



高职高专规划教材

主编 / 李立斌 主审 / 金潇明

机械创新设计基础

国防科技大学出版社

高职高专规划教材

机械创新设计基础

主编：李立斌

主审：金潇明

国防科技大学出版社

·长沙·

内 容 简 介

本书介绍创造思维、创新原理和创新方法,以机械创新设计为主线,密切结合工程实际,围绕机构、传动和机械设计等环节,通过大量的机械创新设计案例、实例分析,将设计过程和创新思维有机地融合,突出体现创新特征,提高学生创新意识和解决实际问题的能力。

本书的编写不仅仅局限于机械设计,也包括现代机械技术等内容;在介绍创造思维、创新原理和创新方法等内容时,也注意机械创新设计实例的穿插,从各个角度分析创新设计的规律和方法。在内容编排和取舍上注意以机械创新设计为龙头,以案例分析为重点,叙述上力求简明、通俗和有趣味性,力求联系实际、图文并茂、深入浅出、总结规律,注重培养学生创新意识和能力,引导读者去观察、分析,培养学生参与创新活动的兴趣。

本书可作为高职高专机电类专业教材,也可供有关教师和工程技术人员作为参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械创新设计基础/李立斌. —长沙:国防科技大学出版社,2002.1

ISBN 7-81024-802-2

I. 李… II. 机… III. ①机械 ②设计 IV. TH162

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)4572640 邮政编码:410073

E-mail:gfkdcbs@public.cs.hn.cn

责任编辑:罗青 责任校对:文慧

新华书店总店北京发行所经销

国防科技大学印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:7.25 字数:168千

2002年1月第1版第1次印刷 印数:1—6500册

*

定价:15.00元

前 言

创新是科学技术和经济发展的原动力。当今世界各国之间在政治、经济、军事和科学技术方面的剧烈竞争,实质上就是人才的竞争,而人才竞争的本质是人才创造力的竞争。

江泽民同志多次强调创新的重要性。他指出“创新是一个民族进步的灵魂,是国家兴旺发达的不竭动力。一个没有创新能力的民族,难以屹立于世界民族之林。”

创造强调新颖性和独特性,创新则是创造的某种实现。

为了适应 21 世纪人才培养的要求,必须更新教育观念,探索教育改革道路,而教育改革的重点是加强学生素质教育和创新能力的培养。

本教材介绍创造思维、创新原理和创新技法,密切结合工程实际,围绕机械设计中机构、结构和机械系统设计等环节,引入大量创新实例,深入浅出,联系实际,图文并茂,叙述力求简明、通俗、有趣味性,突出体现创新思维特征,引导读者去观察、分析、思考,培养学生参与创新活动的兴趣,从而亲手从事创新设计实践。

高职高专学校,是以培养生产一线所需要的新技术应用型、适应型人才为目标,注重培养学生应用、适应、技术创新等方面的能力。目前,关于创造原理和创造思维的高职高专教材和书籍还不多,作者通过多年的教学、收集资料和准备,编写了这本《机械创新设计基础》教材,编者希望以本书进行这方面的探索,并希望通过本书能对读者有所启发,起到抛砖引玉的作用,如果读者们在读完本教材后,能发现并解决生活、生产中的一些问题,有所创意、创新、有所发现、发明,编者将感到欣慰。

参加本教材编写工作的有湖南工业职业技术学院李立斌(第一、三、七章)、肖智清、皮智谋(第五章),河南工业职业技术学院秦启书(第六章),长沙航空职业技术学院李建跃(第八章),长沙航空职业技术学院关云飞,湖南生物与机电工程职业技术学院欧阳中和(第四章),湖南化工学校何国旗(第二章)。由李立斌同志任主编。

本教材承请金潇明教授主审,他对本教材提出了许多宝贵的指导性意见和建议。在本书的编写过程中,还得到了各兄弟学校教师和领导的指导和帮助,以及同仁的热情鼓励和大力支持,编者在此谨向他们表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,错误和不当之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2001 年 7 月

目 录

第一章 引言	(1)
第一节 创造与发明并不神秘.....	(1)
第二节 创新需要勇气和毅力.....	(2)
案例 杂交水稻的研究应用.....	(3)
第三节 创新人才的培养.....	(4)
第四节 机械创新设计.....	(6)
第二章 如何培养创造能力	(9)
第一节 人类的思维.....	(9)
第二节 创造性思维的特征	(10)
第三节 影响创造能力的非智力因素	(11)
第四节 影响创造能力的智力因素	(14)
第三章 创新基本原理	(17)
第一节 综合创新原理	(17)
案例 微积分的创立	(18)
案例 激光的发明	(19)
第二节 分离创新原理	(21)
案例 “椰菜娃娃”奇迹	(21)
第三节 移植创新原理	(22)
第四节 逆向创新原理	(24)
案例 大庆油田的发现	(25)
第五节 还原创新原理	(26)
第六节 价值优化原理	(28)
第四章 常用创新方法	(29)
第一节 到何处去搜寻题材	(29)
第二节 创新的主要方法	(30)
案例 计算机的发明	(31)
第五章 机构的创新设计	(42)
第一节 常见机构分析	(42)
第二节 各类机构简介	(43)

第六章 机械传动的创新设计	(55)
第一节 传动类型分析	(55)
第二节 各类传动举例	(56)
第七章 机械的创新设计	(67)
第一节 总体方案设计	(67)
第二节 结构设计	(75)
第三节 机械创新设计案例	(82)
案例一 蒸汽机的发明	(82)
案例二 内燃机的发展	(83)
案例三 三角转子发动机的研制	(85)
案例四 机床的诞生	(87)
案例五 汽车的发明	(89)
案例六 飞机的产生	(90)
第八章 现代机械及发展	(92)
第一节 现代机械	(92)
第二节 机器人	(94)
第三节 机床数控技术	(97)
第四节 快速成型制造技术(RPM)	(99)
第五节 柔性制造系统(FMS)	(102)
第六节 计算机集成制造系统(CIMS)	(104)

第一章 引言

第一节 创造与发明并不神秘

科学技术的最基本特征就是不断进步,不断创新。创新是人类文明进步的原动力。创新对人类科学的发展产生了巨大影响,而科学的发展则成为推动人类社会进步和社会变革的第一动力。

人类历史上有无数的发现、发明和创新对人类的生产、生活产生了非常深远的影响,极大地推动了生产力的发展,人们的生活水平不断地得以提高。一谈到创造发明、发现,人们开始可能会认为是很神秘的事,以为创新发明是学者专家的专利品,一般人很难办到,那么我们先看看下面这些实例吧。

传说鲁班在山上砍柴时,不小心手被草割破了,一般人可能会自认倒霉,而他却对此产生了好奇心,他仔细观察这种草后,发现这草的边上有一排锯齿,根据这个发现,鲁班发明了至今仍在使用的锯子;传说瓦特在观察到水烧开后蒸汽能将壶盖顶起,依据这个原理他产生了蒸汽动力的设想,并最终发明了蒸汽机,导致了第一次工业革命;还有大家非常熟悉的阿基米德在洗澡时发现浮力定理,从而检验出皇冠是否为纯金的故事;牛顿从树上的苹果会掉下来的现象发现万有引力的故事……这些故事为他们的发明增添了一层神秘的传奇色彩。

我们在使用铅笔时,常常会由于找不到橡皮擦而烦恼,美国的一位叫海迈的穷画家想到了用金属片将橡皮包在铅笔头上的办法,这就是现在的带橡皮铅笔的最初构想,这位画家的画虽然没有卖出好价钱,但他无意中却成了发明家,这个构想为他带来了 60 万美元的设计费。

大家天天都使用钢笔,那么你知道现在使用的钢笔是怎么设计出来的吗? 1880 年左右,美国的一名叫华特曼的保险业务员常常为自来水钢笔漏下一滴墨水而使所填写的表格报废而苦恼。他开始致力于设计不掉水的钢笔,为了克服这一缺陷,他经过几年的努力,终于在 1884 年将原来图 1-1(a)所示形状的钢笔尖上开一条沟,并加上一个小圆孔,巧妙设计了笔头上的墨水通路和吸入空气的通路,如图(b)所示,制作出了人们盼望已久的不突然滴漏墨水的笔尖。这个创意使他成为了世界上最大的自来水笔大王,至今华特曼钢笔仍是世界上一流的自来水笔。

一位名叫吉利的美国人,有一次因为要赶火车,起床急急忙忙刮胡子时不小心将脸刮伤了,他坐在火车上就想能不能设计出不会刮伤脸的安全剃须刀呢? 此后,他常常为此事困扰,

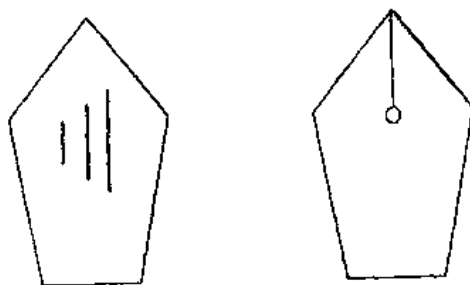


图 1-1 钢笔笔尖

左思右想不得其解。1895年,有一天他到理发店理发时,无意中发现理发师正用梳子一边梳头,一边用剪刀剪梳子外的头发,他突然由此得到灵感,经过多次试制,发明了安全剃须刀。

有一位青年,一次看到了一对姐弟吵架的情形,因为姐姐要使用电熨斗,而弟弟却要用电灯看书,两人为了争抢电源而吵了起来。他就想到“如果能够做一个有两面插座的插头,那不就解决问题了吗?”于是他就以200日元的资本,生产这种自己发明的有复式插座的插头,从而开始了他的事业,这位青年名叫松下幸之助。

1583年伽里略在教堂做礼拜时,看到教堂内有一根长绳下面吊着吊灯,这种装置叫摆。他发现吊灯在小幅度摆动时,虽然摆的幅度逐渐减小,但摆动一次所需的时间是一样的,这个特性就是摆的等时性,依据这个原理,荷兰物理学家惠更斯制造出了带摆的钟。

1895年,德国物理学家伦琴在做阴极射线实验时,发现有种未知的射线能使荧光板发光,而且无意之中他还发现这种奇怪的射线能映射出手骨头的影像,他将这未知的射线称为X射线。伦琴因此于1901年获首次诺贝尔物理学奖。

第二节 创新需要勇气和毅力

从上述这些实例可看出,大多数发明家在创新发明之前都是非常普通的,很多创新发明往往是通过一次偶然事件触发灵感而开启智慧之窗而获得的。那么创新发明是轻而易举的事吗?让我们再看看下面这些例子吧!

1763年,欧洲流行天花这种可怕的疾病,凡传染上天花病的人几乎必死无疑,但英国15岁的少年琴纳从一些医生中听到了“得牛痘者几乎不得天花”这样的说法,后来琴纳详细研究这种说法是否正确。1796年他试着为他8岁的儿子种植了牛痘,他的儿子开始稍有些发烧,但不久就恢复正常了,接着琴纳冒着失去儿子的危险,将天花病人的脓移植到儿子身上,事实证明他儿子没有得天花。经过30多年的努力,琴纳终于发现了牛痘免疫天花的方法,攻克了这个曾被人认为是不治之症的顽疾。诺贝尔为了发明安全的烈性炸药,进行了近20年的实验,在实验中他的弟弟被炸死,父亲受重伤,但他并没有因此而被吓倒退却,终于获得成功。美国的杰克逊在发明了拉链后为了设计出生产拉链的机器,花费了19年的时间。发明之王爱迪生为了找到实用的电灯灯丝材料,经历了无数次的实验,用到了6000多种植物纤维,试验了1600多种耐热材料,终于发明制造出炭化灯丝的白炽电灯,为漫漫长夜带来光明,他还对电灯和用电设施加以不断改进,产生了一系列新的发明,像电线插座、电表、保险丝、配电盘、电力机车等等;法拉第虽然出身贫民家庭,连学校都没有进过,但他经过自学对科学研究产生了浓厚的兴趣,并在大科学家戴维的帮助下,来到研究所担任戴维的助手兼差役,在经过长达18年的大量实验、研究之后,终于发现了电磁感应现象;居里夫人在发现放射性元素之后,花了五个多月的时间,终于从一吨沥青铀矿石中提炼出了0.1克纯镭。达尔文经过5年的环球考察之后,又用了20多年的研究才完成巨著《物种起源》,揭开了生物进化之谜。我国数学家陈景润废寝忘食,全身心的投入,历经十几个春秋,才摘取了哥德巴赫猜想这一数学皇冠上的明珠。

这些实例说明,任何一个创新发明都是人们经过长期的探索,不仅需要坚韧不拔的意

志和毅力,而且有些是以生命为代价换来的。如果没有冲破传统观念和不怕失败的勇气,没有不怕牺牲的冒险精神,没有坚韧不拔的意志和毅力,他们就不可能到达光辉的彼岸。

案例:杂交水稻的研究、应用

1961年的一天,湖南省安江农校教师袁隆平在试验田发现一株“鹤立鸡群”的水稻,它植株高大,穗大粒多,袁隆平如获至宝,他将种子收集起来,第二年种下进行试验,希望能培养出高产的稻种,可当稻子抽穗后,后代却参差不齐,竟没有一株像原来的单株好。失望之余,经过反复思索,产生了一个大胆的设计:只有搞杂交水稻,利用杂种优势才能提高产量。

当时,经典遗传学理论认为,稻麦等自花授粉作物没有杂种优势。而袁隆平却认为杂种优势是生物界的普遍规律,自花授粉作物与异花授粉作物的区别不过是繁殖方法有所不同。刚过而立之年的袁隆平向传统的遗传学理论提出了挑战。

他设想利用“水稻的雄性不孕性”培育杂交水稻的方案,经过10多年的研究,先后用1000多个品种,做了3000多个杂交组合实验,结果却不令人满意,经过综合分析后,他发现几千个试验所用的杂交材料亲缘关系都太近,于是提出了用远缘的野生稻种与杂交稻种进行杂交的关键性设想,接着,他的助手李必湖在海南岛发现了一株花粉败育的野生稻——“野败”,为杂交水稻研究成功打开了突破口。1973年,三系稻种“南优2号”培育成功,1976年开始在全国大面积推广,比常规水稻平均增产20%。

三系杂交水稻的成功举世惊叹,袁隆平被全世界誉为“杂交水稻之父”。但他没有骄傲,更没有止步,而是进一步研究成功了简化种子生产程序、降低成本、进一步提高产量的两系法杂交水稻,两系法成功后,袁隆平又提出了更高的奋斗目标——研究优质高产的超级杂交稻,该项目的第一期目标已实现,并获得“2000年中国10大科技进展”的第一项成果奖。

袁隆平为了研究杂交水稻,风餐露宿,足迹踏遍了祖国的大江南北,历时40多年,研究成功了杂交优选技术。利用杂交优选技术,我国的粮食产量在耕地没有增加的情况下,从1950年的13000万吨增长到1998年的49000万吨,依靠科技进步,袁隆平为有效的解决13亿中国人民的吃饭问题立下奇功,成为世界的奇迹。

几点启示:

(1) 技术上的重大突破往往需要理论的指导,而破除迷信、敢于质疑是科技创新的前提,如果袁隆平不敢向传统遗传学理论挑战,是不可能去研究杂交水稻的,反过来,杂交水稻的培育成功,也证明了袁隆平设想的正确性。

(2) 正确的思维方式和试验方法是科技创新的有力武器,在研究过程中,即要大胆探索,也要合理设想和试验,不断调整和寻求突破口。杂交水稻从“三系法”到“两系法”再到“超级杂交稻”,循序渐进,将新的设想和理论通过科学的试验来完成。

(3) 科学技术的探索和创新永无止境,现已71岁高龄的袁隆平仍在为超级杂交水稻的研究而辛勤耕耘,充分显示了一位科学家为祖国为科学献身的高尚品德。

(4) 科学技术是第一生产力,科技成果的应用可以极大的提高生产力水平。而对人类有益的科技成果则具有强大的生命力,袁隆平也当之无愧地获得了首届中国最高科技

奖。

.....

本书向大家介绍一些机械上发明、发现的创新过程和设计思想,旨在开拓大家的视野,启迪我们的思维,并希望大家随时注意自己生活中、工作中、游乐中的一些问题,并围绕这些问题积极思考,去发现解决这些问题的办法,只要我们树立自信,发掘自己的潜能和创造力,持之以恒坚持下去,你将一定会得到胜利的欢乐。

第三节 创新人才的培养

一、现代教育

为了适应 21 世纪人才培养的要求,必须加强学生素质教育和创新能力的培养,一般认为,教育应具备下列 5 个特征:

1. 指导性

教育的目标是培养全面发展的人才,充分发挥人的个性、特性,要引导学生做人,学会科学的方法。为此,必须打破灌输式培养模式,要指导学生自主学习,鼓励学生的独立发展。教师将成为一位顾问,一名导师,指导学生积极向上,树立辩证唯物主义世界观,培养学生热爱劳动,掌握技能,有科学的学习、思维方法。

2. 创造性

教育本身是一种创造性的活动。要提高学生的素质和创造能力,要培养和鼓励学生“怀疑”、“探索”、“创新”等科学的精神,只有青出于蓝而胜于蓝,才能促进科技的高速发展和人类社会的不断进步。研究的独立性、成果的创造性决定着教育的质量。

3. 综合性

学生不仅要学习和掌握知识,更重要的是综合运用知识解决问题,不仅要学习专业知识,也要融合科学、艺术等方面的知识,掌握科学思维和艺术思维方法,培养综合素质和文化素养,陶冶学生的情操,促进德、智、体、美全面发展。

4. 社会性

人类社会已进入一个全面开放的时代,教育必然受到社会政治、经济、科技、文化等因素的影响,反过来教育又服务于社会,教育与社会、理论与实践的结合越来越社会化,“两耳不闻窗外事,一心只读圣贤书”不可能适应和促进社会的发展。教育的社会性还体现在培养社会所需要的人才的规格、层次日趋多样化,使培养的人才各具特色。处于网络时代的信息社会使世界越来越小,教育不断走向国际化。

5. 终身性

信息时代和知识经济的到来,使得知识的更替周期不断缩短,科学技术的不断创新,要求人们必须不断学习才能顺应时代的发展,一次性的学校教育已逐步转化为全社会的终身教育,教育成为一个人一辈子都不可能结束的过程。

二、创造性人才的培养

创新能力的开发和创造性人才的培养一般可以从培养创新意识、学习掌握创新原理

和创新技法、加强创新实践等方面进行。

1. 培养创新意识

创新发明并非少数杰出人才的专利,许多“小人物”进行创新发明的故事,使我们相信人人都有创造力,人人都可以搞创新。

多年前,一家酒店的电梯不够用,打算增加一部,于是请来了建筑师和工程师研究增设新电梯的方案。专家们一致认为,最好的办法是每层楼打一个大洞,直接安装电梯。当几位专家进一步商谈工程计划时,一位正在扫地的清洁工听到了他们的谈话,清洁工对他们说:“每层楼都打个大洞,会尘土飞扬,杂乱不堪的”,工程师说“那是难免的”,清洁工又说“施工期间最好将酒店关闭一段时间”,工程师说:“那可不行,那会影响酒店收益”。清洁工最后不经意地说道:“我要是你们,就会把电梯装在楼外”。专家们听到这句话,对视良久,他们不约而同地为清洁工的这一想法击掌叫绝。于是,便有了近代建筑史上的伟大变革——把电梯装在楼外,即美观又可在电梯内观赏景色。

因此,敢于创新就必须破除迷信,必须打破思维的枷锁。

创新往往应具有敏锐的洞察力,要善于从偶然现象中找到必然,要善于从同样的事件中想到不同的事情。例如:很多人都知道当灶里的煤火燃烧不旺时,只需拿根铁棍拨弄一下,火苗就会从拨开的洞眼中窜出,火一下子就会旺起来。而山东有位叫王月山的炊事员就想到了做煤球煤饼时,主动在上面均匀地戳几个洞,不仅火烧得旺,而且可节省燃煤,大家熟悉的蜂窝煤就这样发明了。

世界不断发展,事物总是不断完善,要善于观察、发现矛盾和需要。发现不足、提出问题。往往成为创新的起点。而创新是人们经过长期探索、付出非凡的劳动才能成功。这就需要有坚定的毅力,克服重重困难的精神,所有的创新发明都来自于人类的大脑。要培养独立思考、勇于探索的意识,而不是只会记住正确答案的知识复印机。

“我思故我在”这句名言充分说明了思考对于人的重要性。思考的课程应该成为我们每个学校的最重要课程。每个人都可以用5W1H法(What, Why, When, Where, Who, How)对不同事情进行设问,思考、思考、再思考,人人都会产生创新设想。

2. 掌握创新原理和创新技法

要提高创新能力应培养良好的创造心理,掌握创新原理和创造技法。

科学技术的发展动力在于不断创新,不断发现。而创新创造本身也存在一定的理论和规律,也具有其科学的原理和方法。

创新原理和创造技法是以总结创造学理论、创新思维规律为基础,通过大量的创造活动概括总结出来的原理、技巧和方法,了解和掌握创新原理和创新技法,往往能更自觉、更巧妙进行创新活动。

人的创造能力可以通过学习和训练得到激发和提高,通过改进自己的思维习惯,通过独立思考,多想多练,通过训练自己集中注意力、发挥想象力,进行扩散思维、求异思维训练等等,能够提高创新思维能力,而将思维运用到实际中去,才可能起到良好的效果。

3. 加强创新实践

形成创新能力,除了学习理论,更重要的在于实践。正如不下水学不会游泳,不开车就不可能真正学会驾驶汽车一样,所有的创造力训练离不开大量的创造实践。

一般情况,创新实践可分为3个阶段:

(1) 了解问题:目标是什么?未知量、已知量是那些?情况如何?能满足情况的需要吗?能否决定未知量,是否足够,是否重复或抵触?可以画张图,引入合适的标志,把情况的各部分加以分解。

(2) 设计方案:遇到过这个问题吗?知道相关的问题吗?可能运用什么原理?通过不同的方法设计各种方案,并进行优化。

(3) 执行方案:实施设计方案,在每一步骤中对方案修改完善,必要时重新设计方案,以取得最好的成效。

任何一个创新几乎都要经过上述3个阶段,一般最困难的是第二阶段,最关键的往往是第三阶段。

必须通过设置一系列设计实践教学环节,进行大量的动手安装、维护、设计、制作等实践活动,培养综合分析和创新设计的能力。

如果你在学外语,就要大胆地说;如果你在学游泳,就得下到水里去。不要幻想只要背下厚厚的几本书而不操作就能学会电脑。人类社会所有的创新和发明,都是通过人们的双手而实现的,一个人的设想,如果不将它们物化,即使构想再好,那也可能只是水中月、雾中花。实践、实践、再实践,你才会看到成功就在向你招手。

第四节 机械创新设计

设计是人类改造自然的一种基本活动,设计是复杂的思维过程,设计的本质是创新。

设计的目的是将预定的目标,经过分析决策,通过一定的信息(文字、数据、图形)而形成设计方案,并通过制造、实施使设计成为产品,造福人类。通过设计,不断为社会提供新颖、优质高效、价廉物美的产品,提高产品的竞争力和经济效益。

根据设计的内容特点,一般将设计分为下面3种:

1. 开发性设计

在工作原理、结构等完全未知的情况下,针对新任务提出新方案,开发设计出以往没有过的新产品。

2. 变型设计

在工作原理和功能结构不改变的情况下,对已有产品的结构、参数、尺寸等方面进行变异,设计出适用范围更广的系列化产品。

3. 适应性设计

亦称反求设计。针对已有的产品设计,在消化吸收的基础上,对产品作局部变更或设计一个新部件,使产品更能满足使用要求。

开发设计以开创、探索创新,变型设计通过变异创新,适应性设计在吸取中创新。创新是各种类型设计的共同点。

一、机械的功能要求

现代机械产品的功能要求非常广泛,但一般情况下,都包含以下几个方面:

(1) 运动要求:如运动规律、轨迹、行程、速度、加速度、转速、调速范围、运动的精确性等。

(2) 动力要求:传递的功率、转矩、力、加速性能、效率等。

(3) 安全要求:强度、刚度、稳定性、热力学性能、摩擦特性、振动、机械工作的安全性及操作人员的安全性等。

(4) 经济要求:设计和制造的经济性、使用和维护的经济性等。

(5) 可靠性和寿命要求:包括零部件和机械实现预期功能的可靠性,零部件和机械的耐磨性、疲劳强度、失效和使用寿命等。

(6) 机动性要求:对尺寸、体积、重量、功率的要求。

(7) 环境保护要求:防止污染(噪声、废气、废水、废尘),防止“三漏”(漏气、漏水、漏油),无公害和绿色产品等。

(8) 产品造型要求:如美观、人性化,外观、色彩与环境的协调等。

不同机械,因工作条件、使用环境及目标要求的不同,对具体的功能要求也有很大的差异。例如:仪器仪表、机床的主要功能要求是运动的精确性,因此要求较高的加工精度;而汽车则对机动性、环保等功能要求较高;工程机械往往要求动力性能要好;食品机械则要求不污染被加工产品等等。而有些功能要求会存在矛盾,如安全与经济,一般来说,侧重安全,机械零部件的尺寸重量就会大一些;而侧重经济,则设计的零部件的尺寸重量会小一些等,在机械设计时,应考虑对机械的各种功能要求,考虑整个系统的运行,进行多方案的设计,然后应用优化理论和方法,对各候选方案进行优化设计。

二、设计思路和设计过程

设计过程是指从明确设计任务到编制技术文件所进行的工作流程。机械设计的过程,一般分为产品规划、原理方案设计、技术方案设计、改进设计等四个阶段。

1. 产品规划阶段——明确设计任务和要求,提出设计任务书

这一阶段的中心任务是,在市场调查的基础上,进行产品需求分析、市场预测、可行性分析,确定设计目标、主要参数和约束条件,最后提出设计任务书,作为设计、评价、决策的依据。

2. 原理方案设计阶段——确定工作原理,分解子系统,绘制方案简图

实现产品功能的工作原理可以是多种多样的,方案设计就是在功能分析的基础上,通过多方案比较,优化筛选出比较理想的工作原理方案,并对产品的原动系统、传动系统、执行系统、测控系统等子系统分解,将总功能分解为子功能和功能元,并作方案性设计,绘制有关机械机构、电气液控方案简图。

3. 技术方案设计——进行总体设计和结构设计,完成产品全部生产图纸,编制设计说明书、工艺卡等技术文件

总体设计要树立全局观念。首先要考虑各子系统的分解。按照执行系统、传动系统、操纵系统、支承形式的顺序找出实现各功能的作用原理,再考虑实现系统总功能的要求,将各分功能的作用原理进行合理的组合,在组合过程中应考虑各局部的相容性和技术上实现的可能性,在众多的原理方案中选择几个,然后进行综合评价,如对可靠性、成本、寿

命、适用性及人类工程学等比较选优,根据总体功能要求,多方案选优。

以发散性思维探求多种方案,再通过收敛思维获得最佳方案,这是总体方案创新设计的特点。

结构设计时要求零(部)件满足机械的功能要求,零件的结构形状要满足强度、刚度、尺寸、定位、固定、装拆、加工等各方面的要求,常用零(部)件应尽量标准化、系列化。结构设计一般先由总装草图分拆成部件、零件草图,然后选择各零件材料,决定零件的构形和尺寸,进行各种必要的性能计算,再由零件工作图、部件图绘制出总装图,最后还要编制技术文件,如设计说明书、零(部)件明细表、零件图纸、工艺卡等。

在技术方案设计阶段,要利用现代设计理论和方法提高产品的价值(改善性能、降低成本),通过计算机辅助设计和绘图提高设计效率,提高产品的宜人性和美观性。

4. 改进设计

上述设计完成后,制造出样机(产品),根据样机检测数据、用户使用以及在鉴定中所出现的问题,进一步改进,作出相应的技术完善工作,提高产品的设计质量。

以上设计过程可用图 1-2 表示,其各个阶段是相互联系、相互依赖的,有时还要反复进行,经过不断修改与完善,进一步提高产品性能、可靠性和经济性,使产品更具生命力。

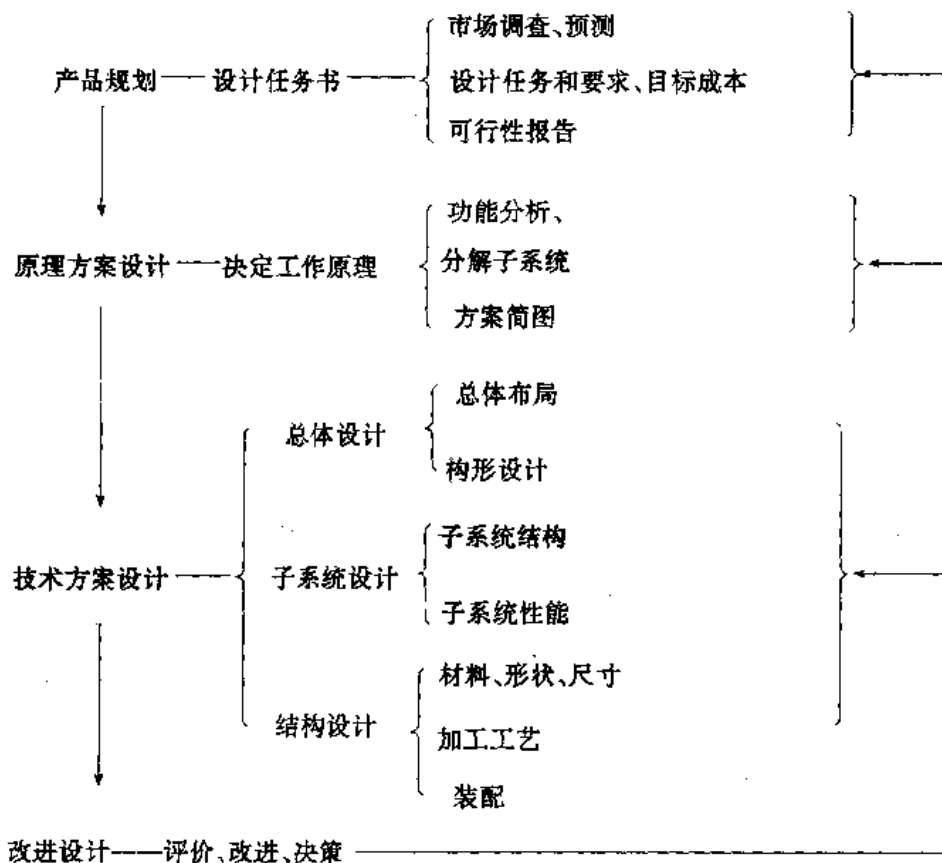


图 1-2 设计过程

第二章 如何培养创造能力

人类的发展史实际上是人类不断创造的历史,而创造的源泉则来自于人类的思维,人类的创造性思维产生了各种各样的创造发明。我们需要对创造性思维的特点、本质、形成过程、与其他思维的关系有所掌握和认识,这样才能指导我们进行创新思维,增强创新能力。

第一节 人类的思维

思维是人脑对客观现实的反映,是发生在人脑中的信息交流。它不仅能揭示客观事物的本质或内部联系,还可能使人脑机能产生新的信息和新的客观实体,如文学艺术的新创作、科学和自然规律的新发现、技术新成果等等。

人类的思维方式可以归纳为如下几种:

1. 形象思维与抽象思维

形象思维也称为具体思维,是人脑对客观事物和现象的具体形象的反映。例如,设计一个零件或一台机器时,设计者在头脑中想象出零件或机器的形状、颜色等外部特征,在头脑中对想象出的零件或机器进行分解、组装、设计等思维活动,就属于形象思维。

抽象思维是以抽象的概念、判断和推论为形式的思维方式,概念是客观事物本质属性的反映,判断是两个以上概念的联系,推论则是两个以上判断的联系。

形象思维具有灵活、新奇的特点,而抽象思维较为严密。按照现代脑科学的观点,形象思维和抽象思维是人脑不同部位对客观实体的反映活动,左半脑主要是抽象思维中枢,右半脑主要是形象思维中枢,两个半脑之间有数亿条神经纤维,每秒钟可交换传输数亿个神经冲动,共同完成思维活动。因此,形象思维和抽象思维是人类认识过程中不可分割的两个方面,它们互相联系、互相渗透,在创新过程中,应该把两者很好地结合起来,优势互补,从而完成更多的成果。

2. 发散思维与收敛思维

发散思维又叫分散思维、求异思维、开放思维等。它是根据提供的信息,多方位寻求问题的答案的思维方式。如列举某一物品的多种用途,从一物思万物,不满足于现成原理和答案,而去寻找尽可能多的答案等。

收敛思维也叫集中思维、求同思维等。是一种在大量设想或多方案的基础上寻求某种最佳答案的思维方式。

在创造活动中,提出的方案越多,选择最优方案的回旋余地就越大,但光有发散思维并不能使问题得到有效的解决,因为在科技活动中,最终的结果只能是有限的少数几个或唯一的一个。所以,既需要有充分的信息为基础,设想多种方案,又需要对各种信息进行综合、归纳,多方案优化。发散思维与收敛思维的有效结合组成了创新活动的一个循环过程。

3. 逻辑思维与非逻辑思维

逻辑思维是抽象思维方式。它是严格遵循逻辑规则按部就班、有条不紊进行的思维。它的主要方法是分析、归纳、综合与演绎。

非逻辑思维是一种不严格遵循逻辑规律,突破常规,通过想象、直觉、灵感等方式进行的自由思维方式。

4. 直达思维与旁通思维

直达思维始终围绕需要解决的问题进行思考,旁通思维则将问题转化为另一个问题,间接分析求解。

旁通思维后要回归到直达思维,才能较好地解决提出的问题。如美国的莫尔斯受到马车到驿站要换马的启示,采用设立放大站的方法,解决了信号远距离传递衰减的问题,就是旁通思维的例子。

第二节 创造性思维的特征

创造性思维是一种人类高层次的思维,它有以下特征。

1. 思维结果的新颖性、独特性

它指思维结果的首创性,具备与前人、众人不同的独特见解,思维的结果是过去未曾有过的。也可以说,是主体对知识、经验和思维材料进行新颖的综合分析、抽象概括,以致达到人类思维的高级形态,其思维结果包含着新的因素。例如,20世纪50年代在研究晶体管材料时,人们都只考虑将锗提纯的方法,但未能成功;而日本科学家在对锗多次提纯试验失败后,他们采用求异探索法,不再提纯,而是一点一点加入少量杂质,结果发现当锗的纯度降低为原来一半时,会形成一种性能优越的电晶体,此项成果轰动世界,并获得诺贝尔奖。又例如,一般人头脑中只有唯一的现实空间,而数学家们却创造了四维空间、五维空间、…… n 维空间、拓扑空间、超限数空间等,像这样的思维就具有推陈出新的特点,因而具有创造性。

2. 思维方法的多样灵活性、开放性

它指对于客观事物或问题,表现出勇于突破思维定势,善于从不同的角度思考问题,善于提出多种解决方案;能根据条件的发展变化,及时改变先前的思维过程,寻找解决问题的新途径。灵活、开放性也含有跳跃性的因果关系。苍蝇是人类憎恶的东西,可科学家们的创造性思维却跳出了死板的框框,经过对苍蝇与蛆的研究发现,这些人人痛恨的东西却蕴含着丰富的蛋白质,可以用来造福人类。这不是将风马牛不相及的事连到一起了吗?这正是思维跳跃性的结果。

3. 思维过程的潜意识自觉性

创造性思维的产生,离不开紧张的思维和认真努力为解决问题的准备工作,但其出现的时机却往往是思维主体处于一种长期紧张之后的暂时松弛状态,如散步、听音乐、睡觉中。这就说明了创造性思维具有潜意识的自觉性,是因为人在积极思维时,信息在神经元之间的流动按思考的方向进行有规律的流动。这时候不同神经细胞中的不同信息难以发生广泛的联系,而当主体思维放松时,信息在神经网络中进行无意识流动、扩散,这时

候思维范围扩大,思路活跃,多种思维、信息相互联系、相互影响,这就为问题的解决准备了更好的条件。

4. 顿悟性

创造性思维是长期实践和思考活动的结果,经过反复探索,思维运动发展到一定关节点时,或由外界偶然机遇所引发,或由大脑内部积淀的潜意识所触动,就产生一种质的飞跃。如同一道划破天空的闪电,使问题突然得到解决,这就是思维的顿悟性。

如何捕捉创造性思维?创造性思维是大脑皮层紧张的产物,神经网络之间的一种突然闪过的信息场。信息在新的神经回路中流动,创造出一种新的思路。这种状态由于受大脑机理的限制,不可能维持很久时间,所以创造性思维往往是突然而至倏然飞去。如不立刻用笔记下来,紧紧抓住使之物化,等思维“温度”一低,连接线断了,就再难寻回。郑板桥对此深有体会,他说:“偶然得句,未及写出,旋又失去,虽百思不能续也。”

一生有一千多项发明创造的爱迪生,从小有个习惯,就是把各种闪过脑际的想法记下来。这是一条重要的经验:先记下来再说,无论是睡觉还是休闲,心记不如笔记,切记此经验。

第三节 影响创造能力的非智力因素

发明创造是人类的一种复杂的活动,它需要人们充分发挥自己的创造力。然而人的创造力不是天生的,而是逐步培养起来的。影响创造能力的非智力因素主要包含下面几个方面的基本素质。

1. 兴趣和好奇心

好奇心是一种对自己还不了解的周围事物能够自觉地集中注意力、想把它弄清楚的心理倾向。一般都是通过“看一看、听一听”引起惊奇感,再通过“问一问”的方式把它的来龙去脉搞清楚。

强烈地好奇心是从事创造性活动的人所具备的基本素质之一。如果对周围的一切都冷眼相看,无动于衷,甚至麻木不仁,可以断定这种人是不能去积极探索未知世界秘密的,也不可能有发明成果。人们所说的“才能”,在很大程度上就是指一个人能够看到其他人所不曾看到的现象,能够理解或感受其他人所不曾理解或不曾感受到的特征,并把这一切传递给别人的本领。因此,也可以认为:那种对特殊的、怪诞的事物感到惊讶的行为似乎只是一种“本能”的反映,而只有对身边无人注意的事物感到惊奇,才是某种才能的显露。奥古斯特·罗丹认为:所谓大师,就是这样的人,他们用自己的眼睛去看别人看过的东西,在别人司空见惯的东西上能够发现出美来。进化论的创始人之一华莱士说,他在捕获一只新蝴蝶后“心狂跳不止,热血冲到头部……”这本来是一件平常的事,竟使他兴奋到极点。如果没有好奇心,他是不会有这种举动和情感的。

要想训练和保持自己的好奇心,最有效的方法就是保持或恢复童心。因为咿呀学语的孩子是最富有好奇心的,他们对世界上的一切都感到非常新鲜,总是爱寻根究底地问个不停。随着年龄的增长,儿时的好奇心渐弱;至成人后,由于工作和繁杂的家务琐事缠身,对未知的东西更加不感兴趣了。事实证明,始终保持着儿童般好奇心的人,往往能干出一

番惊人的业绩。因此,立志干一番事业的人,应该尽可能地摆脱各种繁杂事物的困扰,做到无忧无虑、热情天真、不耻下问,以便保持或恢复儿时那种强烈的好奇心。

要使自己具有好奇心,还应养成爱问“为什么”的习惯。爱迪生自幼就爱“打破砂锅问到底”,从鸡为什么把蛋放在屁股底下、蛋也怕着凉等问题一直追问到“把蛋放在屁股底下暖和暖和就能孵出小鸡吗?”至此还不满足,他还亲自做个窝,一本正经的蹲在上面孵小鸡。没有强烈的好奇心的驱使,爱迪生是不会有此举动的。瓦特也曾对水蒸汽顶开壶盖这一平常现象唠唠叨叨地问个没完没了,后来他创制出当时世界上最先进的蒸汽机。这就是说,好奇心能促使人去发问;反之,爱提问题也是求知欲、好奇心的表现。有意识地训练自己多提问题必然有助于好奇心的增强。

比尔·盖茨正是对计算机和软件开发有着强烈的兴趣,才促使他放弃大学学业而从事软件开发,只用了短短数年时间就使微软成为世界上最大的公司,其发展速度之快成为知识经济的象征;我国青年发明家王贵海,在大学学习时对非圆齿轮的研究产生了极大的兴趣,经过几年的努力,终于攻克了非圆齿轮的设计和制造这一世界难题。

总之,兴趣和好奇心能导致求知欲,而求知欲能使人走上知识之路,进而发挥出创造能力。荷兰德尔夫特市政府看门人列文虎克在听说透过放大镜能把小东西看清楚这一情况后,立即产生出强烈的好奇心,决定自己动手磨制镜片,于1665年创制出当时世界上最先进的显微镜。还是由于强烈好奇心的驱使,他用自制的显微镜发现了自然界中的“小人国”——微生物,为科学技术的发展作出了重大贡献。因此,在发明活动的整个过程中都应该使自己保持儿童时代的好奇心,对自己未知的东西,不仅要看,而且要看仔细;不仅要听,而且要听真切;不仅要问,而且要问到底。这样,将会有助于个人的创造力发挥。

具有对事物感到新鲜、总想寻根问底想把它弄清楚的好奇心,才有可能去积极探索未知世界的秘密。

2. 进取心

进取心是指那种不满足于现状,坚持不懈地向新的目标追求的心理状态。进取心是极为可贵的。人类如果没有进取心,社会就不可能前进,一个人如果没有进取心,那他终生将会碌碌无为。甚至可以说,有无进取心,是区别有所建树者与无所作为者的根本标志。因此,凡是事业取得较大成就者,无不具有较强烈的进取心。

要培养自己的进取心,首先得学点辩证法,务必使自己懂得:世界上一切事物都充满着矛盾,旧矛盾解决了,新矛盾又会产生。人类改造世界的过程就是解决各种矛盾的过程,这个过程永远不会终结。如果把世界上的一切事物都看成孤立的、静止的、永恒不变的,甚至觉得它们已经尽善尽美,势必使人失去改造世界的能动性和进取心。

要增强进取心,必须克服安于现状、得过且过、墨守成规、抱残守缺的处世观念。安于现状者,有一种是对现状感到心满意足,压根儿就没想到要去改变它;另一种是对旧状况已感到某种不满足,对所见景况感到不理想,对所处境遇觉得不称心,对所用物品感到不顺手、不方便,但他并不想去改变这一切,反而认为这都是既成事实,何必煞费苦心、消耗精力去折腾一番,不如循规蹈矩,得过且过,于是乎心安理得了。这两种情况都是我们常说的“不思进取”,这是思想上的一种保守倾向,这种保守思想是发明创造的严重障碍。因此,要增强自己的进取心,必须注意克服或铲除保守思想。

古往今来的一切发明家之所以能在各个不同的技术领域独占鳌头,无不因为他们具有强烈的进取心。“欲穷千里目,更上一层楼。”一切有志于作出发明创造的人们,从小就应该注重于培养自身最基本的素质——进取心。

3. 自信心

自信心就是在对自己的能力作出正确估价后,认定自己能实现某种追求、达到即定目标的信心。

自信心对于从事创造性劳动的人们尤为重要。常言道:“信心是事业的立足点。”在发明的攻坚战中,丢失了自信心这块阵地,就意味着整个战线的崩溃。所以著名科学家居里夫人告诫人们:“应该有恒心,尤其要有自信心!”

那么如何增强自信心呢?最重要的是克服自卑感。有自卑感的人最容易见到别人的长处,觉察自己的短处,并以别人之长比己之短,越比越觉得自己这也不行,那也不行,就像“放炮”后的车胎,彻底泄了气。因此,增强自信心的第一步就是要学会用一分为二的辩证观点去看待别人、估价自己。

增强自信心还得正确地认识“才能”。应该相信已被现代科学证明了的一个论点:先天赋予人的才能一般都是公平合理的,刚生下来时并无太大差异,这正如鲁迅先生精辟地阐明的:即使天才,在生下来的时候的第一声啼哭,也和平常的儿童一样,决不会是一首好诗。人的才能是后天的劳动实践中造就出来的。“人的天赋像火花,它即可以熄灭,也可以燃烧起来。而迫使它燃烧成熊熊大火的方法只有一个,就是劳动,再劳动。”(高尔基),不付出艰苦的劳动,“最大的天才尽管朝朝暮暮躺在青草地上,让微风吹来,眼望着天空,温柔的灵感也始终不光顾他。”(黑格尔),华罗庚教授说得更简单扼要:勤能补拙是良训,一分辛苦一分才。

我国著名教育家陶行知先生曾说过:“人类社会处处是创造之地,天天是创造之时,人人是创造之才。”天生我才必有用,我辈岂是无为人。在发明的征程上起步就得这般信心十足,从而正确地估价自己,增强自信心。因为发明创造是在前人未曾涉足的荒地上行进,这里经常有困难和挫折的风暴袭来。处在这种恶劣的境遇中,最忠实、最可靠的“伙伴”就是自信心。因此,任何准备搞发明的人,都不可忽视对自信心的培养和增强。

4. 勇气

勇气就是少有畏惧和无所畏惧的非凡气概。

搞发明一定要有勇气。因为任何发明创造都是搞人家没有搞过的东西,走人家没有走过的路。这条道路上总是荆棘丛生、坎坷不平,没有勇气和冒险精神是不敢迈步的。正如马克思所说:在科学的入口处,正像在地狱的入口处一样,必须提出这样的要求,这里必须根绝一切犹豫;这里任何怯懦都无济于事。

发明创新是富有开拓性的工作,一定要有勇气。要敢于面对失败,要敢于冲破习惯势力的阻拦,要敢于冒险去做试验。

发明创造是一项开拓性的事业,没有任何人会给你一举成功的保险,这就是说,失败是不可避免的。美国发明家富尔顿为发明轮船奋斗了9年,待到制成的样船试航时,无奈天公不作美,一阵狂风暴雨使它沉没河底。假如富尔顿没有“失败了再干”的勇气,他就不会花24小时去把机器打捞上来,更不会再去奋战4个春秋;当然他的名字也就不会载入

发明家的史册。

发明总是要创新。创新就要突破旧的条条框框的束缚,而保护这些旧条条框框的习惯势力是相当顽强的,没有勇气是不敢迎上前去的。英国医生琴纳在经过 36 年的试验、研究之后,终于发明了预防天花的新方法——接种牛痘。当他自费出版用心血写成的《牛痘的成因与作用》这本小册子后,招来的不是支持、赞扬,而是恶毒诽谤和造谣中伤:“以牲畜的疾病来传染人就是亵渎上帝的行为!”“你相信种牛痘的人不会长出牛角吗?”有一家报纸公开造谣说:“某人的小孩接种牛痘以后,咳嗽的声音像牛叫,而且浑身长出了牛毛。”……琴纳在写给他的朋友的信中说:“我一生从来没有遭受过像现在这样的打击,我好像乘着一只小船,快要到对岸了,却受着狂风暴雨的袭击……”如果他没有一股异乎寻常的勇气,是难以驾驭这只小船驶往并达到光辉的彼岸的。

另外,发明总是离不开实验,而有些实验是相当危险的,甚至有生命危险。从前臂静脉插入一根导管直至心脏,在常人看来是不可思议的事情。然而德国医学家福斯曼于 1925 年在自己身上作了这项实验,发明了心脏急症新疗法——心导管诊断术。他在自体试验后写到:“由于导管抖动,导管与锁骨静脉壁相互摩擦,这时我感到锁骨后方非常热……,还有一种微弱的要咳嗽的冲动。为了在 X 线屏幕上观察导管的位置,我带着插到心脏内的导管,和护士从研究室的手术间徒步走了很长的路,爬上楼梯,到达 X 线检查室——实验证明,导管插入与拔出完全不痛,全身没有任何异样的感觉……”他进行了危险的自体试验,并得出了完全正确的结论,然而招来的却是嘲讽和非难。10 年后,他发明的心导管诊断法才为世人普遍接受。

以上三例都无可辩驳地证明:搞发明创造没有勇气是不行的。正如古人云:“不入虎穴,焉得虎子?”

要培养自己的勇气就得不断克服自私心理。常言说得好:“无私者无畏。”只有不断排除那种瞻前顾后、患得患失、前怕狼后怕虎的思想状态,才能敢字当头,有勇气进行新的开拓;只有不为名、不为利,逐步树立起为科学而献身的思想,才能面对失败不气馁,不为旧的习惯势力所束缚,无所畏惧地向着自己所选定的目标奋进。

王安石说:“世之奇伟瑰怪非常之观,常在于险远”。无限风光在险峰,不登上险峰,是无法领略那无限风光的。因此,倾心于发明创造的人们应该经常要求自己,使自己随时能鼓足勇气,必要时还要有冒险精神。

5. 组织能力

组织能力是指对杂乱的局面或事物进行妥善安排,合理调配的指挥运筹能力。

随着科学技术的飞速发展,创新课题越来越复合化、综合化、复杂化,如何在现代发现创新的信息,如何对所获得的信息进行综合归纳,如何制定计划和实施,都需要高度的组织能力,既要合理安排人员,又要善于处理千头万绪的工作,运筹帷幄,提高工作效率,以便能够在激烈的竞争中保持领先水平。

第四节 影响创造能力的智力因素

我们要培养自己的创造能力,就应该注重上述这些非智力因素的训练,除此之外,搞

创造发明还必需具有一定的知识,知识就是力量,现代社会已经进入了知识经济的时代,没有知识必将一事无成。

智力因素是创造力充分发挥的必要条件,将影响个体对问题情景的感知、定义和再定义,以及选择问题解决的策略过程,即影响信息的输入、转译、加工和输出。

影响创造能力的智力因素包含:

1. 想象力

想象力就是在记忆的基础上通过思维活动,把对客观事物的描述构成形象或独立构思出新形象的能力。简而言之,想象力是人的形象思维能力,要打破习惯性思维对自己的束缚,经常进行发散性思维,甚至进行幻想,培养自己的想象力。

爱因斯坦认为:“想象力比知识更重要,因为知识是有限的,而想象力概括着世界上的一切,推动着社会的进步,并且是知识进化的源泉。严格地说,想象力是科学研究中的实在因素。”

爱因斯坦在创建相对论时,关于物体接近光速的试验,在实际上几乎是无法做出来的,他在16岁时就常常思索“如果有人跟着光线跑而企图抓住它,会发生什么?”和“如果有人在一个自由下落的电梯里,会发生什么情形,将会产生什么呢?”等问题,他根据已知的科学原理和事实,运用丰富的科学想象,在“思想中”设计并完成了一系列“思想实验”,在1905年,26岁的爱因斯坦提出了狭义相对论,接着于1916年创立了广义相对论。他通过想象和“思想实验”的科学方法创立了划时代的相对论理论。

2. 洞察力

洞察力指的是深入细致的观察能力。具有这种能力就可以透过现象看本质,抓住机遇,在别人不注意的事物中产生新的发现和创新。

在伦琴发现X射线、弗莱明发现青霉素之前,实际上已有人发现了同样的现象,但是他们对这些现象缺乏好奇心和洞察力,不去进一步研究,因而与这些发现发明失之交臂,在科技发展史上,这种与成功擦肩而过的事例不胜枚举,充分说明洞察力在创新中的重要性。

洞察力的培养要克服粗心大意、走马观花、不求甚解的不良习惯,通过长期的观察、记录、思考、再观察可以训练敏锐的洞察力。

3. 动手能力

创造力的最终成果是物化了的创造性思维,物化的过程就需要一定的技术和掌握一定的技能。对工程技术人员来讲,是使用设计工具进行设计,使用表达的能力和仪器设备进行检测试验的能力。对于画家,是其色彩鉴别力、视觉想象力;对从事音乐创作的人,具有一定的演奏技能、作曲技能等都是物化思维过程中不可缺少的。

动手能力包括制作、加工、试验及绘图等方面的技能。李政道博士曾经说过:动手能力是创造发明者所必备的基本素质。

爱迪生、法拉第等虽然没有到学校正规地学习,但他们非常喜爱动手做实验,改装设计制作仪器设备。由于刻苦自学、勇于实践、具有很强的动手能力,法拉第才能发现电磁感应现象,爱迪生才能在一生中产生一千多项发明专利。

我们要注意养成动手制作、修理、维护、绘制、装配各种仪器、用具、设备的习惯,培养

并增强自己的动手能力。

4. 智能和知识因素

知识是创造性思维的基础,也是创造力发展的基础。文学家不掌握足够的词汇就不能写出好的作品;对于工程技术人员来说,其知识、经验是发明创造的前提,其学科基础知识、专业知识是从事工程创造发明的必要条件。知识给发明创造思维提供加工的信息,知识结构是综合新信息的奠基石。

5. 创造性思维与创造技法

创造性思维与创造活动、创造力紧密相关。创造性思维的外部表现就是人们常说的创造力,创造力是物化创造性思维成果的能力,在一切创造活动领域都不可缺少,是现代创造者创造能力的最重要因素。创造技法是根据创造性思维的形式和特点,在创造实践中总结提炼出来的,使创造者进行创造发明时有规律可循、有步骤可依、有技巧可用、有方法可行,因此创造技法应是构成创造力的重要因素之一。

上述因素对创造力的形成和发展有着重要的影响,在培养学生创新能力的教学中,首先应开设有利于创新设计能力培养和相关课程,使学生有必需的知识结构,掌握基本的创造原理和常用的创新方法;其次应以知识、能力、素质培养为目标,有意识地培养学生的创新精神和能力,此外还应开展各类创新实践活动,如开展维修、装配、制作、小发明、小革新等多种形式的创新实践,不断提高创新技能。

第三章 创新基本原理

创新和创造是人类一种有目的的探索活动,创新原理是人们在长期创造实践活动的理论归纳,同时它也能指导人们开展新的创新实践,本章介绍的创新基本原理,可为创新设计实践提供创新思维的基本途径和理论指导。

第一节 综合创新原理

综合是将研究的对象的各个方面、各个部分和各种因素联系起来加以考虑,从而从整体上把握事物的本质和规律。

综合创新,是运用综合法则的创新功能去寻求新的创造。其基本模式如图 3-1 所示。

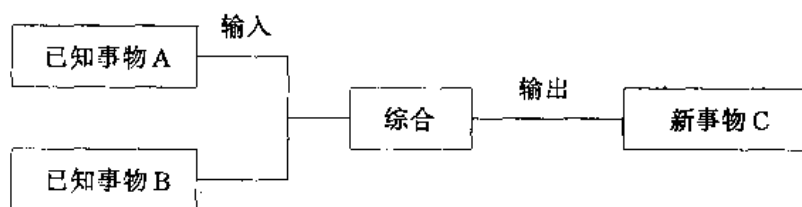


图 3-1 综合创新模式

综合不是将对象各个构成要素的简单相加,而是按其内在联系合理组合起来,使综合后的整体作用导致创造性的新发现。机械创新设计实践中,随处可发现综合创新的实例。

例如,将啮合传动与摩擦带传动技术综合而产生的同步带传动,具有传动功率较大、传动准确等优点,已得到广泛应用。

从 20 世纪 80 年代开始形成的机电一体化技术已成为现代机械产品发展的主流,“机电一体化”是机械技术与电子技术、液压、气压、光、声、热以及其他不断涌现的新技术的综合。这种综合创造的机电一体化技术比起单纯的机械技术或电子技术性能更优越,使传统的机械产品发生了质的飞跃。

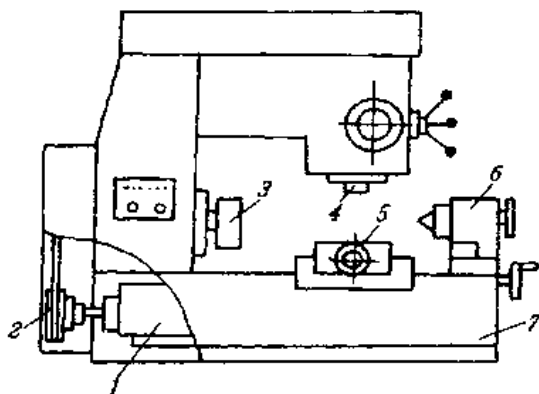
普通的 X 光机和计算机都无法对人脑内部的疾病作出诊断,豪斯菲德尔将二者综合,设计出了 CT 扫描仪,人们利用这种新设备解决了大量的诊断难题,取得了前所未有的成果,促使医学诊断技术产生了飞跃性的发展。

图 3-2 为一种小型车、钻、铣三功能机床。它是为适应小型企业、维修服务行业加工修配小型零件运用综合原理开发设计出来的小型多功能机床。由图可知,它的设计特点是:以车床为基础,综合钻铣、床主轴箱而成。

从大量的创新实践中可知,综合就是创造。

(1) 综合已有的不同科学原理可以创造出新的原理。如:牛顿综合开普勒的天体运行定理和伽利略运动定律,创建了经典力学体系。

(2) 综合已有的事实材料可以发现新规律。如:门捷列夫综合已知元素的原子属性



1. 电动机 2. 带传动 3. 车削主轴箱
4. 钻铣主轴箱 5. 进给板 6. 尾座 7. 床身

图 3-2 车钻铣机床

与原子量、原子价的关系的事实和特点,终于发现了元素周期律。

(3) 综合已有的不同科学方法创造出新方法。如:笛卡尔引进了坐标系、综合几何学方法和代数方法,创立了解析几何。

(4) 综合不同学科能创造出新学科。如:信息科学、生物科学、材料科学、能源科学、空间科学、海洋科学等都属于综合性学科。

(5) 综合已有的不同技术创造出新的技术。如:原子能、电子计算机、激光、遗传、自动化、航天技术等等。

因此综合创造有以下基本特征:

(1) 综合能发掘已有事物的潜力,并且在综合过程中产生新的价值;

(2) 综合不是将研究对象的各个要素进行简单的叠加或组合,而是通过创造性的综合使综合体的性能产生质的飞跃;

(3) 综合创新比起开发创新在技术上更具有可行性,是一种实用的创新思路。

案例:微积分的创立

微积分是人们认识和改造世界的一种有力的数学工具,它的创立在科学发展史上具有划时代的意义。在古代中国、希腊开始出现过“割圆术”、“穷竭法”等“无限分割”、“曲直转化”的微分萌芽思想。而直到 17 世纪,欧洲的社会生产获得迅猛发展,机械、航海、造船、采矿等产业的兴起,给科学的发展提供了强大的动力。为了解决传统数学所不能胜任的问题,费尔马、笛卡尔、巴罗、惠更斯等人从不同的途径接触到了微积分的运算方法,其中有人已经求解了某些特殊的微分或积分,他们的工作为微积分的建立提供了重要的素材和启示。科学发展史表明,科学上的重大突破几乎总是要经过长时期的积累,在此基础上,需要有人走出突破性的最关键一步。

牛顿曾经说过:“如果说我比笛卡尔看得远一点,那是因为我站在巨人的肩上”。这句名言概括了科学活动的重要特征,要善于吸收、综合前人的研究成果,对已有的科学认识提炼和升华,从而作出新的重大发现,这一点充分表现在牛顿创立微积分的过程中。在牛

顿时代,科学家研究的问题有:第一类,对于一个作变速运动的物体,根据它的位移求它在任意时刻的速度和加速度,或反之,如果已知它的加速度,求它在任意时刻的速度和位置;第二类是求曲线的切线;第三类是求曲线的长、求曲线围成的面积和曲面围成的体积;第四类是求函数的最大值和最小值(如炮弹的最大射程、行星的近日点和远日点等等)。大部分数学家没有注意到这几类问题之间有什么联系,这样虽然能找到解决某一个问题的特殊方法,但不可能发现微积分的一般原理。而牛顿通过深入比较和分析,发现这些不同的问题在数学上具有共同的特征,这样,牛顿在综合前人许多特殊性成果的基础上,迈出了关键性的一步,建立了关于微积分的一般概念,推导出了微积分的一般运算法则。接着牛顿进一步揭示了微分和积分之间的联系,发现微分与积分就像加与减、乘与除、乘方与开方一样,互为逆运算,而且推出了联系这两种运算方法的公式——微积分基本公式,从而把分别发现的两种运算方法巧妙地统一成为一门新学科——微积分学。

在微积分的建立中,德国数学家莱布尼兹也独立地作出了和牛顿类似的贡献。

案例:激光的发明

激光是综合近代光学与电子学的产物,它是一种具有优异特性的新光源,是20世纪60年代出现的重大科技成就之一,它具有高亮度、高方向性、高单色性、高相干性等特点,已得到广泛的应用。

与20世纪其他重大发明一样,激光器的产生是在基本原理的指导下实践的结果。早在1916年,爱因斯坦在关于黑体辐射的研究中提出了“受激辐射”的存在。大家知道,原子是由原子核和电子构成的,电子围绕着原子核不停地运动,并且电子运动具有一定的轨道,各轨道有特定的能量,当电子从高能级轨道跃迁到低能级轨道时,多余的能量就以光的形式释放出来,如果一个原子处在激发状态,它的电子就会自发地由高能级跳到较低能级,同时产生光子,这种发光过程就叫“自发辐射”,自发辐射是普通光的发光原理。如果有一个光子打到一个处于激发态的原子上,这个光子就会强迫原子发光,这种发光方式就叫“受激辐射”,受激辐射的特点是所发出的光在频率、相位、偏振和传播方向上都是一致的。

爱因斯坦提出的受激辐射概念,受当时技术条件和传统科学观念的束缚,很长时间都没有引起人们足够的重视。因为按照经典物理学理论,在通常条件下,高能态的粒子数少于低能态的粒子数,这样,受激态原子在受激发射中所产生的光子还没有来得及辐射出去就已被低能态原子吸收了,受激发射被吸收过程淹没。这就是在通常情况下看不到受激辐射的重要原因。要实现受激辐射,首要条件就是高能态粒子数要多于低能态粒子数,也就是要实现“粒子数反转”,从当时经典物理学的观点来看,这是不可想象的。

1951年卡斯特提出了用“抽运”方法实现粒子数反转的设想,珀塞耳、庞德在核感应实验中实现了粒子束反转。1954年,汤斯和他的助手,制成了第一台氨分子束微波激射器——脉射(Maser),虽然它产生的微波功率很小,但是它综合并证实了受激辐射、粒子数反转、电磁波放大等概念,是激光器发明中的一个重要转折点。

1955年巴索夫、普罗霍洛夫和布洛姆伯根研究和设计了微波量子放大器,人们开始考虑把它从厘米波推广到更短的毫米、亚毫米甚至光波波段。1957年9月,汤斯又构思

了一个希望运行在光波波段的“光学脉塞”(后来称为莱塞—Laser,即激光器)的设计方案,但经过分析,该方案不是非常理想,这个系统产生出来的光,其震荡可能会在各种模式之间来回跳动,在此关键时刻,波谱学家肖洛加入了汤斯的研究,肖洛从光学的角度,提出了一个关键性的建议:除了谐振腔两端的界面以外,把其余的壁面全部去掉,也就是用两块法布里—珀罗干涉仪作为谐振腔,这就衰减了系统中的大多数模式,而保证系统仅仅在一个模式中震荡,计算表明,这种设想使汤斯面临的困难得到了解决,经过这两位科学家的综合,1958年,肖洛和汤斯对他们提出的光波波段工作的量子放大器设计方案进行了详细的理论分析,讨论了谐波腔、工作物质和抽运方式等一系列问题。1960年7月,休斯研究所的梅曼按照肖洛和汤斯的设想,用一种简单的装置,成功地制造并运转了世界上第一台激光器,其工作物质用人造红宝石,光源是强的脉冲氙灯,它获得了波长0.6943微米的红色脉冲激光。从此,科幻小说家们所幻想的“死光”,在科学理论的指导下,终于奇迹般的出现了。

启示:

(1) 激光器的发明,充分显示了科学理论对技术发明的预见性。汤斯在爱因斯坦受激辐射理论指导下完成“脉塞”的发明,梅曼在肖洛和汤斯设计方案指导下成功地发明激光器,都说明了理论对实际的指导性。技术发明的这种可预见性,要求我们不仅要学习发明的方法,更要学习发明的“科学”。学习发明的思路,要勇于突破传统理论和思维方式的束缚,敢于创立和接受新的科学观念。

(2) 激光器的发明,也显示了技术发明对科学理论的促进作用。显示了科学和技术的相互渗透和相互影响,现代科学与技术已熔合成了一个有机统一的整体。

(3) 技术发明也要求有一定的技术条件和社会需要。当技术条件尚未成熟时,技术发明很难取得突破。社会的需求为激光技术的应用提供了广阔的舞台,汤斯首先从技术条件相对成熟的厘米波长的微波范围内进行研究和突破,然后再向更短波长推进的构思方案获得成功,说明了创造技巧的科学性和可取性。

(4) 学科的交叉和综合是创新的摇篮。通过受激辐射来产生相干光涉及到物理光学和无线电技术两个学科,微波技术的产生就是这两个领域的相互渗透的结果,而汤斯和肖洛两者的结合,使将脉塞扩展到光学波段所需“互补”的最佳知识结构得以形成,可见,综合就是创新。

(5) 目标明确,主动猎取。汤斯为了实现粒子数反转,并没有采用当时技术条件受到限制的“光抽运”的激发方案,而是选择了“分子束”方法,他认为,氨(NH_3)分子有两个可利用的重要特性:一是两个能态的裂距值相当于微波范围的频率;另一是在外电场作用下有感生电偶极矩,其符号对于一对振动态的两个态相反。因此选择氨分子束方法实现粒子数反转的可能性更大;为了完成“反馈及连续振动”的构思,引入反馈的谐振腔,满足了受激辐射功率必须大于吸收及散射所引起的损失功率的条件,成功地运转了第一台采用新放大原理的氨分子束微波量子放大器(脉塞)。

在脉塞发明之后,汤斯又主动猎取,考虑如何才能将厘米波长最快地推进到短波范围,在这种探索精神的指导下,他放弃了原来打算循序渐进一步一步缩短波长的想法,而是直接“跳过去”,进入波长更短的光波区,这种跳过去的做法,成为最快前进到真正短波

范围的一条最佳捷径,充分显示了汤斯的发明技巧。

第二节 分离创新原理

分离是与综合相对应的、思路相反的一种创新原理。它是把某个创造对象分解或离散为有限个简单的局部,把问题分解,使主要矛盾从复杂现象中分离出来解决的思维方法。

分离原理的创新模式如图 3-3 所示。

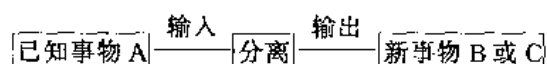


图 3-3 分离创新模式

积分法首先是化整为零,再积零为整;力学中把各力分解为坐标上的分力,分力求和后再合成合力;有限元法把连续体分成许多小单元,就可借助计算机对物理量和参数进行计算和分析,解决复杂问题,这些都运用了离散原理。

在机械行业,组合夹具、组合机车、模块化机床也是分离创新原理的运用。

服装分解处理后产生了袖套、衬领、背心、脱卸式衣服等产品。为解决城市十字路口交通堵塞问题,运用分离原理设计出了立交桥;把眼镜的镜架和镜片分离,发明了既美观又能缩短镜片与眼球之间距离,而且还有保护眼睛、校正视力功能的隐形眼镜。

机械设计过程中,一般都是将问题分解为许多子系统和单元,对每一子系统和单元进行分析和设计,然后综合。在实际的创新过程中,分离与综合虽然思路相反,但往往要相辅相成,要考虑局部与局部、局部与整体的关系,分中有合,合中有分。

例如:世界闻名的美国自由女神像是法国人民送给美国人民争取独立的珍贵礼物,而坐落在纽约赫德森海口白德勒海岛中央的这座女神像也成为美国的一个标志。在经历百年之后,女神像分化、腐蚀严重,为此,美国对她进行了一次工程浩大的翻新整修。可是工程结束后,施工现场堆放的 200 吨废料垃圾一时难以处理。政府决定招标,请承包商运走垃圾。但由于美国人环保意识很强,政府对垃圾的处理有严格的规定,大家都认为此举无利可图,一时无人投标。

商人斯塔克在一次与一位爱好旅游的朋友闲谈中,无意中谈到了旅游纪念品,斯塔克突然想到,如果将具有纪念意义的“自由女神像原身遗物”制作成旅游纪念品,一定会激发旅客的购买欲。于是,他马上去投标承包了处理女神像垃圾的工程。他首先将废料进行分类,然后分门别类地进行开发设计,他将废铜收集熔化铸成小自由女神像和纪念币,把水泥块、木块等加工成一个个工艺品,把废铅、废铝做成纪念尺等等。

在经过分离创新之后,这一堆原本一文不值的垃圾成了具有特殊纪念意义的纪念品,十分畅销,几乎每一位游客都忍不住要购买一些这种从自由女神像身上留下来的纪念品。斯塔克变废为宝,化腐朽为神奇的故事至今还被人津津乐道。

案例:“椰菜娃娃”奇迹

前些年,有一种名叫“椰菜娃娃”的玩具风靡美国玩具市场,就是这个身长 40 厘米的

娃娃,竟使得许多人在寒冷的圣诞节前后,在玩具店门前排起了长队,竞相“领养”,为了买到这种娃娃,有人愿排队 14 小时,有人不惜乘飞机到欧洲去购买,美国总统夫人也把这种娃娃作为圣诞礼物送给儿童。

这场波及美国的抢购风潮,是由奥尔康公司总裁 28 岁的罗波尔一系列别出心裁的创意所引发的。罗波尔小时候听过一个童话故事,说小孩是从菜地里长出来的,于是,他将自己设计的一种玩具娃娃取名为“椰菜娃娃”。开始销售并不好,于是罗波尔仔细分析美国社会和人们的心理需求,发现美国由于强调自立,父母和子女很少生活在一起,离婚率也比较高,人们精神上、感情上都存在失落和空虚,为了弥补这种感情上的空白,罗波尔决定对“椰菜娃娃”重新定位和包装,让这种玩具成为人们心目中真正的婴儿。

首先,罗波尔决定将其玩具分离,使其个性化,转向“感情型”,他打破了过去的玩具总是千人一面的束缚,采用最新的电脑设计,使其在性别、容貌、皮肤、发色、发型、服装等方面各不相同,千差万别,细致到酒窝、雀斑的位置都不一样,这样,使每一个所领养的“椰菜娃娃”都与别人的不同,这种个性化的独有性设计吸引了众多的顾客。

其次,为了让“椰菜娃娃”更加人性化,更加逼真,在制造“椰菜娃娃”时,由公司职员扮成医生和护士,就像在医院接生婴儿一样,每一个娃娃身上都附有出生证、姓名、手脚印,屁股上还盖有“接生人员”印章,甚至还有设计人员的亲笔签名,好奇的人们川流不息来到这些医院亲眼目睹“椰菜娃娃”的风采,并将他们“领养”回家,公司在每一个娃娃被领养之后,都建立有关的档案,每当这个娃娃过生日的时候,公司都为其养父母寄去精美的生日贺卡,这些富有人情味的“领养”活动获得巨大的成功,公司接到如潮水般的订单,在亚特兰大,有一位妇女一共领养了 100 多个“椰菜娃娃”,。

第三,为了让椰菜娃娃立于不败之地,罗波尔又采取了控制产量的手段,有意造成供不应求的局面,激发人们迫切的“领养”欲望,不时出现的抢购风潮,使得椰菜娃娃身价不断上涨。公司还制造并销售与椰菜娃娃有关的系列产品,如专供娃娃使用的尿布、床单、推车、背包以及玩具等,顾客将娃娃领养当做感情上的寄托,也就毫不吝啬地购买许多专用物品。

通过分离创新,分析市场和社会的心理需求,运用一系列创造性的销售方法,“椰菜娃娃”取得空前成功,其零售价涨到 25 美元,如果有原设计者的亲自签名,售价接近 3000 美元,在短短一年中,椰菜娃娃及系列用品的销售额高达 10 亿美元,成为商业界的奇迹。

启示:

(1) 设计师在设计中应树立营销的观念,以销定产,以顾客的需要为中心,以销售指导产品的设计和生产,满足和服务顾客的需要,这样才能设计出广受欢迎的产品。

(2) 现代社会,人们对产品除了满足功能方面的要求之外,更重要的是要求产品满足心理、人文、审美等方面的需要,一种产品能实现消费者的个性消费欲望,体现产品设计的差异性和个性化,使消费者认同,市场销售就有了成功的前提。

第三节 移植创新原理

以它山之石,攻己之玉。把一个研究对象的概念,原理和方法等运用于或渗透到其他

研究对象,而取得成果的方法,就是移植创新。

在自然界,植物在地理位置上的移植,不同物种的枝、芽的移植嫁接,医疗领域的人体器官移植为治疗疾病作出了巨大贡献,它们都运用了移植方法。同样,在科学技术的发展过程中,移植方法也是一种应用广泛的创新原理。

(1) 把某一学科领域中的某一项新发现移植到另一学科领域,使其他学科领域的研究工作取得新的突破。

例如:在 19 世纪中期,病人手术后,刀口化脓十分严重,很多病人(约 80%)死于刀口感染,很多人误以为化脓是伤口愈合过程中的必经阶段。而英国医师李斯特为解决这个问题进行了大量的研究,但始终没有找出刀口化脓的原因。恰恰在这个时期,法国微生物学家巴斯德发现了细菌,并发现许多疾病都是由细菌引起的。李斯特了解到巴斯德这一新发现后,深受启发,并将巴斯德的这一新发现移植到自己研究的医学领域中,结果,不但发现了刀口化脓的原因,而且发明了外科手术的消毒方法,极大地降低了外科手术的死亡率。

(2) 把某一学科领域中的某一基本原理或概念移植到另一学科领域之中,促使其他学科的发展。

例如:早在 1887 年,赫兹就发现了光电效应,但光电效应的本质和规律却一直没有得到正确的解释。1905 年,26 岁的爱因斯坦开始研究这个难题,在研究中,他把 1901 年普朗克在黑体辐射研究中提出的“能量子”概念移植到光电现象研究领域。所谓“能量子”,就是认为在黑体辐射现象中,能量的辐射是不连续的,而是以一份一份的形式向外辐射,这个“一份能量”就是“能量子”。能量子概念使爱因斯坦受到很大的启发,他认为光的传播也有它的不连续的量子化的一面,提出了“光量子”假说,这样,不但科学地提出了光的粒子性,使光的波动性和粒子性在量子论的基础上统一起来,而且深刻的揭示了光电效应的本质和规律。爱因斯坦因此获 1921 年度诺贝尔物理学奖。

(3) 把某一学科领域的新技术移植到其他学科领域之中,为另一学科的研究提供有力的技术手段,推动其他学科的发展。

例如:激光技术移植到医学领域,为诊断、治疗各种疾病提供了有力的武器;激光技术移植到生物学领域,可以改变植物遗传因子,加速植物的光合作用,促进植物的生长发育;在机械加工领域中移植激光技术,使原来用机床很难进行的小孔、深孔及复杂形状的加工都能容易实现,电气技术移植到机械行业,实现了机电产品一体化,计算机技术移植到机械领域,使机械技术产生巨大的突破。

(4) 将一门或几门学科的理论和研究方法综合、系统地移植到其他学科,导致新的边缘学科的创立,推动科学技术的发展。

在 19 世纪末,人们把物理的理论和研究方法系统地移植到化学领域中,在化学现象和化学过程的研究中,运用物理学的原理和方法创立了物理化学。又如,人们把物理学和化学的理论和研究方法综合地移植到生物学领域,创立了生物物理化学这一新的学科。人们运用移植方法,形成了大量的边缘学科,使现代科技即高度分化又高度综合地向前发展,并导致现代科技发展的整体化和融合。

总之,移植原理能促使思维发散,只要某种科技原理转移至新的领域具有可行性,通

过新的结构或新的工艺,就可以产生创新。

例:陶瓷发动机

人们不断地设计新型高效节能发动机,最近,人们开发出了陶瓷发动机,它以高温陶瓷制成燃气涡轮的叶片、燃烧室等部件,或以陶瓷部件取代传统发动机中的汽缸内衬、活塞帽、预燃室、增压器等。陶瓷发动机具有耐腐蚀、耐高温性能,可以采用廉价燃料,可以省去传统的水冷系统,减轻了发动机的自重,因而大幅度地节省能耗、降低成本,增大了功效,是动力机械和汽车工业的重大突破。

例:磁性轴承

轴承是常用的机械零件,一般人们主要通过减少摩擦以提高轴承的旋转精度、机械效率和使用寿命。近来人们将电磁学原理移植到轴承设计中,利用磁的同性相斥特点,开发出了工作时轴颈与轴瓦不接触的磁悬浮轴承,旋转时摩擦阻力很小,现已推广应用。如美国西屋公司将磁性轴承用在电度表上,使其计量精度很高,获得较高的商品附加价值。

例:钢筋混凝土

19世纪中期,法国巴黎有个花匠叫莫里哀,他培育的花草远近闻名,前来观赏的游客络绎不绝,但经常有游人碰坏花坛,他尝试用围栏围住花坛四周,用告示牌请游客注意不要踏踩花坛,但无济于事。怎样才能使人们不踏碎花坛成为莫里哀经常思考的问题。

首先他想用更耐久的水泥,但水泥硬而脆,多次试制,效果不理想。

有一次,他将一盆木本的花移种,不小心将花盆打碎了,突然他发现由于花的根须纵横穿插,交织成网状结构,竟把松软的泥土箍得非常坚固,用拳头去捣,将其摔到地上,都没有破碎。观察到这种现象后,莫里哀想到“仿照花木的根系用铁丝织成网状结构,再与水泥砂石浇在一起,砌成花坛,应该会坚固一些。”于是他便按照自己的设想,砌起了一个带铁丝网骨架的花坛。果然,这个花坛非常坚固,一直没有被人踏碎。

莫里哀的发明于1867年获得专利。这样,将花草根系网状结构移植到建材领域,产生了至今广泛采用的钢筋混凝土结构。

第四节 逆向创新原理

逆向创新原理是从反面、从构成要素中对立的另一面思考,将通常思考问题的思路反过来,寻找解决问题的新途径、新方法。逆向创新法亦称为反向探求法。

我国宋代司马光砸缸救小孩的故事,就是逆向思维方法,他不是用将小孩拉出来而是用砸破水缸让水流走的办法,将小孩救出。

1800年,意大利科学家伏打,将化学能变成电能,发明了伏打电池。英国化学家戴维想到化学作用可以产生电能,那么电能是否可以引起化学变化而电解物质呢?1807年,他果然用电解法发现了钾和钠两种元素,1808年,他又发现了钙、锶、铁、镁、硼5种元素,成为发现元素最多的科学家。

18世纪初,人们发现了通电导体可使磁针转动的磁效应,法拉第运用逆向思维反向探求,“能不能用磁产生电呢?”于是,法拉第开始做大量实验,终于在经过9年的探索之后于1831年获得成功——发现了电磁感应现象,制造出了世界上第一台感应发电机,为人

类进入电气化时代开辟了道路。

一般,我们都认为数学的特点就是“精确”,它对客观规律的数学描述不能模棱两可,必需具有严格的精确性。但在1965年,美国数学家查德却离开传统数学的精确方法,而专门研究其相反的模糊性,创立了一门新兴学科——模糊数学,在精确方法无能为力的领域,模糊数学显示了无限的生命力。例如在人类识别、疾病诊断、智能化机器、计算机自动化等方面的应用已卓有成效。

反向探求法一般有三个主要途径:功能性反向探求、结构性反向探求和因果关系反向探求。

案例:大庆油田的发现

在1964年12月召开的第三届全国人民代表大会上,周恩来总理在政府工作报告中铿锵有力地宣布“第一个五年计划建设起来的大庆油田,是根据我国地质学家独创的石油地质理论进行勘探而发现的”。此时人们都不禁向一位满头银丝的老科学家投去尊敬的目光,他就是我国杰出的地质学家李四光。

近代地质学从18世纪末兴起于欧洲,研究者采用化石对比法和将今论古法,使地质学从神学中解放出来,成为一门科学,在此后的100多年,它主要描述地质构造形态和认识构造现象,而未能揭示地质构造的本质、联系和起源。20世纪20年代,李四光着手创建新的地质力学,他认为地质构造现象都是地壳运动的产物,在地壳运动中,由于地应力的作用,使岩石发生形变,因而可以反过来根据地质构造现象来研究力的作用方式,进而探索地壳运动的方向和起源,这种方法被称为“反序法”。由于他运用了这种从现象到本质、从结果追索到原因的反向探求研究方法,取得了重大成果。

李四光认为,地质构造现象虽然错综复杂,但还是有章可循,运用反向探求法,他对地壳构造和运动规律的研究不断产生新的发现。他研究了构造体系的各种类型和等级划分,使人们认识到地质现象的规律性,同时,由于构造体系控制着矿产的形成和分布,对构造体系的研究能够指导地下矿产资源的勘探和开发。

构造体系是地质力学的一个基本概念,在研究构造体系的过程中,李四光将科学观察、科学实验和理论分析紧密结合,以求实现理论和实践的统一。首先,李四光十分重视野外考察工作,他一生都坚持不懈地进行野外考察,即使旅行、疗养中也念念不忘进行考查,发现了大量的地质现象。其次,是理论分析。李四光对各种现象在理论上进行解析,通过力学分析对岩石的力学性质和地应力进行研究,认识地质构造的本质。第三是模拟实验,通过高度相似性设计模拟实验,检验已有认识是否正确,将模拟实验引入地质学的研究是李四光的一项创举。建立地质力学的基本方法生动地体现了辩证唯物主义认识论的原则。

在建立地质力学的过程中,也表现出了李四光不迷信权威,科学的批判精神和创新勇气。1926年他首次发表地球自转速率的变化是地球表面形象变化的主要原因的论文,因为和传统认识不同,而中国当时科技相当落后,论文受到了外国权威轻率的否定和嘲讽。在中国有没有石油矿产问题上,美国权威早已得出“陆相无油”、“中国贫油”的结论,但李四光一反陈说,对这个问题作出了明确的回答,这些都体现了他敢于创新和科学的求实精

神。他认为是否存在油矿,关键不在于“海相”、“陆相”,而在于有没有生油和储油条件。他根据地质力学的基本理论分析我国地质构造,指出中国东部新华夏构造体系的三个巨大沉降带具有良好的生油和储油条件,他主持了东北和华北的石油地质勘查工作,通过大庆油田的发现和开采,我国终于摘掉了“贫油”的帽子,极大地振奋了我国人民的民族精神。

随后,我国又相继发现了胜利、大港、华北、江汉大油田,证实了李四光的科学预见的巨大成效,地质力学不仅指导了石油的开发,而且对于其他地下矿产资源的勘探、地震预报、水文地质、工程地质、开发地热等方面也发挥了重要作用。地质力学的建立,体现了反向探求可以产生新的发现,建立新的理论。李四光在建立地质力学的过程中,始终坚持辩证唯物主义的认识论,实践—认识—再实践—再认识,发展了地质科学的认识论和方法论。在创新的过程中,还必须坚持科学的批判精神,坚持正确的思想,求真务实,不断探索。大庆油田是我国最大的油田,迄今为止产油仍占全国石油产量的一半,大庆油田的发现,不仅是我国石油地质工作的一项伟大成就,而且是建国以来所取得的最重大科学技术成果之一。它体现了科学理论对技术实践的指导,同时通过技术成果反过来验证、完善和发展科学理论。大庆油田的开采充分体现了科学技术是第一生产力。

第五节 还原创新原理

还原法则又称抽象法则,即回到根本、回到事物的起点。暂时放下所研究的问题,反过来追本溯源,分析问题的本质,从本质出发另辟蹊径进行创新的一种模式。此法的特点为“退后一步,海阔天空”。

日本一家食品公司,想生产自己的口香糖,却找不到做口香糖原料的橡胶,他们将注意力回到“有弹性”的起点上,设想用其他材料代替橡胶,经过多次失败后,他们用乙烯、树脂代替橡胶,再加入薄荷与砂糖,终于发明出日本式的口香糖,畅销市场。

打火机的发明也应用了还原创新原理。它突破现有火柴的框框,把最本质的功能——发火功能抽提出来,把摩擦发火改变为气体或液体作燃料的打火机。

又如轻型四轮汽车的开发原点是“廉价”,矿泉水的根本问题是解决“什么样的水好喝”这个原点。

无扇叶电风扇的设计是基于电风扇的创造原点是使空气快速流动。人们设计出用压电陶瓷夹持一金属板,通电后金属板振荡,导致空气加速流动的新型电扇。与传统的旋转叶片式电风扇相比,无扇叶电风扇具有体积小、重量轻、耗电少、噪声低等优点。

还原换元是还原创造的基本模式。所谓换元,是通过置换或代替有关技术元素进行创造。换元是数学中常用的方法,例如直角坐标和极坐标的互相置换和还原、换元积分法等。

探测高能粒子运动轨迹的“气泡室”原理就是美国物理学家格拉塞尔运用还原换元原理而发明的。一次,格拉塞尔在喝啤酒时,看到几粒碎小鸡骨在掉入啤酒杯里时随着碎骨粒的沉落周围不断冒出气泡,而气泡显示出了碎骨粒下降过程的轨迹,他猛然想到自己一直在研究的课题——怎样探测高能粒子飞行轨迹。他想,能不能利用气泡来分析高能粒

子的飞行轨迹？于是他急忙赶回实验室，经过不断实验，发现当带电粒子穿过液态氢时，所经路线同样出现了一串串气泡，换元实验成功了，这种方法清晰地呈现出粒子飞行的轨迹。格拉塞尔因此荣获诺贝尔物理学奖。

例：食品保鲜研究

冷冻能保藏食品，使食品在一定时间内保持良好的鲜度和品质。冷冻技术在不断发展，各种冷冻设备也在不断更新。人们为了创造出保藏食品的新装置，都在同一个创造起点上冥思苦想：什么物质可以制冷？什么现象有冷冻作用？还有什么冷冻原理？这种先入为主的冷冻思想束缚了人们的思维。

按照还原换元原理，应首先考虑食品保鲜问题的原点是什么？冷冻食品可以长期贮存，其原因在于冷冻可以有效地杀灭和抑制微生物、酶类的生长。因此，凡具有这种方法、装置都可以用来保鲜食品。

从这一创新原理出发，瑞典发明家斯坦斯特雷姆大胆地采用微波加热的方法，开发出微波灭菌保鲜装置。经过此法处理的食物，不仅能保持原有形态、味道，而且鲜度比冷冻更好，可使食品在常温下保存数月。

除了微波灭菌外，人们又采用静电保鲜方法，开发出了电子保鲜装置。

例：洗衣机的开发

千百年来人们洗涤衣服都是靠手工揉、搓、刷、擦、捶等方法。开始设计洗衣机时，考虑模仿人的洗衣方法，要设计一个像人手搓揉衣服的机构是很不容易的，考虑用刷子擦洗，则很难解决使衣服各处都能刷到，如考虑捶打方法，但容易损坏衣服，因此在很长时间家用洗衣机难以发展。

后来，人们采用还原创新原理，对洗衣方法还原到问题的创造原点。洗衣机的揉、搓、刷、擦、捶等只是洗衣的方法，那么洗衣机的创造原点是什么呢？经过还原分析，应该是“洗”和“洁”，再加上不损坏衣服，即“安全”，至于采用什么方法并没有限制。于是，人们设想通过翻滚、摩擦、水的冲刷，并借助洗涤剂的去污作用，使附着在衣物上的脏物脱落，从而达到洗净衣物的目的。

找到了解决问题的简单方法后，人们首先设计出了拖动式洗衣机，在洗衣筒内由拨爪之类的机构带动衣服，通过在水和皂液中旋转、上下浮动，靠水流冲刷掉污垢，但这种洗衣机的洗涤效果不够理想。

1922年，工程师设计了摆动式（又叫搅拌式）洗衣机，它的结构是在洗衣筒中心安装一立轴，在立轴上部靠筒底处安置摆动翼（或波轮），通过周期性地正反旋转，使水流和皂液能不断摩擦、冲刷、翻搅衣物，达到洗涤目的。这种洗涤方式一直沿用至今。

后来，美国的一位工程师受到牛奶分离器分离奶油的启发，设计出了高速旋转的甩干机，1937年，集洗涤、漂洗和脱水功能于一身的自动洗衣机面世，它用自动定时器控制不同的洗涤时间，使用方便，性能好，大受欢迎。现在，真空洗衣机、烘干洗衣机、电磁洗衣机和由传感器、电脑与模糊逻辑控制程序为主设计的模糊逻辑洗衣机等各种各样的新型洗衣机不断设计出来，不断向着高效、节能、方便、实用的目标迈进。

第六节 价值优化原理

二次世界大战以后,从美国开始了关于价值分析(Value Analysis,简称VA)和价值工程(Value Engineering,简称VE)的研究。在设计、研制产品(或采用某种技术方案)时,设计研制所需成本为C,取得的功能(即使用价值)为F,则产品的价值V为:

$$V = \frac{F}{C} \quad (3-1)$$

显然,产品的价值与其功能成正比,而与其成本成反比。

价值工程就是揭示产品(或技术方案)的价值、成本、功能之间的内在联系。它以提高产品的价值为目的,提高技术经济效果。它研究的不是产品(或技术方案)而是产品(或技术方案)的功能,研究功能与成本的内在联系,价值工程是一套完整的科学的系统分析方法。

设计创造具有高价值的产品,是人们追求的重要目标。价值优化或提高价值的指导思想,也是创新活动应遵循的理念。

优化设计的途径有:

- (1) 保持产品功能不变,通过降低成本,达到提高价值的目的;
- (2) 不增加成本的前提下,提高产品的功能质量,以实现价值的提高;
- (3) 虽成本有所增加,但却使功能大幅度提高,使价值提高;
- (4) 虽功能有所降低,成本却能大幅度下降,使价值提高;
- (5) 不但使功能增加,同时也使成本下降,从而使价值大幅度提高。这是最理想的途径,也是价值优化的最高目标。

优化设计并不一定每项性能指标都达到最优,一般可寻求一个综合考虑功能、技术、经济、使用等因素后都满意的系统,有些从局部来看不是最优,但从整体来看是相对最优。

本章介绍了创新基本原理,但“运用之妙,存乎一心”,各种“创新原理和创造技法”其本身难免存在一定的局限性,我们既要熟悉它们,但在创新实践中我们的头脑又不能受到“技法、原理”的束缚,打破各种各样的思维定势,才能创新。

第四章 常用创新方法

如果你准备从事发明创造工作,首先应该想到你从事的发明创造是不是人们普遍需要,对大众是否有用,否则,再好再精巧的设计都没有生命力;其次要考虑是否具有科学性和实用性,能否满足用户和社会的需求;第三是要量力而行,从小处做起,先摹仿进行一些制作、维修、拆装和绘图,从而产生一些发明的设想,进行小发明,通过不断实践掌握一定的创新方法和技巧,再从事更复杂的创新活动。

第一节 到何处去搜寻题材

发明题材的选定是进行发明创造工作的关键,我们到何处去搜寻题材?

1. 向生活索取

世界上不存在尽善尽美的事物,人们的衣、食、住、行、用等方面的物品总有一些不合理、不完善、不方便、不如意、不科学,许多小发明的题材都可从这“五不”中产生。

例如,一般的门窗合页是“死结”,安装后再卸下来相当费事,给维修和清洁工作带来了很大的不便。西北电讯工程学院附中学生陈延辉想到了这种一端可以插入和抽出的活动合页(图4-1)。

浙江宁波曹万渝是一腿部有残疾的中学生,他感到经常拄着传统的拐杖在车站等车非常吃力,在开会时搬椅子也不方便,于是他发明了可以当座椅用的两用拐杖(图4-2)。

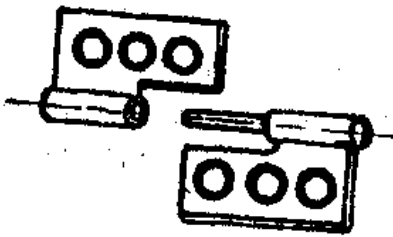


图 4-1 活动合页

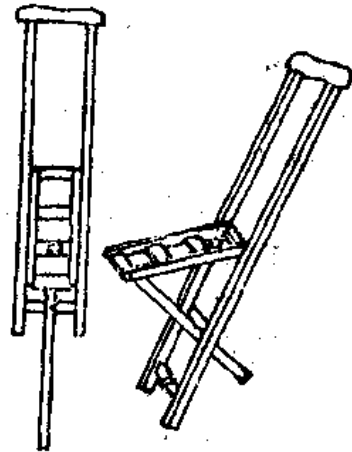


图 4-2 两用拐杖

2. 到各自的工作领域去发掘

长期从事某一工作的人对本专业的现状最熟悉,选题方便,成功的可能性更大。

伞是日常生活必需品,但普通的伞由于有较大的体积在旅行时携带很不方便,能不能将伞折叠起来,便于我们携带呢?

一位任职于制伞公司的童工树田英一,他巧妙地在伞上安装一根弹簧,就可以将伞折叠,轻巧地收藏起来。而打开伞时,弹簧的拉力使得伞不向外翻。后来人们又利用平行四边形机构,将伞巧妙地实行了三折叠(图4-3)。

除此之外,人们现在又设计出了半自动伞、自动伞,折叠的方式也有多种。

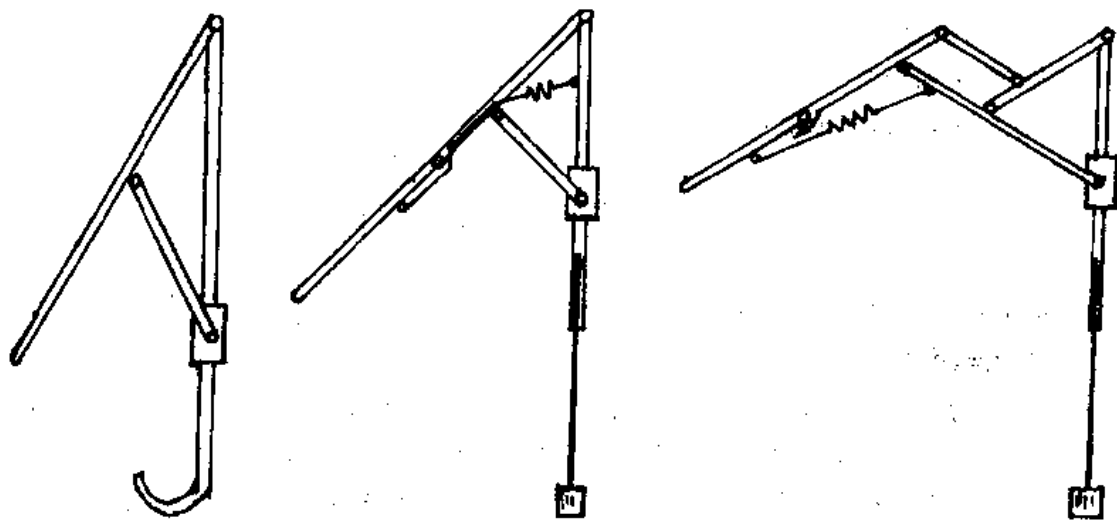


图4-3 折叠伞

第二节 创新的主要方法

创新的主要方法有下面的几种:

1. 缺点列举法

缺点列举法是将你所熟悉的事物的缺点一一列举出来,随时做笔记记录,找出你感受最深、最急需解决而又可能解决的问题,对症下药,作为创新发明的选题。

例如“自行车自动充气器”就是针对自行车轮胎跑气这个缺点而构思的发明;针对试电笔要与带电体接触,既不方便也不太安全的缺陷,创造设计出了一种新型的不接触式试电工具——感应试电器。

2. 希望点列举法

人们总是不满足于现状,对未来充满希望和向往。将这些希望予以具体化,并列举、归类和概括出来,往往就成为一个可供选择的发明课题。希望点列举法既可用于已有事物,又可用于尚未出现的事物。

很多人都喜欢溜冰、滑滑板,但它们往往只能前进而不能随意后退,能不能设计出既能前进又能后退的并且进退自如的游玩器具呢?

有位34岁的日本青年,平时经常喜欢拆开自行车、溜冰鞋、三轮车等摆弄,一天,他骑在自行车上踩脚踏板时,发现脚踏板曲轴可以随时向前或者向后踩,只是由于自行车上的棘轮机构,使得自行车只能单向前进。他忽然产生一个很好的构想,那就是将二轮车的直

轴直接改变为曲轴,如图 4-4 所示,脚站在曲轴上,这样用脚去踩时,由于踩法不同,车子就可以随意的前进或后退了。

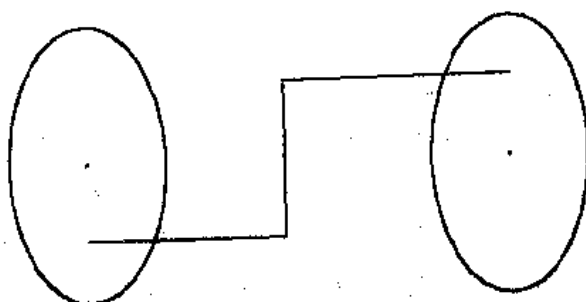


图 4-4 进退自如的脚踏玩具

由这个构想制作的玩具,很多小朋友只要稍微练习一下,就能运用自如了。

人们在缝制服装、穿衣时,感到挖扣眼、钉纽扣、系和解纽扣都很费事,希望能有一种方便的纽扣问世,1957年,瑞士人德梅斯特拉尔从一种草本植物上受到启示,发明了尼龙搭扣。

像“点灯不用油,耕田不用牛”、人们可以像鸟一样在天空翱翔、嫦娥奔月等等古代人民美好的希望,现在都已经成为现实。

案例:计算机的发明

作为新技术革命的重要标志,电子计算机几乎进入了人类生活、工作、学习和研究的一切领域。计算机已经部分地代替了人的脑力劳动,为信息化时代的到来奠定了基础。

纵观计算机的发展历史,出现了两次发展高潮。第一次是在19世纪中叶,巴贝奇发明了差分机和分析机,第二次就是电子数值积分器和计算机 ENIAC 的诞生。巴贝奇发明的意义主要是在理论上而不是在实践上,而 ENIAC 的成功则在理论与实践的结合上为电子计算机的发展打下了基础。虽然这两个事件间隔了近百年时间,但比较一下这一成一败的两种结果,将有助于我们对技术发明规律性的认识。

· 古典计算机的高峰

自从有了人类活动就有了对计算的需要。在我国春秋时代就创立了“筹算法”,即用竹签进行计算的方法,到了唐代末期,我国科学家发明了算盘,这种计算工具直到现在仍有人使用。而计算机的制造,则源于欧洲。

1694年,法国19岁的数学家帕斯卡,利用转动的齿轮可以计算数目和进位的原理,制造出了能自动进行加减运算的机器——加法机,加法机虽然非常简单,但迈出了开拓性的第一步。1671年莱布尼兹研制了“步进式计算机”,该计算机采用了梯形轴部件,能进行乘除运算和开方。英国数学家巴贝奇从1822年起耗尽几十年的心血,设计、研制差分机和分析机,但并没有制造成功。

巴贝奇1832年设计的差分机是有一些立柱装配若干齿轮组成,每个齿轮都刻有0~9的数字,不同位置的齿轮代表不同的位数。巴贝奇的首创之处是在差分机上设计了用齿轮组来实现的寄存器,能按设计者的安排自动完成整个运算过程,它已经包含了程序设

计的萌芽。

巴贝奇制造了具有3个寄存器的差分机样机后,经过2年的钻研和改进,他设计了分析机,这种机械式的计算机,已经有了现代电子计算机的“五大部件”,即:寄存器(100个能保存数字信息的齿轮)、运算器、控制器、输入器和输出器。作为一名设计师,他有一种做事务求完美的天性,总是不断地修订更改原来的设计,致使开支激增。开始英国皇家学会曾向他提供17 000英镑的资助,他个人也花费了13 000英镑的家资,但要达到整机设计功能所需部分之间的连接实在是太复杂了,工艺技术也无法达到他所设计的要求,计算机没有制造出来,后来又失去了政府的支持,工作被迫停顿。而当时社会对计算机并没有特别迫切的需要,巴贝奇便陷入了孤立无援的境地,尽管他仍然坚持不懈,千方百计继续其设计,但结果还是抱憾而终。

· 现代计算机的开端

巴贝奇的分析机失败了,但他的追求目标被后人一步一步地实现了。1876年,物理学家凯尔文制造出傅里叶系统的计算器(模拟机),1936年美国工程师布什制造出第一台微分分析仪。后来,由于模拟机的局限性,人们的努力方向又回到数字计算机方面。二次世界大战中,为了每天向部队提供火力表的数据,需要200多名计算员使用台式计算器和微分分析仪,并需要计算很长时间。于是,发明一种高速计算工具,已经成为客观上的急需。

1943年,美国物理学家艾肯在前人研究的基础上,用成千上万的机械开关成功地制造了一台机电式通用计算机,他基本上采用了110年前巴贝奇的设计思想,同时巧妙地把机械式计算机与电技术结合起来,尽管现在看来这种计算机有很多缺点,精度也不高,但为电子计算机的发明提供了重要的技术前提。

三年后,也就是1946年2月15日,美国宾夕法尼亚大学莫尔电工学院的莫希莱和埃克特等人,在军方的大力支持下,通过研制小组的团结奋斗,制造成功了世界上第一台全电子真空管式电子计算机,全名叫“电子数字积分器与计算器”,即ENIAC。这个庞然大物共用了18 000个电子管,15 000个继电器,总重量30吨,耗电量为15万千瓦,占地面积为170平方米,每秒钟可以运算5000次。他采用电子线路来执行算术运算、逻辑运算和存贮信息,它采用了20个加法器,还采用了乘法器、除法器 and 开关装置。由于有累加器,ENIAC可以执行并行运算,它的诞生,标志着计算机时代的到来,开创了用机器代替人的脑力劳动的新时代。

启示:

(1) 技术发明最有可能成功的领域是那些符合时代潮流的领域。每个时代都有与自己时代相应的带头学科领域。这种带头学科主要取决于当时的社会需要——首先是经济需要,也包括战争需要。

(2) 技术发明比之科学发现,更依赖于当时的工业技术条件。技术发明的最终结果是物化的实际样品,而不是停留在纸面上的设想。在计算机的设计上,巴贝奇发挥了他的高度创造力,达到了前所未有的高度,但他不顾工艺技术条件,总是把设计要求提到工艺技术所无法实现的高度,结果只能是以失败而告终。

ENIAC的成功则是由于它恰好处在一些非常有利的条件下:首先,机械式计算机的

研制已有几百年的历史,到 19 世纪末已付诸实际应用,特别是艾肯研制的机电式计算机,为电子计算机的设计制造积累了重要的经验。其次,电子管技术的成果、浮点计数法、带数字存贮地址的指令形式等技术,为高速电子计算机的制造提供了重要的技术基础。第三,在理论方面,巴贝奇的设计理论和思想、布尔创立的布尔代数为电子计算机提供了数学工具,这些都给电子计算机的发明准备了理论基础。此外,政府或企业集团的经济支持,也是技术发明得以成功的重要条件。ENIAC 预算为 15 万美元,但在计划执行过程和研制结束时,陆军拨给莫尔学院经费总算达 48 万美元,如果没有这种经济支持,ENIAC 也是难以成功的。

(3) 现代科学和技术的成功,组织能力和管理水平具有不可低估的重要作用。从 19 世纪末以来,无论是科学发现还是技术发明,都在从个人研究向组织化的协作过渡,单枪匹马的个人奋斗是难以取得重大成功的。ENIAC 是集体智慧的结晶,在研制小组中,有数学家、工程师、逻辑学家、计算人员和军方代表等等,他们都不可能单独完成这个发明,必须在团结协作中发挥自己的作用,只有实行科学管理,才能建立他们之间的最佳配合。所以,从某种意义上来说,ENIAC 的诞生,也是管理科学的一个胜利。

3. 系统设问法

系统设问法是针对事物系统地罗列问题,然后逐一加以研究、讨论,多方面扩展思路,就像原子的链式反应那样,从单一物品中萌生出许多新的设想。系统设问可以从下列方面入手:

(1) 转化。这件物品能否有其他用途? 将其稍微改变一下,是否还有别的用处?

“拉链”最初只用在鞋上,后来人们将它用在提包、服装上等等,现在其用途十分广泛。瑞士人德梅斯特拉尔,从一种植物的果实粘在身上的现象受到启示,发现了能代替纽扣且非常方便的尼龙搭扣。尼龙搭扣后来应用到了解决在太空失重状态下的行走问题;普通的椅子可以转化成躺椅、摇椅、转椅等等。

农村水井打水用的手动唧筒(图 4-5 示)就是滑块四杆机构(定块机构,图(b))的应用实例。

(2) 引申。有别的像这件物品吗? 是否可以从这件物品引申设想出其他东西?

医院的病床可躺可坐,成为可调成椅状的病床,儿童手推车也是由椅子引申而来。港口用的起重机属于双摇杆机构,当 AB 杆摆动时,CD 杆也作摆动,连杆 CB 上的 E 点作近似的水平运动,使其在起吊重物时减少能量的损耗(图 4-6 示)

飞机起落架也用到了双摇杆机构。飞机着陆时起落架打开,AB 杆与 BC 杆成一线处于死点位置,无论多大的力,杆都不会转动,因而可承受飞机着陆时的巨大冲击力(图 4-7)。

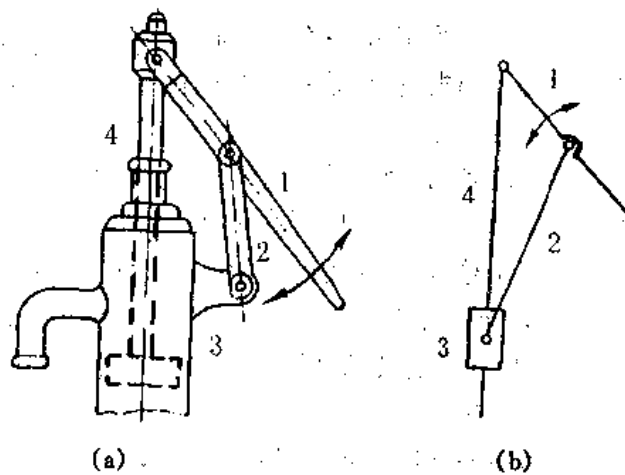


图 4-5 手动唧筒

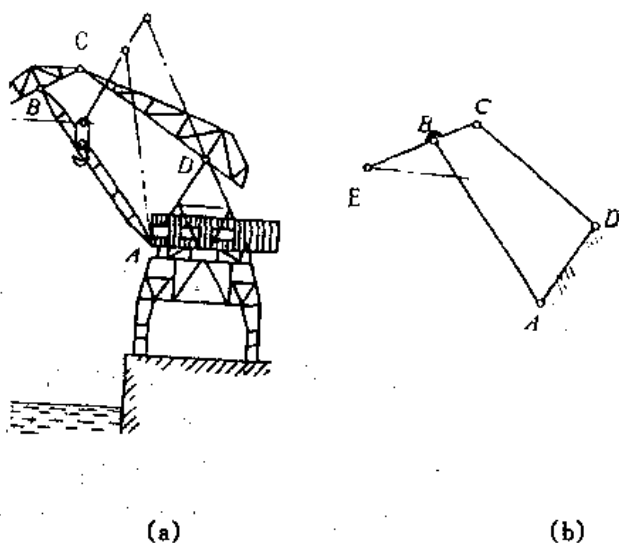


图 4-6 港口起重机

(3) 改变。改变原来的形状、颜色、气味、式样等,会产生什么结果?

普通椅子占据的空间较大,人们改变了其结构,设计出了折叠椅,不用时可以收起来,少占空间。

随着火车的出现,火车的制动问题成了当时急需解决的难题,英国人威斯豪斯致力于这项工作。他首先想到用火车的蒸汽动力进行制动,实验时发现制动力不足,失败了。有一天,他乘车外出旅行,随便买了一本杂志消遣,当他读到一篇介绍使用压缩空气而使开凿隧道的工程进度速度大大提高的报道时,他就联想到改变蒸汽制动为压缩空气制动也应该是可行的。回去后他就设计了一个以压缩空气为动力的制动系统,系统包含空气压缩机、高压空气储存罐、输气管路、制动缸、闸瓦。司机一给气,压缩空气即推动闸瓦抱住车轮,达到制动的目的。解决了火车制动的难题。

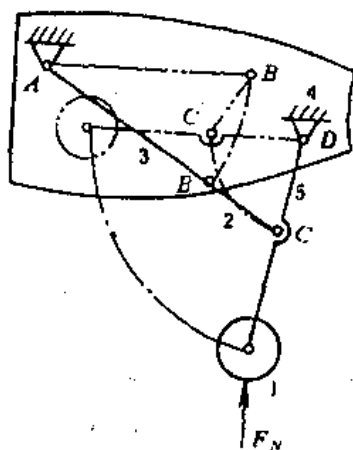


图 4-7 飞机起落架

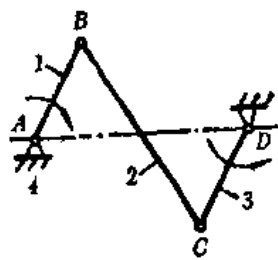
图 4-8 所示为一车门启闭机构,利用了反向平行四边形机构。其运动特点为构件 1、3 作转向相反的转动,保证左、右车门同时启闭。反向平行四边形机构是从平行四边形机构改变而来。

将活塞的结构改变,采用压力平衡环、圆锥形活塞、压力囊、铰链联接在活塞重心上(图 4-9)等方法,可以保持活塞不偏斜且运动稳定。

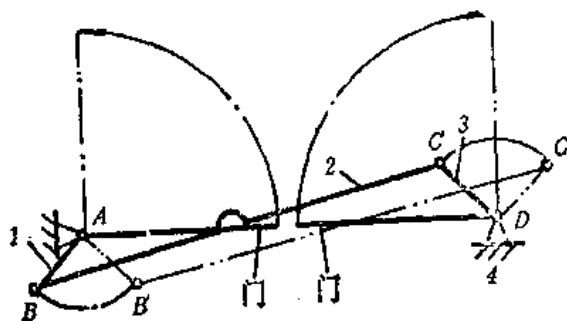
(4) 放大或缩小。将这件物品按比例放大、缩小会产生什么结果,单向放大、缩小会怎样?

长途货运时,小包装箱很不方便,人们将其放大成了现在的集装箱运输,大大提高了效率。将普通台灯的灯头与底座之间的距离放大,就成了落地台灯。

汽车出现后,人们为下雨天开车时雨水会遮挡住驾驶员的视线而苦恼。为此,有人想到了将汽车前窗的雨水随时刮走的办法。图 4-10 所示为一种汽车前窗刮雨器。它是利



(a) 反向平行四边形机构



(b) 车门启闭机构

图 4-8 车门启闭机构

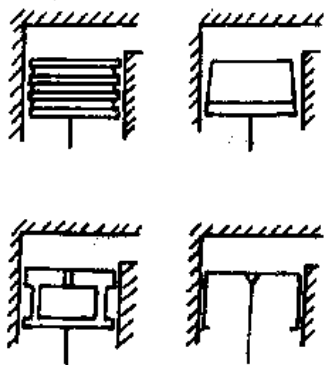


图 4-9 活塞的结构

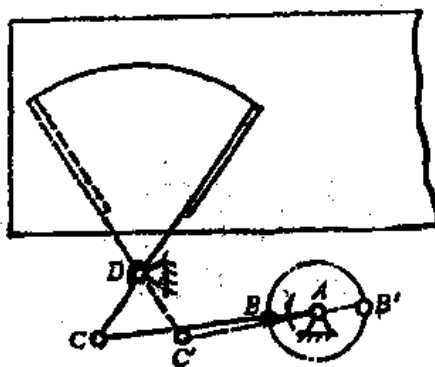


图 4-10 汽车前窗刮雨器

用曲柄摇杆机构将摇杆一端延长, 利用摇杆延长的部分往复摆动实现刮雨动作。

将热水瓶缩小成保温瓶, 既保温又方便携带, 为方便旅行, 人们用的牙膏、香皂等都进行了缩小。

(5) 复杂。在这件物品上可加上别的东西吗? 加进一些“佐料”会怎样?

自行车上缺少装东西的容器, 有人想到在车把前方加装一网盘, 结果很受欢迎。理发用椅子增加了枕头的、架脚的、升降的和仰躺的机构, 变成了结构复杂的理发椅。

凸轮机构中, 尖顶从动件与凸轮之间为滑动摩擦, 摩擦大, 效率低, 有人想到了增加滚子来降低摩擦, 提高效率; 另外, 用平底从动件在平底与凸轮接触处易形成油膜, 也能减少磨损, 提高效率(图 4-11)。

增加一个曲柄, 可以消除平行四边形机构的运动不确定性, 机车联动机构就是其中一例(图 4-12)。

星形发动机是由六个曲柄滑块机构组成, 六个活塞的往复运动同时通过连杆传给公用曲柄 A, 其输出传动是六个曲柄滑块机构输出传动的代数和, 与单缸发动机相比, 其输出扭矩波动小, 且可以部分或全部消除振动力(图 4-13)。

对于曲柄滑块机构, 当滑块为主动件时机构有死点出现。如何构思无死点机构?

若采用图 4-14 所示结构形式, 则无死点出现。再如蒸汽机动力设备是 90°开式双气

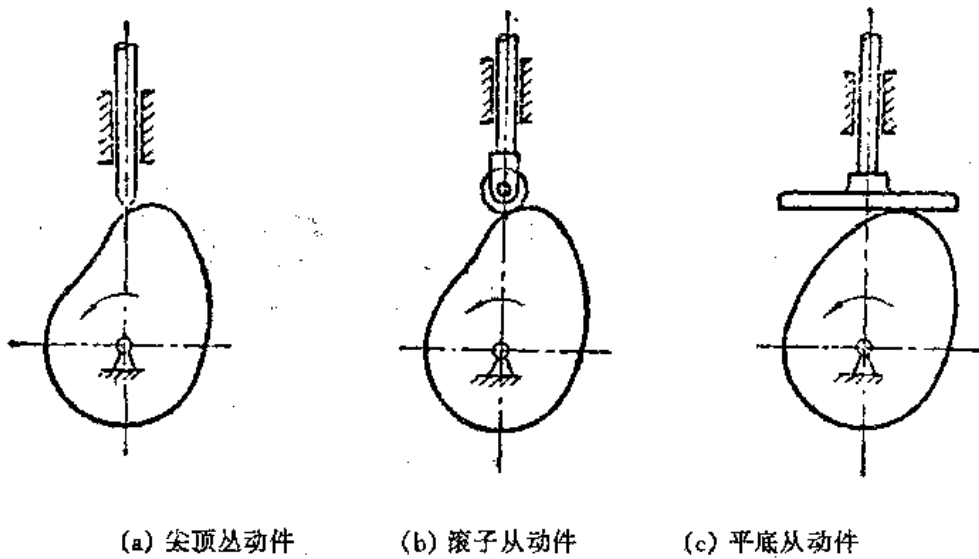


图 4-11 凸轮机构

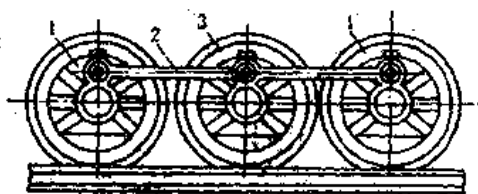


图 4-12 机车联动机构

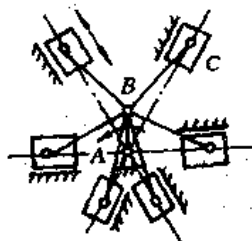


图 4-13 星形发动机

缸结构,这样的结构也可以避开死点(图 4-15)。

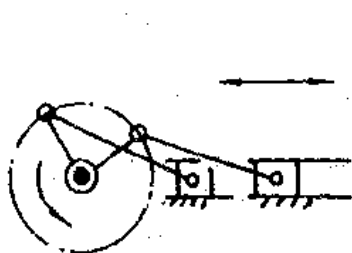


图 4-14 无死点机构

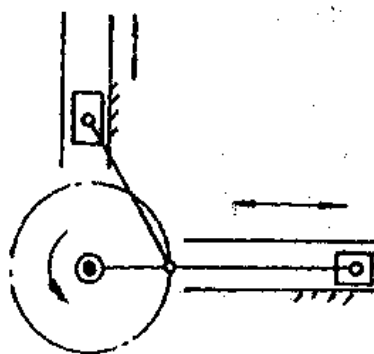


图 4-15 双气缸结构

(6) 精简。从这件物品上抽掉一些东西可以吗? 减轻分量或复杂程度效果如何?

为了使鞋穿脱方便,将鞋帮予以简化,得到了拖鞋;将椅子的四条脚简化成中心的一根支柱,设计出了可旋转的座椅。

在机构中,将运动副精简,而由柔性关节来代替铰链,由结构本身的预期弹性变形来实现运动和力的传递。图 4-16 所示的柔顺四杆机构和图 4-17 所示的手动夹钳即为新

型的柔顺机构,它没有刚性运动副,不需装配,不需润滑,具有体积小、重量轻、制造和维护费用底、使用寿命长等优点。

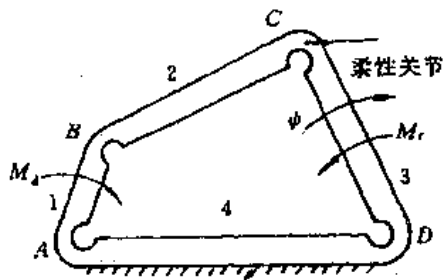


图 4-16 柔顺四杆机构

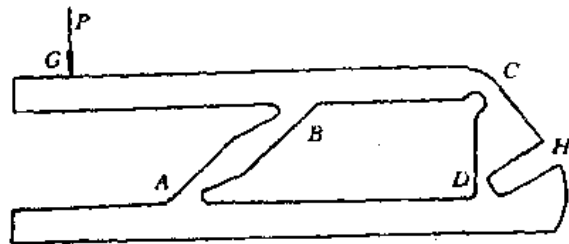


图 4-17 手动夹钳

(7) 代替。有没有其他物品可以代替这件物品? 是否有其他材料、成分、过程或方法可以代替此类材料、成分和过程。

千百年来人们洗衣服都是靠手工搓,擦板擦,刷子刷,19世纪中期开始,人们利用机械模仿人工洗涤的动作,即通过翻滚、摩擦、水的冲刷,设计出了代替人的拖动式洗衣机。后来人们将它改为搅拌式得到了洗涤效果较好的洗衣机,其结构是在洗衣筒中心装上一竖直的立轴,在其轴上部靠筒底处安置摆动翼,由传动机构带动,使它周期性地正反向转动,使水流和皂液能与衣服不断相互摩擦、碰撞、翻搅,达到洗涤目的。

近年来,洗衣机种类越来越多,除了单缸、双缸、全自动洗衣机外,又设计出了真空、烘干、电磁、模糊逻辑洗衣机等,功能越来越强大,性能也越来越好。

在曲柄滑块机构中,若需要曲柄较短,或要求滑块行程较小,这时可用盘状结构代替曲柄,这样就得到了偏心轮机构(图 4-18 所示)。回转中心 A 到偏心轮几何中心 B 的距离(称为偏心距)相当于曲柄滑块机构中的曲柄长度。偏心轮机构广泛用于剪床、冲床及颚式破碎机等机械设备中。

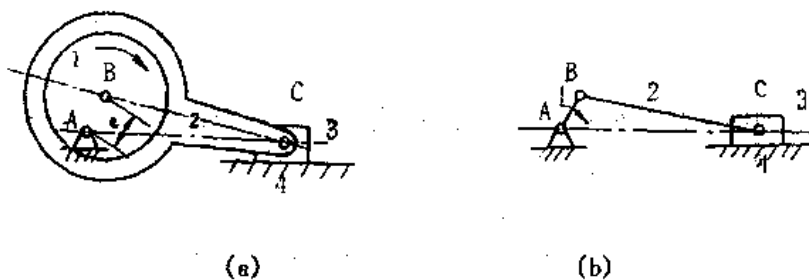


图 4-18 偏心轮机构

(8) 重组。交换一下零件位置会怎样? 变动序列、改换因果关系、改变速率应提供什么条件、产生何种结果?

1608年在荷兰一个小城镇的眼镜铺里,18岁的学徒利珀希坐在店铺门口,好奇地摆弄着他刚刚磨好的几块透镜,凸透镜能将物体放大,而凹透镜将物体缩小,使他感到非常有趣,无意之中,他把两个镜片一前一后向远处看去,这一看,他惊讶地看到远处教堂的塔尖又大又近,好像伸手就能抓到。后来,他用纸板作了个圆筒,代替双手,把镜片装在纸筒

的两头,世界上第一个“千里眼”——望远镜就这样诞生了。

螺旋桨飞机发明后,螺旋桨都是设计在机首,两翼从机体伸出,尾部安装着稳定翼。美国著名飞机设计专家卡里格·卡图按照空气的浮力和气推动原理,对螺旋桨飞机进行重组,将螺旋桨改放在机尾,仿如轮船一样推动飞机前进,而稳定翼则放在机头处,设计出世界上第一架头尾倒换的飞机。重组后的飞机,具有尖端悬浮系统,具有更加合理化的流线型机体形状,不仅提高了飞行速度,而且排除了失速和旋冲的可能性,增强了安全性。再如儿童通过玩积木、活动模型,可以从小培养具有重组意识的创新设计能力。

(9) 颠倒。正反互换会怎样?反过来又会怎样?能否反转?

汽车能倒行,为啥自行车不行?于是有人设计了有两个飞轮的、行驶中既能前进又能倒退的自行车。本世纪40年代发明的圆珠笔,因圆珠磨损漏油而难以推广应用,最初人们总是设法减少磨损,试验用各种不同材料提高耐磨性,甚至使用宝石制作笔珠,但问题总是没有很好地解决,后来日本人中田藤三郎将思维方式颠倒过来,不是设法减少磨损,而是控制笔杆的装油量,在圆珠未磨损之前,油已用完,巧妙地解决了问题。

除尘器开始是利用吹尘的方法,飞扬的尘土令人窒息。英国人赫伯布斯运用逆向思维,吹尘不好,吸尘如何?他用捂着手绢的嘴试着吸尘土,结果成功了,他继而发明出带有灰尘过滤装置的负压吸尘器。

图4-19所示可逆式折叠椅的椅面和靠背正反面分别做成硬的和软的两面,可以翻转,热天坐硬面,冬天坐软面。

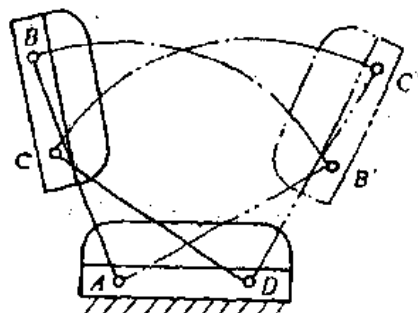


图4-19 可逆式折叠椅

铰链四杆机构在满足曲柄存在的条件下,取不同构件为机架。可以分别得到双曲柄机构、曲柄摇杆机构、双摇杆机构。

图4-20所示为卡当机构。若令杆 OO_1 为机架,则原机构的机架成为转子3(图(b)),曲柄1每转一周,转子3亦同步转动一周,同时两滑块2及4在转子3的十字槽内往复运动,将流体从入口A送往出口B,从而得到一种泵机构。

(10) 组合。这件物品与什么东西组合起来效果会更好呢?

组合创新是一种非常有效的创新方法。它可以通过功能组合、材料组合、同类组合、异类组合、技术组合、信息组合等多种形式来实现。

将椅子和一对自行车轮组合到一起,制成了残疾人使用的“轮椅”。前面介绍的可以当座椅用的两用拐杖(图4-2)也是功能组合的实例。

多功能起子(图4-21所示)、旅行用多功能小刀等都是利用组合方法创新的例子。

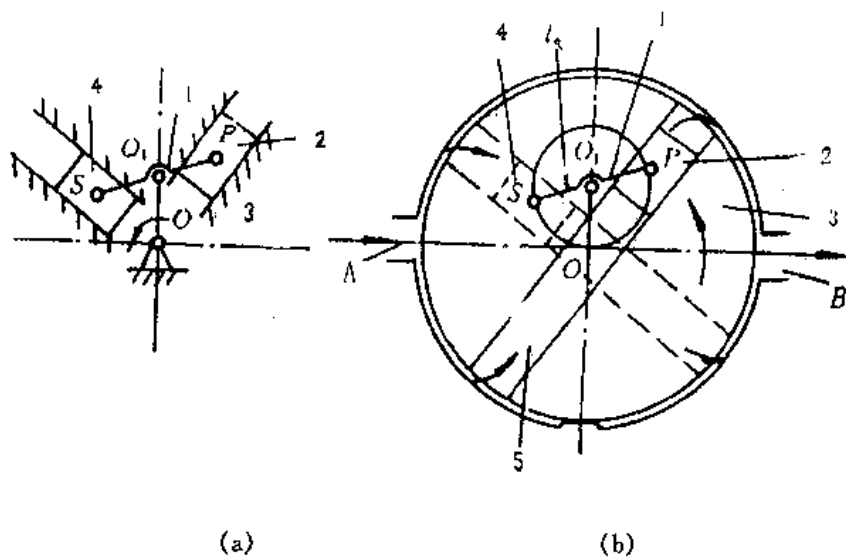


图 4-20 卡当机构

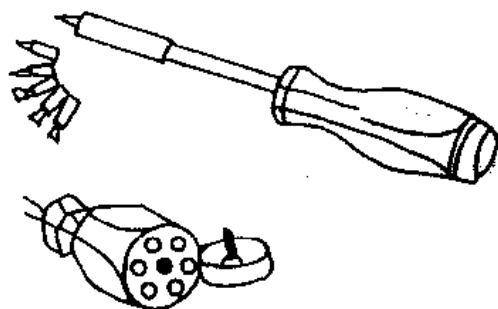


图 4-21 多功能起子

图 4-22 所示为电动玩具马的主体运动机构,它能模仿马的奔驰运动形态,是由曲柄摇块机构叠加在两杆机构的杆 4 上,两杆机构为运载机构,使马绕 $O-O$ 轴旋转奔驰,而曲柄摇块机构中的导杆 2 的摇摆和伸缩则使马获得跃上、窜下、前俯、后仰的动作。

图 4-23 所示是织布机开口机构,它由曲柄滑块机构和转动导杆机构串联组合而成。当曲柄 1 以等角速度转动时,构件 5 就能实现每转 180° 后停歇的运动要求。

运用系统设问法可将已有的物品对照上面的 10 个方面分别提问,找到的答案一般都可以作为发明的选题。

4. 信息联想法

人们将自己每天耳闻目睹的大量信息加以筛选,从中挑选出新的、奇的、与技术有关的科学发现和技术发明,通过思维加以联想,往往可产生或提出一个新的发明问题。

联想的方式有:由一事物联想到在空间或时间上与其相连通的另一事物;联想到与其对立的另一事物;联想到与其类似特点(如功能、性质、结构等)的另一事物;联想到与其有因果关系的另一事物;联想到与其有从属关系的另一事物等等。

收割机的发明就是人们由理发推子剪断头发联想到收割麦子可采用同样的原理而设计制成的。

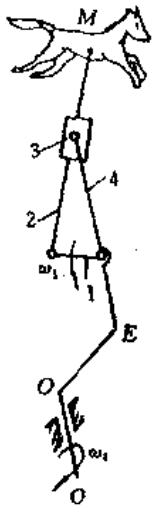


图 4-22 机构的叠合

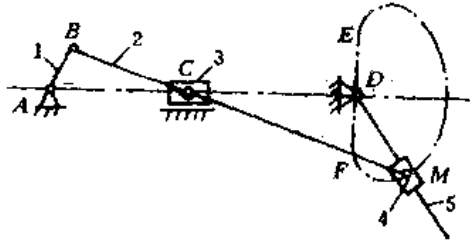


图 4-23 织布机开口机构

为了减少车轮的振动,一开始人们在车轮上直接裹上橡胶,但不论橡胶是硬还是软,效果都不理想,人在车上感到不舒服。英国医生邓禄普受到足球充气的启发,联想到对橡胶轮胎内充气,对传统方法进行彻底改革,设计出了现代的充气轮胎。

信息联想可以用组合来分析设计方案,参与联想组合的图形可以是二维的,也可以是多维的,组合的元素可以是同一组,也可以是不同组。

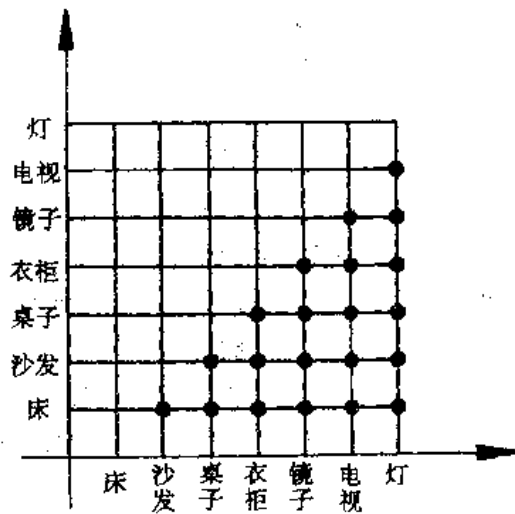


图 4-24 家具与电器的组合联想

图 4-24 所示为家具与家用电器的二维组合联想,纵横交叉的点即为可供选择的组合方案,如床与沙发组合联想成为沙发床,柜子与桌子成为组合柜,电视与镜子组合成为反画面电视等等。图 4-25 所示为公园游船的设计三维组合联想,三组元素分别代表船体的外形、船的推进动力和船的材料,每组元素任取一项即组合成一种设计方案,供设计者选择。

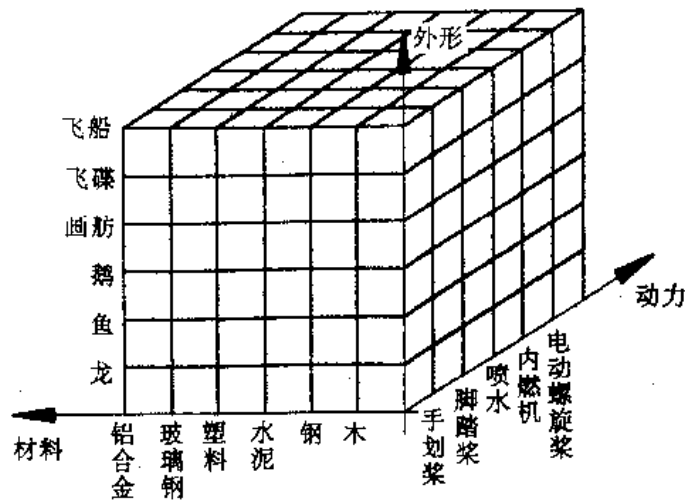


图 4-25 游船组合联想

5. 专利文献选读法

通过阅读大量的专利文献,即可掌握现有发明的内容和思路,了解最新的发明成果,避免重复他人的工作和侵权行为,又可对不完善的部分加以改进,作为你的课题,进行再发明。

据资料统计,1985年~1995年中国发明协会向社会推荐和宣传的发明创造成果有1万多项,其中只有15%转化为生产力;而这10年中我国的专利实施率仅在25%~30%左右。因此,针对其中的不实用的部分进行改进和完善,往往会获得良好效果。

6. 集思广益法

集思广益法是美国创造工程学家奥斯本于1945年首先提出的,原文是“Brain storming”,直译就是“头脑风暴”。这种方式是以开小型“诸葛亮会”来进行,与会人数一般为5~10人,要求与会者严守下列规则:

- 1) 畅所欲言,想到就说,意见越多越好;
- 2) 静听别人的发言,从中受到启发,以使自己的意见更加完善;
- 3) 欢迎荒诞和使人发笑的发言,设想越奇越好,能否采用另当别论;
- 4) 禁止批评别人的发言,这一点很重要。

会后对会上的各种设想进行整理评价,选择最优设想付诸实施。

.....

运用上面介绍的六种方法,一般可以确定待发明的课题。题材选取后,要完成它还得付出艰苦的努力和劳动。在解决问题的过程中,要根据事物的品质、构造、功能、特征对各种构想进行分析、比较、判断,运用正向思维和逆向思维的分析方法,对问题进行类比、综合、联想,集思广益,同时反复进行绘图、试验、制作样品和模型,并不断地改进,一个发明才有可能真正的完成。

第五章 机构的创新设计

一个机械的工作功能,通常是要通过传动装置和机构来实现。本章主要介绍机构创新设计的实例。

机构设计具有多样性和复杂性,一般在满足工作要求的条件下,可采用不同的机构类型。我们在进行机构设计时,除了要考虑满足基本的运动形式、运动规律或运动轨迹等工作要求外,还应注意以下几个方面的要求:

(1) 机构尽可能简单。可通过选用构件数和运动副较少的机构、适当选择运动副、适当选用原动机等方法来实现;

(2) 尽量缩小机构尺寸,以减少重量和提高机动性能;

(3) 应使机构具有较好的动力学性能,提高效率。

第一节 常见机构分析

在实际的机械设计时,要求所选用的机构能实现某种运动或某些功能,表 5-1、表 5-2 简要介绍了常见机构的运动、性能、特点等,为我们的设计提供参考。

表 5-1 常见机构运动分析表

	具体项目	连杆机构	凸轮机构	齿轮机构	其他机构
执行构件能实现的运动或功能	匀速转动	平行四边形机构		可以实现	摩擦轮 有级、无级变速机构
	非匀速转动	铰链四杆机构 转动导杆机构		非圆齿轮机构	组合机构
	往复移动	曲柄滑块机构	移动从动件 凸轮机构	齿轮齿条机构	组合机构 气、液动机构
	往复摆动	曲柄摇杆机构 双摇杆机构	摆动从动件 凸轮机构	齿轮式往复运动机构	组合机构 气、液动机构
	间歇运动	可以实现	间歇凸轮机构	不完全齿轮机构	棘轮、槽轮、组合机构等
	差动机构	差动连杆机构		差动齿轮机构	差动螺旋机构 差动棘轮机构
	增力及夹持	杠杆机构 肘杆机构	可以实现	可以实现	组合机构

表 5-2 常见机构性能、特点表

评价指标	具体项目	评价			
		连杆机构	凸轮机构	齿轮机构	组合机构
A、运动性能	1、运动规律轨迹	任意性较差,只能实现有限个精确位置	基本上任意	一般为定比转动或移动	基本上任意
	2、运动精度	较低	较高	高	较高
	3、运转速度	较低	较高	很高	较高
B、工作性能	1、效率	一般	一般	高	一般
	2、使用范围	较广	较广	广	较广
C、动力性能	1、承载能力	较大	较小	大	较大
	2、传力特性	一般	一般	较好	一般
	3、振动、噪音	较大	较小	小	较小
	4、耐磨性	好	差	较好	较好
D、经济性	1、加工难易	易	难	较难	较难
	2、维护方便	方便	较麻烦	较方便	较方便
	3、能耗	一般	一般	一般	一般
E、结构紧凑	1、尺寸	较大	较小	较小	较小
	2、重量	较轻	较重	较重	较重
	3、结构复杂性	复杂	一般	简单	复杂

第二节 各类机构简介

一、增力机构

1. 杠杆

“给我一个支点,我将推动地球”这句名言实际上就是杠杆原理的经典描述。人们在古代就已非常清楚杠杆增力原理。如图 5-1 所示,其计算公式为:

$$F = \frac{l_2}{l_1} P \quad (5-1)$$

当 $l_1 < l_2$ 时,用较小的 P 可得到较大的力 F 。如图 5-2 所示下水道盖板的开启工具就是其中一例。人们日常生活中使用的剪刀、钳子、扳手等工具也都是利用了杠杆增力原理。

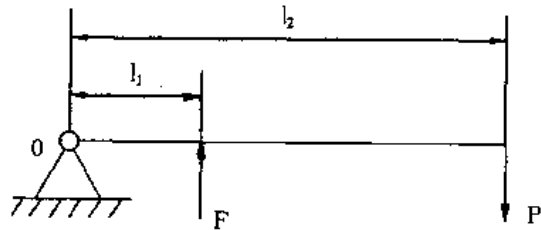
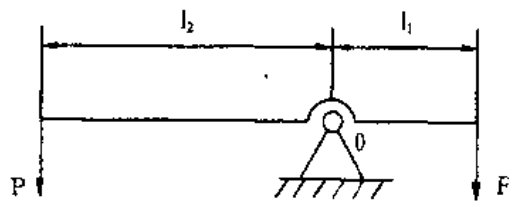


图 5-1 杠杆

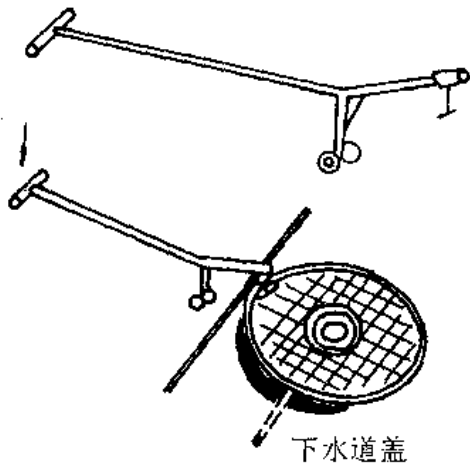


图 5-2 下水道盖板开启工具

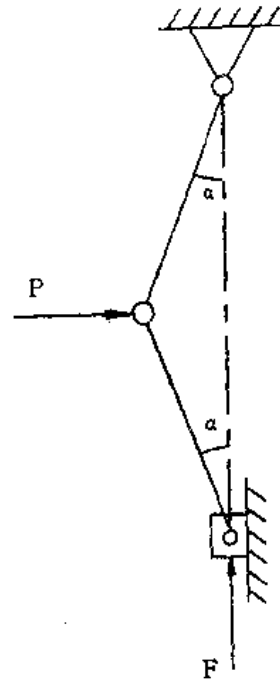


图 5-3 曲杆

2. 曲杆(肘杆)

图 5-3 为曲杆增力机构。F 与 P 的关系可根据平衡条件求出：

$$F = \frac{P}{2 \tan \alpha} \quad (5-2)$$

力 P 一定时, α 越小, 力 F 越大。

3. 楔

图 5-4 所示楔形增力机构, F 与 P 的关系为：

$$F = \frac{P}{2 \sin \alpha / 2} \quad (5-3)$$

4. 斜面

图 5-5 所示斜面增力机构, F 与 P 的关系为：

$$F = \frac{P}{\tan \alpha} \quad (5-4)$$

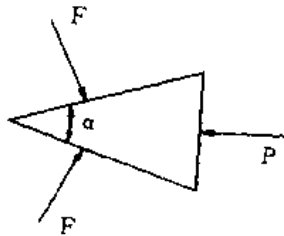


图 5-4 楔

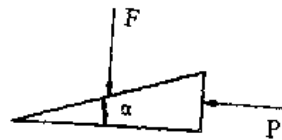


图 5-5 斜面

5. 螺旋

图 5-6 所示螺旋增力机构, F 与扭矩 T 的关系为:

$$F = \frac{2T}{d_2 \tan(\lambda + \rho)} \quad (5-5)$$

式中: d_2 ——螺杆中径;
 λ ——螺旋升角;
 ρ ——当量摩擦角。



图 5-6 螺旋

6. 滑轮

图 5-7 所示滑轮机构, F 与 P 的关系

$$F = 2P \quad (5-6)$$

7. 液压增力

图 5-8 所示液压增力机构, F 与 P 的关系为:

$$F = \frac{A_1}{A_2} P \quad (5-7)$$

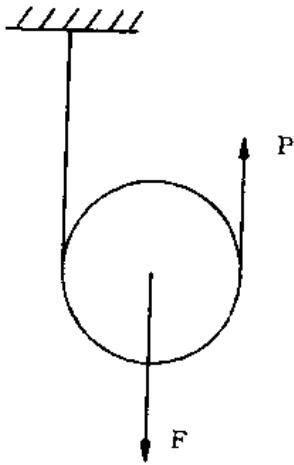


图 5-7 滑轮

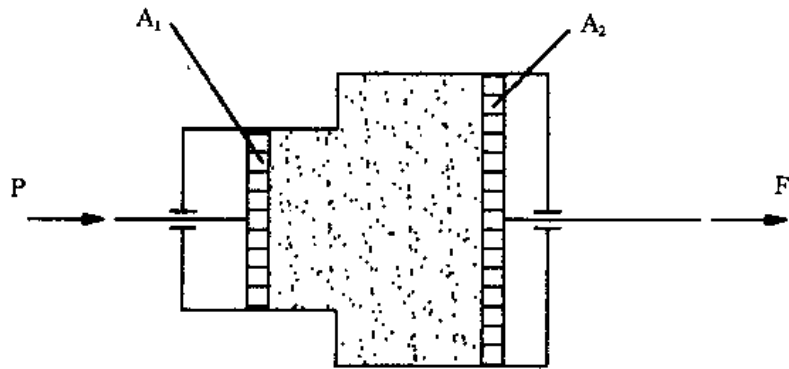


图 5-8 液压增力

图 5-9 所示为二次杠杆增力机构。

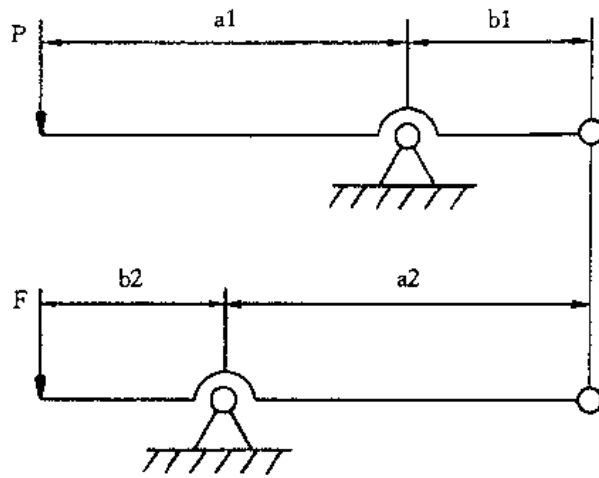


图 5-9 杠杆二次增力机构

图 5-10 所示手动压力机利用了杠杆和曲杆实现二次增力。

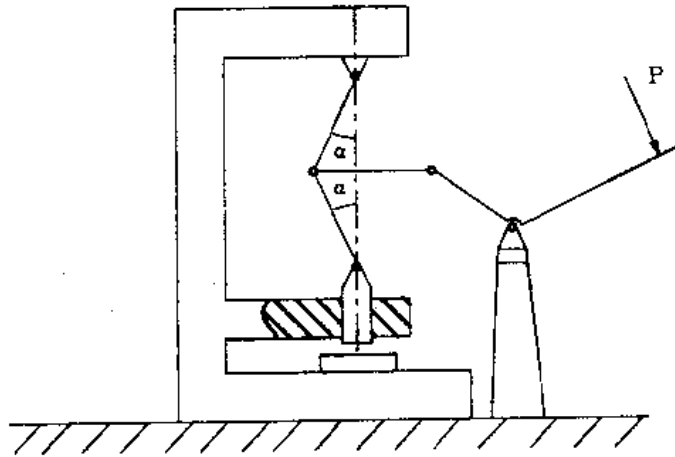


图 5-10 杠杆和曲杆二次增力

图 5-11 所示简易拔桩机利用曲杆(绳索)实现二次增力。

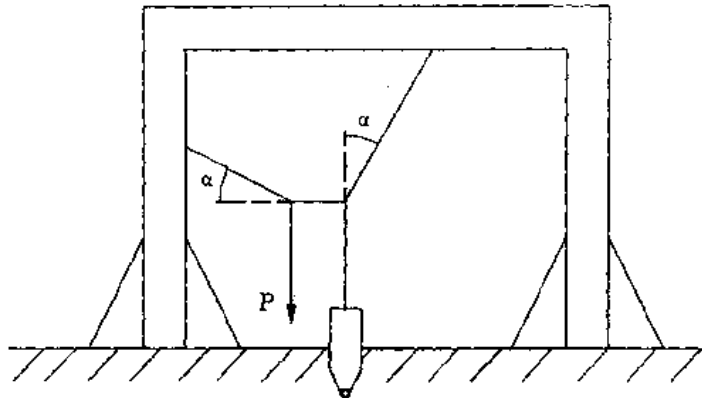


图 5-11 曲杆二次增力

图 5-12 所示千斤顶则利用螺旋和肘杆实现二次增力。

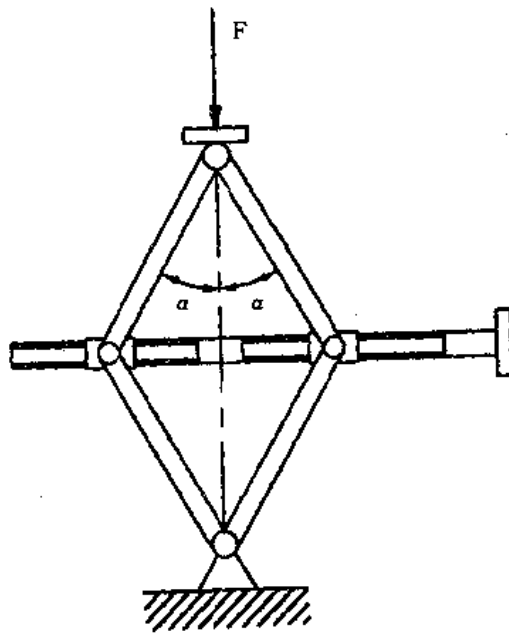


图 5-12 螺旋肘杆二次增力

二、夹紧机构

1. 虎钳的快速夹紧机构

图 5-13 所示为一种快速夹紧机构,它可以提高虎钳夹持工件的效率,这种快速夹紧机构采用了一对具有相同曲面的转动凸轮和固定凸轮,手柄转动凸轮快进到预定位置,然后螺旋机构进行夹紧,虎钳的钳口位置可以借助夹压间距调节手轮进行调节,以适宜不同的材料厚度,同时也可以调整夹紧力,该机构可用作铣床、镗床、装配夹具的夹压机构,是

一种夹紧力调节简单的快速夹紧装置。

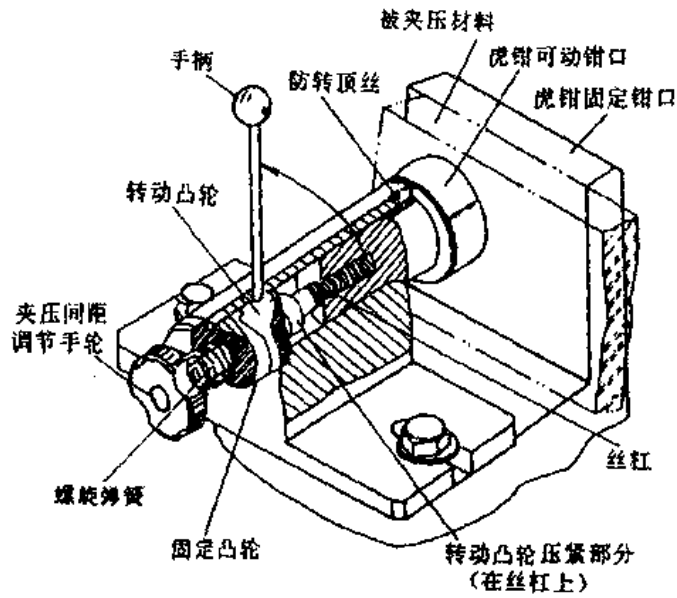


图 5-13 虎钳快速夹紧机构

2. 铣床夹紧机构

图 5-14 所示为一铣床快动夹具，它利用两螺纹旋向相反的螺旋副使左右两构件同步移动。

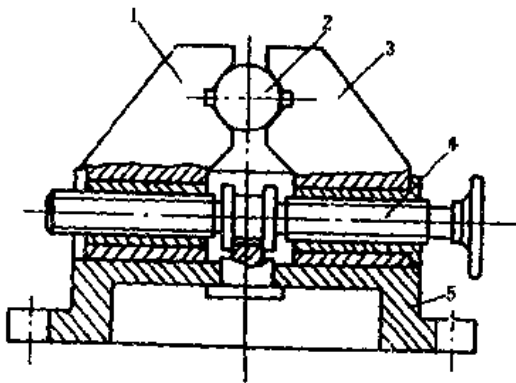


图 5-14 铣床快动夹具

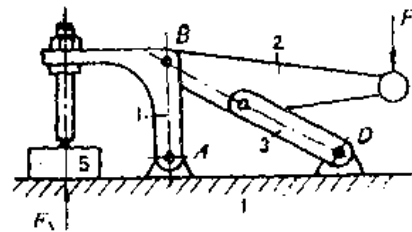


图 5-15 铣床快动夹紧机构

图 5-15 示为另一种铣床快动夹具，当工件被夹紧后，因夹具 BCD 成一直线，机构（夹具）处于死点位置，无论反力 F_0 有多大，夹具不会自动松脱，保证了夹紧工件的牢固性。

图 5-16 所示为三种双向快动夹具，它们的操作简单，装夹方便。利用夹具体各构件的运动关系，工件在一方向受力夹紧时，另一方向也同时夹紧，构思巧妙。

三、自锁机构

电工攀登电杆用的套钩(图 5-17 示)，为保证电工的安全，必需具有自锁特性，应满

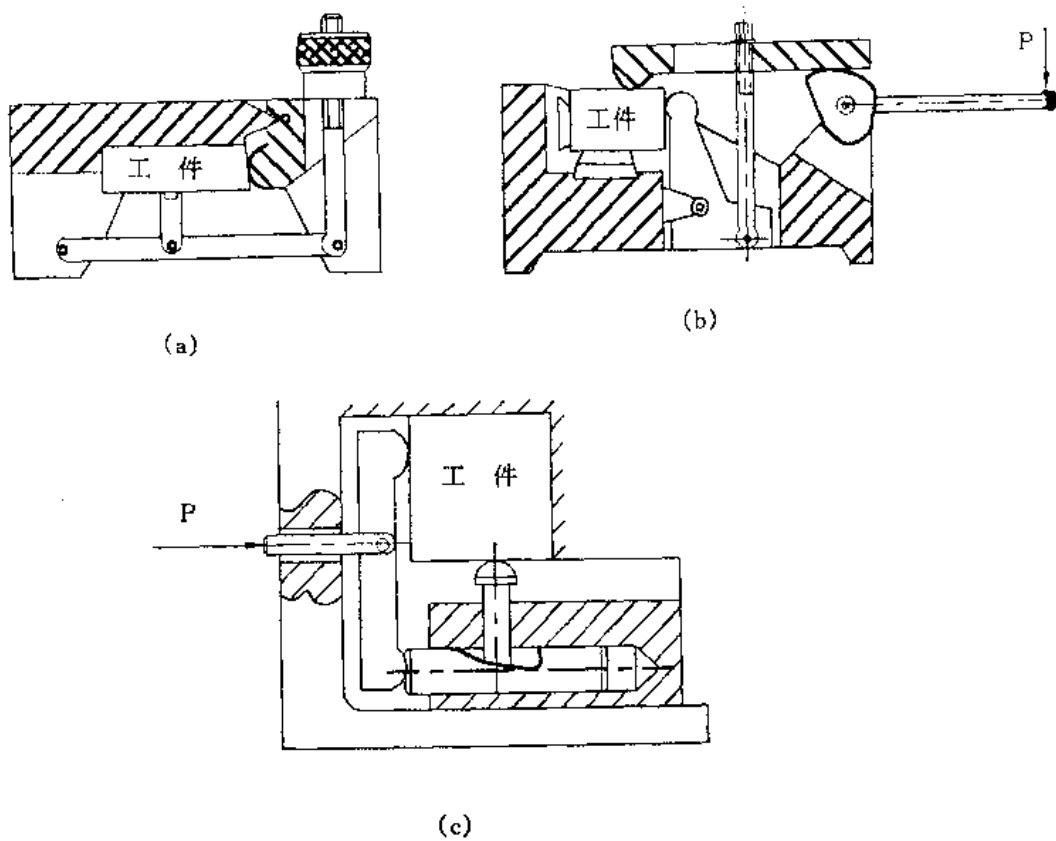


图 5-16 三种双向快动夹具

足的自锁条件为：

$$a \leq 2bf \quad (5-8)$$

式中, f 为套钩与电杆之间的摩擦系数。

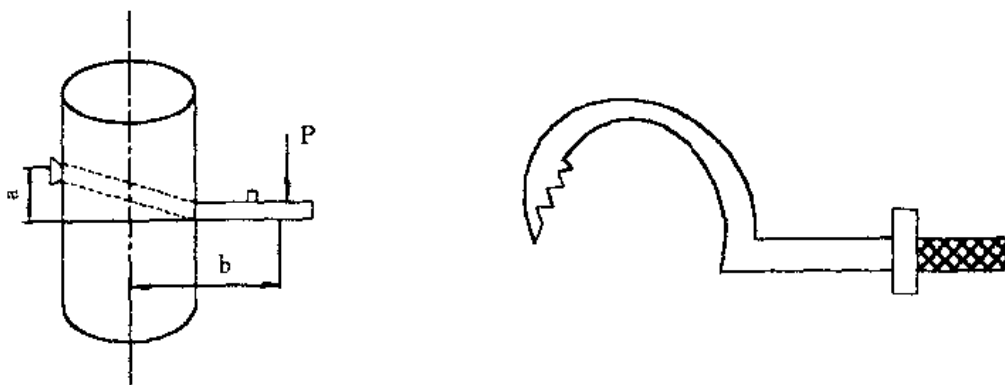


图 5-17 电工攀登电杆用的套钩

螺旋千斤顶如图 5-18 所示, 在手柄加上不大的转矩可以获得很大的轴向推力。在设计时, 螺旋应具有自锁特性, 以保证工作时的安全。

图 5-19 所示简易夹砖装置, 为保持砖在装夹搬运过程中不掉下, 在设计时应具有自锁特性, 其自锁条件为：

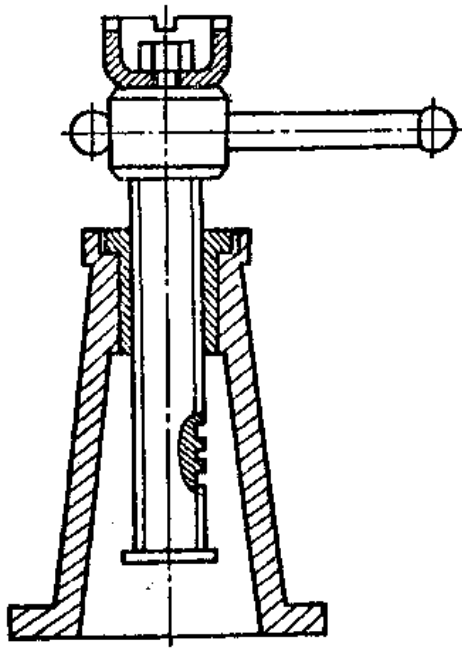


图 5-18 螺旋千斤顶

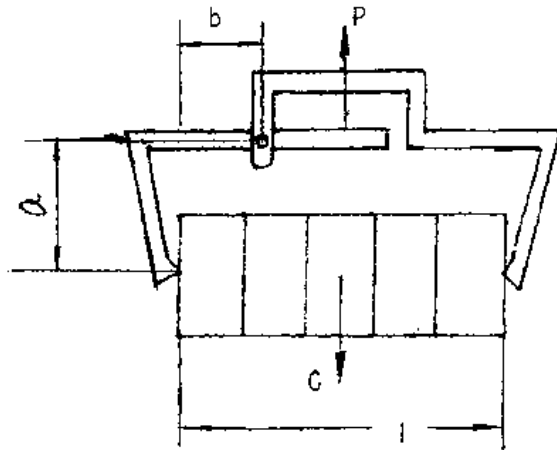


图 5-19 简易砖夹

$$a \leq f(l - b)$$

(5-9)

式中, f 为砖夹与砖之间在接触处的摩擦系数。

爬杆机器人是由清华大学的学生设计制造的。这种机器人模仿尺蠖的动作向上爬行, 其爬行机构只是简单的曲柄滑块机构(图 5-20 所示)。其中电机与曲柄固接, 驱动装

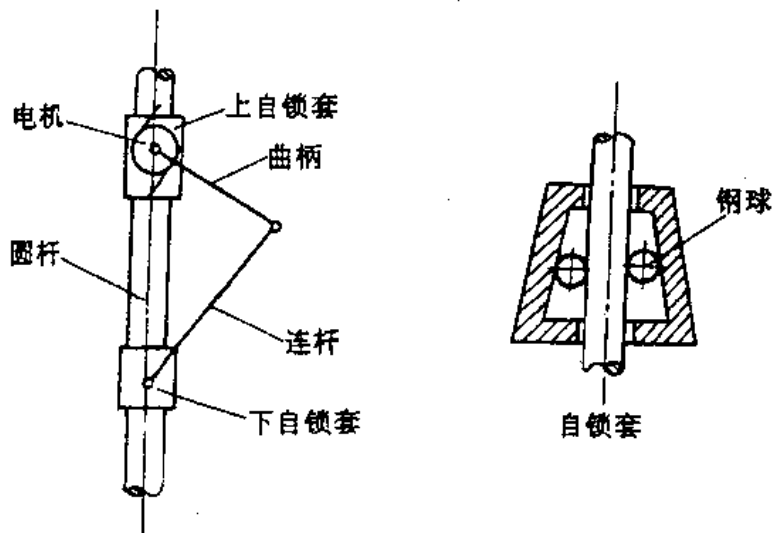


图 5-20 爬杆机器人原理机构简图

置运动。上下两个自锁套是实现上爬的关键结构。当自锁套有向下运动的趋势时, 锥套、钢球与圆杆之间会形成可靠的自锁, 使装置不下滑, 而上行时自锁解除。爬杆机器人的爬行过程如图 5-21 所示。图(a)为初始状态, 上下自锁套位于最远极限位置, 同时锁紧; 图(b)状态曲柄逆时针方向转动; 上自锁套锁紧, 下自锁套松开, 被曲柄连杆带动上爬; 图(c)状态曲柄已越过最高点, 下自锁套锁紧, 上自锁套松开, 被曲柄带动上爬。如此周而复始,

实现自动爬杆。用这些简单的机构、结构巧妙地使机器人爬杆,体现了独创性。

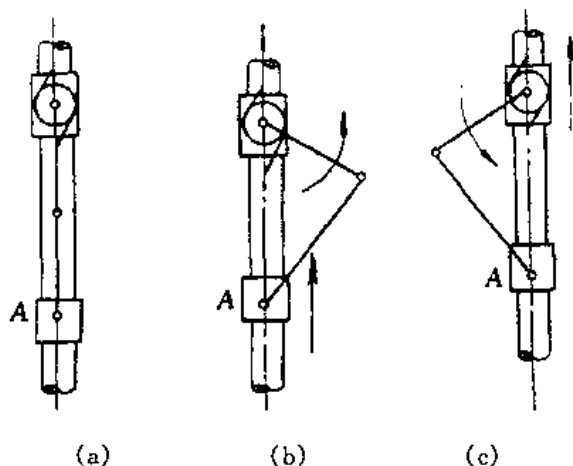


图 5-21 机器人爬行动作原理

四、泵机构

1. 曲柄摆动导杆机构型摆动式叶片泵

如图 5-22 所示,圆盘 1 绕固定轴线 B 旋转,并与导块 2 用转动副 D 连接,导块 2 在叶片 3 的导槽 a 中往复移动,叶片 3 绕固定轴线 A 摆动。当叶片 3 向右摆动时,液体由吸入口 b 进入,由输出口 c 流出。当叶片向左摆动时,液体经过叶片 3 上的止回阀(图中未表示)流到叶片右方的输出腔中,而吸入口 b 被另一个止回阀(图中亦未画出)关闭,以阻止液体倒流。

2. 摇块机构摆动油泵

如图 5-23 所示,曲柄 1 带动滑块 2 在摇块 3 内上下移动时,摇块的腔设计成在左右摆动时正好与进出口相对应,并完成吸油和输出动作。其结构简单,设计巧妙,图(a)为运动简图。

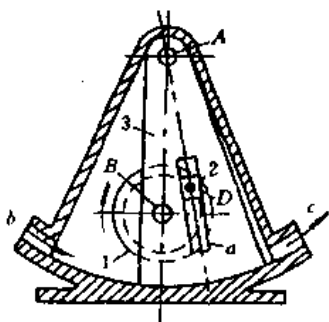


图 5-22 曲柄摆动导杆机构型摆动式叶片泵

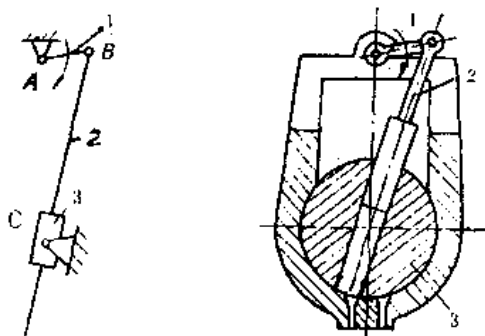


图 5-23 摆动油泵

3. 铰链四杆机构型旋转式叶片泵

图 5-24 所示为单腔半圆旋转式叶片泵,曲柄 1 绕固定轴线 A 旋转,叶片 2 绕固定轴线 D 摆动,连杆 3 与曲柄 1 和叶片 2 分别用回转副 B 和 C 铰接,泵有单腔 d。当曲柄 1 转

动时,叶片3使液体顺时针方向流动,并将吸入腔和输出腔隔开。叶片2上有一止回阀(图中未画出),用以在回程中使液体流回。

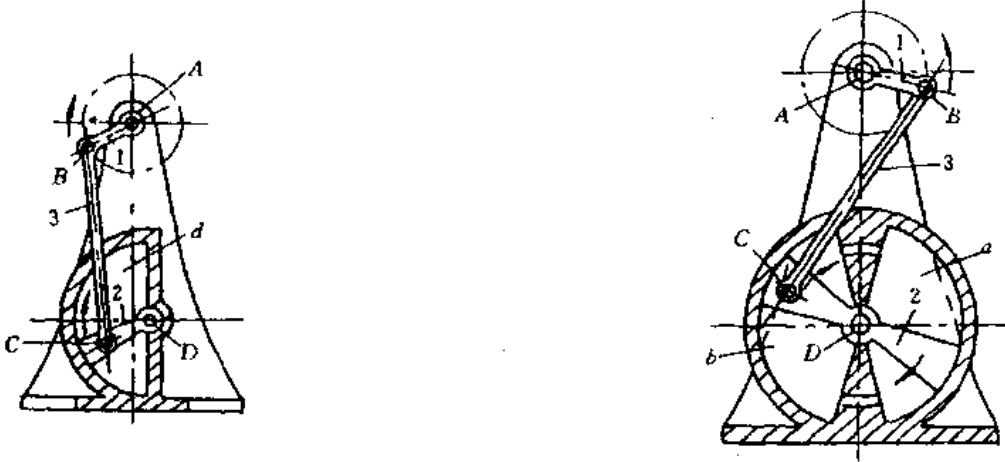
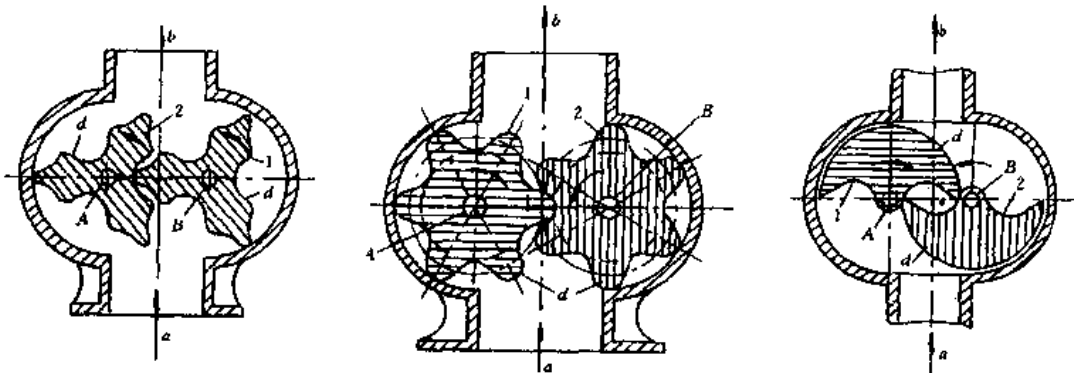


图 5-24 铰链四杆机构单腔半圆旋转式叶片泵 图 5-25 铰链四杆机构双腔半圆旋转式叶片泵

图 5-25 所示为双腔半圆旋转式叶片泵,其工作原理与单腔式相同,泵有双腔:a腔与吸入腔相连,b腔与输出腔相连。

4. 两轮同形的齿轮泵

如图 5-26 所示,齿数相同的轮 1 和轮 2 分别绕固定轴线 A 和 B 旋转,两个轮上的齿形相同,当两轮转动时,液体按图示箭头方向由 a 向 b 连续流动,两轮上用特殊廓线制出的齿形 d 用来把吸入腔和输出腔隔开。在两轮轴上的啮合齿轮,被用来驱动自身。图(a)为三齿旋轮线齿轮泵,图(b)为六齿旋轮线齿轮泵,图(c)为半圆弧旋轮线齿轮泵。



(a) 两轮同形的三齿旋轮线齿轮泵 (b) 两轮同形的六齿旋轮线齿轮泵 (c) 两轮同形的半圆弧-旋轮线齿轮泵

图 5-26 齿轮泵

5. 各种改变容积工艺动作的泵机构

泵机构改变容积的工艺动作可以采用往复移动、往复摆动和旋转运动来实现。

采用往复移动的工艺动作改变容积。如图 5-27 所示分别为曲柄滑块机构组成的往复泵,由电磁铁和弹簧组成的隔膜泵及用凸轮机构组成的往复泵。

采用往复摆动的工艺动作改变容积,如图 5-28 所示。图(a)是一个曲柄摇杆机构,

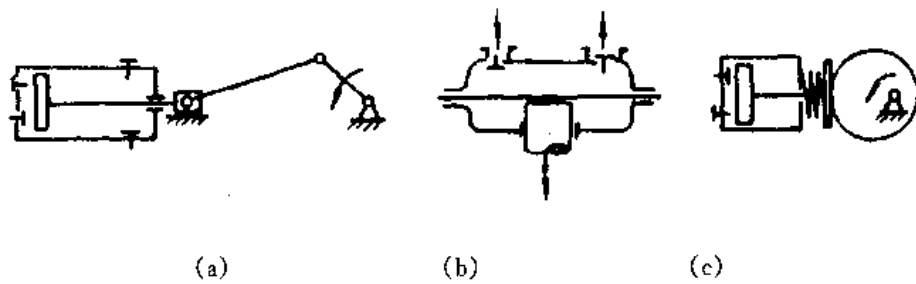


图 5-27 往复移动泵

偏心主动构件 2 转动时改变着摇杆 4 左右两边的容积,当左边容积最大时,流体的输入口 5 被遮住,随着构件 2 的转动,此容积逐渐缩小,而把流体从输出口 6 压出;同时另一边容

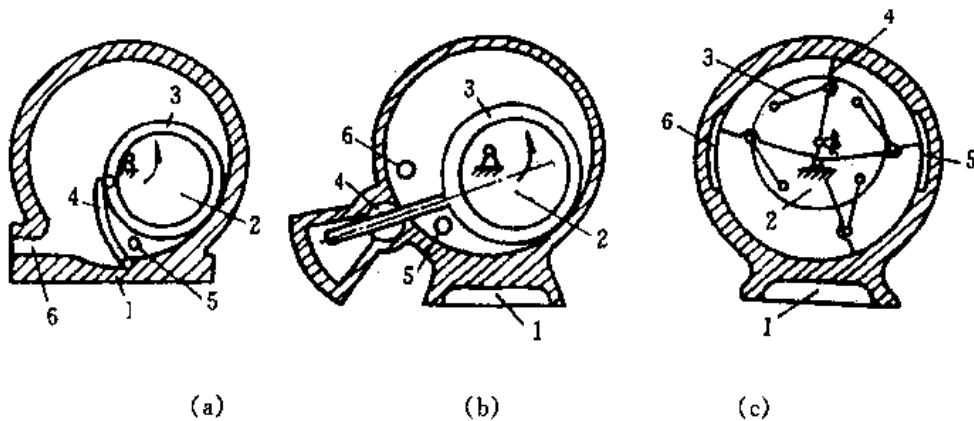


图 5-28 往复摆动泵

积逐渐增大,而流体从输入口 5 中吸入。图(b)为曲柄摇块机构,其摇块 4 往复摆动,并通过连杆 3 使偏心主动构件 2 转动改变左右两边的容积,将流体从输入口 5 吸入,而从输出口 6 压出。图(c)为多个双柄机构组成,主动构件(曲柄)2 上均布 4 个曲柄销,分别带动 4 个从动曲柄 4,由于 4 个从动曲柄在各相位时,旋转快慢不同,故从动曲柄间的容积也在不断变化,从而从输入口 5 吸入和从输出口 6 压出流体。

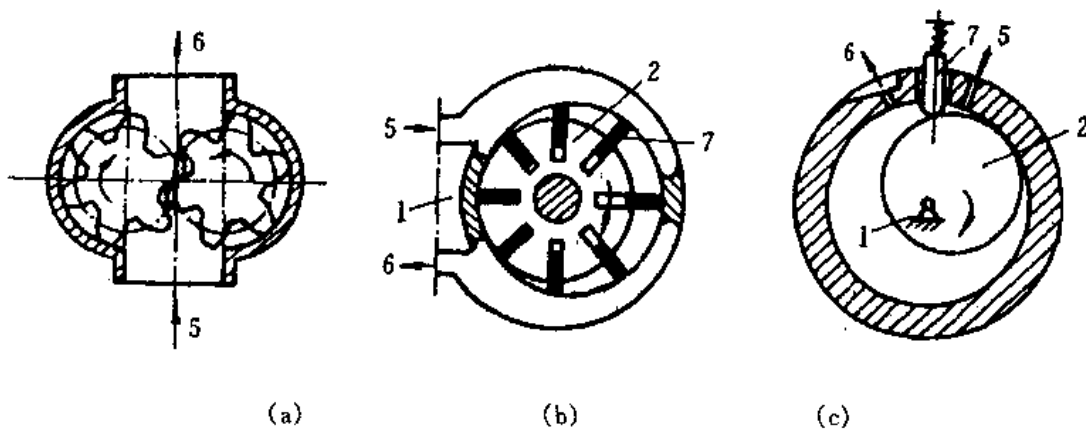


图 5-29 旋转泵

采用旋转工艺动作改变容积(图 5-29 所示)。图(a)为齿轮泵,通过齿轮的旋转改变

容积,完成吸入和压出功能。图(b)为滑片泵,当轮2转动时滑片7随转动而在槽中伸缩,同时由偏心壳体而引起的滑片间容积的变化,不断地从输入口5吸入和从输出口6压出流体。图(c)为偏心旋转泵,主动构件2在旋转时,滑片7将空间分成两部分,随着滑片的伸缩引起旋转空间的容积变化,而完成吸入和压出动作。

第六章 机械传动的创新设计

在机器中,将原动系统的动力和运动按预定工作要求传递到工作系统的中间装置,称为传动系统。传动可以通过机、电、液等多种形式来实现。传统的机械传动有:带传动、链传动、齿轮传动等。在机械设计中,原动系统的设计主要是选择原动机,工作系统的工作要求也往往是明确的,因此,传动系统的设计往往成为机械设计的主体。

第一节 传动类型分析

常用的机械传动类型有:带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动等,它们都有各自的优缺点和运用场合,为了便于选用和设计,现将各种基本传动类型的特点列于表 6-1 中。

表 6-1 各种基本传动类型的特点

特性	传动类型			
	带传动	链传动	齿轮传动	蜗杆传动
传递功率	较小 平带 $\leq 30\text{kw}$ V带 $\leq 75\text{kw}$ 同步带 $\leq 100\text{kw}$	较大 $\leq 100\text{kw}$	大, 可达 100000kw	一般 $25\sim 50\text{kw}$
效率	平带 $0.92\sim 0.98$ V带 $0.9\sim 0.96$ 同步带 $0.96\sim 0.98$	开式 $0.9\sim 0.93$ 闭式 $0.95\sim 0.97$	高, 开式 $0.92\sim 0.97$ 闭式 $0.95\sim 0.99$	开式 $0.5\sim 0.7$ 闭式 $0.7\sim 0.94$ 自锁 $0.4\sim 0.45$
速度	$5\sim 25\text{m/s}$ 一般在高速级	$10\sim 15\text{m/s}$ 一般在低速级	范围广, 6级精度直齿: $\leq 18\text{m/s}$ 非直齿: $\leq 36\text{m/s}$	$v, \leq 15\text{m/s}$
单级传动比	平带 $i \leq 5$ V带 $i \leq 7\sim 15$ 同步带 $i \leq 10$	滚子链 $i \leq 6\sim 10$ 齿形链 $i \leq 15$	圆柱 $i \leq 10$, (常用 $i \leq 5$) 圆锥 $i \leq 8$, (常用 $i \leq 3$)	大, 开式 $i = 15\sim 60$ 闭式 $i = 10\sim 40$
中心距、结构	中心距大,结构简单	中心距较大	中心距不大,结构较紧凑,外廓尺寸较小	中心距小,结构紧凑,外廓尺寸小
传动平稳性	好,无冲击	差,有冲击	一般,精度不够时有噪音	好
传动精度	传动比不准	瞬时传动比不准	高	高
使用寿命	不长	闭式传动较长	长	较长
制造经济性	成本低	成本较高	成本高	成本一般

第二节 各类传动举例

一、齿轮传动

1. 行星齿轮传动

常见的齿轮传动装置中, 齿轮的轴线一般是固定的, 而行星齿轮传动装置中(如图 6-1 和图 6-2 所示, 通常称为行星轮系), 就存在着轴线不固定的齿轮 2, 它绕自身几何轴线 O_2 转动, 又绕固定的几何轴线 O_1 转动, 如同自然界的行星一样, 即有自转又有公转, 因此齿轮 2 称为行星轮, 齿轮 1 和齿轮 3 的几何轴线固定不动, 称为太阳轮, 支持行星轮作自转和公转的构件 H 称为行星架。

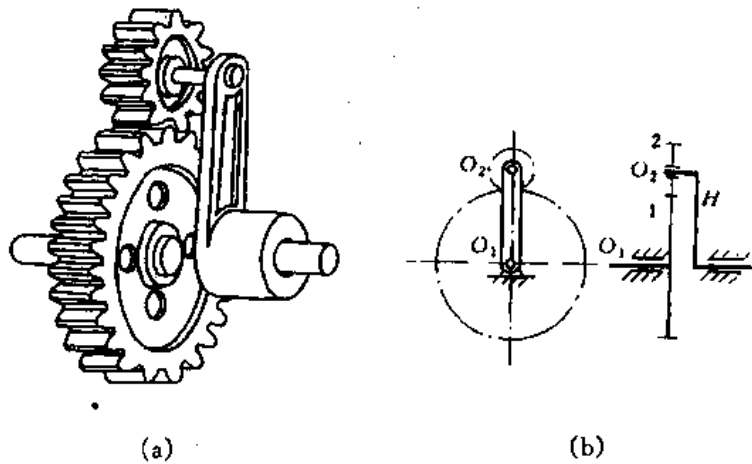


图 6-1 一个太阳轮的行星轮系

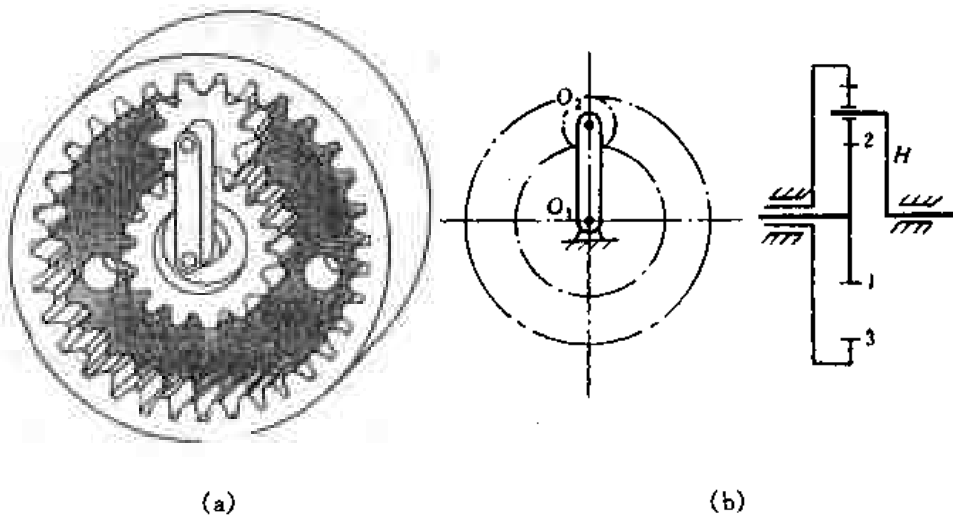


图 6-2 二个太阳轮的行星轮系

行星轮系可实现大的传动比, 结构紧凑; 利用行星轮系可实现运动的合成与分解, 图 6-3 所示汽车差速器中的行星轮系, 就可以实现左右车轮转速不同的运动合成与分解。

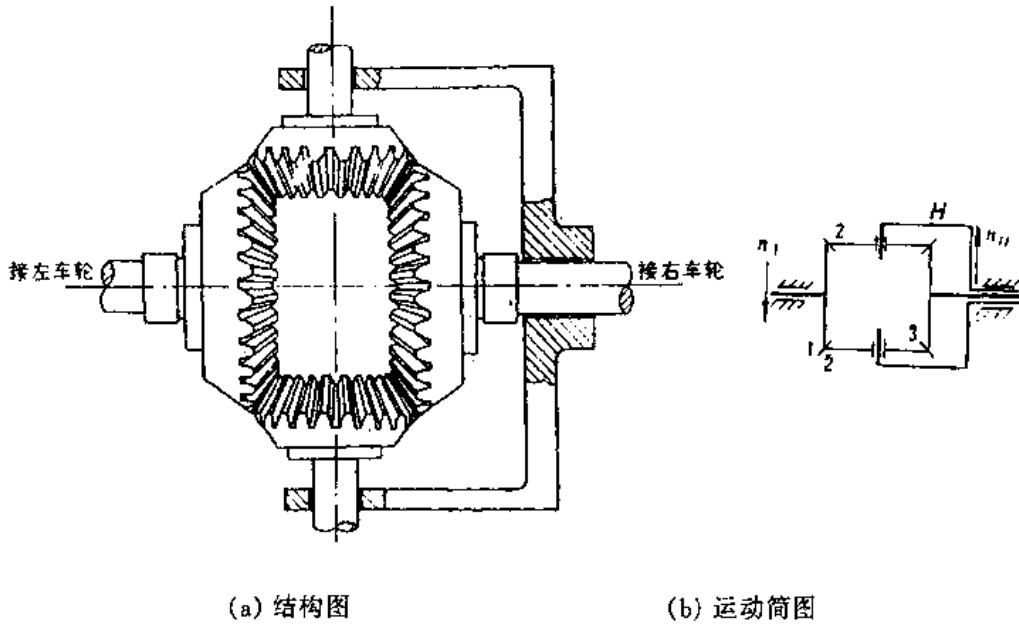


图 6-3 汽车差速器中的行星轮系

2. 渐开线少齿差行星齿轮传动装置

图 6-4 为渐开线少齿差行星轮系。它主要由固定的太阳轮 1、行星轮 2、行星架 H (输入端)、输出轴 V 及等速比机构 W 组成。当行星架 H 高速转动时,行星轮 2 便作平面回转运动,即一方面绕轴线 O_1 作公转,一方面又绕其自身轴线 O_2 作反方向自转,通过等速比机构 W 将行星轮的转动同步传给输出轴 V。利用公式(6-1)求得该装置的传动比为:

$$i_{H2} = -\frac{z_2}{z_1 - z_2} \quad (6-1)$$

由式(6-1)可知,太阳轮 1 与行星轮 2 齿数差越少,传动比 i_{H2} 越大。通常,齿数差为 1~4,所以称为少齿差行星齿轮传动。

等速比机构 W 可以采用双万向节、十字滑块联轴器以及销孔式输出机构等。图 6-5 所示为少齿差行星齿轮传动结构示意图。

少齿差行星齿轮传动虽然传动比大,但同时啮合的齿数少,承载能力较低;且齿轮必须采用变位齿轮,计算比较复杂;此外其径向受力也较大。

3. 摆线针轮行星传动装置

摆线针轮传动是针对渐开线少齿差行星传动的主要缺点而改进发展起来的一种比较新型的传动。摆线针轮行星传动的减速原理、输出机构的形式,均与渐开线少齿差行星齿轮传动相同,但其齿轮是采用摆线作为齿廓,其机构运动简图如图 6-6 所示。太阳轮 1 为针轮(针轮轮齿为带有滚动销套的圆柱销)固定在机壳上;行星轮 2 的轮齿为摆线齿。两轮的齿数相差 1。该传动装置的传动比为

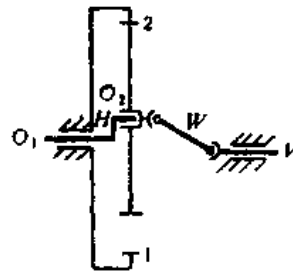
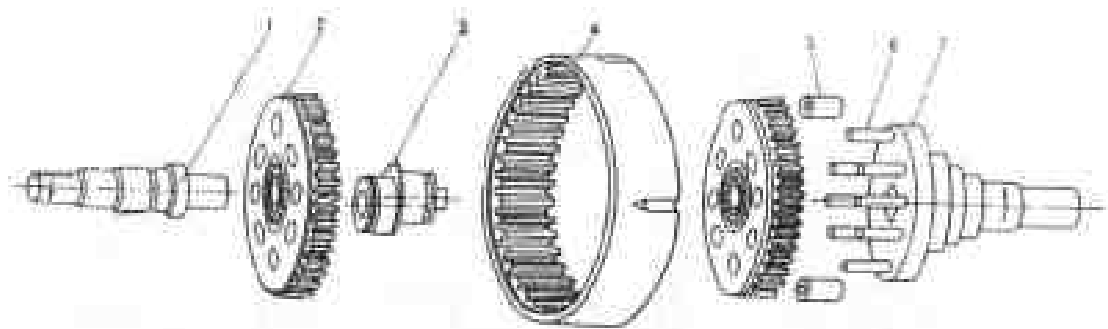


图 6-4 渐开线少齿差行星轮系



1-输入轴 2-行星轮 3-偏心轴 4-内齿轮 5-销轴套 6-销轴 7-输出轴

图 6-5 渐开线少齿差行星齿轮传动结构示意图

$$i_{H2} = \frac{n_H}{n_2} = -\frac{z_2}{z_1 - z_2} = -z_2 \quad (6-2)$$

这种传动装置承载能力大,效率高;但加工和安装精度要求高,散热也比较困难。

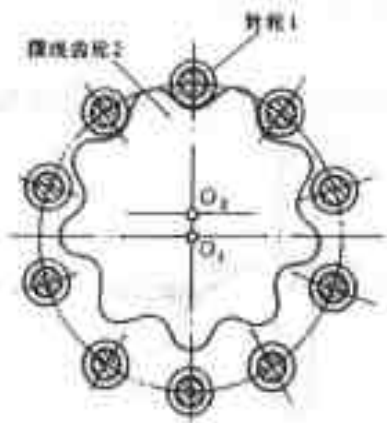


图 6-6 摆线针轮行星传动

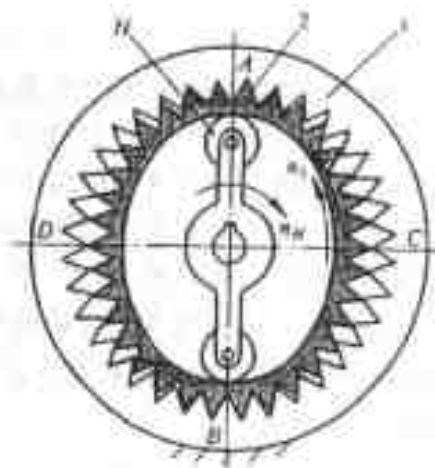


图 6-7 谐波齿轮传动

4. 谐波齿轮传动装置

传统的齿轮都是刚性的,能否突破传统的刚性齿轮框框,设计出具有柔性齿轮的传动装置?由此思维发明了谐波齿轮传动。

图 6-7 为谐波齿轮传动装置示意图。它主要由谐波发生器 H(相当于行星架)、刚轮 1(相当于太阳轮)和柔轮 2(相当于行星轮)组成。刚轮 1 是一个刚性内齿轮,柔轮 2 是一个容易变形的薄壁圆筒外齿轮,它们的齿距相同,但柔轮比刚轮少一个或几个齿。波发生器由一个转臂和几个滚子组成。通常波发生器 H 为原动件,柔轮 2 为从动件,刚轮 1 固定不动。

但波发生器 H 转动时,因为柔轮 2 的内壁孔径略小于波发生器长度,所以迫使柔轮产生弹性变形,其变形面呈椭圆形状。当椭圆长轴两端轮齿进入啮合时,短轴两端轮齿脱离,其余部位的轮齿处于过渡状态。随着波发生器回转,柔轮的长、短轴位置不断改变,使轮齿的啮合和脱离位置不断变化,从而实现运动的传递。该传动装置的传动比为

$$i_{HE} = -\frac{z_2}{z_1 - z_2} \quad (6-3)$$

这种传动可由柔轮直接输出,封闭性好,同时啮合的齿数多,承载能力高,运动精度高,且平稳无冲击,轮齿磨损小、寿命长,传动效率较高,可达0.8~0.9,但对柔轮材料、加工和热处理要求高,工艺复杂,此外其散热条件也较差。

二、链传动

链条是人们很熟悉的常用的机械传动构件之一。链传动作为有中间挠性件的机械传动,其应用历史十分悠久,传统的链传动如图6-8所示,主要由链条和主动轮、从动轮组成。实际应用场合往往还配置有张紧、润滑、安全保护等装置。

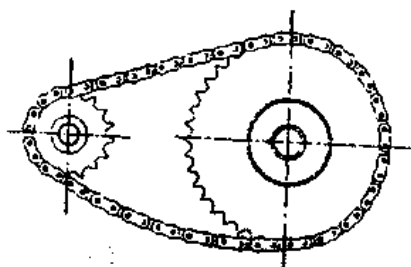


图6-8 链传动

实际上,链条作为机构元件应用,有着很广阔的发展空间,如能突破传统的结构形式,可充分发挥链传动的优势,推动含有链条这种挠性结构元件的创新设计。

链传动的传统模式是一根链条包绕在链轮上,用来把主动轴的回转运动(动力)传递到从动轴上。那么能否突破这种模式,由主动链轮驱动安放在轨道里的链条,由链条的链节或输出机构输出复杂轨迹的运动,开创链传动新的应用领域。能否打破习惯上把链条局限在传动元件或输送元件的范围内研究的局限性,把链条这一特殊的机械挠性件看做机械元件来研究。

1. 导轨链传动

把传动链装入一几何形状的导轨中,再配上与之相啮合的链条作为主动轮,组成导轨链传动。主动轮可以作内啮合布置(如图6-8所示),还可以作外啮合布置(如图6-9所示)。

从图6-9可知,销轴的两端装有滚轮2,滚轮2与导轨1配合,以保证链条有与导轨相同的几何轨迹,链轮4仍与滚子3啮合。其滚子链条是在标准滚子链结构上派生出来的,是一种延长销轴滚子链。导轨链传动中没有从动轮,其运动输出直接利用链条本身就能够得到各种几何形状的仿形运动,如将导轨链传动设计成各种输出机构,则可以实现给定的各种复杂规律(包括运动轨迹变化和速度变化)的运动输出。

导轨链传动的运动输出机构很多,有如图6-10所示的直接利用链条本身输出运动的机构,还有如图6-11所示的利用滑块导槽机构、曲柄连杆机构、槽轮间隙机构输出运动的机构。其中,图6-11(a)为配置有滑块导槽机构的导轨链传动,它可以用来输出直

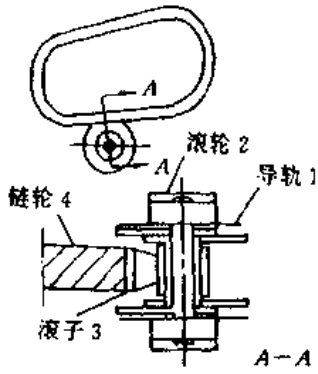


图 6-9 导轨链传动

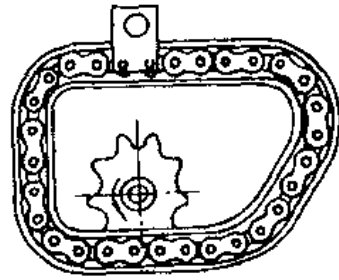


图 6-10 链条作为运动输出部件

线往复运动,这种结构的导轨链传动,在要求作长冲程的直线往复运动时有很大的优越性。如在石油行业的采油作业中,就采用了含导轨链传动的新型抽油机。

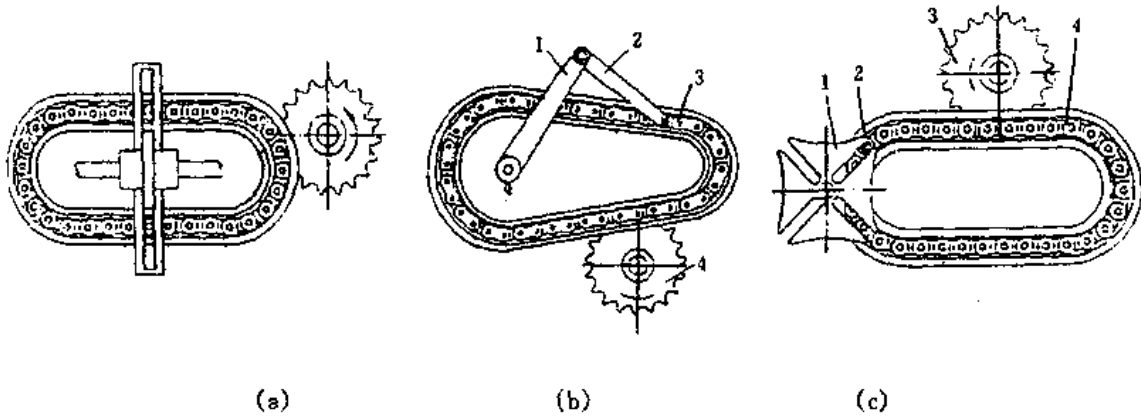


图 6-11 导轨链传动的运动输出机构

2. 非圆链传动

在传统的链传动基础上,把一个链轮(也可以是两个链轮)换成非圆链轮,则可组成如图 6-12 所示的非圆链轮(椭圆链轮)传动。非圆链轮传动是一种变速链传动,可把作匀速回轮的主动轮的运动变成按某种规律变速回轮的从动轮的运动。

非圆链轮可视需要设计与加工成各种形状,如把自行车中的大链轮改为非圆链轮,可使骑车者在某一区域感到轻松与省力。

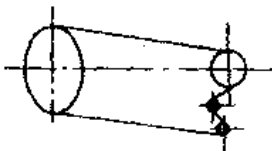


图 6-12 椭圆链轮传动

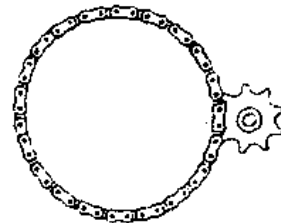


图 6-13 链条齿圈传动

3. 链条齿圈传动

链条齿圈传动的结构如图 6-13 所示, 链条圈是传动链围在大直径圆筒上并予以固定后组成, 该传动易在大直径圆柱体作低速回转的机械上采用, 具有良好的经济性。

4. 非链传动自行车

常见的自行车都是采用链传动, 链传动有很多优点, 能在风吹日晒雨淋的恶劣环境中工作, 具有良好的适应性。能不能采用其他传动方式来代替链传动? 新开发的齿轮传动自行车(图 6-14 所示), 脚蹬带动齿轮通过传动轴将运动传至后轮, 传动体被包覆, 无绞人裙摆、裤脚之忧, 并能提高传动效率。图 6-15 所示的自行车, 采用曲柄摇杆机构代替链传动, 以摇杆为主动件, 脚踏摇杆时, 自行车便可行进。

自行车有许多创新结构形式, 如折叠自行车、高速自行车、多功能自行车等等。



图 6-14 齿轮传动自行车

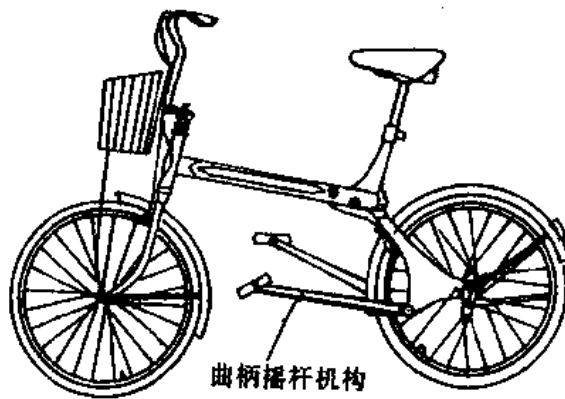
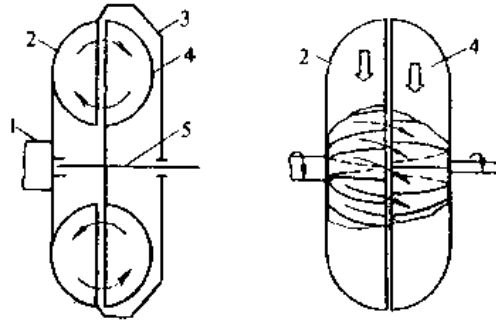


图 6-15 无链传动自行车

三、液力耦合器和液力变矩器

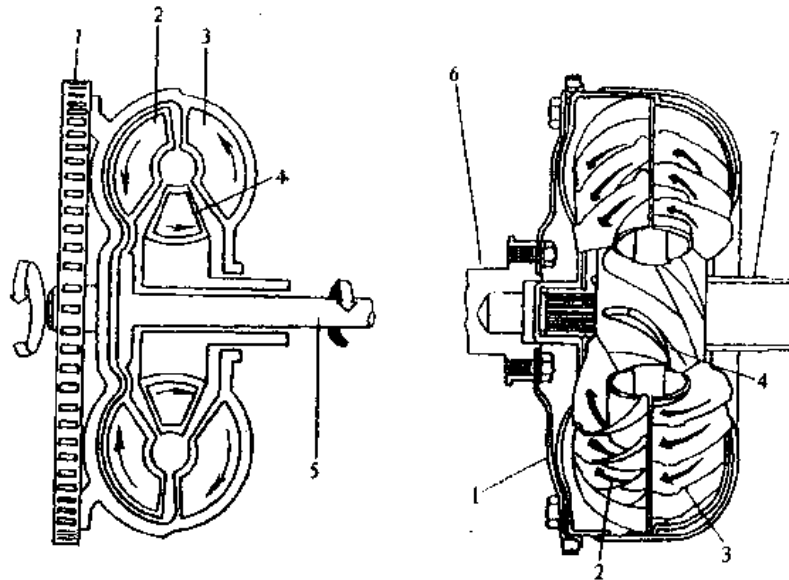
图 6-16 是液力耦合器的工作原理简图。液力耦合器中, 输入轴、泵轮与壳体焊接在一起, 是耦合器的主动部分; 涡轮和输出轴连接在一起, 是液力耦合器的从动部分。在泵

轮和涡轮上设有径向排列的叶片,泵轮和涡轮两者之间有一定的间隙,在它们中间内充满了液压油。当耦合器的壳体和泵轮转动时,泵轮叶片内的液压油也随之一同旋转,在离心力的作用下,液压油被甩向泵轮叶片外缘,并冲击涡轮叶片,使涡轮旋转。然后液压油又沿涡轮叶片向内流动,返回到泵轮的内缘,就这样形成液压油的循环流动。根据作用力、反作用力原理,输入轴的转矩就以液压油为传递介质从泵轮传递到涡轮,这一传递是等转矩的、但也是柔性(容许相对滑移)的。显然,液力耦合器在正常工作时,涡轮的转速必然小于泵轮的转速,因此其传动效率永远达不到 100%。



1-输出轴 2-泵轮 3-耦合器壳体
4-涡轮 5-输出轴

图 6-16 液力耦合器



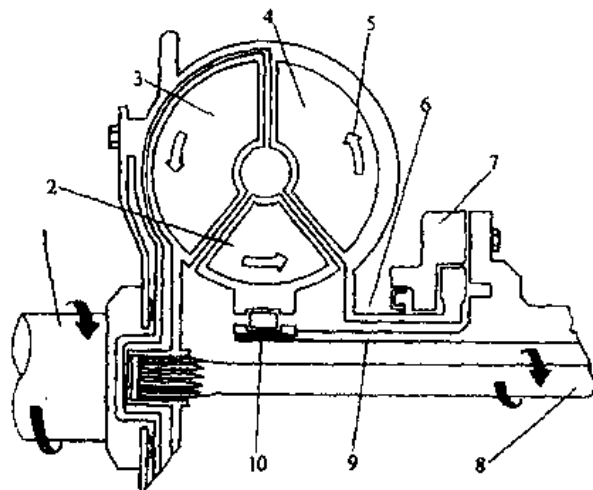
1-输入轮 2-涡轮 3-泵轮 4-导轮
5-输出轴 6-曲轴 7-导轮固定套

图 6-17 液力变矩器

液力变矩器结构如图 6-17。液力变矩器工作时,泵轮、涡轮之间的液流关系与液力耦合器类似,但在它们中间多了一个导轮,导轮与变矩器的输出轴固定在一起。导轮与泵轮和涡轮都保持一定的间隙,它使液流在循环过程中接受导向,由于从涡轮叶片下缘流向

导轮的液压油仍有相当大的冲击力,只要将泵轮、涡轮和导轮的叶片形状和角度设计的合理,就可以利用该冲击力增大涡轮的输出转矩、提高变矩器的工作效率。

综合式液力变矩器综合利用了液力偶合器和液力变矩器的优点。其结构如图 6-18 所示。它的导轮不是与输出轴固定在一起,而是通过单向超越离合器与固定于变速器壳体的导轮固定套相联系。该单向超越离合器使导轮只可以朝输出轴运行的方向旋转,但不能反向旋转。



1-曲轴 2-导轮 3-涡轮 4-泵轮 5-液流 6-变矩器轴套
7-油泵 8-变矩器输出轴 9-导轮固定套 10-单向超越离合器

图 6-18 综合式液力变矩器

当涡轮转速较低时,从涡轮流出的液压油从正面冲击导轮叶片,由于单向超越离合器的锁止作用,将导轮锁止在导轮固定不动,这时该变矩器的工作特性和液力变矩器相同,具有一定的增变作用。当涡轮转速增大到液压油将从反面冲击导轮时,由于单向超越离合器的超越作用,导轮在液压油的冲击作用下自由旋转,这时变矩器不起增变作用,其工作特性和液力偶合器相同,传动效率较高。因此,这种变矩器既利用了液力变矩器在涡轮转速较低时所具有的增变特性,又利用了液力偶合器在涡轮转速较高时所具有的高传动效率的特性。

四、离合器

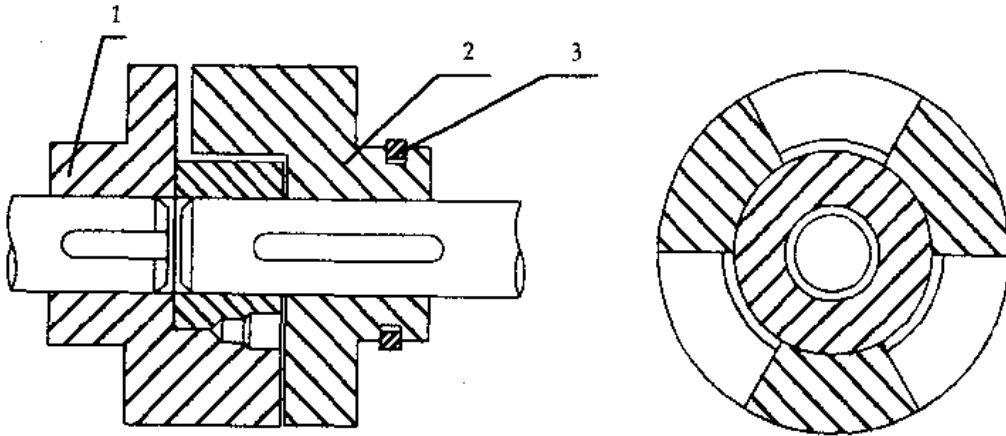
联轴器是将轴与轴(或轴与旋转零件)联成一体,使其一同运转并实现转矩的传递。联轴器在运转时两轴不能分离,必须停车后,经过拆卸才能分离。

为了实现在运转时两轴能够随时分离与联接,人们设计制造了离合器。

1. 牙嵌离合器

牙嵌离合器如图 6-19 所示,它是利用两个半离合器 1、2 组成,通过啮合的齿来传递转矩。其中半离合器 1 固装在主动轴上,而半离合器 2 则利用导向平键安装在从动轴上,沿轴线移动。工作时利用操纵杆(图中未画出)带动滑环 3,使半离合器 2 作轴向移动,从而实现离合器的接合或分离。牙嵌离合器的齿形有三角形、梯形和锯齿形。三角形齿传

递中、小转矩, 梯形齿和锯齿形齿传递较大转矩。梯形齿有补偿磨损作用, 锯齿形齿只能单向传动。



1、2—半离合器 3—滑环

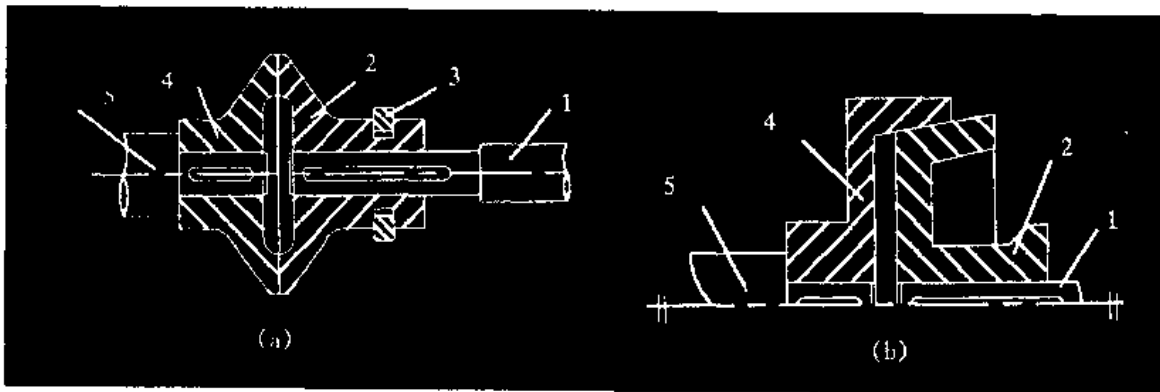
图 6-19 牙嵌离合器

牙嵌离合器结构简单, 尺寸小, 工作时无滑动, 并能传递较大的转矩, 故应用较多; 其缺点是运转中接合时有冲击和噪声, 必须在两轴转速差很小或停车时进行接合或分离。

2. 摩擦离合器

摩擦离合器可分为单盘式、多盘式和圆锥式三类, 这里只简单介绍前两种。

(1) 单盘式摩擦离合器 如图 6-20 所示, 单盘式摩擦离合器是由两个半离合器 1、2 组成。工作时两离合器相互压紧, 靠接触面间产生的摩擦力来传递转矩。其接触面可以是平面(图(a))或锥面(图(b))。对于同样大小的压紧力, 锥面能传递更大的转矩。半离合器 1 固装在主动轴上, 半离合器 2 利用导向平键(或花键)安装在从动轴上, 通过操纵杆和滑环 3 使其在轴上移动, 从而实现接合和分离。



(a)

(b)

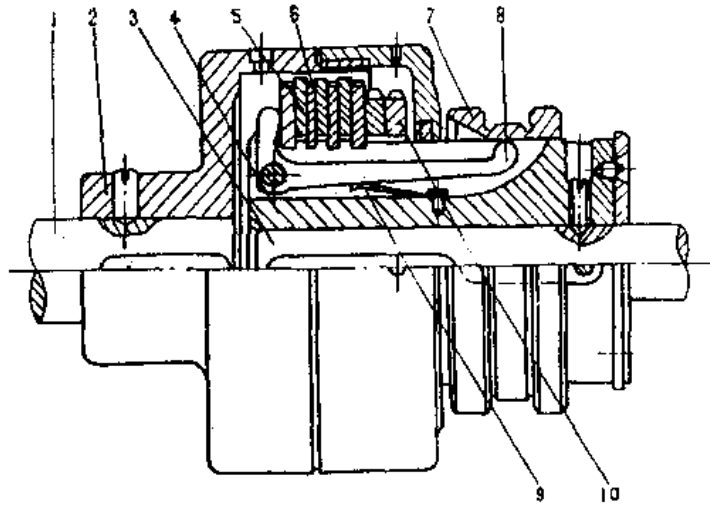
(a) 平面接触单盘摩擦式离合器;

(b) 锥面接触单盘摩擦式离合器

1、2—半离合器 3—滑环 4—从动轴 5—主动轴

图 6-20 单盘式摩擦离合器

这种离合器结构简单,但传递的转矩较小。实际生产中常用多盘式摩擦离合器。



1-主动轴 2-主动轴套筒 3-从动轴 4-从动轴套筒 5-外摩擦片
6-内摩擦片 7-滑环 8-杠杆 9-弹簧片 10-调节螺母

图 6-21 多盘式摩擦离合器

(2) 多盘式摩擦离合器 如图 6-21 所示,多盘式摩擦离合器是由外摩擦片 5 内摩擦片 6 和主动轴套筒 2、从动轴套筒 4 组成。主动轴套筒用平键(或花键)安装在主动轴 1 上,从动轴套筒与从动轴 3 之间为动联接。当操纵杆拨动滑环 7 向左移动时,通过安装在从动轴套筒上的杠杆 8 的作用,使内、外摩擦盘压紧并产生摩擦力,使主、从动轴一起转动;当滑环向右移动时,则使两组摩擦片放松,从而主、从轴分离。压紧力的大小可通过从动轴套筒上的调节螺母来控制。

多盘式离合器的优点是径向尺寸小而承载能力大,联接平稳,因此适用的载荷范围大,应用较广。其缺点是盘数多,结构复杂,离合动作缓慢,发热、磨损较严重。

与牙嵌式离合器比较,摩擦离合器的优点是:第一,可以在被联接两轴转速相差较大时接合;第二,接合和分离的过程较平稳,可以用改变摩擦面上压紧力大小的方法调节从动轴的加速过程;第三,过载时的打滑可避免其他零件损坏。由于上述优点,摩擦离合器应用较广。其缺点是:第一,结构较复杂,成本较高;第二,当产生滑动时,不能保证被联接两轴精确地同步转动。

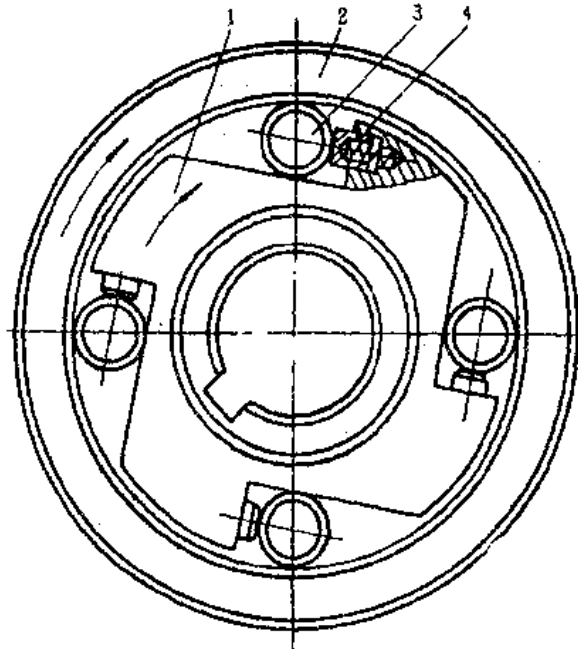
3. 自动离合器

除常用的操纵式离合器外,还有自动式离合器。自动式离合器有控制转矩的安全离合器,有控制旋转方向的定向离合器,有根据转速的变化自动离合的离心式离合器。

自动离合器是一种能根据机器运转参数(如转矩、转速或转向)的变化而自动完成接合与分离动作的离合器。我们仅介绍其中的定向离合器。

定向离合器只能传递单向转矩,反向时能自动分离。如前所述的锯齿形牙嵌离合器就是一种定向离合器,它只能单方向传递转矩,反向时会自动分离。这种利用齿的嵌合的定向离合器,空程时(分离状态运转)噪声大,故只宜用于低速场合。在高速情况下,可采

用摩擦式定向离合器,其中应用较为广泛的是滚柱式定向离合器(图 6-22)。它主要由星轮 1、外圈 2、弹簧顶杆 4 和滚柱 3 组成。弹簧的作用是将滚柱压向星轮的楔形槽内,使滚柱与星轮、外圈相接触。



1-星轮 2-外圈 3-滚柱 4-弹簧顶杆
图 6-22 滚柱式定向离合器

星轮和外圈均可作为主动轮。当星轮为主动件并按图示方向旋转时,滚柱受摩擦力的作用被楔紧在槽内,因而带动外圈一起转动,这时离合器处于接合状态。当星轮反转时,滚柱受到摩擦力的作用,被推到槽中较宽的部分,不再楔紧在槽内,这时离合器处于分离状态。

如果星轮仍按图示方向旋转,而外圈还能从另一条运动链获得与星轮转向相同但转速较大的运动时,按相对运动原理,离合器将处于分离状态。此时星轮和外圈互不相干,各自以不同的转速转动。所以,这种离合器又称为自由行走离合器。又由于它接合和分离是与星轮和外圈之间的转速差有关,因此也称超越离合器。

在汽车的启动机中,装上这种定向离合器,启动时电动机通过定向离合器的外圈(此时外圈转向与图中所示相反)、滚柱、星轮带动发动机;当发动机发动以后,反过来带动星轮,使其获得与外圈转向相同但转速较大的运动,使离合器处于分离状态,以避免发动机带动启动电动机超速旋转。

定向离合器常用于汽车、拖拉机和机床等设备中。

第七章 机械的创新设计

机械设计一般要经过总体方案设计和结构设计两个重要的工作阶段。总体方案设计往往是发散—收敛的过程,它从功能分析入手构思探求多种方案,然后进行技术经济评价,经优化筛选求得最佳原理方案。而结构设计是在总体设计的基础上,根据所确定的原理方案,设计满足功能要求的机械结构,确定最好的技术方案。

第一节 总体方案设计

机械的总体方案设计是紧紧围绕功能的分析、求解和组合实施的。

现代机械种类繁多,但从功能分析的角度看,仍主要归纳为由动力、传动、执行、测控四大系统组成。动力系统的功能是为机械提供能量,其功能载体为各种形式的原动机;传动系统则实现动力与执行系统间运动和动力的传递功能,包括运动形式、方向、大小、性质的变化,其功能载体可以是电力、液压或机械装置;执行系统通过不同的执行元件为实现工作目的而完成执行功能;测控系统实现传感和控制功能,它将机器工作过程中的各种参数和状况检测出来,转化成可测定和控制的物理量,传达到信息处理装置进行处理,并及时发出对各种系统装置的工作指令和控制信号。

一、总体方案设计

总体方案设计首先要根据产品的功能要求构思工作原理,功能要求与产品的用途、性能等概念不完全相同,如电动机的用途是作原动机,可以是驱动水泵或车床,但反映其特定工作能力的功能是能量转化——将电能转化为机械能。

机电产品系统的功能体现为能量、物料、信息的变化,并且与周围环境有密切联系,根据能量、物料、信息的变化,分析产品系统的总功能和分功能,分析系统中动力源、传动系统、执行系统、检测和控制系统的具体组成和特点。

功能的描述要准确、简洁,要抓住本质,在功能分析的基础上应对系统的原理方案进行总体分析,然后将功能系统按总功能、分功能……功能元进行分解,分析功能原理方案的工作原理,分析实现各功能元的原理解法,再将各功能元解的有机组合求得技术系统解(可以是多方案),删除明显不可行和不理想方案,对较好的方案通过优化,最后求得最佳原理方案。

例 1:数控车床功能分析

数控车床的主功能是将加工过程信息化、自动复现数控程序、通过切削(车削)使零件加工成形。其目标是实现快速生产,主要特征是柔性自动化。它有能将数控程序转化为工件和刀具运动控制命令的信息处理功能,要求能按运动控制命令运动的伺服系统,要有保证加工精度的结构功能,数控车床还可能拥有自动换刀、自动装夹工件、自动排屑等辅助功能。数控车床的功能树如图 7-1 所示。

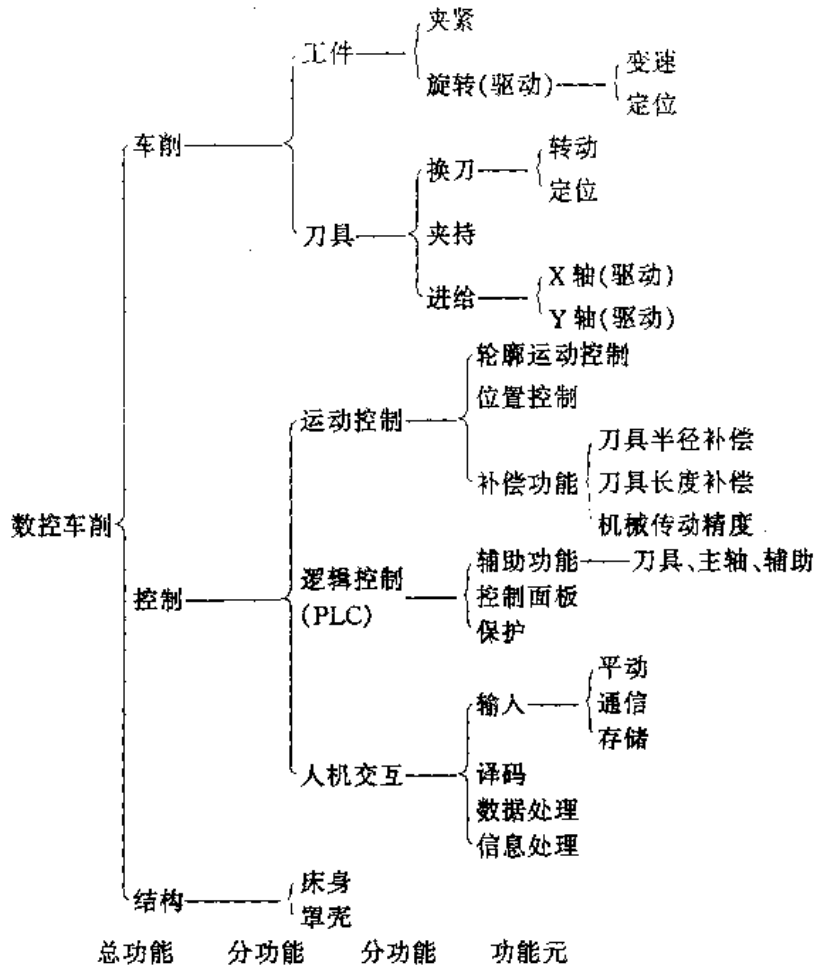


图 7-1 数控车床的功能树

例 2: 常见的带式输送机, 其主要功能是传送构件。从结构上看, 它由电动机、联轴器、减速器、齿轮、轴、输送带、机架等构件组成。电动机为动力源, 联轴器、减速器等是传动装置, 输送带则是工作装置, 实现物料的传送。机架对机器起支承作用, 机器由人工控制。其功能结构如图 7-2 示。

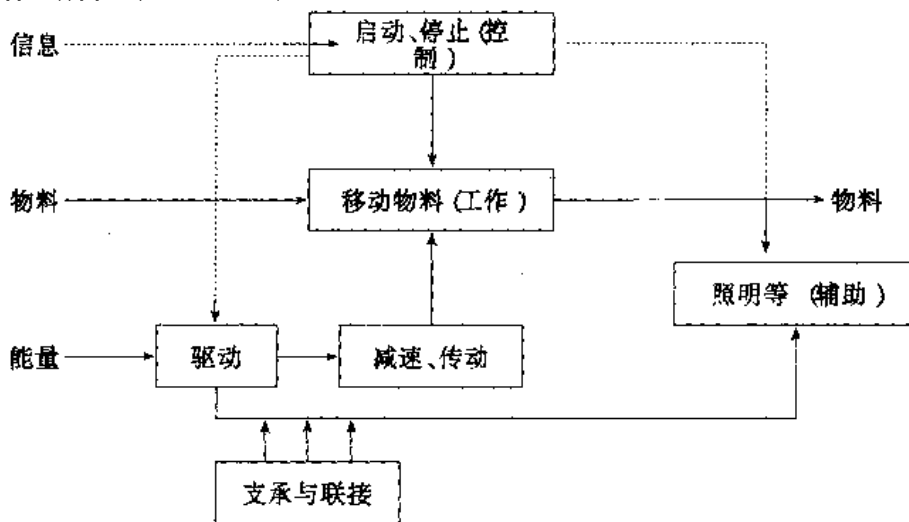


图 7-2 带式输送机的功能结构图

例 3:挖掘机的功能结构图如图 7-3 所示,其中分功能铲入还可以进一步分解为推压功能元和铲斗功能元。

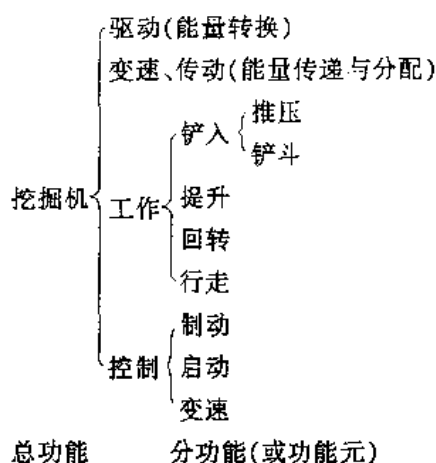


图 7-3 挖掘机功能结构图

通过调查分析,可找出各功能元(子功能)的可能解,并可作出相应的形态学矩阵,如表 7-1 所示。用形态学矩阵进行方案综合,可获得多种设计方案,表 7-1 所示挖掘机形态学矩阵可得方案多达 $3 \times 3 \times 2 \times 3 \times 1 \times 4 \times 4 \times 3 \times 4 = 10368$ 种,如将(A1 + B1 + C2 + D2 + E1 + F1 + G2 + H2 + I1)综合在一起组成一种方案,为履带式正铲机械挖掘机,若将(A3 + B1 + C1 + D2 + E1 + F2 + G3 + H1 + I2)综合在一起,又可组成另一种方案,为轮胎式正铲液压挖掘机。对如此众多的方案,必须剔除那些明显不适用、不满足设计要求,原理结构不相容的方案,只保留少数较好的可行方案进行评价,并从中确定较优的设计方案。

表 7-1 挖掘机形态学矩阵

功能元 (分功能)	功能元(分功能)分解			
	1	2	3	4
A、推压	齿条	钢丝绳	油缸	
B、铲斗	正铲斗	反铲斗	抓斗	
C、提升	油缸	绳索		
D、回转	内齿轮传动	外齿轮传动	液轮	
E、驱动	柴油机			
F、变速、传动	齿轮变速箱	油泵	链传动	带传动
G、制动	带式制动	闸瓦制动	片式制动	圆锥形制动
H、变速	液压式	齿轮式	液压—齿轮式	
I、行走	履带式	轮胎式	迈步式	轨道—车轮式

表 7-2 机械表的功能分析

总功能	分功能	分功能解原理	分功能解
显示时间	贮能	机械变形	游丝弹簧
	计时	机械弹性摆	摆
	传动	机械传动	齿轮系
	显示	指针、刻度显示	指针、刻度盘
	输能、调整	人力	旋钮
	防护	外壳	表壳

例 4:钟表的功能分析如表 7-2 所示。

对于钟表以功能分析的不同解法,列出计时装置的形态学矩阵,如表 7-3,经组合可得计时装置的多种新方案。

表 7-3 计时装置的形态学矩阵

总功能	分功能	分功能解			
		1	2	3	4
显示时间	A、贮能	机械能	电能	化学能—电能	电波
	B、计时	机械摆	电磁摆	原子振动	
	C、传动	轮系	驱动电路		
	D、显示	指针刻度	液晶数字	声音表达	
	E、调整	旋钮	电子控制	按钮	

新方案 1:指针式石英电子表

电池(化学能—电能)—石英晶体振荡器(电磁摆)—轮系—指针刻度—旋钮(即 $A_3 + B_2 + C_1 + D_1 + E_1$)

新方案 2:液晶式石英电子钟

电能—石英晶体振荡器(电磁摆)—驱动电路—液晶数字显示—按钮(即 $A_2 + B_2 + C_2 + D_2 + E_2$)

最近,根据显示时间这个功能本质设计出了新型计时装置——电波表,由国家标准实验室原子钟(精度百万分之一秒)发出时间播放信号,经无线电台播出。电波表只需接受并显示时间信号,它计时精度高,结构简单。北京中华世纪坛就采用了电波表作为计时装置。

二、编制设计目录

用功能设计法进行原理方案设计后,结合设计的过程和需要,编写出内容清晰、条理性强、提取方便、信息面广的设计目录。

三、建立优化设计评价系统

工程设计问题往往是复杂和多解的。通过功能分析获得尽可能多的方案,然后通过评价从中选择最佳方案,在发散—收敛的过程中创新,这是设计的基本思路,也是产品优化的过程。

在确定工作原理方案、选择机构、传动、设计结构的过程中,都要对方案进行分析和评价,对其不足要加以改进和完善。

对产品(或技术方案)进行科学的评价,首先应确定其评价目标以作为评价的依据,然后针对评价目标制订定性或定量的评价方法。

对产品(或技术方案)的评价目标一般包含 3 个方面的内容:

- (1) 技术评价目标:工作性能、加工装配工艺性、维护使用性、技术上的先进性等;
- (2) 经济评价目标:成本、利润、投资回报率等;
- (3) 社会评价目标:社会效益、市场效应、环境保护、宜人性、节能、可持续发展等。

在实际分析中,应选择主要的要求作为评价目标,一般不宜超过 6~8 项,项目过多容易掩盖主要矛盾,不利于选出优化方案。

评价目标确定后,应制订评价方法以便从多种方案中选取最佳方案。常用的评价方法有:评分法、加权系数法、模糊评价法等。

(1) 评分法:用分值作为衡量方案优劣的定量评价,评委对各方案每一评价目标分项评分,再求各方案总分。

(2) 加权系数法:首先根据各目标的重要程度设置加权系数,评委对各方案每一项评价目标分项评分,再加权求各方案总分。

(3) 模糊评价法是用优、良、中、差等不定量的“模糊概念”来评价。近年来通过模糊数学理论将模糊信息数值化以进行量化评价的方法已广泛用于工程方案设计。

四、总体方案设计实例

下面通过两个实例来进一步说明机械总体方案的步骤与方法。

例 1:设计一带式运输机的机械传动系统,要求运动平稳、结构紧凑,维护方便,效率高。已知:传递功率 $P = 4\text{kW}$,输入转速 $n_1 = 1000\text{r/min}$,输出转速 $n_2 = 85\text{r/min}$ 。试拟定传动系统的方案。

解:

(1) 明确任务要求

带式运输机的功能结构前面已介绍过(见图 7-2)。一般情况下,驱动部分(原动机)为电动机,执行部分为运输带,往往只要选定就可以了,因此本例主要介绍传动方案的设计。

总传动比 $i = n_1/n_2 = 1000/85 = 11.76$ 。根据传动比的大小,可采取两级减速传动。

由于该传动系统较简单,设计时有些步骤可省略。

(2) 功能分析

系统的总功能是传递运动和转矩,每级传动可作为其分功能,列出形态学矩阵,如表

7-4 所示。

表 7-4 传动系统的形态学矩阵

局部解 分功能		摩擦传动		啮合传动			
		1	2	3	4	5	6
A	第一级传动	V带传动	闭式直齿圆柱齿轮传动	闭式斜齿圆柱齿轮传动	闭式人字齿轮传动	闭式圆锥齿轮传动	蜗轮蜗杆传动
B	第二级传动		闭式直齿圆柱齿轮传动	闭式斜齿圆柱齿轮传动	开式圆柱齿轮传动	闭式圆锥齿轮传动	链传动

(3) 组合原理解

根据形态学矩阵可组合出 $N=6 \times 5=30$ 个系统方案原理解。若考虑传动件的布置形式和位置,则方案数会更多。为便于分析,应根据各种传动件的特点、适用范围及实际工作条件,先排除一些明显不合理的原理解,如 A1+B6, A4+B5 等,然后从可行方案中初步挑选出 4 个较有价值的方案作为备选方案。

初选 4 种方案如下:

方案一: A1+B2;

方案二: A3+B2;

方案三: A4+B6;

方案四: A5+B3。

4 种传动系统的方案简图如图 7-4 所示。

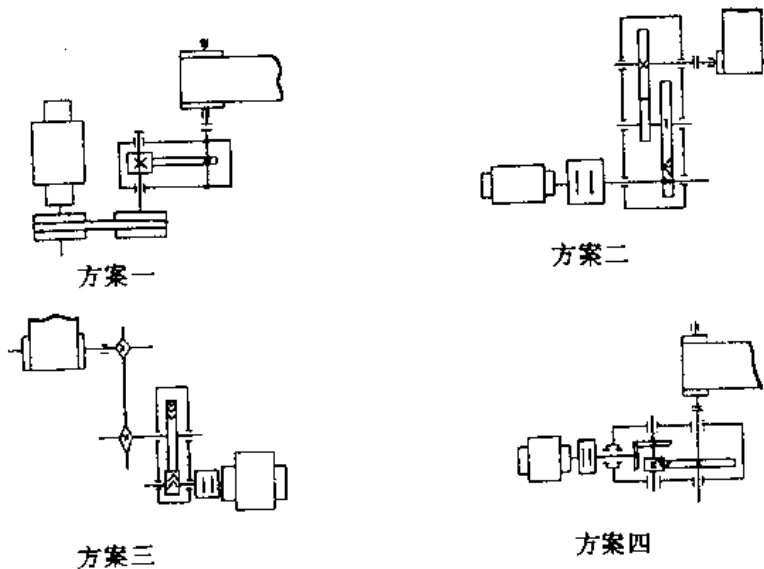


图 7-4 传动方案简图

(4) 方案的评价与决策

以结构紧凑、效率高等 7 项要求作为评价目标,采用 5 分制作技术评价(隐含经济观

点,如制造简单、寿命长等)。表7-5显示了各方案的评分及评价结果。方案一、二、四的技术价值均超过0.7,技术性能较好,尤其是方案二价值最高,只需一台两级圆柱齿轮减速器。根据评价结果,决定采用方案二。

表7-5 传动方案评分表

评价目标	加权系数	方案一		方案二		方案三		方案四	
		评分	加权分	评分	加权分	评分	加权分	评分	加权分
结构紧凑	0.2	2	0.4	4	0.8	2	0.4	4	0.8
效率高	0.1	3	0.3	4	0.4	3	0.3	4	0.4
维护方便	0.1	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
制造简单	0.15	4	0.6	3	0.45	1	0.15	2	0.3
连续工作	0.2	4	0.8	3	0.6	3	0.6	3	0.6
运转平稳	0.05	4	0.2	3	0.15	2	0.1	2	0.1
寿命长	0.2	2	0.4	3	0.6	3	0.6	3	0.6
技术价值	W_t	0.75		0.825		0.612		0.775	

例2:冲压式蜂窝煤成型机的运动方案设计。

1. 冲压式蜂窝煤成型机的设计要求与功能

冲压式蜂窝煤成型机的功能是将粉煤加入转盘的模筒内,经冲头冲压成蜂窝煤。其设计要求和参数为:

- (1) 生产能力:30次/min;
- (2) 电机:Y180L-8, $P=11kW$; $n=730r/min$;
- (3) 机构系统方案应力求简单;

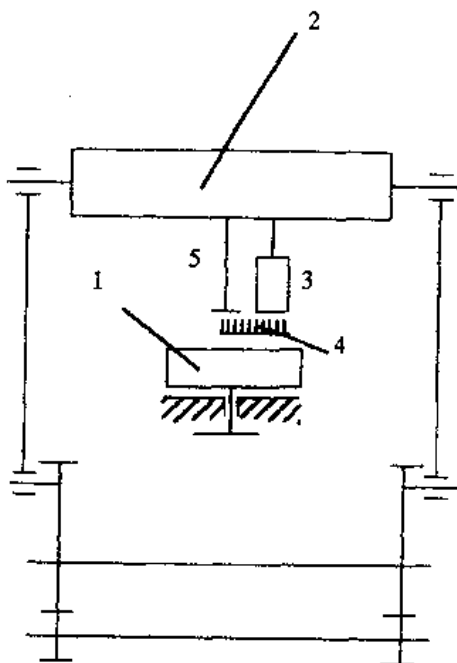


图7-5 冲压式蜂窝煤成型机示意图

(4) 图 7-5 所示冲头 3、脱模盘 5、扫屑刷 4、模筒转盘 1 都与上、下移动的滑梁 2 连成一体。当滑梁下冲时,冲头将粉煤冲压成蜂窝煤,脱模盘将已压成的蜂窝煤脱模。在滑梁上升过程中,扫屑刷将冲头和脱模盘上粘着的粉煤刷除。模筒转盘上均布了模筒,转盘的间隙运动使加料的模筒进入冲压位置、成型的模筒进入脱模位置、空模筒进入加料位置;

- (5) 为了改善冲压成型的质量,冲压后应有一保压时间;
- (6) 为增大冲头压力,减少原动机的功率,冲压机构应有增压功能。

2. 功能分解与工艺动作分解

蜂窝煤冲压成型的功能分解如图 7-6 所示。

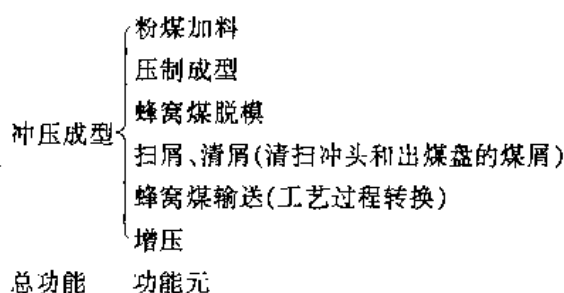


图 7-6 蜂窝煤冲压成型功能分解图

要实现上述分功能应完成以下工艺动作:

- (1) 加料:可利用粉煤重力自动加料;
- (2) 冲压成型:要求冲头上下往复运动;
- (3) 脱模:要求脱模盘上下往复运动,可以将它与冲头一起固结在上下往复运动的滑梁上;
- (4) 扫屑:要求在冲头、脱模盘向上移动过程中完成;
- (5) 模筒转盘间歇转动:以完成冲压、脱模、加料的转换;
- (6) 输送:将成型脱模后的蜂窝煤在输送带上送出成品。

以上六个动作,加料和输送比较简单可不予考虑,增压、冲压和脱模可用一个机构来完成。因此,该成型机的机构系统主要应由三个机构组成:即增压、冲压和脱模机构,扫屑机构,模筒转盘的间歇运动机构。

3. 列出机构形态学矩阵

蜂窝煤冲压成型机的机构形态学矩阵如表 7-6 所示。

表 7-6 机构形态学矩阵

功能元	功能元解		
	1	2	3
A、压制成型、增压、脱模功能	对心曲柄滑块机构	偏置曲柄滑块机构	六杆冲压机构
B、清屑功能	附加滑块摇杆机构	固定移动凸轮—移动从动件机构	
C、输送功能 (模筒转盘的间歇运动)	槽轮机构	不完全齿轮机构	凸轮式间歇运动机构

4. 机构系统运动方案的选择和评定

由于表 7-6 所示的机构形态矩阵只有三个执行构件, 故由该矩阵可求出冲压式蜂窝煤成型机的机构系统方案数为

$$N = 3 \times 2 \times 3 = 18$$

按前述原则, 逐一评价这 18 种方案, 最后选定结构比较简单的方案: 冲压(增压、脱模)机构为对心曲柄滑块机构, 工艺过程转换机构(输送功能)为槽轮机构, 清屑机构为固定移动凸轮—移动从动件机构, 即 A1 + B2 + C1。

设计的蜂窝煤成型机运动方案图如图 7-7 所示。

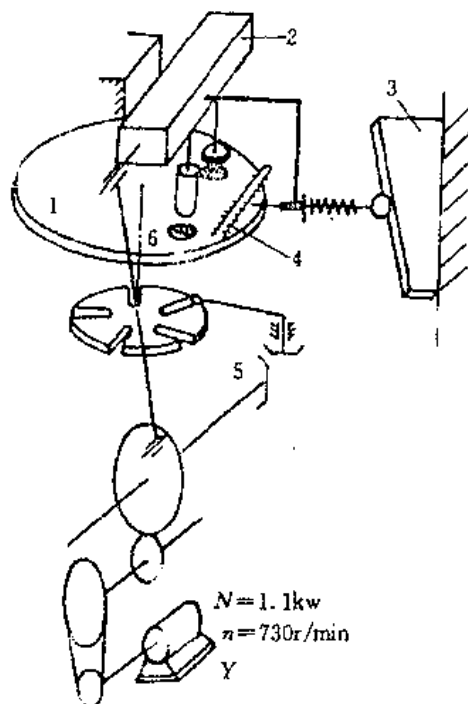


图 7-7 机构系统示意图

第二节 结构设计

结构设计是机械设计中的一个十分重要的阶段, 也是涉及问题最多、最具体、工作量最大的工作阶段。结构设计实际上就是确定产品、零部件的材料、形状、尺寸及相互配置关系, 它是原理方案设计的具体化, 以满足产品的功能要求。在结构设计中需要确定所有零部件的形状、尺寸、位置、数量、材料、热处理方式和表面状况, 所确定的结构除应能够实现原理方案所规定的动作外, 还应该满足对结构的强度、刚度、稳定性、精度、工艺性、寿命、装配、经济性、可靠性等方面的要求。

结构设计是一个从抽象到具体、从粗略到精确的过程, 它根据既定的原理方案, 确定总体空间布局、选择材料和加工方法, 通过计算确定尺寸、检查空间相容性等, 由主到次逐步进行结构的细化; 结构设计也具有多解性特征, 因此需反复、交叉进行分析计算和修改,

寻求最好的设计方案,最后完成总体方案结构设计图。

一、结构设计的基本步骤

由于结构设计过程相当复杂,我们只能介绍原则性的设计步骤。

(1) 明确决定结构的要求及空间边界条件。决定结构的要求主要包括:①与尺寸有关的要求,如传动功率、流量、联接尺寸、工作高度等;②与结构布置有关的要求,如物料的流向、运动方位、零部件的运动分配等;③与确定材料有关的要求,如耐磨性、疲劳寿命、抗腐蚀能力等。空间边界条件主要包括装配限制范围、轴间距、轴的方位、最大外形尺寸等。

(2) 对主功能载体进行粗略结构设计。主功能载体就是实现主功能的构件,如减速器的轴和齿轮、机车的主轴、内燃机的曲轴等。在结构设计时,应首先对主功能载体进行粗略构形,初步确定主要形状、尺寸,如轴的最小直径、齿轮直径、容器壁厚等,并按比例初步绘制结构设计草图。设计的结构方案可以是多个,要从功能要求出发,选出一种或几种较优的草案,以便进一步修改。

(3) 对辅功能载体进行初步的结构设计。主要对轴的支承、工件的夹紧装置、密封、润滑装置等进行设计,以保证主功能载体能顺利工作。设计中应尽可能利用标准件、通用件。

(4) 对主功能载体、辅功能载体进行详细结构设计。详细设计时,应遵循结构设计基本准则,依据国家标准、规范及较精确的计算结果,完成细节设计。

(5) 对设计进行经济综合评价。从多个结构设计草案中选择满足功能要求、性能优良、结构简单、成本低的较优方案。

(6) 结构方案的完善、检查错误。消除综合评价时已发现的弱点,检查在功能、空间相容性等方面是否存在缺陷或干扰因素(如运动干扰),应注意零件的结构工艺性,如轴的圆角、倒角、铸件壁厚、拔模斜度、铸造圆角等,必要时对结构加以改进,并可采纳已放弃方案中的可用结构,通过优化的方法来进一步完善。

(7) 完成总体结构设计方案图。绘制全部生产图纸,结构设计的最终结果是总体结构设计方案图,它清楚地表达产品的结构形状、尺寸、位置关系、材料与热处理、数量等各要素和细节,体现了设计的意图。

二、结构设计的准则

为使产品预期功能得以实现,产品的经济性、安全性得到保证,提高设计的质量,应遵循“明确”“简单”“安全”的基本要求,“明确”主要包括功能明确、作用原理明确、工况条件及负荷状况明确等;“简单”主要要求零件数目尽量少、零部件间的联接关系简便、零件形状尽可能简单等;“安全”则要求保证产品及其零部件在预期的工作期限内正常工作,不会对人和环境产生危害。

为合理地进行结构设计,应考虑如下结构设计准则:

1. 满足功能要求的设计准则

产品设计的主要目的是实现预定的功能要求,在设计产品时,通常有必要将任务合理分配,即将一个功能分解成多个分功能,每一个分功能由一个功能载体承担。V带的结

构是任务合理分配的一个例子(图 7-8)。纤维绳用来承受拉力,橡胶层承受带弯曲时的拉伸与压缩,而传动所需要的摩擦力则通过包布层与带轮轮槽的作用产生。

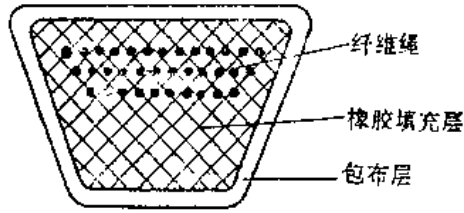


图 7-8 V带截面结构

为了简化产品结构、减少零件个数、降低加工成本、便于装配、缩小体积等,可将多项功能集中于一个功能载体,将功能不同,但运动情况一致位置相近的零件结合,结构上设计成一个整体,由一个零件或部件承担多个功能。V带结构实现了功能集中,角接触轴承也具有功能集中的特点,即能承受径向载荷,又能同时承受轴向载荷。

图 7-9 所示为一包装机械中的支架零件,原来由 11 个零件分别加工后组装而成,加工量大,成本高,采用整体结构后,通过整体铸造一次完成,大大降低了成本。

图 7-10(b)所示的螺栓即有联接功能又有防松功能,它是将图 7-10(a)所示的螺栓与防松垫圈组合在一起的整体结构。

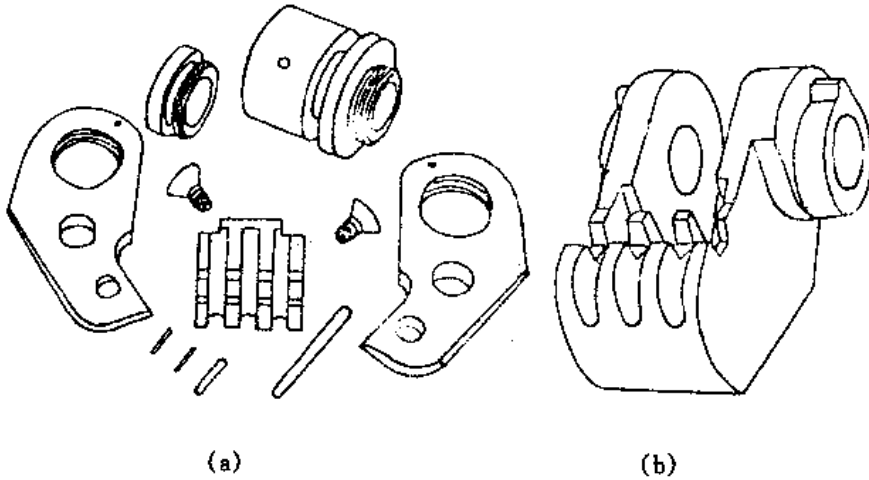


图 7-9 支架零件的整体结构

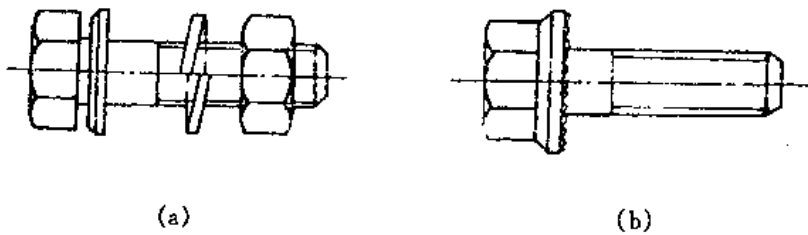


图 7-10 螺栓的组合结构

2. 考虑加工工艺性的设计准则

结构设计中,应力求使设计的零部件加工方便,材料损耗少、效率高、生产成本低、符合质量要求。

对铸件应尽量减少分型面的数目,避免不必要的凸起和凹陷,尽量少用或不用型芯,力求几何形状简单,应考虑拔模斜度,壁厚应均匀并避免缩孔等。

对切削加工零件,应尽量减少加工面积;设计必要的退刀槽或砂轮越程槽;要使零件在加工时便于装夹;应尽量减少加工的装夹次数,以提高效率;优先采用相同的锥度、圆角半径及孔径,减少刀具调整次数,提高加工精度等。

3. 考虑装配的设计准则

加工好的零部件要经过装配才能成为完整的机器,装配质量对机器设备的运行有直接的影响。在结构设计时,应合理考虑装配单元,使零件得到正确安装,图 7-11 所示的两法兰盘用普通螺栓联接,图(a)所示的结构无径向定位基准,装配时不能保证两孔的同轴度,图(b)以相配的圆柱面为定位基准,结构合理。

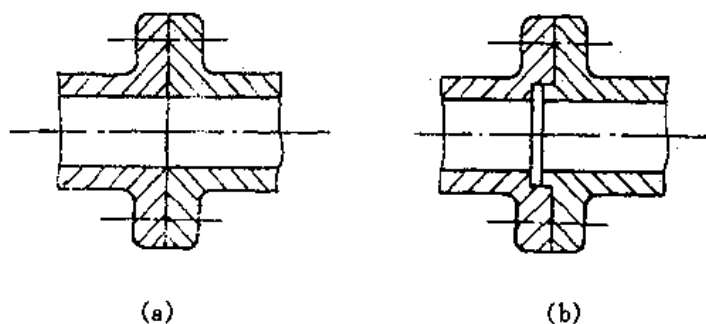


图 7-11 法兰盘的定位基准

对配合零件应注意避免双重配合,图 7-12(a)中零件 A 与零件 B 有两个端面配合,由于制造误差,不能保证零件 A 的正确位置。应采用图 7-12(b)的合理结构。

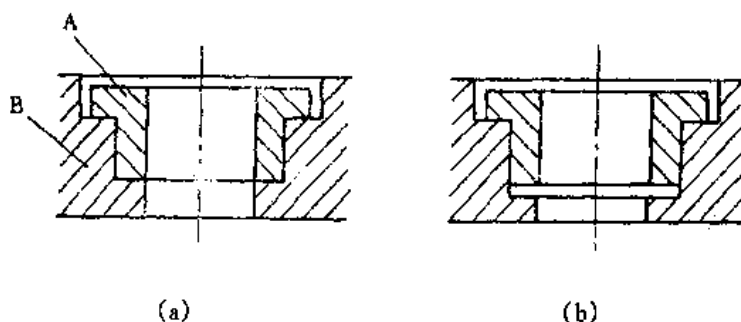


图 7-12 避免双重配合

结构设计中,应明显标志零件的装配位置,防止错误装配。图 7-13 所示轴承座用两个销钉定位。图(a)两销钉反向对称布置,装配时很可能误将支座旋转 180° 安装,使得轴与孔的中心线位置偏差增大。为避免装配错误,可将两定位销布置在同一侧,或使两定位销到螺栓距离不等(图(b))。

为使零件便于装配和拆卸,应保证零件有足够的装配空间。图 7-14(a)中装配高度不够,螺栓无法装入,可改成图 7-14(b)所示结构。对于螺栓联接,应设计足够的扳手空

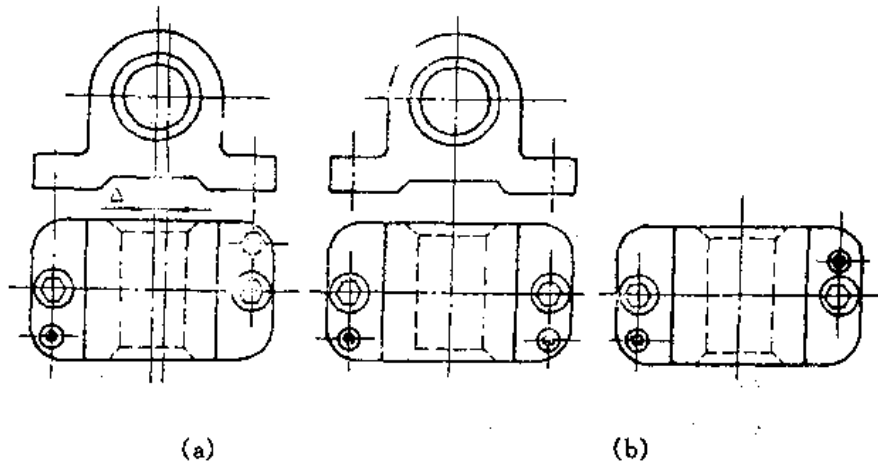


图 7-13 避免轴承座错误装配

间,图 7-15(a)中空间狭小,扳手无法转动,应采用图 7-15(b)所示合理结构。对于配合零件,应避免过长的配合,图 7-16 所示的齿轮与轴的配合应采用图(b)的结构。

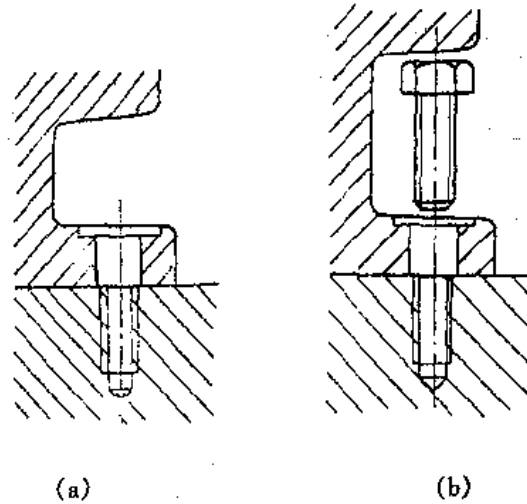


图 7-14 螺栓的装配空间

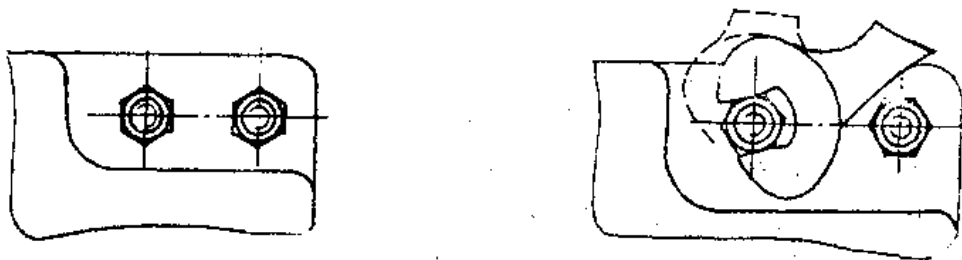


图 7-15 螺栓的扳手空间

为了使零件易于装配,孔及圆柱的端部应有倒角。为便于拆卸零件,应留出安放拆卸工具的位置,例如滚动轴承的拆卸。为了使装配过程简化,补偿装配尺寸链误差,对轴系部件装配时可设置调整补偿环或调整垫片,它的厚度根据实测结果确定,这样,即降低了

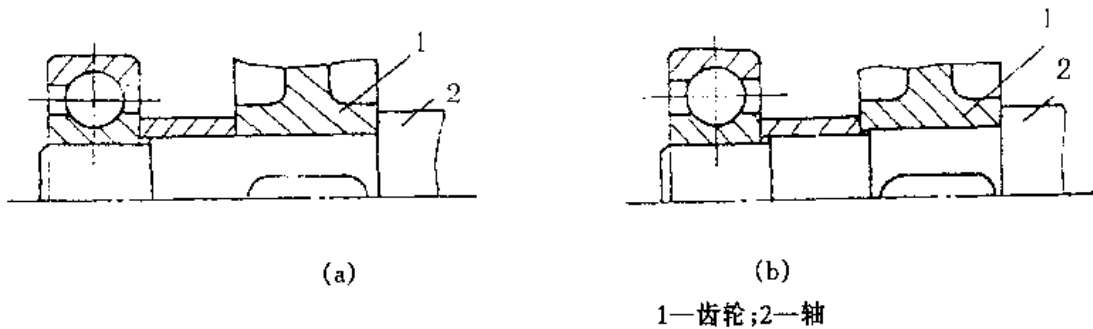


图 7-16 避免过长的配合面

对装配精度的要求,又可提高装配质量。

4. 满足强度等方面要求的设计准则

足够的强度和刚度是结构设计必须满足的要求。适当的结构设计可以减少载荷引起的应力和变形量,提高结构的承载能力。

考虑强度要求,应考虑材料的性质。钢材受拉和受压时力学性质基本相同,因此钢结构多为对称结构;铸铁材料的抗压强度远大于抗拉强度,因此承受弯矩的铸铁结构截面多为非对称形状,以使承载时最大压应力大于拉应力。

在结构设计时,为充分利用材料,减轻重量,可设计成等强度结构,使零件截面尺寸的变化与其应力的变化相适应。图 7-17 所示铸铁悬臂支架,其弯曲应力自受力点向左逐渐增大,图(a)所示结构强度差,图(b)所示结构虽然强度高,但不是等强度,浪费材料,增加重量,图(c)为等强度结构,且符合铸铁材料的强度特点。又如轴的结构通常是阶梯轴,应力大的中间部分较粗,应力小的两头较细,既便于轴的加工和轴上零件的装拆,又接近等强度结构。

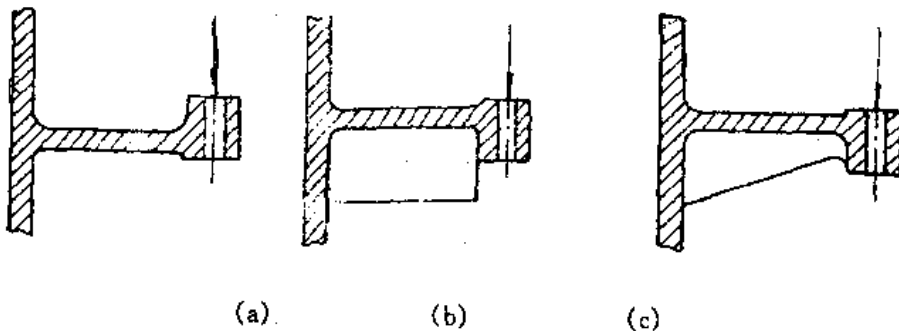


图 7-17 铸铁悬臂支架的等强度结构

结构设计时,要注意改善受力状况,使受力均匀,载荷分担,在结构上采取一定的措施,把作用于一个零件的载荷分给多个零件承担,从而使单个零件的载荷减小,提高强度,例如并联组合弹簧、轴承组合等。要注意使力的传递路线变短,承载区域小,例如悬臂布置的小锥齿轮轴,锥齿轮部分应尽量靠近轴承以减小悬臂长度,提高弯曲强度。

结构设计时,应采取措施使零部件在传递动力时产生的附加力(力矩)内部平衡,不致增加其他零件的载荷。例如,同一轴上两个斜齿圆柱齿轮产生的轴向力,可通过合理选择轮齿旋向和螺旋角的大小使轴向力相互抵消,而不增加轴承的负载。

结构设计时,应设法减小应力集中。应力集中是影响零件承受交变应力时疲劳强度的重要因素。结构设计时,应尽量避免使结构受力较大处的零件形状发生突然变化,以避免或减小应力集中对强度的影响。增大过渡圆角、采用卸载结构等是减小应力集中的有效方法。

5. 考虑造型的设计准则

产品结构设计不仅要满足功能要求,而且还应考虑产品的造型,使其适合人的生理特点和心理特点,造型美观、结构宜人化的产品将会对人产生吸引力,使人心情愉快,不易疲劳。

结构设计时,应注意各部分尺寸比例协调、匀称,形状、色彩和谐统一,简洁明快,使操作者在工作时不易疲劳,并能及时、正确、全面地了解机器的工作状况,进行正确的操作。

6. 其他设计准则

在结构设计时,还应考虑其他方面的设计准则。如采用标准件和标准尺寸系列,有利于标准化;考虑防腐蚀措施的设计;可实现自我加强、自我保护、零件之间相互支持的设计;为节约材料和资源,使报废产品能够回收利用的设计等等。

三、结构设计的变异

为了得到较好的设计结果,设计者要思路开阔,尽可能多地思考各种能实现功能的结构方案,以便挑选出较优方案。例如螺钉用于联接时需要通过螺钉头部对其拧紧,根据所需拧紧力的大小,变换功能面的形状、数量和位置(内、外)可得到多种螺钉头的设计方案。当所需拧紧力很小、不需专门工具时,可设计成滚花型和元宝手柄型用手拧紧;所需拧紧力较小时,可用“十字”“一字”型起子槽型式,并可设计成平头或沉头方案,也可用内六角、内四角、内三角型式,通过专用扳手作用于螺钉头的内表面拧紧;所需拧紧力较大时,往往要用扳手拧紧,可设计成外六角、外四角等螺钉头型式。除此之外,显然还有很多螺钉头部形状设计方案,当然,在设计新的螺钉头部形状方案时要同时考虑拧紧工具的形状和操作方法。

通过改变零件或零件之间功能面的相对位置可产生新的方案。如图7-18所示机构,图(a)中摆杆1的接触面为平面,推杆2的接触面为球面,相互作用时,会产生横向推力,不利于推杆的运动,甚至造成推杆运动卡死。采用图(b)的位置变换,受力状况明显改善。

改变零件工作面的形状可得到新的结构形式。例如,把齿轮的渐开线齿面改为圆弧齿面,把平带传动改为V带传动,把滚动轴承的球形滚动体改为圆柱形滚动体等都属于改变形状的实例。

改变零件数目或功能面数目可改变结构。如单键联接改为双键联接,一个支点由单个轴承支承改为两个轴承支承,单排链改为双排链等。

改变零件的尺寸或改变零部件之间的距离也能变换结构。如增大齿轮模数,增加轴径,扩大传动中心距等。

通过上述位置、形状、数量、尺寸等结构形态的改变,可派生出新的不同的结构方案,供设计者选择。

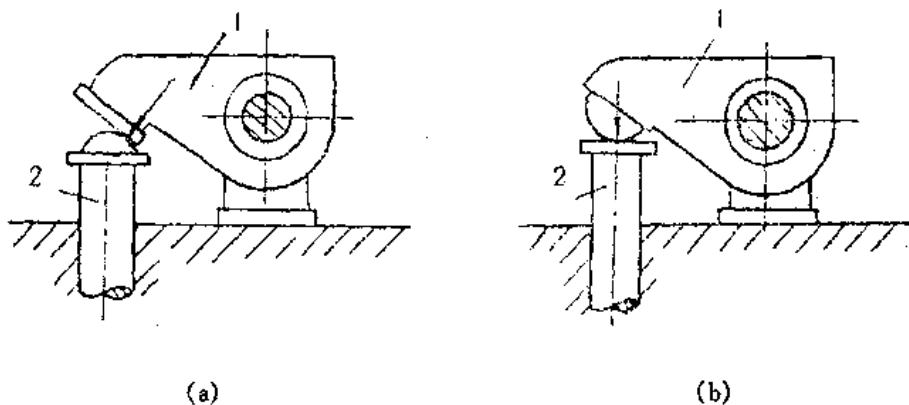


图 7-18 摆杆与推杆的功能面位置变换

第三节 机械创新设计案例

下面介绍几个典型的机械设计案例,将它们的创新思想和设计过程进行分析,从各个角度探讨创新设计的规律和方法,启发我们去观察、思考、分析,培养我们的兴趣从而参与创新设计实践。

案例一:蒸汽机的发明

众所周知,蒸汽机的发明是第一次工业革命的标志,现在我们重温蒸汽机的发明过程,能给我们许多创新思维的启迪。

蒸汽机是经过很多发明家 100 多年的努力,最后由瓦特初步完成的。在 16~17 世纪,由于社会生产的发展,迫切需要强大的动力设备,很多设计师为此作了大量的工作,而法国的巴本成为活塞蒸汽机的最早发明人,巴本采用了活塞和缸筒,自己又发明了安全阀,制成了以蒸汽为动力的汽缸,但由于不能正常运行,未能实际应用。后来,英国的纽可门在巴本汽缸原理的基础上,把活塞和连杆联接起来,以产生往复运动,又用冷水喷到汽缸外壁进行冷却,于 1712 年制成了间歇工作的纽可门蒸汽机,其工作原理是:将热蒸汽送入汽缸,此时蒸汽把活塞推向上方,然后用冷水冷却汽缸,使汽缸中的蒸汽冷凝,此时由于产生真空,活塞返回下方。活塞产生的往复运动通过连杆带动水泵抽水。它是第一台实用的蒸汽机,使蒸汽机具有了原动机的意义。但是,它有一个很大的缺陷,那就是同一汽缸工作一次就既要加热又要冷却,白白浪费了热量和时间,其效率很低。因此,纽可门蒸汽机仅在很少的场合使用。

使蒸汽机成为能带动各种工作机的“万能发动机”,为机器大工业提供有效动力的发明家当属瓦特。广为流传的少年瓦特看见茶壶被蒸汽冲开而发明蒸汽机的动人故事,说明了瓦特从小就勤于思考、善于观察,有很强的好奇心。当然,瓦特改进蒸汽机的发明过程并非故事那么简单,实际上,他是运用科学的方法才取得了重大突破。

首先,他运用科学理论指导创造实践。1763 年,瓦特在英国格拉斯哥上大学时,承担了修理纽可门蒸汽机的工作,发现这种蒸汽机有很多缺点,于是他开始了研究制造蒸汽机的工作,对纽可门蒸汽机效率低的原因作了科学的分析。他运用已经建立的“比热”和“潜

热”理论作指导,发现为了使纽可门机产生真空,每一冲程都要用冷水将汽缸冷却一次,而下一个冲程又需要消耗大量蒸汽重新加热汽缸,造成热量的大量损失,这正是其效率低的原因。他又根据蒸汽变为水的潜热和汽缸材料的比热,分析了各种大小汽缸的蒸汽消耗量,并计算出约有 4/5 的蒸汽消耗在重新加热汽缸上。他认为,如果把冷凝过程从汽缸中分离出来,就可以避免因一冷一热而消耗大量蒸汽了。如何才能实现这个设想呢? 瓦特日夜思考这个问题,1763 年 5 月的一个星期天,瓦特在散步时突然产生了一个美妙的想法:将向上推动活塞后的蒸汽用空气泵抽到另外一个容器中进行冷却,这样汽缸就不需要既加热又冷却了,而是始终保持加热状态。于是,他在汽缸外加上了被称为冷凝器的装置,将蒸汽引向另外的容器冷却,克服了纽可门机的主要缺陷。

其次,他运用模型实验的方法,进行研究制造工作。瓦特在用比热和潜热理论指导改进纽可门机的时候,进行了大量的试验。在当时条件下,蒸汽机过于庞大,用直接的实验方法改进是十分困难的,于是,他采用了模型实验的方法,1765 年,瓦特用一个带有分离冷凝器的小型蒸汽机反复进行试验,研究蒸汽机的规律,通过模型试验,证实了冷凝器的优越性,并分析了合适的汽缸尺寸和材料,冷凝器的发明是科学理论和试验技术相结合的产物。在模型实验的基础上,他于 1769 年制成了一个单冲程大动力蒸汽机。

第三,在瓦特改进蒸汽机的过程中,运用了模拟和移植的创新方法。他充分继承了前人的成果和最新的技术。纽可门机的汽缸和活塞之间的密封是用活塞顶上的一层水来实现的,而瓦特改进的蒸汽机汽缸要保持较高的温度,用冷水密封就不行了,只能靠汽缸和活塞之间的精密配合来解决密封问题,但当时没有精密加工的技术,只能在间隙处塞些破布或软木防止漏汽。正在汽缸内圆的精密加工无法解决时,1774 年英国的威尔金森设计并制成了加工大炮内圆的镗床,于是,瓦特将镗炮筒的技术移植到加工汽缸上,解决了汽缸的精密加工问题。为了保证发动机在负载变化时稳定运转,瓦特又把用于磨坊中控制磨石的装置——调速器移植到蒸汽机上,1787 年在蒸汽机上安装了离心调速器,控制进气管的蝶形阀。后来,瓦特为了将单动蒸汽机改进为双向作用汽缸的蒸汽机,使活塞上下都做功,模仿和移植了中国古代双动风箱和水排的原理,研制了利用蒸汽机把活塞推上或压下时都做功的双动蒸汽机,提高了效率。另外,为了使蒸汽机的动力输出从往复运动转换为旋转运动,瓦特又模仿和移植了中国古代水磨上的曲柄连杆机构,用连杆驱动曲轴的办法把往复运动变为转动。蒸汽机经过瓦特的一系列改进后,成为了大工业中普遍应用的动力机。

启示:

瓦特在 30 多年的时间内,孜孜以求不断改进蒸汽机,如果没有坚强的毅力和强烈的事业心,没有理论的指导和实验的研究,没有设计、试验、制作等方面的动手能力,是不可能取得如此重大成就的。另外,充分运用理论研究,模型实验分析以及综合运用移植、模拟创新原理和方法,对瓦特取得重大突破起了重要的作用。

案例二:内燃机的发展

动力机械是近代人类社会进行生产活动的基本装备之一。动力机械按其工作方式分为内燃机和外燃机两大类,自 1860 年里诺制成第一台内燃机以来,它在国民经济各部门

和国防工业中得到广泛的应用,并已发展出多种型式。

本案例介绍内燃机产生和发展的过程,探求发明和创新的规律,启发我们的创新思维。

在技术发展史上,人们对内燃机的研究比外燃机要更早,但由于理论和技术上的不成熟,使得外燃的蒸汽机在内燃机出现前的一个多世纪内得到广泛的应用。

自从18世纪瓦特完成了蒸汽机的发明以后,几乎在一个世纪的时间里蒸汽机成为唯一的动力机。但在广泛应用的同时也暴露了它一系列固有的缺点:首先,热效率很低。当时,一般情况下,只有5%~8%,最高也不过13%,主要是它在工作过程中散失了大量的热量。其次,结构笨重,价格昂贵,锅炉和冷凝器等体积庞大,运行不灵活,很难达到体积小、更便宜、适应性更大、运行更灵活的要求。第三,操作不方便,运行不够安全。锅炉要预热两个多小时,不能随意启动和停止,由于锅炉储蓄的热量很大,而容易发生爆炸。人们需要比蒸汽机更小、更便宜、适应性更大,运行更灵活的发动机。

随着科学和技术的进步,重新研制内燃机的有利条件形成了:在机械制造方面,比较精密的机床已经出现,冶金技术方面,转炉、电弧炉炼钢提供了优质的材料,煤气工业和石油工业的发展可以提供必要的燃料,而在1824年法国物理学家卡诺提出理想热机的卡诺循环,并随后建立的热力学第一定律和第二定律,为完成内燃机的发明提供了理论和技术基础。

人们首先分析了蒸汽机的缺点,发现燃料先把水烧成蒸汽,再把蒸汽引入汽缸做功,然后蒸汽再被冷凝器冷却成水,这个过程引起了大量的热损耗,里诺针对蒸汽机的这个缺点,用反向思维方法,考虑能不能使燃料直接在汽缸内部燃烧,这样就可以免去蒸汽作中介工质,热能直接做功。1860年,他制成了第一台实用的内燃机——二冲程煤气机,它的外表就像一部卧式蒸汽机,也有活塞、连杆和飞轮,但运转方式截然不同,它是靠吸入煤气和空气的混合物以后,在汽缸内点火燃烧发生膨胀而做功。这种煤气内燃机去掉了庞大的锅炉,结构紧凑,虽然其燃料消耗很高,而热效率仅4%(还不如蒸汽机),电点火也不可靠,成本也很高,但毕竟它平稳的运转了,很受中小企业欢迎。

为了提高效率,法国工程师德罗沙进一步分析里诺机的缺点,从反向思考,提出了新的设想。他认为里诺机的燃料混合气未经压缩就直接进入汽缸,这样每一次吸入的燃料气体就很少,膨胀一次的热损失相对来说就很大。能不能每次多吸入一些燃料气体?德罗沙在对内燃机的热力过程进行理论分析之后,于1862年提出了提高热效率的关键措施,即预先压缩空气和燃气的混合物,提出了等容燃烧的四冲程内燃机工作原理。1876年,德国工程师奥托研制成功了第一台四冲程往复式内燃机,每分钟180转,热效率高达14%(相当于蒸汽机的两倍),它把三个关键的技术思想:内燃、压缩燃气、四冲程融为一体,具有效率高、体积小、重量轻、功率大等一系列优点。此后,奥托在一生中一直从事内燃机的研究,四冲程循环被称为“奥托循环”,他也被认为是内燃机的发明人。

在此之后,英国工程师克拉克制造了二冲程循环的内燃机,在每两个冲程中就有一个动力冲程。他还发明了两个汽缸的内燃机,当一个汽缸处于回复阶段时,另一汽缸则爆燃做功,使输出的动力较均匀。

里诺和奥托内燃机都是煤气机,但煤气的热值低,需要庞大的煤气发生炉和管道系

统,煤气机的转速低,自重大,对于交通运输业所要求的高速、轻便的动力机来说,煤气机仍然是不相适应的。随着石油工业的蓬勃发展,用石油产品取代煤气作燃料已成为必然。德国工程师戴勒姆分析煤气机的缺点,设计出了汽化器,解决了点火问题,于1883年制成了第一台四冲程往复式汽油机。以往煤气机的转速不超过200转/分,而戴勒姆汽油机的转速一跃为800~1000转/分,其特点是功率大、重量轻、体积小、转速快和效率高,特别适用于交通工具。1885年,戴勒姆与德国工程师本茨两人分别以汽油机为动力独立制成了可供实用的汽车。

由于汽油价格较高,德国工程师狄塞尔考虑设计结构简单、燃料更便宜的柴油机。但是柴油机在汽缸里的点燃成为问题的关键。1892年,他提出了在内燃机中使用压缩点火的技术专利:发动机吸进的不是燃料和空气的混合物,而是空气,如果空气压缩后产生的高温超过柴油的燃点,那么通过喷嘴喷入的柴油就会自动燃烧,从而推动活塞做功。这样,不但可以省去汽化器和点火装置,提高热效率,而且可以用比汽油便宜得多的柴油作燃料。1897年,第一台20匹马力的柴油机开始运转,它的功率比汽油机大,热效率也提高到30%。狄塞尔柴油机是内燃机技术上的第二次大突破,柴油机成为工业上主要的动力机。

启示:

内燃机的发展过程揭示了科学与生产之间的辩证关系。科学的形成和发展是由社会生产所决定的,但往往科学又走在生产前面,对新的生产技术的诞生起着巨大的引导作用。奥托循环、狄塞尔循环理论产生之后才制造出了实现理论的内燃机,充分说明了科学研究要走在生产的前面,探索、发现新的热力学循环,才能引起内燃机技术新的突破。

奥托煤气机、狄塞尔柴油机的发明,充分说明了“缺点分析,反向创新”原理和方法所起的重要作用。科学技术的发展是继承和创新的辩证统一,新的技术是对原有技术成果的突破,没有对前人的理论、结构、工艺、材料等方面成果的深入分析,没有对前人的继承,不分析它的缺点和弊病,不提出克服缺点和弊病的设想和解决方法,不打破固定思路的束缚,是不可能创新的。

内燃机的发明说明,任何一种技术都不可能孤立的发展,各种技术是相互依存、相互促进的,内燃机的诞生,需要冶炼技术提供优质钢材,需要各种机床对零件进行精密加工,需要石油工业提供汽油、柴油等燃料。因此,当我们发展一种新技术时,必须认真考虑相关技术的配合。另外,对于一个国家的科技水平,先进和落后在一定的社会历史条件下也可以转化。英国是最早的工业化国家,但蒸汽机的大量使用,使得研究新型内燃机的工作受到了阻碍,而法国、德国由于发明制造出了多种内燃机,产生了许多科学家和发明家,使其科技水平超过了英国。

案例三:三角转子发动机的研制

往复式内燃机虽然取代了蒸汽机成为应用广泛的动力机,但也存在很多缺点:首先,其工作机构多、零件多、结构复杂,往复式内燃机主要有曲柄连杆机构、凸轮机构、摆盘机构、摇臂机构以及汽缸、连杆、曲柄等主要机件,机构复杂,并且摩擦损耗会降低机械效率。其次,活塞往复运动造成较大的往复惯性力,而且此惯性力随转速的平方增长,系统由于

惯性力不平衡而产生强烈振动,限制了转速的提高。此外,往复式内燃机还有一套较复杂的配气机构。于是人们设想,能否使热能直接转化为轴的转动呢?类比往复式蒸汽机到蒸汽轮机的发展过程,人们不断提出一些新型旋转式发动机方案,但大多因结构复杂或无法解决汽缸密封问题而不能实现。直到1945年,德国的汪克尔经长期研究,突破了汽缸密封这一关键技术,才使旋转发动机首次运转成功。

汪克尔设计的旋转式发动机简图如图7-19所示,它由汽缸体1、类似三角形截面的旋转活塞2(也叫做转子,孔上有内齿轮)、外齿轮3、吸气口4、排气口5和火花塞6等组成。旋转活塞2套在偏心轴上,形成的行星轮系,使它在具有一定截面形状的汽缸内作规则运动,造成汽缸容积的周期性变化,转子每转一圈,每一弧面可实现发动机的进气、压缩、燃烧膨胀和排气过程,因此每转一周有三个动力冲程,它是按奥托循环运转的,三角形转子的每一个表面与缸体的作用相当于往复的一个活塞和汽缸,转子各表面还兼有开闭进气、排气阀的功能,三个弧面依次平稳连续工作,设计可谓巧妙。

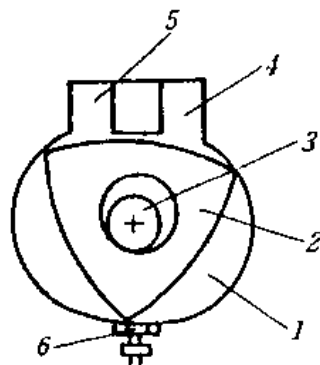


图7-19 旋转式发动机简图

旋转式发动机取消了曲柄连杆机构、气门机构等,能实现高速化,重量轻(比往复式内燃机下降1/2~2/3),结构和操作简单(零件数减少40%,体积减少50%),在大气污染方面也有所改善。

虽然旋转发动机有很多优点,但开发出实用产品的并非首先研制旋转发动机的德国纳苏公司,而是日本东洋公司,下面介绍东洋公司如何后来居上进行技术开发的过程,供我们借鉴。

首先是科学的决策。东洋公司得知西德纳苏公司正在研制新型发动机的信息之后,广泛收集资料,听取各方面的意见,并亲临纳苏公司考察旋转发动机的研制品,综合各种资料后认为:汪克尔的方案在材料、工艺、设备等方面虽存在许多困难问题,但这些困难并非无望解决,设备也不需要大规模增加投资,从本质上看,其实用化的可能性极大。于是,东洋公司决定马上引进这项虽有瑕疵却很有前途的新技术,购买了其专利,作出了重大决策——开发旋转发动机。

其次是采取会战的形式组织力量集中攻关。为了是使旋转发动机尽快实用化,东洋公司挑选了47名最精干的各有专长的科技人员集中于这项课题,并决定拿出30亿日元(占全公司总资产的一半)的巨额投资,和全世界100多家公司展开了竞争。研究人员下定必胜的决心,夜以继日,时时刻刻思想着转子发动机,每个人都随身带着铅笔和笔记本。通过学习和探索,发现技术上的难点是汽缸上产生的震纹问题,纳苏公司正是在此问题上久攻不克而无法前进。于是他们通过大量的试验,终于找到产生震纹的两个主要原因:一个是材料,为了不使相接触的表面产生磨损,必须研制最佳材料;另一个是密封片本身的振动特性,对震纹影响极大,而密封片的振动特性与其材料和形状有关。东洋公司抓住这个关键问题,开发出极坚硬的浸渍炭精材料做密封片,而对汽缸壁材料,则运用反向探求法,不是从提高材料硬度着手,而是选择了较软的耐磨石墨材料作汽缸衬里,减少了磨损,

较成功地解决了震纹问题。

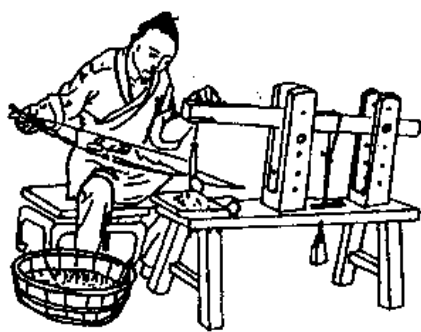
第三是团结协作的精神。东洋公司的领导具有很强的组织能力和团结协作精神,不仅公司内部相互信任、团结一心,而且与其他配件制造企业坦诚相待、密切协作,密封片材料就是与炭精公司全力合作共同开发出来的。此外,他们还先后与多家企业合作,相继开发了特殊密封件 310 号、火花塞、化油器、O 型环、高级润滑油、消音器、弹簧等多种零部件,攻克了转子发动机的道道难关,使旋转式发动机在全世界首先达到实用化,市场效益很好。

启示:

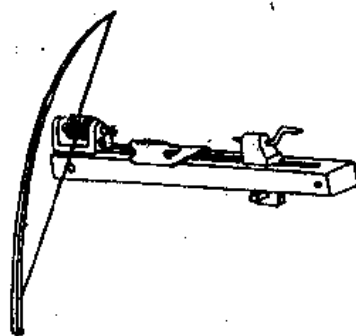
在技术成为生产直接要素的今天,技术开发具有举足轻重的作用,而技术开发,离不开正确的决策,离不开管理水平和组织能力,离不开集中人力、财力、物力重点攻关,离不开团结协作。如果我们始终努力研制优质产品,取人之长,刻苦攻关,就可后来居上。

案例四:机床的诞生

零件的加工离不开各种各样的机床,而机床的诞生是在 18 世纪 60 年代工场手工业向大机器生产的转变时期。18 世纪,纺织机和蒸汽机的发明引发了第一次工业革命,而这场技术革命的真正意义在于开创了一个用机器生产机器的时代,没有相当技术水平的机器制造业,工业化就不可能实现。实际上,古代人们经过成千上万次的实践,逐渐制造出了钻孔用的弓钻,把弓上的弦缠在棒上,前后拉动弓子,钻头就左右转动,现在木工用的手工钻子仍然采用了这种原理。后来人们又制成了图 7-20 所示的古代钻床和弓弦车床,钻床主要是旋转钻头在石块、木料上打孔,弓弦车床则是来回推拉弓使加工物体旋转,从而用刀具进行车削。



(a) 古代钻床



(b) 弓弦车床

图 7-20 古代钻床和弓弦车床

金属加工机床的设计者,最早可能是 15 世纪的传奇式人物达·芬奇了,他设计了以水力或脚踏板作为动力的切削工具;刀具紧贴着工件旋转,工件则固定在用起重机带动的移动台上。到了 17 世纪末,由于军事工业上制造大炮的需要,炮筒的加工成了人们需要解决的一大难题。1775 年威尔金森发明了能精密加工大炮的镗床。瓦特在制造蒸汽机的汽缸和活塞时,也利用了这架神奇的镗床加工出了当时精度很高的汽缸。

16世纪中叶,法国的贝松设计了一种用螺丝杆使刀具滑动的车螺栓用的车床,但相当不完善。到了18世纪,有人设计了一种用脚踏板和连杆旋转曲轴,并带动飞轮,再传动到主轴,使主轴旋转的“脚踏车床”;后来,人们又从直接旋转工件发展到了旋转床头箱,工件则夹持在床头箱的卡盘上。

车床的发明中,被称为“车床之父”的英国机械师莫兹利作出了巨大的贡献,莫兹利从12岁起就在兵工厂做工,他除了在实际操作中积累了丰富的经验和技能,还喜欢观察机器的运行,关心加工零件的精度。他立志要成为一名机械师,在20岁前,他刻苦学习了儿何学、力学、机械学方面的知识,孕育着机械发明的欲望和设想。

要革新应从何入手呢?目标的确定决定着发明的成败。他注意到金属零件的主要成型方式是金属切削,而车削又是最基本的,他又分析了制造技术受阻碍的关键,认为必须首先改变手工制作螺纹件的落后状态,就像纺织机一样由一种专用工作机构来代替工人的手,然后把这个机构安装在普通车床上,并用机械力驱动,即能加工螺纹,也可以车削一般零件。于是,他选定了一种具有机动刀架的螺丝车床,作为自己的创造目标。

莫兹利运用他丰富的经验、高超的技艺和吸收前人的成果,在1794年制成了转动刀架,他将刀架放在两个托架上,借助于丝杆的转动,使刀架可相对工件做纵横方向的移动。这样一来,刀架取代了工人的手,机床也就变成了工作机。接着,他在1797年发明了划时代的刀架车床,这种车床带有精密的导螺杆和可互换的齿轮,在莫兹利的车床上,紧固刀具的进给台能在一个称为“床”的V形导轨上通过导螺杆带动而横向移动,它已经具备了近代车床的主要机构。

后来,莫兹利又针对其车床要改变传送速度就需要更换丝杆的缺陷,在受到钟表传动方式的启发下,发明了齿轮变速器,这样,只要改变啮合的齿轮,就能改变传送速度。这种齿轮变速的思想,对机床和各种机械的发展起了巨大的作用。

在车床使用的过程中,莫兹利又发现产品的精度不理想,主要原因是机床承载时滑架在床面导轨上有颤动现象,车刀在工件表面就留下不应有的刻痕。他便采取了一种新的措施:一边对滑架或床身导向面进行刮研,一边把它们放到一起互相磨合。他用此法把二者的贴合精度提高到如此程度,以至当两者叠放时如不用力推动,就无法将它们分开。这种方法以后便被确定为一切机床导向面的加工手段。

机动刀架、变速齿轮组和精密导轨是机床的三个关键部件,它们的有机结合使机器制造技术面目一新。

莫兹利在发明车床的同时,把精确测量技术引入机械制造业,在他的企业开始实现了螺纹生产的局部标准化,建立新的互换性生产,并致力于培养新型技术人才,他所建立的工厂和学校为近代机床的创建起了重大作用。

随后,由于加工平面的需要,人们开始设计制造龙门刨床。1839年,英国的博德默设计出了具有送刀装置的龙门刨床,与此同时,英国的内史密斯发明制造出工件固定、刀具往复运动的牛头刨床。

在车床中,被切削的金属作旋转运动,刀具作横向直线运动,而刨床中,也是金属或刀具作往复运动,人们开始设想制作刀具作旋转运动,被切削金属作直线运动的机床。美国人为了生产武器的需要,专心制作这种铣床,随着铣刀的不同,它可以切削出特殊形状的

工件,如螺旋槽、齿形等。1818年,制造出了普通铣床,1862年,制造出了世界上最早的万能铣床,这种铣床备有万能分度头和综合立铣刀,是划时代的创举。万能铣床的工作台能旋转一定的角度,并带有立铣头等附件,同时还设计了经过研磨也不会变形的成型铣刀。

1864年,美国制成了第一台在车床溜板刀架上装上砂轮的磨床,1876年,制造出了万能磨床。同时,摇臂钻床、多轴钻床也制造出来,机床工业基本成型,达到了比较完善的水平。

启示:

首先,发明必须服务于社会需求,才能获得勃勃生机。18世纪工业革命的技术实质在于用机器代替手工业,然而当时人们用以代替人手操作的机器却仍然是用人工的办法制造出来的。这就形成了一个尖锐的矛盾,不解决这个矛盾,工业革命便无法继续下去。莫兹利正是敏锐的看到了这一矛盾,并致力于解决这一矛盾,他的发明才会有如此重大价值。

其次,创新总是在继承的基础上进行的。要善于综合利用前人的成果,要善于发现创新的主攻方向,当然这都是与经验、技能、知识、视野、洞察力等分不开的,它需要坚毅顽强的探索精神,需要科学理论和实践经验的有机结合。

案例五:汽车的发明

汽车是现代社会不可缺少的交通工具。

早在1599年,荷兰物理学家斯特宾发明了在一根桅杆上张帆的风力汽车,这种汽车能以每小时24公里的速度沿海岸奔驰,人们感到非常惊奇,但是,没有风汽车就无法开动。

在蒸汽机研制成功后,人们设想用蒸汽机驱动汽车,1769年,法国的居纽制造出了蒸汽驱动的三轮汽车,但这种车的时速仅为4公里,而且每15分钟就需停车向锅炉加煤,非常麻烦,后来虽经设计人员不断改进,时速可达25公里;但结构笨重,要烧很多煤,冒着黑烟且事故频繁,仍不可能进入实用化阶段。

直到戴姆勒和本茨研制汽油发动机成功后,从1883年开始分别设计制造出装有这种内燃机的三轮、四轮汽车,由于这种汽车结构轻巧,运行可靠,速度也较高,很快受到人们的欢迎。汽车发明后,法国工程师鲁巴苏尔作了大量的细节改进工作,完成了现代汽车的原型,并开始进入实用化阶段。

而汽车的大量生产是在美国汽车大王福特的推动下实现的。福特从小就喜欢玩弄钟表等机器,16岁时成为机械工人,后来又爱迪生的电灯公司工作,他每天孜孜不倦地研究汽车直到深夜,并于1893年制成了一辆汽油发动机汽车。福特想到,如果能使汽车自由地开往任何地方,那么用这种车的人就会越来越多,为了使更多的人都能买得起汽车,就应当采用大批量生产方式降低成本。当时美国军火工厂的大批量生产方法已非常发达,福特设想将这种方法移植到汽车制造领域,经过刻苦研究,终于发明了汽车大批量生产的方法。

这种以福特系统命名的著名方法,是从1913年开始应用于生产的。它首先确定一种车型,然后分工生产这种汽车的各种零件,再将多达5000个以上的零件依次放在传送带

上,经站在传送带前的工人之手,从一道工序到另一道工序,有顺序地组装成汽车。这种作业方式称为传送带系统(或流水作业)。

工厂按照这种原理布局和方式生产,运进工厂的原料,仅在4天之内就制成汽车出厂,其生产效率之高前所未有,汽车以非常低的价格投放到市场,产生了巨大的效果。从此,汽车工业开始迅速发展。

汽车像流水一样大量生产后,福特以及其他汽车工程师们仍不断对汽车加以改进,例如为克服汽车启动时要在车外用手旋转发动机的缺陷,发明了自动启动器,为防止汽车被盗,发明了点火装置加锁的方法,此外,车窗玻璃刮水器、司机可向后看的后视镜、刹车时汽车尾部亮红灯的尾灯、四轮制动器、油耗表、汽车收音机、液压变速器等装置的发明,使汽车成为越来越方便、舒适、安全的交通工具。

案例六:飞机的产生

自古以来,人们就梦想能像鸟一样在空中飞翔。15世纪,达·芬奇也对此进行了详细的研究,他首先分析了振翅鸟的运动,后来又研究了像蝙蝠那样的不拍打翅膀的滑翔方式,并且模仿蝙蝠设计了滑翔机,留下了图纸。19世纪70年代,德国的利林塔尔认为,人在空中飞行,像鸟一样拍打翅膀是行不通的,但像鸟在空中停止拍打翅膀时静静地滑翔应该是可行的。于是,他开始制作模型进行研究,不断地进行实验和计算,1891年他成功地制作了一架滑翔机,它的两只翅膀的长度为7米,用竹和藤作骨架,在骨架上缝着布,人的头部和双肩可以从两翅之间进入,并装有尾翼,全部重量约20公斤。他把自己吊在这只很像展开双翼的蝙蝠的翅膀中间,从15米的山岗上跳起,这时,滑翔机在风力作用下轻轻地飘在空中,在飞行了300米后安全降落(见图7-21)。

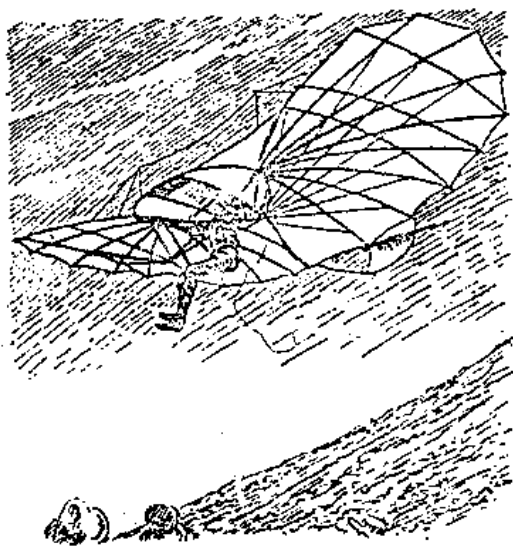


图7-21 利林塔尔用滑翔机从山岗飞起

在此后的5年中,利林塔尔先后进行了2000次以上的飞行实验。在实验中,他想进行三项改进:第一,在飞行中使机身平稳不摇摆;第二,为了改变飞行系方向,需要安装舵;第三,即使没有风也能飞行,为此需要安装动力装置。1896年8月,利林塔尔在装上舵的滑翔机上进行飞行实验时,不幸连人带机摔了下来,飞机发明史上众多牺牲的勇敢者,利林塔尔就是其中之一,当时他48岁,他留下了“如果没有牺牲,任何事都不会成功”的遗言。

完成利林塔尔未竟事业的,当属美国的莱特兄弟。莱特兄弟很喜欢读利林塔尔写的“飞行实验”这本书,对利林塔尔非常敬佩。当他们得知利林塔尔遇难的消息后,决心要为他的事业发奋努力,一定要实现飞上天空的宏愿。

莱特兄弟首先从制造滑翔机开始,刻苦学习钻研航空理论和技术,每天反复实验,不

断改进,1899年设计了装有上下翅膀的箱形滑翔机,后来又在飞机上安装了防止空中翻转或突然下降的水平舵和垂直舵。1901年,莱特兄弟建造了对了解掌握飞行原理起着决定作用的风洞实验室,用实验分析飞机翅膀和气流的关系,他们研究了200种以上的翅膀形状,测量和掌握了大量数据,到1902年秋,莱特兄弟进行了上千次的滑翔,充分掌握了飞行理论和驾驶方法。

随着对飞行理论和试验的深入研究,他们决心制造装有发动机和螺旋桨的飞机。当时,还没有他们所需的结构轻功率大的发动机,于是他们决定自己制造,经过苦心研究,制成了4缸8马力的发动机。他们设计的飞机终于制成了,其螺旋桨是用枞木制造的。

1903年12月17日,是载入史册的日子。在这一天,莱特兄弟进行了飞机试飞试验,他们发出很多请贴,但只来了5个人观看,因为没有人相信安装笨重汽油机的滑翔机会飞起来。首先由弟弟奥维尔进行试飞,这是世界上第一架木结构并包有布的飞机,飞机在木轨上滑跑了一段后顺利地飞上天空,在飞机翅膀后面两个螺旋桨的推动下,在空中飞行了12秒后安全降落。随即兄弟二人轮流实验,在第四次由哥哥威尔伯试飞时,创造了在空中飞行59秒,飞行距离260米的记录,人类飞向蓝天的梦想,从此开始成为现实。

第八章 现代机械及发展

制造是由需求启动的,包括给予信息、改变物性、实现增值的受控造物过程。获取最大的增值一直是制造技术所追求的目标。伴随着物质生活的丰富、市场竞争加剧、客观需求越来越多样化,限制了大量生产方式的发展,迫使制造业不得不朝低成本、高品质、高效率、多品种、中小批量的自动化生产方向转变。另一方面,科学技术的迅猛发展推动了制造业自动化程度的提高,使制造业的上述转变在技术上成为可能。在需求和技术两者的促使下,出现了工业机器人、数控机床、快速成型制造、柔性制造系统、计算机集成制造系统等现代机械创新产品。本章主要介绍这些产品产生的起因、应用、发展趋势,使大家能够对现代机械创新产品构思、发展有一定的认识。

第一节 现代机械

1986年,我国专家对机械发展史上的各个发展阶段作了简要划分。表8-1为具体化了各个发展阶段的机械产品的典型组成部分。

表 8-1 各个发展阶段的机械产品的典型组成部分

典型组成部分		能源动力	作业、执行	结构、机体	传感、检测	控制、运筹
机械发展阶段						
传 统	简单工具	人力、畜力	简单工具	自然材料	(人类五官)	(人脑)
	蒸汽机械	蒸汽	机械构件	钢铁	(人类五官)	(人脑)
	电气机械	一般电动机	机械构件	钢铁	(人类五官)	逻辑电路
现代	机电一体化	控制电机	机械构件	钢铁与新型材料	电子与新型器件	电脑

世界各国对机械发展的新阶段都有自己的看法。简述如下:

1. 日本

出于对机械发展新阶段的敏感,日本在1971年就提出一个新的英语集成名词“Mechatronics”。词首Mecha取自Mechanics(机械学),词尾tronics取自Electronics(电子学)。我国通常译为机电一体化或机械电子学,实质上是机械工程与电子工程的综合集成,可称为机械电子工程学。

在日本,机电一体化具有普遍性的定义是:“机电一体化这个词乃是在机械的主功能、动力功能、信息与控制功能上引进了电子技术,并将机械装置与电子设备以及软件等有机结合而成系统的总称”。这个定义体现了机电一体化产品及其技术的基本内容的特征,即将机械、电子、信息获取与处理、控制及软件等技术学科交叉融合,组成功能完善的、柔性自动化以至智能化的工程系统。

2. 德国

1981年德国专家提出把精密工程技术定义为光—机电一体化的综合技术,并用图8-1来说明其含义。它包括机械(含液压、气动及微机械)、电工与电子、光学等技术及其组合(电工与电子机械、光电子技术及光学机械),其核心为精密工程技术。

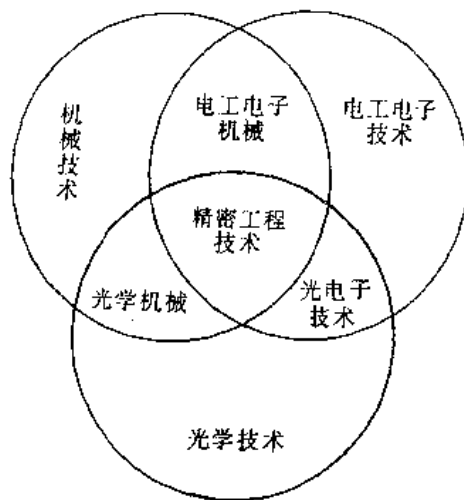


图8-1 德国关于精密工程技术的定义

3. 中国

我国认为机械发展的新阶段是机电一体化阶段。机电一体化是机电一体化技术及其产品的统称,并把柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)等先进制造技术的生产线和制造工程也包括在内,发展了机电一体化的含义。机电一体化包括六大共性关键技术:精密机械技术、伺服驱动技术、传感检测技术、信息处理技术、自动控制技术和系统总体技术。机电一体化产品的一种认识是“在机械产品的基础上应用微电子技术和计算机技术产生出来的新一代的机电产品”。这种认识的核心是“机电一体化产品必须是由计算机控制的伺服系统”。

鉴于机电一体化的名称容易引起误解(例如以为机电一体化只包括机械和电子而排斥其他如光、液压、气动等技术和更广泛的声、热以及其他不断涌现的新技术等),强调机械的发展需要,把各种先进技术包括目前尚未了解的前沿新技术创造性地引入到对机械的认识,对代表机械发展新阶段的现代机械的认识应该是:“现代机械是传统机械技术与不断涌现的相关创新技术的集成”。

目前的现代机械创新产品可概括为:

- ① 由数字化信息网络(包括通信和传感检测)协调与控制;
- ② 以创新构思的创新技术方案处理物质流、能量流和信息流;
- ③ 具有主功能、动力与执行功能、传感与检测功能及结构功能;
- ④ 以现代设计方法和先进制造技术开发生产;
- ⑤ 快速响应市场需求的最优化集成系统。

第二节 机器人

一、机器人的产生及发展

机器人自问世以来,经过 30 多年的发展,目前已被公认为是一种现代科学技术典型机电一体化产物。机器人在国外叫做“罗伯特”(Robot),这个名称来源于捷克斯洛伐克作家恰佩克在 1920 年写的一个讽刺戏剧《罗莎姆万能机器人公司》(“Rossums Universal Robots”),剧中描写一家公司发明并制造了一大批能听命于人,能劳动而且形状像人的机器,公司驱使这些人造劳动者进行各种劳动,甚至取代了世界各国工人的工作,而进一步的研究竟使这些机器富有感情,从而导致了它们反抗主人的暴乱,剧中人造劳动者取名为捷克语 Robot,为“苦力”“奴隶”之意,由英语 Robot 由此衍生而来,该剧轰动一时。很快传到国外,此后,种种“人形机器”见之于各类科学幻想作品。

不过,有关机器人的原始设想却要早得多。一百七十多年前,日本人也曾设计过一个颇为有趣的“端茶人”。这是一种木制机器人玩具。当来客在指定的椅子坐下后,“端茶人”在桌子上开始向客人走去。当“端茶人”到达客人面前,客人拿起它双手捧着茶盘上茶杯时,“端茶人”就停止移动。在客人饮茶期间,“端茶人”伫立等候着。当客人把饮完的茶杯放回茶盘后,“端茶人”又自动地走个半圆回到原来的地方。“端茶人”利用发条的动力,通过木制齿轮的传动完成向前移动的动作,茶杯从茶盘上拿起或放回时则产生一个停止或重新开始移动的信号。动作虽不复杂,但结构轻巧、设想周到。

机器人从幻想世界真正走向现实世界是从自动化生产和科学研究的发展需要出发的。二次世界大战后,科学技术迅猛发展。特别是数控技术和遥控操作的研究发展为机器人的产生准备了技术条件。20 世纪 40 年代后期,由于原子能研究的需要,常常要处理有放射性的物质。人直接接触这种物质会对身体健康造成很大危害,因此促使人们研制一种既能防止对人体的危害,又能像人手那样灵活操作的操作器。1947 年美国阿贡国家实验室试制了一种较简单的操作器用于拿取放射性物质。经过改进,1954 年设计出 M8 型供实际使用。这种操作器是一种由人直接操纵的主从式操作装置。有了它,人可以在安全区内一边隔着防辐射玻璃窗进行观察,一边操纵操作机构,移动放射性物质。另一方面,机器人的出现是由于生产实际的需要。在机械、汽车、电子等工业中,生产过程是不连续的。生产中的上下料、搬运、包装,尤其是装配等工作多数靠手工操作,费力、费时,劳动生产率不高,而且容易发生人身事故。然而要实现这些工序的自动化也不容易。比如要把一个螺栓穿过一块板上的孔,然后用螺帽拧紧。这看起来很简单,但在实际操作中却需要人的手、眼、脑紧密配合,用视觉判断零件的位置和姿势;依靠视觉和手上的触觉把螺栓对准板上的孔并穿过去;最后还要用手依靠力的感觉把螺帽拧紧。为了能用机器自动完成这类操作过程,需要研制一种很灵活的能代替人的自动机械,这就产生了工业机器人。1954 年美国丹伏尔发表了第一个关于工业机器人的专利,提出了一个“对重复作业具有通用性的工业机器人”的设想。由于这种技术难度较高,直到 1958 年美国联合控制公司才发表了一个利用数控技术的机器人原型。这是工业机器人开发的第一步。

经过了几年的研制以及数控技术的不断完善,解决了工业机器人中机械和伺服系统等关键技术,1962年联合控制公司研制出第一台实用的工业机器人,商品名称叫“尤尼梅特”(Unimate),其原意是万能自动。它用磁鼓作存储装置,液压驱动、手臂和手腕的运动具有五个自由度(水平旋转;上下俯仰;水平伸缩;手腕的摆动的转动),采用极坐标形式。同年,美国另一家机械铸造公司也研制出另一种工业机器人,商品名称叫“沃莎特兰”(Versatran),其原意是灵活搬运。它的手臂能水平旋转、垂直和水平移动;手腕也能摆动和转动,特别适宜于搬运重物。它也是液压驱动,采用圆柱坐标形式。这两种工业机器人都是一个独立的装置(包括多自由度的机械手臂、驱动系统、控制系统、示教装置等)。使用者只要用专用的像饭盒大小的示教盒预先示教一遍动作,它们就能记住,以后自动地重复这些动作。由于示教非常方便,在要求机器人改变动作时,只要重新示教一遍即可,因而具有一定的通用性,可以适应多种工作环境。这两种机器人都具有记忆能力和初级的判断能力;能通过手的灵活动作完成人交给的多种任务。一般公认1962年出现的这两种机器人是第一代机器人,这种机器人的主要技术功能就是“可编程”,以后“示教再现”,即操作型机器人。它们奠定了工业机器人的基础。这样机器人就从幻想到现实,得到了很快的发展。20世纪70年代,随着计算机科学的发展,具有计算机控制系统的第二代机器人开始出现。第二代机器人运用视觉、触觉等传感器、具有某些环境信息反馈的计算机直接控制。近年来,人工智能、控制论等边缘学科的进展,计算机技术的快速发展,从而使机器人进入了第三代——智能机器人,第三代机器人是装有多种传感器,能按作业命令、环境信息进行人工智能控制的自主机器人,简称智能机器人。

二、工业机器人的柔顺手腕结构

工业机器人主要机械结构可划分为基座、臂部、腕部和末端执行器(手爪),其中腕部的作用是联接臂部和末端执行器,主要改变末端执行器的空间姿态。用机器人进行精密装配作业时,当被装配零件之间的配合精度相当高,被装配零件的不一致、工件的定位夹具、机器人手爪的定位精度无法满足装配要求时,会导致装配困难。这就提出了装配动作的柔顺性要求。

柔顺装配技术有两种。

一种是从检测、控制的角度,采取各种不同的搜索方式,实现边校正边装配。有的手爪还配有柔顺装配检测元件,如视觉传感器(图8-2所示)、力传感器等,这就是所谓主动柔顺装配。

另一种是从结构的角度的,在手腕部配置一个柔顺环节,以满足柔顺装配需要。这种柔顺装配技术称为“被动柔顺装配”(RCC)。

图8-3所示是具有水平和摆动浮动机构的柔顺手腕。水平浮动机构由平面、钢球和弹簧构成实现在二个方向上进行浮动,摆

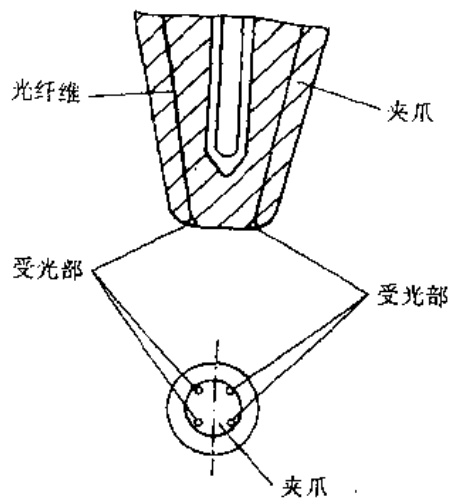


图8-2 带检测元件的手腕

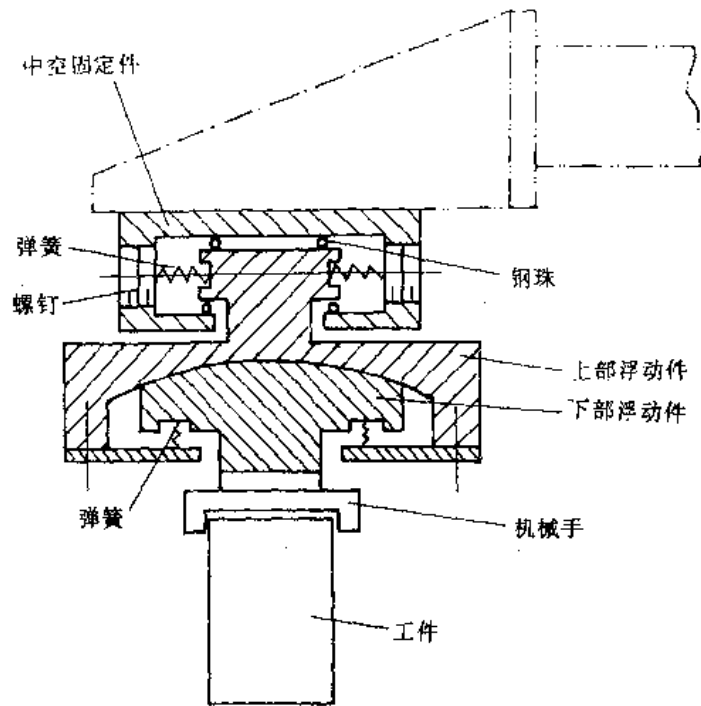


图 8-3 移动摆动柔顺手腕

动浮动机构由上、下球面和弹簧构成,实现二个方向的摆动。在装配作业中,如遇夹具定位不准或机器人手爪定位不准时可自行校正。其动作过程如图 8-4 所示,在插入装配中,工件局部被卡住时将会受到阻力,促使柔顺手腕起作用,使手爪有一个微小的修正量,工件便能顺利地插入。

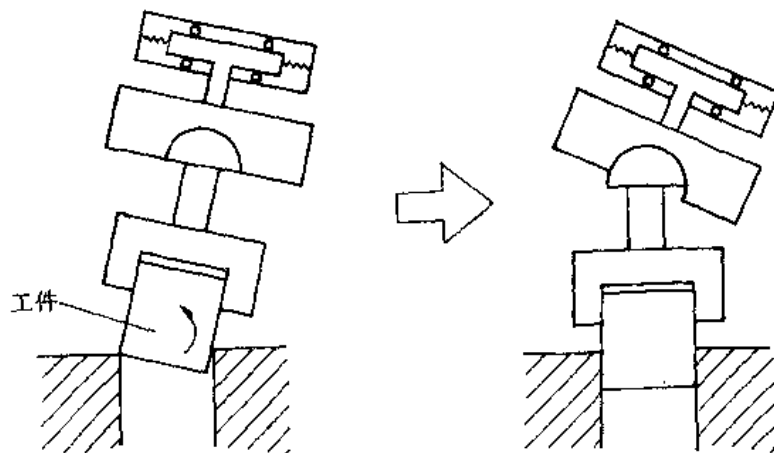


图 8-4 柔顺手腕动作过程

主动柔顺手腕需配传感器,价格较贵,由于反馈控制响应能力的限制,装配速度较慢;但是,主动柔顺手腕可以在较大范围内进行对中校正倾角,装配间隙可少至几个微米,并可实现无倾角孔的插入,通用性强。被动柔顺手腕结构比较简单,价格较便宜;装配速度比主动式要快;但是,要求装配件要有倾角,允许的校正补偿量受到倾角的限制;孔轴间隙

不能太小,否则插入阻力较大。为了扬长补短,近年来,综合上述两种柔顺手腕优点的主动/被动柔顺手腕正在发展中。

第三节 机床数控技术

一、机床数控技术的产生及应用

20世纪中期,随着电子技术的发展,自动信息处理、数据处理以及电子计算机的出现,给自动化技术带来了新的概念,用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制,推动了机床自动化的发展。

采用数字技术进行机械加工,最早是在20世纪40年代初,由美国北密支安的一个小型飞机工业承包商派尔逊斯公司(Parsons Corporation)实现的。他们在制造飞机的框架及直升飞机的转动机翼时,利用全数字电子计算机对机翼加工路径进行数据处理,并考虑到刀具直径对加工路线的影响,使得加工精度达到 $0.0381\text{mm}(0.0015\text{in})$,达到了当时的最高水平。

1952年,麻省理工学院在一台立式铣床上,装上了一套试验性的数控系统,成功地实现了同时控制三轴的运动。这台数控机床被大家称为世界上第一台数控机床。

这台机床是一台试验性机床,到了1954年11月,在派尔逊斯专利的基础上,第一台工业用的数控机床由美国本迪克斯公司(Bendix-Coopetation)正式生产出来。

在此以后,从1960年开始,其他一些工业国家,如德国、日本都陆续开发、生产及使用了数控机床。

数控机床中最初出现并获得使用的是数控铣床,因为数控机床能够解决普通机床难于胜任的、需要进行轮廓加工的曲线或曲面零件。

然而,由于当时的数控系统采用的是电子管,体积庞大,功耗高,因此除了在军事部门使用外,在其他行业没有得到推广使用。

到了1960年以后,点位控制的数控机床得到了迅速的发展。因为点位控制的数控系统比起轮廓控制的数控系统要简单得多。因此,数控铣床、冲床、坐标镗床大量发展,据统计资料表明,到1966年,实际使用的约6000台数控机床中85%是点位控制的机床。

数控机床的发展中,值得一提的是加工中心。这是一种具有自动换刀装置的数控机床,它能实现工件一次装夹而进行多工序的加工。这种产品最初是在1959年3月,由美国卡耐·特雷克公司(Keaney & Trecker Corp.)开发出来的。这种机床在刀库中装有丝锥、钻头、铰刀、铣刀等刀具,根据穿孔带的指令自动选择刀具,并通过机械手将刀具装在主轴上,对工件进行加工。它可缩短机床上零件的装卸时间和更换刀具的时间。加工中心现在已经成为数控机床中一种非常重要的品种,不仅有立式、卧式等用于箱体零件加工的镗铣类加工中心,还有用于回转整体零件加工的车削中心、磨削中心等。

1967年,英国首先把几台数控机床连接成具有柔性的加工系统,这就是所谓的柔性制造系统(Flexible Manufacturing System——FMS)。1974年以后,随着微电子技术的迅速发展,微处理直接用于数控机床,使数控的软件功能加强,发展成计算机数字控制机床

(简称为 CNC 机床),进一步推动了数控机床的普及应用和大力发展。

20 世纪 80 年代,国际上出现了以 1~4 台加工中心或车削中心为主体,再配上工件自动装卸和监控检验装置的柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell——FMC)。这种单元投资少,见效快,既可单独长时间少人看管运行,也可集成到 FMS 或更高级的集成制造系统中使用。

机床数控技术,被认为是现代机械自动化的基础技术。

二、机床数控系统的发展趋势

从 1952 年第一台数控机床在美国问世,至今已有 40 多年历史,计算机数控(CNC)从 20 世纪 70 年代中期出现,到现在也已有 20 多年了,数控技术日趋成熟。特别是近几年来微型计算机、微电子工业及电力电子工业的迅速发展,微型计算机与 CNC 技术的紧密结合,使得开发和生产 CNC 系统的技术被越来越多的自动化装备生产厂所掌握。因此,就当今全世界范畴来说,CNC 技术已经不再被少数几个国家的几个 CNC 系统生产厂所垄断。到 20 世纪 80 年代末,几乎每个工业发达的国家都有了自己的数控设备生产厂,生产满足各自国家数控机床及其他机械装备所需要的数控系统。甚至很多大型的数控生产厂都有自己的产品,并部分出售数控系统。因此,CNC 系统生产厂之间的竞争更为激烈,数控技术的发展进入了新的阶段。

当代数控技术的发展具有下述特点:

(1) 广泛地应用微机资源。随着个人计算机(PC)的微型计算机发展,大规模集成电路制造技术的高速发展,如何更好地利用 PC 的软硬件资源,就成为各数控设备生产厂发展 CNC 系统十分重要的一种方法;

(2) 小型化的满足机电一体化要求。将整个 CNC 装置做得很小,以适应机械制造业机电一体化要求;

(3) 改善人机接口,方便用户使用。努力改善人机接口,简化编程,尽量采用对路方式,使操作者很容易地掌握数控机床的操作;

(4) 提高数控系统产品的成套性。使数控系统的各个环节都能很好地匹配,以满足用户需要;

(5) 研究开发智能型数控系统。如在机床故障诊断方面采用专家系统,根据存储在系统中的知识库的经验,分析及查找故障原因。日本 FANUC 公司正在研究面向 21 世纪的课题-IMS,将无缝地把世界范围熟练工人的技术窍门组合进生产系统中去;

(6) 开发新的数控产品。随着机械加工技术的发展,对数控机床的性能要求越来越高,迫切地需要开发一些新的机电一体化数控产品来适应及满足这些要求。

例如,铝合金材料的大量采用,要求进行高速切削,以实现高的精度及低的表面粗糙度的要求,数控车床及加工中心主轴转速要求提高到 10 000~20 000r/min,这对采用传统的机械传动是很难实现的。因此,将电动机的电枢直接与机床的主轴做成一体的“电动主轴”,就成为生产中急需的产品。目前,日本的 FANUC 公司、NSK 公司,瑞士的 IBAG 公司,意大利的 GANFIOR 公司都在开发生产这种新产品。

同样,为了实现高速移动,要求开发“直线电动机”,用以直接带动工作台直线运动。

日本 FANUC 公司生产的直线电动机,移动速度可达到 100m/min。

综上所述,数控技术的发展是与现代计算机技术、电子技术发展同步的,同时也是根据生产发展的需要而发展的。现在数控技术已经成熟,发展将更深更广更快。未来的 CNC 系统将会使机械更好用,更便宜。

第四节 快速成型制造技术(RPM)

一、快速成型技术产生

随着现代经济和科学技术的发展,市场竞争日趋激烈,产品更新换代加速,产品的开发速度日益成为竞争的主要矛盾,这在模具、电子、汽车、家电、玩具及轻工等行业尤为明显。为适应这一形势,要求制造厂家大大缩短新产品的设计与试制周期,同时又要求制造技术有较强的灵活性,因此产品的开发速度和制造技术的柔性就变得十分关键了。

从技术发展角度,计算机科学、CAD 技术、材料科学、激光技术的发展和普及为新的制造技术的产生奠定了基础。

快速成型技术(RPM:Rapid Prototyping Manufacturing)就是在这种背景下,于 20 世纪 80 年后产生于美国并很快扩展到日本及欧洲,是近 20 年来制造技术领域的一项重大突破。

二、快速成型技术原理

快速成型技术是由 CAD 模型直接驱动的快速制造任意复杂形状三维实体的技术总称。它的特征是:

- (1) 可以制造任意复杂的三维几何实体;
- (2) CAD 模型直接驱动;
- (3) 成形设备无需专用夹具或工具;
- (4) 成形过程中无人干预或较少干预。

快速成型技术采用的是离散/堆积成型的原理。该方法首先在 CAD 造型系统中获得一个三维 CAD 模型,或通过测量仪器测取实体的形状尺寸,转化成 CAD 模型,然后将模型数据进行处理,沿某一方向进行平面“分层”离散化,即离散的过程。再通过专用的 CAM 系统(成型机),以平面加工方式有序地连续加工出每个薄层,并使它们自动粘接而成形,这就是材料堆积的过程。与传统的零件制造技术相比,传统的零件制造技术本质上是一种改变材料形状的加工方法,如线切割机,电火花加工,车、钳、刨、磨、铣加工等,都是按照工件的设计要求,通过采用某种工具和手段来切除材料,从而制造成零件。采用的是“减法”,由毛坯变成零件,越加工体积越小。而 RPM 却是一种扩展堆积成型的方法,部分地、逐步地生成零件。采用的是“加法”,零件逐步增加其体积,最后生成完整的零件。采用 RPM 的方法,不仅省去了毛坯制造的工序,而且加工周期短,效率高。

尽管快速成型技术的具体工艺方法有多种,但基本原理都是一致的。例如分层物体制造(LOM:Laminated Object Manufacturing)技术,其原理见图 8-5,LOM 工艺先将单面

涂有热熔胶的纸通过加热辊加压粘结在一起。此时位于其上方的激光器按照分层 CAD 模型所得的数据,将该层纸片切割出工艺框和原型的内外轮廓线,而后将不属于原型的材料切割成网格状,切割掉的纸片仍留在原处,起支撑和固定作用,纸片的厚度一般为 0.07~0.1mm。通过升降平台的移动和原料纸片的送给可以切割出新的层片并将其与先前的层片粘结在一起。这样层层迭加得到一个块状物,见图 8-6。最后将不属于原型的材料小块剥除,就获得所需的三维实体。图 8-7 为成型过程原理图。

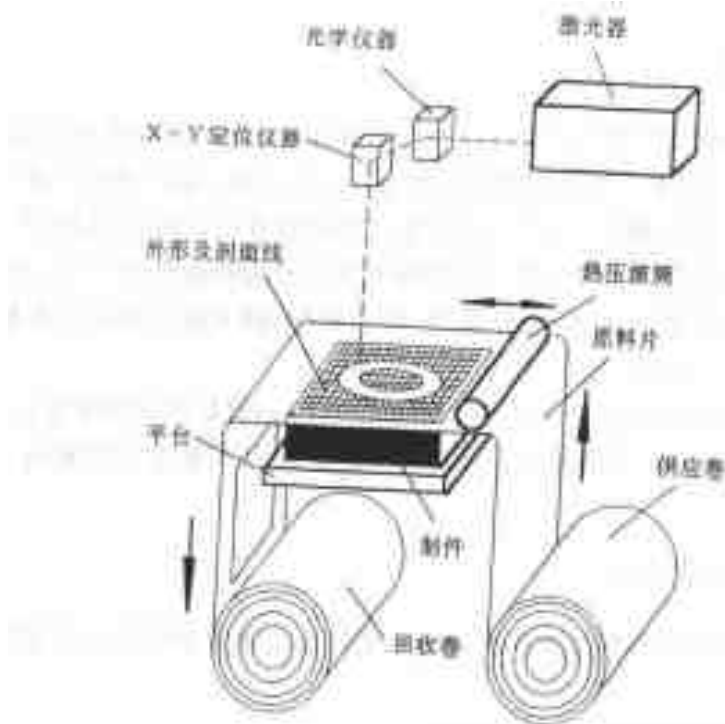


图 8-5 分层物体制造机原理

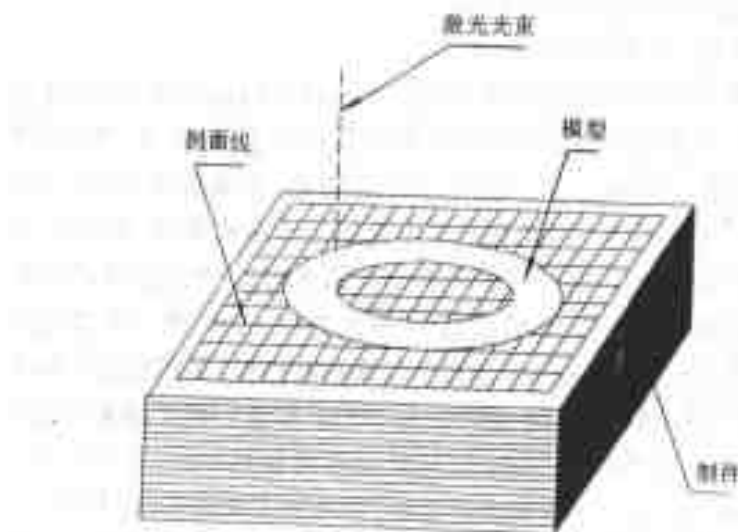


图 8-6 LCM 成型后长方形实体

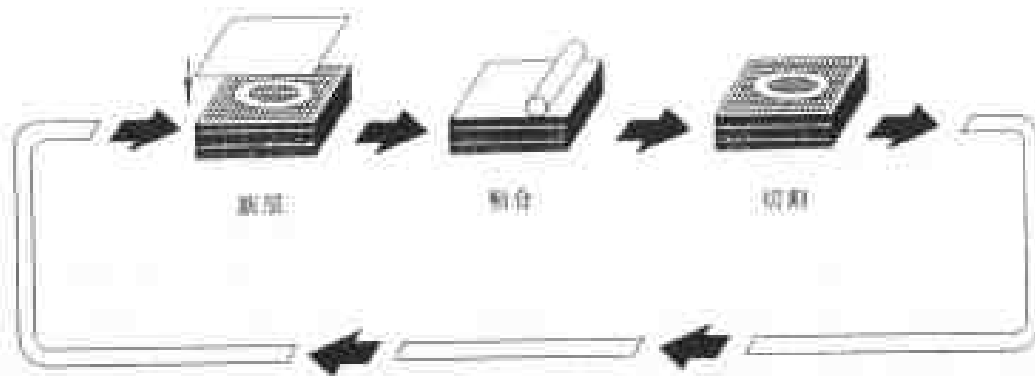


图 8-7 成型过程原理图

三、快速成型技术的应用

RPM 技术应用发展很快, 已经从对 RPM 工艺的熟悉、观望、尝试性应用阶段进入了将 RPM 真正作为产品开发的重要环节, 提高产品开发质量, 加快产品开发速度的阶段。图 8-8 为 RPM 应用总图。

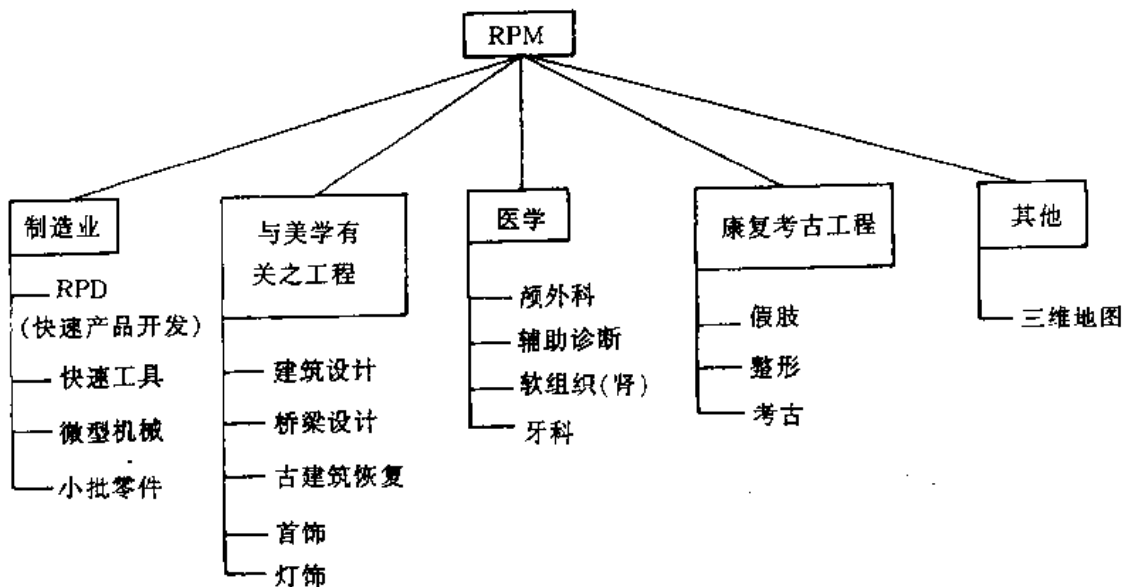


图 8-8 RPM 应用总图

当今 RPM 技术发展趋势是: 完善技术, 提高成型精度, 降低成型成本, 探索新的成型工艺, 开发新材料, 寻找直接或间接制造高机械性能金属件的方法以及与其他技术嫁接。

综上所述, 快速成型制造技术是在采用减去材料获得零件这一传统的加工方法上联想到与其对立的另一面, 激发了加上材料获得零件的新思路, 从而构成了新产品。可见, 快速成型技术是在制造实现方法上的一次重大突破。是继数控技术后制造业的又一次革命。

第五节 柔性制造系统(FMS)

一、柔性制造系统的产生和特点

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System: FMS)的雏形源于美国马尔罗西(MALROSE)公司,该公司在1963年制造了世界上第一条加工多种柴油机零件的数控生产线。FMS的概念由英国莫林(MOLIN)公司最早正式提出,并在1965年取得了发明专利,1967年推出了名为“Molins System-24”(意为可24小时无人值守自动运行)的柔性制造系统,使FMS正式形成。此后,世界上各工业发达国家争相发展和完善,取得了明显的经济效益。

FMS目前尚无统一的定义。大家较为赞成“柔性制造技术是一种能迅速响应市场需求而相应调整生产品种的制造技术;柔性制造系统是由若干台数控设备、物料运储装置和计算机控制系统组成的,并能根据制造任务和生产品种变化而迅速进行调整的自动化制造系统”的观点。由于FMS是一项工程应用技术,它的内部组成根据使用目的而异,客观上也难以有一个统一的模式。直观地看,可以说FMS的基本组成与特征(见图8-9)是:

- (1) 系统由计算机控制和管理;
- (2) 系统采用了NC控制为主的多台加工设备和其他生产设备;
- (3) 系统中的加工设备和生产设备通过物料输送装置连接。

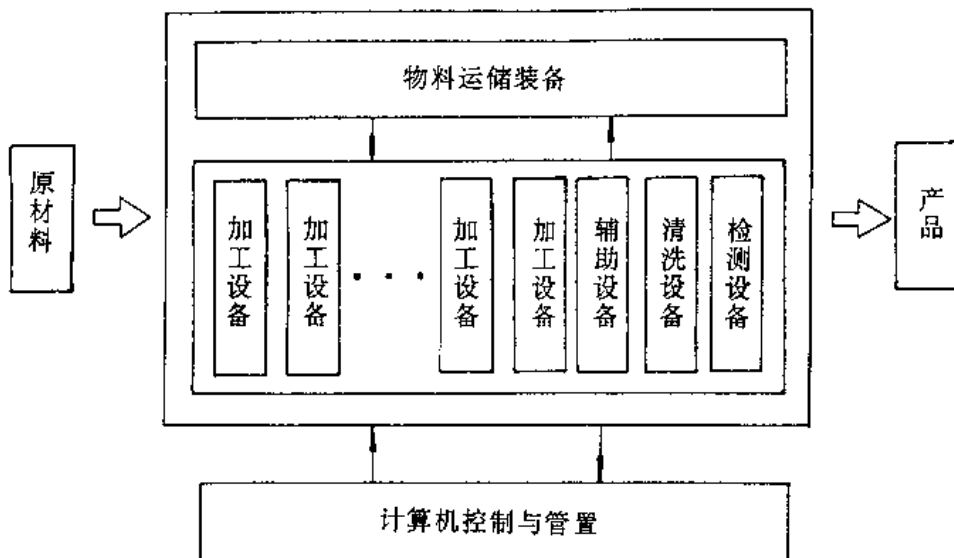


图8-9 FMS基本组成与特征

FMS有两个主要特点,即柔性和自动化。FMS与传统的单一品种自动生产线(相对而言,可称之为刚性自动生产线,如由机械式、液压式自动机床或组合机床等构成的自动生产线)的不同之处主要在于它具有柔性。一个理想的FMS应具有8种柔性:

- (1) 设备柔性。指系统中的加工设备具有适应加工对象变化的能力;

- (2) 工艺柔性。指系统能以多种方法加工某一族工件的能力；
 - (3) 产品柔性。指系统能够经济而迅速地转换到生产一族新产品的能力；
 - (4) 工序柔性。指系统改变每种工件加工工序先后顺序的能力；
 - (5) 运行柔性。指系统处理其局部故障，并维持继续生产原定工件族的能力；
 - (6) 批量柔性。指系统在成本核算上能适应不同批量的能力；
 - (7) 扩展柔性。指系统能根据生产需要方便地模块化进行组建和扩展的能力；
 - (8) 生产柔性。指系统适应生产对象变换的范围和综合能力；
- FMS 正是将“柔性”和“自动”两者相乘，以期实现下述的倍增效果：

- (1) 适应市场需求，以利于多品种、中小批量生产；
- (2) 提高机床利用率，缩减辅助时间，以利于降低生产成本；
- (3) 缩短生产周期，减少库存量，以利于提高市场响应能力；
- (4) 提高自动化水平，以利于提高产品质量、降低劳动强度、改善生产环境。

图 8-10 所示的 FMS 是一个实际的应用实例。各种工件在进入系统前和退出系统后的装卸由现场操作人员在装卸站用手工进行，工件在系统内的运储、加工等都在计算机的控制与管理下按作业计划自动、高效地进行。

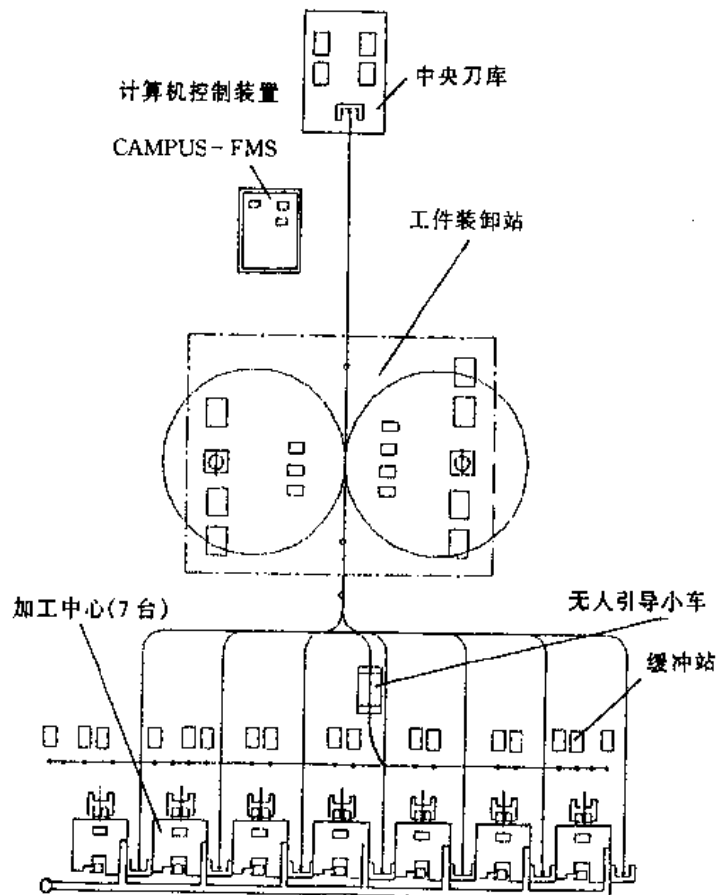


图 8-10 日本 OKUMA 公司的 FMS

二、柔性制造系统的发展趋势

通过 30 多年的努力和实践, FMS 技术已臻完善, 并进入了实用化阶段, 形成了高科技产业。随着科学技术的飞跃进步以及生产组织与管理方式的不断更换, FMS 作为一种生产手段也将不断适应新的需求、不断引入新的技术、不断向更高层次发展。FMS 近期的主要发展趋势有:

1. 向小型化、单元化方向发展

自 20 世纪 90 年代开始, 为了让更多的中小企业采用柔性制造技术, FMS 由大型复杂系统, 向经济、可靠、易管理、灵活性好的小型化、单元化趋势发展, 即向 FMC 或 FMM 方向发展。

2. 向模块化、集成化方向发展

为有利于 FMS 的制造厂家组织生产、降低成本, 也有利于用户按需、分期、有选择性地购置系统中的设备, 并逐步扩展和集成为功能强大的系统, FMS 的软、硬件都向模块化方向发展。以模块化结构(比如将 FMC、FMM 作为 FMS 加工系统的基本模块)集成 FMS, 再以 FMS 作为制造自动化基本模块集成 CIMS 是一种基本趋势。

3. 单项技术性能与系统性能不断提高

例如: 采用各种新技术, 提高机床的加工精度, 提高 FMS 各单元及系统的自我诊断、自我排错、自我修复、自我积累、自我学习能力(如提高机床监控功能, 使之具有对温度变化、振动、刀具磨破损、工件形状和表面质量的自反馈、自补偿、自适应控制能力; 采用先进的控制方法和计算机平台技术, 实现 FMS 的自协调、自重组和预报警功能等)。

4. 重视人的因素

完善适应先进制造系统的组织管理体系, 将人与 FMS 以及非 FMS 生产设备集成为企业综合生产系统, 实现人—技术—组织的兼容和人机一体化。

5. 应用范围逐步扩大

金属切削 FMS 的批量适应范围和品种适应范围正在逐步扩大, 另一方面, FMS 由最初的金属切削加工向金属热加工、装配等整个机械制造范围发展, 并迅速向电子、食品、药品、化工等各行业渗透。

第六节 计算机集成制造系统(CIMS)

一、计算机集成制造系统的产生

计算机集成制造的概念是 1973 年美国的约瑟夫·哈林顿(Joseph Harrington) 博士在《计算机集成制造》(*Computer Integrated Manufacturing*)一书中首次提出的。当时, 他提出了两个基本观点:

(1)企业生产的各个环节, 包括市场分析、产品设计、加工制造、经营管理以至售后服务等全部经营活动, 是一个不可分割的整体, 要紧密连接, 统一考虑;

(2)整个经营过程实质上是一个数据的采集、传递和加工处理的过程, 其最终形成的

产品可以看做是数据的物质表现。

这两个基本观点,实际上就是“系统观点”和“信息化的观点”。计算机集成制造是一种理念,其实质就是用信息技术对制造系统进行全局优化。这是一种先进的理念,其内涵是借助于以计算机为核心的信息技术,将企业中各种与制造有关的技术系统集成起来,使企业得到整体优化,从而提高企业适应市场竞争的能力。由于当时条件的限制,直到20世纪80年代初,这种先进的理念才能逐渐受到制造领域的重视,并付诸实施。

计算机集成制造概念的产生是有其历史背景的。可以说,1952年第一台数控机床的诞生便开创了计算机集成制造的发展历程。1967年出现的第一套柔性制造系统(FMS),到20世纪70年代初期逐渐形成了工业应用产品。1963年几何造型CAD系统首先由美国研制成功,20世纪60年代末期开始研究计算机辅助工艺计划(CAPP),1968年美国IBM公司提出生产信息管理系统(PICS),其后出现了功能日益完善的管理信息系统(MIS)。20世纪70年代以后,随着生产准备和生产过程的效率及效益的提高,为充分利用信息技术提供了可能性。进入20世纪80年代后,企业的生产开始向多品种小批量的模式发展,企业的活动开始转移到以满足用户需求为核心的TQCS(T指交货期或新产品上市时间,Q指产品质量,C指产品成本,S指售前售后的服务)的竞争。与此同时,各种单元技术如CAD、CAPP、CAM、CND、FMS、工业机器人、制造资源计划(MRP II)等等得到了更为广泛的应用,给企业带来显著的效益。另一方面,计算机技术在20世纪80年代也有了更进一步的发展,为更高效地实现系统集成与优化提供了有力、可靠的工具。正是在这些备件的基础上,从20世纪80年代中期开始,计算机集成制造在世界范围内得到迅速的发展。

二、计算机集成制造系统的应用

制造企业实施计算机集成制造可为企业带来明显的经济效益,概括地说是提高企业的整体效率,具体地说有以下三个方面:

(1) 在工程设计自动化方面,采用现代化工程设计手段,可提高产品的开发与生产能力,便于开发技术含量高和结构复杂的产品,保证产品设计质量,缩短产品设计周期,从而加速产品更新换代的速度。

(2) 在加工制造方面,可以提高制造过程的柔性,保证产品质量,提高设备利用率,缩短产品制造周期,增强生产能力。

(3) 在经营管理方面,使企业的经营决策与生产管理科学化。在市场竞争中,可保证产品报价的快速、准确;在生产过程中,可有效地进行调度,解决生产的“瓶颈”,减少在制品;在库存控制中,可使库存量降低,减少资金占用,降低生产成本,加速资金周转。

我国企业在实施计算机集成制造时,坚持“效益驱动、总体规划、分步实施、重点突破”的方针,坚持结合我国国情,走中国式计算机集成制造的道路,避免了国外曾发生过的片面追求自动化水平的“无人化工厂”的弯路,并总结出一套经验,形成了一套行之有效的管理方法和实施规范。实施计算机集成制造的企业大部分都取得了较明显的经济效益和社会效益。

例如,北京第一机床厂荣获了1995年美国工程师协会(SME)的“工业领先奖”。该

厂在实施计算机集成制造工程后,超重型数控龙门铣床的开发周期从 32 个月缩短到 20 个月,加工中心的开发周期从 18 个月缩短到 9 个月。其效益体现在提高了企业市场竞争能力,缩短产品开发技术准备周期 $1/3 \sim 1/2$, 缩短变型设计时间 $1/2$, 缩短工艺设计周期 $1/3 \sim 1/2$, 缩短制造加工周期 $10\% \sim 20\%$, 资金占用减少 10% 以上,提高了企业对市场的应变能力。用经营决策支持系统编制生产大纲和用 MRP II 编制生产作业计划比用手工编制提高效率几十倍,做到了均衡生产。

三、计算机集成制造系统的发展

随着技术进步,集成制造的概念也在不断发展。人们从实际中总结出集成制造系统自身发展的三个阶段,即功能集成、过程集成和企业集成。功能集成是集成制造的第一阶段,即在信息集成的基础上实现制造业企业在产品设计、制造和经营管理等方面的功能上的集成。过程集成是集成制造的第二阶段,集中体现在并行工程的实现。企业集成是集成制造的最高阶段,主要标志是实现敏捷制造。

综上所述,计算机集成制造系统的产生与发展,是运用了组合创新的方法,将不同的技术手段、产品组合到一起,形成多功能的新系统。

参 考 文 献

1. 黄纯颖主编. 机械创新设计. 北京:高等教育出版社,2000
2. 杨家军编著. 机械系统创新设计. 武汉:华中理工大学出版社,2000
3. 赵松年、李恩光、黄耀志主编. 现代机械创新产品分析与设计. 北京:机械工业出版社,2000
4. 傅祥志主编. 机械原理. 武汉:华中理工大学出版社,1998
5. 濮良贵等主编. 机械设计. 北京:高等教育出版社,1996
6. 吴宗泽编著. 高等机械零件. 北京:清华大学出版社,1991
7. 梁良良主编. 创新思维训练. 北京:中央编译出版社,2000
8. 山田真一编著. 世界发明发现史话. 王国文等译. 北京:专利文献出版社,1989
9. 刘玉峻主编. 科学创造的艺术. 北京:中国广播电视出版社,1987
10. 中国发明协会. 发明与革新. 发明与革新杂志社,1998、1999、2000 合订本
11. 黄友直、肖云龙主编. 创造工程学. 长沙:湖南师范大学出版社,1995
12. 黄纯颖主编. 设计方法学. 北京:机械工业出版社,1992
13. 关士续主编. 技术发明集. 长沙:湖南科技出版社,1998
14. 曹惟庆、徐曾荫主编. 机械设计. 北京:机械工业出版社,1997
15. 汤慧瑾主编. 机械设计基础. 北京:机械工业出版社,1995
16. 孙大涌主编. 先进制造技术. 机械工业出版社,2000
17. 史美功、俞学廉编著. 工业机器人. 上海:上海科学技术出版社,1987
18. 周远清、张再兴等编著. 智能机器人系统. 北京:清华大学出版社,1989