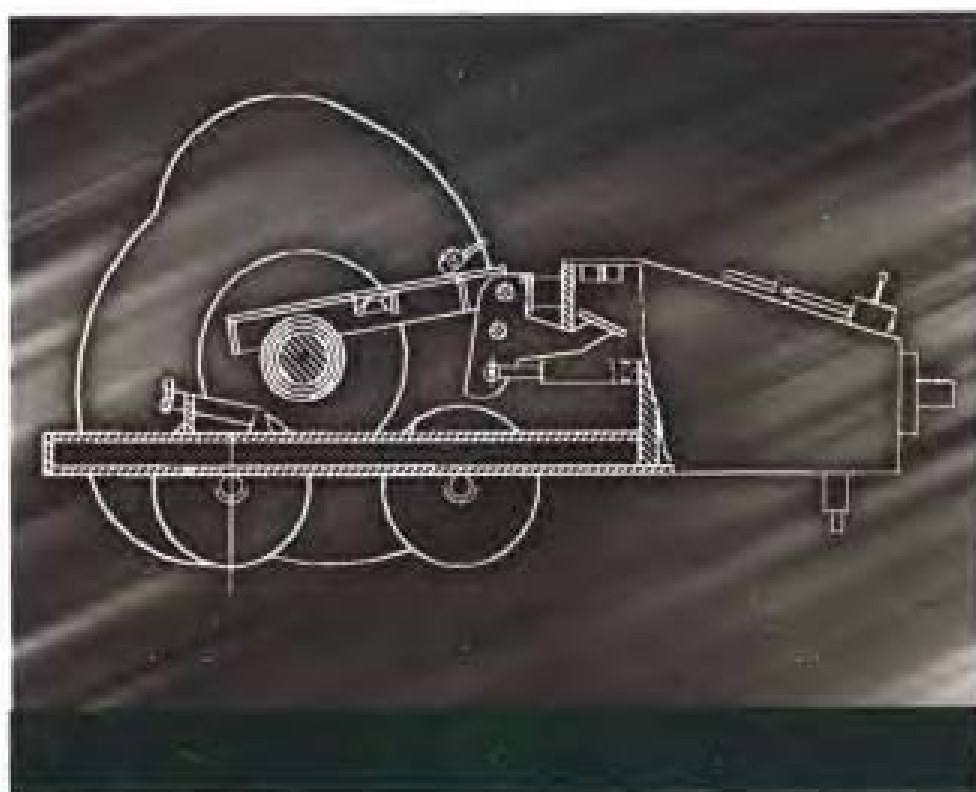


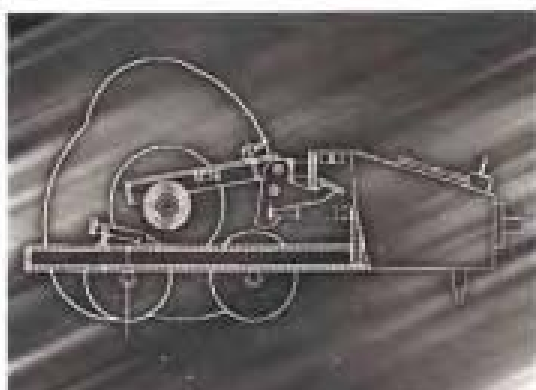
张利平 主编

# 现代液压技术 应用220例



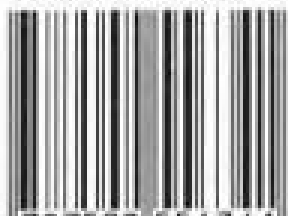
Chemical Industry Press

 化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心



现代液压技术应用220例

ISBN 7-5025-5634-6



9 787502 556341 >

ISBN 7-5025-5634-6/TH·206 定价: 69.00元

销售分类建议: 机械

# 现代液压技术应用 220 例

张利平 主编



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目(CIP)数据**

现代液压技术应用 220 例/张利平主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 8  
ISBN 7-5025-5634-6

I. 现… II. 张… III. ①液压传动-技术-应用②液压控制-技术-应用 IV. TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 061125 号

---

**现代液压技术应用 220 例**

张利平 主编

责任编辑: 周国庆

文字编辑: 王金生

责任校对: 凌亚男

封面设计: 于 兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
发行电话: (010)64982530  
[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

\*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 34 字数 844 千字

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5634-6/TH·206

定 价: 69.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换



# 前 言

液压传动与控制是现代机械工程的基础技术，由于其在功率重量比、无级调速、自动控制、过载保护等方面的独特技术优势，使其成为国民经济中各行业、各类机械装备实现传动与控制的重要手段。特别是 20 世纪 90 年代以来，新兴产业不断涌现，并与现代电子和信息技术相结合，进一步刺激和推动了液压技术的发展，使其在国民经济各行业获得了广泛应用。

正确合理地设计和使用液压系统，对于提高各类液压机械设备及装置的工作品质和技术经济性能具有重要意义。毋庸置疑，在各类机械装备的液压系统设计和使用中，了解和掌握已有相关机械设备和装置的主机结构功能，液压系统的构成、工作原理及技术特点尤为重要。由此，可以避免或减少设计和使用工作中的失误，提高设计工作效率，提高使用效益等。此项工作固然可以通过调查研究等途径实现，然而，通过查阅图书资料则显得更为方便快捷。但是，目前国内专门介绍各类机械设备和装置的液压系统的图书资料尚不多见。为了适应现代化建设及各类工程技术人员的需要，提高液压系统及设备的设计使用水平，在总结多年从事液压技术教学、科研设计与工程实践经验的基础上，编者广泛搜集了 20 世纪 90 年代以来国内外各类液压设备和装置的传动与控制系统资料，编写成《现代液压技术应用 220 例》一书。

本书的编写力图体现先进性、系统性、多样性、实效性，所介绍的 220 余个液压系统涵盖了金属材料工程、金属切削机床与汽车工业、电力煤炭工业、油气探采与化工机械、冶金工业、铁路与公路运输业、建材建筑业、工程机械与农林牧机械、家用电器与五金机械、轻工与纺织机械、航空业与河海工程、计量质检与特种设备、武器装备、公共设施与环保、液压行业生产及教学试验等行业。系统的资料来源除了作者的部分成果外，多数选自 20 世纪 90 年代以来国内外相关专业书刊刊载和介绍的新型液压系统或用现代液压技术及电子技术、计算机技术加以改造而成的系统，书中所收集的资料和介绍的内容一方面注意反映一些新兴行业液压技术的应用，另一方面特别注意反映诸如电液比例控制技术、电液伺服控制技术、变频调速控术、纯水液压技术、气液复合传动技术、液压振动技术、液压节能技术、冗余技术以及液压块式集成、叠加阀式集成、插装式集成等新技术的工程实际应用。为了便于读者参阅和使用本书，书末的附录摘录和介绍了液压气动图形符号（GB/T 786.1—1993）、流体动力系统和元件名词术语（GB/T 17446—1998），并列出了液压技术中常用物理量的单位及换算表。

为了使读者从本书中获取所需内容和信息并举一反三、灵活运用，本书按照行业进行介绍，书中的每一章首先概述行业机械设备的工况特点和液压技术的使用特点，然后对每一种系统按照主机功能结构、液压系统及其工作原理、技术特点、技术参数的体系线索进行介绍和叙述。本书力求做到图文并茂，配以较多的液压系统原理图、电气控制原理图、技术参数等插图和表格，以帮助读者查阅、借鉴和采纳所介绍的系统，解决液压系统设计和使用寿命中的问题。

本书采用法定计量单位和最新版本的国家标准。

本书可供各行业液压技术的科研设计、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、现场工作人员及大专院校有关专业师生阅读和参考，并可作为高等工科院校相关专业毕业设计、课程设计的教学参考书。

读者在使用本书中请注意以下事项：①尽管本书所介绍的液压系统按所属行业进行了详细划分，但这种划分不是绝对的，很多系统对于不同的行业均具有参考价值。②本书中的电气行程开关均用 SQ 并加注 1、2…表示，如某图中的 SQ1、SQ2…依次表示该图中的第一个行程开关、第二个行程开关等。③电磁换向阀的电磁铁均用 1YA、2YA…表示，例如某图中的 1YA、2YA…依次表示该图中的第一块电磁铁、第二块电磁铁等。④电磁铁动作顺序表中的电磁铁通断电状态，则统一使用“+”表示通电，用空白“□”表示断电（而不用“-”表示）。⑤液压系统或元件的图形符号、名词术语以及技术参数的单位换算可参阅附录的内容进行对照。

本书由河北科技大学张利平主编，刘文学参编。张利平编写第 1 章～第 10 章、第 15 章、附录并负责全书的统稿工作，刘文学编写第 11 章～第 14 章。

张津、张秀敏、石亚雄、李书元、黄涛、赵伟、赵书强、龚立勇、宋军保等同志参加了本书的文献资料搜集、文稿录入整理和部分插图绘制等工作。

对于本书编写过程中给予帮助的有关单位和个人以及参考文献的各位作者一并致以衷心感谢。

对于本书存在的错漏之处，欢迎同行专家及广大读者批评指正。

编者

2004 年元月

## 内 容 提 要

本书介绍了 20 世纪 90 年代以来液压传动与控制技术在金属材料工程、金属切削机床与汽车工业、电力与煤炭、油气探采与化工机械、冶金、铁路与公路运输、建材建筑、工程机械及农林牧机械、家电五金、轻工纺织、航空与河海工程、计量质检与特种设备、武器装备、公共设施与环保、液压行业生产及教学试验等 15 大行业中的 220 余个应用实例。为了便于读者阅读和使用本书，书中摘录了液压气动图形符号、流体动力系统与元件名词术语等两个国家标准，并介绍了液压技术中的常用计量单位及其换算关系。

本书是编者结合多年教学、科研及现场工作的实践经验，体会并收集大量国内外相关文献资料编写而成的。全书注重和突出先进性、系统性、多样性、实效性，对各个液压系统基本上按照主机功能结构、液压系统及其工作原理、技术特点、技术参数的体系线索进行叙述和介绍。书中图文并茂（配有较多插图和数据表格），有助于读者借鉴或采纳所介绍的液压系统，解决液压技术设计、使用与维护工作中的问题。

本书可供各行业液压技术的科研设计、制造调试和使用维护部门的工程技术人员、现场工作人员学习参考，也可作为大专院校有关专业师生的教学参考书。

# 目 录

<b>第 1 章 金属材料工程中的液压系统</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 铸造机械液压系统 .....	1
1.2.1 铸造生产线三维升降震实台液压系统 .....	1
1.2.2 开放式造型线的插装阀液压控制系统 .....	2
1.2.3 压力管离心铸造机液压系统 .....	4
1.2.4 活塞铸造机中的液压技术 .....	7
1.2.5 铅钙合金浇铸生产线液压系统.....	10
1.3 金属成型设备液压系统.....	13
1.3.1 液态模锻液压机系统.....	13
1.3.2 泵直接传动式锻造液压机系统.....	16
1.3.3 多功能棒料折弯机液压系统.....	18
1.3.4 PLC 自动控制的板料液压剪切机系统 .....	20
1.3.5 PLC 控制的振动下料机液压系统 .....	23
1.3.6 皮带轮辊轧机液压系统.....	26
1.3.7 铜铝屑液压压块机系统.....	29
1.4 焊接设备液压系统.....	31
1.4.1 焊条压涂机液压系统.....	31
1.4.2 汽车油箱自动缝焊机的液压系统.....	33
1.4.3 大功率闪光焊机液压系统.....	34
1.4.4 摩擦焊接机床的液压系统.....	37
1.4.5 肋片管自动焊接机液压系统.....	38
1.5 热处理设备液压系统.....	40
1.5.1 曲轴感应淬火机床液压系统.....	40
1.5.2 全液压齿轮淬火机液压系统.....	42
1.5.3 液压传动淬火机械手系统.....	44
1.5.4 淬火压床上下料机械手的液压与气动系统.....	48
1.5.5 网带淬火炉工件传送机构液压系统.....	49
<b>第 2 章 金属切削机床与汽车工业中的液压系统</b> .....	52
2.1 概述.....	52
2.2 常用金属切削机床液压系统.....	52
2.2.1 双轴液压自动成型车床系统.....	52
2.2.2 双面组合铣床液压系统.....	55
2.2.3 单臂液压仿形刨床系统.....	58

2.2.4	平面磨床的微机电液比例调速系统	60
2.2.5	轴承钢球磨床液压站系统	62
2.2.6	数控刀片刃磨机床液压系统	64
2.2.7	深孔钻床液压系统	67
2.2.8	金刚镗床液压系统	70
2.2.9	深孔珩磨机的液压系统	72
2.2.10	拉床液压系统	73
2.2.11	卧式带锯机床液压系统	75
2.2.12	冲床液压系统	77
2.3	汽车摩托车制造设备液压系统	79
2.3.1	轿车座椅泡沫生产线液压系统	79
2.3.2	汽车钣金制带轮旋压机的液压系统	81
2.3.3	汽缸体封水槽加工机床液压系统	83
2.3.4	摩托车车轮压窝冲孔机液压系统	85
2.3.5	农用车发动机连杆销压装压机液压系统	87
2.3.6	汽车大梁生产线全液压铆接机系统	89
2.3.7	无内胎铝合金车轮气密性检测机液压系统	92
2.3.8	汽车变速箱液压加载试验台系统	94
2.3.9	内燃机机体泄漏检测专机液压控制系统	96
2.3.10	汽车水箱散热管爆破试验台液压系统	99
2.3.11	汽车悬架减振器性能试验台的电液伺服系统	102
<b>第3章</b>	<b>电力与煤炭工业中的液压系统</b>	<b>104</b>
3.1	概述	104
3.2	电力行业液压系统	104
3.2.1	电站锅炉 CNC 蛇形管弯管机液压系统	104
3.2.2	火电厂风扇磨拆装检修工程车液压驱动系统	107
3.2.3	变压器绝缘纸板热压成型机组液压系统	110
3.2.4	高压输电线间隔棒振摆试验电液伺服系统	112
3.2.5	火力发电厂 240m 锅内筒烟囱液压顶升设备系统	113
3.2.6	电力导线压接钳超高压液压系统	117
3.2.7	混凝土吊罐弧门开闭液压系统	118
3.3	煤炭工业中的液压系统	119
3.3.1	煤矿 $\phi 2.3\text{m}$ 多绳绞车液压制动系统	119
3.3.2	卸煤生产线定位机车的电液比例方向控制系统	122
3.3.3	单体液压支柱高压检测实验台液压系统	124
3.3.4	煤矿液压支架系统及计算机电液控制	126
<b>第4章</b>	<b>石油天然气探采与化工机械中的液压系统</b>	<b>130</b>
4.1	概述	130

4.2	油气探采机械液压系统 .....	130
4.2.1	自升式海洋石油钻井平台液压系统 .....	130
4.2.2	车装石油钻机液压起升系统 .....	132
4.2.3	游梁式液压抽油机节能系统 .....	135
4.2.4	采油单螺杆泵液压驱动系统 .....	136
4.2.5	线型绞车液压系统 .....	138
4.2.6	液压蓄能修井机系统 .....	141
4.2.7	不压井修井机液压起升系统 .....	143
4.2.8	滚筒式液压抽油机系统 .....	144
4.2.9	输油管道阀门启闭液压系统 .....	146
4.2.10	捞油车液压驱动系统 .....	147
4.2.11	可逆式油田管材液压矫直机系统 .....	150
4.2.12	油田管线试压装置的液压与气压系统 .....	152
4.2.13	石棉水泥管卷压成型机的电液控制系统 .....	154
4.3	化工机械液压系统 .....	158
4.3.1	BOY15S型注塑机液压系统 .....	158
4.3.2	中空挤坯吹塑挤出机型坯壁厚电液伺服控制系统 .....	161
4.3.3	抽真空平板硫化机变频电液比例系统 .....	162
4.3.4	AZ560注塑机液压系统 .....	165
4.3.5	筛管加工机液压及气动系统 .....	168
4.3.6	琼脂液压自动压榨机系统 .....	172
4.3.7	催化剂高压挤条机液压系统 .....	174
4.3.8	乳化炸药装药机的液压系统 .....	176
4.3.9	液压劈螺帽专用工具系统 .....	178
4.3.10	集装箱塑料颗粒倾卸机液压系统 .....	179
4.3.11	电液比例控制注塑机系统 .....	181
<b>第5章</b>	<b>冶金工业中的液压系统 .....</b>	<b>184</b>
5.1	概述 .....	184
5.2	冶炼轧制机械设备液压系统 .....	184
5.2.1	炼铁高炉泥炮液压控制系统 .....	184
5.2.2	中频无心感应熔炼炉液压系统 .....	185
5.2.3	铜管行星轧机成卷液压系统 .....	188
5.2.4	铝箔轧机电液伺服系统 .....	189
5.2.5	板坯连铸机液压振动台系统 .....	192
5.2.6	轧机液压升降台系统 .....	194
5.2.7	轧机自动辊缝高水基工作介质液压控制系统 .....	196
5.2.8	热浸镀模拟试验机的液压系统 .....	199
5.2.9	轧制伺服油缸试验台的液压系统 .....	202
5.3	冶金产品整理液压系统 .....	205

5.3.1	高速线材打捆机液压系统 .....	205
5.3.2	全液压卷材小车系统 .....	210
5.3.3	气液伺服带材导向器系统 .....	213
5.3.4	PLC 控制的液压铝粉压块机系统 .....	215
5.3.5	钢管锯机夹紧装置的电液比例控制系统 .....	217
5.3.6	钢管平头倒棱机液压进给系统 .....	218
5.3.7	小型液压打号机系统 .....	219
5.3.8	软铝连续挤压生产线主机的超高压液压系统 .....	221
5.3.9	铝型材自装挤压机的液压系统 .....	224
5.4	冶金企业环保设备液压系统 .....	226
5.4.1	钢厂废水处理自动压滤机液压系统 .....	226
5.4.2	全液压板框压滤机液压系统 .....	228
<b>第 6 章</b>	<b>铁路和公路运输行业中的液压系统 .....</b>	<b>230</b>
6.1	概述 .....	230
6.2	铁路运输业中的液压系统 .....	230
6.2.1	铁路铺轨机液压系统 .....	230
6.2.2	长钢轨铺轨机助推器的液压系统 .....	231
6.2.3	全液压铁路路基渣石边坡整形机系统 .....	234
6.2.4	铁路钢轨电极接触面磨光机液压系统 .....	237
6.2.5	轻轨作业车闭式走行液压驱动系统 .....	239
6.2.6	捣固机捣固装置液压试验台系统 .....	241
6.2.7	货车转向架翻转机液压系统 .....	243
6.2.8	铁道轮对轴承压装机液压系统 .....	246
6.3	公路运输业中的液压系统 .....	248
6.3.1	移动式汽车维修举升机液压系统 .....	248
6.3.2	高速公路钢护栏冲孔切断机液压系统 .....	250
6.3.3	地下汽车库升降平台液压系统 .....	251
6.3.4	隧道工程衬砌台车液压系统 .....	253
6.3.5	公交汽车用定压力源液压系统 .....	255
6.3.6	汽车刹车皮铆钉机的气液增压系统 .....	257
6.3.7	公路架桥机液压系统 .....	259
6.3.8	电动汽车蓄电池热封机的液压气动系统 .....	262
<b>第 7 章</b>	<b>建材与建筑行业中的液压系统 .....</b>	<b>266</b>
7.1	概述 .....	266
7.2	建材行业中的液压系统 .....	266
7.2.1	卫生瓷高压注浆成型机液压系统 .....	266
7.2.2	石材废料模压成型机液压系统 .....	268
7.2.3	石材连续磨机液压进给系统 .....	269



7.2.4	VIS 系列墙地砖压机系统 .....	271
7.2.5	免烧粉煤灰制砖机液压系统 .....	274
7.2.6	复杂圆柱曲面石材加工机的液压仿形控制系统 .....	277
7.3	建筑行业液压系统 .....	279
7.3.1	全自动钢筋弯箍机液压系统 .....	279
7.3.2	自动校直切断机液压系统 .....	282
7.3.3	混凝土泵液压系统 .....	284
7.3.4	液压锤系统 .....	287
7.3.5	新型冲击式液压碎石器 .....	288
7.3.6	槽铝式中空玻璃门窗丁基胶涂布机液压系统 .....	291
7.3.7	低空间落锤式自动打桩机液压系统 .....	291
<b>第 8 章</b>	<b>工程机械与农林牧机械液压系统</b> .....	<b>295</b>
8.1	概述 .....	295
8.2	工程机械液压系统 .....	295
8.2.1	沥青道路修补车电液比例系统 .....	295
8.2.2	重型多轴全挂车液压系统 .....	298
8.2.3	多功能道路剐冰清雪机液压系统 .....	300
8.2.4	越野起重机全液压转向系统 .....	302
8.2.5	全液压起重高空作业车系统 .....	304
8.2.6	冲击压路机液压系统 .....	306
8.2.7	自动击实机的气-液传动系统 .....	307
8.2.8	公路养护车凿槽机械手液压系统 .....	308
8.2.9	“穿地龙”机器人液压控制系统 .....	312
8.2.10	机动车高效液压千斤顶系统 .....	314
8.2.11	工程机械多功能箍压工作站系统 .....	315
8.3	农林牧机械液压系统 .....	316
8.3.1	联合收割机静压传动装置 HST .....	316
8.3.2	叶尼塞玉米收割机行走液压驱动系统 .....	319
8.3.3	谷物联合收获机的液压操纵系统 .....	321
8.3.4	拖拉机液压转向系统 .....	322
8.3.5	林木球果采集机器人电液比例控制系统 .....	323
8.3.6	全自动饲料压块机电液控制系统 .....	326
8.3.7	青饲料储藏切割机液压系统 .....	329
<b>第 9 章</b>	<b>家用电器与五金工业中的液压系统</b> .....	<b>332</b>
9.1	概述 .....	332
9.2	家用电器制造业中的液压系统 .....	332
9.2.1	显像管玻壳液压剪切机床 .....	332
9.2.2	电冰箱压缩机电机转子叠片机液压系统 .....	335



9.2.3	冰箱箱体折弯机液压系统 .....	336
9.2.4	计算机控制的冰箱压缩机壳体耐压强度液压试验系统 .....	338
9.2.5	电冰箱内胆四工位热成型机液压控制系统 .....	340
9.2.6	制冷热交换器 U 形管自动成型机液压系统 .....	342
9.3	五金行业中的液压系统 .....	346
9.3.1	制钉机液压系统 .....	346
9.3.2	工具锤装柄机液压系统 .....	348
9.3.3	门锁整体成型液压机 .....	350
<b>第 10 章</b>	<b>轻工与纺织机械中的液压系统 .....</b>	<b>353</b>
10.1	概述 .....	353
10.2	轻工机械液压系统 .....	353
10.2.1	表壳热冲压成型液压机系统 .....	353
10.2.2	煮糖罐搅拌器液压系统 .....	355
10.2.3	蔗糖生产用自动板框式压滤机液压系统 .....	356
10.2.4	大吨位皮革熨平机液压系统 .....	358
10.2.5	原木削片链式输送机液压系统 .....	360
10.2.6	弯曲木家具三向压力机液压系统 .....	360
10.2.7	人造板热压机液压系统 .....	362
10.2.8	纸张复卷机压辊压紧力的气-液控制系统 .....	364
10.2.9	高浓磨浆机液压控制系统 .....	365
10.2.10	植物纤维餐具成型机的液压系统 .....	367
10.2.11	四工位竹制净菜盘成型机液压系统 .....	369
10.3	纺织机械中的液压系统 .....	370
10.3.1	电动液压经轴装卸车系统 .....	370
10.3.2	纺丝机液压系统 .....	372
10.3.3	平网印花机插装阀液压系统 .....	375
10.3.4	冷压堆卷布机液压系统 .....	376
10.3.5	毛呢罐蒸机用整体式液压无级变速器 .....	377
10.3.6	自动卷染机的电液比例控制系统 .....	379
10.3.7	织物后整理三辊轧光机液压系统 .....	380
<b>第 11 章</b>	<b>航空业与河海工程中的液压系统 .....</b>	<b>383</b>
11.1	概述 .....	383
11.2	航空业中的液压系统 .....	383
11.2.1	飞机多执行器液压系统 .....	383
11.2.2	飞机机轮轴承清洗补油装置的液压气动系统 .....	385
11.2.3	飞机综合包伞机的流体动力系统 .....	386
11.2.4	飞机场地面设备支撑脚液压系统 .....	388
11.2.5	飞机起落架收放液压试验车系统 .....	390

11.3	河海工程中的液压系统	393
11.3.1	河流穿越设备液压系统	393
11.3.2	电液伺服水槽不规则波造波机系统	395
11.3.3	快速电磁球阀控制的泵控闭式舵机液压系统	397
11.3.4	深潜救生艇对接机械手的电液比例伺服控制液压系统	399
11.3.5	水下机器人液压泵站	400
11.3.6	船舰模拟平台电液比例闭环控制系统	402
11.3.7	滚装船压载阀组电液遥控系统	405
11.3.8	电液比例控制的波浪补偿起重机系统	407
11.3.9	水下钻孔机液压系统	409
<b>第12章</b>	<b>计量质检与特种设备中的液压系统</b>	<b>412</b>
12.1	概述	412
12.2	计量与产品质量检验设备中的液压系统	412
12.2.1	1200kN 标准动态力源装置液压系统	412
12.2.2	电液伺服动静万能试验机夹紧装置的气-液增压系统	414
12.2.3	商品出入境检验用试验机液压系统	415
12.2.4	墙体砖和小型砌块的试验机电液比例加载测控系统	417
12.2.5	多功能木材力学试验机液压系统	420
12.3	特种设备中的液压系统	422
12.3.1	双缸直顶式液压电梯的两种液压系统	422
12.3.2	客货两用液压电梯系统	424
12.3.3	高压高效纯水灭压机液压系统	426
12.3.4	油罐封头双动拉深液压机系统	427
<b>第13章</b>	<b>武器装备中的液压系统</b>	<b>431</b>
13.1	概述	431
13.2	武器装备中的液压系统	431
13.2.1	四点式液压平台系统	431
13.2.2	PASBAN 炮塔电液控制系统	432
13.2.3	大型炮弹底螺拆卸机液压系统	435
13.2.4	地空导弹发射装置液压控制系统	437
13.2.5	猎枪管旋压机液压系统	439
13.2.6	海军舰船武器装备液压元件综合检测中心的液压系统	441
<b>第14章</b>	<b>公共设施及环保中的液压系统</b>	<b>445</b>
14.1	概述	445
14.2	公共设施中的液压系统	445
14.2.1	循环式客运索道液压张紧系统	445
14.2.2	广播电视塔钢天线桅杆液压同步提升系统	447

14.2.3	大型剧院三块双层升降舞台的电液比例同步控制系统	450
14.2.4	液压蛙跳游艺机系统	453
14.2.5	PLC 控制的自动捆钞机液压系统	454
14.2.6	磁卡层压机液压系统	457
14.2.7	ATA 型医用自动牵引床液压系统	460
14.2.8	KQC-1 型快速牵引床液压系统	462
14.2.9	X 光机隔室透视站位液压系统	464
14.3	环保设备液压系统	465
14.3.1	垃圾车提拉式压缩填装机构的液压系统	465
14.3.2	后装式垃圾压实车液压系统	466
14.3.3	固定式大负载垃圾压榨机液压系统	468
14.3.4	垃圾破碎机液压系统	471
14.3.5	污泥自卸车液压系统	473
<b>第 15 章</b>	<b>液压行业生产及教学试验设备液压系统</b>	<b>476</b>
15.1	概述	476
15.2	液压工业生产试验设备的液压系统	476
15.2.1	能量再生式恒压变量液压泵试验系统	476
15.2.2	中高压液压缸计算机辅助测试 (CAT) 试验台系统	477
15.2.3	高压大流量液压阀通用试验台液压系统	481
15.2.4	电液伺服阀维修试验台系统	484
15.2.5	高压抗磨液压油试验台液压系统	486
15.2.6	纯水液压传动实验系统	489
15.2.7	液压阀挠性去刺清洗机	491
15.2.8	滤芯折波机液压系统	493
15.3	液压教学实验设备液压系统	494
15.3.1	多功能液压教学试验台系统	494
15.3.2	采用 PLC 及触摸屏技术的液压实验台系统	496
<b>附录</b>		<b>500</b>
附录 1	液压气动图形符号 (摘自 GB 786.1—1993)	500
附录 2	流体传动系统和元件名词术语 (摘自 GB/T 17446—1998)	508
附录 3	液压技术中的常用计量单位及其换算	522
<b>参考文献</b>		<b>523</b>

# 第 1 章 金属材料工程中的液压系统

## 1.1 概述

铸造、压力加工（锻压）、焊接与热处理是机械制造中获取毛坯、成型产品及提高零件机械性能的重要生产方法。此类机械设备的生产作业环境极为恶劣，温度高、粉尘多、湿度大、有腐蚀性气体、振动噪声大。因此要求设备具有良好的适应性、可靠性和维护性。

在多种压力加工设备如液压机、锻造机、折弯机、剪切机中，主要是利用液压传动传递力较大、便于压力调节控制和过载保护的特点，进行下料、成型加工等作业；由于液压技术便于无级调速和远距离遥控，所以铸造生产的型砂处理、造型和浇铸设备及其生产线的驱动装置及铸造机中，在焊接和金属热处理的多种机械设备如焊条生产及各类焊机、各类淬火机床、机械手、传送机构等装置中，也广泛采用了液压传动与控制，以减轻操作者劳动强度、避免和减少热辐射和有害气体对人体的侵袭并提高生产率。本章介绍了金属材料工程（铸造、压力加工、焊接、热处理等）中 22 个实用的液压系统。

## 1.2 铸造机械液压系统

### 1.2.1 铸造生产线三维升降震实台液压系统

#### (1) 主机功能结构

负压干砂消失模铸造生产线，主要用于精密铸造的汽缸套生产。当产品批量大时，需要流水线作业，因此负压铸造砂箱必须在轨道上不停的运转。然而，造型时必须使砂箱停止运转，在震实平台上使砂箱内的砂子得到充分震实，以保证浇注出合格的缸套产品。在轨道上实现铸造台车的震实，靠传统的震实方法很难实现。为完成负压铸造砂箱的震实，必须将砂箱举升离开轨道之后实施震实。此套（4 个）可实现升降的高速微震平台，采用了液压传动，可使每个砂箱在 5min 之内实现落底砂→造型→落干砂→震实→合箱→密封几个过程，满足生产线的流水作业要求。

#### (2) 液压系统及其工作原理

三维升降震实台液压系统原理图如图 1-1 所示。系统的执行器为驱动振动平台的液压缸 9（四个），同时利用导向装置防止振动平台的倾斜。为了使每个振动平台能实现独立的操作而互不干扰，同时为了降低液压系统的制造成本，系统采用一个定量液压泵 3 供油，系统压力由溢流阀 10 调定并递过压力表 5 及其开关 4 观测。各液压缸升、降和保持通过 4 个三位四通手动换向阀 7 分别控制。4 个液压缸既可同时工作，也可不同时工作，相互之间影响较小，利用换向阀 7 的 M 型中位机能，可使液压泵低压卸荷。液压缸的升降速度用节流阀 6 进行调节。为了防止震实台升起后，随着加砂的进行，由于换向阀内泄漏而出现震实台的回落现象，各换向阀和液压缸之间设有一个液压锁（双液控单向阀）8。其作用是，无论液压缸上升和下降，液压锁中的每个单向阀都能够顺利开启，保证液压缸顺利上升和下降。液压

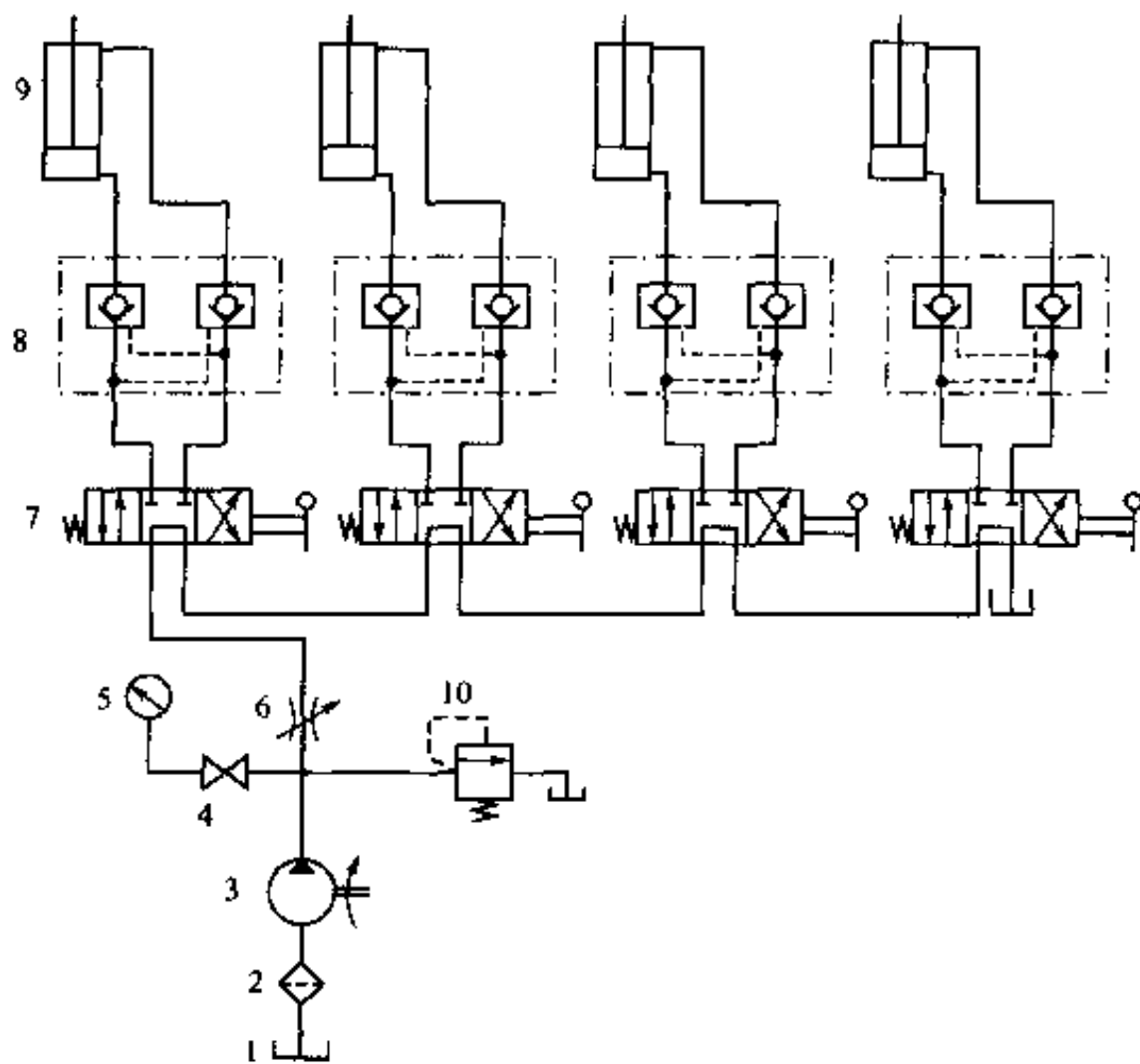


图 1-1 三维升降履实台液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—定量液压泵；4—压力表开关；5—压力表；6—节流阀；  
7—三位四通手动换向阀；8—液压锁；9—液压缸；10—溢流阀

锁所表现的最重要的作用是：当换向阀置于中间位置时，每个单向阀不能开启，将液压缸锁定在举升最高的位置，即使在平台重力和振动器剧烈振动的作用下，也能够阻止液压缸下降，减少了换向阀的频繁开启。

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油的进油节流调速方式；液压缸采用手动换向阀换向，液压锁锁定。

2) 液压系统元件用量少，成本低；运行可靠，性能稳定，具有较高的工作效率。

3) 结合自动落砂系统，可实现消失模精密铸造造型过程的自动化。

## 1.2.2 开放式造型线的插装阀液压控制系统

### (1) 造型线功能结构

开放式造型生产线是铸造生产中一种常用的布线形式。各线之间的铸型转移，多采用电动过渡车及液压缸驱动完成。图 1-2 所示为造型线的结构布局形式。工艺流程要求将 A 线砂型转至 B 线或者 C 线，需液压缸推动全线载砂型小车移动一个小车距，使与缓冲液压缸接触的第一节小车移至电动过渡车上，平移到 B 线或 C 线，组成 AB、AC 循环，完成砂型过渡。并要求推进过程中缓冲液压缸被动后退，且具有一定背压，以克服推进时产生的惯性运动，使小车稳移至过渡车上，以免碰撞引起砂型损坏。因造型线两端工作距离较远，所以设置两个液压泵站（简称泵站），各控制三个液压缸的动作，以避免一个泵站因管路压力损失较大而增加动力损耗。液压缸的动作则通过无触点开关由微机集中控制。

### (2) 液压控制系统及其工作原理

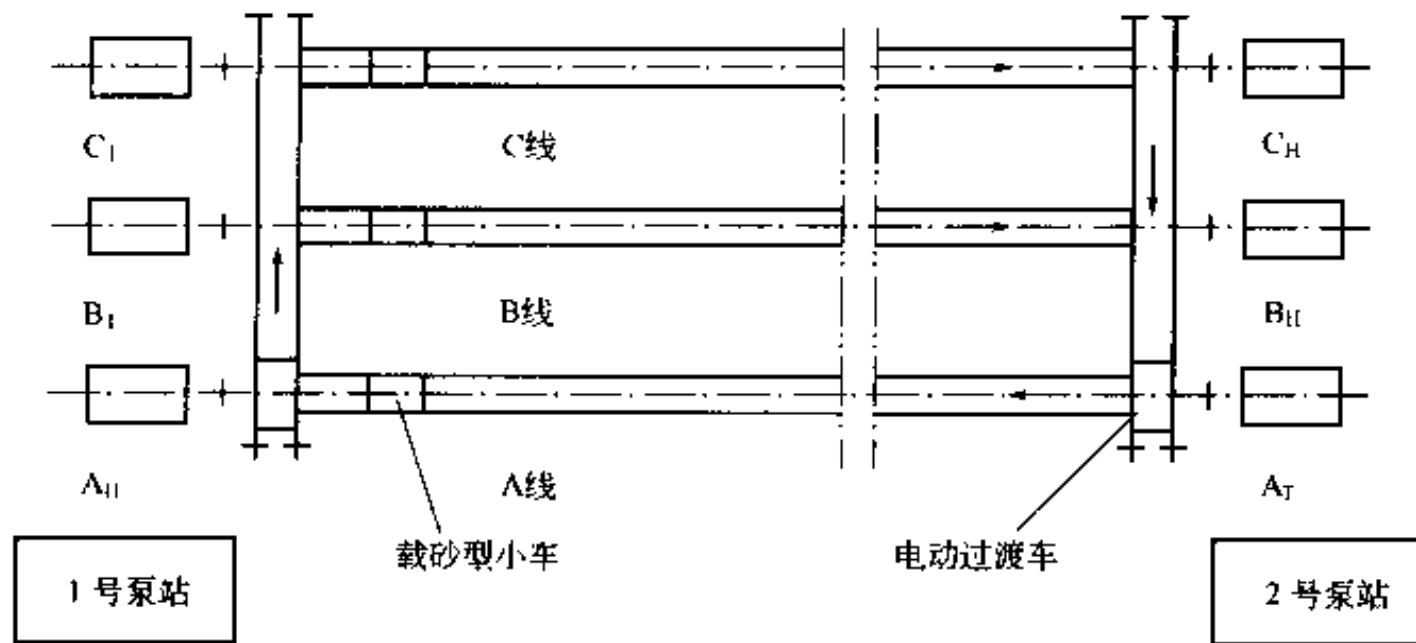


图 1-2 造型生产线布局

图 1-3 所示为 1 号泵站采用插装阀的液压控制系统原理图（2 号泵站与此相同）。系统的油源为变量液压泵 4，其最高压力由溢流阀 1 设定并由压力表及其开关 5 观测，二位四通电磁换向阀 V1 控制液压泵的卸荷。系统的执行器为 A 线的缓冲液压缸  $A_H$  和 B、C 线的推进液压缸  $B_T$ 、 $C_T$ 。液压缸  $A_H$ 、 $B_T$ 、 $C_T$  的进退动作方向由三位四通电磁换向阀 V2~V4 控制，滑阀的 P 型中位机能可保证控制回路关闭主阀进出油路。主油路插装阀的回油腔装有流量调节控制盖板，以控制液压缸排油腔的流量。

阀 V5 和 V6 为缸  $A_H$  的缓冲控制阀。缸  $A_H$  被动后退时，为防止活塞杆腔排空，活塞腔的油液可经缓冲腔控制回路补充到活塞杆腔，多余油液通过调节流量机能插装阀返回油箱。

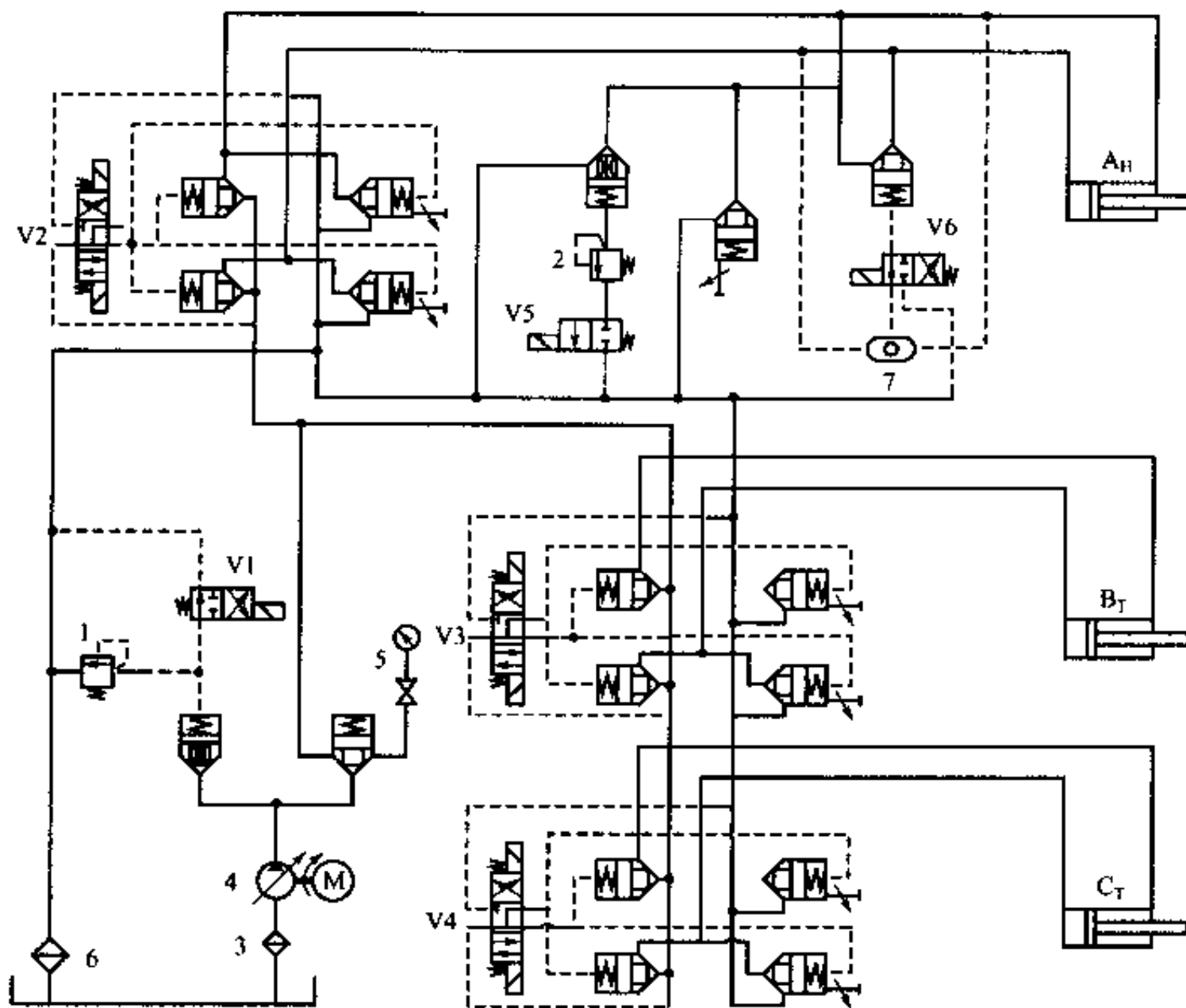


图 1-3 开放式造型线的插装阀液压控制系统原理图

1, 2—溢流阀；3, 6—过滤器；4—定量液压泵；5—压力表及其开关；7—梭阀

溢流阀 2 用以调节缓冲回路压力。因缓冲回路与主油路并联，为防止相互影响，利用梭阀 7 作为缓冲回路主阀的控制元件，保证主油路工作时缓冲油路处在关闭状态。利用阀 V5 和 V6，溢流阀 2 可单独设定缓冲回路的保护压力，使各系统能够独立工作，互不影响。系统工作时，只要三位四通电磁换向阀 V2~V4 中任一个通电，阀 V1 将通电，关闭卸荷回路，使系统建立压力。否则为卸荷状态，使液压泵低压卸荷。

### (3) 技术特点

1) 该造型线液压系统采用单定量泵供油、插装阀控制，结构简单、性能可靠、流动阻力小、通过能力大、泄漏少、动作速度快、冲击小、噪声低、控制方便灵活、易于集成，虽使用在较恶劣的铸造生产环境中，但效果良好。

2) 可利用较小的控制阀控制大流量主回路工作，控制电流小，有利于系统的程序控制。

3) 系统设有卸荷回路，有利于减小等待期间的无功损耗和油液发热。

4) 通过梭阀和缓冲阀，可单独设定缓冲回路的保护压力，多执行器间能够独立工作，互不干扰。

### (4) 技术参数 (见表 1-1)

表 1-1 生产线及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
生产线	小车节数	$36 \times 2 + 2 = 110$	节
	小车节距	1 500	mm
	小车台面有效尺寸	1 200 × 900	
液压系统	工作压力	2	MPa

## 1.2.3 压力管离心铸造机液压系统

### (1) 主机的功能结构

该离心铸造机 (下简称铸管机) 用于生产直径  $\phi 4 \sim 10$ in, 长度为 4m 的压力管。机器由机械传动系统、液压传动系统、PC 控制系统、喷涂装置、浇注装置、冷却装置、拔管机构和接管机构等八大部分组成。除铸型的运转采用滚轮摩擦传动外, 该机的喷拉小车及浇铸小车的前进与后退, 拔管钳的张紧与松开, 喷枪与拔管钳的换位, 扇形浇包和接管器的出工与复位等动作均由液压传动完成。为了确保机器的生产率和所铸管子的质量, 要求液压系统推动喷拉小车进退的长液压缸 (近 5m) 在快速过程中动作平稳准确, 无冲击并具有多种进退速度; 拔管钳伸入铸型内拔管时, 具有足够大的拔模力并防止拔管钳打滑; 满足某些执行机构无级调速, 张钳回路具有保压和减压功能; 系统能耗低, 液压回路的效率高等。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-4 所示为铸管机的液压系统原理框图。该系统的动力装置、操纵控制装置、执行器和辅助装置由常用液压元件组成。

1) 速度变换回路 该机喷拉车进退过程各工作阶段速度不相同 (共 5 种), 即进、退喷涂阶段的速度  $v_1$ 、 $v_2$  适中, 以确保铸型内腔的涂料喷涂均匀; 喷拉车空载前进的速度  $v_3$  应尽可能快, 以缩短辅助时间, 提高生产率; 为了防止拔管钳张紧时打滑, 拔管阶段的速度  $v_4$  极为缓慢; 拉管阶段的速度  $v_5$  比较快, 有利于减少铸型的受热量和提高生产率。系统中的典型液压回路及工作原理如下。



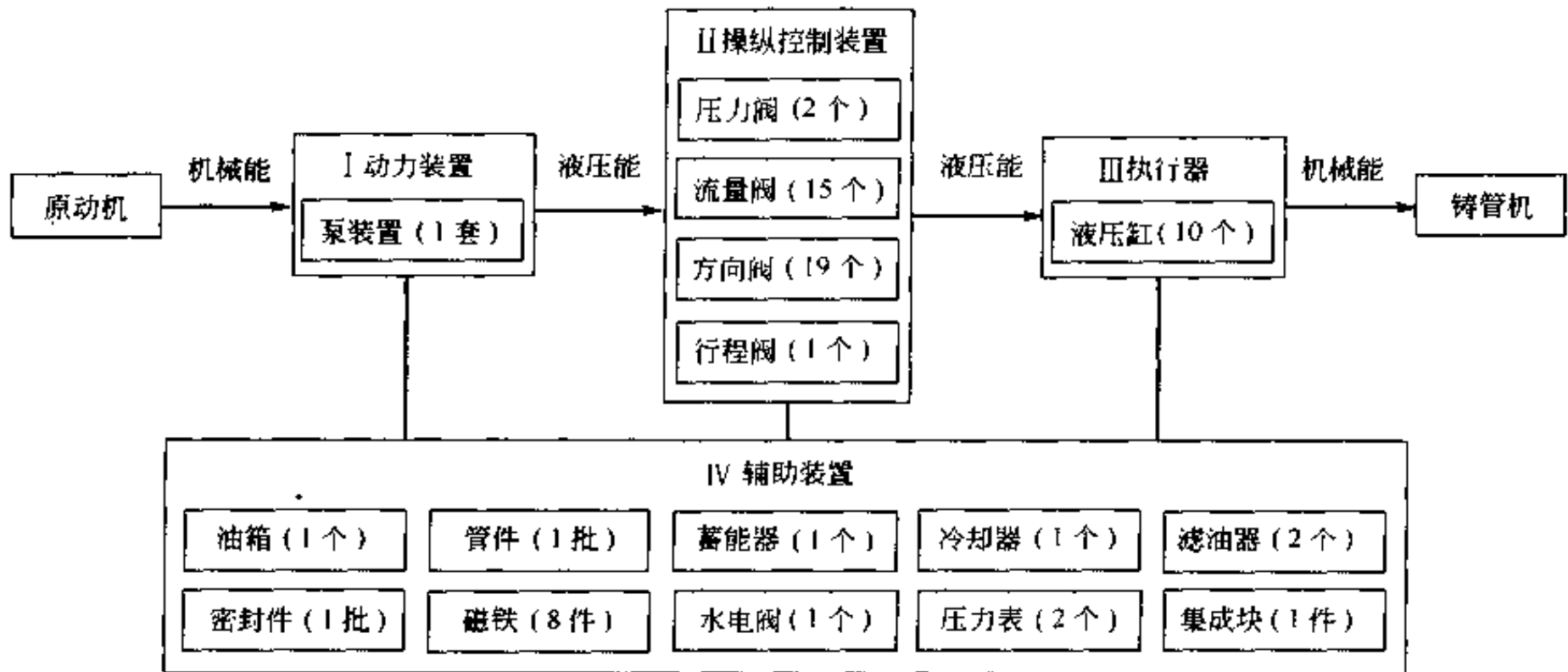


图 1-4 铸管机液压系统原理框图

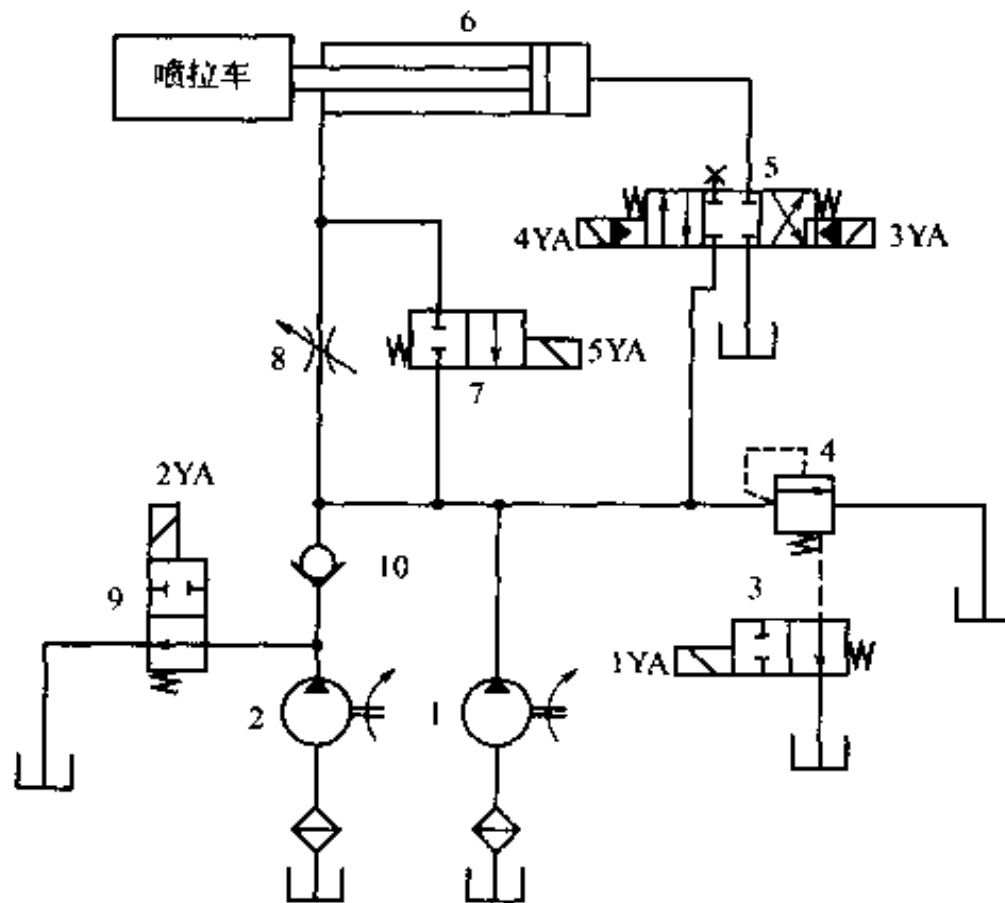


图 1-5 喷拉车速度变换回路

1、2—定量液压泵；3、7、9—二位二通电磁换向阀；4—先导式溢流阀；  
5—三位四通电磁换向阀；6—液压缸；8—节流阀；10—单向阀

图 1-5 所示为喷拉车的速度变换液压回路原理图。其执行器为驱动喷拉车进退的液压缸 6，采用双定量泵 1 和 2 组合供油，二位二通电磁换向阀 9 用于泵 2 的卸荷控制，先导式溢流阀 4 与二位二通电磁换向阀 3 用于设定泵 1 的压力与卸荷控制。三位四通电磁换向阀 5 和二通二通电磁换向阀 7 用于液压缸驱动喷拉车快速前进时的差动连接以及液压缸快慢速切换，节流阀 8 用于拔管阶段的进油节流调速。

当电磁铁 1YA、3YA 和 5YA 通电使换向阀 3 切换至左位、5 和 7 均切换至右位时，液压缸 6 为差动连接，液压泵 2 的压力油经阀 5 进入缸 6 的无杆腔，有杆腔的油液经阀 7 反馈至缸的无杆腔，活塞杆伸出驱动喷拉车快速前进喷涂，喷涂速度  $v_1$  与液压泵 2 的流量  $q_1$  和从差动缸 6 反馈流量之和成正比。喷拉车后通喷涂时，电磁铁 1YA、4YA 和 5YA 通电使换



向阀 3、5、7 分别切换至右位、左位和右位，液压泵 1 的压力油经阀 7 进入缸 6 的有杆腔（无杆腔经阀 5 向油箱排油），活塞杆驱动小车后退喷涂，喷涂速度  $v_2$  与液压泵 1 的流量  $q_1$  成正比。喷拉车空载前进时，电磁阀 1YA、2YA、3YA 和 5YA 通电使换向阀 3、9、5 和 7 分别切换至左位、上位、右位和右位，液压泵 1 和 2 联合供油，两泵的压力油经换向阀 5 进入缸 6 的无杆腔，有杆腔油液经阀 7 和阀 5 反馈至缸 6 的无杆腔，活塞杆驱动喷拉车快速前进，前进速度  $v_3$  与液压泵 1、2 的流量  $q_1$ 、 $q_2$  和差动缸反馈流量之和成正比。拔管阶段时，电磁铁 1YA 和 4YA 通电使换向阀 3 和 5 均切换至左位，液压泵 1 单独经节流阀 8 向缸 6 的有杆腔供油（无杆腔经阀 5 向油箱回油），拔管速度  $v_4$  由节流阀 8 的开度决定。拉管阶段时，电磁铁 1YA、2YA 和 4YA 断电使换向阀 3、9 和 5 切换至左位、上位和左位，液压泵 1 和 2 的压力油经阀 7 进入缸 6 的有杆腔（无杆腔经阀 5 向油箱排油），活塞杆驱动喷拉车拉管，拉管速度  $v_5$  与液压泵 1、2 的流量  $q_1$ 、 $q_2$  之和成正比。

2) 调速回路 为了使某些执行机构适应不同生产工艺要求，液压系统中设置了多个节流调速回路，图 1-6 所示为扇形浇包节流调速回路原理图。油源为定量泵 1，其供油压力与卸荷由先导式溢流阀 4 与二位二通电磁换向阀 3 设定及控制，单向阀 2 用于防止油液倒灌；液压缸 6 的运动方向由二位四通电磁换向阀 5 控制，缸的双向进给通过进出口设置的单向节流阀组 7、9 与 8、10 进行无级调速，以满足生产工艺对扇形浇包倾转速度快慢的要求。

3) 减压与保压液压回路 图 1-7 所示为拔管钳的减压与保压回路原理图。采用定量泵 1 供油，先导式溢流阀 4 和二位二通电磁换向阀 3 用于泵的压力设定与卸荷控制，供油压力通过压力表及其开关 11 观测；单向阀 2 用于防止液压油倒灌；液压缸 6 的运动方向由三位四通

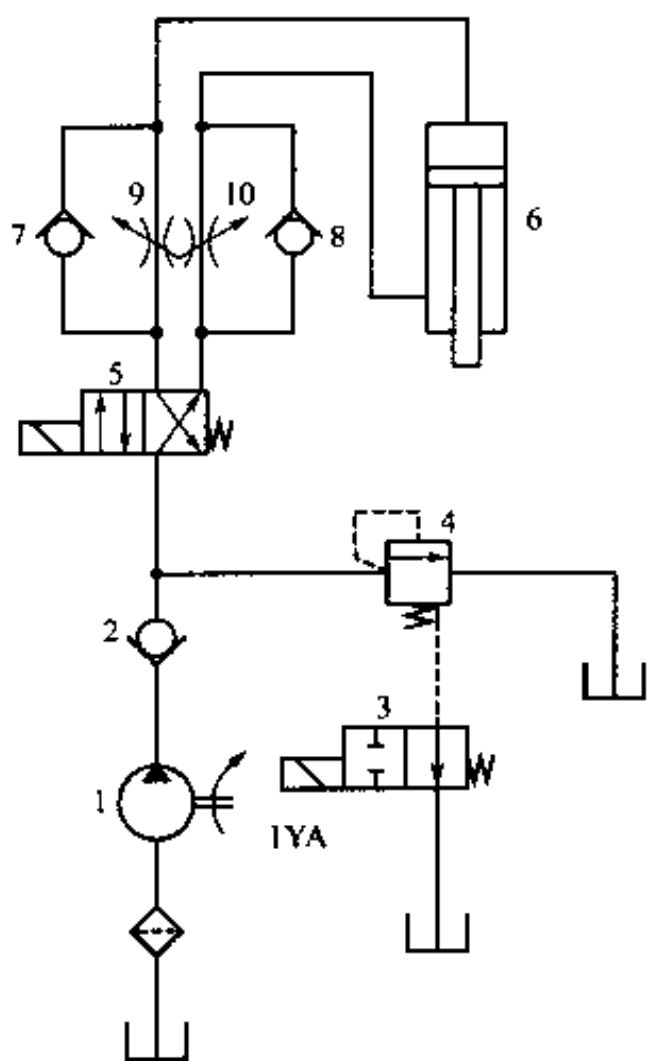


图 1-6 扇形浇包节流调速回路

1—定量液压泵；2、7、8—单向阀；3—二位二通电磁换向阀；4—先导式溢流阀；5—二位四通电磁换向阀；6—液压缸；9、10—节流阀

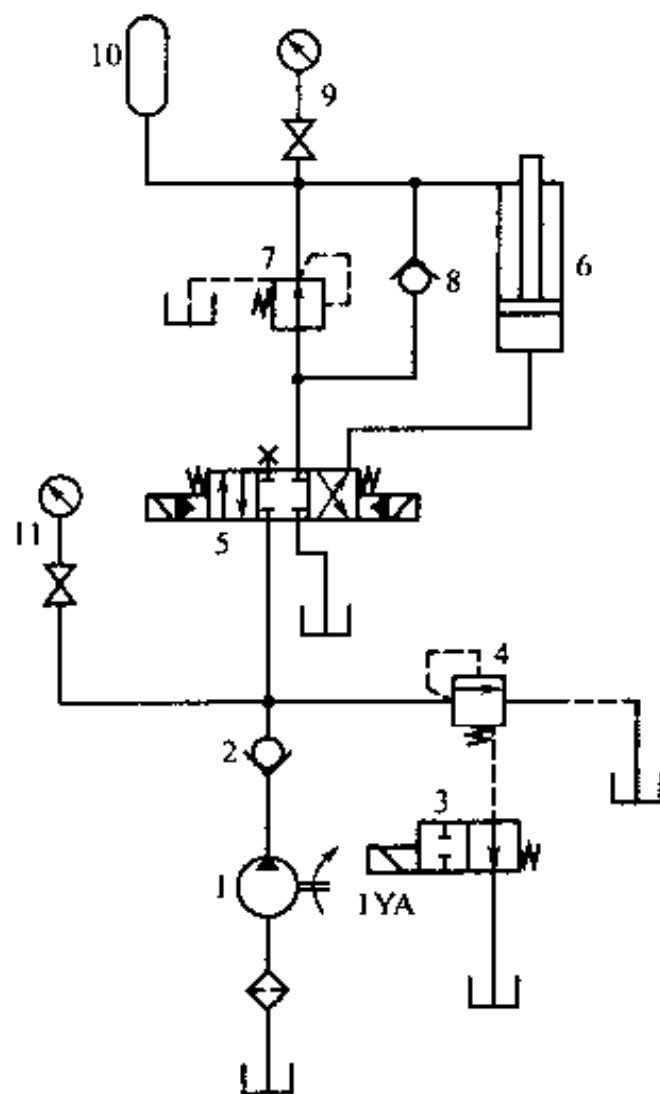


图 1-7 拔管钳减压与保压回路

1—定量液压泵；2、8—单向阀；3—二位二通电磁换向阀；4—先导式溢流阀；5—三位四通电磁换向阀；6—液压缸；7—减压阀；9、11—压力表及其开关；10—蓄能器

通电磁换向阀 5 控制，减压阀 7 用于设定液压缸活塞杆退入缸体时的张钳拔管压力并保持稳定，该压力由压力表 9 及其开关显示；蓄能器 10 用于系统的保压，以使张钳的压力保持稳定，当需要保压时，蓄能器 10 把原先储存的压力油供应出来，补偿系统泄漏，维持系统压力。

4) 卸荷回路 本系统设置有图 1-8 所示的电磁溢流阀卸荷回路。当执行器动作时，电磁铁 1YA 和 2YA 通电使二位二通电磁换向阀 3 和阀 4 的二位二通电磁换向阀分别切换至右位和下位，系统压力由阀 4 中的先导式溢流阀调定；当执行器需短时间停止运动时，电磁铁 1YA 和 2YA 均断电使换向阀 3 及阀 4 中的换向阀复位，两液压泵卸荷。

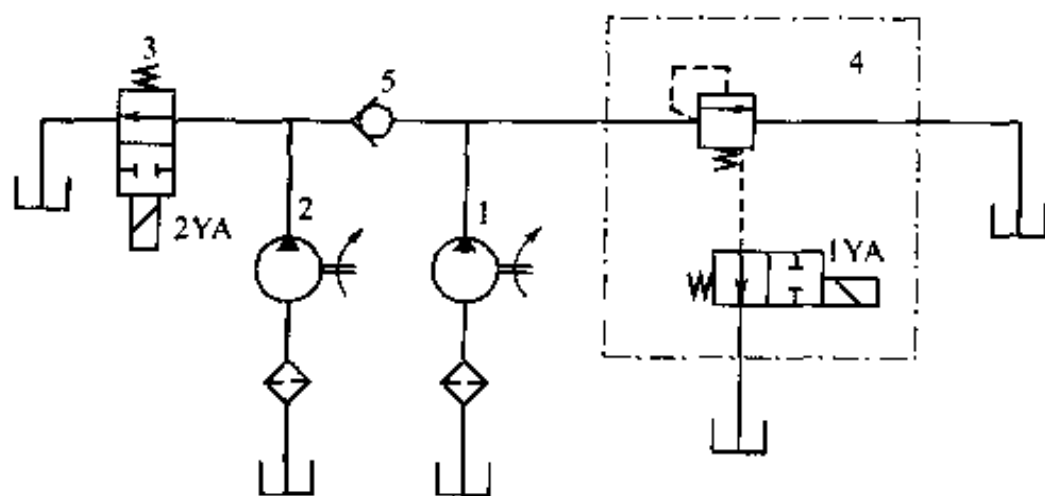


图 1-8 电磁溢流阀卸荷回路

1、2—定量液压泵；3—二位二通电磁换向阀；4—电磁溢流阀；5—单向阀

### (3) 技术特点

1) 铸管机液压系统采用定量液压泵供油，需要调速的回路，采用节流阀进油节流调速，但不利于油液散热。通过设置电磁溢流阀的卸荷回路，减少了能耗和系统发热，延长了液压泵和驱动电机的寿命。

2) 喷拉车的速度变换回路，采用双定量泵组合供油和差动快速动作，在满足不同工作阶段所需速度、提高了生产率的同时，大大减少了能量损耗。速度变换和换向冲击，除了采用带缓冲装置的液压缸等方法外，还通过 PC 控制建立缓冲回路，使冲击问题得到解决。

3) 采用蓄能器进行保压，保压性能可靠，同时减少了无功能耗和系统发热。

## 1.2.4 活塞铸造机中的液压技术

### (1) 主机的功能结构

JDZ-1 型双室下抽芯半自动活塞铸造机用于轿车发动机汽缸活塞的铸造生产。该机采用金属型铸造，金属液浇入模具后，模具各部分分别通入可调控的冷却水冷却。该机主要由主机、液压、气动系统，水冷却、电气控制等部分以及煤气加热等辅助装置组成。其中，金属型模具的开、合动作采用液压驱动。机器的主要动作由 PC 机控制。

该铸造机的主机由机架、模具开合机构及镶环取放机构等组成。模具开合机构是其核心部分。活塞模具的结构示意图如图 1-9 所示。模具共分为 8 块，其中左、右外模 3 与 2 同时动作，左、右外模中的销芯 4、5 随外模由机械结构联动，所以模具实际上具有 5 组运动部件，其中右边芯 6 除了需要左右移动外，还要作升降运动，因而整个模

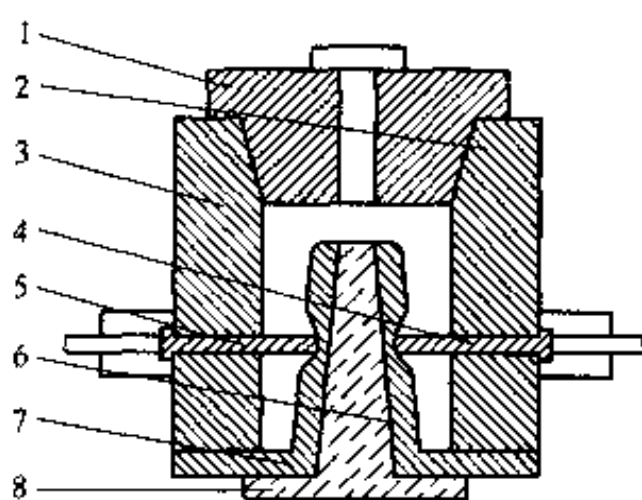


图 1-9 活塞模结构示意图

1—盖模；2、3—外模；4、5—销芯；  
6—右边芯；7—左边芯；8—中芯

具在开、合过程中共有 6 个独立动作，这 6 个动作的顺序见表 1-2。表中取放加固环的动作由汽缸驱动，放环动作与芯模拼合过程同时进行，整个放环过程与芯模拼合动作的节拍协调由人工控制。

表 1-2 机器动作顺序表

动作序号	合 模	驱动形式	动作序号	开 模	驱动形式
1	取、放环	气动	8	冷却结束	人工
2	左芯左移	液压	9	盖模上行	液压
3	右芯上升	液压	10	外模开模	液压
4	右芯右移	液压	11	中芯下行	液压
5	中芯上升	液压	12	右芯左移	液压
6	外模合模	液压	13	右芯下行	液压
7	盖模下行	液压	14	左芯右移	液压
8	浇注冷却	人工	15	取出铸件	人工

活塞铸造机模具的开合过程大致如下：图 1-10 (a) 所示为开模状态。合模时，驱动液压缸 F 无杆腔进油，液压缸 D 及右边芯 6 一起上升，当缸 D 开始升起后，缸 E 无杆腔进油，左边芯 7 左移；再使缸 G 无杆腔进油，中芯轴块 8 上升，当中芯轴块开始升起后，缸 D 有杆腔进油，右边芯 6 右移，随即芯模拼合。再使液压缸 B、C 的无杆腔同时进油，外模 2、3 合拢，同时销芯 4、5 插入；最后液压缸 A 无杆腔进油，盖模 1 下行盖上。至此活塞模具合模完毕，如图 1-10 (b) 所示。开模时相反，盖模先上行，接着外模打开，中芯轴块下行抽出，当中芯轴块下行到行程终了时，右边芯左移，最后使右边芯下行，当右边芯下行到行程终了时，左边芯右移。至此活塞模具开模完毕。浇注后的活塞铸件由人工取出。

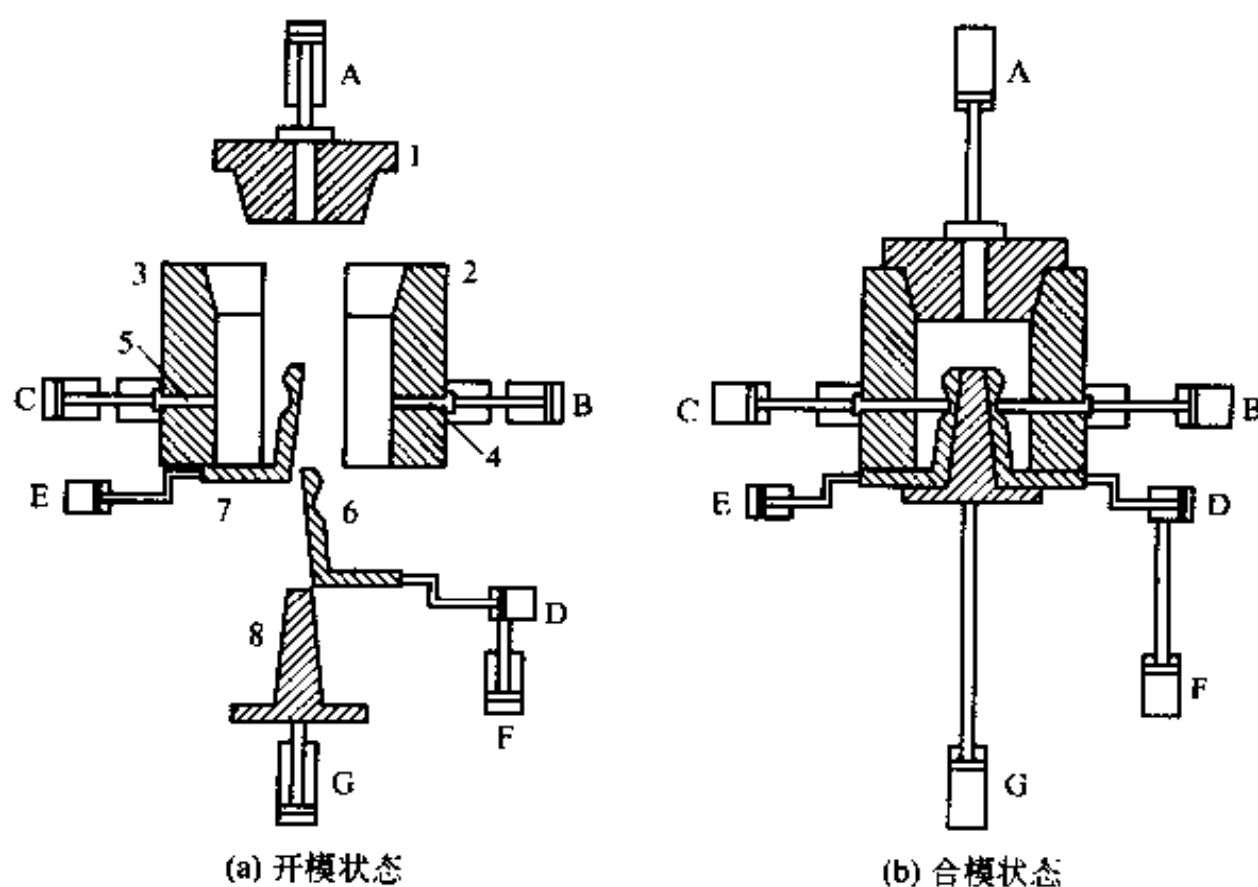


图 1-10 活塞铸造机开合横状态示意图

1—盖模；2、3—外模；4、5—销芯；6—右边芯；7—左边芯；8—中芯

### (2) 液压系统及其工作原理

本机的动作主要采用液压传动。图 1-11 所示为机器的液压系统原理图。系统的执行器是 A~G6 种（共 7 个）液压缸，分别用于实现活塞模具开合时的 6 个动作节拍（外模开合

时，左右半模同时反向动作，故设置了两个液压缸 B、C 分别驱动)。盖模液压缸 A 的运动由二位四通电磁换向阀 a 控制；左、右边芯水平液压缸 D、E 的运动分别由二位四通手动换向阀 d、e 控制；中芯轴块液压缸 G 和右边芯升降液压缸 F 的运动分别由三位四通手动换向阀 g 和 f 控制；外模左、右液压缸 C、B 油路并联，合用三位四通电磁换向阀 b 控制运动方向。为了保证机器严格按照规定的先后顺序动作，不致因为系统的失灵或操作者的失误使动作节拍打乱，损坏模具与机器，本液压系统采取了如下动作联锁控制措施。

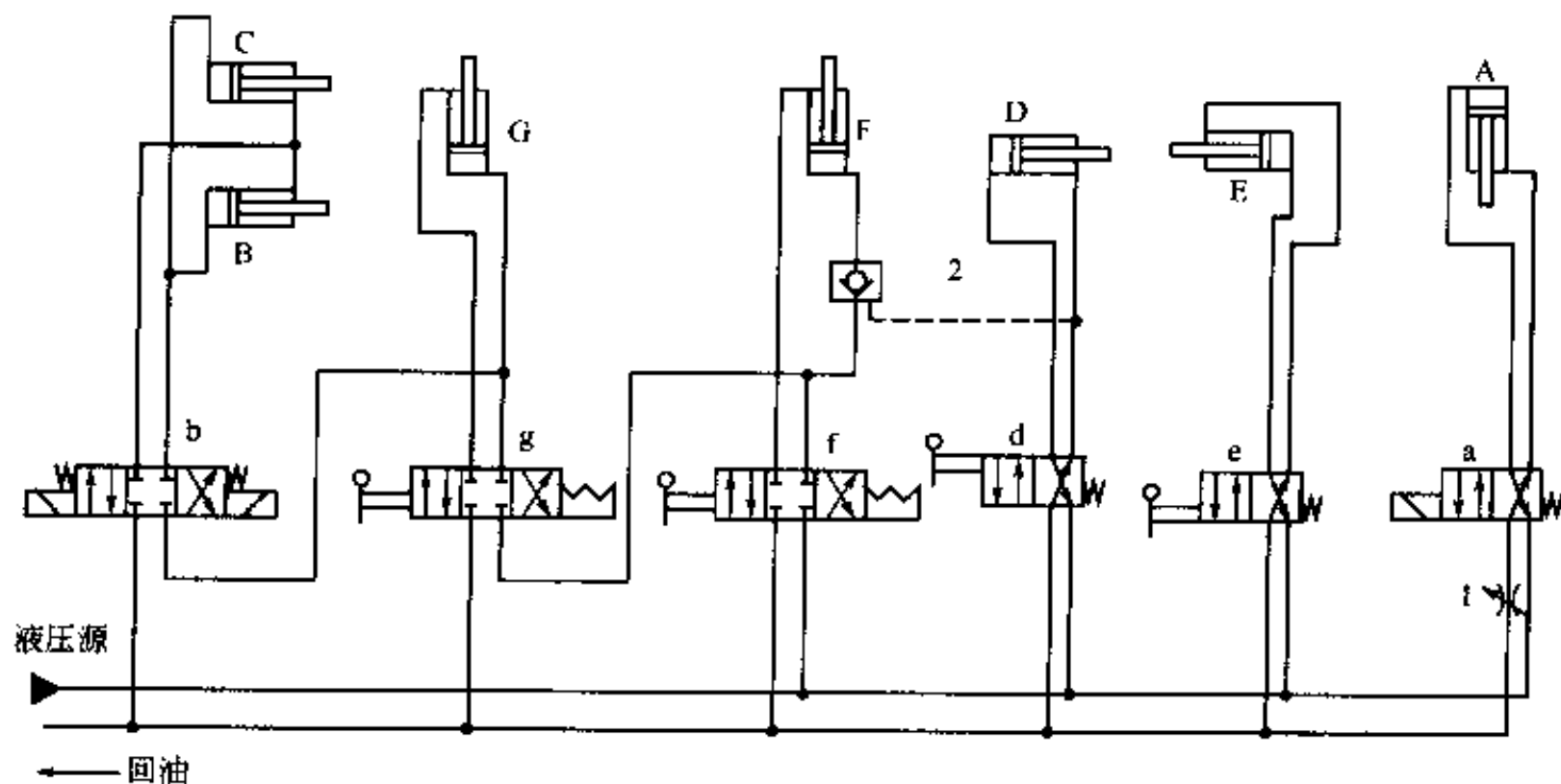


图 1-11 液压控制系统原理图

- 1—节流阀；2—液控单向阀；A—盖模液压缸；B、C—外模左、右液压缸；D—左边芯水平液压缸；E—右边芯水平液压缸；F—右边芯升降液压缸；G—中芯轴块液压缸；a—二位四通电磁换向阀；b—三位四通电磁换向阀；d、e—二位四通手动换向阀；f、g—三位四通手动换向阀

由于只有当右边芯处于左端位置时才可下行，故在右边芯升降缸 F 的无杆腔油路中，反向串接了液控单向阀 2，并把该阀的控制油口接在右边芯水平缸 E 左移的进油路中。当右边芯左移到位后，控制回路油压随液压缸 D 内的油压升高而升高，液控单向阀 2 在反向导通，从而实现右边芯的下降；液压缸 G 带动中芯轴块的升降只有在左、右边芯分别处于左右位置时才能进行，所以中芯轴块升降缸 G 的进油路不直换与液压源的总压力油路相连，而是接到右边芯升降缸 F 上升的进油路上，即只有当缸 F 带动右边芯上升到位后，中芯轴块才能升降；外模开、合模动作是在芯模拼合的状态下进行的。所以将开合模液压缸 B、C 的进油路接在中芯轴块升降液压缸 G 上升的进油路中。只有缸 G 带动中芯轴块上升到位后，外模才能进行开合模动作。反之，中芯轴块在下降位置时，阀 b 的进油路与中芯轴块下降的回油路相通，即使阀 b 换向，开合模仍不能动作。

在生产活塞时，需要在活塞裙部镶嵌一加固钢圈。取放钢圈的动作由一机械手进行，机械手的升降由一汽缸驱动，机械手的转动则由人工驱动。

本机模具的各个分块都接有循环冷却水管路。根据模具结构，进水控制分盖模、外模和芯模（包括销芯）三部分，由电磁水阀控制。

### (3) 电控系统

该机采用了可变程序控制器（PLC）为主控制器的电气控制系统（见图 1-12），用于实现机器的动作控制与显示、水冷却时间控制与显示、产量计数与显示、液压系统故障报警等

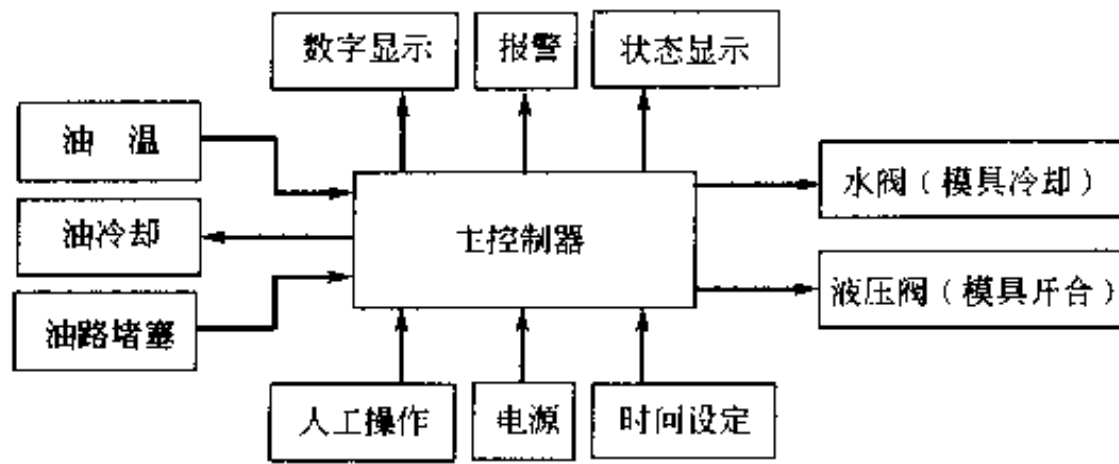


图 1-12 电控系统原理框图

功能。通过改变相应的软件程序，即可实现工艺程序或工艺参数的变更。

(4) 技术特点

1) 该铸造机是一种新型的金属型半自动化铸造设备。铸件质量高，适用范围广，金属收得率高。

2) 本机的主要动作由液压传动，采用 PLC 控制，手控与自控相结合方式，控制机动、灵活可靠；动作平衡可靠，故障少；降低了劳动强度。

3) 通过设置液控单向阀及油路的合理拼搭等动作联锁控制措施，保证机器工作时，严格按照规定的先后顺序动作，避免因系统失灵或操作者失误打乱动作节拍，损坏模具与机器。

(5) 技术参数 (见表 1-3)

表 1-3 JDZ-1 型活塞铸造机技术参数

项 目		参数或型号	单 位
能生产的活塞铸件尺寸	直径	50~150	mm
	内顶高度	50~150	
	最大裙部高度	70	
	销孔直径	12~33	
生产率		1	支/min
可安装的活塞模具(金属型)尺寸	高度	160~280	mm
	单边行程	155~175	
	厚度	180~220	
	外模开启后开挡	180~240	
可编程序控制器	主机	OMRON C60P	
	编程器	3G2A5-PR013-E	

1.2.5 铅钙合金浇铸生产线液压系统

(1) 主机功能结构

铅钙合金浇铸生产线（直线布局）的设备由浇铸机构、电子称量、控制系统及直线铸型、打字、去毛刺、堆垛、输送轨道等机构组成，整套设备的各机构全部采用液压驱动，用于实现合金的自动浇铸和合金锭的毛刺去除及堆垛等作业。浇铸机构是浇铸机的主要工作部件（见图 1-13），液压缸 1 通过密封箱 8 中的齿轮 2、齿条 3 克服弹簧 4 的预紧力向上提动浇铸阀 7 时，浇铸口 6 开启，浇铸箱 5 中的高温铅液经浇铸口 6 流入锭模内。浇注完成后，液压缸通过齿轮齿条驱动浇铸阀关闭；浇铸阀的开启力由弹簧 7 调定。设备的浇铸工作过程如下：浇铸小车与固定在链带上的锭模保持同步，同时开启 4 个浇铸阀进行浇注，6s 后小车

退回完成一次浇注周期。合金锭随链带移动，移动过程中进行锭模底部喷水冷却，合金锭随链带移动到头轮部位打字并自动翻启脱模，合金锭落到承锭轨道上，推锭机构将其推出到堆垛机上，锭推出时，去毛刺机构刮取锭边毛刺。推锭机构动作 5 次，堆垛机构动作 1 次，堆垛机构每次动作位移不同以实现堆垛，剥层每层 5 块，一共 5 层；堆垛机构动作 5 次，推锭机构动作 1 次，将堆好的铅钙合金垛推入输送辊道，进行打包入仓。

(2) 液压系统及其工作原理

图 1-14 所示为该浇铸生产线的液压系统原理图。系统为双泵双回路（左右各一）形式，油源为两套双联液压泵 8，一套为工作泵，另一套为备用泵。

右侧回路由双联泵 8 的小泵供油，泵的压力由先导式溢流阀 12 和远程调压溢流阀 10 进行二级压力控制。该回路的执行器包括推锭机构液压缸 60、浇铸小车液压缸 61 和浇铸机构液压缸 62、63、64、65。推锭缸 60 的运动方向由二位四通电磁换向阀 18 控制，通过调速阀 34 进行双向节流调速，溢流阀 50 为该缸的背压阀。液压缸 61 驱动浇铸小车，三位四通电磁换向阀 19 用于控制小车运动方向，

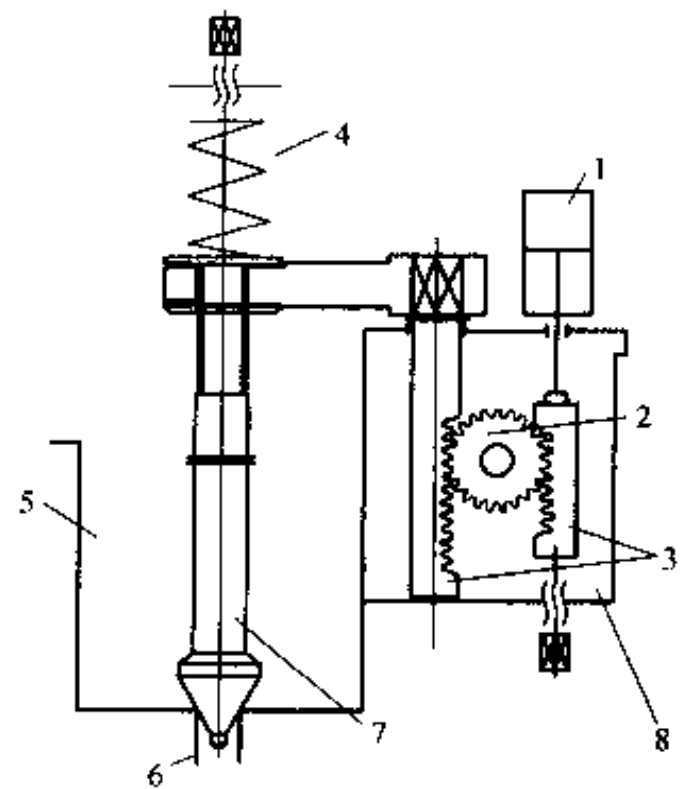


图 1-13 铅钙合金浇铸机构示意图

1—液压缸；2—齿轮；3—齿条；4—弹簧；5—浇铸箱；6—浇铸口；7—浇铸阀；8—密封箱

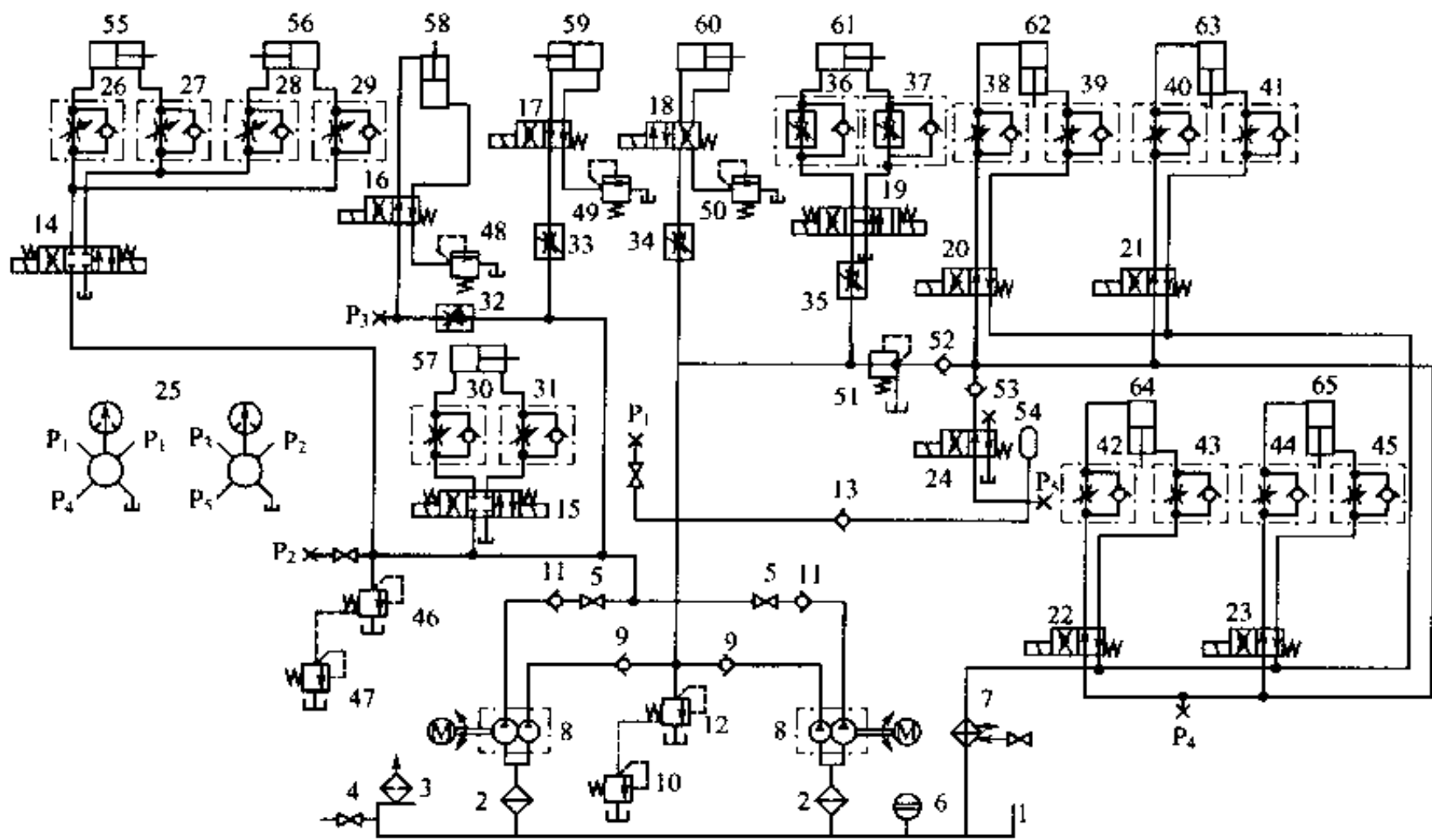


图 1-14 生产线液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—空气过滤器；4、5—截止阀；6—液位计；7—冷却器；8—双联液压泵；9、11、13、52、53—单向阀；10、47—远程调压溢流阀；12、46—先导式溢流阀；14、15、19—三位四通电磁换向阀；16、17、18、20、21、22、23、24—二位四通电磁换向阀；25—压力表及开关（两个）；26、27、28、29、30、31、38、39、40、41、42、43、44、45—单向节流阀；32、33、34、35—调速阀；36、37—单向调速阀；48、49、50—背压溢流阀；51—减压阀；54—蓄能器；55、56—承锭液压缸；57—旋转机构液压缸；58—堆垛液压缸；59—推锭液压缸；60—推锭液压缸；61—浇铸小车液压缸；62、63、64、65—浇铸液压缸



阀 19 的 H 型中位机能可使缸 61 浮动, 以便在缸 61 启动之前, 由链带上的挂钩钩挂浇铸小车移动, 以使浇铸小车启动时与链带锭模同步, 保证可靠浇注; 缸 61 通过进、出口设置的单向调速阀 36 和 37 实现双向进油节流调速, 实现与链带同步。4 个浇铸缸 62、63、64、65 用于驱动浇铸阀的启闭 (参见图 1-13), 4 个缸的运动方向依次由二位四通电磁换向阀 20、21、22、23 控制 (换向时间由超声波位置传感器检测控制); 浇铸缸回路的工作压力由减压阀 51 设定并由单向阀 52 短时保持, 蓄能器 54 用于断电补油, 避免生产事故; 缸 62、63、64、65 分别通过进口及出口设置的单向节流阀 38 及 39、40 及 41、42 及 43、44 及 45 实现双向进油节流调速。

左侧回路由双联泵 8 的大泵供油, 泵的压力由先导式溢流阀 46 和远程调压溢流阀 47 进行二级压力控制。该回路的执行器包括承锭液压缸 55 和 56、旋转机构液压缸 57、堆垛机构液压缸 58、推垛机构液压缸 59。承锭缸 55、56 驱动左右承接板的开启与关合, 关合时承接推锭机构推出的合金锭, 此两缸油路并联, 运动方向由三位四通电磁换向阀 14 控制, 并通过进、出口设置的单向节流阀 26、27 和 28、29 实现双向进油节流调速。当推锭液压缸 60 动作 5 次, 即承接板承接 5 块铅钙合金锭形成一层后, 堆垛液压缸 58 上升, 承锭液压缸 55、56 使承接板开启, 铅钙合金锭层由立置的堆垛液压缸 58 承接; 堆垛缸 58 的升降由二位四通电磁换向阀 16 控制, 并通过调速阀 32 实现双向进油节流调速, 溢流阀 48 为该缸的背压阀; 堆垛缸 58 的工作行程随垛层数量而变, 由设置在行程上的位置传感器检测控制。堆垛缸 58 每承接一层合金锭, 退回后由旋转液压缸 57 通过齿轮齿条机构使其回转  $90^\circ$ , 保证所承接的锭层以  $90^\circ$  交错排列, 使垛码稳固。旋转缸的运动方向、调速方式与缸 55 或 56 相同, 三位四通电磁换向阀 15 的 O 型中位机能有利于保证缸 57 的定位精度。堆垛液压缸 58 动作 5 次后升起, 推垛液压缸 59 动作, 将码好的铅钙合金锭垛推出, 进入输送辊道。缸 59 与缸 60 的油路结构大致相同, 运动方向由二位四通电磁换向阀 17 控制, 通过调速阀 33 进行双向节流调速, 溢流阀 49 为该缸的背压阀。

### (3) 技术特点

1) 该生产线液压系统为多执行器系统, 各执行器的功能和负载条件不尽相同, 为了防止因不同的压力流量相互干扰和影响, 采用了双泵双回路油路结构, 不但工作可靠, 而且能量利用合理。系统的油源采用了冗余结构, 两套双联泵, 一套备用, 提高了系统工作的安全可靠。

2) 左右两侧回路液压泵的压力均采用远程控制原理进行二级压力控制, 先导式主溢流阀用于限定泵的最高压力, 保证系统安全, 远程调压溢流阀用于调整泵的工作压力, 以满足系统的工况要求。浇铸缸回路设有减压、保压和断电补油装置, 保证了浇铸过程的安全可靠性。

3) 速度需要调节的执行器, 采用节流阀或调速阀进油节流调速方式, 结构简单, 调整方便, 但不利于油液散热, 并易引起内泄漏。对于运动速度较高的执行器, 在其回油路上设置了起背压作用的溢流阀, 以提高其启动和工作的平稳性。

4) 采用电磁换向阀实现执行器运动方向的控制, 便于自动化。

5) 用冷却器对系统进行回油冷却, 以降低浇铸机构高温工作环境对液压系统性能的不利影响。

6) 浇铸液压缸通过齿轮齿条机构使浇铸阀启闭, 齿轮齿条机构安装在密封箱内, 避免了浇铸液压缸直接安装于浇铸箱上, 受高温铅液烘烤所带来的种种弊病, 也避免了高温、粉

尘可能对液压系统带来的危害。浇铸机构为独立构件，装拆方便，便于使用、维护与管理，特别是生产上要求烫浇铸箱体时，可迅速拆卸与安装，节省辅助时间，有利于提高生产率。

7) 与人工浇铸相比，采用液压传动的铅钙浇铸机结构紧凑，自动化程度和生产效率高，钙合金元素烧损小，铸成品的重量误差小，外形平整；经济性好。

### 1.3 金属成型设备液压系统

#### 1.3.1 液态模锻液压机系统

##### (1) 主机的功能结构

液态模锻是一种少切削或无切削的精密成型新工艺，它是把液态金属直接浇入金属模内，然后在一定时间内以一定的压力作用于熔融或半熔融的金属液上，使之成型，并在此压力下结晶和塑性流动，从而获得所需毛坯或零件。此工艺具有产品质量优良、节能、环保及价廉等优点。现介绍用于摩托车轮毂生产的 3150kN 液态模锻液压机。

该液态模锻液压机由主机及控制机构两大部分组成，图 1-15 所示为该机结构示意图。主机由上横梁、工作台、滑块（活动横梁）、立柱（4 根）、调整螺母、锁紧螺母、打料机构、主液压缸、顶出液压缸等组成，机器精度由调整螺母及紧固于上横梁上端的锁紧螺母来调整。滑块依靠 4 根立柱导向实现上下运动。打料机构由打料杆导套、弹簧等组成，打料杆打料后靠弹簧力自动复位，打料最大行程 160mm。

主缸 11 安装在上横梁 12 的中心孔内，主缸尾部装有充液阀，充液阀用于主缸上腔的充液、排油和保压。顶出缸 2 安装在工作台内，并在工作台中心大孔镶套铣槽，加防转连杆防转。

控制机构包括液压站及电气控制系统。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-16 所示为该机的液压系统原理图。系统的油源为三个变量液压泵 40、41、42，执行器为主液压缸 34 和顶出液压缸 35，系统采用多个插装阀控制，远程调压溢流阀 2、5 和溢流阀 7 及其相接的二位四通电磁换向阀和二位二通电磁换向阀分别用于设定泵 40、41 和 42 的压力与泵的卸荷控制。带释压阀心的液

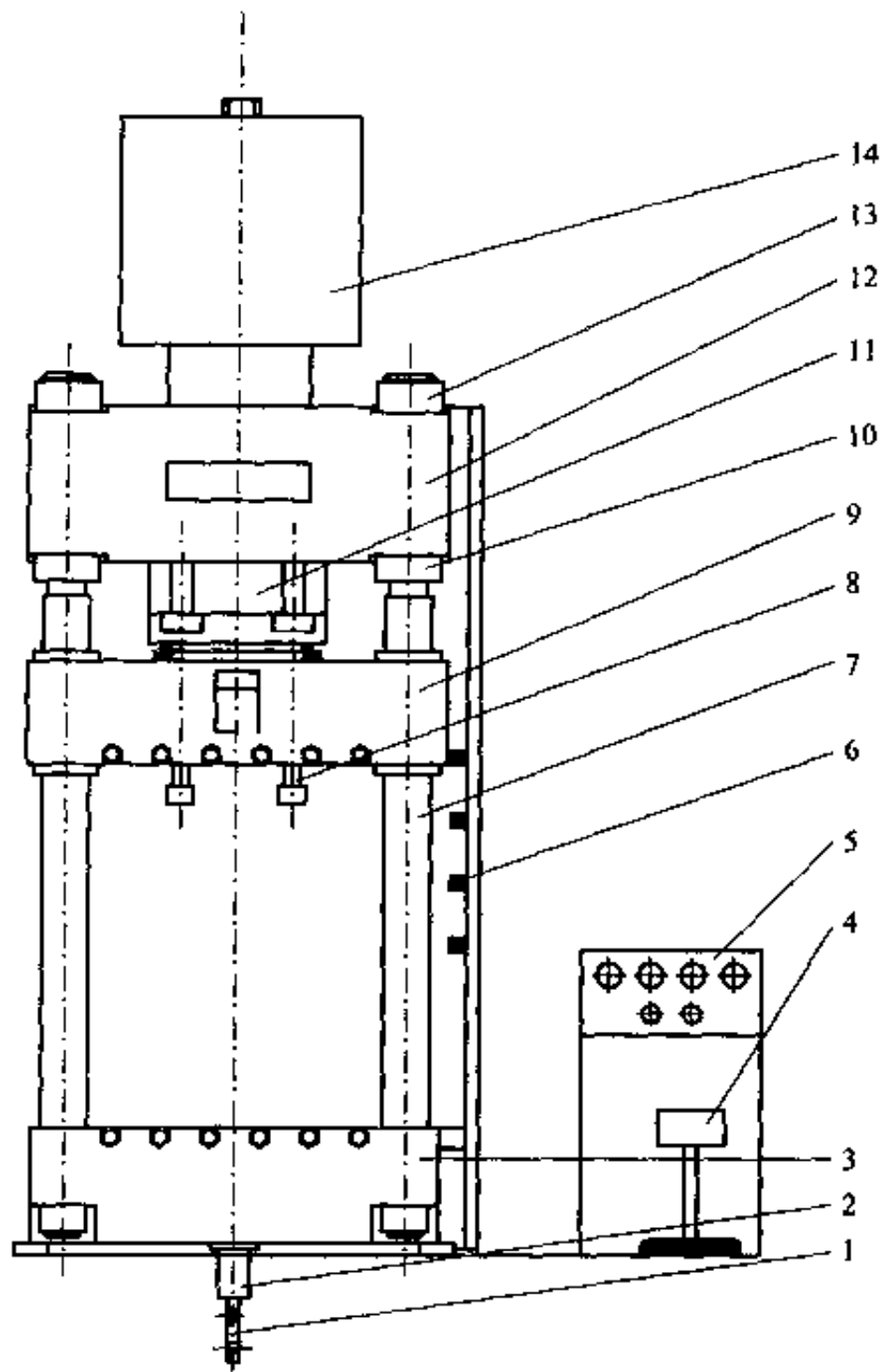


图 1-15 液态模锻液压机结构示意图

- 1—顶出缸控制机构；2—顶出液压缸；3—工作台；4—按钮站；  
5—液压站；6—滑块控制机构；7—立柱；8—打料机构；  
9—滑块；10—调整螺母；11—主液压缸；12—上横梁；  
13—锁紧螺母；14—充液系统



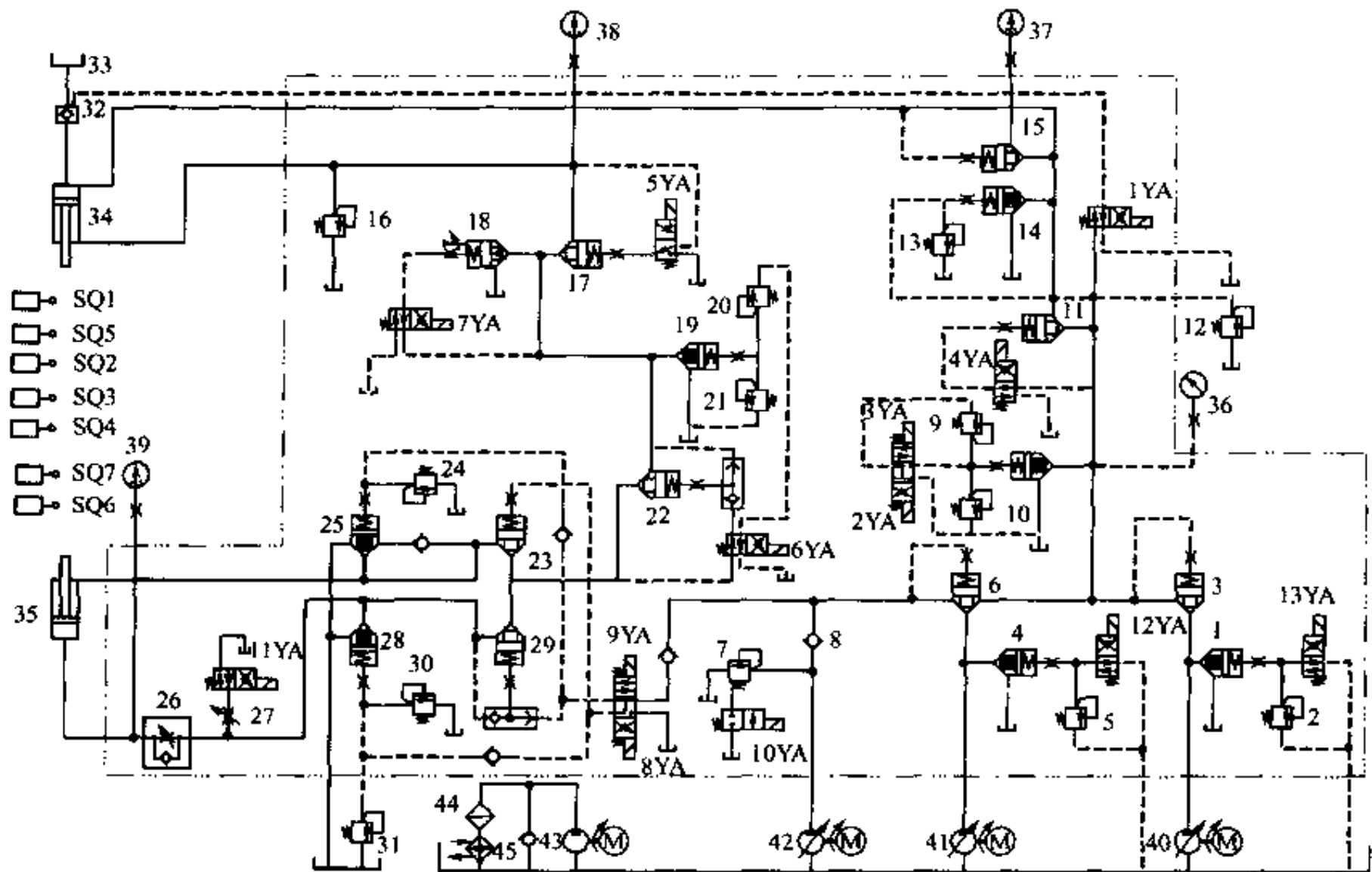


图 1-16 液压机液压系统原理图

1、3、4、6、11、14、15、17、18、19、22、23、25、28、29—插装阀；2、5、7、9、10、12、13、16、20、21、24、30、31—溢流阀；8—单向阀；26、27—调速阀；32—液控单向阀；33—高架油箱；34—主液压缸；35—顶出液压缸；36、37、38、39—压力表；40、41、42—变量液压泵；43—定量液压泵；44—过滤器；45—冷却器

控单向阀 32 用于主缸 34 快速下行时从高架油箱 33 充液，插装阀 18 用于调节主缸的快速下行速度，溢流阀 20 作背压阀使用；单向节流阀 26 用于顶出缸 35 的进油节流调速；主缸带动滑块保压的发信装置为电接点压力表 37，顶出缸的保压发信装置为电接点压力表 39，保压时间由电控系统的时间继电器控制，主缸释压通过阀 32 实现（释压时间由时间继电器控制），顶出缸通过节流阀 27 释压（释压时间通过节流阀 27 的开度调节）。主缸和顶出缸行程上布置有多个行程开关（SQ1~SQ7），与各电接点压力表配合，控制电磁换向阀的通断电，可以完成的工作循环及各工况的工作原理介绍如下。

1) 主缸（滑块）快速下行 按压“下行”按钮，电磁铁 2YA、4YA、5YA、7YA、12YA、13YA 通电，泵 40、41 的压力油经阀 11、15 进入主缸无杆腔，阀 17、18 开启，主缸 34 及滑块在自重作用下快速下行，主缸无杆腔形成负压，吸开充液阀 32，高架油箱向主缸无杆腔充液，主缸有杆腔的油液经阀 17、18 排回油箱。主缸的快速下行速度由插装阀 18 的开度决定。

2) 主缸（滑块）慢速下行加压 当主缸及滑块快下碰到行程开关 SQ2 时，电磁铁 7YA 断电，阀 18 关闭，主缸及滑块在液压泵 40、41 供入主缸无杆腔的压力油作用下慢速下行并开始压制，主缸有杆腔的油液经阀 17、19 排回油箱。回油背压值由溢流阀 20 设定。

3) 主缸（滑块）保压延时 当主缸上腔压力升高到电接点压力表 37 上限的设定值时发信，使电磁铁全部断电，液压泵卸荷，主缸无杆腔开始保压，同时保压延时继电器 KT3 开

始计时。

4) 顶出缸顶出 当主缸保压 3~5s (由可编程序控制器 PLC 设定时间), 电磁铁 2YA、8YA、10YA、12YA、13YA 通电, 液压泵 40、41、42 同时经阀 29 向顶出缸 35 无杆腔供油, 顶出缸顶出, 顶出速度由单向节流阀 26 的开度决定。

5) 顶出缸保压延时 当顶出压力达到电接点压力表 39 的上限设定值时发信, 使电磁铁 12YA、13YA 断电, 液压泵 40、41 卸荷, 泵 42 继续供油, 实现持续开泵保压, 保压延时继电器 KT4 开始计时并对保压时间进行控制。

6) 顶出缸释压 顶出缸保压完毕, 时间继电器 KT4 发信, 电磁铁 2YA、8YA、10YA 断电, 11YA 通电, 无杆腔的压力油经节流阀 27 排回油箱, 顶出缸释压。释压时间由节流阀 27 的开度决定。

7) 主缸释压回程 当顶出缸压力泄到电接点压力表 39 的下限时发信, 使电磁铁 1YA、3YA、5YA、6YA、12YA 通电, 控制油液先推开充液阀 32 的释压阀心, 主缸释压, 待压力泄至电接点压力表 37 下限后延时 3s, 电磁铁 3YA 断电, 2YA、13YA 通电, 液压泵 40、41 的压力油经阀 22、17 进入主缸有杆腔, 无杆腔的油流回充液油箱, 主缸带动滑块回程, 碰到行程开关 SQ5 时 (SQ5 为半自动回程设定, SQ5 距上限位 SQ1 应大于 190mm 才不至于过早打料), SQ5 发信, 回程停止。

8) 顶出缸顶出 滑块回程停止后, 电磁铁 2YA、8YA、10YA、12YA、13YA 通电, 液压泵的压力油经阀 29 进入顶出缸无杆腔, 顶出缸顶出。

9) 取料饼 当顶出过程中碰到行程开关 SQ7 时, 顶出停止。此时可进行取料饼、清模工作。

10) 顶出缸通回 取饼清模结束后, 将工作方式旋到“调整”位置, 按压“通回”按钮, 电磁铁 2YA、9YA、12YA 通电, 液压泵 41 的压力油经阀 23 进入顶出缸有杆腔, 无杆腔排油, 顶出缸退回, 碰到 SQ6 退回停止。

11) 滑块下降钩扣下模 按压“下行”按钮, 主缸无杆腔进油, 滑块下降钩扣下模。

12) 回程打料 按压“回程”按钮, 滑块回程, 碰到开关 SQ1 回程停止, 打料杆打料, 取下工件。

至此, 一个工作循环结束。

### (3) 技术特点

1) 本机工作压力、快速下行速度、滑块行程、顶出力、顶出速度和顶出行程均可根据工艺需要进行调整, 并且主缸和顶出缸均具有保压功能, 保压时间可调, 从而保证了制品质量, 提高了成品率。

2) 本机具有自动打料机构、顶出缸活塞杆防转机构、独立的油液冷却过滤装置和顶出活塞冷却装置。

3) 本机液压系统为插装阀系统, 电气控制采用 PLC 控制技术, 对成型周期中的每个阶段均能进行程序控制。可实现调整和半自动两种操作方式。液压系统中, 顶出缸采用 10YCY14-1B 柱塞泵开泵保压, 保证了保压精度及制件成型质量。

4) 液压系统采用多泵组合供油, 有利于节能和减少系统发热。

5) 系统设有高线过滤冷却回路 (定量泵 43、过滤器 44 和冷却器 45), 可以控制系统的总污染度, 提高了系统的安全可靠性。

### (4) 技术参数 (见表 1-4)

表 1-4 液态模锻液压机主要技术参数

项 目		参 数	单 位
工作台有效尺寸		1 260×1 160	m
开口高度		1 450	
电动机总功率		49.5	kW
液压系统最高压力		25	MPa
公称出力	滑块	3 150	kN
	顶出	1 000	
行程	滑块	800	mm
	顶出	300	
滑块速度	空载下行	200	mm/s
	压制	8~30	
	回程	150	
顶出速度	顶出	20~80	mm/s
	退回	112	

### 1.3.2 泵直接传动式锻造液压机系统

#### (1) 主机功能结构

直接传动锻造液压机主要用于高温合金钢等锻件的生产。按主控单元不同，直接传动式锻造液压机的液压伺服控制系统有阀控（节流控制）系统和泵控（容积控制）系统两种类型。与阀控系统驱动的锻造液压机相比，采用可逆转式径向柱塞变量泵作为主控单元的泵直接传动的锻造液压机，由于是容积控制方式，能量损失小，效率高，发热少，同时系统结构紧凑，使用维护方便，又由于其主控泵变量机构的控制环节构造特殊，具有较高的动态特性，因而其控制特性好，运行平稳，锻造速度快（不小于 120 次/min），能与操作机自动联动，且锻件精度达±1mm。在现有的几类自由锻造液压机中，其快速性、平稳性最好。锻造液压机采用的可逆旋转式径向柱塞变量泵由伺服阀驱动伺服油缸来调节泵心的偏移量，从而调节泵的流量与方向，在大容量下能快速变换速度及方向，最适用于正弦运动曲线的传动系统。对于流量 505L/min 的泵，流量从 0~100% 的转换时间仅为 65ms。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-17 所示为采用 4 台可逆旋转式径向柱塞变量（电液伺服油缸变量）液压泵 P1~P4 直接传动的 10MN 锻造液压机系统原理图。系统的执行器为主液压缸 C1 和回程液压缸 C2（两个）。该系统与其他类型的系统截然不同，其加压速度随液压泵的排量变化而变化，而执行器的加压和回程方向变换由泵本身的转换来实现。因此，没有其他液压系统所采用的充液阀和换向阀，加压速度、方向及定位等控制仅需控制泵即可。系统中的主泵 P1~P3 由定量液压泵 P5 和 P7 供液，主泵 P4 在压机空程下降时通过回程缸 C2 吸油，而在回程时通过主缸吸油。定量液压泵 P6 和 P8 分别作为主泵 P1、P2 和 P3、P4 的变量机构以及系统中有关液控单向阀的控制油源。

系统的工作原理如下。

1) 空程下降 4 台主泵 P1~P4 同时向主缸 C1 供液，其中泵 P1~P3 从供液泵 P5、P7 获取油源，变量泵 P4 从回程缸 C2 吸油，从而驱动液压机快速下降。

2) 加压 上砧与锻件接触后，主缸 C1 油腔内压力上升，压机上砧的加压速度与位置由变量泵 P3 的排量控制。

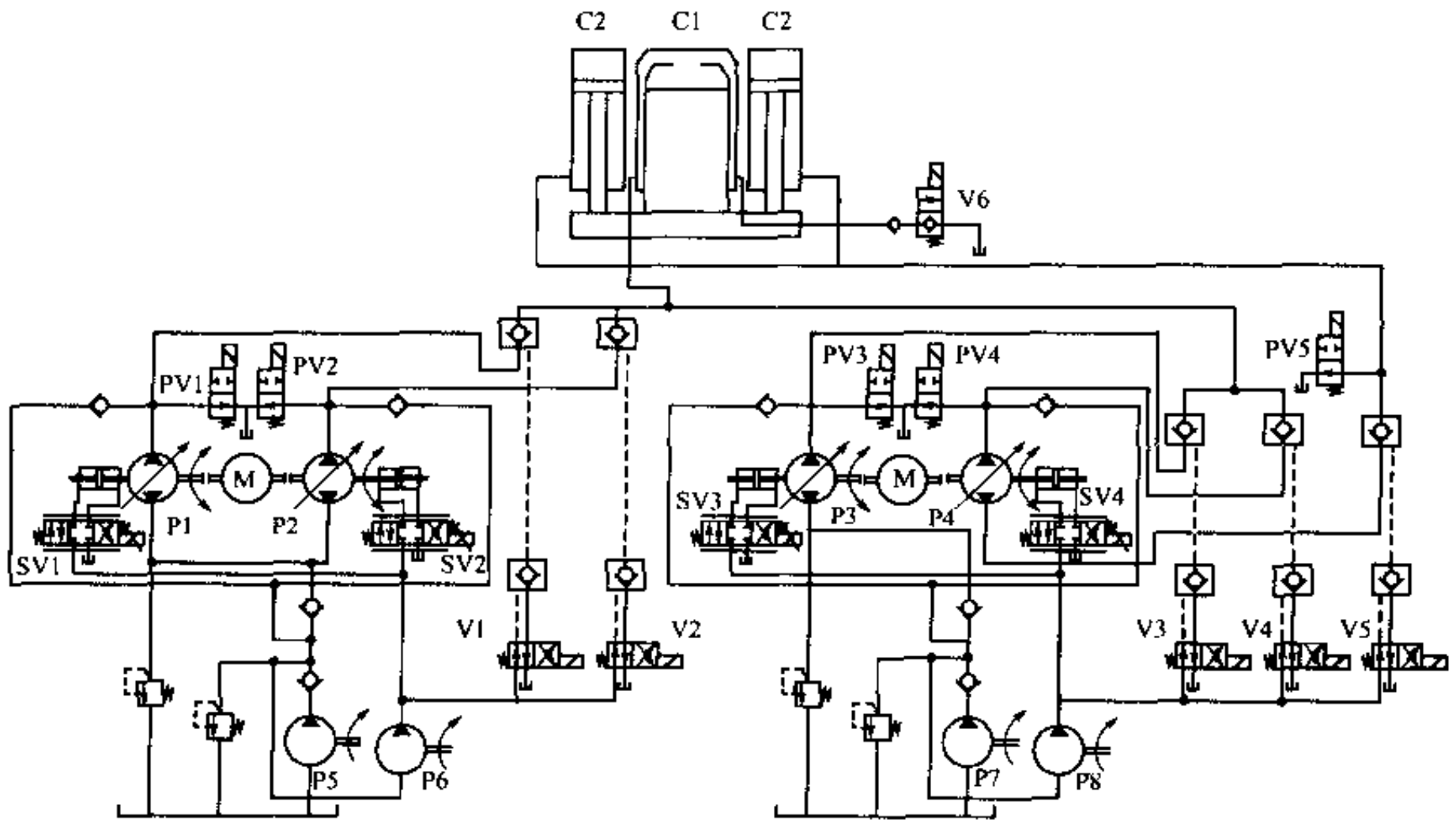


图 1-17 泵直接传动的 10MN 锻造液压机系统原理图

P1~P4--电液伺服变量液压泵；P5~P8--供液定量液压泵；SV1~SV4--电液伺服阀；V1~V5--二位四通电磁换向阀；V6--二位二通电磁球阀；PV1~PV5--二位二通电磁换向阀；C1--主液压缸；C2--回程液压缸

3) 释压与回程 主泵和换向阀 V6 使主缸 C1 释压，4 台主泵 P1~P4 同时从主缸吸油，泵 P1~P3 将油排回油箱，P4 将油液注入 2 个回程缸 C2，借此控制液压机的上升速度。

图 1-18 所示为压机行程与时间关系曲线。其中 AB 为速度渐增的缓降段；BC 段接近直线，为速度较高的空降段；CD 段速度逐渐降低，加压主要在这一连变段进行；DE 段为缓慢加压直至下停点 E；EF 段速度较低，以便无冲击释压；FG 段为快速回程段；GH 段回程速度渐缓直至上停点 H。整个曲线具有快而软的特性，表明液压机既具有最快的速度，冲击又小。

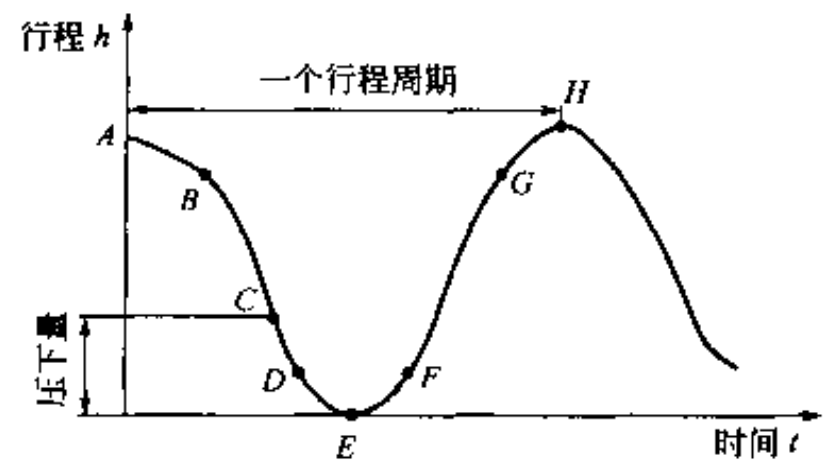


图 1-18 液压机行程与时间关系曲线

### (3) 控制系统

液压机在进行锻造时，行程次数达 80~120 次/min。由于动梁速度高，主控单元必须进行频繁、快速的动作切换，且液压机运动部件的惯性相当大，往往引起液压冲击和机械振动，严重影响机器的运行精度和使用寿命。为了实现液压机动作次数高、尺寸控制精度高以及振动小等特性，其关键措施是在尽可能小的液压冲击和机械振动的前提下获得满意的主控单元控制特性。控制系统的结构框图如图 1-19 所示。液压机的速度、位置、压力及运动方向完全由 4 台变量泵来实现，每台泵的流量变化和方向由泵芯的偏移来调节，为获得高的响应速度，采用伺服阀驱动伺服液压缸来调节泵的偏心，同时将伺服缸的位移构成位置闭环，实现正弦泵的高精度控制。

液压机的位置传感器用来控制压机上、下停止点的位置精度和压机的运行速度，压力传感器实现锻造力的控制。控制信号的给定与综合由计算机完成，即计算机作为控制器将完成

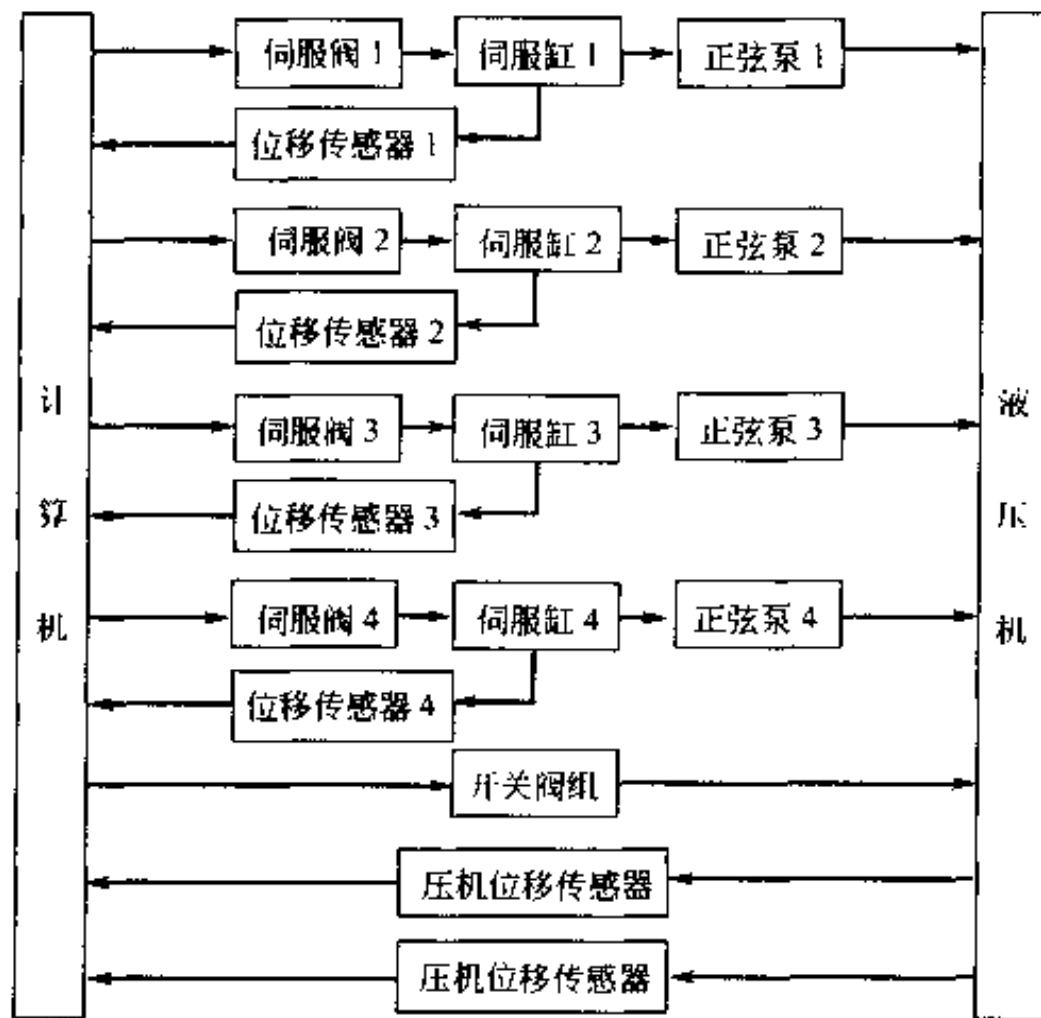


图 1-19 液压机控制系统结构框图

多泵复合控制系统的实时在线控制。

(4) 技术特点

1) 该液压机系统采用多变量泵直接传动，定量泵供液并提供控制油，有利于能量的合理利用。

2) 泵直接传动系统中，由于泵的排油方向可以从排量为 0 时转换，因此压机上砧下降、加压和回程转换时没有冲击，完全消除系统中因压力冲击引起的振动。

3) 与阀控系统相比较，泵控系统不用充液阀和换向阀，省去了大量操纵和控制液压阀，减少了能量耗损，大大提高了传动效率，不仅增加了每分钟行程次数，而且减少了维修工作，提高了运行率。压机上砧动作及其速度与泵的排量精确地成比例，因而压机反应灵敏，控制精度高；同时由于泵的流量可变，使用多台泵组合可得到适合于不同锻造工艺的运动曲线。其综合性能指标优良。

1.3.3 多功能棒料折弯机液压系统

(1) 主机功能结构

多功能棒料折弯机用于直径为 4.5~12mm 的金属棒料制品的折弯加工。该机能够加工出十余种不同的形状和尺寸，有三个弯曲段的成品可以一次挤压作业成型，产品无压痕。一次挤压过程中，可以实现多根棒料同时挤压成型。该机由主机、液压站和电器控制柜三部分组成。

机器的主机由机架、龙门架、左折板、压紧板、右折板、滑动架和调整丝杠等组成（见图 1-20）。左折弯机构能够实现两个弯的一次成型，借助 120°和 90°两个位置的限位开关，可完成 120 和 90 两种型号的产品成型。此型号的切换无需调整行程开关，由控制面板上的 120/90 拨位开关即可实现。其中产品手柄处折弯是由龙门架上限位轴的限位实现的。右折弯机构设置在一个可以沿横向导轨滑动的架体上，松开锁紧螺栓，摇动丝杠可以调整右折

弯的位置，以满足不同规格产品的要求。

左折弯装置、右折弯装置和压紧板各采用一个单活塞杆液压缸驱动。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-21 所示为折弯机的液压系统原理图。为了提高左、右折弯的平稳性和防干扰，液压系统采用了双联泵（泵 2 和泵 3）供油的双回路系统，泵 2 单独向左折弯机构液压缸 9 供油，供油压力由溢流阀 6 设定，缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制，运动速度由单向节流阀 8 回油节流调速。右折弯机构液压缸 10 与压紧液压缸 13 由泵 3 供油，泵 3 的供油压力与卸荷由先导式溢流阀 5 和二位二通电磁换向阀 4 设定和控制；缸 10 与缸 13 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 12 和二位四通电磁换向阀 14 控制；缸 10 由单向节流阀 11 回油节流调速，缸 13 由调速阀 15 进行回油节流调速。

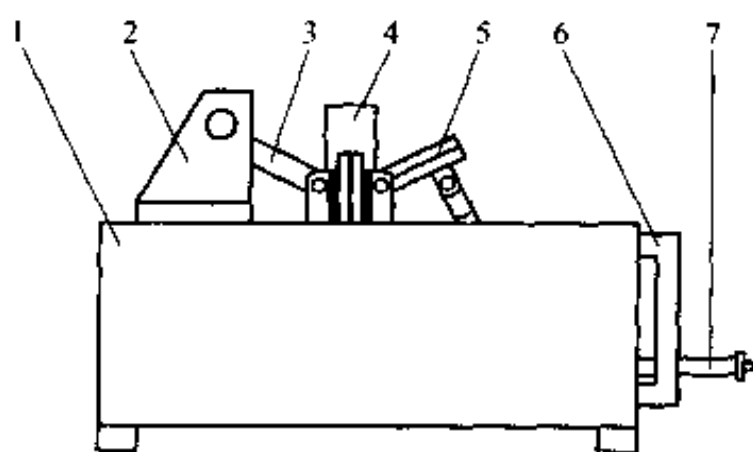


图 1-20 折弯机的主机结构示意图  
1—机架；2—龙门架；3—左折板；4—压紧板；  
5—右折板；6—滑动架；7—调整丝杠

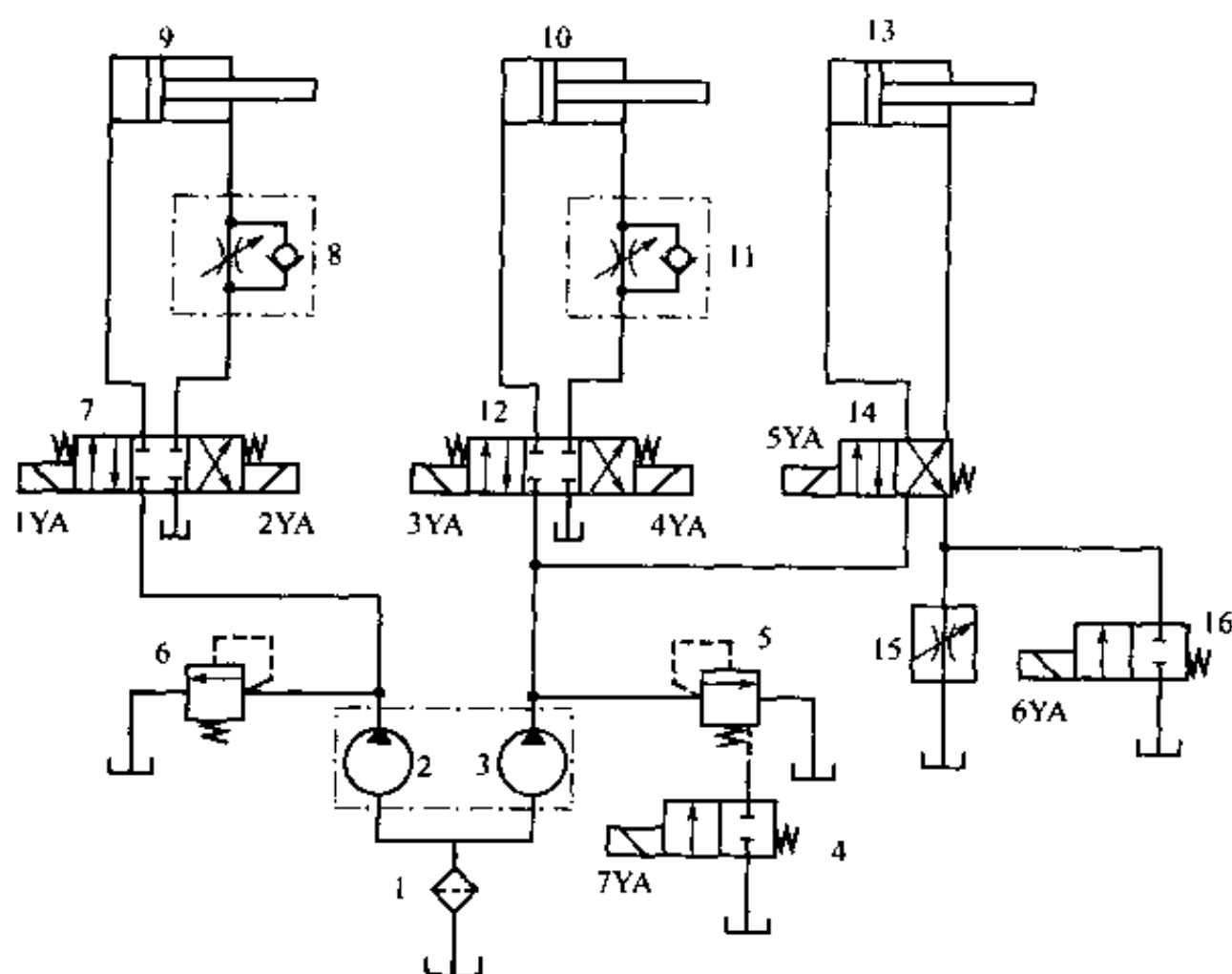


图 1-21 折弯机液压系统原理图

1—过滤器；2、3—双联液压泵；4、16—二位二通电磁换向阀；5—先导式溢流阀；6—溢流阀；  
7、12—三位四通电磁换向阀；8、11—单向节流阀；9—左折弯机构液压缸；10—右折弯  
机构液压缸；13—压紧液压缸；14—二位四通电磁换向阀；15—调速阀

该液压系统的各液压缸行程上布有行程开关，通过行程开关向有关电磁换向阀的电磁铁发出通断电信号和自动/手动转换开关转换，系统可获得两种工作方式。

1) 自动工作方式 当自动/手动转换开关处于自动位置时，折弯机处于待料位置，液压系统卸荷。按下循环启动按钮后，折弯机工作循环开始：压紧板快速压下→压紧板慢速压下→左、右折板同时折弯→左、右折板同时退回初位→系统卸荷，完成一个自动工作循环。卸料、装料后，按下循环启动按钮，又一个循环开始。



2) 手动工作方式 若自动/手动转换开关处于手动位置, 可以实现对折弯机每个动作的单步运动控制, 以便对折弯机调整与调试。

液压系统的电磁铁动作顺序见表 1-5, 由此表容易了解机器在各动作阶段液压系统的油液流动路线。

表 1-5 电磁铁动作顺序

动 作	电 磁 铁						
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA
快速压紧					+	+	
慢速压紧					+		
左右折弯	+		+		+		
左右折退		+		+	+		
压头松开						+	
系统卸荷							+

(3) 技术特点

1) 该折弯机主机结构新颖、工作可靠、效率高, 可将不同直径的棒料折成不同形状的产品, 并能实现一次三弯折弯成型。

2) 液压系统采用双联泵供油双回路回油节流调速方式, 以实现左、右折弯液压回路压力和速度的独自调节, 互不干涉; 待料期间, 系统卸荷, 有利于节能和减少发热。

(4) 技术参数

该折弯机可加工的棒料规格为 4.5~12mm; 挤压成型时间不大于 15s; 系统的工作能力可调, 最高综合生产能力为 1875 件/h。

1.3.4 PLC 自动控制的板料液压剪切机系统

(1) 主机功能结构

本液压剪切机主要用于板料的剪切加工。其主机由送料机、料架、压块和剪刀等组成(见图 1-22)。物料的压紧和剪切由液压缸驱动。各工作机构行程上, 布置有电气行程开关(SQ1~SQ5), 通过其发信和可编程序控制器(PLC)实现自动控制。

剪切机在初始位置时, 压紧板料的压块 1 在上部位置, 行程开关 SQ2 被顶开。剪刀 2

也在上面, 行程开关 SQ4 被压开。行程开关 SQ1 和 SQ5 均为常开。

剪切机进入工作状态前, 物料放在送料皮带上, 然后启动液压系统并升压到工作压力后, 开动送料机 4, 向前输送物料 3, 当物料送至规定的剪切长度时压下行程开关 SQ1 发信, 使送料机 4 停止, 压块 1 由液压缸带动下落, 从而行程开关 SQ2 接通。当压块下落到压紧物料位置触动 SQ3 时, 剪刀 2 由另一液压缸带动下降, 行程开关 SQ4 接通。剪刀切断物料后, 料下落, 行程开关 SQ1 复位断开。每落一块板料到料架 5 上, SQ5 接通一次,

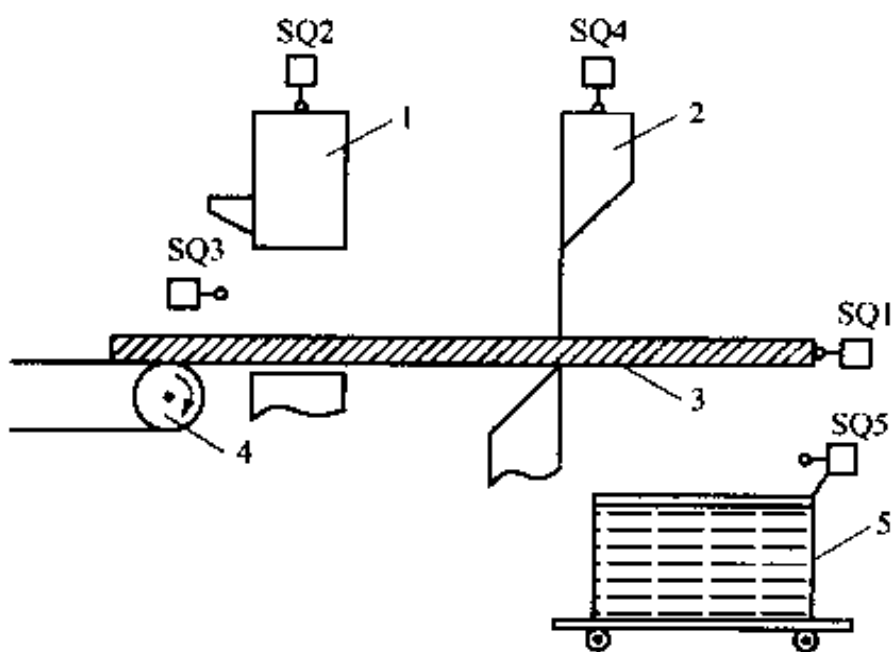


图 1-22 液压剪切机的结构原理图

1—压块; 2—剪刀; 3—物料; 4—送料机; 5—料架

计一次。与此同时，压块1和剪刀2分别回程复位，即完成一次自动工作循环。然后自动重复上述过程，实现剪切机的工作过程自动控制。

### (2) 液压系统及其工作原理

图1-23所示为剪切机的液压系统原理图。系统采用变量液压泵1供油，先导式溢流阀2用于设定系统的工作压力（由压力表及其开关4显示），接溢流阀1的远程控制口的二位二通电磁换向阀3，用于控制液压系统卸荷；系统的执行器为压块液压缸13和剪刀液压缸14，两缸的运动方向分别采用二位四通电磁换向阀8和9控制；压块液压缸13的工作压力较低，由减压阀6设定并由压力表及其开关7显示；单向顺序阀10作平衡阀，用于防止释压时压块缸因自重下落；单向节流阀12用于剪刀液压缸14下降时的回油节流调速；液控单向阀11用于剪刀缸上位时的锁紧。根据剪切机的工作要求，实现其自动工作循环的电控元件状态表见表1-6，由该表容易了解系统在各工况下的油液流动路线。

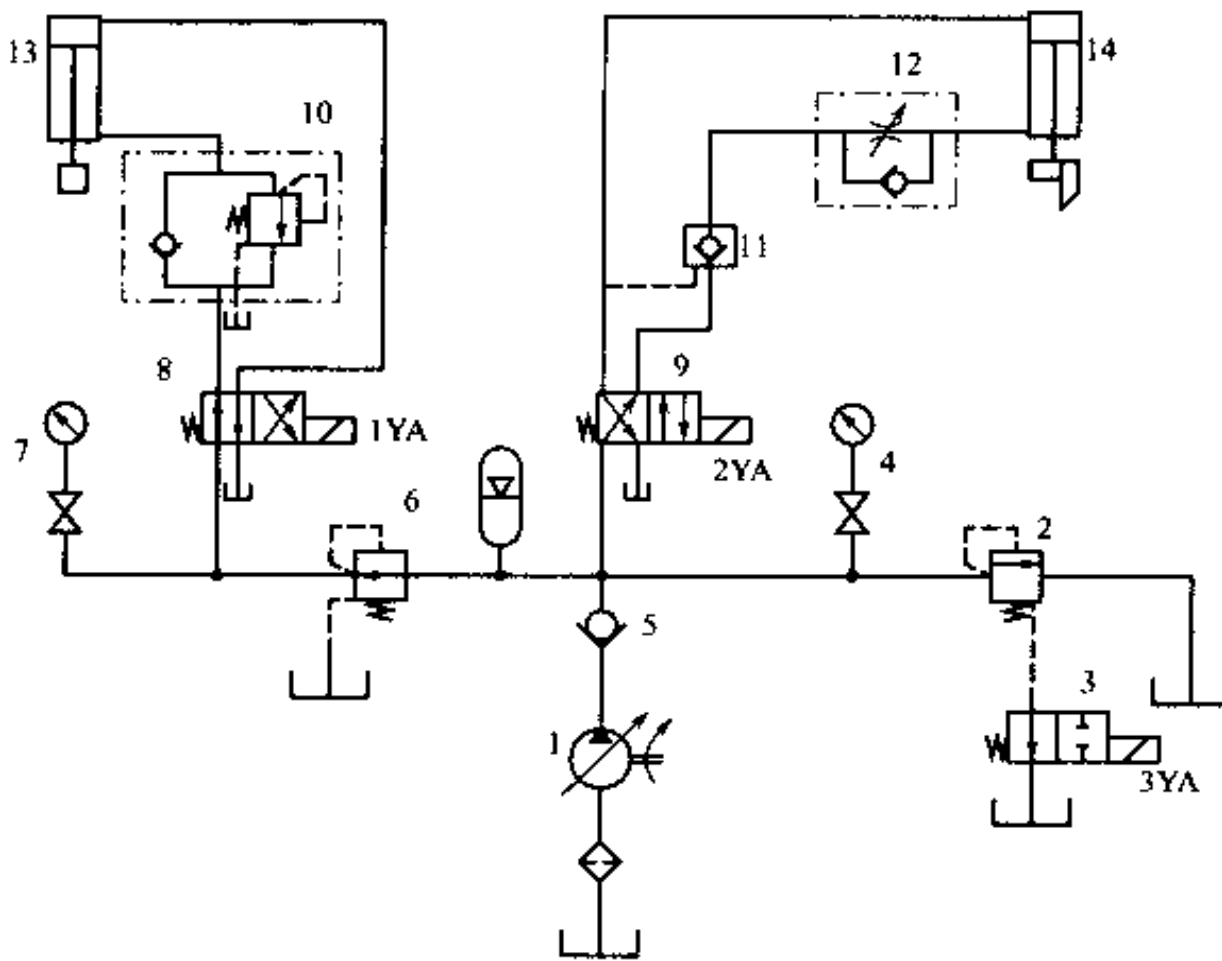


图 1-23 剪切机液压系统原理图

- 1—变量液压泵；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4、7—压力表及其开关；  
5—单向阀；6—减压阀；8、9—二位四通电磁换向阀；10—单向顺序阀；  
11—液控顺序阀；12—单向节流阀；13—剪刀液压缸；14—压块液压缸

### (3) PLC 控制系统

本液压剪切机的 PLC 控制设有手动和自动两种工作方式，调试时用手动工作方式，连续生产时用自动工作方式。当工作方式开关置于手动时，可通过操作台面板上相应的按钮开关运行某道工序；当工作方式开关设置为自动时，则由 PLC 软件支持实现自动工作循环并可对意外故障人工干预，紧急停机。

图1-24所示为 PLC（日本三菱公司出产的 F1-30MR 型可编程序控制器）输入输出硬件接线图，为了节省输入接点，以便根据需要拓展功能，将手动与自动同一操作的发信元件接到 PLC 的同一输入接点上。在自动工作方式时，通过手动/自动转换开关 S 及软件控制的 PLC 内部辅助继电器，手动操作不起作用。

图1-25所示为根据剪切机工作过程的控制要求绘出的 PLC 控制系统程序流程框图。编



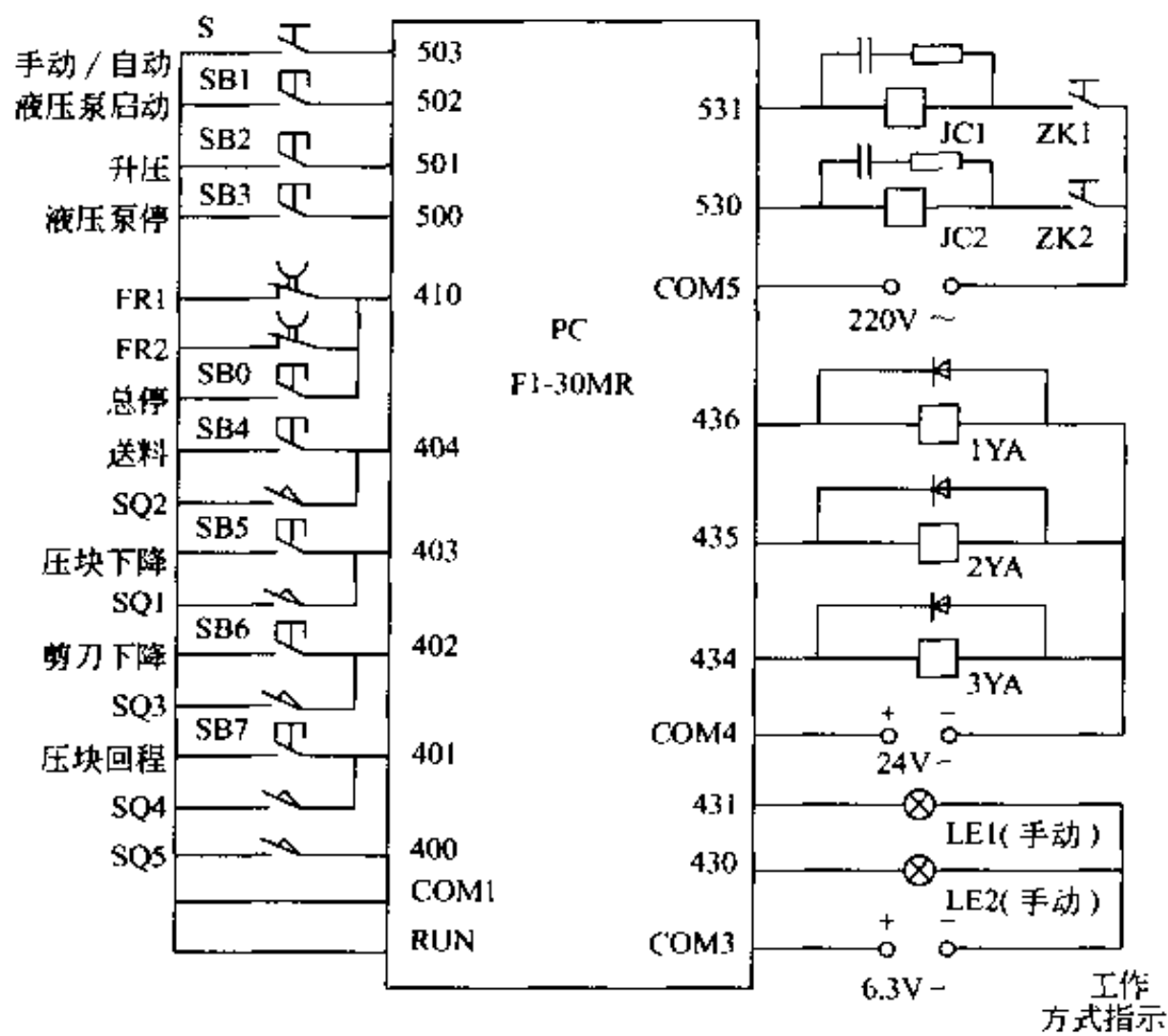


图 1-24 PLC 输入输出硬件接线图

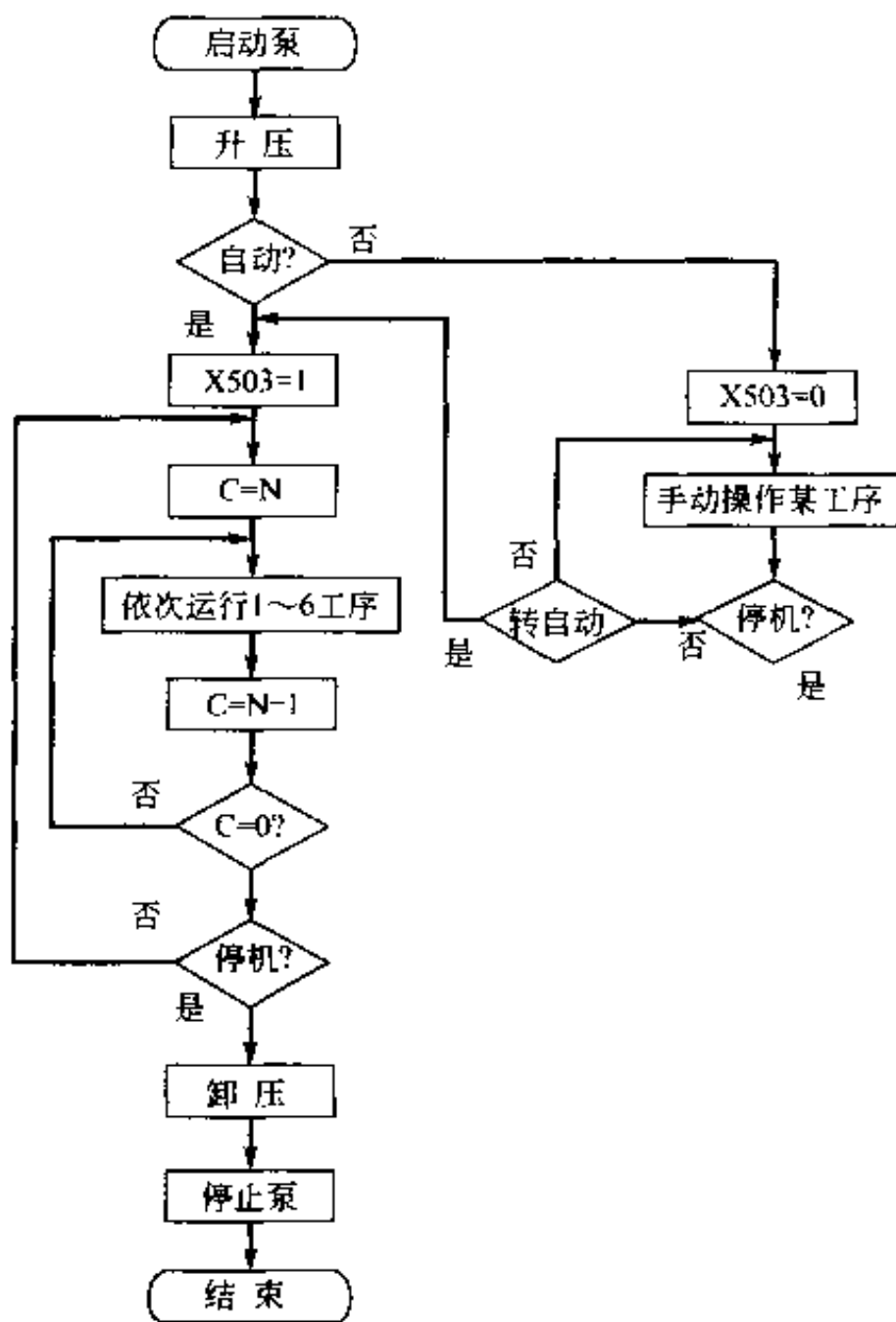


图 1-25 PLC 控制系统程序流程框图

程时,先按此流程框图及表 1-6 各工序状态表作出梯形图,再写出与之对应的控制语句,便得到液压剪切机的 PLC 控制程序。

表 1-6 电控元件状态表

工.序号	工序名称	发信元件		执行元件					输入及检测元件				
		手动	自动	JC2 送料 料机	JC1 液压泵	3YA	2YA	1YA	SQ5	SQ4	SQ3	SQ2	SQ1
前期操作	液压泵启动	SB1	—		+								
	升压	SB2	—		+	+							
	液压泵停止	SB3	—										
1	送料	SB4	SQ2	+	+	+							
2	定尺到位,压块下降	SB5	SQ1		+	+						+	+
3	压块压住板料,剪刀下降	SB6	SQ3		+	+	+	+		+	+	+	+
4	料断下落,剪刀回程	—	T50		+	+		+	+	+	+	+	
5	剪刀回程到位,压块回程	SB7	SQ4		+	+						+	
6	压块回程到位	—	SQ2		+	+							
7	总停	SB0	—										

#### (4) 技术特点

- 1) 本剪切机采用液压传动和 PLC 自动控制,自动化程度高,工作稳定性好。
- 2) 液压系统采用变量泵供油,回油节流调速,能量利用合理,发热少;立置液压缸设有平衡和锁紧措施,工作安全可靠。
- 3) PLC 控制简化了电控系统,省去了诸如继电器之类的固体电子器件,简化了繁杂的硬件接线线路,而且使控制具有极强的柔性和功能的可拓展性。其体积小、功耗低、寿命长、可靠性高。同单板微机控制相比,PLC 接口简单,软件设计容易掌握,抗干扰能力强,调试维护方便。

### 1.3.5 PLC 控制的振动下料机液压系统

#### (1) 主机功能结构

将金属棒、管坯料按规定的尺寸分离切断或锯断的下料工序是机械加工特别是锻压的首道工序,也是获得普通的圆柱销类标准件、内燃机活塞销、金属链条连接销、滚动轴承内外圈及滚子等零件毛坯的关键工序。此处介绍的是一种采用液压传动和可编程序控制器(PLC)控制的新型全自动振动下料机。

该振动下料机由主机、液压系统和电控系统三大部分组成。按动作顺序,主机由送进机构、夹紧机构和振动下料机构三部分组成,如图 1-26 所示。

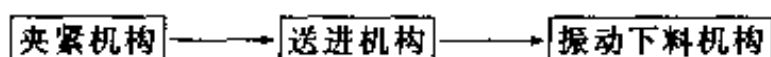


图 1-26 振动下料机的基本构成

该机的工作原理为:先将预制有环状“V”字形缺口需要切断分离的棒、管坯料通过夹紧机构夹紧,送进机构将其逐渐送入到振动下料机中,然后使棒料在振动下料机构中沿着环状“V”字形缺口的根部产生低周疲劳断裂,从而形成良好的分离断面。一旦棒料被分离切断,夹紧机构松开,送进机构后退到位。再重复循环上述的动作过程,进行下一个分离

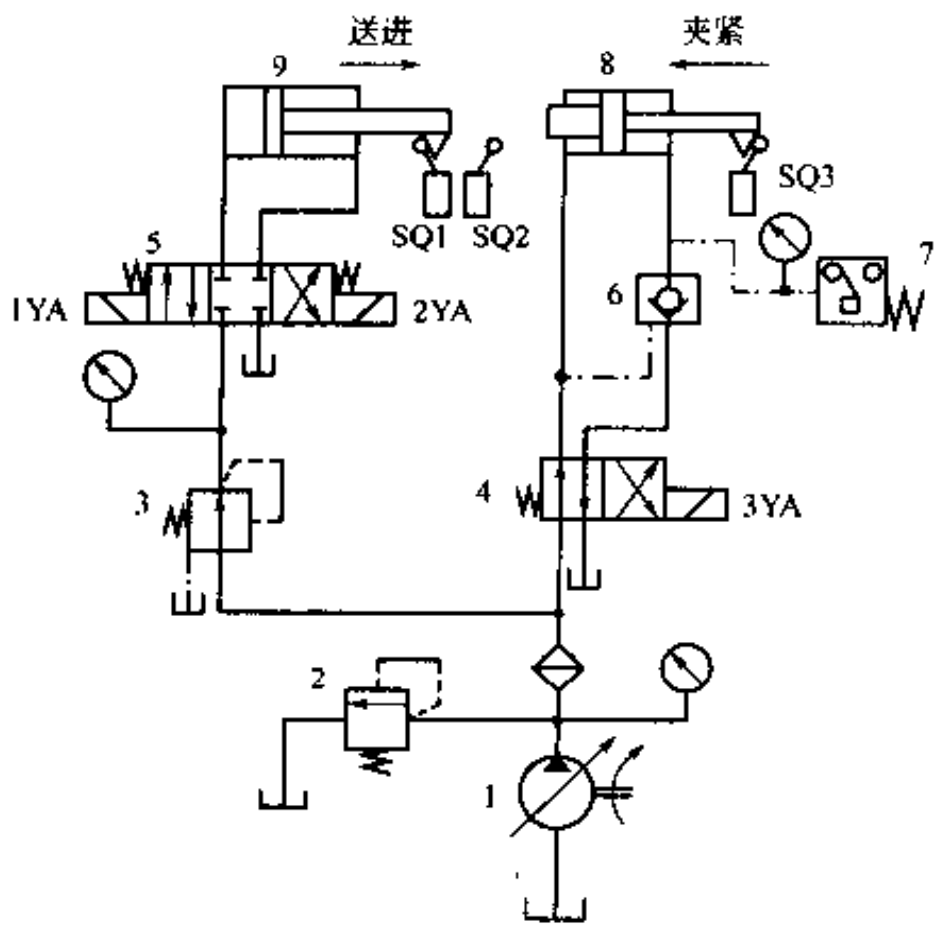


图 1-27 振动下料机的液压系统原理图

1—变量液压泵；2—溢流阀；3—减压阀；4—二位四通电磁换向阀；5—三位四通电磁换向阀；6—液控单向阀；7—压力继电器；8—夹紧液压缸；9—送进液压缸

切断动作。夹紧和送进机构均采用液压缸驱动。

(2) 液压系统及其工作原理

该振动下料机的液压系统原理图如图 1-27 所示。系统的执行器为夹紧液压缸 8 和送进液压缸 9。系统的油源为变量液压泵（轴向手动变量柱塞泵）1，其供油压力按夹紧力所需的压力由溢流阀 2 设定。夹紧缸 8 的运动方向由二位四通电磁换向阀 4 控制，夹紧后的保压和发信分别由液控单向阀 6 和压力继电器 7 实现。送进缸 9 的运动方向由三位四通电磁换向阀 5 控制。由于缸 9 所需工作压力较夹紧压力低，故设置减压阀 3 用于设定送进缸的工作压力。送进缸 9 和夹紧缸 8 的行程上布有电气行程开关 SQ1、SQ2 和 SQ3，通过活动挡块触动发信，控制两个电磁换向阀 4 和 5 的电磁铁通断电，即可达到使夹紧缸和送进缸按照规定顺序动作的目的。

一个完整的全自动下料循环中液压元件的动作顺序见表 1-7，由此表容易了解机器在各工况下的油液流动路线。

表 1-7 液压元件动作顺序

动作名称	信号来源	电磁铁通断电		
		1YA	2YA	3YA
初始化	压下按钮，线圈 JC2 通电，线圈 JC3 断电，送进缸后退及夹紧缸松开		+	
夹紧缸夹紧	松开到位开关 SQ3 和后退到位限位 SQ1 同时动作，则线圈 JC3 断电，夹紧缸夹紧棒料		+	+
送进缸前进	夹紧后，压力继电器发信，JC2 断电而 JC1 通电，送进缸向右送料	+		+
夹紧缸松开	直到碰到限位开关 SQ2，经延时后，棒料剪断，线圈 JC3 断电	+		
送进缸后退	松开到位开关 SQ3 发出信号，JC1 断电而 JC2 通电，送进缸向左后退		+	+

(3) PLC 控制系统

1) 硬件 根据该振动下料机的工作原理及液压系统的动作顺序，采用德国西门子公司的 SIMATIC S7-200 型 PLC 组成控制系统，图 1-28 所示为振动下料机的 PLC 控制硬件接线图。

该机产生振动的电动机和液压泵的驱动电动机额定功率和电流均较大，考虑到选用两个交流接触器后其动作的控制线圈的电流仍很大，加之对振动电动机及液压泵电动机的控制动作简单，故将振动电动机和液压泵电动机开停的 4 个按钮开关量均独立于 PLC 之外，而仍保持原有的接触器控制方案。相应的两个电动机开动运转显示用的两个信号灯及电源信号灯也均独立于 PLC 之外，不作为 PLC 的输出量，从而减少了 PLC 的输入和输出点的数目，

降低了所选用的 PLC 的价格。所以图 1-28 输入量中没有这两个电动机的开停按钮。

从图 1-28 中可看出, 对该下料机进行 PLC 控制时, PLC 的输入量包括了三个行程开关 SQ1、SQ2 和 SQ3, 夹紧后发信的压力继电器的电信号 SQ4, 整个运转过程控制方式的自动与手动选择开关 KA 和 KH, 电路中控制电源开关 KT (包括启动按钮 KB 和停止按钮 KS) 以及手动操作时的 4 个开关 K1~K4, 共计 12 个输入量。系统包括两个液压电磁阀的三个电磁铁 1YA~3YA 的线圈和四个信号灯, 共计 7 个输出量。

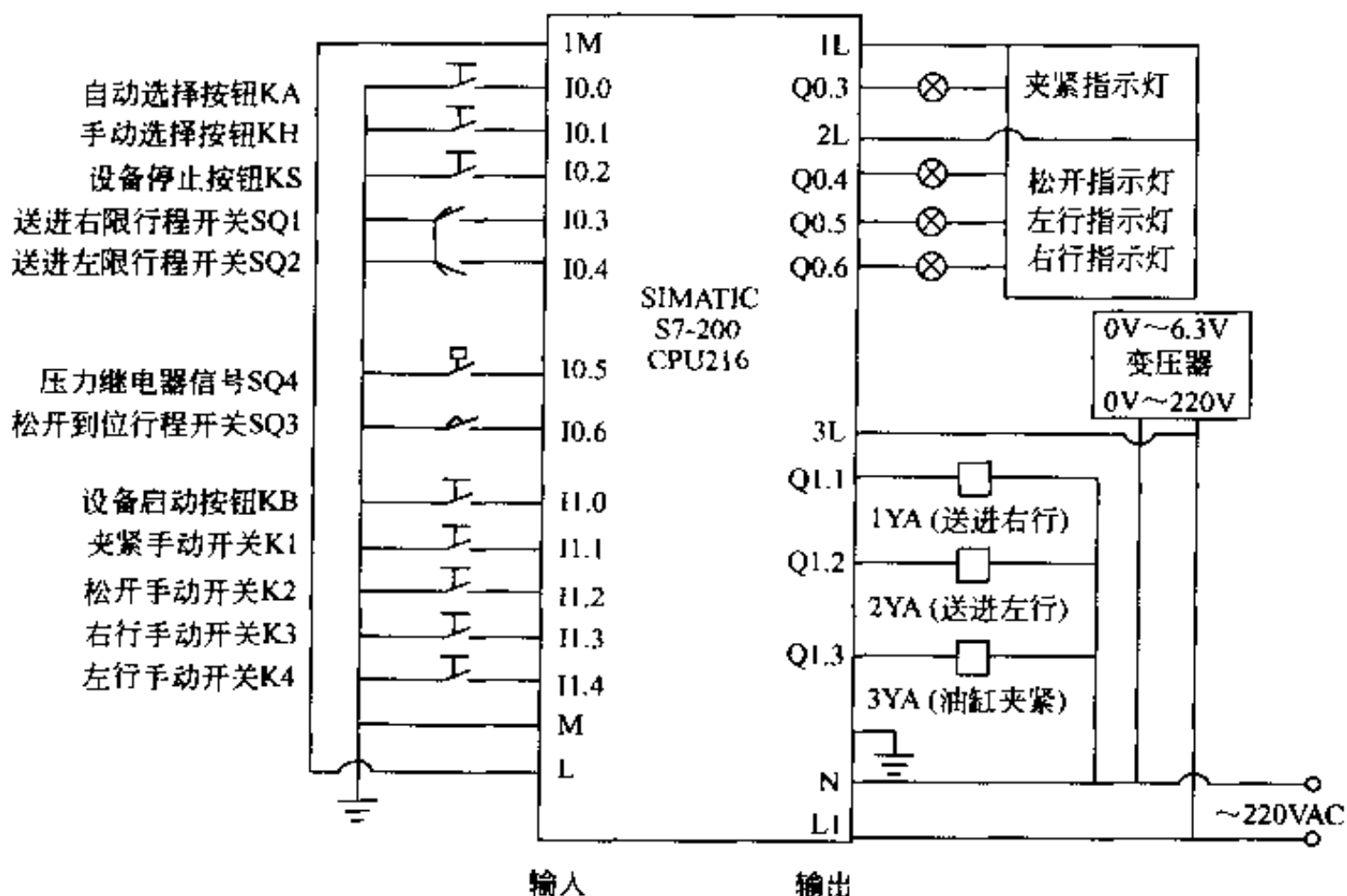


图 1-28 振动下料机 PLC 控制的硬件接线图

从图 1-28 可知, 所选择的 S7-200CPU216 型 PLC 共有的 24 个输入量和 16 个输出量, 输入采用两组汇点式接线方式, 输出为三组汇点式接线方式, 其输入量为 24V 直流 (PLC 自身提供), 输出为继电器控制方式, 输出为 220V 交流, 直接驱动液压原理图 1-27 中的液压电磁阀顺序, 图 1-28 中的四个信号灯是为了实时检测动作过程设置, 均采用交流 6.3V 电源 (由变压器提供)。

2) 软件 根据上述控制要求, 采用由西门子公司提供的 STEP7-Micro 编制系统软件, 在微机上编制振动下料机 PLC 控制梯形图程序, 然后用通讯电缆将控制程序由微机下载到 PLC 之内。

控制程序由一个主程序和两个子程序组成。主程序先进行系统各元件位置的初始化, 然后分别调用两个子程序完成所需的控制任务。

#### (4) 技术特点

1) 该机的振动下料机构通过对预制有裂纹的棒料施加振动力, 使其在规定的缺口部位产生低周疲劳断裂以达到分离切断棒料的目的。

2) 夹紧和送进机构采用液压传动, 保证了夹紧机构和送进机构对出力和速度的不同要求; 整机采用可编程序控制器控制, 提高了整机的自动化程度, 控制功能强、编程使用方便、控制线路简单。

3) 液压系统采用变量泵供油, 有利于能量的合理利用; 夹紧后的保压和发信通过液控

单向阀和压力继电器实现，安全可靠。

4) PLC 的硬件部分，将产生切料力的振动电机和油泵驱动电机和开停控制电路均独立于 PLC 之外，降低了所选用 PLC 的价格；对振动下料机的控制主要是对液压系统的两个电磁换向阀的三个电磁线圈进行控制，并且振动下料机的 PLC 控制采用由 PLC 自带的 24V 直流电源提供的开关量输入方式，输出为交流继电器方式的 PLC。PLC 控制的软件采用梯形图方式，且由主程序和子程序组成。主程序首先使液压系统各元件可靠地初始化，两个子程序分别反映了振动下料机的手动及自动两种控制方式。

(5) 技术参数 (见表 1-8)

表 1-8 振动下料机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参数	单位
振动电动机 (Y132S1-2 型)	功率	5.5	kW
	转速	2 900	r/min
液压系统	液压泵(SCY14-1B 型轴向手动变量柱塞泵)	公称压力	31.5 MPa
	驱动电机(Y132M-4 型)	功率	7.5 kW
		转速	1 440 r/min
	夹紧缸	工作压力	31.5 MPa
	二位四通电磁换向阀(24BI <sub>1</sub> -H10B-T 型)		
	液控单向阀(A1Y-Hb10B 型)	正向开启压力	0.4 MPa
		反向开启控制压力	1.6 MPa
	送进缸(DG-J50C-E1-Y1 型车辆用液压缸)	工作压力	16 MPa
		行程	100 mm
	三位四通电磁换向阀(34BM-HA0B-T 型)		
减压阀(JDF-B10F 型)			
PLC 控制系统	可编程序控制器(西门子 SIMATIC S7-200 型)		

### 1.3.6 皮带轮辊轧机液压系统

#### (1) 机器的功能结构

该机是汽车空调机用实体三角皮带轮三角槽的一种专用轧制成型设备，它采用小或无切削的温轧加工工艺，可使三角槽一次成型。辊轧成型的毛坯光洁度好，精度高，完全可以代替粗车加工。辊轧机的主传动为机械传动，轧辊的进给及工件装卸、压紧采用液压传动，整机采用可编程序控制器 (PLC) 控制，设有点动、手动、自动三种工作方式。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-29 所示为轧辊机的液压系统原理图，该轧辊机有三个轧辊 13，分别采用三个尺寸相同、互成 120°、并联的液压缸 C1、C2、C3 驱动，液压缸 C4 用于工件的轴向压紧。系统的油源为双联齿轮泵，泵 1 和泵 2 分别为高压小流量泵和低压大流量泵，泵 1 和泵 2 的压力分别由溢流阀 3 和 4 设定，卸荷分别通过二位四通电磁换向阀 5 和 6 控制；工作进给时，高压小流量泵 1 供油，低压大流量泵 2 通过换向阀 5 卸荷，实现慢速高压进给；空程及回程时，泵 1 和泵 2 联合低压供油，实现快速运动；等待期间，双泵均卸荷。轧辊液压缸 C1、C2、C3 的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制，三缸的速度可通过节流阀 8 调节回路的

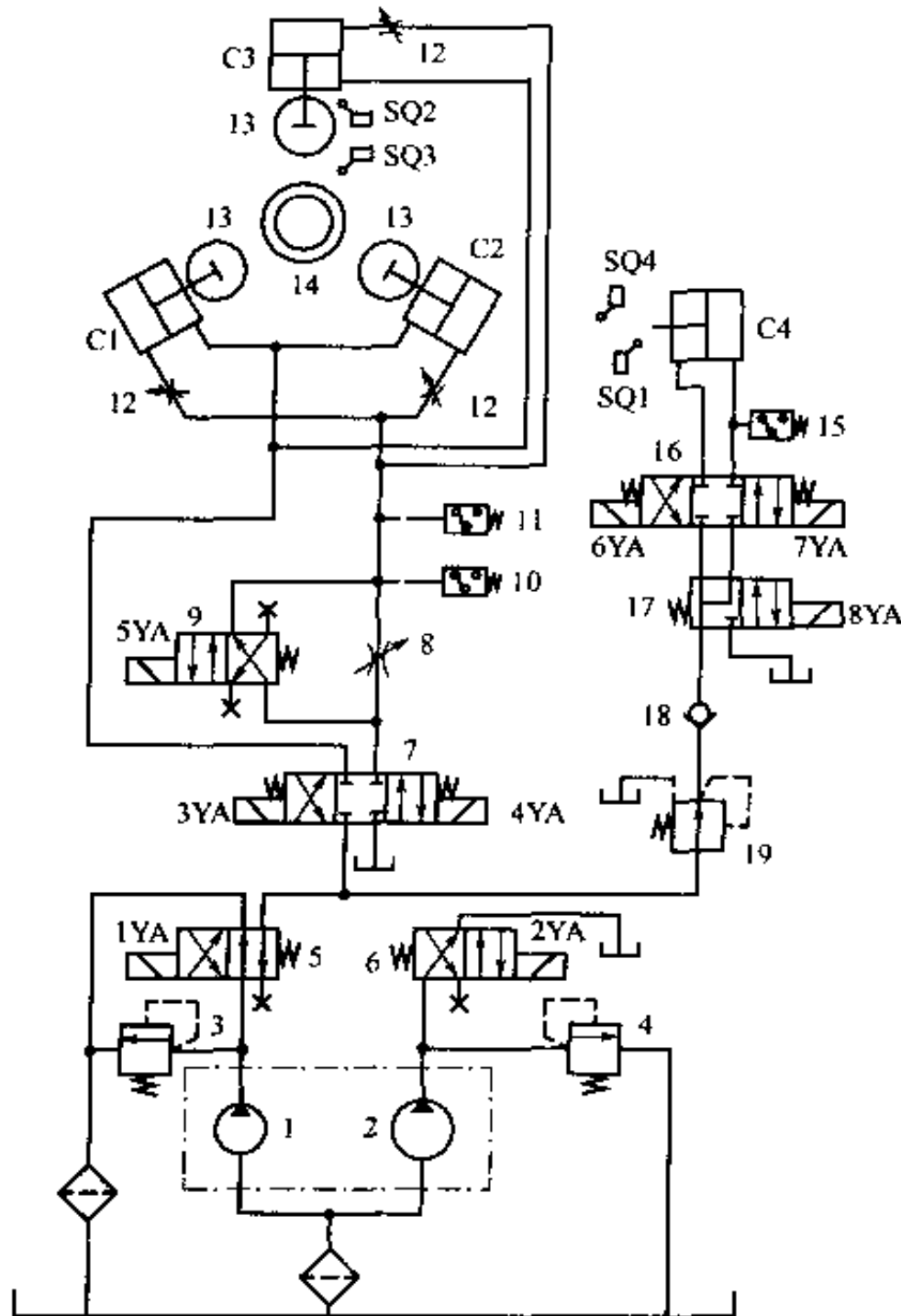


图 1-29 轧机液压系统原理图

- 1—高压小流量泵；2—低压大流量泵；3、4—溢流阀；5、6、9、17—二位四通电磁换向阀；  
7、16—三位四通电磁换向阀；8、12—节流阀；10、11、15—压力继电器；  
13—轧辊；14—工件；18—单向阀；19—减压阀

总流量和三个节流阀 12 调节各缸流量实现；轴向压紧液压缸 C4 的运动方向由三位四通电磁换向阀 16 控制，C4 可通过二位二通换向阀 17 的左位 P 型机能实现差动快速动作，其所需压力通过减压阀 19 调整和定压。压力继电器 10、11 和 15 用于实现顺序动作控制：压力继电器 15 监测轴向压紧，只有工件 14 压紧后，才能开始轧辊 13 的轧制行程；压力继电器 11 监测三个轧辊到位，当三个轧辊均与工件接触后，液压系统建立起轧制所需压力，11 发信，使双泵供油转换为小泵 1 供油，大泵 2 卸荷，实现慢速工作进给；压力继电器 10 监测轧辊压下位置，当轧辊压下一定深度，液压系统的压力进一步升高到调定值时，10 发信，使轧辊快速退回。

### (3) 电控系统

本轧机在热加工车间工作，工作环境十分恶劣，故采用可编程序控制器（PLC）作为电控系统的主体。系统采用可编程序控制器（输入与输出点数分别为 14 和 16 个），其输出点为继电器类型的输出，可直接驱动继电器、电磁阀等。系统输入单元包括功能切换开关，手动点动按钮及现场位置行程开关和压力继电器送来的信号等。系统输出单元包括过程指示灯和电磁阀。图 1-30 所示为电控系统的硬件框图。

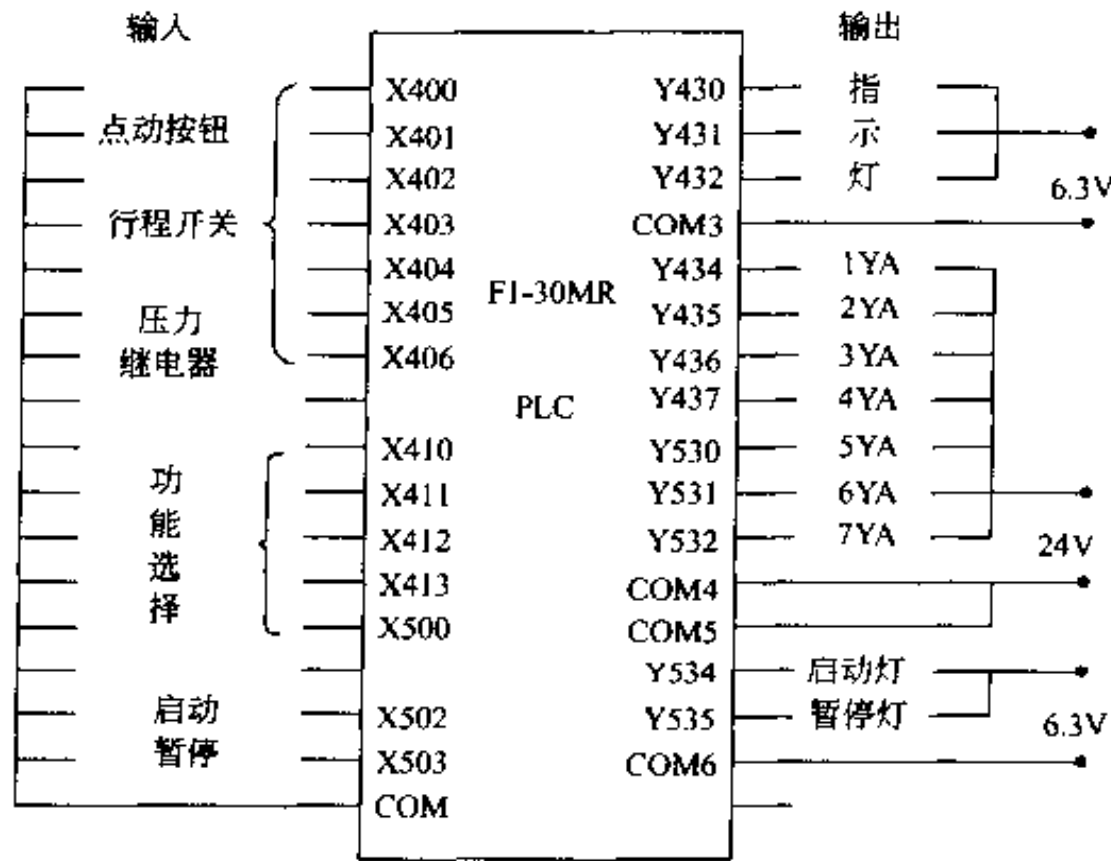


图 1-30 电控系统硬件框图

软件系统包括手动点动、单步、半自动和全自动功能，由旋钮开关送入 PLC 点 X410~X418。为了充分利用输入点，X400~X406 既是行程开关、压力继电器的输入信号，同时又是点动输入信号。程序按功能块设计，以便于调试、检查，控制程序分为四个模块：点动模块；单步模块；半自动和全自动模块；返原点模块；前三个模块上用的驱动模块，通过中间继电器驱动。图 1-31 所示为编程梯形框图。

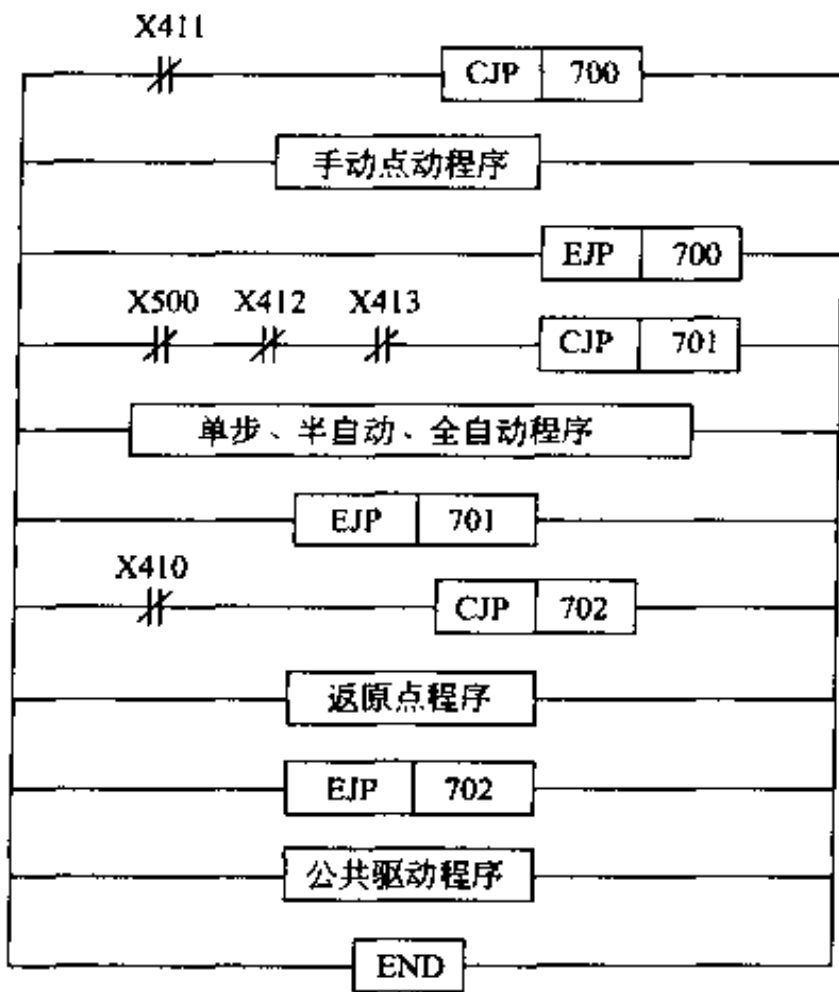


图 1-31 编程梯形框图

程序按功能块设计，以便于调试、检查，控制程序分为四个模块：点动模块；单步模块；半自动和全自动模块；返原点模块；前三个模块上用的驱动模块，通过中间继电器驱动。图 1-31 所示为编程梯形框图。

(4) 技术特点

1) 与切削加工相比，辊压加工皮带轮，大大降低了材料消耗、加工工时和整个工件的成本。

2) 辊轧机的三个辊轧液压缸为等力传动，即三个液压缸的油路并联从而形成一个连通器，各缸工作压力相等，所以三个轧辊的压下方相等且互成 120°，可互相平衡，因此可以克服由于三个轧辊自重、摩擦等因素对工件中心轴的偏载，容易实现对工件的轴向压紧；三个辊轧液压缸为单活塞杆缸，无杆腔为进给时的主工作腔，作用面积大，有利于减小缸筒内径和油源压力。

3) 液压系统的油源为齿轮泵，抗污染能力强，适于锻压车间工作；高低压泵组合供油，有利于节能。

4) 系统中的控制阀为国产 GE（广研）系列直流中高压液压阀，整个油路系统采用四个集成块集成，性能可靠、体积小、安装维护方便。

5) 整机采用 PLC 控制，抗干扰能力强，适于工作环境恶劣的热加工车间。可获得点动、手动和自动工作方式，调整方便，工作程序变换容易。

(5) 技术参数（见表 1-9）



表 1-9 辊压机主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
生产节拍		2~3	件/min	
压件力		400	kN	
最大轧制力		300		
液压泵(2CB-F32/10)	驱动电机(Y100L2-4型)功率	3	kW	
	转速	1 430	r/min	
	额定压力	14	MPa	
	大泵排量	32	ml./r	
	小泵排量	11		
液压缸	3个轧辊缸	缸筒内径	220	mm
		活塞杆直径	80	
		行程	20	
	轴向压紧缸	缸筒内径	150	
		活塞杆直径	118	
		行程	400	
可编程序控制器(F1-30MR)	输入点数	14	个	
	输出点数	16		

### 1.3.7 铜铝屑液压压块机系统

#### (1) 主机功能结构

该压块机为一种成型设备,其功能是将铜铝材锯切加工中所产生的铜、铝材锯屑挤压成一定尺寸的块状金属屑,使之适合现场生产要求,提高生产效率。对于具有压延性和弹性的铜、铝屑,为了减小其挤压回退量,尽量压紧,采用两个液压缸(主缸和辅缸)多次轻压和重压相结合的方法。图 1-32 所示为压块机的工序流程图。



图 1-32 压块机的工序流程图

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-33 所示为压块机的液压系统原理图,系统采用高压小流量泵 2 和低压大流量泵 1 组合供油,泵 2 的压力由先导式溢流阀 6 设定,泵 2 的升压与卸荷由二位二通电磁换向阀 5 控制;泵 1 的卸荷由外控卸荷阀 3 控制。系统的执行器为主液压缸 11 和辅助液压缸 15,两缸的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 7 和 14 控制;单向阀 9 用于主缸快速进给时的差动连接;压力继电器 10 用于重压时压力到达要求值后开始保压的发信。立置的辅缸 15 由平衡阀 12 控制,以防该缸因自重自行下落。

系统工作期间,电磁铁 5YA 通电使换向阀 5 切换至右位。当负载小时,电磁铁 1YA 通电使三位四通电磁换向阀 7 切换至右位,大流量泵 1 和小流量泵 2 同时经换向阀 7 向主缸 11 的无杆腔供油,有杆腔的油液经单向阀 9 和换向阀 7 反馈至主缸无杆腔(差动连接),主缸快速进给;锯屑压紧到一定程度后,系统压力上升,使外控卸荷阀 3 打开,大泵 1 卸荷,小泵 2 单独向主缸无杆腔供油,主缸由差动连接变成非差动连接(有杆腔经单向阀 9 和阀 3 向油箱排油),从而实现对锯屑的慢速挤压;当电磁铁 2YA 通电使阀 7 切换至左位时,双泵同时经阀 7 和单向阀 8 向主缸的有杆腔供油(无杆腔经阀 7 向油箱排油),主缸快速退回。机器等待期间,电磁铁 5YA 断电使换向阀 5 复至左位,双泵卸荷。

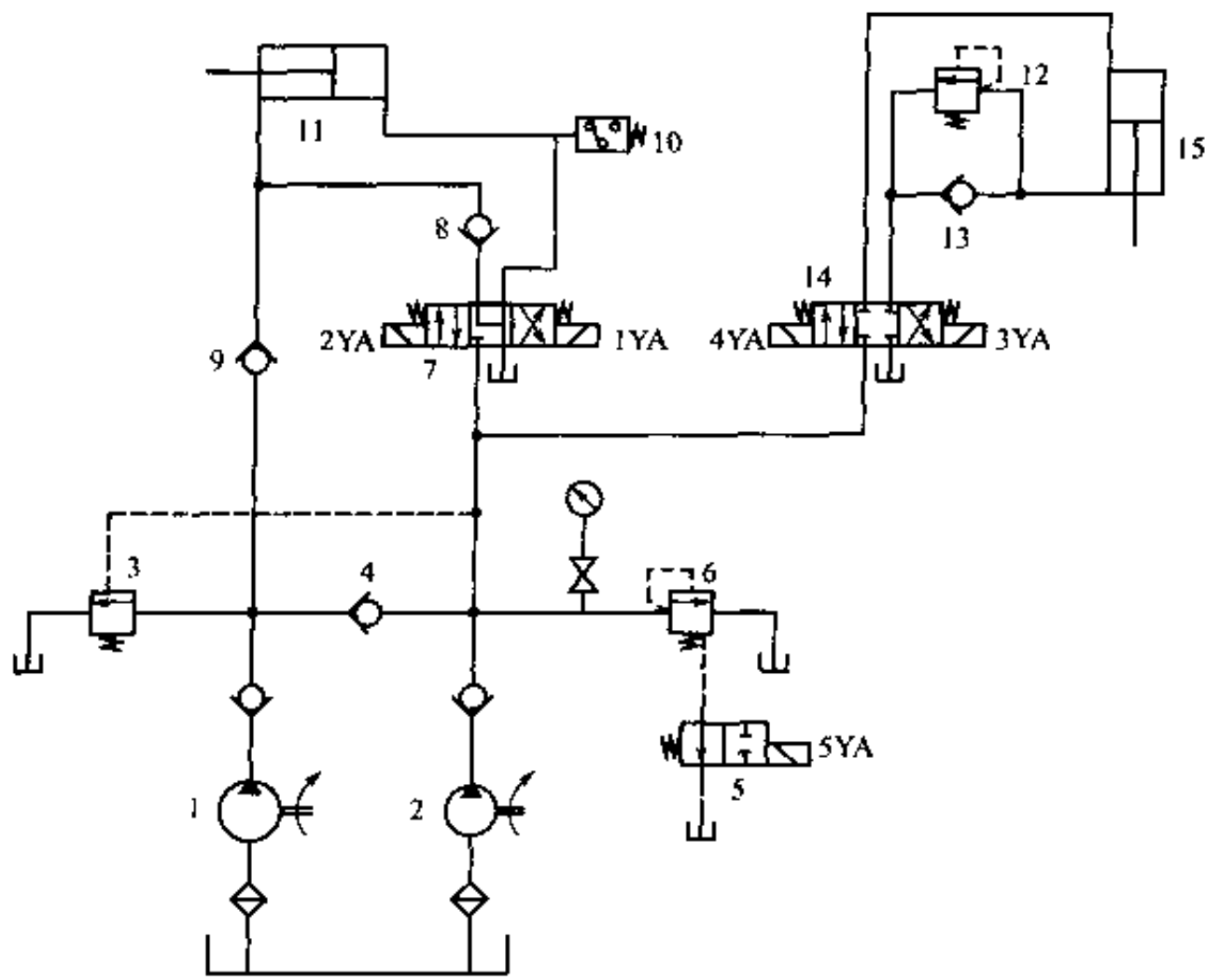


图 1-33 压块机液压系统原理图

- 1—低压大流量泵；2—高压小流量泵；3—外控卸荷阀；4、8、9、13—单向阀；  
 5—二位二通电磁换向阀；6—先导式溢流阀；7、14—三位四通电磁换向阀；  
 10—压力继电器；11—主液压缸；12—平衡阀；15—辅助液压缸

### (3) 电控系统

该压块机的电控系统以可编程序控制器（PLC）作为核心。系统硬件包括三菱公司的 F1-40MR 型可编程序控制器、输入信号装置（按钮、行程开关等）和输出信号装置（接触器、电磁铁、各种显示灯等），系统的电控原理图如图 1-34 所示。系统分自动和手动两种工

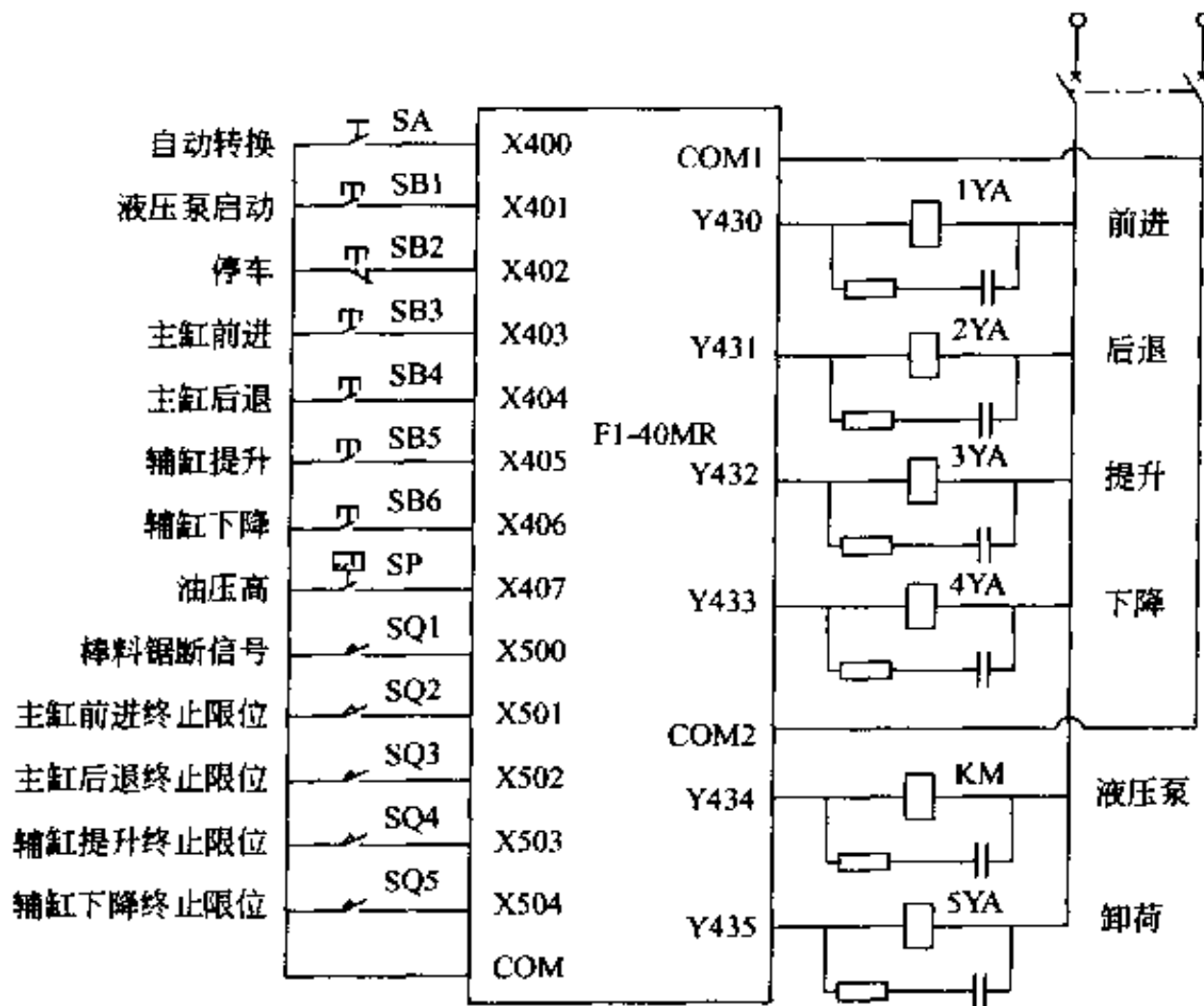


图 1-34 压块机电控系统硬件原理图

作方式, 控制软件采用梯形图编程, 控制面板上有各种相应工况指示灯和报警指示灯。自动动作信号取自圆形锯床锯断铸棒后行程开关发出的信号, 累计一定次数后, 主缸前进轻压一次, 同时, 计数器计数一次; 轻压一定次数后, 主缸重压一次, 当压力达到 16MPa 后, 压力继电器发信, 主缸保压; 保压时间到后, 主缸先后退, 辅缸上升, 而后主缸推出压好的锯屑块。

#### (4) 技术特点

1) 采用该机挤压成型的块状锯屑便于运输, 从而节约了处理锯屑所需的人力物力, 改善了工作环境。

2) 该压块机将液压传动与 PLC 控制技术相结合, 充分利用了两者的优点, 实现了压力、行程、速度的自动循环工作控制, 工作可靠。

3) 该机液压系统采用高低压双泵组合供油与液压缸的差动连接, 有利于减小液压泵及其驱动电机的容量并减小运行能耗。

## 1.4 焊接设备液压系统

### 1.4.1 焊条压涂机液压系统

#### (1) 主机功能

B220 型焊条压涂机是从德国引进的焊条压涂生产设备, 该机为卧式布置并采用了液压传动与控制。

#### (2) 液压系统及其工作原理

焊条压涂机的液压系统原理图如图 1-35 所示。系统的执行器为压制液压缸 20 和夹紧液压缸 21。高压变量柱塞泵 1 为压制液压缸 20 的油源, 辅助泵 2 是夹紧缸 21 和电液换向阀 3 的控制油源; 泵 1 的压力由溢流阀 19 设定, 三位四通电液换向阀 3 和 4 分别用于控制压制缸 20 和夹紧缸 21 的运动方向并兼作泵 1 和 2 的卸荷阀; 先导式压力阀 8 用于维持夹紧压力 (28.5 MPa); 溢流阀 7 控制夹紧缸回程时系统压力 (20MPa); 溢流阀 6 用于设定夹紧时的最高供油压力; 液控单向阀 11 用于提供夹紧缸回程时的排油路; 溢流阀 5 用于控制压制缸工作时的回油压力; 油箱侧壁设置的温度传感器 22, 用于检测液压油的温度并控制二位二通电磁换向阀 15 的通断, 以使冷却液经过冷却器 17 对油液进行强制冷却。

系统的工作原理如下。

1) 夹紧缸动作 按下启动按钮, 电磁铁 3YA 通电使三位四通电液换向阀 4 切换至右位, 辅助泵 2 的压力油经单向阀 16、12 和油口  $a_1$ 、 $a_2$  进入夹紧缸 21, 夹紧缸的活塞向右运动, 实现夹紧动作。当夹紧缸压力超过 28.5MPa 时, 先导式压力阀 8 打开, 泵 2 通过阀 8 降压, 当系统压力降低到大约 28.5 MPa 时, 先导式卸荷阀 8 关闭, 压力回升, 使缸夹紧压力保持到 28.5MPa。在焊条压涂期间必须始终保持这一夹紧压力。

当压制柱塞压制完焊条后完全回程时, 电磁铁 4YA 通电使换向阀 4 切换至左位, 泵 2 的压力油进入夹紧缸  $b_1$  和  $b_2$  油口, 同时反向导通液控单向阀 11, 夹紧缸回油经单向阀 11 排回油箱。溢流阀 7 控制回程时系统压力为 20MPa。这时完成一个工作循环。

2) 焊条压制过程 当电磁铁 1YA 通电时, 换向阀 3 切换至右位, 液压泵 1 的压力油经  $c_1$  口进入柱塞缸 20, 同时导通液控单向阀 14, 柱塞向前运动, 柱塞杆腔的回油经阀 3、阀

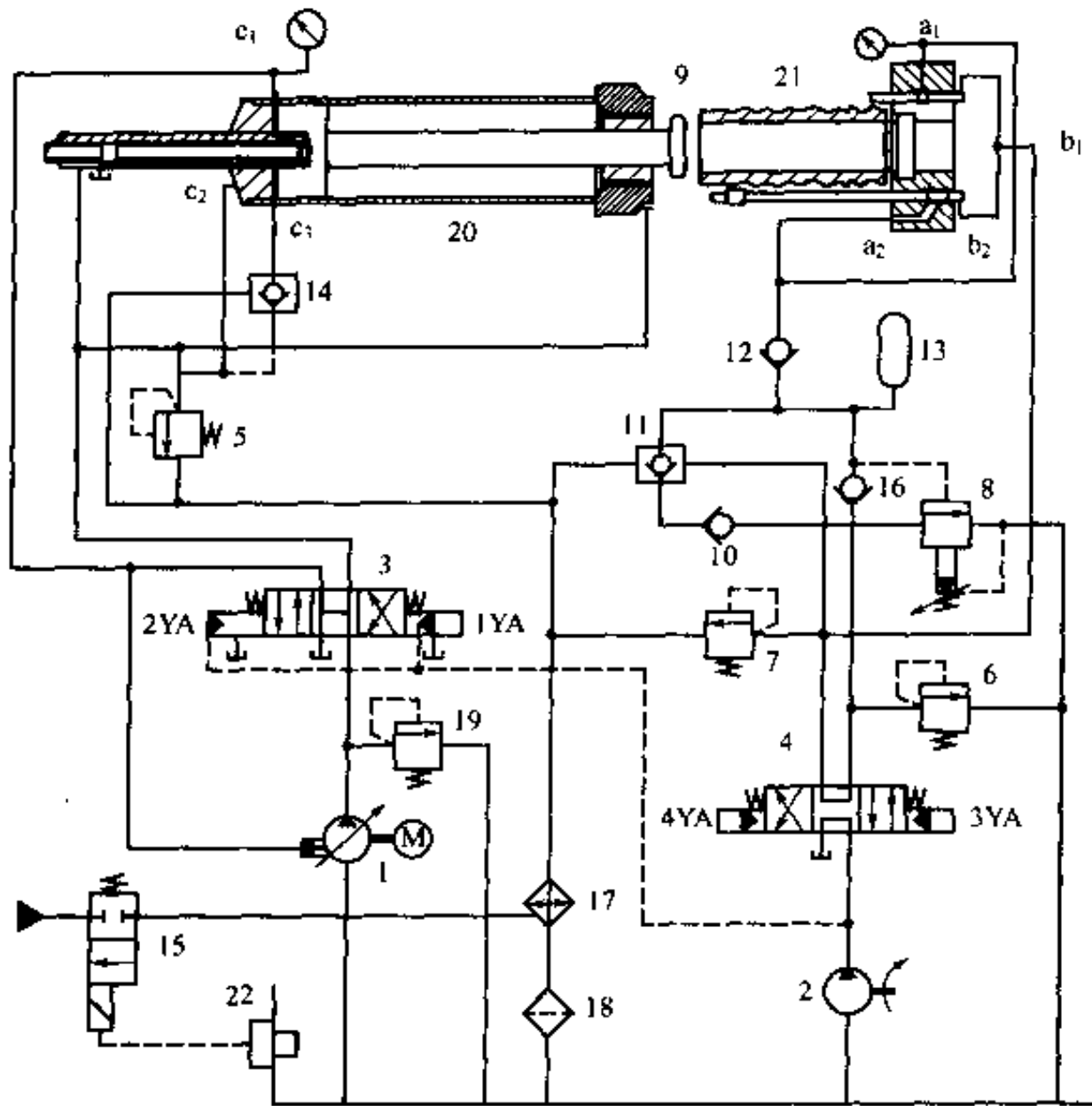


图 1-35 焊条压涂机液压系统原理图

1—变量柱塞泵；2—辅助泵；3、4—三位四通电磁换向阀；5、6、7、19—溢流阀；8—先导式压力阀；  
9—柱塞；10、12、16—单向阀；11、14—液控单向阀；13—蓄能器；15—二位二通电磁换向阀；  
17—冷却器；18—过滤器；20—压制柱塞缸；21—夹紧液压缸；22—温度传感器

14 和油口  $c_3$  进入柱塞缸，柱塞快速向前运动；而  $c_2$  处的回油经换向阀 3、冷却器 17 和过滤器 18 排回油箱；当柱塞一接触到粉团时，柱塞杆腔的压力就升高，柱塞减速，这时回油经溢流阀 5 流入油箱，回油压力由溢流阀 5 控制。

当柱塞运动到前方规定位置时，柱塞触动一类似电子开关的移动装置，使电磁铁 1YA 断电；这时按动电磁铁 2YA，三位四通电磁换向阀 3 切换至左位，压力油从油口  $c_1$  进入柱塞缸，柱塞退回，当柱塞通回到底时，光电开关感受到柱塞头的位置，电磁铁 2YA 断电，阀 3 复至中位，泵 1 经该阀的 H 型中位自动卸荷。

### (3) 技术特点

1) 与目前我国焊条生产企业大部分使用自行研制的螺旋式焊条压涂机相比，B220 型焊条压涂机能适应各种焊条的生产，且压力稳定、压力调整范围大（该焊条压涂机在压制过程中可以根据各种焊芯的规格和药皮的不同性能，通过柱塞泵 1 自动调节装置，调节压力输出量，满足系统不同的工作压力）。

2) 采用了先进的光电开关、电子开关、温度传感器等装置，使柱塞工作安全可靠、动作灵敏、自动化程度高。

3) 液压系统的两个执行器分别采用两台泵供油，既可防止动作相互干扰，又有利于能量的合理使用。

## 1.4.2 汽车油箱自动缝焊机的液压系统

## (1) 主机功能结构

汽车油箱的生产有滚边缝合和缝焊机焊接两种工艺方式，目前后者应用较多。自动缝焊机是一种集夹紧、点焊点固及缝焊焊接功能为一体的汽车油箱全液压自动焊接设备。其占地面积小，便于实现自动化生产，可降低生产成本，具有良好的经济效益。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 1-36 所示为缝焊机的液压系统原理图。系统有三组执行器：夹紧液压缸 I（1 个）、点焊进给液压缸 II（2 个）和缝焊进给液压缸 III（2 个），共用一台单向定量泵 6 供油，系统工作压力由先导式溢流阀 8 调节，二位二通电磁换向阀 7 用于液压泵 6 的升压与卸荷控制；夹紧缸 I 的夹紧/松开变换由二位四通电磁换向阀 11 控制，夹紧压力通过先导式减压阀 9 设定与控制；两个并联的点焊进给缸 II 的进给/退回运动由三位四通电磁换向阀 14 控制，节流阀 16 用于缸 II 的进油节流调速；两个并联的缝焊进给缸 III 的进给/退回运动由三位四通电磁换向阀 19 控制，节流阀 21 用于缸 III 的进油节流调速。点焊缸和缝焊缸的回油路上分别设有背压单向阀 13 和 18，以提高缸的运动平稳性。系统中的四个测压点 P1~P4 的压力通过压力表 2 及其开关 1 观测。压力继电器 12、17、22 与各液压缸的行程上布置的电气行程

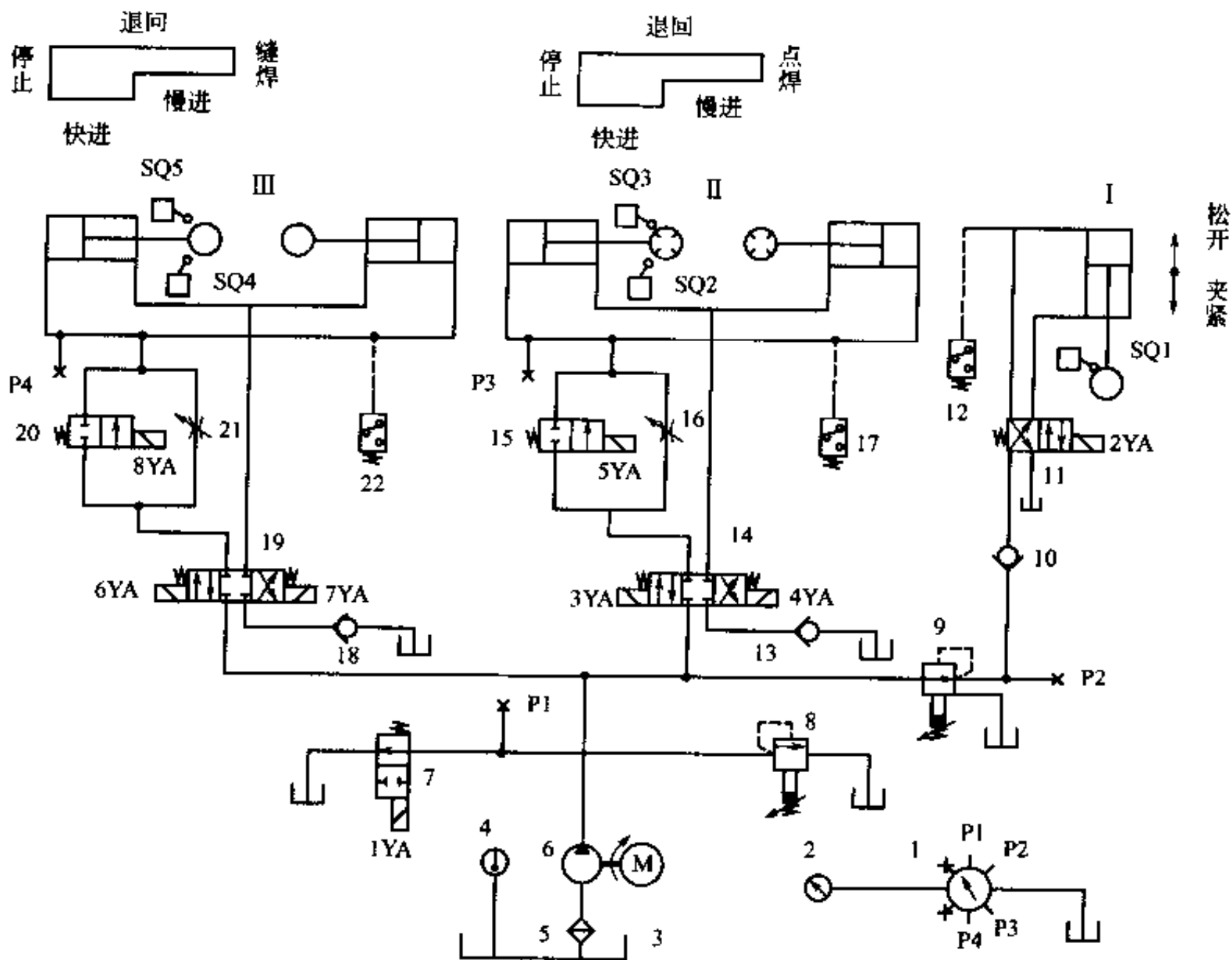


图 1-36 缝焊机的液压系统原理图

- 1—多点压力表开关；2—压力表；3—油箱；4—温度计；5—过滤器；6—单向定量液压泵；7—二位二通电磁换向阀；  
8—先导式溢流阀；9—先导式减压阀；10—单向阀；11—二位四通电磁换向阀；12、17、22—压力继电器；  
13、18—背压单向阀；14、19—三位四通电磁换向阀；15、20—二位二通电磁换向阀；16、21—节流阀

开关 SQ1~SQ5 作为向电磁铁等元件的通断电发信装置, 以实现系统的自动循环。

液压系统的自动工作循环流程为: 夹紧缸 I 夹紧→点焊进给缸 II 快进→慢进→点焊→退回→缝焊进给缸 III 快进→慢进→缝焊→通回→夹紧缸 I 松开→原位、液压泵卸荷。

系统的自动工作循环原理如下。

1) 夹紧缸 I 夹紧 按下启动按钮使电磁铁 1YA 和 2YA 通电, 换向阀 7 和 11 分别切换至下位和右位。液压泵 6 由卸荷转为升压, 其压力油经阀 9、10 和 11 进入夹紧缸 I 的无杆腔 (有杆腔油液经阀 11 排回油箱), 实现夹紧动作。

2) 点焊进给缸 II

① 快进。当夹紧后, 系统压力升高使压力继电器 12 发信, 电磁铁 3YA 和 5YA 通电使换向阀 14 和 15 均切换至左位。液压泵 6 的压力油经阀 14 和 15 左位进入缸 II 的无杆腔 (有杆腔经阀 14、阀 13 向油箱回油), 实现快进运动。

② 慢进。当缸 II 快进中触动行程开关 SQ2 后, 电磁铁 5YA 断电使换向阀 15 复至左位。泵 6 的压力油经节流阀 16 进入缸的无杆腔 (回油同上), 缸转为慢进, 慢进速度由节流阀 16 的开度决定。

③ 点焊。缸 II 慢进至终点时, 系统压力升高, 压力继电器 17 发信, 通过时间继电器延时, 点焊周边四角均布四点为止。此工况的油液流动路线与慢进时相同。

④ 退回。当时间继电器延时结束时发信, 电磁铁 4YA、5YA 通电使阀 14 和 15 分别切换至右位与左位, 泵 6 的压力油经阀 14 进入缸 II 的有杆腔 (无杆腔经阀 15、14 和 13 向油箱排油), 缸 II 返回。

3) 缝焊缸 III 当点焊进给缸 II 通回终点触动行程开关 SQ3 后发信, 电磁铁 4YA 和 5YA 断电, 同时 6YA 和 8YA 通电使换向阀 19 和 20 均切换至左位。液压泵 6 的压力油经阀 19 和 20 进入缝焊缸 III 的无杆腔 (有杆腔经阀 19 和 18 向油箱排油), 缸 III 快进; 慢进、缝焊、通回与缸 II 类同。

4) 夹紧缸 I 松开 当缝焊缸 III 通回终点后, 触动行程开关 SQ5, 电磁铁 2YA、7YA 和 8YA 断电, 阀 11 复至左位。泵 6 的压力油经阀 9、10 和 11 进入夹紧缸 I 有杆腔 (无杆腔经阀 11 向油箱排油), 实现松开动作。

5) 原位, 泵卸载 夹紧缸 I 退回至终点, 触动行程开关 SQ1, 使电磁铁 1YA 断电, 换向阀 7 复至上位, 液压泵的全部流量经换向阀 7 流回油箱, 实现卸荷。

至此, 系统的一个自动工作循环完成。

(3) 技术特点

1) 该自动缝焊机的液压系统采用定量泵供油的进油节流调速方式, 通过单向阀背压作用提高液压缸进给运动的平稳性; 等待期间液压泵直接经换向阀卸荷, 有利于节省能量, 减少系统发热。

2) 两个点焊缸与两个缝焊缸均通过并联油路实现同步动作, 节省液压元件, 简化了油路; 采用 O 型中位机能的三位四通电磁换向阀, 锁紧液压缸, 确保了运行安全。

3) 采用行程 (开关) 控制和压力 (压力继电器) 控制两种方式的结合, 实现系统的工况转换和多缸间的顺序动作, 便于实现自动化, 动作灵敏、调整方便、安全可靠。

### 1.4.3 大功率闪光焊机液压系统

(1) 主机功能结构

大功率闪光焊机用于汽车拖车轴及钢轨的对焊。该机采用液压传动来实现工件的夹持与

送进控制；采用三相次级整流式的主电路，保证闪光过程的稳定并降低焊机容量和使三相电网负载平衡；采用以工控机为主体的微机控制系统控制焊接过程（包括焊接参数控制、记录及显示，焊接参数和曲线的记录）。

该机采用预热闪光焊的工艺，其流程为：焊前准备→闪平阶段→预热阶段→闪光阶段→顶锻阶段→热处理→焊接结束。其中闪光阶段和顶锻阶段最重要。

闪光阶段主要用于加热工件。在闪光过程中，动夹具的位移  $S$  与时间  $t$  的关系曲线（闪光曲线） $S=S(t)$  对焊接质量的影响极大。为此，需要在闪光阶段对闪光曲线进行闭环控制，即通过不断地采集位移信号与给定的位移曲线相比较，从而控制动夹具的运动，使工件的位移曲线与给定的位移曲线相一致。工艺试验确定的车轴轴头的闪光焊的闪光曲线形如  $S=at^2/2$ （ $a$  为动夹具的加速度）。实际使用的闪光曲线如图 1-37 所示，预热阶段结束后，在闪光初期采用较小的送进速度  $v_1$ ，在闪光过程中通过加速最后达到所需的末速  $v_2$ ，中间加速过程的加速度为  $a$ 。为了实现上述动夹具的变速送进，液压系统采用电液比例方向控制阀（三位四通阀），通过微机给定一个输入信号，控制流过阀的液压油液的流量，从而达到控制闪光过程中工件送进速度的目的；通过改变给定信号的极性，改变工件运动的方向。

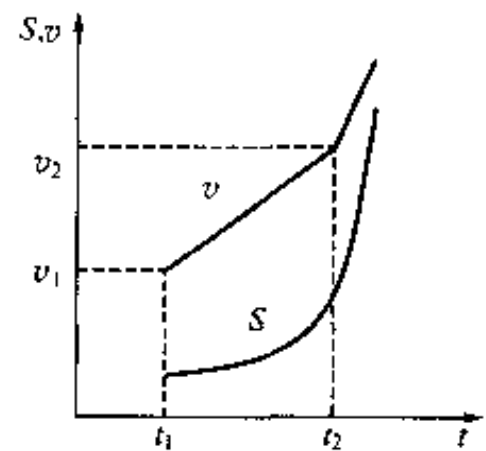


图 1-37 闪光曲线

闪光过程结束后，应立即进入顶锻。为了防止氧化和有利于排除液体金属，必须尽可能减少封闭间隙的时间，因此要求瞬间有一个比闪光速度高出十几倍甚至几十倍的较大的顶锻速度。在一定范围内，顶锻速度越高，焊接接头的质量就越好；为了使接头产生塑性变形，还必须有足够的顶锻压力，所以对设备的要求很高。为了同时满足顶锻速度和压力的要求，该焊机采用了气囊式蓄能器（容量为 10 L）。在蓄能器阀门未打开时，蓄能器内进行的是充压过程；在顶锻阶段开始时刻，蓄能器阀门打开，释放蓄能器中储备的液压油，使液压缸中流量达到最大，从而获得最大的顶锻速度和顶锻压力。蓄能器在储存能量的同时，还具有吸收和减少系统压力脉动的作用。

### (2) 液压系统及其工作原理

该闪光焊机的液压系统原理框图如图 1-38 所示。系统的执行器是 4 个液压缸，缸 1 用

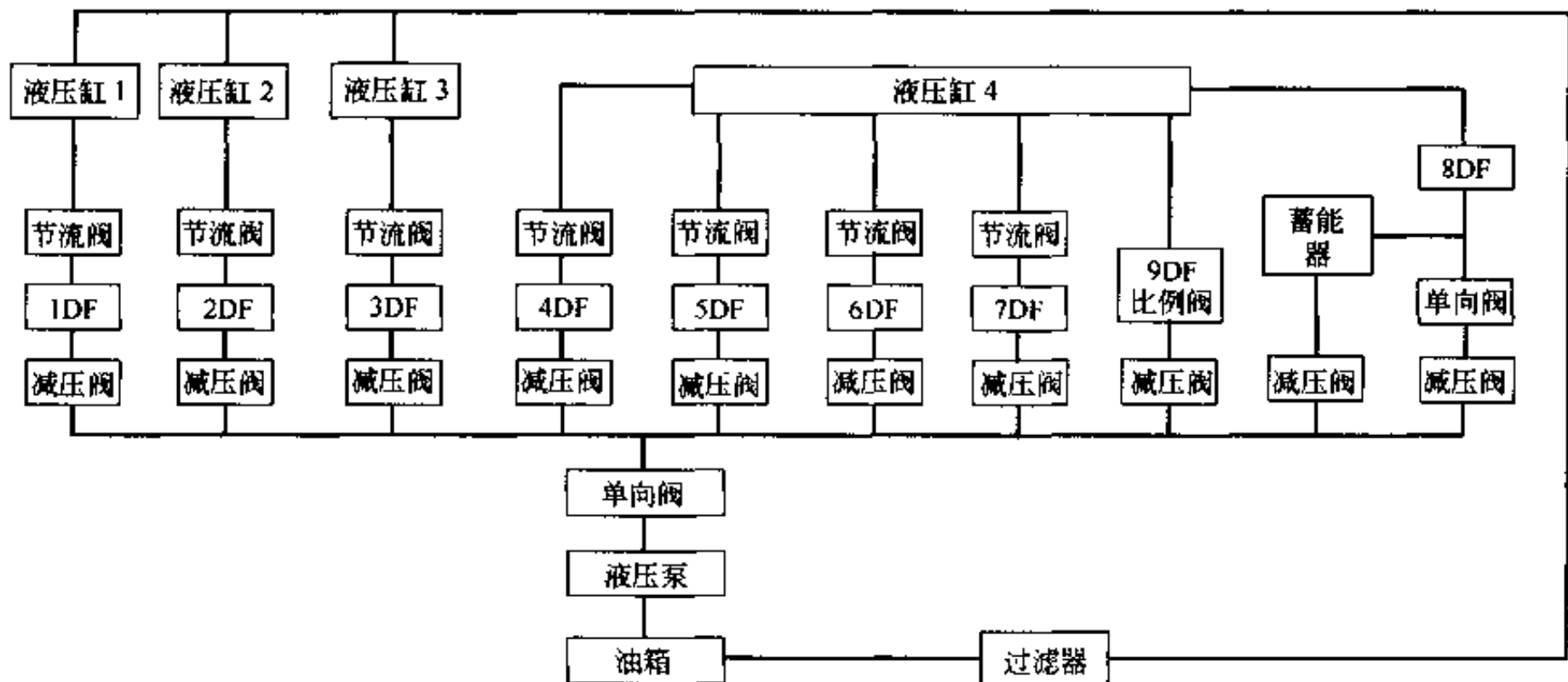


图 1-38 闪光焊机的液压系统原理框图



于带动挡板的升降，由电磁换向阀 1DF 控制，而挡板在升起时是置于被焊工件的尾端以抵抗闪光焊最后顶锻时的顶锻力；缸 2 为定夹具的夹紧缸，由电磁换向阀 2DF 控制，用于控制定夹具的夹紧与松开，以在焊接时夹紧不运动的工件；缸 3 由电磁换向阀 3DF 控制，用于动夹具的夹紧与松开，以在焊接时夹紧运动的工件；电磁换向阀 1DF、2DF 和 3DF 用于焊前调整，通过手动控制。液压缸 4 用于控制焊接全过程中不同阶段动夹具的运动方向与运动速度，其控制最为复杂和重要，是控制焊接质量的关键，缸 4 由 4DF~9DF 共 6 个电磁阀控制：4DF 用于焊接过程中闪平送进；5DF 用于预热送进；6DF 用于闪平和预热的后退；9DF 为比例阀，在闪光烧化过程中控制动夹具的匀速及加速送进，该阀可以同时控制液压油液的流向与流量；8DF 用于顶锻送进；7DF 用于动件返回（在焊接结束后使动夹具自动回到焊接起始位置）。

(3) 焊接过程的微机控制

图 1-39 所示为焊接过程的微机控制原理框图，其主要功能是在焊接过程中根据工艺要求，在不同的时刻控制液压系统各液压阀的返断，从而实现焊接全过程所要求的工艺曲线。

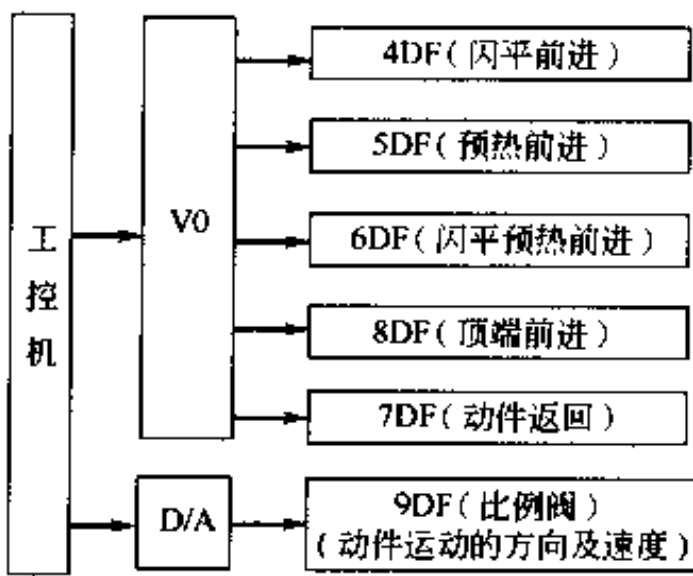


图 1-39 焊接过程微机控制原理框图

在控制系统中，采用 I/O 输出继电器的常开触点控制闪平、预热及顶锻阶段电磁阀的动作，从而控制这些阶段中工件的送进与后退。由于计算机的输出信号为弱信号，而需要控制的电磁阀中却是 220V 的强电信号，因此在两者之间，采用固态继电器作为中间驱动。这样既能克服强电对弱电的干扰，又能可靠的控制电磁阀动作。在液压系统的控制过程中，位移控制方式非常重要。在闪平、闪光和顶锻阶段，都是通过位移量的检测实现过程的转换。特别是闪光阶段，通过控制位移量来实现闪光速度从初速不断加速至末速。由于系统要求的位移量较大（达几十毫米），且要求较高的线性度和精度，所以采用差动变压器式位移传感器（LDVT），以利用其行程长、线性度好、精度高及无摩擦测量机械寿命长等优点。

(4) 技术特点

1) 该机的液压系统为电液比例控制系统，用以实现机器的预热和闪光焊的全过程；工控机闭环控制电液比例阀的运动，保证了闪光过程的强烈和稳定。

2) 采用三相次级整流式的主电路，保证闪光过程的稳定并降低焊机容量和使三相电网负载平衡；采用以工控机为主体的微机控制系统控制焊接过程，可实现焊接参数控制、记录及显示，焊接参数和曲线的记录等。

(5) 技术参数（见表 1-10）

表 1-10 闪光焊机的部分技术参数

项 目	参 数	单 位
焊接功率	500	kW
焊接面积	7 000	mm <sup>2</sup>
夹持力	400	kN
顶锻力		
顶锻速度	65	mm/s
电液比例方向控制阀(三位四通阀)	4WRE6E16-1X 型	

## 1.4.4 摩擦焊接机床的液压系统

## (1) 主机功能结构

摩擦焊接利用摩擦发热的原理，通过对要焊接的部件之间施加载荷，并使其产生机械摩擦运动，焊接材料接触表面之间就产生热量，利用此热量使材料达到热塑性状态，然后迅速顶锻形成焊接接头。由于摩擦焊接具有固态焊接（即被焊接材料通常不熔化），焊缝为锻造组织，易于获得和母材等强度的接头；可实现不同材料之间的焊接；焊接过程可控，节能高效等优点，所以广泛用于航空、军工、汽车、石油等领域的轴类和其他类零件的焊接中。

根据摩擦焊接的特性，必须进行机电液结合才能完成摩擦焊接过程。为了产生足够的摩擦热和顶锻压力，需要大功率的主轴电机和高压液压系统，以增大两摩擦面的压力和相对运动速度，使材料达到热塑性状态。该机床最大顶锻力为 300kN，为了增加机床的稳定性、平衡性和减小液压系统的供油压力，采用双液压缸并联驱动机床滑台，施加摩擦和顶锻压力。系统在非焊接过程时，液压系统卸荷，以减少发热和功率损失，主机结构示意图如图 1-40 所示。

焊接过程如下。

1) 待焊接的工件分别装入旋转和移动夹具中后，发出焊接启动信号，对旋转和移动夹具实施夹紧。

2) 旋转和移动夹具夹紧后，工作台快速移动，在工作台压下行程开关后转为工进速度，同时或延迟一定时间启动主轴带动旋转夹具旋转。

3) 当工件接触后，液压系统压力突然上升，标志摩擦阶段开始。

4) 由于工件接触面高速摩擦，产生大量热量，使材料达到热塑性状态，就可发出顶锻信号；

根据顶锻信号发出的时机，可分为时间控制方式：摩擦开始时开始计时，到一定时间就发顶锻信号。位移控制方式：摩擦开始时开始记录位移的变化，变化一定的量后就发顶锻信号。根据顶锻信号和制动信号发出的时间差，又可分为同步方式：顶锻信号和制动信号同时发出。先顶后制：先发顶锻信号，延迟一定时间发制动信号。先制后顶：先发制动信号，延迟一定时间发顶锻信号。

5) 保压阶段，维持顶锻压力一定时间，夹具松开，工作台快退。

6) 机床复位，工作台退回压下原位行程开关，停止回退，一次焊接循环结束。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 1-41 所示为实现机床工作滑台运

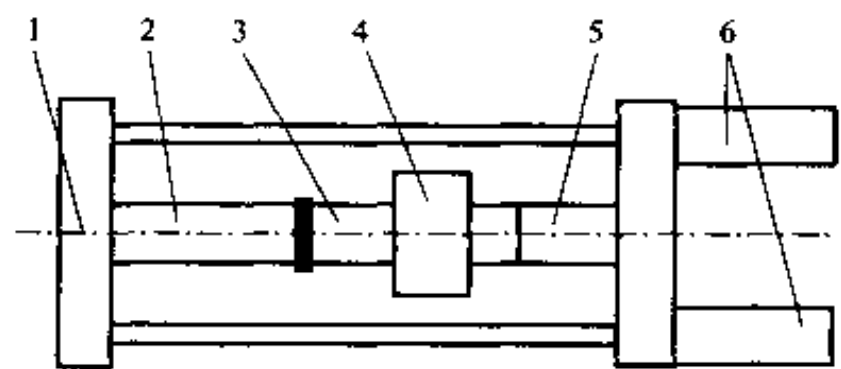


图 1-40 摩擦焊接机床主机结构示意图

1—主轴；2—工件 1；3—工件 2；4—移动  
夹具；5—顶杆；6—液压缸

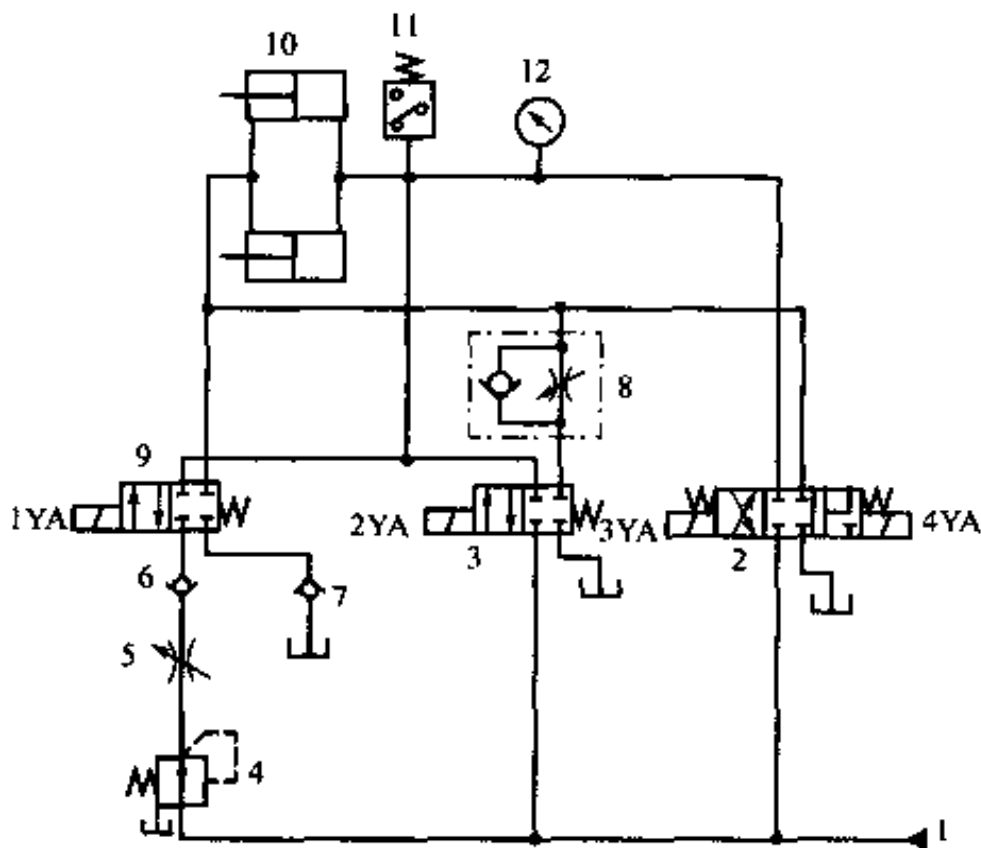


图 1-41 焊接机床液压系统原理图

1—液压源；2—三位四通电磁换向阀；3、9—二位四通电磁换向阀；4—减压阀；5—节流阀；6、7—单向阀；8—单向节流阀；10—液压缸；11—压力继电器；12—压力表

动、摩擦压力和顶锻压力的液压系统原理图。系统的执行器为主液压缸 10 (2 个); 缸 10 的运动方向由三位四通电磁换向阀 2 控制; 阀 2 的右位 P 型机能用于缸 10 快速进给时的差动连接; 二位四通电磁换向阀 9 用于提供缸 10 的工作进给油路, 工进的压力由减压阀 4 设定, 节流阀 5 用于调节工进速度, 单向阀 7 作背压阀, 以保证运动平稳性; 二位四通电磁换向阀 3 用于使主缸 10 立即达到顶锻压力。

滑台快进时, 电磁铁 4YA 通电使换向阀 2 切换至右位, 来自液压源 1 的压力油经阀 2 进入缸 10 的无杆腔, 有杆腔的回油经阀 2 的 P 型机能反馈至缸 10 的无杆腔, 构成差动连接, 主缸 10 驱动滑台快速前进; 快进结束时, 滑台压下行程开关, 电磁铁 4YA 断电、1YA 通电, 使换向阀 2 复至中位, 换向阀 9 切换至左位, 来自液压源 1 的压力油经过减压阀 4、节流阀 5 和换向阀 9 进入缸 10 的无杆腔, 有杆腔经阀 9 和背压单向阀 7 排回油箱, 液压缸驱动滑台转为工作进给, 工进速度由节流阀开度决定; 顶锻时, 电磁铁 1YA 断电、2YA 通电, 使换向阀 9 复至右位、换向阀 3 切换至左位, 使主缸 10 立即达到顶锻压力。快退时, 电磁铁 2YA 断电、3YA 通电使换向阀 3 复至右位, 换向阀 2 切换至左位, 同时夹具松开, 滑台快退到原位时, 电磁铁 3YA 断电, 一个工作循环结束。夹具夹紧采用当电磁阀断电时, 压力油进入主动腔, 使夹具夹紧, 并通过蓄能器 (图中未画出) 保证夹紧力不受其他过程的影响。

### (3) 测控系统

测控系统的硬件组成包括研华工控机 IPC~10--486DX2/100, 光电隔离输入输出卡 (用于行程开关、面板按钮、压力继电器等开关量的采样), 12 位 A/D (采样压力、位移等模拟量), D/A 卡及定时记数卡, 位移传感器, 压力传感器和转速传感器等。测控系统的软件部分以 DOS 和中文系统为平台, C 语言及汇编语言为编程语言。

整个测控系统具有以下功能。

1) 实现对摩擦焊机的全面过程控制, 实现自动和调整方式, 时间和位移焊接方式控制, 制动和顶锻次序控制。

2) 焊接过程的计算机辅助工艺设计, 包括焊接参数的选择、存储、编辑和显示。

3) 焊接状态的显示和故障报警。

4) 实现对主轴转速、液压系统压力的检测, 下一步可对其实施控制。

### (4) 技术特点

1) 摩擦焊机工艺先进, 节能高效; 采用液压传动和计算机控制技术, 顶锻力大, 自动化程度高。

2) 液压系统采用开关控制实现快慢速换接; 快速阶段采用差动油路, 慢速阶段采用进油节流调速, 通过单向阀的背压提高运动平稳性。

## 1.4.5 肋片管自动焊接机液压系统

### (1) 主机功能结构

肋片管是一种用电阻焊把肋片 (散热片) 等距地焊接在无缝管上而成的新型高效热能交换器, 这种交接器耐高压、热效率高, 外观造型紧凑美观。肋片管自动焊接机用于肋片的自动焊接, 其动作主要由步进上料和管焊接两部分组成, 其中机器的步进上料动作通过在机器导轨上滑动的大小拖板和推 (拉) 动液压缸的间歇运动实现。由液压驱动完成的工作程序如图 1-42 所示。

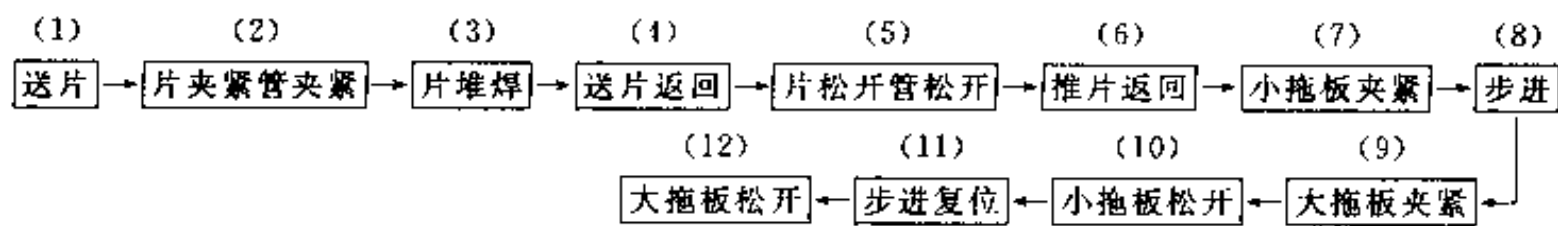


图 1-42 肋片管自动焊接机的工作程序

(2) 液压系统及其工作原理

图 1-43 所示为该自动焊接机的液压系统原理图。系统采用定量液压泵 1 供油，供油压力与系统卸荷由先导式溢流阀 2 和二位二通电磁换向阀 3 控制，泵的压力通过压力表 4 观测，单向阀 5 用于防止油液倒灌。系统采用双回路结构，左侧为步进回路，右侧为焊接回路，两回路由单向阀 6 隔离。

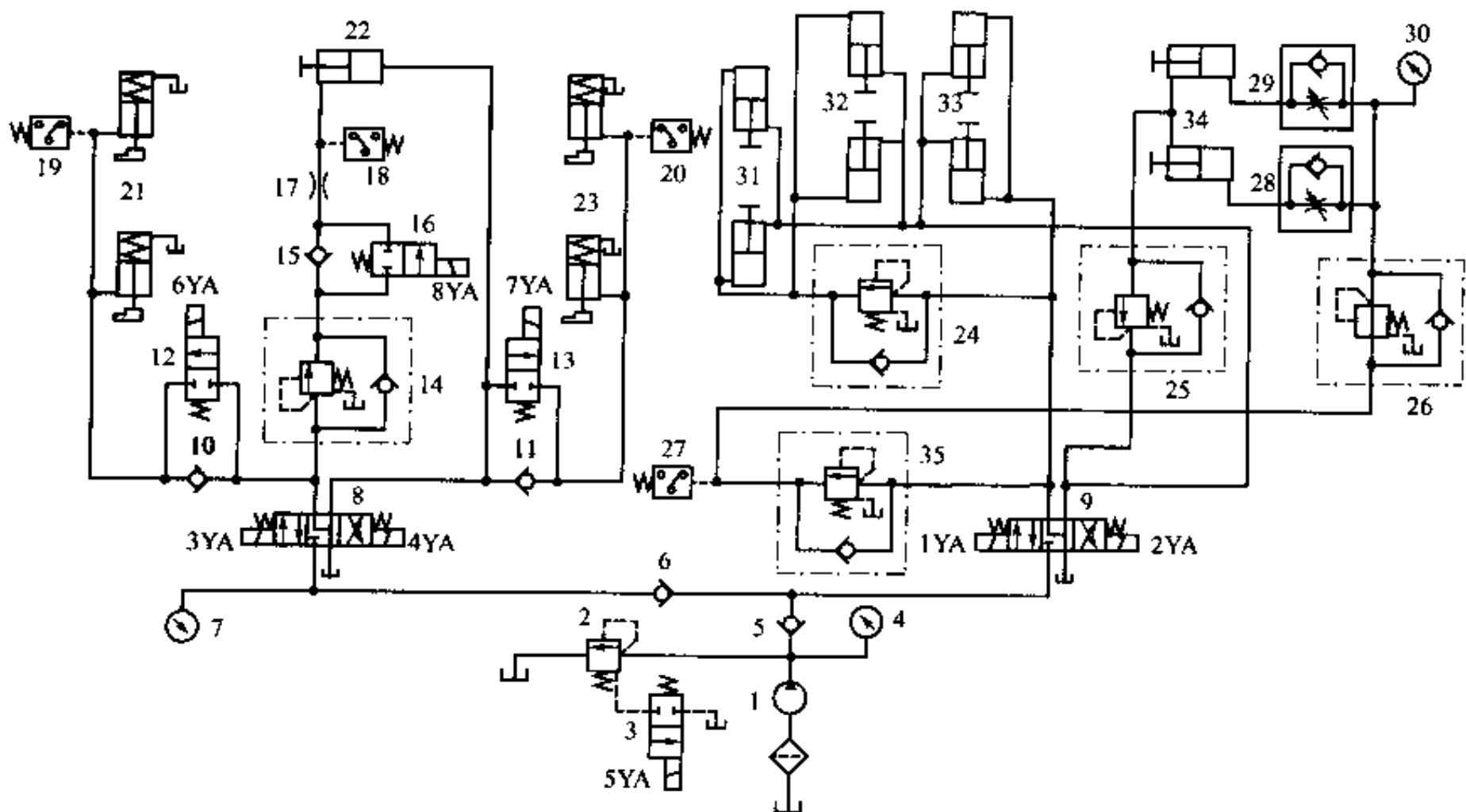


图 1-43 自动焊接机的液压系统原理图

1—定量液压泵；2—先导式溢流阀；3、12、13、16—二位二通电磁换向阀；4、7、30—压力表；5、6、10、11、15—单向阀；8、9—三位四通电磁换向阀；14、24、25、35—单向顺序阀；17—节流阀；18、19、20、27—压力继电器；21—小拖板夹紧液压缸；22—推（拉）动液压缸；23—大拖板夹紧液压缸；26—单向减压阀；28、29—单向节流阀；31—管夹紧液压缸；32—片夹紧液压缸；33—送片液压缸；34—片堆焊液压缸

1) 步进回路 左侧的步进回路的执行器有大、小拖板夹紧液压缸（单作用液压缸）21（2个）、23（2个）和推拉动液压缸 22（1个）。回路的主换向阀为三位四通电磁换向阀 8。三种液压缸的动作顺序为图 1-42 中框（7）→框（12），多缸间的动作顺序采用压力控制方式实现，即通过系统压力变化，压力继电器 18、19、20 发信使各电磁换向阀（三位四通电磁换向阀 8、二位二通电磁换向阀 12、13、16）的电磁铁通断电以及单向顺序阀 14 的启闭完成上述动作顺序。节流阀 17 用于调节推（拉）缸的速度。

开始工作时，电磁铁 3YA 通电使换向阀 8 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 5、6、8、10 进入缸 21 的有杆腔，活塞杆将小拖板固定在工作台导轨上。系统压力升高，当压力升至压力继电器 19 的设定值时发信使电磁铁 7YA 通电，换向阀 13 切换至上位，缸 23 的活塞杆由无杆腔的弹簧作用下行，使大拖板松开（有杆腔经阀 13 和阀 8 向油箱排油），当压力

继续升高超过单向顺序阀 14 设定值时, 阀 14 开启, 压力油经该阀和单向阀 15、节流阀 17 进入缸 22 的有杆腔, 推(拉)缸动作。当推(拉)缸运动停止后, 压力继电器 18 发信使电磁铁 3YA 断电, 4YA 通电, 换向阀 8 切换至右位, 压力油经换向阀 8 后一路进入缸 22 的无杆腔, 另一路经单向阀 11 进入缸 23 的有杆腔, 但由于单向阀 15 的作用, 推(拉)缸有杆腔回油被截止, 故该缸不动。缸 23 的活塞杆动作将大拖板固定在工作台导轨上, 夹紧后, 压力继电器 20 发信使电磁铁 6YA、8YA 通电, 换向阀 12 和 16 切换至上位和右位, 缸 21 有杆腔经换向阀 12 和阀 8 回油, 将小拖板松开, 而缸 22 的有杆腔经阀 17、16、14、8 向油箱排油, 其活塞杆退回复位。这时即可进行外部的各种动作, 当各动作完成后需进行下一个步进动作时, 给电磁铁发信号使小拖板的夹紧缸再次动作而进入下一个工作循环。

2) 焊接回路 右侧的焊接回路的执行器有实现管夹紧、片夹紧、送片、片堆焊的液压缸 31~34 (各两个)。与步进回路一样, 该回路采用三位四通电磁换向阀 9 作主换向阀。4 种液压缸的动作顺序为图 1-42 中框 (1)→(6), 多缸间的动作顺序采用压力控制方式实现, 即通过系统压力变化, 单向顺序阀 24、25、26 和 35 及压力继电器 27 的启闭、发信使缸的油路通断实现上述动作顺序。单向减压阀用于设定堆焊缸 34 的工作压力(通过压力表 30 观测)并保持其稳定, 单向节流阀 28 和 29 则用于调节两个堆焊缸的工作速度。

工作时, 电磁铁 1YA 通电使换向阀 9 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 9 进入缸 32 的无杆腔(有杆腔经阀 9 向油箱排油), 进行送片动作。送片到位后, 系统压力升高, 阀 24 的顺序阀打开, 压力油经阀 24 分别进入缸 31 和缸 32 的无杆腔(有杆腔经阀 9 向油箱排油), 进行管夹紧和片夹紧动作。夹紧后, 系统压力升高打开阀 35 的顺序阀, 压力油经阀 35、阀 26 的减压阀分两路经阀 28 和 29 的节流阀分别进入两个缸 34 的无杆腔(有杆腔经阀 25 和 9 向油箱排油), 进行片堆焊, 堆焊速度取决于阀 28 的开度。动作完成后压力继电器 27 发信使换向阀 9 切换至右位, 各液压缸回程复位。

### (3) 技术特点

1) 焊接机的液压系统采用单泵双回路形式。各回路设一个主换向阀, 两个回路间由单向阀隔离, 以避免相互干扰。

2) 机器的步进送料通过在滑动的大小拖板和推(拉)动液压缸的间歇运动实现。步进回路采用主要压力继电器和电磁换向阀配合实现各液压缸的既定动作顺序。与采用机械、步进电机、步进液压缸三种步进方式相比, 能满足长距离的步进的要求, 成本较低。

3) 焊接回路采用单向顺序阀的压力控制方式实现多缸间的动作顺序转换; 采用减压阀和单向节流阀实现堆焊缸的工作压力的设定和调速。

## 1.5 热处理设备液压系统

### 1.5.1 曲轴感应淬火机床液压系统

#### (1) 主机功能结构

本机床为高频感应淬火机床, 主要用于四型摩托车曲轴的表面感应淬火。针对设备原液压系统工进速度的稳定性和可控性差及继电接触式电控系统可靠性差、故障率高的缺陷, 改进设计了液压系统, 并将继电接触式电控系统改为可编程序控制器(PLC)的电控系统。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 1-44 所示为该机床的液压系统原理图。系统的油源为限压式单向变量液压泵 3; 执行器为用于驱动淬火工件的进给和旋转的液压缸 12 和双向定量液压马达 13。液压缸 12 及工



件的升降和液压马达 13 的旋转方向变换分别由三位四通电磁换向阀 10 和 9 控制。工件的升降运动采用回油节流调速方式，由电液比例调速阀 7 和精密调速阀 14 控制液压缸 12 的升降速度，液压马达 13 带动工件的旋转运动节流阀 6 进行进油节流调速。液控单向阀 11 用于锁定立置液压缸 12 的位置。

液压缸 12 带动工件快速下降时，电磁铁 1YA 通电使换向阀 10 切换至左位，液压泵 3 的压力油经阀 10 进入液压缸 12 的有杆腔，同时导通液控单向阀 11，缸 12 的无杆腔回油经阀 11、10 及电液比例调速阀 7 和二位二通电磁换向阀 15 流入油箱，下降速度由电液比例调速阀控制；液压缸 12 带动工件慢速下降时，电磁铁 5YA 通电使换向阀 15 切换至右位，液压缸的进油路与上相同，但无杆腔油液经电液比例调速阀 7 和精密调速阀 14 流回油箱，慢速下降速度取决于阀 14 的开度。此时，电液比例调速阀 7 仅起一个通路的作用。

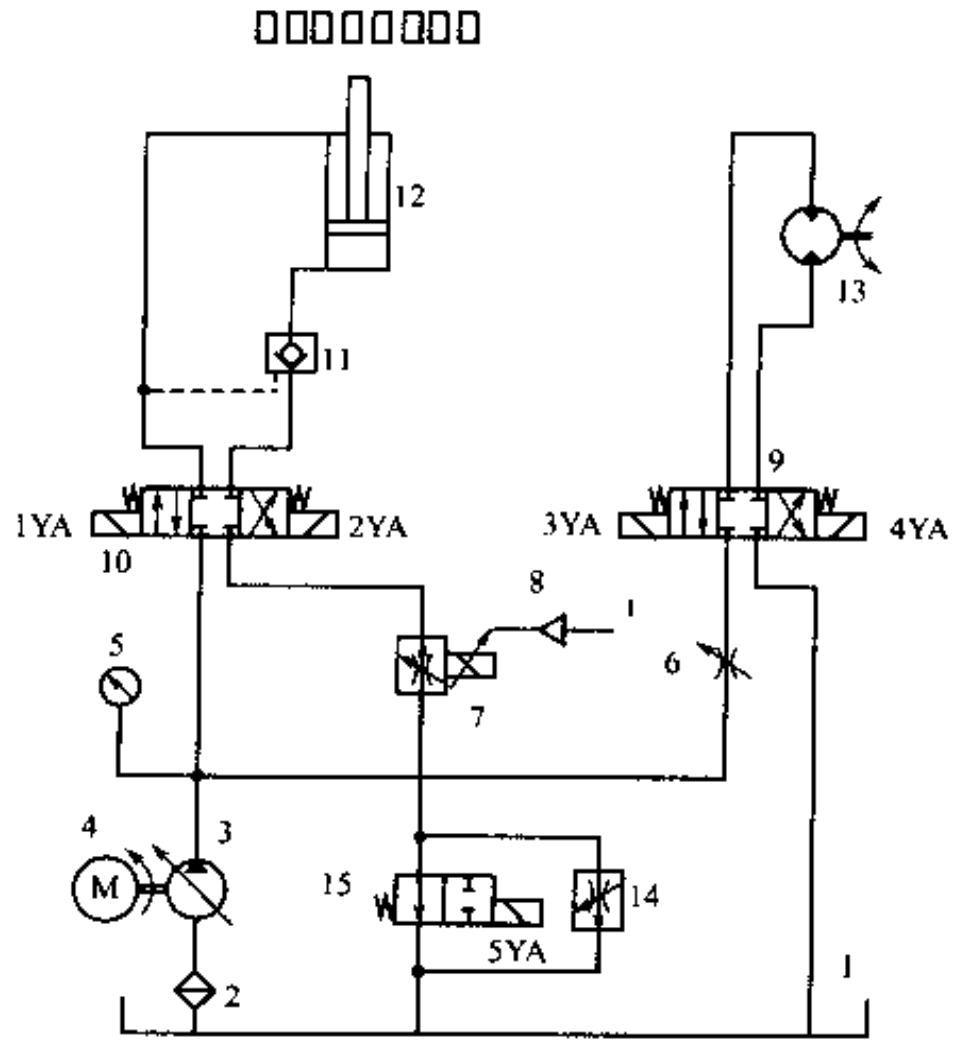


图 1-44 曲轴感应淬火机床液压系统原理图  
1—油箱；2—过滤器；3—限压式变量液压泵；4—电动机；5—压力表；6—节流阀；7—电液比例调速阀；8—比例控制器；9、10—三位四通电磁换向阀；11—液控单向阀；12—液压缸；13—双向定量液压马达；14—精密调速阀；15—二位二通电磁换向阀

(3) 技术特点

1) 液压系统采用限压式变量泵供油，配以回油节流调速，泵输出流量与负载需求流量适应，因而节能。

2) 采用电液比例速度和 PLC 控制，可以远距离、连续按比例地控制液压系统的速度，并且可以减少或避免速度转换的冲击；简化了系统结构，减少了元件数量，拓宽了调速范围并扩大了加工程序；提高了机床的自动化程度。

(4) 技术参数 (见表 1-11)

表 1-11 曲轴感应淬火机床及其液压系统的部分技术参数

项 目		参 数	单 位	
可加工工件	长度	21~71	mm	
	直径	14~25		
	硬度	48~65	HRC	
	淬硬深度	0.7~2.7	mm	
液压系统	限压式变量液压泵最大流量		35	L/min
	液压缸	缸筒内径	63	mm
		活塞杆直径	45	
		最大下降速度	382	mm/s
		进给速度	3~30	
		最大上升速度	187	
	液压马达	转速	10~300	r/min
	电液比例调速阀 (YA-BQ-G16 型)	额定流量	63	L/min
最小稳定流量		6.3		
最大流量		1.2		
流量稳定范围		±0.024		

### 1.5.2 全液压齿轮淬火机液压系统

#### (1) 主机功能与结构

该淬火机是一台用来对带有中心孔的齿轮及盘类零件进行表面淬火的专用热处理设备。它由主机、两套独立的液压系统（分别完成施压和淬火）及水冷系统等部分组成。其主机由

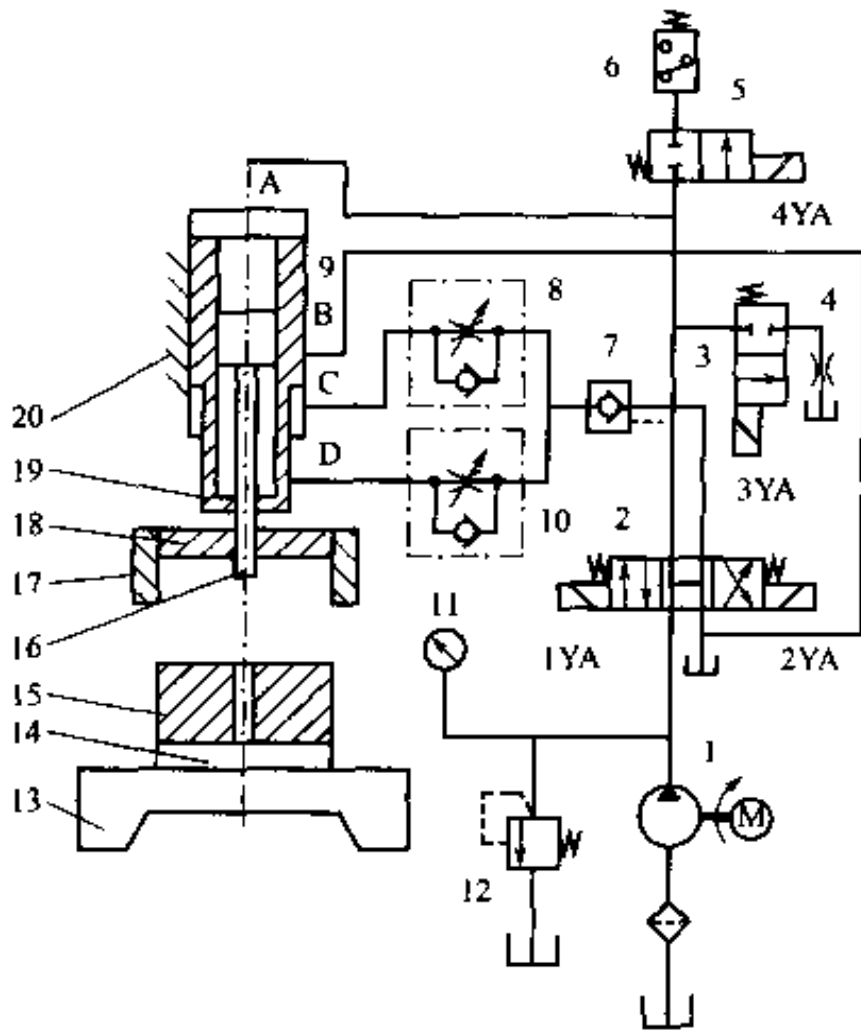


图 1-45 淬火机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—三位四通电磁换向阀；3、5—二位二通电磁换向阀；4—小孔阻尼器；6—压力继电器；7—液控单向阀；8、10—单向节流阀；9—复合式液压缸；11—压力表；12—溢流阀；13—空心底座；14—定模；15—工件；16—芯轴活塞杆；17—封油圈；18—动模；19—压模活塞杆；20—横梁

空心底座 13 和横梁 20 等部件组成（参见图 1-45）。双活塞杆套装的复合式液压缸 9 固定于横梁 20 上，带有封油圈 17 的动模 18 套装在芯轴活塞杆 16 上，底座上平面装有可放置加热好的待淬火工件 15 的定模 14。该设备由人工上、下料，其工艺过程为：当加热至规定温度的工件放入定模内后，液压缸的芯轴活塞杆 16 和压模活塞杆 19 以互不相同的速度下行，当芯轴活塞杆将芯轴插入工件的中心孔完成定位并使动模下平面与工件接触后，压模活塞杆的下端面通过动模给工件 15 施压以防淬火过程中工件变形，与此同时，淬火液压系统通过定模内分布的喷油孔向工件喷油，开始淬火过程；当到达规定的淬火时间时，芯轴活塞杆首先带动动模上移完成开模拔销并由压模液压缸下端面的台肩限位，此时，压模活塞杆便和芯轴活塞杆一起上行，直至到达规定位置。卸下淬火完毕的工件后，一个工作循环结束。根据工件的不同要求，淬火时有定值施压与脉动施压两种施压模式。

#### (2) 施压液压系统及其工作原理

施压液压系统的主要功能是为了防止工件

在淬火过程中出现变形，而对工件以定值或脉动施压两种方式之一加载。图 1-45 所示为施压液压系统原理图，双活塞（杆）套装的复合式液压缸 9 中，直径较小的芯轴活塞杆套装在直径较大的空心的压模活塞杆内，该缸有 A、B、C 和 D 等 4 个油口，其中油口 B 旁通油箱。系统采用定量液压泵 1 供油，其压力由溢流阀 12 设定；两组并联的单向节流阀 8 和 10 对复合缸进行回油节流调速；H 型中位机能的三位四通电磁换向阀 2 控制复合缸的运动方向；液控单向阀 7 用于闭锁复合缸与 C、D 油口相通的回油腔，以防止复合缸在等待期间因活塞杆及其拖动的工作机构自重而自行下落。

定压施压模式时，系统的工作原理为：当加热至规定温度的工件放入定模内后，电磁铁 1YA 通电使换向阀 2 切换至左位，液压泵 1 通过油口 A 向复合缸上腔供油；同时导通液控单向阀 7，使复合缸的 C、D 油口与油箱接通。所以芯轴活塞杆和压模活塞杆分别以不同速度开始下移，两者的下行速度分别由单向节流阀 10 和 8 的开度决定。当芯轴活塞杆带动动模快速将芯轴插入工件中心孔并合模后，淬火液压系统（参见图 1-47）通过定模内部开设的油孔向工件喷油，随之压模活塞杆下行到其下端面的台肩和动模的上端面接触，并通过动



模向工件施压。施压最大负载取决于溢流阀 12 的设定值。到达规定的淬火时间后，电磁铁 1YA 断电，2YA 通电，换向阀 2 切换至右位，液压泵通过油口 C、D 向复合缸的两个下腔供油，芯轴活塞杆和压模活塞杆同时上行，动模与芯轴活塞杆由压模活塞杆下端台面限位；当压模活塞杆上移至旁通油口 B 打开时，油口 C 和 B 连通，液压泵输出的油液经腔 C 和 B 直接回油箱，压模活塞杆停位。人工装卸工件过程中，电磁铁 1YA 和 2YA 均断电，换向阀 2 复至中位，系统卸荷以达到节能目的。

脉动施压模式时，复合缸的上、下行动作与定压施压模式时相同，只是施压过程不同。其原理是：复合缸下行时，电磁铁 4YA 通电使换向阀 5 切换至右位，当动模活塞杆的台肩与定模接触时，复合缸上腔压力开始增高，当压力达到规定值时，压力继电器 6 发信，电磁铁 3YA 在时间继电器规定的频率下交替通断电，换向阀 3 交替通断，从而使复合缸内获得脉动压力。脉动压力最大值由溢流阀 12 设定。压力最小值基于下述原理获得：设出口压力为零，则由小孔流量压力方程 (1-1) 得到。

$$p = \left[ \frac{4q}{C_d \pi d^2} \right] \frac{\rho}{2} \tag{1-1}$$

- 式中  $p$ ——小孔入口压力；  
 $q$ ——小孔流量；  
 $d$ ——小孔直径；  
 $C_d$ ——小孔流量系数；  
 $\rho$ ——油液密度。

由式 (1-1) 可知，改变  $d$  即可获得不同的  $p$  值。为此，在系统中设置了小孔阻尼器 4，在系统调试时通过改变其直径以获取不同的脉动压力最小值。系统的电磁铁动作顺序见表 1-12。两种施压模式的压力  $p$  (负载  $F$ )-时间  $t$  曲线如图 1-46 所示。

表 1-12 电磁铁动作顺序

工况	定值施压				脉动施压			
	1YA	2YA	3YA	4YA	1YA	2YA	3YA	4YA
下行	+				+			+
施压	+				+		±	+
上行		+				+		
等待								

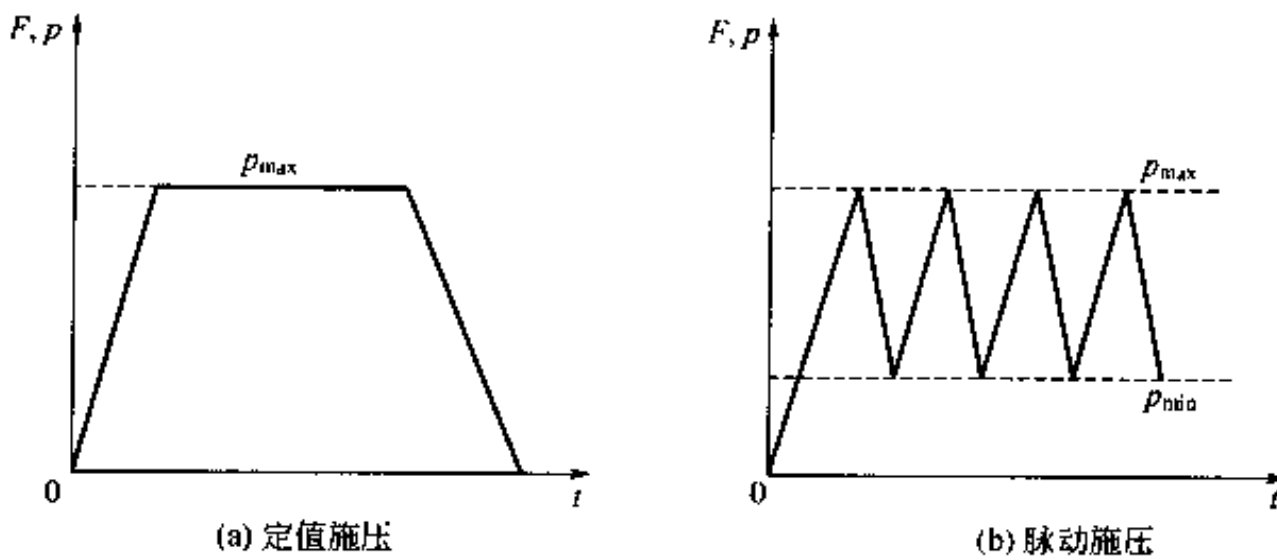


图 1-46 两种施压模式的压力  $p$  (负载  $F$ )-时间  $t$  曲线

(3) 淬火液压系统及其工作原理

淬火液压系统原理图如图 1-47 所示，其功能是通过定模内分布的喷油孔向工件喷油，

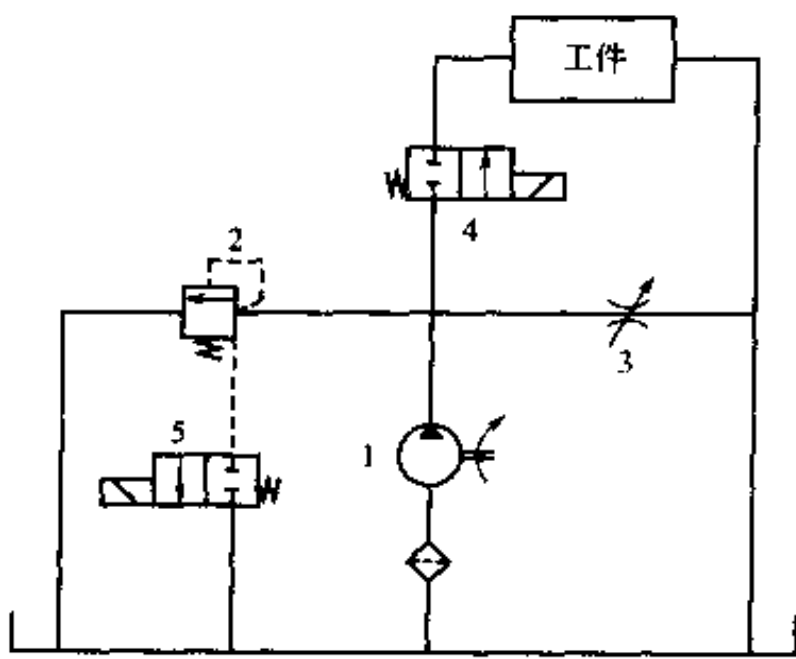


图 1-47 淬火液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—节流阀；  
4、5—二位二通电磁换向阀

对工件进行淬火。该系统的油源为单向定量液压泵 1，系统压力由先导式溢流阀 2 调定，喷油流量通过旁路节流阀调节，喷油的通断由二位二通电磁换向阀 4 控制，装卸工件时，系统可以通过二位二通电磁换向阀 5 卸荷，以便节能。

(4) 技术特点

本机是一台二手设备，原机器施压和淬火共用一套液压系统。图 1-45 与图 1-47 所示的新系统与原系统比较，具有如下技术特点。

1) 将施压液压系统和淬火液压系统分割开来，避免了铁皮等污物侵入系统，在提高施压液压系统的工作可靠性的同时，延长了施压液压系统油液的使用寿命。

2) 两种液压系统均考虑了减小机床等待时间的能耗问题，分别采取了利用电磁阀中位机能、电磁阀控制溢流阀远程控制口来对系统卸荷，有利于节能。

3) 增加了脉动施压模式，并采用压力继电器、时间继电器与电磁换向阀配合方式实现脉动施压，简单可靠。

4) 施压液压系统的动力源、控制调节装置采用了上置式液压站，液压站与液压缸通过软管连接，便于对系统进行集中调试和维护。

5) 淬火液压系统的油箱由空心主机底座承受，各控制阀单独组成液压网站，并通过硬管与油箱和模具的有关油口相连，从而减小了整个机床的占地面积。

(5) 技术参数 (见表 1-13)

表 1-13 齿轮淬火机床及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	最大施压力	360	kN	
施压液压系统的液压泵 (YB1-40 型定量叶片泵)	最大工作压力	6.3	MPa	
	流量	40	L/min	
	驱动电机(Y132M2-6 型)	功率	5.5	kW
		转速	960	r/min

1.5.3 液压传动淬火机械手系统

(1) 主机功能结构

该机械手用于钢板弹簧淬火热处理中工件的抓取。钢板弹簧热处理时，当钢板在淬火机中完成弯曲和淬火后，板簧被推入到油槽中，然后由机械手抓取并放入贯通式回火炉中进行回火处理。机械手完成此项工作中需保持所需的速度。

机械手主体安装在带燕尾导轨的拖尾上，机械手的动作机构由前后移动机构、水平回转机构、转腕机构、夹紧机构、伸缩机构、行走机构等几部分组成，除行走机构采用液压马达驱动外，其他各部分均采用液压缸传动 (参见图 1-48)；整个机械手的工作过程采用可编程序控制器 (PLC) 控制。

(2) 液压系统及其工作原理

机械手的液压系统原理图如图 1-48 所示。系统的油源为定量液压泵 10，其供油压力由溢流阀 12 设定并可通过压力表 38 显示，单向阀 11 用于防止液压油倒灌，二位二通电磁换向阀 13 与调速阀 22 配合用于旁路调节进入系统的总流量。液压系统的执行器有 5 种（6 个）液压缸和一个液压马达。

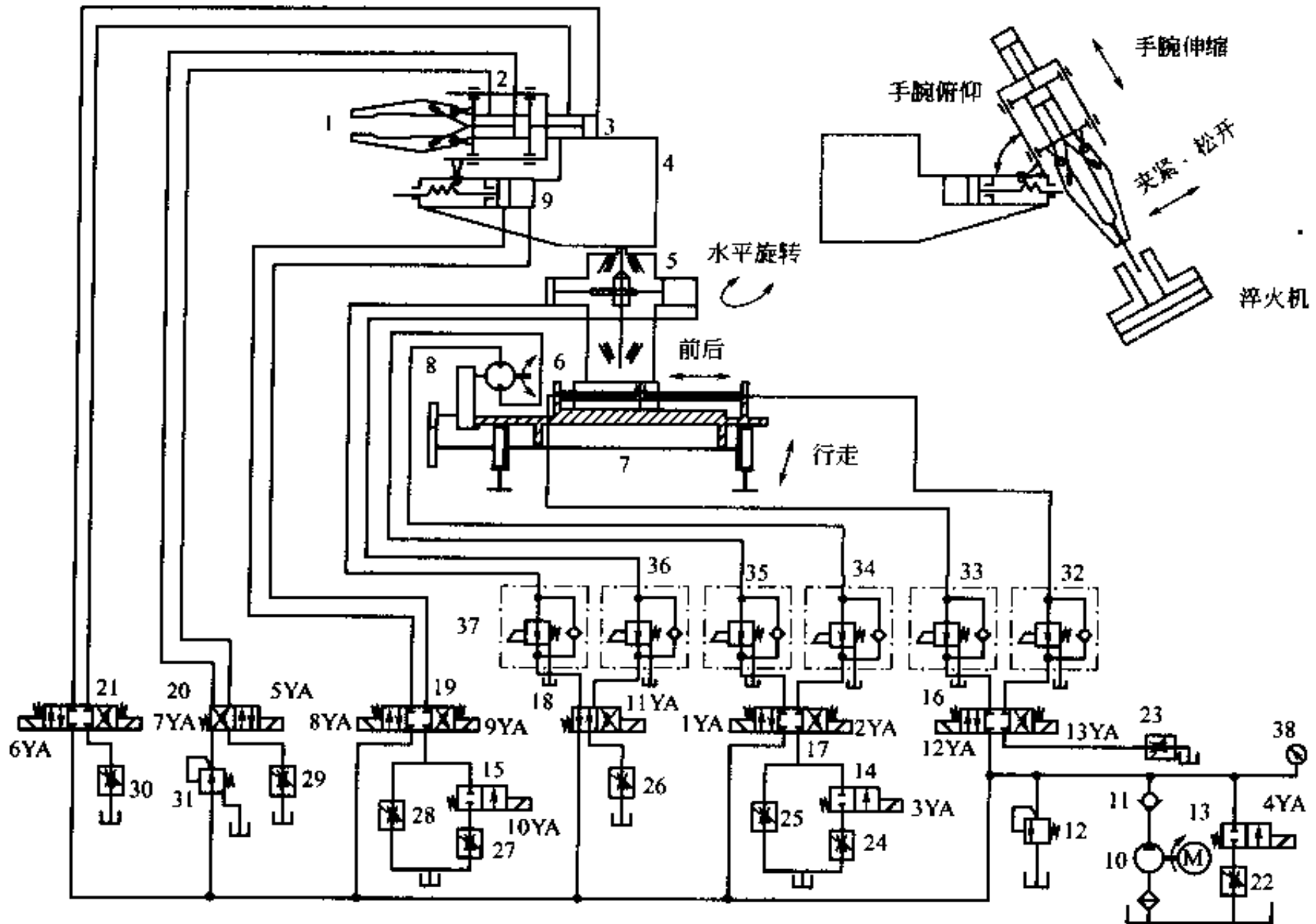


图 1-48 淬火机械手的液压系统原理图

1—钳手；2—夹紧液压缸；3—伸缩液压缸；4—机械手座架；5—回转液压缸；6—转台行走液压缸；7—行走车总成；8—行走车液压马达及减速机构；9—转腕液压缸；10—定量液压泵；11—单向阀；12—溢流阀；13、14、15—二位二通电磁换向阀；16、17、19、21—三位四通电磁换向阀；18、20—二位四通电磁换向阀；22、23、24、25、26、27、28、29、30—调速阀；31—减压阀；32~37—单向行程节流阀

整个机械手沿燕尾导轨的前后移动由液压缸 6 驱动，缸 6 的运动方向由三位四通电磁换向阀 16 控制，单向行程节流阀 32、33 和调速阀 23 用于控制缸 6 的移动速度；机械手的水平回转由双活塞齿条液压缸 5（端部设有缓冲装置）带动回转轴作水平 180° 回转，缸 5 的运动方向由二位四通电磁换向阀 18 控制，单向行程节流阀 36、37 和调速阀 26 用于控制缸 5 的速度；安装在机械手座架 4 两侧的直线液压缸 9（2 个）推动齿条，带动转腕轴上的齿条使机械手的手腕仰俯转动，两个液压缸靠回转轴实现刚性同步，缸 9 的运动方向由三位四通电磁换向阀 19 控制，缸 9 的运动速度控制与快慢速切换由调速阀 27、28 和二位二通电磁换向阀 15 控制；液压缸 2 推动滑块在钳柄斜槽内滑动，使钳手 1 夹紧，为防止温度很高的工件被夹伤，夹紧缸 2 的油路上设有减压阀 31 以降低压力，夹紧缸 2 的运动方向和速度由二位四通电磁换向阀 20 和调速阀 29 控制；液压缸 3 带动夹紧液压缸 2 和钳手 1 水平移动，实现机械手的伸出或收回，缸 3 的运动方向和速度由三位四通电磁换向阀 21 和调速阀 30 控

制；行走机构由轴向柱塞定量液压马达 8 及齿轮减速后带动主动轮在轨道上转动，同时轴上齿轮还与安装在地面的齿条相啮合，以防工作时轮子打滑而影响定位。在不需工作时可利用轮子行走至非工作区，液压马达通过快慢速度变换和制动阀制动来控制其定位，液压马达的旋转方向由三位四通电磁换向阀 17 控制，液压马达的旋转速度及转换通过调速阀 24、25 和二位二通电磁换向阀 14 进行调节和控制。

机械手的动作程序由液压系统中电磁换向阀的电磁铁通断顺序决定，由电磁铁的动作顺序表（见表 1-14）容易了解系统在各工况的油液流动路线。

表 1-14 机械手电磁铁动作顺序

步进程序	程序转换条件	程序动作	液压马达		泵卸荷	夹紧缸松	伸缩缸		转腕缸		回转缸前	前后缸		泵卸荷			
			换向				伸	缩	转换			慢	前		后		
			正	反	快	上			下								
			电磁铁 YA														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	延时	手伸,后退				+	+	+			+						+
2	延时	夹紧				+		+			+						
3	延时	手缩				+			+		+						
4	延时	前进,前回,慢进	+						+								
5	延时	液压马达快进	+		+				+				+				
6	行程	液压马达慢进	+						+				+				
7	行程	前回				+							+				
8	行程	转腕下(快)				+				+			+				
9	行程	手伸				+		+				+	+				
10	延时	转腕下(慢)				+				+		+	+				
11	延时	手松				+	+						+				
12	延时	手缩				+	+		+				+				
13	延时	转腕上(快)				+	+		+		+		+				
14	延时	前回,慢退		+			+				+						
15	延时	液压马达快退		+	+		+				+						
16	行程	液压马达慢退		+			+										
17	行程	前回				+	+										
18	行程	原位				+											+

### (3) 电控系统

该机械手的电控系统以可编程序控制器（PLC）作为控制核心。PLC 有手动、单循环、自动循环等操作方式。手动和单循环控制方式主要供系统调试及设备维修时使用，通过 PLC 控制台面板上的手动控制按钮分别操作各设备单独运动。另外，为了掌握各工序运行现状，控制台上设有各工序运动状态指示灯及故障报警指示器等。

整个系统的 20 个输入信号均为数字量，分为位置检测信号和控制命令信号两部分。输入器件是无源的触点（行程开关、按钮、压力继电器）。18 个输出负载信号也均为数字量，分负载（液压电磁阀）驱动信号和指示信号两部分。

PLC 为三菱公司的 FX2-48MR 可编程序控制器，其输入点数和输出点数分别为 24 点，输出类型为继电器输出，可满足交流或直流负载的通断；其电阻性负载为 2A/点，感性负载在 80V·A 以下，触点寿命为 100 万次。这样对一般电磁阀、指示灯和报警器等类型负载，可由 PLC 直接驱动；对较大的负载如控制电机，则加一级接触器作为功率驱动。PLC 的输入/输出接口分配见表 1-15。

表 1-15 PLC 的输入/输出接口分配

地址	说明	地址	说明	地址	说明
X0	启动 AN	X21	淬火机定位 SQ	Y6	转腕下 DCT
X1	急停 AN	X22	转腕下定位 SQ	Y7	转腕上 DCT
X2	手动/自动转换 AN	X23	手伸定位 SQ	Y10	转腕慢 DCT
X3	单循环 AN	X24	炉口定位 SQ	Y11	前回转 DCT
X4	自动循环 AN	X25	回转定位 SQ	Y12	前进 DCT
X5	液压马达前 AN	X26	后退 SQ	Y13	后退 DCT
X6	液压马达后 AN	X27	前进 SQ	Y14	泵卸荷 DCT
X7	手缩 AN	Y0	液压马达前 DCT	Y15	自动循环指示 DCT
X10	手伸 AN	Y1	液压马达后 DCT	Y16	单循环指示
X11	转腕下 AN	Y2	液压马达快 DCT	Y17	手动指示
X12	转腕下 AN	Y3	手松 DCT	Y30	停机报警指示
X13	前进 AN	Y4	手伸 DCT	Y31	原位指示
X20	后退 AN	Y5	手缩 DCT		

注：AN—按钮；SQ—行程开关；DCT—电磁铁。

根据工艺顺序和电磁铁的控制要求可知，机械手的整个工作过程分 18 步来完成，不断循环工作。针对其工作特点，宜采用步进式控制方法对其控制。对于连续多步导通的电磁铁则应用 SET/RET（置位保持/复位）指令来保持其在步进梯形图中状态。整个状态转移图根据工作过程可分为 18 个程序步骤，采用单流程循环编程形式，状态转移条件由系统的发信装置（行程开关、按钮等外围硬器件及软定时器、计数器）提供。

#### (4) 技术特点

1) 该淬火机械手采用液压传动和 PLC 控制，使得高温恶劣环境下人工无法操作的工件抓取和放置作业由机械手自动完成。

2) 机械手的液压系统采用定量泵供油的调速阀回油节流调速方式；需二次调速的执行器采用两个调速阀并联并由二位二通电磁换向阀进行速度换接；行走液压马达、转台行走缸和水平回转缸除采用调速阀外，其进出油口均设置有行程节流阀，以减小缓向冲击，提高定位精度。

3) 机械手采用可编程序控制器组成电控系统，外围电路简单，易于维修，可靠性和逻辑变更柔性高；可以克服由电子逻辑器件和继电器组成的电控系统易受环境干扰、故障率高和维修困难等缺陷，可以提高产品质量和生产效率。通过修改软件，容易满足工艺要求的变更。

#### (5) 技术参数（见表 1-16）

表 1-16 机械手主要技术参数

项 目	参 数	单 位
结构型式	圆柱坐标行走式	
自由度	5	个
钳口型式	双钳口	
前后移动最大距离	600	mm
手臂最大伸缩距离	200	
水平回转角度	180	°
手腕仰俯角度	90	
工作行走距离	5000	mm
最大行走速度	1000	mm/min
最大夹持力	600	N

### 1.5.4 淬火压床上下料机械手的液压与气动系统

#### (1) 机械手的功能结构

该机械手用于齿轮热处理生产线上淬火压床的上下料，工作时将齿轮从加热保温炉中取出，放在淬火压床上，淬火后再将齿轮从淬火压床放至放料台上。该机械手采用圆柱坐标的结构形式（见图 1-49），主要由升降、回转、手臂伸缩、手部夹持、定位等 5 种机构组成。由于手部夹持及定位机构靠近保温炉，工作温度较高，故采用气动传动；而前三种机构采用液压传动，以使机械手结构紧凑、运动平稳、实现无级调速。该机械手在工作中需要 3 种运动，其中手臂的伸缩（水平方向  $x$  轴）和立柱升降（垂直方向  $z$  轴）为两个直线运动，另一个为回转（ $\phi$ ）运动，故采用圆柱坐标形式，结构比较简单，手臂运动范围大，且定位精度较高。整个机械手采用可编程序控制器（PLC）控制。

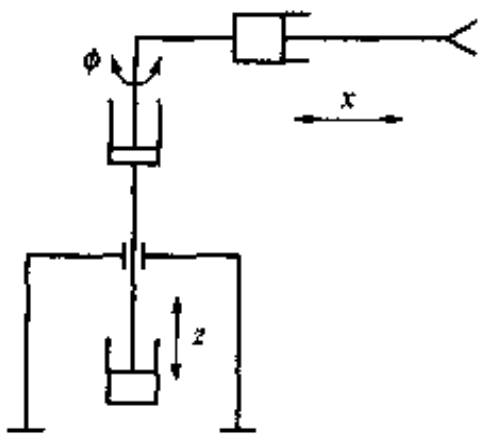


图 1-49 机械手的坐标形式

#### (2) 液压系统及气动系统及其工作原理

图 1-50 所示为液压系统与气动系统的原理图。

液压系统的执行器有驱动机械手升降的液压缸 24、驱动机械手伸缩的液压缸 25 和驱动

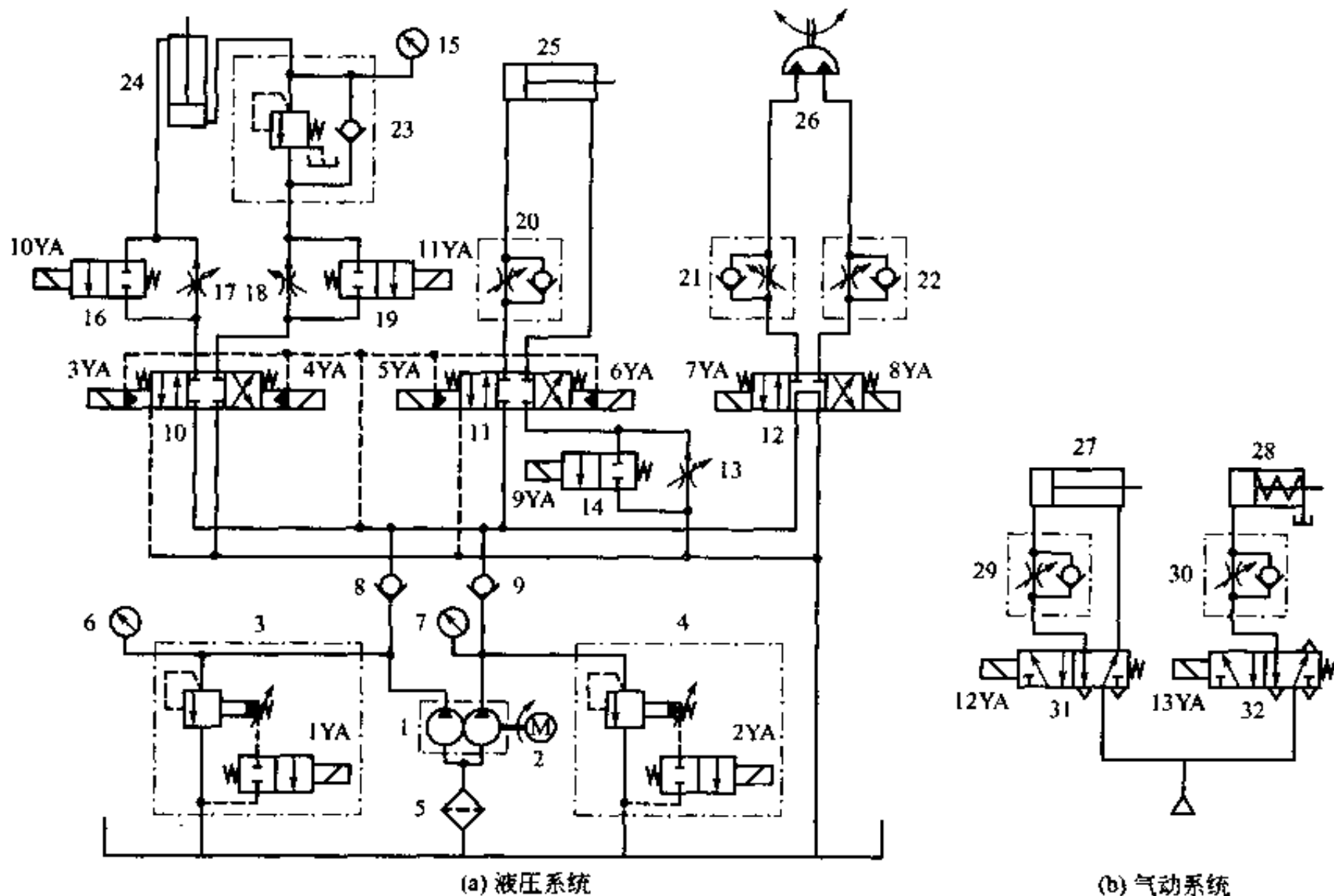


图 1-50 机械手的液压系统与气动系统原理图

1、2—双联叶片泵；3、4—电磁溢流阀；5—过滤器；6、7、15—压力表；8、9—单向阀；10、11—三位四通电磁换向阀；12—三位四通电磁换向阀；13、17、18—节流阀；14、16、19—二位二通电磁换向阀；20、21、22、29、30—单向节流阀；23—单向顺序阀；24—升降液压缸；25—伸缩液压缸；26—摆动液压马达；27—夹紧汽缸；28—定位汽缸；31、32—二位五通电磁换向阀



机械手回转的摆动液压马达 26。升降缸 24 与伸缩缸 25 的运动方向由三位四通电磁换向阀 10 和 11 控制，摆动液压马达 26 的回转方向由三位四通电磁换向阀 12 控制。缸 24 的进回油路均设有节流阀和二位二通电磁换向阀（17、18 与 16、19），用于实现升降缸的回油节流调速和缓冲，单向顺序阀 23 用于平衡立置升降缸及其工作机构的自重以防下滑。单向节流阀 20 用于伸缩缸 25 的回油节流调速，节流阀 13 与二位二通电磁换向阀 14 用于缸 25 的缓冲。摆动液压马达 26 采用单向节流阀 21 与 22 进行回油节流调速。系统采用双联叶片泵 1、2 组合供油；供油压力调节设定与卸荷控制由电磁溢流阀 3、4 实现；压力表 6、7 用于调压时的压力观测；单向阀 8、9 用于防止油液倒灌。

气动系统的执行器分别是夹紧汽缸 27 与定位汽缸 28，两缸采用二位五通电磁换向阀控制运动方向（缸 28 为单作用汽缸，靠有杆腔弹簧缩回），并分采用单向节流阀 29 和 30 进行出口节流调速。

系统工作时，PLC 按照既定的程序控制液压系统与气动系统的泵驱动电机和电磁换向阀的通断电即可完成机械手的上下料作业过程。工作中，机械手的定位由行程开关、光电开关和机械机构结合实现。由于机械手的手臂尺寸较长，惯性较大，为了保证手臂在水平面内回转得到精确定位，采用定位汽缸 28 推动插拔销的定位，机械手回转到位时，光电开关发信使电磁铁 7YA、8YA 断电，换向阀 12 处于中位，摆动马达 26 停止转动。同时，电磁铁 13YA 通电使换向阀 32 切换至左位，压缩空气经阀 32 和阀 30 中的单向阀进入缸 28 的无杆腔，活塞杆推动插拔销实现机械定位。

### (3) 技术特点

1) 该上下料机械手采用流体传动和可编程序控制器控制，距离保温炉较近的机构采用气压传动，距离较远的则采用液压传动，以避免由于温度过高而引起液压油液泄漏等问题；可以实现调整、手动及自动控制，电控系统结构紧凑、工作可靠，造价低于一般的继电器接触控制；降低了操作者劳动强度，提高了生产率和产品质量并保证了生产安全。

2) 液压系统所有执行器均采用回油节流调速，有利于油液散热和提高运动平稳性；通过节流阀与二位二通电磁换向阀配合实现执行器的缓冲控制。

3) 机械手的定位通过行程开关、光电开关和汽缸驱动机械机构实现。

4) 在结构上，液压系统中的板式控制阀集成块，外形美观，使用维护简便。

### (4) 技术参数（见表 1-17）

表 1-17 上下料机械手的部分技术参数

项 目		参 数	单 位
水平方向伸缩范围	淬火压床前至保温炉内的总行程	710	mm
垂直方向升降移动范围	放料台面至保温炉中最上一层齿轮的高度	400	
手臂回转运动范围		167	(°)
上下料时间		15	s

## 1.5.5 网带淬火炉工件传送机构液压系统

### (1) 主机功能结构

网带淬火炉传动线用于淬火工件的传送，其主要工作机构是由液压缸驱动的炉底拖板运动机构和卷曲网带机构。工作时，将需淬火的工件放置在传送网带上面，它们一同置于炉底托板上。炉底托板往复运动将产品随网带直线送入炉体内进行淬火。当炉底前进到规定位置



时，卷曲滚筒并收紧网带。接着底拖板后退，到位后网带动作。这样，封闭的传送网带在同一方向循环运动，将产品不断推进炉膛内而淬火，然后将工件输出炉体外。

(2) 液压系统及其工作原理

图 1-51 所示为传送机构的液压系统原理图。系统的油源为两套电动机驱动的液压泵组 1 和 2，一套工作，一套备用。液压泵的供油压力由溢流阀 5 调定并通过压力表及其开关 6 观测。系统的执行器为实现炉底托板送入网带往复直线运动的液压缸 14 和实现滚筒卷曲并收紧网带的运动的微摆液压缸 15，缸 14 与缸 15 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 8 和 7 控制，单向节流阀 10、11 和 12、13 用于缸 15 和缸 14 的双向进油节流调速，溢流阀 9 用于防止卷曲缸 15 过载。缸 14 和 15 的行程上分别设置两个接近开关 16、17 和 18、19，用于调整和控制液压缸的行程。工作时，两液压缸的动作顺序与循环周期分别由时间继电器设定。液压系统与电控系统配合可以实现电磁铁动作顺序表（见表 1-18）所列的连续动作循环。由表 1-18 容易分析和了解各工况动作下的油路走向。

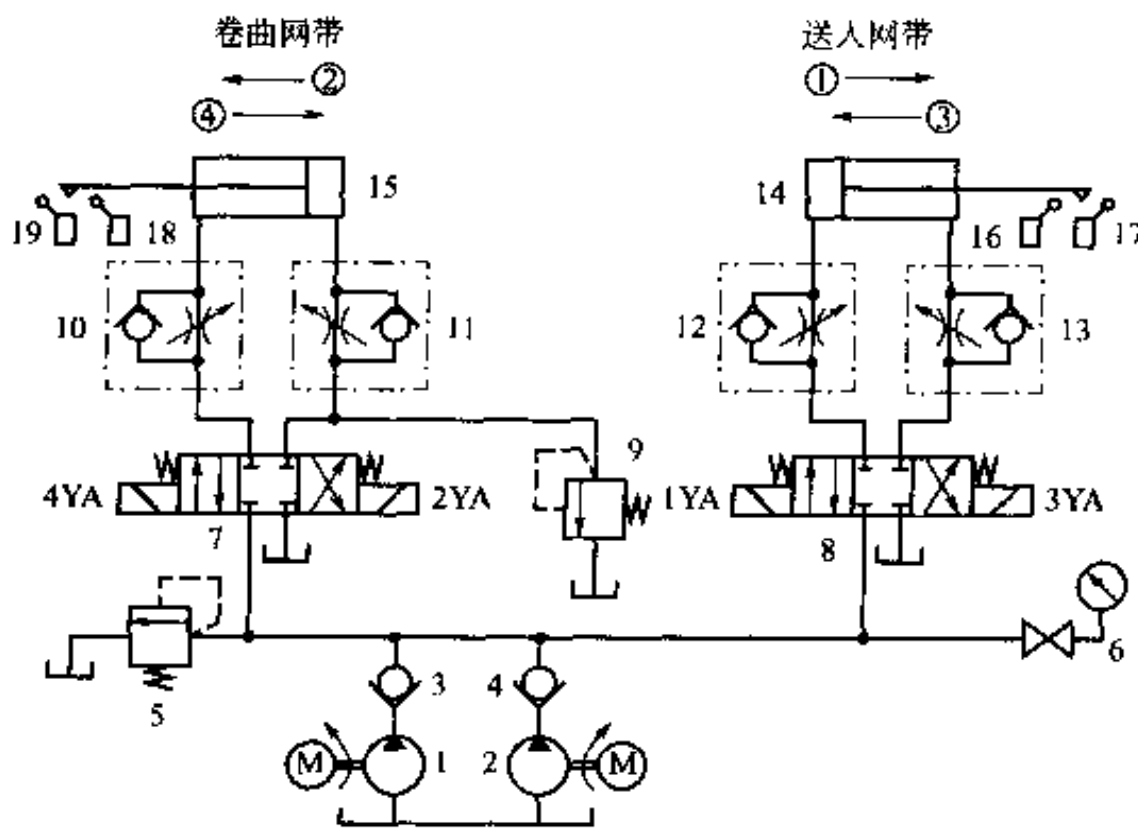


图 1-51 网带传送机构液压系统原理图

- 1、2—定量液压泵（齿轮泵）组；3、4—单向阀；5、9—溢流阀；6—压力表及其开关；
- 7、8—三位四通电磁换向阀；10、11、12、13—单向节流阀；14—炉底托板液压缸；
- 15—卷曲机构液压缸；16、17、18、19—接近开关

表 1-18 液压系统的电磁铁动作顺序

工况动作	1YA	2YA	3YA	4YA
①	+			
②		+		
③			+	
④				+

(3) 技术特点

- 1) 该传送液压系统的定量泵（齿轮泵）油源采用冗余结构，提高了系统的工作可靠性。
- 2) 两个液压缸均采用单向节流阀进行进油节流无级调速，节流后的热油进入液压缸的工作腔，不利于油液散热。液压回路效率较低，为此，可循实际测出的无杆腔的工作压力

$p_1$ ，再按  $p=3p_1/2$  分别调整两溢流阀的开启压力，即可使液压系统在较经济工况下运行。

3) 两液压缸的动作行程和顺序采用行程和时间控制，便于进行调节。

4) 该液压传送系统是在原电动机直接驱动的机械传送系统基础上改造而成。采用液压传动后，消除了因电动机频繁启停以及机械磨损引起的故障现象，并且便于根据使用要求实现行程、速度参数的调节，满足了生产要求。

## 第 2 章 金属切削机床与汽车工业中的液压系统

### 2.1 概述

金属切削机床是应用液压技术较早较广的领域之一。采用液压传动与控制的机床，可在较宽范围内进行无级调速，具有良好的换向及速度换接性能，易于实现自动工作循环；对提高生产效率、改进产品质量和改善劳动条件，都起着十分重要的作用。作为现今机床行业重点发展的数控机床、加工中心等先进制造设备中采用了电伺服系统，但采用液压传动与控制仍然是现代金属切削机床自动化的重要途径。

汽车制造业在大多数发达国家已成为支柱产业，它是衡量一个国家现代化的重要标志之一，也是拉动国民经济持续增长的重要环节。现代汽车、摩托车的制造设备、试验设备、生产线、流水线中大量使用了液压传动与控制技术，以改善劳动条件、提高设备的自动化程度和企业的经济效益。

由于通用金属切削机床和汽车生产设备的液压系统其他书籍一般均有介绍，所以本章重点介绍近年来设计制造的专用金属切削机床及汽车零部件生产加工和试验设备中所设计和使用的 23 个液压传动与控制系统实例。

### 2.2 常用金属切削机床液压系统

#### 2.2.1 双轴液压自动成型车床系统

##### (1) 主机的功能结构

C2112·Z 双轴自动成型车床用于批量加工成型零件。图 2-1 所示为其主机结构示意图，

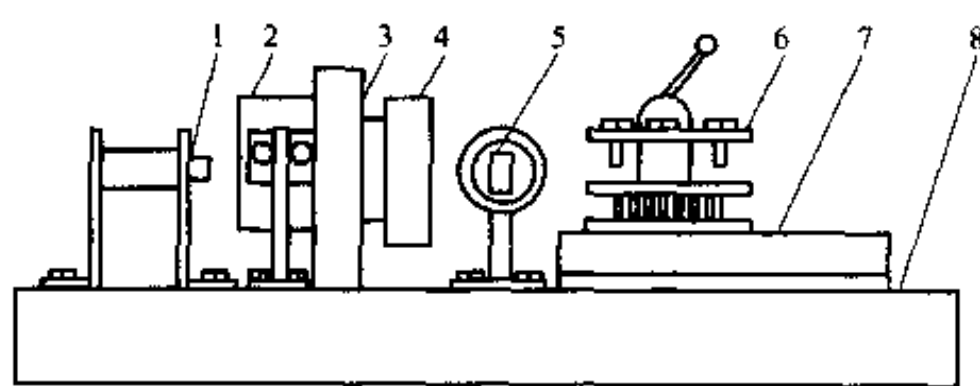


图 2-1 车床主机结构示意图

1—送料机构；2—料斗；3—动力箱；4—夹紧机构（卡盘）；  
5—定位机构；6—刀架；7—液压滑台；8—床身

车床为双主轴，其主机由床身、料斗、动力箱、夹紧机构（卡盘）（2 个）、液压滑台、刀架（2 个）、送料机构、定位机构及卸料机构（图中未标出）等组成。该机床采用液压传动和可编程序控制器组成的电控系统控制。

该车床有手动调整和自动循环两种工况。手动调整〔即用单个按钮接通或切断有关电路，使各工作机构（定位杆、送料

杆、滑台等）调整至原位或原始状态〕为自动加工作准备。图 2-2 所示为车床的工作循环框图。当车床进行自动循环时，控制系统便自动检测料斗（是否有料），若无料，则控制系统会发出报警信号，提醒操作者加料（待加工工件）；若有料，车床便进入自动循环，自动进行送料、定位、夹紧、主轴转动、滑台进给、自动车削；车削完成后，滑台退回、卡盘松开、卸下工件等动作，完成零件的加工工艺过程。

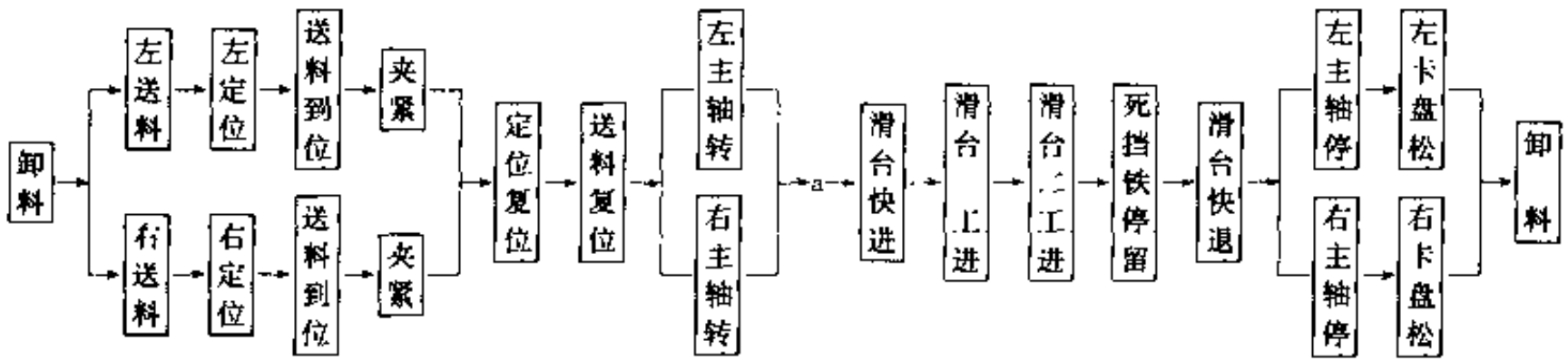


图 2-2 车床的工作循环框图

车床在运行中出现故障时，控制系统会立即发出报警信号（灯光和铃声），中断自动循环程序，并使滑台退回及工件退出加工。

(2) 液压系统及其工作原理

图 2-3 所示为该车床的液压系统原理图。系统采用单定量泵 3 供油，溢流阀 5 设定最高供油工作压力；单向阀 4 防止油液倒灌。压力表及其开关 2 用于显示各测压点压力。系统的执行器包括送料液压缸 C1、定位液压缸 C2、滑台液压缸 C3 和夹紧机构（卡盘）的液压马达 M1、M2（并联）。送料液压缸回路、定位液压缸回路和液压马达回路分别通过减压阀 8、9 和 7 获得低压，分别采用三位四通电磁换向阀 13、14 和 12 控制运动方向，并分别采用单向调速阀 18、19 及 17 和 27 进行调速。工件夹紧后液压马达回路中的发信装置是压力继电器 1YJ 和 2YJ；溢流阀 26 作背压阀。滑台液压缸的工作循环为：快进→一工进→二工进→死挡铁停留→快退。滑台液压缸采用三位五通电磁换向阀控制运动方向；单向阀 16 用于实

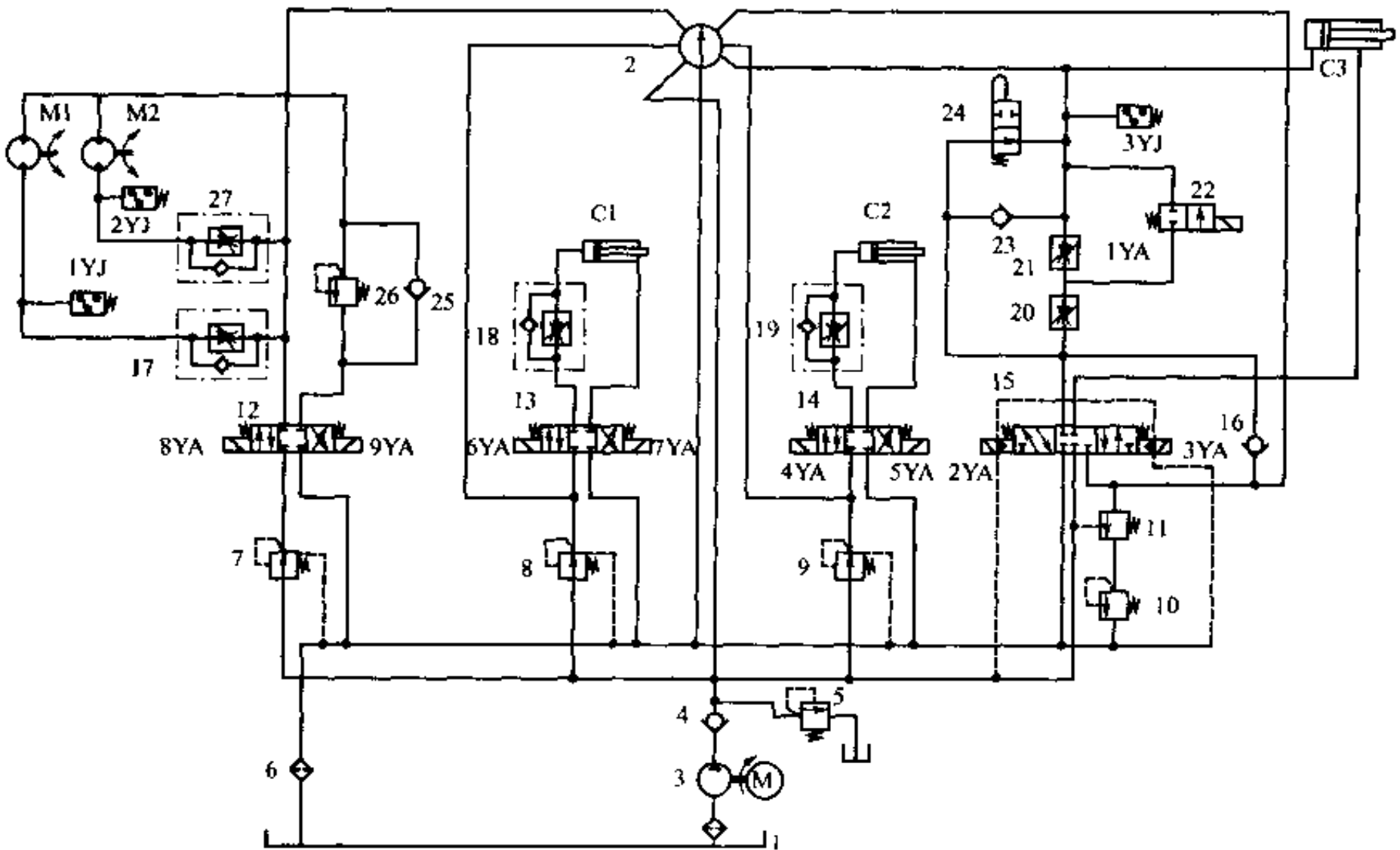


图 2-3 车床液压系统原理图

1—吸油过滤器；2—压力表及其开关；3—定量液压泵；4、16、23、25—单向阀；5、10、26—溢流阀；6—回油过滤器；7、8、9—减压阀；11—远控顺序阀；12、13、14—三位四通电磁换向阀；15—三位五通电磁换向阀；17、18、19、27—单向调速阀；20、21—调速阀；22—二位二通电磁换向阀；24—二位二通行程换向阀；C1—送料液压缸；C2—定位液压缸；C3—滑台液压缸；M1、M2—夹紧机构双向定量液压马达；1YJ、2YJ、3YJ—压力继电器

现缸快进时的差动连接；二位二通行程换向阀 24 和远控顺序阀 11 用于实现快进与工进的换接；串联的调速阀 20 和 21 用于调节液压缸的一工进和二工进的速度，并通过二位二通电磁换向阀 22 实现二次工作进给的速度换接；单向阀 23 用于提供缸快退时的回油通路，压力继电器 3YJ 用于死挡铁停留到时发信；溢流阀 10 作背压阀。系统的执行器行程上布置有若干电气行程开关，与压力继电器等一起，用作工况转换的信号源。

液压系统的电磁铁、行程阀及压力继电器的动作顺序见表 2-1。

表 2-1 液压系统的电磁铁、行程阀及压力继电器的动作顺序

序号	工况动作	电磁铁 YA									行程阀	压力继电器 YJ					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9		1	2	3			
0	原始状态																
1	卸料																
2	定位				+												
3	送料									+							
4	夹紧																
5	定位、送料杆复位、主轴启动																
6	滑台快进																
7	一工进																
8	二工进																
9	死挡铁停留																
10	快退主轴停																
11	卡盘松开																

液压系统工作时，控制面板上的转换开关设置在“自动”位置上，按下“自动循环”按钮，液压系统即开始工作，对照表 2-1 容易了解液压系统在各工况下油液的流动路线。

### (3) 电控系统简介

该机床的电控系统主机为 SR 系列可编程序控制器 (PLC)，其基本单元为 SR-10R，开关量总数为 24 点（输入 15 点，输出 9 点）；PLC 的扩展单元用一块 F-10R 模块，其开关量总数为 26 点（输入 10 点，输出 16 点）。该机具有 30 条基本逻辑指令和 25 条数据操作指令。PLC 能接受机床的命令及运动状态的信息，能完成简单的数据传递、计算和比较操作，可对设定数据进行比较运算。

控制面板设置了“调整-自动”转换开关和“启动”、“自动工作”、“总停”等 17 个开关，并设置了 6 只信号指示灯。手动点动控制按钮包括送料进、送料退、定位进、定位退、卡盘紧、卡盘松、滑台进、滑台退、主轴转等 9 个按钮，用于加工前调整。自动控制按钮包括“自动循环”、“总停”等按钮。此外，控制系统还设有一个警铃，以便及时提醒操作者，使其更好地操作。

控制系统软件采用步进阶梯指令形式，将输入条件与输出控制按顺序编程（PLC 控制的 SFC 状态转移图和梯形图），工作节拍可通过软件中的参数进行调整。

### (4) 技术特点

1) 与人工操作的普通车床相比较，该车床采用液压传动和小型可编程序控制器，自动化程度高、工作平稳、安全可靠、控制灵活、操作调整简便；可提高工效 8 倍以上，加工精度达  $\pm(0.01 \sim 0.015)\text{mm}$ 。

2) 车床的液压系统采用单定量泵供油的进油节流调速加背压的方式，滑台液压缸采用差动快速动作，有利于能量的合理利用；采用二位二通行程换向阀和远控顺序阀实现快进与

工进的换接；两个串联调速阀通过二位二通电磁换向阀实现二次工作进给的速度换接，有利于简化电控系统的电路，而且动作可靠，转换精度较高。

3) 通过设置减压阀满足小载荷执行器对低压的要求。

## 2.2.2 双面组合铣床液压系统

### (1) 主机功能结构

本双面组合铣床是从德国引进的抬起运输通过式汽缸体铣钻自动生产线中的一台专用加工设备，用于某轿车汽油发动机汽缸体上发动机安装结合面、汽油泵及机油过滤器结合面、发电机安装结合面等部位的铣削加工。该铣床的主机结构如图 2-4 所示，它采用了立、卧复合式双面双主轴铣削头跨两个工位的大主轴箱配置方案。穿越本机床及自动生产线中其他各机床中间底座的运输带完成工件的自动拔销、向前和定位；门式夹紧机构安装在中间底座 2 上方，由两个同规格液压缸 10 分别驱动两个压板 12 完成工件 1 和工件 2 的夹紧、松开。铣床左面的双轴铣削头 9 由立置动力滑台 8 驱动，完成铣削加工时的垂直进给和复位动作，立柱 6 安装在卧式纵向动力滑台 5 上，故滑台 5 用以驱动立柱与滑台 8 完成铣削前后的空程快速进退动作。机床右面的两个滑台均为卧式配置，横向动力滑台 14 驱动双轴铣削头 13 完成铣削加工时的横向进给和复位动作，纵向动力滑台 15 兼作滑台 14 的滑座，用来驱动滑台 14 完成铣削前后的空程快速进退动作。空腔立柱 6 装有铸铁块平衡锤，用以平衡立置滑台 8 及铣削头 9 的自重。滑台 5 及滑台 15 快速前进采用可调限位挡块限位，以防止冲程。除铣削头的旋转切削动力是由电动机提供外，夹具及各动力滑台的动力均由液压系统提供。铣床的工作循环图如图 2-5 所示；机床的工作节拍为 28s。

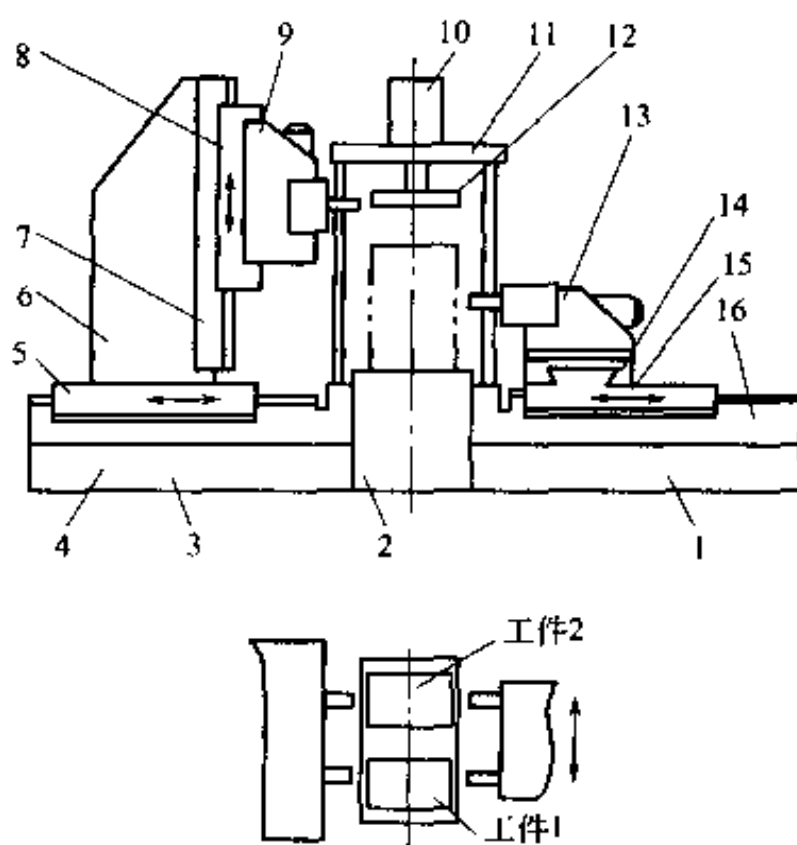


图 2-4 双面组合铣床主机结构布局示意图  
1、3—底座；2—中间底座；4、16—纵向底座；5—纵向滑台；6—立柱；7—立置滑座；8—立置滑台；9、13—铣削头；10—夹紧液压缸；11—夹紧机构支架；12—压板；14—横向滑台；15—横向滑座（兼作纵向滑台）

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-6 所示为该铣床的液压系统原理图，它是一个由双联叶片泵（泵 1 和泵 2）组成的有级容积调速液压系统。泵 1 的压力按系统所需最大工作压力（即机床切削工件时所需压力）由溢流阀 V5 调定，泵 2 的压力按大于快速运动时系统

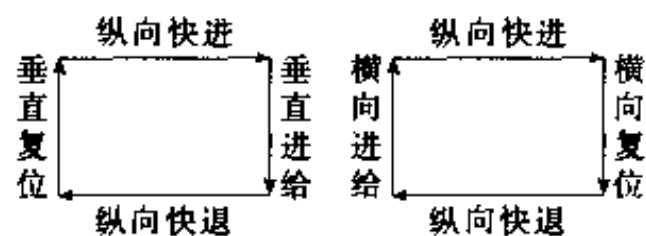


图 2-5 铣床工作循环图

所需压力由卸荷阀 V2 调定，溢流阀 V3 用于系统的安全保护。各压力数值见表 2-4。

液压缸 C1~C6（均为缸筒固定式单杆活塞缸）的作用及其主要几何参数见表 2-2，C1~C6 均分别采用电液换向阀 V13~V17 换向 [其中缸 C1 与缸 C4 并联，故共用 V15 换向；V15 为二位四通阀，其余为带阻尼器 Y 型中位机能三位四通阀；各换向阀的导阀均为交流（50Hz/110V）电磁阀]。减压阀 V19 用于维持夹紧缸工作压力恒定；单向阀 V20 供夹

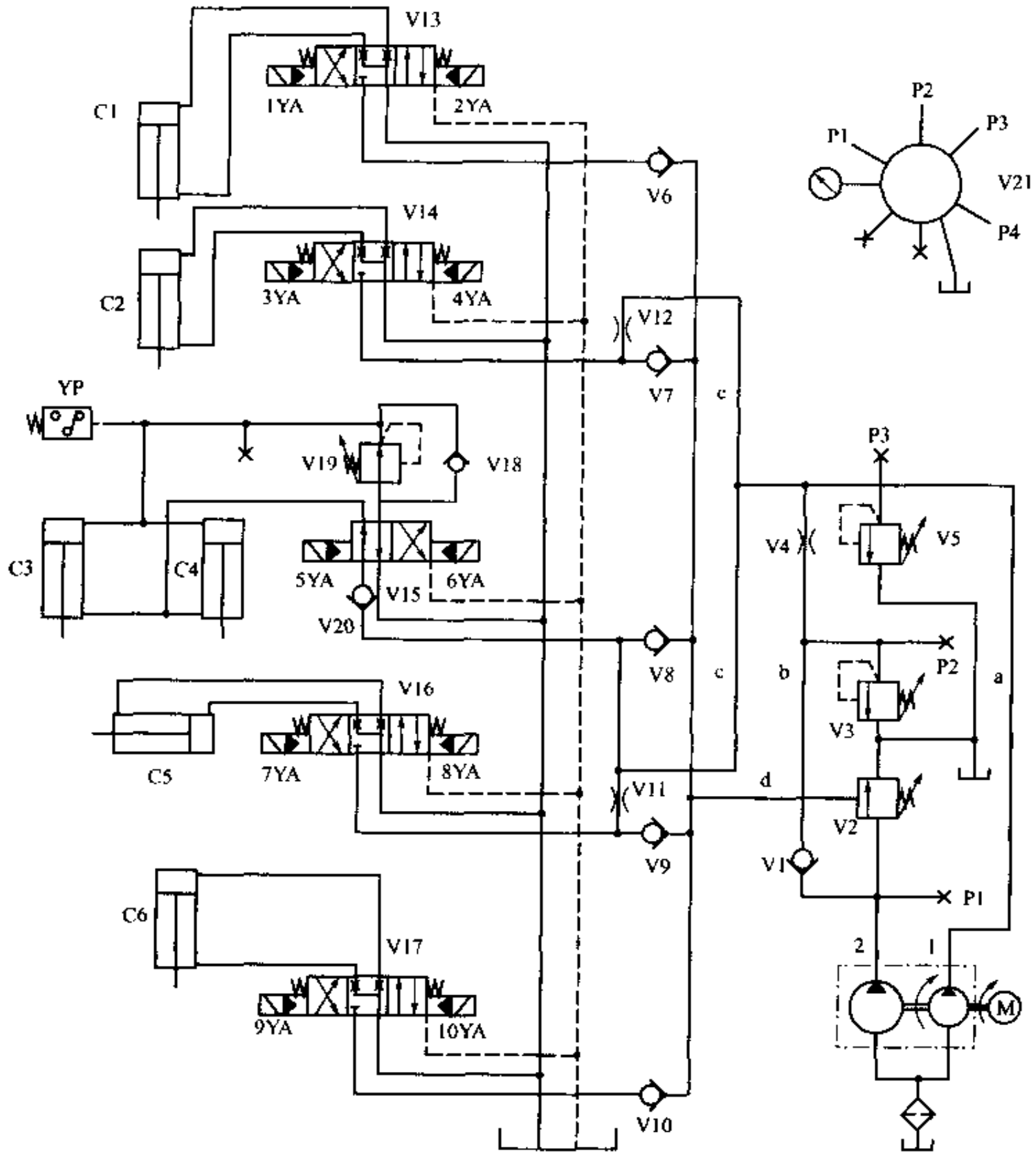


图 2-6 铣床液压系统原理图

1、2—双联液压泵；C1~C6—液压缸；V1、V6、V7、V8、V9、V10、V18、V20—单向阀；V2—卸荷阀；  
V3、V5—溢流阀；V4、V11、V12—阻尼器；V13~V17—电液换向阀；V19—减压阀；  
V21—压力表及其开关；YP—压力继电器

紧缸退回时防止油液倒流，起平衡自重之用；压力继电器 YP 作为工作缸开始动作时的发信装置；单向阀 V18 供夹紧缸松开工件上行时回油之用。

系统共有 5 个并联回路，用单向阀 V6~V10 防止各回路间的相互干扰。阻尼器 V12 和 V11 可防止缸 C2 和 C5 瞬时突然接通高压油产生的冲击，提高启动平稳性。系统中 4 个测压点 P1~P4 的压力通过压力表及其 6 点压力表开关（测压口 P5 和 P6 封死）V21 观测。各液压缸行程上或滑台侧面布置有移动挡块和电气行程开关，控制换向阀电磁铁的通断电，电液结合实现循环。由电磁铁动作顺序表（见表 2-3），可以清楚地了解系统在各工况下油液的流动路线与原理。



表 2-2 液压缸的作用及其主要几何参数

缸编号	作用	主要几何参数/mm			
		缸筒内径	活塞杆直径	最大行程	工作行程
C1	驱动纵向滑台 5	82.6	44.5	584	200
C2	驱动立置滑台 8	127	63.5	135	110
C3, C4	夹紧两个工位上的工件	101.6	63.5	105	100
C5	驱动横向滑台 14	82.6	44.5	150	145
C6	驱动纵向滑台 15	82.6	44.5	584	200

表 2-3 电磁铁动作顺序

动作	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA	9YA	10YA
夹紧						+				
纵向滑台 5 与 15 快进	+					+			+	
立置滑台 8 与横向滑台 14, 进给	+		+			+	+		+	
纵向滑台 5 与 15 快退		+				+				+
松开					+					
立置滑台 8 与横向滑台 14, 复位				+				+		

### (3) 技术特点

1) 采用高低压双泵供油, 实现了液压源与负载要求的流量匹配, 在传递动力的同时, 提高了系统的传动性能和效率, 因而是个节能液压系统。

2) 相互并联的各个回路中的电液换向阀的进油口与总的压力油路相连, 各回油口与总的回油路相连, 各泄油口与总的泄油路相连, 故各回路中进油、回油及泄油互不干扰; 通过在各路上设置单向阀, 以分隔回路, 达到防止回路间相互干扰的目的。

3) 采用带阻尼器的 Y 型中位机能电液换向阀, 减小了换向冲击, 提高了换向平稳性。

4) 由电气行程开关作为系统中各换向阀的信号源, 故本系统基本上是一个行程控制多缸顺序动作系统, 位置和行程调整方便, 电气互锁动作可靠。

5) 系统中的液压元件均为著名的 Vickers 公司产品, 性能优越; 在机构上, 液压系统的动力源、控制调节装置采用了上置式液压站结构配置方案; 5 个回路的液压阀分别固定在 5 个专用箱形通油体上, 各箱体与总的压油路和回油路通过金属管道连接。液压站独立于机床, 另行放置, 故便于使用维护且有利于消除动力源的振动与油温对机床精度的影响。但占地面积较大。

6) 该组合机床及其液压系统运行平稳, 振动、噪声及温升都较小, 工作可靠。

### (4) 技术参数 (见表 2-4)

表 2-4 双面组合铣床液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
双联液压泵	转速	1000	r/min	
	功率	7.5	kW	
	小泵	工作压力	3.5	MPa
		流量	10.6	L/min
	大泵	工作压力	2.5	MPa
		流量	116	L/min
溢流阀 V3	安全保护压力	4.5	MPa	
减压阀 V19	夹紧工件压力	2		
压力继电器 YP	工作缸动作发信压力	2		
油箱	容积	350	L	

### 2.2.3 单臂液压仿形刨床系统

#### (1) 主机功能结构

BP1010 单臂仿形刨床用于汽轮机的曲面叶片或其他曲面的切削加工。该机床的主机由工作台、触头、刨刀、立柱、刀架臂和仿形刀架等组成（见图 2-7）。工作时，要加工的工件由相应的夹具夹紧在工作台 1 上，刀架臂 5 带动仿形刀架 6 下降至工件待加工部位，触头 2 与样件（靠模）紧密接触，通过工作台的往复直线主运动（切削）和仿形刀架的仿形运动加工出与样件曲面形状相同的工件。工作台和仿形刀架均由液压驱动。

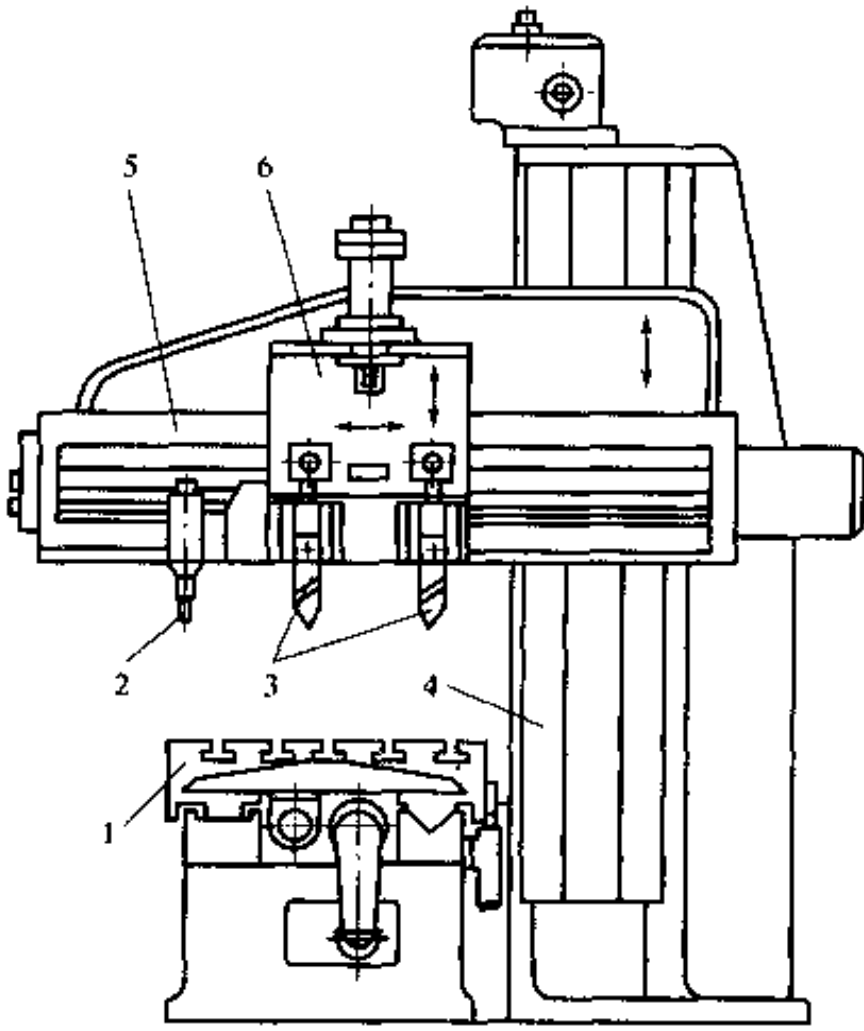


图 2-7 液压仿形刨床的主机结构示意图  
1—工作台；2—触头；3—刨刀；4—立柱；  
5—刀架臂；6—仿形刀架

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-8 所示为该刨床的液压系统原理图。系统为双回路油路结构，左侧为工作台往复运动回路，右侧为仿形刀架回路。前者由定量泵（叶片泵）1 与 2 组合供油，后者由变量泵（叶片泵）31 供油并兼作液动换向阀的控制油源。

1) 工作台往复运动回路 该回路的执行器为驱动工作台 29 的双柱塞液压缸 27、28，缸 28 驱动工作台 29 进给切削，缸 27 驱动工作台 29 快退；三位五通液动换向阀 11 为控制柱塞缸 27 和 28 运动方向的主换向阀，该阀两端设有快跳孔，阀心快跳和慢速移动的速度通过可调节流器 12、14 及 15、17 调节，从而调节换向时间并提高换向平稳性；换向阀 11 的导阀为三位四通电磁换向阀 36；单向节流阀 18 及溢流阀 20 和单向节流阀 19 及溢流阀 21 构成两个溢流节流阀，分别用于缸 27 和 28 的进油节流调速；单向阀 22~25 与溢流阀 26 组成交叉缓冲补油回路，用于工作台的换向缓冲并防止吸空；单向阀 9 和 10 用作两缸的背压阀。该回路采用两台定量液压泵（叶片泵）1 和 2 组合供油（两泵同时供油时，切削缸 28 快速运动；单独供油时，切削缸 28 低速或中速运动），最高工作压力由先导式溢流阀 6 设定；远程调压阀 8 由主换向阀 11 的外露操纵杆操纵，实现换向时自动减压；与阀 6 远程控制口相接的二位二通电磁换向阀 7 用于液压泵的卸荷与升压控制；单向阀 3、4 用于防止系统油液倒灌。

工作原理如下。

① 切削运动时，控制油路首先工作。电磁铁 1YA 通电使换向阀 36 切换至左位，变量泵 31 的压力油经阀 32、过滤器 34、阀 36 和单向阀 16 进入液动换向阀 11 的左控制腔，右控制腔先后经节流器 12、14 和阀 36 回油，使换向阀 11 经快跳、慢移切换至左位。此时主油路可以工作（设单泵 1 开机供油），泵 1 的压力油经换向阀 11 的左位、阀 19 的节流阀进入切削缸 28 的油腔，其柱塞驱动工作台 29 开始进行切削，切削速度由阀 19 的节流阀开度决定，返回缸 27 随工作台右移，缸 27 的油腔经阀 18 的单向阀和换向阀 11 左位、背压单向阀 10 向油箱排油。

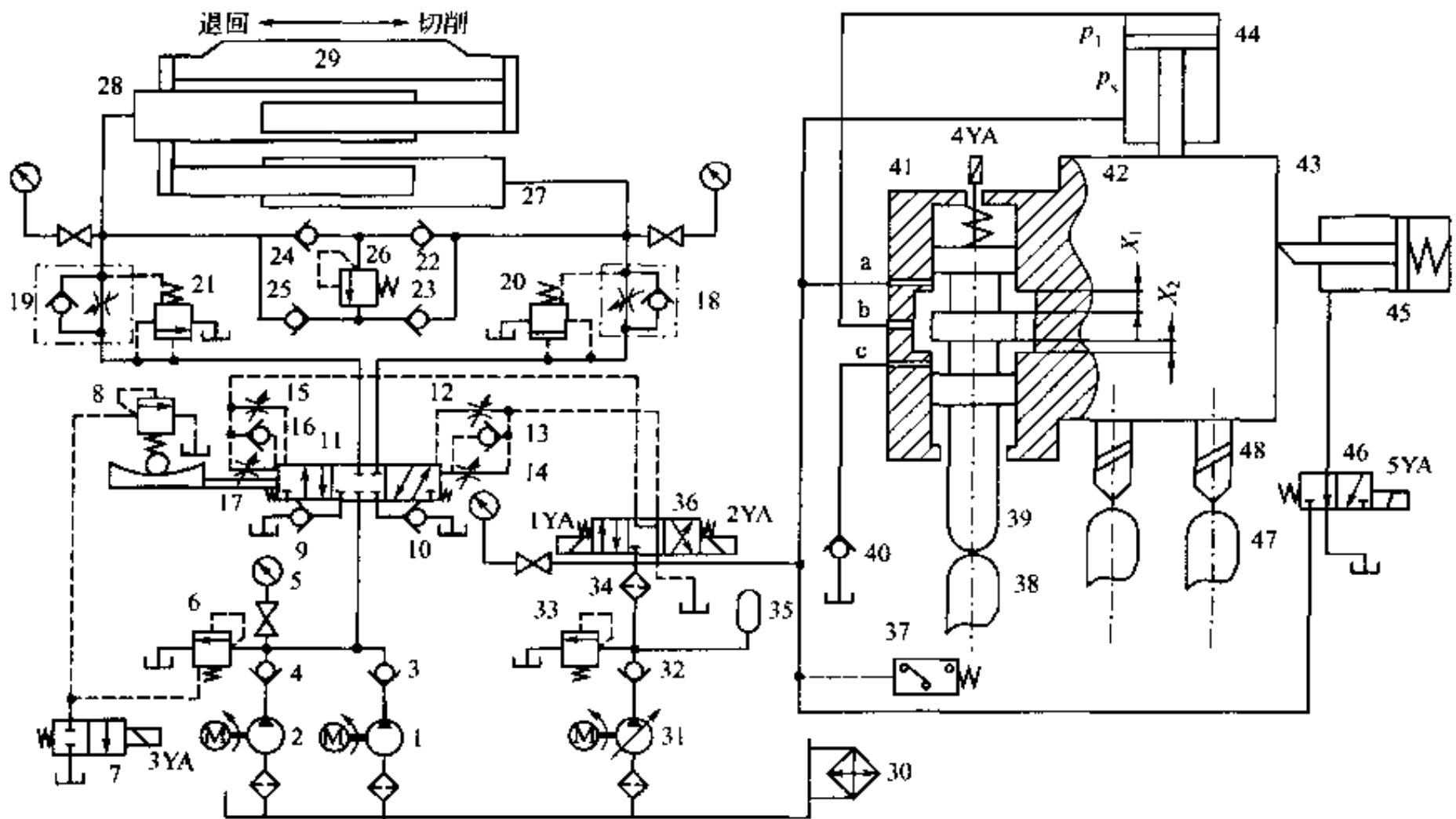


图 2-8 仿形刨床液压系统原理图

1、2—定量液压泵（叶片泵）；3、4、9、10、13、16、22、23、24、25、32、40—单向阀；5—压力表及其开关；6—先导式溢流阀；7—二位二通电磁换向阀；8—远程自动调压阀；11—三位五通液动换向阀；12、14、15、17—节流器；18、19—单向节流阀；20、21—溢流阀；26—缓冲溢流阀；27、28—柱塞液压缸；29—工作台；30—冷却器；31—变量叶片泵；33—安全溢流阀；34—精过滤器；35—蓄能器；36—三位四通电磁换向阀；37—压力继电器；38—样件（靠模）；39—触头；41—伺服阀；42—弹簧；43—仿形刀架；44—仿形液压缸；45—夹紧液压缸；46—二位三通电磁换向阀；47—工件；48—刨刀

② 切削完成后发出返回信号，电磁铁 2YA 通电使换向阀 36 切换至右位，变量泵 31 的压力油经阀 32、过滤器 34、阀 36 和单向阀 13 进入液动换向阀 11 的右控制腔，而左控制腔先后经节流器 15、17 和阀 36 回油，使换向阀 11 经快跳、慢移切换至右位，完成主油路的换向。换向过程中，换向阀 11 的阀心连带的操纵杆使溢流阀 8 的调压弹簧放松，泵 1 的压力降低，使高速换向平稳完成。换向完成后，泵 1 的压力油经换向阀 11 的右位、阀 18 进入返回缸 27 的油腔，其柱塞驱动工作台开始快速返回，返回速度由阀 18 的开度决定，返回缸 28 随工作台左移，缸 28 的油腔经阀 19 和换向阀 11 右位、背压单向阀 9 向油箱排油。

### 2) 仿形刀架回路

该回路的执行器为驱动仿形刀架 43 的阀控缸。仿形刀架 43 和仿形液压缸 44 的活塞杆、伺服阀 41 的阀套以及刨刀 48 连成整体，伺服阀 41 的阀心和触头 39 连为一体，弹簧 42 使触头和样件（俗称靠模）38 紧密接触。二位三通电磁换向阀 46 用于控制夹紧液压缸 45 的动作方向，夹紧缸与仿形刀架油路成互锁关系，即只有在缸 45 松开时，仿形油路才能工作。仿形刀架回路由变量泵 31 供油，其最高压力由溢流阀 33 设定，单向阀 32 用于防止油液倒灌；精过滤器用于提高油液的清洁度；蓄能器 35 用于吸收压力冲击和补油。

回路的工作原理如下：工作时，仿形指令由触头给出；液压泵 31 的压力油经单向阀 32、过滤器 34 后分为三路，第一路到换向阀 46，第二路到伺服阀 41 的油口 a，第三路进入仿形缸 44 的有杆腔；进入 a 口的压力油经阀心和阀套的开口  $x_1$  之后又分为两路，一路经油

口 b 减压后进入缸 44 的无杆腔 (压力为  $p_1$ )，一路经开口  $x_2$  压力降为  $p_2$  之后，经油口 c 和单向阀 40 排回油箱。缸 44 有杆腔中的压力与泵 31 的出口压力  $p$  相同，且为定值。当开口  $x_1$  与  $x_2$  相等时，缸 44 两腔压力相等，活塞及活塞杆停止不动。

由于样件 38 对触头 39 的作用，伺服阀 41 的阀心上移时，开口  $x_1$  减小，打破缸 44 的平衡状态，活塞带动整个刀架上移，使开口  $x_1$  又逐渐增大，直到  $x_1$  重新等于  $x_2$ ，缸 44 的活塞受力重新平衡为止。这样，仿形刀架随伺服的阀心移动了一个位移，刨刀 48 相对于工件 47 也移动同一位移。从而加工出与样件曲面形状一致的工作。触头下移接触工件和刀架下移时的压力冲击由蓄能器 35 吸收，而刀架快速上移可由蓄能器向有杆腔补油。

综上所述，该回路实际上为一个液压伺服位置反馈控制系统。其原理框图如图 2-9 所示。

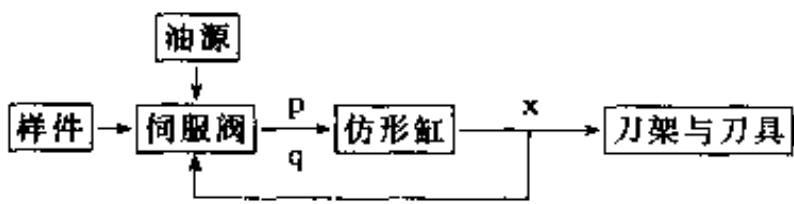


图 2-9 仿形刀架的伺服控制原理框图

### (3) 技术特点

1) 与机械仿形装置相比，液压仿形的触头和样件 (靠模) 间的接触压力小得多，所以样件的磨损小、寿命长；此外，液压仿形还允许使用尺寸较小的仿形触头和较陡的靠模曲线，

从而扩大了仿形加工的范围。

2) 该仿形刨床的液压系统采用双回路油路结构，工作台往复运动回路与仿形刀架回路相互独立，互不干扰。

3) 工作台往复运动回路采用双泵组合供油，并利用远程控制原理实现液压泵的工作压力变化与卸荷。采用一对大小不同的柱塞缸分别实现切削和返回运动；采用电磁换向阀做导阀的液动换向主阀换向，导阀控制压力油取自仿形刀架回路的变量泵，主换向阀带有快跳孔及单向节流器 (类似于万能外圆磨床液压系统的液压操纵箱)，可以节省、调整换向时间，减小换向冲击，通过柱换向阀的操纵杆驱动远程调压阀降低系统在换向过程中的压力；两缸均采用单向节流阀的进油节流调速方式，但不利于散热。

4) 仿形刀架回路采用阀控缸实现刀架的仿形运动，用夹紧缸实现仿形回路的互锁，安全可靠。

5) 为了提高伺服阀乃至系统的工作可靠性和控制品质，变量泵近旁设有箱过滤器、蓄能器；油箱设有冷却器。

## 2.2.4 平面磨床的机电液比例调速系统

### (1) 主机功能结构

缓进给成型磨削 (铣磨)，是一种生产效率高、砂轮磨损小、加工费用低，特别适合于加工复杂型面及沟槽的先进加工工艺。工件成型加工时，通常要求磨床工作台的工作速度较低 ( $10 \sim 300 \text{mm/min}$ ) 面切削深度较大 (几毫米至几十毫米)，因此要求工作台的驱动装置平稳地进行无级调速，且在极低的工作速度下无爬行；驱动系统有更大的刚度以适应较大切削阻力。本电液比例容积调速系统用于缓进给平面磨床工作台的驱动，并由微型计算机实现对磨床驱动机构的自动控制。

### (2) 电液比例调速系统及其工作原理

平面磨床电液比例调速系统的液压驱动回路原理图如图 2-10 所示。系统的油源为限压式变量泵 1；其最高工作压力由溢流阀 2 设定，以防系统过载；单向阀 3 用于防止油液倒

灌；系统的执行器为驱动磨床工作台 8 左右往复运动的双杆液压缸 7，缸的运动方向由三位四通电液换向阀 6 控制（可调节换向时间）；溢流阀 5 作背压阀使用，以使工作台运动平稳无前冲；电液比例调速阀 4 用于液压缸亦即磨床工作台的速度控制。工作台 8 上设有感应同步器 9，用以检测工作台的位移和速度。

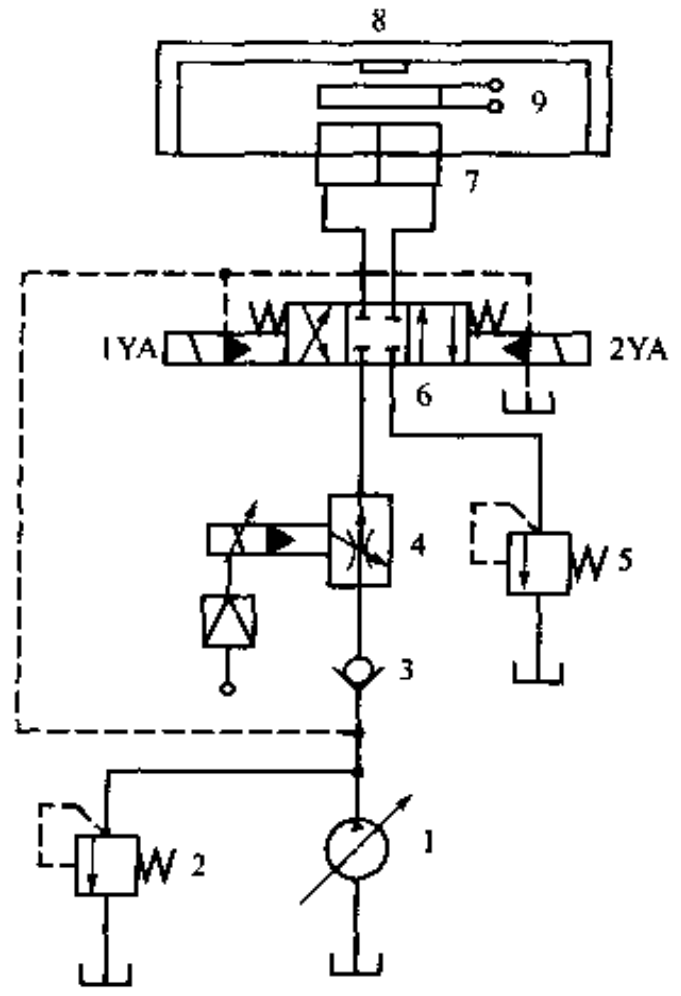


图 2-10 平面磨床液压驱动回路原理图

1—限压式变量液压泵；2、5—溢流阀；3—单向阀；4—电液比例调速阀；6—三位四通电液换向阀；7—液压缸；8—磨床工作台；9—感应同步器

液压驱动回路的工作原理如下：当电磁铁 1YA 通电使换向阀 6 切换至左位时，此时若比例调速阀 4 输入电流有一定的流量输出，则泵 1 的压力油经单向阀 3、比例调速阀 4、换向阀 6 进入液压缸 7 的右腔，活塞杆驱动工作台左进，工作台的运行速度由比例调速阀 4 的流量决定。同理当电磁铁 2YA 通电使换向阀 6 切换至右位时，工作台向右运动。当工作台碰到左换向开关时，系统进入换向状态，在一定控制方式下，使调速阀 4 输出的流量减小至关闭，工作台减速至停止，电磁铁 1YA 断电，电磁铁 2YA 通电，比例调速阀 4 逐渐增大输出流量，使工作台平稳启动向右运动。当电磁铁 1YA 和 2YA 均不通电时，换向阀 6 处于中位切断缸的进回油路，电液比例调速阀无输入电流，工作台停止运动。

图 2-11 所示为微机控制磨床调速系统的原理方框图。其工作原理为：单片微机的速度设定信号与感应同步器、检测仪表的反馈信号相比较得出的误差信号经控制算法将控制信号由 D/A 转换器输出，功率放大器进行 V/I 转换后，通过控制比例调速阀开度大小，使液压泵的压力油进入液压缸推动磨床工作台运动，感应同步器再将工作台速度（或位移）信号反馈给微机系统，从而形成一个闭环控制周期。而工作台的换向由微机 I/O 控制电液换向阀实现，与速度闭环控制回路相配合，通过感应同步器对工作台行程的同步检测，设定适当的换向提前量，可很好地实现换向效果。两者相配合，也可很好地实现工作台的柔性停机。

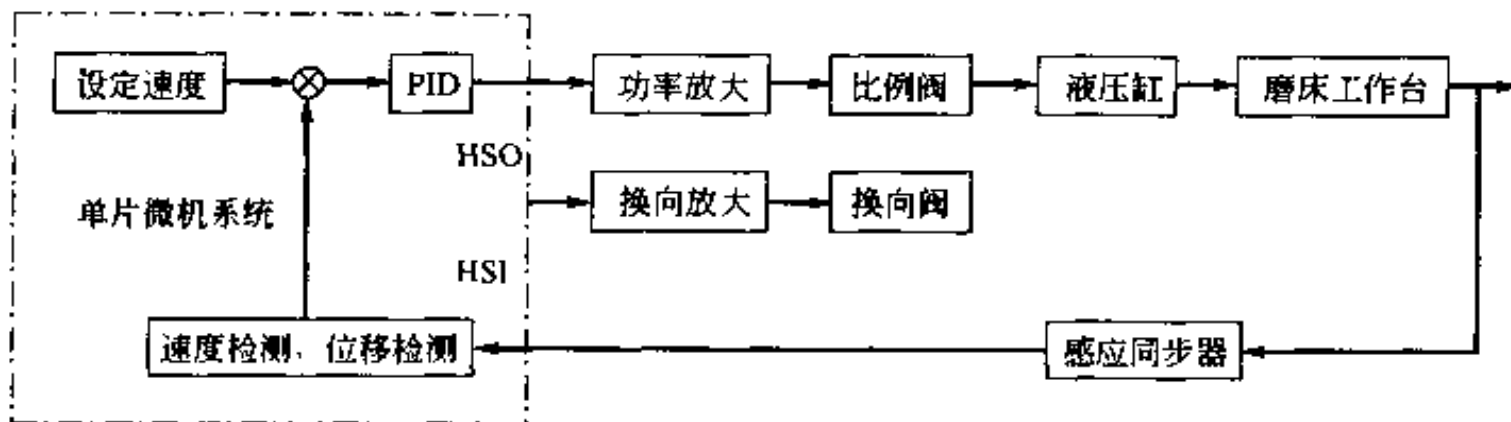


图 2-11 微机控制磨床调速系统原理方框图

### (3) 计算机测控操纵系统

计算机测控操纵系统以 8098 单片机为核心，围绕系统测控与操作者使用两方面而展开。主要由 8098 主板，位移检测电路，速度检测电路，键盘显示器电路，功率放大电路及相应的软件等组成。图 2-12 所示为系统的硬件框图，软件采用 8098 汇编语言编写，果用模块化结构（主要包括初始化、位移采样、行程控制、换向程序、数据显示、速度采样及 PID 算

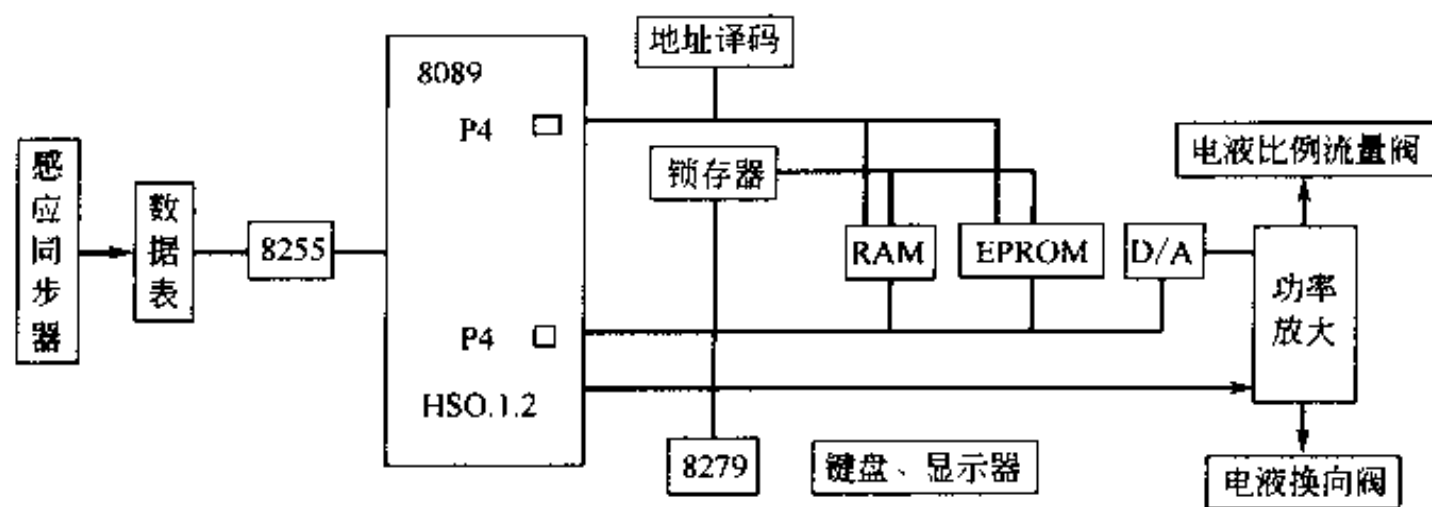


图 2-12 计算机测控操纵系统方框图

法等模块)。

(4) 技术特点

1) 通过电液换向阀和电液比例调速阀组合，控制磨床工作台的换向和运动速度，简化了磨床的液压系统，其加速和减速、制动过程、运动速度都由微机精确控制。

2) 该电液比例调速系统利用了液压系统刚度大、功率重量比高、响应快的特点，又将电液比例微机控制技术应用到系统上，自动化程度及控制精度高；能量利用合理，减少了系统发热对机床热变形和加工精度的影响。

(5) 技术参数 (见表 2-5)

表 2-5 磨床工作台及其电液比例调速驱动回路部分技术参数

项 目		参 数	单 位
液压缸	缸筒内径	60	mm
	活塞杆直径	25	
	最高速度	1280	mm/min
	最低稳定速度	8.6	
电液比例调速阀	额定流量	3	L/min
	最小稳定流量	20	mL/min
磨床工作台	行程冲击量	<5	mm
	重复性误差	<1.2%	

2.2.5 轴承钢球磨床液压站系统

(1) 功能结构

本液压站是轴承钢球磨床的专用液压站，其主要功能是完成 3MSA4630 磨床的磨削保压和修整磨削砂轮两种工作。

(2) 液压系统及其工作原理

磨床液压站系统 (见图 2-13) 采用电动机驱动的双联齿轮泵 2 供油，其中左泵的工作压力通过先导式溢流阀 (安全阀) 的遥控口由电液比例溢流阀 6 进行远程控制，右泵的压力由溢流阀 10 设定，压力表 13 和 11 分别用于显示左泵回路的压力和右泵回路的压力。

系统的执行器为驱动磨削砂轮运动的主液压缸 15 和砂轮修整液压缸 16，两缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 8 和 9 控制；缸 16 的运动速度由节流阀 12 调节；左泵的出口设有精过滤器 4，以保证电液比例压力控制阀的可靠性；系统总的回油路上设有冷却器 5 和过滤器 3，用于系统散热和回油过滤。



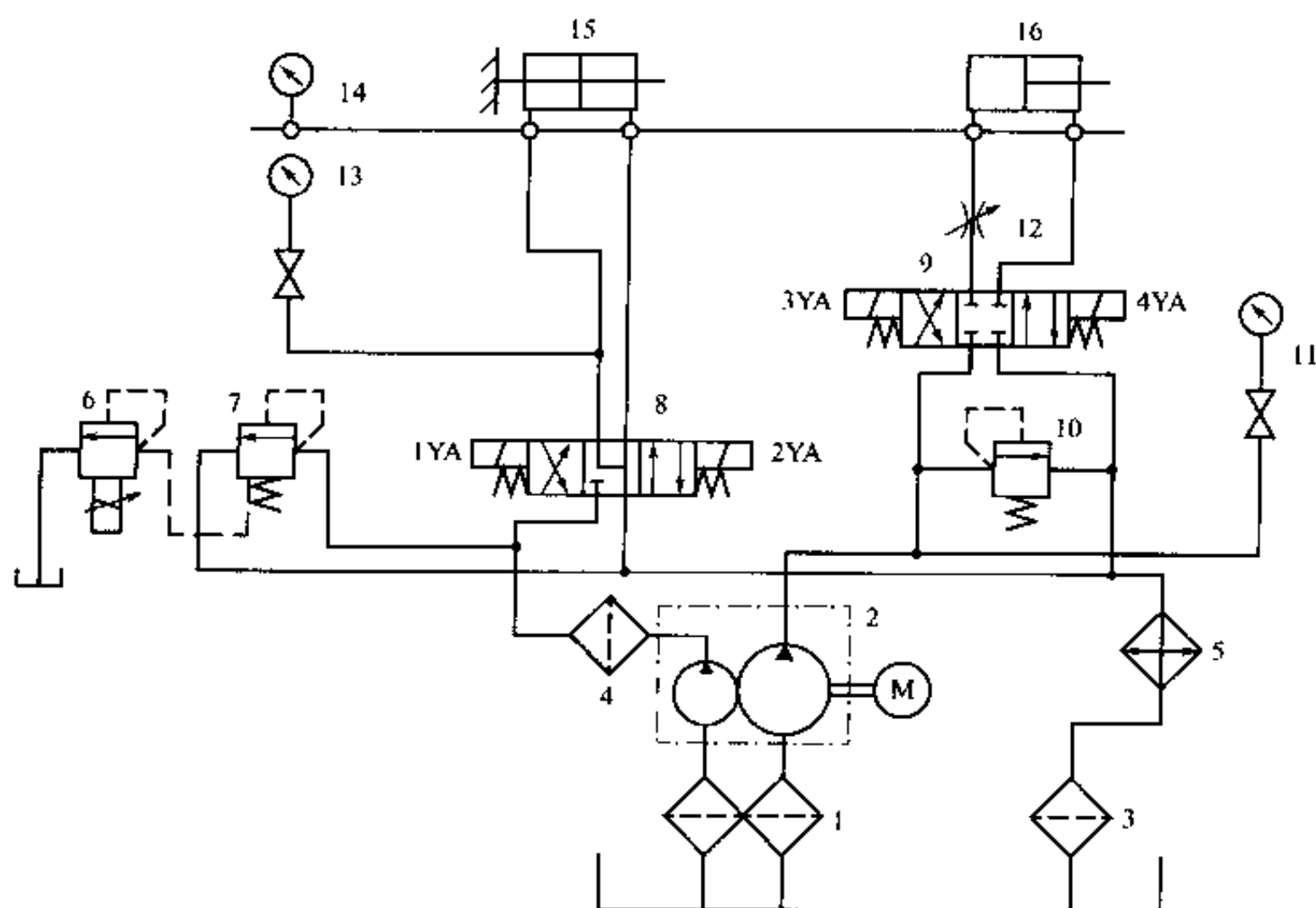


图 2-13 磨床液压站系统原理图

1、3、4—过滤器；2—双联齿轮泵；5—冷却器；6—电液比例压力阀；7—先导式溢流阀；

8、9—三位四通电磁换向阀；10—溢流阀；11、13、14—压力表；

12—节流阀；15—主液压缸；16—修整液压缸

主缸 15 为杆固定活塞缸，具有前进、后退和浮动三种工作状态。电磁铁 2YA 通电时，换向阀 8 切换至右位，双联泵 2 的左泵的压力油经过滤器 4、换向阀 8 进入主缸 15 的左腔，主缸前进（左行）；当砂轮接触被磨削钢球时，压力自动逐步上升到电液比例压力阀 1 设定的压力。当需要更换砂轮或工作情况改变时，电磁铁 1YA 通电，换向阀 8 切换至左位，左泵的压力油经过滤器 4、换向阀 8 进入主缸的右腔，主缸自动后退。当后退到主机制动挡块时，电磁铁 1YA 断电，主缸停止后退。也可由操作人员视具体情况使 1YA 随时断电，使主缸停在任何位置。当换向阀 8 的两块电磁铁均不退电时，换向阀处在中位（图示状态），主缸浮动，双联泵的左泵排出的油液全部通过溢流阀 7 溢流。此时，比例阀 6 的压力调至最小值，以便减小溢流功率损失。

修整缸 16 的主要功能是保证砂轮的几何精度。在主缸保压磨削钢球时修整缸往复运动修磨砂轮。电磁铁 4YA 通电时，换向阀 9 切换至左位，双联齿轮泵 2 的右泵的压力油经阀 9 进入修整缸 16 的无杆腔，修整缸前进，修磨速度取决于节流阀 12 的开度；当电磁铁 3YA 通电使阀 9 切换至右位时，右泵的压力油进入修整缸的有杆腔使其后退。

图 2-14 所示为图 2-13 电液比例压力阀 6 所使用的比例放大器的电气原理图，该放大器由颤振信号发生器和功率放大器组成。颤振信号发生器可以产生频率为数百赫兹、振幅在 15V 以内、频率和振幅均可连续调整的方波，用以克服电磁铁的静摩擦力。功率放大器可输出 1A、10V 以内的信号，用以将输入的控制信号放大，去驱动比例电磁铁工作。

### (3) 技术特点



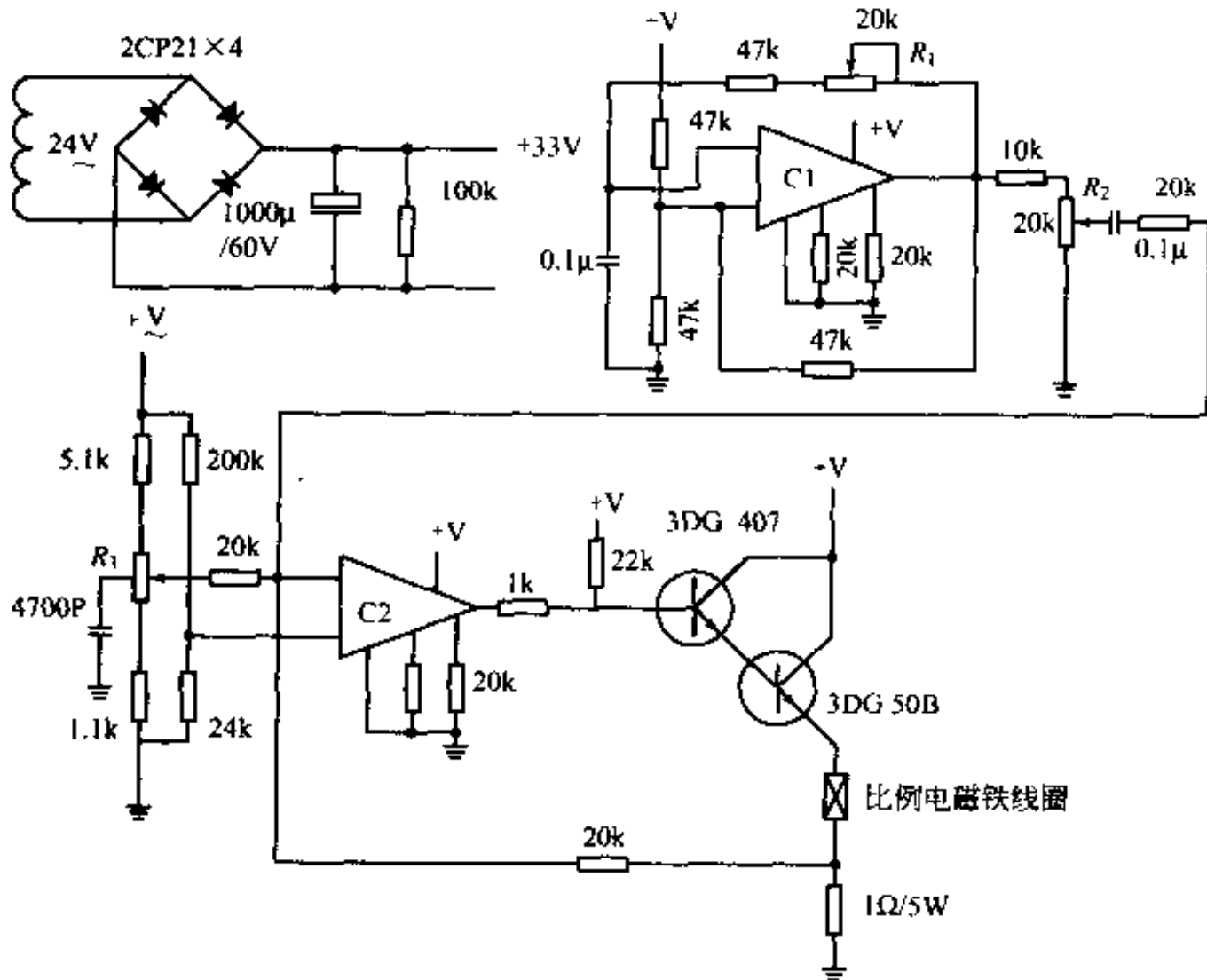


图 2-14 电液比例压力阀的比例放大器电气原理图

- 1) 该液压站系统采用双联泵双回路系统。两个回路各用一只泵供油，相互独立，互不干扰。
- 2) 修整回路采用节流阀无级调速。缸前进时，为进油节流调速，缸后退时为回油节流调速。
- 3) 磨削保压进给回路采用电液比例压力控制技术，保压性能稳定、工作可靠、调节灵活方便、结构紧凑。

## 2.2.6 数控刀片刃磨机床液压系统

### (1) 主机功能结构

数控刀片刃磨机床是一种按输入程序磨削的机床，可调整多边形刀片的主刃、刀尖圆角及其后角。刀片的分度依靠步进电机实现，刀片的形状依靠凸轮靠模来实现，刀片的后角由工作台的回转来决定，刀片的定位依靠 V 形块来实现，据不同的刀片更换不同的凸轮、V 形块。在机床的运动中，除上料、刀片夹紧、下料为手动外，其余运动按所编程序自动控制。该机床中，刀片的定位、夹紧，工作台回转、锁紧，磨架的快进、工进及快退、工退等动作均由液压传动实现。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-15 所示为该机床的液压系统原理图。系统的油源为定量齿轮泵 2，供油压力由溢流阀 4 控制并由压力表 3 显示，泵的出口设有精过滤器 5。系统有磨架快跳液压缸 21、定位液压缸 22、夹紧液压缸 23、回转液压缸 24、锁紧液压缸 25 等 5 个执行器，这些执行器的运动方向分别由电磁换向阀 6、7、8、9、10 控制。开有 4 个油口 (a、b、c、d) 的液压缸 21 驱

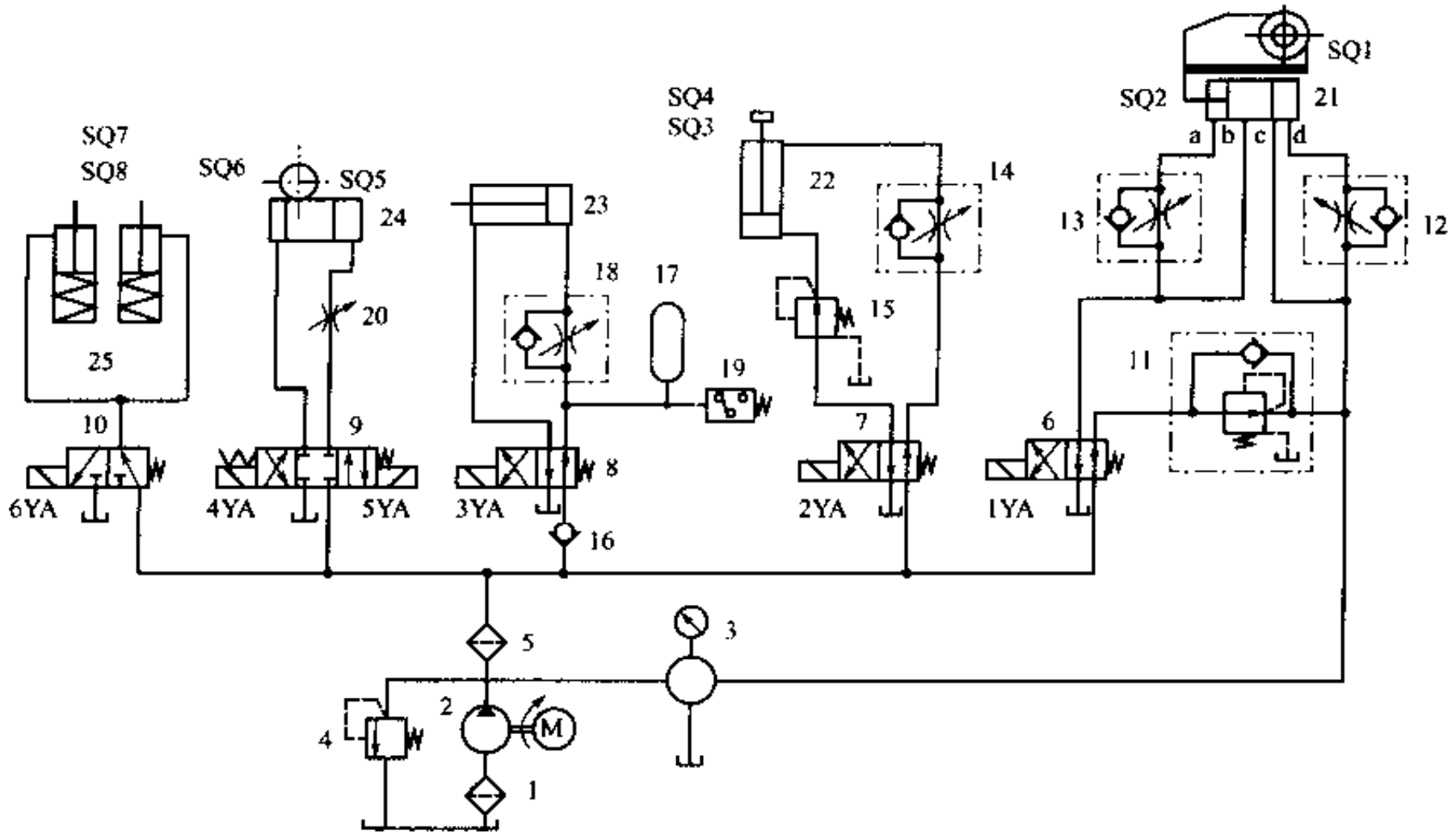


图 2-15 刃磨机床液压系统原理图

1—吸油过滤器；2—定量齿轮泵；3—压力表及其开关；4—溢流阀；5—高压精过滤器；6、7、8—二位四通电磁换向阀；9—三位四通电磁换向阀；10—二位三通电磁换向阀；11—单向减压阀；12、13、14、18—单向节流阀；15—减压阀；16—单向阀；17—蓄能器；19—压力继电器；20—节流阀；21—快跳液压缸；22—定位液压缸；23—夹紧液压缸；24—回转液压缸；25—锁紧液压缸

动磨架可实现快进、工进、快退、工退动作，这些动作由缸 21 进回油时通过的油口决定。图示状态，缸 21 后退，电磁铁 1YA 通电使换向阀切换至左位时，缸 21 进给；磨架工进、工退的速度由单向节流阀 12、13 无级调节；单向减压阀 11 用于防止磨架快退时的冲击，其调整压力由压力表 3 显示。液压缸 22 用于完成刀片的定位动作。图示状态，缸 22 下降，电磁铁 2YA 通电使换向阀 7 切换至左位时，缸 22 上升定位；缸 22 的上升速度可由回油单向节流阀 14 进行无级调节；减压阀 15 用于防止缸 22 上升时的定位冲击。液压缸 23 用于实现刀片夹紧。图示状态，缸 23 夹紧，电磁铁 3YA 通电使换向阀 8 切换至左位时，缸 23 松开；夹紧速度由单向节流阀 18 进行调节；单向阀 16 和蓄能器 17 用于防止系统失压；工作时，为保证足够的夹紧力，设有压力继电器 19，只有在额定压力时，磨架缸 21 才能快进。液压缸 24 用于驱动工作台的回转，电磁铁 4YA 通电使换向阀 9 切换至左位时，缸 24 驱动工作台顺时针回转，电磁铁 5YA 通电使换向阀 9 切换至右位时，缸 24 驱动工作台逆时针回转；电磁铁 4YA 和 5YA 都断电时，工作台停止；工作台的回转速度由节流阀 20 调节。单作用液压缸 25 用于工作台的锁紧。图示状态，缸 25 锁紧，电磁铁 6YA 通电使换向阀 10 切换至左位时，缸 25 由弹簧作用松开。上述 5 个执行器除了液压缸 23 外，缸的行程上共设有 8 个行程开关（SQ1~SQ8），用以发出控制信号。

系统的工作原理如下。

1) 系统启动。系统启动前，根据不同形状、规格的刀片，调换凸轮、定位块并调整相应的定位装置，即可启动液压系统。系统启动后，电磁铁 2YA、3YA、4YA、6YA 通电使换向阀 7、8、9、10 均切换至左位，定位缸 22 上升处于定位状态、夹紧缸 23 处于松开状

态、回转缸 24 处于顺时针运动趋势的定位状态、锁紧缸 25 处于松开状态。

2) 上料、夹紧。人工上料完毕,按下夹紧按钮,电磁铁 3YA 断电使换向阀 8 复至右位,泵 2 的压力油经过滤器 5、阀 18 进入缸 23 的无杆腔,实现夹紧动作。当缸 23 中压力升高到压力继电器 19 的设定值时发信(系统进入程序自动控制的信号),使电磁铁 6YA 断电,换向阀 10 复至右位,泵 2 的压力油经阀 10 进入缸 25 的有杆腔,在工作台顺时针运动趋势下,锁紧工作台,保证刀片主刃后角的准确性,同时工作台压下行程开关 SQ8。

3) 当机床电气系统接收到压力继电器 19 发出的夹紧信号后,系统进入程序自动控制流程。电磁铁 2YA 断电使换向阀 7 复至右位,泵 2 的压力油经阀 7、阀 14 进入定位缸 22 的有杆腔,缸 22 下降,压下行程开关 SQ3;同时,电磁铁 4YA 断电使换向阀 9 复至中位,工作台处于稳定的锁紧状态。当程序检测到行程开关 SQ3、SQ8 发出的信号,程序控制电磁铁 1YA 通电使换向阀 6 切换至左位,泵 2 的压力油经阀 6、阀 13 进入磨架缸 21 的有杆腔,缸 21 带动磨架快进(缸的无杆腔经 c 口无阻力回油)、工进(缸的无杆腔经 d 口、节流阀 12 回油),并压下行程开关 SQ1;程序收到行程开关 SQ1 发出的信号,工件转动,磨削工件的主刃和后角;当主刃磨削完毕后,程序计数,控制电磁铁 1YA 断电使换向阀 6 复至右位,泵 2 的压力油经阀 11、阀 12 进入磨架缸 21 的无杆腔,缸 21 带动磨架快退(缸的有杆腔经 b 口无阻力回油)、工退(缸的有杆腔经 a 口、节流阀 13 回油),压下行程开关 SQ2;当程序收到行程开关 SQ2 发出的信号,控制电磁铁 6YA 通电使换向阀 10 切换至左位,锁紧缸 24 在弹簧作用下上升松开工作台(有杆腔经阀 10 向油箱回油),压下行程开关 SQ7;当程序收到行程开关 SQ7 发出的信号,电磁铁 5YA 通电使换向阀 9 切换至右位,泵 2 的压力油经阀 9、阀 20 进入回转缸 24 的右腔,带动工作台逆时针回转,压下行程开关 SQ5;当程序收到 SQ5 发出的信号,控制电磁铁 6YA 断电使换向阀 10 复至右位,泵 2 的压力油经阀 10 进入锁紧缸 25 的有杆腔,缸 24 在工作台逆时针回转的趋势下,锁紧工作台,保证圆刃后角的准确,同时压下行程开关 SQ8。

4) 圆刃及后角磨削。当程序收到行程开关 SQ8 发出的锁紧信号时,电磁铁 1YA 通电使换向阀 6 切换至左位,泵 2 的压力油经阀 6、阀 13 进入磨架缸 21 的有杆腔,缸 21 带动磨架快进、工进,压下行程开关 SQ1,同时电磁铁 5YA 断电使换向阀 9 复至中位,工作台处于停止状态和稳定的锁紧状态。当程序收到 SQ1 发出的信号后,控制工件转动,磨削圆刃及后角。磨削完毕后凸轮计数,程序控制电磁铁 1YA 断电使换向阀 6 复至右位,泵 2 的压力油经阀 11、阀 12 进入磨架缸 21 的无杆腔,带动磨架快退、工退,压下行程开关 SQ2,接着程序控制电磁铁 6YA 通电使换向阀 10 切换至左位,锁紧缸 25 松开工作台,压下行程开关 SQ7;程序控制电磁铁 4YA 通电使换向阀 9 切换至左位,泵 2 的压力油经阀 9 进入回转缸 24 的左腔,带动工作台顺时针回转,压下行程开关 SQ6;程序收到 SQ6 发出的信号,控制电磁铁 6YA 断电使换向阀 10 复至右位,锁紧缸 25 锁紧工作台,压下行程开关 SQ2;此时,工件一个主刃,一个圆刃磨削完毕。接着程序自动控制如前所述磨削下一个主刃及后角、圆刃及后角,直至全部结束。

5) 松开、下料。当程序收到所有刃磨削结束信号时,电磁铁 2YA 通电使换向阀 7 切换至左位,泵 2 的压力油经阀 7、阀 15 进入定位缸 22 的无杆腔,定位缸 22 上升,人工按钮、下料,至此整个工件磨削完毕。

液压系统的电磁铁动作顺序表见表 2-6。

表 2-6 液压系统电磁铁动作顺序

动作		信号来源	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA
启动		人工按钮		+	+	+		+
上料		人工		+	+	+		+
工件夹紧		人工按钮		+		+		
定位缸下降		压力继电器						
磨架进给		SQ8、压力继电器、SQ3	+					
主刃磨削		SQ1	+					
磨架后退		凸轮计数						
工作台	松开	SQ2						+
	回转	SQ7					+	+
	锁紧	SQ5					+	
磨架进给		SQ3、压力继电器、SQ8	+					
圆刃磨削		SQ1	+					
磨架后退		凸轮计数						
工作台	松开	SQ2						+
	回转	SQ7				+		+
	锁紧	SQ6				+		
定位缸上升		凸轮计数、SQ2		+				
工件松开		人工按钮		+	+			
下料		人工		+	+			

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油的节流调速回路；磨架的快慢速转换通过开有 4 个油口的快跳液压缸实现。

2) 通过减压阀防止磨架快速和上升定位时的冲击。通过蓄能器防止系统突然失压；通过压力继电器保证足够夹紧力，实现动作互锁。

3) 在结构上，主机与块式集成的液压站分离，通过管路板式集中连接，排列整齐、拆卸方便、便于运输。减小了油温对主机精度的影响，并便于油箱清理和使用维护。

### (4) 技术参数

液压系统工作压力为 16~20MPa；磨架缸减压阀调整压力为 0.4~1MPa；定位缸减压阀的调整压力为 0.4~0.8MPa。

## 2.2.7 深孔钻床液压系统

### (1) 主机功能结构

该机床用于加工直径  $\phi 38\text{mm}$ 、深达 85mm 孔道的钻削，采用内排屑和液压传动。图 2-16 所示为主机结构示意图，床身 20 为焊接件，床身上面用 6 块长 850mm、宽 80mm、厚 18mm 的钢板，一边三块，沿纵向焊接并经龙门刨或龙门铣上加工作为床身上面，即基准面；钢板下面横向焊接两处加强筋，中间缺口布置 1.5mm 钢板。床身上面固定液压马达座 17、对开式轴承座 14、油封头 13 及推进装置 10 等部件。床深底部用 6mm 的钢板隔开焊接成液压系统的油箱，电动机 1 及其驱动的液压泵（叶片泵）2、液压阀集成块 4 置于油箱上面。并配有冷却器 5，可通自来水冷却油液。

钻头和中空（孔径 16mm）钻杆 11 为两体，用矩形螺纹连接。面定在床身上的油封头 13（内装滚动轴承）用于工件 15 的支撑，右端面轴向定位并通过进油管 12 导入电机齿轮泵组来的排屑用油。推进装置 10 上装有轴向移动滑座，钻杆 11 与滑座固定，装有电机齿轮泵

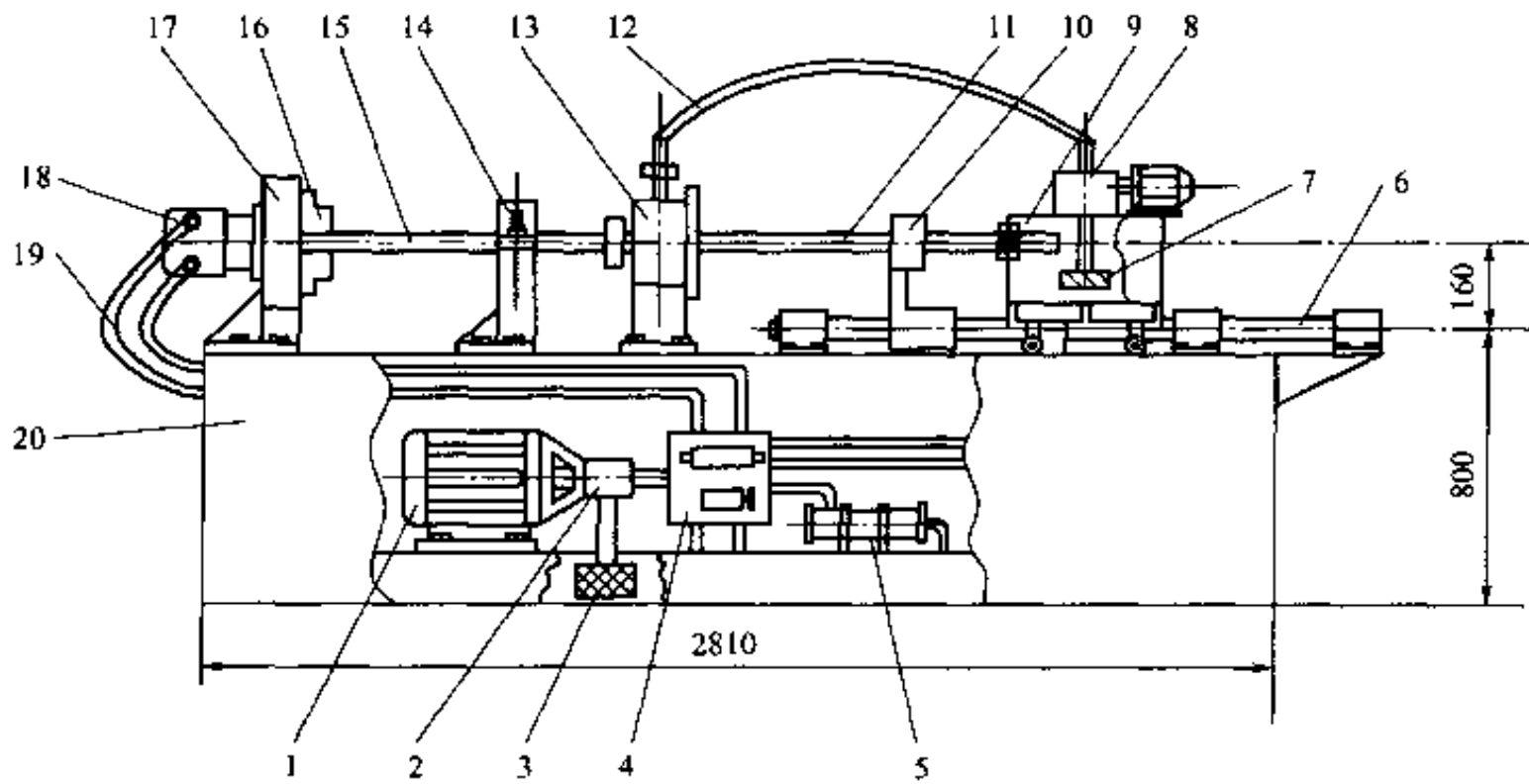


图 2-16 深孔钻床主机结构示意图

1—电动机；2—液压泵；3—过滤器；4—液压阀集成块；5—冷却器；6—液压缸；7—排屑油过滤器；8—电机齿轮泵组；9—随动油箱；10—推进装置；11—钻杆；12—油封头进油软管；13—油封头；14—对开式轴承座；15—工件；16—三爪卡盘；17—液压马达座；18—液压马达；19—液压马达油管；20—床身

组 8 的随动油箱 9 与钻杆右端部固连，油箱下面装有 4 个尼龙小轮，液压缸 6 通过滑座带动钻杆实现钻削运动，油箱随钻杆移动。

钻削工件时，三爪卡盘 16 夹住工件，另一端套上对开式轴承座内的滚动轴承 6（见图 2-17），扣合上盖 4，并拧紧螺母 2，旋动油封头的调整螺母，使工件右端面贴合。启动排屑用电动机齿轮泵组，泵组的压力油（硫化油）经进油管 12（参见图 2-16）、油封头进入钻头工作部位，既冷却刀具，又将切下的断屑从钻杆内孔冲出，回到随动油箱。油中可加入适量的氯化石蜡，以提高冷却液的润滑性。

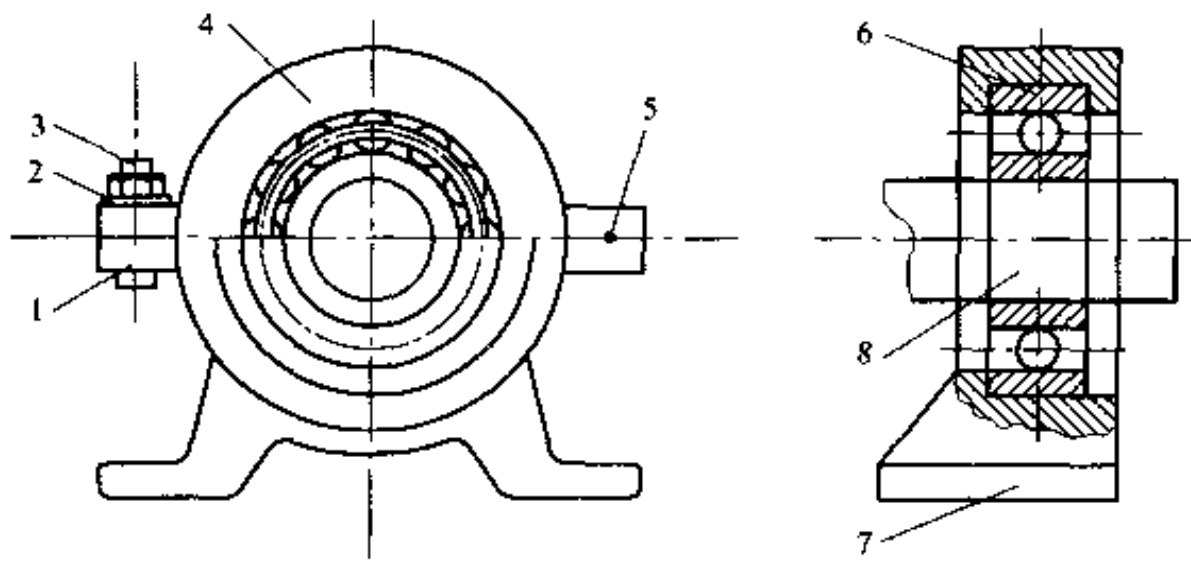


图 2-17 轴承座

1—底座；2—螺母；3—螺栓；4—上盖；5—铰支；6—滚动轴承；7—底脚；8—工件

钻床的切削用量  $S=0.18\sim 0.25\text{mm/r}$ ； $v=40\sim 45\text{m/min}$ ；钻孔粗糙度为  $R_a 6.3\sim 12.5$ ，孔直线度在全长范围内不超过  $0.12\text{mm}$ 。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-18 所示为该钻床的液压系统原理图，执行器为驱动工件旋转的摆线液压马达 14 和驱动钻杆钻头（连同推进装置的滑座）进退（快进、工进、快退、停止）的液压缸 13；系

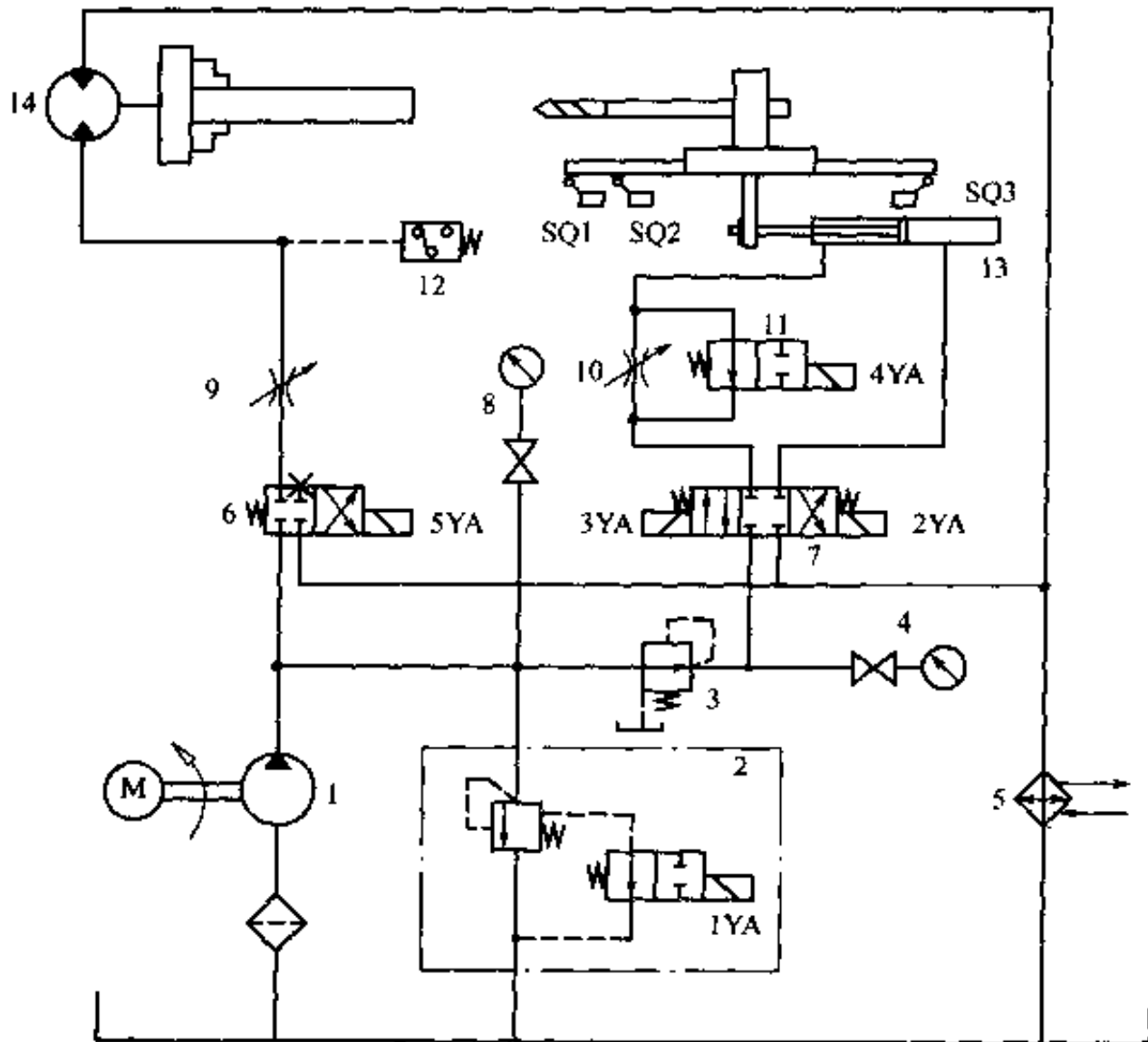


图 2-18 深孔钻床液压系统原理图

1—定量液压泵；2—电磁溢流阀；3—减压阀；4、8—压力表；5—冷却器；6—二位四通电磁换向阀；7—三位四通电磁换向阀；9、10—节流阀；11—二位二通电磁换向阀；12—压力继电器；13—液压缸；14—双向定量液压马达

系统的油源为定量液压泵1，泵的供油压力和卸荷由电磁溢流阀2控制，压力可由压力表及其开关8显示；液压马达的进油和转速由二位四通电磁换向阀6和节流阀9控制与调节；压力继电器12用于液压马达的扭矩保护，在钻头不断屑、切屑排出困难导致堵塞而使系统压力过高时发信。液压缸的工作压力由减压阀3设定并通过压力表及其开关4显示；缸的运动方向由三位四通电磁换向阀7控制，快慢速换接由二位二通电磁换向阀11控制，进给通过节流阀10回油节流调速。系统总的回油管路设有冷却器5，用于系统油液的散热。该系统既能单独动作，又能连续自动工作。

系统的自动循环工作原理如下。

系统启动后，电磁铁1YA通电，液压泵由卸荷转为升压并向液压马达和液压缸同时供油状态。电磁铁5YA通电使换向阀6切换至右位，液压泵1的压力油经换向阀6、节流阀9进入液压马达14的压油腔，液压马达驱动工件旋转（同时马达回油腔经冷却器5向油箱排油）。与此同时，电磁铁2YA通电使换向阀7切换至右位，泵1的压力油经减压阀3、换向阀7进入液压缸13的无杆腔（有杆腔油液经阀11和7排回油箱），活塞杆驱动钻头快速前进；当固定于滑座前端的挡铁碰触行程开关SQ1时，电磁铁4YA通电使换向阀11切换至右位，则液压缸无杆腔回油只能经节流阀10和换向阀12回油，活塞杆变为慢速工进，机床进入钻削阶段，工进速度由节流阀10的开度决定。工件孔钻通后，挡铁碰触行程开关SQ2，电磁铁3YA通电使换向阀7切换至左位，泵1的压力油经换向阀7、11进液压缸13的有杆腔，使活塞杆连同滑座及其上的钻头快速后退，滑座后端的挡铁碰触行程开关SQ3时，则



后退停止，工件亦停转。

钻削加工中，若出现钻头不断屑，切屑排出困难，导致堵塞故障时，则液压马达扭矩增大，使马达进油压力上升，当压力超过压力继电器 12 的设定值时发信使电磁铁 3YA 通电、4YA 断电，换向阀 7 和 11 均切换至左位，泵 3 的压力油进入液压缸 18 的有杆腔，活塞杆连钻头快速后退。待检查或处理不断屑故障后，重新工作。

### (3) 技术特点

1) 该钻床液压系统采用定量泵供油；液压马达为进油节流调速；液压缸为回油节流调速；液压泵可通过电磁溢流阀卸荷。

2) 通过压力继电器实现液压马达的扭矩保护。

3) 液压缸通过电磁换向阀实现快慢速进给的转换。

4) 机床的床身兼作液压系统的油箱，减小了机床的占地面积；系统设有冷却器，减小了油液发热对机床精度的影响。

## 2.2.8 金刚镗床液压系统

### (1) 主机功能结构

金刚镗床是以主轴高速旋转进行零件内孔光整加工的机床，在内燃机制造行业中普遍应用，主要用于连杆及其他零件内孔的加工。镗床主机由金刚镗头、张紧装置、镗头底座、床身、拖板、液压缸、底座和铁屑盘等组成（见图 2-19）。镗头底座固定于床身上，底座上面的 T 形槽用于调节镗床的前后位置，侧面 T 形槽用于固定皮带张紧装置。拖板上用于固定夹具，上面 T 形槽用于调整夹具位置，其沿导轨的运动构成了机床的进给运动。主运动采用机械传动，主电机经过带直接带动镗头主轴高速旋转（通过调换带轮大小可获得不同的速比）。拖板的进给运动采用安装在拖板 5 下面的液压缸 6 传动。

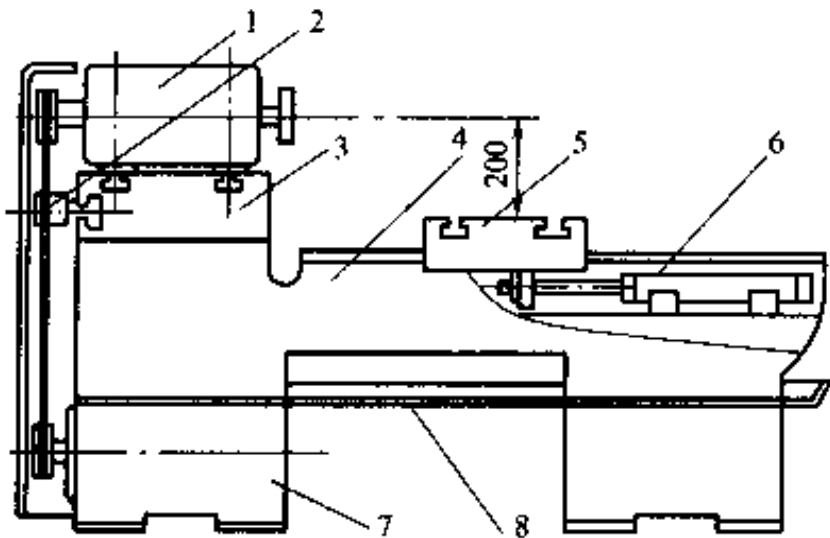


图 2-19 金刚镗床主机结构示意图

1—金刚镗头；2—张紧装置；3—镗头底座；4—床身；  
5—拖板；6—液压缸；7—底座；8—铁屑盘

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-20 所示为镗床的进给运动液压系统原理图。

系统的液压缸 8 带动拖板可完成工件的快进→工进（切削）→快退工作循环。液压系统的油源为单向叶片泵 1，其工作压力由先导式溢流阀 3 设定，二位二通电磁换向阀 4 用于泵的卸荷控制；单向阀 2 用于保护液压泵。液压缸 8 的运动方向由三位四通电磁换向阀 9 控制，液压缸的工进速度由回油路上设置的单向调速阀 7 调整，液压缸快进时通过二位五通电磁换向阀 9 实现差动连接。机床拖板上装有 3 只行程挡铁，用于撞动 3 只行程开关发信，分别控制工件的起始、开始工进和加工结束（快退）位置，实现机床切削时的自动循环。调整行程挡铁的位置，即可控制工件进给运动的行程。

1) 空载快进 电磁铁 2YA、3YA 通电使换向阀 6 和 9 均切换至右位，液压缸 8 差动连接，即液压泵 1 的压力油经单向阀 2 和换向阀 6 进入液压缸 8 的无杆腔，同时，液压缸有杆腔的回油经阀 9 反馈至无杆腔，工件快进。

2) 工作进给 电磁铁 2YA 通电换向阀 6 保持在右位，电磁铁 3YA 断电使换向阀 9 复



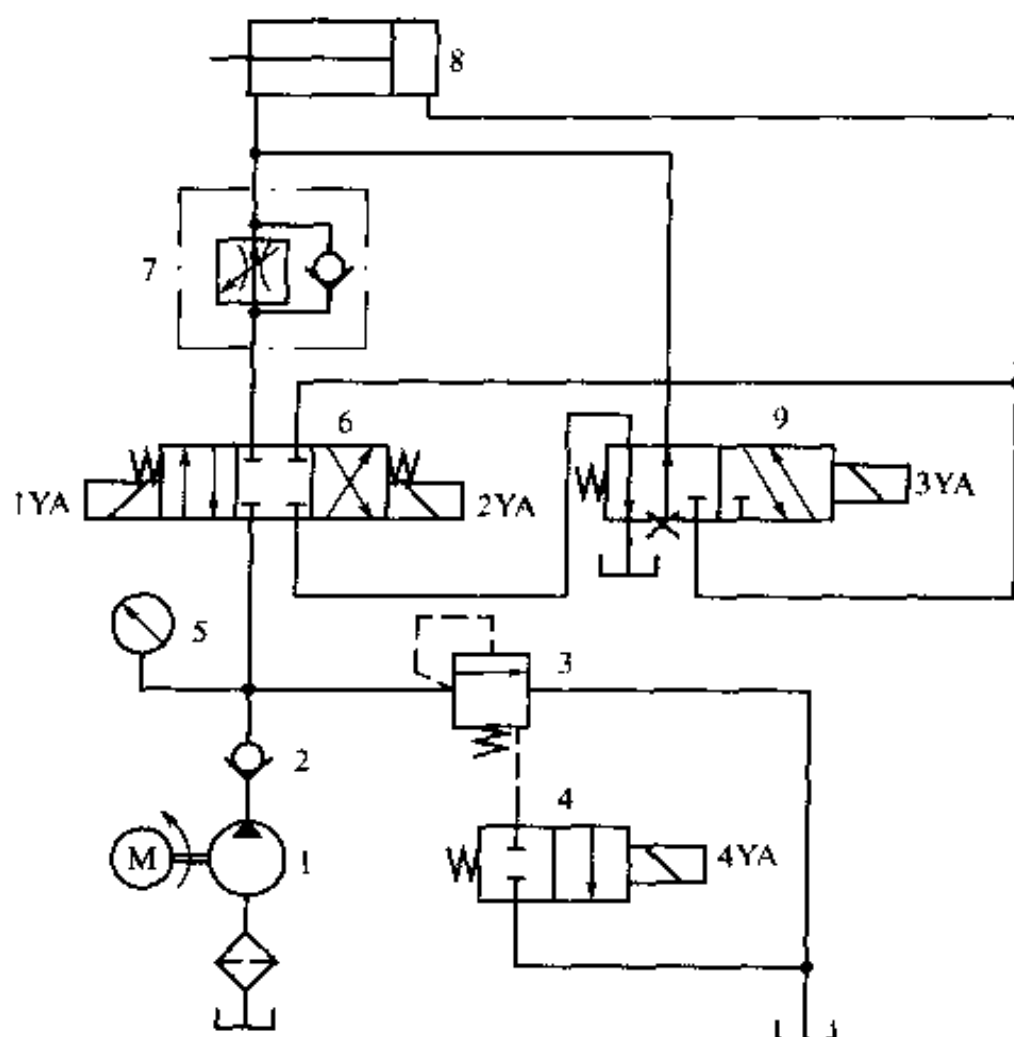


图 2-20 镗床进给运动液压系统原理图

1—单向叶片泵；2—单向阀；3—先导式溢流阀；4—二位二通电磁换向阀；5—压力表；

6—三位四通电磁换向阀；7—单向调速阀；8—液压缸；9—二位五通电磁换向阀

至左位，液压泵1的压力油经单向阀2、换向阀6进入液压缸无杆腔，有杆腔经阀7的调速阀和阀6及阀9向油箱排油，工件慢进，慢进速度由调速阀的开度决定。

3) 快速退回 电磁铁1YA通电使换向阀6切换至左位，电磁铁3YA断电，换向阀9保持左位，液压泵1的压力油经单向阀2、换向阀6和阀7的单向阀进入液压缸有杆腔，无杆腔经阀6和阀9向油箱排油。

### (3) 技术特点

1) 机床结构简单、制造成本低、安装方便。

2) 与机械传动进给方式相比，液压传动容易实现进给自动循环，节约了辅助时间，自动化程度高，满足了大批量对零件内孔进行光整加工的需要，提高了生产效率；液压传动实现了工件进给的无级调速，可根据工件的材质和尺寸大小，获得主轴旋转速度与工进速度的最佳组合，从而提高零件内孔的表面质量。

3) 该机液压系统采用了调速阀回油节流调速，速度刚性高；液压缸快速进给采用了差动连接，降低了液压泵的规格，等待期间液压泵卸荷，无功损耗且发热少。

### (4) 技术参数 (见表 2-7)

表 2-7 镗床进给运动液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
液压泵(YB-10型)	公称压力	6.3	MPa	
	公称流量	10	L/min	
	驱动电机(Y90L-4)	功率	1.5	kW
		转速	1400	r/min
	油箱容量	0.15	m <sup>3</sup>	
液压缸	内径	50	mm	
	行程	280		
系统工作压力		3	MPa	

### 2.2.9 深孔珩磨机的液压系统

#### (1) 主机功能结构

该机为大型超长行程液压缸缸筒的珩磨加工的专用设备，其缸径加工范围从  $\phi 50 \sim 800\text{mm}$ ，行程可达  $12\text{m}$ ；加工精度 H6~H7 级，粗糙度  $R_a 0.4$ ，椭圆度  $0.002 \sim 0.005$ 。该机磨削头立式安装，并采用液压传动，磨削头的上下运动和回转运动分别采用液压缸和液压马达驱动。磨削头的上下运动速度相同，磨削进给时，采用无返回自动张紧式进给机构，当磨削功率一定时，其进给量可以手动调节。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-21 所示为珩磨机的液压系统原理图，其执行器为一个差动连接的阀控液压缸回路（左部）和一个阀控马达回路（右部）组成，两回路相互独立无油路联系。

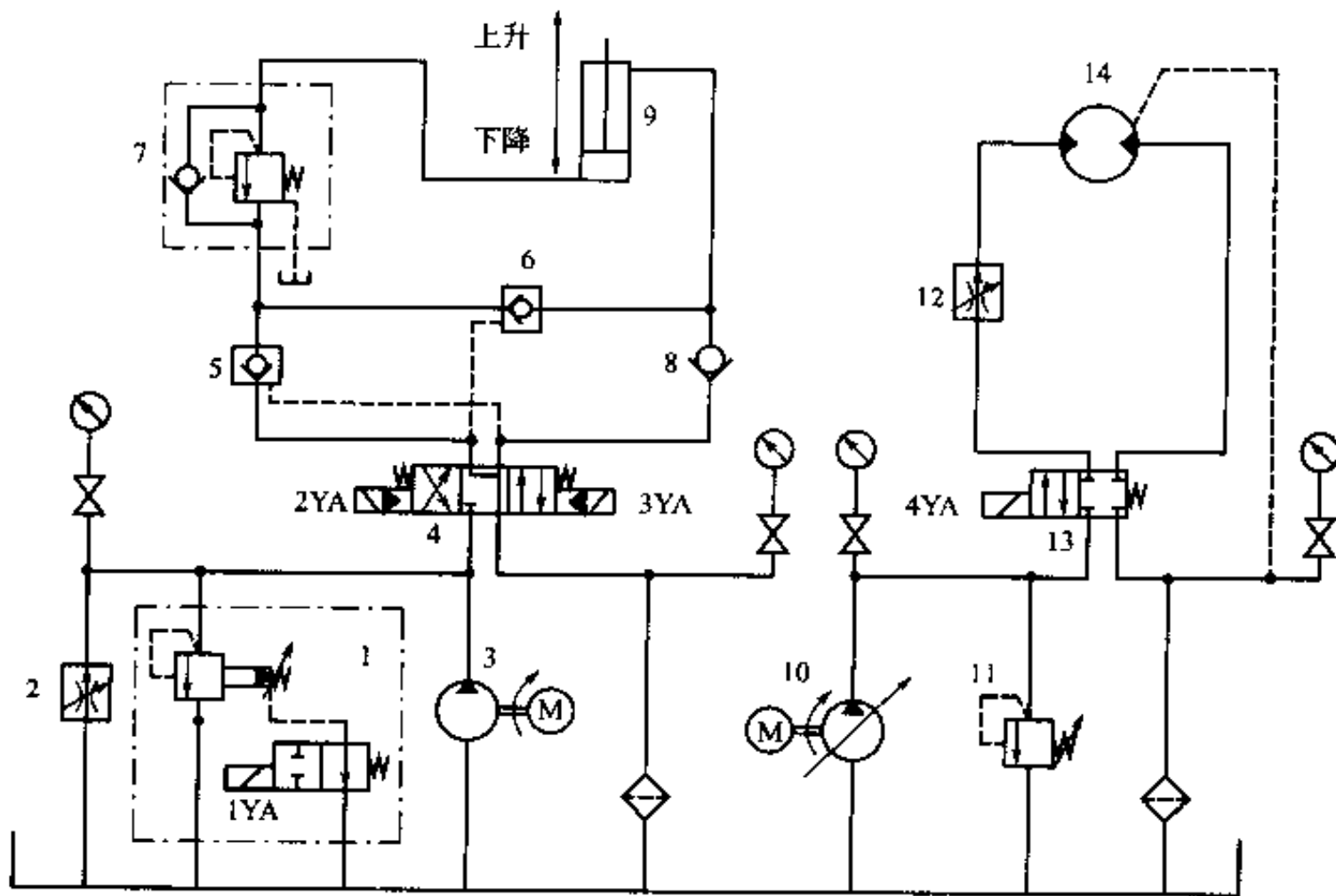


图 2-21 珩磨机液压系统原理图

- 1—电磁溢流阀；2、12—调速阀；3—定量液压泵；4—三位四通电液动换向阀；  
5、6—液控单向阀；7—单向顺序阀；8—单向阀；9—液压缸；10—变量液压泵；  
11—溢流阀；13—二位四通电磁换向阀；14—液压马达

1) 液压缸回路 液压缸回路采用定量液压泵 3 供油，其压力和卸荷由电磁溢流阀 1 设定和控制；缸的上下运动由 Y 型中位机能的三位四通电液换向阀 4 控制，液控单向阀 5 和 6 用于液压缸 9 上升时构成差动连接和液压缸停止时的锁紧，液压缸的上下运动通过调速阀 2 旁路节流调速，单向顺序阀 7 用于防止液压缸下降时超速。工作原理如下。

当液压缸上升时，电磁铁 1YA、3YA 通电使阀 1 中的换向阀切换至左位、换向阀 4 切换至右位，液压泵 3 由卸荷转为供油状态，泵 3 的压力油经换向阀 4、液控单向阀 5、阀 7 中的单向阀进入液压缸 9 的无杆腔，同时导通液控单向阀 6，缸 9 有杆腔的油经液控单向阀 6、阀 7 反馈到至无杆腔中，缸形成差动连接，液压缸快速上升。当液压缸下降时，电磁铁 3YA 通电使换向阀 4 切换至左位，液压泵 3 的压力油经阀 4、单向阀 8 进入液压缸 9 的有杆

腔，同时导通液控单向阀 5，缸 9 无杆腔排油经阀 7 中的顺序阀、液控单向阀 5、换向阀 4 回到油箱。停车时，换向阀 4 处于中位，液控单向阀 5、6 关闭，液压缸可以在任意位置锁定。

2) 液压马达回路 液压马达回路为变量泵-定量马达调速开式回路。双向定量液压马达 14 的旋转方向由二位四通电磁换向阀 13 控制。珩磨机要求马达转速和磨削功率均可调节。为此，当工件一定时，通过改变液压泵的排量来调节液压马达的转速，转速微调通过调速阀 12 实现。而磨削功率的调节可以通过改变溢流阀 11 的调定压力及控制变量泵的排量来实现。

### (3) 技术特点

1) 根据主机工况特点，液压系统分设液压缸和液压马达两个独立回路，两者互不干扰，油路结构简单。

2) 液压缸回路采用定量泵供油调速阀旁路节流调速，液压缸的活塞杆面积为活塞面积之半，上行为差动连接，用液控单向阀实现液压缸的任意位置锁定，用顺序阀限制液压缸下行超速，减小了液压泵的流量规格，而且动作可靠、定位准确、换向平稳、调节方便。

3) 液压马达回路通过改变液压泵的排量来调节液压马达的转速，通过调速阀进行转速微调，磨削功率的变化通过改变溢流阀调定压力及变量泵的排量来实现，液压马达的转速负载特性好，有利于提高磨削质量。在磨削某一工件时，只要磨削头的上下速度与回转速度匹配合理，磨削后的工件就不会产生交叉的磨削两纹。

4) 采用液压传动后，传动系统具有较大的功率重量比，使珩磨机体积小、功率大、加工范围宽、精度高、操纵控制方便。

## 2.2.10 拉床液压系统

### (1) 主机功能结构

L5240/1 型立式拉床是一台旧机床，用于工件的表面拉削加工。由于原液压系统中液压元件结构陈旧、故障环节多、故障排除和修理困难、冲击振动大、系统工作不稳定、噪声大、维修费用高等问题，所以在满足原机床性能参数基础上，用轴向变量柱塞泵和插装阀及对原系统进行了改造，构成了新的液压系统，并采用了微机控制。

### (2) 液压系统及原理

图 2-22 所示为该拉床新的液压系统原理图。系统的油源为双向变量轴向柱塞泵 1，该泵的控制油源为辅助泵，通过三位四通电磁换向阀 1-1 控制变量缸 1-2 的移位方向，实现泵 1 的斜盘倾向和倾角的改变；单向阀 2 和 3 用作泵 1 的双向吸油阀；泵在零偏心空运转时通过专用阀组合装置 4 保证泵的滑靴和斜盘间有足够的静压油膜，使主泵正常运转；主泵正向（向下）供油的压力分别由先导调压阀 14 和插装阀 V5 构成的溢流阀设定（16MPa），反向（向上）供油的压力分别由先导调压阀 10 和插装阀 V4 构成的溢流阀设定（16MPa）。液压缸 7 是系统唯一的执行器，带动拉刀完成下行拉削、下端点停止、上行返回、上端点停止的工作循环；下行时有杆腔的最高压力即为阀 9 的设定值，无杆腔的回油压力由调压阀 9 设定（6.3MPa）；上行时无杆腔的最高压力即为阀 10 的设定值，上行中，液压缸有杆腔和无杆腔通过插装阀 V2、V3 实现差动连接。

液压系统的工作原理如下。

1) 下行拉削 工件装夹好后，电磁铁 1YA、2YA、3YA、4YA、5YA 通电，换向阀

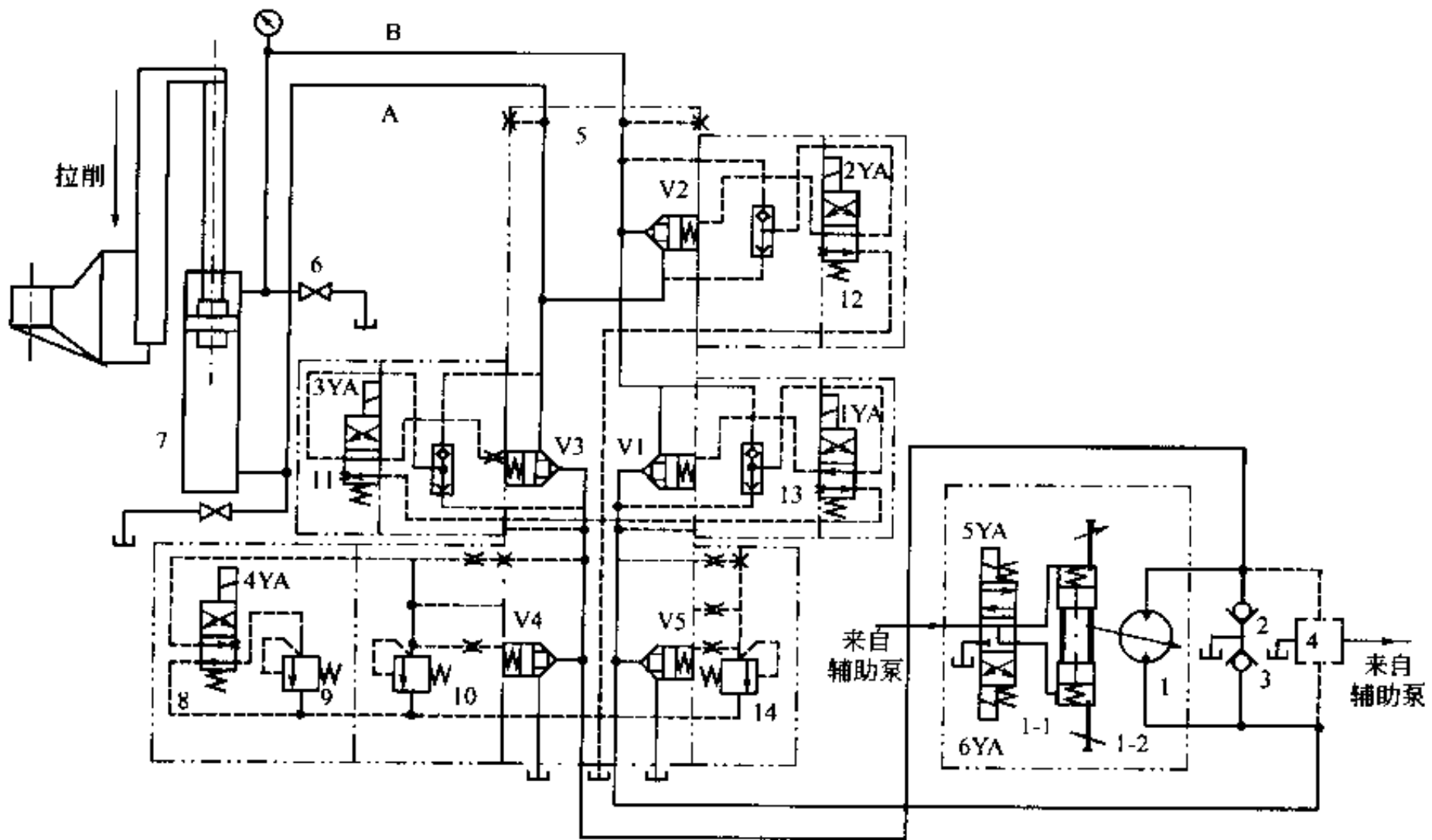


图 2-22 拉床液压系统原理图

1—变量轴向柱塞泵；1-1—三位四通电磁换向阀；1-2—变量缸；2、3—单向阀；4—保持主泵零偏心和静压力的专用阀组合装置；5—插装阀集成块；6—放气截止阀；7—液压缸；8、11、12、13—二位四通电磁换向阀；9、10、14—调压阀

1-1 切换至上位，辅助泵的压力油经阀 1-1 进入主泵 1 变量缸 1-2 的上腔，变量头带动泵的斜盘变向并达到所需的倾角。主泵 1 通过单向阀 2 从油箱吸油，输出的高压油经插装阀 V1 和管路 B 进入液压缸 7 的有杆腔，活塞杆带动拉刀下行切削工件。当切削中由于负载增加使系统压力超过插装阀 V5 的先导调压阀 14 的设定值时，V5 打开溢流，防止系统过载。而缸 7 无杆腔的油液经管路 A 和插装阀 V3 一分为二，一部分进入主泵 1 的吸油口形成闭环油路，剩余的另一部分经换向阀 8 进入插装阀 V4 中的调压阀 9，当管路中的压力超过调压阀 9 的设定值时，油液经插装阀 V4 溢流回油箱。

2) 下 endpoint 停止和卸下工件 活塞杆到达下 endpoint 后，所有电磁铁断电，全部插装阀闭死，三位四通电磁换向阀 1-1 复至中位，变量缸 1-2 在弹簧力的作用下，使斜盘处于零偏心，主泵零位运转，故系统既不供油也不排油，活塞杆可靠地停止在下 endpoint，此时可把拉削完毕的工件取出。此时，辅助泵的油液进入专用阀组合装置 4，控制主泵 1 处于零偏心，使主泵的滑靴和斜盘之间具有足够的静压油膜，使泵 1 能在较长时间内维持空运转。

3) 上行返回 卸下工件后，电磁铁 2YA、3YA、6YA 通电，换向阀 1-1 切换至下位，辅助泵的油液经换向阀 1-1 进入变量缸 1-2 的下腔，使泵 1 换向并达到所需的倾角。主泵 1 经单向阀 3 吸油，输出的压力油经插装阀 V3 和管路 A 进入液压缸 7 的无杆腔，有杆腔排出的油液经管路 B 和插装阀 V2、V3 的与泵 1 的压力油汇合后一并进入缸 7 的无杆腔，形成差动连接，使活塞杆快速上行返回。当工作压力超过插装阀 V4 中的调压阀 10 的设定值时，V4 打开，油液经此阀溢流回油箱，实现过载保护。

4) 上 endpoint 停止和装夹工件 液压缸退回到上 endpoint 后的系统工况与 2) 完全相同，此时

可装夹待加工工件。等待下一循环开始。

### (3) 技术特点

1) 该拉床的液压系统采用变量泵供油, 容积调速, 功率损失和发热少。变量泵的供油方向和排量通过辅助泵及主泵附设的变量缸和电磁换向阀控制, 主泵在零位工作时通过辅助泵和专用阀组合装置保证滑靴与斜盘摩擦副之间的静压油膜, 有利于保证泵的工作正常和寿命延长。

2) 系统采用插装阀进行综合控制, 结构简单、启闭动作快、通油能力大、密封性好、阻力小, 并便于使用维护。

3) 液压缸空载上行返回时为差动连接, 再不增加流量的情况下, 加快了缸的运行速度, 缩短了辅助时间, 有利于提高生产率。缸升降均有起安全保护作用的调压阀限定最高压力, 可靠性好。

4) 系统采用微机控制, 系统工作时, 通过程序控制辅助泵和主泵的启动时间和顺序(先辅助泵后主泵), 换向平稳、动作可靠、拉削平稳、工件拉削表面质量高。

### (4) 技术参数

该液压系统在液压缸下行时有杆腔的最高压力为 16MPa, 下行时无杆腔的最高压力为 6.3MPa; 液压缸上行时的最高压力为 16MPa。

## 2.2.11 卧式带锯机床液压系统

### (1) 主机功能结构

GZ4120 卧式带锯机床是一种大型下料设备, 其极限加工尺寸为方料 1450mm×1250mm, 圆料  $\phi 1250$ mm。主机为双立柱框架式结构。定环状带锯条的锯架能快速上升、快速下降和按工况速度进给; 送料机构有夹紧送料、连锁的自动送料和夹紧送料单独的手动送料; 前工作台的夹紧及卸料; 锯条的张紧、导向; 导向机构的锁定等, 这些动作均由液压驱动实现。

### (2) 液压系统及其工作原理

机床的液压系统原理图如图 2-23 所示, 系统的油源为电动机驱动的限压式变量叶片泵 1, 系统的最高工作压力由溢流阀 2 设定, 系统工作压力由压力表及其开关 3 显示。系统的执行器为液压缸 19~26, 这些液压缸采用并联回路, 除去缸 20、21, 各缸分别由各回路上的主换向阀 4~9 控制其运动方向。缸 19 的回路设有保压用液控单向阀 10; 缸 20、21 的回路设有减压阀 11 和单向阀; 缸 22 为锯架升降缸, 设有二位二通电磁换向阀 12、14 和调速阀 13、17 及截止阀 28, 构成容积-节流调速回路; 缸 25 和缸 26 的回路分别设有调速阀 15 和 16, 用于调节液压缸的速度。

系统的工作原理如下。三位四通手动换向阀 4 切换至右位, 液压泵 1 的压力油经阀 4 和阀 10 进入锯条张紧缸 19 的有杆腔, 锯条张紧至合适程度, 保证锯削时承受锯条力而不打滑, 无杆腔经阀 4 和冷却器 29 回油, 然后阀 4 复至中位, 由液控单向阀 10 和阀 4 确保液压油锁定面恒定张力。然后电磁铁 2YA 和 3YA 通电, 三位四通电磁换向阀 5 和二位二通电磁换向阀 12 均切换至右位, 液压泵 1 的压力油经阀 5、12 和调速阀 17 进入锯架升降缸 22 的无杆腔, 带动锯架快速上升至足够高度, 保证被切工件的顺利通过, 而有杆腔经单向减压阀 18 中的单向阀和换向阀 5 回油。

被锯切工件长度和下料长度, 可选择自动送料或手动送料方案。电磁铁 6YA 通电使三位四通电磁换向阀 7 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 7 进入夹紧缸 23 的无杆腔和顶起缸 24 的无杆腔, 后夹钳夹紧的同时顶起缸顶起后工作台; 然后电磁铁 10YA 通电使三位四

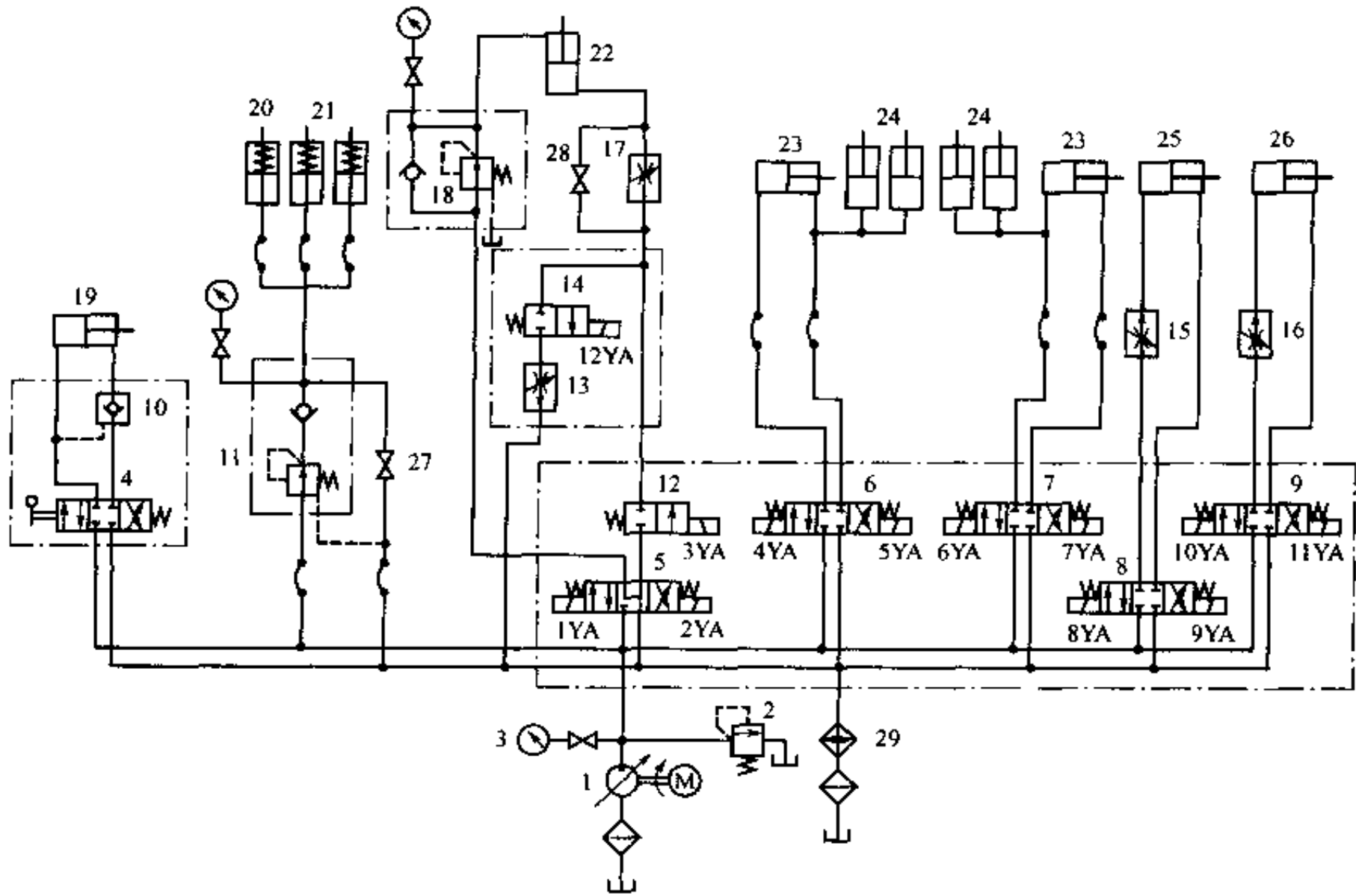


图 2-23 带锯机床液压系统原理图

1—限压式变量叶片泵；2—溢流阀；3—压力表；4—三位四通手动换向阀；5、6、7、8、9—三位四通电磁换向阀；10—液控单向阀；11—减压阀；12、14—二位二通电磁换向阀；13、15、16、17—调速阀；18—单向减压阀；19—锯条张紧缸；20—导向机构锁紧缸；21—锯条导向缸；22—锯架升降缸；23—夹紧缸（前后同）；24—顶起缸（前后同）；25—前卸料缸；26—后送料缸；27、28—截止阀；29—冷却器

通电磁换向阀 9 切换至左位，压力油经阀 9 和调速阀 16 进入后送料缸 26 的无杆腔，实现送料；接着电磁铁 7YA 通电使换向阀 7 切换至右位，压力油经阀 7 进入缸 23 的有杆腔，夹钳松开同时后工作台落下，电磁铁 11YA 通电使换向阀 9 切换至右位，压力油经阀 9 进入缸 26 的有杆腔，后工作台复位。循环动作，至送料设定值（手动送料时缸 26 无杆腔进油后缸 23 无杆腔不必同时进油，即能分别动作）。

接着电磁铁 8YA 通电使换向阀 8 切换至左位，泵 1 的压力油经换向阀 8 和调速阀 15 进入前卸料缸 25 的无杆腔，前工作台移动到位（只有到位后才能启用电磁铁 12YA），电磁铁 4YA 通电使换向阀 6 切换至左位，压力油经阀 6 进入夹紧缸 23 无杆腔，前夹钳夹紧工件；同时，按工件规格，将导向机构调至标定位置，设定减压阀 11 至较合适的低压值，旋紧截止阀 27，锁紧导向机构，并使锯条被导向至与工件相垂直的位置。

锯削时，首先将单向减压阀 18 的压力设定成最低值。电磁铁 3YA 通电，旋开截止阀 28，锯架在自重作用下，快速下降到接近工件时使 3YA 断电，电磁铁 12YA 通电，将调速阀 6 设定成合适开度满足进给工况速度；若自重不够，则同时使电磁铁 1YA 通电，使泵的压力油经单向减压阀 18 进入缸 22 的有杆腔，以加快切割速度。切割时一般不调速，若选定速度不合适，则可在切割后调整。切断工件后，锯架自动升起至合适高度，以保护锯条，并适当旋紧截止阀 28。



然后电磁铁 9YA 通电使换向阀 8 切换至右位, 压力油进入缸 25 的有杆腔, 前工作台退回; 电磁铁 5YA 通电使换向阀 6 切换至右位, 压力油进入缸 23 的有杆腔, 前夹钳松开, 卸下断料; 接着电磁铁 7YA 通电使换向阀 7 切换至右位, 压力油进入缸 23 的有杆腔, 后夹钳松开; 电磁铁 11YA 通电使换向阀 9 切换至右位, 压力油进入缸 26 的有杆腔, 带动后工作台退回, 实现一次完整动作。

### (3) 技术特点

1) 以手动换向阀和液控单向阀来确保锯条在工作中不受油压波动, 锯条始终处于张紧力适当的状态。

2) 夹紧、送料、卸料、锯削进给等以电磁换向阀保证切换平稳和转换精度, 便于计算机控制, 实现自动化。

3) 锯削进给采用“限压式变量泵-调速阀-截止背压阀”式容积节流调速方式、效率高、速度稳定、调速范围较大。

4) 液压系统采用块式集成结构(每一点划线框内为一集成块), 油路通道短, 压力损失小, 所用管件少; 液压装置结构紧凑、体积小、外形美观、便于操纵和维护。

5) 采用冷却器散热, 以便控制因机床工作时间长产生的温升, 有利于改善机床的性能及状态。

6) 该液压系统运行动作迅速准确、性能稳定可靠、发热小、噪声低。

## 2.2.12 冲床液压系统

### (1) 主机的功能结构

JG21Y-160 冲床的滑块由液压缸驱动, 用于工件的冲剪加工, 可以实现滑块快速下降→冲剪下降→快速上升→停止的工作循环。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-24 所示为该冲床的液压系统原理图。系统的油源为定量液压泵 1, 泵的最高压力由先导式溢流阀 2 设定以防系统过载, 泵的卸荷由二位二通电磁换向阀 9 控制, 单向阀 3 用于防止液压油倒灌。系统的执行器为驱动滑块升降的三腔(A、B、C腔)复合液压缸。缸的升降及其运动速度的转换通过二位四通电磁换向阀 4、二位三通电磁换向阀 5 及插装阀 6 和单向阀 7 综合控制。

系统的工作原理如下。

1) 快速下降 电磁铁 1YA 和 3YA 通电使换向阀 9 和 5 切换至左位和右位, 液压泵 1 由卸荷转为供油状态, 泵的压力油经阀 3、阀 5 进入液压缸的小腔 C, A 腔的油液一部分通过阀 6 充入 B 腔, 多余油液也进入缸的 C 腔。此时由于 A、B、C 腔相互连通, 形成差动连接, 所以活塞(杆)驱动滑块快速下降。

2) 冲剪下降 电磁铁 1YA、2YA、3YA 均通电使换向阀 9、4、5 分别切换至左位、右位、右位, 液压泵 1 的压力油经单向阀 3 后分为两路, 一路经阀 5 进入缸的 C 腔, 一路经阀 4 和单向阀 7 进入缸的 B 腔, A 腔的油液经阀 4 排回油箱。此时, 压力油的作用面积为 B 腔与 C 腔面积之和, 因此, 活塞(杆)驱动滑块以较大推力慢速下降实现冲剪加工。

3) 快速上升 电磁铁 3YA 通电、1YA 和 2YA 断电使换向阀 9 仍然处于左位, 而换向阀 4、5 复至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 3 和阀 4 进入缸的 A 腔, 同时导通插装阀 6, B 腔的回油经阀 6 与泵的压力油汇合, 一并进入 A 腔, 同时 C 腔经阀 5 向油箱排油。由于此



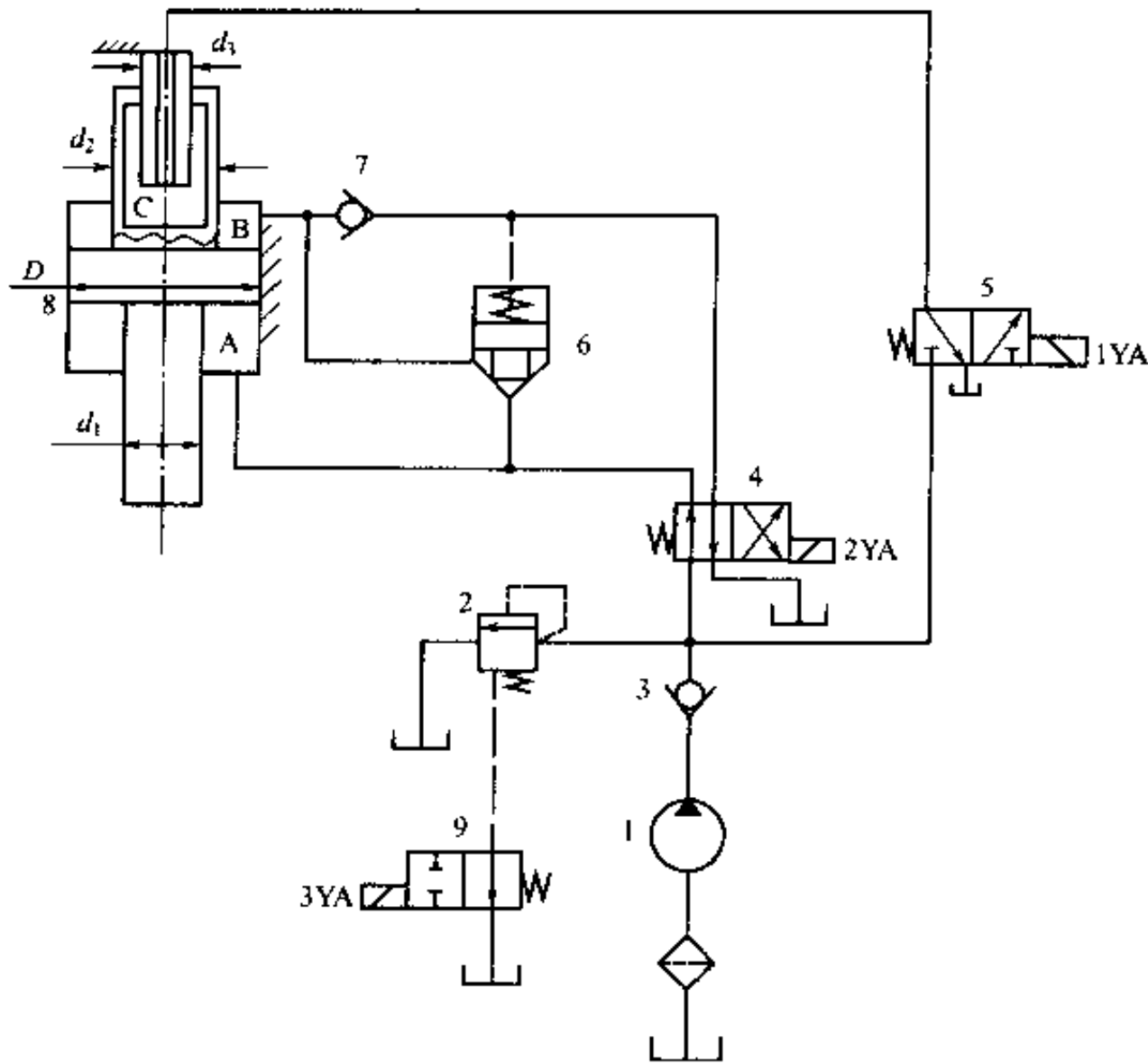


图 2-24 冲床液压系统原理图

1—定量液压泵；2—先导式溢流阀；3、7—单向阀；4—二位四通电磁换向阀；5—二位三通电磁换向阀；6—插装阀；8—三腔复合液压缸；9—二位二通电磁换向阀

时液压缸 A、B 腔差动连接，故活塞（杆）带动滑块快速上升。

4) 停止 系统的所有电磁铁均断电，液压泵卸荷。

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油，通过复合缸在工作循环中的面积变换实现快慢速转换，快速升降双向差动，减小了液压泵的流量规格，液压泵的工作压力跟随负载变化，实现了压力和流量适应，所以降低了液压泵的驱动功率和运行时的能耗和发热。

2) 液压缸由柱塞缸和活塞缸复合而成，活塞缸的空心活塞杆兼作柱塞缸的缸筒，柱塞固定。形成有效面积不等的 A、B、C 三腔，三腔不同组合连通，实现快降、快升差动连接，以小流量获得高速度；工降时作用面积大，获得大的冲剪力。

复合缸的几何条件为

$$d_3 < d_1 < d_2 \quad (2-1)$$

$$d_1 + d_3 < d_2 \quad (2-2)$$

三腔有效面积分别为

$$A_A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_1^2) \quad (2-3)$$

$$A_B = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_2^2) \quad (2-4)$$

$$A_C = \frac{\pi}{4} d_3^2 \quad (2-5)$$

由此可得出各工况液压缸的工作面积和相应的运行速度，如表 2-8 所列。

表 2-8 各工况液压缸的工作面积和相应的运行速度

工 况	三个腔的连通情况	工作面积	运行速度
快速下降	A、B、C 三腔均连通, 形成差动连接	$A_1 = A_B + A_C - A_A = \frac{\pi}{4}(d_1^2 + d_3^2 - d_2^2)$	$v_1 = 4q/\pi(d_1^2 + d_3^2 - d_2^2)$
冲剪下降	B、C 腔连接液压泵, A 腔通油箱	$A_2 = A_B + A_C = \frac{\pi}{4}(D^2 - d_2^2 + d_3^2)$	$v_2 = 4q/\pi(D^2 - d_2^2 + d_3^2)$
快速上升	A、B 腔连接高压油形成差动连接, C 腔通油箱	$A_3 = A_A - A_B = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)$	$v_3 = 4q/\pi(d_2^2 - d_1^2) = v_1$

式 (2-1)~式 (2-5) 和表 2-8 中  $D$ ——活塞直径;

$d_1$ ——下活塞杆直径;

$d_2$ ——上活塞杆直径;

$d_3$ ——柱塞直径。

3) 系统采用了插装阀, 适应了液压缸快速升降时回路内大流量油液的流动要求, 并且具有响应快、冲击小、密封性好的优点。

4) 与一般机械传动冲床相比, 采用此液压系统驱动的冲床结构简单、体积小、成本低、噪声小、工作平稳、易实现过载保护。而且在全工作行程中, 冲剪力均能达到最大值, 特别适用于拉伸加工, 工作频率可与机械冲床相媲美。该冲床液压系统可以推广至具有类似工况的压力加工设备中。

## 2.3 汽车摩托车制造设备液压系统

### 2.3.1 轿车座椅泡沫生产线液压系统

#### (1) 主机功能结构

BORA A<sub>1</sub> 轿车是一种新款轿车。其座椅生产线系从国外引进, 一台浇注机仅带有 4 个台架。为了增加产量, 提高工作效率, 减轻工人劳动强度, 在不增加浇注机数量的同时, 在生产线上增设 8 个生产台架。转台 (生产线基础工作平台) 上沿圆周方向均布 4 个 (或更多) 台架。每个台架在工作过程中有浇注、熟化、清理模具、喷涂脱模剂、放置镶嵌件等不同工位。工作时转台以一定速度旋转, 同时根据不同工位所需时间设置, 由计算机控制间歇时间。转台上的台架 (见图 2-25) 是生产线的重要部件, 主要由液压缸 (合模缸、倾斜缸)、模具 (上模、下模)、汽缸、气袋及支架等组成, 台架的工作过程如图 2-26 所示。

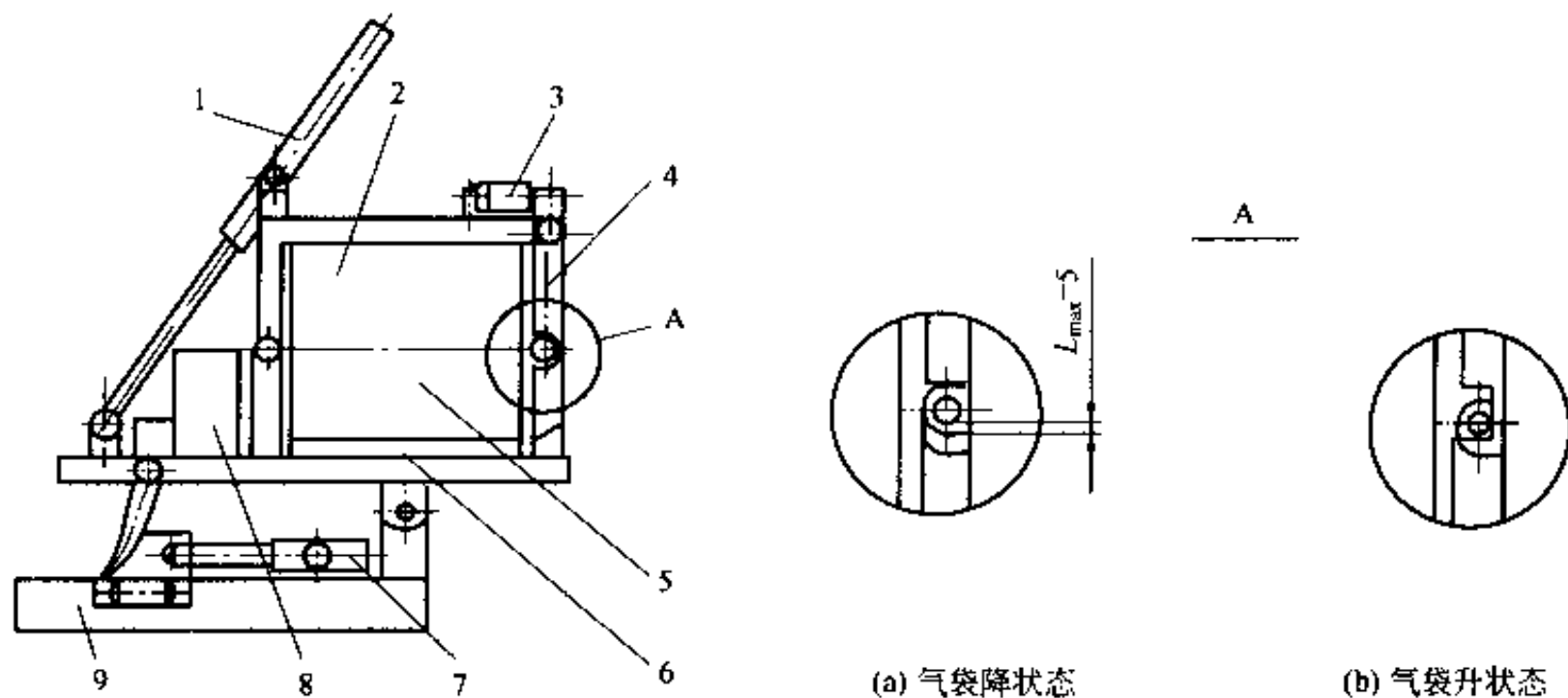


图 2-25 浇注机转台台架结构示意图

1—合模液压缸; 2—上模; 3—汽缸; 4—挂钩; 5—下模; 6—气袋; 7—倾斜液压缸; 8—液压阀组; 9—支架

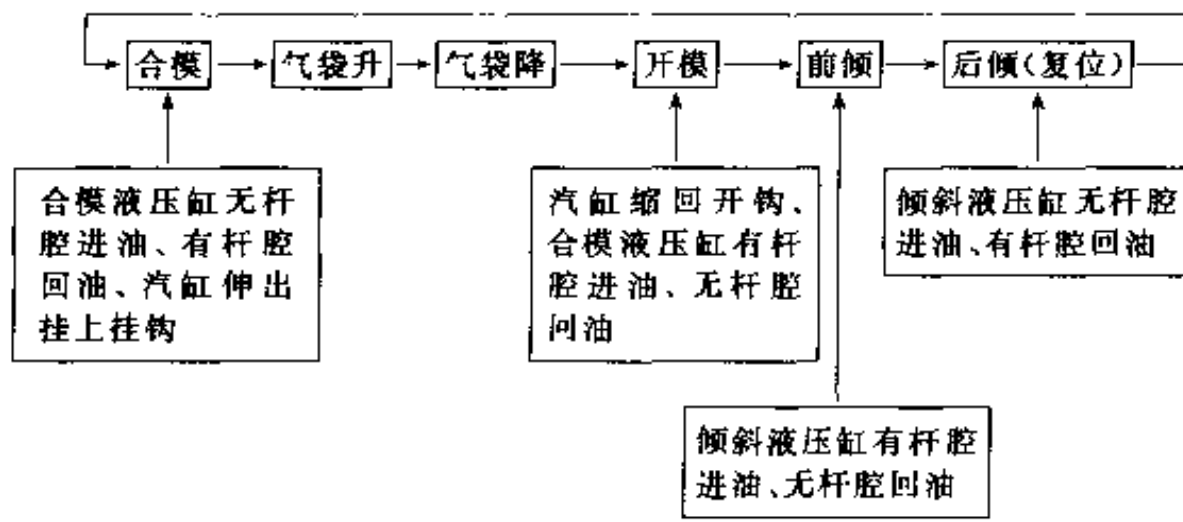


图 2-26 台架工作过程框图

(2) 液压系统及其工作原理

图 2-27 所示为台架的叠加阀式液压系统原理图。该系统的执行器有合模液压缸 13 和倾斜液压缸 12，通过两摞叠加式液压阀组进行控制。缸 12 与缸 13 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 5 和 6 控制；双向液压锁 7 和 8 分别用于实现缸 12 和 13 的锁紧；缸 12 和 13 的进出口设置了双单向节流阀 9 和 10，用于两缸的双向回油节流调速；合模缸 13 的无杆腔油路设有溢流阀 11，以防液压缸过载。其油源为变量液压泵 1，其压力由溢流阀 2 设定并通过压力表及其开关 3 显示。回油路上设有过滤器 4，用于提高油液的清洁度。

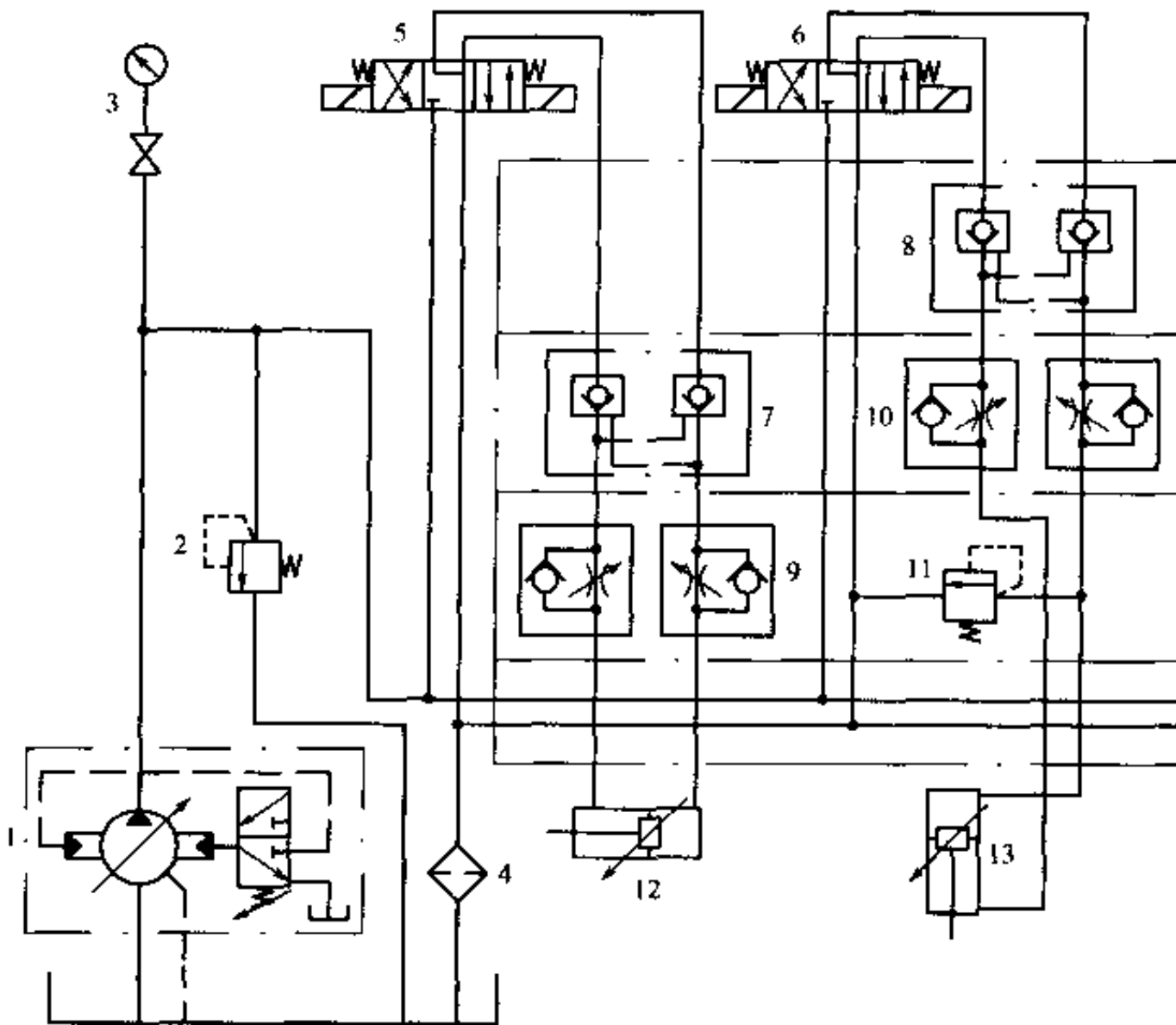


图 2-27 台架液压系统原理图

- 1—变量液压泵；2、11—溢流阀；3—压力表及其开关；4—回油过滤器；5、6—三位四通电磁换向阀；  
7、8—双向液压锁；9、10—双单向节流阀；12—倾斜液压缸；13—合模液压缸

(3) 技术特点

1) 该台架液压系统采用变量泵供油，用两套叠加阀组对两个液压缸实施控制，标准化、通用化、集成化程度高；结构紧凑、体积小、外形整齐美观、使用维护和更换元件方便；系

统运行时压力损失小、稳定性好。

2) 采用 Y 型中位机能的三位四通电磁换向阀, 使液压锁在锁紧液压缸时控制活塞可靠复位, 锁紧可靠。

3) 由于液压锁与单向节流阀组合使用, 为了当液压缸停止运动时, 液压锁能及时关闭, 避免对液压缸产生冲击, 将单向节流阀靠近液压缸设置; 回油节流调速有利于通过背压作用提高液压缸的运动平稳性, 并使热油排回油箱进行热交换。

4) 在合模液压缸无杆腔设置溢流阀, 保证了系统安全。

(4) 技术参数

台架合模液压缸的内径为  $\phi 63\text{mm}$ , 行程为  $530\text{mm}$ , 最大负载为  $15\text{kN}$ 。

### 2.3.2 汽车钣金制带轮旋压机的液压系统

(1) 主机功能结构

钣金制带轮旋压机是为满足汽车工业的需要所研制的专用设备。该机由主机、液压系统和可编程序电控系统三大部分组成。主机为卧式布局 (见图 2-28), 包括主轴箱、旋轮和尾顶等部件。主轴箱 1 由三相异步电机 5 通过带轮及带 6 拖动, 齿轮变速, 离合器置于高速轴输入端; 尾架 4 采用行程可调节液压缸驱动, 保证带轮最终校形时尾顶箱确定位。端部配有可转动接头, 随主轴旋转; 旋轮分预成型轮 2 和校形轮 3, 它们交叉对称分布。

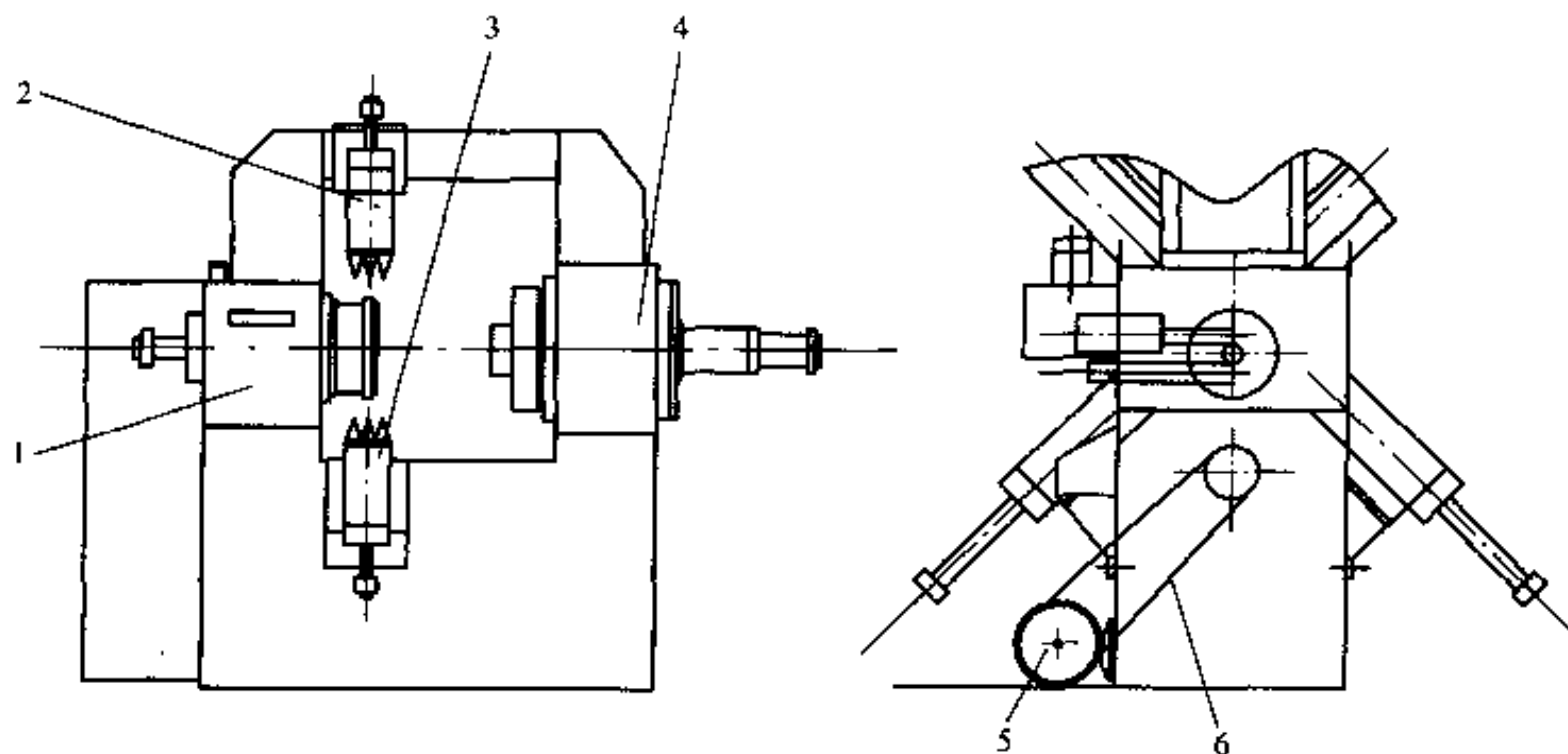


图 2-28 旋压机主机结构示意图

1—主轴箱；2—预成型轮；3—校形轮；4—尾架；5—电机；6—带轮及带

坯经落料、拉伸、冲孔等工序制成如图 2-29(a) 所示的带轮毛坯, 预制毛坯放于主轴与尾架之间, 由主轴和尾架模定位夹紧, 并随主轴一起转动; 两对称预成型轮先将工件旋出凹槽 [见图 2-29(b)] 后返回, 再由另外两对称校形轮将工件旋出规定的槽形。在旋制过程中, 毛坯在尾顶轴向力和旋轮径向力的协调作用下, 使预制毛坯最终被旋制出所需要的带轮成品 [见图 2-29(c)]。

(2) 液压系统及其工作原理

图 2-30 所示为旋压机的液压系统原理图。该系统的 5 个执行器均为双杆活塞液压缸 (其中缸 C1 和 C2 驱动两预成型轮, 缸 C3 和 C4 驱动两校形轮, 缸 C5 驱动尾架)。油源为两台定量液压泵 (叶片泵) 1 和 2 (总驱动功率  $5.5\text{kW}$ ), 工作压力分别由先导式溢流阀 3、4

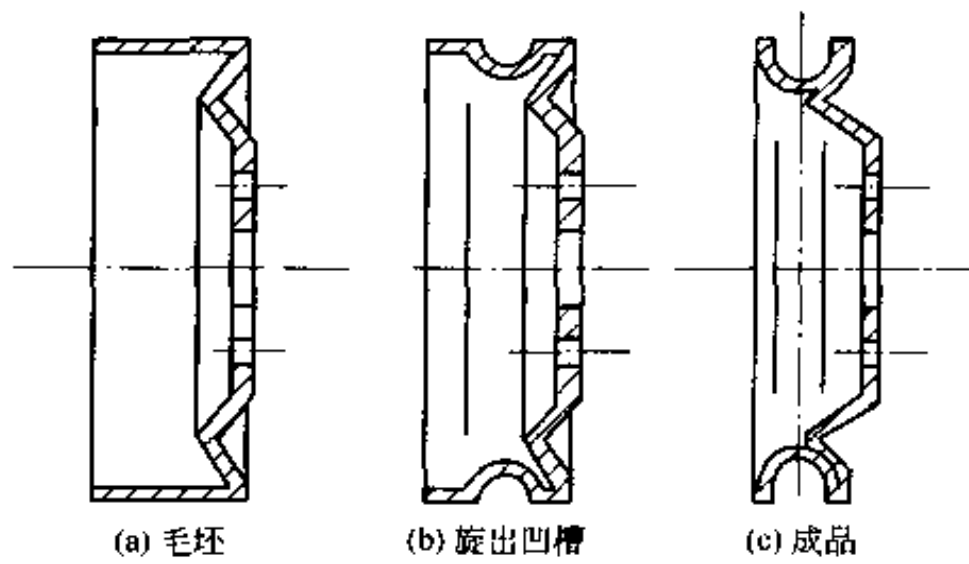


图 2-29 带轮的旋压过程

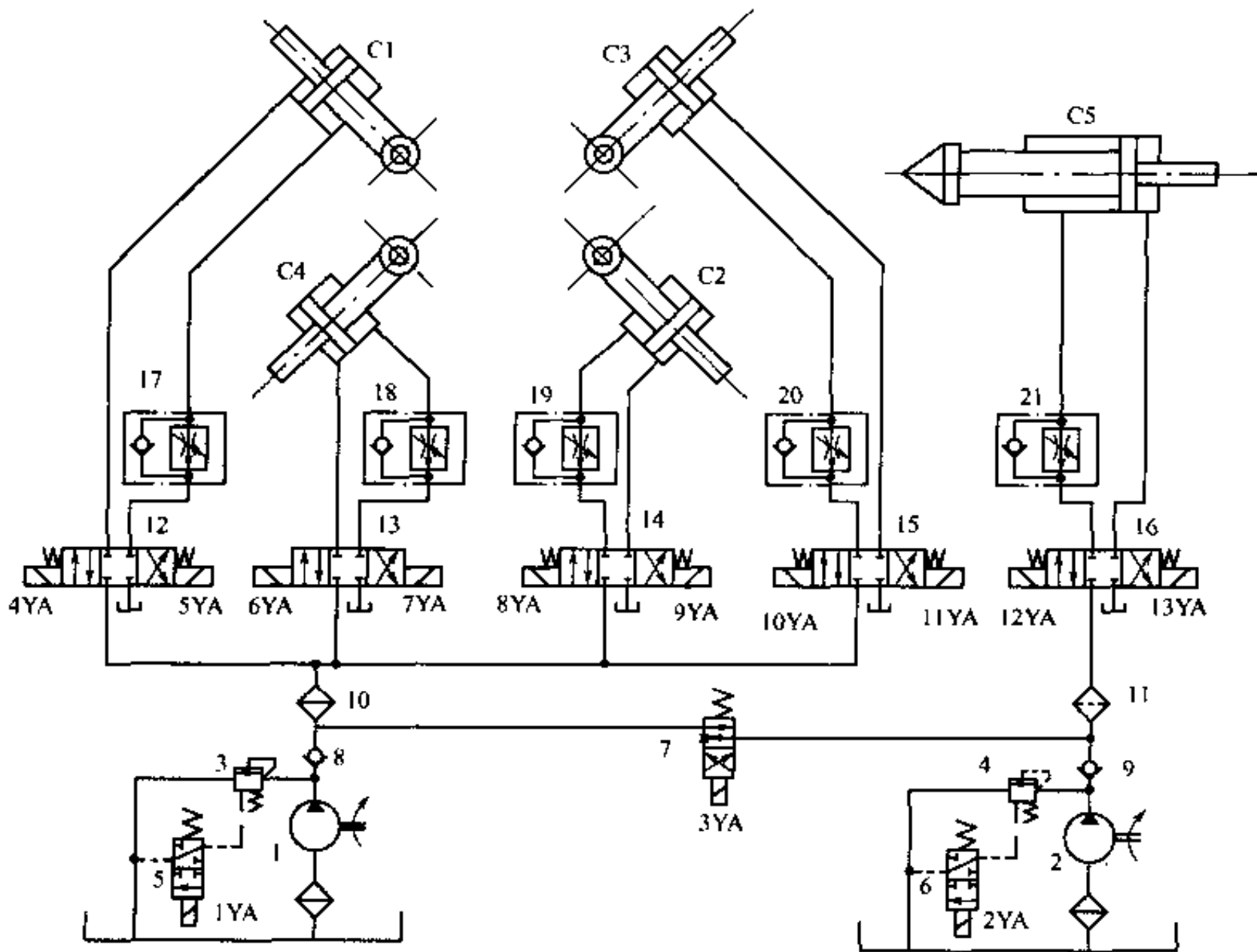


图 2-30 旋压机的液压系统原理图

1、2—定量液压泵；3、4—先导式溢流阀；5、6、7—二位四通电磁换向阀；8、9—单向阀；10、11—精过滤器；  
12、13、14、15、16—三位四通电磁换向阀；17、18、19、20、21—单向调速阀；C1、C2—预成型轮液压缸；  
C3、C4—校形轮液压缸；C5—尾架液压缸

调定，系统可通过二位三通电磁换向阀 5、6 控制升压与卸荷；液压缸 C1~C5 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 12~16 控制，各缸的运动速度分别由各液压缸回油路上设置的单向调速阀 17~21 调节。两泵的合流由二位四通电磁换向阀 7 控制。系统中各换向阀的电磁铁通断电信号由设置在各液压缸行程上的电气行程开关（图中未画出）发出。

系统的工作循环过程如下。电磁铁 1YA，2YA，13YA 通电，压力油进入液压缸 C5 大腔驱动尾架进给，定位夹紧毛坯后，行程开关 SQ1 发信，主轴带动坯料旋转，同时电磁铁 4YA、9YA 通电，压力油进入液压缸 C1 和 C2 大腔（小腔分别经阀 17 和 19 中的调速阀及

换向阀 12 和 14 向油箱排油), 带动两预成型轮进给, 进给速度分别由阀 17 和阀 19 中的调速阀开度决定; 预成型旋压后行程开关 SQ2, SQ3 发信, 电磁铁 4YA、9YA 断电, 5YA, 8YA 通电, 压力油进入液压缸 C1 和 C2 小腔, 带动两预成型轮快速返回; 此时行程开关 SQ4、SQ5 发信, 电磁铁 6YA、11YA 通电, 压力油进入液压缸 C3 和 C4 大腔 (小腔分别经阀 20 和 18 中的调速阀及换向阀 15 和 13 向油箱排油), 带动两校形轮进给, 进给速度分别由阀 20 和阀 18 中的调速阀开度决定; 带轮旋压成型后行程开关 SQ5、SQ6 发信, 电磁铁 6YA、11YA、13YA 同时断电, 7YA、10YA、12YA 同时通电, 压力油进入液压缸 C3 和 C4 及 C5 小腔带动两校形轮及尾顶快速返回, 从而完成一个带轮的旋压成型过程, 整个过程由可编程序控制器 (PLC) 自动控制完成。

### (3) PLC 控制

旋压机采用日本 OMRON 公司的 C60P 型可编程序控制器 (PLC) 实现自动控制。C60P 的输入点和输出点分别为 32 个和 28 个。其控制原理是把输入信号通过 PLC 的 32 个输入端子引入, 利用其内部大量的中间 (辅助) 单元来完成记忆连锁, 互锁等功能, 去控制其 28 个端子的输出, 进而控制 DC24V 继电器的通断, 来控制液压电磁换向阀, 以达到自动控制的目的。

PLC 的软件采用梯形图顺序控制法。系统的一个工作周期被分为顺序相连的若干步, 在各步内, 各输出量的通断状态不变。当 PLC 输出量状态变化时, 系统从原来的步进入新的步。

### (4) 技术特点

1) 与传统的铸造方法相比, 旋压法制造的带轮重量轻、平衡性好、精度高、成本低、生产效率高。

2) 钣金带轮旋压机采用液压传动和 PLC 控制, 工作稳定, 自动化程度高, 不仅能旋制单槽带轮, 还可旋制多槽带轮, 不仅能旋制折叠式的, 还可旋制滚压式的和劈开式的。

3) 旋压机的液压系统采用定量泵供油调速阀回油节流调速方式, 执行器的速度刚性好; 等待期间系统可以卸荷, 减少了功耗与发热; 各液压泵出口设有精过滤器, 保证了进入系统油液的清洁, 提高了系统可靠性。

## 2.3.3 汽缸体封水槽加工机床液压系统

### (1) 主机功能及结构

JF143 型组合机床用于 T6110 系列柴油机的汽缸体最后一道加工工序 (封水槽) 的切削加工。该机床为立式单轴半自动液压驱动机床, 其操作方法有自动和调整两种形式, 夹具为固定式, 加工位置通过夹具内设置的输送带自动移动工件得到。机床采用直接利用工件缸孔本身进行定位的方式, 以达到减少累积误差、提高加工精度的目的。输送结束定位后, 夹具上的浮动滚道落下 (工件), 夹紧液压缸对工件实施夹紧。机床主轴箱顶端装有径向进刀液压缸, 通过推杆 15° 的斜槽, 把径向进刀动力传给镗杆。完成 6 只汽缸体封水槽的加工需重复输送、定位、夹紧、进刀等 6 次动作。机床进给运动由滑台液压缸和径向进刀液压缸完成。机床的工作循环动作为: 输送液压缸带动输送带将工件送入到机床加工位置, 立柱滑台液压缸快进、镗杆进入工件缸孔内实施定位, 由行程开关发信, 滑台转为慢进, 到位后压力继电器发信, 输送退, 浮动滚道落下 (工件), 夹紧工件, 主轴旋转, 径向进刀液压缸工进, 加工封水槽, 工进至镗杆内死挡铁, 径向进刀液压缸快退, 主轴停转, 滑台快退, 松开工

件，浮动滚道抬起。输送带将工件输送 135mm（缸孔间距），重复下一循环（PLC 自动计数），至 6 个缸孔加工结束。

(2) 液压系统及其工作原理

图 2-31 所示为该机床的液压系统原理图。系统的执行器为输送液压缸 C1、滑台液压缸 C2、夹紧液压缸 C3（6 个）、进刀液压缸 C4、抬起液压缸 C5 等 5 种液压缸，由于这些缸按顺序动作，所以系统采用高低压双泵 1-1 和 1-2 供油（最高工作压力由溢流阀 2 设定）。当各执行器轻载快速运动时，两泵同时向系统供油，除进刀液压缸 C4 外，其余各液压缸均为用差动连接，差动液压缸的缸通内径  $D$  与活塞杆内  $d$  径满足  $D = \sqrt{2}d$ ，故可获得相同的快速进退速度；当进给液压缸慢速进给时，仅由小流量泵 1-1 供给高压油，大流量泵 2 在系统压力控制下通过卸荷阀 3 低压卸荷。缸 C1~C5 的运动方向分别由二位四通电磁换向阀 13、14、15、16、17 控制；各液压缸回路的流量分别通过节流阀 5~9 调节；滑台缸 C2 慢速运动通过调速阀 18 回油节流调速；进刀缸 C4 的慢速运动通过调速阀 20 进油节流调速（回油路设置的单向阀 12，用于提供背压力，以消除进给时的爬行现象，提高切削运动的稳定性）。输送缸 C1、滑台缸 C2、夹紧缸 C3、抬起缸 C5 的差动快速动作分别通过二位三通

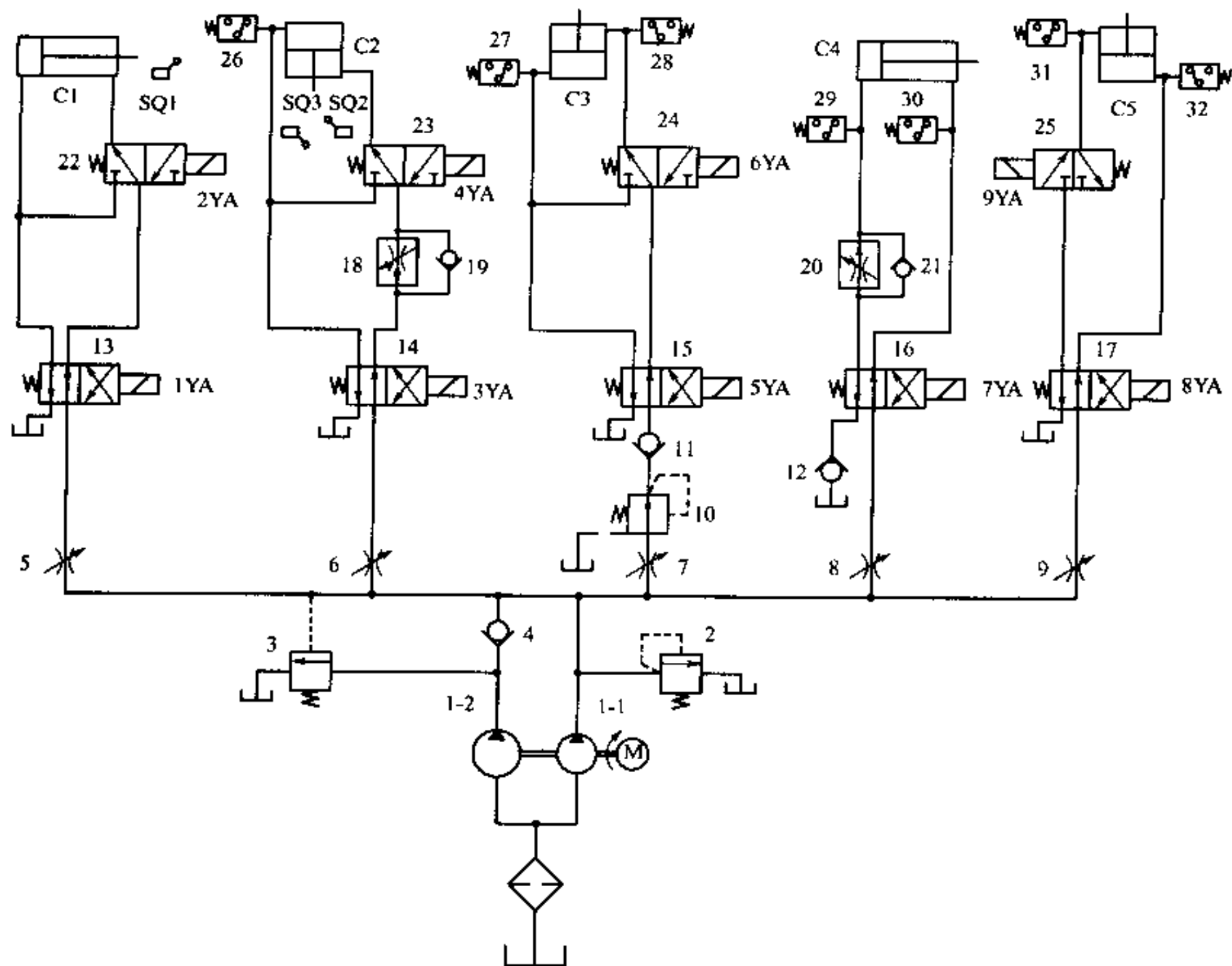


图 2-31 机床液压系统原理图

1-1—高压小流量泵；1-2—低压大流量泵；2—溢流阀；3—远控卸荷阀；4、11、12、19、21—单向阀；5、6、7、8、9—节流阀；10—减压阀；13、14、15、16、17—二位四通电磁换向阀；18、20—调速阀；22、23、24、25—二位三通电磁换向阀；26、27、28、29、30、31、32—压力继电器；C1—输送液压缸；C2—滑台液压缸；C3—夹紧液压缸（6 个）；C4—进刀液压缸；C5—抬起液压缸



电磁换向阀 22~25 控制。减压阀 10 用于调整和设定夹紧缸 C3 的工作压力；压力继电器 26~32 分别用于各液压缸行程到位后的发信，为了克服过于敏感和安装方向引起的误动作，各压力继电器均为可以滤除波动压力的 EYX63-4 型延时压力继电器，以提高系统工作可靠性。

### (3) 技术特点

1) 该机床采用液传动和 PLC 控制，自动化程度高，调整、使用和维护方便。

2) 液压系统采用高低压双泵组合供油和差动液压缸，在保证机床工进运动要求的同时，既可以减少功率损失和油液发热，又可提高系统的可靠性。各液压缸回路设有节流阀，用于调节回路流量；除此之外，滑台缸和进刀缸回路还设有调速阀，用于调节进给速度。

3) 取代了继电接触式系统的中间继电器，时间继电器和计数线路，利用 PLC 控制液压系统各个接点的动作时间，并把每个基本动作分解成几个分步动作，保证了液压系统与电磁铁控制换向阀的换向可靠性和灵活性，提高了机床的工作可靠性和抗干扰能力。

### (4) 技术参数

液压滑台快进速度 3~6m/min；慢进速度 0.1~0.3m/min；输送液压缸速度 0.3~1m/min；径向进刀液压缸速度 0.003~0.006m/min。

## 2.3.4 摩托车车轮压窝冲孔机液压系统

### (1) 主机功能结构

压窝冲孔机是摩托车轮辋生产工序中的重要设备，其功能是在焊接好的钢圈上，先压窝后冲孔（即先拉伸后剪切），亦即压头在轮辋上压出窝后保持不变，冲针前进加工出孔。加工完后，应先退冲头，再退压头。该机采用了液压驱动，液压系统的核心元件是复合液压缸。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-32 所示为压窝冲孔机的液压系统原理图。系统的执行器为复合液压缸（简称复合缸），复合缸的小活塞杆 3 和大活塞杆 5 分别与后活塞 2 和前活塞 4 固连，小活塞杆 3 套装在空心的大活塞杆 5 内，且冲针 9 装在小活塞杆前端，大活塞杆前端装有压窝头 8。缸筒内部设有用于限制后活塞的冲孔位置的垫套 6，以保证轮辋的加工质量。系统的油源为单向变量泵 B，在三位四通电磁换向阀 V2 和二位二通电磁换向阀 V3、V4 的控制下，复合缸驱动压窝头和冲针可完成图 2-32 中所示的对轮辋的压窝、冲孔加工循环。系统的电磁铁动作顺序表见表 2-9。

各工况的油路流动路线如下。

1) 压窝前进 电磁铁 1YA、3YA 通电，其余断电，换向阀 V2 切换至左位，复合缸差动连接，即液压泵 B 的压力油进入复合缸的 a 腔，b 腔的油液反馈至 a 腔，前、后活塞一起左移，压窝头在轮辋上压窝。

2) 冲针前进 压窝完毕时，电磁铁 1YA、4YA 通电，其余断电，泵 B 的压力油进入复合缸的 a 腔，b 腔油液经阀 V4 和 V2 排回油箱。后活塞 2 通过小活塞杆 3 带动冲针 9 前进，冲针在轮辋辘上冲孔，后活塞前进行程由垫套限定。期间，前活塞 4 不动。

3) 冲针后退 冲孔加工完时，电磁铁 2YA、4YA 通电，其余断电，换向阀 V2 切换至右位，压力油经阀 V2、V4 进入复合缸的 b 腔，后活塞通过小活塞杆带动冲针后退，直至冲针缩入压窝头 8 内被限位端面限位。

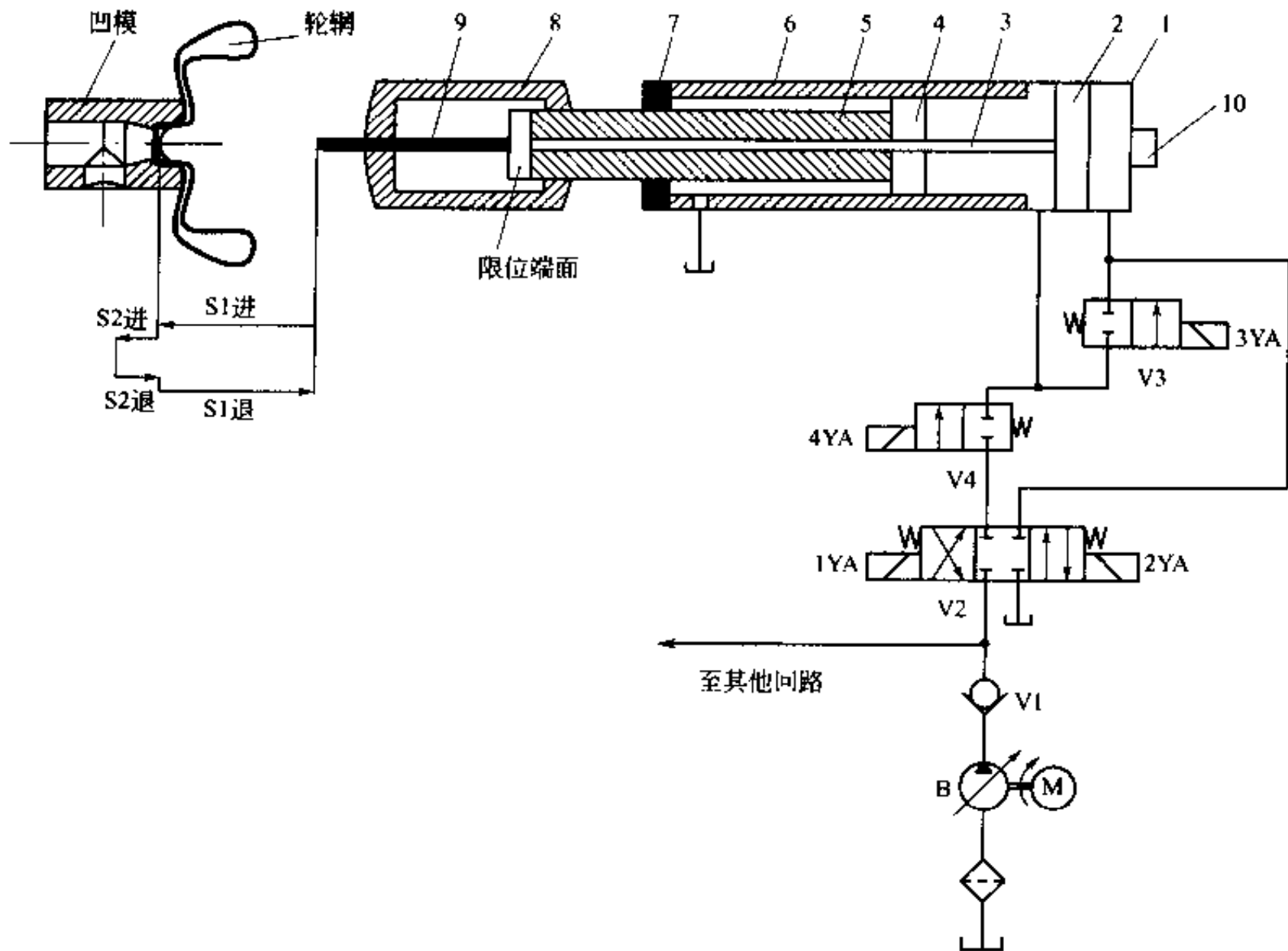


图 2-32 压窝冲孔机液压系统原理图

1—复合缸缸筒；2—后活塞；3—小活塞杆；4—前活塞；5—大活塞杆；6—垫套；7—端盖；8—压窝头；  
 9—冲针；10—接近开关；B—单向变量液压泵；V1—单向阀；V2—三位四通电磁换向阀；  
 V3、V4—二位二通电磁换向阀

表 2-9 液压系统电磁铁动作顺序

动 作	1YA	2YA	3YA	4YA
压窝前进行程 S1	+		+	
冲针前进行程 S2	+			+
冲针后退行程 S2		+		+
压窝后退行程 S1		+		+

4) 压窝后退 冲针缩入压窝头内被限位后，后活塞及小活塞杆拖拉前活塞、大活塞杆和压窝头一同后退，直至装于复合油缸尾部的接近开关 10 检测到信号为止。

(3) 技术特点

1) 压窝冲孔机采用特殊结构的复合缸液压系统，一个执行器可完成压窝和冲孔两个工序，简化了液压系统和主机，提高了产品质量（泡形饱满、冲孔圆整）和生产率。

2) 液压系统采用变量泵供油，通过复合缸工作腔的面变化实现容积调速，节约能量，其工况转换平稳。

(4) 技术参数（见表 2-10）

表 2-10 压窝冲孔机及其液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位
工 件	材料牌号	10F	mm
	材料厚度	1.5	
	冲孔直径	7	
	横截面周边长度	46.8089	
	抗剪强度	280	MPa
	抗拉强度	350	
主 机	压窝拉伸力	12007	N
	冲孔剪切力	15973	
液 压 系 统	供油压力	5.56	MPa
	一个缸要求的液压泵流量	3.33	L/min
复 合 缸	前活塞直径	63	mm
	后活塞直径	72	
	前活塞行程	35	
	后活塞行程	40(=35+5)	

### 2.3.5 农用车发动机连杆销压装液压机液压系统

#### (1) 主机功能结构

机器零件的装配过程中，常常具有轴套类零件的压装工序。压装工序常常安排在装配流水线之间。为了适应装配流水线高速、高效的工序节拍，通常要求压装液压机具有高速（一般可达10m/min）、轻压装力（一般在10~50kN）和节能可靠的性能，而普通液压机虽具有通用性，但其速度和效率往往不能满足要求。本液压机主要用于农用车发动机装配流水线连杆销的压装工作，通过采用定量泵供油的增速缸液压系统，达到了上述要求，在生产中取得了满意的效果。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 2-33 所示为连杆销压装液压机液压系统的原理图。系统的执行器为增速液压缸 13，该缸由大缸（活塞缸）和小缸（柱塞缸）复合而成（柱塞与大缸的缸盖固接），大缸的活塞杆兼作小缸的缸筒，从而形成三个作用面积不同的油腔 A、B 和 C。在同样输入流量情况下，通过改变增速缸的工作腔，即可使增速缸及其驱动的工作机构（压头）得到不同的工作速度，所以系统采用定量液压泵 1 供油。溢流阀 3 用以限定系统的最高工作压力，起安全保护作用。

液压系统完成的工作循环如图 2-34 所示。液压缸带动压头的下行和上升由三位四通电磁换向阀 4 控制，液压泵还可通过阀 4 的 M 型中位机能实现卸荷；系统采用开泵保压方式（保压压力可由先导式溢流阀 11 遥控口连接的溢流阀 10 作远程调压）；释压通过带卸载阀心的液控单向阀 14 实现；溢流阀 7 起背压作用。液压泵的供油压力可通过压力表开关 5 由压力表 6 观测，缸的背压力通过压力表 9 观测。

系统在各工况的油液流动路线如下。

1) 快速下行（接近工件） 电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至左位，液压泵 1 的压力油经换向阀 4 进入增速缸 13 的 A 腔，由于此腔面积较小，所以活塞杆带动压头快速下行，接近工件，同时缸上方设置的副油箱 15 通过液控单向阀 14 向缸的 B 腔充液；缸 C 腔的油液克服溢流阀 7 的背压经阀 4 排回油箱。

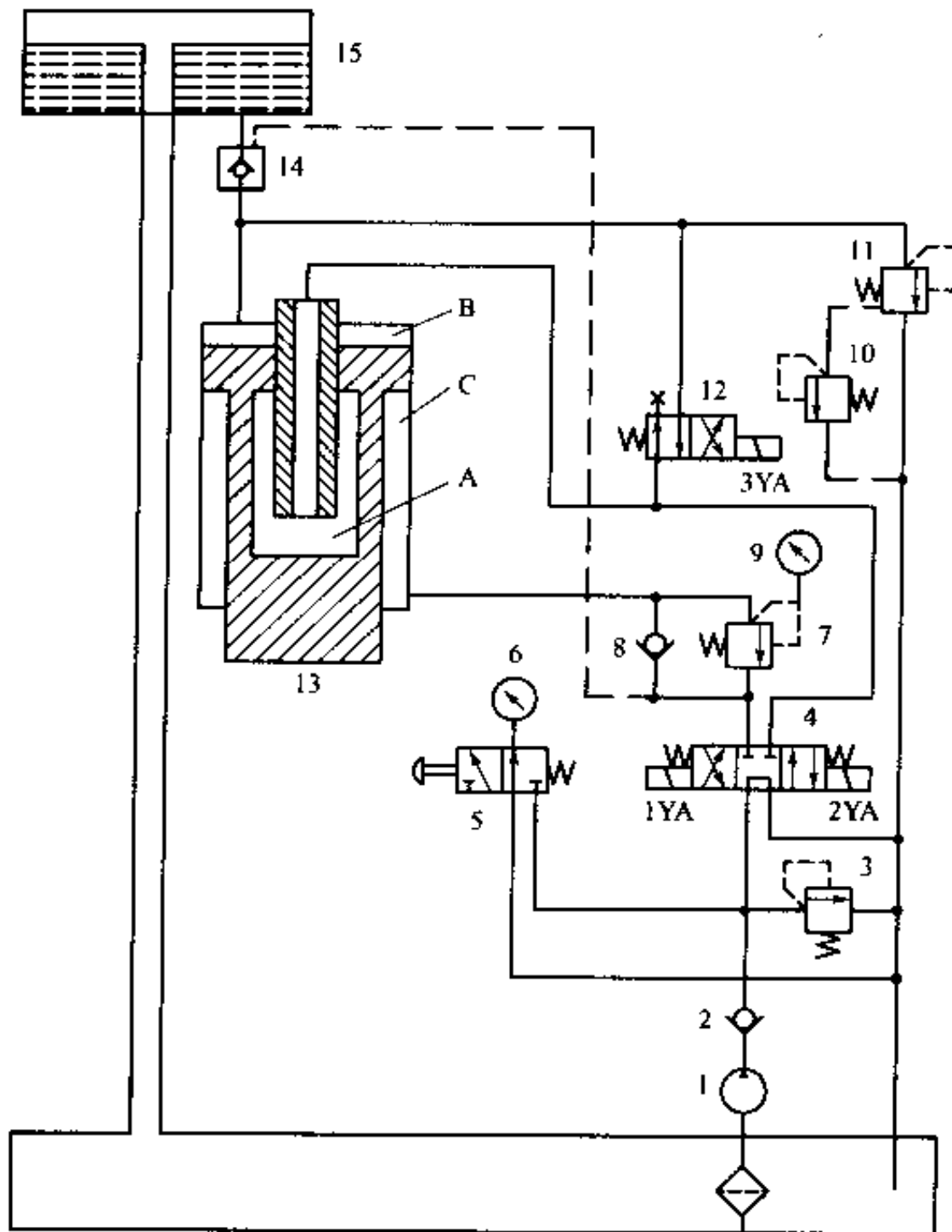


图 2-33 压装液压机液压系统原理图

1—定量液压泵；2、8—单向阀；3—溢流阀；4—三位四通电磁换向阀；5—二位三通手动换向阀；6、9—压力表；7—背压溢流阀；10—远程调压溢流阀；11—先导式溢流阀；12—二位四通电磁换向阀；13—增速液压缸；14—液控单向阀；15—副油箱

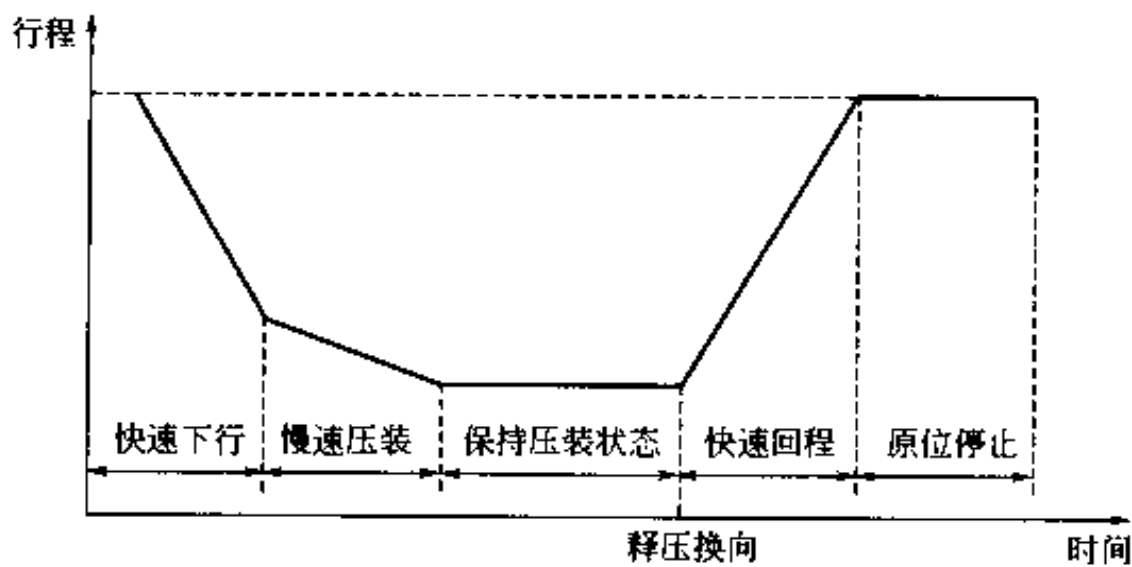


图 2-34 液压机的工作循环

2) 慢速压装 当压头接近工件时，电磁铁 1YA、3YA 通电，换向阀 12 切换至右位，增速缸的 A、B 腔连通，液压泵的压力油同时进入缸的 A 腔和 B 腔，由于 A、B 腔的面积之和即为此时缸的有效作用面积（实质为缸的活塞面积，该面积最大），所以活塞杆带动压头慢速下行，对零件进行压装。缸 C 腔的回油与快速下行时相同。

3) 保压 当工件压到位后, 液压泵继续向缸的 A 腔和 B 腔供油, 系统保压, 使工件保持压装状态, 保压值由溢流阀 9 和 11 设定, 保压过程中, 缸中多余油液经阀 3 高压溢流回主油箱。

4) 释压和快速回程 (上行) 保压结束后, 电磁铁 1YA、3YA 断电, 2YA 通电, 阀 4 和阀 12 分别切换至右位和左位, 液压泵 1 的压力油打开液控单向阀 14 对缸的保压腔释压, 达到一定压力值后液压泵的压力油经阀 4 和阀 8 进入缸的 C 腔, 带动压头快速上行, A 腔的油液直接经阀 4 排回主油箱 16, B 腔的油液经先导打开的液控单向阀 14 返回副油箱 15, 多余的油液经副油箱的溢流腔流回主油箱。

5) 停止 压头返回原位后, 电磁铁 2YA 断电, 阀 4 复至中位, 增速缸停止, 液压泵卸荷, 完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 采用增速缸带动压头工作, 快速进退速度相同; 采用定量泵油源, 液压泵的流量按慢进速度确定 (此流量也是缸的快进流量), 与采用普通液压缸的系统相比, 大大减小了液压泵的流量规格 (见表 2-11) 和驱动功率。三个油腔的面积按负载和快慢速比确定 (增速缸的活塞直径按压装力和所选的液压系统压力确定; 柱塞直径按快慢速比确定; 活塞杆直径按快慢速进流量相同确定)。

2) 取消了节流元件, 系统运行时无过剩流量, 故提高了容积效率; 液压泵的工作压力始终跟随负载压力变化, 且缸快速升、降时管路流速没有增大, 除保压阶段, 压力损失较小 (忽略管路损失)。所以降低了系统运行中无功损耗和发热, 收到了节能效果。

3) 快慢速变化通过增速缸在升降循环中的有效作用面积的变换获得, 加上背压阀的作用, 故速度转换时冲击和振动较小, 工作平稳行较高。

### (4) 技术参数 (见表 2-11)

表 2-11 连杆销压装液压机液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	压装力	40	kN	
	快速升、降速度	7.2	m/min	
	压装速度	1.5		
液压系统	工作压力	7	MPa	
	最大流量	9.6 (普通缸时为 45.8)	L/min	
	液压缸	活塞直径	90	mm
		活塞杆直径	80	
柱塞直径		40		

## 2.3.6 汽车大梁生产线全液压铆接机系统

### (1) 主机功能结构

JMY-31.5A 型全液压铆接机是汽车大梁铆接生产线中的铆接设备 (见图 2-35), 该机由液压站 (包括油箱、电动机、液压发生器等)、电气控制箱、铆钳、铆接动力液压缸、悬吊装置、小车等部分组成。工作过程中, 能实现点动、单行程自动和连续自动。

### (2) 液压系统及其工作原理

该铆接机的液压系统原理图如图 2-36 所示, 该系统的执行器为动力液压缸 9, 油源为定量液压泵 (叶片泵) 1, 泵的最高工作压力由溢流阀 2 设定, 并通过压力表及其开关 3 显示;

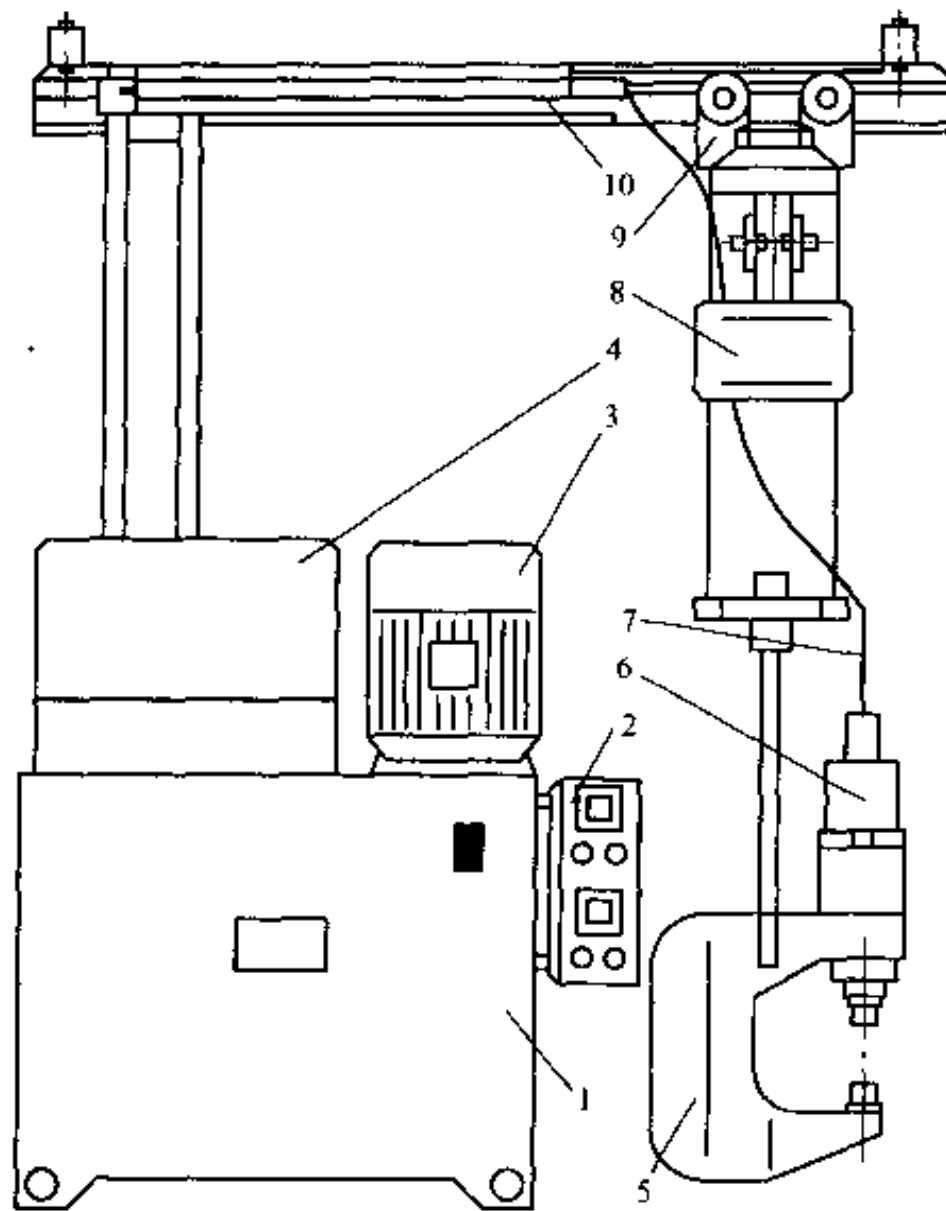


图 2-35 全液压铆接机主机结构示意图

1—油箱；2—电气控制箱；3—电动机；4—液压发生器；5—铆钳；6—液压缸；  
7—油管；8—悬吊装置；9—小车；10—导线

缸 9 的运动方向由三位四通电磁换向阀 4 控制，其 H 型机能中位用于液压泵的卸荷；二位四通电磁换向阀 6 用于控制增压器 7 的往复动作，向动力液压缸提供挤压力所需的高压油；中压压力继电器 SP1 用于控制工作循环中快速进给与工作进给的转换，高压压力继电器 SP2 用来控制工作循环中工作进给、快速退回的转换；液控单向阀 5 用于高低压的隔离；压力继电器由系统按负载转化为压力，发出电信号，通过电控系统中的两只时间继电器控制电磁铁的通断电，从而控制动力液压缸各工况的持续时间，实现工作循环的点动、单行程自动和连续自动控制。

系统的动作原理如下。当电磁铁 1YA 通电时，换向阀 4 切换至左位，液压泵 1 的压力油经换向阀 4、液控单向阀 5 进入动力缸 9 的无杆腔，活塞杆带动工作机构（铆模，见图 2-37 的 12 和 13）快速进给（右行）；当接触工件时，系统压力开始升高，液控单向阀 5 关闭，压力升高至压力继电器 SP1 的设定值时，SP1 发信，使电磁铁 3YA 通电，换向阀 6 切换至右位，液压泵 1 的低压油经阀 4 和阀 12 进入增压器 7 的左腔，推动增压活塞右行，右腔的高压油进入动力缸 9 的无杆腔，缸 9 转为工作进给，对工件进行挤压铆接，随着挤压过程的进行，高压管路的压力继续升高，当压力升高至高压压力继电器 SP2 的设定值时，SP2 发信，使电磁铁 1YA 和 3YA 断电，同时电磁铁 2YA 通电，换向阀 4 切换至右位，阀 6 复至左位，液压泵 1 的压力油经阀 4 进入缸 9 的有杆腔，同时导通液控单向阀 5，缸 9 快速退回，其无杆腔的油液部分进入增压器 7 小腔推动增压活塞向左复位，部分经阀 5 和阀 4 排回油箱。铆接机等待或停止工作时，所有电磁铁断电，换向阀 4 复至中位，液压泵卸荷。

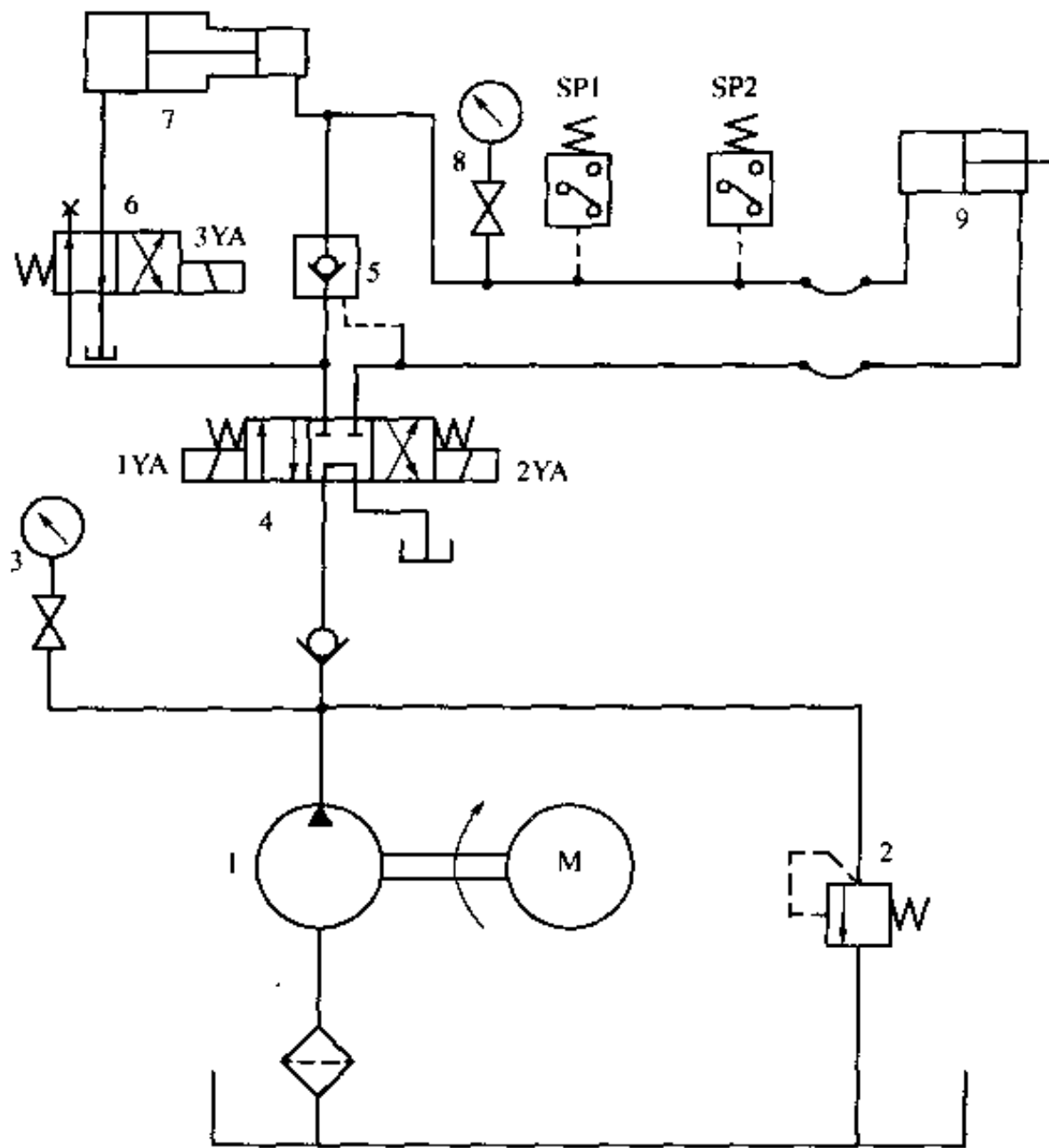


图 2-36 铆接机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3、8—压力表及其开关；4—三位四通电磁换向阀；5—液控单向阀；  
6—二位四通电磁换向阀；7—增压器；9—动力液压缸；SP1、SP2—压力继电器

一个工作循环结束。液压系统的电磁铁动作顺序表见表 2 12。图 3-37 所示为动力液压缸的结构图。

表 1-12 电磁铁动作顺序

动作	1YA	2YA	3YA	SP1	SP2
快速进给	+				
工作进给	+		+	+	
快速退回			+		
停留卸荷					

### (3) 技术特点

1) 该铆接机采用了液压传动和电气控制，铆接力大、工效高、噪声低、振动小、作业安全、减轻了工人劳动轻度。

2) 铆接机的液压系统采用了液压增压技术，用中压液压泵和增压器即可获得挤压所需的较高工作压力，避免了采用价格昂贵的高压泵。

3) 铆接压模装在动力液压缸的活塞杆端部，缸筒设有可手持的滚花中空手柄（内装电磁阀按钮），方便了压模更换和自动控制。

4) 液压装置采用液压站结构形式，板式液压阀装在一个集成块的四个侧面上，进排油管路布置在集成块下面，输出、回油管路布置在集成块顶面；增压器为分离结构，集成块体



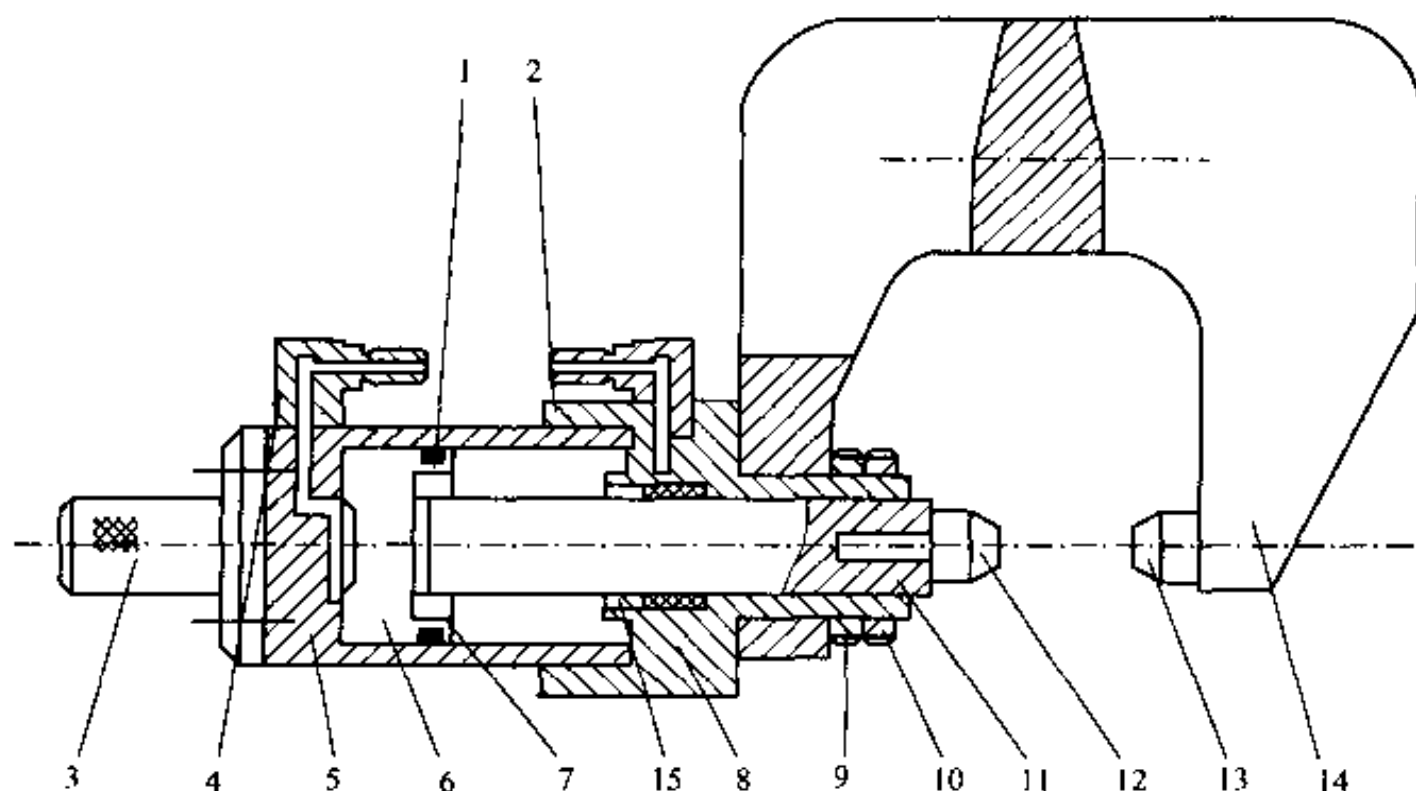


图 2-37 动力液压缸结构示意图

- 1—Y<sub>x</sub> 型密封圈；2—压紧螺母；3—滚花手柄；4—管接头；5—液压缸缸筒；6—活塞；  
7—压环；8—V 形密封圈；9—固定螺母；10—缸盖；11—活塞杆；12—上镦模；  
13—下镦模；14—弓臂；15—紧固螺母

兼作增压器高压小缸，大缸单独制作，小缸和大缸通过螺钉连为一体。液压装置结构紧凑、整齐美观、装配维护方便。

(4) 技术参数 (见表 2-13)

表 2-13 镦接机及其液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	镦钉材质	16Mn		
	镦钉最大直径	13(冷镦)	mm	
		20(热镦)		
	公称镦接力	315	kN	
镦接速度	15~20	次/min		
液压系统	液压泵压力	6.3	MPa	
	增压后最高压力	31.5		
	增压器	设计增压比	5	mm
		大缸内径	115	
		小缸内径	50	
油箱容积	350,400,500 任选		L	

2.3.7 无内胎铝合金车轮气密性检测机液压系统

(1) 主机功能结构

无内胎铝合金车轮质量轻、耐腐蚀、外形美观、寿命长，不会出现车胎爆裂等突发事件，因此在摩托车及小型汽车中获得广泛的应用。影响无内胎铝合金车轮制造质量的因素主要有两平面的平面度及毛坯的气孔裂纹等缺陷，而主要的检测项目是气密性能。本检测机主要用于检测无内胎铝合金摩托车车轮的气密性，同时兼顾小型汽车无内胎铝合金车轮的气密性检测。该机由钢架车轮夹紧机构、水箱、液压系统、气路及电控制等部分组成。

(2) 液压系统及其工作原理

图 2-38 所示为该检测机的液压系统原理图。系统的执行器为夹紧液压缸 12 和升降液压缸 13。其中，缸 12 用于无内胎铝合金车轮的夹紧，并可对车轮的轻微变形进行校平；缸 13 为升降液压缸，用于无内胎铝合金车轮在主机水箱中的进水和出水；两缸的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 6 和 7 控制，并采用单向阀 4 隔离两缸回路，以防相互干扰。两缸分别采用单向调速阀 10 和 11 进行回油节流调速；缸 13 的工作压力由减压阀 5 设定。两缸的动作顺序采用压力继电器 8、9 联动发信的压力控制方式进行控制。系统的油源为限压式变量叶片泵 1，泵的最高压力由先导式溢流阀 2 限定，以防系统过载，二位二通电磁换向阀 3 用于控制泵的卸荷与升压。系统的供油压力  $p_1$  以及减压阀 5 出口压力  $p_3$ 、压力继电器 8 的设定压力  $p_2$ 、压力继电器 9 的设定压力  $p_4$  通过压力表 14 观测。

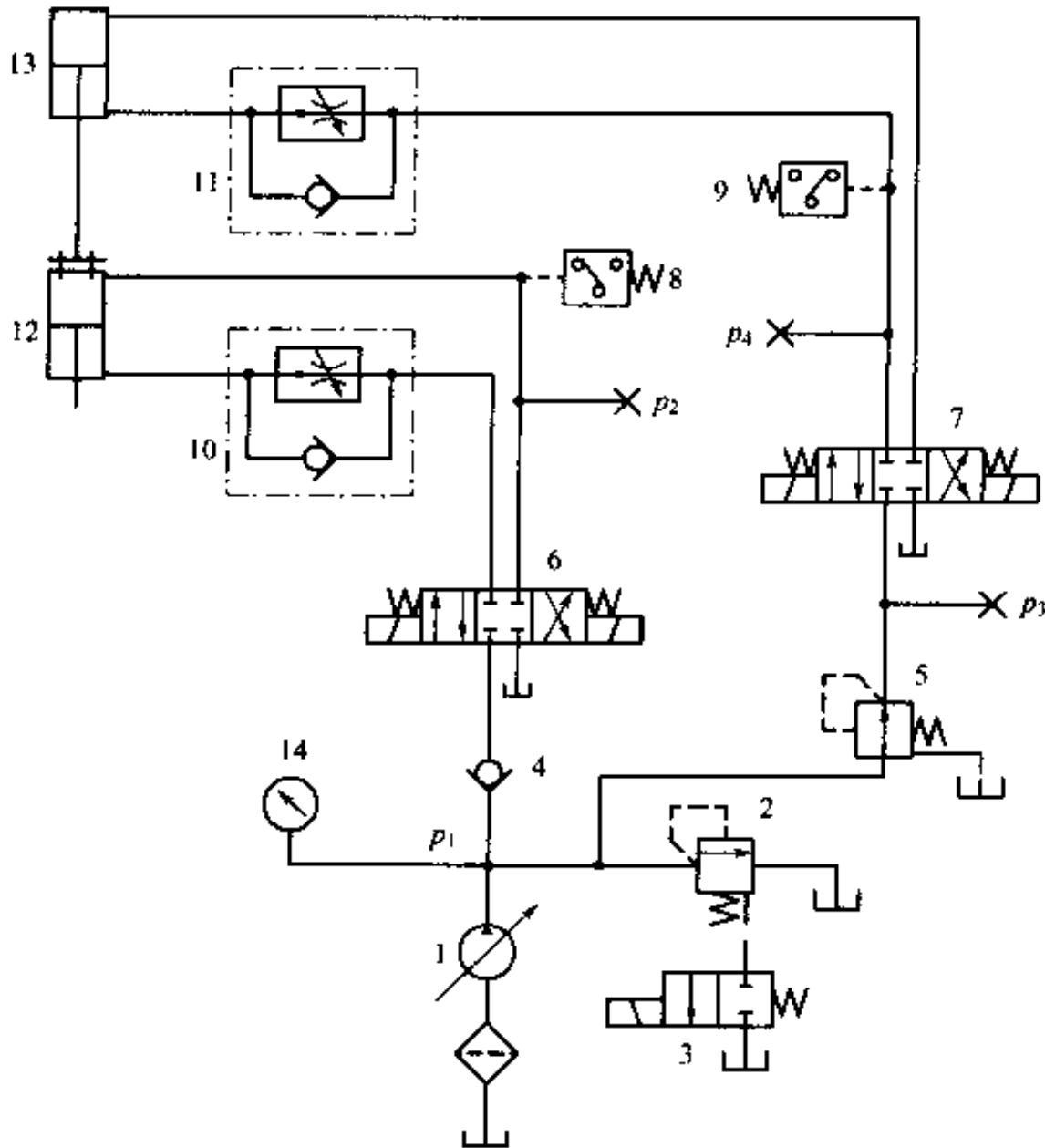


图 2-38 检测机的液压系统原理图

- 1—限压式变量叶片泵；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—单向阀；5—减压阀；  
6、7—三位四通电磁换向阀；8、9—压力继电器；10、11—单向调速阀；12—夹紧液压缸；  
13—升降液压缸；14—压力表

### (3) 技术特点

- 1) 该检测机的液压系统采用变量泵供油和回油节流的定压容积-节流调速方式，泵的输出流量与负载流量相匹配，容积效率较高（但缸在低速、小负载下运行时，系统效率较低）。
- 2) 系统采用压力控制方式实现双缸间的动作顺序控制。
- 3) 液压系统油路简洁，使用元件少；在结构上系统采用上置式液压站形式，液压控制元件采用块式集成并置于油箱顶盖上，外形整齐美观，便于使用调整与维护，液压站与主机隔离保证无内胎铝合金车轮在检测中不受油液污染腐蚀，符合环保生产条件。

### (4) 技术参数

该检测机液压系统的液压泵为 YBN-40N-B 型限压式变量叶片泵，其调压范围为 2.0~7.0MPa；流量为 37.5L/min（1500r/min 时）；最高转速为 1800r/min，最低转速为 600r/min。

### 2.3.8 汽车变速箱液压加载试验台系统

#### (1) 试验台的功能结构

变速箱是汽车中的重要部件。通常，在出厂前，都要做出厂试验（包括空载试验、加载试验）。根据加载部件的不同，加载试验分为液压加载和电加载。当加载元件是液压泵时，则称为液压加载。本试验台为液压加载，用于东风变速箱有限公司的 K6 挡汽车变速箱的出厂加载试验，适用的变速箱型号有 17K17-0003，17B13B-0003，17F40-0003 等，通过加载试验，可以鉴别被检测变速箱的缺陷，提高变速箱的出厂合格率。

试验台（见图 2-39）主要由主电动机、台体、行走小车、加载系统（包括加载液压泵等）等部分构成。试验台的工作动力来自电动机，由主电机驱动变速箱，再驱动加载液压泵，从而实现变速箱的加载。试验台能量转换的过程为：电能→电动机机械能→液压系统（泵、管路、溢流阀）热能，加载能量以热的形式消耗，所以液压加载本质是能耗加载。

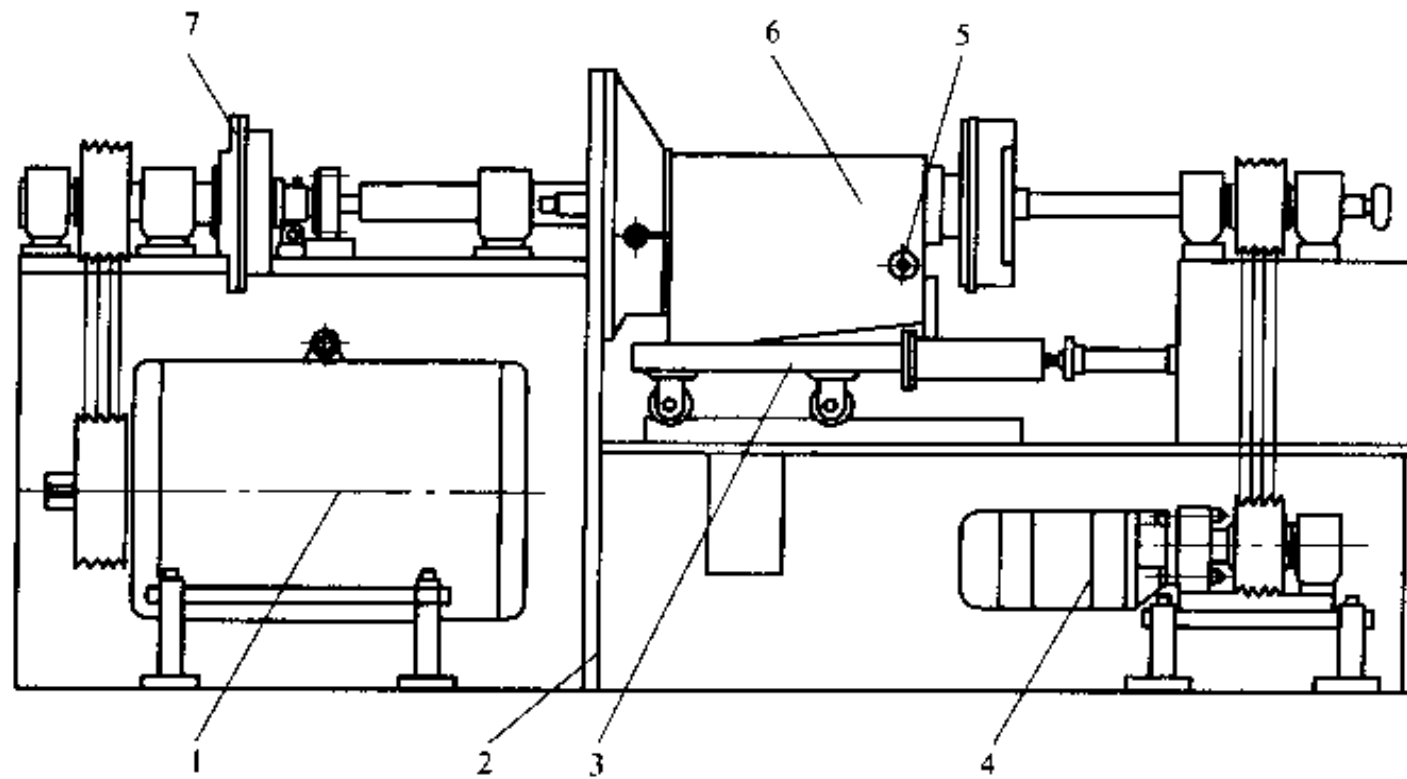


图 2-39 试验台结构示意图

1—主电动机；2—台体；3—行走小车；4—加载系统；5—润滑油注入口；6—被检工件；7—离合器

台体是变速箱试验台中的重要部件，变速箱在台体上的定位机构、夹紧机构及加载系统的离合器、传动轴、液压泵等都安装在台体上。行走小车的作用是移动变速箱并辅助台体定位、夹紧变速箱。变速箱在试验过程中需要有足够的润滑油，以保证变速箱中的齿轮等在试验过程中处于良好的润滑状态，为此试验台配备了润滑系统。润滑系统由输油泵、注油枪、气动油塞、滤油装置等组成，调节气动油塞与变速箱放油口间的距离及输油泵的压力可保证加载过程中变速箱中的润滑油在保持足够油量情况下循环注油；设备共用了 5 个汽缸，分别完成注油枪的前进/后退，离合器的开/合，变速箱润滑油的封堵/排放，小车的拉出、变速箱在台体上的锁紧等动作。试验台的电气控制采用可编程序控制器（PLC），完成系统的自动控制与安全保护，为了方便操作，配有操作面板箱及脚踏电气开关。

#### (2) 液压加载原理

试验台的液压加载系统原理图如图 2-40 所示。试验台体上的电动机通过皮带把动力传

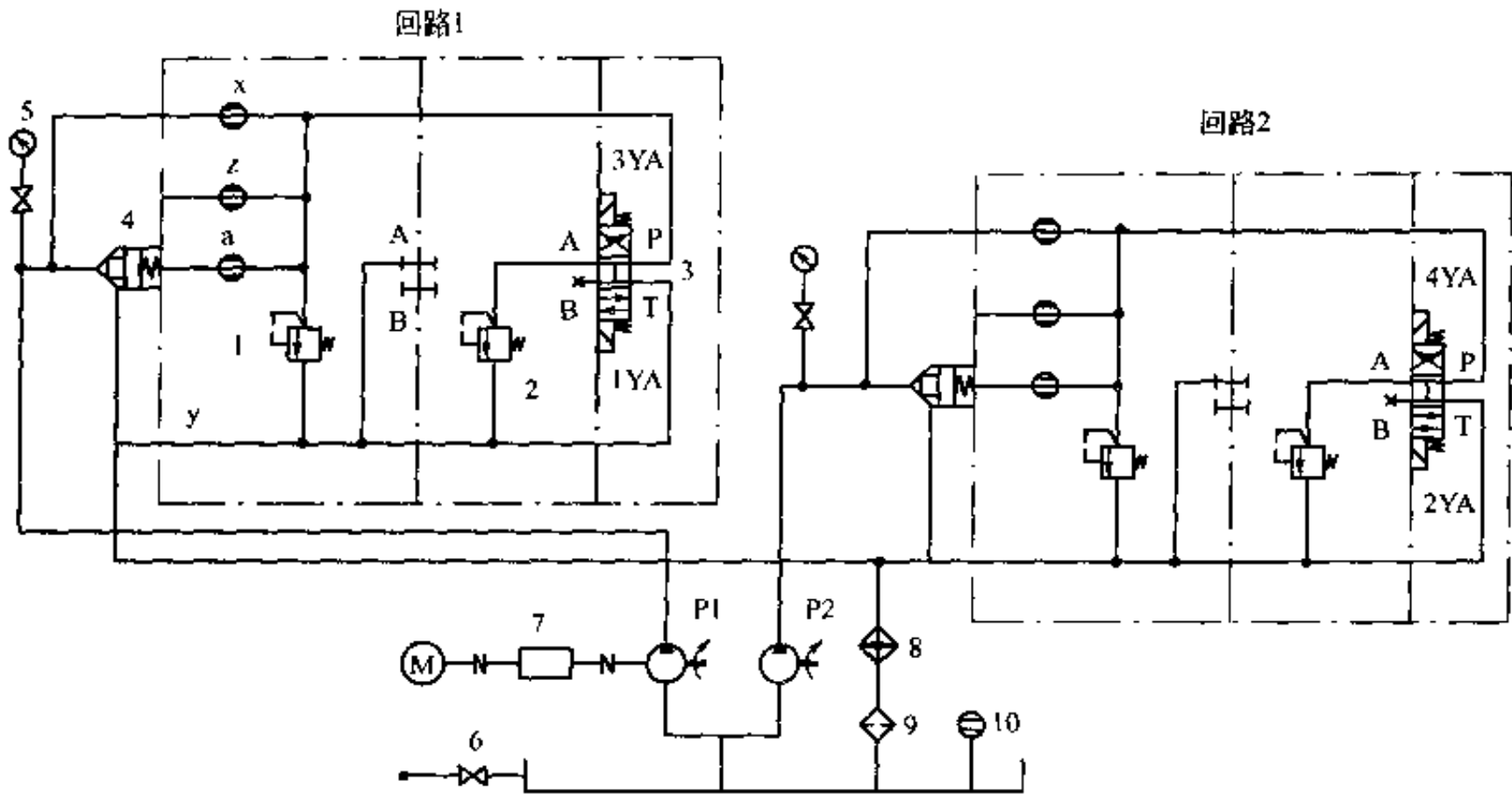


图 2-40 试验台液压加载系统原理图

- 1、2—先导调压溢流阀；3—三位四通电磁换向阀；4—插装阀；5—压力表；  
6—放油口；7—变速箱；8—冷却器；9—过滤器；10—液位计

到离合器，再通过变速箱驱动液压泵，载荷由液压系统设定。液压系统为双定量液压泵（P1 和 P2）双回路形式，两个回路具有相同的油路结构，即都采用插装阀及其先导调压阀和三位四通电磁换向阀构成加压溢流阀，以使油路获得稳定的输出压力。

以回路 1 为例说明系统的液压加载的原理（回路 2 的加载原理与此完全相同）。回路中三位四通电磁换向阀 3 的电磁铁 1YA 和 3YA 的三种通断电组合（1YA 通电，3YA 断电；1YA 断电，3YA 通电；1YA 断电，3YA 断电），可以给系统提供三级压力。压力值可以通过压力表 5 读出。通过调整两个先导调压溢流阀 1 和 2 即可调节和设定回路压力。

由于电动机的转速恒定，变速箱 7 等各传动环节的变速比是固定的，对应变速箱不同的挡位，液压泵的输入转速是确定的，所以定量泵供油的加载液压回路的流量是确定的。只要测得液压回路的压力、流量，液压加载功率  $P$  和扭矩  $T$  便可以分别用式 (2-6) 和式 (2-7) 算出。

$$P = \frac{pq}{612\eta_v} = \frac{(p_i + \Delta p)Vn}{612\eta_v} \quad (2-6)$$

$$T = \frac{9550P}{n} \quad (2-7)$$

- 式中  $P$ ——液压加载功率，kW；  
 $p$ ——液压泵出口压力，Pa；  
 $q$ ——液压泵排量， $\text{m}^3/\text{min}$ ；  
 $\eta_v$ ——液压泵的容积效率，无量纲；  
 $p_i$ ——溢流阀设定压力，Pa；  
 $\Delta p$ ——管路沿程压力损失，Pa；  
 $V$ ——液压泵排量， $\text{m}^3/\text{r}$ ；  
 $n$ ——液压泵转速， $\text{r}/\text{min}$ ；

$T$ ——扭矩,  $N \cdot m$ 。

压力加载分两级, 用手动切换。作为示例, 表 2-14 给出了 17K17 型变速箱的一级加载和二级加载的功率、扭矩。

表 2-14 17K17 型变速箱加载功率和扭矩

挡 位		1	2	3	4	5	6
一级加载	压力 1/MPa	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	压力 2/MPa	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	变速箱输出 转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	370	572	896	1394	2080	2623
	加载功率/kW	5.41	8.65	12.97	19.46	28.11	36.75
	加载扭矩/ $N \cdot m$	123	123	123	123	123	123
二级加载	压力 1/MPa	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	压力 2/MPa	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	变速箱输出转速/ $r \cdot \text{min}^{-1}$	370	572	896	1394	2080	2623
	加载功率/kW	10.81	1.81	12.97	19.46	28.11	36.75
	加载扭矩/ $N \cdot m$	280	280	123	123	123	123

### (3) 技术特点

1) 试验台采用液压加载和 PLC 控制, 通过加载试验, 可以发现汽车变速箱制造和安装过程中的缺陷, 提高变速箱产品的合格率。

2) 液压加载方案, 加载功率大、成本低, 其他部件的试验也可借鉴参考使用。

3) 液压系统采用双泵双回路方案, 插装阀配二级先导调压溢流阀加电磁换向阀获取三级压力, 系统结构简单。

### (4) 技术参数

试验台总重: 约 20kN。

液压泵排量: 大泵 (回路 1) 100mL/r, 小泵 (回路 2) 80mL/r。

可编程序控制器 (PLC): FX2N-48MR。

## 2.3.9 内燃机机体泄漏检测专机液压控制系统

### (1) 主机功能结构

该专机用于内燃机自动生产线中机体粗加工后的油道、水道泄漏的自动、快速检测, 以提高内燃发动机的制造质量。机器的生产纲领为 10 万台/年, 生产节拍为 2min/件。其技术要求为: 油压试验机需堵孔数 22 个, 大小不一; 分布在凸轮轴轴承孔表面, 曲轴轴承孔半圆弧面, 机体的上、下、左、右和后面; 水压试验机需堵孔数 26 个, 以及一个 225mm×120mm 的面, 分布在缸体的左、右、前和上面。机床上料高度 1120mm, 机体上面面向下, 由辊道输入、输出。

该专机由机械、液压、PLC 控制及单片微机检测系统 4 部分组成。机械部分由焊接床身、4 根不锈钢立柱、水箱罩、储水箱、机体定位夹紧机构、堵漏机构、机械手行走小车及滚道构成, 液压缸置于立柱和小车上。液压站由油箱部件、电动机部件、液压发生器部件和各类控制阀组成。单片机及 PLC 组成的测控系统置于控制柜内。

该机的检测原理如图 2-41 所示。泄漏检测采用比较测试法, 即用放在专机旁的堵好的合格品作为标准机体, 同时向被检测机体和标准机体充气、加压、保压、延时检测。设二者充气压力均为  $p_0$ , 停止充气后, 随着保压延时, 标准机体压力仍为  $p_0$ 。被检机体压力  $p_x$  随

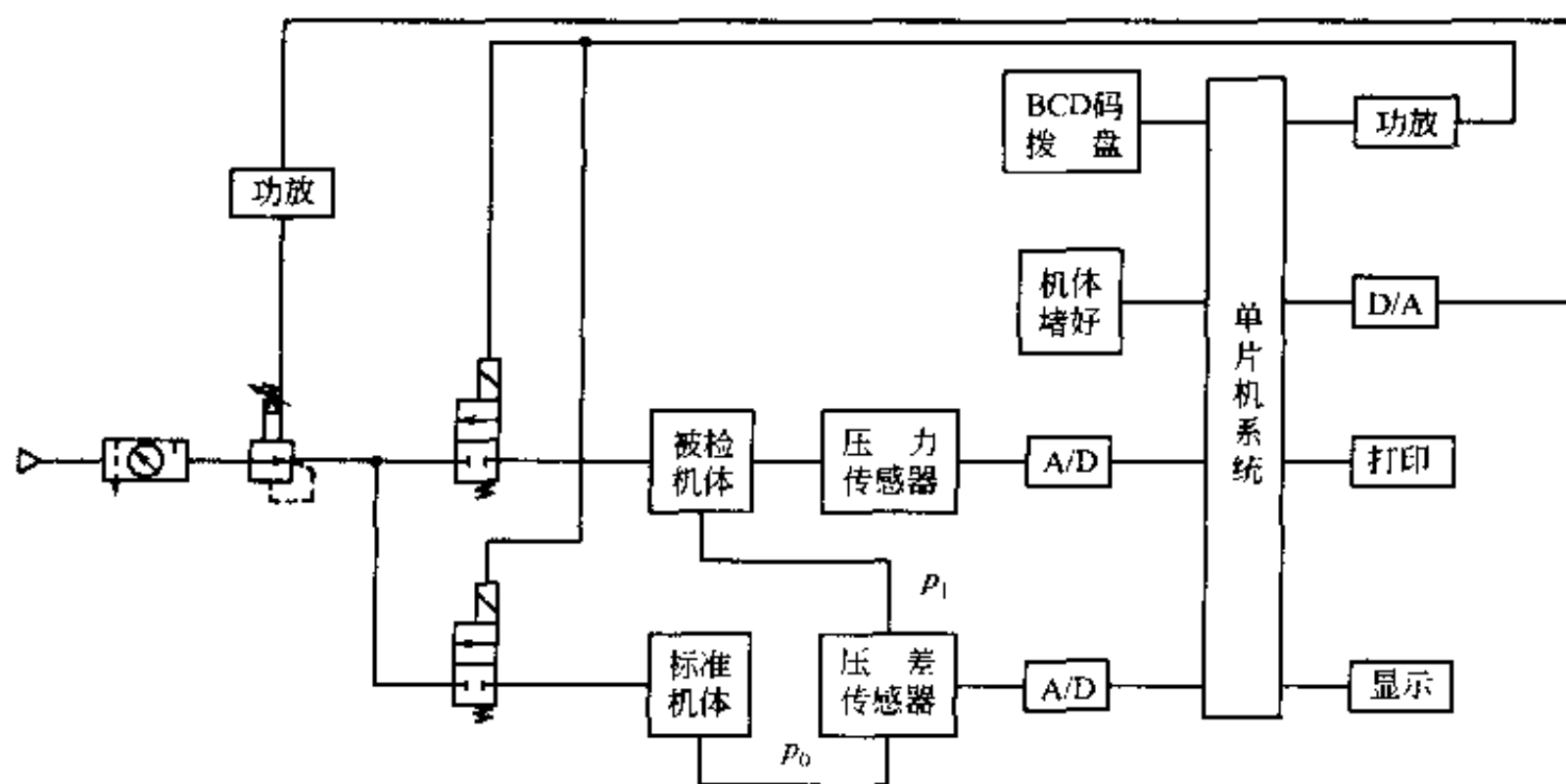


图 2-41 检测原理

泄漏情况不同而发生变化。若被检机体绝对无泄漏，则其压差  $\Delta p = p_0 - p_x = 0$ ；若有泄漏，则  $\Delta p > 0$ 。根据要求，规定压差  $\Delta p \leq \Delta$  为合格品，否则为不合格品。在规定时间内检测  $\Delta p$  值的大小，即可判断被测机体的泄漏情况。

被检机体由 PLC 控制专机上的液压机械手从辊道上自动抓入、定位、夹紧，用一套堵孔机构实现快速可靠堵孔。机体堵好后，PLC 给单片机发信，单片机发出信号，经 D/A 转换和功率放大，接通比例阀和二位二通电磁阀，气源经它们向被检机体充气。当压力达到规定值时，微机关断电磁阀，定时、保压检测。由于泄漏，机体油道（水道）气压压差值逐渐增大，压差值由传感器检测，微机实时采集、显示。微机根据系统时钟，保压时间一到，即给出压差值  $\Delta p$  并与规定值比较，判断机体是否合格，并将判断结果送给 PLC，然后 PLC 按合格、不合格的规定程序进行处理。

### (2) 液压系统及其工作原理

该专机的油压试验液压系统和水压试验液压系统的组成和原理分述如下。

1) 油压试验液压系统（见图 2-42） 该系统的执行器包括左堵孔液压缸、右堵孔液压缸、前端堵孔液压缸、夹紧液压缸、举升液压缸、抓举液压缸、接件液压缸和限位液压缸等 8 个液压缸。其中，抓举缸 23、举升缸 22 和机体接送缸 24 主要用于控制机械手，以便被检机体在专机外的辊道上输入专机。各液压缸均采用三位四通电磁换向阀（阀 7~10、16、17）换向。系统的油源为定量液压泵 2，系统最高压力（夹紧缸所需压力）由先导式溢流阀 3 设定，并可通过压力表 4 观测；二位二通电磁换向阀 6 用于等待期间使液压泵 2 卸荷。为了防止多缸顺序动作时的干扰问题，在机械手举升缸和抓取缸回路中，设有液控单向阀 14 和 15，以防油液倒流；在堵孔缸回路中，由于所需的压力较小，所以使用了减压阀 11 加单向阀 13 的保压回路，减压阀出口压力可通过压力表 12 观测。

2) 水压试验液压系统（见图 2-43） 该系统的组成及工作原理与油压试验液压系统相同，可参照进行分析。

### (3) PLC 控制及检测系统

该专机的油压检测和水压检测均通过 PLC 和控制电路进行控制。PLC 采用 OMRON-C40P 型可编程序控制器，其基本单元的输入和输出点分别有 24 点和 16 点；电源电压为

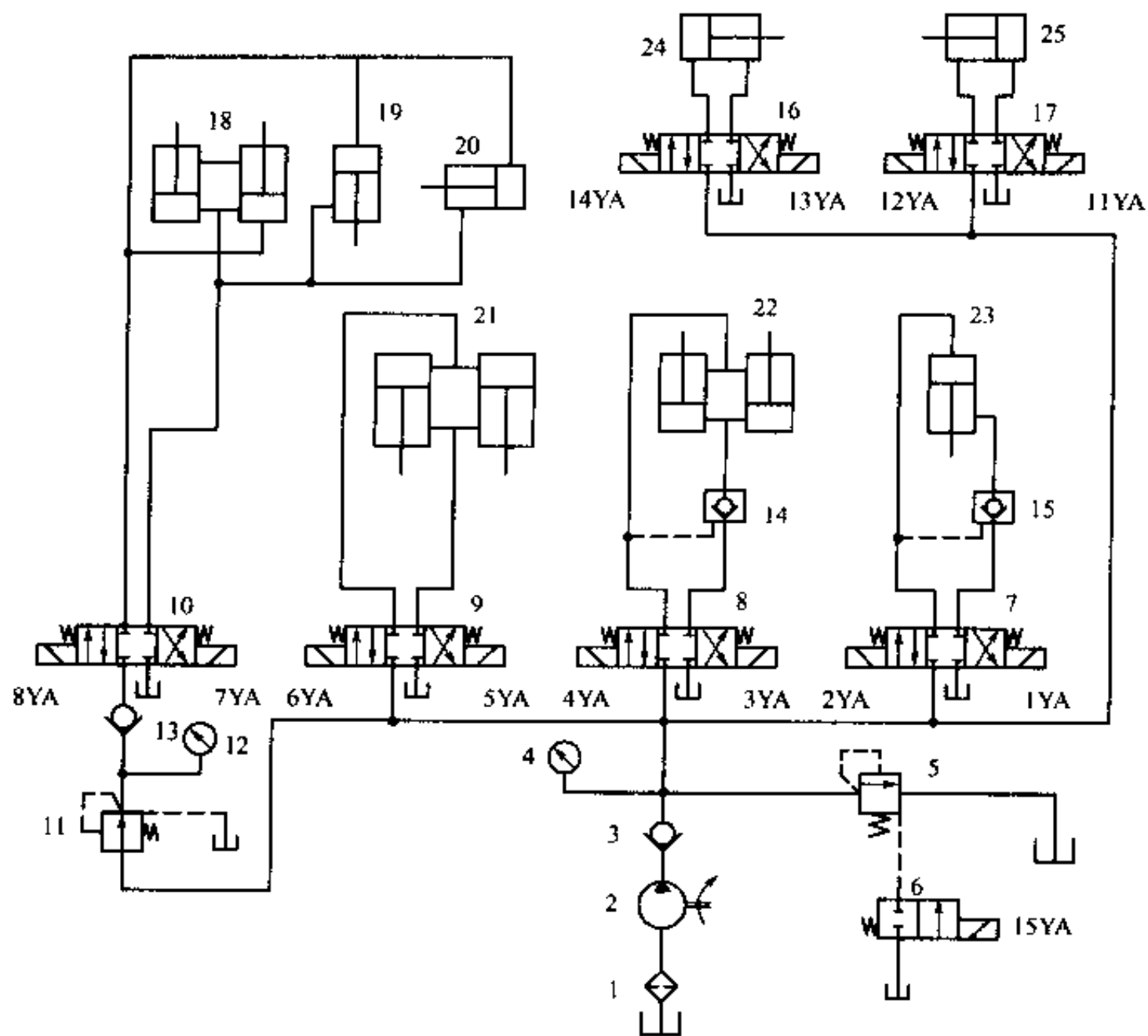


图 2-42 油压试验液压系统原理图

1—过滤器；2—定量液压泵；3、13—单向阀；4、12—压力表；5—先导式溢流阀；6—二位二通电磁换向阀；7、8、9、10、16、17—三位四通电磁换向阀；11—减压阀；14、15—液控单向阀；18—左堵孔液压缸；19—右堵孔液压缸；20—前端堵孔液压缸；21—夹紧液压缸；22—举升液压缸；23—抓举液压缸；24—接件液压缸；25—限位液压缸

AC220V，输入单元电压为 DC24V，输出单元电压采用 AC220V。系统中执行部件的行程动作除机械手的前进、后退用行程开关控制外，其余均用定时器控制，系统自动循环控制流程图如图 2-44 所示。所使用的 PLC 有 PROGRAM、MONITOR 和 RUN 等三种操作方式，编程时，必须使 PLC 处于 PROGRAM 方式。先把编好的梯形图变成相应的助记符，然后通过编程器，固化在 PLC 的存储器中。

在检测系统中，循处理器采用 Intel 公司的 MCS51 系列单片机的典型产品 8031，程序存储器采用 2764，数据存储器采用 6264。A/D 转换器采用 AD574，D/A 转换采用 DAC1230。被控机的压力和压差值的变化采用 5 位 LED 显示器显示。I/O 口扩展采用 8255，PA 口用于 BCD 码拨盘输入规定值，PB 口用于打印机。译码器采用 74LS58，地址锁存器采用 74LS373，移位寄存器采用 74LS164。检测系统的算法，采用 PID 控制方式。在程序中，比例系数、压力设定值、微分系数等固定参数直接固化在 EPROM 中，系统初始时将其调入内存。

#### (4) 技术特点

1) 检测过程中，只有被检机体不合格才放入水箱中目测何处漏气，因此，缩短了检测时间，提高了检测效率。

2) 专机采用液压传动与 PLC 控制，大大提高了机器的自动化程度，简化了电控系统硬



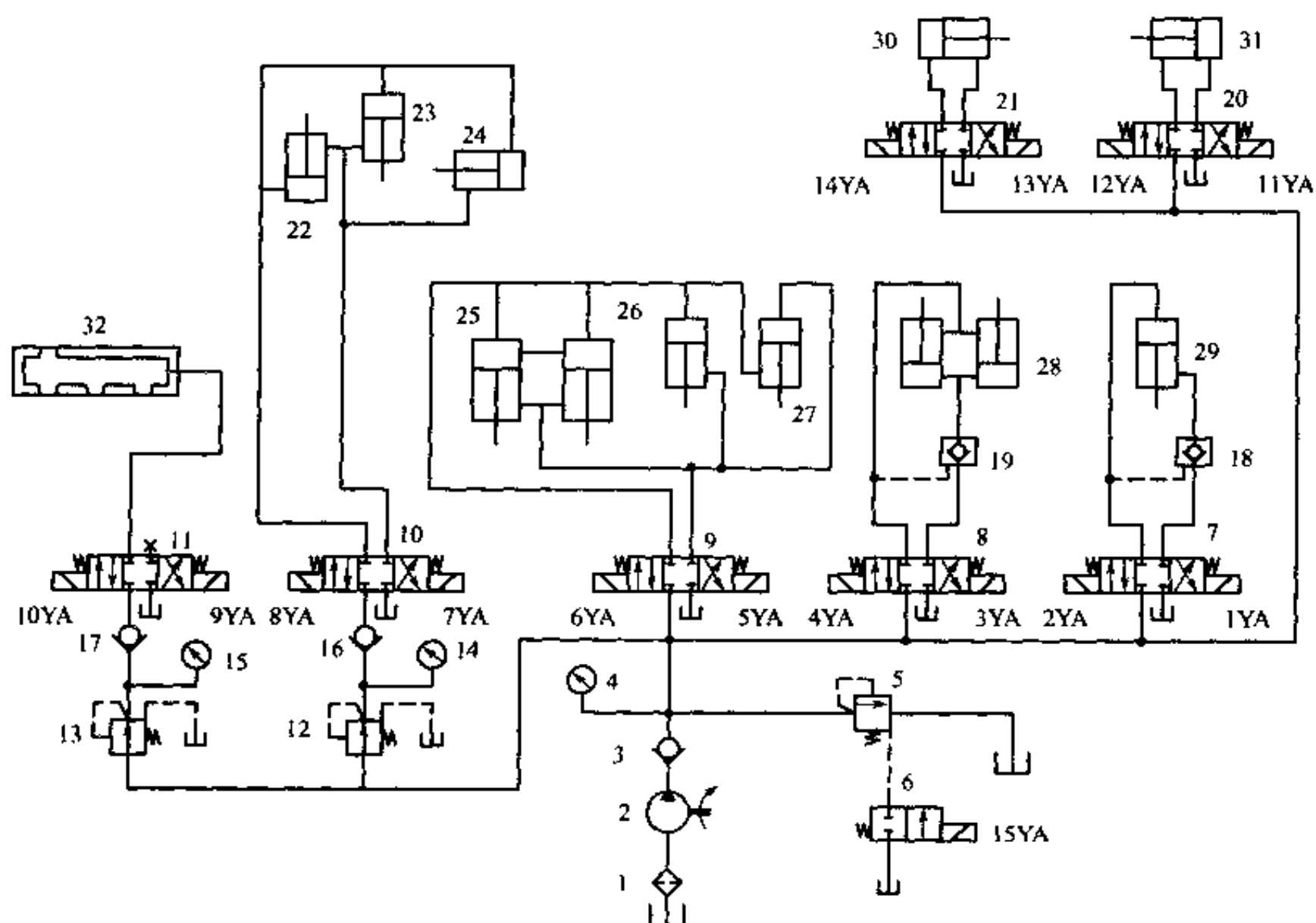


图 2-43 水压试验液压系统原理图

1—过滤器；2—定量液压泵；3、16、17—单向阀；4、14、15—压力表；5—先导式溢流阀；6—二位二通电磁换向阀；7、8、9、10、11、20、21—三位四通电磁换向阀；12、13—减压阀；18、19—液控单向阀；22—左堵孔液压缸；23—右堵孔液压缸；24—前端堵孔液压缸；25—夹紧液压缸；26—下端堵孔液压缸；27—转位液压缸；28、29—举升液压缸；30—抓举液压缸；30—接件液压缸；31—限位液压缸；32—堵凸轮轴径孔

件；提高了系统的可靠性。

3) 液压系统为多执行器系统，采用定量泵油源，通过设置减压阀满足不同执行器对工作压力的不同需要；通过设置液控单向阀防止机械手液压缸油液倒流等措施，防止多执行器间可能产生的动作干扰。

### 2.3.10 汽车水箱散热管爆破试验台液压系统

#### (1) 试验台功能结构

本试验台用于检测汽车水箱散热管的爆破压力，在生产线上及时剔除不合格产品，以避免在汽车水箱散热器装配完以后出现质量问题。试验台能自动完成散热管的夹紧、加压、散热管爆破、自动数字显示爆破压力值、在线打印等全过程。所测试的水管长度从 152~800 mm 可调；可测试铝、黄铜、紫铜等不同材质的散热管；既可测试咬口管，又可测试无缝管。该试验台采用液压传动。

#### (2) 液压系统及原理

该试验台的液压系统原理图如图 2-45 所示。系统的油源为定量叶片泵 1。系统有两条油路：一条是左边的夹紧油路，另一条支路是右边的工作油路。夹紧油路的执行器为两个并联

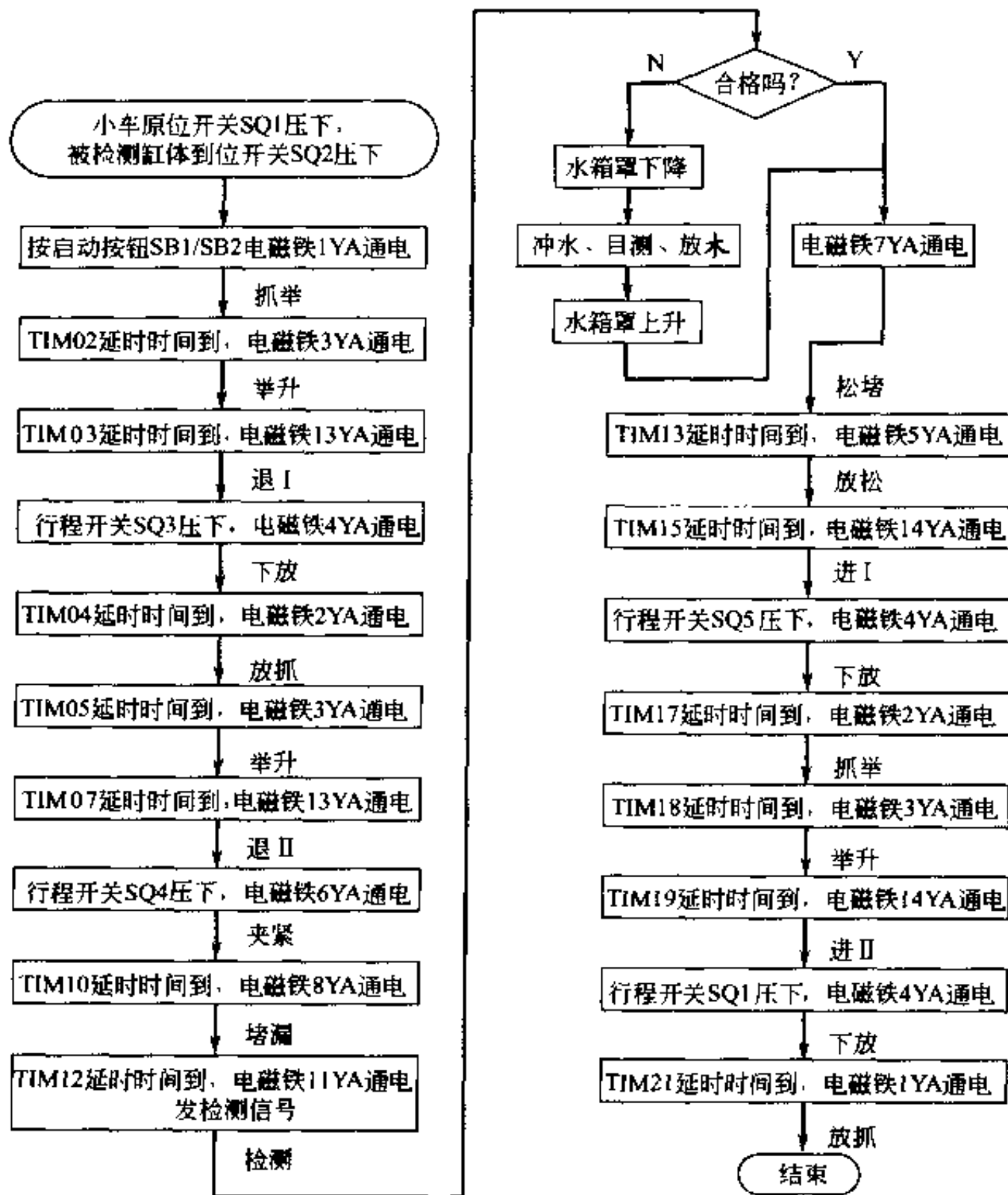


图 2-44 系统自动循环控制流程图

的夹紧液压缸 17 和 18，由减压阀 5 设定夹紧力所需的压力，由蓄能器 7 和单向阀 6 实现夹紧缸的保压，由二位四通电磁换向阀 9 和 10 分别控制夹紧缸 18 和 17 的伸缩，缸 17 和 18 的伸缩分别采用进回油路上设置的单向节流阀 11、12 和 13、14 进行出口节流调速。工作油路的执行器为工作液压缸 19，其压力由溢流阀 2 设定，工作液压缸 19 与增压器 21 的活塞杆采用球铰连接，利用增压器使系统的压力升高，以保证所需的测试压力，工作缸的伸缩采用进回油路上设置的单向节流阀 15、16 进行出口节流调速，工作缸的伸缩由三位四通电磁换向阀 20 控制。

由于汽车水箱散热管的流动介质为乳化液，而乳化液的黏度比矿物油的黏度低得多，为防止系统中各种液压元件生锈，提高液压元件的使用寿命，系统采用了两种工作介质：在液压系统中，选用矿物油，而在增压缸中使用乳化液，增压器与工作缸用球铰连接。从而使系统中的矿物油与乳化液两种介质分离开来。增压器采用组合密封圈保证密封，试件与引入乳化液的芯子（中心开有小孔）之间通过夹具夹紧保证密封。

工作时，试件夹紧后，电磁铁 1YA 通电使二位二通电磁换向阀切换至右位，液压泵由卸荷转为供油状态，同时 3YA 通电使换向阀 20 切换至右位，液压泵 1 的压力油经单向阀 4 和阀 20、单向节流阀 16 进入工作缸 19 的有杆腔，活塞杆拉动增压器活塞一并退回左缩点，

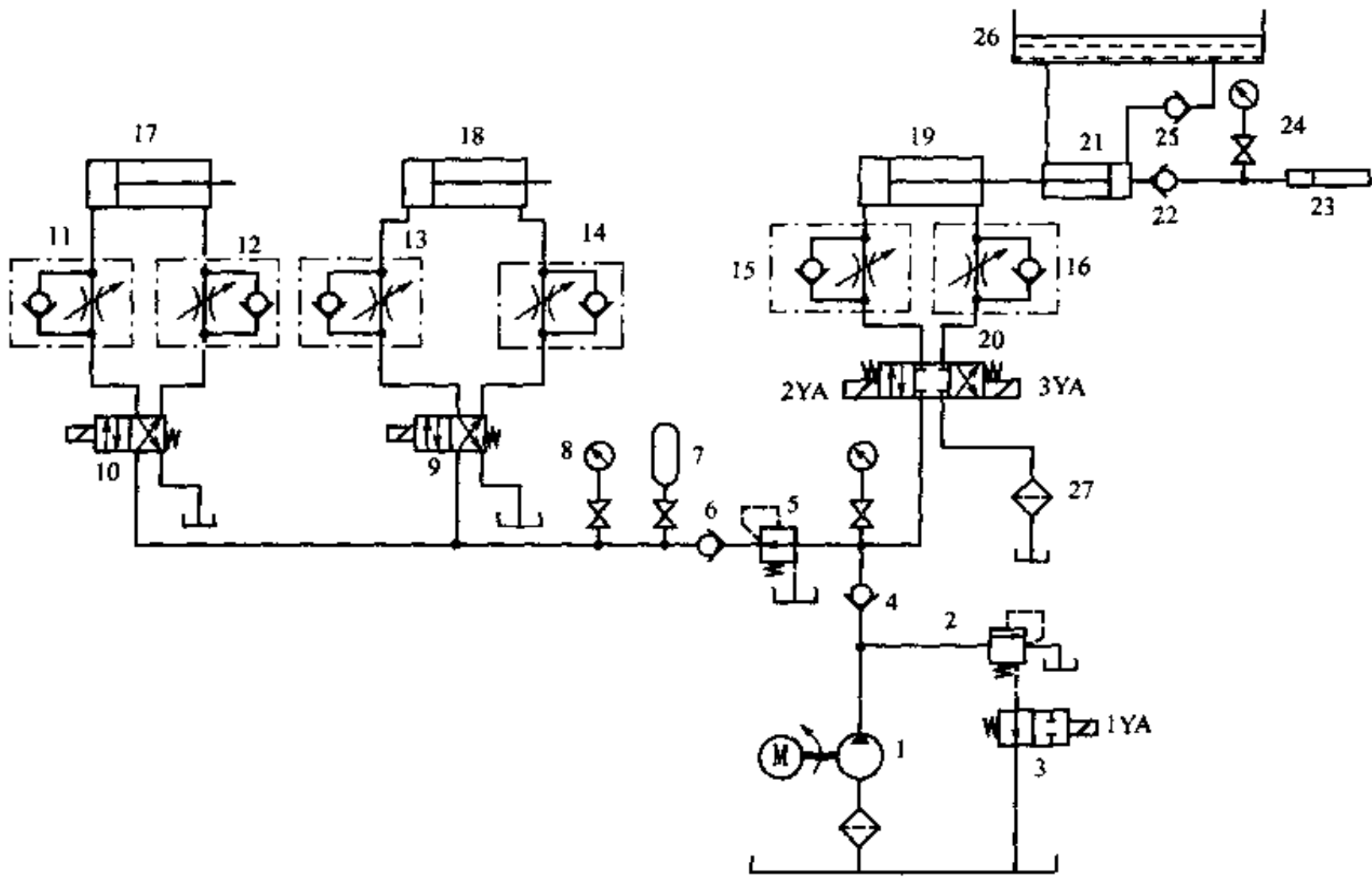


图 2-45 试验台液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4、6—液压单向阀；5—减压阀；7—蓄能器；8—压力表；9、10—二位四通电磁换向阀；11、12、13、14、15、16—单向节流阀；17、18—夹紧液压缸；19—工作液压缸；20—三位四通电磁换向阀；21—增压器；22、25—乳化液单向阀；23—试件；24—试压压力表；26—乳化液箱；27—回油过滤器

缸 19 无杆腔的油液经阀 15、阀 20 和过滤器 27 向油箱排油，增压器 21 有杆腔的乳化液被挤回乳化液箱 26，此时，高架乳化液箱 26 顶开单向阀 25 向增压器 21 的无杆腔充液；然后，电磁铁 2YA 通电使换向阀 20 切换至左位，液压泵的压力油经阀 20 进入工作缸 19 的无杆腔，活塞杆推动增压器 21 的小活塞将乳化液经单向阀 22 压入试件内，并进行加压，直至试件爆破。

(3) 技术特点

1) 通过增压器增压进行试验，降低了液压泵的压力等级和系统造价，工作安全可靠。  
 2) 液压系统采用两种工作介质，夹紧缸和工作缸回路采用矿物油介质，而增压器补液采用乳化液介质，两者通过工作缸和增压器之间的球铰连接分离开来，延长了液压元件寿命。

3) 各液压缸均采用单向节流阀进行出口节流调速，存在节流和溢流损失。

4) 采用特殊夹具并依靠夹紧缸夹紧来密封试件，无需任何密封件，密封效果良好。

(4) 技术参数（见表 2-15）

表 2-15 试验台液压系统部分技术参数

项目	参数	单位
最高工作压力	21.4	MPa
爆破压力测试误差	±0.1	
工作缸缸筒内径	63	mm
增压器活塞直径	40	
增压比	2.48	

### 2.3.11 汽车悬架减振器性能试验台的电液伺服系统

#### (1) 主机功能结构

汽车悬架减振器性能试验台是减振器生产和研究开发的必要设备，主要用于减振示功特性、速度特性等性能试验。该试验台由主机、液压伺服激振系统及微机测控系统等组成。采用电液伺服技术和微机测控技术，模拟减振器实际工况，实现试验过程的实时监测与自适应闭环控制。

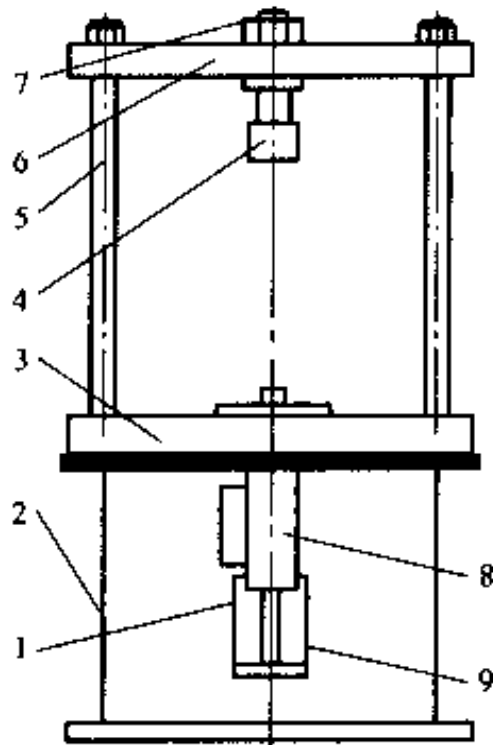


图 2-46 试验台主机结构示意图

1—速度传感器；2—机体总成；3—工作台；4—力传感器；5—立柱；6—横梁；7—调整螺杆；8—伺服激振装置；9—位移传感器

试验台主机结构示意图如图 2-46 所示。工作台 3、立柱 5 和横梁 6 组成试件的装夹框架。装夹框架支撑在机体总成 2 上；伺服激振装置固定在工作台下；其活塞杆穿过工作台，通过螺纹、过渡件和夹具与减振器下端相连；位移传感器 9 和速度传感器 1 与活塞杆固连在一起；力传感器 4 固定在调整螺杆 7 上，调整螺杆由螺母固定在横梁上。调整螺杆可以根据不同规格减振器所需的运动空间上下调整。

#### (2) 电液伺服控制系统与微机测控系统及工作原理

图 2-47 所示为电液伺服控制系统的液压原理图。系统的油源为 CY-C 系列电机组合泵 5，泵的工作压力和卸荷由电磁溢流阀 6 设定和控制，压力由压力表 8 显示。系统的执行器为液压缸 13，通过电液伺服阀 12 的控制，液压缸的活塞杆按要求方向和速度运动并带动减振器 16 运动；伺服阀 12 前设有带污染指示的精过滤器 10。系统还设有液位计 3、温度调节器 4、吸油和回油过滤器 1 及 2、蓄能器 7 等辅助元件。该系统与微机测控系统一起对试验台进行闭环反馈控制。

微机测控系统的原理图如图 2-48 所示。主测控机为 IBM-PC 微机，通过 PIC-6042E 型数据采集卡对试验系统进行测控；试验台动作指令由微机发出，通过 D/A 接口进入伺服阀的控制器（MZK301 型）进行信号放大和调节；输出电流信号，使液压缸活塞按要求的方向和速度运动，液压缸同时带动减振器运动，并分别通过与液压缸活塞杆固连的位移传感器（FX-81 型）和速度传感器（SD-100 型）测量位移和速度，通过主机调整螺杆上固定的力传感器（BK-2 型）测量阻尼力；检测到的位移信号、速度信号和阻尼力信号通过适当调理，分别进入数振采集卡的三路 A/D 中；计算机通过数据处理得到要求的减振器特性曲线。由于系统采用位置反馈控制，因此位移信号通过适当处理转化为调整指令发送到伺服控制器。

#### (3) 技术特点

1) 该试验台主机结构简单，采用电液伺服控制和微机测控技术，使用方便，试验过程的测试与控制自动化，人机界面友好，测试精度和效率较高。

2) 液压系统中采用电机组合泵供油，简化了泵组结构设计；通过伺服阀前设精过滤器，回油设过滤器，及设置温控调节装置，提高了系统的工作可靠性。

#### (4) 技术参数

试验台电液控制系统电机组合液压泵的额定工作压力为 31.5MPa；额定流量为 30L/min。

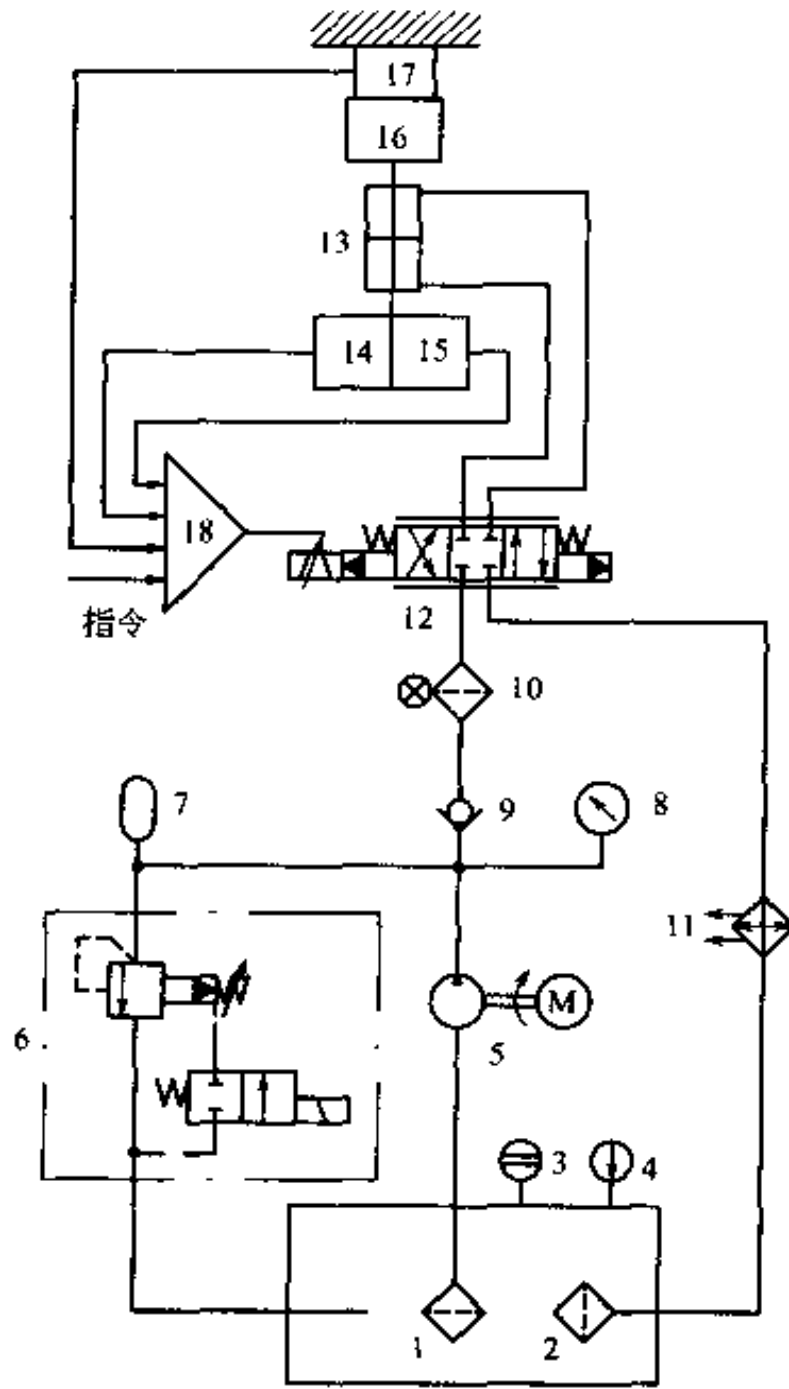


图 2-47 试验台电液伺服控制系统液压原理图

1—吸油过滤器；2—回油过滤器；3—液位计；4—温度调节器；5—电机组合泵；  
6—电磁溢流阀；7—蓄能器；8—压力表；9—单向阀；10—精过滤器；11—冷却器；  
12—电液伺服阀；13—液压缸；14—位移传感器；15—速度传感器；16—试件；  
17—力传感器；18—伺服控制器

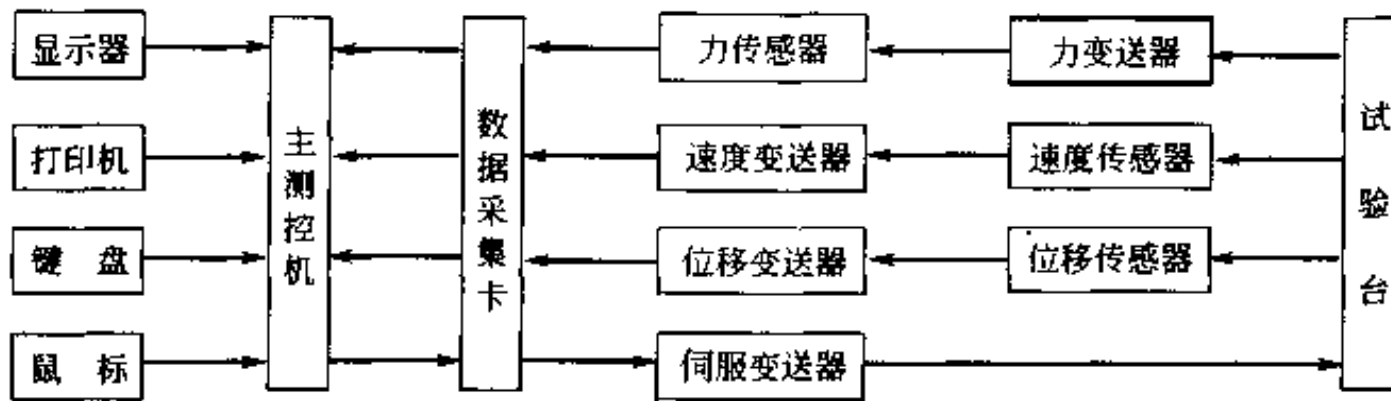


图 2-48 微机测控系统原理图

## 第3章 电力与煤炭工业中的液压系统

### 3.1 概述

电力与煤炭是能源工业的重要组成部分，也是国民经济赖以持续发展的基础工业。

为了加快电力建设的步伐，我国自行研制了许多液压装置，并从国外引进了一些较为先进的液压施工机械设备。在水电站、火力发电厂及高压输变电路建设中，通常通过液压提升装置的起吊提升、水平推拉、牵引与卷扬，使一些巨大而笨重的组合预制件安装就位，如发电机定子、大型杆塔和烟囱等；通过超高压液压压接钳实现电力导线的压接作业；采用液压技术实现张力架线；采用液压设备加工电力设备的零部件，如电站锅炉用管的弯管机、变压器绝缘纸板的热压成型机。又如汽轮发电机组和水轮发电机组进入实用阶段至今就一直使用液压系统进行转速控制。此外，液压技术还普遍用于发电设备中的各种阀门控制、静压支撑、轴承润滑和氢密封中。

自1945年德国制造成功第一台液压传动截煤机，1954年英国制造成功液压自移式支架，液压技术在煤炭采掘机械中得到了十分广泛的应用。现代煤炭工业中所使用机械设备包括采掘机械、洗选机械、运输和二次加工机械等。近代煤炭采掘机械（露天和地下井矿开采使用的各种煤炭机械、井巷掘进机械、支护机械设备、装载和输送机械设备等）具有技术先进，生产批量较大，与矿山开采、水电、交通土石方工程施工等相近工业部门的机械设备关系密切等特点，是矿山机械的重要组成部分和典型代表。液压技术在现代煤炭机械设备中的应用日益广泛，除了众所周知的液压驱动采煤工作面综合机械化成套设备外，液压技术在煤矿绞车制动、支护设备的计算机电液控制与性能检测、地上煤炭装卸生产线设备中也获得了应用。

本章介绍电力与煤炭行业中所设计和使用的11例液压传动与控制系统。

### 3.2 电力行业液压系统

#### 3.2.1 电站锅炉 CNC 蛇形管弯管机液压系统

##### (1) 主机功能结构

CNC 蛇形管弯管机（小半径、顶墩）是国内首次自行设计制造的计算机数字控制的蛇形管左右回转式顶墩弯管机，是加工大型电站锅炉的重要设备。弯曲管料的管材和尺寸等见表3-1。该机采取带有轴向顶墩装置的机械冷弯方式，采用液压传动与伺服及PC控制技术，自动完成送料、夹紧和弯管加工。

送料时，将钢管从料架上翻入料槽中，由送料电机将管料送至挡管器处，再由直流伺服电机完成定长送料。然后，由液压传动完成顶墩夹夹紧、收紧夹收紧和弯管模闭合，再由伺服控制的弯管缸带动弯管模旋转弯管，顶墩缸推动顶墩夹使其给管料施加轴向推力，以满足弯管和顶墩的匹配要求。一个弯头弯完后，再由直流伺服电机进行定长送料，同时转筒旋转一定角度，进行再一次弯管，直到整根管子弯完为止。在弯管过程中，钢管要始终贴紧弯管

表 3-1 弯管机及其液压系统主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
弯管机	管料的最大公称外径	63.5	mm	
	管料的公称壁厚	12		
	管材牌号	12Cr2MOWVT		
	材料屈服极限	343	N/mm <sup>2</sup>	
	管子弯曲半径	45~120	mm	
	管子弯曲角度	0~±180	(°)	
	弯管模弯管角速度	0~2	r/min	
	最大回转角度	190±0.1	(°)	
	最小弯曲半径时的工件弯曲力矩	31.445	N·m	
	最小弯曲半径时的弯管机旋转力矩	36.16		
供油压力	18	MPa		
液压系统	电液伺服阀(QDY10型)	额定流量	10	L/min
	齿轮齿条式弯曲缸	缸径(活塞直径)	160	mm
		齿条(活塞杆)直径	155	
		最大行程	432	
		齿轮分度圆直径	256	
		推力矩	225~285	N·m
	顶镗缸	活塞最大移动速度	26.81	mm/s
		缸径	140	mm
		活塞杆直径	90	
		最大行程	416	
推力		120~235	kN	
速度	16~26	mm/s		

模，顶镗速度和弯管速度、顶镗力（顶镗施加钢管的轴向推力）和弯管角度之间必须满足一定的关系，以确保弯管的质量。要求弯管机的液压系统工作稳定可靠、启动平稳；能进行连续弯管轨迹控制；油路简洁、便于集中操作和实现自动化。

### (2) 液压系统及其工作原理

该弯管机液压系统原理图如图 3-1 所示，系统由三部分组成。液压位置伺服控制回路是完成弯管的主要工作部分，其执行器为两个并联的伺服液压缸（顶镗缸 4 和齿轮齿条式弯曲缸 5），两缸运动相互关联，并分别由电液伺服阀 9 和 10 控制。指令脉冲输入由计算机的两个坐标给出，反馈位置检测器采用光电编码器。当输入指令是一个位置斜坡函数（相当于一个速度指令）时，在不失步的情况下，该伺服控制部分能够在很大的速度变化范围内作随动运动，与电液伺服阀 9 和 10 相串联的电液换向阀 11 和 12 起安全保护作用，在系统出现重大事故情况下，可以立即停止弯管。精过滤器 13 用于保证通过伺服阀的油液清洁，以保证工作的可靠性。液压传动辅助回路是协助伺服控制回路完成弯管加工部分。其执行器为三对夹紧缸，三对夹紧缸的油路结构相似，各对缸的顺序动作由各油路 6、7、8 中的电液换向阀控制，各油路中配置有单向减压阀、进油节流阀和液控单向阀，以实现夹紧力的调整和缸进退速度的调节，保证启动平稳、动作可靠。油源是整个系统的动力源部分，采用恒压变量泵 20 和定量泵 19 的组合供油方式。当辅助部分的液压缸夹紧钢管时，双泵同时供油；当伺服控制部分工作时，定量泵通过远控顺序阀 14 控制实现卸荷，单独由恒压变量泵保证夹紧缸对钢管的夹紧力，并向两伺服缸供油。同时，恒压变量泵根据伺服系统所需流量而自动在恒压下变量。由三位四通电磁换向阀 21 控制的主溢流阀 22 及远程调压溢流阀 18 用于设定变量泵的最高工作压力及定量泵的压力和停止待命时两泵的卸荷。



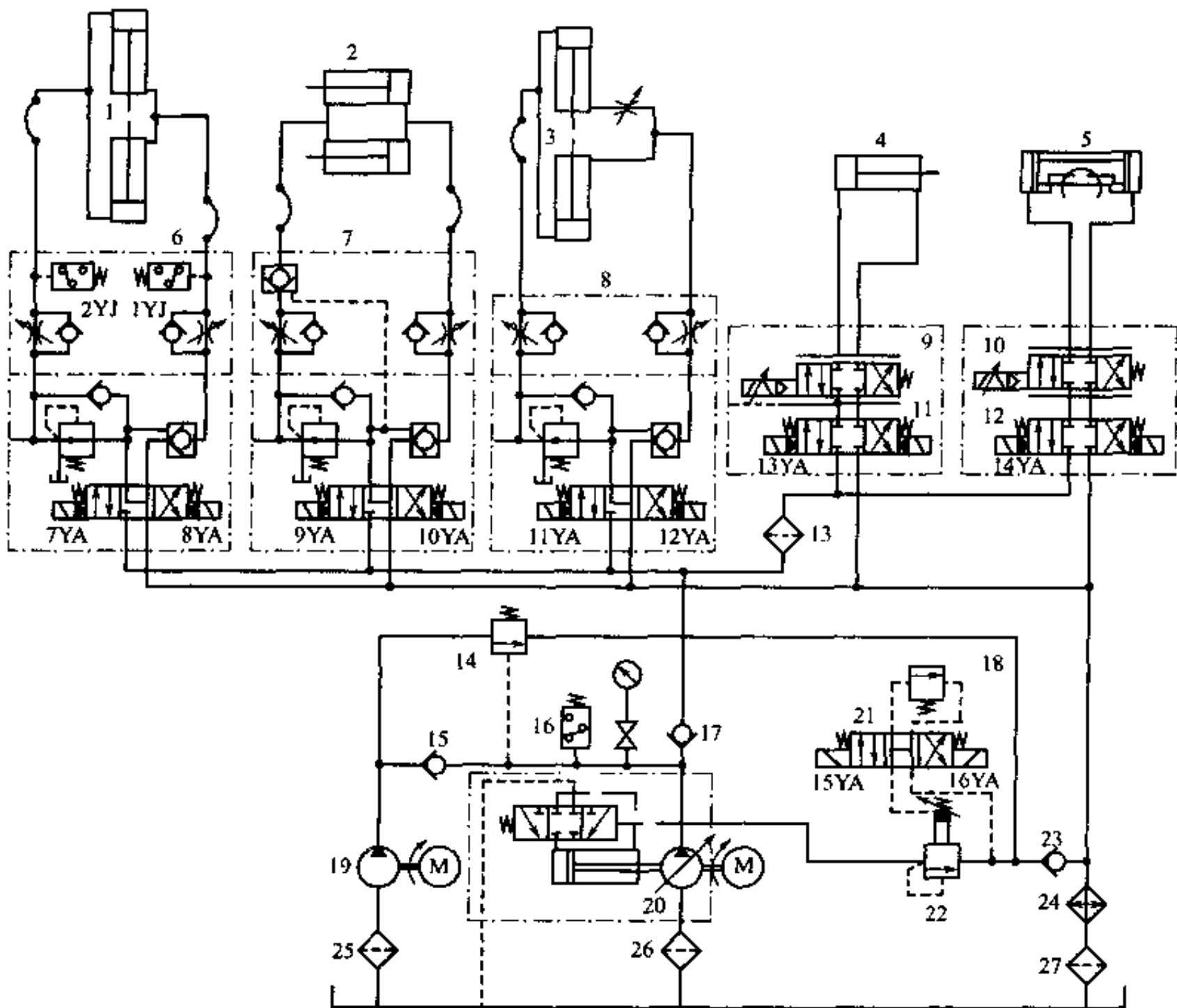


图 3-1 弯管机液压系统原理图

1—顶墩夹紧液压缸；2—收紧液压缸；3—弯管模液压缸；4—顶墩液压缸；5—齿轮齿条式弯曲液压缸；6、7、8—缸 1、2、3 的液压阀油路；9、10—电液伺服阀；11、12—三位四通电液换向阀；13、25、26、27—过滤器；14—远控顺序阀；15、17、23—单向阀；16—压力继电器；18—远程调压溢流阀；19—定量液压泵；20—恒压变量泵；21—三位四通电磁换向阀；22—先导式溢流阀；24—冷却器

液压系统的工作原理如下。

向弯管模内送入预定长度的钢管后，电磁铁 15YA 通电使换向阀 21 切换至左位，定量泵 19 升压（压力由阀 18 设定）。电磁铁 7YA 通电，油路 6 中的换向阀切换至左位，定量泵 19 的压力油经单向阀 15、17 和油路 6 中的减压阀、节流阀进入顶墩夹紧缸 1 的无杆腔并导通油路 6 中的液控单向阀，对钢管进行夹紧，而缸 1 有杆腔经油路 6 中的左路单向阀、液控单向阀和冷却器 24 及过滤器 27 向油箱排油。夹紧钢管后，油路 6 中的压力继电器 2YJ 发信，压紧轮和测量轮复位，电磁铁 9YA 通电，油路 7 中的换向阀切换至左位，泵 19 的压力油经过单向阀 15、17 和油路 7 中的减压阀、节流阀、左路液控单向阀进入收紧缸 2 的有杆腔并导通右路液控单向阀，缸 2 带动开启的弯管模使其处于钢管弯曲的中心位置。然后，电磁铁 9YA 断电，11YA 通电，油路 8 中的换向阀切换至左位，泵 19 的压力油经单向阀 15、17 和油路 8 中的减压阀、节流阀进入上下弯管模的液压缸 3 的无杆腔并导通液控单向阀，缸 3 带动上下弯管模先后到位、合模，弯管模上的夹块夹紧钢管。接着，电磁铁 9YA 再次

通电，收紧缸 2 收紧并锁紧，通过滑槽使钢管在其弯曲过程中始终贴紧弯管模。至此，液压辅助部分完成了对钢管的夹紧动作，等待弯管。

弯管前，电磁铁 16YA 通电，系统压力升为恒压变量泵 20 设定的恒压值（由先导式溢流阀 22 设定），远控顺序阀 14 打开，定量泵 19 经阀 14 卸荷，各夹紧缸对钢管的夹紧力，由恒压变量泵的压力油保证，泵 20 向液压伺服回路供油。在伺服回路控制下，弯管缸 5 带动弯管模旋转弯管，顶墩缸 4 推动顶墩夹紧缸 1 使其给钢管施加轴向推力，两者协调配合，完成对钢管进行弯曲的任务（两缸的位置伺服控制原理见方框图 3-2）。同时，气动注油泵连续向弯管模注入定量的润滑剂，对钢管进行防皱润滑。弯曲成型后，为避免在开模时划伤管壁，让弯管模稍稍回弹。

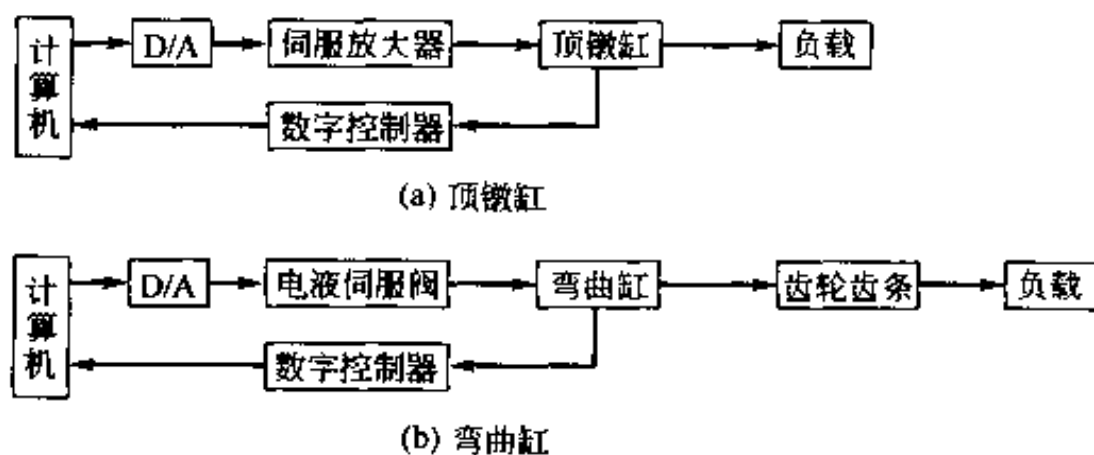


图 3-2 顶墩缸和弯曲缸的位置伺服控制原理方块图

当一个弯曲结束后，压紧轮和测量轮下降，压紧钢管，各液压缸按顺序复位。由伺服电机再输入一定长度的钢管，转筒旋转  $180^\circ$  后，液压系统又重复上述动作，进行再一次弯管。如此循环往复，整个过程由 PC 机控制。

### (3) 技术特点

1) 弯管机的液压系统采用恒压变量泵和定量泵组合供油，在满足系统动力要求的同时，有利于节能。根据执行器的工作性质，辅助作用夹紧缸采用开关式液压阀组成的传动回路进行控制；而执行弯管任务的弯管缸和顶墩缸则采用电液伺服阀组成的伺服控制回路进行控制。

2) 在液压夹紧回路中，采用电液换向阀、单向减压阀、单向节流阀和液控单向阀，确保了夹块对钢管的夹紧力，使系统运动平稳、启动时无冲击、工作可靠。

3) 弯管和顶墩采用电液伺服控制，控制精度高、响应速度快，实现了弯管和顶墩之间的柔性匹配，保证了产品质量。

4) 系统设有冷却器和精过滤器，有利于系统散热和油液清洁，从而有利于机器性能的改善、控制精度和可靠性的提高。

5) 液压控制阀均采用油路块方式集成，减少了液压管件数量，减小了液压系统体积，外形结构紧凑美观，使用检修方便。

## 3.2.2 火电厂风扇磨拆装输修工程车液压驱动系统

### (1) 主机功能结构

该工程车为火电厂中风扇磨车间重达 150kN 风扇的拆装检修及运输作业的专用设备，行驶速度慢，但载重量大，需运转灵活。载重工程车可实现纵向、横向、纵向  $45^\circ$ 、横向  $45^\circ$  和绕车中心等固定方向的行驶，并能在方向盘操纵控制下实现如同普通汽车一样纵向的

正常行驶，四轮转向行驶，横向的前、后扇形行驶等；在行驶达到预定的工作位置时可实现车身的起降与车载工程小车的横向行驶及小车上固定风扇磨连接板的横向和纵向运动及俯仰动作等，以实现对风扇的拆装、运输作业。工程车的升降、行驶及其操纵与车载小车的横向行走均采用液压驱动。

(2) 液压系统及其工作原理

1) 定向及行走操纵、升降装置与行走机构的液压系统 图 3-3 所示该工程车的定向及行走操纵（4 个轮位控制）、升降装置与行走机构的液压系统原理图。系统的右上部为定向及行走操纵液压回路，左上部为升降装置的液压回路，下部是行走机构液压回路。

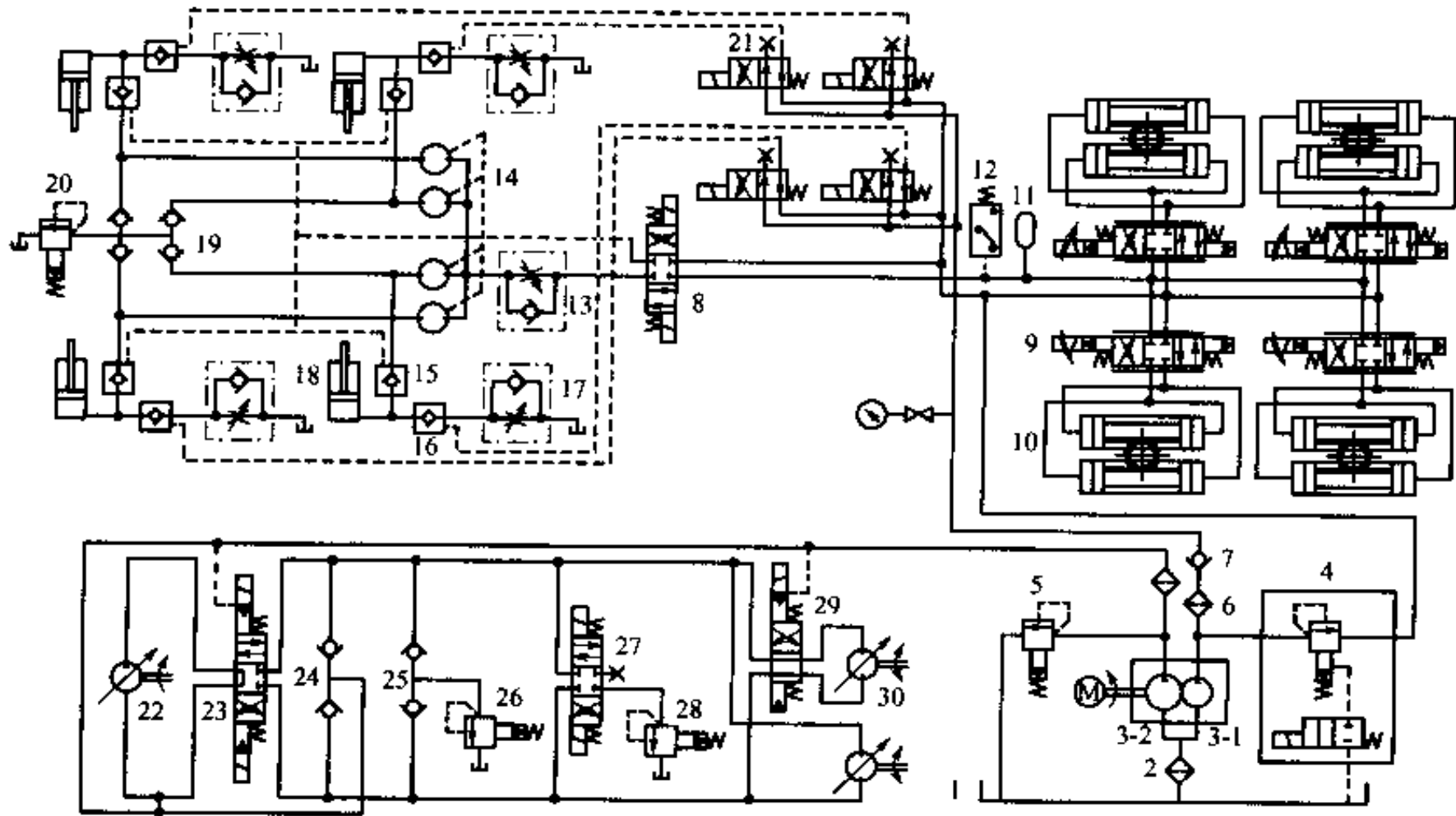


图 3-3 定向及行走操纵、升降装置与行走机构的液压系统原理图

1—油箱；2—吸油过滤器；3-1、3-2—双联液压泵；4—电磁溢流阀；5—补油溢流阀；6—压油过滤器；7、19—单向阀；8、27—三位四通电磁换向阀；9—电液比例换向阀；10—齿轮双齿条液压缸；11—蓄能器；12—压力继电器；13、17—单向节流阀；14—双向定量液压马达；15、16—液控单向阀；18—升降装置液压缸；20—放油溢流阀；21—二位四通电磁换向阀；22—单向变量泵；23—三位四通电液换向阀；24—补油单向阀；25—安全单向阀；26—安全溢流阀；28—热交换溢流阀；29—二位四通电液换向阀；30—双向变量液压马达

定向及行走操纵液压回路及升降装置的液压回路的油源为双联液压泵中的泵 3-1，泵 3-1 的供油压力与卸荷控制由电磁溢流阀 4 实现，单向阀 7 用于防止油液倒灌。定向及行走操纵液压回路的执行器为四个电液比例换向阀 9 控制的齿轮双齿条液压缸 10，采用旋转编码器进行位置检测、计算机控制。回路具有按钮操作的固定位置控制和方向盘操纵的随动控制功能。由按钮设定纵向行驶、横向行驶、纵向 45°行驶、横向 45°行驶和绕车中心行驶等方式；方向盘在不同的设定工作状态下可实现普通纵向行驶，四轮转向行驶，横向的前、后扇形行驶等。

升降装置采用 4 个单作用液压缸 18 驱动，4 个缸两两并联，通过轴端齿轮刚性连接的同排量规格的双向定量液压马达 14 实现分流、集流同步控制；4 个液压缸的运动方向由一

个三位四通电磁换向阀 8 集中控制，压力油驱动单作用液压缸 18 上升，下降退回则在液控单向阀 15 反向开启后靠自重实现。液控单向阀 15、16 组成双向液压锁，用于工程车在其升降中任何位置停留时的锁定；4 个单向阀 19 和溢流阀 20 组成交叉溢流放油阀组，液压缸 18 在上升的终点通过该阀组放油消除其同步位置误差；各液压缸可以通过缸的无杆腔油口设置的液控单向阀 16 反向开启实现单独下降，下降速度由单向节流阀 17 控制。4 个液控单向阀 16 的反向导通分别由 4 个二位四通电磁换向阀控制；4 个液控单向阀 15 的反向导通则由三位四通电磁换向阀 8 控制，控制油路 and 主油路用油均取自液压泵 3-1。

系统的下部为行走机构的液压回路，由单向变量泵（柱塞泵）22 和驱动两组车轮的双向变量液压马达（柱塞马达）30（2 个）组成闭式循环油路。双向液压马达 30 的旋转方向由二位四通电磁换向阀 29 控制，单向液压泵 22 通过三位四通电磁换向阀 23 改变输出的输出压力油流向。双联泵中的泵 3-2 为回路的补油泵并兼作三位四通电磁换向阀 23 及二位四通电磁换向阀 29 的控制油源。单向阀 24（2 个）为回路的双向补油阀；回路的双向最高压力由溢流阀 26 限定，以防系统过载。溢流阀 28 的设定压力稍低于溢流阀 5，换向阀 27 和换向阀 23 的电磁铁动作一致，使溢流阀 28 始终和补油溢流阀 5 在低压油路侧并联，保证在液压泵 3-2 补油的时候经三位四通电磁换向阀 27、溢流阀 28 排出热油，实现热交换。

2) 车载横向行走小车的液压系统 图 3-4 所示为车载横向行走小车的液压系统原理图。系统的油源为定量液压泵 3，其供油压力由溢流阀 5 设定并通过压力表 6 观测。系统的执行器有驱动车载行走小车横向运动的二级伸缩液压缸 9，驱动小车上风扇磨连接板的水平运动的对顶柱塞式液压缸 10（2 个）、连接板垂直升降运动的活塞式液压缸 11 及俯仰运动的活塞

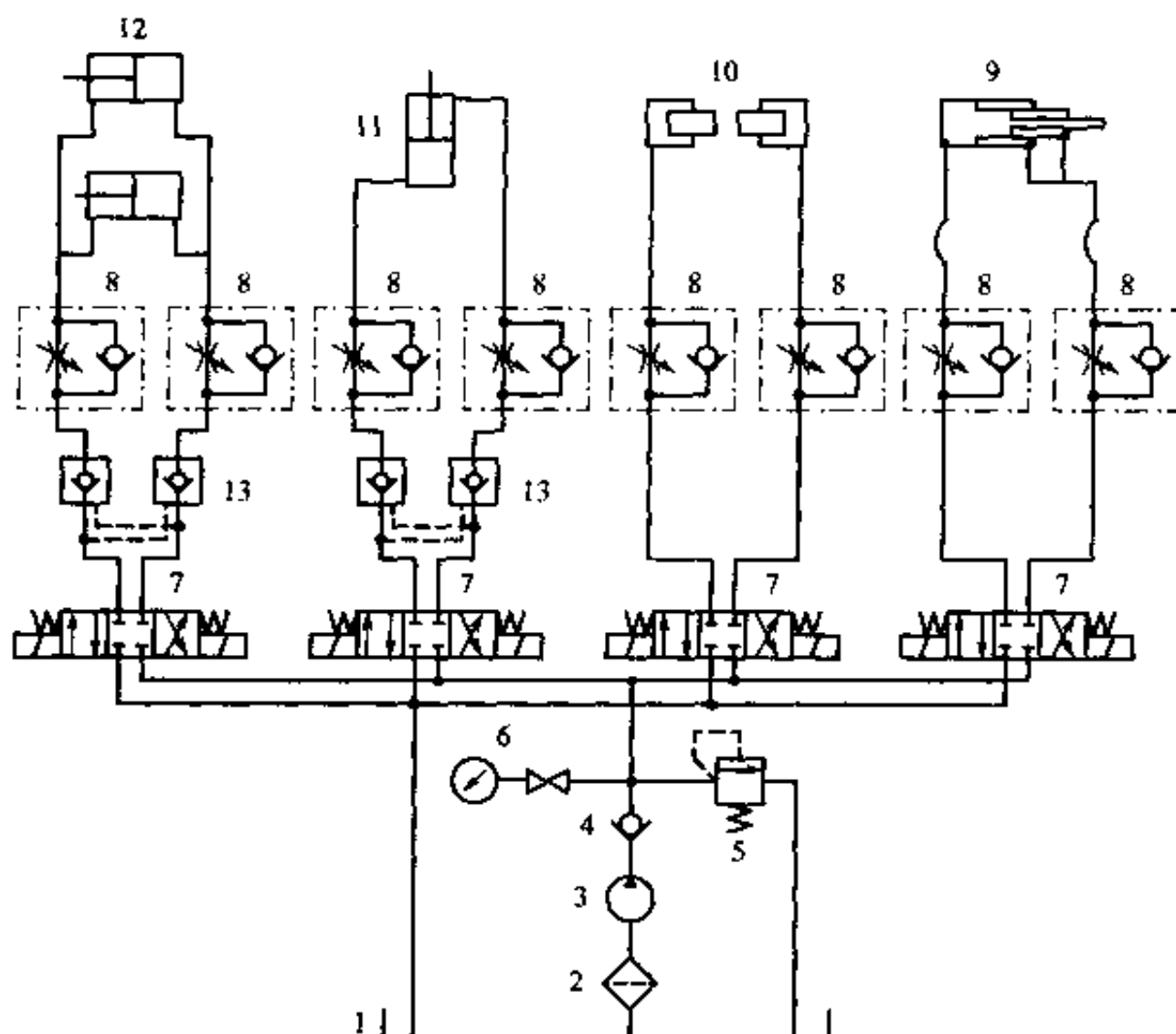


图 3-4 车载横向行走小车的液压系统原理图

- 1—油箱；2—过滤器；3—定量液压泵；4—单向阀；5—溢流阀；6—压力表及其开关；  
7—三位四通电磁换向阀；8—单向节流阀；9—小车横向运动二级伸缩液压缸；10—连接板水平运动柱塞式液压缸；11—连接板直升降运动活塞式液压缸；12—连接板俯仰运动活塞式液压缸；13—双向液压锁

式液压缸 12 (2 个)。采用二级伸缩液压缸 9 是由于横向运动距离较大; 采用两柱塞液压缸是由于连接板的水平行程较短。液压缸 9~12 的运动方向均采用三位四通电磁换向阀 7 (4 个) 控制, 各个液压进回油路均设有单向节流阀 8 (8 个), 用以控制各液压缸的往返运动速度。双向液压锁 13 (2 个) 用于升降缸 12 和俯仰缸 13 在行程中任何位置停留时的锁定。

(3) 技术特点

1) 工程车的定向及行走操纵、升降装置与行走机构的液压系统, 采用双联液压泵的一台泵作为定向及行走操纵回路和升降装置回路的液压源, 另一台泵作为行走机构液压系统的补油泵。

2) 升降回路和行走时轮位控制回路采用同一液压泵在同样的设定压力下工作, 由于工程车的自重和载重大, 而行走轮位控制所需推力不需很大, 故泵 3-1 的压力需按起升时较高压力的要求设定。但在运行的过程中, 液压油的温升较快, 若采用远程调压分别控制其工作压力, 则可以节省能源、降低温升。

3) 升降回路的液压缸采用单作用缸并通过并联双向液压马达分流、集流进行同步控制, 行程端点的位置误差由交叉溢流放油阀组消除, 但价格较高。

4) 行走操纵回路采用齿轮双齿条液压缸驱动并采用电液比例换向、位置传感检测及计算机控制, 实现多种行驶模式。

5) 行走机构采用单向变量泵-双向变量马达的闭式循环油路, 通过定向及行走操纵、升降装置所用的双联泵中的一台泵补油并实现电液换向阀的控制, 通过三位四通电磁换向阀控制单向变量泵输出的压力油流向, 以横足双向液压马达在不同旋转方向下工作。

6) 车载小车液压系统采用了不同结构形式的液压缸, 在满足拖动行程要求的同时, 减小液压缸的轮廓尺寸和占用空间。

7) 各液压系统中需要在行程中停留的液压缸, 均采用液压锁实现缸的锁定。

8) 该工程车适宜在窄小空间行驶作业。

3.2.3 变压器绝缘纸板热压成型机组液压系统

(1) 主机功能结构

该机组用于变压器绝缘纸板的热压成型, 原由人工操作, 技术改造后采用了液压驱动。

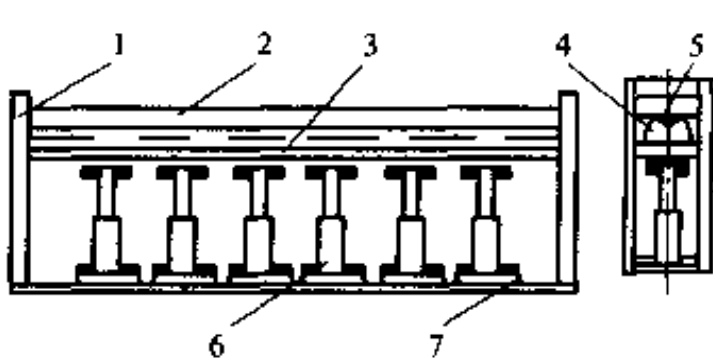


图 3-5 成型机的主机结构示意图

1—支架; 2—定模架; 3—动模架; 4—动模;  
5—定模; 6—液压缸; 7—支架底座

该机组共包括 4 台单机, 两种结构形式。图 3-5 所示为其中一种主机的结构示意图, 动模架 3 及动模 4 由支架底座 7 上固定安装的 6 个液压缸 6 驱动升降、加压 (左右两端的液压缸与动模架 3 连接并负责升降, 中间的 4 个缸负责加压压紧), 定模架 2 及定模与支架 1 两端相连接; 定模和动模上均装设有热蒸汽管接头 (图中未画出)。工作时, 操作者首先在裁好的绝缘纸板表面均匀涂胶, 再逐层贴在一起, 放进动、定模之间, 液压缸驱动动模 3 上升, 合模后在加压的同时,

开启蒸汽阀门加热, 以保证绝缘纸板接缝处的温度, 保压 3h 后, 开模取出成型的绝缘纸板。按照工艺要求, 另两台主机的动模由 5 个液压缸驱动, 两端液压缸负责动模升降, 中间 3 个液压缸负责加压。4 台机组的动、定模间的压紧力相同 (约 450kN)。

(2) 液压系统及其工作原理

该机组的四台单机共用一个液压系统驱动，图 3-6 所示为其液压系统原理图。系统的执行器为 22 个液压缸，右侧的 4 组（每组 2 个）液压缸 11 分别用于驱动各单机动模的升降，每组缸的油路上设置的三位四通电磁换向阀 6 用于控制缸的升降方向，分流集流阀 10 用于两个液压缸的同步控制，液控单向阀 8 用于液压缸的锁紧；左侧的两组（每组 4 个）液压缸 13 和中间的两组（每组 3 个）液压缸 12 分别用于完成各单机的压紧保压作业，每组液压缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制，液控单向阀 9 用于保压控制。系统的油源为定量液压泵 2，其供油压力由溢流阀 4 设定，单向阀 3 用于防止液压油倒灌。

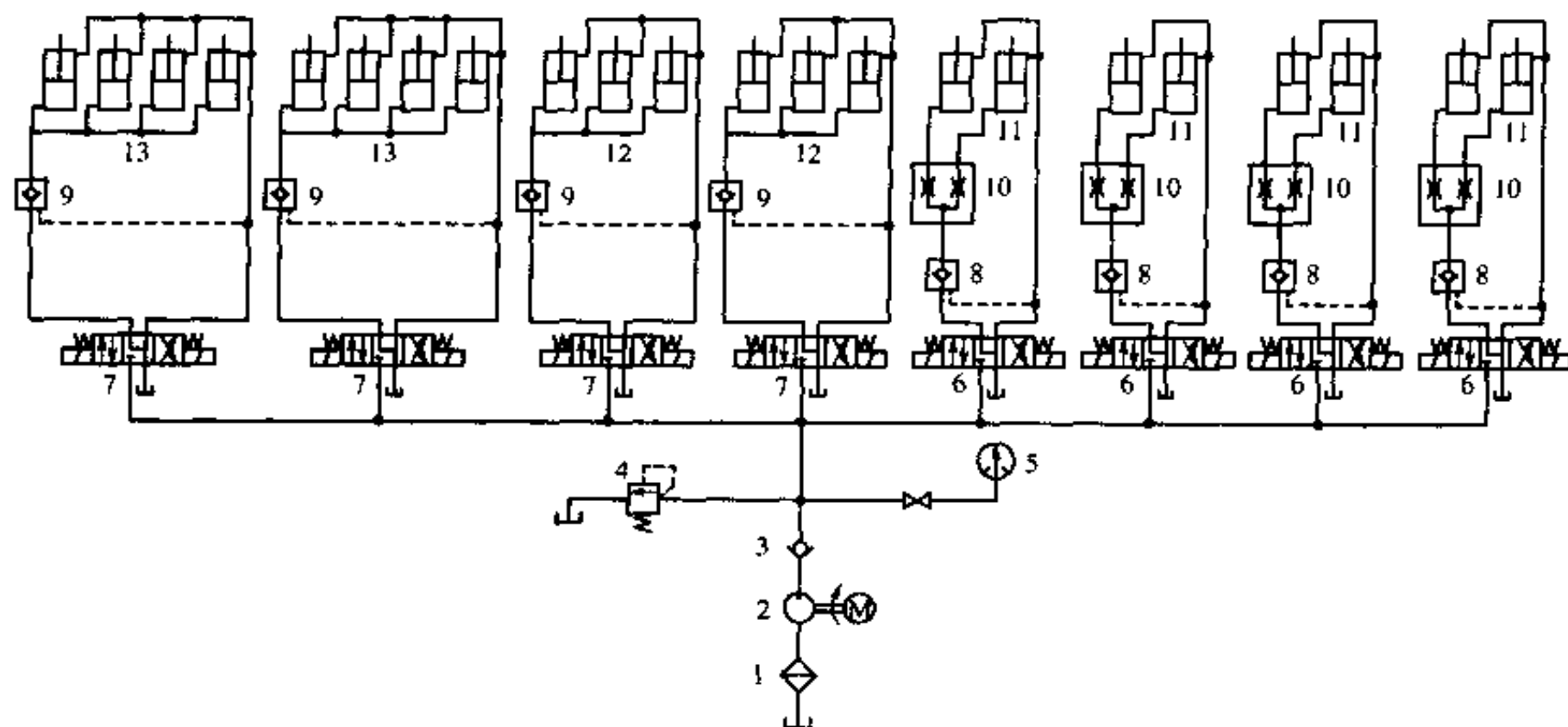


图 3-6 成型机组液压系统原理图

1—过滤器；2—定量液压泵；3—单向阀；4—溢流阀；5—电接点压力表；6、7—三位四通电磁换向阀；  
8、9—液控单向阀；10—分流集流阀；11—升降液压缸；12、13—压紧液压缸

系统的工作原理如下。

工作时，首先各换向阀 6 切换至左位，液压泵 2 的压力油经换向阀 6、液控单向阀 8 和分流集流阀 10 进入缸 9 的无杆腔（有杆腔经阀 6 回油），驱动定模上升；上升到位后，换向阀 6 复至中位，各升降缸的位置由液控单向阀 8 锁定，同时，换向阀 7 切换至左位，液压泵的压力油经换向阀 7 和液控单向阀 9 进入压紧缸的无杆腔（有杆腔经阀 7 回油），通过动模对工件加压，达到规定的压紧力后，电接点压力表 5 发信使换向阀 7 断电复至中位，系统由液控单向阀 9 保压，电动机和液压泵 2 停机。保压过程中，如因泄漏系统压力下降，则电接点压力表 5 发信，使电动机及液压泵重新启动，使系统补油升压。保压到时时，换向阀 7 切换至右位，压紧缸无杆腔通过液控单向阀 9 释压，换向阀 6 切换至右位，压力油进入各液压缸的有杆腔，动模下降至原位，一个工作循环结束。

### (3) 技术特点

- 1) 成型机组的 4 台单机共用一个液压系统驱动，节省了投资。
- 2) 液压系统采用分流集流阀控制每组两个升降缸的同步运动，由液控单向阀实现锁紧。压紧缸采用单向阀保压，保压过程液压泵停机，通过电接点压力表控制自动补油。
- 3) 与通过人工旋紧丝杠机构压紧作业相比，成型机组采用液压驱动后，提高了成型机组的性能、生产效率和产品质量；降低了操作者的劳动强度，特别是避免了粘接胶在机器加



热中散发的有害气体对操作者健康的影响与损害。

(4) 技术参数 (见表 3-2)

表 3-2 成型机组及其液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
主机	最大压紧力	450
液压系统	压力	10
	流量	20
	保压压力	10
	压紧保压时间	3
		h

### 3.2.4 高压输电线间隔棒振摆试验电液伺服系统

#### (1) 系统功能结构

架设在旷野环境下的高压输电线路，受到风吹、日晒、雨淋的作用。为了保持导线的间距不变，高压输电线路设有间隔棒。因为输电线受到风吹的影响而振动，并导致间隔棒的扭转振摆。本电液伺服系统用于电力研究部门在实验室里模拟间隔棒的扭转振动及分析研究。

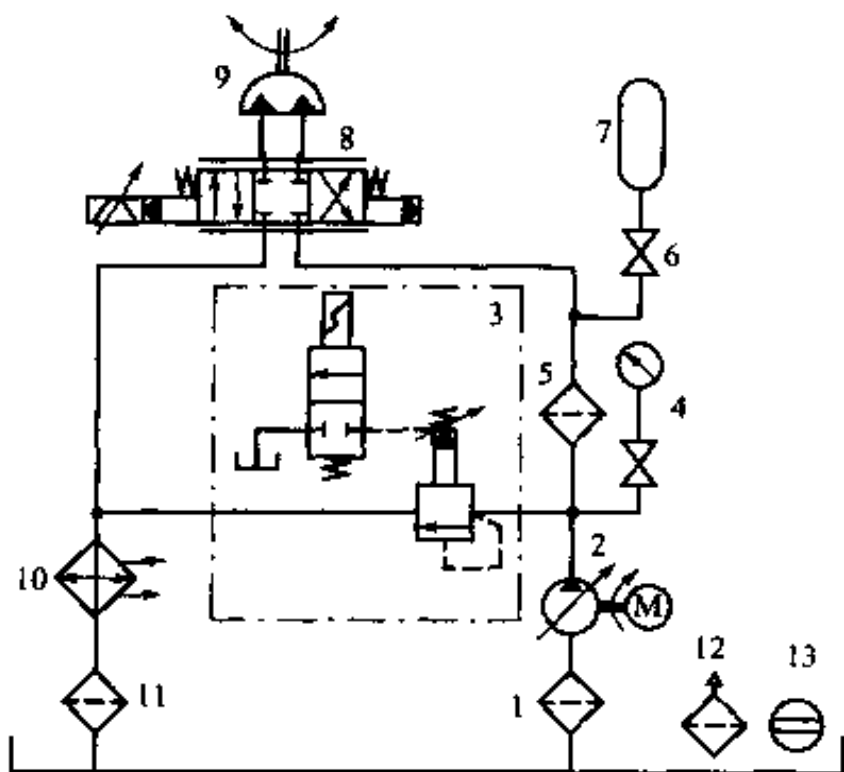


图 3-7 间隔棒试验电液伺服系统的液压原理图

- 1—吸油过滤器；2—变量液压泵；3—电磁溢流阀；
- 4—压力表及其开关；5—精过滤器；6—截止阀；
- 7—蓄能器；8—电液伺服阀；9—摆动液压马达；
- 10—冷却器；11—回油过滤器；12—空气过滤器；
- 13—液位计

#### (2) 电液伺服系统及其工作原理

图 3-7 所示为间隔棒试验电液伺服系统的液压原理图，系统的执行器为用于摆角和转矩输出的双叶片式摆动液压马达 9；该马达由电液伺服阀 8 驱动和控制。系统的油源为变量液压泵 2，其供油压力由电磁溢流阀 3 设定，并通过压力表及其开关 4 观测。液压泵的进出口分别设有吸油过滤器 1 和高压精过滤器 5，以保证液压油液的清洁度；蓄能器 7 用于吸收液压脉动。冷却器 10 用于油液冷却。油箱上设有空气过滤器 12 和液位计 13。

系统的工作原理可用图 3-8 所示电液伺服控制原理框图简要说明如下。

伺服放大器将来自信号源（系统给定控制信号）与振摆液压马达的摆角信号的误差信号

通过伺服控制器进行放大并驱动电液伺服阀，经过电液伺服阀完成功率放大并驱动振摆液压马达转动，振摆液压马达的转角由编码器检测并经过 A/D 数模转换（脉冲数字信号转变为模拟量信号）反馈给伺服放大器，实现振动摆角的电液伺服闭环控制。

#### (3) 技术特点

1) 执行器为自行设计的非标准双叶

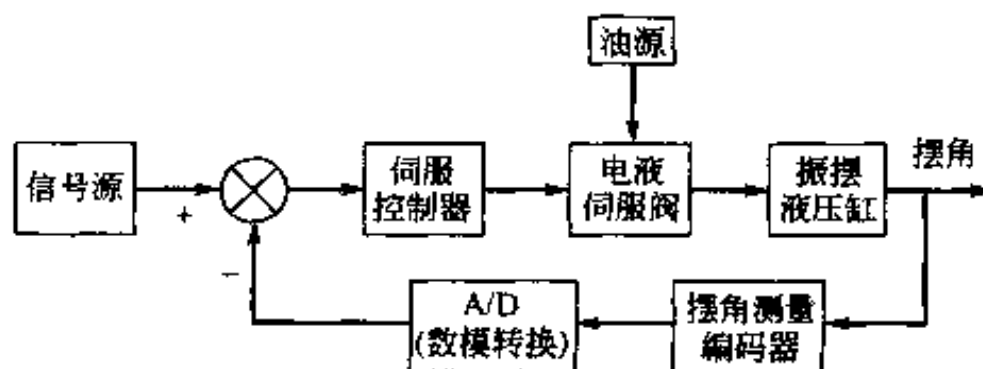


图 3-8 电液伺服控制原理框图



片式液压马达，其特点是径向尺寸小、马达轴径向力平衡、叶片与定子之间采用间隙密封、工作压力较低，以满足间隔棒的外形、导线分布及安装要求，减小运动摩擦、减小输出振动摆角的波形失真、提高系统的控制精度；减少内泄漏，以提高系统在无人值守状况下的工作可靠性。

2) 系统的核心控制元件是电液伺服阀，该阀为喷挡式两级大流量阀。为了防止伺服阀受污染使系统产生故障，提高系统的工作可靠性，除吸油过滤器外，系统中设置了高压精过滤器和低压回油过滤器，以确保系统正常工作。另外系统设有温控冷却器及吸收压力脉动的蓄能器，从而保证了系统的可靠工作。

3) 该高压输电线间隔棒试验电液伺服系统，结构简单、工作可靠并且具有较小的振摆和较大的转矩输出，满足了高压输电线间隔棒在实验室里进行扭转振动模拟试验技术要求。

(4) 技术参数 (见表 3-3)

表 3-3 电液伺服系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位
最大输出转矩	1500	N·m	系统工作频率范围	0~30(重点 2)	Hz
最大输出振动摆角	±30	(°)	单个连续试验次数	10 <sup>6</sup>	次
最大扭摆速度	377	°/s	系统设计压力	6.3	MPa
振摆控制波形	正弦波		系统流量	60	L/min

### 3.2.5 火力发电厂 240m 钢内筒烟囱液压顶升设备系统

#### (1) 设备的功能结构

钢内筒烟囱用于现代大型火力发电厂排放烟气，是一种具有能耗低、自重轻、投资省和寿命长等优点的新型高效烟囱，在国内外的火力发电机组中已获得广泛的应用。此处介绍的烟囱用于装机容量为 2×600MW 超临界发电机组，它是在一个内径 23m、高 231m 的钢筋混凝土圆筒内耸立两只内径 6.5m、高 240m，各重 600t 的等内径钢质烟囱。钢筋混凝土外筒起支撑、抗震和防风等作用。

钢内筒烟囱的安装是一个高难度技术，国外采用所谓倒装法（钢烟囱是从它的最高一段开始安装，提升一段后，在它下面再填入一段，一段复一段，直到最后），此方法最先进，具有混凝土外筒不受重荷、没有高空作业、安装质量高等优点。但需要一套精度高、自动化程度高、可靠性高的液压顶升设备。

图 3-9 所示为液压顶升设备结构示意图。设备由金属结构、液压装置和电气控制三大部分组成。其顶升动作像人爬杆一样，手脚并用，伸缩爬升，是一个负重爬升机器人。

金属结构（参见图 3-9）是这套设备的骨架，3 根导向立柱 2 分别高 36m，重约 18t，它的断而是带外卷边的槽形开口结构。立柱槽里可容纳一只主液压缸 6，立柱的三个内壁而具有高的平直度和垂直度，是主液压缸伸缩时的导向面。立柱的两个相对壁而上，每隔 0.9m 开一个矩形方孔，3 根立柱在同一水平而上共有 6 个方孔，要求这些方孔的承重面之间的水平高差不大于 1mm。立柱的下端固定在地面，它的顶端固定在钢筋混凝土外筒的 36m 处的钢质平台上。矩形断面的环形梁（下称环梁）重约 27t，它是主液压缸和钢烟囱之间的承重构件。环梁上翼缘有径向布置的 12 个活动支托，各有小液压缸驱动。当活动支托 4 外伸时，托在钢烟囱筒身的倒牛腿 3 上，起到支承钢筒的作用。在环梁的外缘延伸出互成 120°的 3 个支座，分别插入 3 个立柱槽里，并搁置在主液压缸的顶面上，它也以立柱的内壁作导向，随

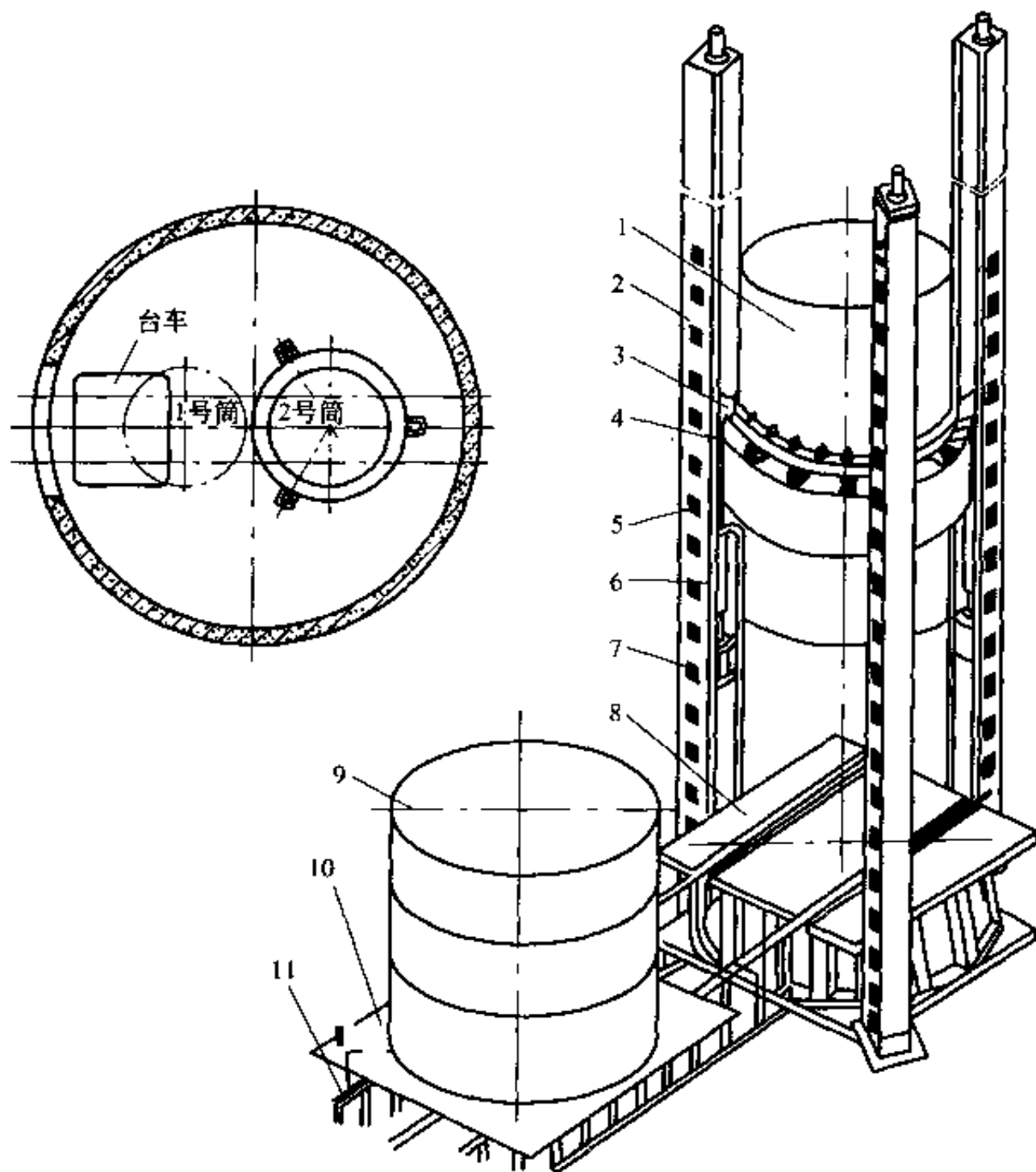


图 3-9 液压顶升设备结构示意图

1—钢筒；2—导向立柱；3—倒牛腿；4—活动支托；5—上插销；6—主液压缸；7—上插销；  
8—工作台；9—待接钢筒；10—台车；11—轨道

主液压缸的伸缩而升、降。主液压缸的缸体下端和活塞杆的外露端各设有插销箱，由于工作时主液压缸倒置，所以在缸体一端的称上销箱，活塞杆端的称下销箱。销箱孔呈矩形，每个孔里有两只可以横向伸缩的矩形断面的方形插销。3只主液压缸共有12只插销，分别有12只小液压缸驱动。上、下销箱中的方销相当于机器人的两只手和两只脚。方销外伸可插入立柱方孔，主液压缸的伸缩和上、下方销插入和拔出相应的方孔，完成主液压缸的爬升动作。通过环梁带动烟囱筒身徐徐顶升。当爬升36m后，钢筒也接长了约36m，然后让烟囱降落到地面，开始第二个36m钢筒的顶升，如此周而复始，直到完成240m钢内筒烟囱的顶升工程。

三种控制方式的电控系统是顶升设备的中枢神经系统。其中，主控制方式为微机控制，以MSC-51系列单片机为控制核心，整个同步升降过程全自动完成，操作人员仅需要通过有关信号监视动作过程；继电器顺序控制为半自动控制；手动控制在安装调试和排除故障时才使用。整个电控系统还设有操作闭锁、工作状态监测、故障报警、重要参数冗余监测、硬件和软件两方面采取了抗干扰措施等，保证了系统的可靠性。

## (2) 液压系统及其工作原理

该设备的工作装置采用液压驱动，其液压系统原理图如图3-10所示。

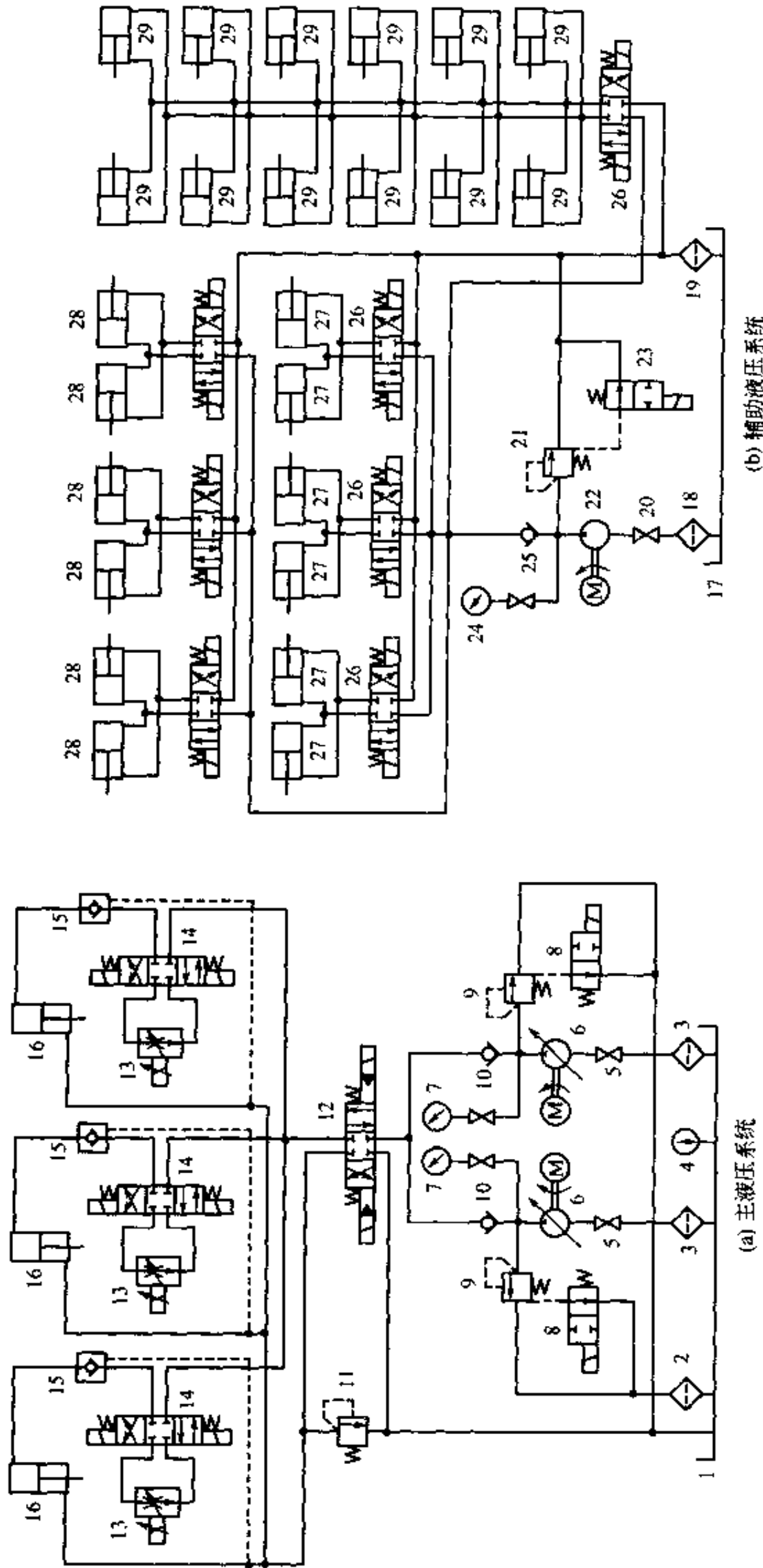


图 3-10 液压顶升设备液压系统原理图

1、17—油箱；2、19—回油过滤器；3、18—吸油过滤器；4—温度计；5、20—截止阀；6—单向变量液压泵；7、24—压力表及其开关；8、23—二位二通电磁换向阀；9、21—先导式溢流阀；10、25—单向阀；11—三位四通电磁换向阀；12—三位四通比例流量阀；13—电液比例流量阀；14、26—三位四通电磁换向阀；15—液控单向阀；16—主液缸；22—定量液压泵；27—下插销液缸；28—上插销液缸；29—活动支托液缸

图 3-10 (a) 所示为主液压系统, 它由两个单向变量液压泵 6 供油, 双泵的压力和卸荷分别由两只溢流阀 8 和二位二通电磁换向阀 9 控制, 系统压力可通过压力表及其开关 7 显示, 两个单向阀 10 用于保护各泵; 系统的执行器为三位四通电液主换向阀 12 控制的三个并联主液压缸 16, 三个主缸的无杆腔油路上设置的液控单向阀 15 可在施工中任意位置长时间锁定液压缸, 确保系统及设备的安全。电液比例流量阀 13 及三位四通电磁换向阀 14 用来实现缸的双向速度控制, 三个电液比例流量阀借助自整角机构成电液闭环控制系统, 通过微机及 PID 调节, 以满足三个液压缸的同步运动精度要求; 主液压缸有杆腔油路中并联的低压溢流阀 11, 用于来实现缩缸时有杆腔油液的低压溢流, 以减少发热和节能。

图 3-10 (b) 所示为辅助液压系统, 它由单定量泵 22 供油, 泵的压力和卸荷由溢流阀 21 和二位二通电磁换向阀 23 控制, 系统压力由压力表及其开关 24 显示; 3 组 (6 个) 并联的上插销液压缸、3 组 (6 个) 并联的下插销液压缸和 6 组 (12 个) 液压缸的往复运动由各三位四通电磁换向阀 26 控制。

### (3) 技术特点

- 1) 根据工作特点, 烟囱顶升设备采用主、辅两个独立液压系统。
- 2) 主液压系统采用双变量泵油源, 通过电液比例流量阀实现液压缸的升降速度控制, 通过电液闭环控制实现三个液压缸的同步控制, 满足了顶升速度低和同步精度高的要求。
- 3) 辅助液压系统采用单定量泵油源, 通过电磁换向阀控制每组液压缸的运动。
- 4) 主、辅液压系统均考虑了液压泵卸荷, 主液压系统设置有缩缸回油低压溢流阀, 减少了能耗与发热。
- 5) 主液压系统采取了多项措施以提高系统的安全可靠性, 例如串联在顶升液压缸无杆腔油路上的电磁换向阀里设置结构简单的减压装置, 以减小电磁铁套里的压力, 保证电磁铁安全工作; 通过设置液控单向阀, 可保证在施工中任意位置长时间锁定液压缸, 并且防止出现液压软管爆裂; 双泵供油, 一个泵发生故障时, 可用另一个液压泵继续施工 (速度低些) 等。另外, 电控系统设有多项抗干扰措施, 提高了系统乃至整个设备的可靠性。

### (4) 技术参数 (见表 3-4)

表 3-4 液压顶升设备液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位
立柱	高度	3	m
	重量	18	t
环形梁	重量	27	
主液压系统	额定工作压力		28 MPa
	额定流量		110 L/mm
	功率		30×2 kW
	电磁换向阀电磁铁套内压力		6 MPa
	主液压缸	运动范围	36 m
		顶升速度	5 mm/s
同步精度		<1 mm	
辅助液压系统	额定工作压力		2.8 MPa
	额定流量		25 L/mm
	功率		2.8 kW

### 3.2.6 电力导线压接钳超高压液压系统

#### (1) 主机功能结构

超高压液压压接钳是一种便携式液压机具，主要用于输变电导线的压接，也可用于通讯电信线缆的压接及建筑和桥梁施工中的钢筋压接作业。

超高压液压压接钳的工作装置是由液压缸驱动的压接钳头和成型模具（见图 3-11），下模与液压缸的活塞杆连接。工作时，将需要压接的导线放入成型模具内，液压缸的活塞杆带动下模上移，通过上下模具的挤压，实现导线的压接接合。通过更换钳头和模具，可以实现不同规格导线的压接作业。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 3-11 所示为压接钳的超高压液压系统原理图，系统的执行器为液压缸 14（活塞杆与压接钳的下模相连），系统的油源为二级定量液压泵，其中泵 5 为中压泵，泵 7 为超高压泵，两泵共用一台原动机驱动，原动机即可以是电动机，也可以是汽油机；泵 5 和泵 7 的最高供油压力分别由溢流阀 4 和溢流阀 3 设定，系统的工作压力通过压力表 1 显示。油源与液压缸 14 通过快速接头 11 连接，液压缸的运动方向由三位四通手动换向阀（转阀）10 控制。

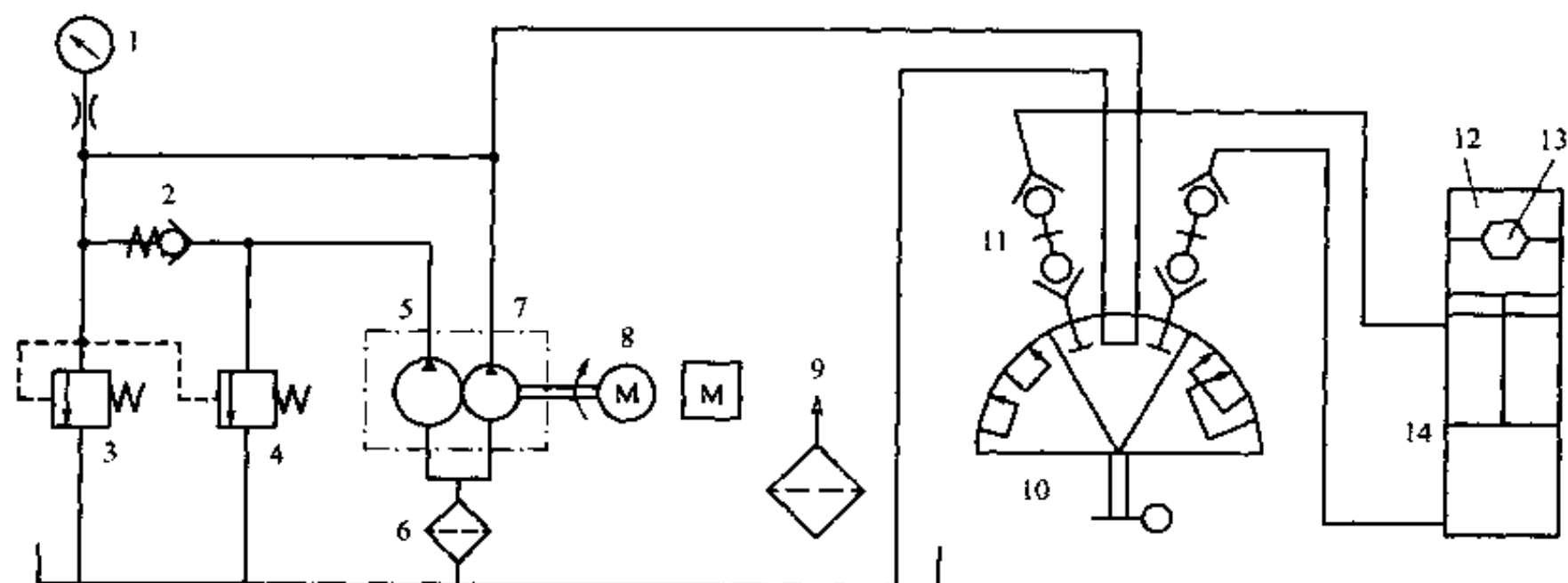


图 3-11 超高压液压压接钳的液压系统原理图

1—压力表；2—单向阀；3—高压溢流阀；4—中压溢流阀；5—中压泵；6—过滤器；7—超高压泵；8—原动机；9—注油通气器；10—三位四通手动换向阀（转阀）；11—快速接头；12—压接钳头；13—成型模；14—液压缸

压接作业时，换向阀 10 切换至右位，泵 5 的压力油经单向阀 2 与泵 7 的压力油汇合一并通过阀 10 进入液压缸 14 无杆腔，由于流量较大，故液压缸的活塞杆带动下模快速上移，至上下模合模后，系统压力开始增加，当压力增至溢流阀 4 的调定值时，泵 5 通过阀 4 卸荷，仅泵 7 向液压缸供油，随着模具对导线的压紧，液压缸负载增加，从而系统压力增加，直至压接结束。此时，可将换向阀切换至左位，两泵的压力油经阀 10 一并进入液压缸有杆腔，活塞杆带动下模快速下移，退回原位后，换向阀切换至中位（图示位置），两泵的油均通过阀 10 排回油箱，实现卸荷，一个工作循环结束。

#### (3) 技术特点

1) 该压接钳的液压系统采用中压泵和超高压泵组合供油，在满足较大的导线压接力需求的同时，减小了液压缸的直径及整个压接钳的尺寸和重量。

2) 除作为执行器的液压缸及其驱动的压接钳头外，液压系统的其他元件集成为液压泵

站结构形式，通过快速接头可以迅速实现液压缸与泵站的油路连接，外形整齐美观，且便于运输、安装和作业。

3) 液压泵有电动机和汽油机两种驱动方式，对于缺少电力供应的野外作业场所，也可以使用该设备作业。

4) 通过更换不同直径的液压缸以及不同结构形式的压接钳头和模具，可以方便地实现不同规格和材质的导线压接；也可以将其用于建筑、桥梁施工以及构件试验、地基应力加载等工程中，实现了一机多能。

(4) 技术参数 (见表 3-5)

表 3-5 超高压压接钳液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
液 压 泵	超高压泵	额定压力	125	MPa
		公称流量	0.66	L/min
	中压泵	额定压力	20	MPa
		公称流量	2.2	L/min
原 动 机	电动机	功率	1.5	kW
	汽油机	功率	3	hp
液 压 泵 站	油箱	储油量	11	L
	外形轮廓尺寸		796×463×584	mm

### 3.2.7 混凝土吊罐弧门开闭液压系统

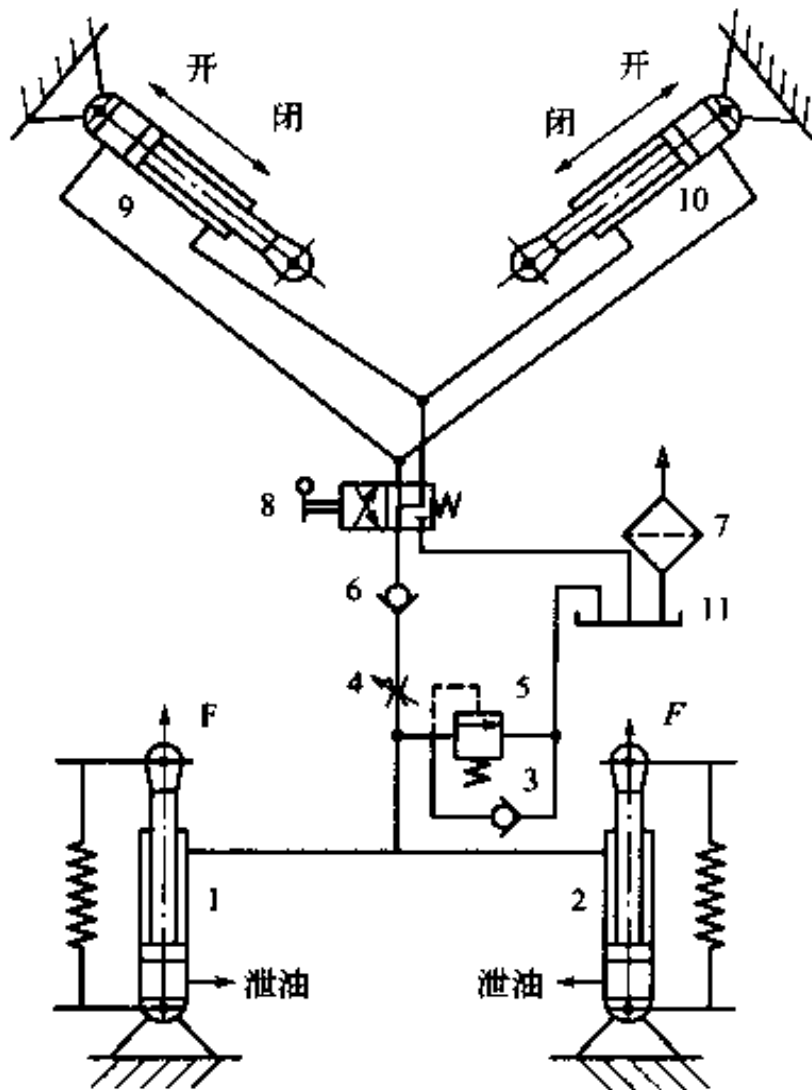


图 3-12 吊罐弧门开闭液压系统原理图

1、2—单作用液压缸；3、6—单向阀；4—节流阀；  
5—溢流阀；7—注油通气过滤器；8—二位四通手  
动换向阀；9、10—双作用液压缸；11—油箱

#### (1) 系统的功能

本液压系统用于大型水电站施工中的混凝土吊罐弧门的开启和关闭，以代替机械杠杆式开闭装置。

#### (2) 液压系统及其工作原理

混凝土吊罐弧门开闭液压系统的原理图如图 3-12 所示。系统的压力油由吊罐起重钢丝绳通过吊环牵引的单作用液压缸 1 和 2 产生；执行器为双作用液压缸 9 和 10，缸 9、10 与吊罐的弧形启闭门相连，用于驱动弧门的开闭。缸 9、10 的运动方向和速度分别通过二位四通手动换向阀 8 和节流阀 4 控制，系统压力由溢流阀 8 设定。

系统的工作原理如下。开始起吊吊罐时，单作用缸 1 和 2 的活塞杆在钢丝绳拉力  $F$  的作用下被向上拉出，有杆腔中的压力油排出后经节流阀 4、单向阀 6，如这时换向阀 8 处在右位，双作用缸 6、7 的有杆腔和无杆腔连通，形成差动缸，加上弧形门的自重，使得缸 9、10 的活塞杆伸出，弧形门关闭；如这时换向阀 8 换向切换至左位，则压力油经阀 4、阀 6 进入缸 9、10 的有杆腔，活塞杆缩回，驱动弧形门打开。当空罐放回到运

输车上后,在弹簧作用下,单作用缸1、2的活塞杆缩回,同时缸的有杆腔通过单向阀3从油箱11中吸油充液。

### (3) 技术特点

1) 液压系统通过吊罐自重牵引两个单作用液压缸产生压力油液,单作用缸起液压泵作用。

2) 通过手动换向阀的控制实现执行器驱动吊罐弧形门的启闭,系统元件少,结构简单实用。当单作用缸处于某一位置不动时,单向阀6可以防止因双作用液压缸窜动而使弧形门的状态变化。

3) 机械杠杆式开闭装置,用人力开启弧形门卸料,操纵力达500kN以上。在吊管提升时,会因为突然加速使缆式起重机的起吊钢丝绳及缆机受到较大冲击振动;而卸料时,会因为弧形门突然打开,载荷突然减小产生使吊罐反弹的反向冲击力。采用液压传动实现弧形门的启闭,则由于弹簧和液压缸的缓冲作用,削减了冲击振动,弧形门的缓慢开启防止了吊罐的反弹,提高了安全性,在降低劳动强度的同时,改善了操作性能。

4) 本系统还可用于其他抓斗开闭装置中。

### (4) 技术参数(见表3-6)

表3-6 混凝土吊罐弧形门开闭液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位
吊罐容积		8	m <sup>3</sup>
吊重		21~110	kN
压力		2.5~13.0	MPa
双作用液压缸	缸径	40	mm
	活塞杆直径	22	
单作用液压缸	缸径	63	
	活塞杆直径	45	
吊罐容积		12	m <sup>3</sup>
吊重		27~140	kN
压力		3.2~17.0	MPa
双作用液压缸	缸径	50	mm
	活塞杆直径	28	
单作用液压缸	缸径	80	
	活塞杆直径	45	
吊罐容积		12.5	m <sup>3</sup>
吊重		27~165	kN
压力		3.2~19.5	MPa
双作用液压缸	缸径	60	mm
	活塞杆直径	28	
单作用液压缸	缸径	80	
	活塞杆直径	45	

注:吊罐常用容积为3m<sup>3</sup>, 6m<sup>3</sup>, 8m<sup>3</sup>, 12m<sup>3</sup>, 12.5m<sup>3</sup>。

## 3.3 煤炭工业中的液压系统

### 3.3.1 煤矿Φ2.3m多绳绞车液压制动系统

#### (1) 主机功能结构



φ2.3m 多绳绞车是从瑞典 SAEA 公司引进的煤矿提升设备，其功用是每天将 9 万吨的煤炭自井下提升到地面，绞车到层后必须制动，使其停车。制动系统的好坏，直接影响绞车的可靠性、寿命及采煤的效率。

(2) 液压制动系统及其工作原理

国产化的液压制动系统原理图如图 3-13 所示，可完成准备→绞车运输→制动的工作循环。系统采用双速电动机 3 驱动定量液压泵 4 供油，泵的出口设有带污染指示精过滤器 5；溢流阀 19 用于设定系统的最高压力，绞车制动时的系统压力通过调整溢流阀 16、18、20 和节流阀 9、17 及二位四通电磁换向阀 22 的综合控制形成逐级下降过程。蓄能器 12 用于蓄能，系统设有加热器 2、电接触式温度计 24 以及由二位二通水换向阀 26 和截止阀 27 控制的水冷却器 25 等控温装置，油箱顶部设有通气过滤器 1。

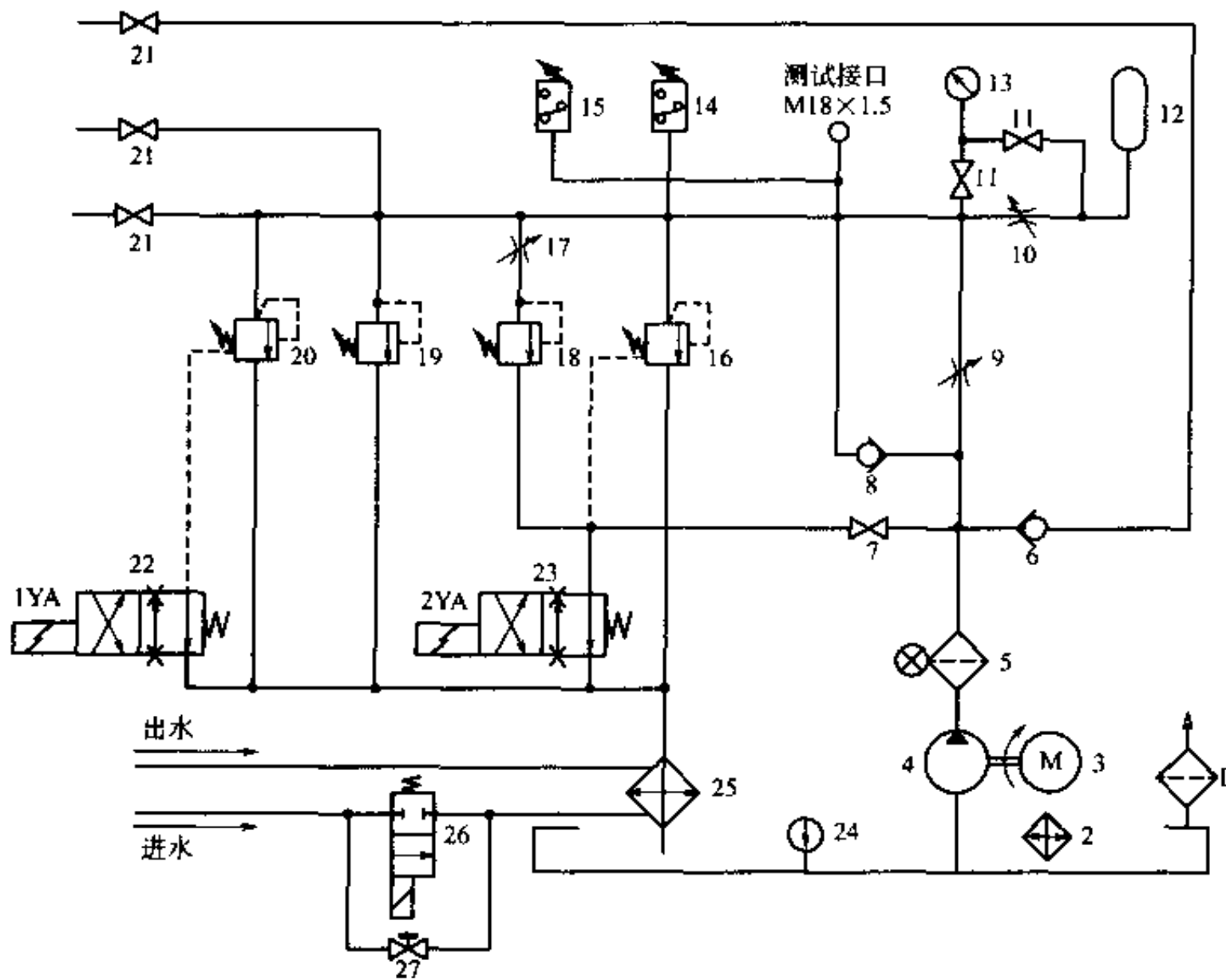


图 3-13 绞车液压制动系统原理图

1—通气过滤器；2—加热器；3—双速电动机；4—定量液压泵；5—带污染指示精过滤器；6、8—单向阀；7、11、21—截止阀；9、10、17—节流阀；12—蓄能器；13—压力表；14、15—压力继电器；16、20—先导式溢流阀；18、19—溢流阀；22、23—二位四通电磁换向阀；24—电接触式温度计；25—水冷却器；26—二位二通电磁水阀；27—水截止阀

系统的工作原理如下。

1) 准备 电动机 3 驱动液压泵 4 高速运转，液压泵输出的油液经截止阀 7、换向阀 23 和水冷却器 25 排回油箱，系统卸荷。

2) 绞车运输 电磁铁 1YA、2YA 通电，换向阀 22、23 均切换至左位，因先导式溢流阀 16、20 的遥控口和 18 的回油口封闭无溢流，故系统逐渐升压，直到阀 19 的调压值。同时，泵 4 的压力油经单向阀 8、节流阀 10 进入蓄能器 12 蓄能。这时，制动液压缸的弹簧被

顶开，油缸处于松闸状态，绞车可运行。当系统压力达 14MPa 后，压力继电器 14 发信使电动机 3 由快速转换为慢速，液压泵的流量减小。

3) 制动 在制动信号发出后，电磁铁 1YA、2YA 断电使换向阀 22、23 复至右位。系统压力油分别经节流阀 9 及截止阀 7、溢流阀 16、节流阀 17 及溢流阀 18、溢流阀 19、溢流阀 20 排回油箱。由于节流阀 9 和 17 的作用以及换向阀 22 的延迟，使系统压力按实际工况要求逐级下降，理想的压力-时间曲线如图 3-14 所示。

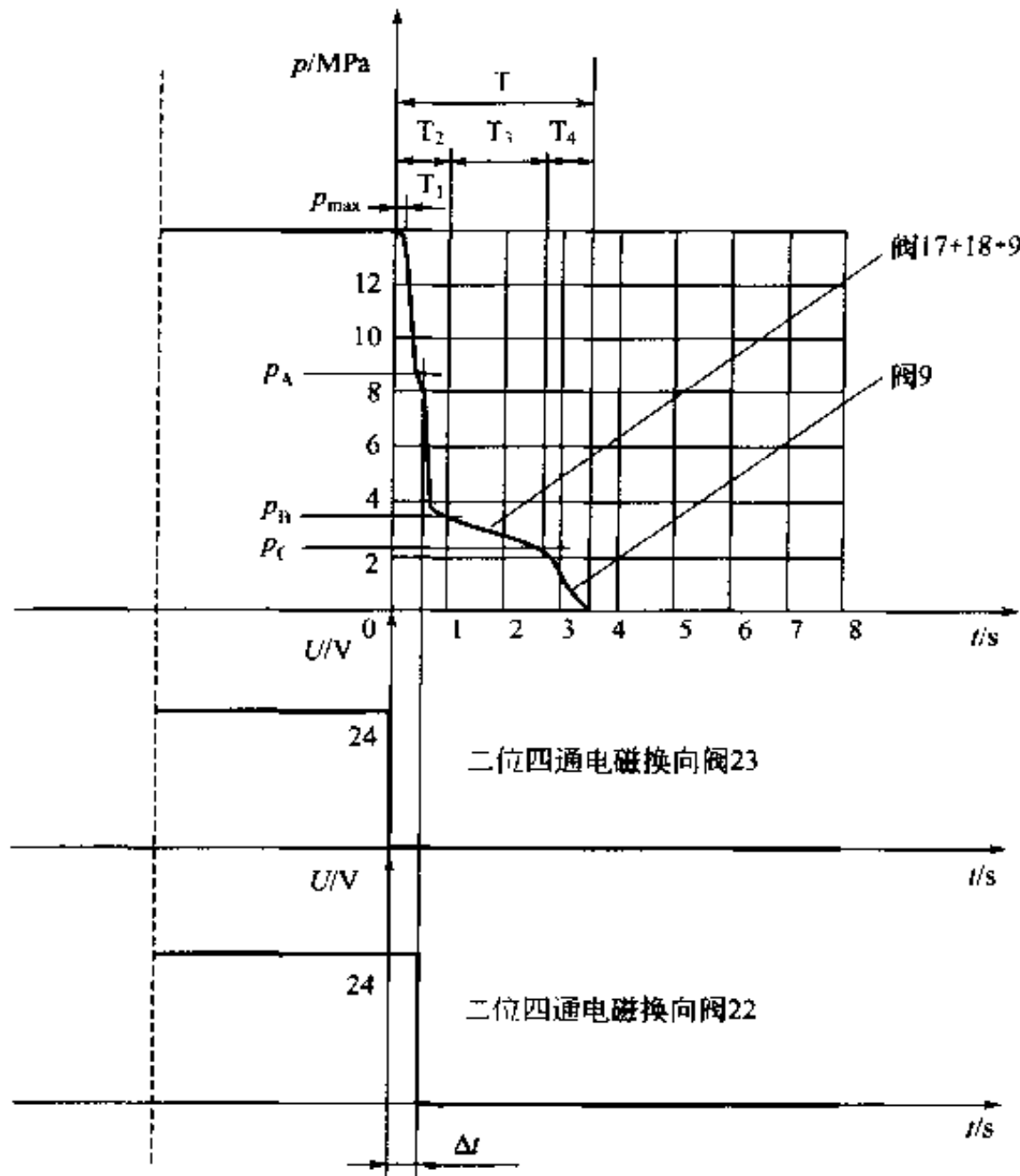


图 3-14 理想的压力-时间曲线

$p_{max}$ —松闸锁压力（由溢流阀 19 设定），14MPa； $p_A$ —平均负载压力（由溢流阀 16 设定），8.5MPa； $p_B$ —制动过程的第二级压力（由溢流阀 20 设定），3.5MPa； $p_C$ —制动过程的第三级压力（由溢流阀 18 设定），2.5MPa； $\Delta t$ —电磁换向阀 22 和 23 打开的时间差

当系统压力下降到小于蓄能器 12 的充气压力后，蓄能器储存的油液经节流阀 10 释放出来，起到延长系统卸荷时间的作用。油液释放的快慢可通过节流阀 10 的开度调节。

### (3) 技术特点

1) 系统中采用了双速电机和低噪声叶片泵组及蓄能器，减少了系统发热并具有节能效果，降低了噪声。

2) 采用叠加阀加滑阀的结构形式，液压阀采用油路块连接和集成，减少了连接管路，结构紧凑、维修方便、可靠性好、泄漏少。

3) 压力-时间曲线图更接近于理想状况；其控制精度较原系统有所提高，绞绳在每个循环中的重复误差小于原系统。

4) 系统中合理选择了温控装置, 油温控制明显改善; 加大了油箱的散热面积, 有效地控制了温升。

5) 与进口设备相比, 整机、备件价格低廉, 供货及时。

(4) 技术参数 (参见图 3-14)

### 3.3.2 卸煤生产线定位机车的电液比例方向控制系统

#### (1) 主机功能结构

定位机车是港口卸煤生产线上的重要设备。其主要功能是把有煤车厢推上翻车机并把空车厢推出翻车机。机车的行走由电力拖动, 机车的大臂仰俯升降及摘钩和挂钩则采用液压缸驱动与控制。图 3-15 所示为大臂的结构示意图, 总重 7.3t, 重心距铰支点 1.245m, 大臂转角范围为  $97.4477^\circ$ 。在大臂 1 升降过程中, 重心与铰支点之间的垂直距离随角度而变, 故升降液压缸 2 的工作负载是变化的。机车的一个工作循环周期 124s, 大臂仰俯升降及钩头启闭的工作时间仅有 13s (见图 3-16), 所以属于间歇工作型液压系统。

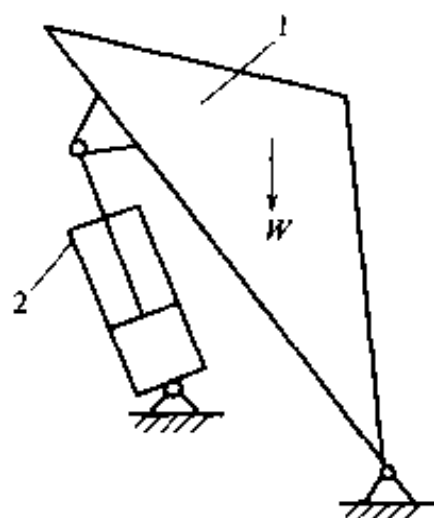


图 3-15 大臂结构示意图  
1—大臂; 2—升降液压缸

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 3-17 所示为定位机车的液压系统原理图。系统的执行器为大臂升降液压缸 25 和钩头液压缸 24 (2 个)。系统采用双联齿轮泵 9 组合供油以满足大臂缸升降和钩头缸伸缩流量要求相差较大的要求, 大泵利用压力控制阀组 13 设定两种工作压力 6.9MPa 和 13.8MPa, 并可通过阀 13 中的三位四通电磁换向阀的 H 型机能卸荷; 小泵的工作压力和卸荷通过电磁溢流阀 14 设定 (13.8MPa) 和控制。系统设有一个吸油过滤器 6 和两个压油过滤器 10, 以保证电液比例换向阀用油的清洁度。

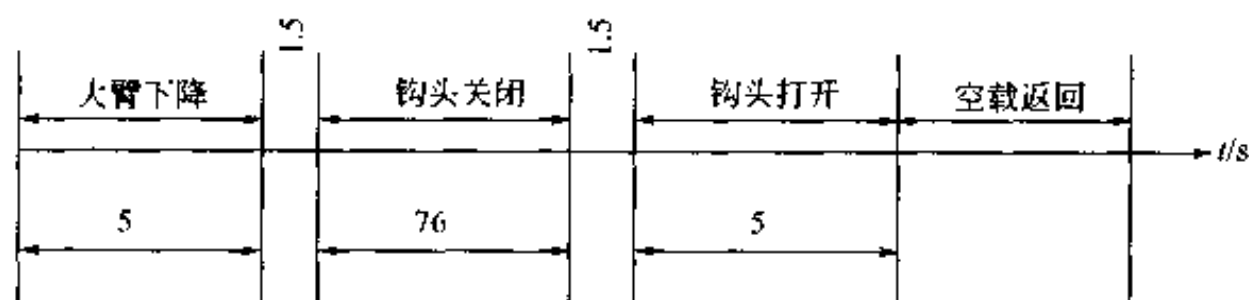


图 3-16 机车的工作循环周期

为了防止大臂升降中, 因重心位置随转角变化引起负载压力和流量的变化以及因机车往返行走时从卸荷突变到高压工况带来的压力突变所导致的振动、噪声, 大臂缸 25 的运动方向由电液比例换向阀 15 控制; 缸的升、降速度分别通过两个进油单向节流阀 16 分别进行调节; 外控单向顺序阀 17 用于防止升降缸在大臂自重作用下超速下降; 安全溢流阀 18 用于防止大臂由于某种原因卡住不动而引起系统压力过高, 保护管道和密封装置不致爆裂和损坏; 缸的任意位置锁定停留由二位二通电磁换向阀 19 和单向阀 26 的组合实现。

钩头缸 24 所需工作压力较低, 可通过减压阀 22 来设定, 钩头缸的换向和任意位置锁定通过 O 型中位机能的三位四通电磁换向阀 23 实现, 缸的伸缩通过节流阀 21 进油节流调速。

系统的工作原理如下。

阀组 13 中的换向阀和阀 14 中的电磁铁均断电, 两泵卸荷, 电机 8 带动双联泵 9 空载启动。

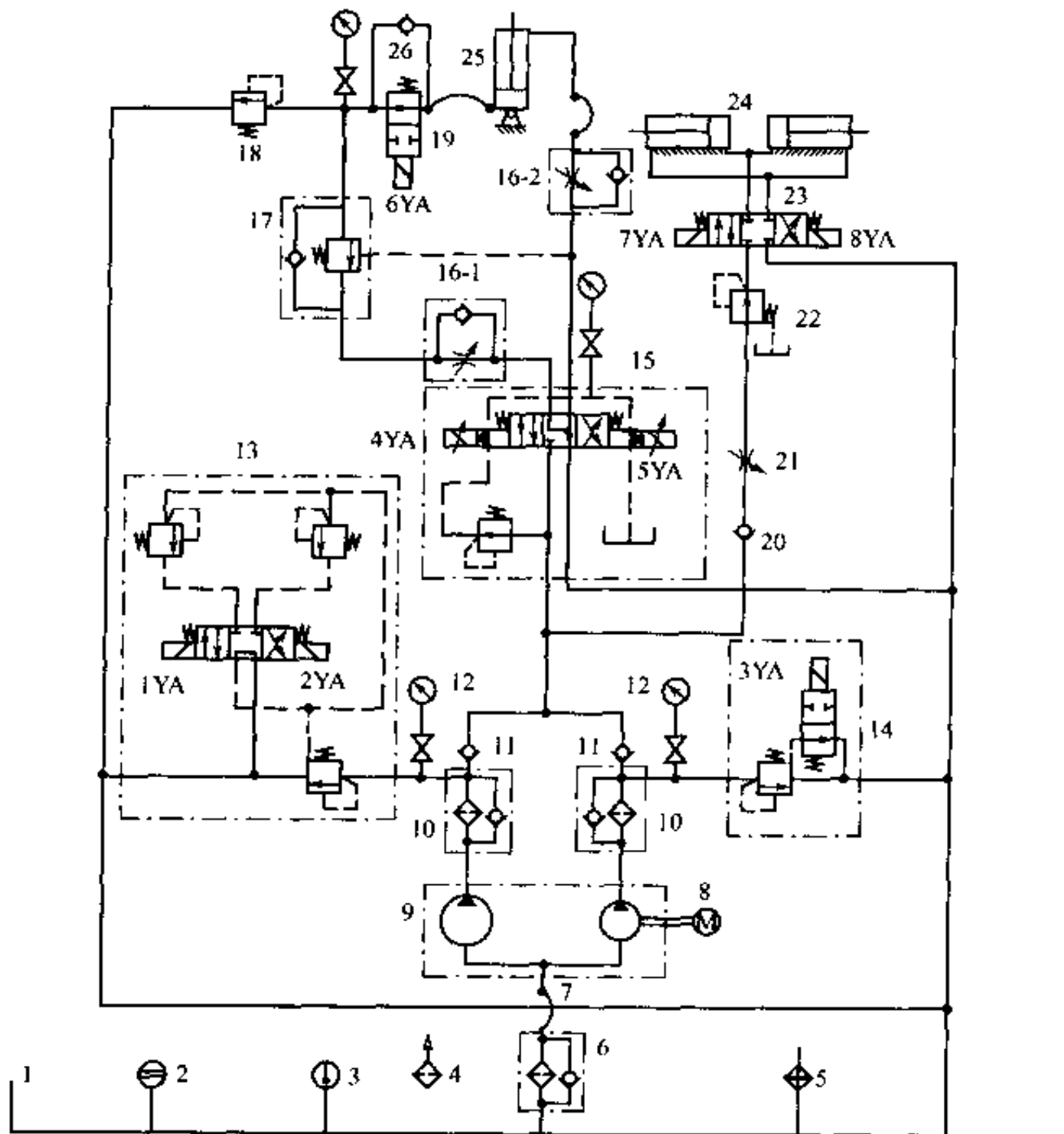


图 3-17 定位机车液压系统原理图

1—油箱；2—液位计；3—温度计；4—空气过滤器；5—加热器；6—吸油过滤器；7—橡胶软管；8—电机；9—双联齿轮泵；10—高压过滤器；11、20、26—单向阀；12—压力表；13—压力控制阀组；14—电磁溢流阀；15—电液比例换向阀；16-1、16-2—单向节流阀；17—外控单向顺序阀；18—安全溢流阀；19—二位二通电磁换向阀；21—节流阀；22—减压阀；23—三位四通电磁换向阀；24—钩头液压缸；25—大臂升降液压缸

大臂上升时，电磁铁 1YA、3YA 通电使阀组 13 中的换向阀和 14 中的换向阀分别切换至左位和上位，同时比例电磁铁 4YA 通电，换向阀 15 切换至左位。两泵同时以 13.8MPa 压力经过滤器 10、单向阀 11、换向阀 15、阀 16-1、阀 17 和单向阀 26 向缸 25 的无杆腔供油；电液比例方向阀的阀口对经该阀进入液压缸 25 的油液压力和流量连续地控制和调节，以保证大臂平稳上升，缸有杆腔的油液经阀 16-2 和阀 15 排回油箱。一旦大臂上升到位后，行程开关便发信，电磁铁 1YA、3YA 及比例电磁铁 4YA 均断电，此时两泵卸荷。

大臂下降时，电磁铁 2YA 通电使阀组 13 中的换向阀切换至右位，比例电磁铁 5YA 通电使电液比例方向阀的切换至右位，大泵以 6.9MPa 压力经过滤器 10、单向阀 11、换向阀 15 和阀 16-2 向缸 25 的有杆腔供油，换向阀 15 的阀口连续地控制和调节流入、流出液压缸 25 的油液压力和流量，以保证大臂平稳下降，此时缸无杆腔经换向阀 19、阀 17、阀 16-1 和阀 15 向油箱排油。当大臂下降到位后行程开关便发信，电磁铁 2YA、5YA 均断电。

钩头缸 24 伸出时, 电磁铁 2YA、7YA 通电使阀组 13 中的换向阀和换向阀 23 分别切换至右位和左位, 大泵以压力 6.9MPa 经过滤器 10、单向阀 11、单向阀 20、节流阀 21、减压阀 22 (将压力降为 5.0MPa) 和换向阀 23 向缸 24 的无杆腔供油, 有杆腔经阀 23 直接排油至油箱。钩头缸缩回时, 只需 2YA、8YA 通电, 进入缸中的油液压力仍为 5.0MPa。

其余时间, 即当定位机车往复行走时, 所有电磁铁均断电, 系统处于卸荷状态。液压系统工作循环的电磁铁动作顺序见表 3-7。

表 3-7 液压系统工作循环的电磁铁动作

动 作	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA
液压泵启动								
大臂下降		+			+			
钩头缸伸出		+					+	
重车前行								
钩头缸缩回		+						+
大臂上升	+		+	+				
空载返回								
大臂任意位置停留						+		
停机								

### (3) 技术特点

1) 该机车的液压系统采用双联液压泵的大小泵组合供油和多级压力控制, 并设有卸荷油路, 既满足了执行器快慢速不同负载和速度要求, 又减小了功率损失和发热。

2) 采用电液比例换向阀对倾斜布置和转角变化的升降液压缸实施压力和流量的综合控制, 避免了负载、速度变化引起的振动和噪声, 提高了工作机构的运动平稳性和位置精度, 并有利于延长系统中液压元件的寿命。

3) 通过设置安全阀防止意外情况导致系统压力过高而使管道爆裂、密封件损坏失效; 系统设有精过滤器、温度计、加热器等液压辅件, 以保证系统的油液清洁与合适的油温, 提高了电液比例阀乃至整个系统的工作可靠性。

4) 大臂缸和钩头缸回路皆设有节流阀, 通过调节节流阀的开度可以获得不同的运行速度。

### (4) 技术参数 (见表 3-8)

表 3-8 定位机车液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
液压泵 (G2020W-2F-24B-13B-21A51 型)	驱动电机	转速	1450
		功率	30
	大泵	压力	13.8; 6.9
		排量	77
	小泵	压力	13.8
		排量	43
减压阀	调定压力	5.0	MPa
吸油过滤器	过滤精度	149	$\mu\text{m}$
压油过滤器	过滤精度	10	

## 3.3.3 单体液压支柱高压检测实验台液压系统

### (1) 功能结构

单体液压支柱是煤矿采煤工作面的重要支护部件，其密封性能的优劣对于保障安全生产，提高经济效益具有重要意义。随着单体液压支柱的使用量的逐年增加，检修量和实验工作量也大大增加。WQ-A型单体液压支柱高压检测实验台就是一种能够快速、准确、定量地检测液压支柱密封性能的实验设备。该实验台由液压系统、电控系统组成，并配有支柱检测仪和示值式注液枪等附属仪器设备。

(2) 液压系统及其工作原理

实验台的液压系统有两种方案：一种是由油压和乳化液两个回路组成的双介质系统，另一种是单介质乳化液系统。

油压和乳化液两个回路组成的双介质系统原理图如图 3-18 (a) 所示，整体结构为分箱式，该系统的油压回路和乳化液回路的油源分别为 CB-25 型齿轮泵 2 和 15，泵 2 和 15 的吸液口设有 XV-100×100 型过滤器 1 和 17，泵 2 的压力由 YF-B10C 型低压溢流阀 3 设定，QDFT-B8H 型流量控制阀 4 用以调节增压器 7 的活塞速度，34BO-H10B 型三位四通电磁换向阀用于控制增压器 8 中油缸活塞的方向。泵 15 的压力由 P-B63 型低压溢流阀 16 设定。增压器 7 为双作用缸，中间大缸为低压油缸，两端小缸为高压乳化液缸，由乳化液泵 15 通过单向阀 14 充液，通过三位四通电磁换向阀 6 的两端电磁铁的交替通断电，对小缸液体增压后排出，以实现支架中液压元件的性能调试以及超高压性能实验。高压截止阀 19、20 采用了软密封装置，能在高压时长时间保压无泄漏；低压截止阀 18 装有低压表保护阀，该阀采用自锁自封结构，在低压表未关情况下，当压力超过 2MPa 时，系统能自动把保护阀中的阀

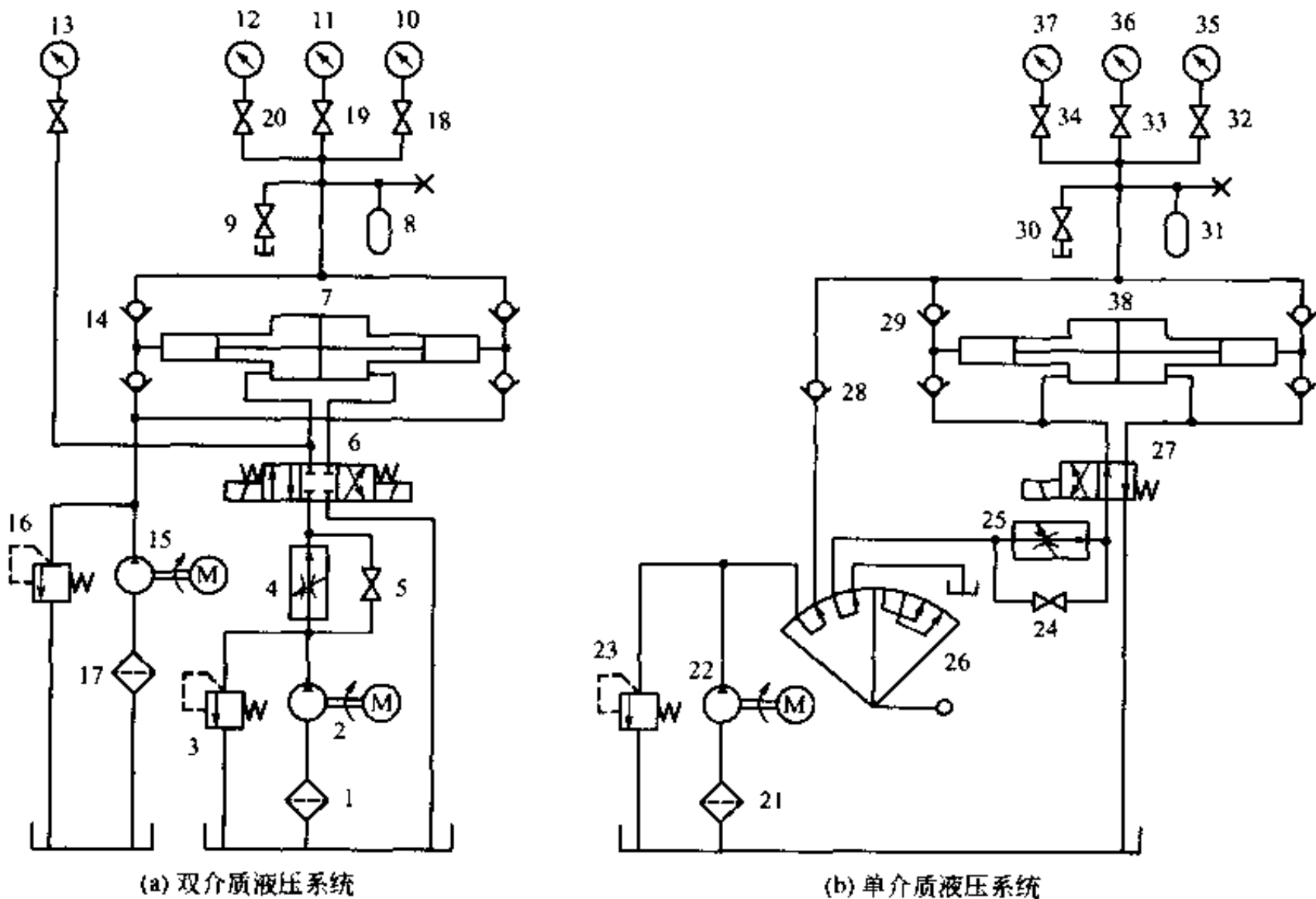


图 3-18 实验台液压系统原理图

- 1、17、21—过滤器；2、15、22—定量液压泵；3、16、23—溢流阀；4、25—流量阀；5、9、18、19、20、24、30、32、33、34—截止阀；6—三位四通电磁换向阀；7、38—增压器；8、31—蓄能稳压器；10、35—低压压力表；11、36—高压压力表；12、37—超高压压力表；13—油压压力表；14、28、29—单向阀；26—二位四通手动换向转阀；27—二位四通电磁换向阀

杆关闭实现密封,起到保护低压表的作用。该系统能在高压时快速、中速输出高压乳化液,以满足各种液压元件低压、高压、超高压的性能调试,也可以配合其他辅助设备作特性实验。实验中试件的压力可以通过低压压力表 10、高压压力表 11 和超高压压力表 12 观测。

图 3-18 (b) 所示为乳化液系统的原理图,它由图 3-18 (a) 所示系统简化而来。由于系统主要使用乳化液,故去掉了油路及油压元件,并将三位四通电磁换向阀 6 改为二位四通电磁换向 D 型球阀 27,增设二位四通手动换向转阀 26 和单向阀 28,其余不变。该系统工作时,换向阀 26 处于图示位置,液压泵 22 输出的液体先直接经阀 26、阀 28 进入蓄能稳压器 31;然后通过带有压力表的注液枪注入试件(单体液压支柱),当压力达到支柱初撑力要求的压力值(15~20MPa),即需要增压时,操纵转阀 26 换向,泵 22 的液体才经阀 26、流量阀 25 进入增压器 38 的大腔,通过二位四通电磁换向阀 27 的自动换向,推动活塞往复运动,实现液体的连续增压,完成实验。

### (3) 技术特点

1) 支柱实验台液压系统采用增压器增压,避免了使用价格昂贵的高压泵增加的成本和回路的密封性问题。

2) 双介质液压系统可以实现各种性能测试,但系统结构复杂,使用元件较多,且容易发生油液与乳化液的交叉污染,影响实验台的工作可靠性。

3) 简化后的单介质液压系统,系统结构简单,使用元件较少,乳化液价廉且不会污染环境,降低了试验台的成本和能耗,简化了电控系统及其操作过程。

### (4) 技术参数(见表 3-9)

表 3-9 单体支柱实验台液压系统的部分技术参数

项 目		参 数	单 位
双介质系统	乳化液泵	最高工作压力	2.5
		流量	25
	液压油泵	最高工作压力	7
		流量	25
单介质系统的液压泵		最高工作压力	7
		流量	25

## 3.3.4 煤矿液压支架系统及计算机电液控制

### (1) 主机功能结构

液压支架是煤矿综合机械化采煤工作面(以下简称综采工作面)的支护设备。沿综采工作面长度方向布置着 100 多台液压支架,由一台乳化液泵站集中供液,提供动力,使其完成支护顶板、推进机采设备等工作。每台液压支架装有 2~6 类液压缸,即:立柱缸、推移缸、前梁缸、护帮板缸等。每类液压缸均由换向阀控制其伸缩,使液压支架完成各种动作。

### (2) 液压系统及其工作原理

采用手动换向阀操纵的液压支架液压原理图如图 3-19 所示。液压执行器为立柱液压缸 2 和推移液压缸(推移千斤顶) 4。

综采工作面中的液压支架的动作必须与采煤机和刮板输送机的运行协调,才能使综采工作面的机采设备充分发挥其生产能力。这种协调运行关系就是这三种机采设备在运行过程中的相互约束关系。当采煤机沿综采工作面长度方向往返牵引采煤时,采煤机前滚筒将顶煤采



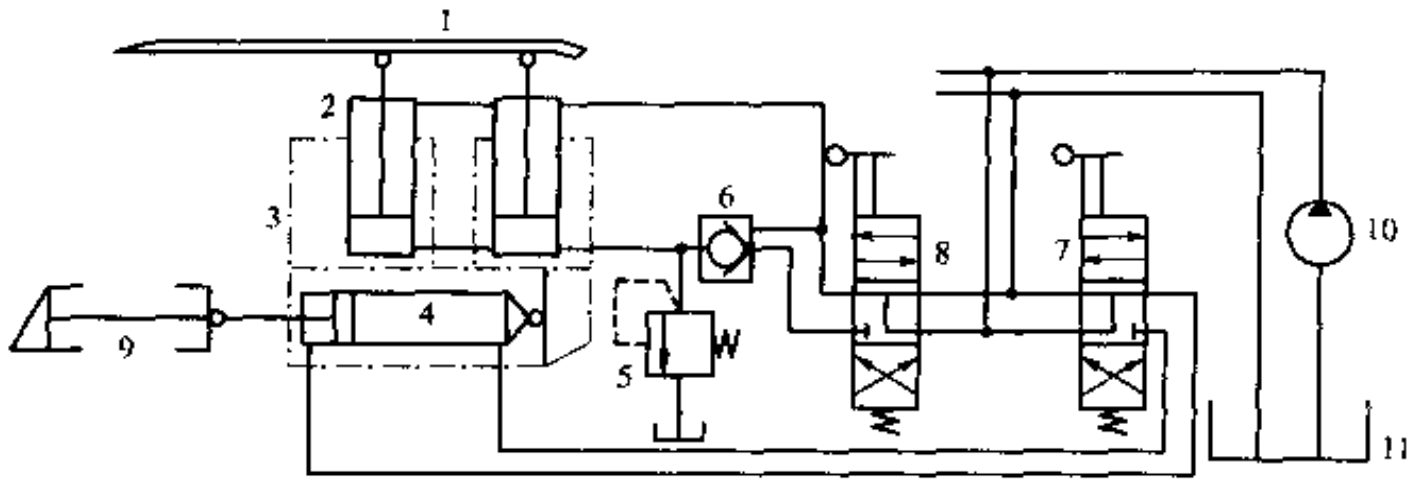


图 3-19 液压支架液压系统原理图

1—顶梁；2—立柱液压缸；3—底座；4—推移千斤顶；5—安全溢流阀；6—液控单向阀；  
7、8—三位四通手动换向阀；9—刮板输送机；10—乳化液泵站；11—液箱

出后，暴露出新的顶板，前滚筒后的一台液压支架顺序执行降柱、移架、升柱（以下简称为降移升）动作，及时支护新暴露的顶板。

降移升动作过程如下。

1) 降柱 手动操纵换向阀 8 使其切换至下位，泵站 10 的压力液体经换向阀 8 进入立柱缸 2 的有杆腔并导通液控单向阀 6，活塞杆收缩带动顶梁 1 下降脱离顶板，缸的无杆腔经阀 6 和阀 8 向液箱 11 排液；操纵换向阀 8 使之回到中位。

2) 移架 手动操纵换向阀 7 使其切换至下位，泵站 10 的压力液体经换向阀 7 进入推移千斤顶 4 的无杆腔（有杆腔经阀 7 向液箱 11 排液），活塞杆收缩，以刮板输送机 9 的支点将液压支架前移；操纵换向阀 7 使之回到中位。

3) 升柱 手动操纵换向阀 8 使其切换至上位，泵站 10 的压力液体经阀 8 和阀 6 进入立柱缸 2 的无杆腔（有杆腔经阀 8 向液箱排液），活塞杆带动顶梁 1 上升支护新暴露的顶板，使立柱缸无杆腔压力升高到泵站压力；操纵换向阀 8 使之回到中位。

采煤机后滚筒采出底部的煤后，采煤机后滚筒后面的一组液压支架（一般为 8 个液压支架）将刮板输送机按一定的曲线推向煤壁（简称为推溜），为采煤机反向牵引采煤做好准备。其动作过程如下。

依次操作这组液压支架的换向阀 7 使其切换至上位，这组液压支架的推移千斤顶的活塞杆伸出  $1/8$  行程（推溜 8 次推移千斤顶活塞杆才能伸出整个行程），以液压支架为支点，将刮板输送机按一定曲线推向煤壁。随着采煤机沿采煤工作面牵引移动，走过一台台液压支架，液压支架重复上述动作。

### (3) 液压支架的计算机电液控制系统

液压支架系统若采用电磁换向阀作导阀、液动换向阀作主阀的换向阀操纵，则可通过计算机实现电液自动控制。但由于综采工作面中有 100 多台液压支柱，支架有 2~6 类液压缸，每类液压缸需要两个控制信号，连同立柱缸的压力检测信号和推移千斤顶缸的位移信号，整个综采工作面的液压支架需要上千个测控信号。另外，又要求液压支架之间必须能够相互控制。据此采用多节点互控型综采工作面液压支架计算机分布式控制系统（见图 3-20）。每个液压支架由一台子控制器进行控制，构成一个电液控制子系统（见图 3-21）；主控器和所有子控制器通过串行通信接口均挂接在单根通信总线上，构成综采工作面液压支架计算机控制系统。

系统中主控器和子控制器是 8031 单片计算机为核心，经必要的硬件扩展和相应的软件设

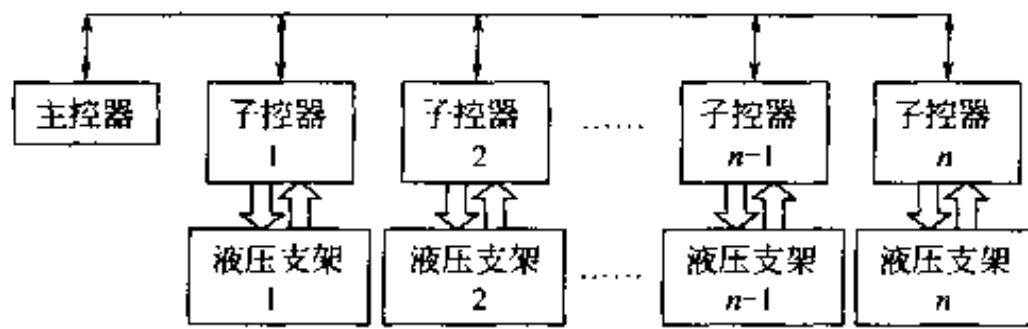


图 3-20 液压支架计算机分布控制系统原理框图

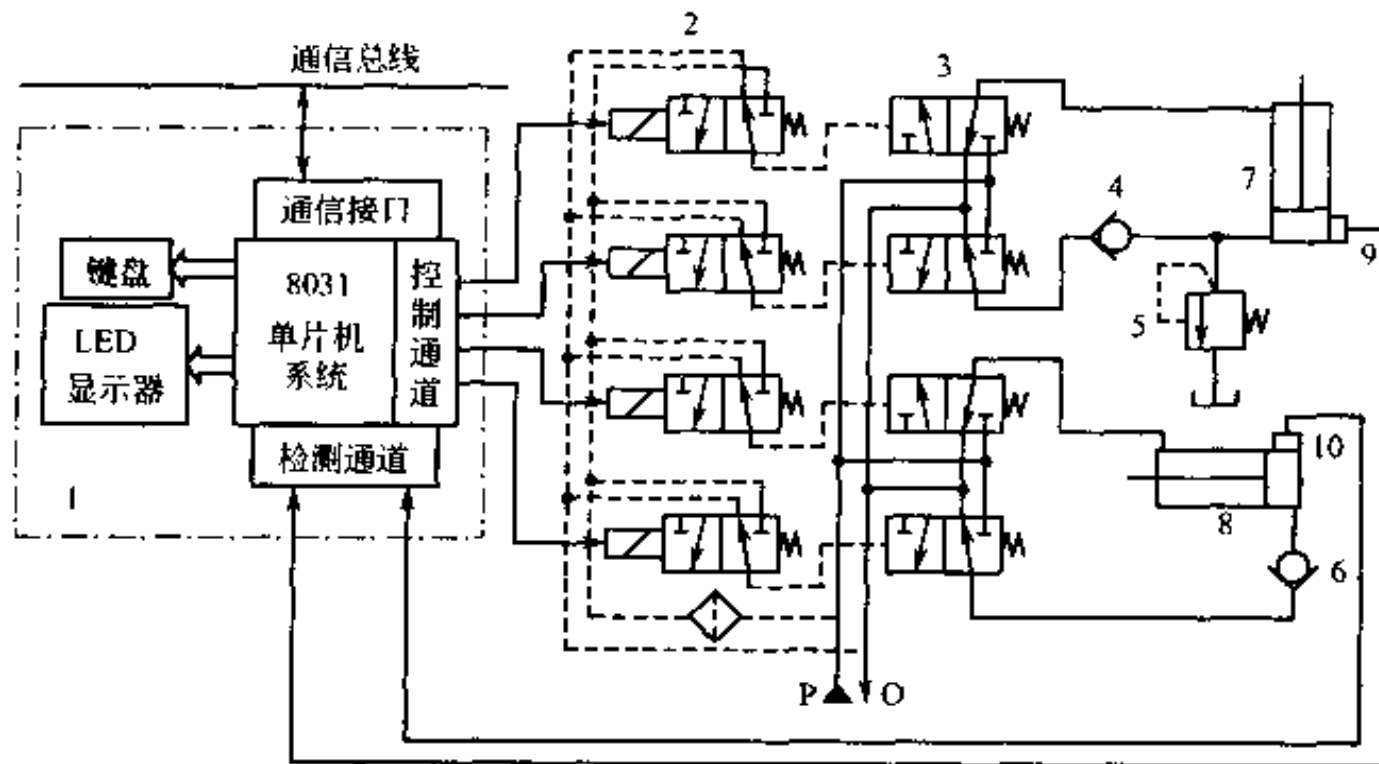


图 3-21 液压支架计算机子控制系统原理结构图

1—子控制器；2—先导电磁换向阀；3—液动换向主阀；4、6—单向阀；5—溢流阀；  
7—立柱液压缸；8—推移液压缸；9—压力传感器；10—位移传感器

置构成的。系统根据液压支架与其他机采设备的协调运行关系，设置有按键控制功能，即：当采煤机在工作面往返牵引采煤时，液压支架操作者与采煤机机身中心保持不变的位置；以采煤机牵引方向和速度相同的方向和速度，跟随采煤机移动，走过一个一个液压支架，并逐一按下液压支架子控制器上的“自动”键，采煤机前滚筒之后的液压支降移升动作，采煤机后滚筒之后的 8 个液压支架顺序执行推溜  $1/8 \rightarrow 1/4 \rightarrow 3/8 \rightarrow 1/2 \rightarrow 5/8 \rightarrow 3/4 \rightarrow 7/8 \rightarrow 1$  个行程的动作。

由于综采工作面工况的复杂性，液压支架动作不到位或在不正确的姿态下工作等现象时有发生。为了调整液压支架，提高系统的灵活性，使操作人员能更好地管理工作面的液压支架，维护和管理顶板，系统还设置有：按键本架 5 个动作的控制（升柱、降柱、推溜、移架、降移升）与按键左右邻架 5 个动作的控制（升柱、降柱、推溜、移架、降移升）的功能。

子控制器 1（参见图 3-21）是以 8031 单片计算机为核心，通过键盘、LED 显示器、通信接口、控制通道和检测通道以及 EPROM 等的扩展构成的。可通过键盘输入命令，控制本架液压支架的动作或通过通信接口向其他子控制器发出控制命令，控制其他液压支架的动作；通过 LED 显示器可以及时了解子系统的运行状态；子控制器的控制信号经功率放大，再由先导电磁换向阀 2 放大并转换为液压信号，驱动主换向阀 3 的启闭，从而控制立柱液压缸 7 与推移液压缸 8 的动作。系统为闭环控制，当液压缸动作时，压力传感器 9 和位移传感器 10 将检测到的压力信号和位移信号经检测接口反馈至子控制器中，液压缸动作到位或压力达到要

求值时，子控器输出关闭命令，关闭主阀3。通过通信接口，子控器可以接收其他子控器发来的控制信号，控制本架液压支架完成相应的动作。

#### (4) 技术特点

1) 液压支架的计算机电液控制系统，采用主控器下挂若干子控器的配置形式，系统结构简单、可靠性高、响应速度快、可维护性好。

2) 子控系统采用电磁换向阀作导阀、液动换向阀作主阀的液压换向回路；通过采用闭环控制，可以自身控制本液压支架的动作，也可以接收其他子控器传来的信号控制本支架，或向其他子控器发出控制信号控制其他液压支架的动作；具有键入、显示等功能，功能完备。

3) 与采用手动操纵的液压支架系统相比，液压支架计算机控制系统可以改善综采工作面机采设备运行的协调性和工作条件，提高机采设备的自动化程度和综采工作面的产量。

## 第4章 石油天然气探采与化工机械中的液压系统

### 4.1 概述

石油、天然气工业是能源工业的重要组成部分。石油、天然气探采机械具有功率大，工况复杂，载荷变化剧烈，工作环境条件恶劣，在野外和沙漠地区、海上、水下作业等特点，所以特别适合采用液压技术，并且对液压系统具有各种特殊的要求：液压系统高压化；变速范围大；能够防火、防爆和防腐蚀；可靠性要求高。液压技术在各种石油、天然气探采机械设备中得到了普遍应用。如自升式海洋钻井平台桩腿升降装置、中小型钻机、抽油机、修井机、绞车、捞油车等各种油田作业车辆、井口机械化和自动化工具、输油管道加工试压装置等，都成功的采用了液压技术。

在各类化工生产中，经常以易燃、易爆溶剂、粉末等作原料或产品；有的在生产过程中，会产生各种易燃、易爆的粉尘、蒸气或气体。其电气设备产生的电弧、火花或发热，都有可能引起燃烧或爆炸事故。因此直接采用液压传动与控制更为安全可靠。为了改善劳动条件，实现生产过程的机械化、自动化、连续化，多种化工机械设备采用了液压传动与控制技术。例如在橡胶、塑料加工厂中，原料车间使用的切胶机、炼胶炼塑用密炼机、开炼机，制品车间的塑料注射机、压制压榨机、各式硫化机和生产自动线；在化工、炸药、肥料等工业部门的机械设备、车辆及其维护工具与装置中均采用了液压传动。

本章介绍油气探采与化工机械中设计和使用的 24 个液压传动与控制系统实例。

### 4.2 油气探采机械液压系统

#### 4.2.1 自升式海洋石油钻井平台液压系统

##### (1) 主机功能结构

自升式海洋石油钻井平台用于海洋石油钻井。图 4-1 所示为采用液压缸驱动的插销爬杆式桩腿插拔和平台升降的桩基装置结构示意图。一根桩基上的 4 个同步升降运动的主液压缸 4 与平台的可升降的上环梁 2 与固定的下环梁 5 刚性连接。当平台浮在海面上时，如采先使上插销液压缸 3 拔上插销 B，再使主液压缸 4 的活塞杆外伸一个行程（节距，从 B 到 A），接着上插销缸 3 把上插销插入桩腿的销孔 A 中，上、下插销换手后，由下插销液压缸 6 拔出下插销 C，然后使主缸 4 活塞杆带动桩腿 1 缩进一个节距（从 A 到 B），则桩腿就下降了一个节距；如果桩腿 1 已插至海底第二个承力层，重复上述过程则平台就上升了一个节距。反之，也可使平台下降或拔桩。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 4-2 所示为驱动上述桩腿的液压系统原理图。系统为开式循环油路结构。由主回路、插销回路及向电液换向阀提供控制压力油的控制回路三部分组成。主回路的执行器为 4 个主液压缸 6，4 个主液压缸通过导向机构及上、下环梁（参见图 4-1）的刚性连接实现机械同步，限速、锁紧阀组 4、5 分别用于桩腿、平台升降过程中的限速及锁紧，阀组 4、5 中的直

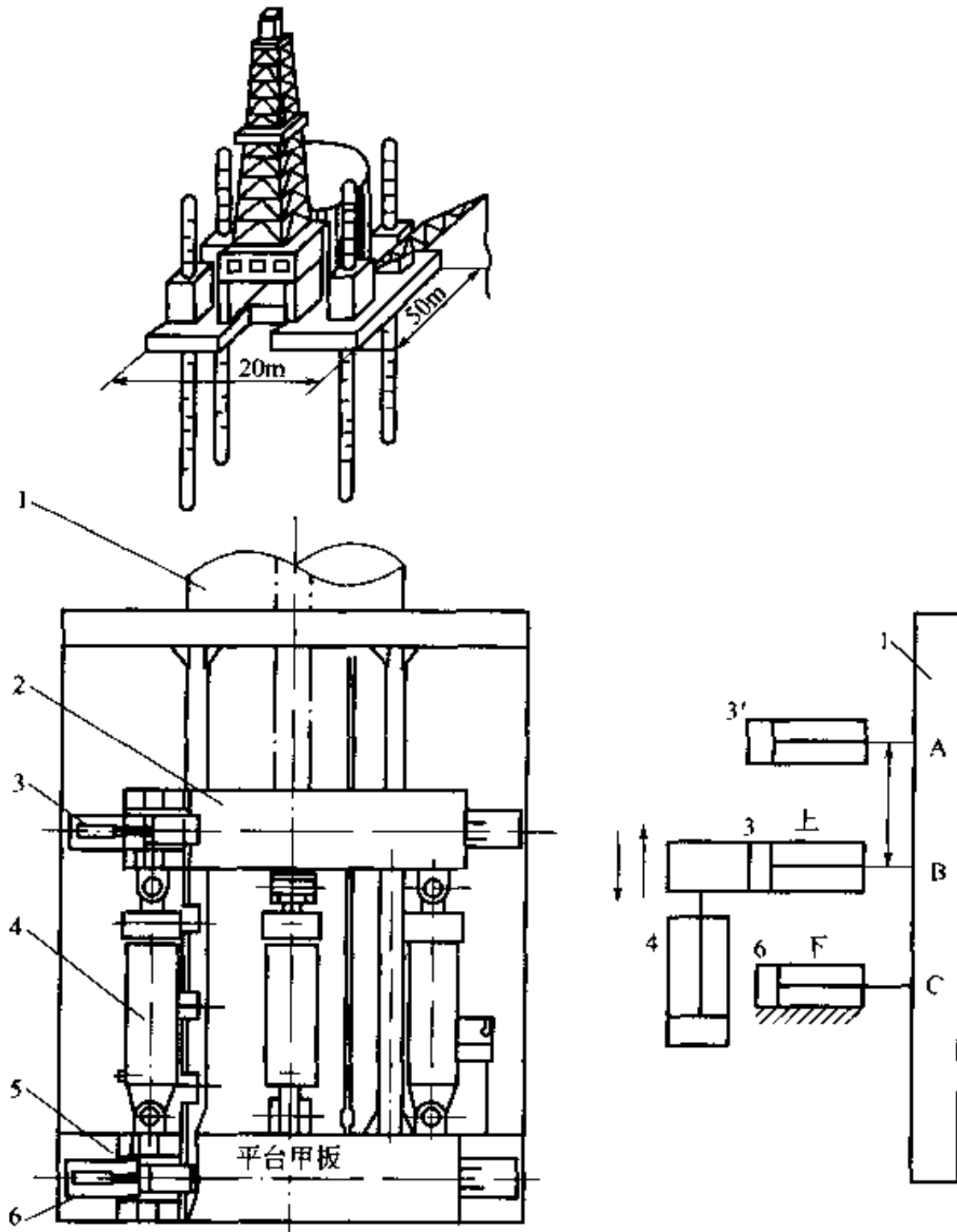


图 4-1 自升式海洋石油平台的液压桩基装置结构示意图

1—桩腿；2—上环梁；3—上插销液压缸；4—主液压缸；5—下环梁（固定）；6—下插销液压缸

动式溢流阀作制动阀用。H型中位机能的三位四通电液换向阀3用于控制主液压缸的升降方向，并用于系统卸荷。回路的油源为双定量液压泵1，阀2作安全阀，以防系统过载。控制回路的油源为双定量泵7，其最高压力的设定及卸荷控制由阀组8中的溢流阀和二位四通电磁换向阀实现。插销回路的执行器为上、下插销液压缸10、11各4个，分别由阀组9中的左、右侧的三位四通电磁换向阀控制其运动方向；回路的油源为定量液压泵，其限压与卸荷由阀组9中的溢流阀和二位四通电磁换向阀控制。

### (3) 技术特点

1) 自升式海上石油钻井平台的桩腿液压系统主缸和插销缸的油源和回路相互独立，互不干扰；主缸电液换向阀采用单独的辅助泵油源。立置主缸的回路设有限速、锁紧阀，运行安全可靠。

2) 桩腿上的销孔稍大于插销的直径。当上、下插销缸10、11驱动插销插入桩腿的销孔中时，若要拔出其中之一，则由可变程序控制器（PLC）控制电液换向阀2使主缸驱动桩腿微动，使该插销脱离插销孔侧臂，然后可由插销缸拔出该销。从而实现上下插销的换手。

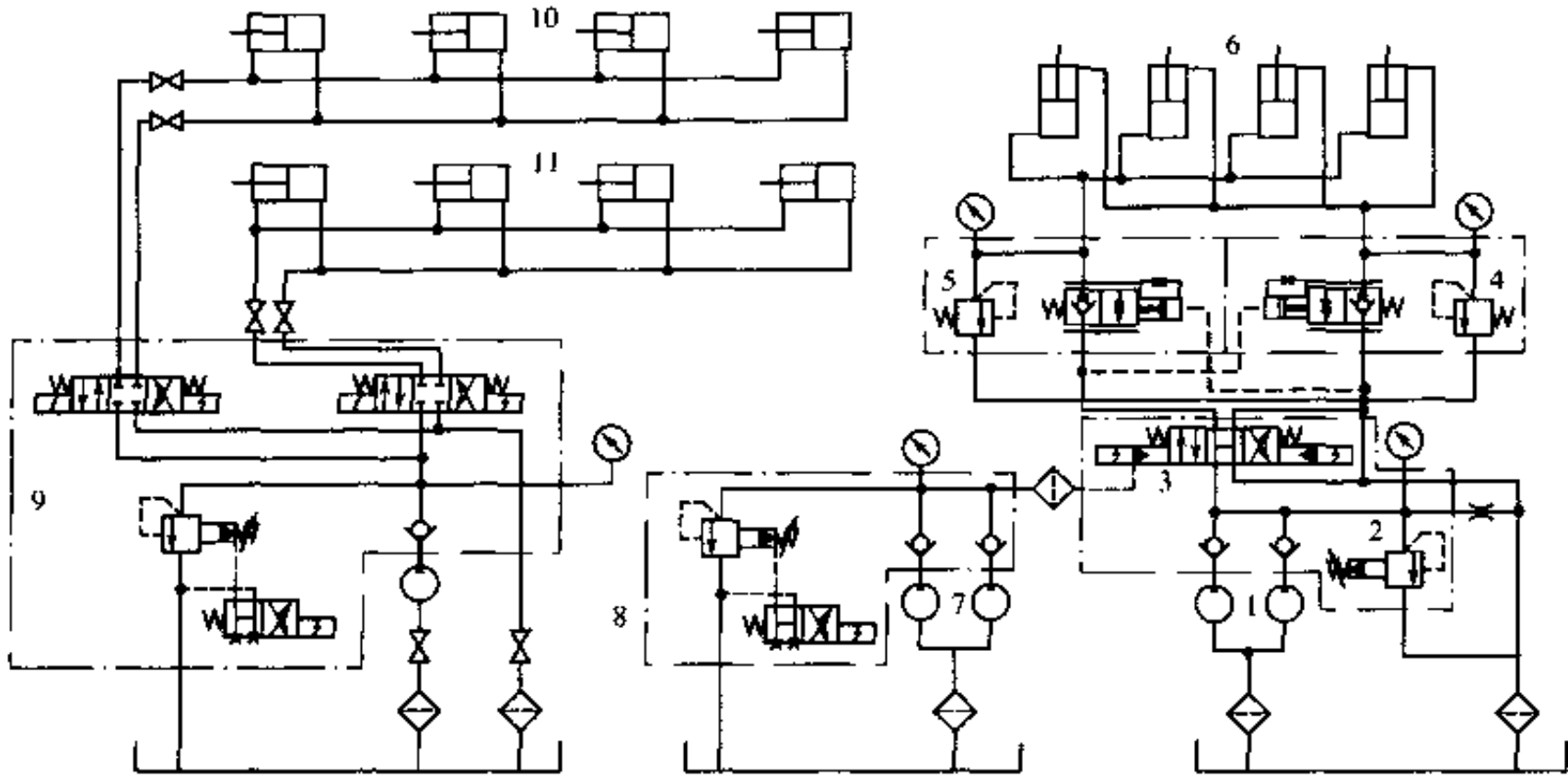


图 4-2 桩腿液压系统原理图

1—主回路双定量液压泵；2—溢流阀；3—三位四通电液换向阀；4、5—限速、锁紧阀组；6—主液压缸；  
7—控制回路双定量液压泵；8—控制阀组；9—插销回路控制阀组；10—上插销液压缸；11—下插销液压缸

3) 一根桩腿的 4 个主缸采用刚性同步，而平台的 4 根桩的速度同步依靠各桩腿供应相同的流量实现；4 根腿间的位置同步误差通过自整角机检测，并由 PLC 控制各主回路中的三位四通电液换向阀 2 的启、闭或由人工调节 4 个旁通节流阀来实现。

#### 4.2.2 车装石油钻机液压起升系液

##### (1) 主机功能及要求

绞车起升系统是石油钻井所用钻机的三大工作机组之一，它在钻井工作中起着非常重要的作用。钻井工艺对绞车的要求主要有：足够的提升挡数，能无级调速，以适应起重量的变化，提高功率利用率，节省起、下钻时间；可在任意位置以任意的力悬持钻具，以确保在钻井作业中，能准确地调节钻压，均匀送进钻具；在下钻过程中能随意控制下钻速度，制动准确可靠；换挡、调速应柔和；操作要集中、省力等 4 个方面。进口的 K650 车装液压钻机上的液压系统，可使钻机的起升系统较好地满足钻井的工艺要求。

##### (2) 液压起升系统及其工作原理

图 4-3 所示为 K650 车装液压钻机的液压起升系统原理图。该系统的主油路为闭式回路，用斜盘式双向伺服变量液压泵（主泵）1 驱动绞车双向定量液压马达 8。主泵 1 的排量由液压伺服排量调节机构的先导阀 3 及伺服缸 2 控制。系统中主泵 1、操纵泵 6、补油泵 5 和控制泵 4 由同一台柴油机 14 驱动；手动组合阀 13 对主泵实现短距离的变量遥控；三位四通液动换向阀 12 控制刹车液压缸 10；阀 11 为单向液阻器，可控制刹车缸的缓松速度；三位四通液动换向阀 9 控制液压马达 8 进回油路的通断。该系统是通过控制台上的手动组合阀 13 对主泵 1 实现短距离的变量遥控，从而方便地控制液压马达即绞车的正反转、停车以及转速调节。

1) 手动组合阀的结构与原理 图 4-3 中的阀 13 是三位四通换向阀与溢流阀的组合阀，其结构如图 4-4 所示，工作原理简述如下。

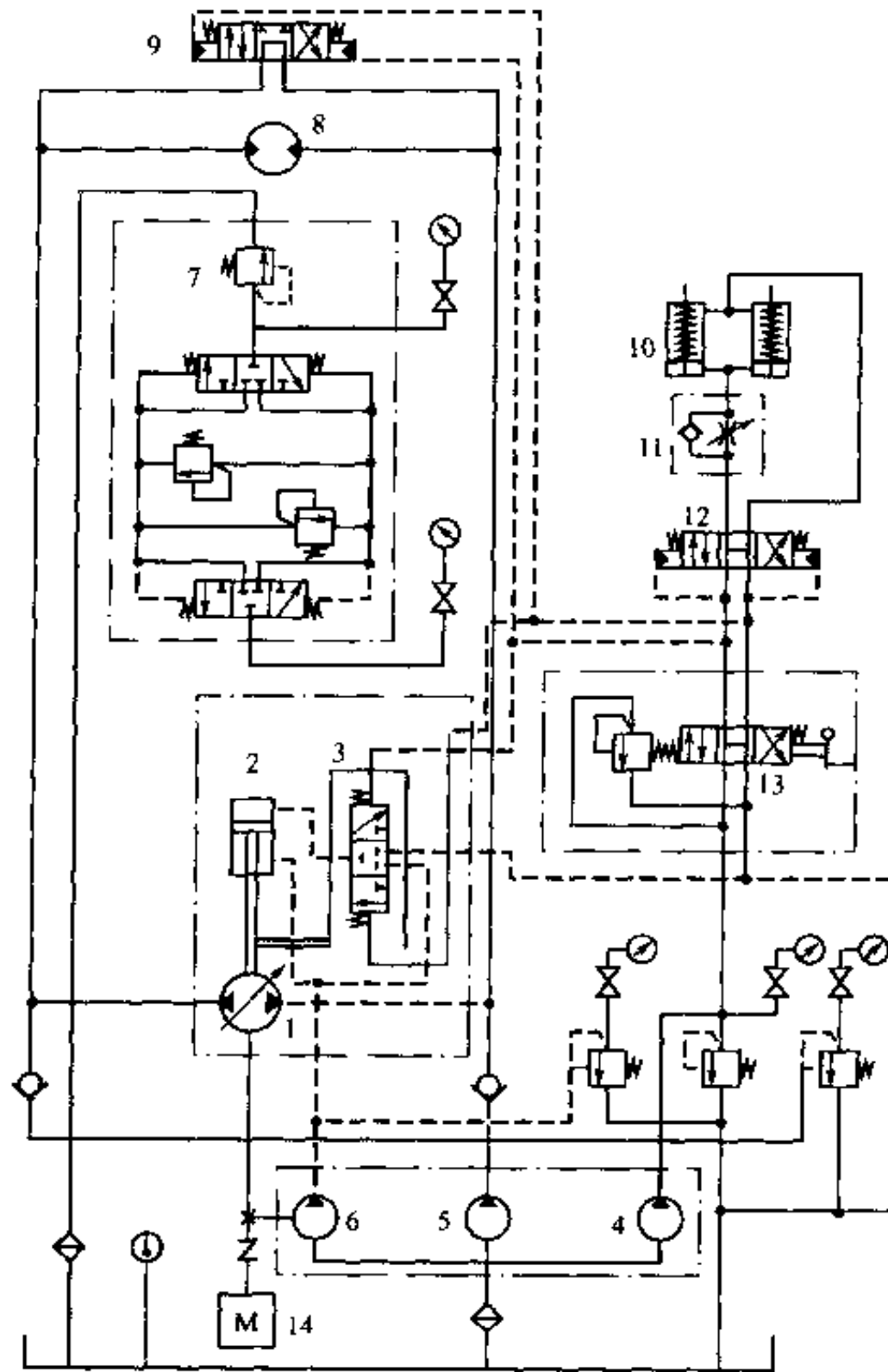


图 4-3 K650 车装液压钻机的液压起升系统原理图

- 1—双向伺服变量液压泵（主泵）；2—伺服缸；3—先导阀；4—控制泵；5—补油泵；  
6—操纵泵；7—双向溢流阀；8—双向定量液压马达；9、12—三位四通液动换向阀；  
10—刹车液压缸；11—单向液阻器；13—手动组合阀；14—柴油机

当向左扳动手柄 1 时，滑阀阀心 4 右移，手动组合阀切换至左位工作，油口 P 与 A 相通，油口 B 与 O 相通，同时带动溢流阀阀座 5 右移，压缩溢流阀弹簧 7 和阀弹簧 10。当向右扳动操作手柄时，滑阀阀心 4 左移，手动组合阀切换至右位工作，油口 P 与 B 相通，油口 A 与 O 相通，同时带动阀弹簧座 11 左移，压缩溢流阀弹簧 7 和阀弹簧 10。手柄扳动的角度越大，阀弹簧的压缩量就越大，溢流压力（P 口压力）就越高。因此，手柄扳动角度的大小决定了油压的大小，扳动角度大，则为阀 3 提供的控制油压也大。当松开手柄时，阀弹簧 10 将阀心 4 推至中位位置。

同时，操作手柄扳动的方向决定了阀 3 控制油液的流动方向。例如阀 13 处于左位时，控制油进入阀 3 的上腔，其下腔回油，使阀 3 阀心下移，上位工作。操纵泵 6 来的压力油一路直接进入伺服缸 2 下腔，另一路经先导阀 3 进入伺服缸 2 上腔，使伺服缸 2 的活塞差动，随先导阀 3 下移。当阀 13 处于右位时，控制油液进入阀 3 的下腔，其上腔回油，使阀 3 阀



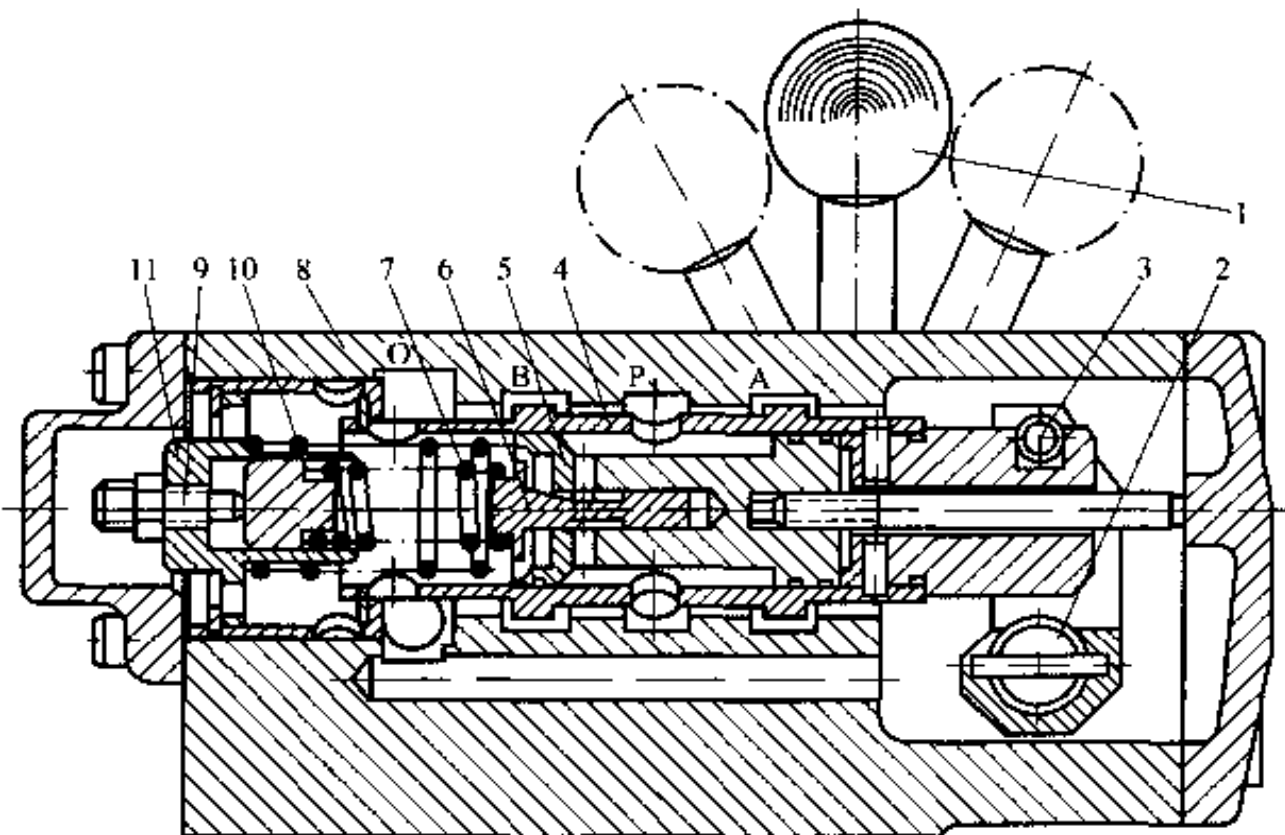


图 4-4 手动组合阀的结构

- 1-操作手柄；2-滑阀滑动支点；3-滑动铰链；4-滑阀阀心；5-溢流阀阀座；6-溢流阀阀心；  
7-溢流阀弹簧；8-阀体；9-溢流阀调压螺钉；10-阀弹簧；11-弹簧座

心上移，下位工作。操纵泵 6 来的压力油直接进入伺服缸 2 下腔，缸 2 上腔的油排回油箱，使伺服缸 2 的活塞随先导阀 3 上移。

总之，图 4-3 中的手动组合阀 13 决定了控制油液的压力大小和流动方向，从而决定了双向变量泵 1 的斜盘倾角方向和大小，亦即决定了主泵的供油方向和排量的大小。

### 2) 绞车液压起升系统工作原理

当图 4-3 中手动组合阀 13 处于中位时，控制泵 4 的排油和回油路相通，液动换向阀 12 (为液阻并联阀) 处于中位，刹车缸 10 由于弹簧力的作用刹住绞车滚筒；与此同时，三位四通液动换向阀 9 亦处于中位，液压马达 8 进出油路相通，主泵 1 卸荷，马达不转。当组合阀 13 切换至左位时，液阻并联阀 12 亦处于左位，控制油液进入刹车缸 10 下腔，克服弹簧力，缓松刹带；同时，阀 9 切换至右位，切断液压马达进出口，马达即可正转。当组合阀 13 切换至右位时，控制油液进入刹车缸 10 上腔，与弹簧力一起拉刹带，以一定制动力矩控制下钻速度。

由于手动组合阀 13 的手柄扳动角度的大小决定了主泵 1 的流量的大小。所以手柄扳到极限位置时，主泵 1 的流量也达到最大值。在图 4-3 中，操纵泵 6 用来给主泵变量调节缸 2 供油；双溢流阀 7 作为系统中的高压保护阀；补油泵 5 与双向溢流阀 7 两者配合，又可实现对闭式回路补充冷油，替换热油，起油温调节作用；阀 9 决定液压马达 8 的进出口油路是否短路，当马达 8 不工作时，可使主泵 1 卸荷。另外，三位四通液动阀 9 为液阻并联阀，它可以根据需要，将由单向阀和可调节流阀组成的单向液阻器并联到回路中去，当外载带动马达旋转（例如下放钻柱）时，液阻器可限制马达转速，也即限制钻柱下放速度，起到限制刹车的作用。

### (3) 技术特点

1) 与机械传动的钻机起升系统相比，该车装钻机液压起升系统，因绞车马达的换向、变速、停止与制动所有控制都集中在一个手动组合阀的手柄上，故操作集中、省力；可以实现无级调速和过载保护，省去了繁琐的机械变速机构，使整个起升系统功率利用率

高、结构简单、尺寸小、重量轻、工作可靠，较好地满足了钻井工艺对起升绞车的工作要求。

2) 当手动组合阀处于中位时，液压系统中的主油泵、控制油泵、补油泵均处于卸荷状态，因而节能。

### 4.2.3 游梁式液压抽油机节能系统

#### (1) 主机功能结构

游梁式液压抽油机是利用液压技术将石油从地下抽至地面上的采油设备，该新型游梁式液压抽油机采用了特殊液压缸组成的节能液压系统。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图4-5所示为抽油机的节能液压系统原理图。系统的执行器是动力液压缸2和平衡液压缸16。动力缸2是系统的主缸，其功用是通过活塞杆伸缩驱动游梁1上下摆动，从而带动有杆泵吸、排采油；动力缸2内下端设有与其连成一体的缓冲缸3，其功用是在动力缸2换向时，将换向运动部件及系统的动能转换成液体压力能并挤入蓄能器11，其有效面积小于主缸的有效面积，其动力取自游梁及其配重W的动能，行程取决于动能大小；平衡缸16是为抽油机机架的平衡而设置的执行器，通过改变主缸2的支点，使机架工作于最佳平衡状态，以减轻主缸功率和整机功耗。平衡缸将换向时系统的动能转换成驱动力矩，它与动力缸为并联油路且顺序动作。伺服阀14与二位四通液动换向阀15用于控制动力缸2、平衡缸16的运动方向。单向阀4和5构成补油阀组，单向阀6和7构成压油阀组，分别用于向缓冲缸的负压腔补油和向蓄能器压油。三位三通液动换向阀13用于蓄能器储存压力油的双向释放控制。

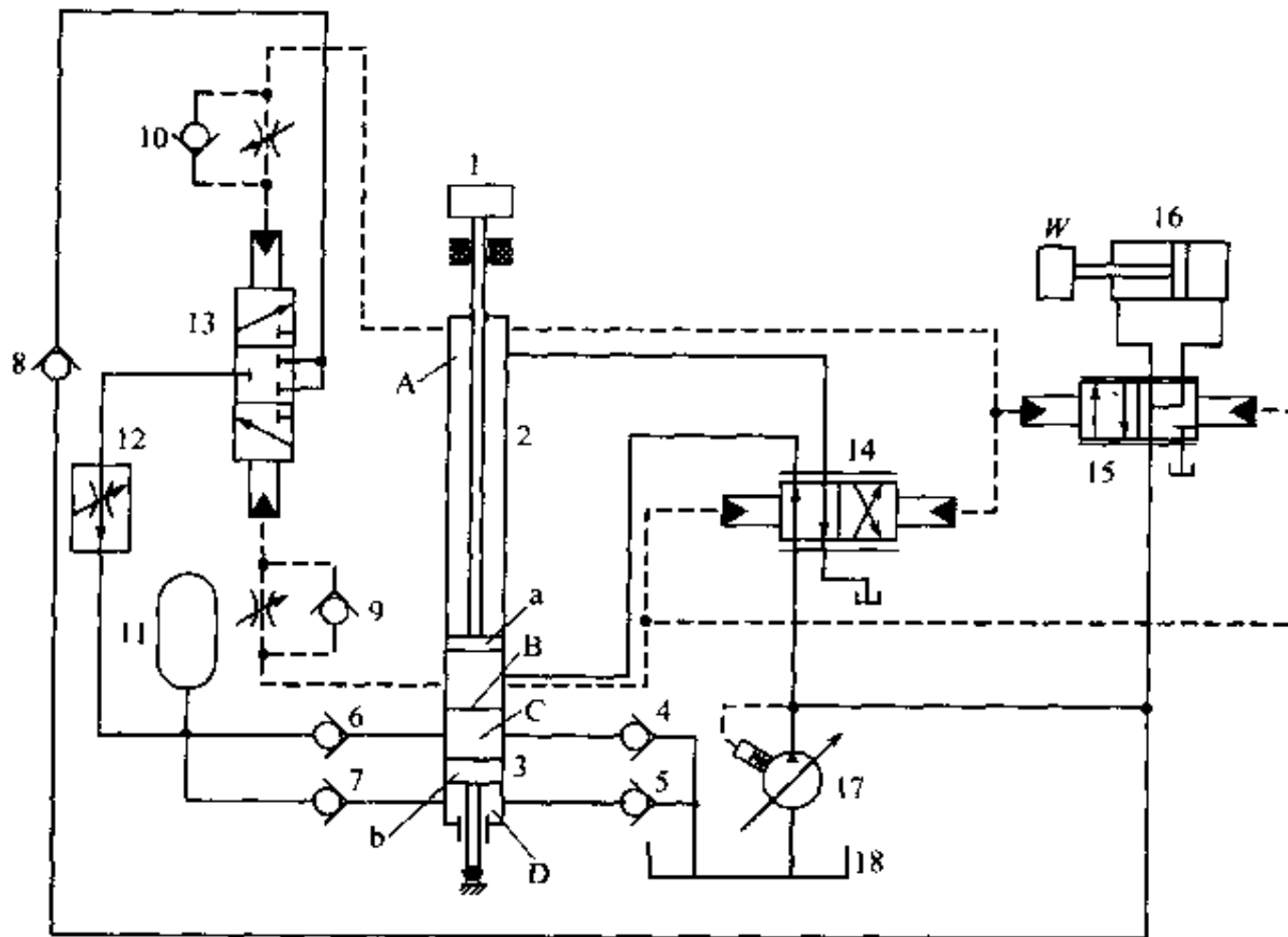


图 4-5 抽油机节能液压系统原理图

- 1—游梁；2—动力液压缸；3—缓冲液压缸；4、5、6、7、8、9、10—单向阀；11—蓄能器；  
12—调速阀；13—三位三通液动换向阀；14—伺服阀；15—二位四通液动换向阀；  
16—平衡液压缸；17—恒功率变量液压泵；18—油箱；a、b—活塞

当游梁 1 上升时, 液压泵 17 的压力油一部分经过伺服阀 14 进入动力缸 2 的无杆腔, 使活塞 a 推动游梁 1 向上运动; 此时, 压力油在端面 B 上产生向下的作用力, 因缓冲缸 3 的活塞杆与机架底座铰接, 则 B 产生位移, 使活塞 b 与端面 B 之间容腔 C 里的液压油被压出, 经单向阀 6 挤入蓄能器 11, 这样, 因缓冲缸 3 的位移而减少的游梁的位能被转换成 C 腔的压力能, 再转换成蓄能器 11 中气体弹性势能。同时, D 腔形成负压, 经补油单向阀 5 补油, 为下次缓冲作准备。当游梁 1 上升到一定位置时, 缸 2 无杆腔的压力油经阀 9 的节流进入三位三通液动换向阀 13 的下控制腔使该阀切换至下位, 蓄能器 11 中气体弹性势能推出的液压油经调速阀 12、换向阀 13、单向阀 8 与主油路中的压力油汇合, 一起推动动力缸 2 的活塞做功。因而, 游梁 1 起步时损失的位移量在动力缸活塞杆上行过程中得到补偿。动力缸 2 有杆腔的液压油经伺服阀 14 流回油箱。平衡缸 16 此时以差动形式连接, 带动配重 W, 跟随动力缸 2 活塞的上行而向左移动。

当动力缸 2 的活塞杆运行到终端碰到端盖亦即游梁 1 上升到最大摆角时, 伺服控制阀 14 及二位四通液动换向阀 15 接收到 A 腔传递的换向控制信号, 立即响应换向。伺服控制阀 14 切换至右位, 泵 17 的压力油经阀 14 进入动力缸 2 的有杆腔 (无杆腔经阀 14 向油箱排油), 活塞杆带动游梁 1 向下摆动。与活塞杆上行时一样, 缓冲缸 3 的 D 腔内液压油受压经单向阀 7 进入蓄能器 11 转换成气体的弹性势能; 而 C 腔的容积增大形成负压, 通过单向阀 4 补油, 与此同时, 二位四通液动换向阀 15 切换至左位, 泵 17 的压力油经阀 15 进入平衡缸 16 的有杆腔, 其活塞杆拖动 W 右移, 并随动力缸 2 一起运动, 使机架处于最佳平衡状态, 有杆腔液压油经单向节流阀 10 使三位三通液动换向阀切换至上位, 蓄能器 11 经节流阀 12、单向阀 8 与主油路连通, 气体势能推进的液压油便进入主油路, 与泵 17 排出的液压油合流, 一起推动游梁下行做功。

### (3) 技术特点

1) 取代了传统的用流量控制阀控制工作流量或在动力缸端部增设缓冲装置等措施吸收动能和冲击的方式, 节能液压系统采用动力缸与缓冲缸一体的结构, 借助蓄能器吸收、储存和释放整个系统的动能, 使换向时的不利因素转换为有利因素, 减少了驱动功率, 实现了节能。

2) 主缸通过四通伺服阀控制换向, 平衡缸通过四通液动阀实现换向; 通过液动换向阀实现蓄能器储存的压力能的双向释放; 缓冲缸的高压腔和负压腔通过两侧的双单向阀完成压油和补油。

## 4.2.4 采油单螺杆泵液压驱动系统

### (1) 采油单螺杆泵的功能结构

地面驱动螺杆泵多用于边际油田、海上油田的原油开采和死井的再开发领域, 通常采油螺杆泵为机械驱动式, 工作时, 电动机通过带传动和锥齿轮传动把旋转动力传递给抽油杆, 带动井下螺杆泵旋转, 依靠螺杆泵容腔的渐进效能, 把原油举升到地面。这种驱动方式结构简单、传动可靠, 故在油田上得到了广泛的应用。但是在应用过程中, 存在如下三个缺陷。

1) 当停电或其他原因停泵时, 工作中抽油杆内储存的大量变形能释放, 带动地而设备高速旋转, 很容易发生烧毁电动机乃至部分杆段脱扣落入油井中等事故。为此, 驱动系统需要单独设计一套“防反转机构”, 使变形能逐步释放, 避免事故的发生。因此提高了系统的复杂性和产品成本及系统的维修费用。

2) 机械驱动系统的过载保护能力差, 常因橡胶衬套与螺杆抱死, 引发烧电动机、扭断抽油杆和衬套脱胶等其他事故。

3) 当出现断杆或脱胶等轻载事故时, 地面驱动系统不会及时发现、立即停止工作, 故可能会进一步导致其他设备的损坏。

而采用液压系统驱动采油螺杆泵则可克服机械驱动系统的监测和防护性能较差的不足。

### (2) 液压驱动系统及其工作原理

采油螺杆泵液压驱动系统原理图如图 4-6 所示。该系统为变量泵-定量马达容积调速系统, 单向定量液压马达 8 作为执行器通过抽油杆带动井下螺杆泵运行。系统主要采用了三个插装式液压阀组件 2、5、6 以及单向阀 3、4 和截止阀 11 和压力继电器 12 对系统进行控制。

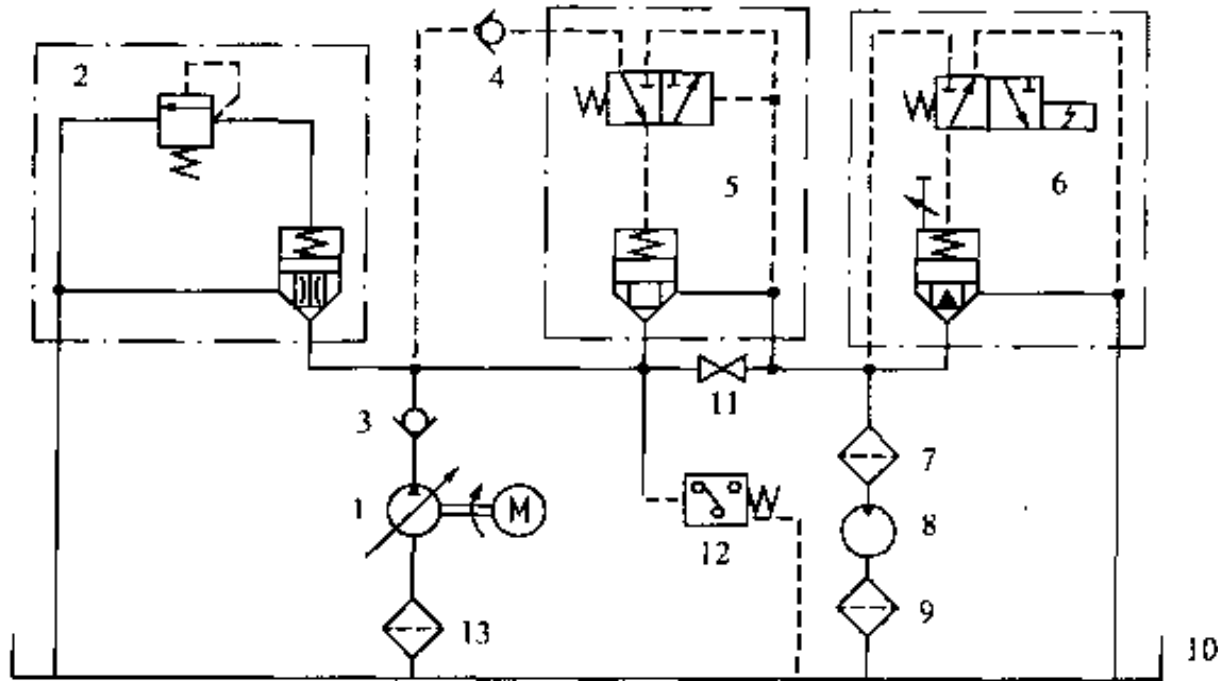


图 4-6 采油螺杆泵液压驱动系统原理图

1—变量液压泵；2—安全阀组件；3、4—单向阀；5—液控二位二通阀组件；6—方向流量阀组件；  
7、9、13—过滤器；8—定量液压马达；10—油箱；11—截止阀；12—压力继电器

泵启动之前, 调小液压泵 1 的排量, 调节阀 6 的控制手轮, 使阀口处于全开状态, 打开截止阀 11, 其他阀件处于常态。

启动电动机, 泵 1 的压力油经阀 11、阀 6 直接排回油箱, 液压泵卸荷; 阀 6 导阀的电磁铁通电, 导阀切换至右位, 主阀芯 (插装阀) 关闭, 液压泵 1 输出的压力油经阀 11 和过滤器 7 驱动液压马达 8, 通过抽油杆带动井下螺杆泵低速运转; 液压马达 8 进口压力升高, 使阀 5 的液控导阀动作, 切换至右位, 从而使主阀 (插装阀) 导通, 压力油经阀 5 流向液压马达 8; 关闭阀 11, 经过 5min 运行, 确认井下泵工作正常后, 调节液压泵的排量到设计值, 使马达转速提高到设计值; 调节阀 6 手轮到适当阻尼状态后锁紧, 此时整个系统进入正常运行状态。

停泵时, 首先关闭电动机, 随着泵转速的降低, 系统压力开始下降, 液压马达转速降低; 阀 6 电磁铁断电, 导阀切换至右位 (图示位置); 液压马达转速降低到 0 之后, 抽油杆中弹性变形能开始释放, 液压马达开始反转, 马达原进口处压力回升, 阀 5 反向不导通, 马达 (变为泵工况) 排出的液压油经阀 6 的节流口缓慢流回油箱, 从而使马达反转的速度得到控制, 最终使抽油杆中储存的弹性能逐渐释放。安全阀组件 2 起到第二重保护作用。

### (3) 技术特点

1) 油田内每口油井的供液压力因工况或生产时期的不同而不同。此时可以通过调节液压驱动系统中变量泵的排量, 改变系统的流量, 无级调节液压马达的转速, 从而使井下单螺

杆泵转速相应地得到调整，防止了螺杆泵抽空现象的发生。

2) 如果出现螺杆被衬套抱死之类故障，液压马达的输出转矩会增大，马达的进口压力会升高，则泵的出口压力也会升高。当压力达到压力继电器的设定值时，系统中的压力继电器动作发信，切断电动机的电源，液压泵停止工作，同时使方向流量插装阀组件的导阀电磁铁断电，导阀切换至左位，防反转系统启动。使抽油杆抱死事故得到自动处理。

3) 如果出现抽油杆断脱，液压马达的输出转矩会减小，马达的进口压力会降低，则液控二位二通阀组件 5 的液控导阀复位，主阀心关闭，泵出口压力升高。当压力达到压力继电器的设定值时，压力继电器动作发信，切断电动机的电源，液压泵停止工作，同时使方向流量插装阀组件 6 的导阀电磁铁断电，导阀切换至左位，整个系统停止工作。

4) 螺杆泵的系统效率相对机械传动来说比较低，维护成本比较高，受环境的影响比较大。所以在陆地上应用，其优势不很明显，但用在海上油田却可以充分发挥液压驱动系统的优势。采油平台操作空间有限，采油系统密集。如果通过液压系统驱动螺杆泵，则可以采用单液压泵集中向多台液压马达供油的方案，以节省平台的操作空间，节约投资费用，降低原油开采成本，提高原油开采的经济效益。

#### 4.2.5 线型绞车液压系统

##### (1) 主机功能结构

该线型绞车是一种海洋石油、船舶行业用来拖拉海上或陆地大型机械的专用设备，采用液压驱动，拖拉吨位达 600t。线型绞车由绞车、卷缆机及液压动力站三部分组成，以柴油发动机为动力源，通过绞车的两套楔形夹钳，采用连续拖拉或间歇拖拉钢缆方式进行拉拔作业，并用卷缆机将夹钳送出的钢缆回收。楔形夹钳通过两组液压缸完成夹紧钢缆和拖拉动作；连续拖拉时，一套夹钳夹紧钢缆并带动负载向前移动，同时另一套夹钳打开并回缩。依靠电气行程开关，两套夹钳行程交错，交替工作，拖动负载连续、平滑地向前移动。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 4-7 所示为该绞车的液压系统原理图。系统为双油路结构，一个是夹钳油路，一个是绞车回路。

夹钳油路的执行器为 1 号夹钳液压缸组（10-1 为一对主推缸、10-2 为一对夹紧缸）和 2 号夹钳液压缸组（11-1 为一对主推缸、11-2 为一对夹紧缸），主推缸用于拖拉钢缆，完成作业；夹紧缸用于楔形夹钳对钢缆夹持和锁紧；夹钳主推缸 10-1 和 11-1 的行程上分别布有电气行程开关 SQ1、SQ2 和 SQ3、SQ4，通过行程开关发信使主换向阀组：三位四通电液换向阀 5-1 和 5-2 控制主推缸的动作。夹紧缸的动作由控制阀组：二位四通电液换向阀 6-1 和 6-2 实现，夹紧后的信号由压力继电器 37-1 和 37-2 发出。它们均有手动控制和自动控制两种作业模式，两种作业模式的转换由补油阀组：二位四通电液换向阀 8-1 和 8-2 控制液控单向阀反向导通实现。

卷缆机油路的执行器为双向定量液压马达 14。由于大吨位线型绞车使用的钢丝绳较粗（最大直径可到 160mm），卷筒容量大（一般要求 600~1000m），所以 14 为低速大扭矩液压马达，通过大型减速机驱动卷缆机工作。液压马达驱动卷缆机采用三位四通手动换向阀组 9-1 与 9-2 人工控制，溢流阀 15（2 个）用于马达 14 的双向制动缓冲控制。

系统泵站包括泵 2、泵组 3 和泵 4 等三台液压泵，均由柴油发动机 12 经齿轮箱 13 驱动。泵 2 是双向变量轴向柱塞泵，为系统的主泵，用作夹钳主推缸的油源，其压力由先导式溢流



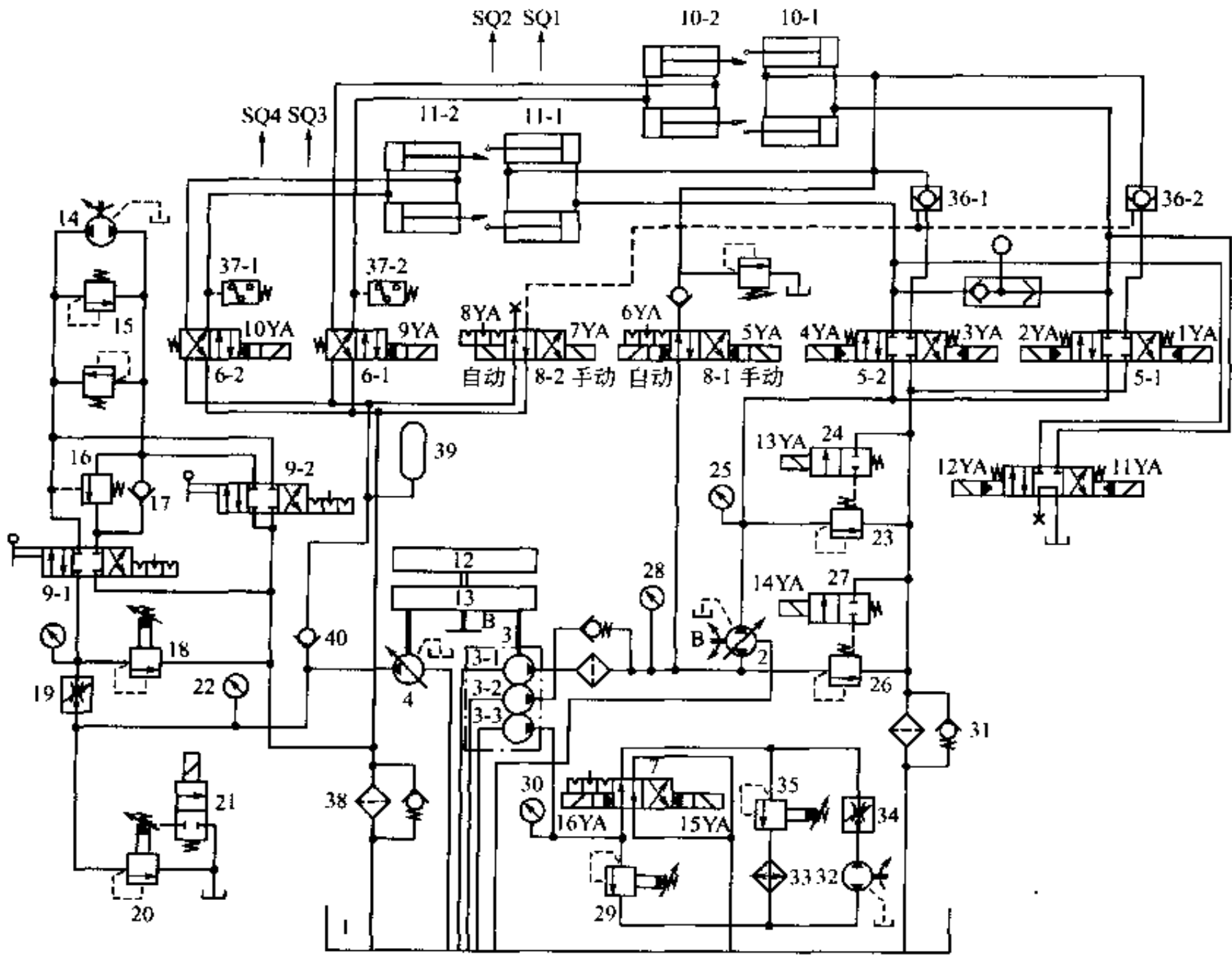


图 4-7 线型绞车的液压系统原理图

1—油箱；2—电液比例双向变量轴向柱塞泵；3—三联齿轮泵组；4—单向变量泵；5-1、5-2—主推缸三位四通电液换向阀组；6-1、6-2—夹紧缸二位四通电磁换向阀组；7—冷却油路控制阀组；8-1、8-2—补油二位四通电液换向阀组；9-1、9-2—卷绕液压马达三位四通手动换向阀组；10-1、10-2—1号夹钳液压缸组；11-1、11-2—2号夹钳液压缸组；12—柴油发动机；13—齿轮箱；14—卷绕双向定量液压马达；15—缓冲溢流阀组；16—液控顺序阀；17、40—单向阀；18、29、35—溢流阀；19、34—调速阀；20、23、26—先导式溢流阀；21、24、27—二位二通电磁换向阀；22、25、28、30—压力表；31、38—回油过滤器；32—冷却液压泵；33—冷却器；36-1、36-2—液控单向阀；37-1、37-2—压力继电器；39—蓄能器

阀 23 设定，并通过二位二通电磁换向阀 24 控制其升压与卸荷；低压泵组 3 为三联齿轮泵，其中靠近齿轮箱的两联用作主泵 2 的补油泵，补油压力先导式溢流阀 26 设定，并通过二位二通电磁换向阀 27 控制其升压与卸荷；第三联为用于系统的离线冷却循环回路，该泵的压力由溢流阀 29 设定。泵 4 为恒压变量柱塞泵，用作绞车夹钳夹紧缸和卷绕机液压马达的控制油源，泵 4 的供油压力与卸荷控制由先导式溢流阀 20 和二位二通电磁换向阀 21 控制。

系统的工作原理如下。

1) 夹钳油路 绞车夹钳是绞车的主要的作业装置。夹钳液压油路有手动和自动两种控制模式。

手动控制使用时间短，一般用于以下情况：穿挂钢缆，调整夹钳位置，为自动控制模式做准备（将 1 号夹钳主推缸全缩回，2 号夹钳缸全伸出）；细微调整作业（拖拉作业的开始和结束阶段）；遇有紧急情况时（如自动控制失灵等）使用。

自动控制模式时，夹钳油路按一定的动作程序由行程开关发信控制有关电磁铁通断电顺序换向，循环往复，使 1 号、2 号夹钳均经过以下 8 个程序自动交替完成拖拉钢缆作业。

① 程序 1。自动控制开始后，泵 4 的控制油经换向阀 6-1 进入 1 号夹钳夹紧缸 10-2 的无杆腔，夹紧缸前进实现钢缆夹紧。电磁铁 2YA 通电使换向阀 5-1 切换至左位，主泵 2 的压力油经阀 5-1 直接进入主推缸 10-1，活塞杆外伸，缸 10-1 有杆腔回油流向 2 号夹钳主推缸 11-1 的有杆腔，推动 2 号夹钳回撤（电磁铁 10YA 通电使阀 6-2 处于右位，夹紧缸 11-2 处于松开钢缆状态）；此时，电磁铁 5YA 通电换向阀 8-1 切换至右位，两补油泵 3-1 和 3-2 对主泵 2 补油后的多余流量经补油阀 8 进入 2 号夹钳主推缸 11-1 的有杆腔，使 2 号夹钳的回撤速度高于 1 号夹钳的外伸速度。当 1 号夹钳外伸到规定位置触动行程开关 SQ1 时，2 号夹钳已在起点就绪。

② 程序 2。当 1 号夹钳外伸触动行程开关 SQ1 时，2 号夹钳也开始夹持、拖拉钢缆。与 1 号夹钳状态相同。此阶段为保护性程序，以防止两夹钳交替作业时掉缆，时间较短。

③ 程序 3、程序 4、程序 5。当 1 号夹钳外伸到触动行程开关 SQ2 时，1 号夹钳松开钢缆，开始回撤，而 2 号夹钳保持原作业状态。与程序 1 类似，当 2 号夹钳外伸到触动行程开关 SQ3 时，1 号夹钳已回撤到起点。

④ 程序 6。与程序 2 类似，当 2 号夹钳外伸到触动行程开关 SQ3，1 号夹钳也开始夹持、拖拉钢缆，与 2 号夹钳状态相同。

⑤ 程序 7、程序 8。分别类似于程序 3、程序 4，当 2 号夹钳外伸到触动行程开关 SQ3 时，2 号夹钳松开钢缆，开始回撤，而 1 号夹钳保持原作业状态。此时，已开始程序 1 阶段。

控制程序从程序 1 到程序 8 循环往复，控制两个夹钳交替作业，使钢缆被连续拖拉向前。

2) 卷缆机液压油路 卷缆机是线型绞车的基本配套装置，其工作原理类似于传统卷扬绞车。由于大吨位线型绞车使用的钢丝绳较粗（最大直径可到 160mm），卷筒容量大（一般要求 600~1000m），要求卷缆机液压驱动马达 14 额定转矩较大，并配有大型减速机。卷缆机采用人工手动控制，有液压卷缆、液压放缆、自由放缆 3 种作业模式。

不妨假定三位四通手动换向阀 9-1 切换至左位时为卷缆工况，此时，液压泵 4 的压力油经调速阀 19、阀 9-1 进入马达 14 的左端压力油腔，同时导通液控顺序阀 16，液压马达旋转通过减速机驱动绞车实现卷缆作业，其右端低压油腔的油液经阀 16、阀 9-1 和回油过滤器 38 排回油箱，卷缆速度由调速阀 19 的开度决定。而放缆时，三位四通手动换向阀 9-1 切换至右位，此时，液压泵 4 的压力油经调速阀 19、阀 9-1 和单向阀 17 进入马达 14 的左端压力油腔，液压马达 14 旋转通过减速机驱动绞车实现放缆作业，其左端低压油腔的油液经阀 9-1 和回油过滤器 38 排回油箱。通过手动切换换向阀 9-2 可实现自由放缆。

### (3) 技术特点

1) 该绞车液压系统较为复杂，夹钳和卷缆分为两个油路，并分别采用电液比例变量柱塞泵作为夹钳的主油源，单向变量泵作为卷缆油路的油源，用多联液压泵为系统补油。油路互不干扰；夹钳的作业速度可在 20%~100% 精细调整，适应海上作业环境。

2) 可实现现场手动或自动控制两种模式。

3) 系统设有回油过滤以及单独的离线冷却回路；液压系统带有多级安全保护和监控措施保证了作业的安全可靠性。



4) 采用液压驱动的该线型绞车, 拖拉负载大, 距离远; 由于在其液压系统中采用了楔形液压夹钳和连续直线拖拉作业模式, 使整套设备外形紧凑, 相对重量轻, 作业安全, 效率较高。在铺设轨道后, 两台绞车组合可拖拉三千吨级的大型设备, 行程上千米。

#### 4.2.6 液压蓄能修井机系统

##### (1) 主机功能结构

修井机是油田专用的一种井下作业设备, 为了完成检泵等作业, 需要将抽油管、抽油杆一根根从井内起升出来, 检完泵后, 又要将抽油管、抽油杆一根接一根下放入井内。

修井过程中, 起升出一根油管的操作, 包括将油管柱从井内起升一根油管的高度, 然后通过卸扣将油管从油管柱上脱开并在排管架上排放整齐。前者为纯机动起升时间, 约占整个起出1根油管总时间的1/4, 后者为辅助作业时间, 约占3/4。常规修井机为了满足纯机动起升时间内快速起升油管的需要, 动力机装机功率选得很大, 而大功率动力机大部分时间是在接近空负载状态的辅助作业时间内运行, 经济性差, 动力机磨损严重, 而且常规修井机也不能回收油管柱下放释放出来的位能。XXJ300/500 液压蓄能修井机采用特殊的结构和原理, 使动力机装机功率仅为原来的1/3, 而且可以回收油管柱下放时释放出来的位能, 节能效果显著。

##### (2) 液压系统及其工作原理

该修井机的液压系统原理图如图4-8所示。系统的动力源是定量液压泵1; 执行器是组合液压缸11, 用于完成抽油管的起升和下放。缸11由一个柱塞缸(大缸)和一个活塞缸(小缸)组合而成, 大柱塞12兼作小缸的缸筒, 小缸的活塞杆固定在大缸的底盖上, 从而组合液压缸形成a、b、c三个油腔, 油腔a、b通高压油时, 油压产生的作用力向上, 油腔c通高压油时, 油压产生的作用力向下。氮气包5和蓄液缸4组成一个超大型蓄能器。二位四通手动换向阀13、14、15是液动换向阀6、7、8的导阀, 液动换向阀6、7、8分别控制组合液压缸的a、b、c抽腔通高压油或低压油, 阀6、7、8两侧液控油路上设置的单向节流器用于调整阀的换向时间, 实现迅速平稳换向。节流阀9、10控制组合缸起升下放油管柱的速度, 并可以截断压力油起刹车作用。

当控制组合缸11某一腔室的液动换向阀切换至下位时, 该腔室与液压泵和蓄能器相通; 当控制组合缸某一腔室的液动换向阀切换至上位时, 该腔室与高位油箱相通。改变手动换向

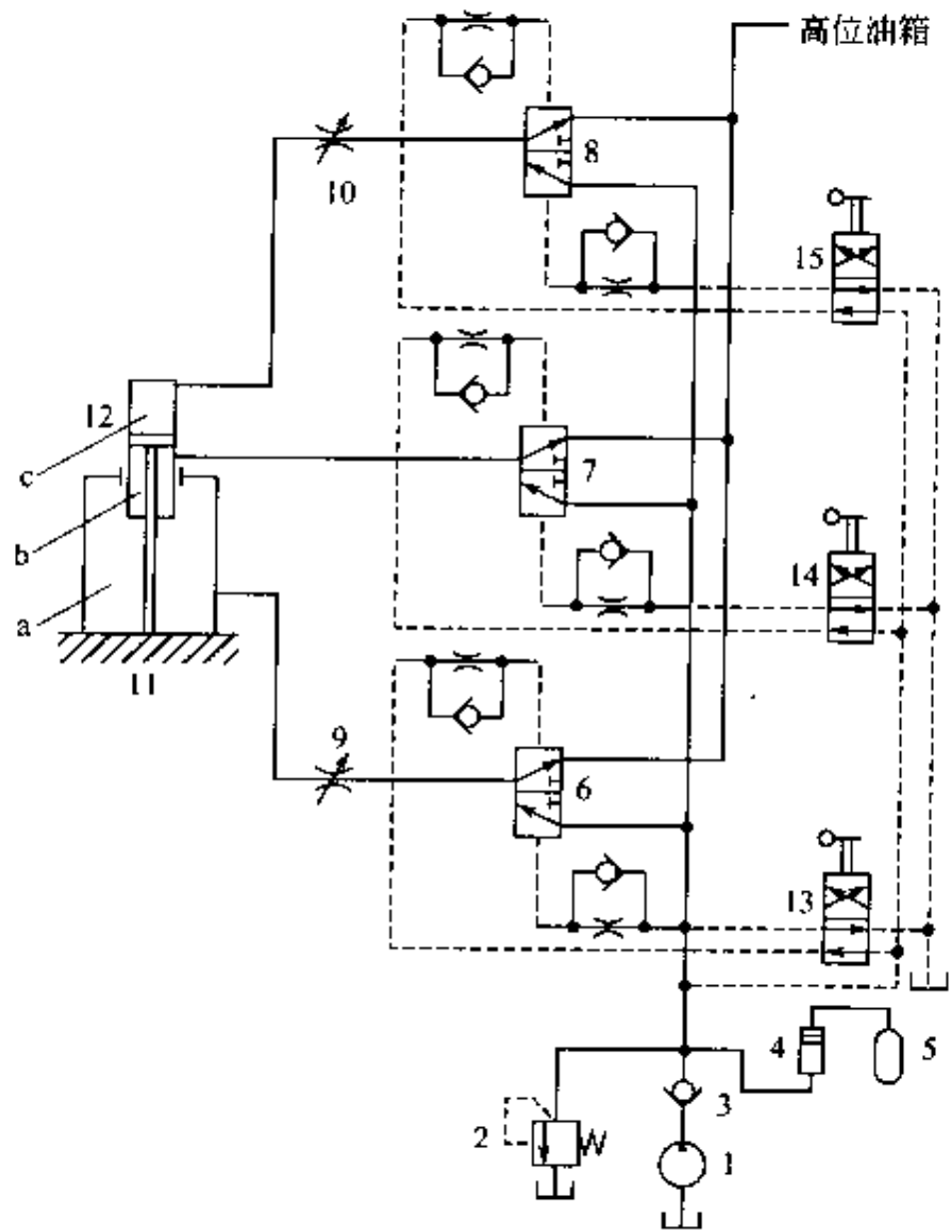


图4-8 液压蓄能修井机系统原理图

1—定量液压泵; 2—溢流阀; 3—单向阀; 4—蓄液缸; 5—蓄能器; 6、7、8—二位三通液动换向阀; 9、10—节流阀; 11—组合液压缸; 12—柱塞; 13、14、15—二位四通手动换向阀

阀的换向组合方式, 可使组合缸的三个油腔获得不同的与高、低压油相通的组合方式, 从而使组合液压缸的柱塞获得不同的几个起升力挡, 满足提升和下放不同负载的需要。手动换向阀 13、14、15 是一个三联手控制阀组, 由一个手柄集中操纵, 每个手柄位置对应一个挡位, 见表 4-1。

表 4-1 液压蓄能修井机起升力挡

油 腔	力 挡						
	0	1	2	3	4	5	6
a 腔				+	+	+	+
b 腔		+	+			+	+
c 腔		+		+		+	
柱塞起升力/kN	0	160	314	495	649	809	963

注: + 表示该腔通高压油; 空白表示该腔通低压油。

忽略各类损失, 柱塞起升力可按公式 (4-1) 计算。

$$F_p = p(A_a + A_b - A_c) \quad (4-1)$$

式中  $F_p$ ——柱塞起升力;

$A_a$ ——a 腔油液作用面积;

$A_b$ ——b 腔油液作用面积;

$A_c$ ——c 腔油液作用面积;

$p$ ——油液压力。

在某一力挡下, 若组合缸的 a、b、c 腔中的某一油腔通高压油, 则该油腔面积在式 (4-1) 中计入; 若某一腔室通低压油, 则该油腔面积在式 (4-1) 中不计入, 取为 0。例如力挡 3, b 腔通低压油, 则式 (4-1) 中  $A_b$  取 0。

当进行起升油管柱作业时, 选择某一力挡, 使该力挡下的柱塞起升力大于油管柱重量作用在柱塞上的载荷, 柱塞就会在油压作用下上行, 油管柱就被提起来。例如油管柱重量作用在柱塞上的载荷  $F$  为 860kN, 选择力挡 6 就可将油管柱提起; 在起升油管柱的辅助作业期间, 通过操纵手动换向阀, 使 3 个液动换向阀都切换至上位, 此时组合缸的 3 个油腔都通低压的高位油箱, 液压泵向蓄能器充油。当在某一力挡位下起升油管柱时, 液压泵与蓄能器一起向组合缸供油, 这样可以大大减小动力机装机功率。

当接好某一单根油管后进行下放油管柱作业时, 选择某一力挡, 使该挡下的柱塞起升力小于油管柱重量作用在柱塞上的载荷, 柱塞就下行, 油管柱下放入井中, 同时柱塞将相应的一份液压油压入到蓄能器中储存起来。此时组合缸的作用相当于一液压泵。这样就实现了油管柱位能的回收, 即将油管柱位能以压力能的形式储存在蓄能器中, 供其他作业用。如油管柱重量作用在柱塞上的载荷  $F$  为 860kN, 选择力挡 5, 油管柱则下放入井中。

### (3) 技术特点

1) 该液压蓄能修井机采用二位四通手动换向阀作为导阀, 二位三通液动换向阀作为主阀控制三腔组合缸的通油情况, 获得不同的力挡, 可根据载荷的不同采用不同的挡位起升、下放油管柱, 提高了效率。

2) 液压系统在起升油管柱的辅助作业期间, 将液压泵来油储存在蓄能器中, 起升油管柱时液压泵与蓄能器中的油一起进入组合缸, 从而大大减小了动力机装机功率, 使动力机装

机功率仅为原来的  $1/3$ 。

3) 系统在下放油管柱时可回收油管柱释放出来的位能, 以压力油的形式储存在蓄能器中重新利用, 收到了显著的节能效果。

#### 4.2.7 不压井修井机液压起升系统

##### (1) 不压井修井机的功能要求

在油田修井工作中, 降低修井成本和提高油井产量最有效的措施是采用不压井修井方法。不压井修井作业中, 因不同阶段井内高压对工作管柱始终作用着向上的作用力及管柱重量的变化, 要求不压井修井设备的起升、下放装置应既可对管柱施加提吊力, 又可对管柱施加向下压力, 即根据起、下过程各个阶段中管柱重量与井内压力两者的对比情况, 对起升、下放管柱采用不同的操作法(提吊法、过渡法和加压法)来进行作业。

美国贝克(Baker)石油工具公司生产的液压不压井修井机的液压起升系统, 能很好地满足不压井修井过程的工艺要求, 适合于恶劣环境的工作。

##### (2) 液压起升系统及其工作原理

Baker 修井机的液压起升系统原理图如图 4-9 所示。该系统具有以下功能: 液压缸在起升、下放油管柱过程中, 可在任一位置停止和锁紧, 即管柱的运动可靠地受操纵者控制; 提、放管柱时, 能实现快速上行, 慢速下放; 提、放管柱的速度能够实现无级调节; 液压缸不工作时, 液压泵能自动卸荷; 调速、换向集中在一个手柄上完成操作; 系统工作安全可靠。

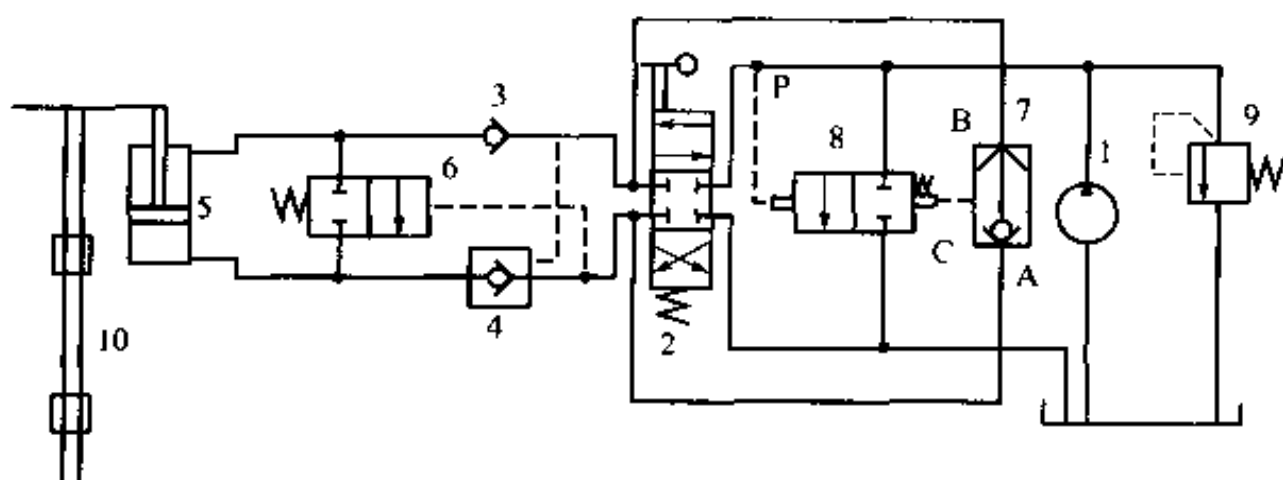


图 4-9 修井机液压起升系统原理图

1—定量液压泵; 2—三位四通手动换向阀; 3—单向阀; 4—液控单向阀; 5—液压缸;  
6—双液动换向阀; 7—梭阀; 8—双液控二位二通换向阀; 9—溢流阀; 10—油管柱

该系统的油源为定量液压泵 1; 系统的安全压力由常闭的溢流阀 9 设定; 执行器为液压缸 5, 其活塞杆向上安装用来拖动油管柱 10, 缸的起升、下放、停止和锁紧由多功能三位四通手动换向阀 2 控制; 二位二通液动换向阀 6 可使液压缸在起升油管柱时实现差动快速动作; 液压缸提、放油管柱的速度通过换向阀 2、双液动换向阀 8 和梭阀 7 来实现。液压泵卸荷通过阀 8 实现。

系统的工作原理如下。

1) 液压缸下放 三位四通手动换向阀 2 切换至上位, 液压泵 1 的压力油经换向阀 2、单向阀 3 进入液压缸 5 的有杆腔并反向导通液控单向阀 4, 缸的活塞杆带动油管柱 10 下放, 缸的无杆腔油液经阀 4、阀 2 排回油箱。

2) 液压缸起升 换向阀 2 切换至下位时, 液压泵的压力油经液控单向阀 4 进入液压缸

5 的无杆腔，由于单向阀 3 截止，故液压缸的回油路不通，液压泵的供油压力也即二位二通液动换向阀 6 的控制油路压力上升，使阀 6 切换至右位，液压缸实现差动，即液压缸 5 上腔的油液经阀 6 反馈至液压缸 5 的无杆腔，从而实现快速起升。

3) 液压缸停止、锁定及液压泵卸荷 换向阀 2 处于中位时，该阀的 4 个油口互不相通，液压缸及其带动的油管柱旋持不动，同时，单向阀 3 和液控单向阀 4 的阀心（钢球）在弹簧作用下关闭，液压缸及油管柱被牢固锁定在某一位置。此时，液压泵的压力油仅克服阀 8 微弱的复位弹簧力，阀 8 全开，液压泵经此阀实现自动卸荷。

4) 液压缸起升、下放的无级调速 液压缸起升、下放的无级调速通过换向阀 2、二位

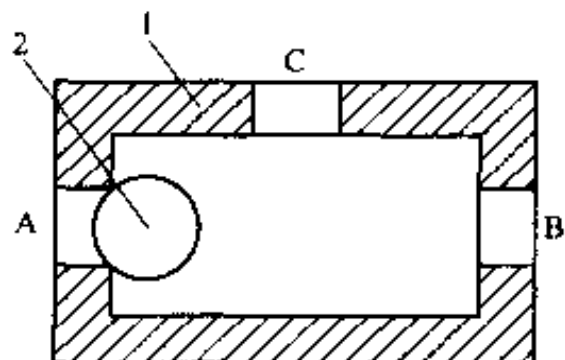


图 4-10 梭阀结构示意图

1—阀体；2—阀心（钢球）

二通液动梭阀 8 和梭阀 7 组成调速回路实现。由梭形阀的结构示意图（见图 4-10）可知，阀体 1 上开有 3 个油口 A、B、C。两侧油口 A、B 中油压高的同 C 口接通。通过控制具有节流功能的手动换向阀 2 阀口的过流断面的大小，使阀 2 前后压差（即图 4-9 中 P、C 两点压差）发生变化，从而控制二位二通液动阀 8 的开度，此开度决定经阀 8 溢流回油箱的溢流量的大小，因此就控制了进入液压缸的负载流量的大小，实现了液压缸的速度调节。

当操作人员将图 4-9 中阀 2 全开（设阀 2 的上位工作）时，P、B 油路的过流断面积为最大，P、B 两点的压差最小，这两点压差分别反馈到二位二通阀 8 的两端。由于 P、B 压差最小，不足以克服阀 8 的弹簧力，故阀 8 关闭，溢流量为零，此时液压泵的流量全部进入液压缸，缸以全速运行；当操作人员将阀 2 关小时，PB 的过流断面减小，P、B 两点的压差增大，这两点压差分别反馈到二位二通阀 8 的两端。由于 P、B 压差增大，克服弹簧力，阀 8 开大溢流，此时液压缸的牵引速度变低。

换向阀 2 的开口大小决定了液压缸的流量和阀 8 的溢流量，即决定了液压缸的牵引速度。

### (3) 技术特点

1) 采用单向定量液压泵供油，适于矿场恶劣工作条件，以提高系统乃至整个设备的工作可靠性。

2) 与传统方法不同，单杆液压缸采用了活塞杆向上的安装方式，通过液压缸的差动连接，实现液压缸拖动油管柱的快速起升和慢速下放，在满足工艺要求的同时，减小了泵的流量规格。

3) 三位四通手动换向阀 2 具有换向和节流（调速）功能，实现了集中控制；采用二位二通双液控换向阀 8 实现溢流和卸荷的双重功能，从而省去了流量阀和常开溢流阀，而液压泵的最高工作压力受控于起安全保护作用的溢流阀 9。设计巧妙，功能完备，操纵集中方便。

4) 结构简单，尺寸小，重量轻，便于移运，适合于行走机械。

## 4.2.8 滚筒式液压抽油机系统

### (1) 主机功能结构

YCJ2-10-2500 型滚筒式液压抽油机是我国第一台长冲程滚筒液压抽油设备，用于油田生产中抽油作业。该机采用组块拼装式结构，全机分成液压组块（包括电动机、液压泵、油

箱、冷却器、阀集成块和操作板等)、绞车组块(包括滚筒、液压马达、刹车装置及分别连接抽油机和平衡重块的两组正反缠绕的钢丝绳系)、支架组块(包括支架、平衡重块、天车台等)等三个组块,共同装在一个公用底座上。

### (2) 液压系统及其工作原理

该机液压系统(见图4-11)的主泵为双向变量轴向柱塞泵10,执行器为双向定量低速大扭矩径向液压马达1,二者采用闭式循环油路。液压马达1带动滚筒正反转,借助钢丝绳使抽油机实现上下往复运动,完成油井的抽油作业,通过调节主泵10的双向排量,可以调节马达的正反向旋转速度;两侧油路的高压溢流阀5和7及压力继电器4和6用于防止液压马达正反向旋转时过载,起安全保护作用,两侧压力通过压力表及其开关24和25显示。由高低压管路的压差控制的二位三通液动换向阀22和低压溢流阀23用来对系统的油液进行热交换,左侧油路的热油经阀22和23、过滤器8和冷却器11流回油箱,定量泵9通过单向阀20向系统补入冷油,反之亦然。单向顺序阀2用于抽油杆或钢丝绳折断时的平衡保护,单向节流阀3作背压阀用,用于防止抽油杆超速下落。

辅助泵9是主泵10的变量控制、系统的补油和滚筒刹车的油源,泵9与主泵10复合在

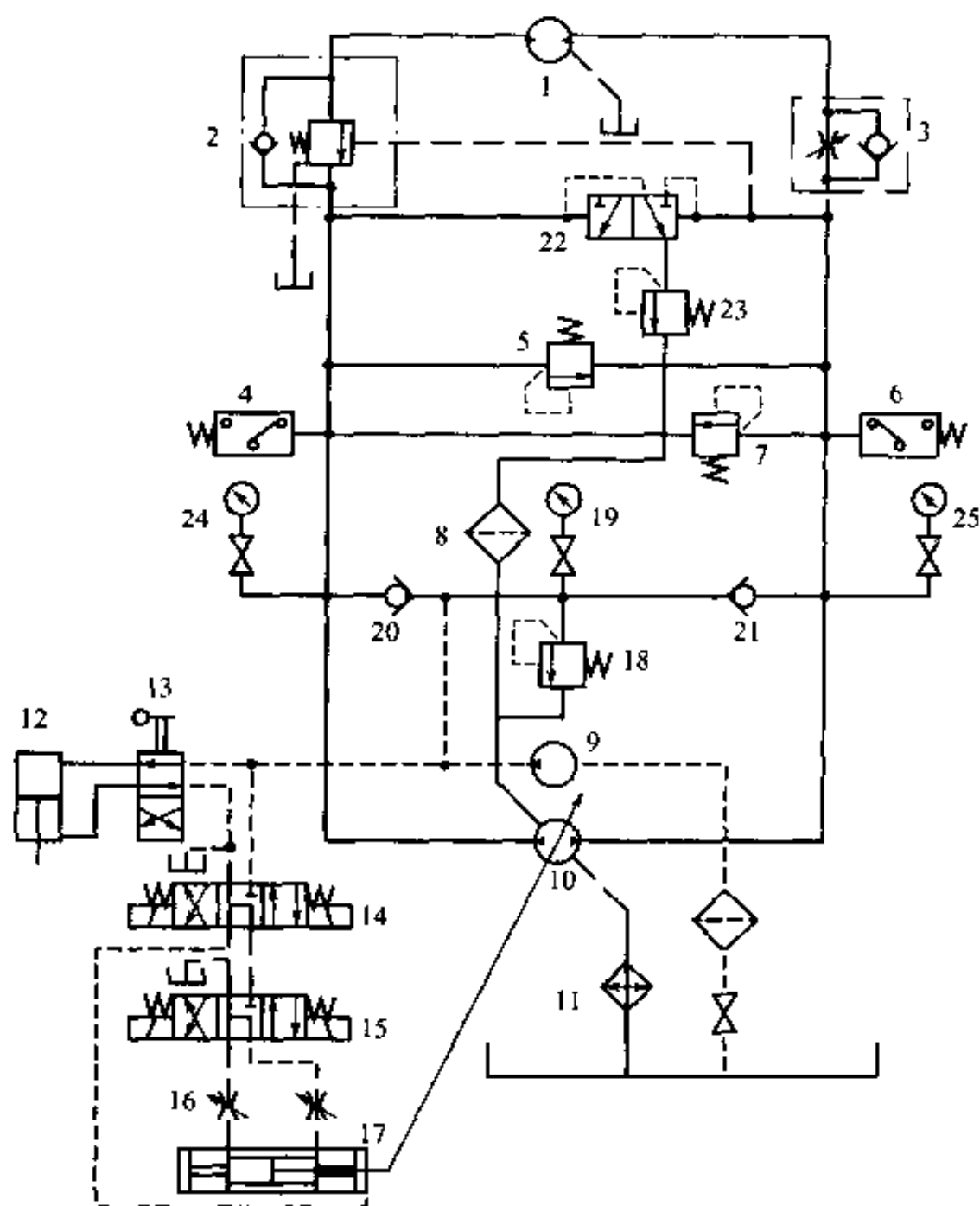


图4-11 滚筒式液压抽油机系统原理图

1—双向定量液压马达; 2—单向顺序阀; 3—单向节流阀; 4、6—压力继电器; 5、7—高压溢流阀; 8—过滤器; 9—辅助液压泵; 10—双向变量柱塞泵; 11—冷却器; 12—刹车液压缸; 13—二位四通手动换向阀; 14、15—三位四通电磁换向阀; 16—阻尼器; 17—变量液压缸; 18—补油溢流阀; 19、24、25—压力表及其开关; 20、21—补油单向阀; 22—二位四通液动换向阀; 23—低压溢流阀

一起，由一台电动机驱动，安全溢流阀设在泵壳内。泵 9 的工作压力由溢流阀 18 设定并由压力表及其开关 19 显示。由二位四通电磁换向阀 13 控制的液压缸 12 用于驱动刹车带，随时刹住滚筒。泵 10 的变量由三位四通电磁换向阀 14 和 15 控制的液压缸 17 实现，缸 17 上附有活塞行程机械调节装置，可以分配调节活塞左右行程的大小，从而控制主泵排量的大小。换向阀 14 用以操纵缸 17 两端设置的对中活塞，以便在系统启动、调节或事故状态中，活塞能快速对中，使主泵排量复零，主机停止运动。换向阀 15 由滚筒端部一个减速链轮上的两个电行程开关控制，在滚筒连续正反转时，分别启停行程开关，使主泵连续正反向排油。在缸 17 前设有两个阻尼器 16 和 17，用以控制变量缸活塞的速度，改变主泵换向时间，减小抽油机的换向冲击。

抽油时系统的工作原理如下。

向上冲程时，抽油机的负载为抽油杆悬重与平衡重量之差，系统的正常工作压力在 10~18MPa 范围内，上冲程速度完全取决于主泵 10 的流量。下冲程时，抽油杆借自重下落而成为拖动滚筒转动的驱动力。下冲程超速通过单向节流阀 3 给液压马达 1 施加背压形成反扭矩予以防止。通过改变主泵 10 的斜盘倾斜方向、倾角大小，可改变泵的排油方向和流量，使液压马达 1 正反转和变速，从而实现滚筒的正反转和转速调节，即改变抽油机上下冲程的方向和速度。上述的调节过程均可无级、独立进行。因此该机能适应各种油井井况的工艺要求，而常规抽油机却无法做到。

### (3) 技术特点

1) 滚筒式抽油机的液压系统采用变量泵-定量马达闭式系统，效率高、发热少、调速范围大。

2) 系统的安全保护措施完备。除了按常规方法设置双向高压溢流阀外，系统还设置了双向压力继电器以实现双重过载保护；油箱中设有油温控制器进行油溢自动冷却保护；通过支架上下设置的两个行程开关闭合进行超行程保护等，所以系统及主机的可靠性高。

3) 该滚筒式液压抽油机具有冲程长、重量轻、冲程和速度可无级调节、井口占地面积小、运行平稳、节能（比常规抽油机节省 24%~36%）和换向冲击小等优点。

### (4) 技术参数

该抽油机液压系统的正常工作压力为 10~18MPa；液压泵驱动电机功率为 55kW。

## 4.2.9 输油管道阀门启闭液压系统

### (1) 功能与液压系统原理

输油管道上阀门的控制方式有手动式、电-机驱动式、电-液驱动式和电-气驱动式等。此处介绍的是一种液压驱动阀门的方式，用于引进的 DN700 平板闸阀的启闭。

图 4-12 所示为该驱动方式的液压系统原理图。该系统为泵-缸式闭式油路的液压系统，执行器为驱动平板闸阀 12 的双活塞杆液压缸 11；油源为双向定量液压泵 2，通过电动机 1 旋转方向的改变来改变双向定量泵 2 的旋转方向及吸排油口方向，从而实现在液压缸运动方向的变化，使闸阀 12 开启或关闭。液控单向阀 9 与 10 组成液压锁，用于防止无关人员私自开关闸阀；手动定量液压泵 7 作为系统停电时的备用油源，电动机 1 驱动的液压泵 2 和手动泵 7 的油路转换，通过三位六通手动换向阀 8 来实现；对称布置的两个单向节流阀 6 和 13 用来调节液压缸亦即闸阀的启闭速度；补油罐 4 用于向系统补油。闭式油路的上下管道分别布有溢流阀 5 和 14，用来设定系统的工作压力。液压泵运行之前，整个系统必须充满油液。



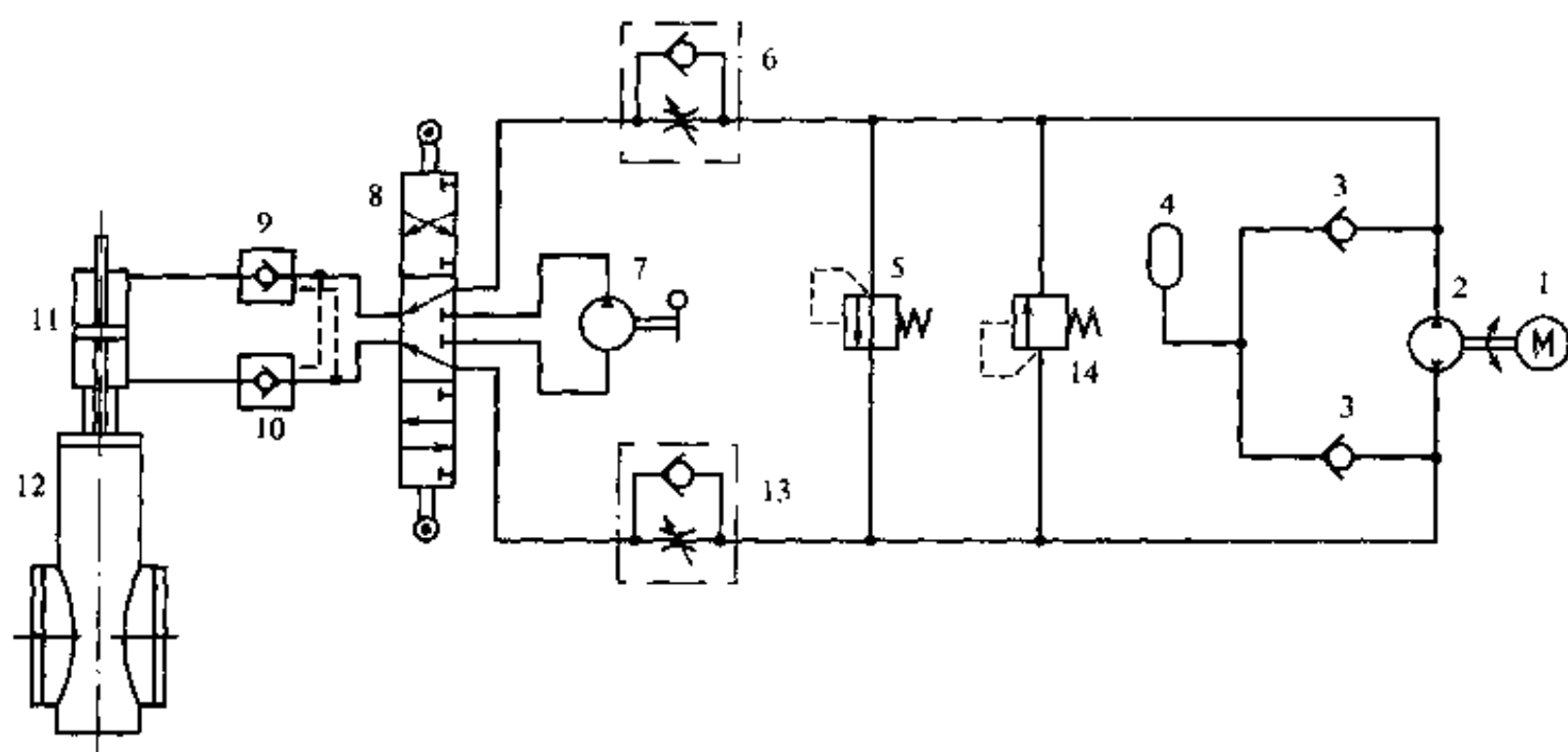


图 4-12 平板闸阀启闭的液压系统原理图

1—电动机；2—双向定量液压泵；3—补油单向阀；4—补油罐；5、14—溢流阀；6、13—单向节流阀；  
7—手动液压泵；8—三位六通手动换向阀；9、10—液控单向阀；11—液压缸；12—平板闸阀

电动机 1 驱动液压泵 2 工作时，换向阀 8 处于中位，如果此时液压泵 2 上方油口为压力油口，则液压泵的压力油经过阀 6 中的节流阀、阀 8 和液控单向阀 9 进入液压缸 11 的上腔，同时导通液控单向阀 10，活塞杆下行驱动闸阀关闭，液压缸下腔的油液经阀 10、阀 8 和阀 13 中的单向阀排油至泵 2 下方的吸油口；如果电动机及液压泵的旋转方向改变，使液压泵下方的油口为压油口时，则压力油进入液压缸的下腔，活塞杆上行驱动闸阀关闭。液压缸的往复运动速度取决于节流阀 6 和 13 的开度。

停电时，需使用手动液压泵 7 使系统工作，换向阀 8 切换至上位，手动泵 7 的压力油经阀 8 和液控单向阀 9 进入液压缸 11 的上腔并导通液控单向阀 10，液压缸下腔的油液经阀 10 和阀 8 排向泵 7 的吸油口，活塞杆下行驱动闸阀关闭；反之，换向阀切换至上位，液压泵向液压缸下腔供油，则缸的活塞杆驱动闸阀打开。

当闸阀开关状态不需改变时，换向阀 8 处于中位，液压缸由液压锁锁定在既定位置。

#### (2) 技术特点

1) 采用闭式液压系统驱动阀门启闭，结构紧凑、体积小、启闭平稳、无噪声，具有速度可调、过载可自动保护等特点。与开式液压控制系统相比较，省掉了油箱和许多阀件，而且系统所用的管件、控制阀等均可安放在液压缸上面或旁边，液压系统和要启闭的阀门可做或一体。

2) 系统具有冗余结构，既可电动也可手动，解决了停电后的作业问题；通过液压锁可以防止无关人员私自启闭闸阀。

3) 液压系统为定量泵供油的进油节流调速闭式系统，液压缸及驱动的闸阀的双向速度均可根据需求进行调整。

4) 此种液压驱动的阀门不宜频繁开关，且最佳工作状态应为全开或全闭。

### 4.2.10 捞油车液压驱动系统

#### (1) 主机功能结构

捞油车是低产油井、探井和边远油井的提捞采油设备，图 4-13 所示为其主机结构示意



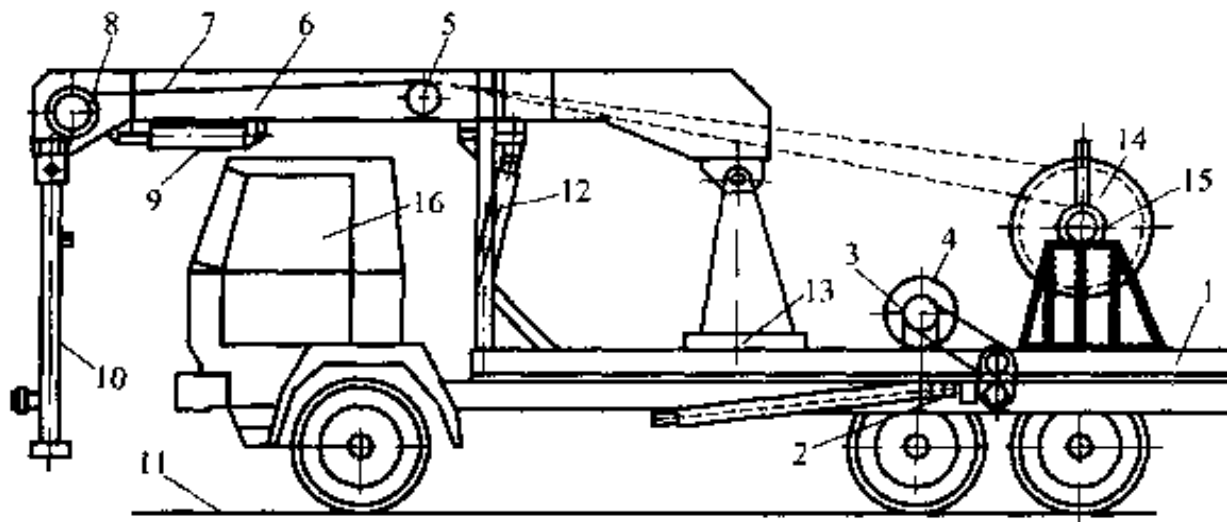


图 4-13 捞油车主机结构示意图

- 1—捞油车底盘；2—取力装置；3—链传动装置；4—液压泵；5—计数轮；6—伸缩梁；7—钢丝绳；  
8—导向轮；9—伸缩臂液压缸；10—特殊井口装置；11—水泥停车台；12—变幅液压缸；13—微摆液压缸；  
14—滚筒装置；15—液压马达；16—操纵室

图。该车由底盘、取力装置、计数轮、伸缩梁、钢丝绳、滚筒装置、导向轮、操纵室（内设液压、气动、电控等操纵装置）及液压泵供油的各种液压执行器（伸缩臂液压缸、变幅液压缸、微摆液压缸、液压马达）等组成。

该车的工作过程如下。

当捞油车开到井场水泥停车台 11 后，发动机的动力通过取力装置 2、传动轴、正倒传动箱、角传动箱经链传动装置 3 传递给液压泵，液压泵 4 为液压系统提供压力油。这时先通过伸缩缸 9 将伸缩梁 6 伸出并使其前端尽量接近井口；然后，通过变幅缸 12 将伸缩梁 6 举起，再放下特殊井口装置 10；最后用微摆缸 13 精确对中井口，将特殊井口装置固定好，接上集油管路，即可进行捞油作业。捞油滚筒装置 14 由液压马达 15 驱动，正、反转缠、放钢丝绳。捞油抽子置于特殊井口装置 10 内部，通过钢丝绳 7 缠于滚筒上，滑轮 8 起导向作用，计数轮 5 用于观测抽子的下放深度。

## (2) 液压驱动系统及其工作原理

捞油车液压驱动系统如图 4-14 所示。系统的油源为变量液压泵 1，该泵为二级压力控制，先导式溢流阀 3 用于限定系统的最高工作压力以防过载，远程调压溢流阀 5 用于调整微调缸 10 的工作压力，并通过二位二通电磁换向阀 4 的通断实现。系统的执行器有驱动滚筒装置的双向定量液压马达 15、驱动伸缩梁伸缩的液压缸 16、微摆液压缸 17 和变幅液压缸 18（2 个），这些执行器的运动方向分别由三位四通手动换向阀 7、8、9 和 10 控制。单向阀 11（4 个）和溢流阀 12 组成双向制动缓冲回路，用于缓和液压马达 15 正反向换向时的液压冲击；缸 16 和 18 分别设有远控单向平衡阀 13 和 14，与三位四通手动换向阀 8 和 10 的 M 型中位机能配合实现缸 16 和 18 停止时的锁定；缸 17 的负载较小，所以仅通过三位四通手动换向阀 9 的 M 型中位机能实现停止时的锁定；缸 17 和缸 18 的进油路调速阀 6，主要用于缸 17 的微调以实现井口对中，另外，还可以调节缸 18 的运动速度。

系统的工作原理如下。

伸缩缸 16 伸出时，换向阀 8 切换至右位，泵 1 的压力油经阀 8 和阀 13 中的单向阀进入缸 16 的无杆腔，驱动伸缩臂伸出，缸有杆腔经阀 8 和调速阀 6 向油箱排油；当臂伸出至适当长度后，换向阀 8 复至中位，缸 16 被锁定；当换向阀 8 切换至左位时，泵 1 的压力油经阀 8 直接进入缸 16 有杆腔同时导通阀 13，驱动伸缩臂缩回，缸 16 无杆腔经平衡阀 13 和调

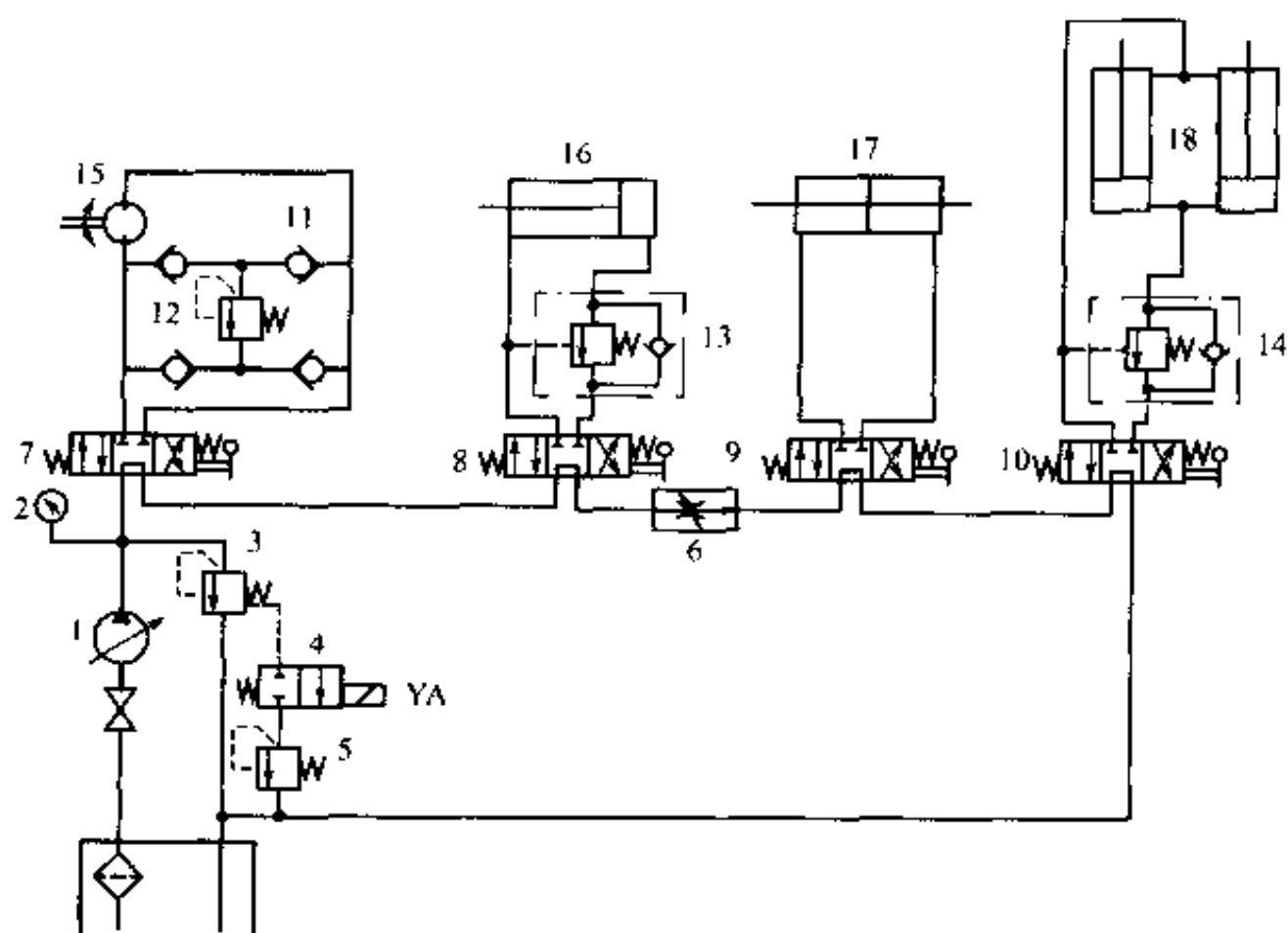


图 4-14 捞油车液压驱动系统原理图

1—变量液压泵；2—压力表；3—先导式溢流阀；4—二位二通电磁换向阀；5—远程调压溢流阀；  
6—调速阀；7、8、9、10—三位四通电磁换向阀；11—单向阀；12—溢流阀；13、14—远控单向平衡阀；  
15—双向定量液压马达；16—伸缩臂液压缸；17—微调液压缸；18—变幅液压缸

速阀 6 向油箱排油。

变幅缸 18 举升时，换向阀 10 切换至右位，泵 1 压力油经调速阀 6、阀 9、阀 10 和平衡阀 14 中的单向阀进入缸 18 的无杆腔，驱动伸缩臂升起，缸 18 的有杆腔经阀 10 直接向油箱排油；当臂升至适当高度后，换向阀 10 复至中位，缸 18 被锁定；当换向阀 10 切换至左位时，泵 1 压力油经阀 6、阀 9 和阀 10 进入缸 18 的有杆腔同时导通平衡阀 13，驱动臂下降，缸 18 无杆腔经阀 13 向油箱排。缸 18 的下降速度由调速阀 6 的开度即流量决定。

双活塞杆的微摆缸 17 工作时，为了便于实现微调，首先电磁铁 YA 通电使换向阀 4 切换至左位，使溢流阀 5 配合节流阀 6 工作，以使进入微摆缸 17 的压力油流量很小。当换向阀 9 切换至左位时，泵 1 的压力油经调速阀 6、阀 9 进入微摆缸 17 左腔，微摆缸向右摆动；反之，压力油进入微摆缸 17 右腔，微摆缸向左摆动；当对中井口后，使阀 9 复至中位，缸 10 被锁住。这时，应使电磁铁 YA 断电，使换向阀 4 复至右位，并使节流阀 6 开至最大。

液压马达 15 正转时，换向阀 7 切换至右位，泵 1 的压力油经阀 7 进入马达的上端油口，驱动滚筒正转，使捞油抽子以一定的速度下放至井中，此时马达上端经阀 7 等向油箱排油。当油于下放到一定深度时，换向阀 7 切换至左位，泵 1 的压力油经阀 7 进入马达 15 的下端油口，马达驱动滚筒反转，并带动捞油抽子及原油以一定的速度提升，此时马达下端经阀 7 向油箱排油。在抽子上升的过程中，捞油抽子上部的原油经特殊井口装置上的排油口和集油管线导入油罐车中。通过指深装置可知捞油抽子已上升到井口适当位置，将换向阀 7 复至中位。接着进行下一次捞油作业。马达的工作速度因油井的不同而异，可通过调节变量泵的排量实现液压马达调速。

(3) 技术特点

- 1) 液压系统采用变量泵供油，二级压力控制，有利于能量的合理利用。
- 2) 采用液压马达驱动捞油滚筒装置工作，容积调速、液压制动缓冲，速度调整简便、运行安全可靠。
- 3) 微调液压缸通过三位四通换向阀的 M 型中位机能实现锁紧；伸缩液压缸和变幅液压缸借助三位四通换向阀的 M 型中位机能和远控单向顺序阀实现锁紧，工作可靠。
- 4) 捞油车采用集中控制方式，当抽油车在现场停放稳妥并对中井口位置后，只要一名操作人员乘坐在操纵室即可完成捞油控制作业，减少了作业人数和工作量。
- 5) 同传统机械采油技术相比较，液压驱动的抽油车结构简单、成本低廉、机动灵活、安全可靠，自动化程度和有效利用率高，每台抽油车可以承担 10~30 口油井的捞油作业。

4.2.11 可逆式油田管材液压矫直机系统

(1) 主机功能结构

油田开发开采中需要大量的钻杆、套管和油管，这些管材的长度一般在 9~10m，直径在  $\phi 50 \sim \phi 200\text{mm}$  范围内。在使用时，这些管材极易变形，产生弯曲和扭曲现象，有的甚至整根管子变成螺旋状。液压管材矫直机的功能就是修复变形的管材（校直油管），以达到节省材料、降低成本的目的。

矫直机由主机、进出料装置及液压和电控系统等组成。主机为框架式结构（见图 4-15），机架 3 上方安装有三个液压缸 8 驱动的矫直辊 7。在底座的工作台 9 上对应安装两个与主机轴线成一定角度的下矫直辊 6（由两个液压马达 4 驱动）。辊子的母线呈双曲线形。在工作台的两端部还有两个冲头 2 和 10，分别由两个液压缸驱动。进出料装置分别设在矫直机的两端，进料装置是将需要矫直的管材送入矫直机中。出料装置是将矫直后的管材送到物料架中。它们均采用电动机驱动的滚道输送管材。

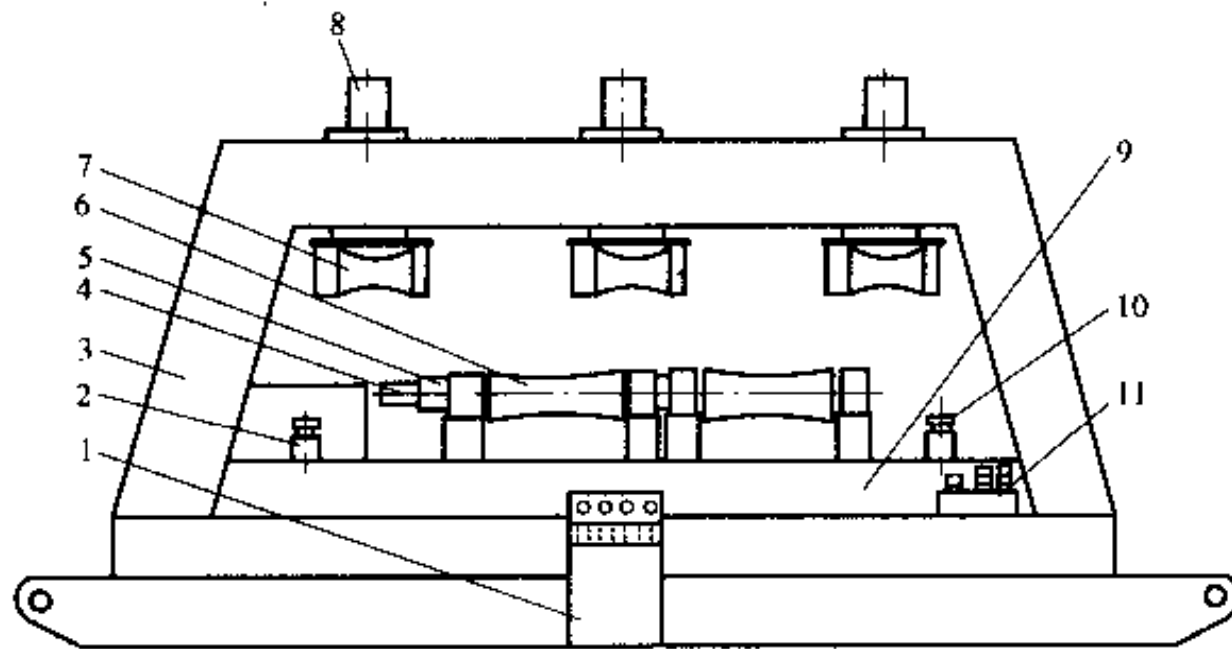


图 4-15 矫直机的主机结构示意图

- 1—电控柜；2—左冲头；3—机架；4—液压马达；5—减速器；6—下辊系；  
7—上辊系；8—液压缸；9—工作台；10—右冲头；11—液压阀组

矫直机主要是使管材通过多次弹塑性弯曲变形实现管材的矫直。矫直加工时，管材从机器的左端（或右端）的进料装置上送入矫直机的下辊上，上辊下行使其压住管材，到相应的位置后停止。上下辊系分别与被矫直的管材的轴线倾斜一定的角度，辊子的双曲线形母线与

管材相吻合，呈包络状。三个上辊在各自液压缸的作用下压在管材上，两个下辊子分别由各自的液压马达驱动旋转，带动管材既绕轴线旋转又沿轴向移动。改变液压马达的旋转方向即可改变管材的旋转方向和轴向移动方向，实现可逆式矫直。矫直后的管材通过另一端的出料装置送到物料架上。对局部弯曲变形较大的管材，可利用两端的冲头先进行局部矫直，然后再进行整体矫直。

(2) 液压系统及其工作原理

图4-16所示为矫直机的液压系统原理图。系统的油源为变量液压泵1；执行器为上辊液压缸13（3个）、冲头液压缸3（2个）和双向定量液压马达4（2个）。系统的控制主要采用了叠加式液压阀5~9、14~16，各液压缸升降由三位四通电磁换向阀10、12和17~19控制，速度通过叠加式单向节流阀8、9、14~16调节；系统最高工作压力由叠加式电磁溢流阀7设定，两个冲头缸3的工作压力分别由叠加式减压阀5和6控制，在液压马达回路上，设有分流集流阀25，以保证两个液压马达通过摆线针轮行星减速器带动下辊同步旋转，液压马达的换向则由阀11控制。通过调节变量叶片泵上的压力调节器，叶片泵的输出流量变化，各执行器速度相应变化。电接触式温度计20、加热器21、冷却器23等温控装置分别用于系统的温度检测、加热和冷却；22为空气过滤器，24为回油过滤器。整个液压站安装在机器的底座上。

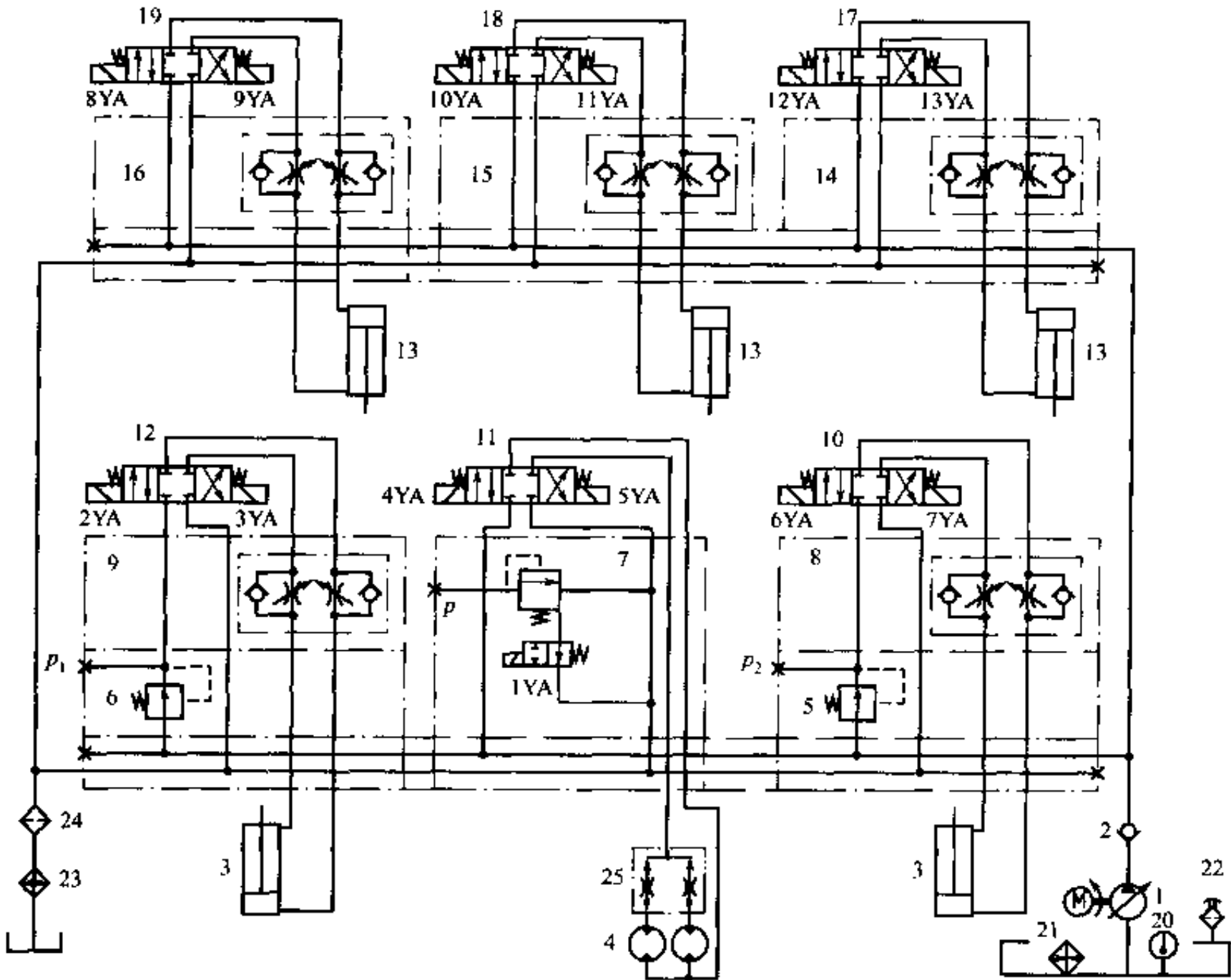


图4-16 矫直机液压系统原理图

- 1—变量液压泵；2—单向阀；3—冲头液压缸；4—液压马达；5、6—叠加式减压阀；7—叠加式电磁换向阀；  
8、9、14、15、16—叠加式单向节流阀；10、11、12、17、18、19—三位四通电磁换向阀；13—上辊液压缸；  
20—电接触式温度计；21—加热器；22—空气过滤器；23—冷却器；24—回油过滤器；25—分流集流阀

(3) 技术特点

- 1) 该管材矫直机工艺先进、性能稳定、效率高，具有较好的经济效益。
- 2) 液压系统为变量泵供油、回油节流调速系统，有利于系统能量的合理使用和散热。
- 3) 两个液压马达采用分流集流阀实现同步控制。
- 4) 系统采用叠加阀式集成，液压站结构紧凑，外形美观，调整方便。

(4) 技术参数 (见表 4-2)

表 4-2 管材矫直机液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	
液压泵(V4-125 型变量叶片泵)	最高工作压力	16	MPa
	最大流量	181	L/min
驱动电机(Y200L-4 型)功率	30	kW	

4.2.12 油田管线试压装置的液压与气压系统

(1) 主机功能结构

该装置是油田管线野外施工过程中焊接管件的试压设备，用于对已焊接好的每段长度为 1km、管径为 2~4in 的管件进行 100MPa 超高压液体（强度）试压及 8MPa 气体（严密性）试压，检测被测管件的材质、焊缝强度及严密程度，以确保其进入输油管线的质量。强度试验采用液压系统，气密性试验采用气压系统。整个试压装置安装在一辆载重汽车（东风 EQ1090E）上，既满足施工现场对管线的分段试压检测，又利用其发动机作为试压装置的动力源。从汽车发动机产生的动力经主变速箱由一个加装的取力箱将其全功率取出，提供给发电机做动力源，驱动注水泵（低压泵）、试压泵（超高压泵）及空气压缩机，这一工作过程由操作员在驾驶室内操作完成；电控系统由操作员在控制台上发出指令动作，其试压过程中的低压、超高压转换及整个强度试压及气严密性检测由可编程序控制器（PLC）系统自动控制。

(2) 液压试压系统与气压试压系统及其工作原理

1) 液压试压系统及其工作原理 图 4-17 所示为液压试压系统的原理图。电动机 3 驱动

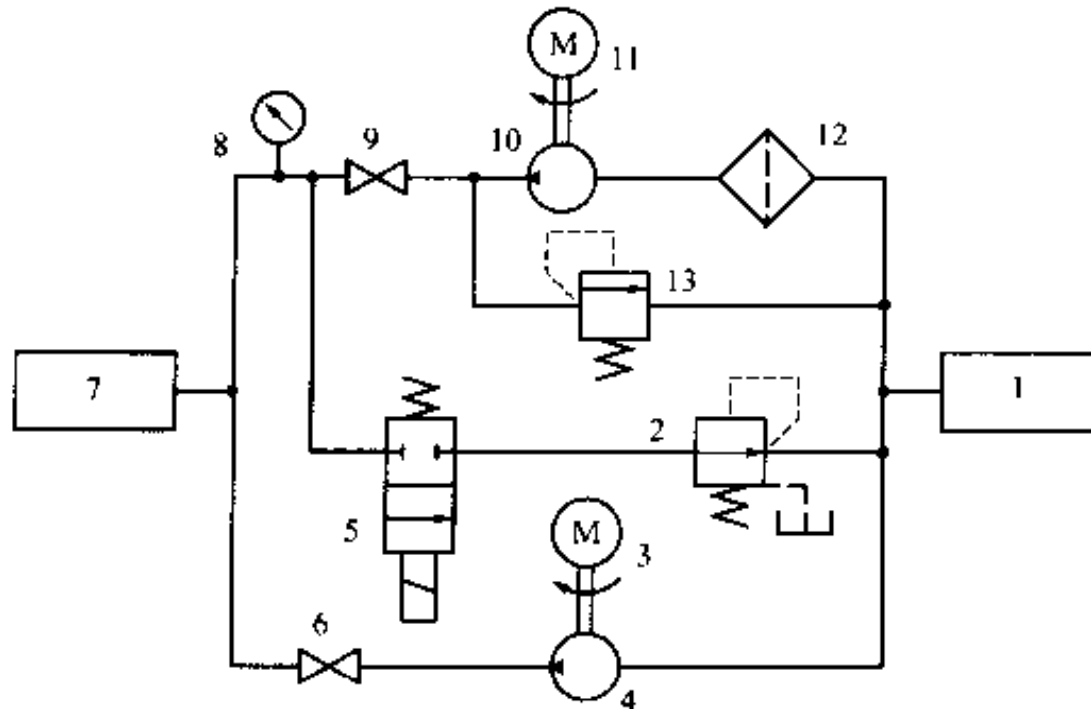


图 4-17 液压试压系统原理图

- 1—储水罐；2—减压阀；3、11—电动机；4—低压泵；5—二位二通电磁换向阀；6—阀门；  
7—管件；8—压力表；9—电控阀；10—超高压试压泵；12—过滤器；13—溢流阀

的低压泵 4 用于向被试管件 7 充液；电动机 11 驱动的高压试压泵 10 用于给管件内液体加压；充液压力和加压压力通过压力表 8 观测；电控阀 9 用于管件保压时的关闭；溢流阀用于设定试压压力和保压期间泵 10 的溢流。二位二通电磁换向阀 5 和减压阀 2 用于保压结束后的释压。

系统的充液、加压过程如下。

当电动机 3 驱动低压泵 4 工作时，低压泵 4 从送水车储水罐 1 中吸入乳化水，通过阀 6 注入被测管件 7，当水注满后，低压泵 4 停止，阀 6 自动关闭；超高压试压泵 10 自动启动，管件 7 中的压力逐步上升，当压力升高到要求值时，电控阀 9 自动关闭，试压泵 10 经溢流阀 13 溢流，管件 7 内的水压保压 10min。保压结束时，发出指令，将管件 7 中的乳化水经二位二通电磁换向阀 5 及减压阀 2 释压后排回到储水罐 1 中；同时，管件 7 的另一端口也放出乳化水到另一专用储罐。

2) 气压试压系统及其工作原理 图 4-18 所示为气压试压系统原理图，当电动机 5 驱动空气压缩机 4 运转时，压缩气体经电控阀 3 进入被试管件 7，当压力表 2 显示气压达到要求值时，阀 3 自动关闭，空气压缩机 4 停止工作，管件内气压保压 8h，实现管件气密性检测。当试压结束时，快速排气阀 1 将管件中气体释压后，由两端口排出，管件试压过程结束。

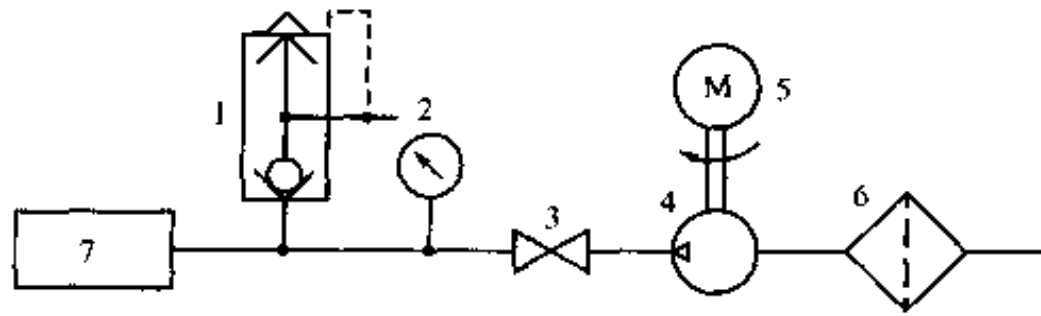


图 4-18 气压试压系统原理图

1—快速排气阀；2—压力表；3—电控阀；4—空气压缩机；5—电动机；6—空气过滤器；7—管件

### (3) 技术特点

1) 管件的强度试验采用液压加压，低压泵充液，超高压泵增压；气密性试验采用气压加压；用 PLC 实现试压过程自动控制；系统结构简单，操作简便，整个试压装置机动性强，但在车上布置较复杂。

2) 试压装置安装在汽车厢底盘上，超高压泵出口与被试压管件用管接头连接。当发动机、泵、电动机等产生的振动和超高压水流的反力，使汽车轮胎与地面弹性接触产生位移，导致管接头引起拉应力与剪切应力面产生破坏。为了确保整车的定位性与稳定性以避免产生事故，因而采用支腿结构措施，即当试压装置工作时，4 只液压支腿将整车撑起，使四个车轮离开地面，变弹性接触为刚性支撑，以保证可靠安全。

3) 为了提高整个装置的安全可靠性，给超高压元件加不小于 30mm 厚钢板做成的防护罩，以防高压元件或管路爆裂伤及周围人员及物品。提高了试压装置的可靠性。同时对组成系统的泵、阀、超高压连接管件等进行无损探伤检测并在试验台上进行安装前的检验，以防因元件质量导致试压装置出现事故。

### (4) 技术参数

液压试压系统超高压试压压力值为 100MPa，保压时间为 10min；气压试压系统试压压力值为 8MPa，保压时间 8h。



### 4.2.13 石棉水泥管卷压成型机的电液控制系统

#### (1) 主机功能结构

该机是美国 RVA 公司生产的一种大型设备，用于油田、市政工程中污水排放用高强度石棉水泥圆管的卷压成型加工。该设备由主机、液压系统、电控系统及送料、下料装置

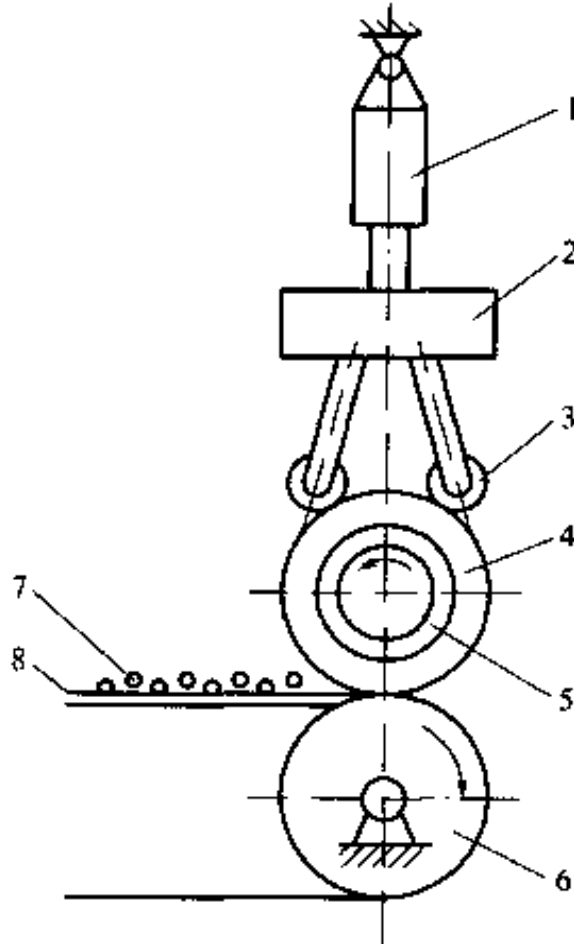


图 4-19 卷压成型机压辊装置的结构示意图

- 1—液压缸；2—横梁；3—压辊；  
4—制品；5—管芯；6—底辊；  
7—物料；8—送料毛布

等部分组成。主机的主要工作部件（压辊装置）及工作原理如图 4-19 所示。圆管卷压时，双液压缸 1 驱动的横梁 2 及压辊 3 下行，将管芯 5 压紧卷绕在底辊 6 的送料毛布 8 上。无级调速的直流电机通过齿轮减速器（图中未画出）拖动底辊旋转，来自网箱的送料毛布以线速运行，管芯借助摩擦力反向旋转，从而把经水和添加剂混合后的石棉水泥物料 7 逐层黏附并由压辊压实在管芯上（随着制品壁厚增加，压辊装置缓慢升高），直至规定壁厚。最后，压辊装置上行，下料，一个工作循环结束。成型机的整个工艺过程可简单归结为：边卷边压。

工艺要求压辊装置对圆管制品成型中的加压过程分两个阶段进行，即制品在卷制之初的某一薄层壁厚（一般小于 10mm）时，保持恒定压下力，以便形成制品“骨架”，称之为起始压下力控制；之后，随着壁厚增加，按某种规律减小压下力，称为第二压下力控制。可见压下力是机器的一个重要参数，因此，压辊装置采用了伺服变量泵的电液控制系统，通过控制变量泵的排油压力间接对压辊装置压下力实施控制。

#### (2) 电液控制系统及其工作原理

电液控制系统由液压系统和相应的电控系统两大部分构成。液压系统原理图如图 4-20 所示，该系统由液压源、控制油路、压辊缸回路、辅助缸及平衡回路、冷却及过滤油路等部分组成。

1) 液压源 系统的液压源由 PV 型电液伺服双向变量轴向柱塞泵 1 和低压大流量齿轮泵 2 组成。泵 1 为主泵，通过改变排量控制系统压力；泵 2 为充液泵，用于向系统充液补油。泵 1 是整个控制系统的核心部件，该泵集控制盒（内装单级电液伺服阀和斜盘位置传感器）、伺服控制缸和变量泵主体为一体，泵内还附有安全溢流阀 5 和 6，控制油路溢流阀 7 和单向阀 8、9 等元件，从而使液压源结构相当紧凑。

2) 控制油路 系统的控制压力油由小流量齿轮泵 3 单独供给，用作泵 1 伺服控制缸和二通液控换向阀 11 及液控单向阀 14、20 的控制油源。二位四通电磁换向阀 12、16、19 分别控制阀 12、14、20 控制油口的启闭。

3) 压辊缸回路 两个同规格压辊液压缸 21、22 的活塞杆与刚性横梁 23 连接，同步运动完成压辊装置的工作循环。两个压辊缸与变量泵 1 构成容积调速的闭式回路，回路两侧配有限压溢流阀 10 和 13，阀 15 为带有硬弹簧的单向阀，起背压阀作用，故泵 2 可通过阀 14 和 14-1 向该回路充液补油，压力传感器 38 用于压辊缸无杆腔油压的检测反馈；压力继电器 39 用于限定起始压力并作为时间继电器的发讯器。

4) 辅助缸及平衡油路 横梁两端的直齿轮 24 和 28 分别与两侧立柱 30 上的齿条 25 和



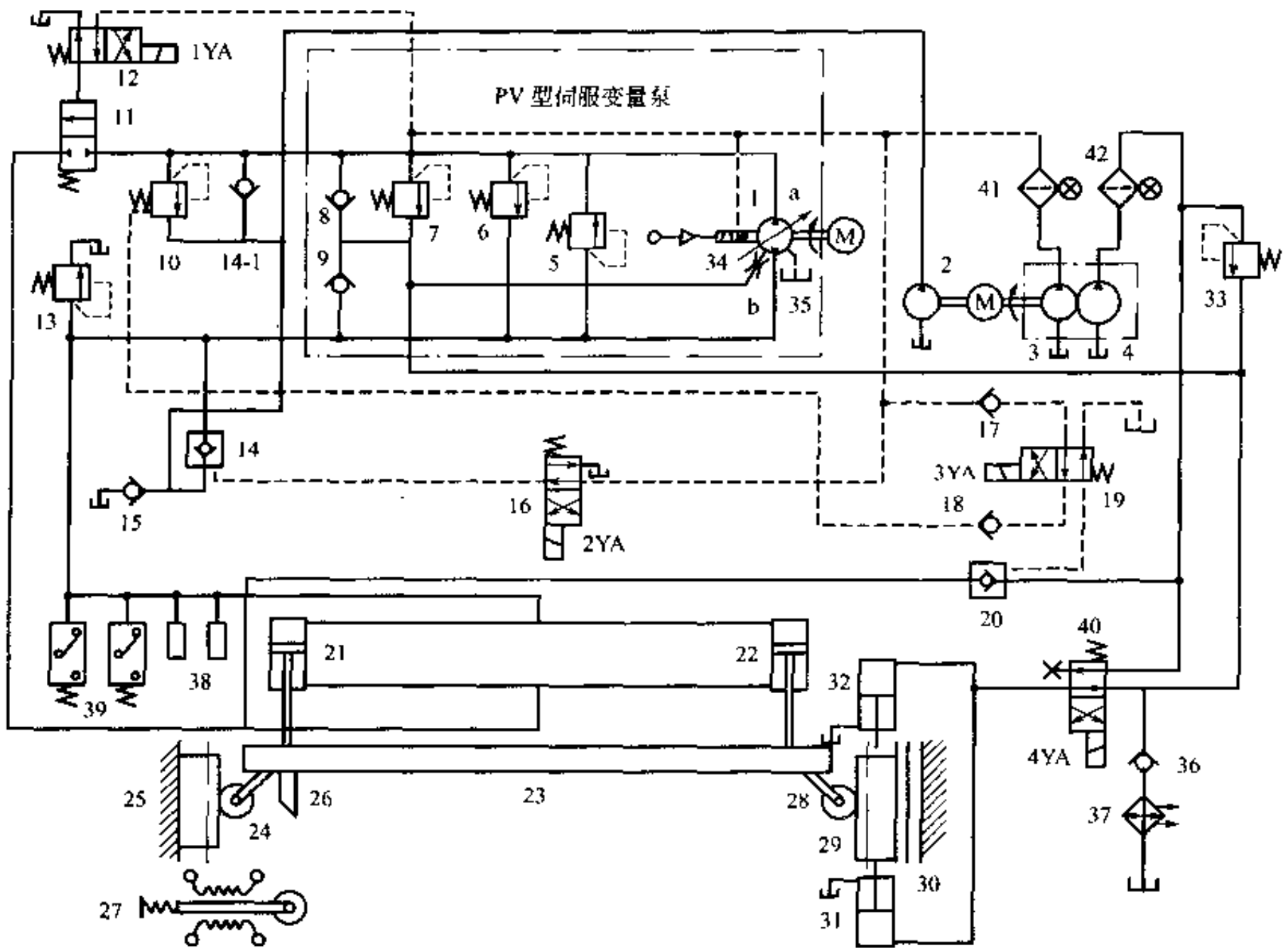


图 4-20 卷压成型机液压系统原理图

1—电液伺服双向变量轴向柱塞泵；2—低压大流量齿轮泵；3—小流量齿轮泵；4—平衡用齿轮泵；5、6、7、33—溢流阀；8、9、14-1、15、17、18、36—单向阀；10、13—限压阀；11—二位二通液动换向阀；12、16、19、40—二位四通电磁换向阀；14、20—液控单向阀；21、22—压辊液压缸；23—横梁；24、28—齿轮；25、29—齿条；26—凸轮；27—差动变压器；30—立柱；31、32—辅助液压缸；34—节流孔；35—泄漏管；37—水冷却器；38—压力传感器；39—压力继电器；41、42—带污染指示的精过滤器

29 啮合，完成压辊装置导向。齿条 25 与立柱用螺纹连接固定。双向对顶的同规格辅助液压缸 31 和 32 可使齿条 29 上下移动，也可夹紧该齿条。齿轮泵 4 除用作缸 31 和 32 的油源外，还可向缸 21 和 22 的下腔提供平衡压辊装置自重所需的压力油，泵 4 的供油压力按平衡压辊装置自重所需压力通过溢流阀 33 设定。

5) 冷却及过滤油路 经节流孔 34 的油通过冷却泵 1 与泵内的泄漏油混合在一起从泄漏管 35 排回油箱。其他油路的油液可经低压背压单向阀 36 通过水冷却器 37 强制冷却。元件 41 和 42 是带发讯器的纸质精过滤器，分别对控制油路和辅助缸油路进行压油过滤，过滤精度为  $10\mu\text{m}$ 。

伺服变量泵的闭环电控系统（见图 4-21）共有两套同样的回路，一套工作，一套备用。每一套回路均由起始、第二压力控制给定器及压力传感器，交流放大器（射随器和放大器）、伺服放大器及解调器和上升、下降速度给定器等组成。

电液控制系统的工作原理如下。

系统可完成停留、下降、压制和上升的工作循环，动作顺序见表 4-3。

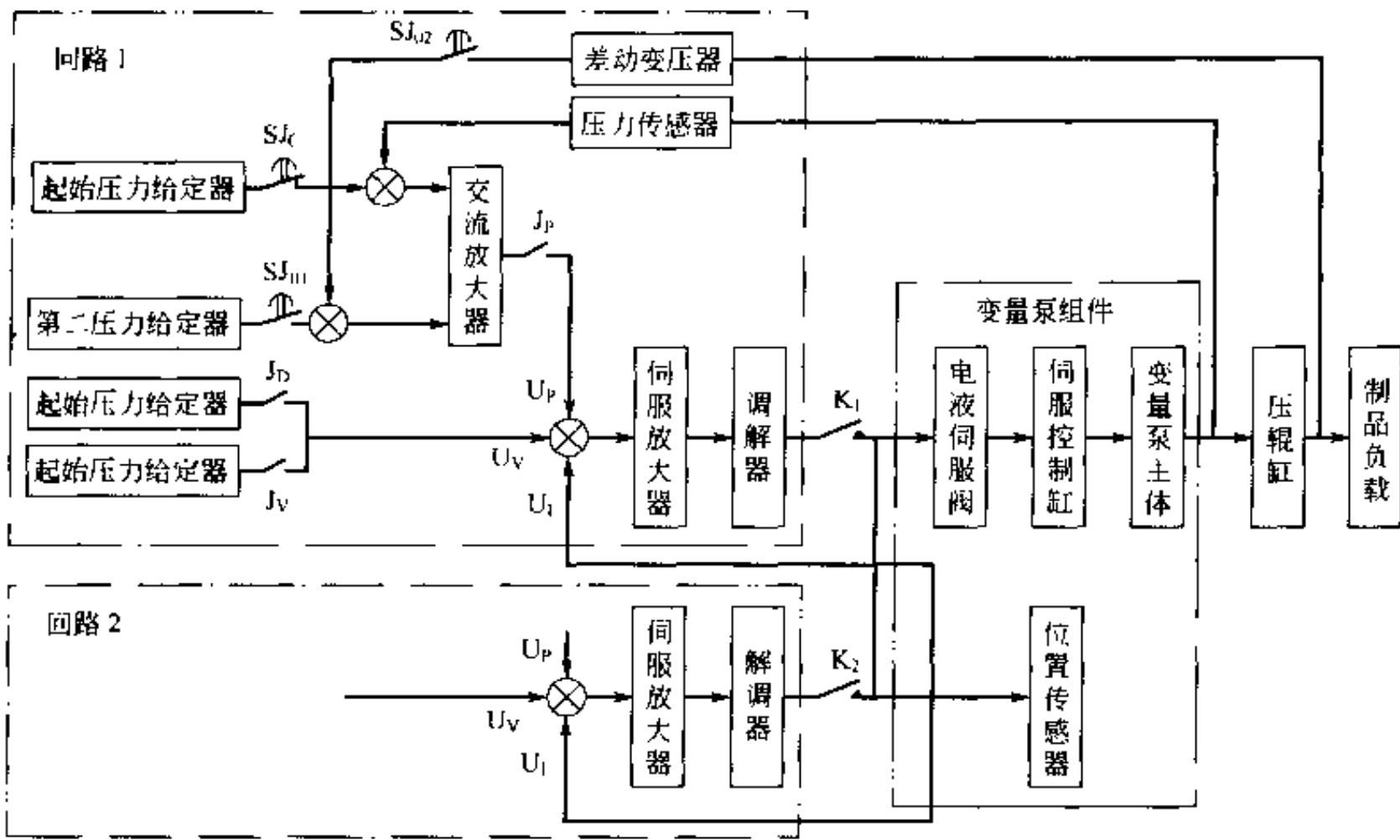


图 4-21 闭环电控系统方框图

表 4-3 系统动作顺序

工况	1YA	2YA	3YA	4YA	工况	1YA	2YA	3YA	4YA
停留				+	压制		+	+	
下降	+	+		+	上升	+			+

① 停留。此时，泵 1 的所有控制信号被取消，其变量机构处于零位，电机带动其空载运转，故无流量输出。图 4-20 中，电磁铁 1YA 断电使换向阀 12 处于左位，阀 11 下位工作，切断泵 1 的 a 口至压辊缸 21 和 22 有杆腔的油路。同时，泵 4 的压力油经阀 20 进入压辊缸 21 和 22 的有杆腔，以平衡压辊装置自重；电磁铁 2YA 断电，阀 14 被来自泵 3 的控制油导通，泵 1 的 b 口和压辊缸上腔接至阀 15 的背压油路，从而，压辊装置停留在上方，以等待卸下成品、装上下一管芯后转入新的工作循环。在停留阶段，电磁铁 4YA 始终通电，泵 4 的压力油同时进入缸 31 和 32 的无杆腔，两个活塞杆对顶，用以保持齿条 29 的位置。

② 下降。电磁铁 4YA 通电使换向阀 40 切换至下位，泵 4 的压力油进入缸 31 和 32 的无杆腔，活塞杆对顶，夹紧齿条 29，触点  $J_D$  闭合（参见图 4-21）；电磁铁 1YA、2YA 通电，阀 11 下位切入，泵 1 的 a 口吸油，b 口向压辊缸上腔供油，泵 2 经阀 14 向无杆腔补充因上、下腔面积差所需油液，从而使两压辊缸的活塞杆驱动压辊装置下降。

③ 加压。当压辊装置下行接触送料毛布及管芯时，泵 1 的 b 口的排油压力（称负载压力）增加，使阀 14 关闭（电磁铁 2YA 断电）。负载压力继续增加直到压力继电器 39 的调定值（起始压力），其触点  $J_D$  闭合时，系统进入卷管加压过程。

电磁铁 1YA 断电，阀 11 关闭，切断泵 1 的 a 口与压辊缸有杆腔的油路；电磁铁 3YA 通电，打开液控单向阀 20，使压辊缸下腔保持平衡压力而与压辊装置移动方向无关；电磁铁 4YA 断电，缸 31 和 32 的无杆腔接背压阀 36 油路，使齿条 29 可自动移动。

由图 4-21 知，起始压力经压力传感器反馈到输入端与其给定信号比较，差值经交流放大器加到泵的斜盘位置控制系统的输入端，改变泵 1 的流量，以维持起始压力恒定，使物料

黏附压实在管芯上。起始压力保持时间由时间继电器按工艺需要调定，当其熔点  $SJ_1$  断开， $SJ_{01}$  和  $SJ_{02}$  闭合时，系统转入第二压力阶段。随着制品半径（即壁厚）增加，压辊装置升高，差动变压器 27 被图 4-20 中凸轮 26 逐渐压下给出一个与制品半径成比例的反馈信号，该信号与第二压力给定器所给信号相减减小第二压力指令，再与压力传感器反馈信号比较，从而给出一个逐渐减小的压力误差信号，以减小系统压力，直到要求的制品半径。

④ 上升。加压卷管结束后，图 4-21 中触点  $J_1$  闭合。图 4-20 中的电磁铁 4YA 通电，泵 4 的压力油再次进入缸 31 和 32 的无杆腔，夹紧齿条 29；电磁铁 1YA 通电，阀 11 上位切入，泵 1 的 a 口向压辊缸有杆腔供油，电磁铁 2YA 断电，控制油顶开阀 14，压辊缸无杆腔与阀 15 的背压油路接通，从而压辊装置上升，电磁铁 3YA 断电，关闭阀 20，以防止压辊缸有杆腔与泵 4 的油路串通。

压辊装置上升碰到有关行程开关后，进入停止状态，一个循环结束。

### (3) 技术特点

1) 该成型机将液体压力和制品半径作机械压下力的“模拟量”，检测方法简单易行且控制精度较高，避开了直接测力难度较大的问题。

2) 总体上采用了机、电、液一体化结构，便于实现整机自动化，提高生产率和稳定产品质量。

3) 液压部分采用结构紧凑的泵控容积调速闭式回路，具有功率适应特征，因而节能，利用液压泵充液，使加压时升压迅速；采用辅助泵能源直接平衡压辊缸，取代了传统的平衡阀，停留可靠，运动平稳。

4) 电控系统采用冗余结构，两套回路可分别工作，不但提高了系统可靠性，且便于检修，特殊设计的伺服放大器推挽输出电路只接受各给定器及反馈传感器来的信号，大大提高了系统的抗干扰能力。

5) 高度复合的变量泵内装伺服阀等精密元件，对油液的清洁度要求苛刻，稍有不慎，将会因油液污染导致泵启动困难等故障出现；两压辊缸尽管采用了机械连接，但并非严格同步。故压辊装置有时倾斜，影响产品质量；系统运行时，液压脉动产生的流体噪声较大，有时甚至使操作者难以承受。

### (4) 技术参数（见表 4-4）

表 4-4 成型机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	横梁	跨度	4.5	
		行程	1.27	
		自重	45	
	最大压下力	385	kN	
	压下力减小率	21	kN/mm	
	压辊装置 最大速度	下降	12	m/min
		上升		
	动态特性	响应时间	0.5	s
压下力精度		$\pm 3.7$	kN	
液压系统	工作压力	4~8	MPa	
	最大流量	720	L/min	
	控制压力	3.5	MPa	
	控制流量	20	L/min	
	总功率	36	kW	

### 4.3 化工机械液压系统

#### 4.3.1 BOY15S 型注塑机液压系统

##### (1) 主机功能结构

BOY15S 型注塑机是自国外引进生产线中的设备，属于卧式超小型塑料注射成型机，该机采用全液压传动，可以实现手动、半自动及自动工作循环，其工作程序与一般的塑料注射成型机基本相同。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 4-22 所示为该注塑机的液压系统原理图，系统的油源为恒压控制变量叶片泵 1，可与有关液压阀一起组成压力匹配回路、流量匹配回路及差动回路等，以实现节能。整个系统共有 5 个执行器（合模液压缸 I、注射装置液压缸 II、注射液压缸 III、顶出液压缸 IV、单向定量液压马达 V），增压器 VI 用于合模装置高压锁模。顶出缸和注射装置液压缸的运动分别由二位四通电磁换向阀 23 和三位四通电磁换向阀 4 控制，其他液压缸和液压马达的运动则由插装阀及其电磁换向阀和先导压力阀等元件控制，电磁换向阀的信号源为有关执行器行程上布置的行程开关。整个系统可以分解为合模锁模、注射装置前移、注射、保压、冷却和预塑、顶出等回路。各回路的工作原理如下。

1) 合模与锁模液压回路 液压系统的整个工作循环从模具闭合开始。机器用按钮启动以后，电磁铁 1YA 通电使三位四通电磁换向阀 3 切换至右位，使合模液压缸 I 的 C 腔经阀 3

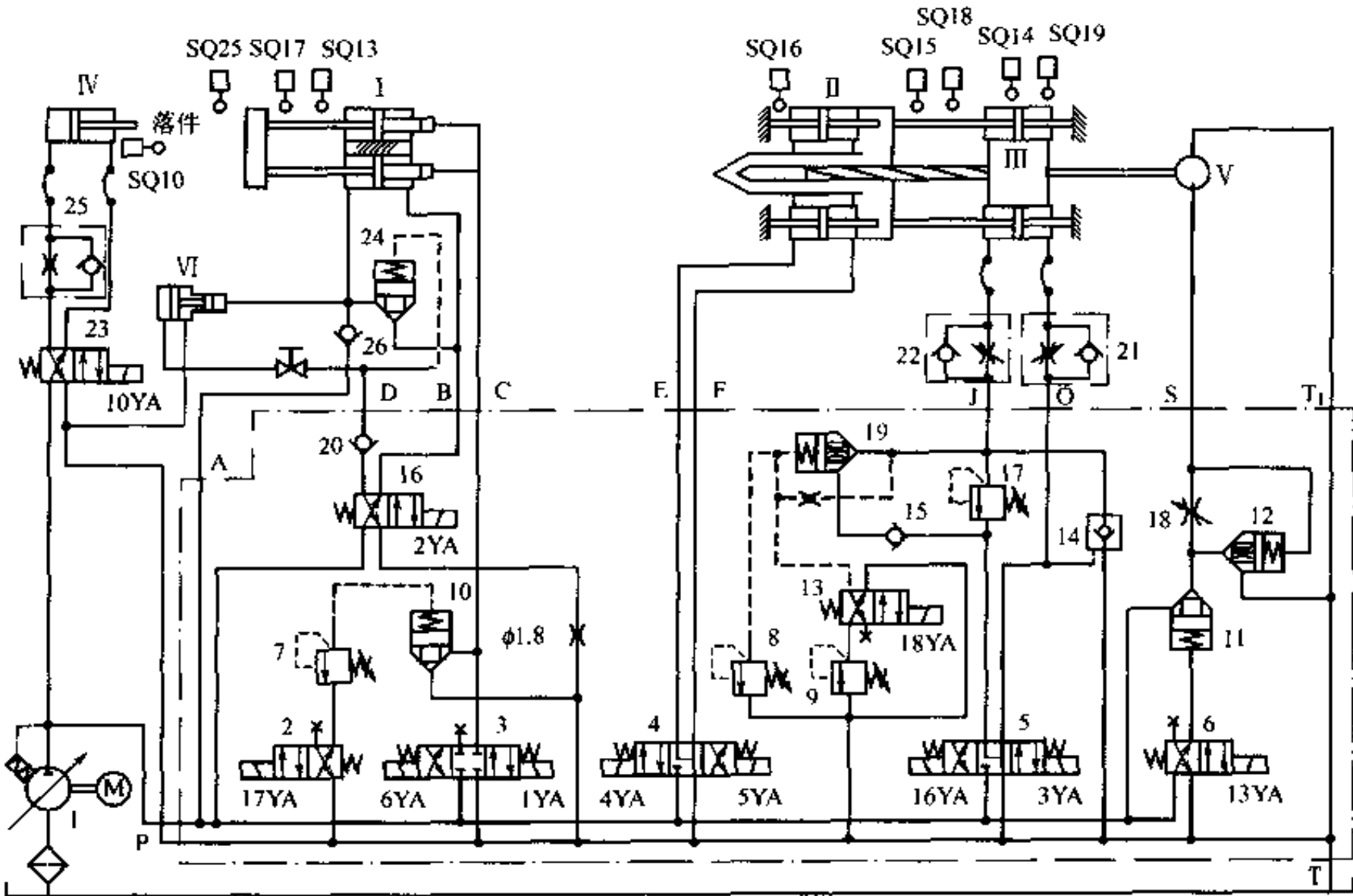


图 4-22 注塑机液压系统原理图

1—变量叶片泵；2、6、13、16、23—二位四通电磁换向阀；3、4、5—三位四通电磁换向阀；7、8、9、17—溢流阀；10、11、12、19、24—插装阀；14—液控单向阀；15、20、26—单向阀；18—节流阀；21、22、25—单向节流阀；I—合模液压缸；II—注射装置液压缸；III—注射液压缸；IV—顶出液压缸；V—单向定量液压马达；VI—增压器

通油箱。A、B腔差动连接，故动模快速前进。当动模接近定模时，压下行程开关SQ17，使电磁铁1YA断电，17YA通电，液压缸I的C腔回油需经背压阀10，合模力自动降低，速度减慢，以减小合模的冲击力。待合模到位后，压下行程开关SQ13，使电磁铁1YA及2YA通电，液压缸I的B、C腔通油箱卸压，泵1的压力油经阀16及单向阀20进入锁模增压器IV的左腔，增压器右腔的高压油进入液压缸I的A腔，将模具锁紧。快速合模的速度，可通过调节插装阀24的开口量来调节。锁模时，B腔的回油通过 $\phi 1.8\text{mm}$ 的阻尼孔，以提高锁模过渡过程的稳定性。

2) 注射装置前移和注射液压回路 在锁模的同时，电磁铁4YA带电，三位四通电磁换向阀4切换至左位，液压泵1的压力油经阀4进入注射装置液压缸II的E腔，带动整个注射装置前移，使喷嘴与模具贴合，并压下行程开关SQ16，使电磁铁3YA通电，三位四通电磁换向阀5切换至右位，液压泵1的压力油经阀15、减压阀19及单向节流阀22进入注射液压缸III的J腔，带动螺杆以高压高速将头部熔料注入模腔，注射液压缸的前进速度取决于阀22中节流阀的开度。此时螺杆头部作用于熔料上的注射压力（一次压力）由直动式溢流阀8调节。

注射液压回路属于容积节流联合调速，变量叶片泵输出的流量取决于节流阀的开度，泵输出的流量一直与负载所需流量相匹配，功率损失较小。

3) 保压 由于低温模具的冷却作用，使注入模腔内的熔料产生收缩，为制得质地致密的制品，应对熔料保持一定的压力进行补缩，为此在注射行程最后，压下行程开关SQ18，使电磁铁18YA通电，此时，注射液压缸III的左腔压力改由压力阀9控制，调节该阀可以使螺杆作用于熔料上的保压压力（二次压力）获得不同值。在保压时，螺杆因补缩而有少量的前移。

4) 制品的冷却和预塑 当保压到模腔内的熔料失去从浇口流回的可能性时，注射液压缸内的保压压力可以卸去（此时合模液压缸内的高压也可撤除），使制品在模具内冷却定型。此时，电磁铁13YA通电，二位四通电磁换向阀6切换至右位，液压泵的压力油经单向阀11及由插装阀12和阀18组成的溢流节流阀进入预塑液压马达26，马达驱动螺杆转动（转动速度由溢流节流阀调定和稳速），将来自料斗的粒状塑料向前输送并使其塑化。由于螺杆头部熔料压力的作用，使螺杆主动的同时又发生后退，螺杆的后退量表示了螺杆头部所积存的熔料体积量。当回退到计量值时，行程开关SQ19被压下，电磁铁13YA断电，螺杆停止转动，准备下一次注射。制品冷却与螺杆塑化在时间上是重叠的，在一般情况下，螺杆塑化计量时间少于制品冷却时间。

液压马达驱动螺杆工作期间，由于溢流节流阀的作用，既保证了螺杆转速恒定和重复计量精度，又使液压泵的工作压力始终跟随负载压力变化，从而实现了压力匹配（压力适应）。

5) 注射装置后退和开模顶出制品 待螺杆塑化计量完毕后，为了使喷嘴不至于因长时间和冷模接触而形成冷料等缘故，经常需要将喷嘴撤离模具，即注射装置后退。为此行程开关SQ19发讯使电磁铁5YA通电，换向阀4切换至右位，液压泵的压力油经阀4进入注射装置液压缸II的F腔，带动整个注射装置返回。喷嘴退回到位后，压下行程开关SQ15，使电磁铁6YA通电，换向阀3切换至左位，模具打开，开模到位后，压下行程开关SQ25，使电磁铁10YA通电，液压泵的压力油经阀23和单向节流阀25进入顶出液压缸V的左腔，推动顶出杆将制品从模具内顶出，完成整个工作循环。

系统一个循环中各工况的信号来源和通电的电磁铁情况如图4-23所示。

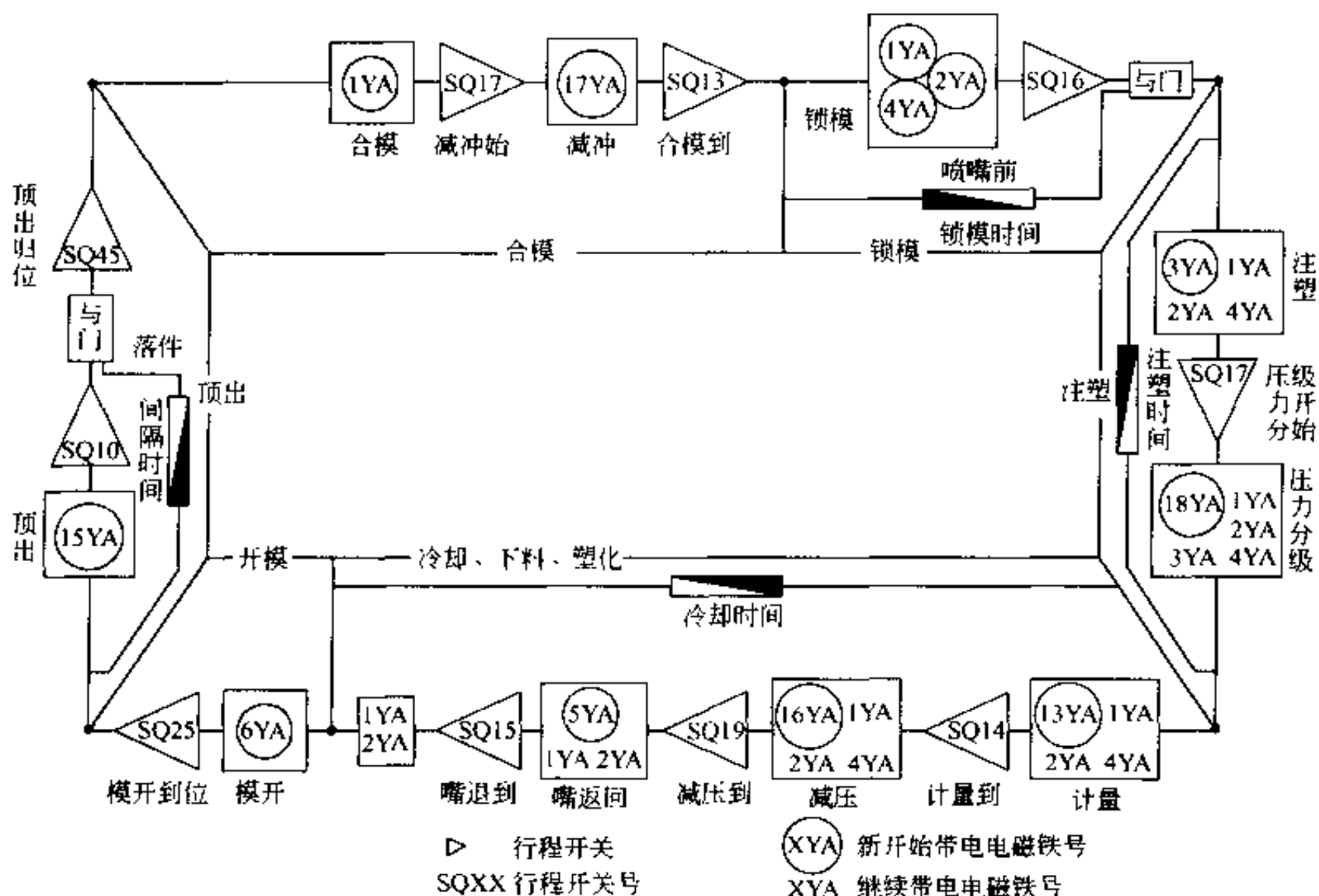


图 4-23 注塑机液压系统一个循环中各工况的信号来源和通电的电磁铁情况

(3) 技术特点

1) 本机器属于超小型注塑机，液压缸直径较小，故只采用一个高压变量叶片泵供油。既保证了合模装置在大部分工作时间内恒压力的要求，又可组成压力匹配回路、流量匹配回路及差动回路等，减少了系统的无功损耗和发热，实现了节能。

2) 本液压系统流量较小，但采用了插装阀控制，动作灵敏，密封性好；所有插装阀装于三个相连的集成块内，块外安装各种先导阀，结构简单紧凑，所用元件较少，油液沿程阻力损失小。

3) 采用增压器进行高压锁模，比机械方式锁模结构简单，锁模可靠。

4) 与电动机驱动螺杆预塑相比，采用液压马达驱动螺杆进行预塑，并采用溢流节流阀节流调速，便于实现无级调速。

(4) 技术参数 (见表 4-5)

表 4-5 注塑机及其液压系统技术参数

项 目	参 数	单 位	
塑 机	最大注射量	25	g
	合模力	150	kN
	锁模力	220	
	螺杆直径	22	mm
	螺杆行程	80	
	行程容积	30	cm <sup>3</sup>
液压系统 (V4 型变量叶片泵)	最高压力	16	MPa
	流量	29	L/min



## 4.3.2 中空挤坯吹塑挤出机型坯壁厚电液伺服控制系统

## (1) 功能结构

中空挤坯吹塑是制造瓶、桶、箱等中空塑料制品的重要工艺方法之一，挤出机是实现这一工艺的重要设备，其生产过程是：由挤出机通过机头挤出半熔融的批管状型坯→当型坯达到一定长度时，模具闭合，抱住型坯→切刀将型坯截断→吹气杆插入模具中的塑坯内吹气，使型坯紧贴模腔内壁而冷却定形→开模取出中空制品。由机头挤出的半熔融状型坯，在其自重的作用下必然会产生“下垂”现象，型坯上部壁厚，下部壁厚，大型制品尤甚。消除中空挤坯吹塑制品的壁厚不均匀的现象或人为有选择地增加制品某处的壁厚，有多种型坯壁厚控制方法。本系统属于其中之一，采用了电液伺服技术和单片微型计算机控制，配以液晶显示和键盘操作，可以实现型坯壁厚的精确控制。

## (2) 型坯壁厚电液伺服系统及其工作原理

型坯壁厚电液伺服控制系统的原理图如图4-24所示，其控制对象是中空吹塑设备中制造型坯的机头（有直接挤出式和储料缸式两类）。以直接挤出式机头为例，自挤出机的半熔融塑料1经过口模4和芯头3形成的出口缝隙S挤出，形成管状型坯2。型坯连续地被挤出，模具则交替地在机头下方取走型坯，在吹塑工位进行吹胀。机头的出口缝隙S可由伺服液压缸5通过芯头3控制其大小，出口缝隙S大时，挤出的型坯壁厚尺寸大，反之亦然。本系统就是通过对出口缝隙S变化的控制来实现对塑料型坯沿其纵向变化规律的控制。

系统的油源为定量液压泵15，泵的压力油经插装式单向阀12、精过滤器11向伺服阀7供油，系统压力由溢流阀14设定并由压力表10显示。蓄能器9用于蓄能和吸收压力脉动以减小泵的排量和稳定工作压力。伺服阀出口油液经冷却器17和回油过滤器18回到油箱。停机时，蓄能器通过插装阀13释压。系统的执行器为电液伺服阀7控制的液压缸5，缸的上端设有位移反馈传感器6，伺服阀7接受控制器8的指令信号，输出流量驱动液压缸5带动芯头3按所需控制规律运动，机头出口缝隙S则按此规律控制型坯的厚度。位移传感器6感受伺服液压缸活塞即芯头3的位移信号，送至控制器中，实现芯头运动的闭环控制。以微处理器（CPU）为核心的型坯壁厚控制器是本系统的核心部分，其原理方块图如图4-25所示，它具有工作方式（收敛式或发散式等）设定、系统工作状态显示、工作参数预置和输入、模拟信号处理等功能。

## (3) 技术特点

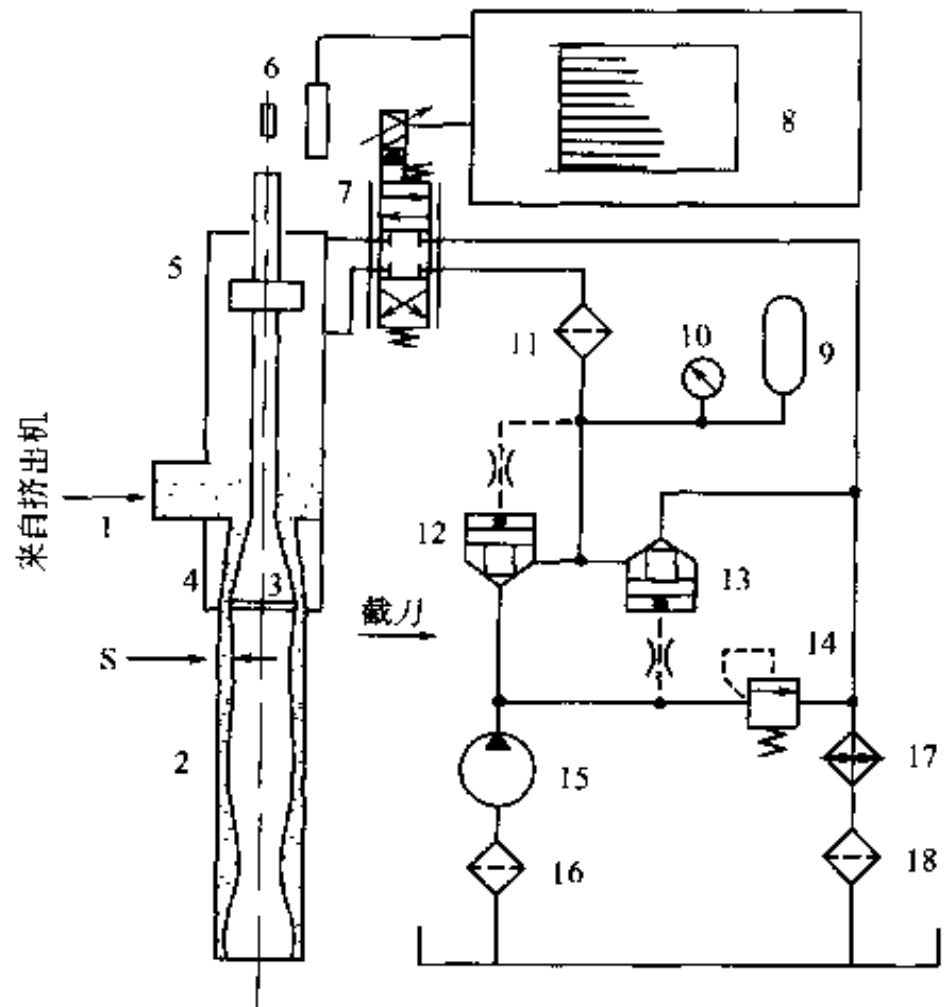


图 4-24 型坯壁厚电液伺服控制系统原理图

1—半熔融塑料；2—型坯；3—芯头；4—口模；5—液压缸；6—位移反馈传感器；7—电液伺服阀；8—控制器；9—蓄能器；10—压力表；11、16、18—过滤器；12、13—插装阀；14—溢流阀；15—定量液压泵；17—冷却器

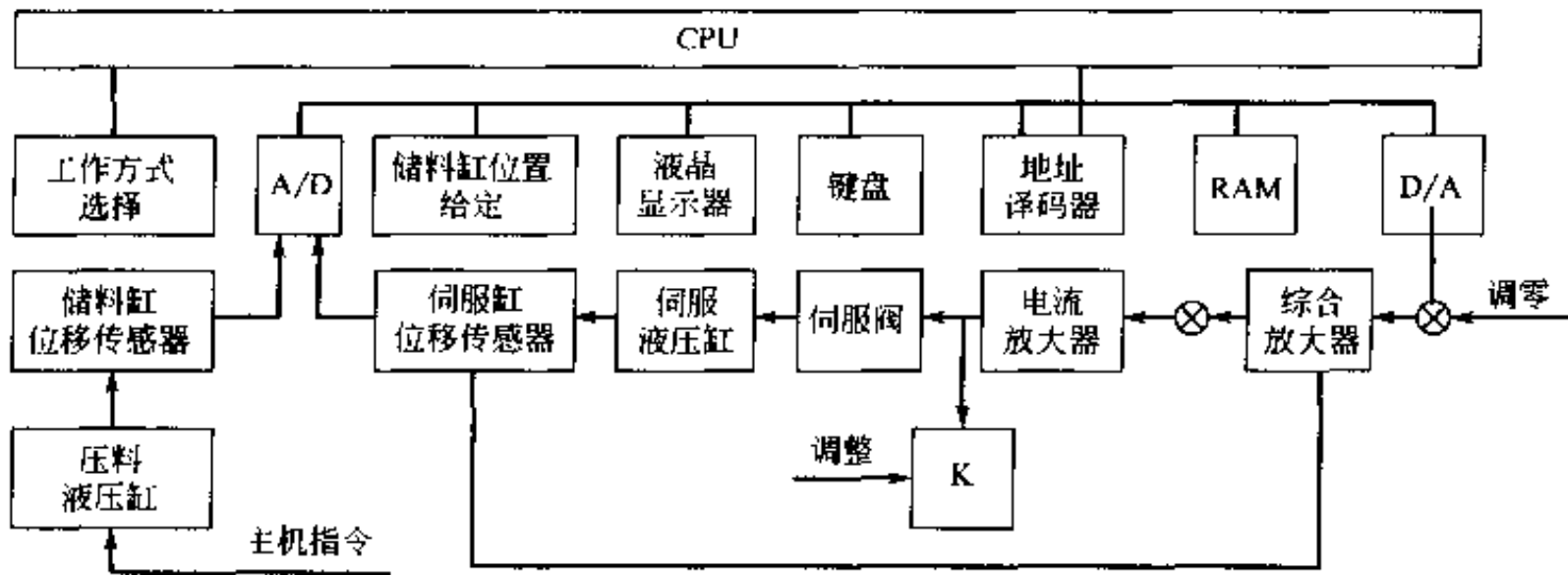


图 4-25 控制器原理方块图

1) 液压系统采用高性能的电液伺服阀和低阻尼液压缸，配以蓄能器，使系统具有较高的快速响应能力和低速平稳性。通过设置蓄能器减小了液压泵的流量规格，具有节能作用。

2) 通过在液压泵进口安装粗过滤器、出口安装精密高压过滤器和回油路上安装回油过滤器，有效地控制了液压油液的清洁度，提高了电液伺服系统工作的可靠性和使用寿命。

3) 采用工业单片微机作为控制器的核心，硬件简单、可靠性高、体积小，对工业环境有良好的适应能力。控制器可存储多达 15 个工艺文件，更换制品品种时，可缩短调整时间。

4) 采用液晶显示技术，不仅可实时地显示型坯壁厚设置值、工作周期、储料缸容量的给定值、制品累计数量、工作方式及状态等，而且还可将型坯壁厚的动态运行值实时地与设置值一起同时显示在屏幕上，便于监测系统状态及运行情况，显示屏在此起到了低频示波器的作用。

5) 以轻触薄膜键盘作为人机对话的工具，可方便地设置系统的各种参数和型坯的壁厚。

6) 本系统不仅适用于直接挤出式，还适用于储料缸式中空吹塑机，既适用于收敛式，又适用于发散式机头，具有较好的通用性。

### 4.3.3 抽真空平板硫化机变频电液比例系统

#### (1) 主机功能结构

抽真空平板硫化机是在常用平板硫化机基础上增加了抽真空功能的一种橡胶制品生产设备，用以提高产品质量以及适应某些原料的加工工艺要求。图 4-26 所示为自开模抽真空平板硫化机的加工工艺流程框图。这种硫化机动作和时间控制多，对液压系统的要求是高速时系统压力低，低速时压力高，即常见的高压小流量，低压大流量。传统的高低压双泵供油加节流调速液压系统可以满足上述要求，但系统运行时存在着大小泵切换频繁，节流能量损失

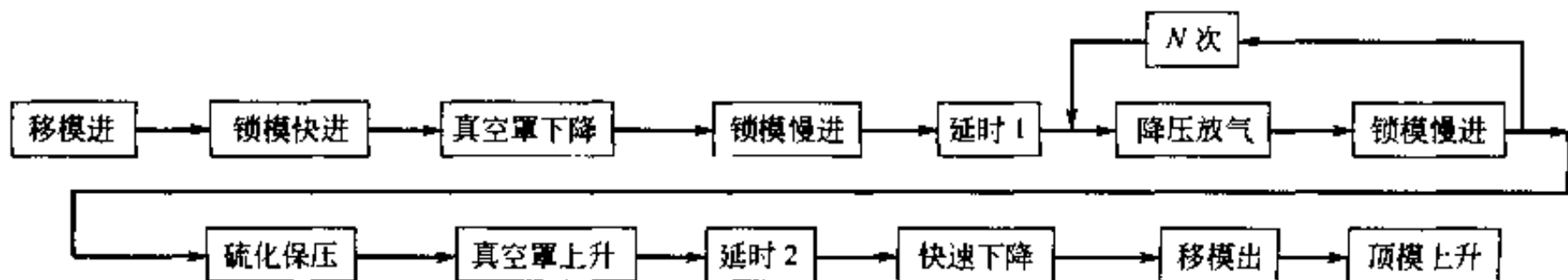


图 4-26 抽真空平板硫化机的工艺流程框图

导致系统发热严重等问题。为此，该机采用微机控制的变频电液比例系统，以实现在节省能耗基础上提高控制水平的目的。

## (2) 变频比例液压系统及其工作原理

图 4-27 所示为该机的液压系统原理图。系统的执行器为驱动动模板 25 的主液压缸 21 和辅助液压缸 20 (2 个)、移模液压缸 22、顶出液压缸 23 和真空罩液压缸 24。缸 21 为单作用柱塞缸，其运动方向由三位四通电磁换向阀 5 控制；由二位四通电磁换向阀 6 控制启闭的液控单向阀 12 用于主缸 20 快速锁模时的充液补油；压力传感器 15 用于检测主缸的工作压力并将压力信号转换为电信号送至计算机中；液控单向阀 11 用于主缸 21 锁模阶段的保压。缸 20 的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制，单向顺序阀 13 用于平衡动模板及主缸 21 的自重以防下滑。缸 22、23 和 24 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 8、9 和 10 控制，双向液压锁 16、17 和 18 分别用于缸 22、23、24 的锁紧。溢流阀 19 用作缸 24 的背压阀。

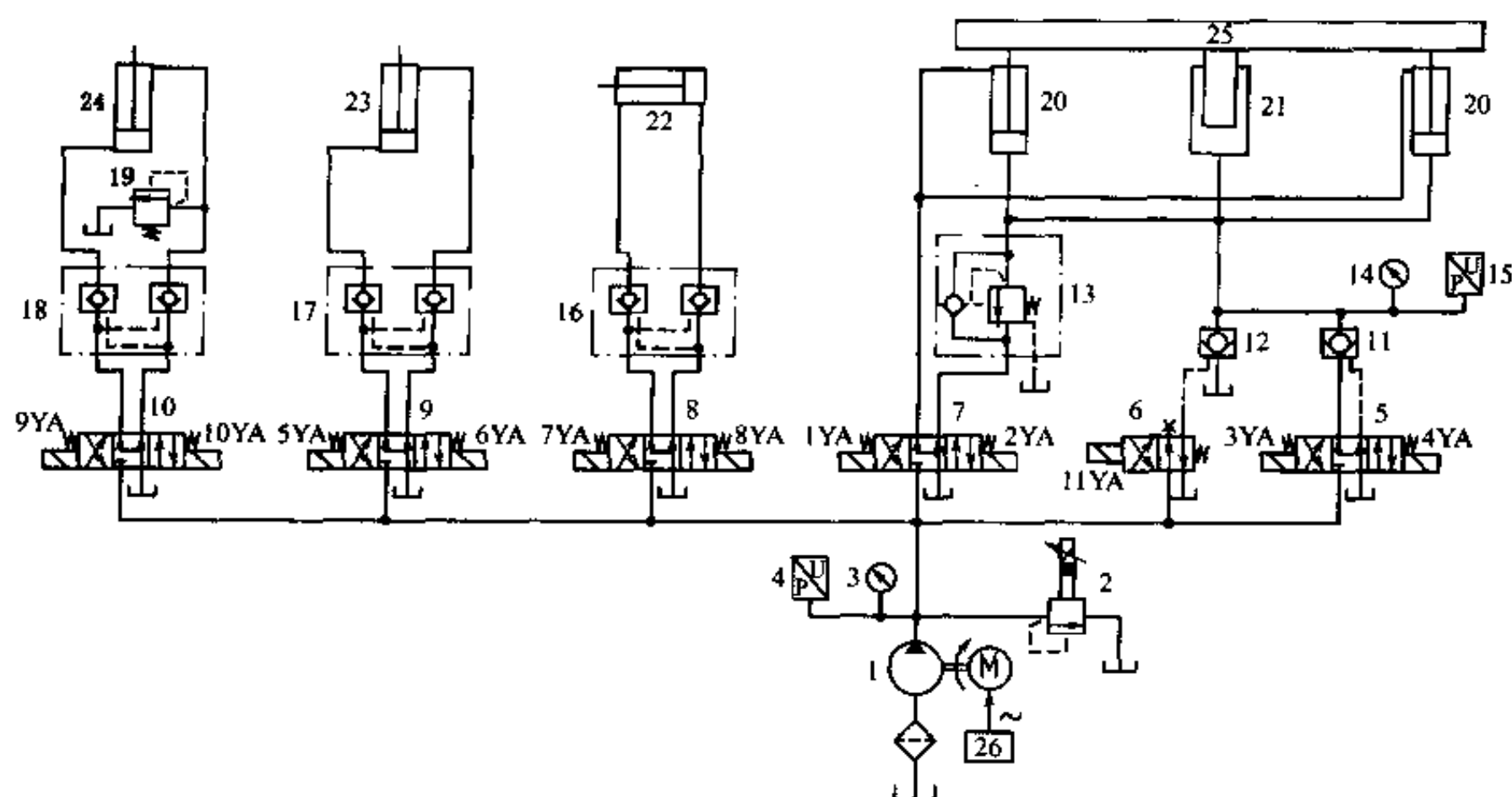


图 4-27 变频比例液压系统原理图

1—定量液压泵（内啮合齿轮泵）；2—电液比例压力阀；3、14—压力表；4、15—压力传感器；5、7、8、9、10—三位四通电磁换向阀；6—二位四通电磁换向阀；11、12—液控单向阀；13—单向顺序阀；16、17、18—双向液压锁；19—溢流阀；20—辅助液压缸；21—主液压缸；22—移模液压缸；23—顶模液压缸；24—真空罩升降液压缸；25—动模板；26—变频器

系统的油源为交流电动机 M（额定功率为 4kW，额定转速为 960r/min）驱动的量液压泵（内啮合齿轮泵），电液比例压力阀 2 用于设定不同的运动阶段的系统压力并通过压力表 3 显示、通过压力传感器 4 检测并送至计算机中。系统在最大锁模力 2MN 时要求的压力为 25MPa；整个系统没有流量控制阀，而是根据系统的中执行器的速度要求，通过变频器 26（功率为 5.5kW）调节驱动电机的转速（400~1500r/min），从而达到改变液压泵的输出流量实现执行器的容积调速。

系统几个典型工况的动作原理如下。

1) 移模 移模工况时，电磁铁 8YA 通电使换向阀 8 切换至左位。移模距离 600mm，

为了提高工效,要求高速。为了减少启动和停止时的冲击,启动时,变频控制使电动机从 400~1000r/min 在 2~3s 间加速;液压泵 1 的压力油经换向阀 8 和液压锁 16 的左侧液控单向阀进入移模缸 22 的无杆腔(有杆腔经右侧液控单向阀和换向阀 8 向油箱排油),液压缸 22 高速移模;当运动到接近终点时,变频控制使电动机从 1000~400r/min 在 2~3s 间减速,再加上液压缸的终点缓冲功能,液压缸平稳在右端终点定位,这一阶段的电机功率小于 3kW。

2) 主缸快速锁模 电磁铁 1YA 通电使换向阀 7 切换至左位,液压泵 1 的压力油经换向阀 7、阀 13 的单向阀进入两个辅助缸 20 的无杆腔(有杆腔经阀 7 回油),辅助缸通过动模板 25 带动主缸活塞快速上升,主缸 21 经液控单向阀 12 充液补油。此时变频控制使电动机转速为 1200~1300r/min,系统压力低于 6MPa,液压泵输入功率小于 3.6kW。

3) 真空罩升降 真空罩上下移过程,运行速度低于移模速度,工作压力也较低,运行时功率较小。在锁模抽真空过程中,动模板推动真空罩上升,液压缸 24 有杆腔油液经溢流阀 19 溢流。

4) 主缸高压慢速锁模 此时电磁铁 4YA 通电使换向阀 5 切换至右位,液压泵 1 的压力油经阀 5、阀 11 进入两辅助缸 20 的无杆腔和主缸油腔,由于工作面积增大,锁模速度减慢,变频控制使电机转速从 1000r/min 降至 600r/min。压力传感器 15 检测的压力信号传送至微机,微机控制使速度随压力的上升而下降,保证功率不超载,最终达到锁模要求的压力 25MPa;此时的瞬时功率 5.6kW,但是电机电流要达到额定电流的 1.6 倍,瞬时电流超载 60%,在电机的允许范围内。短暂延时后,比例压力阀 2 降压,电磁铁 4YA 断电使换向阀 5 复至中位,主缸由液控单向阀 12 保压,电动机停机。保压过程中如果因泄漏压力下降至设定压力的 95%时,液压泵 1 启动,比例压力阀 2 加压,电磁铁 4YA 通电使换向阀 5 切换至右位,液压泵再向主缸供油升压。

5) 顶模升降 顶模上升与顶模下落过程中,运行速度也低于移模速度,同样变频控制与终点缓冲结合,使顶模与落模平稳进行。

综上所述,除了高压锁模过程短时间超载外,其他动作过程都不超过 4kW,功率分配合理。

### (3) 技术特点

1) 该硫化机的液压系统,采用变频器控制电动机的转速改变定量泵的流量实现无级容积调速,通过电液比例压力阀实现系统压力的多级调节,满足了主机低压大流量、高压小流量的工况要求;执行器动作过程平稳,端点冲击小;制造成本较高,但由于没有节流能量损失,减少了系统发热,降低了运行成本,提高了控制性能和水平。

2) 由于系统高压阶段,电机和液压泵的运行速度较低,在大流量高速运行时,系统压力较低,所以降低了噪声。同时内啮合齿轮泵本身噪声就不高,减小了噪声对环境的污染。

3) 液压系统油路结构简单,去掉了双泵供油时的一套电机泵和一些液压阀,使液压系统的使用维护更加方便;采用压力传感器检测主缸工作压力和液压泵输出压力,微机动态显示,省去了保压等所需的电接点压力表,提高了系统和主机的工作可靠性。

4) 采用微机控制系统,控制准确可靠,参数设置方便,运行数据显示明了;便于查询和直接调出存储的工艺记录,以备更换产品或工艺过程时参考使用。

### (4) 技术参数(见表 4-6)

表 4-6 硫化机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	最大锁模力	2	MN	
	移模距离	600	mm	
液压系统	最高工作压力	25	MPa	
	液 压 泵	额定压力		25
		排量	20	mL/r
	驱动电机	功率	4	kW
		额定转速	960	r/min
	变频器	功率	5.5	kW
转速调节范围		400~1500	r/min	

#### 4.3.4 AZ560 注塑机液压系统

##### (1) 主机功能结构

AZ560 注塑机是从意大利 Zarine 公司引进的塑料成型设备, 主要用于仿皮靴的注塑生产。该机采用液压传动, 由两台结构原理相同的独立工作注塑机和一个搭载 16 套模具的旋转工作台组成。一台注塑机用于注塑鞋面, 一台注塑机用于注塑鞋底; 旋转工作台每旋转一周, 可生产出 16 双仿皮靴产品。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 4-28 所示为该注塑机的液压系统原理图。系统的油源为 V4 型变量双联叶片泵 1, 其中泵 1-1 为 F 型控制方式, 泵 1-2 为 C 型控制方式 (带手动压力调节的恒压控制方式)。泵 1-1 内附设定差压力控制滑阀和顺序控制滑阀, 泵外叠加比例压力阀、比例节流阀和溢流阀等元件。其中, 定差压力控制阀作比例节流阀的压力补偿阀, 保证节流阀在一定开度下的流量的恒定, 顺序控制阀用于控制液压泵的变量机构, 使泵在空载时高压但仅输出用于补偿泄漏的微小流量, 比例压力阀用于使泵获得无级工作压力, 溢流阀作安全阀使用。泵 1-2 内附调节泵工作压力的控制阀。

系统有驱动注射门启闭的液压缸 27、驱动注塑头整体进退的液压缸 26、驱动螺杆前进注射的单作用液压缸 28 和驱动螺杆旋转后退实现预塑的液压马达 29 等 4 个执行器。缸 28 和马达 29 为一个独立的回路, 由泵 1-1 供油。工作压力由溢流阀 8、12 和 13 及三位四通电磁换向阀 11 构成的多级压力控制阀组 (替代泵 1-1 叠加的比例压力阀) 控制。梭阀 25、插装阀 19、单向节流 24 及二位四通电磁换向阀 20、三位四通电磁换向阀 21 形成流量控制阀组 (替代泵 1-1 叠加的比例节流阀 5), 通过泵 1-1 内附的定差压力控制滑阀的压力补偿作用使控制插装阀 19、节流阀 24 的进出口压差基本为一常数, 只要插装阀 19、节流阀 24 的开度不变, 通过的流量就不会变化, 使进料速度、注射速度保持不变; 进料和注射速度可通过调节插装阀 19、节流阀 24 的开度实现。二位三通电磁换向阀 14 控制的先导式溢流阀 9 用于设定最高压力 (17MPa), 防止系统过载, 并可使泵卸荷; 溢流阀 8 用于设定工作压力 (14MPa); 溢流阀 12 用于设定高压注射压力 (12MPa); 溢流阀 13 用于设定低压注射压力 (8MPa)。缸 28 的回油路设有背压溢流阀 16, 用以提高执行器的平稳性。

缸 26 和缸 27 则为另一个回路, 由泵 1-2 供油。泵 1-2 的工作压力通过泵内附设的控制

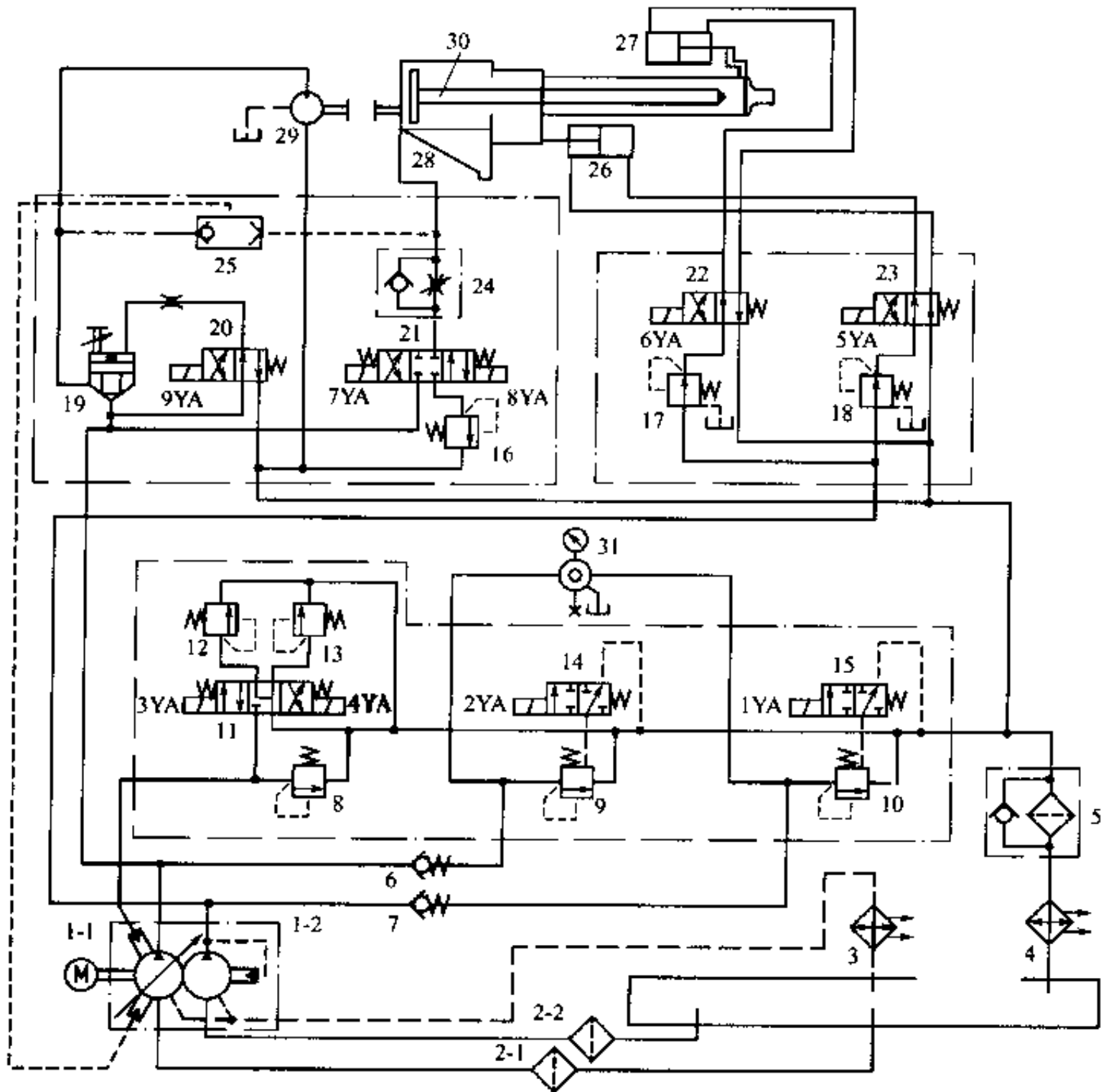


图 4-28 AZ560 注塑机液压系统原理图

1-1、1-2—变量双联柱塞泵；2-1、2-2—吸油过滤器；3、4—水冷却器；5—回油过滤器；6、7—单向阀；8、9、10、12、13、16—溢流阀；11、21—三位四通电磁换向阀；14、15、20、22、23—二位四通电磁换向阀；17、18—减压阀；19—插装阀；24—单向节流阀；25—梭阀；26—注塑头液压缸；27—注塑门液压缸；28—注射液压缸；29—预塑液压马达；30—螺杆；31—压力表及其开关

阀设定 (10MPa)。二位三通电磁换向阀 15 控制的先导式溢流阀 10 的作用及设定值与阀 9 相同。缸 26 和 27 的工作压力分别由减压阀 17 和 18 设定控制，缸 26 和 27 的运动方向分别由二位四通电磁换向阀 22 和 23 控制。

泵 1-1 和泵 1-2 的工作压力通过压力表及其开关 31 观测；两台泵的泄油一并经冷却器 4 冷却；系统回油则由过滤器 5 和冷却器 4 过滤冷却。油箱上设有温度传感器，当系统油温大于 60℃ 时，强制停机散热。

系统驱动注塑机的工作原理如下。

1) 启动 当液压泵启动时，电磁铁 1YA 和 2YA 通电使换向阀 14 和 15 均切换至左位，泵 1-1 和泵 1-2 开始升压并由外部卸荷（低压大流量）转为内部卸荷（高压微小流量）状态，压力由溢流阀 9 和 10 限定。电磁铁 5YA、6YA 均未通电，换向阀 22 和 23 均处于右位，液压泵 1-2 的压力油分为两路，一路经减压阀 17 和换向阀 22 进入注射门液压缸 17 的



有杆腔（无杆腔经阀 22、过滤器 5 和冷却器 4 向油箱排油），关闭注射门；另一路经减压阀 18 和换向阀 23 进入注射头液压缸 26 的无杆腔（有杆腔经阀 23、过滤器 5 和冷却器 4 向油箱排油），从而封阻注料口。

2) 进料 当注塑机旋转工作台的模具输送到位时，电磁铁 8YA 通电，然后电磁铁 9YA 通电分别使换向阀 21 和 20 切换至右位和左位，插装阀 19 打开。这时泵 1-1 流量增大，其压力油经插装阀 19 进入液压马达 29，马达 29 旋转带动注塑螺杆 30 旋转后退，PVC 颗粒塑料进入料筒容腔。螺杆旋转后退时，液压缸 28 的油腔经阀 24 中的单向阀 8、换向阀 21、溢流阀 16、过滤器 5 和水冷却器 4 排回油箱。马达 29 的旋转速度由泵 1-1 内附的定差压力控制阀及插装阀 19 的开度决定。

3) 塑化与注塑头前进 进料完毕后，电磁铁 8YA、9YA 断电，并延时等待 PVC 粒料在料筒容腔塑化。延时间隔由控制台上的可编程序控制器（PLC）控制，时间的长短由操作者设定。延迟时间到后，电磁铁 5YA 通电使换向阀 23 切换至左位，液压泵 1-2 的压力油经减压阀 18、换向阀 23 进入液压缸 26 的有杆腔（无杆腔经阀 23、过滤器 5 和冷却器 4 向油箱排油），牵引驱动整个注塑头向前进给，接近旋转工作台上模具的注塑孔。

4) 注塑门开启与注塑 注塑头前进到位后，电磁铁 6YA 通电使换向阀 22 切换至左位，泵 1-2 的压力油经减压阀 17、换向阀 22 进入液压缸 27 的无杆腔（有杆腔经阀 22、过滤器 5 和冷却器 4 向油箱排油），活塞杆使注塑头中的注塑门开启。电磁铁 4YA 通电使换向阀 11 切换至右位，液压泵 1-1 的压力降为溢流阀 13 的设定值（12MPa）。电磁铁 7YA 通电使换向阀 24 切换至左位，泵 1-1 的压力油经换向阀 21、阀 8 的节流阀进入缸 28 的油腔推动螺杆前进，机器开始高压注射；经延时后，电磁铁 3YA 通电使换向阀 11 切换至左位，泵 1-1 的压力降为溢流阀 12 的设定值（8MPa），机器进行低压注射。

5) 注塑头后退 螺杆推动到达规定位置后，电磁铁 5YA 断电使换向阀 23 复至右位；泵 1-2 的压力油经减压阀 18、换向阀 23 进入缸 26 的无杆腔（有杆腔经阀 23、过滤器 5 和冷却器 4 向油箱排油），驱动注塑头整体后退复位。旋转工作台旋转，进入下一循环。

### (3) 技术特点

1) 该注塑机液压系统为压力、流量复合调节的 V4 变量泵供油的液压系统，可以实现压力和流量的复合控制，功能完备，能源利用率高。

2) 系统为双联泵双回路开式循环，多执行器间动作互不干扰；油路结构简单，控制元件少，操作维护较为方便。

3) 采用定量液压马达进行预塑，采用插装阀进油调速和远程调压，使螺杆转速和转矩实现无级调节；采用溢流阀组进行多级调压，实现注射过程高低压控制。

4) 通过减压阀保证注塑头液压缸和注射门液压缸工作压力调节与稳定。

5) 液压泵的泄油和系统总的回油路均设置了水冷却器，并用油箱上设置的温度传感器监控油液温度，有利于提高系统的工作可靠性。

### (4) 技术参数（见表 4-7）

表 4-7 注塑机液压系统的主要技术参数

项	目	参 数	单 位	
液压泵(V4 型双联变量叶片泵)	驱动电机转速	1440	r/min	
	额定压力	16	MPa	
	最佳调定压力	6.3~16		
	泵 1-1	安全压力(溢流阀 9)		17
		工作压力(溢流阀 8)		14
		高压注射压力(溢流阀 12)		12
		低压注射压力(溢流阀 13)	8	
	排量	80	mL/r	
	泵 1-2	安全压力(溢流阀 10)	17	MPa
		工作压力(泵内阀)	10	
排量		80	mL/r	

### 4.3.5 筛管加工机液压及气动系统

#### (1) 主机功能结构

该机用于加工油田采油或防砂使用的隔缝筛，即在长度为 10 余米，外径不等的合金钢管上，加工出最小缝隙为 0.012in 的直缝或最小缝隙为 0.02in 的梯形细缝割缝有图 4-29 所示的直缝、楔缝和组缝等排列方式，一般每根管子要加工出几千条细缝。

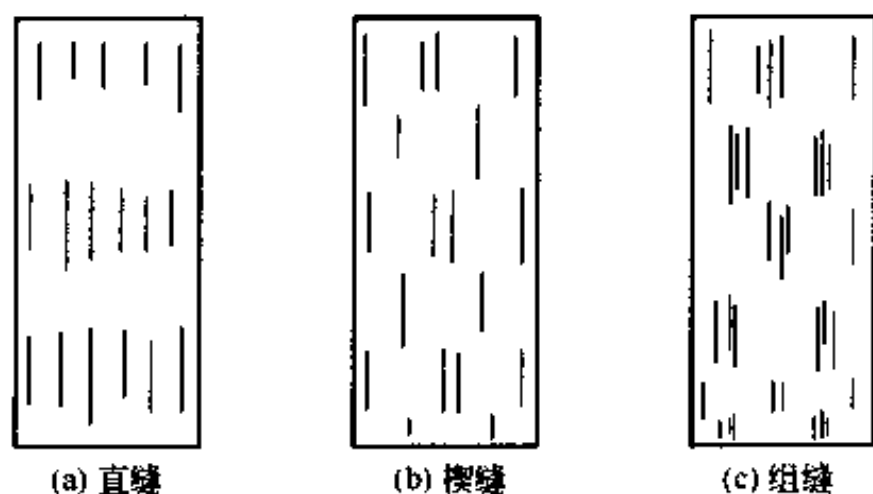


图 4-29 割缝排列方式

机器径向工作进给时，20 把刀具沿管坯轴线方向一字排开，每两把刀具中间保留相同间隔。多刀同时完成径向工作进给。刀具径向总的吃刀深度常为 10mm，分若干次进给，而且为了加工出要求的缝长，需要每径向进给一定深度，就要使刀具沿管坯轴线方向左右晃动

进刀，达到缝长尺寸后再继续径向进刀，重复上述动作。如此反复，直到将管壁切透。切完一排缝后分度，再切另一排缝。切完一圈缝后，20 把刀具同时沿管壁轴向移动一定位置，再加工相邻的一圈缝。

加工梯形缝时采用微分度方法，要求管坯绕圆周上的某一点按正、反两个方向各微转动  $3^\circ$  角，分别加工出半个梯形缝（见图 4-30）。动作过程为：刀具水平安装与管坯中心线重合对正后，管坯绕 O 点逆时针旋转  $\alpha$  角 [见图 4-30 (a)] 后不动，刀具一边旋转一边沿管坯中心线径向进给，加工出半个梯形缝；刀具退回原位置后，管坯再绕原固定的 O

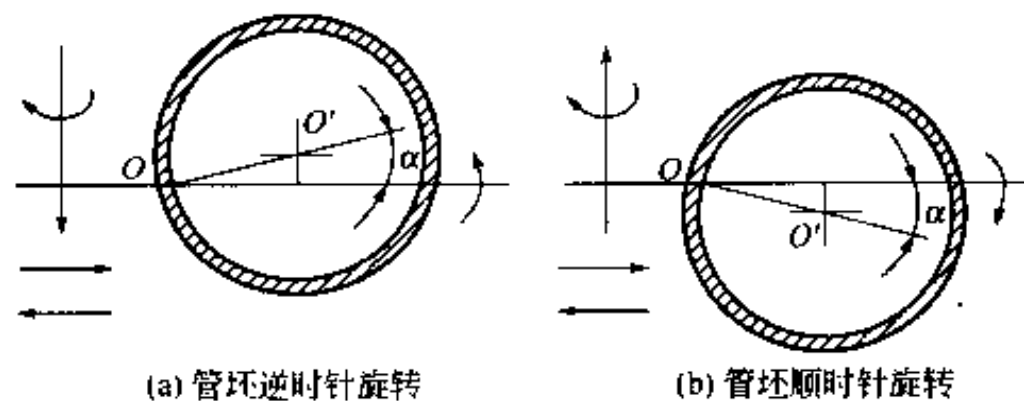


图 4-30 梯形割缝加工原理图

点顺时针旋转 $\alpha$ 角 [见图 4-30 (b)], 刀具仍然一边旋转一边沿径向进给, 再加工出另外半个梯形缝。

上述动作中, 除了管坯的径向夹紧采用气压传动外, 管坯的轴向顶紧、径向切削及晃刀、微分度切割等动作均采用液压传动与控制。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 4-31 所示为该机的液压系统原理图, 系统的执行器为托板进刀液压缸 14 (2 个)、微分度液压缸 39 (2 个)、顶紧液压缸 40 和伺服液压缸 28。其中, 缸 14、缸 28、缸 39 与缸 40 为三个独立的回路。

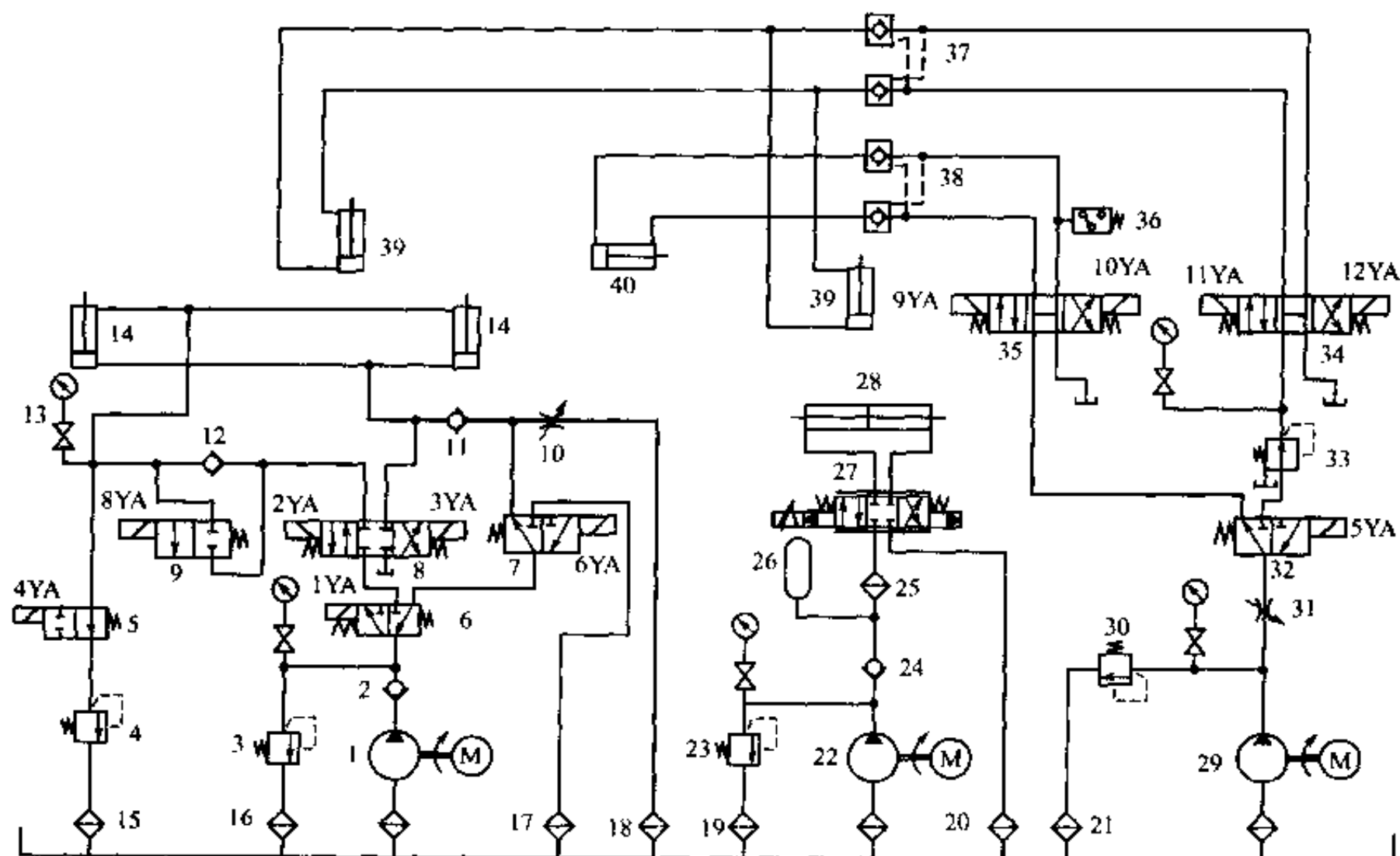


图 4-31 筛管加工机液压系统原理图

1、22、29—定量液压泵；2、11、12、24—单向阀；3、4、23、30—溢流阀；5、9—二位二通电磁换向阀；6、7、32—二位三通电磁换向阀；8、34、35—三位四通电磁换向阀；10、31—节流阀；13—压力表及其开关；14—进刀液压缸；15、16、17、18、19、20、21—回油过滤器；25—精过滤器；26—蓄能器；27—电液伺服阀；28—伺服液压缸；33—减压阀；36—压力继电器；37、38—液压锁；39—微分度液压缸；40—顶紧液压缸

1) 进刀缸回路原理 系统左部为进刀缸回路, 采用定量液压泵 1 供油, 供油压力由溢流阀 3 设定; 进刀缸 14 拖动刀具可以实现快速进给、慢速进给和快速退回的工作循环。缸的换向由三位四通电磁换向阀 8 控制; 节流阀用于慢速进给时的旁路节流调速, 溢流阀 3 作背压阀用; 二位三通电磁换向阀 7、单向阀 11 和二位二通电磁换向阀 9 用于快慢进给的速度换接控制。液压泵 1 可以通过二位三通电磁换向阀 6 和 7 实现卸荷。

当电磁铁 1YA、3YA 通电使换向阀 6 和 8 分别切换至左位和右位时, 液压泵 1 的压力油经阀 2、6 进入两个径向拖板进刀缸 14 的无杆腔, 活塞杆拖动刀具快速进给。此时电磁铁 4YA、8YA 同时通电使换向阀 5 和 9 均切换至左位, 缸 14 有杆腔经阀 9、阀 8 向油箱排油。

当电磁铁 1YA 断电使换向阀 6 处于右位时, 泵 1 的压力油经单向阀 2、换向阀 7、单向阀 11 进入两个拖板进刀缸 14 的无杆腔, 活塞杆拖动 20 个工位上的刀具同时以工作速度进

刀，缸有杆腔经换向阀 5 的右位、背压溢流阀 4 和回油过滤器 15 向油箱排油，进刀速度取决于旁路节流阀 10 的开度。

当电磁铁 1YA 通电，2YA、4YA 也通电使换向阀 6、8、5 均切换至左位时，泵 1 的压力油经阀 2、阀 6、阀 8、阀 12 进入缸 14 的有杆腔，实现刀具快速退回，无杆腔的油液经阀 8 直接排回油箱。

当电磁铁 6YA 通电使换向阀 7 切换至右位时，液压泵 1 排出的油液通过换向阀 6、7 和回油过滤器 17 直接排回油箱，液压泵卸荷。

2) 伺服缸回路原理 系统中部为伺服缸回路，油源为定量液压泵 22，供油压力由溢流阀 23 调定；电液伺服阀 27 控制伺服缸 28，实现 20 把刀具连同床身的轴向晃动（沿管坯轴线方向的往复工作进给）。当一圈缝加工完后，又可实现一定距离的位置移动，以加工相邻的缝。为了保证工作可靠，伺服阀 27 前设有精过滤器 25；蓄能器 26 用于吸收液压脉动和冲击。

3) 微分度缸和顶紧缸回路 该回路位于系统右部，采用定量泵 29 供油，供油压力由溢流阀 30 设定；节流阀 21 用于调节回路的总流量；微分度缸 39 和顶紧缸 40 之间的动作顺序通过二位三通电磁换向阀 32 切换实现，缸 39 和 40 的换向及锁定分别由三位四通电磁换向阀 34 和 35 及液压锁 37 和 38 控制；缸 40 的油路上设有压力继电器 36 用作顶紧力不足时的保护器。

当换向阀 32 处于左位时，电磁铁 10YA 通电使换向阀 35 切换至右位，液压泵 29 的压力油经节流阀 31、换向阀 32、换向阀 35 和液压锁 38 的上部液控单向阀进入缸 40 的无杆腔，活塞杆驱动顶紧机构从管坯一端顶紧工件，然后，由气动系统（参见图 4-32）中的三位五通电磁换向阀（此时电磁铁 7YA 通电）控制的、沿管坯轴线方向设置的汽缸 9（共 12 个）带动多点气动夹具同时夹紧管坯。

当电磁铁 9YA 通电使换向阀 35 切换至左位时，压力油进入缸 40 的有杆腔，管坯被放松，气动换向阀 7YA 随之断电，气动夹具松开。

当电磁铁 5YA 通电使换向阀 32 切换至右位时，电磁铁 11YA、12YA 交替通断电，液压泵 29 的压力油经减压阀 16、换向阀 34，驱动两个微分度缸 39，管坯被微动旋转实现梯形缝加工。当 11YA 通电时为正向分度，12YA 通电时为反向分度。在分度过程中，管坯由气动夹具保持夹紧状态。通过电磁铁 10YA 通电和气动换向阀 7YA 断电，可手动旋转管坯实现圆周方向的分度。

一根筛管加工完毕后，电磁铁 10YA 断电使液压泵 29 通过阀 35 的 H 型中位机能卸荷，管子被放松，落下，一个工作循环结束。

### (3) 气动系统

图 4-32 所示为该机的气动系统原理图。汽缸 8（共 12 个）是系统的执行器，同时驱动 12 个气压夹头实现管坯的多点夹紧。气源为电动机驱动的空气压缩机 1，系统设有截止阀 2、储气罐 3 及分水滤气器 4、减压阀 5、油雾器 6 和压力表 7。汽缸的换向由三位五通电磁换向阀 8 实现。

### (4) 技术特点

1) 该加工机中工件的顶紧及切削加工采用液压传动与控制，而工件夹紧采用气压传动。液压系统与气动系统配合实现机器的工作循环。

2) 根据工况特点，液压系统分为三个独立的液压回路，各回路采用一个油源，三台泵的型号规格相同；三个回路均采用溢流阀实现系统的定压溢流，各回路均设有回油过滤器，

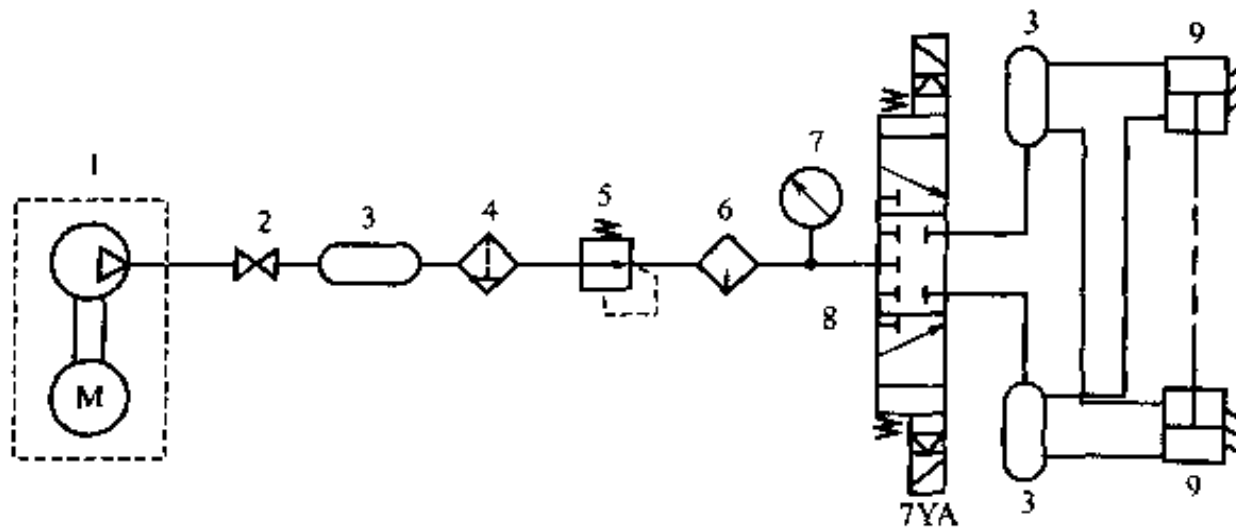


图 4-32 气动系统原理图

1—空气压缩机；2—截止阀；3—储气罐；4—分水滤气器；5—减压阀；6—油雾器；  
7—压力表；8—三位五通电磁换向阀；9—汽缸（共12个）

保证工作油液的清洁度以便提高系统可靠性。两个进刀缸和两个微分度缸均通过机械连接实现刚性同步。

3) 进刀缸回路采用旁路节流调速，通过设置背压阀提高系统平稳性；采用电磁换向阀的通断切换实现快慢速转换。

4) 纵向往复进给（晃刀）是切割过程中的关键动作。它要求往复运行速度平稳、可控、位移准确，为此采用了电液伺服阀控制回路。伺服放大器选用多只 OP-07 双电源运算放大器构成恒流源；多级低噪声放大器以提高负载能力；选用 3 个精密多圈绕线式电位器来实现零电位的调整、工进和快进电流的调节给定，使之调节平稳、精度高；4 个低压直流中间继电器构成正负电源信号的自动转换环节，加上手动/自动转换，直流表显示，使得操作灵活方便。电液伺服阀安装在伺服缸上，避免了远距离传递的能量损耗并提高了系统响应的快速性。

5) 顶紧回路通过液控单向阀组成的液压锁实现锁紧，其锁紧可靠性及锁定位位置的精度仅受缸本身泄漏的影响；通过压力继电器，可在顶紧压力不足时其他系统不能启动工作，构成了压力继电保护装置。

6) 系统中的电磁换向阀为低压直流电磁铁驱动，提高了电气安全系数。各点压力调整方便，压力显示布局合理；可靠性高，维修简便。

7) 该筛管加工机采用电、液、气控制技术，操作方便，自动化程度高，既能加工直缝也能加工梯形缝。可以替代国外同类产品，加工成本为国外产品的 70%。

(5) 技术参数（见表 4-8）

表 4-8 筛管加工机及其液压气动系统的部分技术参数

项 目		参 数	单 位
主机	尺寸	12.12×1.36×1.62	m
	重量	13.5	t
液压气动系统	液压泵(三台相同)(YB-4 型定量叶片泵)	额定压力	6.3 MPa
		公称排量	4 mL/r
	液压节流阀(L-10B 型)	额定压力	6.3 MPa
		额定流量	10 L/min
	液压压力继电器(DP1-63B 型)	调压范围	1~6.3 MPa
		精度	0.05
		作用时间	<0.5 s
汽缸	工作压力	0.4 MPa	



### 4.3.6 琼脂液压自动压榨机系统

#### (1) 主机功能结构

琼脂是从海洋植物中提取的一种高蛋白制品，是食品、保健品、制药、化工等产品中必不可少的辅料添加剂，具有广阔的消费市场。在从海洋中提取琼脂的过程中，除了一系列的提取工艺外，将已提取好的琼脂中所含的水分去除干净是确保琼脂质量一道重要工序。由于琼脂在压榨（去除水分）前是胶质状态，因此压榨琼脂时要将胶质状的琼脂包裹在过滤布中，然后将包裹着琼脂的过滤布一层层地叠起放入压榨箱中；在对琼脂的压榨过程中既要保持压板压榨的琼脂具有一定的压榨力，又要保持压板以一定速度缓慢下移，以确保胶质状的琼脂在去除水分的过程中，不从过滤布中被挤出来而浪费原料。

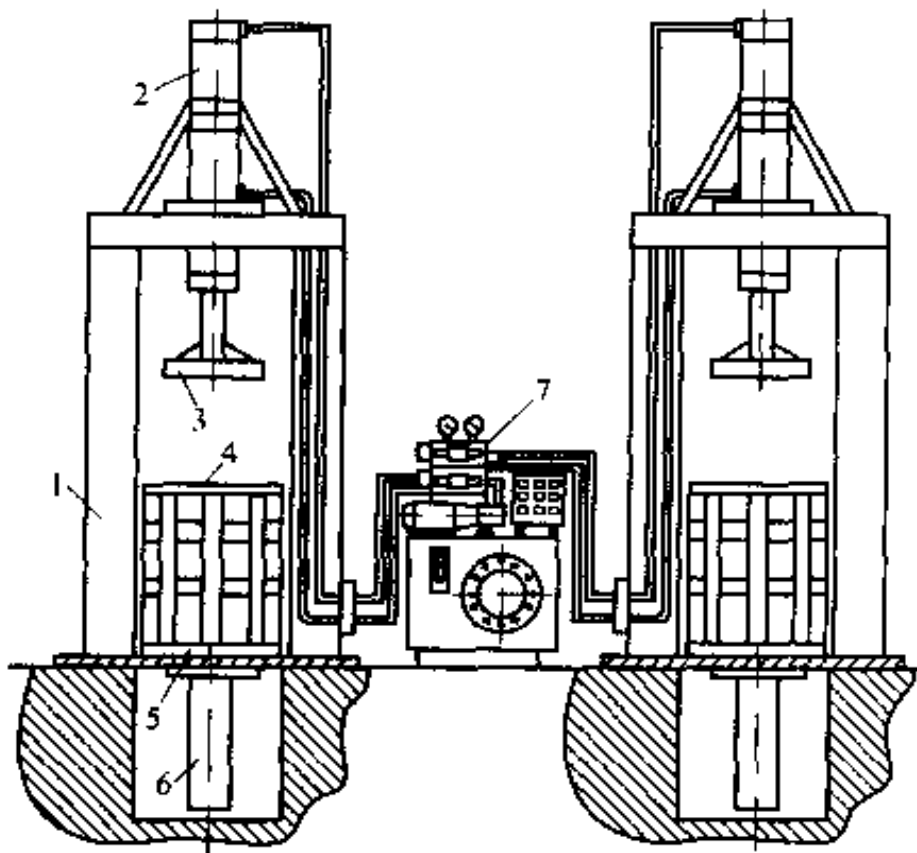


图 4-33 琼脂液压自动压榨机的结构示意图

1—机架；2—压榨缸；3—压榨板；4—压榨箱；  
5—压榨箱底板；6—顶出缸；7—液压站

琼脂液压自动压榨机正是利用液压技术对琼脂进行自动压榨的机械设备。由图 4-33 所示可知，该设备由两套主机（各主机含机架、压榨缸、压榨板、压榨箱、压榨箱底板、顶出缸）及它们共用的液压和电控系统等部分组成。压榨前要将琼脂分别装进许多过滤袋中，并将过滤袋的口反折好，以防止压榨过程中琼脂从过滤袋中挤出来；然后将它们一层层叠好放入压榨箱底板 5 上（此时压榨箱底板 5 被顶出缸 6 推至压榨箱 4 的上面，以便于工人装卸料），

再将压榨箱底板 5 落至压榨箱 4 的底部；随后让压板 3 快速接近压榨箱 4，当压板 3 与要压榨的琼脂开始接触时，压板 3 转为慢速移动并逐渐开始进入压榨琼脂的状态；为了提高压榨的工作效率应使压板开始压榨琼脂的速度相对较快（10~12cm/h），当压板的压榨行程达到总行程的三分之一左右时，压板 3 压榨琼脂的速度将减慢（3~6cm/h），直致压榨完成；此后压板 3 快速退回到其原始位置，与此同时顶出缸 6 将压榨好的琼脂从压榨箱 4 中顶出，完成一个压榨循环。上述工作循环归纳为：压榨缸快速下行→慢速一下移→慢速二下移→终点停止→快速上行→原位停止；压榨箱顶出缸顶出→复位。琼脂压榨过程中各阶段的压榨速度和压板的压榨力根据其工艺要求可以在一定的范围内任意调节。另外两套压榨主机工作时能独立或同时使用，且彼此的工作状况不受干扰；工作参数的调节应方便、灵活、快捷。

再将压榨箱底板 5 落至压榨箱 4 的底部；随后让压板 3 快速接近压榨箱 4，当压板 3 与要压榨的琼脂开始接触时，压板 3 转为慢速移动并逐渐开始进入压榨琼脂的状态；为了提高压榨的工作效率应使压板开始压榨琼脂的速度相对较快（10~12cm/h），当压板的压榨行程达到总行程的三分之一左右时，压板 3 压榨琼脂的速度将减慢（3~6cm/h），直致压榨完成；此后压板 3 快速退回到其原始位置，与此同时顶出缸 6 将压榨好的琼脂从压榨箱 4 中顶出，完成一个压榨循环。上述工作循环归纳为：压榨缸快速下行→慢速一下移→慢速二下移→终点停止→快速上行→原位停止；压榨箱顶出缸顶出→复位。琼脂压榨过程中各阶段的压榨速度和压板的压榨力根据其工艺要求可以在一定的范围内任意调节。另外两套压榨主机工作时能独立或同时使用，且彼此的工作状况不受干扰；工作参数的调节应方便、灵活、快捷。

#### (2) 液压系统及其工作原理

琼脂液压自动压榨机的液压系统原理图如图 4-34 所示。为了使液压系统获得较高的系统效率，并且有多缸工作互不干扰的性能，液压系统采用双联齿轮泵（高压小流量泵 2 和低压大流量泵 3）供油（泵 2、3 的工作压力分别由溢流阀 4 和电磁溢流阀 5 调定），当系统的任何一个液压缸需要快速进、退时，系统由低压大流量泵 3 供油，当泵 3 不工作时，通过电磁溢流阀 5 实现其卸荷；当任何一个压榨缸需要工作进给时，通过高压小流量泵 2 与溢流阀 4、调速阀 10、11、18、19 和压榨缸 12、13 等组成节流调速回路，来满足各压榨缸的压榨



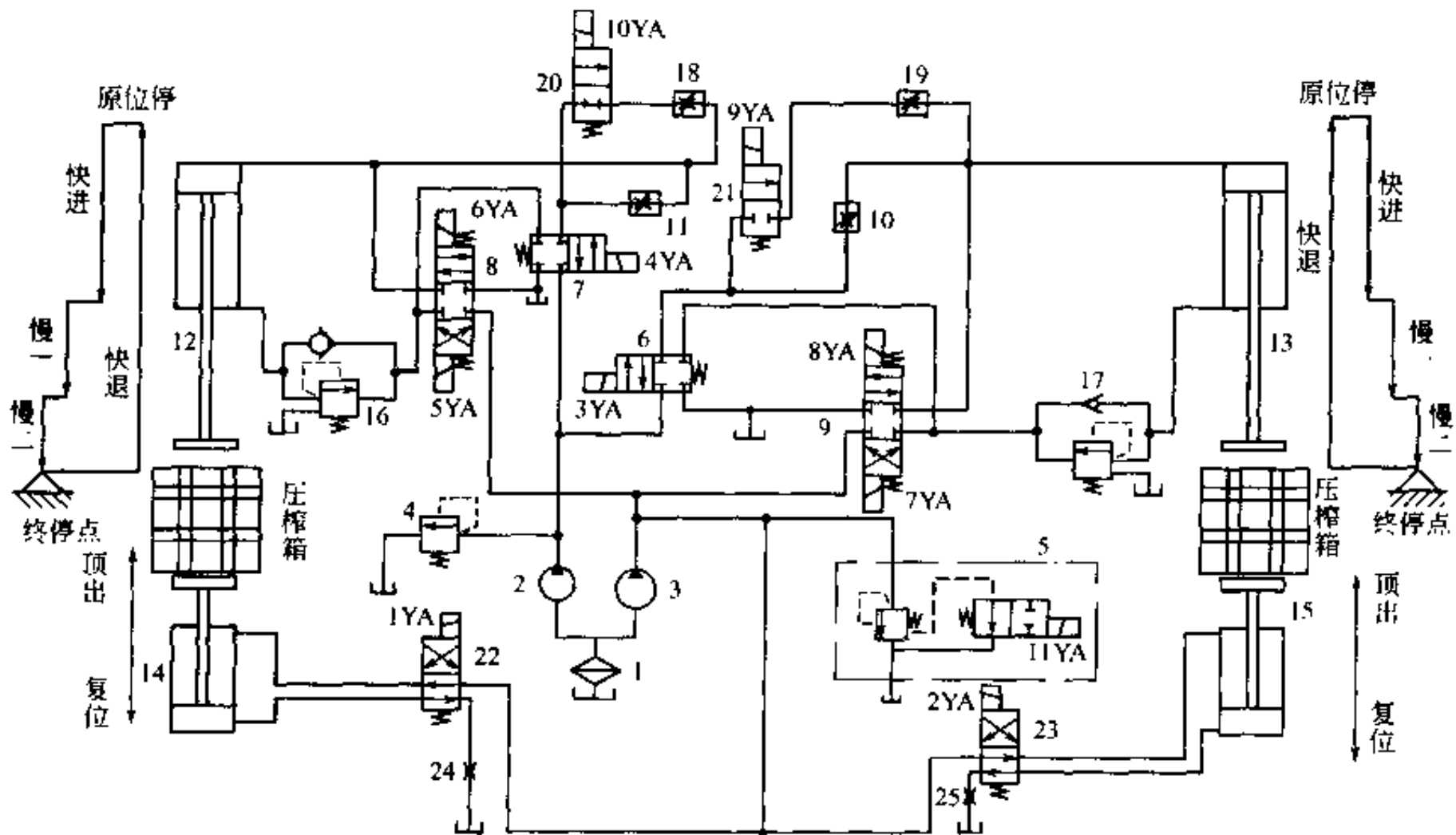


图 4-34 压榨机液压系统原理图

- 1—过滤器；2、3—双联齿轮泵；4—溢流阀；5—电磁溢流阀；6、7、22、23—二位四通电磁换向阀；  
 8、9—三位四通电磁换向阀；10、11、18、19—调速阀；12、13—压搾缸；14、15—顶出缸；  
 16、17—单向顺序阀；20、21—二位二通电磁换向阀；24、25—节流阀

工作要求，由于高压泵 2 的流量很小，尽管其压力较高，但功率并不大，因此不考虑该泵的卸荷问题；压搾缸 12、13 和顶出缸 14、15 的换向分别由三位四通电磁换向阀 8、9 和二位四通电磁换向阀 22、23 完成；单向顺序阀 16 和 17 用作平衡阀，防止压搾缸 12 和 13 因重力的作用下滑，使压搾缸能停留在任何位置，以确保压榨过程的安全。压榨过程的工作状态转换可以采用行程控制（如行程开关、接近开关或光电转换开关等）方式来实现，其电控制部分可采用可编程序控制器（PLC）控制。由电磁铁动作顺序表 4-9 可以容易了解液压系统在各工况的油液流动线路。

表 4-9 电磁铁动作顺序

工 况	电 磁 铁										
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA	9YA	10YA	11YA
压搾缸	快速下行				+		+				+
	慢速一			+	+				+	+	
	慢速二			+	+						
	终点停止			+	+						
	快速退回						+		+		
	原位停止										
顶出缸	顶出	+	+								+
	复位										+

### (3) 技术特点

1) 与传统的螺旋式机械压搾机相比，液压自动压搾机安全、可靠、快捷、自动化程度

高，降低了工人的劳动强度，提高了生产效率并确保产品的质量。

2) 液压系统采用高低压双泵组合供油，自动转换；慢速压榨采用调速阀并联的进油节流调速方式，提高了系统效率，速度稳定性好；系统设有平衡阀，确保了立置压榨缸的安全，不致因自重下滑。

3) 琼脂液压自动压榨机结构较简单，制造精度要求较低，可直接选取标准液压元件构成系统，因而设计制造周期短、成本低、易于实现标准化系列化批量生产，故可在琼脂生产厂推广使用。

(4) 技术参数 (见表 4-10)

表 4-10 琼脂液压自动压榨机及其液压系统技术参数

项 目	参 数	单 位
尺寸	压榨箱	0.8×0.8×1.5
	整机外形	1.5×0.8×2.5
整机重量	1000	kg
额定压榨力	400	kN
压榨行程	0~1.5	m
速度	快移	6~10
	压榨	0~20
液压系统	压力	21
	功率	5.5

### 4.3.7 催化剂高压挤条机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该机是催化剂生产线中催化剂挤条部分的一台设备，功能是将催化剂挤成条状。该机采

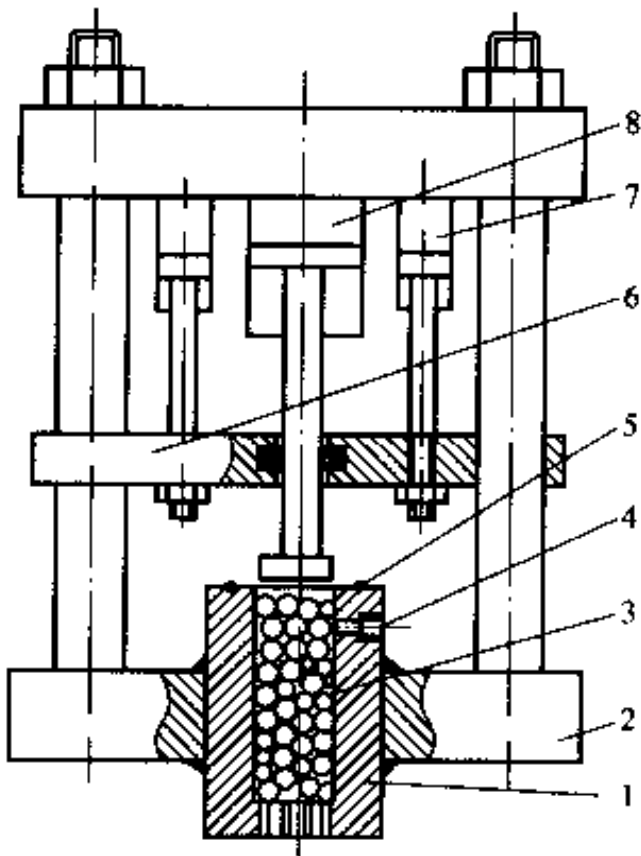


图 4-35 挤条机主机结构示意图

1—模具；2—机架；3—填料；  
4—抽真空接口；5—密封圈；6—抽真空板；7—辅助液压缸；8—主液压缸

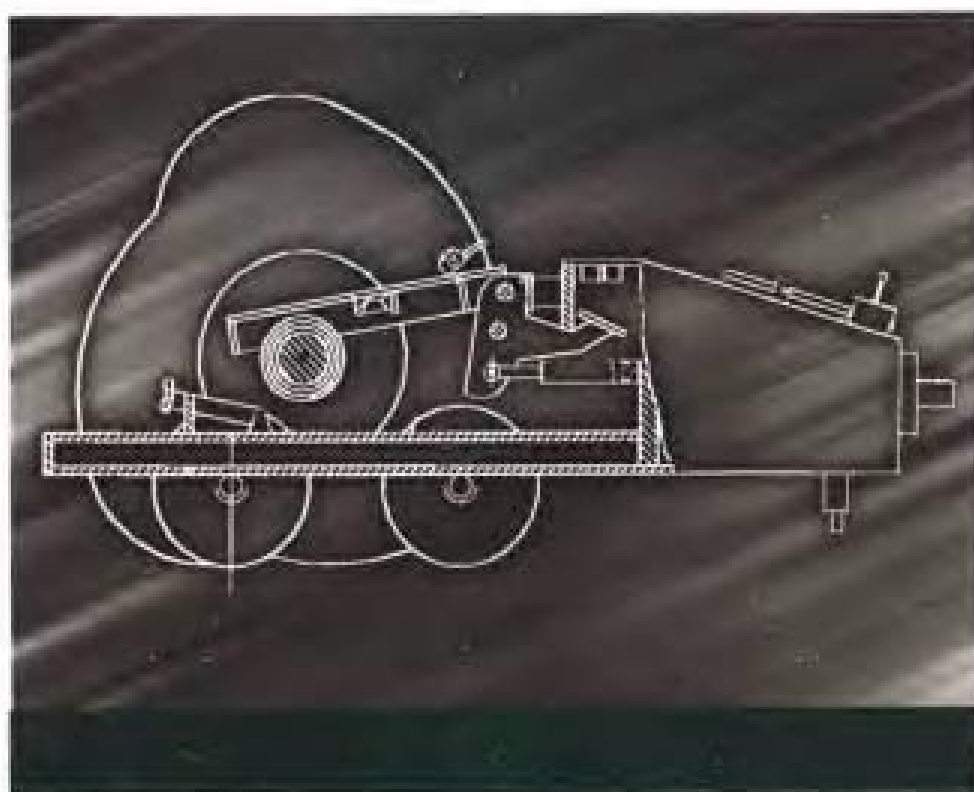
用液压传动和 PLC 控制技术，其主机 (见图 4-35) 由机架、模具、抽真空板及主、辅液压缸等组成。该机的单次工作过程是：主液压缸 8 快速下行→主液压缸下降 0.35m (杆端与模具 1 的上表面等高) 时停止→两辅助液压缸 7 带动抽真空板 6 同步下行→抽真空板与模具上表面紧密接触时两辅助液压缸停止→抽真空 20s 后主液压缸继续下行→液压系统压力达 3MPa 时主液压缸慢速下行→主系统压力达 12MPa 时，主液压缸以更慢速度挤条，催化剂从模具下端细孔中流出→主液压缸到下止点时，填料 3 被挤压完毕，释放真空 4s→主、辅液压缸退回，并停止在初始位置 (上止点)。

#### (2) 液压系统主控回路及其工作原理

液压系统主控回路为主液压缸和辅助液压缸组成的回路，其原理图如图 4-36 所示。主液压缸 30 的油源为高低压双泵，以满足系统不同工况对压力和流量的要求，其中高压泵 2 为压力补偿变量柱塞泵，低压泵为螺杆泵 1，泵 1 和泵 2 用双伸轴电机驱动，但两泵旋转方向相反；辅助液压

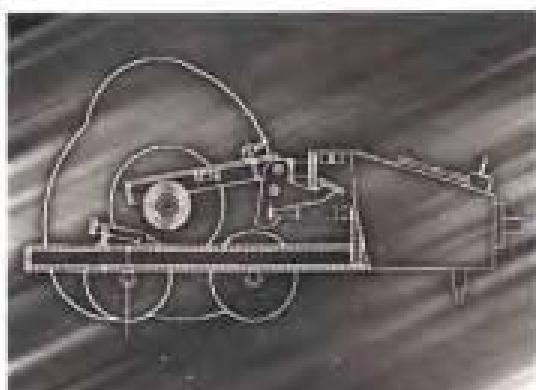
张利平 主编

# 现代液压技术 应用220例



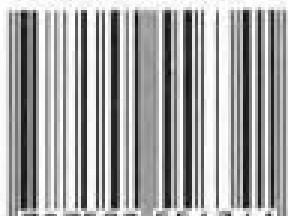
Chemical Industry Press

 化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心



现代液压技术应用220例

ISBN 7-5025-5634-6



9 787502 556341 >

ISBN 7-5025-5634-6/TH·206 定价: 69.00元

销售分类建议: 机械

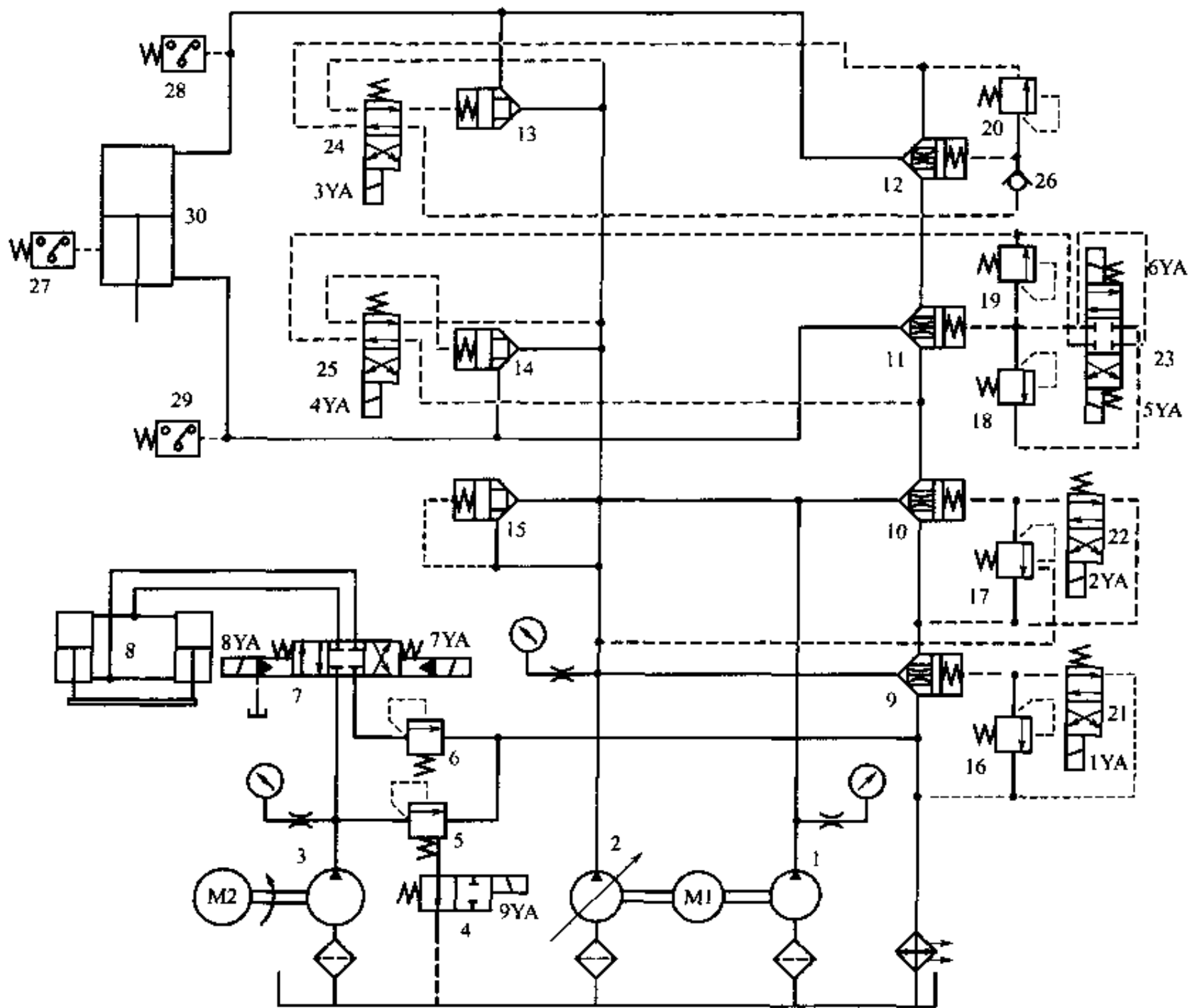


图 4-36 挤条机液压系统主控回路原理图

1—螺杆泵；2—柱塞泵；3—叶片泵；4—二位二通电磁换向阀；5、6—溢流阀；7、23—三位四通电磁换向阀；8—辅助液压缸；9、10、11、12、13、14、15—插装阀；16、17、18、19、20—先导调压阀；21、22、24、25—二位四通电磁换向阀；26—单向阀；27、28、29—压力继电器；30—主液压缸

缸 8 的油源为叶片泵 3。由于系统主缸回路流量大、辅助液压缸回路流量相对较小，故主回路采用插装阀控制，辅助液压缸回路用普通滑阀控制。辅缸回路较主缸回路的组成要简单一些。

辅助液压缸回路的最高工作压力由泵 3 的卸荷溢流阀 5 和二位二通电磁换向阀 4 控制；溢流阀 6 为液压缸的背压阀；辅助液压缸 8 的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制。

主液压缸回路共使用了 7 个插装阀，即阀 9~15，其中阀 13 与二位四通电磁换向阀 24 构成方向阀，阀 14 与二位四通电磁换向阀 25 成另一方向阀，用于油流方向的控制；阀 15 为单向阀；阀 9 与先导调压阀 16 及二位二通电磁换向阀 21 构成溢流阀，用来限定主液压缸非差动下行时的工作压力和泵 2 的卸荷；阀 10 与其先导调压阀 17 及二位四通电磁换向阀 22 构成卸荷阀，用于泵 1 的卸荷；阀 11 与先导调压阀 18、19 及三位四通电磁换向阀 23 构成二级调压溢流阀，起背压阀作用；阀 12 与其先导调压阀 20 构成溢流阀，用来限定主液压缸回路的最高压力，起安全阀作用。三个压力继电器 27、28 和 29 分别用于拾取主液压缸下降到 0.35m 的位置信号及上止点和下止点的停止信号。

系统的工作原理如下。

当电磁铁 1YA、2YA、3YA、4YA 通电时, 泵 1 和泵 2 联合向主缸无杆腔供油, 同时主缸差动连接, 所以主缸快速下行; 当主缸下行到 0.35m 时, 压力继电器 27 发信, 经延时后 (等待辅助缸带动抽真空板下行和抽真空), 电磁铁转为 4YA 断电, 1YA、2YA、3YA 和 6YA 通电, 主缸转为非差动下行, 系统压力升高, 当压力达到卸荷阀 10 的调整值时, 电磁铁 2YA 断电, 低压泵 1 卸荷, 高压泵 2 单独向主缸供油, 当系统压力升高到 12MPa, 压力补偿变量机构使柱塞泵 2 的流量自动减小 (约 25.2L/min), 当缸到达下止点时, 下行结束。此时, 随着泵 2 向主缸的供油, 系统压力继续升高, 到达压力继电器 28 的调压值时发出回程信号, 使电磁铁 1YA、2YA 和 4YA 通电, 泵 1 和泵 2 一并向主缸有杆腔供油, 主缸低压快速回程。当主缸上行到达上止点时, 压力继电器 29 发信, 使主缸回路的所有电磁铁断电, 泵 1 和泵 2 均卸荷。在主缸下行到 0.35m 的同时, 辅缸回路中的电磁铁 7YA 和 9YA 通电, 泵 3 向辅缸 8 的无杆腔供油使其下行; 当主缸挤压完毕时, 电磁铁 8YA 和 9YA 通电, 泵 3 向辅缸的有杆腔供油, 辅缸随主缸一起上行退回; 等待期间, 辅缸回路的所有电磁铁均断电, 泵 3 卸荷。至此系统完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 该挤条机由于采用了液压传动和 PLC 控制, 自动化程度高, 性能优良。

2) 根据流量需求的不同, 液压系统的主缸回路和辅缸回路分别采用了插装阀和普通阀控制。主缸和辅缸回路均设有背压溢流阀, 所以液压缸的运动稳定性好。

3) 主缸回路未设充液装置, 而是采用高低压双泵组合供油和缸的差动连接满足主缸快速运动、大流量的需求, 通过改变高压泵的排量来调整慢速运动的速度 (容积调速), 从而在满足快速和慢速流量要求差别较大的前提下, 还实现了节能。压力继电器 27 通过主缸缸筒外壁与活塞上表面而下行 0.35m 相对应处的小孔来检测所需信号, 准确度高。

4) 机器等待期间, 主缸和辅缸回路的液压泵均能卸荷, 减少了系统能耗和发热。

### (4) 技术参数 (见表 4-11)

表 4-11 挤条机液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
主缸回路	压力补偿变量柱塞泵(63YCY14-1B型)	额定压力	32	MPa
		排量	63	mL/r
		12MPa 时的流量	25.2	
	螺杆泵	工作压力	3	MPa
		理论流量	500	L/min
	双伸轴电机	功率	37	kW
	最大工作压力(主溢流阀 9 的调整值)	18	MPa	
	卸荷阀 17 的开启压力	3		
上止点压力(压力继电器 29 调压值)	5			
下止点压力(压力继电器 28 调压值)	18			
辅缸回路	叶片泵(YB1-100型)	额定压力	6.3	L/min
		公称排量	100	
		功率	5.5	

## 4.3.8 乳化炸药装药机的液压系统

### (1) 主机功能结构

该机是采用液压传动的乳化炸药装药设备, 其结构示意图如图 4-37 所示。工作时, 先



打开加料盖 5，把乳化炸药药体加满送药桶 4；然后送药液压缸 3 的活塞左行，把药体从送药桶 4 向装药桶 2 输送，并始终向药体作用一个向左且大小不变的推力。在此期间，装药液压缸 1 的活塞下行，药体从装药管 6 挤出向外装药。当缸 1 的活塞碰到设置的行程开关时，活塞上行，送药桶 2 中的药体在推力作用下，又自行送入装药桶，充满刚装药所腾出的空间。同时送药液压缸活塞向左移动相应的距离。装药缸的活塞每上下运动一次即完成装药一次。这样，装药缸活塞反复运行，直至送药桶内的药体全部装完后，缸 3 的活塞右行退回，则完成了一个完整的装药工作循环。

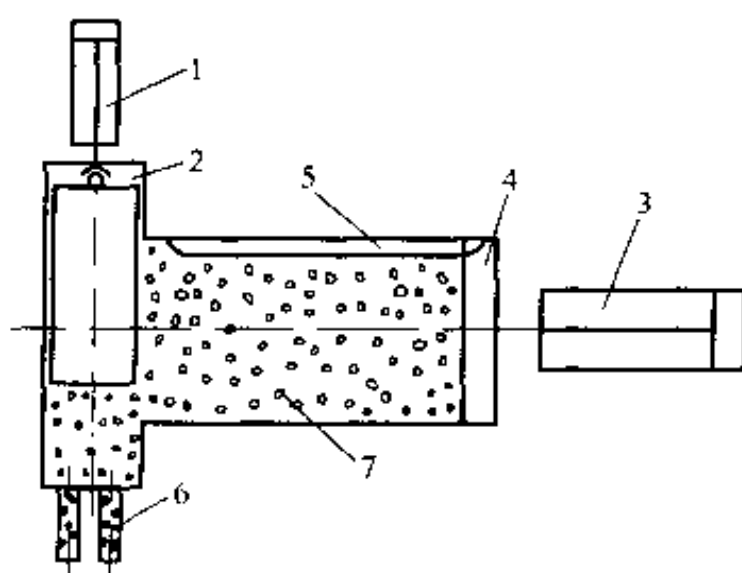


图 4-37 装药机结构示意图

- 1—装药液压缸；2—装药桶；3—送药液压缸；  
4—送药桶；5—加料盖；6—六头药管；  
7—药体

### (2) 液压系统及其工作原理

图 4-38 所示为装药机的液压系统原理图，系统的油源为定量液压泵（齿轮泵）1，泵的最高工作压力由溢流阀 2 调定，二位二通电磁换向阀 3 用于泵的卸荷控制。系统的执行器为送药液压缸 10 和装药液压缸 11，缸 10 和缸 11 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 8 和 7 控制；减压阀 4 和单向阀 5 用于调节和保持缸 10 的工作压力；小型直动式溢流阀 9 用于消除缸 11 频繁升降中的液压冲击，节流阀 6 用于缸 11 的回油节流调速。每次装药的重量与缸的行程大小有关，通过调节缸往复路径上布置的行程开关 SQ3 和 SQ4 之间的距离即可实现装药重量的控制。

系统的工作原理如下。

药筒内加满药体后，电磁铁 1YA 通电使换向阀 8 切换至右位，液压泵 1 的压力油经减压阀 4、单向阀 5 和阀 8 进入送药缸 10 的无杆腔，活塞杆左行送药，电磁铁 3YA 通电，换向阀 7 切换至右位，泵 1 的压力油经阀 7 进入缸 11 的无杆腔，活塞杆下行装药，

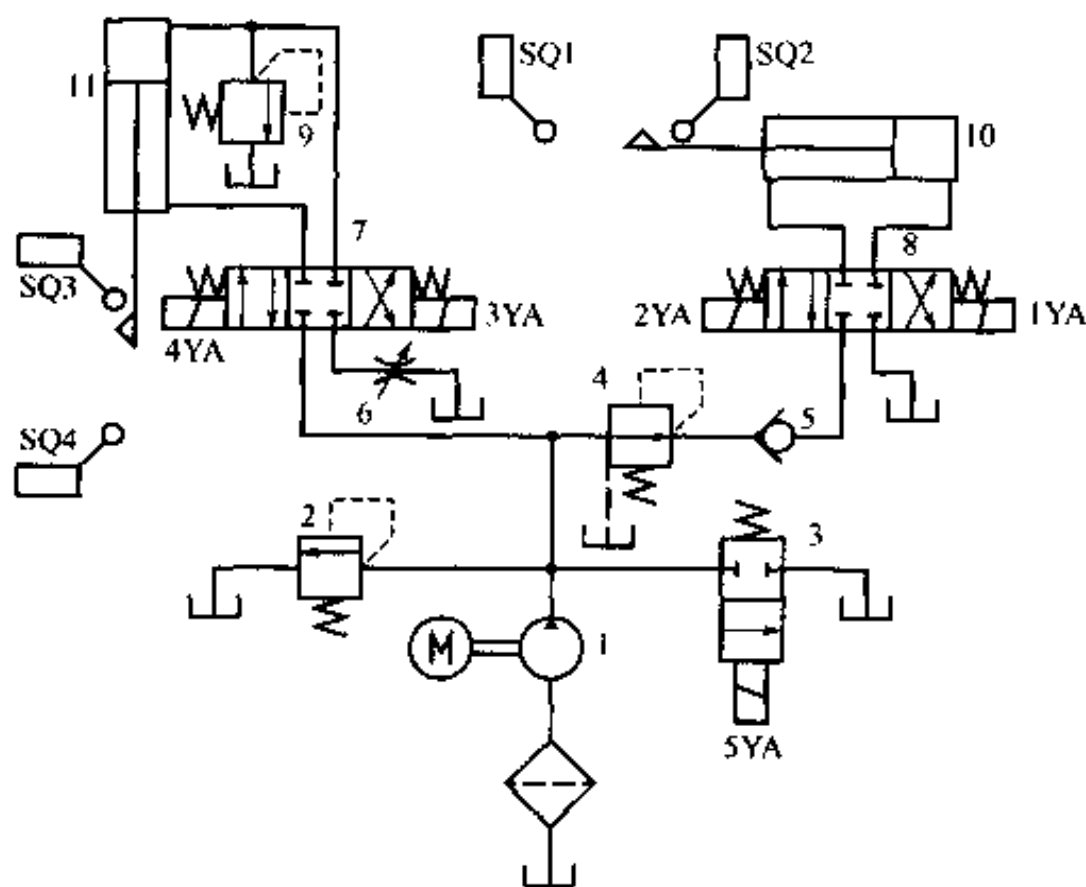


图 4-38 装药机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2、9—溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—减压阀；5—单向阀；6—节流阀；  
7、8—三位四通电磁换向阀；10—送药液压缸；11—装药液压缸

当活塞杆触动行程开关 SQ4 时，电磁铁 3YA 断电的同时 4YA 通电，换向阀 7 切换至左位，泵 1 的压力油经阀 7 进入缸 11 的有杆腔，活塞杆快速上行，同时送药缸 10 向左移动一定距离，送药桶内的药体送入装药桶（此时，减压阀出口压力的减小，即减压阀进出口压差增大，系统自动向送药液压缸补油，保证了送药压力的稳定和自动送药），行程开关使电磁铁 3YA 通电，缸 11 右下行装药，如此循环往复，当送药筒内的药体全部装完后，换向阀 7 复至中位，缸 10 的活塞杆触动行程开关 SQ1 使电磁铁 1YA 断电的同时 2YA 通电，换向阀 8 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 4、5、8 进入缸 10 的有杆腔，活塞杆快速退回，当触动行程开关 SQ2 时，电磁铁 1YA 断电、5YA 通电，换向阀 8 复至中位、换向阀 3 切换至下位，液压泵 1 通过阀 3 卸荷，等待向送药筒加药结束后开始下一次循环。

(3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油，用溢流阀设定最高工作压力；通过减压阀使送药缸获取稳定的低压，用单向阀保压，保证了自动送药及装药期间的推力要求。

2) 装药缸回路采用回油节流调速，有利于提高缸的运动稳定性；通过缸的无杆腔油路设置溢流阀消除频繁换向的液压冲击。

3) 通过调整各液压缸路径上的行程开关位置，可以方便的得到每次送药和装药的不同重量。

4.3.9 液压劈螺帽专用工具系统

(1) 功能结构

紧固件由螺柱、螺母组成，起着连接各构件或零件作用。特别是在石油开采、炼油、化肥化工、发电等各类设备中，紧固件还起承载作用。处在易燃、易爆、高温、高压且安装在露天和易腐蚀环境中的紧固件很容易发生锈蚀、内外螺纹咬死等现象，检修更换相当麻烦。本工具采用液压驱动劈切螺母，可以保存螺杆完整，作业中不出现火花，操作安全。该劈螺母工具为整体式结构（见图 4-39），工作部分由可根据螺母大小更换的螺母固定架 1、推力液压缸 2 高合金切刀 5 等组成，从液压系统引入压力油即可工作。

(2) 液压系统及其工作原理

图 4-40 所示为劈螺母专用工具的液压系统原理图，执行器为单作用推力液压缸 5，其伸缩由二位四通手动换向阀 3 控制，系统采用定量液压泵 2 供油，最高压力由溢流阀 4 限定并由压

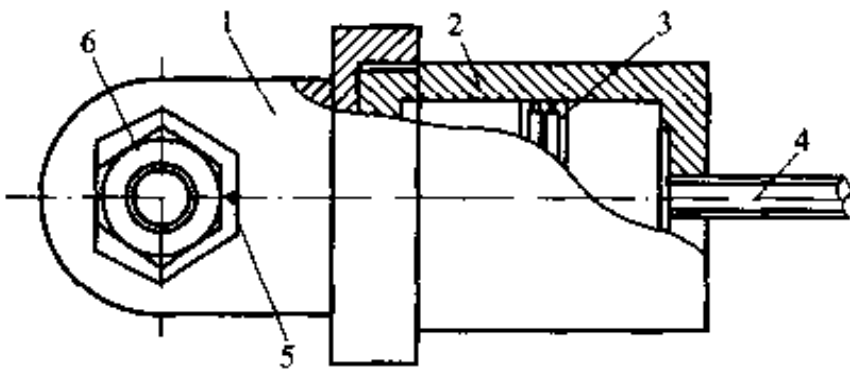


图 4-39 劈螺母工具工作部分的结构示意图

- 1—固定架；2—推力液压缸；3—活塞组件；
- 4—进油管；5—高合金切刀；6—被劈螺母

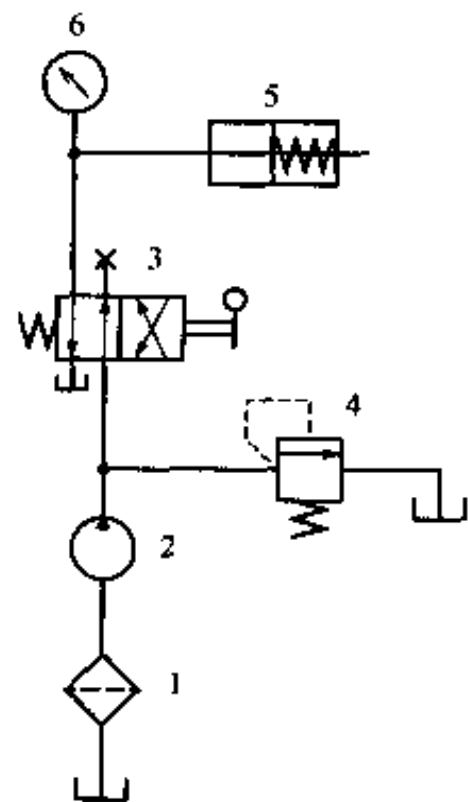


图 4-40 劈螺母专用工具的液压系统原理图

- 1—过滤器；2—定量液压泵；
- 3—二位四通手动换向阀；4—溢流阀；5—液压缸；6—压力表

力表6显示。

作业时先根据被劈螺母规格大小，选择好劈螺母固定架的高合金切刀，并装配完好。将专用工具套在被劈螺母上；然后，启动液压系统，将换向阀3切换至右位，液压泵的压力油经阀3进入推力液压缸5的无杆腔，则缸的活塞杆带动切刀完成进给→加压（劈切）→劈断螺母，然后阀3复至左位，液压缸经阀3释压，最后由有杆腔中的复位弹簧作用使活塞杆退回原位。完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 液压缸尺寸小，推力大，进给速度慢，所以系统采用高压小流量液压泵供油。

2) 采用单作用液压缸，靠弹簧复位。

3) 该专用工具结构简单、重量轻，便于人工搬动和现场作业，工作效率高，适应各种规格的紧固件螺母的劈切作业。只破坏螺母，不损伤螺杆，可以节约大量的检修费用。

4) 特别适合有防火安全要求的场合如炼油厂、化肥厂、发电厂等使用。

### (4) 技术参数

劈螺母专用工具液压系统的工作压力高于32MPa，流量小于2L/min。

## 4.3.10 集装箱塑料颗粒倾卸机液压系统

### (1) 主机结构功能

用集装箱散装运输进口的塑料颗粒需用自动包装系统分装成25kg的小包装袋。倾卸机是包装系统中的一台传送设备，功能是承接叉车举升起的集装箱，并将集装箱倾斜一定角度，使塑料颗粒借重力流入风送系统。

倾卸机为1A型和1C型集装箱两用，图4-41所示为主机结构示意图，该机主要由底座、转动支座、滑动液压缸座、支撑杆、上平台及液压缸C1、C2、C3等组成。上平台5的最大倾角为30°。支撑杆的上部吊装在上平台上，由液压缸C2驱动，用支撑钩支撑在底座的支撑点上。当液压系统将上平台举升到位后，将支撑杆处于支撑位置，液压及电控系统可全部关闭，以节省能耗；支撑杆上设有4个适当的固定支撑钩，可使集装箱6分别在8°、15°、22°、28°上支撑静止。

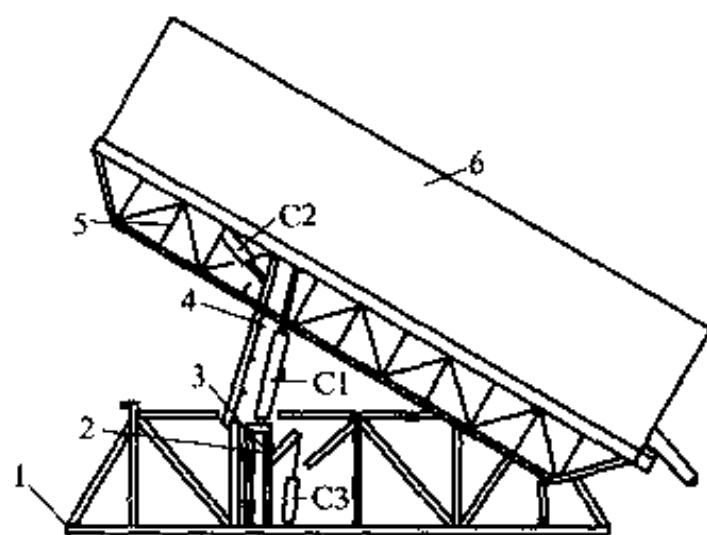


图 4-41 倾卸机结构示意图

1—底座；2—转动支座；3—滑动液压缸座；  
4—支撑杆；5—上平台；6—集装箱；  
C1—主液压缸；C2—支撑液压缸；  
C3—转动支座液压缸

### (2) 液压系统及其工作原理

倾卸机的液压系统原理图如图4-42所示。系统的执行器有主液压缸C1、支撑液压缸C2、转动支座液压缸C3，三个液压缸的运动方向分别由三位四通电磁换向阀5、6、7控制，缸C1的无杆腔油路设有单向节流阀8，用于调节和控制缸下降时的速度，以防缸下降时因卸空的集装箱和上平台的自重使缸超速；缸C2的摆动速度通过三位四通电磁换向阀6附设的双单向节流阀9调节。系统采用电动机驱动定量液压泵1供油，泵的压力及卸荷由电磁溢

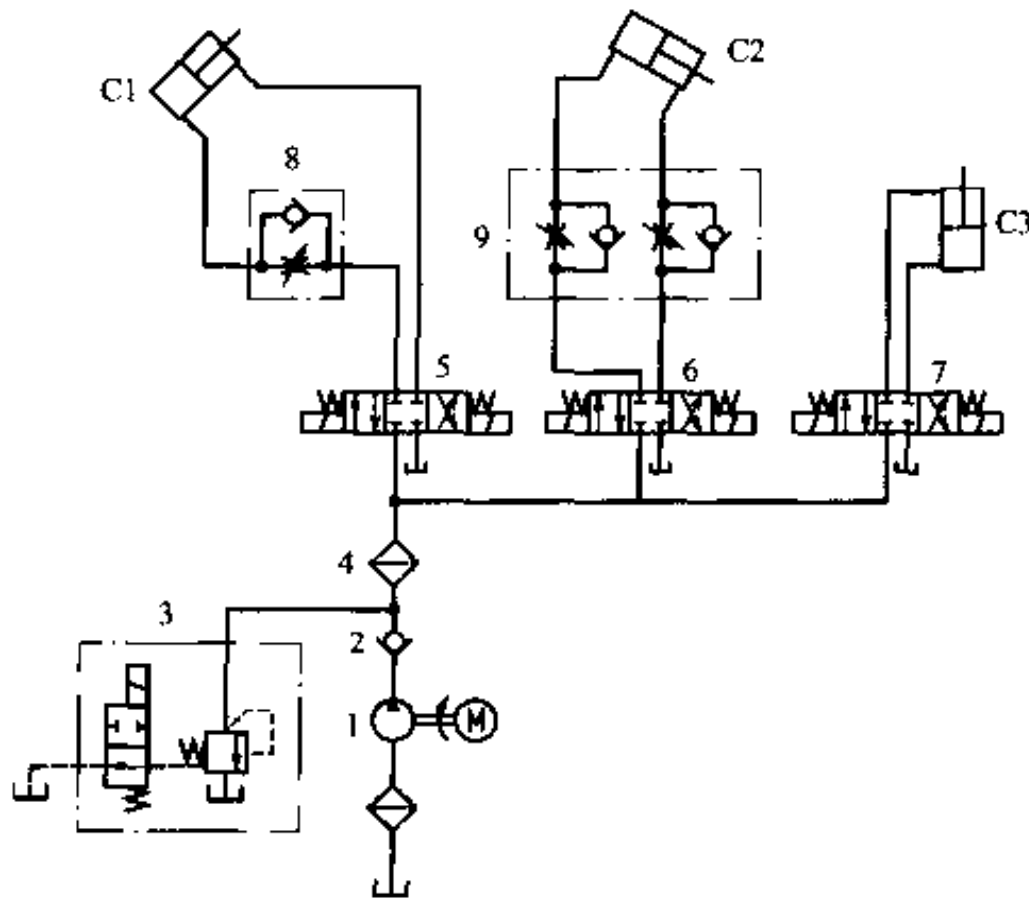


图 4-42 倾卸机的液压系统原理图

1—定量液压泵；2—单向阀；3—电磁溢流阀；4—压力油路过滤器；5、6、7—三位四通电磁换向阀；8—单向节流阀；9—双单向节流阀

流阀 3 控制；单向阀 2 用于防止油液倒灌，4 为压力油路过滤器。

由于倾卸机达 2.7m 之高，如不采取措施，主缸的行程需 3.5m。为了缩小主液压缸的行程，机器设有二次举升装置（见图 4-43）。主缸 C1 的上端与上平台连接，装在主缸下端的滑动液压缸座 2 可以在导轨 3 中上下滑动。当主缸座位于下部并与底面接触时 [见图 4-43 (a)]，由缸 C1 将平台举升到图的中间位置，操纵图 4-41 中的液压缸 C2 使支撑杆处于支撑状态，用支撑杆支撑上平台；反向启动缸 C1，则缸将使滑动液压缸座

沿导轨向上滑动，从 A 点提升 1.35m 达到 B 点 [见图 4-43 (b)]；启动液压缸 C3，使转动支座顺时针转动约 90° 处于工作位置；再次启动缸 C1，则缸 C1 以 B 点的滑动缸支座为支撑，就可使上平台升到最高位置。

(3) 技术特点

1) 该倾卸机的液压系统采用定量泵供油的节流调速回路，油路结构简单；借助二级举升装置，减小了主液压缸的长度尺寸和行程。

2) 通过回油路设置管式节流阀，利用其背压保证倾斜立置的主液压缸下降时不致因驱动物的自重超速下滑，甚至导致液压胶管爆裂、钢管开焊而造成底座被砸坏等严重事故。

3) 该倾卸机工作稳定可靠，运行平稳安全。

(4) 技术参数（见表 4-12）

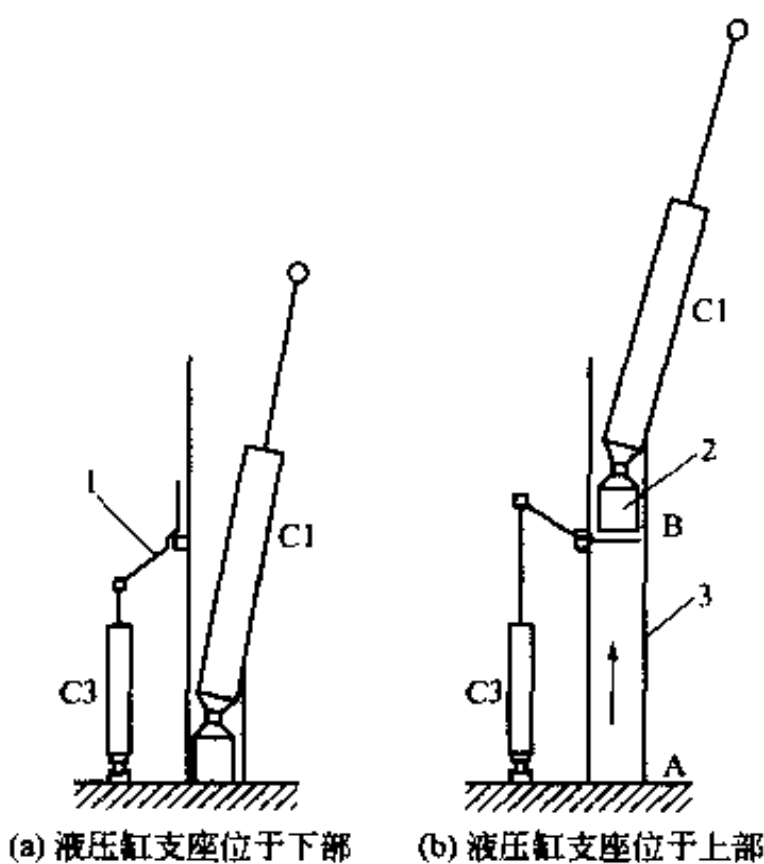


图 4-43 主液压缸的二次举升装置

1—转动支座；2—滑动液压缸座；  
3—导轨

表 4-12 倾卸机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	倾卸集装箱	长度	12.192	m
		最大标准重量	30.48	t
	集装箱(荷重)与上平台总重		318.5	kN
	倾斜角度	最大	30	(°)
		可支撑静止	8、15、22、28	
	举升工作节拍		3~4	次/1.5h
高度		2.7	mm	
液压系统	液压泵	额定压力	16	MPa
		排量	32	L/r
		电动机功率(Y160-4型)	11	kW
	主液压缸	缸筒内径	160	mm
		活塞杆直径	90	
		行程	1650	
		举升力	231.7	kN
		工作压力	12	MPa

#### 4.3.11 电液比例控制注塑机系统

##### (1) 主机功能结构

该主塑机是美国 VanDoim 塑机公司生产的 55t 塑料成型设备, 该机采用了插装技术、负载传感功率匹配及计算机电液比例控制技术。

##### (2) 电液比例控制系统及其工作原理

该注塑机的电液比例控制系统原理图如图 4-44 所示。该系统由液压泵、注塑油路块及合模油路块等三个主要部分组成。

液压泵 1 是整个系统的能源, 其任务是向喷嘴移动液压缸、合模液压缸、预塑螺杆液压马达、注塑液压缸和顶出液压缸等液压器提供液压油, 完成各种工作循环。该液压泵为压力补偿负载传感轴向变量柱塞泵。变量活塞 2 和 3 控制泵的变量, 泵内附有负载传感阀 5 和压力补偿阀 4。阀 5 接受执行元件的负载压力信号, 进而控制变量活塞的位移, 实现变量。阀 4 直接受泵出口压力油的作用, 当压力超过其弹簧调定值时, 通过控制变量活塞位移, 使泵的流量减小, 实现限压。

系统中的大部分液压阀安装在一集成油路块上。插装阀 6 为系统的主溢流阀, 与远程溢流阀 7 一起, 作为系统的安全阀; 阀 6 还可经二位四通电磁换向阀 14 由电液比例溢流阀 15 对泵的工作压力进行遥控无级调节。三位四通电磁换向阀 10 用于控制喷嘴缸的往复移动方向。具有节流功能的电液比例换向阀 9, 用于控制预塑螺杆马达、顶出缸及注塑缸的运动方向及速度。插装阀 13 与阀 15 一起, 对注塑缸的注射压力进行无级控制。三位四通电磁换向阀 16 用于控制注塑缸的运动方向。梭阀 11 作为负载压力检测阀, 将负载压力经二位四通电磁换向阀 8 右位反馈至负载传感阀 5, 使泵在负载传感方式下工作; 当阀 8 切换至左位时, 泵的压力油经阀 8 作用于阀 5 的上端液控口, 从而使泵转为在压力补偿方式下工作。

合模油路块中(图中未详细画出)设有与阀 9 相同的电液比例方向阀以及其他液压阀共 7 个, 以控制合模缸, 实现注塑模的启闭和锁模动作。为了满足快速启闭模动作要求并减小液压泵的容量, 在合模缸油路上设有一个充液油箱。合模油路块安装在注塑机侧面, 并通过管道与液压泵和液压缸相连。

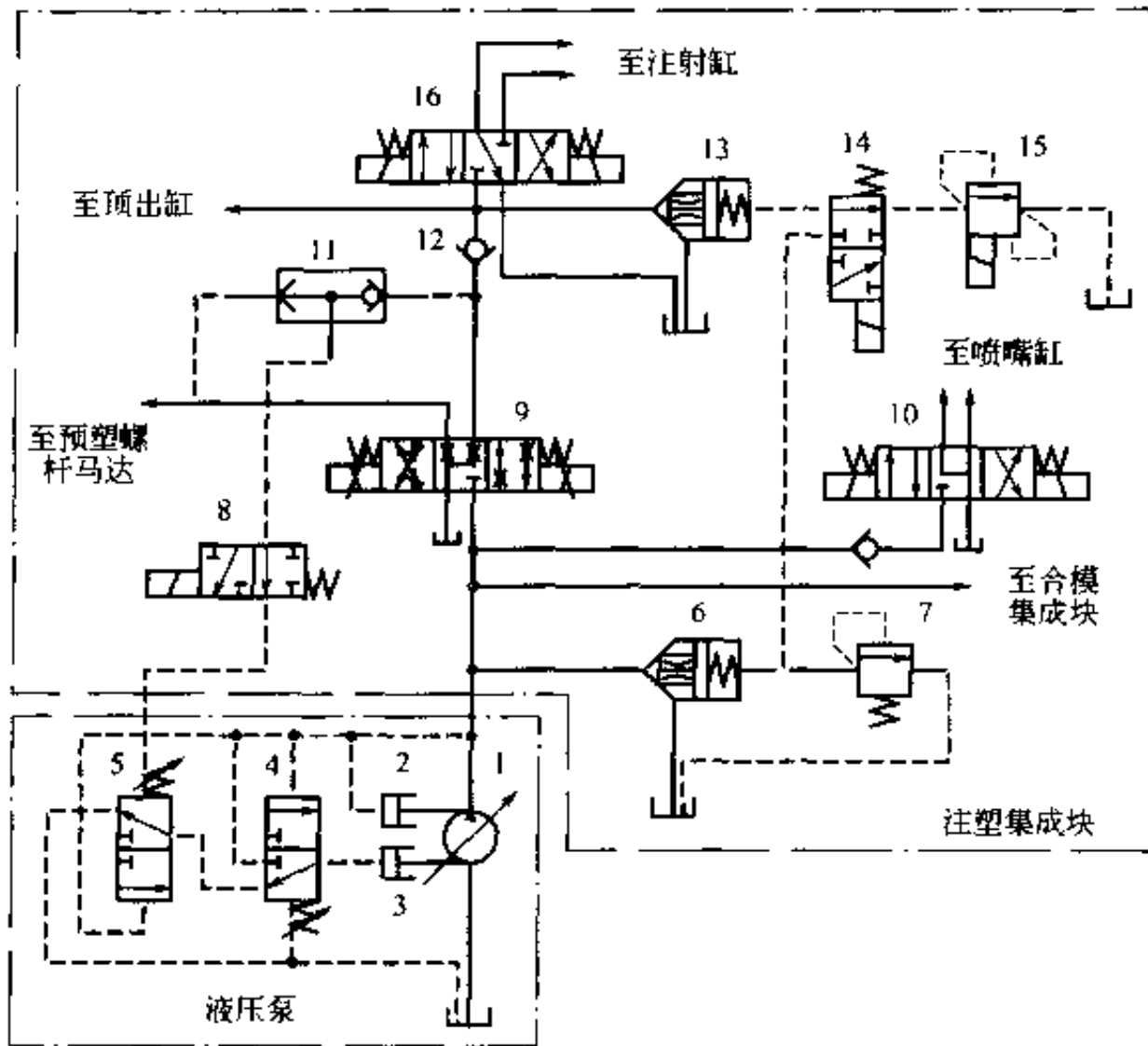


图 4-44 注塑机的电液比例控制系统原理图

- 1—变量液压泵；2、3—变量活塞；4—压力补偿阀；5—负载传感阀；6—插装阀（主溢流阀）；  
 7—远程调压溢流阀；8—二位四通电磁换向阀；9—比例换向阀；10—三位四通电磁换向阀；11—梭阀；  
 12—单向阀；13—插装阀；14—二位四通电磁换向阀；15—电液比例溢流阀；16—三位四通电磁换向阀

系统的控制和调节原理如下。

该系统中的液压泵有负载压力传感和压力补偿两种可选控制方式，两种方式的转换由阀 8 实现。负载传感控制方式时，阀 8 处于右位（图示位置），由梭阀 11 检测到的负载压力作用在阀 5 上端液控腔，与泵的供油压力进行比较，只要供油压力与负载压力之差（亦即阀 9 作为节流阀的前后压差）等于阀 5 的设定压力（1.8MPa），则泵的两变量活塞 3 和 4 就处于某一相应平衡位置，泵 1 的输出流量正好与阀 9 的开度所通过的负载流量相匹配和适应，从而实现了节能，并保证了执行器（预塑螺杆马达）具有良好的速度负载特性。

注塑时，阀 8 的电磁铁通电切换至左位，液压泵 1 转入压力补偿控制方式工作。泵的供油压力随着注塑过程的延续而增加，当泵压大于压力补偿阀 4 的设定压力（17MPa）时，阀 4 迅速切换至上位，压力油进入变量活塞 3，使泵的流量减小，实现限压。

在一个工作循环中，承担速度控制和压力控制的电液比例方向阀及插装阀的工作分配情况见表 4-13。

此外，系统中的合模缸和注塑缸油路各设两个压力传感器（图中未画出），以检测油路工作压力。各液压缸的外部设有线性电位差计用以检测缸的工作位置。检测到的压力和位置送入计算机，并由计算机对系统的动作过程进行闭环自动控制。用户可根据注塑件大小、注射时间、工作压力等在 10 组可选的给定值中通过控制面板进行选择；还可通过显示器对注塑机的工作过程进行观测。



表 4-13 电液比例方向阀及插装阀的工作分配情况

工 况	速度控制		压力控制	
	电液比例方向阀 9	合模电液比例方向阀	插装阀 6	插装阀 13
快速闭模		+	+	
低压慢速扩模及模具保护		+	+	
锁模		+	+	
注射	+			+
保压	+			+
预塑(马达旋转)	+			+
防流涎	+			+
启模		+	+	
制品顶出	+			+
顶出复位	+			+

注：表中未含喷嘴移动工况。

### (3) 技术特点

- 1) 该系统采用变量泵供油，通过负载传感实现液压泵与执行器的功率匹配，高效节能。
- 2) 采用插装阀技术，系统通流能力大，反应快，密封性能好。
- 3) 采用电液比例方向阀实现执行器的方向和速度的复合控制，以满足注塑机不同工况对流量的要求，实现比例控制。
- 4) 通过计算机实现整个系统的电液比例闭环控制技术集于一体，控制精度和自动化程度高。

### (4) 技术参数 (见表 4-14)

表 4-14 注塑机系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	
液压泵	额定压力	17	MPa
	额定流量	72	L/min
	转速	1800	r/min
	电动机驱动功率	11	kW
安全阀(阀 7)	调整压力	18	MPa
负载传感阀(阀 5)	设定压力	1.8	
压力补偿阀(阀 4)	设定压力	17	

## 第5章 冶金工业中的液压系统

### 5.1 概述

冶金工业是向制造业提供一定形状（板材、管材、线材、棒材及其他型材）和牌号的各类金属原材料的重型基础工业。冶金工业包括了黑色金属（钢铁）和有色金属（铜、铝等）的生产加工。在冶金工业生产过程中要使用诸如冶炼设备、轧制设备、型材整理设备及废水处理设备等大型、重型机械设备。这些设备一般在高温、多尘的恶劣环境下工作，对控制精度和自动化程度要求较高；冶金工业生产中同时伴随着大量诸如污水、有害气体的产生，需要相应的环保处理设备。而液压技术的特点正适合上述要求，因此在冶金工业中显示出其独特的优越性。本章介绍冶金工业中的冶炼轧制机械设备、冶金产品整理加工及环保设备所使用的20例液压传动与控制系统。

### 5.2 冶炼轧制机械设备液压系统

#### 5.2.1 炼铁高炉泥炮液压控制系统

##### (1) 泥炮功能结构

该泥炮是 $350\text{m}^3$ 冶炼铁高炉的炉前设备，采用液压控制以实现泥炮的旋转、压炮、打泥等三个功能。

##### (2) 液压控制系统及其工作原理

该泥炮液压控制系统在原锥阀制系统基础上改造而成，图5-1所示为改造后的泥炮液压系统原理图。系统的油源为两台定量柱塞泵1和2，其中一台为工作泵，一台为备用泵。系统的压力控制阀为两个电磁溢流阀8和9，其中一个工作，一个备用，阀8和9分别由截止阀7和10进行通断。当一个电磁溢流阀工作时，若电磁铁通电，则二位二通换向阀切换至下位，液压泵卸荷；当电磁铁通电时间达到延时继电器设定值时（电动机正常转速），电磁铁断电，则二位二通换向阀复至上位，液压泵向系统供油。系统的执行器有4个液压缸（一个泥炮旋转液压缸11、两个并联的压炮液压缸12和一个打泥液压缸13）以及开口机卷扬装置的液压马达（图中未画出）。上述液压缸的运动方向分别由三位四通手动换向阀27、28和29控制；液压缸的双向锁定（保压）分别由叠加式双液控单向阀24、25和26控制；液压缸的双向调速分别通过调节叠加式双单向节流阀21、22和23的开度实现；液压缸的工作压力可分别通过压力表17、18和19显示和观测。旋转液压缸11的进油路上串接有先导式减压阀20，以实现泥炮在低压下平稳旋转。

##### (3) 技术特点

1) 基于冗余设计思想，泥炮液压系统采用了双泵双压力控制阀的结构，一个工作，一个备用，提高了系统和高炉的工作可靠性。

2) 采用手动换向阀，避免了复杂的电气多点操作。

3) 采用了叠加式液压锁和双单向节流阀，简化了油路结构和油路块设计，实现了液压

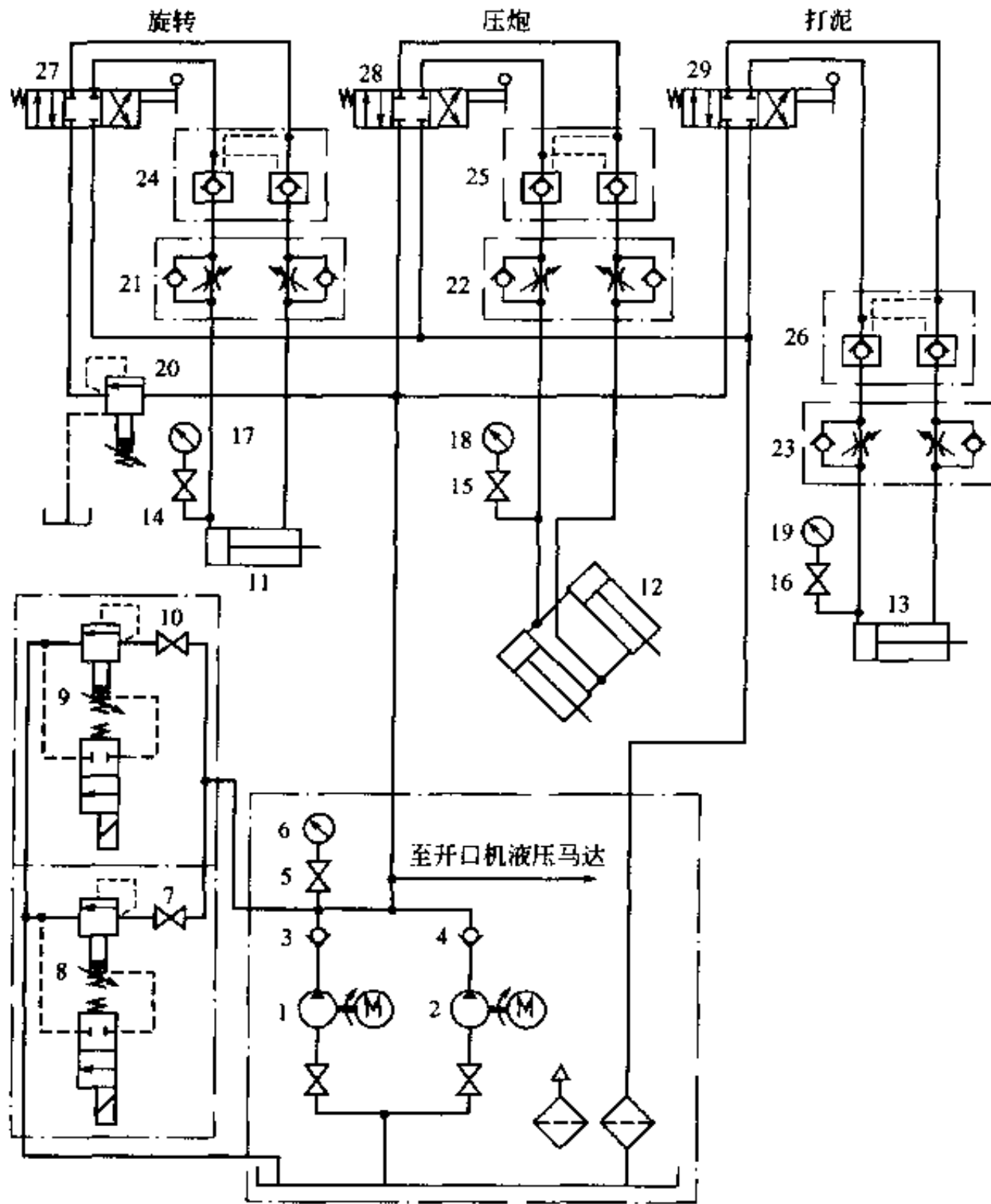


图 5-1 高炉泥炮液压控制系统原理图

- 1、2—定量柱塞泵；3、4—单向阀；5、14、15、16—压力表开关；6、17、18、19—压力表；7、10—截止阀；8、9—电磁溢流阀；11—泥炮旋转液压缸；12—压炮液压缸；13—打泥液压缸；20—减压阀；21、22、23—双单向节流阀；24、25、26—双向液压锁；27、28、29—三位四通手动换向阀

装置无管化、集成化，体积小、重量轻、结构紧凑。

4) 用液压马达组成的卷扬装置替代了人力推进开铁口机钻孔，降低了炉前工人的劳动强度。

(4) 技术参数（见表 5-1）

### 5.2.2 中频无心感应熔炼炉液压系统

#### (1) 中频无心感应熔炼炉的功能结构

GWX1-500-1 中频无心感应熔炼炉为炼钢用炉，炉子的两个炉体交替使用，其传动部分采用液压系统。为满足该炉的使用特点及炼钢工艺要求，要求液压系统具有变速控制浇钢，以及炉盖升降与旋转同时动作的功能。

#### (2) 液压系统及其工作原理

表 5-1 高炉液压泥炮控制系统技术参数

项 目	参 数	单 位
泥炮打泥液压缸	推力	500
液压泵 (63MCY14-1B)	压力	12
	流量	63
	转速	1460
	电动机(Y160-4)功率	15
		kW

图 5-2 所示为该熔炼炉的液压系统原理图，左、右炉体分别有相同的两个倾炉液压缸 1 和一个炉盖开闭液压缸 2，所以形成左右炉体两个液压回路，并共用定量液压泵 9 通过三位四通电磁换向阀 7 交替供油，液压泵可以通过该阀的 H 型中位机能卸荷。以左炉体为例，二联手动多路换向阀 6 中的阀 6a (O 型机能) 和 6b (A 型机能) 分别用于缸 2 和缸 1 的运动方向控制，溢流阀 6c 和 6d 用来设定缸 2 和缸 1 的最高工作压力，以防炉盖起升和倾炉起升中过载。系统的流量可以通过调速阀 8 实现粗调，设在缸 2 进出油口的单向调速阀 4 和 5

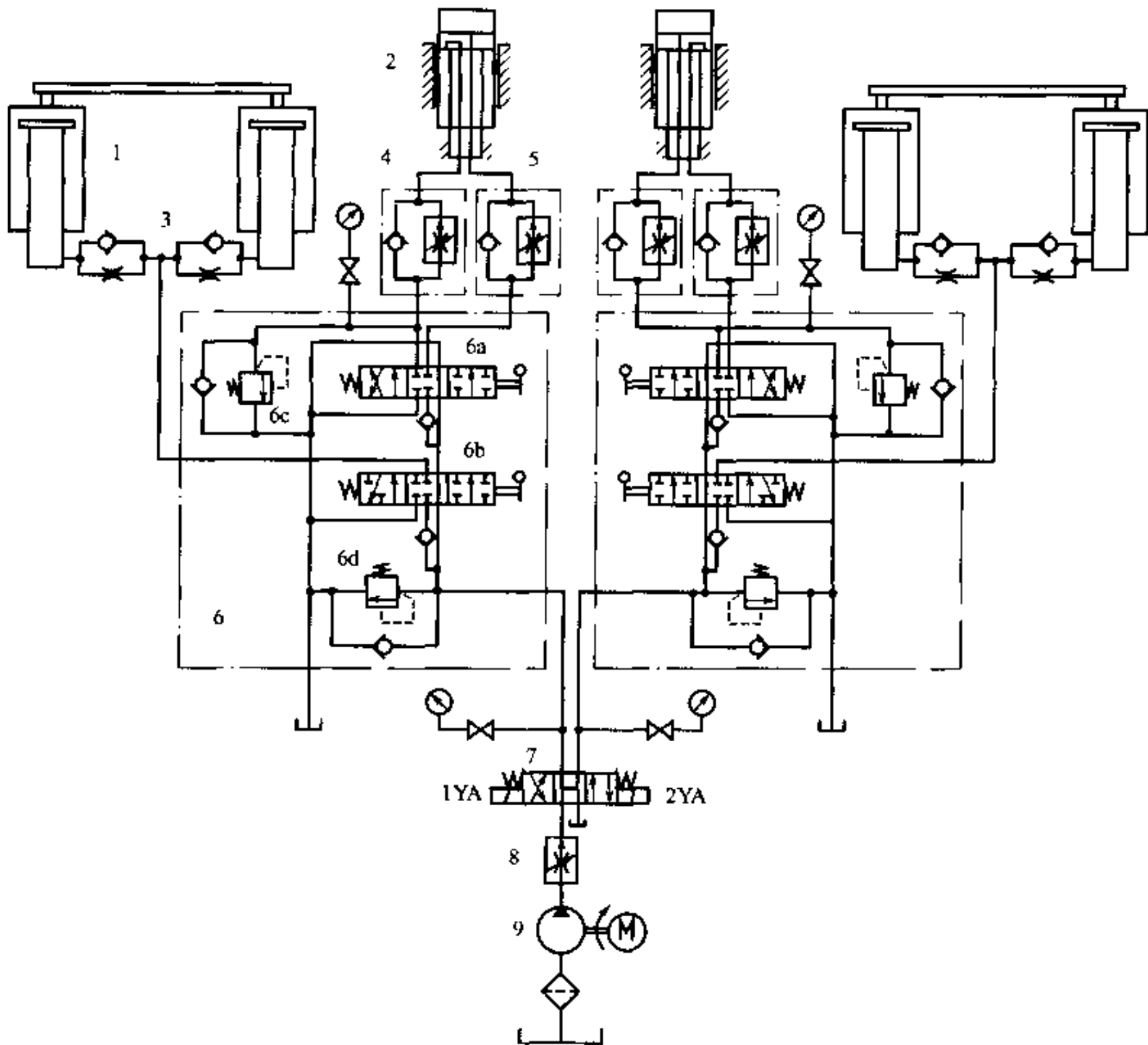


图 5-2 熔炼炉液压系统原理图

1—倾炉液压缸；2—炉盖开闭液压缸；3—单向阻尼阀；4、5—单向调速阀；  
6—手动多路换向阀；7—三位四通电磁换向阀；8—调速阀；9—定量液压泵

用来调节炉盖具有相同的开闭速度，而单向阻尼阀3则用来实现倾炉缸1下降时的单向节流限速。

液压系统的工作原理如下。

仍以左炉体缸工作为例，启动液压泵后，按左炉体供油按钮，电磁铁2YA通电，换向阀7切换至右位。液压泵9的压力油经调速阀8进入组合式手动多路换向阀6，当推拉阀6a的手柄时，炉盖开闭液压缸2即可旋转升降，往返速度由单向节流阀4、5的开度来调定。阀6b的阀心开有单向节流口，随手柄前推位移量的改变，倾炉柱塞缸1的起升速度可随之变化，即可实现变速控制浇钢，手柄前推到位为全开最大流量，如果速度不合适可通过调速阀8来调定。手柄后拉没有调速功能（因浇钢后炉体复位不需变速），到位全开，但单向阻尼阀3可实现下降固定节流限速。阀6a、6b可使浇钢及炉盖升降缸任意启停。当左炉体工作结束时，按下左炉体停油按钮，电磁铁2YA断电，换向阀7复至中位，液压泵通过阀7卸荷。如果需要液压系统终止工作，则可以停泵。

如果右炉体工作，只要使电磁铁1YA通电换向阀7切换至左位即可。

### (3) 技术特点

1) 两个炉体各为一个独立的液压回路，共用一套油源，并通过电磁换向阀的换向交替工作。

2) 液压系统采用进油节流调速，系统的总流量粗调配以分支流量细调，以满足执行器的速度要求。

3) 采用二联手动多路换向阀的并联油路控制执行器的运动，进油与回油互不干扰。

4) 系统设有安全溢流阀和单向阻尼阀，可以防止液压缸过载和倾炉缸下降时超速，安全可靠。

5) 为了满足系统的工作要求，炉盖开闭液压缸和倾炉液压缸采用了非标准特殊结构。炉盖开闭液压缸为活塞缸，该缸要在升降同时满足旋转 $90^\circ$ 的要求，因此采用了有螺旋槽1的导向套（见图5-3），活塞杆与此套固定在一起，缸筒及滚轮沿螺旋槽做螺旋运动，即可满足上述动作要求。为防止粉尘及飞溅钢花，采用伸缩式保护罩。下降终点前采用缓冲柱塞3，以防闭合炉盖冲撞。

考虑该炉的使用条件及可动炉体靠自重下降的工况，倾炉缸采用倒置式柱塞缸，空心活塞杆铰接固定，只有摆动，不做轴向运动。起升时，压力油通过销轴及活塞杆，推缸筒带动可动炉体倾转，下降靠自重压缸筒，通过活塞杆及销轴回油。此缸倒置后可减轻因粉尘及飞溅钢花引起缸唇口密封过早磨损，从而可减轻活塞杆拉伤所造成的液压缸渗油。此缸下降终点前采用缓冲柱塞，以防可动炉体下降终点冲撞。

### (4) 技术参数（见表5-2）

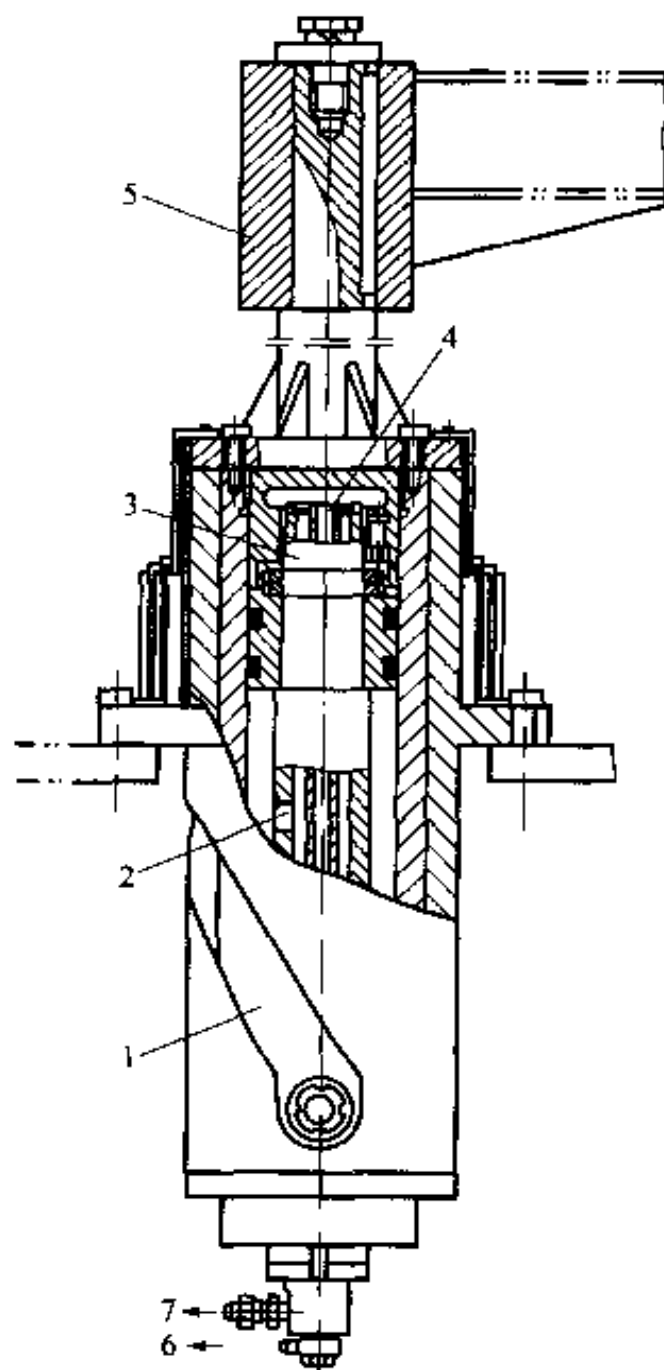


图5-3 炉盖开闭活塞液压缸结构图

- 1—螺旋槽；2—闭盖下降进油；  
3—缓冲柱塞；4—炉盖提升进油；5—炉盖臂；6—炉盖提升；7—炉盖下降

表 5-2 熔炼炉及其液压系统部分技术参数

项 目		参 数	单 位
熔炼炉	容量	1	t
	功率	500	kW
	频率	1	kHz
液压系统	液压泵额定压力	6.3	MPa
	炉盖起升缸限定压力	2.5	
	倾炉缸起升限定压力	5.4	

### 5.2.3 铜管行星轧机成卷液压系统

#### (1) 主机功能结构

PSW-80 型行星轧机是从国外引进的铜管加工设备，用于管状铜坯的轧制成型加工，产品长达数百米。轧机出口成卷导向辊由液压马达驱动，主要用于成品的导向、牵引、矫直、成卷和废品处理。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 5-4 (a) 所示为该机原有的成卷液压系统原理图，这是一个泵控马达开式容积调速系统。系统的执行器为配成 4 对的 8 个双向定量液压马达 11~18，每对同侧的四个液压马达串联连接，其中马达 13 与马达 14 的轴通过一对齿轮 19 啮合，以实现 8 个马达的转速同步。系统的油源为变量液压泵 1，其供油压力由溢流阀 5 设定，并由压力表 6 显示；泵 1 的排量

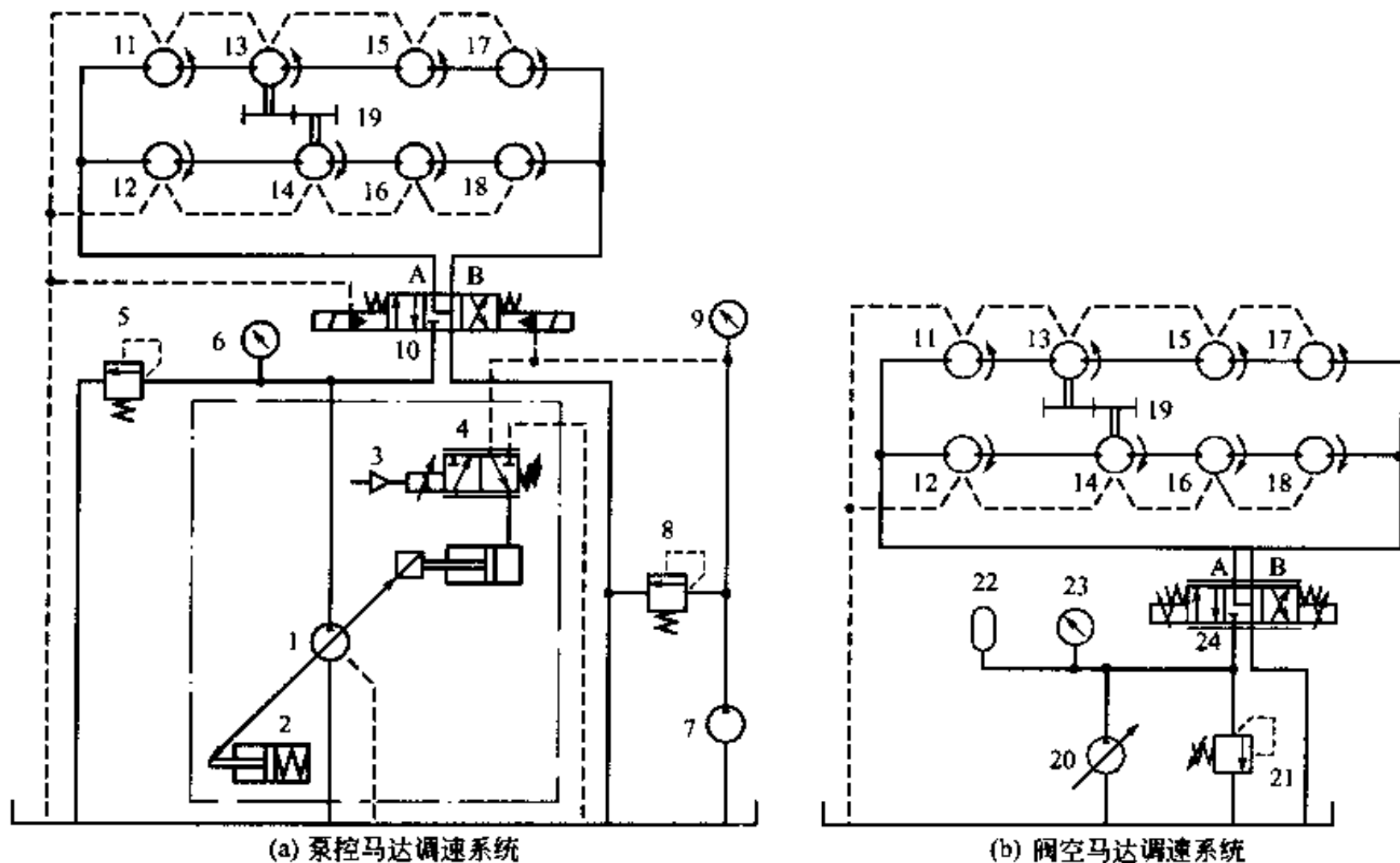


图 5-4 行星轧机液压系统原理图

1—比例变量液压泵；2—变量缸；3—比例控制器；4—比例阀；5、8、21—溢流阀；6、9、23—压力表；7—控制液压泵；10—三位四通电液换向阀；11~18—双向定量液压马达；19—齿轮；20—恒压变量液压泵；22—蓄能器；24—电液比例方向阀



大小取决于变量缸 2 的位置，变量缸的位移由电液比例阀 4 控制；控制油源为定量液压泵 7，其控制压力由溢流阀 8 设定并通过压力表 9 显示。而各液压马达的旋转方向由三位四通电液换向阀 10 控制。

系统工作时，轧制的铜管制品从成对马达驱动的导向辊中通过，运行中要求导向辊表面的线速度与铜管的移动速度相等。否则，导向辊与铜管之间的相对滑动将滑伤铜管外表面，造成产品报废。为此通过调节比例阀 4 控制的变量泵 1 的流量对马达进行容积调速，而马达空载和牵引时所需的不同压力由比例控制器 3 的压力控制通道进行控制。但是在实际生产运行中，该系统液压马达的转速控制精度较低，操作者难以精确调整马达转速使辊轮与铜管间的线速度同步，影响产品的表面质量。

造成上述结果的主要原因是比例阀控制的变量泵的流量调节精度较低。改进后的液压系统如图 5-4 (b) 所示。执行器部分与原系统相同，但是油源及马达的换向回路有较大改动。系统改用恒压变量泵 20 供油，压力由溢流阀 21 设定，泵出口加设的蓄能器 22 作泵的辅助动力源，以满足系统短时大流量的要求。原电液换向阀 10 改换成电液比例方向阀 24，用于控制马达的旋转方向和流量，实现调速。系统运行时，只要通过比例控制器调节比例方向阀 24 的电信号方向和大小，即可获得所要求的方向和流量，使马达转速与导向辊线速度一致。

### (3) 技术特点

- 1) 原系统采用比例泵容积调速，精度较低。
- 2) 改进后的系统采用比例阀直接调速，油路结构简单，控制精度和系统的工作可靠性提高，操作维护难度和系统发热降低。通过设置蓄能器可以降低液压泵的规格。

## 5.2.4 铝箔轧机电液伺服系统

### (1) 主机功能结构

该铝箔粗、精轧机组是从德国 ACHENBACH 公司引进的先进铝箔轧制设备。机组采用了四辊不可逆恒轧制力、有辊缝和无辊缝两种轧制工艺。最终产品为  $B=1.55\text{m}$ ， $\delta=2\times 6\mu\text{m}$  的铝箔。全机组采用了多种先进的液压控制技术，以实现高精度、高质量的铝箔产品生产，尤其是轧机液压推上系统采用了美国伺服公司 (SCA) 的液压伺服控制技术，用电液伺服阀来控制轧机轧辊的推上，是在电动液压控制、机械伺服阀控制的基础上发展起来的全液压结构。

### (2) 电液伺服控制系统及其工作原理

图 5-5 所示为该轧机电液伺服控制系统的原理图。系统的油源为两台径向柱塞变量液压泵 5 和 6，泵的出口设置的溢流阀 7 用来设定液压系统的最高工作压力，防止液压泵过载；系统最低压力由压力继电器 8 控制，带污染报警压差继电器的精密过滤器 9 用以防止电液伺服阀 11 因油液污染而堵塞。系统采用不锈钢油箱 1，油箱设有油温控制调节器 3 和液位控制器 4；独立于主系统的定量液压泵 2 用于系统的离线冷却循环过滤。系统有两个传动侧，A 侧和 B 侧的压下缸采用电液伺服阀控制（图中未画出）。SCA 系统的执行器是装在轧机下支承辊轴承座下而机架窗口处的两个既有油路联系又能独立工作的活塞式液压缸 20，主要由电液伺服阀 11 控制；A、B 侧回路中各有一套皮囊式蓄能器 16；B1、B2、B3、B4 为 A、B 侧检测液压缸 20 带动工作辊位移的位置传感器；A、B 侧回路中的压力传感器 17 用以检测液压缸 20 在轧制工作中的工作压力。图 5-6 所示为 SCA 系统的控制原理方块图，其功能包括工作辊的位置控制、轧制力控制、两个工作辊辊缝开合调节控制及轧辊倾斜度控制。

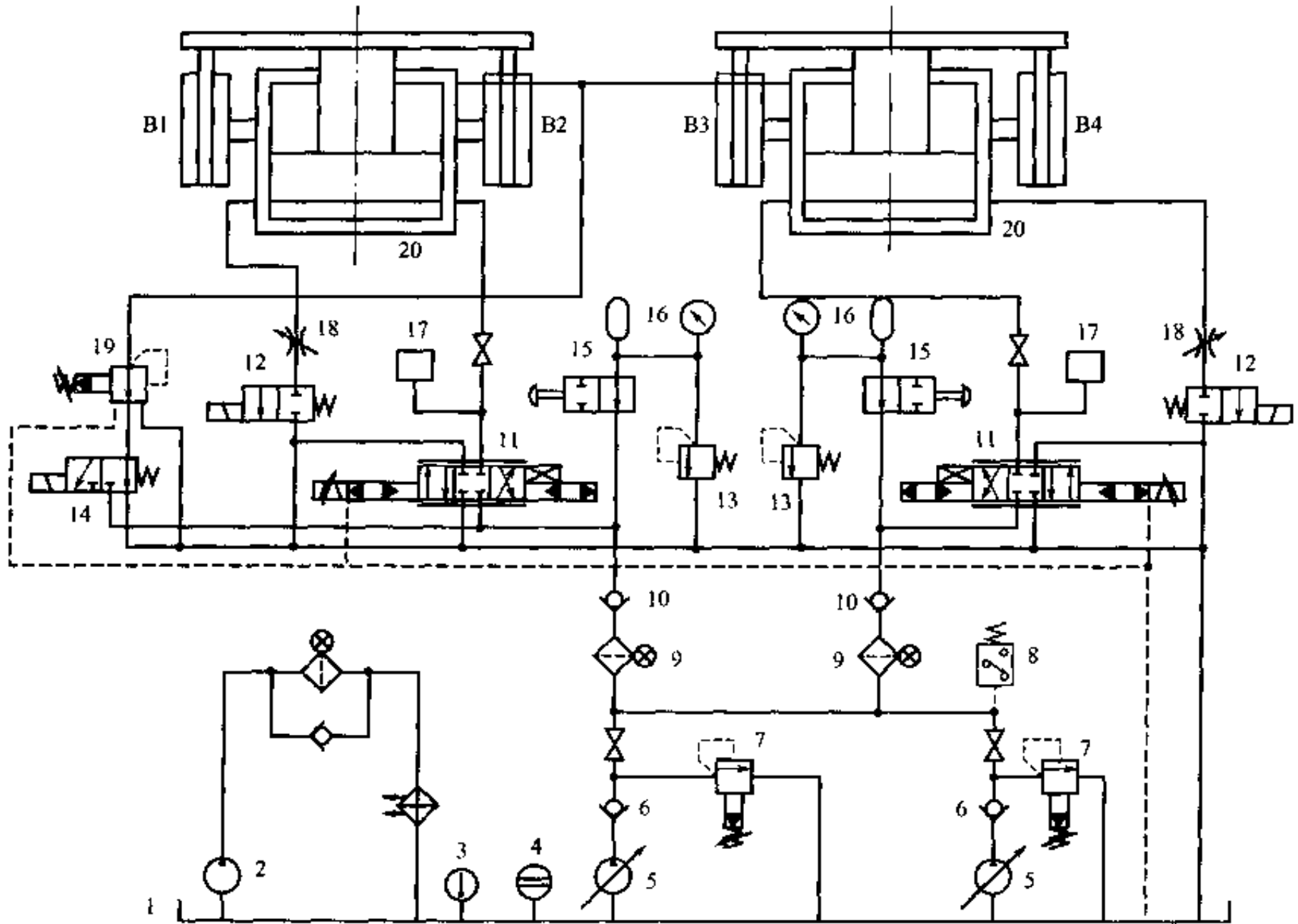


图 5-5 轧机电液伺服系统原理图

1—油箱；2—定量液压泵；3—油温控制调节器；4—液位计；5—径向柱塞变量液压泵；6、10—单向阀；7—溢流阀；8—压力继电器；9—精密过滤器；11—电液伺服阀；12—二位二通电磁换向阀；13—溢流阀；14—二位三通电磁换向阀；15—二位二通手动换向阀；16—皮囊式蓄能器；17—压力传感器；18—节流阀；19—双作用三通压力阀；20—推上活塞缸；B1~B4—位置传感器

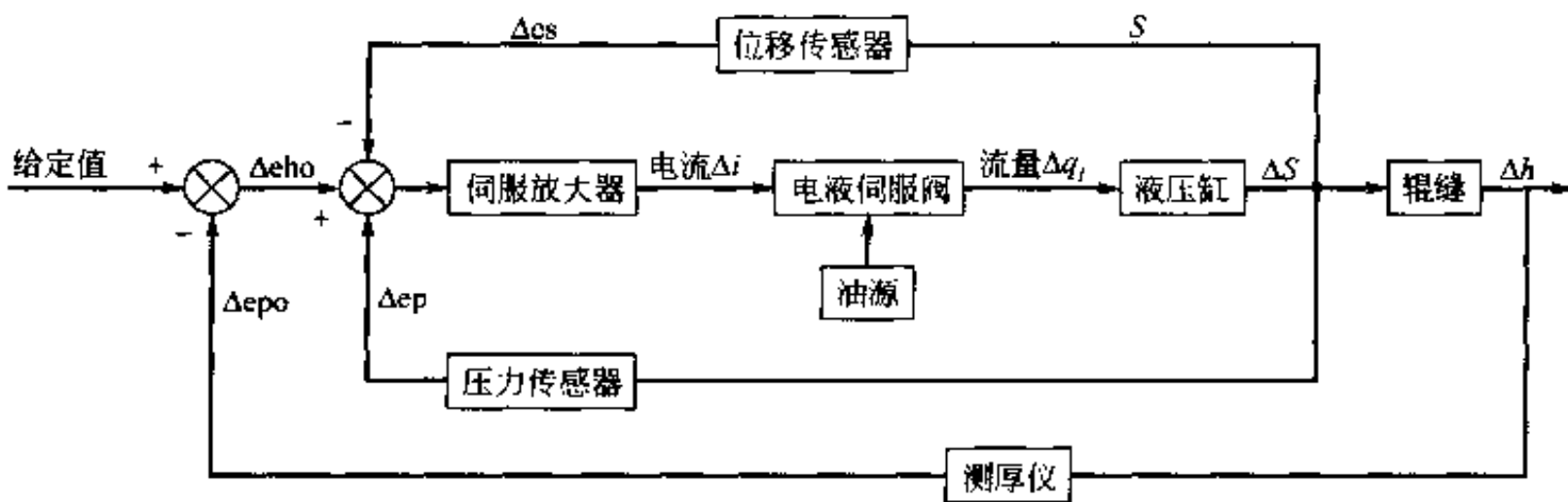


图 5-6 SCA 系统控制原理方块图

根据原料厚度不同，铝箔的轧制分为两个不同的轧制工艺：原料厚度由 0.5mm 轧制到 0.15mm 的轧制过程采用有辊缝、恒轧制力轧制；由 0.15mm 轧制到 12 $\mu$ m（两层）的轧制过程采用无辊缝、恒轧制力轧制。无论是有辊缝还是无辊缝轧制，在初调时，辊缝、轧制力、轧辊的倾斜度的给定值均被设定为零，并输入计算机储存。

1) 有辊缝轧制 工作时，首先启动冷却循环过滤泵 1 使油箱中的油液达到一定的温度

和清洁度，然后启动工作泵5，按要求向系统输送一定流量和压力的油液。根据轧制工艺要求，人工给定一个代表初始厚度的电量 $\Delta e_{ho}$ 后，经伺服放大器变成输出电流 $\Delta i$ ，电液伺服阀中的阀心（滑阀）运动，从而将输出流量 $\Delta q_i$ 至A侧和B侧液压缸20的无杆腔，推动液压缸活塞向上移动，液压缸有杆腔的油液通过阀19、14排回油箱。

当空负载时，只有安装在推上缸20两侧的位置传感器B1~B4发出反馈信号 $\Delta e_s$ 与给定信号 $\Delta e_{pho}$ 进行比较，两者相平衡（相等）时，则伺服阀输入电量为零，系统输出也为零，液压缸活塞停止移动。此时，两工作辊之间保持一定的辊缝，如果辊缝的大小不满足工艺要求，还需要调整辊缝，只需增大或减少给定值即可。

当辊子咬入铝带时，因轧制力变化引起轧机机体弹跳变化造成真实辊缝的改变，此时的给定值仍然不变，而反馈量发生改变破坏了平衡。伺服放大器反向输出，自动进行纠偏调节，而达到新的平衡。轧制力的变化由安装在伺服阀输出管路上的压力传感器17发出反馈信号 $\Delta e_p$ 与给定信号 $\Delta e_{po}$ 进行比较，当两者平衡时，伺服阀的输入电量为零，液压缸20的活塞停止。

为了克服因给定值不准确、轧辊的磨损，元件本身误差等因素对所轧制的铝箔厚度的影响，在上述位移反馈和压力反馈两个闭环基础上，SCA系统出口还设有带材测厚仪反馈检测环节（外闭环），用以测出厚度差，其反馈信号和初始的给定量叠加，修正出精确的辊缝，进一步提高控制精度，使产品质量达到要求。

2) 无辊缝轧制 无辊缝轧制时，靠轧辊的弹性变形来轧制。与有辊缝轧制相同的是，辊缝和轧制力的控制调节，仍然依靠位置传感器B1~B4和压力传感器2所测的实际值作为反馈，与给定值进行比较后，输给伺服阀进行调节，以满足工艺要求，但出口带材的厚度不是由SCA系统控制，而是靠改变卷曲机的张力和轧制速度来实现的。

在轧制过程中，如果发生“断带”故障，位置传感器迅速发出信号，事故程序控制系统立即使电液伺服阀11和电磁换向阀12通电换向，液压缸无杆腔流量卸载，阀12是伺服阀的辅助阀，起快速卸载作用。此时电磁换向阀14也通电换向，使液压泵的压力油经双作用三通压力阀19进入缸20的有杆腔，加速液压缸退回，以免轧辊在断带时烧损。

推上缸20和伺服阀11靠安全溢流阀13进行压力卸载保护。由于伺服阀存在着压力零位漂移，会影响伺服阀的控制精度，甚至引起系统共振，所以为了稳定伺服阀的供油压力，在系统中装有皮囊式蓄能器，并且由阀13保护。

如果伺服阀堵塞及油液污染，则精密过滤器9的进出口压差将增加，其附带的压差继电器迅速发出滤芯污染报警信号，使供油停止。更换新的滤芯后警报解除，继续向系统供油，以高清洁度的油液保证伺服阀正常工作。

### (3) 技术特点

#### 1) 优点

① 本铝箔轧机采用了先进的电液伺服控制技术、传感技术和计算机控制技术。其结构型式和控制方式与电动液压推上机械伺服阀控制的液压推上系统相比更简单、更稳定、更可靠、精度更高。所以被国际上公认为最理想的轧机推上控制方式。西欧各国在铝箔轧机上基本都采用了这种结构和控制方式。

② 采用电液伺服控制系统控制轧机轧辊的推上，由高精度的辊缝位移传感器、压力传感器和测厚仪组成闭环反馈控制，响应快、精度高，保证了铝箔产品的轧制质量。

③ 液压系统的压力、流量、温度及油液清洁度等采用了程序控制措施，如轧制过程

断带出现时的快速卸载、系统的离线冷却循环过滤等，是系统正常运行的可靠保证。

## 2) 缺点

① 油源供油压力高，要选用高压泵。

② 对油液的清洁度要求苛刻，一般为 NAS4 级以上，油液稍有污染，就会造成阀件堵塞。

③ 对环境要求苛刻，工作环境条件的变化会引起电液伺服阀零位漂移，使系统出现误差。

④ 电液伺服阀的精度比较高，维护、检修等比较困难。

(4) 技术参数 (见表 5-3)

表 5-3 铝箔轧机电液伺服系统的技术参数

项 目		参 数	单 位
供油压力		23	
安全保护压力	最高(溢流阀 7 设定)	23.5	MPa
	最低(压力继电器 8 设定)	15.4	
	卸载保护(溢流阀 6)		
工作压力		22	
电液伺服阀	空载流量	19.57	L/min
	负载流量	11.3	
	零偏	≤3%	
响应时间	伺服阀	6	ms
	系统最迟	30	
推上液压缸	缸径	400	mm
	杆径	360	
	行程	60	
位置传感器	测量范围	±50	
	测量精度	0.5%	
精密过滤器	过滤精度	3	μm
	压差继电器发信压差	0.25	MPa
皮囊式蓄能器	容量	41	L
A、B 侧压下缸	额定压力	21	MPa
	额定流量	20	L/min

## 5.2.5 板坯连铸机液压振动台系统

### (1) 功能结构

在连铸技术中，只有采用了结晶器振动装置，连铸才能成功。结晶器振动的目的是防止拉坯时坯壳与结晶器黏结，同时获得良好的铸坯表面。因面结晶器向上运动时，减少新生的坯壳与铜壁产生黏着，以防止坯壳受到较大的应力，使铸坯表面出现裂纹；而当结晶器向下运动时，借助摩擦，在坯壳上施加一定的压力，压合结晶器上升时拉出的裂痕，这就要求向下运动的速度大于拉坯速度，形成负滑脱。

现代连铸机采用液压振动装置，其结构原理如图 5-7 所示。液压动力站是振动装置的动力源，向振动液压缸提供稳定压力和流量的油液。液压动力站的信号由主站室内的控制计算机通过 PLC 系统来控制。液压振动的核心控制装置为灵敏度极高的振动伺服阀，液压动力站提供动力如有波动，伺服阀的动作就会失真，造成振动时运动不平稳和振动波形失真。为此，要在系统中设置蓄能器以吸收各类波动和冲击，保证整个系统的压力稳定。正弦和非正弦曲线振动靠振动伺服阀控制，而振动伺服阀的控制信号来自曲线生成器，主控室的计算机通过 PLC 控制曲线生成器设定振动曲线（同时也设定振幅和频率）。曲线生成器通过液压缸传来的压力信号和位置反馈信号来修正振幅和频率。经过修正的振动曲线信号转换成电信号来控制伺服阀。只要改变曲线生成器即可改变振动波形、振幅和频率。曲线生成器输入信号的波形、振幅和频率可在线任意设定，设定好的振动曲线信号传给伺服阀，伺服阀即可控制振动液压缸按设定参数振动。在软件编程中，同时还设置多种报警和保护措施以避免重大事故的发生。这种在线任意调整振动波形、振幅和频率是由直流电机驱动的传统机械式振动装置所不能实现的。

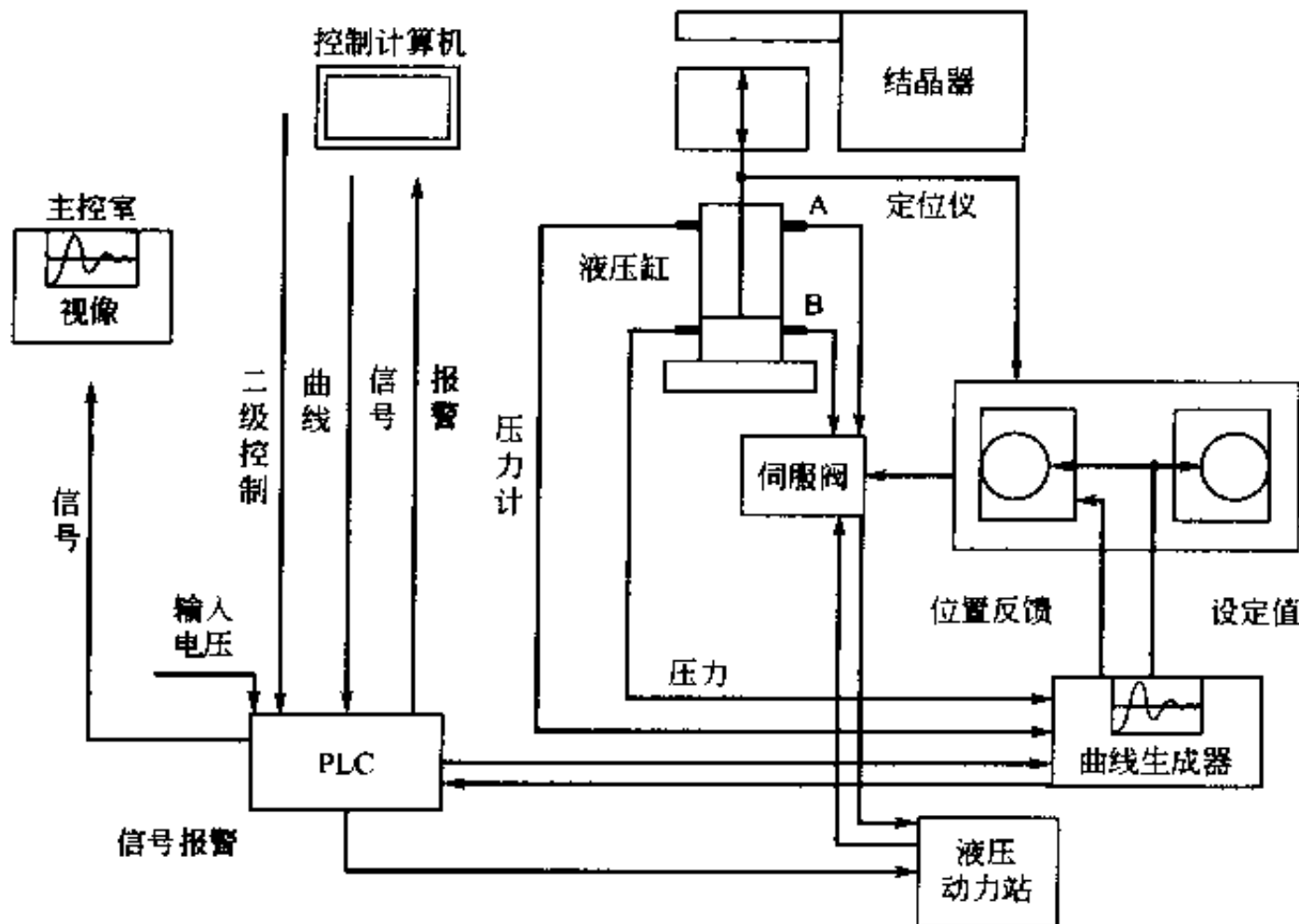


图 5-7 液压振动结构组成及控制原理

## (2) CSP 薄板坯连铸连轧生产线液压振动台伺服控制系统及其工作原理

CSP 薄板坯连铸连轧生产线的液压振动台是珠江钢厂从德国 SMS 公司引进的，可根据不同的钢种、浇速等改变振动方式。其液压伺服系统原理图如图 5-8 所示，动力采用恒压泵油源，既可提高系统的稳定性，又可减少系统发热，降低油温，延长油液使用寿命，还可以降低能耗，节约能源。系统的油箱、管路等全部采用不锈钢材质，以保证油源的清洁。系统的核心是三级控制电液伺服阀 4，用于控制双作用对称振动伺服液压缸 9 的运动方向与速度。伺服阀的进、出油口回路上接有四个二位二通手动换向阀 3，用于在维修时将伺服阀与油路隔离。进回油路上各设有两个小型蓄能器 1，用于进一步吸收流量脉动，同时提高伺服液压缸开始动作时的响应速度。溢流阀 5 和阀 6 是起安全阀作用的。在回路中，还装有压力传感器 7 及位置传感器，用于实现反馈控制。过滤器 2 的过滤精度达  $3\mu\text{m}$ ，保证了伺服阀对

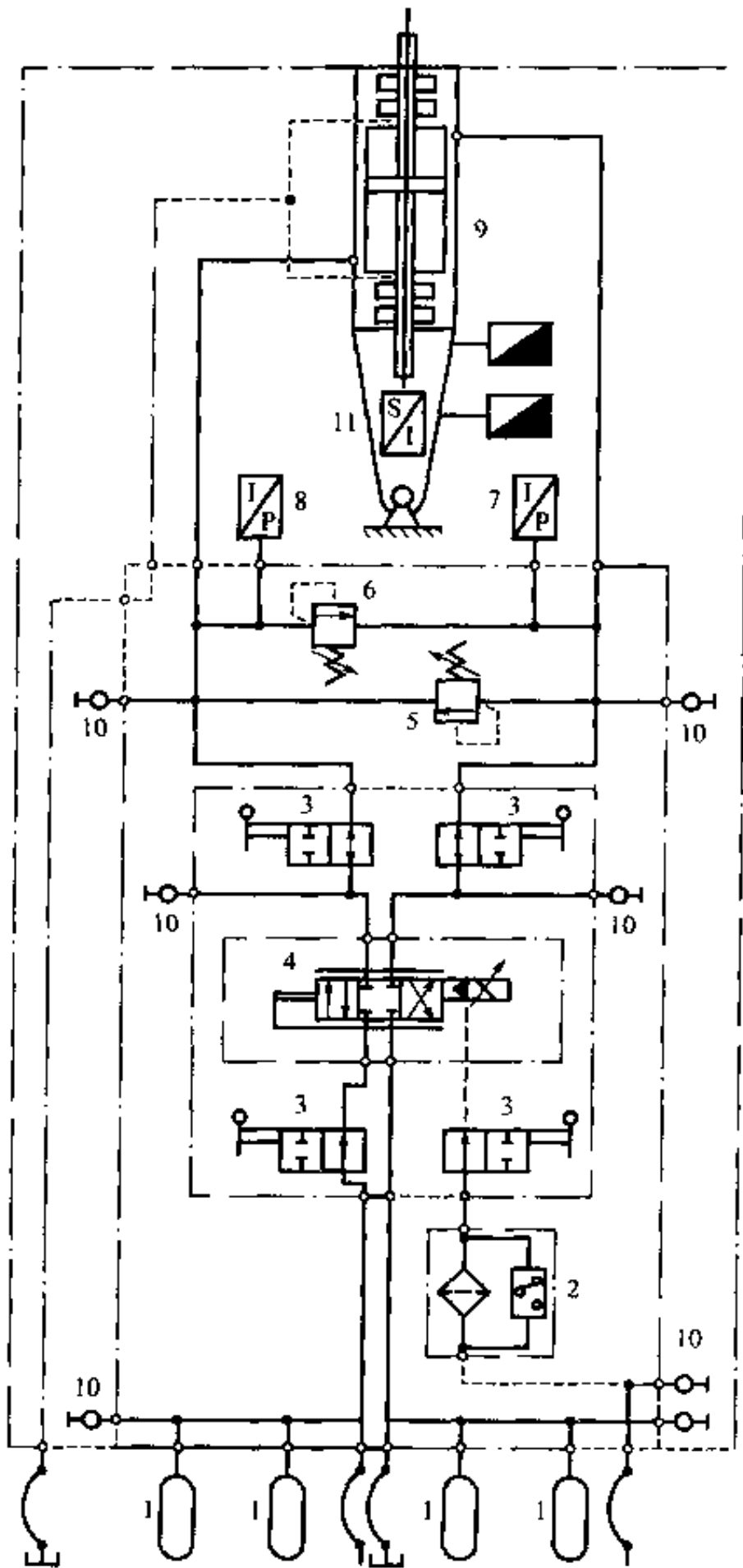


图 5-8 振动台液压伺服控制系统原理图

- 1—蓄能器；2—过滤器；3—二位三通手动换向阀；  
4—三级控制电液伺服阀；5、6—溢流阀；  
7、8—压力传感器；9—振动伺服液压缸；  
10—测压接头；11—位移传感器

### (2) 液压系统及其工作原理

图 5-10 所示为该升降台的液压系统原理图。系统的油源为两台同规格定量泵 1 和泵 2，一台为工作泵，一台为备用泵；两泵出口并联有起安全保护作用的先导式溢流阀 3 和阀 4，泵的出口设有防止油液倒灌的单向阀 5 和阀 6。执行器为齿轮齿条式液压缸 14，升降台工作过程中，在平衡装置作用下，液压缸的工作压力是变化的，升降台下降或上升，都经过一个

油源清洁度的要求。并设置了多个测压接头 10，以便于故障的查找。

### (3) 技术特点

与机械振动相比，板坯连铸机的液压振动装置有一系列优点。

1) 振动力由两点传入结晶器，传力均匀。

2) 在高频振动时运动平稳，高频和低频振动时不失真，振动导向准确度高。

3) 结构紧凑简单，传递环节少，与结晶器对中调整方便，维护也方便。

4) 采用高可靠性和高抗干扰能力的 PLC 控制，可长期保证稳定的振动波形。

5) 可精确连续改变振动曲线（波形、振幅和频率），并可在线设定振动波形等，增加了连铸机可浇铸的钢种。

6) 改善铸坯表面与结晶器铜壁的接触状态，提高铸坯表面质量并减少黏结漏钢。

### (4) 技术参数

该装置可实现最大铸速 6m/min；最大振幅 10mm；最大振动频率 450 次/min。

## 5.2.6 轧机液压升降台系统

### (1) 升降台的功能结构

冶金工业中使用的三辊轧机前后设有升降台，用于升降和输送轧件。 $\phi 560$  轧机升降台的升降机构采用了液压传动。该升降台（见图 5-9）由齿轮齿条式液压缸、重锤、升降台、轧辊等组成。齿轮齿条式液压缸 1，通过齿轮轴直接驱动升降台 3 的升降机构，重锤 2 用来平衡升降机构，平衡装置在升降台处于中间位置时保持平衡状态，而升降台上升至上部位置时呈欠平衡状态，升降台处在下部位置时属于过平衡状态，这种平衡条件利于液压系统设计和合理利用功率。



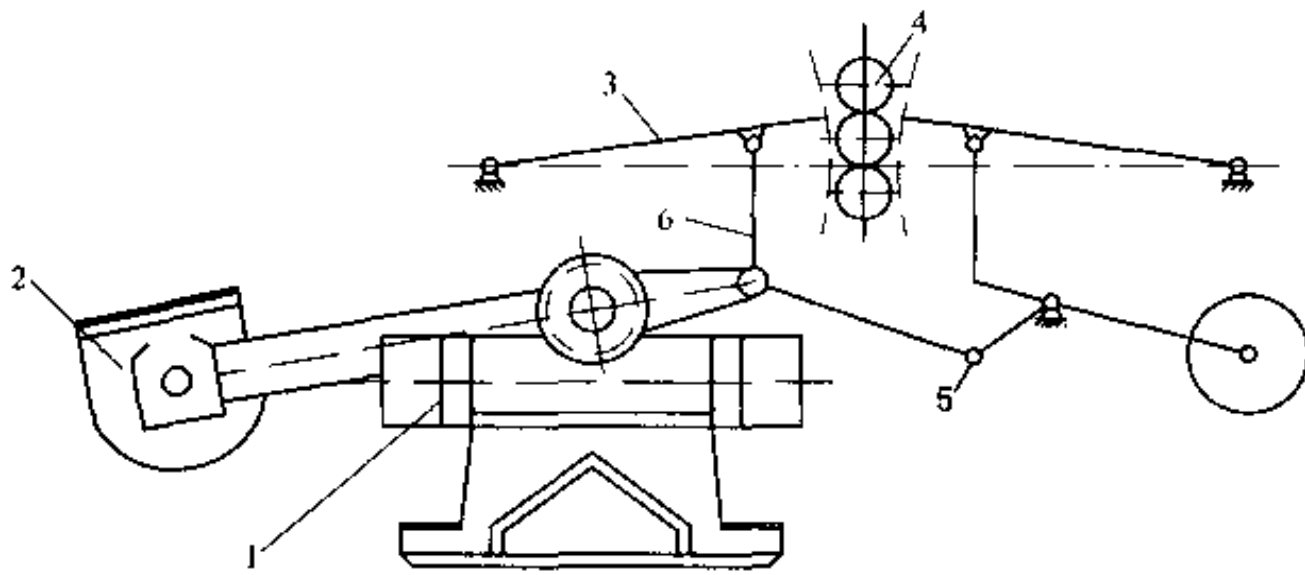


图 5-9 轧机液压升降台结构示意图

1—齿轮齿条液压缸；2—重锤；3—升降台；4—轧机轧辊；5—连杆；6—顶杆

加速和减速过程，升降台在到达中间位置前加速，过了中间位置减速，对应于加速过程，液压缸的工作压力较低甚至负压；而减速过程，液压缸工作压力为正值，为溢流阀的设定压力；从液压系统回路效率、功率利用有利情况以及升降台对速度平稳性要求不高等条件考虑，系统采用单向调速阀 8 的旁路节流调速方式。液压缸 14 的运动方向由 Y 型滑阀机能的三位四通电磁换向阀 11 控制，并通过两个液控单向阀 12 和阀 13 实现锁定，以保证升降台在任意位置可靠停留，换向可靠；蓄能器 10 在系统中起蓄能补油与缓冲作用。压力继电器 9 为二位二通电磁换向阀 7 的发信装置。

系统的循环过程如下（假定液压泵 1 工作）。

(1) 升降台上升（液压缸右行）

电磁铁 1YA 通电使三位四通电磁换向阀 11 切换至左位，液压泵 5 的压力油经单向阀 5、阀 11 和液控单向阀 12 进入液压缸 14 左腔，同时反向导通液控单向阀 13，液压缸右腔经阀 13 和阀 11 回油，液压缸右行带动升降台快速上升，蓄能器 10 可向液压缸补油，如出现负值负载（超越负载），油箱可直接进行补油。升降台过了中间位置后，随着负载增加，当系统压力增至压力继电器 9 的设定值时发信，电磁铁 3YA 通电，二位二通电磁换向阀 7 切换至下位，液压缸继续右行，此时系统处于高压，至升降台到达上端位置，行程开关发出信号，使电磁铁 1YA 断电，换向阀 11 复至中位，升降台锁定在上端位置。

(2) 升降台下降（液压缸左行）

当电磁铁 2YA 通电时，换向阀 11 切换至右位，液压泵 1 的压力油经单向阀 5、阀 11 和液控单向阀 13 进入液压缸 14 右腔，同时反向导通

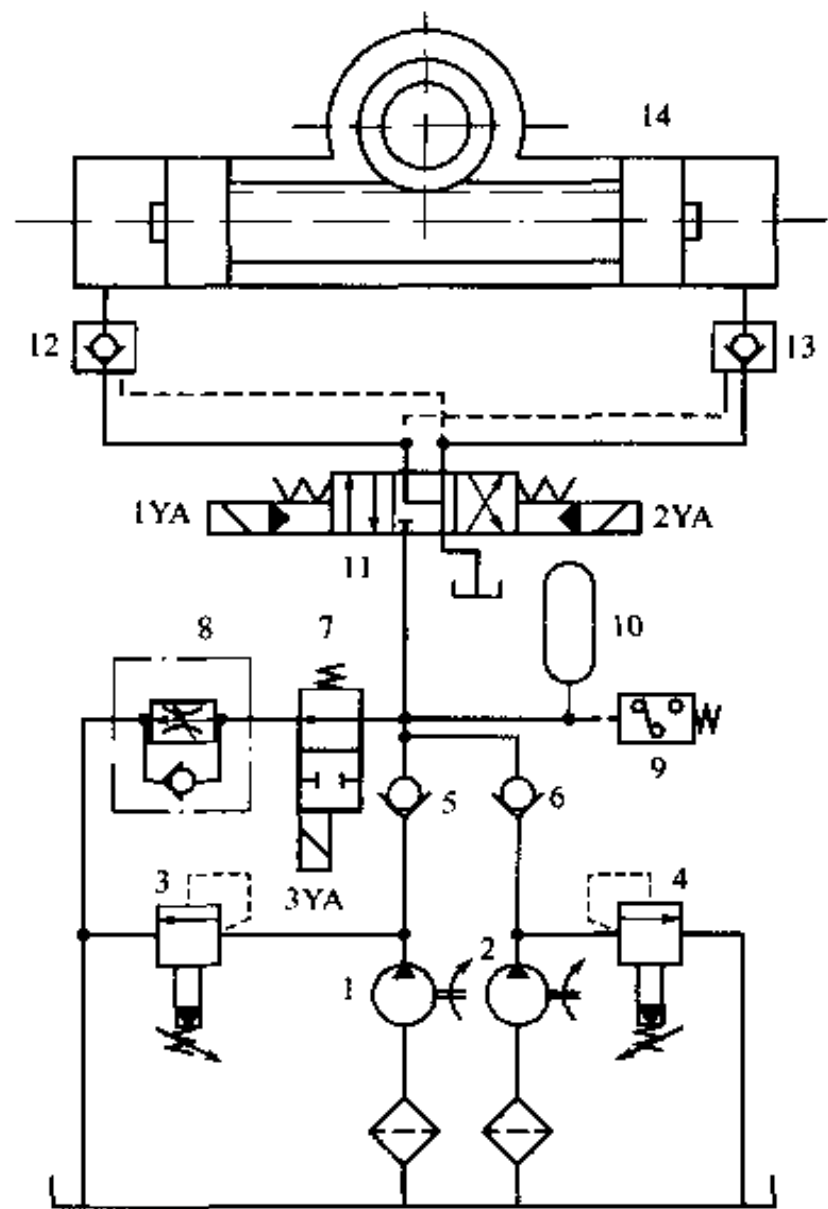


图 5-10 升降台液压系统原理图

1、2—定量液压泵；3、4—先导式溢流阀；5、6—单向阀；7—二位二通电磁换向阀；8—单向调速阀；9—压力继电器；10—蓄能器；11—三位四通电磁换向阀；12、13—液控单向阀；14—齿轮齿条式液压缸



液控单向阀 12，液压缸左腔回油，液压缸带动升降台下降。

升降台升降过程中的速度由单向调速阀 8 的开度间接决定（即缸的速度与调速阀开度大小成反比），系统最高工作压力由溢流阀 3 限定。

### (3) 升降台停留

当所有电磁铁全部断电时，液压泵 5 输出的油液一部分经二位三通换向阀 7 和调速阀排回油箱，另一部分挤入蓄能器，系统处于低压状态，液压缸两腔闭锁，从而升降台停留在任意位置。

### (4) 技术特点

- 1) 升降台的整体重量轻，功率利用合理。
- 2) 与常用的偏心轮式机械驱动升降台比较，结构简单，操作方便，运行可靠，造价低廉，液压元件更换容易、方便，并有利于缩短维修时间。
- 3) 为了提高液压系统乃至升降台的可靠性，油源采用了冗余结构（双泵中，一台工作，一台备用）。
- 4) 液压系统采用旁路节流调速方式，液压泵的供油压力跟随负载变化，有利于节能。系统采用了蓄能器，有利于向液压缸补油和缓冲。
- 5) 液压系统采用液压站结构形式并安置在平台上，通过油管与工作机构连接，大大改善了工作环境，便于使用、维护、管理。
- 6) 齿轮齿条液压缸采用开沟槽缓冲装置，工作台工作平稳、无冲击，避免了机械升降机构由于冲击而造成的较高的故障率，提高了生产效益；缸的两端设有可调定位机构，能方便地调节液压缸行程，确定升降台的摆动幅度，从而方便地调整升降台的上下极限位置。

### (5) 技术参数（见表 5-4）

表 5-4 轧机升降台技术参数

项 目		参 数	单 位
升降台	台面总长度	9.44	m
	台面重量	18	t
	台面停放轧件	2	根
	升降高度	488	mm
	升降一次时间	1.96	s
液压系统	压力	7	MPa
	流量	150	L/min
	所需驱动电动机功率	30	kW

## 5.2.7 轧机自动辊缝高水基工作介质液压控制系统

### (1) 液压自动辊缝轧机的功能结构

液压自动辊缝控制（AGC）是通过对液压缸的位置或力的伺服控制，克服轧件的不均匀性、轧机弹跳等因素，保持轧辊的辊缝恒定不变，以获得尺寸精度很高的产品的一种技术。轧件在轧制时，其温度一般在 800~1000℃ 之间，以矿物油为工作介质的液压系统极易

因泄漏引起火灾,造成巨大损失。为此,英国钢铁公司莱肯比H型钢厂在其液压AGC系统中使用HFA95/5高水基液(95%的水中加入5%的各种合成抗磨、耐压添加剂混合而成的溶液)作为工作介质,该介质不含有任何矿物油,且与矿物油不相容。该厂采用三机架(初轧机、轧边机和精轧机)紧凑串列方式进行轧制,三台轧机上均配备了液压AGC系统。这三套液压AGC系统的工作原理完全一致,故此处以初轧机液压AGC系统为例进行介绍。

初轧机液压AGC系统包括水平轧辊压下AGC液压系统和立辊压入AGC液压系统。其中水平轧辊压下AGC液压系统共有两个AGC液压缸,安装在轧机压下丝杠与上辊轴承座之间,分别由两个液压系统进行控制,对初轧机上下水平辊缝进行精确控制;立辊压入AGC液压系统共有4个AGC液压缸,安装在轧机压入丝杠与立辊轴承座之间,分别由4个液压系统进行控制,对初轧机两侧立辊压入辊缝进行精确控制。因此初轧机共有6个AGC液压缸,分别由6个液压系统进行控制。这6个液压系统完全一样,只是所控制的AGC液压缸在轧机上所安装的位置不同而已。此处仅以初轧机传动侧水平辊压下AGC液压系统为例介绍该液压系统。

## (2) 液压系统及其工作原理

图5-11所示为该液压系统原理图,包括主泵单元、先导控制单元、蓄能器单元、卸荷单元、AGC液压缸供油及控制单元、循环冷却单元等6个部分,各部分的组成、功能及其工作原理如下。

1) 主泵单元 主泵单元共有两台柱塞泵(往复运动式柱塞水泵)1,一台工作,一台备用。各泵出口有一个由插装阀6、溢流阀8以及电磁换向阀7等元件组成的二次调压单元。溢流阀用于设定系统最高压力,起安全保护作用。在主泵1启动的同时,换向阀7的电磁铁断电,插装阀6开启,泵空载启动。大约经过10s,换向阀7的电磁铁通电,插装阀6关闭,泵转入升压供油状态。

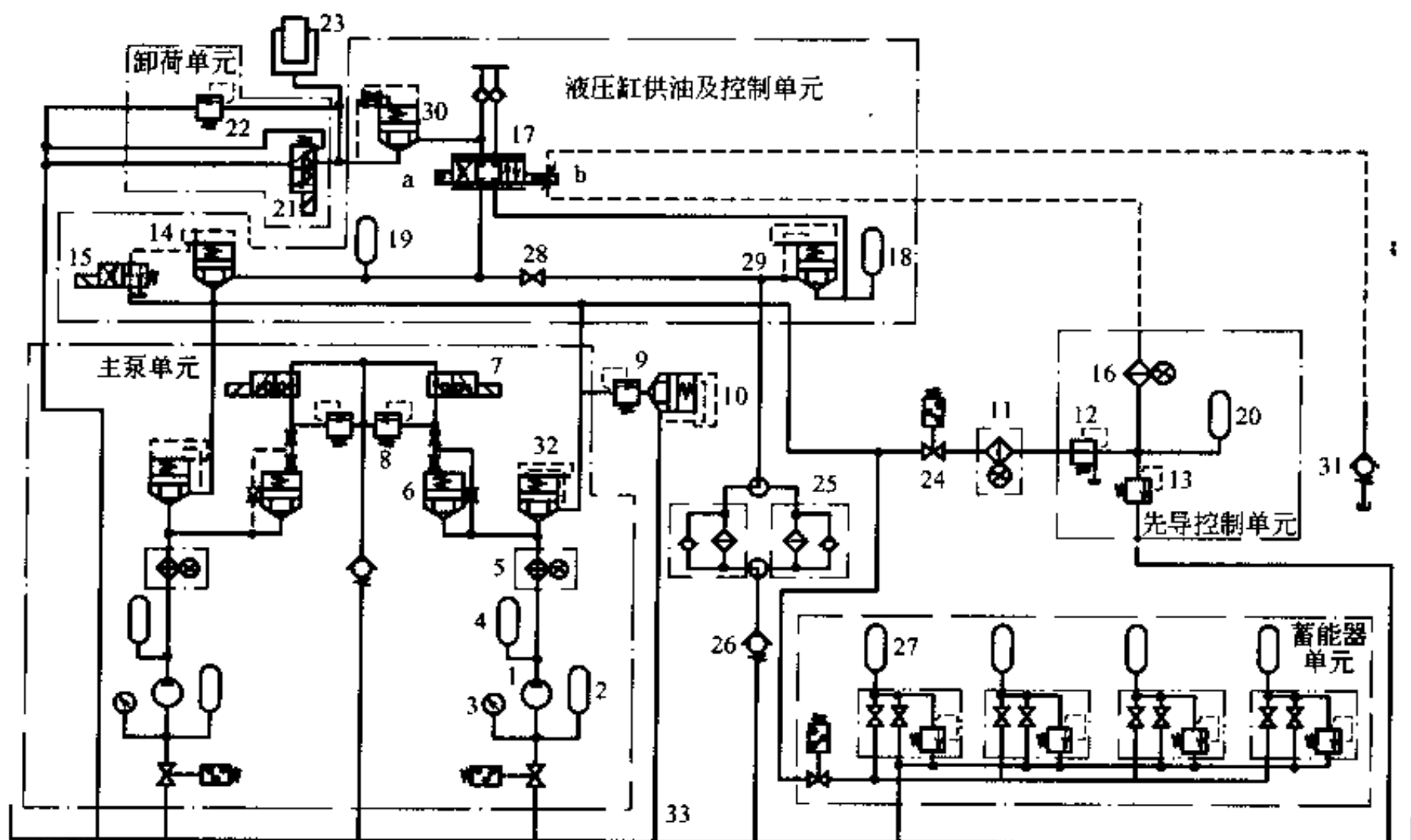
2) 先导控制单元 该单元由减压阀12、溢流阀13、单线压差式过滤器16、蓄能器20等组成。先导控制压力由减压阀12设定。

3) 蓄能器单元 该单元在主回路的压力油路中,共设置了4组皮囊式蓄能器27,用于保持系统压力恒定,减小系统的压力波动。

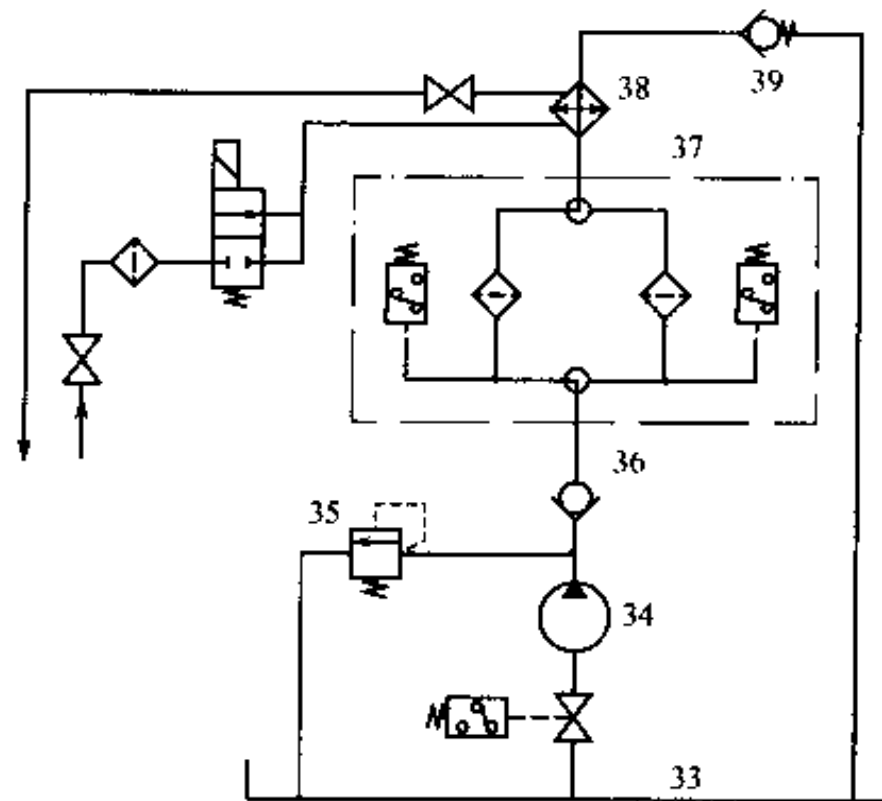
4) 卸荷单元 该单元由溢流阀22,电磁换向阀21组成。其功能是,通过对溢流阀22压力值的设定而限制压力回路中的压力峰值;通过电磁换向阀21的开启,使AGC液压缸23快速缩回,主要用于事故处理状态,如坐辊或堆钢时。

5) AGC液压缸供油及控制单元 该单元给AGC柱塞式液压缸23提供压力油。工作原理为:液压泵1的压力油经过滤器5、插装阀32到达插装阀14,该插装阀是由先导控制油控制的;正常状态下,电磁阀15通电切换至左位,插装阀14开启,压力油经过插装阀14到达伺服阀17,当伺服阀17的b位通电时,压力油进入AGC缸23,缸的柱塞伸出;当伺服阀17的a位通电时,压力油与AGC缸不相通,AGC缸与回油路接通,AGC缸的柱塞由于其上作用的推力而缩回,从而实现了AGC缸柱塞的伸、缩功能。

6) 循环冷却单元 该系统的循环冷却单元为一个独立的离线液压回路[见图5-11(b)],由定量泵(离心水泵)34、溢流阀35、过滤器37、冷却器38等元件组成;该回路与主系统共用一个油箱,吸油口位于油箱33的回油侧,回油口位于油箱33的吸油侧;回路的工作压力由溢流阀35设定。工作时,泵34的压力油经单向阀36、过滤器37、冷却器38、



(a) 主系统



(b) 循环冷却单元液压回路

图 5-11 传动侧水平辊压下 AGC 液压系统原理图

- 1—定量柱塞泵；2、4、18、19、20、27—蓄能器；3—压力表；5、11、16—单线压差式过滤器；6、10、14、29、30、32—插装阀；7、21—二位三通电磁换向阀；8、9、13、22、35—溢流阀；12—减压阀；15—二位四通电磁换向阀；17—电液伺服阀；23—AGC 液压缸；24—压力继电器；25—回油过滤器；26、31、36、39—单向阀；28—截止阀；33—油箱；34—冷却用定量液压泵；37—过滤器；38—冷却器

单向阀 39 流回油箱 33 中，从而实现对油箱 33 中的油液的循环过滤和冷却。该系统为连续工作制，保证系统使用的工作介质有足够的清洁度（NAS 4 级），同时冷却油液使其温度保持在允许的工作范围（30~45℃）内。

### (3) 技术特点

1) 系统采用适合 HFA95/5 工作介质的液压元件。主泵和冷却泵均为水泵，伺服阀是 Moog 的机械反馈式两级伺服阀。系统中禁用带有铝元素的液压元件，以防铝与 HFA95/5 介质发生反应产生腐蚀。另外，系统中所有的密封元件材料应采用氟橡胶。

2) 由于工作介质 HFA95/5 的黏度很低（几乎与水的黏度一致），系统中的控制元件大量使用了插装阀和电磁提动阀，以减少泄漏。

3) 由于 HFA95/5 消除空气以及分离污染物的能力较差，需采用较大体积的油箱来延长工作介质在油箱中的逗留时间；油箱高架设置（高于泵吸油管 2 m），以保证泵的吸油性能；尽量减少吸油管路上的各种弯曲，以防出现汽蚀现象。

4) 由于工作介质 HFA95/5 的弹性模量较大，泵出口的工作介质具有较高的压力波动性，因此在系统中适当的地方（泵的吸、压油口，主系统压力油路，先导控制油路以及回油路中）都分别设置了体积大小不等的皮囊式蓄能器，以保持系统压力稳定，减少压力波动。

5) 由于工作介质 HFA95/5 的润滑性能较差，因此本系统使用的过滤器的过滤精度较使用液压油的同样系统要高，本系统中所有过滤器的过滤精度为  $3\mu\text{m}$ 。过滤器在系统中的安装位置要仔细考虑，尤其是泵出口过滤器的安装位置应尽量远离泵出口。如果过滤器安装位置离泵出口过近，由于 HFA95/5 弹性模量较大，泵出口压力波动较大，可能导致过滤器滤芯由于疲劳而损坏。

6) 由于使用 HFA95/5 作为工作介质，需使用不锈钢油箱，并使用高压水泵作为工作泵等使费用增加，但是由于 HFA95/5 价格低廉，对环境的污染程度很低，可以直接排放到环境中去，所以从整体和长远来看，其投资费用并不昂贵。同时 HFA95/5 具有非常良好的抗燃安全性能和抗磨性。所以与纯水液压介质类同，HFA95/5 也应视为一种“绿色”液压传动介质。

### 5.2.8 热浸镀模拟试验机的液压系统

#### (1) 主机功能结构

热镀锌镀层厚、耐腐蚀性强、成本较低，并且镀层的厚度、韧性、表面状态都能加以控制，因而热镀锌板在汽车制造业、建筑业及家电业等行业获得了普遍应用。用户对连续热浸镀锌板的数量和质量也随之提出了更高的要求。

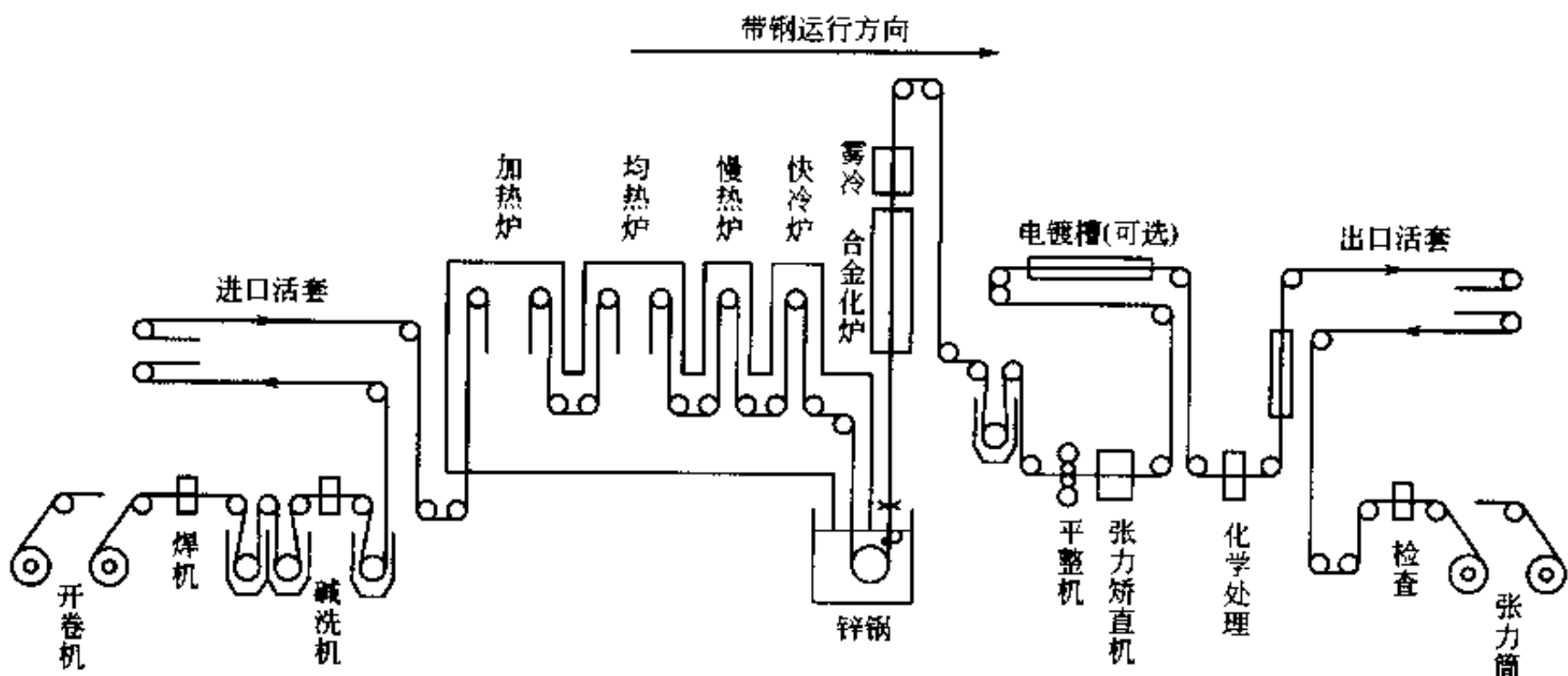


图 5-12 典型热镀锌生产工艺

连续热镀锌生产线的工艺过程为冷轧薄板（热轧薄板可作基板）经清洗、连续式退火炉中退火、浸入熔融锌锅中热浸镀锌、气刀喷吹控制镀层厚度、钝化/光整、拉伸矫直及相应处理等工序后，最终获得表面牢固附着一层极薄的锌金属的薄板。典型热镀锌生产工艺如图 5-12 所示。

新型热浸镀模拟试验机，用于在实验室条件下，研究钢板热浸镀锌的控制条件和过程，能够完成以钢板热镀锌为主的，包括热镀锌、镀铝及表面涂敷模拟试验与测试；能完成以钢为主的板材的连续退火及淬火等热处理。主机采用立式装置；工作中需保证实验与生产过程基本一致。该模拟试验机的动作及控制过程如图 5-13 所示。其中，试样位置控制、隔离密封装置、张力控制装置、气刀喷吹装置等运动机构采用了液压传动与控制。

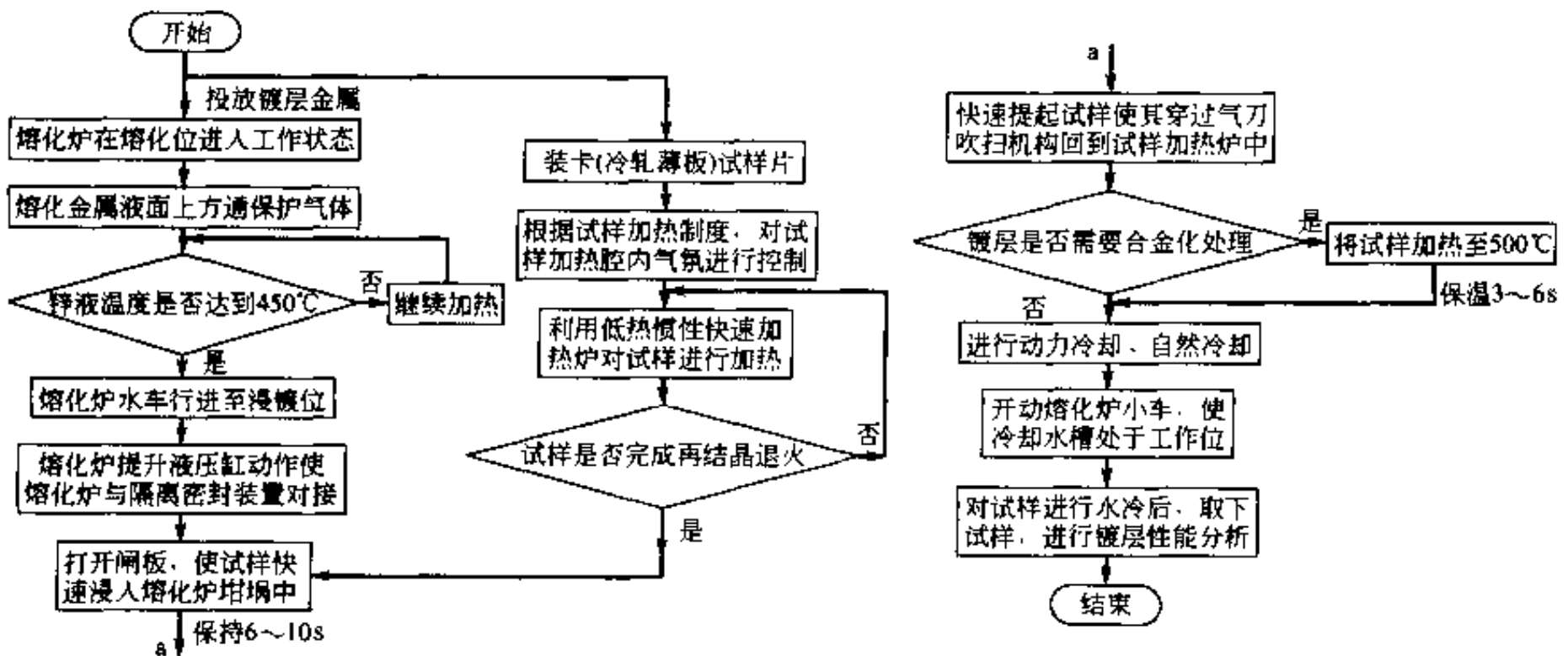


图 5-13 模拟试验机的动作及控制流程

## (2) 液压控制系统及其工作原理

图 5-14 所示为试验机的液压系统原理图。系统包括试件位置控制、隔离密封、张力控制和气刀控制等 4 个执行器液压回路。系统的油源为定量液压泵（叶片泵）1 和起辅助动力源作用的蓄能器 5。电磁溢流阀 2 用于设定蓄能器 5 的充液蓄能压力，在充液压力达到卸荷阀设定压力时使液压泵卸荷，并可通过其电磁铁 1YA 控制换向阀使液压泵 1 空载启动。

试样位置控制回路的执行器为传送液压缸 26。通过电磁铁 2YA 和 3YA 的通断电组合，可使缸 26 完成慢速进给、快速进给和快速退回动作。当电磁铁 2YA 和 3YA 都不通电使二位三退电磁换向阀 6 和阀 7 处于图示状态时，缸 26 停止；当电磁铁 2YA 通电、3YA 断电使换向阀 6 切换至右位而阀 7 处于左位时，压力油经阀 6、液控单向阀 8 和阀 9 中的单向阀进入缸 26 的无杆腔，有杆腔经阀 10 中的节流阀和阀 7 回油，活塞杆低速前进，速度由阀 10 的节流阀开度决定；当电磁铁 2YA 和 3YA 均通电使换向阀 6 和阀 7 均切换至右位时，缸 26 差动连接，压力油与缸 26 有杆腔的回油一并经阀 6、8、9 进入液压缸 26 的无杆腔，活塞杆快速进给。当电磁铁 3YA 通电、2YA 断电使换向阀 7 切换至右位、换向阀 6 复至左位时，压力油经阀 7 和阀 10 的单向阀进入缸 26 的有杆腔，同时导通液控单向阀 8，使无杆腔的油液经阀 9、阀 8 和阀 6 排回油箱，由于此时缸的作用面积较小，所以液压缸 26 快速退回。

隔离密封回路的执行器为驱动闸板启闭的液压缸 27（2 个），缸的运动方向由三位四通

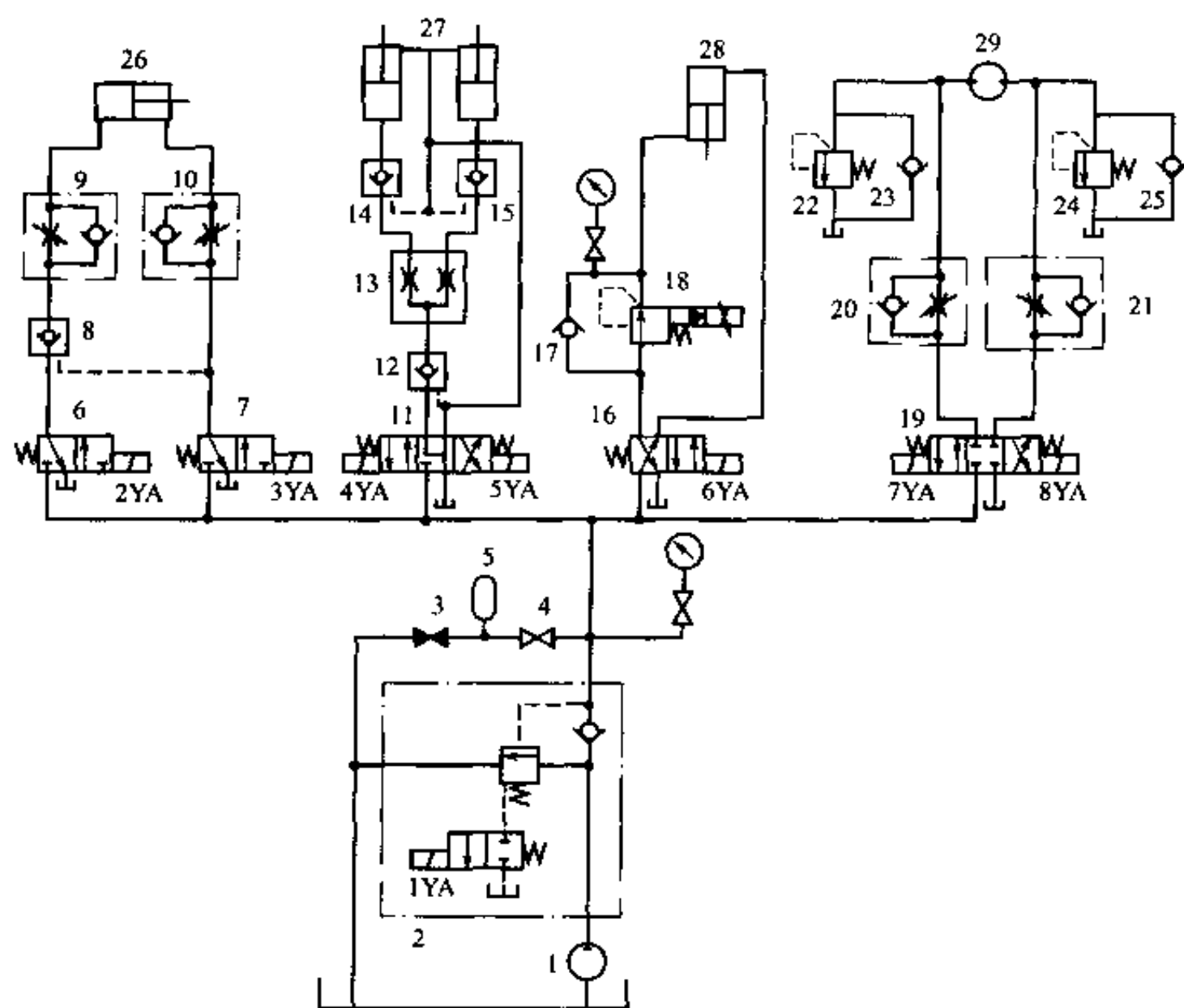


图 5-14 模拟试验机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—电磁溢流阀；3、4—截止阀；5—蓄能器；6、7—二位三通电磁换向阀；8、12、14、15—液控单向阀；9、10、20、21—单向节流阀；11、19—三位四通电磁换向阀；13—分流集流阀；16—二位四通电磁换向阀；17、23、25—单向阀；18—电液比例减压阀；22、24—直动式溢流阀；26—试样位置控制液压缸；27—隔离密封液压缸；28—张力控制液压缸；29—气刀控制液压马达

电磁换向阀 11 控制。分流集流阀 13 用于保证两液压缸的同步运动，液控单向阀 14、15 构成液压锁，用来防止换向阀 11 中位时两液压缸互相窜腔，实现对隔离密封缸的定位及锁紧。通过换向阀 11 的 Y 型中位机能，可以保证各液控单向阀控制活塞的可靠复位。

张力控制回路的执行器为液压缸 28，其运动方向由二位四通电磁换向阀 16 控制，比例减压阀用来调节控制张力所需油液压力的大小，该压力可通过减压阀出口的压力表显示。

气刀控制回路的执行器为双向定量液压马达 29，马达的旋转方向由三位四通电磁换向阀 19 控制，旋转速度由单向节流阀 20 和 21 调节，直动式溢流阀 22 和 24 及其并联的单向阀 23 和阀 24 用于马达 29 的停车制动缓冲。

### (3) 技术特点

1) 将蓄能器作为定量泵的辅助动力源，当各执行器间歇时，液压泵向蓄能器充油蓄能，当压力达到卸荷阀的设定值时，泵自动卸荷；当执行机构需要动作时，蓄能器与液压泵同时向执行器供油，满足了执行器的速度要求，减小了液压泵的流量规格，使设备重量及外形相应减小。同时蓄能器可供应急之用，在出现断电等故障时，通过手动操作换向阀，保证执行器退回到安全位置。



2) 对速度要求高、负载较小的执行器, 采用差动回路, 在满足负载力的前提下, 使系统的流量减小, 使整个液压系统趋于小型化, 减小了对空间的占用及能源的浪费, 同时降低了制造成本。另外, 高速运动的液压缸端部采用了可变节流口的缓冲结构, 以消除液压缸的运动端点冲击。慢速需要调速的执行器, 采用回油节流调速方式, 背压作用和循环油液排入油箱, 有利于提高执行器的运动平稳性和油液散热。

3) 通过分流集流阀保证隔离密封液压缸的同步运动, 通过二级液控单向阀保证隔离密封液压缸的可靠锁定。

4) 采用比例减压阀对张力液压缸进行控制, 可以连续、准确地控制加在试样上的张力。

5) 在结构上, 液压泵直接安装在油箱中液面以下, 有利于改善泵的吸油性能, 并降低隔离噪声。

6) 该热浸镀模拟试验机的运动机构主要采用液压系统来完成, 保证了其动作准确、控制灵活、安全可靠, 在试验机中发挥了关键作用。

### 5.2.9 轧制伺服油缸试验台的液压系统

#### (1) 主机功能结构

液压自动辊缝控制 (AGC) 系统是高精度快速轧机的核心设备, 伺服油缸是系统中的关键元件。本试验台主要用于大型轧制伺服油缸的动态特性和静态特性测试, 前者主要是缸的频率响应测试 (主要检测工作频带以内的频率特性), 其范围达到 10Hz 以上, 测试精度符合国家有关标准的要求, 绘制幅频特性与相频特性波德图; 后者包括缸的内泄漏、外泄漏、耐压性能、最低启动压力、爬行、摩擦力特性等特性测试, 并绘制有关曲线。用以解决轧制生产中由于伺服油缸的调试及故障诊断困难而被迫停产的问题。

该试验台主要由液压系统及计算机辅助测试 (CAT) 系统组成, 试验达到国家 B 级精度要求。

#### (2) 液压系统及其工作原理 (试验方法)

试验台的液压系统原理图如图 5-15 所示, 动态加载液压缸 24 置于试验机架 26 的底部, 其上部放置被试油缸 25, 摩擦力测试液压缸 27 置于被试缸的上部。系统有三个液压泵组, 其中液压泵组 1 是动态加载液压缸 24 (给被试缸 25 的柱塞提供回程力) 的恒压油源, 其压力由溢流阀 4 设定, 卸荷与工作由二位二通电磁换向阀 7 控制; 液压泵组 2 是三级电液伺服阀 7 及由其构成的位置伺服控制系统的油源, 其压力由溢流阀 5 设定, 卸荷与工作由二位二通电磁换向阀 8 控制; 液压泵组 3 是二级电液伺服阀 14 及由其构成的力伺服控制系统的油源, 压力由溢流阀 6 设定, 卸荷与工作由二位二通电磁换向阀 9 控制。单向阀 10、11、12 防止油液倒灌用于保护液压泵。系统的测试方法原理如下。

1) 动态特性测试 动态测试时由位置伺服系统进行控制, 所用到的元件有被试伺服油缸 25、加载油缸 24、三级电液伺服阀 13、压力传感器 16、位移传感器 (行程为  $\pm 1\text{mm}$ , 测量被试缸缸体与机架之间的位移, 图中未画出)、高压球阀 17、18、19 等。用于摩擦力测试的油缸 27 缩回不工作, 放置于动态加载油缸 24 上的被试缸 25, 其柱塞顶在闭式机架 26 横梁上, 被试缸的压力油由泵组 2 提供。试验时, 由计算机辅助测试 (CAT) 系统产生 0.01~20Hz 扫频正弦信号, 并通过伺服放大器驱动三级电液伺服阀 13, 从而使被试缸 25 作相应运动。由 CAT 系统通过位移传感器采集被试缸柱塞的位移信号, 对数据进行分析, 即可得到被试缸的频率特性, 绘制出波德图。上述扫频正弦信号幅值的上限设置为 0.17V

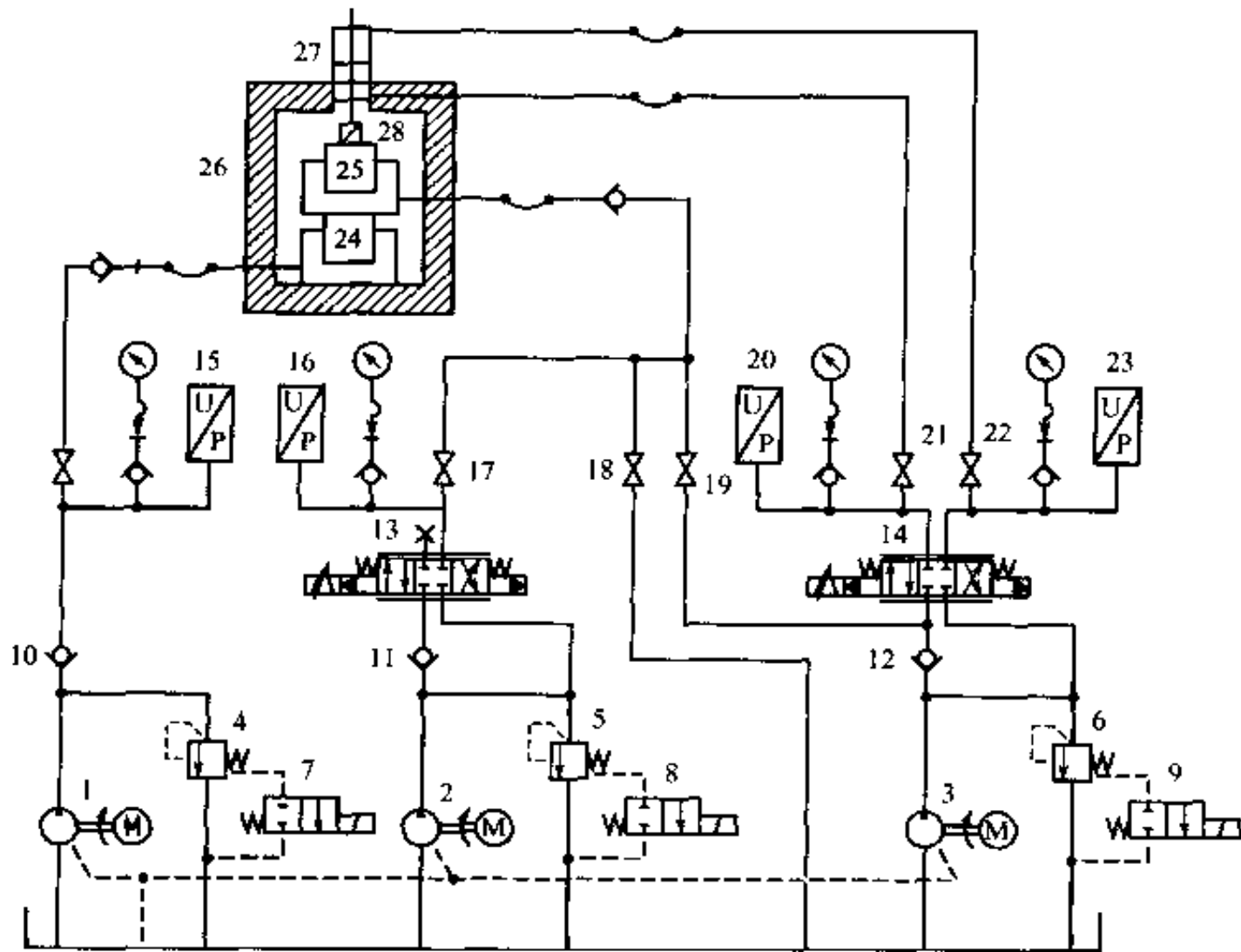


图 5-15 试验台液压系统原理图

1、2、3—液压泵组；4、5、6—先导式溢流阀；7、8、9—二位二通电磁换向阀；10、11、12—单向阀；13—三级电液伺服阀；14—二级电液伺服阀；15、16、20、23—压力传感器；17、18、19、21、22—高压球阀；24—动态加载油缸；25—被试伺服油缸；26—试验机架；27—摩擦力测试油缸；28—压头

(对应于活塞 0.06mm 的振幅)，以防信号幅值超过系统“速度限”而产生畸变的正弦波响应。为了消除测试过程中被试缸柱塞或活塞杆可能出现的歪斜而产生的检测误差，在被试缸的两侧对称装有两只位移传感器，并取位移信号的平均值进行控制。同时，用位移传感器的信号作为反馈信号，构成低增益的位置伺服系统，保证伺服油缸的柱塞或活塞杆处于中位附近，以免撞缸。

2) 静态特性测试 被试缸的内泄漏、外泄漏、耐压性能、最低启动压力、爬行等项目的试验方法与普通油缸相同，所以这里仅介绍被试缸的全行程摩擦力测试。测试摩擦力时所用到的元件有被试缸 25、摩擦力测试油缸 27、二级电液伺服阀 14、三级电液伺服阀 13、压力传感器 20 和 23、位移传感器（行程为±10mm）、高压球阀 21 和 22 等，构成一个力闭环伺服控制系统。加载缸 24 置于试验机架 26 底部不工作（相当于一个大垫块），将被试缸 25 置于动态加载缸 24 上，并将被试缸 25 压油口与泄油口单独相接。试验时，泵组 3 向摩擦缸 27 供油，摩擦缸 27 向被试缸 25 加载，使被试缸向下或向上运动，由位移传感器检测位移，由两个压力传感器检测摩擦缸 27 的负载压差，然后由计算机进行计算处理，从而获得被试伺服油缸精确的静摩擦力及动摩擦力，或由压头 28 测出。

### (3) 计算机辅助测试 (CAT) 系统

试验台的 CAT 系统框图如图 5-16 所示，系统的硬件配置为 CPU-Pentium III/RAM12M/20G 的计算机主机并配备 17in 彩色显示器和 HP Laser Jet 6L 打印机、高精度数据采集放大器和高速 A/D 转换器等。CAT 系统软件采用 Windows 编程，采用定时启动中

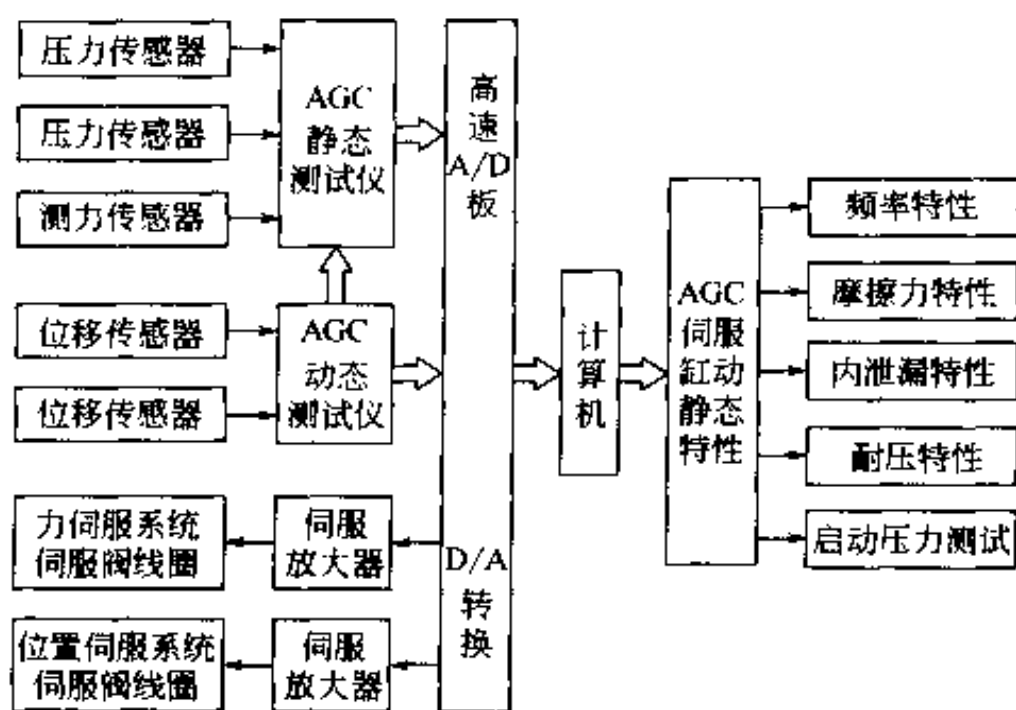


图 5-16 计算机辅助测试 (CAT) 系统框图

断管理的方式进行数据采集；将对硬件的编程（主要是数据采集程序）以专态链接库 (DLL) 的方式进行编写；用外部计时器来计时；CAT 软件系统采用了基于虚拟仪器设计方法，将信号的分析、显示、存储、打印和其他管理集中由计算机来完成。

(4) 技术特点

1) 该试验台液压系统采用三级电液伺服阀构成的位置伺服系统实现轧制伺服油缸的动态性能（频率特性）测试；采用二级电液伺服阀构成的力伺服系统实现伺服油缸静态特性的测试。系统设置三套定量液压泵油源，压力高、流量大，动、静态加载力大。

2) 试验台的 CAT 系统，硬件以计算机为核心并配有先进的外部设备，保证了测试的可靠性；软件系统界面友好、实时性强、计时准确，系统具有测试、分析、显示、存储、打印等功能，测试精度高、价格低廉、操作简便、升级容易、便于组成自动测试系统和测试方案的修改及远程测试及故障诊断。

3) 该轧制伺服油缸试验台规模大、技术先进、性能可靠，解决了因伺服油缸事故面停产检修甚至送往国外试验的问题，保障了工厂的正常生产，经济效益显著。

(5) 技术参数 (见表 5-5)

表 5-5 试验台及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
试验台	静态加载力	30	MN
	动态加载力	15	
	频率响应测试的扫频范围	0.01~20	Hz
液压系统	液压泵组 1	压力	31.5 MPa
		总流量	250 L/min
	液压泵组 1	压力	31.5 MPa
		总流量	250 L/min
	液压泵组 1	压力	31.5 MPa
		总流量	15 L/min
试验系统	额定压力	31.5 MPa	
	总流量	500 L/min	

## 5.3 冶金产品整理液压系统

### 5.3.1 高速线材打捆机液压系统

#### (1) 主机功能结构

打捆机广泛应用于冶金行业的生产中线材的成品收集打捆。本打捆机由瑞典引进，采用液压传动和可编程序控制器（PLC）控制。其特性要求有：打捆机各执行机构的动作由液压系统完成，要求工作平稳无冲击，系统响应速度应快；设置一个备用泵，以保证任何一个泵损坏，系统仍能正常工作；操作系统设置手动操作和自动操作两种模式，可随意调整系统压力；应具有良好的维护性能，使维修人员容易接近维修部位；系统应设置故障自动报警系统等等。

#### (2) 液压系统及其工作原理

打捆机的液压系统主要由液压泵站、盘卷压紧及平台升降回路、弧形穿线导卫系统回路、打捆头压下控制回路、喂线系统回路、打捆系统回路等组成。

1) 液压泵站 系统的液压泵站由油箱、泵组、阀组和自循环的冷却/过滤装置组成。其中泵组为4台（开三备一）压力补偿斜盘式轴向柱塞泵，其控制装置为压力和流量控制。图5-17所示为单台泵源的原理图（图中，P、T、D依次表示压力油路、回油路、泄漏油路，下同），系统的工作压力由溢流阀V1调节，当二位四通电磁换向阀V2断电切换至右位时，液压泵1处于无载状态（压力大约为2~3MPa），当电磁换向阀V2通电切换至左位时，泵的工作压力可达10MPa。溢流阀V3起安全阀作用，其设定压力约为25MPa，当压力超过此界限时，系统溢流。

2) 盘卷压紧及平台升降回路 图5-18所示为盘卷压紧及平台升降回路的液压原理图。盘卷压紧系统有75kN、120kN、165kN、250kN、300kN、400kN等6种压紧力，压紧力的

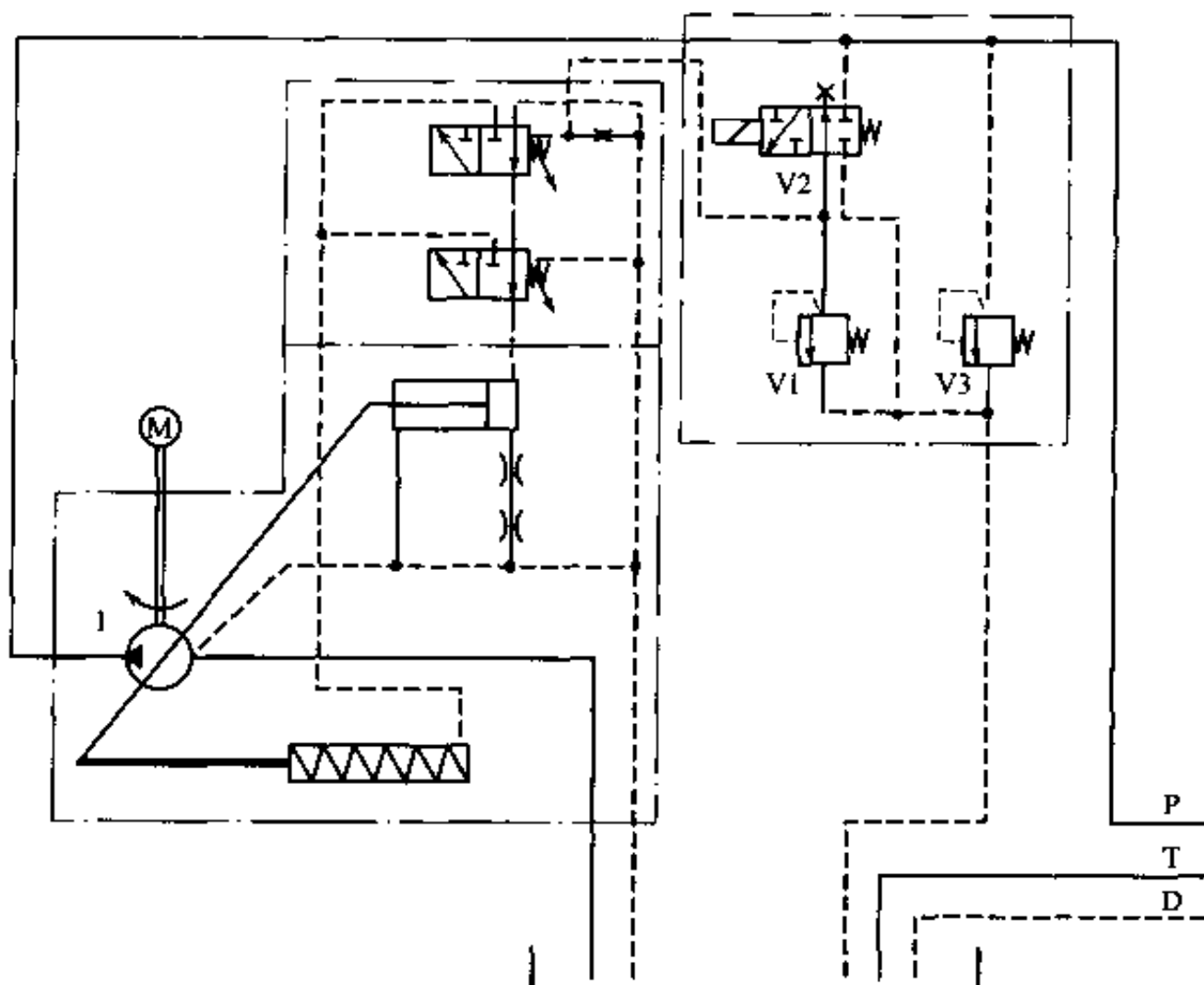


图 5-17 单台泵源的液压原理图

1—压力补偿斜盘式轴向柱塞泵；V1—溢流阀；V2—二位四通电磁换向阀；V3—溢流阀（安全阀）

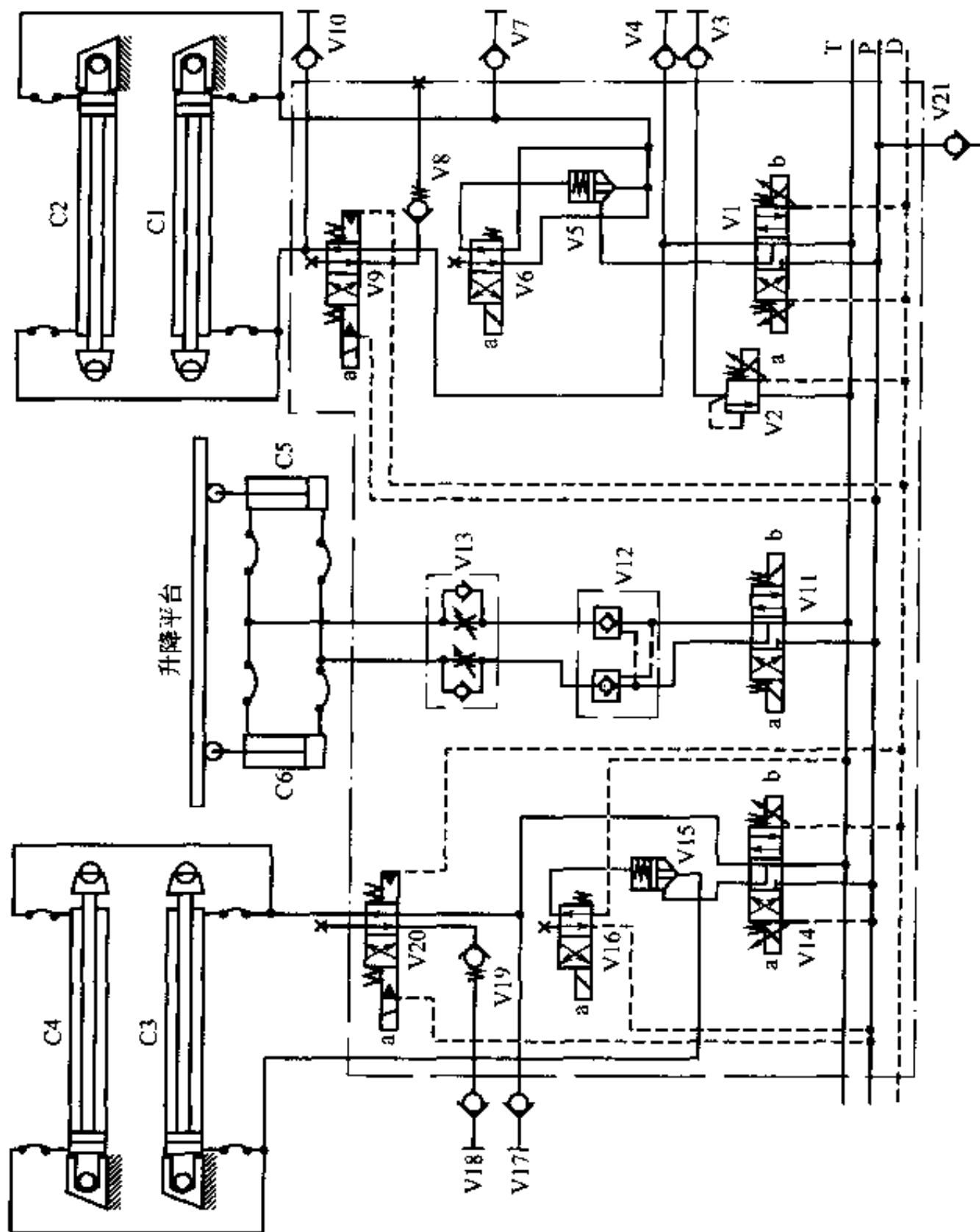


图 5-18 盘卷压紧及平台升降回路液压原理图

V1、V14—比例换向阀；V2—比例溢流阀；V3、V4、V7、V10、V17、V18、V21—测压接头；V5、V15—液控单向阀；V6、V16—二位四通电磁换向阀；V8、V19—单向阀；V9、V20—二位四通电液换向阀；V11—三位四通电磁换向阀；V12—双液控单向阀；V13—双单向节流阀；C1~C6—液压缸

调节和设定通过比例溢流阀 V2 实现。通过操作台上的一个选择开关，可以选择压紧力。液压缸的速度及压紧力均由 PLC 系统控制和调节。压紧液压缸 C1 和 C2 并联，运动速度及方向由比例换向阀 V1 调节和设定；压紧液压缸 C3 和 C4 并联，运动速度及方向由比例换向阀 V14 调节和设定。当阀 V1 和 V14 的电磁铁 a 通电时，压紧小车打开；当电磁铁 b 通电时，小车压紧。压紧小车的运动速度和加减速过程都是由比例换向阀 V1 和 V14 的电控器来完成。

线卷压紧时，电液换向阀 V9、V20 的电磁铁 a 通电，液压缸 C1~C4 为差动连接，即缸有杆腔的回油从换向阀的 B 口经过 P 口反馈至无杆腔，形成差动。而在压紧小车松开时阀 V9、V20 的电磁铁 a 断电，T 口与 B 口接通，压力油经 T 口和 B 口进入液压缸的有杆腔。无杆腔的油液经液控单向阀 V5、V15 回油箱。

电磁换向阀 V6、V16 主要控制液控单向阀 V5、V15 阀心的启、闭。在压紧小车运动过

程中，阀 V6、V16 的电磁铁 a 断电时，单向阀 V5、V15 的控制油与油箱连通，使单向阀 V5、V15 的主阀心可以自由开启。当压紧小车移动完毕，电磁换向阀 V6、V16 的电磁铁 a 通电，接通阀 V6、V16 的 P 口与 B 口，压力油进入液控单向阀的上腔，使阀心关闭，并且锁定液压缸活塞杆的位置。

当压紧小车相向运动，接触到 C 形钩上的散卷时，压紧盘上的光电管发出信号使升降平台上升到一定位置，压紧小车继续运动，直到预设的压紧力时，升降平台继续上升，使散卷完全脱离 C 形钩。两个平台液压缸 C5、C6 的升降由三位四通电磁换向阀 V11 控制，双液控单向阀 V12 构成液压锁，当电磁换向阀 V11 处于中位时，锁定液压缸的位置；液压缸由单向节流阀 V13 回油节流调速。

通过以上两种运动，就可以保证散卷压紧和提升及后续打捆的正常进行。

3) 弧形穿线导卫系统回路 弧形穿线导卫回路的功能是把左、右两个弧形导卫打开和关闭，在 2 号压紧小车后部装有液压马达 M，液压马达的旋转通过齿轮齿条机构转化为导线小车的前进和后退运动使导线装置形成闭合回路，便于打捆。图 5-19 所示为导线小车回路

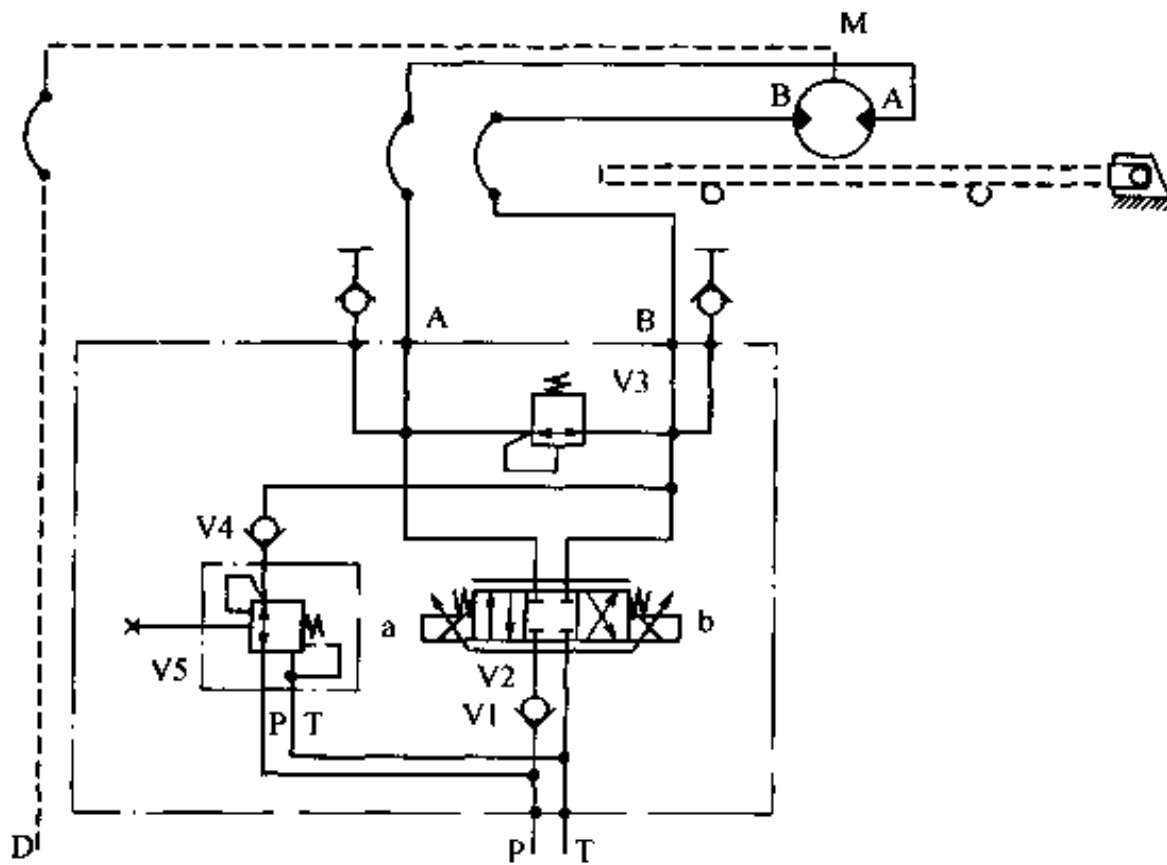


图 5-19 导线小车回路液压原理图

M—液压马达；V1、V4—单向阀；V2—比例方向阀；V3、V5—溢流阀

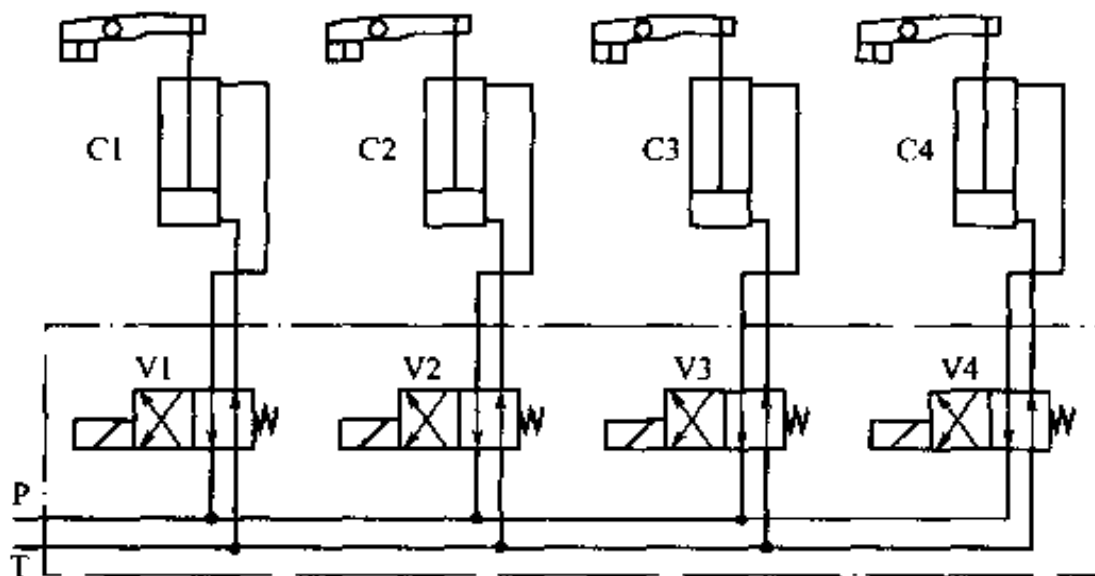


图 5-20 液压挡板回路原理图

V1~V4—二位四通电磁换向阀；C1~C4—液压缸



液压原理图，导线小车进退的方向和速度由比例方向阀 V2 设定和调节。当电磁铁 a 通电时，小车后退；电磁铁 b 通电时，小车前进。溢流阀 V5 的设定压力为 1~1.2MPa，当小车运动到位时，回路压力上升，当压力超过溢流阀的设定压力时，系统溢流。安全阀 V3 的设定压力为 8MPa，保证回路中液压元件不会因过载而损坏。

在钢线拉紧过程中，为了避免线卷表面被拉伤，系统设置了 4 个液压缸 C1~C4 驱动的挡板（见图 5-20），当夹紧动作完成后，4 个挡板依次松开。4 个液压缸的运动方向分别由二位四通电磁换向阀 V1~V4 控制。

4) 打捆头压下控制回路 在压紧小车、导线小车运动到位，导线动作完成后，导线小车后退为打捆头压下让出空间，然后打捆头压下，完成收线和打捆动作。每个打捆头由一个液压缸驱动，图 5-21 所示为打捆头压下控制回路液压原理图。因为打捆头位置不同，所以打捆头 1、4 和打捆头 2、3 的压下液压控制油路也不相同。其中，打捆头 1、4 的油路相同，打捆头的压下和抬起由三位四通电磁换向阀控制（打捆头 1 为阀 V1，打捆头 4 为阀 V5），

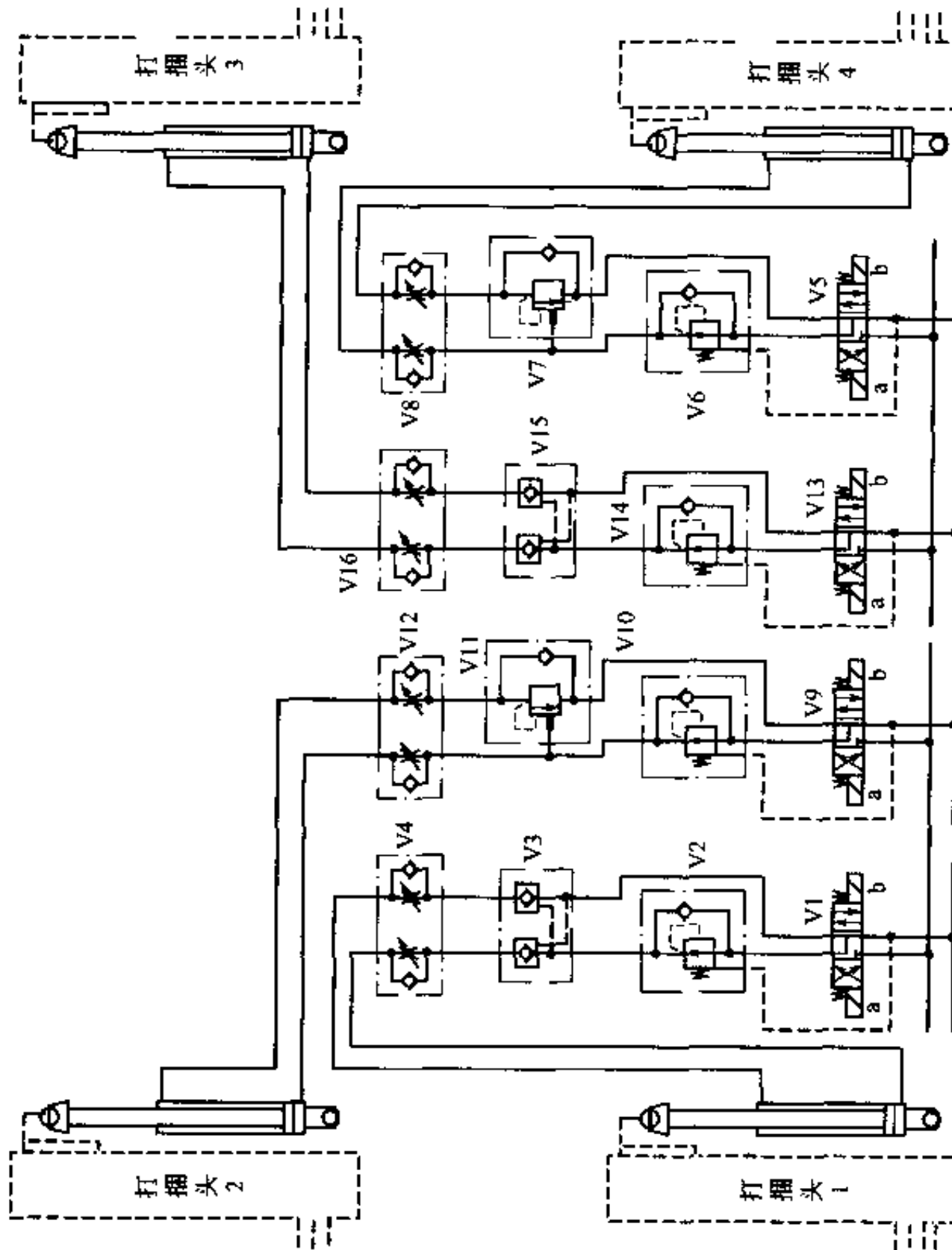


图 5-21 打捆头压下控制回路原理图

V1、V5、V9、V13—三位四通电磁换向阀；V2、V6、V10、V14—单向减压阀；V3、V7—双液控单向阀；V4、V8、V12、V16—双单向节流阀；V11、V15—平衡阀

当电磁铁 a 通电时，打捆头压下，当电磁铁 b 通电时，打捆头抬起。单向减压阀（V2 或 V6）在压下时起减压作用。单向阀（V3 或 V7）形成双向液压锁，在电磁换向阀处于中位时，锁定打捆头，使其位置固定。打捆头 2、3 的液压回路相同，打捆头的抬起由三位四通电磁换向阀（V9、V13）控制，当电磁铁 a 通电时，打捆头压下，当电磁铁 b 通电时，打捆头抬起。单向减压阀（V10 或 V14）在压下时起减压作用。由于无需承担打捆头自重，所以减压阀设定压力较之 V2 低。平衡阀 V11 主要负责支承打捆头的自重，使压下动作平稳。

5) 喂线系统回路 图 5-22 所示为喂线系统回路液压原理图，喂线轮 1、2、3、4 分别由 M1、M2、M3、M4 驱动。各液压马达的旋转方向和速度分别由比例换向阀 DV1、DV2、DV3、DV4 控制。每个喂线轮装有两组夹紧轮，夹紧轮分别由液压缸 C1、C2、C3、C4 控制（各液压缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 V1、V2、V3、V4 控制），整个喂线系统的压力由减压阀 V5 控制。

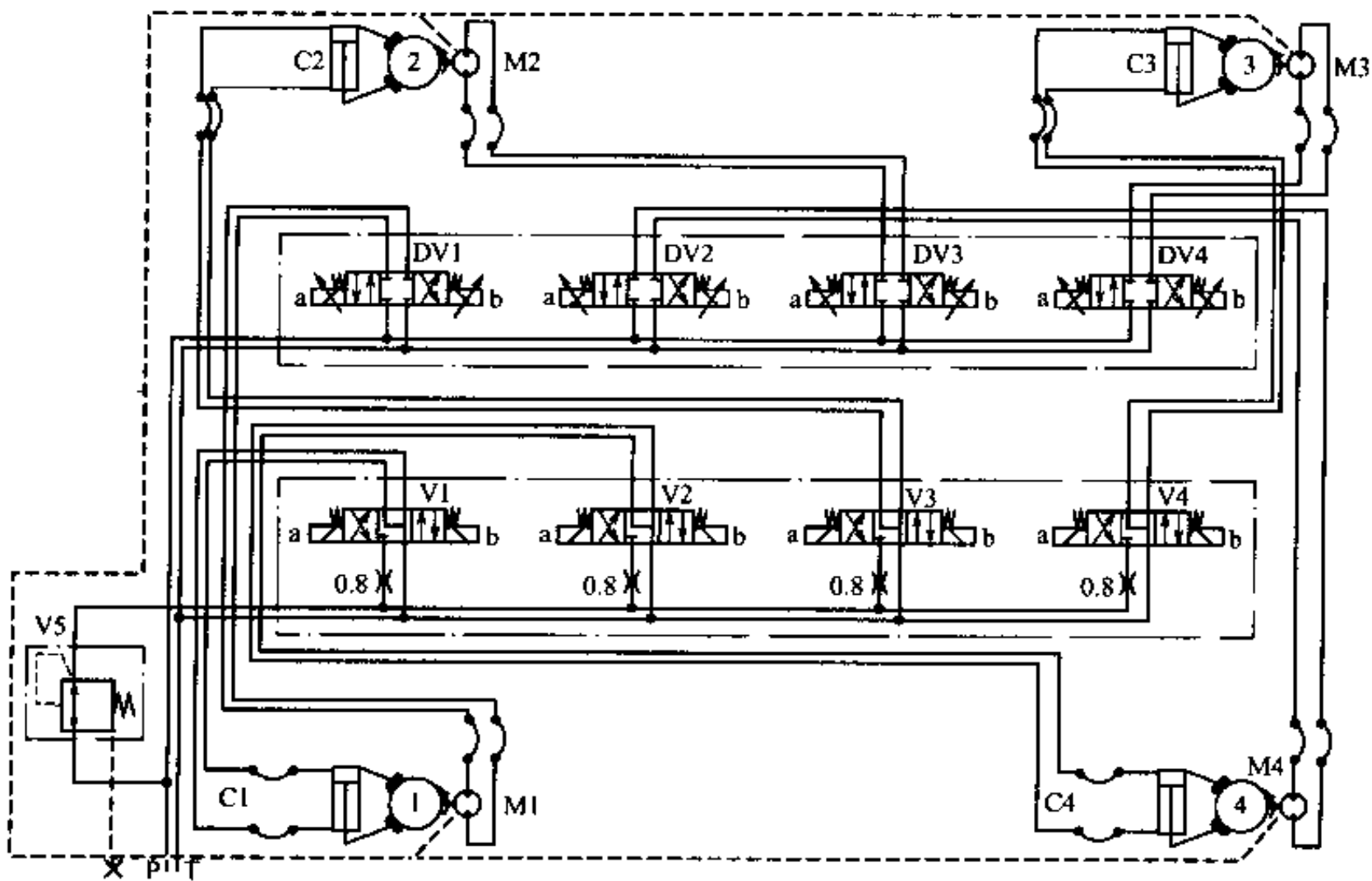


图 5-22 喂线系统回路液压原理图

1、2、3、4—喂线轮；M1、M2、M3、M4—液压马达；DV1、DV2、DV3、DV4—比例换向阀；  
C1、C2、C3、C4—液压缸；V1、V2、V3、V4—三位四通电磁换向阀

6) 打捆系统回路 打捆系统回路原理图如图 5-23 所示，主要完成扭转、夹紧、切断、扭转头收回等 4 个动作，分别由液压马达 M 和液压缸 C2、C3、C4 来执行。其中电磁换向阀 V2 主要作用是对扭转辊进行润滑，电磁换向阀 V7 的主要作用是控制气路系统，进行吹扫。

### (3) 技术特点

1) 与机械式线材打捆方式相比，液压传动的线材打捆机自动化程度、捆扎质量和工作效率都较高。

2) 液压系统为开式、负载传感系统，液压泵采用压力和流量两种方式控制，系统能量损失少；液压油源设有冗余的液压泵（开三备一），可靠性高。

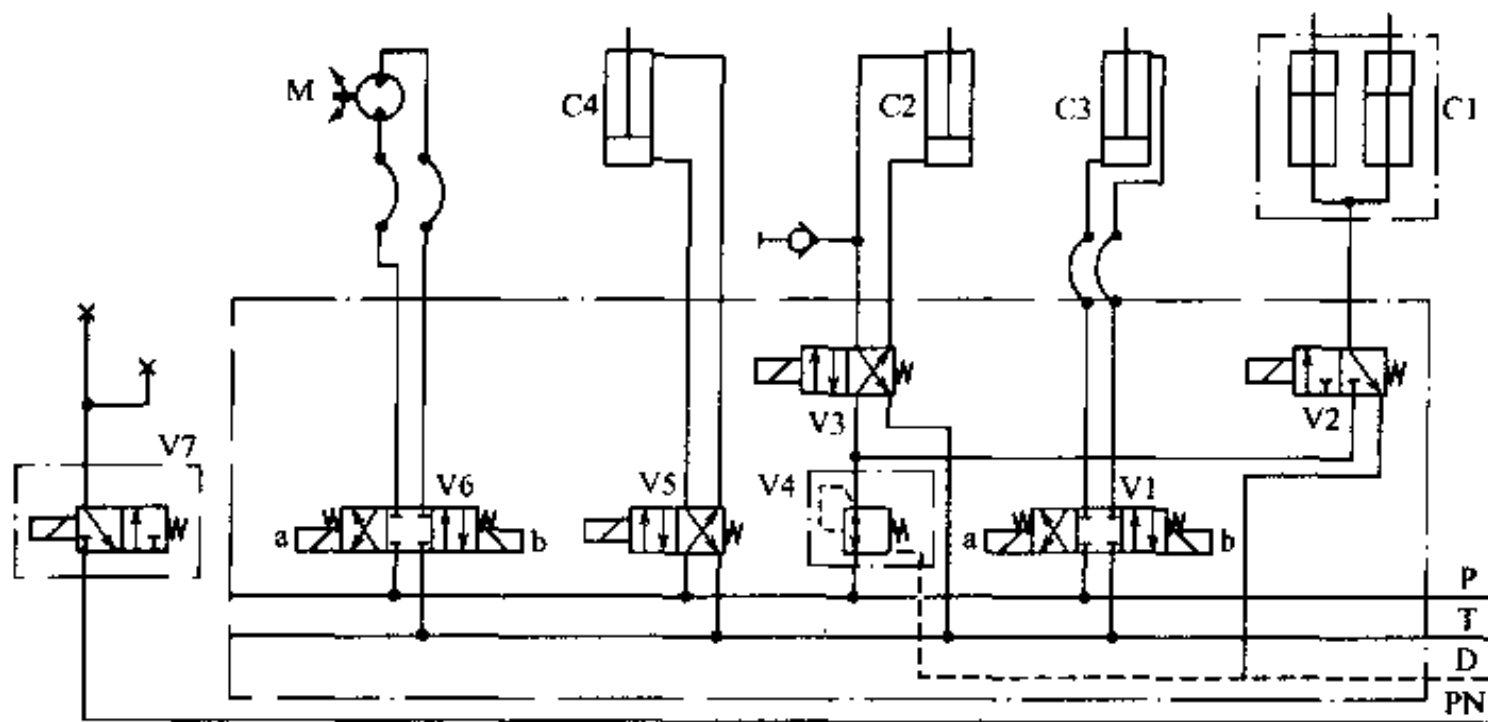


图 5-23 打捆系统回路原理图

M—液压马达；C2、C3、C4—液压缸；V1、V2、V3、V5、V6、V7—电磁换向阀；V4—减压阀

- 3) 液压系统结构紧凑，管路简单，节省大量接管和管接头。
  - 4) 维修方便，在处理紧急状态时，每一电磁换阀有手动换向机构。
  - 5) 油箱装有液位传感器、温度传感器，将这些信号引到操作台上，操作人员可随时监控油箱的状态。
  - 6) 各执行机构均设有传感器及编码器，便于实现自动控制。
  - 7) 整个系统由 PLC 控制，便于故障诊断和自动控制。
- (4) 技术参数 (见表 5-6)

表 5-6 高速线材打捆机液压系统技术参数

项 目	参 数	单 位
最大压紧力	400	kN
打捆周期	34	s
噪声	<85	dB
液压泵(REXROTH 产 A10VS030 型)	工作压力	13
	最大流量	2000
油箱容积	2000	L
液压系统最大过载压力	25	MPa

### 5.3.2 全液压卷材小车系统

#### (1) 小车功能结构

卷材小车采用全液压传动，用于带材的装卸传送。小车为剪叉式钢架结构（见图 5-24），钢架 4 两端设有滚轮 A 和 B。小车的升降机构和行走机构分别由液压缸和液压马达驱动。当液压缸 3 的活塞杆伸出时，剪叉钢架摆动，两滚轮分别沿着升降台板 5 和小车底桥 2 向中心方向滚动，从而抬升升降台板。当液压缸活塞在液压力和台板钢架自重作用下活塞杆向缸内缩回时，A、B 滚轮向离开台板、底桥中心方向移动，升降台板下降，通过控制液压缸活塞杆的伸缩长度即可控制升降台板的升降高度位置。液压马达用于驱动小车前进或后

退。支承辊7由轴承6支承在升降台板之上，使之可自由旋转，它与板带表面接触时不易划伤带表面。电气限位开关SQ0、SQ1、SQ2用于小车的安全保护，小车下降中如果接触异物，则限位开关发信，使液压系统卸荷，以确保设备和人身安全。

此处以带材生产中的卸卷过程说明卷材小车的工作循环。当带材经卷取机卷取至一定直径，剪切后需卷紧、卸卷、捆扎、吊离生产现场至堆放区堆放。为了保证剪切后的卷取质量，使带材卷紧、卷齐，要求小车具备像卷轴压平辊的压紧功能，小车的工作循环为：前进→上升→探测→支撑→后退→下降。在探测过程中，小车相当于卷轴的压平辊压紧装置。

(2) 液压系统及其工作原理

卷材小车的液压系统原理图如图5-25所示。系统的油源为定量液压泵3，泵的最高工作压力由溢流阀5设定，卸荷由二位四通电磁换向阀6控制。系统的执行器为驱动台板升降的液压缸（单作用缸）11和驱动小车进退的双向定量液压马达20。液压缸11的升降由三位四通电磁换向阀16控制，单向调速阀13用于调节缸的下降速度；液控单向阀14用于锁定液压缸，以防下滑；如果系统运行中，出现意外故障，压差作用的管道破裂保护阀12可以自

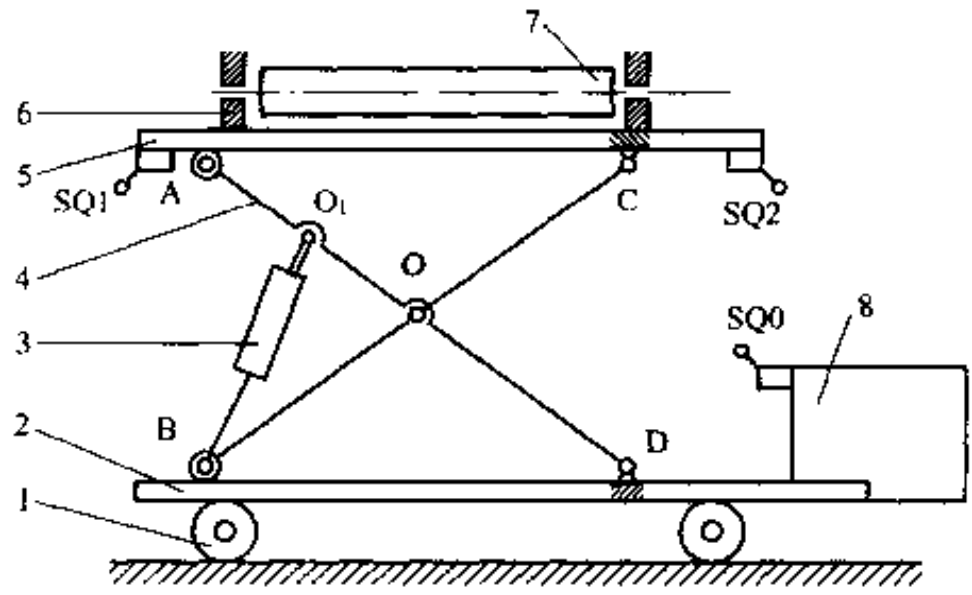


图 5-24 卷材小车的结构示意图

- 1—小车轮；2—小车底桥；3—液压缸；4—剪叉钢架；
- 5—升降台板；6—轴承；7—支承辊；8—液压站；
- A、B—滚轮；SQ0、SQ1、SQ2—电气限位开关

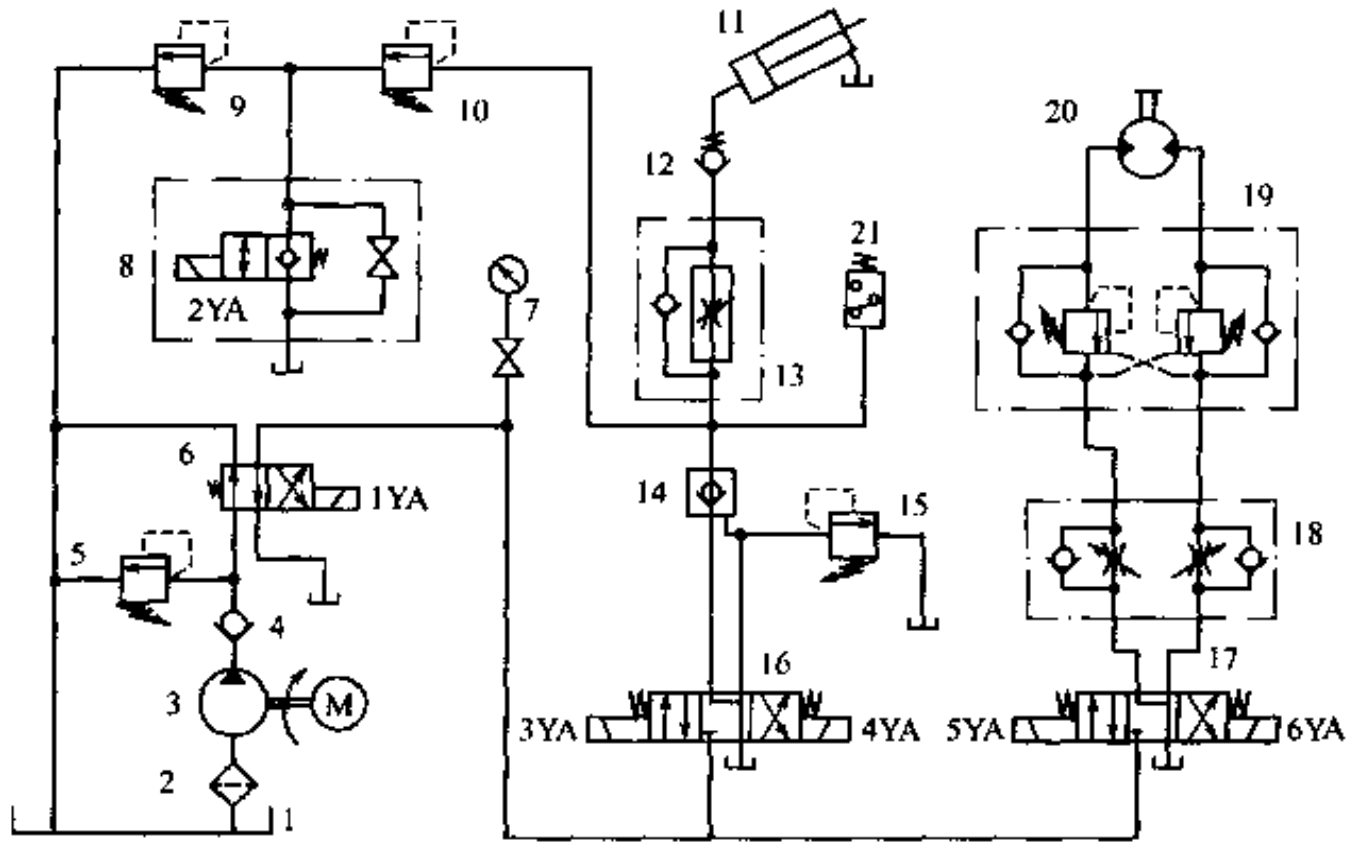


图 5-25 卷材小车液压系统原理图

- 1—油箱；2—过滤器；3—定量液压泵；4—单向阀；5、9、10、15—溢流阀；6—二位四通电磁换向阀；7—压力表及其开关；8—电磁截止球阀；11—升降液压缸；12—管道破裂保护阀；13—单向调速阀；14—液控单向阀；16、17—三位四通电磁换向阀；18—双单向节流阀；19—平衡阀；20—双向定量液压马达；21—压力继电器

动切断油路，以免因故发生坠落事故。液压马达 20 的旋转方向由三位四通电磁换向阀 17 控制，马达的旋转速度通过双单向节流阀 18 调节，平衡阀 19 用于防止马达换向冲击。溢流阀 9、10 和电磁截止球阀 18 用于小车探测工况时提供液压缸 11 无杆腔的回油，以保护卷轴。

系统的工作原理如下。

液压泵空载启动后，电磁铁 1YA 通电使换向阀 6 切换至右位，液压泵 3 由卸荷转为供油状态，系统开始升压。

1) 小车前进 电磁铁 5YA 通电使换向阀 17 切换至左位，泵 3 的压力油经阀 4、换向阀 6、换向阀 17、双单向节流阀 18、平衡阀 19 进入液压马达，液压马达 20 旋转驱动小车前进；马达回油腔经平衡阀 19、单向节流阀 18、换向阀 17 排回油箱。

2) 台板上升与探测 电磁铁 3YA 通电使换向阀 16 切换至左位，泵 3 的压力油经单向阀 4、换向阀 6 和 16、液控单向阀 14、阀 13 中的单向阀及管道破裂保护阀 12 进入升降缸 11 的无杆腔，活塞杆驱动升降台板上升，缸有杆腔的油液被挤回油箱。

小车上升过程中，小车支承辊探测到卷轴上的带卷时，系统压力上升，当压力升至压力继电器 21 的设定值 (4MPa) 时发信，电磁铁 2YA 通电使阀 8 切换至左位，此时 A 点压力最高至 5MPa。可自由旋转的小车支承辊压紧带卷表面，使带材能够不划伤而卷紧。随着卷轴的卷取，卷材卷径增大，升降缸无杆腔压力上升，缸无杆腔中的多余油液经阀 12、单向调速阀 13、溢流阀 10、电磁截止球阀 8 后回油箱，升降台跟着下降，不会顶坏卷轴，完成探测过程。

3) 支承 当电磁铁 1YA、2YA、3YA、4YA 均断电时，小车支承重物，液压泵 3 卸荷。

4) 小车后退 电磁铁 6YA 通电使换向阀 17 切换至右位，泵 3 的压力油经换向阀 17、单向节流阀 18、平衡阀 19 进入液压马达，驱动小车后退；马达回油腔经平衡阀 19、单向节流阀 18、换向阀 17 排回油箱。

5) 台板下降 电磁铁 1YA 通电使液压泵升压，电磁铁 4YA 通电使换向阀 16 切换至右位，泵 3 的压力油导通液控单向阀 14，升降台板在台板及钢架自重的作用下下降，缸 11 无杆腔的油液经阀 12、阀 13 中的调速阀、阀 14 和换向阀 16 排回油箱。

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油，等待期间液压泵卸荷，减少了无功损耗和发热。系统采用叠加式控制元件，便于系统的安装维护并使小车结构紧凑。

2) 驱动小车行走的液压马达采用回油路节流调速并设置平衡阀，提高了小车行走的平稳性并减小了换向冲击。

3) 为防止小车所托重物下滑，系统采用液控单向阀锁闭液压缸；采用单向调速阀回油调速，提高了小车承载重物下降的平稳性，降低了噪声；在液压缸无杆腔油口接头上安装了管道破裂保护阀，一旦软管或其他部分因故发生管道突然爆破、接头松动、泄压或小车出现异常失控超速下坠时，保护阀能根据压差自动切断油路，防止发生坠落事故，保护设备和人身安全。

4) 在电气控制上通过设置电气限位开关 (参见图 5-24)，确保小车下降中接触异物时，强制系统卸荷以确保设备和人身安全，提高了设备的可靠性。

5) 液压泵、阀站及执行器间采用软管连接，可以减缓冲击振动。

6) 该全液压卷材小车结构新颖紧凑、功能齐全、操作方便、稳定可靠,不仅可以作为带材生产的装卸传送工具,而且可根据需要用于其他行业的物料传送装卸、定位场合。

### 5.3.3 气液伺服带材导向器系统

#### (1) 导向器的功能结构

在轧板、纺织、造纸等行业处理和加工带材中,由于各传动辊的不平行、辊的偏心或加工误差、机架的制造和安装误差、带材本身厚度不均或有内应力等原因,带材处理和加工设备运行当中带材会出现横向忽左忽右地跑偏,故而需要对带材的横向位置进行控制。跑偏控制的作用在于使带材正确对中定位,例如使轧带钢在机组中正确定位,避免带材跑偏过大而撞坏设备或造成断电停产,同时能实现自动卷齐,使带钢可以立放,使成品钢卷整齐,便于包装、运输及使用。

常见的跑偏控制有气液伺服和光电液伺服两种控制系统。二者伺服工作原理相同,区别在于检测装置和伺服阀不同,前者为气动检测装置和气液伺服阀,后者为光电检测装置和电液伺服阀。后者由于反馈信号为光电式,故具有信号传输快,反馈方便,光电检测装置安装方便等特点,但系统较复杂、成本高。气液伺服带材导向器,采用气动传感器和气液伺服阀,既利用了液压油的不可压缩性和流量容易控制的特点,又利用了气压传动的快速特性,组成了结构简单、响应速度快、传动平稳的自动跑偏控制系统,具有能耗小、成本低、响应速度快的特点。

#### (2) 气液控制系统及其工作原理

由伺服带材导向器的气液控制系统原理图(见图 5-26)可知,导向器由气动系统和液压系统组合而成。前者由气压源 1、气动伺服阀 2 和气动传感器 3 等元件组成,用于带材位置的检测和反馈(气动传感器 3 检测带材 10 的边缘位置离开正确位置的偏移量。传感器的发射和接收喷嘴分别在带材边缘的上、下方)。后者为液压动力机构,由液压泵 4、溢流阀 6、气液伺服阀 7 和液压缸 8 等元件组成,用于带材的纠偏。气动伺服阀 2 用于气动系统和液压系统的耦合,将检测到的带材偏移信号反馈至气液伺服阀 7。从而使导向器构成一个气液组合闭环伺服控制系统。

系统的控制原理如下。

如果带材 10 的边缘位于正确位置(处于检测喷嘴中心)时,气动伺服阀 2(原理见图 5-27)的梭阀 2 位于零位,气动伺服阀 2 无偏差压力输出,所以气液伺服阀 7 中膜片左侧的气压作用力与弹簧力的合力与膜片右侧的气压作用力相平衡,此时气液伺服阀 7 的阀心处于零位,无液压输出,故液压缸 8 和导向机构 9 不动作。当带材 10 的边缘向左偏离时,气动传感器 3 内气流的通过面积增大,从而引起气动伺服阀 2 中的膜片 5 动作,膜片 5 带动阀梭

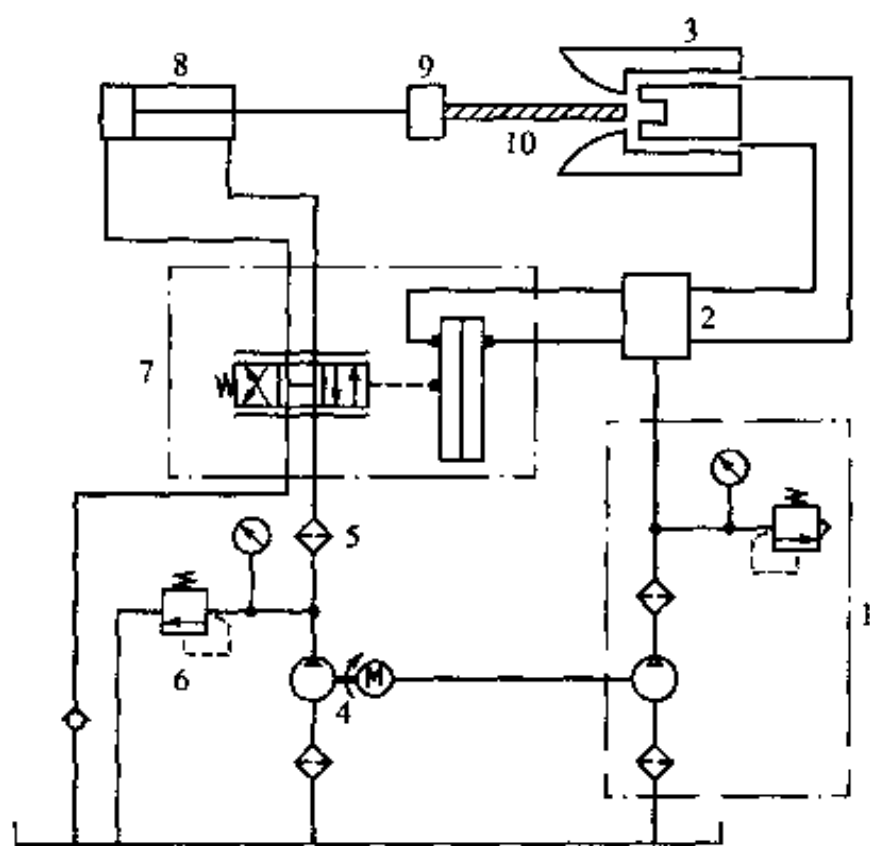


图 5-26 导向器的气液控制系统原理图  
1—气压源; 2—气动伺服阀; 3—气动传感器;  
4—液压泵; 5—精过滤器; 6—溢流阀;  
7—气液伺服阀; 8—液压缸;  
9—导向机构; 10—带材



2 作相应移动, 使得气动伺服阀 2 向气液伺服阀 7 输出一气体压力偏差信号, 阀 7 的膜片左边气压增加, 膜片变形向右移动, 7 的阀心随之右移, 液压油通往液压缸 8 的无杆腔, 其活塞杆通过导向机构 9 把带材右推, 最终抵消原先的向左偏离量, 直到带材边缘对准喷嘴中心。反之, 如果带材向右发生偏离, 则发生与上述相反的伺服控制过程。如果要求灵敏度不高, 则可以去掉气动伺服阀 2; 如果要求输出功率较小, 则可以去除液压系统, 气动伺服阀 2 可以直接与汽缸相连作为动力机构。采用气动伺服阀 2 主要是为了获得较高的灵敏度; 而采用液压缸驱动系统是为了获得较大的输出力。

图 5-26 中气动伺服阀由膜片、阀梭、调节螺钉和钢丝等组成 (见图 5-27), 阀梭 2 用弹

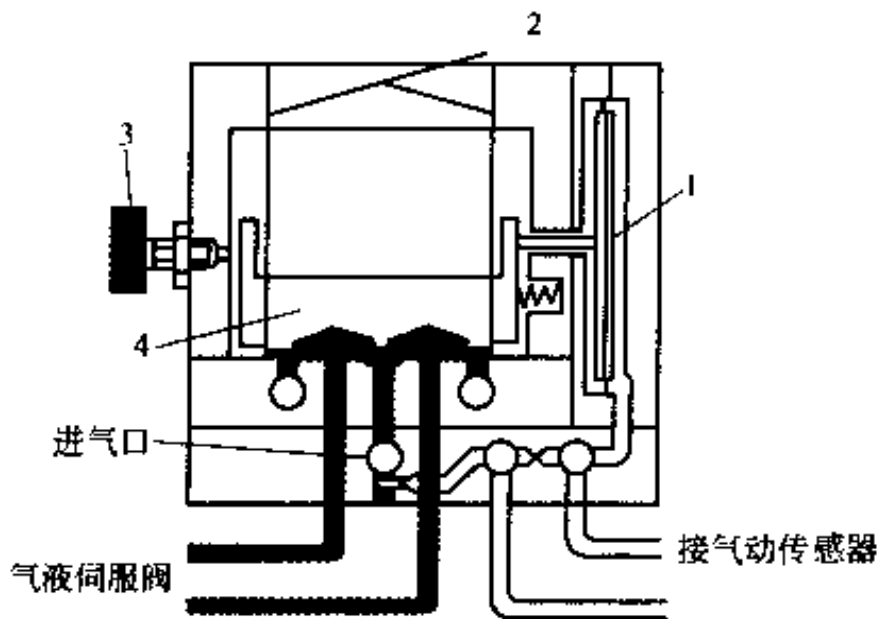


图 5-27 气动伺服阀的结构原理图

1—膜片; 2—阀梭; 3—调节螺钉; 4—钢丝

簧钢丝 4 悬挂。阀梭 2 与其下方阀体 (配流盘) 的间隙保证在 0.05mm 左右, 但不接触, 从而保证它们之间没有摩擦。这种结构使得梭阀 2 无任何阻尼同时也无磨损。从气动传感器来的气压偏差信号送到膜片 1 的右边, 与调节螺钉 3 的弹簧力平衡。阀梭的左右移动均将影响气动伺服阀的输出, 从而驱动气液伺服阀或直接驱动汽缸。

### (3) 技术特点

QYC-3 型伺服带材导向器将气压传动快速性好和液压传动压缩性小、出力大、流量易于控制的特点结合起来, 将气动伺服阀、

气动位置传感器、气液伺服阀、油源、气泵和液压泵等巧妙地结合在一起, 组成独立的伺服自控系统, 完成测量、反馈、指令、纠偏等一系列动作, 纠偏精度高, 灵敏度好, 结构合理, 操作方便, 运行可靠。

### (4) 技术参数 (见表 5-7)

表 5-7 QYC-3 型伺服带材导向器技术参数

项 目	参 数	单 位
QYC-3 型伺服带材导向器	尺寸	500×600×600
	重量	180(含液压油 50)
	适用环境温度	0~70
电动机	功率	0.75
液压泵	供油压力	1.5~2.5
	流量	6
气液伺服阀	额定空载流量	6
气泵	流量	55
气动传感器	测量长度	6
	检测间隔	12
	分辨率	0.05

### (5) 应用领域

主要用于带材 (或板状制品) 处理过程中, 使带材边缘位置保持恒定位置, 广泛用于

轧板、布匹、纸张、胶片、磁带、皮革、薄膜、箔材等带材的卷料、分切、涂布、收料过程的纠偏控制。

### 5.3.4 PLC 控制的液压铝粉压块机系统

#### (1) 主机功能结构

该压块机主要用于将氧化铝粉挤压成球形块，以便金属铝的冶炼，还可以轧制锌粉等其他需要在冶炼之前轧制成块的矿粉。该机采用液压传动和可编程序器控制（PLC）。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 5-28 所示为压块机的液压系统原理图，系统采用双泵（8 和 9）组合供油，远控顺序阀 6 用于大流量液压泵 8 的卸荷，溢流阀 10 用于调整系统工作压力，二位二通电磁换向阀用于双泵卸荷。系统的执行器为驱动模具的动模液压缸 1 和静模液压缸 2，此两缸对顶布置，分别由二位四通电磁换向阀 4 换向。两个液压缸行程上布置的行程开关 SQ1、SQ2 和 SQ3 用于给出系统动作或延时的电信号。图 5-29 所示为该机的 PLC 电控系统原理图，图 5-30 所示为其电控系统流程图。压块机的工作循环如图 5-31 所示，各工况的动作原理如下。

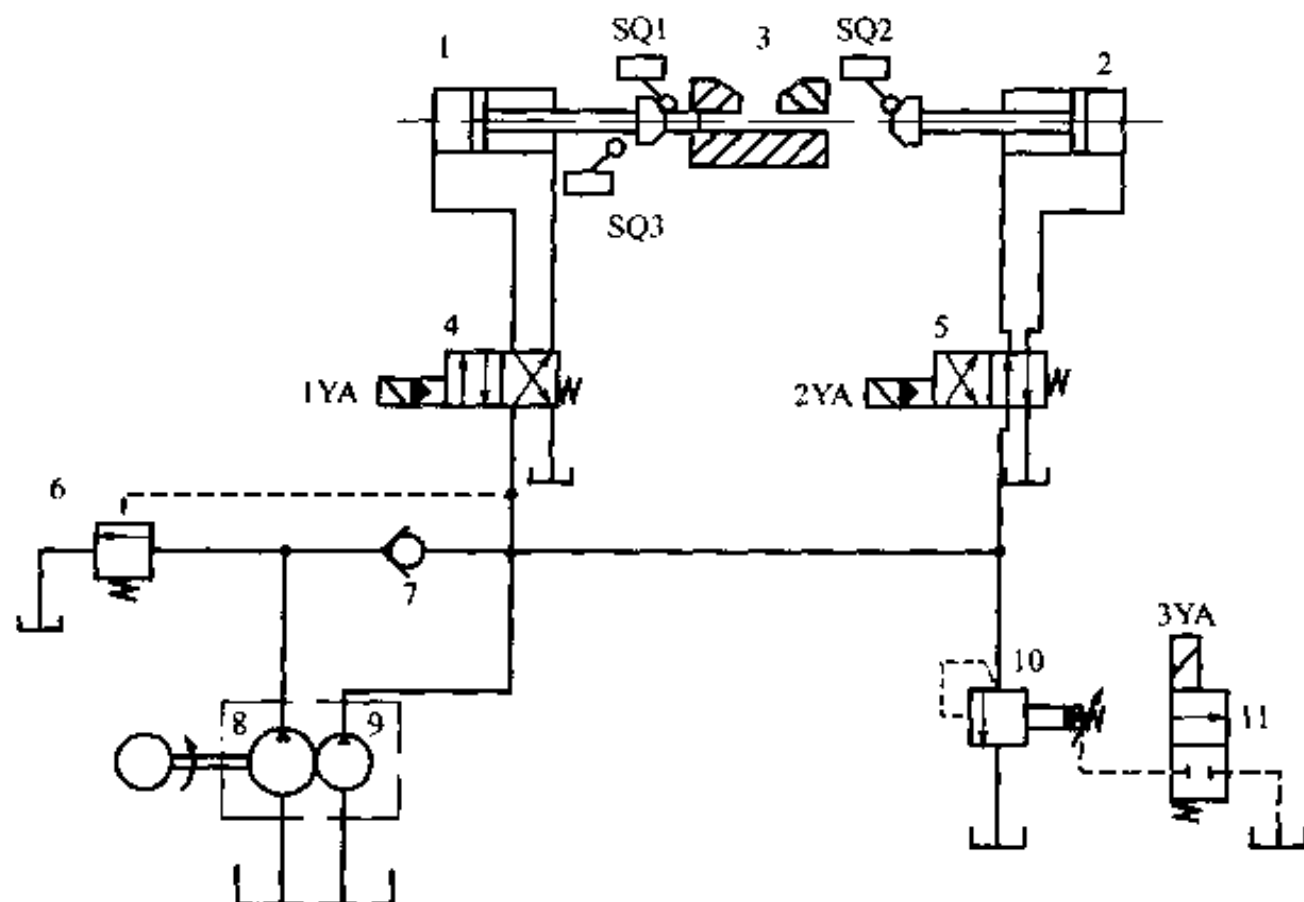


图 5-28 压块机液压系统原理图

1—动模液压缸；2—静模液压缸；3—铝粉料仓；4、5—二位四通电磁换向阀；6—远控顺序阀；  
7—单向阀；8—大流量液压泵；9—小流量液压泵；10—先导式溢流阀

1) 设备启动 压下手动启动开关 SB1 后，电磁铁 3YA 通电使换向阀 11 切换至上位，液压泵卸荷，以便轻载启动双泵的驱动电动机 M，同时接通定时器 TMO 延时，完成之后接通线圈 KM 启动双泵电动机，经定时器 TIM1 延时 10s 后对系统加载。KAI 作为自锁用。

2) 静模到位并停止 电磁铁 3YA 断电使换向阀 11 复位，同时 2YA 通电使换向阀 5 切换至左位，即加载的同时静模液压缸 2 向左运动。当压下行程开关 SQ2 时，开始启动定时器 TIM2。

3) 手工上料 手工将相当于一块氧化铝块的粉料装入料仓内。

4) 动模运动轧制成形 定时器 TIM2 延时完成后，电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至左位，动模液压缸 1 从料仓的左端起向右快速运动轧球并延时。

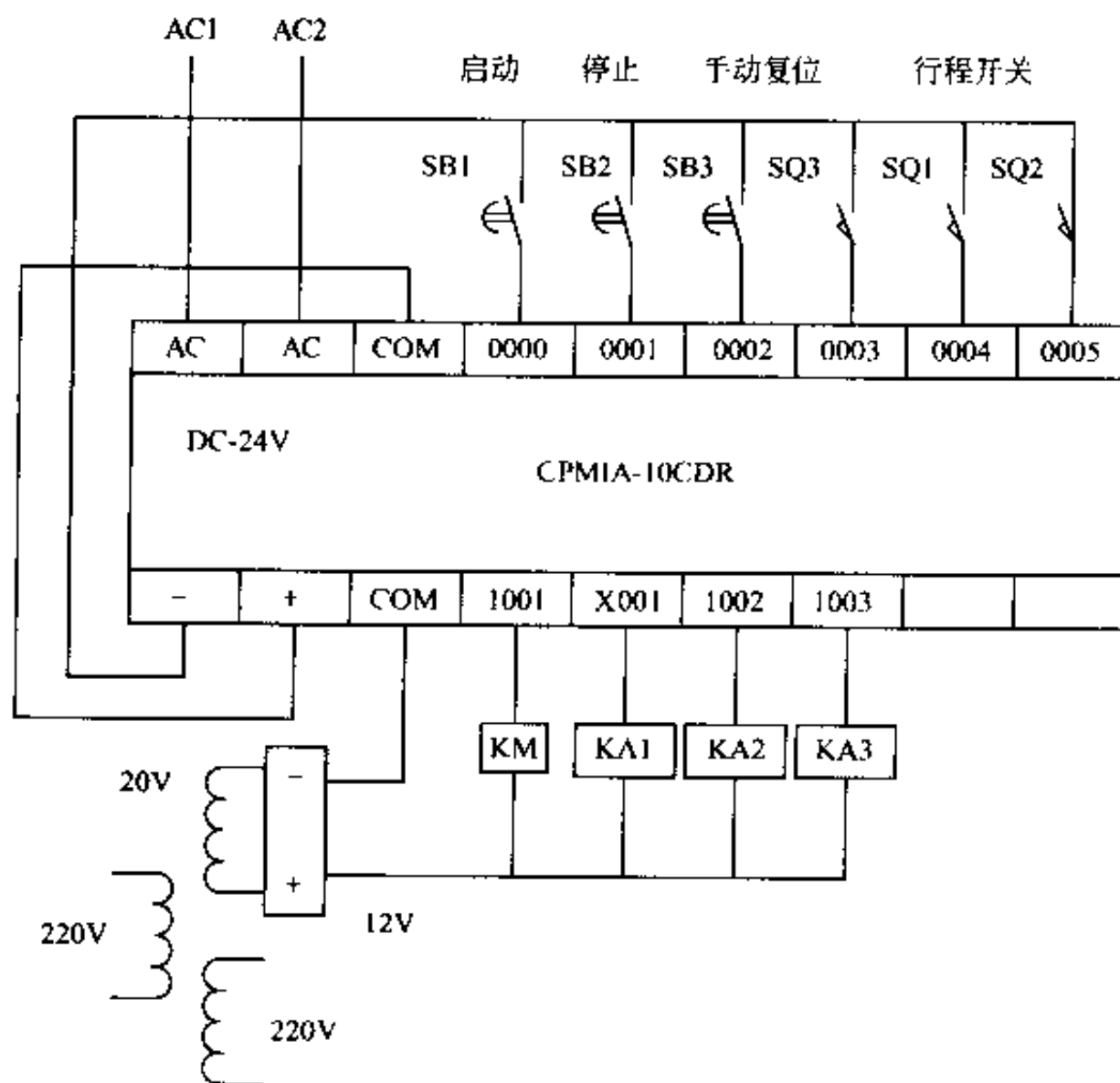


图 5-29 PLC 电控系统原理图

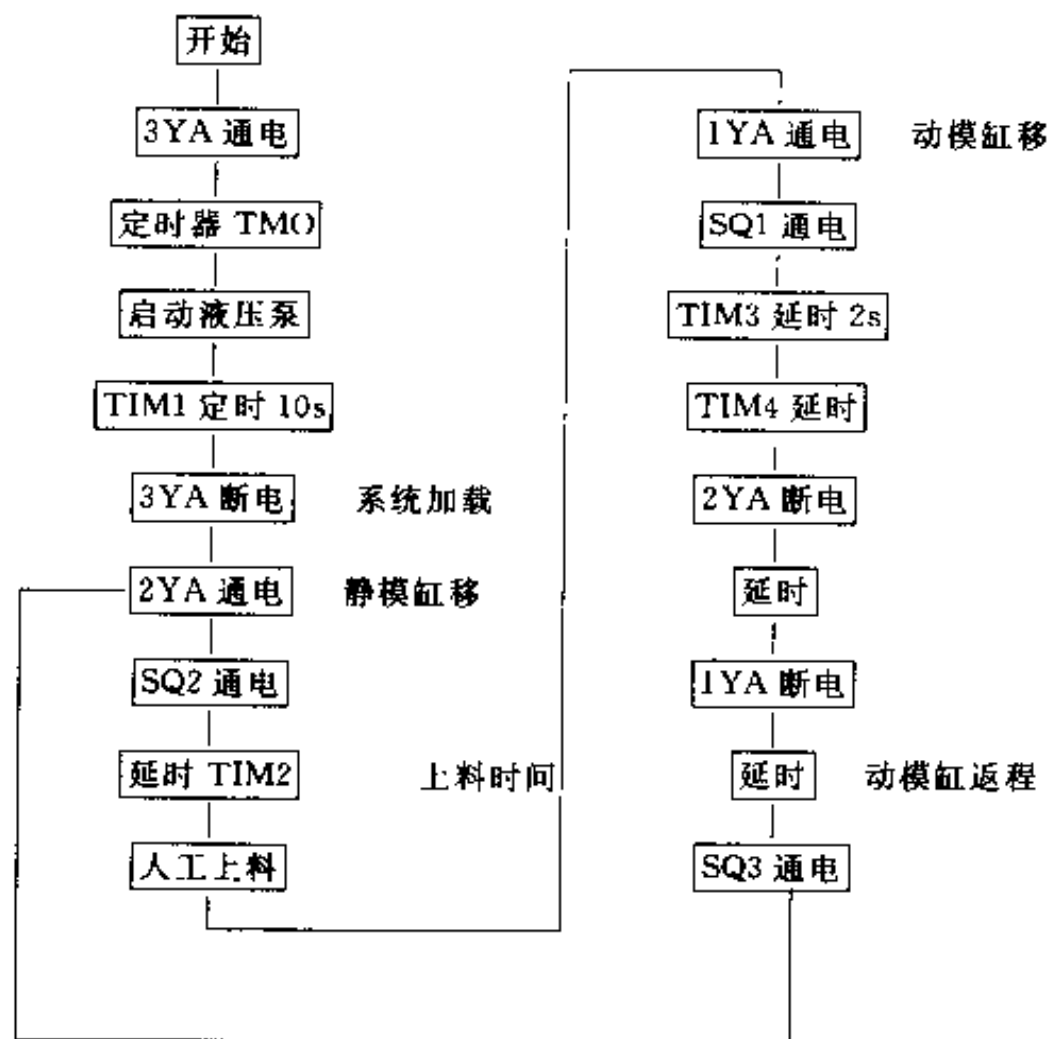


图 5-30 梯形图

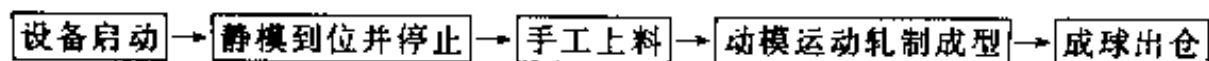


图 5-31 压块机的工作循环图

5) 成球出仓 当动模液压缸 1 活塞杆上的挡块压下行程开关 SQ1 时开始延时, 以便铝球的硬度达到理想值。延时到达后, 电磁铁 2YA 断电使换向阀 5 复位, 静模液压缸 2 先行后退, 动模液压缸 1 将轧制好的铝球顶出仓口。进行新的延时, 达到时间后, 电磁铁 1YA 断电使换向阀 4 复位, 动模液压缸 1 退回至原位, 从而完成一次循环。之后, 转入电磁铁 2YA 通电, 静模液压缸 2 左移, 第二个循环开始。

工作循环中的任何时刻都可以用手动按钮 SB3 手动复位, 任何时候都可以使电磁铁 1YA、2YA 断电, 从而使机器复位以便检修。

### (3) 技术特点

1) 压块机的液压系统采用高低压双泵供油, 轻载快速时, 进入液压缸的流量是两个液压泵的流量之和, 在液压缸因阻力而压力上升时, 小流量液压泵的压力通过顺序阀外控口使顺序阀工作, 大泵卸荷, 系统仅由小泵供油, 所以节能。

2) 机器的工作过程由可编程序控制器 (OMRON 公司的 CPM1A-10CDR 型可编程序控制器) (PLC) 控制, 软件编制简单, 只用几条本语句即可实现其功能。成本低, 各种参数修改方便快捷且可靠性高。

3) PLC 控制的液压系统提高了机器的自动化程度和生产率。

## 5.3.5 钢管锯机夹紧装置的电液比例控制系统

### (1) 主机功能结构

钢管锯机是从奥地利林辛格 (LINSINGER) 公司引进的锯切钢管的专用数控设备。用于按照定尺长度将成排的钢管锯切断。锯切时, 先要将成排的钢管夹紧固定, 伺服电机再驱动锯片进给锯切。该机进口侧和出口侧各有一组夹紧装置 (参见图 5-32), 每组夹紧装置的水平夹紧和垂直夹紧都用液压缸驱动实现。由于钢管的材质、直径和壁厚及参数不同, 水平夹紧力要求也不相同。若夹紧力过大, 钢管被压扁或表面产生伤痕, 影响钢管产品质量; 而夹紧力过小, 则锯切时由于夹紧不稳容易损坏锯片。为此水平夹紧采用电液比例控制, 以较好地解决上述问题。

### (2) 电液比例控制系统及其工作原理

图 5-32 所示为夹紧装置的电液比例控制系统原理图。系统的油源为变量液压泵 1, 其最高压力由先导式溢流阀 2 设定, 与阀 2 遥控口相接的二位二通电磁换向阀 3 用于控制液压泵的升压与卸荷。单向阀 4 用于防止压力油倒灌; 系统散热由冷却器 5 实现。系统的执行器为两个水平夹紧液压缸 14 和两个垂直夹紧液压缸 15。液压缸 15 的工作压力由开关式减压阀 7 设定, 缸 15 的运动方向由三位四通电磁换向阀 9 控制, 垂直夹紧后的保压由双向液压锁 11 实现, 压力继电器 13 用于发出控制信号。水平夹紧液压缸 14 的运动方向由三位四通电磁换向阀 8 控制, 双向液压锁 10 用于夹紧后的保压; 缸 14 的工作压力根据夹紧工件的材质和尺寸情况由电液比例减压阀 6 控制, 压力的检测由压力传感器 12 完成。水平夹紧回路的电液比例控制原理可用框图 5-33 说明如下。

根据要锯切钢管的材质、强度、外径、壁厚及管排钢管极数等, 将参数输入微型计算机, 微机根据程序进行逻辑运算发出信号, 通过 D/A 转换将信号输入比例减压阀的比例放大器 (比例控制器), 放大器输出相应的电流信号给比例减压阀, 得到相应的压力值。钢管参数不同时, 减压阀出口压力也不一样, 从而满足了夹紧装置对压力参数的要求, 实现了钢管参数与夹紧装置夹紧力的电液比例控制。

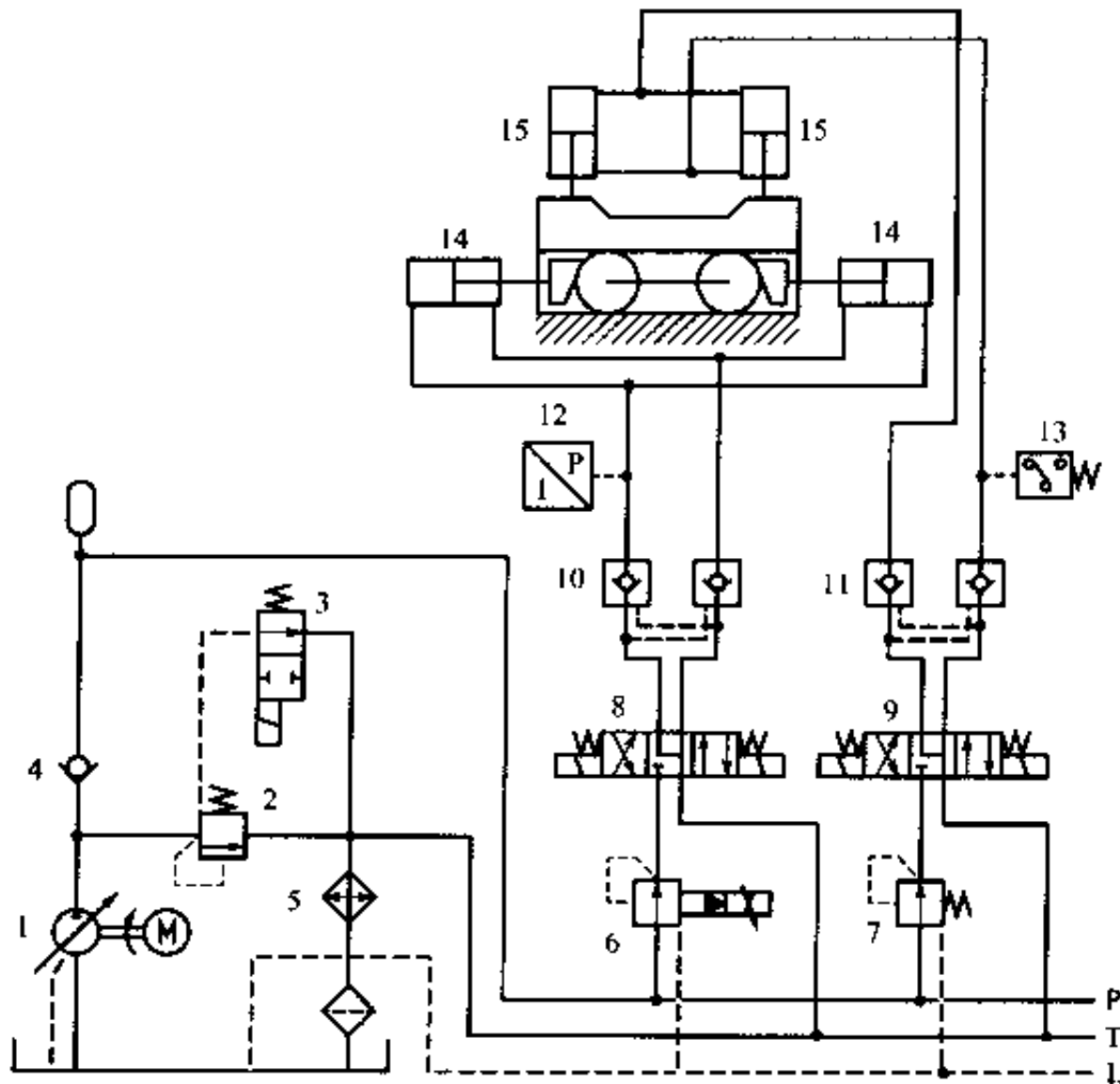


图 5-32 夹紧装置电液比例系统原理图

1—变量液压泵；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—单向阀；5—冷却器；  
6—电液比例减压阀；7—减压阀；8、9—三位四通电磁换向阀；10、11—双向液压锁；  
12—压力传感器；13—压力继电器；14—水平夹紧液压缸；15—垂直夹紧液压缸

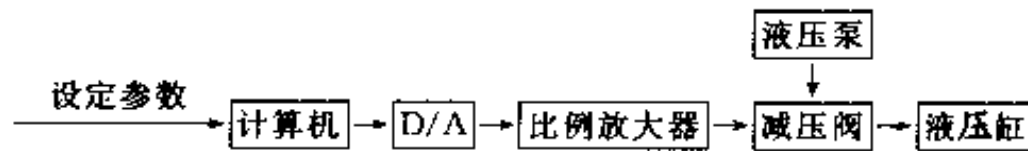


图 5-33 电液比例控制原理框图

### (3) 技术特点

1) 利用电液比例减压阀进行压力控制，可以满足不同规格、材质钢管锯切时对夹紧力的不同要求。

2) 与采用多个普通压力阀的多级压力控制系统相比较，该系统油路结构简单，使用元件少，自动化程度高，操纵维护简便。但需对比例阀进行清洗、校准，以免因油液污染、阀件磨损造成压力失调与控制精度降低。

## 5.3.6 钢管平头倒棱机液压进给系统

### (1) 主机功能结构

该机用于直径  $\phi 165\text{mm}$  的钢管平头倒棱，进给系统采用液压传动，可完成快进→工进→快通的工作循环，要求系统无“爬行”和“前冲”等不良现象，以保证工件的加工精度、表面加工质量和刀具的使用寿命，避免废品和事故的发生。

### (2) 液压系统及其工作原理

经过综合分析比较所设计的平头倒棱机液压进给系统原理图如图 5-34 所示。系统采用

高低压双泵 2 和 3 供油，差动快进的串联调速阀 8 回油调速回路。高压泵 2 的工作压力由溢流阀 4 调定，停止时低压泵 3 通过卸荷阀 6 卸荷。液压缸 12 的运动方向通过二位四通电磁换向阀 7 控制，二位三通电磁换向阀 11 用于实现液压缸的差动连接。为了提高油液清洁度，防止调速阀在小开度下工作时因阀口阻塞造成液压缸 12 爬行，在调速阀之前设置一支过滤精度为  $10\mu\text{m}$  的高压管路精过滤器 10，液压缸用格来圈和斯特封取代普通密封圈进行密封。由电磁铁动作顺序表 5-8 容易分析液压系统油液流动路线。

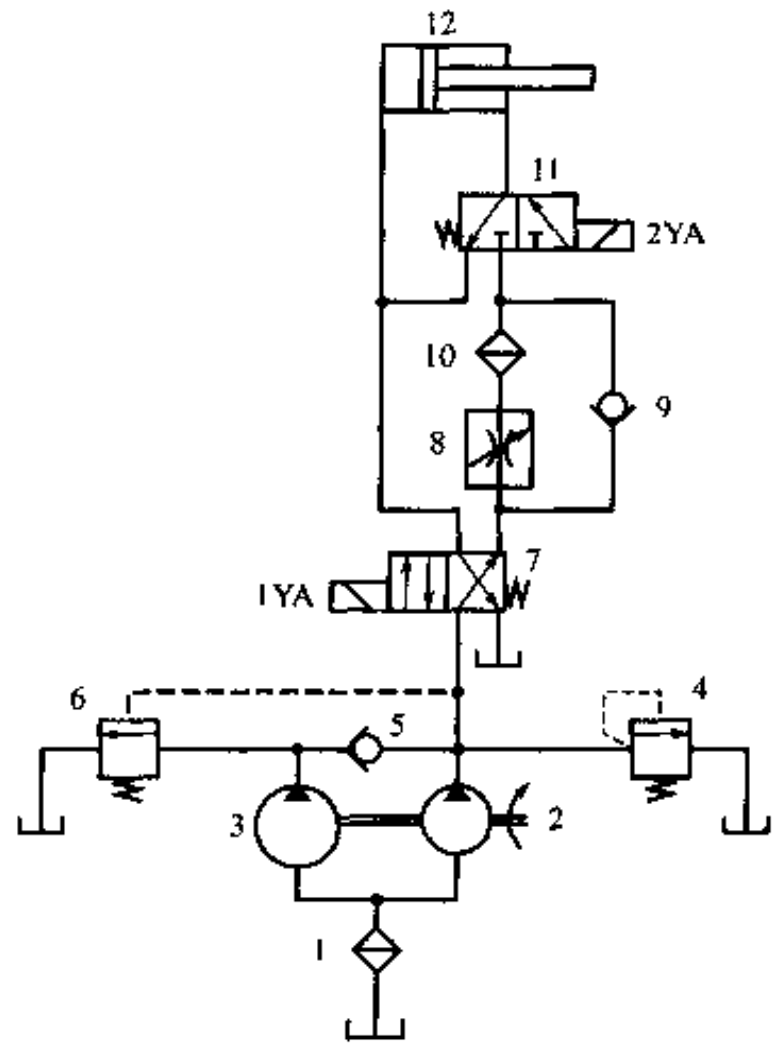


图 5-34 平头倒棱机液压进给系统原理图  
1—过滤器；2—高压泵；3—低压泵；4—溢流阀；  
5—卸荷阀；6—单向阀；7—二位四通电磁换向阀；  
8—调速阀；9—精过滤器；10—二位三通电磁换向阀；11—液压缸

(3) 技术特点

1) 用高压小流量，低压大流量双泵供油，快进、快退时双泵同时供油，工进时大泵卸荷，小泵供油，充分利用能源，避免无功损耗。

2) 通过选择合适的液压泵流量，避免快进快通时采用单向节流阀，不但可节省液压元件和管路，降低成本，而且降低能耗，提高效率。

3) 快进时采用差动连接，并使液压缸的大小腔面积之比为 2，充分利用回油流量对无杆腔的补油作用，不但可实现快进快退速度相等，而且可使泵的总流量减小一半，减小泵的流量规格，降低能耗，减少成本，提高效率。

表 5-8 电磁铁动作顺序

动作	1YA	2YA	动作	1YA	2YA
快进	+		快退		
工进	+	+	停止		

4) 此液压系统不仅适用于钢管平头倒棱机，对于具有快进、工进、快退工况的其他机械设备也有一定的参考价值。

(4) 技术参数 (见表 5-9)

5.3.7 小型液压打号机系统

(1) 主机功能结构

该打号机用于在产品出厂前打上出厂日期、生产班组等内容，以便厂家跟踪产品质量。打号机由机械、液压、电气三部分组成 (见图 5-35)，机械部分包括床身、滑动工作部件、工作台、打号压头及丝杠螺母机构等；立置液压站用螺栓固定在床身上，电气元件集中置于电气柜 10 中。

主机床身为单臂式 L 形铸钢结构，床身开有两条矩形导轨。通过调节床身上方的手轮 7，可使滑动部件 4 带动液压缸 5 在导轨上移动，调整至合适的位置，用 T 形螺栓将滑动部



表 5-9 钢管平头倒棱机及其液压进给系统的技术参数

项 目		参 数	单 位
平头倒棱机	转速	300~900	r/min
	进给量	0.3	mm/r
液压泵	额定压力	高压小泵:YB1-2.5 型定量叶片泵	MPa
		低压大泵:CB-B32 型齿轮泵	
	额定流量	高压小泵:YB1-2.5 型定量叶片泵	L/min
		低压大泵:CB-B32 型齿轮泵	
液压缸	缸筒内径	80	mm
	活塞杆直径	56.5	
	行程	75	
	最高工作速度	270	mm/min
	最低工作速度	90	
调速阀	额定压力	6.3	MPa
	最小工作压力	0.5	
	最大流量	6.3	L/min
	最小稳定流量	0.01	

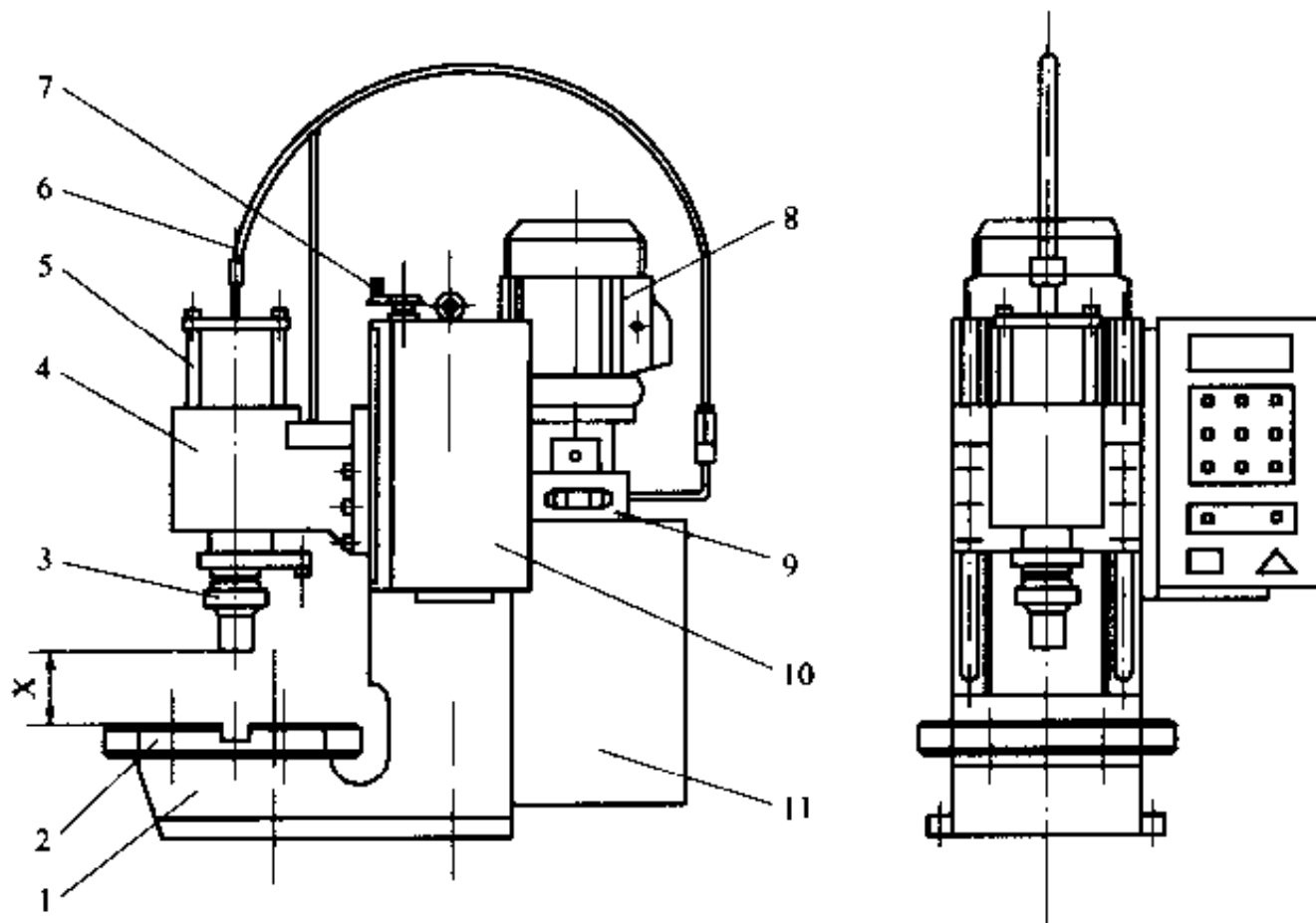


图 5-35 打号机结构示意图

1—床身；2—工作台；3—压头；4—滑动工作部件；5—液压缸；6—液压胶管；  
7—手轮；8—电机；9—液压阀集成块；10—电气控制柜；11—油箱

件固定在床身上。液压缸为单杆活塞缸，缸筒固定在滑动部件内部，活塞杆头部带有可以安装打号用字头的压头。床身可视为下端固定，上端自由的立柱型悬臂梁。滑动部件和工作台可以看作是一端固定在床身上，另一端自由的悬臂梁。工作时，液压缸带动压头及字头，在放置于工作台上的工件上打出所需字号。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 5-36 所示为打号机的液压系统原理图，系统的油源为定量轴向柱塞泵 1，系统最高工作压力由溢流阀 2 设定；液压缸 7 的运动由三位四通电磁换向阀 3 控制，液压泵可以通过该阀的 M 型机能的中位卸荷。压力继电器 6 用于系统保压，单向阀 4 和节流阀 5 用于保压后释压。

系统的工作原理如下。

电磁铁 1YA 通电使换向阀 3 切换至右位，液压泵 1 由卸荷转为向液压缸无杆腔供油，活塞杆带动压头快速向下运动，当压头及字头接触工件后，系统压力开始上升，当压力上升至压力继电器 6 的调定值时，系统开泵保压，到达保压时间后，电磁铁 1YA 断电，换向阀首先切换至中位，液压缸无杆腔的高压油液经节流阀 5、单向阀 4 和阀 3 中位回油释压，以防止液压冲击和噪声。然后，电磁铁 2YA 通电使换向阀 3 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 3 进入液压缸的有杆腔，活塞杆带动压头快速回程，上升到达规定位置后，电磁铁 2YA 断电，换向阀 3 复至中位，液压泵卸荷。一个工作循环结束。

## (3) 技术特点

1) 该打号机结构紧凑，与同吨位液压机相比，体积小、重量轻；打号力可在规定范围内通过调整液压系统压力调整，操作简便灵活，使用安全可靠。本打号机通过更换压头，还可以用于铆接、冲压等压力加工，实现一机多用。

2) 对于不同字号、字型和字数的要求，可以通过拆下压头更换各种字头实现。

3) 液压系统采用压力继电器保压；用节流阀和单向阀进行释压，释压速度可以通过调节节流阀的开度实现，调整方便，使用可靠。

4) 液压缸与工作台的距离可以根据工件高度进行调整，减小了活塞的空载行程，可节省功率。

5) 液压装置采用液压站结构形式，立式电机驱动的液压泵置于油箱内，改善了泵的吸油性能；液压控制阀采用了油路块式集成，阀组置于油箱顶盖上方，通过胶管与液压缸相连，结构紧凑，美观大方，调整方便。

## (4) 技术参数 (见表 5-10)

## 5.3.8 软铝连续挤压生产线主机的超高压液压系统

## (1) 主机功能结构

软铝连续挤压工艺是国外 20 世纪 70 年代发展起来的一种铝合金型材加工的新工艺 (简称 CONFORM)，效率非常高。国产的软铝连续挤压生产线主机其主机的功能是通过经过模具的铝坯摩擦挤压，加工成所需的各类型材，该机采用了超高压液压传动。

## (2) 液压系统及其工作原理

该机的超高压液压系统原理图如图 5-37 所示。该系统用于控制主机摩擦挤压模具的启闭

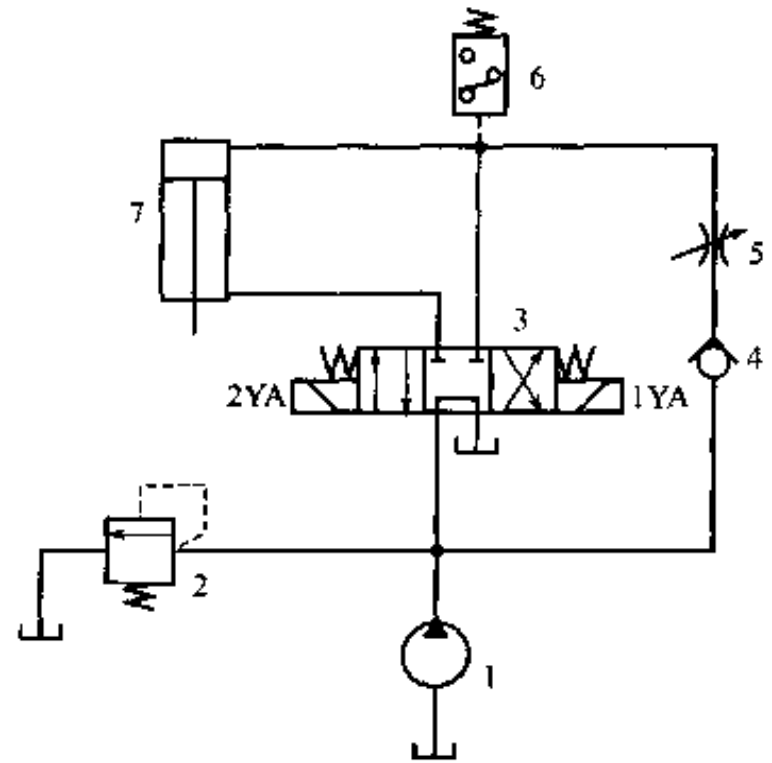


图 5-36 打号机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—三位四通电磁换向阀；4—单向阀；5—节流阀；6—压力继电器；7—液压缸

表 5-10 打号机及其液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	
主机	公称打号力	50	kN
	工作台面尺寸	300~200	mm
	调整距离	100~250	
	压头最大行程	50	
	工作速度	35	mm/s
	回程速度	90	
液压系统压力		16	MPa

以及挤压过程中模具的闭锁。系统的执行器为横向锁紧液压缸 11、12 以及垂直锁紧液压缸 13，液压缸的进给油源为超高压液压泵 3，液压缸的退回油源为辅助系统。缸 11、12 的运动由二位三通电磁换向阀 8 控制，缸 13 的运动由三位四通电磁换向阀 9 控制。系统的最高工作压力由溢流阀 4 设定，二位二通电磁换向阀 10 用于系统的卸荷和升压控制。单向阀 5 用于系统保压，压力继电器 6 用于压力发信，控制生产线的后续动作。

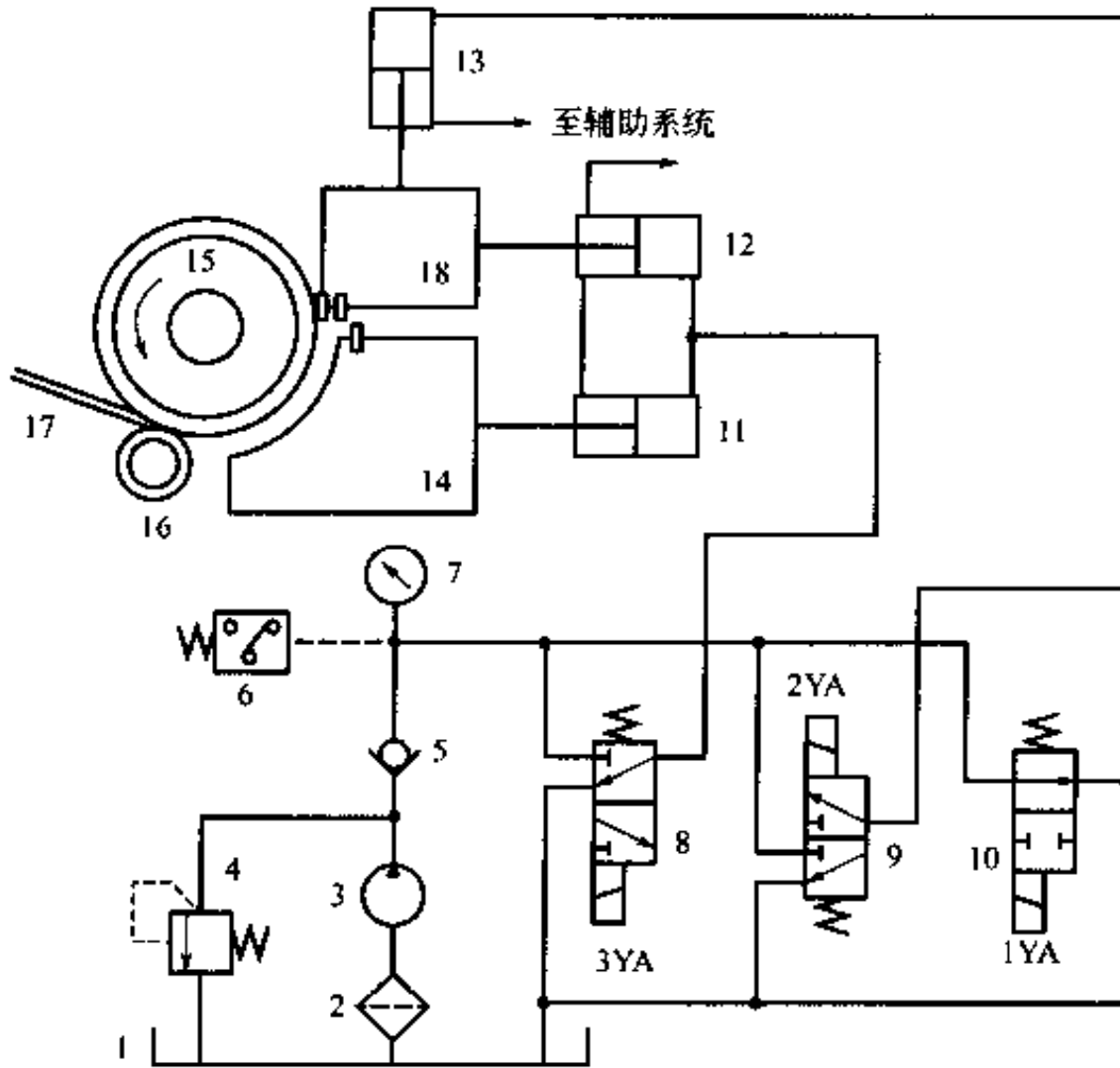


图 5-37 超高压液压系统原理图

- 1—油箱；2—过滤器；3—超高压液压泵；4—溢流阀；5—单向阀；6—压力继电器；7—压力表；  
 8、9—二位三通电磁换向阀；10—二位二通电磁换向阀；11、12—横向液压缸；  
 13—垂直液压缸；14—模具体；15—挤压轮；16—导轮；17—坯料；18—出料口

工作时，首先使电磁铁 1YA 通电，换向阀 10 切换至下位，系统开始升压。再使电磁铁 3YA 通电，换向阀 8 切换至下位，液压泵 3 的压力油经阀 8 进入液压缸 11、12 的无杆腔，活塞杆推动模具体 14 至挤压轮 15，提供横向锁紧力。然后，使电磁铁 2YA 通电，换向阀 9 切换至上位，泵 3 的压力油经阀 9 进入缸 13 的无杆腔，液压缸 13 下行，提供模具的垂直锁

紧力。模具锁紧后，坯料 17 在挤压轮 15 和导轮 16 的旋转摩擦、挤压下，以半熔状态在模具体的出料口 18 挤出，形成各种型材。工作完毕后，依次使电磁铁 2YA、3YA、1YA 断电，各换向阀复至图示位置，由辅助系统提供的液压油使液压缸 13 和 11、12 依次退回原位，模具开启。

该系统连续工作，要求压力波动要小，以确保挤压质量。必要时系统需保压。系统达到额定压力后，由压力继电器 6 发出信号，以控制生产线的后续动作。

工作时，首先使电磁铁 1YA 通电，换向阀 10 切换至下位，系统开始升压。再使电磁铁 3YA 通电，换向阀 8 切换至下位，液压泵 3 的压力油经阀 8 进入液压缸 11、12 的无杆腔，活塞杆推动模具体 14 至挤压轮 15，提供横向锁紧力。然后，使电磁铁 2YA 通电，换向阀 9 切换至上位，泵 3 的压力油经阀 9 进入缸 13 的无杆腔，液压缸 13 下行，提供模具的垂直锁紧力。模具锁紧后，坯料 17 在挤压轮 15 和导轮 16 的旋转摩擦、挤压下，以半熔状态在模具体的出料口 18 挤出，形成各种型材。工作完毕后，依次使电磁铁 2YA、3YA、1YA 断电，各换向阀复至图示位置，由辅助系统提供的液压油使液压缸 13 和 11、12 依次退回原位，模具开启。

该系统连续工作，要求压力波动要小，以确保挤压质量。必要时系统需保压。系统达到额定压力后，由压力继电器 6 发出信号，以控制生产线的后续动作。

### (3) 技术特点

1) 在该系统中，采用了 CYF-B6M 型差压式超高压溢流阀实现系统的压力控制。该阀保持了直动型溢流阀工艺简单的特点并从提高阀的稳定性和启闭特性角度做了改进，各项性能明显优于直动式溢流阀。

2) 为达到保压指标，所有与保压相关的元件，均采用了球式座阀结构的元件，充分保证了各阀口关闭时无间隙、泄漏量最少。换向阀 8、9 和 10 为由德国 FAG 公司引进的 W 系列电磁换向球阀。该阀可保证内外泄漏几乎为零。保压单向阀 5 选用 CDF-B4N 型超高压球式单向阀。该单向阀的设置，将溢流阀 4 和泵 3 排除在保压环节之外，使它们的泄漏不会影响系统的保压性能。

3) 系统中用于压力发信的压力继电器采用了电子式超高压压力继电器。该继电器不仅无泄漏，而且具有较高的重复精度（其重复精度可控制在 1% 以内），而一般的超高压压力继电器，由于运动部件的摩擦力以及液压卡紧力等原因，重复精度很难模拟信号设定值保证在 5% 以内。该压力继电器还可实现迟滞区间的调节，以适应不同的控制要求，除输出一开关信号外，还可输出一模拟信号，满足了生产线计算机控制的需要。

### (4) 技术参数（见表 5-11）

表 5-11 超高压液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
额定压力	80	MPa
额定流量	0.8	L/min
保压性能(4h 压力降)	1	MPa
压力脉动	≤10%	
发信精度	1%	

### 5.3.9 铝型材自装挤压机的液压系统

#### (1) 主机功能结构

挤压机是铝型材生产的必备设备,很多用户是以注塑机为机架自行改装制造。这类挤压机除主机(包括供锭器、挤压筒、压余分离剪、模座等)外,一般配有液压和电气控制系统。

挤压机生产铝型材的工艺过程一般是:先将圆柱形铸铝棒由加热炉加热到挤压温度,然后送入供锭器中,供锭器把铸棒和挤压垫送到挤压机中心线,由主缸中的柱塞推动挤压杆,将铸棒推入挤压筒中直至模口,然后主缸对其进行高压挤压;挤压完毕,用剪刀将型材制品与压余分离,最后挤压机各工作部件复位,为下一次挤压作好准备。自装挤压机的基本动作为:挤压筒前进合模→供锭器上升(供给熟铝棒)→主缸快进→供锭器下降→主缸挤压→挤压完毕→主缸卸荷→挤压筒后退至中位→主缸后退→挤压筒、主缸退尽→剪刀下降。另外还有清缸和换模(模座的移入、移出)的动作。

#### (2) 挤压机的液压系统及原理

自装挤压机的液压系统原理图如图 5-38 所示。系统的执行器有驱动挤压杆 29 的主液压缸 24、供锭液压缸 25、挤压筒移动液压缸 26、剪刀液压缸 27 和模架移动液压缸 28 等 5 种液压缸,除了主缸 24 为多工作腔的复合缸外,其余辅助作用的缸均为单活塞杆液压缸。缸 24~28 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 12~16 控制,其中,阀 12、14、20 为 O 型中位机能,可用于常态时保压和锁定液压缸而不至于因外力而移位。

系统的油源为定量柱塞泵 1、定量叶片泵 2 和变量柱塞泵 3、4,泵的压力和卸荷分别由电磁溢流阀 5、6、7、8 控制,各泵出口均设有单向阀,用以防止压力油倒灌。系统中右边(缸 25~28)的油路与左边(主缸 1)的油路可以通过起合流作用的二位二通换向阀 9 实现连通和隔开,以便于实现液压缸的快慢速控制。主缸 1 快速动作时,泵 1 的压力油通过二位二通电磁换向阀 11 控制主缸充液活塞 F 的升降,启闭充液油口 D,实现副油箱 34 向主缸 B 腔的充液工作,泵 2、3 和 4 一并向缸 1 大流量供油(阀 9 切换至下位),调速阀 2 用于调节主缸 1 慢速挤压时的速度;单向节流阀 20 和 21 用于调节供锭缸 25 的升降速度。减压阀 10 用于调定主缸之外的其他液压缸的工作压力。

挤压过程的动作原理如下。

1) 主缸快速前进(右行) 电磁铁 1YA、2YA、3YA、4YA、5YA、6YA、7YA、17YA 通电,泵 4 的压力油经阀 9 的下位与泵 2 和泵 3 的压力油在换向阀 9 之前汇合后,通过换向阀 12 的左位进入主缸 1 的小腔 A(作用面积为小柱塞的横截面积),驱动挤压杆 29 快速前进(右行),同时泵 1 的压力油经出口单向阀、换向阀 11 的右位进入主缸 1 的 E 腔,使活塞 F 上移,打开充液口 D,副油箱向主缸的 B 腔充液。

2) 挤压 当挤压杆 29 将铝料送进挤压筒 31 时,系统压力升高,当压力升高到顺序阀 6 的调定值打开时,泵 2 和 3 的压力油经阀 6 进入主缸的 B 腔,同时压力继电器 7 发信号,使电磁铁 6YA 断电使阀 11 复至左位,充液活塞 F 受弹簧 G 的作用下移,关闭充液口 D,同时电磁铁 1YA 断电使泵 1 经阀 5 卸荷,电磁铁 4YA 断电隔开左右回路。此时仅泵 2 和 3 向主缸供油,输入主缸的高压油作用面积变为 B 腔面积和 A 腔面积之和,主缸以较大的推力推动挤压杆慢慢向前挤出制品,挤压速度由旁路调速阀 22 的开度调定。

3) 主缸卸荷释压 挤压结束后,电磁铁 7YA 断电,换向阀 12 复至中位,该阀的 4 个

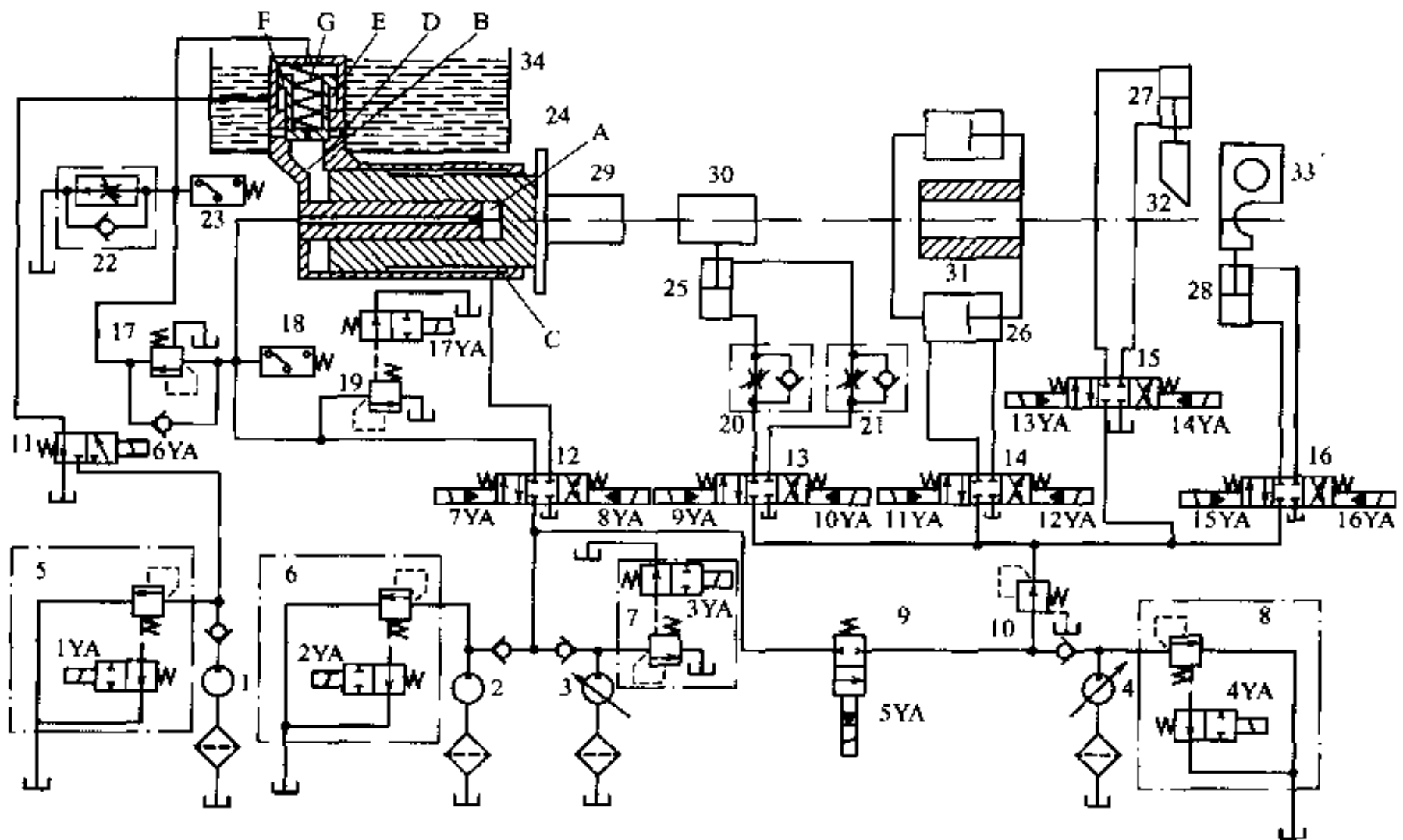


图 5-38 自装挤压机的液压系统原理图

1—定量柱塞泵；2—定量叶片泵；3、4—变量柱塞泵；5、6、7、8、19—电磁溢流阀；9—二位二通电磁换向阀；10—减压阀；11—二位三通电磁换向阀；12、13、14、15、16—三位四通电磁换向阀；17—单向顺序阀；18、23—压力继电器；20、21—单向节流阀；22—旁路调速阀；24—主液压缸；25—供锭液压缸；26—挤压筒移动液压缸；27—剪刀液压缸；28—模架移动液压缸；29—挤压杆；30—供锭器；31—挤压筒；32—剪刀；33—模架；34—副油箱

油口互不相通，主缸中残余的高压油不能使主缸立即停住，此时，使电磁铁 17YA 断电，主缸中的残余高压油经电磁溢流阀 19 卸荷释压（通油箱）。但主缸也要保持一定的压力，以便使挤压筒顺利后退，所以卸荷时间不宜过长，通过时间继电器一般将卸荷时间设定为 2s。压力继电器 5 用于挤压过程中的安全保护，亦即挤压过程中一旦主缸压力超过 5 的设定值就发信号，自动停止挤压。

4) 主缸快速退回（左行）当挤压筒后退至中位后，电磁铁 8YA 通电，泵 2 和泵 3 的压力油经换向阀 12 的右位进入主缸 1 的 C 腔，主缸快速退回，而主缸 B 腔的油液经单向顺序阀 17 中的单向阀与 A 腔的油液一并经换向阀 12 的右位排回油箱。

如果要求主缸 1 有更高的快退速度，还可以使合流阀 9 切换至下位，让泵 4 与泵 2、泵 3 一起向主缸供油。

### (3) 技术特点

1) 自装挤压机的液压系统采用多泵组合供油，并通过合流阀的控制实现主缸回路和其他辅助作用的液压缸回路的连通与隔开，满足了主缸快速运动对大流量的需求，扩大了执行器的快慢速比，具有节能效果。

2) 主液压缸为带有充液活塞的多腔复合缸，通过副油箱充液，充液口的启闭控制采用一个独立的定量液压泵回路完成，避免了主油路的干扰和影响；除了采用多泵供油外，工作中，通过主缸工作腔有效作用面积的变换实现速度转换（快速时面积小，慢速时面积大），



速度转换时的冲击和振动小，平稳性高，系统效率高。

3) 主缸挤压结束后，通过电磁溢流阀释压卸荷，释压时间通过时间继电器控制，以保证后续动作的完成。

4) 需要保压油路的换向阀采用 O 型中位机能。

5) 各液压泵出口均并联有电磁溢流阀，在等待期间可以卸荷，有利于节能。

## 5.4 冶金企业环保设备液压系统

### 5.4.1 钢厂废水处理自动压滤机液压系统

#### (1) 主机功能

自动压滤机是一种固液分离设备，它将泥水混合物分离成含水量小于 15% 的泥饼和净水。由于炼钢厂在转炉的尾气除尘过程中，产生了大量含有悬浮物（悬浮物浓度为 5g/L）的废水，为了节约水资源，加强环境保护，炼钢厂采用自动压滤机对废水进行处理，自动压滤机的工作过程则采用液压系统控制。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 5-39 所示为自动压滤机的液压系统原理图。系统的油源为单向变量液压泵 1，系统的最高压力由先导式溢流阀 2 设定，系统的工作压力采用三位四通电磁换向阀 3、溢流阀 4 和溢流阀 5 进行多级压力控制，二位三通电磁换向阀 6 用于液压泵 1 的卸荷与升压控制。系统的执行器为单杆活塞式液压缸 12 和双向定量液压马达 15；液压缸用于实现机头的两次夹紧动作，液压马达通过链条传动，实现滤板的拉、取动作；缸 12 与马达 15 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 7 和三位四通电磁换向阀 14 控制；液控单向阀 9 用于液压缸夹紧时的

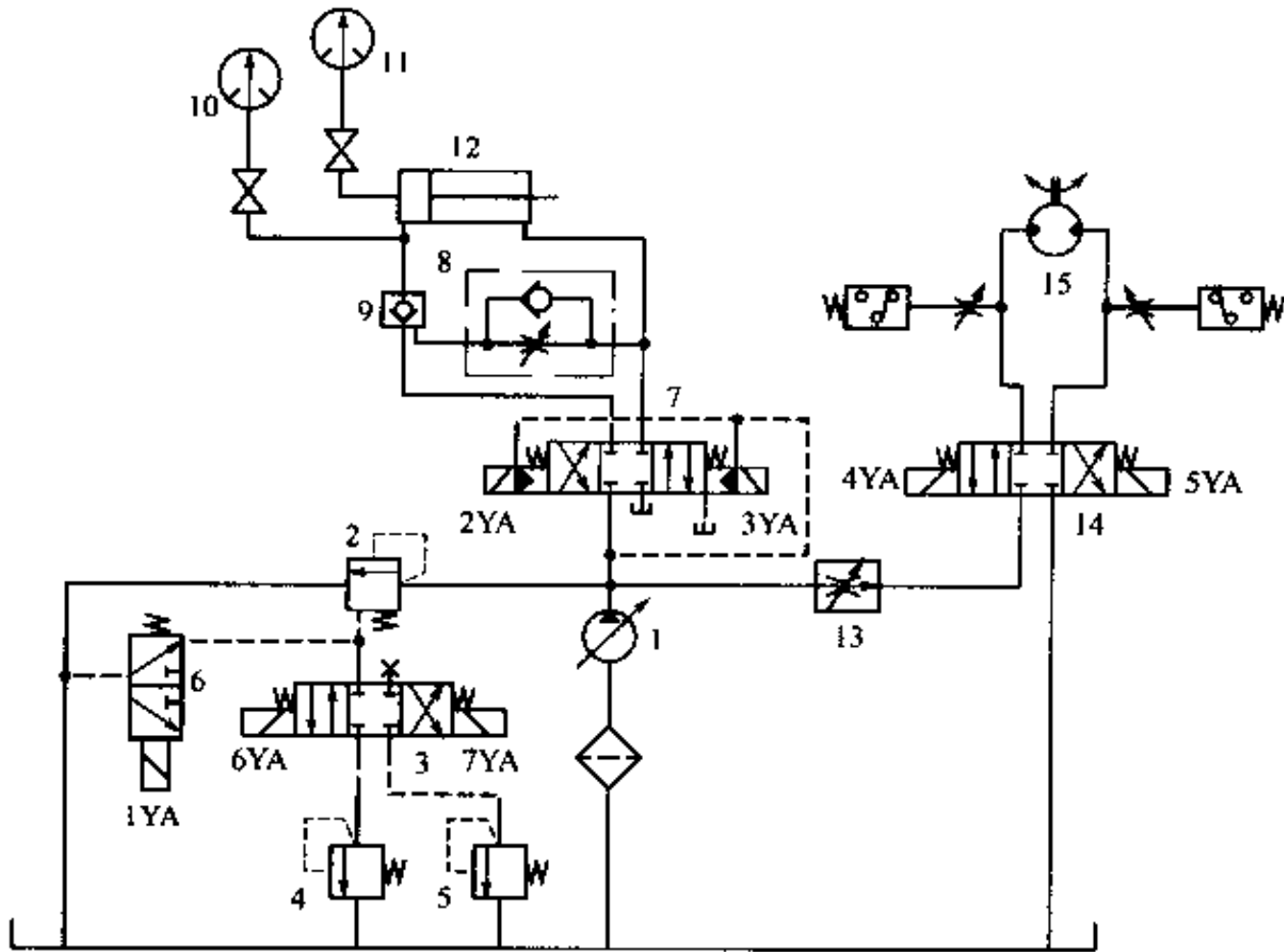


图 5-39 自动压滤机液压系统原理图

- 1—单向变量液压泵；2—先导式溢流阀；3、14—三位四通电磁换向阀；4、5—远控溢流阀；  
6—二位三通电磁换向阀；7—三位四通电磁换向阀；8—单向节流阀；9—液控单向阀；  
10、11—电接触式压力表；12—液压缸；13—调速阀；15—双向定量液压马达

系统保压；液控单向阀 9 控制油路上串联的单向节流阀 8，用于调节液控单向阀内部的控制活塞的移动速度，以免造成释压过快引起液压系统的冲击振动和噪声。调速阀 13 用于液压马达的旋转运动的进油节流调速。

系统的工作原理如下。

当电磁铁 1YA、3YA、6YA 通电，其余电磁铁断电时，三位四通电磁换向阀 7 和三位四通电磁换向阀 3 分别切换至右位和左位，液压泵 1 的压力油通过阀 7 和液控单向阀 9 进入液压缸 12 的无杆腔，实现机头的一次夹紧动作，此时的系统压力为远程溢流阀 4 的设定值 (10MPa)，当电接触式压力表 10 达到上限控制压力时，使电磁铁 3YA 和 6YA 断电，系统由液控单向阀 9 保压。二次夹紧时，电磁铁 3YA 通电，系统压力为溢流阀 1 的设定值 (21MPa)，当电接触式压力表 11 达到上限控制压力时，3YA 断电，系统保压；当压力降至 11 的下限控制压力时，3YA 又通电，液压泵 1 向缸 12 的无杆腔补油，使无杆腔压力回升，系统又开始保压。当电磁铁 2YA 通电使换向阀 7 切换至左位时，液压泵的压力油经换向阀 7 进入液压缸 12 的有杆腔，同时经单向节流阀 8 反向导通液控单向阀 9，实现液压缸无杆腔的释压，释压到一定值后，活塞杆后退带动机头完成松开动作。

机头松开后，液压马达通过链条传动完成拉、取板的动作。当电磁铁 4YA 通电时，液压泵的压力油进入液压马达的左端进油口，液压马达旋转，通过链条完成取板动作；当电磁铁 5YA 通电时，完成拉板动作。此时电磁铁 7YA 通电，系统的压力为远程溢流阀 5 的设定值。

### (3) 技术特点

1) 自动压滤机的液压系统采用变量泵供油，利用远程控制原理通过三只溢流阀的并联实现系统压力的多级控制；系统可通过二位三通电磁换向阀 6 控制实现卸荷；有利于能量的合理使用并减少系统发热。

2) 通过电接触式压力表控制，实现系统的自动补油保压，保压时间长，压力稳定性高。

3) 通过调节液控单向阀控制油路上串联的单向节流阀的开度，可以避免因液控单向阀内部的控制活塞的移动速度不当，造成释压过快引起液压系统的冲击振动和噪声，既满足了系统的释压要求，又保证了液控单向阀的控制活塞的回程不受影响。

### (4) 技术参数 (见表 5-12)

表 5-12 自动压滤机及其液压系统的技术参数

	项 目	参 数	单 位
主机	滤板数量	87	块
	日处理废水	150	t
	机头(液压缸)推出速度	56	mm/s
	滤板移动速度	160~180	
液压系统	系统最大流量	100	L/min
	额定工作压力	21	MPa
	一次保压压力(溢流阀 4 设定)	10	
	二次保压上限压力(溢流阀 2 设定)	21	
	二次保压下限压力(电接点压力表 11)	19	
	液压马达回路工作压力(溢流阀 5 设定)	7	
	系统噪声	70	dB

### 5.4.2 全液压板框压滤机液压系统

#### (1) 主机功能结构

板框压滤机适用于难以分离的细黏性物的过滤。该机用于攀钢  $V_2O_5$  生产线中，其主要动作有压紧、放松，将 30 片滤板依次拉至起始位置，开启底板放料。该机采用液压传动，与系统其他设施采用可编程序控制器 (PLC) 连接形成自动化生产系统。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 5-40 所示为该板框压滤机的液压系统原理图，其油源为一台高压径向柱塞泵 1 和一台齿轮泵 2 组成的组合泵，共用一台电动机驱动。系统的传动介质为美孚液压油。系统的执行器为板框压紧液压缸 16、滤板往复移动液压马达 22 和底板开启液压缸 27。

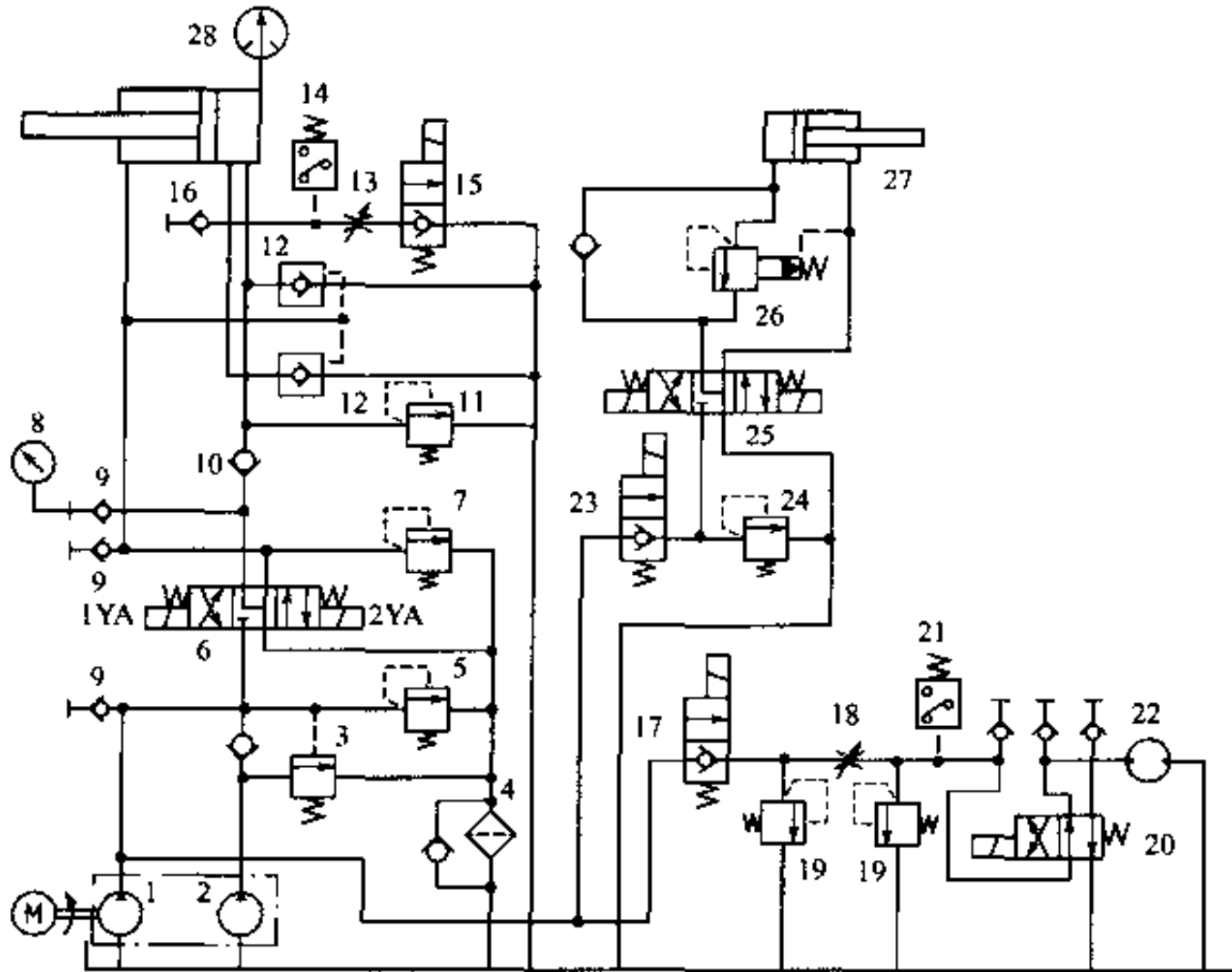


图 5-40 板框压滤机液压系统原理图

1—径向柱塞泵；2—齿轮泵；3、5、7、11、24—溢流阀；4—过滤器；6、25—三位四通电磁换向阀；8—压力表；9—测压接头；10—单向阀；12—液控单向阀；13、18—节流阀；14、21—压力继电器；16—压紧液压缸；15、17、23—二位二通电磁换向阀；19、26—溢流阀；20—二位四通电磁换向阀；22—液压马达；27—底板开启液压缸；28—电接触式压力表

板框压紧时，电磁铁 2YA 通电，三位四通电磁换向阀 6 切换至右位，柱塞泵 1 和齿轮泵 2 同时经阀 6、10 向液压缸 16 的无杆腔供油，由于此时液压缸无负载；故液压缸活塞杆快速推进，随着液压缸逐渐开始压紧，系统压力上升，溢流阀 3 先开始溢流，低压齿轮泵 2 的油液经阀 3 排回油箱而不再进入液压缸，缸在压紧时压力从 8 MPa 很快升至 16MPa。液压缸 16 回程时，电磁铁 1YA 通电使换向阀 6 切换至左位，高压泵 1 和低压泵 2 同时经阀 6 右位向液压缸有杆腔供油，同时导通液控单向阀 12，液压缸快退，缸的无杆腔通过两个液控单向阀 12 和二通二通电磁换向阀 15 回油。为了保证上述动作，溢流阀 3 和阀 7 的压力调整为 3MPa，溢流阀 5 和阀 11 调整为 16MPa，系统在多处设置了压力测量接点 (共 8 个)，

比较方便快捷地检测出压力值，主液压缸上设置有电接触式压力表 28。

滤板往复移动由液压马达 22 带动移板链条实现，液压马达的油源为高压泵 1，其动作压力由溢流阀组 19 控制，移板速度可通过调节节流阀 18 的开度实现，液压马达的运动方向由二位四通电磁换向阀 20 控制。

底板开启动作由液压缸 27 实现，缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 25 控制，缸的进油路上设置有先导式溢流阀 26，在关闭底板时以行成可调背压。

### (3) 技术特点

1) 板框压滤机的液压系统采用高低压双泵组合供油，在满足快慢速动作的同时，减少了原动机数量及运行时的无功损耗和发热。

2) 三个执行器的液压回路均设有溢流阀，通过多级压力控制满足各执行器的不同工况要求。

3) 液压泵浸入油箱油液中，改善了吸油性能；整个液压系统采用集成块连接，减少了管路，结构紧凑；通过插接式测压点使得调试操作简捷。

4) 采用优质工业用抗磨液压油作为传动介质，避免了污染颗粒造成液压阀误动作而产生的种种故障。

### (4) 技术参数 (见表 5-13)

表 5-13 板框压滤机液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
油 源	高压小流量泵	最高压力	31.5	MPa
		流量	6	L/min
	低压大流量泵	最高压力	3	MPa
		流量	59.5	L/min
系统调整压力	溢流阀 3 和 7		3	MPa
	溢流阀 5 和 11		16	
	溢流阀组 19		7(最高 21)	
	溢流阀 24		1(最高 12)	

## 第6章 铁路和公路运输行业中的液压系统

### 6.1 概述

铁路与公路运输是国民经济的大动脉。为了适应现代铁路与公路高速化的发展，在铁路与公路建设装备和运输设备中大量使用了液压技术。

液压技术在我国铁道工程中应用很广。特别是近些年引进的隧道施工中的液压凿岩台车、岩石掘进机、轮胎式装载机、立爪装渣机、喷浆机械手、混凝土衬砌模板台车以及养路机械中的轨行式道渣清筛机、起拨道捣固机、道床整形机、夯实机、连续闪光钢轨对焊机 etc 成套设备，都大量采用液压技术，并向计算机控制的方向发展。液压技术在公路运输行业的应用相当普遍。例如高速公路护栏的冲孔切断机、汽车维修举升机、地下汽车库升降平台、隧道工程衬砌台车、公路架桥机等设备都大量使用了液压传动与控制技术。

本章介绍铁路和公路运输行业设计和使用的 16 例液压传动与控制系统。

### 6.2 铁路运输业中的液压系统

#### 6.2.1 铁路铺轨机液压系统

##### (1) 主机功能结构

长征 II A 型铺轨机是用于铁路铺轨的专用设备，其整机走行机构采用了液压传动。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 6-1 所示为铺轨机的液压系统原理图，系统的执行器为 4 个双向定量液压马达，用于驱动抱轴减速箱而使主机运行。系统的油源为由 4 台电动机分别驱动的变量液压泵 1、2、3、4，变量泵的最高压力和卸荷通过电磁溢流阀 11 和压力继电器 12 设定与控制，泵的流量调节可在司机室完成；定量泵 5 用于 4 台变量泵的启动，其供油压力由溢流阀 10 设定。

以大车回路为例，通过电液换向阀 19 的控制，可使液压马达 21 和 22 在工作中获得两种连接油路：空车走行时，换向阀 19 处于中位，马达 21 和 22 为串联油路，以提高走行速度；低速启动时，电磁铁 6YA（或 7YA）通电，马达 21 和 22 为并联油路。缓冲补油阀 17 用于减缓大车制动时液压马达一侧产生液压冲击和防止另一侧液压马达吸空。电液换向阀 13 采用了 Y 型中位机能，在制动时，马达处于浮动状态，可使大车依靠惯性滑行一段距离，以便于对位。大车的制动采用空气制动系统，正常情况下应使阀 12 复至中位后再进行制动。

##### (3) 技术特点

1) 铺轨机液压系统采用了变量泵-定量马达开式循环油路，通过调节变量泵的输出流量和改变液压马达的油路串并联状态进行无级容积调速，调节方便，功率损失小，系统发热少。

2) 系统设有缓冲补油装置，可以防止制动时液压冲击和液压马达吸空。

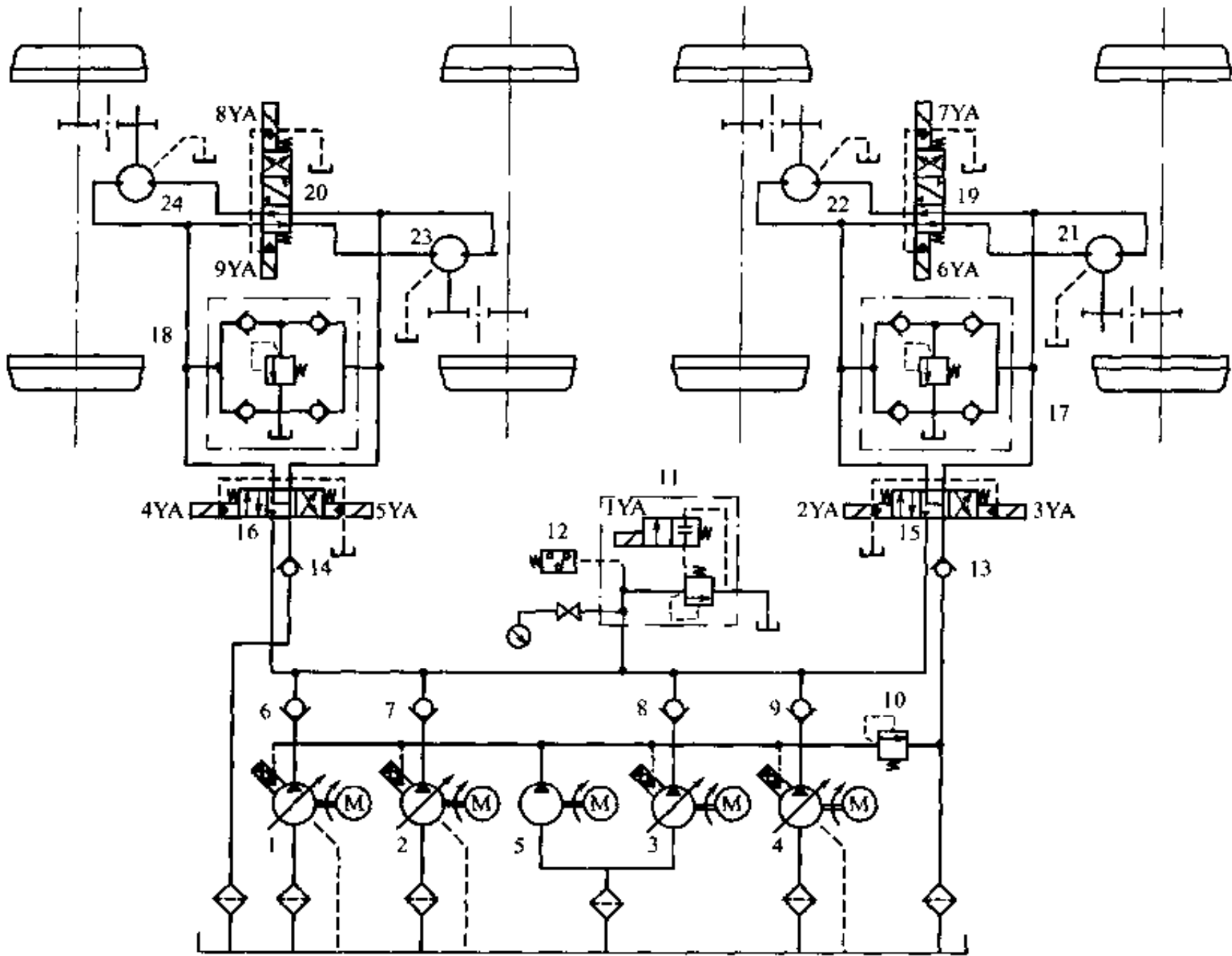


图 6-1 铺轨机液压系统原理图

- 1、2、3、4—变量液压泵；5—定量液压泵；6、7、8、9、13、14—单向阀；10—溢流阀；  
 11—电磁溢流阀；12—压力继电器；15、16、19、20—三位四通电液换向阀，  
 17、18—缓冲补油阀；21、22、23、24—双向定量液压马达

3) 如果压力过高，系统可以通过压力继电器控制电磁溢流阀使系统自动卸荷，并报警。

4) 铺轨机走行机构采用液压系统，加大了无级变速范围，简化了机械机构，减轻了重量并减缓了冲击振动。

(4) 技术参数 (见表 6-1)

### 6.2.2 长钢轨铺轨机助推器的液压系统

#### (1) 主机功能结构

铺轨机组是一次性铺设跨区间无缝铁路的专用轨道工程机械设备 (见图 6-2)，对铁路列车平稳性和安全性起着重要的作用。钢轨助推器 4 是铺轨机的重要工作部件，具有钢轨推送和助推两种功能。推送钢轨时，将两根长钢轨 2 从铺轨专用平车 (又称小车) 3 上平行推送到牵引车 1 的后端，待两根长钢轨与牵引车拖拉架连挂后，牵引车拖动两根长钢轨行走；助推钢轨中，当行走过程中路面阻力不断增加时，助推器对钢轨不断施加助推力，保证两根长轨顺利拖出平车。由于牵引车的牵引速度随牵引阻力不断变化而变化，要求助推器能够自动适应 (跟踪) 牵引车运行状态的变化，使牵引和助推速度保持同步。为此，助推器采用了液压驱动及恒功率调速。



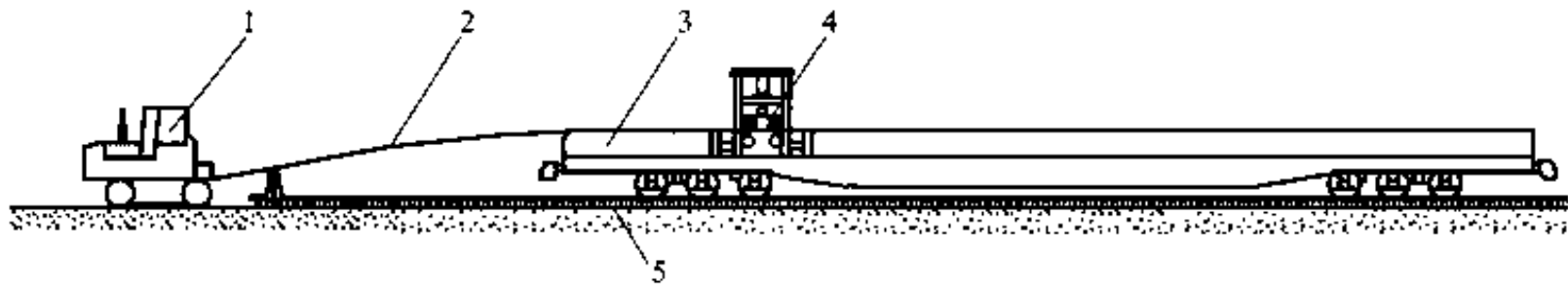


图 6-2 铺轨机的结构示意图

1—钢轨牵引车；2—待铺设钢轨；3—钢轨专用平车（小车）；4 钢轨助推器；5—铺设的钢轨

表 6-1 铺轨机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位		
铺轨机	空车重量	130	t		
	最大载重量	120			
	动轴数	4	根		
	线路坡度	20%			
	最小转弯半径	250	m		
	空载走行(串联)速度	7.6	km/h		
	重载走行(并联)速度	3.5			
	空载驱动扭矩	3334.0	N·m		
	重载驱动扭矩	6411.3			
液压系统	变量液压泵(A7V55EL2.0RPF00斜轴式轴向柱塞泵)		额定压力	40	MPa
			公称排量	15~55	mL/r
	(Y225S-4 型)		额定转速	1500	r/min
			额定功率	37	kW
	额定流量		80.03	L/min	
	最高工作压力		24.30	MPa	
	额定压力		6.3		
	启动液压泵		排量	4	mL/r
			(Y90L-4 型)		额定转速
			额定功率	1.5	kW
			额定压力		25
	液压马达(NJM2.0 低速大扭矩马达)		最高压力	32	
			排量	1.959	mL/r
			最高转速	63	r/min
			空载工作时的转速	62.4	
重载工作时的转速			28.7		

图 6-3 所示为助推器的结构示意图，底座 1 和机架 7 构成助推器的框架，底座上装有前、后托辊 2、5，前、后导向辊 3、6，驱动辊 4 由液压马达 10 通过齿轮机构驱动，加压辊 9 由装在机架 7 上的液压缸 8 驱动。工作时，长钢轨从前导向辊 3 经前托辊 2 进入助推器后，加压辊 9 将钢轨压紧在驱动辊 4 上；驱动辊产生摩擦驱动力使钢轨经后托辊 5、后导向辊 6 离开助推器，向前运动。工作中，推力应能无级调节。

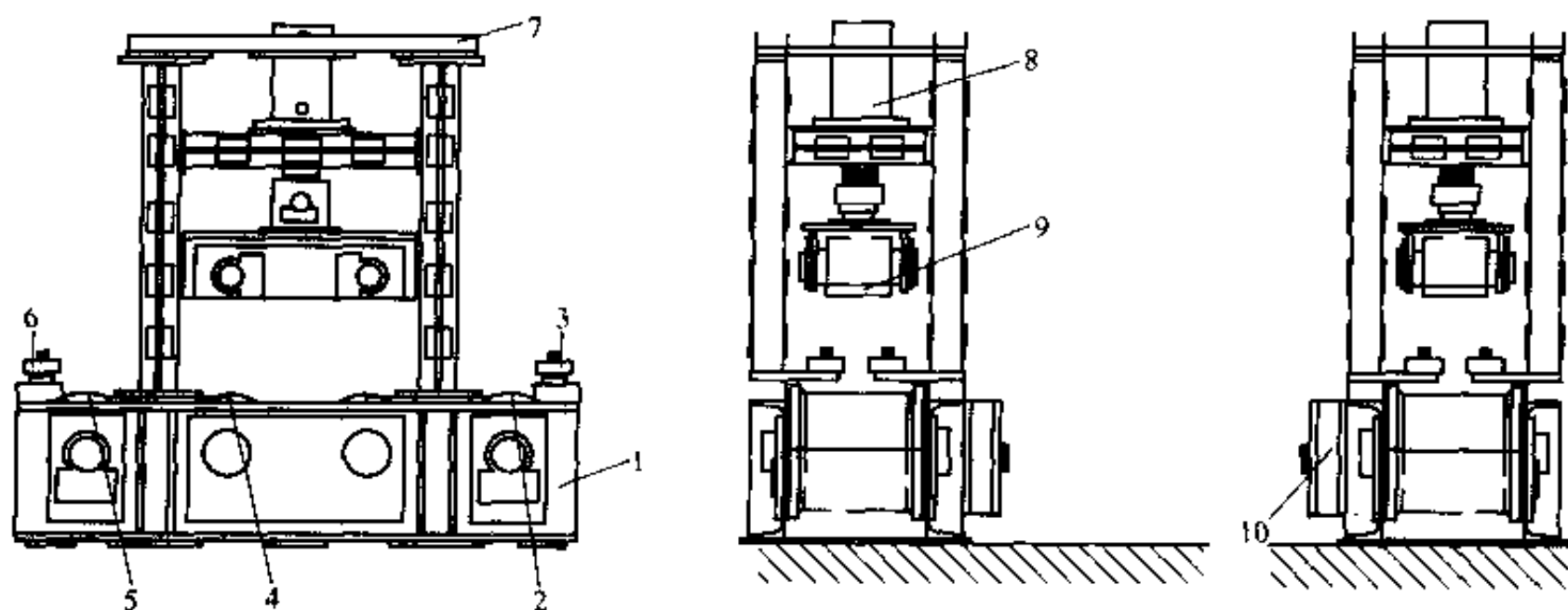


图 6-3 助推器结构示意图

1—底座；2—前托辊；3—前导向辊；4—驱动辊；5—后托辊；6—后导向辊；  
7—机架；8—加压液压缸；9—加压辊；10—液压马达

## (2) 液压系统及其工作原理

助推器的液压系统原理图如图 6-4 所示，系统的执行器为加压液压缸 8 (2 个) 和驱动辊双向定量液压马达 12 (2 个)，液压缸和液压马达采用两个独立的液压回路，分别用双轴电动机 M 驱动的定量液压泵 1 和恒功率变量泵 2 供油，泵 1 和泵 2 的压力分别由溢流阀 3 和溢流阀 4 设定；缸和马达的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 5 和 6 控制；立置液压缸 7 由单向顺序阀 6 防止加压辊自重的作用直接对钢轨造成冲击；蓄能器 11 用于系统保压；液控单向阀 9 用于保压后释压；电接点压力表 10 用于控制保压期间液压泵 1 向系统的自动补油过程。单向阀 14 (4 个) 和溢流阀 13 用于液压马达的双向缓冲。阀 5、阀 6 均为 M 型中位机能，故泵 1 和泵 2 均可通过其中位实现卸荷。

系统的工作原理如下。

1) 加压缸回路 当电磁铁 1YA 通电使换向阀 5 切换至右位时，定量泵 1 压力油经阀 5 和液控单向阀 9 进入加压液压缸 7 无杆腔 (有杆腔经阀 7 的顺序阀和阀 5 向油箱排油) 并向蓄能器 11 充液，缸 7 的活塞杆驱动加压辊下降对钢轨加压，当压力上升到电接点压力表 10 的上限触点设定值时发信，电磁铁 1YA 断电使换向阀 5 复至中位，泵 1 卸荷，系统由蓄能器 11 保压；保压过程中，如果因泄漏压力下降到压力表 8 的下限触点设定值，则电磁铁 1YA 通电，液压泵 1 又向液压缸 7 补油，使压力回升到上限调定压力。液压缸回程时，电磁铁 2YA 通电使换向阀 5 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 5 和阀 7 的单向阀进入缸 8 的有杆腔，同时导通液控单向阀 9 使无杆腔释压，活塞杆驱动加压辊上升实现回程。

2) 驱动马达回路 当电磁铁 3YA 通电使换向阀 6 切换至左位时，变量泵 3 的压力油经阀 6 进入双向定量马达 12，马达正向转动，通过齿轮机构使驱动辊依靠摩擦力推送钢轨前进；电磁铁 4YA 通电使换向阀 6 切换至右位时，则反向推送钢轨。换向阀 6 中位马达 12 制动或因冲击负载作用时，高压油路压力升高，单向阀 14 和溢流阀 13 被打开，释放部分压力油回到低压油路，以保护管路及元件并避免了低压油路吸空。当牵引车速度  $v_1$  小于驱动辊线速度  $v_2$  时，驱动辊将打滑，导致液压系统压力上升，恒功率变量泵 3 压力上升，排量减少，直至液压马达与牵引车线速度相同，即助推器与牵引车自同步。当  $v_1 > v_2$  时，驱动辊在钢轨的拖动下转速增加，使恒功率变量泵压力下降，排量增加，直至助推器速度与牵引车

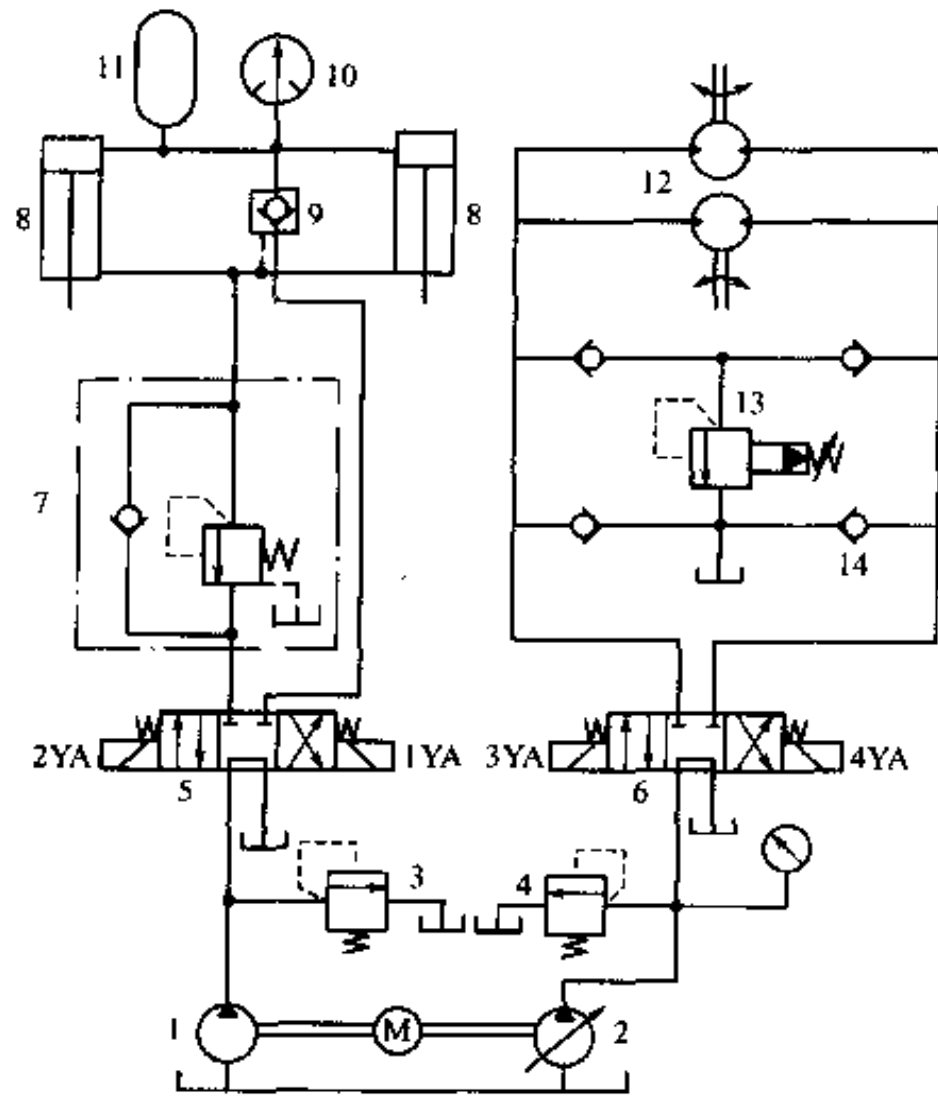


图 6-4 助推器液压系统原理图

1—定量液压泵（齿轮泵）；2—恒功率变量泵；3、4、13—溢流阀；5、6—三位四通电磁换向阀；7—单向顺序阀；8—加压液压缸；9—液控单向阀；10—电接点压力表；11—蓄能器；12—双向定量液压马达；14—单向阀

速度相适应。

(3) 技术特点

1) 助推器液压系统采用双泵双回路，加压缸和驱动马达的工作互不干扰。

2) 加压缸回路通过蓄能器保压和液压泵自动补油保压，保压性能好（20MPa 工作压力下，保压 10min，压力波动小于 1MPa）。

3) 驱动马达回路采用恒功率变量泵油源，调速范围宽，并能通过恒功率变量泵的排量随负载压力变化的自动调节特性，保证输入功率接近为恒值，从而使助推器在推送钢轨过程中，不论牵引车速度如何变化，液压马达的转速都能与牵引车的速度相匹配；靠换向阀的 M 型机能，实现中位制动，双向制动转矩相同。

4) 与电动或内燃机驱动的助推器相比，该液压驱动的助推器结构紧凑、助推力大、可实现加压力和驱动速度的无级调节、抗过载能力强、安全可靠，液压马达带动的驱动辊可以自动跟踪牵引车运行状态；有利于减少辅助人员，提高铺轨机的

施工效率和质量。

(4) 技术参数（见表 6-2）

表 6-2 助推器及其液压系统部分技术参数

项 目		参 数	单 位
助推器	推送钢轨型号	60	kg/m
	钢轨长度	300	m
	加压辊直径	150	mm
	驱动辊直径	300	
	钢轨推进速度	15	m/min
	总压下力	56.621	kN
	总驱动力(牵引力预助推力之和)	27.889	
	总驱动力矩	4.209	
液压系统功率		<20	kW

6.2.3 全液压铁路路基液石边坡整形机系统

(1) 主机功能结构

铁路路基渣石的边坡整形、维护及作业方式直接影响着铁路运输的快速性、安全性和经

济性。传统的铁路路基渣石的维护保养主要有两种方式：一是靠人工用铁叉等工具来完成；二是采用机械在铁轨上完成对铁路路基渣石的边坡整形和维护。前者投入劳动力多、效率低、成本高、周期长；后者直接影响列车的运行效率和安全性。

该整形机采用全液压控制，主要用于铁路路肩上的渣石边坡整形和维护作业。也可作为渣石在维护保养过程中的回填设备使用，具有成本低、操作简单、效率高等优点，并且不影响列车的正常运行。

该机在铁路沿线长距离作业，供电比较困难，故采用内燃机作为液压系统的动力源，通过行走液压缸的间歇运动、水平液压缸驱动箬子平行往复移动以及箬子液压缸带动箬子上下往复运动，按指定程序进行循环动作，从而达到整形目的。箬子的高度及倾角可根据需要，通过系统中的液压阀及液压缸来调整。箬子的宽度大于每个循环所走的距离。由驻地到作业现场间的连续行走，采用液压马达来驱动。所有操作均可由一人独立完成。调整工作完成后，一个人操纵方向盘即可开始整形作业。

为保证铁路路基渣石边坡整形机能连续工作，要求路肩宽度大于该机的工作宽度；设在路肩上的路标、电线杆等物距路轨的距离必须大于该机的工作宽度。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 6-5 所示为该机的液压系统原理图。系统的执行器有两组，一组为辅助执行器，包括行走双向定量液压马达 39、箬子倾斜液压缸 28 和箬子升降液压缸 35、36；另一组为整形作业执行器，包括箬子液压缸 12、箬子水平移动液压缸 13 和整形机行走（工作时）液压缸 14。

辅助执行器中的液压缸 28 以及液压缸 35 和 36 构成一个回路，其油源为双联液压泵中的小泵 2-1，该泵的压力由溢流阀 20 设定并通过压力表 19 及其开关 18 观测。缸 28 和缸 35、36 的运动方向分别采用三位四通手动换向阀 26 和 29 控制；倾斜缸 28 调整箬子倾斜的位置，锁定由液压锁 27 实现；液压缸 35 和 36 驱动箬子齿尖接近或离开地面的位置，锁定由液压锁 30 实现；单向节流阀 31~34 用于控制液压缸 35 和 36 的升降同步及进油节流调速。手动液压泵 24 为系统的备用油源，用于液压系统或其他故障时，将箬子升起地面，以使用其他机械将整机拖离现场。

液压马达 39 单独为一个回路，与整形作业执行器的三个液压缸 12、13、14 构成的另一回路，共用双联液压泵中的大泵 2-2 供油并用三位四通手动换向阀 8 实现两个回路的动作切换；泵 2-2 的压力由溢流阀 7 设定并通过压力表 6 及其开关 5 观测，该泵可以通过 M 型中位机能的三位四通手动换向阀 8 实现卸荷。液压马达的旋转方向和速度分别由三位四通手动换向阀 38 和节流阀 37 进油节流控制，单向阀 40 作背压阀使用，以提高马达的运动平稳性。液压缸 12、13 和 14 的运动方向分别采用二位四通手动换向阀 9、10 和三位四通机动换向阀 11 控制，换向阀 9、10、11 的工作位置切换分别由缸 13、14 和 12 上设置的行程撞块 16、17 和 15 的压下、脱开实现。

整个液压系统的工作原理如下。

1) 辅助执行器的动作 整形作业前通过各辅助执行器的动作完成如下准备工作。首先启动内燃机，使之达到最佳转速，驱动双联液压泵输出压力油。通过调整溢流阀 7 设定所需工作压力，将换向阀 8 切换至左位后，操纵换向阀 38，液压泵 2-2 的压力油经阀 8 和阀 37、阀 38 进入液压马达 39 的高压腔，使马达 39 按所需方向转动，驱动整形机向作业现场行走，行车速度由节流阀 37 的开度决定。到达现场后，整形机与铁路路轨成平行状态，朝路轨方

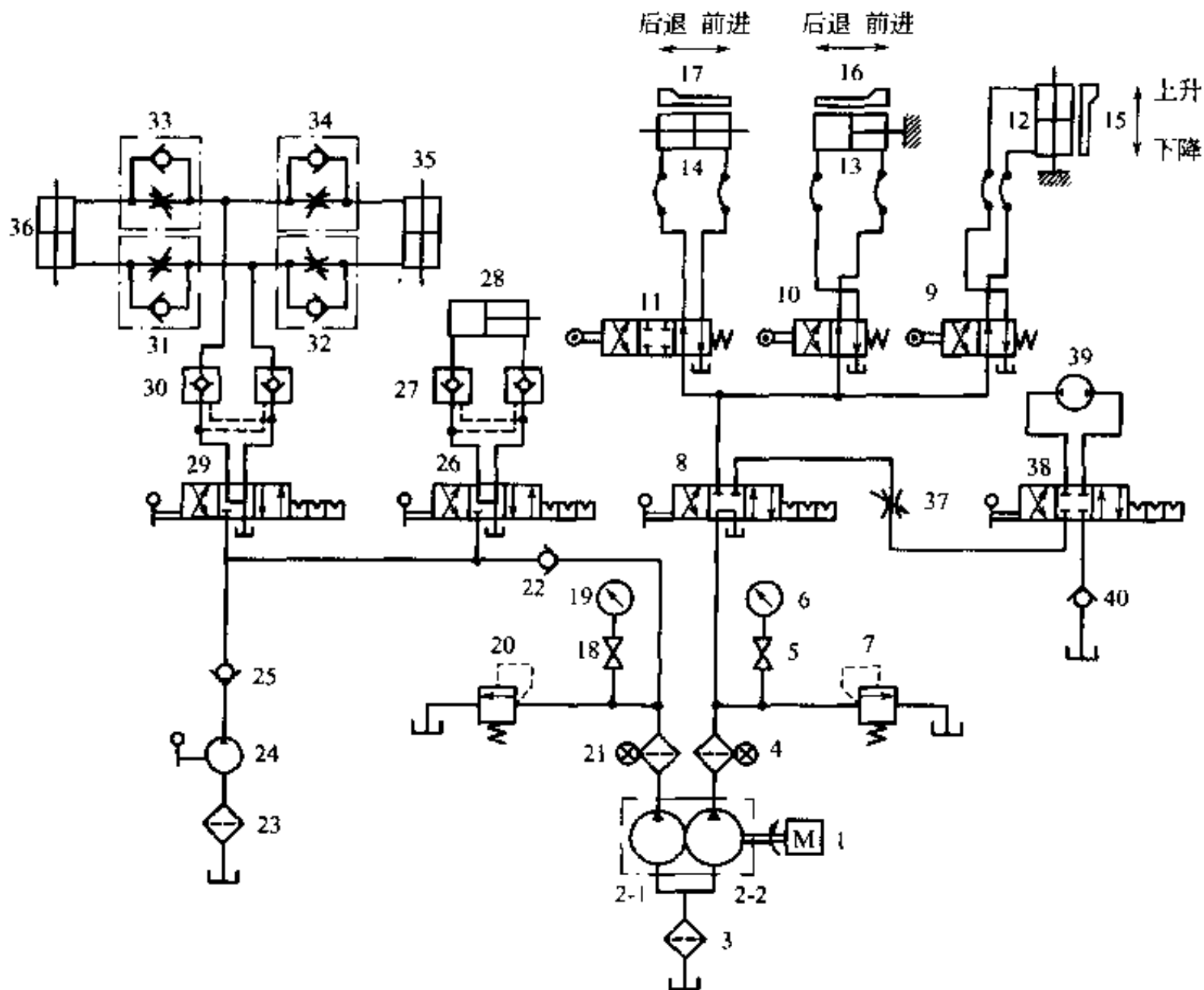


图 6-5 铁路路基渣石整形机液压系统原理图

1—内燃机；2—双联液压泵；3、23—吸油过滤器；4、21—压力管路带污染指示过滤器；5、18—压力表开关；6、19—压力表；7、20—溢流阀；8、26、29、38—三位四通手动换向阀；9、10、11—二位四通机动换向阀；12—箬子液压缸；13—箬子水平移动液压缸；14—整形机行走（工作时）液压缸；15、16、17—撞块；22、25—单向阀；24—手动液压泵；27、30—双向液压锁；28—箬子倾斜液压缸；31、32、33、34—单向节流阀；35、36—箬子升降液压缸；37—节流阀；39—行走双向走量液压马达；40—背压单向阀

向，调整好与路轨的距离；其次，通过调整溢流阀 20 设定使小泵 2-1 的工作压力，通过换向阀 26 切换控制倾斜缸 28 的伸缩，将箬子的倾角调整合适后，将换向阀 26 复至中位，液控单向阀 27 自动锁住缸 28 的所调位置；再次，通过操纵换向阀 29 控制箬子升降缸 35 和 36 的升降，调整箬子的高度，使箬子齿尖接近地面后，换向阀 29 复至中位，由液控单向阀 30 自动锁住箬子升降缸 35 和 36 所调位置，缸 35 和 36 的同步和速度由单向节流阀 31、32、33 和 34 的开度决定；箬子的倾角和高度调整完毕后，为节省动力和延长泵的寿命，可将小泵的压力调低。打开压力表开关 5 观察大泵 2-2 的工作压力是否为整形作业所需值，调整溢流阀 7 后，关闭压力表开关 5。这时工作人员即可坐在整形机座位上操纵手动换向阀 8，开始整形机的自动整形作业。

2) 整形作业执行器的动作 机器整形作业时，整个液压系统只要液压缸 12、13、14 动作，即可完成整形作业。动作原理如下：当整形机由行走液压缸 14 和行程撞块 17 推动，向前移动到所需距离后，撞块 17 作用于换向阀 10 使该阀切换至左位，液压泵 2-2 的压力油经阀 8、10 进入液压缸 13 的无杆腔（有杆腔经阀 10 向油箱排油），推动箬子由右向左（坐在整形机内面向前）水平移动，以箬住路肩上散落的渣石。当缸 13 移动工作到所设定的位置

后,行程撞块 16 作用于换向阀 9 使其切换至左位,液压泵 2-2 的压力油经换向阀 8、换向阀 9 进入液压缸 12 的上腔(下腔经阀 9 回油),带动箬子及渣石向上移动至所设定位置,渣石自动落在路基渣石的上部,从而完成一次渣石边坡整形工作。这时撞块 15 与换向阀 11 的阀心脱开使该阀复至右位,液压泵 2-2 的压力油经换向阀 11 进入行走液压缸 14 的左腔(后腔经阀 11 回油),使之后退,行程撞块 17 与换向阀 10 的阀心脱开使该阀复至右位,压力油经阀 8 和阀 10 进入缸 13 的有杆腔(无杆腔经阀 10 回油),使之快速由左向右推动箬子移动(即箬子水平退回);同时行程撞块 16 与换向阀 9 的阀心脱开使该阀复至右位,压力油经阀 8、阀 9 进入液压缸 12 的下腔(上腔经阀 9 回油),带动箬子向下移动到设定位置。在缸 12 的带动下,行程撞块 15 作用于换向阀 11 的阀心使该阀切换至左位,压力油经换向阀 11 进入行走液压缸 14 的右腔,带动整形机向前移动,第二次边坡整形工作开始。

3) 撤离现场 整形机结束边坡整形作业离开现场前,用小泵 2-1 供油通过缸 28 和缸 35、缸 36 的动作,将箬子的倾角和高度分别调整到适当位置,箬子水平移动缸 13 应在初始位置(即退到最右面的位置)。即可撤离作业现场。

### (3) 技术特点

1) 该铁路路基渣石边坡整形机采用全液压驱动,成本低,自动化程度高,节省了人力,作业效率高,不影响列车正常运行。

2) 液压系统采用双定量泵双回路开式进油节流调速油路,备有手动液压泵,运行安全可靠,多执行器间动作互不干扰。

3) 辅助液压缸采用手动换向,采用双向液压锁实现液压缸的既定位置锁定;通过进出口设置单向节流阀调整同步液压缸的升降速度(进油节流调速)。

4) 整形作业执行器采用行程控制方式(行程撞块和机动换向阀)实现三个液压缸的动作顺序转换,调整简便。

## 6.2.4 铁路钢轨电极接触面磨光机液压系统

### (1) 主机功能结构

无缝线路是铁路现代化的重要标志之一,构成无缝线路的轨材为 500m 左右的长轨,它是由 20 根 60kg/m 的 25m 短轨采用无预热连续闪光触焊而成。在长轨焊接前,必须清除钢轨端部轨头、轨底的氧化层,钢轨除锈打磨后要见金属光泽,不得有锈斑,与导电接触部位的面积不小于 80%,对母材的打磨量不超过 0.2mm。只有这样才能使闪光对焊电极与钢轨有尽可能低且均匀稳定的接触电阻,确保焊接质量。钢轨电极接触面磨光机,应用非圆砂带磨削原理,将 PLC 与液压控制结合,用于钢轨磨光。与人工砂轮、喷砂或砂布叶轮等加工方法相比,无论是加工精度还是加工成本都具有显著优势。

该磨光机由机械、液压及 PLC 控制等部分组成。其中机械部分由钢轨定位夹紧机构、上下磨头总成、钢轨行走滚道构成。液压站置于车体上,在 PLC 的集中控制下完成钢轨的定位夹紧、上下磨头摆动、上下磨头砂带张紧、上下磨头砂带调整及上、下磨头磨削进给动作的协调与配合。图 6-6 所示为磨头结构示意图,其动作原理为:机器上电后,由人工干预使钢轨 10 准确定位后夹紧,上、下磨头 6、1 快速趋进工件并自动转入工作进给。由于钢轨的轨头轨底均为圆弧面,上、下磨头的摆动缸(图 6-6 中未画出)带动摆动机构绕各自的中心摆动,从而在轨顶、轨底形成圆弧面。砂带张紧缸 2 和 5 恰当地控制砂带 4 的张紧力。磨削过程中,若砂带的两边张力不等,由上、下磨头的砂带防逃机构进行控制,防止逃带。磨



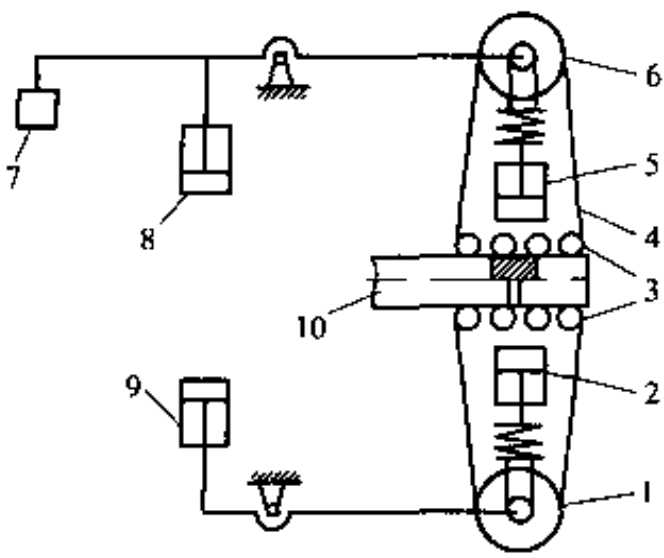


图 6-6 上下磨头结构示意图

1—下磨头；2、5—张紧缸；3—接触轮；  
4—砂带；6—上磨头；7—配重；8—上  
进给缸；9—下进给缸；10—钢轨

削完毕，各执行元件回到初始位置。整个工作循环时间为20~30s，由 PLC 中的拨码开关来设定。

(2) 液压系统及其工作原理

该机的上、下磨头动作原理及负载类型相似，图 6-7 所示为简化后集成式液压系统原理图。系统的油源为泵 1、2、3 组成的三联齿轮泵，因磨削是系统的核心，故上、下磨头的进给液压缸 16 和 17 分别用泵 2 和 1 供油；其他动作的液压缸合用泵 3 供油；泵 1、2、3 的压力调整与卸荷分别通过溢流阀 5 与二位四通电磁换向阀 7、溢流阀 4 与二位四通电磁换向阀 6、溢流阀 24 与二位四通电磁换向阀 23 实现；各泵的压力可通过压力表开关 37 由压力表 18 显示。除了上磨头砂带张紧缸 20 的运动方向由二位四通电磁换向阀 31 控制外，其他各液压缸的运动方向均由三位四通电磁换向阀 10、14、26、28、36 控制；由于在一个工作循环

压缸的运动方向均由三位四通电磁换向阀 10、14、26、28、36 控制；由于在一个工作循环

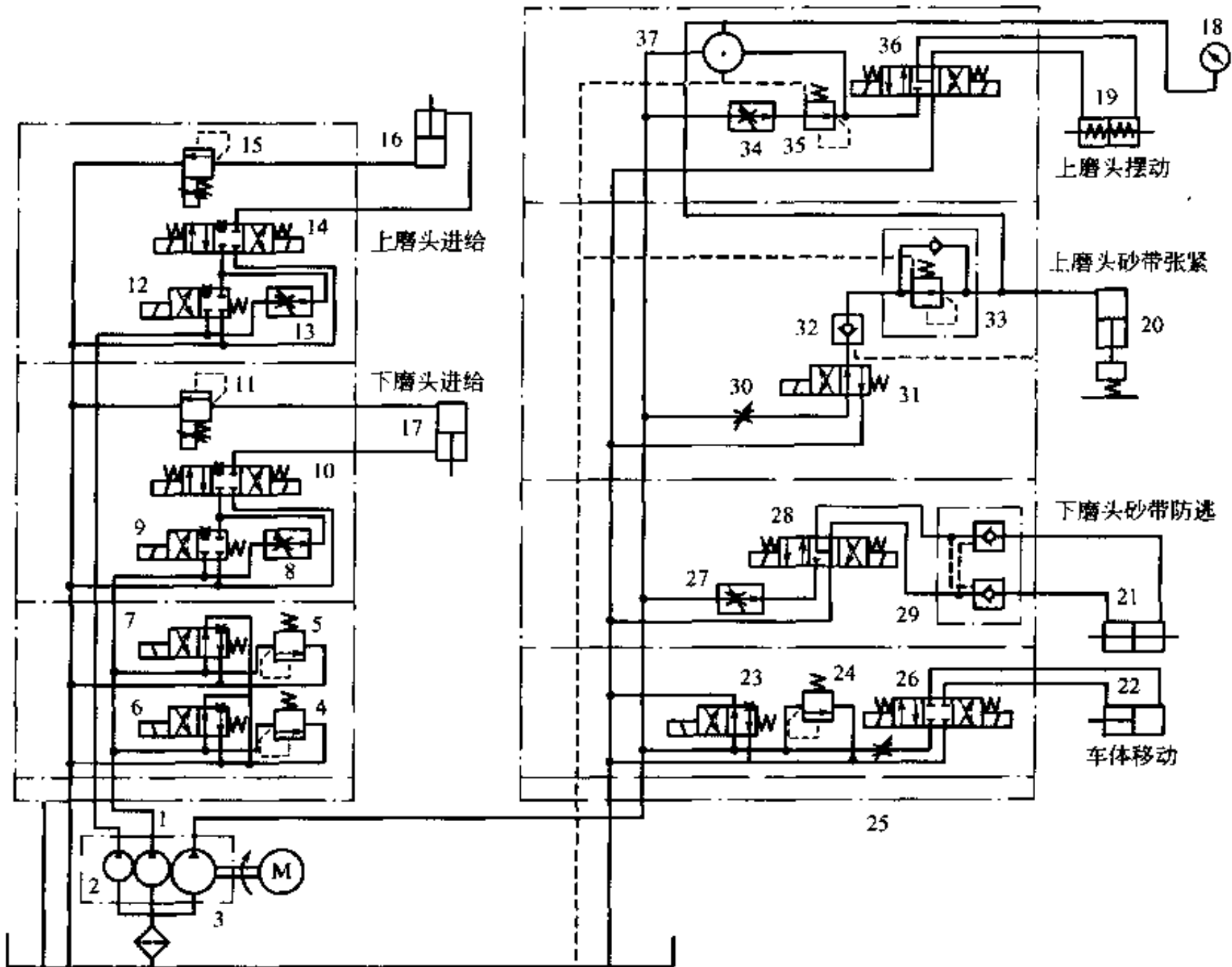


图 6-7 钢轨磨光机液压系统部分原理图

1、2、3—定量液压泵；4、5、24—溢流阀；6、7、9、12、23、31—二位四通电磁换向阀；  
8、13、27、34—调速阀；10、14、26、28、36—三位四通电磁换向阀；11、15—电液比例  
溢流阀；16—上磨头液压缸；17—下磨头液压缸；18—压力表；19—上磨头摆动液压缸；  
20—上磨头砂带张紧液压缸；21—下磨头砂带防逃液压缸；22—车体移动缸；25、30—节流  
阀；29—双向液压锁；32—液控单向阀；33—单向减压阀；35—减压阀；37—压力表开关



中，磨削、摆动、砂带张紧及砂带调整等动作要同时发生，且各执行器的负载不尽相同，为了解决各执行器间的相互干扰问题，故在实现这些动作的液压缸油路上设置了调速阀 8、13、27、34；为了消除磨削过程中砂带的抱死、断带、磨削太过和磨削量不够等问题，在有关液压缸的油路上设置了电液比例溢流阀 11、15 等，通过渐增压力的方法设置比例电磁铁的输入电流实现。

该机采用的 PLC 控制，以 OMRON-C60P 为基本模块，外扩一个 C40P I/O 模块和一个 C4K-TM4 模拟定时模块，共计 100 个点，输入点（I 点）和输出点（O 点）分别为 56 个和 44 个，4 个模拟定时器。I 点采用机内直流 24V 供电；O 点中的双向可控硅输出（AC220V）用于驱动电磁阀和交流接触器，而继电器输出用于驱动各种指示灯；系统中所有执行器行程动作均用定时器控制。系统采用编程器操作方式，即首先将编好的梯形图变成助记符，然后通过编程器固化于存储器中。

系统的工作流程框图如图 6-8 所示，通过该图很容易了解液压系统在各工况下的油路走向。

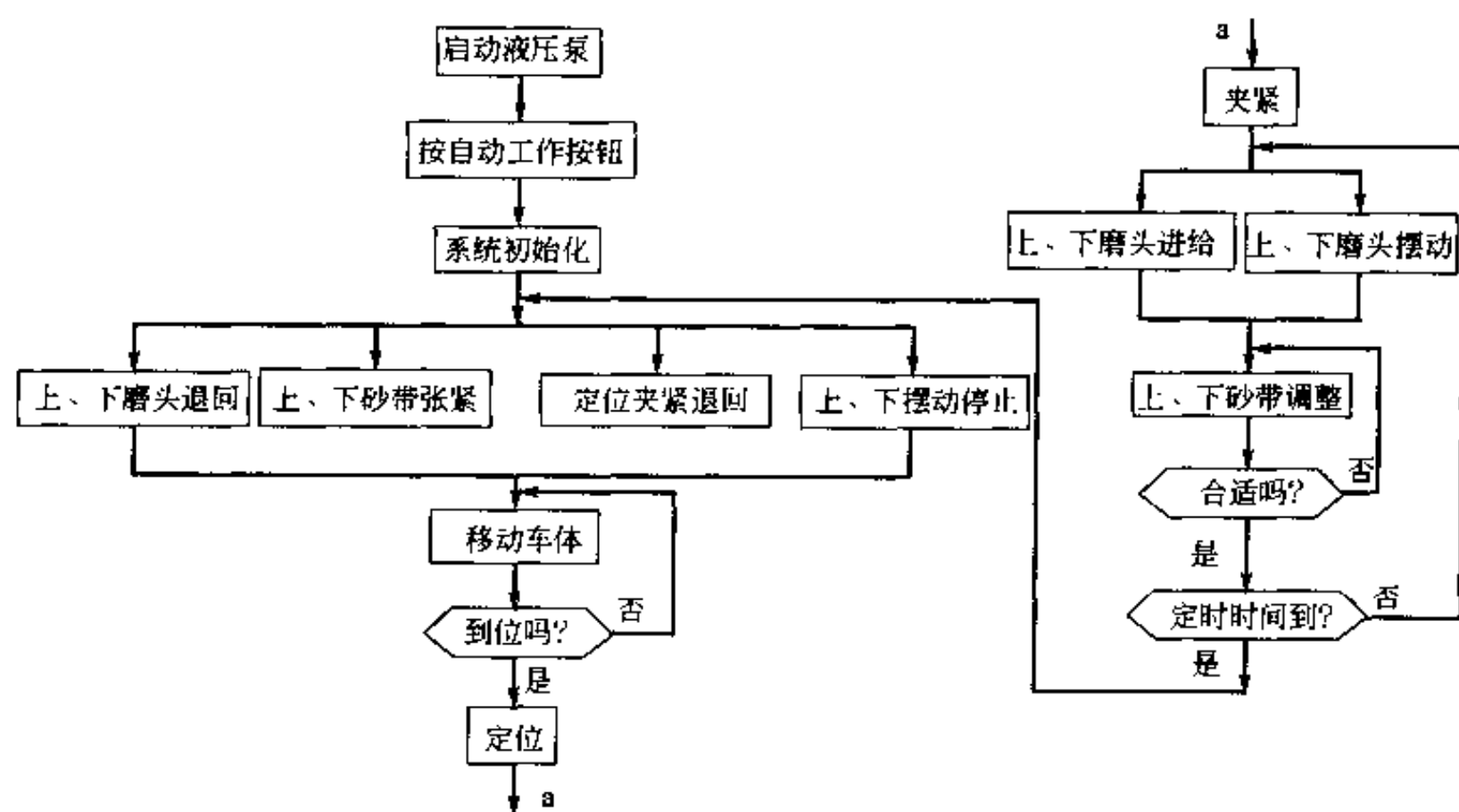


图 6-8 系统工作流程框图

### (3) 技术特点

1) 与人工砂轮、喷砂或砂布叶轮等加工方法相比，该机采用液压传动和 PLC 控制技术，提高了自动化水平和操作方便性、工作可靠性、工效，降低了加工成本和室内粉尘浓度，改善了作业环境。

2) 液压系统采用三联定量液压泵向不同工作性质的执行器供油，加上调速阀控制，减少了执行器间的动作干扰；采用电液比例压力控制砂带磨削，调节范围宽且适应性强。系统采用液压站结构形式，整齐美观，使用维护方便。

3) 通过 PLC 控制，可以方便地实现工况参数调节，以适应不同型号规格重轨的焊前除锈。

## 6.2.5 轻轨作业车闭式走行液压驱动系统

### (1) 主机功能结构

轻轨作业车是独轨城市交通的工程车辆之一，用于独轨线路电气化施工阶段的工程车辆牵引作业，以提高施工效率和保证施工质量。在工程施工阶段，线路上没有电力供应，作业车以内燃机提供动力，并采用闭式静液系统驱动。

(2) 闭式走行液压驱动系统及其工作原理

图 6-9 所示为闭式走行液压驱动系统的原理图。系统的执行器为走行驱动马达（双向变量液压马达）17。主液压泵 1 为双向变量泵，其两个主油口分别与走行驱动马达 17 的两个主油口连接。系统的正常最高工作压力由阀组 6 设定；单向溢流阀组 3、4 的溢流阀用于限定系统的尖峰冲击压力并作为系统回路低压侧的补油通道。主泵 1 的变量和换向通过伺服阀 14 及其控制的变量缸 2 实现，变量伺服阀 14 的换向和开度由手动比例减压阀 20 远程控制，从而实现主泵 1 排量和供油方向的调节。辅助液压泵（定量齿轮泵）8 的作用是：通过阀组 3、4 的单向阀向闭式主油路双向补油；通过节流孔 9 和伺服阀 14 为主泵变量机构（变量缸）2 提供变量压力油；通过节流孔 10 和 11 向主泵 1 和马达 17 的壳体提供冲洗换热用油。辅助泵 8 的供油压力由溢流阀 5 设定，其流量是主泵流量的 22%。泵 8 的吸排油口分别设有粗过滤器 7 和精过滤器 12，保证油液的清洁度。手动比例减压阀 20 除用于变量伺服阀 14

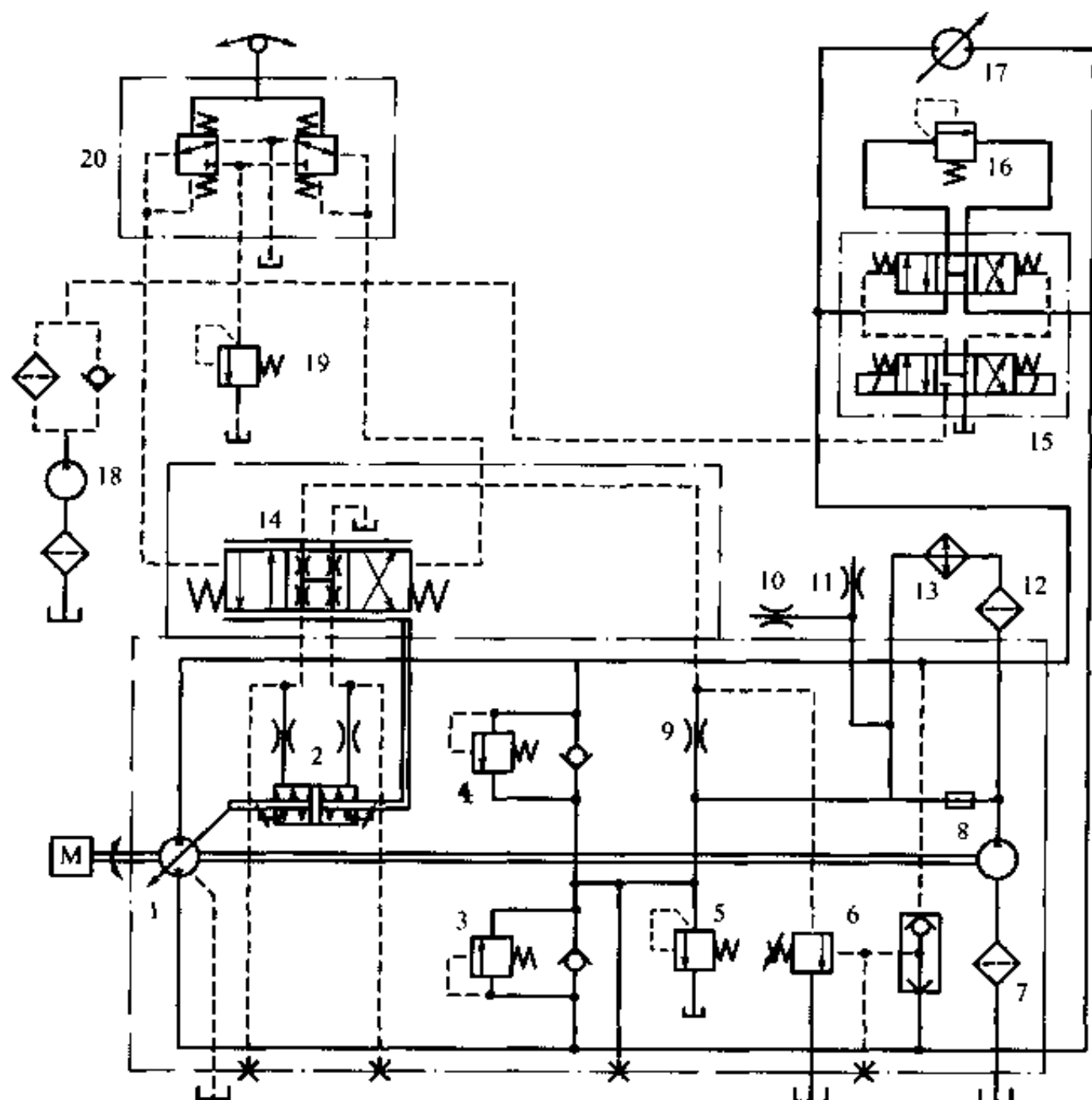


图 6-9 轻轨作业车闭式走行液压驱动系统原理图

- 1—主液压泵（双向变量泵）；2—变量缸；3、4—单向溢流阀组；5、16、19—溢流阀；6—压力阀组；
- 7、12—过滤器；8—辅助液压泵；9、10、11—节流孔；13—冷却器；14—变量伺服阀；
- 15—三位四通电液换向阀；17—走行驱动马达（双向变量液压马达）；
- 18—控制油液压泵（定量齿轮泵）；20—手动比例减压阀

的远程控制外，还与电液换向阀 15 协调动作实现作业车走行的速度和方向的控制以及实现液压制动，制动力矩的大小可通过调节溢流阀 16 的设定压力实现。定量齿轮 18 是手动比例减压阀 20 和电液换向阀 15 的控制油源，其供油压力由溢流阀 16 设定。

### (3) 技术特点

1) 该轻轨作业车采用双向变量泵-双向变量马达组成的闭式静液驱动系统，通过调节泵和马达的排量进行容积调速，系统没有溢流和节流损失，传动效率高，换向平稳。

2) 通过手动比例减压阀远程控制变量泵的变量机构实现泵的变量和换向。

3) 除了用钳盘制动器来实现减速制动和停车制动外，通过手动比例减压阀电液换向阀配合实现液压马达的制动力矩所需压力的调节，制动平稳，操纵方便。

4) 除了用低温油冲洗泵和马达壳体外，在辅助泵 5 的压力回路上安装冷却器用于系统散热；通过辅助泵的二次过滤，提高了油液的清洁度，减少了油液中污物侵入主泵和马达摩擦副的磨损，提高了系统的工作可靠性。

## 6.2.6 捣固机捣固装置液压试验台系统

### (1) 捣固机提固装置及其试验台的功能结构

08-32 捣固机是我国从奥地利 Plasser & Theurer 公司引进的大型铁路养路机械。该机主要由捣固装置、起拨道装置、抄平装置等部分组成，用于 50kg/m、60kg/m 和 75kg/m 钢轨及混凝土轨枕和碎石道床，在行进过程中能自动完成起道、拨道、抄平及捣固等工作。该捣固机共有两组全液压驱动的捣固装置，每组捣固装置由机架、捣固臂，捣固镐等组成（见图 6-10），其中捣固臂由 8 个液压缸驱动（夹持内缸和夹持外缸各 4 个），叶片液压马达驱动的振动偏心轴在振动中使捣固臂做合拢、张开动作来捣固道床。

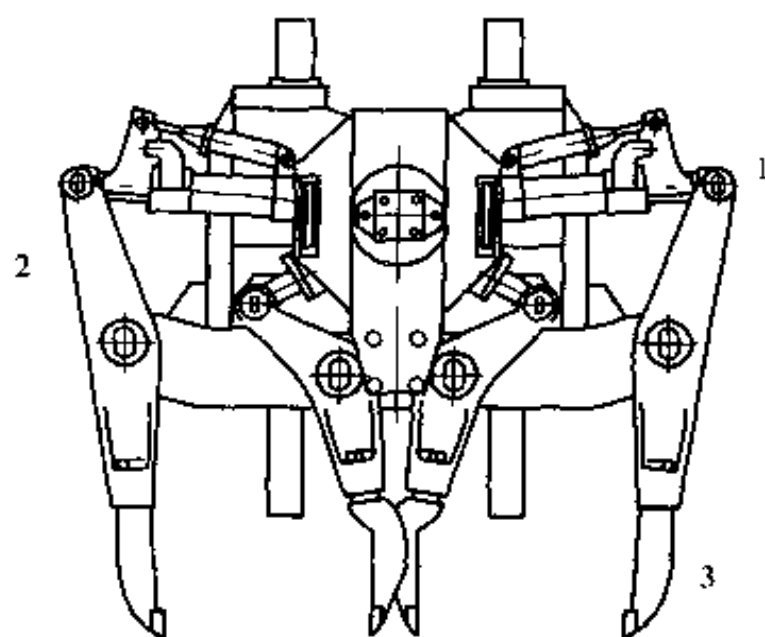


图 6-10 捣固机的捣固装置结构示意图

1—机架；2—捣固臂；3—导固镐

捣固装置液压试验台，是为了便于检修、提高检修效率并保证检修质量所研制的一种试验手段。其功能如下。

1) 模拟捣固机上捣固装置的实际工作情况进行捣固装置的磨合试验，试验台能驱动提动偏心轴并能使捣固臂合拢和张开。在试验中检查各液压缸的伸缩动作是否协调到位以及 20 个滑动轴承、21 个滚动轴承的装置质量。

2) 捣固臂合拢、张开既可自动循环动作，也可手动合拢、手动张开单独实现。捣固臂合拢和张开时间均可通过电气控制实现连续可调。

3) 振动液压马达可试验两挡转速。

4) 试验台可做单缸的耐压试验，用来检验夹持缸的密封情况。

### (2) 试验台液压系统及原理

在本试验台上对捣固装置试验时，先对 8 个夹持缸进行耐压试验，然后再进行磨合试验。试验台的液压系统原理图如图 6-11 所示，系统有供 8 个夹持液压缸试验的回路 1、回路 2 和供液压马达试验的回路 3 等三个液压回路。

供被试内缸 20 无杆腔试验的回路 1 的油源为定量泵 1，无杆腔的最高试验压力由电磁

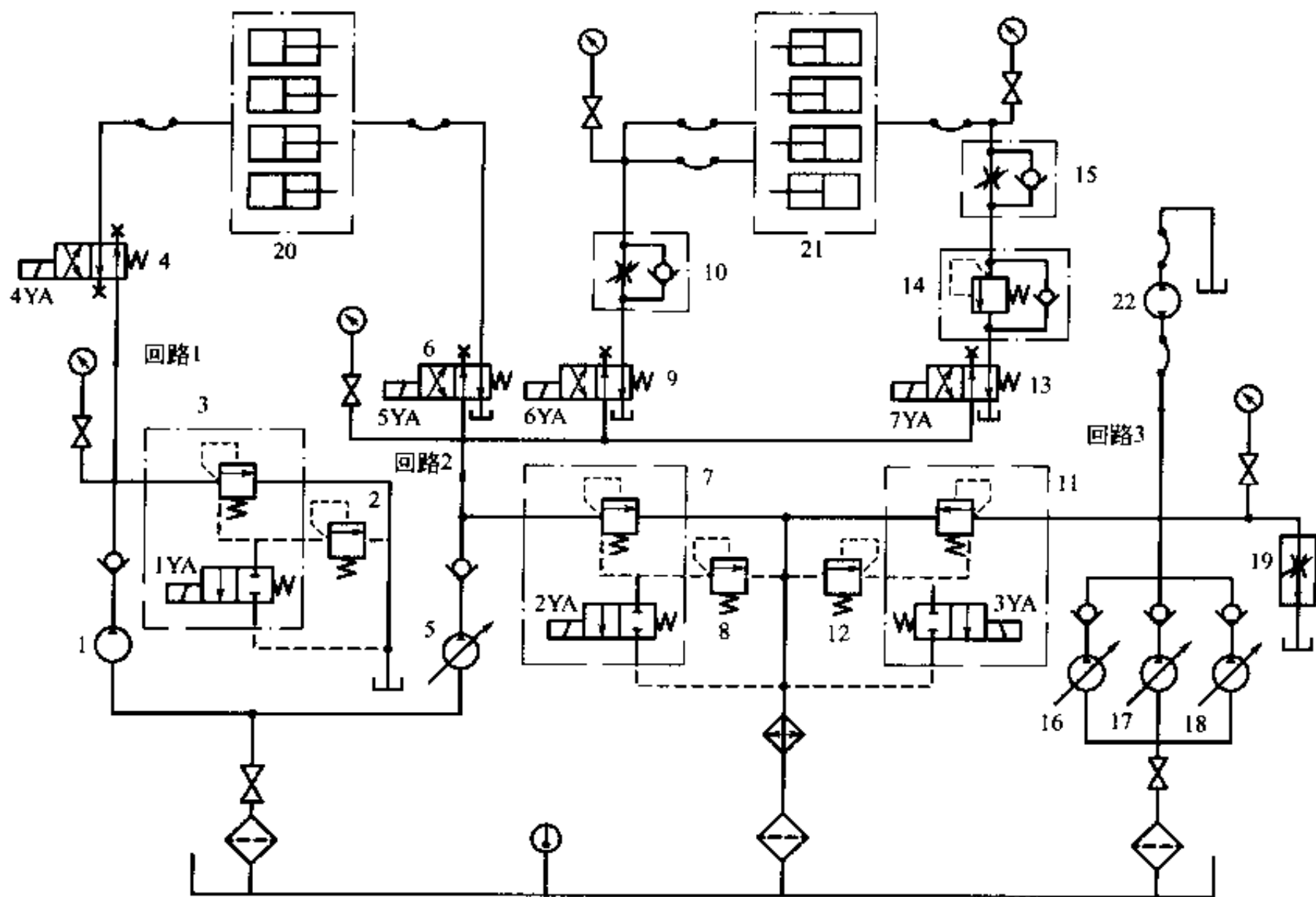


图 6-11 捣固装置试验台液压系统原理图

1—单向定量泵；2、8、12—远程调压阀；3、7、11—电磁溢流阀；4、6、9、13—二位四通电磁换向阀；5、16、17、18—变量液压泵；10、15—单向节流阀；14—单向减压阀；19—调速阀；20—被试内缸；21—被试外缸；22—被试马达

溢流阀 3 及远程调压阀 2 调整；供被试内缸有杆腔试验和被试外缸 21 两腔试验的回路 2 的油源为单向变量液压泵 5，被试内缸及被试外缸有杆腔的最高试验压力由电磁溢流阀 7 及远程调压阀 8 调整；被试外缸无杆腔的试验，由单向减压阀 14 调整。通过二位四通电磁换向阀 4、6、9、13 的组合换向可实现夹持缸的伸、缩动作，来驱动捣固臂的合拢、张开。原理是：当电磁铁 4YA、5YA、6YA、7YA 均通电时，换向阀 4、6、9、13 均切换至左位，泵 5 的压力油同时进入内缸 20 有杆腔，内缸活塞杆内缩，外缸 21 活塞杆外伸，使捣固臂合拢。泵 1 为内缸 20 无杆腔捣供背压，外缸差动连接，类似于原捣固装置液压系统的回路。通过调整阀 10 中节流阀的开度，可均衡内、外缸的伸出速度，使之达到同步要求。当电磁铁 4YA、6YA 通电，5YA、7YA 断电时，泵 1 的压力油经阀 4 进入内缸的无杆腔，泵 2 的压力油经阀 9 和阀 10 的单向阀进入外缸的有杆腔，使内缸活塞杆外伸，外缸活塞杆内缩，捣固臂松开。油路 2 可以对单缸进行耐压试验，试验时通过调整电磁溢流阀 7 及远程调压阀 8 来调整试验压力，单向节流阀 10、15 作为加载阀。

供液压马达 22 试验的回路 3 的油源为三台单向变量液压泵 16、17、18，油路的最高压力由电磁溢流阀 11 设定，以防止过载。由于振动马达为空载跑合，需要的供油压力较低，该压力由远程调压阀 12 调定，马达的转速由调速阀 19 旁路节流调节。

### (3) 技术特点

1) 试验台的液压系统按照捣固装置的工作特点分为被试内缸、被试外缸和被试马达等

三个液压回路，各回路设有自己的油源并用电磁溢流阀和远程调压阀调节试验压力，通过4个二位四通电磁换向阀的通断电组合控制夹持液压缸的伸缩试验。

2) 根据捣固装置夹持缸的工作压力，试验台系统简化为三种工作压力（见表6-3），由于液压泵1的压力较低，所以采用了齿轮泵，以降低造价；而变量泵5、16、17、18为同一规格的柱塞泵，以满足马达试验的两挡转速要求和系统元件好的互换性。

3) 外缸试验时，液压缸差动连接；回油节流阀调速方式调节缸的速度；液压马达试验采用调速阀旁路节流调速，两种调速方式均有利于液压油散热。

4) 试验台采用了全封闭式隔离的液压泵站与各类液压阀集成在一起的操纵台结构。操纵台中，经常需要调整的压力阀、流量阀以及压力表等元件设置在面板上，其他元件采用块式集成。试验台与捣固装置采用软管连接。

5) 试验台设有电气控制柜，用以实现液压泵驱动电机、电磁阀及各种逻辑控制。

6) 与原有的检修方法相比，采用该试验台能够有效的检测出捣固装置装配存在的问题，提高劳动生产率。

(4) 技术参数（见表6-3）

表6-3 捣固装置液压试验台的部分技术参数

项 目		参 数	单 位	
捣固臂	合拢时间	4~30	s	
	张开时间	2~30		
振动马达转速	低速	1100	r/min	
	高速	2200		
液压系统的压力	回路1	4.5	MPa	
	回路2	外缸有杆腔试验		14
		外缸无杆腔试验		11~12.5
	回路3	最高压力		15
供油压力		5		

## 6.2.7 货车转向架翻转机液压系统

### (1) 主机功能结构

铁路货车检修中，摇枕侧架的底部是重点检修部位之一。货车转向架翻转机主要用于货车摇枕侧架的翻转，以便于检查工件下部各处，并可对其进行修理，机器的结构示意图如图6-12所示。翻转机不工作时，左、右摇臂2均平卧于地面。翻转机工作时，其程序为：台车8到位，欲检修的摇枕侧架7水平置于台车上→翻转机的左、右摇臂2起升，使手臂4正对摇枕侧架原放置弹簧的空间→手臂伸出到摇枕侧架原弹簧位置→左、右摇臂起升，使手臂稍上抬靠紧摇枕侧架→手部液压缸6夹紧→左、右摇臂2起升至终点，保险杆自锁→翻转摇枕侧架，即可对其进行检修。返程程序与此相反。

### (2) 液压系统及其工作原理

图6-13所示为翻转机的液压系统原理图，系统的执行器有两个起升液压缸26和27、两个水平伸缩液压缸28和29、两个夹紧液压缸30和31、两个翻转液压缸33和34。上述每两个液压缸的油路为并联连接，并依次分别由电磁换向阀10、11、12、13控制运动方向。起

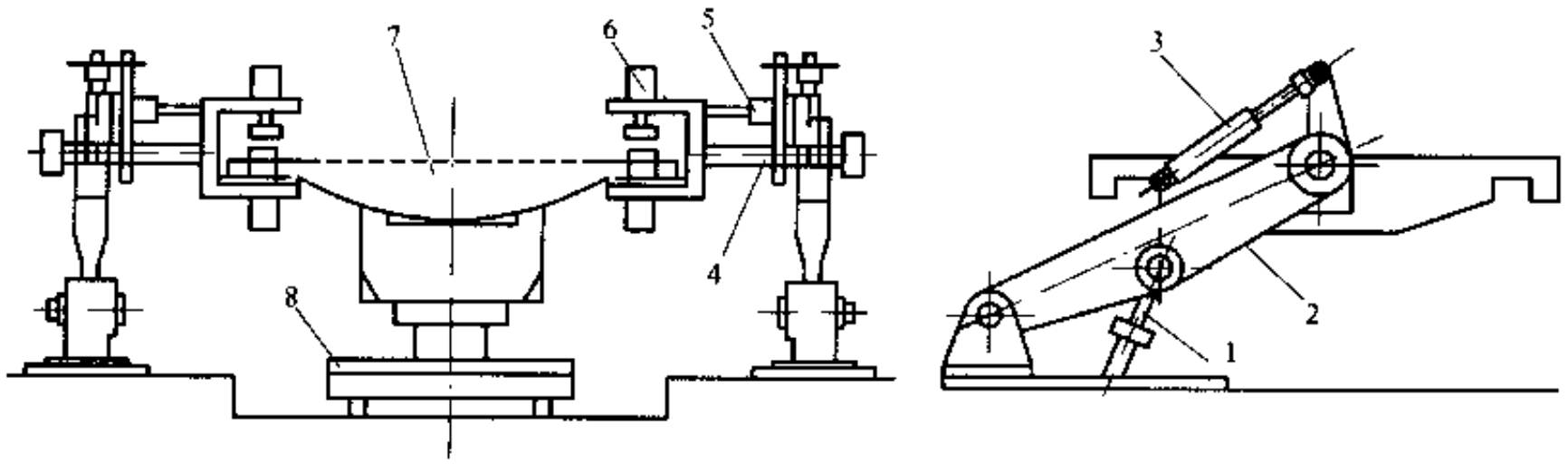


图 6-12 货车转向架翻转机的主机结构示意图

- 1 起升液压缸；2—摇臂；3—翻转液压缸；4—手臂；5—水平伸缩液压缸；  
6—夹紧液压缸；7—摇枕侧架；8—台车

升液压缸、夹紧液压缸和翻转液压缸分别设有液压锁 17、18 和 19。系统采用单向定量液压泵 3 供油，工作压力由电磁溢流阀 2 调定，当其电磁铁断电时，液压泵可卸荷。

系统的工作原理如下。

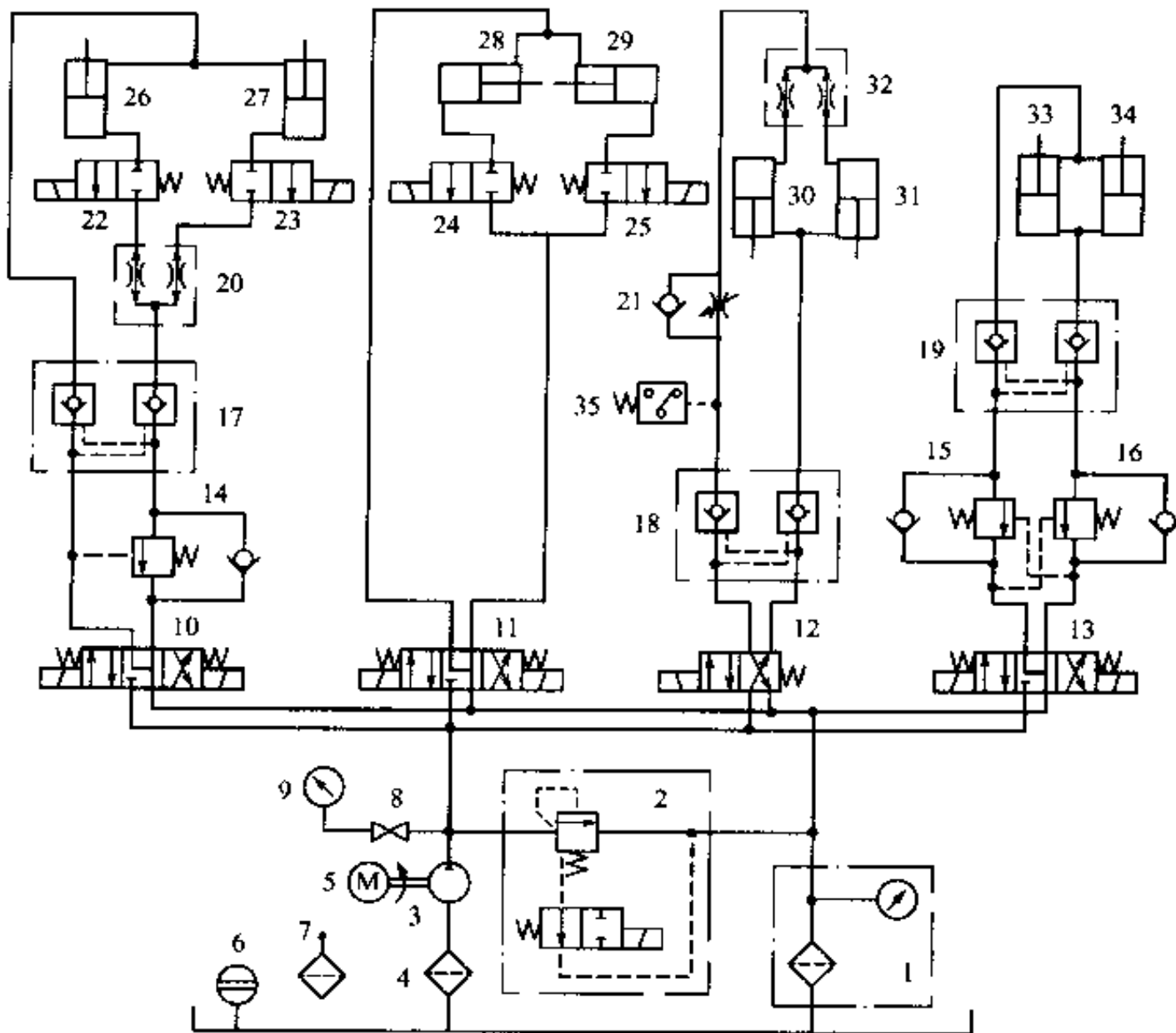


图 6-13 翻转机液压系统原理图

- 1—回油过滤器；2—电磁溢流阀；3—单向定量液压泵；4—网式吸油过滤器；5—电动机；  
6—液位计；7—空气过滤器；8—压力表开关；9—压力表；10、11、13—三位四通电磁换向  
阀；12—二位四通电磁换向阀；14、15、16—平衡阀；17、18、19—液压锁；20、32—分流  
集流阀；21—单向节流阀；22、23、24、25—二位二通电磁换向阀；26、27—起升液压缸；  
28、29—水平液压缸；30、31—夹紧液压缸；33、34—翻转液压缸；35—压力继电器



1) 起升液压缸回路 通过二位二通电磁换向阀 22 和 23 工作位置的组合, 可使两个起升液压缸 26 和 27 实现联动或单动。联动时, 将控制开关转换为联动位置, 按动起升按钮, 换向阀 22 和 23 分别切换至左位和右位, 三位四通电磁换向阀 10 切换至右位, 泵 3 的压力油经阀 10、平衡阀 14 中的单向阀、液压锁 17 的右单向阀、分流集流阀 20、换向阀 22 的左位和 23 的右位, 进入起升缸 26、27 的无杆腔, 同时导通 17 的左侧液控单向阀, 有杆腔经此阀向油箱排油, 两个缸的活塞杆同时上升, 完成工件的起升动作; 按动下降按钮, 换向阀 10 切换至左位, 换向阀 22 和 23 仍保持在左位和右位, 液压泵的压力油经换向阀 10 左位、液压锁 17 的左侧单向阀, 同时进入起升缸 26、27 的有杆腔, 同时导通 17 的右侧液控单向阀, 无杆腔经此阀向油箱排油, 两个缸的活塞杆同时下降, 完成工件下降动作。如果由于某种原因 (如摇枕侧架不处于水平位置), 需要单独调整某起升缸的伸出长度时, 可把开关转换成单动位置 (换向阀 22 和 23 中, 一个接通, 另一个断开), 从而使单个液压缸的活塞杆起升或下降, 达到要求的位置。

2) 水平液压缸回路 通过二位二通电磁换向阀 24 和 25 工作位置的组合, 可使两个水平液压缸 28 和 29 实现联动或单动。联动时, 将控制开关转换为联动位置, 按动水平缸的伸出按钮, 换向阀 24 和 25 分别切换至左位和右位, 三位四通电磁换向阀 11 切换至右位, 液压泵的压力油经阀 11 和阀 24、25 同时进入水平液压缸 28 和 29 的无杆腔, 两个水平伸缩缸活塞杆同时伸出, 完成翻转机手臂对准工件的动作; 按动水平伸缩缸缩回按钮, 换向阀 24 和 25 仍保持在左位和右位, 换向阀 11 切换至左位, 液压泵的压力油经换向阀 11 左位进入水平缸 28、29 的有杆腔, 两个缸同时缩回, 完成翻转机手臂收回的动作。如果因台车上的摇枕侧架放置不当 (如不处于水平位置), 需要单独调整某伸缩缸的伸出长度时, 可把开关转换成单动位置 (换向阀 24 和 25 中, 一个接通, 另一个断开), 使单个液压缸的活塞杆伸出或缩回, 达到要求的位置。

3) 夹紧液压缸回路 按动夹紧按钮, 二位四通电磁换向阀 12 切换至左位, 液压泵的压力油经阀 12 左位、液压锁 18 左侧单向阀、单向节流阀 21 的单向阀、分流集流阀 32, 同时进入夹紧缸 30、31 的无杆腔, 并导通 18 的右侧液控单向阀供有杆腔回油, 两个缸的活塞杆同时伸出, 活塞杆夹住摇枕侧架, 油压随之升高, 达到压力继电器 35 的设定压力时, 发出信号, 换向阀 12 断电复至右位, 由单向节流阀 21、双向液压锁 18 实现保压, 完成夹紧工件的动作; 保压结束后, 液压泵的压力油液经换向阀 12 右位、液压锁 18 右侧单向阀, 进入夹紧缸 30、31 有杆腔, 并导通 18 的左侧液控单向阀供无杆腔回油, 两个缸的活塞杆同时缩回, 完成松开工件动作。

4) 翻转液压缸回路 按动上翻按钮, 三位四通电磁换向阀 13 切换至右位, 液压泵的压力油经阀 13 右位、平衡阀 16 中的单向阀、液压锁 19 右侧单向阀, 同时进入翻转液压缸无杆腔, 并导通 19 的左侧液控单向阀供有杆腔回油, 两个缸的活塞杆同时伸出, 完成工件上翻动作; 按动下翻按钮, 换向阀 13 切换至左位, 液压泵的压力油经换向阀 12 左位、液压锁 19 右侧单向阀、平衡阀 15, 同时进入翻转液压缸 33、34 的有杆腔, 并导通 19 的右侧液控单向阀供无杆腔回油, 两缸的活塞杆同时缩回, 完成工件下翻的动作。

### (3) 技术特点

1) 与采用螺杆式机械装置的翻转机相比, 该全液压货车转向架翻转机, 功能齐全、操作方便、工作平稳、安全可靠, 满足了生产实际需要。避免了采用传统的手段, 由于工位低, 劳动强度大、安全性差、工作效率低等缺陷。



2) 液压系统采用电磁换向阀换向, 翻转机所有动作均用按钮控制。通过按钮控制和转换开关, 使水平伸缩液压缸、起升液压缸、夹紧液压缸既可同步动作(联动)也可单个调整(单动)。按钮点动控制电磁换向阀, 能方便地完成各液压缸的速度控制, 使各机构准确到位, 自动化程度高。

3) 液压系统中 4 个电磁换向阀油路为并联, 其中 3 个三位四通电磁换向阀均为 Y 型中位机能。避免了选用 O 型机能, 因换向阀本身结构问题油液经阀心渗漏可能造成的各缸动作间干扰问题。

4) 起升液压缸、夹紧液压缸、翻转液压缸均采用了双向液压锁, 能在各液压缸不工作或液压系统发生故障而导致系统压力突然下降时, 使活塞迅速、平稳、可靠且长时间地被锁定, 并不为外力所移动, 可准确地使工件(摇枕侧架)保持在既定位置上, 保证了翻转机的工作安全可靠。

5) 起升液压缸和夹紧液压缸采用分流集流阀, 保证两个执行器(如两个起升缸或两个夹紧缸)的速度同步。而且, 由于分流集流阀内部各节流孔相通, 当执行器停止时, 为了防止因负载不同而相互窜油, 在油路上接入了双向液压锁, 使系统安全可靠。

6) 夹紧液压缸回油腔采用单向节流阀和液控单向阀串接闭锁, 活塞能长期停留在夹紧工件的位置上, 而且活塞下行时功率损失较小, 避免了因夹紧而导致工件滑落的危险。

7) 起升缸和翻转缸采用 FD 型平衡阀, 避免了起升缸因意外而快速下降的危险。翻转机在翻转过程中, 机构负载是变化的, 故回路中使用了两个 FD 型平衡阀, 保证机构运行平稳, 工作安全可靠。

#### (4) 控术参数

液压系统: 额定压力为 6.5MPa; 额定工作流量 20L/min; 最高工作压力 8MPa。

### 6.2.8 铁道轮对轴承压装机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该压装机采用液压传动, 功能是将轴承压装在轮对上, 提高轴承的压装质量和工效, 从而满足列车提速后对平稳性、舒适性和安全性的更高要求。主机由伸套定位、压装、顶对、送对等装置组成(见图 6-14), 支撑架 7 的两端各安装一个伸套压装液压缸 1, 安装中心稍高于轮对 4 顶升到最高处时的轮心高度, 以保证伸套定位时能使轮对脱高顶对液压缸 5 的支撑。顶对缸 4 安装在两道轨之间, 作用在轮对 4 中部并与两伸套压装液压缸 1 同在一个轴线。道轨有一段 V 形活动轨, 用于轮对推入时定位, 此时, 活动轨而向轮对一段低并与道轨平齐, 而后端高。顶起轮对后, 送对缸顶出使活动轨翻转变变为前高后低, 待落对时使轮对

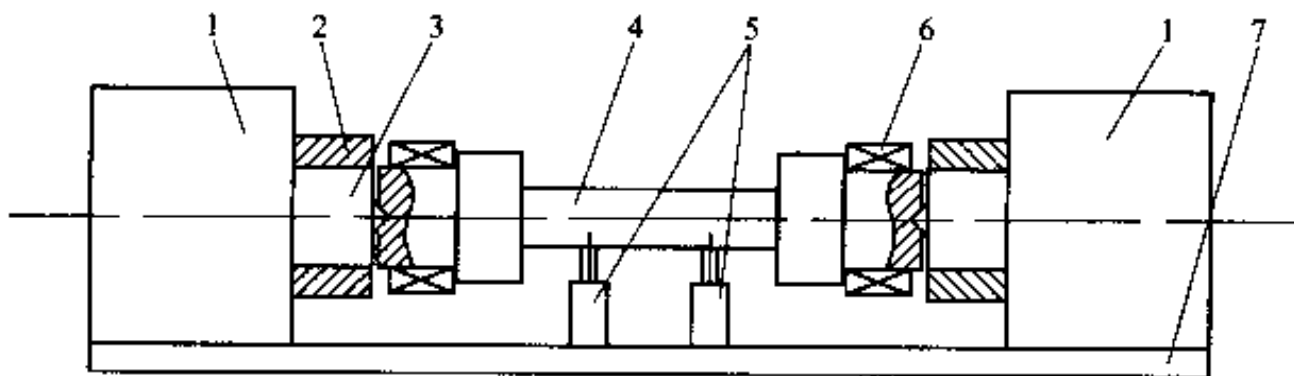


图 6-14 轮对轴承压装机的结构示意图

1—伸套压装液压缸; 2—压装杆; 3—伸套杆; 4—轮对;  
5—顶对液压缸; 6—轴承; 7—支撑架

自动滚出，然后送对缸退回使活动轨复原为前低后高。

压装机的工艺过程为：推入轮对→轮对顶升→伸套定位→轮对锁紧→压装轴承→伸套杆、压装杆退回，锁紧装置退回→落对→送对。压装质量通过压力传感器检测压装缸高压腔液压力变化而得到的曲线来确定；伸套及压装时由两端分别作用的液压力来保持轮对平衡。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 6-15 所示为轴承压装机的液压系统原理图。系统的油源为变量柱塞泵 1，其最高工作压力由先导式溢流阀 3 设定，卸荷由二位四通电磁换向阀 4 控制，单向阀 2 用于防止油液倒灌。系统有顶对液压缸 20、送对液压缸 21、锁紧液压缸 22、伸套压装液压缸 23 等 4 个并联的执行器，分别采用三位四通电磁换向阀 5、6、7、8 控制其运动方向；锁紧缸 22 退过液压锁 13 实现轮对的锁紧；压装缸 23 的无杆腔油路设有顺序阀 9 和节流阀 25，用于压装结束后换向前的释压控制，以减小压力冲击；顺序阀 10 用作缸 23 的背压阀。系统中的压力继电器 14、15、16、17、18、19 作为系统的发信装置，用于系统工作循环的自动控制。

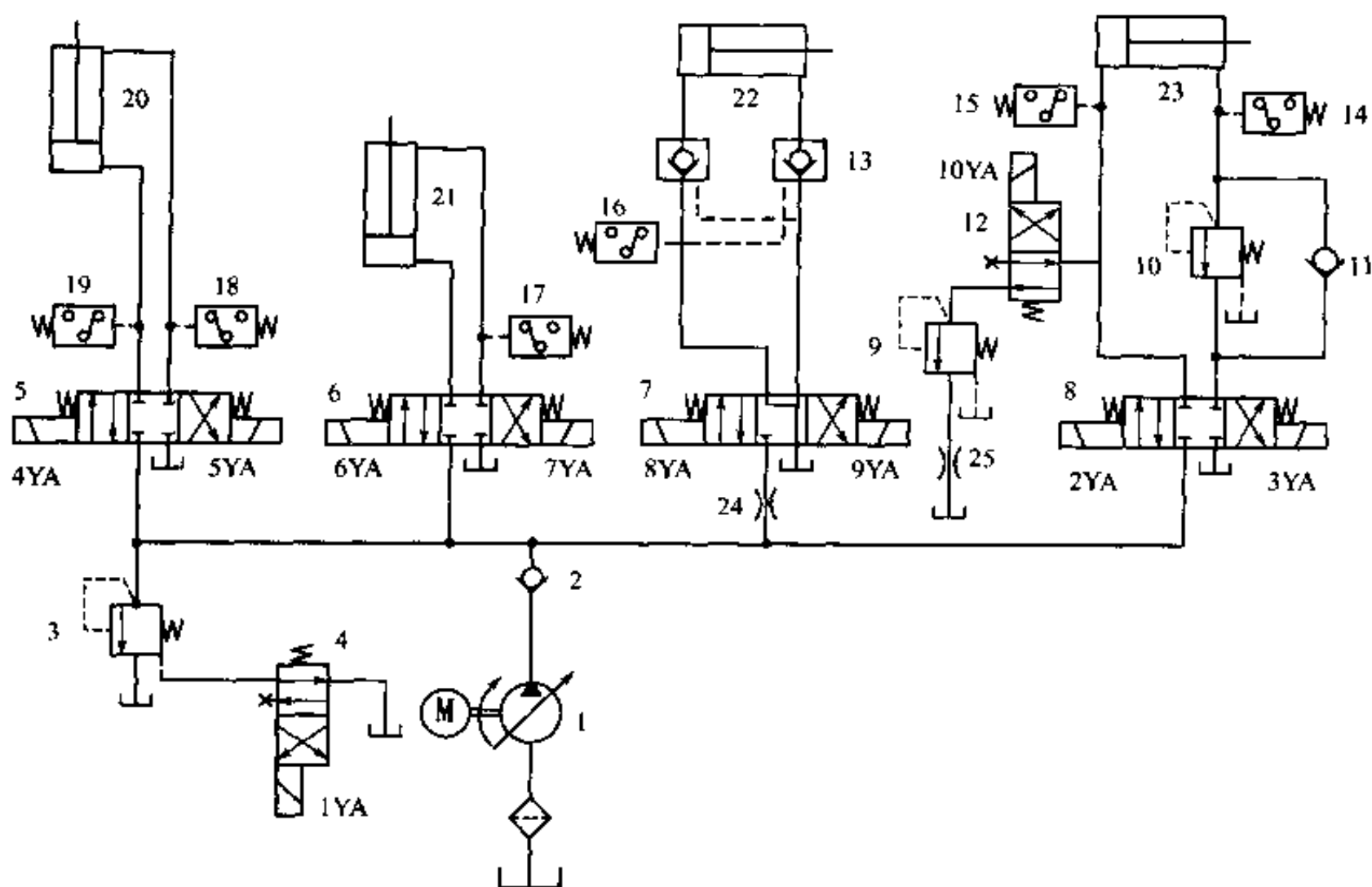


图 6-15 轮对轴承压装机液压系统原理图

1—变量柱塞泵；2、11—单向阀；3—先导式溢流阀；4、12—二位四通电磁换向阀；5、6、7、8—三位四通电磁换向阀；9、10—顺序阀；13—液压锁；14、15、16、17、18、19—压力继电器；20—顶对液压缸；21—送对液压缸；22—锁紧液压缸；23—伸套压装液压缸；24、25—节流阀

系统工作时，空载启动液压泵，然后电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至下位，系统升压。轮对推入后，电磁铁 4YA 通电使换向阀 5 切换至左位，液压泵 1 的压力油经单向阀 2 和换向阀 5 进入顶对缸 20 的无杆腔，活塞杆顶起轮对；延时后，电磁铁 6YA 通电使换向阀 6 切换至左位，泵 1 的压力油经阀 2 和换向阀 6 进入缸 21 的无杆腔，活塞杆顶出使 V 形道轨翻转；到位后压力继电器 19 发信，电磁铁 4YA、6YA 断电使换向阀 5 和换向阀 6 均复至中位，2YA、8YA 通电使换向阀 8 和 7 切换至左位，泵 1 的压力油经阀 2 后，经换向阀 8

进入压装缸 23 的无杆腔，经换向阀 7 和液压锁 13 进入锁紧缸 22 的无杆腔，伸套杆伸出定位，因有阀 10 造成的回油背压，压装杆不动，此时在节流阀 24 作用下，锁紧缸 22 在伸套定位后将轮对锁紧，并由压力继电器 16 发信使 8YA 断电，换向阀 7 复至中位，由液压锁 13 锁紧；此后系统压力继续升高，克服背压，压装杆伸出实现压装。压装完成后，压力升高使压力继电器 15 发信，电磁铁 10YA 通电使换向阀 12 切换至上位，首先，液压缸 23 的无杆腔经阀 9 和 25 释压（释压时间由节流阀 25 的开度决定），然后，电磁铁 2YA 断电，3YA、9YA 延时通电后使换向阀 8 和换向阀 7 均切换至右位，液压泵 1 的压力油经换向阀 8 和单向阀 11 进入缸 23 的有杆腔，经阀 7 和液压锁 13 进入缸 22 的有杆腔，伸套杆与压装杆一起退回，锁紧缸也退回。到位后，压力继电器 14 发信，电磁铁 3YA、9YA 断电使换向阀 8 和 7 均复至中位，5YA 通电使换向阀 5 切换至右位，泵 1 的压力油进入缸 20 的有杆腔，实现落对且送对，10YA 断电使换向阀 12 复位，恢复可压装状态。此后，压力继电器 18 发信，电磁铁 7YA 通电使送对缸复位。最后，压力继电器 17 发信使 5YA、7YA、1YA 断电而使系统复原。

### (3) 技术特点

1) 压装机的液压系统采用柱塞变量泵供油和恒功率控制，在不增大电机驱动功率条件下，消除了溢流损失，也符合压装机快速低压、高压慢速的工作特点。

2) 通过液压锁实现轮对锁紧，锁紧后再压装，即使两端压力不平衡，仍可防止窜动，保证压装质量。同时落对时不脱轨，滚动方便，提高了工效。锁紧装置设在轮对内侧，安装方便。

3) 通过顺序阀和节流阀实现压装完毕后的释压，减小了换向冲击和振动噪声，并保护了压力传感器。

4) 通过多个压力继电器发信，实现循环过程的自动控制，消除了人为因素的影响。

### (4) 技术参数

该压装机的压装力为 550kN；系统工作压力为 20MPa；液压泵额定压力为 32MPa。

## 6.3 公路运输业中的液压系统

### 6.3.1 移动式汽车维修举升机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该移动式举升机设置在汽车修配厂室内固定深度的车坑内，用于大型公共汽车维修时的举升。举升机采用两组同步液压缸驱动，其中一组固定，另一组安装在可移动的活动小车上，以适应多种车型的维修。机器具有结构简单、造价低廉、动作平稳可靠、适应性强等优点。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 6-16 所示为举升机的液压系统原理图。系统采用定量液压泵 1 供油，系统压力由先导式溢流阀 2 设定并由压力表 4 显示，系统卸荷由二位二通电磁换向阀 3 控制。两组液压缸 15 和 16 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 5 和 6 控制，采用分流集流阀 9 和 10 保证每组液压缸的同步；两组缸的分流集流阀前后各设有二级液控单向阀（缸 15 为液控单向阀 7 与液控单向阀 11 及 12，缸 16 为液控单向阀 8 与液控单向阀 13 及 14），以确保液压泵停机或其他故障时液压缸不因泄漏而影响举升的安全可靠性。每组液压缸附近的两个按钮控制

盒，用于控制缸的升降。

液压缸 15 和 16 的油路结构类同，故此处以缸 15 的升降为例，说明系统的动作顺序与原理如下。

1) 举升 按上升按钮，电机驱动液压泵 1 空载启动，延迟 3s 后电磁铁 1YA 通电使换向阀 3 切换至右位，液压泵 1 由卸荷转为升压。同时，电磁铁 2YA 通电使换向阀 5 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 5、7、9、11 和 12 进入缸 15 的无杆腔，两个液压缸 15 上升。有杆腔经换向阀 5 向油箱排油。

2) 停位 松开上升按钮，电磁铁 1YA、2YA 断电使换向阀 3 和 5 复位，液压泵 1 卸荷，液压缸 15 停止并保持在既定位置；3min 后电机自动停止。

3) 下降 按下降按钮，使电机驱动液压泵 1 启动，延迟 3s 后电磁铁 1YA、3YA 通电使换向阀 3 切换至右位，换向阀 5 切换至右位，液压泵的压力油经阀 5 进入缸 15 的有杆腔，同时反向导通液控单向阀 7 和 11 及 12，液压缸 15 下降，无杆腔的油液经阀 11 和 12 及阀 9、7、5 排回油箱。

4) 停止 松开下降按钮，各电磁铁均断电，液压缸 15 停止，电机驱动液压泵卸荷空载运转，3min 后液压泵自动停机。

(3) 技术特点

- 1) 举升机液压系统采用定量液压泵油源，设有卸荷回路，有利于减少能耗和系统发热。
- 2) 两组同步液压缸采用分流集流阀控制同步，基本满足液压缸的同步要求；两级液控单向阀实现液压缸举升后的锁定，举升停位安全可靠。

(4) 技术参数 (见表 6-4)

表 6-4 举升机液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
液压泵(CB-F32C-FC 型齿轮泵)	工作压力	6.3	MPa
	流量	32	L/min
	电动机功率	4	kW
液压缸	每个缸的举升力	70	kN
	举升行程	800	mm
	缸径	125	
	每组缸的同步精度	<3%	

注：系统的控制元件系广研中低压系列液压控制阀。

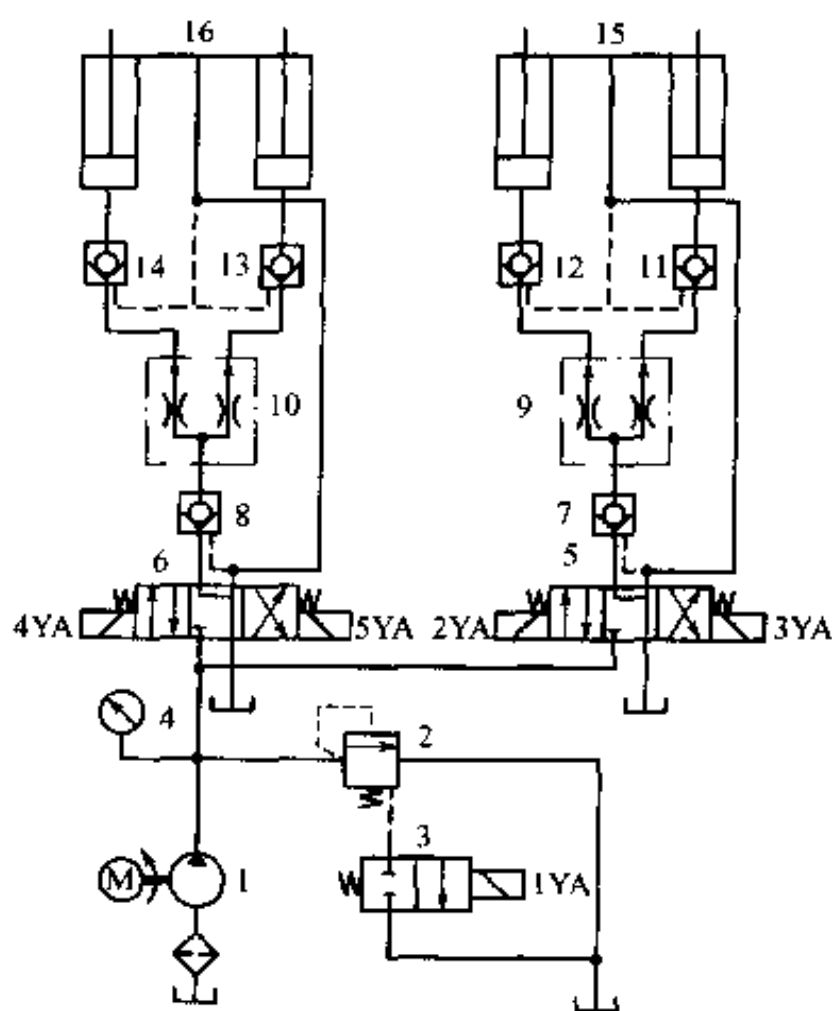


图 6-16 举升机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—压力表；5、6—三位四通电磁换向阀；7、8、11、12、13、14—液控单向阀；9、10—分流集流阀；15、16—同步液压缸

### 6.3.2 高速公路钢护栏冲孔切断机液压系统

#### (1) 主机功能结构

高速公路钢护栏冲孔切断机是用于高速公路沿线波形梁钢护栏加工生产的液压传动专用设备，其功能为：将厚度为 3mm、宽度为 481mm 的板料（卷材）校平、输送、定长后同时冲出 18 个腰形孔并切断，加工成一定长度 [工件最大长度 (4320±5) mm]，两端各带九个腰形孔的半成品板，为后成型工序做准备。

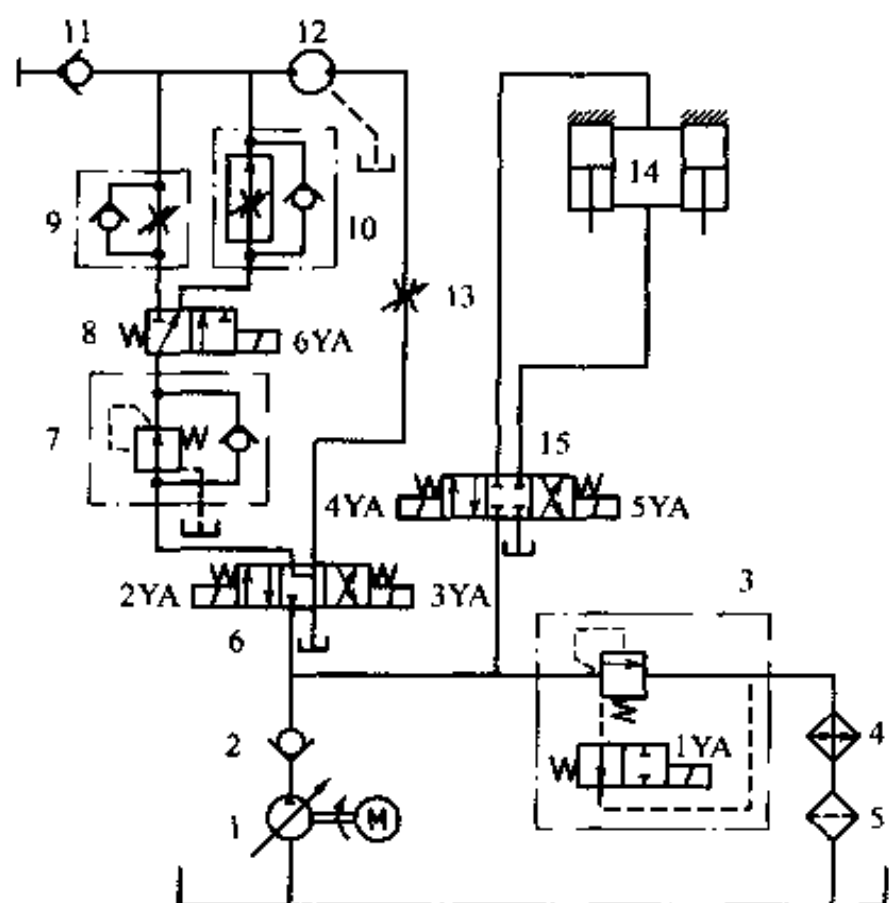


图 6-17 冲孔切断机液压系统原理图

- 1—单向变量泵；2—单向阀；3—电磁溢流阀；4—冷却器；  
5—精过滤器；6、15—三位四通电磁换向阀；7—单向减压阀；8—二位三通电磁换向阀；9—单向节流阀；10—单向调速阀；11—快速接头；12—双向定量液压马达；  
13—节流阀；14—液压缸

#### (2) 液压系统及其工作原理

冲孔切断机的液压系统原理图如图 6-17 所示。系统的执行器为用于钢带传输的双向定量液压马达 12 和冲孔切断的液压缸 14（2 个），液压马达和液压缸分时工作，即液压马达工作时液压缸停止，反之亦然；系统的油源为单向变量液压泵 1，单向阀 2 用于保护泵 1，电磁溢流阀 3 用于调定泵的供油压力并实现卸荷，冷却器 4 和精过滤器 5 用于回油的冷却和过滤。两个并联的液压缸运动由三位四通电磁换向阀 15 控制。液压马达 12 带有机械制动器，马达的旋转运动方向由三位四通电磁换向阀 6 控制，单向减压阀 7 用于液压马达工作压力的设定，并联的单向调速阀 10 和单向节流阀 9，通过二位三通电磁换向阀 8 控制，可使液压马达获得两种不同流量及速度，以实现板料在传输过程中的快速传输和慢速制动，从而保证生产速度并迅速准确制动以及工件切断后的长度尺寸精度；

节流阀 13 作背压阀使用。由液压系统的电磁铁动作顺序表（见表 6-5），容易了解系统在各工况的油液流动路线。

表 6-5 冲孔切断机的液压系统电磁铁动作顺序

工 况		电磁铁					
		1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA
液压马达	快速传输	+	+				
	慢速传输	+	+				+
	制动	+	+		+		
	(传输故障)	+		+			
液压缸	下行冲孔切断	+			+		
	上行退回	+				+	
停止等待,系统卸荷							

注：只有钢带传输中出现故障，液压马达才反转，以便使钢带退出。

## (3) 技术特点

1) 该机的液压系统采用变量泵供油, 液压马达和液压缸回路分别控制和动作, 泵的流量和最高工作压力按液压缸的负载压力和流量确定, 液压马达的工作压力通过减压阀调节和保持恒定。系统等待期间, 液压泵可以卸荷, 有利于减小功率损失和发热。

2) 液压马达回路通过调速阀和节流阀的并联, 电磁换向阀换接, 实现二级速度控制, 两个流量阀可以独立调节, 互不影响; 通过三位四通换向阀可以使钢带传输出现故障时液压马达反转, 便于钢带退出。背压节流阀可以避免液压马达在小排量工况时产生脉动, 使马达运行平稳; 液压马达可以通过进口压力控制机械制动器的制动和开启。

3) 通过电磁溢流阀回油路上设置的过滤器和精过滤器, 提高了系统油液的散热效果和洁净度, 从而提高了系统的工作可靠性。

## (4) 技术参数 (见表 6-6)

表 6-6 冲孔切断机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
冲孔切断机	工件	原料尺寸	厚度 3, 宽度 481
		最大长度	4320±5
	冲切力	1200	kN
	生产率	2	件/min
液压系统	最高压力	21	MPa
	最大流量	40	L/min

## 6.3.3 地下汽车库升降平台液压系统

## (1) 升降平台的功能结构

该升降平台用于城市地下汽车库中的汽车升降, 以缓解小汽车普及的情况下汽车泊位日趋紧张带来的停车难矛盾。升降平台的台面尺寸为 6m×2.8m; 举升重量为 3t; 升降高度为 3m (可根据汽车库的建筑结构调整); 上升时间小于 2min; 下降时间为 1~2min (可调)。

图 6-18 所示为升降平台的结构示意图, 台面为焊接框架结构, 立柱 (图中未画出) 为导轨结构。单个多级液压缸 1 的活塞杆上安装的链轮-承重链条 2 与平台的 A 点相连, 承重链条 3 与平台的 B 点 (3 个) 相连, 所以平台共有 4 个提升点。当举升缸 1 向上运动时, 平台在链轮-承重链条 2 和链轮组 4 及承重链条 3 的作用下, 向上升起。平台下降也是一样。平台的上升行程和速度是活塞杆行程和速度的两倍。承重链条 2 所承受的力是整个平台与汽车重力之和, 承重链条 3 所受的拉力仅为前者的一半, 而举升缸的驱动力应是平台与汽车重力之和的 2 倍。

## (2) 液压系统及其工作原理

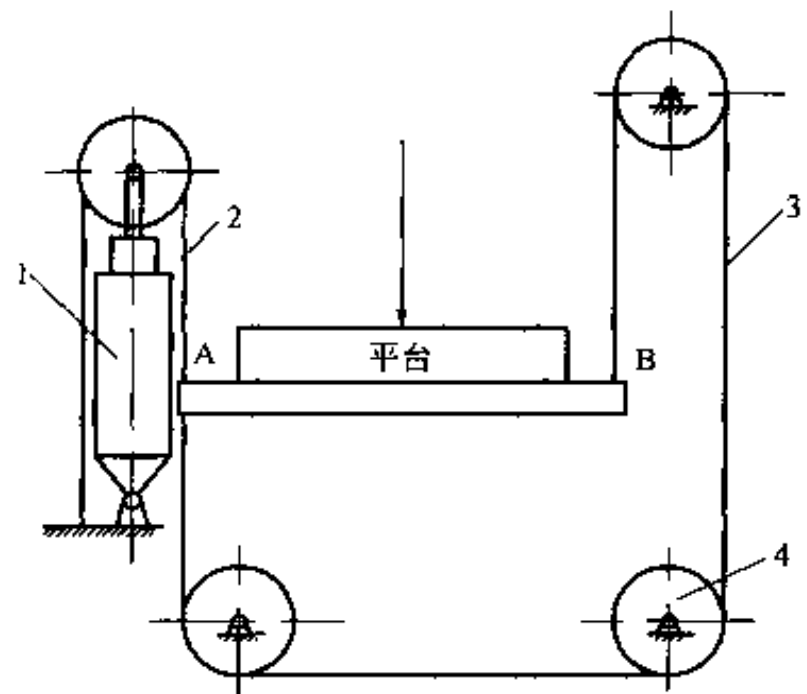


图 6-18 汽车库升降平台的结构示意图

1—举升液压缸; 2—链轮-承重链条;  
3—承重链条; 4—链轮组



升降平台的液压系统原理图如图 6-19 所示。系统的执行器为驱动平台升降的多级液压缸 9 和平台台面锁定液压缸 10；系统采用定量高压齿轮泵 2 供油，系统压力由溢流阀 4 设定并由压力表 11 显示；缸 9 的升降由三位四通电磁换向阀 5、二位四通电磁换向阀 6 和液控单向阀 8 控制，缸 9 下降时的时间通过调节阀 5 上的节流孔 12 的开度实现；缸 10 的伸缩由二位四通电磁换向阀 7 控制。行程开关 13 用作平台台面锁定时的发信器。

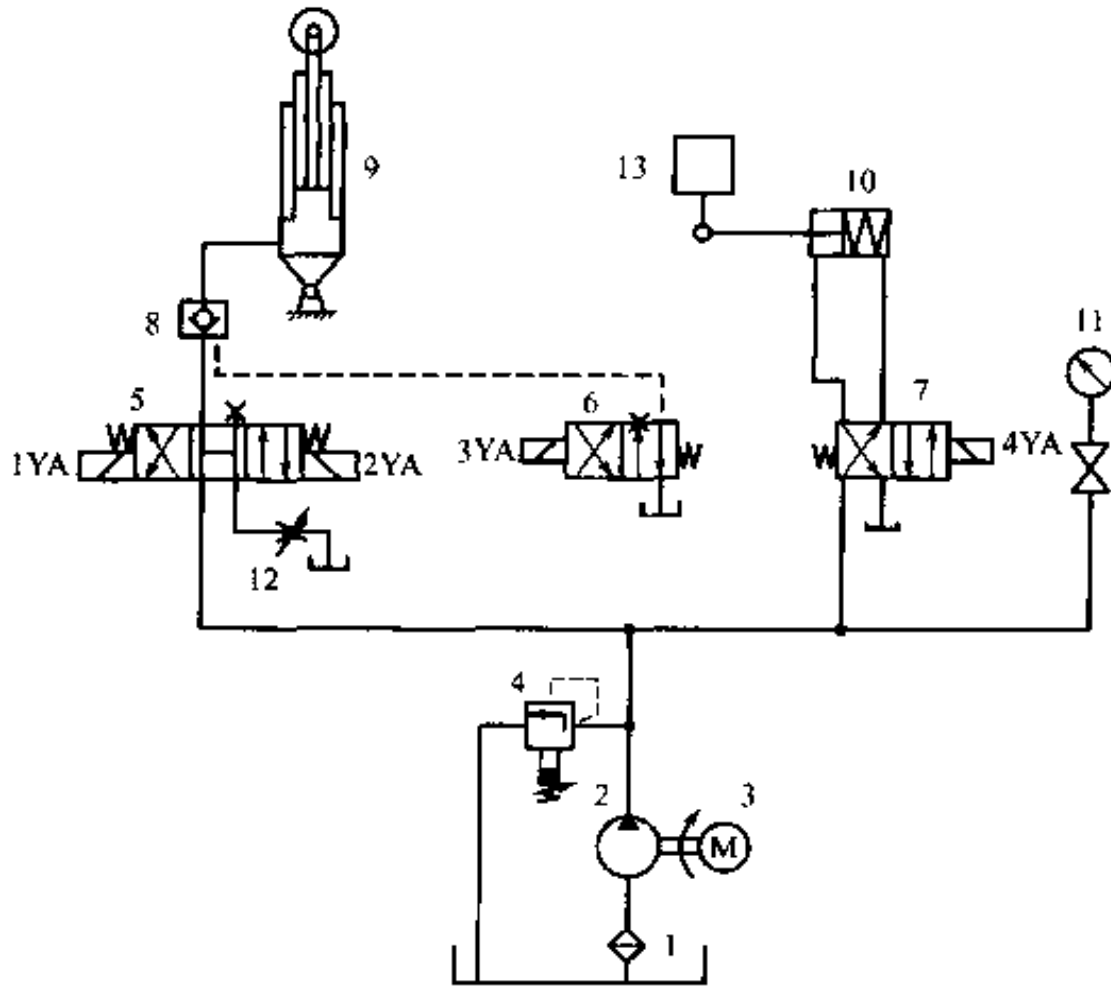


图 6-19 汽车库升降平台液压系统原理图

1—过滤器；2—高压齿轮泵；3—电动机；4—安全溢流阀；5—三位四通电磁换向阀；6、7—二位四通电磁换向阀；8—液控单向阀；9—多级举升液压缸；10—台面锁定液压缸；11—压力表及其开关；12—节流孔；13—行程开关

1) 平台上升 上升时，启动液压泵 2，电磁铁 2YA、4YA 通电使换向阀 5 和 7 均切换至右位，液压泵 2 的压力油经阀 7 进入台面锁定缸 10 的有杆腔，经阀 5 和液控单向阀 8 进入多级举升缸 9 的工作腔，缸 10 的活塞杆缩回，缸 9 上升至地平面；电磁铁 4YA 先断电使换向阀 7 复至左位，液压泵的压力油经阀 7 进入缸 10 的无杆腔，缸 10 的活塞杆伸出锁紧台面，行程开关 13 发出安全信号后，电磁铁 2YA 断电使换向阀 5 复至中位，液压泵通过阀 5 的 H 型中位卸荷停机。

2) 平台下降 下降时，首先启动液压泵 2，然后电磁铁 2YA 通电使换向阀 5 切换至右位，压力油经阀 5 和阀 8 进入缸 9，使平台台面先上升，接着电磁铁 4YA 通电，换向阀 7 切换至右位，压力油经阀 7 进入缸 10 的有杆腔，待缸 10 的活塞杆缩回后，台面解锁，电磁铁 2YA 断电，1YA 通电使换向阀 5 切换至左位，电磁铁 3YA 通电使换向阀 6 切换至左位，压力油打开液控单向阀 8，缸 9 经阀 8、5 和节流孔 12 向油箱排油，平台靠台面及汽车重力使台面下降，下降时间由节流孔 12 的开度决定。

### (3) 技术特点

1) 升降平台采用单个举升缸驱动，通过链轮和承重链条机构用较短行程的举升缸获得了大的平台升降高度，可以满足安装空间小和行程大的要求，结构简单；多组链轮-承重链

条用来解决台面尺寸大，液压缸举升受力不均匀，平台同步提升，消除了液压缸受横向力等问题。举升平台通过锁定液压缸锁定台面，提高了安全可靠。

2) 由于只有一个举升缸，所以使液压系统得到简化，有利于降低造价，并避开了多缸同步控制问题；缸上升靠液压驱动；下降靠自重，液压泵卸荷，节约能量。

### 6.3.4 隧道工程衬砌台车液压系统

#### (1) 衬砌台车的功能结构

衬砌台车是铁路、公路隧道衬砌施工的重要机械设备，它与混凝土灌注设备配套使用，可大大提高作业效率，减轻劳动强度，提高衬砌质量。图 6-20 所示为衬砌台车的结构组成示意图，它主要由龙门架 4、模板总成 1 及液压系统 10 等部分组成。龙门架是浇注混凝土时的承重部件，模板是由拱顶模板、拱腰模板、收拢铰及直墙模板 4 部分组成，用来对不同隧道断面尺寸的混凝土衬砌；液压系统是使台车完成立模和拆模工作的动力源，除台车行走外，其余动作均由液压缸驱动。一次可完成隧道全断面衬砌 9m。

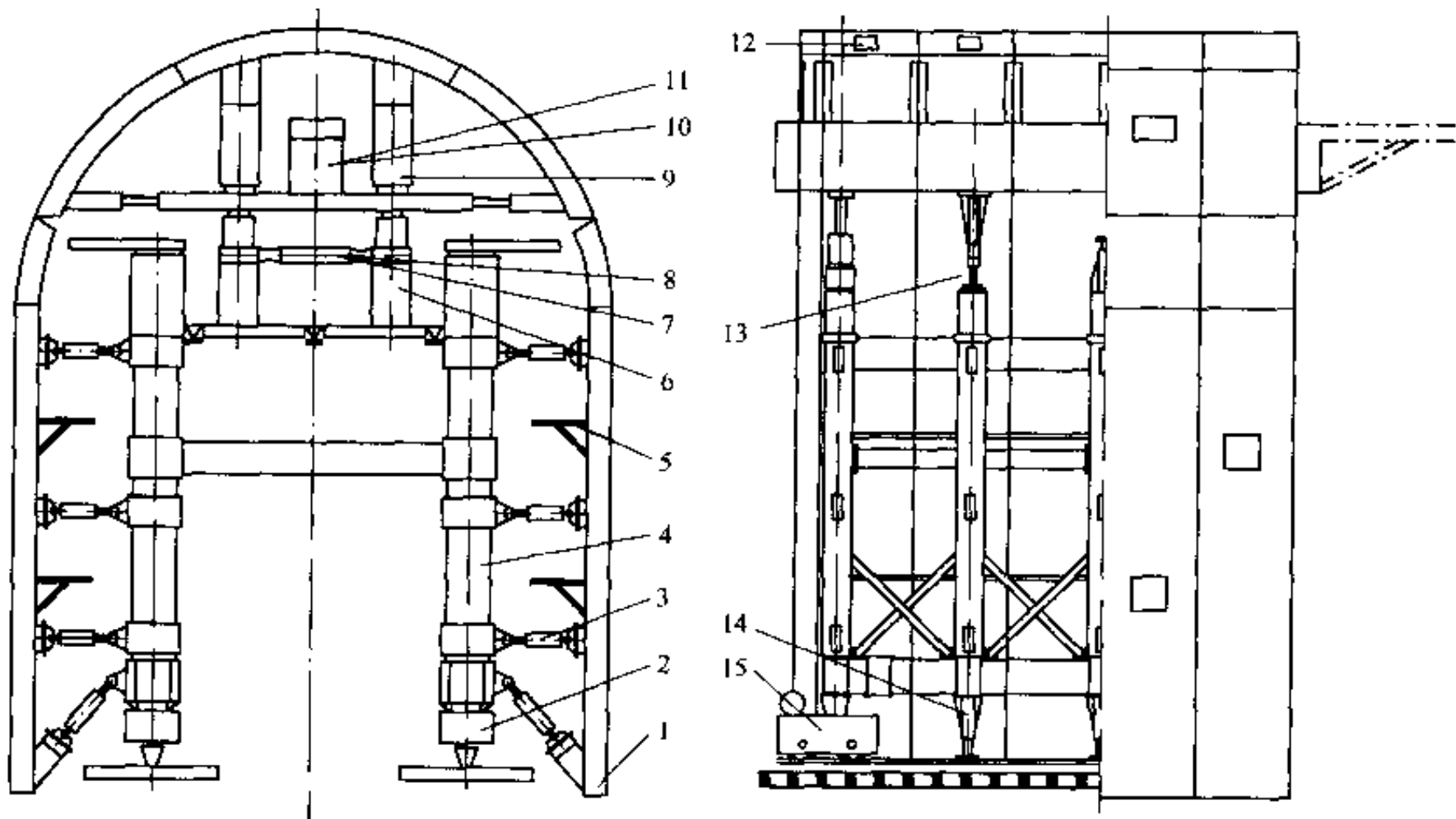


图 6-20 隧道液压钢模衬砌台车结构示意图

- 1—模板总成；2—从动行走机构；3—侧向千斤顶及液压缸；4—龙门架；5—侧向工作台架；  
6—竖向液压缸；7—平移机构；8—水平液压缸；9—上部拱架；10—液压系统；11—电  
气系统；12—喷浆口；13—横梁千斤顶；14—支腿千斤顶；15—驱动行走机构

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 6-21 所示为衬砌台车的液压系统原理图，系统的油源为定量齿轮泵 3，系统最高工作压力由电磁溢流阀 2 限定并通过压力表 7 及其开关 6 显示和观测；系统的执行器为 10 个液压缸，4 个并联的竖向液压缸 31~34 分设于台车四角，既能同步升降，也可单缸调整，完成对拱顶模板的立模、拆模与模板的上、下对位；四个侧向液压缸 8~11 分设于左、右两侧，每侧两个（并联），通过活塞杆的伸缩动作完成直墙模板的立模、拆模及左、右对位；两个并联的水平液压缸 35 和 36 用来推动模板整体左、右移动，使模板能相对于龙门架左、

右平动，从而实现模板中心与隧道中心的对位。液压缸的运动方向由电磁换向阀控制，双向液压锁 25~30 用来实现停止工作或系统出现故障时锁定液压缸 31~36，保证设备的安全。

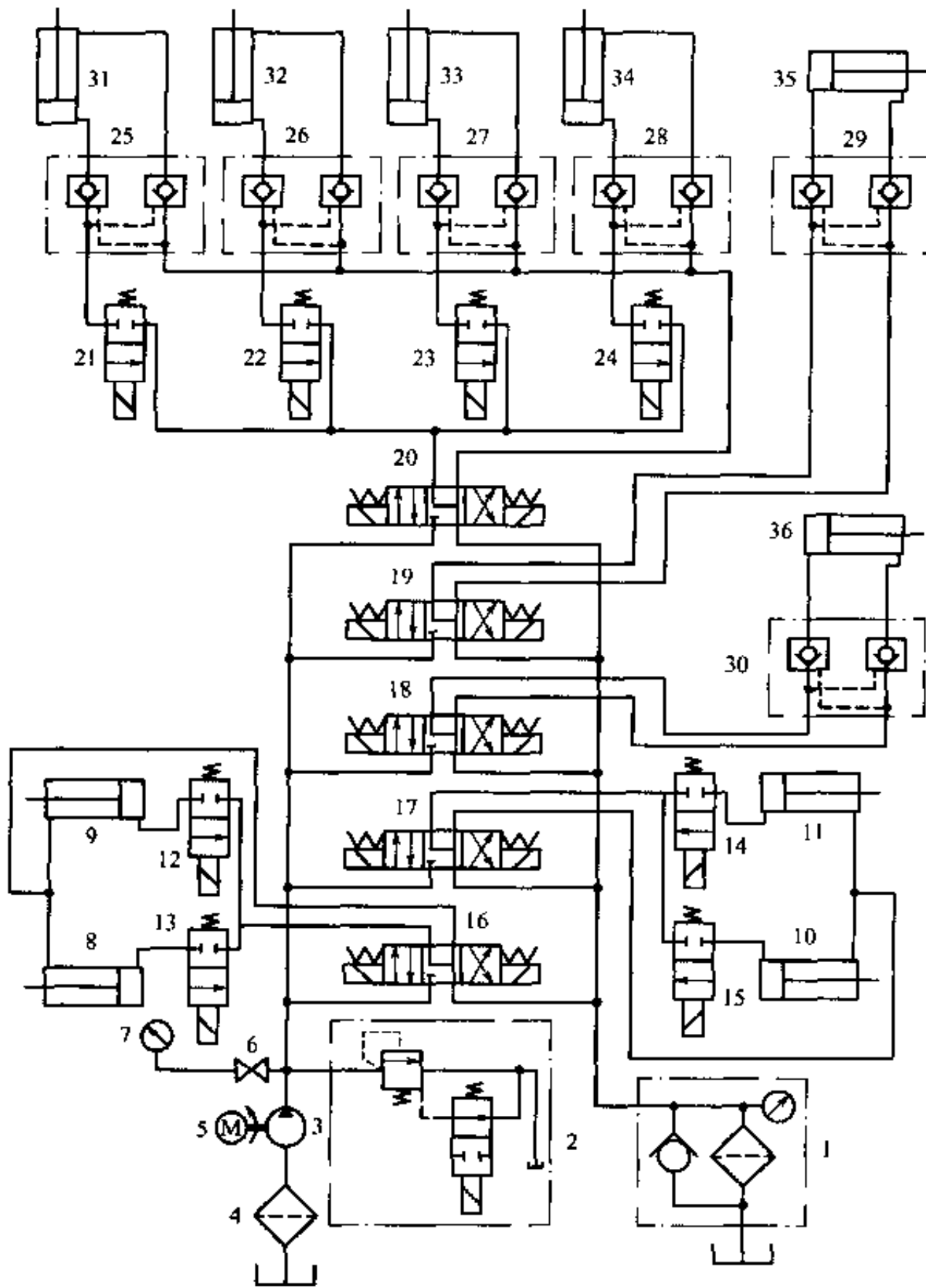


图 6-21 衬砌台车液压系统原理图

1—回油过滤器；2—电磁溢流阀；3—齿轮泵；4—网式吸油过滤器；5—电动机；6—压力表开关；7—压力表；8、9、10、11—侧向液压缸；12、13、14、15、21、22、23、24—二位二通电磁换向阀；16、17、18、19、20—三位四通电磁换向阀；25、26、27、28、29、30—双向液压锁；31、32、33、34—竖向液压缸；35、36—水平液压缸

系统的工作原理如下。

电磁溢流阀 2 的电磁铁断电时，液压泵卸荷。电动机驱动液压泵正常运行后，通过电磁溢流阀通电并将压力调至 12.6MPa，即可进入工作状态。

1) 竖向液压缸的升降 4 个竖向液压缸通过升降完成台车的立模和拆模工作。把开关转换为联动位置，按动竖向液压缸上升启动按钮，换向阀 20 切换至左位，同时换向阀 21~24 均切换至下位，液压泵 3 的压力油经阀 20 和阀 21~24 及液压锁 25~28 的左侧液控单向

阀同时进入竖向液压缸 31~34 的无杆腔，同时导通 25~28 的右侧液控单向阀供各缸有杆腔回油，4 个竖向液压缸的活塞杆同时上升，完成台车立模工作；按动竖向液压缸下降按钮，换向阀 20 切换至右位，换向阀 21~24 仍工作在下位，液压泵 3 的压力油经阀 20 和阀 21~24 及液压锁 25~28 的右侧液控单向阀，同时进入竖向液压缸的有杆腔，同时导通 25~28 的左侧液控单向阀供各缸无杆腔回油，4 个液压缸活塞杆同时下降，完成台车拆模工作。如果 4 个竖向液压缸有其中一个或两个液压缸活塞杆位置偏高或锁低，需要单独调整某竖向液压缸的伸出长度时，可把开关转换为单动位置，使单个液压缸的活塞杆伸或缩，达到要求的位置。

2) 侧向液压缸伸缩 两组侧向液压缸 8、9 及 10、11 通过伸缩完成左、右模板的立模和拆模工作，由电磁换向阀 12~15 控制。把开关转换为联动位置时，按下左侧液压缸外伸启动按钮，三位四通电磁换向阀 16 切换至左位，同时二位二通电磁换向阀 12 和 13 切换至下位，液压泵的压力油经阀 16 和阀 12、13 同时进入左侧液压缸 8 和 9 的无杆腔，两个液压缸 8 和 9 的活塞杆伸出；若按下左侧液压缸内缩启动按钮，换向阀 16 切换至右位，换向阀 12 和 13 仍保持在下位，则液压泵的压力油同时进入左侧液压缸 8 和 9 的有杆腔，两个液压缸活塞杆缩回。若有一个侧向液压缸未达到要求位置，可把开关转换为单动位置，按下相应按钮，使一个侧向液压缸活塞杆能完成伸与缩，以达到要求位置。从而完成左侧模板的立模、拆模工作。

按上述同样方法操作，通过操纵三位四通电磁换向阀 17 和二位二通电磁换向阀 14、15 可完成右侧模板的立模、拆模工作。

3) 水平液压缸的操作 两个水平液压缸 35 和 36 由三位四通电磁换向阀 18 和 19 的控制，可同时动作，也可单独动作，完成模板相对龙门架左、右平动，从而实现模板中心与隧道中心的对位。

### (3) 技术特点

1) 采用电磁换向阀换向，达到台车所有动作均用按钮控制。通过按钮控制使所有液压缸既可实现同步动作，又可实现单个液压缸调整，自动化程度高。

2) 竖向液压缸和水平液压缸采用了双向液压锁，它能在竖向液压缸和水平液压缸停止工作时或液压系统发生故障而导致系统压力突然下降时，使活塞迅速、平稳、可靠且长时间地被锁定，不为外力所移动，准确地使模板保持在既定位置上，避免了竖向液压缸因模板自重缩回，水平液压缸因外力而移位，保证了衬砌台车工作的安全可靠。

3) 各液压缸的速度靠电磁换向阀的通断组合控制。按钮点动控制电磁换向阀，从而方便地完或各液压缸速度控制，没有流量阀和由节流带来的能量损失和系统发热。

4) 通过设置回油过滤器，可以提高油液的清洁度，减少污染及由此带来的故障。

## 6.3.5 公交汽车用定压力源液压系统

### (1) 功能结构

随着人们环境保护意识的增强，世界各国都在争相开发环保型汽车。日本几家名牌汽车制造公司生产了液压驱动的定压力源系统 CPS (Constant Pressure System) 公交汽车，在东京等 3 个城市中运营，尾气排放和燃油费用各降低了 20% 以上。

以往液压传动和控制在一般的汽车中用得不多，因为液压变速是依靠改变执行器（液压缸和马达等）的流量实现的，而流量和负载的变化会引起系统压力波动。压力波动使得工作

机构在低速运行和换向的时候，难以平稳，效率很低。CPS 能保证液压源为恒定压力，扩大了液压技术应用领域。

公交汽车需要频繁地加速、减速和启动、停车，采用 CPS 传动控制可以将刹车时的热能损失作为运动能量回收、蓄积起来，在加速时利用。这种制动能量可回收使用的汽车被称为复合型汽车 (Hybrid bus)。

(2) CPS 液压驱动系统及其工作原理

图 6-22 所示为用于驱动公交汽车的 CPS 驱动系统原理图，主要由能源液压泵/马达、

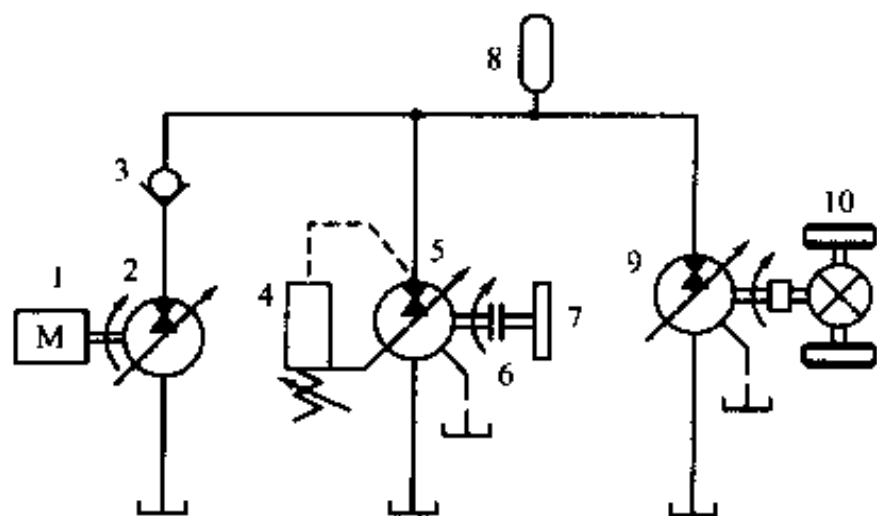


图 6-22 CPS 液压驱动系统原理图

- 1—发动机；2—能源液压泵/马达；3—单向阀；4—压力补偿器；5—飞轮液压泵/马达；6—联轴器；7—飞轮；
- 8—蓄能器；9—驱动液压泵/马达；10—车轮

飞轮液压泵/马达、驱动液压泵/马达以及飞轮、蓄能器、压力补偿器等组成，液压泵/马达采用液力平衡式 FFC (Fluid Force Couple) 结构。发动机 1 带动能源泵/马达 2，通过单向阀 3 向系统供油，飞轮泵/马达 5 与压力补偿器 4 相连，蓄能器 8 用于保持系统恒定的压力状态，驱动泵/马达 9 带动车轮 10 转动，驱动车辆行驶。

如图 6-23 (a) 所示，改变偏心距来调节飞轮泵/马达 5 的流量时，流量与压力成正比变化。采用压力补偿器和蓄能器后，压力补偿调节曲线如图 6-23 (b) 所示，成反比变化，称为二次控制 (Secondary control)。

CPS 的压力补偿调节有两种方式，一种是比例控制，称为 A 型，另一种为开关 (ON-OFF) 控制，称为 B 型。B 型的蓄能器容量更大，改善了回收效率。同时，B 型的飞轮与泵/马达 3 之间有一联轴器 6，不工作时 (停车、恒速行进等)，能降低旋转阻力损失，因而使用发动机的功率可在较大范围内选择。A、B 两种控制方式的一次和二次控制曲线如图 6-23 所示。

汽车加速和减速时，飞轮泵/马达 5 和驱动泵/马达 9 相互转换作液压泵与液压马达使用。加速时 5 作液压泵，9 作液压马达，反之，减速时 5 作液压马达，9 作液压泵，从而完成能量的回收利用。CPS 驱动系统不需要齿轮变速箱，压力补偿器能够自动地调节利用飞轮 7 的动能。飞轮的能量密度及利用效率比蓄电池及单独的液压蓄能器都高，在低速下以一定的转矩间断地运行时，燃料消耗和汽车的尾气排放大大降低，行驶平稳性得以提高。

(3) 技术特点

1) CPS 液压系统恒定压力的关键是采用 FFC 液力平衡式变量泵/马达。其关键点是液力平衡环，由于 FFC 的全部零件处于静压平衡状态，消除了普通柱塞泵/马达的轴向力，也没有变量泵调节机构的摆动和球形铰接式柱塞的轴向游隙产生的惯性力矩。

FFC 的缸体和配流轴的液流通道截面积较大，可以提高流速。因此，FFC 在启动和低

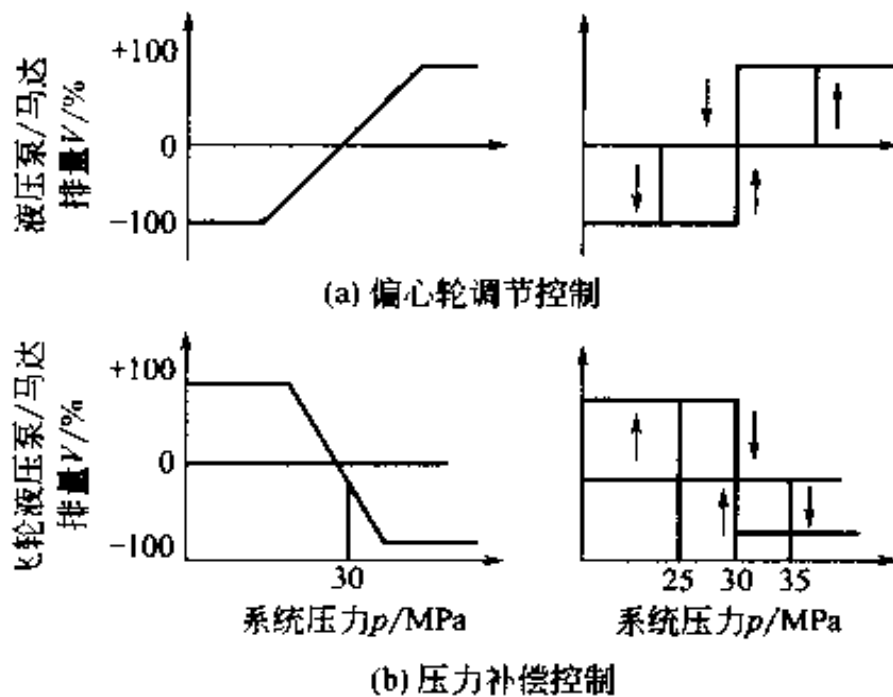


图 6-23 CPS 压力调节曲线

转速时的机械效率很高(达97%),效率损失降低80%。在调节流量时,控制系统响应速度快,即使在低转速下,变量曲线的线性度也很好,能够使流量在正的最大值与负的最大值之间全范围内平稳地无级调节,及时进行泵与马达的功能转换,满足恒定压力源的要求。

FFC不需要承受大载荷的轴向推力轴承,延长了轴承和整个产品的寿命;而且简化了支承系统,缩短了泵/马达的轴向尺寸,减少了零件数量,产品重量可减轻1/3。

2) 采用CPS的汽车,节能降耗,且尾气排放大大减小,具有绿色环保特征。

(4) 技术参数

CPS汽车的主要技术参数及三种CPS汽车车型的耗油降低率见表6-7。

表6-7 CPS汽车的主要技术参数及三种CPS汽车车型的耗油降低率

项 目		参 数	单 位
发动机	功率	100~140	kW
	转速	1800	r/min
车速		60~120	km/h
飞轮转动惯量		6.34	kg·m <sup>2</sup>
液压系统	恒定压力		30 MPa
	FFC 液压泵/马达排量		200 mL/r
	蓄能器容积	A 型	0.002
		B 型	0.02
汽车耗油降低率	三菱 MBEC(车重 14.7t)		20%~25%
	日产 ERIP(车重 15.2t)		
	五十铃 CHASSE(车重 13t)		30%

### 6.3.6 汽车刹车皮铆钉机的气液增压系统

#### (1) 主机功能结构

汽车刹车皮铆钉机用于汽车的刹车皮和刹车掌之间的铆接,是汽车修配行业广泛应用的设备。图6-24所示为铆钉机结构示意图,它由机架、模具(下模和上模)及气液增压系统(含气动三联件、油箱、气液增压器、单向减压阀和液压缸)等组成。

#### (2) 气液增压系统及其工作原理

铆钉机的气液增压系统原理图如图6-25所示。它由气动三联件(含过滤器、减压阀、油雾器、气压表)、脚踏式二位五通气动换向阀、快速排气节流阀、气液增压器、液压单向减压阀和液压缸等组成。阀2和阀3的排气口装有消声器。弹簧复位单作用液压缸6是系统的执行器。

工作时,踩动脚踏式换向阀2,使其切换至右位,气源7的压缩空气通过气动三联件过滤并调定一定压力的气压,进入气液增压器的大腔,增压活塞移动,从而使气液增压器小活塞腔内的液压油增压输出,经单向减压阀5后,恒定均匀的高压油进入液压缸6的无杆腔,推动活塞杆和上模下行,与工件和下模接触后进行铆接。确认铆接到位后,放松脚踏开关,阀2切换至左位,压缩空气进入气液增压器的有杆腔,推动增压活塞返回。液压缸的活塞杆在弹簧力的作用下回程复位,无杆腔的液压油通回气液增压器小腔中,完成一个工作循环。液压缸6的下降和上升速度则可通过快速排气节流阀3调节。



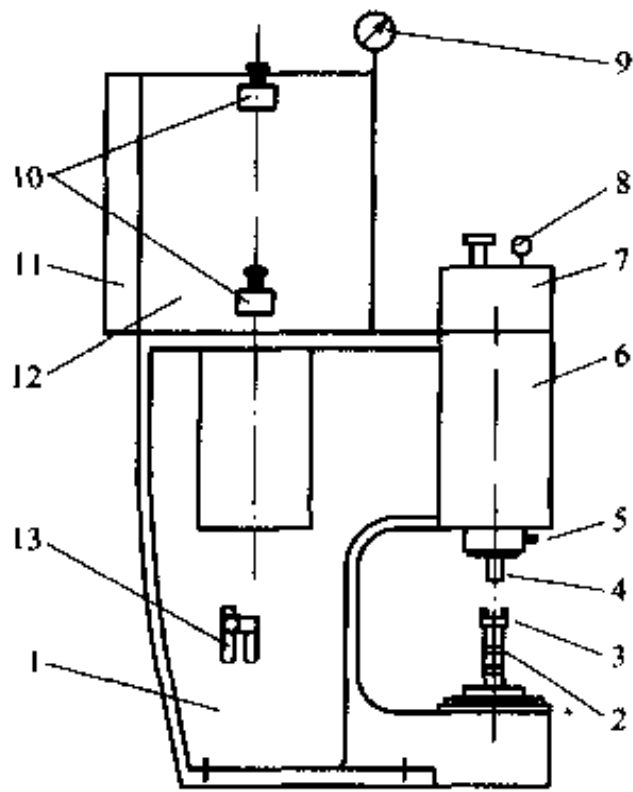


图 6-24 铆钉机结构示意图

1—机架；2—弹簧；3—下模；4—上模；  
5—换模拨杆；6—液压缸；7—单向减压  
阀；8—补油手柄；9—液压表；10—快  
速排气节流阀；11—油箱；12—气液增  
压器；13—气动三联件

### (3) 技术特点

1) 与普遍采用的纯液压驱动铆接机相比，该机以压缩空气为动力源，采用气液增压系统驱动，省去了电动机、液压泵站等装置，减少了泄露、污染和噪声；克服了铆接过程中，由于冲压速度较快、对操作人员的熟练程度要求高及压力冲击大、受力不均匀等原因造成的刹车皮被压坏等缺陷。由于气体的可压缩性，可实现汽车刹车皮和刹车掌之间的柔性铆接，具有铆接质量可靠、模具寿命长、成本低（价格仅为进口设备的 1/4）、节能、冲击小、噪声低、体积小、铆接力调节范围大、操作简单等优点，适合各种规格的刹车皮铆接。

2) 该铆接机采用上模定位工件，对中下模，用下模弹簧支撑工件重量，实现柔性铆接。模具的材料选用 Cr12MoV 合金工具钢制造，表面淬火硬度不小于 58HRC，使模具内部有足够的韧性，表面又具有很好的耐磨性，提高了模具寿命。

3) 液压缸的为单作用柱塞缸。柱塞端面是承受油压的工作面，动力通过柱塞本身传递，弹簧使柱塞复位。弹簧参数取决于柱塞和缸中油液的重量、柱塞和密封圈之间的摩擦力。

4) 该机采用自带油筒的直动式气液增压器（根据最大行程时所需的压力油量和增压后的最大油压两个参数选定），避免了采用预压式气液增压器必须带气液转换器，及体积大，所占空间大，影响机器的外观的缺陷。

5) 在系统中采用弹簧自动复位的脚踏式换向阀，操作方便，无需电控开关等，一旦发现操作失误，可及时松开脚踏开关，确保工作过程安全可靠。

6) 单向减压阀用于稳定从增压器输出的油压，可避免铆接过程中因气源启动面产生的压力波动。减压阀上设置补油手柄，每次开机前，可压下手柄向液压缸中补油。

### (4) 技术参数（见表 6-8）

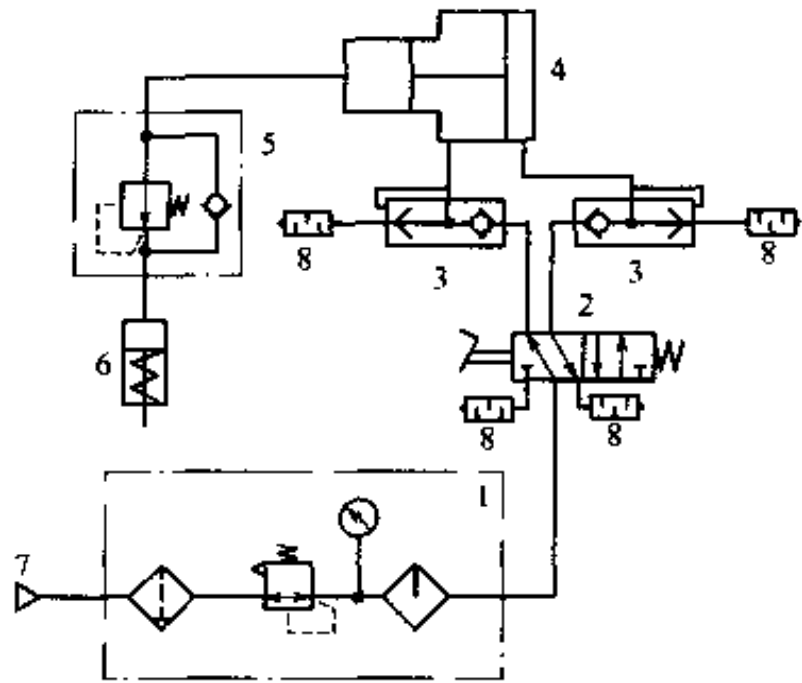


图 6-25 铆钉机气液增压系统原理图

1—气动三联件（含过滤器、减压阀、油雾器、气压表）；2—脚踏式二位五通气动换向阀；3—快速排气节流阀；4—气液增压器；5—液压单向减压阀；6—液压缸；7—气源；8—消声器

表 6-8 铆接机及其气液增压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
最大铆接力	40	kN
行程	45	mm
气源压力	0.2~0.7	MPa
液压缸最大行程时需要的压力 油量	理论值(不计泄漏时)	106.9
	实际值(容积效率 0.85)	125.8
液压缸活塞直径	55	mm
气液增压器(QGF4 型直动式)	增压比	25
	最高输出油压	17.5
	排油量	176

### 6.3.7 公路架桥机液压系统

#### (1) 主机功能结构

JQG160/50 型公路架桥机是专用于将钢筋混凝土或预应力混凝土梁片吊装在桥梁支座上的一种施工机械。该机除能架设 50m 大跨度梁片外,还能架设 50m 以下中小跨度的立交或斜交桥,其最大起重量为 160t,架设最大跨度 50m。该架桥机可以实现整机吊梁横移及整机步履纵移,同时还可实现双向架设作业,能适应曲线与斜交桥梁的架设等,且拆装、运输方便。

图 6-26 所示为该架桥机的结构示意图,它由机械构件(由 0~3 号柱、导梁、吊梁小车、电缆滑线装置、走行轨道及扣件)、液压系统与电气控制系统等部分组成。本架桥机除了吊梁小车 6 外,所有动作都依靠所属的液压系统驱动各液压缸来完成,在施工中使用人工辅助的工序较少,各主要作业步骤基本上都依靠架桥机自身来完成。为了便于现场架设尤其是落梁作业,除了操纵室集中控制外,同时增设了遥控装置,并采用变频调速技术,极大地方便了现场架桥机施工的需要,只需一人手持遥控器便可操作自如。

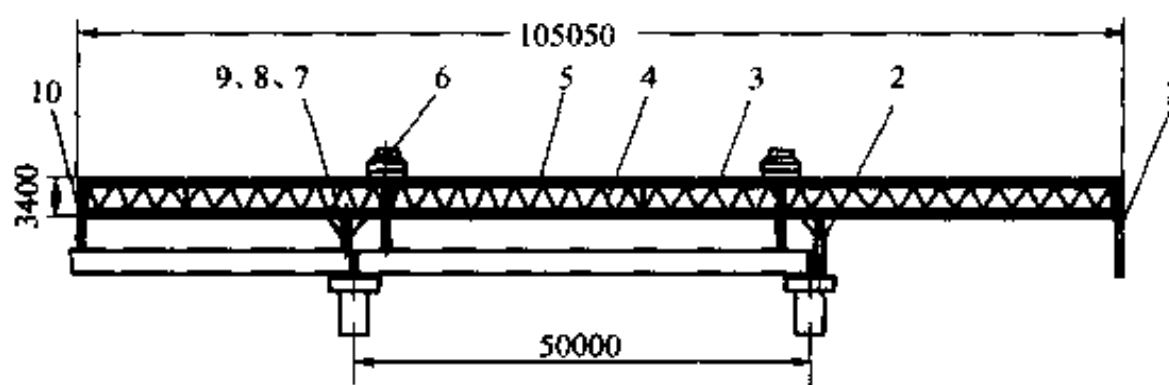


图 6-26 公路架桥机结构示意图

1—0号柱；2—1号柱；3—钢轨及扣件；4—0号柱、3号柱液压系统；5—导梁总成；  
6—吊梁小车；7—2号柱；8—1号柱、2号柱液压系统；9—电气系统；10—3号柱

#### (2) 液压系统及其工作原理

该公路架桥机共有三套独立的液压系统：1号柱、2号柱各用一套液压系统，液压原理图如图 6-27 所示；0号柱和 3号柱合用一套液压系统，液压原理图如图 6-28 所示。

整个架桥机共有 16 个液压缸。1号柱和 2号柱的液压系统采用定量液压泵 1 供油，泵的工作压力设定及卸荷控制由电磁溢流阀 2 实现；系统各有两个并联的顶升缸 6，两个并联

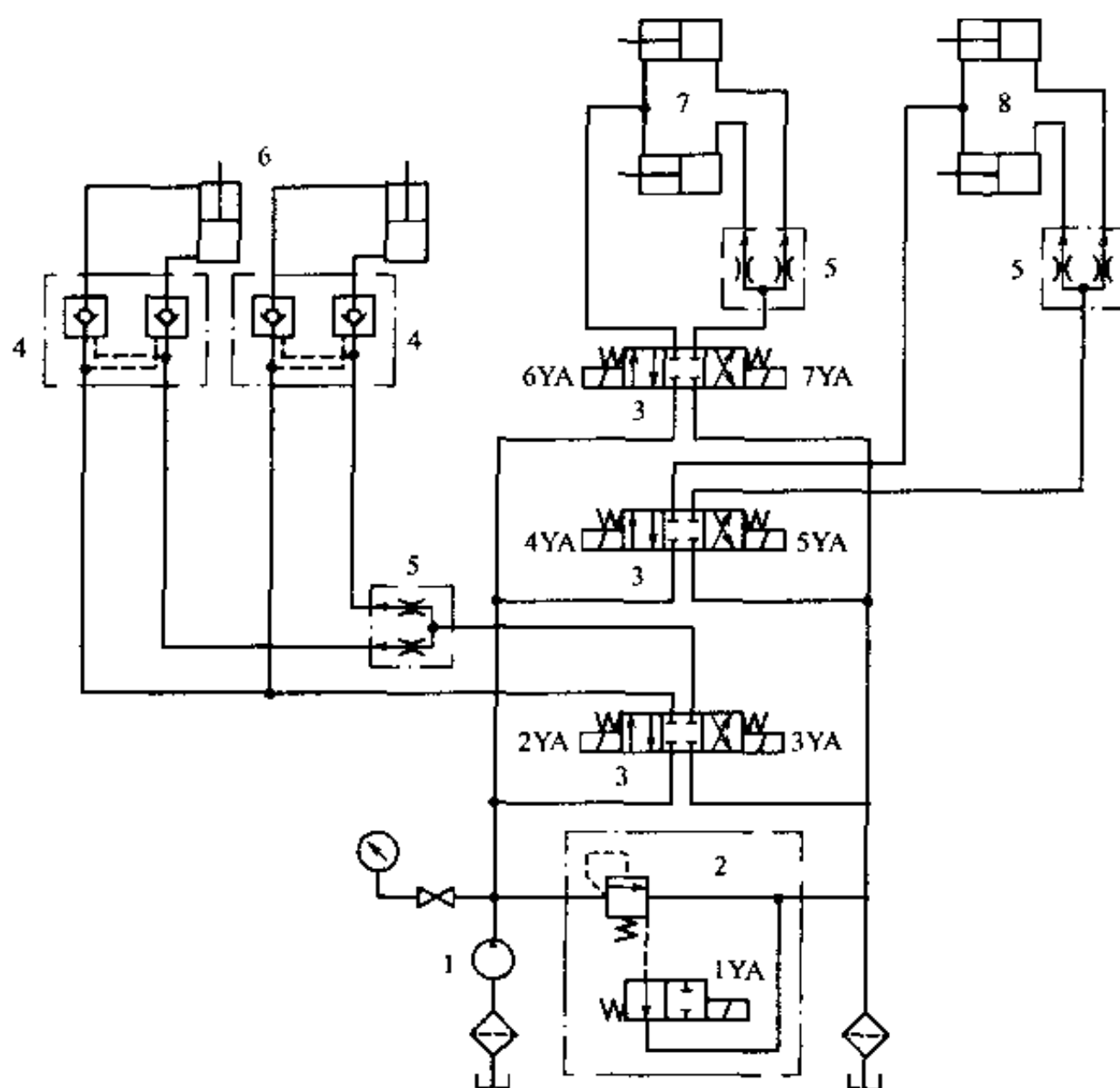


图 6-27 1 号柱、2 号柱液压系统原理图

1—液压泵；2—电磁溢流阀；3—三位四通电磁换向阀；4—双向液压锁；  
5—同步阀；6—顶升缸；7—横移缸；8—纵移缸

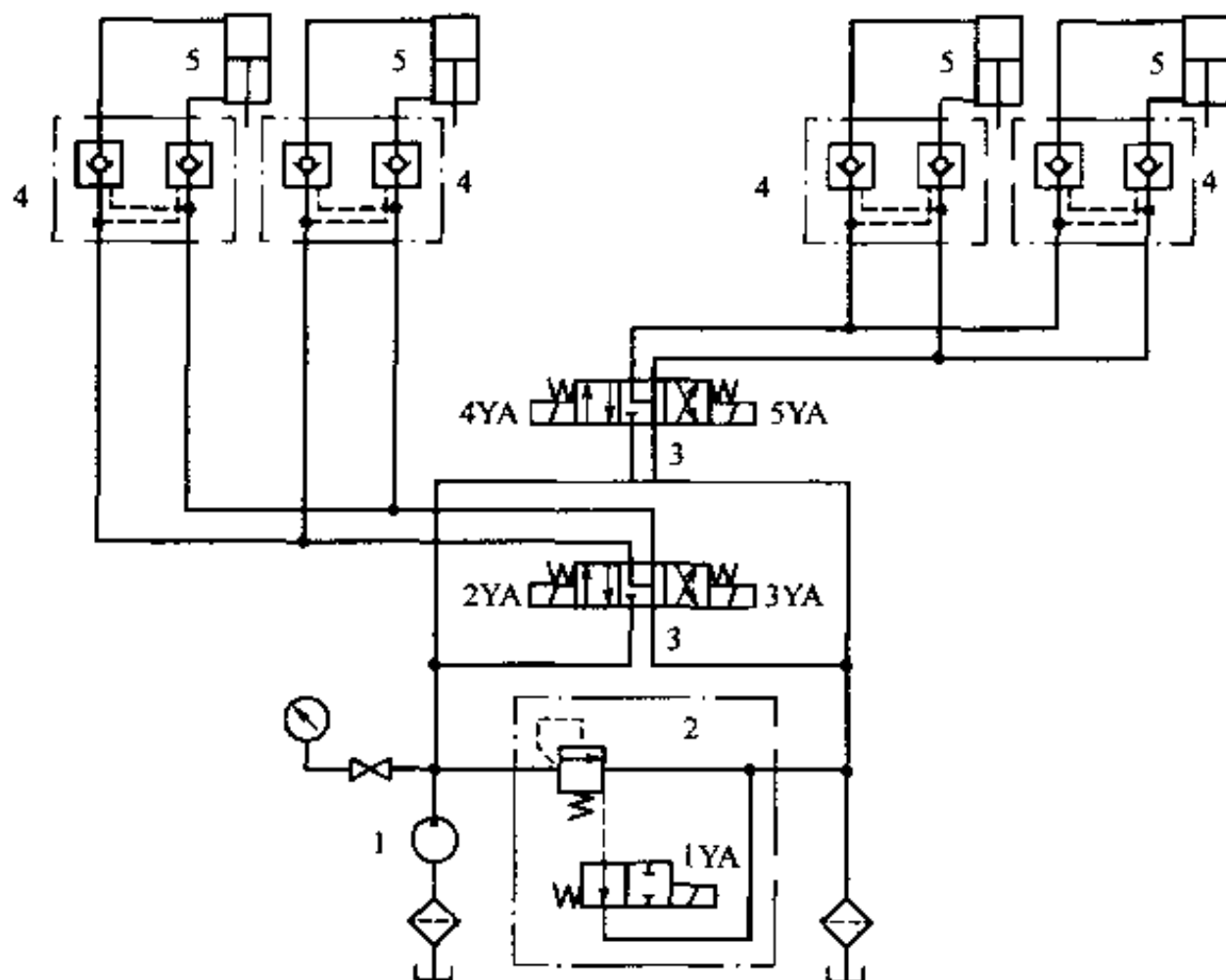


图 6-28 0 号柱、3 号柱液压系统原理图

1—液压泵；2—电磁溢流阀；3—三位四通电磁换向阀；4—双向液压锁；5—液压缸

的横移缸7和两个并联的纵移缸8。每两个液压缸的并联分油处设有同步阀5,以保证并联液压缸的同步运动;各液压缸的运动方向由三位四通电磁换向阀3控制;顶升缸油路设有双向液压锁4,以保证液压缸不工作或出现故障时,迅速平稳可靠地锁定活塞,使架桥机各柱保持在既定位置上,确保工作安全可靠。其中,横移缸7完成架桥机整机吊梁横移;顶升缸6用来调整架桥机的作业高度及在纵坡上的水平状态,另外在导梁处于其他各柱支撑状态时,1号柱或2号柱可以通过液压缸的回缩使柱子提升并离开桥墩面或桥面,以利于1号柱或2号柱在导梁下弦杆上的悬挂纵移;纵移缸有两个功能:一是在1号柱、2号柱均处于支撑状态下,梁纵移;二是在导梁处于支承状态而1号柱(2号柱)提升并离开支承面后驱动1号柱(2号柱)沿导杆面纵移。由1号柱、2号柱液压系统的电磁铁动作顺序表(见表6-9)容易分析了解个工况下的油液流动路线。

表6-9 1号柱、2号柱液压系统电磁铁动作顺序

动作	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA
顶升缸上升	+		+			
顶升缸下降	+	+				
横移缸伸出	+			+		
横移缸缩回	+					
纵移缸伸出	+				+	
纵移缸缩回	+					+

0号柱、3号柱液压系统共有4个液压缸5(每柱2个),系统的油源为定量液压泵1,泵的工作压力设定与卸荷控制由电磁溢流阀2实现,各缸的油路设有双向液压锁4,缸的运动方向由三位四通电磁换向阀3控制,阀3为Y型中位机能,以确保液压缸锁紧可靠。通过各液压缸的伸缩可实现0号柱、3号柱的升降,完成架桥机的移梁等工作。由系统的电磁铁动作顺序表(见表6-10)容易分析和了解各工况下的油液流动路线。

表6-10 0号柱、3号柱液压系统的电磁铁动作顺序

动作	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA
0号柱下降(活塞杆缩回)	+	+			
0号柱上升(活塞杆伸出)	+		+		
3号柱下降(活塞杆缩回)	+			+	
3号柱上升(活塞杆伸出)	+				+

### (3) 技术特点

1) JQG160/50型公路架桥机采用液压传动和PLC控制技术,在施工作业中,工作可靠,人工辅助工序少,效率高,劳动条件得到很大改善;架设速度快,操纵方便,安全系数高。

2) 架桥机的液压系统采用液压站式集成,3套液压系统既可由操纵室集中控制,也可在便于观察的施工位置进行遥控。

3) 该架桥机的3套液压系统均采用电磁换向阀、双向液压锁、同步阀控制回路。

① 通过电磁换向阀,达到架桥动作均用按钮控制,完成各个缸的动作,自动化程度高,极大减轻了工人的劳动强度。

② 通过双向液压锁,提高了架桥机工作安全可靠。

③ 通过同步阀，保证了并联液压缸的同步运动，从而保证了架桥机的安全稳定移动。

④ 采用交流变频调速装置调整各液压泵的驱动电动机速度，从而使定量液压泵输出的流量可调，以实现各液压缸的调速（吊梁小车行走及吊梁速度的调整），在省去流量控制阀的同时，具有节能作用。

(4) 技术参数

该架桥机的最大起重量为 160t，架设最大跨度为 50m；液压系统工作压力为 16MPa。

### 6.3.8 电动汽车蓄电池热封机的液压气动系统

(1) 主机功能结构

蓄电池是电动汽车的能量，随着人们环保意识的加强及城市交通电动汽车拥有量的增加，蓄电池的消耗量及需求日益加大。蓄电池的壳体由塑料制造，要求严格密封，半成品时要分成盖板与壳体制造，在装配时要在塑料熔融状态下热压密封（简称热封）。热封机是取代人工作业，对蓄电池进行热压密封以提高产品产量和质量的专用设备。

蓄电池的热封工艺流程（参考图 6-29）为：送料定位 [上盖 3 与壳体 2 经人工叠好对齐后，由输送链送入热封机的升降平台 1 上，利用气动装置进行送料定位（前进方向）和横向定位，升降平台上升将其压紧在位置上，见图 6-29 (a)]；分离上盖与壳体 [升降平台下降，使蓄电池上下盖分开，见图 6-29 (b)]，加热板 4 快速送入两者之间；加热 [加热板与平台再次上升，使上盖下平面与下壳体上平面紧贴加热板加热，见图 6-29 (c)]；热封 [当温度达到预定温度后，加热板下降并退出，然后平台第 3 次上升，使达熔融状态下的壳体在一定的压力下热封和冷却，见图 6-29 (d)，并牢固地粘成一体]。一个工作循环结束。

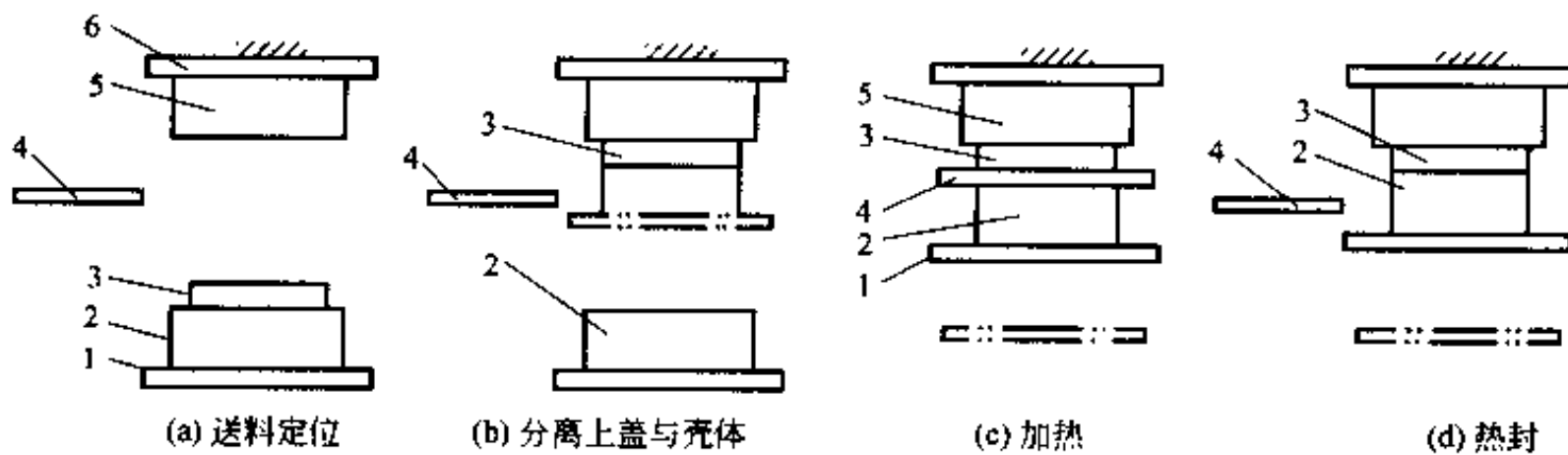


图 6-29 蓄电池热封工艺过程示意图

1—升降平台；2—下壳体；3—上盖；4—加热板；5—真空吸盘；6—固定上横梁

实现上述工艺过程的主机结构示意图如图 6-30 所示，机器共有送料至平台、前进方向定位、横向定位、夹紧、平台升降、加热板进退、加热板升降、上盖分离、钩盖、吸盖等 10 个动作，除送料动作利用输送链实现外，其余 9 个动作分别由液压缸及汽缸和真空吸盘实现。由于平台升降，加热板升降要求较高的压力，其余动作过程负载很轻，因此前者采用液压驱动，后者采用气压传动。

(2) 液压系统与气动系统及其工作原理

图 6-31 (a) 所示为热封机的液压系统原理图。系统的执行器为驱动平台升降的液压缸 11 和驱动加热板升降的液压缸 12，用以完成加热和热封时的保压过程。系统的油源为限压式变量泵 13。缸 11 和缸 12 的运动方向分别由二位四通电磁换向阀 10 和 8 控制；为了在三个油路上获得独立的稳定压力，分别用三个减压阀 1、2、3 对它们进行调压，减压阀 1 和

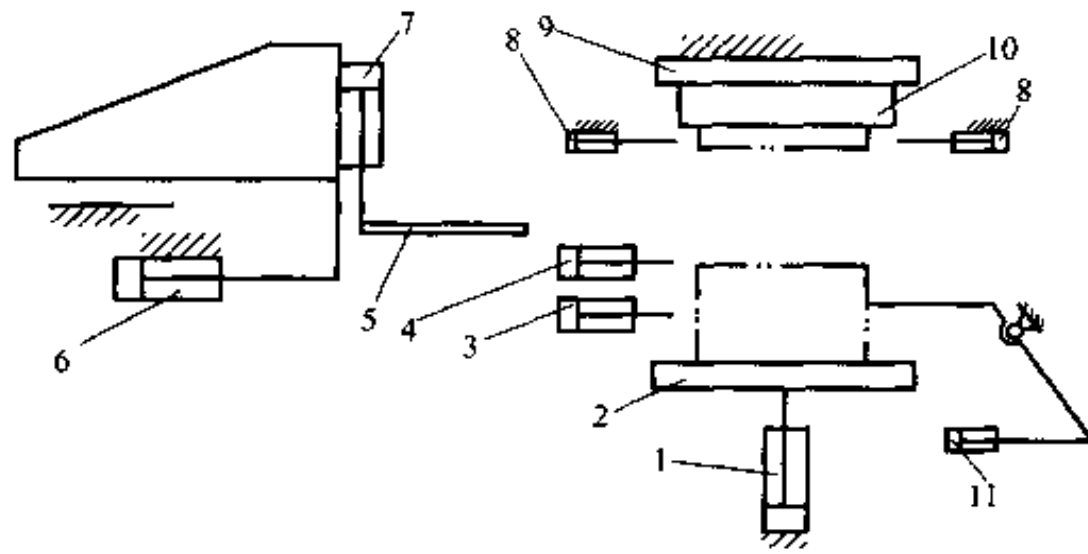


图 6-30 热封机主机结构示意图

- 1—平台升降液压缸；2—升降平台；3—送料定位汽缸；4—横向定位汽缸；  
5—加热板；6—加热板进退汽缸；7—加热板升降液压缸；8—钩盖汽缸；  
9—固定上横梁；10—真空吸盘；11—夹紧汽缸

2 用于设定加热时的压力，减压阀 3 用于设定热封时的压力，从而满足不同工作阶段对压力的需求；缸 11 的快速上升和慢速接近运动分别采用单向节流阀 6、7 进油调速，并用换向阀 9 实现两种速度的换接；由于加热板行程较短，故采用单向节流阀 4 和 5 双向出口节流。

图 6-31 (b) 所示为热封机的气动系统原理图，按照工作性质的不同，系统 7 个执行器

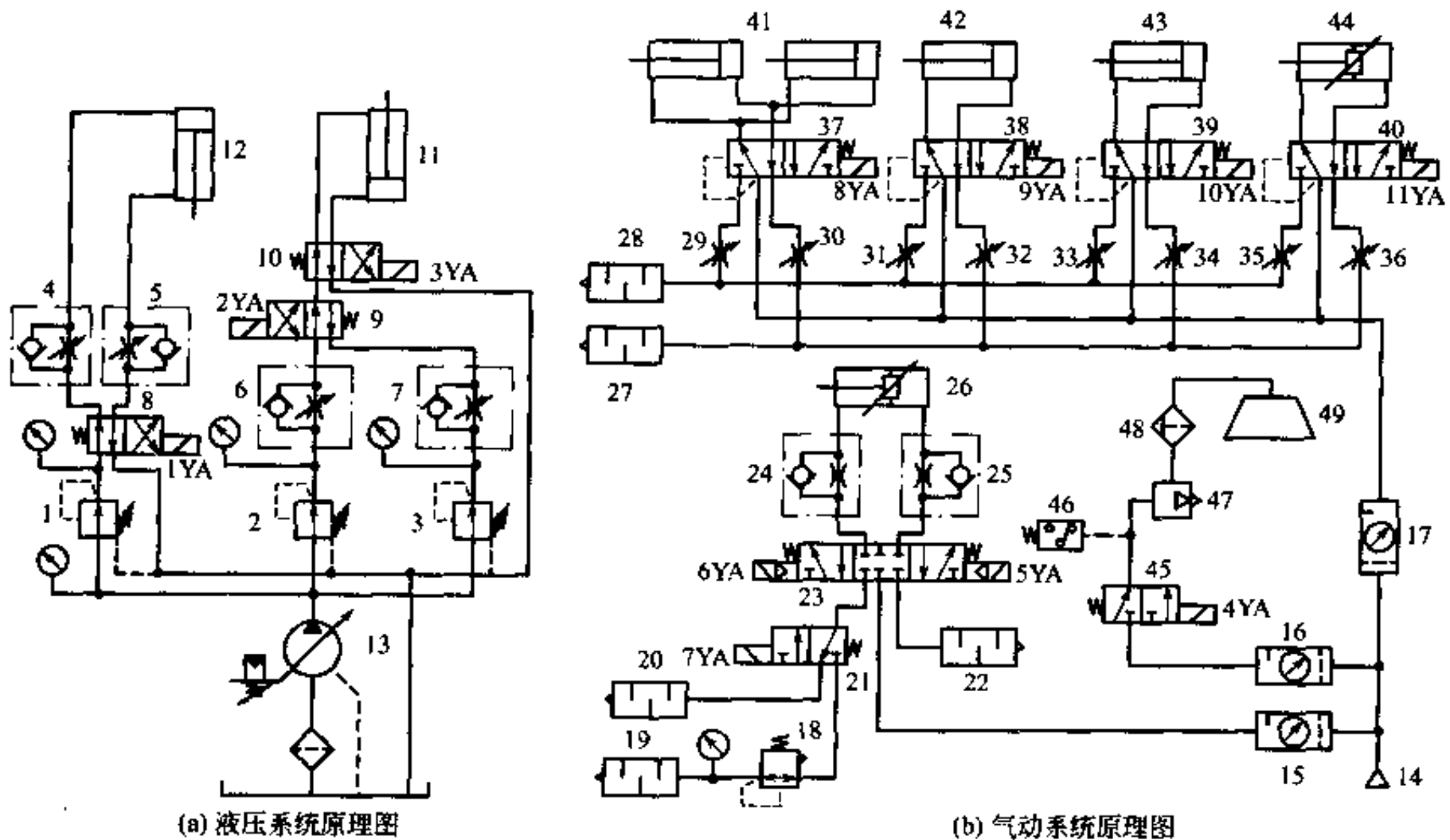


图 6-31 热封机的液压系统和气动系统原理图

- 1、2、3—减压阀；4、5、6、7—单向节流阀；8、9、10—二位四通电磁换向阀；11—平台升降液压缸；12—加热板升降液压缸；13—变量叶片泵；14—气源；15、16、17—气源三联件；18—溢流减压阀；19、20、22、27、28—消声器；21、45—二位三通电磁换向阀；23—三位六通电磁气控换向阀；24、25—单向节流阀；26—加热板进退汽缸；29、30、31、32、33、34、35、36—节流阀；37、38、39、40—二位五通电磁换向阀；41—吸盘钩盖汽缸；42—送料定位汽缸；43—横向定位汽缸；44—夹紧汽缸；46—压力继电器；47—真空发生器；48—空气过滤器；49—真空吸盘



划分为三个压力不同的回路，三个回路分别通过气源三联件 15、16、17 与系统的气源连接。第一个回路为主运动回路，通过汽缸 26 驱动加热板的进退，缸 26 通过单向节流阀 24、25 实现回气节流调速，通过三位六通电磁气控换向阀 23 实现运动方向控制，溢流减压阀 18 作为缸 26 的背压阀并通过二位三通电磁换向阀 21 进行转换，阀 18、21、23 的排气口装有消声器 19、20 和 22，可以降低噪声。第二个回路为 5 个并联汽缸组成的定位夹紧回路，要求压力较低，各汽缸的运动方向和速度分别通过二位五通电磁换向阀 37~40 和节流阀 29~36 控制和调节，该回路 4 个换向阀的排气口共用两个消声器 27、28，以便降低工作时的噪声。第三个回路的执行器为真空吸盘 49，通过真空发生器 47 使正压力气源的压缩空气产生真空，吸附上盖，使之与下壳体分离；该回路的通断由二位三通电磁换向阀 45 控制，压力继电器 46 用于监控真空吸盘的压力。

(3) PLC 控制系统

由于热封机动作多且复杂，所以采用可编程序控制器 (PLC) 直接控制。系统的硬件和软件采用 F1 系列可编程序控制器及其编程语言，PLC 控制系统的状态转移图如图 6-32 所

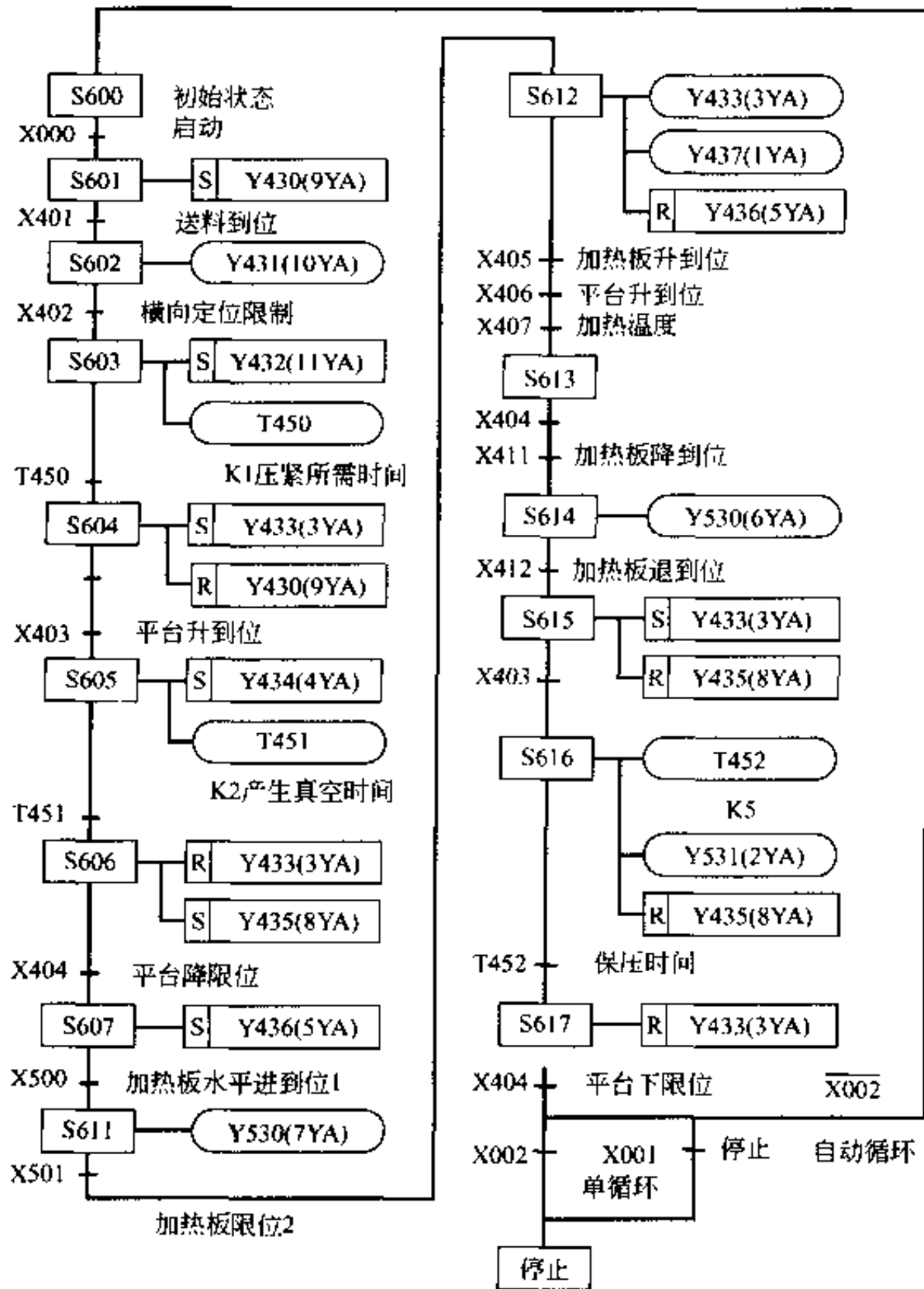


图 6-32 PLC 控制系统的自动循环状态转移图

注：图中给出了输入与输出通道编号；电磁铁的编号与图 6-31 的编号相对应。

示。控制程序由选择工作方式的主控程序（含状态初始化与状态转移程序）、手动（点动和返回原点）程序和自动循环程序（含单循环和全自动循环两种方式）组成。

#### （4）技术特点

1) 根据热封机所要进行的动作特点，对于负载重、压力要求高的执行机构采用液压传动系统；对于负载轻、压力要求低的执行机构采用气压传动系统。可以避免功率过剩（整机的电功率仅约 2kW），节约能源并降低了机器的制造成本。

2) 液压系统采用限压式变量液压泵供油，泵的压力补偿作用可以减少机器在加热和热封阶段停留时的功耗，节约能量；系统采用减压阀调整和稳定各油路的工作压力；升降平台液压缸的快速进给和慢速接近均采用单向进口节流调速并采用电磁换向阀换接，既可以避免升降台发生前冲，保证平稳接触工件，又可以快速下降，以提高生产率，调节方便，换接迅速可靠；加热板液压缸回路采用双单向出口节流调速，缸升降中，一直有背压存在，故运动速度平稳。

3) 气动系统的汽缸和真空吸盘共用一个集中压缩空气气源，真空吸盘的负压利用正气压通过真空发生器产生。避免了采用真空泵及其电动机，简化了回路和机器造价。汽缸的控制阀出口处安装了消声器，有利于降低系统噪声。

4) 热封机及其液压气动系统采用 PLC 控制，与常规继电器电控系统相比，简化了系统和接线，减小了电控系统的体积，还附加了许多功能，能够可靠的实现机器的各项顺序动作。机器出现故障时（例如吸盘压力过高或加热板温度过高等），能够自动进行声光报警。

5) 该热封机属于机械、电子、流体（液、气）相结合的机械设备，自动化程度高，减轻了操作者因手工作业的劳动强度（蓄电池重达 25kg/件），改善了工作环境，保证了蓄电池产品的密封质量，性能稳定可靠。该机器不仅可用于电动汽车蓄电池的生产，而且可用于工业、军事工业等行业中的蓄电池生产。

## 第7章 建材与建筑行业中的液压系统

### 7.1 概述

液压技术除了在水泥机械中获得较多应用外,近年来在我国引进和自行研制开发的建筑陶瓷加工机械、石材切割机械、石材磨光机械、墙地砖压制成型机械及生产线等多种建筑材料机械中获得了日益广泛的应用。

液压技术在建筑行业的应用也相当广泛。事实上,建筑机械与工程机械很难划清明显界限。除了常用的土石方作业机械(如挖掘机械、装载机械、推土铲土机械、凿岩机械等)外,在钢筋剪切、折弯机械、夯实机械、混凝土输送机械、建筑门窗清洗、涂敷机械等建筑施工机械中获得了广泛应用。本章介绍了建材与建筑行业中设计和设用的13个液压系统实例。

### 7.2 建材行业中的液压系统

#### 7.2.1 卫生瓷高压注浆成型机液压系统

##### (1) 机器的功能结构

高压注浆成型技术是近十几年出现的最新卫生瓷生产技术,广泛地应用于大批量生产,有着较好的经济效益,图7-1所示为高压注浆成型工艺流程图。高压注浆成型机则是实现这一工艺过程的关键设备,它是一梁注式结构的卧式压力机,其机架和动梁是整机主要的受力部分,成型模具的开合模动作主要由液压缸完成。由于制品坯体成型的特殊性,要求其合模的主液压缸的运动必须定位精度高,动作平稳。

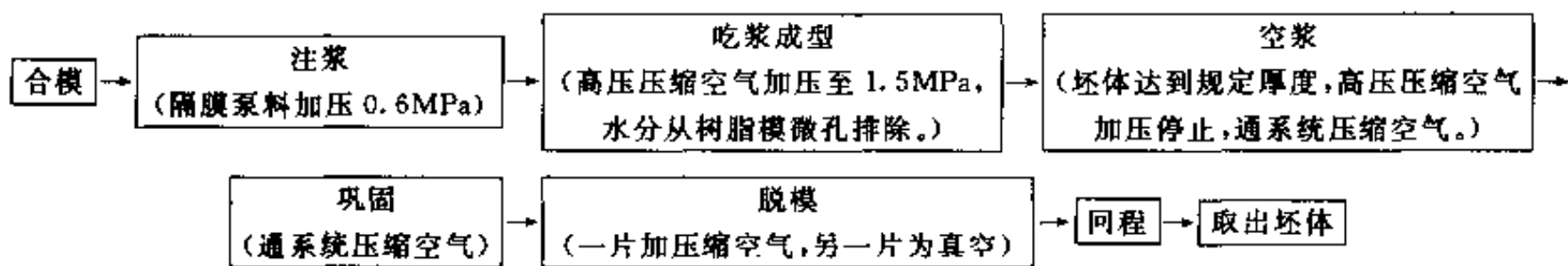


图 7-1 卫生瓷高压注浆成型工艺流程

##### (2) 高压注浆成型机液压系统及其工作原理

图7-2所示为高压注浆成型机液压系统原理图,系统的执行器为主液压缸10,用以驱动模具实现快进、慢进、快退等动作。系统所需流量相对不是太大,故选用高压泵1和低压泵(主泵)2组合供油,高压泵的压力设定与卸荷控制由电磁溢流阀实现,低压泵的压力由溢流阀3设定。H型中位机能的三位四通电磁换向阀7用于液压缸10的换向和系统保压期间泵2的卸荷,液控单向阀6用于系统保压,电磁换向球阀8和节流阀9分别用于保压期间封油和释压时间的调整。压力继电器12、13、14分别是低压泵卸载开始、系统保压开始和释压结束时的发信装置。

电磁铁 1YA 和 3YA 通电时，换向阀 7 和阀 5 中的二位二通电磁换向阀分别切换至右位和上位，泵 1 经阀 6 和泵 2 经阀 7 及阀 11 同时向液压缸 10 的无杆腔供油，有杆腔经阀 7 回油，活塞杆带动模具快速前进，系统压力增加到一定值时，压力继电器 12 发信，电磁铁 1YA 断电使阀 7 复至中位，泵 2 卸载，高压泵 1 继续向缸 10 供油，这时模具实现慢速完全密封合模；随即开始注浆，并随着料浆压力的增高，液压系统压力也逐步升高，系统压力增高至需要的合模力的压力值时，压力继电器 13 发信，高压泵 1 停止，系统即开始保压。

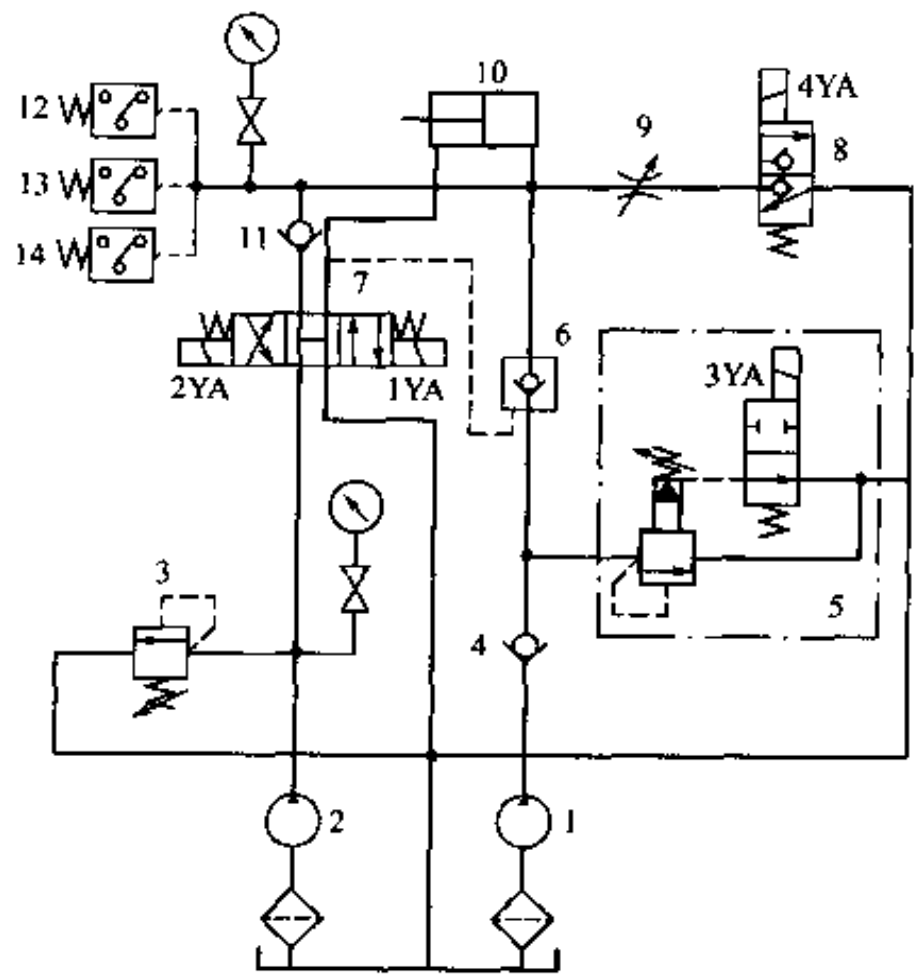


图 7-2 高压注浆成型机液压系统原理图

1—高压泵；2—低压泵；3—溢流阀；4、11—单向阀；  
5—电磁溢流阀；6—液控单向阀；7—三位四通电磁换向阀；8—电磁换向球阀；9—节流阀；  
10—液压缸；12、13、14—压力继电器

保压结束时，电磁铁 4YA 通电使换向球阀 8 切换至上位，液压缸无杆腔通过旁通节流回路（阀 9 和 8）释压（释压时间通过调节节流阀 9 的开度实现），当缸 10 释压达一定值时，压力继电器 14 发信，电磁铁 2YA 通电使换向阀 7 切换至左位，泵 2 的压力油经阀 7 进入液压缸有杆腔，并反向导通液控单向阀 6，液压缸快速回程，同时电磁铁 3YA 断电，阀 5 中的二位二通电磁换向阀复位（下位），泵 1 通过溢流阀 5 卸载。从而完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 与传统卫生瓷成型工艺相比，卫生瓷高压注浆成型技术实现了全自动化生产，自动完成合模、注浆、排浆、巩固及脱模等动作，极大地减轻了劳动强度，生产率得到显著提高。

2) 卫生瓷注浆成型机的框架及动梁等重要部分运用有限元分析方法进行优化设计，结构更加合理，满足了整机机架的承载稳定性、足够的刚度和强度、结构紧凑、几何变形小等条件。

3) 机器的液压系统采用高低压双泵组合供油，液压缸保压和回程期间两泵可卸荷，能量利用合理。

4) 采用小流量高压泵取代传统的主缸进油路设置液控单向阀加小型蓄能器的保压方式以及采用主油路增设旁通节流回路取代采用液控单向阀在主缸高压回路直接释压的方式，保压时间长、保压性能高，释压冲击噪声小。

### (4) 注浆成型机及其液压系统的技术参数（见表 7-1）

表 7-1 注浆成型机及其液压系统的技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位	
模具数量	7	个	注浆压力	1.5	MPa	
最大合模力	1000	kN	液压系统压力	低压		5
生产(浇注)能力	14~16	次/班		高压		26

### 7.2.2 石材废料模压成型机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该成型机是一种将不同形状和大小花岗岩石材废料加工成多种形状规格成品的设备。

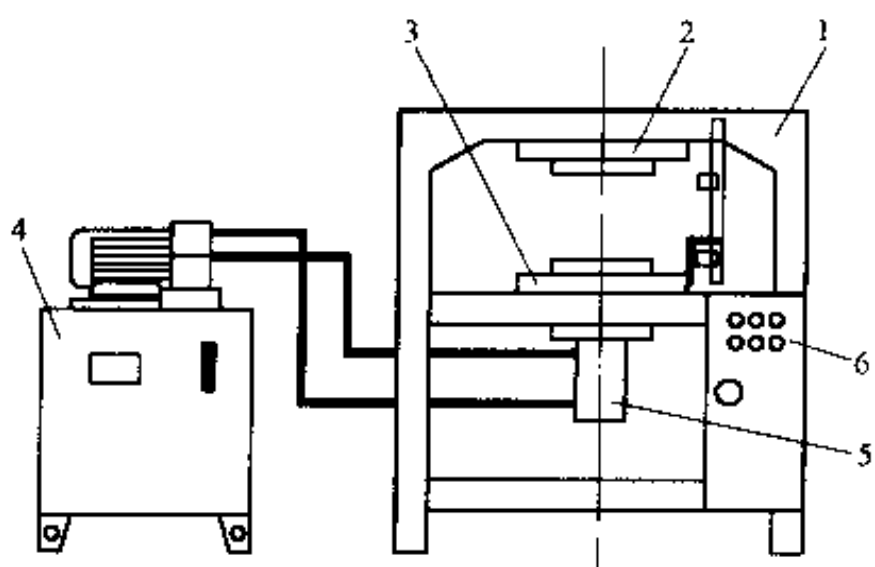


图 7-3 石材模压成型机结构示意图

1—机架；2—固定模板；3—活动模板；  
4—液压站；5—液压缸；6—电气操纵箱

该机由机架（焊接而成）、模具（固定模板、活动模板）、液压站、液压缸和电气操纵箱等几部分组成（见图 7-3）。固定模板 2 固定在机架 1 的上端，活动模板 3 固定在机架的下部，活动模板与液压缸 5 的活塞杆连接，可以在一定范围内升降移动。加工过程中，将一定厚度上、下面加工过的石板料放置在活动模板上，随活动模板向上运动，利用固定模板和固定模板上相对应的组合模具的挤压作用使石料成型为各种形状。

模具是该机的工作部件，可根据欲加工的石材规格形状做成正方形、六角形等形状。模具的固定模板和活动模板分别与机架和液压缸

的连接板通过定位圆柱面连接，以便产品换型时可以迅速地更换模板。每块模板由模板体、压板、压头和紧固螺钉等组成。压头采用 YG3X 型细颗粒硬质合金，其截面形状为正三角形，如同机夹转位刀具可转位使用，由调节螺钉和楔面进一步调节压紧度。液压系统是该机的动力源，是该机的关键部分。

#### (2) 液压系统及其工作原理

该模压成型机的液压系统原理图如图 7-4 所示。系统的油源为低压定量泵 1，其最高供油压力由溢流阀 4 设定并可通过压力表及其开关 3 观测。增压器 7 增压向作为执行器的液压缸 9 提供高压油。液压缸与增压器的换向由三位四通电磁换向阀 5 控制。

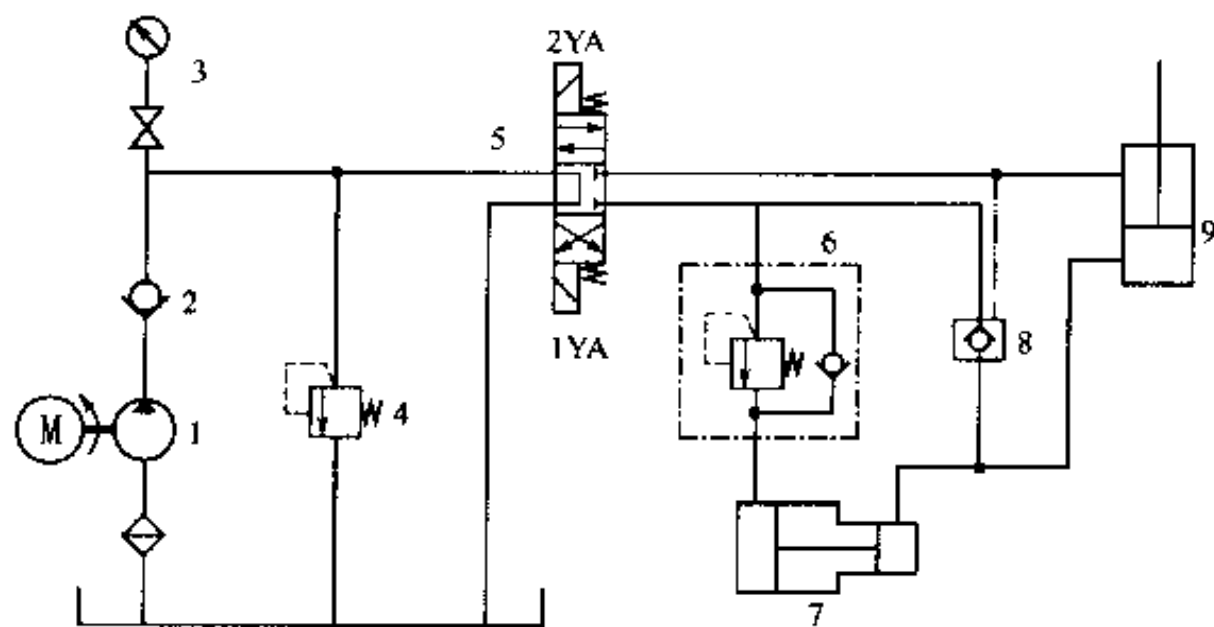


图 7-4 石材模压成型机液压系统原理图

1—液压泵；2—单向阀；3—压力表及其开关；4—溢流阀；5—三位四通电磁换向阀；  
6—单向顺序阀；7—增压器；8—液控单向阀；9—液压缸

工作开始时，电磁铁 1YA 通电，阀 5 切换到下位，泵 1 的压力油液经单向阀 2、换向阀 5 和液控单向阀 8 进入液压缸 9 的无杆腔，推动活动模板（下模）及放置在模板上的石料

向上运动。与固定模板接触后，系统压力继续上升，当达到单向顺序阀6的设定压力时，压力油经顺序阀进入增压器7大腔，增压后的高压油进入液压缸9无杆腔，获得较高压制力完成石料的模压成型。模压成型后，电磁铁1YA断电、2YA通电，阀5切换到上位，泵1的压力油经阀2、阀5进入液压缸9有杆腔，液压缸回程，同时增压器复位，回油经换向阀5排回油箱。一个工作循环完成。机器等待工作期间，电磁铁1YA和2YA均断电，换向阀复至中位，液压泵排出的油液经单向阀2和阀5的M型中位流回油箱，液压泵低压卸荷。

### (3) 技术特点

1) 该成型机结构简单、操作方便、加工效率高、产品换型便捷，可加工的石材规格形状有：正方形、长方形、六角形、圆形、菱形和三角形等。是节约石材资源、提高装饰档次的加工石材理想设备。

2) 由于机器的液压系统采用了超高压液压增压技术，所以避免了采用价格昂贵的高压柱塞泵，简化了系统，降低了成本。液压缸采用下置上顶的安装方式，因而不必考虑液压缸的平衡问题，简化了液压系统，且安装方便，可防止因油液泄漏污染石材。

### (4) 技术参数 (见表 7-2)

表 7-2 石材模压成型机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位	
花岗岩材料抗压强度		194.6	MPa	液压泵(CBKO-5型 齿轮泵)	额定压力	20	MPa	
石材剪切厚度		10~50	mm		额定排量	5	mL/r	
石材最大横截面积		300×300	mm <sup>2</sup>	液压泵驱动电动机 (Y100L2-4-B35型)	功率	3	kW	
石材最大剪切面积		6×10 <sup>-4</sup>	m <sup>2</sup>		转速	1420	r/min	
成型挤压力		1167.6	kN	液压缸	最大工作压力	76	MPa	
行程		60	mm		最大行程	60	mm	
工作循环	加压	速度	71		mm/s	缸筒内径		140
		时间	8.5		s	活塞杆直径		80
	返回	速度	105		mm/s			
		时间	5.7		s			

## 7.2.3 石材连续磨机液压进给系统

### (1) 主机功能结构

连续磨机是建筑、房屋装饰行业所用石材的一种加工机械设备，其功能是对经过切割后的板料石材进行连续磨削，以提高表面的光亮度。磨机的机械部分由水平传送石板的带式输送机和立式布置的磨削动力头组成，带式输送机用于匀速传送石板，磨削动力头用于石板的连续磨光加工。该石材磨机具有8个工位，每个工位配有两个磨削动力头，所以整机共有16个动力头。在连续磨削中，根据板料的表面粗糙程度，对磨削动力头施不同的压紧力，逐级提高光亮度(随着光亮度的提高，压紧力逐级减小)，经过最后一个工位，石材磨削为成品。

磨削动力头是执行磨削运动和进给运动的部件(见图7-5)。其电机1经机械减速器2将动力传给驱动轴，实现磨刀3的磨削运动。同时，减速器由液压缸驱动上下运动，实现磨刀的进给运动。

### (2) 液压传动进给系统及其工作原理

图7-6所示为该磨机的液压进给系统原理图。系统的执行器为

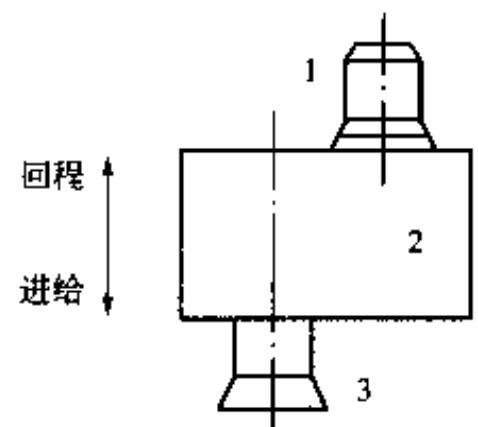


图 7-5 磨机的磨削动力头

1—电机；2—减速器；  
3—磨刀



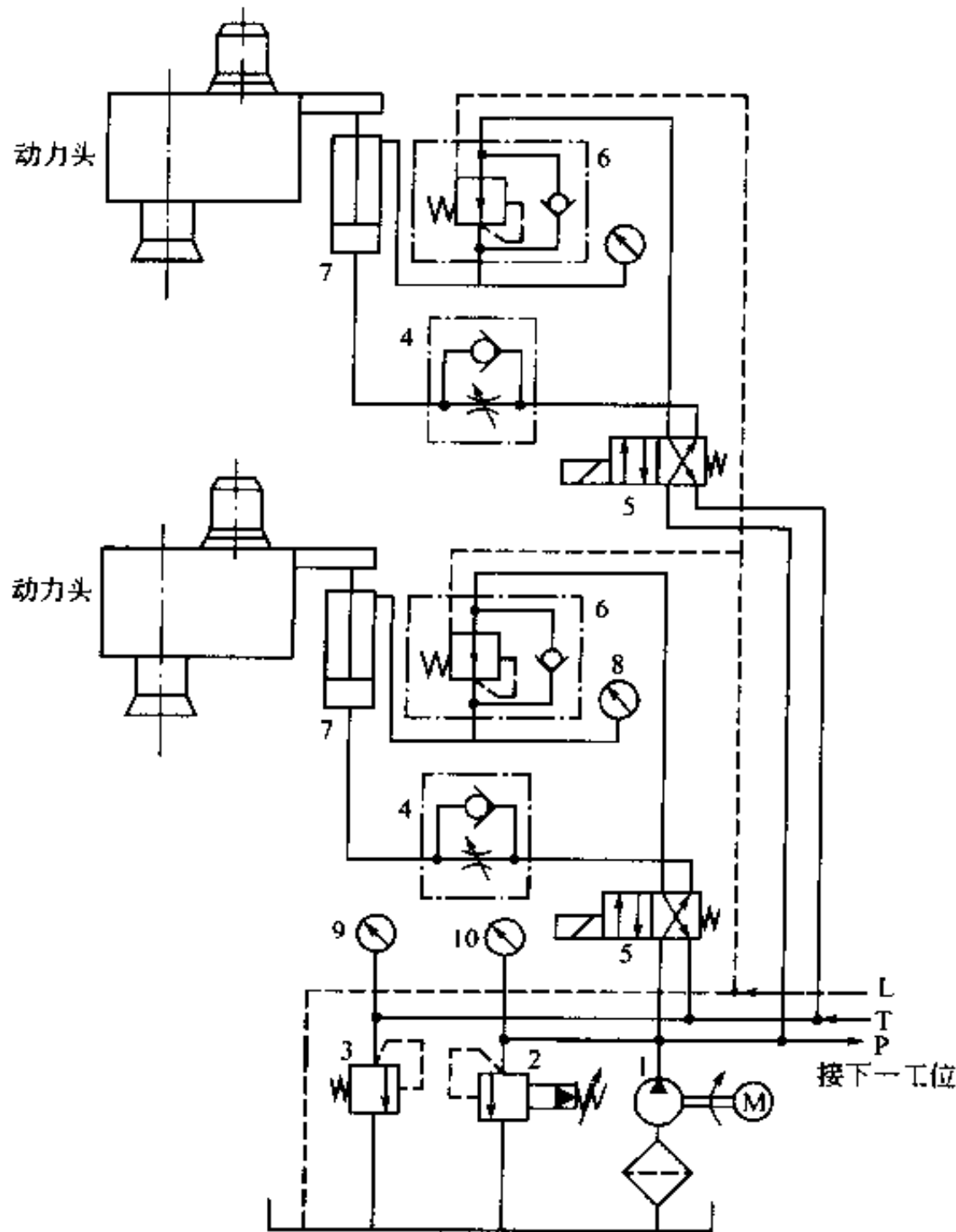


图 7-6 磨机液压进给系统原理图

1—定量液压泵；2—先导式溢流阀；3—直动式溢流阀；4—单向节流阀；5—二位四通电磁换向阀；  
6—单向减压阀；7—液压缸；8、9、10—压力表；P—压力油路；T—回油路；L—外泄油路

16 个液压缸，每个液压缸驱动一个动力头完成进给运动（此处只画出了一个工位的两个动力头油路，其余 7 个工位与此完全相同）。液压缸 7 的运动方向由二位四通电磁换向阀 5 控制，缸的工作压力由单向减压阀 6 设定并由压力表 8 观测，液压缸的运动速度由回油路上设置的单向节流阀 4 调节。直动式溢流阀 3 作平衡阀用，其设定压力按 16 个液压缸均处在回程末端（上端）时最容易因自重下滑的液压缸要求的压力调定，调压时通过压力表 10 进行观测。电动机 M 驱动的定量液压泵 1 向 16 个动力头的液压缸 7 供油，供油压力由先导式溢流阀 2 调定并由压力表 9 观测。每个工位中两个动力头的压力油路 P、回油路 T、减压阀外泄油路 L 为并联连接，工位间的油路为串联连接。

系统的工作原理为：当二位四通电磁换向阀 5 的电磁铁通电时，该阀切换到左位，液压泵 1 的压力油经换向阀 5、阀 6 中的减压阀进入液压缸 7 的有杆腔；无杆腔经阀 4 中的节流阀、换向阀 5 和溢流阀 3 向油箱排油。此时，液压缸的活塞杆带动磨削动力头以较慢速度下降接近待磨石板，下降速度由节流阀开度决定。动力头的磨刀接触石板后，在一定压紧力（由减压阀 6 和溢流阀 3 的压差值决定）作用下进行磨削加工。当经所有 8 个工位磨削完毕后，换向阀 5 的电磁铁断电，该阀切换到右位（图示位置），液压泵 1 的压力油经换向阀、阀 4 中的单向阀进入液压缸 7 的无杆腔，有杆腔经阀 6 中的单向阀、换向阀 5、直动式溢流

阀3向油箱排油。此时，活塞杆带动动力头快速回程（升起），等待下一工作循环。

### (3) 技术特点

1) 石材磨机的液压进给系统，考虑了磨机的实际工况特点，通过执行器（液压缸）的“慢速下行→加压压紧→快速回程（升起）”的工作循环带动磨机的动力头完成磨削加工。

2) 系统的慢速下行速度采用节流阀回油节流调速方式，油液通过节流阀后直接排回油箱，有利于流体介质消散通过节流阀这一液阻产生的热量，从而改善和提高工作性能。

3) 由于动力源为定压源，故通过高压回路设置减压阀和低压回路设置背压阀，并通过此两阀的压力差来调节和满足各工位的动力头对压紧力的不同需求。此种回路结构简单，价格低廉，调整方便。

4) 系统中每一个动力头的进给回路，都采用一个电磁换向阀控制执行器的运动方向（电磁阀与动力头的数量相同）。这些换向阀的电磁铁既可同时通断电，又可分别通断电，从而可以满足动力头同时升降或分别升降的需要。实际上，由于这些电磁换向阀都属于开关式液压控制阀，从而为采用可编程序控制器（PLC）对系统进行数字控制和整个石材磨机的机电液一体化创造了有利条件。本机的电控系统即为PLC系统。

5) 与采用气压进给系统的石材磨机相比，采用液压进给系统的磨机，由于容易获得较高系统压力，故液压缸直径较小，对于缩小磨机的结构尺寸及质量-功率比有利，但常因油液的泄漏污染石材和工作环境，然而如果采用纯水液压介质，这些问题即可获得圆满解决。

### (4) 技术参数（见表7-3）

表 7-3 磨机液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
液压泵(PEE-31016 型柱销式叶片泵)	额定压力	21	MPa	
	排量	16.5	mL/r	
	电动机(Y112M-4)	额定功率	4.0	kW
		转速	1440	r/min
系统工作压力		3.5	MPa	

## 7.2.4 VIS 系列墙地砖液压机系统

### (1) 主机功能结构

VIS 系列墙地砖液压机是我国从意大利引进的建材生产设备，主要用于瓷砖坯的压制生产。该系列压机有 800、1000、1200、1500、2000 等几种不同规格型式，其结构和液压系统有很多类同之处，现以 VIS800 型液压机为例，着重介绍其液压系统的工作原理和技术特点。该机由主机、液压系统和电控系统组成，其主机（见图 7-7）由机体，模具（上模和下模），保证上、下模在压制过程中的对心的滑块导杆，用于排气的橡胶柱、顶杆，送料装置（推板）等组成。工作时，送料装置 7 将陶瓷粉料送至下模腔中，然后上模下降，进行压制加工。上、下模模腔可根据所生产的瓷砖规格进行更换。

该机的典型工作循环为：下模举升→送料装置前移→送料装置后置同时下模下降→下模二次下降→上模快速下行→上模慢速下降预压→排气→上模快速退回。上述动作除排气是通过机械方式完成外，均由液压驱动完成。该机可压制的最大瓷砖坯为 300mm×300mm，最大压制力 8MN，最快工作循环 24 次/min。

### (2) 液压系统及其工作原理

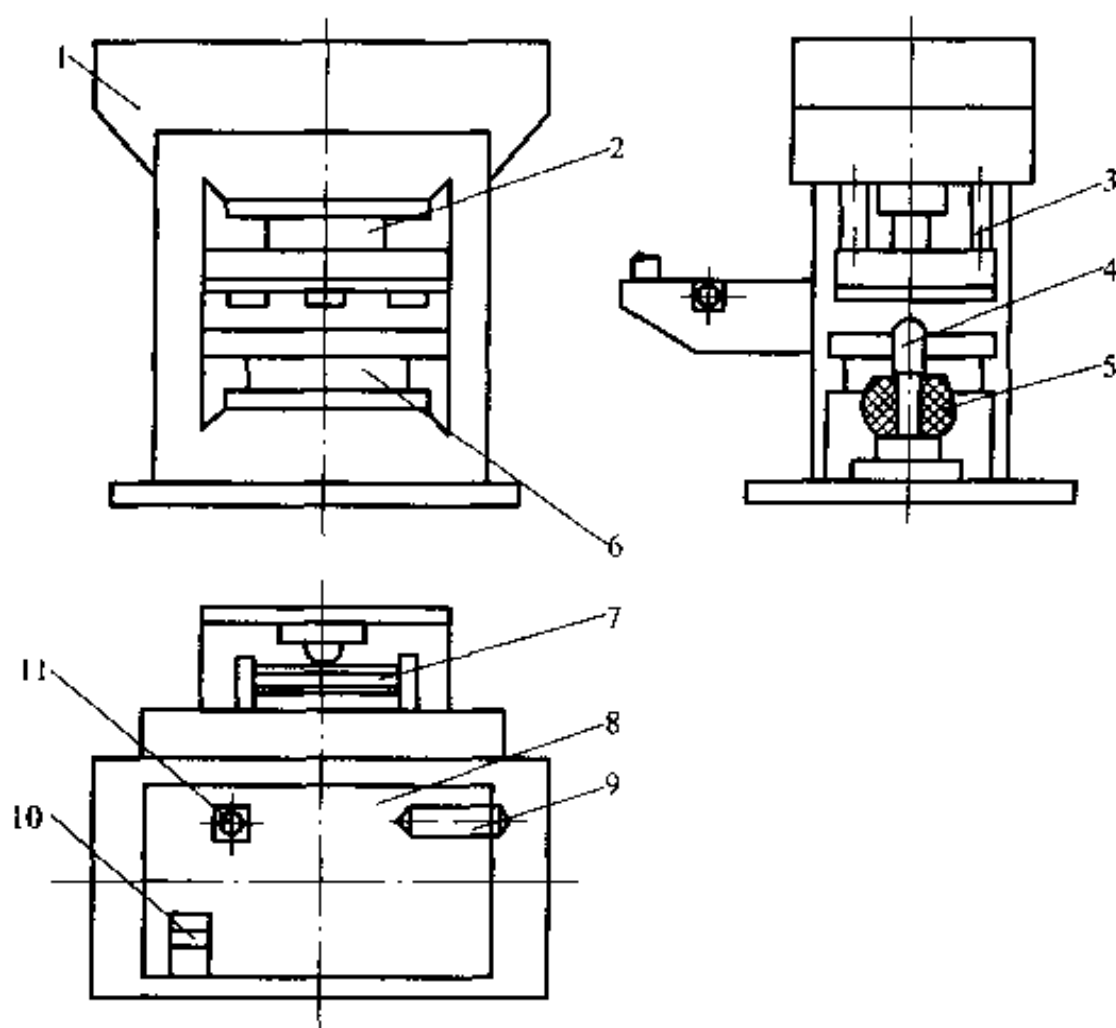


图 7-7 墙地砖液压机的主机结构示意图

1—机体；2—上模具；3—导杆；4—顶杆；5—橡胶柱；6—下模具；  
7—送料装置；8—油箱；9—蓄能器；10—集成阀块；11—排气阀

该机的液压系统原理图如图 7-8 所示，系统的油源为主液压泵（斜轴式轴向柱塞泵）6，辅助液压泵（叶片泵）7 用于向主泵供油，以使主泵正压吸油。主泵的压力及卸荷由电磁溢流阀 12 设定和控制。当泵的压力超过设定值后，电磁铁 15YA 自动通电，主泵经阀 12 中的二位二通电磁换向阀自动卸荷。该阀可使泵在不同供油压力值时卸荷。

系统的执行器有主缸（上模缸）1、送料缸 3、下模缸 4、柱塞缸 5（4 个，目前没有使用）等液压缸。增压器 2 给主缸 1 提供压制工况的高压油，并采用插装阀 16 控制增压器的动作。

1) 主缸的动作 主缸 1 通过活塞杆驱动上模实现快速升降及慢速压制动作。

上模快速下降时，充液阀 24 开启，由于副油箱  $T_2$  为充气油箱（压缩空气的压力为 0.2MPa），故副油箱中的油液迅速进入主缸 1 的无杆腔；此时电磁铁 1YA、3YA 同时通电使换向阀 29 和 30 均切换至下位，主泵 6 的压力油经阀 30 导通液控单向阀 35，有杆腔的油液同时经节流阀 36、38 排回油箱，上模快速下降。

上模慢速下降时，电磁阀的 13YA 通电使换向阀 18-1 切换至上位，可调液控单向阀 14 反向导通，主泵 6 的压力油经阀 11、14、13 中的单向阀进入主缸无杆腔（此时电磁铁 10YA 已通电，充液阀 24 关闭），主缸有杆腔的油液经液控单向阀 35、37 及 Y 型机能的三位四通电磁换向阀 30 排回油箱，使主缸慢速下降。当上模经排气后再次慢速下降时，电磁铁 7YA 通电使换向阀 18-3 切换至上位时，导通阀 15，压力油经阀 15 而进入主缸无杆腔。主缸的慢速下降速度可通过调节 14、15 的开度实现。

主缸 1 加压工作时，电磁铁 20YA 通电使二位四通电磁换向阀 28 切换至上位，主泵的压力油使插装阀 16 关闭，电磁铁 11YA 通电使换向阀 18-4 切换至上位后，可调液控单向阀 17 导通，主泵的压力油经阀 17 进入增压器的大腔，使增压活塞运动产生的高压油进入主缸

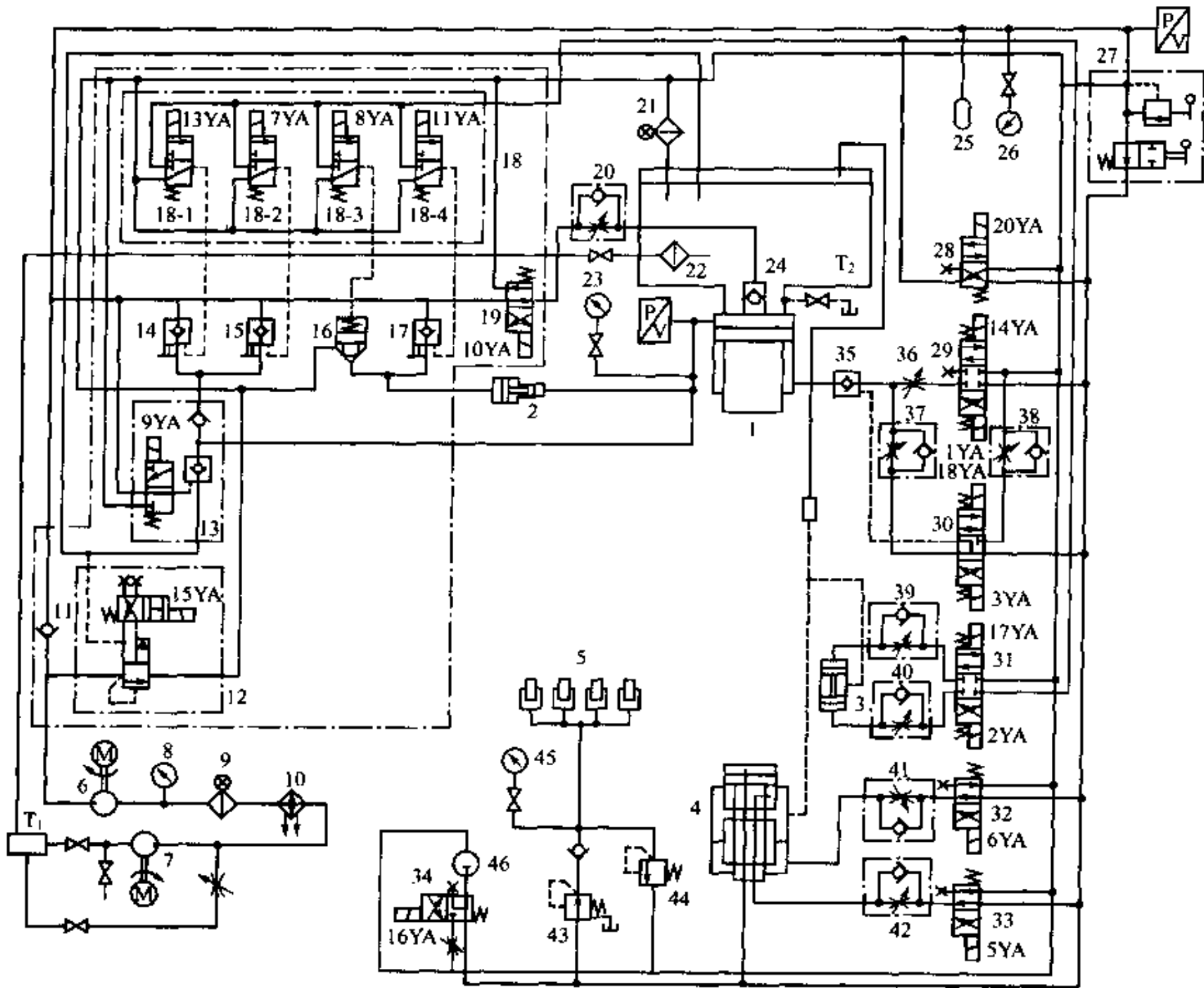


图 7-8 墙地砖液压机系统原理图

1—主液压缸（上模缸）；2—增压器；3—送料液压缸；4—下模液压缸；5—柱塞液压缸；6—主液压泵；7—辅助液压泵；8、23、26、45—压力表；9、21—带污染指示过滤器；10—冷却器；11—单向阀；12—电磁溢流阀；13—阀组；14、15、17—可调液控单向阀；16—插装阀；18—换向阀组；18-1、18-2、18-3、18-4—二位三通电磁换向阀；19、28、32、33、34—二位四通电磁换向阀；20、37、38、39、40、41、42—单向节流阀；22—过滤器；24—充液阀；25—蓄能器；27—阀组；29、30、31—三位四通电磁换向阀；35—液控单向阀；36—节流阀；43—减压阀；44—溢流阀；46—液压马达；T<sub>1</sub>—主油箱；T<sub>2</sub>—副油箱

无杆腔，实现对坯料压制。

主缸 1 快速退回时，电磁铁 14YA、18YA 同时通电，压力油经单向阀 35 进入主缸的有杆腔，活塞杆带动下模快速上升，无杆腔油液经充液阀 24 排回副油箱 T<sub>2</sub>。

主缸在压制型砖坯之前，为了防止原料中的气体保留在瓷坯内而影响砖坯质量，要预压、排气后再进行压制。排气过程由机械控制，预压时上模下压使橡胶柱产生压缩变形；排气时，除电磁铁 10YA 通电外其他电磁铁均断电，橡胶柱向上反弹上模使坯料中的气体排出，此时主缸下腔可自油箱经阀 38、35 补油以防吸空，上腔经阀 20、换向阀 19 向油箱中排油。

2) 下模动作 下模缸 4 由大、小两个液压缸套装复合而成，图 7-9 所示为其结构原理图。小缸的缸筒 1 兼作大缸 3 的活塞，缸筒 1、活塞杆 2、大缸 3 和活塞 6 和形成 4 个有效

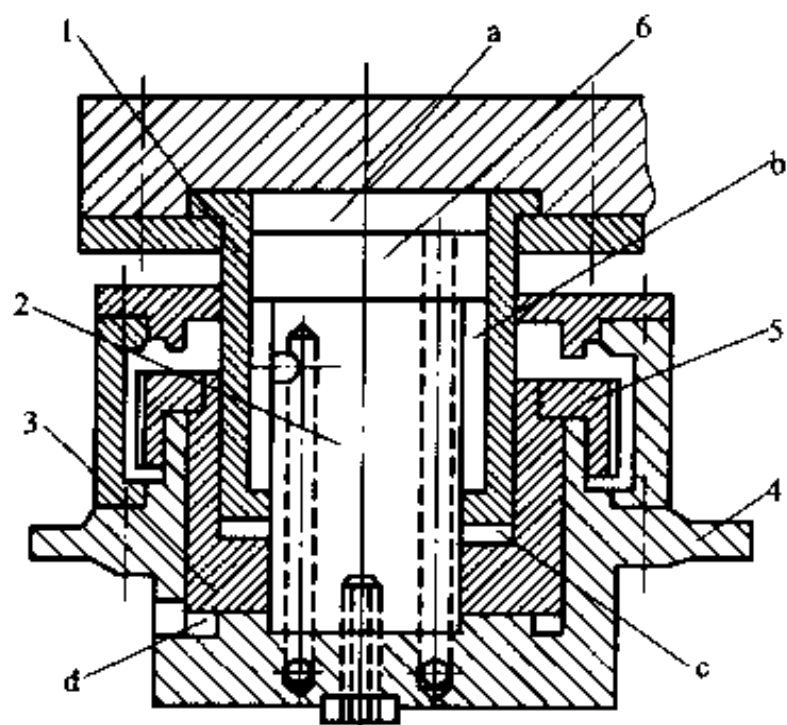


图 7-9 下模液压缸结构原理图

1—小缸缸筒；2—活塞杆；3—大缸；4—机架；  
5—调节螺母；6—活塞；  
a、b、d—油腔；c—压缩空气腔

作用面积不等的工作腔，其中，c腔通压缩空气，其余三个腔通液压油液。活塞杆2固定在机架4上，缸筒1带动下模升降。当下模上升时，缸的a腔和b腔同时进油，由于a腔有效作用面积大于b腔的有效作用面积，故缸筒1带动下模上升，送料装置向模具腔中送料，同时d腔也进油使得大缸3也上升，上升的位置由调节螺母5控制，而c腔进入一定压力的压缩空气；下模分为二次下降，首先b腔进油，a腔排油，缸筒1带动下模下降，c腔压缩空气起缓冲作用，用以防止缸筒1的下断面与大缸3产生撞击。然后d腔排油，大缸通过自重作用下降使下模再次下降，第二次下降的高度很小（与瓷砖的厚度基本相同），从而可使上模与下模对中，同时可防止原料喷溅，有利于提高砖坯质量，通过调节螺母的上下位置，可以调节砖坯的厚度。

下模缸的运动方向由图7-8中的二位四通电磁换向阀32和33控制，其升降速度可通过单向节流阀41、42调节。

### (3) 技术特点

1) VIS800型液压机采用定量主液压泵油源，辅助泵向主泵吸油口供油，以改善主泵的吸油条件；主液压缸快进时通过副油箱和充液阀充液，慢速压制时通插装阀控制的增压器增压，从而减小了液压泵的流量规格和压力等级及驱动功率，有利于降低成本和节能。

2) 通过电磁换向阀组导通的可调液控单向阀调节主缸的慢速下降速度；通过大小缸套装复合面成的四腔液压缸驱动下模动作，便于模具对中、防止原料喷溅以提高砖坯质量，调节砖坯的厚度。

3) 整个系统通过电磁换向阀控制执行器的换向动作；其他执行器则通过单向节流阀进行节流调速。

4) 与VIS800型液压机不同的是，VIS系列中的VIS1000、VIS1200、VIS1500、VIS2000等液压机的油源则有定量泵和变量泵两种油源，并采用插装式液压控制阀。

## 7.2.5 免烧粉煤灰制砖机液压系统

### (1) 主机功能结构

该机是采用压振成型技术以工业废料（粉煤灰）代替黏土制砖的新型墙体材料设备。成型后的制品不需烧蒸处理，经自然养护后即可使用，因此可充分利用废料，节省土地，又不产生二次污染，是一项符合现代环保及建材行业发展政策的新兴技术。

免烧粉煤灰制砖机的结构组成示意图如图7-10所示。机架1用来支撑设备的各组成部件以及承受砖成型时的压制力；上压头2用于成型加压并用于脱模；升降工作台3起拖砖和振动的作用，上升时用于砖的成型，下降时将成型砖托出；配有刮板和涂油机构的供板机构（前供板和侧供板两部分）5主要用来托板的传送；料仓6主要用来储存物料；布料机构7用于将料仓中的物料送入成型模具3内。机器还有用于将工作台上的成型砖送出的出砖传送架及安装有设备的控制系统的控制柜。

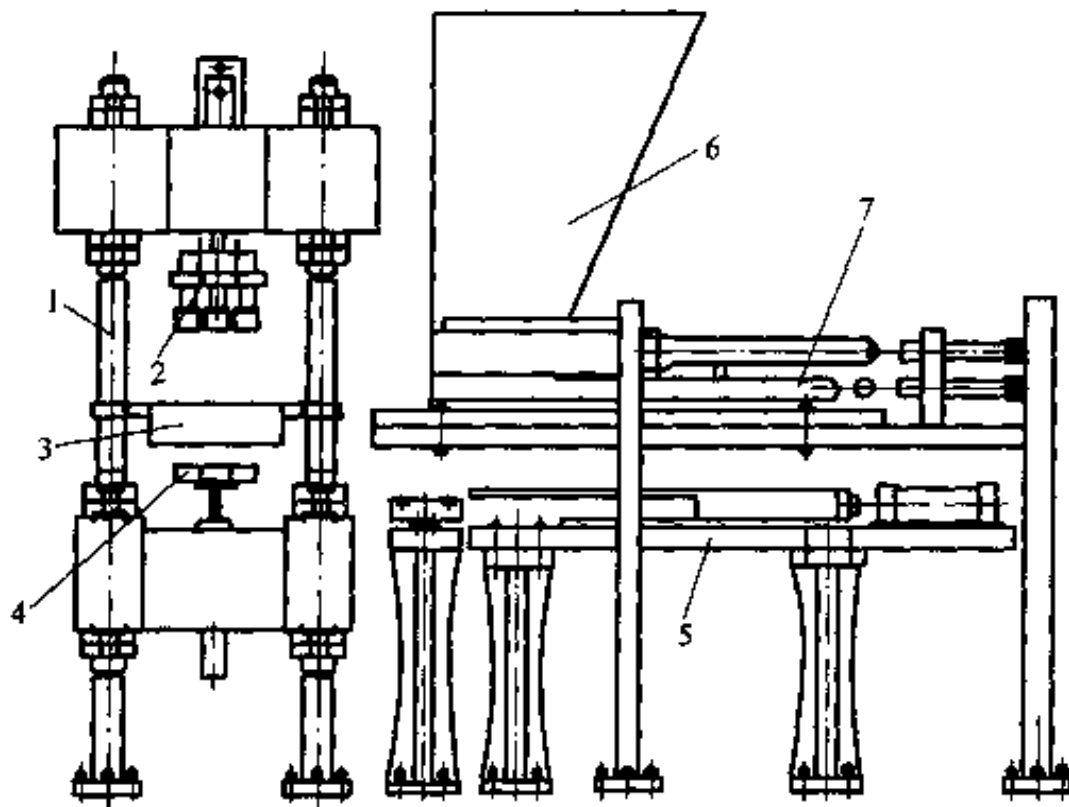


图 7-10 免烧粉煤灰制砖机的结构组成示意图

1—机架；2—上压头；3—模具；4—升降工作台；5—供板机构；6—料仓；7—布料机构

该制砖机为全自动设备，其工作过程为：将托板送到模箱下部的工作台 4 上，工作台 4 上升至模箱底部，布料箱通过往复运动将混合好的料送入模箱。模箱振动，上压头 2 压下，将模箱中的物料在振动的同时压实成型；然后工作台 4 带动托板和成型后的砖下降至最底部；再将托板和砖一起推出，完成制砖工作。该机的上料、供板、成型、脱模至出砖的动作均由液压驱动并自动生产。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 7-11 所示为制砖机的液压系统原理图。系统的油源为单向变量泵 1，其压力由溢流阀 3 设定，单向阀 2 用于防止压力油倒灌。系统的执行器有工作台 44 的升降液压缸 36（2 个）、上压头 43 的升降柱塞式液压缸 37（2 个）及加压液压缸 38、出砖液压缸 39、托板液压缸 40、送布料箱液压缸 41 和回布料液压缸 42，共计 7 种动作功能的 9 个液压缸。这些液压缸分为两个油路，一个为工作液压缸（含缸 36、37、38）油路，另一个为辅助动作液压缸（含缸 39、40、41、42）油路，两个油路供油与否由二位三通电磁换向阀 4 切换。

工作缸油路又分为两个回路，并由三位四通电磁换向阀 24 实现总控，其中两个液压缸 36 的升降方向又由三位四通电磁换向阀 25 控制并由同步阀 34 控制其同步，背压溢流阀 31 用于提高工作台的运动平稳性；压头加压缸 38 的下降由升降液压缸 37 下降时拖动，升降缸 37 的上升则由加压缸 38 上升时拖动，升降缸和加压缸的工况转换则由三位四通电磁换向阀 24、二位二通电磁换向阀 27、调速阀 26 控制，两升降缸 37 的同步运动则由同步阀 30 控制。

辅助缸油路的工作压力较工作缸的压力低，故在油路入口处设置了减压阀 5。缸 39 与 40 并联，缸 41 与缸 42 并联。缸 39 与 40 的回路结构相同，分别由三位四通电磁换向阀 14 和 15 控制缸的运动方向，通过进出口设置的单向阀（17、19 及 21、23）、调速阀（16、18 及 20、22）进行进油节流调速；缸 41 与缸 42 的油路结构也完全相同，分别采用三位四通电磁换向阀 8 和 9 控制缸的运动方向，无杆腔设有并联的单向阀和调速阀 10、11 和 12、13，用以进行回油节流调速，二位三通电磁换向阀 7 则用作此两缸的总控制阀。

上述 9 个液压缸的行程上均布有数量不等的电气行程开关，用于给电磁换向阀发信，实



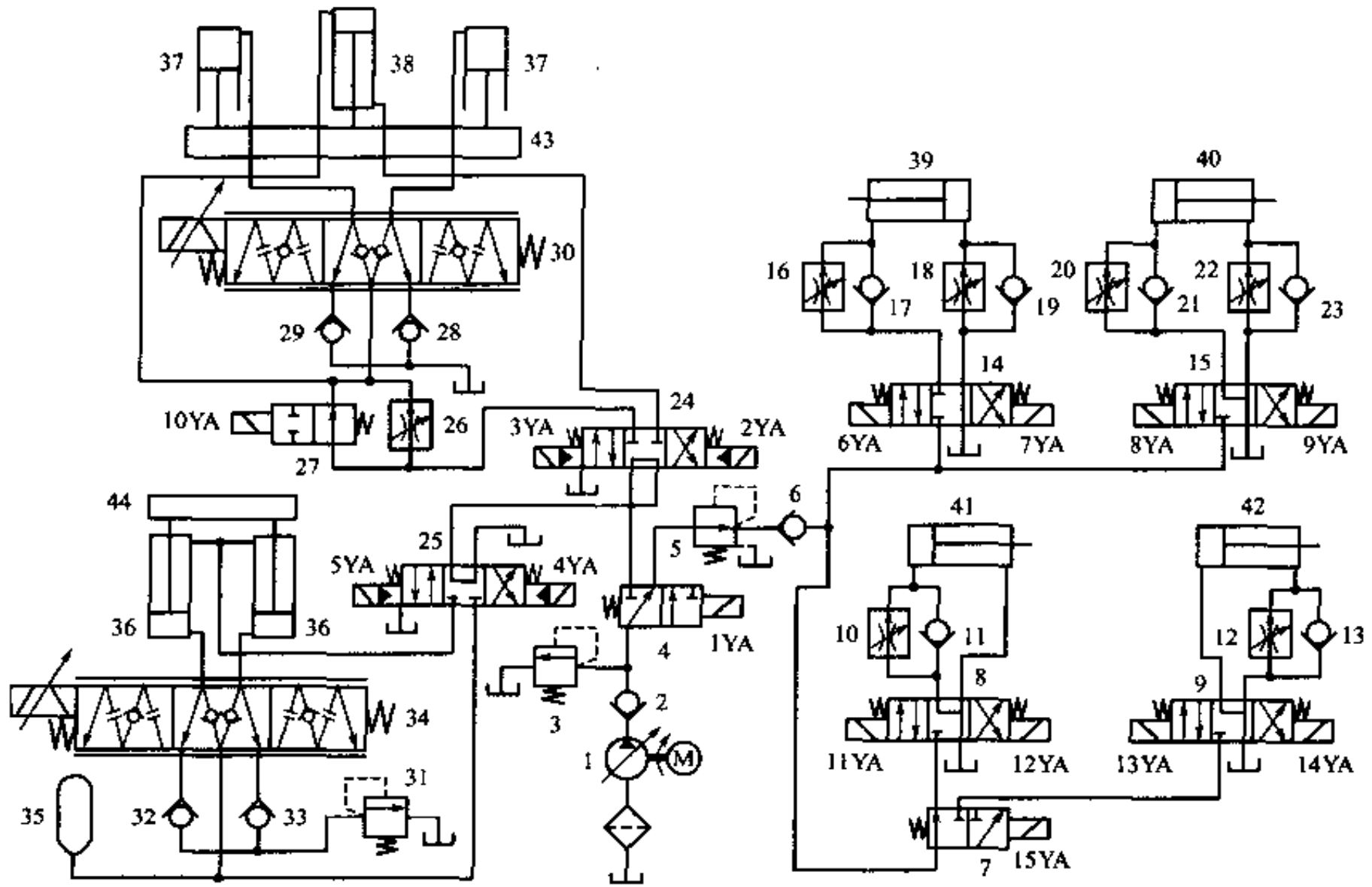


图 7-11 制砖机液压系统原理图

1—变量液压泵；2、6、11、13、17、19、21、23、28、29、32、33—单向阀；3、31—溢流阀；4、7—二位三通电磁换向阀；5—减压阀；8、9、14、15、24、25—三位四通电磁换向阀；10、12、16、18、20、22、26—调速阀；27—二位二通电磁换向阀；30、34—同步阀；35—蓄能器；36—工作台升降液压缸；37—上压头升降液压缸；38—上压头加压液压缸；39—出砖液压缸；40—托板液压缸；41—送布料箱液压缸；42—回布料箱液压缸；43—上压头；44—工作台

现既定的动作与循环。

系统驱动制砖机的工作原理如下。

1) 拖板推至工作台 电磁铁 8YA 通电使换向阀 15 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 2、4、5、6、15 和阀 21 进入托板缸 40 的无杆腔（有杆腔经调速阀 22 和阀 15 向油箱排油），缸的活塞杆推动托板至工作台上，然后电磁铁 9YA 通电使换向阀 15 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 2、4、5、6、15 和阀 23 进入缸 40 的有杆腔（无杆腔经调速阀 20 和阀 15 向油箱排油），缸的活塞杆缩回，缸 40 的伸缩速度分别由调速阀 22 和阀 20 的开度决定。

2) 工作台上升并锁紧 电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至右位，同时电磁铁 4YA 通电使换向阀 25 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 2、4、24、25、同步阀 34 同时进入两工作台升降液压缸 36 的无杆腔（有杆腔经换向阀 25 向油箱排油），缸 36 的活塞杆推动工作台上升至模箱底部，工作台 44 被锁紧。

3) 送料 电磁铁 1YA 断电使换向阀 4 复至左位，电磁铁 11YA 通电使换向阀 8 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 2、4、5、6、7、8 和阀 11 进入送布料液压缸 41 的无杆腔（有杆腔经换向阀 8 向油箱排油），缸的活塞杆前进至模箱的顶部，实现送料；然后电磁铁 12YA 通电使换向阀 8 切换至右位，液压泵的压力油经阀 8 进入缸 41 的有杆腔（无杆腔经调速阀 10 和换向阀 8 回油），缸 41 的活塞杆退回，退回速度由调速阀 10 的开度

决定。

4) 上压头下降、加压 电磁铁 2YA 通电使换向阀 4 切换至右位, 同时电磁铁 3YA 通电使换向阀 24 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 2、4、24、10 后分为两路, 一路经同步阀 30 同时进入两压头升降柱塞缸 37 的油腔, 缸 37 的柱塞带动上压头和压头加压缸 38 快速下降至模箱顶部, 另一路直接向被动下降的加压缸 38 的无杆腔补油 (有杆腔经换向阀 24 和 25 向油箱排油); 当上压头下行至接触模箱物料时, 系统压力升高, 加压缸 38 向物料加压使砖成型。

5) 脱模 电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至右位, 同时电磁铁 5YA 通电使换向阀 25 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 2、4、24 和阀 25 同时进入两工作台升降液压缸 36 的有杆腔 (无杆腔经同步阀 34、单向阀 32 及 33 和背压溢流阀 31 向油箱排油), 缸 36 的活塞杆带动工作台下落实现脱模。

6) 上压头上升退回 电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至右位, 同时电磁铁 2YA 通电使换向阀 24 切换至右位, 液压泵 1 的压力油经阀 2、4、24 直接进入加压缸 38 的有杆腔 (无杆腔经阀 27、24 和阀 25 向油箱排油), 缸 38 的活塞杆带动压头及两升降柱塞缸 37 一并上升退回。

7) 工作台退回原位, 推出成型砖和托板 工作台继续下行直到原位 (进回油路线同脱模时) 后, 电磁铁 1YA 断电使换向阀 4 复至左位, 电磁铁 7YA 通电使换向阀 14 切换至右位, 液压泵 1 的压力油经阀 2、4、5、6、14 和阀 19 进入出砖液压缸 39 的无杆腔 (有杆腔经调速阀 16、换向阀 14 向油箱排油), 缸的活塞杆前进将成型砖和托板一起推出。推出速度由调速阀 16 的开度决定。

8) 出砖缸复位 推出成型砖和托板后, 电磁铁 6YA 通电使换向阀 14 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经阀 2、4、5、6、14、17 进入出砖液压缸 39 的有杆腔 (无杆腔经调速阀 18 和换向阀 14 向油箱排油), 缸的活塞杆退回复位。至此完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 该制砖机采用变量泵供油的多缸液压系统驱动, 按工作性质不同分为工作缸油路和辅助缸油路, 通过二位三通电磁换向阀实现总控, 有利于防止由于压力、流量的不同产生的干扰, 并有利于能量的合理使用。系统采用行程 (开关) 控制动作顺序, 调整方便, 定位准确。

2) 工作缸回路采用同步阀控制两个工作台升降缸和两个压头升降缸的运动同步; 压头升降缸和加压缸在升降中互向牵动。

3) 辅助缸油路中, 出砖缸和托板缸采用双向进油节流调速, 不利于油液散热; 两布料液压缸采用单向回油节流调速, 对散热和提高缸的运动平稳性有利。

## 7.2.6 复杂圆柱曲面石材加工机的液压仿形控制系统

### (1) 主机功能结构

该机是一种采用液压仿形技术加工各种复杂圆柱曲面石材产品的切削加工设备。图 7-12 所示为该机的主机及液压控制系统结构原理图, 它主要由主轴元件 (电机及主轴减速箱)、尾架、刀架、刀具 (金刚石锯片)、横向溜板、纵向溜板、丝杠进给元件 (电动机及减速箱)、液压仿形机构及系统 (样件、单杆液压缸、双向机液伺服滑阀等) 组成。

复杂圆柱曲面石材加工需有工件的回转切向运动、横向溜板及刀架的横向运动和刀架的

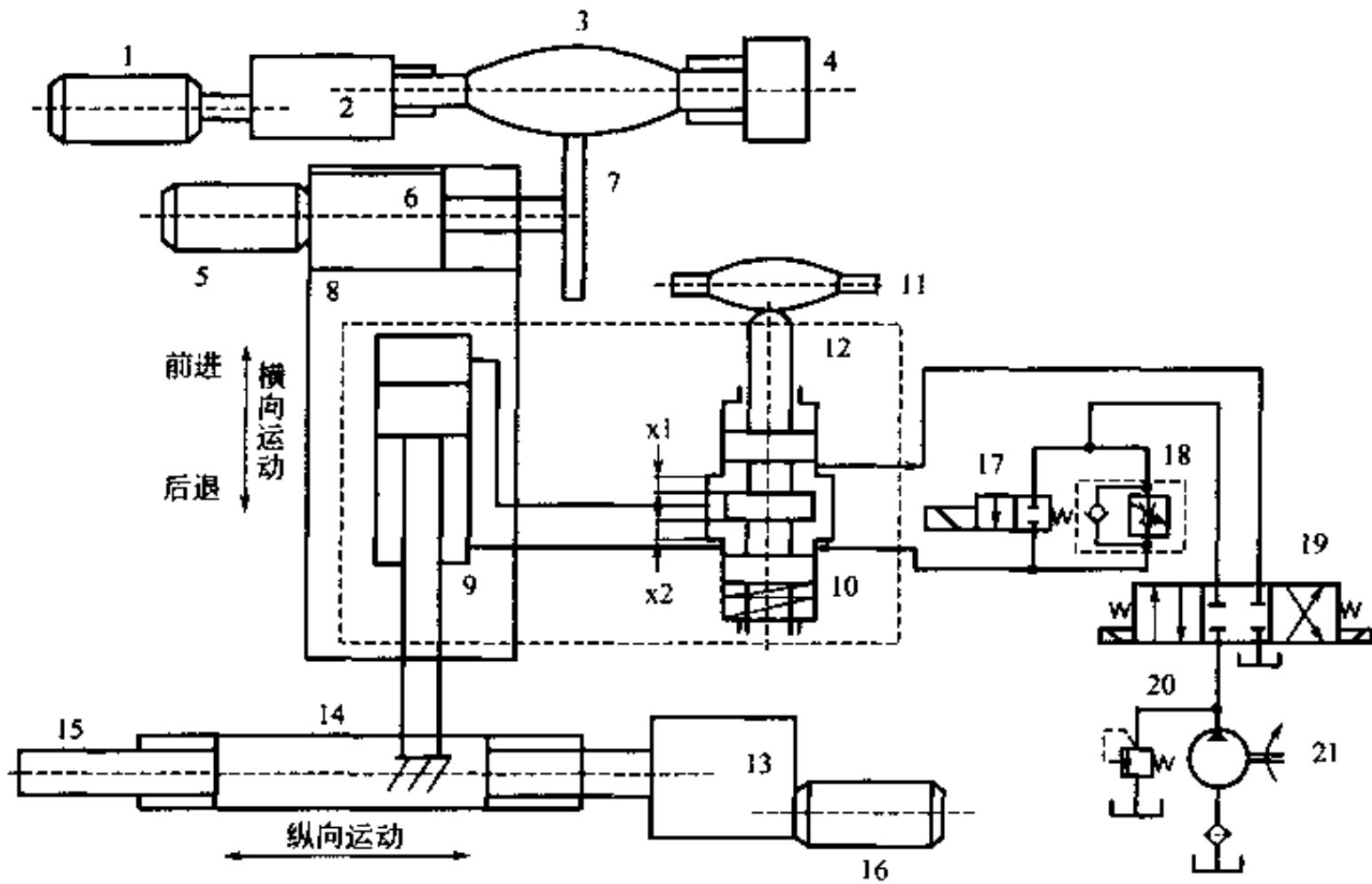


图 7-12 石材加工机的主机及液压仿形控制系统结构原理图

1—主轴驱动电机；2—主轴减速箱；3—工件；4—尾架；5—刀架驱动电机；6—刀架；7—刀具（金刚石锯片）；8—横向溜板；9—液压缸；10—双向机液伺服滑阀；11—样件；12—触头；13—减速箱；14—纵向溜板；15—进给丝杠；16—纵向进给驱动电机；17—二位二通电磁换向阀；18—单向节流阀；19—三位四通电磁换向阀；20—溢流阀；21—定量液压泵

纵向运动等三个运动完成。切削加工时，工件由主轴减速箱 2 的夹盘及尾架 4 夹紧和支承，电动机 1 经主轴箱及其主轴带动工件 3 回转，从而完成工件的回转切向运动；整个刀架放在横向溜板上，而横向溜板又与液压仿形机构的液压缸缸体连接，固定在床身上的样件 11 与伺服阀触头 12 接触，控制横向溜板及安放在刀架主轴上的刀具 7（由电动机 2 直接转动）的横向进给深度，从而完成工件的横向切割运动（仿形运动）；液压缸的活塞（杆）与纵向溜座 14 连接在一起，当电动机 16 通过减速箱 15 带动丝杠回转使纵向溜板纵向运动时，带动刀架纵向进给完成工件的轴向切削运动。通过纵、横溜板的合成运动完成工件的曲线加工，而工件的回转运动完成柱面加工。

### (2) 液压仿形控制系统及其工作原理

刀架的横向运动由液压仿形系统控制；样件 11 固定在床身上（参见图 7-12），仿形机构安装在机床的纵向溜板上，并随纵向溜板一起作纵向进给运动。液压缸缸体固定在刀架上，伺服滑阀的阀套与液压缸缸体焊接在一起，构成刚性反馈连接；缸体又与横向溜板固连为一体，活塞杆与纵向溜板也固结为一体，从而形成一个机-液位置伺服反馈控制系统（见图 7-13）。液压泵 21 是系统的油源，以恒定压力向系统供油，供油压力由溢流阀 20 设定，并在工作中保持不变；伺服滑阀是一个转换放大元件，其下端的弹簧经阀心使触头 12 压紧在样件 11 上，位移指令由样件发出，经触头作用在阀心上，使输入的横向位移信号，转换成液压信号（压力  $p$ 、流量  $q$ ）输出并加以放大；液压缸是执行器，其缸体跟随滑阀运动，从而使刀架沿液压缸轴线方向产生横向仿形运动。

由图 7-12 可知：液压缸有杆腔与供油路相连，无杆腔经滑阀开口  $x1$  与  $x2$  分别与供油路和回油路相通，故无杆腔中的压力由滑阀开口  $x1$  和  $x2$  的比例关系决定。

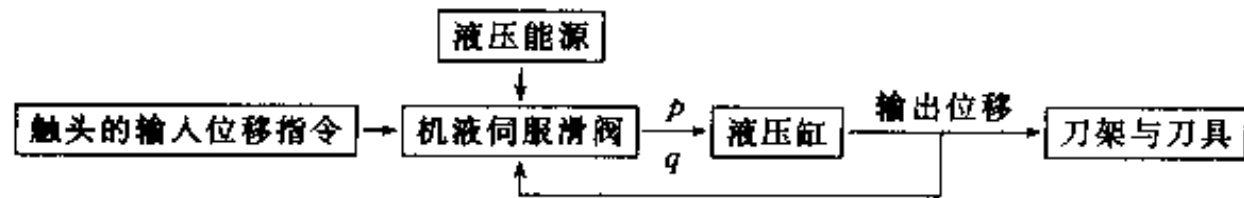


图 7-13 机-液位置伺服反馈控制系统原理方框图

当触头沿样件的圆柱面滑动时，滑阀阀心和阀套没有相对运动，液压缸沿横向处于相对平衡状态，刀架及金刚石锯片仅随纵向溜板作纵向进给运动，从而加工出圆柱面。

当触头沿着样件的异形曲面运动（纵向和横向的合成运动）时，接触头沿着横向向下牵动阀心使滑阀开口  $x_1$  增大， $x_2$  减小，于是液压缸有杆腔中的压力增大，液压缸体带动刀架及刀具后退。此时，溜板的纵向进给运动  $v_x$  和液压缸体及刀架的横向运动  $v_h$  的合成运动，使得刀具加工出工件的异形曲面。其控制机理是：由于缸体和滑阀体连成一个整体，所以缸体后退时阀体同时后退，并退过触头牵动阀心也作微小后退，实现液压缸位移与阀心输入位移相比较，得出二者间的位置偏差亦即滑阀的开口量，因此，油源的压力油进入液压缸，驱动液压缸运动，使阀的开口量（即偏差）减小，直至输出位移与输入位移相一致时为止。从而实现负反馈作用和刀具对触头的跟随运动，加工出异形曲面。

前已述及，该系统液压缸缸体与伺服滑阀阀套焊接为一体，缩短了油路，因而减小了系统的压缩容积  $V$  和液压缸的等效质量  $M$ ，增大了系统无阻尼液压固有频率，对提高系统的动态稳定性和响应速度非常有利。

而液压缸驱动刀架空程进退及速度则由三位四通电磁换向阀 19、二位二通电磁换向阀 17 和单向节流阀 18 控制。

### (3) 技术特点

该机的液压仿形控制系统为典型的阀控缸机-液位置伺服控制系统，系统的输出量可以严格按输入量的规律变化，结构简单，操纵维护方便，生产效率较高。

## 7.3 建筑行业液压系统

### 7.3.1 全自动钢筋弯箍机液压系统

#### (1) 主机功能结构

全自动钢筋弯箍机用于将盘圆钢筋经调直、弯曲或切断，加工成图 7-14 所示形状的箍筋。图 7-15 所示为弯箍机的主机结构示意图，工作时，液压马达驱动的一对开有 V 形槽的

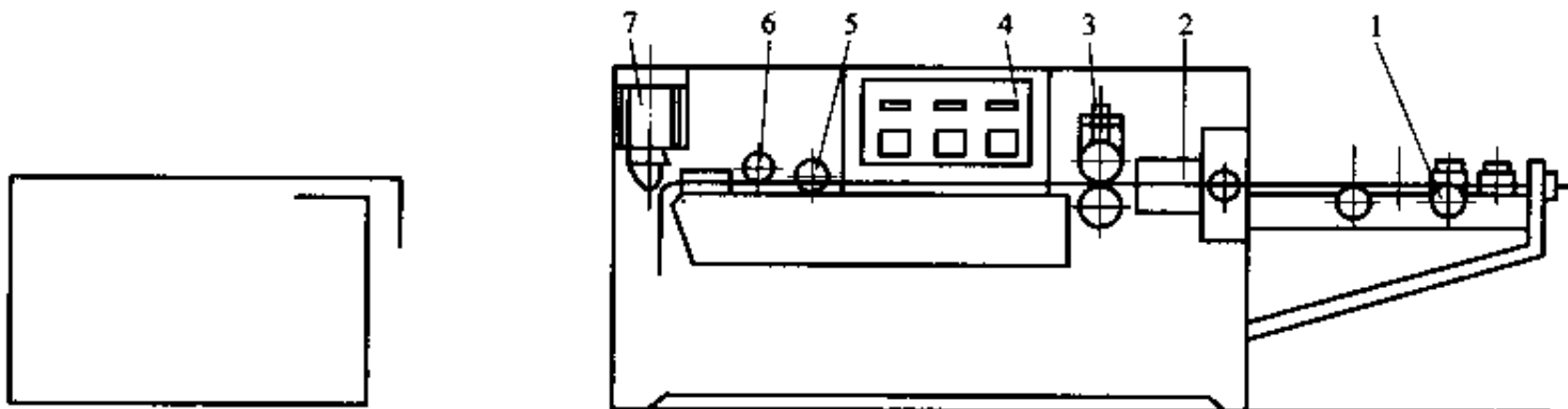


图 7-14 常见的箍筋简图

图 7-15 弯箍机的结构示意图

1—蛇形器；2—调直器；3—送料压辊；4—控制器；  
5—导向轮；6—光电盘；7—刀台及液压缸

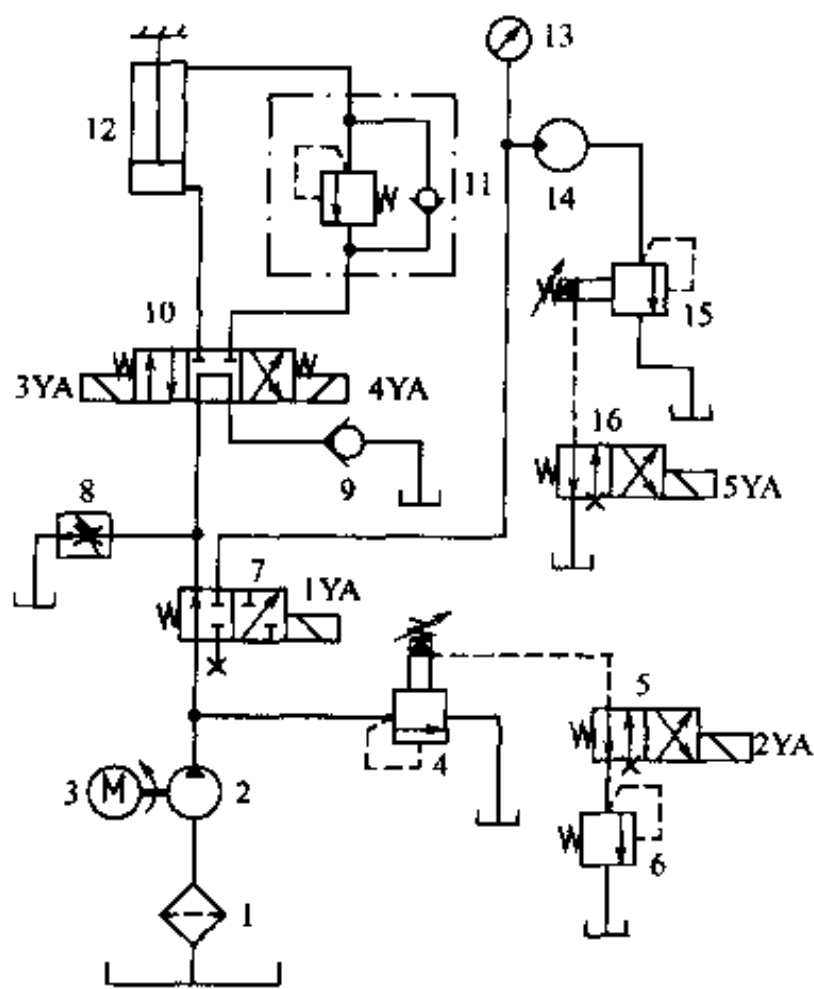


图 7-16 弯箍机液压系统原理图

- 1—过滤器；2—液压泵；3—电动机；4、15—先导式溢流阀；5、7、16—二位四通电磁换向阀；6—远程调压溢流阀；8—调速阀；9—单向阀；10—三位四通电磁换向阀；11—单向顺序阀；12—液压缸；13—压力表；14—液压马达

送料压辊 3 拖动钢筋依次穿过蛇形器 1 和调直器 2，电磁铁推动导向轮 5，控制钢筋处于下刀刃位置或弯箍模位置，送料长度由光电盘 6 通过脉冲计数器传送给 MC5-51 单片机组成的控制器 4，当送料长度达到控制器预调值时发信，液压缸 7 下行，执行弯曲或切断动作，液压缸到达最低位置时碰行程开关发信号，液压缸上升，当缸到顶碰行程开关发信号，液压缸停止运动，马达又开始送料……，一个接一个的箍筋在全自动控制状态下加工完成。

(2) 液压系统及其工作原理

弯箍机的液压系统原理图如图 7-16 所示。系统的油源为单向定量液压泵 2，液压执行器为杆固定的单杆液压缸 12 和单向定量液压马达 14。液压缸用于慢速下行实现钢筋的弯曲或切断，其工作速度由旁油路调速阀 8 调节，其升、降运动由三位四通电磁换向阀 10 控制，由于液压缸立置，故采用单向顺序阀 11 平衡液压缸及工作机构的自重。液压马达 13 的制动通过先导式溢流阀 15 形成的背压实现。液压缸和液压马达的分时工作顺序由二位四通电磁换向阀 7 控制；液压

马达的工作压力由先导式溢流阀 4 设定，液压缸的工作压力由远程调压溢流阀 6 设定。当液压缸和液压马达均不工作时，液压泵可通过 M 型中位机能的换向阀 10 和背压单向阀 9（用于满足调速阀最小工作压差的需要）低压卸荷。由系统的电磁铁动作顺序表（见表 7-4），容易了解系统在各工况的油液流动路线。

表 7-4 电磁铁动作顺序

工 况	电 磁 铁				
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA
液压马达送料	+	+			
液压马达停止					+
液压缸工进(下降)			+		+
液压缸退回(上升)				+	+
停止					

(3) 技术特点

1) 该弯箍机是一台机电液一体化设备，从盘圆上料到调直、弯曲、切断为全自动循环，操作简单。当液压缸下行，执行弯曲或切断功能时，送料马达被制动，因此不会出现擦伤钢筋的现象，箍筋的尺寸由光电盘、脉冲计数器和单片机联合控制，尺寸精度高（小于 1%），加工成型的箍筋外形美观、整齐、质量好。克服了传统手工作业效率低、劳动强度大、质量难以保证的缺陷。

2) 弯箍机的液压系统采用定量泵供油的旁路调速阀节流调速方式实现液压缸的无级调速, 液压缸工作期间, 液压泵的供油压力跟随负载压力变化而变化(压力适应), 因而节能、效率高。

3) 液压系统采用远程控制原理进行二级压力控制, 满足了液压缸和液压马达对工作压力的不同需求; 用溢流阀对液压马达进行制动, 以确保马达停止运动时有较小的前冲量(不大于 $10^\circ$ ); 采用单向顺序阀平衡立置液压缸自重, 顺序阀的调整压力既是液压缸的平衡压力, 又是液压缸下行的背压力, 提高了缸的运动平稳性; 采用M型中位机能的三位四通换向阀实现系统卸荷, 故可减少无功损耗和发热。

4) 液压马达与压辊之间设有齿轮减速机构(见图7-17。图中,  $n_1$ 、 $n_2$ 、 $n_3$ 为各轴转速), 齿轮轴与两压辊固定连接, 两同规格齿轮(4和5)同速转动时, 两压辊随之转动同步完成送料动作。

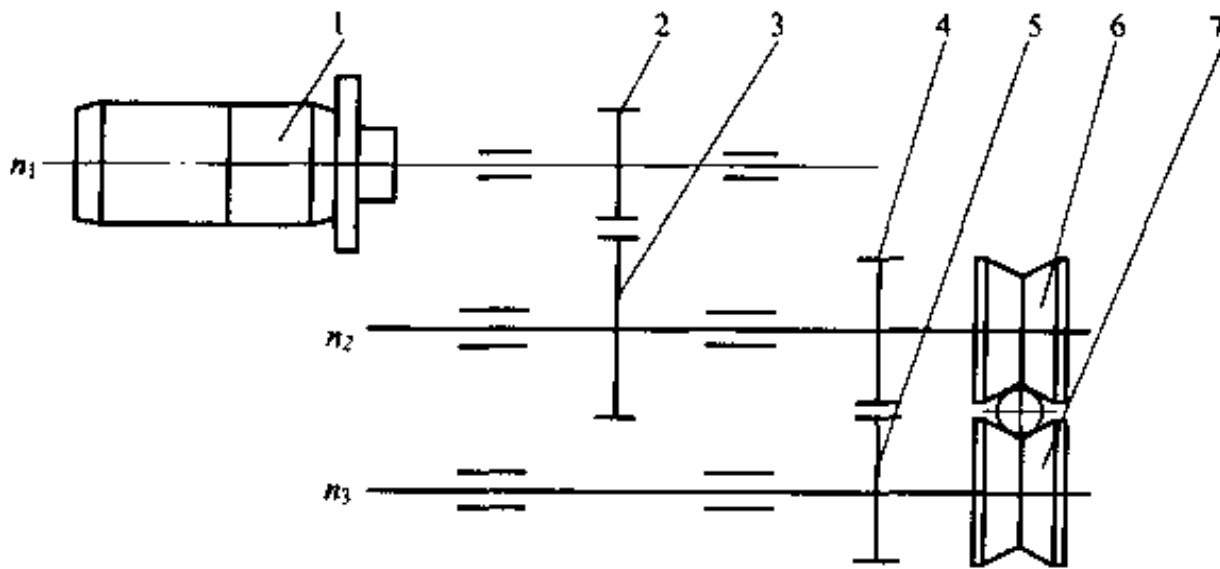


图 7-17 液压马达与送料压辊间的齿轮减速机构

1—液压马达; 2、3、4、5—齿轮; 6—主动压辊; 7—被动压辊

#### (4) 技术参数 (见表 7-5)

表 7-5 弯箍机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
弯箍机	弯曲切断机构	切断力	14.41	kN
		行程	30	mm
		下行速度	10	mm/s
		上升速度	30	
	送料机构	送料牵引力	10.9	kN
		送料线速度	9	m/min
送料压辊送料转矩		327 (压辊当量节圆直径为 60mm)	N·m	
送料压辊转速			47.8	r/min
液压系统	最大工作压力(马达送料时)		8	MPa
	最大工作流量(马达送料时)		17.4	L/min
	液压缸最大工作压力(缸工进时)		3.2	MPa
	液压缸最大工作流量(缸回程时)		4.81	L/min
	液压泵(CB3-16型)	额定压力	14	MPa
		排量	16	mL/r
		转速	1440	r/min
	电动机(Y132S-4型)	额定功率	5.5	kW
	液压缸	缸筒内径	80	mm
活塞杆直径		55		



续表

项 目		参 数	单 位
液压系统	摆线液压马达(CM3-160型)	额定压力	10 MPa
		排量	160 mL/r
		额定转速	250 r/min
		额定转矩	200 N·m
	油箱容积	100	L
液压马达与送料压辊间的齿轮减速机构(见图 7-17)		传动比 $i_1 = n_1/n_2$	2.5
		传动比 $i_2 = n_2/n_3$	1

### 7.3.2 自动校直切断机液压系统

#### (1) 主机功能结构

校直切断机是用于将成卷加工、存放的钢筋(螺纹钢)校直并切断为设定长度的设备。新型自动校直切断机,采用了液压传动和新型可编程序计算机控制器 PCC (Programming Computer Controller)。

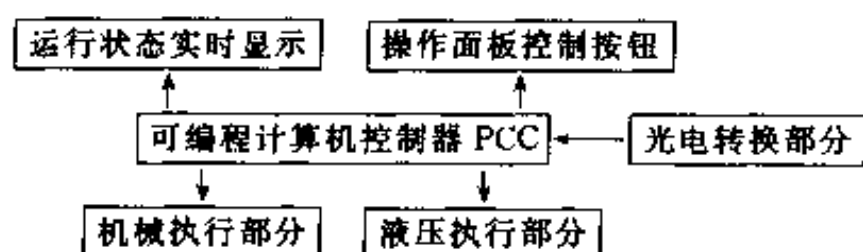


图 7-18 校直切断机的组成框图

校直切断机由机械、液压和电控等部分组成(见图 7-18),在可编程计算机控制器 PCC 控制下,完成钢筋的校直和切断加工。本机器有手动和自动两种工况。在手动工况下,可以实现主电机点动、切点动、翻点动和急停;在主电机点动时,可把螺纹钢送入

主机的送料机构;切点动可把多余的螺纹钢切掉,翻点动可把已切断的螺纹钢从料台上翻转下来。设置手动工况更确保在设备维修和出现故障时也便于操作。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 7-19 所示为机器的液压系统原理图,系统的执行器为切断液压缸 10、跟切液压缸 11 和翻转液压缸 12,其中缸 10 和 11 的运动分别由三位四通电液换向阀 8 和 9 控制,缸 10 和 11 的油源为双联液压泵 1,双联泵中大泵和小泵的压力分别由溢流阀 3 和 4 控制,并通过压力表及其开关 6 和 7 显示,双泵的出口串接有精过滤器 2;翻转液压缸 12 由液压泵 13 供油,泵 13 同时兼作电液换向阀 8 和 9 的控制油源,泵 13 的压力由溢流阀 16 设定并由压力表及其开关 15 显示,缸 12 的运动由二位四通电磁换向阀 18 控制,其运动速度通过进油调速阀 7 调节。

在自动工况下,利用光电转换器来计量主机所送入螺纹钢的长度,一旦达到设定值,PCC 立即给跟切缸发出跟切的信号,电磁铁 3YA 通电,换向阀 9 切换至左位,双联泵的大泵向跟切缸 11 的右腔供油,跟切缸带动切刀运动,延时一定时间后,给切断缸发出切断信号,如切刀处于左方,则电磁铁 1YA 就通电;反之则 2YA 通电,同时给翻转缸 12 发出翻转信号,即电磁铁 5YA 通电。由于采用了双刀切断,切断缸到位后便是下一循环的初始位置,而跟切缸、翻转缸到位后立即复位,即电磁铁 3YA 断电,4YA 通电,跟切缸退回,电磁铁 5YA 断电,翻转缸复位,为下一循环作好准备。

#### (3) 电控系统

1) 硬件 该校直切断机的电控系统采用可编程序控制器 PCC2003,它是一种较 PLC 更高层次的、专为中小型控制项目设计的计算机控制器,集成了标准的 PLC 和工业控制计算

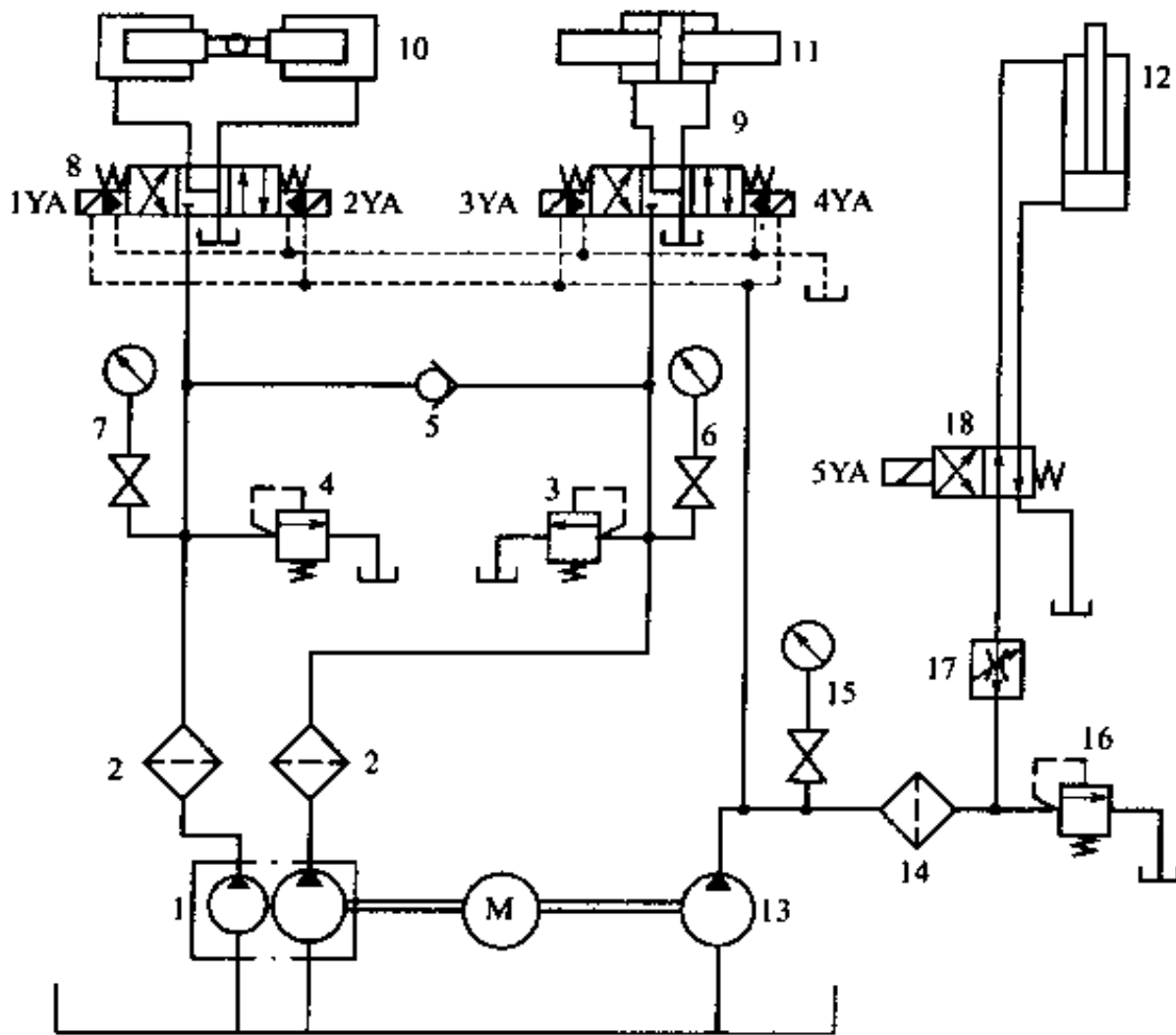


图 7-19 自动校直切断机液压系统原理图

- 1—双联液压泵；2、14—精过滤器；3、4、16—溢流阀；5—单向阀；6、7、15—压力表及其开关；  
8、9—三位四通电液换向阀；10—切断液压缸；11—跟切液压缸；12—翻转液压缸；  
13—定量液压泵；17—调速阀；18—二位四通电磁换向阀

机的特点，具有多任务分时操作系统，数据运算和处理能力比 PLC 更强大。它不仅可用常规 PLC 的梯形图 (LAD) 和指令表 (STL) 来编程，而且提供了基于文本的面向过程的结构化高级语言 (PL2000)。PCC 的最大特点是分时多任务操作，在工程应用中，可分别编制出控制程序模块，这些模块相互独立运行，但数据保持一定的相互关联。这些模块在经过独立编译和调试后，可一同下载至 PCC 和 CPU 中，在多任务操作系统的调度管理下，并行运行（周期可由用户设定），共同实现项目的控制要求。PCC 几乎所有硬件都采用模块结构，可灵活自由地通过任意组合插拔来扩展系统。在本系统中，CPU 的型号是 CP774，并扩展了 16 点输入的 DI439、8 点继电器输出的 DO720、8 点晶体管输出的 DO435；计数模块 DI/13.5 和显示屏幕 PROVIT2000。

2) 软件 PCC 采用通用的 PC 机作为在线编程开发工具，整个控制程序采用 PL2000 高级语言来编制。系统控制软件由操作界面、系统初始化、液压启动、手动工况、自动工况、自动停止、停止等 7 个控制模块组成。由多个并行任务模块协同完成，任务模块的系统流程如图 7-20 所示。

#### (4) 技术特点

1) 与其他校直切断机相比，新型自动校直切断机由于采用了液压传动和新型 PCC 控制技术，提高了自动化程度、安全可靠性和加工精度，重复性好，缩短了最小切断长度；可通过操作界面方便地调整系统参数，实时显示生产数据，使用方便。

2) 机器的液压系统采用一台电动机同时驱动一台双联泵和一台单定量泵工作，能量利用合理；系统油路结构简单。

#### (5) 技术参数 (见表 7-6)

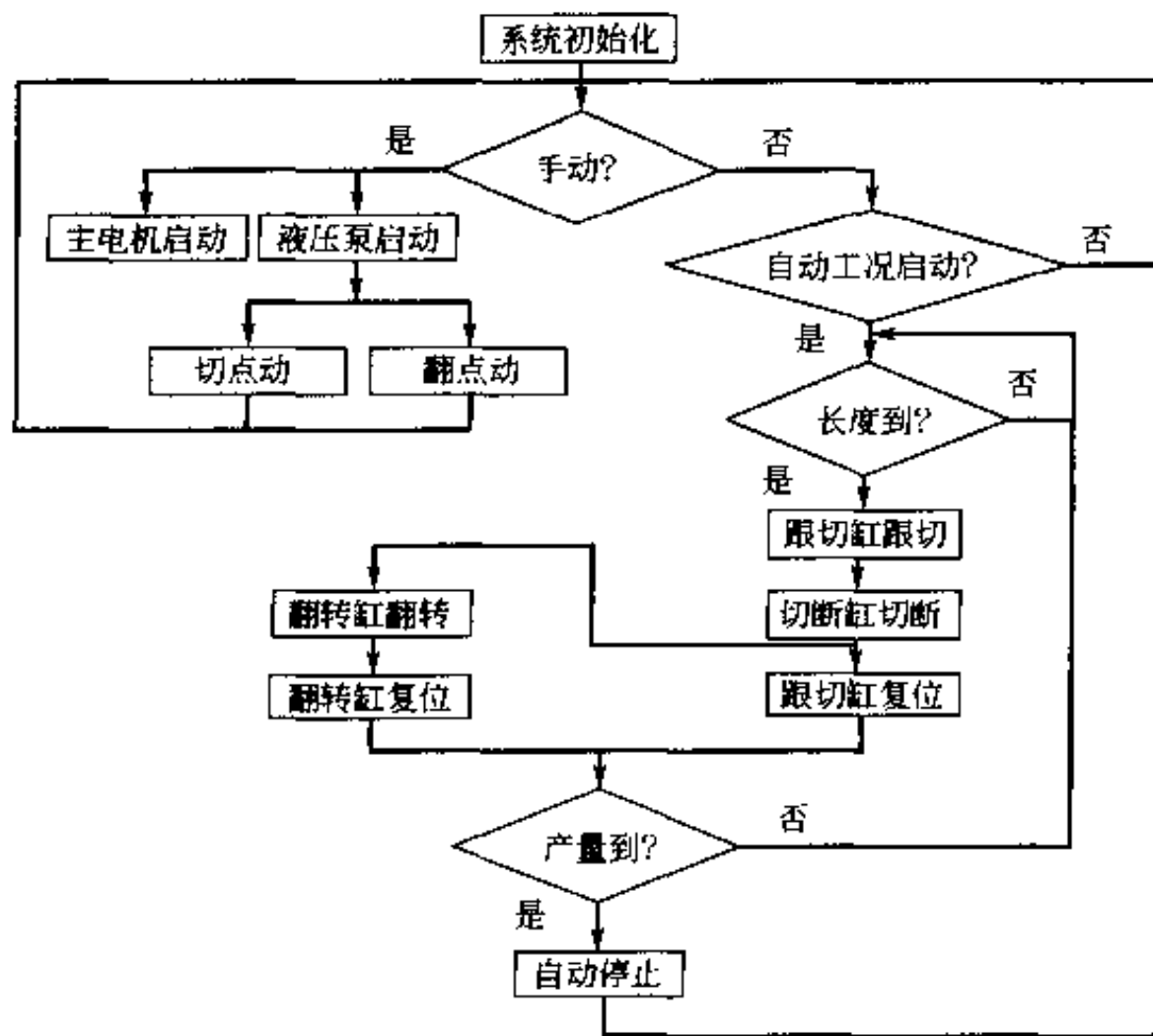


图 7-20 系统流程图

表 7-6 校直切断机部分技术参数

项 目	参 数	单 位
最高送料校直速度	120	m/min
最短切断长度	送料校直速度 60m/min 时	0.8
	送料校直速度 120m/min 时	2
切断长度误差	±5	m
重复性	±4	

### 7.3.3 混凝土泵液压系统

#### (1) 混凝土泵的功能结构

混凝土泵是一种将符合泵送条件的混凝土通过水平或垂直铺设的管道连续地输送到施工现场的混凝土输送机械，被广泛地用于城建、矿山、电力能源、交通及其他部门的混凝土建筑工程中。HBT40 混凝土泵为电动机驱动的液压双缸式混凝土泵，分配阀采用 S 型管形分配阀，它采用分立油路驱动泵及各工作装置，整个液压系统由主油路、分配阀油路和搅拌油路三部分组成，各油路采用通轴转动，结构紧凑。

#### (2) 液压系统及其工作原理

1) 主油路 主油路的液压原理图如图 7-21 所示，双向伺服变量高压柱塞泵 1 和主液压缸 13 等组成主回路；与柱塞泵同轴并装成一体的双向定量齿轮泵 2 和伺服阀 14 等组成辅助低压回路和冷却回路。主回路为闭式循环，为保证其正常工作，主回路中设置有两个起安全作用的溢流阀 5 和 6，一个梭阀 10 和一个冲洗阀 11，溢流阀决定柱塞泵最高工作压力，可防止主回路在任何一个方向超载而损坏柱塞泵。

冲洗阀 11 确保工作时给主回路低压区提供一个低压通道，溢出的油进入冷却回路并由低压溢流阀保持低压区压力。辅助泵输出的液压油分为三路，第一路流向溢流阀 5、6，并

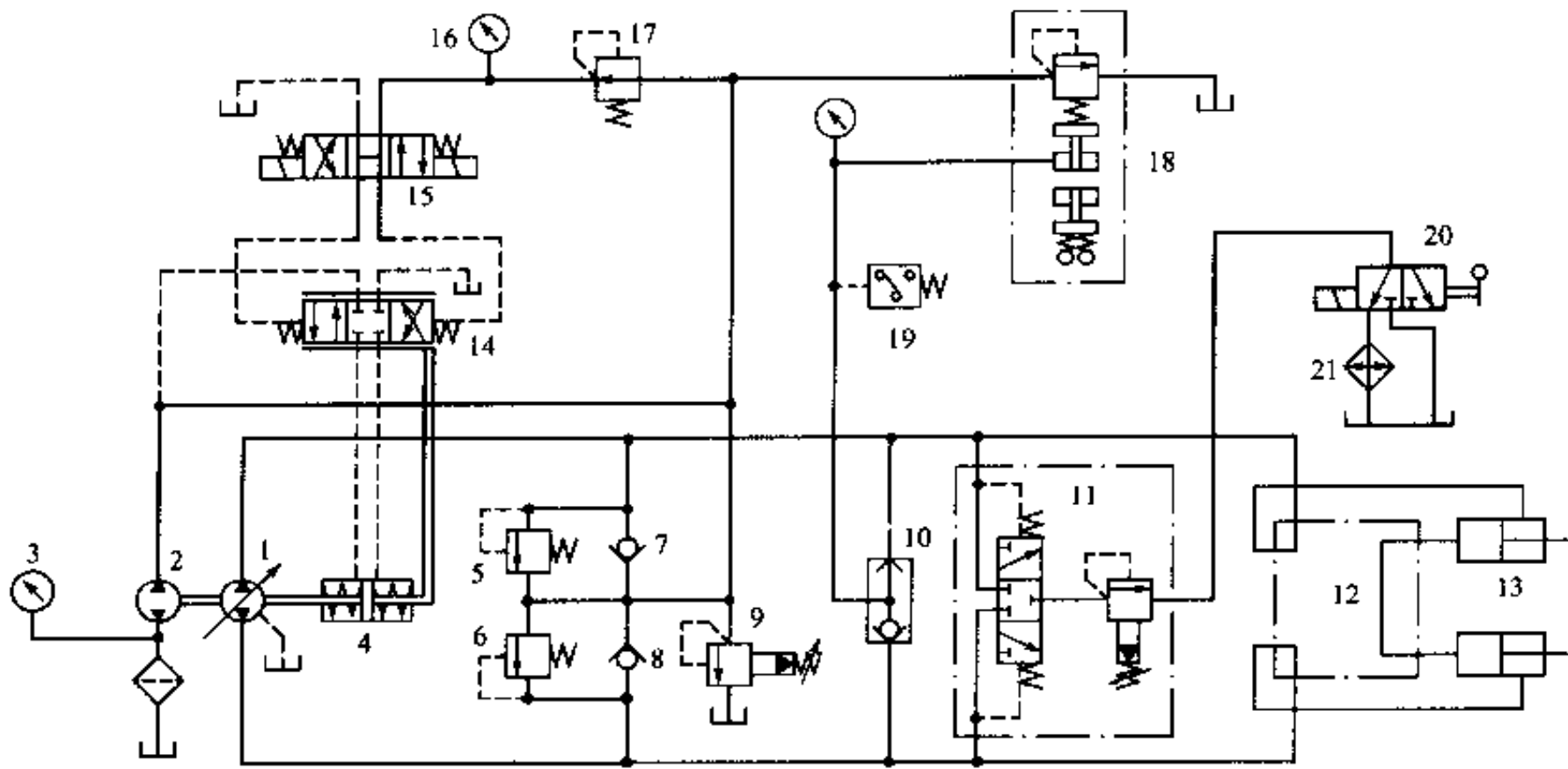


图 7-21 混凝土泵主油路系统原理图

1—高压柱塞泵；2—双向定量齿轮泵；3、16—压力表；4—变量缸；5、6—溢流阀；7、8—单向阀；

9—先导式溢流阀；10—梭阀；11—冲洗阀；12—变量转换阀；13—主液压缸；14—伺服阀；

15—三位四通电磁换向阀；17—减压阀；18—恒功率阀；19—压力继电器；20—二位三通换向阀；21—冷却器

通过溢流阀 5 或 6 的单向阀 7 或 8 向主回路低压区补油；第二路流向减压阀 17，并经电磁换向阀 15 控制液压泵伺服阀 14；第三路流向伺服阀 14，阀 14 为 O 型中位机能，因而伺服缸 4 不动作，柱塞泵斜盘不向任何方向倾斜，柱塞泵不工作。当电磁换向阀 15 的任一电磁铁通电，其左位（或右位）接入回路，伺服阀 14 在控制油作用下其右位（或左位）接入回路，这样控制油经伺服阀 14 右位（或左位）作用在伺服缸右腔（或左腔）活塞上，推动柱塞泵斜盘倾斜，柱塞泵开始工作，压力油进入主液压缸，开始泵送混凝土。柱塞泵的排量大小由减压阀出口压力决定。恒功率阀 18，由与梭阀 10 回油路相连的压力继电器 4 控制，根据主油路压力的高低动作，以控制柱塞泵斜盘的倾斜角度，使柱塞泵输出油的压力  $p$  与流量  $q$  的乘积不变，实现恒功率控制。辅助泵油路系统压力由溢流阀 9 设定。变量转换阀 12 有两个转换位置：一个位置主液压缸无杆腔进油，有杆腔为闭合油路，此时推送机构以低频、高压工作；另一位置主液压缸有杆腔进油，无杆腔为闭合油路，推送机构以高频、低压工作。

2) 分配阀油路（见图 7-22）该油路的油源为定量液压泵 7，执行器为柱塞缸 29。卸荷阀 4 与蓄能器 2 一起，可以实现系统保压而液压泵卸荷。液压泵 7 的压力油经过卸荷阀 4 到蓄能器 2 和电液换向阀 1，电液阀的液动滑阀机能为 O 型，当电磁导阀不通电时，换向阀各油口被封堵，液压泵向系统供油，在电液换向阀未动作的情况下，压力油首先注入蓄能器 2，蓄能器内的压力上升到设定的额定值时，卸荷阀 4 开启，液压泵 7 卸载，油液流向图 7-21 中，与主油路辅助泵的油液汇合。由于卸荷溢流阀 4 内的单向阀作用，系统高压油不会倒流，因此蓄能器起着保压作用，维持卸荷阀 4 的开启状态，液压泵 7 稳定卸荷。电液换向阀通电时，换向阀动作，蓄能器 2 的压力油迅速释放，进入分配阀液压缸 9 的柱塞快速动作。蓄能器内压力油被消耗后系统压力下降，卸荷阀 4 停止溢流，液压泵 7 又向系统供油，直至油压升高到设定值。停止工作时必须打开截止阀 5，使蓄能器压力油释放。

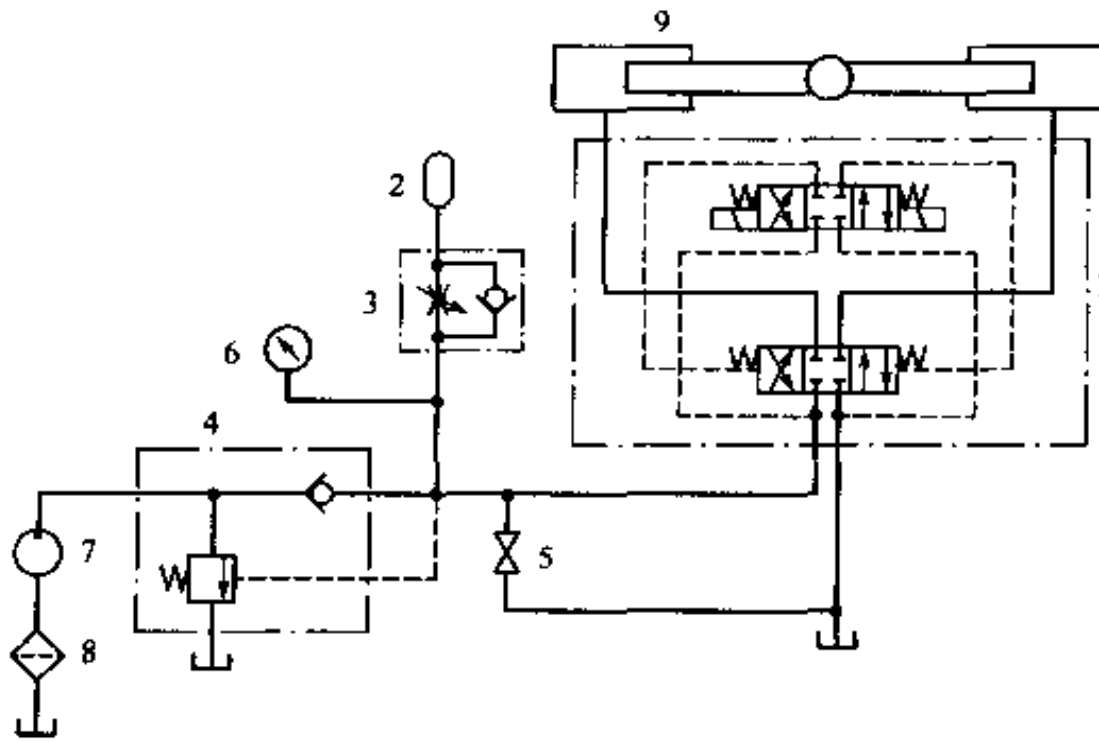


图 7-22 混凝土泵分配阀油路原理图

1—电液换向阀；2—蓄能器；3—单向节流阀；4—卸荷阀；5—截止阀；  
6—压力表；7—液压泵；8—过滤器；9—液压缸

3) 搅拌油路（见图 7-23）回路的油源为定量液压泵（齿轮泵）1，执行器为双向定量液压马达 11。系统压力由组合阀（点划线框内部分）内的溢流阀 2 设定。若手动换向阀 3 处于图示位置（左位），在电动机启动后，泵 1 输出的压力油分为两路：一路流向手动换向阀 3 的主油路；另一路进入控制油路 I，流向液动换向阀 4。在阀心弹簧作用下，阀 4 的右位（图示位置）与控制油路 I 接通，压力油流向液动换向阀 5 的左侧，推动阀心右移，使阀 5 的左位（图示位置）与主油路接通。流过阀 5 的液压油又分为两路：一路流向液压马达左

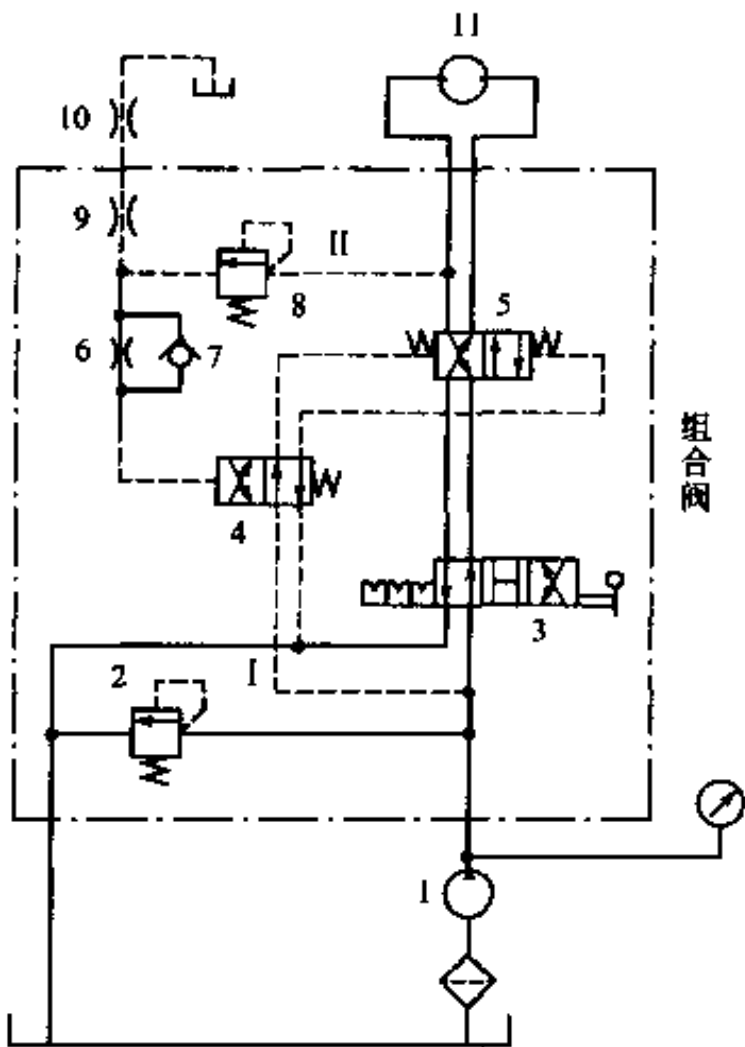


图 7-23 混凝土泵搅拌油路原理图

1—液压泵；2、8—溢流阀；3—三位四通手动换向阀；4、5—二位四通液动换向阀；6、9、10—节流阀；7—单向阀；11—液压马达

侧，推动液压马达旋转，带动搅拌装置对进入料斗内的混凝土进行二次搅拌，另一路流向支路 II。在泵送作业中，料斗内的搅拌叶片会被混凝土中的粗骨料卡住使搅拌负载上升，搅拌油路系统压力升高，当压力升高到超过溢流阀 8 的设定值时，溢流阀开启，压力油经单向阀 7 进到换向阀 4 的控制油腔，推动阀心向右，使阀的左位与控制油路接通，改变压力油流动方向，原来的回油路成为进油路，而使液压马达反转，使卡住搅拌叶片的骨料脱落。由于原来的进油路此时转为回油路，油压迅速下降，支路 II 的压力随之下落，导致溢流阀 8 关闭，换向阀 4 的液控腔失压，阀心在复位弹簧的作用下复位，但其控制油腔的液压油经单向阀 7 的并联支路返回油箱时，由于节流阀 6、9、10 的作用，使阀 4 的复位有一延时的过程以控制搅拌轴适当的反转时间。阀 4 一旦复位，换向阀 5 随之复位，液压马达又开始正转，带动搅拌轴对料斗内混凝土进行搅拌。通过手动换向阀可以排除叶片卡料引起的故障，以保证混凝土泵的正常工

## 7.3.4 液压锤系统

## (1) 液压锤功能结构

液压锤是用于建筑、码头等桩基础施工的预制桩施工机械设备，其冲击原理是以液压油作为主要工作介质，依靠液压能上举锤头，然后快速放油，或同时反向供油使锤头快速下降，打击桩帽。HH357 液压锤是从英国引进的产品，其主要性能指标为，冲击频率 40 次/min；冲击能量 36~108kN·m；冲击行程 0.2~1.2m；可配挂冲击质量 3t、5t、7t、9t。

## (2) 液压系统及其工作原理

该液压锤的液压系统为开式、负载传感系统，图 7-24 所示为系统原理图。该液压系统的执行器为锤头提升液压缸 1，油源为 A7V107 比例变量柱塞泵（德国力士乐公司产品）4，通过调节泵的排量来改变系统的流量，以满足施工地质情况对冲击能量和频率的不同要求。采用电磁溢流阀 7 进行压力调节和卸荷。泵 4 采用卡特皮勒公司的柴油机（额定功率为 123kW）驱动，柴油机的怠速、正常运转都是通过电子装置进行操作。冷却器 15 用于系统的温度控制。系统中设有二位四通电液换向阀 8 和二位四通液控换向导阀 2，用于控制液压缸 1 的运动方向并通断辅助动力源——高、低压蓄能器 10、9。

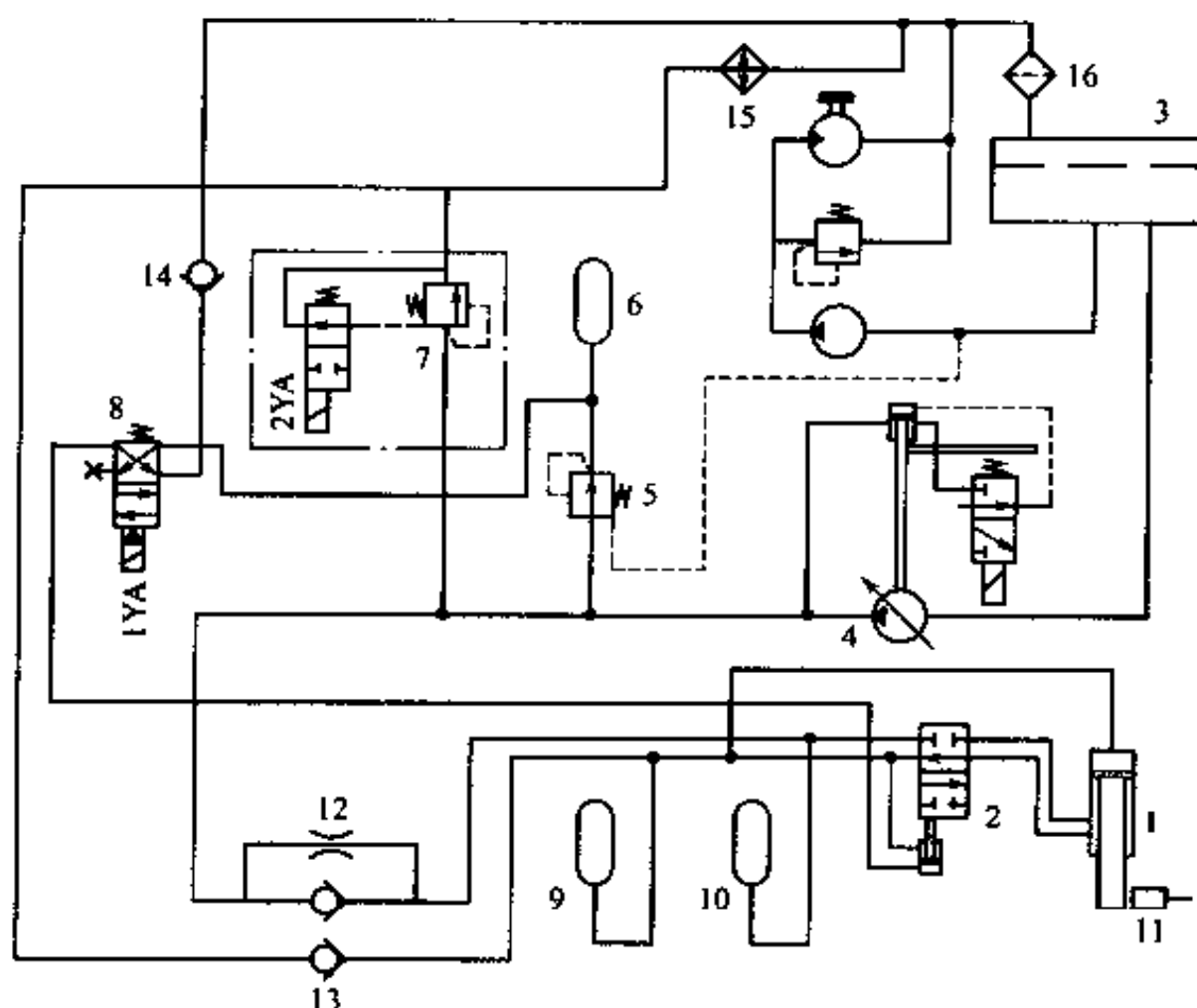


图 7-24 液压锤系统原理图

- 1—锤头提升液压缸；2—二位四通液控换向导阀；3—油箱；4—比例变量柱塞泵；5—减压阀；  
6—蓄能器；7—电磁溢流阀；8—二位四通电液换向阀；9—低压蓄能器；10—高压蓄能器；  
11—接近开关；12—节流器；13、14—单向阀过滤器；15—冷却器；16—过滤器

系统的冲击循环原理如下。

启动柴油机使变量泵开始工作，电磁铁 2YA 通电使阀 7 中的换向阀切换至下位，液压泵由卸荷转为升压供油状态，按动手动开关使电磁铁 2YA 通电使电液换向阀 8 切换至下位，一路压力油经减压阀 5、电液换向阀 8，进入液控换向导阀 2 的下腔，使阀 2 上移切换至下



位，将主回路与锤头提升缸 1 的有杆腔接通；同时另一路液压油经节流器 12、阀 2 进入锤头提升缸 1 的有杆腔，液压缸 1 的活塞上移，提起重量。而无杆腔的油液被压入回油管路，同时低压蓄能器 9 开始蓄能。

当锤头提升缸 1 的活塞上移到缸顶部后，接近开关 11 发信使电磁铁 1YA 断电，接向阀 8 复至上位，阀 2 的控制油被中断，其油液经电液接向阀 8、单向阀 14 和过滤器 16 排回油箱 3；并使阀 2 在低压蓄能器 9 的压力作用下下移，使锤头提升缸 1 的有杆腔与回油管路、无杆腔接通。主回路液压油被切断，高压蓄能器 10 继续蓄能（系统压力高于提升锤头需要的油液工作压力 2~3MPa），锤头提升缸 1 的活塞在锤头惯性作用下，继续上升至与地球引力平衡为止（上升的高度取决于锤头自重和运行速度）。同时高压蓄能器补油，低压油从无杆腔回到有杆腔，过量的油液进入回油管路和低压蓄能器。

当锤头上升平衡后，由于地球引力的作用，锤头开始自由下落。下降到设定行程后，接近开关使电磁铁 2YA 通电，电液换向阀 8 切换至下位，液压泵 4 的压力油一路经减压阀 5、换向阀 8 再次进入阀 2 的下腔使阀 2 上移，将锤头提升缸 1 的两腔再次断开，形成大小两腔；另一路压力油与高压蓄能器（降压）快速释放的液压油一并进入液压缸有杆腔，使液压缸活塞快速上行，锤头被重新提起。

重复上述动作，使锤头连续不断地进行工作。第二次比第一次提升速度更快，因为此时高压蓄能器快速释放其内部储存的高压液压油。

### (3) 技术特点

1) 系统采用比例变量泵供油，并采用多个接近开关，可以任意调整冲击行程和冲击次数，能够适应不同的地质状况；通过接近开关发出的信号，操作人员可随时观察液压系统的工作情况。

2) 液压缸采用二位四通液控先导阀控制，以利用系统中的高、低压蓄能器的辅助动力，充分利用了系统中的功率，动作灵敏。

3) 系统所有控制阀均采用电磁开关或电液阀，完全实现操作自动化；液压元件在液压站和锤头上布置较为合理，维修方便。

4) 将能量监视器与操作遥控箱相连，可直接显示锤头的锤击力以及预制桩的进桩量，遥控箱可将打桩数据传送到计算机上，并可打印出整个打桩过程的有关数据，包括日期、桩号、锤击数、桩深、平均能耗、打桩时间和锤击频率等。

5) 本液压锤具有结构简单、体积小、打击力大、排油迅速、易于控制、性能稳定、动作准确、操作简便、效率高的优点。

## 7.3.5 新型冲击式液压碎石器

### (1) 功能结构

移动式冲击式液压碎石器是安装在液压挖掘机或铲运机上用于夯土、破碎岩石等工作的机械，对液压挖掘机的液压系统稍加改造，便可使液压挖掘机有破碎大块岩石的功能，可广泛用于采矿、建筑、冶金、水利等工程中。

根据岩石破碎理论，为了保证顺利破碎岩石，碎石器的冲击能必须大于其最低冲击能的要求。如何方便的实现冲击能和冲击频率的调节，提高生产率，降低能耗是液压冲击碎石器发展中亟待解决的问题。新型液压冲击碎石器突破液压冲击器传统的行程反馈原理的工作方式，采用压力反馈控制原理的工作方式，打破了冲击力与供油流量的平方成正比的关系，实

现冲击力和供油流量的独立无级调节控制，从而达到独立无级调节控制液压碎石器工作性能参数的目的。

(2) 液压冲击碎石器的结构与原理

图 7-25 所示为液压冲击碎石器的系统原理图，其动力油源为变量泵 11；高速开关阀 8 作二通插装阀 7 的先导阀；系统的执行器为由冲击活塞 1 与缸体 2 形成 4 个容腔的冲击缸（带动镐钎完成碎石工作），4 个容腔分别为缸体前部开有油口 I 的常高压前腔 a，能连通冲程反馈信号孔 II 和油口 III 的常低压腔 b，开有油口 IV 的可变压力后腔 c 及密闭氮气室 3。冲击缸的往复运动由配油阀控制。冲击缸的常高压腔 a 经油口 I 及油路与配油阀心 9 的常高压腔 e 和供油泵 11 输出的高压油 P 相通，油源通道上设有高压蓄能器 5。回油口 II 由油路与配油阀的推阀腔 d 相通，油口 III 由油路与配油阀的常低压腔 g 和回油口 O 相通，并在回油通道上设有回油蓄能器 6。冲程末了时，活塞端面 B 越过油口 II，油腔 b 把冲程反馈信号孔 II 和油口 III 连通。缸体后部的后腔 c 经油口 IV 及油路与配油阀的变压腔 f 相通。液压冲击碎石器动作为一定频率下的回程和冲程，其原理如下。

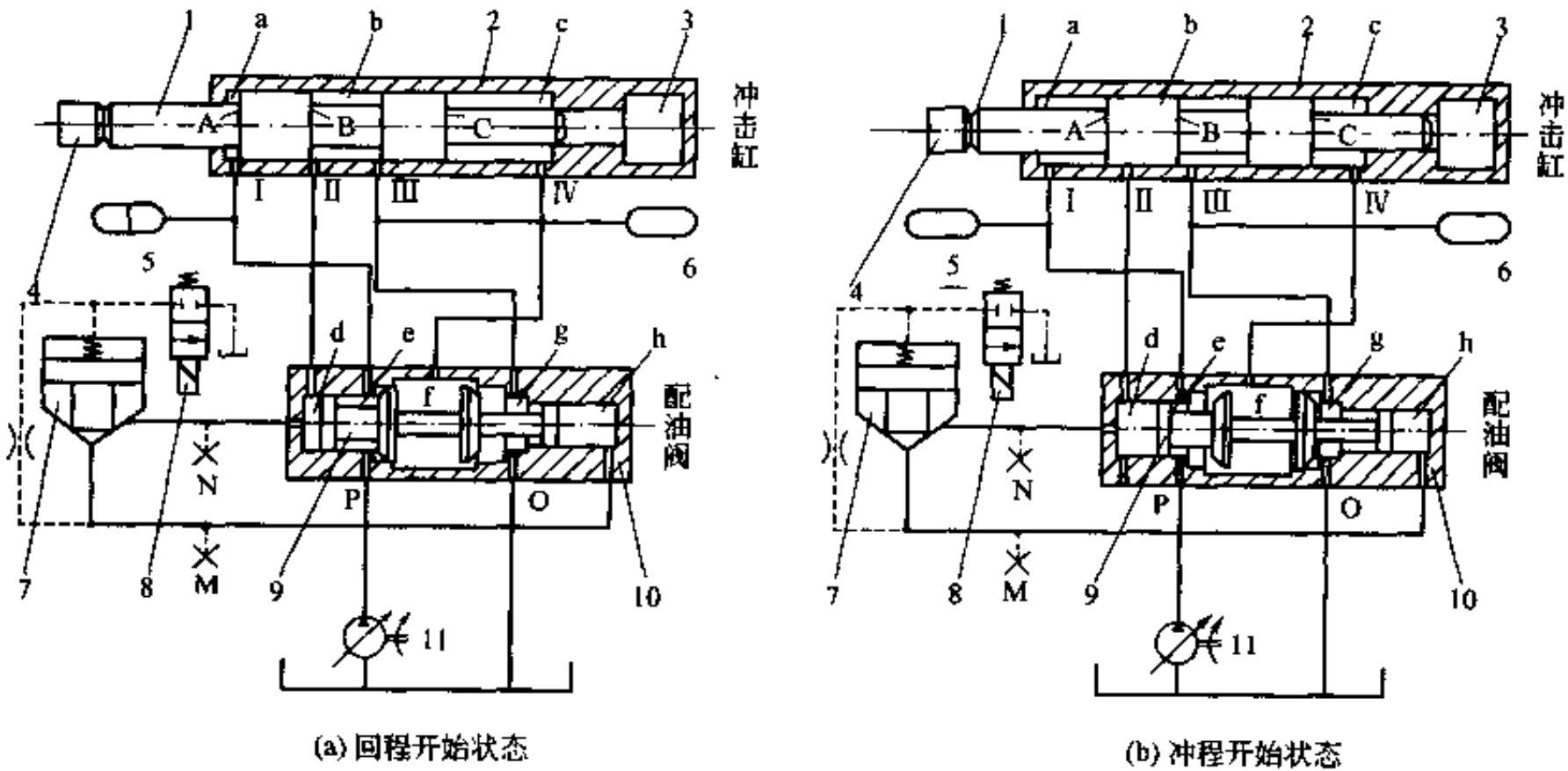


图 7-25 液压冲击碎石器的工作原理

1—冲击活塞；2—缸筒；3—氮气室；4—镐钎；5—高压蓄能器；6—回油蓄能器；  
7—二通插装阀；8—高速开关阀；9—配油阀心；10—阀体；11—液压泵

1) 回程 图 7-25 (a) 所示为回程开始状态的原理图，此时活塞已完成了一次冲击，且阀已换向，整个系统处于回程开始状态。此时配油阀的推阀腔 d 通过缸的油口 II 和油口 III 已与回油口 O 相通，而推阀腔 h 经油路和阀心中心的孔道始终与高压油 P 相通，阀心 9 在 h 腔高压油作用下处于图示的左端位置，高压油 P 经配油阀的高压腔 e、缸的油口 I 与活塞前腔 a 相通，而缸的后腔 c 则通过油口 IV 经阀的变压腔 f、低压腔 g 与回油口 O 连通，故活塞 1 在前腔 a 中压力油的作用下向右开始回程，同时压缩氮气室 3，高压蓄能器 5 充油；随着回程增加，氮气室 3 压缩量增大，其压力升高，系统压力随之升高。当压力升高到调定值时，高速开关阀 8 的电磁铁通电，阀 8 切换至下位，从而使得二通插装阀 7 开启，高压油进入推阀腔 d 中，因 d 腔作用面积大于 h 腔作用面积，阀心在压力差作用下迅速向右作回程换向运动，阀的控制变压腔 f 与高压腔 e 连通，这样活塞前、后腔均与高压油相通，形成差动

连接，活塞回程，加速阶段结束。尽管活塞后腔作用面积大于前腔作用面积，以及氮气压力作用，此时活塞因惯性作用将继续向右运动，只不过作减速运动，直到速度为零，完成整个回程动作。综上所述，活塞回程包括回程加速和回程减速两阶段。

2) 冲程 活塞回程结束，为冲程作好了准备，冲程开始时整个油路状态如图 7-25 (b) 所示，它与回程减速阶段一样。阀心 9 在油液压力差作用下仍处于右位，缸的活塞前、后腔均与高压油 P 相通，保持差动连接。活塞 1 在压力差及氮气膨胀作用下向左加速运动，开始冲程。冲程加速后期，速度很高，需要油液流量大，系统压力降低，高压蓄能器 5 排出大量油液补充到后腔中。当活塞端面 B 越过冲程换向反馈信号口 II 时，推阀腔 d 经油口 II、油口 III 与回油口 O 沟通，失去高压，高速开关阀 8 断开，二通插装阀 7 关闭，阀心在 b 腔高压油作用下迅速向左作冲程换向运动，随即活塞 1 冲击镐钎 4，冲程结束。冲击器又恢复到回程初始状态，重新开始下一循环回程运动。

系统中的高速开关阀 8 为一种可高频 (100~200Hz) 工作的电磁阀，其控制方式为脉宽调制 (PWM)。利用计算机控制高速开关阀的通断时间比 (通调率) 可连续地控制锥阀上腔压力，从而控制锥阀启闭。

系统工作中，M、N 点的压力由压力传感器采集并送至计算机与设定值  $\beta$  比较，从而判断是否调整高速开关阀的通调率，以打开或关闭锥阀。M 点的压力在冲击缸回程过程中，由于氮气室和高压蓄能器的存在不断升高，当达到某一设定值时，在计算机的控制下锥阀打开，实现冲程运动。其冲击能量的大小与回程位置有关，并反映到 M 点压力值上。M 点冲程压力设定值高 (可无级调节)，冲击能大，反之，则冲击能小。冲程时当 N 点压力降到回油压力时，在计算机控制下，可关闭锥阀实现回程运动。冲击器的冲击频率可通过控制泵供给冲击系统流量实行无级调节控制，流量大时冲击频率高，反之，冲击频率低。依据上述原理可实现冲击器冲击能与冲击频率的独立无级调节控制。如果  $\beta$  值调节得过大，系统回程压力升高却又不能打开二通插装阀 7 时，活塞仍旧回程。当回程继续到活塞端面 A 越过信号孔 II 时，压力油就会经缸的前腔 a 及油口 I 进入到推阀腔 d 中，从而使阀心向右作回程换向运动，活塞后腔 c 通高压油，活塞回程减速，然后进行冲程运动。这样就可限制系统冲击压力过高，避免冲击行程过长、冲击能过大而导致机器损坏。这种控制原理，在冲击系统压力越高时活塞行程越长，冲击系统压力越低时活塞行程越短；与恒功率多挡液压凿岩机冲击器的行程长时冲击系统压力低，行程短时冲击系统压力高的控制原理完全不同。

### (3) 技术特点

液压冲击碎石器具有如下技术优势。

- 1) 高液压，可使碎石器具有很高的冲击力，工作性能良好。
- 2) 能和主机一起自行行走，机动性较好。
- 3) 具有较低的工作噪声，从根本上改善了工程施工，特别是市政建设中的环境保护问题。
- 4) 能在操作者难以到达的工作场所进行作业，工作适应性好。
- 5) 封闭的液压系统避免了杂质的侵入，降低了工作件的磨损，工作可靠性高。
- 6) 改善了操作者的工作条件。

基于压力反馈控制式工作原理的新型液压冲击器能独立无级调节控制冲击能与冲击频率，突破了传统的行程反馈控制式工作原理的液压冲击器冲击能与冲击频率不能独立无级调节的缺陷，形成了一套新的液压冲击器工作原理，根据这种工作原理设计出的新型液压碎石

机能适应各种工况要求, 能耗低, 生产效益高。此类碎石机在较低流量时, 冲击频率可调节得很低, 而冲击能可调节得很大, 冲击功率也不会太大, 有利于减小装机容量, 减少机器造价, 便于液压碎石器的推广使用。

### 7.3.6 槽铝式中空玻璃门窗丁基胶涂布机液压系统

#### (1) 主机功能结构

丁基胶涂布机是槽铝式中空玻璃门窗生产工艺中的专用液压设备, 其功能是将丁基胶加热至  $110\sim 140^{\circ}\text{C}$  的半流动状态, 在  $12\sim 15\text{MPa}$  压力下加压挤出并均匀涂在铝隔条两侧中部, 实现密封。工艺要求丁基胶涂布均匀, 不出现断流, 以保证制品的性能。

#### (2) 液压系统及其工作原理

丁基胶涂布机液压系统原理图如图 7-26 所示。系统的油源为定量液压泵 1, 其工作压力由溢流阀 2 设定; 单向阀 3 用于防止压力油倒灌。执行器为液压缸 7, 其活塞杆左端同一水平线上装有丁基胶缸 8 的活塞, 液压缸的运动由 K 型中位机能的三位四通电磁换向阀 4、蓄能器 6、电接点压力表 5 控制。

系统的工作原理如下。

当电磁铁 1YA 通电时, 阀 4 切换至左位, 液压泵 1 的压力油经单向阀 3、换向阀 4 进入液压缸 7 的无杆腔, 液压缸的活塞杆带动丁基胶缸 8 的活塞一并向左运动, 挤出丁基胶进行涂胶。当液压缸无杆腔压力上升至电接点压力表 5 的上限值时, 压力表触点发信, 使电磁铁 1YA 断电, 换向阀 4 复至中位, 同时液压泵关闭, 液压缸的有杆腔回油, 液压缸的活塞由蓄能器的压力继续维持向右运动, 使丁基胶均匀且不断流。如果液压缸无杆腔压力下降到电接触压力表设定的下限值, 则 1YA 又通电, 液压泵再次向系统供油, 使无杆腔压力上升, 从而使液压缸的压力保持在要求的工作范围内。当液压缸活塞前进到达预定位置时, 电磁铁 2YA 通电, 换向阀 4 切换至右位, 液压缸向右运动, 活塞杆退回。

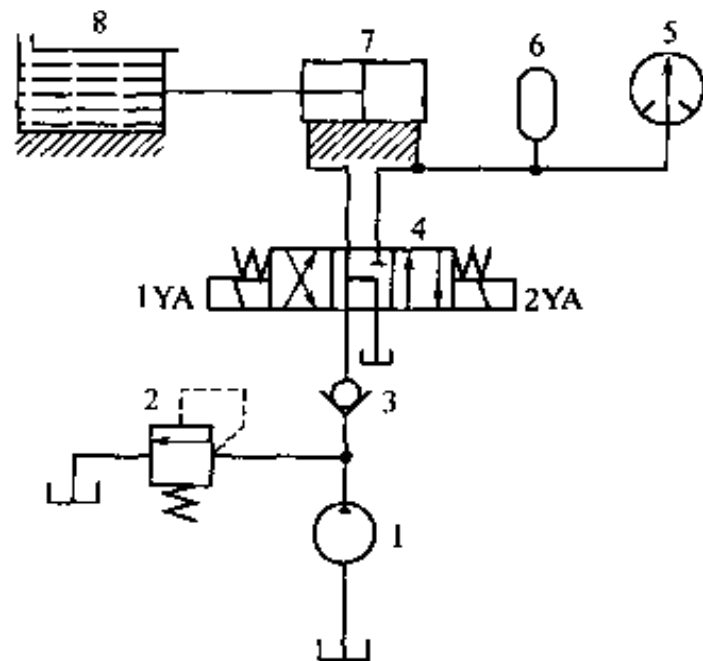


图 7-26 丁基胶涂布机液压系统原理图

1—定量液压泵; 2—溢流阀; 3—单向阀;  
4—三位四通电磁换向阀; 5—电接点压力表;  
6—蓄能器; 7—液压缸; 8—丁基胶缸

#### (3) 液压系统技术特点

- 1) 采用定量泵供油, 蓄能器保压; 保压期间, 通过换向阀的 K 型中位机能, 实现液压缸有杆腔回油, 蓄能器的压力维持缸的运动。
- 2) 利用单向阀防止蓄能器高压油倒流引起的液压泵反转现象。
- 3) 液压系统组成元件少, 结构简单, 满足了主机的工作要求, 且性能稳定可靠。

### 7.3.7 低空间落锤式自动打桩机液压系统

#### (1) 主机功能结构

本机器用于在现有建筑物低空间内打桩, 以满足现有建筑物加高、地基加固、纠偏扶正等施工需要。该机采用液压传动。该机(见图 7-27)主要由枕木、导轨、自动夹紧装置、机架、提锤液压缸、桩锤、自动挂钩机构、滑轮、电葫芦、接近开关、滑架及其升降液压缸、桩帽、分段式预制水泥桩及液压站等组成。

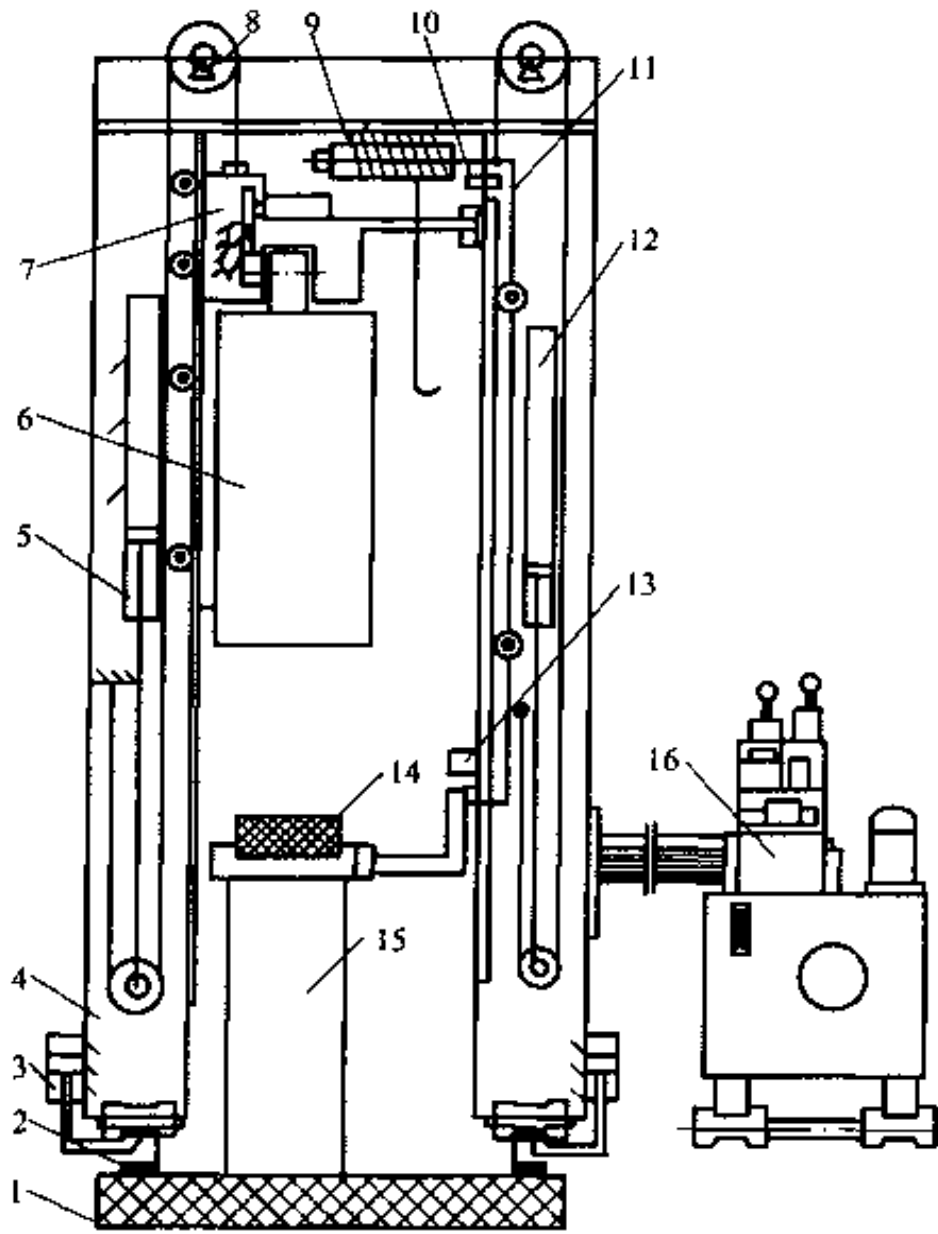


图 7-27 自动打桩机的结构示意图

1—枕木；2—槽钢导轨；3—夹紧装置；4—机架；5—提锤液压缸；6—桩锤；7—自动挂钩机构；8—滑轮；9—电葫芦；10、13—接近开关；11—滑架；12—滑架升降液压缸；14—桩帽；15—预制水泥桩；16—液压站

打桩机作业时，首先，应整体移动打桩机并夹紧。根据打桩现场的桩位布局，预先用枕木 1 和槽钢铺设一段简易导轨 2，并将打桩机组装在导轨上，使自动夹紧装置 3 处于松开状态，然后用人力将整机移至需要打桩的位置，在移动过程中松开的夹紧装置仍能起保护作用，用以防止整机移动过程中可能出现的倾翻现象；当将打桩机准确地移动到需要打桩的新桩位时，通过液压系统使夹紧装置将打桩机紧紧地固定在导轨上，以保证打桩机能正常工作。然后，进行桩机的调整。当桩机在新的桩位被固定好后，用液压站操纵液压缸 5，经自动挂钩机构 7，将桩锤 6 提升到某一高度；然后通过液压缸 12 驱动，使自动打桩滑架 11 上升到一合适位置，并调整滑架 11 上的接近开关 10 和 13 以确定桩锤 6 的提锤高度和打桩行程；通过电葫芦 9 将一预制水泥桩 15 调入桩位，并放下滑架 11 使桩帽 14 完全落在桩 15 上。在完成了上述工作后，即可开始自动打桩。

自动打桩的过程如下：当提锤缸 5 通过机构 7 等将桩锤提升至要求的高度时，装在自动挂钩 7 上的位置测量杆逼近装在滑架 11 上的接近开关 10 时发信，使安装在自动挂钩 7 上的电磁铁 7YA 通电以克服弹簧力的作用实现自动挂钩 7 与桩锤 6 自动脱钩，桩锤沿着滑道以接近于自由落体运动的速度进行打桩，与此同时缸 5 也开始反向运动，使自动挂钩 7 也向下运动，由于自动挂钩 7 向下运动的速度低于 6 的准自由落体运动，所以当 7 接近 6 时，6 已完成了打桩运动，并停留在桩帽 14 上；此刻 7 继续向下运动，当 7 与 6 将要接触时，7 上的测量杆也与装在滑架 11 上的接近开关 13 接近，13 发信使自动挂钩 7 上的电磁铁 7YA 断电，在弹力的作用下实现 7 与 6 自动挂接，并使缸 5 再次向上运动，实现再次的提锤运动。另外，由于滑架与桩帽是固连的，所以当桩帽随着桩锤的锤击与桩一起下移时，滑架也跟随桩帽一起下移，以保证桩锤的有效行程和打桩的自动进行。当一根预制桩打完后，采用接桩的方法再重复上面的过程，直至达到预定的打桩要求。

在将桩机移到新桩位前，应把桩锤和滑架放到最低位置，以降低整机的重心，然后再移动桩机，当全部的打桩结束后，可将整机拆成三件搬运出施工场地。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 7-28 所示为打桩机的液压系统原理图，系统的执行器为夹紧液压缸（2 个）10、提锤液压缸 11 和滑架升降液压缸 14。夹紧缸 10 采用双联齿轮泵中的小排量泵 2 供油，泵 2 的压力由溢流阀 4 设定并由压力表 6 显示，缸 10 的换向由二位四通电磁换向阀 8 控制，压力



继电器 9 起安全保护作用，实现压力互锁，即只有在打桩机被夹紧后，才能正常工作；单向阀 5 用于短时间保压以防因液压系统的压力突然降低而使夹紧装置失去作用。缸 11 和 14 合用双联齿轮泵中的大排量泵 3 供油，泵 3 的压力和卸荷由电磁溢流阀设定和控制，缸 11 和 14 的换向分别由三位四通电磁换向阀 13 和 15 控制，单向顺序阀用于缸 11 的平衡，确保在提锤的过程中桩锤能在任意位置停住。

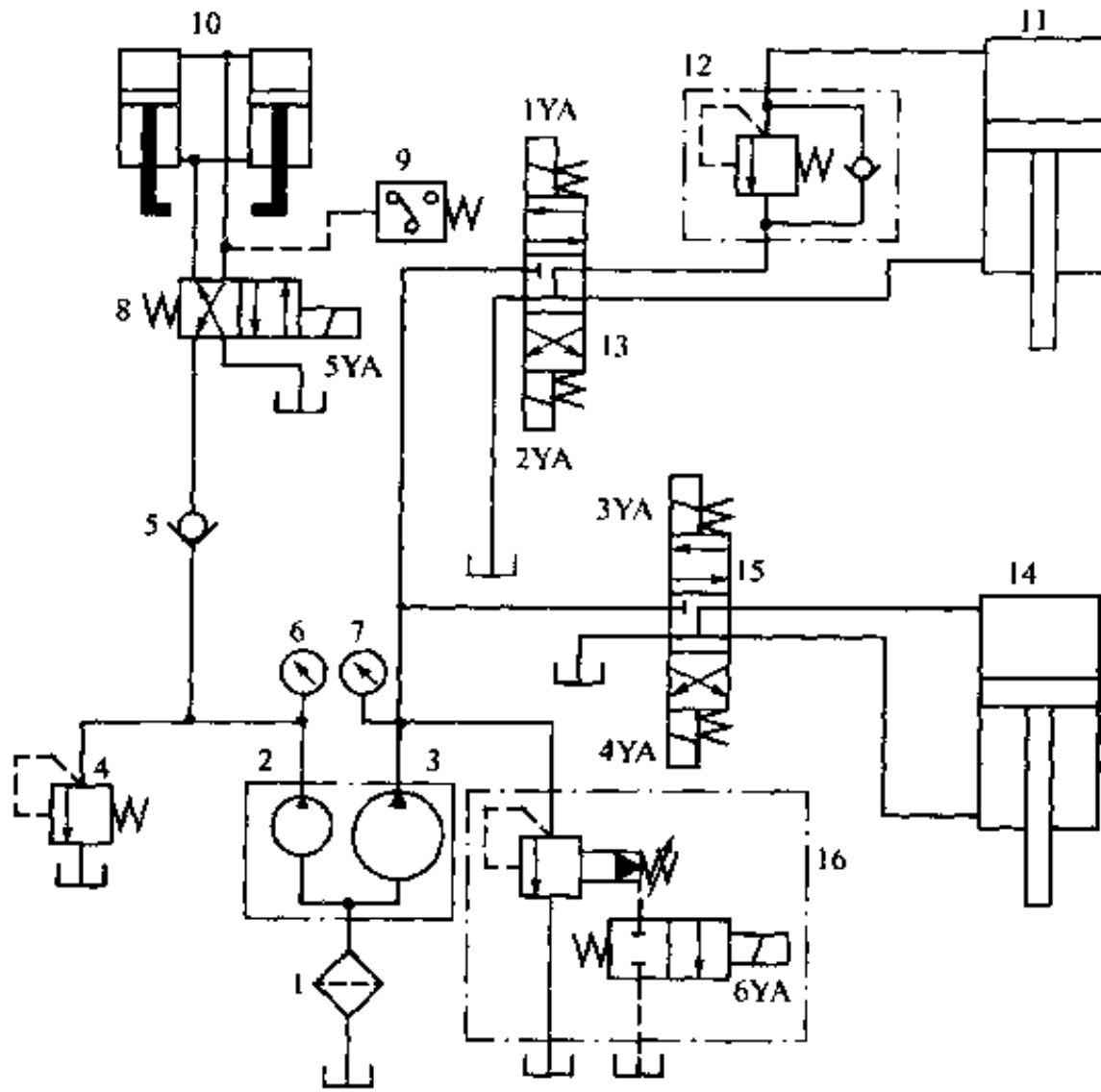


图 7-28 自动打桩机液压系统原理图

1—过滤器；2—小排量泵；3—大排量泵；4—溢流阀；5—单向阀；6、7—压力表；8—二位四通电磁换向阀；9—压力继电器；10—夹持液压缸；11—提锤液压缸；12—单向顺序阀；13、15—三位四通电磁换向阀；14—滑架升降液压缸；16—电磁溢流阀

液压系统的主要工作过程及原理如下。

当打桩机移到一个新的桩位时，按下夹紧按钮，电磁铁 5YA 通电使换向阀 8 切换至右位，泵 2 的压力油经单向阀 5、换向阀 8 进入夹持液压缸 10 的有杆腔，带动两套夹持装置将打桩机牢牢的夹在导轨上，夹持力大小取决于溢流阀 4 的设定值。当夹持缸回路的压力升至压力继电器 9 的设定值时发信，即可使泵 3 升压，缸 14 和 11 投入工作。当电磁铁 3YA 和 4YA 均不通电时，换向阀 15 处于中位，利用其 Y 型中位机能使缸 14 处于浮动状态，以满足打桩时滑架随桩帽一起下落的工作要求。当调整桩锤的工作位置时，采用点动方式使阀 13 中的电磁铁 1YA 通电，实现缸 11 的点动提锤；当自动打桩时，由装在自动滑架上的两个接近开关 10 和 13（参见图 7-27）发出的电信号来控制电磁铁 1YA 或 2YA 的通电状态，以实现缸 11 的自动往复运动，自动往复运动的行程由接近开关 11 和 13 两者之间的距离来确定。由液压系统的电磁铁动作顺序表（见表 7-7）容易分析了解各工况下的油液流动路线。

### (3) 技术特点

1) 该打桩机采用双泵双回路液压系统，在满足液压系统工作的供油需求的同时，保证



表 7-7 液压系统的电磁铁动作顺序

工 况	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA
夹紧					+		
点动调整	+(-)	-(+)			+		
滑架提升			+		+		
滑架下落				+	+		
滑架浮动					-(+)	+(-)	-(+)
提锤	+				+		
落锤					+		+
挂钩下落		+			+		+
挂钩挂锤	+						
松开停止							

注：1. 表中+（-）或-（+）表示交替通断电，其余+表示通电，空白表示断电。  
 2. 7YA 表示自动挂钩上的电磁铁。  
 3. 除松开停止阶段，其他工况，压力继电器始终通电。

了系统功率的均衡使用；通过电磁溢流阀可使液压系统在间歇阶段卸荷，减少了液压系统的功率损失和发热，提高了液压系统及整机的技术经济性能。

2) 为了减少液压系统的泄漏，提高防尘能力，在结构上液压泵采用倒灌方式安装；液压控制元件采用块式集成和连接方式，结构紧凑，外形美观，便于使用维护；液压系统与主机之间采用高压软管连接，便于安装与拆卸，当主机在导轨上移动时，液压站也在导轨上跟随其一起移动，此时，两者之间的连接管道不必拆开。

3) 该打桩机能够拆装组合，便于在一般的建筑物门内通过；机器在建筑物的有效空间内能正常工作，打桩过程安全可靠、自动进行、操纵简便；整机在交换桩位的过程中移动轻便安全、快速准确、工效较高。

4) 该机结构简单、直接选用标准液压元件组成传动系统，制造容易，成本低廉，不仅可在建筑行业使用，而且其原理可推广至大型打桩机中。

(4) 技术参数（见表 7-8）

表 7-8 打桩机及其液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
主机	整机外形尺寸	1.5×0.5×3
	整机重量	16
	预制桩尺寸	0.3×0.3×1.5
	桩锤重量	13
	提锤高度	1~1.5
	提锤速度	≤0.5
	打桩频率	6~10
液压系统	压力	10
	功率	4

## 第8章 工程机械与农林牧机械液压系统

### 8.1 概述

工程机械广泛用于建筑、矿山、水电、交通、能源和国防建设的施工作业。除了传统的已经使用液压技术多年的挖掘机、装载机、推土机等工程机械外，国内近年来研制和使用大量的液压工程机械设备，例如沥青道路修补车、重型挂车及高空作业车辆、道路剐冰清雪机、冲击压路机、穿孔机器人等。这些机械设备应用了液压技术传递功率大、体积小、结构简单、易于进行过载保护和远距离遥控操纵等优点并采用计算机电液控制技术，使得工程机械的技术水平和作业效率以及安全可靠、舒适性和适应性大大提高。

液压技术已成为农业、林业和畜牧业机械现代化的重要手段。除了很早就采用液压技术的拖拉机外，液压技术在联合收割机及青饲料切割机的操纵、转向、驱动系统，林木球果采集机器人、机械手的操纵控制系统，饲料压块机控制系统中获得了广泛应用。从而，提高了农林牧机械的作业效率和质量，减少了物料损失和能耗。

本章介绍工程机械与农林牧机械领域设计和使用的18例液压传动与控制系统。

### 8.2 工程机械液压系统

#### 8.2.1 沥青道路修补车电液比例系统

##### (1) 主机功能结构

沥青道路修补专用车是一台沥青路面养护设备，通过车载加热板对沥青道路路面进行加热使之再生（即软化至适合滚压的温度但又不引起沥青燃烧），以完成道路路面的修补工作。该设备在不同季节都具有重新加热新的或再生沥青料完成路面修补养护的能力。该车由原有车辆改装而成，操作者可以在车旁通过控制盒有线遥控驾驶，实现整车的进退、转向、制动（见图8-1）；车前装有小型压路机2（由抬举机构1升降），车尾装有加热板9、耙爪8（用于耙松加热过的沥青坑洞）、螺旋输送机10等部件，车的中部上下设有燃料罐4、鼓风机5、储料仓6及废料箱11等部件。其中加热板9是该车的主要工作部件之一，它以液化丙烷为燃料的热辐射加热沥青路面加热，加热温度及时间可调，加热板容易对准待修补的坑洞，加热板可以左右横移、垂直升降和旋转（45°），以对准要修补的路面坑洞。沥青储料仓6设有温控加热的V形隔热斗，通过液压缸驱动打开料仓门7进行装料，通过螺旋输送装置将加热的沥青温合料输送至加热板上的螺旋输送机11的延伸部分。整车的行走机构和转向机构

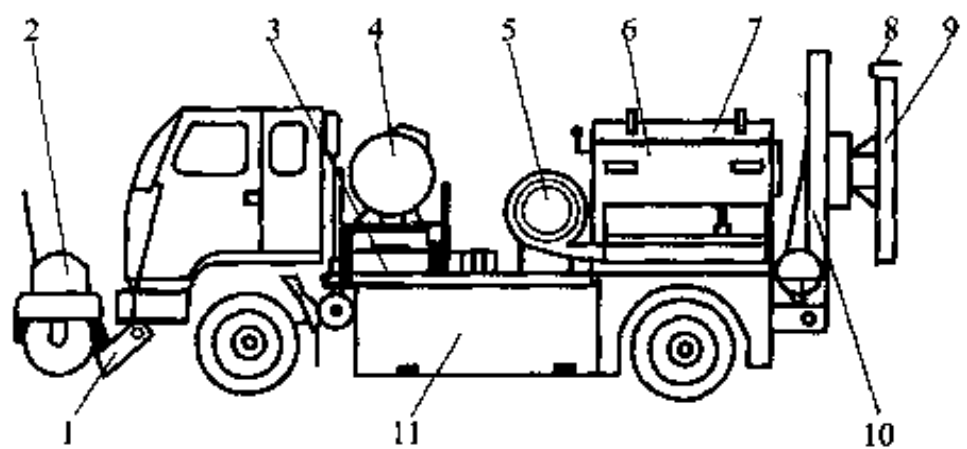


图 8-1 沥青道路修补车结构示意图

- 1—抬举机构；2—压路机；3—乳化沥青容器；4—燃料罐；  
5—鼓风机；6—储料仓；7—料仓门；8—耙爪；  
9—加热板；10—螺旋输送机；11—废料箱

均采用液压马达驱动，制动机构采用气动控制；加热板的横移、升降、倾斜及旋装动作分别采用各自的液压缸及液压马达驱动；耙爪 8 的动作由液压缸驱动；螺旋输送装置由液压马达驱动；压路机的抬举机构由一个液压缸驱动。废料箱的翻转和料仓门的启闭均由各自的液压缸驱动。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 8-2 所示为该修补车的电液比例控制液压系统原理图。系统由定量叶片泵 5（由汽车发动机经变速箱的取力器驱动）供油。系统的执行器有整车的行走驱动和转向液压马达 13 和 14，压路机抬举液压缸 15，料仓门液压缸 16，耙爪液压缸 17、18，废料箱液压缸 19（2 个）、螺旋输送液压马达 20、21，加热板倾斜（2 个）、横移、升降、旋转液压缸 22~25，共计 13 种动作功能的 15 个执行器。这些执行器分归并为两组并分别采用一组多路换向阀控制，即执行器 13~18 由左侧的多路换向阀 8 控制，执行器 19~25 由右侧的多路换向阀 9 控制。两组多路换向阀均为带有流量调节功能的三位六通电液比例换向阀并采用并联油路（各换向阀进油口与总的压力油路相连，各回油口与总的回油口相连），在实现方向控制的同时，可以实现各执行器的调速和几个执行器的同时动作，而阀 8 中设置的溢流阀则用于设定系统的工作压力，实现安全保护；液压泵可以经各换向阀的中位油路卸荷；4 个液压马达可通过其换向阀的 Y 型机能的中位进行补油，以防马达制动时吸空。行走驱动马达 13 油路设有溢流阀组 10，用于该马达的双向制动缓冲；立置的压路机抬举缸 15 和加热板倾斜液缸 22 采用单向顺序阀 11、12 作平衡阀用，以实现缸的位置锁定和下降限速。系统设有回油冷却器和回油过滤器，用于系统油液散热和过滤。

系统驱动修补车作业的工作原理如下。

作业时，首先将整车停在要修补的坑洞附近，工作人员通过按钮操作，经加热板倾斜缸 22 的作用，将垂直的加热板放置于水平位置；通过遥控（行走驱动液压马达 13、转向马达 14 和气动控制）驾驶、操作控制加热板的横移液压缸 23、升降液压缸 24、旋转液压缸 25，使加热板对准待补的坑洞并进行加热。当加热软化后，将车辆往前移动，同时控制耙爪液压缸 17、18，耙松加热过的沥青坑洞，并由工作人员对坑洞进行适当的修整。通过操作板控制，螺旋输送装置将料仓中适量沥青料传送至待修补处，人工整理后，再次喷洒适量的乳化沥青。控制抬举液压缸 15，下放压路机，将修补的路面压实、撵平。最后控制液压缸 19 将多余的废料装入废料箱。加料时，控制液压缸 16 驱动的料仓门开启，实现加料，加料后液压缸 16 驱动料仓门关闭。

### (3) 技术特点

1) 修补车除整车行走中制动动作采用气动外，其余 13 种动作全部采用液压传动与控制，液压化程度高。整车的驾驶及修补作业采用手持控制盒遥控及操作板按钮控制，功能齐全、自动化程度和工作效率高、运行定位准确。

2) 补车液系统采用定量泵供油，电液比例多路换向阀控制。结构紧凑，便于装卸与使用维护，运行时能量损失小。

3) 电液比例多路换向阀，可由负载传感多路阀组成回路系统，响应快、速度调节范围大、微动性能好。

4) 系统具有平衡、缓冲、回油冷却过滤等措施，提高了液压系统乃至整车的安全性和可靠性。

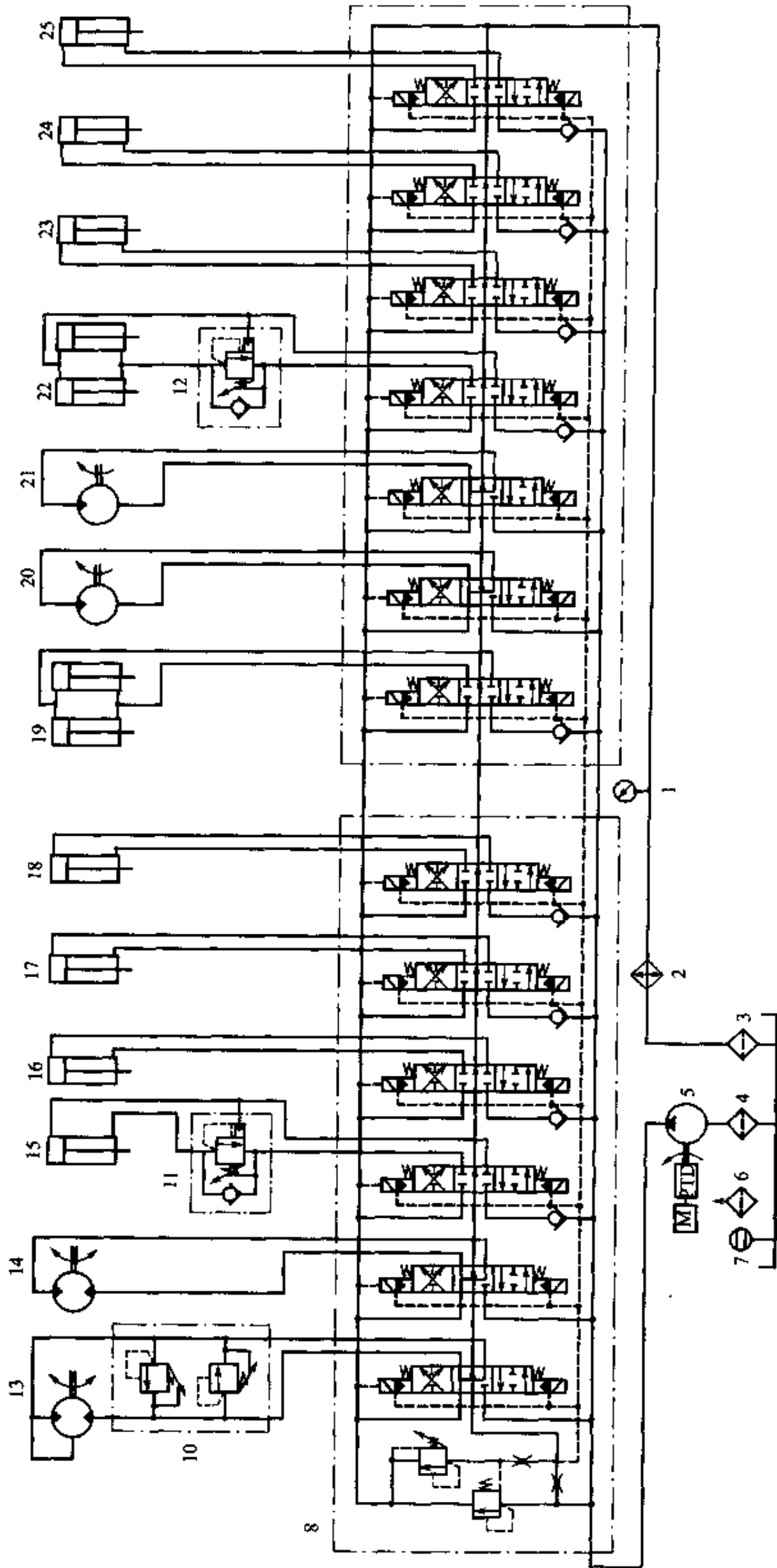


图 8-2 修补车液压系统原理图

1—压力表；2—冷却器；3—回油过滤器；4—吸油过滤器；5—定量液泵；6—空气过滤器；7—液位计；8、9—电液比例多路换向阀；10—双向溢流阀组；11、12—单向顺序阀；13—行走驱动马达；14—转向液压马达；15—压路机拍举液压缸；16—料仓门液压缸；17、18—耙爪液压缸；19—废料箱液压缸；20、21—螺旋输送机液压缸；22—加热板倾斜液压缸；23—加热板升降液压缸；24—加热板横移液压缸；25—加热板旋转液压缸

## 8.2.2 重型多轴全挂车液压系统

### (1) 主机功能结构

重型多轴全挂车是大件货物的运输设备。该车采用液压平衡独立悬挂、全方位摆动的整体式车轴，机械液压全轮转向、货台高度可以自由调整，便于装卸货物及顺利地通过桥涵隧道，并能进行纵向、横向任意拼接，可以解决普通车辆运送超大货物难的问题。

图 8-3 所示为重型多轴全挂车的结构示意图。框架式车架 1 是全挂车的承载平台，悬挂系统 2 是全挂车的主要支撑装置，用以实现货台的升降；轮轴系统 3 是挂车的行走装置，采用整体式车轴，可实现全方位摆动，以适应路面的要求；机械转向系统 4 利用机械杆系将转向端梁上转向缸的转向信号传递给每个悬挂系统，最终使各轴的车轮都能按正确方向行驶；转向端梁 5 是全挂车的转向、操作部件；全挂车支撑高度的调整和强制转向的实现，通过操纵转向端梁上的控制箱来完成；牵引杆 6 是全挂车的牵引连接装置，牵引车的牵引力、转向信号等通过牵引杆传道给全挂车。

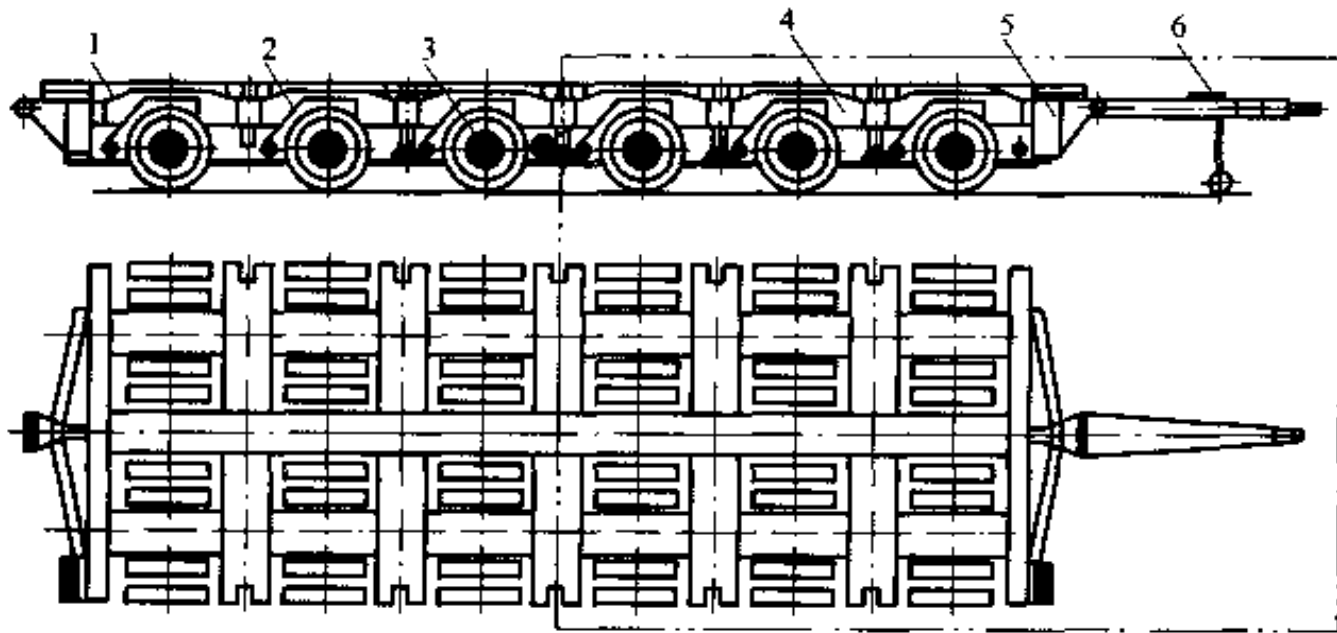


图 8-3 重型多轴全挂车的结构示意图

1—车架；2—悬挂系统；3—轮轴系统；4—机械转向系统；5—转向端梁；6—牵引杆

### (2) 液压系统及其工作原理

图 8-4 所示为重型多轴全挂车的液压系统原理图。系统的油源中包括发动机 1 驱动的定量液压泵 3，液压泵的供油压力由溢流阀 4 调整并通过压力表 5 观测，油源通过快速自封阀 6 与系统相接。

每一单体车液压回路的执行器有悬挂液压缸 8 和转向液压缸 13。悬挂缸 8 为单作用柱塞式液压缸，它承担着本轮轴的全部负载。悬挂缸形成的三个支承点是三组悬挂的中心，其载荷分布通过适当调整装在每个悬挂液压缸油路上的两个截止阀 10 得到。同一支承点组的液压缸互相连接，在车辆运行时形成一个封闭的液压系统，使车辆在不平路面行驶时，同支承点组的每一悬挂承载均匀。悬挂缸 8 与车体之间通过橡胶软管连接，缸的油路上设有安全阀 9，用于软管破裂时自动切断该悬挂缸的油路，其负载将均匀地加到该支承点的其他悬挂缸上。而全挂车货台的升降，主要利用多路换向阀 7 各阀的操纵手柄依次完成。

全挂车的自动转向通过牵引杆以机械方式传递给转向端梁上的转向液压缸 13，转向缸驱动机械转向系统实现全挂车转向。挂车的各单体车两端各有一转向端梁，转向端梁上的转向缸 13 以液压方式相连接，液压缸分为两部分，每部分构成一个液压闭合油路，通过操纵二位四通手动换向阀 11 使整车前后转向端梁上的转向缸形成一个连通的闭合回路。在转向

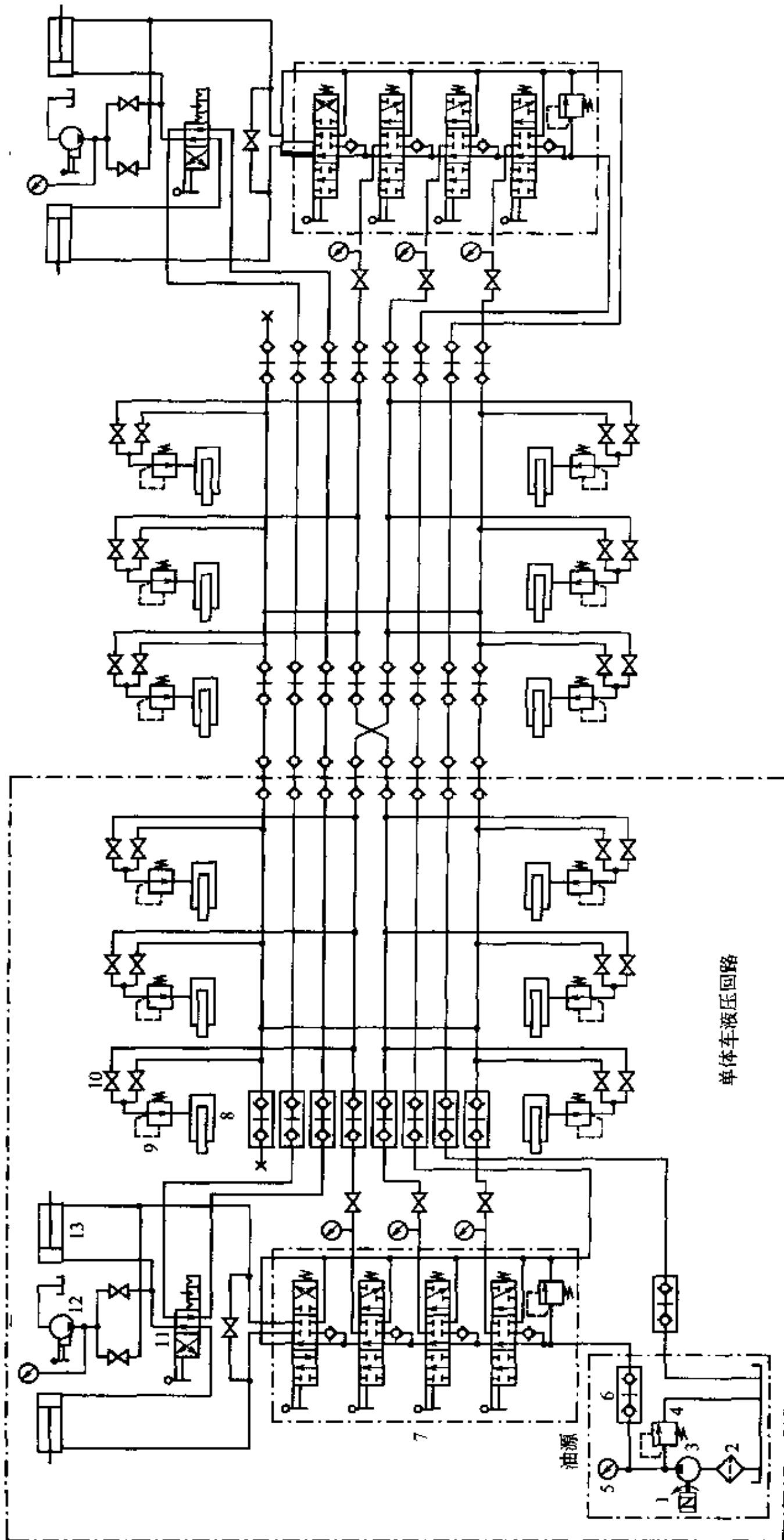


图 8-4 重型多轴全挂车液压系统原理图

- 1—发动机；2—定量泵；3—溢流阀；4—溢流阀；5—压力表；6—快速自封阀；7—多路换向阀；  
8—悬挂液压缸；9—安全阀；10—截止阀；11—手动换向阀；12—手动液压泵；13—转向液压缸



困难的条件下或车辆倒行时,可利用多路换向阀 7 实现车辆的强制转向,此时应将转向缸与机械转向系统之间的连接部件脱开,而牵引杆只起牵引作用。如果挂车是由几部单体车组成,同样可以实现强制转向,操纵手动换向阀 11 还可以实现前后单体车单独强制转向。

系统中的手动液压泵 12 用于液压管路和转向缸 12 的排气:当系统中存有空气时,通过操作手动液压泵 12 可将闭合管路中的空气排除干净,以免影响单体车转向的灵活性和前后单体车转向的协调性,从而影响整个车辆的正常行驶。

### (3) 技术特点

1) 该车液压系统采用多路换向阀控制悬挂装置的升降,通过截止阀自由调整货台高度。多路阀为顺序单动油路,即各换向阀的进油路串联,回油路并联,各悬挂液压缸按顺序以最大能力动作,但不能复合动作。

2) 通过手动换向阀控制转向缸动作,也可以利用多路换向阀控制转向缸实现强制转向。

3) 通过设置手动液压泵实现液压系统排气。

4) 该全挂车由于采用液压传动,行走转向、货台高度等调整与操纵控制方便,有利于载运大型货物并通过桥涵隧道。

## 8.2.3 多功能道路刹冰清雪机液压系统

### (1) 主机功能结构

TD-1 型多功能道路刹冰清雪机是集刹冰、清扫和冰雪输送于一体的行走机械设备。该机的刹冰器(圆周上分布 6 排刹冰刀具)和行走机构均采用液压马达驱动,刹冰器的转速为 110r/min;行走机构在刹冰工况的速度为 3.5km/h,正常行驶的行走速度为 28km/h,整机重约 11t,所需驱动功率 40kW。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 8-5 所示为该机的刹冰及行走部分的液压系统原理图。系统的液压执行器为驱动刹冰器的单向定量马达 12 (2 个)和驱动行走机构的双向定量液压马达 11,马达 12 的运动和停止由二位四通电磁换向阀 9 控制,马达 11 的运动方向由三位四通电磁换向阀 8 控制。马达 12 和马达 11 各设有 4 个单向阀及 1 个溢流阀组成的双向交叉缓冲补油阀 10-1 和 10-2,以缓和马达制动时高压管路的冲击并向低压管路补油防止吸空;马达 11 和 12 的回油路分别设有背压单向阀 13-1 和 13-2。系统的油源为发动机 M 经一级齿轮减速箱驱动的三联齿轮泵中的两台泵:定量泵 3-1 和 3-2 (三联泵中的泵 3-3 用于驱动机器的其他工作机构),两泵的压力设定和卸荷分别由电磁溢流阀 5-1 和 5-2 实现,并通过压力表 4-1 和 4-2 观测。

液压马达的旋转速度采用双泵分级调速方式。原因如下:由于行走驱动马达和刹冰驱动马达流量和功率都比较大,所以分别由各自独立的液压泵进行驱动,其余机构的液压马达由一个泵驱动。机器工作在刹冰工况时,所有的运动机构都要同时工作,车辆的行走速度也较低,一台泵的流量即可满足其要求。当机器在非刹冰工况行走时,只有行走机构工作,包括刹冰在内的其他运动机构都停止工作,此时车辆的行走速度是随机的,最高达 28km/h。所以在非刹冰工况行走时,将闲置的刹冰机构液压泵和行走机构的液压泵组合起来,无需额外增加液压泵就可构成一个行走机构多泵分级调速回路,这将有利于减少液压泵的数量,简化液压系统结构,避免使用价格昂贵的变量马达,从而提高系统的工作可靠性并降低系统成本。

系统的具体工作原理如下。

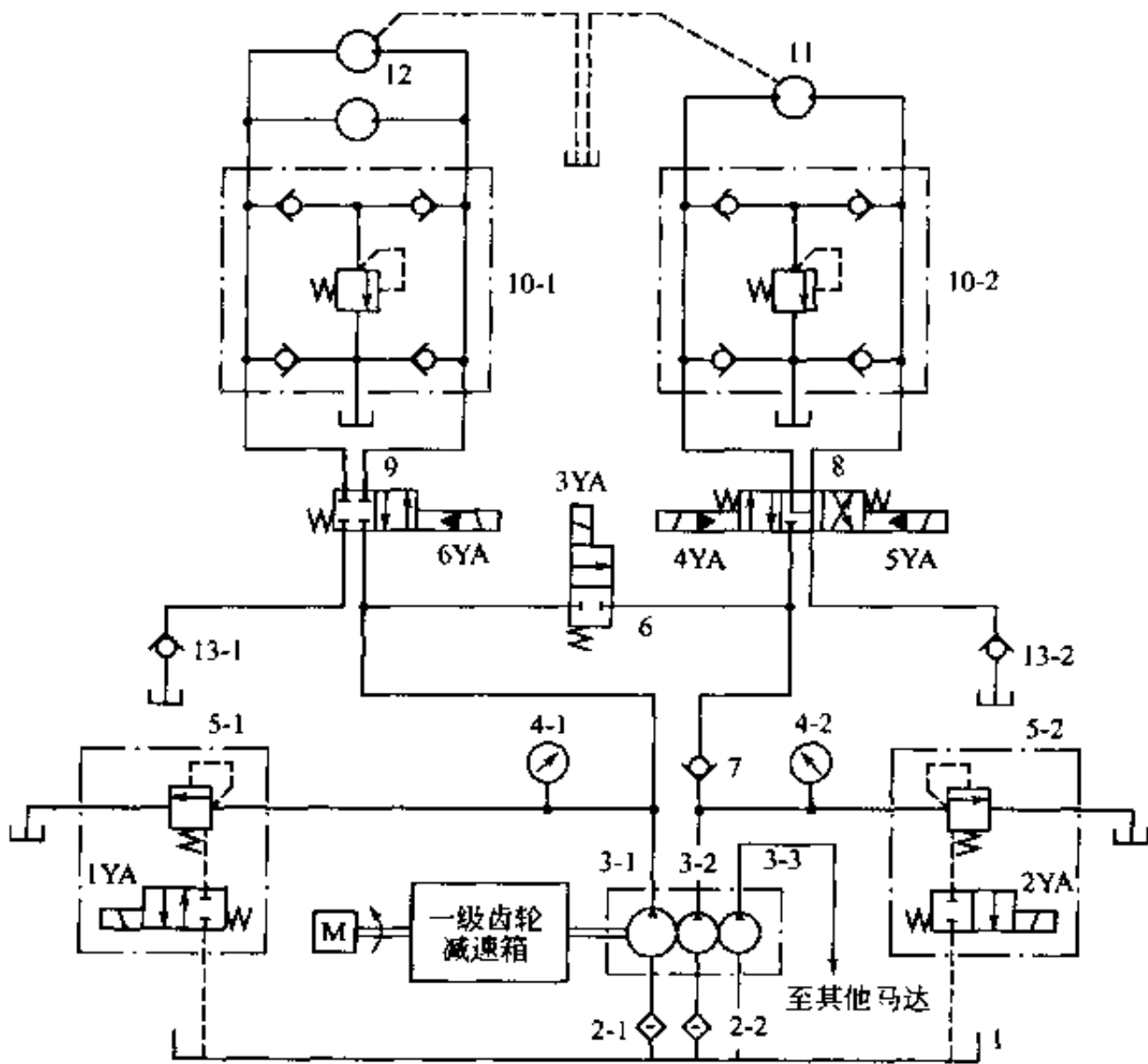


图 8-5 剐冰清雪机液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3-1、3-2、3-3—定量液压泵；4-1、4-2—压力表；5-1、5-2—电磁溢流阀；6—二位二通电液换向阀；7—单向阀；8—三位四通电液换向阀；9—二位四通电磁换向阀；10-1、10-2—双向交叉缓冲补油阀；11—行走机构双向定量液压马达；12—剐冰器单向定量液压马达；13-1、13-2—背压单向阀

在剐冰工况时，电磁铁 3YA 断电，泵 3-1 和 3-2 分别向剐冰马达 12 和行走马达 11 供油，此时机器低速行走并剐冰。在非剐冰工况时，机器处于转场行驶中，此时剐冰器停止工作，泵 3-1 和 3-2 构成行走机构多泵分级液压调速系统，可使行走马达 11 获得三级不同速度。当电磁铁 1YA 通电、2YA 断电使泵 3-1 卸荷、泵 3-2 工作时，获得低转速输出，系统压力由电磁溢流阀 5-2 按低速爬坡所需的高压决定；当电磁铁 1YA 断电、2YA 通电使泵 3-1 工作、泵 3-2 卸荷时，由于泵 3-1 的排量大约是泵 3-2 排量的两倍，故可获得较高一级转速（中速）输出；当电磁铁 1YA 和 2YA 均断电使两泵同时工作时，可获得高转速输出。系统在中速和高速时马达扭矩较小，系统压力由电磁溢流阀 5-1 的设定值决定。多泵分级调速系统的电磁铁动作顺序表见表 8-1。

表 8-1 双泵分级调速系统电磁铁动作顺序

工况	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	液压泵状态	
							泵 3-1	泵 3-2
低速	+			+			卸荷	工作
中速		+	+	+			工作	卸荷
快速			+	+			工作	工作
倒车	+				+		卸荷	工作

### (3) 技术特点

1) 剐冰清雪机液压系统采用定量液压泵-定量液压马达的开式循环油路，有利于系统散

热；机器刹冰和行走同时进行，各执行器由单泵供油；刹冰停止，仅行走时，通过电磁换向阀的通断电控制多泵组合供油实现行走机构的分级容积调速，避免了高速执行器使用大流量液压泵，也有利于系统能量的合理利用。

2) 各泵采用电磁溢流阀实现卸荷，有利于系统节能。

3) 采取了在液压马达油路设置双向交叉缓冲补油阀和回油背压单向阀等措施，以缓和及减小机器在刹冰清雪作业中因行走机构制动、刹冰器的惯性力、冲击性负载、下坡失速等原因造成的液压冲击或吸空，保证系统安全。

4) 刹冰液压马达采用 O 型机能的四通换向阀，可以在转场行驶中锁紧刹冰器，避免其自由转动；行走液压马达采用 Y 型中位机能的四通换向阀，可以在机器出现故障时，马达浮动自由旋转，以使用其他设备牵引拖走机器。

(4) 技术参数 (见表 8-2)

表 8-2 刹冰机液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
液 压 泵 (GSA3112/ 3075/3050 三联齿轮式 定量泵)	额定转速	2000	r/min	
	3050 泵 (驱动行走马达)	额定压力	25	MPa
		排量	50	mL/r
	3075 泵 (驱动其他马达)	额定压力	25	MPa
		排量	75	mL/r
	3112 泵 (驱动刹冰马达)	额定压力	17.5	MPa
排量		112	mL/r	
行走液压马达 (NHM11-800 英特姆双向定量液 压马达)	额定压力	25	MPa	
	工作压力	20		
	排量	784	mL/r	
	最高转速	400	r/min	
	额定输出扭矩	2929	N·m	
	工作输出扭矩 (20MPa 时)	2300		

#### 8.2.4 越野起重机全液压转向系统

##### (1) 主机功能结构

随着人类文明的进步和工程技术的发展，人们在关注车辆实用性的同时，更加关注其安全可靠性和操作舒适性等特性。采用全液压动力转向取代传统的液压助力转向或机械转向代表了当今工程专用汽车和其他重型车辆转向机构或系统的发展方向。此处介绍德国 Liebherr 公司生产的 LTM 系列越野起重机底盘上采用的全液压双回路转向系统。

##### (2) 液压转向系统原理图

图 8-6 所示为越野起重机的液压转向系统原理图，系统的执行器是 4 个车轮转向桥的液压缸 C1~C4，其中缸 C1 和 C3 为回路 I，油源为定量液压泵 1；缸 C2 和 C4 组成回路 II，油源为定量液压泵 2，液压泵 3 为该回路的备用泵。缸 C1 和 C3 及缸 C2 和 C4 的运动方向由方向机操纵的转向控制器 8 控制，8 中两个机械联动的三位四通换向阀用于液压缸换向，一对单向阀与一对溢流阀用于换向缓冲；内含一对二位四通电磁换向阀和一对溢流阀的阀组 4，用于油路的切换和油源压力的设定；单路稳定分路阀 5 通过溢流节流保证执行器所需流量的稳定；回路 I 中，复合阀 6 含二位四通液动换向阀 9、带检测继电器的二位二通液动换向阀 (又称检测阀) 10 及单向阀 11、12 和节流口 b，用于控制泵 2 和备用泵 3 组合供油。

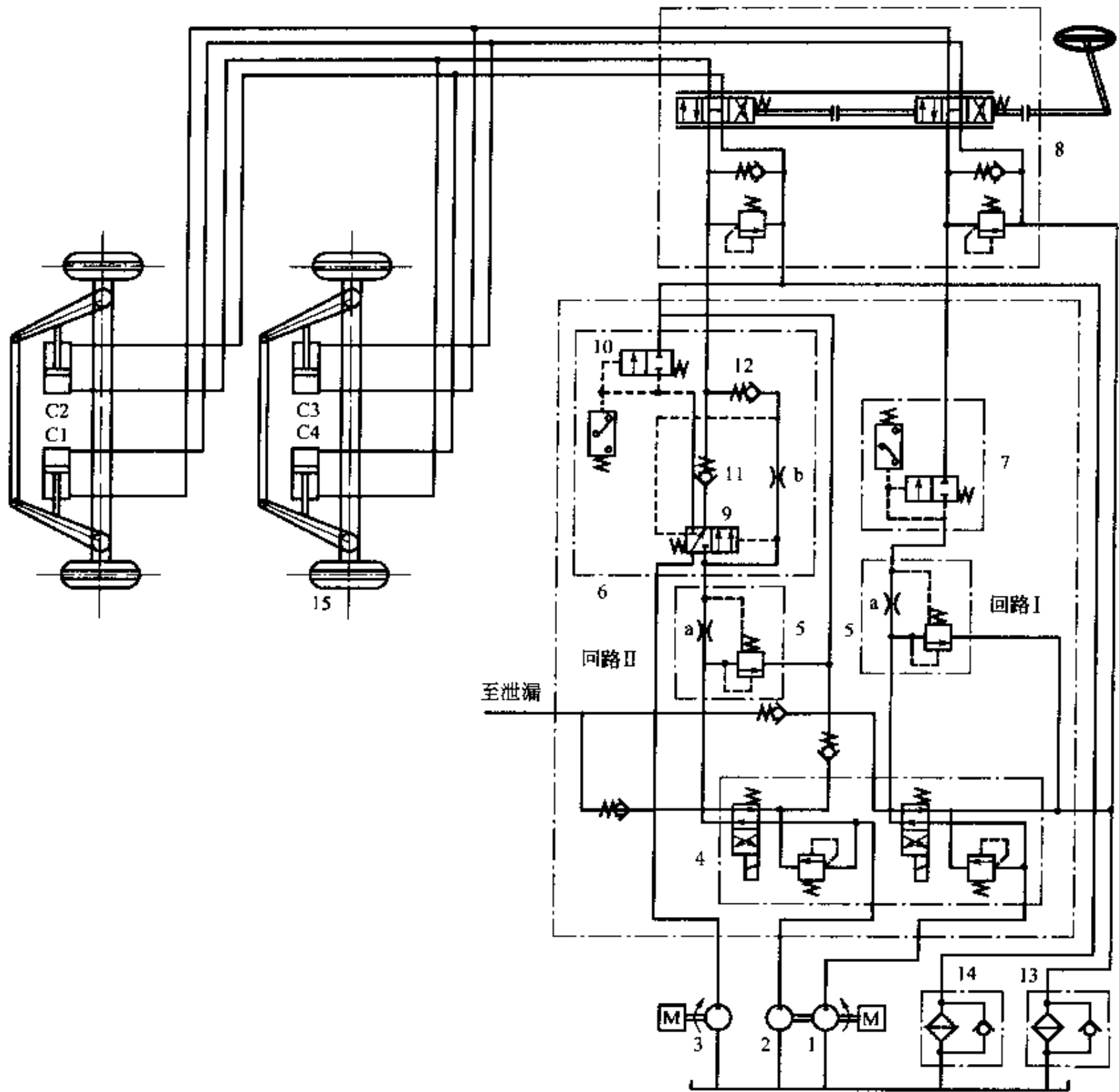


图 8-6 越野起重机液压转向系统原理图

- 1、2—工作液压泵；3—备用液压泵；4—阀组；5—单路稳定分流阀；6—液动复合阀；7、10—二位二通液动换向阀（检测阀）；8—转向控制器；9—二位四通液动换向阀；11、12—单向阀；13、14—过滤器；15—车轮；C1~C4—转向液压缸

需要指出，对于 1MN 以上的大型起重机，两个回路均需设置备用泵，以进一步提高安全性，此时，C1 和 C3 为回路，需相应增加一些管路，并以复合阀 6 取代检测阀 7。系统中两个回路中分别设有回油过滤器 13 和 14，其中的单向阀可保证过滤器阻塞时可靠回油。

系统工作时，液压泵 1 和 2 由发动机经分动箱直接驱动，备用泵 3 则是由旋转的轮胎经桥驱动或经桥、传动轴、分动箱反驱动。阀组 4 中的电磁换向阀只有在起重作业或行驶时才切换，起重作业时两个换向阀均切换，而行驶时只一个阀切换，转向器由驾驶者控制。以 C2 和 C4 的回路 I 为例，说明其工作原理如下。

当泵 2 供油正常时，液压泵 2 的压力油经阀 4、阀 5 使复合阀 6 中的二位四通液动阀 9 在压力油的作用下切换至右位，使备用泵 3 输出的油液作用于二位二通液动阀 10 将其切换

至左位，泵 3 直接通过阀 10 向油箱排油实现卸荷。而泵 2 的压力油在经阀 9、阀 11 进入转向器左侧换向阀。若此时驾驶员未发出转向指令，即转向器换向阀处于中位，则泵 2 的油液经换向阀中位直接回油箱实现卸荷；反之，若此时驾驶员发出转向指令，即方向机左转或右转，则转向器中的左侧换向阀切换至左位或右位，压力油经换向阀进入转向液压缸 C2 和 C4 的无杆腔或有杆腔，驱动车轮完成相应的转向动作。

### (3) 技术特点

1) 该液压动力转向系统为双工作泵双回路系统，一个回路发生故障时，另一个回路可提供足够的转向力矩完或转向动作。

2) 系统采用冗余结构，设有备用泵。当发动机或工作泵发生故障时，备用泵启动，提供应急转向所需的动力，防止短时间内因转向动作失灵而造成事故，提高了起重机的行驶安全性。

3) 系统采用电液检测，当任一回路发生故障时，检测到的压力信号转换为电信号并通知驾驶员，以便停车检修；检测信号和备用泵投入工作均为压力控制，自动化程度高，无需保养、维护，自润滑即可保证高可靠性。

4) 通过溢流节流阀实现回路流量的稳定，使执行器具有良好速度负载特性。

5) 全液压转向，操作灵便、转向灵活可靠、降低了驾驶员的劳动强度，改善了工作条件。

## 8.2.5 全液压起重高空作业车系统

### (1) 主机的功能结构

起重高空作业车可以一车两用，其一是起重，其二是高空作业。该车采用了全液压传动与控制。既可以在工作斗操纵相关的动作，又可以在驾驶室操纵相关动作。

### (2) 液压系统及其工作原理

该车的液压系统原理图如图 8-7 所示，系统的执行器有上臂变幅液压缸 21、回转液压马达 22、伸缩液压缸 23、变幅液压缸 24、起升液压马达 25、垂直液压缸 26 和水平液压缸 27。系统的油源为发动机 3 驱动的双联液压泵 1 和 2，泵 1 额定工作压力由下车操纵阀 4 中的溢流阀设定，泵 2 的额定工作压力由其出口并联的溢流阀 5 设定。立置缸 21 的上下运动速度由单向节流阀 14 调节，该缸由平衡阀 15 控制可以停留在所需位置；回转马达 22 的制动由双向缓冲阀 16 控制；立置伸缩缸 23 和变幅缸 24 分别由外控平衡阀 17 和 18 平衡；起升液压马达 25 的刹车制动由双向缓冲阀 19 和单向阀 13 控制，以便进行其他动作时，不受其他压力油的传入干扰，保证刹车性能稳定性和安全性。4 个垂直缸 26 各设一个液压锁 9，4 个水平缸 26 共用一个液压锁。

工作时，液压泵 1 的压力油从下车操纵阀 4 经中心回转接头 6 和合流阀 11 到达安装在工作斗上的三联阀 10，（三联阀的溢流阀设定工作压力为 16MPa），用户可在工作斗上分别操纵工作斗的升降和吊臂的变幅以及上车的回转，在高空作业时方便自如地确定空间位置。不动作时泵 1 可以经三联阀的 M 型中位机能卸荷。液压泵 2 的压力油经中心回转接头 6 进入上车五联操纵阀 12，实现工作斗（附着在动臂的上端）的上下运动、上车左右回转运动、伸缩缸 23 伸缩、吊臂的上下变幅和吊钩的上下等五个动作。在需要时可通过二位三通手动合流阀 11 将泵 2 和泵 1 的压力油合流来提高起升速度及作业效率。用户可以根据需要，合流或不合流。不动作时，液压泵 2 可经五联阀的 M 型机能中位卸荷。

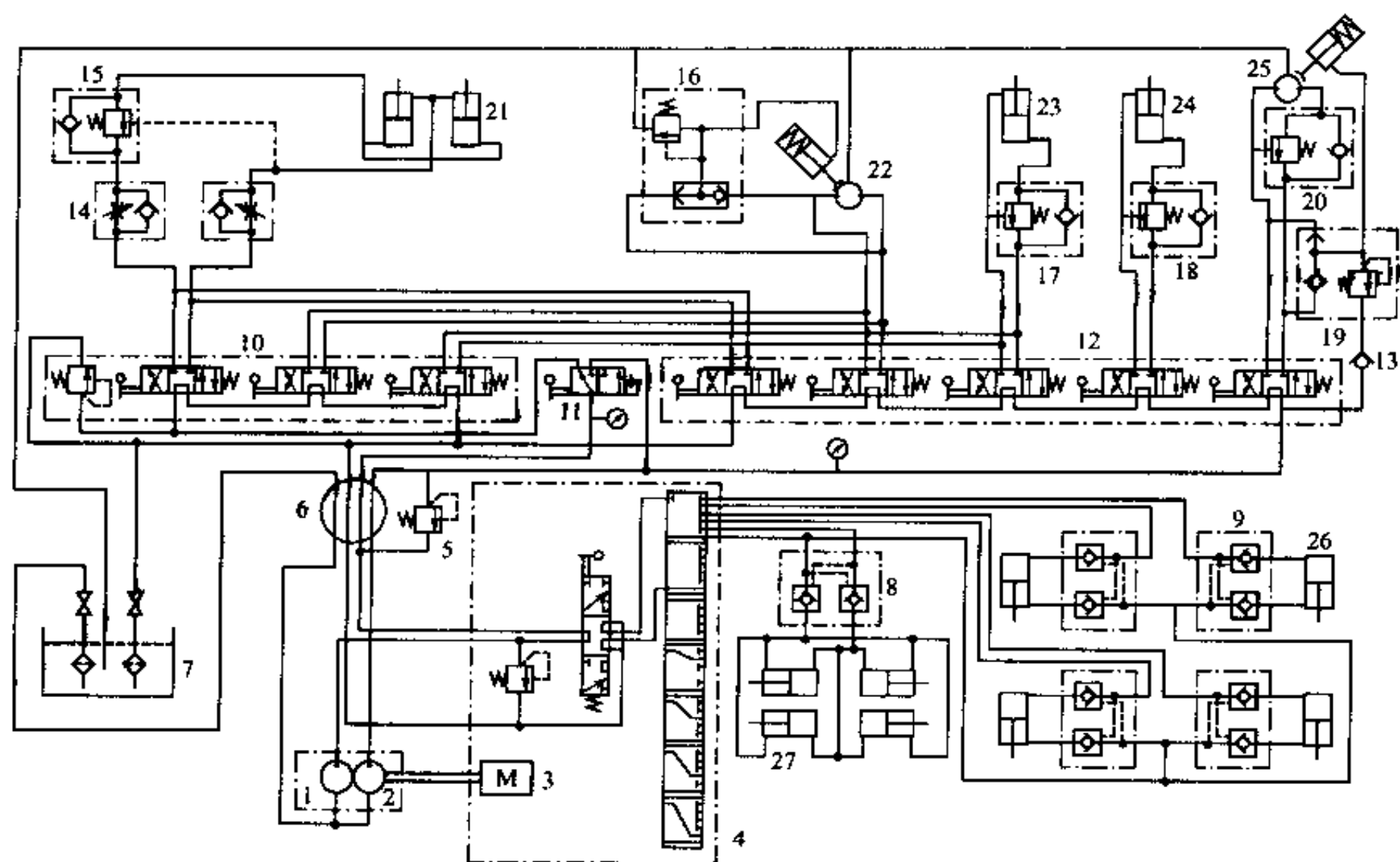


图 8-7 起重高空作业车液压系统原理图

1、2—双联液压泵；3—发动机；4—下车操纵阀；5—溢流阀；6—中心回转接头；7—油箱；8、9—液压锁；10—三联控制阀；11—二位三通手动换向阀（合流阀）；12—五联控制阀；13—单向阀；14—旋套单向节流阀；15、17、18、20—平衡阀；16、19—双向缓冲阀；21—上臂变幅液压缸；22—回转液压马达；23—伸缩液压缸；24—变幅液压缸；25—起升液压马达；26—垂直液压缸；27—水平液压缸

### (3) 技术特点

1) 起重高空作业车采用全液传动与控制，提高了整车的工作性能，操纵简单可靠，故障率低，发动机的输出功率利用率高，噪声低。

2) 在不工作时双泵处于卸荷状态，能耗小。

3) 液压系统的控制阀分设在下车和上车，便于操作者在工作斗和上车驾驶室操纵，实现各相关动作。

4) 通过合流阀可以提高该车的起升速度。

### (4) 技术参数（见表 8-3）

表 8-3 起重高空作业车及其液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位
作业车	起重量	17	t
	高空作业高度	18	m
	最高起升速度	13	m/min
液压系统	CBP40/32 双联齿轮泵	小泵 1	额定工作压力 20 MPa
			公称排量 32 mL/r
	大泵 2	额定工作压力 20 MPa	
		公称排量 40 mL/r	
三联阀的溢流阀设定压力		16	MPa



### 8.2.6 冲击压路机液压系统

#### (1) 主机功能结构

YCT 型冲击压路机是一种具有新型压实机理的压实机械，图 8-8 所示为其主机结构示意图。该机主要由非圆柱面的冲击滚动轮 1（2 个）、摆架摇杆总成 2、机架轮轴总成 3、液压系统 4、牵引机构 5 与插销总成 7 等部件组成，该机不带动力。

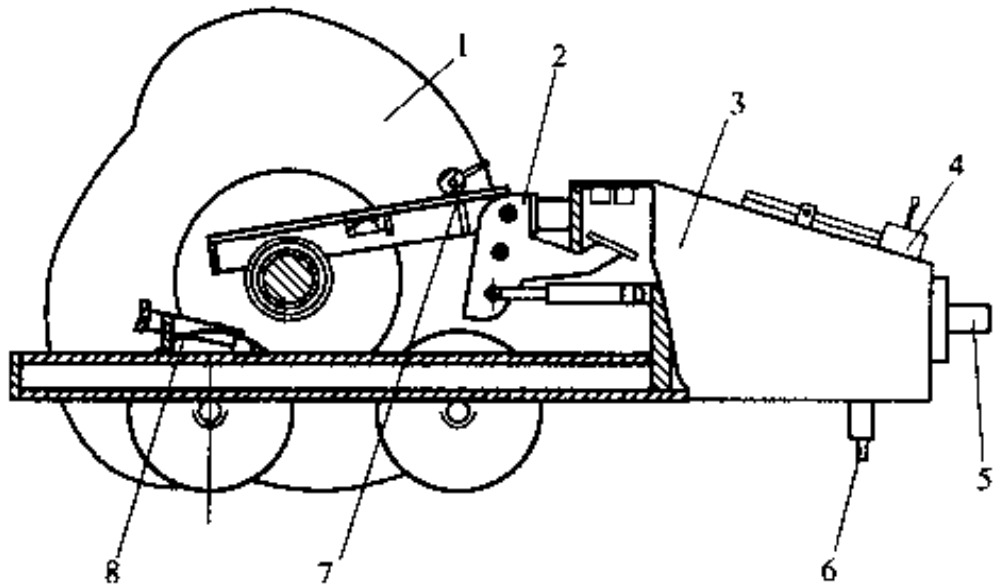


图 8-8 YCT 型冲击式压路机结构示意图

- 1—冲击滚动轮；2—摆架摇杆总成；3—机架轮轴总成；  
4—液压系统；5—牵引机构；6—支腿；  
7—插销总成；8—支撑框

工作时，该机由另配的牵引机通过牵引机构 5 牵引，利用冲击滚动轮（下简称冲击轮）1 质心上下交替变化，其势能和动能联合作用，滚压和冲击两种周期性交替进行作业，对地面产生强大的冲击夯实力。冲击轮对地面冲击做功时，对机架也产生水平和垂直的冲击。通过摇杆和缓冲胶块、缓冲液压缸相互作用达到缓冲目的，避免冲击轮对机架的冲击。机架尾部安装举升液压缸，整个机架通过 4 个实心橡胶轮胎支承，完成短途运输、工地转移等工作。牵引机构 5 中设有双向缓冲装置，用于防止冲击轮动能变化时产生的水平冲击力对牵引机造成破坏，并使驾驶员有一个良好舒适的工作条件，插销总成（支腿、支撑框）安装在摆架和机架上，其作用是当举升液压缸举起冲击轮后，固定冲击轮，防止冲击轮随意转动，保证冲击轮离地高度最大。

#### (2) 液压系统及其工作原理

该压路机的液压系统原理图如图 8-9 所示，系统中左侧液压缸 9 与蓄能器 8 组成缓冲回路，用于机架的缓冲；右侧举升液压缸 10 回路用于举升冲击轮，以便整机短途运输和转移工作场地。缸 9 与缸 10 的升降由三位五通手动换向阀 4 控制；举升液压缸 10 的工作和停止通过截止阀 6、7 的通断控制。系统采用另配的牵引机中的定量液压泵 1 供油，系统压力由溢流阀 2 设定并由压力表及其开关 5 观测，单向阀 3 防止油液倒灌。

当换向阀 4 切换至左位时，液压泵经阀 3 和阀 4 向蓄能器 8 充液，达到规定的充液压力值后，换向阀 4 复至中位，停止充液，并可停泵以节约能耗。机器工作时，当液压缸 9 的被垂直向下的冲击力作用时，活塞杆下移，将部分液压油挤入蓄能器 8，使蓄能器中的油压升高，同时缸 9 无杆腔的油压反作用于机架而产生缓冲阻力，机架的冲击动能转化为液压能储存

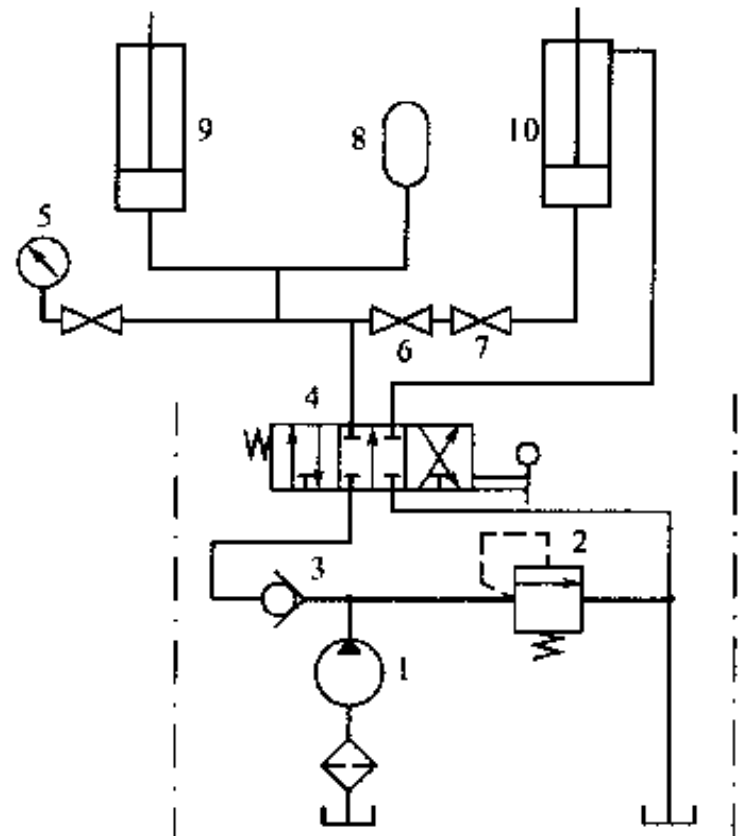


图 8-9 冲击压路机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—溢流阀；3—单向阀；  
4—三位五通手动换向阀；5—压力表及其开关；6、7—球式截止阀；8—蓄能器；9—缓冲液压缸；10—举升液压缸

于蓄能器中；反之，液压缸9被垂直向上的冲击力作用时，活塞杆上移，蓄能器8释放原回收的能量，使活塞杆伸出。

当需要缸10工作举升冲击轮时，打开截止阀6和7，并将换向阀4切换至左位，液压泵1的压力油经单向阀3、换向阀4和阀6、7进入缸10的无杆腔，而缸10有杆腔经阀4向油箱排油，冲击轮被举起并由插销固定，同时需通过两个截止阀关闭缸的无杆腔油路，防止液压缸带动冲击轮下滑；当换向阀4切换至右位时，液压泵1的压力油经阀3、阀4进入缸10的有杆腔，实现冲击轮的下放，此时缸10的无杆腔经阀6、7和阀4向油箱排油。

### (3) 技术特点

1) YCT型冲击压路机是一种新型动力式压路机，兼有强夯机与振动压路机特点，压实效率高，可广泛用于分层压实、原土压实、补强压实和检测压实。

2) 该机的液压系统主要用于机架缓冲和冲击压实轮的举升，由另配的牵引机作动力源。缓冲缸借助蓄能器和油液的弹簧作用实现冲击能的吸收；举升缸通过两个截止阀实现举升后的锁定，安全可靠。

### (4) 技术参数（见表8-4）

表8-4 YCT25型冲击压路机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
主机	外形尺寸	3.72×2.95×2.15	m	主机	压实效率	≥1850	m <sup>3</sup> /h
	冲击压实轮宽度	2×900	mm		牵引功率	220	kW
	冲击压实轮质量	12000	kg	液压系统	系统压力	16	MPa
	工作速度	10~15	km/h		蓄能器工作压力	4.5~5	

注：该系列压路机还有YCT20型规格，此处仅列出YCT25型的参数。

## 8.2.7 自动击实机的气-液传动系统

### (1) 主机功能结构

CN425A型自动击实机是从美国进口的路面土样击实试验的机械设备，该机采用了气-液传动与控制。

### (2) 击实机的气-液传动系统及其工作原理

图8-10所示为击实机气-液传动系统原理图。该系统为增压型气液传动系统，系统的动力源为压缩空气；气-液转化器5用来将空气压等值转换为液体压，气-液增压器10用来将空气压增高为液体压。系统的执行器为气-液缸8，用来驱动夯锤13实现路面土样的击实，缸18的运动方向和速度分别由气动二位五通电磁换向阀3和单向节流阀6控制。二位三通电磁换向气压阀4用于气-液增压器的增压保压和释压控制，行程开关9及压力继电器11是系统有关动作的发讯器。

系统的工作原理如下。

下行击实时，电磁铁1YA通电使换向阀3切换至左位，气源的低压空气经气源三联件（过滤器、减压阀及压力表和油雾器）1和换向阀3进入气液转化器5上部，将下部的油液以相同压力经液控单向阀7压入缸8的上腔，推动活塞与夯锤向下实施击实动作。当夯锤接触土样后，由于负载增加，油压升高，压力继电器11发讯，使延时器延时并使电磁铁2YA通电，二位三通电磁换向阀4切换至左位，压缩空气经气动减压阀2进入气-液增压器10的大腔，使油路增压和保压。夯锤返回动作由延时器发讯同时电磁铁1YA和2YA断电，换向

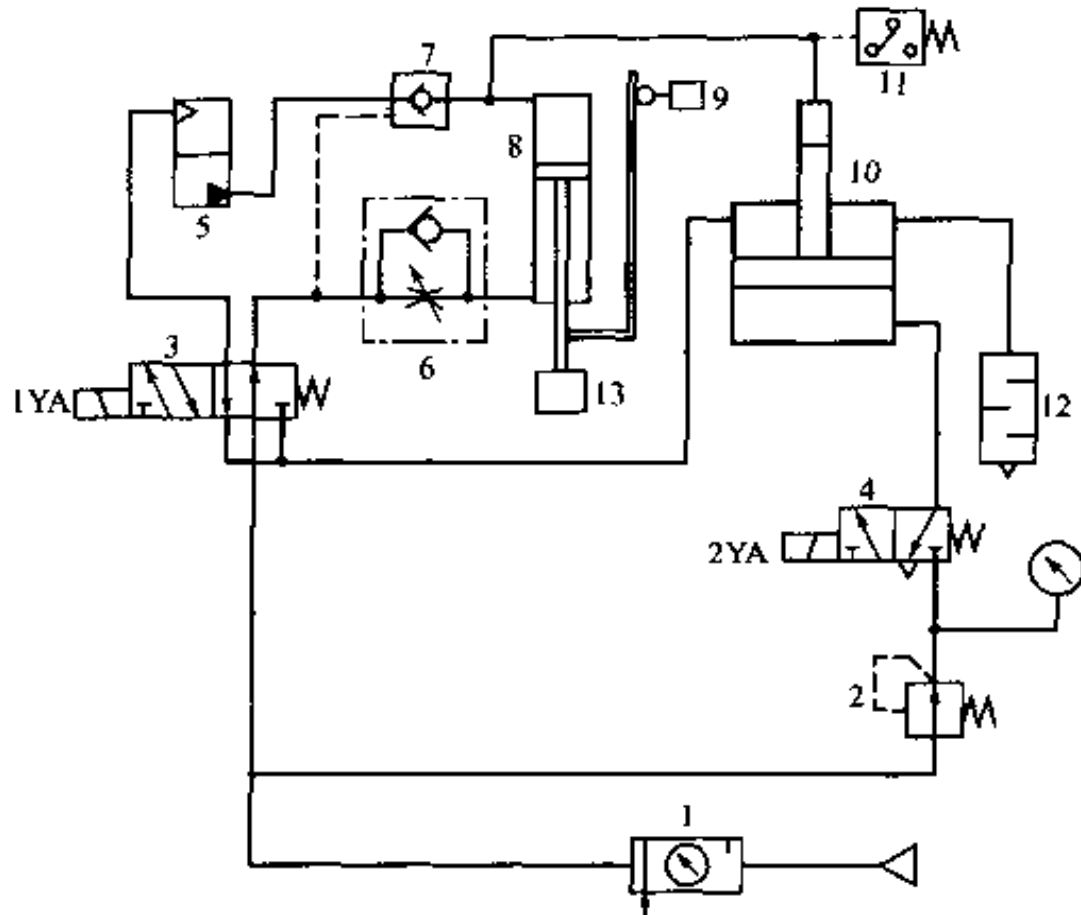


图 8-10 击实机气-液传动系统原理图

1—气源三联件；2—减压阀；3—二位五通电磁换向气阀；4—二位三通电磁换向气阀；5—气-液转换器；6—单向节流气阀；7—气控单向阀；8—气-液缸；9—行程开关；10—气-液增压器；11—压力继电器；12—消声器；13—夯锤

阀 3 和阀 4 复至右位，压缩空气经单向节流阀 6 进入缸 8 的下腔，同时导通气控单向阀 7，缸 8 上腔的油液经阀 7 排回转换器 6，气-液增压器 10 释压，缸 8 的活塞杆驱动夯锤上行缩回，到位后触动限位开关 9，完成一个工作循环。

(3) 技术特点

1) 击实机采用气-液系传动与控制，通过调节气压即可获得所需液压变化，响应速度较液压快，运动平稳、停位准确、工作时噪声低、经济性好。

2) 气-液转换器的进气口和出油口设有缓冲板，可以防止压缩空气直接吹到液面上，引起液面波动，并且能防止因连续切换运动面引起的油雾现象。

3) 采用气-液增压缸实现保压。以便减小土壤的弹性恢复，增加击实效果。

4) 利用夯锤复位行程，通过连杆使试样筒转位，传动合理。增压缸 10 复位借助于气-液转换器 5 气腔的排气来实现，能量利用合理。

5) 与手击式和机械链轮式击实方式相比，采用气-液传动与控制的 CN425A 自动击实机，操作简便，功能较齐全，试样质量稳定，减轻了操作者的劳动强度。

(4) 技术参数

CN425A 自动击实机的气-液传动系统的供气压力为 0.55MPa，最大耗气量为 0.03m<sup>3</sup>/min；气-液增压器的增压比为 1:12；保压时间为 0.1~3s。

8.2.8 公路养护车凿槽机械手液压系统

(1) 主机功能结构

公路的养护车是一种用于沥青公路路面的养护机械设备，该车配置的 5 个自由度的半自动凿槽机械手，使用大功率的液压镐，将液压传动与电气控制相结合，可实现 5 个自由度的手动和半自动凿槽作业。

图 8-11 所示为机械手的结构示意图，沿汽车大梁方向（纵向）水平安装的两根圆柱形

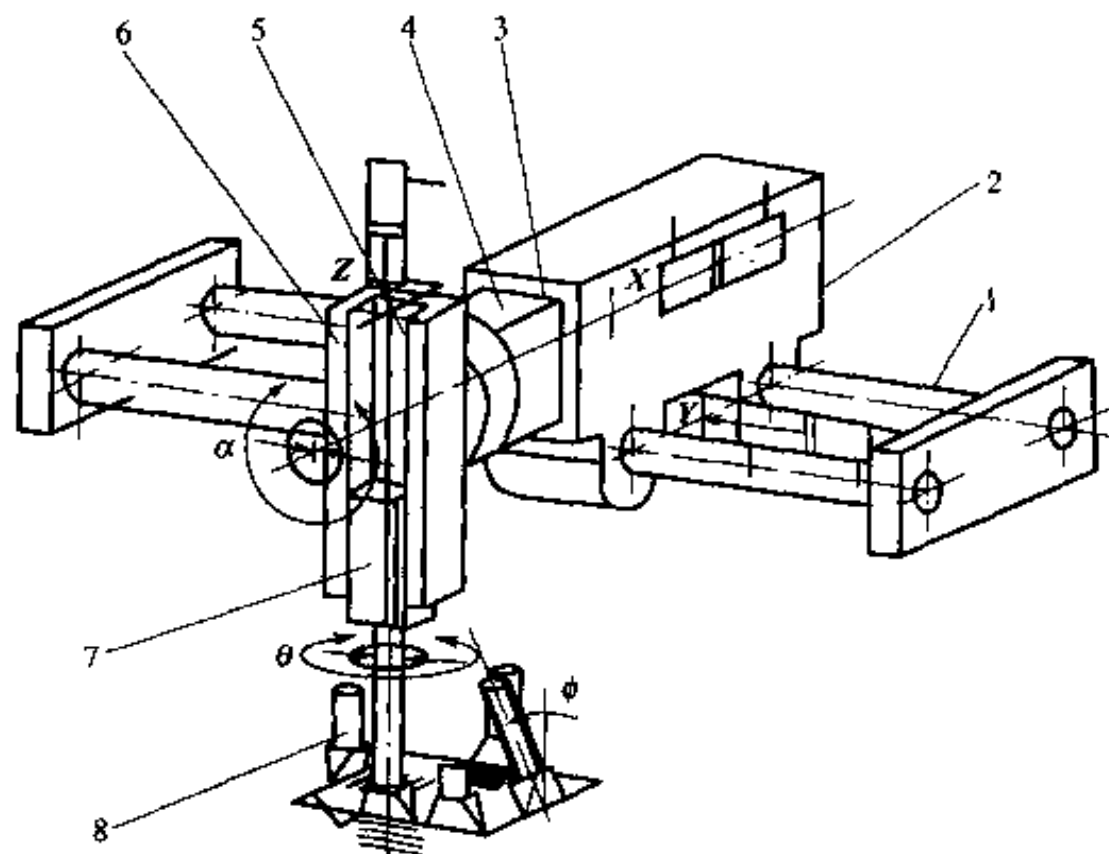


图 8-11 凿槽机械手结构示意图

1—圆柱形导轨；2—纵向移动构件；3—方槽形内导轨；4—方形空心导柱；5—夹持头上的导槽；6—夹持头；  
7—液压缸；8—镐头；X—横向移动；Y—纵向移动；Z—上下移动； $\theta$ —镐体偏转角； $\phi$ —镐头回转角

导轨 1 上装有在液压缸推拉下可纵向移动的构件 2，此构件上有一个与大梁上的圆柱形导轨呈空间正交的方槽形内导轨 3（设有液压缸和方形空心导柱 4），导柱的内端与控制横向移动的液压缸连接，外端与夹持液压镐的夹持头 6 连接。夹持头由液压马达经齿轮传动在导柱的端部可绕导柱中心以任意角度转动。液压镐又可在夹持头上的导槽内由液压缸推拉上下移动，推拉的行程由霍尔元件控制。在镐钎部分装有由液压马达驱动的槽轮结构以控制凿方形槽镐刃与纵横方向的一致。这样的结构在液压与电气作用下就使镐钎凿槽机械的“手部”具有了 5 个自由度的动作功能。图中 X 和 Y 为液压镐在水平面内的横向和纵向位移，分别由液压缸驱动；Z 为液压镐的升降位移，由液压缸驱动控制凿槽深度，达到规定深度后自动抬起； $\theta$  为液压镐镐头的回转角，由于采用槽轮机构，镐头能在相互垂直的方向停留，以保证切出矩形槽； $\phi$  为镐头的偏转角，由液压马达通过齿轮驱动，根据路面情况可采用最有效的镐头冲击偏转角，以加快挖掘速度。

## (2) 液压系统及其工作原理

机械手的液压系统原理图如图 8-12 所示。系统的油源为高压齿轮泵 3，泵的供油压力设定与卸荷由电磁溢流阀 4 实现，压力表及其开关 5 用于观测系统压力。系统的执行器有实现机械手 Z、X、Y 方向运动液压缸 29、30、31 和实现  $\theta$ 、 $\phi$  转角的双向定量液压马达 32、33，液压镐 28 也由本系统供油。执行器 29~33 的运动方向依次由三位四通电磁换向阀 13~17 控制；机械手 X、Y、 $\phi$  自由度的运动速度要求较严，通过进、出油口设置单向调速阀 21 及 22、23 及 24、26 及 27 进行回油节流调速； $\theta$  自由度用节流阀即可达到其速度控制的要求。自由度 Z 的控制为减压调速平衡方式，减压阀 8 用于设定液压镐的压下力（与路面的接触力），此压下力能使镐不断的适度冲击进给，以防止因压下力过大的力矩作用将车的一侧抬起，平衡阀 9 用来平衡镐体，防止液压镐因自重下移。液压镐采用节流阀 18 调速，工作压力由减压阀 6 设定，二位二通电磁换向阀作开关阀用，当液压镐凿切地面至设定深度时，二位三通电磁换向阀自动切断油路，此时减压阀 6 作用终止，液压镐快速提起以进行下一个凿

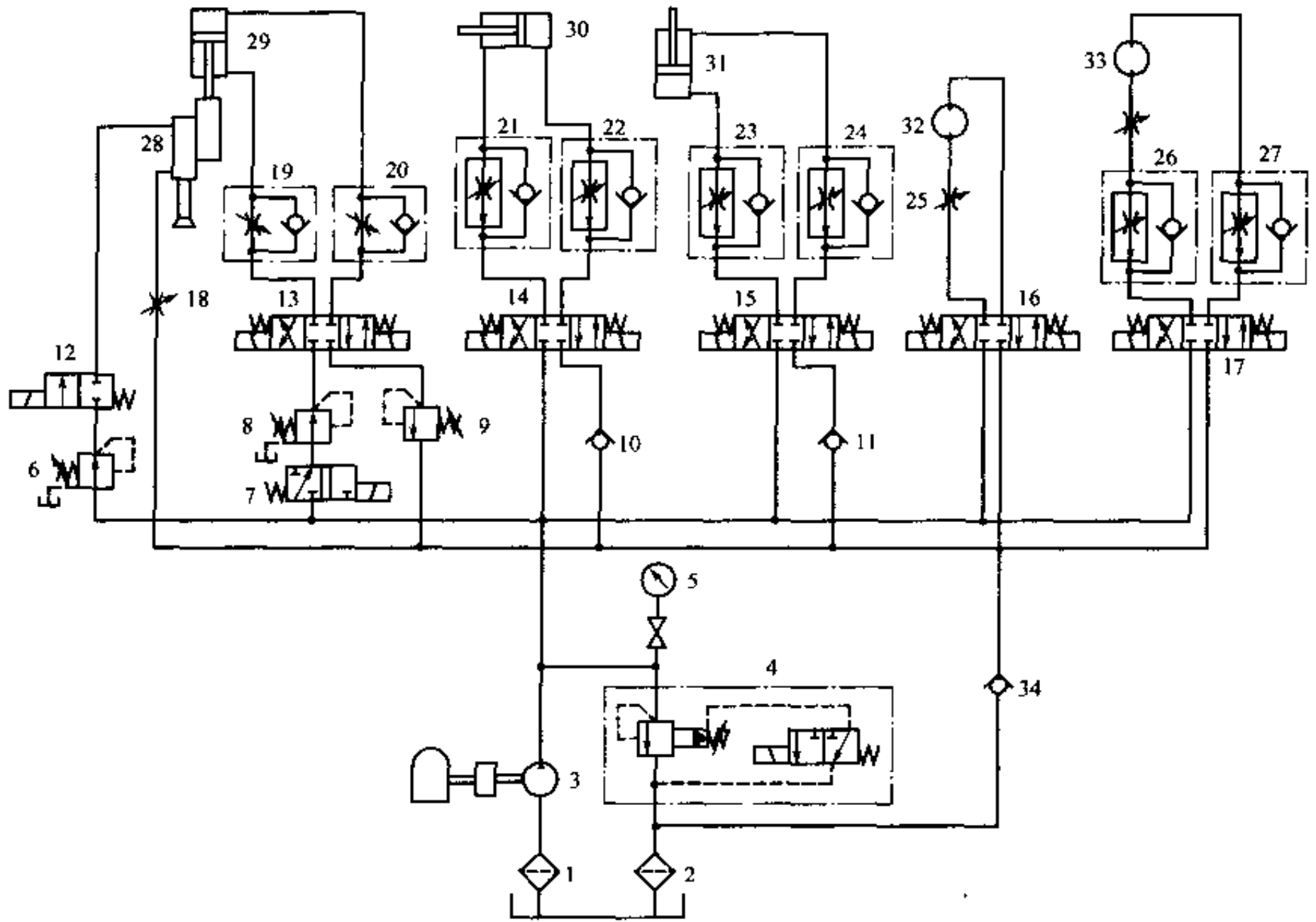


图 8-12 机械手液压系统原理图

1、2—吸、回油过滤器；3—定量液压泵；4—电磁溢流阀；5—压力表；6、8—减压阀；7—二位三通电磁换向阀；9—平衡阀；10、11、34—单向阀；12—二位二通电磁换向阀；13、14、15、16、17—三位四通电磁换向阀；18、25—节流阀；19、20—单向节流阀；21、22、23、24、26、27—单向调速阀；28—液压镐；29—Z 轴液压缸；30—X 轴液压缸；31—Y 轴液压缸；32— $\theta$  角双向液压马达；33— $\phi$  角双向液压马达

切动作。

### (3) 电控系统

机械手采用继电器接触式电控系统，整车的操纵元件和仪表集中设置于操作盘上。通过操作盘上的两个十字主令器和两个旋钮即可操纵机械手的全部动作。机械手 5 个自由度的手动操纵与半自动操纵的电控原理图如图 8-13 所示。整个电路由 24V 蓄电池与发动机并联供电， $SA_1$  为电源总开关。电磁溢流阀的电磁铁线圈（10V）通电后液压泵升压， $SA_2$  为总卸荷按钮。两个十字型主令器及  $SA_{15}$  开关可控制机械手 5 个自由度的工作。 $SA_4$  为手动、半自动转换开关，半自动工作状态时，液压镐头能在 X 或 Y 给定的方向上自动地进行步进式凿槽，两个霍尔元件  $AX_1$ 、 $AX_2$  确定镐头工作的上、下位置，以提高工作效率。利用该电控系统中的十字主令器和中间继电器，可实现机械手 5 个自由度的手动操作和各种动作之间的相互闭锁。如 X、Y 自由度只能单独进行，以确保凿槽成矩形，再如 Z 自由度向下时要求 X、Y、 $\theta$  自由度不能动作，以防止液压镐受损。

### (4) 技术特点

1) 与传统的人工持镐开凿作业相比，液压传动的机械手持镐作业，效率高、动作灵活、

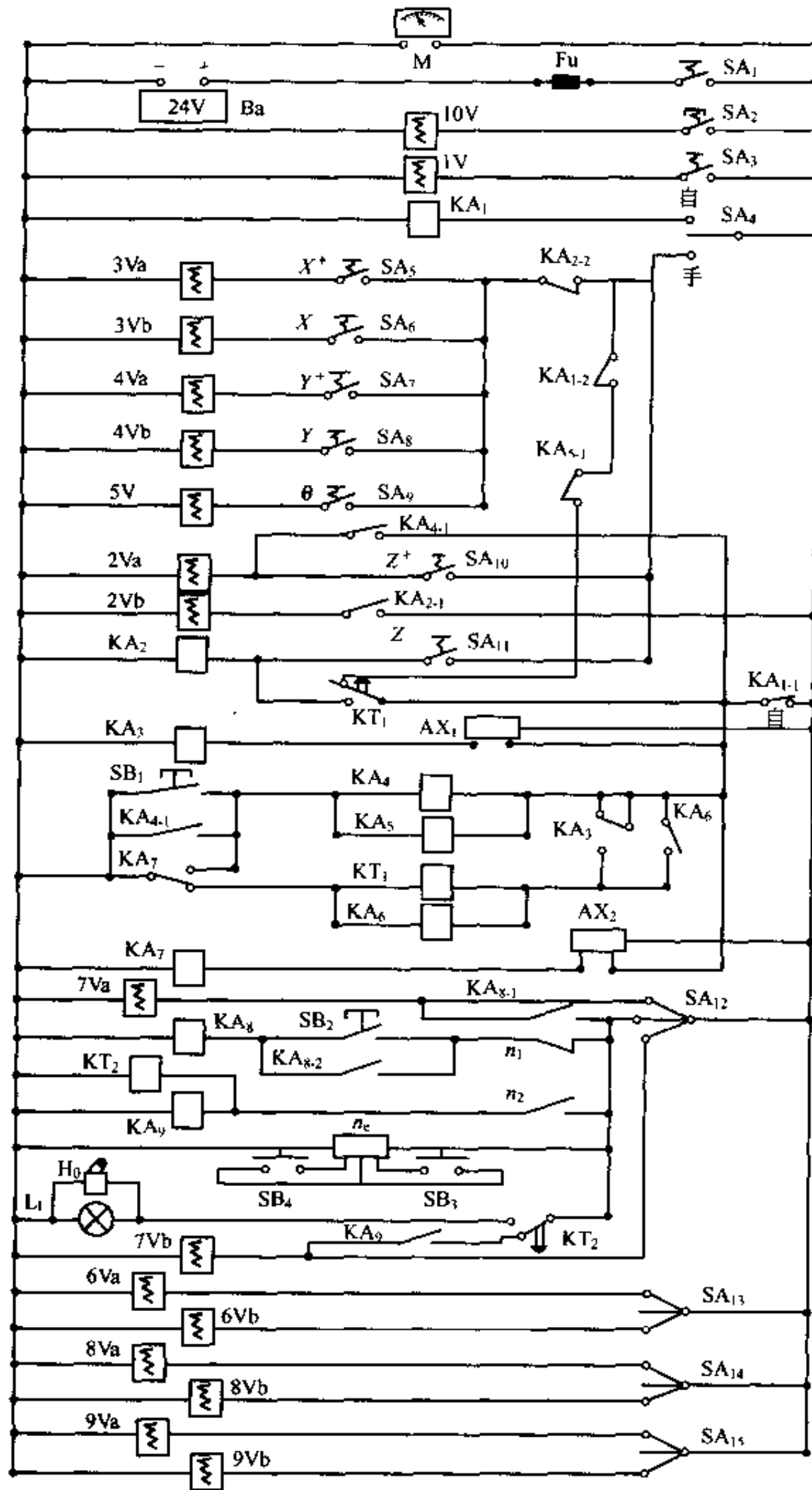


图 8-13 机械手电控系统原理图

定位准确、凿槽规范、质量易于保证。

2) 液压系统兼作各执行器和液压镐的动力源，操纵控制及调节方便，电控系统配合，提高了自动化程度。由于液压系统的电液控制元件均为开关量，便于采用可编程序控制器 (PLC) 实施控制。



### 8.2.9 “穿地龙”机器人液压控制系统

#### (1) 主机功能结构

“穿地龙”机器人是一种可在土中克服土壤阻力的自行行走设备，用于实现 PE 或 PVC 管、电缆、光缆等中、小直径管线的地下非开挖铺设施工。该设备的执行机构（参见图 8-14）主要由液压驱动的锥形头部、转向装置、冲击装置三部分组成。工作时，微机系统发出各种操作指令，冲击装置往复运动提供机器人前进驱动力；转向装置旋转运动提供锥形头部转动的扭转力，实现机器人在土壤中的姿态变化。

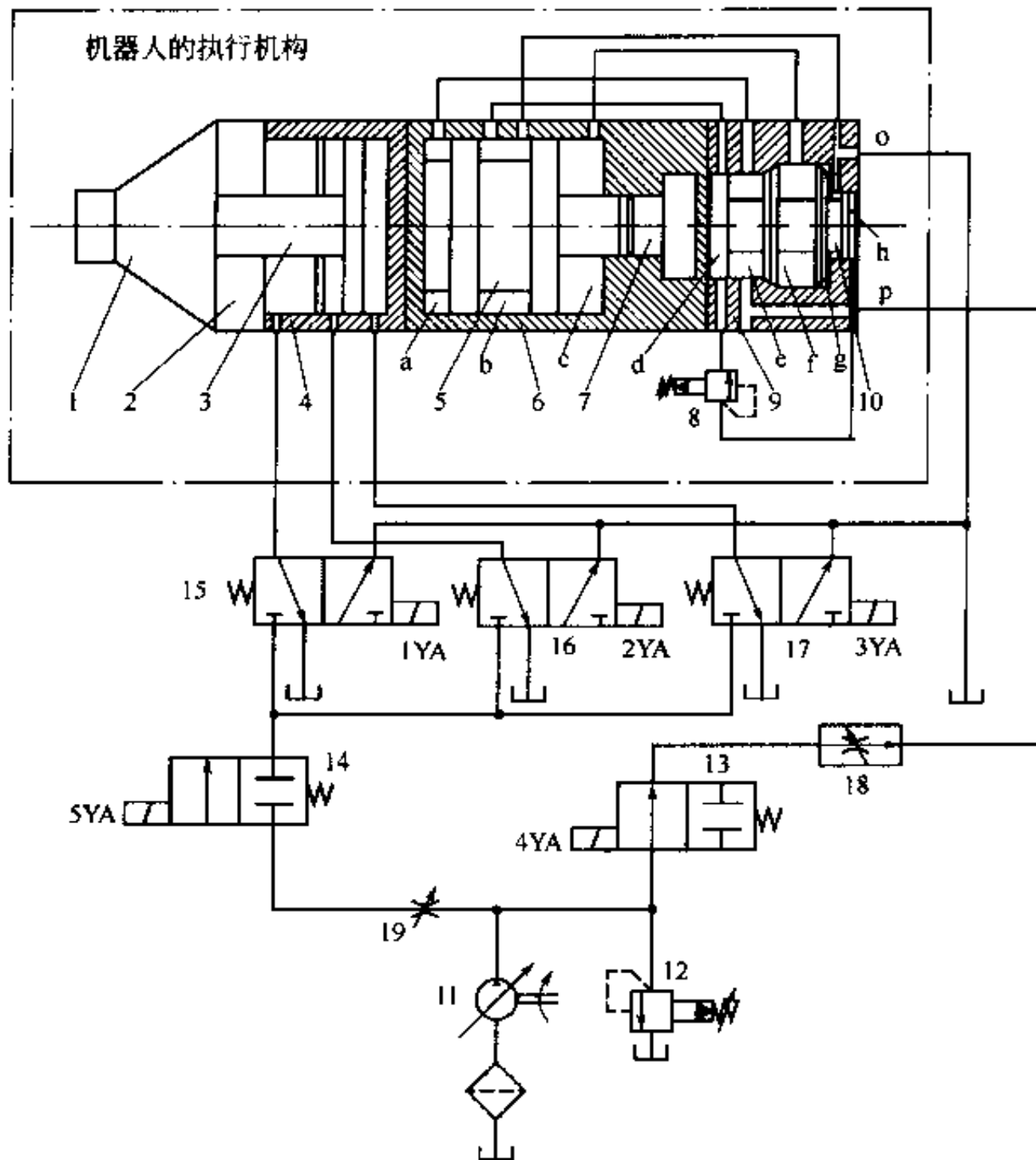


图 8-14 “穿地龙”机器人液压控制系统原理图

- 1—锥形头部；2—转向离合器；3—转向液压缸活塞；4—转向液压缸缸体；5—冲击液压缸活塞（杆）；6—冲击液压缸缸体；7—氮气室；8—定压溢流阀；9—配流阀阀体；10—配流阀阀心；11—变量液压泵；12—溢流阀；13、14—二位二通电磁换向阀；15、16、17—二位三通电磁换向阀；18—调速阀；19—节流阀

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 8-14 所示为该机器人的液压控制系统原理图。系统的执行器即为整个机器人的执行机构，其中冲击装置包括左、中、右三个工作腔 a、b、c 的冲击液压缸 [缸体 6，活塞（杆）5，P 和 O 分别为压力油口和回油口]、氮气室 7、压力反馈式配流阀（包括阀体 9，阀心 10，d、e、f、g、h 等 5 个配流阀腔）等部件；转向装置包括用于转向的双活塞三腔液压

缸〔缸体4、活塞(杆)3〕和转向离合器2等部件。系统的油源为液压泵11,其压力由先导式溢流阀12设定;冲击缸和转向缸为并联油路,分别通过二位二通电磁换向阀13和14控制两缸油路的通断,通过调速阀18和节流阀19调节两缸的工作流量及运动速度。系统的工作原理如下。

当机器人直线前进时,电磁铁4YA、5YA均通电使换向阀13、14均切换至左位,液压泵的压力油同时进入冲击和转向两个回路,使机器人的执行机构同时实现冲击和旋转运动。

当机器人转弯时,首先通过电磁铁4YA断电使换向阀13复至左位,关闭冲击油路;电磁铁5YA通电使换向阀14切换至左位,开启转向油路,通过三个电磁阀(1YA、2YA、3YA)的协调动作控制转向缸两活塞的向前、向后及相互间的运动,使得离合器2分离或咬合,产生旋转运动带动锥形头部1转过不同的角度,改变机器人在土中的前进方向,直到机器人的头部转向到指定的位置。然后,电磁铁5YA断电使换向阀14复至右位,关闭转向油路使其保压;电磁铁4YA通电使换向阀14切换至右位,开启冲击油路,只冲击不旋转,机器人沿头部偏转的方向前进。

冲击装置的动作过程如下。

1) 冲击缸活塞(杆)回程 图8-14所示状态为冲击装置的活塞(杆)一次冲击行程終了处于回程的开始状态。配流阀的左阀腔d中的油液通过冲击缸的b腔、回油口o通油箱,而右阀腔h与压力油口p相通,阀心10在h腔压力油作用下处于图示左端位置。压力油经p口、阀的高压腔e、进入冲击缸左腔a,冲击缸的活塞(杆)5开始向右回程,而右腔c的油液则经阀的变压腔f、低压腔g、回油口o回油箱,同时压缩氮气室7。随着回程增加,系统压力随氮气室7的压力升高而升高,当压力升高到定压阀8的设定值时,定压阀8开启,压力油经p口和阀8进入阀腔d中,因d腔作用面积大于h腔作用面积,阀心在压力差作用下向右运动,靠向阀腔右侧,阀的变压腔f与高压腔e连通。这样冲击缸a、c腔均与压力油相通,形成差动连接,活塞回程加速阶段结束。活塞依惯性作用向右作减速运动直至速度为零,完成整个回程动作。

2) 冲击缸活塞(杆)冲程 冲击缸的活塞(杆)回程结束时,配流阀心10靠在阀腔右侧,冲击缸的a、c腔均与压力油口p相通,保持差动连接,冲击缸的活塞(杆)5在液压油压差及被压缩的氮气膨胀作用下向左加速运动,开始冲程。在冲程加速后期,活塞(杆)5的速度很高,油液流量大,系统压力降低。当活塞越过冲击缸的b腔左端油口时,阀腔d经冲击缸中腔b与回油口o连通,压力迅速降低。此时,定压阀8关闭,阀心在h腔压力油作用下迅速向左运动,靠在阀腔左侧,而活塞(杆)5则依靠惯性高速撞击冲击缸的左端而,产生的冲击力克服土壤的阻力,带动机体向前运动一段距离。这时,一次冲程结束,系统又恢复到回程初始状态。通过如此循环实现冲击缸活塞的回程与冲程运动,每次冲击后机器人都向前行进一段距离,从而实现了机器人在土中的自行前进。

### (3) 技术特点

1) “穿地龙”机器人的执行机构采用液压驱动,体积小,功率和冲击力大。可以同时实现土中的冲击前进与旋转。

2) 冲击装置采用三腔液压缸及压力反馈式配流机构,转向装置采用双活塞液压缸,并分别采用调速阀和节流阀进油接流调速;通过电磁换向阀的通断组合实现冲击装置和转向装置的分时获同时工作。

### (4) 技术参数

该机器人的转向扭矩为  $90 \sim 150 \text{ N} \cdot \text{m}$ ；冲击频率为  $100 \sim 300 \text{ 次}/\text{min}$ ；液压系统的工作压力为  $16 \text{ MPa}$ 。

### 8.2.10 机动车高效液压千斤顶系统

#### (1) 功能结构

液压千斤顶是行走机械、工程机械、车辆等机动车辆的必备工具，用于小型设备简易维护的举升作业。液压千斤顶输出推力很大，但传统的千斤顶效率较低。其柱塞在上升阶段的空行程中，其上升速度与其接触到负载后的举升速度一样慢，影响了工作效率。此处介绍的高效液压千斤顶，其主要特征是采用一个复合举升液压缸，通过减小作用面积提高千斤顶的空载举升速度。

#### (2) 高效液压千斤顶系统及其工作原理

图 8-15 所示为高效液压千斤顶的系统原理图，其手摇泵部分与传统千斤顶相同，由压杆 11、泵缸 2 及活塞 1、配油机构（吸油单向阀 4 和压油单向阀 3 组成）；其顶升缸部分与传统千斤顶则不同，顶升缸由大小两个液压缸套装复合而成，小缸的空心柱塞 12 与大缸的缸筒 9 固连，大缸的活塞 10 兼作小缸的缸筒，活塞 10 的下端台肩孔内的柱塞 12 上有内置单向阀 8，从而形成两个作用面积不等的工作腔 a、b。单向阀 7 置于与 b 腔和油箱 5 的管路上，6 为下降截止阀。

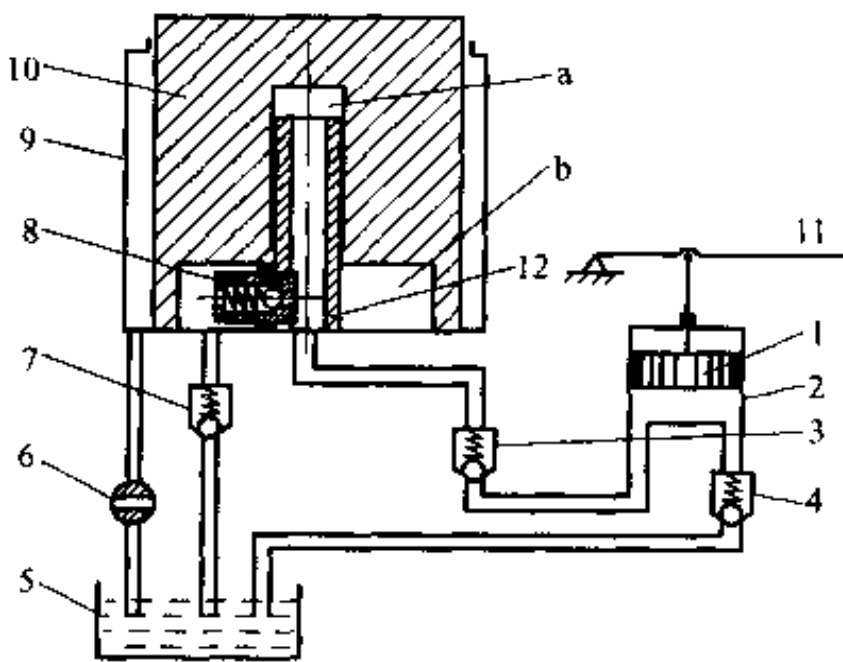


图 8-15 高效千斤顶的结构原理图

1—活塞；2—泵缸；3—压油单向阀；4—吸油单向阀；5—油箱；6—截止阀；7—充液单向阀；8—内置单向阀；9—举升缸缸筒；10—举升柱塞；11—压杆；12—小缸柱塞

该千斤顶的工作原理如下。

当手摇泵压杆 11 向上抬起时，活塞 1 随之上行，压油单向阀 3 关闭。泵缸 2 的工作容积增大，形成真空。在大气压的作用下，油箱 5 中的液体经管路顶开吸油单向阀 4 进入缸 2 中；当压杆 11 向下运动带动活塞 1 下行时，缸 2 中的液体压力增加，吸油单向阀 4 被关闭，缸 2 中的液体顶开压油单向阀 3，经小缸柱塞 12 的中孔进入 a 腔，由于 a 腔的有效作用面积（即柱塞 12 的截面积）与活塞 1 的截面积相近，因此活塞 10 空载快速上升；与此同时，举升柱塞 10 下部与 b 腔（缸筒 9 内）的工作容积增大，形成真空。在大气压作用下，油箱 5 中液体顶开单向阀 7 向柱塞 10 下部与 b 腔充液补油，防止吸空。当举升柱塞 10 的上端面接触到负载后，a 腔内油液压力升高，顶开单向阀 8，a 腔与 b 腔连通，经阀 3 来的压力油同时进入 a 腔和 b 腔，阀 7 被压力油关闭。此时压力油的有效作用面积为举升柱塞 10 的截面积，慢速举升重物，高效千斤顶与传统千斤顶在克服负载做功时的效果相同，变成传统的千斤顶。当需举升柱塞停止时，压杆 11 停止运动，举升缸中的油压使压油单向阀 3 关闭，举升柱塞 10 被锁定不动；需要举升柱塞 10 下降返回时，打开截止阀 6，在举升物的自重或其他外力作用下，举升缸中的液体直接经阀 6 排回油箱，而 a 腔中的油液顶开单向阀 8 后回油箱，使柱塞 10 复位，完成一个升降循环。

该千斤顶的工作原理如下。

#### (3) 技术特点

1) 高效千斤顶与传统千斤顶的结构不同之处在于：将举升缸由单腔柱塞缸变为两工作腔的复合缸，增设内置单向阀。

2) 通过减小举升液压缸工作腔作用面积提高空载阶段的举升速度，而负载时增大作用面积慢速举升，从而提高了千斤顶的工作效率。

### 8.2.11 工程机械多功能液压工作站系统

#### (1) 工作站的功能结构

多功能液压工作站用于工程机械的液压系统及元件维修拆洗后试验检测，同时作为液压软管扣压机使用，能平稳精确地对液压软管的金属接头进行扣压。

#### (2) 液压系统及其工作原理

工作站的液压系统原理图如图 8-16 所示，系统的泵源部分由机动液压泵 2 及其驱动电机 3、手动液压泵 23 和油箱 1 等构成；控制台部分由各类液压控制阀和仪表构成。机动泵 2 为高压中小流量柱塞泵（最高压力 40MPa），给系统提供一定压力和流量的液压油；手动泵 23 为备用泵，当机动泵不能工作时，可以用手动泵为试验系统供油，完成试验工作，同时手动泵也能够提供一路控制油液；在机动泵和手动泵出口油路中安装安全溢流阀 22、21 以防止系统超载，起安全保护作用。

用机动泵试验时，关闭扣压油路截止阀 8 和隔离截止阀 19，打开试验油路截止阀 20，将被试液压阀或液压缸用软管连接于试验油路中，启动电机和机动泵；通过调整压力控制阀 5 即可调节进入被试元件的压力，并在压力表上显示；通过调整节流阀 6，可以控制进入被试元件的流量；三位四通手动换向阀 17 可以控制液油的流动方向，达到换向的目的。用手动泵试验时，试验方法与机动泵试验相同。该试验台主要对大部分维修后的液压缸及液压阀进行性能测试和试验，可以达到元件维修后的试验基本要求。进行液压软管接头扣压时，需将试验系统油路截止

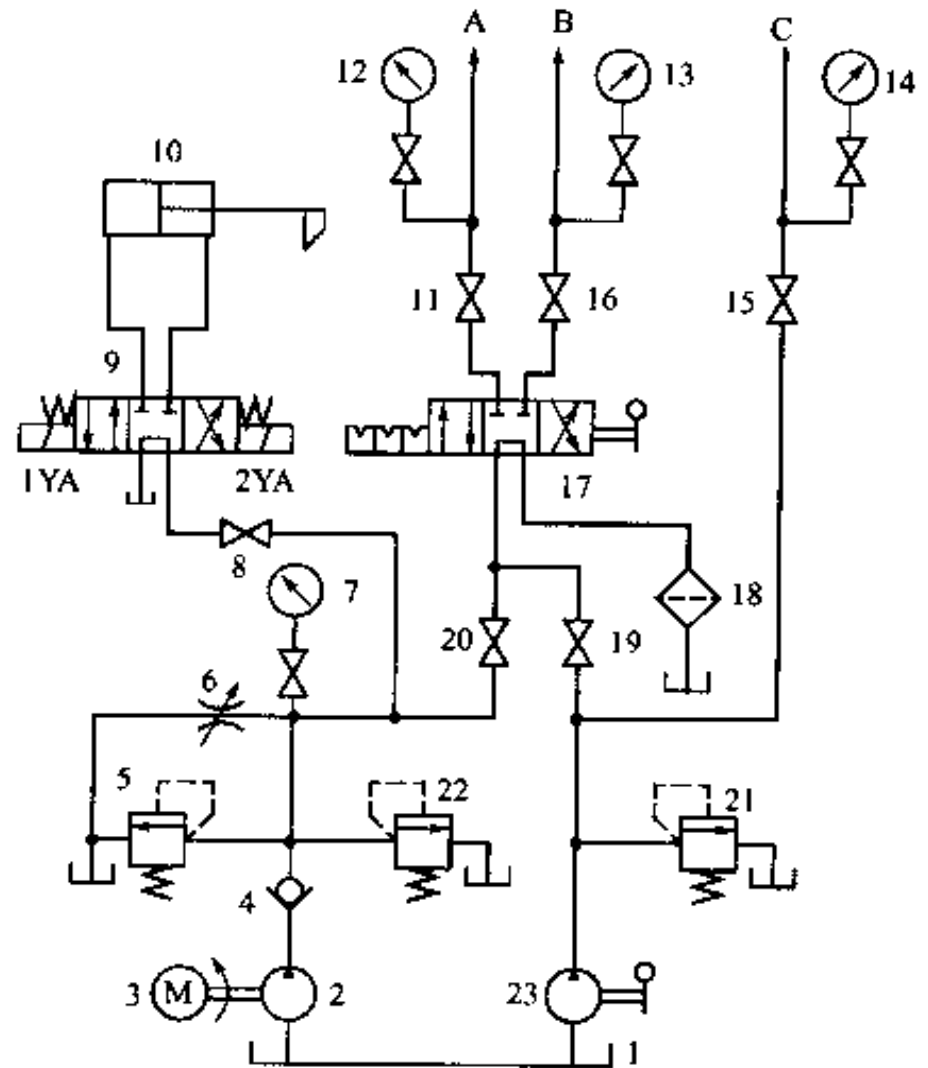


图 8-16 工程机械多功能液压工作站系统原理图  
 1—油箱；2—机动液压泵；3—电机；4—单向阀；5—机动液压泵调压溢流阀；6—节流阀；7—机动液压泵压力表及开关；8—扣管机截止阀；9—三位四通电磁换向阀；10—扣压头液压缸；11—A 口截止阀；12—A 口压力表及开关；13—B 口压力表及开关；14—C 口压力表及开关；15—C 口截止阀；16—B 口截止阀；17—三位四通手动换向阀；18—回油过滤器；19—隔离截止阀；20—主油路截止阀；21—手动泵安全溢流阀；22—机动泵安全溢流阀；23—手动液压泵

阀 20 关闭，打开扣压系统油路截止阀 8，利用机动泵 2 和溢流阀 5 及节流阀 6，并操作扣压（三位四通电磁）换向阀 9，即可按照扣压要求进行扣压作业。其扣压原理为：电磁铁 1YA 通电使阀 9 切换至左位，泵 2 的压力油经阀 4、阀 8 和阀 9 进入扣压头液压缸 10 的有杆腔，使扣压头液压缸活塞退至左极限位置，此时将溢流阀调整至所需工作压力；按下扣压控制按钮，电磁铁 2YA 通电使阀 9 切换至右位，泵 2 的压力油进入扣压头液压缸无杆腔，

推动扣压模块进行扣压，当液压缸活塞杆前端面与调节机构的调节杆接触时，推动调节杆，压下微动开关触头，使微动开关的常闭触点断开，扣压控制回路使电磁铁 2YA 断电，换向阀 9 复至中位，泵 2 通过阀 9 的 M 型中位卸荷，扣压停止。回退时，按下回退控制按钮，扣压模块回退，放开回退控制按钮，阀 9 复位，泵 2 卸荷。

图 8-17 所示为多功能液压工作站的外形结构示意图，操纵台整体为箱式结构，前后开门。液压泵组（电机和液压泵）2 立式安装于油箱 1 上盖板，手动泵放置在油箱左侧底架上，并且都设置于台柜 5 内部。在操纵台外部操作面板左侧安放软管扣压头 6，以便于操作。操纵面板有各类仪表和电气按钮，操纵台水平台面上有各类压阀操纵手柄。试验油口布置于台柜后部左侧，便于连接。

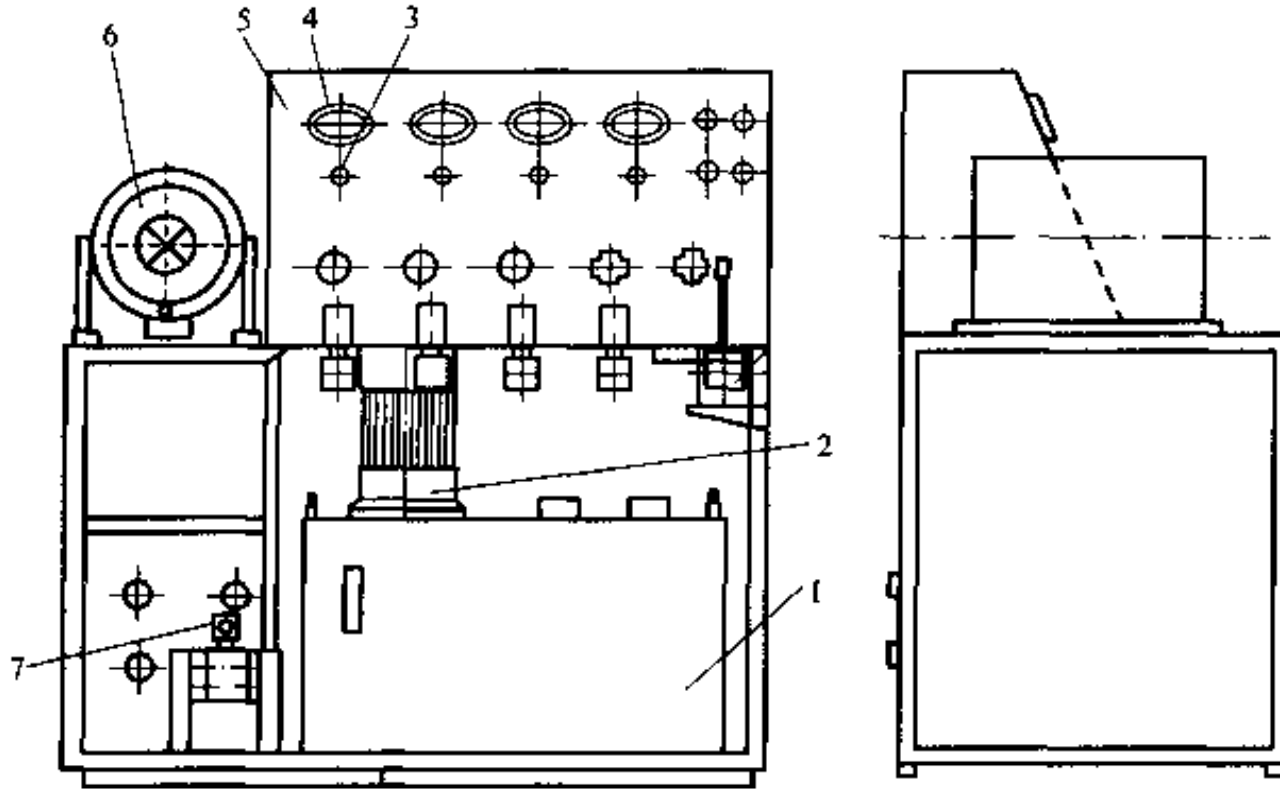


图 8-17 多功能工作站外形结构示意图

1—油箱；2—液压泵组；3—压力表开关；4—压力表；5—台柜；6—扣压头；7—手动液压泵

### （3）技术特点

1) 该多功能工作站集液压元件试验和液压软管扣压两种功能于一体，节省投资，结构紧凑，体积小，外形美观，使用方便，工作性能稳定。

2) 进行试验时，用液压软管将被试元件与工作站相应油口连接，按被试元件的试验要求和工作站试验操作规程操作即可对被试元件进行测试。除了能够对大部分液压缸、液压阀的性能进行检测外，也可对液压油管等液压辅件进行检测。该工作站还可以进行其他工作，如工作站作油源时，可以给其他系统提供油液，或进行元件的单项测试等。

3) 液压软管扣压操作简便，满足了工程机械液压软管较多，经常需要制作和扣压所需软管的要求，节约了维护费用和时间。

4) 液压系统采用了并联的机动液压泵和手动液压泵，在紧急情况下可以通过手动泵供油完成试验工作。通过设置多个截止阀实现试验操作和扣压操作的油路转换和隔离，方便可靠。

## 8.3 农林牧机械液压系统

### 8.3.1 联合收割机静压传动装置 HST

#### （1）功能结构

自行式农业机械用液压传动和控制不是通常的分立液压元件组合而成的液压系统，而是一种集液压泵、马达和阀于一体的静压传动装置 HST (Hydro Static Transmission)。此处介绍的是一种与功率为 25kW 的联合收割机配套的 HST。

图 8-18 所示为联合收割机的典型 HST 传动示意图。内燃发动机带动 HST 的液压泵轴 2，马达轴 3 驱动收割轴 4，并通过中间轴 5、6 传递到刹车轴 7、离合器轴 8 和左车轴 9、右车轴 10，从而进行车速调节、方向变化、收割高度调整、收割轴升降、水平控制等操作。收割轴 4 上的带轮拖动收割装置，收割的谷物通过传送带送入脱粒装置中。传送带的速度与收割机的行走速度保持一定的比例。

(2) HST 的液压系统及其工作原理

1) 主系统 HST 的液压系统原理图如图 8-19 所示，双向变量柱塞泵 1 与双向定量马达 2 组成闭式液压回路，液压泵和马达的泄漏油液流入低压回路；系统的补油泵为低压齿轮泵 3，通过过滤器 4 和单向阀 5 向系统低压侧补油，补油压力由溢流阀 6 调定，多余油液通过阀 6 排回油箱 7。两个高压溢流阀 8 起安全阀作用，防止系统过载；系统还设有两个中位阀（带节流的二位二通阀）9 和冷却器 10。HST 装置用一根操纵杆即可分别进行动力转向操作（操纵杆左右动作）和收割高度调节（操纵杆前后动作）。

2) 动力转向装置液压系统 图 8-20 所示为动力转向装置液压系统原理图，采用定量泵 1 供油，三位四通手动换向阀 2 控制，系统还设有溢流阀 5 和顺序阀 6。如果阀 2

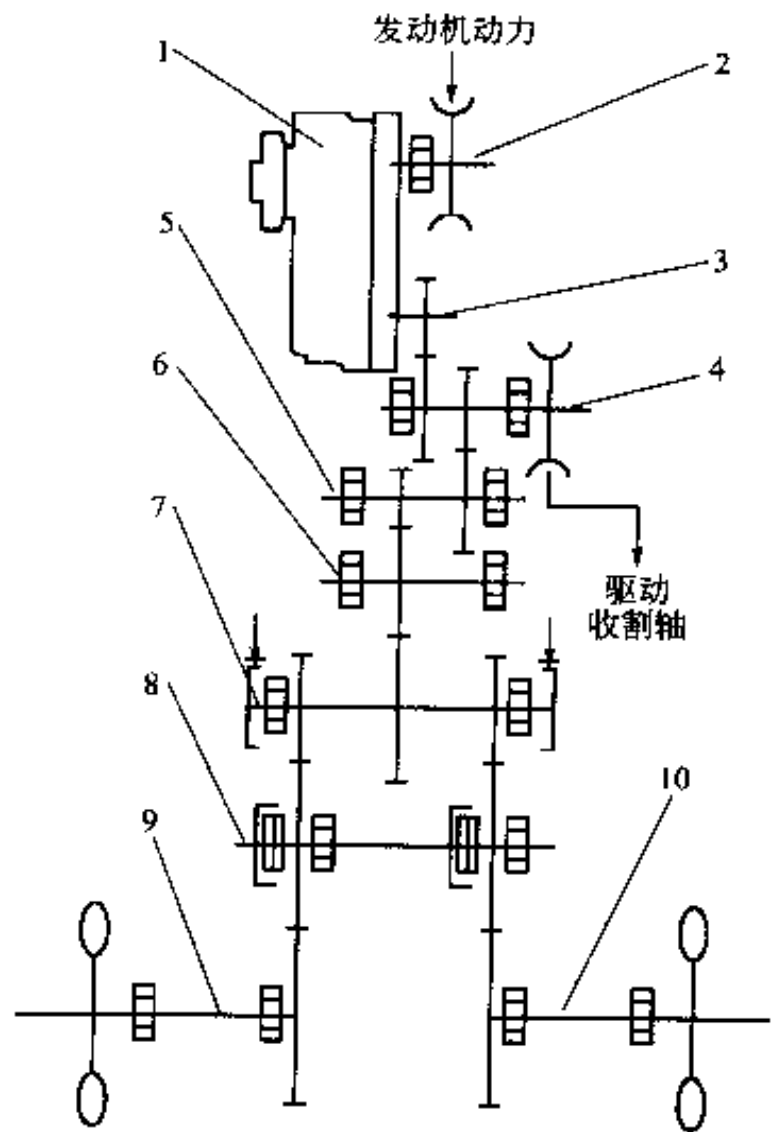


图 8-18 联合收割机的 HST 传动示意图

- 1—HST；2—液压泵轴；3—液压马达轴；
- 4—收割轴；5、6—中间轴；7—刹车轴；
- 8—离合器轴；9—左车轴；10—右车轴

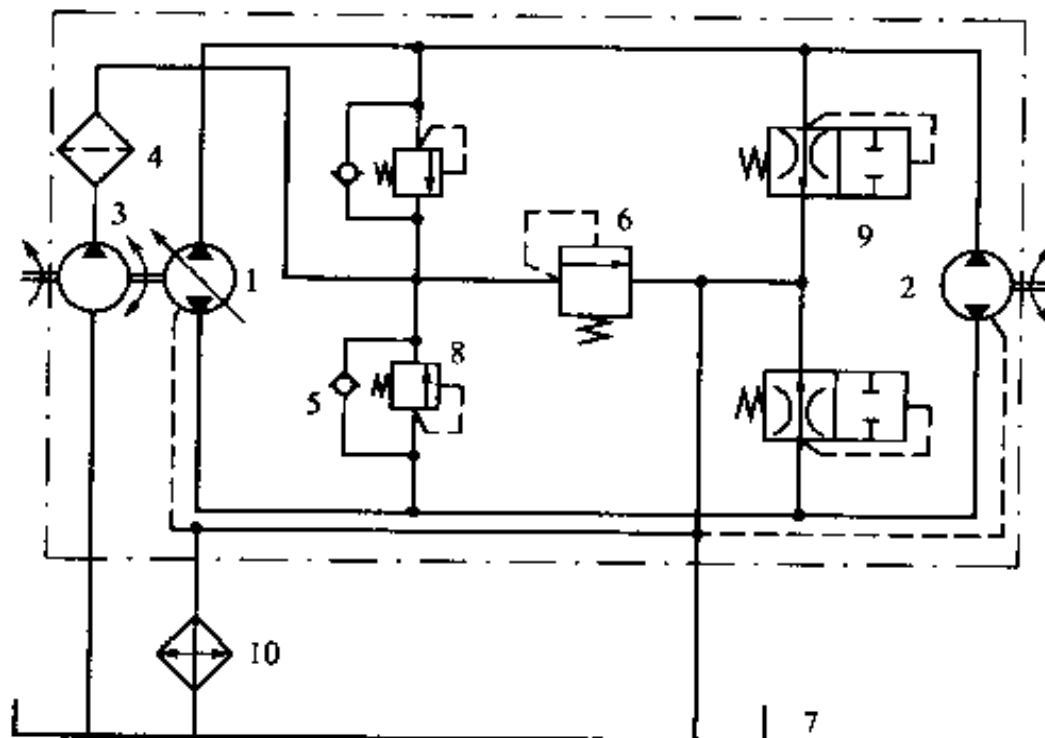


图 8-19 HST 的液压系统原理图

- 1—双向变量柱塞泵；2—双向定量马达；3—低压齿轮泵；4—过滤器；5—单向阀；
- 6—补油溢流阀；7—油箱；8—溢流阀；9—中位阀；10—冷却器



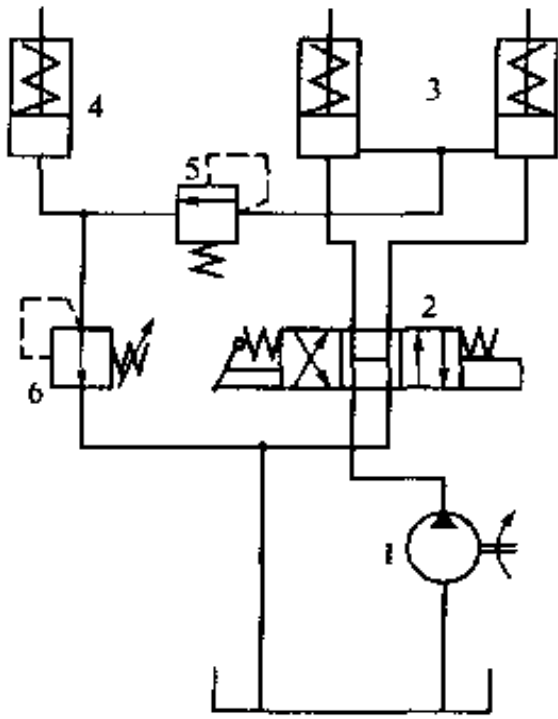


图 8-20 动力转向装置液压系统原理图

1—定量液压泵；2—三位四通手动换向阀；3—左离合器液压缸；4—液压制动器；5—溢流阀；6—顺序阀

的操纵杆稍许向左拉，阀 2 向右移动，左离合器液压缸 3 伸出，左车轴没有动力传递而空转。这时右车轴转动，收割机缓慢转回。如果操纵杆进一步向左拉，顺序阀 4 动作，液压制动器 4 制动，左车轴自锁，中心轴转动，收割机快速转回。

3) 收割轴升降、机身倾斜和卸料的液压系统 图 8-21 所示为收割轴升降、机身倾斜和卸料的液压系统原理图，系统的执行器为收割液压缸 16、机身倾斜液压缸 17 和 18、卸料装置升降液压缸 19。缸 16 和缸 19 为单作用缸。系统的油源为定量泵 1，最高压力由溢流阀 2 设定。液压缸的运动采用三位四通电磁换向阀 11~14 控制。系统工作原理如下。

① 收割装置升降。如果阀 2（见图 8-21）的操纵杆向后拉（上升方），则换向阀 11 切换到左位（收割高度上升位置），液压泵 1 的压力油经单向阀 4 进入收割缸 16，使收割缸的柱塞带动收割装置上升。如果操纵杆向前压（下降方），换向阀 15 切换到右位（收割高度下降位置），收割缸的油液通过节流阀 3 流回油箱，收割装置下降。

② 机身倾斜。通过置于机身左右的两个液压缸 17 和 18 的伸缩，可调节机身两侧对地而的相对高度，从而使收割机倾斜。例如换向阀 11 切换至右位时（供给下流位置），而阀 12 切换至右位（下降的位置），换向阀 13 切换至左位（上升的位置），则液压泵 1 的压力油经阀 11 分为两路：一路经阀 12 进入左液压缸 17 的有杆腔，同时导通液控单向阀 8，缸 17 的活塞杆缩回，其无杆腔的油液经节流阀 5 和阀 8 排回油箱；另一路经阀 13、液控单向阀 9、节流阀 6 进入右液压缸 18 的无杆腔，缸 18 的活塞杆伸出，缸 17 和缸 18 的运动结果使机身向左下方倾斜。如果换向阀 12 和 13 都切换至左位（上升位置），则机身保持水平而整

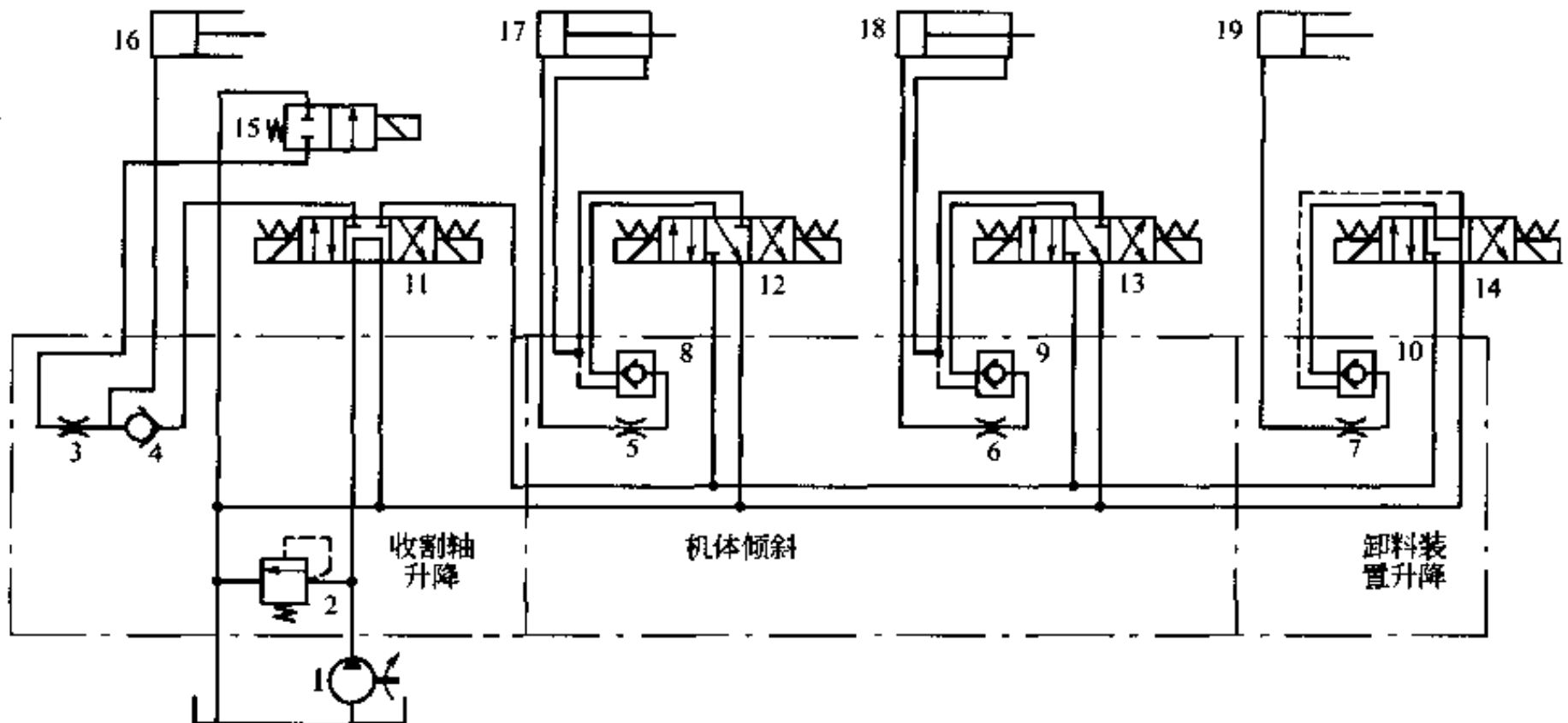


图 8-21 收割机轴升降、机身倾斜和卸料液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3、5、6、7—节流阀；4—单向阀；8、9、10—液控单向阀；11、12、13、14—三位四通电磁换向阀；15—二位二通电磁换向阀；16—收割液压缸；17、18—机身左侧、右侧液压缸；19—卸料装置升降液压缸

体上升。这样就可以实现机身左右倾斜和水平上升或下降。

③ 卸料装置升降。卸料装置升降缸的动作原理与上述机身倾斜左或右液压缸的动作原理相同。

### (3) 技术特点

1) 采用 HST 的联合收割机操纵控制方便, 用脚踏一根操纵杆即可完成进退换向及平稳的无机变速; 可以极低的速度和很小的回转半径行走, 直线性好, 能够灵活的转弯或进出作业场地; 作业效率较高, 安全可靠性好。

2) 由于 HST 将液压泵、马达和阀集成于一体 (在一个壳体中平行布置着变量柱塞泵和定量马达的转动组件, 在高、低压油路上分别设有高、低压溢流阀, 阀体中集成有两个单向阀和两个中位阀), 因此重量较轻 (功率为 25kW 的收割机用 HST 仅重 21kg); 便于与各类收割机主机配套; 根据不同工况, 负载及所收割的谷物茎秆粗细、多少和水分含量等, HST 中变量柱塞泵斜盘角度发生变化, 流量随之变化, 从而能够很方便地实现无级变速和改变输出转矩。

3) 由于缩短了管路, 故功率损失较小, 效率较高, HST 总效率高达 80%。

4) HST 容易实现四轮驱动、动力输出和脉宽调制等操作, 还可以增加电子控制等多种装置, 接收反馈信号, 实现机、电、液一体化控制, 强化故障诊断能力, 提高收割机的效率、可靠性和操作舒适性。

### (4) 技术参数

插秧机中 HST 的工作压力见表 8-5。

表 8-5 插秧机中 HST 的工作压力/MPa

作业内容	平均压力	最高压力	作业内容	平均压力	最高压力
路上行走	8	52.5	田中旋转作业	8.5	18
进入田土	3.5	10	田土中后退	8.5	20.5
田中作业	10	26	退出田土	17	25

## 8.3.2 叶尼塞玉米收割机行走液压驱动系统

### (1) 主机功能结构

叶尼塞玉米收割机是从俄罗斯引进的大功率收割设备, 用于玉米的收割作业。其行走部分采用了液压驱动。

### (2) 行走液压驱动系统及其工作原理

图 8-22 所示为叶尼塞玉米收割机行走液压系统的原理图, 它是一个典型的双向变量泵和双向定量马达组成的容积调速系统, 系统为闭式回路, 回路中各元件对称布置, 由手动伺服阀 14 控制变量的变量泵 1 可以正反向供油, 液压马达 3 可以正反向旋转; 高压溢流阀 7 和 8 用来限定系统高压侧的最高工作压力, 防止系统过载, 起安全保护作用; 与变量泵同轴驱动的定量液压泵 2 是向系统低压侧补油的补油泵, 补油压力由补油溢流阀 6 调定, 三位三通液控换向滑阀 9 用于将回路中一部分热油从低压溢流阀 10 排出并和补油泵 2 供给的冷油进行热交换。过滤器 11 和 13 用于过滤低压泵排向系统的油液, 保证油液的清洁度。

当变量泵 1 斜盘倾斜方向一定时, 变量泵的进、出油口即确定。例如泵 1 正向供油时, 则上管路 15 为高压侧, 泵 1 的压力油经管路 15 进入液压马达 3, 驱动液压马达正向旋转;

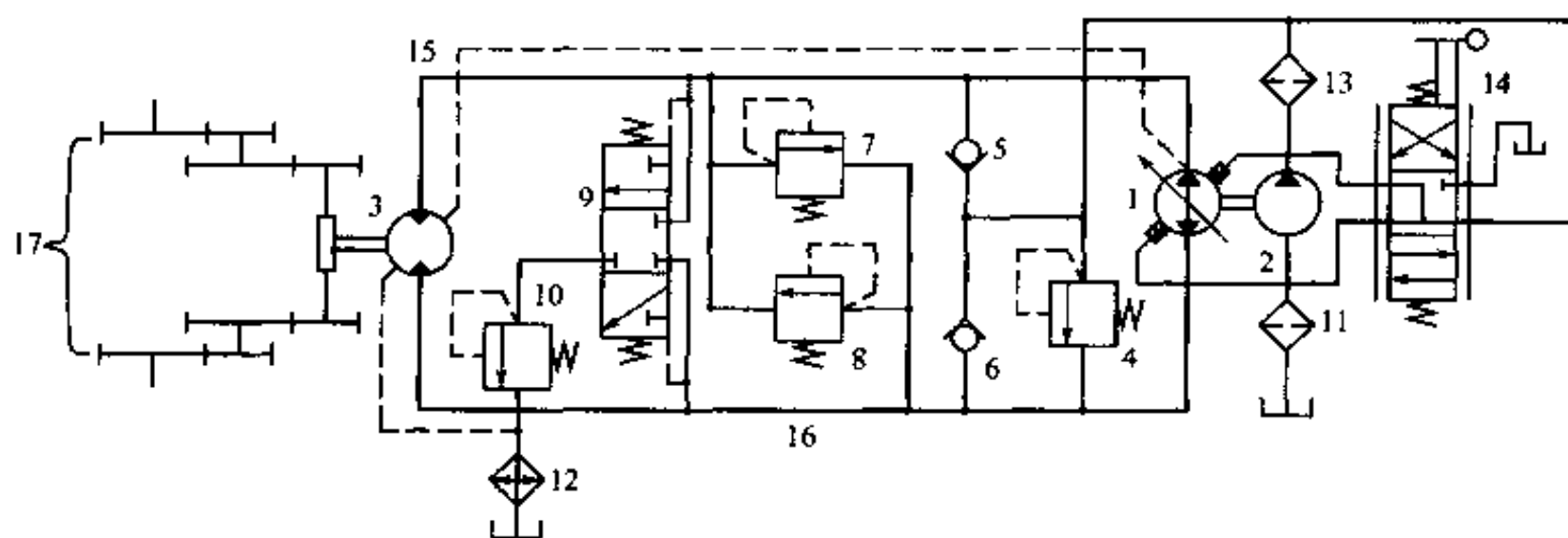


图 8-22 收割机行走液压驱动系统原理图

1—双向变量泵；2—双向定量液压泵；3—双向定量马达；4—补油溢流阀；5、6—补油单向阀；  
7、8—高压溢流阀；9—三位四通液控换向阀；10—低压溢流阀；11、13—过滤器；  
12—冷却器；14—手动伺服阀；15、16—管路；17—二级减速齿轮

溢流阀 7 防止马达正向旋转时过载，此时溢流阀 8 不起作用。补油泵 2 的低压油经过滤器 13 顶开单向阀 6 向低压管路 16 补油，另一单向阀 5 在高压管路 15 油压作用下封闭。当高低压管路 15 和 16 间的压力差大于一定数值时，换向阀 9 被切换至上位，液压马达 3 的回油经低压管路 16 进入泵 1 的进油口，另一部分同时经阀 9 的上位和溢流阀 10 及冷却器 12 排回油箱，进行热交换。溢流阀 4 的调整压力略大于溢流阀 10 的压力，以保证当高低压管路压力差大于液控阀 9 动作所需的压力差时，阀 9 和 10 能把低压管路的热油排出，新的冷油又能进入低压管路而不至于从溢流阀 4 流掉。

当变量泵 1 的斜盘方向改变时，泵 2 反向供油，上管路 15 变为低压，下管路 16 变为高压，液压马达 3 反转，其他元件的工作原理同上。

液压马达旋转时，其输出轴经二级齿轮 17 减速拖动收割机后轮转动，实现收割机的行走运动。

### (3) 技术特点

1) 该行走液压系统为用双向变量泵-双向定量马达的容积调速系统，闭式油路循环，功率大，既无溢流损失，又无节流损失，系统效率高。

2) 液压马达的输出转矩与变量泵的排量或马达转速无关（恒转矩调节），只与液压马达的进出口压降有关，调速范围大；若改变变量泵斜盘的倾斜方向，即改变泵的供油方向，液压马达就能平稳地实现反向转动。从而使收割机的行走运动方向及速度的变换方便可靠。

3) 变量泵的变量采用两个直径相等的变量缸推动斜盘实现，变量缸直径大且两缸距离远，故变量机构的操纵压力低（由辅助泵供油即可）。操纵手动伺服阀，使来自辅助泵的低压油经伺服阀进入某一变量缸，推动斜盘运动，另一变量缸接油箱，斜盘转动又反馈使伺服阀回中位，斜盘即保持在某一倾斜角度。操纵伺服阀向另一方向移动，则斜盘朝另一方向倾斜。伺服阀的操纵杆可在一定角度内无级变化，即变量泵无级变量。两个变量缸无压力油作用时，靠弹簧作用斜盘自动回零偏角，当收割机的发动机熄火时，发动机再行启动，泵能在零偏角下启动，保证了收割机的安全。

4) 补油泵通过过滤器向系统补油，系统中低压管路的油液经冷却器回油箱，保证了油液清洁度和充分散热，提高了系统的工作可靠性。

5) 液压马达轴经二级齿轮减速（减速比大于 1），降低了马达轴的等效转动惯量，所以

提高了系统的固有频率和响应特性。

### 8.3.3 谷物联合收获机的液压操纵系统

#### (1) 主机功能

JL-1075 谷物联合收获机是引进美国约翰迪尔公司 1000 系列的产品技术制造的谷物收获设备，其液压操纵系统设计先进，操作方便、灵活，该机型广泛应用于全国各垦区，在垦区的农业生产中发挥着重要作用。

#### (2) 液压操纵系统及其工作原理

图 8-23 所示为 JL-1075 收获机液压操纵系统的原理图。系统的油源为双联齿轮泵 10 的大泵（小泵至机器的转向系统）。系统的执行器为滚筒无级变速液压缸 4、拨禾轮升降液压缸 5、卸粮搅龙摆动液压缸 6、行走无级变速液压缸 7 和割台升降液压缸 8；由三位六通 Y 型手动换向阀、液控单向阀和单向节流阀等组成的多路阀组合阀 3，用来控制工作机构的运动方向和系统工作压力，保障系统安全。根据工作需要，多路阀中通往液压缸的油路上装有一个或两个液控单向阀，液压泵的卸荷油道为串联形式，压力油道和回油道均为并联形式。

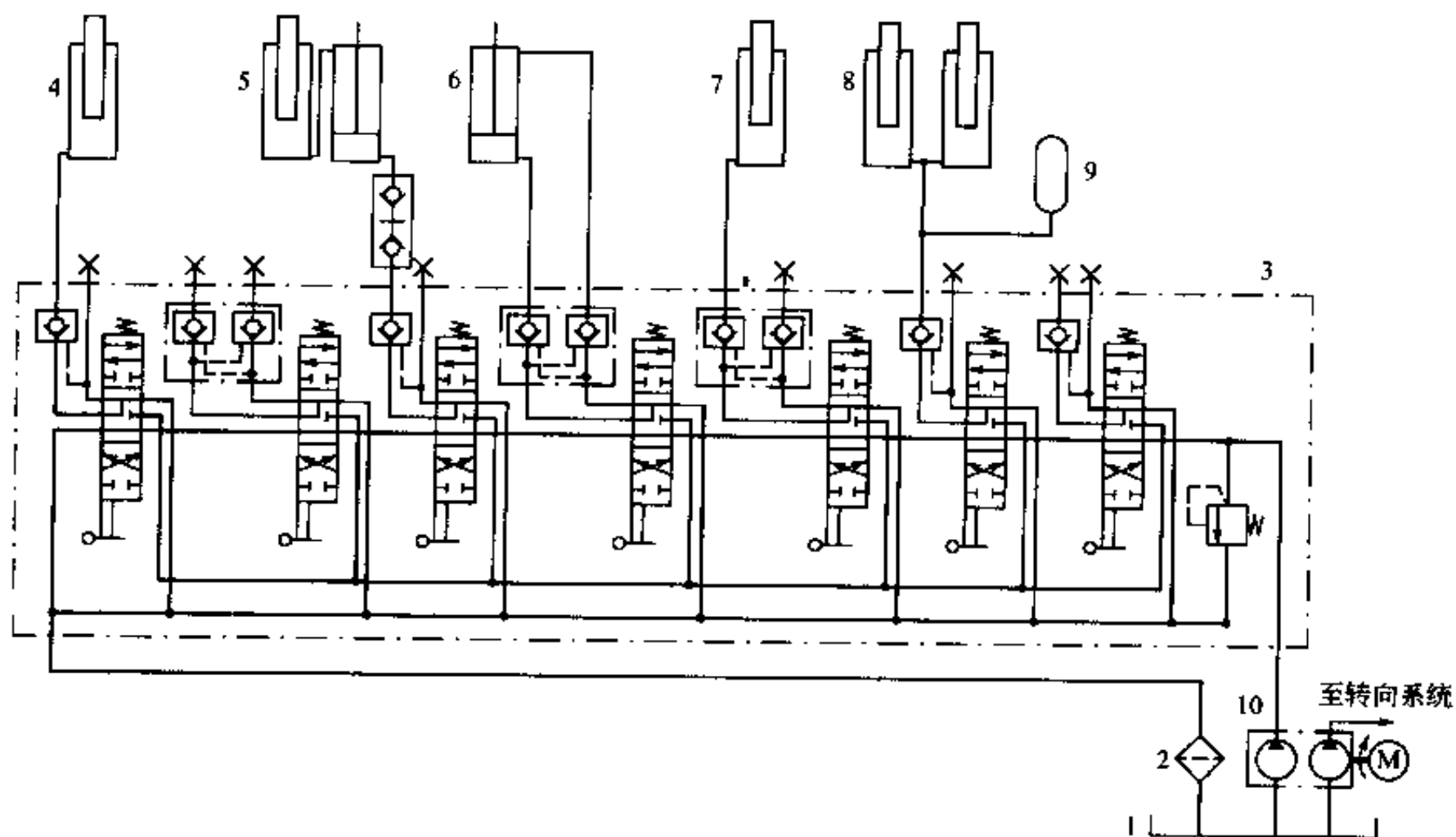


图 8-23 JL-1075 收获机液压操纵系统原理图

1—油箱；2—回油过滤器；3—多路阀；4—滚筒无级变速液压缸；5—拨禾轮升降液压缸；6—卸粮搅龙摆动液压缸；7—行走无级变速液压缸；8—割台升降液压缸；9—蓄能器；10—双联齿轮泵

滑阀式换向阀有中位、提升、下降等 3 个工作位置，系统的工作原理如下。

1) 中位 当所有滑阀都处在中位时，液压泵 10 的压力油输送到多路阀，经卸荷油道和过滤器 2 直接排回油箱，液压泵卸荷。液压缸在液控单向阀作用下，处于封闭状态。此时，液控单向阀的控制活塞两端经回油道与油箱相通，使单向阀可靠关闭。

2) 提升位置 将操纵任意一个滑阀至提升位置（上位）时，卸荷油道被堵死，液压泵 10 不能经此油道卸荷，压力油经换向阀、液控单向阀进入液压缸，使液压缸的活（柱）塞移动，提升重物。当通过手柄切换双作用缸的控制滑阀时，压力油进入液压缸一腔的同时，

导通双液控单向阀另一个单向阀，允许液压缸另一腔油经单向阀、换向阀排回油箱。

3) 下降位置 将操纵任意一个滑阀切换至下降位置(下位)时，液压泵 10 的卸荷油道也被滑阀堵死，压力油经换向阀，导通液控单向阀，使液压缸回油。若切换的是控制单作用缸的滑阀时，由于控制活塞的特殊结构，液压缸回油的同时，液压泵的压力油也经控制活塞的节流口返回油箱，这时节流阻力比较小，仅能维持控制活塞顶开单向阀，即使液压缸回油，液压泵的压力也不会太高，减少了功率损失。如果切换的是控制双作用缸的控制滑阀时，其原理与提升情况相同，只是改变液压缸的运动方向。

### (3) 技术特点

1) 收获机的液压操纵系统采用多路阀集中综合控制，便于集中安装操纵和减轻重量。

2) 多路阀的压力油路和回油路均为并联形式(各滑阀的进油口与总的压力油路相连，各回油口与总的回油路相连)，进油与回油互不干扰，几个执行器可同时工作。

3) 割台升降缸锁紧油路采用液控单向阀控制。这样即可保证收获机作业时定位可靠；又可以在割台日常维修与保养时，发动机熄火状态下，保障驾驶员的人身安全。

## 8.3.4 拖拉机液压转向系统

### (1) 功能结构

JD-4450 拖拉机是美国约翰迪尔公司生产的大马力拖拉机，国内各大农场均有引进。其转向系统采用液压驱动。

### (2) 液压转向系统及原理

图 8-24 所示为 JD-4450 拖拉机液压转向系统原理图。系统的执行器为转向液压缸 3，该缸是一个齿轮摆动缸，由拖拉机的主压力油源供油，当压力油进入转向油缸 3 的左腔或右腔时，柱塞移动经齿轮齿条传动装置带动转向立轴 7 转动，转向立轴又带动转向机构使前轮转向。转向阀 2 为三位四通液动换向阀，其阀心由计量泵 1 的压力油驱动，阀心内部装有两个人力转向单向阀，两个单向阀共用一根弹簧，当主压力油源的压力油进入阀中间位置，不转动方向盘时，阀心处于中位，压力油被截止；反馈液压缸 4 与转向缸 3 同步移动(铰连)，其油源为计量泵(外啮合齿轮泵) 1，泵轴与方向盘立轴相连，只要转动方向盘，该泵就可以输出压力油，反馈缸 4 排出的油液进入计量泵 1 的吸油腔并与转向阀 2 另一端油路相通，当转动方向盘停止时，泵 1 吸油停止，该缸排出的油液经节流器进入转向阀 2 一端，使阀心立刻回到中立位置，主油路 P 被切断，转向油缸 3 停止移动。4 个缓冲溢流阀 5 分别与转向缸 3 和反馈缸 4 各油路连通。如果该机在正常行驶中，前轮突然遇到障碍物时，转向缸 3 某腔的油压则突然升高，此时该腔油路的缓冲阀则开启溢流，起安全保护作用。两个补油单向阀 6 分别连接在控制油路上，如果该油路缺油，补油单向阀则自动开启，使回油路的油液流进补充。转向阀、缓冲溢流阀和补油单向阀装在一个阀体中。

液压转向系统的工作原理如下。

在液压转向过程中，驾驶员转动方向盘时，计量泵 1 的压力油同时作用在液动换向阀 2 一端(例如左端)和反馈缸 4 的右腔。但此刻，由于转向缸 3 的柱塞尚未动作，所以反馈缸的活塞也不能动作。故泵 1 的压力油先作用于换向阀 2 的左液控腔，阀心移动至右端，从而使油口 P 与油口 A 相通，油口 B 与 O 相通，主压力油源的压力油经单向阀 8 进入转向缸 3 的左腔，右腔的油液经 B、O 排回油箱，转向缸 3 的活塞移动，产生转向所需的动力，驾驶员转动方向盘非常省力；驾驶员向相反方向转动方向盘时的油路原理相同，但油液流向与上

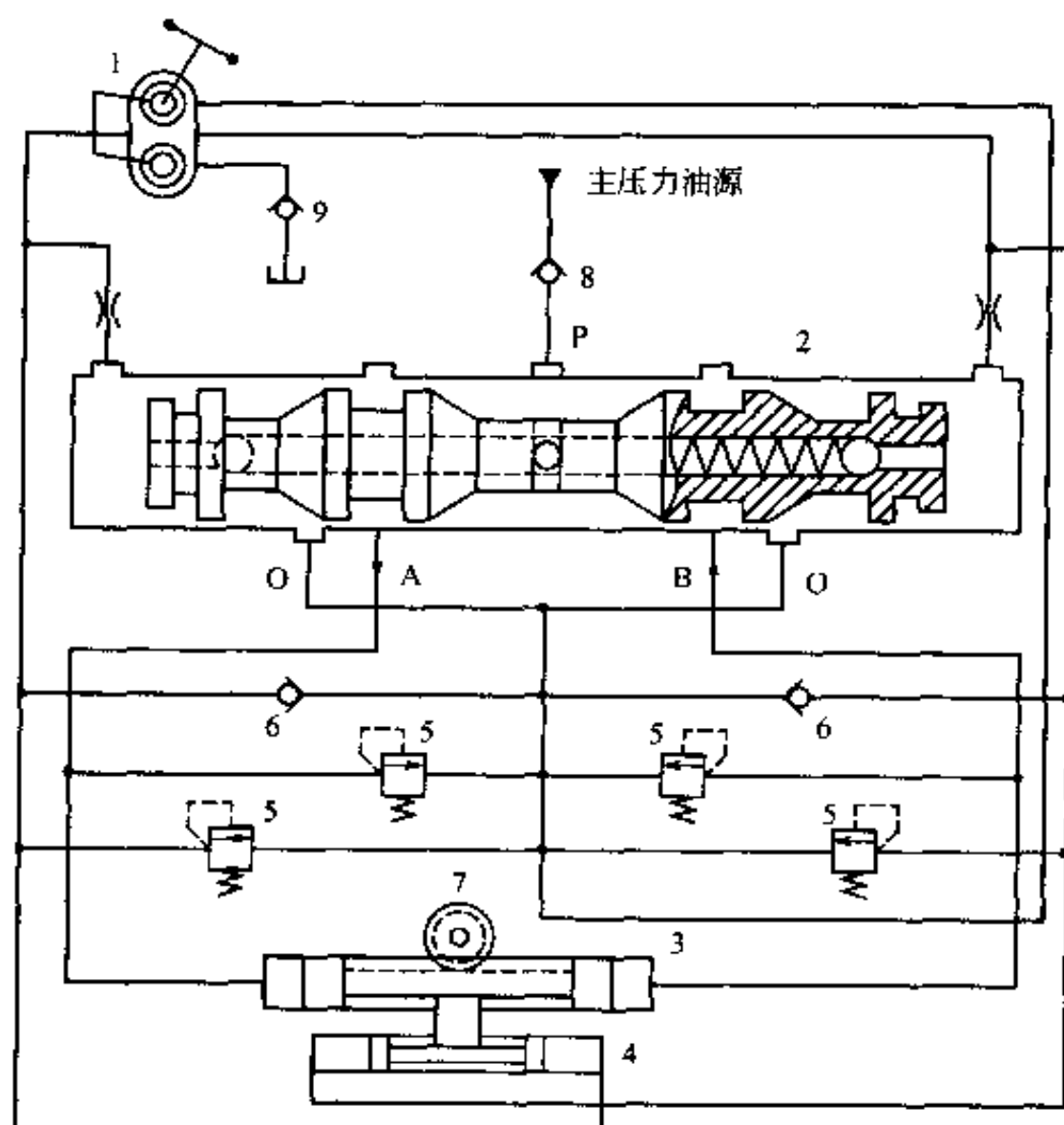


图 8-24 拖拉机液压转向系统原理图

1—计量泵；2—转向阀；3—转向液压缸；4—反馈液压缸；5—缓冲溢流阀；  
6—补油单向阀；7—转向立轴；8、9—单向阀

相反。为保证当主压力油源发生故障不能供油时，该机仍然可以正常行驶，本系统又增设了人力转向装置，其工作过程为：驾驶员转动方向盘时，计量泵 1 供油，使阀心移动到位后即停止。由于主压力油路不供油，阀心内部就没有压力油的作用。而且人力转向单向阀的弹簧比较软，所以，当计量泵 1 不断供油时，该端的人力转向单向阀的钢球就会开启。油液流进阀心又通过阀中间孔流出，然后流进转向缸，推动柱塞移动。由于此时的压力油是靠人力转动方向盘提供的，所以比较费力。

### (3) 技术特点

1) 该拖拉机的液压转向系统通过人力驱动方向盘立轴驱动计量泵，通过计量泵的压力油操纵三位四通液动换向阀和反馈缸，实现转向缸的运动方向的变换，从而改变拖拉机的车轮方向，相当于一个液压放大机构，减轻了驾驶员的操纵强度。

2) 系统具有人力转向功能，在主压力油源发生故障时，仍然可以完成拖拉机的行走和转向。

3) 系统设有起安全保护作用的缓冲溢流阀，可以保证拖拉机运行中遇到障碍时不致因压力升高而使系统遭到破坏。

## 8.3.5 林木球果采集机器人电液比例控制系统

### (1) 主机的功能结构

林木球果采集机器人属示教再现型机器人，其移动机构采用 J-50 拖拉机。它的机械手为具有 5 个自由度的全液压驱动机械手，由计算机与电液比例调速阀进行电液比例控制。



## (2) 电液比例控制系统及其工作原理

图 8-25 所示为机械手电液比例控制系统原理图。机械手的 5 个自由度分别由回转液压马达 25、大臂液压缸 22、小臂液压缸 17、腕部液压缸 14 和摆动液压马达 8 来控制。液压缸 11 为梳齿状采集爪的开合缸，梳齿状采集爪宽 0.5m、长 0.85m，上下两片，可开合（采集爪最大开度为上下两梳齿间距 0.9m），用它来抓取球果。下梳齿左右两侧最外面一齿是新月形侧板，以防止摘下的球果从两侧滚出去。该电液伺服控制系统为双泵双回路系统，油源为 J-50 拖拉机的发动机直接驱动的双联高压齿轮泵 2、3。系统中左边摆动马达 8、开合缸 11、腕部缸 14 和小臂缸 17 由泵 3 供油，为一独立回路，泵 3 的调压及卸荷由电磁溢流阀 4 实现，压力由压力表 26 显示。右边大臂缸 22 和回转马达 25 由泵 2 供油，为另一独立回路，泵 2 的调压及卸荷由电磁溢流阀 1 控制，压力由压力表 27 显示。三位四通电磁换向阀 6、10、13、15、20 和 24 分别用来控制各执行器的运动方向。系统中全部电器元件均由 24V 蓄电池供电。

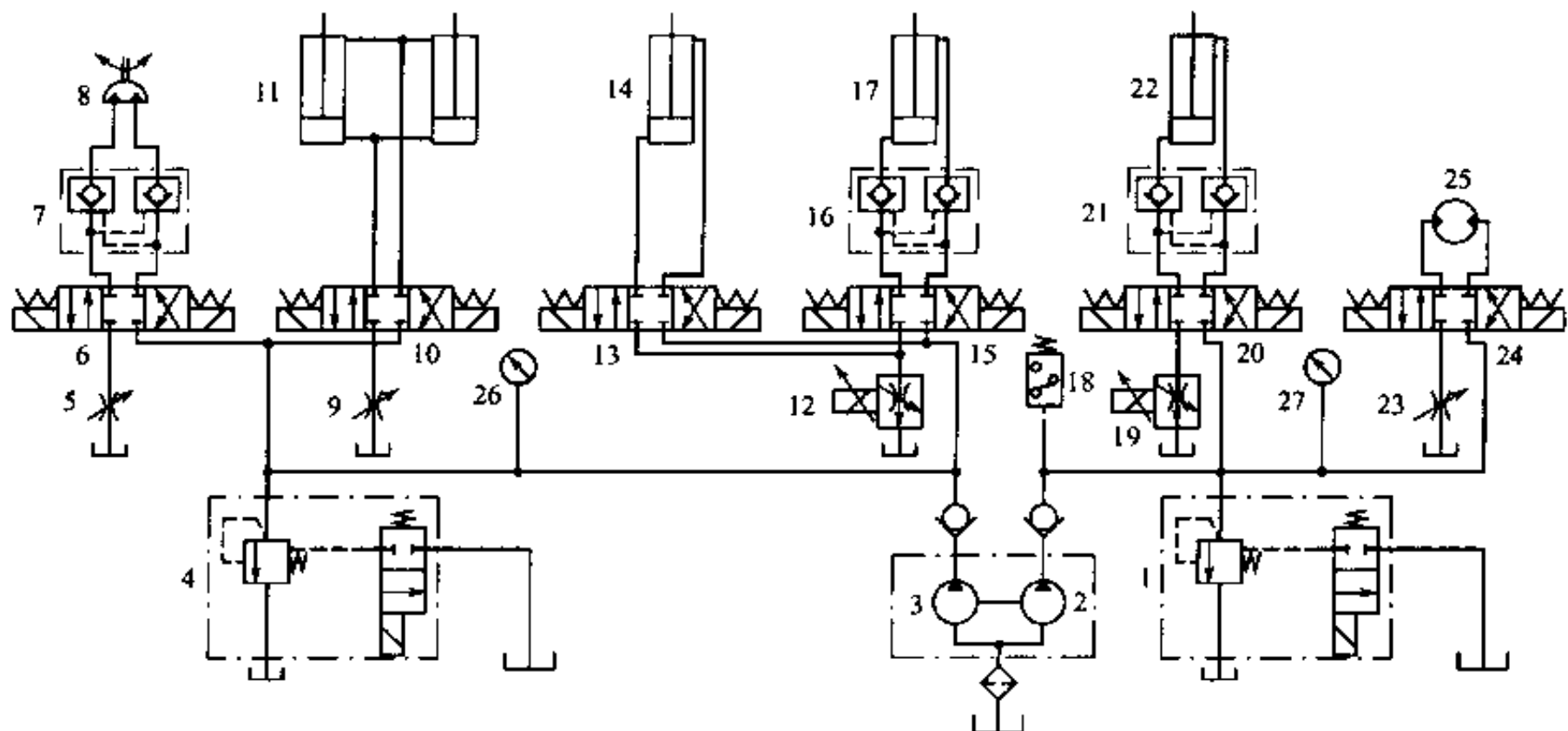


图 8-25 机械手电液伺服控制系统原理图

- 1、4—电磁溢流阀；2、3—双联齿轮泵；5、9、23—节流阀；6、10、13、15、20、24—三位四通电磁换向阀；  
7、16、21—双向液压锁；8—摆动液压马达；11—采集爪开合液压缸；12、19—比例调速阀；14—腕部液压缸；  
17—小臂液压缸；18—压力继电器；22—大臂液压缸；25—回转液压马达；26、27—压力表

摆动马达 8 驱动采集爪左右摘转，单边摆转量为  $135^\circ$ ，摆动速度由节流阀 5 调节。采集爪摆动后定位由双向液压锁 7 完成。两个并联的采集爪开合液压缸 11 的开合运动速度由节流阀 9 调节。腕部缸 14 控制采集爪的俯仰，上下俯仰角可达  $90^\circ$ 。由于腕部缸 14 和小臂缸 17 一般不同时工作，故采用同一电液比例调速阀 12 进行伺服控制。大臂缸 22 用电液比例调速阀 19 进行伺服控制。工作中通过对两个电液比例调速阀 12 和 19 的开口进行控制以达到大臂与小臂或大臂与腕部的协调动作。回转马达 25 通过蜗轮蜗杆和齿轮齿圈减速器驱动回转盘带动机械手左右回转，其工作速度由节流阀 23 来调节。压力继电器 18 用于大臂缸 22 的过载保护，当作业过程中发生超载时即发出使阀 1 的电磁铁通电的电信号，使泵 2 卸荷。

采集机器人到达作业现场后，机械手自动作业程序如下。

- 1) 启动 将发动机与液压泵的离合器接合，按下启动键，电磁溢流阀 1 和 4 通电，液

压泵 2、3 处于待工作状态（卸荷）。

2) 起升定位 小臂先运动，大臂稍滞后 2~3s 运动，两臂协调动作使采集爪直线上升到作业高度。

3) 回转定位 当采集爪达到作业高度时，由回转液压马达使采集爪对准作业树枝。

4) 爪俯仰 由腕部缸调整采集爪的俯仰角度对准作业树枝。

5) 爪摆动 由摆动缸调整采集爪的倾斜角对准作业树枝。

6) 爪张开 由开合缸控制采集爪张开。

7) 向前抓取 由大、小臂缸协调动作，使采集爪沿树枝生长方向伸向树枝。

8) 爪闭合 达到作业深度后采集爪闭合。

9) 向后作业 由大、小臂缸协调动作，使采集爪沿树枝生长方向向外撸下，将球果撸下。

10) 爪仰起 由腕部缸控制采集爪仰起到最大高度，使球果沿管道滚入集果箱中。

11) 降工位 下降一定高度对准下一作业树枝，重复作业程序 6)~10) 的动作。

12) 转工位 由回转马达驱动采集爪对准另一棵树重复作业程序 2)~11) 的动作或对准支撑架准备停机。

13) 停机 降至最低位后，将大臂先落下，小臂稍滞后 2~3s 落下。

脱开发动机与液压泵的离合器，停泵关机。

机械手以上各作业程序都是计算机通过电液比例系统的电磁换向阀、电磁卸荷阀与电液比例调速阀控制各执行器来完成的。计算机对上述作业过程有“记忆”功能，如不重新调整，将按前次作业过程重复再现。机械手的作业程序与电磁阀动作顺序表见表 8-6。

表 8-6 机械手作业程序与电磁阀动作顺序

作业程序	执行器	回转		大臂		小臂		腕部		摆动		开合		比例阀		溢流阀		
		左	右	升	降	升	降	俯	仰	左	右	开	合	19	12	1	4	
1	启动																+	+
2	起升定位				+		+							+	+			
3	回转定位	+/-	-/+															+
4	爪俯仰							+/-	-/+									+
5	爪摆动									+/-	-/+							+
6	爪张开												+					+
7	向前抓取				+	+/-	-/+							+	+			
8	爪闭合												+					+
9	向后作业			+		+/-	-/+							+	+			
10	爪仰起							+							+			+
11	降工位				+		+											
12	转工位	+/-	-/+															+
13	停机																	

注：+/-表示电磁铁交替通电和断电；-/+表示电磁铁交替断电和通电。

### (3) 机器人计算机数字程序控制系统

由于林木球果采集作业对动作精度的要求不高，同时为了降低生产成本、便于推广应用，故采用开环控制的计算机数字程序控制系统（见图 8-26）。其控制参数有 6 个电磁换向阀为 12 个开关量，加 2 个电磁溢流阀，共 14 个开关量，2 个电液比例调速阀为 2 个模拟量。

### (4) 技术特点

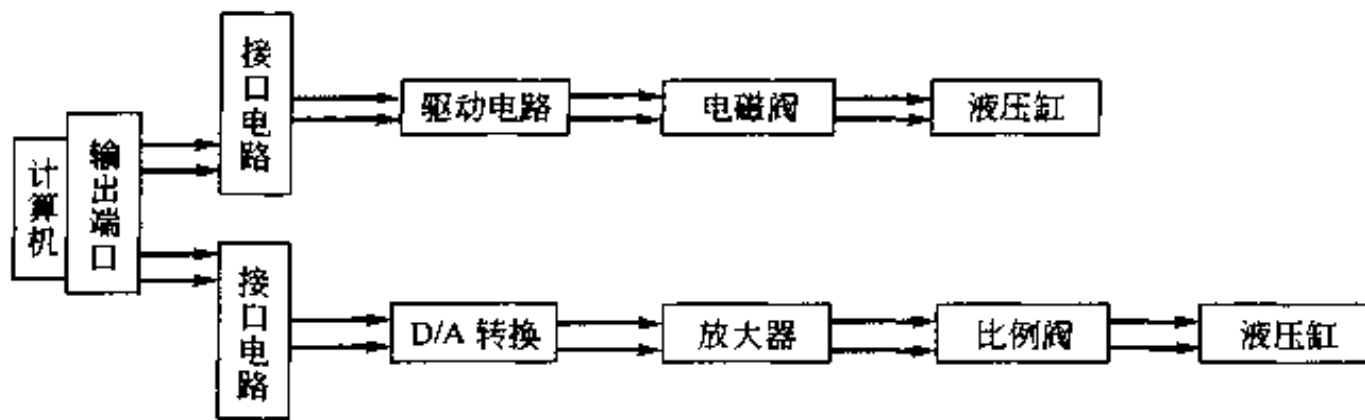


图 8-26 林木球果采集机器人计算机数字程序控制系统框图

1) 该林木球果采集机器人由计算机控制的电液比例系统能够实现林木球果采集作业的各个动作要求，性能良好、动作稳定、操作简便、成本低、效率高。

2) 液压系统采用双泵双回路结构，可以避免多执行由于压力、流量不同造成的动作干扰。

3) 系统中各执行器均采用流量阀（节流阀或调速阀）放在出口的回油节流调速，有利于提高执行器的工作平稳性和油液散热。

4) 各执行器均采用电磁换向阀控制，其电磁铁电源由 24V 蓄电池供给，尽管比交流电磁阀换向时间长，但换向冲击较小。

### 8.3.6 全自动饲料压块机电液控制系统

#### (1) 机器的功能结构

SYKY20 型全自动饲料压块机用以生产供动物食用的各种不同营养成分的饲料块，该机采用了电液控制技术。该机由主机、阀块、液压站、控制箱和下机架等五部分组成（见图 8-27）。主机 3 以 45° 倾角安装于下机架 2 上。主缸（压料缸）、门缸、控制门、门闩及压模腔五大总成组成主机的工作机构。主缸和门缸分别位于压模腔的上、下端。

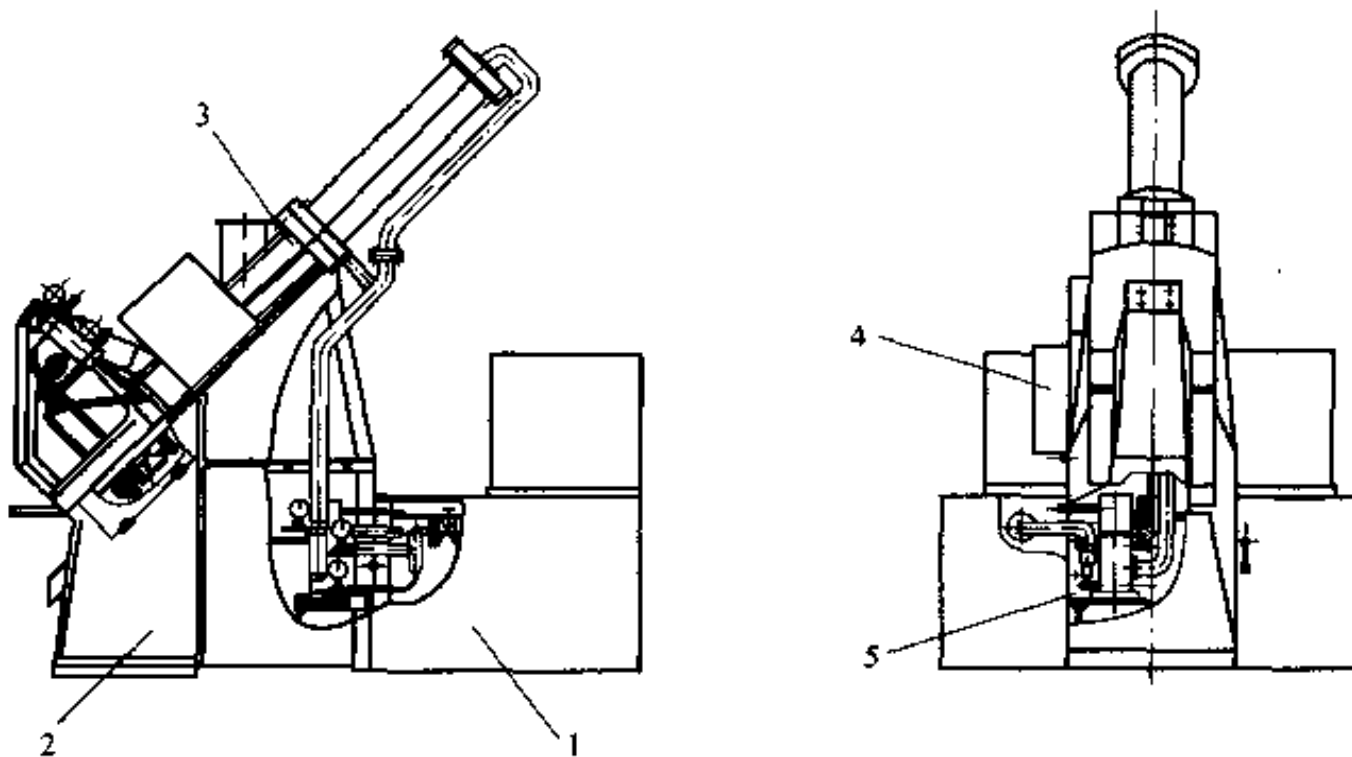


图 8-27 SYKY20 型全自动饲料压块机的结构示意图

1—液压站；2—下机架；3—主机；4—控制箱；5—阀块

压块机工作开始时，主缸活塞处于上端位置，门缸活塞处于下端位置使控制门处于关闭状态，此时通过进料口向压模腔进料。进料完毕，主缸便开始压料工作。饲料块压制好以后，门缸活塞回到上端位置，控制门打开，主缸将压制好的料块推出（出料）后又回到上端

位置。至此，主机便完成了一个工作循环。

控制门除在出料时打开外，在进料至压制的整个过程中始终处于关闭状态。为保证关门可靠，关门到位后由门闩将控制门锁死。门闩总成主要由门闩及门闩柱塞回路组成，柱塞回路用来保证门闩与控制门的协调动作并保证控制门不被卡死。关门时先关门到位，后门闩到位锁定；开门时则先拔门闩而后开门。

液压站与主机、阀块及控制电路组成电液自动控制系统。集成了5个插装阀、4个二位四通电磁换向阀和一个三位四通电液动换向阀的主控阀块安装于下机架上，是整个电液自动控制系统的核心。

## (2) 液压系统及其工作原理

压块机的液压系统原理图如图8-28所示。系统的执行器为压料液压缸1、控制门液压缸2、门闩液压缸3。系统的油源为双出轴电机驱动的双联液压泵4和变量泵5，泵4中大泵的压力及卸荷由插装阀7及其先导调压阀12和二位四通电磁换向阀15构成的电磁溢流阀设定和控制；泵4中小泵的压力及卸荷由插装阀8及其先导调压阀14和二位四通电磁换向阀18构成的电磁溢流阀设定和控制；泵5的压力及卸荷由插装阀10及其先导调压阀13和二位四通电磁换向阀17构成的电磁溢流阀设定和控制。定量液压泵6为三位四通电液动换向阀19

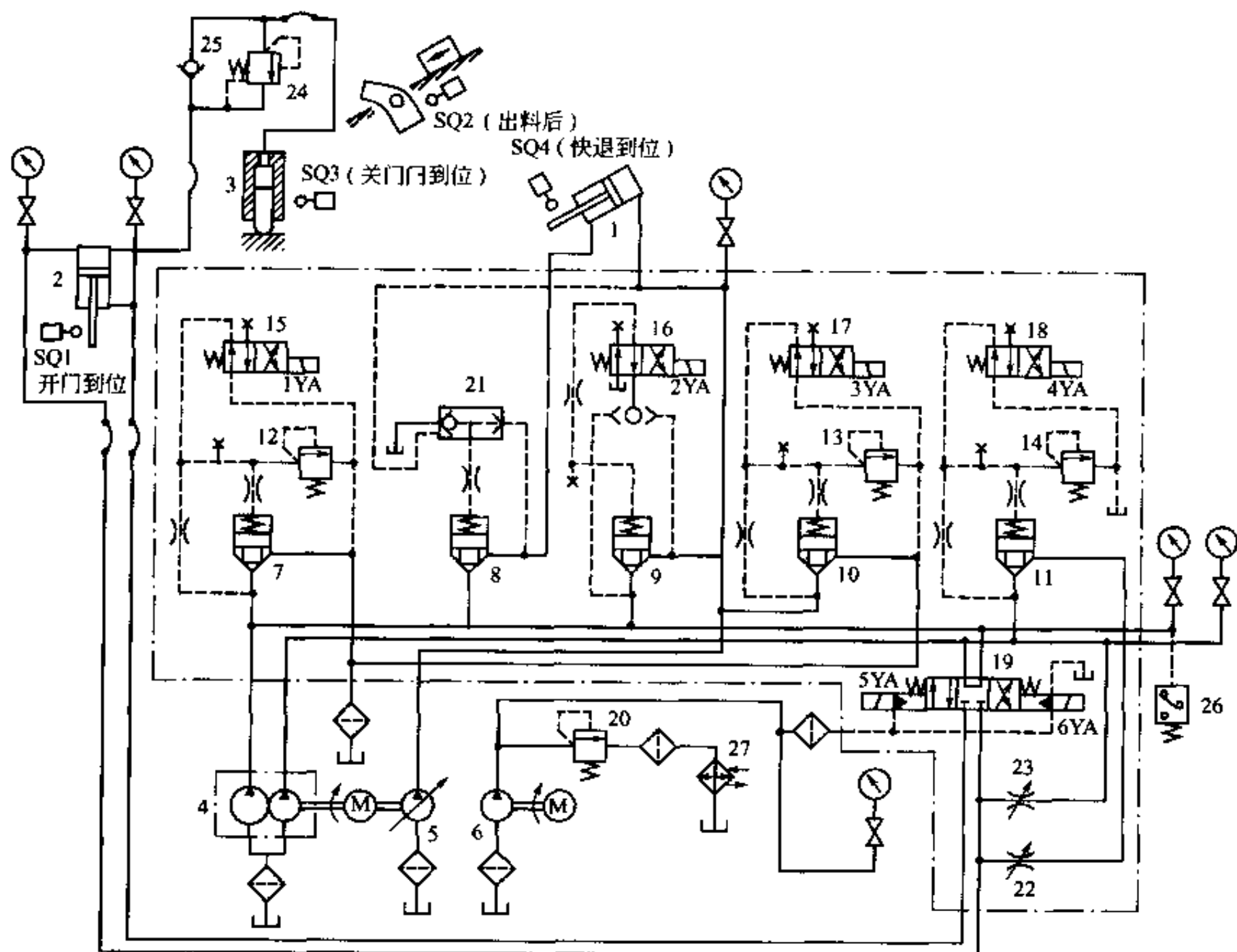


图8-28 饲料压块机的液压系统原理图

- 1—主液压缸；2—门缸；3—门闩缸；4—双联液压泵；5—变量液压泵；6—定量液压泵；7、8、9、10、11—插装阀；  
12、13、14—先导调压阀；15、16、17、18—二位四通电磁换向阀；19—三位四通电液换向阀；20—溢流阀；  
21—先导单向阀；22、23—节流阀；24—直动溢流阀；25—单向阀；26—压力继电器；27—冷却器

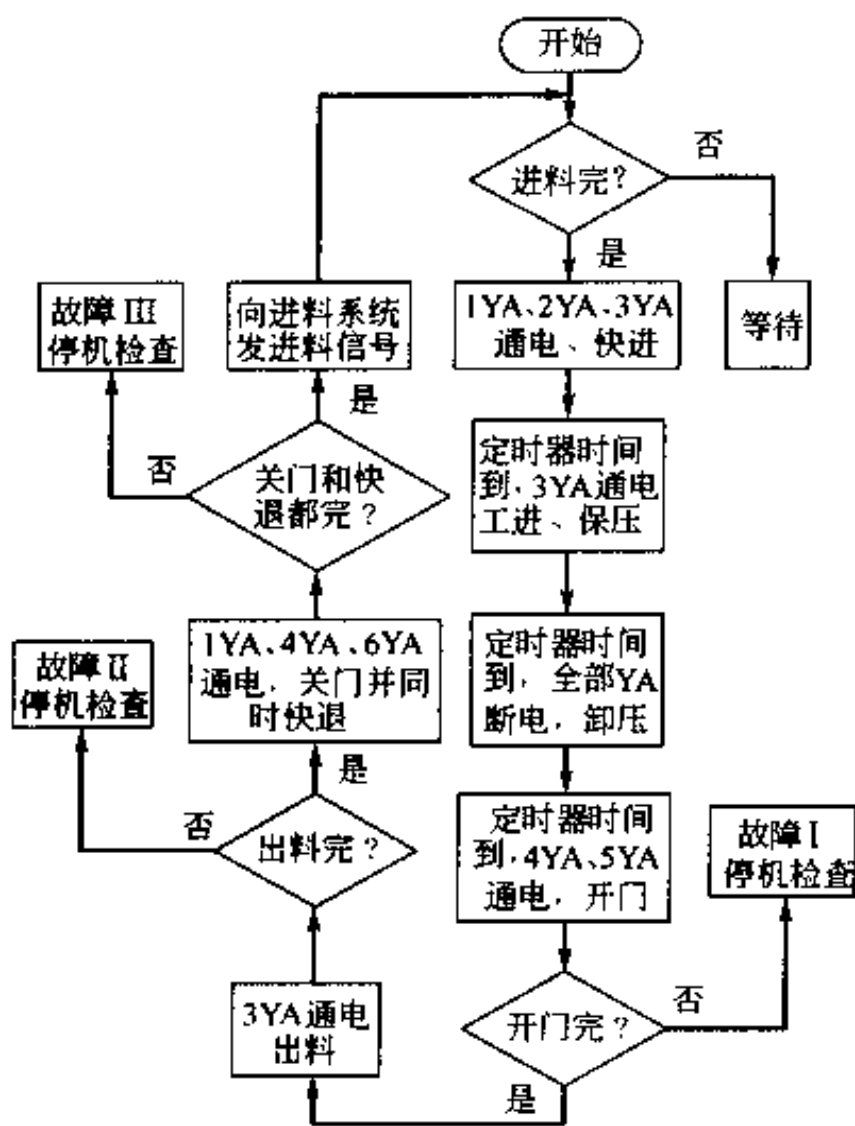


图 8-29 机器的自动循环框图

的控制油源，其压力由溢流阀 20 设定。插装阀 8 和 9 及其先导单向阀 21 和二位四通电磁换向阀 16 组合起来用于控制主缸 1 的往复运动和保压。换向阀 19 用于控制门缸 2 及门缸 3 的运动方向，溢流阀 24 和单向阀 25 用于控制门缸的反推力。

机器的电控部分主要由定时器、继电器及行程开关组成，由于液压系统中设置了压力继电器 25，所以主缸快慢进转换可有行程控制和压力控制两种方式供选择。机器设置了自动和手动两种操纵方式，以便于自动工作和调整维护。

机器的自动循环包括进料、快进、工进、保压、卸压、开门、出料、关门及快退等 9 个工况，机器的循环过程如图 8-29 所示，图中的电磁铁及信号开关编号与液压系统原理图 8-27 相对应。

### (3) 技术特点

该饲料压块机及其液压系统具有如下

特点。

- 1) 结构简单新颖，使用方便、操纵灵活、工作安全可靠、使用寿命长；压制力大，压块成型率高。
- 2) 采用电液自动控制系统，生产完全实现自动化；备有手动操纵方式，以便检查调整及维修保养。
- 3) 液压系统采用多泵组合供油节能技术，节能效果显著；温升高、密封可靠，适于长时间连续生产。
- 4) 系统采用插装阀控制技术，高度集成化，结构紧凑、工作可靠、动作灵敏、损失小、故障少、寿命长、维修保养方便。

### (4) 主要技术参数 (见表 8-7)

表 8-7 全自动饲料压块机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
压块机	外形尺寸	3556 × 2370 × 3506	mm	
	净重	4	t	
	压制速率	5	块/min	
	主电机(Y280S-4 双出轴)	转速	1480	r/min
额定功率		75	kW	
液压系统	主缸	缸径	220	mm
		活塞杆直径	160	
		工作行程	920	
		工作压力	21	MPa
		工作压制力	0.8	kN

续表

项 目		参 数	单 位
液压系统	门缸	缸径	100
		活塞杆直径	40
		工作行程	186
		工作压力	6
	工作拉力	41	kN
	门杆柱塞缸	缸径	32
	反推力(背压 15MPa 时)	12	kN

## 8.3.7 青饲料储藏切割机液压系统

## (1) 主机功能结构

该机是一种田间自行走式机械设备，功能是切割即将成熟的玉米及其青绿秸秆（切成

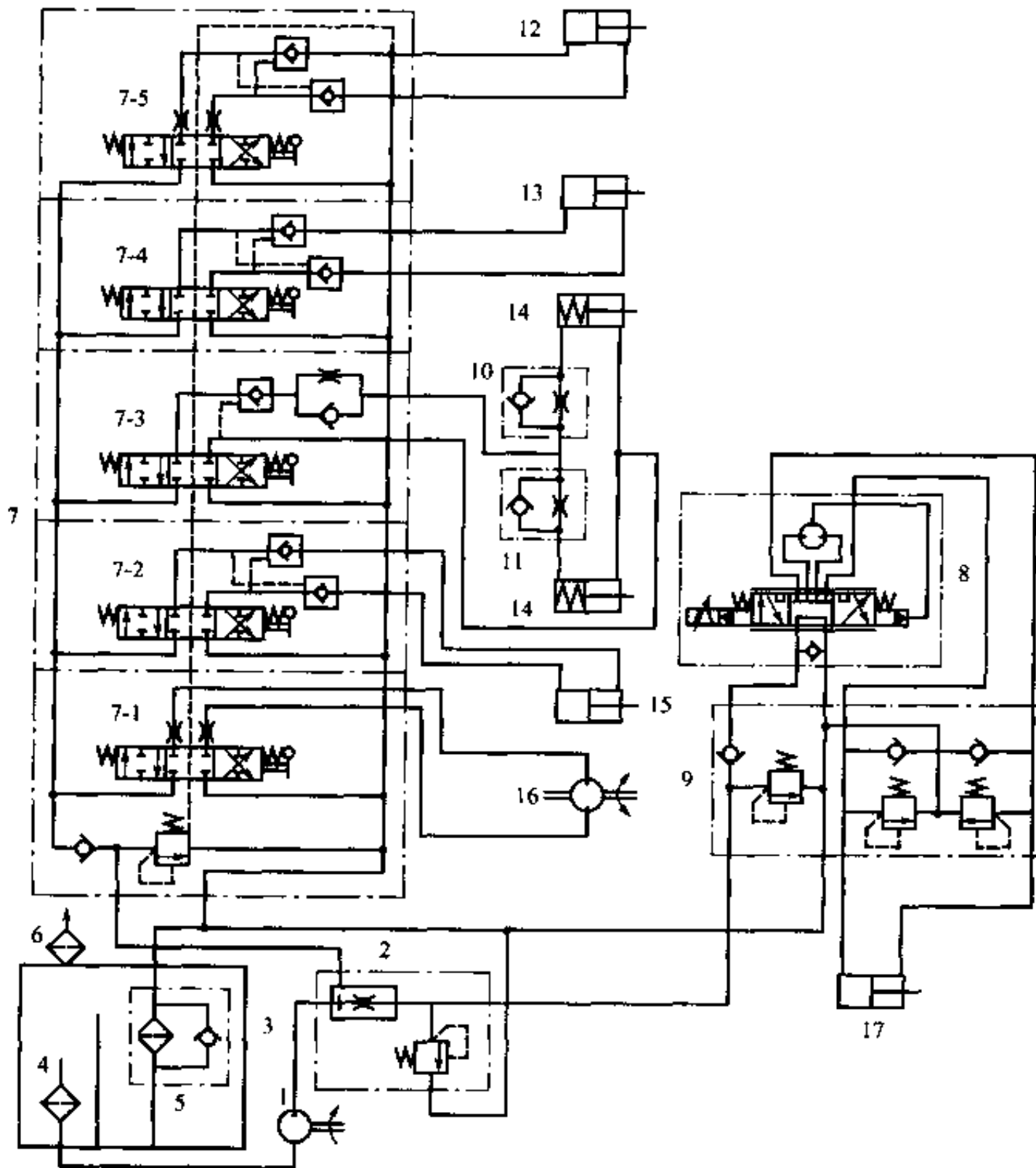


图 8-30 切割机液压控制系统原理图

1—定量液压泵；2—单路稳定分流阀；3—油箱；4—吸油过滤器；5—带旁通单向阀的精过滤器；6—空气过滤器；  
7—三位六通多路换向阀；8—转向控制阀（转向器）；9—单向溢流阀组；10、11—单向节流器；12—喂入控制液压缸；  
13—无级变速液压缸；14—切割台升降液压缸；15—柴油机离合器液压缸；16—喷嘴挡板液压马达；17—喷嘴转向液压缸



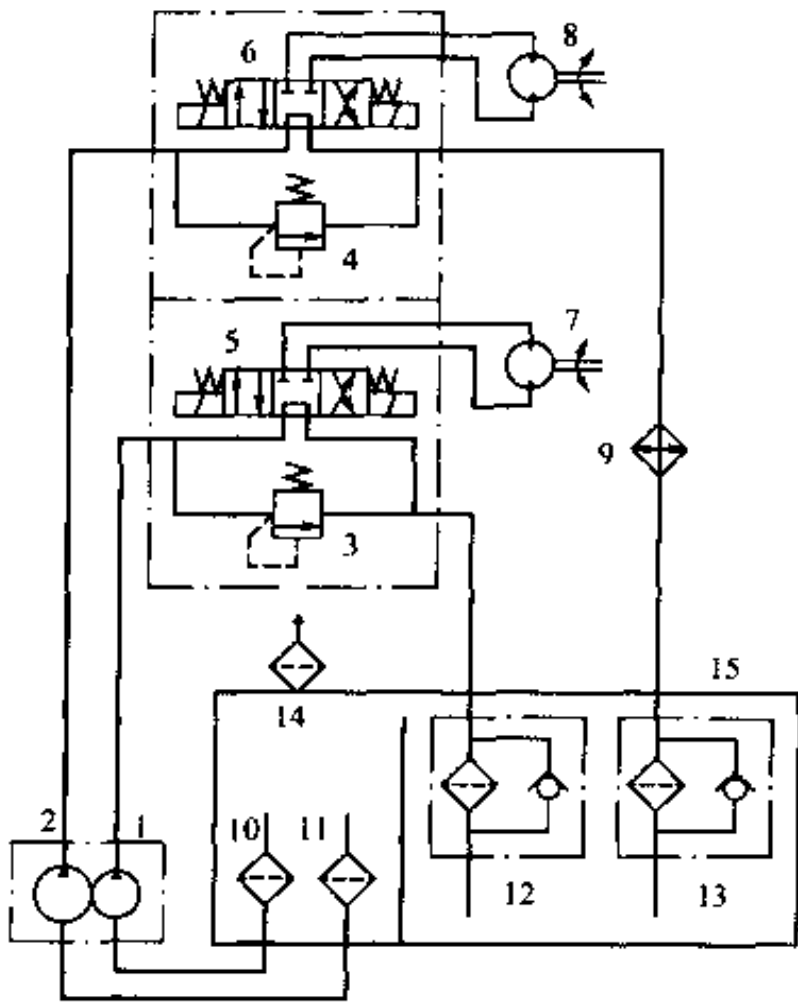


图 8-31 切割机切割液压驱动系统原理图  
1、2—定量液压泵；3、4—溢流阀；5、6—三位四通电磁换向阀；7、8—双向定量液压马达；9—冷却器；10、11—吸油过滤器；12、13—回油精过滤器；14—空气过滤器；15—油箱

20mm 的碎段) 并通过喷筒送入运料车厢内。运料车将其运回, 倾倒入预先砌成的水泥坑窖内, 用塑料薄膜封盖发酵, 供牛羊等牲畜一年内食用, 以增加奶、肉产量。该机的工作机构由可以旋转式喂料机构、升降式切割台、喷筒机构、切割机构等组成。机器以柴油发动机为动力源, 通过液压驱动进行作业。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 8-30 和图 8-31 所示为切割机的液压系统原理图。其中图 8-30 为控制系统原理图, 图 8-31 为切割驱动系统原理图。

1) 液压控制系统 (见图 8-30) 控制系统的执行器有喂入液压缸 12、无级变速液压缸 13、切割台升降液压缸 14 (2 个)、柴油机离合器液压缸 15、喷嘴挡板液压马达 16 和喷筒转向液压缸 17。除液压缸 17 外, 其余执行器均由三位六通手动换向阀 (五联多路换向阀) 7 相应联控制。多路阀 7 的进油和回油为并联油路 (即多路阀中各联换向阀的进油口与总的压力油路相连, 各回油口与总的回油路相连); 7-1 中的先导式溢流阀用于设定多路阀回路的最高压力, 以防过载, 溢流阀的

控口串联经各联换向阀从 7-5 接入油箱 3。系统的油源为定量液压泵 1, 其动力来自柴油机。泵的出口设有单路稳定分流阀 (溢流节流阀) 2, 用于设定液压泵的最高压力以防系统过载并稳定通向转向缸 17 的流量。液压泵可以通过转向器 8 中的换向阀的 M 型中位卸荷。

喷筒液压缸 17 用于驱动喷筒机构旋转, 以使喷筒出口对准运料车厢; 该液压缸由多功能转向控制阀 (亦称转向器) 控制其伸缩, 单向溢流阀组 9 用于该缸的双向缓冲。双向液压马达 16 通过销轴驱动喷筒口的喷嘴喷射挡板的摆动, 使喷筒以要求的喷射角度向运料车厢喷射切割后的饲料; 马达的摆动方向由多路阀 7-1 中的换向阀控制, 换向阀的两个出口设有固定节流器, 可以缓和马达换向冲击。

液压缸 12 用于控制切割机构的滚轮旋转与停止, 实现切割机构的工作与等待; 缸 12 的运动方向由阀 7-5 中的换向阀控制, 缸的锁紧由 7-5 中的双向液压锁实现。

液压缸 13 用于控制切割部分的变速机构, 实现切割机构的无级变速。缸 13 的运动方向由阀 7-4 控制, 位置锁定由其中的双向液压锁控制。

液压缸 14 (2 个) 用于驱动切割台的升降, 以调节切割机构距离地面的高度。缸的升降方向由阀 7-3 控制, 缸的升降速度由 7-3 中的单向节流器控制, 两缸的同步由单向节流器 10 和 11 控制。

液压缸 15 用于控制机器的柴油机离合器的接合或脱开。该缸的运动方向和位置锁定分别由 7-2 中的换向阀和双向液压锁控制。

2) 切割驱动系统 (见图 8-31) 该系统的执行器为驱动切割机构的两个双向定量液压马达 7 和 8。采用两个独立的开式循环液压回路, 但共用一个油箱 15。两个马达分别采用双

联定量液压泵的1和2供油，两泵的压力分别由溢流阀3和4设定压力。两马达的旋转运动方向分别由三位四通电磁换向阀5和6控制，两液压泵可以分别通过换向阀5和6的M型中位卸荷。系统设有冷却器9，用于系统散热。除了两泵吸油口的过滤器10和11外，两液压马达的回油路还设有带旁通单向阀的精过滤器12和13，用于提高油液的清洁度。14为油箱的空气过滤器。

### (3) 技术特点

1) 该机器的液压系统按照工作性质，设为两个系统。喂入机构、切割台升降、饲料喷射等机构由一个液压控制系统驱动；切割机构单独由一个液压系统驱动，两者互不干扰。

2) 液压控制系统采用定量泵供油，通过单路稳定分流阀控制，液压泵的供油压力随负载变化，所以系统功率损耗低，油液发热少。多路换向阀采用并联油路，可以实现多执行器同时工作；需要锁紧的液压缸采用多路阀中的双向液压锁实现，安全可靠。回油设有精过滤器，提高了系统的工作可靠性。

3) 切割驱动系统采用两个独立的定量泵-定量液压马达开式循环回路，共用一个油箱，节省了一个油箱及其附件；系统设有进油回油过滤器和冷却器，提高了系统的工作可靠性。

### (4) 技术参数 (见表8-8)

表8-8 青饲料储藏切割机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位		
主机	柴油发动机功率	104	kW		
液压系统	控制系统	工作压力	10	MPa	
		工作流量	40	L/min	
		液压泵	额定压力	16	MPa
	排量		32	L/r	
	额定转速		2000	r/min	
	驱动功率		1.8	kW	
	切割驱动系统	工作压力	14	MPa	
		液压泵	转速	1167	r/min
			流量	50	L/min
		液压马达	转速	1250	r/min
流量			40	L/min	

## 第9章 家用电器与五金工业中的液压系统

### 9.1 概述

家用电器工业是一个伴随科学技术发展和人民物质文化需求提高而出现的新兴产业。在满足制造工艺要求的前提下,采用液压技术是满足家电制造设备专业化、连续化、高速化、自动化生产技术和保证产品质量的重要途径。由于家电行业起步较晚,除了采用液压技术、气动技术外,家电制造业的生产设备一般与近代微电子技术具有较为紧密的联系。当前,液压技术在家电制造设备中的应用趋向是机电液一体化。

五金工具制造属于一个传统产业,但随着近年来国际经济一体化进程的加快,这一行业也出现了产品更新换代速度加快的趋势。为了适应这一趋势,在五金制造设备中,液压技术的应用日益增多,如液压制钉机、工具锤装柄机、门锁成型机等。

本章介绍了家用电器及五金行业所设计和使用的9例液压传动与控制系统。

### 9.2 家用电器制造业中的液压系统

#### 9.2.1 显像管玻壳液压剪切机床

##### (1) 主机功能结构

显像管是电视机、计算机等家用电器的重要器件。显像管生产中其玻壳成型的第一道关口是料滴的剪切。料滴是由某些特定的物质经高温熔化而成的液态混合物。该液压剪切机床的任务是将熔化状态的黏性液流剪切成玻壳坯料(料滴),料滴经屏压机压制成型后再经过封焊等工艺过程成为显像管。机床对料滴的剪切精度直接影响玻壳的质量。

液压剪切机床的主机(见图9-1)由剪切臂、机身、减连止停机构、冷却系统和调整机构等五部分组成。机身采用吊装结构,安装在机架的复合安装板上,机身主体是一根机身轴,

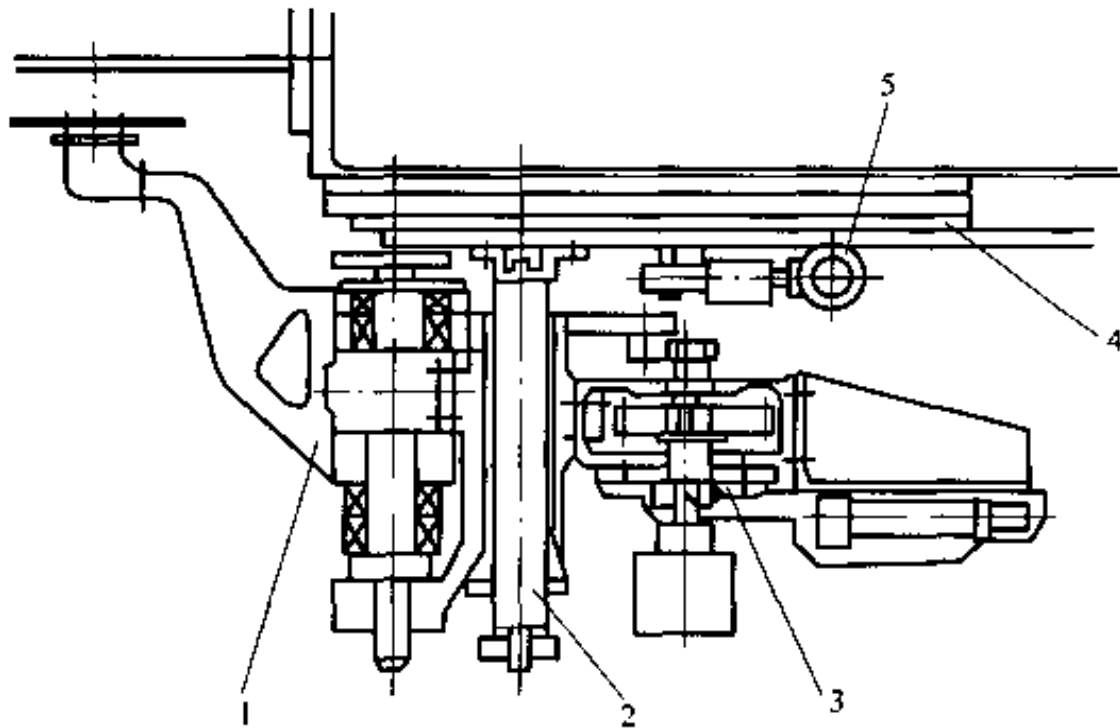


图 9-1 液压剪切机床的主机结构示意图

1—剪切臂；2—机身；3—减速止停机构；4—冷却系统；5—调整机构

其结构如图 9-2 所示。机身轴 5 的上端部用普通平键和螺母通过支架板吊装在复合安装板上，机身轴外面装有安装架 4，在安装架和机身轴之间装有导套 2，通过锥套 3 上的螺纹调节安装架的轴向位置，导套的轴向移动可以通过轴下端的螺母 1 进行调节，机身轴上下端安装有推力轴承 6，便于轴上零部件的调节。

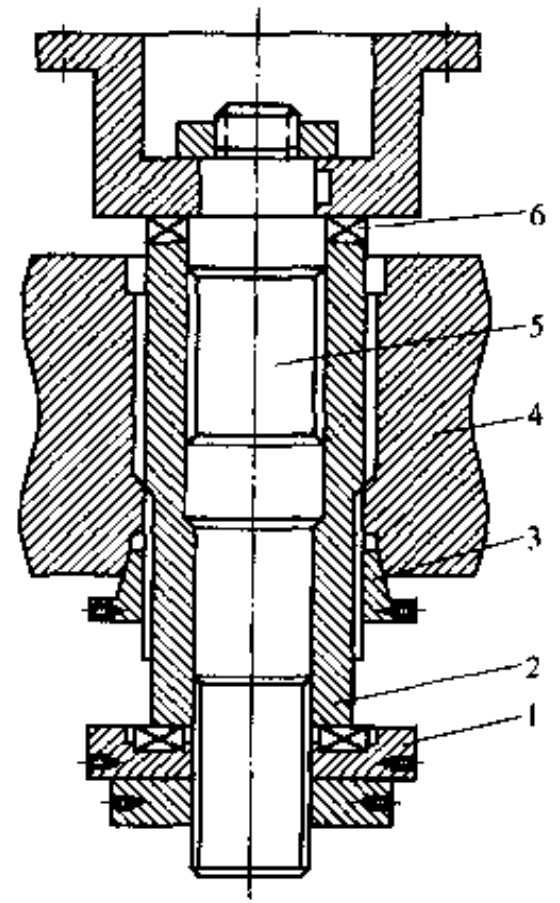


图 9-2 机身轴的结构

- 1—螺母；2—导套；3—锥套；  
4—安装架；5—机身轴；  
6—推力球轴承

剪切臂相当于一个单自由度回转坐标形摆动机械手，其工作原理如图 9-3 所示。装有轴承的两个剪切臂 1 安装在主轴 2 上下两部分，主轴组件固定在图 9-2 中的安装架 4 上，主轴上部通过支架装在复合安装板上，圆柱向心推力滚子轴承承受剪切臂部件的轴向载荷并使剪切臂摆动自由。曲柄连杆机构 3 带动剪切臂摆动，转动力矩来自传动箱 4。传动箱安装在机身轴的安装架上，箱内有两根轴，主动轴下端通过联轴器与液压马达相连，主动轴上端与曲柄相连。主动轴通过一对相互啮合的直齿轮将运动传递给从动轴上端部的另一个剪切臂。液压马达转动时，便可完成一对剪切臂的摆动。剪切臂末端固定着两把剪切刀片，当两个剪切臂协动时，即可将黏性液流剪切成料滴。

玻壳生产工艺要求剪切臂的剪切定位动作迅速准确，而摆动的剪切臂转动惯量较大，为此机床中设置有图 9-4 所示的减速止停机构，剪切臂减速的动作是通过控制装在液压马达出口处的减速阀 6 内阀心的工作位置来实现的。在传动箱从动轴下端装有安装盘 1，盘形凸轮 2 通过螺钉固定在安装盘上，盘形凸轮和安装盘周向都有腰形槽，以方便调整凸轮升程。与减速阀连接的压板 5 上装有滚子 4，通过凸轮可以改变减速阀阀心的工作位置，使液压马达减速。剪切臂的止停通过与减速阀并行安装的止停液压缸来实现。当活塞杆外伸时，装在安装盘上的止动块 3 使液压马达停止转动，确保剪切臂准确定位。当活塞伸缩时，液压马达继续转动输出力矩，使剪切臂重复完成剪切任务。

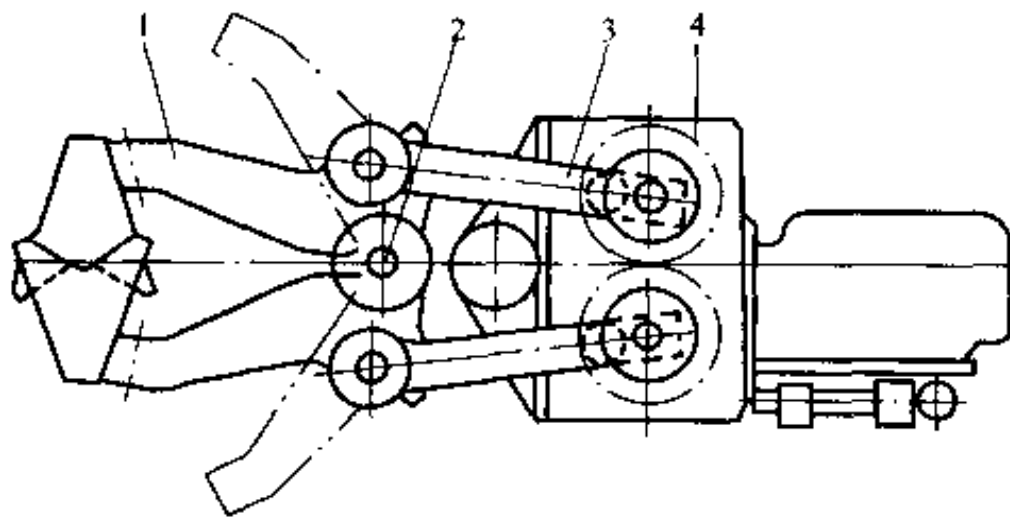


图 9-3 剪切臂工作原理图

- 1—剪切臂；2—主轴；3—曲柄连杆机构；4—传动箱

剪切臂上端的复合安装板上设置了循环水冷却系统，确保机床正常工作的温度范围。机身上安装剪切臂的主轴设计成中空结构，内部通冷却循环水降低系统温度。

调整机构采用主、副板形式，主板固定不动，副板上开有可以自由地左、右、前、后调

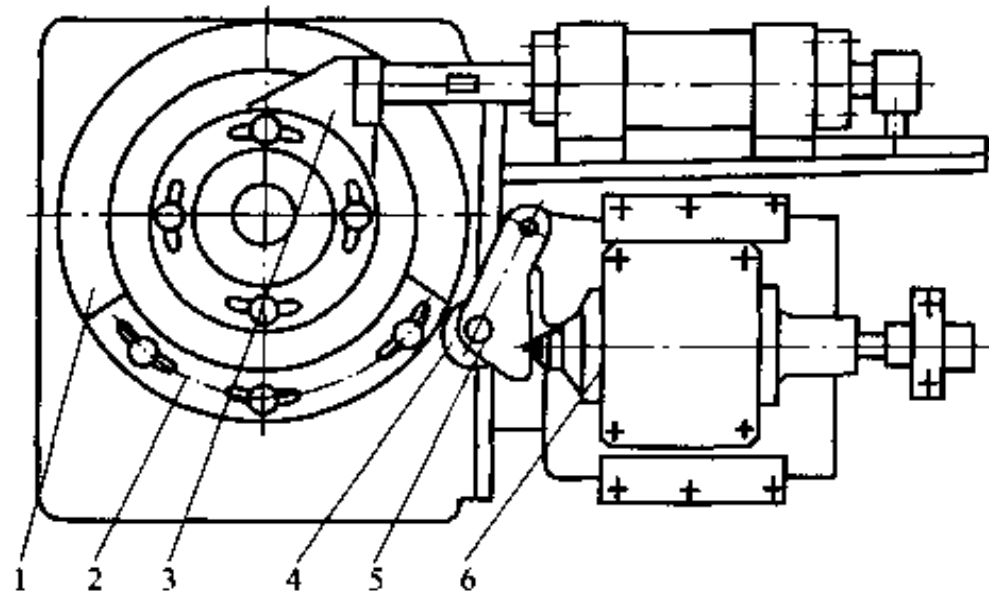


图 9-4 减速止停机构示意图

1—安装盘；2—盘形凸轮；3—止动块；4—滚子；5—压板；6—减速阀

整的导向槽，机床的机身吊装在副板上，当副板在主板上移动时，便可实现对机床的位置调节。另外，直接与熔流接触的剪切刀片采用特制的耐热合金钢材料制成，确保刀具使用寿命。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 9-5 所示为该剪切机床的液压系统原理图，该系统采用定量液压泵（叶片泵）1 供油，执行器为驱动剪切臂摆动双向定量液压马达 6 和担当止动功能的双杆液压缸 7，泵的工作压力由溢流阀 2 设定，液压缸的工作压力由减压阀 10 控制，其运动方向由二位四通电磁换向阀 9 控制。

液压泵输出的高压油（5MPa）经节流阀 3 和单向节流阀 8 进入液压马达 6，马达带动传动箱内的主轴回转，经过曲柄连杆机构使剪切臂动作，剪切到位后，箱体上与从动轴相连的可调凸轮通过滚子和压板使减速阀 5 的阀心位置改变，开度减小、液阻增大，马达输出力矩减小。剪切臂剪切到位后发信使电磁换向阀 9 动作，液压泵 1 的高压油经减压阀 10（压力为 3MPa）和换向阀 9 进入液压缸，缸的活塞杆伸出，

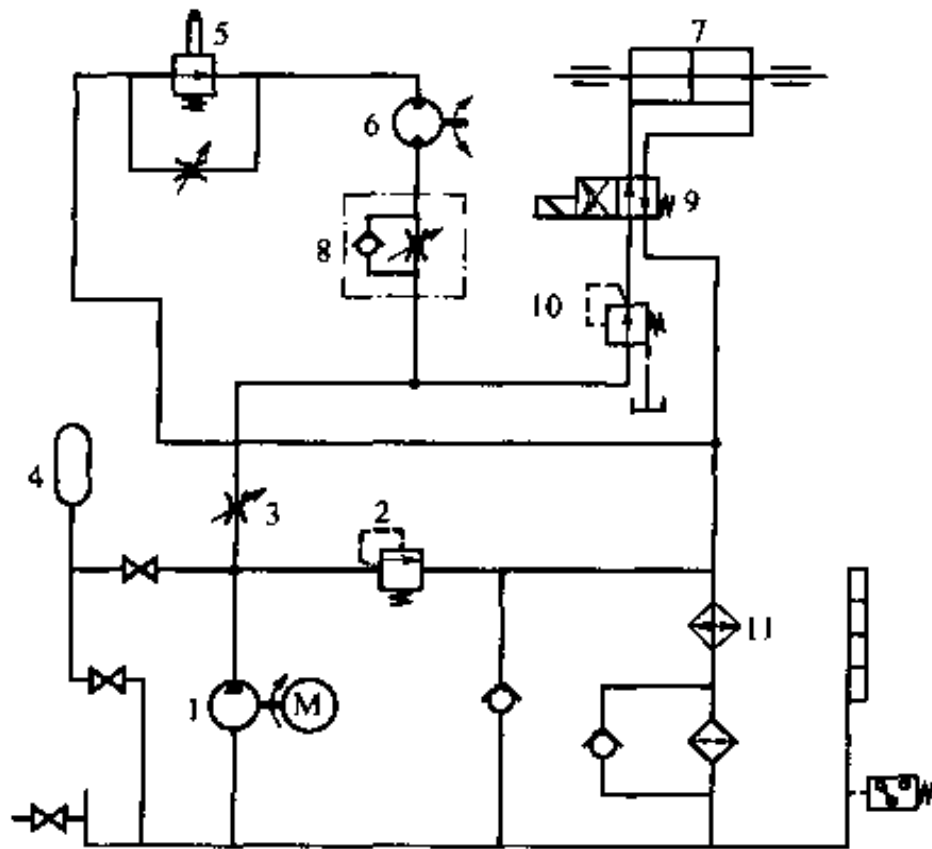


图 9-5 剪切机床液压驱动系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—节流阀；4—蓄能器；5—减速阀；6—双向定量马达；7—双杆液压缸；8—单向节流阀；9—二位四通电磁换向阀；10—减压阀；11—冷却器

剪切臂止动。蓄能器 4 可实现短期内大量供油，以提高剪切臂动作速度，减小料滴剪切痕。系统设有溢度传感器控制的冷却器 11，以便在油液温度高于系统设定值时，通过冷却器 11，使油温降低，确保系统正常工作。

### (3) 技术特点

1) 该液压剪切机床结构新颖、选材方便、工艺性好、箱度高；剪切臂上、下、左、右调节平滑自由。两臂间隙小，运动自如。

2) 采用液压传动，所以剪切平稳，剪切痕小、轻，且无冲击；适合于防眩玻璃生产；

使用寿命长。

3) 液压系统采用定量泵供油, 采用节流阀调节两个执行器的总流量; 液压马达油路采用单向节流阀调速, 通过减速阀实现剪切到位后, 马达输出力矩的减小。通过蓄能器实现短期内大量供油, 加快剪切臂动作速度, 减小料滴剪切痕。

4) 系统的温度控制装置提高了其工作可靠性。

(4) 技术参数 (见表 9-1)

表 9-1 剪切机床液压系统的部分技术参数

项 目	参 数	单 位
液压系统工作压力	液压马达	5
	液压缸	3
		MPa

### 9.2.2 电冰箱压缩机转子叠片机液压系统

#### (1) 机器的功能结构

W-II 型转子叠片机是从德国引进的一种高效、自动、可靠性高的冰箱压缩机转子叠片专用设备。能自动完成校准叠片高度、自动顶入芯轴、冲击压紧、顶出工件等动作。机器为全液压传动, 整个动作过程由计算机控制。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 9-6 所示为转子叠片机的液压系统原理图。系统的执行器为两个液压缸, 其中下缸

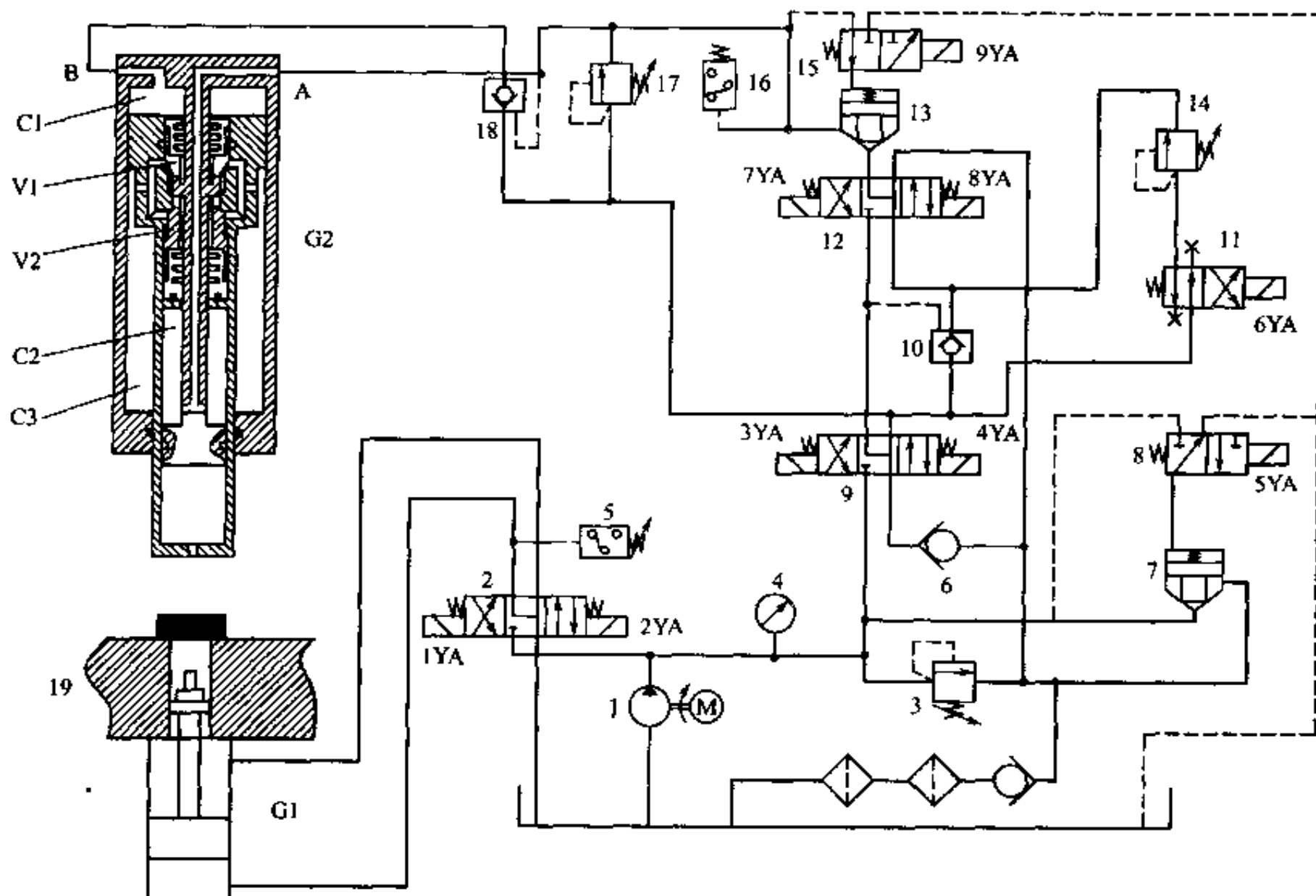


图 9-6 电机转子叠片机液压系统原理图

1—定量液压泵; 2、9、12—三位四通电磁换向阀; 3、14、17—溢流阀; 4—压力表; 5、16—压力继电器; 6—单向阀;  
7、13—插装阀; 8、15—二位三通电磁换向阀; 10、18—液控单向阀; 11—二位四通电磁换向阀; 19—转子叠片



G1 为普通的单杆活塞缸，用于向压紧的转子片中顶入芯轴；上缸 G2 为快速复合液压缸，主要用于压实转子片并对其瞬间冲压等，该缸具有配置在一端的两个油口 A 和 B 及三个油腔 C1、C2 和 C3，内部设有两只单向阀 V1 和 V2，缸的原理是：当 B 口进油时，C1 腔充液，C2 腔通过 A 口排液，C3 腔通过单向阀 V2 向 C2 腔排液，缸的活塞杆伸出；当 A 口进油时，C2 腔充液，在 C2 腔压力作用下，打开单向阀 V1 使 C1 腔油液排向 C3 腔，缸的活塞杆退回。该缸的进出油口均配置在无杆端，便于安装；由于 C2 腔的作用面积小，回程速度快，提高了工作效率；活塞杆刚度好、运动精度和稳定性高。

液压系统的油源为高压定量齿轮泵 1 (25MPa)，其最高压力由溢流阀 3 设定；溢流阀 14 用于调节转子片校压压力，溢流阀 17 用于调节转子片冲压压力；压力继电器 5 调节下缸顶出压力；压力继电器 16 用于监控系统压力，当压力超载时发信，使电磁铁 5YA 断电，液压泵通过插装阀 7 卸荷。

系统工作时，通过三位四通电磁换向阀 9 和 12 的位置变换和复合缸 G2 不同工作腔的变换，实现该液压缸的快慢速转换：当电磁铁 5YA、3YA、7YA、9YA 通电时，换向阀 8 和 9 切换至右位，而换向阀 9 和 12 切换至左位，复合缸 G2 差动连接（即泵 1 的压力油经阀 18 和缸的 B 口进入缸的 C1 腔，同时 C2 腔的回油经 A 口反馈至 C1 腔），其活塞杆快速下行；下行到位后，转为电磁铁 5YA、3YA、8YA、9YA 通电，缸 G2 慢速下移，压实转子，同时电磁铁 6YA 通电，接通溢流阀 14，控制压力不超过设定值。

当转子片被压紧后，电磁铁 3YA、5YA、6YA、8YA、9YA 断电，液控单向阀 18 对复合缸 G2 保压，活塞杆被锁定不动。继之电磁铁 5YA 和 2YA 通电，压力油进入下缸 G1 的无杆腔，活塞杆将芯轴插入被压紧的转子片孔中，当下缸压力达到压力继电器 5 的调定值时发信，电磁铁 2YA 断电，下缸卸荷，与此同时，电磁铁 3YA、5YA、8YA、9YA 通电，上缸活塞杆对转子片产生瞬间冲压，完成把转子片压紧并固定在芯轴上的动作。冲压作用时间长短，可通过调节定时器来实现。

### (3) 技术特点

1) 转子叠片机液压系统采用定量泵供油，通过变换复合液压缸的工作腔（实质是变换有效工作面积）实现速度变换，所以实质上是一个有级容积调速系统，消除了定量泵供油系统采用流量控制阀节流调速产生的功率损失和发热，因此效率高、节能，而且转换平稳可靠。

2) 系统可以多级压力独自调节，互不干扰并具有过载监控保护功能。

## 9.2.3 冰箱箱体折弯机液压系统

### (1) 主机功能结构

该机是小冰箱生产中的一种专用设备，其功能是将图 9-7 (a) 所示的板料折弯加工成图 9-7 (b) 所示形状的产品。该折弯机由机座 10、立柱 7、模具 5 及液压缸 1、3、6、17 等组成（见图 9-8），通过液压传动完成的动作过程为：模具伸到位→上工件→压头向下压紧工件→直角棱边折凹→折凹退回→折弯进→折弯退→压头退回→下模退→取出工件，从而折弯成型箱体，并且双棱边采用 45°压接，到时点焊，既坚固又美观。

### (2) 液压系统及其工作原理

折弯机的叠加阀式液压系统原理图如图 9-9 所示，系统的执行器为压头液压缸 13、打凹液压缸 14、模具液压缸 15 和压板液压缸 16，分别由三位四通电磁换向阀 8、9、10、11 控

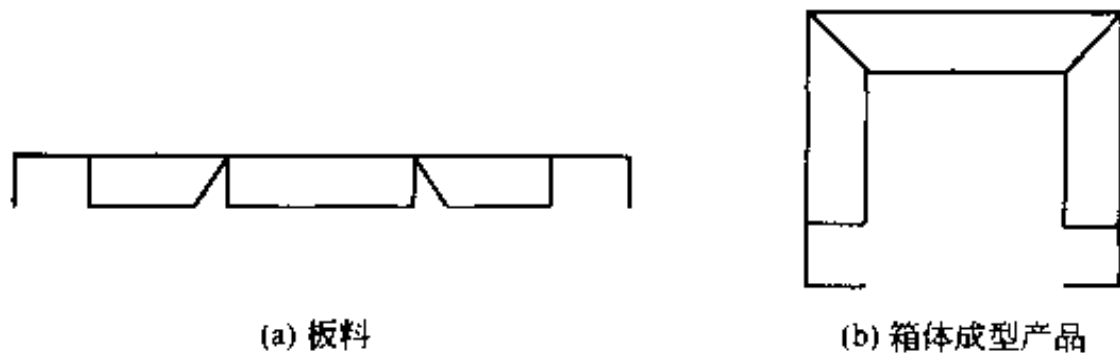


图 9-7 箱体板料及产品示意图

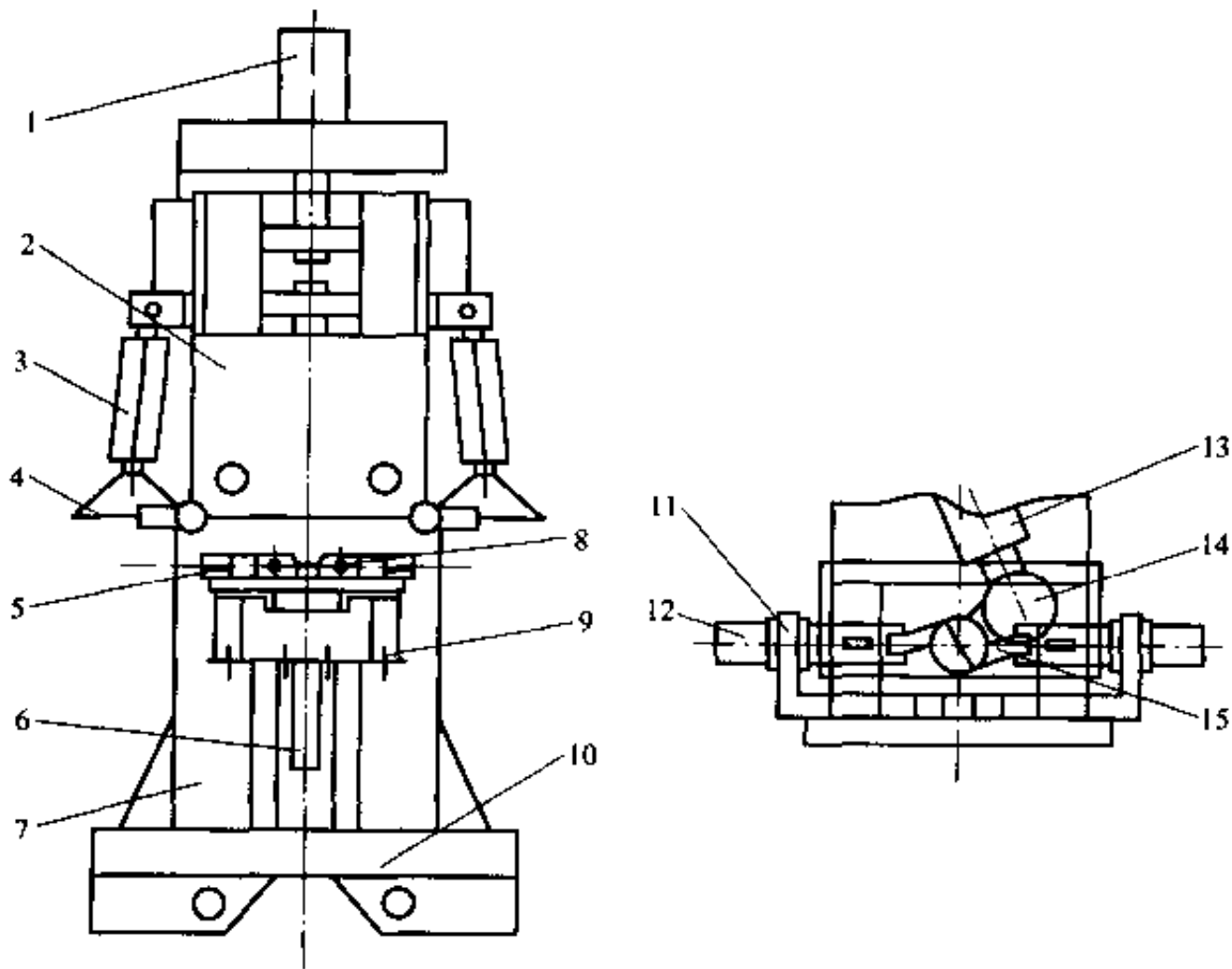


图 9-8 折弯机结构示意图

1—压头液压缸；2—箱体；3—压板液压缸；4—压板；5—模具；6—模具液压缸；7—立柱；  
8—定位螺钉；9—挡钉；10—机座；11—压块；12—传动轴；13—打凹液压缸；14—转轴；15—连接板

制其进退，分别由双单向节流阀 4、5、6、7 调节其进退速度，在缸 14 的油路上设置了减压阀 3，以防压力过大。每个液压缸的行程起点和终点均设有控制电磁铁退断电的电气行程开关，用来控制液压缸的进退和机器的自动动作。系统的油源为定量液压泵 1，其供油压力由溢流阀 2 调定并由压力表及其开关 12 显示。

系统的工作原理如下。

电磁铁 6YA 断电，阀 10 切换至下位，液压泵 1 的压力油经阀 10 和阀 6 进入模具液压缸 15 的无杆腔，缸的活塞杆向上运动带动模具 5 张开，由螺钉 8 与挡钉 9（参见图 9-8）定位；电磁铁 1YA 断电，换向阀 8 切换至上位，压力油进入压头液压缸 13 的无杆腔，活塞杆下行带动箱体 2 向下运动，压紧工件；电磁铁 3YA 断电，换向阀 9 切换至上位，压力油进入打凹液压缸 14 的无杆腔，缸的活塞杆带动图 9-8 中转轴、连接板、传动轴、压块组成的打凹机构打凹工件两棱边对接的  $45^\circ$  凹边，然后，电磁铁 4YA 通电，阀 9 换向（下位），缸 14 带动压块退回；电磁铁 8YA 断电，压力油经阀 11 和阀 7 进入两个压板液压缸 16 的无杆腔，活塞杆带动压板将工件折弯成直角后，电磁铁 7YA 断电，阀 11 换向（下位），缸 16 带动压板退回；电磁铁 2YA 通电，阀 8 换向（上位），压头液压缸带动压头退回至原点；电磁

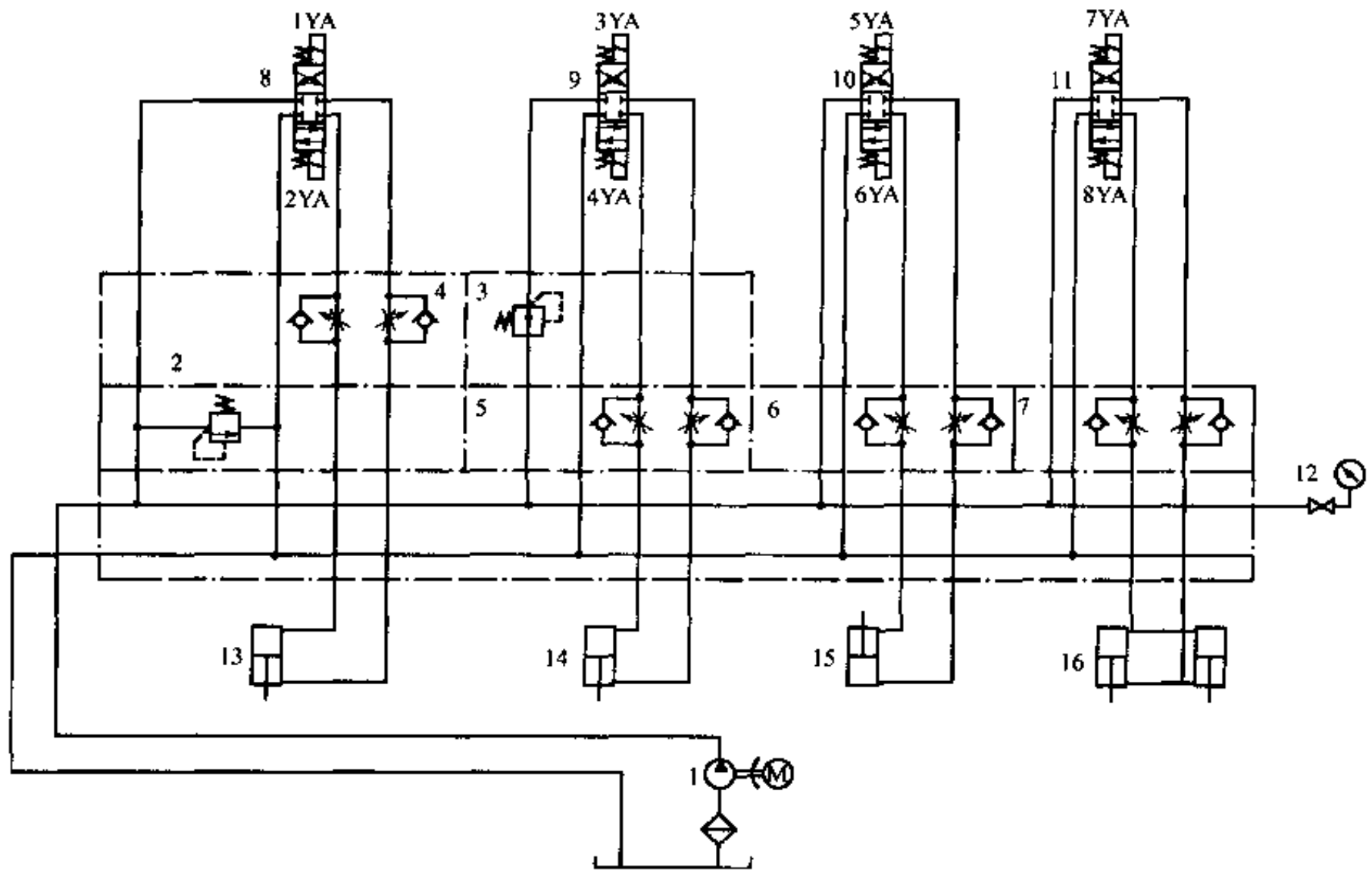


图 9-9 折弯机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—减压阀；4、5、6、7—双单向节流阀；8、9、10、11—三位四通电磁换向阀；12—压力表及其开关；13、14、15、16—液压缸

铁 5YA 通电，阀 10 换向，活塞杆向下带动模具缩回。所有电磁铁断电，液压泵经换向阀 8 的中位卸荷，一个工作循环结束。

(3) 技术特点

- 1) 与通用折弯机相比，本折弯机结构简单，价格低廉，一次可以完成多道工序，生产效率较高，产品尺寸稳定；并且通过辅助支撑的收缩，还可以加工较大高度的外箱体。
- 2) 该折弯机液压系统中，液压缸的进退均采用回油节流调速方式，有利于系统散热和提高工作机构的平稳性。
- 3) 液压系统采用叠加阀控制，集成安装方便，易于使用维护。

9.2.4 计算机控制的冰箱压缩机壳体耐压强度液压试验系统

(1) 试验系统的功能结构

压缩机是冰箱的关键部件，壳体耐压强度是压缩机的技术要求中最关键的一个技术指标。本压缩机壳体耐压强度试验系统，采用了水增压技术和计算机控制技术，试验装置由液压系统、电控系统和计算机、数据采集板等组成，用于上海森下电器有限公司为上菱冰箱配套的各种冰箱压缩机的壳体测试。

(2) 液压系统及其工作原理

图 9-10 所示为冰箱压缩机壳体试验装置的液压系统原理图，试件（冰箱压缩机壳体）18 充水加压由增压器 9 实现。系统的动力源为定量液压油泵 2，最高供油压力由溢流阀 4 设定并可通过压力表 6 观测，试验中的工作压力由电液比例溢流阀 5 控制，增压器的往复运动

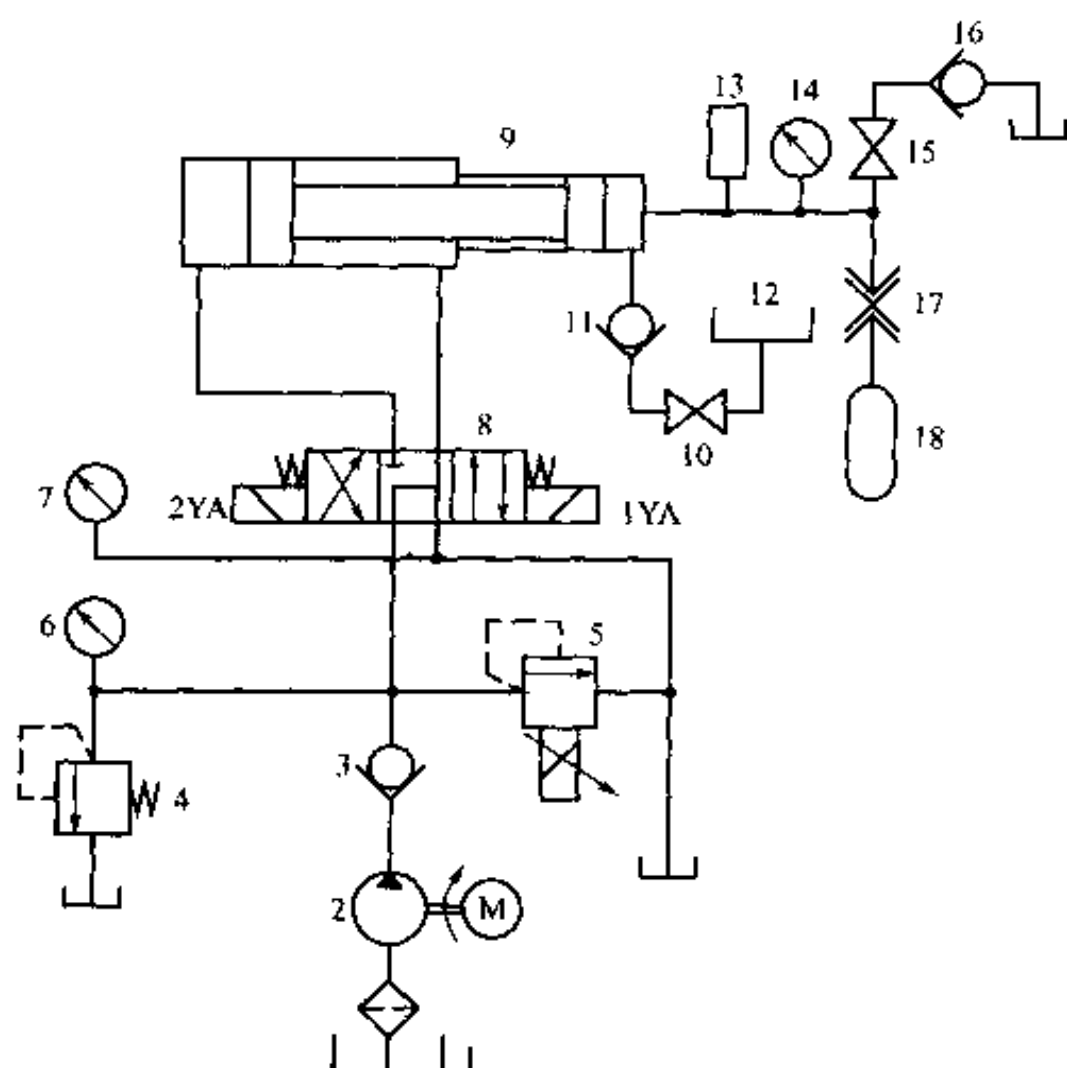


图 9-10 冰箱压缩机壳体试验装置液压系统原理图

- 1—油箱；2—定量液压油泵；3、11、16—单向阀；4—溢流阀；5—电液比例溢流阀；  
6、7、14—压力表；8—三位四通电磁换向阀；9—增压器；10、15—截止阀；  
12—储水器；13—压力传感器；17—快速接头；18—试件（冰箱压缩机壳体）

由三位四通电磁换向阀 8 控制；试件加压试验水源为储水器 12，系统中换向阀的电磁铁、比例阀的比例电磁铁由计算机控制其通断电，试验中的水压力通过压力传感器 13 检测并送至计算机。

电磁铁 1YA 通电时，换向阀 8 切换至左位，液压泵 3 的压力油经单向阀 3 和阀 8 左位进入增压器 9 的中腔，活塞左移，因右腔容积增大，故右腔经截止阀 10 和单向阀 11 从蓄水器 12 吸水；电磁铁 2YA 通电时，换向阀 8 切换至右位，液压泵 2 的压力油经阀 3 和 8 进入增压器 9 的左腔，增压器的活塞向右运动，右腔的水通过接头 17 充入试件 18，与此同时，试件壳体内气体通过截止阀 15 和单向阀 16 向外排出。增压器活塞需往复运动多次，才能将水充满试件。然后，使增压器 9 的活塞处于左端，并把截止阀 15 关闭，使电磁铁 2YA 通电，换向阀 8 切换至左位，通过 D/A 转换器控制比例溢流阀 5 的电流放大器的电流量，按比例对增压器的左腔加压，右腔将按增压比把增压后的水压压力施加给试件内腔。增压后的实际压力通过压力传感器 13 及 A/D 转换器输入计算机并显示实际试验压力。当试验循环结束时，实际试验曲线便可打印出来。

压缩机壳体耐压强度试验分为阶梯升压耐压强度试验和循环耐压强度寿命试验两种，其要求的试验曲线分别如图 9-11 (a)、(b) 所示。对于阶梯升压耐压强度试验，除最高试验压力和最长试验时间外，各个试验阶段的压力和时间设定值可根据具体情况自行设定；对循环耐压强度寿命试验，其设定压力可循环耐压强度试验曲线在 3~8MPa 之间变化。一个循环周期的设定时间可以在 4s、5s 和 6s 中任选一种；上升，保持和下降阶段的时间各占三分之一。

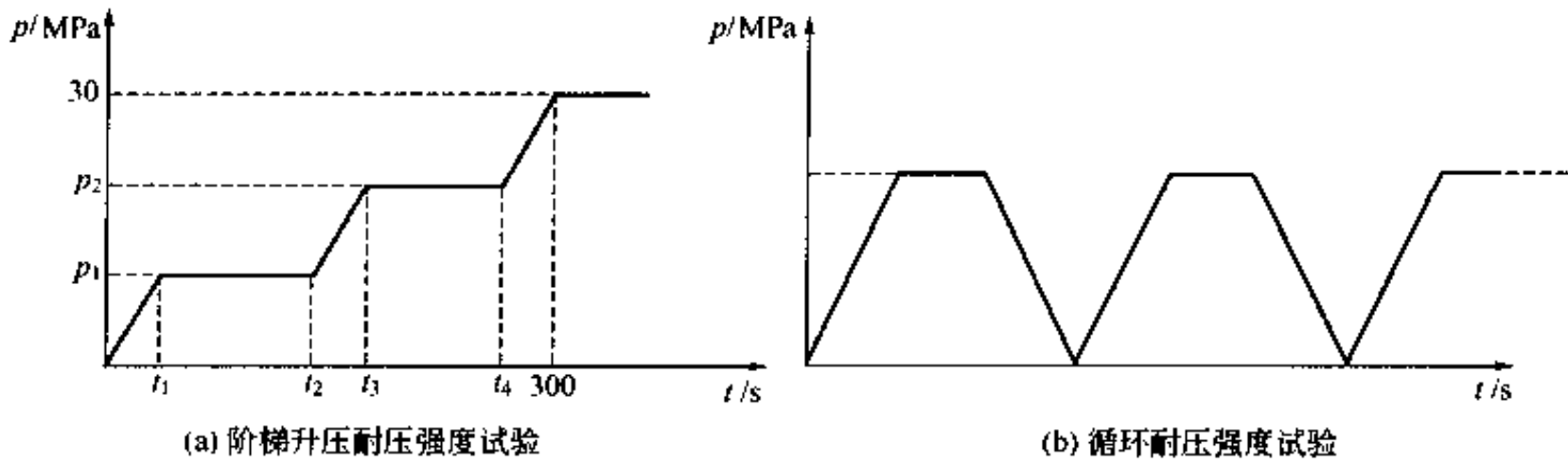


图 9-11 压缩机壳体的两种耐压强度试验

(3) 计算机控制系统

该试验系统的控制检测部分的硬件由 IBM PC 计算机、HY-1232 数据采集板（其 A/D 和 D/A 均为 12 位）组成。软件部分（试验程序）采用 Microsoft Visul Basic 4.0 编程语言

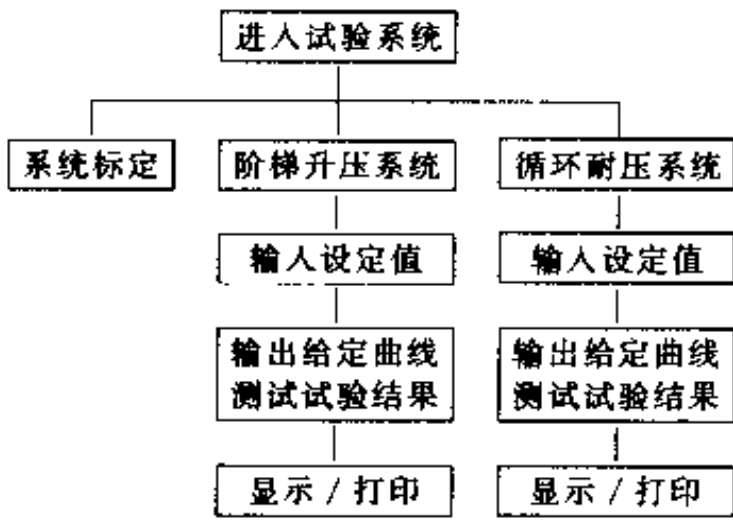


图 9-12 试验程序框图

编制，图 9-12 所示为试验程序框图。本试验系统的计算机控制为开环控制，即计算机生成压缩机壳体的阶梯升压耐压强度试验曲线和循环耐压强度寿命试验曲线，然后分别通过 D/A 口送出。A/D 口用来检测实际的试验结果。

(4) 技术特点

1) 与传统的简单人工试验相比，采用液压技术和计算机控制技术的冰箱压缩机壳体耐压强度试验自动化程度高，测试结果精确可靠。

2) 本试验装置的液压系统通过增压器将低的油压转换为高的水压，构思新颖；通过电液比例溢流阀实现油路压力的连续成比例控制，简化了油路系统，减少了为满足不同压力而需添设的控制元件；系统等待或停止时，液压泵可以通过三位四通换向阀的中位实现卸荷，有利于节能；可通过截止阀和单向阀使试件中的空气排出，减少了空气对试验及结果的影响。

3) 利用计算机生成试验曲线，硬件构成简单；软件用可视化工具 Visul Basic 4.0，编程速度快，Windows 环境下功能强大、图形界面丰富。

(5) 技术参数（见表 9-2）

表 9-2 试验系统部分技术参数

项 目	参 数	单 位
增压器	增压比	4
阶梯升压耐压强度试验	最高试验压力	30 MPa
	最长试验时间	300 s
循环耐压强度试验	设定压力	38 MPa
	一个循环周期的设定时间	4,5,6 s

9.2.5 电冰箱内胆四工位热成型机液压控制系统

(1) 主机功能结构

热成型机是电冰精工业生产中的内胆成型设备，它不仅用于生产冰箱内胆，还可以用于

各种热塑性材料的真空成型。该成型机不仅要求自动化程度高，同时还要求各执行器有多种速度和出力，且动作无冲击、过渡平稳。

(2) 液压系统及其工作原理

冰箱内胆四工位热成型机液压系统原理图如图 9-13 所示，执行器为液压缸 21、液压马达 12 及制动液压缸 13，系统的油源为双联泵（定量泵 1 和变量泵 2）加蓄能器 6。当执行器高速运动而需要大流量时，双泵及蓄能器同时供油。当执行器低速运动需要小流量时，小泵单独向系统中供油而大泵则经电磁溢流阀卸荷。系统的压力和流量分别通过电液比例压力阀 7 和电液比例流量阀 8 控制，液压缸 17 的运动由多功能插装阀块控制，液压马达 12 的旋转运动及制动缸 13 分别由三位四通电磁换向阀 10 和二位四通电磁换向阀 9 控制。

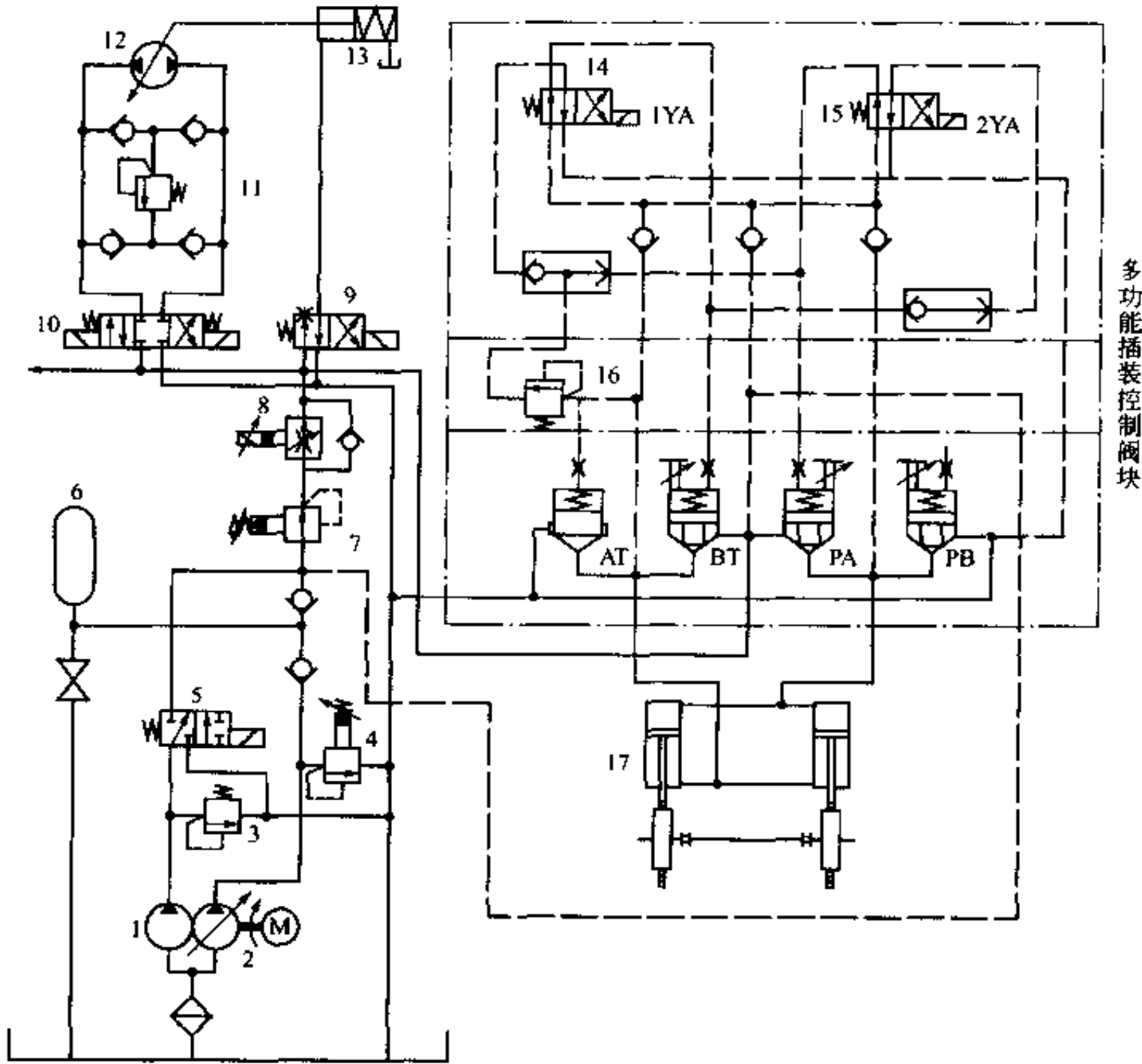


图 9-13 四工位热成型机液压系统原理图

- 1—定量泵；2—变量泵；3、16—溢流阀；4—先导式溢流阀；5—二位四通电磁换向阀；6—蓄能器；  
7—电液比例压力阀；8—电液比例流量阀；9、14、15—二位四通电磁换向阀；10—三位四通  
电磁换向阀；11—单向溢流阀组；12—双向变量液压马达；13—制动液压缸；17—液压缸

当比例阀 7 和 8 的电气放大器接到智能模块的控制信号时，双泵和蓄能器的压力油通过比例减压阀 7 和比例流量阀 8 进入多功能控制阀，实现液压缸 17 的动作。当电磁铁 1YA 和 2YA 同时通电时，两液压缸差动快速向下运动；2YA 通电、1YA 断电时，两液压缸非差动向下运动；1YA 通电、2YA 断电时，两液压缸向上运动。两液压缸的速度取决于比例流量阀 8 的流量设定值；两液压缸的最大出推力取决于比例压力阀 7 的压力设定值。通过两比例



阀可以同时或单独改变流量和压力，以满足成型机的各种要求。多功能控制阀还可以实现节流，调节 4 个插装阀心 AT、BT、PA、PB 的限位螺丝即可限制液压缸上下的最高速度。另外，阀心 AT 及控制盖板上设置的先导溢流阀 16，具有平衡阀的功能，可以平衡重力而使液压缸停留在任意的位置上。

单向溢流阀 11 对马达的制动起缓冲作用，并可防止马达吸空。马达运行到规定的圈数时，由编码器发出信号使马达迅速平稳地停下来。马达的转速和输出扭矩也由两比例阀控制，可分别在一定范围内无级调节。

(3) 技术特点

1) 液压系统采用的双泵加蓄能器油源，可以节能，并有消振作用。

2) 采用比例阀可以通过设定电信号连续地控制液压系统的流量和压力，并且可以实现无冲击的运动控制。

3) 多功能插装控制阀块兼有方向控制、流量控制和平衡阀三种功能，减少了系统中阀的数量，节省了安装空间，实现了无管路化连接。换向响应性好，执行器的启动和停止动作平稳，换向时的噪声和管路的振动小，不存在液压卡紧现象。

4) 与采用普通液压阀系统的成型机相比，该成型机，结构紧凑、体积小、性能可靠、参数调整方便。

(4) 主要技术参数 (见表 9-3)

表 9-3 成型机液压系统主要技术参数

项 目	参 数	单 位	
系统最高工作压力	16	MPa	
系统最大流量	95	L/min	
液压缸	最大推力	100	kN
	最高速度	450	mm/s
	行程	800	mm
液压马达	最大输出转矩	70	N·m
	转速	100~800	r/min
电液比例阀	控制电压	0~9	V
	流量调节范围	0~95	L/min
	压力调节范围	0.8~16	MPa
缓冲溢流阀	设定压力	制动时液压马达进口压力的 1.05~1.1 倍	

9.2.6 制冷热交换器 U 形管自动成型机液压系统

(1) 主机功能结构

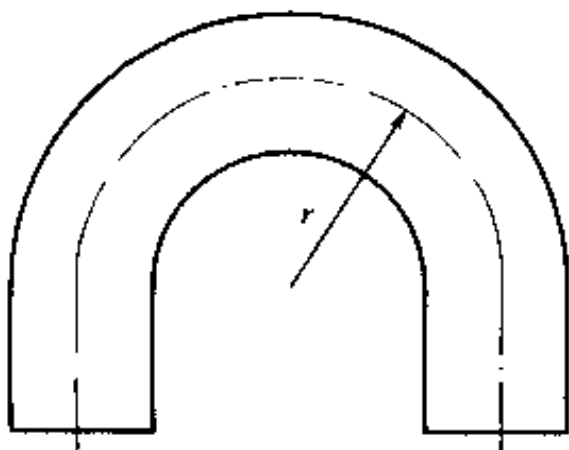


图 9-14 U 形管

该机为用于空调器等制冷器具中热交换器铜质管件的自动成型设备。机器的功能是通过送料、夹紧、弯曲、切断等动作，同时将两根  $\phi(9.5 \pm 0.1)$ mm 壁厚 0.5mm (可根据用户需要而定) 的直铜管 ( $L=2 \sim 3$ m) 连续逐段弯制成半径  $r=12.5$ mm 的 U 形管 (见图 9-14)。

该机由主机、液压系统和电控系统组成。主机的卧式空腔机身采用钢板和槽钢焊接而成，主机的工作机构 (见图 9-15) 包括送料机构 2、夹紧机构 (送料夹紧 3 和弯曲夹紧 4)、

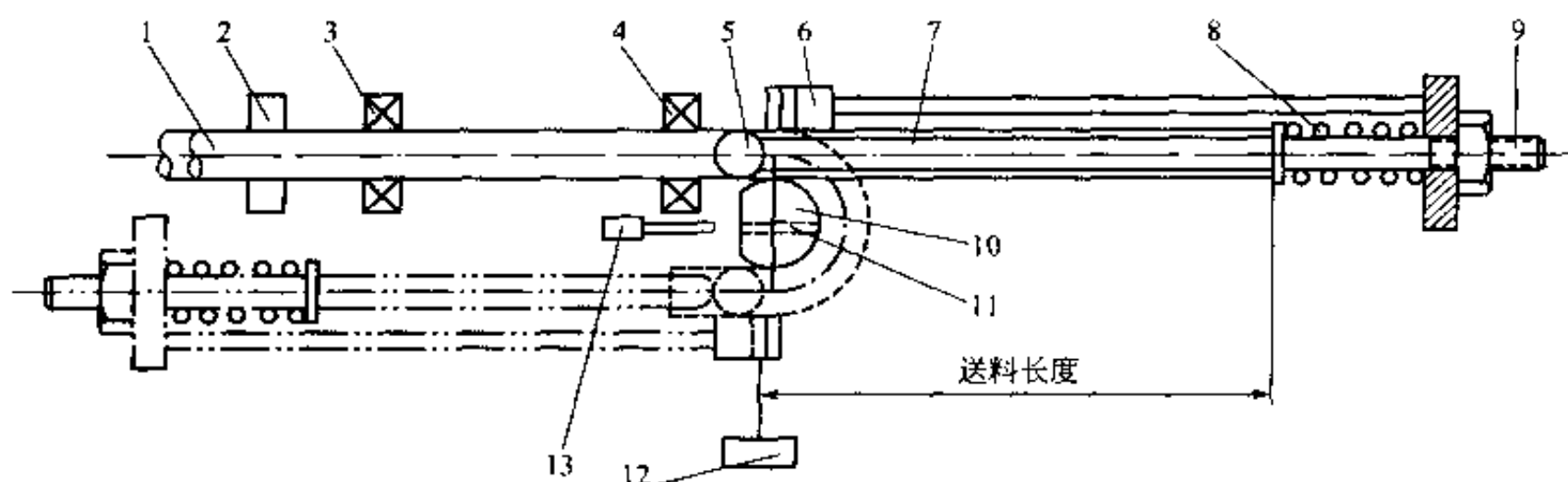


图 9-15 U形管成型机主机工作机构示意图

1—管坯；2—送料机构；3—送料夹紧机构；4—弯曲夹紧机构；5—万向节式球头；6—动模；7—芯轴；

8—压缩弹簧；9—调整螺钉螺母；10—定模；11—退件孔；12—切断机构；13—退件机构

开有退件孔 11 的定模 10、附带芯轴机构 7 的动模 6、齿轮齿条式弯曲机构（图中未画出）、杠杆式切断机构 12、退件机构 13 等部分。除弯曲机构置于机身下方外，其余机构均置于机身工作台上，两根待加工的管坯 1 在同一垂直平面内平行布置。该机采用压缩弯曲成型工艺，其自动循环工作过程为：送料夹紧机构 3 夹紧管坯→送料机构 2 按要求的长度向右送料→弯曲夹紧机构 4 将管坯夹紧，动模 6 与定模 8 合模，同时带有万向节式球头 5 的芯轴 7 插入管坯 1→弯曲（动模随弯曲机构转动）→送料夹松开→送料机构复位，芯轴同时退出→开模（动模复位）→切断→切断机构 12 复位→退件机构 13 穿过孔 11 顶出管件→弯曲机构复位，同使弯曲夹松开，一个工作循环结束。通过螺钉螺母 9 调整万向节球头式芯轴的伸出长度，可以消除弯曲成型过程中的管件外弧开裂或内弧褶皱现象。

机床的上述动作，除了切断机构的锯片旋转由功率为一台小型（功率 0.35kW）电动机通过皮带驱动和顶出机构由牵引电磁铁驱动外，其余均由液压缸驱动完成。

## (2) 液压系统及其工作原理

成型机液压系统的集成油路原理图如图 9-16 所示。系统的执行器是送料夹紧缸 C1、弯曲夹紧缸 C2、送料缸 C3、动模缸 C4、切断机构升降缸 C5 和弯曲缸 C6 等六个液压缸。为了提高生产率，这些缸除顺序动作外，还伴有复合动作。按各液压缸的负载性质和工作特点，将六个缸划分成两个回路，其中左侧回路包括 C1~C4 四个辅助缸，右侧回路包括 C5 和 C6 两个工作缸，这两个回路各用双联叶片泵中的泵 1 和泵 2 供油。

辅助缸回路中各缸负载大小基本相同，故由溢流阀 3 来调定此泵 1 的工作压力；两个夹紧缸 C1 和 C2 夹紧后的保压分别由液控单向阀 15 和 11 实现，液控单向阀 14 则用于立置缸 C1 的锁紧。缸 C3 通过二位四通电磁换向阀控制运动方向，缸 C1、C2、C4 的运动方向由三位四通电磁换向阀 13、10、8 控制；缸 C3 和 C4 速度通过旋入集成块内的液阻 7 调整；单向阀 5 起背压作用；压力继电器 16 和 12 分别用作送料夹紧和弯曲夹紧完成的发信器；测压点 P1、P2 的压力通过压力表开关 4 和压力表 6 观测。

工作缸回路中，缸 C5 和 C6 的运动方向则由三位四通电磁换向阀 18 和 21 控制。带有齿条活塞杆 28（通过齿轮 27 带动动模旋转）的弯曲缸 C6 的负载较大，故按其负载确定该回路最高工作压力，切断机构升降缸的工作压力则通过减压阀 10 设定。单向顺序阀 17 用于倾斜立置的缸 C5 的平衡，以防因切断机构（放置在横梁 30 上的电机、皮带轮 31、32 及锯片 33 等）的自重下滑。缸 C5 和缸 C6 的速度分别通过旋入集成块内的液阻 7 和单向节流阀 20 来调节；单向阀 22 起背压作用；测压点 P3、P4 的压力通过压力表开关 25 和压力表 24

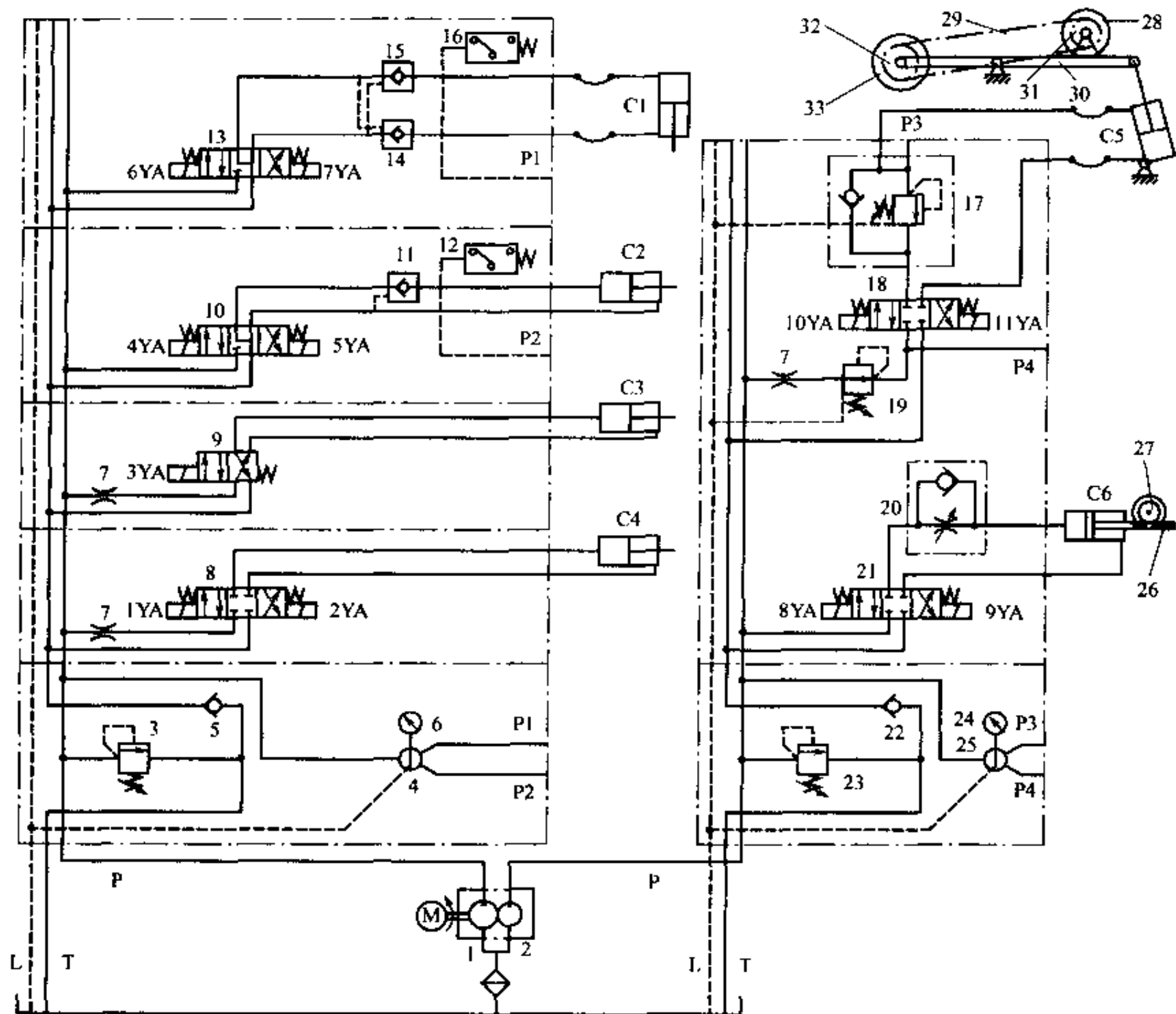


图 9-16 成型机液压系统集成油路原理图

1、2—双联液压泵；3、23—溢流阀；4、25—压力表开关；5、22—单向阀；6、24—压力表；7—液阻；8、10、13、18、21—三位四通电磁换向阀；9—二位二通电磁换向阀；11、14、15—液控单向阀；12、16—压力继电器；17—平衡阀；19—减压阀；20—单向节流阀；26—齿条；27—齿轮（轴）；28—电动机；29—三角皮带；30—横梁；31—小皮带轮；32—大皮带轮；33—锯片；C1—送料夹紧液压缸；C2—弯曲夹紧液压缸；C3—送料液压缸；C4—合模液压缸；C5—弯曲液压缸；C6—切断机构升降液压缸

观测。

左侧回路的动作较为简单，故以下仅对右侧工作缸回路的动作原理进行说明。

合模后，电磁铁 8YA 通电使换向阀 21 切换至左位，液压泵 2 的压力油经阀 21、20 的节流阀进入弯曲缸 C6 的无杆腔（有杆腔经阀 21、单向阀 22 向油箱排油），与活塞杆固连的齿条 26 带动齿轮 27 旋转，齿轮轴带动动模进行弯曲；弯曲完成后，电磁铁 11YA 通电使换向阀 18 切换至右位，泵 2 的压力油经液阻 7、减压阀 19 和换向阀 18 进入缸 C5 的无杆腔（有杆腔经平衡阀 17 中的顺序阀、阀 18、单向阀 22 向油箱排油），活塞杆向上举升横梁驱动切断机构向下摆动进给锯切管件；管件锯断与管坯分离后，电磁铁 10YA 通电使换向阀 18 切换至左位，泵 2 的压力油经液阻 7、减压阀 19、换向阀 18 和阀 17 中的单向阀进入缸 C5 的有杆腔（无杆腔经阀 18、单向阀 22 向油箱排油），活塞杆缩回并拉动切断机构快速向

上摆动复位。接着系统进行送料夹松开等动作,直到当牵引电磁铁驱动使管件退下后,电磁铁 9YA 通电使换向阀 21 切换至右位,液压泵 2 的压力油经阀 21 进入缸 C6 的有杆腔(无杆腔经阀 20 的单向阀、换向阀 21 和单向阀 22 向油箱排油),活塞杆与齿条 26 后退,齿轮(轴)反向旋转,齿轮轴带动动模复位。当弯曲夹松开后,一个工作循环结束。

液压系统的电磁铁动作顺序表见表 9-4。

表 9-4 液压系统电磁铁动作顺序

动 作	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA	9YA	10YA	11YA
送料夹紧						+					
送料			+								
弯曲夹紧			+	+							
合模	+		+								
弯曲	+		+					+			
送料夹松开			+				+				
送料机构复位											
开模		+									
切断											+
切断机构复位										+	
退件											
弯曲机构复位,弯曲夹松开					+				+		

注:表中未含退件机构牵引电磁铁。

### (3) 技术特点

1) 成型机液压系统属于多执行器系统,为了防止因负载、速度的不同产生压力和流量的相互干扰,按负载性质和工作特点,将执行器分为辅助缸和工作缸两个回路,每一个回路采用双联液压泵的一台泵供油。

2) 除了弯曲液压缸采用进油节流阀调速外,其他需调整速度的液压缸采用相同外径但内径不同的液阻调整有关液压缸的速度,液阻旋入集成块内,减少了液压元件数量,降低了制造成本。

3) 液压系统的动作顺序信号由布置在各液压缸进送行程中的电气行程开关和两个压力继电器发出,以控制机器按工艺要求工作;为了保证加工精度、停位换向准确并保护有关机械部件,在有关液压缸的行程端点上设置了死挡铁。机器的各个动作通过相应的指示灯跟踪,以便操作者随时监控机器的运行状态。

4) 夹紧机构的保压通过液控单向阀实现,为了保证液控单向阀可靠复位,设置液控单向阀的回路采用了 Y 型中位机能的三位四通电磁换向阀。倾斜立置的弯曲缸设有平衡阀,可以防止因机构自重下滑。

5) 四个辅助缸为同一内径,两个工作缸为另一相同内径,以节省制造费用和密封件的使用与更换。但各液压缸的外形结构及安装形式多样化,以满足主机的结构特点和工作需要。液压缸 C1~C6 分别为头部外法兰式、头部轴销式、切向底座式、径向底座式(其活塞杆外伸部分加工直齿条,以通过齿轮驱动弯曲机械作 $\pm 180^\circ$ 旋转)、尾部耳环式、切向底座式。

6) 系统集成采用了上置式液压站结构配置方法,各液压阀均装在集成块上,辅助缸回路的集成块与工作缸回路的集成块单独成摞;液压站与各执行器采用胶管连接。液压站、电控系统均独立于主机,另行放置,便于安装调试及使用维护。

7) 该液压传动的 U 形管成型机采用液压自动控制, 结构紧凑、振动噪声较小、工作安全可靠, 使用维护简便, 生产效率 (每 10s 可加工两支 U 形管) 和产品质量较高。

(4) 技术参数 (见表 9-5)

表 9-5 U 形管成型机液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
双联液压泵 (YB-4/6 型)	额定压力	6.3	MPa	系统工作压力	辅助缸回路	3.2	MPa
	流量	大泵	6		L/min	工作缸回路	
		小泵	4	液压缸内径		辅助缸	32
	功率	1.1	kW		工作缸	50	

### 9.3 五金行业中的液压系统

#### 9.3.1 制钉机液压系统

##### (1) 主机的功能结构

随着射钉枪在包装、广告装饰及家具制造、制鞋行业的广泛应用, 作为其“子弹”的排钉的需求大量增加。排钉的制造过程为: 压线 (将一定直径和强度的铁丝在压辊机上压扁) → 排线 [将若干条 (一般为 80~150 条) 压扁的铁线拉直并排在一起] → 并线 (将排好的线用黏合剂黏合在一起并烘干, 成为板料) → 制钉 (将板料送到制钉机上成型)。

液压传动的制钉机 (见图 9-17) 主要由垂直切断夹紧和水平墩粗两个液压缸 1、2 和送料机构 (图中未画出)、汽缸驱动的推料机构 4 组成。制钉机共有 7 道工序。

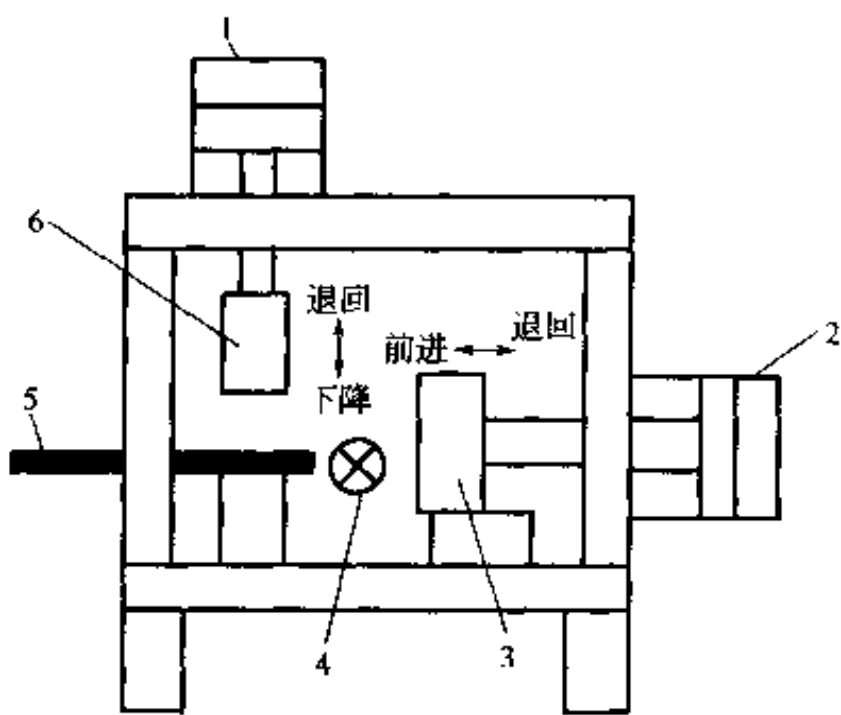


图 9-17 制钉机的结构示意图

- 1—垂直切断夹紧液压缸; 2—水平墩粗液压缸;
- 3—墩头; 4—推料机构; 5—板料;
- 6—切断夹紧装置

1) 送料 送料机构将板料 5 送到垂直液压缸 1 下方。

2) 切料夹紧 垂直液压缸带动切断夹紧装置 6 下降, 将板料切断并夹紧, 为下一工序作准备。

3) 墩粗 水平液压缸 2 带动墩头 3 前进, 将板料头部墩粗成为钉头。

4) 墩粗退回 水平液压缸带动墩头退回, 离开钉头。

5) 切断退回 垂直液压缸上升, 离开板料。

6) 推料 推料汽缸动作, 将成品推出模具。

##### (2) 液压系统及其工作原理

制钉机的液压系统原理图如图 9-18 所示, 系统的油源为定量液压泵 (叶片泵) 1, 其最高工作压力由溢流阀 2 设定, 二位二通电磁换向阀 20 用于控制液压泵的卸荷与供油。系统的执行器为切断液压缸 21 和墩粗液压缸 22, 其中缸 21 的运动方向采用电磁换向阀 14 作为导阀的液控顺序阀 5、6、7 控制; 而缸 22 的运动方向采用电磁换向阀 15 作为导阀的液控顺序阀 9、10、11 控制。缸 21 进回油路中并联的顺序阀 12 和单向阀 13 用于该缸差动反馈连接, 液控顺序阀 4 在缸差动时关闭回油路, 在

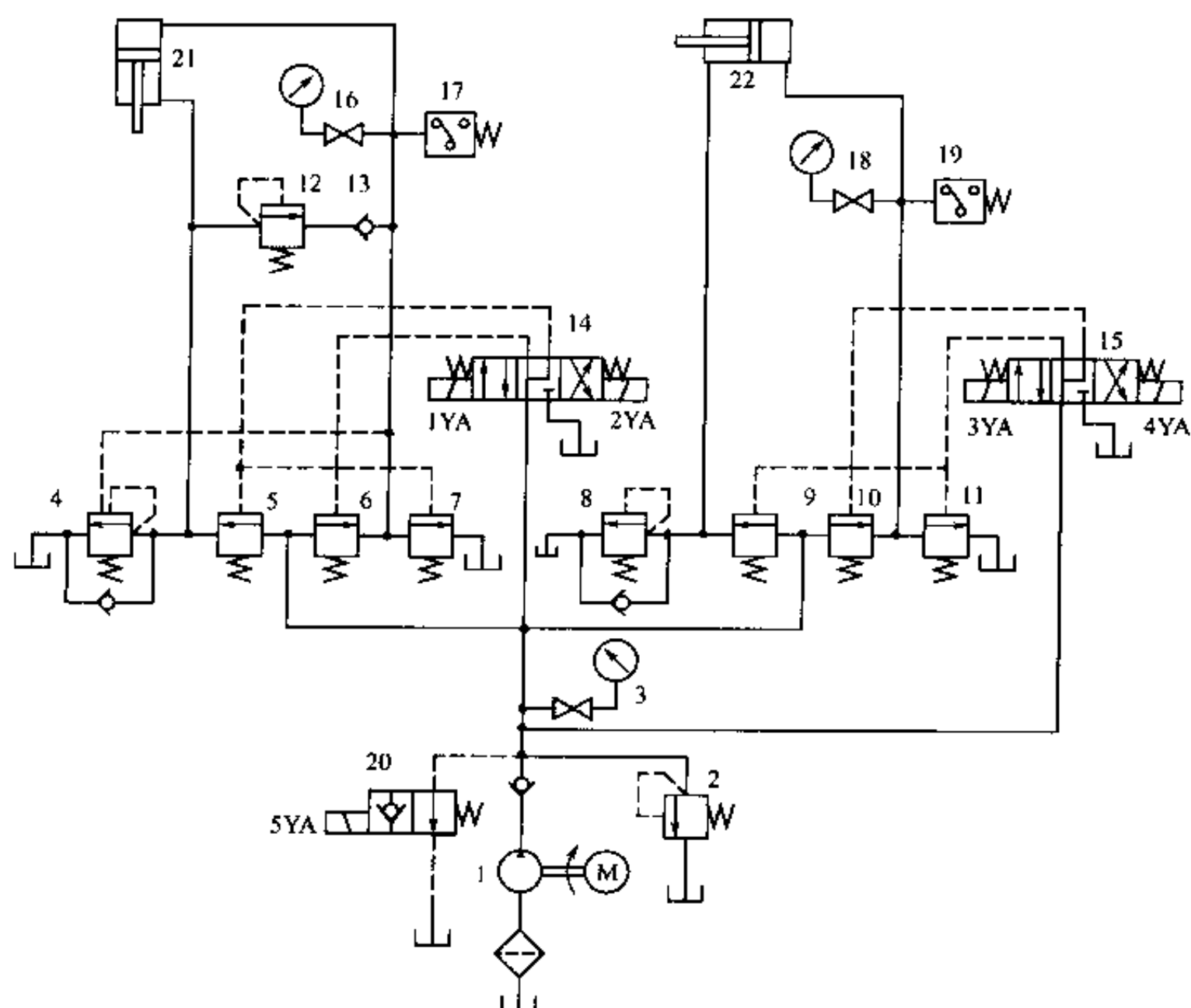


图 9-18 制钉机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—溢流阀；3、16、18—压力表及其开关；4、5、6、7、9、10、11—液控顺序阀；  
8—背压溢流阀；12—差动溢流阀；13—单向阀；14、15—三位四通电磁换向阀；  
17、19—压力继电器；20—二位二通电磁换向阀；21—切断液压缸；22—镦粗液压缸

非差动时，提供回油路，所以阀4的调压值应高于阀12的调压值。缸22的回油路上串接的溢流阀8起背压作用。系统中压力继电器17和19作为电磁铁通断电的发信装置，控制电磁换向阀的换向动作。压力表及其开关3、16、18分别用于调整系统最高压力和压力继电器17、19的动作压力时的显示和观测。

液压系统可以完成的工作循环及原理如下。

1) 切断液压缸下降 电磁铁5YA通电，液压泵由卸荷转为向系统供油。电磁铁1YA通电使换向阀14切换至左位，液压泵1的压力油经阀14打开顺序阀6，主油路的压力油经阀6进入切断缸21的无杆腔，缸21的有杆腔回油使顺序阀12打开并进入缸的无杆腔，构成差动连接，活塞带动切断模快速下降。当下降到切断模接触钉板时，缸21的进油路压力上升，阀4被打开，缸21的有杆腔油液经4排回油箱。

2) 镦粗液压缸前进 排钉切断时系统压力继续上升，当压力上升至压力继电器17的调整值时发信，使电磁铁4YA通电，换向阀15切换至右位，液压泵的压力油经阀15打开顺序阀10，从而使主油路的压力油经阀10进入镦粗液压缸无杆腔，推动活塞前进（左行），有杆腔的油液经阀8回油箱。

3) 切断液压缸上升和镦粗液压缸后退 镦粗钉头时系统压力上升，当压力上升至压力继电器19的调定值时发信，使电磁铁2YA和3YA通电，换向阀14和15分别切换至右位



和左位，液压泵 1 的压力油分别经阀 14 和 15 打开顺序阀 5、7 和 9、11，主油路的压力油分别经阀 5 和 9 进入缸 21 和 22 的有杆腔，缸 21 和 22 无杆腔的油液分别经阀 7 和阀 11 排回油箱，切断缸 21 上升、镦粗缸 22 后退（右行）。

4) 停止 上升行程开关和后退行程开关分别使换向阀 14、15 复至中位，换向阀 20 复至右位，液压泵卸荷，切断液压缸、镦粗液压缸停止动作。

### (3) 技术特点

1) 制钉机的液压系统采用单定量泵供油的双回路形式，没有流量阀及其带来的节流和溢流能量损失；垂直切断夹紧液压缸采用差动连接实现快速下行，减小了液压泵的规格。

2) 采用电磁换向阀作先导阀，顺序阀作主阀构成液压缸的换向阀，不致因系统高压而影响换向的灵敏度。

3) 采用压力控制（压力继电器）和行程控制（电气行程开关）组合实现系统的电控元件控制，调整方便，性能可靠。

4) 液压装置采用液压站结构形式，将系统的液压元件按油源部分（二位二通电磁阀、溢流阀和泵出口的单向阀）和工作部分（16 个液压阀）分装在两块油路板上，用螺钉将小油路板固定于大油路板从而形成一个整体，在一并固定到油箱上。避免了因系统元件多，用一块油路板通油孔道过长、加工困难、压力损失大的问题。液压装置结构紧凑、外形美观、使用维护方便。

### (4) 技术参数

该制钉机每分钟循环次数为 86 次；加工板料规格为每排 140 根金属线；每根金属线的最大直径 1.6mm；切断剪力 165.64kN；镦粗力 166.84kN；液压系统工作压力 8~16MPa。

## 9.3.2 工具锤装柄机液压系统

### (1) 主机功能结构

该机用于向国外出口的工具锤锤柄的安装，以提高产品质量、工作效率。工作时，操作者只需把工具锤锤头、锤柄和铆钉放在特制的支撑架上，闭合操纵开关，锤柄和铆钉便可在液压缸驱动下压入锤头。本机通过电气限位开关控制，可实现手动单循环和自动连续两种工作方式。

工具锤装柄机由机械、液压和电控三部分组成，其主机结构示意图如图 9-19 所示，床身 1 是整个主机的支撑件，其前面设有手动开关 2、电源开关 3 和操作方式电控按钮 4；待装的锤柄 7、锤头 9、铆钉 11 分别放置在各自的支撑架 8、10、12 上，工作机构为压柄液压缸 5 和压钉液压缸 13，液压站 14 置于机器的右侧，通过管路实现液压站与液压缸的油路联系。

手动循环装柄时，把锤头、锤柄和铆钉放入各自的支撑架上并固定后，闭合电源开关 4，并把装柄控制开关 3 旋至手动位置；液压缸 5 推动锤柄 7 右移并压入锤头 9，接着铆钉 11 在液压缸 13 的推动下压入锤头；待锤柄和铆钉都压入锤头后，缸 13、5 依次回程；当缸 5 回程并触动行程开关 6 后便停止工作，这样便完成了一次装柄过程。当把装柄控制开关旋至自动装柄位置时，装柄过程与以上所述相同，只是当液压缸 5 回程并触到行程开关 6 后不停止工作，而是进入另一个循环。

一台装柄机经常遇到不同规格锤柄的安装工作，这就需要对机器进行调整。调整的构件主要是行程开关 6、锤柄支撑架 8、锤头支撑架 10 以及铆钉支撑架 12。不同型号的工具锤，

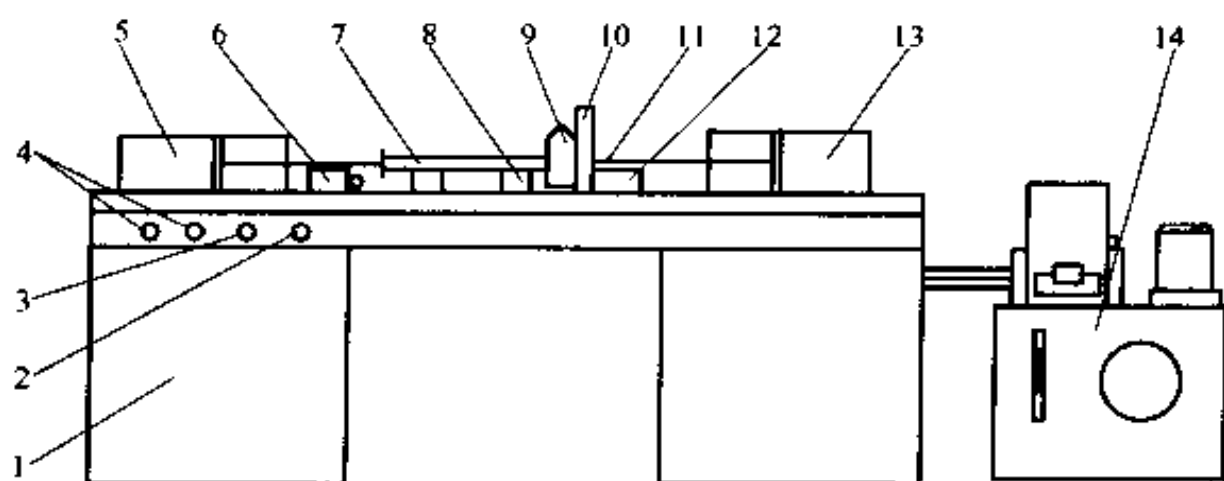


图 9-19 工具锤装柄机的结构原理示意图

1—床身；2—手动开关；3—操作方式控制旋钮；4—电源开关；5—压柄液压缸；6—行程限位开关；7—锤柄；  
8—锤柄支撑架；9—锤头；10—锤头支撑架；11—铆钉；12—铆钉支撑架；13—压钉液压缸；14—液压站

备有相应的锤柄支撑架、锤头支撑架及铆钉支撑架，三种支撑架均为模块形式并采用螺栓固定。行程限位开关依据锤柄的长短进行调整，一般来说，大型号工具锤其锤柄也长，行程开关 6 要左移；对于小型号工具锤其锤柄较短，行程开关 6 则需右移。行程开关的移动量一般取在刚好使锤柄能放入为准，以免左液压缸 5 的空行程过大，影响生产效率。

### (2) 液压系统及其工作原理

装柄机的液压系统原理图如图 9-20 所示，系统的执行器为压柄液压缸 9 和压钉液压缸 10，它们的油路并联，由三位四通电磁换向阀 4 控制缸的进回油方向，两个液压缸的动作顺序为：缸 9 前进（右行）→缸 10 前进（左行）→缸 10 退回（右行）→缸 9 退回（左行），由单向顺序阀 5 和 6、压力继电器 7 及行程开关 11 综合控制；系统的油源为定量液压泵 1，其最高工作压力由溢流阀 2 或 3 设定。系统的工作原理如下。

手动单循环时，把操作方式控制旋钮旋至手动位置，把锤头、锤柄及铆钉放到各自支撑架上，按下手动开关按钮，电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至左位，液压泵 1 的压力油先经阀 4 进入缸 9 的无杆腔（有杆腔经阀 5 中的单向阀和阀 4 向油箱排油），其活塞杆推动锤柄右移，直至锤柄压入锤头。当锤柄完全压入锤头后，系统压力迅速上升，当压力升高至单向顺序阀 6 的设定值时，阀 6 的顺序阀打开，压力油进入缸 10 的无杆腔（有杆腔经阀 4 向油箱排油），活塞杆推动铆钉左行，直至将铆钉压入锤头。此时，系统压力继续升高，当压力升高至压力继电器 7 的调整值时发信，使电磁铁 1YA 断电的同时，2YA 通电使换向阀 4 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 4 进入缸 10 的有杆腔（无杆腔经阀 6 中的单向阀和阀 4 向油箱排油），活塞杆右行退回，退回至终点后，系统压力升高，打开单向顺序阀 5，压力油经阀 4 和 5 进入缸 9 的有杆腔（无杆腔经阀 4 回油），活塞左行退回，当退回中触动行程开关 11 时，自动停止。

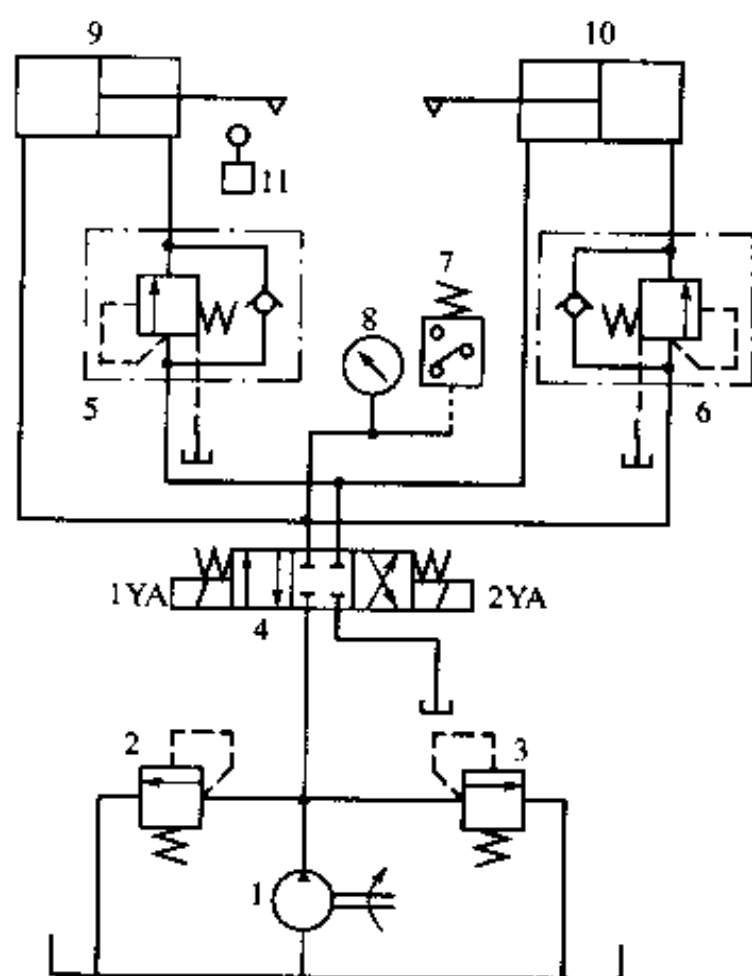


图 9-20 装柄机液压系统原理图

1—液压泵；2、3—溢流阀；4—三位四通电磁换向阀；5、6—单向顺序阀；7—压力继电器；  
8—压力表；9—压柄液压缸；10—压钉液压缸；11—行程开关

自动连续工作循环时,把操作方式控制旋钮旋至自动位置,系统开始工作,各工况油路流动走向与手动单循环时相同,只是当缸 9 左行退回中触动行程开关 11 时,又使电磁铁 1YA 通电,系统自动进入下一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 该工具锤装柄机采用液压传动和电气控制,既可手动也可自动,生产效率高;结构简单,使用维护方便,容易通过更换锤头、锤柄和铆钉的支撑架,实现不同型号规格工具锤锤柄的安装;不会出现手工装柄出现的锤柄不正、锤柄端部变形等问题,质量稳定。

2) 液压系统采用定量泵供油,没有流量阀及其带来的能量损失和发热。

3) 两个液压执行器的动作顺序采用压力控制和行程控制组合实现,调整方便。

4) 该系统液压泵无卸荷措施,如果等待时间过长,液压泵的油液只能经阀 2 或 3 高压溢流,能量损失较大。

### (4) 技术参数 (见表 9-6)

表 9-6 工具锤装柄机及其液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
主机	外形尺寸	2×2×1.2	m	液压系统	压力	10	MPa
	整机重量	12	kN		功率	4	kW
	装柄频率	4~6	次/min		重量	4	kN

## 9.3.3 门锁整体成型液压机

### (1) 主机功能结构

随着人们物质生活和精神生活水平的日益提高,对门锁产品造型的多样化及新颖美观的要求越来越高,这就对作为影响门锁外形新颖美观的主要零件——把手的生产提出了更高的要求。门锁把手的整体成型液压机,用于代替传统的冷冲压工艺,生产加工不同的形体(球、椭圆等)的门锁把手,以增强门锁在市场中的竞争力。

### (2) 液压系统及其工作原理

整体成型液压机液压系统原理图如图 9-21 所示。它由压机和高压注射成型两个独立的系统组成。前者主要完成模具的启闭和工件成型后的顶出,后者通过乳化液的加压用于工件的胀型成型。

压机系统的油源为轴向柱塞变量液压泵 12,系统的执行器为主液压缸 1 和顶出液压缸 15。缸 1 驱动滑块及上模完成模具的闭合与开启,顶出液压缸 15 用于将成型后的工件从模具中顶出。该系统采用插装阀进行控制,插装阀 10、先导阀 9 和二位四通电磁换向阀 12 构成电磁溢流阀,用于设定系统的最高压力和液压泵卸荷,缸 1 和缸 2 的运动方向通过先导三位四通电磁换向阀和插装阀 4 和 11 控制;单向阀 2 用于支承缸 1 并在缸 1 快速下行时构成差动连接;液控单向阀 5 提供缸 1 上行时的回油路;压力继电器 8 用作成型系统动作开始的发信装置。顶出缸 15 的运动方向由三位四通电磁换向阀 14 控制,顶出缸的最大压力由阀 17 和 18 构成的溢流阀设定;压力继电器 16 用于顶出缸下行发信。

高压注射成型系统的执行器为增压器 26,模具中工件胀型靠由齿轮泵 22 供给的乳化液完成,乳化液初始压力溢流阀 22 设定,二位三通电磁换向阀 24 用于控制乳化液的通断,压力继电器 23 用作系统增压开始的发信器;乳化液增压由齿轮泵 30 的压力油通过增压器 26

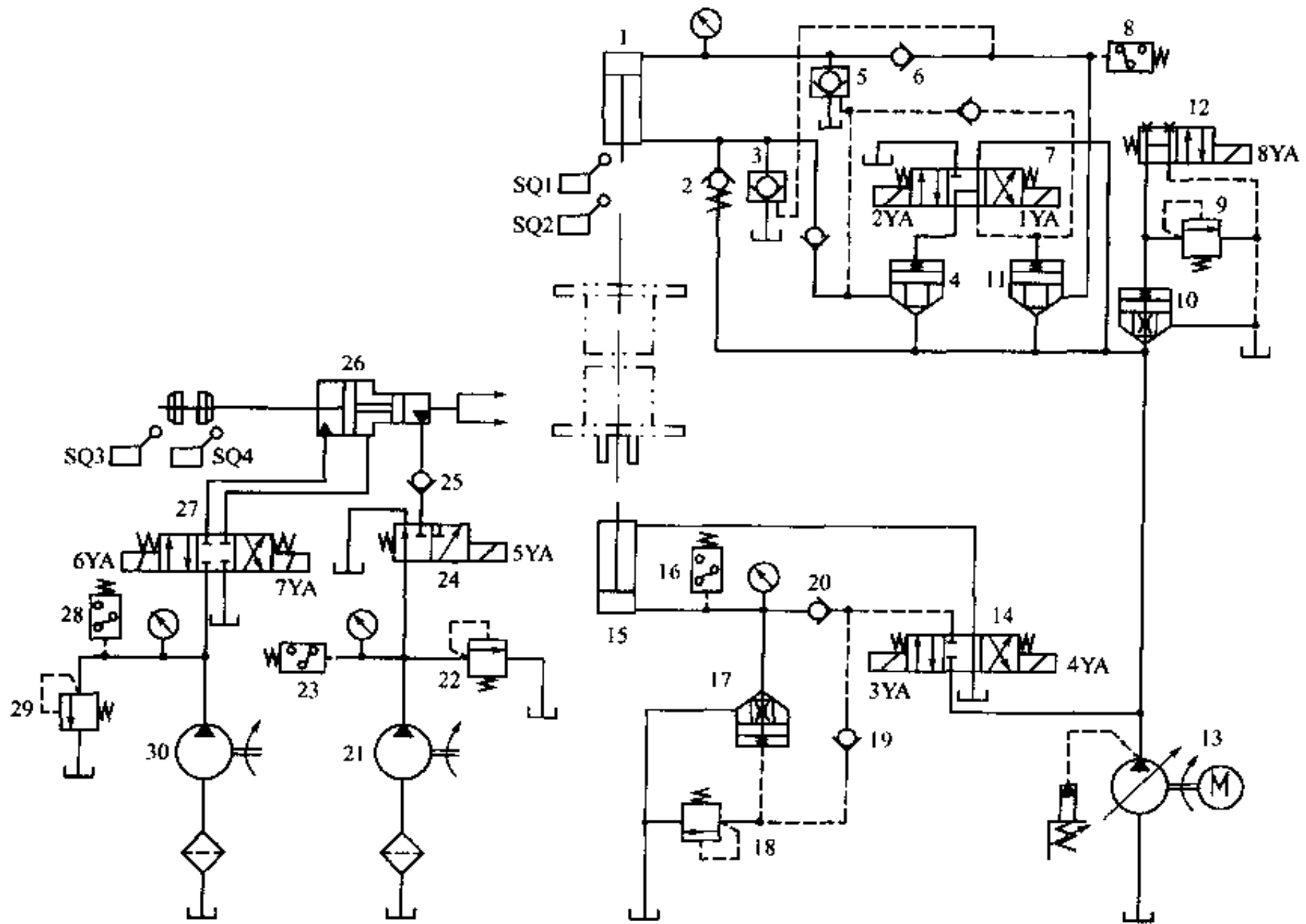


图 9-21 门锁整体成型机液压系统原理图

1—主液压缸；2—支承单向阀；3、5—液控单向阀；4、10、11、17—插装阀；6、19、20、25—单向阀；7、14、27—三位四通电磁换向阀；8、16、23、28—压力继电器；9、18、22、29—溢流阀；12—二位四通电磁换向阀；13—轴向柱塞变量泵；15—顶出液压缸；21、30—齿轮泵；24—二位三通电磁换向阀；26—增压器

的动作实现，泵30的最高压力由溢流阀29设定，增压器26的运动方向由三位四通电磁换向阀27控制，压力继电器28用于系统保压开始的发信器。

系统的工作原理如下。

1) 主缸快速下行合模锁模 系统通过按钮启动，工作中电磁铁8YA始终通电，液压泵升压。当1YA通电时，三位四通电磁换向阀7切换至右位，主泵13的压力油经插装阀11、单向阀6进入主缸1的无杆腔，缸1有杆腔的油液经支承单向阀2、插装阀11、单向阀6反馈至主缸1的无杆腔构成差动连接，活塞带动滑块及上模快速下行。当主缸1负载逐渐增加时，系统压力上升，在单向阀2被截止的同时，从插装阀11流出的压力油导通液控单向阀3，主缸1下腔的油液经阀3排回油箱。主缸1带动滑块的上模与工作台上的下模慢速合模，并使主缸无杆腔压力继续升高，直到模具设定的锁模力要求的压力。

2) 增压器右行工件胀型保压 模具锁模后，压力继电器8发信，使电磁铁5YA通电，二位三通电磁换向阀24切换至右位，齿轮泵21输出的乳化液经换向阀24、单向阀25进入增压器26的右腔，再经模具充满坯件内腔，并使压力升至初始压力值，压力继电器23发信，使电磁铁5YA断电，二位三通电磁换向阀24复至左位（泵21卸荷），同时电磁铁6YA通电，三位四通电磁换向阀27切换至左位，注射齿轮泵30的压力油经换向阀27进入增压器26左腔，推动其活塞右行，使乳化液增压，注射至坯件内腔使工件膨胀整体成型。

当腔内压力上升至压力继电器 28 的设定值时发信, 使电磁铁 6YA 断电, 换向阀 27 复至中位, 泵 30 卸荷, 系统保压并由时间继电器计时。

3) 增压器左行退回原位 保压时间到达时, 电磁铁 7YA 通电, 换向阀 27 切换至右位, 注射泵 30 的压力油经换向阀 27 进入增压器 26 的中腔, 推动其活塞左行, 增压器退回原位。

4) 主缸上行开模 增压器退回原位并触动行程开关 SQ3 时, 电磁铁 2YA 通电, 三位四通电磁换向阀 7 切换至左位, 主泵 12 的压力油经插装阀 4、单向阀进入主缸 1 的有杆腔, 同时反向导通液控单向阀 5, 活塞杆带动滑块上行开模, 主缸 1 上腔经液控单向阀 5 向油箱排油。

5) 顶出缸上移顶出工件 开模结束时行程开关 SQ1 发信, 电磁铁 2YA 断电使换向阀 7 复至中位, 电磁铁 3YA 通电使换向阀 14 切换至左位, 主泵 13 的压力油经阀 14、单向阀 20 进入顶出缸 15 的无杆腔 (有杆腔经阀 14 回油), 活塞上行将成型工件顶出。

6) 顶出缸落下 工件顶出后, 系统压力继续升高, 压力达到压力继电器 16 的设定值时发信, 使电磁铁 3YA 断电, 4YA 通电, 换向阀 14 切换至右位, 主泵 13 的压力油经换向阀 14 进入顶出缸 15 的有杆腔, 顶出缸 15 的活塞落下。

电磁铁 8YA 断电, 液压泵 13 经阀 10 卸荷, 完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 该成型机, 工作坯件内腔先加初始压力后再在模腔中膨胀整体成型, 工艺简单, 生产效率高, 成本低; 由于成型时传力均匀, 制件表面无皱纹, 质量好; 改变模具的型腔, 可制造各种不同形状的整体成型件。

2) 液压系统的压机和注射成型分为两个独立的系统。并通过压力继电器和行程开关作为发信装置控制实现各动作间转换和衔接。

3) 压机系统采用变量泵油源和插装阀控制, 动作变换迅速; 设有差动、卸荷与安全保护回路, 节省能量, 安全可靠。

4) 注射成型系统通过两台液压泵和不同的工作介质分别向坯件内腔注入乳化液、向增压器输入低压油, 通过低压油给乳化液增压完成工件成型, 系统结构独特、简单, 省去了高压泵等元件, 且工件不会被油液污染。

### (4) 技术参数 (见表 9-7)

表 9-7 成型机及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
成型机锁模力		1000	kN
液压系统	压机系统	最高压力	25
	高压注射成型系统	乳化液初始压力	2
		注射泵压力	10
		乳化液增压后压力	80

## 第 10 章 轻工与纺织机械中的液压系统

### 10.1 概述

轻工产品与人们的日常生活息息相关，面广、量大、品种繁多、要求不一。除了已经广泛使用液压技术的自行车、缝纫机、日用化学制品制造机械及食品机械中采用液压技术外，液压技术在钟表、制糖、皮革、家具加工、餐具制造等许多轻工机械中也获得了广泛应用。

随着纺织工业科学技术的发展，液压传动与控制在纺织机械上的应用日益广泛。除了整经机、织布机、梳棉机等整机采用液压传动外，在多数纺织机械的加压装置、制动装置、缓冲装置、调速装置中普遍采用了液压技术。在近年研制的经轴装卸、纺丝、印花、毛呢织物罐蒸、卷染及织物整理等装置和设备中也采用了液压传动与控制技术，提高了纺织产品质量，减轻了操作者劳动强度。

轻工与纺织产品大多数直接用于人们的饮食、衣着，所以其液压传动的机械设备要特别注意防止因液压油液泄漏而污染制品。

本章介绍轻工与纺织机械中的 17 例液压传动与控制系统。

### 10.2 轻工机械液压系统

#### 10.2.1 表壳热冲压成型液压机系统

##### (1) 主机功能结构

热冲压成型压机主要用于制表业表壳的热冲压成型，主机为四柱式结构，采用液压传动。

##### (2) 液压系统及其工作原理

该机的液压系统原理图如图 10-1 所示。液压系统的油源为变量液压泵 1，执行器为三腔（腔 a、b、c）复合缸 6 和退料缸 5，由二通插装阀 V1 和 V2 组成复合缸的差动油路，系统压力由插装阀 V7 和先导溢流阀 12 控制。退料缸由三位四通电磁换向阀 11 控制运动方向。为了满足热冲压速度快，以便改进压制工艺及模具，系统另设有压力传感器、数显变送调节仪（图中未画出）。

系统完成的工作循环及其原理如下。

1) 液压泵启动 当电磁铁 1YA 通电时，二位四通电磁换向阀 13 切换到上位，延时 0.1s 后，液压泵空载启动。

2) 复合缸快速下落 当电磁铁 1YA 断电，2YA、3YA 通电时，阀 13 复位（下位）、二位四通电磁换向阀 2 和 3 切换至上位，液压泵 1 的压力油经插装阀 V1 和 V2 进入复合缸的小腔 a、b 腔的油液经插装阀 V3 和 V2 反馈至 a 腔，复合缸形成差动连接，驱动活塞杆及工作机构快速下落；油箱 10 中的油液通过液控充液阀 9 向复合缸 c 腔充液补油。

3) 冲压成型 当工作机构的随动滑套磁上位置可调的行程开关 SQ1 时，电磁铁 3YA



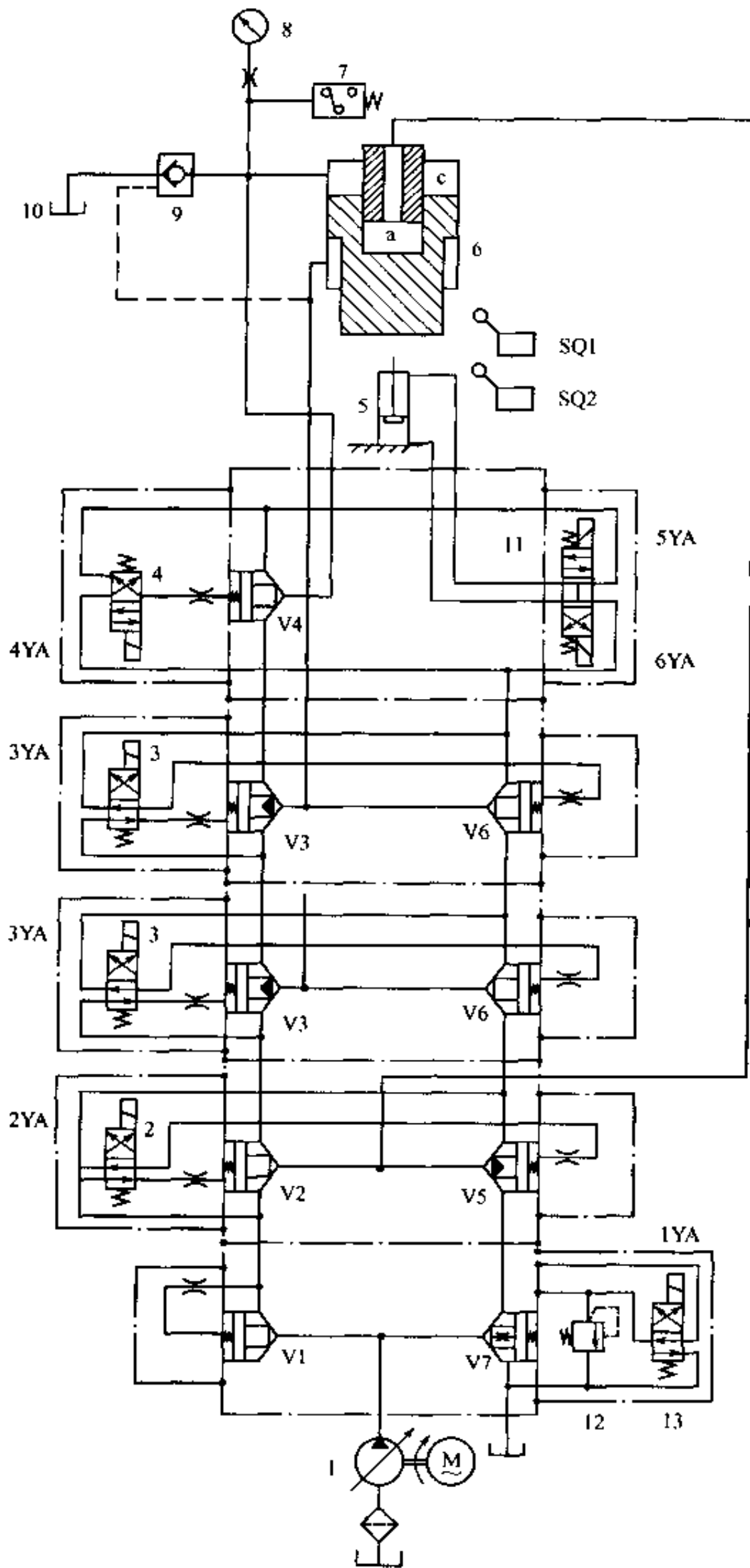


图 10-1 表壳热冲压成型液压机系统原理图

- 1—液压泵；2、3、4、13—二位四通电磁换向阀；5—退料液压缸；6—三腔复合缸；7—压力继电器；8—压力表；9—液控充液单向阀；10—油箱；  
11—三位四通电磁换向阀；12—先导压力阀；V1~V7—插装阀

断电，阀 3 复至下位；电磁铁 2YA、4YA 通电，二位四通电磁换向阀 2 和 4 分别切换至上位和下位，压力油经阀 V1、V2、V4 分别进入复合缸 a、c 两腔，实现工件的加压压制。b

腔油液经阀 V6 回油箱。直至升压到压力变送器调定压力后发信。

4) 主缸回程 当电磁铁 2YA、4YA 断电, 3YA 通电时, 阀 2 和 4 复位, 阀 3 切换至上位, 压力油经插装阀 V1、V3 进入复合缸 b 腔, 推动活塞杆回程 (上升), a 腔油液从阀 V5 排回油箱, 同时压力油将液控充液阀 4 打开, c 腔油液被压回油箱 10。

5) 退料 复合缸回程到位后, 随动滑套碰上行程开关 SQ2, 电磁铁 3YA 断电, 时间继电器控制电磁铁 5YA、6YA 先后通电、断电, 三位四通电磁换向阀 10 换向, 使退料液压缸 5 完成顶出退料和复位工作。

### (3) 技术特点

1) 与机械冲床相比, 该机速度快、效率高、运行平稳, 四柱导向精度高, 机、电、液、仪一体化, 方便调模及压制参数调整, 噪声小, 符合环保要求。

2) 液压系统采用插装控制阀和复合缸差动回路, 通流能力大、工况转换平稳、能耗低。

3) 各插装阀通过流量差异较大, 故选用 16 通径、25 通径两种规格插装件; 复合缸采用橡塑复合导向密封材料, 以适应速度快、导向精度高的要求。

4) 正常工作时可通过调节插装阀 V1 的节流单向插装件调定下行速度; 装模调试时, 电磁铁 1YA、2YA、4YA 通电, 复合缸 a 腔、c 腔同时进油, 并调节 V1 的节流杆, 可使下落速度调定在 10~40mm/s 以内, 方便了调模。

### (4) 技术参数 (见表 10-1)

表 10-1 表壳热冲压成型液压机及其系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
压机	公称压力	1000	kN	
	最大行程	200	mm	
	运行速度	快速下行	1300	mm/s
		压制	30	
回程		250		
液压泵(63YCY-160M-4)	工作压力	28	MPa	
	最大流量	100	L/min	
	功率	11	kW	

## 10.2.2 煮糖罐搅拌器液压系统

### (1) 主机功能结构

煮糖罐是制糖业生产中的重要煮炼装备, 其搅拌器用于帮助糖膏循环, 通过搅拌力提高糖膏的对流程度, 避免糖膏煮至高体积时因液柱的静压效应使得上下温差大、局部过饱和度升高而引起伪晶问题, 缩短煮糖时间, 提高设备利用率; 适应抽取低压汁汽煮糖, 提高工厂热能利用率; 改善晶粒均匀度, 提高糖膏纯度, 减少物料回收量。

传统的搅拌器采用机械传动, 先进的搅拌器采用液压传动。液压搅拌器的工况要求有: 搅拌器转速可自动无级调速; 搅拌器转速随煮糖过程中糖液黏度的不断增大, 在 50~25r/min 范围逐渐减速; 搅拌器转矩随煮糖过程糖液黏度的不断增大, 在 2834~4313N·m 范围内逐渐变大; 搅拌功率近似为恒功率。

### (2) 搅拌器的液压系统及其工作原理

图 10-2 所示为 30m<sup>3</sup> 煮糖罐搅拌器的液压系统原理图。系统的执行器为驱动搅拌器旋转的单向定量液压马达 5, 马达的运动与停止由二位四通手动换向阀 4 控制。系统采用恒功率变量泵 1 供油, 开式循环油路, 通过调节变量泵 1 的排量实现液压马达的无级容积调速。溢

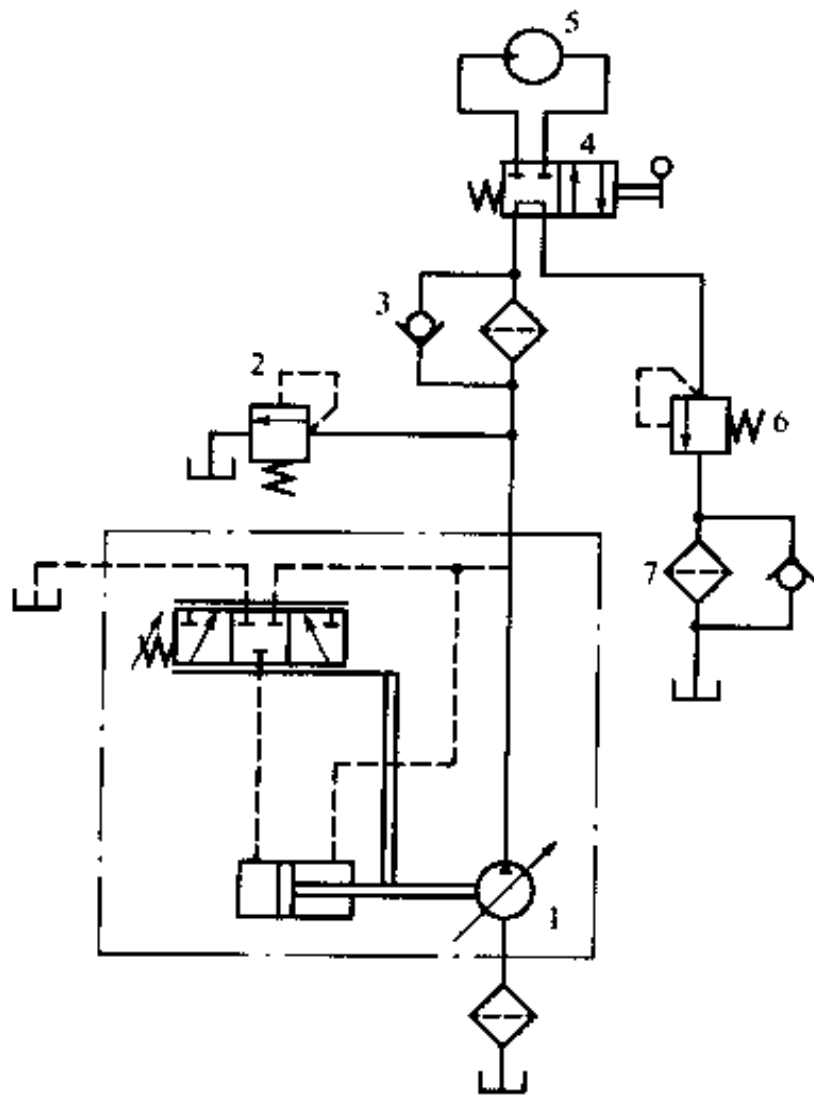


图 10-2 煮糖罐搅拌器液压系统原理图

1—恒功率变量泵；2—溢流阀；3、7—过滤器；  
4—二位四通电磁换向阀；5—单向定量  
液压马达；6—溢流阀

流阀 2 用于限定系统的最高压力，以防过载。溢流阀 6 作背压阀用，以防回油路出现有害负压。带单向阀的压力管路过滤器 3 和回油过滤器 7 用于提高工作油液的清洁度，提高系统的工作可靠性。

工作时，换向阀 4 切换至右位，变量泵 1 的压力油经过滤器 3 和阀 4 进入马达 5 的压力油腔，马达旋转驱动搅拌器工作；换向阀 4 处于图示位置时，液压马达油路封死，液压泵 1 经过滤器 3、溢流阀 6 和过滤器 7 向油箱排油，实现低压卸荷。

(3) 技术特点

1) 煮糖罐搅拌器液压系统为变量液压泵-定量液压马达容积调速、开式循环油路，油路结构简单，所用液压元件少；无级调速范围宽，能量损失少；有利于系统散热。

2) 与国外应用较为普遍的机械搅拌器相比，液压搅拌器同样适用于甜菜、甘蔗糖厂（甲砂糖）、乙（黄砂糖）、丙（红砂糖）糖煮糖罐强制循环，生产效率和产糖率高、能耗和振动噪声

低，其综合技术经济性能明显优于机械搅拌器，具有广泛的应用前景。

(4) 技术参数（见表 10-2）

表 10-2 煮糖罐搅拌器液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位
液 压 泵	排量	66	L/r
	压力	额定	32
		最高	40
	额定转速	1500	r/min
	1000r/min 时的理论功率	34.5	kW
液 压 马 达	排量	1.6	L/r
	压力	额定	20
		最高	31.5
	转速	1~400	r/min
	最大输出转矩	4512	N·m

10.2.3 蔗糖生产用自动板框式压滤机液压系统

(1) 主机功能结构

板框式压滤机是蔗糖生产厂普遍应用的装备，该压滤机采用了液压传动技术，机器由板框式主机、液压站和电控柜三部分组成。

(2) 液压系统及原理

该机液压系统原理图如图 10-3 所示，该系统可自动完成从滤板加压到拉升滤板卸泥的

整个工作循环。系统的执行器为滤板液压缸 15 和滤板拉升液压马达 16，系统的油源为定量泵 1，其压力由溢流阀 3 设定并由压力表及其开关 13 显示，单向阀 2 用于防止液压油倒灌。缸 15 和马达 16 的换向分别由三位四通电磁换向阀 6 和 7 完成，液控单向阀 8 用于缸 15 的保压，电接点压力表 14 用于缸 15 保压时向时间继电器发信；减压阀 4 用于调整和稳定液压马达的压力，压力继电器 9 和 10 用于液压马达 16 的换向发信，压力表及其开关 11 和 12 分别用于显示压力继电器 9 和 10 的设定压力。单向调速阀 5 用于马达的旁路节流调速。

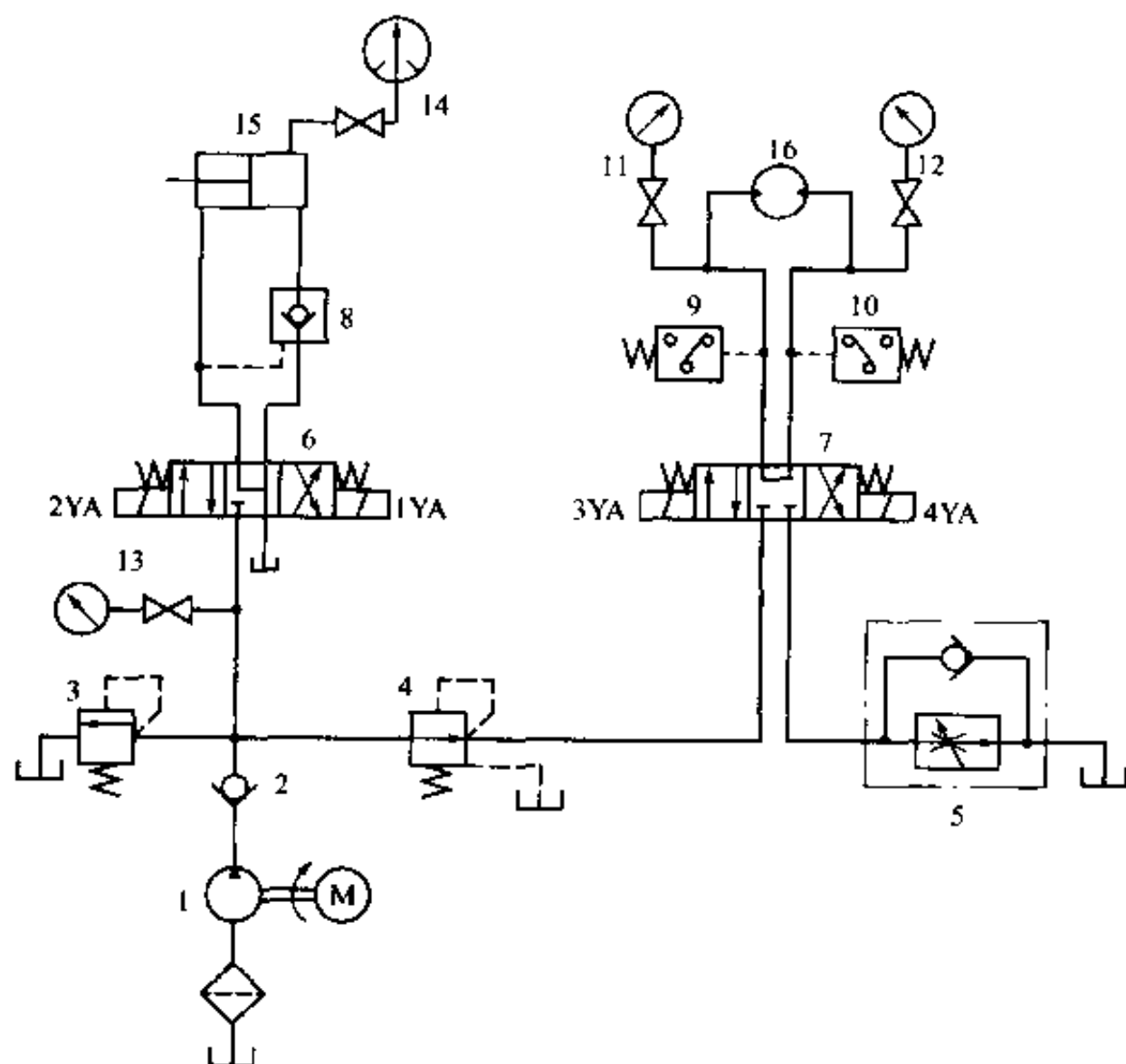


图 10-3 板框压滤机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—单向阀；3—溢流阀；4—减压阀；5—单向调速阀；  
6、7—三位四通电磁换向阀；8—液控单向阀；9、10—压力继电器；  
11、12、13—压力表及其开关；14—电接点压力表；15—液压缸；  
16—双向定量液压马达

工作原理如下。

当电磁铁 1YA 通电后，换向阀 6 切换至右位，液压泵 1 的压力油经单向阀 2、换向阀 6 和液控单向阀 8 进入液压缸 15 的无杆腔（有杆腔经阀 6 回油），活塞杆伸出推压滤板，随着滤板压紧，系统压力升高，当压力升高至电接点压力表 14 的设定值时发信，使电磁铁 1YA 断电，换向阀 6 复至中位，液压缸无杆腔由阀 8 保压，活塞杆锁定，滤板保压进行浊汁滤清，保压时间通过电控柜内的时间继电器设定。保压到后，时间继电器发信，使电磁铁 2YA 通电，换向阀 6 切换至左位，液压泵的压力油经阀 2、阀 6 进入液压缸的有杆腔，同时导通液控单向阀 8，活塞杆退回，通过行程开关使电磁铁 3YA 通电，换向阀 7 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 4、阀 7 进入液压马达 16 的左腔，马达正转（马达旋转速度取决于回油调速阀的开度）拉开第一块滤板，马达右腔经换向阀 7 和单向调速阀 5 向油箱排油，第一块滤板到达极限位置后，系统压力升高，当压力升至压力继电器 9 的设定值时发信，使电

磁铁 3YA 断电、4YA 通电，换向阀 7 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 4、阀 7 进入液压马达的右腔（马达回油同上），马达反转回到第二块滤板处……，往复将滤板逐次拉开卸泥，完成一个工作循环。

### (3) 技术特点

1) 与老式压滤机相比，该压滤机减轻了操作者的操作及卸渣的劳动强度，生产率高，过滤动力大，滤汁质量好。

2) 液压系统采用压力继电器、电接点压力表及行程开关和时间继电器相配合，实现了自动控制。

3) 采用液控单向阀使液压缸在滤板压紧后锁定并长时间保压，液压泵的驱动电机可间歇工作，节省能耗。如果添加卸荷回路，还可以避免电机频繁启停，实现节能。

4) 液压系统采用引进德国力士乐公司技术生产的元件并用专门设计的集成块连接，液压站结构紧凑合理。

## 10.2.4 大吨位皮革熨平机液压系统

### (1) 主机功能结构

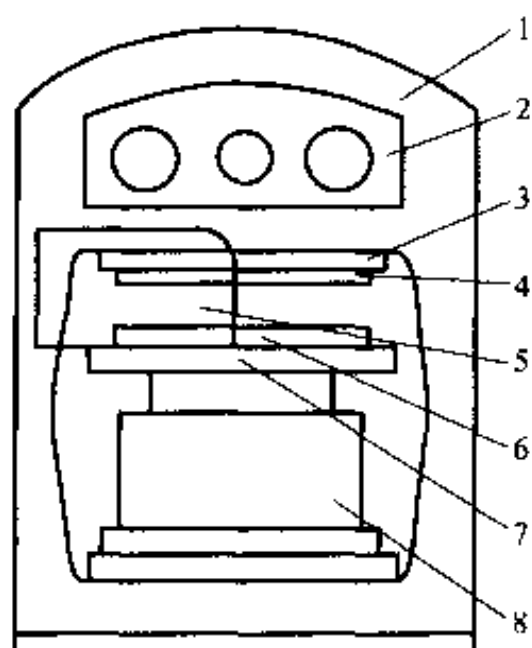


图 10-4 液压熨平机结构示意图

1—框架；2—仪表控制箱；3—电热板；  
4—熨板；5—安全门；6—皮革；  
7—工作台；8—升降液压缸

皮革熨平机是制革行业修饰面革的关键设备，该机采用液压传动和 PLC 控制技术。该机为整体式结构（见图 10-4），主要由框架、电热板、工作台、升降液压缸、安全机构及置于框架内的液压系统和电控系统等组成。其熨皮加工过程为：首先，根据所要加工的皮革的种类不同，由电控系统调整好电热板的温度；然后，启动液压系统，由人工将皮革铺在工作台的台面上，拉下安全门，升降缸驱动工作台完成上升→加压→保压→定时→下降基本工作循环。工况特点是空程时速度高，加压时载荷大。

### (2) 液压系统及其工作原理

基于该机的工况特点，该机采用定量泵 1 供油、复合缸 3 为执行器、插装阀控制的液压系统，图 10-5 所示为液压系统原理图。复合液压升降缸的大柱塞内套装了小柱塞缸，该缸通过插装阀 10~14 及其他液压元件的控制，带动

工作台及工件实现皮革的熨平加工。

系统的工作原理如下。

系统启动后，电磁铁 1YA、2YA 通电，二位四通电磁换向阀 2 和 5 均切换至右位，液压泵 1 的压力油经插装单向阀 11 全部进入复合缸的小柱塞缸，由小柱塞将大柱塞快速顶起，同时，在负压的作用下，高位油箱 8 通过充液阀 7 向大柱塞缸充液。当工作台与熨板接触后，系统压力升高，当压力达到 4MPa 时，液控顺序阀 9 打开，同时，在控制油的作用下充液阀关闭，压力油在进入小柱塞缸的同时，并经单向插装阀 14 进入大柱塞缸。当压力继续升高至给定值后，电接点压力表 6 发信，使电磁铁 2YA 断电，插装阀 12 开启，液压泵卸荷，系统保压。保压一定时间后，电磁铁 1YA 断电，大、小柱塞在重力的作用下自动复位，完成一个工作循环。系统工作中的最高工作压力由溢流阀 4 限定。

### (3) 技术特点

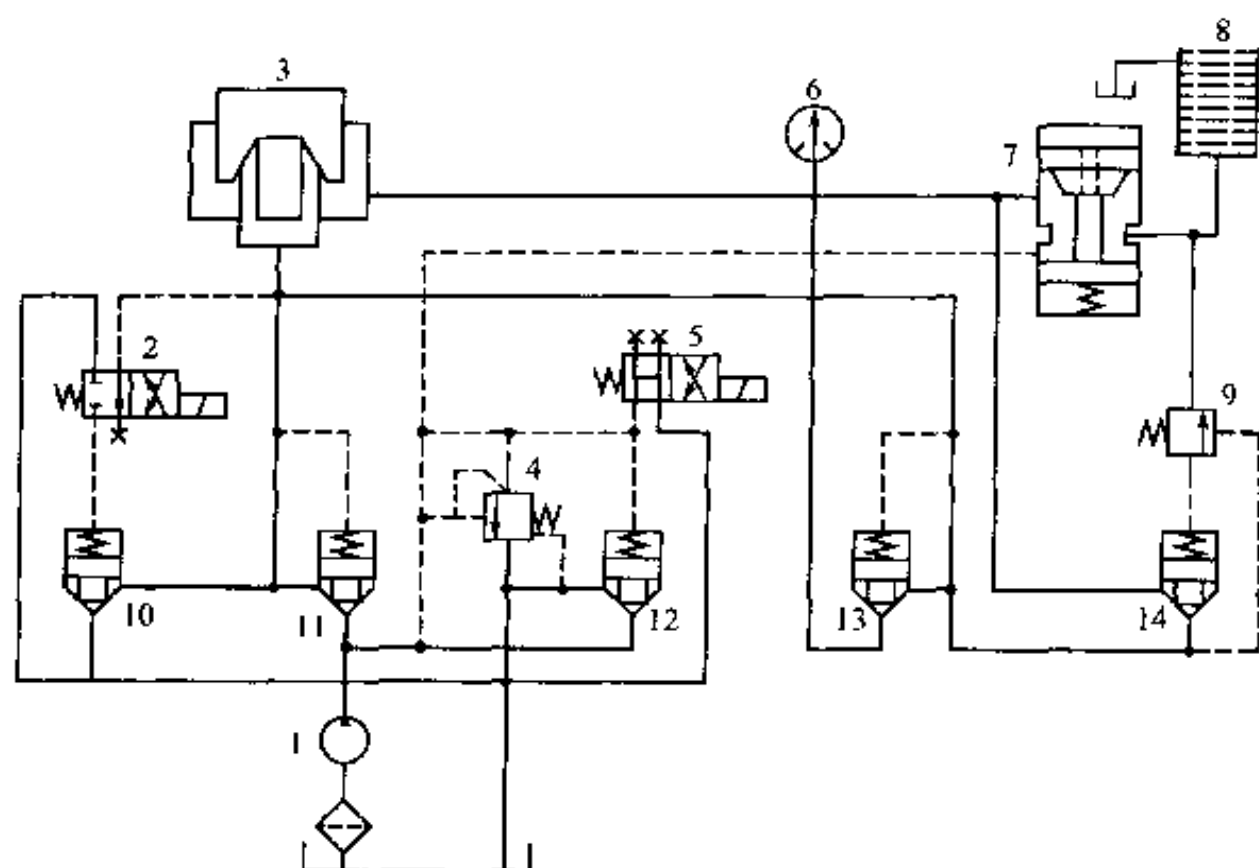


图 10-5 熨平机液压系统原理图

1—定量液压泵；2、5—二位四通电磁换向阀；3—复合升降液压缸；4—安全溢流阀；  
6—电接点压力表；7—充液阀；8—高位油箱；9—液控顺序阀；10、11、12、13、14—插装阀

1) 该机采用液压传动和 PLC 控制技术，充分发挥了各技术领域的优势，具有结构合理、操作简便、安全可靠等特点。

2) 该熨平机的液压系统采用定量泵供油，通过复合液压缸的工作面积的变化及高位油箱的充液满足机器快进和慢进速度、载荷差别大的矛盾，从而减小了液压泵的规格，节省了能量。

3) 系统采用插装阀控制，适应了高压大流量的需求。

4) 在升降液压缸小柱的回油口设有特殊的变节流缓冲装置，使得液压缸在回程的末端，底部始终托着一层油垫，防止了重量很大的立置液压缸在下降时产生冲击（碰缸）现象。

5) 由于熨平机在工作时需要操作者双手伸入熨板与工作台间将皮革铺平，所以安全问题至关重要。在工作台与熨板的两侧都设置了安全门，并采用了可编程控制作为设备的控制核心。除了提高了系统的安全性外，还增加了许多控制功能，使得操作更加方便、灵活。该机具有正常工作、调试运行和换板工作等三种工作方式。控制系统还具有检测、急停、报警等功能。可以对系统中的一些易损元件进行故障检测，如有故障，发出声光报警信号，并自动停机。在设备的前后，都设有急停开关，遇有紧急情况可随时停车，还设有联锁保护功能，只有当工作台接触到熨板后，安全门方可打开，否则，安全门一打开，工作台就自动下降，以防在工作台上升时操作者误把手伸入工作台，确保操作者的安全。

(4) 技术参数（见表 10-3）

表 10-3 熨平机及其液压系统部分技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位
熨平机吨位	850	t	复合液压缸快速上升流量	10 000	L/min
复合液压缸大缸直径	650	mm	顺序阀调整压力	4	MPa



### 10.2.5 原木削片链式输送机液压系统

#### (1) 主机功能结构

原木削片链式输送机是造纸行业削片机中的附属设备，通过链条的连续运转，实现原木的输送。输送机采用了液压传动，三套相同且独立的液压系统的执行器均为液压马达，每个液压马达驱动一组链条，通过分别控制三组链条的进退来达到均匀进料的目的。

#### (2) 液压系统及其工作原理

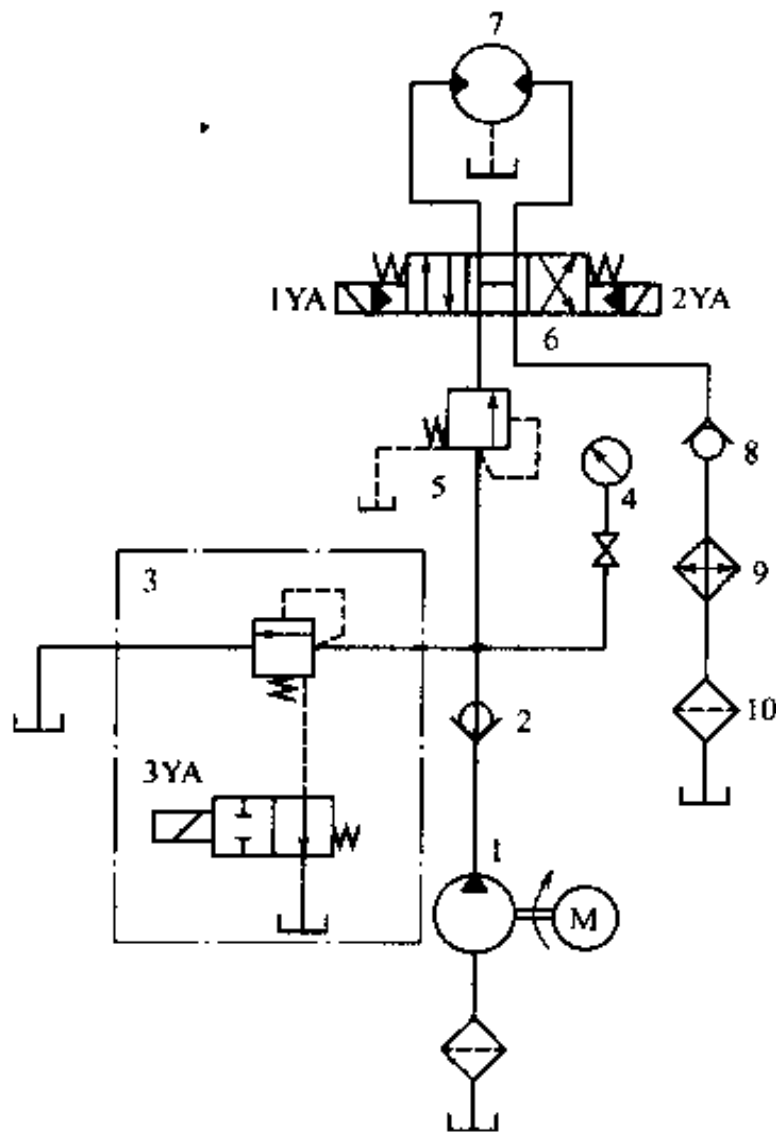


图 10-6 链式输送机液压系统原理图

1—定量液压泵；2、8—单向阀；3—电磁溢流阀；4—压力表及其开关；5—顺序阀；6—三位四通电液换向阀；7—双向定量液压马达；9—冷却器；10—过滤器

图 10-6 所示为输送机液压系统的原理图。系统的油源为定量液压泵 1，其最高压力设定与卸荷由电磁溢流阀 3 控制，压力表及其开关 4 用来显示系统压力，单向阀 2 用于防止油液倒流；双向定量液压马达 7 驱动链条，马达的运动方向由三位四通电液换向阀 6 控制旋转方向，其 H 型中位用于液压泵的卸荷，单向阀 8 是系统的背压阀，用来提高马达的运转平稳性，冷却器 9 和过滤器 10 用于回油散热和过滤。

当电磁铁 1YA、3YA 通电时，电磁溢流阀中的二位二通换向阀和换向阀 6 均切换至左位，液压泵的压力油经单向阀 2、顺序阀 5 和换向阀 6 进入液压马达左腔，驱动液压马达转动，液压马达右腔经阀 6、阀 8 和冷却器 8 及过滤器 10 回油；当电磁铁 2YA、3YA 通电时，换向阀 6 切换至右位，泵 1 的压力油经阀 2、阀 5 和阀 6 进入液压马达右腔，驱动液压马达反向转动，马达左腔经阀 6、阀 8 和冷却器 8 及过滤器 10 回油；当所有电磁铁均断电时，二位二通换向阀复至右位，换向阀 6 复至中位，液压泵可通过阀 6 的中位卸荷，如果换向阀 6 复位失灵，液压泵也可以通过电磁溢流阀 3 卸荷，不致使液压马达出现停止误动作（继续旋转），实现双重保护。

#### (3) 技术特点

1) 与传统的辊式输送机相比，该液压传动的链式输送机具有功率大、链条进退控制灵活、耐过载、耐冲击、生产效率高（削片机的产量可达  $150\text{m}^3/\text{h}$ ）等优点。

2) 液压系统可通过电磁溢流阀和 H 型中位机能的三位四通换向阀实现执行器停止时的可靠卸荷，有利于减小系统发热，可靠性高。

### 10.2.6 弯曲木家具三向压力机液压系统

#### (1) 主机功能及结构

该三向压力机用于弯曲木家具的成型加工，其主机为龙门式三向（竖直，左、右横向）结构。弯曲木家具的原料是多层黏合木板，经高频加热后放置于压力机的模具中一次加压成

型。压制出的不同形状的边框、块条等半成品，再装配在一起便成为深受广大用户欢迎的造型优美、曲线流畅的新式弯曲木制家具。为了实现工艺过程、提高产品质量和生产效率，该机采用了全液压传动。

(2) 液压系统及其工作原理

图 10-7 所示为三向压力机的液压系统原理图。该系统的油源为定量轴向柱塞泵 2，系统工作压力设定及卸荷由电磁溢流阀 4 实现。系统的执行器为 4 个液压缸，其中液压缸 C1 和 C2 并联驱动横向（侧向）滑块，此两缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 7 控制，双向运动时由双单向节流阀 9 回油节流调速，双向液压锁 8 用于锁定液压缸；液压缸 C3 和 C4 并联驱动竖向滑块，此两缸的运动方向由三位四通电磁换向阀 11 控制，双向运动时由双单向节流阀 18 回油节流调速，双向液压锁 17 用于锁定液压缸。在液压缸行程上布有电气行程开关 SQ1~SQ3，与压力继电器 11 和 19 一起，用于控制系统的动作顺序。液压系统可以完成的工作循环如图 10-8 所示。液压系统的工作原理如下。

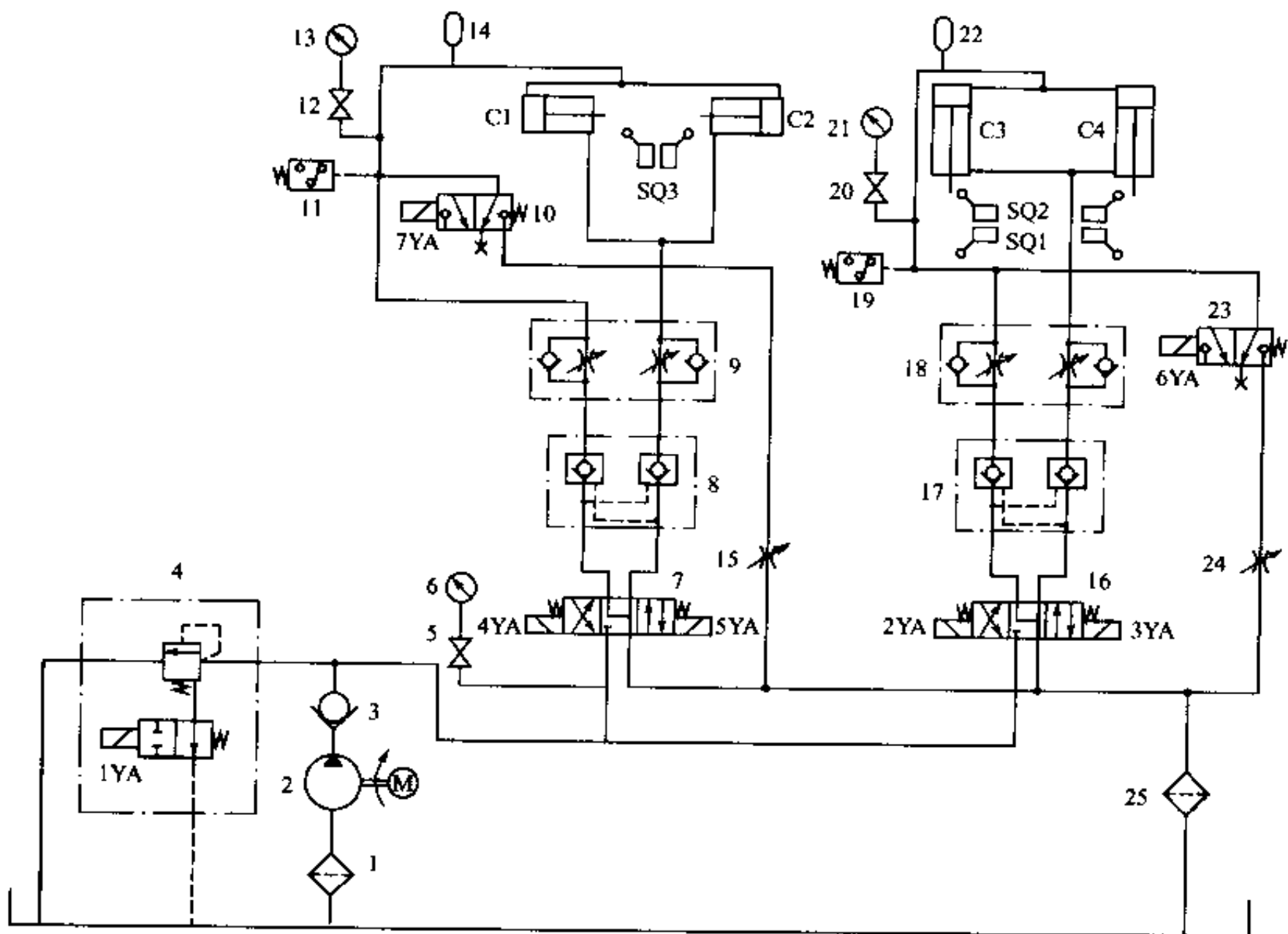


图 10-7 三向压力机液压系统原理图

- 1—吸油过滤器；2—定量液压泵；3—单向阀；4—电磁溢流阀；5—压力表开关；6—压力表；  
 7、16—三位四通电磁换向阀；8、17—液压锁；9、18—双单向节流阀；10、23—二位三通电磁换向阀；  
 11、19—压力继电器；12、20—压力表开关；13、21—压力表；14、22—蓄能器；15、24—节流阀  
 C1、C2—横向液压缸；C3、C4—竖向液压缸

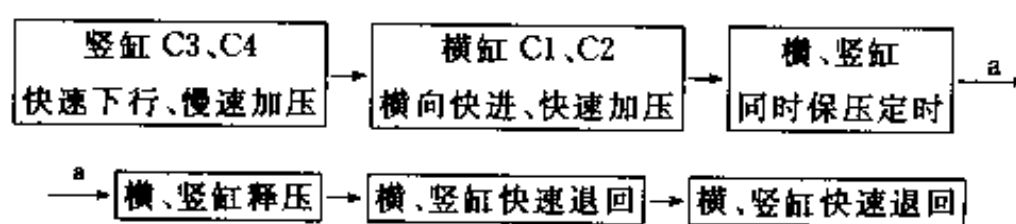


图 10-8 三向压力机液压系统工作循环图

1) 竖缸快速下行、慢速加压 启动液压泵电动机后,按下手动按钮,电磁铁 3YA 通电使三位四通电磁换向阀 16 切换至右位,液压泵 2 的压力油经阀 3、阀 16、叠加式液控单向阀 17 的左单向阀和叠加式双单向节流阀 18 中的左单向阀进入液压缸 C3 和 C4 的上腔,同时导通 17 的右侧液控单向阀,油杆腔经阀 18 的左侧节流阀、17 的右侧单向阀、阀 16 和过滤器 25 向油箱排油,竖缸快速下行。当竖缸驱动的竖向滑块下行接触到模具,对工件开始加压时,系统压力升高,升到一定值后,压力继电器 19 发信,使电磁铁 1YA 通电,液压泵卸荷。竖缸下行和上行速度由双单向节流阀 18 中的开度决定。

2) 横缸横向快进、慢速加压 横缸的启动可以手动按钮,也可以由竖缸带动的滑块触动电气行程开关 SQ1 发信,当电磁铁 1YA 断电、5YA 通电时,三位四通电磁换向阀 7 切换至右位,液压泵的压力油经阀 7、叠加式液控单向阀 8 的左单向阀和叠加式双单向节流阀 9 中的左单向阀进入横缸 C1、C2 的无杆腔,同时导通 8 中右侧液控单向阀,有杆腔经阀 9 右侧节流阀和 8 中右侧液控单向阀以及阀 7 和过滤器 25 向油箱排油,使其快进;当横缸驱动的滑块接触到模具时,压力升高,升高到一定值时,压力继电器 11 发信,电磁铁 1YA 通电,液压泵卸荷。横缸前进和退回的速度由双单向节流阀 9 中的开度决定。

3) 横竖缸保压、释压 在竖、横液压缸均完成慢速加压后,竖、横液压缸还需保压一段时间(通常不超过 15min)。为此设置了蓄能器 14 和 22 来保压。而保压时间通过手动按钮启动电控系统中的定时器来控制。保压终了时,定时器控制二位二通电磁换向球阀 10 和 23 的电磁铁 7YA 和 6YA 通电,阀 10 和 23 均切换至左位,两横缸(C1、C2)和两竖缸(C3、C4)的高压腔分别通过节流阀 15 和 24 释压,压力降低后在换向退回,以免液压缸快退时,高压腔突然卸荷,产生很大振动和噪声,影响系统寿命和产品质量。释压速度(时间)可通过节流阀 15 和 24 调节。

4) 横、竖缸快速退回 横、竖缸退回动作可通过手动或用电接点压力表 13 和 21 控制三位四通电磁换向阀 7 和 11 的电磁铁 4YA 和 2YA 通电实现。各液压缸退回原位以后,电气行程开关 SQ3、SQ2 发信,结束动作循环。

(3) 技术特点

- 1) 三向压力机效率高、体积小、成本低。
- 2) 根据不同的加工工件和生产效率要求;可采用自动控制或手动控制。
- 3) 液压系统采用德国 REXROTH 叠加阀,构成叠加阀式集成系统,体积小、结构紧凑、操作方便、运行可靠。
- 4) 液压系统设置了用蓄能器的保压回路和用电磁球阀的释压回路,降低了振动和噪声,保压和释压时间均可调整,保证了产品内在和外观质量。

(4) 技术参数(见表 10-4)

表 10-4 三向压力机液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
液压泵	流量	40	L/min	横向液压缸推力	250	kN	
	最大工作压力	16	MPa	竖向液压缸推力	410		

10.2.7 人造板热压机液压系统

(1) 主机功能结构

热压机是胶合板、刨花板等人造板的关键压制设备，其工作循环一般为：快进→加压→保压→快退→原位停留。采用液压传动的热压机的特点为：快进需要的流量很大，加压时需要的流量很小，保压时的流量仅为泄漏量。本热压机液压系统采用了三腔复合液压缸下传动方式，以较小流量规格的液压泵即可满足主机的工作要求。

### (2) 液压系统及其工作原理

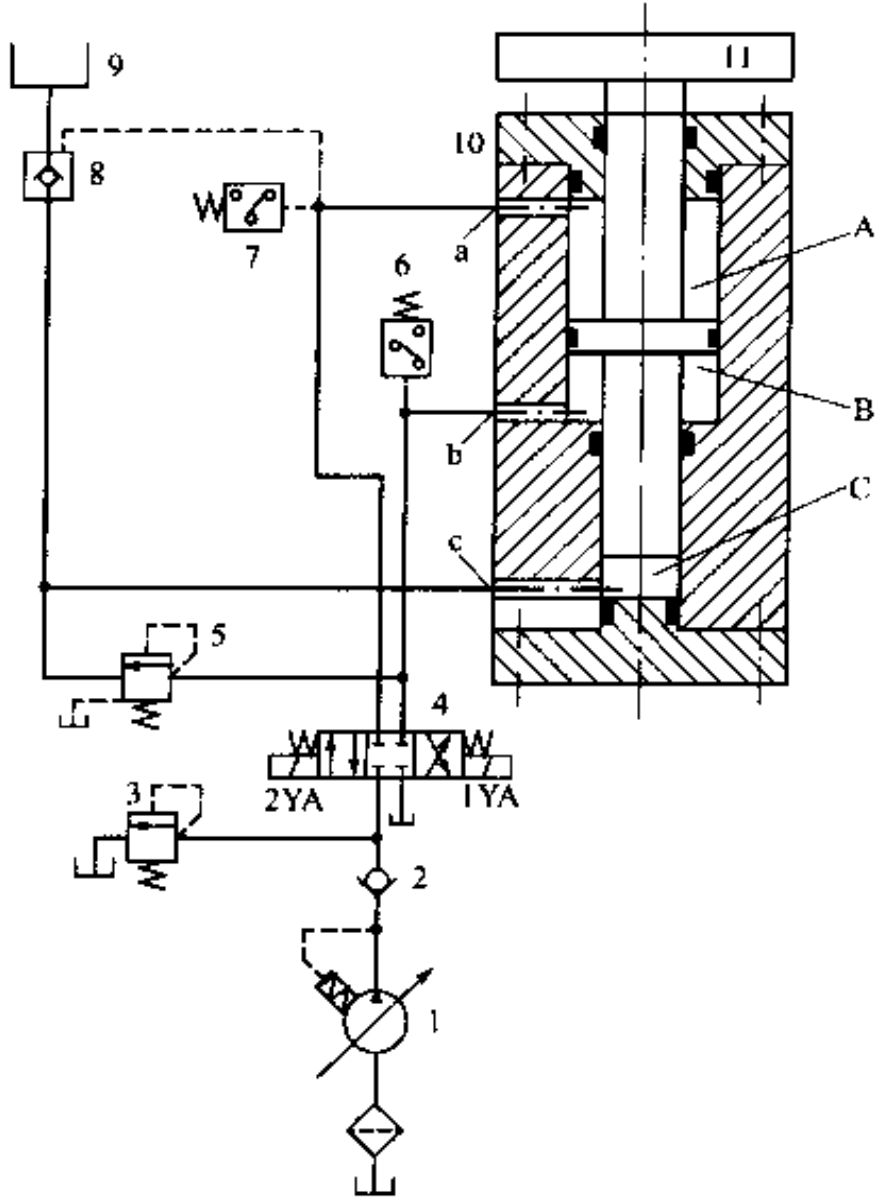


图 10-9 热压机液压系统原理图

- 1—压力补偿式变量泵；2—单向阀；3—溢流阀；  
4—三位四通电磁换向阀；5—顺序阀；6、7—压力继电器；8—液控单向阀（充液阀）；9—高架油箱；  
10—三腔复合液压缸；11—压板

为  $A_2 + A_3$ ，缸的速度变慢而推力增大，给工件加压。加压过程中，系统压力继续升高，当压力达到压力继电器 6 的设定值时发信，保压开始并由电控系统中的时间继电器计时。保压过程中，由于变量泵的压力补偿作用，泵 1 仅输出用于补充泄漏的高压微小流量。保压结束时，电磁铁 2YA 通电，换向阀 4 切换至左位，液压泵的压力油经阀 2、阀 4 从 a 口进入缸 10 的 A 腔并导通阀 8，活塞（杆）快速下降（退回），而 B、C 腔的油液分别经阀 4 和阀 8 排回主油箱和高架油箱。液压缸退回原位后，液压泵继续向 A 腔供油，压力升高达到压力继电器 7 的设定值时发信，使电磁铁 2YA 断电，换向阀 4 复至中位，时间继电器计时，系统进入等待阶段，变量泵高压小流量卸荷。等待结束后，时间继电器发信又使换向阀 4 切换至右位，从而进入下一工作循环。

### (3) 技术特点

1) 该热压机液压系统采用压力补偿式变量泵供油，三腔复合缸为执行器，泵的最大流量按活塞缸的上下腔面积  $A_1$  及  $A_2$  确定，最高压力按面积  $A_2 + A_3$ （亦即活塞缸的面积）确定。

图 10-9 所示为该液压系统的原理图，其执行器为驱动压板 11 的复合液压缸 10，该缸由一个柱塞缸和一个活塞缸复合而成，其三个工作腔 A、B、C 的面积分别为  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ 。三系统的油源为压力补偿式变量液压泵 1，系统的最高压力由溢流阀 3 设定。三位四通电磁换向阀 4 用于控制缸 10 的升降。液控单向阀 8 作充液阀，用于缸快速上升时从高架油箱 9 向缸的 C 腔补油；顺序阀 5 用于液压缸快慢速的油路换接，压力继电器 6、7 用于系统保压和等待的计时发信。

系统的工作原理如下。

电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至右位时，液压泵 1 的压力油经单向阀 2、换向阀 4 和缸 10 的 b 口进入 B 腔，由于工作面积  $A_2$  较小，活塞（杆）驱动压板 11 快速上升，缸 10 的 C 腔产生负压，通过液控单向阀 8 从高架油箱 9 自缸 8 的 c 口补油，缸 10 的 A 腔通过 a 口经阀 4 向油箱排油。当压板接触工件后，负载增加使系统压力开始上升，当压力升高到顺序阀 3 的设定值时，液压泵的压力油进入 B 腔的同时，经阀 5 从 c 口进入缸的 C 腔，并关闭阀 8，这时液压缸的工作面积转换为

2) 工作中通过液压缸工作腔面积的变化实现快慢速转换 (实质是容积调速), 转换平稳; 减小了液压泵的流量规格及液压阀的通径规格, 并避免了使用流量阀及其带来的节流损失和溢流损失, 降低了系统的功率消耗, 具有显著的节能效果。

3) 系统的保压和等待均由压力继电器发信、时间继电器计时实现, 其间, 液压泵均为高压小流量卸荷状态, 降低了能量损失和发热。

### 10.2.8 纸张复卷机压辊压紧力的气-液控制系统

#### (1) 复卷机压辊的功能结构

造纸机上生产出的纸张必须经过分切、复卷和包装, 才能满足发运和使用要求。复卷出的纸卷紧度, 对复卷和发运影响很大。紧度过小, 不但复卷时纸卷卷不圆, 复卷速度达不到设计要求, 而且纸卷易变形, 在发运途中受到损失; 紧度过大, 纸张容易断裂, 影响复卷后纸卷的质量。纸卷的紧度除了与复卷时纸张的张力控制有关外, 还与复卷机压辊线压紧力有关。

复卷机压辊线压力的控制过程为 (参见图 10-10): 纸卷 11 放入支承辊 12 上面, 当纸卷的重量小于压辊 10 的重量时, 压辊的重量全部作用在纸卷上, 使纸卷与支承辊 12 间产生足够的摩擦力而不至于复卷时打滑; 当纸卷的重量大于压辊的重量以后, 应该逐步减小压辊对纸卷的压紧力, 不使由于作用在支承辊上的压紧力过大而增加支承辊负荷与纸卷紧度。为此, 复卷机压辊线压紧力控制采用了气-液控制系统。

#### (2) 气-液控制系统及其工作原理

图 10-10 所示为复卷机压辊线压紧力的气-液控制系统原理图, 系统由液压和气动两部分回路组成, 液压与气动回路的耦合通过气-液定比减压阀 3 实现。整个系统的执行器为液

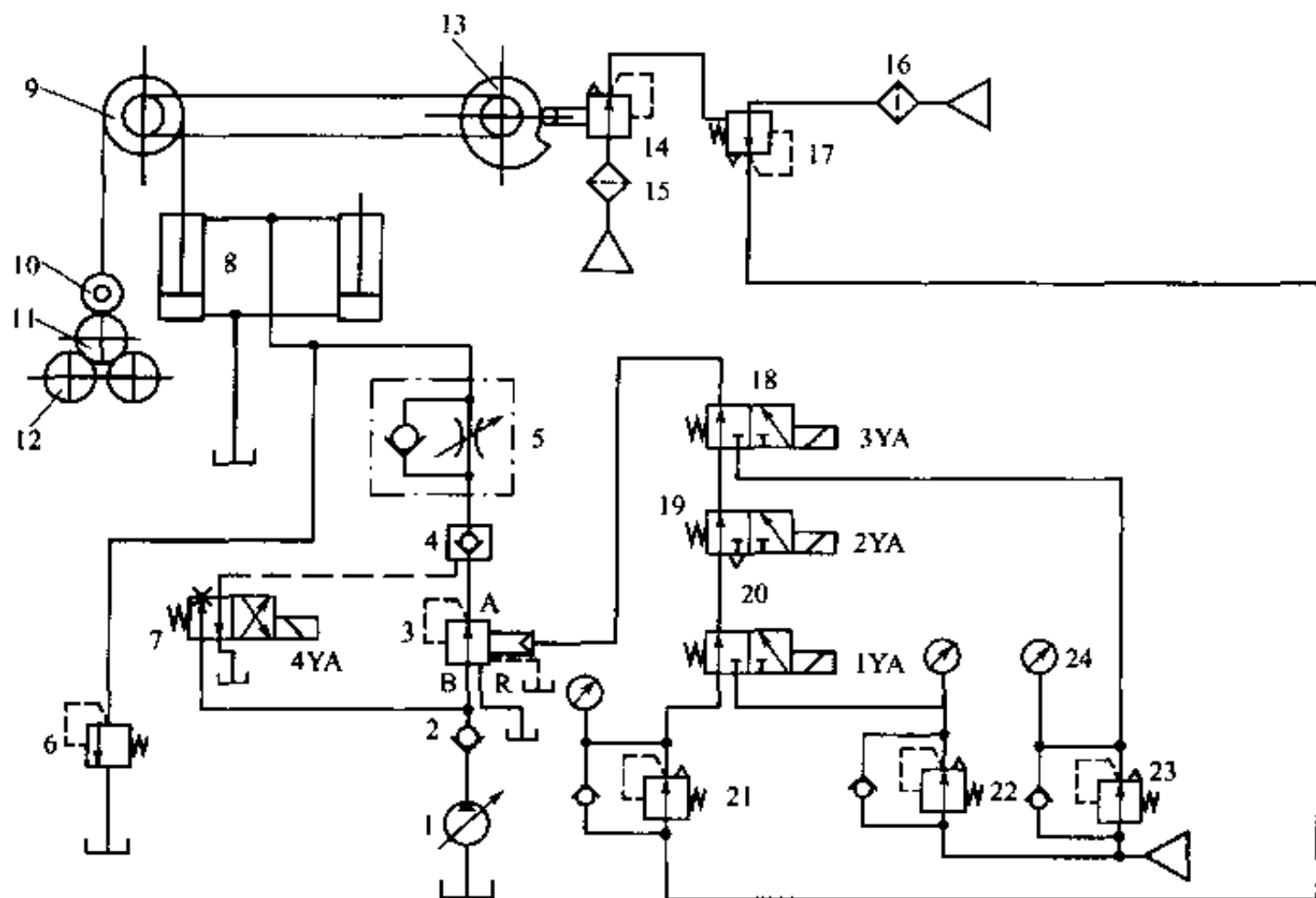


图 10-10 纸张复卷机气-液控制系统原理图

1—变量液压泵; 2—单向阀; 3—气-液定比减压阀; 4—液控单向阀; 5—单向节流阀; 6—安全溢流阀; 7—二位四通电磁换向阀; 8—液压缸; 9—链轮; 10—压辊; 11—纸卷; 12—支承辊; 13—凸轮; 14—机动减压阀; 15、16—空气过滤器; 17—远控调压阀; 18、19、20—二位三通电磁换向阀; 21、22、23—减压阀; 24—压力表

压缸 8，其作用是通过传动链驱动压辊 10 的升降，实现对纸卷 11 的压紧。液压回路的油源为变量液压泵 1，缸 8 的工作压力（油压）和动作过程由气-液定比减压阀 3 控制。气动回路的减压阀 21、22、23 与二位三通电磁换向阀 18、19、20 的通断组合可以使气-液定比减压阀 3 获得不同的输出油压和工作状态；机动减压阀 14 是一个检测阀，通过机械凸轮 13 的作用，将纸卷直径增大的信号转换为相应的气压信号，经远程调压阀 17 放大后，送至减压阀 21，以便能够实现手动调整。

系统的工作原理如下。

1) 压辊上升让位 当电磁铁 1YA 通电时，换向阀 20 切换至右位，压缩空气经减压阀 22，通过换向阀 18、19 的左位进入气-液定比减压阀 3 的气室，使进油口 B、A 接通。变量液压泵 1 的压力油经单向阀 2、液控单向阀 4、单向节流阀 5 进入液压缸 8 的有杆腔，缸的活塞杆通过传动链驱动压辊 10 升起到复卷机的上部位置。

2) 压辊落下 纸芯放入支承辊 12 上，引纸、接头完成后电磁铁 3YA 通电，换向阀 18 切换至右位，经减压阀 23 减压后的压缩空气经阀 18 进入气-液定比减压阀 3 的气室，关闭进油口，使回油口 A、R 接通。在电磁铁 3YA 通电的同时，电磁铁 4YA 也通电，换向阀 7 切换至右位，变量泵 1 的压力油经单向阀 2 和换向阀 7 导通液控单向阀 4。液压缸 8 有杆腔的油液在压辊重力的作用下，经单向节流阀 5、液控单向阀 4 和气-液定比减压阀 3 的 A、R 口回到油箱，压辊 10 落到纸芯上面，将纸芯压住。这时电磁铁 2YA 通电，换向阀 19 切换至右位，气-液定比减压阀 3 气室中的气体排出。

3) 复卷压紧 复卷机启动后，支承辊 12 转动，随着纸卷 11 直径增大，压辊 10 上移，通过链条-链轮传动，凸轮 13 顺时针转动，压迫机动减压阀 14 的顶杆，使通过阀 14 的压缩空气压力随凸轮升程的增大而升高。此压力信号输入远控调压阀 17，使信号放大并能手动调整，再经减压阀 21 调整后，通过换向阀 18、19、20 进入气-液定比减压阀 3 的气室，使该阀动作，并按气：液=1：19.2 的定比输出压力油进入液压缸 8 的有杆腔，把链条拉紧。当纸卷 11 的直径达到一定值（即纸卷重量超过压辊重量）时，凸轮 13 升程的加大使进入液压缸 8 有杆腔的油压升高、压辊 10 作用在纸卷上的重力逐步减小，并通过手动调整压辊 10 不离开纸卷而上升。从而实现了压辊的线压紧力按要求自动控制，进而控制了纸卷紧度，保证复卷，满足了发运和使用的要求。

### (3) 技术特点

利用气-液定比减压阀实现液压和气动回路的耦合，从而实现利用气压回路控制液压回路的压力和执行器的动作过程，综合了液压传动出力大、运动平稳和气压传动响应快的优点，较好的实现了纸卷复卷中压紧力的控制，构思新颖，其控制原理还可以推广至纺织物卷绕加工、水泥管材的卷压成型等工艺中。

## 10.2.9 高浓磨浆机液压控制系统

### (1) 主机功能结构

高浓磨浆机是造纸工业打浆工序不可缺少的磨浆设备，它用于造纸浆料的打浆，也可用于其他纤维浆料的精磨。磨浆工艺要求两磨盘之间的距离保持恒定，以保证所磨浆料的纤维尺寸符合工艺技术要求。GM1250 型高浓磨浆机，是在消化吸收进口磨浆机基础上研制的磨浆设备，该机采用了液压控制技术，具有自动化程度高、纤维分丝细化性好、工作可靠和生产效率高等特点。

### (2) 液压系统及其工作原理



磨浆机液压系统原理图如图 10-11 所示，该系统有两个独立的系统组成，一个是磨盘液压控制系统，另一个是机器主轴轴承及转子的冷却润滑系统。

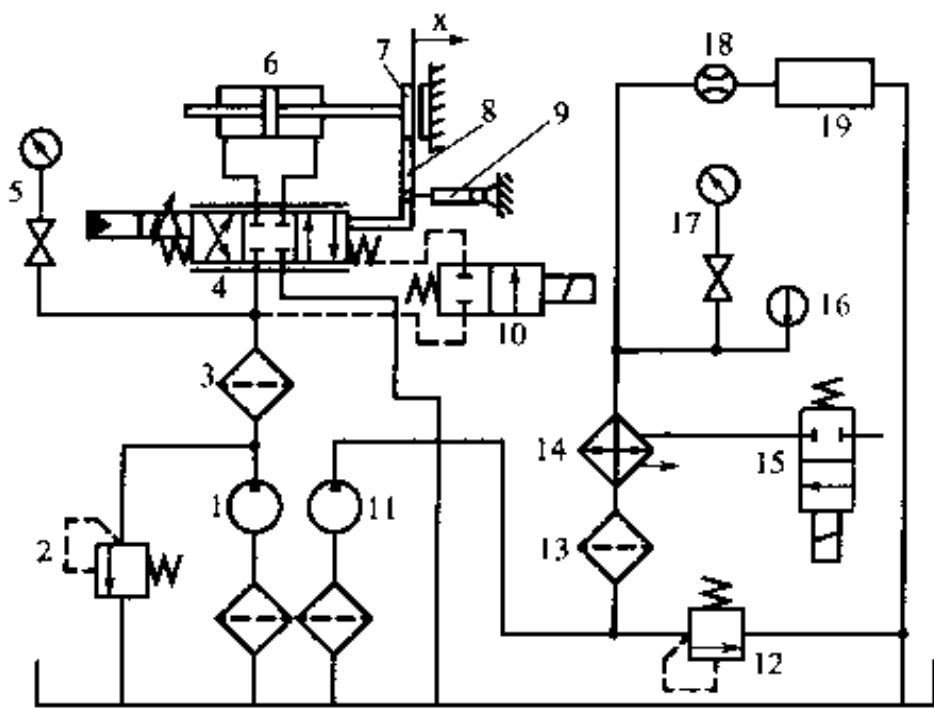


图 10-11 磨浆机液压系统原理图

1、11—定量液压泵；2、12—溢流阀；3、13—过滤器；4—电液数字阀；5、17—压力表及其开关；6—伺服缸；7—磨盘；8—机械反馈杆；9—线性位移传感器；10—二位二通电磁换向阀；14—冷却器；15—二位二通电磁水阀；16—温度计；18—流量计；19—主轴轴承及其转子

磨盘液压控制系统为位置闭环控制系统，其核心元件为电液数字阀 4 控制的伺服液压缸 6，用于调整和控制磨盘 7 的间隙，系统的检测反馈元件为连接数字阀 4 与伺服缸 6 的机械反馈杆 8 和线性位移传感器 (LVDT) 9。系统的油源为定量液压泵 1，供油压力通过溢流阀 2 调定并由压力表及其开关 5 显示，泵 1 的出口设有精过滤器 3，以保证经过电液数字阀 4 和缸 6 的压力油的清洁度。工作原理简述如下。

当数字阀接收来自驱动电路的脉冲信号后，数字阀 4 运动相应的步数，驱动伺服缸 6 将两磨盘间隙调整到工艺要求的数值。若由于所磨浆料的供给工况等发生变化，即伺服缸的外载荷发生变化，将使磨盘间隙发生变化，这时，通过反馈杆 8 带

动数字阀 4 产生一个负反馈，抵消了由于外载荷变化所引起的磨盘间隙的变化，使伺服缸的位置不变，即磨盘间隙保持不变。其磨盘间隙的测量、显示通过位移传感器 9 实现。伺服缸 6 驱动磨盘 7 的快速退回运动由二位二通电磁换向阀 10 控制，当其电磁铁通电时，阀 10 切换至右位，接通先导级控制油路，推动数字阀阀心左移即可使压力油驱动伺服缸退回。

冷却润滑系统的动力源为定量泵 11，供液压力由溢流阀 12 调节，系统设有水冷却器 14 并由二位二通电磁水阀 15 控制，系统还设有精过滤器 13、温度计 16 和流量计，分别用于过滤压力液体、显示监控系统的温度和流量。

### (3) 技术特点

1) 磨盘液压位置控制系统和主轴润滑冷却系统相互独立，便于实现各系统的功能并避免相互干扰和影响。

2) 磨盘液压位置控制系统采用电液数字阀和位移传感器构成闭环控制，工艺参数调整方便、控制精度高、响应特性好、工作可靠。

3) 电液数字阀与伺服缸加工难度较大，制造成本较高。

(4) 技术参数 (见表 10-5)

表 10-5 磨浆机液压控制系统主要技术参数

项 目	参 数	单 位
磨盘间隙最大变化量	$\leq 0.01$	mm
系统压力	8	MPa
伺服缸	活塞面积	550
	最大行程	$\pm 20$
	载荷	0~165
电液数字阀的压力增益	300	MPa/mm

### 10.2.10 植物纤维餐具成型机的液压系统

#### (1) 主机功能结构

该机器是以秸秆、麦草等为原材料的一次性植物纤维餐具的压制成型设备，图 10-12 所示为其主机结构示意图，机器为十工位连续回转结构形式。主机由转轴 2、上转盘 8、下转盘 9、压头 3、模具 1 以及液压缸 7 及液压转阀 4 等组成。压制前，需用相关设备对秸秆等原材料进行清洗、消毒、切割、粉碎加工，最后研磨制成不大于 0.2mm 的粒料，并与淀粉胶和其他添加剂相混合形成餐具压制的可用原料；压制时，人工上料，上、下转盘 8、9 在转轴 2 的驱动下连续转动，同时，液压系统的压力油经转阀 4 分别进入不同的液压缸，液压缸带动压头完成压制、保压、退回和停止动作，最后由斜楔顶出装置向上顶出工件，人工下料。再经消毒、喷涂、烘干等后续处理即形成餐具产品。只要更换不同的模具和相应的压头，即可获得不同的植物纤维餐具产品。

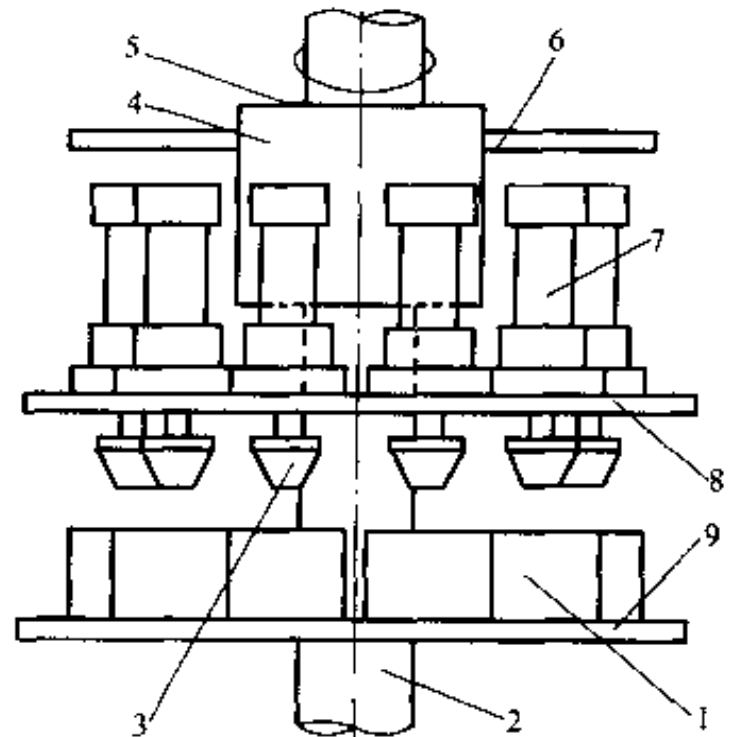


图 10-12 植物纤维餐具成型机结构示意图  
1—模具；2—转轴；3—压头；4—液压转阀；  
5—液压管接头；6—转阀支座；7—液压缸（10  
个）；8—上转盘；9—下转盘

#### (2) 液压系统及其工作原理

该成型机的液压系统原理图如图 10-13 所示，系统采用高压小流量 12 和低压大流量泵 16 分别供油的油源，以满足 10 个液压缸 1~10 快速进退时所需压力小、流量大，而压制和保压时所需压力大、流量小的工况要求。泵 12 的压力设定与卸荷分别由溢流阀 13 和二位三通电磁换向阀 14 实现，泵 16 的压力和卸荷分别由溢流阀 14 和二位三通电磁换向阀 18 实现。溢流阀 15 作液压缸的背压阀使用。

由于快进、快退、压制、保压同时进行，为此，液压系统采用了图 10-14 所示结构的转阀，该阀由阀体 2、阀心 3、阀套 4 及密封圈 5 等组成（图 10-13 中的 11-1 及 11-2 是该阀的 A—A 及 B—B 剖面和油路连接）。工作时阀体 2 固定，阀心 3 由主机的转轴带动旋转；阀心上端沿圆周均布的 10 个油口与液压缸的进油口相连接，阀心下端沿圆周均布的 10 个油口与液压缸的 10 个出油口相连接；阀体上开有 6 个进回油口，它们分别与液压泵，油箱以及阀套上的 6 个腰形槽相通，腰形槽沿圆周非均布，其分布角与主机工位数、转速、保压时间及转阀的阀心直径、油孔直径等有关。

如图 10-13 所示，液压缸 1~10 缸的运动由转阀 11 控制。在液压缸快速向下运动时，液压缸有杆腔经溢流阀 15 回油；在压制、保压和退回时，液压缸回油腔的油液直接排回油箱，不经过溢流阀 17，这样当转阀阀心在转轴带动下连续转动时，泵 16 的压力油分别与从加料到快进的液压缸 3 的无杆腔、从保压到快退的液压缸 6 的有杆腔相连接。由于缸 3 是负负载（与运动方向相同的超越负载），需要的压力小，先向下快进；当进行预压时，泵 16 的压力因负载增大而升高，缸 3 停止运动，缸 6 开始向上退回；缸 2、4、5 不动，液压泵 12 向缸 1、7、8、9、10 供油进行压制和保压。

#### (3) 技术特点

1) 采用高低压泵分别供油，以满足成型机不同工况对压力和流量的不同要求，合理利用能量，减小了功率损失，提高了系统效率。

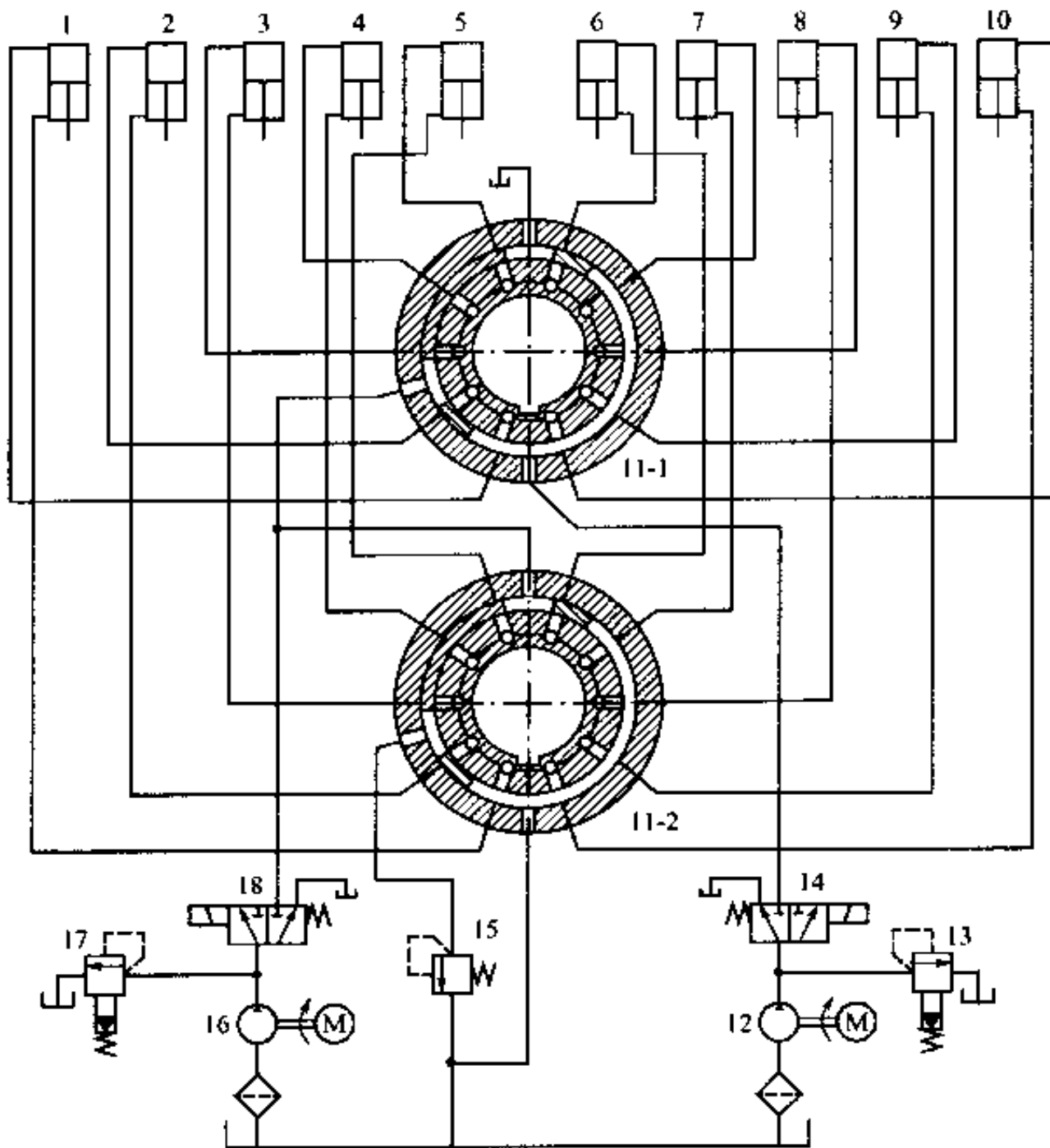


图 10-13 成型机液压系统原理图

1~10—液压缸；11—转阀（11-1为A—A剖面，11-2为B—B剖面）；12—高压小流量液压泵（柱塞泵）；13、15、17—溢流阀；14、18—二位三通电磁换向阀；16—低压大流量液压泵（叶片泵）

2) 通过一个专用转阀代替许多个换向阀，各缸的顺序动作是通过转阀的阀心相对于阀体的连续转动来实现，动作可靠；使油路结构简单，维护方便。

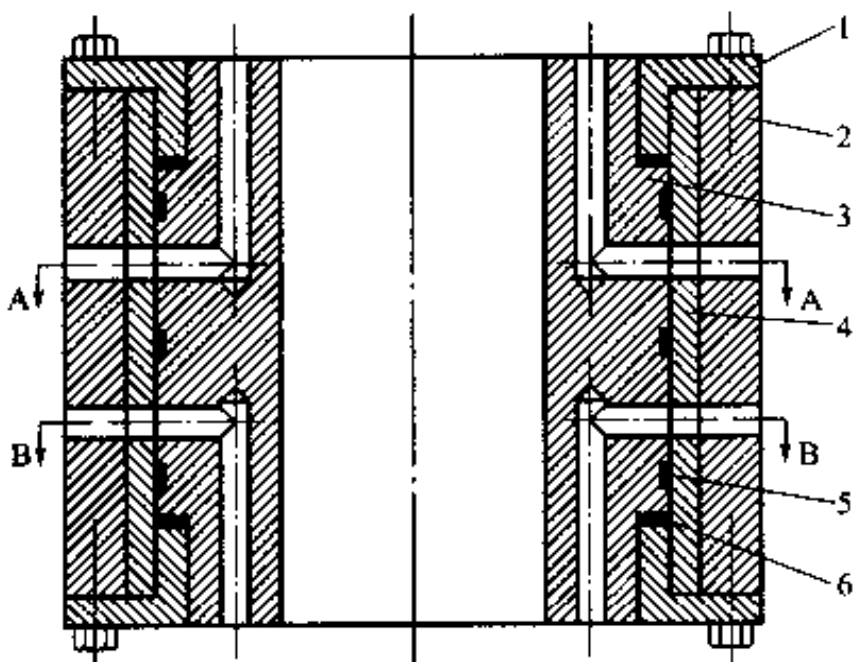


图 10-14 液压转阀的结构示意图

1—端盖；2—阀体；3—阀心；4—阀套；5—密封圈；6—密封环

3) 液压缸快进时由于回油溢流阀的背压作用，运动平稳；而快退和压制时无背压作用，能量损失小。

4) 与泡沫塑料或纸制品为原料的一次性餐具相比，植物纤维餐具强度刚度好、无污染、可降解、耐水和高温，不占用森林资源且解决了植物秸秆的出路和处理问题，成本低。采用液压传动的成型机有利于提高植物纤维餐具产品的生产效率和质量。

#### (4) 技术参数

该植物纤维餐具成型机的压制力为200kN；转盘转速为1r/min；保压时间30s；生产率为每分钟10个；成型的餐具最大高度为

80mm, 水平方向投影面积不大于 200cm<sup>2</sup>。

### 10.2.11 四工位竹制净菜盘成型机液压系统

#### (1) 主机功能结构

四工位成型机是竹制净菜盘的生产设备。该机的工作部件(液压缸)驱动的四个工作头(压头), 每个工作头的压制力为 70kN。其工作循环过程如图 10-15 所示, 一个循环的时间为 35s, 其中取制品及加料时间为 5.5~6.5s。四个工作头合用一套液压系统驱动, 各工作头按图 10-16 的顺序动作, 四个工作头交错进行工作, 每个工位的动作紧密衔接(见图 10-16), 且各动作之间不产生干涉, 同时在动作转换时不得产生液压冲击。该机的液压系统采用可编程序控制器(PLC)控制。

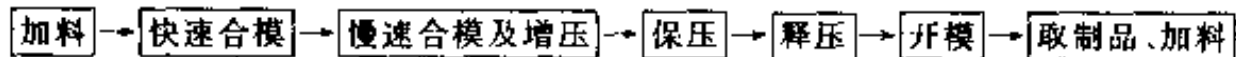


图 10-15 成型机的工作循环流程图

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 10-17 所示为成型机的液压系统原理图。系统的执行器即为驱动四个工作头的四个液压缸 12, 各液压缸采用了完全相同的油路结构: 采用 Y 型中位机能的三位四通电磁换向阀 8 控制缸的运动方向; 由带释压阀心的液控单向阀 10 进行保压, 保压压力由压力表及其开关 11 观测; 采用单向顺序阀 9 平衡液压缸及工作头自重以防下滑。系统的油源为高低压双联液压泵, 低压大流量泵 1 是主泵, 高压小流量泵 2 是辅助泵, 泵 1 与泵 2 的压力设定及卸荷分别由电磁溢流阀 3 与 4 实现, 两泵的压力可以通过压力表及其开关 6 与 7 观测。单向阀 5 用于防止油液倒灌。

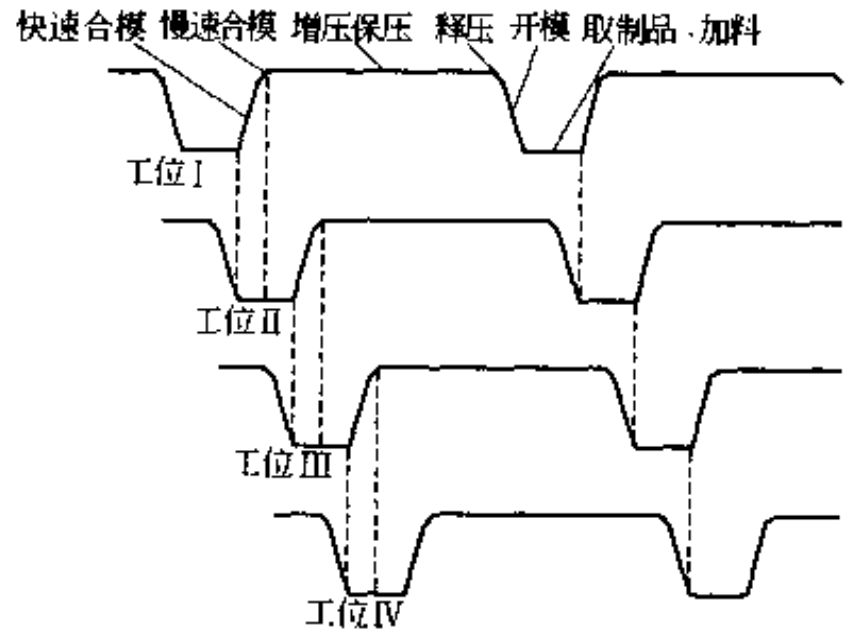


图 10-16 成型机四工位间的动作循环

以一个工作头的动作为例, 说明系统的工作原理如下。

加料后, 电磁铁 1YA 与 2YA 通电使阀 3 与阀 4 中的换向阀均切换至左位, 液压泵 1、2 由卸荷转为升压供油状态, 电磁铁 4YA 通电使换向阀 8 切换至右位, 泵 1 与泵 2 的压力油经换向阀 8 和液控单向阀 10 进入液压缸 12 的无杆腔(有杆腔经阀 9 的顺序阀和阀 8 向油箱排油), 活塞杆驱动工作头快速合模; 慢速合模时, 电磁铁 1YA 断电使阀 3 的换向阀复至右位, 大泵 1 卸荷, 仅小泵 2 向液压缸供油增压, 完成慢速合模动作; 保压时, 电磁铁 1YA 与 2YA 断电使阀 3 和阀 4 的换向阀均复至左位, 双泵卸荷, 系统由液控单向阀 10 保压; 保压结束后, 电磁铁 3YA 通电使换向阀 8 切换至左位, 同时电磁铁 1YA 与 2YA 通电使阀 3 与阀 4 中的换向阀均切换至左位, 双泵经阀 8 和阀 9 的单向阀向缸有杆腔供油的同时导通液控单向阀 10, 无杆腔经阀 10 内的释压阀释压后, 活塞杆向上升起实现开模。

#### (3) 技术特点

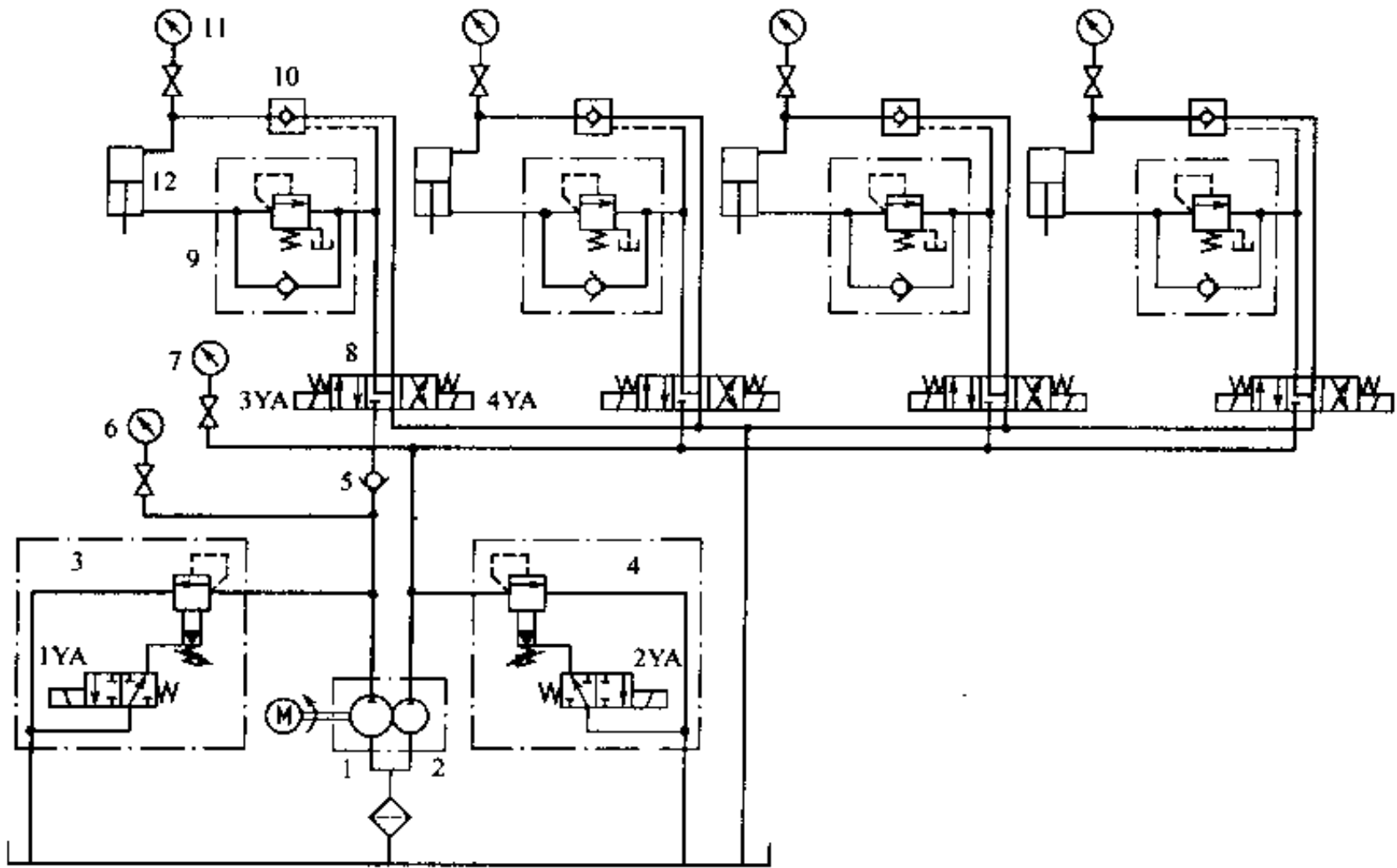


图 10-17 成型机的液压系统原理图

1、2—双联液压泵；3、4—电磁溢流阀；5—单向阀；6、7、11—压力表及其开关；  
8—三位四通电磁换向阀；9—单向顺序阀；10—液控单向阀；12—液压缸

1) 成型机的液压系统采用双泵组合供油，以满足低压大流量、高压小流量的工况要求，并实现节能；由于系统不设流量阀，油路结构简单，没有节流和溢流损失，减少了系统能耗与发热；液压泵与执行器的动作转换平稳。

2) 采用停泵保压方式，以节约能源；四个液压缸动作合理衔接提高了生产效率且互不干扰。

3) 保压与释压由带释压阀心的一个液控单向阀完成。

(4) 技术参数（见表 10-6）

表 10-6 成型机与液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位
主机	各工作头压制力	70	液压系统	大泵工作压力	5~6
	工作循环时间	35		小泵工作压力	13~14
					MPa

## 10.3 纺织机械中的液压系统

### 10.3.1 电动液压经轴装卸车系统

#### (1) 主机功能结构

纺织行业中，喷气织机所用的经轴卷满棉纱后重达 1.2t 以上。电动液压装卸小车，是一种与织机配套的机、电、液一体化工具设备，用于装卸经轴，以降低劳动强度，缩短装卸时间，提高劳动生产率。

装卸小车的机械部分（见图 10-18）由车身、转向机构、装卸升降机构和行走驱动机构

等组成，液压和电气控制系统安装在车身以内。车身前后分别装有行走驱动车轮7和支撑轮8。行走驱动电机、减速装置与车轮支架连成一体，驱动车轮前进或后退；摆动转向机构上的转向臂3，可使前后驱动轮同步转向；当车轮轴线转到与车身平行时，小车横向移动；当车轮轴线转到与车身垂直时，小车则纵向移动；横向机动时，如果后轮不转仅前轮旋转，则小车绕后轮轴线作回转运动。

图10-19所示为织机车间的喷气织机经轴装卸示意图，小车将经轴从料架上取下，然后运往织机上的安装过程为：小车横向移至料架前→纵向慢移接近料架→升降勾板抬起经轴→车身回转→横向快移至纵向走道→车身回转→纵向快移然后慢移至织机前→升降勾板放下经轴→纵向慢退→快速返回。

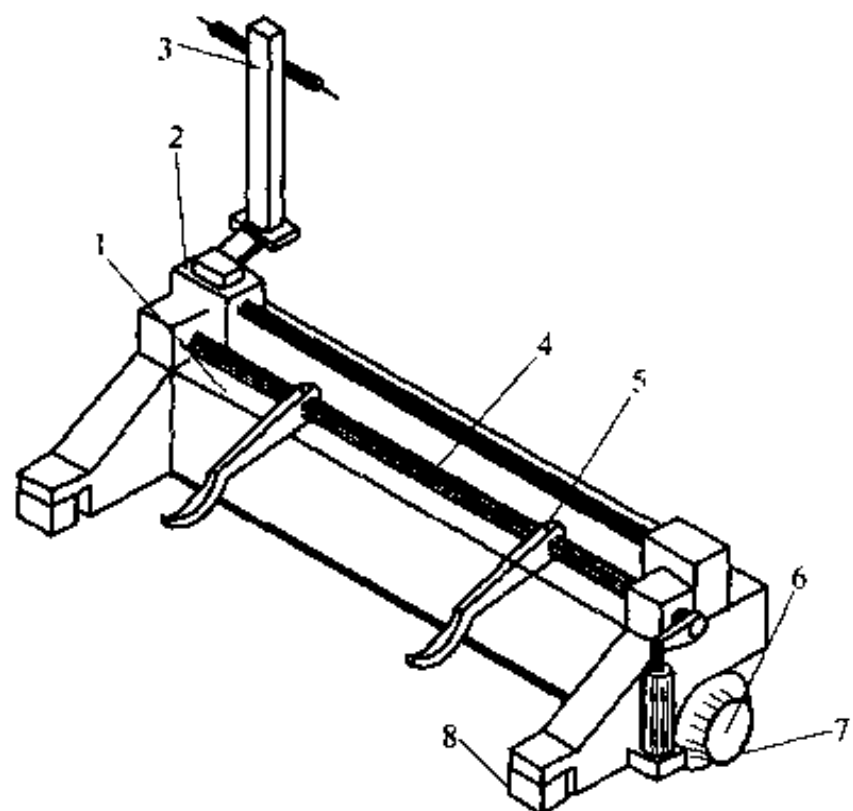


图 10-18 经轴装卸小车结构示意图

- 1—车身；2—转向机构；3—转向臂；4—装卸升降机构；  
5—升降勾板；6—行走驱动机构；7—行走驱动车轮；  
8—支撑轮

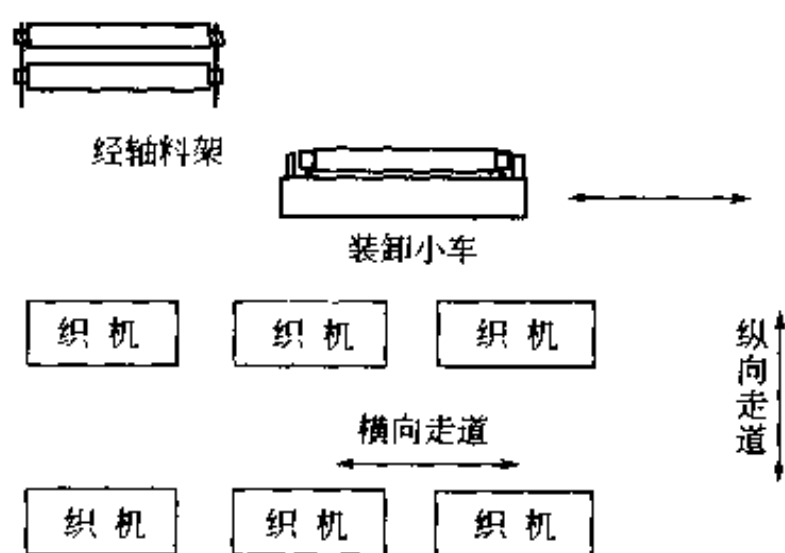


图 10-19 喷气织机经轴运输装卸示意图

装卸小车的行走驱动机构由两台直流电机分别通过减速比为1:35的摆线针轮减速器减速驱动前后车轮。直流电机可通过开关转换输出两种转速，经减速后，车轮可以快慢两种速度移动，分别满足装卸车的快速和慢速机动要求。而装卸小车的勾板升降则采用液压传动。

## (2) 液压系统及其工作原理

装卸车的液压系统原理图如图10-20所示。其执行器为油路并联的勾板升降液压缸10和11，油源为直流电机1驱动的定量泵2，系统的工作压力由溢流阀3调定。液压缸的运动方向由三位四通电磁换向阀4控制，缸10和11的上升运动通过调速阀8回油节流调速；调速阀6用于调节液压缸回程时的无杆腔背压；液控单向阀5用来液压缸伸出后停止时的无杆腔保压。

系统的工作原理如下。

电磁铁1YA通电时，液压泵2的压力油经换向阀4、液控单向阀5和单向阀7进入液压缸10和11的无杆腔，活塞杆推动升降勾板抬起经轴，液压缸有杆腔的油液经调速阀8和换向阀4排回油箱，活塞杆运动速度由调速阀8的开度决定，确保升降勾板平稳地运动。勾板上升到位后，电磁铁1YA、2YA均断电，换向阀4复至中位（H型中位机能），液压泵通过阀4卸荷，液控单向阀5关闭，液压缸无杆腔封闭保压，勾板和经轴不致向下滑动。电磁



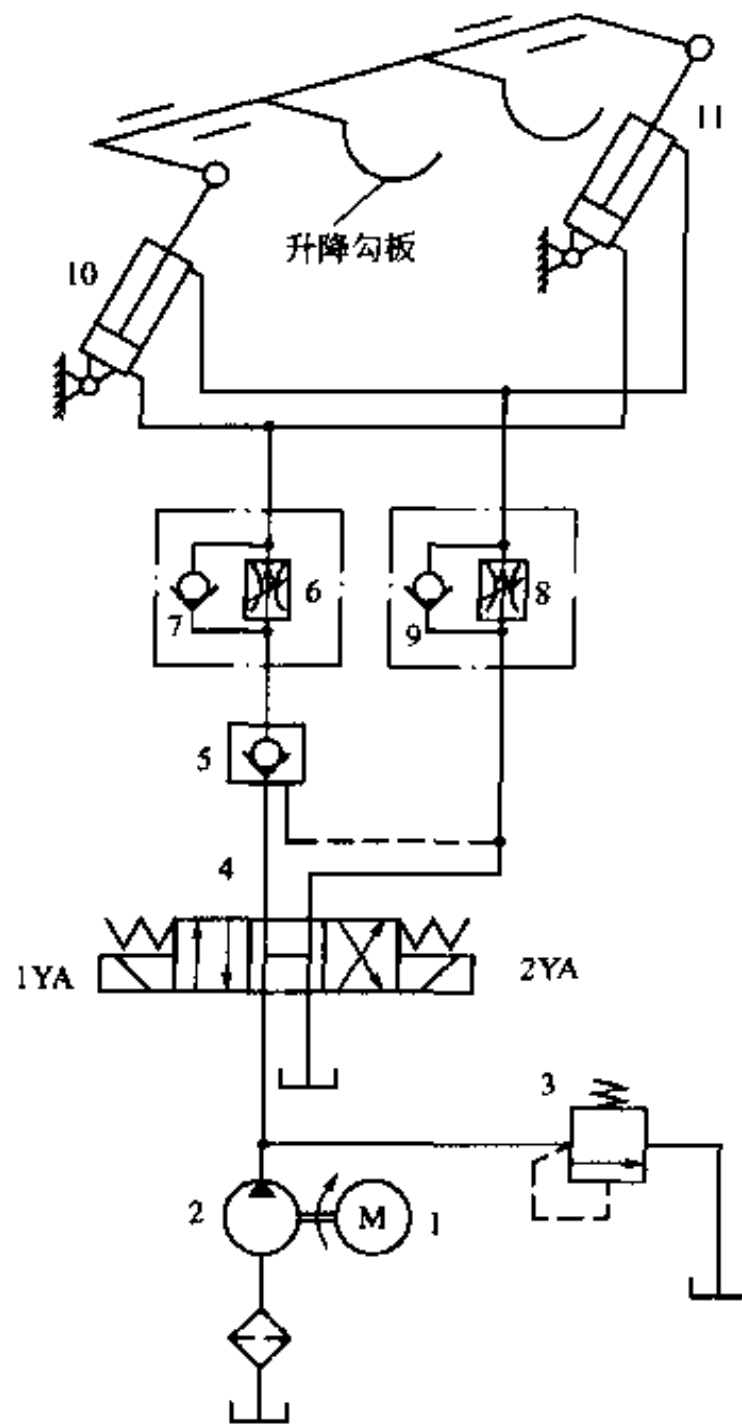


图 10-20 装卸车液压系统原理图

1—直流电机；2—定量泵；3—溢流阀；4—三位四通电磁换向阀；5—液控单向阀；6、8—调速阀；7、9—单向阀；10、11—勾板升降液压缸

铁 2YA 通电时，液压泵 2 的压力油经阀 4 后，在反向导通液控单向阀 5 的同时，经单向阀 9 进入液压缸 10 和 11 的有杆腔，使升降勾板下降，无杆腔的油液经调速阀 6、液控单向阀 5 和换向阀 4 排回油箱，通过调速阀 6，可调节液压缸无杆腔的背压，使下降运动平稳。

(3) 电控系统

装卸小车的电控系统原理图如图 10-21 所示，其直流电源为安装在车箱内的蓄电池（需定期充电）；功能开关包括装在转向臂上的前进、后退、快移、慢移和回转等开关以及安装在车身上的电源启停开关、液压启停开关和勾板升降开关。电控系统除能控制直流电机和电磁换向阀的电磁铁外，还能

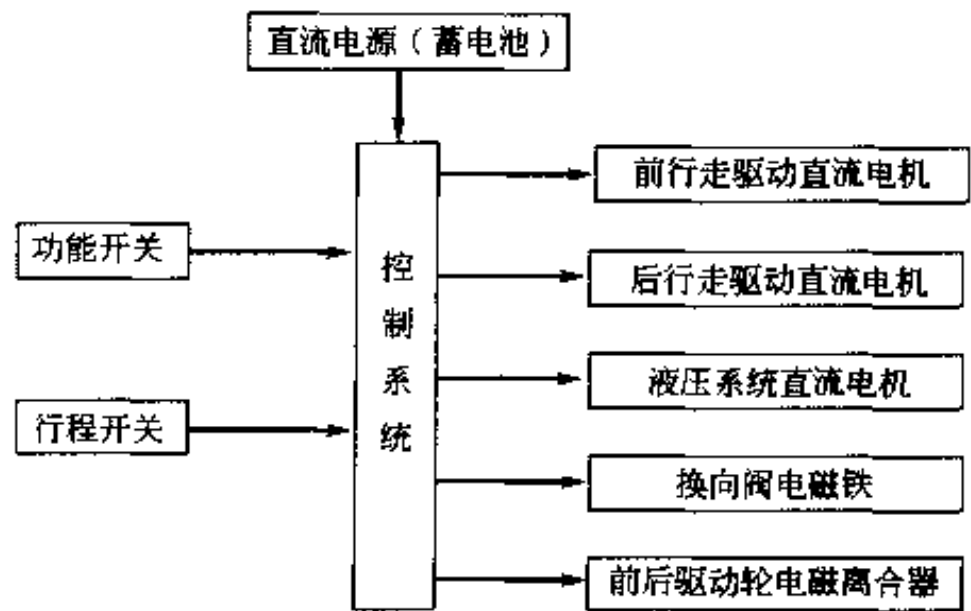


图 10-21 装卸小车电控系统原理图

控制安装在车轮上起刹车作用的电磁离合器。此外，系统还具有联锁保护功能。例如：车身上安装的转向极限行程开关，只有当转向臂转到横向移动位时才压下该开关，升降液压缸才能动作，这样就可以避免升降勾板在装卸小车纵向快移时发生误动作。

(4) 技术特点

1) 电动液压经轴装卸小车，功能齐全、操作方便、稳定可靠，能够满足生产实际的需要。而且，对升降勾板稍作修改，也可以用于其他行业的物料自动搬运和装卸。

2) 液压系统的定量泵采用直流电动机驱动，液压缸上升到位后，液压泵通过电磁换向阀的 H 型中位卸荷。

3) 液压缸通过液控单向阀实现保压；采用调速阀回油节流调速，运动平稳，速度刚性大。

(5) 技术参数（见表 10-7）

10.3.2 纺丝机液压系统

(1) 主机功能结构

表 10-7 电动液压经轴装卸车部分技术参数

项 目	参 数	单 位	
行走驱动机构的直流电动机	功率	0.8	
	转速	高速	1700
		低速	372
车轮移动速度	高速	45.7	
	低速	10	
最大提升重量	1.5	t	
提升时间	18.4	s	

DT-4C 纺丝机是纺织行业中很重要的机械设备，其纱管成型运动是一个机、电、液联合控制过程，而液压系统的作用是实现钢领板的快、慢速升降及停留和对罗拉加压。

(2) 液压系统及其工作原理

图 10-22 所示为该纺丝机的液压系统原理图。系统采用定量液压泵 1 供油，供油压力由溢流阀 3 设定并通过压力表及其开关 4 显示，液压泵可通过三位四通电磁换向阀 7 的 M 型中位卸荷。系统的执行器为液压缸 15 和 22、23，其中缸 15 驱动卷筒 19 旋转完成钢领板 20 中位卸荷。

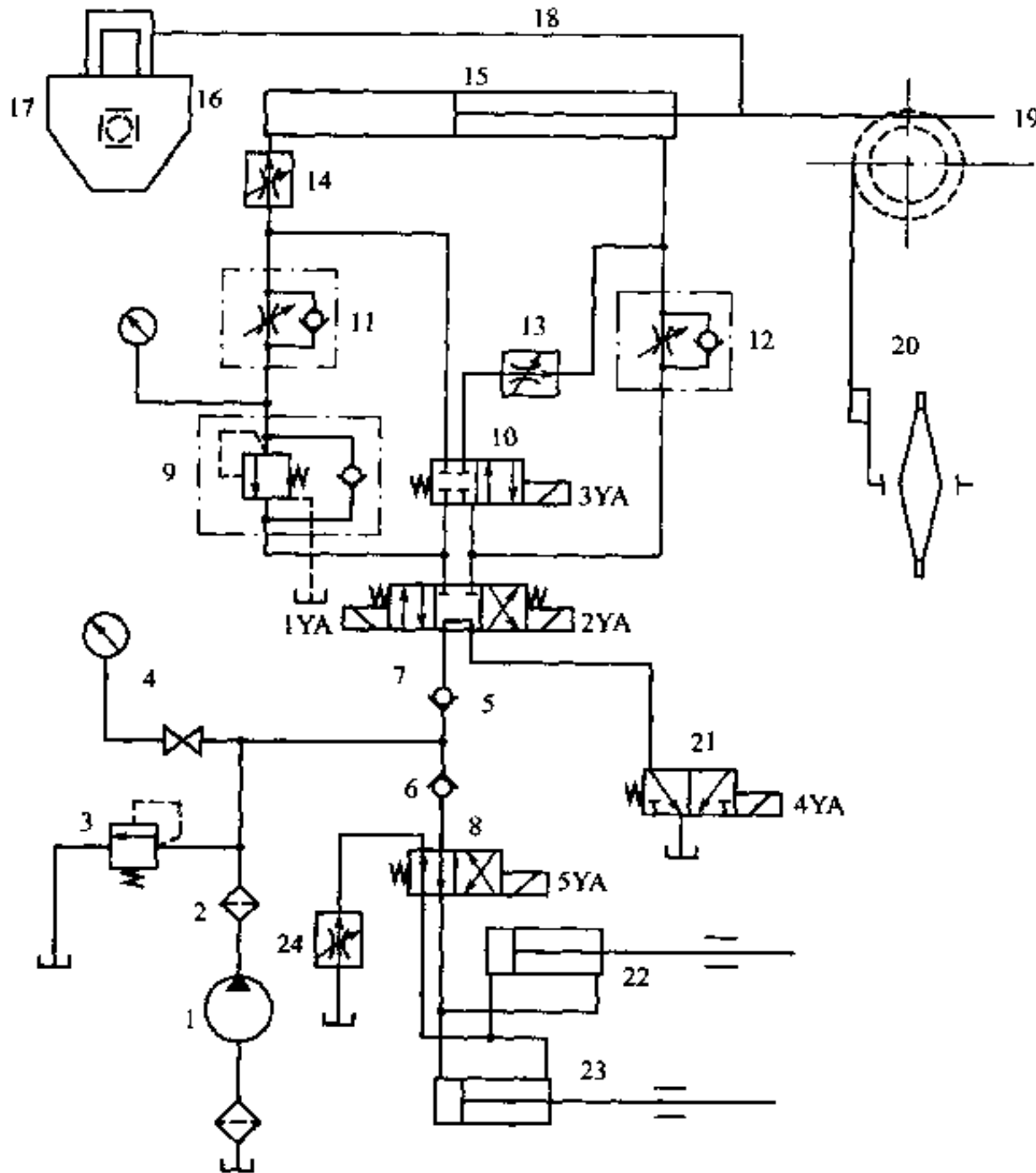


图 10-22 DT-4C 纺丝机液压系统原理图

1—定量液压泵；2—过滤器；3—溢流阀；4—压力表及其开关；5、6—单向阀；7—三位四通电磁换向阀；8、10—二位四通电磁换向阀；9—单向顺序阀；11、12—单向节流阀；13、14、24—调速阀；15—钢领板升降液压缸；16—成型模板；17—光电管；18—连杆；19—卷筒；20—钢领板；21—二位三通电磁换向阀；22、23—加压液压缸

升降,缸 22 和 23 用于对罗拉加压。缸 15 的升降由三位四通电磁换向阀 7 控制,慢速升降通过单向节流阀 12 和 11 回油节流调速,快慢速换接通过二位四通电磁换向阀 10 实现;单向顺序阀 9 起平衡作用,减小由于钢领板下降时因自重形成的冲击与振动,提高钢领板下降的平稳性;调速阀 13 和 14 用于液压缸 15 的锁定,即钢领板升降中,阀 13 和 14 全开,不起节流作用相当于管路,只有当钢领板中途停留时,才将阀 13 和 14 全部关闭,实现液压缸 15 的锁紧;成型模板 16 与位置不动的光电管 17 用于发光电信号,控制电磁换向阀的电磁铁通断电。加压液压缸 22 和 23 为串联油路,其运动方向由二位四通电磁换向阀 8 控制,加压大小通过调节回油调速阀 24 决定的背压实现。升降缸回路和加压缸回路之间通过单向阀 5 和 6 实现油路隔离,以防干扰。

系统的工作原理如下。

1) 钢领板往复慢速升降运动 当电磁铁 1YA 通电(其余电磁铁均断电)使换向阀 7 切换至左位时,液压泵 1 的压力油经过滤器 2、单向阀 5、换向阀 7、单向顺序阀 9 和单向节流阀 11 中的单向阀、调速阀 14 进入缸 15 的无杆腔,有杆腔的油液经阀 12 中的节流阀、换向阀 7 和换向阀 21 排回油箱,活塞杆伸出,驱动卷筒 19 顺时针转动,使钢领板 20 慢速上升(速度由节流阀 12 的开度调定);同时,用连杆 18 与活塞杆固连的成型模板 16 也随之向右运动。

当模板 16 的左边侧与光电管 17 相对时发信,电磁铁 2YA 通电使换向阀 7 切换至右位时,其余电磁铁断电,液压泵 1 的压力油经阀 5、阀 7、阀 12 中的单向阀进入缸 15 的有杆腔,无杆腔的油液经阀 14、11 中的节流阀、顺序阀 9、阀 7、阀 21 排回油箱。活塞杆左移驱动卷筒 19 逆时针转动,缸领板 20 在自重作用下降落(降落速度由节流阀 11 的开度决定);同时活塞杆通过连杆带动模板 16 向左运动,直至模板 16 的右边侧与光电管相对发信时,使电磁铁 1YA 通电,换向阀 7 再次切换至左位,此后重复上述过程。

2) 钢领板快速升降 电磁铁 3YA 通电使换向阀 10 切换至右位时,由于单向节流阀 11 和 12 被旁路,所以,当电磁铁 1YA 通电时,液压泵的压力油进入缸 15 的无杆腔,有杆腔经阀 13、阀 10 和阀 7、阀 21 无节流排回油箱,钢领板快速上升;电磁铁 2YA 通电时,则钢领板快速下降。

3) 钢领板中途停留 当钢领板需中途长时间停留时,电磁铁 1YA、2YA 和 3YA 均断电使换向阀 7 和 10 复至中位和左位,同时关闭调速阀 8 与 9,锁紧液压缸 15。

4) 罗拉加压 当电磁铁 5YA 断电(图示状态)时,去压;当电磁铁 5YA 通电使换向阀 8 切换至右位时,液压泵 1 的压力油经过滤器 2、单向阀 6 和阀 8 进入缸 22 和 23 的无杆腔和有杆腔,缸 22 有杆腔和缸 23 无杆腔的油液经调速阀 24 排回油箱,则为加压工况,压力大小可通过调速阀 24 的背压调节。

### (3) 技术特点

1) 纺丝机液压系统采用定量泵供油,回油节流调速,液压泵可通过三位四通电磁换向阀的中位卸荷。

2) 通过电磁换向阀实现升降液压缸的快慢速换接;通过单向顺序阀防止钢领板下降时冲击振动;钢领板液压缸的锁紧通过缸进出口设置的一对调速阀的关闭实现,系统正常工作时,此两阀需操作者手控全开,为此可以采用双向液压锁代替此对调速阀实现上述功能(但此时,三位四通电磁换向阀需采用 Y 型中位机能,以使换向阀在中位时液压锁的控制活塞

可靠复位), 以减少频繁启闭调速阀及其对阀寿命的影响。

3) 一对加压缸采用串联油路, 加压大小通过调节回油调速阀的开度间接调节。

### 10.3.3 平网印花机插装阀液压系统

#### (1) 主机功能结构

平网印花机用于纺织物的印花, 通常设有导带进退机构、平网升降机构、导带清洗机构和花位调节机构。液压驱动平网印花机一般要求既能实现正常印花时的自动工作循环, 又能实现花位调节时的手动操作。通常平网印花机中采用的液压系统都属于常规液压阀组成的系统, 此处介绍的是一个采用插装阀组成的平网印花机液压系统中的导带运行回路。

#### (2) 液压系统及其工作原理

平网印花机液压系统中的导带运行回路原理图如图 10-23 所示, 系统的执行器为双活塞杆固定的导带液压缸 10, 系统采用定量液压泵 1 供油。系统中的 7 个插装阀 11~17 分别作流量控制阀、压力控制阀和方向控制阀。其中, 插装阀 11、12、13、14 作流量控制阀; 阀 15 和阀 16 作方向控制阀, 而阀 17 作为压力控制阀。系统压力由插装阀 17 的导阀 (溢流阀 3) 调定, 系统卸载由二位四通电磁换向阀 4 控制。插装阀 12、13、15 和 16 的导阀为三位四通电磁换向阀 2, 插装阀 11 和 14 的导阀分别是二位四通电磁换向阀 8 和 9。印花过程中液压缸驱动导带行进、后退和进行缓冲, 液压系统的电磁铁动作顺序和插装阀的状态见表 10-8。

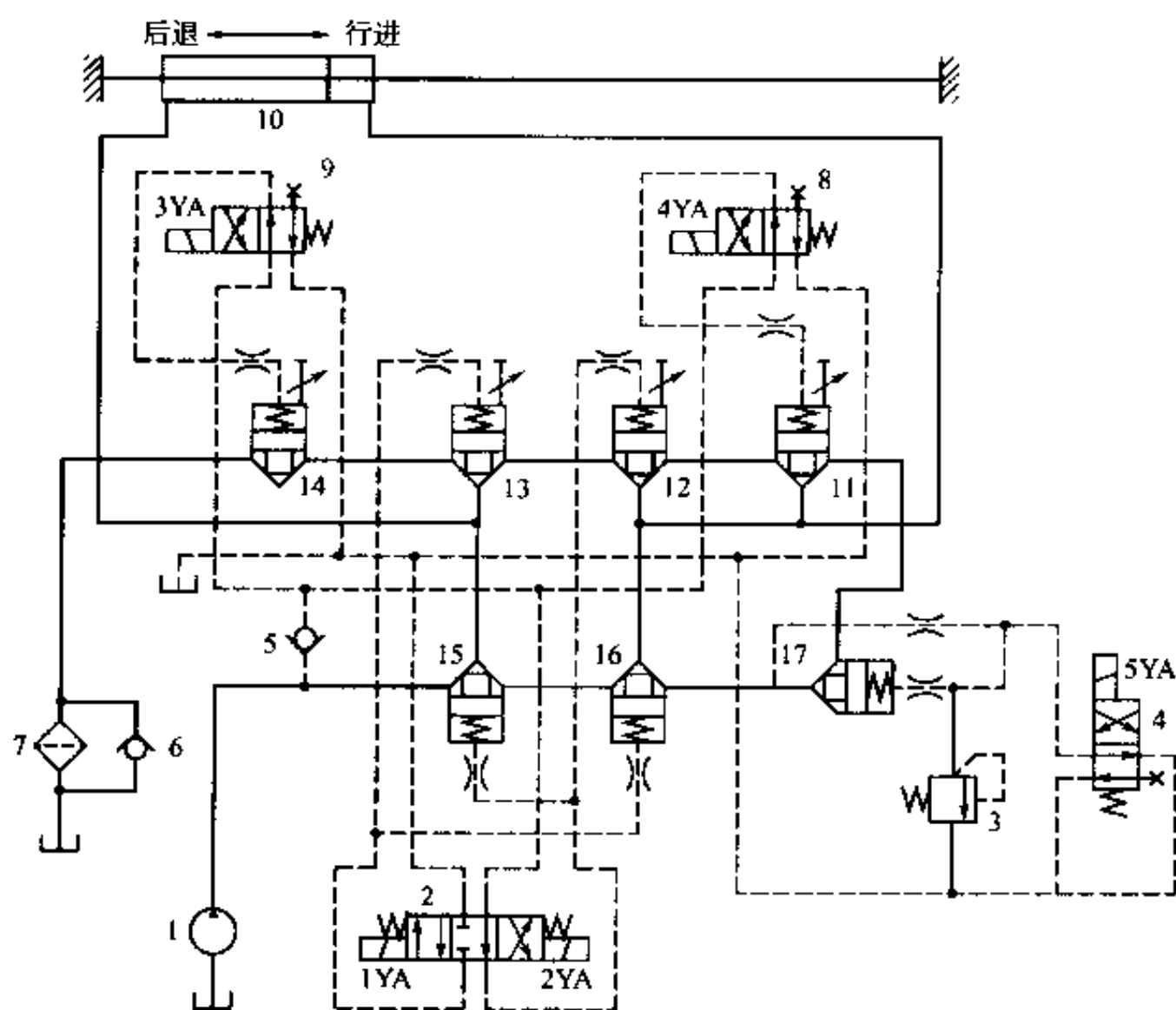


图 10-23 平网印花机插装阀液压系统导带运行回路原理图

1—定量液压泵; 2—三位四通电磁换向阀; 3—溢流阀; 4、8、9—二位四通电磁换向阀;  
5、6—单向阀; 7—过滤器; 10—液压缸; 11~17—插装阀

表 10-8 液压系统的电磁铁动作顺序和插装阀的通断状态

工 况	电磁铁通断电					插装阀通断							备 注	
	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	11	12	13	14	15	16	17		
卸载													+	系统卸载
行进	全速	+		+		+			+	+		+		
	缓冲	+				+			+			+		回油节流调速
后退	全速		+		+	+	+	+				+		
	缓冲		+			+		+				+		回油节流调速

注：电磁铁通电为“+”，断电为空白；插装阀接通为“+”，断开为空白。

导带行进时，电磁铁 1YA、3YA、5YA 通电，电磁换向导阀 2、9 和 4 分别切换至左位、左位和上位，插装阀 13、14、16 接通。液压泵的压力油经插装阀 15（未接通）、14 进入液压缸的右腔，液压缸驱动导带全速前进，液压缸左腔的油液经插装阀 13、14 排回油箱。当液压缸碰到行进行程开关时，电磁铁 3YA 断电，插装阀 14 断开，液压缸左腔的油液经插装阀 13 节流后排回油箱，导带行进进入缓冲阶段。此时系统为回油路节流调速，速度由插装阀 13 调节。

导带后退时，电磁铁 2YA、4YA、5YA 通电，插装阀 11、12、15 接通，液压泵的压力油经插装阀 15 进入液压缸的左腔，导带全速后退，右腔油液经插装阀 11、12 回油，当液压缸碰到后退行程开关时，电磁铁 4YA 断电，插装阀 11 断开，液压油经过插装阀 12 节流后排回油箱，导带后退进入缓冲阶段。此时系统仍为回油路节流调速，速度由插装阀 12 调节。

卸载时，电磁铁 5YA 断电，插装阀 17 接通，液压泵排油直接回油箱，系统卸载。

(3) 技术特点

1) 该平网印花机液压系统将电磁换向导阀与插装阀相结合，具有控制灵活、通流能力强的技术特点。

2) 采用回油节流调速方式实现导带液压缸的进、退缓冲。

10.3.4 冷压堆卷布机液压系统

(1) 主机功能结构

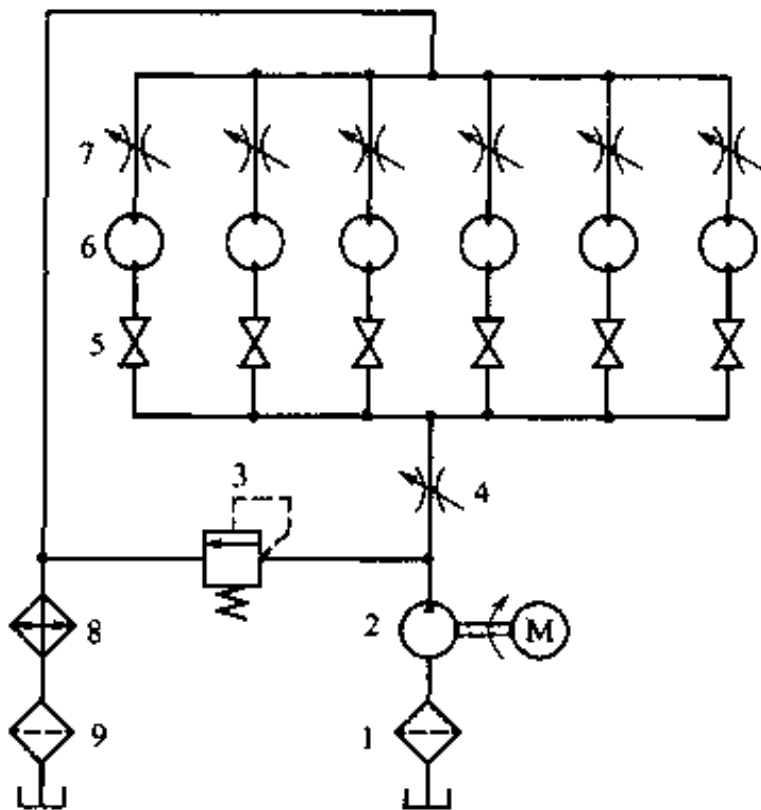


图 10-24 冷压堆卷布机液压系统原理图

1、9—过滤器；2—定量叶片泵；3—溢流阀；  
4、7—节流阀；5—截止阀；6—双向定量液压马达；8—冷却器

冷压堆卷布机是纺织印染业的全液压传动卷布专用设备。卷布筒由两个轴承悬空支持，一端通过联轴器与液压马达相连，由液压马达直接带动卷布筒匀速旋转，因此其负载力矩较小；为使浆液渗透而不致在旋转过程中由于离心力作用被甩掉，卷布筒要有很低的转速（3~5r/min）；液压马达需要依靠人力来实现其输出轴与卷布筒轴的连接，故要求液压马达体积小，重量轻。

(2) 液压系统及其工作原理

该机的液压系统原理图如图 10-24 所示，系统的执行器为 6 个并联的液压马达 6，每个马达带动一个卷布筒工作。马达转速采用进回油路双重调速，主进油路中的精密节流阀 4 控制进入工作马达油液的总流量，而各马达回油路中的节流阀 7 则对相应马达转速进行局部调节，同时它们还可以调整各马

达回油路的背压。系统的油源为中压定量叶片泵2，其供油压力由溢流阀3设定。系统运行时，只需要卷布筒单向旋转，因此系统中未设换向元件。本系统为定量泵供油的节流调速系统，溢流阀3常开，而6个马达不一定同时工作，当只有少数马达工作时，将有大量油液高压溢流，系统发热比较严重，为此在回油路中设有冷却器对系统强制冷却。截止阀5用于液压马达的间歇工作通断控制。

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用定量泵供油的进出口节流调速方式，既能调节系统的总流量，又能实现单个油路的流量调节，结构简单。但在工作马达数量少时，由于节流和溢流造成的能量损失及发热较大。

2) 执行器采用了摆线齿轮液压马达，以满足卷布筒的低速及其稳定性要求。这种马达主要特点是低速稳定性较好，输出扭矩也能够满足工艺要求，而且体积小，重量轻。为了实现最低稳定转速，马达为奇数齿、大排量、分体式结构，另外通过马达出油口设置的节流阀调节油路背压及设置冷却器等措施，提高系统刚性，减小油温变化对马达转速的影响。

3) 系统在工作马达数量少时，由于节流和溢流造成的能量损失及发热较大，尽管加装冷却器可以散热，但同时附加了能耗。

### 10.3.5 毛呢罐蒸机用整体式液压无级变速器

#### (1) 主机功能结构

毛呢罐蒸机是从英国 Seler 公司引进的纺织机械，主要用于毛呢织物生产中的卷绕蒸整。该机卷绕部分的运动联系如图 10-25 所示，它由一整体式液压变速器驱动和控制。其主要功用是将经剪绒之后卷在胶辊 9 上的毛呢织物均匀地卷绕到胶辊 7 上。按卷绕工艺，该液压变速器能通过由齿轮、同步齿形带等机构零件组成的机械系统 I 正、反向启动胶辊 9 及 7，且能通过该变速器输入和输出端的变量调节机构使两个胶辊的转速从 0~1500r/min 得到无级调节，同时还应能使两个胶辊之间的织物的线速度  $v$  基本恒定，以保证适当张力，实现均匀卷绕。

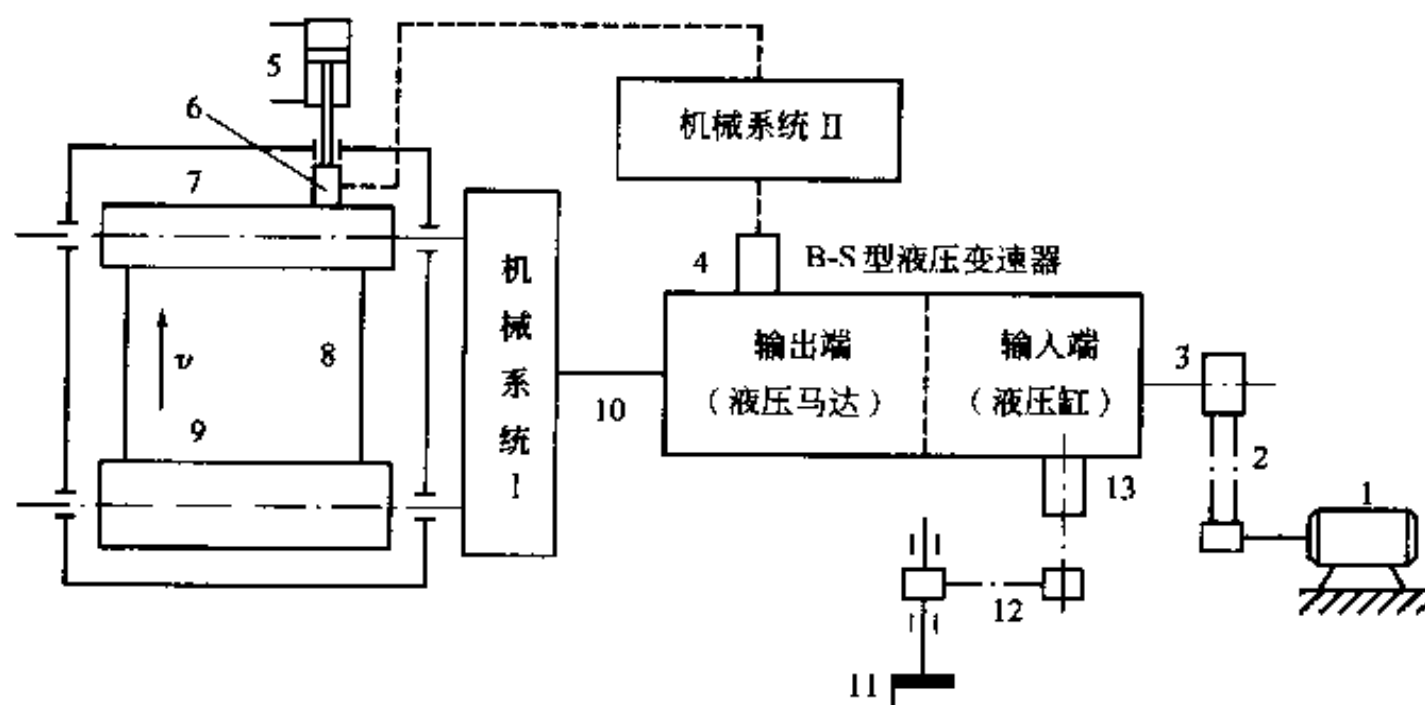


图 10-25 毛呢罐蒸机卷绕部分的运动联系

1—电动机；2—三角皮带；3—输入轴；4—输出端变量调节机构；5—汽缸；6—小轮；7、9—胶辊；  
8—毛呢织物；10—输出轴；11—手轮；12—链传动机构；13—输出端变量调节机构



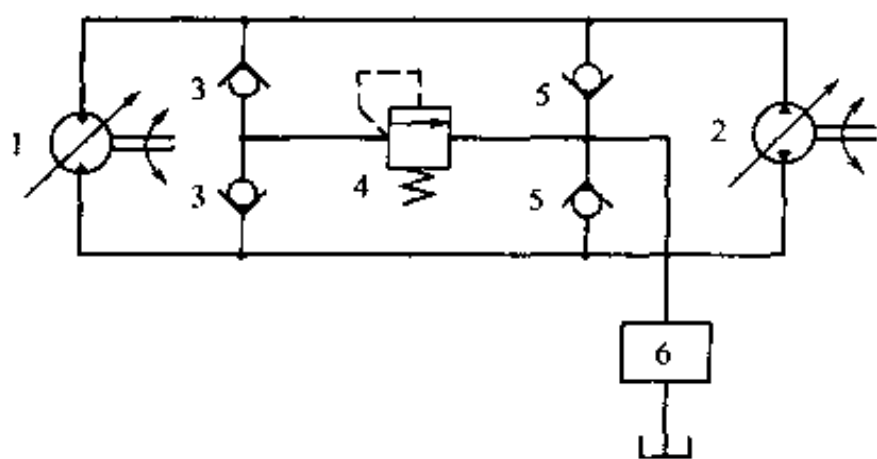


图 10-26 变量泵-变量马达组成的闭式容积调速系统原理图

1—变量马达；2—变量泵；3、5—单向阀；  
4—溢流阀；6—真空吸油阀

调节机构采用丝杆-螺母组成的螺旋副，并分别通过手轮和链传动进行手动和自动调节；调压部分采用 6 片蝶形弹簧组。单向阀 3（2 个）用于高低压油路的隔离；单向阀 5（2 个）用于系统的双向补油；真空吸油阀 6 为系统补油。

该变速器可实现双向变速，图 10-27 所示为其变速原理方框图。结合图 10-25 可知，其变速调节属于变量泵-变量马达单独顺序调节方式，借助如下变量泵-变量马达液压系统转速特性公式说明其调节过程。

$$n_m = \frac{q_{p \max} x_p n_p}{q_{m \max} x_m} \eta_{pv} \eta_{sv} \eta_{mv} \quad (10-1)$$

对于本系统，液压泵和马达的最大排量  $q_{p \max}$  和  $q_{m \max}$  均为常数，故影响输出转速  $n_m$  的参数只能是泵的输入转速  $n_p$ 、泵和马达的调节参数  $x_p$  及  $x_m$  以及泵、马达的容积效率  $\eta_{pv}$ 、 $\eta_{mv}$  和管路容积效率  $\eta_v$ 。启动前，泵的调节参数  $x_p$  处于零位，汽缸 5 上的小轮 6 紧贴于胶辊 7 上，通过速度反馈环节（机械系统 II）使马达的调节参数  $x_m$  处于最大值（ $x_m=1$ ）。启动后，转动手轮 11，由链传动机构 12 操纵变量机构 13 使泵的调节参数增至最大值（ $x_p=1$ ），从而实现了恒转矩调节；随着胶滚 7 上卷绕的织物的半径增大，由小轮 6 通过速度反馈环节，将马达的调节参数  $x_m$  由最大值向小调节，从而实现了恒功率调节，也保证了织物线速度  $v$  基本恒定。

### (3) 技术特点

1) 该液压无级变速器采用容积调速的闭式回路，通过真空吸油阀补油，省去了补油泵，油路结构简单紧凑，调速范围大，运行能耗较低。

2) 泵和马达的变量调节机构采用丝杆-螺母螺旋副，并分别采用手动和闭环自动调节；采用蝶形调压弹簧，操纵力矩小，灵活方便。

3) 变速器的液压泵与动力源（电动机）之间采用挠性联系，减小和隔离了原动机振动对系统工作的影响。

4) 整体式配置，泵和马达共用一个壳体，减少了织物纤维等污物侵入系统的机会以及外泄漏对工作环境及产品的影响。

5) 系统启动、制动和换向时，噪声略大。

(4) 技术参数（见表 10-9）

### (2) 变速器的结构及其工作原理

该整体式液压变速器，其输入端和输出端分别为双向变量的叶片泵和叶片马达。泵和马达轴均为水平安装。输入端前部和输出端后部的凸出部分分别是泵和马达的变量调节机构 13 和 4（参见图 10-25），泵和马达通过外壳固定在附有紫铜薄壁散热管油箱的顶部。该液压变速器实质是一个变量泵和变量马达组成的闭式容积调速系统，液压系统的原理图如图 10-26 所示，液压泵 2 由电机通过两根三角皮带驱动；液压泵和液压马达 1 的变量

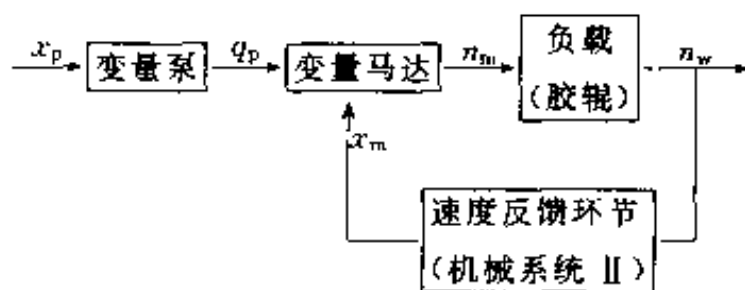


图 10-27 变速原理方框图

$x_p$ —泵的调节参数； $q_p$ —变量泵的流量；  
 $n_m$ —变量马达的转速； $n_w$ —负载转速

表 10-9 液压无级变速器的部分技术参数

项 目	参 数	单 位
整体尺寸(含油箱)	600×200×700	mm
变速范围	0~1500	r/min
输入功率	5	kW

### 10.3.6 自动卷染机的电液比例控制系统

#### (1) 主机功能结构

该机是纺织织物的卷染设备，作为其工作机构的两个滚筒由两个液压马达分别驱动。主动滚筒的转速从大到小，布筒直径从小到大，从动滚筒则相反。工作中要求走布速度和布匹张力保持稳定，以保证卷染织物的质量，避免因张力和走布速度的变化造成织物的色差和不均匀。其走布速度可在 20~150m/min 范围内调节，张力可在 0~600N 范围内调整。液压马达可以平稳自动换向，使得该卷染机可以平稳地正反向自动切换，并在停车时，能使布匹自动地小幅正反向摆动，以避免布卷下端染料的沉积，保证染印工艺的连续性。该机采用电脑系统控制和检测，液压系统驱动的主机能长期自动工作，无需工人照看，便于工厂的现代化管理和劳动生产率的提高。

#### (2) 电液比例控制系统及其工作原理

图 10-28 所示为电液比例控制系统原理图。驱动布筒旋转的两个液压马达 9 和 10 是系统的执行器，换向阀 13、14 用于控制液压马达的换向，两个液压马达的速度合用电液比例流量阀 7 控制。二位四通电磁换向阀组 13、14 与液压马达采用桥式连接，以使液压马达正、反向旋转时性能保持一致。压力控制阀组 15 和 16 与液压马达 9 和 10 的回油相接作背压阀用；液压马达工作时，其转速是不一致的，且转速差随时间变化。通过调节阀组 15 或 16 可使马达具有不同背压，以调整两个液压马达的适应状态以达到相互匹配；溢流阀 11 用于背压的远程调节。系统的油源为定量液压泵 1，通过溢流阀 5 和 6 实现二级压力控制，电磁溢流阀 3 用于液压泵的卸荷，泵的供油压力可通过压力表及其开关 2 观测。主油路中的蓄能器 4 通过单向阀 8、17 与液压马达的回油路相接，用于吸收液压马达换向时产生的液压冲击和脉动。系统设有水阀 19、温度传感器 20、水冷却器 21，用于系统温度的自动控制，保证油温稳定在 30~60℃ 内。

液压马达向某一方向旋转时的工作原理如下。

电磁铁 3YA、4YA 通电使换向阀 13 和 14 均切换至左位，比例电磁铁 2YA 通电，液压泵 1 的压力油经比例阀 7 后分为两路，一路经阀 13 进入液压马达 9 的高压腔（左端），另一路经阀 14 进入液压马达 10 的高压腔（左端），两液压马达旋转并带动机器的两个布筒工作，此时，马达 9 的低压腔（右端）经背压阀 16、冷却器 22 和过滤器 21 向油箱排油，而马达 10 的低压腔（右端）则经背压阀 15、单向阀 17 和冷却器 22 及过滤器 21 向油箱排油，两液压马达的旋转速度由比例阀 7 的开度决定。当电磁铁 3YA、4YA 断电时，两液压马达的进回油方向与上相反，液压马达换向带动布筒反向工作。

#### (3) 技术特点

1) 采用阀控马达电液比例开式循环系统，通过桥式换向阀组实现液压马达及其驱动的卷染机滚筒换向，以保证液压马达双向运动性能的一致性。电液比例流量阀内的比例电磁铁连接位移传感器，通过阀的放大器构成闭环控制，比例精度高，工作稳定性好。

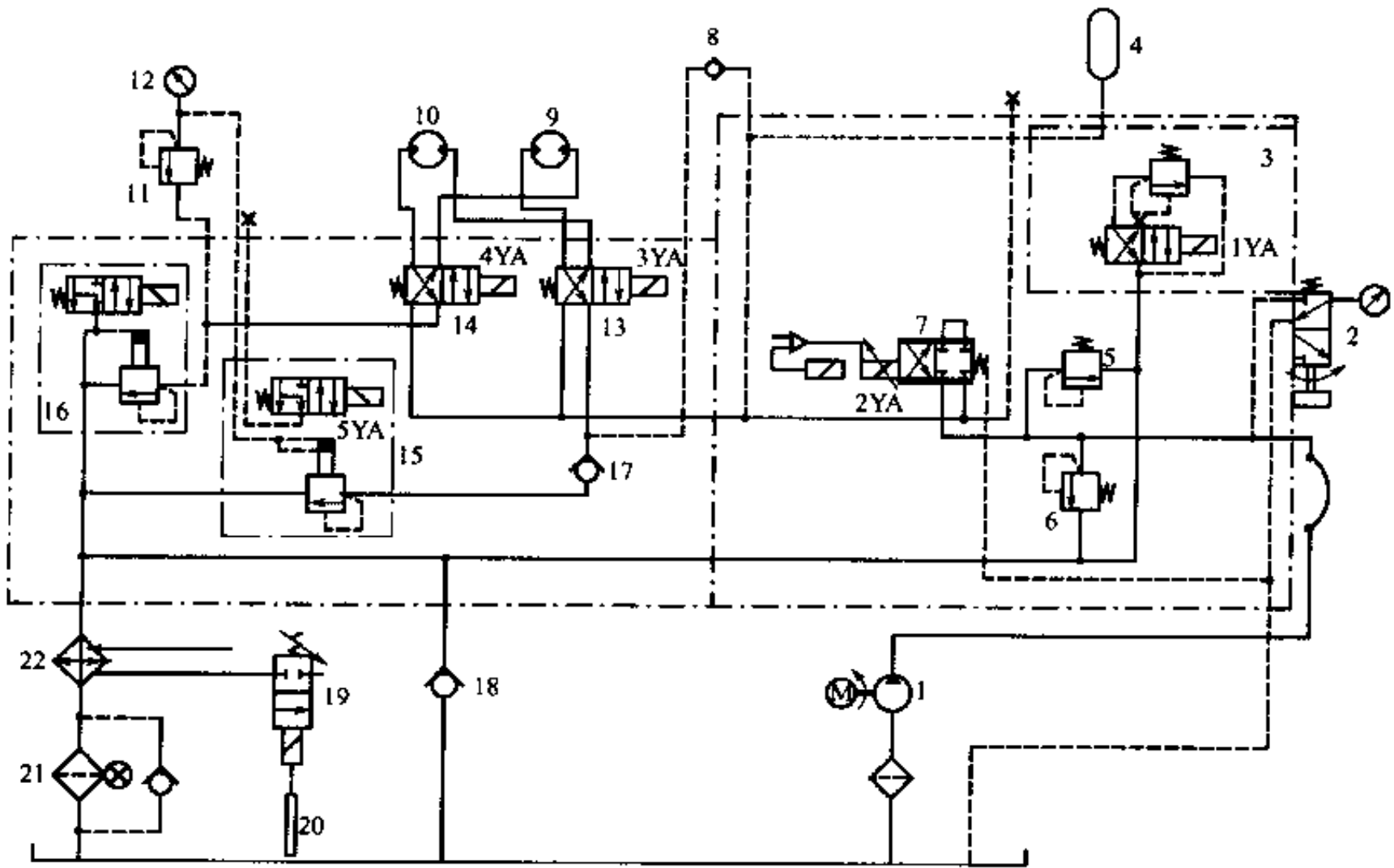


图 10-28 自动卷染机电液比例控制系统原理图

1—定量液压泵；2—压力表及其开关；3—电磁溢流阀；4—蓄能器；5、6—溢流阀；7—电液比例流量阀；8、17、18—单向阀；9、10—双向定量液压马达；11—远程调压溢流阀；12—压力表；13、14—二位四通电磁换向阀；15、16—压力控制阀组；19—二位二通电磁换向水阀；20—温度传感器；21—带污染指示过滤器；22—水冷却器

- 2) 系统采用多级压力控制；通过设置背压阀使两液压马达的转速实现自适应。
- 3) 通过设置蓄能器吸收液压系统的冲击和脉动，降低液压系统乃至整机的振动和噪声。
- 4) 通过温控装置自动控制，保证油箱温度稳定在一定范围内。

### 10.3.7 织物后整理三辊轧光机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该机为液压传动的布匹织物后整理设备，其功能是将布匹穿过轧辊并加压，以获取光亮的布匹织物。液压系统的主要功能是通过液压缸使三个轧辊之间产生压紧力（参见图 10-29），并长时间保压。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 10-29 所示为轧光机的液压系统原理图，系统的执行器为轧辊液压缸 20 和 21 以及落布架液压缸 14（2 个），两种缸均为单作用液压缸。系统的油源为定量液压泵 3，最大供油压力由溢流阀 4 设定，单向阀 5 防止压力油倒流。轧辊缸 20、21 的伸出加压和缩回落下由二位三通电磁换向阀 12 和二位二通电磁换向阀 10 控制，两缸的同步控制通过分流集流阀 17 及节流阀 18 和 19 实现。落布缸 14 通过三位四通手动换向阀 13 控制其伸缩动作，两缸的同步控制通过两侧的节流阀 15 实现。轧辊缸和落布缸的伸出靠液压传动，而缩回则靠缸及工作机构的自重。压辊缸的保压主要由蓄能器 7 完成，液压泵 3 除了向蓄能器充入压力油外，通常是不运转的，只有在系统出现过大泄漏时，才短时间开泵保压；压力继电器 8 和 8-1 分别控制系统的预工作压力和工作压力，并可与压力表 9 配合用于控制和监测保压状态

及过程。溢流阀 16 用于压辊遇到突变负载而使系统压力增高时的泄油；溢流阀 11 用于平衡轧辊自重。针式节流阀 6 具有人机对话功能，系统调压时，可根据压力表 9 的读数决定其微小泄油所需的开度，还可作系统压力异常时的紧急卸压阀。

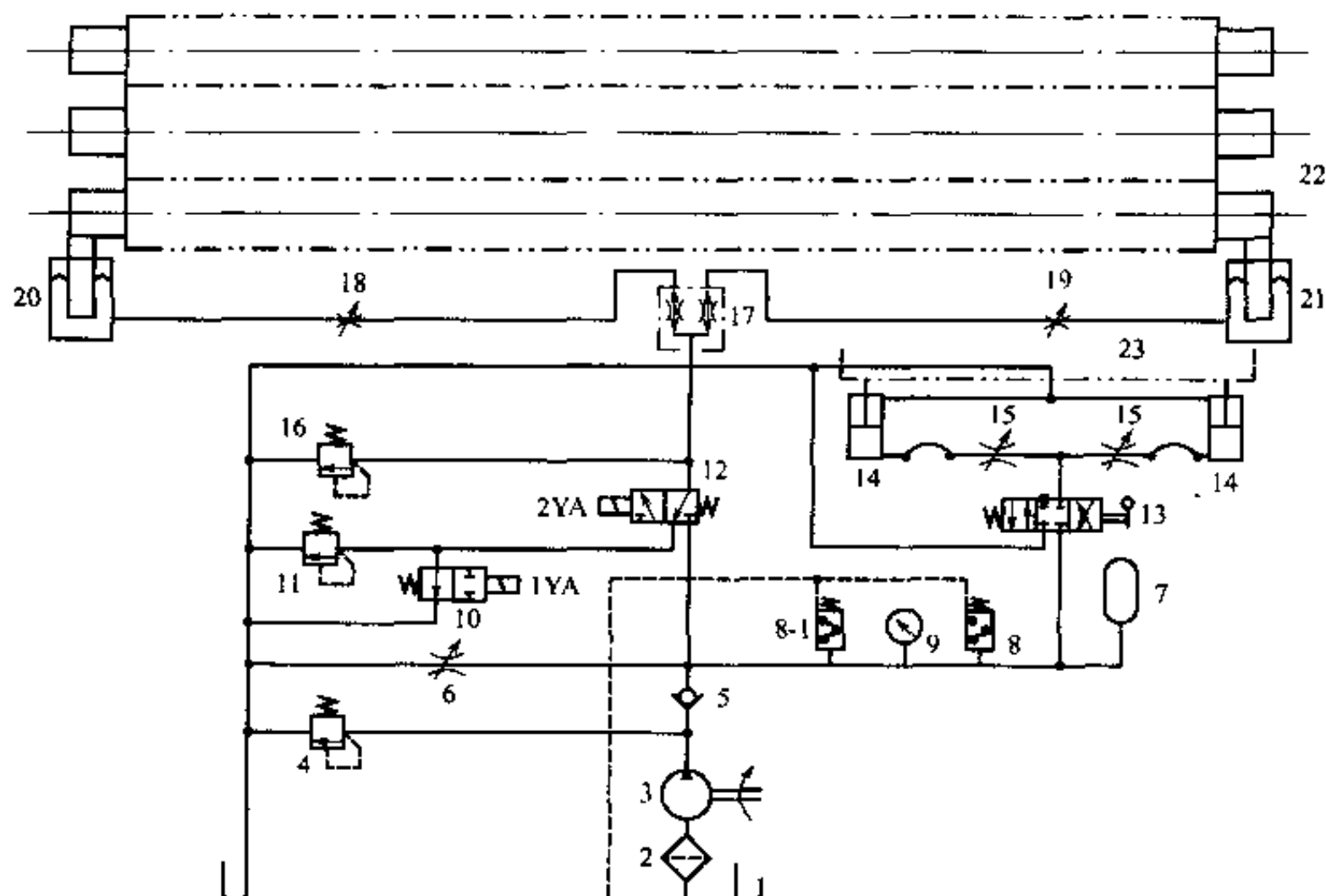


图 10-29 轧光机的液压系统原理图

1—油箱；2—过滤器；3—定量液压泵；4、11、16—溢流阀；5—单向阀；6—针式节流阀；7—蓄能器；8、8-1—压力继电器；9—压力表；10—二位二通电磁换向阀；12—二位三通电磁换向阀；13—三位四通手动换向阀；14—落布液压缸；15、18、19—节流阀；17—分流集流阀；20、21—轧辊液压缸；22—轧辊；23—落布架

系统的工作原理如下。

工作前，按轧光工艺要求，调出两个压力继电器 8 和 8-1 的预工作压力  $p$  及工作压力  $p_1$  ( $p_1 \approx 1.1p$ )。两个压力继电器在电气上互锁。电磁铁 2YA 通电时，一切控制信号由压力继电器 8-1 发出。工作时，液压泵 3 的压力油经单向阀 5 充入蓄能器 7。当压力达到工作压力  $p$  时，压力继电器 8 发信，使液压泵停止运转。此时，电磁铁 2YA 通电使二位三通电磁换向阀 12 切换至左位，压力油经换向阀 12 和分流阀 17 后分为两路，分别经节流阀 18 和 19 进入液压缸 20 和 21，给压辊 20 加压。此时系统压力应为工艺要求的工作压力  $p_1$ 。如果这时压力表 9 的读数偏高，则通过调节针式节流阀 6 微泄油液使压力降至  $p_1$ ；反之，则由压力继电器 8-1 发信，启动液压泵 1，使压力升至  $p_1$  后，液压泵停止运转，系统进入保压状态。保压过程中，如果因泄漏压力降低，则蓄能器补油保压；如果压力降至压力继电器 8-1 的灵敏度下限时发信，启动液压泵 3，补油保压，压力至  $p_1$  后，停泵。如此不断循环。

轧辊在穿布运行中如果遇到两匹布的连接处形成的凸起缝头，则缝头探测装置发信，使电磁铁 2YA 断电、1YA 通电，换向阀 12 和 10 均切换至右位，少量压力油经溢流阀溢走，使轧辊缸卸压，并保持原位。缝头擦辊过后，电磁铁 2YA 通电，换向阀 12 切换至左位，系统重新进入正常工作状态。压辊工作中如果遇到含有金属杂质的织物等需卸压下降时，电磁铁 1YA、2YA 均断电使换向阀 10 和 12 复至图示位置，缸 20 和 21 的压力油经换向阀 12 和

10 快速泄出，液压缸及压辊靠自重回落。同时，蓄能器 7 系统已进入工作状态，为压辊进入工作状态做好加压准备。

落布架 23 的操作是在系统预工作状态下进行的。手动操作换向阀 13 切换至右位时，压力油经阀 13 和节流阀 15 进入两个并联的落布架液压缸的无杆腔，活塞杆驱动布架上升到预定工作高度；回落时，换向阀 13 切换至左位，两缸的无杆腔经阀 13 和管路向油箱排油，落布架靠自重落回。

### (3) 系统技术特点

1) 液压系统中压辊缸的保压主要由蓄能器完成，液压泵长时间停转，高效、节能。蓄能器不仅作为辅助动力源，而且兼有吸收泄压冲击的作用。

2) 系统采用两个单触点压力继电器分别控制预工作压力和工作压力，能保证缸完全卸压后，迅速可靠地再次加压。系统具有使轧辊卸压后仍保持接触以及缝头过后，使轧辊快速复压的功能。

3) 通过针式节流阀实现人机对话，辅助系统调压并可在系统压力异常时紧急卸压。

4) 与旧式轧光机的机械杠杆式加压系统相比，液压加压系统在满足轧光机的性能要求的同时，易于实现自动控制。

### (4) 技术参数 (见表 10-10)

表 10-10 轧光机液压系统主要技术参数

项 目	参 数	单 位
额定工作压力	12	MPa
额定流量	16	L/min
蓄能器充气压力	3	MPa

## 第 11 章 航空业与河海工程中的液压系统

### 11.1 概述

几个世纪前，人们以水轮方式获取能量做功被认为是液压技术最古老的应用。所以，航空与河海工程是应用液压技术历史较长的重要领域。自从第二次世界大战末期液压技术应用于航空以来，与现代控制科学相结合，航空器及其地面附属设备中的液压技术发展迅速，应用广泛。现代飞机的液压应用形式多样，例如主供压系统、起落架收放系统、供油量控制系统、襟翼收放系统、刹车系统、风挡雨刷刮水系统等。

液压技术在河流与海洋工程的应用已有近百年的历史。除了民用和工程船只的甲板机械、军用舰船的武器装备广泛采用液压技术外，现代河流穿越设备、船只舵机、深潜救生艇、水下机器人、水下钻孔机、科学实验等河流、海洋作业设备中也广泛采用着液压传动与控制技术。

与地面作业设备不同，航空器与河海工程作业设备的液压系统具有高压大流量、高温、高精度、集成化、小型化的结构性能特点，在满足拖动功能的同时，安全可靠通常是第一位的。为此，其液压系统往往带有冗余结构。除了静态特性指标外，通常具有动态特性指标要求。所以现代航空与河海工程设备的液压技术与微电子技术、计算机技术有着紧密的联系。

本章介绍航空业与河海工程中设计和使用的 14 例液压传动与控制系统。

### 11.2 航空业中的液压系统

#### 11.2.1 飞机多执行器液压系统

##### (1) 主机功能结构

飞机是民用或军用的空中运输设备，液压执行器很多。为了提高载运量，要求其液压系统元件少并使系统能量得到充分利用，通常用 1~2 台液压泵作为多执行器系统的油源，以实现各执行器的特定功能，并保证不会因液压系统原因影响飞机的工作稳定性和飞行安全。

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 11-1 所示为某飞机液压系统简化原理图，油源为两台并联变量轴向柱塞泵 1，供油压力由溢流阀 2 设定；蓄能器 5 用于吸收液压脉动和执行器进油路压力冲击。系统有起落架收放液压缸 7、副翼助力器 8 及舵机 9、平尾助力器 10 及舵机 11 等多个执行器。传统系统的多执行器复合工作时，油源供油量就会不足致使执行器工作速度降低，运动时间延长；油源压力低，使助力器输出力太小，不足以满足操纵系统的要求；回油管路部分出现压力冲击和高频压力振荡，影响导管和附件的使用寿命和系统的正常工作等问题。而起落架收放部分是导致上述问题的主要因素。

改进后的液压系统是在原系统的起落架部分增设控制工作顺序的优先阀 12（应为高压、



大流量和高精度的先导式溢流阀), 即把它放在三位四通电磁换向阀 6 之前, 即可解决多执行器液压系统复合工作时的干扰问题, 使系统工作更趋合理。当起落架部分进行收放工作时, 电磁阀 6 通电, 使液压泵的压力油经过滤器 3、单向阀 4、优先阀 12 和换向阀 6 进入液压缸 7, 活塞杆驱动起落架实现收或放的功能。如果系统供油压力低于优先阀 12 的开启压力, 则优先阀 12 自动关闭油路, 切断了系统到起落架部分的供油, 保证给副翼助力器 8 及舵机 9、平尾助力器 10 及舵机 11 和其他执行器有充足的能源。当飞行操纵和其他执行器功能完成后, 系统供油压力回升, 供油压力大于优先阀 12 控制的开启压力时, 优先阀又接通油源与起落架收放部分的油路。

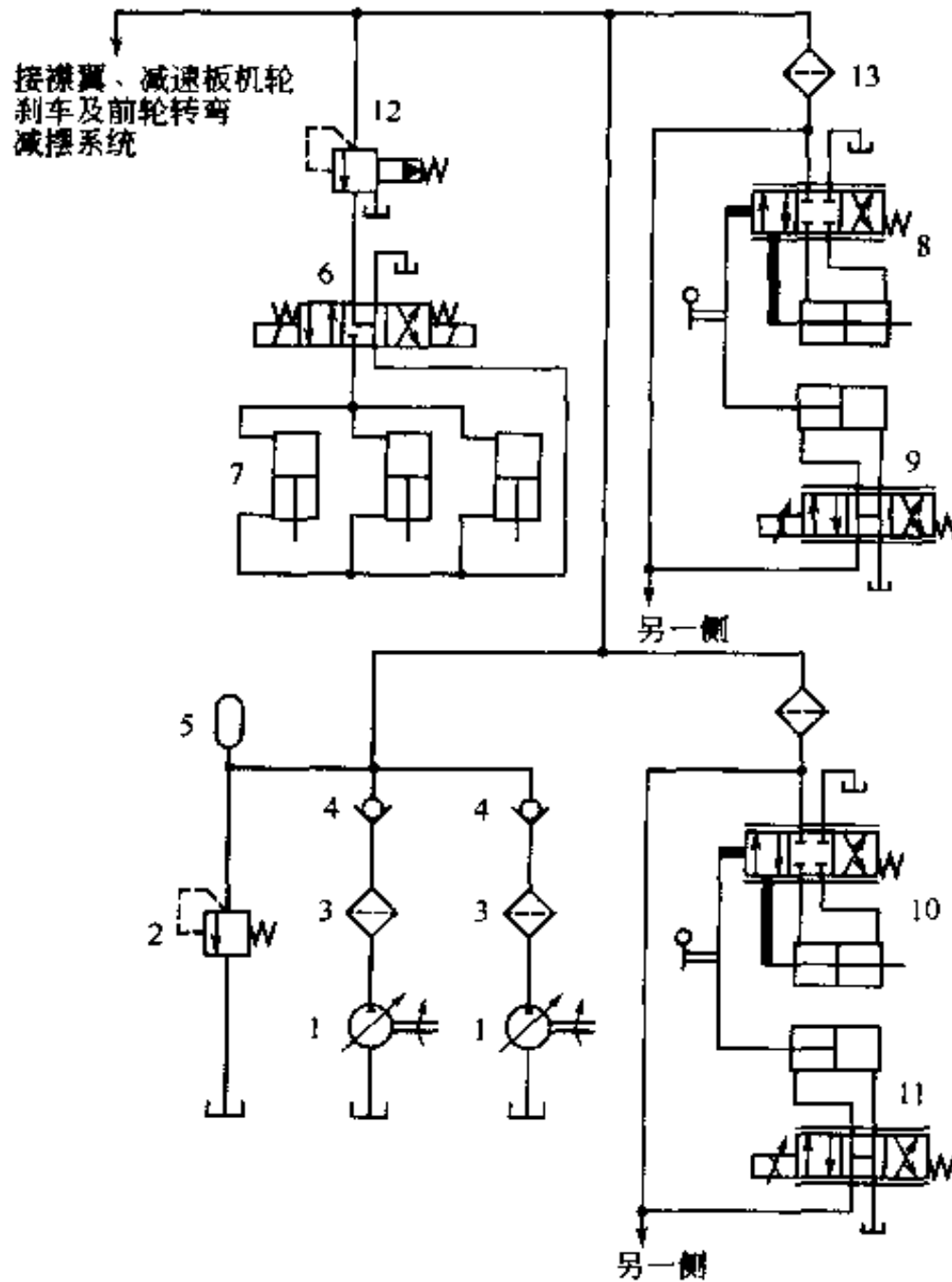


图 11-1 飞机液压系统简化原理图

- 1—轴向变量柱塞泵; 2—溢流阀; 3、13—过滤器; 4—单向阀; 5—蓄能器;  
6—三位四通电磁换向阀; 7—液压缸; 8—副翼助力器; 9—副翼舵机;  
10—平尾助力器; 11—平尾舵机; 12—优先阀

优先阀的工作原理与传统的先导式溢流阀相似, 所不同的是: 阀的出口不接油箱, 而是接起落架执行器收放部分, 所以泄漏油口必须外泄 (即单独接回油箱)。

### (3) 技术特点

1) 为了抑制起落架收放部分对多执行器液压系统的影响, 给飞机操纵以优先权。即在起落架收放部分前面加一个优先阀, 使优先级低的执行器停止工作, 确保优先级高的执行器获得所需的流量, 以解决液压系统存在的问题, 改善飞机的操纵品质并降低出现的回油冲击。

2) 加装优先阀的飞机多执行器液压系统稳定性好、响应快、效率高、抗干扰能力强、

回油压力冲击小。

#### (4) 技术参数

图 11-1 所示系统在加拿大生产的 CRJ-200 和 CRJ-700 型第三代支线飞机应用, 其参数为: 系统最高工作压力为 20.685MPa; 优先阀的最低开启压力为 15.169MPa。

### 11.2.2 飞机机轮轴承清洗补油装置的液压气动系统

#### (1) 装置的功能

该套装置是一种对飞机机轮轴承清洗、补油(润滑脂)工作的专用机械设备, 通过液压传动和气动分别完成飞机机轮轴承清洗、干燥和补油(润滑脂)工作, 用以代替手工作业、改替工作条件和提高工作效率。

#### (2) 液压气动系统及其工作原理

该装置的液压气动系统由液压清洗回路、气动干燥回路和液压补油回路组成(见图 11-2)。液压部分以航空煤油为工作介质, 系统的油源为电动机驱动的定量泵 1, 溢流阀 2 用于限定系统的最高工作压力, 过滤器 3 用于过滤进入系统的油液; 系统等待期间, 液压泵可通过单向阀 5 向蓄能器 6 充液, 使蓄能器储存能量。当蓄能器压力升高到卸荷阀 4 的调定值时, 液压泵卸荷, 蓄能器压力由单向阀 5 保持, 当系统工作时, 液压泵和蓄能器一并向执行器供油。气动部分经过滤后的压缩空气储存在储气罐 25 中, 工作时, 通过截止阀 23 喷射至旋流器 15 中。

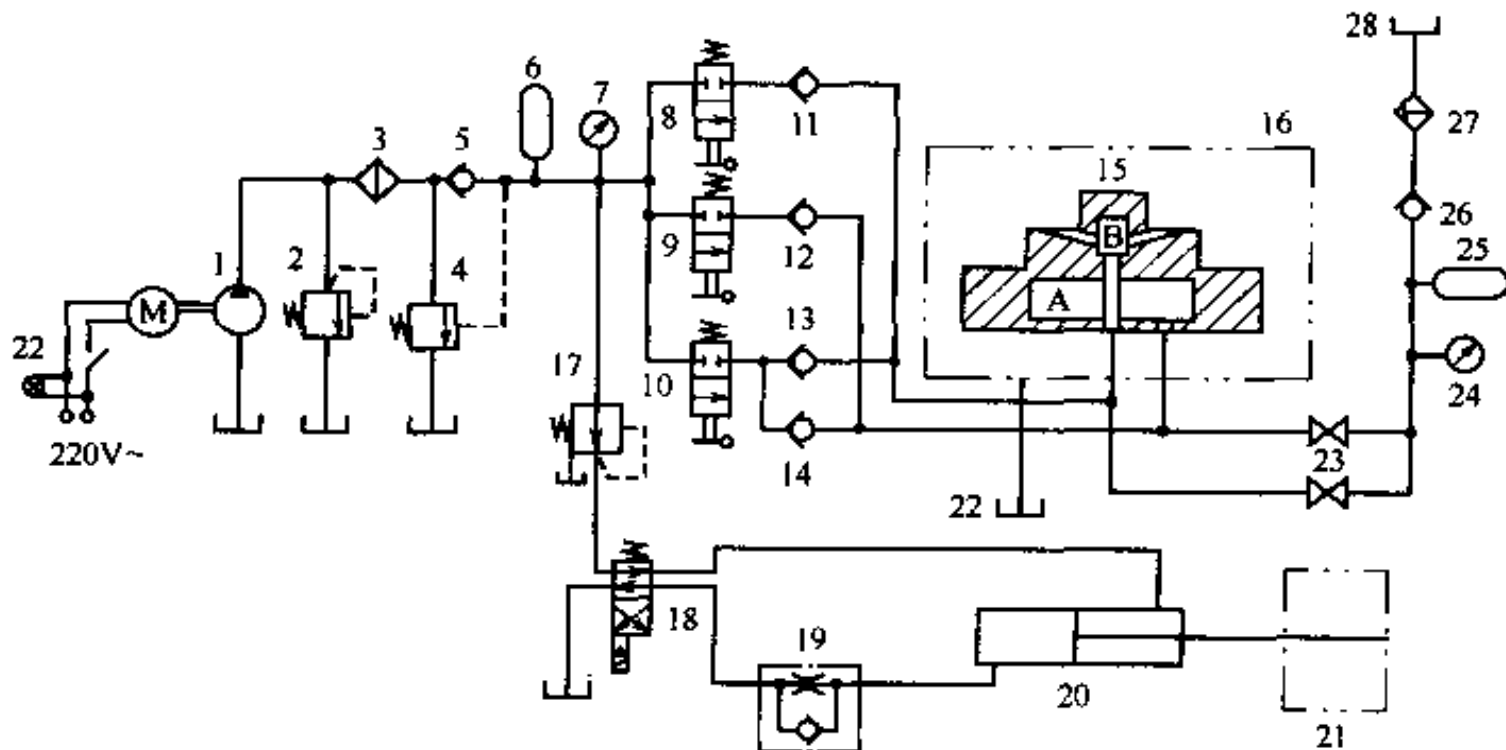


图 11-2 飞机轮轴承清洗补油装置液压气动系统原理图

1—定量液压泵; 2—安全溢流阀; 3—过滤器; 4—卸荷阀; 5、11、12、13、14—单向阀; 6—蓄能器; 7—液压压力表; 8、9、10—二位二通手动换向阀; 15—旋流器; 16—离心筒; 17—减压阀; 18—二位四通换向阀; 19—单向节流阀; 20—液压缸; 21—轴承安装座及补油筒; 22—沉淀筒; 23—截止阀; 24—气体压力表; 25—储气罐; 26—气动单向阀; 27—空气过滤器; 28—充气接头

1) 轴承液压清洗回路 轴承清洗回路通过高压油液冲刷轴承并将其润滑脂稀释, 经轴承高速旋转将稀释润滑脂甩出的方法, 达到清洗目的。带有两个工作腔 A、B 的旋流器 15 是清洗回路中的主要部件, 其作用是: 固定轴承并使高压油通过各旋流孔倾斜喷出, 冲动轴承旋转。通过二位二通手动换向阀 8、9、10 的通断组合可以控制旋流器的 A、B 工作腔液压油的通断, 完成轴承及支架或者单独清洗主轮或前轮轴承的工作。清洗原理

如下。

同时清洗主轮和前轮轴承时，将欲清洗的主轮前轮轴承置于旋流器安装座上。当供油压力上升到 13.5MPa 时，将换向阀 10 切换至下位，高压油经单向阀 14 和 13 分别进入旋流器 A、B 腔，并由旋流孔喷出，冲刷轴承及支架。轴承在切向冲力作用下，开始加速旋转。在液压清洗油冲刷下，轴承润滑脂被稀释并被甩向四周，轴承很快被清洗干净。

单独清洗主轮或前轮轴承时，分别打开换向阀 8、9 就可以单独清洗主轮或前轮轴承。从观察窗内看到轴承清洗干净后即停止清洗。

2) 气动干燥回路 清洗后的轴承必须进行干燥处理，其目的是便于对轴承检查，防止残存煤油稀释新润滑脂。该回路利用压缩空气将已清洗干净的轴承表面和间隙中残存的煤油吹出，便于检查和补油。工作时分别打开冷气截止阀 23，使储气罐 25 内的压缩空气经旋流孔喷射出去把煤油吹掉。

3) 液压补油回路 该回路的作用是向轴承内补入新的润滑脂。该回路的执行器为液压缸 20，其往复移动由二位四通电液动换向阀 18 控制，移动速度通过单向节流阀 19 调节，工作压力由减压阀 17 调定。补油原理为：干燥后的轴承，经检查合格后置于补油器的安装座 21 上，换向阀 18 切换至下位，来自减压阀的液压油经阀 18 和单向节流阀 19 进入液压缸 20 的无杆腔，活塞杆以不超过 2cm/s 的速度向右缓慢伸出，使轴承慢慢压入补油筒中。当轴承润滑脂被均匀地从轴承间隙中挤出时，表明润滑脂已经补好，即可切换换向阀 18。液压油经减压阀 17 和阀 18 进入液压缸有杆腔，无杆腔油液通过单向阀排回油箱，活塞杆快速退回，并将轴承从补油筒内拉出，补油完毕。

### (3) 技术特点

1) 飞机机轮轴承的清洗补油是使用维修中的经常性工作，与传统的人工作业方式相比，该设备采用液压气动技术，减轻了空军地勤人员体力劳动，避免了因煤油自身化学性质给人体带来的损害，改善了工作条件，提高了工作效率，实现了飞机机轮轴承清洗补油手段的机械化。

2) 液压系统设有蓄能卸荷装置，减小了液压泵的容量，实现了节能。

3) 气动干燥回路结构简单。

## 11.2.3 飞机综合包伞机的流体动力系统

### (1) 主机功能结构

我国军队装备的各种型号的超音速飞机，在飞行中采用着陆减速伞（以下称减速伞）来缩短飞机滑跑距离。综合包伞机是用来包扎减速伞的一种设备，主要由主机、流体动力系统（包括液压和冷气两部分回路）、控制指示系统和冷却装置等部分组成（见图 11-3），以液压动力为主，兼备冷气和人工操纵。主机是包伞的主要结构；流体动力系统，是包伞机的动力源；控制指示系统用来控制和指示包伞机的工作；冷却装置由冷却机和散热油箱等组成，采用风冷方式通过油箱夹层给液压油散热。包伞时将减速伞放入伞筒内，并将伞筒移至压伞位置，操纵压伞液压缸使活塞杆伸出，压缩伞筒内的减速伞，当伞完全被压入伞包内，活塞杆收回，然后将减速伞包扎好。其液压缸动作循环如图 11-4 所示，液压缸的负载变化可分为两个阶段，第一阶段负载随工作行程缓慢增加，第二阶段负载急剧升高，直至最大。

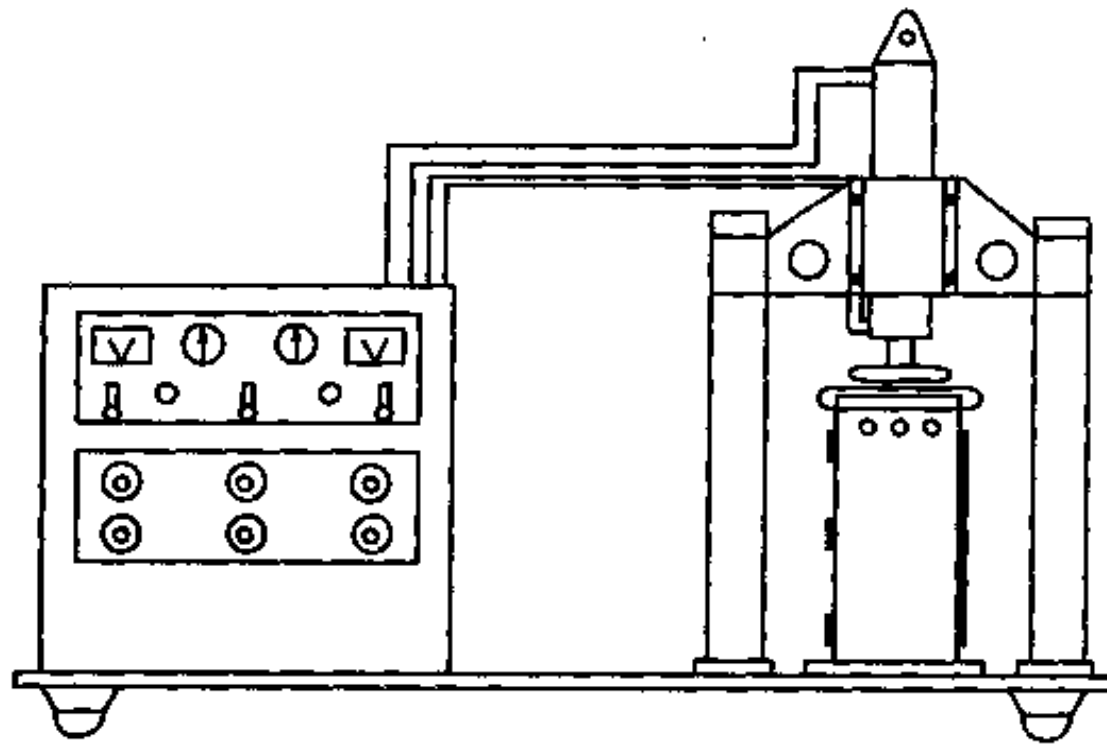


图 11-3 包伞机的结构示意图

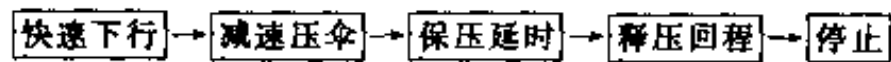


图 11-4 包伞机液压缸的动作循环

(2) 流体动力系统及其工作原理

图 11-5 所示为包伞机的流体动力系统原理图，它由液压回路和冷气回路两部分组合而成，分述如下。

1) 液压回路 液压回路的油源为定量液压泵 1，其最高工作压力由溢流阀 2 设定；液

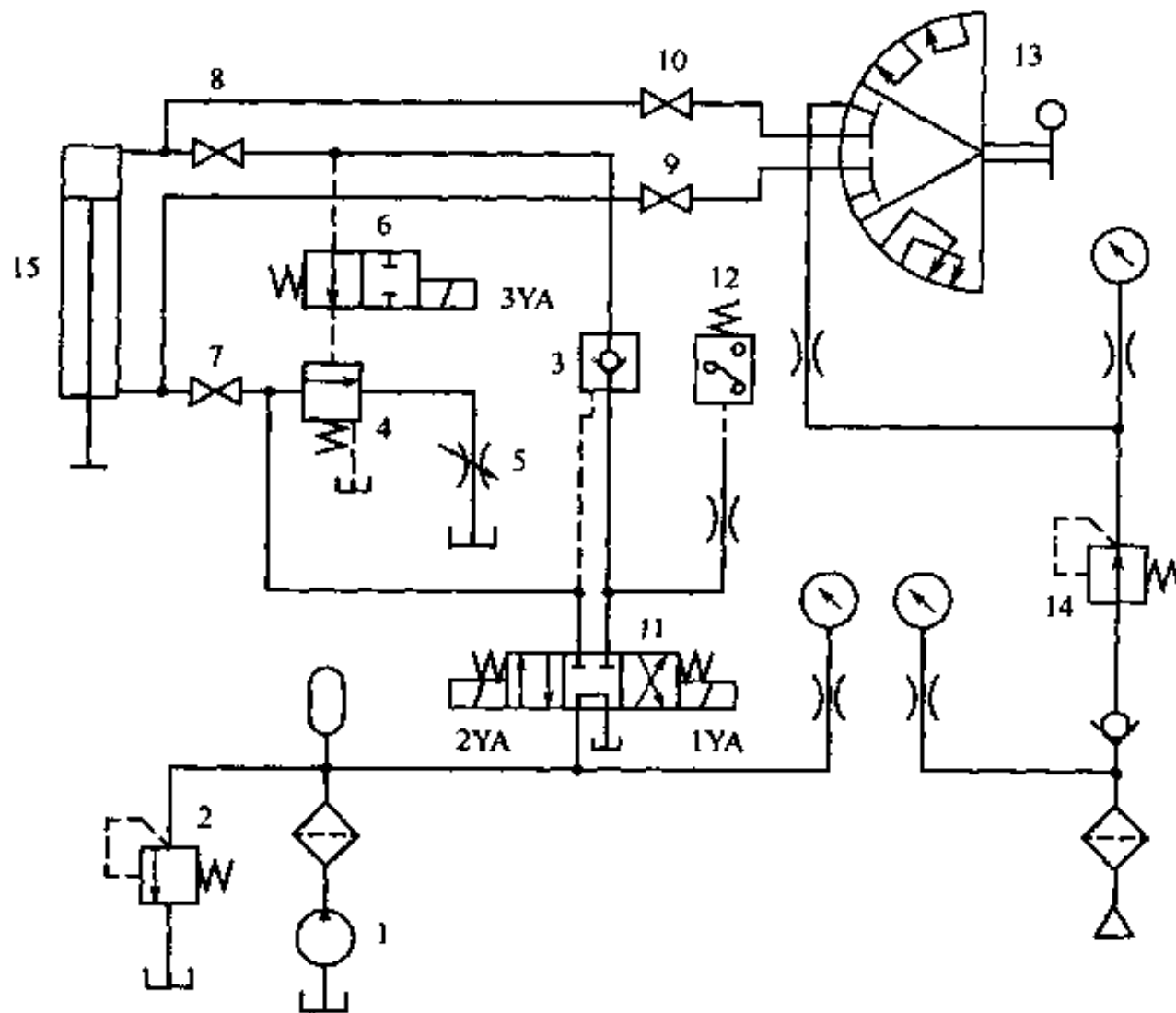


图 11-5 包伞机流体动力系统原理图

- 1—液压泵；2—溢流阀；3—液控单向阀；4—顺序阀；5—可调节流阀；6—二位二通电磁换向阀；11—三位四通电磁换向阀；7、8、9、10—截止阀；12—压力继电器；13—三位四通手动冷气换向阀（转阀）；14—气动减压阀；15—液压缸

压缸 15 的运动方向由三位四通电磁换向阀 11 控制；由于缸保压时间短，液压泵流量较小，故采用带卸载装置的液控单向阀 3 进行保压，并在顺序阀 4、节流阀 5 和二位二通电磁换向阀 6 控制回程压力情况下实现释压。

液压回路运行时，首先打开截止阀 7 和 8，关闭截止阀 9 和 10。按下启动按钮，液压泵工作，将压伞开关放于“伸”的位置，电磁铁 1YA 通电，换向阀 11 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 11、液控单向阀 3、截止阀 8 进入液压缸 15 的无杆腔，有杆腔油液经截止阀 7、阀 11 排回油箱，活塞杆在自重作用下快速下行；当活塞杆接触减速伞时，液压缸阻力增加，下行速度降低，对伞进行加压。当液压缸 15 上腔的油压达到要求的数值时，压力继电器 12 发信，电磁铁 1YA 断电，换向阀 11 复至中位，液压泵卸荷，同时阀 3 实现液压缸 15 上腔保压。当保压完毕后，压力继电器 12 控制时间继电器发信（也可手动）使电磁铁 2YA 和 3YA 通电，换向阀 11 和阀 6 都切换至左位，由于此时液压缸 15 上腔没有释压，而换向阀 6 已处于左位，打开液控顺序阀 4，液压泵的油液经阀 4 和节流阀 5 回油箱，通过调整阀 5 使泵的压力不足以使液压缸回程（上行），又可以使释压阀卸载装置打开，缸上腔释压，泵处于低压循环状态。当上腔压力降低至低于阀 4 设定值时，阀 4 关闭，液压泵出口压力上升，其压力油在进入液压缸下腔的同时，导通液控单向阀 3，使上腔回油畅通，液压缸快速上行，回程终了，挡铁压下行程开关时，电磁铁 2YA 断电，换向阀 11 复位（中位），一个工作循环结束。

2) 冷气回路 液压回路出现故障不能工作时，就可用冷气为动力压伞（见图 11-5），冷气的压力由减压阀 14 设定，缸的运动方向由三位四通手动冷气控制阀（转阀）13 来控制。

冷气回路运行时，首先打开截止阀 9 和 10，关闭截止阀 7 和阀 8，接上地面冷气瓶并打开冷气瓶开关，压力表读数应为 11MPa，手动操纵阀 13 即可完成压伞工作 [即阀切换到上位，缸下行实现压伞；阀切换到下位，缸回程；阀在中位（图示位置），缸停止]。

### (3) 技术特点

1) 综合包伞机结构合理、通用性强、动作平稳、操作简单、维修方便、效率较高；兼有几种包伞方式，使之在应急和野外条件下仍然能完成包伞工作，以进一步适应现代战争条件下航空机务保障质量和效率的要求。克服了人工包伞方式劳动强度大、效率低、包伞质量不高和易造成减速伞的损坏的缺陷，同时克服了单纯采用冷气包伞方式存在的保障部门多、包扎质量低、噪声大和安全可靠性差的缺陷。

2) 综合包伞机的流体动力系统由液压和高压冷气回路复合而成，通过两对截止阀的开、闭组合，可以方便地实现两种动力方式的转换，使包伞机具有更灵活的适应性。

3) 液压回路中，液压缸保压或停止时，液压泵可以通过主换向阀中位卸荷，减少了无功损耗与发热；采用带卸载装置的液控单向阀进行保压，并在液控顺序阀、节流阀和二位二通电磁换向阀控制回程压力情况下实现释压。保压性能好，释压振动和噪声低。

4) 冷气回路结构简单；采用手动转阀对缸进行换向控制；其保压、释压等性能不如液压压伞好。

## 11.2.4 飞机场地面设备支撑脚液压系统

### (1) 支撑脚的功能结构

随着航空业的发展，诸如飞机除冰车、登机客梯、食品车、高空作业车等飞机场高空地

面设备的使用越来越多，这些设备均为由汽车底盘改装成的车载式设备，使用时必须有四个液压传动的刚性支撑点（简称支撑脚）（位于车辆前后位置，左右两侧各两个）将车辆支撑起来，以此增加设备使用过程中的稳定性和抗倾覆性能。因为这些设备都是靠近飞机工作，因此要求它们在工作完成后要迅速撤离工作现场，保证正常的航班飞行，如支撑脚出现故障，无法在短时间内排除，设备无法撤离现场，将延误航班，造成事故，所以对支撑脚的可靠性提出了较高要求。

(2) 液压系统及其工作原理

图 11-6 所示为支撑脚的新式液压系统原理图。系统采用定量液压泵（齿轮泵）3 供油，由电磁溢流阀 2 设定系统压力并由压力表 6 显示，单向阀 5 用于防止油液倒灌。系统的执行器为驱动支撑脚的四个液压缸 12，三位四通电磁换向阀 8 用于缸 12 的方向控制，支撑脚亦即缸的伸缩信号由压力继电器 7 发出，四个液压缸采用集中液压锁 9 实现锁定。四个限速切断阀 11 用于防止管路破裂导致支撑脚快速收回，引起整车倾斜甚至颠覆的重大事故。手摇液压泵 4 为系统的备用液压源，与截止阀（针阀）10 配合可以实现支撑脚的应急缩回。

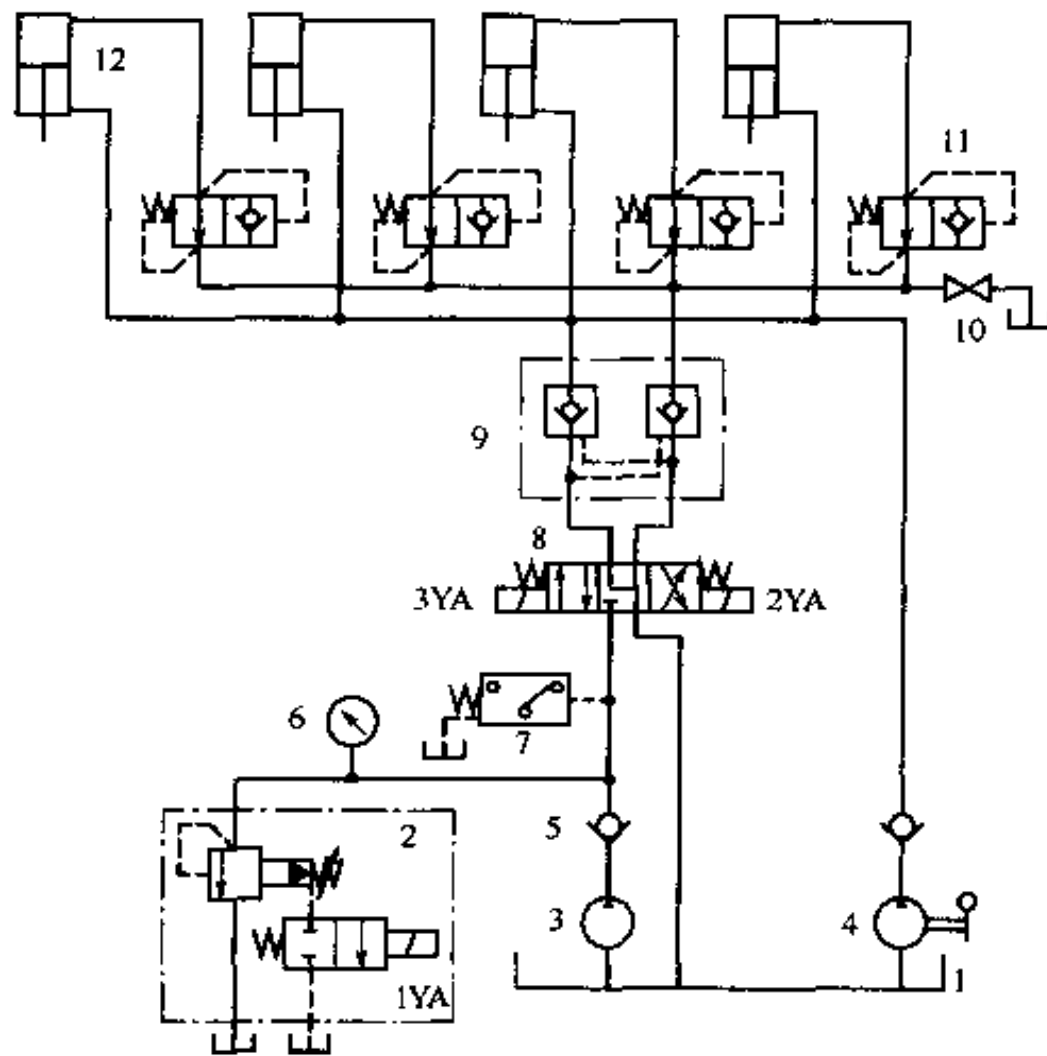


图 11-6 支撑脚液压系统原理图

- 1—油箱；2—电磁溢流阀；3—定量液压泵（齿轮泵）；4—手摇液压泵；5—单向阀；
- 6—压力表；7—压力继电器；8—三位四通电磁换向阀；9—液压锁；
- 10—截止阀（针阀）；11—限速切断阀；12—支撑脚液压缸

齿轮泵 3 供油时的系统工作原理如下。

1) 支撑脚伸出 按下支撑脚伸出按钮，电磁铁 1YA 通电使电磁溢流阀的换向阀关闭，液压泵 3 由卸荷转为供油状态，同时电磁铁 2YA 通电使换向阀 8 切换至右位，液压泵 3 的压力油经阀 5、8、9 的右侧液控单向阀、阀 11 进入液压缸 12 的无杆腔，驱动支撑脚伸出，压力油同时导通液压锁左侧液控单向阀，缸的有杆腔经阀 9 和 8 排回油箱。支撑脚开始伸出，此时的系统压力低于压力继电器 7 的设定值，7 处于闭合状态；当支撑脚全部伸出时，



系统压力升高超过压力继电器 7 的设定值时, 7 断开使电磁铁 1YA 和 2YA 断电, 电磁溢流阀的换向阀打开, 换向阀 8 复至中位, 动作停止, 系统处于卸荷状态, 由液压锁保证支撑脚位置的锁定。

2) 支撑脚缩回 按下支撑脚缩回按钮, 电磁铁 1YA 通电使电磁溢流阀的换向阀关闭, 液压泵 3 由卸荷转为供油状态, 同时电磁铁 3YA 通电使换向阀 8 切换至左位, 液压泵 3 的压力油经阀 5、8、9 的左侧液控单向阀、阀 11 进入液压缸 12 的有杆腔, 驱动支撑脚缩回, 同时导通液压锁右侧液控单向阀, 缸的有杆腔经阀 9 和 8 排回油箱。支撑脚开始缩回, 此时的系统压力低于压力继电器 7 的设定值, 7 处于闭合状态; 当支撑脚全部缩回时, 系统压力升高超过压力继电器 7 的设定值时, 7 断开使电磁铁 1YA 和 3YA 断电, 电磁溢流阀的换向阀打开, 换向阀 8 复至中位, 动作停止, 系统处于卸荷状态, 由液压锁 9 保证支撑脚位置的锁定。

为防止系统压力冲击对压力继电器的影响, 通过电气系统对控制电磁换向阀和电磁溢流阀电磁铁的继电器的动作延时 2~3s, 以确保系统正常动作。

### (3) 技术特点

1) 支撑脚液压系统除电动泵外, 备有手摇泵。一般情况下, 由齿轮泵供油, 当电磁换向阀或液压锁被卡死, 支撑脚伸出后无法缩回时, 可打开截止阀, 使液缸无杆腔直接与油箱连通, 利用手摇泵可快速缩回支撑脚, 撤离现场, 避免延误航班。

2) 通过集中液压锁实现支撑脚伸出(或缩回)后的位置锁定, 可靠性好。

3) 通过设置限速切断阀避免设置集中液压锁可能导致的管路破裂事故。一旦发生管路爆裂等意外事故, 能迅速自动切断油路, 防止发生危险, 同时又不会影响手摇泵应急处理功能。

4) 通过压力控制实现系统的自动伸缩和停止, 提高了自动化程度。

## 11.2.5 飞机起落架收放液压试验车系统

### (1) 主机功能结构

本试验车用于直升机安装调试之前起落架系统的液压组件(应急液压泵、节流阀、三位四通电磁换向阀、刹车阀、试验接嘴、氟塑料软管组件、单向阀、溢流阀、主液压泵等)的检测校验以及飞机升空前起落架系统的整体工作性能(注油排气及清洗、起落架系统的过压性能、起落架收放性能)的测试, 以保证起落架系统在飞机升空时无任何安全隐患。试验车主要由电液比例压力和流量控制的液压系统、PLC 计算机电控系统与机械附件系统等部分组成。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 11-7 所示为试验车的液压系统原理图。系统的油源为定量柱塞泵 3, 其原动机为用变频器 5 控制的电动机 4。系统的最高压力由溢流阀 21 设定, 试验压力通过电液比例溢流阀 20 调节, 并通过压力表 18 显示。单向阀 6 用于防止压力油倒灌。蓄能器 7 用于吸收压力脉动; 精过滤器 8 用于提高压力油的清洁度, 保证系统可靠性。电液比例流量阀 9 用于调节试验流量; 流量计 11 用于检测流量; 液压单件试验通过快速接头 12 和 16 实现油路连接; 三位三通电磁换向阀用于切断试验车系统进入飞机液压系统的油流或切换油流方向; 14 为飞机液压系统的三位四通电磁换向阀(简称机载三位四通阀); 15 为机载油箱。二位二通电磁换向阀 17 和 19 为电磁球阀, 与流量阀 9 协调配合, 用于实现起落架收放试验时试验流量的

调节和试验结束后的系统卸荷。

本试验车液压系统动作过程主要包括系统压力调节、流量调节和试验三个部分。分别以机载三位四通阀试验和起落架收放试验为例，对系统进行单件试验和起落架整体性能试验的工作过程说明如下。

1) 机载三位四通换向阀的单件试验 机载三位四通换向阀单件试验时阀的连接原理图如图 11-8 所示。将机载三位四通换向阀的两个油口 P、T 接至图 11-7 中的快速接头 12、16。首先设定系统压力：启动变频器并将频率调至 30Hz（使泵的流量达到要求的试验流量）后停止，调整溢流阀 20 使系统压力（即被试阀的 P 口压力）为 21MPa，将电液比例流量阀 9 打开。第二步，阀左位试验：电磁铁 3YA 通电使被试换向阀切换至左位。观察油口 A 处压力表 M1 的读数是否为 20MPa，观察 B 口处压力表 M2 的读数是否不大于 1MPa，若正确，则表明被试阀的左位正常。第三步，阀右位试验：电磁铁 4YA 通电使被试阀切换至右位，观察 B 口处的压力表 M2 读数是否不小于 20MPa，观察 A 口处压力表 M1 表的读数是否不大于 1MPa，若正确，则表明被试阀的右位也正常。二位二通电磁球阀 19 通电切换至上位，液压泵卸荷，系统压力降为 0MPa，变频器频率降为零，关掉电源即完成了三位四通换向阀的试验。

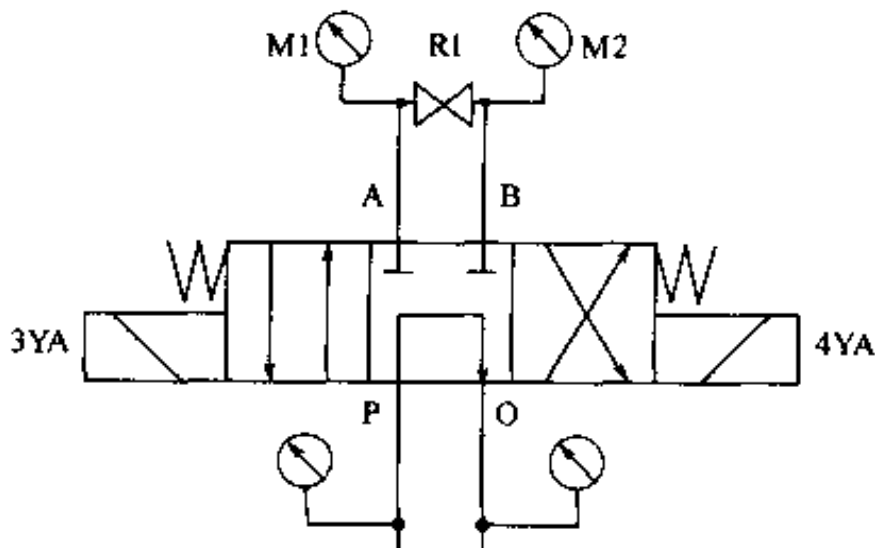


图 11-8 机载三位四通换向阀试验原理图

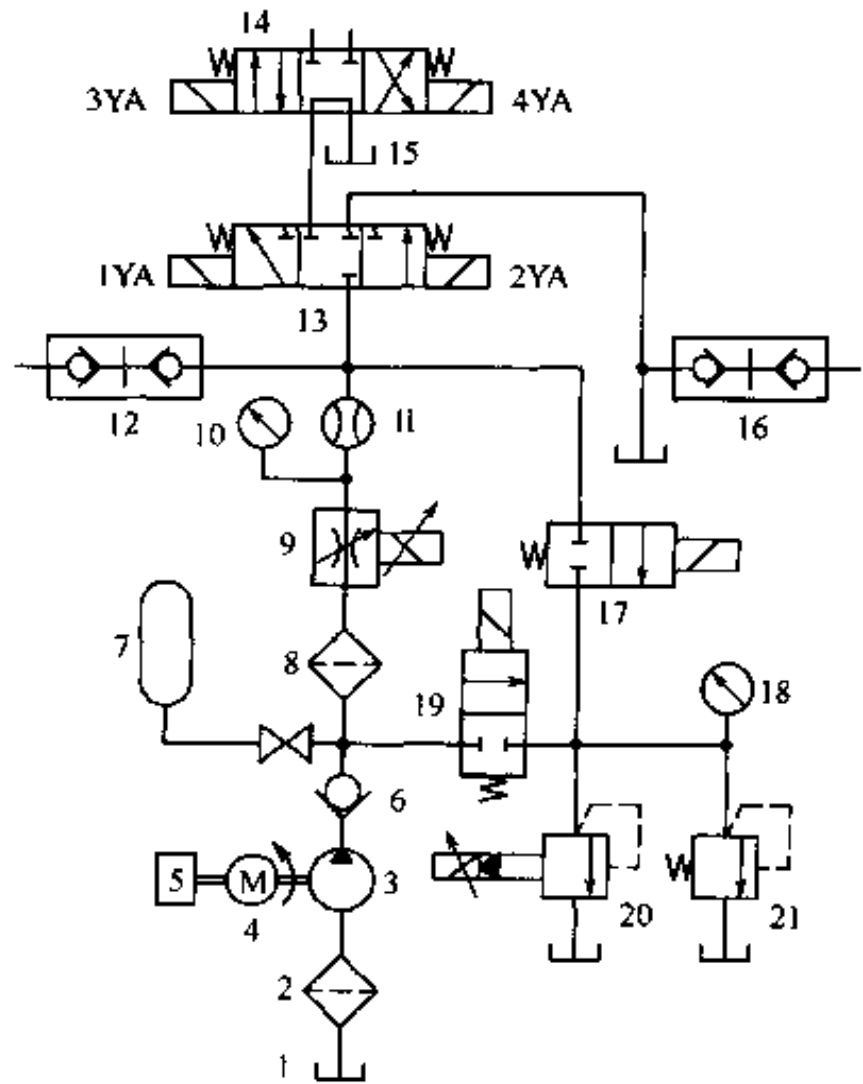


图 11-7 试验车液压原理图

1—车载油箱；2—吸油过滤器；3—定量柱塞泵；4—电机；5—变频器；6—单向阀；7—蓄能器；8—高压过滤器；9—电液比例流量阀；10、18—压力表；11—威式流量计；12、16—快速接头；13—车载三位四通换向阀；14—机载三位四通换向阀；15—机载油箱；17、19—二位二通电磁换向球阀；20—电液比例溢流阀；21—安全溢流阀

2) 起落架收放试验 起落架收放试验时，第一步，设定系统压力：启动变频器并将频率调节至 30Hz 时停止调整变频器，通过调整溢流阀，使系统压力为 12.5MPa。第二步，设定系统流量：电磁球阀 17 和 19 通电分别切换至右位和上位，调整变频器和比例流量阀，使流量为 1.8L/min。第三步，试验：电磁球阀 17 和 19 断电分别复至图示位置，电磁铁 1YA 通电使车载三位三通电磁换向阀 13 切换至左位，开始为飞机液压系统供油。电磁铁 3YA 通电使机载三位四通电磁换向阀 14 切换至左位，为后续油路供油，完成起落架收起的动作。通过起落架收起到位开关可知起落架收起是否到位，以判断是否使机载换向阀 14 换向，以进行起落架下放的动作。当起落架下放到位时，即完成了一次收放循环。然后机载换向阀 14 断电复至中位卸荷，电磁球阀 19 通电使液压泵卸荷，系统压力降为 0MPa，变

变频器频率降为零，关掉电源即完成起落架收放试验。

3) 电控系统及其原理 该试验车以可编程序控制器 (PLC) 为核心的电控系统原理图如图 11-9 所示。系统硬件主要由 CUP226、四模入二模出的 EM235、二模出的 EM232 以及触摸屏 TP070 组成。软件则由人机交互模块、顺序控制模块和模拟控制模块等三部分组成。触摸屏用于人机交互和系统控制参数设定，PLC 及其 IO 扩展模块则用于系统试验流程控制。利用 PLC 还可以方便地实现闭环控制。例如系统压力和试验流量设定时，只需在触摸屏上设定系统所需压力流量值后，按下开始键，系统就可自动调整变频器频率并按 PID 算法完成控制调节。

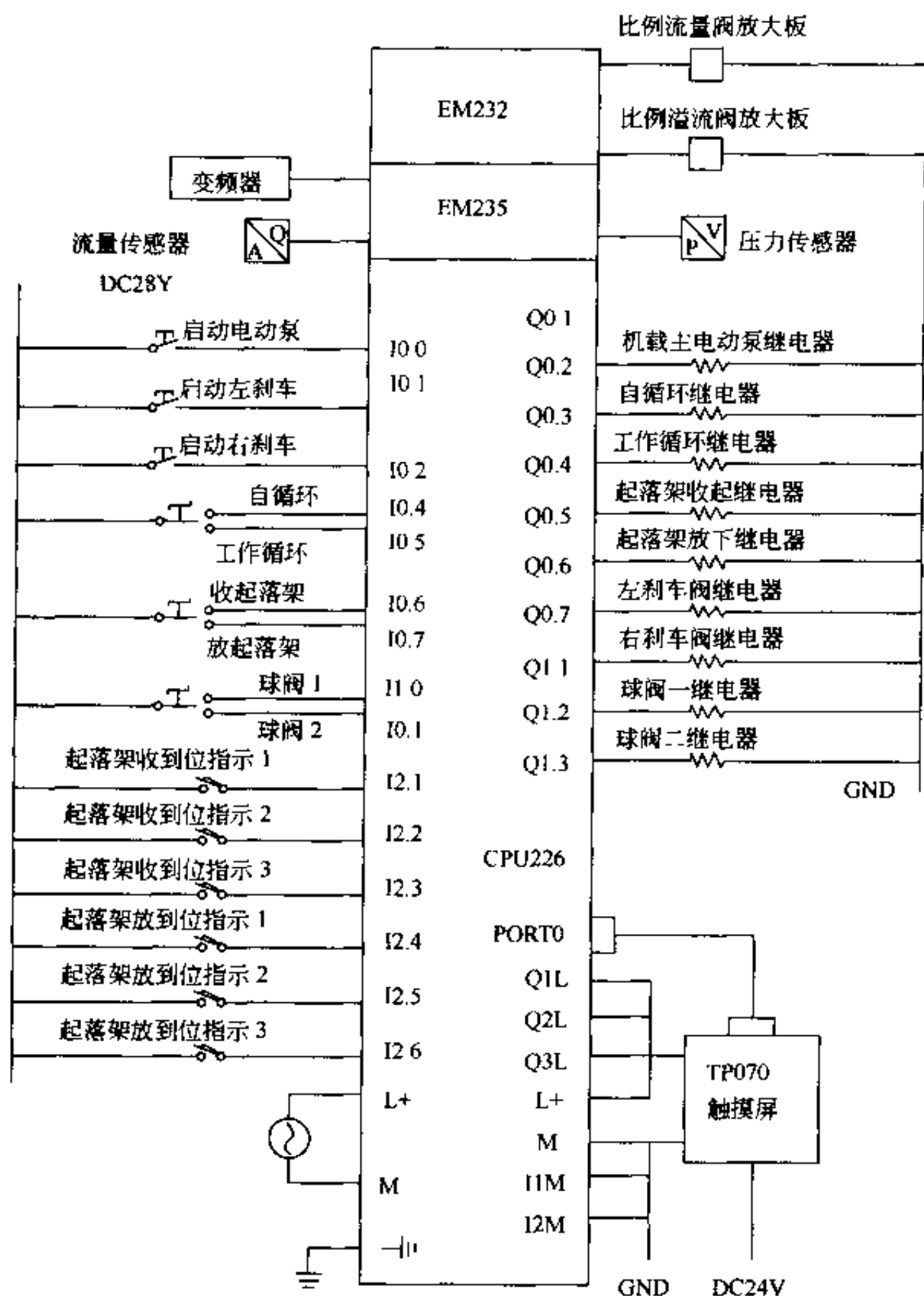


图 11-9 试验车电控系统原理图

### (3) 技术特点

1) 本试验车液压系统压力高 (21MPa)，所以采用了高压柱塞泵供油，并通过变频器调节泵的驱动电机转速调节泵的流量，既满足了系统的小流量 (最大只有 3L/min) 测量要求，

又降低了系统的节流和溢流损失，实现了节能，降低了系统发热。

2) 本试验车液压系统需准确测量的流量范围宽 (0.3~3L/min)，所以采用了 VS 0.1 系列高精度威式流量计，使高压小流量得到了准确检测。

3) 车采用触摸屏的 PLC 电液比例控制技术，自动化程度高，控制精度高。

4) 整个系统油路结构简单，元件高度集成，减少了振动和压力损失；系统设有吸油过滤器、高压过滤器和蓄能器，提高了油液清洁度降低了压力脉动，提高了系统的工作可靠性。

5) 整车外形采用手推车形式，移动灵活方便，可以用于内场和外场试验。

#### (4) 技术参数

本试验车液压系统的压力为 21MPa；最大试验流量 3.0L/min；流量测量范围为 0.3~3.0L/min。

## 11.3 河海工程中的液压系统

### 11.3.1 河流穿越设备液压系统

#### (1) 设备的功能结构

河流穿越设备是英国东方石油补给设备公司 (EPS) 生产的用于输油管线临时紧急穿越河流、湖泊向对岸供油的专用装备，采用水面软管穿越方式。其传动与控制主要依靠一套液压系统实现。该河流穿越设备为全挂车形式 (见图 11-10)，设备的工作机构均安装在挂车底盘 1 上。驱动工作机构的原动机为自带的柴油机 5，直接驱动传动与控制系统中的液压系统。卷盘机构 11 上缠绕着用于将软管拉过河面的钢丝绳，绞盘 10 用于拖卷由抛绳器抛掷过河的缆线或钢丝绳，也用于河流穿越设备自身陷于淤泥等处不能自拔时的自我拖拉。软管及卷盘机构 8 上缠绕着软管。抛绳器的作用是将缆线抛掷过河从面牵引钢丝绳，滚柱 12 的作用是减小软管展开和撤收的摩擦、磨损并限位。滑轮 9 设置于对岸，用于改变缆线或钢丝绳的运动方向而实现缆线或钢丝绳的拖拉；空压机 4 用于管线的排空。

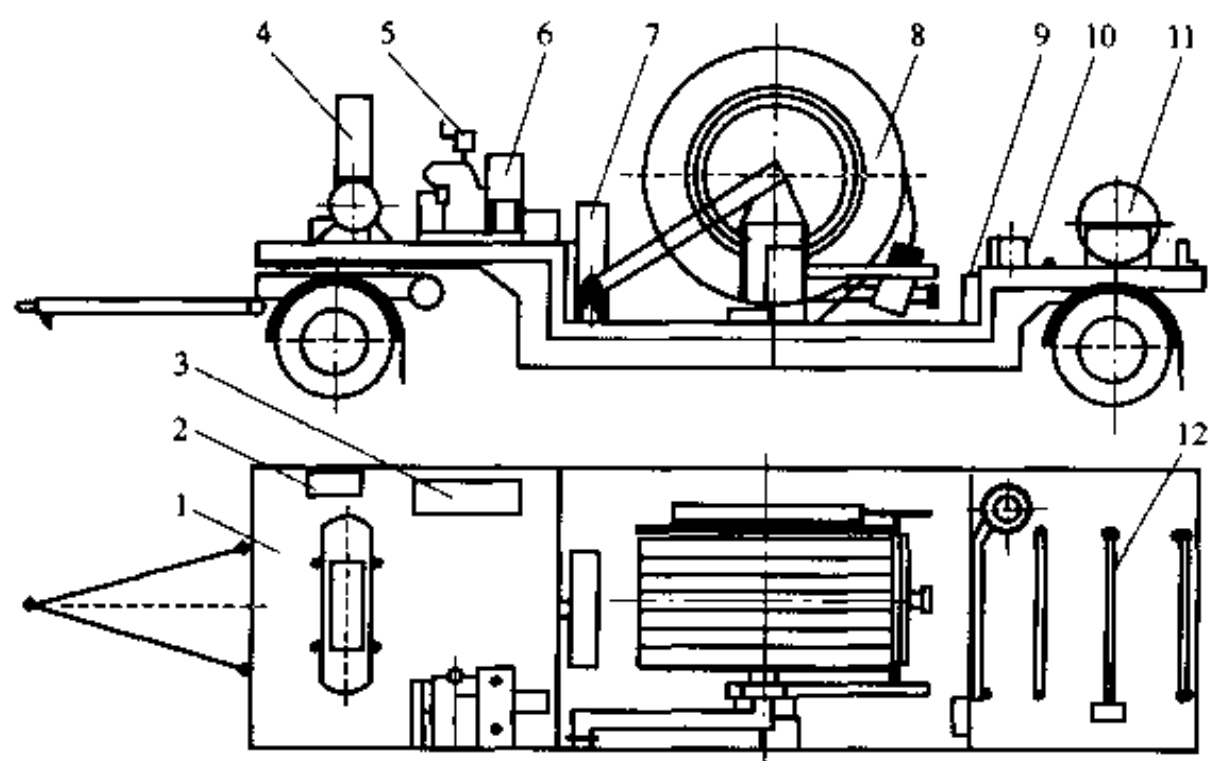


图 11-10 输油管线河流穿越设备结构示意图

1—挂车底盘；2—工具箱；3—抛绳器箱；4—空压机；5—柴油机；6—传动与控制系统；

7—备用轮胎；8—软管及卷盘机构；9—滑轮；10—绞盘；

11—卷盘机构及钢丝绳；12—滚柱

河流穿越设备的作业主要包括软管铺设和软管撤收。

1) 软管铺设过程 将挂车底盘前后桥上的制动器都常置于制动状态,并用加固装置固定;解开软管卷盘机构的锁止装置;在对岸固定定滑轮;河(或湖泊)两岸的操作人员分别用抛绳器将缆线发射到对岸;在对岸将一条缆线绕过滑轮后与另一条连接;缆线两端分别与钢丝绳和绞盘连接;卷动绞盘拉缆线和钢丝绳,直到钢丝绳绕过定滑轮后回到本岸为止;再用钢丝绳卷盘的动力拉动钢丝绳将软管拉到河(或湖泊)对岸并固定好。

2) 软管撤收过程 当软管内停止输送油料后,断开软管油料进口接头;打开供气阀,用压缩空气扫除软管中的剩余油料;断开软管出口接头及其固定装置;操纵软管卷盘机构,通过软管卷盘的反向转动收回软管;用锁止装置将软管卷盘锁止;解除挂车的加固装置准备托运。

由液压和机械两部分组成的传动与控制系统是柴油机与工作机构的动力桥梁,由传动与控制系统的传动线路图(见图 11-11)可知,液压部分不仅直接驱动空压机,而且驱动机械部分(图 11-11 中点划线框部分)的钢丝绳卷盘机构减速装置、绞盘减速器和软管卷盘机构减速装置。整个传动与控制系统由液压部分的控制阀和软管卷盘机构换挡器的操作手柄实现操作控制。

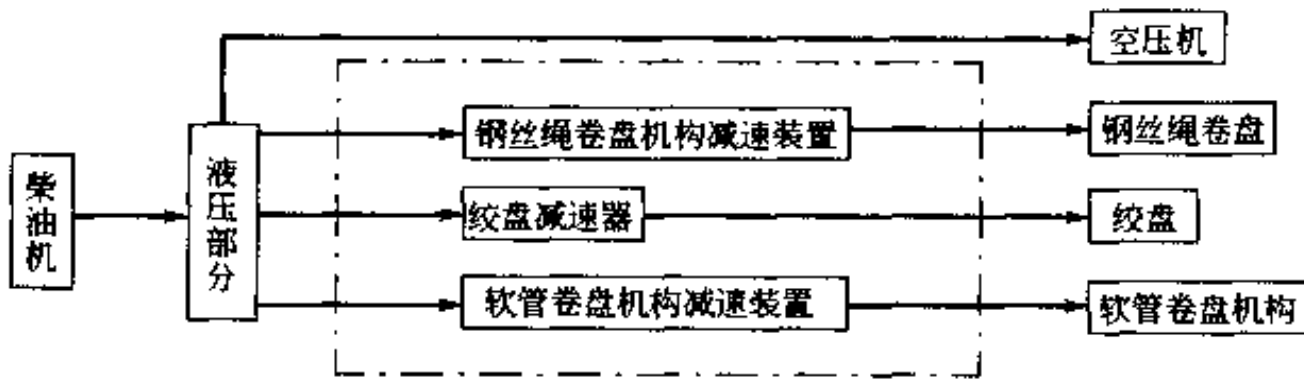


图 11-11 传动线路图

## (2) 液压系统及其工作原理

图 11-12 所示为河流穿越设备液压系统的原理图,它是一个双泵双回路液压系统。液压泵 2 和 3 为双联泵,各泵内附溢流阀 14 和 13,以限定各回路的工作压力,泵 2 和 3 的原动机为 1 台带调速器的风冷柴油机。

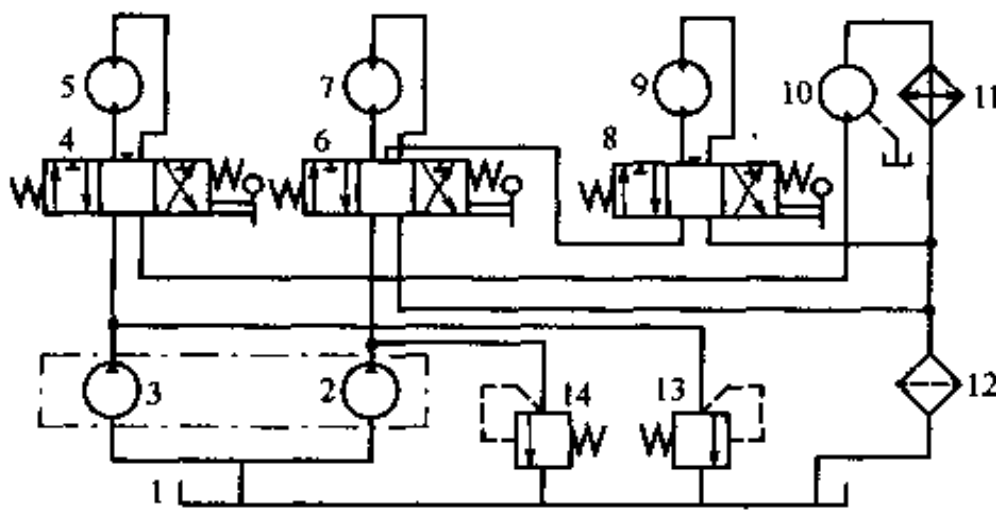


图 11-12 河流穿越设备液压系统原理图

1—油箱; 2、3—双联液压泵; 4、6、8—新型三位五通换向阀;

5、7、9、10—液压马达; 11—冷却器; 12—过滤器; 13、14—溢流阀

液压泵 3 为钢丝绳卷盘机构与空压机液压回路的油源,由三位五通手动换向阀 4 控制作为执行器的双向液压马达 5(低速摆线马达)和单向液压马达 10,分别驱动钢丝绳卷盘机构

和空压机。液压马达 10 串接于马达 5 后面, 为马达 5 提供一定背压, 以保证低速摆线马达 5 驱动的钢丝绳卷盘运动的平稳性。三位五通手动换向阀 4 被封堵后在此处起着—个 M 型三位四通阀的作用, 其中位使液压马达 5 停止转动。冷却器 11 和过滤器 12 设在液压马达 10 的回油路上, 为整个液压系统作强制冷却和过滤。

液压泵 2 为软管卷盘机构与绞盘液压回路的油源。液压马达 7 和 9 分别驱动软管卷盘机构和绞盘。换向阀 6、8 与上述阀 4 为同—种新型三位五通阀。液压马达 7 由阀 6 控制。液压马达 9 由换向阀 6 和 8 协同控制, 三位五通换向阀 8 被封堵后在此处同样起着—个 M 型三位四通阀的作用。当换向阀 6 处于中位时向换向阀 8 供给压力油, 液压马达 7 停止转动, 此时操作液压马达 9 才有效。

### (3) 技术特点

1) 通过使用双联泵实现液压马达 (5 和 10) 对不同流量及功率的要求 (见表 11-1), 降低了功耗和发热, 提高了系统效率; 液压系统通过马达 (5 和 10) 串接, 巧妙地利用了驱动空压机的液压马达作为对低速摆线液压马达产生背压的元件, 以保证钢丝绳卷盘运动的平稳性。

2) 液压系统采用了 3 个相同的新型三位五通换向阀, 实现了软管卷盘和绞盘不能同时转动的工作要求, 避免了误操作; 减少了阀的种类, 通用性强, 便于维护, 适于军队使用。

3) 液压马达带动风扇对空压机进行冷却, 风扇还通过冷却器对压油进行冷却, 冷却方式巧妙。

4) 采用了先进的设计思想和制造工艺 (如溢流阀集成在泵内), 液压元件小型化, 液压泵、液压马达及液压阀的尺寸与国内同规格元件相比都较小。

5) 河流穿越设备整套液压系统在使用中的提动和噪声都相当低, 使操作人员有一个舒适的操作环境。

6) 河流穿越设备的液压系统总体上设计合理、较为先进, 其不足之处是缺少故障检测相配套的测压口等。

### (4) 技术参数 (见表 11-1)

表 11-1 河流穿越设备液压系统的部分技术参数

项 目		参 数	单 位
双联液压泵	驱动柴油机	功率	17
	泵 2	工作压力	15
	泵 3	工作压力	15
双向定量液压马达 5	额定流量	45	L/min
	功率	14	kW
单向定量马达 10	额定流量	18	L/min
	功率	5	kW

## 11.3.2 电液伺服水槽不规则波造波机系统

### (1) 主机功能结构

水槽不规则波造波机是一种在实验水槽中模拟波浪环境进行船舶、港口工程和海洋



工程科学研究的专用实验设备。它不但可以制造出各种规则波浪，而且可以造出各种具有给定波谱密度的不规则波及给定不规则波而过程线的天然波列，是研究、设计和建造船舶、港口码头和海洋工程结构物在波浪作用下的运动、受力和安全性能等问题不可缺少的实验手段。

该机的工作机构为平推式推波板，采用液压驱动、伺服控制，不规则信号产生、波谱和波列控制及数据处理均由微型计算机完成。整套设备有机械液压和电控测量两大部分，系统组成和原理如图 11-13 所示。系统按照信号发生装置产生的控制信号，通过伺服液压缸驱动推波板在导轨上做往复平推水运动，使水槽中的水产生波浪并传递到实验模型处。水槽中各测点处浪高和波浪规律可通过浪高仪测出并在计算机上进行屏幕显示、绘制和打印。控制信号有以下三种可选择方式：输入正弦信号源产生的正弦信号，使伺服缸和推波板按正弦规律运动，造出规则波浪；输入计算机产生的不规则波信号，经 DA 转换后通过放大器输出，使伺服缸驱动推波板运动生成不规则波浪；输入外部信号，驱动推波板按外部信号运动造波。不规则波造波的控制流程图如图 11-14 所示。

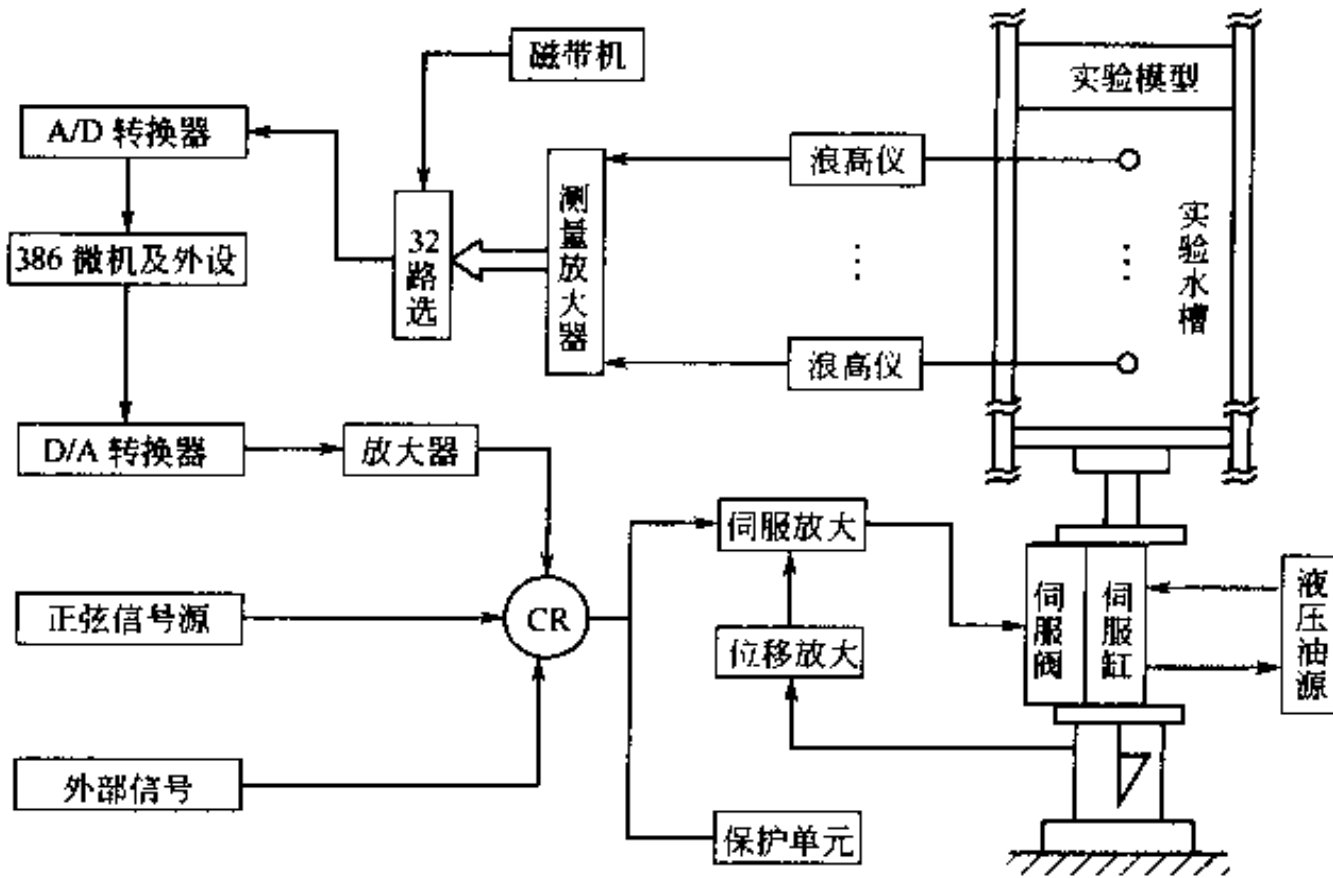


图 11-13 造波机系统原理框图

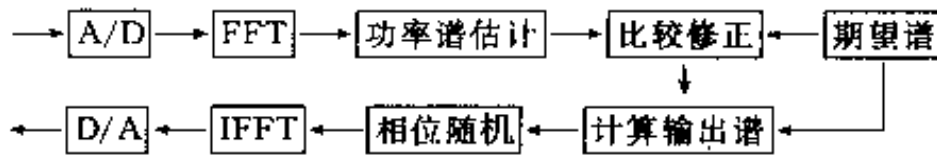


图 11-14 不规则波造波的控制流程图

### (2) 机械液压系统

造波机的机械液压系统原理图如图 11-15 所示，系统的执行机构为伺服液压缸 14 及其驱动的推波板 16，缸的运动由喷嘴挡板式伺服阀 12 控制；系统的油源为变量液压泵 5，泵的最高工作压力由溢流阀 7 调定并通过压力表 11 及其开关 10 显示，泵可以递过二位二通电磁换向阀 6 控制实现卸荷；为了保证伺服阀不被污染，以提高系统的可靠性，泵 5 和伺服阀前设有带发讯器的精过滤器 8；系统的冷却器 3 的冷却液通断由二位二通电磁换向阀 4 控制；蓄能器 9 用于吸收油液脉动，改善系统工作品质。

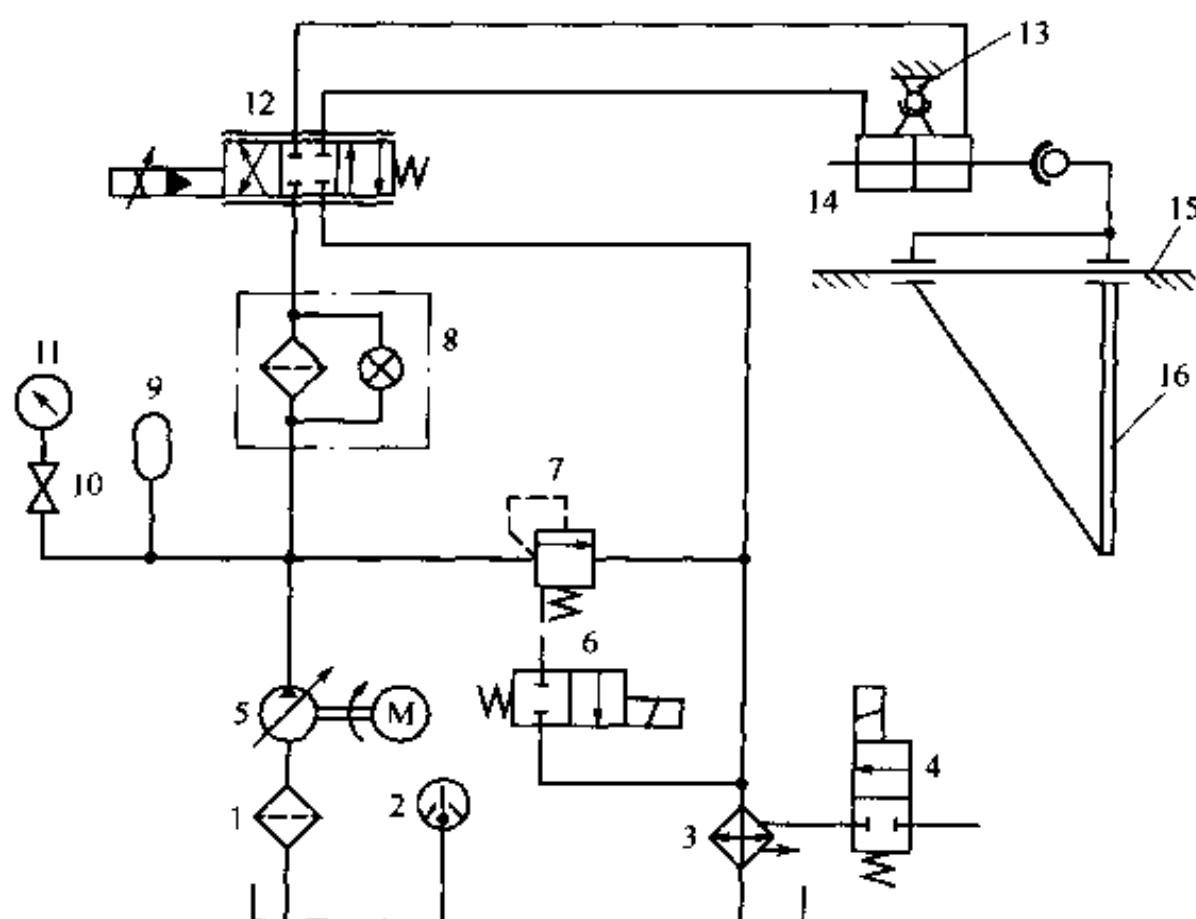


图 11-15 造波机的液压系统原理图

1—粗过滤器；2—温度计；3—冷却器；4、6—二位二通电磁换向阀；5—变量液压泵；  
7—溢流阀；8—精过滤器；9—蓄能器；10—压力表开关；11—压力表；12—喷嘴  
挡板式电液伺服阀；13—支架；14—伺服液压缸；15—导轨；16—推波板

### (3) 技术特点

- 1) 不规则波造波机采用了计算机和电液控制技术，性能先进，稳定可靠。
- 2) 液压系统中具有防污染、冷却和吸收脉动措施，并且采取了在活塞杆上 O 形密封圈和唇形密封圈双道密封措施，保证了高性能伺服缸的密封性能，从而提高了系统的工作可靠性。

### (4) 技术参数（见表 11-2）

表 11-2 不规则波造波机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	造波周期	0.4~4	s	
	水槽尺寸	50×1×1	m	
	最大水深	1.1		
	造波板尺寸	1×1.7		
	最大波高	0.4		
	波列模拟个数	≥100		个
液压系统	伺服 液压缸	最大驱动力	4	kN
		最大速度	1.3	m/s
		冲程	600	mm
		往复运动周期	0.4~4	s
	电液 伺服阀	额定工作压力	21	MPa
		额定流量	100(21MPa 压差时)	L/min
	液压泵	额定压力	21	MPa
		额定流量	100	L/min

注：造波机的推板框采用空心型钢焊成；推板采用铝板制成。

### 11.3.3 快速电磁球阀控制的泵控闭式舵机液压系统

#### (1) 舵机的功能

舵机是水面舰船的设备，其功能是按照操舵者的意图操纵舵，使舵左右偏转或保持中位，以改变或保持船舶的航向。舵机大多采用液压驱动，小型船舶的液压舵机均采用简单的阀控开式液压系统，而大中型船舶的液压舵机大多数采用泵控闭式液压系统。此处介绍的是一种用快速电磁换向球阀控制液压泵输出液流方向的闭式舵机液压系统。

(2) 液压系统及其工作原理

图 11-16 所示为舵机的液压系统原理图。系统的油源为主泵（双向变量液压泵）4，主泵 4 的变量方向和大小由快速电磁球阀 1 控制。定量液压泵 2 为控制油源，通过阀 1 给主泵 4 的变量机构提供控制压力油，以改变泵 4 的排量和供油方向，泵 2 的工作压力由溢流阀 12 设定。定量液压泵 3 是主泵 4 的补油泵，通过单向阀 11 向主泵 4 补油，泵 3 的工作压力由溢流阀 7 设定。泵 2、3、4 用一台电动机 5 驱动。系统的执行器是驱动舵叶 16 的液压缸 C1~C4，由舵机专用五位四通平衡阀控制其运动方向，单向阀 13、14 和溢流阀 10 组成双向安全阀，用以防止液压缸过载。

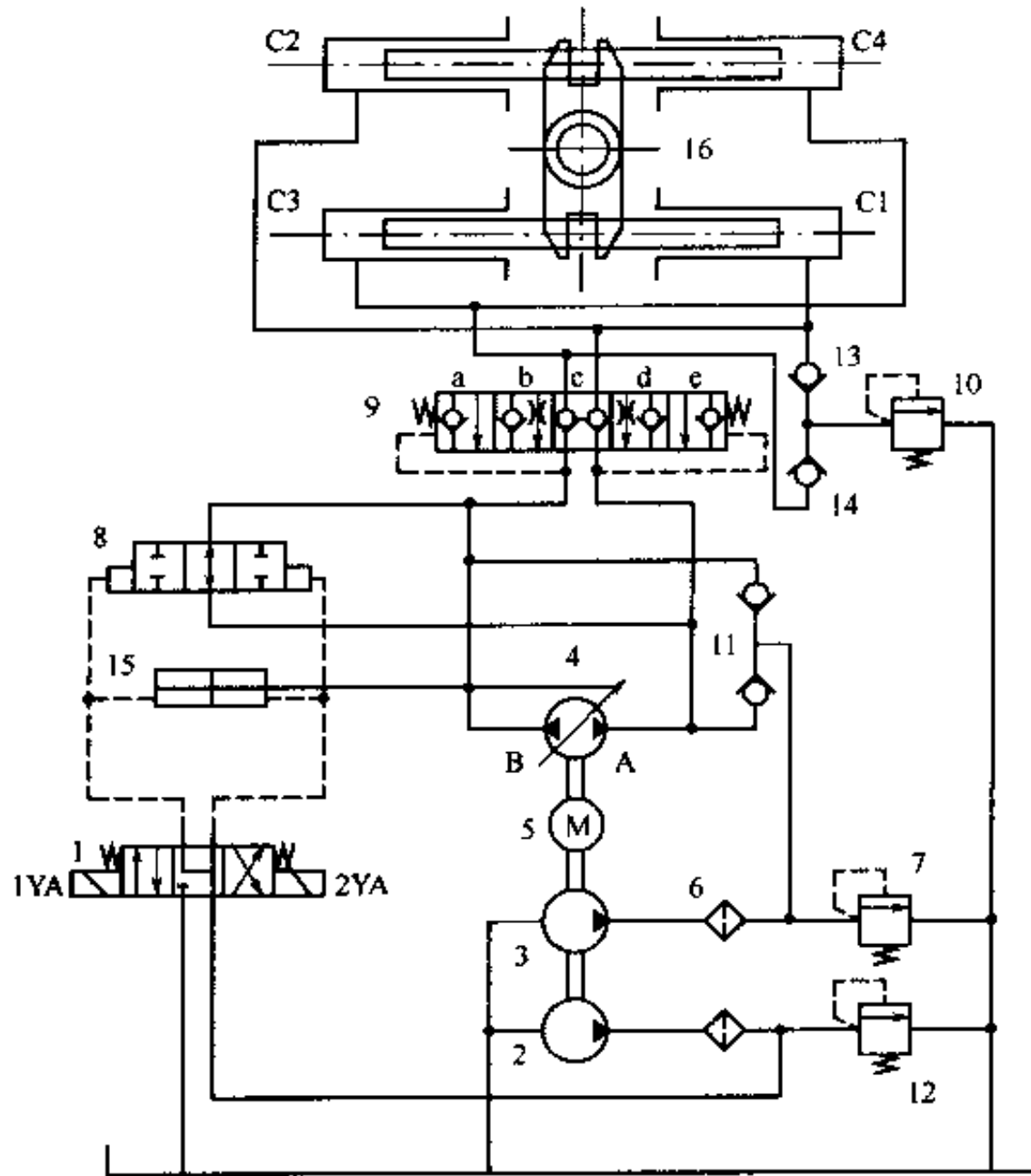


图 11-16 闭式舵机液压系统原理图

- 1—电磁球阀；2—控制油定量液压泵；3—补油定量液压泵；4—双向变量液压泵；5—电动机；
- 6—过滤器；7、10、12—溢流阀；8—三位二通液动换向阀；9—舵机专用五位四通平衡阀；
- 11、13、14—单向阀；15—变量液压缸；16—舵叶；C1~C4—液压缸

系统的工作原理如下。

当电磁铁 1YA 通电使球阀 1 切换至左位时，泵 2 的控制油经阀 1 进入变量缸 15 左腔，使主泵 4 的斜盘获得一倾角，此时主泵 4 的 A 和 B 分别为排油口和吸油口，同时控制油进入液控换向阀 8 的左腔使该阀切换至左位，隔断主泵 4 的排油口 A 和吸油口 B，泵

4 的压力油使阀 9 切换至 e 位, 从而进入缸 C1 和 C2, 带动舵叶 16 顺时针方向转动。反之, 当电磁铁 2YA 通电使球阀 1 切换至右位时, 主泵 4 的斜盘获得一反向倾角, 此时主泵 4 交换吸排油方向, 即 A 和 B 分别为吸油口和排油口, 泵 4 输出反向压力油进入缸 C3 和 C4, 带动舵叶逆时针方向转动。当阀 1 的两块电磁铁均不通电使其复至中位时, 泵 2 的控制油经阀 1 同时进入主泵 4 的变量缸 15 的左右两腔, 使主泵 4 的斜盘无倾角处于零位, 同时, 控制油进入液动换向阀 8 的左右两腔, 使该阀处于中位, 主泵的吸排油口处于短路状态, 主泵 4 无压力油输出, 平衡阀 9 处于 c 位, 锁住液压缸 C1~C4, 舵叶停止在某一位置上。

### (3) 技术特点

1) 液压系统采用双向变量泵供油, 泵的变量方向和大小采用快速电磁球阀控制。

2) 球阀的快速性好 (换向时间仅 10ms), 功耗小 (消耗功率仅 7W), 抗污染能力强 (能在清洁度 NAS11~12 级的液压油中可靠稳定地工作), 位置控制精度高 (冲舵量小于  $0.5^{\circ}$ )。

3) 借助三位二通液动换向阀的中位机能, 实现主泵的吸排油口的短路, 避免了因主泵零位时有油液输出进入液压缸引起的“跑舵”现象。

## 11.3.4 深潜救生艇对接机械手的电液比例伺服控制液压系统

### (1) 主机功能结构

在救援失事潜艇的过程中, 需要深潜救生艇与失事艇对接, 建立一个生命通道, 将失事艇内的人员输送到救生艇内, 完成救援任务。救生艇共有两对对接机械手, 是救生艇的重要执行装置, 具有局部自主功能, 图 11-17 所示为其对接原理图 (仅给出一对机械手)。当深潜救生艇 1 按一定要求停留在失事艇 9 上方后, 通过对称分布的四只液压缸驱动的对接机械手的局部自主控制, 完成机械手与失事艇对接裙 7 初连接、救生艇对接裙 7 与失事艇对接裙自动对中、收紧机构手使两对接裙正确对接等三步对接作业过程, 以解决由于风浪流、失事艇倾斜等因素, 难于直接靠救生艇的动力定位系统实现救生艇与失事艇的对接问题。为了避免因重达 50t 的救生艇的惯性冲击力损坏机械手, 在伸缩臂与手爪之间设有压缩弹簧式缓冲装置 4, 并通过计算机反馈控制手臂液压缸, 减小手爪 5 与甲板间的接触力; 同时采用电液比例伺服系统对机械手进行控制, 使其具有柔顺功能。

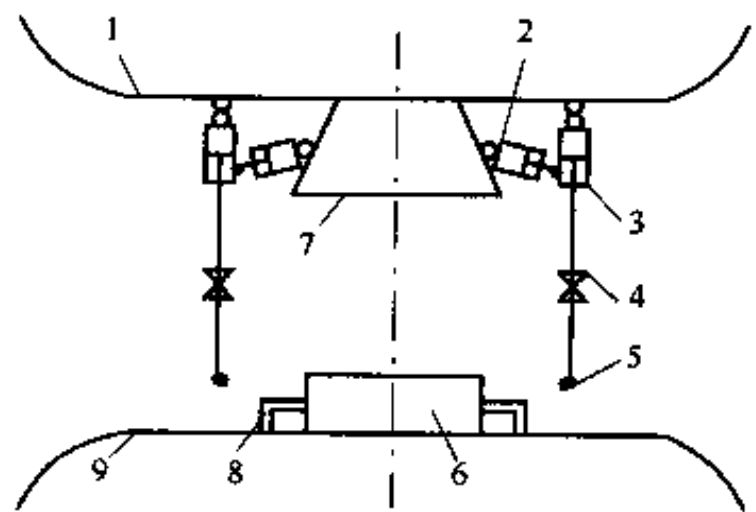


图 11-17 深潜救生艇与失事艇的对接原理图

1—深潜救生艇; 2—摆动臂; 3—伸缩臂;  
4—缓冲装置; 5—手爪; 6—对接裙平台;  
7—对接裙; 8—目标环; 9—失事艇

### (2) 电液比例伺服控制系统及其工作原理

图 11-18 所示为机械手的电液比例伺服控制系统原理图 (图中只画出了一只机械手的控制回路, 其他三只机械手的控制回路与其相同)。系统的执行器为实现对接机械手摆动和伸缩两个自由度的液压缸 10 和液压缸 11 及驱动手爪开合的液压缸 12, 其中摆动和伸缩两个自由度采用具有流量调节功能的电液比例换向阀 5 和 6 实现闭环位置控制, 与二位四通电磁换向阀 8 和 9 结合实现手臂的柔顺控制。手爪缸 12 的运动由电液比例换向阀 7 控制。系统

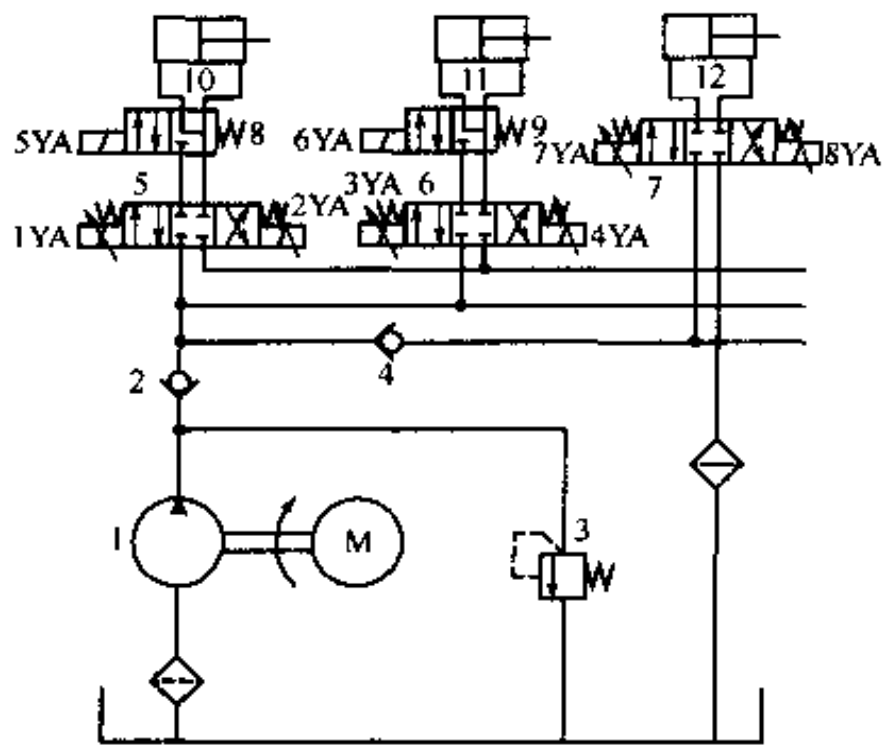


图 11-18 机械手电液比例伺服系统原理图

1—定量液压泵；2、4—单向阀；3—溢流阀；5、6、7—电液比例换向阀；8、9—二位四通电磁换向阀；10—摆动液压缸；11—伸缩液压缸；12—手爪开合液压缸

的油源为定量液压泵 1，其供油压力由溢流阀 3 设定，单向阀 2 用于防止油液向液压泵倒灌，单向阀 4 用于隔离手爪缸 12 与另外两缸的油路，防止动作相互产生干扰。

以伸缩缸 11 为例说明系统的控制原理如下。

当电磁铁 6YA 通电使换向阀 9 切换至左位时，伸缩液压缸便于与比例阀 6 接通，通过阀 6 的比例控制器控制比例电磁铁 3YA 和 4YA 的通电信号规律，可以实现液压缸活塞的位置控制，系统工作在位置伺服状态。当 6YA 断电并且 3YA 和 4YA 之一通电时，液压缸 11 的无杆腔与有杆腔通过换向阀 9 的 Y 型机能连通并接系统的回油，使缸的两腔卸荷，活塞杆可以随负载的运动而自由运动，实现伸缩的柔顺功能。这样既能保证该机械

手与失事艇上的目标环初连接，同时也为其他三只机械手对接创造了条件，又可以缓冲因救生艇运动而带来的惯性力，避免损坏机械手。摆动液压缸回路的控制原理与伸缩缸类同。

通过上述分析，按照机械手初连接、自动对中、正确对接三步智能化作业目标，归纳出的机械手对接过程如下。

- 1) 救生艇定位于失事艇上方，使失事艇的目标环位于机械手的作业空间内。
- 2) 摆动缸伸出至极限位置，使机械手工作半径为最大，然后伸缩臂逐渐伸出，并检测缓冲装置内设限位开关的状态，开关有效后伸缩臂停止运动，进入预备工作状态。
- 3) 打开手爪，保持手爪与失事艇甲板间的接触力并回收摆动缸，直到手爪接触到目标环后，关闭手爪，实现初连接。
- 4) 使初连接后的机械手处于柔顺状态，控制其他机械手实现初连接。
- 5) 四只机械手均完成初连接后，控制摆动缸实现对中。
- 6) 同步收紧机械手的伸缩缸，使救生艇对接裙于失事艇对接裙对接。
- 7) 再次控制四个摆动缸，实现两对接裙正确对接。
- 8) 由压缩泵排空裙内积水，建立救生艇与失事艇之间的生命通道，完成对接作业。

### (3) 技术特点

- 1) 通过电液比例换向阀与电磁换向阀的配合控制，实现机械手的柔顺功能。
- 2) 通过设置缓冲装置和电液比例伺服控制，使深潜救生艇的对接机械手不致因惯性冲击的因素而损坏，并提高了对接的成功率。

## 11.3.5 水下机器人液压泵站

### (1) 水下机器人的功能结构

水下机器人是海洋资源开发、深潜打捞和援潜救生的作业设备。随着海洋技术的不断发展，液压技术在水下机器人中逐步得到推广使用。特别是作业型无人遥控潜器 ROV，一般均采用电液控制。由于其特定的工作环境（如深海、高压、海水腐蚀等）、严格的条件限制

(如重量、体积等)、可靠的安全保护措施(如防渗水报警等),对液压泵站有着许多不同于陆用液压泵站的更新、更高的要求。目前,世界各国已经建成了 500 多艘 ROV,其液压泵站各有独到之处。

### (2) 液压泵站的典型结构及比较

从目前国外已有潜器来看,其泵站结构一般有开式和闭式两种。开式布置是指液压泵直接暴露于海水中,通过管路和油箱、阀块等相连,结构比较宽松。闭式布置是指液压泵设于泵箱内,各种溢流阀、传感器等也设于泵箱中,结构较紧凑。

图 11-19 所示为典型的闭式泵站原理图,该液压泵站称为 RHPU。泵箱 6 内设置溢流阀 8,各类传感器(高、低压传感器,温度传感器及水泄漏传感器等) 5。泵箱兼作油箱。此种泵站一般采用德国 REXROTH 公司 71 系列恒压式变量泵,系统工作压力 21MPa,流量小于 80L/min,额定功率小于 40kW。特制的电动机,采用 3000VAC 供电,以减小脐带电缆直径。

图 11-20 所示为典型的开式泵站原理图,该泵站称为 HPU。液压泵 3 通过联轴器和电动机相连,液压泵直接浸泡在海水中使用,通过管路和阀块、油箱等相连。系统工作压力 21 MPa,流量小于 145L/min,功率小于 50kW。

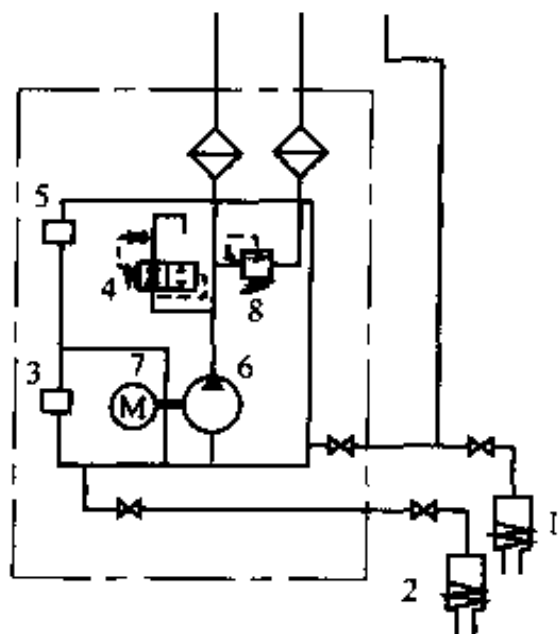


图 11-19 水下机器人闭式泵站示意图

- 1—泵箱补偿器; 2—电机箱补偿器; 3—电机箱水泄漏报警传感器; 4—软启动阀; 5—泵箱各传感器;  
6—泵箱; 7—电机箱; 8—溢流阀

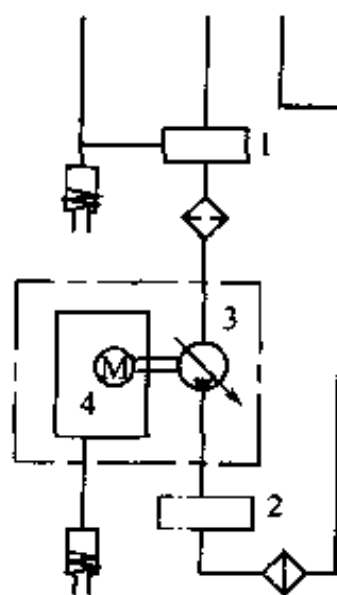


图 11-20 水下机器人开式泵站示意图

- 1—油箱; 2—阀块(溢流阀、软启动阀等); 3—液压泵; 4—电机箱

一般地,功率小于 40kW 的小功率泵站多采用封闭式结构,安装简单。功率大于或等于 40kW 的大功率泵站,由于液压泵和电机体积都较大,考虑到泵发热较快,若采用封闭式结构,泵箱较大,一般潜器上很少有这样大空间布置泵站,故多采用开式结构,将油箱、阀块等另外布置,以减小泵站体积。同时,泵直接浸泡于海水中使用,散热迅速,避免了温升过高的问题。当然,泵表面要特殊处理以防海水腐蚀。两种结构优劣比较见表 11-3。当功率大于 50kW 时,电机体积很大,为便于安装,多设计为两个泵站。作业时,功率较小,可开一个泵站;抗流移位时,功率较大,可以开两个泵站。同时,两个泵站互为备用,一个泵站出现故障时,可以用另外一个泵站将潜器回收,提高系统工作可靠性。



表 11-3 闭式和开式泵站的结构优势比较

泵站型式	阀板	管路	结构	体积	加工	安装	检修	适用范围
闭式	少	简单	复杂	大	复杂	简单	复杂	<40kW
开式	多	复杂	简单	小	简单	复杂	简单	≥40kW

### (3) 安全保护措施

为了确保泵站水下长时间正常工作,泵站内要设置多种安全保护措施(见表 11-4)。

表 11-4 水下机器人液压泵站的安全保护措施

安全保护措施	安装和功能
高压传感器	接在液压泵出口处。其电信号通过脐带电缆传到水面控制室,以便操作员随时监控泵站工作情况
低压传感器	和泵箱(油箱)相连。通过压力补偿作用,使泵箱内外压力基本一致,在 ROV 上还设置了深度传感器,显示 ROV 下潜深度。深度传感器显示的压力值应和低压传感器的显示值一致,以免高压回路泄漏过多,造成泵箱吸空,发生泵箱被海水压破的恶性事故。为确保泵箱正常工作,在补偿器内设置报警点,高压回路少量泄漏时,补偿器立刻补油到泵箱。当补油到一定程度,补偿器报警,泵站立刻停止工作,ROV 上浮至水面。三个报警器互相配合,确保潜器安全工作
水泄漏报警传感器	安装在电机箱和泵箱中,防止泵站中渗入海水,影响电机绝缘性能等
油传感器	安装在泵箱处,用于显示泵箱温度,当温度超过 55℃ 时,应立即卸载或停止工作

注:上述传感器,其电信号统一由水密接插件引出,通过脐带电缆传到水面控制室集中显控。

### (4) 制造材料和工作介质

为减轻泵站重量,同时提高耐海水腐蚀性能,泵站的电机箱、泵箱(油箱)等一般采用具有良好的抗海水腐蚀性能和焊接加工性能铝合金材料如 LF4;基座、轴承座、端盖等受力部件一般采用强度较高、热塑性好的材料如 LD5 和 LD6,以便复杂的锻件加工,经阳极氧化后,具有好的抗海水腐蚀性。

从目前潜器来看,泵站的工作介质多采用 SHELLTELLLB 37 号液压油,该油在世界各地被广泛使用,购买方便。该油具有稳定性好、摩擦力低、良好的分水性和抗泡沫性、空气溶解度极低等优点。该油击穿交流电压高达 2 万伏,故电机可以用此油作绝缘油。

### (5) 温升

目前,ROV 作业深度一般在 100~600m 间,大部分作业水深为 100m,平均水温 15℃ 左右。而 ROV 本身复杂的管路系统,浸泡在海水中使用,就相当于一个很好的散热器。故 ROV 液压系统均不设散热器就可以正常工作。

### (6) 体积与重量

ROV 泵站设计是整个 ROV 动力心脏所在,目前,其 40~50kW 左右的泵站一般体积小于  $\phi 400\text{mm} \times 1500\text{mm}$ ,质量为 350kg 左右。这对于陆用泵站而言是很难做到的。

## 11.3.6 船舰模拟平台电液比例闭环控制系统

### (1) 主机功能结构

模拟船舰平台主要用于在室内模拟船舰在强烈风浪下的海上环境,实验人员坐在平台上的模拟船舱内,感受模拟风浪的作用,以此来研究人的身体反应及进行抗眩晕研究。该平台还可以作为游戏机使用,使人享受到失重的动感刺激。

该平台为三个自由度的框架式结构。由底座、密封舱(上平台)、液压缸组及两个特殊的支架构成。密封舱由两个特殊的支架及三个电液比例控制的液压缸支撑。液压缸下端耳环

与底座铰链连接，上端活塞杆耳环与上平台采用万向节连接。上平台受到特殊支架的限制，可以在上下、俯仰及横摇三个自由度任意运动，或它们之间任意组合运动。在运动中附带有一定的前后平移运动。平台的运动模式、频率及振幅任意可调，特别是应能产生近似自由下落的效果。平台上升时按正弦波曲线运动，下降时以重力加速度或接近重力加速度的加速度向下运动，使被试验的人员能产生失重的感觉，各种波浪模式转换时平滑、迅速，没有机械振动的感觉。

### (2) 液压系统及其工作原理

平台的液压系统原理图如图 11-21 所示。系统的油源为定量液压泵 1，可同时向三个液压缸 9 供油，其供油压力由先导式溢流阀 2 设定并通过压力表 4 显示，与阀 2 遥控口相连的二位二通电磁换向阀 3 用于控制液压泵 1 的升压与卸荷，单向阀 5 用于防止压力油倒灌。驱动平台实现三个自由度运动的三个液压缸 9 的油路结构完全相同，各复合阀 6 内的减压阀分别用于设定各液压缸的工作压力，以使各缸压力互不影响；利用复合阀 4 中减压阀和电液比例方向阀的特殊通道构成对主节流口的负载压力补偿，从而使 3 个液压缸的运动速度与负载无关，而仅受控制电流的影响，以实现三个液压缸的动作同步（同时升降或分别按特定的曲线运动）。工作时，只要给比例控制器输入预想的控制电流波形，并用它来控制比例阀，平台就能输出相应的波形。两组溢流阀 7 与单向阀 8 构成交叉阀组，用于防止液压缸的双向冲击和补油。位移传感器 10 用于对液压缸的位置检测，检测到的数据用来显示并反馈至计算机实现系统的闭环控制。冷却器 11 用于系统回油的冷却。

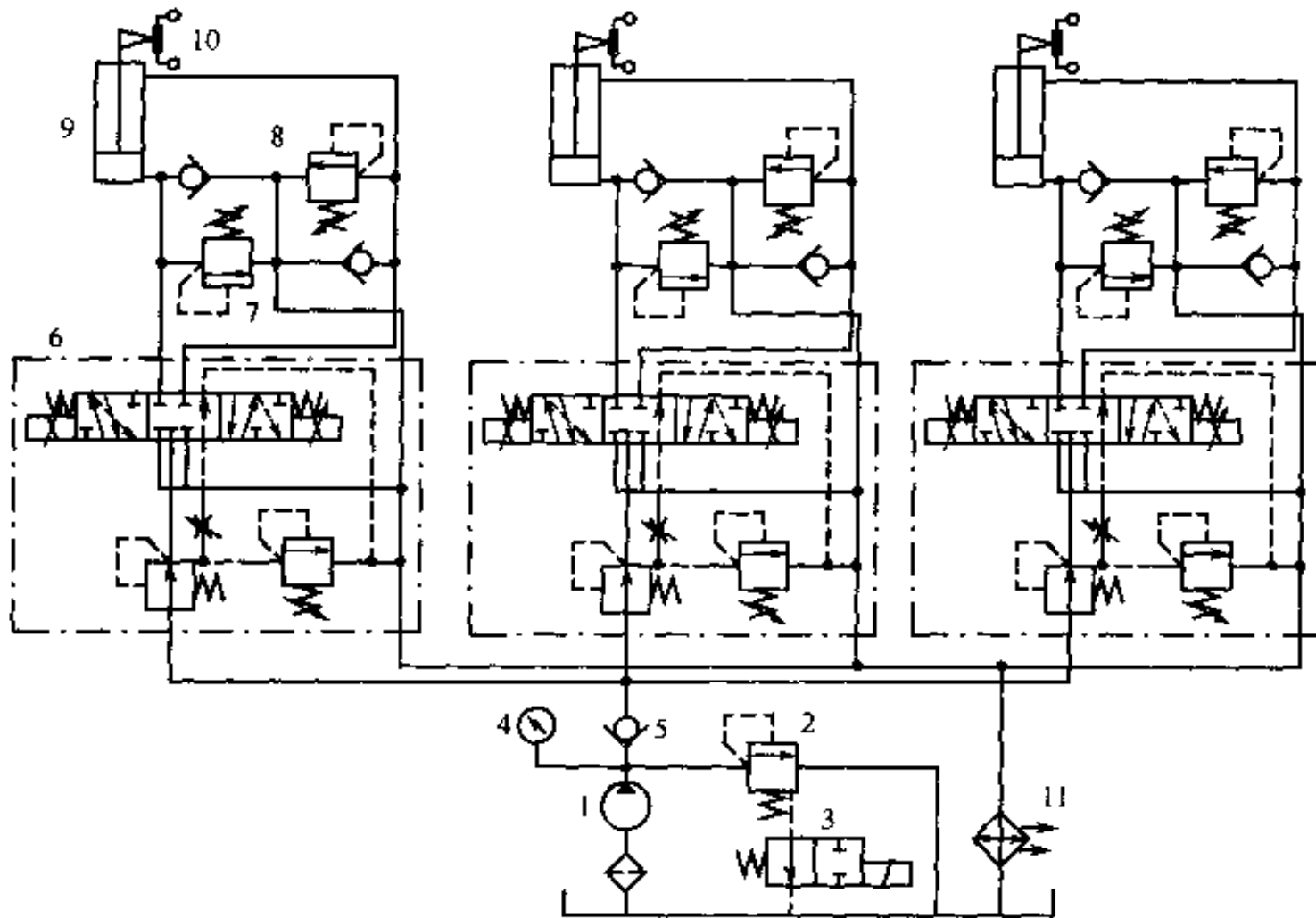


图 11-21 船舰模拟平台液压系统原理图

1—定量液压泵；2、7—溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—压力表；5、8—单向阀；  
6—电液比例复合阀；9—液压缸；10—位移传感器；11—冷却器

### (3) 电控系统及控制原理

平台的电气控制以计算机为核心，其硬件框图如图 11-22 所示。其中 PCL711B 及 PCL726 分别是多功能采样卡和六路 D/A（模/数）转换卡。三路 D/A 用来控制电动机的启

动和停止以及系统的升压和降压。三路 A/D (数/模) 用于液压缸的位移采样, 采样后的数据送入计算机, 与理想波形比较, 得出偏差信号。经 PID 数字调节器运算后, 得出实际控制信号, 再利用 PCL726 的 3 路 D/A, 经比例放大器放大后控制比例阀, 输出实际要求的位移。

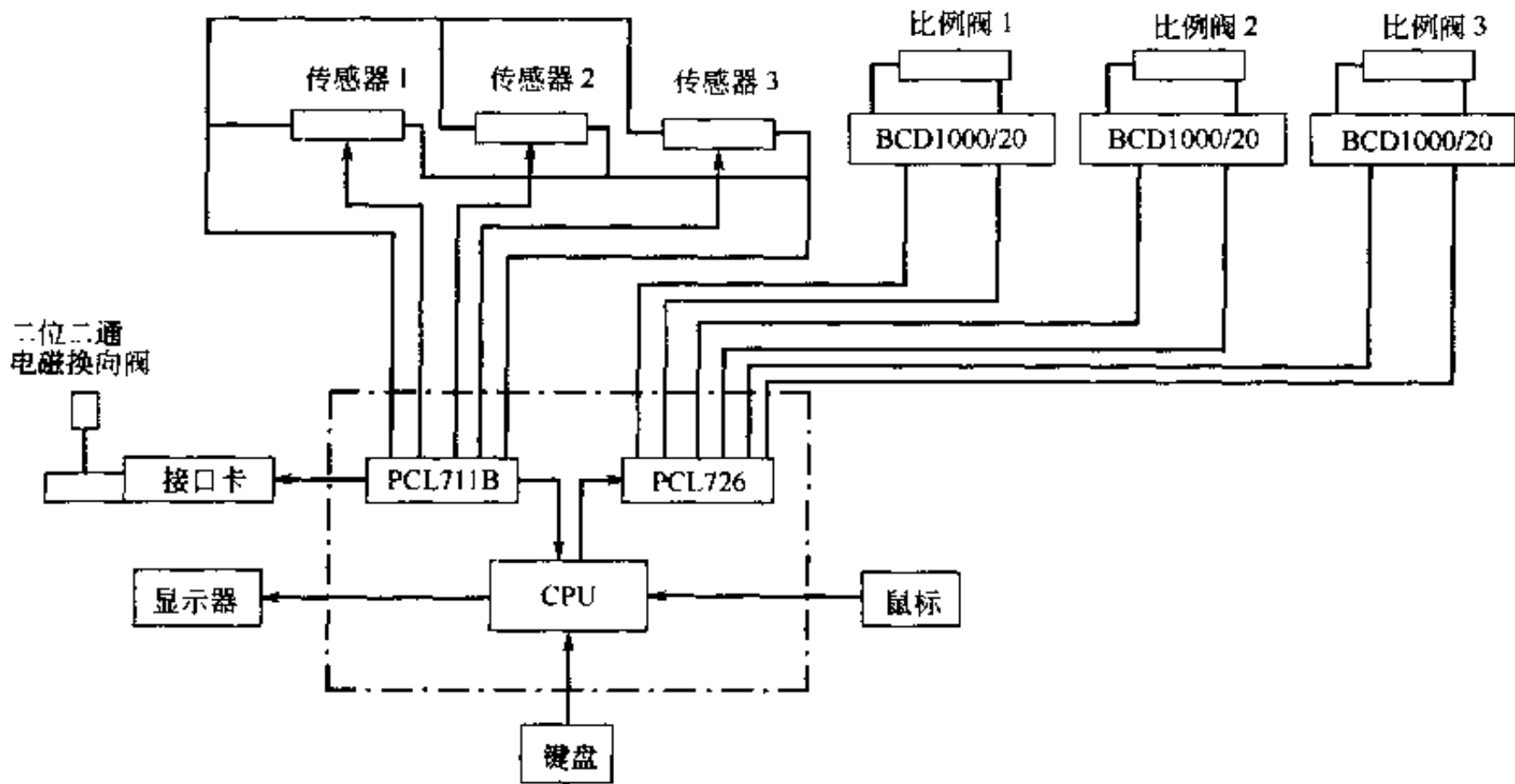


图 11-22 模拟平台的电控系统硬件框图

平台的控制软件用 VB6.0 编制, 该软件可以实时显示所有运行参数状态, 使得调试和运行参数一目了然。例如三个液压缸实际位置的数字实时显示, 液压缸及平台的实际位置势态的动画实时显示, 理论波形及实际波形的实时显示等。在软件中还利用编程实现了数字波形发生器、减少死区的数字快跳调节器、数字 PID 调节器、数字中值滤波器、数字加权滤波器、数字限幅滤波器。以节省硬件, 便于参数整定。软件工作过程为: 启动→(按下启动按钮后, 上平台首先平移到中间位置。当 3 个液压缸都到达中点后, 进入波形控制的运行程序)→运行(平台按预定波形运动)→停止。按下停止按钮后, 根据平台的实际高度位置, 成比例调节比例阀开度, 使三个液压缸下降到底部, 平台快速平稳回到最低位置。

(4) 技术特点

1) 该平台液压系统采用计算机电液比例闭环控制技术, 可以实现平台三个自由度的任意运动或组合运动。

2) 液压系统中的三个执行器采用同样的油路结构, 通过电液比例复合阀对液压缸进行压力、运动方向和速度的综合控制, 通过改变比例阀的输入电流波形, 即可改变和调节液压缸的运动规律并得到要求的平台波形。

3) 通过软件编程减小电液比例阀的电流死区 (电液比例阀的最大额定工作电流为 800mA, 死区电流到 200~250 mA)。

4) 对系统控制调节性能的影响, 节省了硬件并易于进行参数整定。

(5) 技术参数 (见表 11-5)

表 11-5 模拟平台的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
静态负载(含自重)	约 1.8	t
振幅范围	0~1	m
频率范围	0~2	Hz

### 11.3.7 滚装船压载阀组电液遥控系统

#### (1) 滚装船的功能结构

滚装船是一种按照汽车、火车渡船及登陆舰的设计思路而发展起来的一种新型船舶，汽车、火车均可拖进或自行驶进，呈水平装卸，常用于沿海装卸繁忙的短程航线。滚装船具有多层甲板，主甲板具有纵向无横舱壁的甲板间舱，甲板间舱因运输车辆等高度较大，船体水上部分较高，因而全船重心高，受风面积大。船上燃油、货物的不均衡性也常常影响船舶稳定。不仅影响船舶的使用，还可能导致发生翻船事故。为了增加船舶稳定性，保证船舶安全航行，在船舶上设置了压载水舱，从舷外将海水吸入或排出压载舱对船舶进行压载及纵、横倾调整，以保证船舶在行驶中具有一定的吃水深度及倾度。压载水常分布在双层底舱、首尖舱、层尖舱、侧边舱、深水舱及专门分割的压载水舱。压载水的吸入或排出、压载水舱之间水量的调节都是靠压载水泵及压载控制阀进行控制。为了对压载舱压载水控制阀的启、闭进行及时、有效、快捷的控制，本滚装船的压载阀组（8组）采用了电液遥控系统，利用油压对压载阀组进行远距离集中、适时控制。

#### (2) 压载阀组电液遥控系统及其工作原理

压载阀组电液遥控系统原理图如图 11-23 所示，它由液压动力泵站、浸液式液动蝶阀和液压控制柜等三个主要部分组成，分述如下。

1) 液压动力泵站 泵站有两台恒压控制轴向柱塞式变量泵 1，通常两台液压泵互为备

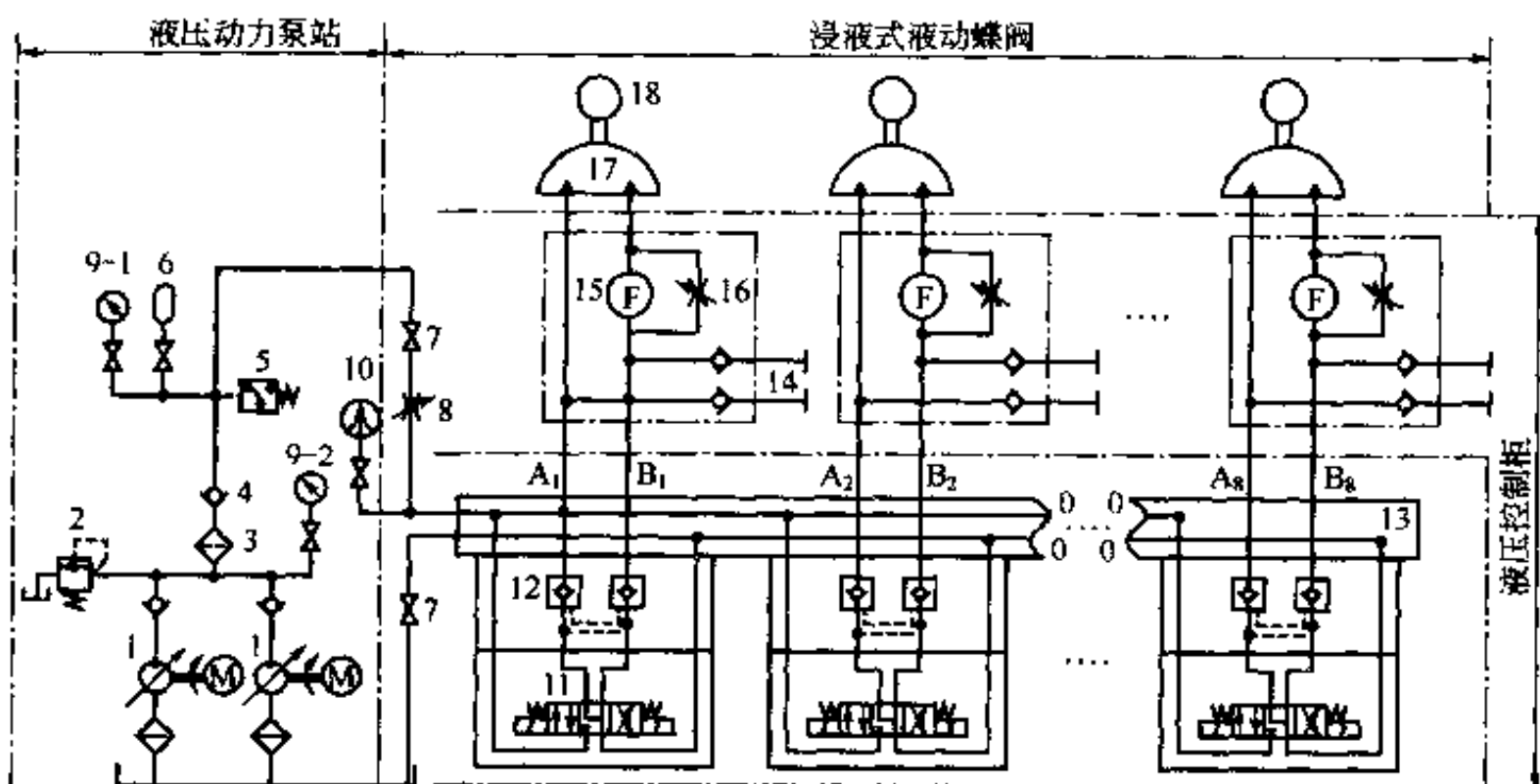


图 11-23 压载阀组电液遥控系统原理图

- 1—恒压变量泵；2—溢流阀；3—过滤器；4—单向阀；5—压力继电器；6—蓄能器；7—截止球阀；8—节流阀；  
 9-1、9-2—压力表及其开关；10—电接点压力表；11—叠加式三位四通电磁换向阀；12—叠加式液压锁；  
 13—连接油路块；14—快换接头；15—阀位指示器；16—阀位指示器旁通节流针阀；  
 17—液压驱动头；18—压载阀（蝶阀）

用，在较多液压执行器需同时工作时，也可两台泵同时供油，以加快压载阀门的启、闭速度。该动力站为流量适应型动力源，系统中的溢流阀 2 作安全阀用。动力站中的气囊式蓄能器 6 与单向阀 4、压力继电器 5 构成保压回路，用以补充系统的内泄漏，也可在液压泵发生故障时作应急油源。液压泵出口处装有过滤精度为  $20\mu\text{m}$  的过滤器，当过滤器前后压差大于  $0.6\text{MPa}$  时，其附带旁通阀开启保证系统正常运行，附带的电气堵塞指示器同时在电气控制柜上声光报警。

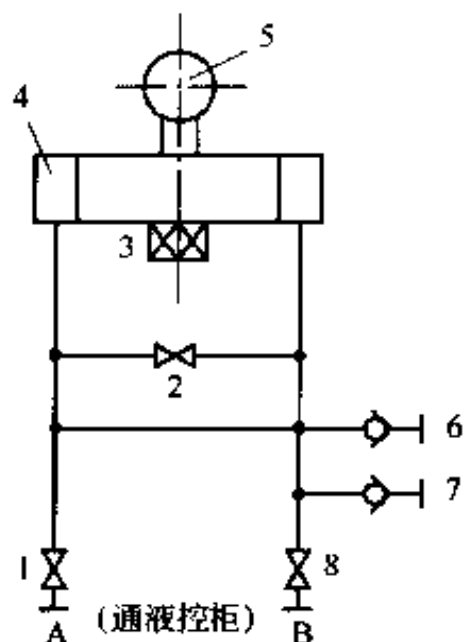


图 11-24 浸液式液动蝶阀  
1—截止阀 A；2—旁通截止  
阀；3—手动矩形短轴；4—  
液压驱动头；5—蝶阀；6—  
应急接口 A（接手动应急  
泵）；7—应急接口 B；8—  
截止阀 B

2) 浸液式液动蝶阀 该系统的压载阀 18 均采用 A 型对夹式蝶阀，每个压载阀均配置有浸液式液压驱动头（齿条柱塞-齿轮式液压缸）17，利用油压驱动液压缸柱塞作往复运动，齿轮齿条机构将柱塞的往复运动转变为齿轮的回转运动，从而控制压载蝶阀的启、闭。在液压驱动头上还设有径向旁通截止阀（见图 11-24），供手动启、闭蝶阀时用。由于驱动头内无电气触点（微型开关），因而适用于浸入液体的场所。蝶阀的启、闭位置由液压控制柜内的阀位指示器指示。

3) 液压控制柜 液压控制柜主要包括截止球阀、节流阀、电接点压力表、叠加式电磁换向阀、叠加式液压锁、阀位指示器、连接油路块（底板）、快换接头及电气接线盒等。该液压控制柜设置于船上控制室内（油路块、阀位指示器等安装在柜的正面，油路块间的连接管路全部置于柜后），主要对动力源通往浸液式液动蝶阀液压驱动头的液压油实施流量、方向及压力控制，并通过阀位指示器显示蝶阀的开、闭位置。调整节流阀 8 的开度可调整输入到液压驱动头的流量，从而调整蝶阀开、闭时间，该节流阀与变量泵构成容积-节流调速回路。通过三位四通电磁换向阀 11 改变

进入液压驱动头液压油流动的方向，控制蝶阀的开、闭。当阀 11 两端电磁铁均断电阀心处在中位时，液压锁可将液压驱动头两端油路无泄漏封闭，以锁住蝶阀。Y 型中位机能的三位四通电磁换向阀达到可靠锁紧蝶阀的目的。

压载舱控制蝶阀的开、闭位置可由相应的阀位指示器及电接触压力表双重指示（或显示）。阀位指示器是一种容积式计量元件（计量液压马达）。它将流经阀位指示器计量马达流体的体积变换（通过内置减速装置）成阀位指示器表盘指针的转角，从而显示蝶阀的开、闭位置。在阀位指示器上还装有两个微动开关，当蝶阀处在全开（或全闭）位置时，阀位指示器上的摆动杆压合相应的微动开关，使电气控制柜上的蝶阀“全开”（或“全闭”）指示灯点亮。在阀位指示器内还设有旁通节流针阀，通过针阀实现阀位指针调零（改变进入计量马达液体的体积）。

电接点压力表设置在节流阀的出口油路上。在蝶阀处在终端极限位置停止转动时，电接点压力表示值与系统设定压力相同，当蝶阀处在启闭过程中，压力表反映的是蝶阀在开、闭过程中的工作压力。通过设定电接触压力表控制指针（上、下极限压力调整指针），根据电控柜上相应指示灯可显示蝶阀开、闭位置。

### (3) 技术特点

1) 系统的油源——恒压变量泵是一种流量适应（匹配）型动力源，供给系统的流量能自动与负载需求的流量相适应，没有过剩的流量，因而流量损失减到最低，提高了系统效率，达到节能的目的，也极大地减少了系统的发热（由于不存在溢流功率损失），改善了系



统的运行条件。当液压驱动头停止工作时，泵所排出的流量正好等于泵在设定压力下的泄漏量，泵处在流量卸载状态。

2) 采用叠加式电磁换向阀和液压锁，将两者叠加起来组成叠加式液压组件，每组叠加组件控制一个浸液式液动蝶阀，将几个垂直叠加组件并排安装在专门设计的多联油路块（连接底板）上，组成遥控控制阀组。提高了系统的标准化、通用化及集成化程度，使液压装置的结构布置紧凑、管路连接简单。

3) 为保证浸液式液动蝶阀开、闭的可靠性，在系统中采用了备用泵组，设置了作为应急动力源的蓄能器，配置了应急手动泵，并在液压控制柜专用油路块上装置了手动泵快换接头。当系统因故障而不能正常工作时，可将手动泵与液控柜相应蝶阀接头对接（见图 11-24），并同时关闭液控柜主进、回油路两只截止球阀，即可利用手动应急泵对蝶阀进行开操作。还可用扳手手动开、闭蝶阀，此时需先将装置在液压驱动头上的一只径向截止阀打开，然后将扳手套在驱动头的手动矩形短轴上，便可用扳手手动开启或关闭蝶阀。

系统对蝶阀的开、闭位置采用了双重监测与指示，除采用阀位指示器来监测、指示蝶阀开、闭位置外，还装置了电接触压力表，利用系统工作压力的变化监测蝶阀的工作过程及开、闭状态。由于采用了双重监测方式，使对蝶阀工作状态的控制更加正确、可靠。

4) 系统的电气部分采用了 PLC 控制技术，从而降低了造价，提高了动态响应速度、控制精度及工作安全可靠。模块化的软件可以极方便地实现各蝶阀开、闭程序控制，从而及时、有效、快捷地控制压载舱压载水的吸入、排出及各压载水舱间的水量调节，保证了滚装船舶稳定性及航行安全。

5) 该电液遥控系统全套设备国产化率 100%；除用于滚装船压载阀组控制外，还可用于底舱、油船输油系统及石油、化工、供水、钻井平台、矿山等需要对管道阀门进行远距离操纵的场所。

#### (4) 技术参数

安全阀设定压力为 7MPa；液压驱动头额定工作压力 6.3MPa；蝶阀开、闭过程中的工作压力约 3MPa；液压泵出口过滤器的过滤精度  $20\mu\text{m}$ 。

### 11.3.8 电液比例控制的波浪补偿起重机系统

#### (1) 主机功能结构

波浪补偿起重机是远洋运输补给船首选的起重设备。为了克服在海上补给船与接收舰船补给货物时，波浪运动引起两船相对横移和升沉，对吊装作业造成的不利影响，波浪补偿起重机采用了电液比例控制技术。波浪补偿起重机的结构示意图如图 11-25 所示，通过臂架回转和折臂补偿两船横移，通过安装在臂架上的测量索编码器 1 检测两船相对升沉，补偿缸 3 驱动补偿绞车使货物与两船相对升沉随动，自动补偿因升沉引起的货物与接收舰船甲板间距离变化，避免货物与甲板突然相撞而造成损失。

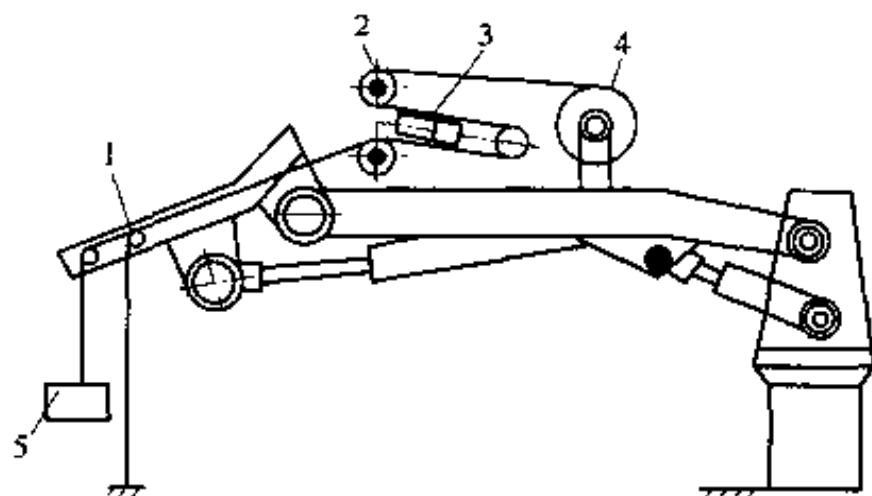


图 11-25 波浪补偿起重机结构示意图

1—测量索编码器；2—补偿绞车；3—补偿缸；  
4—起货绞车；5—重物

#### (2) 波浪补偿起重机的液压系统及原理



波浪补偿起重机的液压系统原理图如图 11-26 所示。系统的液压执行器为主臂液压缸 30、副臂液压缸 31、补偿液压缸 27、回转液压马达 28、起升绞车液压马达 29，分别由 5 个电液比例阀 7~11 控制它们的运动方向和速度，其中补偿缸采用闭环控制。系统的油源为低压大流量泵 1 和高压小流量泵 2，各泵吸油口设有过滤精度为  $8\mu\text{m}$  的精过滤器 3 和 4，液压泵 1 和 2 的供油压力分别由溢流阀 5 和 6 调定。泵 1 在波浪补偿未启动时为间歇工作制，工作时向回转回路及蓄能器 32 供油，蓄能器压力达到上限后停泵，回转回路由蓄能器供油，蓄能器压力低于下限时泵 1 启动供油，波浪补偿启动后自动转换为连续工作制。

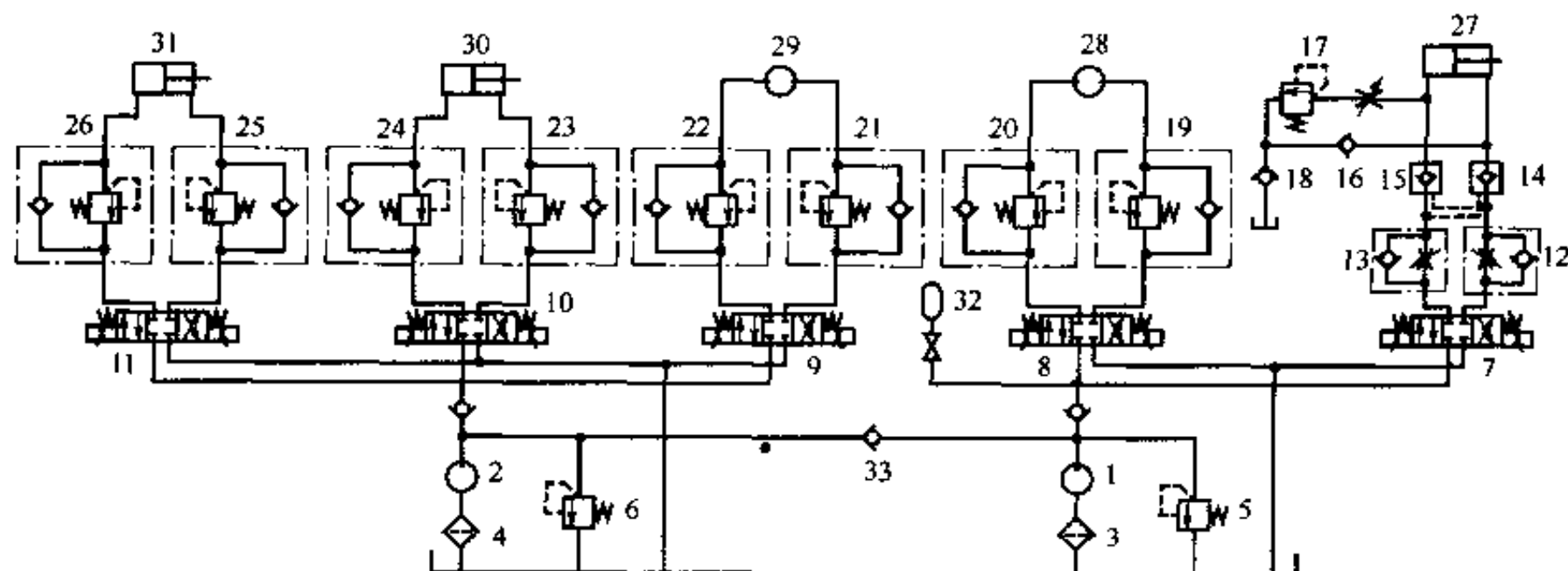


图 11-26 波浪补偿起重机液压系统原理图

- 1、2—液压泵；3、4—过滤器；5、6—溢流阀；7~11—电液比例阀；12、13—节流阀；14、15—液控单向阀；  
16、18、33—单向阀；17—溢流阀；19~26—平衡阀；27—补偿液压缸；28—回转液压马达；  
29—起升绞车液压马达；30—主臂液压缸；31—副臂液压缸；32—蓄能器

主臂缸 30、副臂缸 31 和起货绞车液压马达 29 控制回路分别由各回路的电液比例阀和平衡阀控制液压缸及液压马达的方向和流量。为了减少负载变化对控制精度的影响，上述 3 个回路电液比例阀控制阀电压的增益及斜率采用软件进行均衡和调节，控制器检测起吊重量及操作手柄的方向、角度和变化速度，对比例阀电压控制信号的幅值、斜率限幅，以避免系统冲击和机械振动，根据起吊重量调节系统增益，并使起货、副臂及主臂电液比例阀的增益成线性，减少负载变化的影响。

回转液压马达 28 和补偿缸 27 回路分别由各回路的电液比例阀控制其运动方向和速度。操作杆左右摆动时，回转电液比例阀 8 经平衡阀 19 或 20 驱动回转液压马达 28，电平控制曲线呈马鞍形，由泵 1 直接供油或蓄能器 32 供油。高压回路的蓄能器 32 有两个作用，波浪补偿未启动时，停泵后由蓄能器保压；波浪补偿启动时，用于减小系统冲击，提高响应速度。波浪补偿电液比例阀为闭环控制，当货物到达卸货区域上方时，启动波浪补偿，货物降落到甲板后，关闭波浪补偿。

### (3) 波浪补偿闭环控制

波浪补偿闭环控制系统要自动补偿由于升沉和横摇引起的货物与接收舰甲板的垂直方向位移变化，在臂架顶端安装有恒张力测量索，测量索带动旋转编码器测量两船甲板垂直方向位移变化作为系统输入，补偿液压缸输出位移脉冲作为系统反馈，控制器为可编程序控制器 PLC，对输入和反馈脉冲计数并计算偏差输出  $\pm 10\text{V}$  模拟信号控制电液比例阀，控制原理方框图如图 11-27 所示。

1) 位置控制 位置控制包括偏差控制和补偿缸行程控制。波浪补偿过程是船体相对垂

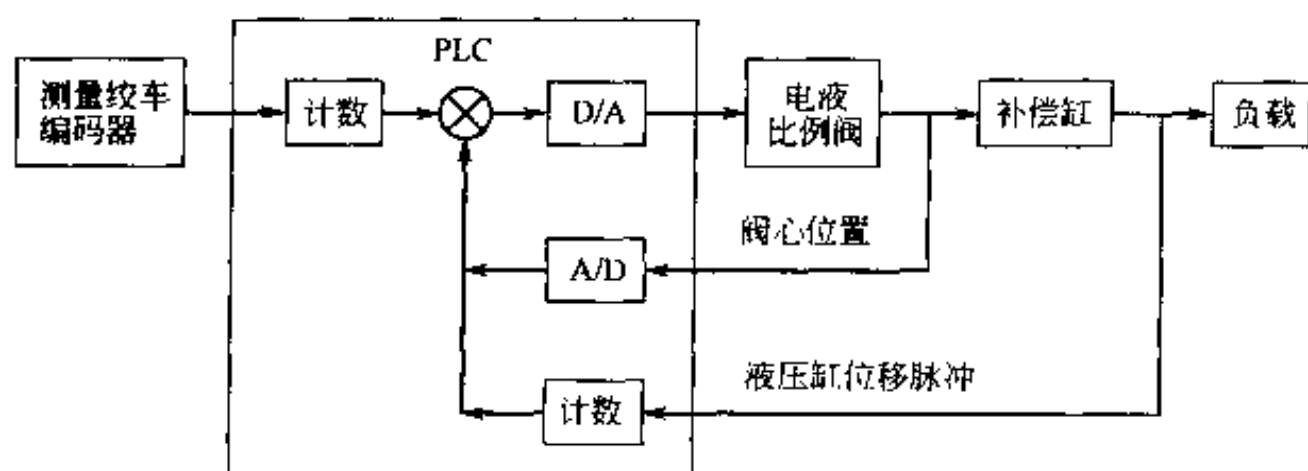


图 11-27 控制原理方框图

直方向位移与液压缸位移的偏差控制过程。波液补偿启动后，PLC 检测波谷位置，当船体从波谷位置上升时，控制补偿缸从原点伸出，货物被提升，其位移、速度与船体上升的位移、速度相同；船体从波峰下降时，补偿缸回缩，货物下降，其位移、速度仍与船体下降的位移、速度相同。当补偿缸活塞杆到达行程终点时，转入液压缸行程控制，使活塞杆以一定斜率减速，避免与缸体相撞引起臂架机械振动。

2) 力控制与过载保护 在补偿过程中对液压缸移动的线速度和加速度限值，减小货物加速提升或下降过程中作用在臂架上的附加力矩。当补给船船体下沉，同时货物被加速提升，而且船体升沉加速度值过大时，补偿缸无杆腔受重力加速度作用压力升高，液压缸无杆腔的油液一部分经图 11-26 中的节流阀、溢流阀 17、单向阀 18 回油箱，另一部分油液经过单向阀 16 补充液压缸的有杆腔，防止其有杆腔吸空，并对系统过载保护。

3) 零漂及死区控制 控制补偿缸的电液比例阀具有零开口调节曲线和先导级、主级两级反馈，位置控制精确，并有较高的响应特性，避免主阀心在死区位置振荡。在静态时，控制器输出小的偏差信号，并以阀心位移和液压缸位移作为反馈，防止泄漏造成液压缸漂移。

#### (4) 技术特点

1) 与伺服阀组成的系统相比，电液比例阀可以连续地对液压系统的方向、流量进行调节和控制，价格便宜、抗污染能力强，而采用闭环控制能够改善其动态和静态品质，使船用起重机中具有较好的技术经济性能。

2) 系统采用高低压双泵加蓄能器油源，有利于能量的合理分配与使用。

### 11.3.9 水下钻孔机液压系统

#### (1) 主机功能结构

水下钻孔机是对水下船体、船甲板及其他设备表面钢板进行钻孔作业的装置，通过更换不同规格的刀具可在厚度为 30mm 的钢板上钻出直径  $\phi 10 \sim 50\text{mm}$ 、最大深度 40mm 的通孔。其工作部件为花键钻杆驱动的钻头，钻头的旋转切削和进给运动分别采用液压马达和液压缸驱动，钻削过程采用可编程序控制器 (PLC) 控制。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 11-28 所示为水下钻孔机实验样机的一种液压系统原理图。系统的油源为定量液压泵 (齿轮泵) 1，泵的供油压力由溢流阀 2 设定。系统的执行器为通过齿轮减速机构 (小齿轮 15、大齿轮 16) 驱动花键钻杆 17 及钻头的旋转切削的单向定量液压马达 5 和实现钻削进给的液压缸 3。液压缸的运动方向由二位四通电磁换向阀 12 控制。液压马达的旋转由节流阀 7 进行回油节流调速；液压缸的工作压力由减压阀 8 设定，进给由调速阀 13 进行进油节流调

速。通过二位三通电磁换向阀 4 和二位四通电磁换向阀 12 的工作位置切换组合，系统有串并联主从三种油路结构：①串联主油路为液压泵 1→二位三通电磁换向阀 4 上位→液压马达 5→单向阀 6→节流阀 7→油箱 10 构成的刀具旋转切削运动回路；②串联从油路为液压马达 5 出口→单向阀 6→减压阀 8→单向阀 9→二位四通电磁换向阀 12 上位→液压缸 3 的上腔的进油路及液压缸下腔→调速阀 13→油箱 10 的回油路构成的刀具进给运动回路；③并联油路为液压泵 1→二位三通电磁换向阀 4 下位→减压阀 8→单向阀 9→二位四通电磁换向阀下位→调速阀 13→液压缸 3 下腔的进油路及液压缸 3 的上腔→二位四通电磁换向阀 12 下位→油箱的回油路构成的液压缸紧急回程回路。

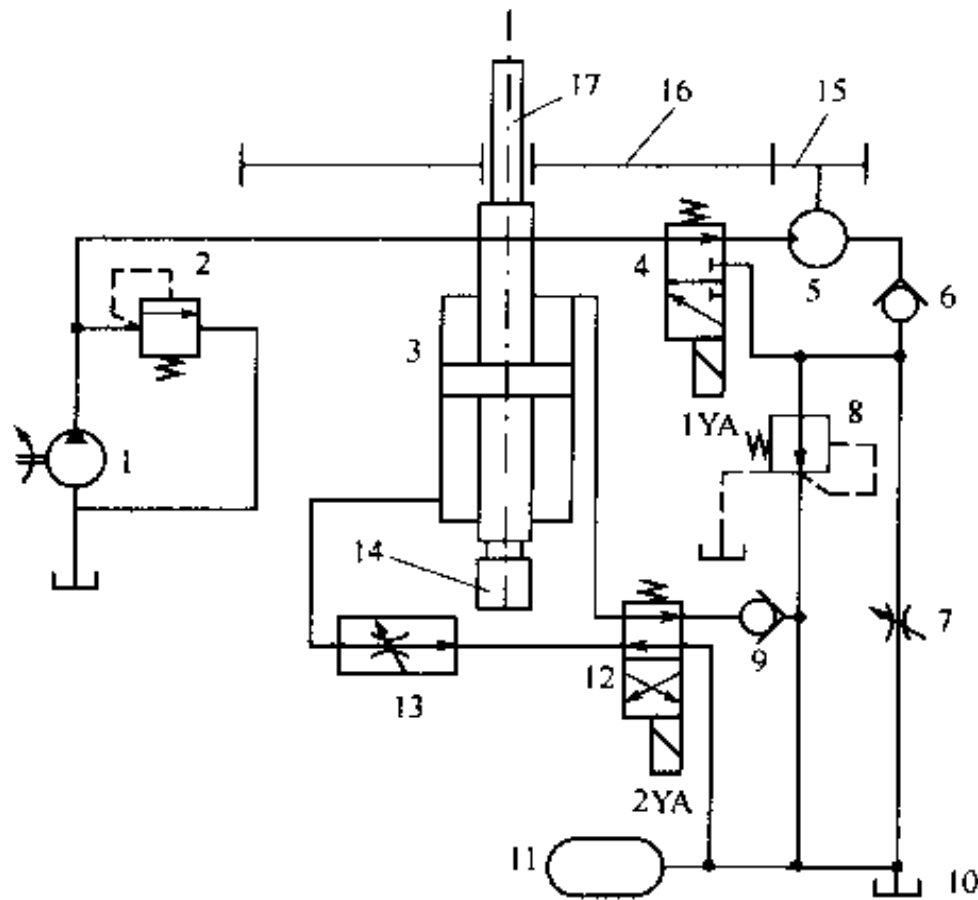


图 11-28 钻孔机串并联主从油路液压系统原理图

1—定量液压泵；2—溢流阀；3—液压缸；4—二位三通电磁换向阀；5—单向定量液压马达；6、9—单向阀；7—节流阀；8—减压阀；10—油箱；11—蓄能器；12—二位四通电磁换向阀；13—调速阀；14—套料杆；15—小齿轮；16—大齿轮；17—花键钻杆

系统的工作原理如下。

系统正常工作时，电磁铁 1YA 断电使换向阀 4 处于上位，串联主、从油路接通，并联紧急油路不通，液压泵 1 的压力油经阀 4 进入液压马达 5，液压马达旋转，液压马达的排油一部分经减压阀 8、单向阀 9、换向阀 12 上位进入液压缸 3 的上腔（下腔经调速阀 13、换向阀 12 向油箱排油），液压缸的活塞杆带动刀具进给，液压马达的另一部分排油则经节流阀 7 排回油箱。钻削速度由节流阀 6 和调速阀 12 的开度决定。钻削中如出现钻杆不转的停机（吃刀）现象，则电磁铁 1YA 通电使换向阀 4 切换至下位，2YA 通电使换向阀 12 切换至下位，接通并联紧急油路，液压泵的压力油单独经换向阀 4、减压阀 8、单向阀 9、换向阀 12 进入液压缸 3 的下腔，活塞杆带动刀具回程，液压缸有杆腔经换向阀 12 向油箱排油。

系统中的电磁铁通断电及工况转换指令及控制由液压缸 3 的活塞杆的上下限位行程开关及 PLC 发出和实现。图 11-29 所示为该机 PLC 控制的钻孔过程框图。

### (3) 技术特点

1) 钻孔机液压系统采用定量泵供油、串并联主从油路及 PLC 控制，实现了钻孔过程自

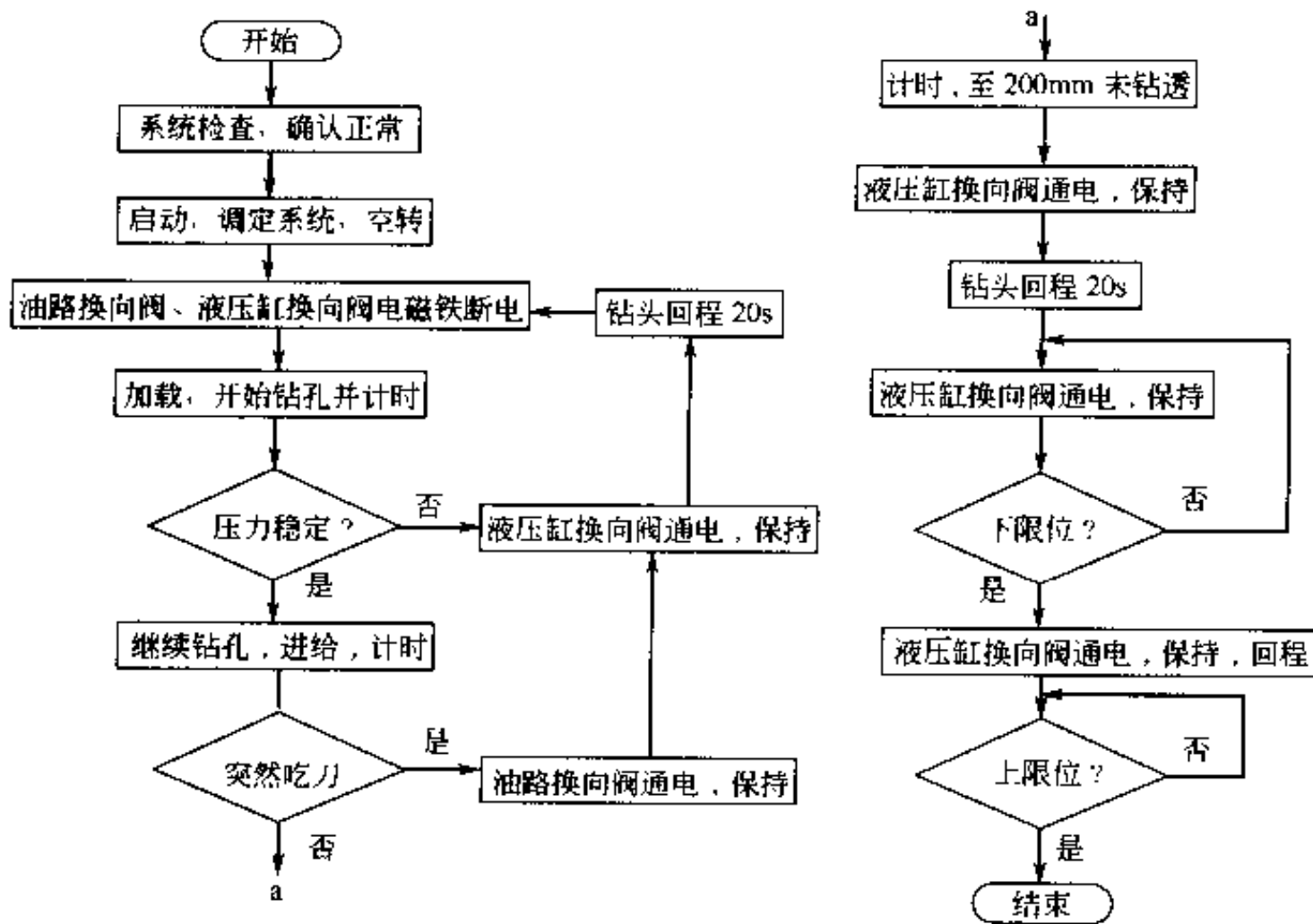


图 11-29 PLC 控制的钻削过程框图

动化；钻孔过程压力稳定，可以避免吃刀现象；能够实现在钢板上一次钻孔成功。

2) 系统采用了回油节流调速方式调节液压马达和液压缸的工作速度，速度负载特性较好，有利于系统散热。

(4) 技术参数 (见表 11-6)

表 11-6 钻孔机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	最大轮廓尺寸	750×400×750	mm	
	最大重量	0.8	kN	
	电机功率	1.1	kW	
	加工范围	厚度	30	mm
		钻孔直径	10~50	
		最大钻孔深度	40	
	最高转数	160	r/min	
	进给量	0.13	mm/r	
	所需最大切削力矩	40.8	N·m	
所需最大进给力	245	N		
液压系统	液压马达 (GM5-8 型)	进出口压差	8	MPa
		流量	5.256	L/min
		转速	650	r/min
		输出力矩	10.32	N·m
		齿轮传动比	8.2	
		刀具扭矩	84.6	N·m
	液压缸	缸径	125	mm
		活塞杆直径	90	
		工作压力	0.3~0.35	MPa
		负载流量	0.0615	L/min
进给力 (0.2MPa 时)		1181	N	

## 第 12 章 计量质检与特种设备中的液压系统

### 12.1 概述

为了加强计量与产品质量检验的监督管理,保证国家计量单位制的统一和量值的准确可靠及产品质量检验的公正性、准确性,保证和促进生产、贸易和科学技术的发展,适应社会主义现代化建设事业发展的需要,维护国家和人民的利益,国家制定了计量法和产品质量法。在我国境内,建立计量基准器具、计量标准器具、进行计量检定,制造、修理、销售、使用计量器具,必须遵守计量法。制造、修理计量器具的企业、事业单位,必须具备与所制造、修理的计量器具相适应的设施、人员和检定仪器设备,经县级以上人民政府计量行政部门考核合格,取得《制造计量器具许可证》或者《修理计量器具许可证》。规定了包括尺、包装机、轨道衡、计量罐等在内的强制检定的工作计量器具目录和包括长度、热学、电磁学、无线电、时间频率、声学、光学、电磁辐射、物理化学、标准物质、专用计量器具在内的依法管理的计量器具目录。为了保证人身安全,国家将电梯、高低压容器等列入特种设备序列,一般必须持有生产许可证才能生产。由于液压技术具有出力大,压力、流量等参数便于实现精确测量控制,易于进行安全保护等特点,近年来在计量质检与特种设备中也获得了日益广泛的应用,本章将介绍这一领域所涉及和使用的 9 个液压传动与控制系统实例。

### 12.2 计量与产品质量检验设备中的液压系统

#### 12.2.1 1200kN 标准动态力源装置液压系统

##### (1) 装置的功能结构

本装置是基于负阶跃力的动态力发生装置,用于计量领域力传感器的动态校准。装置由测力液压缸、工作液压缸、力传感器、液压系统及单片微机电控系统等组成,装置的结构原理如图 12-1 所示。

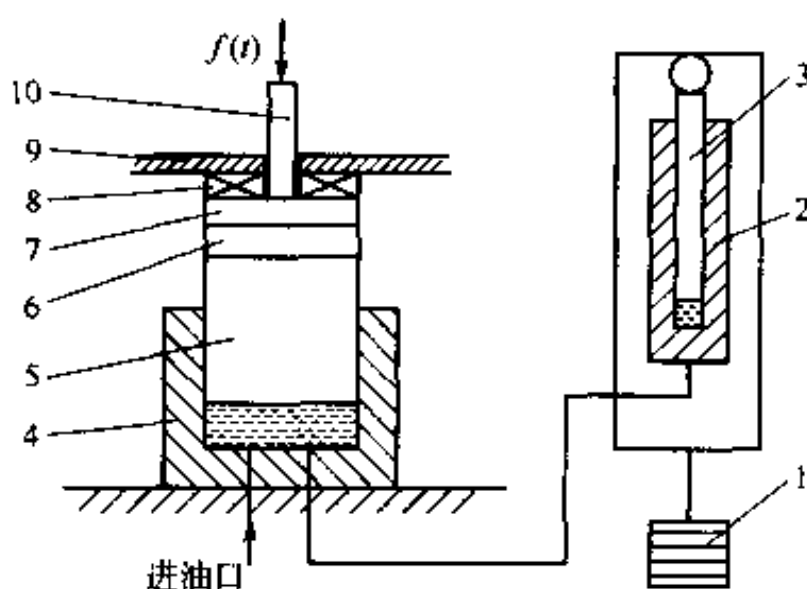


图 12-1 力源装置结构原理图

1—砝码组; 2—测力液压缸; 3、5—活塞;  
4—工作液压缸; 6—卸荷部件; 7—垫块;  
8—力传感器; 9—顶座; 10—冲

根据帕斯卡原理,测力液压缸 2 将具有标准质量的砝码 1 所产生的标准油压经油管传递至工作液压缸 4,进而在工作液压缸的活塞 5 上产生标准静态力  $F$ ,并有如下关系

$$F = \frac{A_1}{A_2} G \quad (12-1)$$

式中  $G$ ——砝码所受的重力;  
 $A_1$ ——工作液压缸活塞面积;  
 $A_2$ ——测力液压缸活塞面积。

该标准动态力通过卸荷部件 6 及垫块 7 传递给力传感器 8 (环式压电力传感器),然后在冲杆 10 上施加冲击力 (重锤下落产生)  $f(t)$ ,使卸荷部件卸荷并同时使施加于力传感器上的力撤销,

力传感器因而感受到负阶跃力的作用。适当选择工作液压缸及测力液压缸的面积比可得到较大传动比，便可产生所需的动态力。

装置中的液压系统用于完成给传感器施加所选静态压力的各项操作，包括：向工作液压缸及测力液压缸注油施压，实验完毕释压、泄油等操作。为配合选择砝码，装置中增设有一个提升液压缸，用于配合电气系统选择砝码时提升所有砝码。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 12-2 所示为装置的液压系统原理图。系统的主工作油路由液压泵 2 及所在油路构成，油路压力由电液比例溢流阀 5 确定。液压泵 1 的油路构成系统的高压密封油路，压力由电液比例溢流阀 4 决定，该压力需稍低于工作液压缸 C1 中的油压。由于本系统属精密计量系统，对液压油的清洁度有较高的要求，故系统采用双油箱形式，主油箱用于给整个液压系统供油，副油箱用于盛放系统的回油，副油箱中装有液位开关，当副油箱液压油超过一定液位后，液位开关开启，液压泵 3 运行，副油箱开始向主油箱注油。为了提高系统的工作可靠性，泵 1 和 2 的进、出油口均设有吸油过滤器  $f_i$  和压油过滤器  $f_o$ ；为了确保主箱中油液的清洁，液压泵 3 的进、出油口也各设有吸油过滤器  $f_i$  和压油过滤器  $f_o$ 。

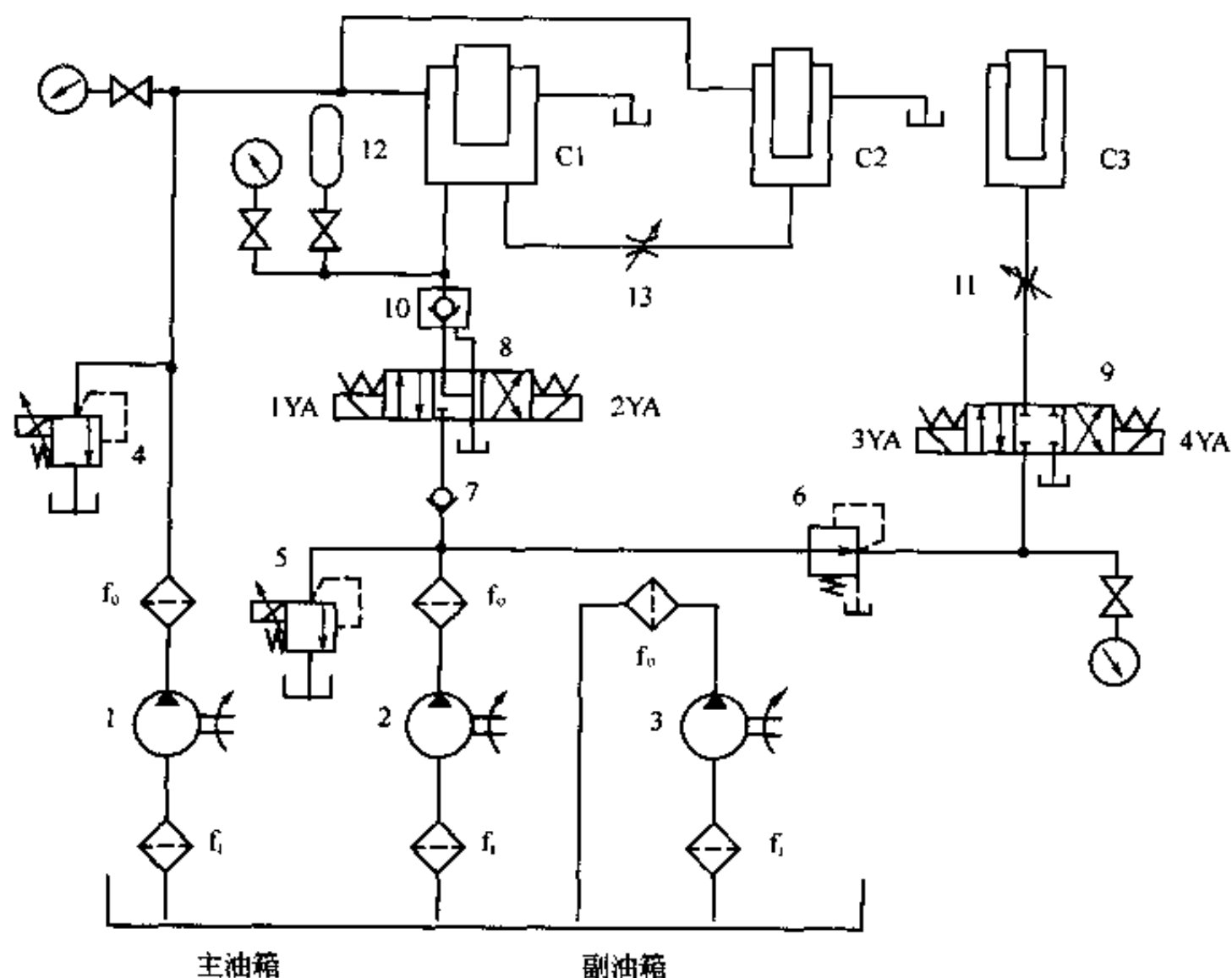


图 12-2 力源装置液压系统原理图

- 1、2、3—液压泵；4、5—电液比例溢流阀；6—减压阀；7—单向阀；8、9—三位四通电磁换向阀；  
10—液控单向阀；11、13—节流阀；12—蓄能器；C1—工作液压缸；C2—测力液压缸；  
C3—提升液压缸； $f_i$ —吸油过滤器； $f_o$ —压油过滤器

系统工作时，电磁铁 1YA 通电，三位四通电磁换向阀 8 切换至左位，液压泵 2 的压力油经过滤器  $f_o$ 、单向阀 7、换向阀 8、液控单向阀 10 和节流阀 13 进入工作缸 C1 及测力缸 C2，当两缸中油液注满（测力缸行程开关到位）后，电磁铁 1YA 断电，阀 8 复至中位，液控单向阀 10 使两液压缸保压，片刻后两缸中压力即完全由砝码在测力缸上所形成的压力决



定,蓄能器 12 用于系统工作于高压时的保压及缓冲,节流阀 13 用于对进入测力缸中油液的节流,避免因测力缸活塞直径较小可能导致的过冲。当系统结束工作,需要释放两液压缸中的油液时,电磁铁 2YA 通电,阀 8 切换至右位,主油路中高压油将液控单向阀 10 打开,缸 C1 和 C 中的油液经阀 10 和阀 8 排回油箱;该油路另一分支经减压阀 6 向提升油缸供油,由于提升缸工作时间较短,所以在回路中没有设置保压单向阀,当 3YA 通电时,换向阀 9 切换至左位,主油路向提升缸供油,提升缸被提起;3YA 断电后,阀 9 复至中位,提升缸处于短时保压状态,当 4YA 通电时,阀 9 切换至右位,提升缸中油液经阀 9 排回油箱,节流阀 11 用于节流调速,控制进入提升缸中油液的流速。

### (3) 技术特点

1) 液压系统的液压缸均为柱塞缸。由于本系统为标准测力系统,为提高计量精度,应尽量减小系统误差的影响。为此,本系统液压缸采用间隙密封,即不增设常用密封件,面靠活塞及缸筒配合面之间的微小间隙来防止泄漏、实现密封。为了减少泄漏,通过增设高压密封槽以减小密封间隙高低压端压差,减小泄漏流量。

2) 为了便于系统的操作自动化,采用了电液开关和电液比例控制阀,并用单片微机系统进行控制,控制稳定可靠。

3) 通过在各液压泵的进出油口设置过滤器,来保证油液的清洁度,提高系统的可靠性。

4) 采用液控单向阀和蓄能器实现液压系统的保压、缓冲;在最大工作压力及静态力作用下,油压在数分钟内基本保持不变,保压效果良好。

### (4) 技术参数 (见表 12-1)

表 12-1 标准动态力源装置及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位
装置输出的静态力		50~1200	kN
最大带宽(50kN 时)		50	Hz
液压缸(柱塞缸)	工作缸	柱塞直径	mm
	测力缸	柱塞直径	
	两缸面积比		
液压系统工作压力		0.8~20	MPa

## 12.2.2 电液伺服动静万能试验机夹紧装置的气-液增压系统

### (1) 主机功能结构

电液伺服动静万能试验机是精确研究材料、零部件的力学性能的重要设备。PWS-1000 型试验机的主机结构示意图如图 12-3 所示,底座 1、立柱 5 (4 根) 与横梁 9 构成主机的框架,另外还有上、下夹头 4 和 2、负载传感器 6 以及伺服作动器 10,主机用于承受试验载荷。伺服作动器是试验系统的执行器,输出试验力;液压强迫夹头用于对试件的夹持;负载传感器用于检测读取加载力值;横梁采用机-气-液夹紧、液压升降方式,每个立柱一侧设置三个超薄型夹紧液压缸 7 起主要夹紧作用,两个对角布置的柱塞式液压缸 8 用于在需调整试验空间时横梁的升降。

夹紧装置提供足够的夹紧力是试验机正常工作的重要保障。PWS-1000 型试验机的夹紧方式综合了机械锁紧液压松开和液压锁紧机械松开两种锁紧方式的优点,采用气-液增压油源作为动力源的机-气-液夹紧方式,夹紧装置的结构简图如图 12-4 所示。开机时,由三个超薄型液压缸(主夹紧缸)1 起主要夹紧作用,停机时靠两根直径为 18mm 的弹性杆 4 的预紧力保证横梁的锁紧;活塞 2 与 3 组成的双活塞液压缸为夹紧-松开两用缸,在横梁需要升降

时，活塞 2 与活塞 3 外伸，克服弹性杆的拉力将横梁推开，使横梁和立柱保持一定的间隙，在横梁需要锁紧时，其与超薄型缸 1 一并对横梁实施夹紧。另外，在横梁和立柱间装有材料为 QT-450 球墨铸铁的衬套，以增加横梁和立柱间的摩擦系数，进而增大夹紧力。这种夹紧方式不但充分保证了试验所需的夹紧力，而且解决了横梁下滑的问题。

(2) 气-液增压系统及其工作原理

气-液增压系统是横梁夹紧装置的动力源，其原理图如图 12-5 所示。该系统的执行器为主夹紧液压缸 10 和双活塞液压缸 11，缸 10 和缸 11 的运动方向由三位三通电磁换向阀 8 和三位四通电磁换向阀 12 控制，溢流阀 9 是液压油路的安全阀，起过载保护作用；气动部分由气源、二位三通电磁换向阀和气动三联件（过滤器、减压阀和油雾器）2 组成；气动与液压通过气-液增压器 3 耦合，在增压比（125：1）一定情况下，通过调节气动三联件中减压阀的出口压力，即可获得液压缸对横梁的夹紧力所需的油液压力。

试验机驱动伺服作动器的主油源来油先注入夹紧油路和增压器 3，气源的压缩空气通过气动三联件 2 进入增压器的下腔，通过其中的活塞对油液增压。增压器内设有机动换向阀，可以对油液连续增压，直至活塞两端受力平衡。一旦夹紧油路因换向阀内泄漏而使压力降低，增压活塞失去平衡，立即反应，再次

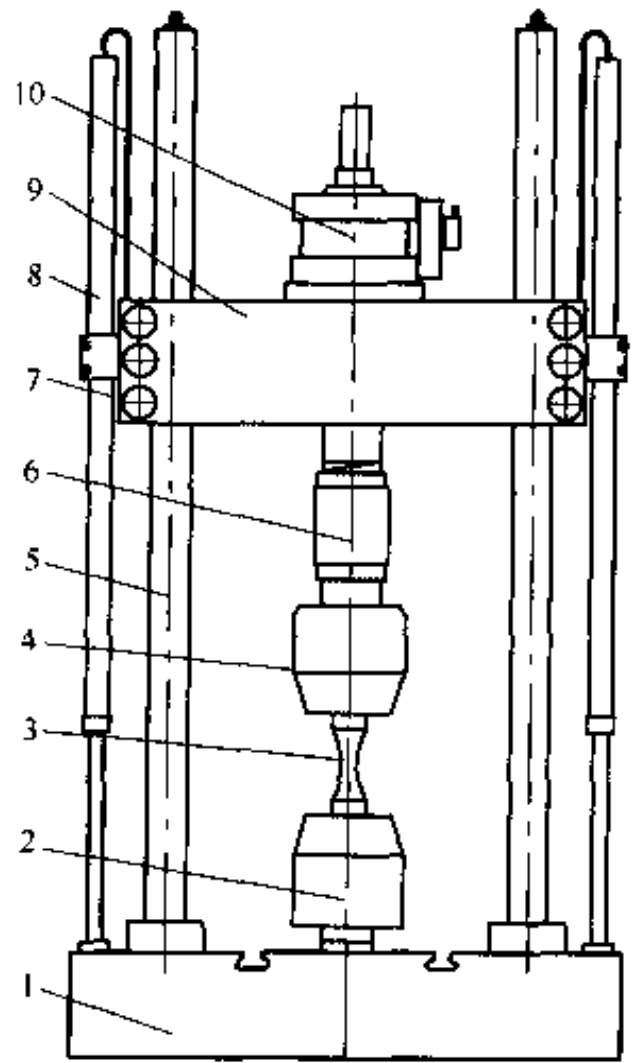


图 12-3 试验机主机结构示意图  
1—底座；2—下夹头；3—试件；4—上夹头；  
5—立柱；6—负载传感器；7—夹紧液压缸；  
8—升降液压缸；9—横梁；10—伺服作动器

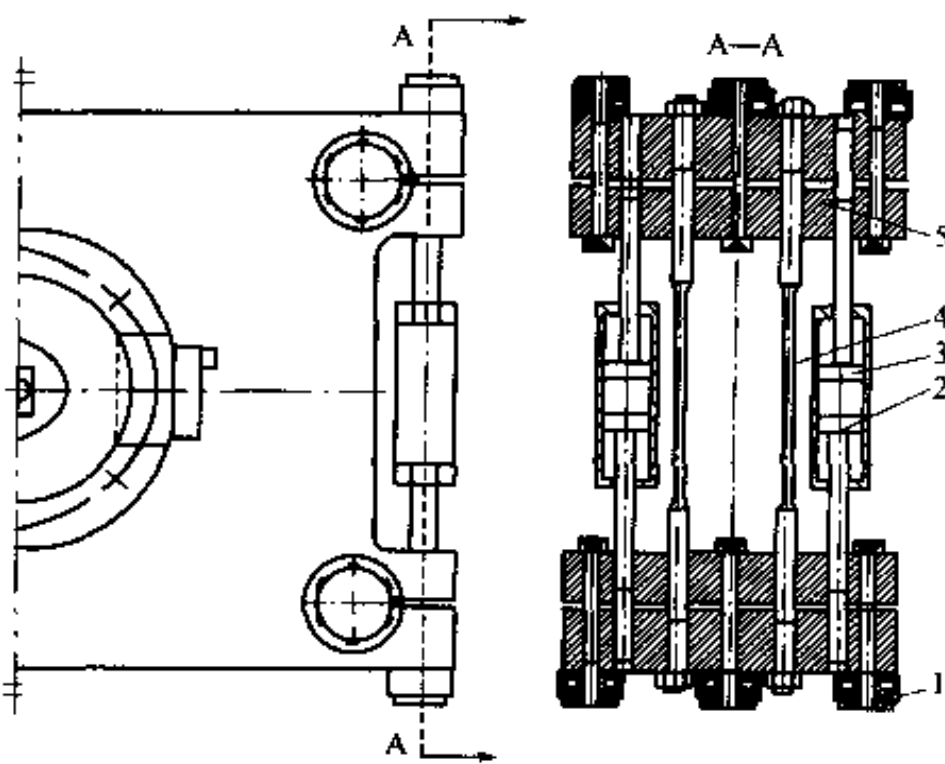


图 12-4 试验机横梁夹紧装置的结构简图

1—超薄型主夹紧液压缸；2、3—活塞；4—弹性杆；5—横梁

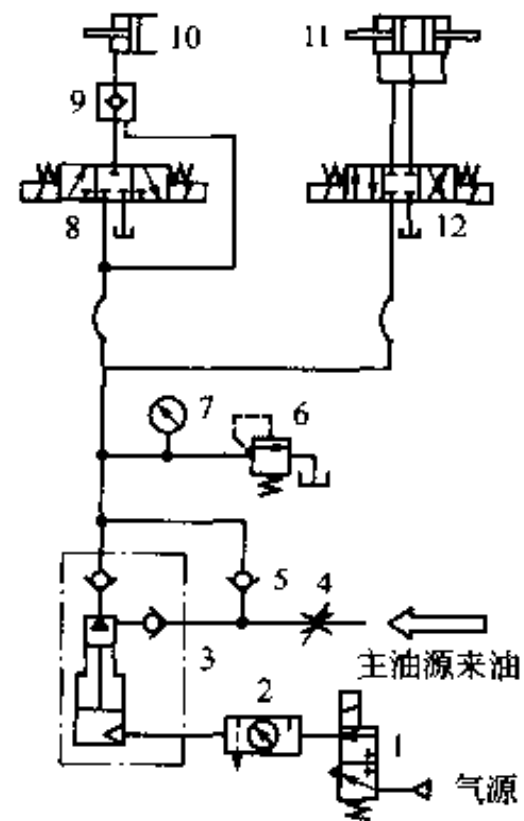


图 12-5 试验机横梁夹紧装置的气-液增压系统原理图

1—气动二位三通电磁换向阀；2—气动三联件；3—气-液增压器；4—节流阀；5—单向阀；6—溢流阀；7—压力表；8—三位三通电磁换向阀；9—液控单向阀；10—夹紧液压缸；11—双活塞液压缸；12—三位四通电磁换向阀

对油液增压。增压后的高压油可通过换向阀 8 或 12 进入夹紧缸 10 或柱塞缸 11，从而实现横梁的夹紧。

(3) 技术特点

1) 该试验机采用机-气-液方式进行横梁与立柱间的夹紧，克服了其他夹紧方式的缺陷，提高了夹紧装置乃至主机的工作可靠性和平稳性，在气-液增压器输出油压 38MPa 时，能保证 1MN 最大试验力的要求。

2) 采用气-液增压系统作为夹紧缸的动力源，调压方便、保压性能好、噪声低、反应快。气-液增压器为标准件，系统设计方便。

12.2.3 商品出入境检验用试验机液压系统

(1) 主机功能结构

MF-600WX 试验机是商检部门和海关口岸的一种自动化检测设备。其主要功能是利用机构的往返摆动来模拟试件桶的运输状态，以检测其密封性能。该机采用液压传动和可编程序控制器 (PLC) 进行控制。其主要技术指标为：试件摆动幅度为以地垂线为中心线，左右摆动各  $45^{\circ} \pm 2^{\circ}$ ，可调；试件连续摆动时间  $120s \pm 10s$ ，可调，在 120s 内摆动 20 次（即往返一次为 6s）；液压夹紧机构最大夹紧力 2.5kN，最大扭矩  $680N \cdot m$ 。

该设备工作过程包括若干工步，并按一定顺序自动完成且不断重复，此过程可通过控制液压系统实现自动循环的控制。

(2) 液压系统及其工作原理

图 12-6 所示为该试验机的液压系统原理图，系统的油源为定量液压泵 1，泵的压力由溢流阀 3 设定并由压力表及其开关 2 显示；液压泵可以通过二位三通电磁换向阀 4 控制实现卸

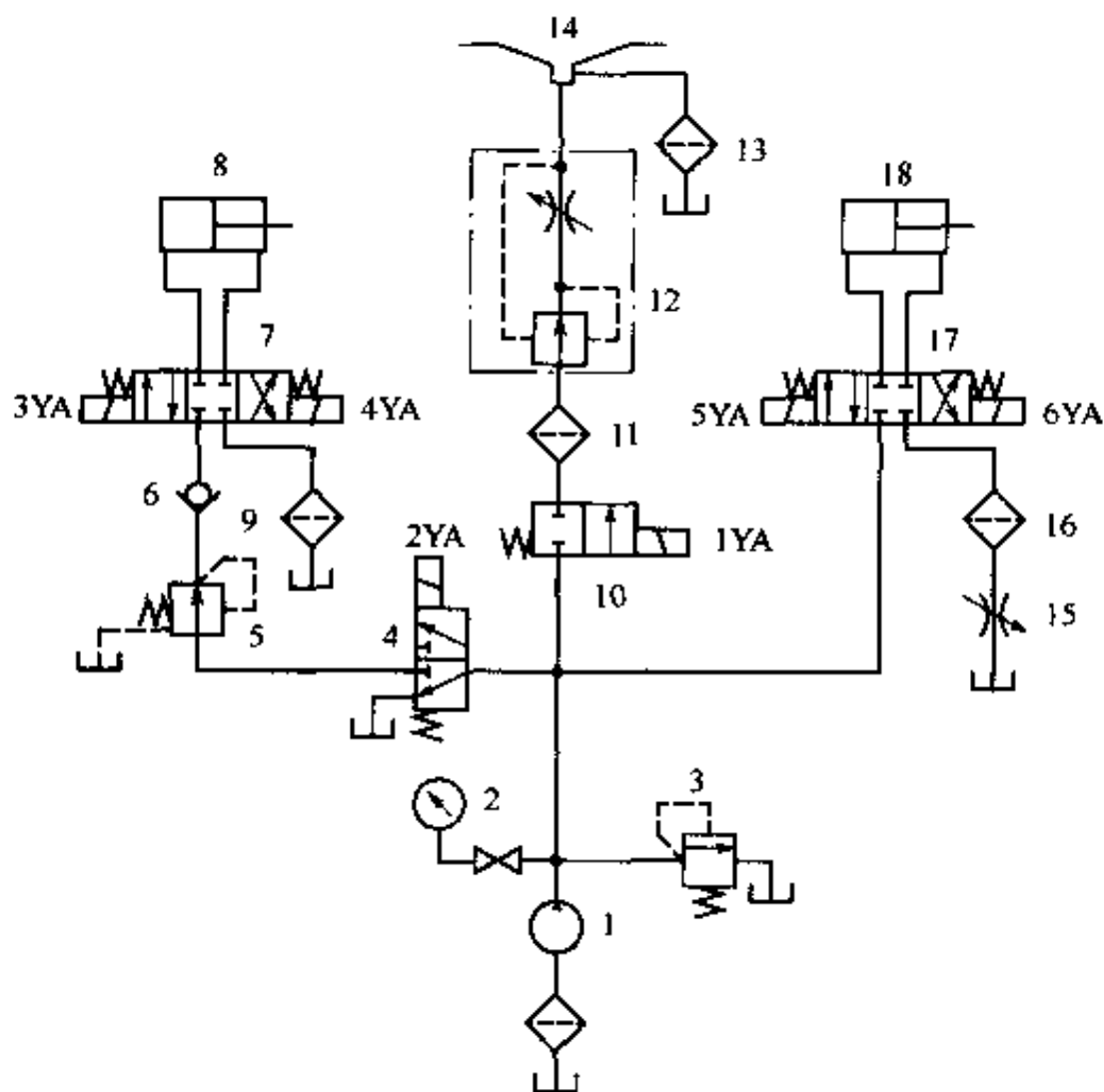


图 12-6 试验机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—压力表及其开关；3—溢流阀；4—二位三通电磁换向阀；5—减压阀；
- 6—单向阀；7、17—三位四通电磁换向阀；8—夹紧液压缸；9、11、13、16—精过滤器；
- 10—二位二通电磁换向阀；12—调速阀；14—导轨；15—节流阀；18—主液压缸

荷。系统的执行器为夹紧液压缸 8 和驱动试件摆动机构的主液压缸 18，缸 8 和 18 的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 7 和 17 控制，两缸的回油路设有精过滤器 9 和 16；缸 8 的夹紧力所需的压力由减压阀 5 设定，单向阀 6 用于短时保压；缸 18 采用节流阀 15 回油节流调速。导轨 14 的润滑油由二位二通电磁换向阀 10 控制通断，由进油调速阀 12 控制油流大小，进回油路设有精过滤器 12 和 13，以保证导轨不被污染。

液压系统的循环过程为：启动电源→夹紧缸夹紧→保压→主缸驱动试验桶摆动（往返 20 次）→试验桶置中停摆→夹紧缸松开→取桶。系统的电磁铁动作顺序表见表 12-2，由此表容易了解各工况的油液流动路线。

12-2 试验机液压系统的电磁铁动作顺序

工 况	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA
夹紧缸夹紧	+	+	+			
主缸右行(筒左摆动)	+	+	+		+	
主缸左行(筒右摆动)	+	+	+			+
夹紧缸松开				+		
液压泵卸荷				+		

(3) 电控系统

整机和液压系统的工作过程由可编程序控制器组成的电控系统控制，图 12-7 所示为电控系统的状态流程图。

(4) 技术特点

- 1) 该试验机的液压系统的导轨润滑和执行器动作共用定量泵油源。
- 2) 夹紧液压缸通过减压阀和单向阀设定和保持夹紧压力。
- 3) 主液压缸采用回油节流调速以满足试件摆动时间的调节。
- 4) 导轨进出口和各液压缸的出口均设置精过滤器，以保证油液清洁及系统的工作可靠性。
- 5) 试验机采用液压传动结合 PLC 控制，与继电器控制相比，提高了自动化程度和机器动作的可靠性；便于系统参数调节。

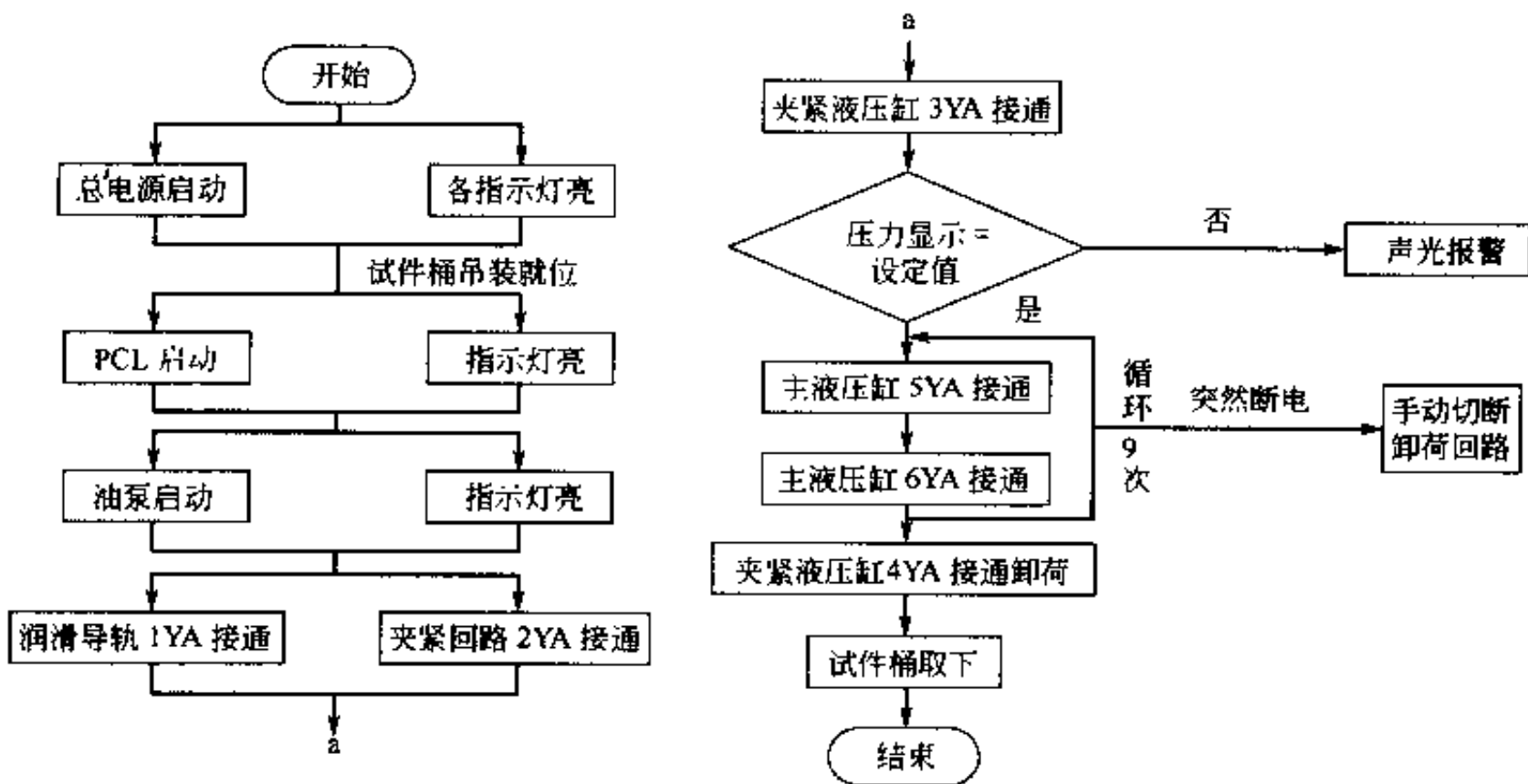


图 12-7 电控系统状态流程图

12.2.4 墙体砖和小型砌块的试验机电液比例加载测控系统

(1) 主机功能结构

本机是墙体砖和小型砌块等墙体材料的抗压强度和抗折强度检验专用设备，可用于建材、建筑企业及相关质检部门，以解决在万能材料试验机上进行检验的大材小用问题。

该机由主机、电液比例加载系统和微机测控系统等三部分组成。主机采用单空间布局（见图 12-8）。其框架由底座 1、立柱 4（4 根）和横梁 5 构成。加载液压缸 6 设置在横梁顶部并穿过横梁，其活塞杆头部连接开有燕尾槽的压头体 7，抗压试验压头 8 和抗折试验压头 9 可从外燕尾槽上安装或更换。可拆式工作台 2 便于进行周期计量检定并减小加载缸的空载行程。

(2) 电液比例加载系统及其工作原理

图 12-9 所示为该机的电液比例加载系统原理图。系统的油源为定量液压泵 1，其最高工作压力由先导式溢流阀 3 设定，试验时的加载荷速度（实质为升压速度）由电液比例溢流阀 2 进行远程遥控调节。系统的执行器为三腔（a、b、c 腔，作用面积分别为  $A_a$ 、 $A_b$ 、 $A_c$ ）加载液压缸 11，通过三位四通电磁换向阀 5 和二位四通电磁换向阀 7 改变油液的循环方式及缸在各工况的作用面积，实现快慢速及运动方向的转换；单向阀 4 作背压阀用，以防止缸在上下端点及换向时产生冲击。液控单向阀 6 用以防止立置缸在系统卸荷及不工作时，其活塞（杆）及压头因自重而自行下落。液压泵可以通过三位四通电磁换向阀 5 的 H 型中位机能实现低压卸荷。

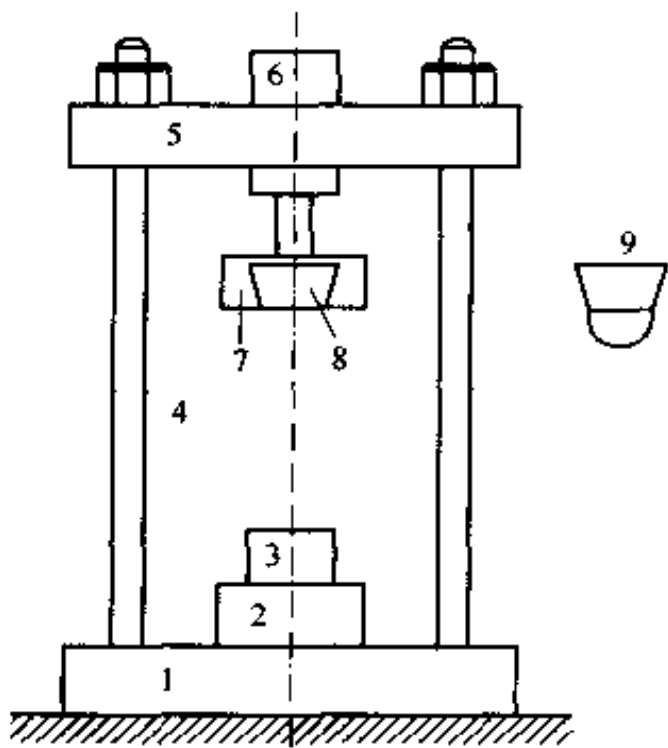


图 12-8 试验机主机结构示意图

- 1—底座；2—可拆式工作台；3—试件；4—立柱；
- 5—横梁；6—加载液压缸；7—压头体；
- 8—抗压试验压头；9—抗折试验压头

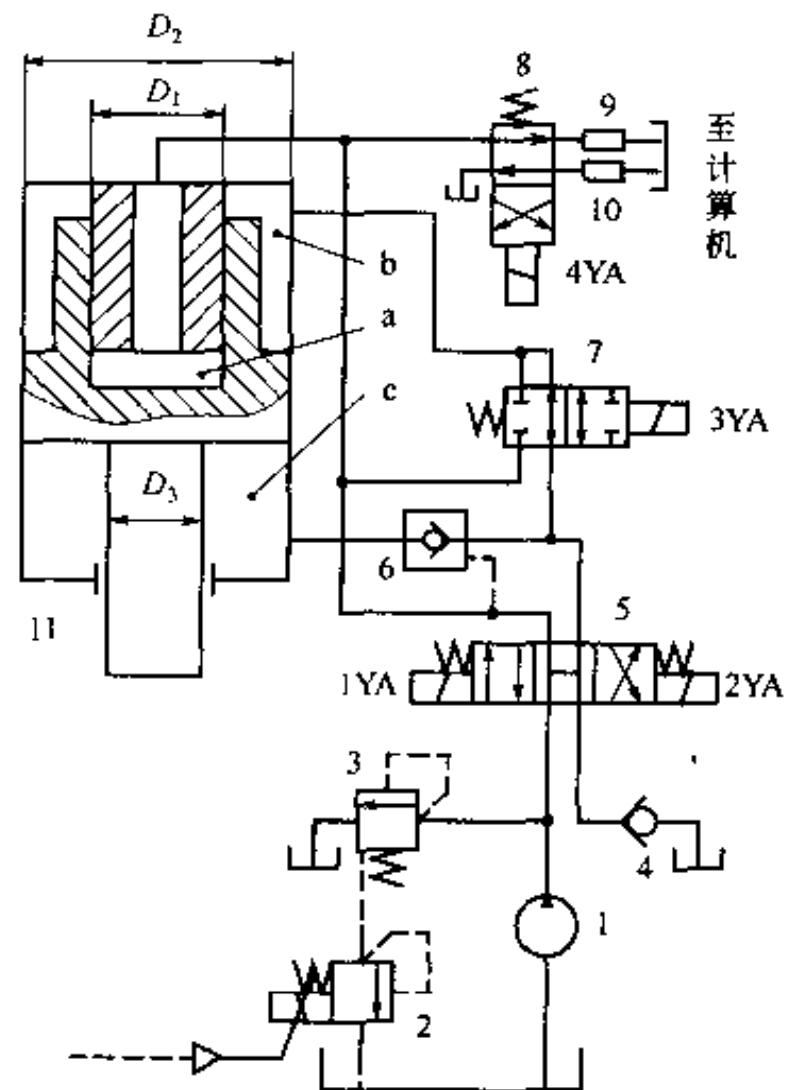


图 12-9 电液比例加载系统原理图

- 1—定量液压泵；2—电液比例溢流阀；3—先导式溢流阀；
- 4—单向阀；5—三位四通电磁换向阀；6—液控单向阀；
- 7、8—二位四通电磁换向阀；9、10—压力传感器；
- 11—加载液压缸

抗折强度试验与抗压强度试验的工作原理类同，故这里仅以抗压强度试验说明系统的加载工作原理如下，抗折强度试验可作类似分析。

试件放好后，电磁铁 1YA 通电使换向阀 5 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 5 进入缸 11 的小腔 a，同时导通液控单向阀 6，压力油的作用面积  $A_a$  较小，因而活塞（杆）及

压头快速下行接近试件，缸的大腔 c 在经阀 6 和 7 向中腔 b 中补油的同时，将少量油液通过阀 5 和 4 排回油箱。快速下行结束时，电磁铁 3YA 通电使换向阀 7 切换至右位，b 腔与 a 腔连通，缸的作用面积由  $A_a$  增大为  $A_a + A_b$ ，液压泵的压力油同时进入缸的 a 腔与 b 腔，故系统自动转入慢速加压过程（加载试验），c 腔经阀 5 和阀 4 向油箱排油。试件破坏后，电磁铁 2YA 通电使换向阀 5 切换至右位，液压泵 1 经阀 6 向大腔 c 供油，同时，3YA 断电使换向阀 7 复至左位，腔 b 与 c 连通为差动回路，因此，活塞（杆）及压头快速上升（回程）。装卸试件期间，所有电磁铁断电，液压泵通过阀 5 的中位实现低压卸荷。

系统的电磁铁动作顺序表见表 12-3。

表 12-3 液压系统电磁铁动作顺序

工 况	1YA	2YA	3YA	4YA	
				抗压试验	抗折试验
快速下行	+				
慢速加压	+		+		+
快速上升		+			
低压卸荷					

(3) 微机测控系统

按照有关规定，试验机对试件的加载必须缓慢进行，由于负载条件及安装空间的限制，直接测力不易实现。为此，根据载荷-油压-电压的模拟关系： $载荷 = 油压 \times 活塞面积 = 电压 \times 模拟系数 \times 活塞面积$ ，间接测力。即通过电液比例溢流阀 2 控制液压系统工作油压的变化率，通过图 12-9 中设置的两个压力传感器 9 和 10（由二位四通电磁换向阀 8 切换），将检测的油压转换为电信号，送入计算机并按有关算法进行处理，即可间接得到要求的加载试验曲线和试件的抗压和抗折强度。图 12-10 所示为微机测控系统的原理方框图。系统的功能有：向比例溢流阀的比例控制器、液压泵的驱动电机、换向阀的电磁铁发出控制信号，使液压系统按既定要求循环；将压力传感器检测油压输出的电信号按照一定关系转换为载荷，并按照有关算法计算出试件的强度；通过键盘和打印机分别输入和输出试件的几何参数和试验结果等。

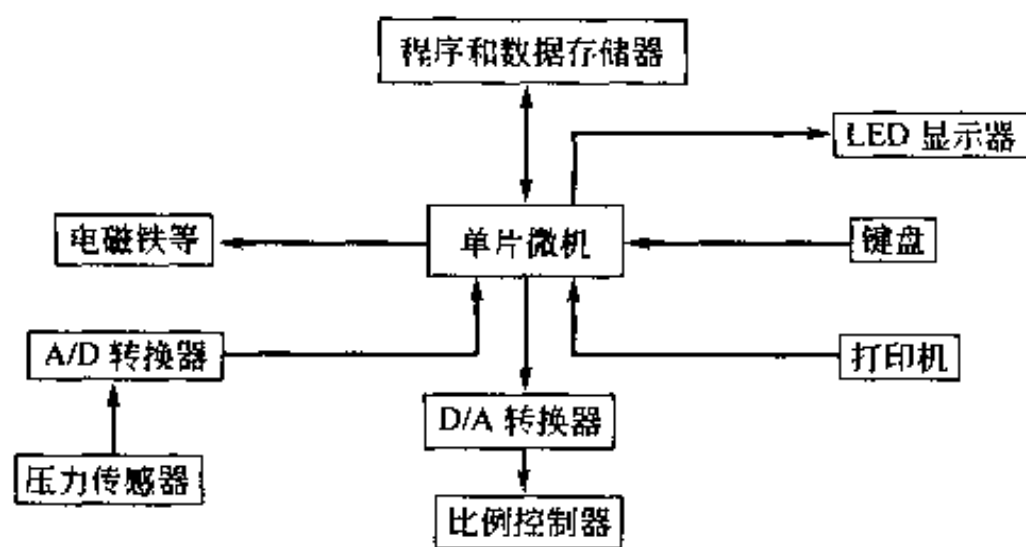


图 12-10 微机测控系统原理图

(4) 技术特点

1) 加载液压系统果用定量泵供油，复合缸加载，通过液压缸的面积变化实现快慢速自动转换，减小了液压泵的流量规格，减小了试验期间的能耗。在结构上，整个液压系统采用了板式控制阀，并采用块式集成，液压站与主机分开放置，便于调整和维护。



2) 通过微机测控系统对液压系统进行控制, 检测系统油压, 输入输出试件的几何参数和试验结果, 加载均匀平稳、间接测力, 操纵简便、易于维护。

3) 试验机结构简单, 制造工艺性好, 成本低; 自动化程度高, 运行能耗低, 测量精度较高。其原理还可以扩展到大吨位、大型砌块的强度试验设备中。

(5) 技术参数 (见表 12-4)

表 12-4 试验机及其液压系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	尺寸	600×460×1430	mm	
	最大试验载荷	400	kN	
	测量误差	≤1.5%		
液压系统	液压泵(YB-E8 型 单级子母叶片泵)	压力	16.0	MPa
		排量	8	L/min
		驱动电机 (Y132S-6 型)	功率	3
		转速	960	r/min
	加载液压缸尺寸	柱塞直径	80	mm
		活塞直径	160	
活塞杆直径		60		

### 12.2.5 多功能木材力学试验机液压系统

#### (1) 主机功能结构

该机是人造板材的力学性能试验设备, 可以按照国家有关标准和规范完成人造板材的静曲试验、拉力试验、握钉试验和平面抗拉试验 (见图 12-11)。该机采用液压加载, 要求加载平稳, 无压力脉冲, 加载力和速度等参数要求参见表 12-5。

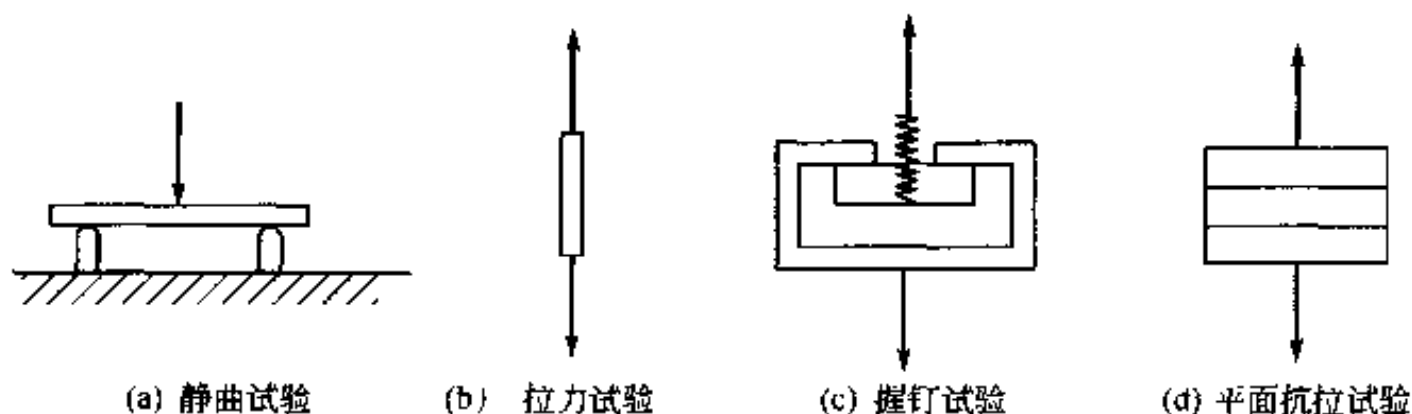


图 12-11 试验机试验内容示意图

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 12-12 所示为试验机的液压系统原理图。系统主要由手摇双向液压泵总成 5 (内含 4 个单向阀组成的液桥)、油箱总成 4 (内含过滤器、节流孔和截止阀) 和单作用加载液压缸 2 等组成。系统工作时必须关闭截止阀。当加压时手摇泵正向或反向动作, 手摇泵经 O 口从油箱内吸油, 泵的压力油经 P 口和管路进入液压缸无杆腔, 使液压缸活塞杆伸出, 带动工作机构产生拉力或压力 (产生拉力还是压力由主机结构保证), 加载力通过力传感器 1 检测、通过液晶显示器 2 显示。手摇泵无论正转还是反转, 油液总是从 O 口吸入, 从 P 口排出, 并能保证液压缸在任何位置锁定。当加载、保压全过程完成后, 只需打开截止阀, 液压缸在工作机构自重作用下, 无杆腔油液经截止阀排回油箱, 活塞杆自动缩回。至此完成一次工作循环。

由于试验机的加载力较小，故液压系统采用了非标准的人力操作的手摇泵作为机器的动力源，该泵的结构原理如图 12-13 所示。该泵的定于为泵体 10，转子为相互啮合的齿轮 6 和 5；挤子为一对活塞 2 和 7，所以该泵是一个双柱塞液压泵，泵的密闭可变容腔为左活塞腔 1 和右活塞腔 8；分离吸油和压油的配油机构为 4 个单向阀组成的配油阀组 9。当旋转手柄 11 时，主动齿轮 6 的旋转把运动传递给被动齿轮 5，被动齿轮内孔为螺纹结构，并与螺杆 3 配合；螺杆中部设有滑槽，当被动齿轮旋转时螺杆在卡销 4 的约束下只能轴向移动，从而把从手柄的旋转运动转化为活塞的直线运动。当泵正常工作时，顺时针旋转手柄，右活塞腔 8 吸油，左活塞腔 1 压油；当左活塞 2 移至左端终点后，需反向（逆时针）旋转手柄，左活塞腔吸油，右活塞腔压油。如此循环往复，泵即可源源不断地将油从 O 口吸入，从 P 口压出。手摇泵手柄操纵力大小与活塞直径、螺杆螺距、主动齿轮分度圆直径成正比，与螺杆中径、被动齿轮分度圆直径、手柄半径成反比。综合协调上述参数，使其既要满足总体性能要求，又考虑相关零件结构工艺性对零件制造的影响，可以减小手柄的操纵力。另外，为了减小摩擦力的影响，尚需适当增加相对运动的零件表面硬度，降低表面粗糙度，并在承载力较大的旋转零件之间设置轴承。

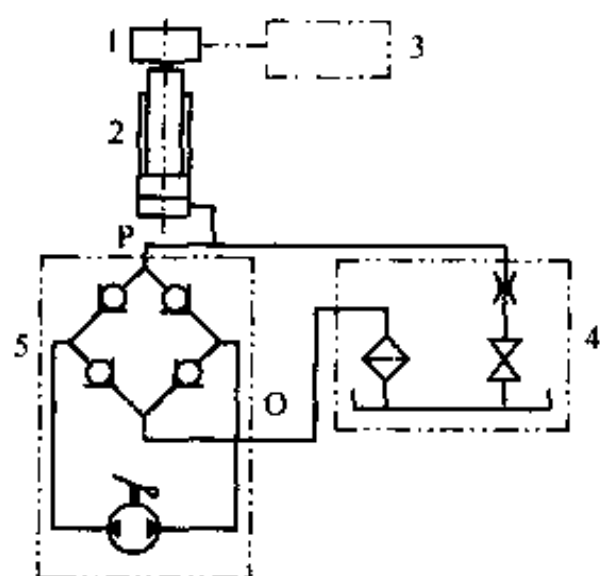


图 12-12 试验机的液压系统原理图

- 1—力传感器；2—加载液压缸；  
3—液晶显示器；4—油箱总成；  
5—手摇双向液压泵总成

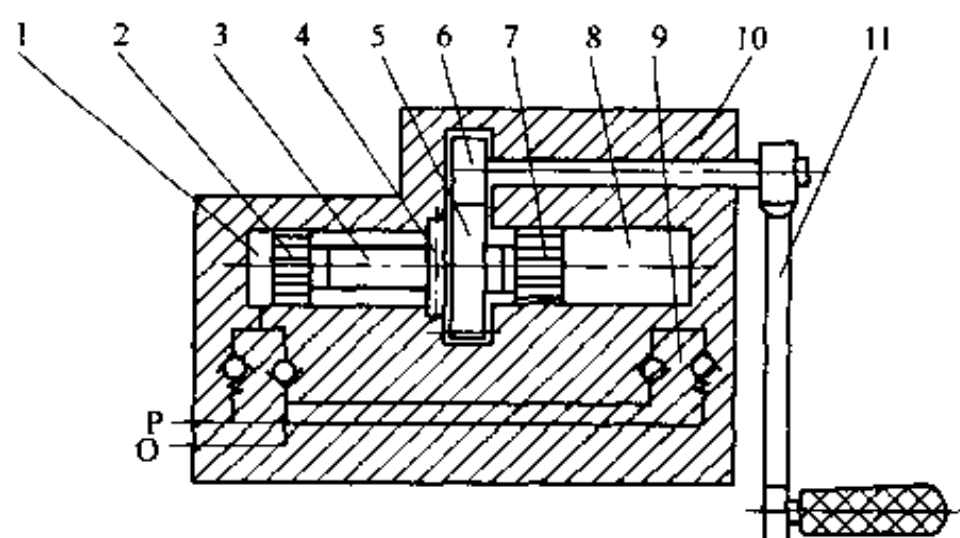


图 12-13 手摇液压泵总成结构原理图

- 1—左活塞腔；2—左活塞；3—螺杆；4—卡销；5—被动齿轮；  
6—主动齿轮；7—右活塞；8—右活塞腔；9—配油单向阀组；  
10—泵体；11—手柄

### (3) 技术特点

1) 该木材试验机液压系统结构简单，通过人力操纵手摇泵供油，采用单作用液压缸，液压加载自重返回，操纵方便可靠。试验机的液压控制系统，也可作为测试中低强度材料力学性能的试验机。根据控制需要，液压泵动力也可改为电动，并用计算机监控。

2) 通过在关键阀口使用软密封减少泄漏，采用金属油管提高刚性和采用空心活塞杆液压缸以增大保压油液容积等措施，保证保压精度。

3) 该多功能木材力学试验机具有测试功能全、操作简便、性能价格比优等特点。

(4) 技术参数（见表 12-5）

表 12-5 木材力学试验机及其液压系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位
最大试验载荷	5	kN
系统压力	2.55	MPa
流量	19.6	L/min

续表

项 目		参 数	单 位
最大载荷时的系统保压精度		$\leq 0.5\%$ (30s 内)	
液压缸	有效工作行程	20	mm
	最大行程	50	
	缸径	50	
	加载速度	10	mm/min

## 12.3 特种设备中的液压系统

### 12.3.1 双缸直顶式液压电梯的两种液压系统

#### (1) 主机功能结构

液压电梯是多层建筑中安全、舒适的垂直运输设备，也是厂房、仓库、车库中最廉价的重型垂直运输设备，它集机、电、液于一体，由多个相对独立又相互协调配合的子系统构成。与电动牵引电梯相比，液压电梯具有不需要在顶部安装机房，结构紧凑、承载能力大、无级调速、运行平稳、成本低等优点。随着社会老龄化的到来和高层建筑的发展，液压电梯将走进千家万户。

在液压电梯速度控制系统中，对其运行性能（包括轿厢启动、加减速运行平稳性、平层

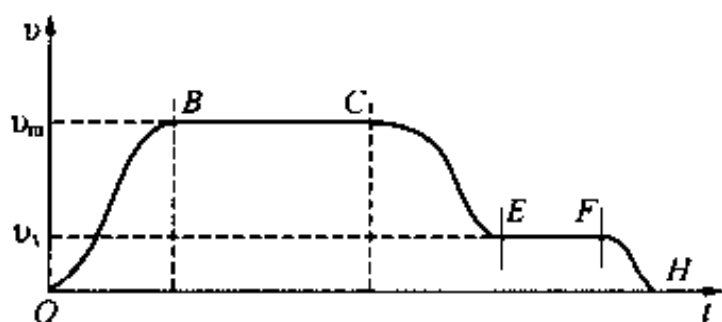


图 12-14 液压电梯速度理想曲线

OB—加速阶段；BC—匀速阶段；

CE—减速阶段；EF—平层阶段；

FH—结束阶段

准确性以及运行快速性等方面）有较高的要求，并对液压电梯的速度、加速度以及加加速度的最大值都有严格的限制。图 12-14 是液压电梯的速度曲线，目前电梯的液压系统广泛采用节流调速方式，以满足上述要求。

#### (2) 两种液压系统及其工作原理

##### 1) 旁路节流调速系统 电梯旁路节流调速液压

系统的原理图如图 12-15 所示，系统由定量液压泵 1 供油，系统最高压力设定和卸荷控制由电磁溢流阀 6 实现，工作压力由压力表 4 显示；精过滤器 2 用于压力油过滤，以保证进入系统的油液清洁；单向阀 5 用于防止液压油倒流；电磁比例调速阀 7 用于并联的液压缸 16、17 带动电梯上升时旁路节流调速，下降时回油节流调速；电磁比例节流阀 9 和 10，作双缸同步控制用，一个主令控制阀，另一个用于跟随同步控制。由于节流阀只能沿一个方向通油，故加设了 4 个单向阀组成的液压桥路 11 和 12，使得电梯上下运行时比例节流阀都能够正常工作；手动节流阀 8 为系统调试时的备用阀；电控单向阀 13 和 14 用于防止轿厢和断电锁停；双缸联动的手动下降阀 15（又叫应急阀），用于突然断电，液压系统因故障无法运行时，通过手动操纵使电梯以较低的速度 0.1m/s 下降。

电梯上升时，系统接到上行指令后，电磁溢流阀 6 中的二位二通电磁换向阀通电，系统升压。电梯启动阶段，由计算机控制比例调速阀 7，使它的开度由最大逐渐减小，电梯的速度逐渐上升，减速阶段与之类似。通过控制比例调速阀的流量来使电梯依据理想曲线运行，最后平层停站，电磁溢流阀 6 断电，液压泵卸荷。通过调节两个比例节流阀 9 和 10 来保证

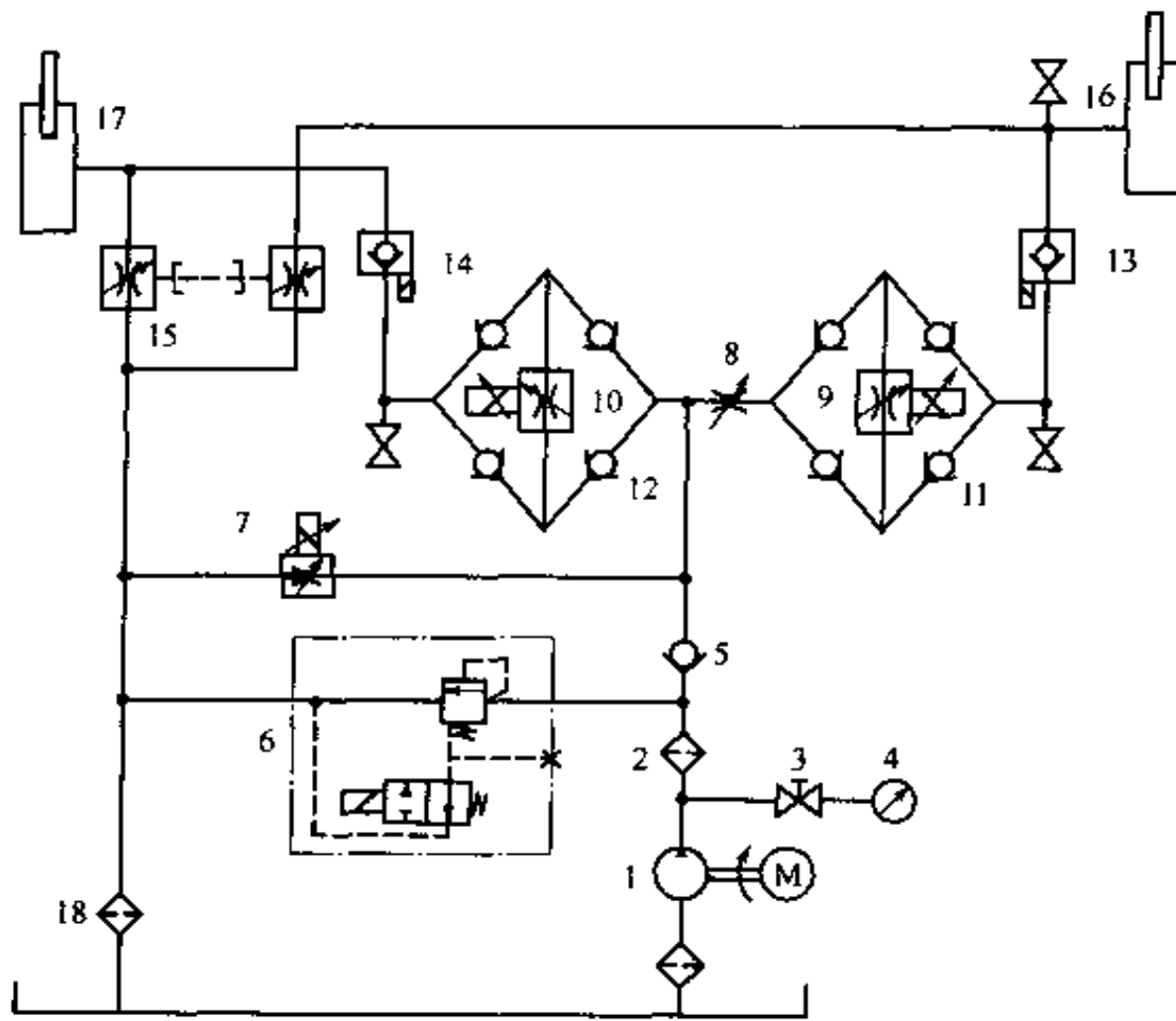


图 12-15 旁路节流调速液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—精过滤器；3—压力表开关；4—压力表；5—单向阀；6—电磁溢流阀；  
7—电磁比例调速阀；8—手动节流阀；9、10—电磁比例节流阀；11、12—液压桥路；  
13、14—电控单向阀；15—手动下降阀；16、17—液压缸；18—回油过滤器

进入双缸的流量相等，从而使双缸的运动同步。电梯下行时，在系统接到下行指令后，首先关闭比例调速阀 7，两个电控单向阀 13 和 14 通电后打开，控制比例调速阀的开度逐渐增大，液压缸中的油液经比例节流阀 9 和 10，再流经比例调速阀排回油箱。通过控制流经比例调速阀的流量来使电梯依据理想曲线下降。

2) 进油路节流调速系统 进油路节流调速液压系统的原理图如图 12-16 所示，系统的油源为定量液压泵 1，系统调压和卸荷由电磁比例溢流阀 6 实现（根据载荷调节压力，减少功率损失）；电梯运行时，液压缸 16 为主令缸，通过控制比例调速阀 11 的开度来保证轿厢按预定的速度曲线运行，液压缸 15 为从动缸，通过高差传感器来检测双缸的高度误差，调节比例节流阀 10 来控制液压缸 15 的速度以减少两缸的高差，从而保证双缸同步；电磁比例调速阀 11 为主令阀，电梯上升时进油路调速，下降时回油路调速；电磁比例节流阀 13 为从动阀，跟随主令阀保证双缸运动同步。由于比例节流阀和比例调速阀只能沿一个方向通油，故设置液压桥路 12 和 13，使得电梯上下运行时比例节流阀和比例调速阀都能够正常工作。电控单向阀 7、8、9 和手动下降阀 17 及其他元件的作用同上。

3) 两种液压系统的技术特点比较 由表 12-6 的比较可知，进油路节流和旁路节流二种液压系统的功率损失相差不大，但是，进油路节流调速系统的调速特性要优于旁油路节流调速系统。另外，采用电控单向阀可以避免液压电梯发生沉降现象；手动下降阀可以保证电梯出现故障时轿厢安全下降到安全位置。

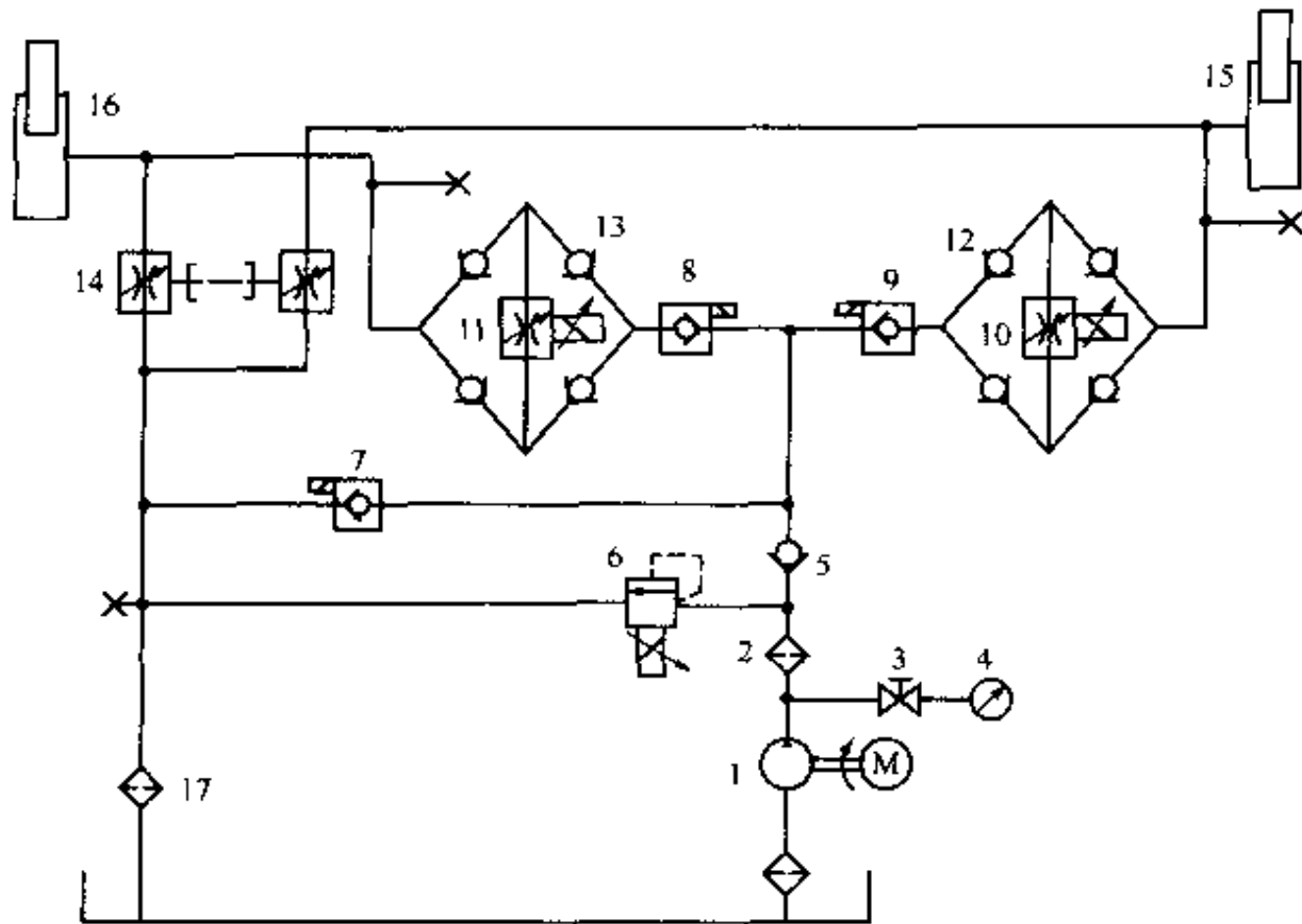


图 12-16 进油路节流调速液压系统原理图

1—定量液压泵；2—精过滤器；3—压力表开关；4—压力表；5—单向阀；6—电磁比例溢流阀；7、8、9—电磁比例单向阀；10—电磁比例节流阀；11—电磁比例调速阀；12、13—液压桥路；14—手动下降阀；15、16—液压缸；17—回油过滤器

表 12-6 双缸直顶式液压电梯的两种液压系统的性能比较

调速方式	旁路节流调速系统	进油路节流调速系统
运动速度	与流量阀开度成反比	与流量阀开度成正比
调速范围	小	大
速度稳定性	溢流阀常闭，因液压泵的压力和泄漏量随负载变化，引起液压缸的流量及速度随之变化，速度稳定性差	溢流阀常开，液压缸的流量不受负载变化的影响，速度稳定性好
承载能力	受流量阀开度影响	与流量阀的开度无关
功率损失	电梯上行 非匀速阶段的功率损失为比例调速阀进口压力与通过比例通过比例调速阀流量的乘积；匀速阶段液压泵的流量全部通过二个比例节流阀，功率损失为两个节流损失之和	非匀速阶段的功率损失为比例溢流阀的压力和流过比例溢流阀流量的乘积；匀速阶段，液压泵的流量全部通过比例调速阀和比例节流阀，功率损失为两个节流损失之和
	电梯下行 电梯依靠自重下行，功率损失为回油节流损失	电梯依靠自重下行，功率损失为回油节流损失

### (3) 进油路节流调速液压系统的计算机控制

为保证电梯的乘坐舒适性，必须使电梯的轿厢按设定的速度曲线运行。由于比例调速阀和比例节流阀的特性差异、管道布置的不同及两液压缸的负载的不同，液压缸 15、16 的速度就有差别，因此要通过计算机控制电磁比例调速阀和比例节流阀实现双缸运动同步控制。计算机控制系统（见图 12-17）为两个闭环：调速闭环和同步闭环。

## 12.3.2 客货两用液压电梯系统

### (1) 电梯功能结构

本电梯用于载运客货，采用液压驱动和微机控制。电梯的额定载重量为 10kN；轿厢升程 7.5m；轿厢升降速度为 0.5m/s；轿厢启动、制动加速度小于 15m/s<sup>2</sup>；平层精度小于 4~

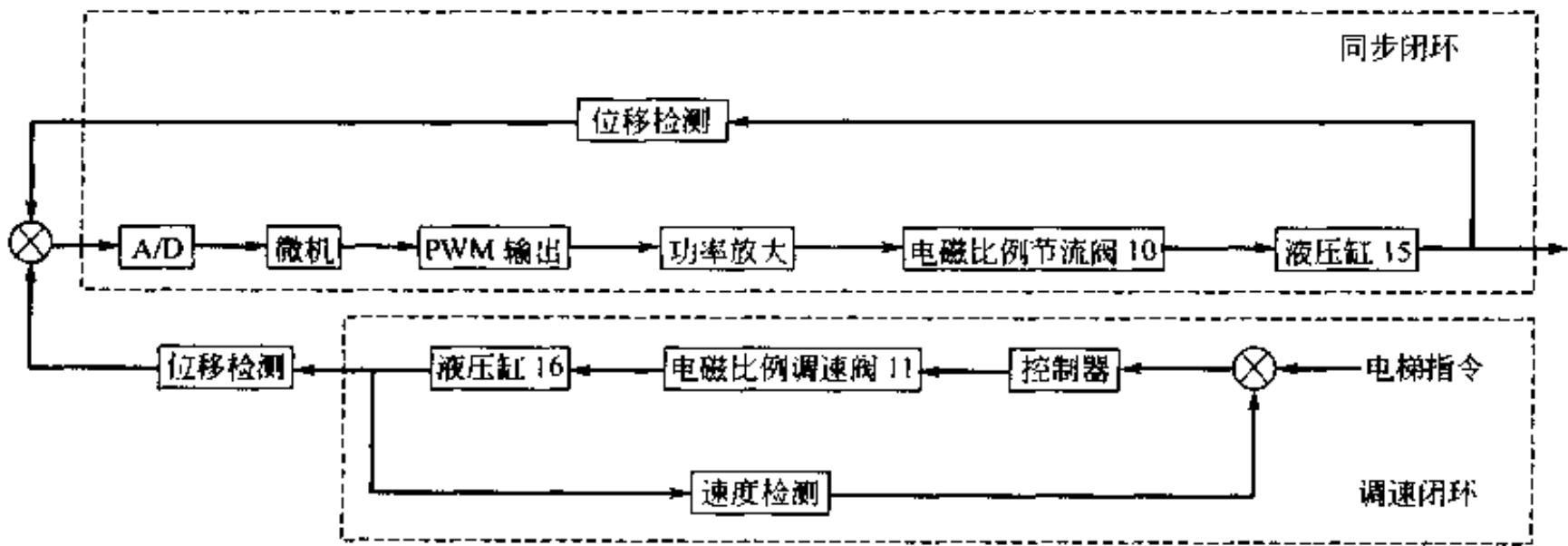


图 12-17 进油路节流调速的计算机控制系统框图

5mm；满载下沉量为 0mm/10min；轿箱噪声不大于 55dB (A)；机房（泵站）噪声不大于 85dB (A)。

(2) 液压系统及其工作原理

图 12-18 所示为本电梯的液压系统原理图。系统的执行器为驱动电梯轿箱升降的柱塞式液压缸 15。系统的油源为定量液压泵 1，系统压力设定和液压泵卸荷控制由电磁溢流阀 5 实现。微机控制的电液比例流量阀 8 用于液压缸 15 上升时的旁路节流调速和下降时的回油节流调速，使电梯按照软件制定的速度变化规律升降。电控单向阀 6 也起安全保护作用，是电磁溢流阀 5 的第二道保险。阀 6 及 5 与阀 8 之间电气联锁，以避免误动作，保证安全。手动

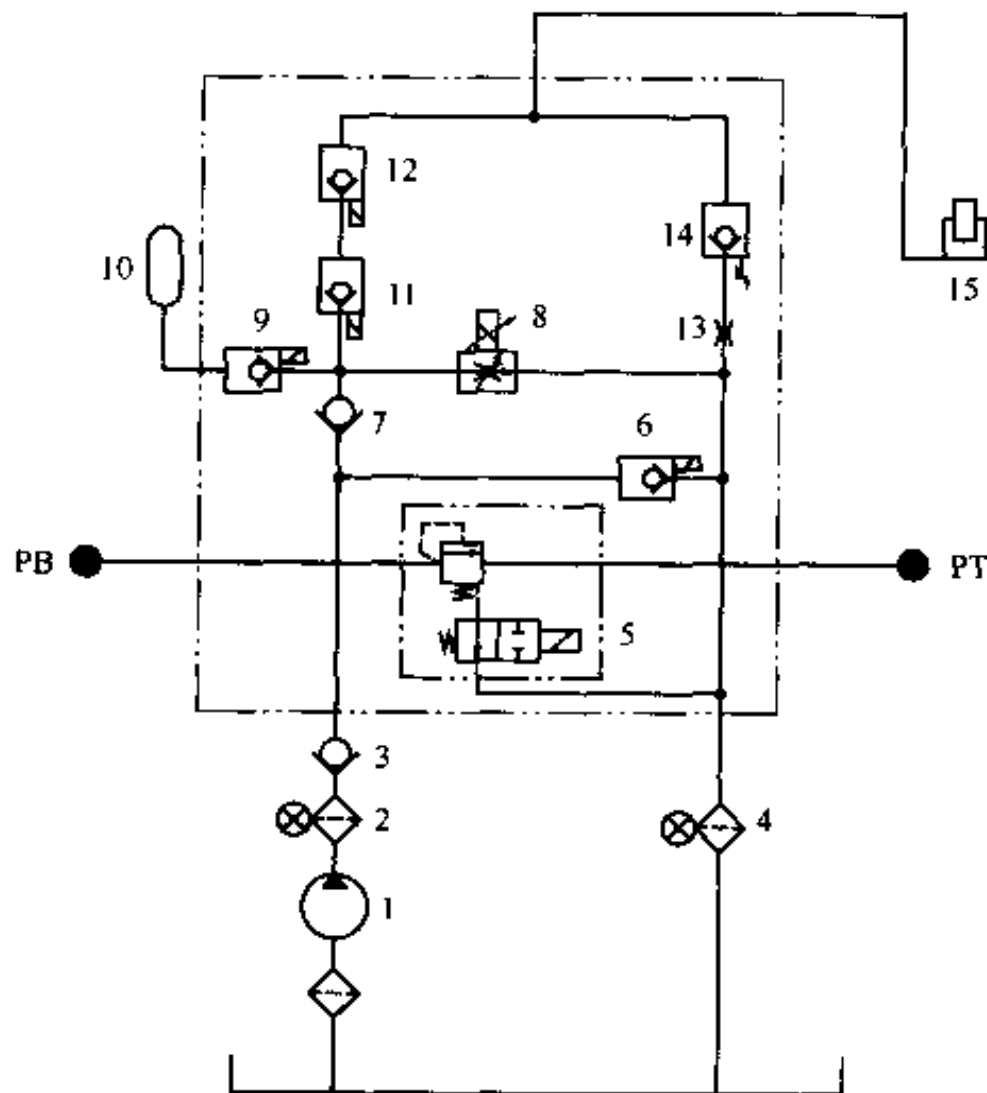


图 12-18 电梯液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2、4—过滤器；3、7—单向阀；5—电磁溢流阀；
- 6、9、11、12—电控单向阀；8—电液比例流量阀；10—蓄能器；
- 13—节流器；14—手动单向阀；15—柱塞式液压缸



单向阀 14 供事故应急使用，当突然停电或发生其他意外事故时，操作该阀可使轿箱以规定的安全速度下降到某一楼面；为了防止电梯自动沉降的双保险，系统设置了两个电控单向阀 11 和 12；蓄能器 10 用于吸收冲击振动。单向阀 3 和 7 用于防止油液倒灌；系统的压力油路和回油路分别设有带污染指示的精过滤器 2 和 4，一旦过滤气堵塞立即自动报警，以便及时更换过滤器滤芯。

电梯运行采用微机控制，系统以 MCS-48 系列单片机为核心，配以输入、输出过程通道，完成电梯信号控制、速度控制和平层控制。计算机控制系统框图如图 12-19 所示。

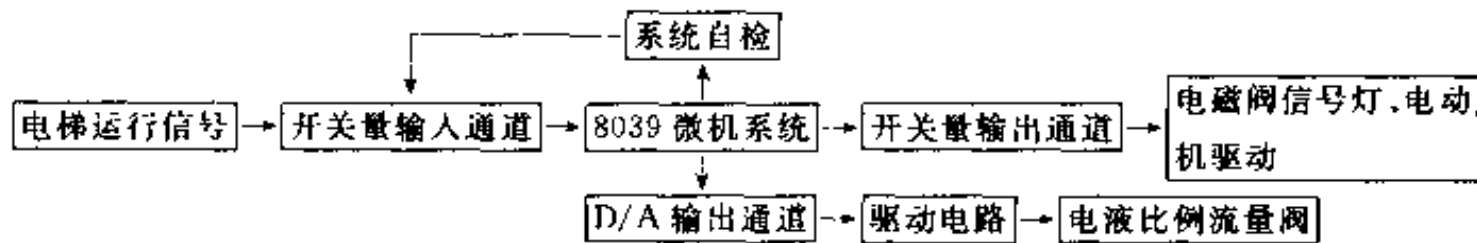


图 12-19 电梯的计算机控制系统框图

### (3) 技术特点

1) 本电梯液压系统采用定量泵供油，上升工况采用旁路节流调速，不易发热；下降工况采用回油节流调速，有利于节流后热油回油箱进行热交换；流量控制元件采用电液比例二通流量阀；调速控制系统采用单片微机开环控制。电梯信号处理和运行控制均采用单片微机实现。

2) 采用电控单向阀防止液压电梯自动下沉。液压系统具有电磁溢流阀和电控单向阀双重压力保护；通过应急阀可以在停电等突发情况出现时，使电梯安全下降。可靠性高，故障率远低于机械式电梯。

3) 整个液压系统密封性能好，没有外泄漏。

4) 所有部件全部国产化，不依赖进口，有利于国产液压电梯工业发展。

## 12.3.3 高压高效纯水灭机液压系统

### (1) 主机的功能结构

随着现代建筑向高层化发展，高层建筑防灭火问题变得越来越突出。高层建筑起火无法迅速有效扑灭的一个原因是高层消防用水不足，特别是在灭火的中后期。即使在装有自动灭火系统的地方，由于水压较低，水喷淋系统所喷水覆盖的空间小，这样，灭火效果的提高则需要以牺牲的有效住宅空间来作为代价。而纯水液压传动的基本特征就是能够输出高压水流，如果采用高压高效纯水液压灭火系统，则不必和现有的喷水灭火系统一样，在楼层中间再额外地设几个中转加压泵站机房，这样不仅可以显著提高高层建筑喷水灭火系统的灭火效果，大大减少灭火系统成本，而且还有效地扩大了高层楼房的实际使用面积。同时，高压水雾化具有系统简单、占用空间小、布置方便、动力消耗小等优点，但其形成条件是消防水必须具有足够高的压力，一般来说，不得低于 10MPa，纯水液压系统的输出压力通常在 10~32MPa，这正好满足高压水雾化的基本条件。因此，采用纯水液压传动技术的高压高效灭火系统在高层建筑中小型初发火灾灭火中，将有着其他灭火系统所无法比拟的优越性。

细水雾灭机是一种可移动式的灭火设备，适用于扑灭易燃、可燃液体和特殊产品初发火灾。

### (2) 高压高效纯水灭火系统及其工作原理

图 12-20 所示为一灭机器的液压系统原理图，系统由自备水箱（100L）、过滤器、高压

纯水液压泵及其汽油发动机、高压纯水液压阀（溢流阀、换向阀）、特殊喷嘴、不锈钢管道等组成。

灭火系统工作时，汽油机驱动九柱塞式纯水液压泵，产生持续均匀无波动的高压水，当水流经特殊喷嘴时，迅速生成均匀且充分雾化的雾状团块并喷出，厚厚的水雾使火场及火源迅速降温并与空气隔绝，从而达到短时间扑灭火灾的效果。它的用水量只有普通喷水灭火系统的 1/10 左右，效率相当高。其自备的 100L 水约可实现 6min 的有效灭火。系统工作压力为 14MPa。

### (3) 系统特点

- 1) 能迅速抑制和去除火场的空气；能非常有效地降低热辐射引起的危害。
- 2) 能方便地到达火场隐蔽的角落，减小重新起火的危险；高速的完全雾化喷射可彻底渗透到深层的余烬中，也可起清洁作用。
- 3) 水的消耗少，水的危害也低；生产设备能在短期内迅速恢复使用。
- 4) 环境友好，价格低廉。

## 12.3.4 油罐封头双动拉深液压机系统

### (1) 主机功能结构

该液压机为生产壁厚为 10~30mm 的储存和运输汽油的油罐封头的专用设备，也可用于液化石油气罐的生产。上横梁、两个侧壁及下横梁用 4 根拉杆通过液压螺母拉紧，形成一个封闭式的框架（见图 12-21）。随机专用的液压螺母预紧拉杆时，通过控制液压螺母中压力的高低，可以精确地控制拉杆的预紧力，使液压机在最大的使用提升载荷下，也能保证上、下横梁与侧壁的紧密贴合。用来安装凸模的活动横梁 37 在主液压缸 36 及提升液压缸 38 的“夹持”操纵下，可以在安装于两侧壁上的导向板间上下滑动，完成快进、拉深及返回动作。柱塞式压边液压缸 32 与主液压缸均安装在上横梁上。下行时，与压边缸柱塞头相连的压边环与工件接触前，与主缸同步；接触工件后，与活动横梁分离，将工件压紧在工作台上。其回程则靠提升缸借助活动横梁推动柱塞杆上的台肩实现。顶出液压缸 19 与提升缸一起安装在下横梁上。下横梁之上固定有安装凹模的工作台。

### (2) 液压系统及其工作原理

该液压机的系统原理图如图 12-21 所示，系统的主油源为并联的定量轴向柱塞泵 3 与手动变量轴向柱塞泵 2，改变变量泵的排量可满足不同的流量要求。其压力分别由电磁溢流阀 1 和 4 根据拉深工艺要求设定，并由压力表 12 显示。系统的控制油源为定量液压泵 7，其压力由溢流阀 8 设定，并由压力表 9 显示。定量液压泵 5 为离线过滤用泵，该泵从油箱回油区通过粗过滤器吸油，经精过滤器 6 送回到油箱的吸油区，在系统运行中一直从事清理油箱的工作，同时，该泵还有向油箱加油和从油精向外排油的功能。

该液压机的工艺过程为：快速下行（快进）→慢速下行（慢进）→压边→加液压垫→拉深→释压→回程，各工况下系统的工作原理如下。

- 1) 快速下行（快进） 电磁铁 1YA、2YA、3YA 及 6YA 通电，泵 2 和泵 3 由卸荷转为

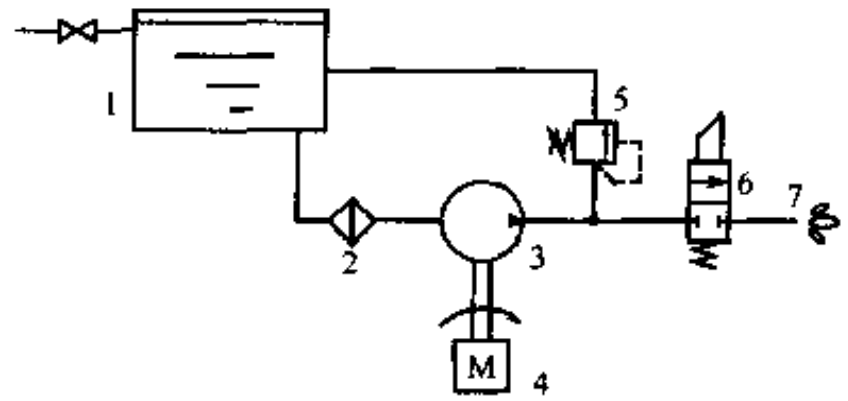


图 12-20 纯水液压高效细水雾灭火机原理图  
1—自备水箱；2—过滤器；3—液压泵；  
4—汽油发动机；5—溢流阀；  
6—换向阀；7—喷嘴

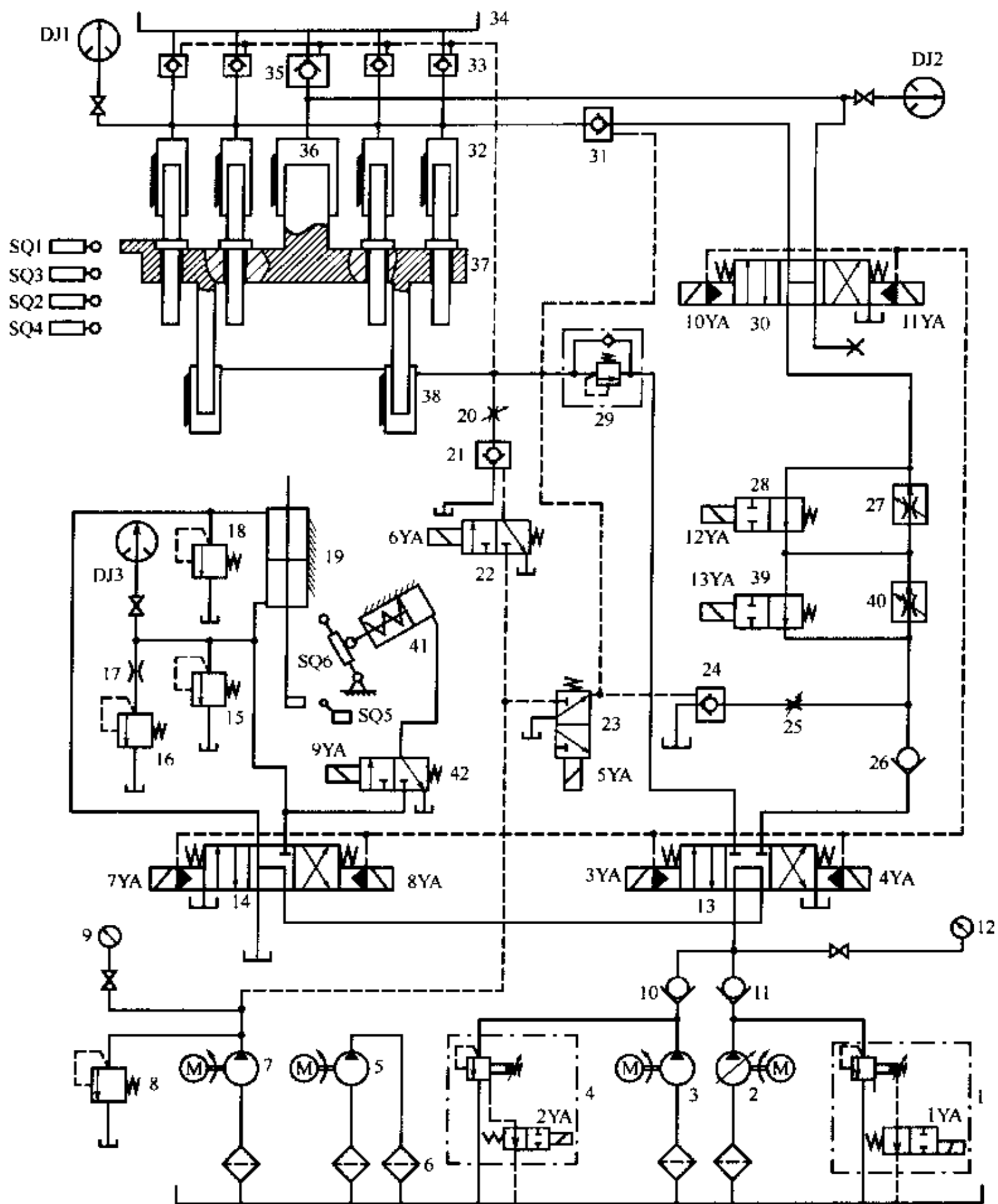


图 12-21 油罐封头双动拉深液压机液压系统原理图

- 1、4—电磁溢流阀；2—手动变量柱塞泵；3、5、7—定量柱塞泵；8、15、16、18—溢流阀；6—过滤器；  
 9、12—压力表；10、11、26—单向阀；13、14、30—三位四通电液换向阀；17—节流器；19—顶出液压缸；  
 20、25—节流阀；21、24、31—液控单向阀；22、23、42—二位三通电磁换向阀；28、39—二位二通电磁换向阀；27、40—调速阀；29—单向顺序阀；32—压边液压缸；33、35—充液阀；34—充液油箱；  
 36—主液压缸；37—活动横梁；38—提升液压缸；41—单作用液压缸

工作状态，同时向系统供油，两泵的压力油经单向阀 10 和 11、三位四通电液换向阀 13 右位、单向阀 26、二位二通电磁换向阀 39 和 28 的右位及三位四通电液换向阀 30 中位进入主液压缸 36，同时经液控单向阀 31 进入压边缸 32，推动活动横梁向下运动。提升缸 38 中的液压油则经节流阀 20 及由控制油液导通的液控单向阀 21 直换排回油箱。在活动横梁、凸模

及3种共7个缸活塞自重的作用下,活动横梁快速下行,主液压缸及压边缸中造成一定真空,借此从充液箱34经充液阀35和33分别向主液压缸及压边缸充油,实现凸模的快速下行。节流阀20为提升缸提供一定的背压,以使工作平稳,调整其开度,还可粗略地改变活动横梁的快速下行速度。

2) 慢速下行(慢进) 当活动横梁上的挡铁压动行程开关SQ2时,电磁铁1YA及6YA断电,12YA通电,其他与上相同。由于1YA断电,此时系统仅由液压泵3供油。压力油经调速阀27和阀30同时进入主缸及压边缸,封住充液阀并推动活动横梁慢速下行。因液控单向阀21截止,提升缸中的油液则经单向顺序阀29、换向阀13右位及换向阀14中位排回油箱,顺序阀29起平衡阀的作用,其设定压力略高于活动横梁等部件质量可能在提升缸38中产生压力;慢进速度取决于阀27的开度,以压边圈接触工件时不产生太大的冲击为准。

3) 压边 当压边缸32带动的压边圈与工件接触并停止下行后,电磁铁12YA断电、10YA通电,压力油经阀30左位,液控单向阀31进入压边缸,通过压边圈对工件施压。压边力由电接点压力表DJ1设定并显示。此时主缸停止进油,与其相连的活动横梁与压边缸柱塞台肩脱开,由顺序阀平衡,停止运动。

4) 加液压垫 当压边力达到工艺要求数值时,电接点压力表DJ1发信号,电磁铁3YA、10YA断电,8YA通电。压边缸由液控单向阀31保压。液压泵压力油经阀13中位、阀14右位进入顶出缸19的下腔,顶出缸活塞带动支承垫上行,支承垫接触工件下表面,达到适当的预置支承力后,电接点压力表DJ3发信号,电磁铁8YA断电,顶出缸加垫结束。

5) 拉深 电磁铁8YA断电的同时,电磁铁1YA、3YA、13YA及11YA通电。此时双泵同时供油,流量由调速阀40调节,压力油经阀30右位进入主缸,推动活动横梁带动凸模开始对工件实施拉深。提升缸中的液压油经单向顺序阀29、阀13右位及阀14中位返回油箱。拉深过程中,顶出缸活塞被迫随工件下行,顶出缸19下腔的油液经节流器17及背压溢流阀16排回油箱,从而形成具有一定反力的浮动液压垫。浮动支承力的大小由阀16及节流器根据工艺要求设定,由电接点压力表DJ3显示。溢流阀15在此起安全阀作用。

6) 释压 拉深尺寸到位时,活动横梁压动行程开关SQ4,电磁铁10YA、3YA、1YA、2YA及13YA断电,5YA通电。泵停止供油,主缸及压边缸通过节流阀25及液控单向阀24释压,释压速度通过改变节流阀25的开度来调节。

7) 回程 主缸及压边缸的压力降低至要求的压力范围内时,即电接点压力表DJ1与DJ2均发信后,电磁铁1YA、2YA及4YA通电,5YA断电。双泵同时供油,压力油经阀13左位及阀29中的单向阀进入提升缸38中,并导通充液阀33及35,推动活动横梁向上运动,碰到压边缸32柱塞杆上的台肩后,主缸及压边缸一起实现回程动作,两缸中的液压油分别经充液阀33及35返回到充液箱34中。活动横梁运动到位,压动行程开关SQ1,电磁铁1YA及4YA断电,各缸停止运动,回程结束。

8) 顶出 回程结束,行程开关SQ1同时使电磁铁8YA及9YA通电,液压泵3的压力油经阀10、阀13的中位及阀14的右位进入顶出缸19的下腔,推动顶出缸向上运动,顶出缸上腔的油液经阀14的右位排回油箱。同时,油液还经换向阀42的左位进入单作用缸41,使行程开关SQ6进入工作位置。顶出缸向上运动将工件顶出凹模,压动行程开关SQ6,使电磁铁8YA断电,顶出动作停止。延时一段时间后,电磁铁7YA通电,9YA断电,压力油液经阀13中位及阀14左位进入顶出缸上腔,推动顶出缸活塞下行,下腔的油液经阀14左位排回油箱。此时缸41将行程开关SQ6撤回到非工作位置。顶出缸回程到位后,压动行

程开关 SQ5，电磁铁 7YA、1YA 及 2YA 断电，顶出缸停止运动。

至此一次工作循环结束。系统的电磁铁动作顺序表见表 12-7。

表 12-7 电磁铁动作顺序

工况	发信	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA	8YA	9YA	10YA	11YA	12YA	13YA
启动	人													
快进	人	+	+	+			+							
慢进	SQ2		+	+									+	
压边	SQ3		+	+							+			
加垫	DJ1		+						+					
垫停	DJ3		+											
拉伸	DJ3	+	+	+								+		+
释压	SQ4					+								
回程	DJ1 DJ2	+	+		+									
回停	SQ1		+											
顶出	SQ1		+						+	+				
顶停	SQ6		+							+				
顶回	延时		+					+						
停止	SQ5													

### (3) 技术特点

1) 系统所有的执行器共用一组并联的液压泵，提高了能源的利用效率。当工艺要求需改变执行器的速度时，可手动调节变量泵的排量，以满足不同的流量要求；主缸及压边缸快速下行采用了靠运动件自重滑落充液阀充液，极大地减小了液压泵流量规格；系统仅在压边圈接触工件前为减小冲击，对主缸及压边缸采取了节流调速外，其他工步均为容积调速，有效地降低了系统的能耗；各执行器都处于停止状态时，液压泵均采取了卸荷措施，也为系统减小了能耗。

2) 三位四通电液动换向阀 13 与 14 串联，实现了顶出与活动横梁间动作的互锁，保证了系统的安全。

3) 拉深工步在工件下方加了液压垫，不但使拉深动作平稳，而且保证了产品的成型质量。

4) 采用液控单向阀保压，通过节流阀释压（释压速度可调）；采用单向顺序阀平衡工作部件自重。

5) 系统采用 PLC 控制，可以实现调整、手动及自动工作方式。期间的转换及产品更换时，各参数的调整均很方便。系统工作可靠，造价也远低于一般的继电接点控制方式。

6) 液压系统设置有多个电液换向阀和液控单向阀，所以系统设置了独立的控制油源，以便于实现控制，减少油路间干扰。

7) 液压泵站设置了独立于主系统之外的离线过滤系统，提高了系统油液的清洁度。过滤系统的粗过滤器及精过滤器均置于油箱之外，清洗、更换十分方便。

8) 该液压系统中的所有液压控制阀均为板式阀，并块式集成实现油路连接，便于装配、调整、更换、维修及保养。

### (4) 技术参数

主系统额定压力为 31.5MPa；控制油源压力为 0~3MPa。



## 第 13 章 武器装备中的液压系统

### 13.1 概述

液压技术的发展与武器装备的发展和进步几乎不可分隔。19 世纪 90 年代法国在其野炮上首先使用了液压驻退机,有效解决了火炮发射中的能量耗散、储存与再利用问题,使火炮技术产生了突破性发展;1906 年美国海军在战舰炮塔俯仰装置的液压系统中首次用油代替水作工作介质以及密封问题的逐步解决对于液压技术的发展意义深远;第二次世界大战期间,由于军事上的需要,出现了以高射炮自动瞄准电液伺服系统为代表的响应迅速、精度高的液压元件和控制系统,在航空器中也开始使用液压技术。20 世纪 50 年代以来,这些在战争中发展和使用的先进技术很快转人民用工业,并在世界各国国民经济各行业中获得了应用并推动了世界经济的快速发展。

迄今,液压技术在现代武器装备中仍然占有相当重要的地位,并朝着计算机液控方向发展。本章介绍了液压平台、炮塔、炮弹拆卸、地空导弹发射等几种武器装备中设计和使用的 6 例液压传动与控制系统。

### 13.2 武器装备中的液压系统

#### 13.2.1 四点式液压平台系统

##### (1) 四点式液压平台的功能结构

在现代国防技术中,往往需要把某一装载若干设备的载体(例如导弹发射车、各种机动雷达天线座车等)在工作之前精确地调整到水平位置(简称调平),且要求快速、稳定。四点式液压平台正是这样一种装置。

##### (2) 液压系统及其工作原理

四点式平台的液压系统原理图如图 13-1 所示。系统的执行器为 8 个液压缸,其中 4 个水平缸 27~30 用于增加横向跨度,提高平台的抗倾覆能力,共用一个三位四通电磁换向阀 12 控制。4 个垂直缸 23~26 是平台的支承点,起承载和调平作用,采用机械锁紧,这种缸在工作时用液压解锁,而在平台调平以后依靠摩擦原理锁紧,以防止系统或缸的内泄漏而引起“软腿”现象,提高平台水平的长时稳定性和可靠性;4 个垂直缸的运动分别由带有手动按钮的三位四通电磁换向阀 13~16 控制,液控单向阀 19~22 用于防止调平过程中发生支腿下沉,定差减压阀 17 和 18 用于补偿前后支腿载荷的不均匀,以确保调平正常。系统采用双定量泵 1 和 2 供油,以使水平缸快速伸缩,垂直缸迅速升降,节省平台的架设时间;泵 2 有两个作用:一是为垂直缸 23~26 的机械锁紧机构提供解锁用高压,当系统启动,垂直缸立即处于解锁状态;二是在调平过程中提供小流量,以确保调平的顺利进行并保证足够的精度。顺序阀 5 起高、低压隔离作用,同时用于调节解锁油压。压力继电器 10 和 11 供给控制电路电气信号;系统工作压力用先导式溢流阀 3 调节并由压力表 9 显示。二位二通电磁换向阀 4 用于控制系统升压与卸荷。



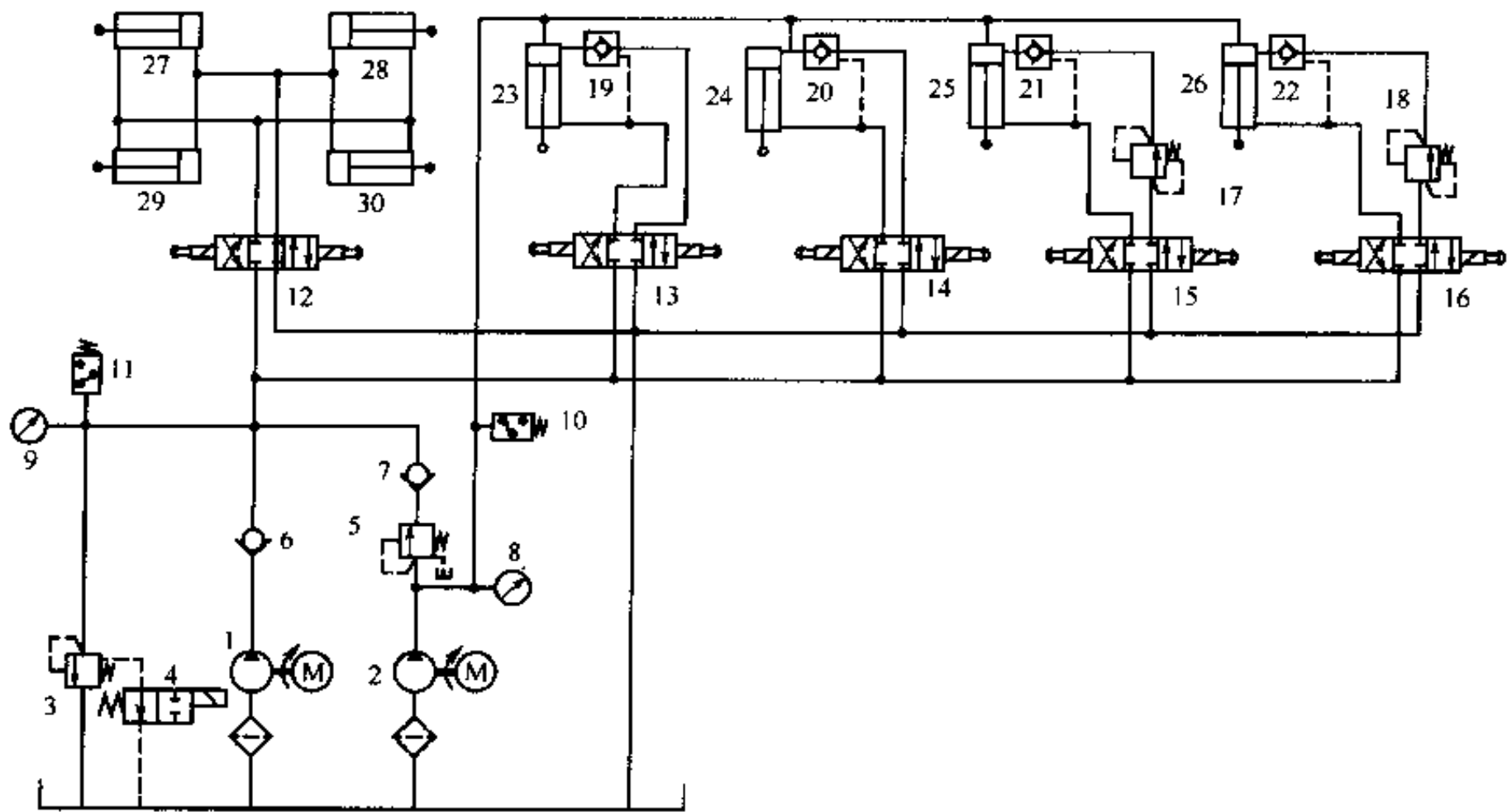


图 13-1 液压平台的液压系统原理图

1、2—定量液压泵；3—先导式溢流阀；4—二位二通电磁换向阀；5—顺序阀；6、7—单向阀；8、9—压力表；10、11—压力继电器；12、13、14、15、16—三位四通电磁换向阀；17、18—定差减压阀；19、20、21、22—液控单向阀；23、24、25、26—垂直液压缸；27、28、29、30—水平液压缸

液压平台的调平过程（见图 13-2）如下。

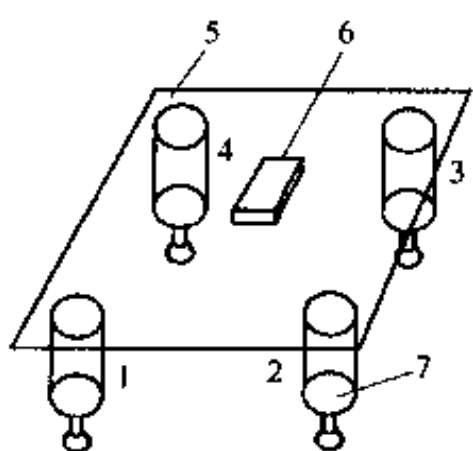


图 13-2 四点式液压平台的调平过程示意图

1、2、3、4—支点；5—平台；6—水平传感器；7—液压缸

平台 5 的倾斜方向及两个倾斜角度由水平传感器 6 检测，通过控制电路驱动换向阀 13~16（参见图 13-1）的上升电磁铁，从而进行调平。例如，当 1、2、3 三个支点偏低时，相应的三个电磁换向阀动作，这些支点的液压缸 7 使平台不断上升，而支点 4 的换向阀不动作。在 1、2、3 上升的过程中，必然有某个支点（假设是支点 3）先上升到与支点 4 相同的高度，此时将其换向阀关闭。支点 1、2 继续上升，直至与支点 4 的高度相同，完成平台的调平（达到允许的误差范围）。

### (3) 技术特点

1) 与手动螺杆、千斤顶调平系统相比，液压平台调整时间短、精度高，减少了人工操作；与三点式液压平台相比，四点式液压平台稳定性好、抗倾覆能力强，可用于不同的调平对象并推广为其他多支点液压平台。

2) 四点式液压平台的液压系统通过设置水平液压缸，可以提高平台的抗倾覆能力；采用机械锁紧，液压解锁，避免了因油液泄漏引起的平台“软腿”现象。

3) 通过设置液控单向阀防止调平中出现支腿下沉，通过定差减压阀补偿，平台载荷不均匀时，也可以使平台正常调平而无虚腿。

4) 系统采用双定量泵组合供油，既可满足执行器的快速运动要求，又具有节能作用。

## 13.2.2 PASBAN 炮塔电液控制系统

### (1) 主机功能结构

PASBAN 炮塔电液控制系统是巴基斯坦空军武器中的一套自动控制系统。系统可根据雷达指挥仪的目标测量参数,自动拖动炮塔完成方位和高低的瞄准运动,使发射装置随时跟踪飞行目标。图 13-3 所示为炮塔总成结构示意图,系统采用单元积木式安装。

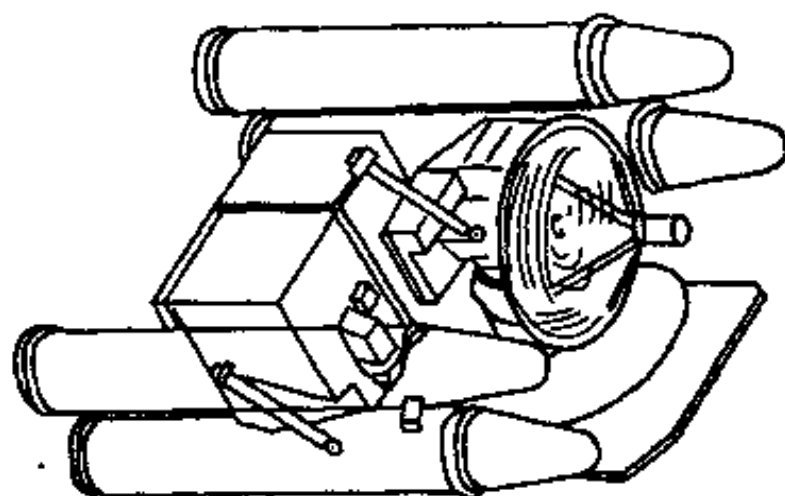


图 13-3 炮塔总成结构示意图

## (2) 电液控制系统及其工作原理

图 13-4 所示为该炮塔的电液控制系统原理图。系统由液压源、方位控制液压回路和高低瞄准控制液压回路组成。方位控制和高低瞄准控制液压回路各设一个相同的两级电液伺服阀(前置级为喷嘴挡板型,放大级为四通滑阀型) 27 和 21,用以接收雷达指挥仪传来的经过逐级放大的指令信号,实现对两个液压执行器(液压缸和马达)的运动方向和速度的控制。

1) 液压源 液压源按照各执行器的动作要求向系统提供符合一定清洁度和温度的压力油。液压源共有两台液压泵 3 和 10,由电动机经过齿轮减速机构驱动。其中单向变量泵(恒压轴向柱塞泵) 10 为系统的主泵,单向定量泵(齿轮泵) 3 为辅助泵。主泵 10 的最高压力设定、空载启动与升压由旁通阀组中的溢流阀 15 及旁通换向阀 14 和二位二通电磁换向阀 13 实现。辅助泵 3 的压力由溢流阀 8 设定。为保证主泵 10 空载启动,正常启动电动机 6 时,二位二通电磁换向阀 13 断电处于图示右位,主泵 10 输出的油液经旁通阀 14 和换向阀 13 进入低压辅助回路(与低压过滤器 7 的入口相接)。从而实现电动机和液压泵空载启动,而后逐渐提高其转速。当启动后 10s,换向阀 13 通电切换至左位,主泵 10 的压力油进入工作系统。工作中,若负载压力超过溢流阀 15 的设定值,则阀 14 左端液控腔的压力油作用下切换至左位,泵 10 的压力油经阀 14 后,一路汇到辅助油路,另一路打开溢流阀 15,经此阀后也进入辅助油路。由温度继电器 4 (3 个)自动控制的风冷式冷却器 5 用于液压油液的冷却;为了提高系统油液的清洁度,辅助泵 3 出口设有低压过滤器 7、主泵 10 出口设有高压过滤器 11,油箱入口设有柱油过滤器 2 且油箱底部装有专门吸收金属物的磁性过滤器。

2) 方位液压控制回路 方位控制液压回路的执行器为液压马达(斜轴式单铰双向定量柱塞液压马达) 31,其功能是由电液伺服阀 27 控制,通过减速器拖动炮塔跟踪目标。与辅助泵 3 出口的相接的单向阀组 30 (2 个)用以马达的双向补油,以防止马达急速换向或突然制动时造成某腔的吸空。通往马达两腔相反安装的两个单向阀组 29 与主泵 10 的供油路相接,用以马达压力超过主泵 10 的供油压力时打开泄油,起到安全保护作用。马达两工作腔间设有直径为  $\phi 0.1\text{mm}$  的阻尼孔 28,以增加系统的阻尼,提高该欠阻尼阀控马达系统的稳定性。当控制压力消除时,通过打开截止阀 32 可以使液压马达的两腔串通,从而实现炮塔的手动转动。二位四通电磁换向阀 20 与液控单向阀 22、24 分别组成了方位和高低两个回路的液压锁,以实现在切断液压力时,锁定炮塔位置使其不动。

3) 高低瞄准控制液压回路 高低控制液压回路的执行器为并联的两个液压缸 26,功能是由电液伺服阀 21 控制,推拉与其铰接的发射装置上下运动,实现俯仰瞄准。高低和方位回路共用主泵压力油驱动,主泵的输出压力按方位回路所需要的高压设定,而高低控制回路所需工作压力较低,为此通过减压阀 19 实现降压,它由两个节流阀 18 和一个减压阀组成。阀 19 和阀 21 之间的单向阀用于隔离负载压力波动对油源的冲击。阻尼孔 23 使发射装置稳

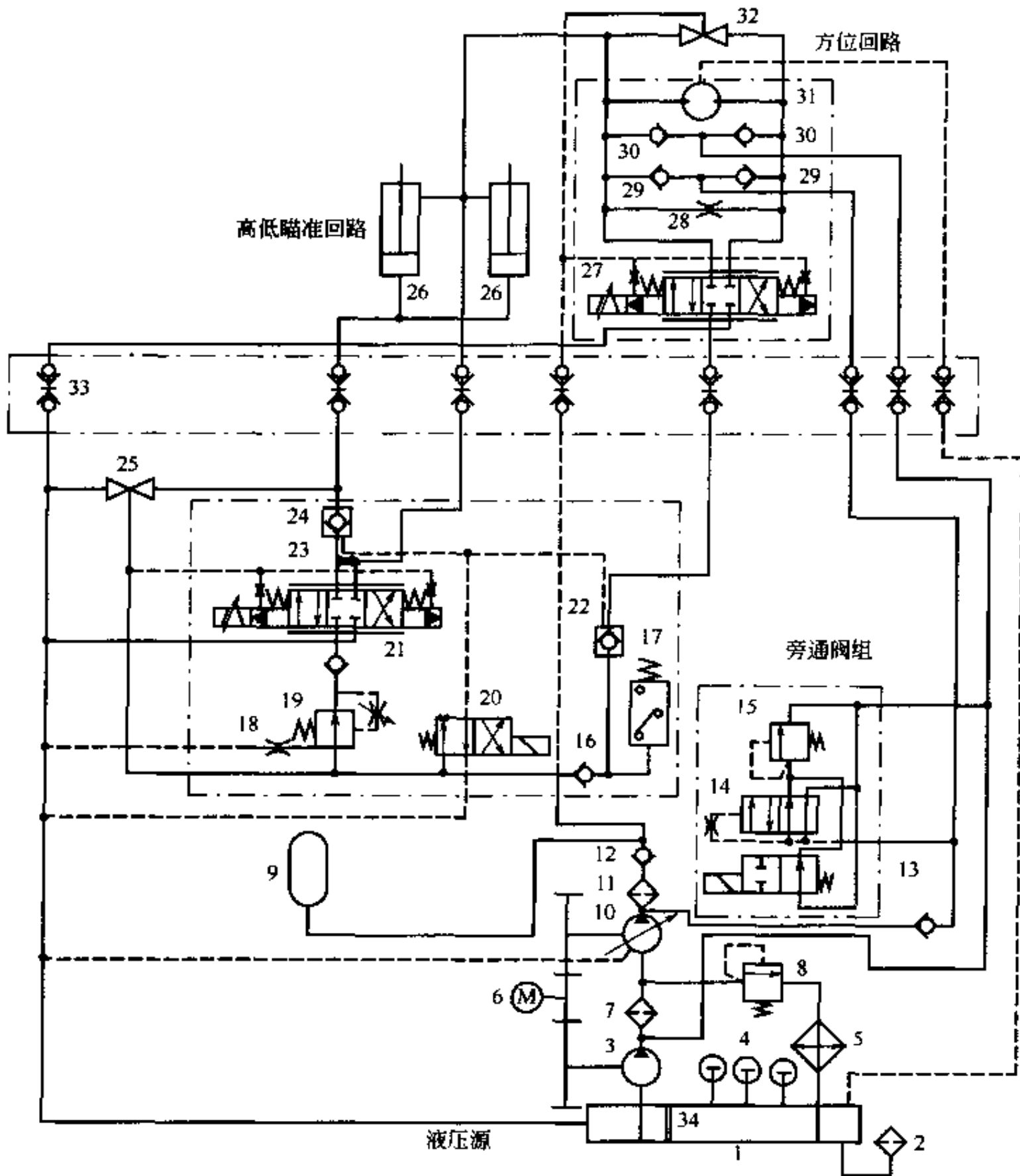


图 13-4 炮塔电液控制系统原理图

1—油箱；2—注油过滤器；3—辅助液压泵；4—温度继电器；5—风冷冷却器；6—液压泵驱动电机；7—低压过滤器；8、15—溢流阀；9—蓄能器；10—主液压泵；11—高压过滤器；12、16、29、30—单向阀；13—二位二通电磁换向阀；14—二位四通液动旁通阀；17—压力继电器；18—节流阀；19—减压阀；20—二位四通电磁换向阀；21、27—电液伺服阀；22、24—液控单向阀；23、28—阻尼孔；25、32—截止阀；26—高低瞄准液压缸；31—方位控制双向定量液压马达；33—快速接头；34—油箱隔板

定。当控制压力消除时，通过打开截止阀 25 使缸 26 向油箱放油，可将发射装置降下。缸 26 两端各设有阻尼节流孔和单向供油阀，用于活塞运动行程終了时的缓冲。

### (3) 技术特点

1) 该炮塔采用了电液伺服阀控马达和液压缸系统，以提高系统的动态响应特性、跟踪精度与动态刚度。

2) 采用辅助泵向主泵进油口供油（双级加压供油），改善了主液压泵的吸油性能和可靠性。液压马达设有补油和安全单向阀组、液压马达和液压缸均设有液压锁，提高了系统的安全可靠性。

3) 系统设有多重过滤装置, 并设有风冷冷却器, 提高了系统的防污染能力并保证了系统具有合适的油温, 从而保证了整个武器的运行可靠性。

(4) 技术参数 (见表 13-1)

表 13-1 炮塔电液控制系统的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位
系统最高安全压力	23.5	MPa	泵吸油管距油箱底高度	30	mm
方位控制液压回路工作压力	18.4		系统控制油温	52~65	℃
高低瞄准控制液压回路工作压力	8.2		油箱容积	23	L
旁通阀组的电磁阀电压	28	V			

### 13.2.3 大型炮弹底螺拆卸机液压系统

#### (1) 主机功能结构

大型炮弹造价高, 有的弹筒使用了贵金属铜合金。其维修方式通常是更换炸药, 重新装配, 只有少数不能拆卸的, 才用其他方式 (如水力切割) 破坏。弹头重约 30~40kg, 前部是引信, 中间装有炸药, 其后部旋入一个细牙大螺堵, 通称底螺。底螺外端面有两个深约 15mm 的盲孔, 供装卸时插入柱销旋转底螺用, 其孔径随弹种不同从  $\phi 8 \sim 10\text{mm}$ 。弹筒约有 10kg, 形如略带锥度的长圆筒, 其后部有一小螺堵, 通称底火。底火结构及其拆卸方式同底螺相似。底螺拆卸机与底火拆卸机的结构、动作、原理差不多, 只不过拆底火时, 力矩小; 且弹筒薄, 夹紧力不能过大。此处仅介绍底螺拆卸机及其液压系统。

该机由支架、夹弹装置和底螺旋松装置等部件组成, 其结构示意图如图 13-5 所示。夹弹装置和旋松装置分别采用液压缸和液压马达驱动; 整机采用可编程序控制器 (PLC) 控制。机器的工作过程如下。

底螺拆卸时, 操作者首先启动液压系统; 把弹头抬上小车, 沿轨道推至夹紧装置下, 该处设有滚柱托轮, 在托轮上转动弹头, 使底螺盲孔对准并套到底螺卡爪柱销上; 夹紧装置下行夹紧弹体; 操作者离开拆弹现场, 到控制室启动旋松装置, 旋松底螺; 底螺卡爪后部有一弹簧把它推向弹头, 使其旋转时不致柱销脱出, 且可随着底螺旋出而逐渐后退; 接近开关记录底螺旋出的圈数, 到预定值时 (确保底螺已经完全拆下), 旋松装置停止转动; 操作人员返回, 夹紧装置松开; 取走底螺和弹头。底螺拆卸全过程中, 夹、松弹头有人在场, 拆底螺时, 人离开到安全的地方, 用摄像头进行监控。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 13-6 所示为底螺拆卸机的液压系统原理图。该液压系统为高低压双泵供油双回路系统, 高压小流量泵 1 与低压大流量泵 2 的压力设定及卸荷分别由电磁溢流阀 3 和 4 实现, 单

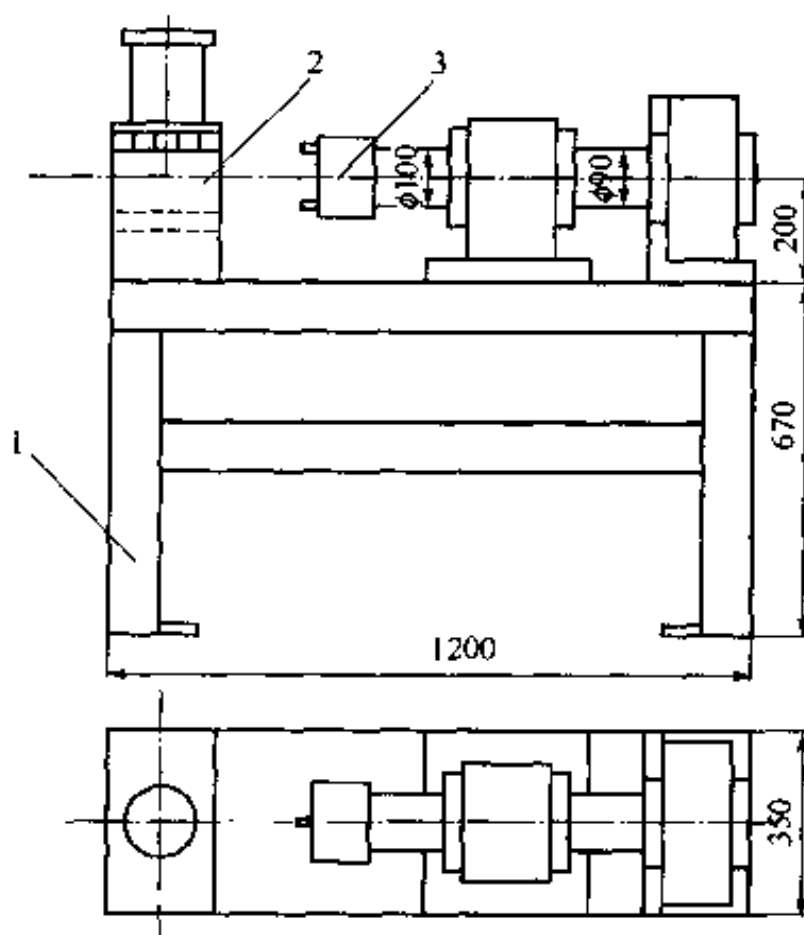


图 13-5 主机的结构示意图

1—支架; 2—夹弹装置; 3—旋松装置

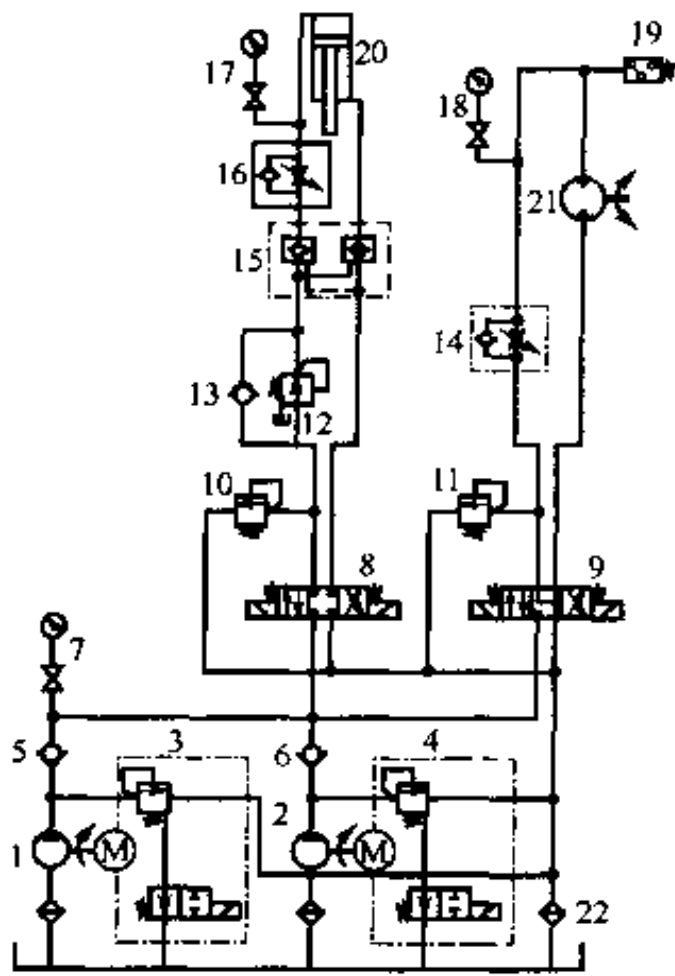


图 13-6 炮弹底螺拆卸机液压系统原理图

1—高压小流量泵；2—低压大流量泵；3、4—电磁溢流阀；5、6、13—单向阀；7、17、18—压力表；8、9—三位四通电磁换向阀；10、11—溢流阀；12—减压阀；14、16—单向节流阀；15—双向液压锁；19—压力继电器；20—夹紧液压缸；21—旋松液压马达；22—回油过滤器

向阀 5 和 6 用于防止压力油倒灌。夹紧液压缸 20 的运动方向由三位四通电磁换向阀 5 控制，缸 20 的工作压力由减压阀 12 设定与控制，缸 20 的运动速度通过单向节流阀调节，双向液压锁 15 用于夹紧机构夹紧后的保压；液压马达 21 用于旋送底螺，其旋转方向由三位四通电磁换向阀 9 控制，旋转速度通过单向节流阀 14 调节，压力继电器 19 用于低压大流量泵开始卸荷的发信。溢流阀 10 和 11 分别作为夹紧回路和旋松回路的安全阀，以防过载。油源的压力、液压缸和液压马达的工作压力可分别通过压力表及其开关 7、17 和 18 进行观测。

系统工作时，两电磁溢流阀 5 和 6 均通电，泵 1、2 均由卸荷转为升压状态，三位四通电磁换向阀左位切入工作，双泵的压力油经阀 8、减压阀 12、阀 15 和阀 16 的单向阀进入缸 20 的无杆腔（有杆腔经换向阀 8 及过滤器 22 向油箱排油），实现夹紧动作。炮弹夹紧后，换向阀 8 复至中位，双向液压锁 15 保持夹紧压力，泵 1 和 2 均卸荷。拆底螺时，换向阀 9 切换至左位，液压马达由双泵供油，压力继电器 19 发信，电磁溢流阀 4 断电，低压大流量泵 2 卸荷，仅高压小流量泵 1 向液压马达 21 供油。

### (3) 技术特点

1) 与电机-减速箱-底螺卡爪结构式的机械传动底螺拆卸机相比，该底螺拆卸机采用液压传动和 PLC 控制，自动化程度较高，旋松力矩易于限定和控制，不必担心闷车，安全可靠性能高。

2) 液压系统采用双泵组合供油，并采取了卸荷措施，所以无功能耗低，发热少。

3) 在结构上液压系统采用叠加式液压阀，可减少系统集成时油路块的数量，液压站整齐美观，元件追加或更换方便。

4) 由于工作场地的限制，主机和液压系统总成（液压站）放在了一个拆弹房间，但为了保证操作者和机器的安全性，采用了防爆式驱动电机；电磁换向阀（其线圈全封装在塑料壳内）的接线接牢后用树脂固定；所有传感器、接近开关为无触点型。

5) 该机动作虽然简单，但由于设有许多保障安全的传感器，加上电磁溢流阀和压力继电器等，故电气接点较多。对不同炮弹品种，其底螺的大小、厚薄均不一样，需要调节的环节较多。所以电气控制采用了可编程序控制器（PLC）。电气控制柜和监视器均单独放置在控制室。

6) 除了油源的溢流阀外，夹弹缸回路和马达回路分别设有安全阀，系统回油路设有过滤器，因而提高了系统的工作可靠性和安全性。

### (4) 主要技术参数

拆卸机主机的外形轮廓尺寸如图 13-5 所示；最大旋松力矩为  $3000\text{N}\cdot\text{m}$ ，旋松转速为  $20\text{r}/\text{min}$ ；液压系统高压泵的工作压力为  $10\text{MPa}$ ，流量为  $10\text{L}/\text{min}$ ；低压泵的工作压力为  $7\sim 8\text{MPa}$ ，流量为  $32\text{L}/\text{min}$ ；双泵的额定压力为  $32\text{MPa}$ 。

### 13.2.4 地空导弹发射装置液压控制系统

#### (1) 主机功能结构

该地对空导弹发射装置为四联装置，左右配置在双联载弹发射梁上。发射梁的俯仰运动由液压控制系统驱动。其功能为：根据火控计算机的指令，使发射梁在俯仰方向精确地自动跟踪瞄准飞行目标；根据载弹情况的不同，自动平衡负载的不平衡力矩；在俯仰方向进行手动操纵。发射装置的液压控制系统，由左右双联载弹发射梁的俯仰电液伺服系统、变载液压自动平衡系统及手摇泵操纵系统等组成。

图 13-7 所示为双联载弹发射梁的结构及其受力关系示意图。由于发射梁的耳轴  $O$  远离梁和导弹重心  $O_1$ ，从而带来了很大的负载不平衡力矩，最大可达  $4.4\text{kN}\cdot\text{m}$ 。另外，单发导弹重达  $1.2\text{kN}$ ，这样随载弹情况的不同，其不平衡力矩值差别也很大。故采用弹簧平衡机 3 平衡和液压平衡缸 1 的自动平衡的共同作用，用以平衡负载的不平衡力矩。

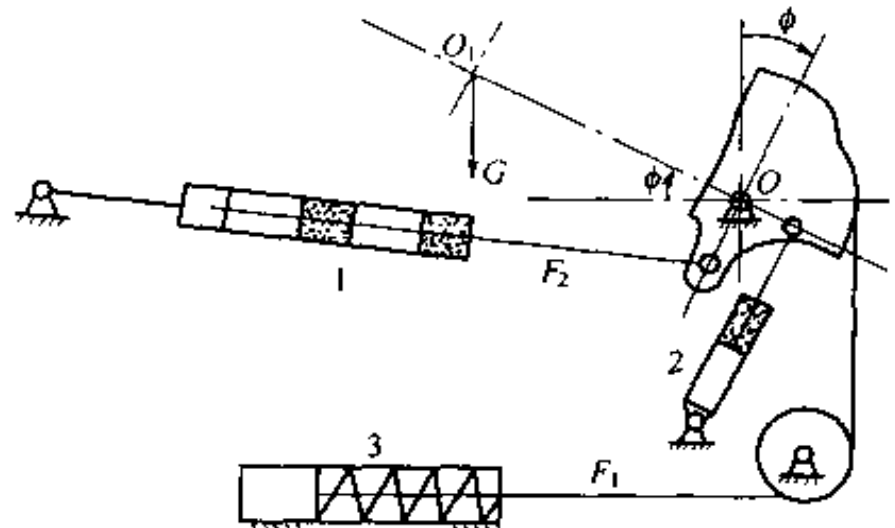


图 13-7 双联载弹发射梁的结构及其受力关系示意图

1—液压平衡缸；2—伺服液压缸；3—弹簧平衡机；  
 $O$ —耳轴； $O_1$ —导弹和载弹发射梁中心

#### (2) 液压系统及其工作原理

1) 液压自动平衡系统 图 13-8 所示为液压自动平衡系统原理图，双缸串联式左右变载自动平衡缸 12、13 分别采用两组三位四通电磁换向阀和二位二通电磁换向阀（8、9 和 10、11）进行控制。左右缸由同一油源（定量泵 1）供油，泵 1 的压力由溢流阀 7 设定，二位四通液动换向阀 5 作旁通阀，用于液压泵的空载启动。

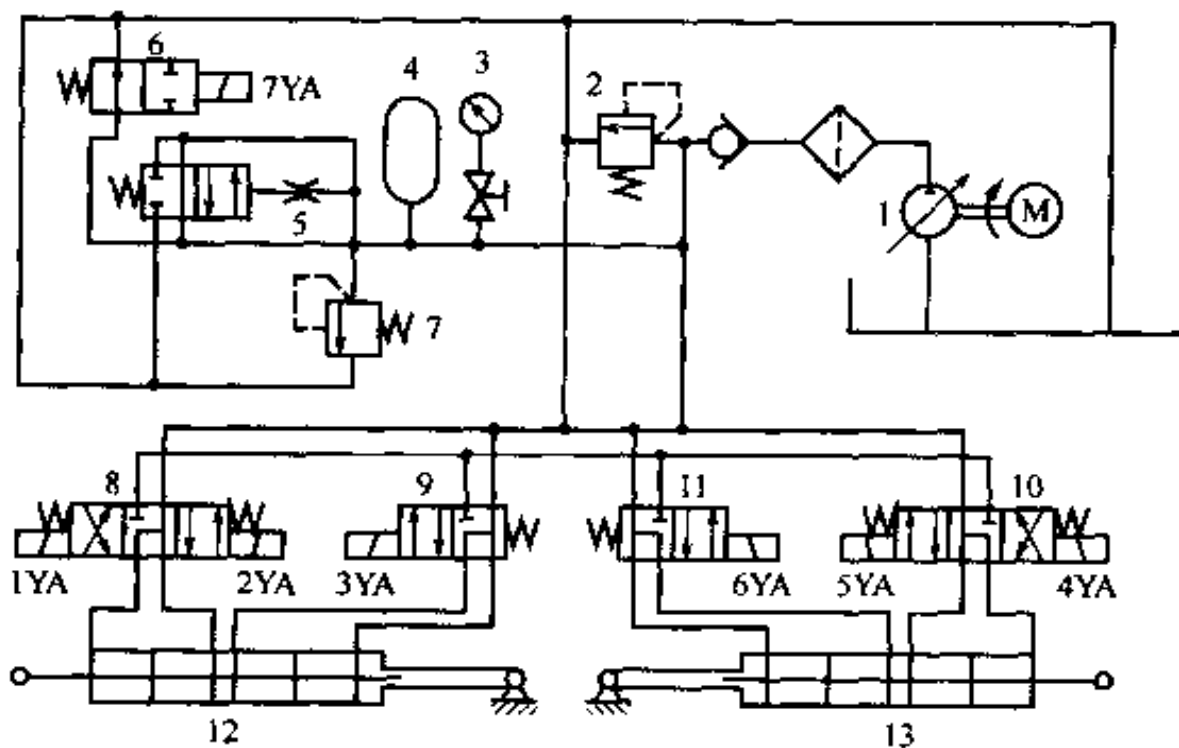


图 13-8 液压自动平衡系统原理图

1—变量液压泵；2、7—溢流阀；3—压力表及其开关；4—蓄能器；5—二位四通液动旁通换向阀；6—二位二通电磁换向阀；8、10—三位四通电磁换向阀；9、11—二位四通电磁换向阀；12、13—左、右平衡液压缸

工作时，旁通阀 5 使电动机空载启动，待电动机带动泵 1 启动后电磁铁 7YA 通电使换向阀 6 切换至右位，油路升压到溢流阀的调定值。根据不同的载弹情况，双联载弹发射梁上



相应的行程开关发出使电磁铁 1YA、2YA、4YA 和 5YA 的通断电信号，对各电磁换向阀进行操纵，以提供所需的平衡力矩。一般有下列四种工况：发导弹时，两平衡缸供油，提供 7650N 的拉力；仅载上弹时，平衡缸不工作，仅弹簧平衡；仅载下弹时，平衡缸单缸供油，提供 3825N 拉力；没有载弹时，平衡缸单缸供油，提供 3825N 推力。

2) 电液伺服系统 左右双联载弹发射梁的电液伺服系统完全相同，其原理方框图如图 13-9 所示。旋变接收机的转子轴与梁的耳轴相连，转角为  $\phi_0$ ，火控计算机给出的俯仰方向指令角为  $\phi_1$ ，其与耳轴转角差  $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_0$  为误差角。旋变接收机的输出电压  $U_{\Delta\phi}$  与误差角  $\Delta\phi$  成正比，即为误差电压  $U_{\Delta\phi}$ 。 $U_{\Delta\phi}$  经放大器进行放大变换后输出直流电流  $i_c$  来控制电液伺服阀工作，驱动伺服缸的活塞带动耳轴向减少  $\Delta\phi$  的方向转动，最终使  $\Delta\phi = 0$ ，伺服系统达到协调。为保证系统的动态精度，改善系统的动态性能，采用复合控制，速度加速度反馈及伺服缸压力反馈等校正措施。

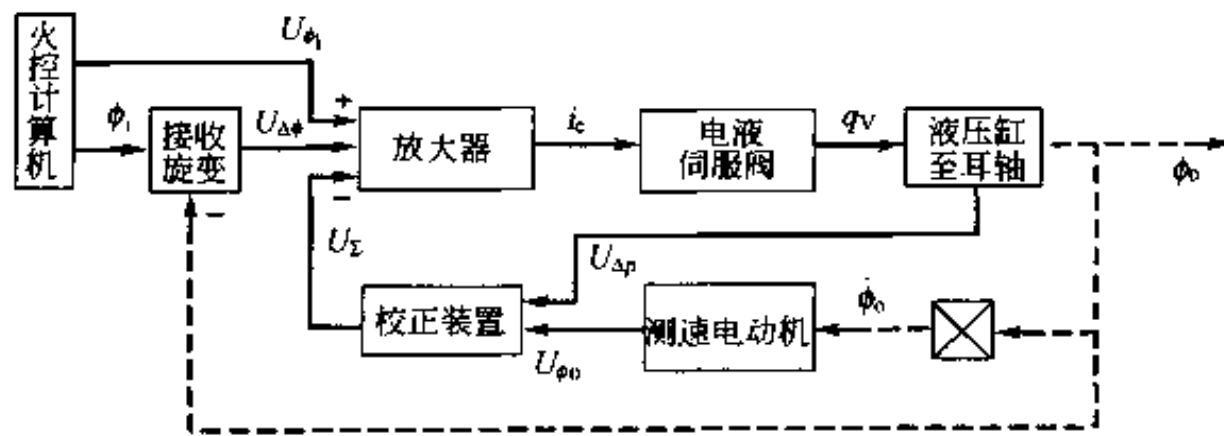


图 13-9 电液伺服系统原理方框图

图 13-10 所示为电液伺服装置的液压回路原理图。左右电液伺服装置合用液压泵 1 供油，两个液压缸 10 和 11 采用电液伺服阀 6 和 7 控制。系统压力由溢流阀 5 设定。与图 13-8 所示系统类似，此系统也设有用于控制液压泵空载启动的液动旁通换向阀 4。系统工作时，旁通阀 4 保证电动机空载启动，之后电磁铁 1YA 通电使二位二通电磁换向阀 3 切换至右位，使油路升压到要求值。电磁铁 2YA 通电，换向阀 16 切换至右位，反向导通液控单向阀 17，使液压泵的压力油通向左、右伺服阀 7 和 6；同时电磁铁 3YA、4YA 通电使换向阀 8 和 9 切换至右位，伺服阀即可根据要求驱动伺服缸 12 和 13 工作。

图 13-10 所示系统中，备有手摇液压泵 14 和 15 及三位四通电磁换向阀 12 和 13。在断电时，二位四通电磁换向阀 8 和 9 使伺服阀 6、7 与伺服缸 10、11 间的油路切断。用手控三位四通换向阀接通手摇泵到伺服缸的供油和排油回路，摇动手摇泵即可驱动伺服缸活塞按要求的方向带动耳轴转动，实现对载弹发射梁的手动操纵。

### (3) 技术特点

1) 变载液压自动平衡系统有效解决了不同载弹情况下不平衡力矩的平衡问题，改善了伺服系统的负载条件，同时也为系统提供了有利的外液压阻尼作用。

2) 伺服系统的多项反馈校正措施中，压力反馈作用最为重要。

3) 伺服系统还采用了 I 型、II 型变结构方案。即小误差范围系统为 II 型，以提高动态精度；大误差范围系统为 I 型，以提高运动平稳性。

4) 变载液压自动平衡系统和伺服系统的油源均通过设置旁通阀实现液压泵的空载启动，通过二位二通电磁换向阀实现系统升压；伺服系统设有备用手动泵，便于断电或故障时实现对载弹发射梁的手动操纵。

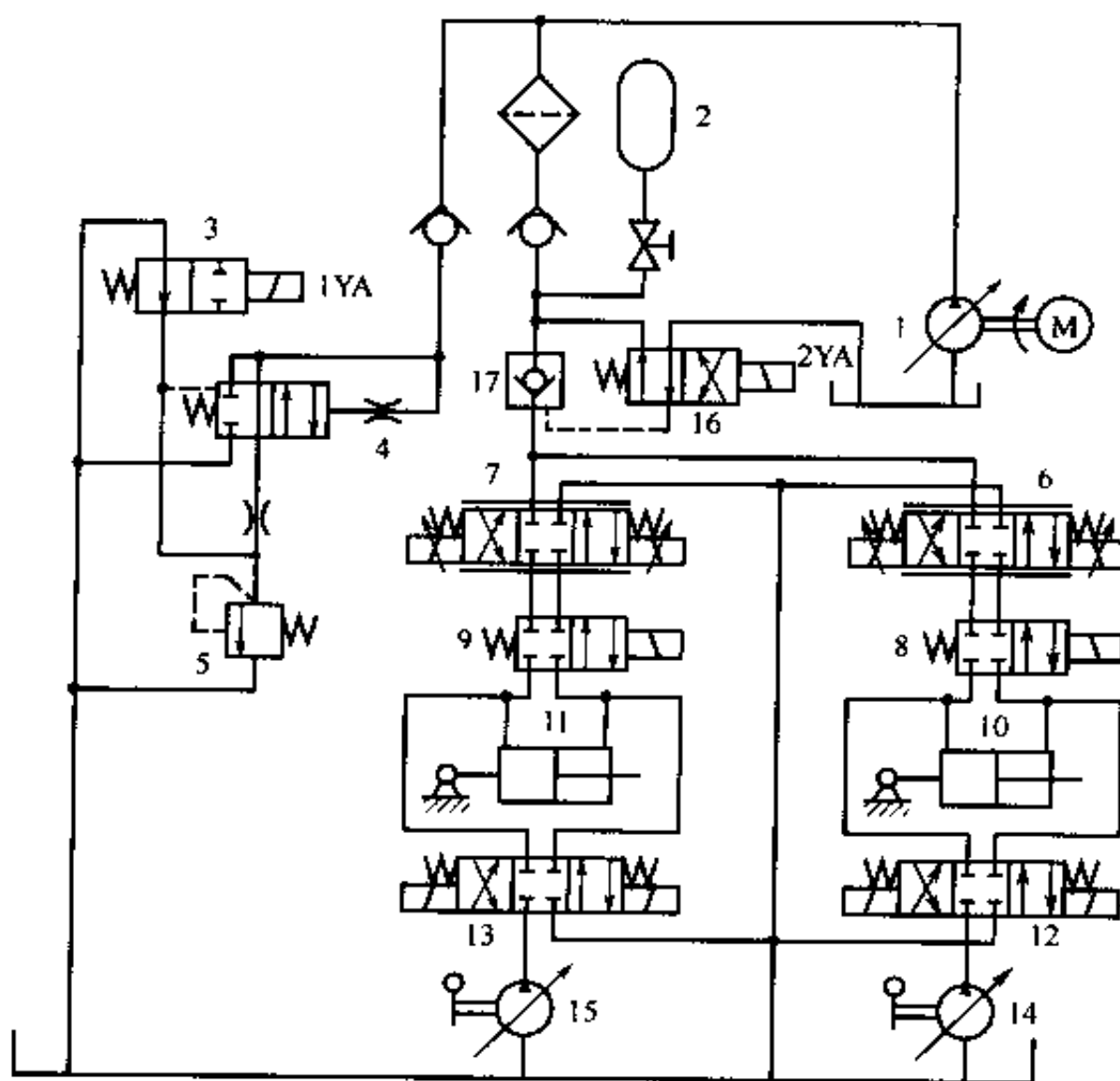


图 13-10 电液伺服装置的液压回路原理图

1—变量液压泵；2—蓄能器；3—二位二通电磁换向阀；4—二位四通液动旁通换向阀；5—溢流阀；6、7—电液伺服阀；8、9—二位四通电磁换向阀（O型机能）；10、11—伺服液压缸；12、13—三位四通电磁换向阀；14、15—手摇液压泵；16—二位四通电磁换向阀；17—液控单向阀

(4) 技术参数 (见表 13-2)

表 13-2 导弹发射装置及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位		
发射装置	最大跟踪角速度		40	$^{\circ}/s$	
	最大跟踪角加速度		35	$^{\circ}/s^2$	
	工作精度	静态误差	3	mrad	
		等速跟踪误差	6		
		正弦跟踪误差	8		
	动态特性	800mard 失调协调时间	$\leq 4$	s	
		允许振荡次数	$\leq 2$	次	
最大超调		$\leq 30\%$			
工作范围		$-5 \sim +80$	$(^{\circ})$		
液压系统	平衡系统	油源压力	77	MPa	
		液压泵	驱动电机功率	2.2	kW
			驱动电机转速	1420	r/min
	液压缸有效作用面积		5	$cm^2$	
	伺服系统	油源压力	128	MPa	
		液压泵	驱动电机功率	2.2	kW
驱动电机转速			1420	r/min	
液压缸有效作用面积		17.58	$cm^2$		

13.2.5 猎枪管旋压机液压系统

(1) 主机功能结构

猎枪管旋压机是一种采用无切削加工的旋压工艺，将厚壁短管毛坯一次旋制为变截面的筒形猎枪管成品（见图 13-11）的专用成型设备。由图 13-12 可知，旋压机主要由床身、床头箱，旋轮（三个互成 120°分布的旋轮）架，尾顶等部分组成。旋压机的所有运动由液压系统驱动，旋轮的径向进给为微机控制的液压伺服系统。

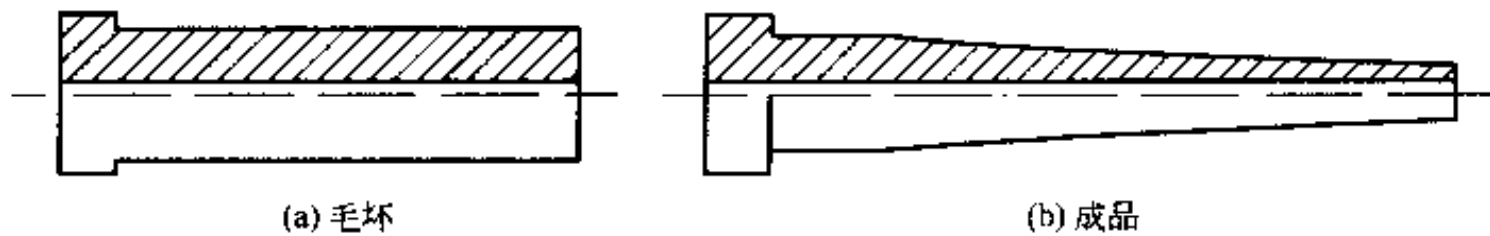


图 13-11 猎枪管

旋压加工时，毛坯 3 套于芯棒 5 上，一端夹在主轴上，另一端由尾顶顶紧。主轴带动芯棒旋转，旋轮架沿机器导轨移动，毛坯在三个旋轮的径向施力下变薄延伸，最终旋制成型。

### (2) 液压系统及其工作原理

系统的关键是三个旋轮的径向进给量的控制。枪管的母线为一特定的曲线，要在旋压机上一次旋制成型，则需在旋制的过程中随时调整旋轮的进给量。三个旋轮的径向进给共用一套电液伺服系统来控制（见图 13-13），三个旋轮 4 单独控制，各旋轮的运动及其进给量的控制用电液伺服阀 2 与液压缸 3 实现，其油源为轴向柱塞泵。图 13-14 所示为系统的闭环控制原理方框图。旋轮架的移动及尾顶等由另一油源（叶片泵）控制。

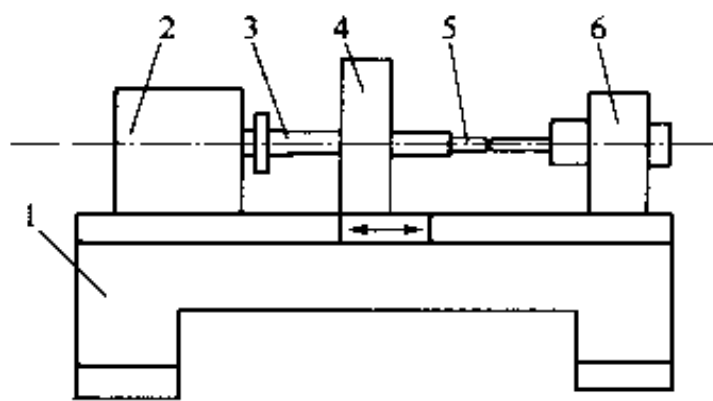


图 13-12 旋压机的主机结构示意图

1—床身；2—床头箱；3—毛坯；  
4—旋轮架；5—芯棒；6—尾顶

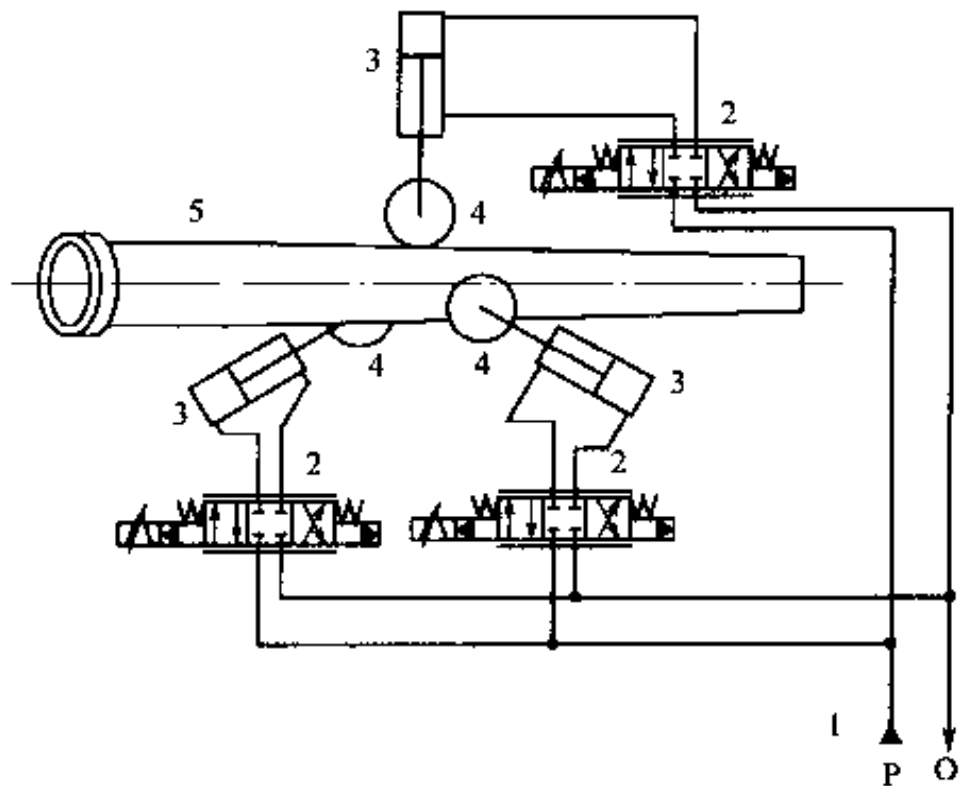


图 13-13 电液伺服系统原理图

1—油源；2—电液伺服阀；3—液压缸；4—旋轮；5—工件

### (3) 微机控制系统

控制系统采用上下位双机控制，主机 386 用来显示数据和图形，下位机 8051 单片机（STD 总线）用作数据采集和控制。系统方框图如图 13-15 所示。

### (4) 技术特点

1) 三个旋轮各自有一阀控缸驱动，由微机控制伺服阀的开口量，旋轮的位移由数显光栅尺检测而形成闭环控制。三个旋轮的同步精度高、受力均匀；三个旋轮的驱动缸尺寸完全相同，并有位置调节装置，旋轮位置重复精度高。

2) 坯料的夹紧，尾顶及旋轮架的移动也采用液压驱动，自动化程度高。

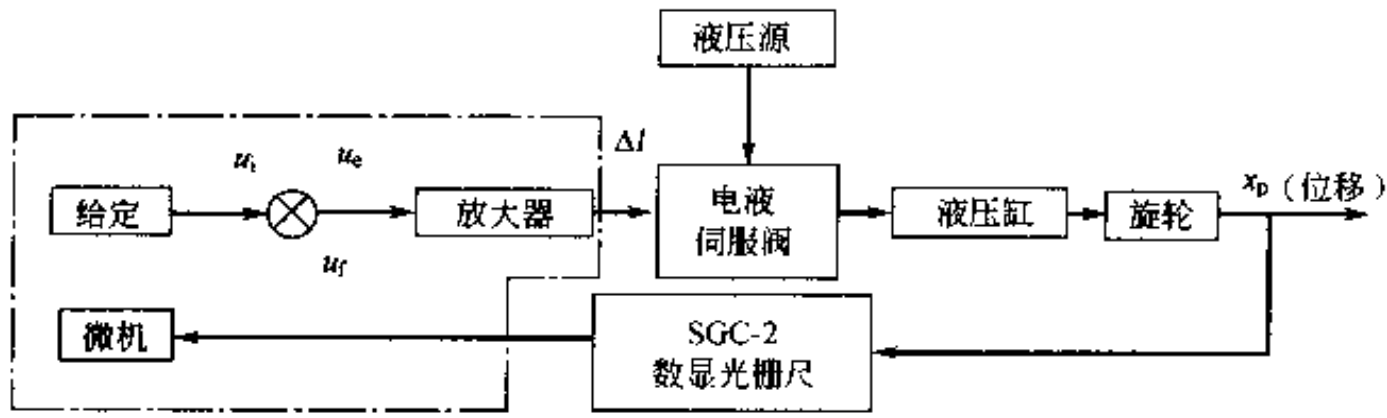


图 13-14 电液伺服系统闭环控制原理方块图

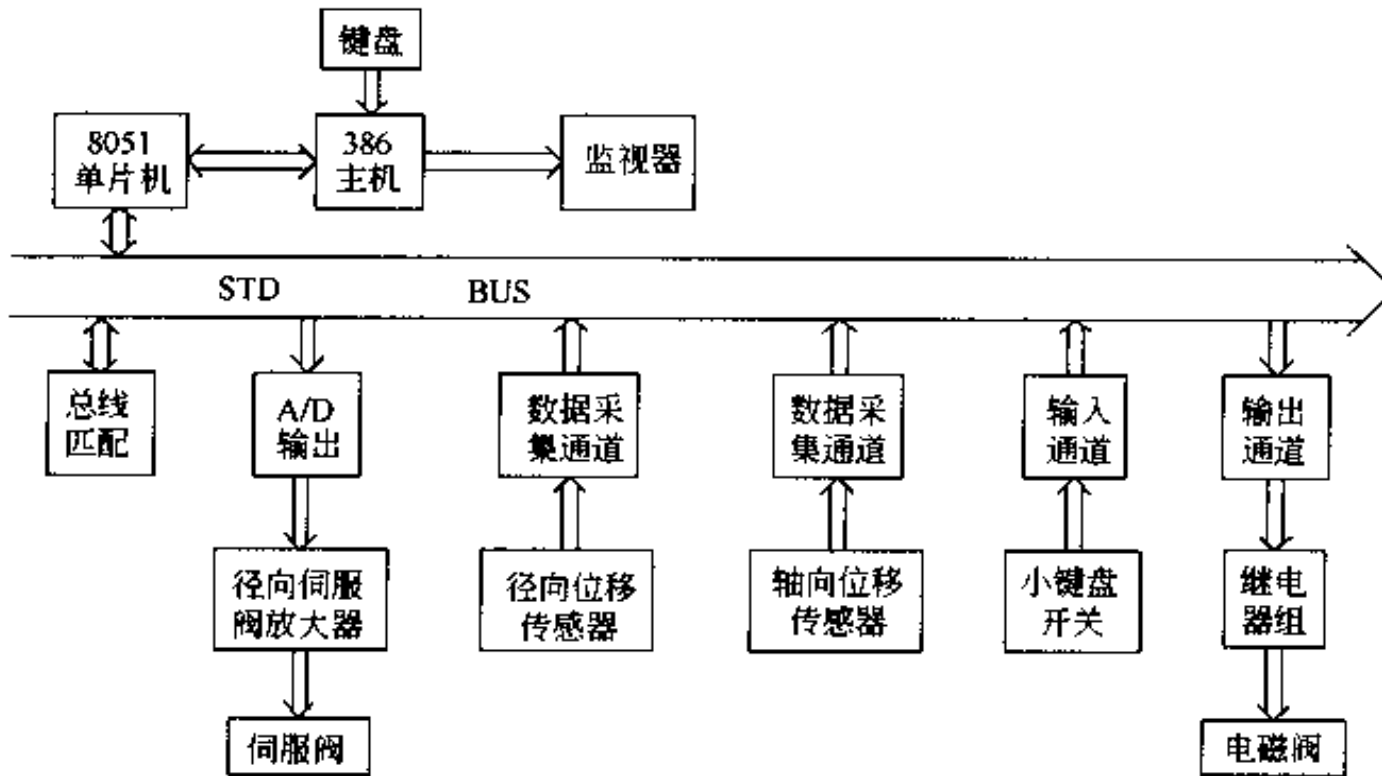


图 13-15 微机控制系统方框图

- 3) 液压系统采用叠加阀式集成，简化了系统结构。
- 4) 微机控制采用上下位双机控制，改变微机输入参数可旋制不同形状和尺寸的筒形件。
- 5) 旋压机可实现正、反向旋压，最小壁厚可达 0.9mm。
- 6) 与传统的车、镗、磨等机械加工方法相比，旋压加工方法所用加工设备少，性能稳定可靠，工效高，原材料消耗低（可节约原材料 55%），制品质量高。

(5) 技术参数（见表 13-3）

表 13-3 旋压机液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位
旋轮径向进给 液压伺服系统	10SCY14-1B <sub>1</sub> 轴向柱塞泵	工作压力	15 MPa
		流量	4.2 L/min
坯料夹紧、尾顶及旋轮架移动的液 压系统	YB <sub>1</sub> -E10 叶片泵	工作压力	10 MPa
		流量	9.1 L/min
总功率		2.6	kW

### 13.2.6 海军舰船武器装备液压元件综合检测中心的液压系统

#### (1) 设备的功能结构

液压传动和控制系统在海军舰船武器装备中占有极其重要的地位，其失效率比较高，经

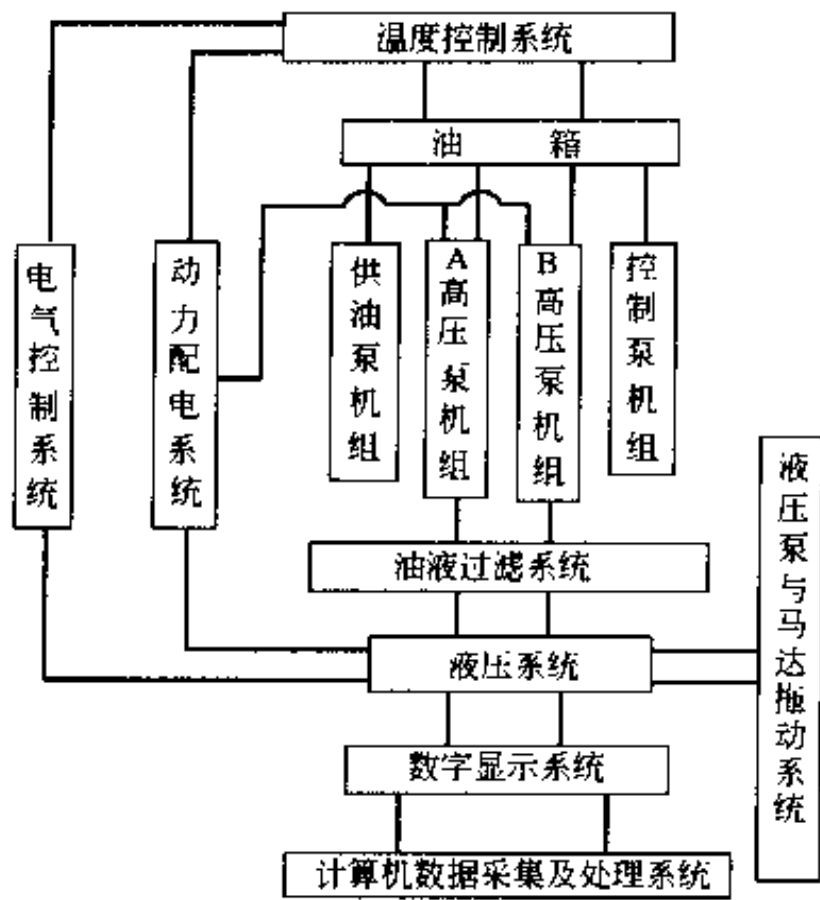


图 13-16 液压元件综合检测中心总体结构框图

常需要维修。传统的视情修理方式无法准确地把握故障点，既不科学，也不安全，费工费时，难以满足装备对快速保障的要求，在作战时可能贻误战机，造成重大损失。液压元件综合检测中心就是为了解决上述问题，满足军修需要的一种液压检测设备，它可实现液压泵、液压马达、液压缸和液压阀等液压元件的出厂试验，其试验方法、试验回路、检验项目、报告内容等符合液压元件试验方面的有关国家标准和行业标准。设备的结构框图如图 13-16 所示，它由温度控制系统、油箱、A 高压泵机组、B 高压泵机组、供油（补油）泵机组、控制泵机组、油液过滤系统、液压系统、数显系统、被试泵和马达对拖系统、电控系统、动力配电系统、计算机数据采集及处理系统等部分组成，通过管路、线路或机械机构将这几部分连接成一个有机的整体。

(2) 液压系统及其工作原理

图 13-17 所示为液压元件综合检测中心的液压系统原理图，各类元件的试验方法及原理如下。

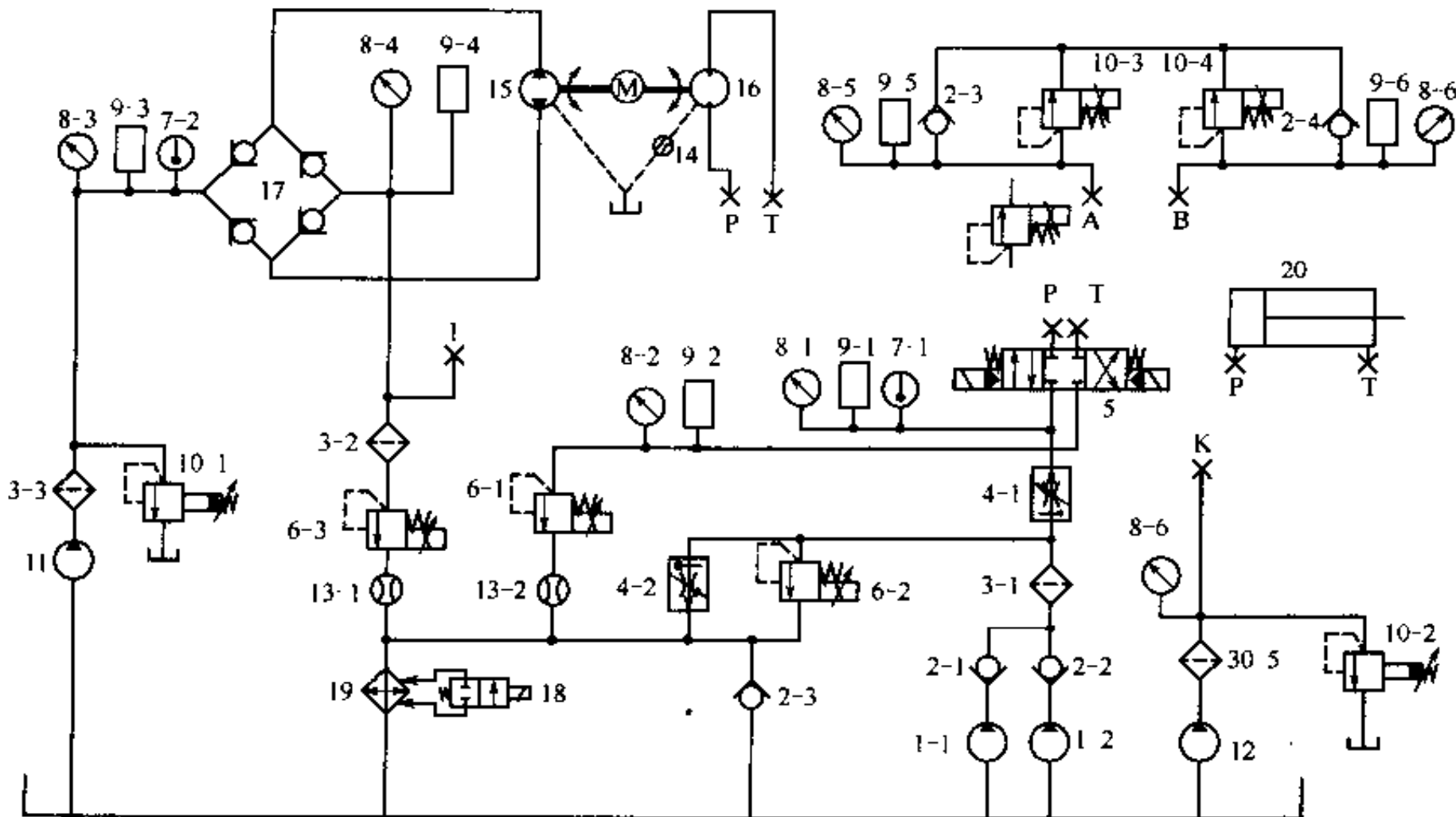


图 13-17 液压系统原理图

1—主液泵；2—单向阀；3—过滤器；4—调速阀；5—三位四通电液换向阀；6—电液比例溢流阀；7—温度传感器；8—压力表；9—压力传感器；10—溢流阀；11—补油泵；12—控制液泵；13—流量计；14—微流量计；15—被试泵；16—被试马达；17—单向阀组；18—电磁水阀；19—冷却器；20—被试液压缸

1) 液压泵试验 将被试液压泵取代系统中的元件 15 并由液压马达 16 驱动其转动。马达的进出口（P、T）与系统中的换向阀 5 的出油口（P、T）相连，用补油泵 11 为被试泵

提供进油；由比例溢流阀 6-3 为其加载；由单向阀组成的整流阀组 17 实现被试泵正反转时的进出油，而不需要换向阀；由温度传感器 7-2 测量被试泵的进出口油温；由压力传感器 9-3、9-4 分别测量其进出口压力；由流量计 13-1 测量其流量；由转速扭矩仪 M 测量其转速和驱动功率。

2) 液压马达试验 将被试液压马达取代系统中的元件 16，由泵 15 为其输出轴加载；由阀 5 为其换向；由压力传感器 9-1 和 9-2 测量其进出口压力；由流量计 13-2 测量其出口流量；由微流量计 14 测量其泄漏量；由转速扭矩仪 M 测量其输出转速和功率。

3) 液压缸试验 将被试液压缸 20 的进出口 (P、T) 和换向阀 5 的进出口 (P、T) 相连。通过调节调速阀 4-1 和 4-2 改变缸的运动速度，由压力传感器 9-1 和 9-2 测量其进口压力和背压。

4) 液压阀试验

① 换向阀试验。将被试换向阀替代系统中的阀 5，用阀板 (板式阀) 或管路 (管式阀) 将被试阀安装于系统中，阀的出液口分别与 “A”、“B” 相连。由两台斜轴式柱塞泵组成的系统泵站为其供油；用两个调速阀 4-1 和 4-2 实现进口和旁路调速，控制进入被试阀的流量；由电液比例溢流阀 6-2 调节阀的进口压力；用两个溢流阀 10-3 和 10-4 为其加载；由压力传感器 9-1、9-5 和 9-6、9-2 分别采集换向阀的进出口压力和背压；由流量计 13-2 测量其流量；由温度传感器 7-1 测量其进口油温。

② 压力控制阀、流量控制阀和单向阀的试验。将被试阀替代系统中的阀 5，进口与调速阀 4-1 的出口相通，出口连到比例溢流阀 6-1 的进口上。若试验分流阀，将其另一出口连到 “t” 位，用管路将其外控口与系统的 “K” 口连接，由控制泵 12 为其提供控制油液。

(3) 计算机数据采集与处理系统

图 13-18 所示为系统的硬件配置图，数显二次仪表及计算机数据采集接口端子板等装置均安装在测控操作台上，以保证合理安装、布线，并保证硬件设备稳定可靠的运行及易于维护。系统软件配置中，数据采集和处理软件是在中文 Windows98 平台上用 Visual Basic5.0 编写，为面向对象的事件驱动程序，软件为标准的 Windows 界面。采用下拉式菜单管理各项功能；用结构查询语言 SQL 管理数据，报表用 Crystal Report3.0 生成器制作。

(4) 技术特点

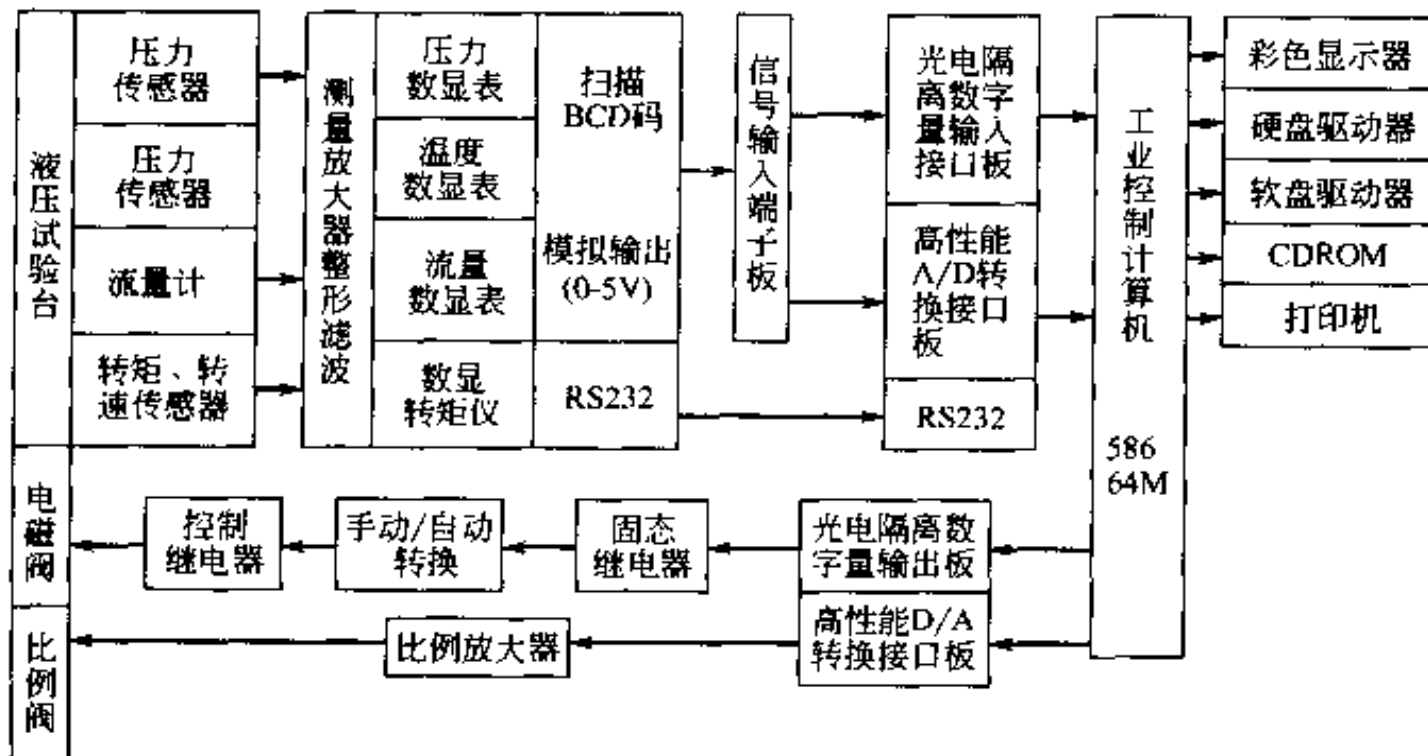


图 13-18 计算机数据采集与处理系统的硬件配置



- 1) 该液压元件综合检测中心综合了各类液压元件的试验回路, 采用了电液比例控制技术、计算机数据采集与处理技术, 功能齐全、性能可靠。
- 2) 设备的参数基本覆盖了海军舰船中所有液压元件的额定工况。
- 3) 设备的试验方法、试验回路、检验项目、报告内容等符合液压元件(泵、马达、缸、各类阀)试验方面的有关国家标准和行业标准。
- (5) 技术参数(见表 13-4)

表 13-4 检测中心液压系统参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
液压系统泵站	压力	31.5	MPa	供油(补油)	压力	3	MPa
	流量	160	L/min		流量	120	L/min
控制油源	压力	10	MPa	油液过滤精度		10	$\mu\text{m}$
	流量	15	L/min	冷却水流量		600	L/min

## 第 14 章 公共设施及环保中的液压系统

### 14.1 概述

随着人民生活水平的日益提高，国家大力发展旅游、娱乐、医疗等公共事业，并且日益重视环境保护和可持续发展问题，随之出现了许多新型机械设备。例如客运索道、大型广播电视塔、剧院升降舞台、游艺机、磁卡压机、捆钞机、医用牵引床、垃圾压装、破碎、运输机械与车辆，这些设备利用了液压传动与控制，易于进行无级调压与调速、过载保护，并易与计算机控制技术相结合，实现自动化的特点；安全可靠、自动化程度高，设备的运行效果良好，对于提高人民的生活质量起到了显著的推进作用。本章介绍公共设施及环保设备中所使用的 14 个液压传动与控制系统实例。

### 14.2 公共设施中的液压系统

#### 14.2.1 循环式客运索道液压张紧系统

##### (1) 主机功能结构

随着近年来旅游业的快速发展，旅游观光索道在名山大川甚至一些中小旅游景点得到了广泛的应用。运载索的张紧装置是索道设备中的重要组成部分。保持运载索恒定张力的张紧装置有重锤式、液压式等不同形式。图 14-1 所示为采用液压张紧装置的循环式客运索道结构示意图，两条闭合的运载索 2 套在索道两端的驱动轮 1 及回转轮 4 上，线路上设有支架，支架上装有托索轮或索轮，它随地形变化将运载索托起或压下，按一定间距将乘客吊厢用抱索器固定在运载索上，驱动运载索，带动吊厢实现运送乘客。为保证运载索的恒定张力，在驱动轮或回转轮上设有液压缸驱动的张紧装置 5。

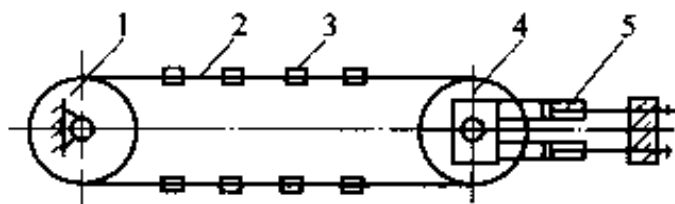


图 14-1 客运索道结构示意图

1—驱动轮；2—运载索；3—吊厢；  
4—回转轮；5—液压张紧装置

根据客运索道上、下站站房实际位置情况，张紧装置可选择在乘客上站处或乘客下站处。一般情况下，张紧装置设置在迂回站，张紧液压缸和小车铰接在一起，活塞杆固定在混凝土立柱上。通过液压缸带动小车沿轨道往复移动，从而调节运载索的张力。当线路上游客减少即负载变小时，运载索张力变小，必须使活塞杆相对回缩，从而使运载索张力增大到规定值；反之，游客增加即运载索张力增大时，则必须使活塞杆相对伸出，使运载索张力下调到规定张力值。运载索张力应保持在规定的误差范围之内，以保证驱动力、制动力、合理折角等要求，从而保证乘客及索道设备安全可靠。

##### (2) 液压张紧系统及其工作原理

图 14-2 所示为客运索道液压张紧系统的原理图。系统的执行器为张紧液压缸 20（2 个）。系统的油源为定量齿轮泵 1，手动液压泵 8 为备用调整泵。溢流阀 2 用于设定运载索基准张力要求的工作压力。溢流阀 5 用于设定系统的最高压力（比阀 3 的设定值高约

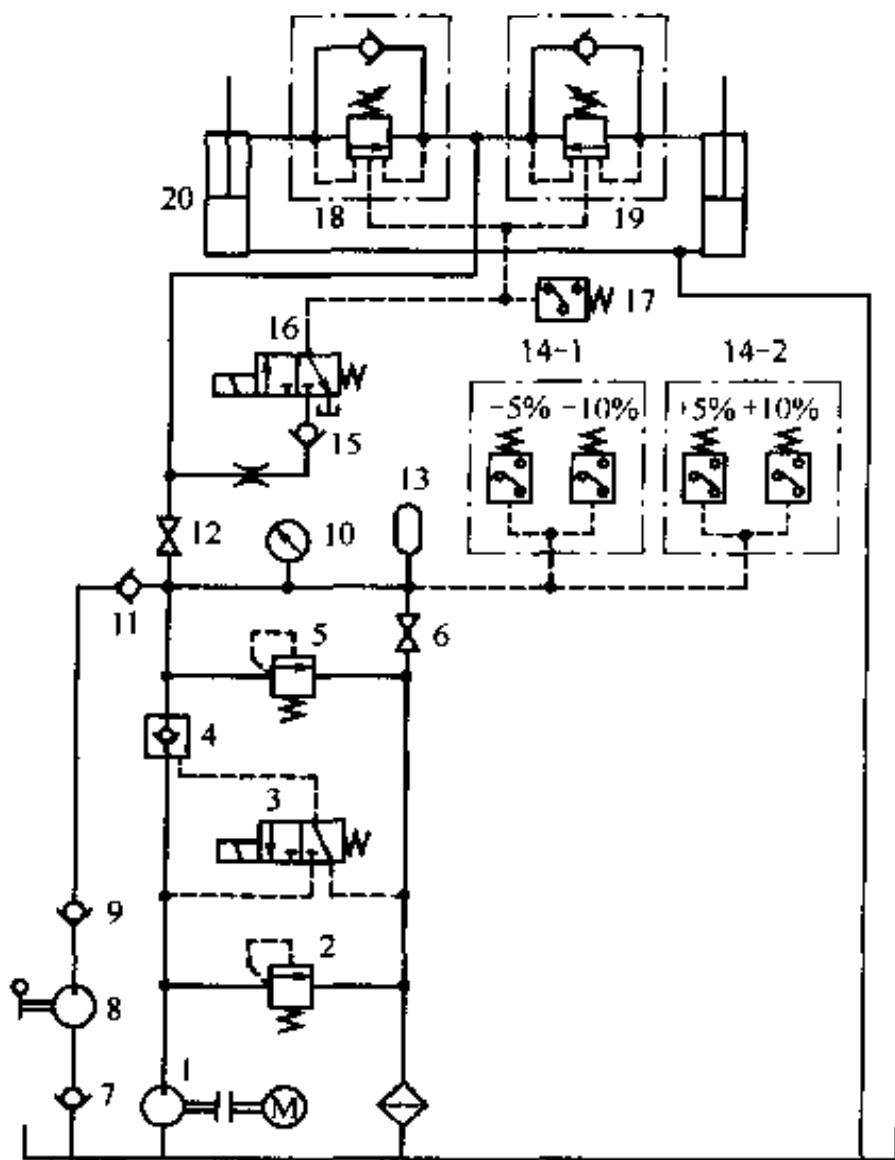


图 14-2 客运索道液压张紧系统原理图

- 1—定量齿轮泵；2、5—溢流阀；3、16—二位三通电磁换向阀；  
 4—液控单向阀；6、12—手动截止阀；7、9、11、15—单向阀；  
 8—手动液压泵；10—压力表；13—蓄能器；  
 14—±5%、±10%压力开关；17—压力开关；  
 18、19—防爆阀；20—液压缸

15%)，以防系统在未运行时过载。钢丝绳张紧所允许最大误差为工作压力的±10%，由两套精密压力开关（压力继电器）14来监控（一套的动作压力按误差-5%和-10%设定，另一套的动作压力按误差+5%和+10%设定）。当±10%压力开关动作时，索道将由电控减速停车，液压装置关闭。当压力超过设定工作压力±5%的偏差时，±5%压力开关动作，电机通过活性联轴器驱动齿轮泵1，可调时间继电器将启动液压系统运行一段时间，使压力调整到相对设定压力±5%压力误差范围之内，以保证运载索的恒定张力。

由二位三通电磁换向阀3控制导通与否的液控单向阀4，用于液压缸20有杆腔的放油卸压和进油，使系统压力在误差±5%时调整到设定的工作压力。二位三通电磁换向阀16控制防爆阀18与19中的压力阀的启闭，与手动截止阀6配合，用于液压缸20有杆腔的放油卸压和锁紧后进油增压（手动泵8提供压力油并由压力开关17监控），使系统压力

在误差±10%时调整到设定的工作压力。蓄能器13用于系统工作期间的充液和放液，以使齿轮泵1间歇供油。通过截止阀6排放液压缸20锁死时的有杆腔油液降低压力可以对误差-5%和-10%的压力开关进行测试；通过手动液压泵8向液压缸20锁死时的有杆腔进油增压可以对误差+5%和+10%的压力开关进行测试。

系统的详细工作原理如下。

1) 由于线路负载的变化，系统压力超过设定工作压力±5%误差时，压力开关14的开关动作发信，启动齿轮泵1使其工作。同时，换向阀3通电切换至左位，导通液控单向阀4，使压力油可在两个方向流动。如果压力过低超过-5%时，齿轮泵1的压力油经阀4、12、18与阀19的单向阀进入液压缸20的有杆腔（无杆腔的油液直接排回油箱），使液压缸回缩，压力调整增加到设定范围内；如果压力过高超过+5%时，由于阀4被开启，液压缸有杆腔的压力油就会由阀2排回油箱，从而使系统压力调整降低到设定的工作压力范围内。当压力调整到相对工作压力±5%偏差范围内后，压力开关14发信控制电机停机，泵1停止工作。正常状态下，阀3断电复至左位，阀4关闭，对系统保压。

在索道高速运行工况时，由于乘客快速上下车，线路负载快速变化，从而引起运载索张力急剧变化。由于张力超过相对基准张力±5%的偏差，泵1已运行，但由于张力变化太快，

压力来不及调整到 $\pm 5\%$ 范围之内,使张力已超过 $\pm 10\%$ 的偏差时,压力开关14的 $\pm 10\%$ 压力开关动作发信,使索道由电控减速停车,并关闭液压装置,张紧站控制室中的 $\pm 10\%$ 发光二极管发出报警信号。这时工作人员进行手动操作,使压力调整到规定范围之内。当系统压力超过 $+10\%$ 偏差时,索道停车,工作人员手动按钮使换向阀16通电切换至左位,压力油导通阀18和19中的压力阀,操作截止阀6使缸的有杆腔经阀18与19的压力阀及截止阀6进行卸压,调整降低到设定的工作压力后,关闭阀6。反之,当系统压力超过 $-10\%$ 偏差时,索道停车,换向阀16断电复至右位,液压缸被锁死,以防压力进一步下降。此时,可以按下换向阀16上的手动紧急操作销,由手动泵经单向阀9、11向缸的有杆腔供油加压,建立要求的伺服压力,压力开关17对伺服压力进行监控,从压力表10上即可读出系统压力,从而为下一步开车做好了准备。

### (3) 技术特点

1) 该索道液压张紧系统属于一个压力变换与调节为主的系统,压力监控通过两套压力开关实现;压力误差在 $\pm 5\%$ 时,系统压力自动调整;压力误差在 $\pm 10\%$ 时,自动报警人工操作实现系统压力手动调整。

2) 液压泵间歇工作,降低了液压泵组的噪声,改善了操作者和游客的工作环境和旅游环境;系统发热少,能耗和温升高,延长了液压元件及整个系统的使用寿命;系统运行安全可靠。

## 14.2.2 广播电视塔钢天线桅杆液压同步视升系统

### (1) 主机功能结构

上海东方明珠广播电视塔钢天线桅杆全长118m,总重450t,属世界上最长最重的天线桅杆。将其在地面组装后,整体提升到标高为350m的电视塔混凝土单筒体顶部安装就位,是电视塔建设工程的技术关键。该工程中采用了钢绞线承重、提升器集群、计算机控制、液压同步整体提升的技术。钢天线桅杆液压整体提升的核心设备由承重钢绞线、液压提升器、电液动力系统、传感检测系统以及计算机控制系统等组成。

钢天线桅杆由多段截面形状不同的空心箱形结构组成,20只液压提升器分成东、南、西、北4组,每组5只,设置在天线桅杆正方形根部段外侧4周。极部段内底层为动力舱,布置4套液压动力系统,分别控制各侧提升器;上层为控制舱,布置四台动力控制柜,分别控制4套液压动力系统;总控制台则控制和监测整套提升设备。

提升用承重索具采用5.2mm柔性钢绞线,120根钢绞线从350m的混凝土塔顶平台挂到地面,顶端用天锚锚固;每6根钢绞线为1束,从穿心式提升器中间穿过,提升器上下各6副楔形夹具夹住钢绞线;20只液压视升器托着百余米长的天线桅杆根部,沿着120根钢绞线,通过提升器液压缸的伸缩和上下夹具的协调动作同步向上攀升。

整套提升设备在计算机控制下,全自动完成同步升降、负载均衡、姿态校正、应力控制、操作闭锁、过程显示以及超限报警等一系列功能。

提升器楔形夹具具有逆向运动自锁性,只能向上运动,而向下运动时,夹具会自动卡紧在钢绞线上,必须依靠夹具液压缸来控制夹片的夹紧和松开,从而保证了提升过程的安全性。图14-3和图14-4所示分别为提升器升降动作过程和流程表。由于每侧5只提升器油路并联,油压相等,因此,在上升过程的第I步,对应某束较松钢绞线的提升器会首先伸出并首先到达“全伸”。这时,所有提升器都停止停;较松的钢绞线被张紧,使各束钢绞线张力

趋于一致。因此，这一步具有各束钢绞线张力自动调整的作用；同样，下降过程的第 VI 步也有类似“松者紧”的自动均衡功能，并需留有下降脱锚行程。通过自动调整，使东西南北四侧 20 束钢绞线始终保持张力均衡状态，从而保证了提升的同步性。

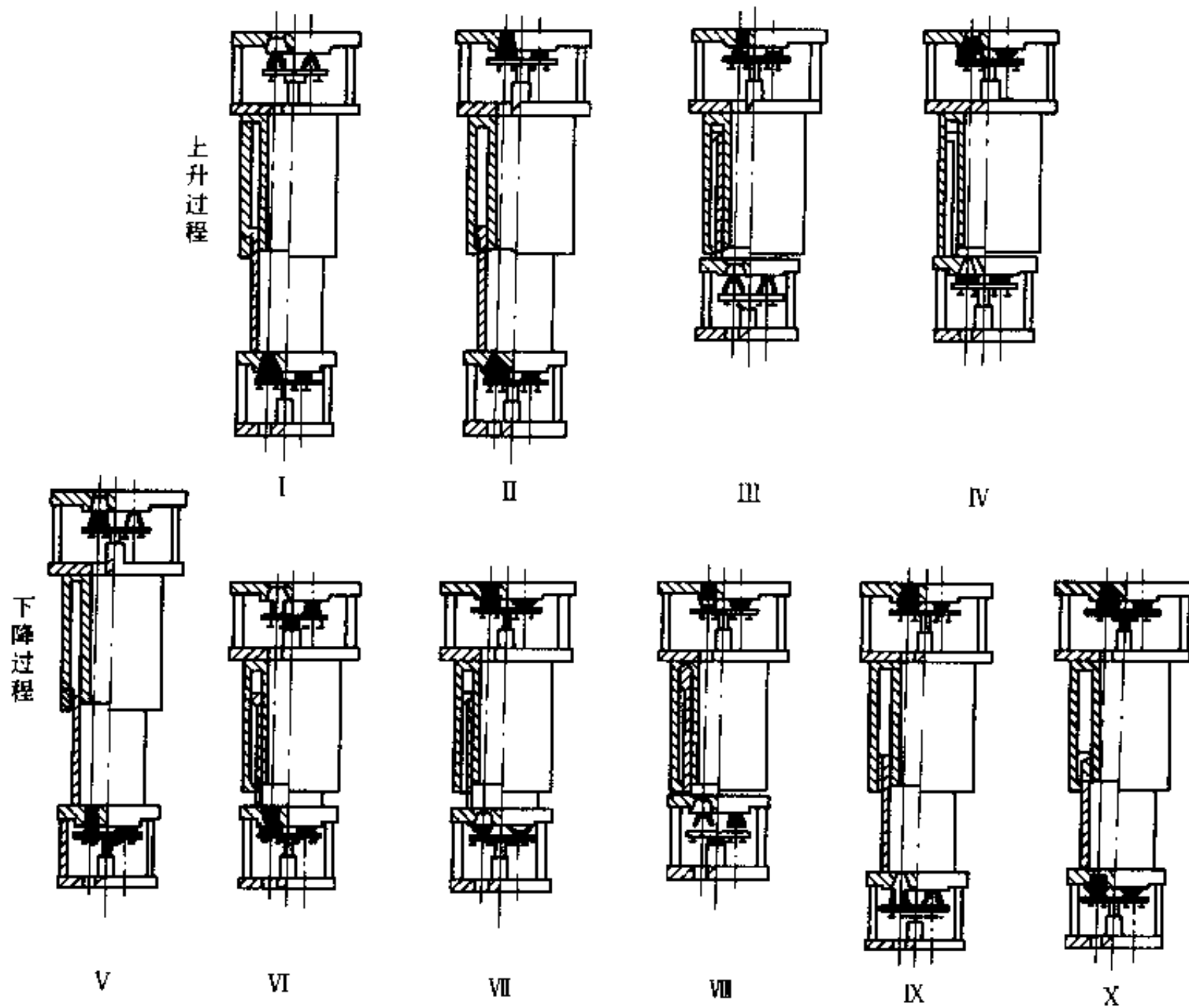


图 14-3 广播电视塔钢天线桅杆提升器升降动作过程

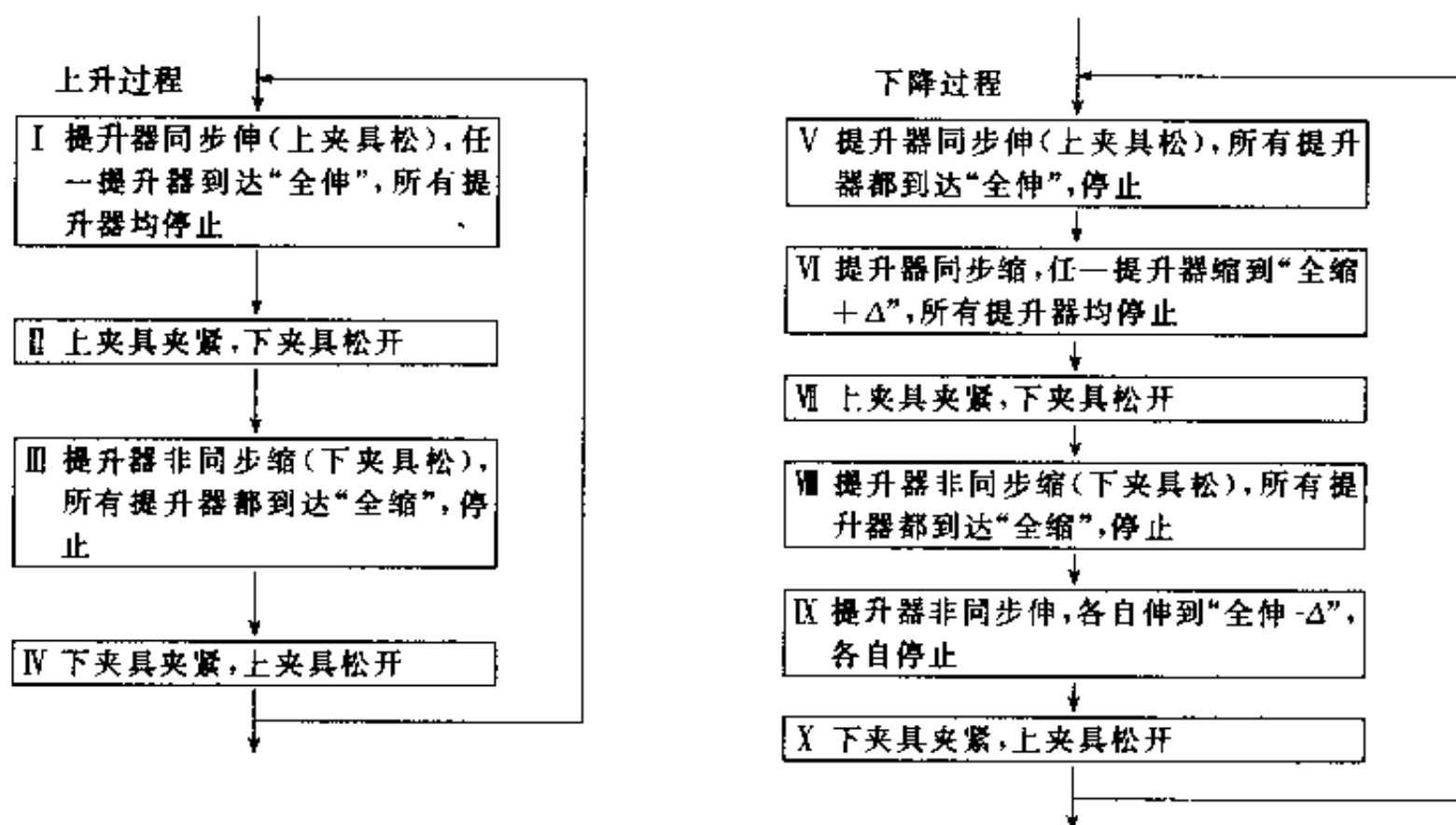


图 14-4 提升器升降动作流程表

## (2) 液压系统及其工作原理

同步提升液压系统是以本次提升工程使用为主，兼顾通用性为原则，设计成模块式结构相应分成东南西北四个模块。每个模块具有独立完成一侧提升器组升降动作的功能。图 14-5 所示为单个模块的液压系统原理图，它由提升主系统和主动夹具辅助系统构成。

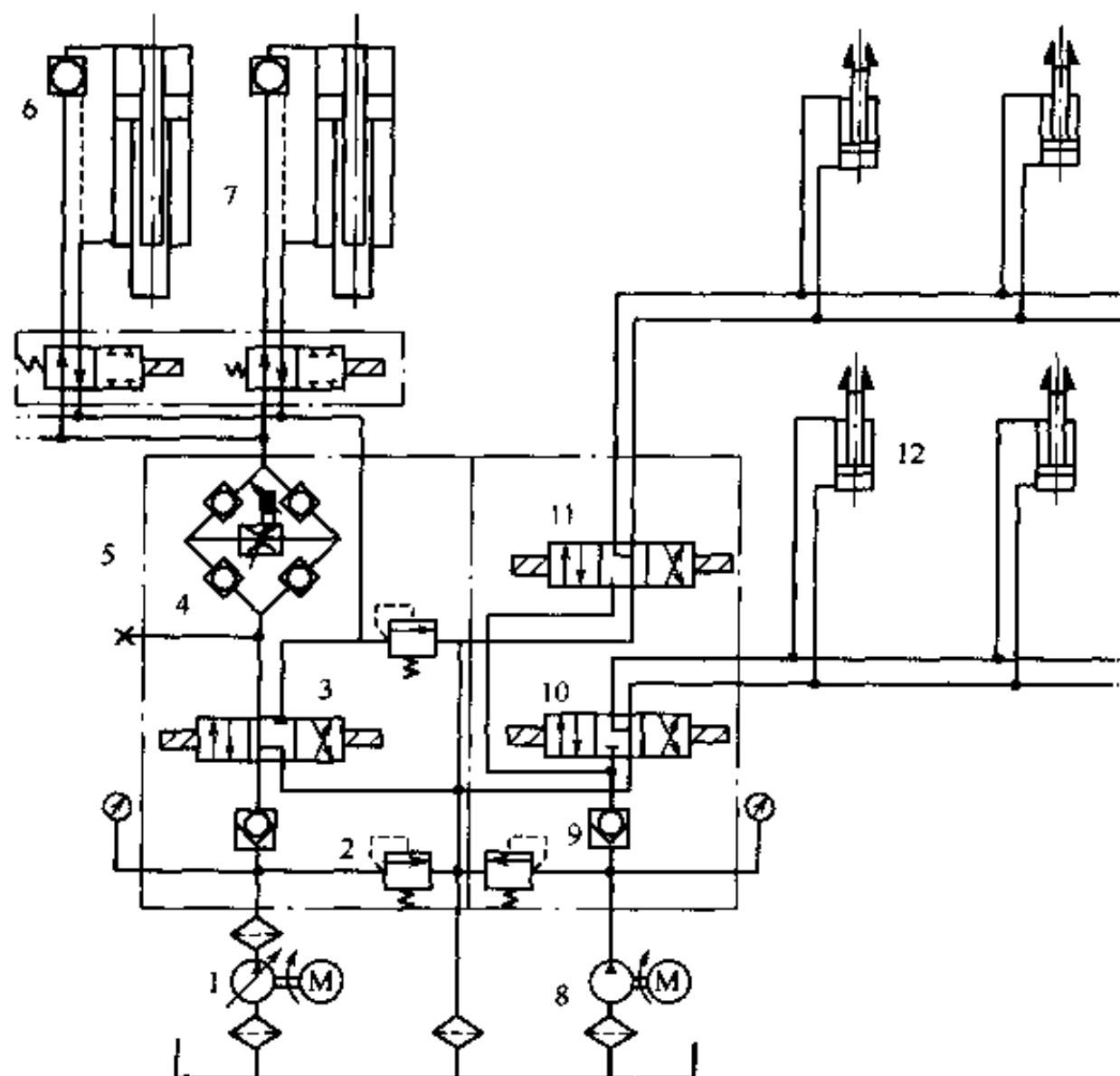


图 14-5 单个模块的液压系统原理图

1—手动变量液压泵；2、9—溢流阀；3、10、11—三位四通电磁换向阀；4—单向阀；5—电液比例流量阀；6—液控单向阀；7—提升器液压缸；8—定量液压泵；12—夹具液压缸

提升主系统的油源为手动变量液压泵 1，其压力由溢流阀 2 设定；提升器液压缸 7 由三位四通电磁换向阀 3 控制运动方向，4 个单向阀 4 与电液比例流量阀 5 构成桥式回路，以便使提升器液压缸负载腔（大腔）始终处于进、回油调节状态；每一提升器液压缸大腔进口设置了液控单向阀 6，用以防止因高压软管爆裂而造成的下跌事故。

主动夹具辅助系统的油源为定量泵 8，其压力由溢流阀 9 设定，Y 型三位四通电磁换向阀 10 和 11 用于控制提升器夹具液压缸 12，实现上、下夹具的夹紧、松开和浮动。

### (3) 技术特点

1) 在钢天线桅杆整体提升过程中，为使天线桅杆始终保持垂直，同时保证各侧钢绞线张力平衡，避免出现对侧受力过大而另侧受力过小的情况，需要对四侧提升器组进行同步提升和负载跟踪双重控制，这是本次提升工程的技术关键。采用一对垂直度传感器分别测量天线杆东、西方向和南、北方向的垂直度，反馈给计算机系统，通过计算调节各侧液压动力系统电液比例流量阀的阀口开度，控制各侧提升器组的升降速度，实现同步；同时，用油压传感器测量各侧提升器组的负载油压，反馈到计算机，调节比例阀，构成压力反馈速度控制回路，实现西侧负载跟踪。实现上述双重控制目标的控制策略为：



- ① 以东侧提升器组为主令组，比例阀电流设定，提升器组升降速度恒定；
- ② 西侧提升器组以东、西向垂直度偏差跟踪东侧，保证天线杆东、西向垂直；
- ③ 北侧提升器组以南、北向垂直度偏差跟踪南侧，保证天线杆南、北向垂直；
- ④ 南侧提升器组以东、西侧油压之和与南、北侧油压之和的偏差值进行油压跟踪，保证相对两侧负载均衡。

上述同步控制策略不仅解决了天线桅杆在提升过程中垂直度和负载均衡之间的矛盾，而且有效地提高了提升系统抗侧向负载干扰（通常是风干扰）的能力。在实际提升过程中，天线杆垂直度偏差始终保持在 $\pm 0.2^\circ$ 以内，油压均衡度偏差在 5MPa 以内。天线桅杆以其平稳的姿态穿过狭小的电视塔中间平台和筒体，没有发生任何倾斜和碰撞，获得了满意的控制效果。

2) 通过模块化设备的集群组合，使被提升构件的重量、面积、跨度不受限制，实现地面拼装，整体提升，缩短施工周期，保证施工质量。

3) 采用柔性钢绞线作为承重索具，其长度不受限制，只要有合理的承重支点（吊点），就可实现长距离、超高空提升。

4) 提升器夹具的逆向运动自锁性，使提升过程十分安全可靠；并使构件可在提升中的任意位置长期、可靠锁定。

5) 自动均载方法有效地保证了承重钢绞线的张力均衡，使多提升器集群作业成为可能。

6) 设备体积小，自重轻，承载能力大，特别适宜在狭小空间或室内进行大吨位构件提升安装。

7) 设备自动化程度高，操作方便灵活，现场适应性强。

(4) 技术参数（见表 14-1）

表 14-1 钢天线桅杆及其液压同步提升系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
钢天线桅杆	全长	118	m	
	总重量	450	t	
	整体提升高度	350	m	
	液压提升器数量	20(东、南、西、北 4 组, 每组 5 只)	只	
	液压动力系统	4	套	
	承重索具	直径	$\phi 15.2$	mm
柔性钢绞线	数量	120	根	
液压系统	主系统	额定压力	31.5	MPa
		额定流量	37	L/min
	主动夹具辅助系统	额定压力	8	MPa
		额定流量	10	L/min
电液比例流量阀 DYBQ-G16				

### 14.2.3 大型剧院三块双层升降舞台的电液比例同步控制系统

#### (1) 舞台功能结构

三块双层升降舞台是大型剧院的现代化机械设备，它利用各块、各层之间的单动、联动和同步运动构成各种不同高度的台阶，以组成大型的立体道具，为舞台艺术提供更加完备的表现空间。图 14-6 所示为舞台的结构示意图，每块升降舞台长 6m，宽 2m，分为上、下两

层。上层台升高后，上、下层之间的空间可用来表演。上、下层台升降的平均速度为 0.04m/s，下层台采用双面剪叉式结构，由一个液压缸驱动，实现下层台的水平升降。上层台采用双缸直顶结构，可给出必要的表演空间。两缸同步驱动，实现上层台的水平升降。根据舞台表演艺术的要求，三块上层台应具有各自独立的升降运动；三块下层台具有单块升降，双块、三块同步升降及形成阶梯后同步升降，而且可以在任意设定位置停留，所以下层台是具有多种组合功能的升降台。为避免各块之间的相互干扰，该舞台采用了三套完全相同的独立液压系统驱动，每一套液压系统控制一块升降台动作，而三块之间的协调动作，则由计算机进行实时控制。

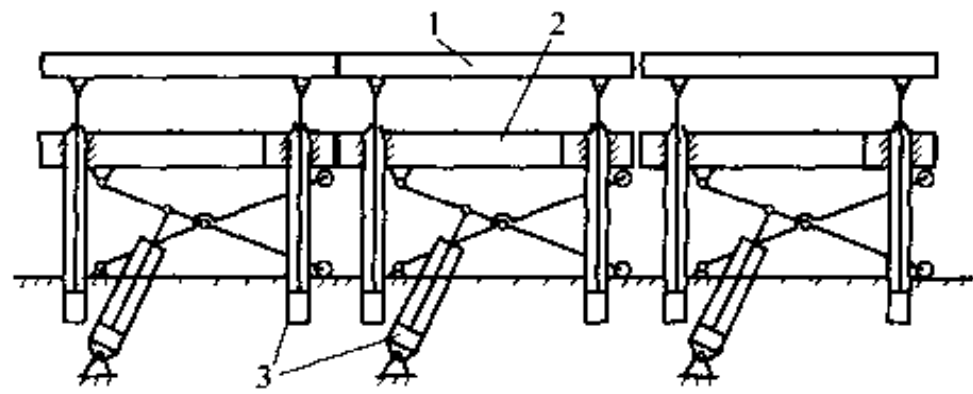


图 14-6 三块双层升降舞台的结构示意图  
1—上层台；2—下层台；3—液压缸

(2) 液压系统及其工作原理

图 14-7 所示为该舞台的液压系统原理图。系统的油源为定量液压泵 1，泵的出口设有精过滤器 3 和单向阀 2；系统的压力控制分为两级，下层台的压力设定与泵的卸荷由电磁溢流

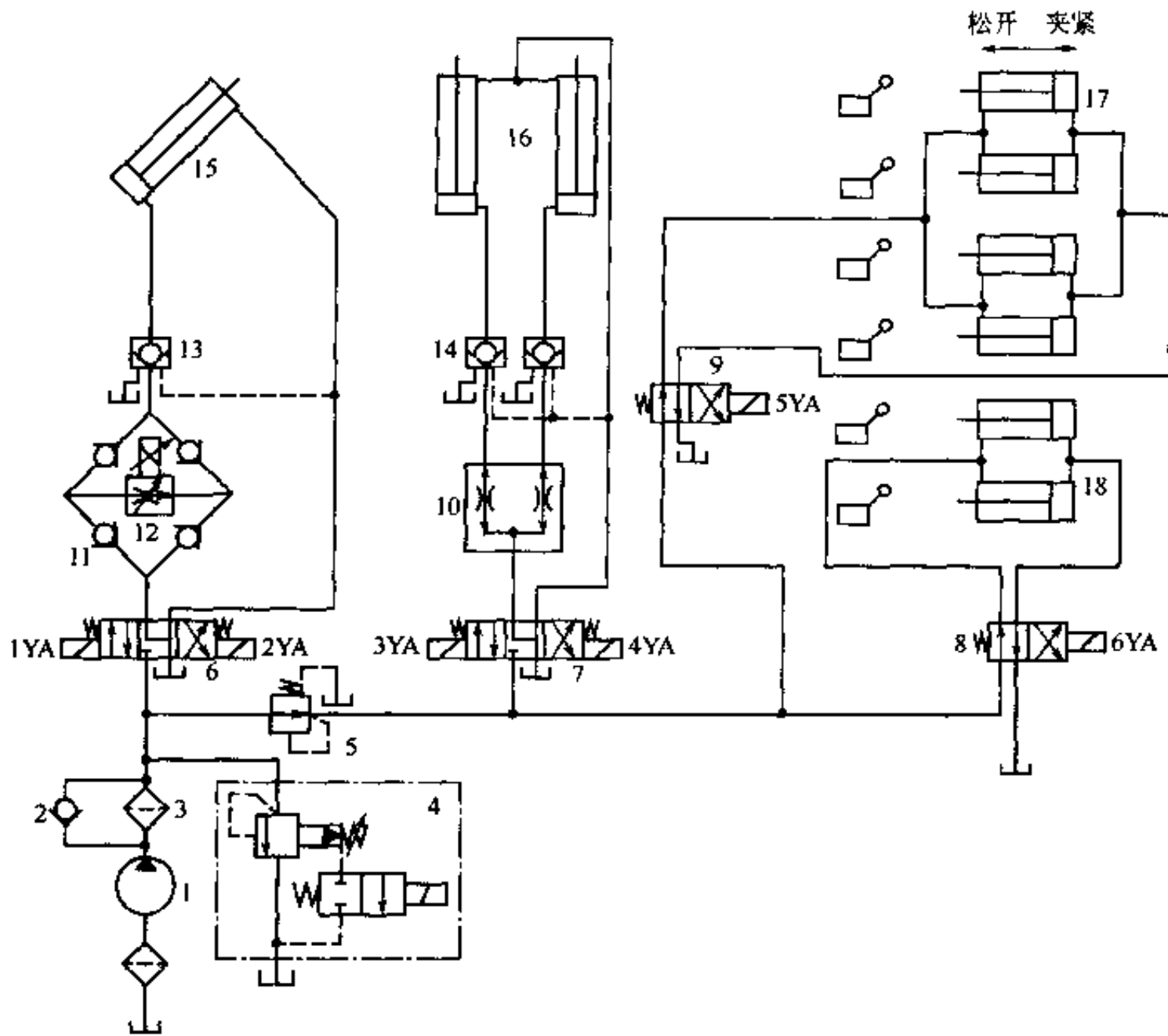


图 14-7 双层舞台的液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2、11—单向阀；3—精过滤器；4—电磁溢流阀；5—减压阀；6、7—三位四通电磁换向阀；
- 8、9—二位四通电磁换向阀；10—分流集流阀；12—电液比例调速阀；13、14—液控单向阀；
- 15—下层台升降液压缸；16—上层台升降液压缸；17—上层台夹紧液压缸；18—下层台夹紧液压缸

阀 4 实现, 上层台及夹紧缸回路的压力由减压阀 5 设定。液压系统的执行器除了驱动下层台的液压缸 15 和驱动上层台的液压缸 16 (2 个) 外, 还有驱动机械自锁机构的上层台夹紧液压缸 17 (4 个) 和下层台夹紧液压缸 18 (2 个)(整个舞台的液压系统共有 27 个液压缸)。液压缸 15、16、17、18 各为一个液压回路并分别用三位四通电磁换向阀 6、7、二位四通电磁换向阀 8 和 9 控制运动方向。下层台倾斜放置的液压缸 5 在上升时负载为正值, 下降时负载为负值 (即超越负载)。这使得升、降工况相差甚远。为使升降速度保持一致, 用 4 个单向阀 12 和电液比例调速阀 11 组成的液桥实现进油节流和回油出口节流调速, 在调速阀开度不变的情况下, 缸的升降速度相同。直顶上层台的两个液压缸 16, 用分流集流阀 10 来控制两缸的同步运动, 同步精度取决于分流集流阀的分流精度和台面偏载的程度。为保证各台面的严格定位, 采用双液控单向阀 14 实现液压锁紧, 在台面下降时, 液控单向阀处于比例调速阀或集流阀之前, 因此液控单向阀出口压力较高 (要达到其正常开启, 需使用外泄式液控单向阀)。上、下层舞台的长时间定位则通过夹紧缸 17、18 驱动的机械自锁机构实现, 上层台的 4 个夹紧缸 17 的油路两两并联, 下层台的两个夹紧缸 18 油路并联。

液压系统的电磁铁动作顺序表见表 14-2, 由该表容易了解系统在各工况的油液流动路线。

表 14-2 电磁铁动作顺序

工 况	1YA	2YA	3YA	4YA	5YA	6YA	7YA
下层台升	+				+		
下层台降		+			+		
上层台升			+			+	
上层台降				+		+	
液压泵卸荷							+
停止							

### (3) 下层台同步控制

下层台液压缸活塞的运动速度由电液比例调速阀来控制。将设定的电流值输入给比例调速阀, 可使液压缸的活塞得到相应的运动速度。而改变输入电流的大小, 可按比例改变活塞的运动速度。计算机实时控制的同步过程和原理概括起来是: 位置误差检测→速度控制→纠正位置偏差。这是一个闭环的间接位置控制同步系统。此同步控制原理可扩展到若干个液压缸的同步, 控制系统的原理方块图如图 14-8 所示, 其主控制机采用 TP-801 单板机经扩展后组成, 软件固化在主机 EPROM 中。另外, 为提高静态定位精度, 当台面运动至接近设定位置时, 可由计算机控制, 将比例阀输入电流逐渐减小, 从而使台面减速后到位停止, 既避免了冲击和振动, 又提高了定位精度。本系统还设有一套完全独立的手动操纵控制线路, 一旦计算机部分出现故障, 手动操作可单独实现各台面的运动, 且运动速度可由操作人员任意调节。

### (4) 技术特点

1) 该双层舞台的液压系统采用定量泵供油, 通过恰当选择液压缸的工作面积, 实现上、下层台的平均速度一致; 采用电液比例和计算机控制技术, 同步运动平稳, 同步误差小。

2) 采用单向阀与电液比例调速阀组成的液桥控制下层台液压缸的升降速度, 用以消除

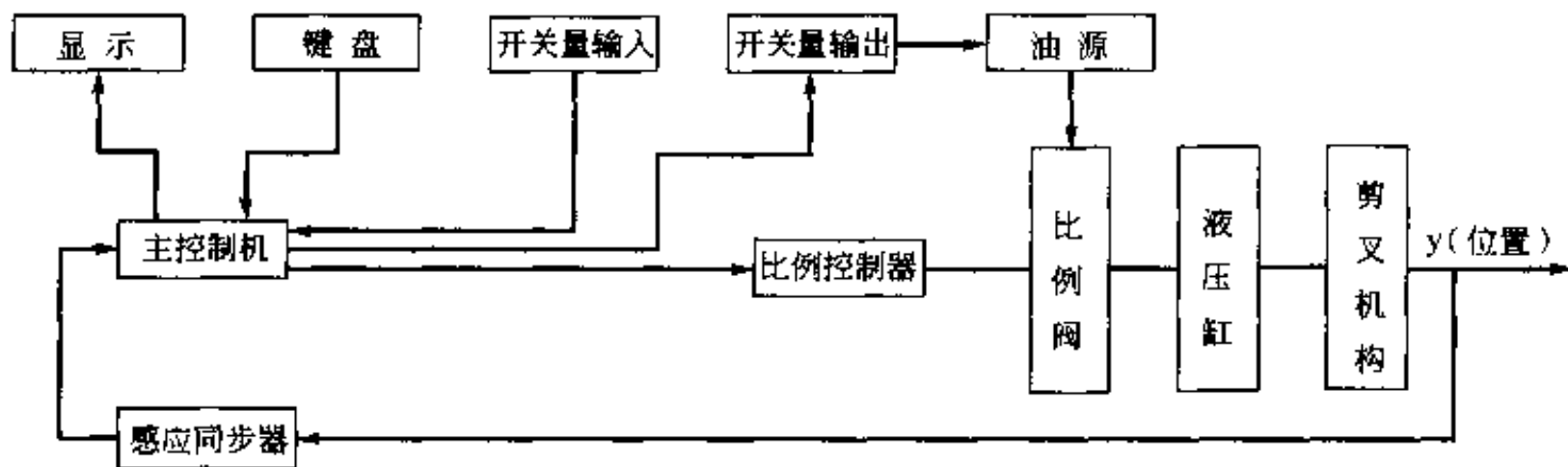


图 14-8 计算机控制系统的原理框图

正负负载变化对倾斜液压缸运动速度的影响，并保证缸的升降速度相同。采用分流集流阀控制下层台双缸的同步运动。

3) 利用双液控单向阀和液压控制机械锁紧机构实现各台面的严格定位。

4) 由于采用了定量泵供油和调速阀节流调速方式，所以系统效率较低。但若改为变量泵油源，则可改善此种情况。

(5) 技术参数 (见表 14-3)

表 14-3 双层舞台液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
液压泵	最高工作压力	14	MPa	
	流量	37	L/min	
液压缸	上层台	负载	176	kN
		压力	8	MPa
		速度范围	0~60	mm/s
		同步误差	<2%	
		位置绝对误差	<0.2%	
	下层台(双缸)	负载	45	kN
		压力	14	MPa
		速度范围	0~60	mm/s
同步误差		<1%		
精过滤器	过滤精度	20	$\mu\text{m}$	

#### 14.2.4 液压蛙跳游艺机系统

##### (1) 蛙跳游艺机的功能结构

该蛙跳游艺机是为儿童提供失重感受的游艺机械，图 14-9 所示为其结构示意图。该机采用比例方向阀 7 控制液压缸 2 的开环电液伺服系统驱动。液压缸 2 的活塞杆连接倍率为  $m$  的双联增速滑轮组 (动滑轮 3、定滑轮 4 和导向轮 6)，钢丝绳 5 的自由端悬挂一个可乘坐 6 人的单排座椅 1。

##### (2) 系统工作原理

启动液压站，阀控缸 2 将载有乘客的座椅 1 缓慢提升到 4.5 m 高度，此时预置程序电信号操纵阀控缸模拟蛙跳，增速滑轮组随即将此蛙跳行程和速度增大到  $m$  倍，为了避免冲击

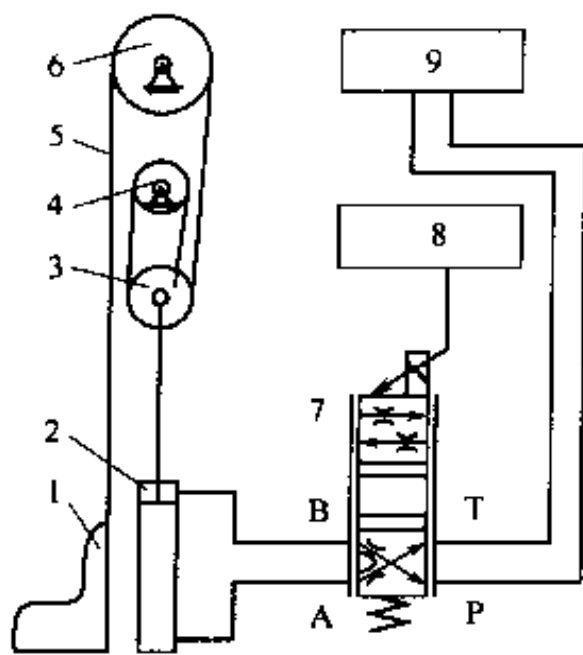


图 14-9 液压蛙跳游艺机结构示意图

- 1—座椅；2—液压缸；3—动滑轮；
- 4—定滑轮；5—钢丝绳；6—导向轮；
- 7—比例方向阀；8—信号源；9—液压站

过大伤及乘客，采用自上而下多级蛙跳模式，每级蛙跳坠程小于 0.5 m，最后一次蛙跳结束时座椅离地面 1.5m 以上。上述蛙跳动作重复 3 次以后阀控缸将座椅平稳落地。

(3) 技术特点

1) 游艺机采用液压控制系统，主要是由于液压传动与控制具有功率-重量比大，易散热，通过蓄能器便于蓄能，硬传动软啮合不会损伤机械零件，利用液压油本身的润滑与防锈作用，延长了液压元件及露天工作的游艺机的工作寿命，响应速度快、抗冲击能力强，液压软管、液压缓冲器和液压蓄能器的合理运用，可有效地缓和冲击等一系列优点。而蛙跳游艺机在运行中，冲击负载大，启动、制动和反向频繁，具有以上优点的液压控制系统是其最佳选择。

2) 采用单缸驱动增速动滑轮组件结构，因不存在双缸同步要求而简化了液压系统。另外，液压缸的上缸盖设有两组对称的导向杆，能够有效遏制制动滑轮组件的摆动；采用倍率为  $m=3$  的增速滑轮组可使液压缸的工作行程和最高工作速度分别减小到 1.5 m 和 0.15 m/s，不仅大大减小了液压缸的外形尺寸，也延长了液压缸的工作寿命；另外采用滚动轴承的滑轮组传动效率高达 0.95~0.99，完全可以忽略串接增速滑轮组对机器传动效率的影响。

3) 为了保证整机性能及安全运行，系统中采用 DLKZO-TE-140-L71 高性能比例方向阀，该阀配有内置式位移传感器和集成电子放大器，以闭环方式实现阀的调节和可靠控制，优化了的集成电液系统，其动态和静态特性可与伺服阀媲美，能够根据输入电信号提供方向控制和压力补偿的流量控制，并具有性能可靠、过滤要求低等优点。采用该阀的液压蛙跳机能够准确控制座椅的坠落行程、速度和加速度，既能避免座椅失控坠地，也能避免液压缸和滑轮组钢丝绳承受过大的冲击而损伤，还能让乘客最大限度地体验失重的快感。

4) 液压缸是系统的执行器，它必须具备优异的伺服性能（随动性能）才能保证系统的控制精度和稳定性，液压缸的内部泄漏和滑动摩擦是影响系统控制精度和稳定性的非线性量，也是液压缸伺服性能的量度，应当尽可能小。为此，该液压缸的活塞和缸盖动密封采用了摩擦阻力小、使用寿命长且无泄漏的“无开口滑环组合密封圈”，并在活塞外表面设计了多道均压槽，当活塞高速运行时它积存的液压油能够保证润滑，避免干摩擦，还能积蓄混入工作间隙的金属杂质，防止划伤活塞和缸筒表面，并将液压卡紧力减小到 2.7% 以下；该液压缸的空载启动压差  $\Delta p \leq 0.1$  MPa，全行程最低无爬行稳定速度低于 0.05 mm/s，在 25 MPa 压力下保压 10min 新缸无内外渗漏。液压缸的两端设计了矛式液压缓冲器，一旦液压蛙跳机失控坠地或冲顶，能够有效地缓和冲击。

(4) 技术参数（见表 14-4）

14.2.5 PLC 控制的自动捆钞机液压系统

(1) 主机功能结构

该机用于金融部门现钞的捆扎，其功能是将现钞打把（每百张纸币为一把）、打捆（每

表 14-4 液压蛙跳游艺机系统的技术参数

项 目		参 数	单 位	
坐椅静负载	坐椅自重 $G_1$	2.60	kN	
	6 名儿童的总重量 $G_2$	$0.40 \times 6 = 2.40$		
	总重量 $G$	5.00		
坐椅加速度		2.47	$m/s^2$	
坐椅最大惯性力	$N_{max}$	1.26	kN	
坐椅最大动负载	$P_{max} = N_{max} + G$	6.26		
液压缸	最大牵引力 $F_{max} = 3 P_{max}$	18.78		
	最高坠落速度 $v_{max}$	0.785	m/s	
	最大外伸速度 $v_{1max} = v_{max}/3$	0.262		
	缸筒内径	80		mm
	活塞杆直径	50		
	最大负载流量	79	L/min	
液压源	控制阀最大供油流量	136		
	供油压力	10.5		MPa
	蓄能器(2 个)容积	$25 \times 2 = 50$	L	
	液压泵(25MCY14-1B 型轴向柱塞泵)	转速	1500	r/min
		功率	7.5	kW

注：炎热夏季机器的液压站在高温环境中长时间连续运行极易发热，可采用旁路式散热油路，即采用功率 0.75 kW、转速 1500r/min 的电动机驱动流量 63~80L/min 的叶片泵或齿轮泵将油箱中的热油输入到散热面积为 15m<sup>2</sup> 的风冷散热器中去散热，然后返回油箱。

十把为一捆)，以满足金融部门对现钞清点、运输和保存的需要。

该机采用液压传动和可编程序控制，机器由主机、液压系统和 PLC 电控系统组成。其主机由压紧机构（压紧液压缸 1、压杆 2、压板 4 等）、凸轮机构（凸轮箱 10 等）、送带机构（塑料带盘 11、送带马达 13 等）等主要部分组成（见图 14-10）。液压缸 1 驱动压紧机构给待捆钱币 5 加压；液压马达 6 驱动凸轮机构实现货币捆扎、烫合；液压马达 13 驱动送带机构完成捆扎编制带送进（简称送带）和抽紧动作。

机器的自动捆扎工作过程如下。

钱币放在工作台面上，并由发光二极管-光敏三极管检测到位，开始自动捆扎→上压板 4 下行将待捆钱币压实→在上压板下压的同时，送带马达 13 启动，送带机构进带，当带头碰到带道上的“送带到位”行程开关后，PLC 延时后送带马达停止；送带到位并且压板也压到位后，液压马达 6 驱动凸轮机构 10 转动，使右压头上顶，压住带头，由发讯凸轮压下“右压头到位”行程开关 9，凸轮停止转动；进带马达 13 反转抽带，塑料编织带被抽紧后，“抽带到位”行程开关发信；左压头上顶，压住带尾；隔离臂退出，烫头随之进入带缝中，加热烫合；中压头（压力刀块）上行，切断带尾，压实烫合面；凸轮继续旋转至初始位置，并由发讯凸轮压下复位行程开关；压紧液压缸带动上压板返回，延时后停止，完成一个工作循环。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 14-11 所示为捆钞机的液压系统原理图。系统的执行器为送带液压马达 7、凸轮机构



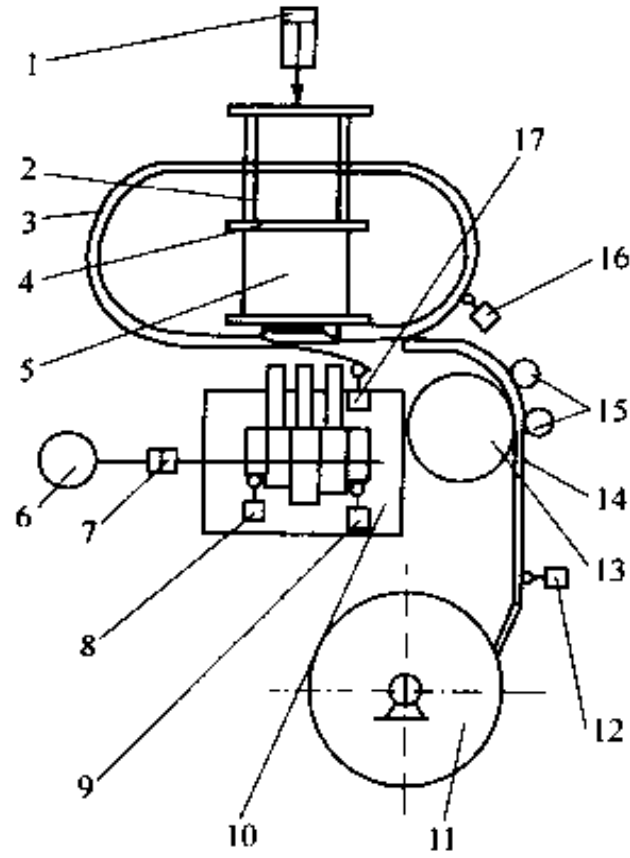


图 14-10 捆钞机的主机结构示意图

- 1—压紧液压缸；2—压杆；3—带道；4—上压板；5—待捆钱币板；6—驱动凸轮机构的液压马达；  
 7—联轴器；8—复位行程开关；9—右压头到位行程开关；10—凸轮箱；11—塑料带盘；  
 12—带尽检测开关；13—送带装置及其液压马达；14—送带夹；15—压紧轮；  
 16—送带到位行程开关；17—顶带检测行程开关

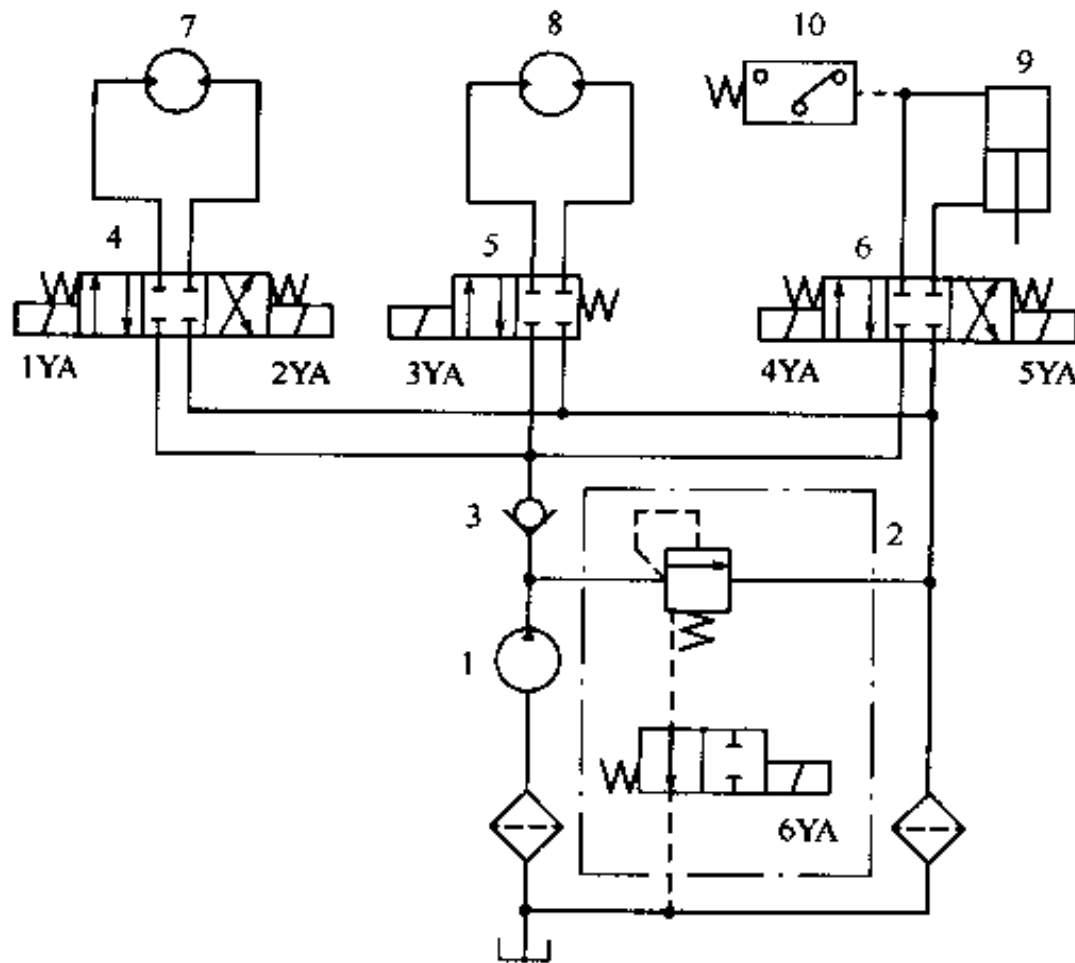


图 14-11 捆钞机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—电磁溢流阀；3—单向阀；4、6—三位四通电磁换向阀；5—二位四通电磁换向阀；  
 7、8—双向定量液压马达；9—压紧液压缸；10—压力继电器

液压马达 8 和压紧液压缸 9，它们的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 4、二位四通电磁换向阀 5 和三位四通电磁换向阀 6 控制；压力继电器 10 用于缸 9 压纸币后的发信。系统的油源为定量液压泵 1，其压力设定和卸荷控制由电磁溢流阀 2 实现；单向阀 3 用于防止油液

倒灌。

该机的按钮和行程开关共计 14 个输入点，一个液压泵驱动电机、三个电磁换向阀和一个电磁溢流阀的 6 块电磁铁共 7 个输出点。采用 SIMATIC S7-200PLC 可编程序控制器（输入点和输出点分别为 14 个和 10 个）进行控制，图 14-12 所示为其程序方框图。

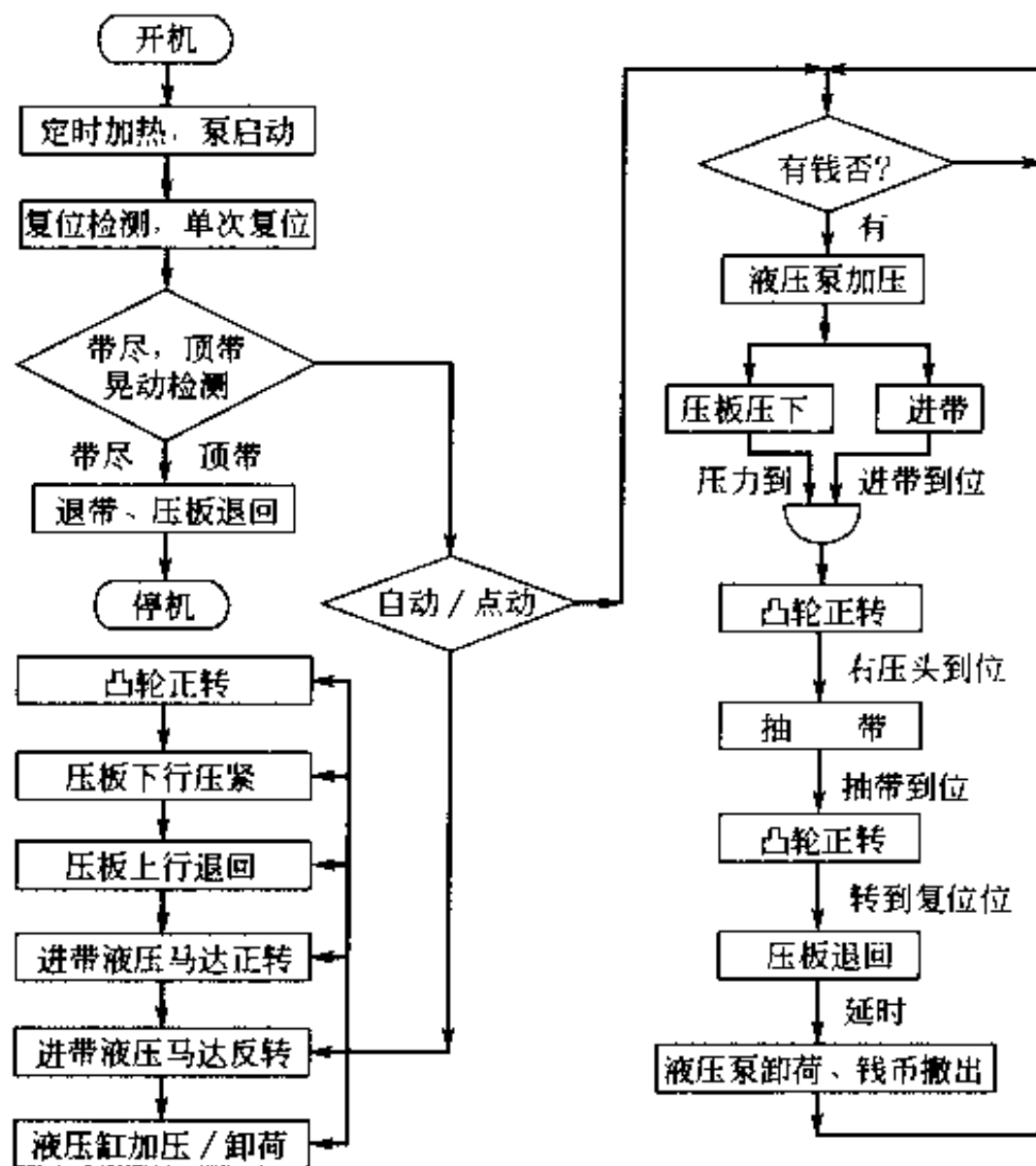


图 14-12 PLC 控制程序方框图

### (3) 技术特点

1) 该捆钞机采用液压传动和 PLC 控制，自动化程度和效率高、工作性能稳定，减轻了金融部门在货币流通中现钞捆扎中的劳动。

2) 液压系统油路结构简单；采用压力和行程两种控制方式结合，实现系统的动作顺序控制，可靠性好。

## 14.2.6 磁卡层压机液压系统

### (1) 主机功能结构

随着计算机和现代通讯事业的发展，各种磁卡（接触式、非接触式 IC 卡、智能卡等）大量涌现，磁卡层压机便是用于磁卡生产的专用成型设备。该层压机属多层下传动热压机，机器由主机、液压站和电控柜等组成。图 14-13 所示为主机结构示意图，机座 9、立柱 4、横梁 2 与锁紧螺母 1 组成一封闭的框架结构，液压缸缸体 8 固定于机座中，使得系统工作时机架承受拉力。顶层发热板固定在横梁上，下层发热板固定于滑块 6 的工作平台上，并利用自位机构（图 14-13 中未画出）与液压缸的柱塞 7 连为一体；中间各层发热板 5 各自通过两侧带有导向定位槽的吊板 3 层层相扣，最后悬吊于横梁上，使发热板各层面间保持基本平行且距离相等；各层发热板中分别装有多根发热管、测温探测头（热电偶或传感器）并布

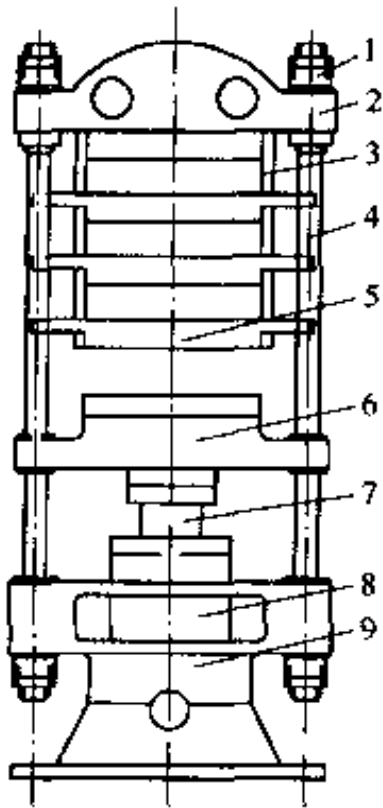


图 14-13 磁卡层压机  
的主机结构示意图

- 1—锁紧螺母；2—横梁；  
3—吊板；4—立柱；  
5—发热板；6—滑块；  
7—液压缸柱塞；  
8—液压缸缸体；  
9—机座

有冷却水系统。

磁卡的压制成型工艺过程如下。

将前工序加工好的多层塑料薄片夹在两块不锈钢的分隔薄板中间形成一组，再将多组卡片夹叠放在各层发热板上。在加温加压工作时，液压缸的柱塞驱动工作平台向上运动，依次推压各层发热板沿立柱和吊板导向槽上移，直至压在顶层发热板上，并利用自位机构保证各发热板层面间平行，从而保证被压工件厚薄均匀。在加温加压工作完成后，根据产品的要求还可在发热板中通入冷却水保压冷却到预定的温度，随后柱塞下移便可取出工件。整个工作循环由微机控制自动完成。

磁卡压制既不同于弹性变形小的金属压制，也不同于弹性变形大的橡胶或疏松的木材制品压制，既要求产品的外形精美又要保护其中的电子线路不受损坏，在磁卡的整个加热压制过程中保压级数、各级的保压时间、保压的稳定性等是保证产品质量的关键。

## (2) 液压系统及其工作原理

图 14-14 所示为层压机的液压系统原理图。系统采用高压小流量泵 3 和低压大流量泵 4 组合供油，泵 3 和 4 的压力分别由溢流阀 5 和 6 设定，单向阀 7 和 8 用于防止液压油倒灌。执行器为单作用柱塞式液压缸 29。为了满足磁卡的压制工艺要求，系统设有四级保压释压回路，各级保压释压回路由二位三通电磁换向球阀、溢流阀和电接触式压力表组成，保压上限压力和下限压力由电接触式压力表设定，溢流阀用于防止保压期间因磁卡热膨胀超压；保压过程中单向阀 12、液控单向阀 13 封闭液压缸的回油，液压泵停机；如果因泄漏，压力降至下限压力，则开泵补油升压；蓄能器 27 在较高压力段补偿系统泄漏，以提高系统的保压性能。

磁卡压制之前，根据各类磁卡的工艺要求调整好各级压力的上、下限及释压压力，同时设定各类磁卡的工作程序、各级压力保压时间与加热温度等，并将它们输入微机中储存，使用时只要调出相应编号的程序即可。当待压磁卡放上各层发热板后，只要按“自动工作”按钮，整个加热、压制过程便能自动完成。

系统的工作过程和原理如下。

液压泵 3、4 启动，与此同时电磁铁 2YA、3YA 通电使换向阀 9 和换向阀 15 均切换至左位，液压泵 3 和 4 的压力油经单向阀 7 和 8、换向阀 9、单向阀 12 一并进入柱塞缸 29，推动工作平台及各层发热板连同待压磁卡相继快速上移，直至压到顶层发热板使系统压力升高；当压力达到压力继电器 11 的设定值时发讯，使大流量泵 4 停机，而小流量泵 3 继续供油加压；当压力达到一级压力表的上限时，电接点压力表 23 上限触点接通，使泵 3 停机、电磁铁 2YA 断电，系统靠单向阀 12、液控单向阀 13 及溢流阀 19 保持一级压力。在保压期间，若因泄漏使系统压力降至一级压力表 23 的下限时，压力表 23 低限触点接通又使泵 3 启动、电磁铁 2YA 通电，泵 3 向系统补油升压，直至达到一级压力表 23 的上限使泵 3 停机、电磁铁 1YA 断电；在停泵保压期间，因发热板继续加热使磁卡材料膨胀面导致压力升高，当压力超过预调的一级限定压力时，释压溢流阀 19 开启释压，直至使系统的压力降到一级限定压力的预调值使溢流阀 19 关闭为止。从而使系统的压力在预定的一段时间内始终保持

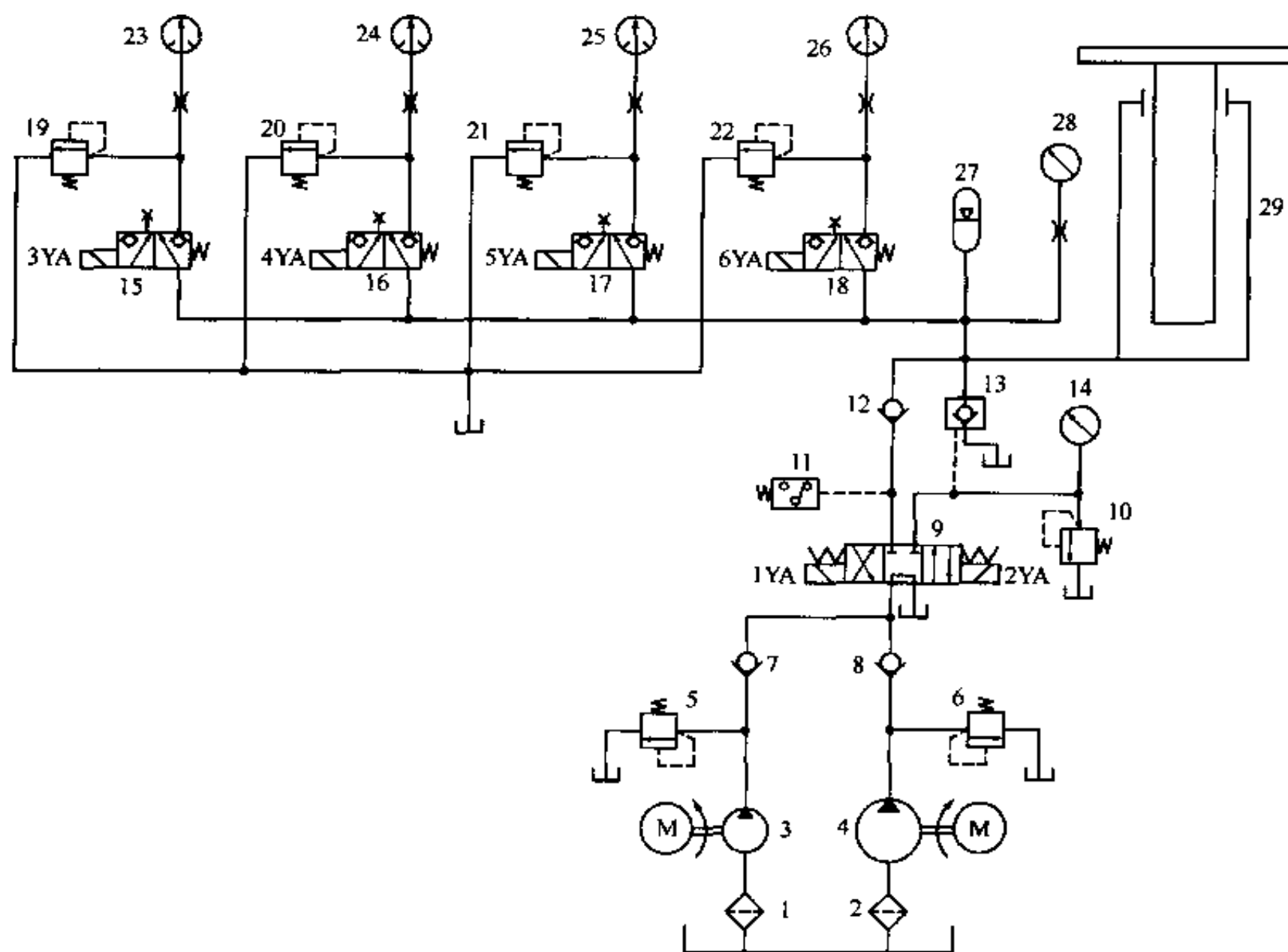


图 14-14 磁卡层压机液压系统原理图

- 1、2—过滤器；3—高压小流量液压泵；4—低压大流量液压泵；5、6、10、19、20、21、22—溢流阀；  
7、8、12—单向阀；9—三位四通电磁换向阀；11—压力继电器；13—液控单向阀；14、28—压力表；  
15、16、17、18—二位三通电磁换向球阀；23、24、25、26—电接点压力表；  
27—蓄能器；29—柱塞式液压缸

在设定的范围内。

当达到一级保压的预定时间时，电磁铁 3YA 断电使换向阀 15 复至右位，切断一级压力的保压、补压、释压控制油路，同时启动泵 3，电磁铁 2YA、4YA 通电，接通二级压力控制油路，其保压、补压、卸压的过程与一级压力相同。三级、四级压力依此类推。从一级到四级压力的分级加压、保压均在连续加热、保温过程中进行。

当第四级保压完成后，所有发热管、电磁换向阀及液压泵电机均断电，系统停止供油供热；同时接通冷却水系统（是否冷却取决于产品要求，由程序预定），对各层发热板及其中的磁卡进行冷却，此时的液压系统靠单向阀 12 和液控单向阀 13 保压（冷却时因材料收缩压力会略有下降）。

当冷却到预定的温度时，高压泵 3 启动、电磁铁 1YA 通电使换向阀 9 切换至右位，泵 3 的压力油经单向阀 7、换向阀 9 进入液控单向阀 13 的控制口，导通液控单向阀 13，液压缸内的油液便在柱塞、工作台、发热板及被压磁卡自重作用下经液控单向阀 13 排回油箱，发热板连同压制成型的磁卡相继下移至各层的终点（由吊板导向槽定位），随后便可取出磁卡，至此完成了一个工作循环（随后的磁卡移至冷压机继续冷压至常温）。

### (3) 技术特点

- 1) 系统采用高低压双泵组合供油和停泵保压, 提高了系统效率减少了发热。
- 2) 根据各类产品的组成材料、工艺要求, 系统可灵活调整所需加压的压力级数、各级压力保压范围、释压压力(膨胀时的限制压力)和各级压力的保压时间。
- 3) 根据各批产品的工艺要求, 预先将各级压力中加热的温度、加热时各级压力的保压时间, 冷却温度等分程序段分别输入微机中储存起来, 使用时只要调出相应编号程序即可。
- 4) 压制过程中的升压、保压、补压、材料热膨胀超压时的释压、各级压力间的转接以及加压加热结束后停止供油供热、接通冷却水系统冷却均自动完成。
- 5) 为了提高保压的稳定性和卸压的灵敏性, 系统中采用电磁球阀、电接触压力表、溢流阀和蓄能器组成的保压、释压回路, 并将各级溢流阀的释压压力  $p_d$  调至高于对应电接触压力表设定的上限压力  $p_h$ , 使压力表限定的上限压力  $p_h$  和下限压力  $p_l$  始终处于溢流阀的开启点  $p_k$  与闭合点  $p_b$  之内(即  $p_h \leq p_b$ ,  $p_l \leq p_k$ ), 以保证系统压力达到压力表设定的上限压力时能及时切断系统供油, 并保证此时溢流阀能完全关闭以保压, 而在加压材料热膨胀超压时, 溢流阀能及时开启释压, 当压力降到电接触压力表设定的上限压力时溢流阀又能完全关闭。蓄能器在较高压力段起补偿泄漏作用(低压段无需蓄能器已能达到满意的保压效果), 从而保证在各级保压范围内压力的稳定性和超压时释压的灵敏性, 又不至于频繁启动电动机。
- 6) 该磁卡层压机自动化程度较高, 操作方便, 使用灵活, 系统效率高, 产品质量高, 改善了劳动强度, 在工业生产中使用效果良好, 该机同样适用于其他产品的多层热压加工。

#### 14.2.7 ATA 型医用自动牵引床液压系统

##### (1) 牵引床的功能结构

ATA 型医用自动牵引床是对腰椎间盘突出症、腰椎间盘突出变性、腰肌痉挛、后关节紊乱等不同类型腰部疾病患者进行牵引物理治疗的医疗器械。如图 14-15 所示, 该牵引床由床体(含床架 1、滑动床板 2 和固定床板 3)、液压站 5 和电控柜 6 等三个主要部分组成。牵引时, 人体上部固定在床板 3 上, 下部通过液压系统中固定在床板 3 上的液压缸 4 中的活塞杆驱动床板 2 实现牵引, 电控系统控制牵引力大小, 可作连续牵引和间断牵引使用。

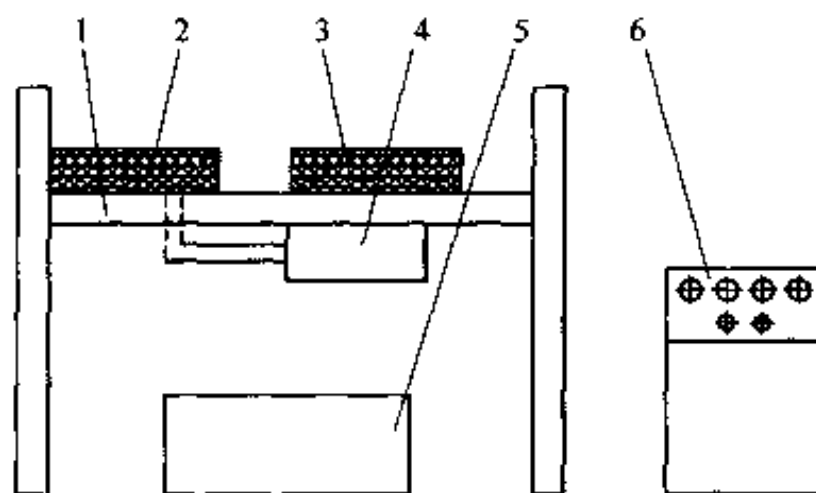


图 14-15 ATA 型医用牵引床的结构示意图

1—床架; 2—滑动床板; 3—固定床板; 4—液压缸; 5—液压站; 6—电控柜

##### (2) 液压系统及其工作原理

图 14-16 所示为牵引床的液压系统原理图。它与电控系统相配合, 便可完成连续牵引和

间接牵引等动作过程。由图可知，液压系统的执行器为牵引液压缸 8，系统的油源为定量液压泵 2，系统工作压力由溢流阀 3 设定并通过压力表 4 显示。液压缸的运动方向变换由三位四通电磁换向阀 5 控制，牵引速度通过节流阀 7 调节。电接点压力表 10 用来显示牵引压力的大小，蓄能器 12 用来与液控单向阀 6 配合实现保压牵引，液阻 9 和 11 分别用来控制压力表 10 的压力升降速度和蓄能器的充液和放液速度。

系统的工作原理如下。

当电磁铁 1YA 通电时，换向阀 5 切换至左位，泵 2 的压力油经阀 5 和阀 6 进入液压缸 8 的无杆腔，牵引床处于工作行程，即“连续牵引”或“间断牵引”；当电磁铁 2YA 通电时，阀 5 切换至右位，牵引床回程；当两个电磁铁均断电时，阀 5 复至中位，在蓄能器 12 作用下，牵引床处于“保压牵引”状态，保压时间通过电控系统中的时间继电器设定。上述三种状态是由电控系统发出的信号而定。

(3) 技术特点

1) 该牵引床采用液压驱动，操纵调整简便；电子定时控制（16 种时间组合），数码显示，自动化程度高，安全性好。

2) 液压系统采用定量泵供油，回油节流调速；液控单向阀和蓄能器联合保压，安全可靠。

(4) 技术参数（见表 14-5）

表 14-5 ATA 型自动牵引床及其液压系统的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
牵引床	外形尺寸	2400×600×700	mm	
	重量	115	kg	
	牵引力	(30~90)×9.8 可调	N	
	牵引总定时	0~99	min	
	间断牵引定时	牵引定时		2,4,6,8,时差 2%
		间断定时		1,2,3,4,时差 2%
	最大牵引行程	200	mm	
	电源	电压	交流 220	V
		频率	50	Hz
	功率	230	kW	
使用环境	温度	10~40	℃	
	相对湿度	80%		
液压系统	使用油液	20 号液压油		
	最大压力	1.5	MPa	

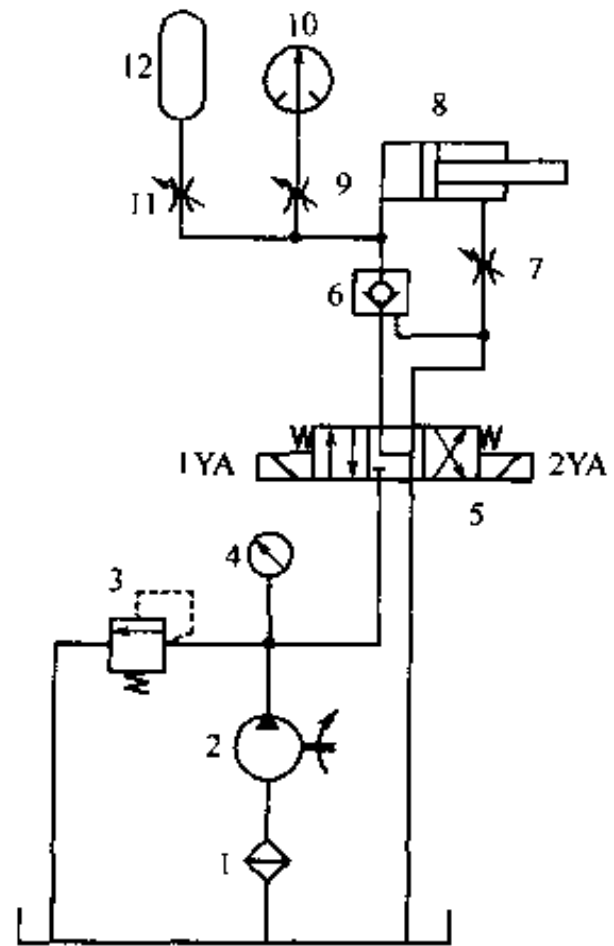


图 14-16 牵引床的液压系统原理图  
 1—过滤器；2—定量液压泵；3—溢流阀；  
 4—压力表；5—三位四通电磁换向阀；  
 6—液控单向阀；7—节流阀；8—液压缸；  
 9、11—液阻；10—电接点压力表；  
 12—蓄能器



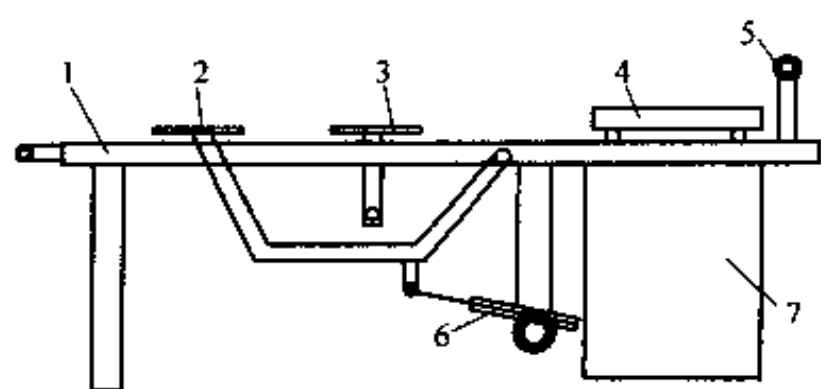


图 14-17 KQC-1 型牵引床机械部分的结构示意图

- 1—床体支架；2—腿部倾斜机构；3—腰部旋转机构；  
4—腰部牵引机构；5—绳索拉紧装置；  
6—齿轮齿条机构；7—液压站

### 14.2.8 KQC-1 型快速牵引床液压系统

#### (1) 牵引床的功能结构

该牵引床是根据中医界提出的腰椎间盘突出症保守疗法新理论：快速牵引、腰部旋转加推拿术的治疗方案所研制的多自由度全方位快速牵引医疗器械。该牵引床由机械、液压和电控等三部分组成。图 14-17 所示为机械部分的结构示意图，由床体支架、腿部倾斜机构、腰部旋转机构、腰部牵引机构、绳索拉紧装置及齿轮齿条机构等组成，液压站置于床体支架的右下侧。

腰部牵引机构的细部示意图如图 14-18 所示，步进电机及减速器 1 带动丝杠转动，丝母前后移动，和丝母铰接的牵引液压缸 3 也随之滑动。输入步进电机的脉冲（由电控系统发出）数对应液压缸的预置行程，即确定腰部牵引距离的大小。腰部旋转机构细部如图 14-19 所示，步进电机经减速器带动丝杠转动，使丝母向某一方向移动，从而使旋转液压缸预置一个确定行程，即确定腰部旋转角度的大小。腿部倾斜机构（参见图 14-17），也由一套步进电机及减速器驱动，其上的齿轮转动，并带动齿条运动，使下倾斜机构摆动，预置一个腿部倾斜角。

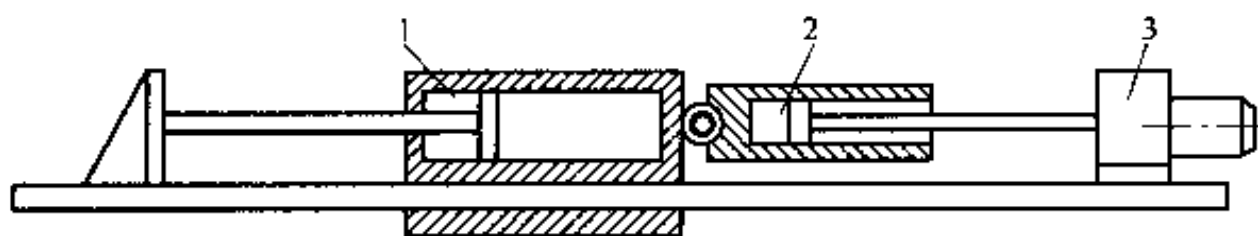


图 14-18 腰部牵引机构的细部示意图

- 1—步进电机及减速器；2—丝杠丝母机构；3—牵引液压缸

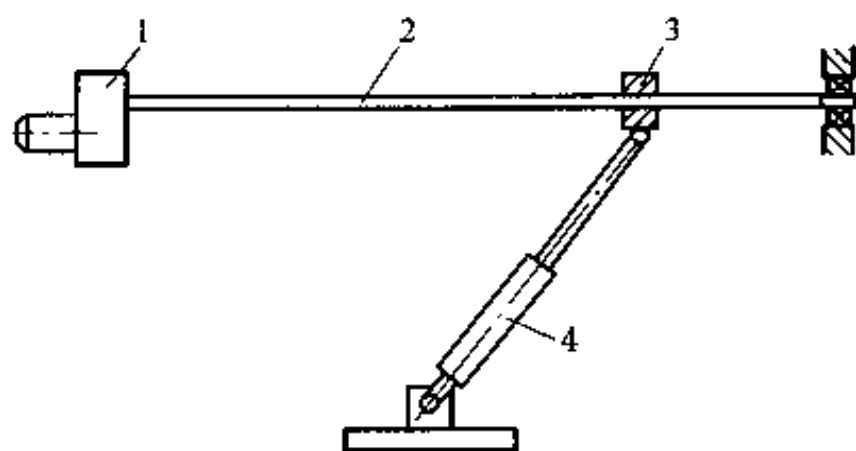


图 14-19 腰部旋转机构的细部示意图

- 1—步进电机及减速器；2—丝杠；3—丝母；4—旋转液压缸

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 14-20 所示为该牵引床的液压系统原理图，液压泵（齿轮泵）2 用作蓄能器 7 的充液泵，泵的最高压力由溢流阀 3 设定。系统的执行器为牵引液压缸 8 和旋转液压缸 9，缸 8 和 9 油路并联，通过二位四通电磁换向阀 5 控制运动方向，液压缸工作时由蓄能器 7 给缸供油。单向阀 4 用于蓄能器保压，电接点压力表 6 用于控制液压泵驱动电机电源的通断。

系统运行时，换向阀 5 的电磁铁断电，该阀处于右位，泵 2 向蓄能器 7 充液，当充液压力升至表 6 的上限值时发讯，使液压泵组自动停机，单向阀 4 保持蓄能器 7 的压力不降。在

治疗患者时，医生踩动脚踏开关使电磁阀 5 通电切换至右位，蓄能器中的压力油进入液压缸 8 和 9，完成腰部牵引和旋转动作。此动作在 1~2s 内完成，所以称为快速牵引。

(3) 电控系统

该牵引床采用上、下位机形式的计算机电控系统（见图 14-21），上位机接受医生根据患者病情及有关资料将确定的牵引距离、腰部旋转角度和腿部下倾角三个参数输入，对参数加工处理后送入下位机，下位机系统发出电脉冲驱动牵引床上的三个步进电机转动，实现牵引距离、腰部旋转角度和腿部下倾角的预置。治疗结束后，上位机再通过下位机使牵引床复位，如因故障未能准确复位，则可通过系统的微调功能使其复位。

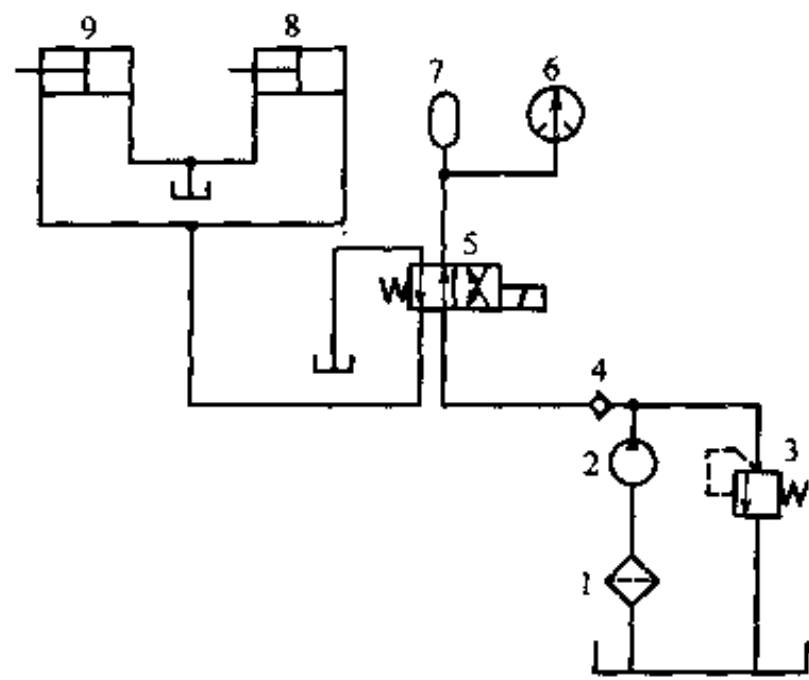


图 14-20 牵引床液压系统原理图  
1—过滤器；2—液压泵；3—溢流阀；  
4—单向阀；5—二位四通电磁换向阀；  
6—电接点压力表；7—蓄能器；  
8—牵引液压缸；9—旋转液压缸

上位机为 586 微型计算机（16M 内存，配

彩色显示器及鼠标器），操作系统为中文 Windows95；应用软件用 VB4.0 编制，除了接受治疗参数外，还具有自动记录治疗方法、次数等病历内容的功能，以帮助医生对患者病情的诊断治疗。

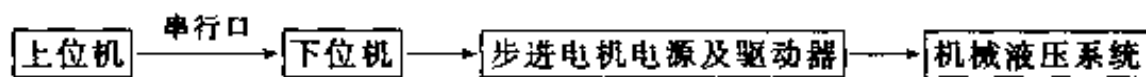


图 14-21 牵引床的电控系统原理框图

下位机为 MCS51 系列的单片机，CPU 为 80C31（见图 14-22），CPU 通过串行口中断服务程序接收上位机发来的数据并储存在片内 RAM 地址单元中，CPU 将其处理后从 P1 口发送给步进电机电源及驱动器，步进电机转动，以达到牵引距离和旋转角、下倾角置位。

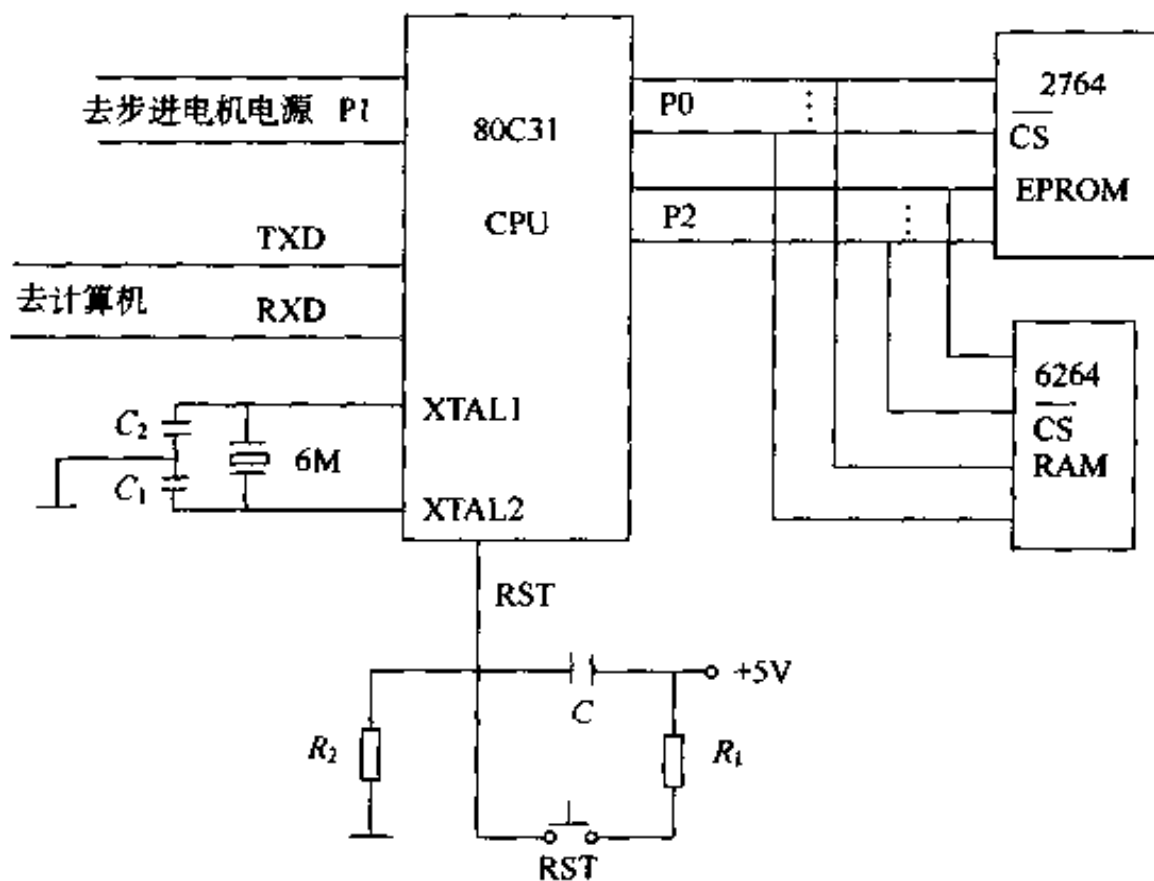


图 14-22 单片机系统

#### (4) 技术特点

1) 本牵引床采用步进电机和液压驱动及上、下位计算机数字控制, 自动化程度高, 便于医生操作, 能够对患者进行多自由度、全方位快速牵引, 有利于提高患者的诊断、治疗质量。

2) 液压系统采用定量泵为蓄能器充液, 执行器工作用油由蓄能器提供, 电接点压力表控制充液压力和液压泵组停机。

### 14.2.9 X光机隔室透视站位液压系统

#### (1) 功能结构

X光机是对人体有关部位的健康状况进行检查的医疗器械, 为了避免医生身体长期受X光辐射, 现代X光机的操作采用隔室透视(见图14-23)。无X射线辐射的工作间(暗室)1、透视室3(球管4放射X射线的光室)以防护墙隔离, 荧光屏2镶嵌于防护墙上。体检时, 医生坐在室1内的座位, 受检者面向荧光屏2站立在透视室3中的转盘5上, 医生在室1座位上注视着荧光屏2, 启动X射线球管机后, 通过各电钮开关进行遥控检查; 转盘5可

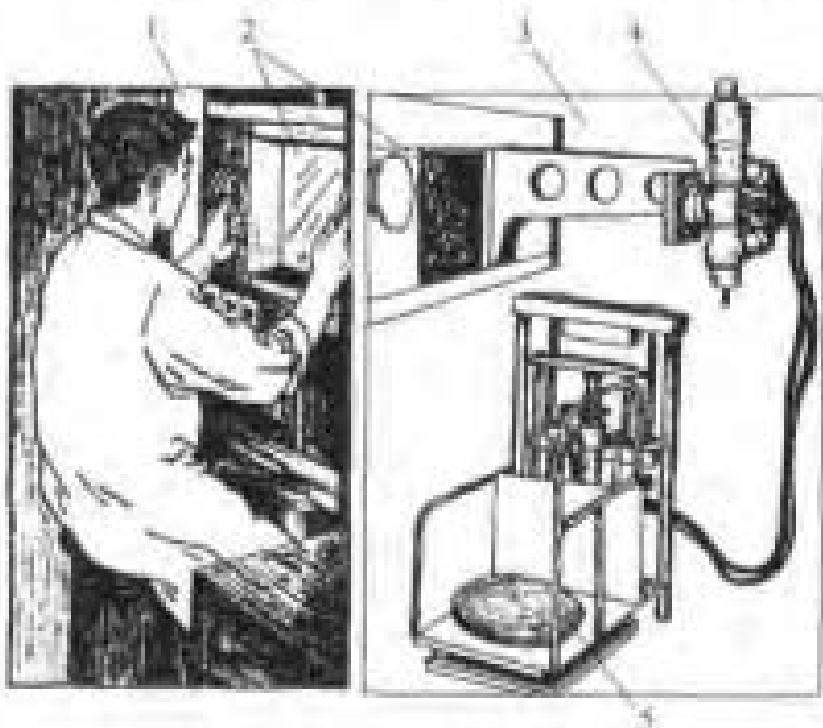


图 14-23 X光机隔室透视结构示意图

1—暗室; 2—荧光屏; 3—光室;  
4—X射线球管; 5—转盘(站立被检者)

带动受检者作上下移动和左右回转; 荧光屏也可作升降移动。各机构的运动可单独进行, 也可配合进行, 速度可快可慢, 能方便地检查身体各部位。荧光屏的升降、转盘的回转及升降采用液压驱动。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图14-24所示为X光机隔室透视站位的液压系统原理图。系统的执行器为荧光屏和转盘的升降液压缸15和17, 以及通过齿轮减速机构18驱动转盘旋转的双向定量液压马达16。系统的油源为定量液压泵(螺杆泵)1, 泵的供油压力由先导式溢流阀2设定, 二位二通电磁换向阀3用于控制液压泵的卸荷。泵的出口设有精过滤器4, 以保证油液的清洁度。缸15与17采用了同样的油路结构, 分别采用三位四通电磁换向阀9和11控制缸的升降; 分别采用调速阀6和8进油调节缸的升降速度, 缸的无杆腔设有单向顺序阀12和14, 用于平衡工作机构及人体自重, 以防缸自行下滑。液压马达的旋转方向由三位四通电磁换向阀10控制, 旋转速度通过进油调速阀7无级调节, 双向液压锁13用于液压马达的位置锁定, 确保回转位置的准确及固定。液压泵1的供油压力和单向顺序阀12、14的设定压力可通过压力表及其开关5观测。

#### (3) 技术特点

1) 采用液压传动的X光机站位装置, 传动平稳、噪声小、工作快速、换接无冲击, 调整方便, 易于遥控、安全可靠。

2) 系统采用定量泵供油的进油节流调速方式; 立置双缸采用单向顺序阀平衡; 液压马达采用液压锁双向锁定。

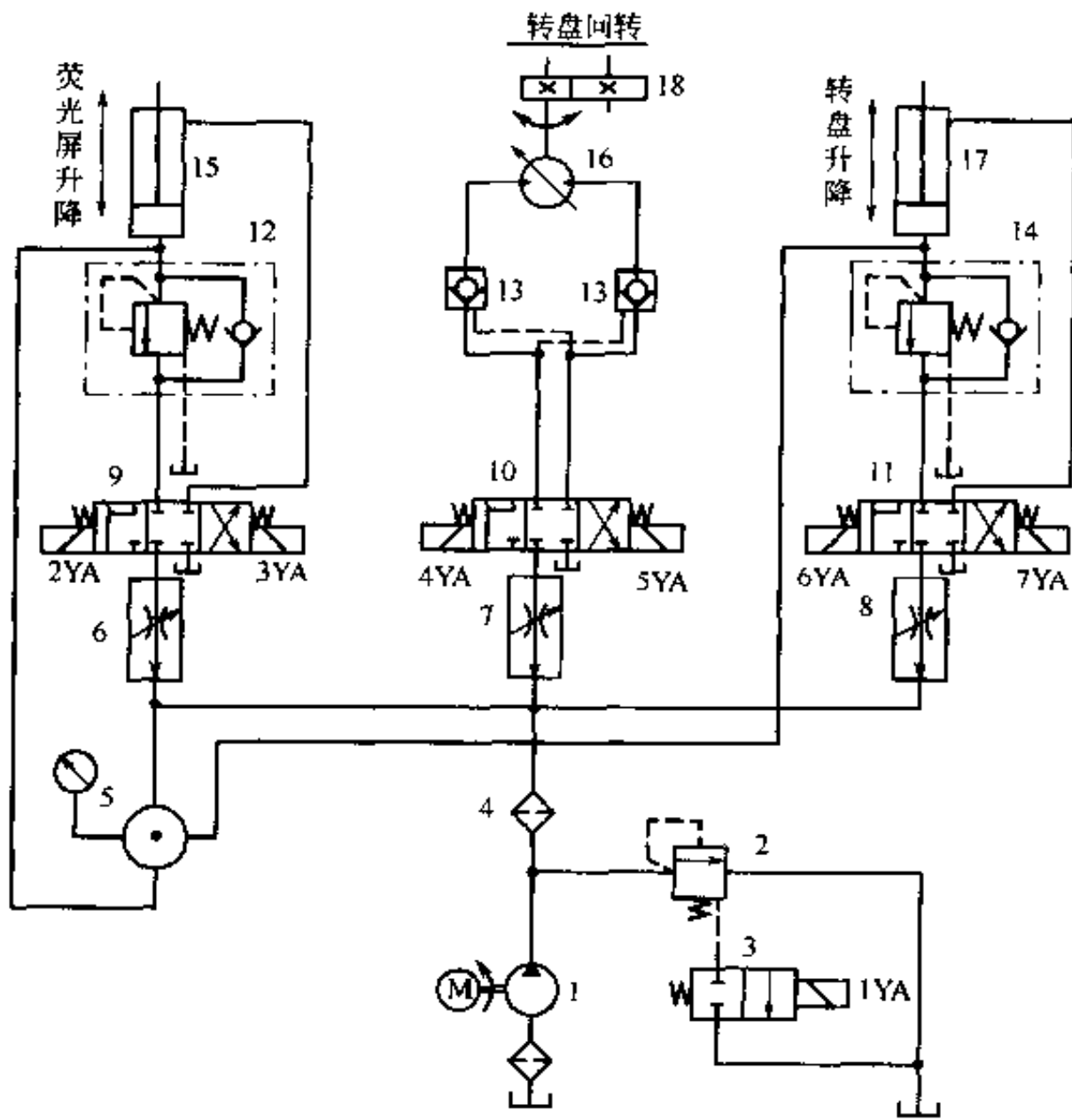


图 14-24 X 光隔室透视站位液压系统原理图

- 1—定量液压泵（螺杆泵）；2—先导式溢流阀；3—二位二通电磁换向阀；4—高压过滤器；5—压力表及其开关；  
6、7、8—调速阀；9、10、11—三位四通电磁换向阀；12、14—单向顺序阀；13—双向液压锁；  
15—荧光屏升降液压缸；16—双向定量液压马达；17—转盘升降液压缸；18—齿轮减速机构

### 14.3 环保设备液压系统

#### 14.3.1 垃圾车提拉式压缩填装机构的液压系统

##### (1) 主机功能结构

后装压缩式垃圾车是一种集运垃圾的设备。此车由汽车底盘、车厢、填装器、液压系统、气动系统和电控系统组成。该车的工作过程是：垃圾从车尾部倾倒入填装器→自动破碎

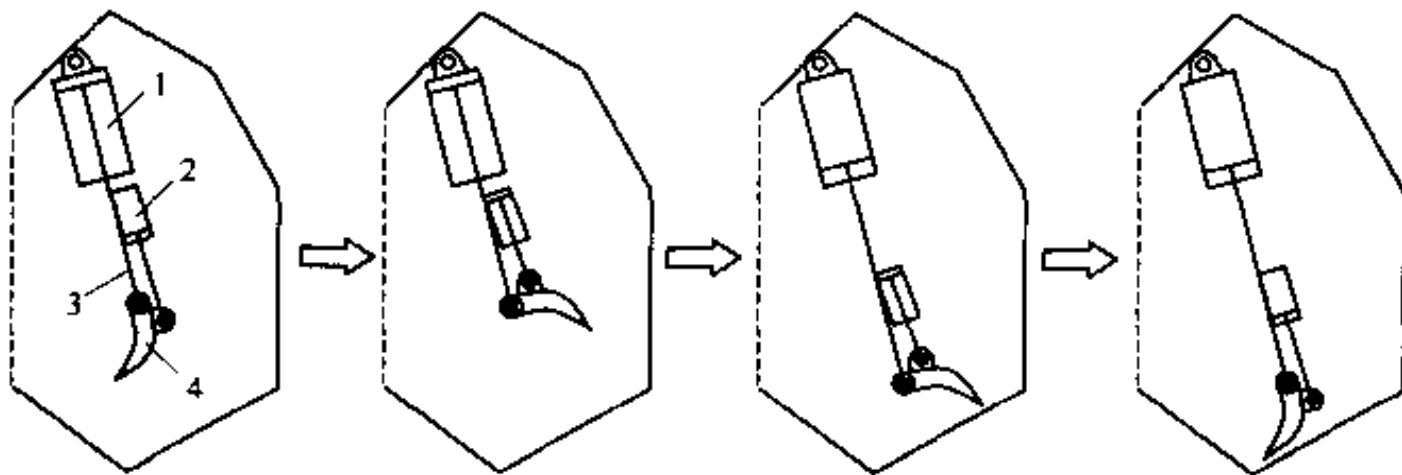


图 14-25 提拉式填装机构的运动及工作循环图

- 1—滑板液压缸；2—刮板液压缸；3—滑板；4—刮板

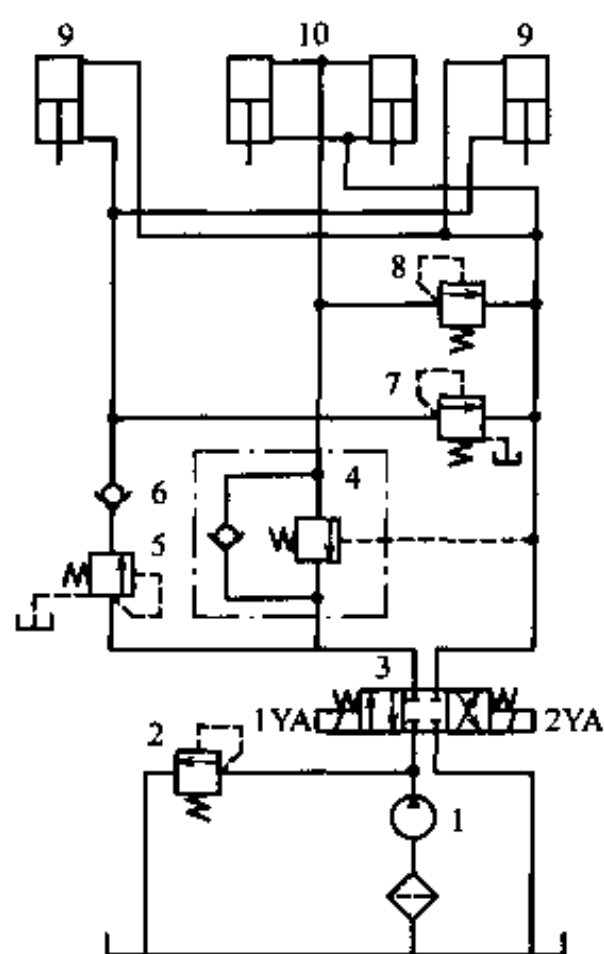


图 14-26 提拉式填装机构  
液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2、8—溢流阀；  
3—三位四通电磁换向阀；4—单向顺序阀；  
5—自锁型顺序阀；6—单向阀；7—顺序阀；  
9—滑板液压缸；10—刮板液压缸

压缩→挤入封闭车厢→运至垃圾处理场→举起填装器并敞开车厢后部→车厢内巨大的刮板由前向后运动，把垃圾推出车外。提拉式填装机构是该车的主要工作机构，由液压缸驱动完成的工作循环如图 14-25 所示。

(2) 提拉式填装机构的液压系统及其工作原理

图 14-26 所示为提拉式填装机构的液压系统原理图。系统的执行器为滑板液压缸 9 (2 个) 和刮板液压缸 10 (2 个)。系统的油源为定量液压泵 1，其压力由溢流阀 2 设定。缸 9 和 10 共用三位四通电磁换向阀 3 控制运动方向；单向顺序阀 4 起平衡阀作用，可避免刮板因垃圾挤压力向外摆动；溢流阀 8 用于限定垃圾最大挤压力，以防过载；顺序阀 7 用于滑板缸 9 的差动连接；自锁型顺序阀 5 用于控制刮板缸和滑板缸的动作顺序。

系统启动后，电磁铁 2YA 通电使换向阀 3 切接至右位，液压泵 1 的压力油经换向阀 3 同时进入刮板缸 10 的有杆腔和滑板缸 9 的无杆腔，并导通单向顺序阀 3，缸 10 无杆腔经阀 4 中的顺序阀和阀 3 向油箱排油，刮板缸活塞杆向上运动，带动刮板向外摆动作好插入松散垃圾内的准备。缸 9 的有杆腔回油随着其压力的升高，压力达到顺序阀 7 的设定值后打开，经该顺序阀反

馈至无杆腔（差动连接），滑板缸 9 活塞杆带动滑板快速向下运动插入盛料槽中的松散垃圾。

电磁铁 1YA 通电使换向阀 3 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 4 中的单向阀进入刮板缸 10 的无杆腔（有杆腔经换向阀 3 回油），活塞杆向下运动，使得刮板向内摆动，盛料槽被清理，垃圾被破碎挤压开始进入主箱中。系统压力继续升高，当压力上升至顺序阀 5 的设定值时该阀开启，压力油经阀 4 和阀 6 进入滑板缸 10 的有杆腔（无杆腔经换向阀 3 向油箱排油），活塞杆向上运动提拉滑板，刮板同时被带动拉起，压入的垃圾继续被高密度压缩，使推出板后退将刮板中的垃圾填装到车厢中去。一个后装压缩动作循环结束。

(3) 技术特点

- 1) 该机构液压系统采用定量泵供油。两种液压缸间顺序动作采用压力控制方式实现；通过顺序阀实现滑板缸的差动快速，缩短了工作周期，提高了作业效率。
- 2) 利用滑板缸有杆腔的力提拉滑板，带动刮板动作，因此可以提供较大的压缩空间。
- 3) 滑板缸退回油路的顺序阀为自锁型顺序阀，与普通顺序阀所不同的是，该阀开启后不论进口压力如何变化，只要有油液流动将始终保持打开状态，降低了因维系较高开启压力而产生的能量损失，提高了工作效率。
- 4) 在结构上，系统的控制元件采用块式集成，减小了安装空间，使用维护方便。

14.3.2 后装式垃圾压实车液压系统

(1) 主机功能结构

目前，我国的垃圾收集运输车辆大部分是敞开式的自卸垃圾车和侧装式封闭垃圾车。前

者由于是敞开式，在运输过程中易造成二次污染。而后者，由于高位倾倒易损坏，故使用维修费用较高。同时，由于两者均无垃圾压实功能，运输松散型生活垃圾经济性能均不高。SHW5060ZLJ型后装式垃圾压实车是针对以上缺陷，在参照多种国外样机的基础上，研制开发的一种垃圾运输车辆。

图14-27所示为该车的外形结构示意图，它是在东风EQ1061TJ型汽车底盘经加装封闭式车厢、压实填塞装置及推板卸料机构等专用作业装置而成，该车所有动作均通过液压缸实现。

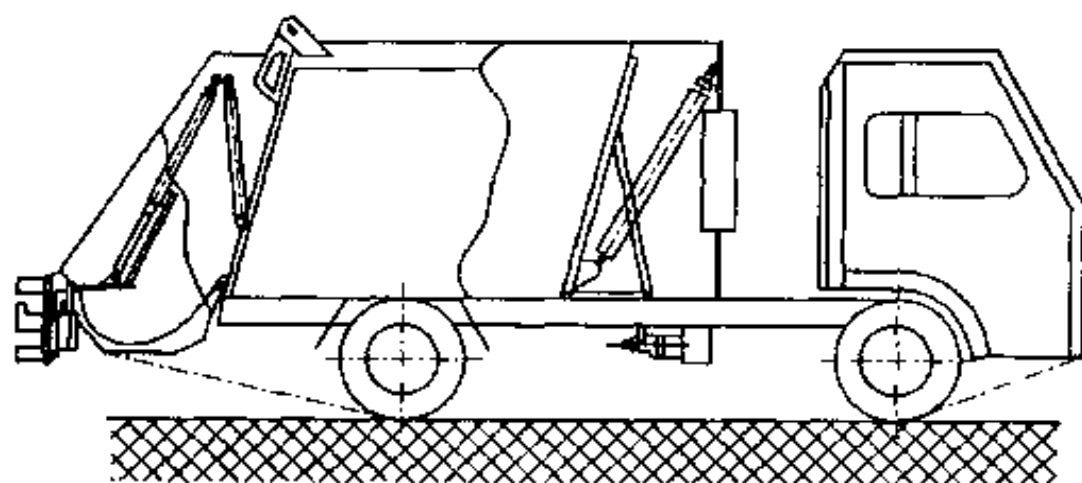


图 14-27 垃圾压实车外形结构示意图

## (2) 液压系统及其工作原理

该垃圾压实车的液压系统原理图如图14-28所示，系统采用汽车变速箱动力驱动的定量

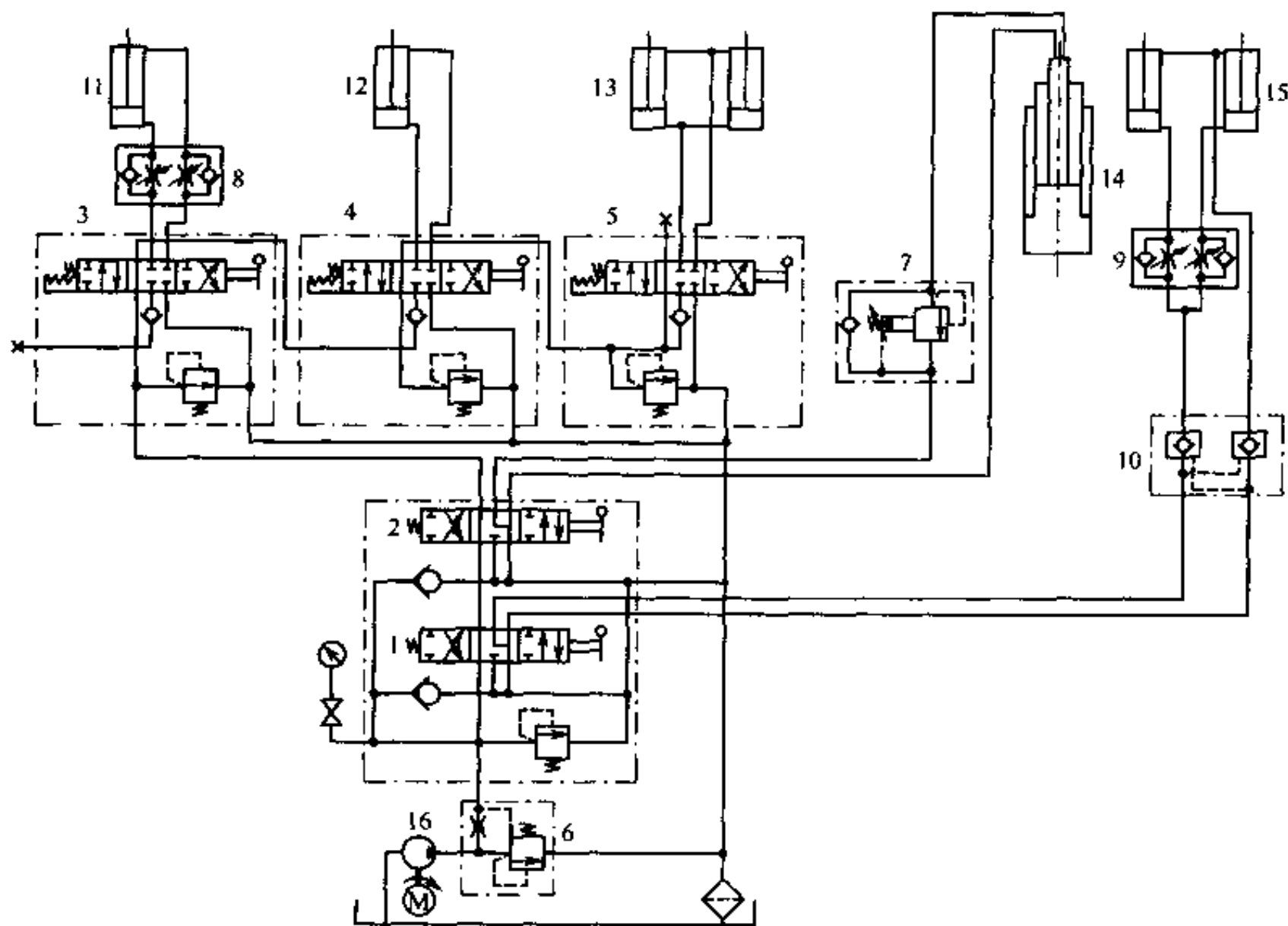


图 14-28 垃圾压实车的液压系统原理图

- 1、2、3、4、5—控制阀；6—流量压力阀；7—单向溢流阀；8、9—单向节流阀；10—双向液压锁；  
11—翻筒液压缸；12—清扫液压缸；13—压实液压缸；14—推出液压缸；  
15—尾斗液压缸；16—液压泵



液压泵 16 供油, 泵的出口设置了流量压力阀 (溢流节流阀) 6, 在限定系统最高工作压力防止过载的同时, 避免因发动机转速的变化影响泵的流量, 从而保证进入系统的流量以至执行器及工作机构动作的稳定性。系统的执行器有翻桶缸 11、清扫缸 12、压实缸 13、推出缸 (多级伸缩缸) 14 和尾斗缸 15 等 5 个液压缸, 这些液压缸的动作分别由三位六通换向阀 3、4、5、2、1 控制, 其中阀 3、4、5 的进出油口间装有螺纹拧入式溢流阀, 用以防止压实垃圾对工作机构的损坏, 实现动作过载保护; 由于阀 3、4、5 为串联油路, 所以每次提拉或压下 3 个手柄, 都可以完成翻桶→压实→清扫半个工作循环。

当垃圾投入汽车尾部的填塞器 (尾斗) 后, 首先由阀 4 控制的清扫缸 12 动作, 将清扫板打开, 然后阀 5 控制的两只压实缸 13 向下动作, 完成对粗大、杂硬的垃圾压碎、压实功能; 之后, 清扫缸在阀 4 换向后动作, 使清扫板绕销轴转动, 从而实现垃圾的第二步压实; 最后, 压实缸 13 向上提动, 将垃圾扫入密闭的厢体, 从而完成垃圾的进一步压实。推板卸料机构在垃圾的推动下, 推板逐渐后移, 由于推出缸 14 的回油路上有单向溢流阀 7 的作用, 因此, 垃圾在进入厢体过程中始终受到双向压缩。这就是垃圾压实车垃圾压实清扫的基本动作。垃圾运达目的地后, 操纵阀 1 通过尾斗缸 15 可打开尾斗, 之后操纵阀 2, 推出缸 14 将垃圾顶出。完成整个工作循环。而翻桶缸 11 及其控制阀 3, 用以实现桶装垃圾的翻转及倾倒, 以适应桶装垃圾的收运。

### (3) 技术特点

1) 由于作业时间动作较多, 为了便于操纵又省却维修的麻烦, 采用手柄-软轴来推拉阀 3、4、5 的阀心, 从而完成翻桶、压实、清扫三个双向动作, 实现了压实作业的半自动化, 大大减轻了操纵强度。

2) 通过泵出口的流量压力阀和有关执行器进回油口设置的溢流阀, 实现过载保护, 提高了系统的安全可靠性。

3) 通过泵出口的流量压力阀保证系统流量的恒定, 以保证动作的稳定性。

4) 通过采用双作用多级液压缸, 避免和减少了空车返回途中, 由于路而颠簸, 造成的推出缸故障率。

5) 采用双向三级压实的后装式垃圾压实车, 约比其他类型的垃圾车装载量利用率提高 25%~35%, 无二次污染。

### (4) 技术参数 (见表 14-6)

表 14-6 后装式垃圾压实车及其液压系统技术参数

项 目		参 数	单 位	
垃圾压实车	有效容积	5	m <sup>3</sup>	
	垃圾装载量	2.3	t	
	压实后的垃圾密度	460	kg/m <sup>3</sup>	
液压系统	液压泵 (CBA1040 型)	额定转速	900	r/min
		流量	36~40	l./min
	螺纹拧入式溢流阀	调定压力	8	MPa

## 14.3.3 固定式大负载垃圾压榨机液压系统

### (1) 主机功能结构

该压榨机是城镇垃圾的处理设备，固定安置在垃圾转运站。其功能是将集中于中转站手推车（三轮车）的垃圾倒入该机的受圾箱，通过液压传动把松散垃圾挤压成块并用推出装置将其从箱中推至垃圾运输汽车的车厢内。

压榨机主机由压榨装置、推出装置组成。图 14-29 所示为主机结构示意图，压榨装置由压台（缸板焊接而成的封闭体）3、受圾箱 4（钢板焊接而成的 U 形箱体，两侧无钢板）及压榨液压缸 2 组成，用于对垃圾的压榨。液压缸 2 固定在型钢焊接的机架 1 上，缸的活塞杆端部球头连接压台 3，压台 3 由缸 2 驱动升降，散装垃圾倒入受圾箱 5（此时受圾箱处于地坑内）后，液压缸即驱动压台伸入其中压榨垃圾，待压榨完毕，需移动垃圾块时，将铁链 4 挂于压台上的钩块，缸驱动压台升起时即将受圾箱拉起至汽车车厢高度。

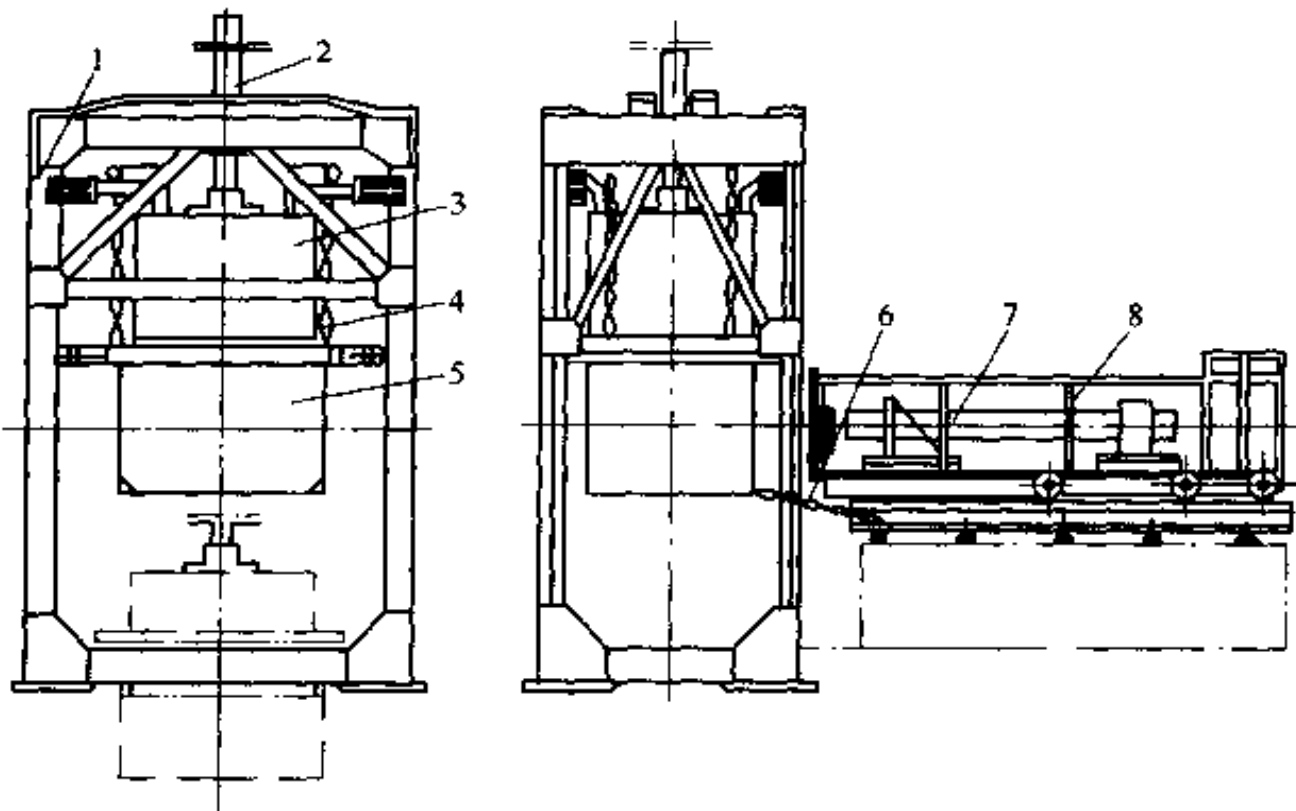


图 14-29 垃圾压榨机的主机结构示意图

1—机架；2—压榨液压缸；3—压台；4—压台铁链；5—受圾箱；  
6—受圾箱铁链；7—推出液压缸；8—推出架

推出装置由推出液压缸 7、推板和推出架 8 组成，用于将压榨成块的垃圾推上垃圾运输汽车。推出缸 7 固定于混凝土台上，其活塞杆前部装有推板。缸的活塞杆、推板、推出架 8 三件固接，活塞杆前行时，推板、推机架同步向前运动，直至把受圾箱中垃圾块推上汽车。为防止推、卸过程中，受圾箱（不与汽车车厢板贴住）随动，此时把受圾箱铁链 6 挂于受圾箱体下部孔内。

压榨装置工作中挤出的汁水通过地坑流入下水道。垃圾压榨需经 2~3 次的边倾倒垃圾边间断挤压的轮番过程，每次挤压至一定程度，必须进行保压，以促进块状垃圾的压实。当已压实的垃圾由底坑内提出时，应先将设置于受圾箱两侧的挂链勾于压台上，以便依靠压台上升将受圾箱同步提升，当受圾箱提升至汽车车厢平而高度后，将推出装置端部铁链挂于受圾箱底部方孔，以防垃圾块从受圾箱中推出时箱体随动。

## (2) 液压系统及其工作原理

压榨机的液压系统原理图如图 14-30 所示，两台同规格压榨机可以共用一个油源。油源为高压定量液压泵 1 和低压定量液压泵 2，二者组合供油，以满足压榨液压缸快慢速度要求；泵 1 和泵 2 的压力分别由溢流阀 5 和卸荷阀 4 设定，并通过压力表 6 和 7 显示。左右两侧的压榨机各有两个执行器，分别为压榨液压缸 13 和推出液压缸 14，两缸的运动方向分别

由三位四通手动换向阀 9 和 10 控制；立置缸 13 的回油路设有平衡作用的单向顺序阀 11；单向节流阀 12 用于调节缸 14 的推出速度。左右两侧压榨机的工作转换通过三位四通手动换向阀 8 控制，阀 8 处于左位时，右侧的油路及压榨机工作；阀 8 处于右位时，左侧油路及压榨机工作。

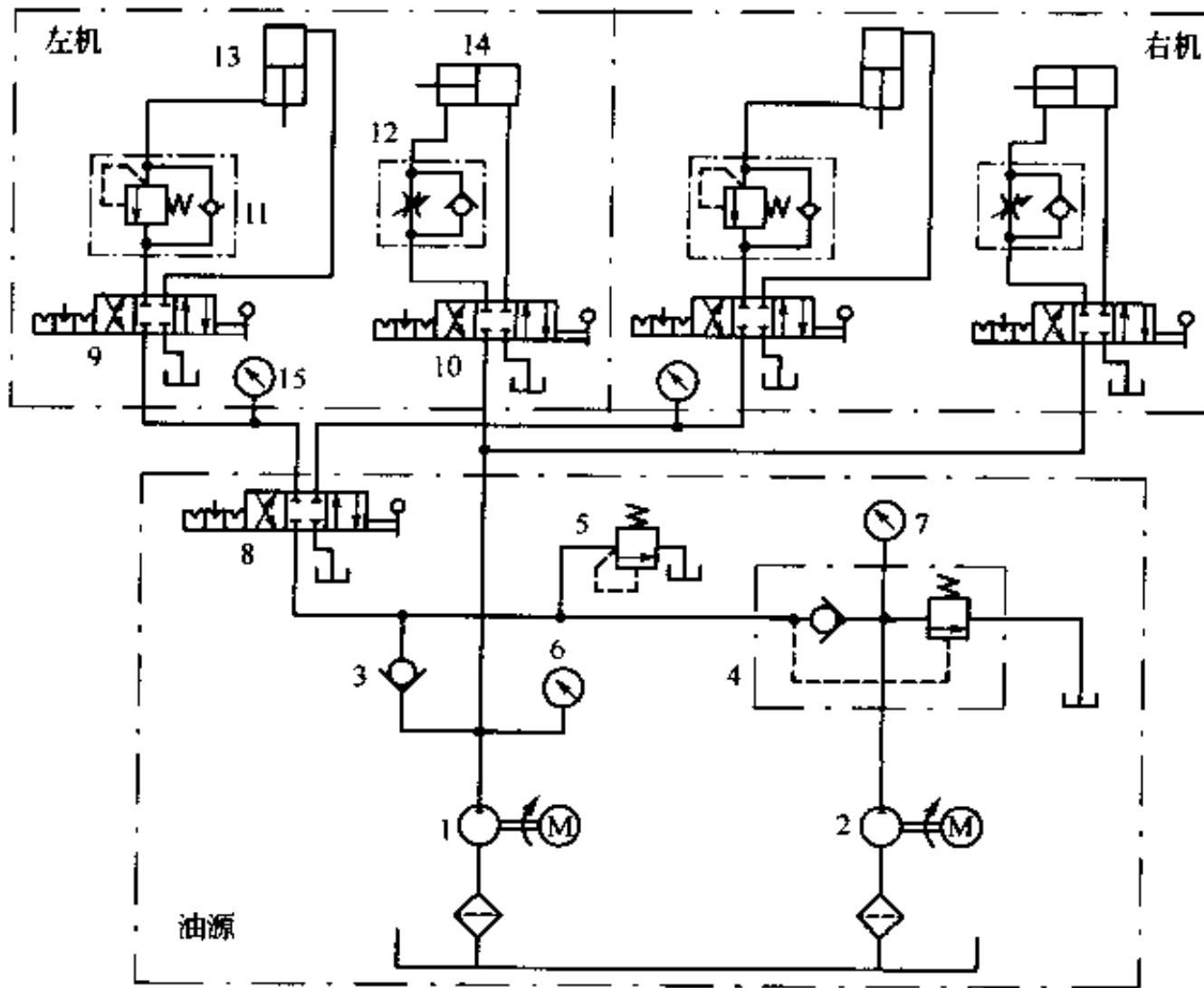


图 14-30 垃圾压榨机液压系统原理图

- 1、2—定量液压泵（叶片泵）；3—单向阀；4—卸荷阀；5—溢流阀；6、7、15—压力表；  
8、9、10—三位四通手动换向阀；11—单向顺序阀；12—单向节流阀；  
13—压榨液压缸；14—推出液压缸

以左侧压榨机工作为例说明系统的工作原理如下。

启动泵 1 和泵 2 并操纵手柄使三位四通手动换向阀 8 切换至右位，则泵 1 和泵 2 由卸荷转为升压供油状态，同时使三位四通手动换向阀 9 切换至左位，泵 1 的压力油便经单向阀 3、8、9 进入压榨缸 13 的无杆腔，同时，泵 2 的压力油经卸荷阀 4、8、9 也进入压榨缸 13 的无杆腔，因两泵联合供油，故缸 13 的活塞杆驱动压台快速下行，缸 13 的有杆腔的油液则经单向顺序阀 11、9 排回油箱。当压台开始压榨垃圾时，系统压力升高、卸荷阀 4 打开，低压泵 2 排油经阀 4 回油箱，实现卸荷，而高压泵 1 单独工作，因缸 13 的进油流量减少，故缸 13 的活塞杆慢速下行。当压榨力对应的系统压力超过溢流阀 5 的设定值时，则供油返回油箱。系统保压时，将换向阀 9 操纵至中位即可。

压榨结束后，将换向阀 9 切换至右位，液压缸 13 无杆腔经阀 9 与油箱接返，实现保压后释压，接着液压泵 1 和 2 同时经换向阀 9 和阀 11 的单向阀向缸 13 的有杆腔供油，两泵的流量使缸的活塞杆驱动压台和受圾箱快速上行。

当推出装置工作时，换向阀 9 和 10 均切换至右位，高压泵 1 单独供油，压力油经单向节流阀 12 进入推出缸 14 的有杆腔，无杆腔油液经阀 10 直接排回油箱；推出结束，阀 10 切

换至左位,则压力油进入缸14的无杆腔,推出装置后退复位。一个工作循环结束,液压泵卸荷。

当欲使图示右侧压榨机工作时,则只需操纵阀8使其切换至左位,其余动作与左机相同,便可完成压榨、推卸动作。

### (3) 技术特点

1) 该压榨机液压系统可驱动两台同规格机器工作,通过三位四通手动换向阀实现两台机器油路的转换,有利于减小占地面积和降低设备造价。

2) 系统的油源采用高低压泵组合供油,在满足执行器快慢速要求的同时,有利于节能和降低发热。

3) 各执行器均采用手动换向阀进行方向控制,电路系统简单,但自动化程度略低。若改用电磁控制,则可以通过压力或行程控制实现自动换向。

4) 传统的垃圾处理方式多是将中转站手推车(三轮车)的垃圾散装入集装箱,然后再用汽车运至垃圾填埋场倾倒,明显存在着工作场所垃圾飞扬、滴溅造成二次污染、操作者劳动强度大、运输量及填埋场空间大的缺陷,采用液压传动的压榨机对垃圾进行处理显著改善了上述状况,具有很好的社会效益与经济效益。

### (4) 技术参数(见表14-7)

表14-7 压榨机及其液压系统主要技术参数

项 目		参 数	单 位	
主机	外形尺寸	6×4.3×8.3	m	
	压榨垃圾块最大重量	30	kN	
	最大压榨力	800		
液压系统	高压泵(PV2R-23型叶片泵)	压力	21	MPa
		排量	23.4	mL/r
		功率	5.5	kW
	低压泵(YB1-50型叶片泵)	压力	6.3	MPa
		排量	50	mL/r
		功率	4	kW

## 14.3.4 垃圾破碎机液压系统

### (1) 主机功能结构

该机器用于生活垃圾和工业垃圾的破碎设备,其功能是将垃圾破碎成粉末,以便经后道工序处理之后使这些废弃物得以重复利用。该破碎机的主机由滚筒、推料板、固定刀、固刀角度调整装置、固刀距离调整装置以及输送皮带装置等组成。滚筒上交错排列着很多刀齿,在大约滚筒轴线平面的位置上布置着一把角度和距离都可以调整的固定刀,用于将经过固定刀与滚筒之间的间隙木料等垃圾物料,切碎成小段粉末。推料板左右移动(行程150mm,频率为滚筒旋转频率的两倍),将物料推给刀齿处理,固定刀与滚筒间的距离可根据所处理的垃圾的种类进行调整。上述机构和装置中,除滚筒由液压马达直接驱动旋转外,其余均采用液压缸驱动。

(2) 液压系统及其工作原理

图 14-31 所示为破碎机的液压系统原理图。滚筒是机器的主要工作机构，其驱动液压马达的功率比其他执行器大很多，故液压马达单独设为一个回路系统；而其他机构的液压缸组为另一个回路系统。

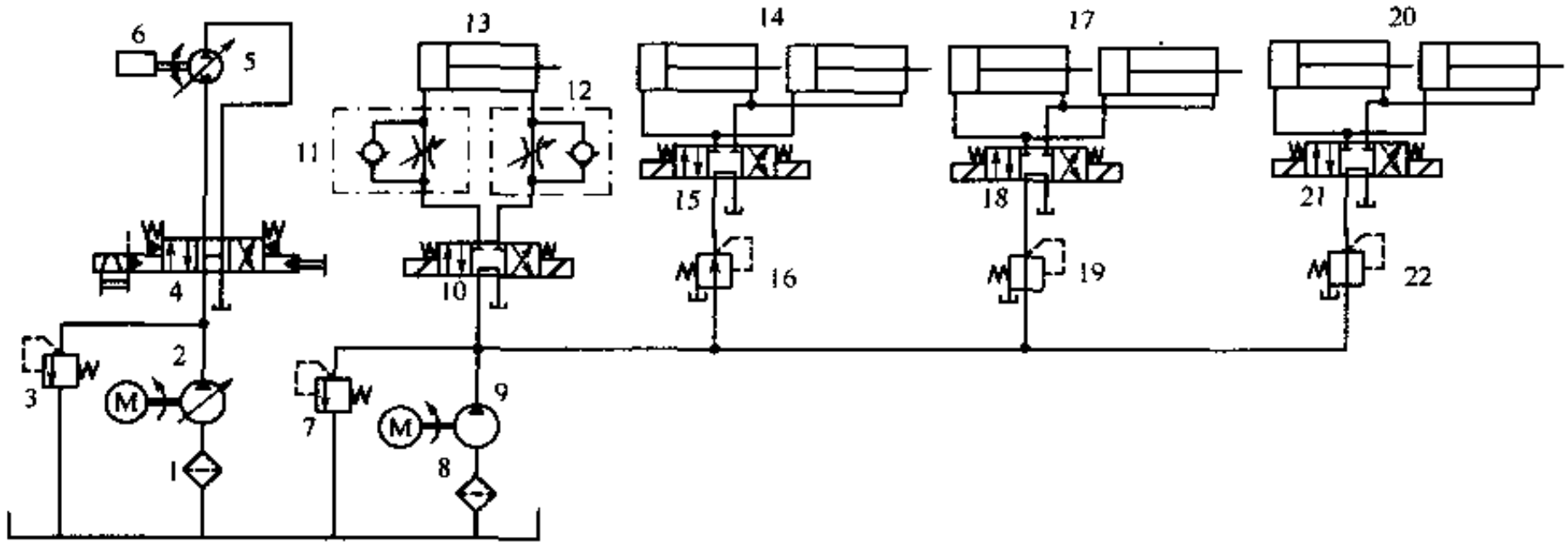


图 14-31 垃圾破碎机液压系统原理图

- 1、8—过滤器；2—单向变量液压泵；3、7—溢流阀；4、10、15、18、21—三位四通电磁换向阀；  
 5—双向变量液压马达；6—滚筒；9—低压定量液压泵；11、12—单向节流阀；  
 13—推料板液压缸；14—固定刀角度调整液压缸；16、19、22—减压阀；  
 17—固定刀距离调整液压缸；20—皮带装置液压缸

液压马达回路的油源为高压变量液压泵 2，泵的最高压力由溢流阀 3 设定，以防遇到铁钉等坚硬物料时剪切负载突然增加导致系统压力过高而损坏系统；双向液压马达 5 直接驱动滚筒 6，其旋转方向由三位四通电磁换向阀 4 控制，阀 4 的 H 型中位机能可使液压泵 2 实现卸荷，也可以使马达浮动，在大的物料卡住或维修时用很小的力使滚筒旋转一小的角度；马达的旋转速度可以通过调节泵或马达的排量实现。

所有液压缸组成的系统的油源为低压定量液压泵 9，其供油压力由溢流阀 7 设定；执行器有推料板液压缸 13、固定刀角度调整液压缸 14（2 个）、固定刀距离调整液压缸 17（2 个）和皮带装置液压缸（支撑输送皮带）20（2 个），这些液压缸的运动方向分别由 M 型中位机能的三位四通电磁换向阀 10、15、18、21 控制；缸 13 通过进、出口设置的单向节流阀 11 及 12 进行双向节流调速，以满足推料板推料往复直线运动的频率要求；缸 14、17、20 的工作压力分别由减压阀 16、19、22 设定。液压泵 9 可通过阀 10 的中位实现卸荷。

(3) 技术特点

- 1) 该破碎机采用全液压传动，功率体积比大，便于执行器速度、力和扭矩等输出参数的调节，噪声小。
- 2) 根据功率的差异，液压系统采用两套独立的高低压力油路系统。
- 3) 液压马达直接驱动滚筒旋转，省去了中间减速机构；采用变量泵-变量马达式容积调速开式油路系统，没有溢流和节流损失，系统具有压力适应特征，效率高、发热少；从马达排出的油液直接返回油箱，油液冷却较好。
- 4) 所有液压缸共用一个低压液压泵供油，采用双向进口节流调速调整推料缸的速

度；通过减压阀调整固定刀角度和距离调整液压缸及皮带液压缸的工作压力并保证稳定。

(4) 技术参数 (见表 14-8)

表 14-8 破碎机及其液压系统的部分技术参数

项 目		参 数	单 位
主机	滚筒	直径	1050
		长度	3000
		转速	34.4
液压系统	液压马达(NJM-6.3 型内曲线低速大扭矩马达)	额定压力	25
		排量	6.3
		最高转速	40
		最大输出扭矩	28849
	推料液压缸	工作压力	10

### 14.3.5 污泥自卸车液压系统

#### (1) 主机功能结构

该自卸车为用于城市下水道污泥的专用运输设备，由底盘、污泥筒提升装置、车厢等组成 (见图 14-32)。污泥桶提升装置是该车的重要工作部件，用于将污泥桶内的污泥提升到一定高度后倾倒入车厢内。带有门及门盖的车厢为全封闭结构，用于承载污泥，可消除运输物料在途中的抛、洒、滴、漏，防止了对城市环境的二次污染。车厢的举升自卸、门盖启闭和污泥桶提升装置均由液压缸驱动。

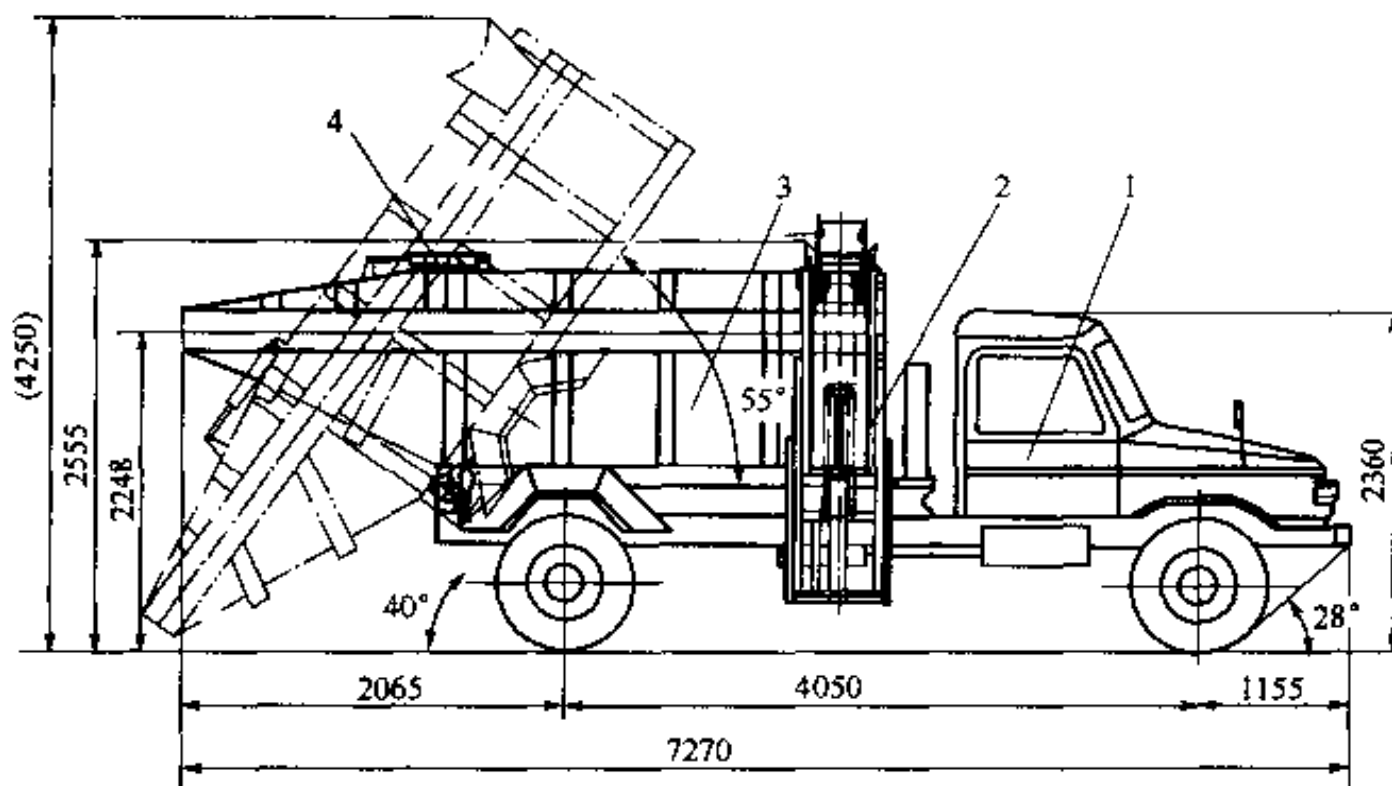


图 14-32 污泥自卸车结构示意图

1—底盘；2—污泥桶提升装置；3—车厢；4—门盖液压缸

#### (2) 液压系统及其工作原理

污泥自卸车的液压系统原理图如图 14-33 所示。系统的油源为定量液压泵 1，其供油压



力由溢流阀 2 设定。系统的执行器为车厢举升液压缸 11、门盖启闭液压缸 12 与污泥桶提升装置液压缸 13。缸 11 的运动方向由二位三通手动换向阀 6 和三位四通手动换向阀 7 联合控制，缸 12 和 13 的运动方向分别由三位四通手动换向阀 7 和 8 控制，缸 12 和 13 分别采用节流阀 9 和 10 进行调速。气泵 3、二位三通电磁换向气阀 4 与气罐 5 用于工作缸的动作选择控制和互锁。

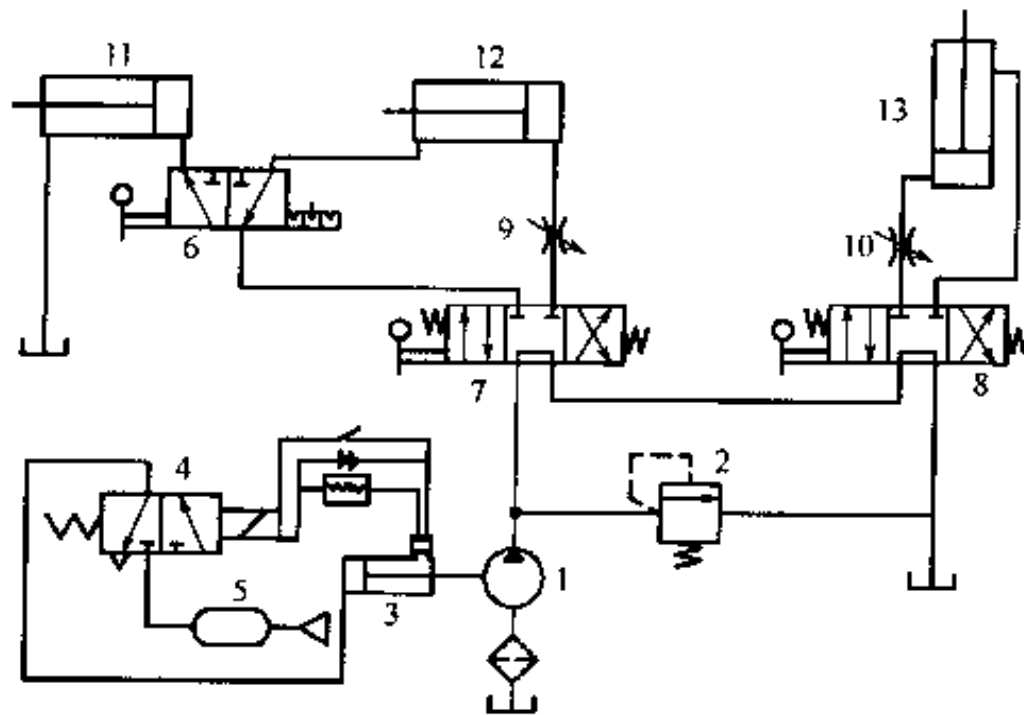


图 14-33 污泥自卸车液压系统原理图

- 1—液压泵；2—溢流阀；3—气泵；4—二位三通电磁换向气阀；5—气罐；6—二位三通手动换向阀；  
7、8—三位四通手动换向阀；9、10—节流阀；11—车厢举升液压缸；  
12—门盖启闭液压缸；13—污泥桶提升装置液压缸

系统的工作原理如下。

将装满污泥的污泥桶推向提升装置并将其挂在挂钩上，切换电磁换向阀 4 使液压系统处于提升装置工作回路，然后将换向阀 8 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 7、8 和阀 10 进入缸 13 的无杆腔，带动污泥桶缓慢向上运动，有杆腔经阀 8 向油箱排油。当向上运动到一定位置时，由提升装置中的机械锁止机构锁住污泥桶，并由机械倾倒机构作用实现污泥桶自动翻转倾倒。倾倒完成后，将换向阀 8 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 7 和阀 8 进入缸 13 的有杆腔，无杆腔经阀 10 和阀 8 向油箱排油，带动污泥桶缓慢下降，直至落地后与提升装置自动脱开。

当将装满污泥的自卸车驶至卸料地点停稳后，首先切换电磁气阀 4 使系统处于卸料回路，然后切换电磁阀 4 进入门盖工作回路，将换向阀 7 切换至左位，液压泵 1 的压力油经阀 7 和阀 9 进入缸 12 的有杆腔，缓慢拉动活动门盖使之打开，缸 12 无杆腔经阀 9 和阀 7 向油箱排油；再切换电磁阀 4 进入车厢举升工作回路，将换向阀 6 和 7 均切换至左位工作，液压泵 1 的压力油经阀 7、6 进入缸 11 的无杆腔，举升车厢并自动卸下污泥；污泥卸完后，反向切换电磁阀 4，并使换向阀 7 切换至右位，车厢慢慢落下。最后，换向阀 7 切换至右位，液压泵 1 的压力油经阀 7 和阀 8 进入液压缸 12 的无杆腔，驱动门盖慢慢关闭，至此完成卸料过程。

### (3) 技术特点

1) 该污泥自卸车采用带有门盖的全封闭车厢，消除了污水外溢造成的二次污染；卸下门盖还可以装卸固体物料，一车多用。该车运输效率高，油耗低，操作劳动强度低。

2) 车厢举升、门盖启闭及污泥桶提升采用液压驱动,三个执行器回路通过电磁换向气阀和气泵实现动作顺序转换和互锁控制,提高了工作安全可靠。

(4) 技术参数 (部分)

该污泥自卸车的外形尺寸为  $7.27\text{m} \times 2.41\text{m} \times 2.555\text{m}$ ; 车厢内部尺寸为  $4.01\text{m} \times 2.294\text{m} \times 0.8\text{m}$ ; 最大装载质量为  $5000\text{kg}$ ; 最高车速为  $86\text{km/h}$ ; 车厢举升角为  $55^\circ$ ; 活动门盖和污泥桶最大倾斜角为  $45^\circ$ ; 最大提升总质量  $300\text{kg}$ ; 提升高度为  $1.8\text{m}$ 。

## 第 15 章 液压行业生产及教学试验设备液压系统

### 15.1 概述

我国的液压工业是在新中国建立后才发展起来的。从 1952 年上海机床厂试制出我国第一个液压元件（齿轮泵）起，迄今大致经历了仿制国外产品、自行设计开发和引进消化提高等几个重要发展阶段。经过半个多世纪的发展，我国液压工业已经形成了一个产品门类较为齐全，科研院所、高等院校和生产制造企业配套较完整的工业体系，并已初步形成规模和一定的生产能力及技术水平。目前，我国的液压工业已能为机械、煤炭、冶金、石油化工、工程机械、建材建筑、国防、航空航天等领域提供品种较为齐全的液压元件和系统总成产品。

除了研制用于液压产品的加工、组装多种生产设备外，国内相关科研院所、高等院校和生产制造企业还自行研制了许多液压试验（实验）设备，例如液压泵、液压缸、普通液压阀、电液伺服阀、电液比例阀、纯水液压、高压耐磨油品等性能测试试验（实验）台，并在其中采用了计算机辅助测控（CAI）技术，用以提高液压元件及系统的产品检测水平与整体质量，提高机械工程专业液压传动与控制课程的教学效果。本章介绍液压行业设计和使用的 10 例液压传动与控制系统。

### 15.2 液压工业生产试验设备的液压系统

#### 15.2.1 能量再生式恒压变量液压泵试验系统

##### （1）系统功能

该试验系统用于液压泵和液压马达开发研制中完整工况下的性能测试，系统可以实现能量的再利用及节能。

##### （2）试验系统及其工作原理

图 15-1 所示为该试验系统的原理图，系统为开式循环油路，系统的驱动油源为单向变量液压泵 7，其供油压力由溢流阀 6 设定；系统的执行器为驱动被试变量泵 1 的单向变量液压马达 3，马达的转速由伺服阀 4 和 5 调节。被试泵 1 通过溢流阀 8 加载，加载阀的输出直接反馈给马达 3，从而将泵 1 的部分输出功率加至马达 3 上。溢流阀 9 用于限定被试泵 1 的压力，防止其过载。

系统的调节过程如下。

当被试泵 1 处于零流量，即加载溢流阀 8 关死时，液压马达 3 由驱动变量泵 7 所提供的流量在额定转速下工作。此时，马达 3 的排量由伺服阀 4 调定在较小的位置，伺服阀 4 的输入信号由马达 3 的转速决定。当溢流阀 8 开启时，泵 1 的流量加大并经阀 8 进入马达 3 的进油口，对马达 3 做功，此时马达 3 的转速上升，为避免马达 3 调节动作过快，伺服阀 4 先不动作，而由伺服阀 5 打开进行分流。由于伺服阀 5 响应很快并迅速使马达 3 的转速降回到原来的值。此时由于伺服阀 5 工作在高压大流量状态，所以进入稳定转速后，阀 5 逐渐关闭的

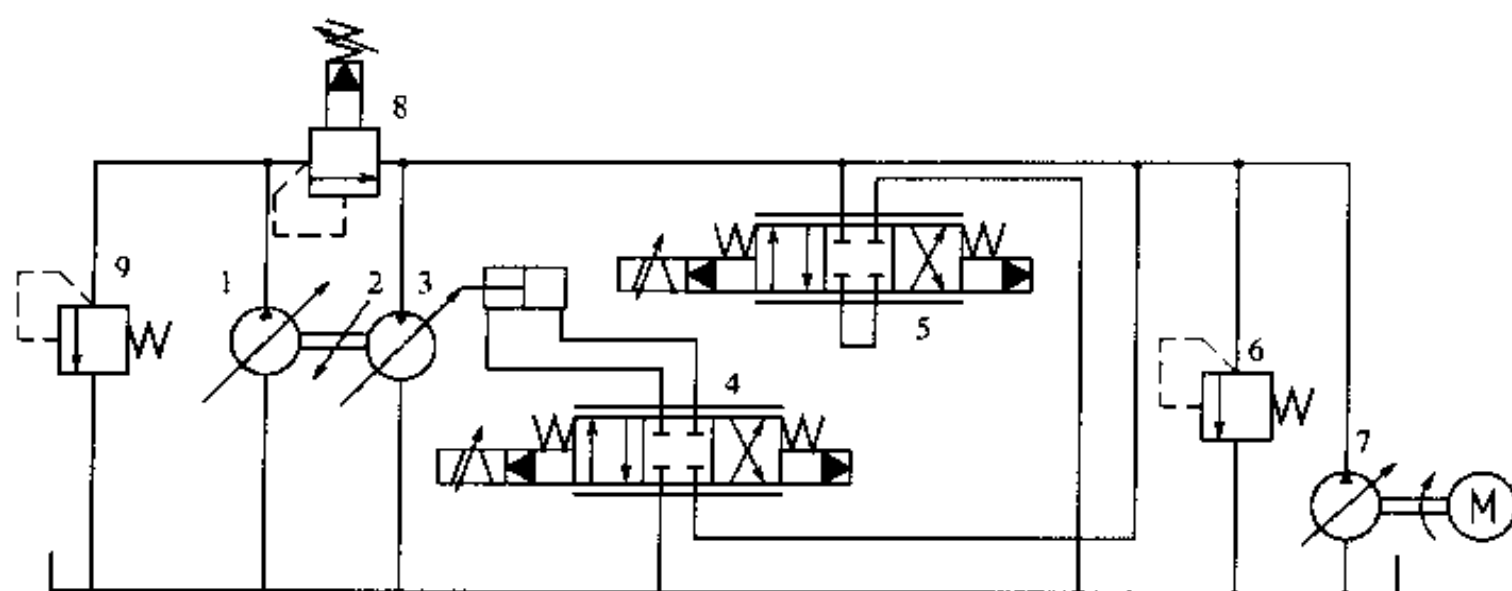


图 15-1 变量泵试验系统原理图

1—被试液压泵；2—扭矩转速仪；3—变量液压马达；4、5—伺服阀；6—溢流阀；  
7—手动变量泵；8—加载溢流阀；9—安全溢流阀

同时伺服阀4参与调节，使马达的排量增大，维持转速不变。这样即可使部分功率通过阀8加到马达3上，又通过阀4和阀5的联合调节，使马达3的速度很快回到稳定值，从而达到节能和快速响应（转速调节）的效果。

### (3) 技术特点

该试验系统采用变量泵供油，液压马达驱动被试泵，溢流阀加载并将输出反馈至马达，被试泵的部分输出功率加至马达上，实现了能量的再利用，节省了运行费用。

## 15.2.2 中高压液压缸计算机辅助测试 (CAT) 试验台系统

### (1) 试验台的功能结构

本试验台主要功能是按照 JB/JQ20232—1988 标准完成耳环式、铰轴式、角架式等不同安装形式的中高压活塞缸、柱塞缸的出厂试验和型式试验。试验台主要由液压系统、电控系统和测控系统组成，既可实现手动测试，又可实现自动测试。

### (2) 液压系统及其工作原理

试验台的液压系统由被试缸系统和加载缸系统两个子系统组成，图 15-2 所示为系统的原理图，主要完成被试液压缸的往复运动，并实现对其压力和流量的控制。

被试缸系统往复运动的动力源为变量轴向柱塞泵1和定量轴向柱塞泵2。根据被试缸16的规格不同，可选择单泵变量或双泵变量，以实现有级和无级的流量控制。系统压力由比例溢流阀3实现远程控制调节，泵1和2由各自出口处并联的溢流阀18和19进行安全保护。由于系统的流量大、工作压力高，被试缸的换向由外控式电液换向阀4完成，其主阀的换向取决于控制油路，不会影响被试缸往复运动的系统参数。通过在回油路上并联有两个密封性能较好的液控单向阀5和6，或使回油直接回油箱，或在换向阀处于中位时通过比例节流阀7对泵加载，泵在不同压力下的供油量由流量计8测量。对于耐压试验，当试验压力大于31.5MPa时，采用独立的高压油源供油（超高压泵14），并通过快换接头15使被试缸与原系统脱开，超高压泵的最高压力由溢流阀22限定。

加载缸系统既用于负载效率试验和耐久性试验时给被试缸加载，又用于试验終了排除被试缸内存油液。试验时，加载回路的内控电液换向阀9处于中位，加载缸差动连接。加载力的大小由电液比例溢流阀10、11远程控制调节。由于采用了差动连接，泵的流量

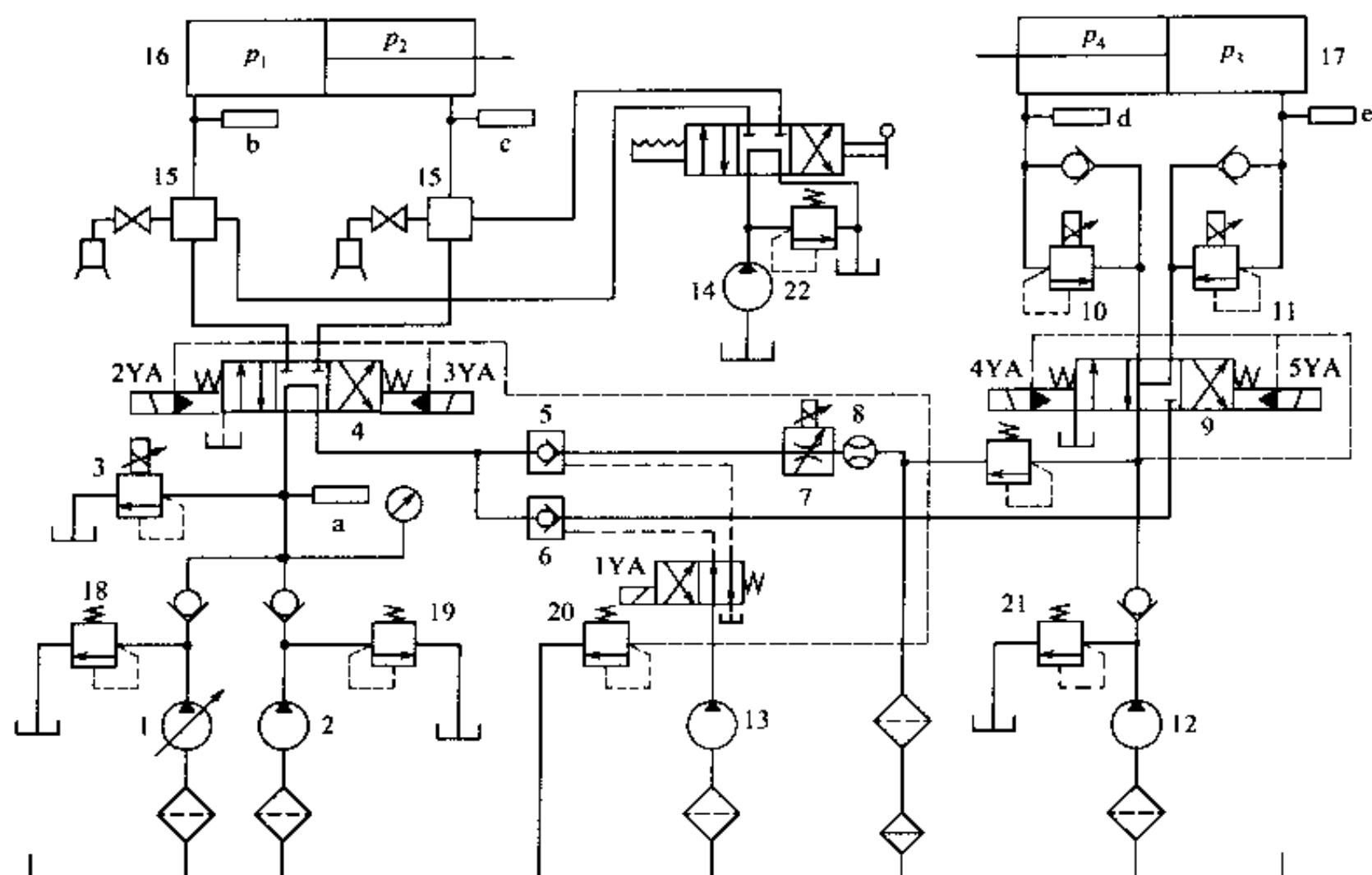


图 15-2 试验台液压系统原理图

- 1—变量轴向柱塞泵；2—定量轴向柱塞泵；3、10、11—比例溢流阀；4—外控三位四通电液换向阀；  
 5、6—液控单向阀；7—比例节流阀；8—流量计；9—内控三位四通电液换向阀；  
 12—加载低压齿轮泵；13—控制油液压泵；14—超高压泵；15—快换接头；  
 16—被试液压缸；17—加载液压缸；18、19、20、21、22—溢流阀

仅用于加载缸右行时补油以及试验结束时排空被试缸内存油液，因此加载系统采用低压齿轮泵 12 作为油源，其流量为被试系统流量的 1/2，其最高工作压力由其出口处并联的溢流阀 21 限定。

系统中电液换向阀和液控单向阀的控制压力油的油源为液压泵 13，其供油压力由溢流阀 20 限定。该泵在被试缸测试前需先行启动，测试完毕通过 4 换向，以保证加载缸推动被试缸，使缸内的存油直接回油箱。

### (3) 测控系统

测控系统要完成：液压系统非电量参数到电量参数的变换；各种被测参数值的显示；自动测试中的信号转换和数据采集；信号分析处理；测试结果的输出（显示、存盘、打印）；对测试过程及整个试验台测试条件的控制等。测试精度主要由系统的硬件环境来保证，且利用计算机数据处理功能对测量误差作进一步修正。

图 15-3 所示为试验台测控系统原理图。自动测控系统主要由传感器（放大器）、输入输出中间转换接口单元、主机与外设几部分组成。若手动测试，只需将计算机及其接口电路与系统断开，由数字二次仪表显示即可。

为完成 JB/JQ 20302 所规定的试验项目，在泵的出口、被试缸的两腔和加载缸的两腔共设置了 5 个压力传感器（图 15-2 中的 a、b、c、d、e），在被试缸活塞杆处安放了拉压力传感器，在被试缸回油路上连接了涡轮流量计 8，在油箱内放置了温度传感器。因通过计算机软件可对测量系统的非线性进行补偿，所以在选择传感器和测量放大器时着重考虑它们的稳

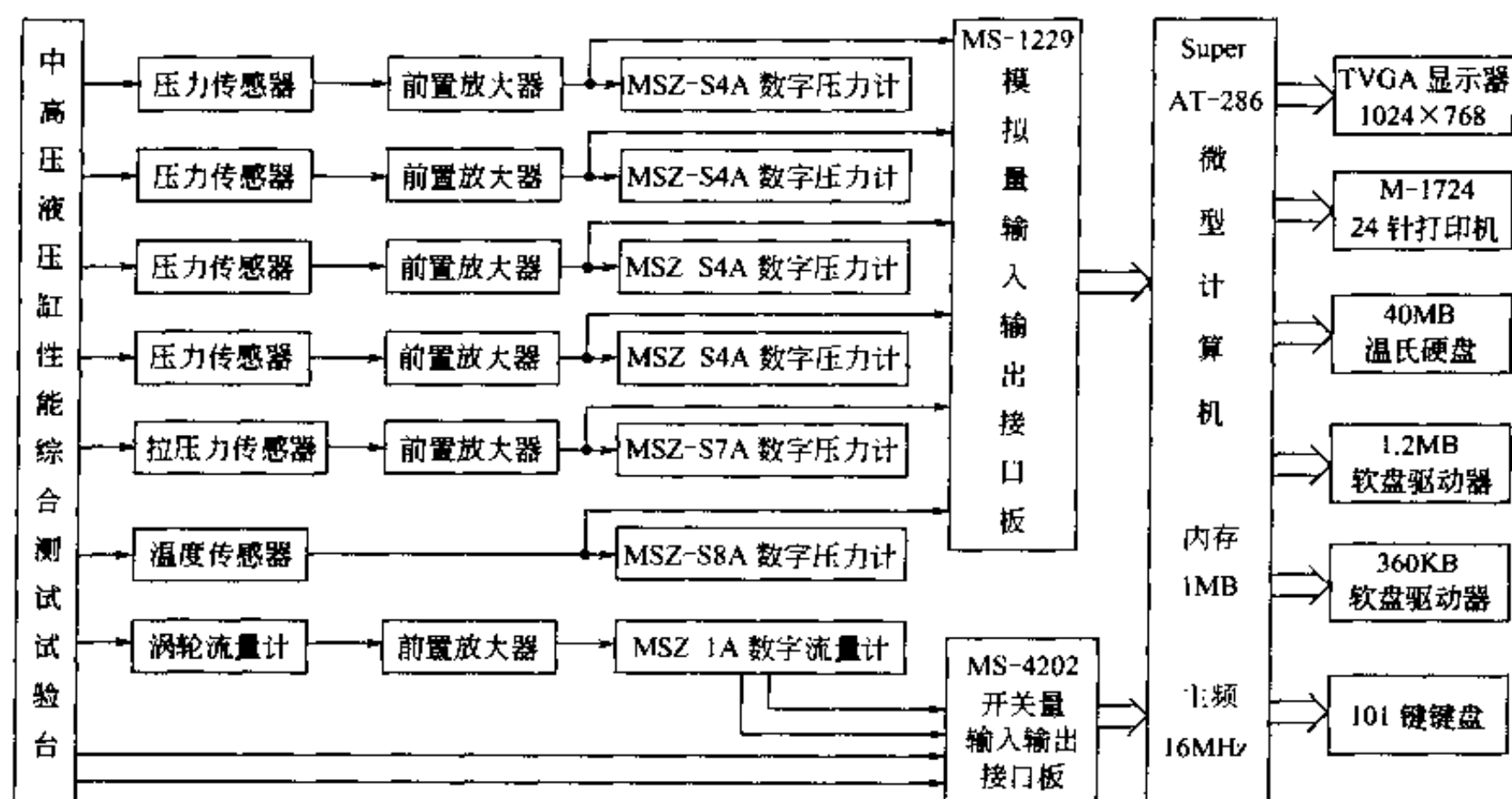


图 15-3 试验台测控系统原理图

定性、重复性和迟滞等因素，又保证测试精度，选择的传感器的精度高于 0.5%，其工作频带满足测试方法所要求的动态特性 ( $>100\text{Hz}$ )。

压力信号、拉压力信号、温度信号通过传感器、测量放大器变换成 0~5V 电压模拟信号。涡轮流量计输出的脉冲信号通过前置放大和数字流量计后变成可以被计算机直接接受的 BCD 码并行输出 TTL 电子数字信号。

为使模拟信号和开关量转换成适合计算机测量接口所能接收的形式，系统配置了 MS-1229 模拟量输入输出接口板和 MS-4202 开关量输入输出接口板。MS-1229 采用 12 位的 A/D 转换器，分辨率 1:4096，转换速度为 25kHz，还配备有综合精度为  $\pm 0.1$  的程控放大器，以进一步提高检测信号的能力。

Super-PC/AT286 主机作为测量、控制及数据处理中心，配置有硬盘、软驱、彩色显示器和 24 针打印机，以完成一般测试过程中的数据处理、显示、存储、打印等功能。

#### (4) 主要项目试验方法

根据 JB/JQ 20302 标准规定，液压缸型式试验项目有试运转、最低启动压力、内泄漏、负载效率、耐压试验、全行程检查、外泄漏、高温试验和耐久性试验。其中最低启动压力、内泄漏和负载效率的测试结果需要具体准确的数值。

1) 最低启动压力的测试 测试液压缸最低启动压力，采用快速测量的方法。先将溢流阀的开启压力调至足够大，然后用 2YA 的通电电压跳变来触发中断采样程序而进入数据采集系统，计算机在 CTC 定时时钟的控制下以规定的采样频率进行采样，记录空载工况下液压缸无杆腔通入液压油后，从静止状态到运动状态全过程的压力值。待达到规定的采样点后中断返回，完成采样过程。由于液压缸启动时的静摩擦力大于动摩擦力，故记录下的压力峰值即为液压缸的最低启动压力。这里测量结果的准确性取决于采样频率，因为整个测试过程无需调节电液比例溢流阀，较之常规测量法要简便迅速得多。

2) 内泄漏的测量 本试验台既保留了活塞固定在行程两端的测量方法，又采用了通过测量泵的供油量和缸的运动速度来间接得到活塞运动过程中的内泄漏量的间接测量法。其测



量方法如下。

① 测量主泵 1、2 在不同压力下的流量。

将溢流阀 3 的压力调至被试缸额定压力的 1.25 倍，换向阀 4 处于中位。启动主泵 1、2，调节比例节流阀 7，通过流量计 8 测量泵在不同工作压力下的供油量  $q=q(p)$ ，该值存储备用。

② 测量被试缸在不同压力下的运动速度。

调节加载系统中的比例溢流阀 10、11，使被试缸在 0 至满载工况下工作。由被试缸活塞杆处安装的速度传感器测得被试缸在不同负载下的运动速度  $v=v(p)$ （或由固定行程/行程时间测得平均速度）。

由上述①、②测得泵在一定工作压力下的供油量  $q_p$ ，和被试缸在相应工作压力下的运动速度  $v$ ，便可通过计算机运算显示该压力下被试缸活塞运动过程中的内泄漏量： $q(p)=q_p-vA$ 。式中  $A$  为活塞面积， $q_p$  为除去电液换向阀泄漏量的泵的供油量（电液换向阀的泄漏模型可通过实验确定）。

此时，稍作数学处理很容易得到被试缸运动时的容积效率  $\eta_v(p)=vA/q_p$ 。 $\eta_v$  对液压系统设计更具实际意义。

③ 负载效率的测定。

被试缸的负载效率的计算式为  $\eta=W/(p_1A_1-p_2A_2)$ ，式中  $W$  为被试缸的输出力， $A_1$ 、 $A_2$  分别为被试缸无杆腔和有杆腔有效面积。只要能测定缸的输出力  $W$ ，便可测定  $\eta$ 。本试验台保留了 JB/JQ 20302 标准中由测力计直接测量被试缸负载力的方法，又设计了由加载缸两腔压力差间接转换为被试缸负载力的方法。

当用拉压力传感器直接测量被试缸负载力时，采用电液换向阀 2YA 的通电电压跳变触发中断采样程序的方法，通过计算机对被试缸两腔压力信号和拉压力传感器力信号的采集，然后按  $\eta$  的计算式来计算所有压力点的负载效率，此时  $p_2=0$ 。

当采用由加载缸两腔压力差间接测量被试缸负载力的方法时，需事先测定加载缸在不同压力下的负载效率  $\eta_m(p_3, p_4)$  及负载力  $W_m=(p_3A_3-p_4A_4)\times\eta_m(p_3, p_4)$ 。式中  $A_3$ 、 $A_4$  分别为加载缸无杆腔和有杆腔的有效面积。试验时将被试缸与加载缸活塞杆连接在一起，同时测得  $p_1$ 、 $p_2$ 、 $p_3$ 、 $p_4$  值，然后按  $\eta$  计算式运算显示被试缸的  $\eta$  值。

(5) 技术特点

1) 该中高压液压缸性能综合测试试验台由于充分利用了 CAT 的优势，在保证实现原标准所规定的测试方法的基础上，相应开发了新的测试方法。既可使生产厂家在科研开发和产品鉴定时更科学、更准确地完成各项性能指标的试验，减轻劳动强度、提高工作效率，又为计算机辅助测试条件下试验标准的制定开创了一些新的思路。

2) 试验台的液压系统共四套油源：变量泵 1 和定量泵 2 组成的油源，可以通过组合供油，实现有级和无级流量控制；通过超高压定量泵 14 可以实现液压缸的耐压试验；被试缸系统中液控或电液控阀的控制用油单独利用一个外部油源（定量泵 13），避免了采用内控对被试缸往复运动的系统参数的影响；加载缸系统采用差动连接，所以减小了其油源（定量泵 12）的流量。

3) 系统采用电液比例控制技术，便于通过计算机实现系统压力流量的远程调节与控制。

(6) 技术参数（见表 15-1）

表 15-1 液压缸试验台的主要技术参数

项 目	参 数	单 位	项 目	参 数	单 位
最大试验压力	45	MPa	最大试验行程	4	m
最大试验流量	200	L/min	加载行程	2	

## 15.2.3 高压大流量液压阀通用试验台液压系统

## (1) 试验台的功能及油路结构

该试验台是一种能满足各种类型液压阀不同试验要求的通用试验台。

图 15-4 所示为用常规图形符号表示的液压阀通用试验台油路原理图，可以设置两个被试阀安装座，油口 P、A、B、O 主要用于换向阀与伺服阀的试验，油口 C、D、E 主要用于压力阀及流量阀的试验，通过手动开关 5~9 及二位二通电磁换向阀 10 的变换，可以实现国家标准规定的各种类型液压阀的试验油路。7 个压力测量点  $P_1 \sim P_6$  及  $P_0$  和一个流量测量点可测试被试阀的性能，各个压力测量值可由压力表直观显示，又由相应的压力传感器测量，便于自动记录。节流阀 26 用于调节试验流量，流量由涡轮流量计 27 测量，用数码显示和自动记录。减压阀 28 用于设定被试阀的压力，单向节流阀 30、31 用于被试阀的加载。系统的油源为定量液压泵 12，其最大压力由先导式溢流阀 17 设定，二位二通电磁换向阀 18 用于

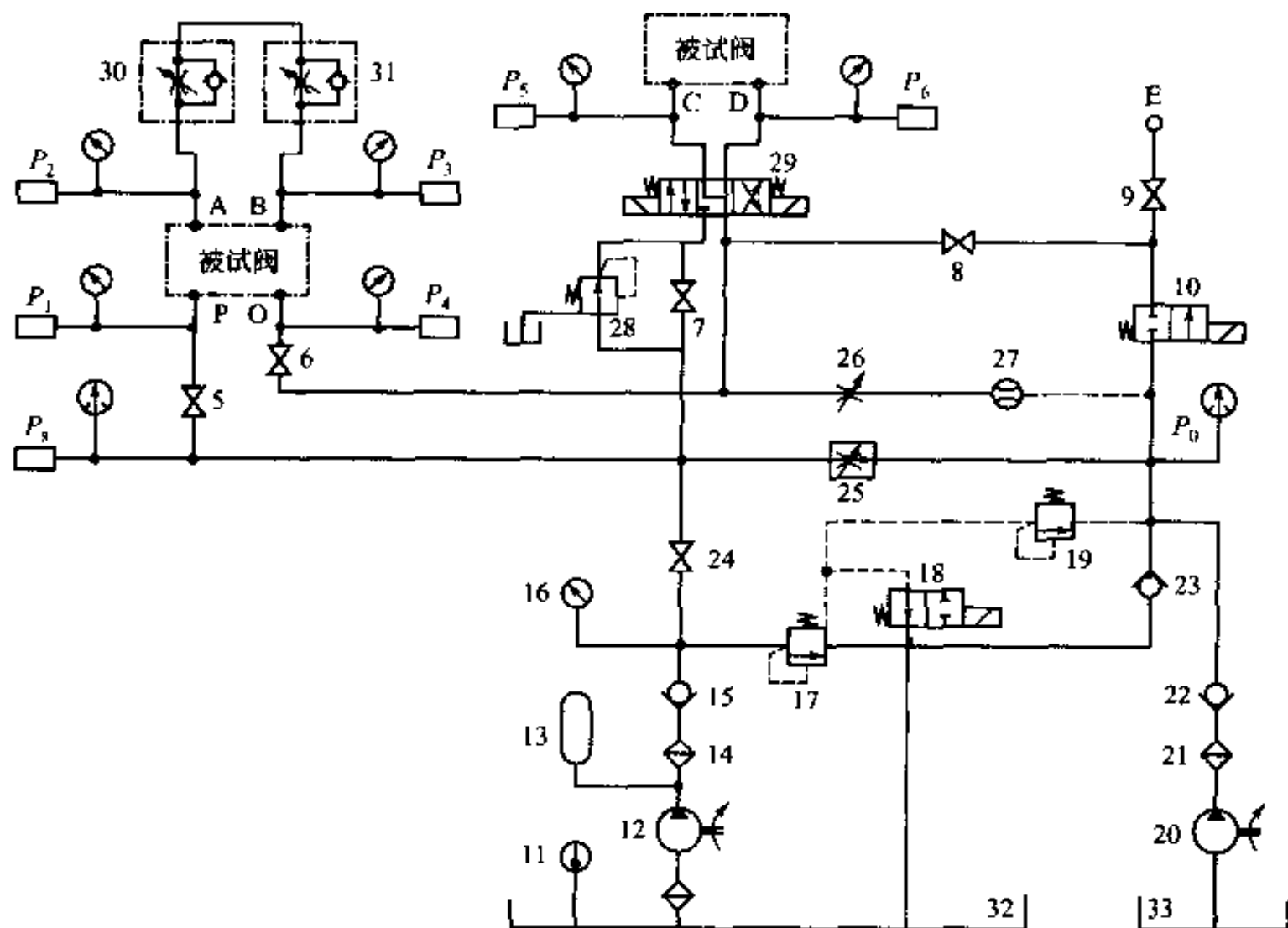


图 15-4 常规图形符号表示的液压阀通用试验台油路原理图

5~9—手动开关；10、18—二位二通电磁换向阀；11—温度计；12—定量液压泵；13 蓄能器；

14—高压过滤器；15、22、23—单向阀；16—压力表；17—先导式溢流阀；

19—远程调压溢流阀；20—抽油液压泵；21—过滤器；24—截止阀；

25—调速阀；26—节流阀；27—流量计；28—减压阀；

29—三位四通电磁换向阀；30、31—单向节流阀；

32—主油箱；33—集油箱（图中 1~4 从略）

控制泵 12 的卸荷与升压，系统工作压力通过阀 19 的遥控口接出的远程调压溢流阀 19 调节并通过压力表 16 观测。单向阀 15 用于防止油液倒灌，过滤器 14 用于提高压力油的清洁度；蓄能器 13 用于吸收液压脉动和冲击。抽油泵 20 和小型集油箱 33 用于将被试阀装卸时漏出的油液送回液压泵源油箱。

由于液压系统要采用插装阀，故将图 15-4 所示油路图等效转换成图 15-5 所示的插装阀灌压油路原理图。图 15-5 左下部分为用插装阀 1~4 代替三位四通电磁换向阀后，实现三位四通换向阀不同的滑阀机能，能满足不同试验的要求。插装阀 5~10 用于代替相应的手动开关及二位二通电磁换向阀。插装阀 I、II、III、IV 分别用于代替图 15-4 中的单向节流阀 30、31 和节流阀 26、调速阀 25。其他元件及其功用不变。油路插装阀化以后，达到了体积小、压力和流量范围宽、油路变换方便可靠的要求。

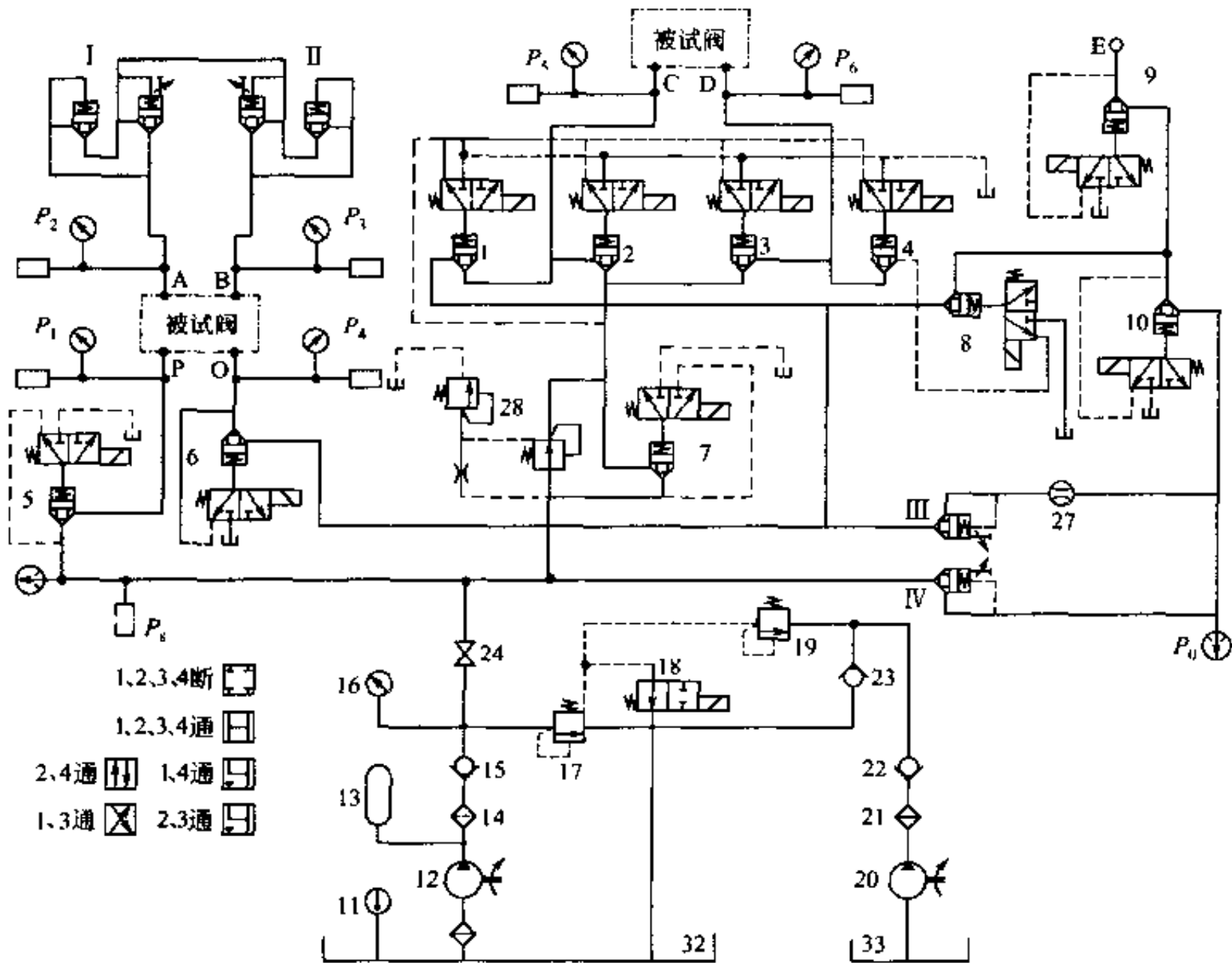


图 15-5 试验台插装阀油路原理图

- 1~10—插装阀；11—温度计；12—定量液压泵；13—蓄能器；14—高压过滤器；15、22、23—单向阀；  
 16—压力表；17—先导式溢流阀；18—二位二通电磁换向阀；19—远程调压溢流阀；  
 20—抽油液压泵；21—过滤器；24—截止阀；III—插装节流阀；IV—插装调速阀；  
 27—流量计；28—减压阀；I、II—插装单向节流阀；  
 32—主油箱；33—集油箱

为了减小噪声干扰，该试验台的液压泵源可安装在另外的房间，通过试验台上的调压阀对液压泵源进行压力调节。为了便于观察与油路的变换操作，整个油路图刻印在试验台面板上。试验台的外观图和电路操作面板如图 15-6 和图 15-7 所示。图中，双刀自锁带灯按钮 1~10 控制相应插装阀的通断；手柄 I、II、III、IV 用来调节相应的插装节流阀；调压阀与

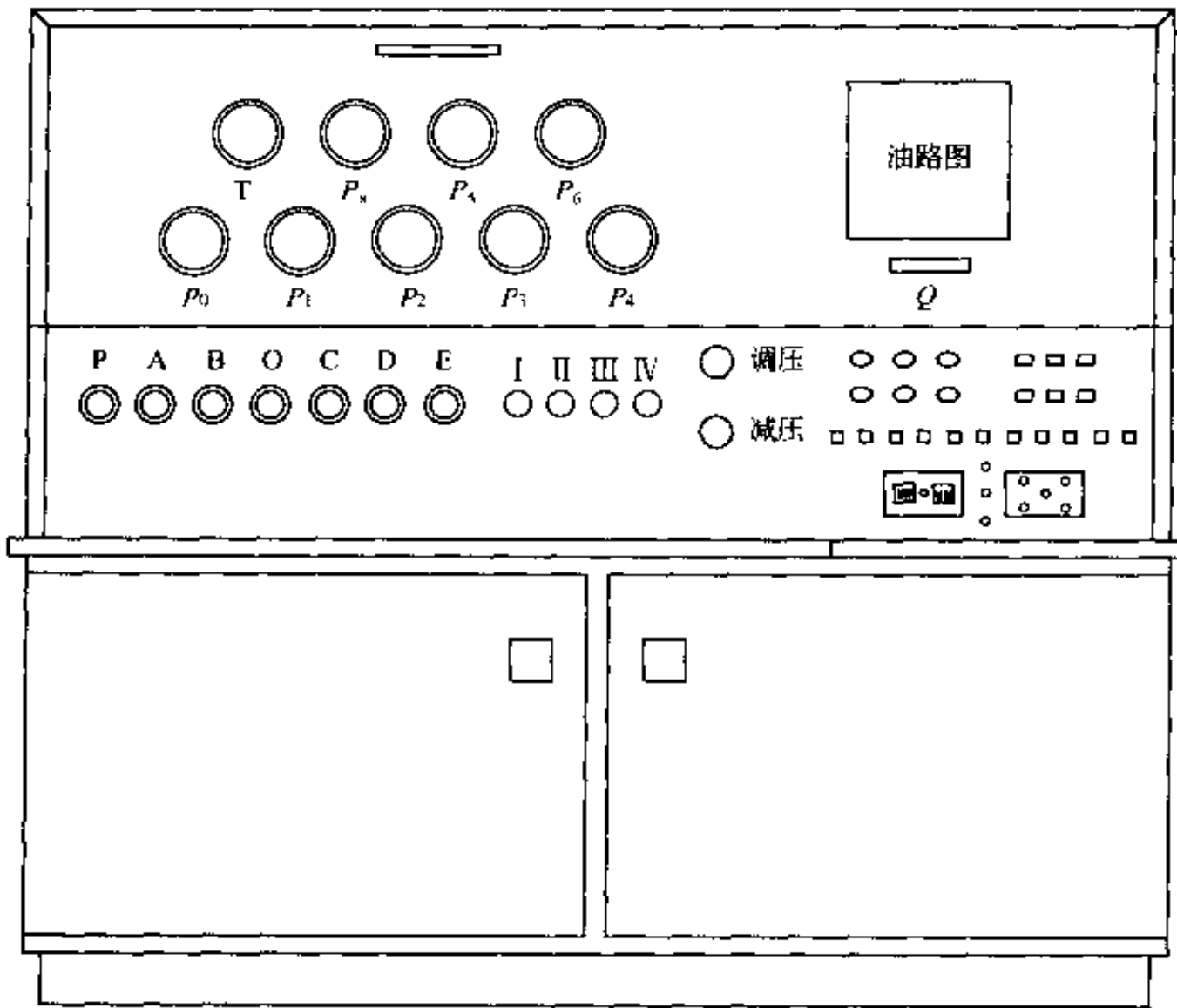


图 15-6 液压阀试验台外观图

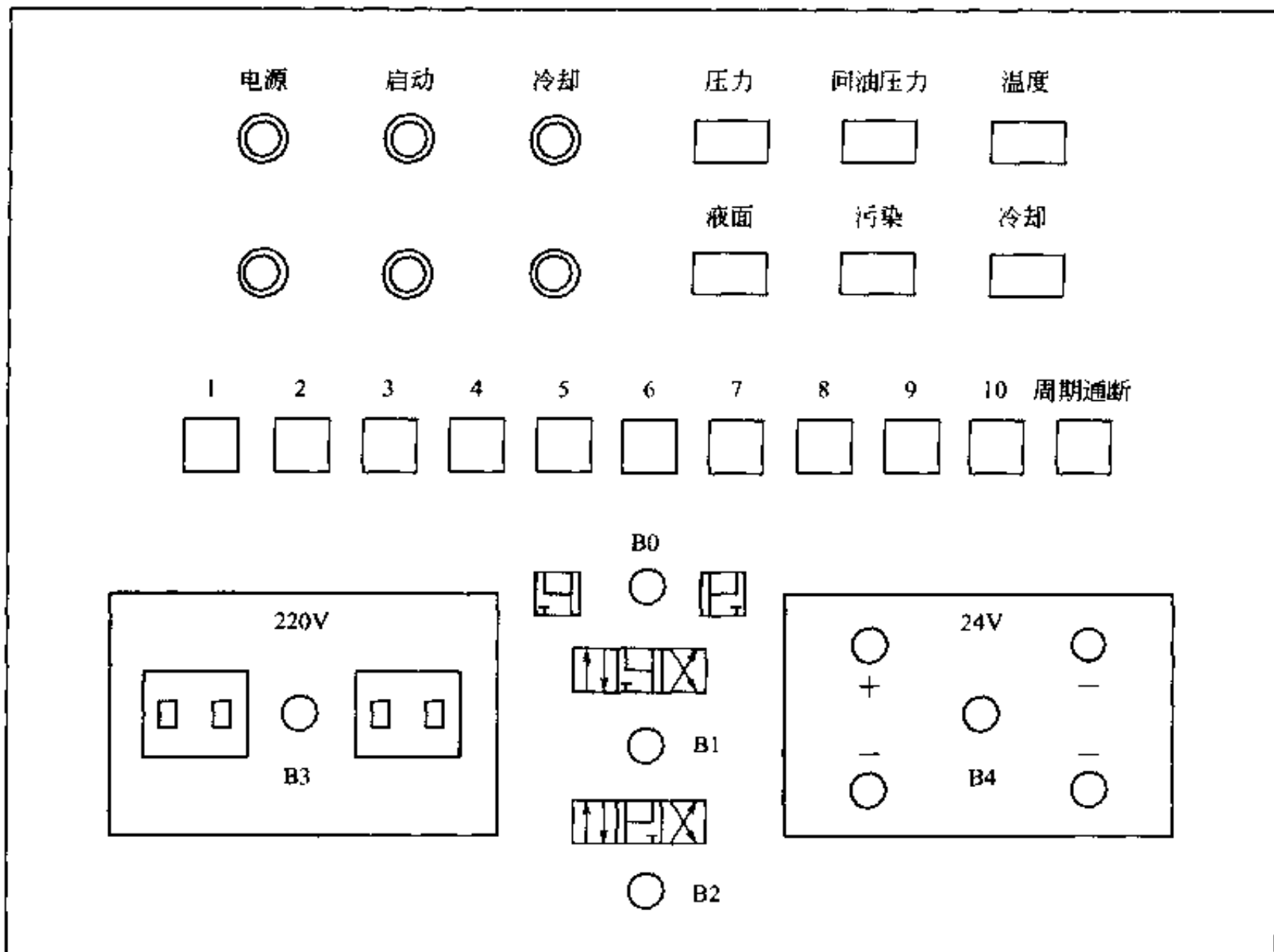


图 15-7 液压阀试验台电路操作面板图

减压阀在面板上也有相应的调节手柄；数码管 Q 则显示涡轮流量计测得的流量。

### (2) 液压阀试验油路变换原理

1) 换向阀试验 试验时，将换向阀的相应油口接至试验台 P、A、B、O 油口，当插装阀 5、6、Ⅲ接通，阀Ⅳ断开，由插装阀Ⅰ、Ⅱ调节负载，即可进行换向阀试验。对于电磁换向阀可将其电磁铁接至面板上的电源插座，交流阀由钮子开关 B3 换向，直流阀由钮子开关 B4 换向。工作压力由  $P_5$  或  $P_1$  测量，流量由 Q 测量。压力  $P_1 \sim P_4$  和流量 Q 可通过计算机绘制出稳态压差-流量特性曲线。对于液动换向阀的试验，可将其控制油口接至 C、D 油口，由减压阀调定所需的控制压力；并由插装阀 1~4 控制液动阀的方向变换。

2) 溢流阀试验 试验时，将溢流阀进出油口接至 C、D 油口，将遥控口接至 E 油口，当插装阀 2、4、7、9、Ⅲ通，阀Ⅳ断，由调压阀 19 调节溢流阀入口压力，由  $P_5$  及 Q 可测得溢流阀的启闭特性；由插装阀 10 的通断可测量溢流阀的卸荷压力，并可作溢流阀的动态特性试验。

3) 减压阀试验 试验时，将减压阀的进出油口接至 C、D 油口，当插装阀 2、4、7、Ⅲ通，Ⅳ断，通过调压阀 19 调节减压阀入口压力，由  $P_5$ 、 $P_6$  可测得进口压力变化引起出口压力变化的情况；由调压阀 19 调定减压阀的额定入口压力，由插装节流阀Ⅲ改变减压阀的流量，由 Q 及  $P_6$  可测得流量变化引起出口压力变化的情况，得出稳态压力-流量特性曲线。将插装阀 8 接通，由插装阀 10 的通断可进行出口流量阶跃压力响应特性试验。

4) 液压放大器及伺服阀试验 将液压放大器或伺服阀的 P、A、B、O 油口接至试验台上相应的油口，当插装阀 5、6、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ通，阀Ⅳ断，调定入口压力  $P_5$ ，然后调节液压放大器或伺服阀本身的输入量，由 Q 测量对应的流量，可得到其空载流量特性。当插装阀Ⅰ、Ⅱ断，调节液压放大器或伺服阀本身的输入量，测得对应的压力  $P_1$  与  $P_5$  的差值，可得其压力特性。

在测量的流量 Q 中，由于包含了被试阀的内泄漏量，因此流量 Q 有一定误差。精确测试需在 A、B 口之间设置精密流量计。

### (3) 电控系统

试验台设置了  $P_5$ 、 $P_1 \sim P_6$  压力传感器及涡轮流量计，这些传感器的微弱电信号经过放大后输入计算机，进行处理后可自动记录并打印试验结果或绘出特性曲线。

除数据采集与处理部分外，试验台电控系统采用继电器接触式电路，实现液压泵源的安全启动与停车，以及进油压力、回油压力、滤油器污染、油箱液面、系统散热等的安全保护与控制。电控系统原理图此处从略。

### (4) 技术特点

1) 该液压阀通用试验台液压系统采用定量泵液压源，采用二级调压方式设定和调节系统的最高压力和试验压力。液压源泵出口设有精过滤器、蓄能器，油箱设有温度计，保证了系统的可靠性；通过截止阀可以实现液压源与试验台油路的通断；通过抽油泵可实现装卸被试阀时漏油的送回。

2) 系统采用插装阀组成油路系统，液压阀的压力与流量范围宽；油路变换方便可靠；数据采集、处理与试验结果输出方便；能实现国家标准规定的各类液压阀试验油路；能以最少的资金和占用最小的场地解决种类繁多的液压阀的不同试验要求。

## 15.2.4 电液伺服阀维修试验台系统

### (1) 试验台功能结构

电液伺服阀维修试验台的使用对象是电液伺服阀及电液伺服系统的用户，可以完成伺服阀的零位检测（调零）、压力增益测试、简单的动态测试等三项工作。该试验台由液压源、台架、电控装置三部分组成。

### (2) 试验台系统及原理

图 15-8 所示为该试验台系统原理图，液压源部分主要由液压泵组、溢流阀、蓄能器、过滤器、油箱及其附件（液位计、空气过滤器）等组成。点划线表示可增设一路减压输出，为伺服阀先导级单独供油的准备。台架部分主要由阀块、截止阀、伺服缸、压力传感器、两工作腔精密压力表 13-1 和 13-2 等构成。电控装置由信号发生器、功率放大器、调制解调器、双路压力信号差值输出装置等构成。

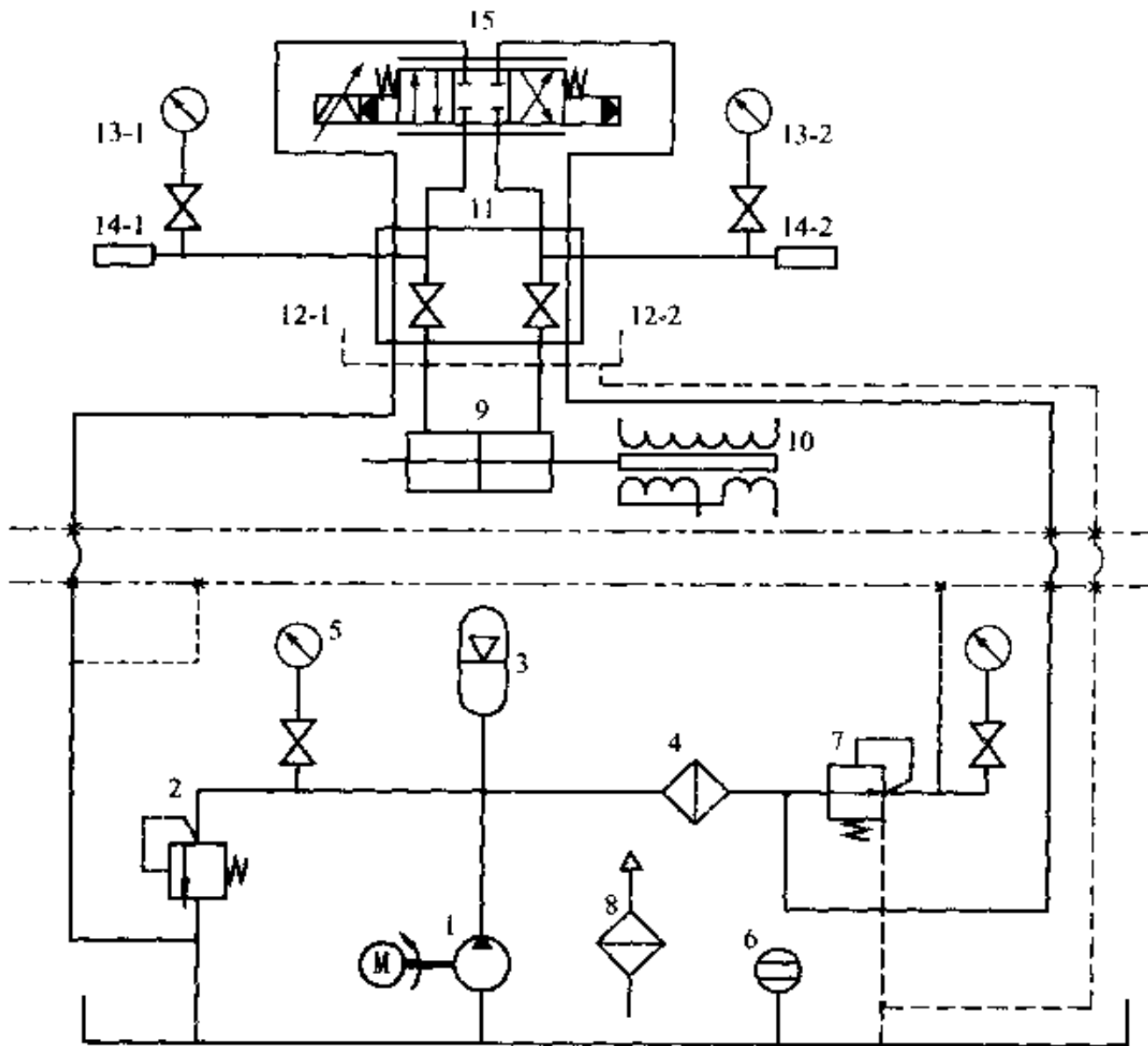


图 15-8 电液伺服阀维修试验台系统原理图

- 1—液压泵组；2—溢流阀；3—蓄能器；4—精过滤器；5、13-1、13-2—压力表；6—液位计；  
7—减压阀；8—空气过滤器；9—伺服液压缸；10—LVDT 位移传感器；11—阀块；  
12-1、12-2—截止阀；14-1、14-2—压力传感器；15—被测伺服阀

试验台的测试原理如下。

液压源部分由泵组 1 提供压力油，压力由溢流阀 2 设定，压力油由蓄能器 3 消除压力脉动后经精过滤器 4 输出给试验台架。

被测伺服阀 15 装到阀块 11 上以后，关闭截止阀 12-1 和 12-2，观察压力表 13-1 和 13-2，可以对伺服阀进行零位检测，并加以调整。还可以给伺服阀施加一个 0.01Hz 的超低频三角波电流信号，通过压力传感器 14-1 和 14-2、双路压力信号差值装置及外配 X-Y 记录仪绘制压力增益曲线。

若打开截止阀 12-1 和 12-2，让被测伺服阀直接驱动伺服缸 9，通过 LVDT 位移传感器



10 及解调器、功放组成一个闭环伺服控制系统。通过外接示波器可以观测伺服缸的位移输出波形，从而可掌握被试伺服阀的动态工作情况。

若在伺服缸 9 左端轴上加设速度传感器（图中未画出），则可以测试伺服阀的幅频特性和相频特性。

通过该试验台还可以对伺服阀的零偏、压力零漂、动作迟缓或不动作等故障进行判断与排除，方法如下。

1) 零偏 将故障伺服阀安装在试验台架上，关闭截止阀 12-1 和 12-2，启动液压源；并根据情况加压，观察两工作腔压力表 13-1 和 13-2 上的示值是否相等，若不相等，则通过被测伺服阀上的调零装置进行调零，使两压力表示值相等。

2) 压力零漂 改变供油压力，观察两腔压力表 13-1 和 13-2 示值是否同步变化，若同步变化，且处处相等或相近，则认为伺服阀无压力零漂或压力零漂较小。若两压力值不同步变化，则需找专业厂家维修。

3) 动作迟缓 伺服阀动作迟缓表现在压力增益曲线不陡，滞环较宽，加小信号时不动作。这些情况说明伺服阀已经污染或滑阀副磨损，需由专业技术人员解体清洗、检修。

4) 不动作 若给伺服阀施加一个低频交变电流信号，两腔压力表不变化，说明伺服阀不工作。情况有两种：伺服阀卡死或者是先导级控制油路堵塞。这种情况下，需由专业技术人员进行解体检查与修理。

(3) 技术特点

1) 舍去了标准伺服阀试验台中一些不太重要的部分，保留了最基本、最重要的伺服阀性能的试验部分，并且动态与静态试验合一，大大简化了其结构，节省了投资，特别适合伺服阀用户使用。

2) 该伺服阀维修试验台结构简单、造价低廉、操作方便、易学好懂。

3) 该试验台即可用于电液伺服阀的维护检修，缩短检修周期，也可用于大型低成本电液伺服系统在伺服阀装入系统前的性能测试和判断，避免因伺服阀原因导致设备事故。

(4) 技术参数（见表 15-2）

表 15-2 电液伺服阀维修试验台的主要技术参数

项 目		参 数	单 位	项 目		参 数	单 位
液 压 源	额定压力	10	MPa	电 控 装 置	额定电流	±40、±300	mA
	流量	22.5	L/min		波形	三角波、正弦波	
	功率	5.5	kW		频率	0.01~300	Hz

15.2.5 高压抗磨液压油试验台液压系统

(1) 试验台的功能结构

随着液压技术向高压、大功率、大流量、高性能方向的发展，各类高压柱塞泵和叶片泵，对使用油液的抗磨性和耐高压性能要求越来越高。高压抗磨油，是以一种中性油为基础油，加入各种不同的复合添加剂，调制而成的液压介质。借助摩擦副机构里的磨损分析，是对高压抗磨油进行质量性能进行评定的重要方式。即在专门的试验台架上，对泵的摩擦副作强化试验，然后视摩擦表面形态、失重量大小、配合间隙的变化等指标来全面衡量。其试验条件非常苛刻，按美国丹尼森公司标准，每一种油品必须提供一定体积的油，在台架上让柱

塞泵和叶片泵分别以 34.5MPa、17.5MPa，2400r/min，72℃油温连续运行 60h，然后以 95℃油温继续运行 40h，停机后拆泵，检测各摩擦副磨损情况。本试验台即为按上述试验条件和标准，设计的高压抗磨液压油检测系统。

(2) 台架液压系统及其工作原理

该试验台的液压系统原理图如图 15-9 所示。由调速电机 (100kW) 驱动的齿轮增速箱 46，把动力传递给同轴连接的被试定量液压泵 47 和双向变量液压马达 45，并把两者的转速从 1450r/min 提高到 2400r/min。泵 47 用作测量油品抗磨性的一次性消耗磨损元件；泵 47 和马达 45 进出口相互连接形成闭式回路。泵 27 输出的液压功率给马达 45，马达 45 又反过

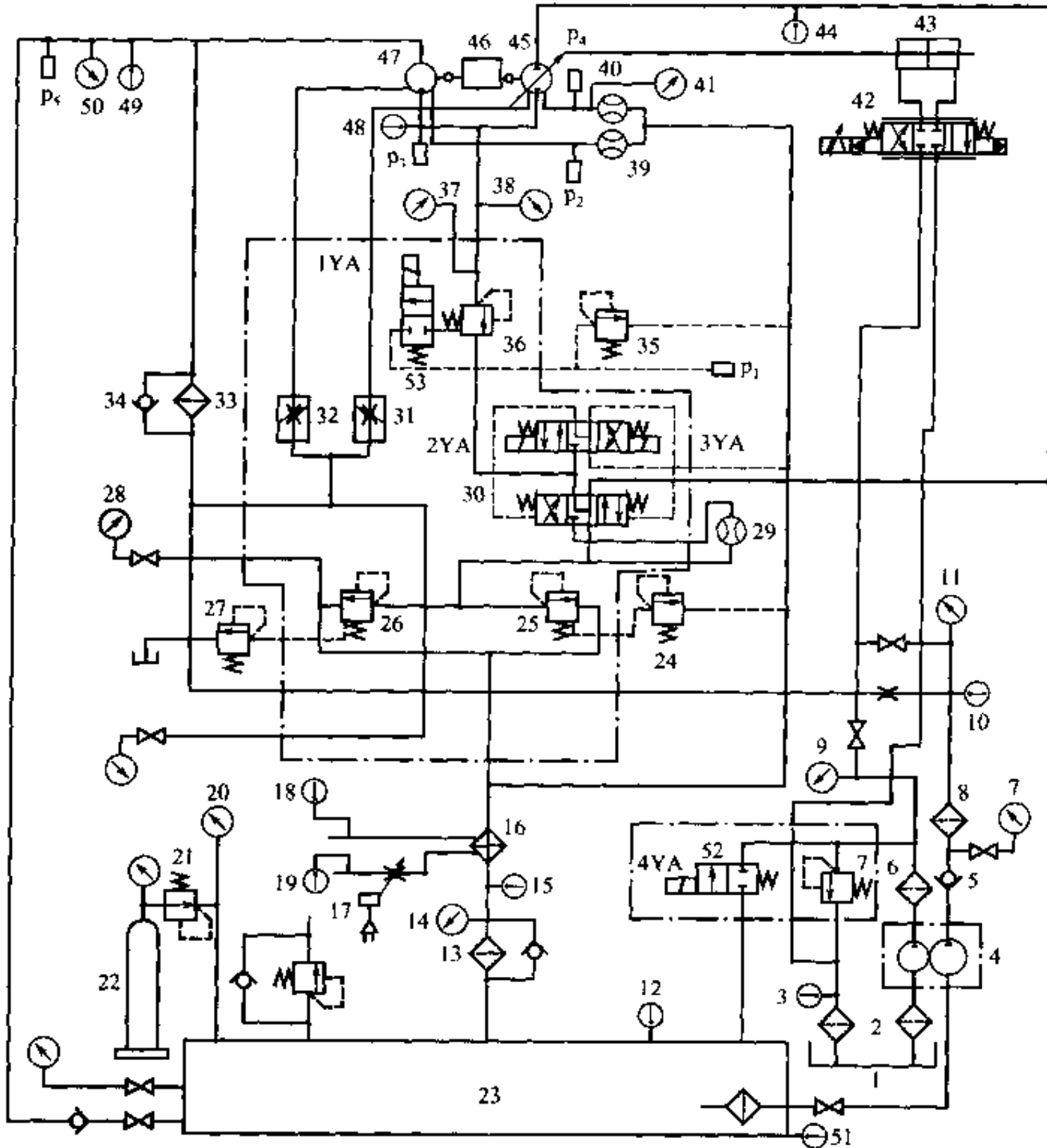


图 15-9 试验台液压系统原理图

- 1—小油箱；2、6、8、13、33—过滤器；3、10、12、15、18、19、44、48、49、51—温度计；4—双联液压泵；
- 5、34—单向阀；7、24、25、26、27、35、36—溢流阀；9、11、14、28、20、37、38、41、50—压力表；
- 16—冷却器；17—电动调节阀；21—氮气减压阀；22—氮气瓶；23—大油箱；29、39、40—流量计；
- 30—三位四通电液换向阀；31、32—调速阀；42—电液伺服阀；43—变量液压缸；
- 45—双向变量液压马达；46—增速齿轮箱；47—被试定量液压泵；
- 52、53—二位二通电磁换向阀

来带动泵 47 运转，其能量不足或损失部分由电机补偿。闭式系统中液压油的损耗由双联液压泵 4 补偿。泵 47 的出口压力由溢流阀 36 设定，泵 47 出口溢流量和马达 45 出口流量，可通过电液换向阀 30 切换至大流量计 29 进行显示。马达 45 的变量可手动实现或通过电液伺服阀 42 控制的变量缸 43 自动实现。

双联液压泵 4 为叶片泵，其小泵既是电液伺服变量油路系统的动力源，又是大油箱 23 的充液泵（可随时通过二位二通电磁换向阀 52 的接通向大油箱 23 补充油液，以保证大油箱内定量的供循环的试验油液体积）；其大泵可通过过滤器 8、33 向被试泵 47 入口补充来自油箱 23 的新油，以保证闭式回路新老油的充分更替，还可通过两只调速阀 31 和 32 向泵 47 和马达 45 的壳体腔供油，冲洗壳体，并把热油带至冷却器 16，壳体流量大小，通过分流量计 39 和 40 进行检测。

系统中设置有温控、充氮装置以及多个监控传感器，他们与系统的关系如图 15-10 所示。

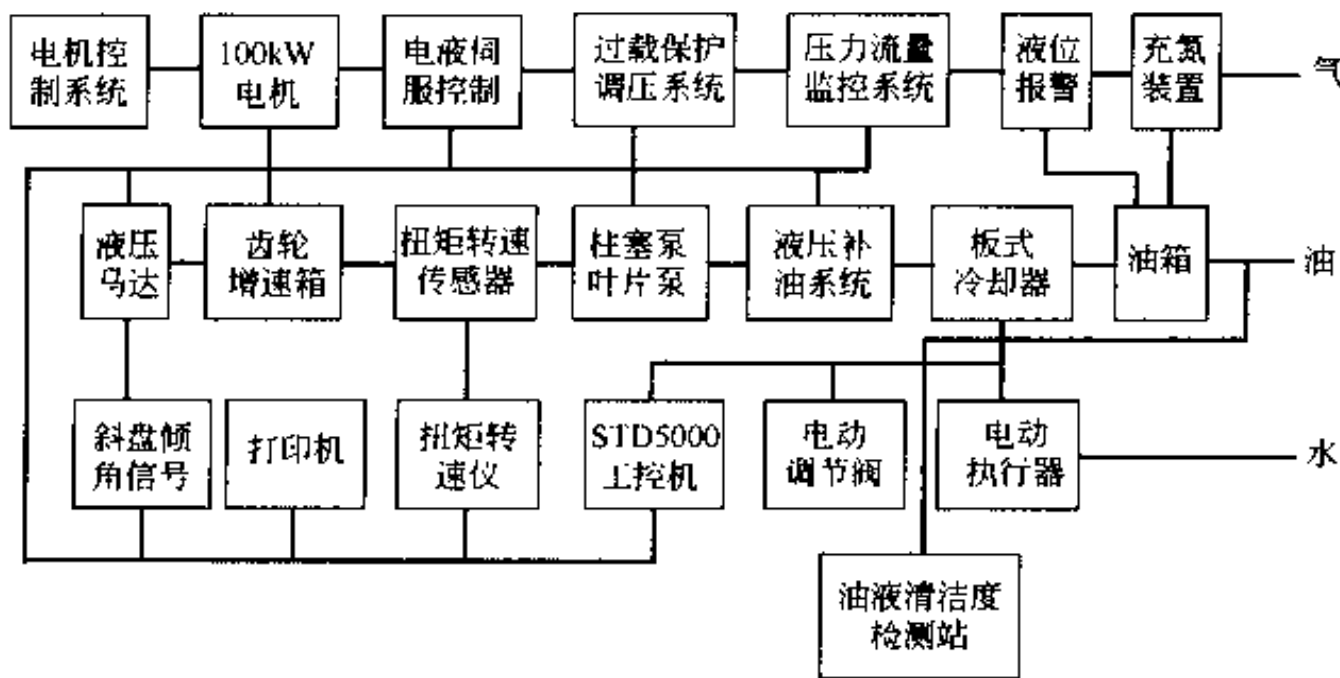


图 15-10 台架系统框图

### (3) 技术特点

1) 被试泵和马达为闭式回路，可回收系统功率约 2/3，节省能源；台架现有 100kW 可控硅无级调速电机，可用于 300kW 以下被试泵的油品试验，且液压马达排量可调，加大了被试泵选用范围。

2) 电气自动控制的中心采用 STD5000 工业控制机，它有较丰富的功能模块。系统具有多路 A/D、D/A 转换、信号数据处理电路，处理速度快。采用工控机自适应温控系统，以满足试验油品温度误差为  $\pm 4.5^{\circ}\text{C}$  的要求。首先计算机对泵进口温度和冷却器 16 出口油温度进行采样，结合历史数据进行分析、比较，给出控制量，最后由电动阀 17 按油温变化不断改变冷却器 14 的供水量，得到一恒定的运行油温。在正常运行情况下，温度误差达  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

3) 设有多种监控信号和监控措施，扭矩、压力、转速、流量、温度，液压马达斜盘摆角均能在控制计算机屏幕上显示和监控，并随时可进行给定值的修正，能随时或定时打印试验数据。系统设置了过载和紧急停车装置和各种滤清器堵塞发讯装置，油箱内安装了浮于液位报警器，可以防漏点喷油面引起油位下降造成泵吸空损坏。

4) 系统设有多个抗震压力表，分别显示主泵进出油口、主回油过滤器进口等压力变化情况。系统主溢流阀 36 的溢流量、液压马达 45 的流量、液压泵和马达的壳体流量均可由流

量计 29、39、40 进行监控。如摩擦副损坏,必将引起泵缸体工作机构和壳体沟通,小流量计的流量增加,造成容积效率下降,也可从扭矩仪上清楚地看出。由于参数测点多,故容易发现问题和排除故障。

5) 在结构上,通过将系统图 15-9 中三位四通电液换向阀 30 所在的点划线框内的多个控制阀安装在一个体积为  $338\text{mm} \times 267\text{mm} \times 172\text{mm}$  的大集成块(73 个孔道和螺钉孔)上,以及采用单电机驱动双联泵 4 等措施,减小了系统所用材料和体积,使得整个试验台结构紧凑、占地空间小。管道全部采用无缝钢管,提高了系统在高压、高温下工作的可靠性;大小油箱均采用不锈钢板的封闭式焊接结构,油箱内液面上充以  $0.085\text{MPa}$  压力的氮气,隔绝空气,降低油的氧化作用,可以防止水分带入系统影响测试结果。

6) 在高压泵出口处、泵壳体底部和壳体循环油出口处均设有采样口,可在不停机状态下随时采集油样,满足了被试油液铁谱,清洁度等级以及各项理化指标分析的需要。

#### (4) 技术参数

被试泵最大排量为  $160\text{mL/r}$ 。

### 15.2.6 纯水液压传动实验系统

#### (1) 试验装置的功能

与传统的采用矿物油为工作介质的液压系统相比,以纯水为工作介质的纯水液压传动具有节约能源、绿色无污染等技术优势,适应环境保护和可持续发展的要求,成为当今国际液压技术的重要发展方向,并在制造业、食品医药及生物、包装、娱乐设施、河海开发等新的工程领域和传统工业生产领域日益得到广泛应用。

由于水和矿物油的物理化学特性不同,因此,对液压元件的要求和性能影响也不同。而获得液压元件性能参数的最佳、最可靠的途径就是通过实验测试。该实验装置用于测试一些纯水液压元件的参数,其中包括水液压泵的压力特性、流量特性、效率特性、功率特性和失效特性等性能测试;调速回路性能测试,包括进口节流调速和出口节流调速的调速范围,调速刚度(即速度-负载特性)和回路效率等,也可用于液压回路的速度-负载特性的动态试验。

#### (2) 实验系统及其测试方法

实验系统液压原理图如图 15-11 所示,主系统由水箱 1、过滤器 2、水液压泵(齿轮泵) 3、插装溢流阀 8 和先导调压阀 9、插装节流阀 14、工作液压缸 16 等组成进口节流和出口节流调速回路。在支路上由截止阀 13、节流阀 11 及其先导三位四通电磁换向阀 15、二位三通手动换向阀 10、流量计 7、温度计 25、压力表 9 等组成水液压泵性能测试回路,4、5 为扭矩转速仪。加载系统由过滤器 17、水液压泵 18、溢流阀 19、三位四通电液换向阀 20、液压锁 21、调速阀 22、压力表 23 及加载液压缸 24 等组成。

测试项目及方法如下。

1) 水液压泵的性能测试 关闭截止阀 13,打开截止阀 12,启动液压泵 3,通过调节先导调压阀 9 的开口大小以控制插装溢流主阀 8 加的开启压力,通过节流阀 11 对泵加载,从压力表 6 上读出泵的出口压力。当电磁铁 5YA 通电使二位二通电磁换向阀切换至上位时,泵 3 卸荷,泵出口压力近似为零,流量计 7 的读数近似于泵的理论输出流量。测出对应于不同压力下的流量、输入功率等参数,即可得到泵 3 的压力-流量特性,容积效率及总效率特

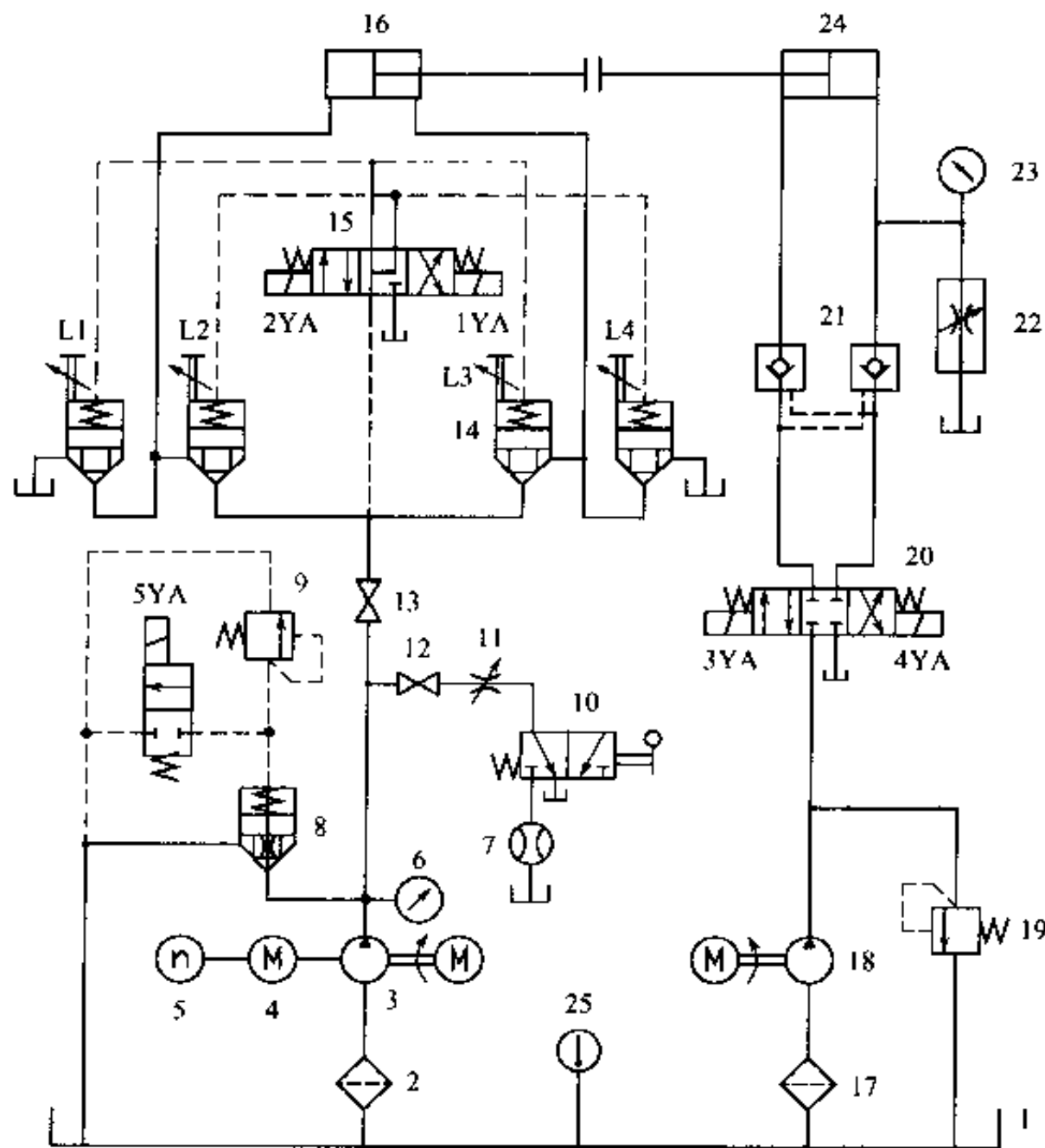


图 15-11 实验系统液压原理图

- 1—水箱；2、17—过滤器；3、18—定量水液压泵（齿轮泵）；4、5—扭矩转速仪；6、23—压力表；  
 7—流量计；8—插装溢流阀；9—先导调压阀；10—二位三通手动换向阀；11—节流阀；  
 12、13—截止阀；14—插装节流阀；15、20—三位四通电磁换向阀；16—工作液压缸；  
 19—溢流阀；21—液压锁；22—调速阀；24—加载液压缸

性，并记录输入功率、压力振摆、工作温度等与泵性能有关的参数。

2) 调速回路的速度-负载特性测试 关闭截止阀 12，打开截止阀 13，启动液压泵 18，使电磁铁 4YA 通电，换向阀 20 切换至右位，调节调速阀 22 的开度以控制加载缸的加载压力。同时，使电磁铁 5YA 通电，空载启动液压泵 3，再使电磁铁 5YA 断电，泵 3 升压，调节先导调压阀 9，使系统压力高于加载缸 24 压力。当电磁铁 2YA 通电使先导换向阀 15 切换至左位时，打开插装节流阀 L4，调节 L2 为进口节流调速；而打开插装阀 L2，调节 L4 时，当 1YA 通电时为出口节流调速。不断改变加载缸 24 的负载压力，由位移传感器或速度传感器测量工作缸 16 的位移或速度，由压力传感器测量负载压力。进口或出口节流调速时的工作速度分别由插装阀 L2 或 L4 调节。通过动态应变仪、A/D 采样板、采样计算机等进行数据采集和处理，即可得出回路的速度-负载特性、功率特性和回路效率。当 1YA 通电而 2YA 断电使换向阀 15 切换至右位时，工作缸 16 回程。

3) 节流调速回路速度-负载特性的动态试验 为了提高测试精度，可以进行动态测试。动态试验系统由位移传感器 1、压力传感器 3、动态应变仪 4 及数/模采样板 5 及微型计算机 6 等组成（见图 15-12）。试验前，需对系统元件进行标定。试验时，加载方式与静态测试相

同，位移传感器1检测到的工作缸2的位移和压力传感器3检测到的缸无杆腔压力经A/D采样板5送入采样微型计算机6，将采样记录文件转换为数据文件，并经过必要的分处理，例如对位移微分获得速度曲线，对位移曲线进行拟合获得工作缸的平均速度，滤波处理及快速傅式变换（FFT）分析等，最终获得进口节流和出口节流调速回路的速度-负载特性曲线。

### (3) 技术特点

1) 主系统采用插装阀，其阀心、阀套等零件都经过了表面化学处理，以适应水压传动的要求。由于插装阀的锥阀阀口可以做到无泄漏，其圆柱导向部分的封油长度也比滑阀长，因此密封性比滑阀好，同时插装阀液阻小、流通能力大、响应速度快、灵敏度高、抗污染能力强、工作稳定可靠。

2) 为了使实验系统更为简单，加载系统仍由滑阀组成，通过加载缸与工作缸对顶方式加载，负载大小通过调节调速阀的开度实现。系统中的滑阀经过了表面化学处理。水液压齿轮泵及液压缸经表面镀硬铬处理，管路用不锈钢管，其他辅件也尽量考虑了与水介质的相容性。

3) 液压泵的特性测试和调速回路的特性测试采用节流阀或调速阀加载，简单方便。

4) 除完成对泵的性能测试及节流调速回路的静、动态性能测试外，该系统只要添加相应的水液压元件，可组成其他液压回路。实现对其他液压元件及回路的测试。系统中配有压力传感器、流量传感器及相关二次仪表的接口，可根据测试参数的不同进行换接和安装。

### (4) 技术参数

该实验系统的最高工作压力为10MPa；液压泵的排量为32mL/min。

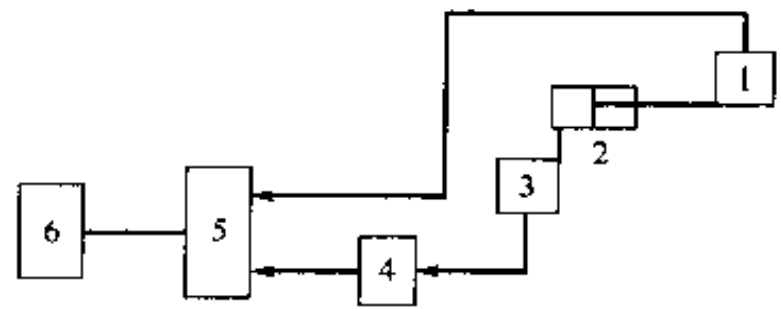


图 15-12 动态试验系统框图

- 1—位移传感器（变阻器）；2—工作缸；  
3—应变式压力传感器（BPR2/200）；  
4—动态应变仪（YD-15）；  
5—A/D采样板；6—微型计算机

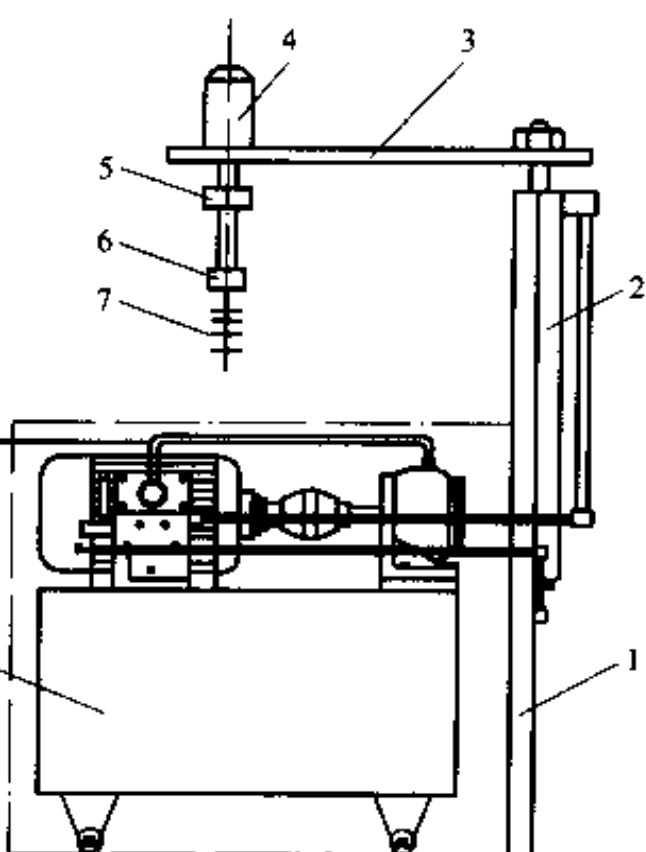


图 15-13 去刺清洗机结构示意图

- 1—机身；2—液压缸；3—活动横梁；  
4—微电机；5—普通钻夹头；  
6—弹簧夹头；7—去刺刷；8—液压站

## 15.2.7 液压阀挠性去刺清洗机

### (1) 主机功能结构

该机是单联或多联换向阀阀体滑阀孔道精加工后道工序的专用设备，其功用是在不破坏滑阀孔几何精度和表面质量的前提下，清除阀孔沉割槽边缘微小金属毛刺及槽内研磨粉。

图 15-13 所示为去刺机的结构示意图，它由机身、液压缸、活动横梁、微电机、弹簧夹头、去刺刷及液压站等组成。液压站通过管路与液压缸相连。工作时，去刺刷7夹在特制弹簧夹头6中，通过连接管再夹在普通钻夹头5上，由低速微电机4带动正反向旋转，液压缸2通过横梁3带动去刺刷上下往复运动，从而使去刺刷的动作变成了在正（或反）向旋转同时可上下往复运动。被刷洗的阀体放在该机工作台的小车上，为避免清洗油外溅，装有半封闭有机玻璃罩。



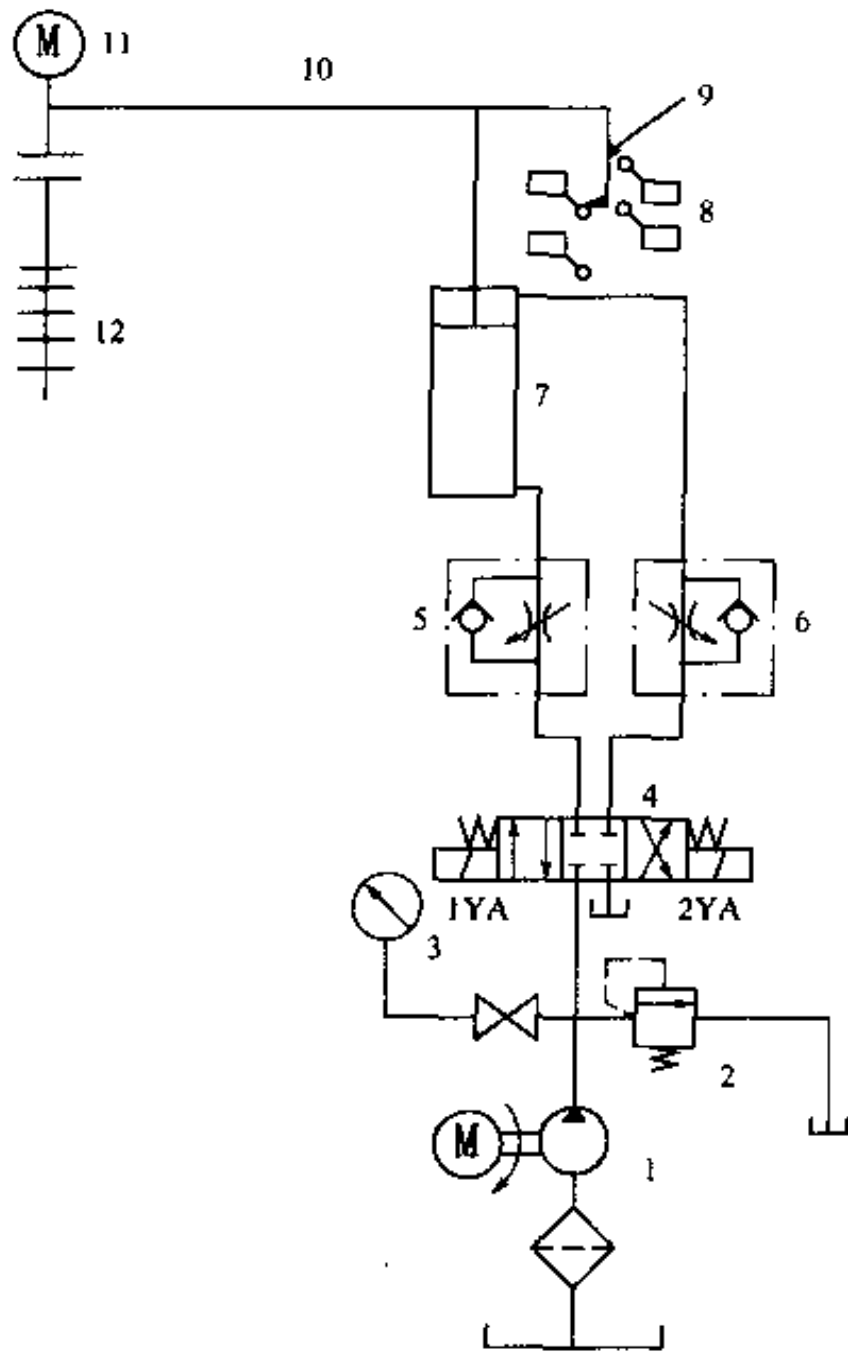


图 15-14 去刺机液压系统原理图

- 1—定量液压泵；2—溢流阀；3—压力表及其开关；
- 4—三位四通电磁换向阀；5、6—单向节流阀；
- 7—液压缸；8—行程开关；9—活动挡铁；
- 10—横梁；11—微电机；12—去刺刷

挠性去刺刷有两种结构：一种是在排列均匀而富有弹性的尼龙丝顶端黏结牢固不易破碎的磨料球，此球由碳化硅、氧化铝、碳化硼等磨料组成，粒度为 W20；另一种采用尼龙 1010 与碳化硅、氧化铝等混合而成的尼龙磨料丝。根据阀孔尺寸的大小，上述两种刷均可做成不同规格。为保证足够的弹性，前者直径不宜小于 8 mm，后者接触摩擦力较小，也可用于手工刷洗盲孔。

### (2) 液压系统及其工作原理

图 15-14 所示为去刺机液压系统原理图。系统采用定量泵 1 供油，压力由溢流阀 2 设定并由压力表及其开关 3 显示；系统的执行器为与横梁固连的液压缸 7，缸的运动方向由 M 型中位机能的三位四通电磁换向阀 4 控制，液压缸的往复运动速度通过单向节流阀 5 和 6 调节。液压泵可以通过阀 4 的中位实现卸荷。液压缸的行程上布有电气行程开关 8，通过活动挡铁 9 撞动，发出电磁铁的通断电及微电机正反向旋转的信号。

系统的循环原理如下。

去刺刷初始位至缸活塞处上止点；开机后电磁铁 2YA 通电，换向阀 4 切换至右位，液压泵的压力油经阀 4 和单向节流阀 6 进入液压缸 7 的有杆腔（无杆腔经 5 中的单向阀和阀 4 回油），活塞杆通过横梁 10 带动去刺刷

11 及活动挡铁 9 下行，下行速度由 6 中的节流阀开度决定，当活动挡铁撞动微电机行程开关时，去刺刷下行同时开始正转。当活动挡铁继续下行（去刺刷下端伸出滑阀孔时），撞动行程开关 8 中去刺刷行程下死点反转开关，电磁铁 2YA 断电，1YA 通电，换向阀 4 切换至左位，液压泵的压力油经阀 4 和单向节流阀 5 进入液压缸 7 的无杆腔，有杆腔经 6 中的单向阀和阀 4 回油，去刺刷反转上行，上行速度取决于阀 5 中的节流阀的开度。当活动挡铁 9 上行（去刺刷上端伸出滑阀孔）时，撞行程开关 8 中去刺刷行程上止点正转开关，电磁铁 1YA 断电，2YA 通电，换向阀 4 又重复上述动作（去刺刷正转下行），完成一个工作循环。

去刺机的往复总次数由时间继电器设定，设定后每个滑阀孔刷洗完将自动停止。因缸两腔有面积差，通过分别调节单向节流阀 5 和 6，可使去刺刷的往复速度一致。去刺刷停止工作时，电磁铁均断电，换向阀 4 复至中位，液压泵卸荷。每台阀的所有滑阀孔刷完后单独开清洗机再进行一次大流量冲洗，而后转下道工序配磨阀杆。

### (3) 技术特点

1) 本清洗机采用电液自动控制，结构简单、工效高（是手工刷洗工效的 10 倍以上）、在保证刷洗滑阀孔几何精度不变的前提下，可使孔的表而粗糙度较刷洗前提高一级（可达

R<sub>0.1</sub>)。通过阀杆的配磨,可减小阀的泄漏,符合液压行业治脏治漏的精神。

2) 液压系统采用定量泵供油的进油节流调速方式,液压缸的往复运动速度均可无级调节并可实现相同的往复速度。液压泵可通过换向阀的中位卸荷,减少了系统发热。

3) 液压装置采用液压站结构形式,外形整齐美观,操纵调整和使用维护方便。

### 15.2.8 滤芯折波机液压系统

#### (1) 主极功能结构

折液机是用于各种滤油器滤芯制造的设备,可折波高 8~60mm、波宽 0~100mm 的纸芯、金属芯、纸与金属网多层复合滤芯。该机采用液压传动。机器由主机、液压站、电气控制柜三部分组成,整机重量为 1.5t。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 15-15 所示为折液机的液压系统原理图。系统的油源为定量齿轮泵 2,其最高工作压力根据折纸刀收紧力的需要由溢流阀 3 设定并由压力表 5 显示。系统的执行器为上折纸液压缸 13 (2 个)、下折纸液压缸 14 (2 个)、上刀架液压缸 15、下刀架液压缸 16 及压紧液压缸 17,各液压缸的运动方向分别由三位四通电磁换向阀 8~12 控制;减压阀 4 用于调节压紧缸 17 的工作压力(由压力表 7 显示),以获得不同的压紧力。

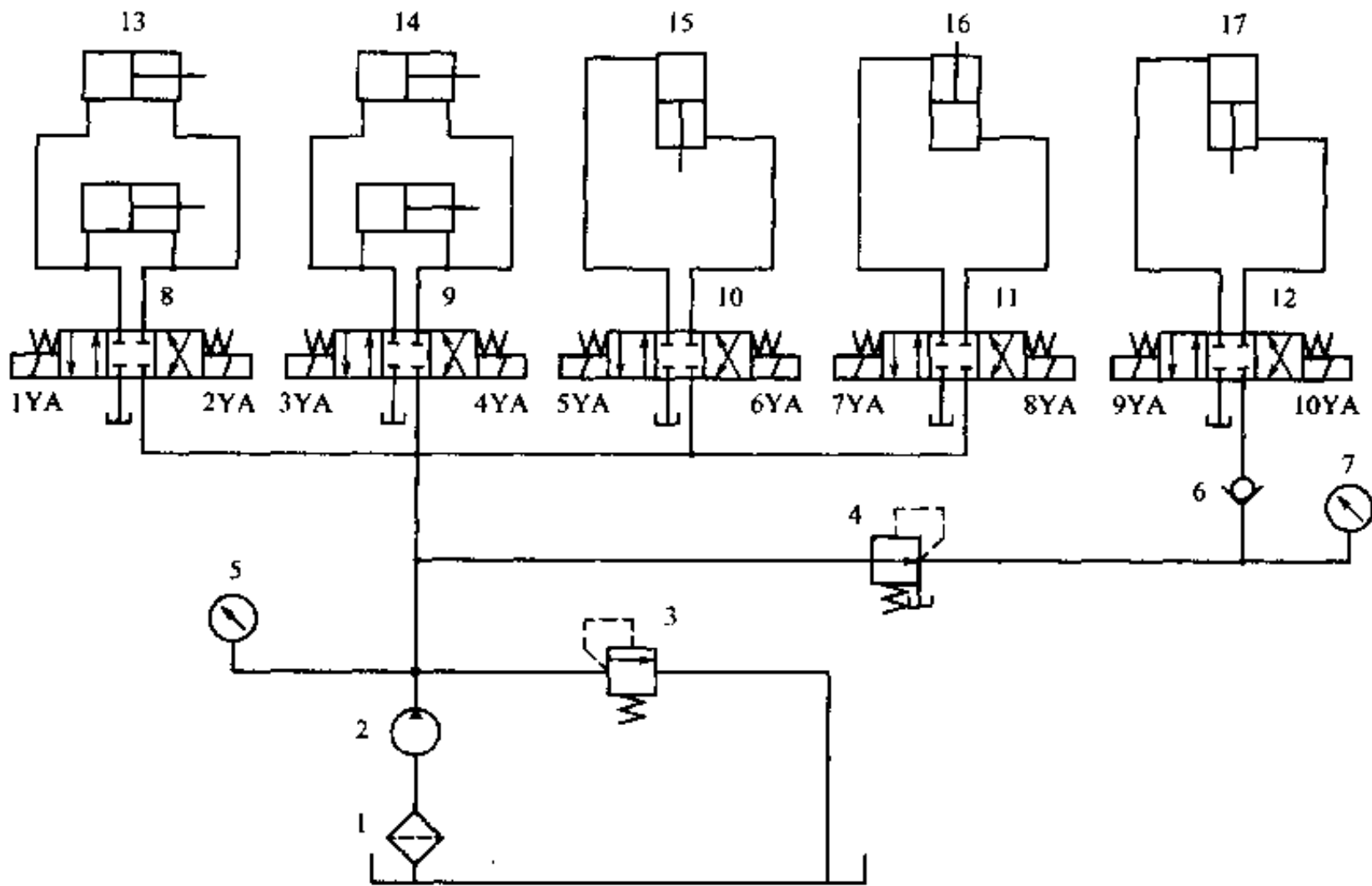


图 15-15 折液机液压系统原理图

- 1—过滤器; 2—定量齿轮泵; 3—溢流阀; 4—减压阀; 5、7—压力表; 6—单向阀;  
8、9、10、11、12—三位四通电磁换向阀; 13—上折纸刀液压缸; 14—下折纸刀液压缸;  
15—上刀架液压缸; 16—下刀架液压缸; 17—压紧液压缸

系统可完成上、下刀架的升、降,上、下折纸刀收紧、放松,以及压紧缸压紧和放松等动作。系统工作时,只要使电磁铁 7YA、4YA、5YA、1YA、6YA、2YA、8YA、3YA、10YA 和 9YA 依次通电,便可实现下刀架上升→下折纸刀收紧→上刀架上升→上折纸刀放

松→上刀架下降→上折纸刀收紧→下刀架下降→下折纸刀放松→压紧缸压紧→压紧缸放松的动作顺序。按这一顺序容易了解各工况下油液的流动路线。

### (3) 技术特点

1) 折波机液压系统采用定量泵供油, 系统未设流量阀, 通过液压缸的尺寸匹配满足各液压缸不同的运动速度要求。

2) 通过行程开关实现各液压缸的动作顺序控制; 通过一个电磁换向阀控制上、下折刀两个缸的同步。

3) 滤芯波高的调节通过调整液压缸的行程和行程开关的位置来实现, 波宽通过调节进料导向槽宽度来实现, 波高和波宽调节均有刻度显示。

4) 与机械传动的折波机相比, 该折波机结构紧凑, 体积小; 调整维护方便、生产率高; 运行平稳、噪声小、工作安全可靠; 折波精度高 ( $\pm 0.15\text{mm}$ ), 节能 50%~60%。

### (4) 技术参数

折波机液压系统的最高压力为 2.5MPa, 压紧缸工作压力为 0.5MPa;

## 15.3 液压教学实验设备液压系统

### 15.3.1 多功能液压教学试教台系统

#### (1) 实验台的功能结构

《液压传动》是高等院校机械类学生的重要课程之一, 实验教学是本课程的有机组成部分之一。传统的液压教学实验台存在着内容固定、功能单一、管路已连接好、不易修改, 实验以演示为主、学生动手机会少等缺陷。本实验台适应了近年来液压教学实验台在结构设计和实验方法上的较大变化, 以实验内容丰富、多变; 实验过程加强学生动手能力的培养; 具有机电液一体化的功能为目标, 具有如下功能。

1) 实验台基本能完成液压传动课程教学中的各种实验。所有液压元件均采用实物元件, 系统的额定工作压力 6.3MPa, 缩小了教学与实际应用的差距, 并能为实际的液压系统提供一个试验平台。即达到了液压传动课程的教学实验目的又兼顾了实用性。

2) 该实验台的实验内容丰富多变, 一机多能, 不仅能完成教学实验, 而且能完成实际液压系统的有关实验。实验台成正、反两面而对称布置, 提供两个实验工位, 可同时供两组学生进行实验。另外, 在侧面设置有一个备用工作台, 成为其扩展实验工位。所有实验元件均为独立组件, 通过橡胶软管由学生自行设计、组装实验回路。每个工位都有液压油的供给/回油接口、压力测试接口和实验回路的电气控制输入/输出接口等。具有多种功能并可扩展。

3) 该实验台所完成的实验回路能较好的反映出油路走向和元件的作用, 直观性强, 使课堂教学的抽象性与实际回路的应用性能有机的结合。

#### (2) 液压系统及其工作原理

图 15-16 所示为多功能液压教学实验台的液压系统原理图, 其组成和功能原理如下。

图 15-16 中,  $P_D$ 、 $P_B$  和  $P_H$  分别为定量泵、限压式变量叶片泵供油接口和系统回油接口。

1) 液压源部分 系统采用一个定量叶片泵 5 和一个限压式变量叶片泵 1 向系统供油, 两泵既可单独供油, 也可同时供油。这种液压源可完成“双泵供油回路”、“容积节流调速回路”、“限压式变量泵的调整”等实验。考虑到实验过程中的安全性和电机的低压启动等因

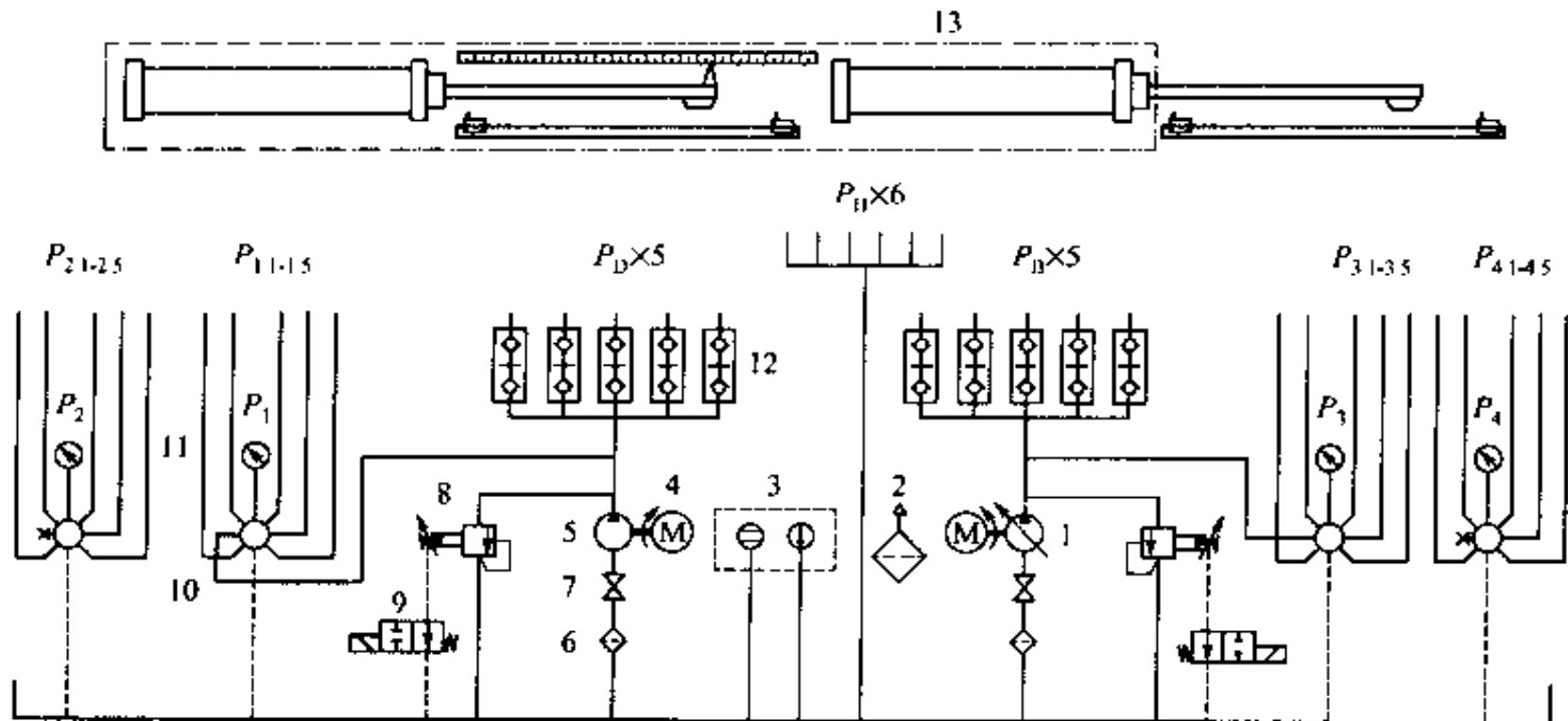


图 15-16 多功能液压教学实验台液压系统原理图

- 1—限压式变量泵；2—空气过滤器；3—带温度计的液位计；4—电动机；5—定量泵；6—过滤器；  
7—截止阀；8—先导式溢流阀；9—二位二通电磁换向阀；10—压力表开关；  
11—压力表；12—带单向阀的快换接头；13—液压缸组件

素，在两个液压泵的压油口各设置了一个先导式溢流阀 8 做安全阀，并利用其远程控制口通过一个二位二通电磁换向阀 9 控制系统卸荷与升压。试验台的液压系统泵站采用旁置式结构，从维修的角度考虑，在两泵的吸油口与油箱的连接管路上各安装了一个截止阀 7。

2) 压力测试部分 为了提高测量精度，系统采用了 4 个不同量程的压力表与 4 个压力表开关（每个压力表具有 6 个测压点）组成了 4 套独立的测压装置，正、反两面各两套，每个压力表开关的 5 个测压点分别与布置在实验台上、下和侧面的 5 个测压接口相连，构成了实验系统的 20 个测压接口 ( $P_{i,1} \sim P_{i,5}$ ,  $i=1 \sim 4$ )。另外，正、反面各选了一个压力表的剩余测压点分别与两泵的压油口相连，用于泵出口的压力调整。

3) 执行器 液压缸组件 13 为系统的执行器，它由两个液压缸组成，可对顶安装或顺序安装（图中为顺序安装）。两缸之间设有一具有两个导杆的支架，导杆上装有一个滑块（图中未示出）与左液压缸的活塞杆相连，模拟工作台的运动，支架上装有一标尺。滑块上装有机针、行程开关挡块和行程调速阀的挡块等，两液压缸活塞杆工作区段内还各装有一根铝合金导轨，上面装有行程开关，可在导轨上移动或固定。以上两缸中左液压缸是主液压缸，组装系统时一般担当工作缸；右液压缸是辅助液压缸，对顶安装时可做加载缸，顺序安装时用于顺序动作的演示。以上结构可完成“双缸顺序动作回路”、“压力测试回路”、“节流调速回路”、“行程调速阀控制的快进-工进速度换接回路”等各种回路实验。

4) 供油/回油和压力测试接口 供油接口采用了带单向阀的快换接头，每台泵各有 5 个供油接口（正、反面各两个，侧面一个），当未接油管时具有自封作用。回油和压力油接口采用扩口式管接头，回油接口有 6 个（正、反面各两个，侧面两个）。

5) 液压元件组件及橡胶软管部分（图中未示出） 该实验台组装回路时所需的元件及管件等均是独立组件，液压元件为板式阀，各自独立安装在一块标准的阀板上，阀板四周按元件外接油口的相应数量装有管接头，阀板的背面有 4 个挂钉；用于液压元件的挂装。

6) 备用液压元件 本实验台所配置的备用液压元件主要有：溢流阀、减压阀、（单向）顺序阀、单向阀、液控单向阀、（单向）节流阀、（单向）调速阀、行程调速阀、二位四通换

向阀、三位四通换向阀（O、H、M 型中位机能）和延时压力继电器等。

(3) 技术特点

与传统的液压教学实验台相比，该液压教学实验台综合性强；学生在完成实验中，脑、手并用；通过液压回路的组装实验，可使学生初步具备液压系统的调试、分析能力；此实验方式对培养学生的学习兴趣，激发学生的创新意识有极大作用。

15.3.2 采用 PLC 及触摸屏技术的液压实验台系统

(1) 试验台功能结构

此处介绍的实验台是在国内众多工科院校机械类专业所具备的液压教学实验台 QSC0003B 基础上，新增加了“顺序动作回路实验”、“差动快速运动回路实验”及“模拟组合机床液压系统的调试实验”并采用了 PLC 技术和触摸屏技术改进而成。除了新增加的实验，还保留了原来可进行的“液压泵的性能实验”及“卸荷实验”、“溢流阀的静态性能实验”和“节流调速实验”等功能，以充分利用此设备来进行液压教学实验，并使其运行、控制更为方便、直观、可靠。

(2) 液压系统及其工作原理

改进后的实验台液压系统原理图如图 15-17 所示，新增加了一个二位二通电磁换向阀 17 和一个二位三通电磁换向阀 22、行程开关 SQ1~SQ15；还增设了线速度传感器 S1 来测试液压缸的运动速度，以提高测试精度和测试效率。各种实验时液压系统的电磁铁动作顺序见表 15-3。在每进行一个实验时，只要按下相应的实验选择按钮，相应的电磁换向阀就会分别通断电动作；同时，调节有关控制阀，并观察液体压力表、流量计的变化及两油缸的动作情况，即可完成不同的实验。

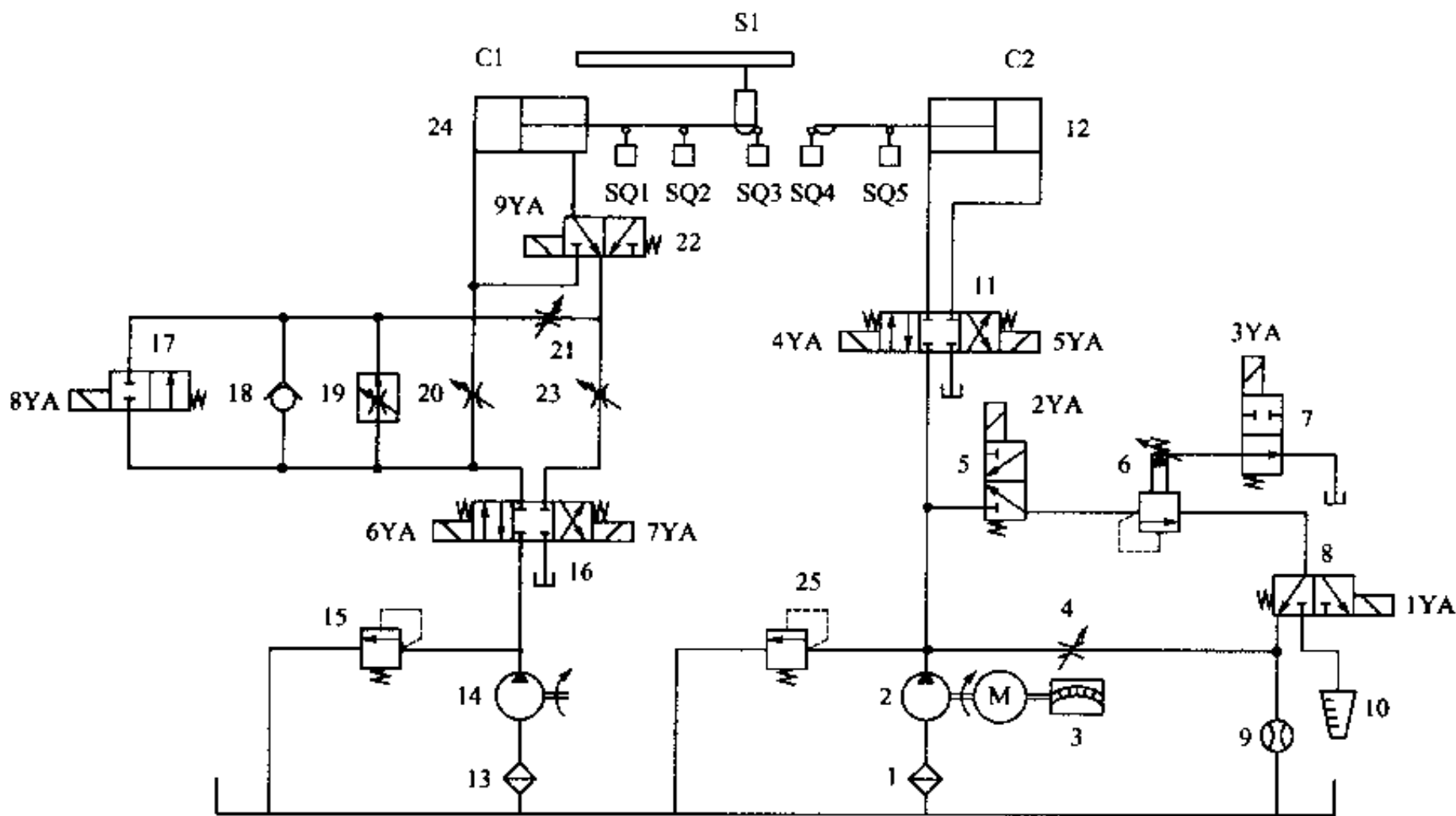


图 15-17 实验台液压系统原理图

- 1、13—过滤器；2、14—定量液压泵；3—功率表；4、20、21、23—节流阀；5、8、22—二位三通电磁换向阀；
- 6—先导式溢流阀；7、17—二位二通电磁换向阀；9—流量计；10—量杯；11、16—三位四通电磁换向阀；
- 12、24—液压缸 C1、C2；15、25—溢流阀；18—单向阀；19—调速阀；S1—线速度传感器

## (3) 电控系统

电控系统具有实验选择（对于可做的七个实验中的任意一个可预先选择、可自动进行选定的每个实验直至结束、实验中途可通过“中止按钮”使系统复位）、实验参数显示（在显示屏上）、保护（具有极限位置保护、过载保护和负载端感性元件的 RC 浪涌吸收保护功能，实验出现故障时，PLC 停止输出，实验设备免受损坏）等功能。

电控系统的硬件部分以 FX2N-48MR 型可编程序控制器（PLC）为控制核心，其输入、输出点数各为 24，可满足表 15-3 中的输入、输出点数量；输入、输出点的具体分配见表 15-4。触摸屏为 D9300T；A/D 转换单元为 FX2N-4AD，它具有 12 位和 4 通道，电压输入为  $\pm 10V$ ，电流输入为  $4\sim 20mA$ ，可将速度传感器输出的模拟信号转换成数字信号并送入 PLC。图 15-18 所示为电控系统的构成方框图。PLC 的所有主令控制按钮均在触摸屏上实现，触摸屏和 PLC 之间为串行通信方式，PLC 与外围元件接线如图 15-19 所示。

表 15-3 实验台液压系统的电磁铁动作顺序

实验名称	实验内容	1 YA	2 YA	3 YA	4 YA	5 YA	6 YA	7 YA	8 YA	9 YA	转换指令
实验一：溢流阀静态性能测试	测试静态性能		+								SB1
实验二：液压泵性能测试	测试液压泵性能										SB2
实验三：节流调速回路	缸 C2 加载					+					SB3
	缸 C1 进					+	+				SQ4
	缸 C1 退、缸 C2 退				+			+			SQ3
	缸 C1 停				+						SQ1
	缸 C2 停										SQ5
实验四：泵 1 卸荷	卸荷		+	+							SB4
实验五：差动快速运动回路	缸 C1 差动快进						+		+	+	SB5
	缸 C1 慢进						+				SQ2
	缸 C1 快退							+			SQ3
	缸 C1 停										SQ1
实验六：顺序动作回路	缸 C1 进						+				SB6
	缸 C1 停、缸 C2 进					+					SQ2
	缸 C2 停、缸 C1 退							+			SQ4
	缸 C1 停、缸 C2 退				+						SQ1
	缸 C2 停										SQ5
实验七：模拟组合机床液压系统调试	缸 C2 进，加载					+					SB7
	缸 C2 停、缸 C1 快进						+		+	+	SQ4
	缸 C1 工进						+				SQ2
	缸 C1 短时停留										SQ3
	缸 C1 快退							+			时间或 SQ3
	缸 C1 停、缸 C2 退				+						SQ1
	缸 C2 停										SQ5



表 15-4 输入、输出点的分配

输 入			输 出				
输入点	元 件	功 能	输入点	元 件	功 能	输出点	元 件
X001	SB1	实验一启动	X014	SQ4	缸 C2 进到位	Y001	1YA
X002	SB2	实验二启动	X015	SQ5	缸 C2 退到位	Y002	2YA
X003	SB3	实验三启动	X021	SB8	电机 1 启动	Y003	3YA
X004	SB4	实验四启动	X022	SB9	电机 1 停止	Y004	4YA
X005	SB5	实验五启动	X023	SB10	电机 2 启动	Y005	5YA
X006	SB6	实验六启动	X024	SB11	电机 2 停止	Y006	6YA
X007	SB7	实验七启动	X025	SB13	实验返回	Y007	7YA
X011	SQ1	缸 C1 退到位	X026	SB14	实验中止	Y011	8YA
X012	SQ2	缸 C1 工进到位	X027	SB15	实验选择返回	Y012	9YA
X013	SQ3	缸 C1 快进到位				Y013	KM1
						Y014	KM2

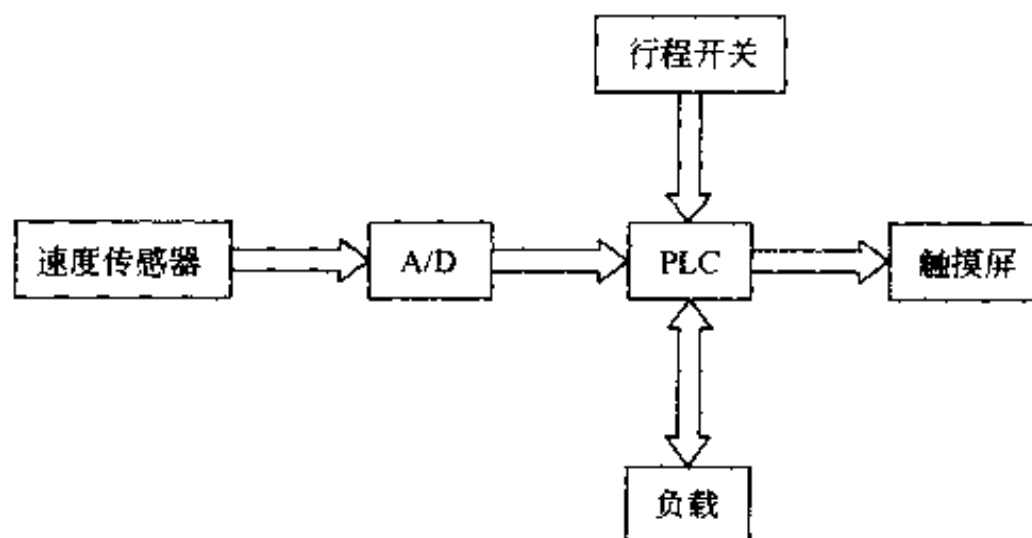


图 15-18 电控系统的构成方框图

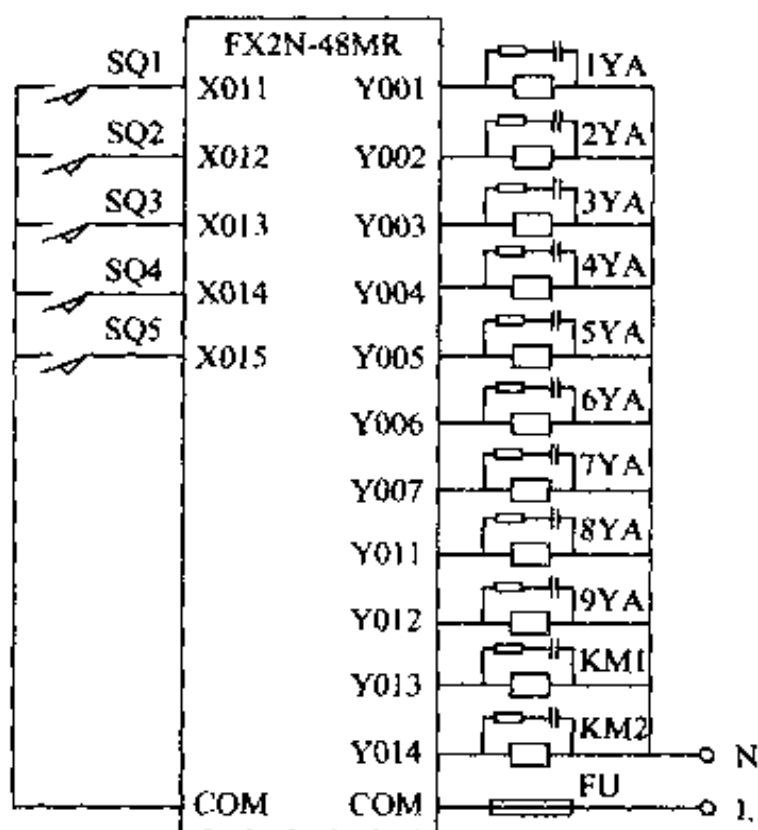


图 15-19 PLC 与外围元件接线图

电控系统的软件包括 PLC 控制程序和触摸屏显示界面两部分。触摸屏显示界面如图 15-20 所示。

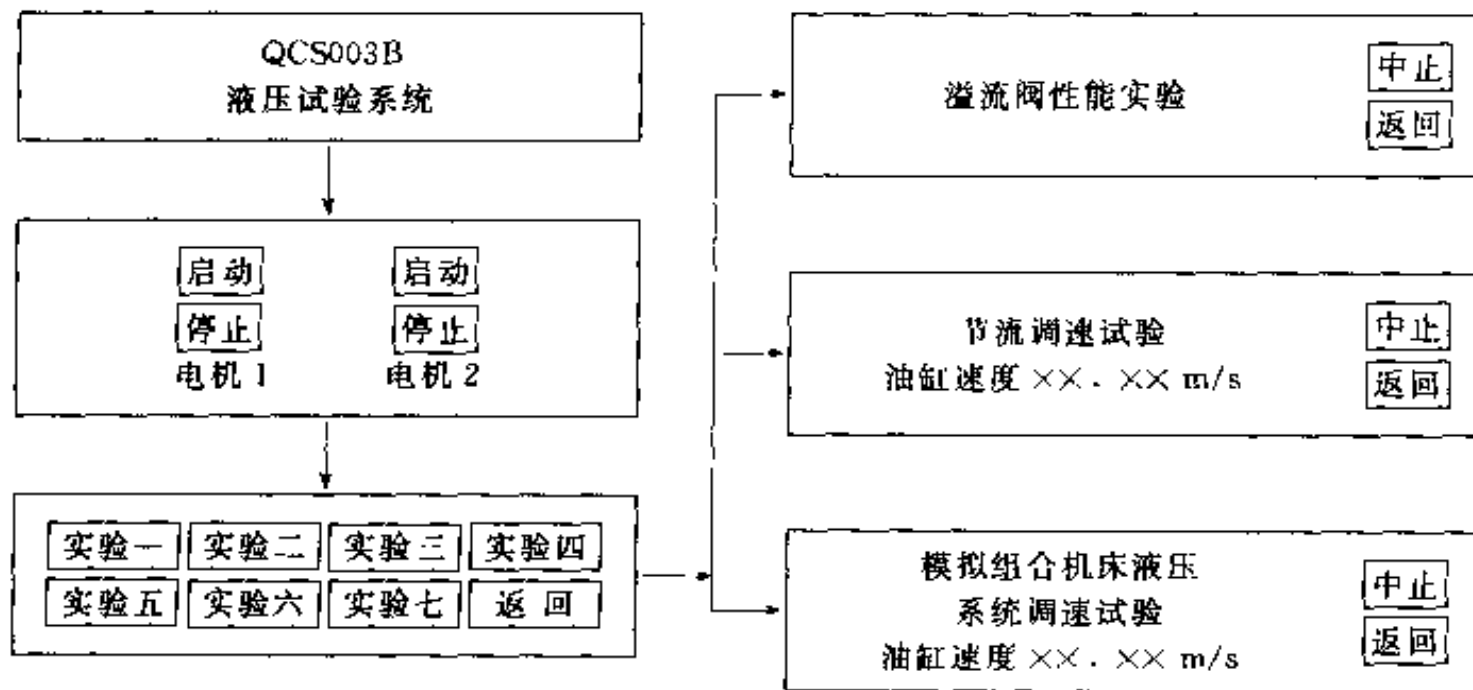


图 15-20 触摸屏显示界面

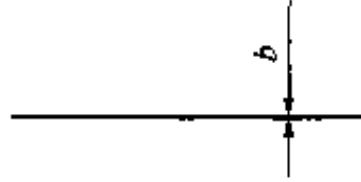
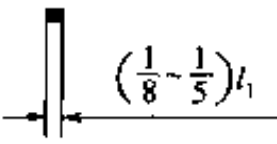
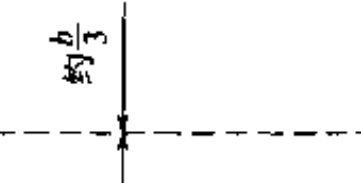
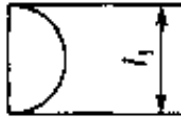
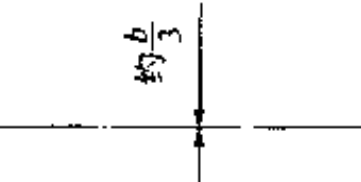
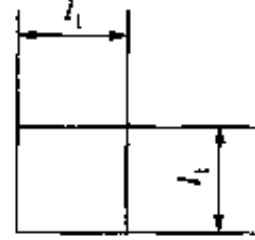
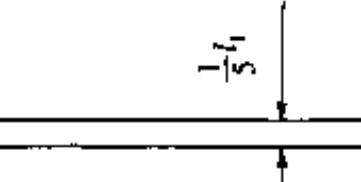
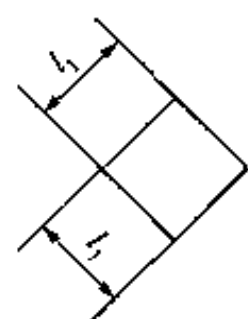
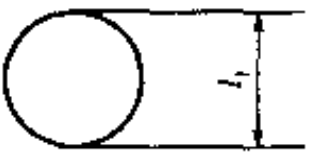
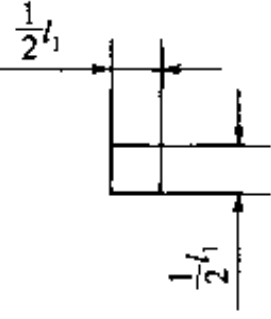
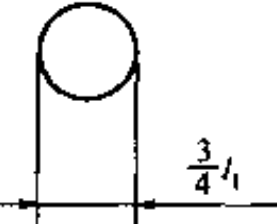
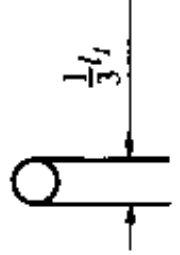
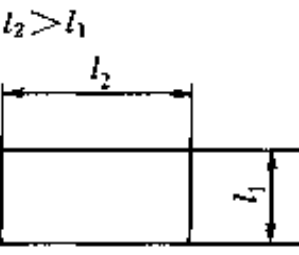
#### (4) 技术特点

- 1) 改进后的实验台，增加了液压实验内容，拓宽了实验台的使用范围和价值。
- 2) 实验台采用 PLC 和触摸屏技术，运行控制更加可靠、直观，有利于学生对液压系统的操作及综合调试能力和机电液一体化控制技术能力的掌握和提高。

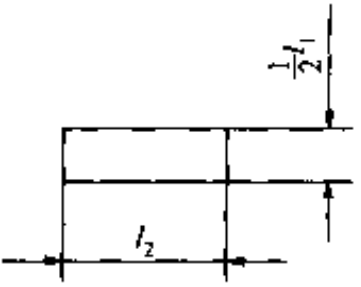
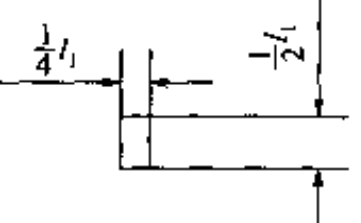
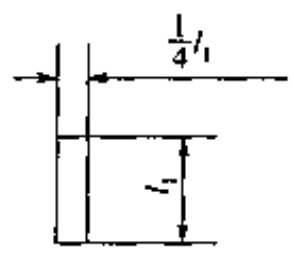
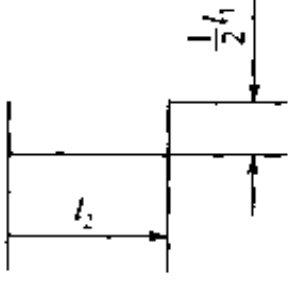
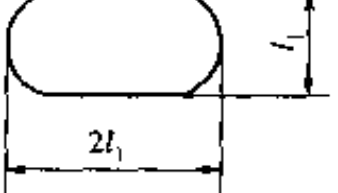
# 附 录

## 附录 1 液压气动图形符号 (摘自 GB 786.1—1993)

附表 1-1 符号要素及功能要素





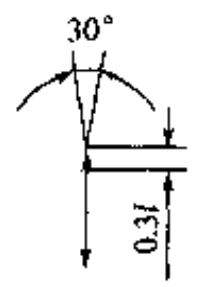

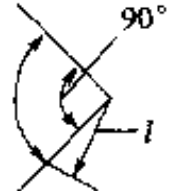




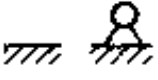

名称	符 号	用 途	名称	符 号	用 途	
实线		工作管路、控制供给管路、回油管路、电气线路	圆点		管路连接点, 滚轮轴	
虚线		控制管路、泄油管路、过滤器、过滤位置	半圆		限定旋转角度的马达或泵	
点划线		组合元件框线	正方形		控制元件, 除电动机外的原动机	
双线		机械连接的轴、操纵杆、活塞杆			调节元件(过滤器分离器、油雾器和热交换器)	
大圆		一般能量转换元件(泵、马达、压缩机)			蓄能器重锤	
中圆		测量仪表				
小圆		单向元件、旋转接头、机械铰接、滚轮		长方形		缸、阀

续表

名称	符号	用途	名称	符号	用途
长方形	$l_1 \leq l_2 \leq 2l_1$ 	某种控制方法	长方形		执行器中的缓冲器
		活塞	半矩形		油箱
			囊形		压力油箱、气罐、蓄能器、辅助气瓶

注：1. 图线宽度  $b$  按 GB 4457.4 规定。2.  $l_1$  为基本尺寸。

附表 1-2 功能要素

名称	符号	用途	名称	符号	用途
实心三角形		液压	其他		温度指示或温度控制
空心三角形		气动		M	原动机
直箭头或斜箭头	 	直线运动， 流体穿过阀的 通路和方向， 热流方向		W	弹簧
弧线箭头	 	旋转运动 方向			节流
其他		电气符号			单向阀简化符号 的阀座
		封闭油、气 路或油气口			固定符号
		电磁操纵器			

附表 1-3 管路、管路接口和接头符号

名称	符号	名称	符号
连接管路		带连接措施	
交叉管路		不带单向阀	
柔性管路			
连续放气		带单向阀	
间断放气			
单向放气		单通路	
不带连接措施		三通路	

附表 1-4 控制机构和控制方法符号

名称	符号	名称	符号
定位装置		机械控制	
人力控制	按钮式		
	拉钮式	拉钮式	
	按-拉式	按-拉式	
	手柄式	手柄式	
	踏板式	踏板式	
	双向踏板式	双向踏板式	
	机械控制	顶杆式机械控制	顶杆式机械控制
可变行程机械控制		可变行程机械控制	
弹簧控制		弹簧控制	
滚轮式机械控制		滚轮式机械控制	
电气控制		单作用滚轮式机械控制	
		单作用电磁铁控制	
		双作用电磁铁控制	
		单作用可调电磁铁操纵器 (比例电磁铁、力马达等)	
		双作用可调电磁操纵器 (力矩马达)	
		电动机控制	
直接压力控制		加压或卸压控制	
		差动控制	
		内部压力控制	
		外部压力控制	

续表

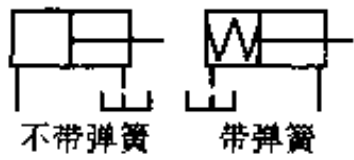
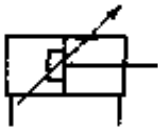

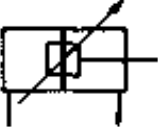
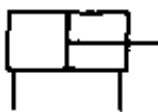
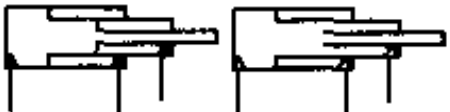
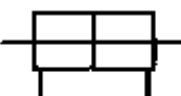
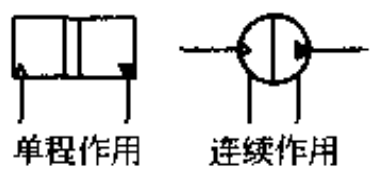
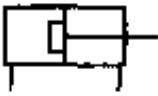

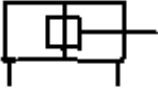
名称		符号	名称		符号
加压 先导 控制	气压先导控制		卸压 先导 控制	电磁-液压先导控制(单作用电磁铁一次控制,外部压力控制,外部泄油)	
	液压先导控制			先导型压力控制阀(带压力调节弹簧,外部泄油,带遥控泄放口)	
	液压二级先导控制			先导型比例电磁式压力控制阀(单作用比例操纵器,内部泄油)	
	气压-液压先导控制			反 馈	外反馈一般符号
	电磁-液压先导控制		电外反馈		
	电磁-气压先导控制		机械内反馈		
	卸压 先导 控制	液压先导控制(内部压力控制,内部泄油)			
液压先导控制(内部压力控制,带遥控卸泄放口)					

附表 1-5 液压泵和液压马达符号









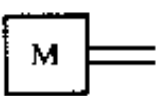
名称	符号	名称	符号
单向定量液压泵		单向变量马达	
双向定量液压泵		双向变量马达	
单向变量液压泵		定量液压泵-马达	
双向变量液压泵		变量液压泵 马达	
单向定量马达		液压整体式传动装置	
双向定量马达		摆动马达	



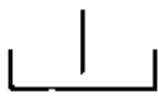

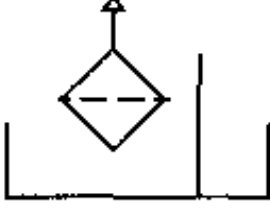

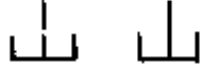
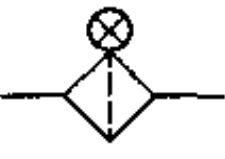
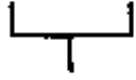

附表 1-6 液压缸和特殊能量转换器符号

名称	符号	名称	符号
单作用单活塞杆缸	 不带弹簧    带弹簧	双作用可调单向缓冲缸	
单作用伸缩缸		双作用可调双向缓冲缸	
双作用单活塞杆缸		双作用伸缩缸	
双作用双活塞杆缸		气-液转换器	 单程作用    连续作用
双作用不可调单向缓冲缸		增压器	 单程作用    连续作用
双作用不可调双向缓冲缸			

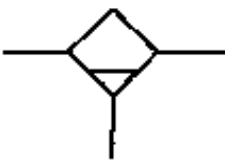
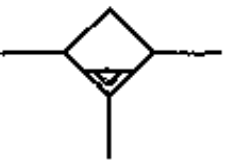






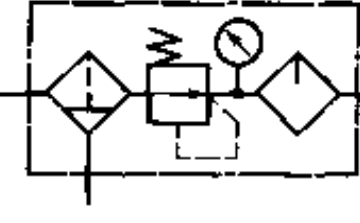
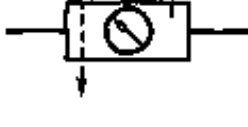




附表 1-7 能量储存器及动力源符号

名称	符号	名称	符号
蓄能器一般符号		辅助气瓶	
气体隔离式蓄能器		液压源	
重锤式蓄能器		气压源	
弹簧式蓄能器		电动机一般符号	
		原动机一般符号	




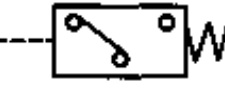

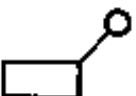

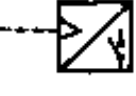

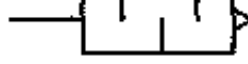


附表 1-8 油箱及流体调节元件符号

名称	符号	名称	符号
管端在液面以上的油箱		加压油箱或密闭油箱	
管端在液面以下的油箱(带空气过滤器)		过滤器	
局部泄油或回油		带污染指示器的过滤器	
管端连接于油箱底部		带磁性滤芯的过滤器	

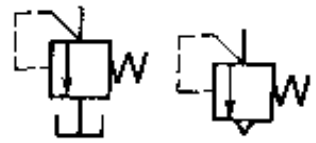
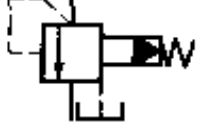

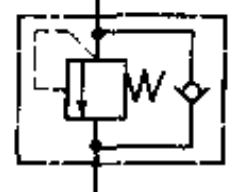
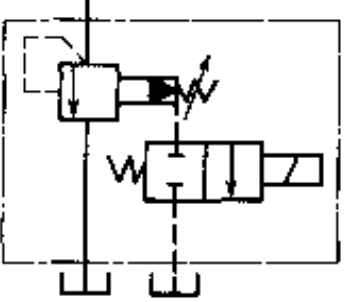
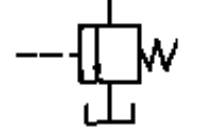
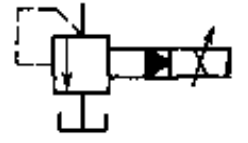
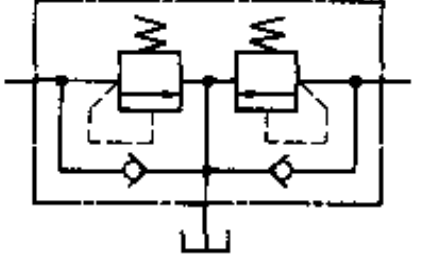
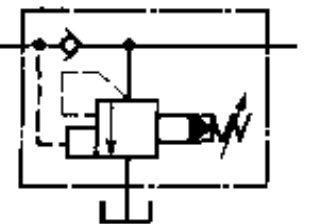
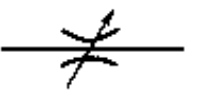
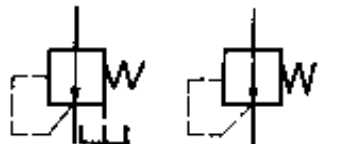
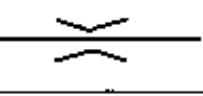

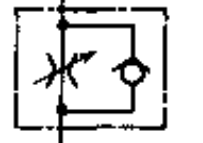
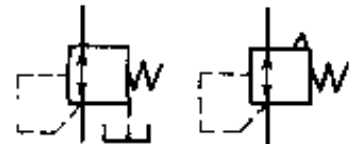
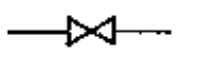
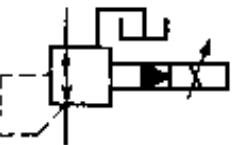
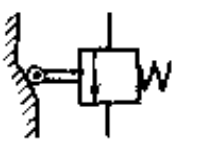
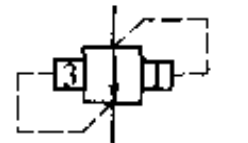
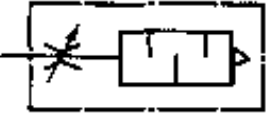
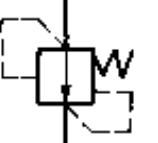
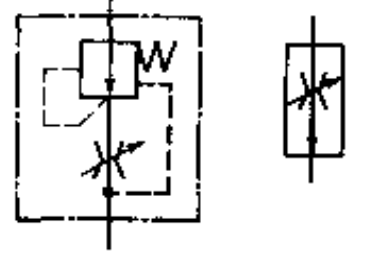
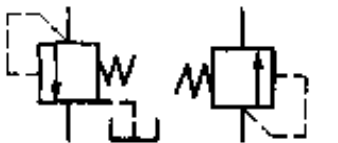
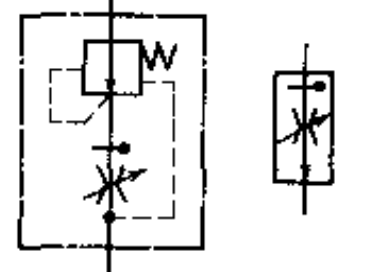
续表

名称	符号	名称	符号
分水排水器	  人工排出      自动排出	冷却器	
空气过滤器	  人工排出      自动排出	带冷却剂 管路指示的 冷却器	
除油器	  人工排出      自动排出	气源调节 装置	  详细符号      简化符号
空气干燥器		加热器	
油雾器		温度调节 器	

附表 1-9 检测元件及其他元件符号

名称	符号	名称	符号
压力指示器		转矩仪	
压力计		压力继电器	
液面计		行程开关	
温度计		模拟传感器	
流量计		气动消声器	
转速仪		气动报警器	

附表 1-10 常用控制阀符号

名称	符号	名称	符号
一般符号或直动型溢流阀		先导型顺序阀	
先导型溢流阀		平衡阀(单向顺序阀)	
先导型电磁溢流阀		一般符号或直动型卸荷阀	
先导型比例电磁溢流阀		制动阀	
卸荷溢流阀		可调节流阀	
一般符号或直动型减压阀		不可调节流阀	
先导型减压阀		可调单向节流阀	
溢流减压阀		截止阀	
先导型比例电磁溢流减压阀		调速阀	
定比减压阀		带消声器的节流阀	
定差减压阀		调速阀	
一般符号或直动型顺序阀		带温度补偿调速阀	

详细符号 简化符号

详细符号 简化符号

续表

名称	符号	名称	符号
旁通型调速阀	<p>详细符号      简化符号</p>	二位二通换向阀	<p>常闭      常开</p>
单向调速阀		二位三通换向阀	
分流阀		二位四通换向阀	
集流阀		二位五通换向阀	
分流集流阀		三位四通换向阀	
单向阀		三位四通换向阀 中位滑阀机能	
液控单向阀			
液压锁			
或门型梭阀	<p>详细符号      简化符号</p>		
快速排气阀	<p>详细符号      简化符号</p>		

续表

名称	符号	名称	符号
三位五通换向阀		四通电液换向阀 (带电反馈二级)	
三位六通换向阀		四通电液换向阀 (二级)	

附录 2 流体传动系统和元件名词术语 (摘自 GB/T 17446—1998)

附表 2-1 基本术语

分类	术语(中英文对照)	说明
总论	流体传动 fluid power	使用受压的流体作为介质来进行能量转换、传递、控制和分配的方式、方法
	液压技术 hydraulics	涉及液体流动和液体压力规律的科学技术
	液力技术 hydrodynamics	涉及液体的运动和抵抗此运动的力的规律的科学技术
	气液技术 hydropneumatics	借助于液体和压缩空气实现功能的技术
	静液压技术 hydrostatics	涉及液体的平衡状态和压力分布规律的科学技术
	气动技术 pneumatics	涉及压缩空气流动规律的科学技术
使用工况	运行工况 operating conditions	装置在某规定使用条件下,用其有关的各种参数值来表示的工况。这些参数值可随使用条件而异
	额定工况 rated conditions 标准工况 standard conditions	根据规定试验的结果所推荐的系统或元件的稳定工况
	连续工况 continuous working conditions	允许装置连续运行的并以其各种参数值表示的工况
	极限工况 limiting conditions	允许装置在极端情况下运行的并以某参数的最小值或最大值来表示的工况
	稳态工况 steady-state conditions	稳定一段时间后,参数没有明显变化的工况
	瞬态工况 instantaneous condition	某一特定时刻的工况
	实际工况 actual conditions	运行期间观察到的工况
	规定工况 specified conditions	使用中要求达到的工况
性能特性	许用工况 acceptable conditions	按性能和寿命允许标准运行的工况
	效率 efficiency	输出功率与相应的输入功率的比值
	旋转方向 direction of rotation	从轴端方向观测的旋转方向,在易混淆时应用简图表明
	顺时针方向(右)clockwise(right hand)	与时针相同的旋转方向
	逆时针方向(左)anticlockwise(left hand)	与时针相反的旋转方向
	装置温度 equipment temperature	在装置规定的部位和规定的点所测得的温度
	介质温度 fluid temperature	在规定点测得的介质温度
环境温度 ambient temperature	装置工作时周围环境的温度	

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
性能特性	公称压力 nominal pressure	装置按基本参数所确定的名义压力
	工作压力 working pressure	装置运行时的压力
	进口压力 inlet pressure	按规定条件在元件进口处测得的压力
	出口压力 outlet pressure	按规定条件在元件出口处测得的压力
	压降、压差 pressure drop; differential pressure	在规定条件下,测得的系统或元件内两点(如进、出口处)压力之差
	背压 back pressure	装置因下游阻力或元件进、出口阻抗比值变化而产生的压力
	启动压力 breakout pressure; breakaway pressure	开始动作所需的最低压力
	补油压力;充油压力 boost pressure; charge pressure	向系统(通常是闭式传动或二级泵)充液的压力
	开启压力 cracking pressure	压力阀开始通过流体时的压力
	峰值压力 peak pressure	在相当短的时间内超过允许最大压力的压力
	运行压力 operating pressure	运行工况时的压力
	耐压试验压力 proof pressure	过最高额定压力而不引起永久变形、损坏或失灵的试验压力
	冲击压力 surge pressure	由于冲击产生的压力
	静压力 static pressure	静止流体中的压力或在不干扰流体流动条件下测得的压力
	系统压力 system pressure	系统中第一阀(通常为溢流阀)进口处测得的压力的公称值
	控制压力 pilot pressure	控制管路或回路的压力
	充气压力 pre-charge pressure	蓄能器充液前气体的压力
	吸入压力 suction pressure	泵进口处流体的绝对压力
	调压偏差 override pressure	压力控制阀从规定的最小流量调到规定的工作流量时压力的增加值
	额定压力 rated pressure	额定工况下的压力
	耗气量 air consumption	为了执行给定的任务或工作,在指定的时间内,设备或装置工作所消耗的空气体积。此耗气量按标准大气工况表示
	泄漏 leakage	流体流经密封装置不做有用功的现象
	内泄漏 internal leakage	元件内腔间的泄漏
	外泄漏 external leakage	从元件内腔向大气的泄漏
	流动 flow	由压差等因素而产生的流体流动
	层流 laminar flow	质点呈平行或层次分明的流动状态
	紊流 turbulent flow	质点作随机运动的流动状态
	气穴 cavitation	液流内压力局部降低至液体汽化压力,形成水蒸气(或气体)空穴的现象
	流量 flow rate	单位时间内通过流道横截面的流体数量(体积或质量)。空气体积流量用标准大气状态表示
	额定流量 rated flow	在额定工况下的流量
	供给流量 supply flow	供给元件或系统进口的流量
	流量系数 flow factor	表征气动元件、液压元件、管路或接头的流量的系数
滞环 hysteresis	当先上行后下行或调整控制量时,在同一控制设定值下的被控参数的差值	



分类	术语(中英文对照)	说明
性能特性	启动时间 start-up time	从启动到系统稳定运行工况所需的时间
	上升时间 rise time	装置中的参数从规定低值上升到规定高值所需的时间
	下降时间 fall time	装置中的参数从规定高值下降到规定低值所需的时间
	操作时间 actuated time	元件处于操作力作用下的时间
	非操作时间 released time	元件不处于操作力作用下的时间
	响应时间 response time	工作的起始点至完成点之间的时间
图形表示	图形表示 graphical representation	图形表示元件和回路的功能及其信息传递
	图形符号 graphical symbol	按标准或规范表示元件或元件组功能的正规抽象符号
	液压气动元件图形符号 symbols for hydraulic and pneumatic components	流体传动中液压和气动元件和辅件的图形符号
	流体逻辑元件图形符号 symbols for fluid logic devices	用来表示逻辑回路中带运动部件或不带运动部件的流体元件的图形符号
	逻辑功能图形符号 symbols for logic functions	在流体逻辑回路中表示逻辑功能和有关功能的图形符号
	回路图 circuit diagram	用图形符号表示流体传动回路或部分回路功能的图
	压力-时间图 pressure time diagram	一个完整循环中,表示压力随时间变化的图
功能图 function diagram	流体传动系统中,表示一个完整循环的动作和控制信号顺序的图	
其他术语	循环 cycle	一组完整的重复出现的事件或状态
	自动循环 automatic cycle	一经启动如不被停止就一直重复工作的循环
	工作循环 working cycle	完成工作的循环
	循环速度 cycling speed	在规定工况下单位时间完成的循环数
	工步 phase	一个循环的不同功能要素
	停止工步 dwell phase	在预定时间内规定动作被停止的工步
	工作工步 working phase	完成工作的工步
	快进工步 rapid advance phase	以较高速度移向工作位置的工步
	快退工步 rapid return phase	以较高速度高开工作位置的工步
	频率响应 frequency response	在稳态工况下,由正弦输入参量变化而引起的输出参量的变化
	重复性 repeat ability	在同一实验室中,同一操作人员以同一仪器在同一工作条件下对同一试验对象依次试验所得结果的随机误差的定量表示
	复现性 reproducibility	在不同的实验室中各操作人员用同一方法对同一对象进行试验,各试验所得结果的随机误差的定量表示
	漂移 drift	在稳态运行工况下,工况随时间的变化
	波动 ripple	量在工作值上下作周期性变化
	线性度 linearity	实测线性特性与理想线性特性间的最大偏差
	线性区 linear region	能保持规定线性度的控制特性区
	液压锁定 hydraulic lock	一定数量油液闭锁于封闭容积中制止活塞运动的状态
液压卡紧 sticking	活塞或阀心被活塞周围间隙中的不平衡压力卡住,不平衡压力侧向推动活塞,引起足以阻止轴向运动的摩擦力	

附表 2-2 能量转换术语

分类	术语(中英文对照)	说明
一般特性	排量 capacity; displacement	每行程或每循环吸入或排出的流体体积
	有效排量 effective capacity	在规定工况下实际排出的流体体积
	几何排量 geometric	不计尺寸公差、间隙或变形,按几何尺寸计算所得的排量
	容积损失 volumetric losses	由于没有充满泵吸入腔的损失;内泄漏;外泄漏;由于流体压缩性而形成的损失
	流动损失 hydrodynamic losses	流体运动而引起的损失
	机械损失 mechanical losses	机械摩擦而引起的损失
	导出转矩 derived torque	与空载流量及实际输出压力的流体功率相一致的转矩
	几何转矩 geometric torque	与几何流体功率相一致的转矩
	有效转矩 effective torque	在规定工况下,由轴传递的实际转矩
液 压 泵	液压泵 hydraulic pumps	将机械能转换为液压能的装置
	动力式泵 rotodynamic pump	增加流体动能而使流体能量增加的泵。其输出流量与输出压力有关
	容积泵 displacement pump	流体能量的增加来自压力能的泵。其输出流量与轴的转速有关
	定量泵 fixed displacement pump	排量不可变的泵
	变量泵 variable displacement pump	排量可改变的泵
	泵的控制 control pump	为调节输出流量或流向而对变量泵进行的控制
	齿轮泵 gear pump	由两个或多个齿轮啮合作为流体能量转换件的泵
	螺杆泵 screw pump	具有一个或多个螺杆在腔体内转动而工作的泵
	叶片泵 vane pump	转子旋转时,由与凸轮环接触的一组径向滑动的叶片而输出流体的泵
	柱塞泵 piston pump	由一个或多个柱塞往复运动而输出流体的泵
	径向柱塞泵 radial piston pump	柱塞径向排列的泵
	轴向柱塞泵 axial piston pump	柱塞轴线与缸体轴线平行或略有倾斜的柱塞泵。柱塞可由斜盘或凸轮驱动
	斜轴式柱塞泵 angled piston pump	驱动轴线与缸体轴线成一角度的轴向柱塞泵
	手动泵 hand-pump	用手操作的泵
	多级泵 staged pump	几个串联工作的泵
	多联泵 multiple pump	用一个公用轴驱动两个或两个以上的泵
	空载排量(泵) derived capacity	在规定最低工作压力下,以不同转速时的两次测试而算得的排出量
	有效排量 effective capacity	有效输出流量被转速所除的商
	空载输出流量 derived output flow	单位时间的转数(或循环数)与空载排量的乘积
	有效输出流量 effective output flow	在泵出口处某压力和温度下测得的实际输出流量
	液压功率(泵) hydraulic power(pump)	在泵进、出口之间单位时间内液压能量的增加值
	有效液压功率 effective hydraulic power	由有效输出流量和压力计算而得的液压功率
	输入功率 input power	作用于液压泵驱动轴的功率
装机功率 installed power	驱动电动机的额定功率	
容积效率 volumetric efficiency	有效输出流量与空载输出流量的比值	
液压机械效率 hydro-mechanical efficiency	导出转矩与吸收转矩的比值	

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
液 压 泵	总效率 overall efficiency	有效液压功率与吸收功率的比值
	安装 mounting	支承元件的方法
	法兰安装 flange mounting	用带有支承面的法兰与驱动轴成直角的安装
	止口导向定位 spigot pilot location	以止口定位的各种安装
	底座安装 foot mounting	支承面平行于驱动轴的安装
	轴伸 shaft extension	驱动轴伸出元件外面的部分,并包含键、花键等的传动轴的外伸件
马 达	双向马达 double-action motor	改变或不改变输入流体方向即可改变输出转向的马达
	气马达 air motor	把气动能转换为机械能的装置
	液压马达 hydraulic motor	把液压能转换为旋转输出机械能的装置
	定量马达 fixed displacement motor	排量不变的马达
	变量马达 variable displacement motor	排量可变的马达
	齿轮马达 gear motor	由两个或两个以上啮合齿轮作为工作件的马达
	叶片马达 vane motor	压力流体作用在一组径向叶片上面使转子转动的马达
	径向柱塞马达 radial piston motor	具有多个径向排列柱塞的马达
	轴向柱塞马达 axial piston motor	带有几个轴线相互平行并布置成围绕并平行于公共轴线的柱塞的马达
	多联马达 multiple motor	两个或多个马达驱动同一公用轴
	液压步进马达 hydraulic stepping	按照步进输入信号的指令而运动的液压马达
	摆动马达 semi-rotary actuator	轴往复摆动转角小于 360°的马达
	空载排量(马达) derived capacity(motor)	从两种不同转速及规定的最低工作压力下测量得到的输入排量
	滑差 slip	在规定的输入流量下,不同负载时轴的转速差
	液压功率(马达) hydraulic power(motor)	马达进、出口之间单位时间内减少的液压能
	启动转矩 starting torque	在规定工况和给定的压差时,马达从静止状态启动时其轴所获得的最小有效转矩
	液 压 泵 、 马 达	液压泵-马达 hydraulic pump-motor
变速传动装置;整体传动装置 variable speed drive units; integral transmissions		一个或多个液压泵和马达组成的可改变速度或转矩的装置
刚度 stiffness		施加于轴的转矩的变化与轴角位移变化的比值
中位 neutral position		马达调整到零排量时的位置
零位 zero position		液压泵在零排量时的位置
液 压 缸 和 汽 缸	自由位 free position	液压泵和马达均处于零排量时的位置
	缸 cylinder	把流体能转换为机械力和直线运动的装置
	有杆端 rod end	活塞杆伸出缸的一端
	无杆端 rear end	缸封闭的一端
	外伸行程 extend stroke	活塞杆向外移动的行程
	内缩行程 retract stroke	活塞杆向内移动的行程
	缓冲 cushioning	活塞接近行程终点时,使其减速的方法。有固定缓冲和可调缓冲
	机械缓冲 cushioning	借助摩擦或用弹性材料而实现的缓冲

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
液 压 缸 和 汽 缸	流体缓冲 cushioning	借助排气(回油)节流而实现的缓冲
	缓冲长度 cushioning	缓冲开始点到行程终止点之间的距离
	活塞有效面积 effective piston area	在流体压力作用下产生机械力的面积
	工作行程 working stroke	在实际工作时活塞在两个确定的位置间位移的距离
	负载压力 induced pressure	由外作用力而产生的压力
	缓冲压力 damping pressure	由缓冲装置所产生的压力
	输出力 force	由活塞杆传递的力
	理论输出力 theoretical force	不计摩擦力,压力乘以有效活塞面积而算得的力。对于双作用缸必须给出外伸和内缩行程的力
	实际输出力 actual force	活塞杆实际传递的力
	单作用缸 single-acting cylinder	一个方向靠流体力移动,另一个方向靠其他力移动的缸
	双作用缸 double-acting cylinder	外伸和内缩行程均由流体压力实现的缸
	差动缸 differential cylinder	活塞两端有效面积之比在回路中起主要作用的双作用缸
	串联缸 tandem cylinder	在同一活塞杆上至少有两个活塞在同一缸体的各自腔内工作,以实现力的叠加
	多级伸缩缸 telescopic cylinder	具有两个或多个套装在一起的空心活塞杆,靠一个在另一个内滑动来实现的可逐个伸缩的缸
	增压器 pressure intensifier	把某初级流体系统工作压力转换为次级流体系统较高工作压力的装置。两种系统可以用同样的或不同的流体介质
增压比 ratio of intensification	次级压力与初级压力或初级流量与次级流量的比值	
阻尼缸 dashpot	用作汽缸调速的液压阻尼装置	

附表 2-3 能量控制和调节术语

分类	术语(中英文对照)	说明
阀	阀 valve	用来调节流体传动回路中流体方向、压力、流量的装置
	底板 sub-plate; sub-base	承装单个板式阀的安装板,板上带有管路连接用的接口
	油(气)路块 manifold block	安装两个或多个板式阀的基础块,在其上具有外接口和连通各阀的流道
	整体阀 mono-block valve	多个类同的阀组合在公共阀体内的组件
	板式阀 sub-plate valve	与底板或油(气)路块等连接才能工作的阀
	叠加阀 ganged valve; sandwich valve	由一组相类似的阀叠加在一起所组成的元件。通常带有公共供油和(或)回油系统
	插装阀 cartridge valve	工作件装在阀套并一起装于阀体中,其油口与阀体油口吻合
方 向 控 制 阀	方向控制阀 directional control valve	连通或控制流体流动方向的阀
	滑阀 slide valve	借助于可移动的滑动件接通或切断流道的阀。移动可以是轴向、旋转或两者兼有
	座阀 poppet valve	由阀心提升或降下来开启或关闭流道的阀
	阀心 valve element	借助它的移动来实现方向控制、压力控制或流量控制的基本功能的阀零件
	阀心位置 valve element positions	阀心所处的位置
单向阀 check valve	只允许流体一个方向流动的阀	

续表

分类	术语(中英文对照)	说 明
方向控制阀	液控单向阀 pilot-controlled check valve	用先导信号控制开启或关闭的单向阀
	充液阀 prefill valve	在循环的快进工步允许流体以全流量从油箱充入工作缸,在工作工步允许施加工作压力,在回程工步允许流体自由地从缸返回油箱的单向阀
	梭阀 shuttle valve	具有两个进口和一个公共出口,在进口压力的作用下,出口自动地与其中一个进口接通的阀
	快速排气阀 quick exhaust valve	进口气压降低时,出口自动开启并快速排气的阀
	自动截止阀 automatic shut-off valve; maximum flow control valve	当流量增大时,阀的压降超过预定值时能自动关闭的阀
压力控制阀	压力控制阀 pressure control valve	基本功能为调节压力的阀
	溢流阀 pressure relief valve	当所要求的压力达到时,通过排出流体来维持该压力的阀
	顺序阀 sequence valve	当进口压力超过调定值时阀开启,允许流体流经出口的阀(实际调整值不受出口压力的影响)
	减压阀 pressure regulator; pressure reducing valve	在进口压力始终高于选定的出口压力下,改变进口压力或出口流量,出口压力能基本保持不变的壓力控制阀
	平衡阀 counterbalance valve	能保持背压以防负载下落的压力控制阀
	卸荷阀 unloading valve	开启出口允许流体自由流入油箱(或排气)的阀
	座阀式 poppet type	由作用在座阀心上的力来控制压力的阀
	直动式 directly operated type	由作用在阀心上的力来直接控制阀心位置的阀
	先导式 pilot-operated type	由一个较小的流量通过内装的泄放通道溢流(先导)来控制主阀心移动的阀
	机械控制式 mechanically controlled type	作用于控制阀心上的力是弹簧力或重力的阀。如弹簧力通常由人工操作
	手动式 manually operated type	作用于控制阀心或柱塞上的控制力是由手操作的阀
液(气)控制式 pilot-controlled type	借控制流体压力来控制阀心的阀	
流量控制阀	流量控制阀 flow control valves	主要功能为控制流量的阀
	固定节流阀 fixed restrictive valve	进、出口之间节流通道截面不能改变的阀
	可调节流阀 adjustable restrictive valve	进、出口之间节流通道截面在某一范围内可改变的阀
	减速阀 deceleration valve	逐渐减少流量达到减速目的的流量阀
	单向节流阀 one-way restrictive valve	允许沿一个方向畅通流动而另一个方向节流的阀。节流通道可以是可变的或固定的
	调速阀 series flow control valve	可调节通过流量的压力补偿流量阀。通常仅用作一个方向的流量调节
	旁通调速阀 bypass flow control valve	把多余流体排入油箱或第二个工作级的可调节工作流量的压力补偿流量阀
	分流阀 flow divider valve	把输入流量分成按选定比例的两股输出流量的压力补偿阀
	集流阀 flow-combining valve	集合两股输入流量,使其保持一个预定比例的压力补偿流量阀
截止阀	截止阀 shut-off valve	可允许或阻止任一方向流动的二通阀
	转阀 plug valve	通过带通道的旋塞来接通或封闭液(气)口的截止阀
	球(形)阀 globe valve	阀内某处液流与主流方向成直角,靠圆盘式阀心升起或降下来开启或关闭流道的阀
	针阀 needle valve	阀心是锥形针的截止阀,通常用来精确调节流量
	闸阀 gate valve	靠内心对流动方向垂直移动来控制开启或关闭的直通截止阀

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
截止阀	膜片阀 diaphragm valve	由膜片的变形来控制开启或关闭的截止阀
	蝶阀 butterfly valve	阀件由圆盘组成,可绕垂直于流动方向并通过其中心轴旋转的直通截止阀
一般术语和定义	寄生信号 spurious signal	控制系统中不可预见的信号
	噪声 noise	信号的随机波动可能引起回路中出现不希望的寄生信号
	放大器 amplifier	借助外来能源以增大输入信号的振幅或功率的器件
	模拟放大器 analogue amplifier	输出随着控制信号变化而连续变化的放大器
	数字放大器 digital amplifier	输出随着控制信号变化呈离散步距变化的放大器
	传感器 sensor	在外界工况改变时,能对系统变化进行检测和传递的元件
	逻辑值 logic threshold	为改变多输入元件的输出状态,在输入端必需的最少输入信号的数量
	声频噪声 acoustic noise	由外界声响干扰产生的寄生信号
	信噪比 signal-to-noise ratio	信号值与噪声值之比
伺服阀	伺服阀 servo-valve	接受模拟量控制信号并输出相应的模拟量流体的阀
	液压伺服阀 hydraulic servo-valve	调制液压输出的伺服阀
	电液伺服阀 electro-hydraulic servo-valve	输入指令为电量的液压伺服阀
	机液伺服阀 mechanical hydraulic servo-valve	输入指令为机械量的液压伺服阀
	液压流量伺服阀 flow control hydraulic servo-valve	基本功能为控制输出流量的液压伺服阀
	液压压力伺服阀 pressure control hydraulic servo-valve	基本功能为控制输出压力的液压伺服阀
	四通阀 four-way valve	具有进口、回油(排气)口和两个控制口的多节流口的流量控制阀。阀在某一方向作用时通过进口后节流到控制口 A 节和通过控制口 B 节流到回油(排气)口;阀的反向作用是由进口到控制口 B 和通过控制口 A 到回油(排气)口
	三通阀 three-way valve	具有进口、回油(排气)口和一个控制口的多节流口的流量控制阀。阀在某一方向作用时由进口到控制口,阀反向的作用是由控制口到回油口
	二通阀 two-way valve	两个油(气)口间具有一个节流边的流量控制阀
	液压放大器 hydraulic amplifier	作为放大器的液压元件。液压放大器可采用滑阀、喷嘴挡板、射流管等
	喷嘴挡板 nozzle flapper	喷嘴和挡板形成可变间隙以控制通过喷嘴的流量
	颤振 dither	高频小振幅的周期电信号。有时叠加在伺服阀输入端以改善系统分辨率。颤振用颤振频率和以毫安为单位的峰值颤振电流振幅来表示。颤振百分比是颤振振幅与额定信号的比值
	阀板性 valve polarity	控制流量的方向和输入电流方向间的关系
	流量增益(伺服阀) flow gain(servo-valve)	在任何规定工作范围内,控制流量与输入信号曲线的平均斜率
	对称度 symmetry	伺服阀某一极性与相反极性间公称流量增益的一致程度。对称度是用两极性公称流量增益的差,以其中较大值的百分比表示的
	流量极限 flow limit	控制流量随着输入信号增加而不再增加的状态
	内泄漏(伺服阀) internal leakage(servo-valve)	控制流量为零时,阀内从进口到回油口的总的流量,内泄漏量随着输入压力和输入信号变化而变化
零位内泄漏 null (quiescent) leakage	阀处于零位时,总内泄漏量	



续表

分类	术语(中英文对照)	说明
伺 服 阀	遮盖 lap	在滑阀中, 阀心处于零位时, 固定节流梭边和可动节流梭边之间的相对轴向位置关系
	零遮盖 zero lap	阀心处于零位, 固定节流梭边和可动节流梭边重合的遮盖状态。在过零点和在工作区产生恒定的流量增益
	正遮盖 over lap	阀心处于零位, 固定节流梭边和可动节流梭边不重合, 节流梭边之间必须产生相对位移后才形成液流通道的遮盖状态
	负遮盖 under lap	阀心处于零位, 固定节流梭边和可动节流梭边不重合, 两个或多个节流梭边之间已存在液流通道的遮盖状态
	开口 opening	固定节流梭边和可动节流梭边之间的距离
	零偏 null bias	使阀归零时所需的输入信号, 扣除阀滞环的影响, 用额定信号的百分比表示
	零漂 null shift	零偏的变化量, 以额定信号百分比表示。零漂可能由供油压力、温度和其他工况变化而引起
	阀压降 valve pressure drop	阀输出级各控制节流口压差的和。阀压降等于供油压力减去回油压力再减去负载压降
	分辨率 resolution	在某一规定信号值下, 使阀输出产生变化所需要的输入信号增量。用额定信号百分比表示。分辨率通常规定为使阀的输出增加或减少所需要的最小信号增量。若两者信号不同, 应取其中较大者
	阈值 threshold	在零位时, 使阀输出反向所需要的输入信号变化量, 以额定信号的百分比表示
	频率响应 frequency response	当信号电流在一定频率范围内按正弦规律变化时, 控制量对输入信号的复数比。频率响应通常在输入信号幅值恒定和负载压差为零的条件下测定, 并用幅值比和相位移表示。阀的频率响应可随输入信号幅值、温度、供油压力和其他工作条件而变化
	幅值比 amplitude ratio	在特定频率下, 控制流量幅值与正弦输入信号幅值之比。通常使用在同一输入信号下, 某一规定低频作为基准进行归一化
	相位移 phase lag	在某一规定频率下, 正弦输出跟随正弦输入信号的瞬态时间的度量。通常用输入和输出间的矢量角, 以度表示
传递函数 transfer function	用卡尔森微分方程或拉普拉斯算式表示, 描述在零负载时控制流量与输入信号的相互关系	

附表 2-4 能量转换和调节设备术语

分类	术语(中英文对照)	说明
管 路 和 接 头 及 接 口	动力源 power supply	产生和保持压力流体流量的能源
	管路 flow line	传输工作流体的管道
	硬管 rigid tube; semi-rigid tube	用于连结固定装置的金属管或塑料管
	软管 flexible hose	通常用金属丝增强的橡胶或塑料柔性管
	工作管路 working line; feed line	用于传输压力流体的主管路
	回油管路 return line	把工作油液返回到油箱的管路
	补液管路 make-up line; replenishing line	对回路补充工作流体以弥补损失的管路
	控制管路 pilot control line	用于先导控制系统工作的控制流体所通过的管路
	泄油管路 drain line	把内泄漏液体返回油箱的管路
	放气管路 bleed line	把空气从充液的管路中排除出去的管路
	接头 connection; fitting	连接管路与其他元件的管件

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
管路和接头及接口	扩口式接头 flared fitting	借助于专用工具,把连接管的端口扩大,形成与接头端面的密封带的一种接头
	法兰接头 flange connection	由一对法兰(密封的)组成的接头,每个法兰与被连接的元件相连
	快换接头 quick release coupling	不使用任何工具即可接合或分离的接头。接头可以带或不带自动截止阀
	弯头 elbow fitting	连接两个管子使其轴线成某一角度的管接头。除另有规定外,角度通常为 90°
	异径接头 reducer fitting	两个连接口的内径不等的接头
	流道 flow path, gallery	流体在元件内流动的通路
	油(气)口 port	元件内流道的终端。可与管道相连,使流体流出或流入
油箱和气罐	气罐 receiver	储存压缩空气或气体的容器
	开式油箱 atmospheric reservoir	在大气压力下储存油液的油箱
	压力油箱 pressure-sealed reservoir	可储存高于大气压的油液的密闭油箱
	闭式油箱 sealed reservoir	使液体与大气隔离的密闭油箱
	油箱容量 reservoir fluid capacity	油箱内存储工作液的最大允许体积
蓄能器	液压蓄能器 hydraulic accumulator	装于液压系统中用来储存和释放压力能的蓄能器
	弹簧式蓄能器 spring-loaded accumulator	用弹簧加载活塞的液压蓄能器
	重力式蓄能器 weight-loaded accumulator	用重锤加载活塞的液压蓄能器
	充气式蓄能器 gas-loaded accumulator	利用惰性气体的可压缩性对液体加压的液压蓄能器。液气间可由皮囊、膜片或活塞隔离,也可直接接触
压缩空气调节	空气污染 air contamination	在供给系统或元件的空气中的污染
	固体颗粒污染 solid contamination	污染物呈固体颗粒状,用气体所含固体颗粒的质量分数表示
	液体污染 liquid contamination	污染物呈液体状用气体所含液体污染物的质量分数表示
	蒸汽污染 air contamination	污染物呈蒸汽状,在规定工作温度下,用气体所含蒸汽污染物的质量分数表示
	分离排污阀 separator drain-valve	能清除装置中收集的固体或液体污染物的阀。可以自动或手动操作
	空气干燥器 air dryer	用以降低工作介质中湿蒸汽含量的装置
	空气过滤器 air filter	基本功能是阻挡空气中污染物进入系统或元件及除去水分的装置
	油雾器 lubricator	将一定数量(可控或不可控)润滑剂以雾状注入工作介质的装置
热交换器	热交换器 heat exchanger	通过与其他流体热交换以降低、保持或升高工作介质温度的装置
	冷却器 cooler	从工作介质吸收热量的装置
	加热器 heater	给工作介质增加热量的装置
	温度控制器 temperature controller	能保持液体温度在预定范围内的装置
消声器和过滤器	液压消声器 hydraulic silencer	衰减液压脉动以降低液体噪声的装置
	气动消声器 pneumatic silencer	降低进气或排气噪声级的装置
	液压过滤器 hydraulic filter	主要功能是从油液中截留不溶性污染物的装置
	双联过滤器 duplex filter	两过滤器和切换阀安装在一体,可使全部流量流经任一个或两个过滤器的组件
	两级过滤器 two-stage filter	具有两个串联滤芯的过滤器
	滤网,粗过滤器 strainer	通常为编织结构的粗过滤器,可以是完整的过滤器,也可仅为滤芯

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
消声器和过滤器	滤芯 filter element	实现截留污染物的部件
	有效过滤面积 effective filtration area	流体能通过滤芯多孔介质孔隙的总面积
	公称过滤精度 nominal filtration rating	由制造厂商给定,用以表示过滤精度等级的名义微米值
	过滤效率 filter efficiency	在给定的污染度和规定试验条件下,从油液中清除规定试验污染物的能力的度量,用过滤器截留规定尺寸颗粒的概率来定量地表示。对于空气过滤器,用过滤器截留的液体污染物百分数来定量地表示
	效率曲线 efficiency curve	表示过滤效率与颗粒尺寸函数关系的曲线
	过滤器压降 filter pressure drop	流体通过过滤器的压差
	压溃压力 collapse pressure	引起滤芯结构损坏的内外压力差
	除气器 de-aerater	液压回路中用以除去液体中含有的空气或气体的装置
密封装置	填料密封 packing seal	由一个或多个可变形件组成,通常施加轴向压紧力来获得有效的径向密封的密封装置
	机械密封 mechanical seal	由相对运动的接触面组成,借机械力产生密封作用的密封装置。其接触面可以是金属、石墨、陶瓷等材料
	动密封件 dynamic seal	用于相对运动零件间的密封装置中的密封件
	径向密封件 radial seal	依靠径向接触压力密封的密封装置中的密封件
	旋转密封件 rotary seal	用于具有相对旋转运动零件间的密封装置中的密封件
	滑动密封件 sliding seal	用在具有相对滑动零件间的密封装置中的密封件
	活塞密封件 piston seal	安装在活塞上使活塞与缸筒间具有滑动密封作用的动密封件
	活塞杆密封件 rod seal	套在活塞杆外面的动密封件
	防尘圈 wiper seal; scraper	起擦拭作用以防止污染物侵入的密封件
	油封 rotary shaft seal	套在旋转轴表面的密封装置中的密封件
	复合密封件 composite seal	由不同材料组成的密封件
	组合垫圈 bonded seal; bonded washer	由平面金属垫圈粘接一同心弹性密封环组或的静密封件
	弹性密封件 elastomer seal	由弹性材料(如橡胶)组成的密封件
	丁腈橡胶密封件 nitrilerubberseal	由丁二烯和丙烯腈的共聚物制成的密封件,共聚物中丙烯腈含量决定了对石油基液体的耐油性
聚四氟乙烯密封件 polytetrafluoroethylene (PTFE) seal	由热塑性聚合物制成的密封件,它几乎耐一切化学药品,而且使用温度范围很广,摩擦系数很低,但弹性差复原性中等	
聚酰胺(尼龙)密封件 polyamide(NYLON) seal	聚酰胺热性材料制成的密封件,以高机械强度和耐磨损性为特征	

附表 2-5 控制机构术语

分类	术语(中英文对照)	说明
控制机构	自动控制 automatic control	不需要人为干预的控制方法
	人工控制 manual control	人工操作的控制方法
	机械控制 mechanical control	用机械零件,如轴、凸轮、杠杆等操纵的控制方法
	压力控制 pressure control	靠压力控制管路中流体压力变化来操作的控制方法
	气动控制 pneumatic control	使用在压力控制管路中空气的压力进行控制
	液压控制 hydraulic control	使用在压力控制管路中液体的压力进行控制
	电气控制 electrical control	利用电气状态变化操作的控制方法

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
控制机构	伺服控制 servo control	被控元件上的给定信号与实际状态的信号进行比较,按信号误差来进行的控制方法
	反馈 feedback	把被控元件状态的信号进行回输的方法
	机械反馈 mechanical feedback	采用机械传动的反馈
	液压反馈 hydraulic feedback	采用液压回路的反馈
	电气反馈 electrical feedback	采用电气信号的反馈
	气动反馈 pneumatic feedback	采用气动回路的反馈
	辅助控制 auxiliary control	固定在阀上可供选用的另一种控制方法的装置。通常为手动的装置
	优先控制 override control	固定在阀上可供选用的另一种控制方法的装置。它优先于正常控制方法
应急控制 emergency control	一旦正常控制出现故障,安装在阀上或回路中用以改变控制方法的装置。通常为手动装置	

附表 2-6 附属装置、组件及成套设置总成术语

分类	术语(中英文对照)	说明
附属装置组件	压力表 pressure gauge	通常为机械指针指示刻度以表示流体压力的仪表。一般压力表指示相对于环境大气压的压力,可指示高于或低于环境大气压的压力
	(电气)压力传感器 electrical pressure transducer	将流体压力转换成电气信号的器件
	绝对压力表 absolute pressure instrument	指示流体相对于理论上完全真空的绝对压力的仪表
	压差计 differential pressure instrument	测量两压力差值的仪表
	液位计 liquid level measuring instrument	指示液位高低的仪表
	流量计 flow meter	直接指示流体流量的仪表
	(电气)流量传感器 electrical flow transducer	将流体流量转换成电气信号的器件
	流量记录仪 flow recorder	把流量永久性记录在纸上、胶片上或磁带上的仪器
	压力开关;压力继电器 pressure switch	由流体压力控制的带电气开关的器件,流体压力达到预定值时,开关的触点动作
	压力表阻尼器 gauge pulsation damper	安装在压力表管路中的固定节流或可变节流装置,其作用是防止压力急剧变动损坏压力表
脉冲发生器 pulse generator	若进气口持续作用一个气动信号,则出气口将产生重复脉冲的装置	
组件	流体传动系统 fluid power system	利用密闭回路中的有压流体来传递和控制功率的相互连接的元件组合
	液压泵站 powerunit; powerpack	由电动机驱动的液压泵和必要的附件(有时包括控制器、溢流阀)组成的组件,也可带油箱
	压缩机站 compressor installation	由电动机、压缩机、气罐、调压阀等组成的组件
	起-停压力控制 start-stop pressure control	系统采用压力继电器,按照预定的最低和最高设定压力,自动地启动或停止压缩机的控制
成套设置总成	气动变速控制 pneumatic variable speed control	压缩机转速自动地按耗气量变化的控制
	液压马达组件 hydraulic motor assembly	液压马达、溢流阀及控制阀的组合
	气动马达组件 pneumatic motor assembly	气动马达、溢流阀及控制阀的组合
	直线马达 linear motor	内装控制元件可使活塞杆自动往复移动的缸

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
成套设置总成	空气处理装置 air conditioner unit	由空气过滤器、带压力表的减压阀和油雾器组成的处理单元,使输出气体符合一定的要求
	流体传动回路 fluid power circuit	相互连接的流体传动元件的组合
	控制回路 pilot circuit	用以控制主回路或元件的回路
	压力控制回路 pressure control circuit	调节或控制系统或系统分支流体压力的回路
	安全回路 safety circuit	用以防止突发事故、危险操作、实现过载保护及其他方式确保安全运行的回路
	差动回路 regenerative circuit	使元件(一般为液压缸)排出的液体流向元件或系统输入端的回路,在执行元件作用力降低的状况下,增加其速度
	调速回路 speed control circuit; flow control circuit	利用节流量来控制运行速度的回路
	进口节流回路 meter-in circuit	调节执行元件进口流量来实现控制的调速回路
	出口节流回路 meter-out circuit	调节执行元件出口流量来实现控制的调速回路
	同步回路 synchronizing circuit	控制多个执行元件的位移或速度差保持在要求精度下的回路
	顺序回路 sequence circuit	当循环出现两个或多个工步时,用以确立各工步先后顺序的回路
	开式回路 open circuit	使回油在再循环前通往油箱的回路
	闭式回路 closed circuit	回油通往泵进口的回路
	卸载回路 unloading circuit	当系统不需要流量时,在最低压力下将液压泵输出的流体返回油箱的回路
	原动机 prime mover	流体传动系统的机械动力源(电动机或内燃机),用以驱动液压泵或压缩机
	管路布量 pipe installation; pipe-work	流体传动系统管路及其附件的配置
	管卡 pipe clam	用以支撑和固定管路的装置
	减振器 anti-vibration mounting	用以隔绝机器与其安装底座振动的装置
	联轴器 drive shaft coupling	轴向连接两旋转轴并传递转矩的装置
	操作站 operating station	操作人员进行控制的场所
控制台 control console	装有控制按钮、开关、手柄等以及必要的仪表的台架,一般为带有安装仪表的垂直面板的桌式台架	
控制屏 control panel	安装仪表、开关及其他控制设备的立式面板	
气动控制系统 pneumatic control system	用气动技术实现的控制系统	

附表 2-7 液压油液术语

分类	术语(中英文对照)	说明
液压油液	液压油液 hydraulic fluid	适用于液压系统的油液,可以是石油产品、水基液或有机物
	牛顿流体 Newtonian fluid	黏度永远与剪切速率无关的液体
	石油基液压油; 矿物油 petroleum fluid; mineral oil	由石油烃组成的油液,可含其他成分
	难燃液压油 fire resistant(FR) fluid	难于点燃,火焰传播的趋向极小的液压油
	水基液压油 aqueous fluid	主要由水组成并含有有机物的液压油。其难燃性由水含量决定

续表

分类	术语(中英文对照)	说明
液 压 油 液	水包油乳化液 oil-in-water emulsion	油在水的连续相中的分散体
	油包水乳化液 water-in-oil emulsion	水在油的连续相中的稳定分散体
	合成液压液 synthetic fluid	通过合成而并非裂解或精炼制得的液压液。它可含各种添加剂
	黏度 viscosity	由于内摩擦产生的油液流动阻力
	绝对黏度 absolute viscosity	液体剪切应力与剪切速率的比值
	运动黏度 kinematic viscosity	液体绝对黏度与密度的比值
	黏度指数 viscosity index	液体黏度-温度特性的约定度量。指数值大,黏温特性变化小
	含水量 water content	油液(石油基液压油)中含水的数量
	密度 density	在给定温度(15℃)下油液质量与其体积之比
	空气释放能力 air release	液体释放溶解其内的气泡的能力
	密封相容性 seal compatibility	弹性体在尺寸和机械性能方面抗液体影响的能力
	闪点 flash point	油液被加热到释放出足够的蒸汽,使它在有空气存在时,在受控条件下施加一微弱的火焰便可点燃的温度
	自燃点 auto ignition temperature(AIT)	液体用吸管滴至加热的烧瓶中便会点燃的温度。AIT以低于自燃起火温度5℃来计算
	防锈性 rust protection	在给定条件下,油液防止生锈的能力
	抗腐蚀性 anti-corrosive quality	在标准条件下,油液对一种或几种材料腐蚀作用的评定。此特性对水基液尤为重要
	抗磨性 anti-wear properties;lubricity	在已知工作条件下,油液通过在运动面之间保持的一层油膜以防止金属与金属接触的能力
	安定性 stability	在正常储存使用条件下,油液保持其性能不产生永久变化的能力
	目测污染计数法 visual counting of contamination	用光学计数手段来评定油液污染度的任何方法
	自动污染计数法 automatic counting of contamination	用自动计数手段来评定油液污染度的任何方法。
	原始计数 raw count	给定油样中各种颗粒尺寸范围的实际计数值
统计计数 totalstatisticalcount	原始计数乘以计数修正系数	
颗粒尺寸分布 particle size distribution	用数字表格或图形表示的实验结果,该实验结果可用某一方法或某一仪器对样品颗粒当量直径进行测量而获得,也可测量两个当量直径尺寸之间的颗粒的比例,来获得该结果	
污染度 rate of contamination	用数字形式表征油液污染的每种测量结果。所采用的准则可以是颗粒数,也可以是重要物理特性(质量、过滤器沉积表面)的测量	
质量污染度 mass index of contamination	单位体积油液内所含颗粒的质量(重量)数	
污染等级 contamination classes	在任意定义等级后,可以确定一个等级号并对每个等级确定一个数值范围以及每个等级确定单位体积内不能超过的颗粒数极限。确定了污染的数值分布后,对任何等级,如果颗粒数不超过该等级极限给定的最大数,则该油液就属于这个等级	



## 附录 3 液压技术中的常用计量单位及其换算

物理量	单位	符号	单位换算	备注
长度	米	m	$1\text{m}=10^2\text{cm}=10^3\text{mm}$	✓
	英寸	in	$1\text{in}=0.0254\text{m}=25.4\text{mm}$	
面积	平方米	$\text{m}^2$	$1\text{m}^2=10^4\text{cm}^2=10^6\text{mm}^2$	✓
	平方英寸	$\text{in}^2$	$1\text{in}^2=6.4516\times 10^{-4}\text{m}^2=6.4516\text{cm}^2=645.16\text{mm}^2$	
容积	立方米	$\text{m}^3$	$1\text{m}^3=10^6\text{cm}^3=10^9\text{mm}^3$	✓
	升	L	$1\text{L}=10^3\text{mL}=10^{-3}\text{m}^3=10^3\text{cm}^3=10^6\text{mm}^3$	✓
	立方英寸	$\text{in}^3$	$1\text{in}^3=1.63871\times 10^{-5}\text{m}^3=16.3871\text{mL}=16.3871\text{cm}^3$	
时间	秒	s		✓
	分	min	$1\text{min}=60\text{s}$	✓
	小时	h	$1\text{h}=60\text{min}=3600\text{s}$	✓
速度	米每秒	m/s	$1\text{m/s}=100\text{cm/s}=60\text{m/min}$	✓
	米每分	m/min	$1\text{m/min}=0.0166667\text{m/s}=1.6666667\text{cm/s}$	✓
	英寸每秒	in/s	$1\text{in/s}=0.0254\text{m/s}$	
加速度	米每二次方秒	$\text{m/s}^2$		✓
旋转速度	弧度每秒	rad/s		✓
	转每分	r/min	$1\text{r/min}=(\pi/30)\text{rad/s}$	✓
质量	千克	kg		✓
	吨	t	$1\text{t}=1000\text{kg}$	✓
力	牛	N	$1\text{N}=10^{-3}\text{kN}=10^{-6}\text{MN}$	✓
	公斤力	kgf	$1\text{kgf}=9.80665\text{N}$	
	吨力	tf	$1\text{tf}=9.80665\times 10^4\text{N}$	
	磅力	lbf	$1\text{lbf}=4.44822\text{N}$	
压力	帕	Pa	$1\text{Pa}=1\text{N/m}^2=10^{-6}\text{MPa}$	✓
	工程大气压	at	$1\text{at}=98066.5\text{Pa}=14.695949\text{lbf/in}^2$	
	磅力每平方英寸	$1\text{lbf/in}^2$	$1\text{lbf/in}^2=6894.757293\text{Pa}=0.068\text{at}$	
排量	毫升每转	$\text{mL/r}$	$1\text{mL/r}=10^{-3}\text{L/r}$	✓
流量	立方米每分	$\text{m}^3/\text{min}$	$1\text{m}^3/\text{min}=1000\text{L/min}$	✓
	升每分	L/min	$1\text{L/min}=0.001\text{m}^3/\text{min}=16.66667\text{mL/s}$	✓
	美加仑每分	USgal/min	$1\text{USgal/min}=0.0037854\text{m}^3/\text{min}=3.785413\text{L/min}$	
	立方英寸每小时	$\text{in}^3/\text{h}$	$1\text{in}^3/\text{h}=4.55196\times 10^{-6}\text{m}^3/\text{s}$	
动力黏度	帕秒	$\text{Pa}\cdot\text{s}$		✓
	厘泊	cP	$1\text{cP}=10^{-3}\text{Pa}\cdot\text{s}$	
运动黏度	二次方米每秒	$\text{m}^2/\text{s}$		✓
	厘斯	cSt	$1\text{cSt}=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$	
转矩	牛米	$\text{N}\cdot\text{m}$		✓
	公斤力米	$\text{kgf}\cdot\text{m}$	$1\text{kgf}\cdot\text{m}=9.80665\text{N}\cdot\text{m}$	
功率	瓦	W	$1\text{W}=10^{-3}\text{kW}$	✓
	马力	PS	$1\text{PS}=735.499\text{W}$	
	英马力	hp	$1\text{hp}=745\text{W}$	

注：备注中带✓者为法定计量单位。

## 参 考 文 献

- 1 路甬祥主编. 液压气动技术手册. 北京: 机械工业出版社, 2002
- 2 雷天觉主编. 液压工程手册. 北京: 机械工业出版社, 1990
- 3 张利平主编. 液压气动系统设计手册. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 4 张利平编著. 液压站设计与使用. 北京: 海洋出版社, 2004
- 5 王广怀编著. 液压技术应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2001
- 6 宋学义主编. 袖珍液压气动手册. 北京: 机械工业出版社, 1995
- 7 蔡春源主编. 新编机械设计手册. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993
- 8 陈松楷主编. 机床液压系统设计指导手册. 广州: 广东高教出版社, 1993
- 9 全国液压气动标准化技术委员会. 液压气动标准汇编(上、下册). 北京: 中国标准出版社, 1997
- 10 章宏甲, 黄谊主编. 液压传动. 北京: 机械工业出版社, 1993
- 11 官忠范主编. 液压传动系统. 北京: 机械工业出版社, 1989
- 12 于晓瑞, 郑来久, 金崇源编著. 纺织机械液压与气动基础. 第2版. 大连: 大连海事大学出版社, 1996
- 13 王春行主编. 液压伺服控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1981
- 14 严金坤, 张培生主编. 液压传动. 北京: 国防工业出版社, 1979
- 15 陈愈主编. 液压阀. 北京: 中国铁道出版社, 1982
- 16 黎启柏编著. 电液比例控制与数字控制系统. 北京: 机械工业出版社, 1997
- 17 王孝华, 赵中林等编著. 气动元件及系统的使用与维修. 北京: 机械工业出版社, 1996
- 18 徐文灿主编. 气动元件及系统设计. 北京: 机械工业出版社, 1995
- 19 林建亚, 何存兴主编. 液压元件. 北京: 机械工业出版社, 1988
- 20 ANTHON ESPOSITO. FLUID POWER WITH APPLICATIONS. NEW JERSEY: PRENTICE-HALL, 1980
- 21 R. Kimpel. Proportional Valve Circuits: Provide Exact Metering Capabilities, Hydraulics & Pneumatics, 1992 (10)
- 22 杨胶溪, 孙玉宗, 李惠琪. 液压与气动, 2001, (2): 12
- 23 李国鹏, 陈雪萍. 中国铸造装备与技术, 1999, (3): 40
- 24 社隆有, 陈生隆, 古兴华等. 金属成形工艺, 1996, (6): 19
- 25 张增泰, 陆克明, 秦富生等. 机械设计与研究, 1995, (2): 7
- 26 李湘闻, 张慧兰. 机床与液压, 2003, (4): 167
- 27 李艳. 机床与液压, 2002, (6): 160
- 28 陈柏金, 钟绍辉, 盛宏伟等. 液压与气动, 2001, (2): 21
- 29 戴士杰, 李铁军, 李慨等. 机床与液压, 2001, (3): 92
- 30 冯育萍. 机床与液压, 1996, (5): 54
- 31 孙友松, 魏小华, 吴黎明等. 机床与液压, 1994, (3): 167
- 32 杨重晓. 液压与气动, 1999, (6): 26
- 33 樊留群, 鄢君辉, 王文彬等. 机床与液压, 1998, (6): 57
- 34 易孟林, 龙成光, 沈毅杰. 机床与液压, 1997, (1): 40
- 35 周延峰, 赵升吨, 王丽红等. 机床与液压, 2002, (6): 59
- 36 夏毅敏, 廖平, 张立华等. 机床与液压, 2001, (4): 116
- 37 孙立权, 孙继武, 李芳雪. 焊接技术, 1999, (5): 16
- 38 王克争, 王治平, 吴建新. 焊接技术, 2001, (4): 27
- 39 祝守新, 车磊, 夏炎. 液压气动与密封, 2002, (3): 8
- 40 张利平, 张津, 石亚雄. 液压与气动, 2002, (1): 24
- 41 赵燕, 王虹. 机床与液压, 2001, (4): 106

- 42 张波, 李卫民, 尚锐. 液压与气动, 2002, (8): 31
- 43 田忠. 液压与气动, 2002, (8): 54
- 44 王晓雄. 液压与气动, 2000, (1): 27
- 45 汪国健. 液压与气动, 2000, (3): 20
- 46 徐贤波, 姚国良. 液压气动与密封, 1997, (3): 16
- 47 覃世宏. 机床与液压, 1994, (5): 284
- 48 陈洁茂. 机床与液压, 2001, (3): 111
- 49 刘增丽, 孟昭林, 解宁等. 液压与气动, 1997, (5): 8
- 50 崔国泰, 张德恩. 液压与气动, 1994, (6): 15
- 51 徐守昌, 刘士钊, 王继珍等. 机床与液压, 1998, (3): 29
- 52 仲崇生. 机床与液压, 1998, (3): 50
- 53 张利平, 李文甫. 液压与气动, 1998, (4): 86
- 54 易捷, 孙坤龙. 机床与液压, 2000, (6): 49
- 55 胡德飞. 机床与液压, 2002, (5): 148
- 56 陆杰. 液压与气动, 1995, (3): 20
- 57 赵建玉, 康健, 黄铭键等. 液压与气动, 2002, (4): 8
- 58 李尧忠, 贺仁良, 贺红林. 液压与气动, 2002, (6): 16
- 59 王天利, 张波, 田孝军. 机床与液压, 2003, (2): 224
- 60 范彦同, 黄重玲. 液压与气动, 1991, (1): 43
- 61 史纪定, 张耀东. 液压与气动, 1991, (1): 61
- 62 吕景忠, 王同建, 孙莉. 液压与气动, 2002, (12): 28
- 63 徐建方. 液压与气动, 2001, (6): 8
- 64 刘荣忠. 机床与液压, 2001, (4): 142
- 65 刘明利, 马鸿飞, 朱立等. 机床与液压, 2001, (6): 147
- 66 张齐生, 高殿荣, 朱晓民. 液压与气动, 1998, (3): 1
- 67 周新建, 李建疆, 雷党辉. 机床与液压, 2003, (3): 299
- 68 张祝新, 王华. 机床与液压, 2002, (1): 115
- 69 萧子渊, 徐鸿谦, 乌建中. 液压气动与密封, 1994, (1): 34
- 70 彭雄豪. 液压与气动, 1992, (1): 27
- 71 贾建军, 曹辉. 液压与气动, 2002, (2): 32
- 72 程月飞, 李青. 液压与气动, 1996, (6): 11
- 73 黄德中, 昂圣山. 液压与气动, 1993, (5): 37
- 74 周新建, 李建疆, 雷党辉. 机床与液压, 2003, (3): 299
- 75 邓凌生, 印方. 液压与气动, 1991, (3): 43
- 76 尚增温, 史亮, 苏嵩. 液压与气动, 2002, (12): 7
- 77 张伟, 韩基新. 液压与气动, 2002, (11): 22
- 78 张世亮, 柯明利, 李日福. 机床与液压, 2001, (1): 49
- 79 徐守昌, 娄海军, 李宏霞等. 机床与液压, 2001, (1): 71
- 80 杨贺来, 李庆辉, 胡郁鸣等. 液压与气动, 1998, (6): 16
- 81 张利平, 张秀敏. 国外塑料, 1996, (1): 26
- 82 张利平, 张秀敏, 周文. 液压气动与密封, 1993, (3): 32
- 83 姚春东, 谭英杰, 刘明珍. 机床与液压, 2003, (5): 168
- 84 齐卫东. 机床与液压, 2003, (3): 228
- 85 崔平正, 邓向明. 机床与液压, 2000, (6): 61
- 86 朱宝京, 王健. 机床与液压, 2000, (6): 68
- 87 包毅. 液压与气动, 1992, (3): 27

- 88 赵连瑞, 赵丹, 陈密夏. 液压与气动, 1990, (1): 43
- 89 胡浩. 液压与气动, 1995, (1): 49
- 90 张路军, 潘伟, 顾心怿. 液压与气动, 2001, (12): 12
- 91 段灿明. 液压与气动, 1993, (6): 16
- 92 李英智. 机床与液压, 2003, (5): 143
- 93 崔平正. 机床与液压, 2001, (6): 142
- 94 张彦廷. 液压与气动, 2001, (2): 7
- 95 姚春东, 许亚芬. 液压与气动, 2001, (5): 30
- 96 严少雄. 液压与气动, 1993, (6): 14
- 97 何松桥. 液压与气动, 1996, (3): 25
- 98 李宏伟, 翁振涛. 液压与气动, 2002, (7): 30
- 99 朱熙耕, 王福山, 董津宁等. 液压与气动, 2002, (10): 11
- 100 王良辉. 液压与气动, 2000, (1): 25
- 101 黄志坚, 罗卫国, 姚良挺. 液压与气动, 1999, (4): 6
- 102 侯宝泉. 液压与气动, 1999, (4): 19
- 103 李湘闽. 液压与气动, 1999, (4): 29
- 104 方桂花, 史志强. 机床与液压, 2001, (3): 115
- 105 王洪, 曹进利. 机床与液压, 2001, (3): 135
- 106 杨秀萍, 魏喜新. 液压气动与密封, 2000, (1): 49
- 107 袁胜发. 液压与气动, 1998, (6): 40
- 108 曾良才, 王晓东, 黄富瑄等. 机床与液压, 2003, (3): 289
- 109 边军, 张夫波, 康定鉴. 机床与液压, 2003, (2): 198
- 110 姜杰, 许文通, 何锁山等. 液压与气动, 1990, (4): 45
- 111 张习刚. 液压与气动, 2002, (5): 28
- 112 明子林. 液压与气动, 2002, (6): 34
- 113 陈嘉桐, 徐化平. 液压与气动, 2001, (6): 19
- 114 樊永义, 杨莅彦. 液压与气动, 2000, (5): 37
- 115 李中复, 王永刚, 刘卓. 机床与液压, 2002, (5): 86
- 116 王能保, 张成忠. 机床与液压, 2001, (3): 96
- 117 曾志强. 液压与气动, 1993, (3): 36
- 118 朱明. 液压与气动, 2001, (9): 1
- 119 谷铁军. 液压与气动, 1996, (1): 23
- 120 柳波, 聂宝安. 液压与气动, 2000, (1): 20
- 121 李霞, 刘军. 液压与气动, 1999, (4): 21
- 122 张景升, 卢文辉. 机床与液压, 2001, (3): 56
- 123 尚增温, 刘向阳. 液压与气动, 1998, (5): 16
- 124 樊锦波, 梁健强, 黎保欣等. 机床与液压, 2002, (2): 111
- 125 谷立臣, 贺利乐, 张优云. 工程机械, 2001, (1): 13
- 126 俊守全, 李进春, 王玉辉等. 机床与液压, 2000, (5): 57
- 127 李霞, 刘军. 液压与气动, 2001, (9): 19
- 128 王华兵, 胡军科. 液压与气动, 2001, (11): 10
- 129 尚天成, 赵黎明. 液压与气动, 2002, (5): 26
- 130 田茂贵. 液压与气动, 2000, (2): 9
- 131 王红亮. 液压与气动, 1994, (4): 31
- 132 胡凤娟. 液压与气动, 1996, (3): 10
- 133 黎启柏, 陈星海. 液压与气动, 1996, (5): 22

- 134 康芳茂, 韦芳. 液压与气动, 2001, (1): 17
- 135 张立新. 液压与气动, 1996, (3): 5
- 136 魏永辰, 张红军. 液压与气动, 2000, (4): 21
- 137 耿雷, 陶苏玉. 机床与液压, 2001, (2): 99
- 138 赵奎, 谢文华, 夏铭等. 液压气动与密封, 2000, (2): 36
- 139 张利平. MM 机械技术, 2003, (7): 157
- 140 刘冬莉, 孙军, 赵民. 中国建材装备, 1999, (3): 43
- 141 张利平. 工程机械, 2003, (9): 37
- 142 胡春宝, 张素巧. 机床与液压, 2002, (6): 189
- 143 张世亮, 罗忠辉. 机床与液压, 1999, (4): 23
- 144 刘延俊, 李兆文, 陈正洪. 液压与气动, 2001, (12): 5
- 145 陈宜通. 液压与气动, 2001, (7): 16
- 146 王芸生. 液压与气动, 2001, (2): 25
- 147 张振军, 练元广. 机床与液压, 2001, (5): 125
- 148 陈秀梅, 杨庆东, 王红军. 液压与气动, 2002, (8): 25
- 149 田茂贵. 液压与气动, 1999, (2): 25
- 150 孙永厚, 毛继东, 武华等. 液压与气动, 1999, (3): 49
- 151 刘宝田, 关忠杰, 黄延涛, 张新宇. 液压与气动, 1999, (4): 23
- 152 孔庆华, 陆怀民, 刘晋浩. 液压与气动, 1999, (5): 9
- 153 王苗, 王殿君, 孟庆鑫等. 机床与液压, 2003, (5): 45
- 154 刘康明, 王必强, 贺显林. 工程机械, 2002, (3): 9
- 155 王忠生. 工程机械, 2002, (9): 14
- 156 王继红, 郜立焕, 周琦. 机床与液压, 2002, (1): 119
- 157 武华. 液压与气动, 1990, (4): 44
- 158 龚跃进. 液压与气动, 1990, (3): 39
- 159 李国良, 徐慧明, 王忠等. 液压与气动, 1995, (5): 28
- 160 冯永保, 郭晓松, 邸乃谦. 液压与气动, 2001, (12): 14
- 161 柯文斌. 液压与气动, 1996, (1): 25
- 162 王鸿翔. 液压与气动, 2002, (12): 12
- 163 梅彦利, 司鹏昆, 罗灯明. 液压与气动, 2002, (11): 40
- 164 朱志坚, 凌波. 液压与气动, 2001, (9): 33
- 165 马荳. 机床与液压, 2001, (4): 82
- 166 路林吉, 钱锐, 奚林根. 液压气动与密封, 1999, (1): 37
- 167 潘家鹤, 李静荣. 液压与气动, 1994, (6): 19
- 168 刘长青, 魏环. 机床与液压, 1997, (2): 57
- 169 Zhang Liping, Li Yingbo, Zhang Xiumin. Proceedings of the 2nd International Symposium on Fluid Power Transmission and Control (ISFP'95), 186~189 Shanghai: Shanghai Science & Technological Literature Publishing House, 1995
- 170 林瑞峰, 王桂跃. 机床与液压, 2000, (2): 54
- 171 尹学军, 刘海刚. 机床与液压, 2000, (2): 55
- 172 秦惠芳. 机床与液压, 2000, (3): 42
- 173 章维明. 液压与气动, 1996, (3): 19
- 174 张军, 张弢. 机床与液压, 2001, (4): 114
- 175 曹萃文, 陈建政. 液压与气动, 2000, (6): 52
- 176 汤漾平, 徐景春. 液压与气动, 1999, (1): 5
- 177 王玉珠. 液压气动与密封, 2000, (5): 47

- 178 裴全章. 液压与气动, 1994, (3): 16
- 179 丁万荣, 赵华锦. 机床与液压, 1997, (4): 23
- 180 龙劲忠. 机床与液压, 1997, (5): 45
- 181 张利平, 张秀敏. 现代机械, 1995, (4): 35
- 182 郭长江, 杨改云. 机床与液压, 2003, (4): 185
- 183 董哲, 何萍, 刘海宽等. 液压气动与密封, 1994, (1): 38
- 184 王收军, 解宁, 孟昭林. 液压与气动, 1995, (3): 31
- 185 孙家琪. 液压与气动, 1995, (5): 27
- 186 吴限, 袁小荣. 液压与气动, 1995, (4): 15
- 187 胡锦涛, 刘克铭. 液压与气动, 2002, (2): 16
- 188 陈滨. 液压与气动, 2002, (4): 15
- 189 袁建杨. 液压与气动, 2001, (3): 21
- 190 芮丰. 液压气动与密封, 1999, (6): 28
- 191 王夕举. 液压与气动, 1991, (2): 29
- 192 秦利, 尚增温, 张秀英. 液压与气动, 1993, (2): 22
- 193 平云良. 液压与气动, 2000, (5): 5
- 194 陈建平. 液压与气动, 1997, (2): 10
- 195 任文儒. 液压与气动, 1994, (3): 22
- 196 王卓, 孟庆鑫, 袁夫彩等. 机床与液压, 2002, (5): 68
- 197 王占勇, 唐有才, 江龙平. 机床与液压, 2002, (5): 215
- 198 刘涛. 机床与液压, 2002, (3): 161
- 199 张立勋, 孟焯, 李广君等. 机床与液压, 2000, (1): 16
- 200 朱晓民, 张农. 液压与气动, 1992, (3): 22
- 201 孙虹, 杨清璞. 液压与气动, 2001, (7): 18
- 202 唐有才, 王占勇, 尚可户. 液压与气动, 2001, (4): 11
- 203 暴宏志, 刘永光. 液压与气动, 2002, (11): 18
- 204 陈雁, 张伟明. 液压与气动, 2001, (5): 26
- 205 黎启柏, 朱建辉. 液压与气动, 2002, (4): 19
- 206 明仁雄, 万会雄, 章琅浩. 液压与气动, 2001, (2): 2
- 207 萧子渊, 徐鸣谦, 乌建中. 液压气动与密封, 1997, (1): 9
- 208 李卫民, 张波, 何松桥. 液压与气动, 1999, (2): 22
- 209 常达, 萧子渊. 液压气动与密封, 2001, (6): 8
- 210 李生录, 裴文中, 王坦等. 液压与气动, 1998, (6): 11
- 211 何闻, 贾叔仕, 魏燕定等. 机床与液压, 1997, (3): 5
- 212 Zhang Liping. new Achievements in Fluid Power Engineering (93'ICFP), 172~173. Beijing: International Academic Publishers, 1993
- 213 杨书仪, 周吉彬. 机床与液压, 2002, (3): 173
- 214 杨可森, 席中慧, 李宏伟等. 机床与液压, 2002, (3): 201
- 215 范明豪, 周华, 杨华勇. 液压与气动, 2001, (5): 14
- 216 徐守昌, 胡景春, 王国山等. 机床与液压, 1995, (5): 101
- 217 周连全, 陈正国, 朱瑞平. 机床与液压, 2001, (1): 77
- 218 傀江生, 翟羽健. 液压气动与密封, 1995, (2): 41
- 219 李耿立, 智兆华, 吕永进. 河北工业科技, 2000, (6): 3
- 220 郭世杰. 液压与气动, 2000, (6): 17
- 221 陈忠强, 李庆. 液压气动与密封, 1999, (2): 24
- 222 吴冉泉, 张绍裘, 陈志荣. 液压与气动, 2000, (3): 7



- 223 童伟, 刘树道. 机床与液压, 2003, (5): 113
- 224 卞立敏. 工程机械, 2002, (10): 10
- 225 单根立. 机床与液压, 2002, (6): 191
- 226 段新立, 马晓东, 周连全等. 机床与液压, 1999, (3): 71
- 227 陈新民, 俞李伟. 机床与液压, 1999, (3): 73
- 228 王科社, 陈秀梅, 刘苍山. 液压与气动, 2002, (1): 17
- 229 刘保水, 谢磊. 液压与气动, 2002, (6): 7
- 230 李鄂民, 高玉堂, 王明智. 液压与气动, 1991, (4): 26
- 231 喻统武. 机床与液压, 1996, (1): 35
- 232 谷铁军. 液压气动与密封, 1995, (2): 24
- 233 尚增温, 刘海湘. 液压与气动, 1997, (1): 22
- 234 陈尧明, 许福玲, 张德贺. 液压与气动, 1994, (2): 19
- 235 袁子荣, 吴张水, 王强等. 机床与液压, 2003, (2): 223
- 236 于凯. 机床与液压, 2000, (3): 39
- 237 陈晓英, 戴一平. 机床与液压, 2002, (5): 228
- 238 任科昌. 液压与气动, 1995, (1): 46
- 239 陈为国, 丁叙生, 李尧忠等. 机床与液压, 2001, (4): 113
- 240 严继东, 范基, 张维群. 机床与液压, 1995, (6): 349
- 241 张利平. 现代机床液压站的结构选型. 制造技术与机床, 2000, (10): 11
- 242 张利平. 机械制造杂志, 2001, (8): 66
- 243 张利平, 周兰午. 中国机械工程, 2001, (增刊): 36
- 244 张利平. 河北科技大学学报, 2001, (1): 27
- 245 张利平. 工程机械, 2001, (1): 37
- 246 张利平, 侯国维. 机床与液压, 1993, (5): 279