

HotMold.com 收集整理 欢迎转载

现代模具技术

汽车覆盖件 模具设计与制造

《现代模具技术》编委会 编



国防工业出版社

U463.83

K32

414104

现代模具技术

汽车覆盖件模具设计与制造

《现代模具技术》编委会 编



00414104

国防工业出版社

·北京·

2007/10

图书在版编目(CIP)数据

汽车覆盖件模具设计与制造/《现代模具技术》编委会
编. —北京:国防工业出版社,1998.1

(现代模具技术)

ISBN 7-118-01798-4

I. 汽… I. 现… III. 汽车-蒙皮-模具-设计 IV. U463
.83

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 16737 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经营

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 1/2 345 千字
1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月北京第 1 次印刷
印数:1—3000 册 定价:21.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序

在现代化工业中,模具工业已成为工业发展的基础,许多新产品的开发和生产在很大程度上要依赖于模具生产,特别是在汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。模具工业已纳入国家的基础工业范畴,成为国民经济中的独立行业。

模具工业发展的关键是模具技术的进步,模具技术涉及到许多新的学科,因此,模具既是一种高科技型产品,又是一种技术密集型产品。模具技术已成为衡量一个国家机械制造技术水平的重要标志之一。世界上许多国家,特别是一些工业发达国家,对模具技术十分重视,除不断增加资金投入外,还制订各种优惠政策,促进了模具技术的发展,从而加快了新产品的开发和生产。

现代模具的特点是形状复杂、精密度高和长寿命,生产要求高质量、短周期、低成本。模具工业要适应模具的特点和生产要求,必须综合应用各种新技术,要具有较高的标准化程度,实行专业化生产和市场经济的运行机制。

目前,我国模具技术水平虽有长足的进步,但远远不能满足国民经济发展的需要,与发达国家和地区相比仍有很大差距。因此,必须高度重视模具技术发展,大力提高我国模具技术水平,以满足工业部门对模具不断增长的需要。

提高模具技术水平的关键在于努力培养模具人才,提高模具从业人员的管理与技术水平。为此目的,中国航空工业总公司科学技术委员会和科技部组织了有关教授、专家,在总结模具技术工作经验的基础上,参考了大量的专著、文献和资料,编写了《现代模具技术》。该书突出了先进性和实用性,可作为模具教学、科研和生产的重要参考书籍,它对提高我国模具人员的技术水平,促进模具技术进步会起到积极的作用。

姜燮生

总编辑委员会

主任委员

于欣

副主任委员

戚道纬 刘湘

顾问

任湛谋 许发樾 刘建东

委员

(按姓氏笔画为序)

平	申	卢文玉	朱	江	刘瑞麟
李	正平	张林	张	懋	姜淑芳
崔	连信	阎茂林	翟	平	

本分册主编

平 申

参加编审人员

(按姓氏笔画为序)

平 申	卢文玉	朱 江	刘 湘	刘瑞麟
李正平	张 林	张 勳	姜淑芳	戚道纬
崔连信	阎茂林	温世杰	翟 平	

责任编辑

赵克英

前 言

国内汽车制造业近年来得到迅速发展,汽车产量已名列世界汽车生产第 11 位。模具工业是汽车产品开发和大批量生产的重要组成部分。一辆客车或轿车上约有 80% 的零部件是用模具加工制造的。而覆盖件模具又以其大型、复杂、精密等特点而成为模具中举足轻重的部分。

目前,我国汽车模具工业还不能适应整车开发和换型要求,其中一个原因是汽车模具设计与制造水平较低,制造装备落后。为使汽车模具工业能尽快满足汽车生产发展的需要,使我国汽车工业以实力跻身于国际竞争大潮中,并取得巩固和发展,除了依靠国家有关汽车和汽车模具产业的方针政策外,也需要汽车模具产业成员的共同努力,在汽车模具生产技术方面赶上世界先进水平。

我国汽车模具产业发展还很不平衡。有一些企业使用了计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM)等先进技术,也有较多企业还处于较低的设计制造水平。

本书第一章到第五章,主要介绍常规的模具设计、制造和调整方法。包括:拉延模、修边模和翻边模的各种结构型式的选择和设计,也介绍了汽车模具设计制造中采用的新材料、新工艺,如实型铸造、表面火焰淬火、刃口堆焊和表面硬化处理等等。并选用了多种结构型式和比较实用的数据,为具有一定设计经验和初步进入此领域的人员提供有益的参考。

在第六章到第九章中,扼要地对汽车模具采用计算机辅助设计和计算机辅助制造的内容作了系统介绍,并对计算机集成制造系统(CIMS)也作了较全面的描述。可使读者对汽车模具 CAD/CAM 及 CIMS 的现状与发展趋向有一个梗概的认识。

本书编写过程中得到了原航空航天工业部科学技术委员会、研究院和航空航天工业部工艺研究所的有关领导及同志们的关怀和具体帮助。在成稿过程中,任湛谋教授级高级工程师和许发樾教授级高级工程师审阅了本书主要内容,并提出许多宝贵意见,在此一并致谢。参加本书编写的还有马超英、叶菁、刘其荣、陈焱、李红路、郭英、戴祥林。

由于本书内容广泛,编者学识水平和实际经验有限,错误与不当之处在所难免,敬请同行专家和广大读者批评指正。

内 容 简 介

现代模具技术丛书包括:《模具 CAD/CAM 技术》、《注塑成型原理与注塑模设计》和《汽车覆盖件模具设计与制造》。

覆盖件模具设计与制造是汽车车身零件制造的关键部分。本书前五章包括汽车覆盖件模具概述、拉延模设计、修边模设计、翻边模设计和覆盖件模具制造与调整。结合现代普遍采用的数控加工手段和模具制造中采用的新技术,着重介绍了覆盖件模具设计和制造的主要方法,并有大量图解和实用数据。

后四章包括模具 CAD/CAM 过程与系统构成、汽车覆盖件模具 CAD/CAM 系统、计算机集成制造系统和数控加工与测量设备。扼要介绍了计算机辅助覆盖件模具设计、制造中的最新成果、应用情况和发展方向,力求反映当前最新水平。

本书可供从事汽车覆盖件模具设计、制造与生产的工程技术人员使用,可供冲模设计、制造人员参考,也可供大专院校有关专业学生作为教材或参考书。

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 汽车覆盖件的特点和要求	1
一、覆盖件分类	1
二、覆盖件的特点和要求	1
§ 1-2 覆盖件模具种类	2
一、覆盖件冲模	2
二、覆盖件夹具	3
三、模型	3
四、覆盖件模具的成套性	3
§ 1-3 覆盖件的工艺设计	4
一、工艺设计内容	4
二、成型可能性分析	4
三、工艺方案	8
四、拉伸件设计	9
五、拉伸件与修边件、翻边件的关系	15
六、工艺卡编制	18
§ 1-4 覆盖件模具现状及发展	18
一、覆盖件模具现状	18
二、今后发展趋势	19
第二章 拉伸模设计	22
§ 2-1 拉伸模种类	22
一、单动压力机用拉伸模	22
二、双动压力机用拉伸模	25
§ 2-2 拉伸模结构	28
一、典型结构	28
二、结构尺寸	31
§ 2-3 凹模结构	33
一、活动顶出器闭口式凹模结构	34
二、闭口式整体凹模结构	34
三、通口式凹模结构	35
§ 2-4 拉伸模的导向	35
一、导向件	35
二、压料圈和凹模的导向	38

三、凸模和压料圈的导向	39
§ 2-5 拉延筋和拉延槛	41
一、拉延筋的作用	41
二、拉延筋种类和结构尺寸	41
三、拉延筋布置	43
四、拉延槛	45
§ 2-6 出件装置和退件装置	46
一、出件装置	46
二、退件装置	46
§ 2-7 限位装置及起吊装夹装置	48
一、限位装置	48
二、起吊装置	50
§ 2-8 通气孔和工艺孔	51
一、通气孔	51
二、工艺孔	51
第三章 修边模设计	54
§ 3-1 修边模分类	54
一、垂直修边模	54
二、斜楔修边模	54
三、垂直斜楔修边模	55
§ 3-2 修边镶块	56
一、结构形式	56
二、刃口结构尺寸	57
三、倾斜面垂直修边	59
四、立边修边刃口形状	60
五、修边镶块接缝	60
六、修边镶块的安装固定	61
§ 3-3 斜楔滑块	64
一、斜楔滑块的形式	64
二、斜楔滑块的结构尺寸	65
§ 3-4 修边凹模镶块的交接	69
一、交接状态	69
二、交接状态的斜楔结构	70
§ 3-5 滑块的行程和作用力	71
一、滑块的行程	71
二、滑块的作用力	72
§ 3-6 滑块的复位力和复位方式	75
一、滑块的复位力计算	75
二、滑块复位方式	76

§ 3-7 修边废料的处理	79
一、废料处理的技术要求	79
二、废料刀切断装置	79
三、修边废料的处理	82
§ 3-8 修边冲孔模	83
一、应用范围	83
二、修边冲孔模结构方案	83
三、修边冲孔模结构细则	85
第四章 翻边模设计	89
§ 4-1 翻边的基本概念	89
一、翻边件的形状特点	89
二、翻边变形性质及翻边极限	89
§ 4-2 翻边模分类	93
一、垂直翻边模	93
二、斜楔翻边模	93
三、斜楔两面开花翻边模	93
四、斜楔圆周开花翻边模	93
五、斜楔两面向外翻边模	93
六、内外全开花翻边模	93
§ 4-3 翻边模的扩张结构和缩小结构	93
一、翻边凸模扩张结构和翻边凹模缩小结构	94
二、翻边凸模缩小结构和翻边凹模扩张结构	95
§ 4-4 翻边凹模镶块的交接	96
一、在翻边上制缺口	96
二、不同翻边方向的凹模镶块交接	97
§ 4-5 翻边模结构设计示例	98
一、垂直翻边模结构	98
二、斜楔两面开花翻边模结构	99
三、气缸装在滑块内的翻边模	100
四、吊楔翻边模	100
五、双重斜楔滑块翻边模	101
六、简易翻边整形模	101
第五章 覆盖件冲模制造与调整	103
§ 5-1 概述	103
一、覆盖件冲模制造特点	103
二、生产准备工作	104
三、模具制造工艺文件的编写	106
四、冲模制造工艺流程图	108
§ 5-2 拉延模制造	110

一、拉延模制造工艺流程图	110
二、拉延模主要零件制造	110
三、拉延模装配	116
§ 5-3 修边模制造	118
一、修边模制造工艺流程图	118
二、修边模主要零件制造	121
三、修边模装配	127
§ 5-4 覆盖件冲模制造新技术	128
一、覆盖件冲模材料	128
二、化学和物理表面硬化处理技术	130
三、表面火焰淬火工艺	132
四、实型铸造技术	133
五、刃口堆焊技术	137
§ 5-5 覆盖件冲模的制造调整	139
一、制造调整概念	139
二、拉延模的调整	140
三、翻边模调整	142
四、修边模调整	144
第六章 模具 CAD/CAM 过程与系统构成	145
§ 6-1 模具 CAD/CAM 过程	145
一、发挥人机各自特长	145
二、与用户的衔接	146
§ 6-2 模具 CAD/CAM 系统的集成	147
§ 6-3 模具 CAD/CAM 系统数据流程	147
一、模具 CAD/CAM 系统数据流程	147
二、数据管理方式	149
三、模具 CAD/CAM 数据库	150
§ 6-4 模具 CAD/CAM 系统硬件环境	153
一、计算机系统	153
二、数控加工设备	155
第七章 汽车覆盖件模具 CAD/CAM 系统	156
§ 7-1 概述	156
一、计算机辅助技术的应用	156
二、覆盖件模具 CAD/CAM 技术现状与发展	157
§ 7-2 覆盖件模具 CAD	160
一、概述	160
二、模具 CAD 的几何构形	161
三、模具 CAD 的工艺分析	164
四、模具结构 CAD	167

§ 7-3 覆盖件模具 CAM	168
一、概述	168
二、模具 CAM 的数据处理	169
§ 7-4 典型的 CAD/CAM 系统简介	179
一、对系统的基本要求	179
二、UNIGRAPHICS I 简介	179
第八章 计算机集成制造系统	192
§ 8-1 计算机集成制造系统的组成	192
一、计算机集成制造系统的基本概念	192
二、计算机集成制造系统的组成	192
§ 8-2 CIMS 的生产过程和信息构成	194
一、生产过程构成	194
二、信息构成	194
§ 8-3 CIMS 的控制结构和支持环境	196
一、CIMS 的多递阶控制结构	196
二、网络支持系统	196
三、数据库支持系统	198
§ 8-4 工程信息分系统	199
一、系统功能	199
二、CAD/CAM 集成系统的输入输出信息	201
三、CAD/CAM 系统的内部外部接口	202
§ 8-5 管理信息系统	203
一、管理信息系统的组成	203
二、物料管理和生产管理	203
§ 8-6 制造系统	206
一、FMS 的概念和组成	206
二、FMS 的基本结构	207
三、柔性制造系统的规划与监控	208
四、充分发挥 FMS 的效益	209
§ 8-7 CIMS 的应用与发展	209
一、需求分析	209
二、CIMS 的效益	210
三、发展与应用	210
第九章 数控加工与测量设备	212
§ 9-1 数控机床	212
一、数控机床机械结构概要	212
二、数控机床电气系统概要	218
三、用于汽车模具制造的数控机床	224
§ 9-2 三坐标测量机	227

一、三坐标测量机结构概要.....	228
二、三坐标测量机测头测量系统	229
三、测量技术在汽车模具行业中的应用与发展	230
参考文献	232

第一章 概 述

§ 1-1 汽车覆盖件的特点和要求

汽车覆盖件(以下简称覆盖件)是指构成汽车车身或驾驶室、覆盖发动机和底盘的薄金属板料制成的异形体表面和内部零件。轿车的车前板和车身、载重车的车前板和驾驶室等都是由覆盖件和一般冲压件构成的。

覆盖件组装后构成了车身或驾驶室的全部外部和内部形状,它既是外观装饰性零件,又是封闭薄壳状的受力零件。覆盖件的制造是汽车车身制造的关键环节。

一、覆盖件分类

按功能和部位分类,可分为外部覆盖件、内部覆盖件和骨架类覆盖件三类。外部覆盖件和骨架类覆盖件的外观质量有特殊要求,内部覆盖件的形状往往更复杂。

按工艺特征分类如下。

(1)对称于一个平面的覆盖件。诸如发动机罩、前围板、后围板、散热器罩和水箱罩等。这类覆盖件又可分为深度浅呈凹形弯曲形状的、深度均匀形状比较复杂的、深度相差大形状复杂的和深度深的几种。

(2)不对称的覆盖件。诸如车门的内、外板,翼子板,侧围板等。这类覆盖件又可分为深度浅比较平坦的、深度均匀形状较复杂的和深度深的几种。

(3)可以成双冲压的覆盖件。所谓成双冲压既指左右件组成一个便于成型的封闭件,也指切开后变成两件半封闭型的覆盖件。

(4)具有凸缘平面的覆盖件。如车门内板,其凸缘面可直接选作压料面。

(5)压弯成型的覆盖件。

以上各类覆盖件的工艺方案各有不同,模具设计结构亦有很大差别。

二、覆盖件的特点和要求

同一般冲压件相比,覆盖件具有材料薄、形状复杂、结构尺寸大和表面质量要求高等特点。覆盖件的工艺设计、冲模结构设计和冲模制造工艺都具有特殊性。因此,在实践中常把覆盖件从一般冲压件中分离出来,作为一种特殊的类别加以研究和分析。

覆盖件的特点决定了它的特殊要求。

1. 表面质量

覆盖件表面上任何微小的缺陷都会在涂漆后引起光线的漫反射而损坏外形的美观,因此覆盖件表面不允许有波纹、皱折、凹痕、擦伤、边缘拉痕和其他破坏表面美感的缺陷。覆盖件上的装饰棱线和筋条要求清晰、平滑、左右对称和过渡均匀,覆盖件之间的棱线衔接应吻合流畅,不允许参差不齐。总之覆盖件不仅要满足结构上的功能要求,更要满足表

面装饰的美观要求。

2. 尺寸形状

覆盖件的形状多为空间立体曲面,其形状很难在覆盖件图上完整准确地表达出来,因此覆盖件的尺寸形状常常借助主模型来描述。主模型是覆盖件的主要制造依据,覆盖件图上标注出来的尺寸形状,其中包括立体曲面形状、各种孔的位置尺寸、形状过渡尺寸等,都应和主模型一致,图面上无法标注的尺寸要依赖主模型量取,从这个意义上看,主模型是覆盖件图必要的补充。

3. 刚性

覆盖件拉延成型时,由于其塑性变形的不均匀性,往往会使某些部位刚性较差。刚性差的覆盖件受到振动后会产生空洞声,用这样的零件装车,汽车在高速行驶时就会发生振动,造成覆盖件早期破坏,因此覆盖件的刚性要求不可忽视。检查覆盖件刚性的方法,一是敲打零件以分辨其不同部位声音的异同,另一是用手按看其是否发生松弛和鼓动现象。

4. 工艺性

覆盖件的结构形状和尺寸决定该件的工艺性。覆盖件的工艺性关键是拉延工艺性。覆盖件一般都采用一次成型法,为了创造一个良好的拉延条件,通常将翻边展开,窗口补满,再加添上工艺补充部分,构成一个拉延件。

工艺补充是拉延件不可缺少的组成部分,它既是实现拉延的条件,又是增加变形程度获得刚性零件的必要补充。工艺补充的多少取决于覆盖件的形状和尺寸,也和材料的性能有关,形状复杂的深拉延件,要使用 08ZF 钢板。工艺补充的多余料需要在以后工序中去除。

拉延工序以后的工艺性,仅仅是确定工序次数和安排工序顺序的问题。工艺性好可以减少工序次数,进行必要的工序合并。审查后续工序的工艺性要注意定位基准的一致性 or 定位基准的转换,前道工序要为后续工序创造必要的条件,后道工序要注意和前道工序衔接好。

§ 1-2 覆盖件模具种类

一、覆盖件冲模

1. 拉延模

拉延模是保证制成合格覆盖件最主要的装备。其作用是将平板状毛料经过拉延工序使之成型为立体空间工件。

拉延模有正装和倒装两种型式。正装拉延模的凸模和压料圈在上,凹模在下,它使用双动压力机,凸模安装在内滑块上,压料圈安装在外滑块上,成型时外滑块首先下行,压料圈将毛料紧紧压在凹模面上,然后内滑块下行,凸模将毛料引伸到凹模腔内,毛料在凸模、凹模和压料圈的作用下进行大塑性变形。倒装拉延模的凸模和压料圈在下,凹模在上,它使用单动压力机,凸模直接装在下工作台上,压料圈则使用压力机下面的顶出缸,通过顶杆获得所需的压料力。倒装型式拉延模只有在顶出缸压力能够满足压料需要的情况下方可采用。

2. 修边模

修边模用于将拉延件的工艺补充部分和压料凸缘的多余料切除,为翻边和整形准备条件。在小批量生产时,可以用手工和其他简单装备代替。修边模修边往往兼冲孔。

修边模在修边的同时,要将废料切成若干段,每段长在 200~300mm 之间,分割后的废料便于打包外运。

3. 翻边模

翻边模是将半成品工件的一部分材料相对另一部分材料发生翻转,根据翻边的冲压方向不同,翻边模可分为垂直翻边模和水平翻边模两大类。水平翻边(含倾斜翻边)则需要斜楔结构完成翻边成型工作。翻边模也是制成合格覆盖件的必要装备。

冲模的设计制造是本书的重点内容,以下各章将详细介绍。

二、覆盖件夹具

1. 焊装夹具

焊装夹具是覆盖件总成焊装的重要装备,按照总成的内容和层次,可分为若干种类夹具,通常冠以各种总成的名称。

2. 检验夹具

检验夹具是对覆盖件及其总成件进行综合性检测的主体量具,其检测内容主要是立体型面、轮廓形状和孔径孔位尺寸。检测数据和检查基准书内规定的公差要求进行对照,用来判断工件是否合格。

由于焊装夹具和检验夹具的设计与制造和冲模差别较大,故本书不予介绍。

三、模 型

1. 实体模型

传统的冲模加工方法是采用实体模型作为加工依据。实体模型具有直观、采集数据可靠、加工设备要求低等优点。因此,目前国内大多数厂家仍采用实体模型加工法。

工艺模型通常利用主模型按冲压工序的需要,调整冲压方向,并增加工艺补充部分改制而成。由于工艺模型的型面都取覆盖件的内表面,所以工艺模型可直接用来仿型或数控仿型加工拉延模的凸模和压料圈。至于拉延模的凹模加工,目前有两种方法:其一是按凸的工艺模型反制一个凹的工艺模型,再按凹的工艺模型仿型或数控仿型加工凹模;其二是按凸的工艺模型由计算机直接生成凹模的加工程序,这种方法正逐渐取代前一种方法。由此可见,实体模型只需制造一个具有凸模形状的正工艺模型,即可满足模具加工的需要,工艺样架等过渡模型已不再采用。

2. 数学模型

应用电子计算机建立覆盖件的数学模型,为汽车模具的计算机辅助设计与制造创造了条件,数学模型可以在计算机的屏幕上进行模拟装配、调整冲压方向,这是实体模型无法实现的。因此,采用数学模型加工模具代表了模具工业的发展方向,它将彻底改变模具质量依靠工匠技艺的状态。

四、覆盖件模具的成套性

覆盖件模具的成套性有两个含意,一个是指全车模具的成套性,另一个是指某个覆盖

件所需若干套模具的成套性。

汽车车身由数百个冲压件构成、全车所需冲模高达一千套以上(见表 1-1)。全车模具的协调一致和成套性供应是保证全车质量的关键。如果把全车模具的成套性视为一个大的系统工程,则每个覆盖件的成套模具就是一个子系统,子系统的成套协调是保证全车质量的基础。采用计算机辅助设计和辅助制造方法,可有效地保证模具的成套性。

表 1-1 几种汽车产品选用模具数量

汽车型号	制造厂家	驾驶室	载重/t	整车模具/套	大型模具/套
EQ153	第二汽车厂	平头双排座	8	2200	125
EQ140	第二汽车厂	长头	5	2800	100
ZZ130	郑州汽车厂	平头	2	1800	130
LZ110	柳州微型车厂	平头	0.5	1300	50
上海 SANTANA-LX	上海大众公司	4 门轿车	5 座	2500	131
花冠	日本富士重工	4 门轿车	5 座	2500	155

§ 1-3 覆盖件的工艺设计

一、工艺设计内容

工艺设计是在模具设计制造之前的技术准备工作,通常由用户方进行,其主要内容有以下诸项。

- (1)根据生产纲领确定工艺方案。
- (2)根据覆盖件结构形状,分析成型可能性和确定工序数及模具品种。
- (3)根据装配要求确定覆盖件的验收标准。
- (4)根据工厂条件决定模具使用的压床。
- (5)根据制造要求确定协调方法。
- (6)提出模具设计技术条件,其中包括结构要求、材料要求等。

工艺设计内容是贯彻执行生产纲领的具体要求和体现,是生产纲领和模具设计制造之间的桥梁和纽带。工艺设计要求方案正确、内容可靠、符合实际和实施容易,不允许有任何大的漏洞,其责任份量很重,往往是成败的关键。

二、成型可能性分析

覆盖件成型的可能性分析是一项艰苦细致的工作。由于覆盖件形状十分复杂,其成型可能性计算没有固定的方法。下面仅介绍几种最基本的分析方法。

1. 用基本冲压工序的计算方法进行类比分析

覆盖件的形状不论多么复杂,都可以将它分割成若干部分,然后将每个部分的成型单独和冲压的基本工序进行类比,然后找出成型最困难的部分,进行类似的工艺计算,看其是否能一次成型。

基本的冲压工序有圆筒件拉伸、凸缘圆筒件拉伸、盒形件拉伸、局部成型、弯曲成型、翻边成型、胀型等。它们都可以作为分析覆盖件相似部位的基础,用各种不同方法进行近

似估算。由于覆盖件上的各部位是连在一起的,相互牵联和制约,故不要把变形性质不同的部分孤立地看待,要考虑不同部位的相互影响,才不会造成失误。

2. 变形特点分析

覆盖件的成型工序,大都可以认为是在一种平面应力状态下进行的,垂直板料方向的应力一般为零,或者数值很小,可以忽略不计。因此板料的变形方式,基本上可以分为以下两大类。

(1)以拉伸为主的变形方式。在以拉伸为主的变形方式下,板料的成型主要依靠板料纤维的伸长和厚度的变薄来实现的。拉应力成分越多,数值越大,板料纤维的伸长和厚度变薄越严重。因此,在这种变形方式下,板料过度变薄甚至拉断,就成为变形的主要障碍。

(2)以压缩为主的变形方式。在以压为主的变形方式下,板料的成型主要依靠板料纤维的缩短和厚度的增加来实现的。压应力成分越多,数值越大,板料纤维的压缩和厚度增加越严重。因此,在这种变形方式下,板料的失稳和起皱就成为变形的主要障碍。

任何覆盖件的成型,都不外是拉伸和压缩两种变形方式的组合,或以拉伸为主,或以压缩为主。由于板料在拉伸或压缩的过程中,具有失稳起皱和变薄拉破的危险,因此工艺上必须明确,板料在一定变形方式下极限变形能力究竟有多大,该工件能否一次成型。

如果从变形区应力应变状态的特点来看,概括起来,变形区的主应力状态有如下四种类型,如图 1-1 所示。

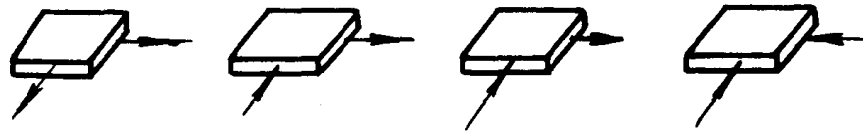


图 1-1 平面应力状态下的主应力状态图

(1)拉—拉。变形区内两个主应力均为拉应力。

(2)拉—压。变形区内两个主应力,一个为拉应力,另一个为压应力,但绝对值,拉应力大于压应力。

(3)压—拉。变形区内两个主应力,一个为压应力,另一个为拉应力,但绝对值,压应力大于拉应力;

(4)压—压。变形区内两个主应力均为压应力。

同应力状态相对应,应变状态也可分为四种类型,如图 1-2 所示。

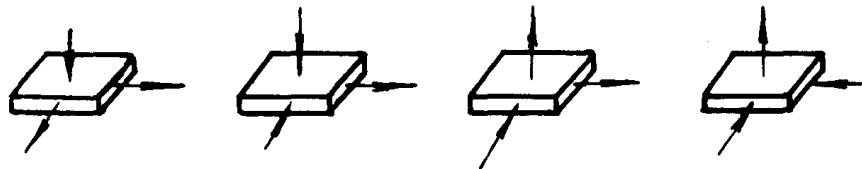


图 1-2 应变状态图

(1)拉—拉。板面内两个主应变均为拉应变,厚度方向变薄严重。

(2)拉—压。板面内两个主应变,一个为拉应变,另一个为压应变,但绝对值拉应变大于压应变,厚度方向变薄。

(3)压—拉。板面内两个主应变,一个为压应变,另一个为拉应变,但绝对值压应变大于拉应变,厚度方向变厚。

(4)压—压。板面内两个主应变均为压应变,厚度方向变厚严重。

一般情况下,板料成型时变形区应力状态图与应变状态图的对应关系如图 1-3 所示。图中的拉—拉与压—压主应力状态图都可能对应两种主应变状态图,其余则一一对应。

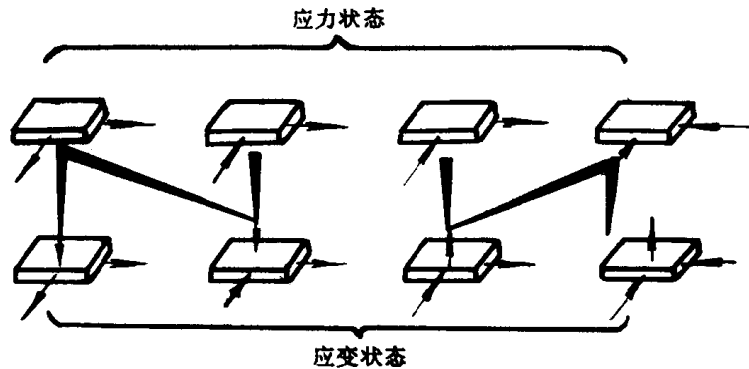


图 1-3 应力与应变状态的对应关系

由此,我们可以概括地认识到板料的一般变形规律与成型性能。总的说来,板料能否顺利成型,首先取决于传力区的承载能力,即传力区是否有足够的抗拉强度。其次,根据变形方式,分析变形区变形的主要障碍。在以拉伸为主的变形方式下,变形区均匀变形程度将决定其变形程度的大小。如果变形不均匀,或只集中某一局部变形,就会因集中应变而出现缩颈,变形不能继续进行。对此,工艺上往往采取增加凹模圆角半径或改善润滑的方法使其变形均匀化。在以压缩为主的变形方式下,变形区的抗失稳起皱能力将决定其变形程度的大小。对此,工艺上采取适当增加压料力的办法,以提高压料面的质量。降低凹模和压料圈的压料面表面粗糙度,增加摩擦等措施,可以改善变形条件。

根据上述方法,对覆盖件局部形状予以判断分析,可以粗略地掌握覆盖件的变形特点。但不可否认,由于形状的边界条件不同,这种判断往往是不够确切的。因此,判断工件是否能够成型,最好的办法还是参考以前加工过的工件,用类比的方法进行判断,如果应用坐标网格应变分析法,将试验数据和工件尺寸形状对照分析,可以得出更有价值的结果。

3. 成型度 α 值判断法

对不规则形状拉伸件的成型,还可以用成型度 α 值进行估算和判断。

成型度:

$$\alpha = \left(\frac{l}{l_0} - 1 \right) \times 100\%$$

式中 l_0 ——成型前毛坯长度;

l ——成型后工件长度。

在拉伸件最深或认为危险的部位,取间隔 50~100mm 的纵向断面,计算各断面的成型度值(见图 1-4),利用表 1-2 的数据进行成型分析和判断。

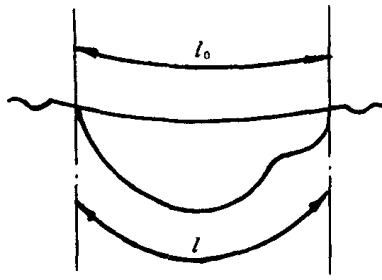


图 1-4 成型性研究

表 1-2 不规则形状、大尺寸覆盖件的成型难易判断值

成型度 α 值判断	判断内容
2%	α 全部平均值不超过 2% 时 ($\bar{\alpha} < 2\%$), 要获得良好的固定形状是困难的
5%	α 全部平均值超过 5% 时 ($\bar{\alpha} > 5\%$), 只用胀型是困难的, 必须允许用拉延法
5%	在 50~100mm 间隔上相邻纵向断面的 α 值之差超过 5% 时 ($\Delta\alpha > 5\%$), 容易产生皱折
10%	α 的最大值超过 10% 时 ($\alpha_{\max} > 10\%$), 只用胀型是困难的, 必须允许用拉延法
30%	如以破裂为限度的 α 平均值超过 30% 时 ($\bar{\alpha} > 30\%$), 成型是属于危险的
40%	如以破裂为限度的 α 最大值超过 40% 时 ($\alpha_{\max} > 40\%$), 成型是属于危险的

在表 1-2 中所给数据, α 值是单轴方向的值。当必须考虑两轴方向时, 根据拉伸、压缩情况, 即根据属于两向胀型还是两向压缩变形, α 值多少有些变化。一般大型拉伸件是通过拉伸和胀型的复成型来实现的, 既有外部压料面材料的流入, 又有凹模洞口内材料的伸长, 所以必须应用 α 值对覆盖件成型性进行判断, 同时还要考虑具体成型条件, 对判断值 α 要作修正(见表 1-3), 进行综合性估测。

表 1-3 成型难易判断值 α_{\max} 修正值

制件成型条件	α_{\max}	判断内容
复杂型面的工件: 表面形状有大的起伏及深度不均等成型条件差的工件, 如前轮罩加强板、前边梁内左(右)前隔断等	20%	$\alpha_{\max} > 20\%$ 就要考虑成型是危险的。 α_{\max} 在 15%~20% 之间时, 由于成型条件所限, 变形部位产生缩颈甚至拉裂。设计时要考虑一些相应措施, 增加工艺切口, 修正压料面形状等。
简单型面的工件: 表面形状趋于平面, 深度均匀等成型条件较好的工件, 如发动机下罩板、前轮罩外板等	45%	$\alpha_{\max} > 45\%$ 成型是危险的。 $\alpha_{\max} = 40\% \sim 45\%$ 时要考虑冲压件不稳定趋势, 拉伸后产生加工硬化, 对继续变形不利, 易拉裂。工艺上采取如下措施: 减少变形量, 并要求模具设计制造消除不利成型的因素(加大拉伸圆角半径、增加整形工序, 提高模具精度等)

三、工艺方案

覆盖件的冲压工艺方案编制依据是产品的生产纲领。工艺方案应保证产品的高质量、生产的高效率和降低成本。

1. 小批量生产的覆盖件冲压工艺方案

小批量生产是指月产量小于 1000 件,此时的生产稳定性极差,限期生产形状改变可能性大,模具选择只要求拉延和成型工序使用冲模,模具寿命在 5 万件以下。其他工序,如落料、修边可在通用设备上剪裁,翻边使用简易胎具,冲孔用通用冲孔模或钻床手工钻孔。如果过多地选用冲模,虽然对保证质量有益,但对提高生产效益并无意义,且会使成本骤增。

小批量生产的拉延模,常采用锌铝合金和 HT200、HT250 灰口铸铁制造,也可采用焊接骨架结构作模体,表面用环氧树脂。有些厂则常用焊接板式模,航空主机厂用铅锌模最为普遍。

小批量生产的拉延模设计原则是低费用和短周期制出。

2. 中批量生产的覆盖件冲压工艺方案

当月产量大于 1000 件,且小于 10000 件(卡车)或 30000 件(轿车)时,被视为是中批量生产。其生产特点是比较稳定地长期生产,生产中形状改变时有发生。模具选择除要求拉延模采用冲模外,其他工序如果影响质量和劳动量大也要相应选用冲模,模具寿命要求在 5 万件到 30 万件。模具选择系数为 1 : 2.5,亦即一个覆盖件平均选择 2.5 套冲模。

拉延模常用 HT250、HT300 灰口铸铁制造,表面火焰淬火处理。模具结构采用导板导向,机械取件,固定或气动定位毛料,壁厚中等,设计中要适当考虑合理性。

3. 大批量生产的覆盖件冲压工艺方案

当月产量大于 10000 件(卡车)或 30000 件(轿车),且小于 100000 件时,属于大批量生产。生产处于长期稳定状态,形状改变可能性小,工艺难易程度困难,工艺方案要为流水线生产提供保证,每道工序都要使用冲模,拉延、修边冲孔和翻边模同时安装在一条冲压线上,工序间的流转,50 年代基本是人工送料和取件,工业化国家实现机械化和自动化,60 年代以后开始进入全自动化时期。多工位压床的出现,更加提高了生产效率和工件质量。

在冲压生产线上,一般都配有各种送料装置、取件装置、翻转装置、废料排除装置和传送带。与早期的由压力机驱动的不同步冲压生产线不同,现代的冲压生产线自动化系统,机器人实际上控制着冲压生产线。压力机以单次行程规范工作,由自动化系统控制着生产线上各台压力机在什么时候冲压和各工序间的工件运动。从整条生产线上传出的工件是按一定的节拍连续不断地运动,从而明显地提高了生产产量。该系统还可以保证工件表面的高质量要求,大幅度减少压力机操作人员,解决了安全及下料的难题,最大限度地提高了设备利用率。

大批量生产的冲模选择系数一般为 1 : 4 以上,冲模结构要求功能齐全,对于容易损坏的模具,不但要求快速更换易损冲头,而且要制造备模,以使模具修复时冲压生产线照常运转。

四、拉延件设计

1. 拉延件的冲压方向

覆盖件的拉延件设计,首要是确定冲压方向。确定拉延冲压方向,应满足如下几方面的要求。

(1)保证拉延凸模能够顺利进入拉延凹模,不应出现凸模接触不到的死区,所有需拉延的部位要在一次冲压中完成。

(2)拉延开始时,凸模和毛料的接触面积要大,避免点接触,接触部位应处于冲模中心,以保证成型时材料不致窜动。

(3)压料面应尽量保证毛料平放,压料面各部位进料阻力应均匀。拉延深度均匀,拉入角相等,才能有效地保证进料阻力均匀。

图 1-5(a)中凸模两侧的拉入角尽可能作到基本一致,使两侧进料阻力保持均衡。凸模表面同时接触毛料的点要多而分散,并尽可能分布均匀,防止成型过程中毛料窜动,如图 1-5(b)所示。当凸模和毛料为点接触时,应适当增加接触面积,如图 1-5(c)所示,以防止应力集中造成局部破裂。

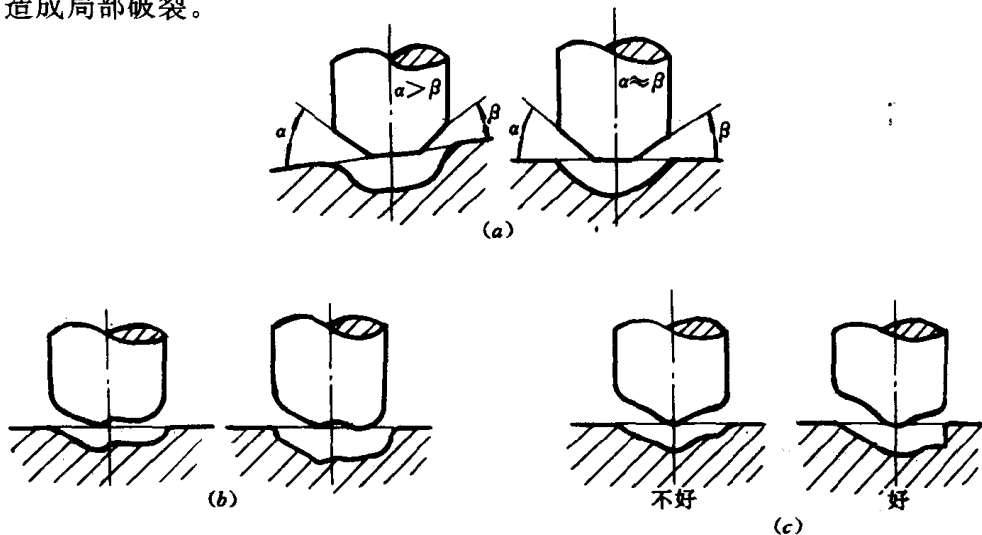


图 1-5 冲压方向选择

如果有反成型,且反成型有直壁部分,则冲压方向实际由反成型的位置决定。

当冲压方向和覆盖件在汽车上的坐标关系完全一致时,则覆盖件各点的坐标数值可以直接用在模具上。当冲压方向和覆盖件在汽车上的坐标关系有改变时,则覆盖件各点的坐标数值应该进行转换计算方可用在模具上。如果只改变一个坐标线时,且拉延方向是以垂直于覆盖件对称面的轴进行旋转来确定的,则平行于对称面的坐标是不需转换计算的。可见,冲压方向和汽车坐标完全一致,能够带来很多方便。

2. 压料面的确定

覆盖件拉延成型的压料面形状是保证拉延过程中材料不破不裂和顺利成型的首要条件,确定压料面形状应满足如下要求。

(1)有利于降低拉延深度。平压料面压料效果最佳(见图 1-6),但为了降低拉延深度,常使压料面形成一定的倾斜角。

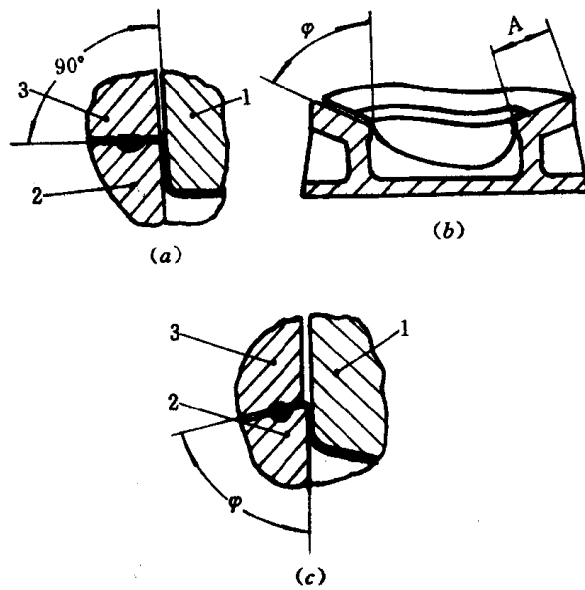


图 1-6 拉延模的压料面
1—凸模；2—凹模；3—压料圈。

(2)压料面应保证凸模对毛料有一定程度的拉延效应。压料圈和凸模的形状应保持一定的几何关系,使毛料在拉延过程中始终处于紧张状态,并能平稳渐次地紧贴凸模,不允许有多余的材料产生皱纹。为此,必须满足下列条件(见图 1-7,图 1-8)。

$$l > l_1$$

$$\beta > \alpha$$

式中 l ——凸模展开长度；
 l_1 ——压料面展开长度；
 α ——凸模表面夹角；
 β ——压料面表面夹角。



图 1-7 压料面展开长度比凸模表面展开长度短的示意图

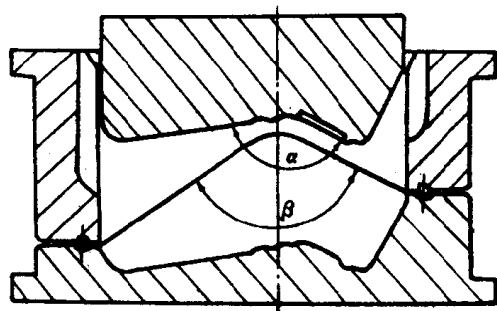


图 1-8 压料面形状(前围外盖板)

还要注意,有些拉延件虽然压料面展开长度比凸模短,但在拉延过程中,每一瞬间这种关系不能维持,发生压料面展开长度比凸模长的瞬间,就会形成皱纹,并最后留在拉延件上而无法消除(见图 1-9)。

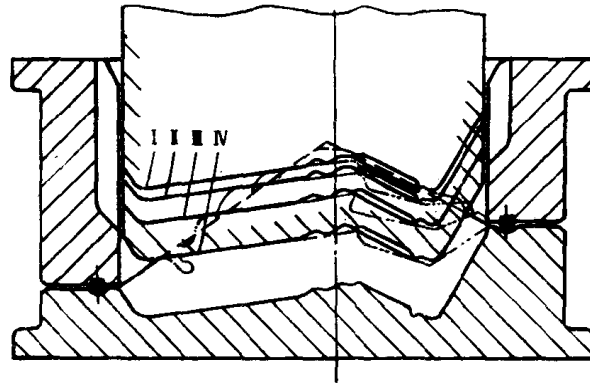


图 1-9 凸模从开始拉延到最后的過程中，四个瞬间位置形成皱纹的情况

(3) 压料面平滑光滑有利于毛料往凹模型腔内流动。压料面上不得有局部的鼓包、凹坑和下陷。如果压料面是覆盖件本身的凸缘面，而凸缘上有凸起和下陷时，应增加整形工序。压料面和冲压方向的夹角大于 90° ，会增加进料阻力，也是不可取的。

平面压料面不但有利于成型，而且加工也容易，应尽量采用。单曲率压料面和双曲率压料面多用在拉延深度较深的拉延模。

3. 工艺补充部分设计

为了给覆盖件创造一个良好的拉延条件，需要将覆盖件上的窗口填平，开口部分连接成封闭形状，有凸缘的需要平顺改造使之成为有利成型的压料面，无凸缘的需要增补压料面，这些增添的部分称为工艺补充部分。

工艺补充是拉延工艺不可缺少的部分，拉延后又需要将它们修切掉，所以工艺补充部分应尽量减少，以提高材料的利用率。

工艺补充部分除考虑拉延工艺和压料面的需要外，还要考虑修边和翻边工序的要求，修边方向应尽量采取垂直修边。可能采用的几种修边型式如下。

(1) 修边线在拉延件压料面上，如图 1-10(a) 所示。此时压料面就是覆盖件的凸缘面，修边采取垂直修边。为了在模具使用中打磨压料筋槽不致影响修边线，修边线至拉延筋的距离 A 一般取 25mm。

(2) 修边线在拉延件底面上，如图 1-10(b) 所示。采用垂直修边，工艺补充尺寸一般取：

$$B=3\sim 5\text{mm};$$

$$C=10\sim 20\text{mm};$$

D ——按保留有多于 1.5 根完整拉延筋形状考虑；

$R_{\text{r}}=3\sim 10\text{mm}$ ，深度浅和直线部分取下限，深度深和曲线部分取上限；

$$R_{\text{pj}}=8\sim 10\text{mm}。$$

(3) 修边线在拉延件短斜面上，如图 1-10(c) 所示。采用垂直修边，工艺补充尺寸一般取

$$E=B=3\sim 5\text{mm};$$

$$a\geq 5^\circ。$$

(4) 修边线在拉延件长斜面上，如图 1-10(d) 所示。垂直修边，修边线是按覆盖件翻边

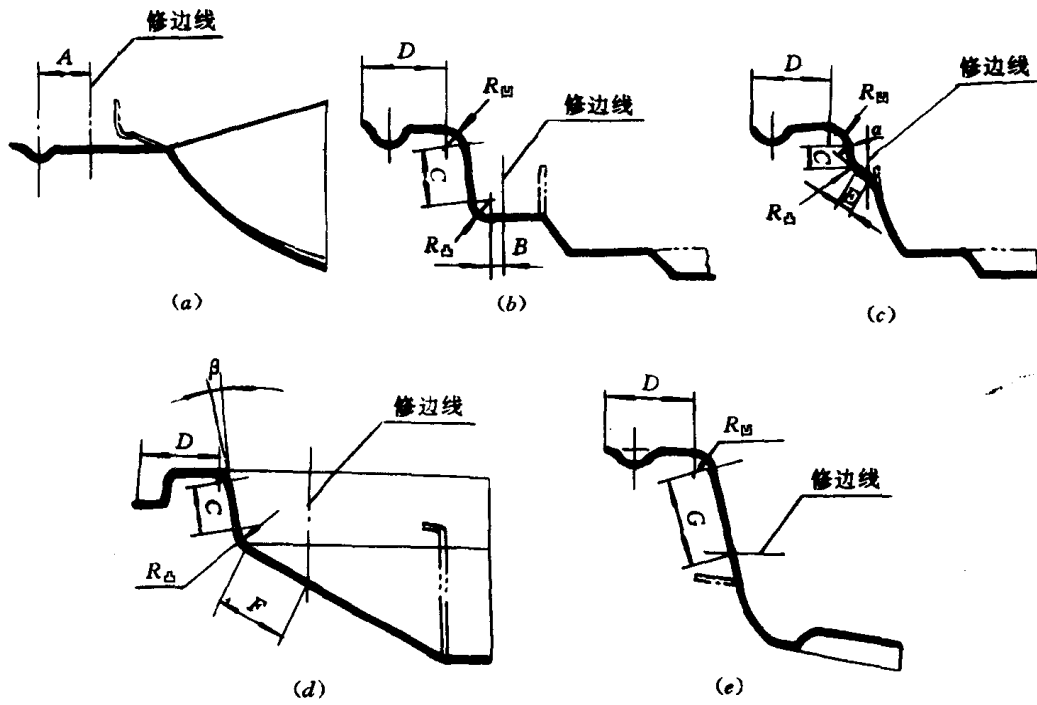


图 1-10 工艺补充部分的几种情况

展开确定的,所以拉延轮廓外形不能完全平行修边线,图中 F 是变化的,不同情况取不同最小值, F 还和拉延件在修边时的定位有关,如图 1-11 所示。一般取:

$F \geq 8\text{mm}$ (用拉延槛定位);

$F = 3 \sim 5\text{mm}$ (用侧壁定位);

$\beta = 6^\circ \sim 12^\circ$ 。

(5)修边线在拉延件侧壁上,如图 1-10(e)所示。采用水平修边或倾斜修边,修边线至凹模圆角半径的距离 G 是一个变量,它决定水平修边凹模镶块的强度。

图 1-12 所示为水平修边和倾斜修边示意图。修边凹模镶块的刃口宽度 b 一般取

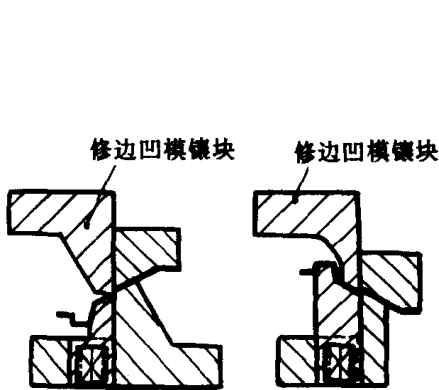


图 1-11 拉延件在修边时的定位

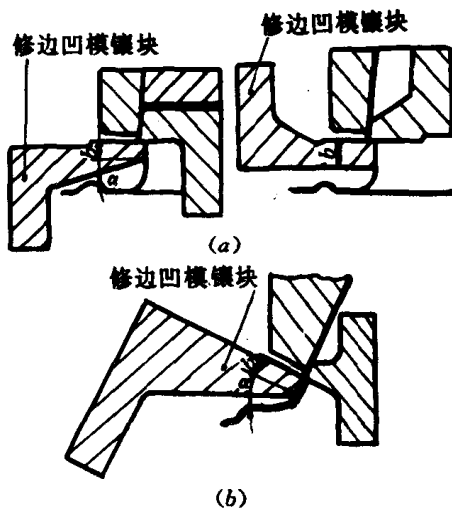


图 1-12 水平修边和倾斜修边示意图
(a)水平修边;(b)倾斜修边。

12mm, α 角取 30° , b 局部最小尺寸不小于 8mm, α 最小为 15° 。

4. 工艺孔及工艺切口

覆盖件需要局部反拉延时, 如果采用加大该部圆角和使侧壁成斜度的办法, 仍然拉不出所需深度时, 往往采取冲工艺孔或工艺切口的办法来改善反拉延的条件, 使反拉延变形区从内部工艺补充部分得到补充材料。

工艺孔或工艺切口必须在修边线之外的多余材料上, 修边时不应影响工件的形状。

(1) 工艺孔。工艺孔在拉延前预先冲制, 一般和落料工序合并, 采取落料冲孔复合模。工艺孔的数量、尺寸大小和位置需要由拉延模试冲确定, 见图 1-13。

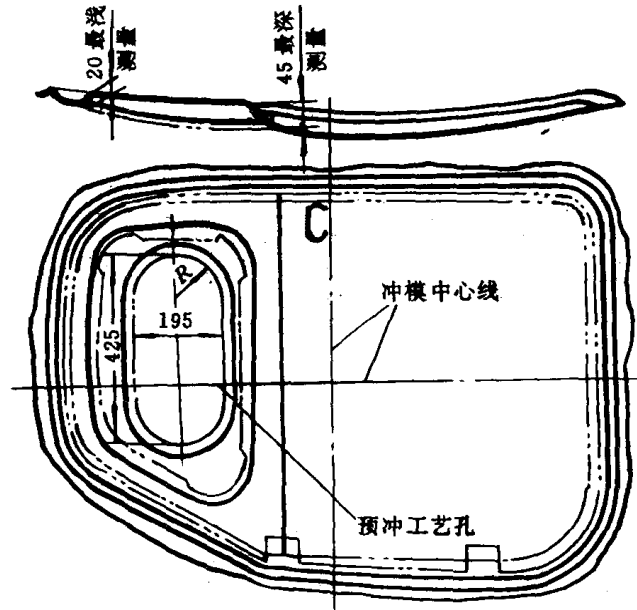


图 1-13 预冲工艺孔拉延车门外板

(2) 工艺切口。工艺切口一般在拉延过程中切出, 废料不分离, 和拉延件一起退出模具。工艺切口的最佳冲制时间是在反拉延成型到最深, 即将产生破裂的时刻, 这样可以充分利用材料的塑性, 使反拉延成型最需要材料补充的时候能够获得所需要的材料(见图 1-14)。工艺切口也要由试冲决定。

5. 拉延筋和拉延槛

覆盖件拉延成型时, 在压料面上敷设拉延筋或拉延槛, 对改变进料阻力, 调整进料速度使之均匀化和防止起皱具有明显的效果。归纳起来敷设拉延筋的主要作用有如下几点。

(1) 增加局部区域的进料阻力, 使整个拉延件进料速度达到平衡状态。

(2) 加大拉延成型的内应力数值, 提高覆盖件的刚性。

(3) 加大径向拉应力, 减少切向压应力; 延缓或防止起皱。

拉延筋和拉延槛的形状见图 1-15。拉延筋的断面形状为半圆形, 一般取筋半径 $R=12\sim 18\text{mm}$, 筋高 $h=5\sim 7\text{mm}$ (钢件) 或 $3\sim 5\text{mm}$ (铝合金件)。拉延筋的凹槽一般不和工件吻合, 通过修整凹槽的宽度来改变进料阻力。拉延槛的阻力更大, 它多用在深度浅的拉延件上。

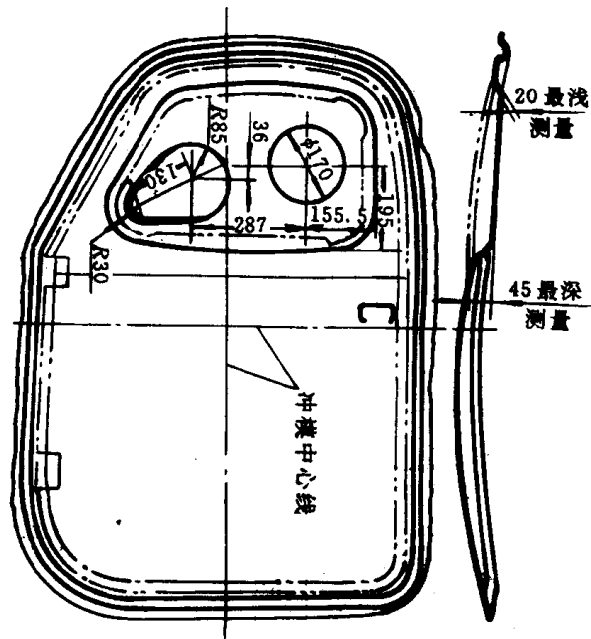


图 1-14 窗口反拉伸、切两个工艺切口

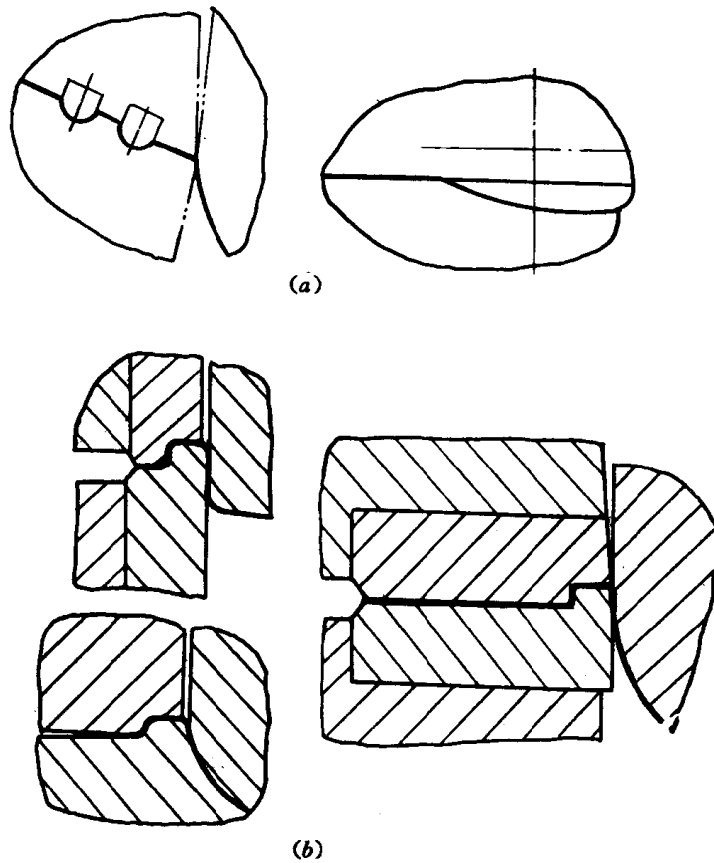


图 1-15 拉伸筋和拉伸槛
(a)拉伸筋;(b)拉伸槛。

拉延筋和拉延槛的敷设原则如下。

(1)拉延件有圆角和直线部分,在直线部分敷设拉延筋,使进料速度达到平衡。

(2)拉延件有直线部分,在深度浅的直线部分敷设拉延筋,深度深的直线部分不设拉延筋。

(3)浅拉延件,圆角和直线部分均敷设拉延筋,但圆角部分只敷设一条筋,直线部分敷设1~3条筋。当有多条拉延筋时,注意使外圈拉延筋“松”些,内圈拉延筋“紧”些,改变拉延筋高度可达到此目的。

(4)拉延件轮廓呈凸凹曲线形状,在凸曲线部分设较宽拉延筋,凹曲线部分不设拉延筋。

(5)拉延筋或拉延槛尽量靠近凹模圆角,可增加材料利用率和减少模具外廓尺寸,但要考虑不要影响修边模的强度。

五、拉延件与修边件、翻边件的关系

拉延件设计时要考虑到同修边件、翻边件的关系是冲模成套性的关键。其主要内容是在设计拉延件工艺补充部分时,要考虑修边件的修边方向,修边和翻边时的定位等。

1. 覆盖件的展开

覆盖件的翻边展开不但要有利于拉延,而且要有利于修边和翻边,即尽量造成垂直修边的条件,并使翻边容易进行。图1-16(a)、(b)、(c)所示覆盖件展开后能垂直修边,图1-16(d)、(e)所示为水平修边,图1-16(f)所示为倾斜修边。垂直修边时,翻边展开面与垂直面的夹角应大于 50° ,否则会使修边刃口过钝,修边边缘过尖,从而影响覆盖件质量。

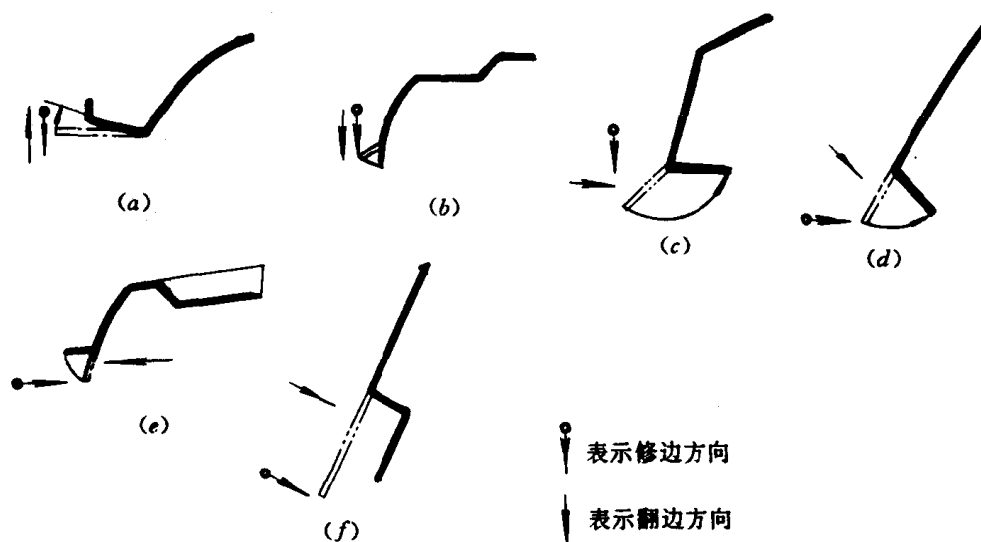


图1-16 覆盖件翻边展开与修边、翻边方向

2. 定位关系

拉延件在修边及其以后各工序的定位,必须在确定拉延件时一起考虑。拉延件在修边时的定位有以下三种情况。

(1)用拉延件侧壁形状定位。这多数是空间曲面变化大的覆盖件,其外形可满足定位的要求。

表 1-4 板金冲压

编号							
产品图号			产品名称				单台数量
工装数量	左右各一套		工 序				
	左右合一套		工序名称				
	一 套		工装图号				
	后工序合一套						
使用设备	双动冲床	工件材料				状态	
	双动液压机						
	单动冲床	毛料尺寸				单件重量	kg
	单动液压机						
		工装尺寸				工装重量	kg

类别	项 目	标 记	内 容	说 明	类别	项 目	标 记	内 容	说 明	
通用部分	工 装 制造依据		产品图纸		成 型	成型方式		拉延		
			样板					成型		
			工艺主模型					整形		
			实样					单动		
			其他					双动		
	导向方式			导柱导套		型	过渡垫板		要(规格)	
				导板					不要	
				其他					卸件装置	要
	吊挂形式			螺栓吊环		冲	切刃材料		不要	
				浇铸式吊环					T8A	
				插入式吊环					G12, MoV	
				螺栓紧固钩					其他	
	润滑方式			不要吊挂		裁	卸件装置		固定式	
				毛刷涂油					托着式	
				不要润滑					浮动式	
	工件放入			润滑油		折	切刃形式		其他	
				人工					整体	
	工件取出			其他		弯	凸凹模材料		镶块	
				人工					T8A	
				自动落下					45 钢	
				冷气吹					其他	
	定位方式			其他		型	卸件装置		要	
				外形定位					不要	
				孔定位					模体形式	凸
	限位块			其他		弯	压板		凹	
				操作作用					要	
	滑动部润滑			安全用		型	材料		不要	
				要						
废料取出 方 式			不要		型	材料				

零件工艺方案

		编制日期			
本工序号		工件来自车间		组 套	
		工件交付车间		交 件	

工序简图(加工内容、冲压方向、送料方向、定位基准等):

编 制	校 对	技术主任	工程科	总工艺师

(2)用拉延槛形状定位。这多为曲面变化小的浅拉延件。

(3)用工艺孔定位。该工艺孔在拉延成型时冲出,由于操作麻烦,尽量少用。修边以后各工序的定位,一般都采用覆盖件本身的孔、侧壁形状或外形定位。

3. 冲压方向

各工序冲模的冲压方向尽量一致,不仅能减少工序间的工件翻转次数,而且能减少改制主模型的准备工作,从而提高工件质量和缩短制模周期。

六、工艺卡编制

上述工艺设计内容,最后要集中反映在工艺卡的编制中。目前,国内各厂使用的工艺卡形式极不统一,表 1-4 是某厂沿用国外表格经过实践逐渐改进的一种形式。

表格左上部为冲模数量,使用设备和工序套数要求,左下部为模具结构设计要求,右半部为工序件简图和模具结构示意图。

工艺卡是冲模设计的技术条件,也是冲模图纸进行会签的依据。

§ 1-4 覆盖件模具现状及发展

一、覆盖件模具现状

我国的模具工业现状,可用四句话概括:把模具工厂从依附于产品的从属地位中解救出来,开始了按行业规划进行管理和发展的时期;模具生产能力有了很大提高,但满足不了国民经济发展的需要;模具制造技术开始了 CAD/CAM 的新纪元,但技术水平有待提高,配套技术有待完善;模具技术队伍有很大发展,但人员素质有待迅速提高。

模具工业是一个技术含量很高,应用十分广泛的行业,汽车、家用电器、轻纺、机械和飞机等行业都需要大量的模具,模具是国民经济发展的基础行业。目前,许多工业发达国家,如日本、美国、德国和加拿大等国,把模具工业都作为一个独立的工业体系进行规划和发展,在税收和贷款上采取了倾斜的优惠政策,模具工业的发展速度高于其他行业,他们的模具工业产值已经超过机床行业。模具工业的发展促进了各行各业的发展。

我国的模具工业起步较低,绝大多数模具厂依附在产品厂内,全国目前 6000 家模具厂,从业人数约 30 万人,年销售额仅 40 亿元左右,专业化模具厂仅有 200 家,商品模具仅占 20%。“七五”规划时,我国把模具行业继锻造、铸造、热处理和表面处理之后,提到专业化管理行列,并注入了大量的资金,改造了一批专业化模具厂,还把一批有实力的依附在产品厂内的模具分厂和模具车间推向市场,使我国的模具有了长足的发展。

表 1-5 列出了我国模具工业现有能力水平和需要量的差距。“九五”期间一批改造项目投入后生产总能力也不足 1000 万小时,和需求还有较大缺口,因此模具每年都有较多进口。

表 1-5 模具需要量和现有能力对比

时 期	年需套数/万套	年需加工能力/万小时	现有加工能力/万小时
“七五”期间	20	1200~2000	466.6
“八五”期间			其中大型:184

我国的模具工业技术水平和国外比,仍存在较大的差距,特别是在大型、精密、复杂和长寿模具方面差距更大(见表 1-6)。

表 1-6 覆盖件模具国内外差距

项目	国内	国外
依据	大量依据图纸或主模型。数据和要求不明确、不协调	大量依据为数学模型、磁带、数据表。要求明确、协调
模具设计	大量采用传统的设计计算,效率低,且依据的主模型数据可靠性差,设计方法笨重。少量采用 CAD 设计技术	采用 CAD 设计,超过 50%,自动绘图、精确度高,计算数据可靠、准确、效率高
坯料	开始广泛应用 FMC 铸造毛坯,但实型铸造模型加工手段落后,余量失控,模型检测手段落后,浇铸系统失去控制,铸造余量大,8~16mm	采用 FMC 铸造毛坯,模型应用高速数控铣加工,加工余量小,仅 6~10mm,铸造采用微机控制系统,严格控制上料、配方、铸造温度等环节,铸造组织细密
制造	大多数仍用普通机床分工序加工,效率低,精度差,余量大,钳工研修量大。少数采用 CAM 技术或用 CAM 精加工	普遍应用 CAM 技术、数控铣和数控仿型铣加工,实现一次装夹完成多工序加工,效率高,精度高,钳工研修量很小
研修调整	钳工研修大量采用国产合模机,性能差,精度低,存在大量机外研修。 采用专用或生产设备试冲调整,周期长,装模量大	大量采用研配压力机或研配系统机床,有翻转移出数显功能,平行度和复位精度高,小于 0.02mm,且能一次试冲调整完毕
标准件	标准件大多数自制,外购件少,标准化程度低,标准件商品品种不齐全	标准件供应渠道通畅,商品化程度高、品种齐全
质量精度	精度较国外低 1~2 级,型面粗糙度 R_a 1.60~0.80,模具寿命 3~5 万次	精度高 1~2 级,型面粗糙度 R_a 0.80~0.40,寿命可达 20~30 万次
检测	通用测量手段,精度低,型面采用立体依据测量。少量用三坐标测量机	采用三坐标测量机、计算机控制可显示、打印,准确高效
制造周期	9~12 个月,大型可达 15 个月	一般 6~9 个月

值得高兴的是这种差距正在缩小,“七五”规划改造的一批厂,起点都较高,数控技术被广泛地应用,但随之而来的是人员显得老化,人员素质急需迅速提高,现有人员的再培训任务很重,要实现模具技术人员和计算机技术人员的交融,彻底改变专业分割的状态。

二、今后发展趋势

为了提高汽车车身表面质量和降低汽车生产成本,迅速提供车身制造工艺装备,除加强行业管理之外,最根本的还是要提高模具制造技术水平,发展趋势有如下几点。

1. 数学模型

从汽车车身设计开始,建立全车的数学模型,用以代替实体主模型。数学模型是覆盖件模具实现 CAD/CAM 技术的基础。在新的一体化汽车车身设计和制造过程中,从产品设计、工程图纸绘制、结构分析,到冲模设计、模具型面的数控加工都围绕表达车身形状和特性的数学模型展开。今后,无论是汽车覆盖件图纸,还是模具型面的加工程序,都由定型的车身数学模型自动生成。

在覆盖件设计分析阶段,显示在计算机屏幕上的数学模型可以很方便地进行缩小、放大、平移、旋转、消除隐线、图形修改、工艺补充设计、照光着色和透视感处理等,从而可以有效地帮助人们观察和分析各种技术问题。

随着技术的发展,数学模型的用途也将更加广泛。因此,在现有的基础上,不断更新观念,开发应用软件,扩大应用范围是一项十分重要的工作。

2. CAD 技术

覆盖件冲模的 CAD 技术是以产品的数学模型作为依据进行的。它除了使用具有较大数据处理能力的大型计算机或工作站,还需要有各种功能的软件进行支援。在图形终端,用光电游标选择软件中的相应菜单或用键盘输入相应菜单的序号,实现人机对话。冲模 CAD 要根据各种工艺要求进行具体的冲模设计。

由于覆盖件形状特别复杂,要实现全部 CAD 还是比较困难的,就是日本等工业发达国家也还没有 100%地实现 CAD,今后我们的任务就是要不断扩大 CAD 比例。

3. CAD 技术

目前,CAD 技术应用较广泛。普遍的方法是根据主模型进行数学扫描,然后 CAM 加工,或者应用数控仿型铣床进行加工。

CAM 和 CAD 相结合,将设计中的形状信息与加工中的加工信息相结合,应用加工软件,如 APTASS 软件,由计算机进行编程,并控制数控机床选用刀具、最佳切削量和实现刀具轨迹。这样可保证模具的高精度,达到一次加工合格,不需要反复研修。

4. CAT 技术

计算机辅助测量(CAT)使用三坐标测量机,可以彻底改变现有的测量手段,使模具制造处于可靠的监控状态。

5. 研修技术

现在的研配压力机,上工作台可以翻转 $95^{\circ}\sim 180^{\circ}$,下工作台可移出机床外,研修模具非常方便,研修后复位精度可达到 0.02mm。

FMS 研配系统是一种更先进的设备,它由主机和辅机(研架)组成。在主机上进行合模、试冲和检测,在辅机上进行翻转研修。一台主机可配置 2~8 台研架,研架和主机之间通过导轨和转台连接起来,研修后的模具连同工作台一起转移到主机上,快速装夹装置可保证研修和试冲工作连续不断地进行。

6. FMC 技术

实型铸造技术(FMC)能够提供高质量的模具毛坯,铸造余量 8~12mm,数控加工时粗铣和精铣各一次,就可以达到规定要求。

实型铸造用的模型是用泡沫状的较软的聚苯乙烯塑料制成,型面采用高速数控机床加工,能够保证均匀的余量。

我国现在使用的模型材料质量不过关,影响铸件细密度,需要改进。铸造系统需要对配方、熔化温度和浇注温度等进行控制。

7. 模具 CIMS 管理

模具的 CIMS 管理包括信息管理、技术管理、物流和经营管理等许多系统。企业从订货到交付的全过程都实现电脑化管理。CIMS 可使模具企业面貌发生根本性变化。目前我国已着手进行这项工作,具体实行时应首先在某个子系统的管理中应用电脑,然后集成,达到高层次的管理水平。

第二章 拉延模设计

§ 2-1 拉延模种类

一、单动压力机用拉延模

1. 导向板型式

图 2-1 所示为导向板拉延模。其结构简单,成本较低,模座用钢板或整体铸件。导向板

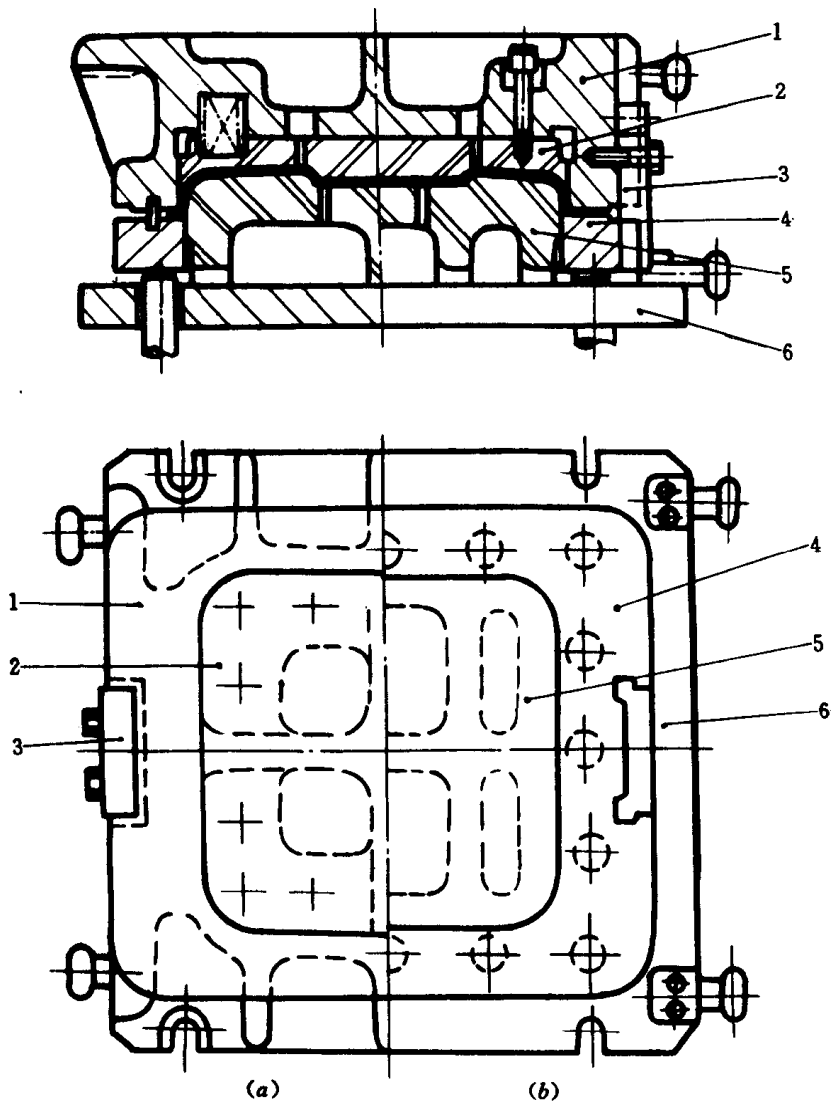


图 2-1 导向板型式

(a)上模平面图;(b)下模平面图。

1—凹模;2—顶压板;3—导向板;4—压料圈;5—凸模;6—下模座。

拉延模适用于浅拉延件和侧向力小的拉延件,中小批量生产广泛采用。

2. 导向板带剪切型式

图 2-2 所示为在凹模和压料圈上设置剪刀,使毛坯角部的剪切和拉延同时进行。设计时需注意剪切力和压料缓冲压力之间的关系。这种结构要求模具的导向精度高,因此多半采用导向板(或导向块)和导柱导套的双重导向结构。

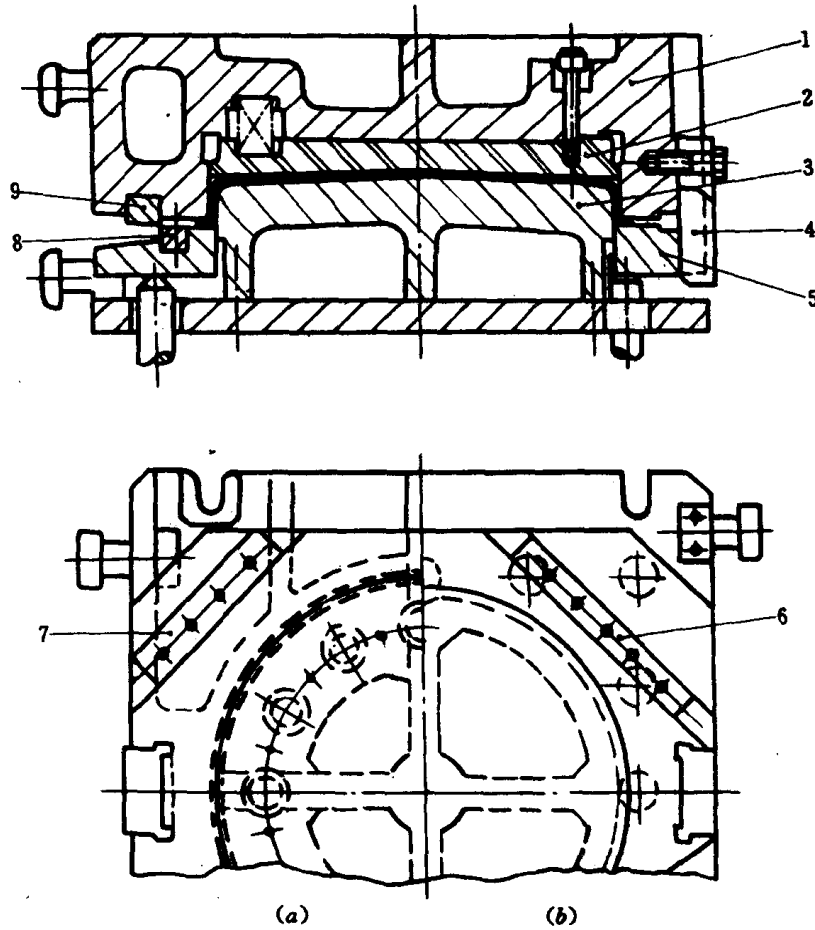


图 2-2 导向板带剪切型式

(a)上模平面图;(b)下模平面图。

1—凹模;2—顶压板;3—凸模;4—导向板;5—压料圈;

6、8—下模剪刀;7、9—上模剪刀。

3. 导向块型式

图 2-3 所示为导向块型式。导向块比导向板刚性大,依据模具的大小和侧向力情况,可使用两侧对称导向或四角导向。导向块可以和模座整体铸造,也可分开制造,这要根据设备能力决定。

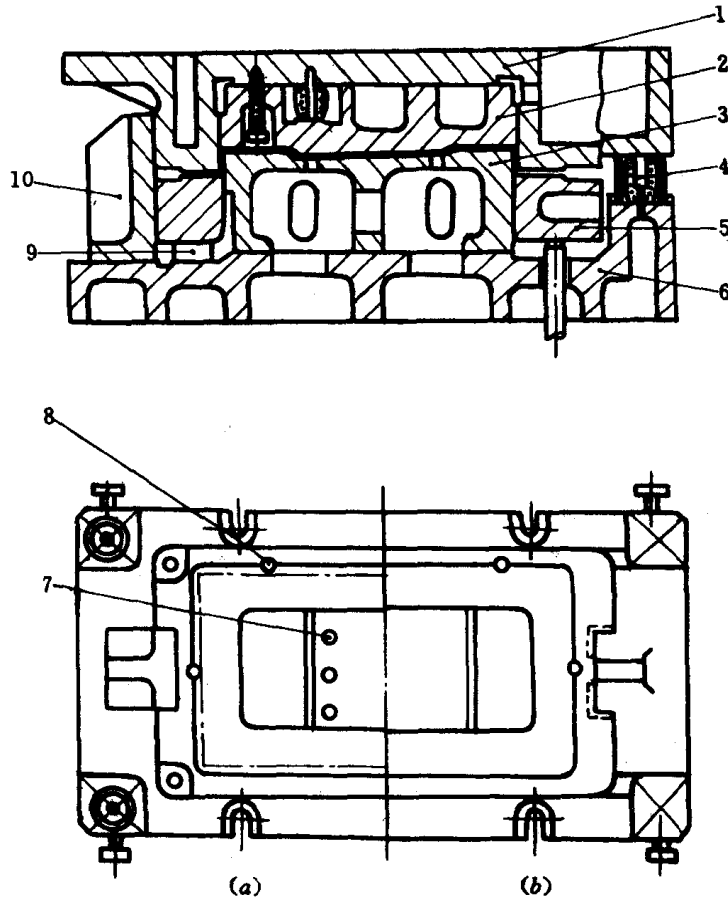


图 2-3 导向块型式

(a)下模平面图;(b)上模平面图。

1—凹模;2—顶压板(缓冲器);3—凸模;4—限位器(模具保管用);5—压料圈;6—下模座;

7—通气孔;8—定位销;9—限位块;10—导向块。

4. 箱式背靠块压料圈的导向型式

压料圈使用箱式背靠块导向(见图 2-4)是一种常用的标准结构型式,它比导向板、导向块型式的刚性都高。适用于模具型面倾斜较大的拉伸模。整体式铸造结构可以有效地消除侧向力,保证拉伸时凸、凹模间隙。外廓尺寸大的拉伸模更常采用。

5. 箱式背靠块上、下模导向型式

图 2-5 所示为箱式背靠块上、下模直接导向结构,适用于模具外廓尺寸非常大、凸模型面异形、拉伸深度较浅、板厚大于 2.3mm 及承受侧向力大的情况。

6. 带切口的拉伸模

工件型面复杂,局部胀型严重,成型困难时,在废料上冲制工艺切口,可提高成型可靠性(见图 2-6)。为方便模具调整和维修,常采用可拆卸结构。由于切口完全冲落,废料处理

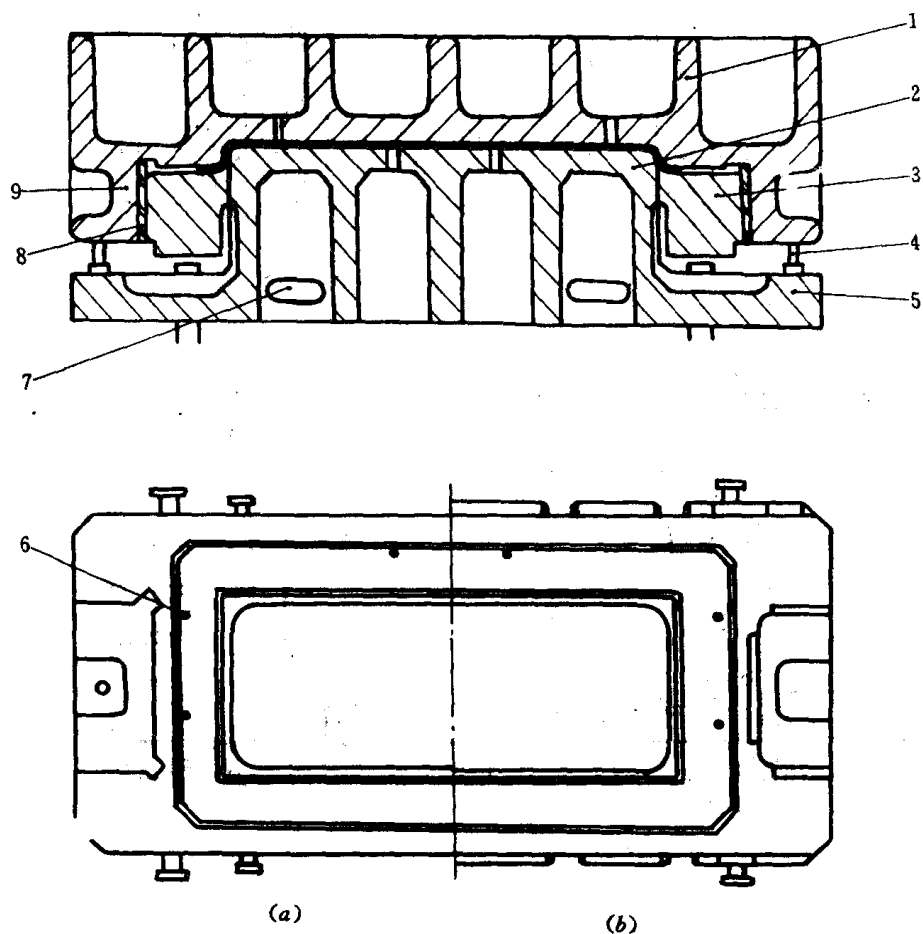


图 2-4 箱式背靠块导向型式

(a)下模平面图;(b)上模平面图。

1—凹模;2—凸模;3—压料圈;4—限位销;5—安全垫装配图;6—定位销;
7—叉车叉用孔;8—防磨板;9—箱式背靠块。

很麻烦,所以常用废料不完全分离型式,使其部分和工件连在一起,和工件同时取出。

二、双动压力机用拉延模

1. 凸模和压料圈导向型式

图 2-7 所示为双动压力机用大型覆盖件拉延模,它是批量生产类型的标准结构。毛坯导向装置可保证上料机准确地将毛料插入模具,支承毛料不致下塌,平稳地把毛料送到指定位置上。掩盖式定位装置可保证取件时不受妨碍。本模具由于没有压料圈和凹模之间的导向,只适用于凹模表面比较平的拉延模。

2. 压料圈和凹模导向型式

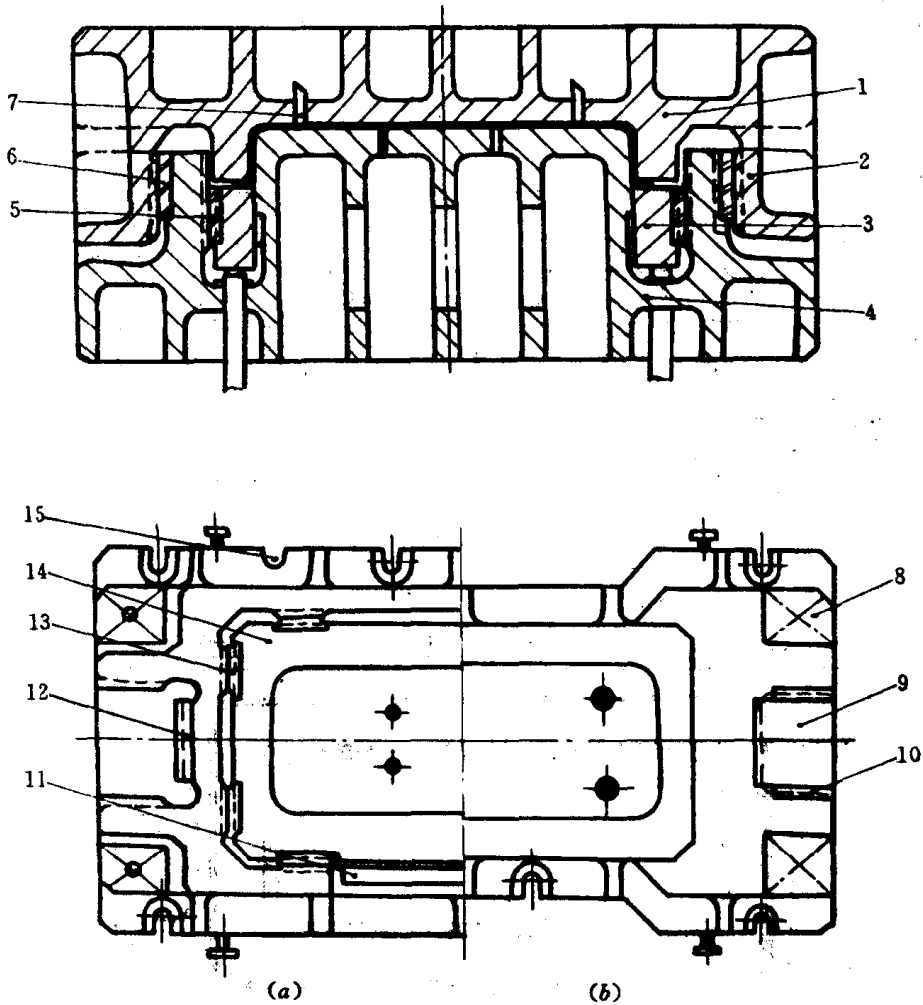


图 2-5 箱式背靠块上、下模导向型式

(a)下模平面图; (b)上模平面图。

1—凹模; 2—箱式背靠块(和凹模一体); 3—压料圈; 4—凸模; 5、13—耐磨板(压料圈导向部分);
6、10、12—耐磨板(背靠块导向部分); 7—通气孔; 8—安装垫安装座; 9—背靠块; 11—安装板;
14—压料圈; 15—模具定位槽。

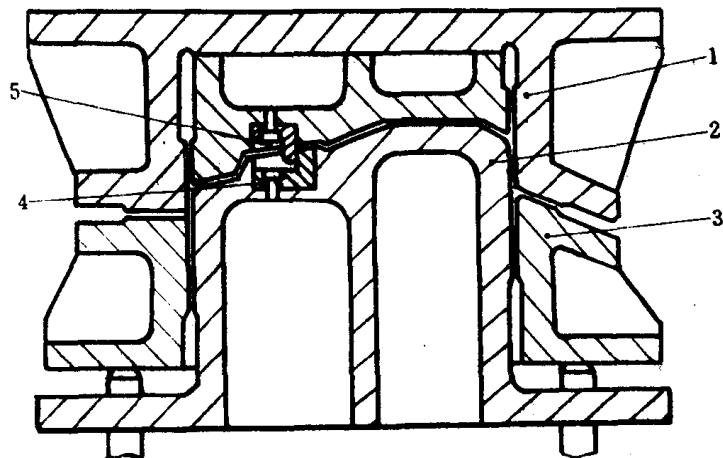


图 2-6 带切口拉伸模

1—凹模; 2—凸模; 3—压料圈; 4—切口凹模; 5—切口凸模。

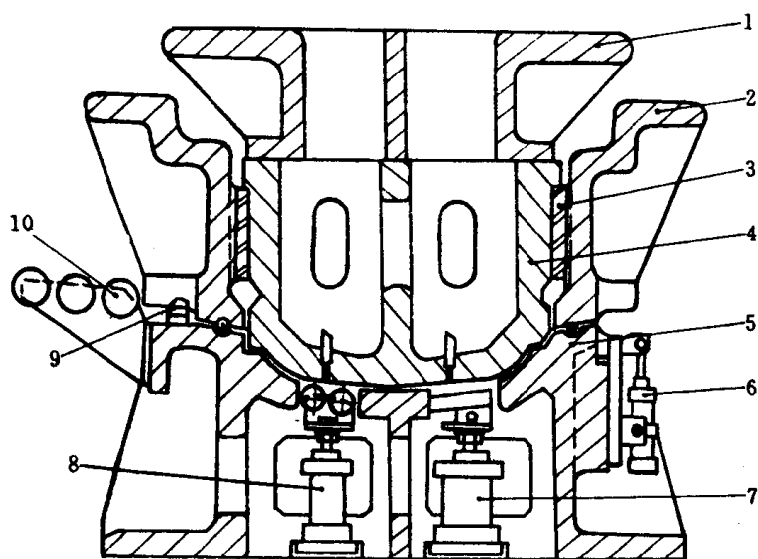


图 2-7 凸模和压料圈导向型式

1—凸模提升装置；2—压料圈；3—防磨板；4—凸模；5—凹模；6—掩盖式反向定位装置；
7—毛坯导向装置；8—升降机；9—前定位装置；10—毛坯插入用滚式滑道。

图 2-8 所示的压料圈和凹模之间采用背靠块导向，适用于凹模表面倾斜和异形形状的拉延模。它可有效地消除侧向力对成型的不利影响。

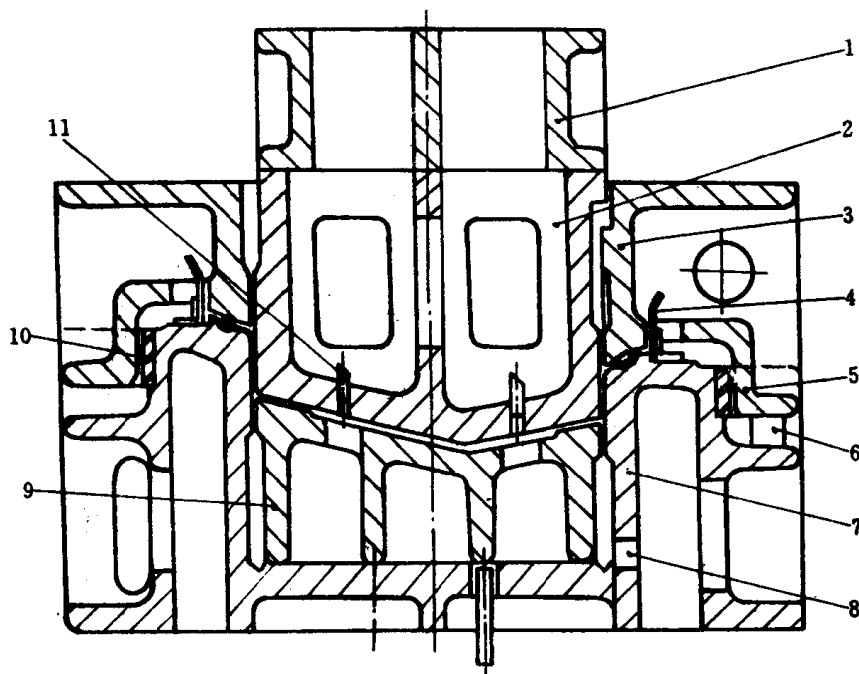


图 2-8 压料圈和凹模导向型式

1—凸模提升装置；2—凸模；3—压料圈；4—侧定位板；5—背靠导向块；6—限程调节楔；
7—凹模；8、11—通气孔；9—顶压板；10—防磨板(背靠导向部分)。

§ 2-2 拉延模结构

一、典型结构

形状简单、深度浅的覆盖件一般采用单动压力机来成型；形状复杂、深度深的覆盖件必须采用双动压力机成型。这是因为单动压力机的压料力是靠机床下面的油缸获得的，油缸的压力和行程都比双动压力机小得多，它不能提供较大压料力和大行程的复杂深拉延件所需的成型力。其次，单动压力机所用拉延模的压料圈比较薄，刚性相对弱，亦不能适应复杂深拉延件的成型。

双动压力机所用拉延模的结构比较简单，主要由三大件（凸模、凹模和压料圈）或四大件（凸模、凸模固定座、凹模和压料圈）组成。这种拉延模呈正装形式，凸模和压料圈在上，分别安装在压力机内、外滑块上；凹模在下，直接装在下台面垫板上。凸模与压料圈、凹模与压料圈之间分别装有内、外导向装置。模具的外廓尺寸和闭合高度必须严格适应压力机技术参数要求，设计时要慎重决定。

下面仅以某型汽车前围外盖板为例，从分析覆盖件图入手，确定其拉延件和拉延模结

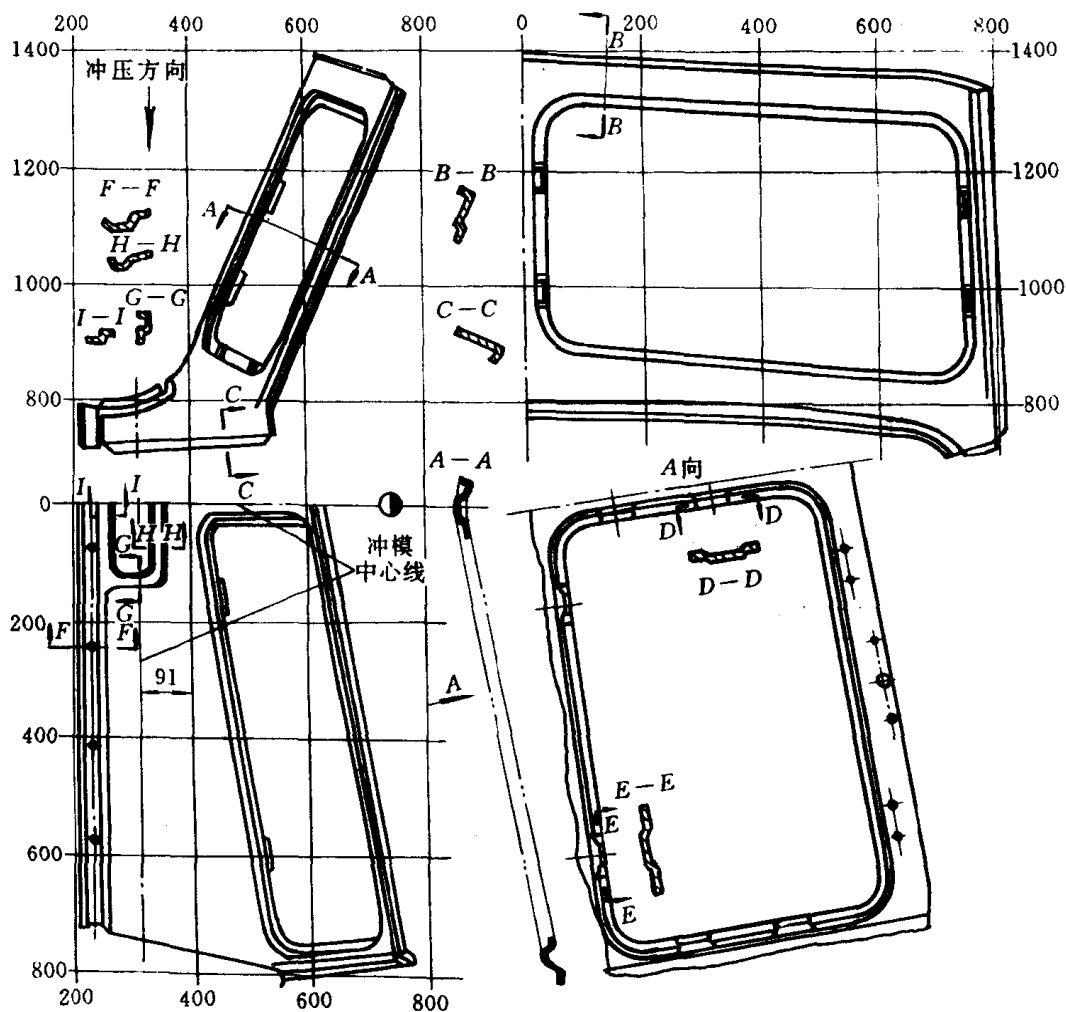


图 2-9 某汽车前围外盖板覆盖件

构。

图 2-9 为某型汽车前围外盖板的覆盖件图。该零件属于有对称平面的覆盖件,对称面就是汽车中心平面。零件上有两个对称的窗口和一些小的安装孔,多处有翻边及圆角。完成该零件冲压需六道工序,即 1 拉延,2 修边冲孔,3 翻边,4 冲窗口压圆角,5 修边冲孔,6 翻边翻口。

对零件翻边进行展开,考虑到拉延时的压料,拉延筋的布置,补满窗口,再加上工艺补充部分,构成一个有利成型的拉延件,如图 2-10 所示。

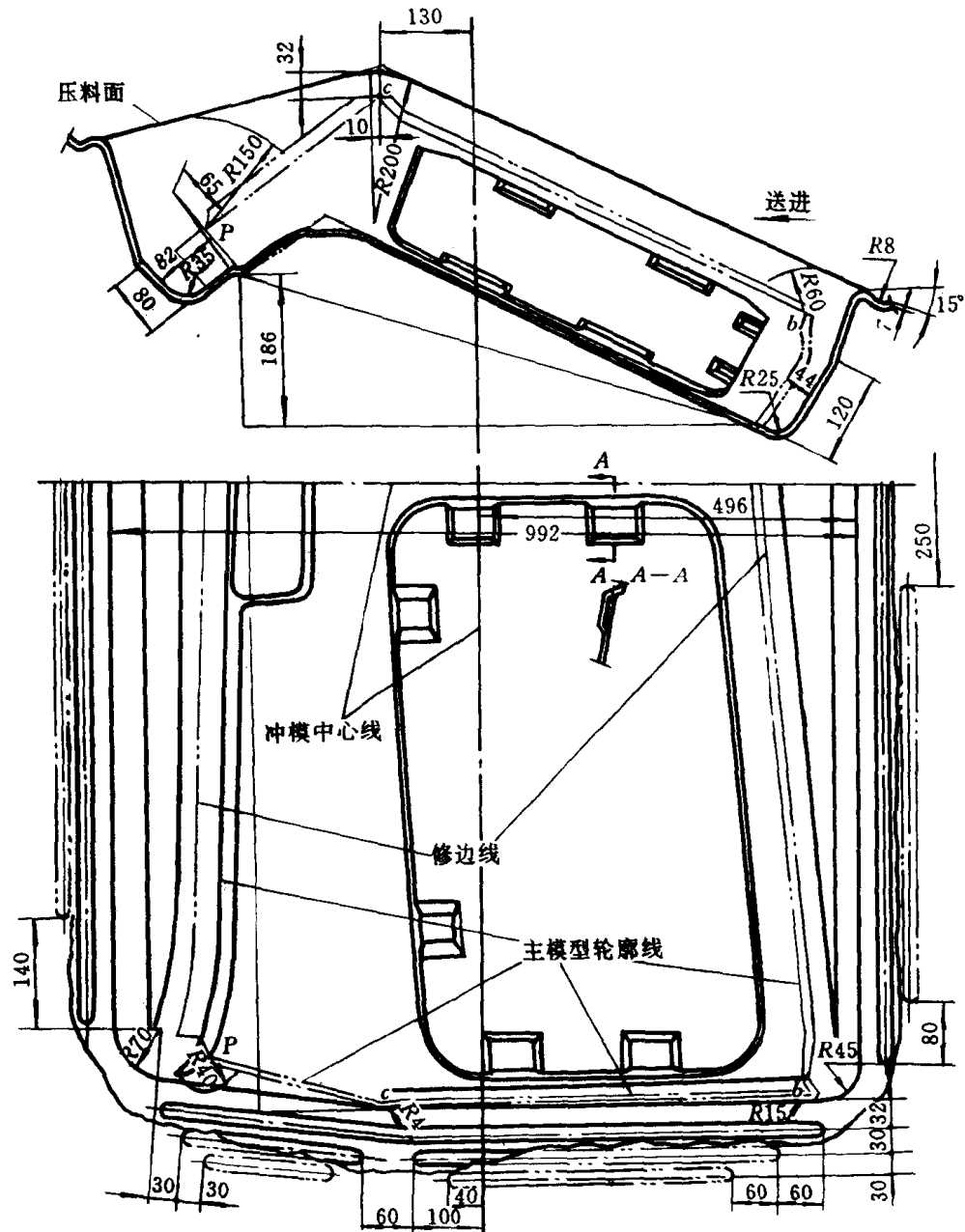


图 2-10 前围外盖板拉延件

绘制拉延件图有如下要求。

(1)按拉延件在拉延模上的位置绘制。

(2)应标注工艺补充部分的尺寸,标注拉延件在拉延模上的定位尺寸。一般不标注覆盖件图原有的尺寸。

(3)绘出修边及翻边的示意线。

(4)绘制拉延件图时,简单件根据覆盖件图,复杂件还要根据对主模型和实样件的实际测量进行绘制。这对于确定拉延位置时的压料面和工艺补充部分尺寸十分重要。

该覆盖件的拉延方向,是将零件沿着垂直于对称面的轴进行旋转而确定的。以拉延件对称面的上端点为“0”,流水槽点高出上端点 186mm,此时窗口反拉延斜度较均匀。拉延时窗口及通风孔处材料先补满并将翻边展开。为了减少拉延深度并保证修边时凸模有一定强度,如图 2-10 所示,压料面的最高点距修边线为 32mm。图 2-11 中的 β 角一定要大于 α 角才能保证拉延过程中凹模口内的材料不起皱。这在拉延件设计中必须充分考虑。该零件的压料面以 b 点为圆心,以 $R60$ 为半径划弧;以 P 点为圆心,以 $R150$ 为半径划弧。在拉延开始时,凸模与压料面下的材料接触点较多,从而减少了材料对凸模的相对移动,可使拉延件的表面质量提高。

在拉延件设计时,还必须考虑以后的修边和翻边工序要求。该拉延件工序 2 中采取垂直修边修上端水平段及两边与车门接触部位;在工序 5 中采取垂直修下端,并倾斜修两边与前围下边板接触部位。

该拉延件设计时,为了保证 $\alpha > \beta$ 的要求,工艺补充造成的废料较多。该拉延件重 16kg,覆盖件重 5.1kg,工艺补充部分重达 10kg 以上,材料利用率仅为 31.9%。一般覆盖件的材料利用率约为 65%。

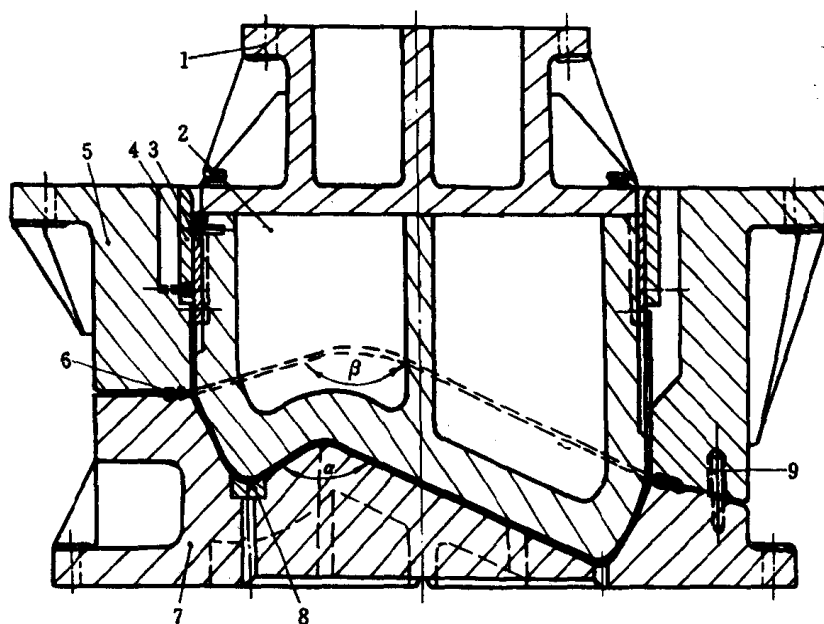


图 2-11 前围外盖板拉延模

1—凸模固定座;2—凸模;3、4—导板;5—压料圈;6—拉延筋;7—凹模;8—顶件器;9—挡料销。

前围外盖板拉延模由凸模、凹模、压料圈和凸模固定座四大件组成。凸模、凹模和压料圈采用钼钒合金铸铁,加工后于棱线、凹模拉延圆角等处进行表面火焰淬火处理,硬度可达 HRC50~55。凸模固定座采用普通灰口铁 HT150,或 HT200。各铸件铸造后都需经正常化处理以消除铸造应力。拉延完成后由顶件器顶出,以便机械手取件。

二、结构尺寸

拉延模的凸模、凹模、压料圈和凸模固定座等都采用铸件毛坯。铸件既要尽量轻,又要有足够的强度和刚度。因此可将铸件的非重要部分挖空,并在影响强度和刚度的部位增加立筋。

一般地讲,模具铸件壁厚与模具的尺寸、生产批量和受力情况有关。合理选用铸件壁厚不仅可节约材料,也有利于提高铸件质量。铸件的壁厚和结构参数没有统一的标准,各国各厂推荐的数据不尽相同,这里推荐在小批量和大批量生产时铸件各部分壁厚的参考数据分别见图 2-12、图 2-13 和表 2-1、表 2-2。

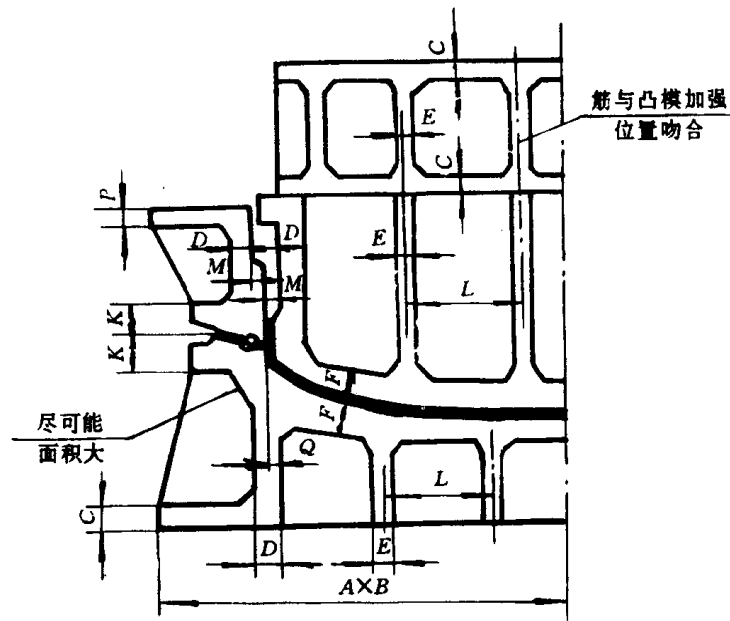


图 2-12 小批量生产时拉延模铸件壁厚

表 2-1 小批量生产时拉延模铸件壁厚数据

单位: mm

模具尺寸 $A \times B$	C	D	E	F	K	M	P	L_{\max}	Q
1500×2500	50	50	40	50	60	20	60	300	10
1000×2000	40	40	30	50	50	20	50	300	10
800×1500	30	30	30	40	40	10	30	300	10
400×800	30	30	30	30	30	10	30	200	10

表 2-2 大批量生产时拉延模铸件壁厚

单位: mm

模具大小	A	B	C	D	E	F	G
中小型	40~50	35~45	35~45	30~40	35~45	30~35	30
大型	75~120	60~80	50~65	45~65	50~65	40~50	30~40

压料面处的宽度按拉延前毛坯的压料宽度加大 40~80mm, 约在 130~240mm 范围

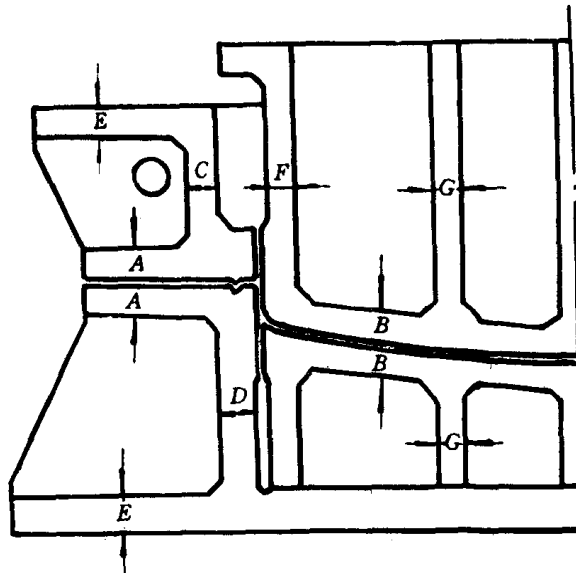


图 2-13 大批量生产时拉伸模铸件壁厚

内。

铸件中应设置清砂孔和减轻重量的孔(见图 2-14),具体结构尺寸见表 2-3。

表 2-3 铸造孔的尺寸

单位: mm

A	最小 50
B	最小 20
C	最小 60(2.5A 以下)
D	最小 40(T/2 以上)
H	2.5A 以下
T	25~60

筋的布置应避免十字交叉,最好是丁字交叉,如图 2-15 所示。壁厚尽可能均匀,避免急骤变化的斜面。壁厚过薄,浇铸时熔融金属的流动变坏。厚壁和薄壁接合部位要设置过渡区,各过渡接合角部位尺寸详见图 2-16。

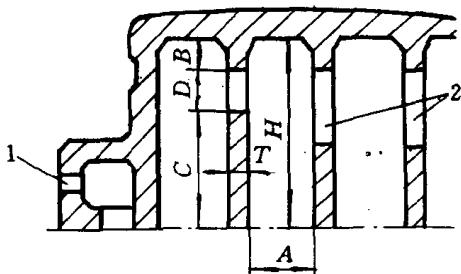


图 2-14 铸造孔

1—清砂孔;2—减轻重量的孔。

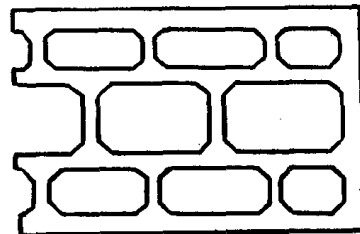


图 2-15 铸件筋的布置

冲模的闭合高度应适合压力机的规格。双动压力机的内滑块上装有固定垫板,凸模通过凸模固定座装在内滑块固定垫板上。一般要求凸模固定座上平面较压料圈上平面高出350mm(H)以上,以利于人工安装模具。外滑块上的垫板和工作台上的垫板视冲模要求可以随时拆装。图2-17所示为在双动压力机上安装模具时采用凸模固定座的情况。在新型压力机上,为了便于快速装卸模具,滑块上增加了快速夹紧装置。快速夹紧装置有气动和电动两种型式。考虑模具大小的需要,夹紧装置设计成可移动式结构。

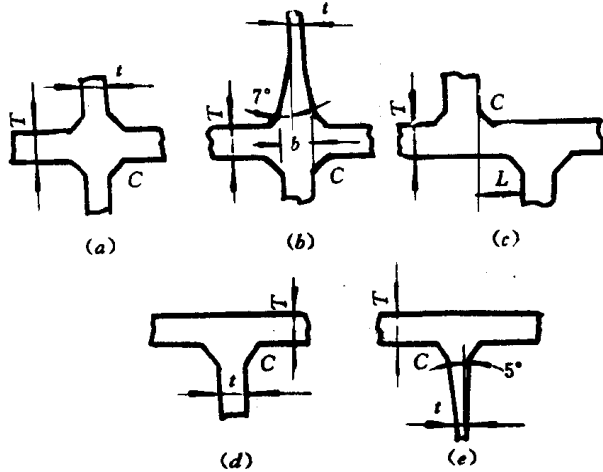


图 2-16 铸件筋接合角部的尺寸

- (a) $T \geq t \geq 2/3T$ 时, $C = t/2, 10 \leq C \leq 30$;
 (b) $t < 2/3T$ 时, $C = t/2, 10 \leq C \leq 30, b = (2t + T)/2$;
 (c) $L > 2T$;
 (d) $t < 2/3T$ 时, $C = t/2, 10 \leq C \leq 30$;
 (e) $t < 2/3T$ 时, $C = T/3, 10 \leq C \leq 30$ 。

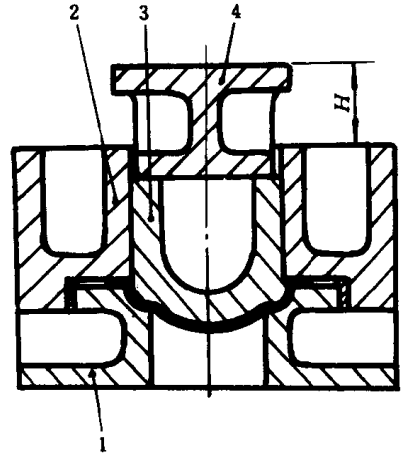


图 2-17 在双动压力机上安装模具示意图

1—凹模;2—压料圈;3—凸模;4—凸模固定座。

§ 2-3 凹模结构

拉伸凹模的主要作用是提供了凹模压料面、凹模圆角和凹模洞口。

凹模压料面按拉伸件压料面设计,凹模压料面有平面和曲面两种形状,平压料面制造容易,曲压料面可减少拉伸深度。

一般情况下,凹模圆角:

$$R_{\square} = (6 \sim 10)t$$

式中 t ——板料厚度(mm)。

当凹模圆角处于工艺补充部分上,根据常用覆盖件板料厚度,取中间值(8~10mm)。当压料面是覆盖件本身凸缘的一部分时,则凹模圆角半径就是覆盖件要求的圆角半径。如果覆盖件要求圆角半径过小,影响拉伸变形时,则适当加大到合适数值,用后续的工序整形圆角也能达到要求数值。

凹模洞口有以下三种型式。

一、活动顶出器闭口式凹模结构

拉延件上有装饰棱线、筋条、复杂凸包和凹坑等,为制造方便,要求采用活动顶出器结构,如图 2-18 所示。反拉延窗口也适用此种型式。活动顶出器还有利于出件。顶出器靠弹簧或机床顶出缸动作。

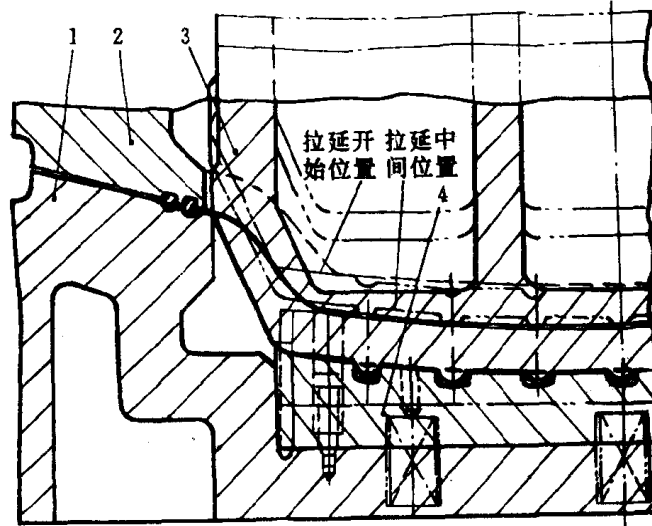


图 2-18 活动顶出器闭口凹模示意图

1—凹模;2—压料圈;3—凸模;4—顶出器(压筋凹模)。

二、闭口式整体凹模结构

图 2-19 所示为汽车顶盖闭口整体拉延模。凹模洞口内的装饰筋采用镶件方法,由于拉延件很浅,又没有直壁,镶件制造不困难,所以凹模制成整体式,不必采用活动顶出器结构。

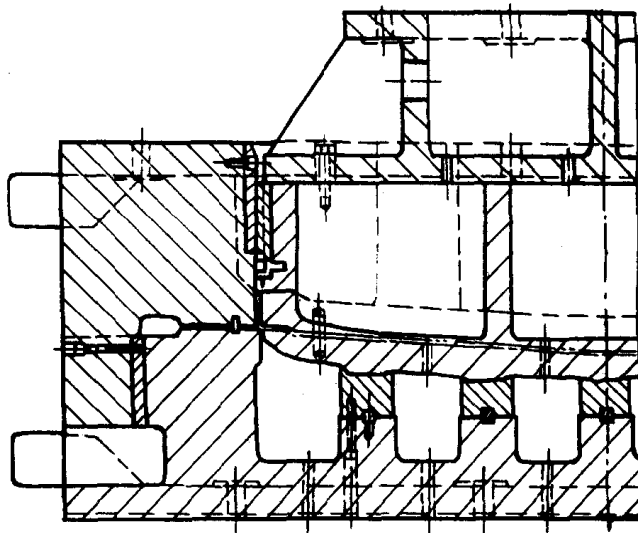


图 2-19 闭口整体凹模结构示意图

三、通口式凹模结构

图 2-20 所示的凹模洞口内装有成型用凹模心,它被直接固定在底板上,适用于拉延件形状复杂但没有直壁的情况。此时凹模洞口是通的,制造较方便。反拉延的凸模应是固定式,也适于这种结构。通口式凹模洞口形状就是拉延件在冲压位置上压料部分以内形状的水平投影,所以凹模可在底面上划线制造洞口。通口式凹模和反拉延凸模及顶出器组合配套后,同时安装在底板上,同时靠铣床或数控机床加工,可保证型面形状正确。

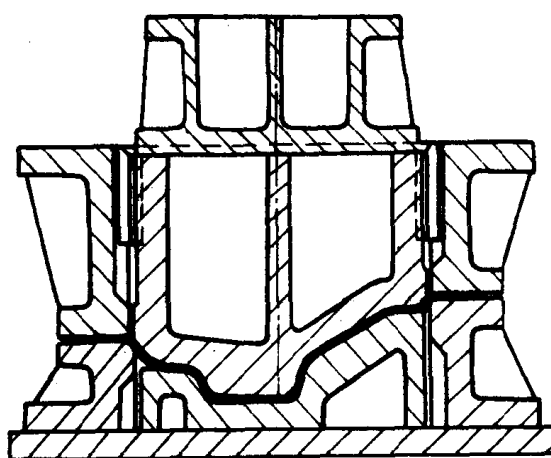


图 2-20 通口式凹模结构示意图

§ 2-4 拉延模的导向

拉延模的导向分内导向和外导向。外导向是指压料圈和凹模之间的导向,内导向是指压料圈和凸模之间的导向。

常用的导向零件有导向板、导向块和背靠块三种。一般冲模使用的导柱导套,在覆盖件拉延模中,只有当拉延兼冲孔时才兼而用之。

一、导向件

1. 导向板

国内常用的导向板结构尺寸如图 2-21 所示。导向板材料为 T8A, 淬火硬度 HRC53~57。为了使导向板便于进入导向面,其一端制成 30°斜面。

导向板广泛用于中小型拉延模,其长、宽尺寸依据模具大小和受力的方向等进行调整。

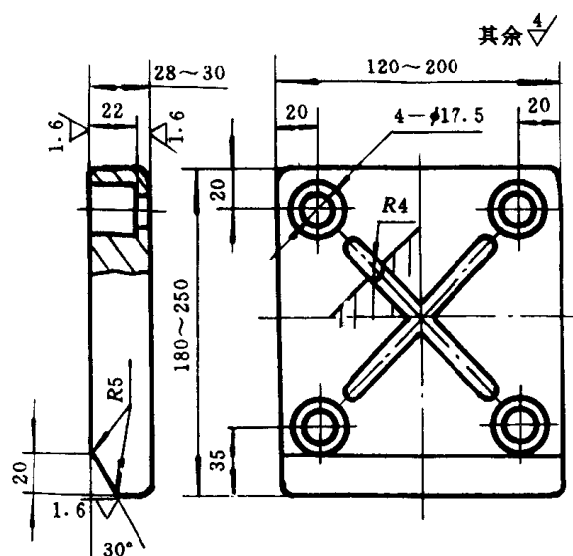


图 2-21 导向板结构尺寸

新型的自润滑导向板如图 2-22 所示,板面的小孔 a 中填满石墨,在供油困难的地方使用特别适宜。导板材料有铸铁和特殊铜合金两种。

铸铁导向板用于滑动面与冲压方向平行,小批量生产,且降低模具费用等情况。

特殊铜合金导向板用于生产批量大,垂直载荷大的斜楔滑块部分和模具精度要求高等情况。

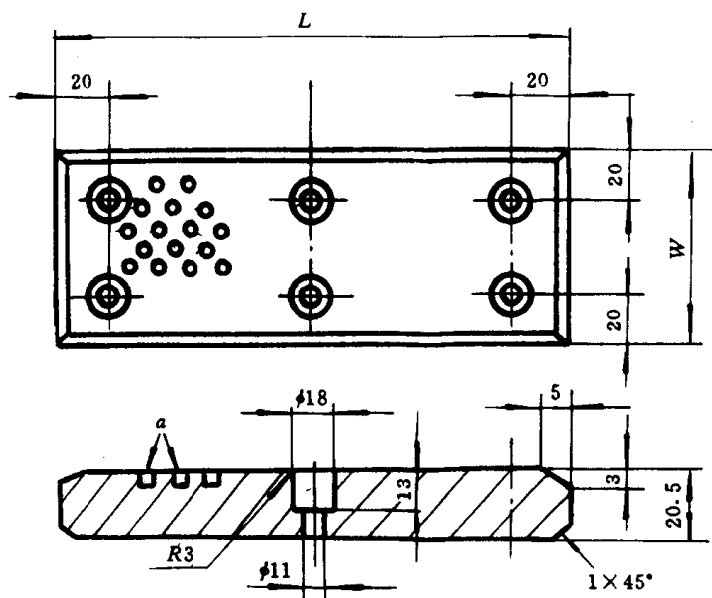


图 2-22 自润滑导向板

另一种型式的导向板如图 2-23 所示。用于中、小型拉延模(见图 2-1 和图 2-2)。导向板安装在上模,滑动部分在下部三面与下模滑合。

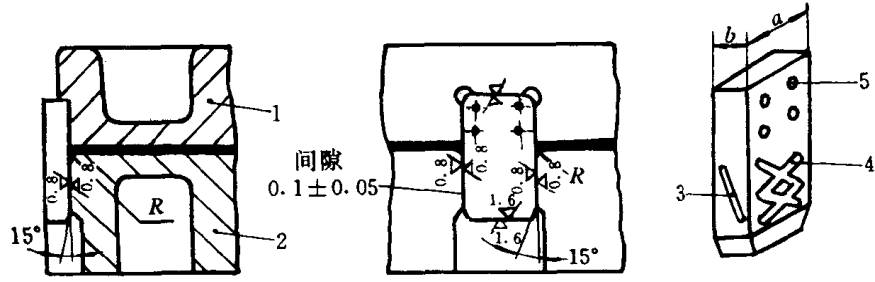


图 2-23 导向板示意图

1—凹模;2—压料圈;3、4—油槽;5—螺栓安装孔。

2. 导向块

导向块(以下简称导块)的使用方式与导向板相同。设置于模具对称中心时为三面导向,设置于转角处时为两面导向,尺寸 $a : b = 1 : (0.2 \sim 0.3)$,如图 2-24 所示。

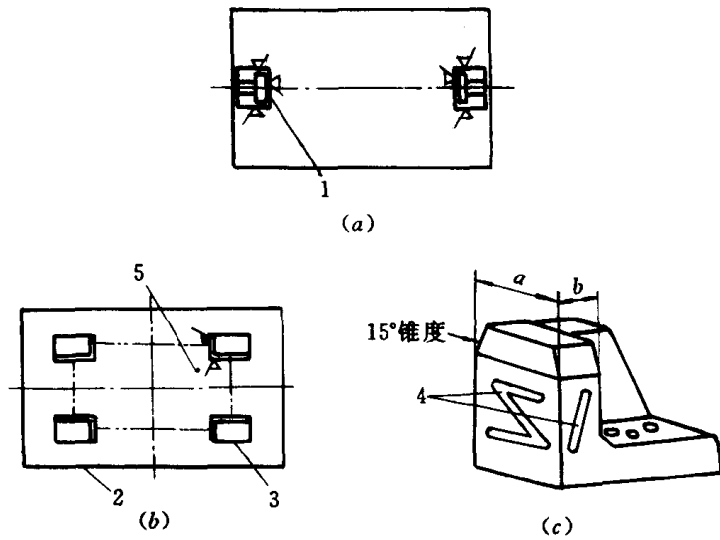


图 2-24 导向块使用示意图

(a)两处设置三面导向;(b)四处设置两面导向;(c)三面导向用导向块。

1、3—导向块;2—下模座;4—油槽;5—压料圈。

3. 背靠块

背靠块导向主要用于大型模具。拉延模等成型类模具对合精度要求不高时,可不用导柱,只用背靠块导向。修边冲孔落料模或拉延模中含有冲裁(如冲孔)工序,模具对合精度要求又较高时,其导向可采用背靠块和导柱并用。为了使防磨板的安装面和滑动面加工成直角,应避免采用端铣刀加工,而应使用三面刃铣刀铣削。组装时,在难于调整防磨板滑动面的情况下,为了便于测定,可在防磨板的上部或下部预先设置窥孔(铸孔),如图 2-25 所示。保存模具时,其滑动接触面的啮合要在 50mm 以上。背靠块的导向平面形式如图 2-26 所示。箱式背靠块加导柱的实例如图 2-27 所示。

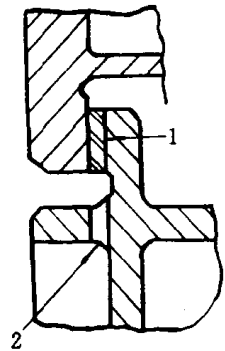


图 2-25 窥孔示意图

1—防磨板;2—窥孔(铸造孔)。

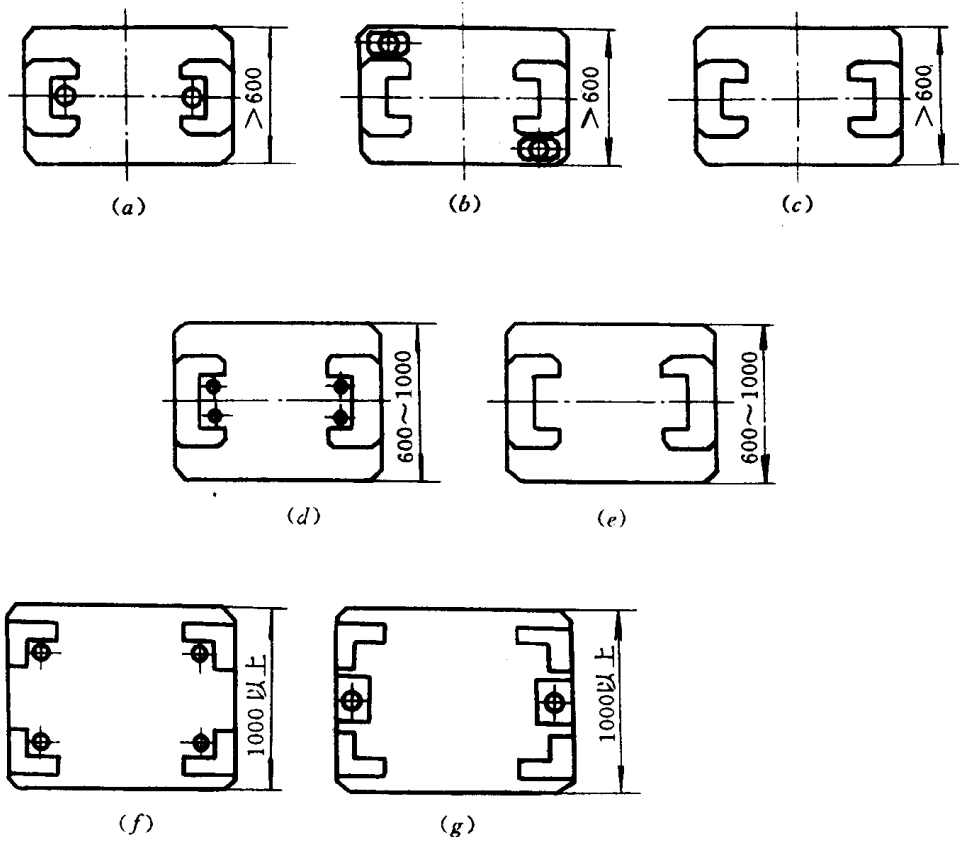


图 2-26 背靠块导向的平面形式

(a)两个导柱和两个背靠块;(b)两个导柱和两个背靠块;(c)两个背靠块;
(d)四个导柱和两个背靠块;(e)四个导柱和四个背靠块;(f)四个背靠块;(g)两个背靠块。

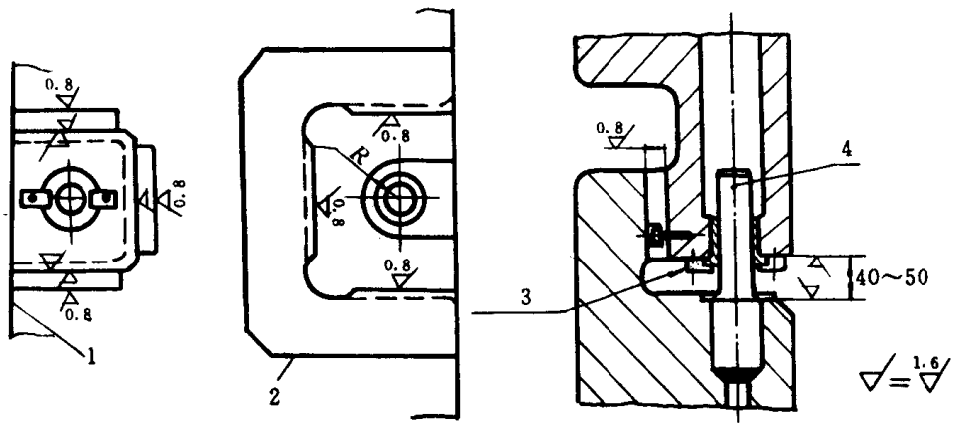


图 2-27 箱式背靠块(铸造)加导柱实例

1—上模;2—下模;3—导套止动件;4—导柱(与防磨板配合,预先要留有 300mm 以上的配合)。

二、压料圈和凹模的导向

常用的压料圈和凹模之间的导向,是在压料圈和凹模上铸出凸台和凹槽,并在其上安装导板以起导向作用,导向间隙为 0.3mm。

凸台和凹槽的放置位置根据需要决定。图 2-28(a)所示的凸台放在凹模上,其优点是

工人操作时看得清楚且较安全,缺点是调整冲模时妨碍打磨压料面和压料筋槽。图 2-28 (b)所示的凸台放在压料圈上,此时打磨压料面和压料筋槽较容易,放料和取件方便,多用于压料面形状复杂的情况。

凸台和凹槽上安装导板有利于调整导向间隙,导向面可考虑一面装导板,另一面精加工,磨损时可在导板背后加垫调整,导板安装要考虑制孔的方便性。

凹槽与导向面之间的距离 A 等于压料面长度加上 $20\sim 40\text{mm}$; 距离 B 决定于压料面的宽度,一般取压料面宽度的 $\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}$ 。凹槽应对称分布。

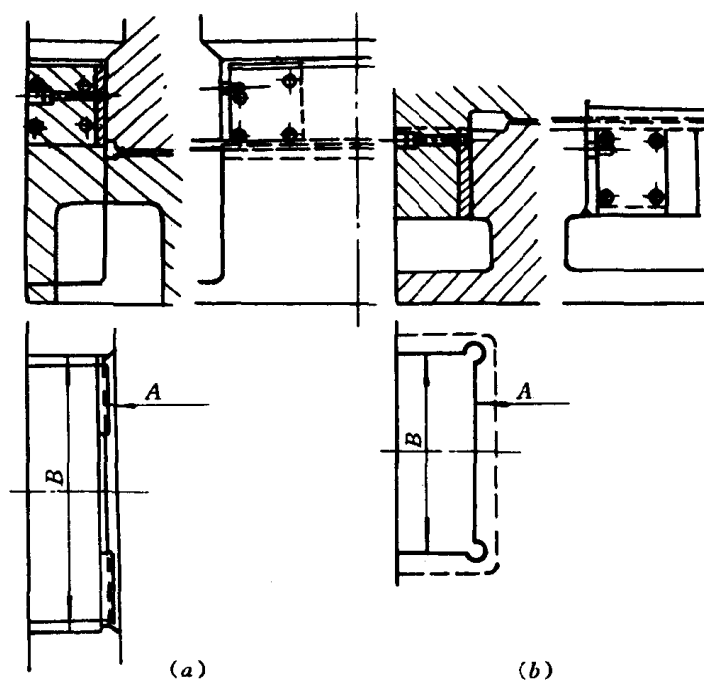


图 2-28 凸台和凹槽导向
(a)凸台在凹模上;(b)凸台在压料圈上。

三、凸模和压料圈的导向

凸模和压料圈的导向是用 $4\sim 8$ 对导板导向,导板数量根据模具大小及具体结构选定。导板应放置在凸模外轮廓的直线或形状平滑的部位。导向面应在压料圈内轮廓与凸模外轮廓之间空隙的 $\frac{1}{2}$ 处。拉延开始时导向面的接触(包括 30° 斜面部分)应不小于 50mm ,如图 2-29(a)所示,拉延结束时,凸模导板不脱离压料圈导板,如图 2-29(b)所示。

导板无论安装在凸模或压料圈处,其安装面应充分考虑到易于铸造保证尺寸,便于机械加工。图 2-30(a)所示的凸模导板结构,铸件中的空隙大,机械加工面积最小,是合理的结构形式。

图 2-31 为压料圈导板示意图。压料圈上的导板安装面需要加工,考虑到机床加工条件、加工深度不宜大于 250mm 。为了降低加工面的深度,可将 30° 斜面放在凸模导板上,如图 2-30(b)所示,这样凸模导板尺寸加长,相应地可将压料圈导板长度缩短,如图 2-31 所示。

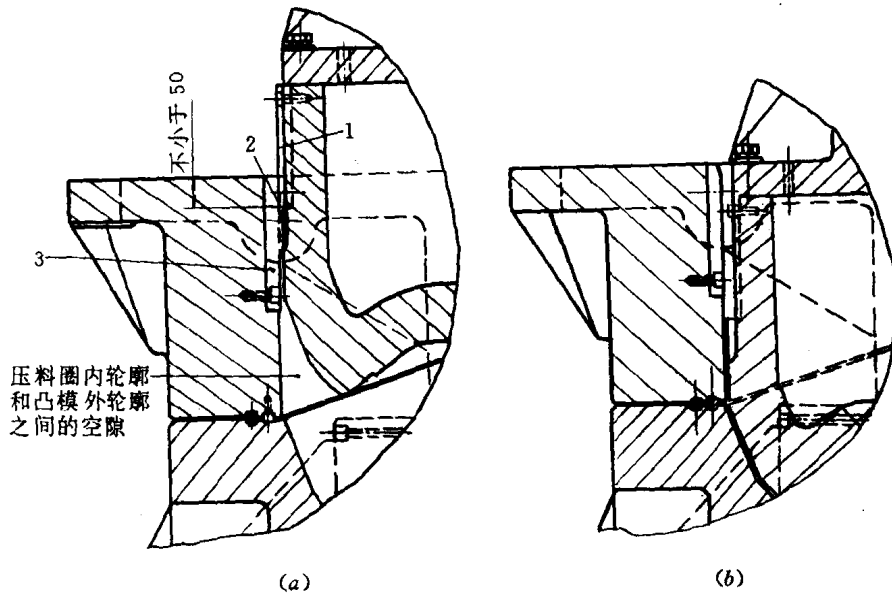


图 2-29 凸模和压料圈的导向示意图

(a) 拉伸开始时; (b) 拉伸结束时。

1—凸模导板; 2—导向面; 3—压料圈导板。

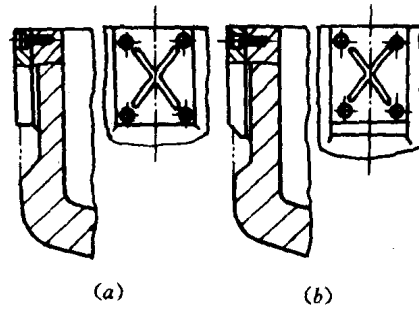


图 2-30 凸模导板结构示意图

(a) 一般导板; (b) 带 30° 斜度的导板。

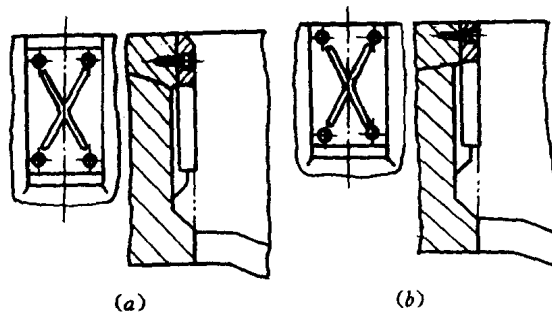


图 2-31 压料圈导板结构示意图

§ 2-5 拉延筋和拉延槛

一、拉延筋的作用

1. 增加进料阻力

拉延件压料面上各部位的进料阻力存在很大差别。图 2-10 所示的汽车前围外盖板拉延件,在拉延时,四处圆角部分的材料要进入凹模型腔内,毛坯在径向拉应力、切向压应力和双向反复弯曲应力的作用下,变形阻力很大,所以这部分不需要加拉延筋。否则再增加阻力会在内壁危险断面处拉裂,对成型不利。相反,在工件平面轮廓的直线部分,主要是弯曲变形,进料阻力相对圆角部分小得多,材料的流动会形成内皱,且无法排除。为使进料均匀,在直线部分要布置 2~3 道拉延筋。在工件对称面和拉延件压料最高点,形状还有转折,在转折处外面的几条拉延筋应该断开。

2. 均匀进料阻力

如上所述,在直线部分设置拉延筋,既增加了进料阻力,也使直线部分和圆角部分的进料阻力均匀化,从而防止材料“多则皱、少则裂”的现象的发生。

3. 扩大进料阻力以减少压料面积

在一般拉延成型过程中,为了减少内皱,往往采取增加毛料尺寸的办法。增加一条拉延筋,可以代替增加不少压料面积所取得的增加阻力的效果。何况拉延筋通过调整修磨间隙的办法,十分方便有利。

4. 降低压料面加工要求

采用拉延筋后,压料面的间隙可适当加大,也可适当降低对压料面加工粗糙度的要求。

5. 稳定拉延过程

经验表明,某些拉延件,不用拉延筋也能成型,但形状不够稳定,刚性较差。

拉延筋是否设置,设置位置、数量和形状等是拉延成型中的重要问题,它往往成为拉延成败的关键。

二、拉延筋种类和结构尺寸

1. 拉延筋种类

拉延筋种类如图 2-32 所示。

图 2-32 所示几种拉延筋中,半圆形嵌入筋加工和调整较方便,国内较多采用。在用数控机床加工时,往往采用整体筋。

2. 拉延筋结构尺寸

拉延筋结构尺寸见图 2-32 和表 2-4。

表 2-4 拉延筋结构尺寸

单位: mm

名称	名称(W)	$\phi d \times p$	ϕd_1	l_1	l_2	l_3	h	K	R	l_4	l_5
圆形嵌入筋	12	M6×1.0	6.4	10	15	18	12	6	6	15	25
	16	M8×1.25	8.4	12	17	20	16	8	8	17	30
	20	M10×1.5	10.4	14	19	22	20	10	10	19	35

(续)

名称	名称(W)	$\phi d \times p$	ϕd_1	l_1	l_2	l_3	h	K	R	l_4	l_5
半圆形嵌入筋	12	W6×1.0	6.4	10	15	18	11	5	6	15	25
	16	W8×1.25	8.4	12	17	20	13	6.5	8	17	30
	20	W10×1.5	10.4	14	19	22	15	8	10	19	35
方形嵌入筋	12	W6×1.0	6.4	10	15	18	11	5	3	15	25
	16	W8×1.25	8.4	12	17	20	13	6.5	4	17	30
	20	W10×1.5	10.4	14	19	22	15	8	5	19	35

注:材料为 45~55 钢

图 2-33 所示为某厂所用拉延筋及其紧固螺钉的实例。

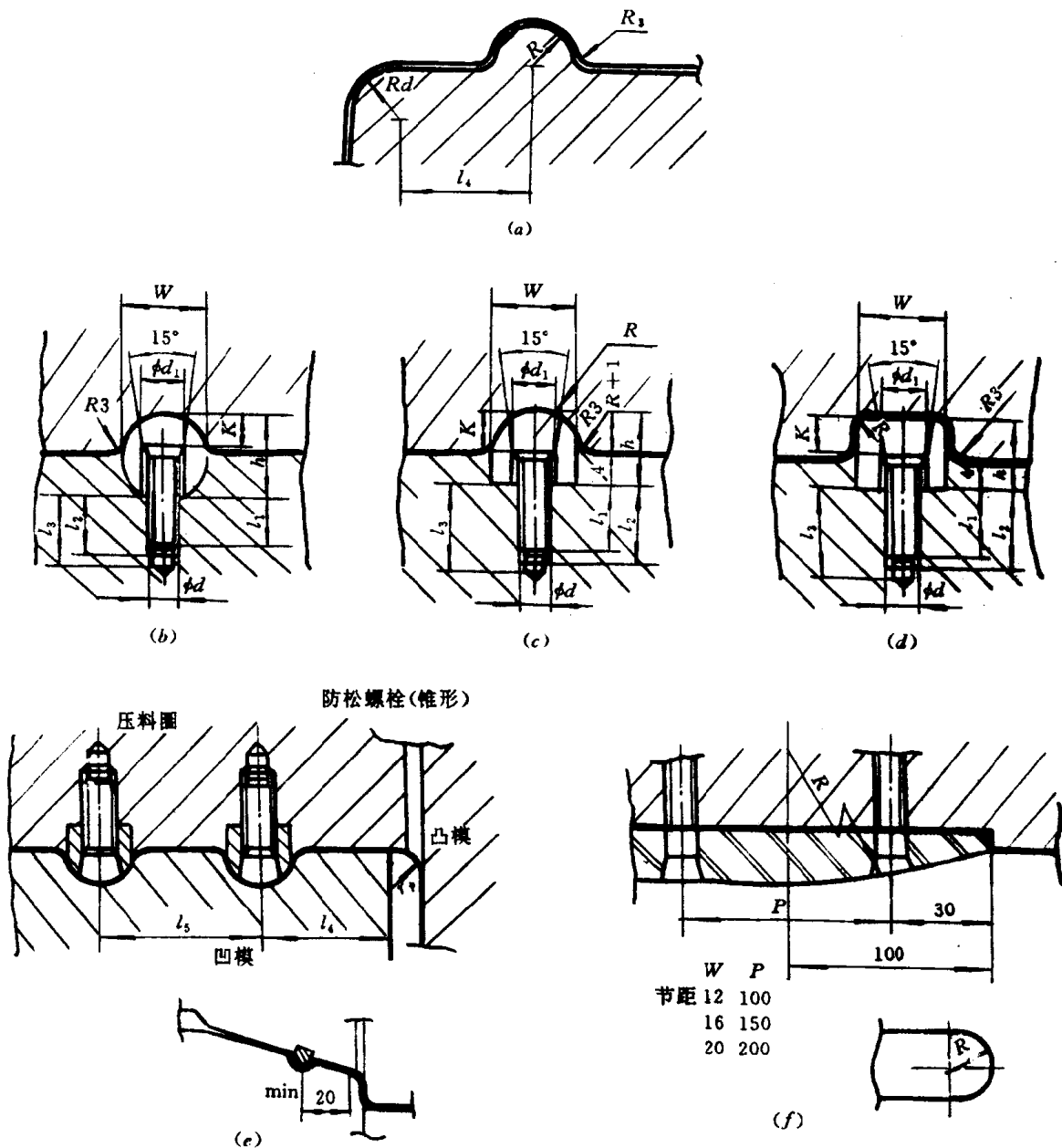


图 2-32 拉延筋种类

(a)整体筋;(b)圆形嵌入筋;(c)半圆形嵌入筋;(d)方形嵌入筋;(e)双筋;(f)筋纵剖面图。

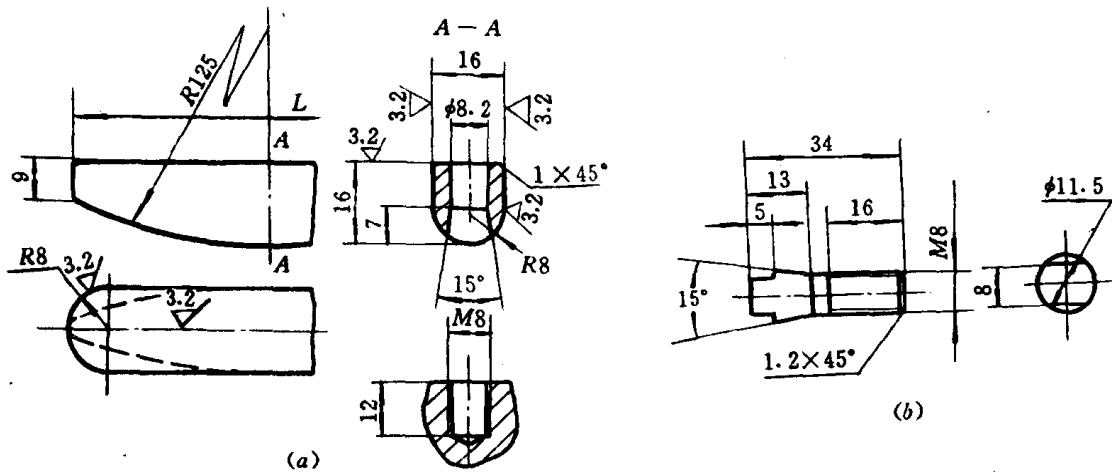


图 2-33 拉延筋及其紧固螺钉

(a)拉延筋;(b)紧固螺钉。

拉延筋使用材料为 45 或 55 钢,紧固螺钉用 45 钢,淬火硬度为 HRC45 以上。

三、拉延筋布置

1. 布置原则和方法

拉延筋的位置、数目和长短是根据拉延件外形、起伏特点和拉延深度等因素确定的。

(1)按拉延筋作用布置。拉延筋的布置原则见表 2-5。

表 2-5 拉延筋的布置原则

要 求	布 置 原 则
增加进料阻力,提高材料变形程度	放整圈的或间断的 1 条拉延筋或 1~3 条拉延筋
增加径向拉应力,降低切向压应力,防止毛坯起皱	在容易起皱的部位设备局部的短筋
调整进料阻力和进料量	拉延深度大的直线部位,放 1~3 条拉延筋; 拉延深度大的圆弧部位,不放拉延筋; 拉延深度相差较大时,在深的部位不设拉延筋,浅的部位设拉延筋

(2)按凹模口形状布置。拉延筋的布置方法见图 2-34 及表 2-6。

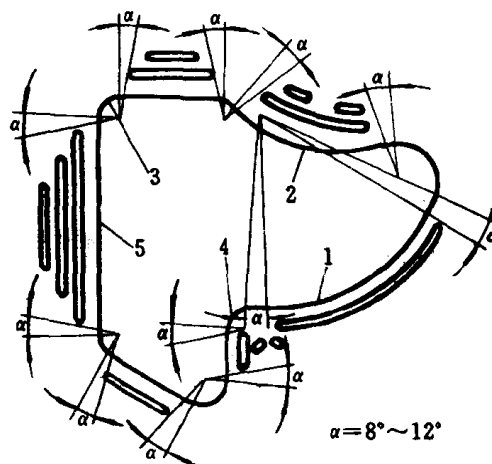


图 2-34 凹模口形状及拉延筋布置方法

表 2-6 按凹模口形状布置拉延筋的方法

图 2-34 中 位置序号	形 状	要 求	布 置 方 法
1	大外凸圆弧	补偿变形阻力不足	设置 1 条长筋
2	大内凹圆弧	补偿变形阻力不足; 避免拉延时,材料从相邻两侧凸圆弧部分挤过来而形成皱纹	设置 1 条长筋和 2 条短筋
3	小外凸圆弧	塑流阻力大,应让材料有可能向直线区段挤流	不设拉延筋; 相邻筋的位置应与凸圆弧保持 $3^{\circ}\sim 12^{\circ}$ 夹角关系
4	小内凹圆弧	将两相邻侧面挤过来的多余材料延展开,保证压边面下的毛坯处于良好状态	沿凹模口不设筋; 在离凹模口较远处设置两段短筋
5	直 线	补偿变形阻力不足	根据直线长短设置 1~3 条拉延筋(长者多设,并呈塔形分布,短者少设)

(3)拉延筋布置方向。拉延筋一定要与材料流动方向垂直。

(4)拉延筋的深浅与多少。拉延深度深的部位不设或少设,深度浅的部位一定要设置或多设置。拉延筋最多设置三根,最里面一圈常为封闭形状,第二、第三圈只在直线部分设置,第三圈长度最短。

2. 拉延筋位置尺寸

拉延筋位置如图 2-35 所示。拉延筋一般设在上模上,即双动拉延模在压料圈上,单动

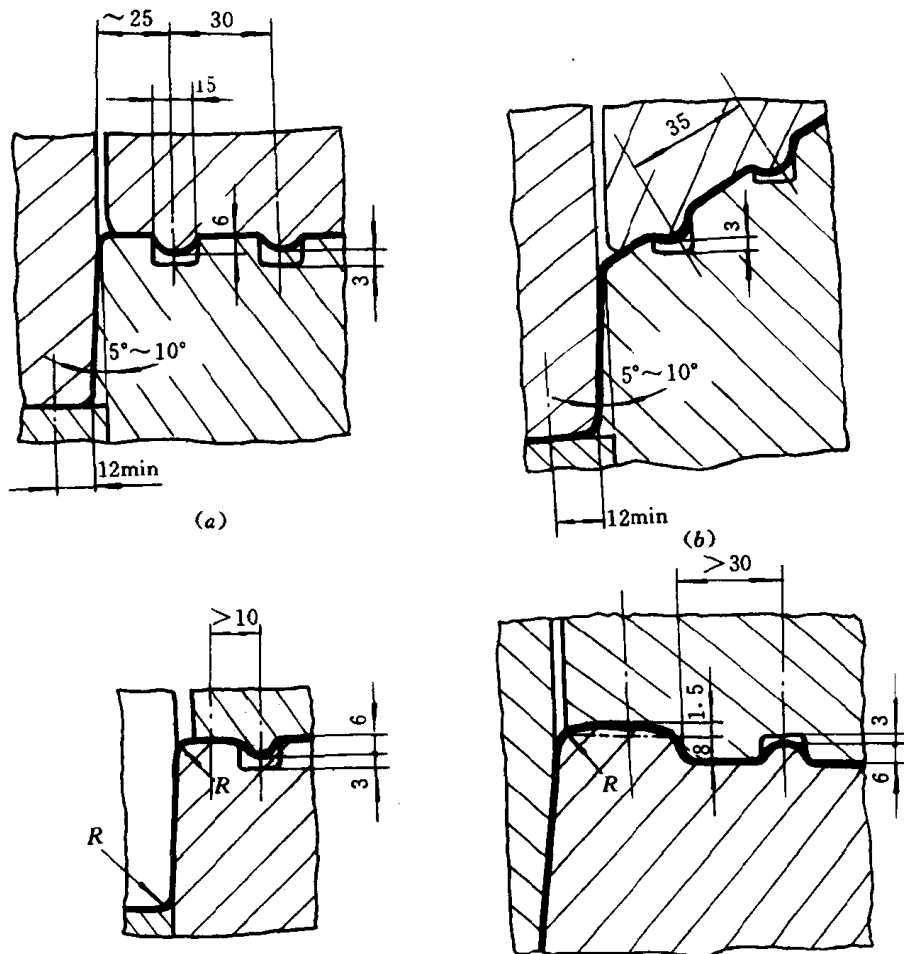


图 2-35 拉延筋位置尺寸

拉延模设在凹模上,这样对修整筋槽方便。

四、拉 延 槛

拉延槛是拉延筋一种特殊形式,其剖面呈梯形,安置在凹模口边沿,类似门槛,故亦称门槛式拉延筋。

拉延槛的进料阻力比拉延筋大得多,主要用于拉延深度浅、曲率特别小、外形平坦的覆盖件。它可以减小压料宽度和毛料尺寸,限制材料的流入,同时又使其具有一定的张力,依靠材料的塑料伸长,使拉延后的覆盖件有稳定的形状和足够的刚度。拉延槛必须事先确认其效果时才可采用。

拉延槛的结构尺寸如图 2-36 所示。其形状应依照所需增加阻力的条件而变化,如图 2-37 所示。

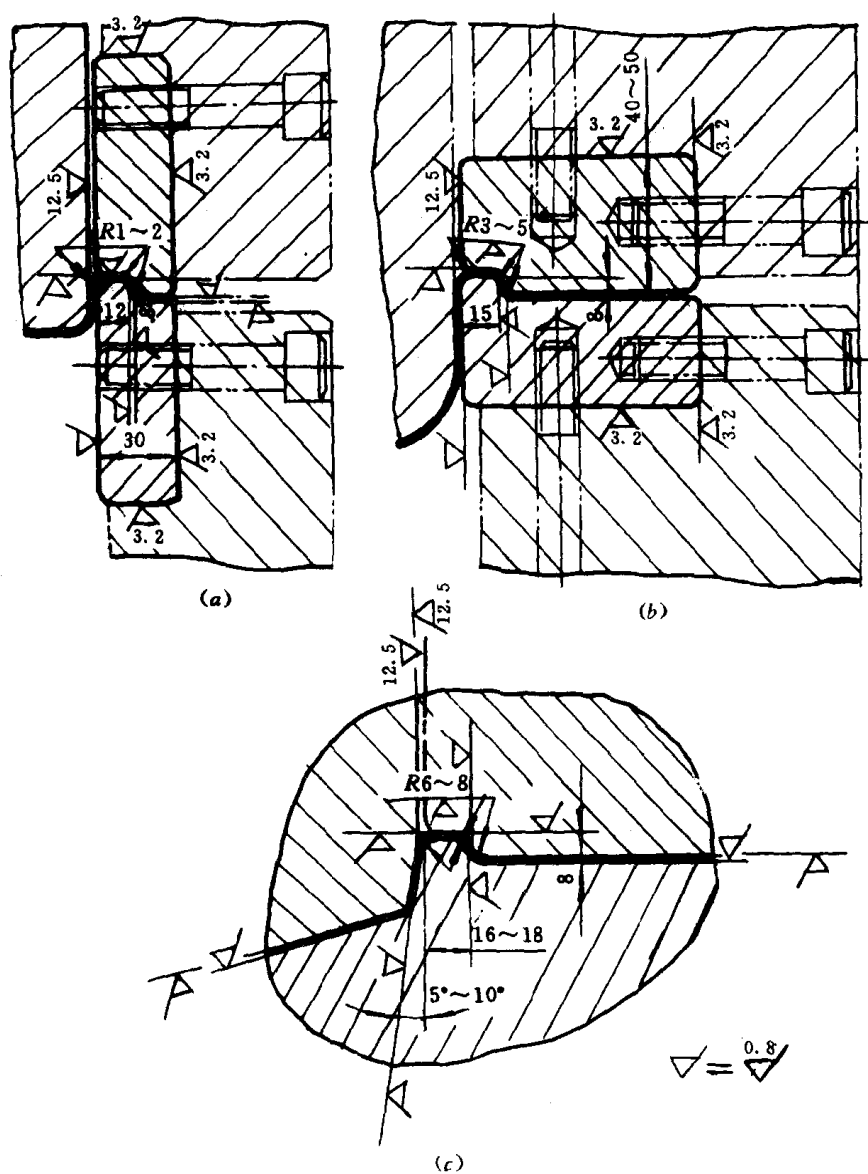


图 2-36 拉延槛结构尺寸

(a)用于拉延深度小于 25mm;(b)用于拉延深度大于 25mm;(c)用于整体铸造凹模。

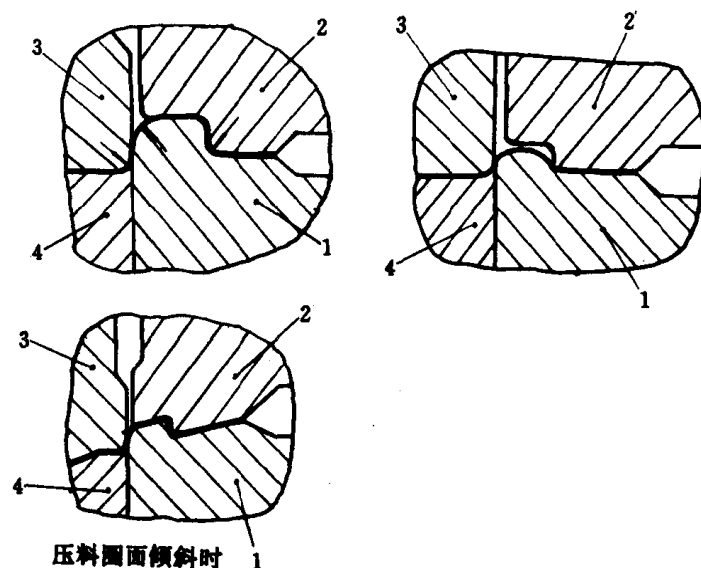


图 2-37 拉延槛的形状

1—凹模; 2—压料圈; 3—凸模; 4—顶件器。

拉延槛一般是和凹模做成整体, 经火焰淬火硬度达 HRC55 以上。分离式拉延槛用 T10A 或合金工具钢 9CrSi、Cr12MoV 等制造, 淬火硬度达 HRC58~62。

§ 2-6 出件装置和退件装置

一、出件装置

拉延模出件有两种要求, 其一是将拉延件在下模上抬高 30~50mm, 以便机械手把工件抓走并送到下道工序; 其二是将拉延件掀走送到传送带上。出件装置对于大批量生产保证节拍十分必要。

1. 顶件器顶件

顶件器结构如图 2-38 所示。一套拉延模上的顶件器一般为 3~5 个, 相互间距离应尽量大, 顶起拉延件时要平稳且不产生移位, 顶件器顶面和工件形状一致, 最好设在平整型面处, 拉延时顶件器处的材料不产生流动, 或流动甚小。筒件 7 可从下方螺纹旋入。

2. 爪式出件器

爪式出件器(见图 2-39)用在对称拉延件拉延模上, 爪式出件器装在左右件对合的工艺补充位置。

二、退件装置

活动退件器装在凹模型腔内, 如图 2-40 所示。其动作一般靠机床顶出缸顶起达到退件作用。退件器上型面如果成型棱线, 一定要到底, 此时要设置观察口, 以观察是否到底(见图 2-40)。

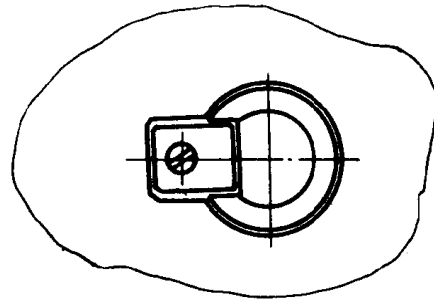
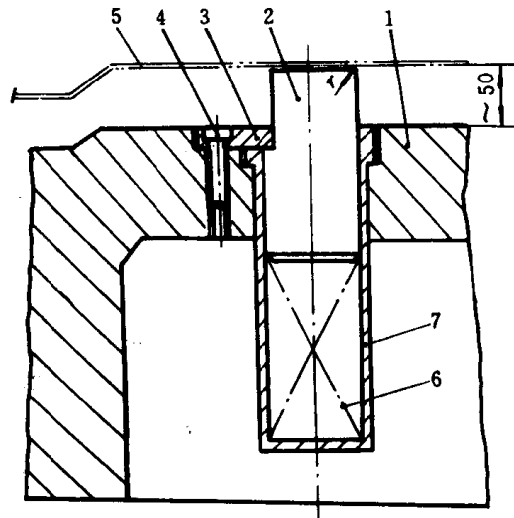


图 2-38 顶件器结构示意图

1—凹模；2—顶件器；3—压料板；4—螺钉；5—零件；6—压簧；7—筒。

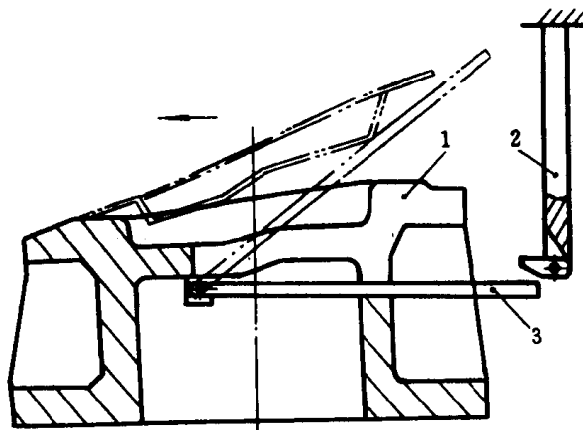


图 2-39 爪式出件器结构示意图

1—凹模；2—爪杆；3—出件杆。

压料面倾斜 10° 以上的拉延模卸件销如图 2-41 所示。卸件销设置在压料圈角部。

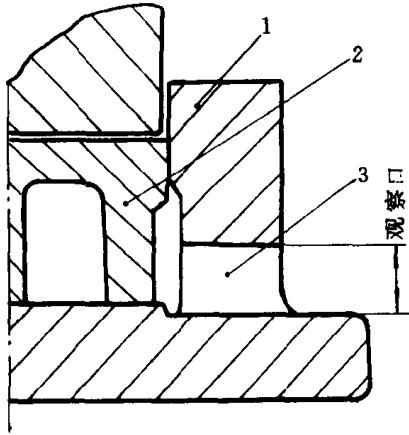


图 2-40 退件器及观察口
1—凹模；2—退件器；3—观察口。

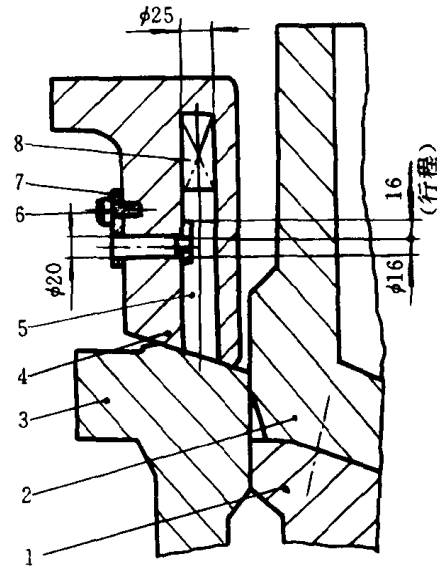


图 2-41 压料面倾斜超过 10° 的卸件销
1—退件器；2—凸模；3—凹模；4—压料圈；5—卸件销；
6—螺钉；7—固定板；8—弹簧。

§ 2-7 限位装置及起吊装夹装置

一、限 位 装 置

1. 合模限位块

合模限位块又称调整块，所有拉延模必须装四块调整块，装在压料圈四个角上，通过试验使压料圈周围保持均匀合模间隙，从而保证均匀压料力（见图 2-42）。

调整块采用工具钢制造并淬火，保证承载能力 $7500\text{N}/\text{cm}^2$ 。设计时在图纸上注明：试压后把调整块磨薄 0.75mm ，用一片 0.25mm 厚和一片 0.5mm 厚垫片垫在下面。

调整块要尽可能远离侧导块。

2. 存放限位块

存放限位块是拉延模在不工作时，为了使弹性元件不失去弹力而必须设置的零件（见图 2-42）。其厚度要保证弹簧不受压缩而处于自由状态。

3. 压料圈限位螺钉

倒装拉延模的压料圈套在凸模上，在拉延开始时，压料圈通过顶杆顶起使压料面超过凸模最高点，考虑顶杆顶起时有跳动的可能，因此压料圈应设置限位螺钉（见图 2-43）。

限位装置在很多活动块上经常采用，应根据实际要求设计，在此不多叙述。

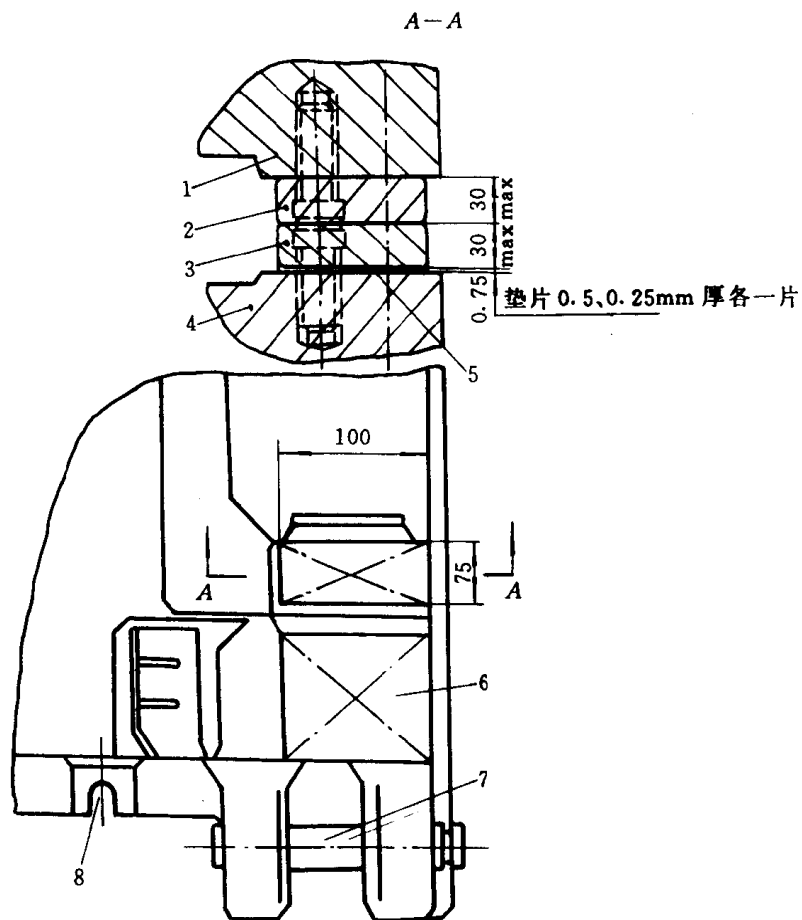


图 2-42 调整块安装示意图

1—上模；2、3—上、下调整块；4—下模；5—垫片；6—存放限位块；7—吊挂；8—装模夹紧缺口。

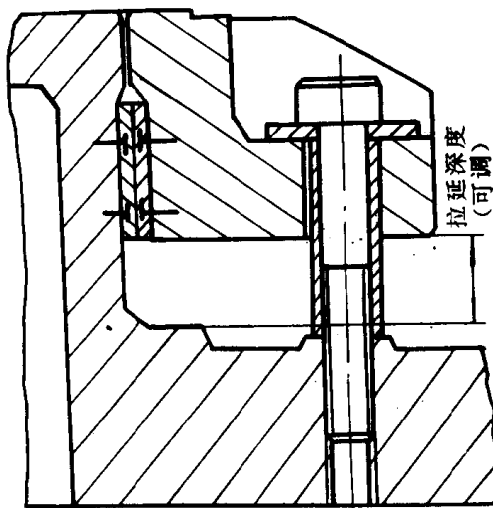


图 2-43 压料圈限位螺钉

二、起吊装置

起吊装置在模具加工、组装、安装、卸模和搬运等情况下使用，它是模具使用安全的重要部分，设计时必须特别慎重。

起吊装置种类如图 2-44 所示。

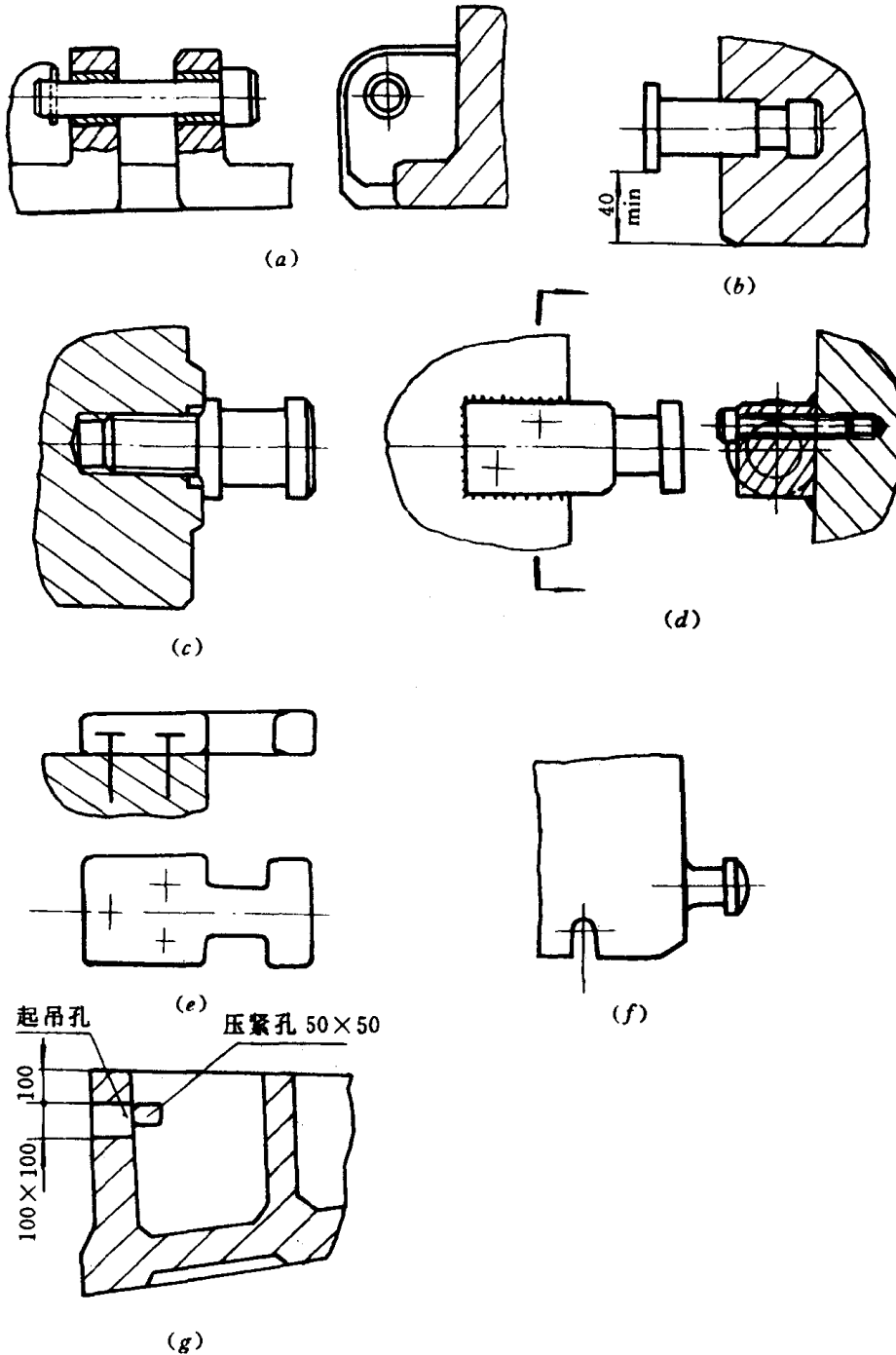


图 2-44 起吊装置

(a)插销吊钩；(b)铸嵌式吊钩；(c)螺栓吊钩；(d)焊接吊钩；

(e)板式吊钩；(f)铸造整体式吊钩；(g)铸造通孔。

§ 2-8 通气孔和工艺孔

一、通 气 孔

拉延时,毛料被压料圈紧压在凹模压料面上,整体凹模型腔内的空气如果不排出,压缩后的气体会将成型工件顶瘪。因此,在凹模型腔的非工作表面或后序切掉的废料部位,必须钻制 2~6 个直径为 $\phi 20\sim 30\text{mm}$ 的通气孔,相应地在凹模下面铣出通气槽与通气孔接通,使空气排出。

拉延完成后,拉延件紧贴在凸模上,为防止变形,凸模上也要在适当位置钻 2~6 个直径为 $\phi 20\sim 30\text{mm}$ 的通气孔。如果在工作表面上钻孔,其直径应小于 6mm,并按圆周直径 $\phi 50\sim 60\text{mm}$ 均布钻 4~7 个一组小孔,同时在凸模固定座上钻相应通气孔。

通气孔的数量和孔径受下列因素影响:

- (1)拉延件底部投影面积大小;
- (2)拉延件底部曲率变化和形状起伏程度;
- (3)成型材料种类和厚度;
- (4)拉延速度等。

通气孔在不同部位,其直径参照表 2-7 所列数据选取。

表 2-7 板厚 0.7~1.0mm 的通气孔直径

部 位 特 征	通气孔直径/mm
曲率大,外观要求严的部位	$\phi 3\sim 4$
曲率小,外观要求严的部位	$\phi 4\sim 6$
近似平面部位	$\phi 6\sim 8$
不接触材料的部位	$\phi 8\sim 12$

为了防止尘土杂物通过模具通气孔进入凹模型腔内,在通气孔上端插入一段塑料管并形成弯头,对通气孔所在铸件内腔进行喷丸和涂漆处理(见图 2-45)。

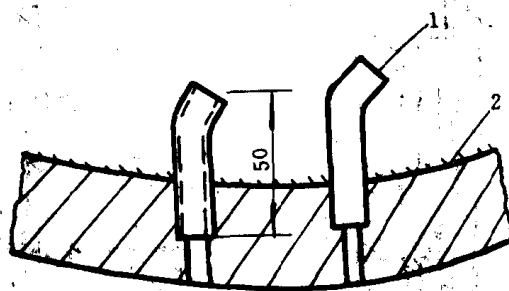


图 2-45 防止灰尘进入通气孔的方法

1—防尘用乙烯塑料管;2—喷丸或涂漆表层。

二、工 艺 孔

这里所说的工艺孔,主要是指定位用工艺孔。在确定拉延件时,要考虑后续工序如修边和翻边的定位方法。修边时可用拉延件侧壁或拉延槛定位,这种定位方法安全、可靠、方

便,应尽量采用。在不能用侧壁或拉延槛定位时,才用工艺孔定位。因此在拉延模设计时要增加冲(或穿)工艺孔的结构。

工艺孔的位置,要放在以后修掉的废料上,一般设置在压料面上,但压料面上的材料在拉延时多数是流动的,不流动或基本不流动的情况极少,因此冲工艺孔必须在拉延成型完成后到模具开启的这一瞬间完成。

冲孔、穿孔和用穿孔定位如图 2-46 所示。

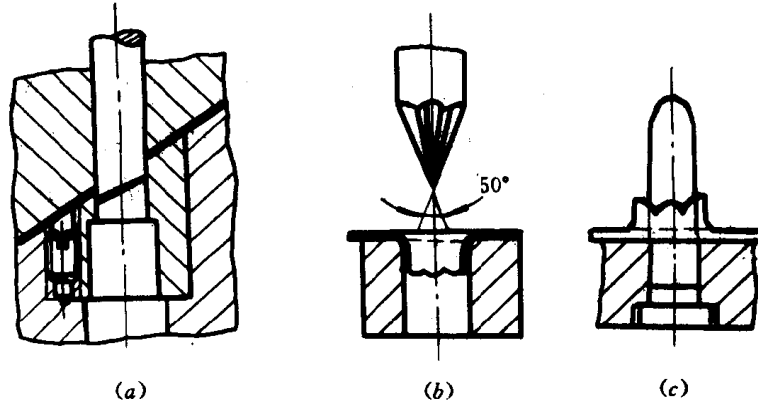


图 2-46 工艺孔示意图
(a)冲孔;(b)穿孔;(c)用穿孔定位。

定位用工艺孔通常只需两个,孔距越远,定位越可靠。孔径可采用 $\phi 10$ 、 $\phi 20\text{mm}$ 。工艺

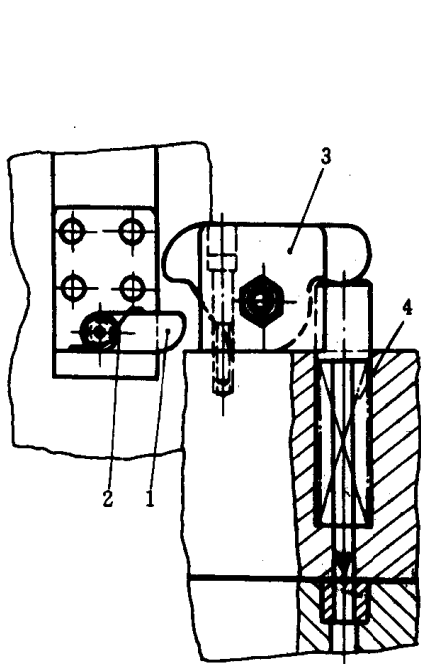


图 2-47 穿工艺孔的结构
1—驱动凸轮;2—扭簧;3—摆轮;4—压簧。

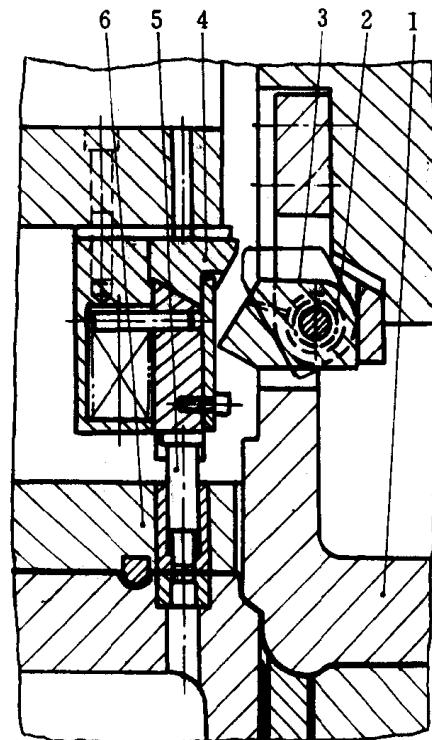


图 2-48 冲工艺孔的结构
1—凸模;2—扭簧;3—驱动凸轮;
4—滑块;5—冲孔凸模;6—压料圈。

孔一般布置在第一根拉延筋的中心线上,此处拉延筋断开。穿工艺孔无废料,且定位接触面积大,应优先采用。缺点是有方向性,用它定位穿工艺孔所形成的翻边必须朝上,即将拉延件翻转送到修边模上定位。如果工艺上翻转有困难,就应考虑冲孔方法。

图 2-47 所示为拉延模穿工艺孔的结构。凸模的侧壁里装有驱动凸轮 1,装在压料圈侧壁内的穿孔凸模靠摆轮 3 而上下运动,靠扣簧 2 驱动凸轮复位。凸模复位靠压簧 4。

图 2-48 所示为拉延模冲工艺孔的结构。驱动凸轮 1 装在凸模 2 的侧壁上,驱动凸轮上装有扭簧 3,装在压料圈 4 里的冲孔凸模 5 靠滑块 6 的作用而上下运动,滑块由凸轮驱动。这种结构的缺点是容易啃刃口。

第三章 修边模设计

§ 3-1 修边模分类

修边模是用于将拉延件工艺补充部分和压料面多余材料切掉的模具。修边模根据修边镶块的运动方向,可分成以下三类。

一、垂直修边模

修边镶块的运动方向同压力机滑块运动方向一致的修边模叫做垂直修边模。在覆盖件拉延件设计时,要尽量为垂直修边创造条件。采用垂直修边,模具结构简单,制造容易,是优先考虑的结构型式(见图 3-1)。

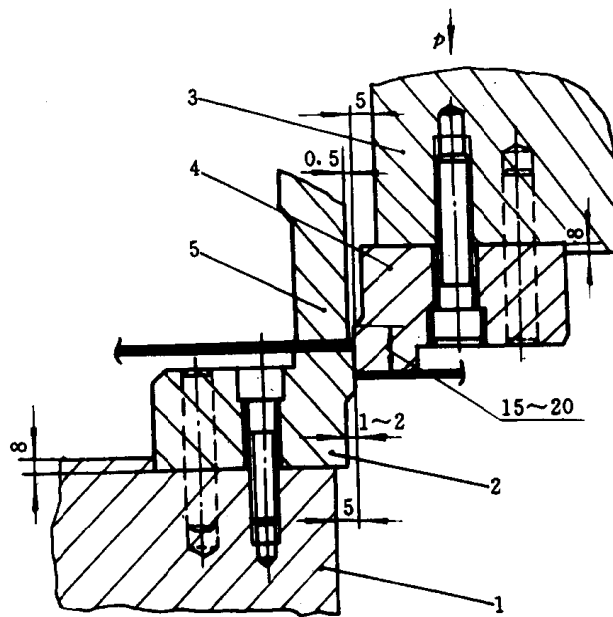


图 3-1 垂直修边模示意图

1—下模;2—凸模镶块;3—上模;4—凹模拼块;5—卸件器。

二、斜楔修边模

修边镶块作水平或倾斜方向运动的修边模叫做斜楔修边模。修边镶块的水平运动或倾斜运动是靠斜楔的驱动而实现的,斜楔安装在上模上,由压力机带动,所以说斜楔是将压力机压力方向改变的机构。这种修边模的工作部分占据较大面积,模具外廓尺寸大,结构复杂,制造比较困难(见图 3-2)。

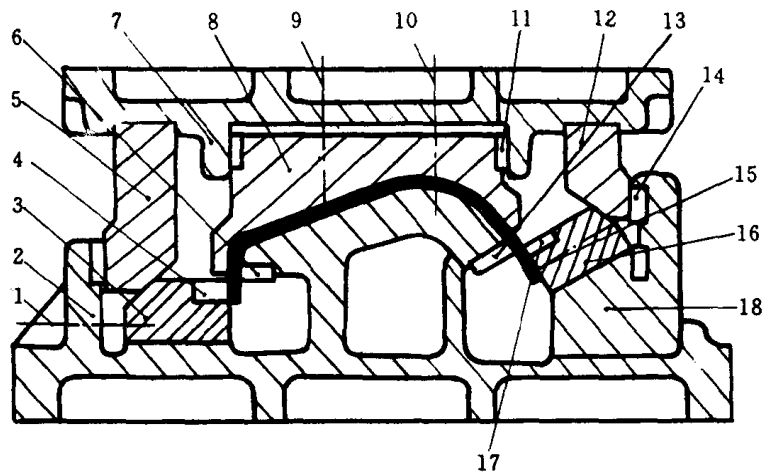


图 3-2 斜楔修边模示意图

1、15—复位弹簧；2—下模；3、16—滑块；4、17—修边凹模镶块；5、12—斜楔；6、13—凸模镶块；
7—上模座；8—卸件器；9—弹簧；10—螺钉；11、14—防磨板；18—背靠块。

三、垂直斜楔修边模

修边镶块的一部分作垂直方向运动，另一部分作水平或倾斜方向运动，这类修边模叫做垂直斜楔修边模(见图 3-3)。它有以下两种情况。

- (1)垂直方向运动和水平或倾斜方向运动的修边镶块成简单的合并。
- (2)垂直方向运动和水平或倾斜方向运动的修边镶块成相关的交接。

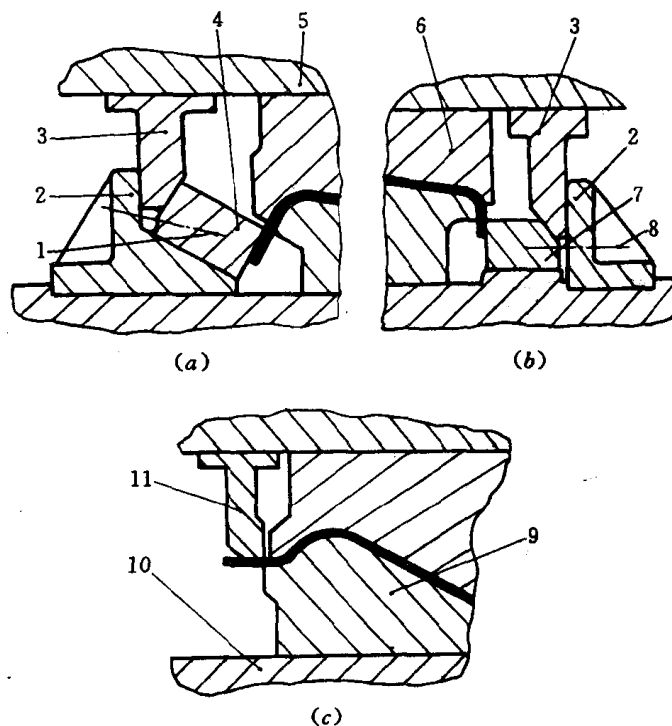


图 3-3 垂直斜楔修边模简图

(a) 倾斜修边部分；(b) 水平修边部分；(c) 垂直修边部分。

1、8—复位弹簧；2—背靠块；3—斜楔；4、7—倾斜及水平修边凹模镶块；
5—上模座；6—压件器；9—垂直修边凸模；10—下模座；11—垂直修边凹模。

§ 3-2 修边镶块

修边镶块是修边模的主要工作零件,设计时要决定修边镶块的结构形式,刃口结构尺寸、安装与固定等问题。

一、结构形式

1. 整体式

即修边刃口和模体不分开,主模体上直接堆焊出修边刃口,如图 3-4 所示。

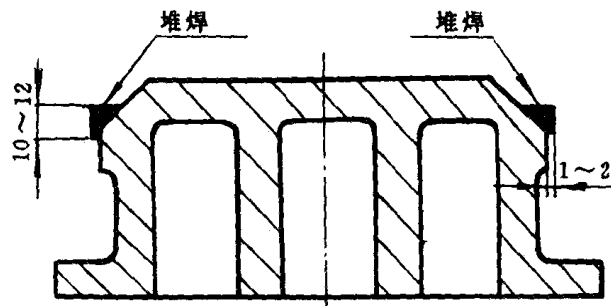


图 3-4 整体凸模

2. 板块式

修边镶块用板状模块拼接,主要用于修边线曲率和高低起伏变化不大的情况。图 3-5 (a)所示为采用普通结构钢 A3 作模块,刃口堆焊。图 3-5 (b)所示为采用合金工具钢或高碳工具钢作模块。板块式是最常用的形式,但不宜用在刃口上下方向急剧变化的情况。

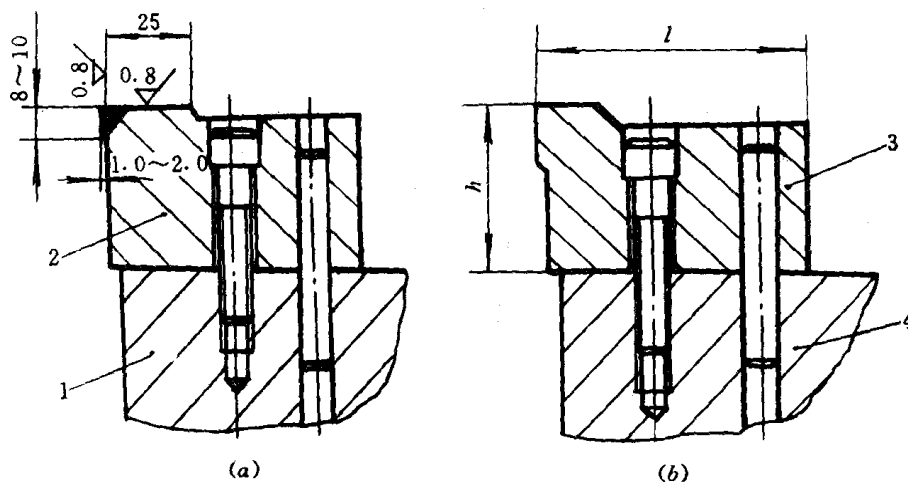


图 3-5 板块式镶块

(a) A3 钢板模块(刃口堆焊); (b) 工具钢板模块。

1、4—模体; 2、3—修边镶块。

3. 角式

对于高度变化大,平面平滑的修边线,上下模均可采用角式修边镶块,如图 3-6 所示。

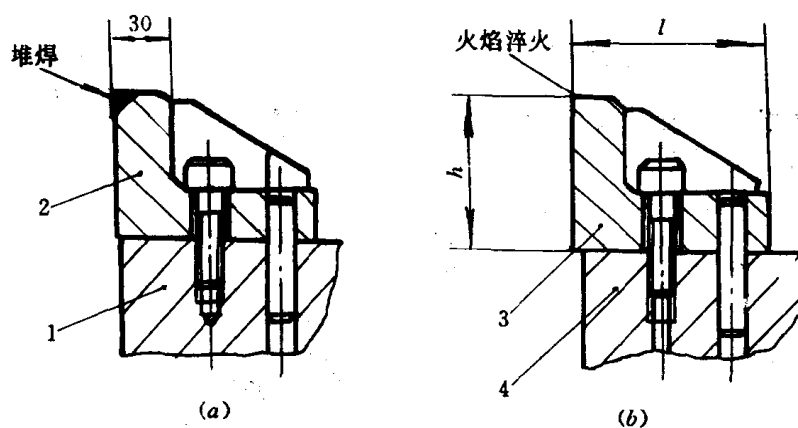


图 3-6 角式修边镶块

(a) 铸铁 HT250 模块(堆焊刃口); (b) 合金工具钢模块。

1、4—模体; 2、3—修边镶块。

4. 组合式

组合式焊接结构用于高度变化大, 平面平滑的修边线, 上下模均可采用, 如图 3-7 所示。镶块用普通结构钢焊接而成, 刃口堆焊。

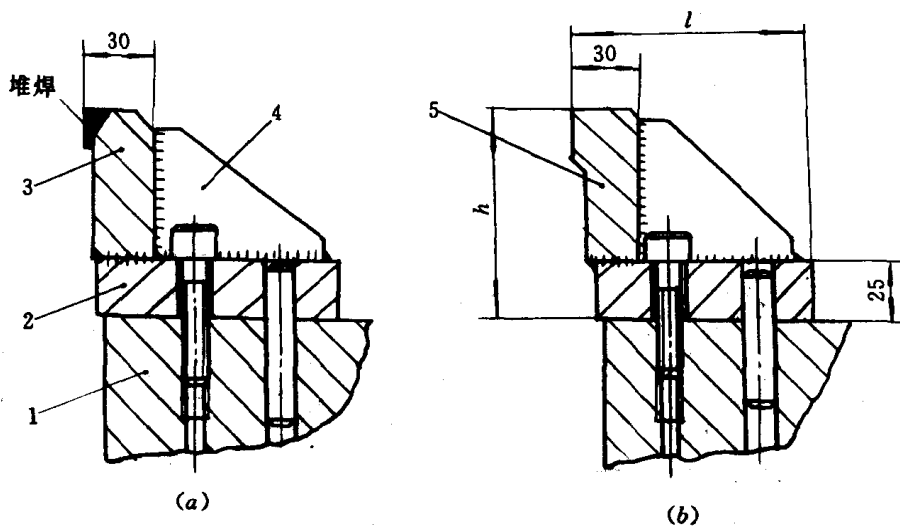


图 3-7 组合式修边镶边

1—模体; 2—平板; 3—主板; 4—筋板; 5—立板。

5. 刀片式

刀片式修边镶块主要用在高度变化大的下模。

二、刃口结构尺寸

修边镶块的刃口要求锋利, 且使废料脱落容易, 刃口垂直壁上修边废料存留最好不超过 1~2 片。板块式修边镶块刃口尺寸如图 3-9 所示。角式、组合式和刀片式镶块刃口尺寸如图 3-10 所示。镶块高宽比为 1:1.5 以上, 刃口高度见表 3-1。

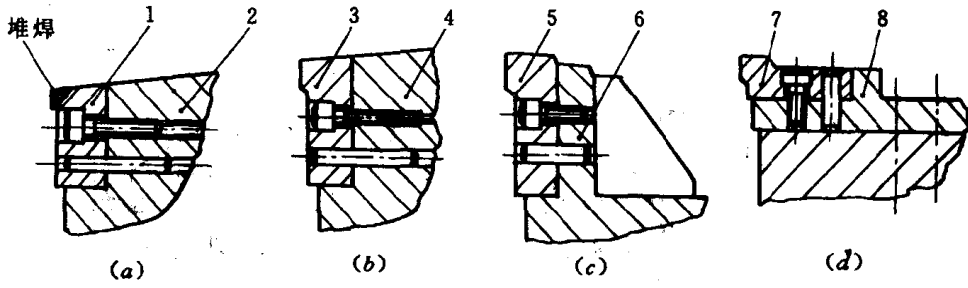


图 3-8 刀片式修边镶块

(a)堆焊刀片；(b)固定在模体上的合金钢刀片；(c)、(d)固定在角式座上的合金钢刀片。

1、3、5、7—刀片式镶块；2、4—模体；6、8—角式刀片固定座。

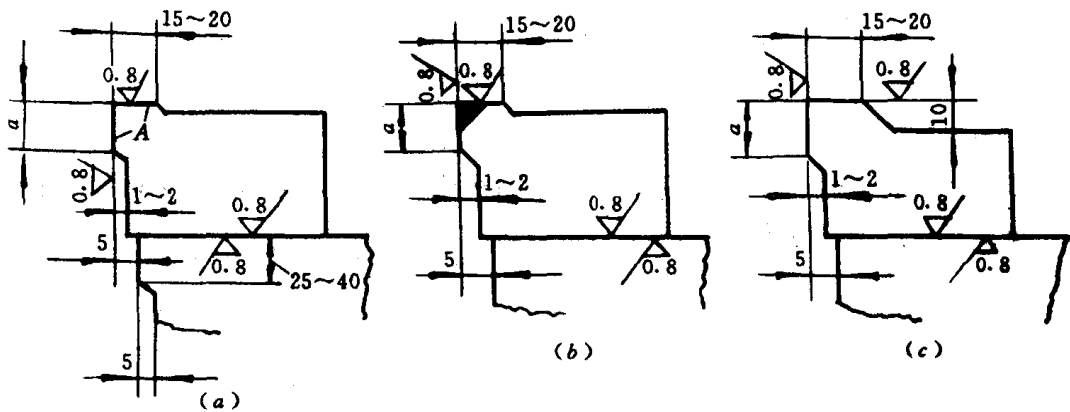


图 3-9 板块式修边刃口结构尺寸

(a)、(c)工具钢镶块；(b)堆焊镶块。

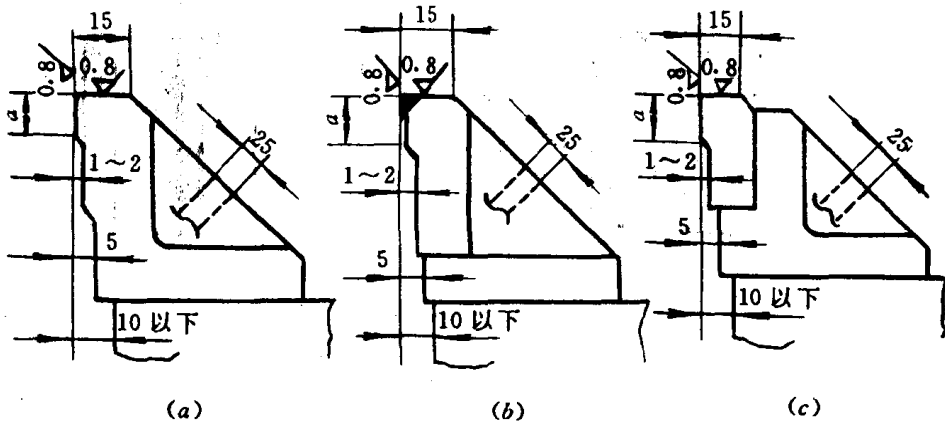


图 3-10 角式、组合式、刀片式镶块刃口结构尺寸

(a)角式刃口结构尺寸；(b)组合式刃口结构尺寸；(c)刀片式刃口结构尺寸。

表 3-1 刃口高度 a 与料厚关系

修边件料厚/mm	≤1.2	3.2	4.5	6.0
刃口高度 a /mm	8.0	10.0	11	12
镶块长度 L /mm	200~250, 最大不超过 300			

三、倾斜面垂直修边

垂直修边时,修边面大多是一个水平面。但有时修边面呈倾斜状态,修边面和刃口面存在一个角度,该角度有时成锐角,有时成钝角,修边时要想获得较好的断面质量,角度必须限制在一定范围内,模具结构也必须相应增加压件机构。

1. 锐角修边

图 3-11 所示为修边面和凸模刃口垂直面成锐角情况。倾斜角 15° 以下可直接垂直修边,不需采取特殊措施;倾斜角大于 15° 要考虑在凸、凹模刃口处设 2mm 宽平台。倾斜角最大不得超过 30° , 以免影响刃口强度。

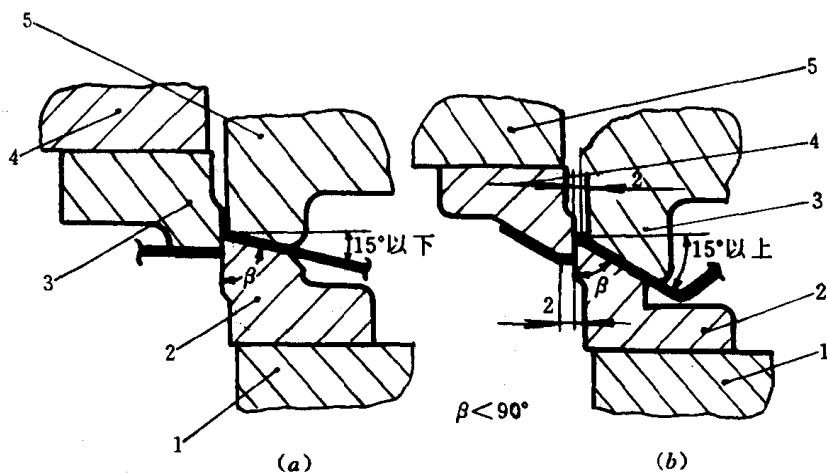


图 3-11 锐角修边法

(a) 倾斜 15° 以下; (b) 倾斜 $15^\circ \sim 30^\circ$ 。

1—下模; 2—凸模; 3—凹模; 4—上模; 5—退件器。

2. 钝角修边

图 3-12 所示为修边面与凸模刃口面成钝角情况。图 3-12(a) 为修边面倾斜 30° 以下,

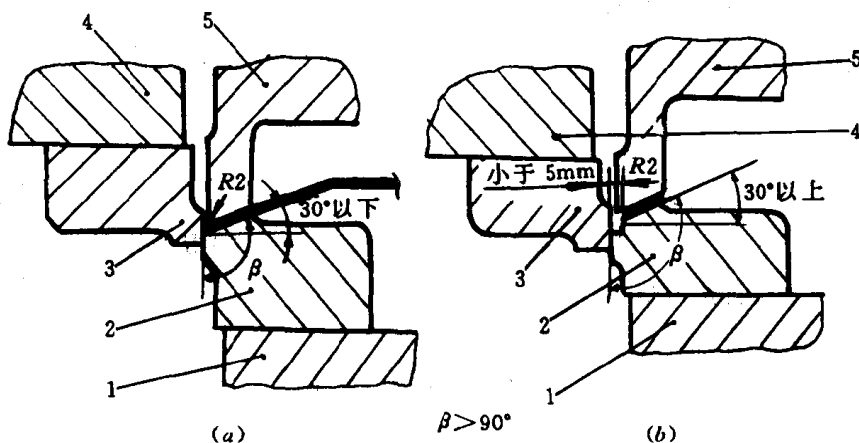


图 3-12 钝角修边法

(a) 倾斜 30° 以下; (b) 倾斜 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

1—下模; 2—凸模; 3—凹模; 4—上模; 5—退件器。

修边刃口不需要特殊处理,冲裁间隙要取小一些,一般取正常间隙的 50% 为宜。

图 3-12(b) 为修边面倾斜 $30^\circ \sim 60^\circ$, 此时刃口很钝不易冲裁, 凸模刃口需要制出空刀形成局部平刃口。空刀量取三倍料厚, 但不得超过 5mm, 冲裁间隙要尽量小, 甚至要配成零间隙。

四、立边修边刃口形状

驾驶室前后立柱的端头修边和修边线在立边以内的拉延件废料切断, 都属于立边修边特点。立边修边是剪切性质, 刃口和被修立边应形成一个角度, 如图 3-13 所示。

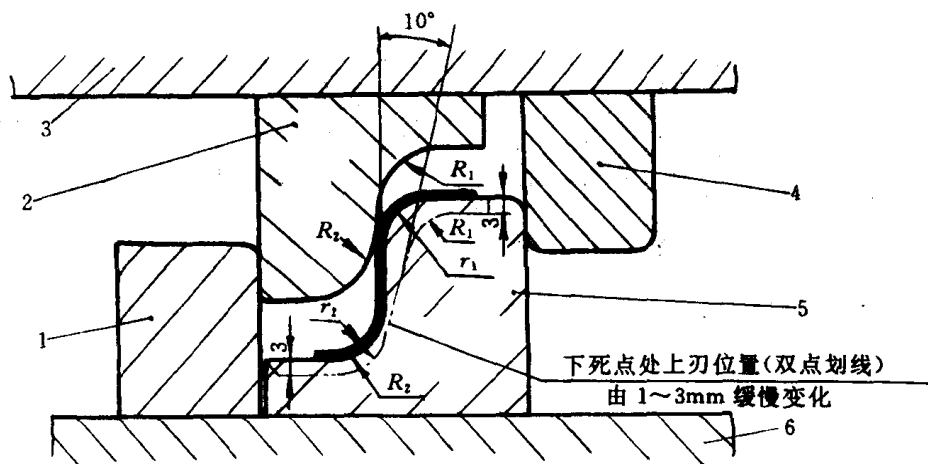


图 3-13 修立边时刃口形状

1、4—导向块; 2—修边上刃口; 3—上模; 5—修边下刃口; 6—下模。

一般修立边要采取以下三个措施。

(1) 修边镶块刃口圆角应比被修工件圆角大 3mm。在图 3-13 中,

$$R_1 = r_1 + 3$$

$$R_2 = r_2 + 3$$

这样才能保证上、下模完全闭合时, 修边刃口切入 1~3mm, 并缓慢过渡。

(2) 刃口立边与修边件立边呈 10° 夹角。

(3) 刃口受侧向力, 需增加导向块消除之。

五、修边镶块接缝

相邻两个修边镶块的对合接缝, 原则上应取修边线的法线方向, 如果接缝倾斜, 最大不得超过 30° , 如图 3-14 所示。

接缝应选择修边线直线段上, 不得在转角处分块。对合面长度取 20~30mm, 其余为空刀即可。

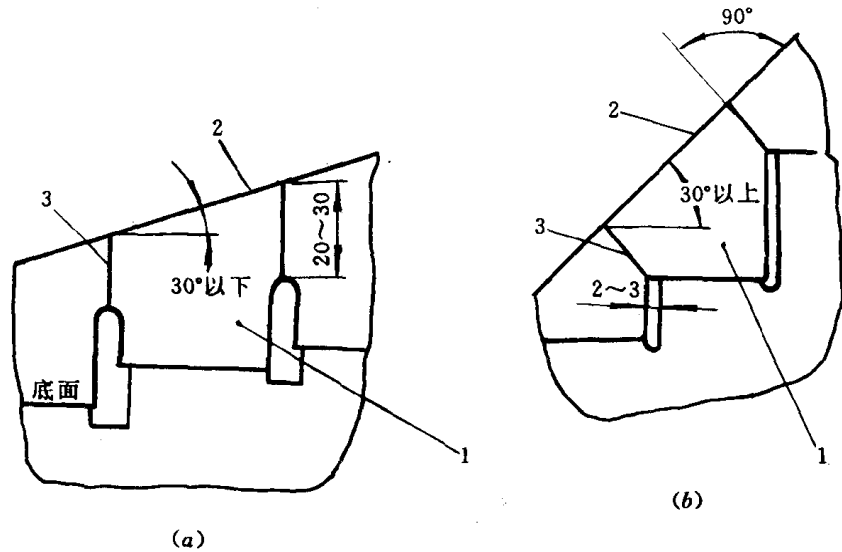


图 3-14 修边刃口接缝
 (a)刃口接缝不垂直修边线;(b)刃口接缝垂直修边线。
 1—修边镶块;2—修边线;3—刃口接缝。

六、修边镶块的安装固定

修边镶块的固定用 M16 螺钉 3~5 个,定位用 2 个 $\phi 16$ 圆柱销。圆柱销距离尽量大,并远离刃口。当修边件料厚大于 1.5mm 时,镶块需嵌入模体或用支承键,小于 1.2mm 时平装,如图 3-15 至图 3-18 所示。

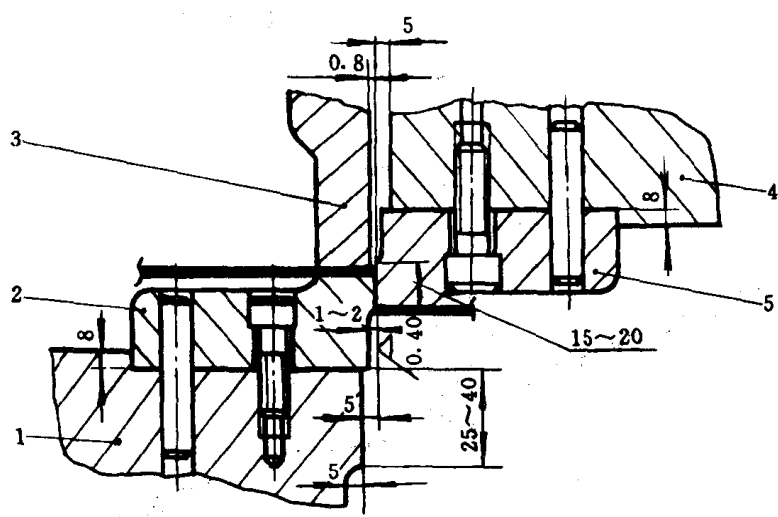


图 3-15 板块式与板块式镶块安装
 1—下模;2—凸模修边刃口镶块;3—退件器;4—上模;5—凹模修边刃口镶块。

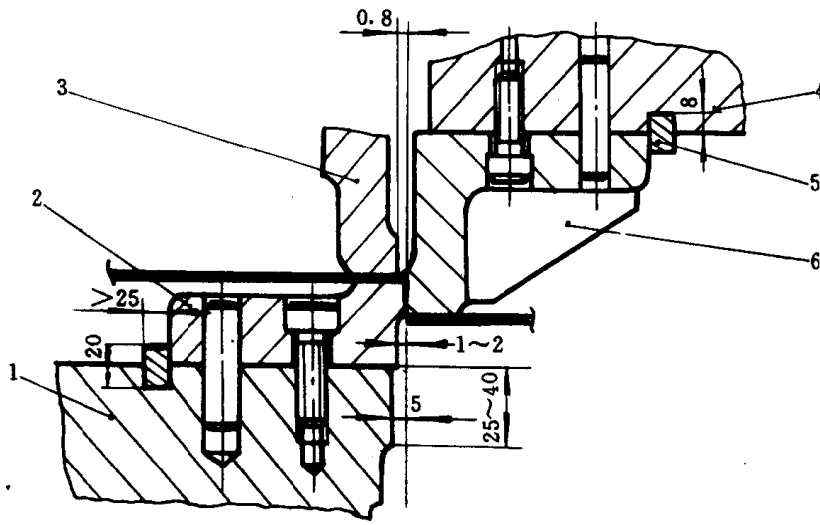


图 3-16 板块式与角式镶块安装

1—下模；2—板块式下刃口镶块；3—退件器；4—上模；
5—支承键；6—角式上刃口镶块。

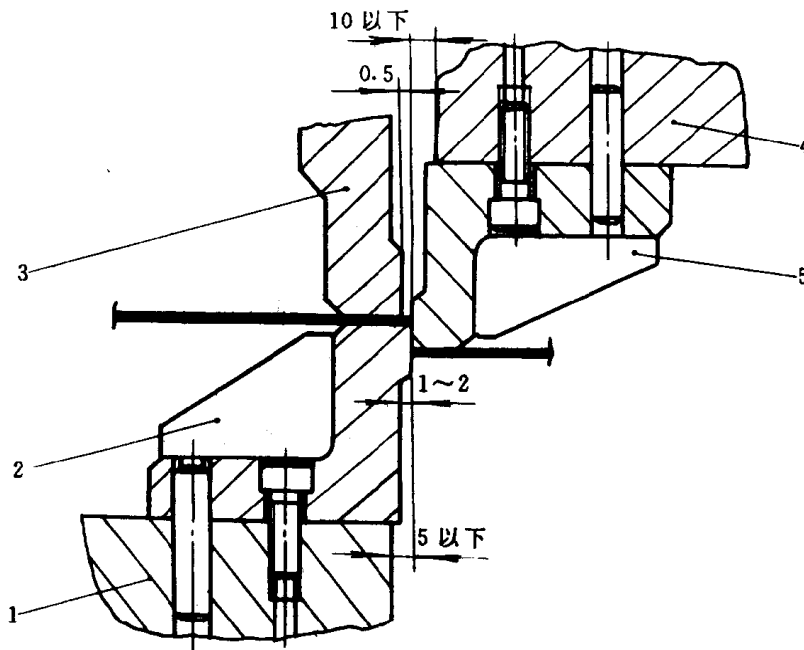


图 3-17 角式和角式镶块安装

1—下模；2—角式下刃口镶块；3—退件器；4—上模；5—角式上刃口镶块。

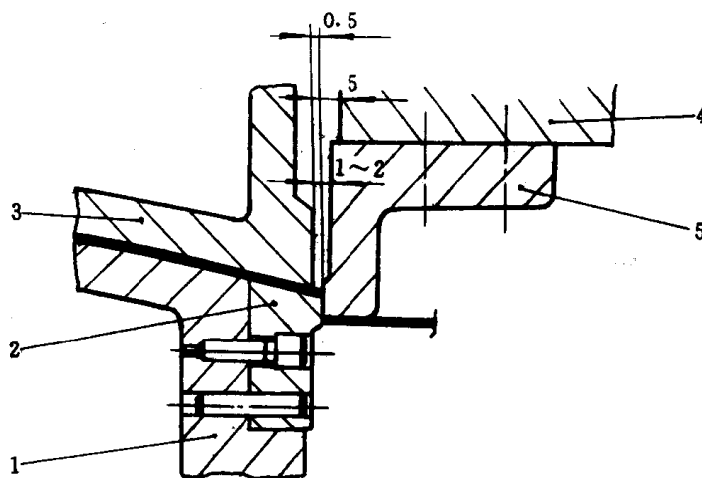


图 3-18 刀片式和角式镶块安装

1—下模；2—刀片式下刃口镶块；3—退件器；4—上模；5—角式上刃口镶块。

斜楔修边镶块一般采用板块式或刀片式结构，其安装固定方法如图 3-19、图 3-20 所示。

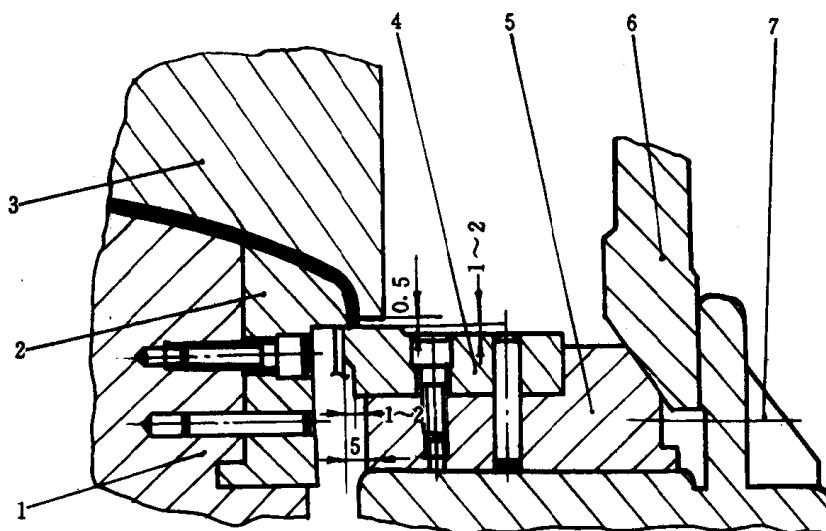


图 3-19 水平修边镶块安装

1—凸模体；2—凸模修边刃口镶块；3—退件器；4—凹模修边刃口镶块；
5—滑块；6—斜楔；7—复位弹簧。

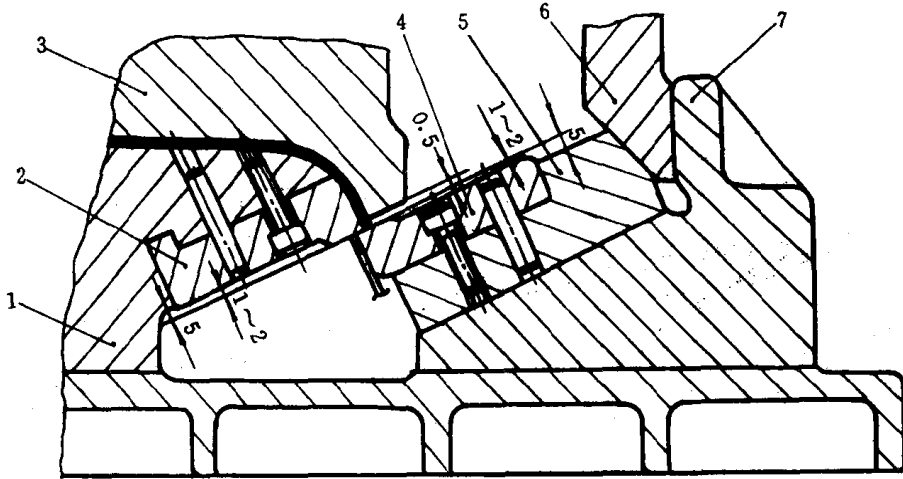


图 3-20 倾斜修边镶块安装

1—凸模体；2—凸模修边镶块；3—退件器；4—凹模修边镶块；
5—滑块；6—斜楔；7—背靠块。

§ 3-3 斜楔滑块

斜楔修边模的修边凹模镶块是靠斜楔滑块的带动产生水平或倾斜方向修边动作的。通常斜楔传动器安装在上模座上是驱动件，滑块安装在下模座或固定座上是从动件。斜楔滑块的设计是斜楔模的中心内容，它关系到斜楔模的成败。

一、斜楔滑块的形式

按斜楔滑块的运动方向和倾斜角度可分为以下三种型式。

1. 水平斜楔

斜楔滑块在斜楔传动器的驱动下，产生水平方向运动，完成修边动作，如图 3-21 所示。当修边刃口的运动方向，处于水平方向 $\pm 10^\circ$ 时，也可以采用水平斜楔装置，即斜楔角 $\alpha = 80^\circ \sim 100^\circ$ 。

斜楔传动器和斜楔滑块的接触角 β 是斜楔滑块行程的重要参数，其值取 $50^\circ \sim 60^\circ$ ，如果行程不足，可取 45° 。

2. 正向倾斜斜楔

斜楔滑块在斜楔传动器驱动下，产生水平向下方向运动，完成修边动作，如图 3-22 所示。

其中， $\gamma = 45^\circ \sim 80^\circ$ ，当 $\alpha = \beta$ 时，则传动器与滑块运动距离相等。

3. 反向倾斜斜楔

斜楔滑块在斜楔传动器驱动下，产生水平向上方向运动，完成修边动作，如图 3-23 所示。

一般， $\gamma = 100^\circ \sim 105^\circ$ 。当 $\gamma = 105^\circ \sim 120^\circ$ 时，在传动器和滑块之间要设计一个中间滑块。

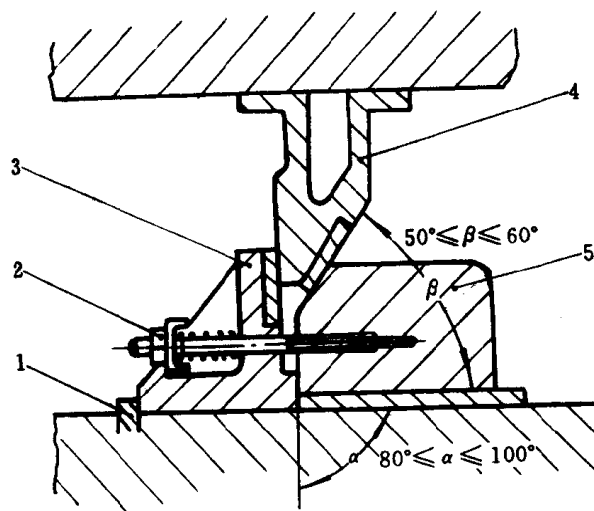


图 3-21 水平运动斜楔装置

1—方键；2—复位装置；3—后挡块；4—斜楔传动器；5—斜楔滑块。

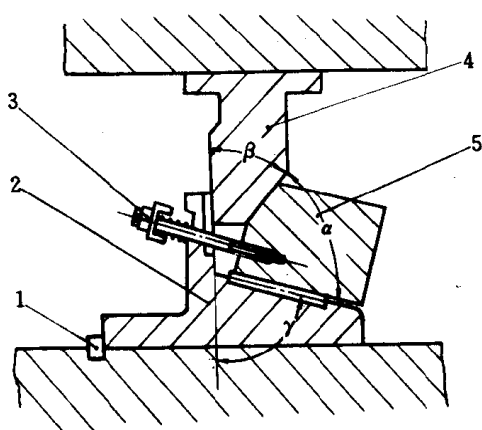


图 3-22 正向倾斜斜楔

1—键；2—后挡块；3—复位装置；
4—传动器；5—滑块。

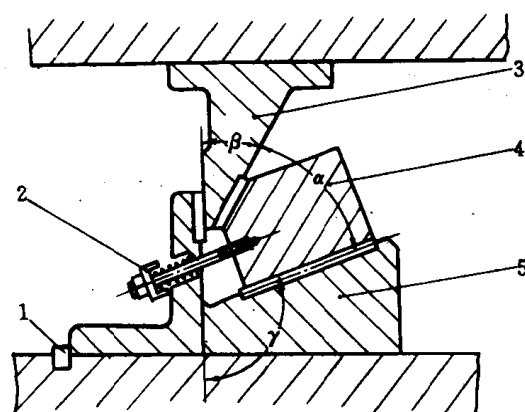


图 3-23 反向倾斜斜楔

1—键；2—复位装置；3—传动器；4—滑块；5—座。

斜楔传动器的角度为 40° ，且固定不变。

按斜楔的安装位置可分为上模滑动斜楔和下模滑动斜楔。上面三例都属下模滑动斜楔。上模滑动斜楔是将斜楔传动器装在下模，滑块及滑块座装在上模。由于它是一种空间机构，又称之为“吊楔”。

二、斜楔滑块的结构尺寸

1. 基本结构尺寸

图 3-24 所示为斜楔滑块的角度和行程示意图。图 3-25 所示为斜楔滑块由角度和行程而决定的基本结构尺寸。

(1) 斜楔角度和行程的关系。

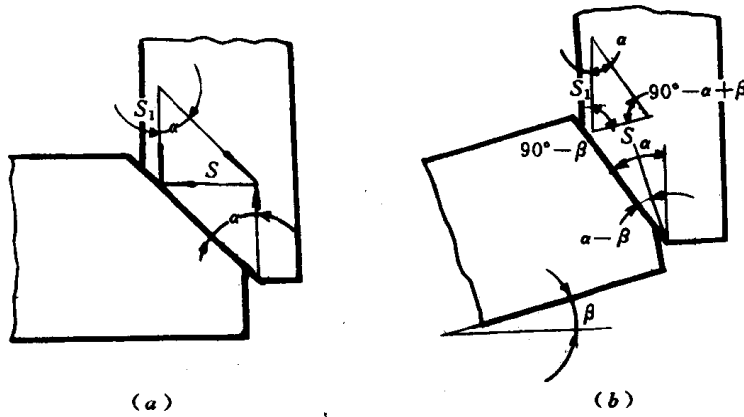


图 3-24 斜楔滑块角度和行程示意图

(a)水平斜楔;(b)倾斜斜楔。

水平运动时:

$$\frac{S_1}{S} = \operatorname{ctg} \alpha$$

或

$$\frac{S}{S_1} = \operatorname{tg} \alpha$$

倾斜运动时:

$$\frac{S_1}{S} = \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\sin \alpha} = \operatorname{csc} \alpha \cdot \cos(\alpha - \beta)$$

或

$$\frac{S}{S_1} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} = \sin \alpha \cdot \sec(\alpha - \beta)$$

式中 S_1 ——斜楔行程(mm); S ——滑块行程(mm); α ——斜楔角,斜面与垂直面夹角,系指斜楔里角; β ——倾斜角,滑块斜面与水平面夹角。

(2)斜楔滑块基本结构尺寸。

斜楔角 α 水平运动时,常使 $\alpha = 40^\circ$;倾斜运动时,常使 $\alpha = 40^\circ + \frac{\beta}{2}$ 。倾斜角 β 由覆盖件表面要求的修边方向决定。一般适用范围如下:正向倾斜时: $35^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$;反向倾斜时: $15^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ 。滑块行程 S S 是模具设计所要求的数据。斜楔行程 S_1 根据 α 、 β 、 S 计算。闭合状态斜楔距底面的距离 a 水平斜楔 $a \geq 25\text{mm}$,倾斜斜楔 $a \geq 15\text{mm}$ 。滑块未移动时和斜楔的接触长度 b b 应不小于接触面长度的五分之一。滑块高度 H 根据 S_1 、 a 、 b 确定。斜楔高度 H_1 根据模具闭合高度确定。

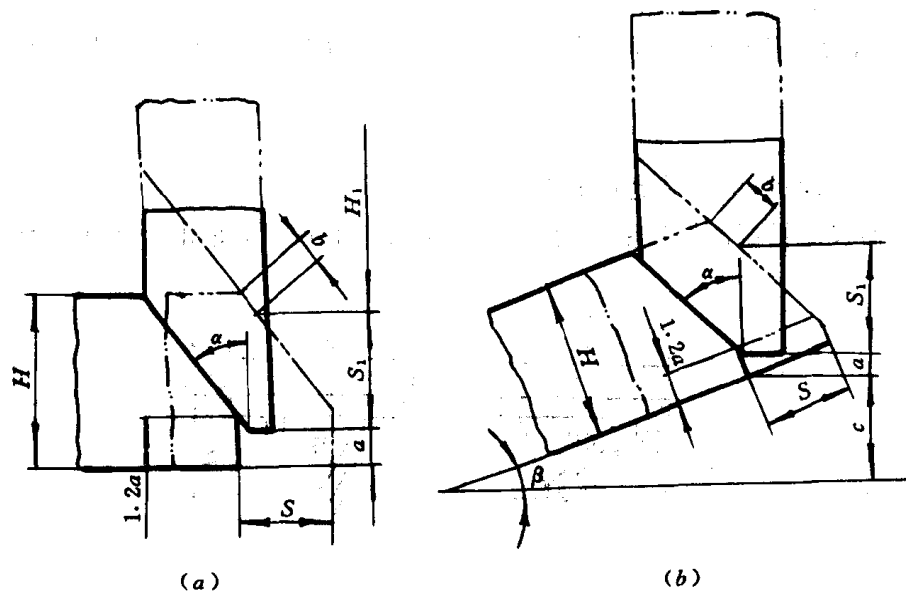


图 3-25 斜楔滑块基本结构尺寸

(a)水平斜楔;(b)倾斜斜楔。

2. 斜楔滑块组合零件的形状

前面给出的基本尺寸是斜楔滑块运动时所需要的结构尺寸。设计时要根据基本尺寸确定各组合零件的形状和其他尺寸。现在按图 3-26 结构详叙如下。

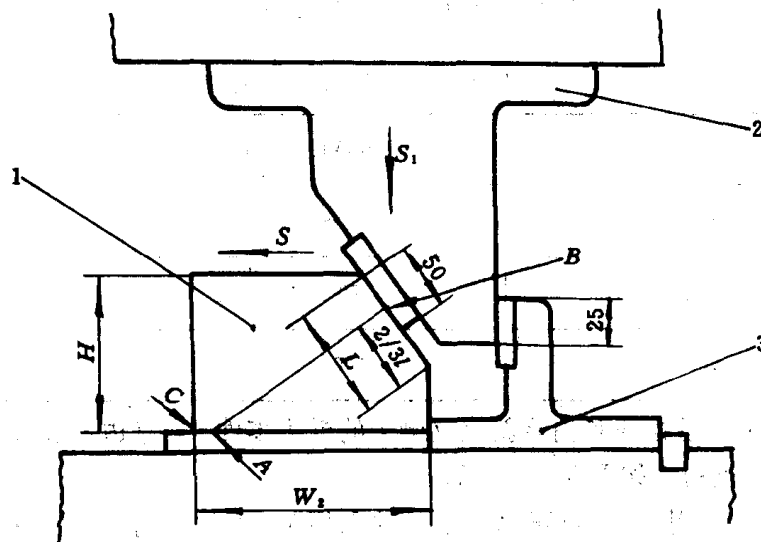


图 3-26 斜楔滑块开始工作状态

1—滑块;2—传动器;3—后挡块。

(1)滑块。滑块宽度 W_2 应保证通过作用点 B 的作用力与滑动面的交点 A , 位于滑块宽度以内。一般情况下, $W_2 = (1.5 \sim 2.0)H$, 最小宽度为 $W_2 = H$ 。

滑块长度根据结构要求确定,主要决定修边线长度。当长度较长时,为增加滑块的稳定性,要适当增加宽度 W_2 。

(2) 传动器。传动器结构如图 3-27 所示。不用后挡块时,宽度 W_1 与高度 H_1 的关系如下:

$$W_1 \geq 1.5H_1$$

使用后挡块时,可不受上式限制。

传动器长度根据滑块长度确定。当滑块长度较长时,可使用 1~3 个传动器,见表 3-2。

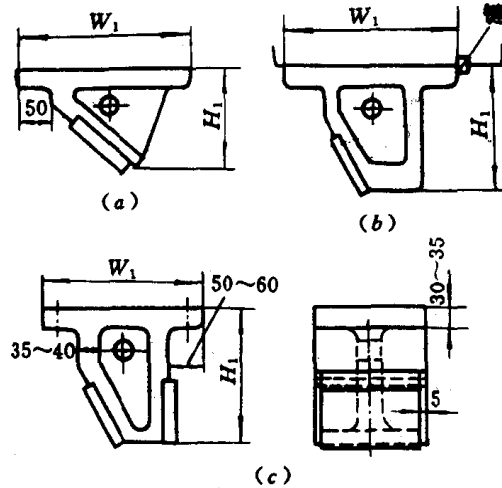


图 3-27 传动器

(a)不用后挡块和键;(b)用键不用后挡块;(c)用后挡块。

表 3-2 滑块和传动器长度关系

滑块长度/mm	传动器长度/mm	传动器数量/个
<300	70~120	1
300~600	70~120	2
>600	100~150	2~3

(3) 后挡块。后挡块是消除斜楔反侧力的受力零件。当修边力较大和模具没有对称斜楔时应设置该机构。如图 3-28 所示。

图 3-28(a)适用于小型轻载荷。后挡块采用 T10A 材料制造,用螺钉、圆柱销固定在模座上。

图 3-28(b)为常用结构。后挡块用 HT200 铸造,安装时用键防止外移。

图 3-28(c)同图(b),但在后挡块前面用突出台阶嵌入模座,防止移动更有效。

图 3-28(d)为大件斜楔采用的结构。后挡块与模座铸成一体。

后挡块的宽度 W 和高度 H 关系为:

$$W \geq H$$

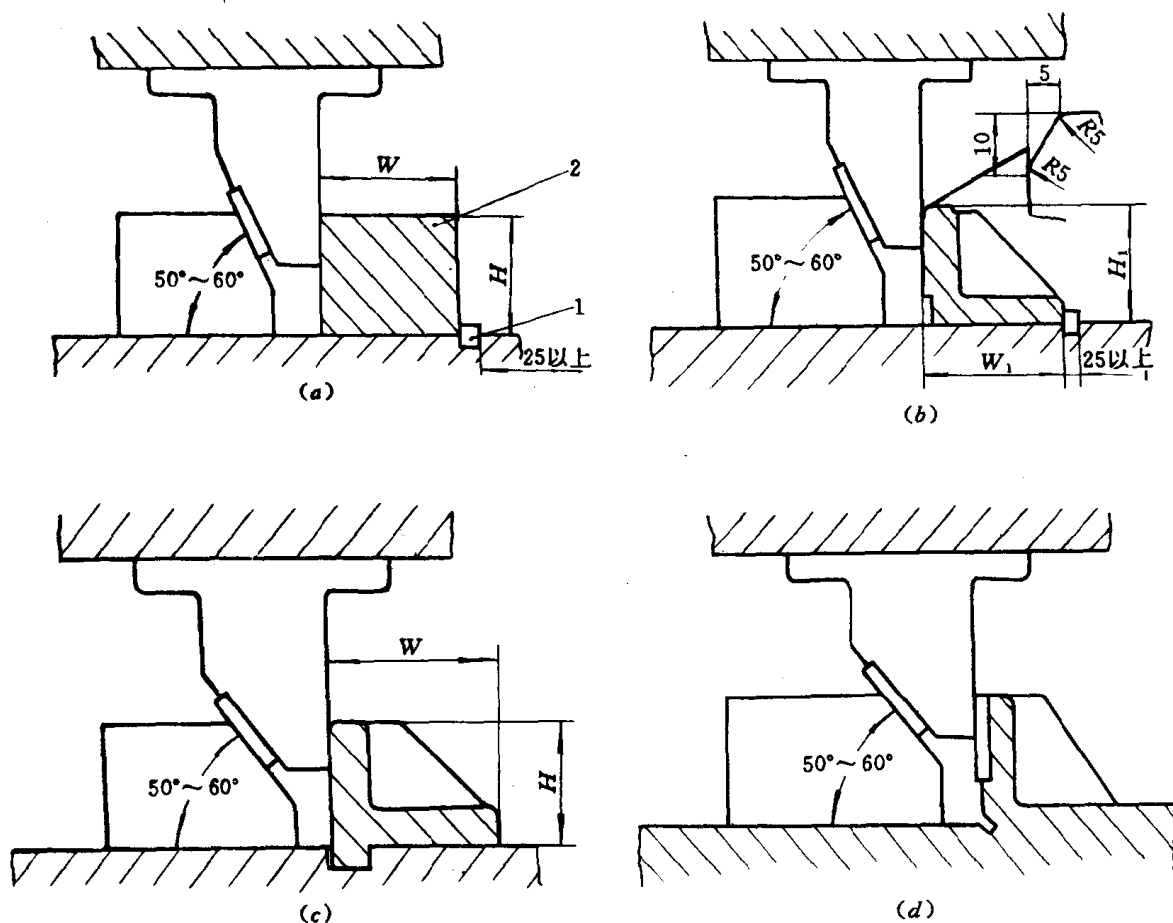


图 3-28 后挡块及安装

(a) 小型、轻负荷斜楔装置后挡块示意图；(b) 一般斜楔装置后挡块示意图；
(c) 中型斜楔装置后挡块示意图；(d) 大型斜楔装置后挡块示意图。

1—键；2—后挡块。

§ 3-4 修边凹模镶块的交接

一、交接状态

对于修边工序，如果采用垂直斜楔模工艺方案时，垂直方向运动的修边凹模镶块和倾斜方向运动的修边凹模镶块同处在修边线连接的部位，就会出现相关交接问题。图 3-29 所示为下部采取垂直修边，左部采取倾斜修边，两者相关处如果不采取措施，则会出现垂直修边凹模镶块 2 和倾斜修边凹模镶块 1 互相干扰的状况。

发生这种状况，必须使倾斜修边镶块先修边、修边完成后立刻停止不动，然后再垂直修边。水平或倾斜修边凹模镶块和垂直修边凹模镶块应选在切向修边表面上，这样水平或倾斜修边凹模镶块不仅能修掉两侧的边，还会修掉与侧部相连接的一部分立边。因此，在垂直修边镶块和水平或倾斜修边凹模镶块之间，必须留有间隙，一般取 1mm。由于间隙处没有凹模，该段材料被撕断，工件上会产生毛刺。

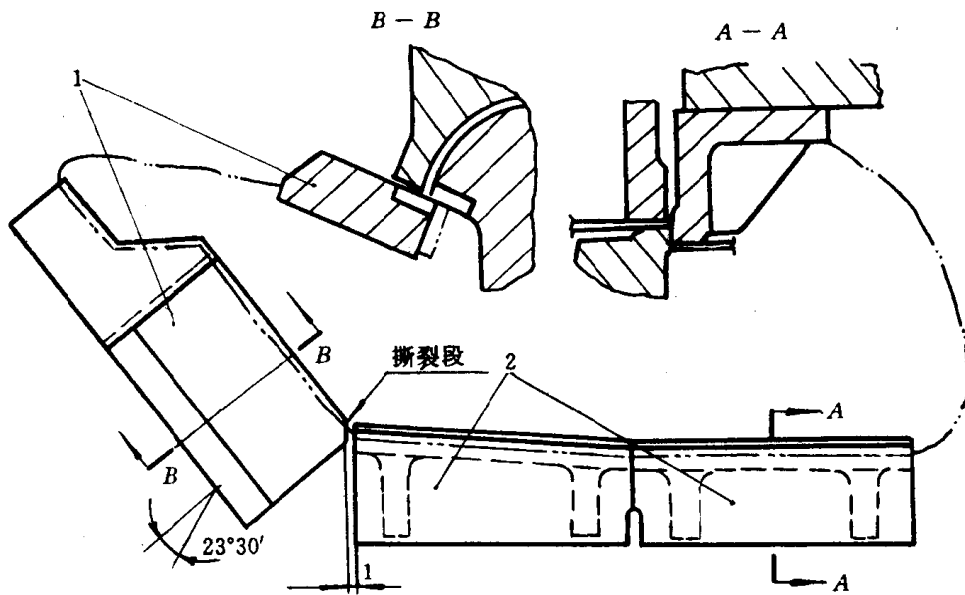


图 3-29 修边凹模镶块交接示意图

1—倾斜方向运动的修边凹模镶块；2—垂直方向运动的修边凹模镶块。

二、交接状态的斜楔结构

交接状态的修边关键问题，是保证斜楔修边镶块先修边，完成后就停止不动。其切入量严格控制在 $1\sim 2\text{mm}$ 。采用图 3-30 所示的斜楔结构可以满足这个要求。

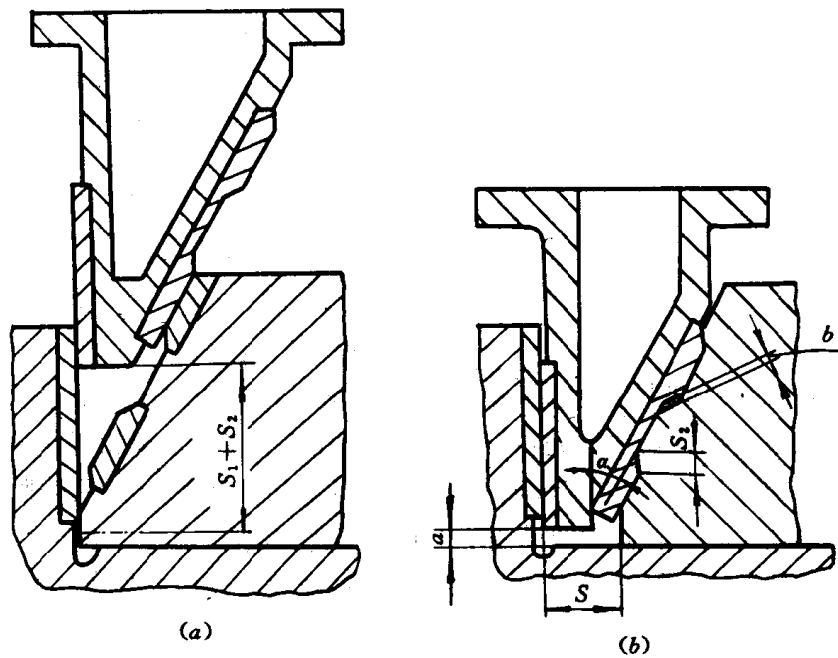


图 3-30 修边凹模相交时采用的斜楔滑块示意图

(a)工作开始时；(b)工作完成时。

斜楔行程 S_1 推动滑块水平行程 S , 达到斜楔先修边, 到斜楔滑板的垂直面, 滑块停止不动, 斜楔继续下行时, 在 S_2 一段行程中, 垂直凹模镶块后修边, S_2 一段对于斜楔是空行程。一般取: $S_2 \leq 25\text{mm}$; $a \geq 15\text{mm}$, $b = 2 \sim 3\text{mm}$ 。

§ 3-5 滑块的行程和作用力

滑块的行程和作用力, 直接影响斜楔传动装置的结构大小和复杂程度。滑块的行程决定斜楔机构的布置面积, 滑块作用力则决定斜楔机构的刚度和强度。所以滑块的行程和作用力必须在设计之前进行准确的计算。

一、滑块的行程

滑块的行程是一个设计数据。首先要根据修边凹模的切入量和退出距离初步确定, 退出距离要考虑修边件放入和取出方便, 还要考虑模具装配的需要。在满足上述要求的前提下, 滑块行程越小, 斜楔装置越紧凑。

在 § 3-3 中, 已经给出滑块行程、斜楔行程和斜楔角的关系式, 据此可以写出滑块行程的计算公式。

水平运动滑块行程:

$$\begin{aligned} \text{由} \quad & \frac{S_1}{S} = \text{ctg} \alpha \\ \text{得出} \quad & S = \frac{S_1}{\text{ctg} \alpha} \\ \text{或者由} \quad & \frac{S}{S_1} = \text{tg} \alpha \\ \text{得出} \quad & S = S_1 \text{tg} \alpha \end{aligned}$$

倾斜运动滑块行程:

$$\begin{aligned} \text{由} \quad & \frac{S_1}{S} = \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\sin \alpha} = \text{csc} \alpha \cos(\alpha - \beta) \\ \text{得到} \quad & S = \frac{S_1}{\text{csc} \alpha \cos(\alpha - \beta)} \\ \text{或者由} \quad & \frac{S}{S_1} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha - \beta)} = \sin \alpha \sec(\alpha - \beta) \\ \text{得到} \quad & S = S_1 \sin \alpha \sec(\alpha - \beta) \end{aligned}$$

式中符号含义见图 3-24, 此处不再重复。

表 3-3 和表 3-4 为水平方向运动和倾斜方向运动的斜楔滑块角度和行程的关系。

表 3-3 水平方向运动斜楔滑块角度和行程关系

α	30°	40°	45°	50°	55°	60°
$\frac{S_1}{S}$	1.732	1.1917	1	0.8391	0.70021	0.57735
$\frac{S}{S_1}$	0.57735	0.8391	1	1.1917	1.4281	1.732

表 3-4 倾斜方向运动斜楔滑块角度和行程关系

$\frac{S}{S_1}$ α β	40°	45°	50°	50°30'	55°	60°	65°	70°	75°
23°30'	0.6704	0.7600	0.8560	0.8660	0.9607	1.0772	1.2099	1.3650	1.5516
25°	0.6655	0.7525	0.8452	0.8549	0.9459	1.0572	1.1832	1.3289	1.5026
27°	0.6597	0.7429	0.8322	0.8414	0.9276	1.0325	1.1501	1.2847	1.4436
28°	0.6571	0.7394	0.8263	0.8346	0.9194	1.0211	1.1348	1.2645	1.4162
40°	0.6428	0.7098	0.7778	0.7848	0.8480	0.9216	1.000	1.0851	1.1791

二、滑块的作用力

滑块在工作状态时,受力状态如图 3-31 所示。

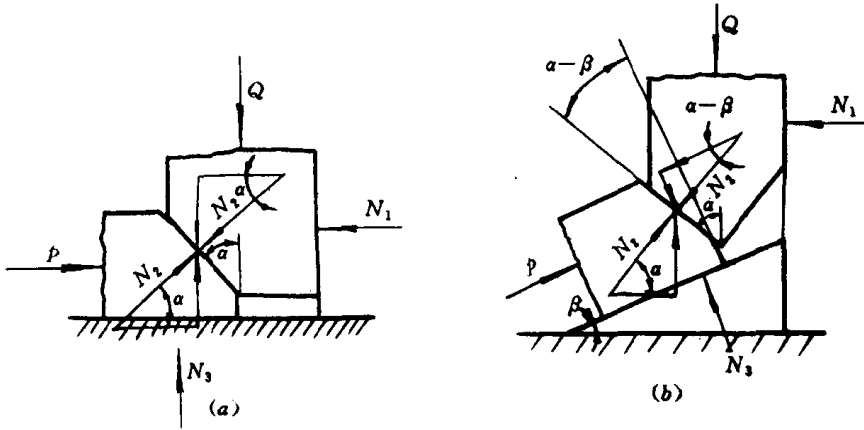


图 3-31 滑块受力状态图

(a)水平方向运动滑块受力状态;(b)倾斜方向运动滑块受力状态。

1. 水平方向运动滑块的作用力

由图 3-31(a)可看出,滑块的作用力和滑块角度有关,如不考虑摩擦力影响,计算如下:

$$Q = N_2 \sin \alpha$$

$$p = N_2 \cos \alpha$$

则

$$Q = p \tan \alpha$$

$$N_1 = N_2 \cos \alpha = p$$

$$N_2 = \frac{p}{\cos \alpha} = p \sec \alpha$$

$$N_3 = N_2 \sin \alpha = Q$$

式中 Q ——压力机压力(kN);

N_2 ——斜楔和滑块之间的正压力(kN);

α ——斜楔滑块角度;

p ——冲裁力(kN);

N_1 ——斜楔的反侧力(kN);

N_3 ——滑块和固定座之间的正压力(kN)。

表 3-5 给出水平方向运动滑块的作用力和角度关系。

表 3-5 水平方向运动滑块的作用力和滑块角度的关系
(不考虑摩擦)

α	30°	40°	45°	50°	55°	60°
Q, N_3	0.57735 p	0.8391 p	p	1.1917 p	1.4281 p	1.732 p
N_1	p	p	p	p	p	p
N_2	1.1547 p	1.3054 p	1.4142 p	1.5557 p	1.7434 p	2 p

由表中数值可知： α 角越小，则 Q, N_2, N_3 越小，滑板磨损越小。反之， α 角越大，则 Q, N_2, N_3 越大，越费力，滑板磨损越大。当 α 为45°时压力机压力和冲裁力相等。斜楔反侧力 N_1 和 α 角无关，等于冲裁力 p ，冲裁力很大时必须加后挡块。

如果考虑滑块和斜楔之间，滑块和固定座之间的摩擦力影响，上表数据必须加以修正，其中：

$$Q_{\#} \approx (1.53 \sim 1.71)Q$$

$$N_{1\#} \approx (1.08 \sim 1.3)N_1$$

$$N_{2\#} \approx (1.143 \sim 1.554)N_2$$

$$N_{3\#} \approx (1.34 \sim 1.643)N_3$$

2. 倾斜方向运动滑块的作用力

由图 3-31(b)可看出，滑块的作用力和滑块角度 α, β 有关，如不考虑摩擦作用，则各作用力计算如下：

$$Q = N_2 \sin \alpha = p \sin \alpha \sec(\alpha - \beta)$$

$$p = N_2 \cos(\alpha - \beta)$$

$$N_1 = N_2 \cos \alpha = p \cos \alpha \sec(\alpha - \beta)$$

$$N_2 = \frac{p}{\cos(\alpha - \beta)} = p \sec(\alpha - \beta)$$

$$N_3 = N_2 \sin(\alpha - \beta) = \frac{p}{\cos(\alpha - \beta)} \sin(\alpha - \beta) = p \tan(\alpha - \beta)$$

表 3-6 列出了倾斜方向运动滑块的作用力和角度关系。

表 3-6 倾斜方向运动滑块作用力和角度关系(不考虑摩擦)

β	50°				55°				60°			
	Q	N ₁	N ₂	N ₃	Q	N ₁	N ₂	N ₃	Q	N ₁	N ₂	N ₃
23°30'	0.8559p	0.7183p	1.1174p	0.4986p	0.9608p	0.6727p	1.1728p	0.6128p	1.0773p	0.6220p	1.2440p	0.7400p
25°	0.8452p	0.7093p	1.1034p	0.4663p	0.9459p	0.6623p	1.1547p	0.5774p	1.0572p	0.6104p	1.2208p	0.7002p
27°	0.8322p	0.6983p	1.0864p	0.4245p	0.9278p	0.6497p	1.1326p	0.5317p	1.0326p	0.5962p	1.1924p	0.6494p
28°	0.8261p	0.6933p	1.0785p	0.404p	0.9194p	0.6438p	1.1223p	0.5095p	1.0212p	0.5896p	1.1792p	0.6249p
40°	0.7778p	0.6527p	1.0154p	0.1763p	0.8481p	0.5938p	1.0353p	0.268p	0.9216p	0.5321p	1.0642p	0.3640p

由表中数值可知： β 角一定时， α 角越小，则 Q 、 N_2 、 N_3 越小，越省力，滑板磨损小，而反侧力 N_1 越大。反之亦然。当 α 角一定时， β 角越小，则 Q 、 N_1 、 N_2 、 N_3 越大。

如果考虑摩擦的影响，则滑块角度和倾斜角度同力的变化关系仍然保持，其数值和不考虑摩擦的相比， Q 、 N_2 、 N_3 都有所增加， N_1 则相应减小。

§ 3-6 滑块的复位力和复位方式

斜楔滑块在斜楔传动器的驱动下，使滑块上的凹模镶块刃口接近凸模刃口，并切入完成修边工作。修边后传动器上升脱离滑块，滑块需要返回到初始位置，为下次修边做好准备。滑块复位靠复位机构实现。

一、滑块的复位力计算

滑块复位力要克服滑块的反向摩擦力，反向摩擦力的大小和滑块重量及滑块倾斜角度有关。

1. 滑块复位所需要的力

(1) 水平方向运动复位。滑动水平方向运动复位时的受力情况如图 3-32 所示。

滑块复位所需的力：

$$f = f' = \mu G \quad (\text{kN})$$

式中 f' ——复位时滑块所受的摩擦力(kN)；

G ——滑块的重力(kN)；

μ ——滑块滑动面摩擦系数，取 $\mu=0.4$ 。

(2) 滑块向上倾斜复位。滑块倾斜复位时向上方向运动，其受力状态如图 3-33 所示。

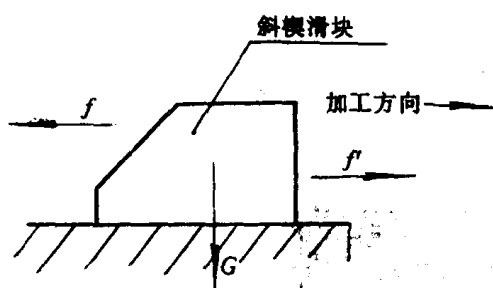


图 3-32 水平方向运动滑块复位受力状态

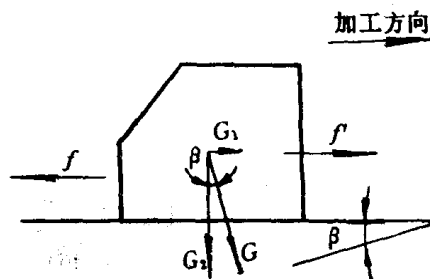


图 3-33 滑块向上倾斜复位受力状态

滑块复位所需的力：

$$\begin{aligned} f &= f' + G_1 = G_1 + \mu G_2 \quad (\text{kN}) \\ &= G \sin \beta + \mu G \cos \beta \end{aligned}$$

式中 f' ——复位时滑块所受的摩擦力(kN)；

G ——滑块重力(kN)；

G_1 —— G 在加工方向分力(kN)；

μ ——摩擦系数；

G_2 —— G 在倾斜面上的法向分力(kN);

β ——滑块倾斜角($^\circ$)。

(3)滑块向下倾斜复位。滑块倾斜复位时向下方向运动,受力状态如图 3-34 所示。

滑块复位所需的力:

$$f + G_1 = f'$$

$$f = f' - G_1 = \mu G \cos \beta$$

式中 f' ——复位时滑块所受的摩擦力(kN);

G_1 —— G 在加工方向分力(kN);

G ——滑块重力(kN);

μ ——摩擦系数;

β ——滑块倾斜角($^\circ$)。

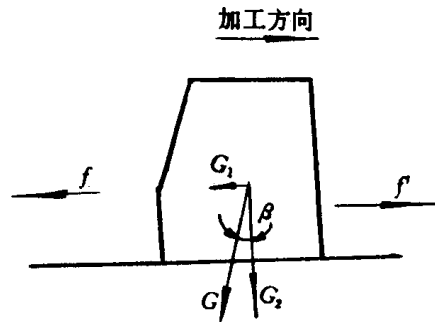


图 3-34 滑块向下倾斜复位受力状态

2. 复位弹簧力

复位返程多数使用弹簧,弹簧力必须大于上面计算所需要的力 f 。考虑到制造精度、粗糙度、润滑、卸料等诸因素,弹簧力计算必须加安全系数,即复位弹簧力:

$$F = kf \quad (\text{kN})$$

式中 F ——弹簧力;

k ——安全系数,取 $k=3\sim 5$ 。

二、滑块复位方式

1. 单向斜楔滑块复位结构

滑块复位时靠弹性元件获得复位力,斜楔传动器在滑块复位时不起作用。具体结构如下。

(1)复位弹簧安装在后挡块外侧,如图 3-35 所示。

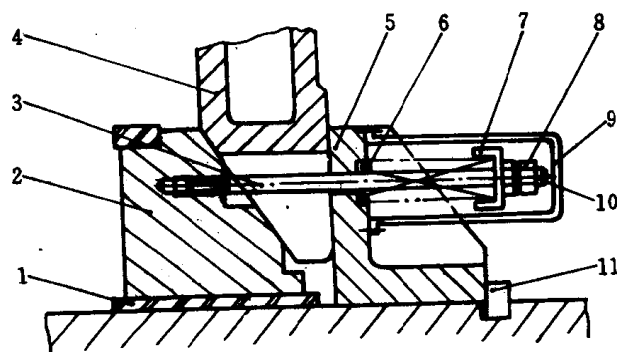


图 3-35 弹簧装在后挡块外侧

1—防磨板;2—滑块;3—弹簧调节螺栓;4—传动器;5—后挡块;
6—复位弹簧;7—弹簧座;8—双螺母;9—外罩;10—开口销;11—键。

(2)复位弹簧安装在滑块下面,俗称暗簧,如图 3-36 所示。

(3)复位弹簧装在凸模和滑块之间,如图 3-37 所示。

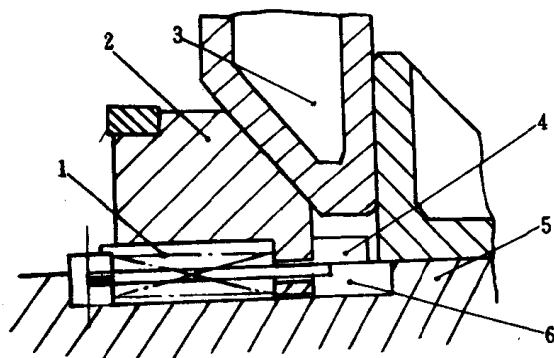


图 3-36 弹簧安装在滑块下面

1—压簧；2—滑块；3—传动器；4—防磨板；5—下模座；6—槽。

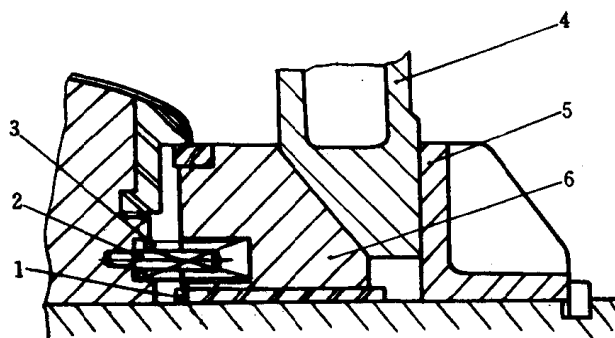


图 3-37 弹簧装在凸模和滑块之间

1—防磨板；2—弹簧安装销；3—压簧；4—传动器；5—后挡块；6—滑块。

(4)用气动元件代替弹簧复位,如图 3-38 所示。

以上四种结构的优缺点和注意事项见表 3-7。

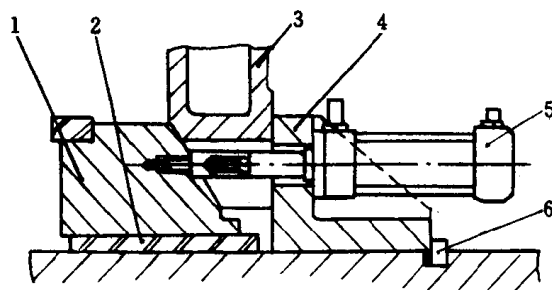


图 3-38 气缸装在外部

1—滑块；2—防磨板；3—传动器；4—后挡块；5—气缸；6—键。

表 3-7 单向斜楔滑块复位结构的注意事项及优缺点

名称	注意事项	优缺点
弹簧装在后挡块外侧	一定要装安全罩和弹簧座； 弹簧调好后装开口销锁死止动； 弹簧螺栓应有足够强度，应淬火处理，中小件用 $\phi 20$ 螺栓，大件模用 $\phi 24$ 螺栓	结构简单，弹簧安装方便； 能缩小滑块尺寸； 弹簧在外，容易飞出，安全性差； 弹簧在外，占据模具面积大
弹簧装在滑块下面	注意弹簧槽不要落入杂物，槽上应盖好； 弹簧先调好长度	结构紧凑，很安全； 安装维修不方便； 限制配置防磨板
弹簧装在凸模和滑块之间	一定装弹簧导销，防止飞出； 可用聚胺脂代替	结构简单安全，可用于大中型模具； 滑块高，安装比较困难
气缸代替弹簧	一定装键，防止后挡块移动	可解决弹簧行程不足的困难； 使用安全，但成本高

2. 双向斜楔滑块复位结构

双向斜楔是指斜楔传动器有两个斜面，一个斜面用于驱动滑块前进，另一个斜面用于带动滑块复位。这里仅介绍以下两种。

(1) 滑块被强制复位的结构，如图 3-39 所示。

(2) 刚性复位结构，如图 3-40 所示。

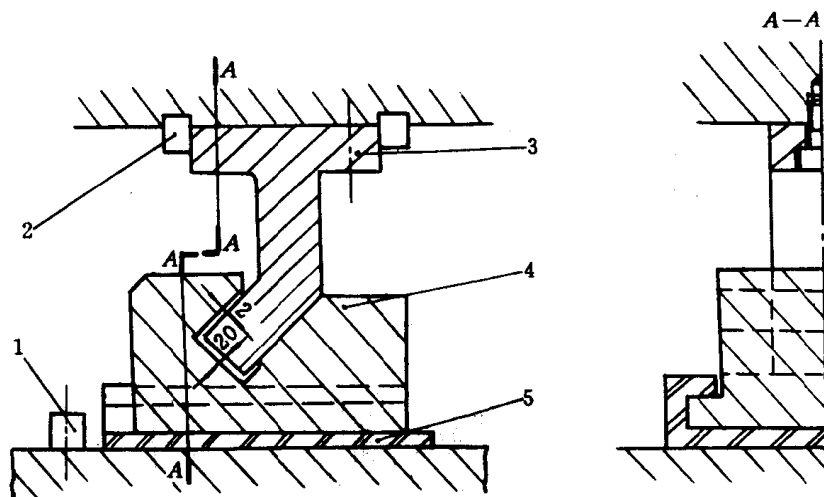


图 3-39 滑块强制复位

1—限位器；2—键；3—传动器；4—滑块；5—防磨板。

强制复位结构，要求滑块上开槽口，用于大型模具。刚性复位结构一般和弹簧复位机构并用。当滑块较轻时，可以用防磨板的侧面代替复位板；用于大、中型模具。

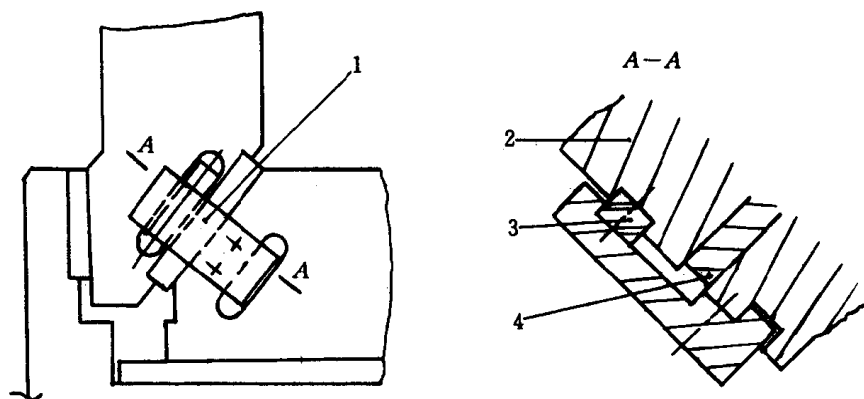


图 3-40 刚性复位结构

1—刚性复位板；2—传动器；3—矩形键；4—滑块。

§ 3-7 修边废料的处理

修边模和冲孔修边模切下的废料，需要按规定要求切断、排出、堆放和运出现场。这是现代文明生产、保证产品质量、保证安全生产必须做到的一项工作。

一、废料处理的技术要求

(1)原则上废料靠自重落下。如果废料可能挂在刃口处，必须使用弹出、顶出、柱塞等辅助装置使其强迫落下。严防废料飞散，影响工作。

(2)废料应集中落在压力机后面，和操作人员分离开，废料通过滑料槽自由倾斜滑落，并集中堆放。滑料槽斜角至少成 30° ，并延伸到垫板端部、与废料收集箱对正。

(3)大的废料要切断，不得带有锐角和大毛刺，以免伤人造成事故。废料规格大小：

细长形废料应小于等于 $600 \times 250(\text{mm})$ ；

L形废料应小于等于 $500 \times 250(\text{mm})$ 。

废料运出通道应畅通无阻，尽量避免两种形状的废料使用一个通道。

(4)废料要每一行程落下一次，使用废料收集抽屉者，最好在 100 片废料以下清倒一次。

二、废料刀切断装置

1. 废料刀的安排位置

图 3-41 所示废料刀的安排有如下特点。

(1)在修边线凸起部位布置废料刀。

(2)废料刀的开口角取 10° ，便于废料滑落离开模具。

(3)废料刀沿修边凸模周围布置一圈，刀刃顺时针(或逆时针)一个方向排列，刀距按废料长度要求，不得超过 600mm 。

(4)废料刀的刃口相对时，开口角取 20° ，如图 3-42 所示。

(5)废料刀切角时，刀座不得从修边线突出，如图 3-43 所示。

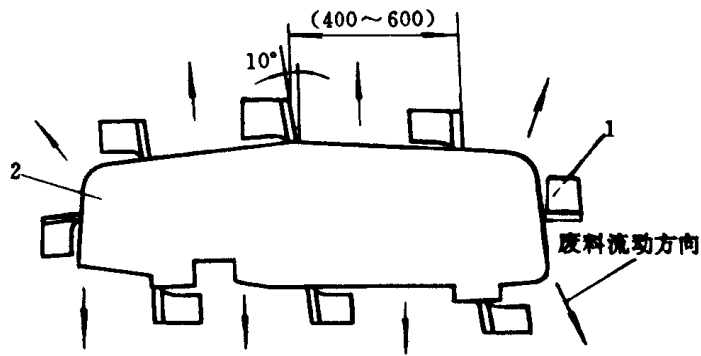


图 3-41 废料刀布置
1—废料刀；2—修边凸模。

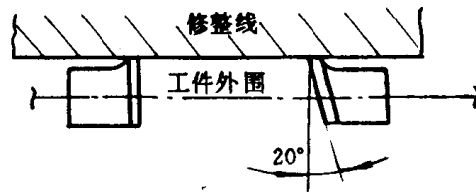


图 3-42 废料刀相对的开口角

(6)角部两废料刀位置应保证废料重心在修边线之外。如图 3-44 所示。

(7)下模用废料刀的刃口和修边凸模镶块接缝错开，上模用废料刀的刃口要利用凹模修边刃口的接缝，如图 3-45 所示。

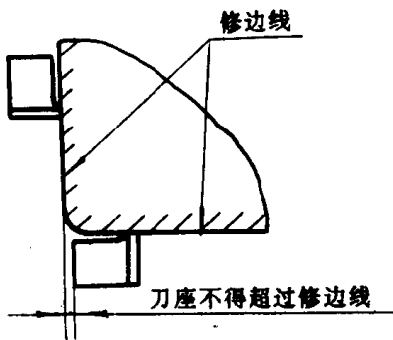


图 3-43 废料刀座位置

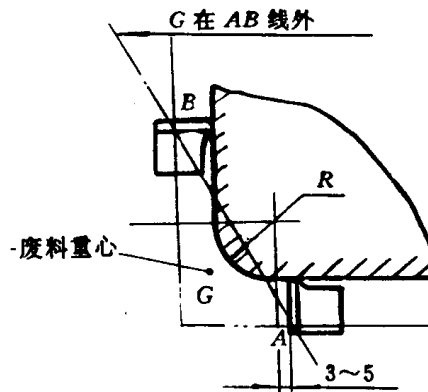


图 3-44 废料刀切角位置

2. 废料刀切入量及刃部尺寸

当用修边凸凹模修边时，废料刀同时将废料切开分段。为此要求废料刀与修边凸模刃口之间有一个高度差 h 。 h 是保证切刀位置修边的必要工艺尺寸，如图 3-46 所示。

从图中可看出，为了保证工件的平整，和工件相贴的凸模刃口是平齐的，废料刀紧靠在凸模边缘，并比凸模低 h 。相反，和废料相贴合的凹模镶块，以接缝为界凸出或凹入一

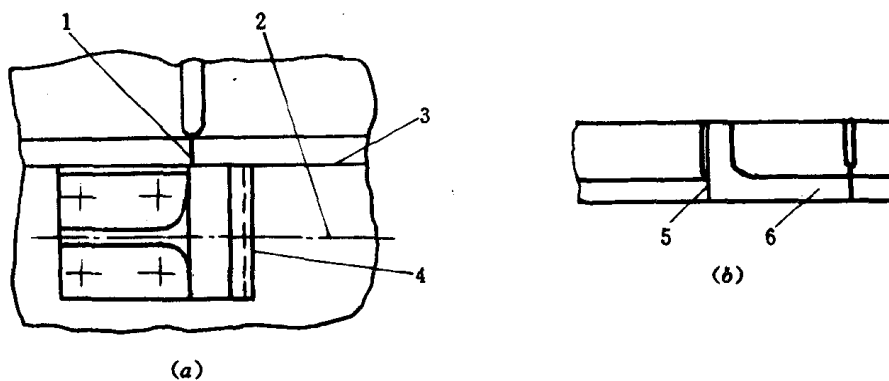


图 3-45 废料刀刃和凸模接缝错开

(a)下模平面图;(b)上模平面图。

1—修边刃接缝;2—工件外围;3—修边刃口;4、5—废料刀刃;6—修边刃口。

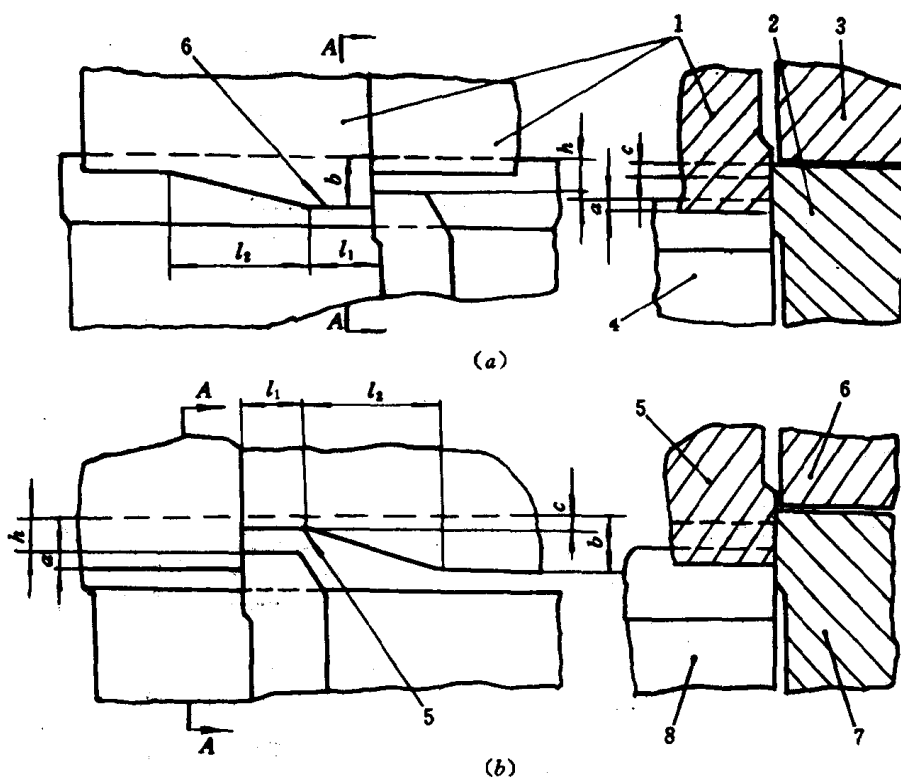


图 3-46 废料刀刃部尺寸

(a)切口处凹模镶块凸出(常用);(b)切刀处凹模镶块凹入(不常用)。

1、5—凹模镶块;2、7—凸模;3、6—卸料板。

段,然后通过过渡段恢复到原来高度。图中,上刃部的尺寸按下列范围给出:

a ——切刀吃模量,取 $a=2\sim 3\text{mm}$;

b ——上模切入深度, $b=6\sim 8\text{mm}$;

c ——上模最小切入深度, $c\geq t$ (t 是材料厚度);

h ——切刀低下高度, $h=4\sim 5\text{mm}$;

l_1 ——凸出凹进宽度, $l_1=10\text{mm}$;

l_2 ——凸出凹进过渡区, $l_2=30\sim 40\text{mm}$ 。

三、修边废料的处理

修边废料的处理方法,通常都是靠废料自重落下,并沿着倾斜的滑槽自动流进规定位置或料箱。但有时废料可能挂在刃口处不能自行排出,此时就要采用一些强制措施,强迫废料脱离模具。其主要方法如下。

1. 打料杆排除法

图 3-47 所示为用弹簧打料杆强制废料落下。

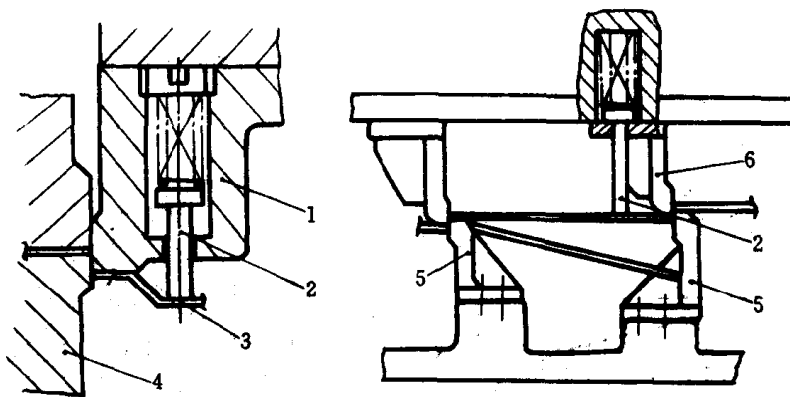


图 3-47 废料刀和弹簧打料杆

1—凹模;2、7—弹簧杆;3—废料;4—凸模;5—废料刀下刃;6—废料刀上刃。

2. 气缸顶出法

图 3-48 所示为用气缸顶出或掀翻的方法使废料排出。

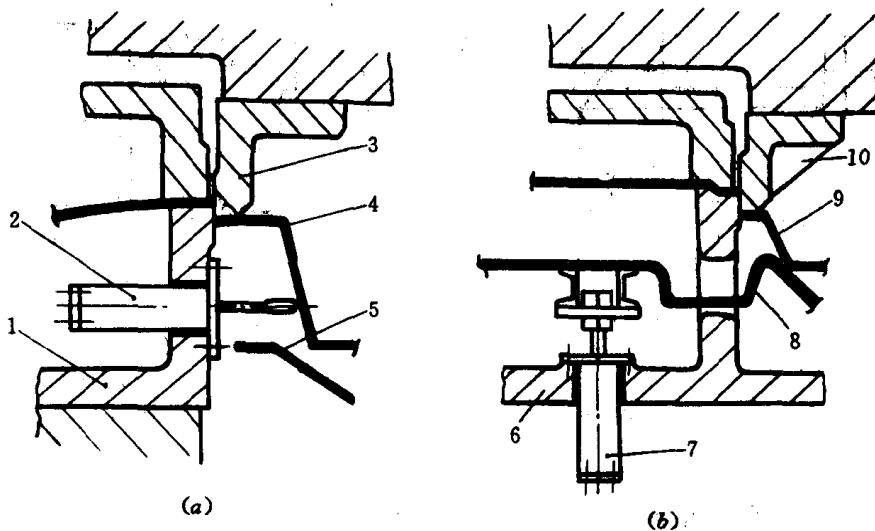


图 3-48 气缸排出法

(a) 气缸水平方向顶出; (b) 气缸顶翻托架。

1、6—凸模;2、7—气缸;3、10—上刃口;4、9—废料;5—废料滑槽;8—托架。

3. 杠杆或压缩空气排出法

图 3-49 所示为用杠杆掀落废料,图 3-50 所示为用压缩空气吹落废料。

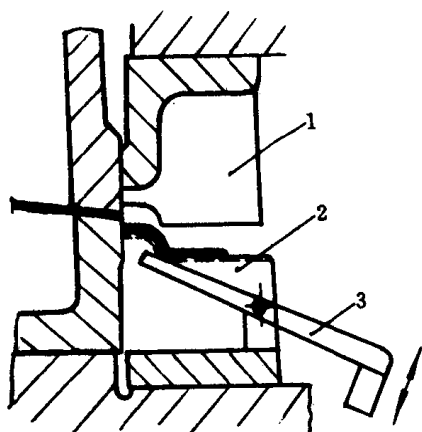


图 3-49 杠杆掀落废料

1—废料刀上刃;2—废料刀下刃;3—杠杆。

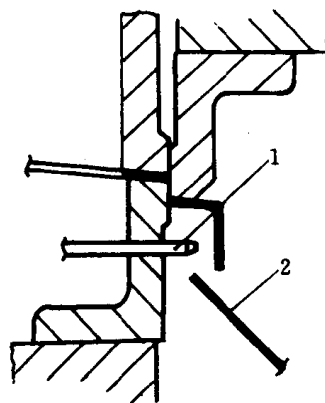


图 3-50 压缩空气吹落废料

1—吹气管;2—滑槽。

§ 3-8 修边冲孔模

一、应用范围

覆盖件上常常分布着各种各样的孔,特别是内覆盖件,一个零件最多有几十个孔。工艺设计时除采用单独的冲孔模外,通常将一部分孔合并到修边模中完成。由于修边是对工件的外轮廓整形,冲孔是在工件的内部进行,所以修边兼冲孔对修边工作不会产生任何影响,而且会减少工序,收到较好的经济效果。修边冲孔模在下述各种情况下常被采用。

(1)下道工序采用孔定位,该定位基准孔必须在修边模上冲出。统一的定位基准孔是保证覆盖件冲模成套协调的重要手段之一,它可以是零件上所需要的孔,也可以是临时增加的工艺孔。一个零件的几套模具最好使用统一的孔定位。

(2)和工件外形及定位基准孔有严格的位置要求的孔,也需在修边模中一并冲出。

(3)工件上孔太多,孔距太近,冲孔模无法集中安排时,要将一些孔移到修边模上冲出。

(4)工件上孔数较少,采用单独冲孔模则经济上不合算。

(5)下道翻边工序,在翻边上有孔,为避免侧冲模具结构复杂化,在翻边前垂直冲孔,也要和修边工序合并。

总之,修边兼冲孔在工艺上要认真地加以研究,如确定对后序工作和产品质量没有影响时,应尽量采用修边冲孔模方案。

二、修边冲孔模结构方案

修边冲孔模的结构方案和修边模基本相同,所不同的就是增加了冲孔的结构设计内容。如果按冲孔的冲压方向分类,可分为如下三类。

1. 垂直修边冲孔模

修边和冲孔均采用垂直方向冲压,这是经常采用的方案。由于冲孔表面不一定是水平

位置,其倾斜角度应有一定的限制。图 3-51(a)所示为当冲孔表面倾斜不大于 15° 时,冲孔凸模可作成平刃口;超过 15° 时,凸模必须制成图 3-51(b)所示形状的刃口;倾斜超过 30° 时,则不能垂直冲孔。垂直修边冲孔模如图 3-52 所示。

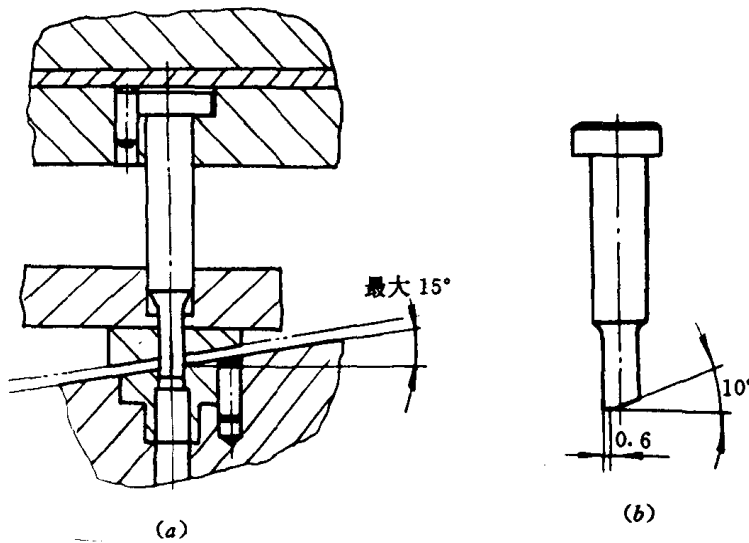


图 3-51 垂直方向冲孔及凸模
(a) 倾斜 15° 时的凸模; (b) 倾斜大于 15° 的凸模。

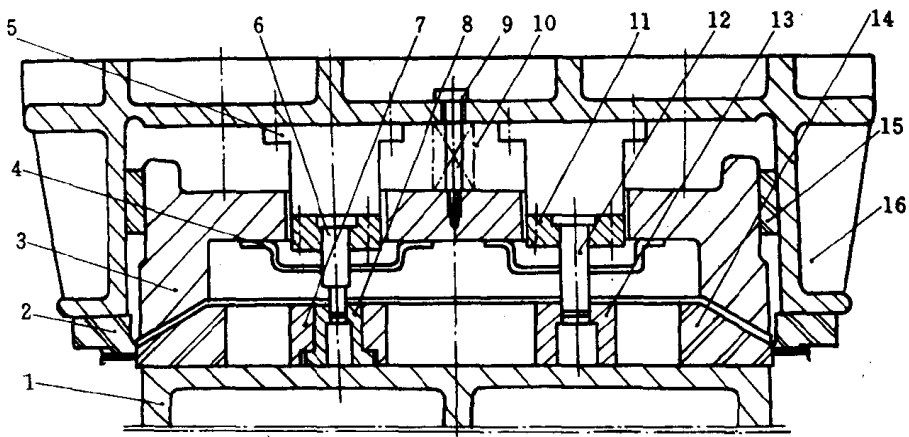


图 3-52 垂直修边冲孔模
1—下模座; 2—修边凹模; 3—卸料板; 4—可拆卸料板; 5、11—凸模座; 6、12—冲孔凸模;
7—凹模座; 8、13—冲孔凹模; 9—卸料螺钉; 10—弹簧; 14—修边凸模; 15—内导板; 16—上模座。

2. 斜楔修边冲孔模

冲孔采用斜楔结构,冲孔凸模装在斜楔的滑块上,冲孔凹模装在修边凸模座上,在冲孔凸模上增加小卸料板。其结构如图 3-53、图 3-54 所示。

3. 垂直斜楔修边冲孔模

这类修边冲孔模结构更复杂,既有垂直方向的冲孔,又有水平或倾斜方向的冲孔。应尽量少采用。

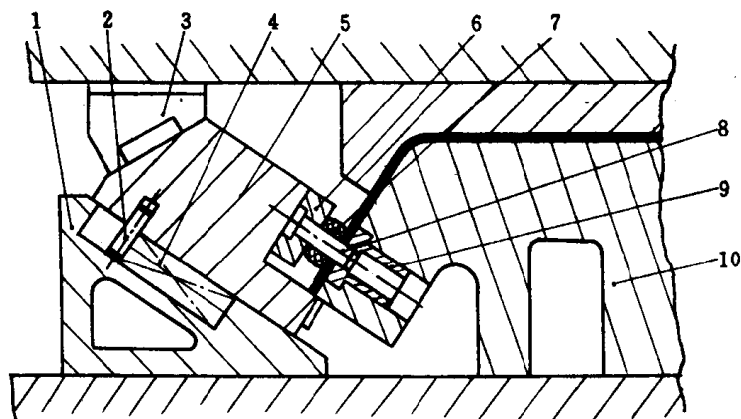


图 3-53 斜楔修边冲孔模

1—背靠块;2—销子;3—斜楔传动器;4—弹簧;5—滑块;
6—凸模座;7—卸件橡胶;8—冲孔凸模;9—冲孔凹模;10—修边凸模座。

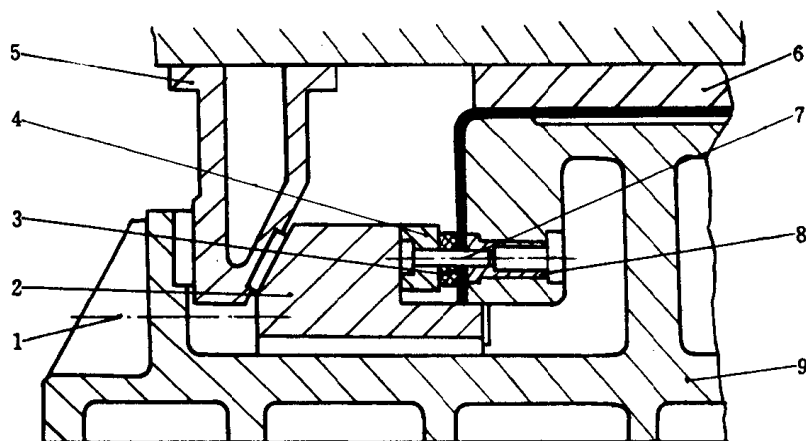


图 3-54 水平斜楔修边冲孔模

1—复位弹簧;2—滑块;3—卸件橡胶;4—凸模座;
5—传动器;6—压件板;7—冲孔凸模;8—冲孔凹模;9—修边凸模座。

三、修边冲孔模结构细则

修边冲孔模的结构设计与修边模基本相同,但要注意冲孔模的结构特点。

1. 冲孔凸模

- (1) 冲孔凸模尽量采用标准冲头,并应考虑能快速拆卸更换,如图 3-55 所示。
- (2) 冲孔凸模固定采用小固定板,以方便单个或成组拆换。
- (3) 冲孔卸料采用可拆卸式的卸料板。当卸料板很大时,在冲孔位置开出局部卸料板可以拆卸,天窗口要大于凸模座,如图 3-52 所示。

2. 冲孔凹模

- (1) 冲孔凹模尽量采用标准件。
- (2) 冲孔位置接近修边线时,按图 3-56 所示选择。图 3-56(a)所示为在修边凸模镶块

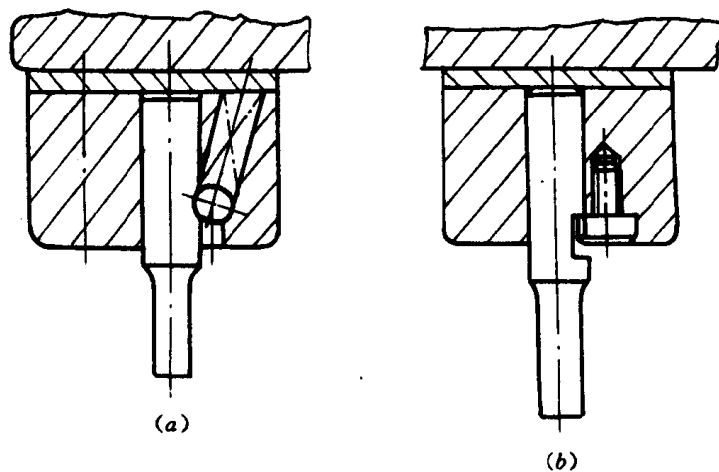


图 3-55 冲孔凸模(快模)

(a)钢珠锁紧;(b)螺钉压紧。

开缺口,图 3-56(b)所示为在修边凸模镶块中开孔装冲孔凹模及固定座,图 3-56(c)所示为和修边凸模一体。

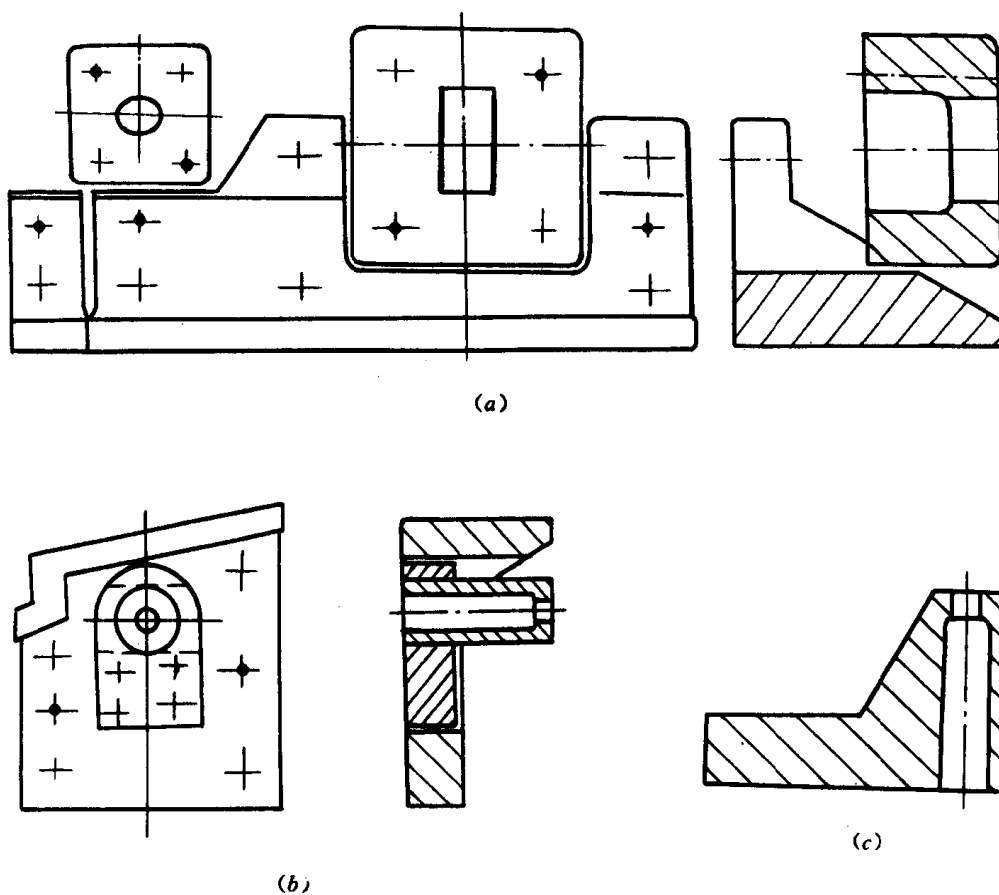


图 3-56 冲孔凹模和修边凸模关系

(3)小凹模采用压块固定并防止转动,如图 3-57 所示。

3. 冲孔废料排出方法

(1)小孔废料在模体下滑槽中排出,或从模体上的缺口排出,如图 3-58 所示。

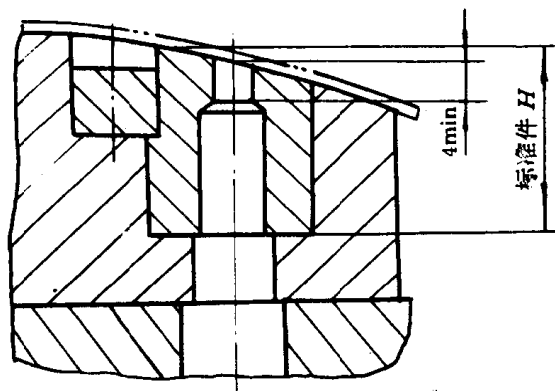


图 3-57 压块固定冲孔凹模

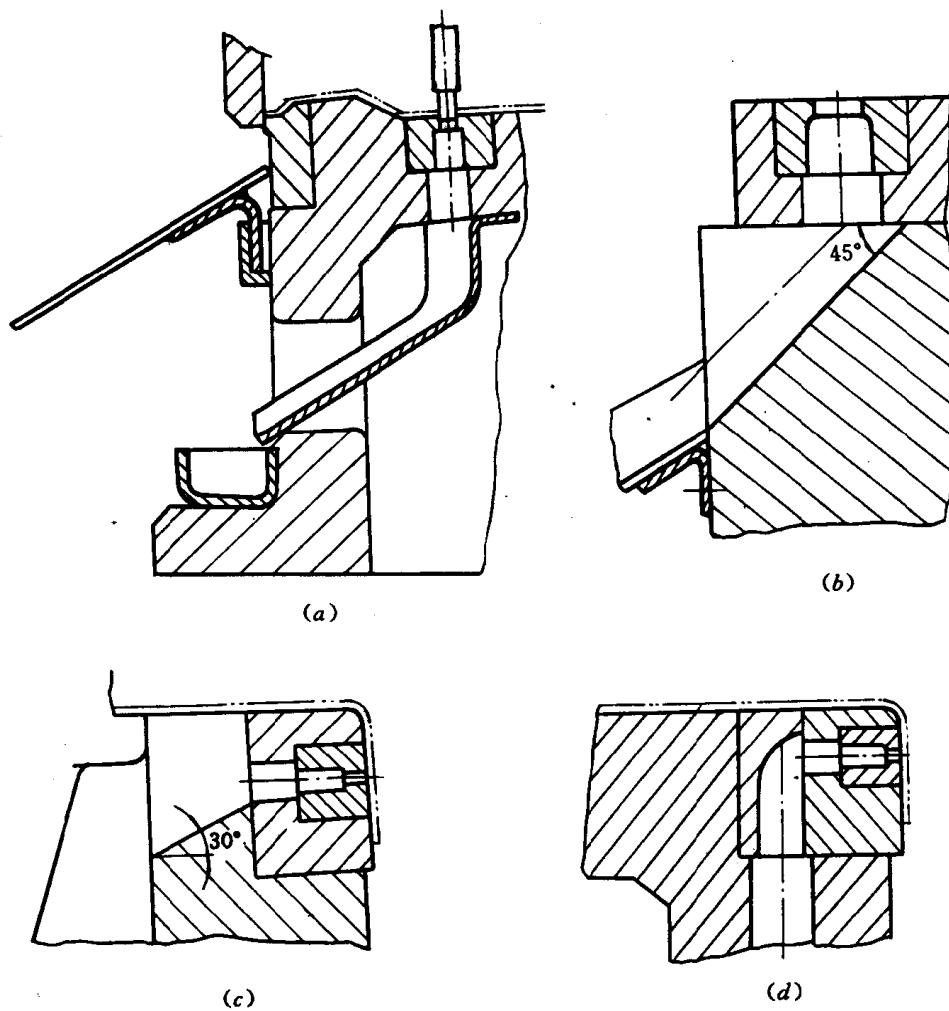


图 3-58 冲孔废料排除方法

(a)在模体下部装滑料槽;(b)在模体上开缺口;(c)、(d)侧冲漏料方法。

(2)大孔废料排出洞口要防止废料卡死,如图 3-59 所示。

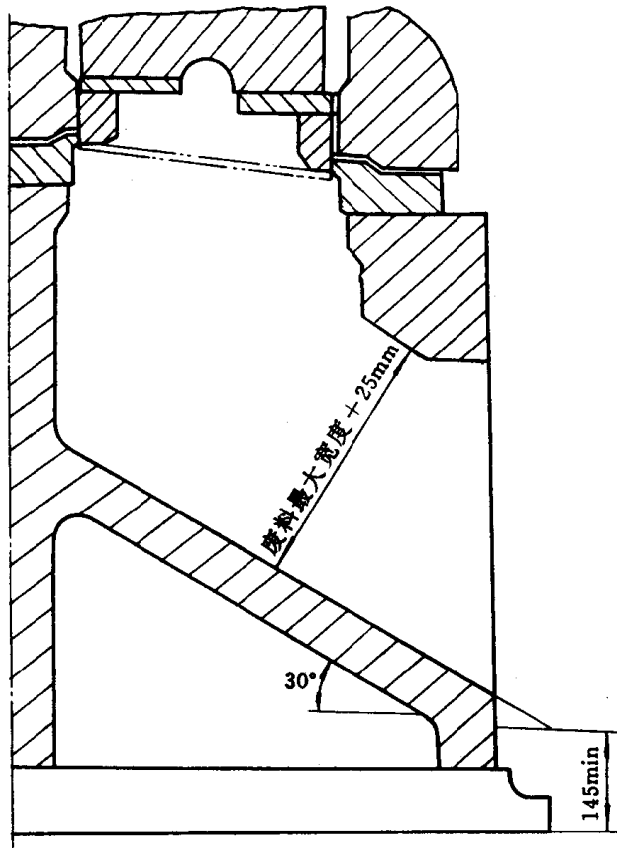


图 3-59 中间大废料漏料

4. 修边冲孔模导向

上下模导向采取导柱导套,为防止小凸模被撞断,卸料板要采用导板内导向,必要时采取小导柱,卸料板与冲孔凸模采用间隙配合。

第四章 翻边模设计

§ 4-1 翻边的基本概念

翻边模是覆盖件成型的关键工装之一。覆盖件的翻边既为了满足装配和焊接需要,也为了使覆盖件边缘光滑、整齐和美观。翻边成型时,覆盖件的一部分材料相对于另一部分材料发生翻转,翻边的准确形状是靠模具保证的。翻边模设计不但要根据翻边的形状特点,还要把修边后的变形和拉延件的回弹消除掉。翻边变形的应力状态是相当复杂的。

一、翻边件的形状特点

翻边件的形状大致有以下六种类型。

1. 平腹板直线翻边

如图 4-1(a)所示,翻边变形集中在弯曲圆角,翻边后板材厚度没有变化。吉普车前围板的翻边,型材类的翻边属于这个类型。

2. 平腹板凸曲线翻边

如图 4-1(b)所示,翻边轮廓线呈凸曲线形状,翻边宽度上的板材厚度在变形后增厚。汽车顶盖拉延成型后,流水槽的向上翻边属于这种类型。

3. 平腹板凹曲线翻边

如图 4-1(c)所示,翻边轮廓线呈凹曲线形状,翻边后翻边宽度上的板材厚度变薄。汽车型材的 S 型凹角处属于这种类型。

4. 凸腹板翻边

如图 4-1(d)所示,覆盖件腹板呈凸起的曲面形状,向下翻边时板材厚度变厚。这类覆盖件较多,如车门外板拉延切边后,再向内翻边属于这个类型。

5. 凹腹板翻边

如图 4-1(e)所示,覆盖件腹板凹陷,翻边方向和腹板凹陷方向一致。翻边时材料厚度变薄。如拉延件侧壁经侧切后向外翻边属于此类型。

6. 封闭状窗口翻边

如图 4-1(f)所示,翻边轮廓线呈封闭或半封闭状,内孔翻边材料厚度变薄。这种覆盖件较多,特别是汽车内覆盖件、零件中间存在许多凸边孔亦属此类。

图 4-1(g)所示为同时具有凸凹两种类型曲线翻边的工件示意图。

二、翻边变形性质及翻边极限

覆盖件的表面多呈复杂空间立体曲面形状,翻边轮廓线的变化也多种多样,其变形性质不能一概而论,分析时要根据具体情况加以鉴别。例如,图 4-1(a)属弯曲性质,图 4-1

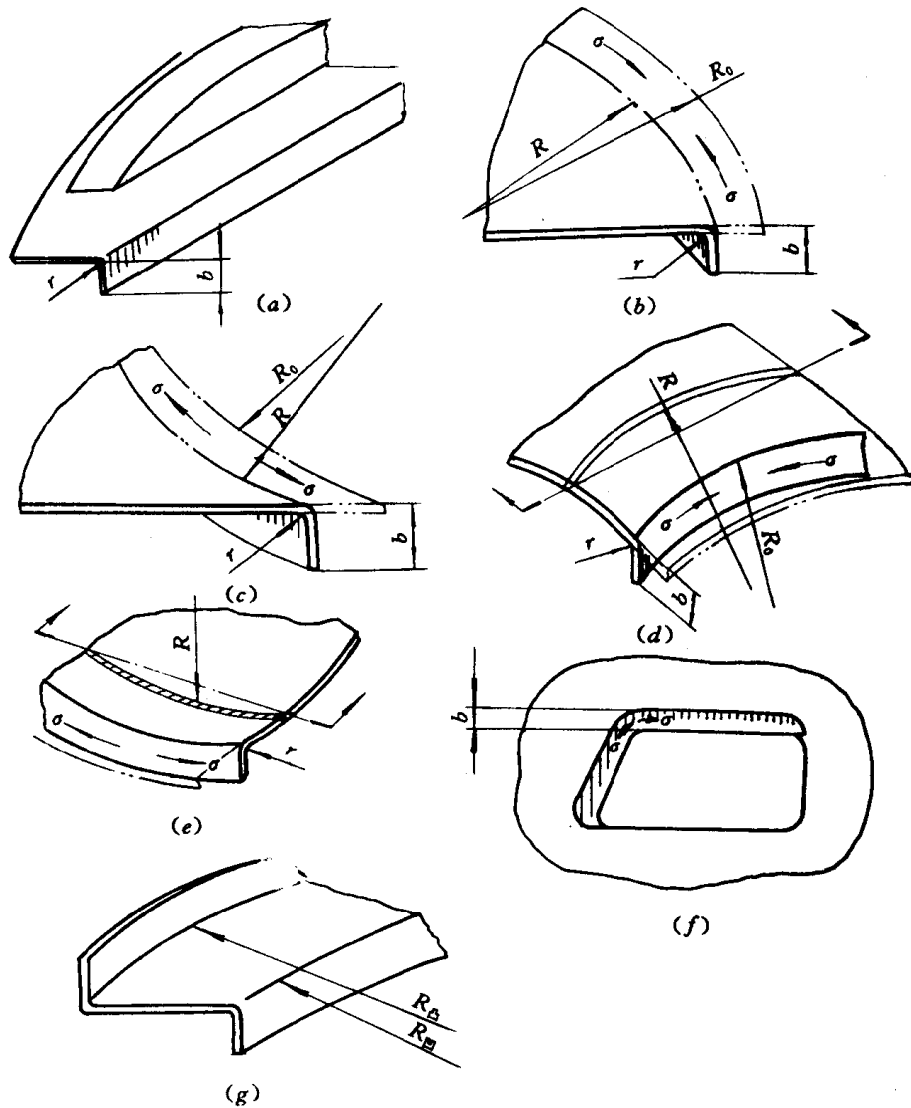


图 4-1 覆盖件翻边类型示意

(a)平腹板直线翻边;(b)平腹板凸曲线翻边;(c)平腹板凹曲线翻边;
(d)凸腹板翻边;(e)凹腹板翻边;(f)窗口翻边;(g)凸凹曲线翻边。

(b)、(d)属拉延性质,图 4-1(c)、(e)属翻边性质,图 4-1(g)的外缘属拉延,内缘属翻边;图 4-1(f)则要按窗口形状分段分析。图 4-2 所示的翻边件, a 段翻边后材料受压变短属拉延性质, b 段属凹曲线翻边性质, c 段属弯曲性质。

下面按着四种情况,分别说明其变形特点和变形极限。

1. 弯曲变形性质

弯曲的变形区集中在弯曲圆角处,板厚方向中性层以内受压,中性层以外受拉,变形程度主要取决于弯曲半径的大小。最小弯曲半径的确定在所有冲压资料中均有介绍,本书不予重述。

2. 纯翻边变形性质

圆孔翻边的变形区主要在翻边展开孔 d_0 和翻边轮廓孔型之间的环状毛料上,翻边时 d_0 逐渐变大,边缘拉伸量最大,裂口是其主要危险,成型极限也有固定方法计算。这里也不

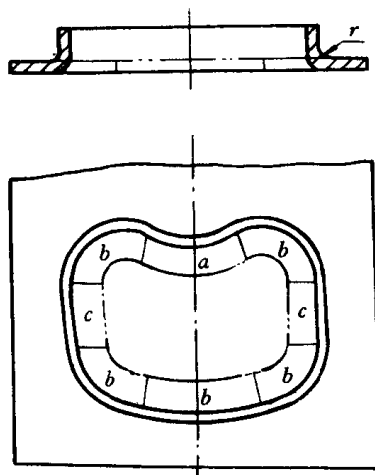


图 4-2 非圆孔翻边

予重复。

3. 凹曲线翻边

凹曲线翻边的变形程度可用下式表示(见图 4-3):

$$K_A = \frac{R_1 - R_0}{R_0}$$

式中 R_0 ——展开半径(mm);

R_1 ——翻边半径(mm)。

由于

$$R_1 - R_0 = b(1 - \cos\alpha)$$

$$R_0 = R_M - b$$

所以

$$K_A = \frac{b(1 - \cos\alpha)}{R_M - b} \times 100$$

式中 b ——翻边宽度(mm);

R_M ——翻边轮廓半径(mm);

α ——翻边斜角(°)。

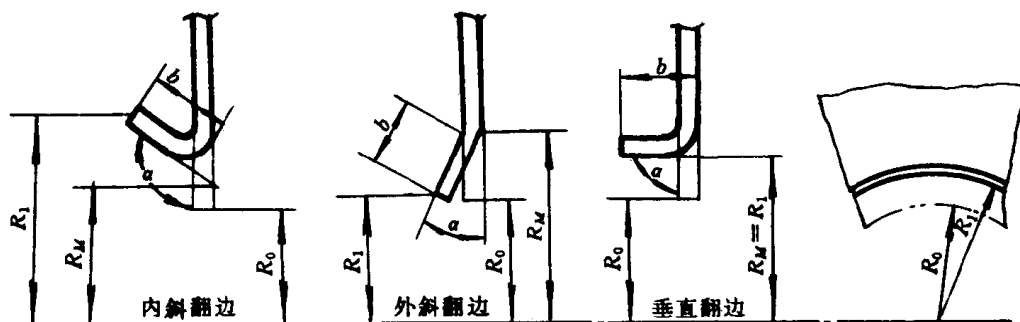


图 4-3 凹曲线翻边的变形参数

当计算得出的 K_A 大于表 4-1 所列数值时,翻边会发生裂纹裂口,翻边不能继续进行。

4. 凸曲线翻边

图 4-4 所示为凸曲线翻边的变形参数,其变形程度可用下式表示:

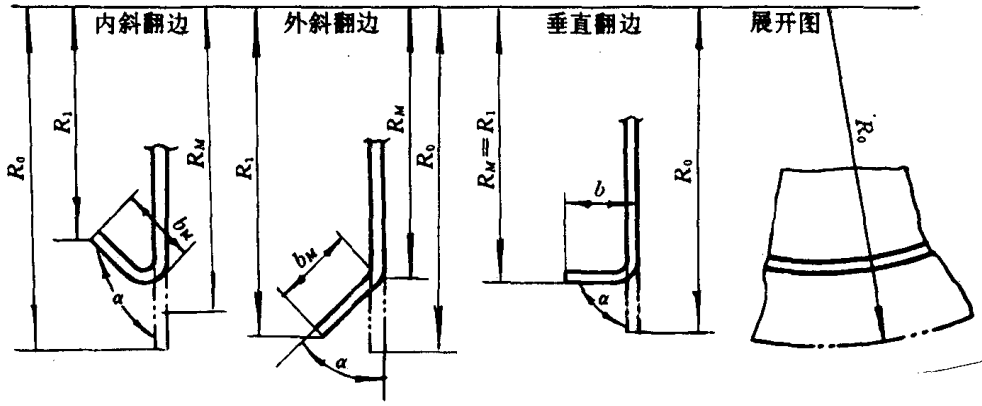


图 4-4 凸曲线翻边的变形参数

$$K_T = \frac{R_0 - R_1}{R_0}$$

因为

$$R_0 - R_1 = b(1 - \cos\alpha)$$

$$R_1 = R_M + b$$

所以

$$K_T = \frac{b(1 - \cos\alpha)}{R_M + b} \times 100$$

当计算得出的 K_T 大于表 4-1 所列数值时,翻边将起皱,设计时必须采取防皱措施。

由上面分析可知,覆盖件翻边的概念已经超出一般冲压书籍中所说的圆孔翻边范畴。变形性质既有翻边,也有弯曲和拉延;变形的危险既有拉伸过长产生的裂口,也有压缩量过大产生的皱纹。在实际设计中要分析具体情况,采取相应措施。

表 4-1 翻边许用变形程度 (单位:%)

材料名称及牌号		凸曲线翻边 K_T		凹曲线翻边 K_A	
		橡皮成型	模具成型	橡皮成型	模具成型
铅	LAM	25	30	6	40
	LAY1	5	8	3	12
铝合金	LF21M	23	30	6	40
	LF21Y1	5	8	3	12
	LF2M	20	25	6	35
	LF2Y1	5	8	3	12
	LY12M	14	20	6	30
	LY12Y	6	8	0.5	9
	LY11M	14	20	4	30
	LY11Y	5	6	—	—
钢	10 钢	—	38	—	10
	20 钢	—	22	—	10

§ 4-2 翻边模分类

根据翻边模的结构特点和复杂程度,可分为以下六种类型。

一、垂直翻边模

翻边凸模或凹模作垂直方向运动,对覆盖件进行翻边。这类翻边模结构简单,翻边后工件包在凸模上,退件时退件板要顶住翻边边缘,以防工件变形。

二、斜楔翻边模

翻边凹模单面沿水平方向或倾斜方向运动完成向内的翻边工作。由于是单面翻边工件可以从凸模上取出,所以凸模是整体式结构。

三、斜楔两面开花翻边模

翻边凹模在对称两面沿水平或倾斜方向运动完成向内的翻边工作。这类翻边模翻边后工件包在凸模上,不易取出,所以翻边凸模必须采取扩张式结构。翻边时凸模扩张成型,翻边后凸模缩回便于取件。这类翻边模结构动作复杂。

四、斜楔圆周开花翻边模

这类翻边模结构同两面开花翻边模相似,所不同的是翻边凹模沿圆周封闭式向内翻边,同样不易取件。必须将翻边凸模做成活动的,扩张时成型,转角处的一块凸模是靠相邻的开花凸模块以斜面挤出。结构较上面一种更为复杂。

五、斜楔两面向外翻边模

凹模两面向外作水平方向或倾斜方向运动完成翻边动作。翻边后工件可以取出。

六、内外全开花翻边模

覆盖件窗口封闭式向外翻边采取这种型式。翻边后工件包在凸模上不易取出。凸模必须做成活动的,缩小时成型翻边,扩张时取件。而凹模恰恰相反,扩张时成型翻边,缩小时取件,角部模块亦靠相邻模块以斜面挤压带动。这类模具结构非常复杂。

§ 4-3 翻边模的扩张结构和缩小结构

覆盖件的翻边一般都是沿着轮廓线向内或向外翻边。由于覆盖件平面尺寸很大,翻边时只能水平方向摆放,其向内向外翻边应采用斜楔结构。覆盖件向内翻边包在翻边凸模上,不易取出,因此必须将翻边凸模做成活动的,此时翻边凸模是扩张结构,翻边凹模是缩小结构。覆盖件向外翻边时,翻边凸模是缩小结构,翻边凹模是扩张结构。

一、翻边凸模扩张结构和翻边凹模缩小结构

1. 双斜楔窗口插入式翻边凸模扩张结构

图 4-5 所示为利用覆盖件上的窗口,插入凸模扩张斜楔。其翻边过程是:当压力机滑块行程向下时,固定在上模座的斜楔穿过窗口将翻边凸模扩张到翻边位置停止不动,压力机滑块继续下行时,外斜楔将翻边凹模缩小进行翻边,翻边完成后、压力机滑块行程向上,翻边凹模借弹簧力回复到翻边前的位置,随后翻边凸模也弹回到最小的收缩位置。取件后进行下一个工件的翻边。

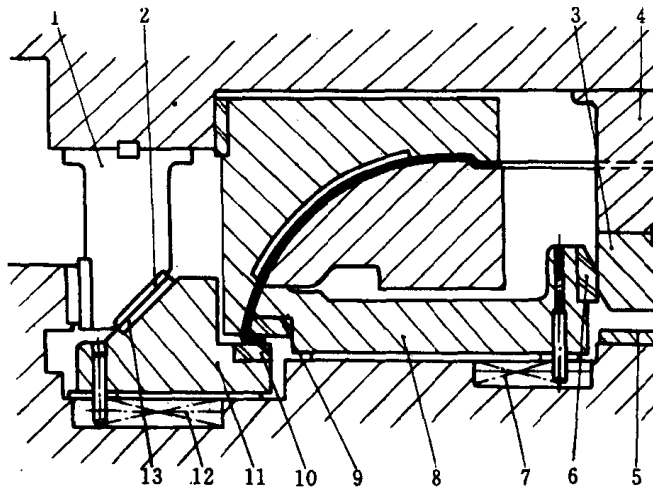


图 4-5 窗口插入式翻边凸模扩张结构

1、4—斜楔座;2、13—滑板;3、6—斜楔块;5—限位板;
7、12—复位弹簧;8、11—滑块;9—翻边凸模块;10—翻边凹模块。

2. 单斜楔双滑块式翻边凸模扩张结构

图 4-6 所示为利用一个斜楔传动器同时驱动凸模扩张滑块和凹模缩小滑块的结构示意图。当压力机滑块行程向下时,斜楔传动器 1 上的滑板 2 斜面同滑块 3 上的滑板 4 斜面接触,并驱动滑块 3 向外移动,使翻边凸模 10 到位,继之由于 2、4 平面接触,翻边凸模停止不动,传动器继续下行,使滑块 8 向里移动,翻边凹模 9 翻边。

压力机滑块上行时,翻边凹模 9 首先退出,接着翻边凸模缩入凸模体内,最后取出工件,进行下一个循环。

3. 双斜楔双滑块式翻边凸模扩张结构

图 4-7 所示为双斜楔双滑块式翻边凸模的扩张结构。当压力机滑块下行时,斜楔座 1 上的斜楔块 2 作用在滑块 11 上的斜楔块 12 上,使滑块扩张,翻边凸模 7 移到翻边轮廓线位置不动。压力机滑块继续下行,斜楔座 3 上的滑板 4 作用在滑块 9 上的滑板 5 上,使滑块 9 沿倾斜面往里收缩,滑块上的翻边凹模 8 进行翻边工作。翻边完成后压力机滑块行程向上,翻边凹模 8 先靠弹簧 6 的作用返回,接着斜楔块 2、12 脱离,翻边凸模 7 靠弹簧 10 作用收缩到初始位置,取出翻边件。

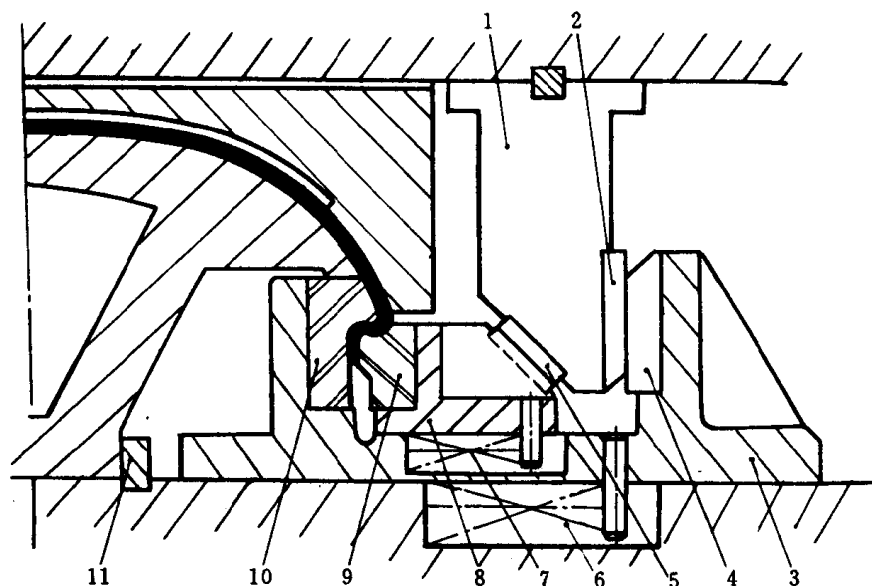


图 4-6 单斜楔双滑块式翻边凸模扩张结构

1—斜楔传动器；2、4、5—滑板；3、8—滑块；
6、7—复位弹簧；9—翻边凹模；10—翻边凸模；11—限位块。

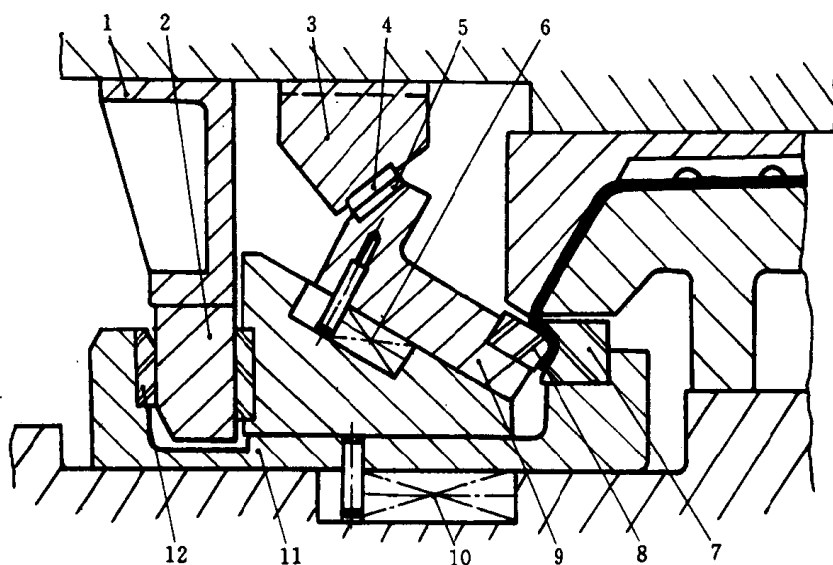


图 4-7 双斜楔双滑块式翻边凸模扩张结构

1、3—斜楔座；2、12—斜楔块；4、5—滑板；
6、10—弹簧；7—翻边凸模；8—翻边凹模；9、11—滑块。

二、翻边凸模缩小结构和翻边凹模扩张结构

覆盖件上的窗口向外翻边呈封闭式形状，翻边后工件包在翻边凸模上，不能取件。此时，翻边凸模必须分块制造，利用斜楔在压力机滑块向下时先缩小到翻边位置停止不动，然后翻边凹模扩张成型。这种结构叫做翻边凸模缩小结构和翻边凹模扩张结构。

图 4-8 所示为覆盖件窗口向外翻边的模具结构。翻边凸模镶块 8 固定在滑块 5 上,当压力机滑块行程向下时,压块 2 将活动底板 13 压下,斜楔块 3、4 斜面接触,使翻边凸模收缩到翻边位置不动。压力机滑块继续下行,在斜楔 10 作用下,翻边凹模扩张完成翻边动作。翻边后上模开启,活动底板受顶件缸顶杆 7 作用抬高,翻边凹模首先收缩返回原来位置,继之翻边凸模扩张脱离工件,行至能够取件的原始位置,即取出翻边件。

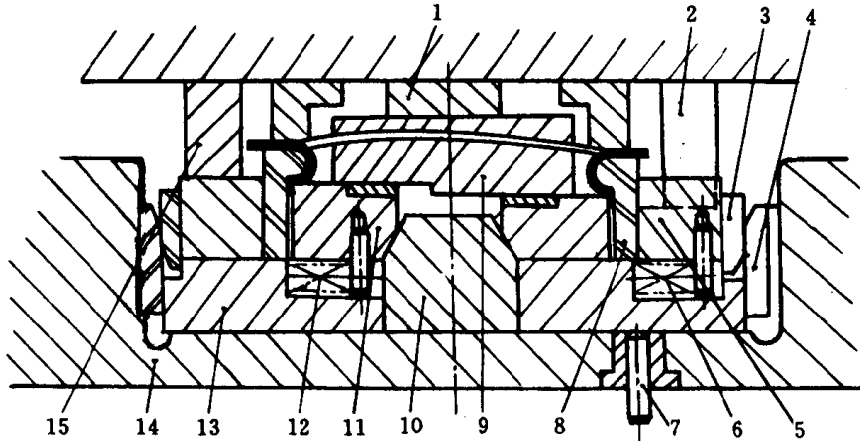


图 4-8 翻边凸模缩小结构和翻边凹模扩张结构

1—限位压块;2—压块;3、4—斜楔块;5—滑块;6、12—弹簧;7—顶杆;8—翻边凸模镶块;
9—压板;10—斜楔;11—翻边凹模镶块;13—活动底板;
14—下模座;15—限位压块。

§ 4-4 翻边凹模镶块的交接

翻边凹模镶块的运动方向取决于翻边方向和翻边轮廓(见图 4-9),翻边凹模镶块的运动方向应平行于翻边方向,并和翻边凸模保持一个材料厚度的间隙(翻边间隙)。最好的翻边凹模运动方向是和翻边轮廓处表面法线方向相一致,以减少侧压力和防止翻边位置窜动。

由于翻边轮廓的变化,翻边凹模拼块有时不可能只沿一个方向运动,当翻边凹模镶块沿着两个或两个以上方向运动时,就会出现翻边凹模镶块的交接问题。

翻边凹模镶块的交接是翻边模设计制造比较棘手的问题。交接的方法有如下两种。

一、在翻边上制缺口

图 4-9 所示为在翻边件上不同翻边方向的交接处制出缺口。该件翻边轮廓取决于要由两个水平方向和两个 45°方向翻边。翻边凹模镶块有三个交接处,交接处必须留有间隙,这样翻边凹模镶块最后将材料挤压到间隙里,形成积瘤,这是不允许的。所以在修边工序中必须将工件在交接处修出三个缺口,防止翻边时出现积瘤。缺口的存在既影响工件的刚性,也会破坏工件的美观,实在是不得已而为之。

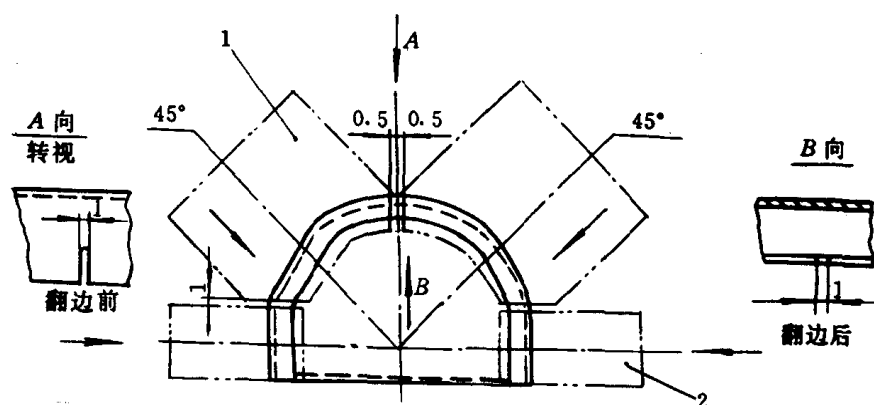


图 4-9 翻边凹模镶块的交接

1—45°翻边凹模镶块；2—水平方向翻边凹模镶块。

二、不同翻边方向的凹模镶块交接

相邻的两个翻边凹模镶块，以不同的翻边方向翻边时，先翻边的凹模镶块在交接处成凹形，翻边后空开，后翻边的凹模镶块在交接处成凸形，在交接处空开的一段又重复翻边一次，以使交接处衔接起来，不留下材料积瘤。

图 4-10 所示为翻边件水平放置，翻边凹模镶块都沿水平方向运动，从三个方位向内收缩进行翻边。左、右两块和中间一块运动方向成 90°，出现两个交接处。左、右两块先翻边，在交接处制成凹形，翻边后空开一定位置；中间一块后翻边，在交接处制成凸形，将先翻边空开的部分再重复翻边一次。这样交接处的翻边就可以很好的衔接起来。

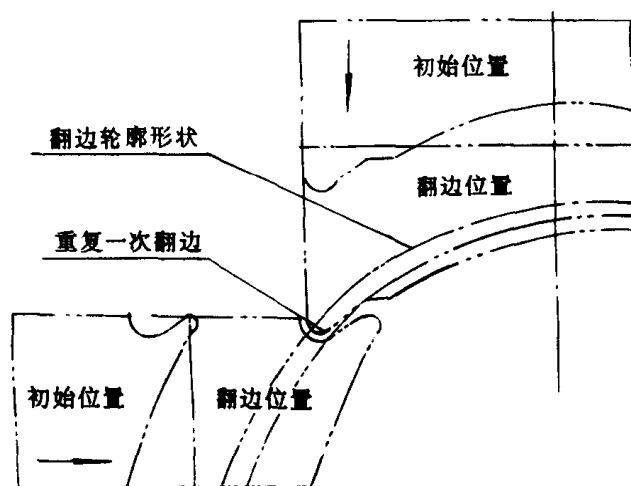


图 4-10 水箱护罩翻边模翻边凹模镶块的交接

图 4-11 所示为散热器罩翻边模凹模镶块的交接。散热器罩水平放置，两侧的翻边凹模镶块沿 23°30′ 倾斜方向翻边。在两个交接处，左、右两个凹模镶块先翻边，在凹形处留出

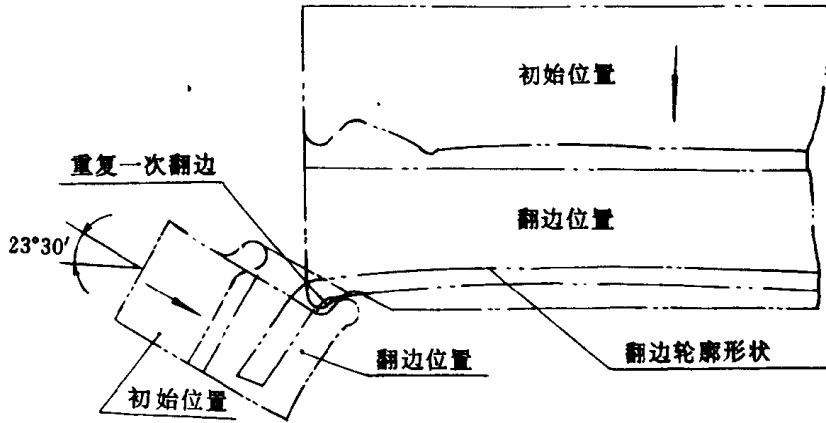


图 4-11 散热器罩翻边模凹模镶块的交接

空挡,中间一个凹模镶块后翻边,其凸形进入凹形空挡,重复翻边一次。

图 4-12 所示为发动机罩翻边模凹模镶块的交接。两侧翻边凹模镶块沿 40°倾斜方向运动先翻边,中间一块后翻边,在交接处也重复翻边一次。

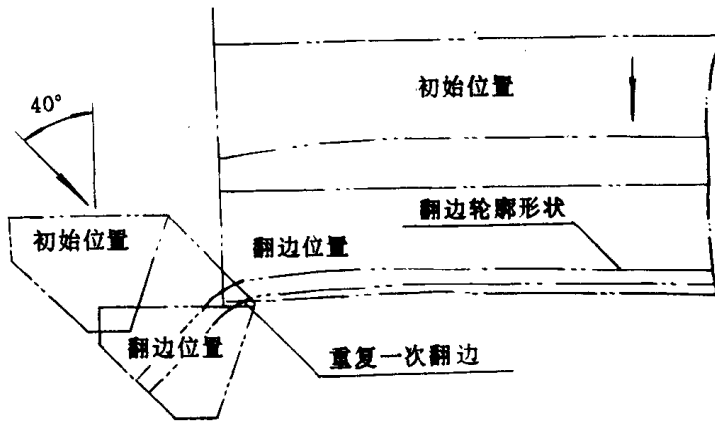


图 4-12 发动机罩翻边模凹模镶块的交接

§ 4-5 翻边模结构设计示例

如前所述,复杂的覆盖件翻边模一般都采用斜楔结构,而斜楔结构的设计要点在第三章和本章前面诸节中,都给了比较详细地叙述,在这里仅举几个设计实例,说明覆盖件翻边模设计中的有关内容。

一、垂直翻边模结构

图 4-13 所示为结构最简单的覆盖件垂直翻边模。翻边时要四周轮廓同时翻边,以防工件窜动和翻边轮廓的参差不齐。工件的定位依靠定位板 4 和托板 9 型面,定位板要在试压中调整准确位置后固定。冲压方向要和拉延模、切边模相一致,以防翻转擦伤工件并减

少劳动强度。翻边后工件靠托板 9 托出翻边凹模腔，靠退件板 5 从凸模上卸下。翻边凸模可用 HT250，或 HT300 合金铸铁和上模体整体铸造，然后表面火焰淬火。翻边凹模采用

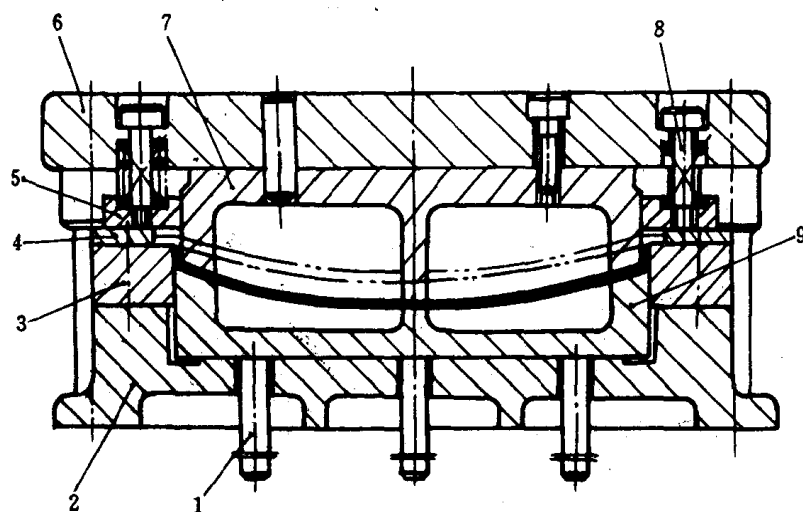


图 4-13 垂直翻边模

1—顶杆；2—下模体；3—翻边凹模镶块；4—定位板；
5—退件板；6—上模体；7—翻边凸模；8—弹簧；9—托板。

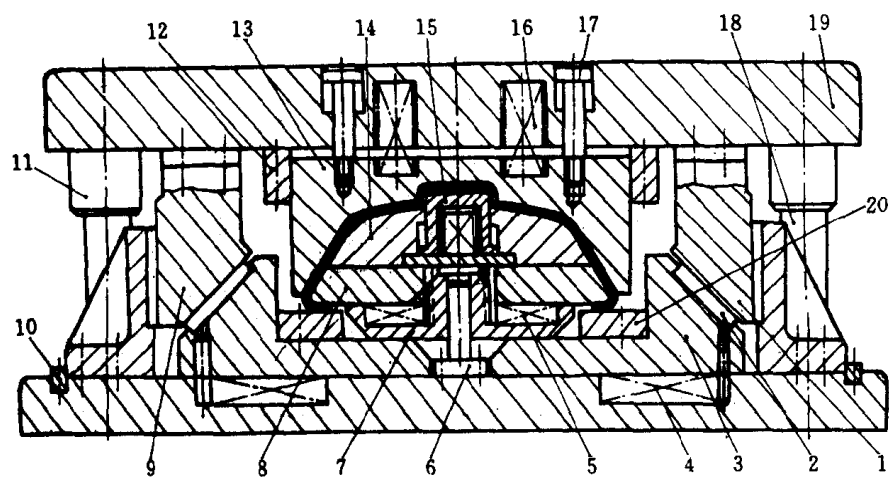


图 4-14 斜楔两面开花翻边模

1、9—斜楔；2—滑板；3—滑块；4、5、16—弹簧；6—轴销；7—中间斜楔；8—活动翻边凸模；10—键；11—导套；
12—固定块；13—压件器；14—凸模座；15—定位退件块；17—螺钉；18—导柱；19—上模板；20—翻边凹模镶块。

T10A 制造镶块，如果材料厚度大于 1.5mm，应考虑镶入下模座。退件板 5 和托板 9，应考虑用导板分别和凸、凹模导滑，防止成型时晃动。

二、斜楔两面开花翻边模结构

图 4-14 所示的翻边模属两面开花式。翻边件上方窝槽用作初定位(四方形)，合模后

压件器 13 把工件牢牢压在凸模座 14 上。接着翻边凸模扩张到翻边位置不动，翻边凹模收缩进行翻边。开模后凹模扩张，凸模缩小，取出工件。

三、气缸装在滑块内的翻边模

复位用气缸装在滑块内，可使模具结构紧凑，但气缸一定设计成可拆卸结构。图 4-15 所示复位气缸选用两件，它们位于滑块 4 和滑块座 5 之间的空间内，不占用面积是一种值得推广的方案。

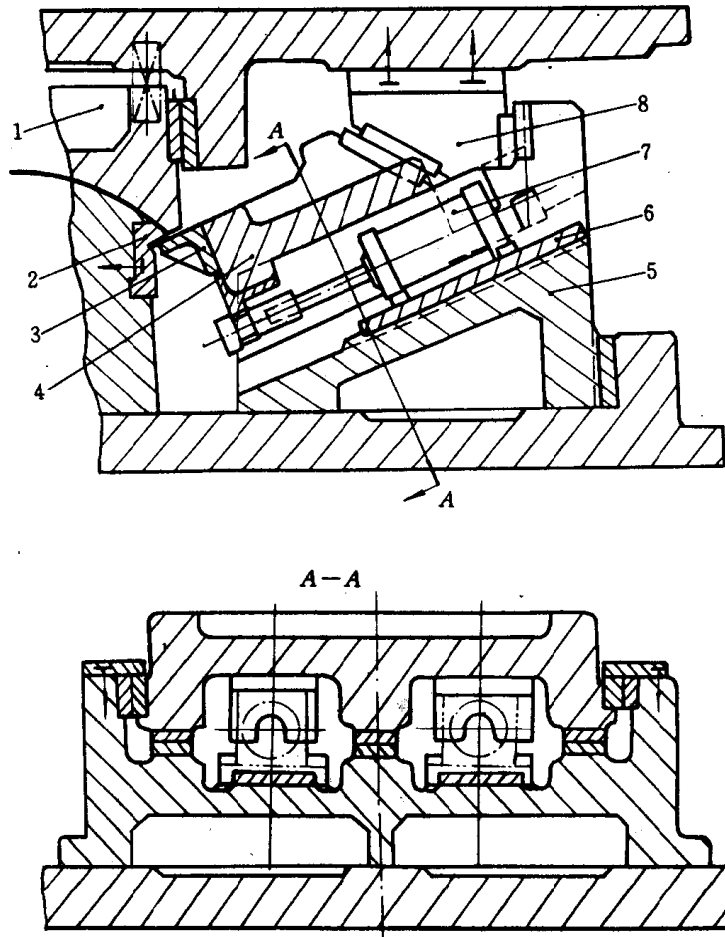


图 4-15 复位气缸装在滑块内的翻边模

1—压件器；2—翻边凸模镶块；3—翻边凹模镶块；4—滑块；
5—滑块座；6—气缸固定板；7—气缸；8—斜楔传动器。

四、吊楔翻边模

图 4-16 所示为翻边凹模滑块装在上模的翻边模。压力机滑块行程向下，斜楔传动器 6 将滑块 4 推向内侧，翻边凹模 3 和凸模 7 合模对工件进行翻边。开模时靠弹簧 5 使滑块复位。使用吊楔结构应注意安全，虽然吊楔翻边模开敞，取放工件方便，但时刻勿忘放件后将手撤到安全区。

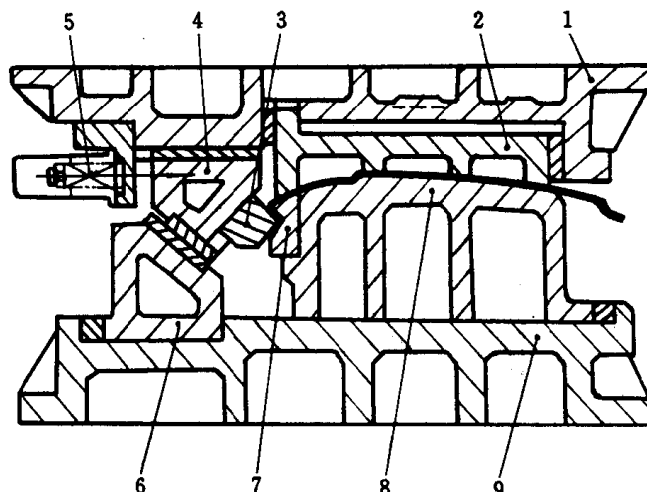


图 4-16 吊楔翻边模简图

1—上模板；2—压件器；3—翻边凹模；4—滑块；5—滑块复位弹簧；
6—传动器；7—翻边凸模；8—凸模座；9—下模板。

五、双重斜楔滑块翻边模

图 4-17 所示双重斜楔滑块是一种多用途结构。当压力机滑块下行时，斜楔传动器 5 首先将滑块 7 向外拉动，使翻边凸模 3 扩张到翻边位置停止不动，然后传动器靠斜面推动翻边凹模滑块 6 收缩翻边。翻边后凹模块 4 先沿水平方向扩张撤离工作区，接着凸模块内缩，取出翻边工件。这种结构十分紧凑，两个滑块重叠设置，能够有效地减轻模具总重量。这种结构安装调整比较困难。

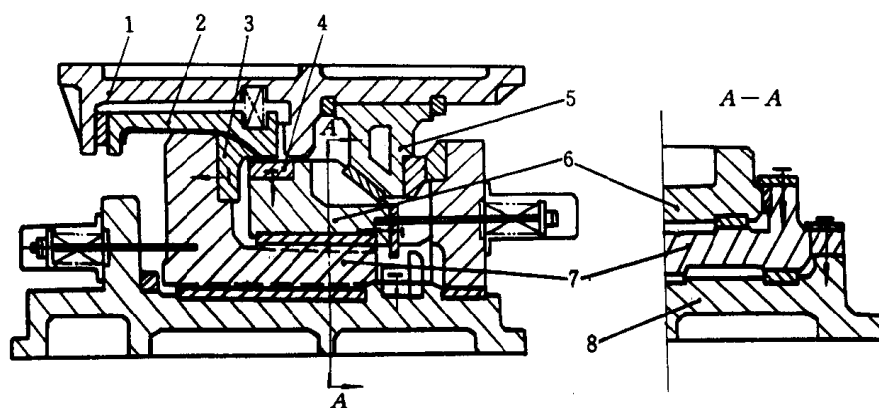


图 4-17 双重斜楔滑块翻边模简图

1—上模板；2—压件器；3—翻边凸模块；4—翻边凹模块；
5—传动器；6—凹模滑块；7—凸模滑块；8—下模座。

六、简易翻边整形模

图 4-18 所示为一种简易翻边兼整形模结构。由于翻边是垂直方向进行，翻边角度沿

垂线两边分布,所以可充分利用压力机压力对翻边进行整形,使翻边线更加清晰。如果水平放置工件,必须采用斜楔机构,这样很可能出现翻边凹模镶块交接问题,消除回弹不理想。本结构简单易于制造,但翻边效果却比较好。

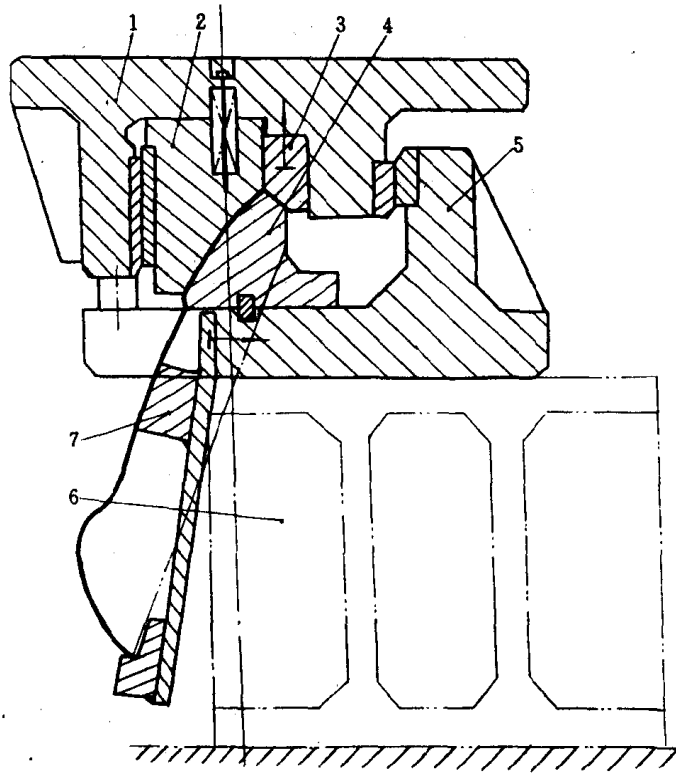


图 4-18 简易翻边整形模

1—上模座;2—压件器;3—翻边凹模块;4—凸模块;
5—下模座;6—附加垫板;7—定位器。

第五章 覆盖件冲模制造与调整

§ 5-1 概 述

一、覆盖件冲模制造特点

覆盖件冲模的模块有几吨、十几吨甚至几十吨重,在这样大的模块上,要雕刻出具有协调的多维空间复杂曲面,在几米长的曲线形冲切刃口之间,要保证只有头发丝直径一半的冲切间隙,这实属高科技的制造技术。对这样极高的技术要求,在覆盖件冲模制造中,是必须要保证的。将覆盖件冲模与一般冲模相比较,就会发现覆盖件冲模在制造技术上的特点是相当明显的。

1. 模具外廓尺寸大需要大型高精密度加工设备

覆盖件模具的型号有大、中、小之分。当冲模底板的长度与宽度之和大于 3500mm 时,被认为是大型模具;长度与宽度之和介于 1200~3500mm 之间者是中型模具;长度与宽度之和小于 1200mm 者是小型模具。单就小型模具的重量,也有 3~5t,这在一般冲模中也可被当作大型模具。大型模具中,仅铸件重量最大的有三十多吨,模具的总重量可达到四十余吨。加工这样大的模具,一般的通用机床是无能为力的。现代先进的制造技术,就需要大型数控铣床或数控仿型铣床。加工模具的平面、斜面、各大小孔、基准面……;加工复杂的多维空间曲线型面;研配二维、三维内外形曲面的需要,还要有研配压力机或研配系统、大型测量机,进行划线和检测,同时也需要大型压力机进行试压调整。

基准面加工是覆盖件冲模加工的第一道机械加工工序,它要求机床的龙门宽度能够顺利通过模块,龙门宽度要求在 2200~3000mm。基准面加工最好在一次定位中将模块的五个面(除型面之外)一次加工完成。

型面加工是覆盖件冲模最主要的机加工工序,模具的精度主要取决于它。型面加工目前采用最先进的加工方法:数控机床加工、数控仿型铣床加工和电脉冲放电加工。数控机床和数控仿型铣床加工是目前大多数厂家重点采用的方法。电脉冲放电加工只能应用在小余量的精加工上,当凸、凹模型面经过数控机床或数控仿型铣床加工之后,用凸模电极直接放电加工凹模,可以得到高质量的凸、凹模型面。

由于覆盖件模具尺寸大,龙门式的数控铣床 $x : y : z$ 坐标应在 4000mm : 2000mm : 1500mm 以上,三轴联动或五轴联动机床,具有数字化功能、对称加工功能和凸模凹模编程功能等,都是型面加工的数控机床必须具备的。

2. 模具的成套性和制造周期长需要严密的组织生产计划

覆盖件冲压工艺顺序一般是落料→拉延→修边→翻边。冲模制造顺序则不同,落料模要等拉延模调试后得出准确的毛料形状才能制造,修边模要等翻边模调试后得出准确的修边轮廓才能制造。所以其制造顺序变成拉延模→翻边模→修边模→落料模。如果需要

整形工序,整形模必须安排在修边模之前制造。冲模制造顺序才是保证模具成套性的关键。

一套模具往往由几百个、甚至千余零件组装而成,其制造周期国外为6~9个月,国内需要一年以上。在如此之长的生产周期内,组织数千数万个零件加工,必须要制订出严密的生产计划。目前无论国内国外,都广泛应用网络计划组织生产并取得了较好的效果。

3. 生产准备工作复杂

覆盖件冲模制造的生产准备工作,除了包括组织材料、锻件、铸件、标准件、刀具、量具之外,还要制造工艺模型,编制协调路线、加工工艺文件等。如果订货方只提供产品图纸和数据表,则按产品图纸和数据表考虑加工工艺补偿和拉延槽的要求制造工艺模型。在冲模制造中,通过变换工艺模型坐标的角度,来满足制造拉延模、翻边模、修边模……所要求的相应位置,作为制造冲模可靠的依据。

4. 繁重的冲模调整工作

覆盖件冲模的制造精度包含两项内容,即静精度和动精度。按冲模图纸尺寸加工后的精度被称作静精度,这和一般的机械零件加工相似。但是具有很高水平的静精度模具,不一定是合格的模具,它必须经过动精度检查调整,使模具能够满足薄板件的大塑性变形,才能压出合格的覆盖件,这样的模具才是合格的模具。应当指出,静精度不是可有可无,它是动精度的调整基础。没有较好静精度的模具,决不可能调出较高水平的动精度。

试压调整工作非常重要,它既有单套模具的调整,也有成套模具的全面调整。

二、生产准备工作

1. 工艺正模型准备

采用数控铣床或数控仿型铣床加工冲模,它的工艺模型的制做就简单了。考虑后序使用时的变换关系,通过变换工艺模型的坐标角度,就能够满足使用要求。因此在制作工艺模型时,只考虑工艺补偿部分和拉延筋的要求,做成整体木质工艺模型,保证与覆盖件在总成中相应的水平位置关系即可。

以图5-1所示的某汽车发动机罩为例,说明工艺正模型的制造过程。

该发动机罩选用六套冲模,即工序①落料模、工序②拉延模、工序③修边模、工序④翻边模、工序⑤折边模、工序⑥压字模。图中箭头表示各工序冲压方向。

工艺正模型与图5-1所示某汽车发动机罩相同坐标的水平位置(见图5-2),其制作过程如下:

(1) 技术准备:

完善覆盖件图纸和数据表;

根据覆盖件拉延成型技术要求,增加工艺补偿部分和拉延筋分布;

按照覆盖件图纸、数据表、增加工艺补偿部分、拉延筋分布,建立工艺正模型的数学模型;

按照工艺正模型的数学模型进行编程、后置处理、数控纸带、软盘磁带等工作。

(2) 工艺正模型制造过程:

按覆盖件图纸和数据表,参考增加工艺补偿部分,保证加工余量压制木质基体;

为了防止木质基体变形,应进行烘干处理;

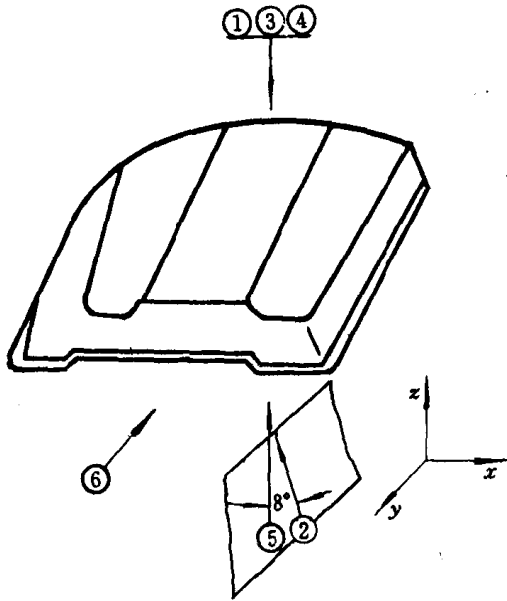


图 5-1 某汽车发动机罩

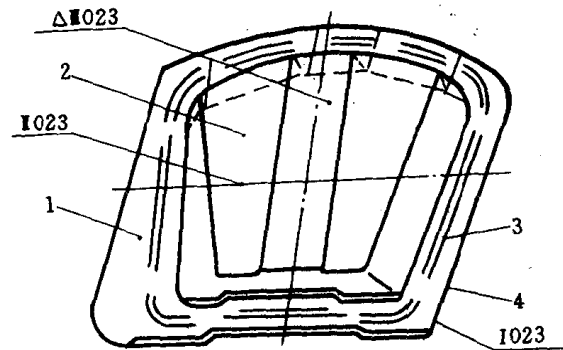


图 5-2 工艺正模型

1—工艺补偿部分；2—覆盖件模型；
3—拉伸筋；4—基准面。

保证各面加工余量画中心十字线；

I 023 按中心十字线找正，底面找平，加工底面，加工侧面；

Ⅱ 023 侧面找正，底面定位，加工三维型面，补加工压料面、拉伸筋和四周侧面；

ΔⅢ 023 画出所需要的基准线和中心十字线，用测量机检查测量；

外表面涂亮漆，写字头，封存入库。

2. 工艺反模型准备

工艺反模型(见图 5-3)是制造冲模凸模、压料圈的依据。其制造方法有两种：一种是以工艺正模型垫一个板材厚度塑造成型；另一种以工艺正模型经过数字化处理，进行移型、反相数控铣加工工艺反模型三维型面、压料面、拉伸筋槽。

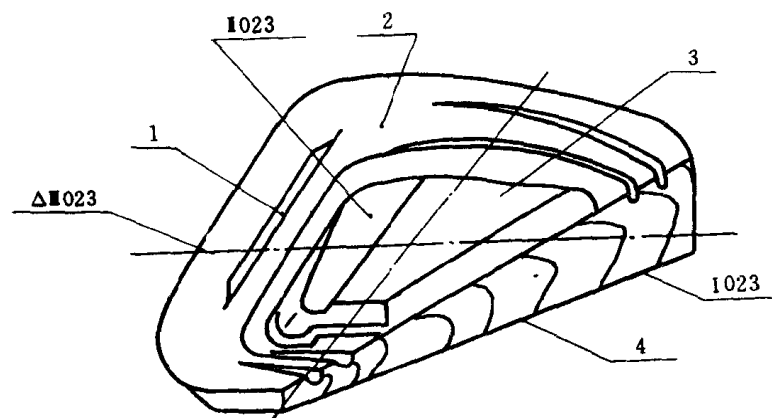


图 5-3 工艺反模型

1—拉伸筋槽；2—工艺补偿部分；3—覆盖件反模型；4—基准面。

(1)技术准备:

将工艺正模型进行数字化处理,建立工艺反模型数学模型;

将工艺反模型的数学模型进行移型、反相处理、编程、后置处理、数控纸带或软盘磁带工作。

(2)工艺反模型制造过程:

参照工艺正模型的基体反相压制木质基体,各加工面留加工余量;

为了防止基体变形应进行烘干处理,画中心十字线;

I 023 按中心十字线找正底面并找平,加工底面及侧面;

II 023 底面定位,侧面找正十字中心线并对称,加工三维型面、压料面、拉延筋槽;

Δ III 023 画出所需要的基准线、十字中心线,用测量机检查测量;

表面涂亮漆、写字头、封存入库。

工艺反模型的使用,也通过变化数学模型的坐标角度,满足制造拉延模、修边模、翻边模……变换水平位置的需要。

三、模具制造工艺文件的编写

覆盖件冲模基本上是一付模具一个样,很少出现同时制造两套以上的情况。其制造属于单件生产性质,制造工艺文件的编写工作量很大。

1. 工序代号标注及使用说明

(1)工序代号及其加工内容见表 5-1。

表 5-1 工序代号及其加工内容

组别	工序代号	工序加工内容	组别	工序代号	工序加工内容
1	011	车削	6	061	线切割
2	021	加工中心	7	071	淬火
	022	数控仿型铣		072	调质
	023	数控铣		073	退火
	024	立铣		074	渗碳
	025	端面铣		075	氮化
026	万能铣	076		镀铬	
3	031	刨削		077	发蓝
4	041	平面磨		078	表面火焰淬火
	042	万能磨	8	081	焊接
5	051	钳工画线钻孔	8	082	刃口堆焊
	052	钳工精修装配		9	
	053	调整	10	000	油封

(2)工序代号标注及使用说明:

在工序代号后面还有工序代号时,应按规定留加工余量,没有工序代号时,该工序代号加工到图纸要求尺寸,特殊要求在工艺卡片中说明:

在一个工件的加工过程中,若前后出现相同工序,应在相同工序代号前依次加写罗马数字 I、II、III 等字样表示加工顺序,如 I 023, II 023;

在一工序中若有两个以上的面需要加工,而各面的加工顺序又有要求时,在该工序代

号后面加注 *a*、*b*、*c* 等字母表示各面加工顺序,如 011*a*,011*b*;

需要检验的重点工序,在工序代号最前面加“ Δ ”等符号表示该工序加工结束后应提交检验,如 Δ 021, Δ I 023*a*;

在图纸上标注工序代号及工艺说明的规定:工序代号除按规定填写在“工艺卡”之外,还应在图纸相应加工面上,标注清楚,如图 5-4 所示。

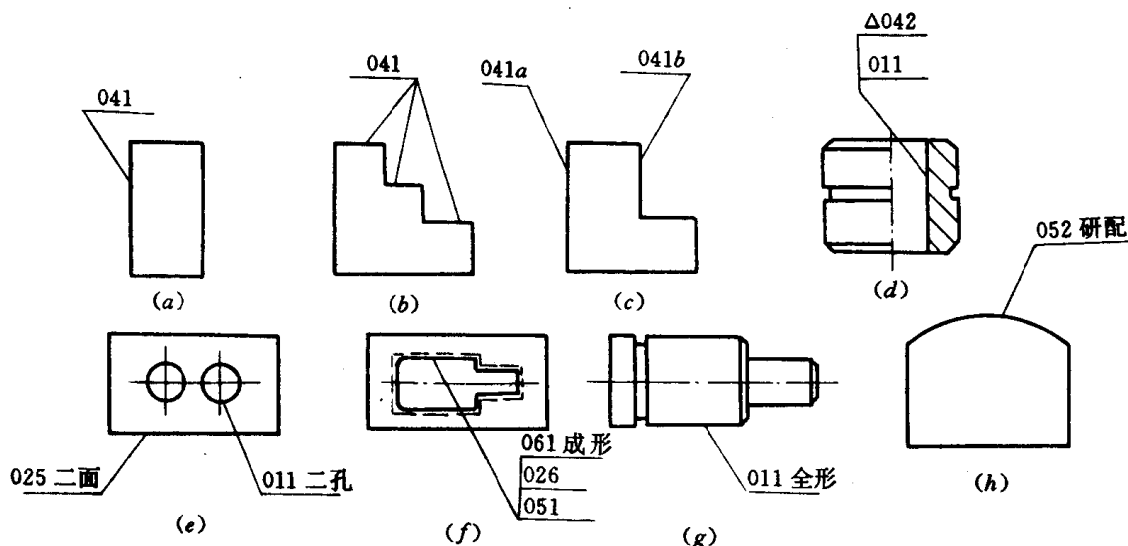


图 5-4 在图形相应加工面上标注工序代号

常用省略语含义如下:

基面——有一定要求的基准面;

见光——被加工面加工后允许留有少量的黑皮;

同磨齐平——表示两个以上的工件装配后一齐磨平;

成型——表示加工部位是工件某部连续外表面、封闭轮廓表面和连续立体型面;

全形——表示该工序加工一个工件的全部加工面;

研配——表示该型面按相对应基准件的型面研修;

配制——表示被加工部位按相对应工件的实际尺寸进行配制加工;

合制——表示两个以上工件装配一起进行加工。

2. 按冲模工件编写工艺卡片

目前国内在制造覆盖件冲模时,仍然需要编写工艺卡片或者工艺规程。采用典型工艺规程办法可以减少大量工作量。具体办法是用工序代号表达工序内容和工序要求,编写工艺卡片时,只要填写工序代号并重点说明加工要求和注意事项即可。图 5-5 所示导板的工艺卡片见表 5-2,指示工序代号在图纸上用红笔标示清楚。

有的工厂将规定的指示工序代号发给工段,工艺人员在生产用图上的表格内填写工序代号并说明要求。

国外的模具图纸都只是绘制模具总装配图,一般不绘制工件图。制造时采取模具钳工负责制,由设计人员现场指导,可省去大量的工作程序。这对工人的技术水平有较高的要求,我国现在还不具备这样的条件。

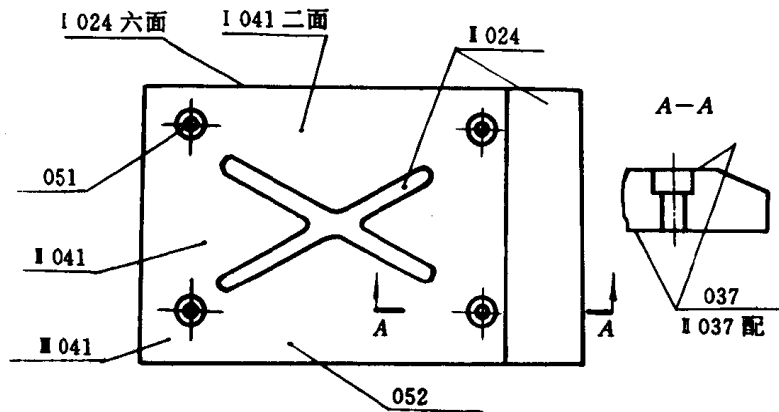


图 5-5 导板示意图

表 5-2 导板工艺卡片

序号	工序代号	工艺内容说明	设备
1	I 024	铣六面,两厚度面留磨削量 0.3~0.5mm	立式铣床
2	I 041	厚度两平面见光	平面磨床
3	051	画线,钻、铰孔	钳工画线、钻孔
4	I 024	按线铣油槽深 0.4mm 及斜面	立式铣床
5	071	淬火,回火,HRC59~62	淬火
6	I 041	磨厚度两平面,平行度小于 0.05	平面磨床
7	052	配磨厚度两平面及装配	钳工、精修、装配
8	II 041	配合 052 工序磨厚度两平面	平面磨床

3. 提出材料清单确定加工余量

材料清单要求按铸件、锻件、钢板下料、标准件、外购件分类分项填写,填写的页数和份数按需要而定。加工余量在名义尺寸的右上角标定,如 $50^{+5} \times 60^{+5} \times 100^{+4}$ 。

(1)铸件余量。铸件的非加工面不留余量,待加工面在铸件图上用红蓝铅笔注示;实型铸造的铸造余量为 5~15mm,平面余量取下限,曲率大的型面余量取上限。

(2)锻件余量。六方锻件的各面留 5~8mm 余量,模锻件余量稍大些。

(3)钢板气焊切割下料余量。长度和宽度各面留余量 5mm,厚度尺寸面略小些。

(4)棒料锯割下料余量。加工端面留余量 4~5mm。长度方向留卡头:直径在 $\phi 30\text{mm}$ 以下的留 20~25mm, $\phi 30 \sim 50\text{mm}$ 的留 15~20mm, $\phi 50 \sim 80\text{mm}$ 的留 10~12mm, $\phi 80\text{mm}$ 以上的留 5~8mm。直径尺寸余量根据工件长短和直径大小而定,一般留余量 3~5mm 即可。

4. 其他工艺准备

主要内容是制定工序定额和选定加工设备;提出设计模具加工用的二类工具;进行坐标和工艺尺寸计算,填写工艺汇总表等。

四、冲模制造工艺流程图

冲模制造的工艺流程和加工方法有关,图 5-6 所示为采用数控铣床和数控仿型铣床

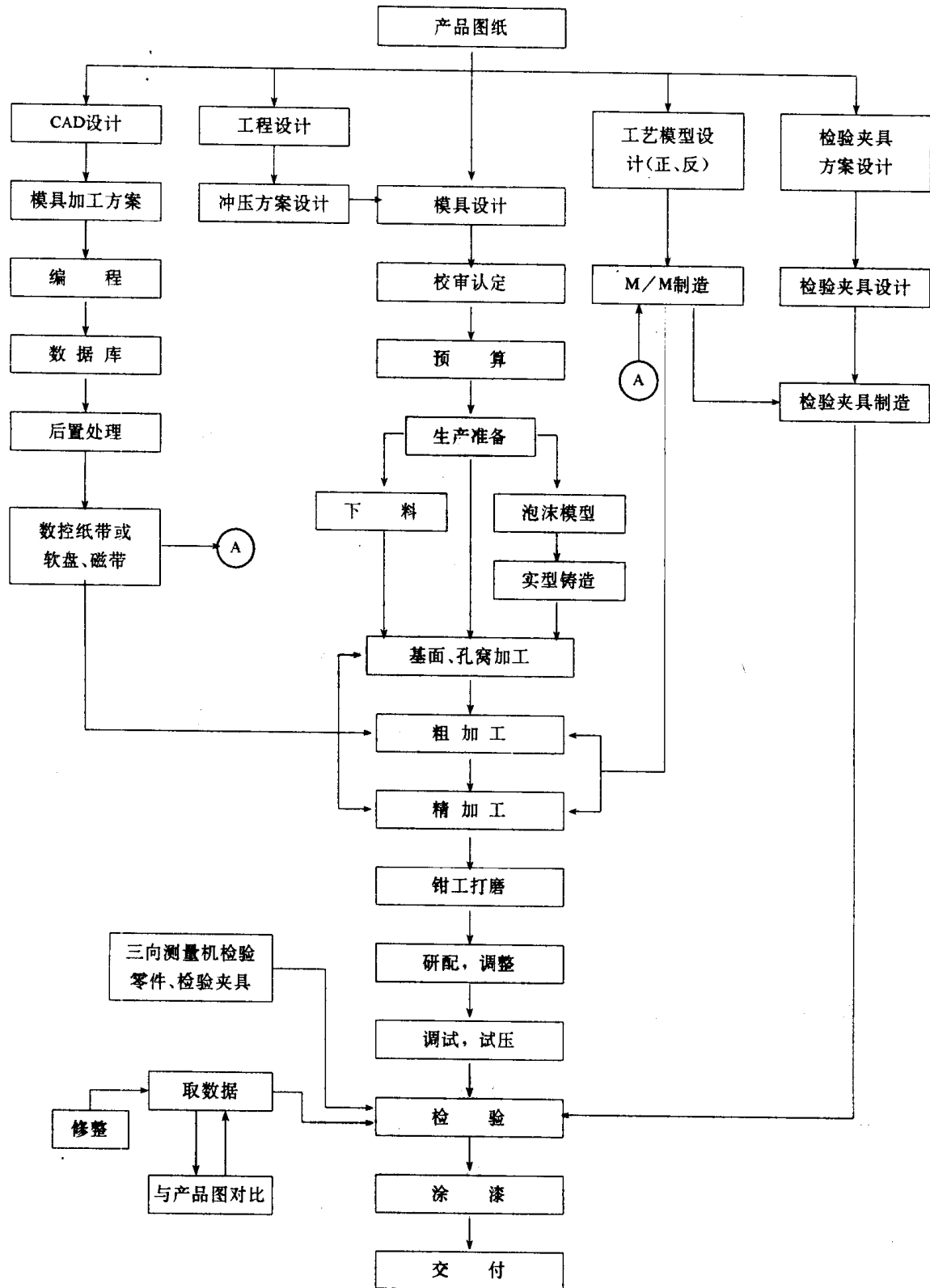


图5-6 覆盖件模具工艺流程图

的加工方法流程顺序。工艺流程图可作为编制网络计划的依据。实践证明,网络计划是控制生产进度的一种有效的管理方法。

§ 5-2 拉延模制造

拉延模是覆盖件成型工序最关键的工艺装备,其结构形式如图 5-7 所示,通常都是由凸模、压料圈、凹模、顶件器和凸模固定座等部分组成。

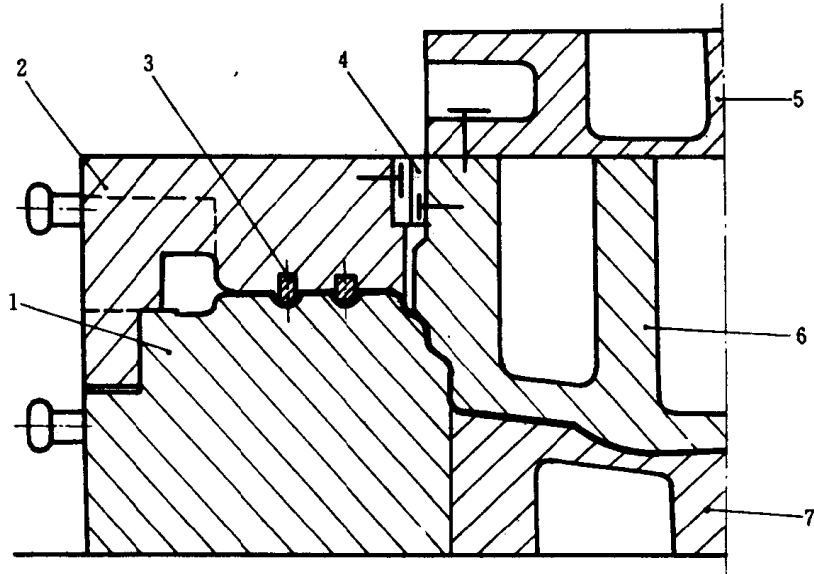


图 5-7 某汽车发动机罩拉延模结构示意图

1—凹模;2—压料圈;3—拉延筋;4—导向板;5—凸模固定座;
6—凸模;7—顶件器。

一、拉延模制造工艺流程图

图 5-8 为拉延模制造工艺流程图。

二、拉延模主要零件制造

拉延模的凸模和凹模三维型面是覆盖件内(外)表面成型的型面,因此凸模和凹模的三维型面加工质量会直接影响覆盖件内(外)表面成型质量。凸模又是研配凹模三维型面的基准件,所以对拉延模制造上的关键在于凸模三维型面的加工。

1. 凸模制造

拉延模的凸模结构如图 5-9 所示,其制造工艺如下:

材料为合金铸铁,实型铸造毛坯件;

工艺卡片内容见表 5-3。

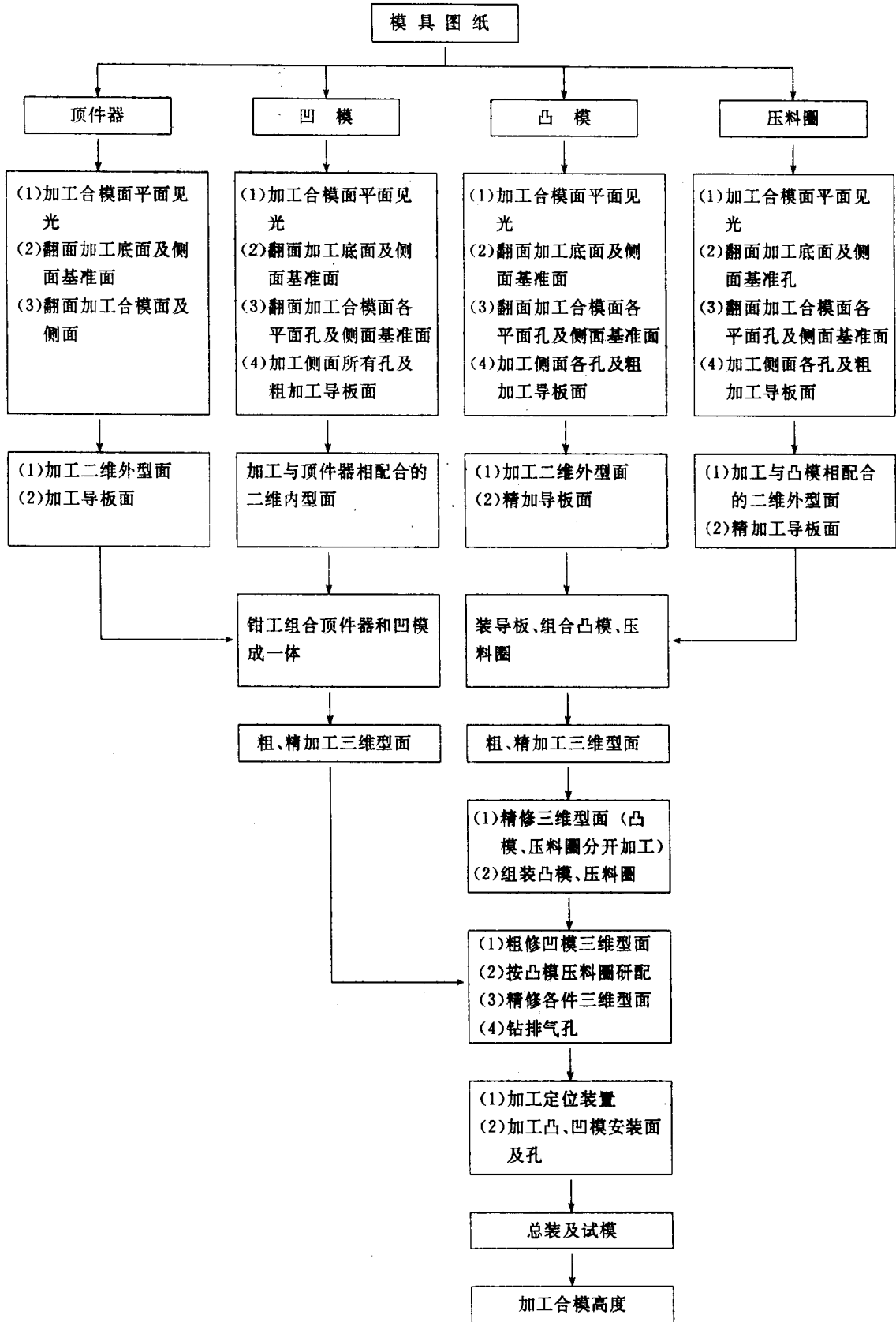


图5-8 拉延模制造工艺流程图

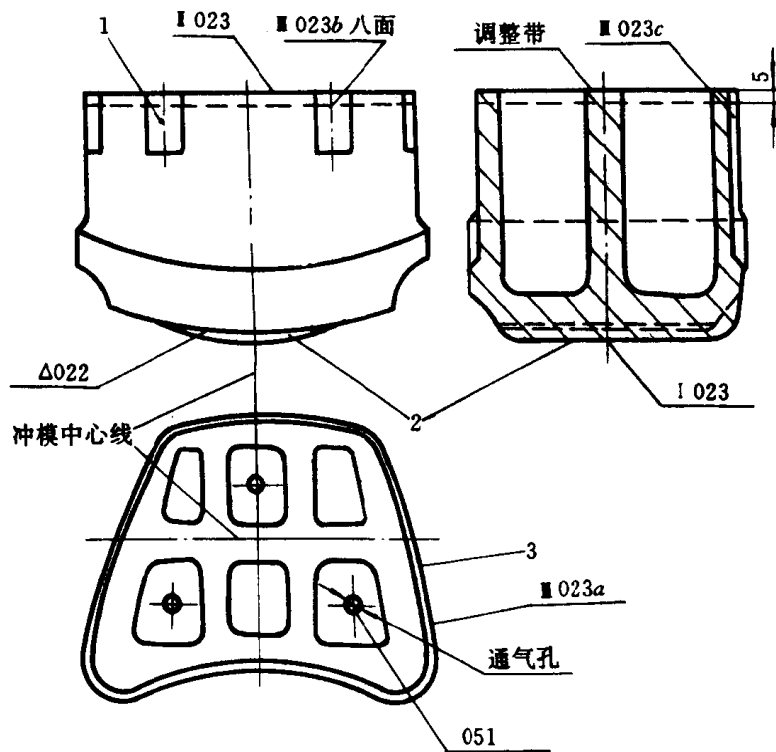


图 5-9 拉伸模凸模结构示意图

1—导向槽;2—三维型面;3—凸模外形轮廓型面。

表 5-3 制造凸模工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	I 023	底面初定位,找平合模面,按毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于1mm,再按毛坯铸出的水平基准线校正,高低偏差小于1mm,加工合模面见光,粗糙度 $R_a 3.2$	数控铣床
2	I 023	翻面加工,以见光的合模面定位,按毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于1mm,留调节带余量3~5mm,加工上平面,平面度小于0.1mm,粗糙度 $R_a 1.60$	数控铣床
3	II 023	翻面加工,以上平面定位,按毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于1mm,加工合模面、各平面、各孔,合模面和各平面与上平面平行度小于0.03/300,各孔中心轴线与上平面不垂直度小于0.01/100	数控铣床
4	II 023a	以上平面定位,按毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于1mm,在合模面的中心线上加工基准孔,加工二维外形型面,对凸模中心线全长偏差小于0.02mm	数控铣床
5	II 023b	加工侧面各孔,粗加工导板面,留加工余量不小于0.5mm,对凸模中心线全长偏差小于0.02mm,表面粗糙度不低于 $R_a 1.60$	数控铣床
6	II 023c	按冲模中心线上基准孔找正,控制尺寸公差精加工导板面,冲模中心线偏差小于0.02mm	数控铣床

(续)

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
7	051	取待加工工件——压料圈,修内形二维型面,研配凸模外形二维型面,保证凸模、压料圈协调配合成一体,配合间隙0.2~0.3mm	钳工画线钻孔
8	Δ022	找正靠模型型面,与相对应的加工工件型面保持基本等高一致,找平靠模型型面基准线平行度小于0.2mm,靠模型中心线的平行度、垂直度全长偏差小于0.1mm,然后找正工件型面的水平方向和垂直方向保持协调一致。检查装夹找正好的工件加工范围是否超出靠模型型面,并将靠模型型面清除干净,涂润滑剂。 按图纸和工艺要求确定刀具直径、行距,数控仿型铣加工凸模、压料圈三维型面,分粗仿型加工,中、精仿加工。粗仿型加工留余量0.05~0.1mm,加工拉延筋留研配量0.1mm,表面粗糙度 R_a 3.20~1.60	数控仿型铣床
9	测量	将数控仿型铣床加工完好的凸模、压料圈送检,检查测量各加工数据要与覆盖件内形型面坐标尺寸数据相符	测量机

2. 压料圈制造

拉延模压料圈的结构形式如图5-10所示。

压料圈制造工艺如下:

材料为合金铸铁,实型铸造毛坯件;

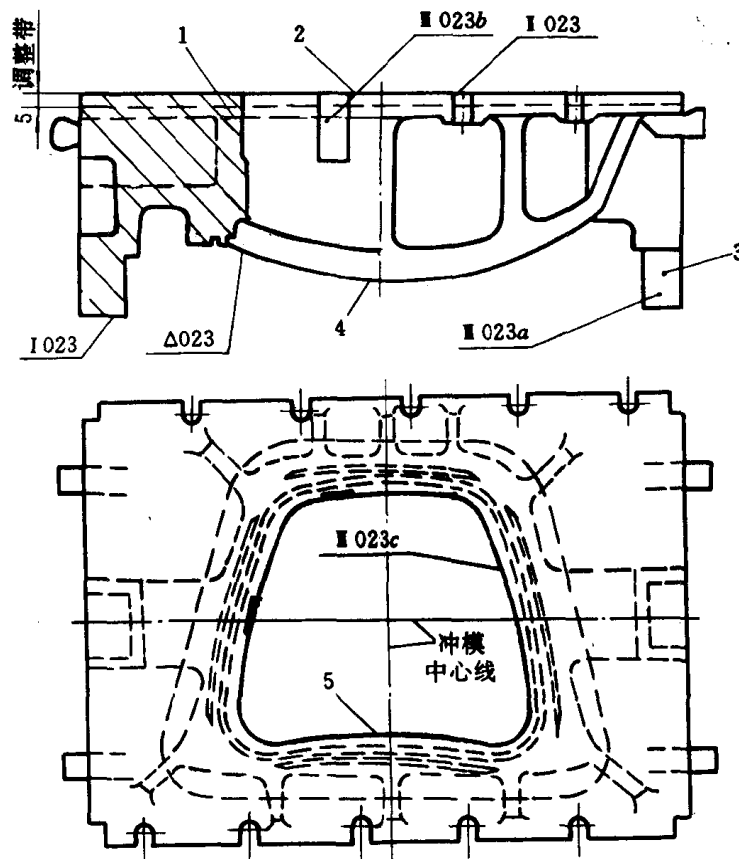


图5-10 拉延模压料圈结构示意图

1、3—导板面;2—上平面;4—压料面三维型面;5—压料圈二维内形型面。

工艺卡片内容见表 5-4。

表 5-4 压料圈制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	I 023	按合模面大致找水平,上平面定位,铸出冲模中心线并找正,全长偏差小于 1mm,再按铸出的水平基准线校平,高低偏差小于 1mm,加工合模面见光,加工四处导板面顶面见平,表面粗糙度 $R_a 3.20$	数控铣床
2	I 023	以四处导板面顶面定位,合模面垫平,上平面大致找平,按铸出的冲模中心线找正,全长偏差小于 1mm,在调整带处留 3~5mm 加工余量,加工上平面平面度小于 0.1mm,表面粗糙度 $R_a 1.60$ 。 加工靠近上平面的侧面,垂直度 0.1/100,表面粗糙度 $R_a 1.60$	数控铣床
3	II 023a	翻面加工,上平面定位,按已加工的侧面找正,全长偏差小于 0.1mm,加工合模面、各平面、垂直面、各孔窝,各平面与上平面平行度小于 0.07/300,各孔中心轴线与上平面垂直度 $< 0.01/100$,各加工面表面粗糙度均为 $R_a 1.60$	数控铣床
4	II 023b	在冲模中心线上加工基准孔,加工侧面,侧面与冲模中心线距离公差小于 0.02mm,平行度小于 0.01mm,粗加工外导板面留加工余量 0.5mm	数控铣床
5	II 023c	以上平面定位,按冲模中心线上基准孔找正,全长偏差小于 0.02mm,加工二维内形型面,与凸模二维外形型面配合间隙小于 0.3mm,精加工内、外导板面,对冲模中心线距离偏差小于 0.02mm,平行度小于 0.01mm,表面粗糙度 $R_a 1.60$	数控铣床
6	051	钳工组合凸模及压料圈一体,转入数控仿型铣工序,加工三维型面	钳工画线、钻孔

3. 凹模制造

拉伸模凹模结构形式如图 5-11 所示。

凹模制造工艺如下:

材料为合金铸铁,实型铸造毛坯件;

工艺卡片内容见表 5-5。

表 5-5 凹模制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	I 023a	以底面初定位,按铸出冲模中心线找正,全长偏差小于 1mm,再按铸出水平基准线校平,偏差小于 1mm,加工合模面见光,粗糙度 $R_a 3.20$	数控铣床
2	I 023b	翻面加工,以加工的合模面定位,按铸出冲模中心线找正,全长偏差小于 1mm,再按铸件铸出水平基准线校平,全长偏差小于 1mm,加工底面及靠近底面的侧面,保证加工的侧面平行度小于 0.02mm,与底面垂直度小于 0.02mm	数控铣床
3	I 023	翻面加工,以底面定位,侧面拉直找正,以侧面为基准找正冲模中心线垂直同心度偏差小于 0.02mm,加工合模面、各平面、各孔,在冲模中心线上加工基准孔,粗加工外导板槽留加工余量 0.5mm,合模面和各平面平行底面的平行度小于 0.07/300,加工各平面及孔的表面粗糙度为 $R_a 1.60$	数控铣床
4	I 023c	按冲模中心线的基准孔找正、找同心,加工二维内形型面,与顶件器外形型面协调,配合间隙小于 0.2mm,精加工内导板面和外导板面。与冲模中心线距离公差小于 0.02mm,并保证与冲模中心线同心、对称	数控铣床

(续)

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
4	051	钳工按图 5-11 将凹模和顶件器组合一体, 修配凹模内形型面与顶件器外形型面协调配合, 保证配合间隙小于 0.2mm。 配钻、铰各孔导板与凹模和顶件器组装成一体, 保证冲模中心线上的基准孔同心协调, 偏差小于 0.02mm	钳工画线、钻孔
5	$\Delta 022$	找正靠模型型面与加工工件相对应的型面高度要一致, 按靠模型型面上的十字中心线找正, 保证平行、垂直度全程偏差小于 0.1mm, 在水平方向和垂直方向与加工工件型面保证协调一致, 使加工工件和靠模型装夹定位。检查被加工工件型面的加工范围不得超出靠模型型面之外, 并将靠模型型面清除干净, 涂润滑剂。 根据图纸和工艺要求确定刀具直径和行距以及工步多少, 分别进行粗仿型加工和中、精仿型加工三维型面、压料面、拉伸筋槽。粗加工时, 留加工余量 0.8~1.2mm, 中、精加工留均匀余量 0.05~0.1mm, 送检测量	数控仿型铣床
6	测量	将数控仿型加工后的凹模和顶件器在测量机上进行检查测量, 使测量所得的数据要与覆盖件外表面坐标尺寸相符	测量机

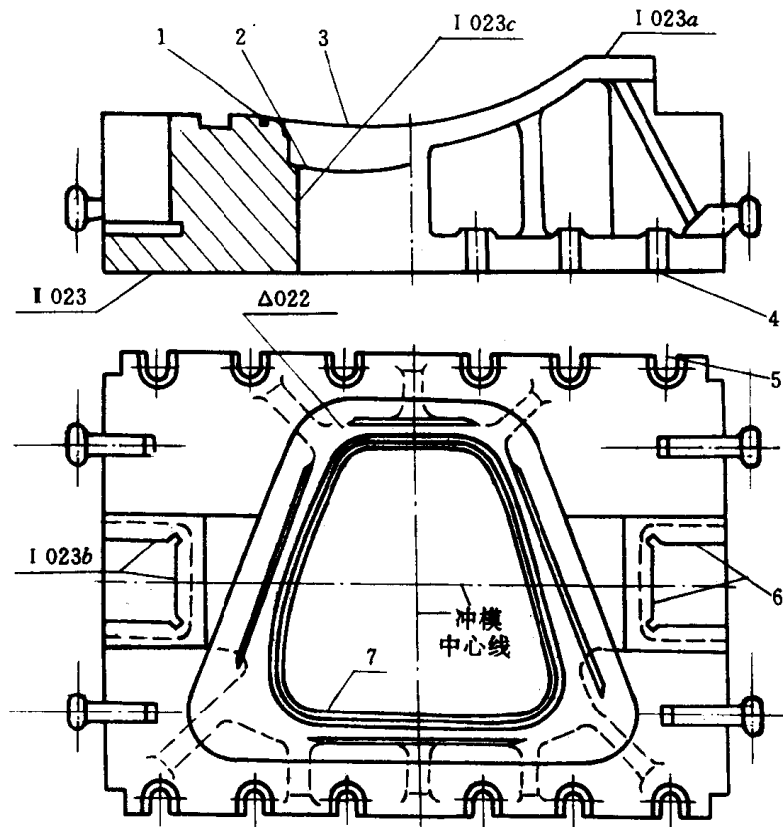


图 5-11 拉伸模凹模结构示意图

1—拉伸筋槽; 2—凹模三维型面; 3—压料面; 4—底面; 5—安装槽;
6—导板槽; 7—凹模二维内形型面。

4. 顶件器制造

拉伸模顶件器的结构形式如图 5-12 所示。

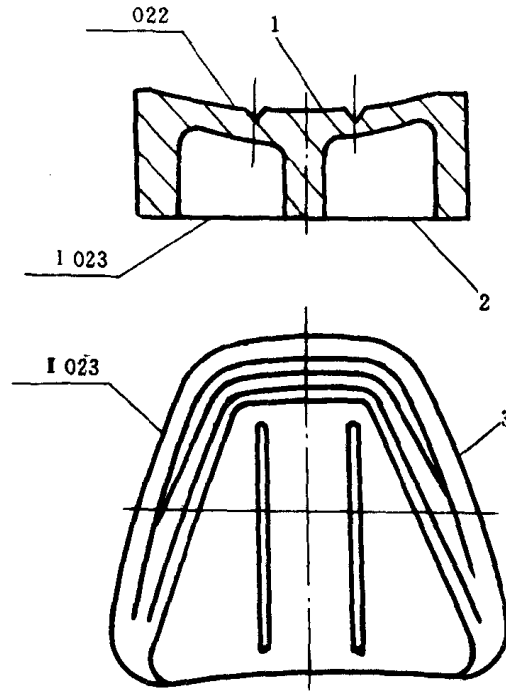


图 5-12 拉延模顶件器结构示意图

1—三维型面；2—底面；3—二维外形型面。

顶件器制造工艺如下：

材料为合金铸铁，实型铸造毛坯件；

加工卡片内容见表 5-6。

表 5-6 顶件器制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	I 023	分模面垫平，底面找平，按铸出的冲模中心线找正，全长偏差小于 1mm，加工底面不平度小于 0.05mm，表面粗糙度 $R_a 1.60$	数控铣
2	I 023	底面定位，按铸出冲模的中心线找正，加工二维外形型面，精加工导板面，保证与二维外形型面对称同心，在冲模中心线上加工基准孔，与导板面的距离公差小于 0.02mm。加工的二维外形型面与凹模二维内形型面协调配合，其配合间隙小于 0.2mm。后续工序加工内容转入凹模组合加工三维型面	数控铣

三、拉延模装配

1. 凸模、压料圈、顶件器、凹模研配

(1)凸模、压料圈研配。经过数控铣削、数控仿型铣削加工后的凸模和压料圈，又经过测量机检查或修复加工之后，进行三维型面的研配工作。表 5-7 为凸模、压料圈研配工艺卡片内容。

表 5-7 凸模、压料圈研配工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	052	<p>将组合一体的凸模、压料圈分解,进行研配工作。</p> <p>粗加工:首先以数控铣床或数控仿型铣床精加工工序的铣削刀痕为基准,用砂轮打磨修整。打磨时砂轮机倾斜角度不得太大,保证所留出研配量均匀。凸出部分的 R 和尖角不打磨过量,型面留精加工余量 0.05mm。</p> <p>精加工:最后将数控铣床或数控仿型铣床铣削刀痕打磨平,加工至图纸要求</p>	钳工精修、装配
2	技术要求	<p>对压料圈的压料面,要光滑流线,过渡区要过渡均匀,拉延筋槽的槽口 R 部分要尽量多留调整研配量,表面粗糙度 $R_a0.40\sim0.80$。</p> <p>对凸模的成型面,要光滑平整,目视或手摸无高低波纹的感觉,装饰棱廓、装饰棱线要清晰美观,在凸 R 部分要顺着拉延方向抛光。</p> <p>凸模和压料圈是研配顶件器和凹模的基准件,它的型面表面粗糙度为 $R_a0.40$,在凸 R 部分的表面粗糙度要高于 $R_a0.40$</p>	

(2)顶件器、凹模研配。经过数控铣床或数控仿型铣床加工好的顶件器和凹模分别进行研配加工,表 5-8 为顶件器和凹模研配工艺卡片内容。

表 5-8 顶件器、凹模研配工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	052	<p>将顶件器与凹模分解,分别进行研配型面工作。</p> <p>首先以数控铣床或数控仿型铣床铣削刀痕为基准,用砂轮打磨刀痕,留研配量 0.05mm。</p> <p>精加工,用凸模和压料圈组合件做基准件,研配顶件器和凹模三维型面和压料面。</p> <p>在研配之前,首先要检查压床技术状态是否正常,经检查之后压床动作、冲模导板导向面间隙等均处于合理状态,方可开始在压床上进行研配。</p> <p>第一步:不带料厚凸模和压料圈随着压床滑块上、下滑动,研配凹模和顶件器三维型面,保证接触点均匀,接触率达到 80% 以上。</p> <p>第二步:在导板与导板安装面之间分四次加垫,每次加垫厚度为材料厚度的 0.7~0.8 倍,使凸模、压料圈组合件与凹模、顶件器组合件,在 x,y 方向产生位移进行研配。此次研配主要的是研配型面的侧壁、斜面和弧面部分,接触面积达到 70% 以上,间隙不均匀处通过调整解决</p>	数控铣床、数控仿型铣床等及钳工设备
2	技术要求	<p>凹模的压料面光滑流线,过渡均匀,表面粗糙度 $R_a0.40\sim0.80$;成型型面光滑平整,目视、手感无高低波纹,装饰棱廓、装饰棱线清晰美观,凸 R 部分要顺拉延方向抛光。表面粗糙度 $R_a1.0\sim0.8$</p>	

2. 拉延模装配

拉延模工艺卡片内容见表 5-9。

表 5-9 拉延模装配工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	052	按图 5-7 所示,将凸模、凹模、顶件器、压料圈、固定板、底板……清点收齐,按照图纸要求配钻铰各装配孔。组装拉伸筋镶块,与嵌镶槽配合紧密,工作时不能产生松动。用螺钉紧固后,对螺钉头部工艺加长部分进行修整,表面光滑一致,均匀过渡。装配导板垂直度偏差小于 0.05/100,导板与导向面的间隙 0.2~0.3mm,凸模固定在固定板上,凹模固定在底板上,保证顶件器、压料圈与固定的凹模与凸模协调一致,运动灵活。冲模上、下平面的平行度小于 0.15/300,压料圈的上平面与冲头的下平面平行度小于 0.2/300	钳工钻孔、装配
2	053	试模调整(详见 § 5-5)	
3	023	保证合模高度尺寸公差要求,加工上平面,去掉调整带加工余量。 按图纸要求加工压料圈安装槽口平面	数控铣床
4	078	将凸模、凹模、压料圈、顶件器分解,分别进行表面火焰淬火,HRC54~57	火焰淬火
5	052	对经过火焰淬火的工作表面进行抛光,凸 R 处要顺着拉伸方向抛光,表面粗糙度为 $R_a 0.4 \sim 0.8$ 。 按图 5-7 装配要求,重新组装	钳工精修、装配
6	091	对非工作型面的表面进行涂漆	涂漆
7	000	对工作表面进行油封	

§ 5-3 修边模制造

修边模的结构比较复杂,特别是垂直斜楔修边模,它的垂直方向运动和水平或倾斜方向运动的修边镶块成相关交接时,模具的结构更加复杂,如图 5-13 所示某汽车散热器罩修边模。修边模的结构大致是由滑块座、斜楔、滑块组合件、凸模镶块组合件、垂直修边凹模镶块组合件、倾楔修边镶块等件构成。它在修边前后由两组垂直修边凹模镶块组成,左右对称由两组倾斜修边凹模镶块组成。

一、修边模制造工艺流程图

图 5-14 所示为修边模制造工作流程图。

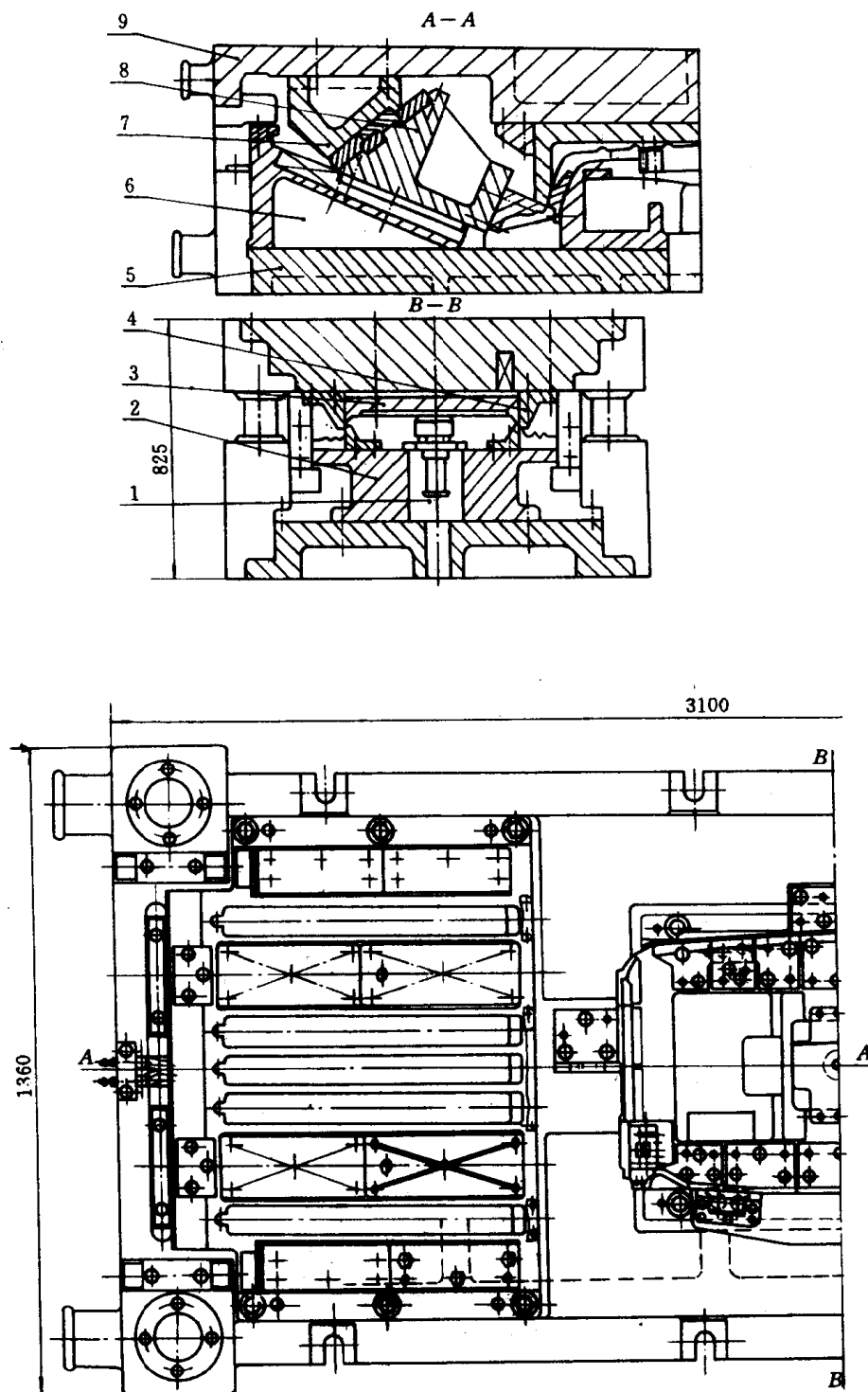


图 5-13 某汽车散热器罩修边模

- 1—气动管路；2—凸模镶块固定座；3—托板；4—凹模镶块；5—下模板；
6—滑块座；7—斜楔传动器；8—滑块；9—上模板。

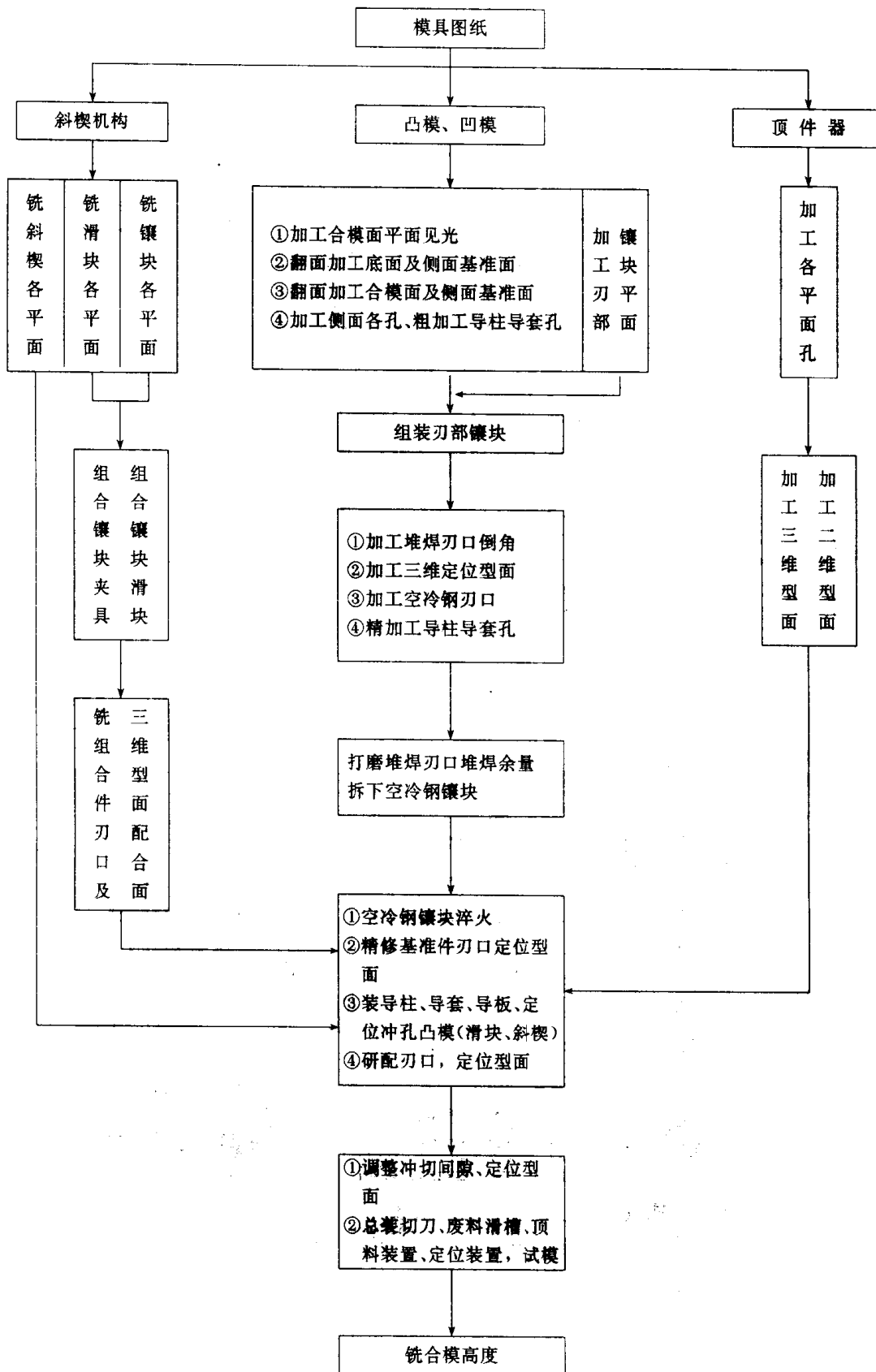


图5-14 修边模制造工艺流程图

二、修边模主要零件制造

1. 滑块座制造

滑块座(见图 5-15)是修边模的主要结构件,修边凹模镶块水平或倾斜方向运动是靠斜楔和滑块实现的,滑块安装在滑块座上。

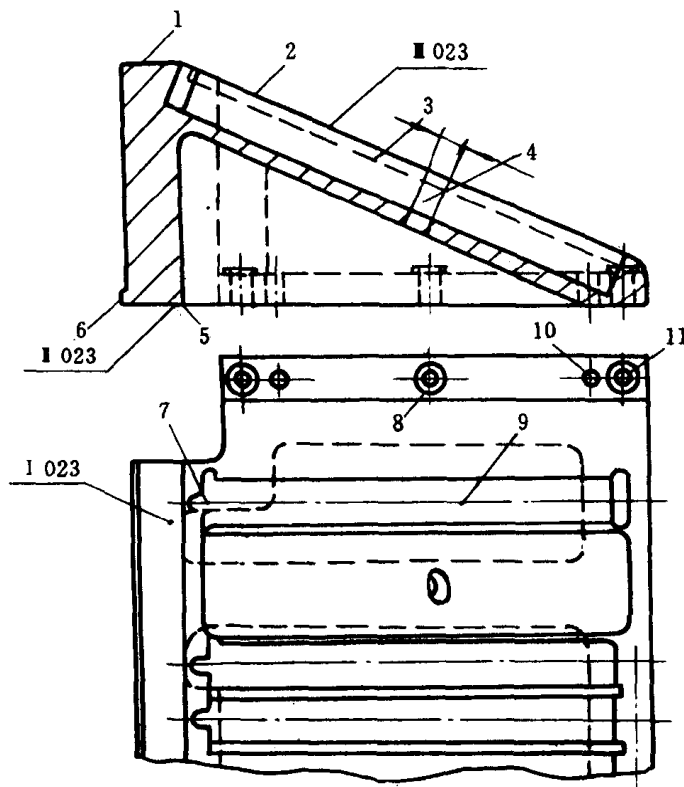


图 5-15 修边模滑块座

- 1—工作面;2—斜面;3—滑板窝座;4—止动销弹簧窝座;
5—底面;6—压面;7—弹簧压销槽;8—螺钉通孔凸台面;
9—弹簧窝槽;10—圆柱销孔;11—螺钉孔。

滑块座制造工艺如下:

材料为灰口铸铁,实型铸造毛坯件;

工艺卡片内容见表 5-10。

表 5-10 滑块座制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	I 023	底面初定位,按铸件毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于 1mm,确定起刀点,见光 I 023 面,表面粗糙度 $R_a 3.20$	数控铣床
2	I 023	见光的 I 023 面定位垫平并找平底面,按铸件毛坯铸出的中心线找正,全长偏差小于 1mm,加工 I 023 面,不平度小于 0.05mm。加工侧面平行度、垂直度小于 0.07/300,表面粗糙度 $R_a 1.6$	数控铣床

(续)

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
3	№ 023	底面定位,侧面拉直找正,加工 № 023 面、各槽、孔窝、台面至图纸要求,加工斜面角度公差小于 $1'$,表面粗糙度 $R_a 1.60$	数控铣床
4	051	去毛刺,倒尖角为 $1 \times 45^\circ$,按图 5-15 画线钻扩各孔至图纸要求	钳工画线、钻孔

2. 凸模修边镶块组合件制造

修边模的凸模是由许多块拼合而成,各镶块安装在固定座上,如图 5-16 所示。凸模镶块制造时,它的三维型面要与合格工件的内表面相吻合;凸模修边镶块刃口轮廓位置要与合格工件的边沿线符合。

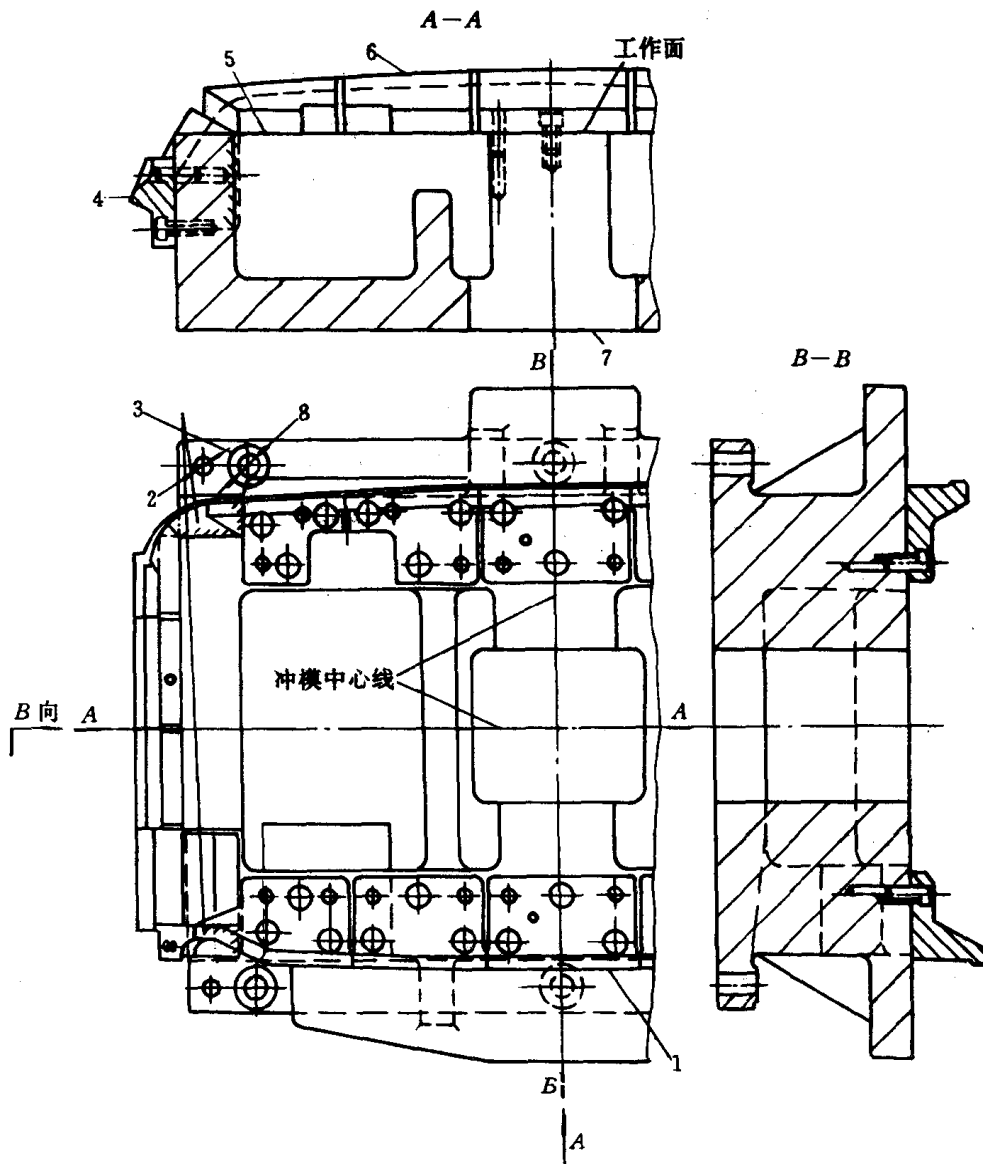


图 5-16 修边模凸模修边镶块

1—凸模修边镶块修边刃口轮廓;2—圆柱销;3—螺钉通孔凸台面;4—左右两侧凸模镶块组成三维型面;
5—前后两侧凸模镶块安装面;6—前后两侧凸模镶块组成三维型面;7—底面;8—螺钉通孔。

凸模修边镶块组合件制造工艺如下:

材料为空冷工具钢,毛坯锻件;

工艺卡片内容见表 5-11。

表 5-11 凸模修边镶块组合件制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	024	按各镶块工件图尺寸,加工最大六面并见光,表面粗糙度 $R_a 3.2$ 注:凸模修边镶块三维型面和修边开口轮廓面,留加工量 3~5mm	立式铣床
2	051	按凸模修边镶块图纸要求画外形全形线,凸模修边镶块三维型面和修边镶块刃口轮廓,留 3~5mm	钳工画线、钻孔
3	024	按修边镶块图纸尺寸,加工外形,修边镶块三维型面和修边刃口面,留加工余量 3~5mm,表面粗糙度 $R_a 3.2$ 以下即可	立式铣床
4	051	去毛刺,倒锐边,按图纸画线、钻扩螺栓孔,销子孔暂不制。 参照合格工件画凸模修边镶块三维型面和修边刃口轮廓线,留余量 1~2mm	钳工画线、钻孔
5	024	按线参照合格工件铣凸模修边镶块三维型面和修边轮廓,留加工余量 1~2mm	立式铣床
6	052	参照合格工件确定各凸模修边镶块在固定座上的位置,保证凸模修边镶块的三维型面和修边刃口轮廓有均匀余量,配钻铰定位销子孔,安装在固定座上。底面和对合面由 041 工序配合磨成,镶块的对合面间隙小于 0.03mm,保证加工余量 1~2mm	钳工精修、装配
7	041	配合 052 工序,磨凸模修边镶块的底面和对合面,保证对合间隙小于 0.03mm	
8	023	固定座底面定位,按冲模中心线找正,确定起始点。 粗加工凸模修边镶块组合的三维型面,留加工余量 0.8~1.2mm。 精加工凸模修边镶块组合的三维型面,留研配余量 0.1~0.05mm。 粗加工凸模修边镶块组合的刃口轮廓面,留加工余量 0.8~1.2mm。 精加工凸模修边镶块组合的刃口轮廓面,留研配余量 0.1~0.05mm	数控铣床
9	052	首先以数控铣床铣削刀痕为准,用砂轮机打磨刀痕,留研配余量 0.05mm。 按合格工件的定位型面研配凸模修边镶块组合三维型面,接触率应达到 70% 以上。 在压料板型面和凸模修边镶块组合三维型面之间垫上合格工件进行研配,接触率达到 80% 以上,表面粗糙度 $R_a 0.80$ 。 保证合格工件定位后不得出现松动、压痕和变形。 研配凸模修边镶块刃口轮廓时,仍以数控铣床铣削刀痕为准,用砂轮机打磨,留研配量 0.05mm,精研配铣削刀痕研平,使表面光滑平整,刃口锋利,刃口表面粗糙度在 $R_a 0.80$ 以上	钳工精修、装配
10	078	凸模修边镶块刃口轮廓表面经火焰淬火, HRC54~57	表面火焰淬火
11	052	研光修边刃口轮廓,表面保持刃口光滑平整、锋利,表面粗糙度在 $R_a 0.80$ 以上	钳工精修装配
12	000	油封刃口、定位三维型面防锈处理	油封

3. 倾斜凹模修边镶块制造

修边模倾斜修边凹模是由左右对称的两组修边镶块组成,如图 5-17 所示。制造倾斜凹模修边镶块时,它的刃口轮廓要按凸模修边镶块刃口轮廓配制,凹模修边镶块刃口三维型面也要以凸模修边镶块三维型面为准,制成波浪式三维型面,镶块的对合间隙小于 0.03mm。

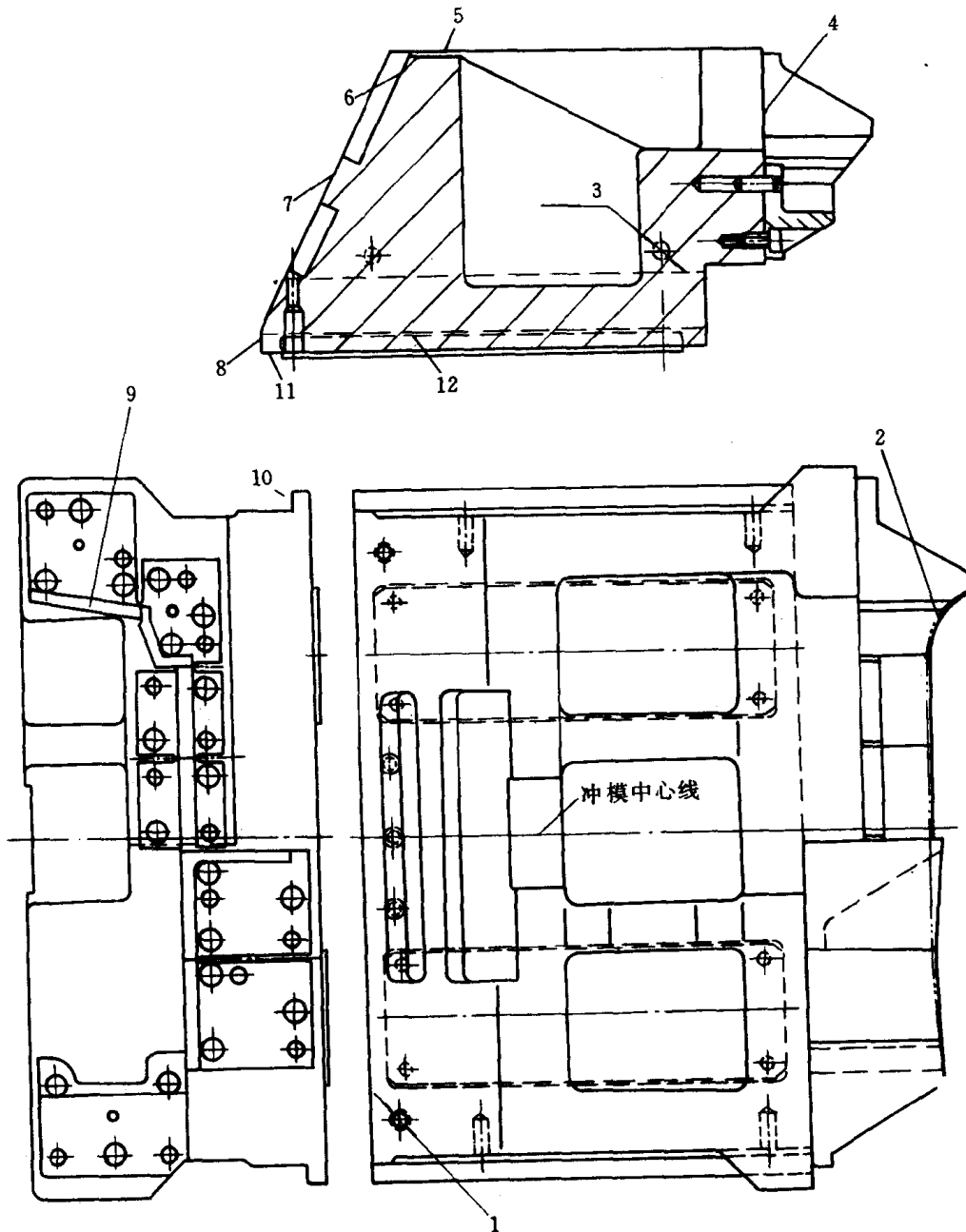


图 5-17 修边模倾斜凹模修边镶块

1—弹簧压销孔;2—凹模修边镶块三维型面线;3—起重孔;4—凹模修边镶块安装面;5—工作面;6、12—滑板窝座;7—倾斜面;8—左、右面;9—凹模修边镶块刃口轮廓;10—肩台面;11—底面。

倾斜凹模修边镶块制造工艺如下:

材料为 45 钢,毛坯锻件;

工艺卡片内容见表 5-12。

表 5-12 倾斜凹模修边镶块制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	024	按图 5-17 要求见光最大六面尺寸,表面粗糙度 $R_a 3.20$	立式铣床
2	051	按各镶块图形画外形线,修边镶块刃口轮廓和修边镶块刃口三维型面参照制造好的凸模修边镶块画外形线,修边开口轮廓留加工余量 3~5mm	钳工画线、钻孔
3	024	按图纸及画线加工各镶块外形,加工修边开口三维型面至尺寸,加工修边刃口轮廓型面,留加工余量 3~5mm	立式铣床
4	051	去毛刺,倒锐边,画线钻扩螺栓孔,销子孔不加工	钳工画线、钻孔
5	052	参照组合的凸模修边镶块,将凹模修边镶块配钻孔,然后安装在滑块安装面上,并固定在滑块座和下模板上,与冲模中心线对称,同心偏差小于 1mm,保证修边镶块刃口轮廓,留加工余量 3~5mm。镶块的底面和对合面由 041 工序配磨,对合面间隙小于 0.03mm	钳工精修、装配
6	041	配合 052 工序磨镶块底面和对合面,对合面间隙小于 0.03mm	平面磨床
7	023	按冲模中心线找正、找同心全长偏差小于 1mm。在冲模中心线上加工基准孔,加工凹模修边镶块刃口轮廓	数控铣床
8	052	拆卸镶块基体,打磨堆焊焊口,倒角 5×5mm	钳工精修、装配
9	082	在堆焊基体的刃口处堆焊,按刃口堆焊技术条件要求刃口堆焊。堆焊处无软点、无气孔,表面只允许有微小横向裂纹,数量不准超过横向 3 条/100mm	刃口堆焊
10	052	钳工打磨堆焊层,去掉大余量,打磨后的刃口堆焊层应基本光滑平整,留机械加工余量 0.4~0.5mm,并将修边镶块与滑块、滑块座、下模板总装成一体,保证冲模中心线上基准孔同心协调	钳工精修、装配
11	023	按冲模中心线上的基准孔找正、找同心加工凹模修边镶块刃口轮廓,留研配余量 0.1~0.05mm	数控铣床

4. 垂直修边凹模镶块制造

垂直修边凹模镶块由前后两组组成,其形式如图 5-18 所示。

在制造垂直修边凹模镶块时,凹模修边镶块刃口轮廓要与凸模修边镶块刃口轮廓相一致,凹模修边镶块刃口三维型面要以凸模修边镶块刃口三维型面为基准做成波浪式,凹

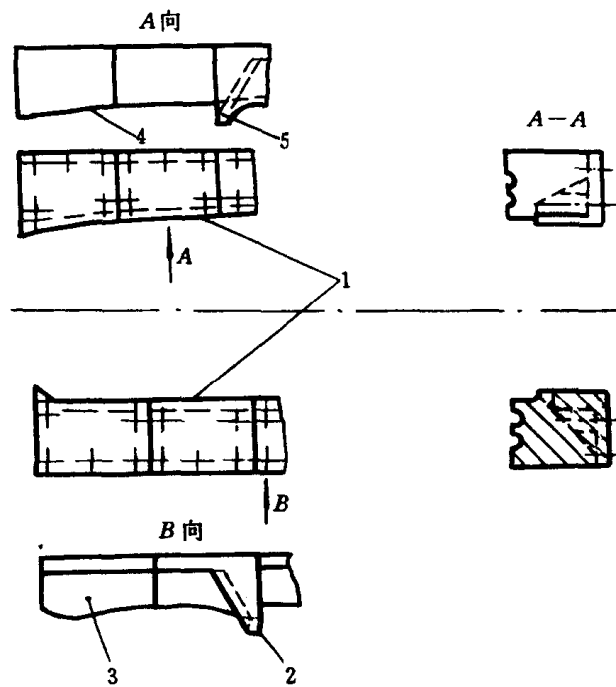


图 5-18 垂直修边凹模镶块示意图

1—凹模修边镶块刃口轮廓；2、5—废料刀；3、4—凹模修边镶块切入面。

模修边镶块对合面间隙小于 0.03mm。

垂直修边凹模镶块制造工艺如下：

材料为空冷工具钢，毛坯锻件；

工艺卡片内容见表 5-13。

表 5-13 垂直修边凹模拼块制造工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	024	按图纸尺寸要求见光最大六面，表面粗糙度 $R_a 3.20$	立式铣床
2	051	按图纸尺寸画外形线，凹模修边镶块刃口轮廓和修边镶块刃口三维型面，留 3~5mm 加工余量。画废料刀型面线	钳工画线、钻孔
3	024	按图纸及画线加工修边镶块全形，修边镶块刃口轮廓面及修边镶块刃口三维型面，留加工余量 3~5mm，废料刀型面加工至要求，刃口面留加工余量 3~5mm	立式铣床
4	051	去毛刺，倒锐边，画线、钻扩孔，销子孔不加工。 参照凸模修边镶块，画凹模修边镶块刃口轮廓面及刃口型面线、废料刀刃口型面线	钳工画线、钻孔

(续)

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
5	024	按图纸及画线加工凹模修边镶块刃口轮廓面、刃口三维型面、废料刀刃口面。修边镶块刃口三维型面加工至尺寸,其他各面留加工余量1~2mm	立式铣床
6	052	参照凸模修边镶块刃口轮廓,将凹模垂直修边镶块配钻孔,安装在凹模垂直修边镶块的安装面上,底面和对合面由041工序配磨,对合面间隙小于0.03mm,保证与冲模中心线同心、对称,凹模修边镶块刃口轮廓面留加工余量1~2mm	钳工精修、装配
7	041	配合052工序磨凹模修边镶块的底面和对合面,保证对合面间隙小于0.03mm	平面磨床
8	023	以凹模修边镶块固定座底面定位,按冲模中心线找正、找同心,在冲模中心线上加工基准孔。确定起始点,加工凹模修边镶块刃口轮廓面,留研配量0.1~0.05mm,加工废料刀刃口面至尺寸,表面粗糙度在R _a 1.6以上	数控铣床

三、修边模装配

1. 凸、凹模修边镶块刃口研配

凸、凹模修边镶块刃口研配工艺卡片内容见表5-14。

表5-14 凸、凹模修边镶块刃口研配工艺卡片内容

序号	工序代号	工艺卡片内容	设备
1	051	按图5-13要求装配导柱、导套,导柱的垂直度要小于导套导柱的配合间隙的一半。 在冲模中心线上安装凸模修边镶块和固定座,保证与冲模中心线全长偏差小于0.02mm。 按凸模左、右两侧修边镶块刃口轮廓调整,配钻孔并装左、右两组凹模修边镶块,保证留有0.05mm的研配量,与凸模修边镶块同心度小于0.02mm。 按凸模垂直修边镶块组装前后两组凹模修边镶块,保证同心度小于0.02mm,并留有0.05mm研配量,上、下模和滑块运动应灵活	钳工画线、钻孔
2	052	在压床上以基准件凸模修边镶块刃口轮廓研配凹模修边镶块刃口轮廓面。 检查调整压床动作和其他技术处于正常状态,对凹模修边镶块刃口轮廓进行研配。在研配时,凸模刃口要分级逐步增加进入凹模刃口深度,最后进入的深度应大于凹模刃口厚度。凸、凹模修边刃口的冲切间隙应保证图纸要求	钳工精修、装配

2. 修边模装配

(1)修边模装配。将加工完好的零部件,如图5-13所示配钻孔、装废料刀,使废料刀与

凸模相贴合间隙不大于 0.1mm,废料刀的刃口形状与废料的形状基本相似,其宽度要大于废料的宽度。

配钻孔装气动系统的顶出器装置,保证动作灵活、可靠,顶出状态要高于凸模定位面。

配钻孔安装斜楔装置,应工作平稳、无摆动,动作要协调,滑块与支承面之间无浮动现象。

技术要求:

上、下模板平行度小于 0.1/300mm;

水平滑动面的接触率大于 70%;

斜向滑动面的接触率大于 60%;

垂直方向滑动面的接触率大于 50%;

定位装置定位准确;

废料滑槽、出料孔应平滑流畅。

(2)试模、调整(详见本章 § 5-5)。

(3)082 工序,对材料为空冷钢的凸、凹模修边镶块刃口进行火焰淬火,HRC54~57。

(4)052 工序,将火焰淬火的凸凹模修边镶块刃口部位进行抛光,表面粗糙度 $R_a 0.8$ 。

(5)023 工序,加工合模高度公差小于 0.05mm。

§ 5-4 覆盖件冲模制造新技术

科学技术的迅速发展,使许多新材料、新工艺和新技术在覆盖件设计和制造中得到应用。现代的模具技术已经成为金属切削加工,物理和化学加工,特种铸造和计算机技术等为一体的综合技术领域。下面简单介绍几种常用的新技术,供读者参考。

一、覆盖件冲模材料

1. 模具材料要求

覆盖件冲模材料主要是选取凸模和凹模等主要工作零件的材料,对这部分材料有如下要求:

(1)高强度和高硬度。

(2)高耐磨损性能。

(3)高冲击韧性。

(4)热处理工艺简单,淬透性好,热处理变形小。

(5)良好的机械加工性能。

(6)价格便宜,市场供应方便充足。

实际上,满足所有这些要求的模具材料是不存在的,可根据用途分别选材。

2. 模具材料

常用模具材料,主要是凸、凹模材料见表 5-15,中国模具协会推荐使用的新材料见表 5-16。其化学成分见表 5-17。

表 5-15 覆盖件冲模工作零件常用材料

材料种类	组织特征	常用牌号	性能	应用范围	
一般模具材料	碳素工具钢	T8A, T10A	淬火不均匀, 淬火变形大, 耐磨性低	用于凹模和小批量生产凸模	
	合金工具钢	Cr12, Cr12MoV, Cr6WV	耐磨性好, 淬透性好, 热处理变形小。但有些钢种加工性能差	大批量生产的凸、凹模	
		CrWMn, 9Mn2V, 9CrSi			
	高速钢	W18Cr4V	硬度高, 耐磨性优良, 抗冲击韧性特别好。 淬火温度高, 工艺难掌握	小孔冲头和大批量生产的凸、凹模	
		W5Cr4Mo5V2			
		HT150, HT200, HT250, HT300			
	铸铁	灰口铸铁	QT60-2	除 HT150, HT200, 其余均可火焰表面淬火。 铸造性能好, 可实型铸造	HT150, HT200 作模底座, 其余可作拉延凸、凹模和压料圈。 大批量用合金铸铁
		球墨铸铁	Cr-Cu, Ni-Cr Mo-Cr, Mo-V		
		合金铸铁	YG6, YG8 YT5, YT15, YT30		
	硬质合金	以难熔的金属碳化物 (TiC, CrC, WC) 等粉末为基体, 以铁族金属 (主要是钴) 为粘结剂和烧结而成		硬度强度极高, 耐磨性好, 耐腐蚀, 耐高温, 线膨胀系数小, 烧结后不能切削加工	大批量生产冲孔凸、凹模, 寿命可提高几十倍以上
以合金钢为基体, 以 WC, TiC 为硬质相粉末烧结而成		T1CMW50, GW50, GW40, GTW50, GT33, GT35	可锻造, 可切削, 热处理焊接性好。 硬度极高, 耐磨	同上	
钢结硬质合金		CH-1 (7CrSiMnMoV) Cr2Mn2WSiMoV	同合金工具钢, 但热处理简单, 可在空气中冷却	冲裁凸、凹模	
空冷钢					
锌合金	以锌元素为基体, 加入少量金属元素 (Cu, Si, Co 等)	锌基合金 (中国), ZAS (日本), Kirk-site (美国), Kayem (英国), Z-430 (德国)	熔点低 (380°C), 加工十分容易, 可重复使用	用于试制, 小批量生产的拉延模, 冲孔、成型模具	
特种模具材料					

表 5-16 国家推荐模具钢种类

牌 号	机 械 性 能				应 用
	HRC	σ_b /MPa		a_k /J·cm ⁻²	
65Nb	61.9	5320	2640	77.7	代替 Cr12, Cr12MoV, 寿命提高几倍到十几倍
LD	61.9	5670	2650	79.7	同上
GD (6CrNiSiMnMoV)	61	4570	2930	152	具有高韧性, 适于较低成型速度
GM (9Cr6W3Mo2.5V2.5)	65.5	4808~3396	2920~3275	28~32.2	代替 Cr12MoV, 适于高速化自动化要求
DS	54~60	4242~4502	2315~2378	174.5~186.3	韧性远高于 Cr12MoV, 淬火工艺简单

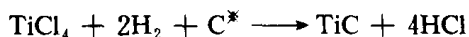
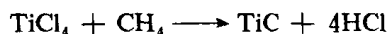
表 5-17 推荐模具材料化学成分及热处理

牌 号	化 学 成 分 / %									淬 火 处 理	回 火 处 理
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	W	V	Nb		
65Nb	0.65	≤0.4	≤0.35	4	—	2.5	2.5	1	0.15	1080~1180℃ 油冷	520~600℃ 二次回火, 空冷
LD	0.75	≤0.5	1	7	—	2.5	—	2	—	1100~1150℃ 油冷	530~570℃ 二次回火, 空冷
GD	0.7	0.9	0.7	1	1	0.5	—	0.2	—	850~930℃ 油或空冷	200℃
GM	0.9	—	—	0.6	—	2.3	3.0	1.95	—	1080~1240℃ 油冷	500~560℃ 二次
DS	0.59	0.87	0.69	1.18	0.82	0.43	—	适量	—	840~960℃ 油淬	175~400℃ 一次或二次

二、化学和物理表面硬化处理技术

1. CVD—TiC 处理

CVD(Chemical Vapor Deposition)处理技术是在 900~1030℃ 的高温和 0.1MPa 的常压下进行的化学镀膜处理, 也叫做化学气相沉积表面硬化处理。处理是在一个如图 5-19 所示的镀膜装置中进行, 形成镀膜的化学反应过程如下:



式中, C^* 为母材料扩散出的碳元素。

镀膜装置升温到 900~1030℃ 时, TiCl_4 、 CH_4 、 H_2 的混合物送入蒸馏罐内, 进行化学反应 30~150min, 在金属表面形成镀膜。镀膜层厚度为 5~15 μm , 硬度 HV3800, 摩擦系数为

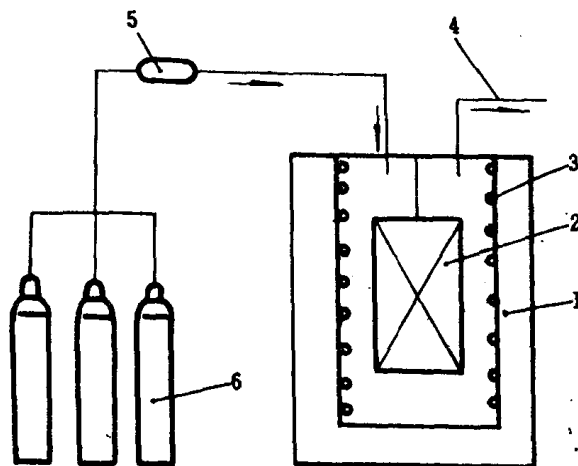


图 5-19 TiC 镀膜(CVD)装置示意图

1—加热炉；2—工件；3—电热体；4—排气管；5—蒸发器；6—高纯度气瓶。

0.1, 耐磨性好, 粘接力达到 45N 以上。

汽车覆盖件拉延模经 CVD—TiC 处理后, 寿命可达几万次到几十万次。

2. CVD—TiCN 处理

镀膜条件和装置基本上与 CVD—TiC 方法相同, 只有氢气的吸入管不同。其反应过程分几段, 首先供给 TiCl_4 、 CH_4 、 H_2 气体, 使工件表面生成 TiC 层, 接着供给 N_2 , 使之形成 TiCN 层, 然后停止供给 CH_4 , 使之形成 TiN 层。所形成的保护层由 TiC → TiCN → TiN, 由里向外共三层保护膜, 保护膜总厚度为 5~15 μm , 硬度 HV3000, 粘附力达 55N 以上。

在汽车侧围拉延模上应用此方法镀 TiCN 保护层后, 模具材料相当于 Cr_{12}MoV 的铸钢。使用厚 2.3mm 热轧钢板, 每分钟可加工 17 件, 间隙量 0.23mm, 共加工 1.6 万件, 模具仍完好。耐冲击性能较 TiC 方法更好。

3. PVD 处理

PVD(Physical Vapor Deposition)处理是在真空中熔化 Ti, 使 Ti 蒸气离子化后, 与 N、C 结合成 TiC、TiN 气体, 在 200~600 $^{\circ}\text{C}$ 条件下, 把 TiC、TiN 等陶瓷成分的物质沉积在金属表面上, 形成一层几微米厚度的超硬度的保护层。

这种物理气相沉积表面硬化处理办法, 金属工件变形极小, 适用于精密模具和精密工件的表面硬化处理。

在金属表面物理气相沉积之前, 金属表面不得存在氧化物或腐蚀变污层, 否则沉积物和母材之间的结合强度将会受到影响。因此, PVD 处理前工件表面需要清理干净, 并进行预先热处理达到 HRC30 以上。

4. 刃口涂保护剂处理

冲模刃口涂保护剂是近几年研究的新工艺, 所用的保护剂为 DJB—823, 涂覆后形成保护层固体薄膜厚度为 0.5~1.5 μm , 它可使模具寿命提高 10 倍左右。

涂覆前先将保护剂 DJB—823 固体研碎成粉末状, 取 0.5~2g 粉末加入 100mL 的混合溶剂(100 号汽油 60%, 正丁醇 40%)中, 加热到 55~65 $^{\circ}\text{C}$, 轻轻搅拌约 10min, 待 DJB—823 全部溶解后, 并使溶液保持在 50 $^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 范围内, 将清洗干净的凸、凹模浸入溶液内,

约 1min, 取出甩干, 放入 120℃ 的烘干箱中, 烘干 20~30min 即可。对大型凸、凹模, 可用毛刷将凸、凹模工作型面处刷上混合溶剂, 用热风吹干, 方可用之。

三、表面火焰淬火工艺

表面火焰淬火是对某些钢或铸铁工件, 用氧—乙炔火焰喷枪加热, 用水介质或空气冷却, 达到表面硬化的工艺方法。这种淬火的工艺方法简单、实用、变形量甚微, 在模具制造业中, 被广泛应用。

1. 钢制工件表面火焰淬火工艺方法

凸、凹模刃口镶块, 常用碳素工具钢 T8A、T10A 和合金工具钢 9Mn₂V、CrWMn 等制成。它们均可进行表面火焰淬火处理, 但由于淬透性较差, 冷却时易出现硬度不均匀、纤维裂纹等现象, 故一般还是采用常规热处理方法。空冷钢 CH—1 是最理想的表面火焰淬火材料, 这种钢的淬火温度范围宽, 在 840~1000℃ 均可; 淬透性好; 变形率小, 只有 0.02%~0.05%; 材料价格便宜; 淬火硬度值 HRC58 以上。

日本常用的表面火焰淬火材料见表 5-18。其淬火温度和所达到的硬度值见表 5-19。

表 5-18 日本常用的火焰淬火模具钢

牌号	化学成分 /%								
	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	S	其他
SX105V	0.68~0.78	0.80~1.10	0.65~0.95	0.90~1.20	≤0.50	0.05~0.15	≤0.03	≤0.03	Ni≤0.25 Cu≤0.25
HMD1	1.00~1.10	0.90~1.10	0.90~1.10	3.0~4.0	0.40~0.70	0.10~0.20	≤0.03	≤0.03	
HMD5	0.63~0.75	0.70~1.20	0.70~1.20	0.90~1.40	≤0.50	≤0.50	≤0.03	≤0.03	
190M	0.45~0.55	0.20~0.50	0.84~1.20	1.00~1.25	0.35~0.51	0.10~0.15	≤0.045	≤0.05	Cu0.5~0.7

表 5-19 火焰淬火模具钢的淬火温度及硬度

牌 号	淬火温度/℃	冷却方式	回火温度/℃	硬度 HRC
SX105V	950~1000	放置空冷	150~200	55 以上
HMD1	875~950	同上	同上	61 以上
HMD5	900~950	同上	同上	55 以上
190M	840~890	同上	同上	56~58

表面火焰淬火的工艺方法如图 5-20 所示。

火焰喷射在需要淬火的工件表面上, 达到淬火温度(用目测工件加热表面颜色决定: 45 钢加热到 950℃ 左右, 目测工件表面为金黄色), 随之用冷水冷却, 硬度达到 HRC53 以上, 硬度层厚度为 0.8~1.2mm。

T8A、T10A 加热到 850℃ 左右, 目测工件表面为杏黄色, 用冷水冷却, 硬度达到 HRC59 以上, 硬度层厚度为 0.7~1.0mm。

CrMn₂WSiMoV 和 7CrSiMnMoV 加热到 750℃ 左右, 目测为蛋黄色, 在空气中冷却, 硬度达到 HRC60 以上, 硬度层厚度为 1.0~1.2mm。

2. 铸铁表面火焰淬火工艺方法

拉延模的凸、凹模的各零件多用 HT250、HT300 或合金铸铁、QT60—2 球墨铸铁制造。

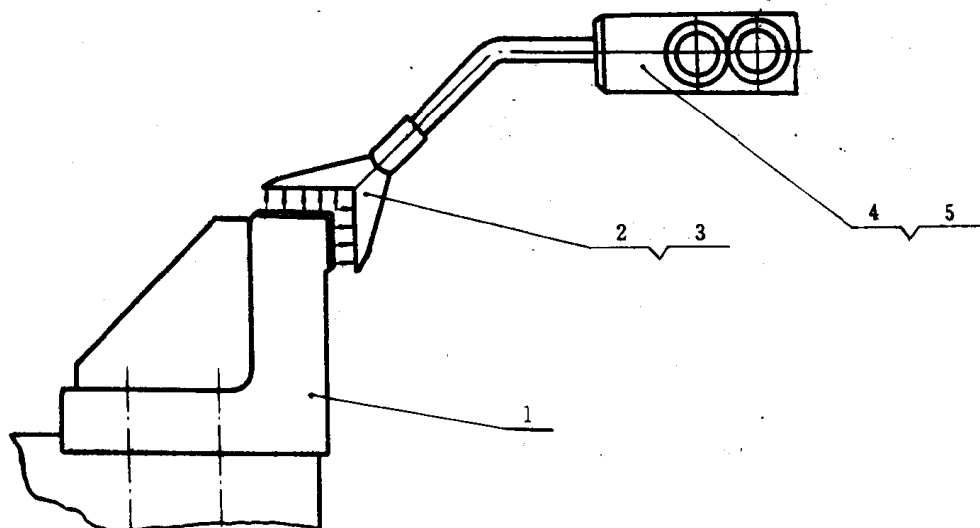


图 5-20 表面火焰淬火方法

1—修边镶块；2—冷水、冷风喷射网；3—氧—乙炔火焰喷射网；
4—火焰喷射枪；5—冷水或冷风喷射管。

这些材料均能接受表面火焰淬火处理，淬火硬度在 HRC50 左右。

合金铸铁沿用多年，但其加工困难，价格高，目前逐渐有被 QT60—2 所代替的趋势。QT60—2 切削性能好，又可进行表面火焰淬火，硬度 HRC47~50，它不仅能作拉延凸、凹模，还可制造衬套等零件。

四、实型铸造技术

实型铸造是在覆盖件模具采用 CAM 制造技术后，要求铸造毛坯的加工余量均匀、缩小的基础上，而产生的应用技术。用数控机床加工时，如果加工余量过大，走刀次数增加必然占用过多的机时，这显然是很不经济的。一套大型拉延模加工需 4000h 左右，如果按机加工与钳工比为 1:1，数控仿型加工机时按 20% 计算，则数控仿型加工约需 400h（一般为粗加工和精加工各一次），可见每增加一次走刀，需要 200h，按机时费 300 元/h 计算，每增加一次加工，要多付出加工费 6 万元，这是一个使用户难以承受的数字。实型铸造可使加工余量控制在 8~12mm，基本上能满足粗加工一次和精加工一次到位的要求。

实型铸造采用发泡聚苯乙烯塑料制造模型，造型时，模型埋在型砂里不取出来，浇注金属熔液时，模型产生软化、融熔、气化和燃烧等一系列物理化学现象，最后金属熔液占领模型空间，冷却后即可得到和模型一样的铸件。

实型铸造和一般铸造相比，实型铸造的最大特点是采用可以气化的泡沫塑料作模型，它的优点非常显著。

1. 实型铸造优点

(1) 以塑料代替木材，可节约木材。据统计资料表明，1t 铸件平均可节约 1.75m³ 木材，一个车型模具需 2000t 铸件，可节约 3500m³ 木材。

(2) 提高铸件精度。它不但减少加工余量，非加工面可直接铸到尺寸，还可以铸出木型铸造无法实现的复杂形状，而且得到组织致密的铸件。

(3)简化工序,缩短周期。泡沫塑料加工十分容易,成型简单,铸件供应可以提前。

(4)采用无粘结剂的造型材料,节约大量型砂,所用树脂砂可回收处理反复使用,免去了废砂无法处理困难。

(5)经济效果显著,据不完全统计,实型铸件的制造费用是普通铸件的20%~60%,泡沫塑料价格不到木模的三分之一。

实型铸造方法非常适用于大型复杂铸件的单件生产。覆盖件模具正好具备这些特点,因此,国内外汽车模具生产广泛应用这项技术。自1963年英国考莱汽车制造厂首次应用,生产700t冲模后,应用数量逐年扩大,日本荻原铁工所每年需要7000t实型铸件。我国自“七五”推广后,每年约生产2万t实型铸件,需要正在逐年增加。

2. 模型材料

实型铸造模型用的材料,全部采用聚苯乙烯泡沫塑料加工而成。对模型材料的要求有如下几点。

- (1)气化温度和发气量低,以减少浇注时的烟雾。
- (2)气化迅速、完全,残留物少。
- (3)相对密度小,强度和表面刚性好,能保证模型尺寸形状稳定。
- (4)发泡粒度小,致密,颗粒均匀。
- (5)价格便宜,货源广。

聚苯乙烯泡沫塑料以板材形式供应,规格和牌号见表5-20。国外实型铸造模型用的泡沫塑料见表5-21。值得指出的是国内还没有专门生产这种材料的厂家,它多依附在包装材料厂,板材质量还不够稳定,板材中常出现杂物影响铸件质量。

表5-20 国产泡沫塑料牌号及规格

项目 型号	牌 号	密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	规 格		用 途
			聚苯乙烯 珠粒目数	板材/mm	
ZK6-18	铸-1	0.015~0.020	10~16	1500×1000×100	铸 铁
ZK6-23	铸-2	0.020~0.025	17~20	1500×1000×50/100	铸 钢
LFP-15	铸-1	0.014~0.016			铸 铁
LFP-18		0.017~0.020			有色金属
LFP-20	铸-2	0.020~0.022			铁 钢
LFP-25	铸-2	0.023~0.025			大型铸件

表5-21 各国铸造用泡沫塑料的某些性能

国别型号 性能	中 国 Zkb	前 西 德		前 苏 联 HCE-A ₁		波 兰
		Exporit	Polystyrolshaum			
密度/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	0.020	0.015~0.020	0.020	0.020	0.030	0.020
抗压强度 ^① /kPa	122	90~110	100~120	130~150	200~250	80
抗弯强度/kPa	302	30~35	120	130~150	200~250	

(续)

性能	中国 Zkb	前西德		前苏联 ПГС—A ₁		波兰
		Exporit	Polystyrolshaum			
冲击韧性 kN·cm/cm ²	4.63	1~4 ^②		1~3	3	
抗拉强度/kPa		210~330		180~200	260	150
热变形温度/°C	75	70~80	70~80	70~80	70~80	65~70
导热系数 /W·m ⁻¹ ·K ⁻¹	0.0407	0.0442 (±50)	0.0314 (0)	0.0291 (+20)	0.0314 (+20)	0.0326

注:①中国和前苏联,取试样变形量为10%时抗压强度;前西德取试样变形量为5%时抗压强度;
②试样带切口。

3. 模型制造

实型铸造用的泡沫塑料模型可以手工加工,也可以机械加工,加工方法如图5-21、图5-22所示。

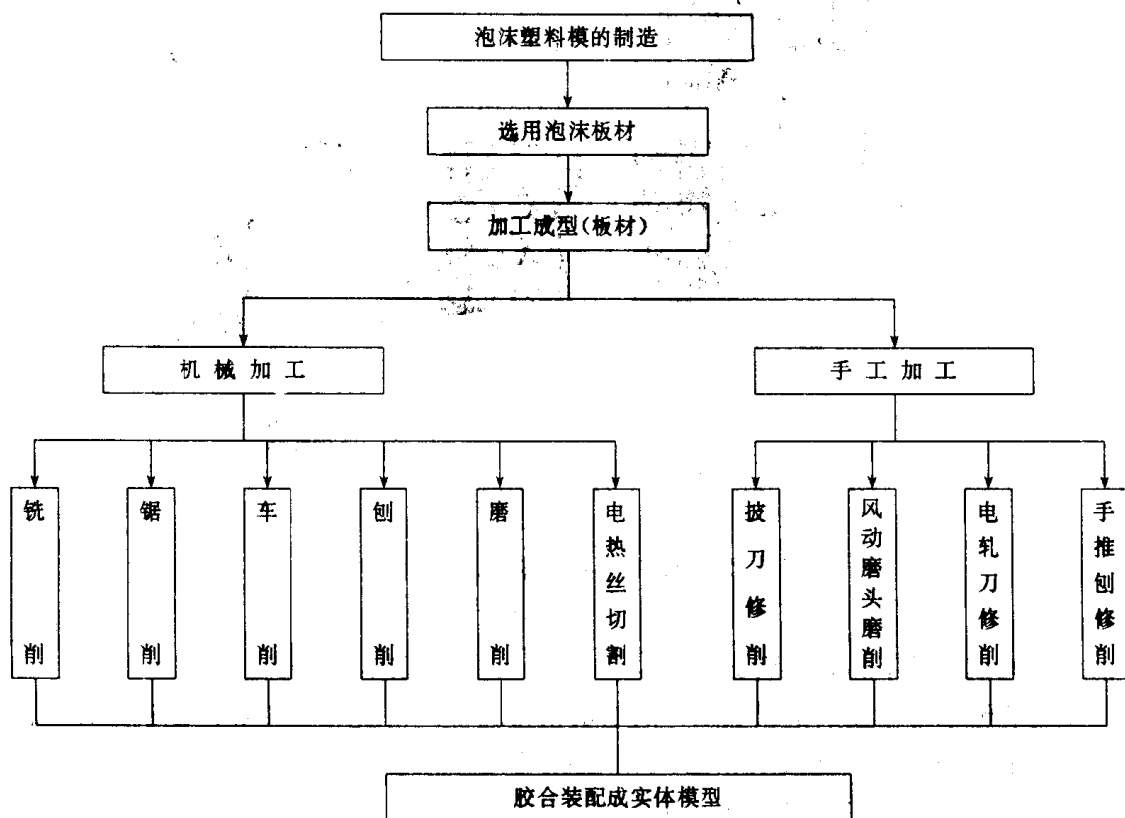


图5-21 泡沫塑料模型的加工方法

由图 5-22 可知,泡沫塑料切削原理不同于金属切削,前者是“披削”原理。泡沫塑料被加工的表面与刀具存在一定的角度,二者以一定的速度相对运动,锋利的刀刃把塑料的表层切割下来,它同木料切削极为相似。

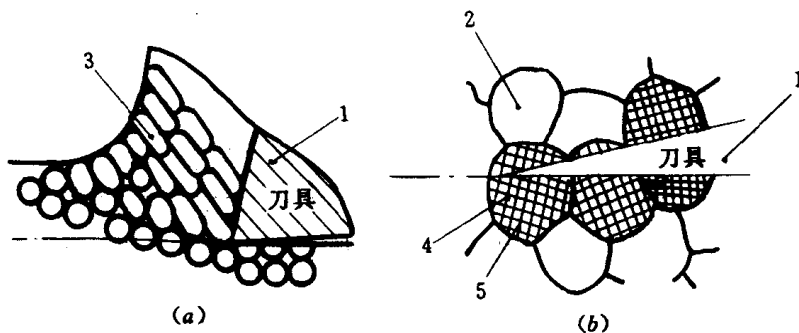


图 5-22 金属和泡沫塑料切削过程示意图

(a) 切削金属时晶粒的变化; (b) 切削泡沫塑料时颗粒的割裂。

1—刀具; 2—泡沫塑料颗粒; 3—晶粒; 4—纤维; 5—孔隙。

机械加工使用的机床有铣床、车床、电热丝切割锯床、磨床和手工平刨等木工机械。用数控铣床加工模型型面,需高速头,使主轴转速达 1 万转/min 以上。切削时要用冷风吹铣刀,以使颗粒不会粘在刀具上。用风动砂轮磨削加工泡沫塑料如图 5-23 所示。

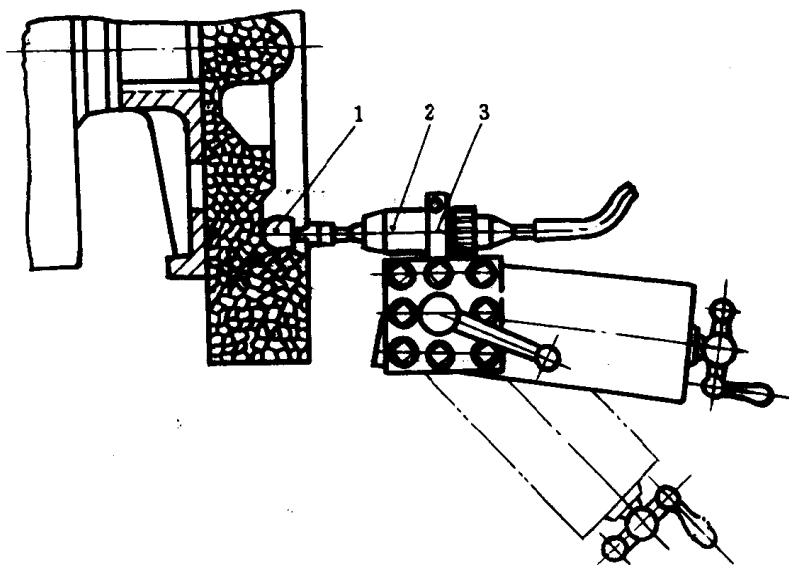


图 5-23 风动砂轮在车床上磨削泡沫塑料

1—磨头; 2—风动砂轮机; 3—砂轮夹头。

电热丝切割是下料和制型必不可少的手段,其主要工艺参数见表 5-22。

模型装配采用粘接剂把已加工好的板块粘接起来。粘接剂有聚醋酸乙烯乳胶和聚乙烯醇缩丁醛(BM),在纵横板块和上、下板块接合处,用三角形长条粘住形成铸造过渡转角,连接不密合的地方要用纸封粘住,以防铸造漏砂。

4. 模型涂料

泡沫塑料模型制造完工之后,在模型的表面需涂上一层涂料。涂料要求抗粘砂能力

表 5-22 电热丝切割泡沫塑料的工艺参数

电阻丝直径/mm	有效切割长度/mm	电压 ^① /V	切割温度 /℃	切割速度 ^② /m·min ⁻¹	电阻丝材料	加工范围
0.2	<200	35	250~350	0.3~0.4	镍铬丝	精加工
0.3	<500	28~30	300~400	0.4~0.45	镍铬丝	精加工
0.5	500~1000	25~28	300~450	0.45~0.7	镍铬丝	精加工
0.8	<1000	20~25	350~450	0.6~0.8	铝镍丝	一般加工
1.0~1.2	<1500	18~20	350~500	0.7~0.9	铁铬铝丝	精加工

注:①选用 5kVA 调压变压器测定的数值;
②切割速度测定试样长度为 1m。

强,涂层易剥落,能保证铸件表面光洁。实型铸造时,涂料层涂挂在泡沫塑料模型上,浇注铁水时,随之模型气化,涂层应能独立地承受高温铁水的冲击,起隔离和阻挡作用,否则铁水渗透到砂型中会形成粘砂现象。

涂料成分及使用方法见表 5-23 和表 5-24。模型表面涂料后,模型需在 50℃ 温度炉中烘干 3h。

表 5-23 铸铁用涂料

成分	粉状物	固定碳 55.03%	挥发物 2.19%	灰份 42.78%	ZrO ₂ 16.78%	SiO ₂ 13.66%	Al ₂ O ₃ 3.27%	Fe ₂ O ₃ 0.61%	MgO 1.04%
	溶剂	乙醇 91.5%,无机粘结剂 4.50%,挥发油 4.0%							
使用方法	粉状物与溶剂的重量比为 1:0.7。充分稀释并搅拌后,即可用毛刷涂于模型表面								

表 5-24 铸钢用涂料

成分	粉状物	ZrO ₂ 64.9%	SiO ₂ 34.4%	TiO ₂ 0.16%	Fe ₂ O ₃ 0.07%	Al ₂ O ₃ 0.43%	MgO 0.04%
	溶剂	乙醇 91.5%,无机粘结剂 4.5%,挥发油 4.0%					
使用方法	粉状物与溶剂重量比为 1:0.25。充分稀释后,即可用毛刷涂于模型表面						

五、刃口堆焊技术

刃口堆焊是直接在 中碳钢或铸铁模座模块上,用合金焊条堆焊获得高硬度刃口的工艺方法。它改变了传统的工艺方法,节省大量合金工具钢,降低了制模成本,是一项很有应用价值的新技术。

1. 中碳钢堆焊

(1) 焊条选用及规范。堆焊用焊条要求堆焊金属和基体金属能够均匀熔合,具有足够的剪切强度、硬度、耐磨性和冲击韧性,能进行机械加工和热处理,不易产生裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

用国产的 64A 焊条、PK—DC58 堆焊条和 322 焊条都可以满足上述要求。焊后空冷硬度可达到 HRC55, 经回火处理后硬度还可以提高。

焊接时使用电流的大小和焊条直径有关, 见表 5-25。

表 5-25 焊条直径与采用电流关系

焊条直径/mm	焊条近似化学成分/%					电流/A
	C	Cr	V	W	Mo	
3.2	0.4	4.5	0.5	9	2	90~120
4						160~190
5						190~230

(2)堆焊工艺。模体采用 45 钢或 A3 钢, 刃口处制成 5×5 (mm) 或 8×8 (mm) 坡口, 也可制成深 5mm、宽 12mm 下陷, 然后要清理干净, 不得有污物、铁锈和杂质。焊前模体预热, 预热规范见表 5-26。

表 5-26 模体预热规范

模体厚度/mm	预热温度/°C	预热时间 ^① /h
25	500	1
25~50	450	2
50~75	450	3

①模体厚度每增加 25mm, 预热时间增加 1h。

焊条在 250°C 左右温度下烘干 1~2h, 采用交流电焊使用短弧, 电弧长为 10mm 左右, 堆焊分三层进行, 堆焊完毕立刻回火, 回火温度为 560~570°C。回火经过三次, 使大部分残余奥氏体转变成马氏体, 并使马氏体消除内应力。回火规范见图 5-24 所示。

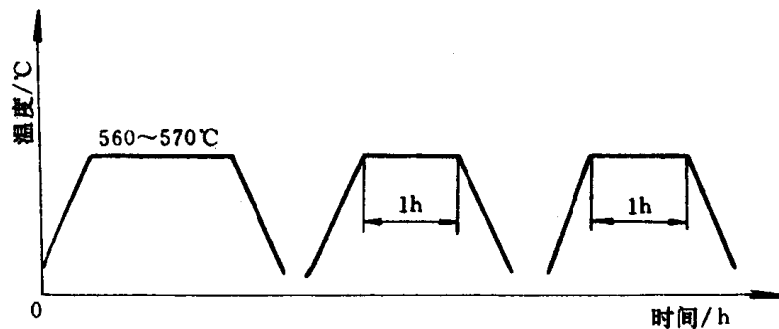


图 5-24 堆焊件回火示意图

堆焊后, 用磨削加工刃口达到精度和粗糙度要求。

(3)堆焊缺陷及防止办法。堆焊层表面常出现的缺陷有: 金属元素偏析组织不均匀, 硬度不一致, 有软点、裂纹、气孔、夹渣、过热等。防止办法有: 妥善保管焊条, 模体要充分预热, 选择适当的焊接规范, 堆焊后要缓慢冷却, 及时回火, 模体焊前要清理干净、焊条烘干, 堆焊过程中发现气孔和夹渣时要及时补焊。

2. 铸铁堆焊

堆焊可用来修复拉延模的凸、凹模型面缺陷,也可用来制造修边模刃口。它是近年来模具制造中的一种新技术。

(1)铸铁堆焊焊条。铸铁堆焊要求直接堆焊,不要过渡层。由南京汽车制造厂和上海电焊条厂联合研制的 TDZ—1 和 TDZ—2 焊条在实际应用中取得了很好效果。

TDZ—1、TDZ—2 焊条有关特性见表 5-27。

表 5-27 铸铁焊条及应用范围

焊条牌号	焊缝主要金属成分/%								焊条直径 3.2mm 使用电流/A	应用范围
	C	Mn	Si	Mo	V	B	S	P		
TDZ—1	≤0.25	2.00 ~3.00	≤1.00	2.00 ~3.00	5.00 ~8.00	≤0.15	≤0.03		100~130	灰口铸铁、球墨铸铁、合金铸铁的堆焊和补焊。主要用于拉延模补焊
TDZ—2	0.28 ~0.35	0.60 ~1.50	1.00 ~2.00	—	Cr 5.50 ~7.50	—	≤0.04		100~130	铸铁和低碳钢基体刃口堆焊合金钢,高碳钢刃口补焊,主要用于修边模

(2)堆焊工艺。TDZ—1 焊条焊接时电弧稳定,操作方便,焊接工艺性能良好。焊缝金属为铁素体和碳化物弥散组织。可直接堆焊铸铁,不需过渡层,焊接部位的硬度和铸铁基体相近似,能进行机械加工,耐磨性能良好。在常温下焊接不预热,焊缝不开裂,不易产生气孔,对工件的油污不敏感。

注意焊前焊条需经 300~350℃ 烘干 1h,焊件要清除油、锈、水等杂质。

TDZ—2 焊条操作方便,成型光泽,电弧稳定,飞溅较少,脱渣容易。焊缝金属为马氏体和碳化物弥散组织,有良好的抗裂纹性能,不需预热,焊后不需热处理,焊缝硬度可达到 HRC53~58,韧性好,强度高。

3. 堆焊质量标准

- (1)堆焊刃口在 100mm 长度内,横向裂纹数量不得超过三条。
- (2)裂纹长度不得超过 2mm。
- (3)不得有与刃口平行的纵向裂纹。
- (4)在成型面上不得有气孔。
- (5)剪切刃口前端 2mm 以内不得有气孔。

检查堆焊质量时可用磁力探伤或染色浸透探伤法。染色浸透探伤法是在检查工件表面时先喷一层洗涤液,然后在堆焊表面喷涂浸透液,最后再喷一层显影液。如果有裂纹,目视就可以看见。

§ 5-5 覆盖件冲模的制造调整

一、制造调整概念

冲模制造完成以后,还必须在压力机上对其动态精度进行试冲验证,通过试冲出的工序件检查来鉴别冲模制造质量,并发现问题消除制造缺陷,达到合格的覆盖件,这个过程

叫做冲模的制造调整。制造调整通常是在制造单位应用其试压设备进行的。当模具移交给使用单位以后,在生产线上使用的压力机往往和制造单位压力机不相同,环境和条件也各有差别,所以模具移交后还必须进行试压验收,并在试压中再次检查发现问题,消除制造存在的缺陷,试压出合格的覆盖件,这个过程叫作使用调整。

制造调整和使用调整是冲模试冲调整的两个方面,通称冲模调整。冲模调整可以发现覆盖件的工艺性、冲压工艺设计、冲模设计和冲模制造等方面的问题,可以积累大量的原始资料和丰富的实践经验。因此,必须重视冲模调整工作。

由于制造调整只限于调试出合格的覆盖件,操作和安装等方面的问题就较少涉及,这和使用调整是有区别的,故此以下内容只讲述制造调整。

制造调整很难一次调整成功,需要试修反复进行,因此周期长,机床使用时间和材料消耗也很大。因此,工厂应集中技术力量解决调整中出现的问题。

冲模的制造调整要注意以下事项:

(1)首先测量调整模具的外部尺寸和闭合高度,确定使用压力机的技术规格是否能满足要求,确定是否使用垫铁(含工作台和内外滑块垫板)。

(2)按制造顺序先单套试冲,然后再进行成套性试冲。

(3)试冲中要认真作好记录,针对故障内容给予必要的分析,然后提出解决办法。

二、拉延模的调整

1. 调整重要性

在覆盖件成套冲模中,拉延模的调整最重要,尤其是形状复杂的拉延模,试冲故障难以预测,解决办法不易提出。模具的修整工作量大,在修整调试中既要考虑制件的形状尺寸要求,又要考虑成型的工艺需要,调整的目的在于压出合格工件。如果拉延不出合格工件,后序模具就不能进行试冲调整。因此,有些工艺性差的拉延件要等拉延模调整完成后,才能进行后序模具加工,甚至需要拉延模调整完成后才进行设计和制造。

在拉延模调整中,要确定毛料尺寸和形状,确定成型过程中某些工艺参数,如压料力大小等。毛料尺寸形状是制造落料模的依据,压料力等工艺参数是模具使用中必须严格遵照执行的数据,它是稳定生产的保证。

合格的拉延件是后继工序冲模调整必备的工序件,它也可以是制造翻边模和修边模使用的工序件。

2. 调整顺序

(1)研配压料面和拉延筋槽。压料面的质量决定拉延过程中的压料效果,它既要保证压料力,还要使压料区的材料在不起皱的情况下,顺利地流入凹模口内。压料面通常是由平面、圆柱面、圆锥面等组成。在使用研配压力机研配压料面时,考虑曲率半径大,料厚间隙影响不大的情况,一般都是不垫料厚,这种忽略对于绝大部分压料面能够符合成型要求,个别的局部区域可能影响成型。所以调整时首先要研配压料面,即在有影响的部位垫料研配。在涂红铅粉合模时,当着色面积达到85%以上时,可以再次进行试冲。

压料面的拉延筋槽,通过打磨槽宽可以调节压料的松紧程度。作法是用条料压成拉延筋形状,并用它研配槽宽。

(2)研配凹模型面。在压料面研配后,用凸模立体型面研配凹模,保证二者之间的料厚

间隙。在料厚间隙影响大的地方垫料厚,根据垫料厚的型面研配凹模,试冲后反复进行研配。装饰筋条和棱线也要垫料厚或铅皮着色研配。

凹模圆角半径根据试冲情况修整,拉延件修边线在凸缘以外时,凹模圆角修整要慎重。

(3)打磨拉延筋高度。调整冲模时一般不打磨拉延筋高度,只修拉延筋槽宽尺寸。当有多根拉延筋时,图纸上的筋高都是7mm,实际上第一根拉延筋高为7mm,外圈的筋高要逐渐低一点,使外圈的拉延筋产生的进料阻力逐渐小一些,拉延时毛料逐渐通过,真正起到拉延筋作用。打磨拉延筋高度要根据试冲进料阻力状况进行,必要时打磨掉局部的拉延筋。

一般拉延筋都装在上模,打磨时要卸模,工作极不方便。

(4)试冲。试冲是调整过程中最关键的一步。试冲毛料用切板机和手提式风剪机下料,在另一张板材画线留样,下次试冲修改外形后剪切外形再留样,以此类推,直到压出合格的拉延件为止,剪修最后一个样作为拉延毛料展开件。

拉延件试冲很难一次成功,形状复杂者第一个试冲的拉延件又裂又皱,必须仔细分析研究。最简单的方法是拉到一定深度,就检查压料面压痕,确认其进料阻力的大小。压痕严重时进料阻力大,会产生破裂、掉底;压料面起皱严重说明压料力太小,皱纹产生后增加进料阻力,也会破裂。试冲到最后阶段,压料面、拉延筋槽和凹模圆角半径确定不动,拉延达到基本成功,此时只修整毛料展开件的局部形状,可收到更好的稳定成型的效果。

(5)确定限位板的高度。试冲过程中为调节进料阻力,往往在限位板上垫不同厚度的垫片。试冲合格后要制造钢片垫在限位板下面固定死。

(6)安装定位销。按合格的拉延毛料展开件确定限位销位置,并钻铰孔后压入。

(7)局部表面火焰淬火。凸、凹模的圆角、棱线、凸包、凸筋等处经表面火焰淬火, HRC54 以上。

3. 试冲中主要缺陷及消除方法

试冲过程中产生的主要缺陷及消除方法见表 5-28。

表 5-28 试冲中主要缺陷及消除方法

冲压件缺陷	可能产生原因	解决办法
破裂	主要原因是进料阻力太大: (1)压料力太大。 (2)压料面表面粗糙度不够。 (3)凹模口或拉延筋槽口 R 半径太小。 (4)拉延筋数量过多或布置不当。 (5)凸模与凹模或拉延筋与拉延筋槽间的间隙太小。 (6)坯料形状不当,尺寸大。 (7)坯料质量不符合要求。 (8)润滑不好。 (9)工件局部拉延太大	(1)减少压料力或修整压料面,修整压料面时应注意不能里松外紧。 (2)提高压料面表面粗糙度。 (3)合理加大有关 R 半径。 (4)调整拉延筋数量和位置。 (5)合理加大间隙。 (6)修正坯料形状、尺寸。 (7)更换合格材料。 (8)改善润滑条件。 (9)增加工艺孔、工艺性切口,修改局部拉延形状

(续)

冲压件缺陷	可能产生原因	解决办法
皱纹	<p>主要原因是进料阻力太小:</p> <p>(1) 压料力太小或压料面接触面积小。</p> <p>(2) 凹模口或拉延筋槽口 R 半径太大。</p> <p>(3) 压料面里松外紧。</p> <p>(4) 拉延筋数量少或布置不当。</p> <p>(5) 坯料形状不当, 尺寸小。</p> <p>(6) 坯料与压料面形状不一致, 定位不稳定, 不准确。</p> <p>(7) 坯料太软。</p> <p>(8) 压料面形状不当。</p> <p>(9) 润滑油过多, 润滑方法不当。</p> <p>(10) 冲压方向不对</p>	<p>(1) 增加压料力或修整压料面, 增大接触面积。</p> <p>(2) 减小有关 R 半径。</p> <p>(3) 修整压料面消除里松外紧。</p> <p>(4) 调整拉延筋数量和位置。</p> <p>(5) 修正坯料形状和尺寸。</p> <p>(6) 改善定位准确性、稳定性, 增加预弯工作。</p> <p>(7) 更换材料。</p> <p>(8) 修改压料面形状。</p> <p>(9) 润滑油适量, 方法正确。</p> <p>(10) 改变冲压方向</p>
表面产生鼓膜	<p>(1) 压料力不够。</p> <p>(2) 拉延筋数量少或布置不当。</p> <p>(3) 坯料扭曲, 拉延受力不均</p>	<p>(1) 增大压料力或修整压料面, 增大接触面积。</p> <p>(2) 调整拉延筋数量或位置。</p> <p>(3) 拉延前对坯料进行必要处理</p>
表面有划痕、波纹及其他痕迹	<p>(1) 凹模口或压料面粗糙度不够。</p> <p>(2) 镶块接合面间隙太大。</p> <p>(3) 排气孔数量不够或堵塞。</p> <p>(4) 成型型面表面质量不好, 不干净。</p> <p>(5) 润滑不足或润滑不当。</p> <p>(6) 冲压方向选择不当, 坯料在凸模上有相对位移。</p> <p>(7) 坯料表面质量不当</p>	<p>(1) 提高相关部位粗糙度。</p> <p>(2) 减少接合面间隙。</p> <p>(3) 增加或清理排气孔。</p> <p>(4) 精修成型型面, 清洁型面。</p> <p>(5) 改善润滑条件, 正确润滑。</p> <p>(6) 改善冲压方向。</p> <p>(7) 更换材料</p>
装饰棱线不清、滑移、压双印	<p>(1) 凸模与凹模未墩死到位。</p> <p>(2) 凸模与凹模间隙不均匀。</p> <p>(3) 坯料在凸模上相对位移。</p> <p>(4) 进料阻力不一致</p>	<p>(1) 调整凸模拉延深度或加大主压力。</p> <p>(2) 修正间隙使其均匀。</p> <p>(3) 改变冲压方向。</p> <p>(4) 调整有关部位进料阻力</p>
刚性差	材料变形程度不足, 进料阻力小, 产生松弛和鼓动	增加压料力, 增加刚性加强筋, 主要用于内覆盖件

三、翻边模调整

覆盖件的翻边轮廓是由直线和曲线构成的, 而曲线又由凸曲线和凹曲线组成, 所以各部分的翻边变形就不一样。直线部分的翻边是弯曲变形, 调整较容易。凸形曲线翻边变形时, 材料受挤压而变薄, 失稳时形成皱纹, 最后导致撕裂。凹形曲线翻边变形时, 材料受拉而变薄, 最后导致产生裂口。根据皱纹和裂口缺陷情况进行调整, 消除缺陷后, 翻边成合格的覆盖件。

1. 调整顺序

(1) 在合格拉延工序件上画出翻边轮廓线, 然后根据翻边宽度进行展开, 画出修边线、剪切修边外形, 并保存修边线实样, 作为后续调整时修正修边依据。

(2)在翻边模上进行翻边,检查翻边宽度及翻边缺陷。

(3)消除翻边缺陷。

(4)反复修改修边线,直至翻边合格,将最后翻边合格的工序件作为修正修边线的依据,更改修边模图纸,制造修边模刃口。

2. 翻边缺陷

翻边缺陷和翻边线形状有关,主要有两种缺陷,即凸曲线翻边的皱纹和凹曲线翻边的裂口,其消除方法见表 5-29。

表 5-29 翻边试冲主要缺陷及消除方法

主要缺陷	原因分析	消除方法
皱纹	<p>(1)平腹板凸曲线翻边和凸腹翻边容易在翻边宽度上形成皱纹。此时在变形区(即翻边宽度)切向压应力过大,材料失稳起皱。</p> <p>(2)翻边宽度尺寸大,起皱失稳严重。</p> <p>(3)凸、凹模间隙过大。</p> <p>(4)修边轮廓形状呈阶梯形,如图 5-25(a)所示</p>	<p>(1)适当减小凸、凹模翻边间隙,将变厚材料赶出。但起皱严重时不适用。</p> <p>(2)翻边轮廓线凸、凹变化大时,将凸曲线先翻边,将材料往两边凹形处赶去,扩大变形区。凹形后翻边可吸收一部分材料,且不易开口。</p> <p>(3)阶梯形状轮廓应过渡,如图 5-25(b)所示。</p> <p>(4)降低翻边宽度尺寸</p>
裂口	<p>(1)平腹板凹曲线翻边和凹腹板翻边件易产生裂口。此时变形区(即翻边宽度)切向拉应力过大,材料变薄严重,延伸率超过材料允许延伸率。</p> <p>(2)翻边宽度尺寸过大。</p> <p>(3)翻边凹模圆角半径小,变形不均匀</p>	<p>(1)减小翻边宽度。</p> <p>(2)翻边宽度外带局部凸缘,翻边后切掉,翻边带压板。</p> <p>(3)增加翻边凹模圆角,并抛光提高粗糙度,使变形均匀化。许可时,可适当增加翻边凸模圆角半径,并抛光</p>

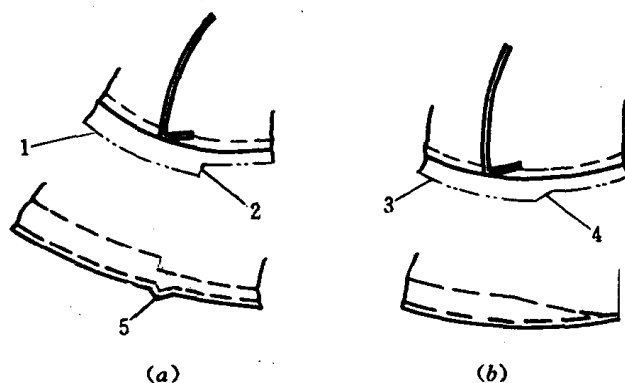


图 5-25 翻边轮廓形状对翻边影响示意图

(a)修边轮廓成阶梯状时,在翻边轮廓上形成皱纹;(b)修边轮廓成均匀过渡时,消除皱纹。

1、3—修边线;2—阶梯形状修边线;4—均匀过渡修边线;5—腹板的皱纹。

四、修边模调整

1. 调整基本要求

- (1)通过调整的修边模能够顺利地安装在指定的冲压设备上。
- (2)各机构动作灵活、准确、协调,符合设计要求,操作安全可靠。
- (3)能稳定的冲压出合格工件。

2. 调整程序

- (1)认真消化了解修边模的结构、前后有关冲压工序和有无特殊要求。
- (2)根据覆盖件修边轮廓估算冲切力级数,选定相应吨位冲压设备,并确定冲床滑块上限位置、下限位置和冲切速度。
- (3)垂直修边确定冲床滑块下限位置时,应逐步下调确定;倾斜修边确定冲床滑块下限位置时,应先确定滑块迟降点,再微动下调滑块确定。垂直冲切刃口和倾斜冲切刃口的动作经过调整使之协调,不产生碰撞,确定下限位置。

(4)调整刃口进入深度,一般为 0.5~2mm,最深不超过 2mm;废料刀刃口进入深度为 0.5~1mm。

(5)调整冲切间隙,首先要满足修边模制造的冲切间隙要求,通过试冲之后,检查工件剪切断面质量达到要求的目的,使冲切间隙控制在合理数值范围内。

(6)检查切断的废料排出要通畅。

3. 修边缺陷

修边试冲产生的主要缺陷及消除方法见表 5-30。

表 5-30 修边试冲主要缺陷及消除方法

冲压件缺陷	产生原因	解决办法
形状尺寸不正确	冲模基准件刃部形状尺寸不正确	修正冲模基准件刃部形状,尺寸至要求,再按修正后的基准件调整非基准件刃部,保持间隙合理均匀
剪切断面光亮带过宽,甚至出现双光亮带和毛刺	冲切间隙过小	修整冲模非基准刃部(冲压件尺寸公差允许,也可适当修整冲模基准件刃部)尺寸,合理增大冲切间隙
剪切断面光亮带窄,圆角太大,甚至出现拉长毛刺	冲切间隙过大	更换冲模非基准件(不影响冲压件尺寸公差,也可更换冲模基准件)。调整镶块位置。刃口烧焊补偿
剪切断面光亮带宽窄不均	冲切间隙不均匀	修整冲模非基准件间隙窄小部分的刃口。重新装配调整冲切间隙,调整刃部镶块位置
定位部分出现压伤、划痕或变形	(1)冲模定位面和冲压件不吻合。 (2)冲模定位不清洁	(1)按合格工序冲压件研配修整冲模定位型面。 (2)清洁冲模定位型面
废料排出困难	(1)废料刀布置不适当。 (2)滑料槽倾斜角度小	(1)调整废料刀位置和角度。 (2)修改滑料槽,装钢板或滚轮

第六章 模具 CAD/CAM 过程与系统构成

§ 6-1 模具 CAD/CAM 过程

计算机辅助模具设计与制造,简称模具 CAD/CAM。模具 CAD/CAM 过程是指以计算机与数控加工设备为硬件手段,系统软件与应用软件为依托,网络与数据库管理系统为支撑,实现从产品零件冲压工艺分析→冲压模具结构图纸设计→模具加工工序安排→数控加工程序编制→数控机床加工模具型面→数控检测等全过程的计算机化。

一、发挥人机各自特长

模具 CAD/CAM 过程是由人与计算机之间交互的过程,它改变了传统模具设计与制造中单一地由人支配的方式,整个过程中充分利用人与计算机各自所具有的优势。表 6-1 列出人与计算机能力的比较。

表 6-1 人与计算机能力的比较

项 目	人	计 算 机
逻辑推理方法	富于想象能力,凭经验作出判断	模仿式的方法
智力水平	极强的学习能力	极低的学习能力
信息的组织方式与能力	无格式,强	有格式,弱
信息的输入	依靠视觉、听觉,短时间内可以接受大量的信息	模仿式输入效率低
信息的输出	通过语言、文字和图形有次序地慢速输出	有次序地快速输出文字和图形
信息存储能力	低,与时间有关	高,与时间无关
出错几率	高	低
对重复动作能力	弱	强
综合能力	强	弱
数值分析	弱	强

计算机具有高速运算能力,庞大的存储记忆能力,不怕繁琐重复和出错率低的特点。人的优势在于善于逻辑推理,有极强的学习能力,可以用无格式的方式接受、组织和处理信息,能够凭经验直觉地构造规则和使用规则。

CAD/CAM 过程发挥人机各自特长,模具设计人员可以把更多精力集中在覆盖件模具的工艺分析、结构优化等关键技术,而把大量繁琐的计算分析、绘图等重复工作交给计算机去完成。

二、与用户的衔接

模具 CAD/CAM 的前入口与用户提供的汽车车身外形设计信息衔接。从用户提供的原始依据情况来看,可分为以下三大类。

1. 提供车身外形 CAD 图形与数据

这部分用户都有自己的汽车车身 CAD 系统,用于对汽车车身外形自由曲线、自由曲面构成的形状加以处理,将创建的车身外形数学模型以三维数据格式传送。通过接口在模具 CAD/CAM 系统中获得车身 CAD 数据与几何图形信息,随后进行模具的工艺分析、结构设计及数控编程等工作。当车身外形变更修改时,还能及时准确地予以传送。

2. 提供常规设计图纸与型值点

对于这部分用户提供的资料,必须通过模具 CAD/CAM 系统中造型功能模块,以产品图纸与型值点为依据,建立车身外形的数学模型。造型过程中要控制原有的型值点数据,对曲面进行分块、拟合、光顺及边界约束等处理。以建好的车身外形数学模型作为模具设计与制造的依据。

3. 提供实物模型

这是用户提供的一种辅助性的制造依据。例如在仿制车型时,将一辆样车作为图纸的补充;又如在提供设计图纸的同时还提供其主模型作为协调依据。针对所提供的实物模型,采用测量取点或扫描方式采集数据,送入模具 CAD 造型功能模块,建立外形数学模型作为模具设计与制造依据。通常,从实物模型上采集的数据局部地可以直接利用,即通过数据处理直接用于型面的数控加工。

目前国内的用户多为综合提供上述的 2、3 类制造依据,国外的用户多为综合提供上述的 1、2 类制造依据。现阶段主模型作为模具的制造依据仍被世界模具行业普遍采用,通过数学模型与数控加工制造主模型,利用主模型局部增加工艺补充部分型面,通过测量机(或扫描机)采集数据经处理后传送到数控机床加工模具型面。这是一种周期短、效率高的工作方法。图 6-1 所示为一种实用的模具 CAD/CAM 系统。

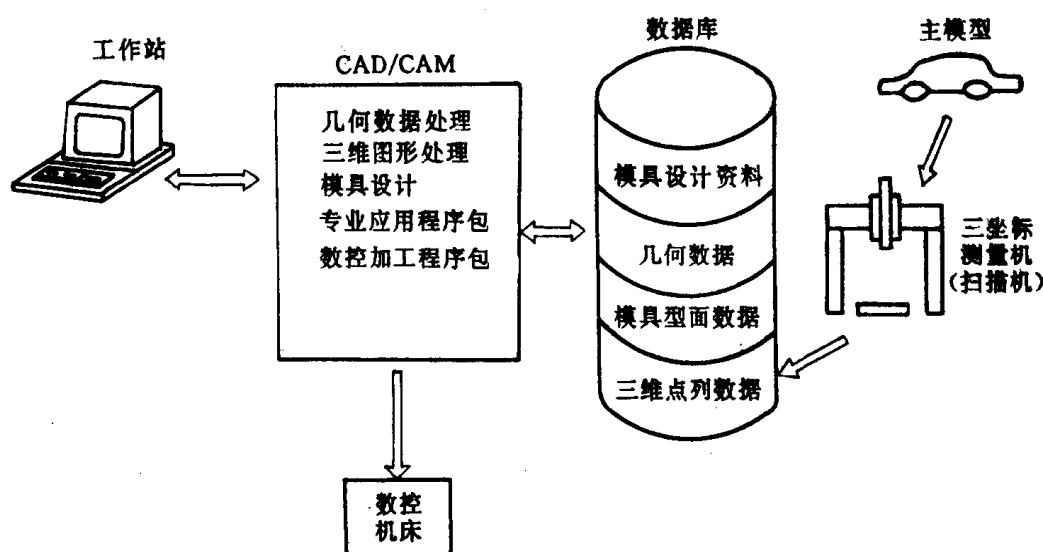


图 6-1 一种实用的模具 CAD/CAM 系统

§ 6-2 模具 CAD/CAM 系统的集成

模具 CAD 产生了用于制造模具的图纸、数据与工艺文件,通过 CAM 生成模具型面数控加工指令,传递到数控机床对型面进行加工,这个过程就是 CAD 和 CAM 的集成。这种集成是指在 CAD、CAM 各模块之间数据的提取与交换,模具 CAD 提供的数据,不仅用于模具型面的加工,而且还将用于型面的检测。在整个设计、制造过程中,系统各个模块都不是孤立的,而是共享信息并相互联接。图 6-2 所示为模具 CAD/CAM 系统的集成。

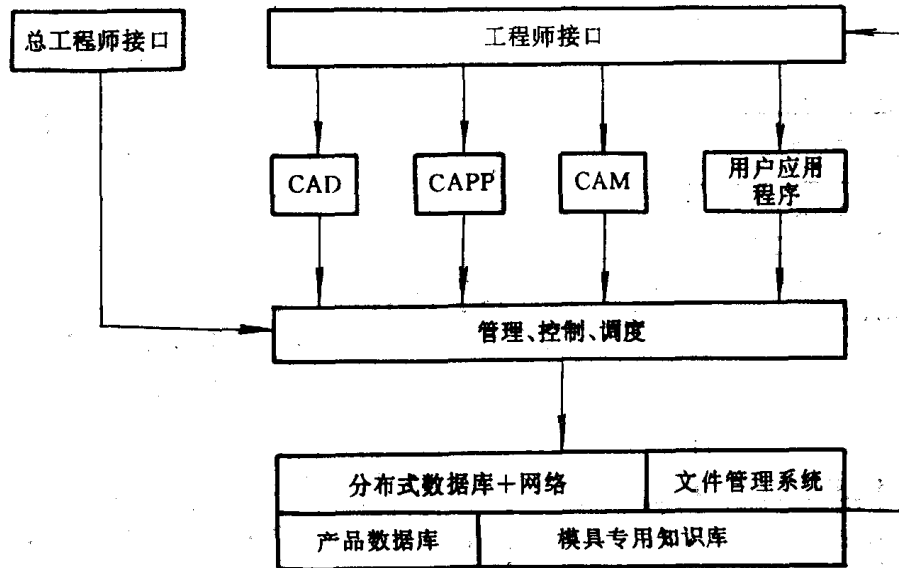


图 6-2 模具 CAD/CAM 系统的集成

模具 CAD/CAM 系统集成是计算机集成制造系统中的一个局部,它本身尚存在着几个关键技术。例如:三维实体造型中只表达型体的几何及拓扑信息而缺乏加工所需的非几何信息(表面粗糙度、公差、加工方法及材料等信息)、工程数据库的建立及应用接口技术等。

§ 6-3 模具 CAD/CAM 系统数据流程

一、模具 CAD/CAM 系统数据流程

完成 CAD/CAM 作业需要很多技术资料,如标准化资料及制造工艺资料等。在传统手工设计中,这些数据资料以手册的形式提供人工查阅;在 CAD/CAM 过程中,这些资料均存放在计算机中,供设计制造过程需要时调用。

在模具 CAD/CAM 过程中,从抽象的产品形状到具体化的零件几何构形信息,从模具结构设计到每个模具零件设计及加工信息的整个过程,不仅数据量逐步增加,而且数据始终要保持一致性。图 6-3 所示为模具 CAD/CAM 系统数据流程。

模具 CAD/CAM 过程的数据大致可分为以下两大类。

1. 几何构形数据

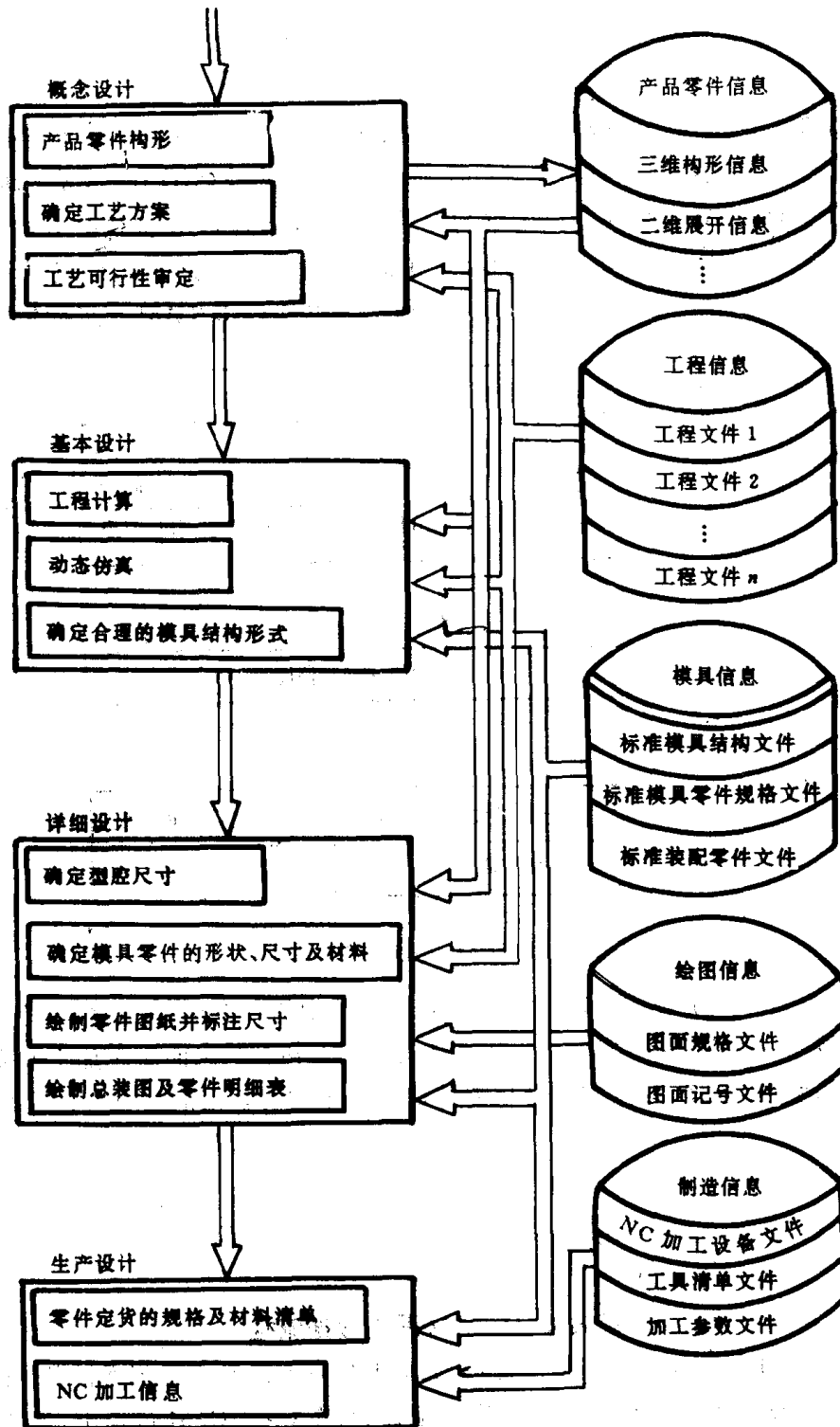


图 6-3 模具 CAD/CAM 系统数据流程

几何构形又可分为参照构形与设计构形两类。参照构形是指在模具 CAD/CAM 系统中,事先存放在计算机里的模具结构构形与模具零件构形的参照方案,如标准模具结构形式与零件构形,这类数据信息量很大。设计构形是指模具 CAD/CAM 过程中,随设计过程的进行而最终完成的全部模具设计信息,这一类数据信息是动态的,在整个过程中要保持

一致性。

2. 设计工艺技术数据

工艺分析、设计及制造所需的技术数据,包括设计公式、材料、经验数据、图表、曲线和用于数控加工的机床、刀具等加工信息。

在模具 CAD/CAM 过程中,对上述两大类数据要进行收集、组织、存储、检取、加工和传递等处理,参照构形与工艺设计、制造所需的技术数据要事先收集并存储在系统中,它直接提供给设计、工艺使用。数据的收集要注意实用可靠,如果产生差错就会导致工作的失败。

数据特征表现在两个方面:一方面是本质的特征,如整型类数据、实型类数据、文字型数据等;另一方面是随应用环境和时间而改变的特征,如数据的易变性、活跃性等。易变性是指数据被更新的频繁程度,活跃性是指对数据存取操作的频繁程度。

几何构形数据贯穿于 CAD/CAM 整个环节中,为各模块共享;而设计工艺技术数据一般只为个别应用模块使用。对于不同特征的数据,应用不同数据结构描述,在模具 CAD/CAM 过程中采用不同的管理方式。

二、数据管理方式

数据管理是数据处理的中心问题。从数据管理技术的发展来看,经历了无管理阶段、文件系统管理阶段与数据库系统管理阶段。在无管理阶段,没有数据管理的软件,只是根据程序员的意图在程序内用程序或数组的方式来管理数据。文件系统管理阶段,是在程序内或程序间用文件的方式由操作系统来管理数据。数据库系统管理阶段,是用比操作系统更高一级的数据管理软件来实现数据库中数据的集中管理。下面就数据库系统管理作一简单介绍。

1. 数据库系统管理技术特点

- (1)数据有控制地集中,以避免数据的重复和不一致。
- (2)把物理数据存储与使用该数据应用的逻辑定义分开,有助于在动态环境下灵活地进行修改。
- (3)所有数据的单一控制,允许一些独立的联机用户使用。
- (4)提供复杂的数据结构和存取路径,以便能容易地表示数据间复杂的联系,并且对各种应用都能更有效的检索数据。
- (5)防止对特定数据单位、数据类型或数据组合非法存取,提供保密控制。
- (6)防止滥用或损坏存储数据而提供的完整性控制,并提供在偶然发生硬件或软件故障的情况下完全重建的功能。

2. 模具 CAD/CAM 系统数据管理方式

由于模具 CAD/CAM 系统所包含的数据不是同一性质的,在系统中共享程度、使用频率、修改状况及数据间的联系都不同,为了完全利用各种数据管理方式的长处,提高系统管理的效率,故模具 CAD/CAM 系统多是同时采用两种以上的数据管理方式,而标称最高一级的数据管理方式。表 6-2 列出了对数据管理方式的需求,选用时必须考虑模具 CAD/CAM 系统所选用的处理方式及满足一定设计要求的数据特性。从该表中可以看出模具 CAD/CAM 系统对数据库有迫切要求。数据库系统不仅具有数据管理功能,而且还兼有以

表 6-2 对数据管理方式的需求

设计能力	处 理 方 式	
	批 处 理	联 机 实 时 处 理
	数 据 管 理 方 式	
重复型设计	文件系统管理	要求有数据库系统
开发型设计	要求有数据库系统	迫切要求有数据库系统,且最能体现数据库系统的功能

数据为中心的数据处理功能。

三、模具 CAD/CAM 数据库

1. 概述

数据库是数据处理技术日益发展的必然结果,数据库研究的内容是如何高效地、巧妙地进行数据处理,而又化费最少的硬件资源。60年代后期,为实现数据的集中管理,出现了数据管理软件——数据库管理系统(DBMS)。在数据库管理系统的管理下,数据库具有较高的数据独立性,较少的冗余,形成相互间有联系的文件集合,能方便多用户的访问。

数据库系统是指计算机系统引进数据库技术后的整个系统,通常由硬件、软件、数据库及数据管理员四部分组成。

数据库系统的软件包括操作系统(OS)、主语言、数据库管理系统(DBMS)和应用程序。其核心部分是数据库管理部分。数据库系统层次如图 6-4 所示。

2. 模具 CAD/CAM 数据库

近年来,数据库技术广泛用于商业管理、仓库管理、人事管理及资料管理等领域,但在机械、模具 CAD/CAM 领域的应用尚不成熟。在模具 CAD/CAM 过程中,诸如技术资料、标准化资料及型面数值等信息数据化后,主要供检索使用,没有频繁的更新,数据间也没有结构的变化,这些数据与商业和管理用的数据在使用方式上很接近,用于商业或管理用的数据库管理系统即可集中管理这些数据。但诸如零件构形、结构构形等这样一类图形与形状信息,一旦更改,不但数据变更,而且数据的结构也发生了变化,采用一般商业和管理用的数据库管理系统进行管理就比较困难。

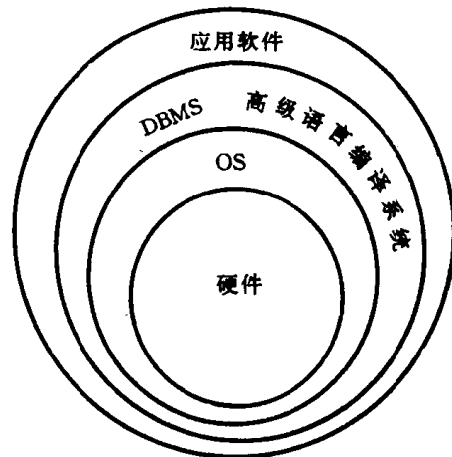


图 6-4 数据库系统层次

在模具设计阶段,希望有高标准模型的、能够自动或半自动理解图面含义的、交互式的模具 CAD/CAM 数据库专用系统,这种专用系统与以往的专用系统不同,它是以通用功能为基础构成面向问题的专用系统。

模具 CAD/CAM 数据系统的特征如下。

(1) 可以同时进行几个相互独立的设计,具有相同结构的数据在设计过程中可以共享。为此,数据库可分为设计数据库与公用数据库两种。

(2) 在设计数据库中,存储与设计对象有关的形状数据、属性数据,同时还存储有为输

出图纸用的图面数据及零件明细表等。

(3)随着设计过程的进行,设计对象的信息从整体逐步得到单个的数据,从概略逐步得到正确的数据,数据量也随之增大。

(4)数据处理的数据库系统分析员根据模具 CAD/CAM 中专家意见,用整体的观点统一处理。

(5)数据是由专家们用对话方式作成的,它不仅可以被评价、更新,而且还能用复杂的动态仿真程序和自动设计程序处理。

(6)在公用数据库里,存储有材料、模具零件目录、技术资料、图纸规格及图面数据等各种数据。

(7)公用数据库里的数据主要用于检索,很少有数据间的结构变化,数据更新也不频繁。

(8)设计数据库与公用数据库里存放的数据要求输入方式简单明了,图形、表格和文件都以很容易的形式输出。

利用现有的数据库管理系统,很难满足模具 CAD/CAM 数据库要求的条件。为防止设计数据的冗余,减少数据间的矛盾,很方便地处理设计变更,设计数据库可采用如图 6-5 所示的结构。引入职能数据库,在设计过程中,各自的数据处理迅速而自由,各职能数据库间通过公用数据库联接。

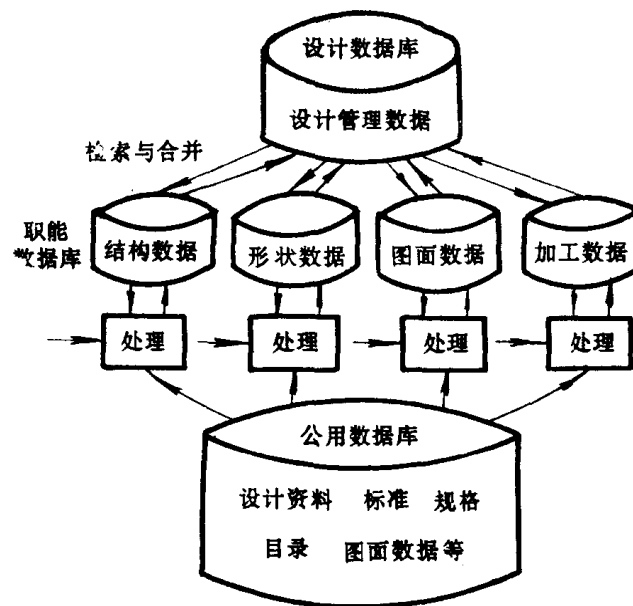


图 6-5 模具 CAD/CAM 数据库的构成

3. 模具 CAD/CAM 数据库系统的实现

(1)确定数据库的应用范围。在模具 CAD/CAM 过程中,为完成各种特定的模具设计与制造,数据处理量相当大,但并不需要把所有的数据都交给数据库系统集中管理,这是因为有两个原因:一是数据库对私有的、静态的无结构数据用处不大;二是若数据过于集中,数据量过大,势必造成数据库系统负担过重,以致影响整个 CAD/CAM 系统的运行效率。

初始建库时,一般可先部分实现用数据库技术对模具 CAD/CAM 系统的数据处理。设计构形数据用数据库集中处理,可以很方便地进行图形编辑,而且对图形进行查询或修改都不会影响数据的完整性及使用。这是用数据库技术进行数据处理最有利可图的一个方面。对于参照构形数据,在开始建库时,可选择几种典型的参照结构设计数据和参照零件设计数据以供使用。这种数据库系统容易实现,也容易进行数据库系统的检测和校正,并能方便地实现数据库扩充。

(2)选择数据库管理系统。在选择数据库管理系统时必须考虑以下几个方面:

数据库系统的运行环境,必须有相应硬件支持数据库管理系统的操作系统,数据库的运行与计算机内存、直接存取外存和通道能力有关;

数据库系统要有接口语言,在 CAD/CAM 系统中尚有相当多的数据要用高级语言编写,以特定功能模块处理,因此数据库管理系统与应用程序要有接口语言;

数据库管理系统所支撑的数据模型要利于系统扩充;

数据库提供的数据库独立性。

近年来各公司或软件制造商提供的数据库系统日益增多,但目前提供的已经商品化的数据库管理系统大多不能满足模具 CAD/CAM 用户的要求,为此国外各大公司都在积极研制适合 CAD/CAM 的数据库管理系统。

(3)数据分析与数据库系统设计。数据分析的目的是要确定该系统数据的含义和联系;数据分析应该是有计划、有组织地进行,要定义与系统有关的基本类型,确定描述每个实体的数据,在数据分析中,必须有模具专家的密切参与;

数据库系统设计是将数据构造成和数据库管理系统所采用的数据模型相符合的形式过程。

数据模型的构造过程应该是首先确定事件的主要功能,然后分析每个功能中的活动和每项活动中的各因素。

数据库设计是个很复杂的问题,要考虑的因素很多,是否是最佳设计,只有在动态模拟 CAD/CAM 运行中看到数据库的实际效益时才能知道。尽管如此,设计原则却是比较简单的:即一旦确定了什么数据应该存储,设计工作便主要是组合这些数据的问题。组合数据时要考虑哪些数据通常是一起检索,还要考虑相关的总数、保密性、存取路径、所有权及其他因素。设计数据库是一个反复的过程,开始采用功能方法自顶向下设计模型,然后用数据分析过程中定义的实体和属性精炼模型,这时就变成自底向上进行处理了。

(4)数据字典的建立。数据字典比数据管理系统提供了更高级的用户和数据库之间的接口。数据字典所包含的信息级别较高,是数据分析阶段的输出量,它记录了全部数据单位的所有细节,它能减轻整个数据库系统的许多管理工作。

当前没有多少数据管理系统能提供数据字典软件。一个高级的数据字典系统的功能应包括以下几项:

生成已编码的数据描述;

向数据库管理系统提供更高一级的信息;

生成程序;

产生各种文件和报告。

§ 6-4 模具 CAD/CAM 系统硬件环境

构成模具 CAD/CAM 系统的硬软件环境主要有两大部分：一是计算机系统，它的硬件部分主要是由计算机主机与相应配套的外部设备（如绘图机、打印机、磁带机、终端显示器及数字化仪等）组成，它的软件部分包括操作系统软件、应用软件及数据库等；二是数控设备，如数控铣床、数控线切割机、数控激光切割机、扫描机、三坐标测量机等设备，以及与这些设备配套的数字控制系统。

一、计算机系统

1. 概述

从 CAD/CAM 的工作方式来看，大致可分为以下三个阶段。

60 年代，以通用主机与图形终端为硬件手段，采用绘图软件，这是 CAD/CAM 的初始阶段。由于大型主机与图形终端耗资较大，初始投资都在 200 万美元以上；各图形终端用户分享主机，致使响应效率低且不稳定，加上软件功能不强等问题，所以在推广应用方面比较缓慢。

70 年代，以专用计算机或小型计算机及专用图形仪为硬件手段，采用三维设计绘图软件与交互数控编程软件，这阶段 CAD/CAM 技术发展较快。这是因为当时用户的初始投资通常只需要 50 万美元左右，同时计算机技术与软件技术相应发展，CAD/CAM 系统的推广应用有了一定的实用价值。

80 年代以后，出现了小型计算机、工作站、应用软件及性能卓越的 PC 机等，使 CAD/CAM 技术日趋成熟完善，且少数尖端大工业进入了“寻常百姓家”。初始投资在 10 万美元左右，CAD/CAM 系统技术推广应用进入了一个迅速发展与全面普及的阶段。

2. 工作站

自 80 年代初美国出现第一台 APOLLO 图形工作站至今 10 余年时间内，图形工作站以其技术更新快、性能价格比提高快，市场开拓快而获得广大计算机用户的青睐，对传统的计算机厂家形成了巨大的压力。

工作站具有高计算功能、灵活的窗口系统、四通八达的网络功能及丰富的软件等特点，它在计算机辅助设计、制造、软件工程及管理各个领域有着十分广阔的应用前景，必将对各行业产品的更新换代、传统工业的新技术改造、设计和生产的自动化以及新一代软件的开发等许多方面产生深远的影响。由于工作站与计算机科技的发展休戚相关，任何重大计算机科技的演变，均会迅速的反映到新工作站系统结构设计上。也就是说，工作站产品生命周期短暂，大约每半年工作站市场就会推出新机型，功能不断增强，价格不断下跌。因此，要对工作站下个明确固有的定义是相当困难的。下面仅以大多数人对工作站的看法作个简单介绍。

(1) 工作站的内含包括以下几个特性：

采用 32 位以上 CPU 主机板的计算机；

大容量的内存储器及外存储装置；

具有高分辨率的图形功能，使用简易的用户界面；

采用 UNIX 操作系统；
 采用以太网接口；
 采用工业标准设计。

(2) 硬件

CPU。包括 32 位(或 64 位)微处理器、浮点协处理器、图形处理器、显示管理部件和存储管理部件。工作站的 CPU 是一个功能分布的,属于单用户系统,用户独占 CPU 资源。

主存。工作站要求支持图形处理与动态模拟这类应用而需的大存储容量,一般为 8~32MB,最多可达 1000MB 以上。

总线。采用工业标准(如 MULTI-bus, VME-bus)以支持磁盘存储器、磁带机、打印机、监视器和通信控制器。

磁盘存储器。通常一个工作站可配 2~4 个磁盘驱动器,容量一般为 600~1000MB,最高可达 100GB。

监视器。支持高分辨率单色或彩色的监视器,用于显示数字、字符、图形等数据。通常用 1024×1024 或 1280×1024 像素。

输入输出设备。常用的有键盘、鼠标、操纵器、数字化仪、打印机与绘图机等。

(3) 软件

操作系统。多数工作站采用 UNIX 操作系统,积累了丰富的应用软件,而且有成熟有效的系统开发工具。

窗口系统。通常控制“窗口”的软件采用工业标准的 X-Windows system 这个系统提供窗口的生成、操作和窗口内数据显示的功能,以使工作站同时运行多道程序,完成多任务系统。

图形系统。目前趋向工业标准图形核心系统(GKS),它是二维图形处理系统,准标准图形软件系统 GSPCCORE 可以完成二维和三维图形的生成、操作和控制。

数据库管理系统。通常采用如 ORACLE、INGRES、UNIFY 等工业标准数据库,它们在数据操作、程序设计方面效率较高,且可以在 UNIX 操作系统支持下运行,软件移植方便。

局域网。大多数采用工业标准以太网,也有一些公司除支持以太网外,还支持本公司专用网络,以同时满足和原有网络保持兼容的需要。通过网络,工作站之间分享网络的程序、数据库和昂贵的外部设备。

3. 工作站的应用与发展

工作站是 80 年代推向市场的一种高档微型计算机,其性能介于小型计算机和 PC 机之间,由于它的迅速发展,工作站一方面向上侵占了小型计算机的市场,尤其是采用新型微处理器(如精简指令集 RISC)后,使得一套一万余美元的工作站抵得上一部几十万美元的传统小型计算机;另一方面,由于硬件技术和软件开发的不断进步,PC 机和工作站之间的分界线越来越模糊不清,随着 PC 机性能的提高,而工作站又有从脱离特定应用范围而走向普及化的趋势(如采用的 UNIX 操作系统已由早先的科学工程用途向商业用途发展),而且工作站和高档 PC 机之间的售价亦趋接近,从而使其两者之间的差异日趋缩小。

据美国一份报告分析,在制造业的工程师和技术员中,已达到 2 人拥有一台工作站。今后工作站将成为每个工程师桌上的必备工具,工作站之间用网络联接再与用于管理和办公自动化的 PC 机相互通信,组成企业的甚至社会化的综合信息系统。目前,世界上最

大的计算机工作站厂商是美国的 Sun Micro System Inc(SUN 公司),其他依次是 DEC、HP/APOLLO、INTERGRAPH、SGI 等厂商。这五家厂商约占世界工作站市场营业额的 80%以上。

工作站应用软件发展也十分迅速,CAD/CAM 产业以每年 40%左右的速率增长,其中 75%是用于机械工程与电子工程方面,与此同时还渗透到每个应用领域,其范围之广令人瞩目。开展模具 CAD/CAM 技术,选择工作站时,一般应注意工作站是否是开放系统,即是否尽量采用工业标准;操作系统是不是多任务的;同时还要有足够的内存,快速的中央处理器,足够大的外部存储器以及便于联网。除此之外还要考虑良好的价格和最佳的售后服务等因素。关于 CAD/CAM 软件系统的选择将在第七章中介绍。

二、数控加工设备

模具 CAD/CAM 技术的最终落脚点是制造出优质的模具,它必须借助配套的数控机床、数控线切割机床、数控激光切割机床以及数值化扫描与数控测量等设备来完成制造与检验。这些设备分成两大部分:一是机床的主机;二是机床的控制系统(第九章将予以详细介绍)。值得提出的是,这部分设备的初始投资资金巨大,常在几百万美元以上,致使大多数专业模具企业有望尘莫及之感。

第七章 汽车覆盖件模具 CAD/CAM 系统

§ 7-1 概 述

一、计算机辅助技术的应用

随着计算机与数控加工设备的发展,计算机辅助技术已开始应用到模具生产的各个环节,包括设计、制造、检测及管理。据国际生产研究协会预测,到 2000 年,在工业国家作为设计和制造之间的联系手段——图纸将失去主要作用。计算机辅助设计与计算机辅助制造(CAD/CAM)已发展成为一个强大新兴行业,引起了制造业一场新的技术革命。

1. 模具 CAD/CAM 流程

图 7-1 所示为模具 CAD/CAM 流程。从图中可以看出,整个过程以数据作为核心,缩短了设计与制造各个传递环节。与传统的模具设计制造工艺流程相比,省去了作为制造依据用的主样板、主模型与工艺模型等实物模型,还省去了作为检验用的检验夹具。

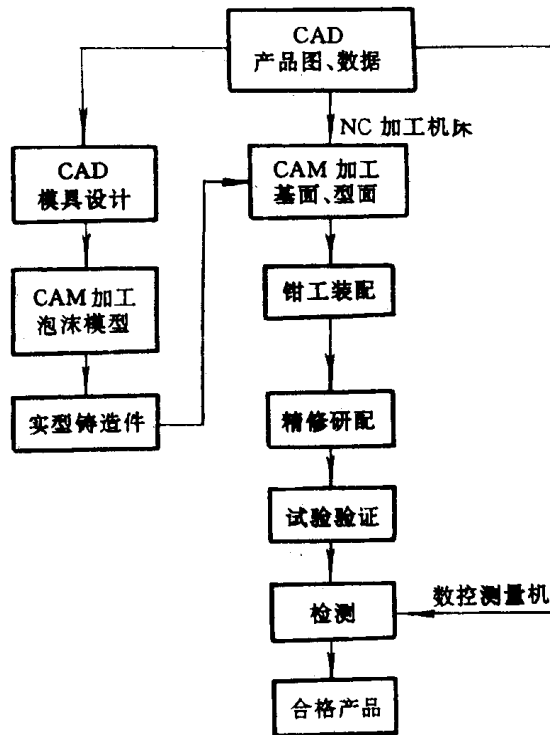


图 7-1 模具 CAD/CAM 工艺流程

2. 应用模具 CAD/CAM 技术的优点

应用模具 CAD/CAM 系统能够克服传统的模具设计与制造方法中所存在的问题,显示其优越的性能和广阔的前景。

(1) 缩短制造周期。目前国外按现有技术采用 CAD/CAM 系统制造一套覆盖件模具的

周期一般已缩短到 6~8 个月,随着模具计算机集成制造系统的进一步发展,制造周期还将缩短。

作为商品的汽车,从规划到投产、销售,前后需花费 20~30 个月的开发和生产时间,覆盖件模具设计与制造周期的长短是汽车能否在激烈竞争的市场上取得成功的关键。采用 CAD/CAM 系统,把设计与制造浑为一体,改变了传统的图纸、实物模型传递方式,对缩短制造周期起到了重要作用。

1) 制造依据的数据传递迅速。采用数字控制加工模具的基准面、导板面、基准孔、复杂型面等工序,可以实现一次装夹在数控机床上完成加工,大大地缩短了冗长的工艺路线。

2) 数控加工采用实型铸造的泡沫模型以及模具的凹凸面,减少了工艺留量,致使钳工修锉与试验验证工序的工时量大大降低。

3) 采用 CAD/CAM 技术制造成套模具,预先可以比较准确地进行工艺分析与工程计算,能够实现几副模具同时投料生产,避免了成套模具在投入中相互牵连约束,极大地进行平行交叉作业,缩短制造周期。

(2) 确保模具设计制造质量。CAD/CAM 系统配有很强计算分析功能,实用的冲压工艺分析功能,专用的标准件与标准结构图形库,数控自动编程功能以及供设计制造与管理使用的数据库系统。在整个模具设计制造过程中能全面提供各类信息,对全过程进行监督管理与质量控制,因而能保证模具制造质量。值得提出的是,模具的曲面采用数学模型描述,通过数控加工,其表面的光滑流线性好,对称性佳,轮廓清晰挺直,这些都是传统手工制造方法无法比拟的。

(3) 提高技术人员的创造性和减轻工人的劳动强度。人具有智能与富有创造力,但在执行运算与自动化方面表现缓慢。在 CAD/CAM 系统中,通过人机交互方式,利用计算机高速运算、海量存储与高速绘图功能,人的经验智慧和创造力得到了最完善的发挥。模具技术人员摆脱了那些繁琐的、重复无趣的工作,如进行设计修改时,只需在某一视图上作一次修改,其余视图将自动准确地随之修正,同时还能将修改部分信息及时送到有关工作环节中。模具制造工人也因采用 CAM 技术而大大地减轻劳动强度,主要表现在模具型面修锉、研配试验验证等工序中减少劳动量。

二、覆盖件模具 CAD/CAM 技术现状与发展

1. CAD/CAM 技术发展过程

60 年代初美国麻省理工学院开发了交互图形显示系统,提出了 CAD 概念。在以后的 10 年中,CAD 的发展着重于绘图技术、几何模型及工程分析的研究,是以分离的单个构件应用为主。70 年代随着小型计算机和微型计算机的出现,形成了小型成套的 TURNKEY CAD/CAM 系统。80 年代,32 位工程工作站的兴起及网络技术的发展,形成了分布式工作站系统。它们强化的图形功能及软件的进一步集成,使 CAD/CAM 朝着计算机集成制造系统(CIMS)全面推进。假如说过去的 CAD/CAM 技术是许多人合用一台计算机,那么现在是一个人可用几台计算机,因而出现了大普及的局面。进入 90 年代,随着人工智能技术的发展与普及,特别是专家系统的技术与原有 CAD 技术结合起来并显示了它的实用价值,在模具行业具有很大的发展潜力。与此同时,计算机集成制造系统和自动化工厂等技术也

将日趋成熟并开始走向实用阶段。

2. 模具 CAD/CAM 现状与发展

(1)国外现状。在工业发达的国家里,CAD/CAM 系统是当前各种自动化设备中最为重要的一种工具,对于模具行业更为突出,普遍认为实现模具 CAD/CAM 是未来模具行业能否继续生存的战略前提,各企业都在以大量投资开发完善模具 CAD/CAM 系统,竞争十分激烈。

像美国福特汽车公司这样的大型企业,一般都有了一套自己研究开发的汽车 CAD/CAM 系统,早在 1977 年就有报导。整个系统中包含覆盖件模具 CAD/CAM 部分,它取代了人工设计与制造,设计方面采用人机交互进行三维图形处理、工艺分析与设计计算等工作,完成二维绘图、生成生产零件表、材料表以及工序、定额、成本等文件。系统还有些专业软件,如工艺补充面的设计、弹塑性变形分析、回弹控制与曲面零件外形展开等等,部分已用于生产,部分还在研究完善中。

日本丰田汽车公司从 1980 起开始采用覆盖件模具 CAD/CAM 系统。此系统包括覆盖件的 NTDFB 和 CADETT 软件,加工凹凸模的 TINCA 软件。由三坐标测量机将实物模型测量后所获得的数据送入计算机,经处理后再把这些数据用于覆盖件设计、模具设计和制造。系统的三维图形功能较强,能在屏幕上反复修改曲面形状,使工件在冲压成型时不致产生各种工艺缺陷,从而保证了模具和工件质量。

日本荻原铁工所是日本最大的汽车覆盖件模具专业厂家。图 7-2 所示为 OGI CAD/CAM 系统总流程图(1989 年发布)。

该系统采用两种加工模具型面的方法,一种是靠 CAD 数据,另一种是靠主模型。通过扫描机将主模型型面数字化获得 NC 数据进行凹凸模型面加工。该系统中主要分系统的功能有:

PRIME 9755 PDGS 系统用于模具设计绘图。

ECLIPS-S230 CALMA 系统用于工、模具设计。

UNIVAC 1100/71 UNICAD SCULPTOR 系统用于刀具轨迹计算。

UNIVAC 1100/62 系统用于扫描数据处理与 NC 数据输出。

国外汽车覆盖件模具 CAD/CAM 技术的发展已进入实质性的应用阶段,不仅全面提高了模具设计制造的质量,而且大大地缩短了模具生产周期。据了解,某汽车工厂将 CAD/CAM 系统划分为几个专业化程度较高的部门,相互配合并各负其责,完成模具的设计与型面的加工。

CAD 分为以下四个部门:

第一部门工艺分析。将订单零件按相似原则归类,分别送交技术人员分析,确定工艺方案,画出工序图。

第二部门拉延件工艺型面补充。按经验对拉延件做成型性分析,布置工艺补充部分型面。

第三部门拉延仿真。利用计算机和仿真软件,将已布置工艺补充部分的拉延型面进行拉延仿真,如果成型性差,则返回第二部门重新修改设计。

第四部门结构设计。按模具类型由专项设计人员进行标准化结构设计,并将其设计送交 CAM 部门。

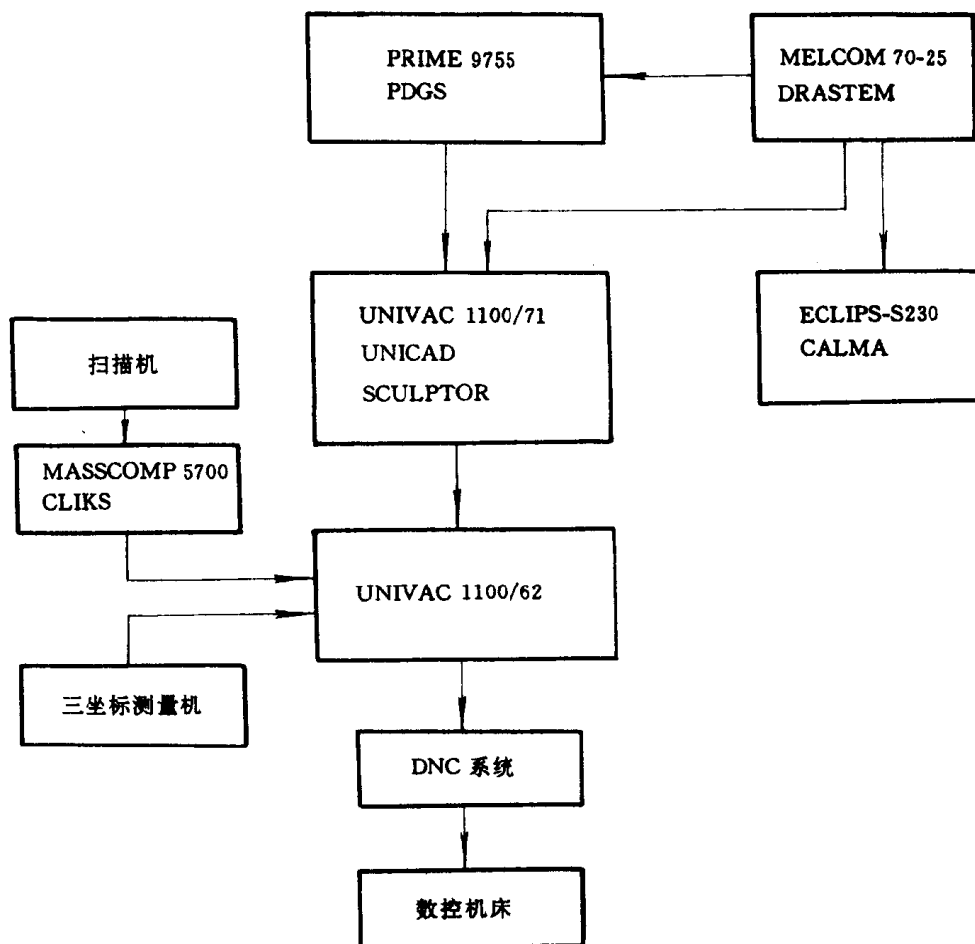


图 7-2 OGI CAD/CAM 系统总流程图

CAM 分为以下三个部门：

第一部门型面分块。将型面按加工要求进行分块。

第二部门 NC 程编。将分块后的曲面加工工艺参数进行 NC 程编，生成 NC 代码。

第三部门加工工序安排。统一安排各个零件的加工次序，编制工艺流程。

(2) 国内现状。我国模具 CAD/CAM 的开发始于 70 年代，先后出现了一批微型计算机冷冲模 CAD/CAM 系统，锻模 CAD/CAM 系统，塑压模 CAD 系统等。80 年代后期引进了以工作站为基础的 CAD/CAM 系统，在覆盖件模具设计与制造上获得初步应用，这些 CAD/CAM 系统均为通用的适用于机械行业的商品化软件，主要用在曲面外形数学模型构造与数控加工程序编制。1989 年成都飞机工业公司采用 CAD/CAM 技术、数控加工与数控测量技术，以数字传递为主，成功地设计制造了依维柯汽车车身全套外主模型。随后 CAM 技术在加工主模型与覆盖件模具型面方面进一步得到应用推广。进入 90 年代，各大汽车制造厂与专业模具厂都十分重视 CAD/CAM 技术的应用与发展，开始有计划地规划发展覆盖件模具 CAD/CAM 系统，并考虑适应计算机集成制造系统的发展。

我国汽车覆盖件模具生产能力很低，远远不能满足汽车工业的需求。一方面缺乏资金的投入，各专业厂家设备陈旧，无能力配置数控加工与数控测量设备；另一方面基础研究跟不上，对模具的标准化、成型理论和模拟试验技术的研究均未全面开展，从而使我国覆

盖件模具 CAD/CAM 系统的开发步履艰难,推广应用速度缓慢。

(3) 发展。进入 90 年代,以电子计算机技术为主要特征的高技术及其高技术产业,已成为世界科技发展的一大趋势和综合国力的重要指标,受到世界各国的高度重视。模具制造业属于离散加工工业,在设计、加工和物流诸方面都较复杂。其生产系统主要包括两大系统:一个是物料处理系统,它通过一系列的机械操作,把原材料变为成品;另一个是信息处理系统,包括管理信息和技术信息,它们像“神经系统”一样,支配着整个企业的生产活动。从 80 年代后期开始,随着工业机器人、柔性制造技术的兴起,为适应小批量、多品种、短周期的机械产品的特点,出现了把 CAD、CAM、CAE(计算机辅助工程分析)、CAPP(计算机辅助工艺规划)、物流管理(MRP)及管理信息系统(MIS)等集成在一起的计算机集成制造系统(CIMS),这些系统首先在国外一些飞机制造公司、汽车制造厂家、通用机床制造厂家使用。据了解,在日本模具行业中已出现这种集成制造系统的雏型。系统综合了汽车覆盖件模具近千种典型结构,相应的典型工艺路线与加工工序,典型的用于计划管理、物料管理以及财务成本等信息资料。接受用户订货后,通过查询对照,调用系统中相关资料投入设计制造管理的全过程,使整个生产周期大大缩短。当然,这是一项庞大的系统工程,需要花费大量人力与物力。

§ 7-2 覆盖件模具 CAD

一、概 述

模具设计过程应用计算机进行辅助设计称为模具 CAD。CAD 系统的环境主要是指人和计算机的资源,设计过程的关键因素是人。常见 CAD 系统的基本组成如图 7-3 所示。它主要由输入输出部分(包括对数据的查询和数据完整性检查)、数据库、程序库(又称方法库,如有限元分析程序包,优化设计程序包等)、应用程序,绘图及人机对话等部分组成。

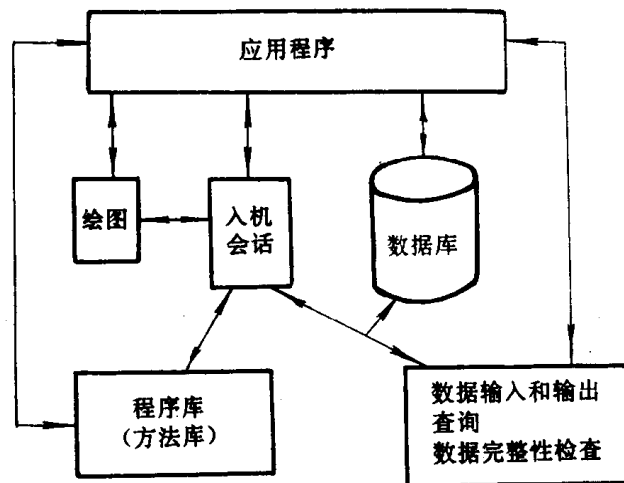


图 7-3 CAD 系统的基本组成

初期的 CAD 应用工作目标仅在于通过计算机帮助设计人员完成设计过程,以二维几何设计为主线,在功能的设置上模拟手工绘图的一些方法(如画直线、圆弧、标注尺寸等),进行图纸设计与绘制。随着计算机技术的发展,人们开始考虑把相关的应用数据和软件功

能集成在一起,以系统的组织方式辅助设计人员进行设计,使 CAD 的工作目标有了更新。在数学方法上,人们开始把二维几何上升到整个设计制造与管理过程,保证各部分数据相互协调一致。与此同时,在模具设计专业分析方面进行了大量的研究,包括零件成型工艺分析,冲压方向的选择,工艺补充部分型面的设计,拉延筋的分布等专业问题。

模具 CAD 的开发应用主要包括以下几个方面的内容。

- (1)以专业应用软件工具辅助设计人员确定模具的工艺方案与设计方案。
- (2)设计人员应用计算机完成某些数值分析工作。
- (3)通过 CAD 系统的几何构形完成模具外形的三维几何设计。
- (4)绘制模具总图与零件图,列出材料明细表与标准件清单等文件。

模具 CAD 一般工作流程如图 7-4 所示。产品图形输入后,模具 CAD 的主要工作是进行工艺分析计算、结构与零件设计,直到图纸输出。

二、模具 CAD 的几何构形

产品对象及其模具的几何形状描述,是模具设计和生产中的关键问题。建立物体的计算机几何数学模型称为几何构形。几何构形系统是模具 CAD 系统的重要组成部分,它不仅为模具 CAD 系统奠定了计算机交互图形设计的基础,而且也能为模具 CAD 专业分析及模具型面加工提供了几何数字依据。

1. 几何构形的基本方法

几何构形方法的研究及系统开发工作始于 50 年代。目前广泛采用的几何构形方法已有线框模型、表面模型、实体模型三种。这三种方法各有优缺点,其应用范围也有所不同。

(1)线框模型。线框模型构形方法最初用于计算机绘图。目前,仍有相当一部分系统采用这种构形方法。该方法的基本思想是用对象的几何特征线来描述对象的几何特征。特征线可以是棱线、参考线、表面轮廓线等。这种方法实际上是工程图的模拟,只不过是利用计算机将二维的信息扩展到了三维。

由于模型元素只涉及到点、线这样一些简单的数学概念,所以这种模型所需的计算机容量和计算时间都比较少。此外,这种模型还有显示速度快、容易修改和编辑等特点。

线框模型不能精确定义物体表面信息,因而严格地讲,这种模型对物体的几何定义是不完全的。从工程意义上讲,这种模型的作用相当于工程图或线图。如果要进行物体表面的相关计算,如数控编程、表面积计算等,这种模型就显得无能为力了。

(2)表面模型。表面模型在线框模型的基础上增加了有关物体表面的定义信息,对物体的表面几何作出了确切的定义。这种模型的构造方法是用点定义物体的几何特征线,用有向的几何特征线定义物体的表面,再由表面围成定义的几何体。表面的类型可以是规则

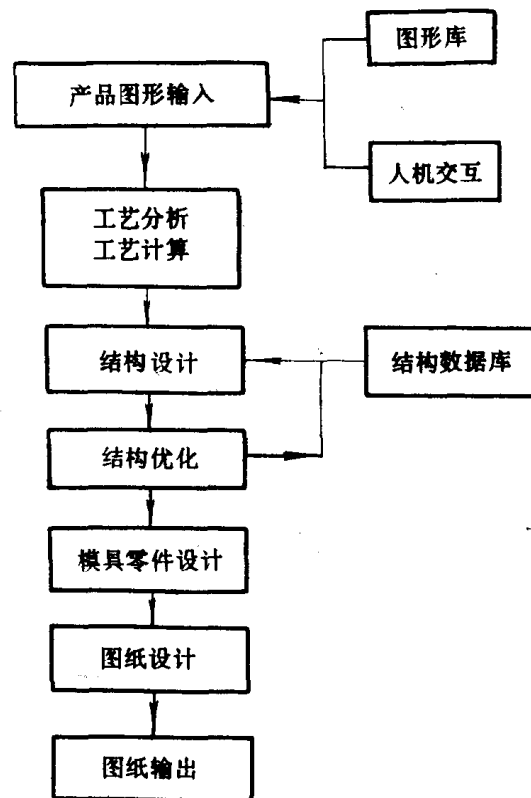


图 7-4 模具 CAD 一般工作流程

型面,也可以是自由曲面。从方法上讲,可以较好地满足模具型面的 CAD/CAM 需求。

与线框模型相比,表面模型增加了物体表面几何的定义信息。但由于物体各表面分块在模型中没有组合关系描述,这样,几何构形系统就不便于自动检查模型的完整性和一致性。从而促使人们考虑更高一级的几何模型——实体模型。

(3)实体模型。实体模型不仅包含了物体外形几何信息,而且还包含了物体外形各部分之间关联信息,即拓扑信息。这种模型所包含的信息在物体几何描述上是完全的。它克服了线框模型和表面模型的许多局限,是一种很有发展前景的方法。

实体模型的构造有体素法和边界元法两种。体素法是利用一些简单形状的体素(如块、圆柱、球、环、棱柱、棱锥等),通过变换和形状算子将体素结合起来定义物体形状。所谓变换是指对体素进行平移或旋转,使之产生刚体运动,将其定位于空间中某一位置。形状算子包括并、交、差等集合运算。利用这些运算可以完成体素间的结合,以构成最终的物体几何。

边界元法是用一组封闭的曲面的空间包容定义实体。实际上它是在表面模型基础上又对表面组合关系进行了进一步定义描述,并指定了实体相对于各表面的存在侧。在实体方法中,边界元方法对零件的几何适应性比体素方法更强,但相关的一些运算却远比体素方法复杂。目前,这种方法在理论研究和软件实现方面都在发展中。

2. 模具 CAD 的几何构形

(1)几何构形的目的。

- 1)进行模具结构设计,最终绘制出模具的工程图。
- 2)建立完整准确的工件表面模型,为工件型面加工提供数字依据。
- 3)建立三维几何数学模型,为工程有限元分析提供几何数据。

按照一体化的概念,计算机系统中各应用的几何处理可以而且也应该依据一个统一的几何数学模型。简单的 CAD/CAM 系统流程如图 7-5 所示。

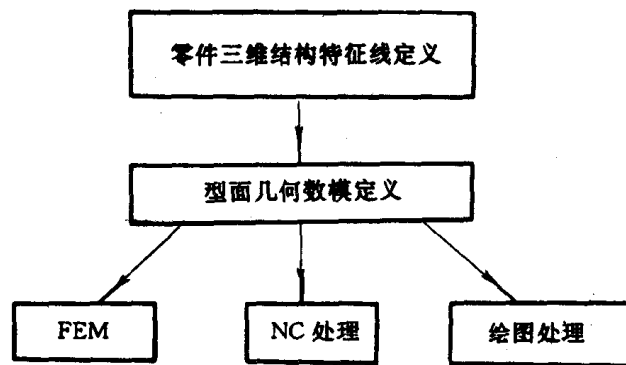


图 7-5 简单的 CAD/CAM 系统流程

目前,模具 CAD 的几何构形大多数采用机械 CAD 通用几何系统。这类软件的商品化系统很多,尤其在工程图形工作站上的版本更为丰富。在构形空间上,可采用二维、三维两种方式。在构形方法上,提供线框、表面、实体多种方法。

在实际应用过程中,特别是对于模具这类型面复杂的零件,用户经常会遇到这样一些问题,比如,用户按数控加工处理要求完成了零件所有型面细节定义,但用此数学模型绘图时,会发现很多数据不协调,一些需要的线条(如参考特征线、表面轮廓线)在表面模型

中找不到,而另一些不需要的线条(如曲面边界线)又会显示在视图中。这类问题中,有一些是由于系统功能不完善造成的,另一些则是由于问题本身数学意义不明确而造成的。

一般来说,数控加工刀具计算需要 CAD 造型提供准确的型面几何数据,这样的型面一般要求用表面模型方法以多块曲面拼接组合定义;机械工程图是由零件的结构特征线和曲面投影轮廓线组成,它不要求准确描述型面几何,只要表达零件或机构的结构特征;工程分析方面所需要的几何数学模型要求能准确描述零件的三维拓扑关系。上述三种不同特点的几何模型以什么形式在一体化系统中加以统一,还需在生产实践中加以摸索。

(2)数控加工处理需求的几何构形。前面已经提到,数控加工刀具计算需要 CAD 造型提供准确的型面几何数据,目前,大多数的 CAD/CAM 系统具有这类表面模型定义功能,可以定义一般的网格曲面、直纹面、旋转面、驱动面等,利用这些曲面片的拼接组合,就可以完整地定义零件表面几何形状。

在定义表面几何形状时,曲面片的组合定义有两种方式:一种是曲面片拼接组合;另一种是曲面片叠加组合。

图 7-6 所示为曲面片拼接定义方法。曲面由一个大型面与一个凸台组成,首先将凸台周边的型面分成若干块(如图示分成 8 块),各分块曲面片要按照边界协调条件逐一定义描述,然后再定义凸台的四个表面。这种方法的定义过程比较复杂繁琐,但曲面数学模型和实物型面点对应关系是一一对应的,在数控加工的处理时比较方便。

图 7-7 所示为图 7-6 所示曲面的叠加定义方法。它不需要对大型面进行分割,而采用整体定义方法,用一块曲面进行描述,凸台的四个表面定义方法同前。这种方法简化了曲面的定义过程,数学模型数据量也相应减小,但在凸台区域内,数学模型定义是多值的。这就要求系统在数控加工处理模块中设置有相应的功能,同时,面对用户的操作也相对地复杂些。

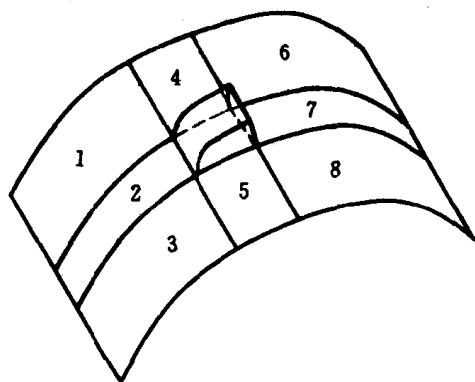


图 7-6 拼接方法定义型面

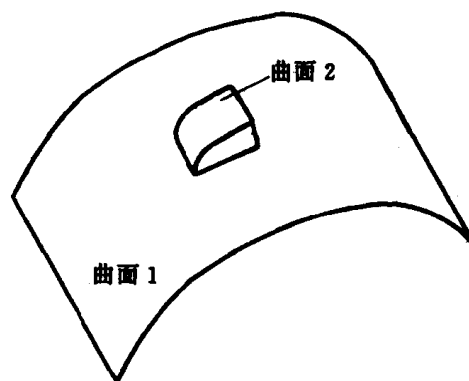


图 7-7 叠加方法定义型面

单就数控加工处理要求而言,有时并不需要完整的型面定义。如图 7-6 所示凸台部分定义时只要给出上型面的描述即可满足数控加工刀具轨迹计算要求。在这种情况下,可省略其他三个侧表面的定义,这种处理是仅以数控加工为目的所做的简化,从严格的意义上讲,这种几何定义是不完全的。

(3)工程绘图需求的几何构形。以工程绘图为目的的 CAD 几何设计要满足模具结构的复杂性与多变性,目前多数绘图 CAD 应用软件仍停留于二维几何设计水平,只能对一

些规则零件局部采用三维设计方法。

三维 CAD 设计比二维方法直观,定义数据量也比较小。比如,一条空间线在工程三视图上需要用户定义三次,而采用三维设计时,用户只需一次定义即可。在另外一些情况下(如圆角描述,型面描述),三维设计又比二维设计繁琐。三维设计需要完整地定义出型面及过渡的状态,以满足后续任意视图的投影需求。

目前,大多数的用户都采用这样一种折中,以三维设计方法描述零件或机构的粗略三维特征,再按希望的视图方向对模型进行投影处理以得到相应的视图,然后在二维视图上对那些三维设计不便描述的部分作进一步的详细设计。视图几何完成后,可借助于系统功能自动地完成尺寸标注、说明、零件明细表等设计工作。

值得强调的是,标准化工作是 CAD 应用的一项基本而又非常重要的工作。在系统帮助下,用户可以方便地建立本行业的标准图形库,以提高 CAD 的工作效率。此外,用户在实际过程中还应注意建立一些通用的 CAD 设计规范,告诉设计人员什么样的结构应该使用怎样的设计方法,和如何使用这些方法。例如,哪些数据应该在三维几何中定义,哪些数据应该使用二维设计等等。

目前,在 CAD 软件开发方面广泛采用参数化设计和概念设计技术。使用这类软件,用户可以在不改变零件结构特征的前提下,对零件几何尺寸进行伸缩,不仅方便了用户的设计与修改,而且也便于图纸设计的标准化。在这一技术上比较成熟的软件当首推美国通用汽车公司的 UG- I 系统(详见 § 7-4)。

三、模具 CAD 的工艺分析

工艺分析计算包括工艺方案选择、工艺性分析、模具工作部分的尺寸计算和压力机选择等。对弯曲和拉延模具的设计,还需要进行毛坯展开计算和中间工序设计等。

1. 工艺分析计算

(1)工艺方案设计。冲压工艺方案拟定顺序是:首先确定拉延件的形状及毛料尺寸,然后根据冲压件的工序要求确定落料、修边、冲孔、翻边、校形等各工序的冲压条件。考虑冲压操作方便、安全、模具结构合理、工件及废料排出顺畅等制定各工序的冲压要求,编制出工程计划书。

冲压工艺方案拟定过程如图 7-8 所示。

工艺方案设计的内容较多,在目前条件下,很多工作还不能进行定量的 CAD 工作,主要仍以经验设计为主,辅助性地用专业计算机软件进行一些局部的专业分析、计算,如冲压方向的选择、板料展开计算、零件的优化排样等。

(2)工艺性分析。零件工艺性是指该零件加工制造的可行性及方便性。汽车车身覆盖件零件一般都要经过三道以上工序才能冲制完成,其中最重要的工序是拉延。拉延工序的成功,是这个零件能否冲压成功的关键。零件工艺性分析主要以拉延成型性分析为主。

零件成型工艺性分析需要考虑零件材料特性、几何特性、工艺成型方法等。传统的工艺性分析以人的经验知识为基础,宏观地分析零件的几何特点、材料特性等,从而做出一个定性的分析结论。采用计算机对零件成型进行辅助分析,在一定程度上能做出一个定量的分析结论。目前,计算机辅助工艺分析主要有以下几种主要方法。

1)力学模拟方法。力学模拟方法是一种相对比较全面的分析计算方法。它以有限元

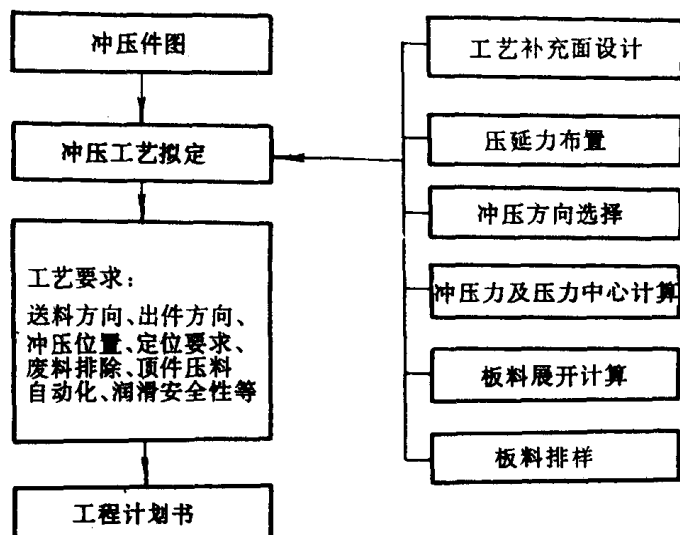


图 7-8 冲压工艺方案拟定过程

力学计算为手段,按照用户定义的模具几何条件、材料特性、边界条件、加载历程计算板料内的应力应变分布,并结合一定的失效原则(破裂或失稳起皱)判定零件成型的可行性,并以此理论计算结果为依据向用户提供工艺修正依据。

这种分析综合考虑了零件本身的工艺特性和用户选定的工艺方案,是一种比较真实完整的分析方法。

但直到目前为止,力学模拟方法仍处于理论研究及开发阶段。在应用上只限于那些形状比较规则简单的零件。该方法在生产中的应用难点主要有以下一些因素:有限元计算方法及系统本身缺陷,如大应变计算等方面存在的问题;成型问题本身的复杂性致使建立数学模型不仅非常困难而且不够准确,如几何型面常为非规则曲面,造成加载历程难以表达;很多工艺因素难以在模型中描述(如摩擦等)。

2)几何模拟方法。几何模拟方法是一种相对简化的分析方法。它不考虑零件本身的材料特性及零件成型过程中的办学作用,单纯以零件的几何特性作为工艺性判定的准则。

几何模拟是以一定的算法,在零件几何和毛坯板料几何之间建立一定的位置映射关系,并在这种映射关系基础上确定零件各部分的应力应变分布,作为判定零件成型工艺性的优劣。

这种方法的关键在于决定零件、毛坯几何映射的计算方法。映射计算方法很多,计算时应综合考虑零件几何的微观特性和宏观特性。在微观几何特性方面应考虑零件曲面上各点的曲率特性等。宏观几何特性包括曲面微分量综合及零件型面边界条件等。

如何确定一种比较切合实际又比较全面的映射算法是一个尚待深入研究的课题。目前,几何模拟法要在生产中应用,在技术上还有一定差距。

3)专家系统。专家系统的方法比较简单可行。这种方法是以前计算机为手段,建立一个行业专用的知识库,把人们在实际生产和科研中得到的经验存放在知识库中,以良好的、公共的界面方式向用户提供经验性的咨询服务。主要体现在专家知识的共用性、实用性及良好的界面表达等方面。

2. 专业计算机软件工具

(1) 冲压方向的选择。不同类型的模具, 冲压方向的选择具有不同的准则。对于拉延模具来说, 其冲压方向的选择在第二章中已介绍, 如要求模具型面无闭角, 要求凸模开始拉延时与毛坯的接触面积尽可能大, 接触面位置尽可能靠中, 接触部位要多分散等。这些经验的判定准则, 主要是从几何方面进行考虑的。这些准则在模具 CAD 设计系统中比较容易加以数学描述, 计算分析也比较方便可行。

目前, 借助于几何 CAD 系统进行冲压方向优选工作, 主要有两种思考方法:

1) 在系统中开发专门的分析功能模块, 对零件几何分析判断确定最佳的冲压方向。软件可以按微分几何的方法判定型面有无闭角, 由自动计算拉延型面的高度差确定拉延深度, 用曲面的等高切面计算判定凸模开始拉延时的接触状态, 并把这些计算结果进行综合分析, 确定出正确的冲压方向。

2) 直接借助于机械几何 CAD 系统的处理功能, 对人工确定的一系列冲压方向进行几何计算, 以图形方式向用户反馈计算结果, 最后由设计人员确定适当的冲压方向。

目前, 国内大多数模具 CAD 用户都采用后一种方法来确定冲压方向。

(2) 板料展开的计算。板料展开主要用于确定冲压件的毛坯尺寸。从零件几何特点方面进行分类, 板料展开主要有可展面展开和不可展面展开两种。可展面零件主要是指弯曲成型件, 不可展曲面是指非均匀拉伸(压缩)变形的冲压件型面。

弯曲件展开的计算问题比较明确, 计算方法也比较简单。因而, 目前已有相当数量的几何 CAD 软件都开发了这一计算功能, 如 UG- I 的 Sheet Metal 功能。

不可展曲面零件的展开计算是一大技术难点。零件的平面展开实际上是该零件成型的一个反过程。因而, 在板料展开计算时不仅要考虑零件本身的几何因素, 还要考虑零件的材料特性和成型工艺方案等多种因素。

从严格的力学模拟计算方法上着手, 可以用有限元的方法模拟成型过程(正如成型模拟那样), 从而确定零件型面上各点与未成型平板料之间的几何映射关系, 并将此映射关系特定到零件边界上, 从而确定出零件平板料的几何外形。这种计算方法虽然从理论上讲很严密可信, 但在现有的软件技术基础上, 要应用于生产还有许多困难。

除了力学模拟计算方法外, 人们也寻找了一些简化计算方法, 如实际生产中广泛采用的切面线等弧长展开法和滑移线计算法等。但直到目前为止, 这些方法还都停留于理论研究或手工计算阶段。在商品化的 CAD 系统中, 不可展曲面零件的展开仍是一片空白。

汽车覆盖件典型的冲压过程为拉延→修边→翻边。修边模的修边外形是根据覆盖件翻边的展开外形确定的。翻边轮廓简单的修边外形可以用计算方法求得, 这种零件的翻边成型一般是用或近似地用弯曲方法得到。但大多数覆盖件其修边外形不能通过计算得到, 而由生产试验来决定。

实验决定修边外形加长了成套冲模的制造周期。因为修边模与翻边模不能同时投入制造, 修边模必须等翻边模试验决定出修边外形以后, 才能加工和配制修边刃口。因而, 解决复杂外形轮廓的翻边展开计算问题是模具 CAD 方面一个很有意义的课题。

(3) 工艺型面的补充设计。工艺补充型面 CAD 有两方面的内容: 一是如何针对冲压件的几何特点确定适当型面补充; 另一是如何在 CAD 系统中, 在零件几何数学模型基础上补充定义工艺型面。

1)确定型面补充走向、型面补充范围。目前这一问题主要是借助人的经验通过对零件几何的宏观分析予以确定。这些经验和分析工作在目前条件下还难以用数学模型定义,因而其 CAD 一般也只能是在专家知识系统方式上进行一些辅助性工作。

2)在零件几何数学模型上补充工艺型面,一般是沿冲压件边界以一定规律向外延伸做出的。如沿冲压边界向冲压轮廓非法线方向,并与冲压方向成定角向外延伸,这就要求造型系统在曲面定义上提供相应的造型功能,否则,型面定义会非常间接繁琐,以至于困难到用户不愿接受这种方法。

从理论上讲,一般 CAGD 系统中的自由型面功能在工艺型面定义上是不存在问题的,但如何提供一些更直接的更接近用户概念的型面构造方法,是这一课题的专业化实质。

四、模具结构 CAD

模具结构设计主要包括总体结构设计、零件设计两个阶段。在总体结构设计中,要确定模具的基本结构形式,规定其主要零件的组成及装配次序和装配关系。零件设计应在整体模具结构空间约束下,完成零件几何形状及尺寸设计。

1. 总体结构 CAD

总体结构设计工作主要包括结构方案选择、结构草图、主要空间尺寸计算等。结构方案选择的主要目的是根据技术要求形成一些结构原则,而并不直接涉及结构几何,因而,在这方面的 CAD 主要采用一些专家系统进行辅助工作。系统按照知识库中的逻辑规则,按用户给定的设计技术条件(如成型特征、进料及出件方式等),向用户提供设计建议。

在这一方面,国内外有关厂家虽都有一定研究开发工作,但由于设计对象与专家知识的不规范,目前尚无成熟系统。

结构草图及空间尺寸计算可借助于 CAD 几何构形系统完成。在协调模具结构及主要尺寸的同时,还可以利用系统的运动模拟功能检验模具的运动状态及装配过程等,以确定设计准确性。

2. 模具零件设计

模具零件设计主要是在结构设计的基础上确定各零件的几何结构及尺寸。

目前的 CAD 系统提供用户从上而下的设计工作方式。用户首先在结构件模型中建立起模具的主要结构框架,然后把相关几何分配到各零件模型中。用户只要在零件模型中完成零件的详细设计,其设计结果可由系统自动反映到总结构图中。

模具零件按其标准化程度,可以归纳为以下三类:

(1)完全标准件。如导柱、导套、螺钉、导正销、标准凸模等。这类零件可以借助于标准件图形库进行调用设计。

(2)半标准件。如凹模板、固定板、卸料板、各类垫板、上下模座等。这类零件的外形及其固定孔洞,包括螺钉孔、销钉孔等,均已预先规定,而其内形随工件几何的变化而变化。其中标准部分可直接从图形库中调用;而非标准部分则由设计人员做补充设计。

(3)非标准件。如凸模、凹模、顶件块等。这类零件无标准形式,需按不同工作要求进行单独设计。

§ 7-3 覆盖件模具 CAM

一、概 述

从字面上来理解 CAM 的含意是:计算机辅助制造。对这项技术的最初理解是:利用计算机及相应的数控加工设备对整个加工过程进行程序化控制、管理和监督。CAM 技术经历了几十年的发展,到 90 年代的今天,在机械加工行业覆盖率日益增大,应用范围逐渐扩大,其内涵和功效也慢慢向生产计划、工艺决策、生产辅助管理及计算机柔性制造方面的内容渗透。

现在的 CAM 包括:毛坯设计→加工方式的确定→刀具选择→工步划分→加工路线的确定→尺寸公差设计→切削参数的选定→定位基准、夹具方案选择→刀具、夹具等工装设计→NC。

CAM 的工作过程分为计算机和加工用数控机床两方面的工作。其中,大量的计算工作、信息处理工作、指令译码工作是由计算机来完成的,即由计算机的 CAM 功能模块和机床控制机的中央微处理单元来完成的,而具体加工工作则是由机床的机械系统来完成的。

1. CAM 的工作步骤

(1)毛坯设计。要充分发挥数控机床自动化程度高的特点,减少人工干预,在加工过程中必须做到切削量均匀,以减少机床震动,延长机床的使用寿命。所以,毛坯设计已成为 CAM 不可缺少的步骤,实型铸造技术为这一任务实现提供了有力的手段。

(2)加工方式的确定。对被加工零件的几何形状、加工性能、材料特性和技术要求进行分析,确定工艺路线、选用机床及加工工序。

(3)刀具选择。根据毛坯尺寸、零件形状大小、材料特性、零件质量要求、刀具库存选用经济且加工效率高的刀具,将刀具参数加入 NC 代码运算,并通知工具室准备刀具。

(4)工步划分。将工艺方案具体划分为几个工步,确定各工步工作内容。

(5)加工路线的确定。划分零件加工范围及加工先后顺序,确定加工路线。

(6)尺寸公差设计。根据零件质量要求,设计尺寸公差。

(7)切削参数的选定。设计或选用工夹具、刀具,确定加工特性(如对刀点、走刀路线、走刀速度、切削深度、刀程间距、主轴转速等),选用冷却剂等。

(8)定位基准、夹具方案选择。对有特殊定位要求的零件设计定位基准,并设计其工装夹具。

(9)信息生成。生成数控加工走刀程序信息,包括数据准备、程序编制与程序调试。将生成的加工信息根据传递介质的不同予以记录。

(10)试切加工。按程序试切加工,对试切件进行检查验证。必要时修改数控加工程序与调整加工参数,直至满足要求为止。

(11)加工生产。按试切加工合格的程序正式加工生产产品零件。

正是由于用加工程序代替手工控制机床,所以,数控加工具有精度高、重复性好、易于适应复杂形体的加工等特点,特别适用于多品种复杂零件的小批量制造。

数控加工程序除了一些必须给定的工艺参数外,主要由大量的刀具位置数据组成。对于形状复杂的零件,这些数据的准备常常包括极其浩繁的数值计算。因此,准备加工程序

的能力大小已成为数控设备能否充分发挥效能的关键。

2. 采用 CAM 方法的意义

CAM 技术以数控加工为核心,通过合理地安排加工过程实现较高的技术和经济效益,主要表现在以下几个方面:

(1)模具凹凸型面协调性好。CAM 的加工依据是数学模型,数学模型的等距型面间隙均匀,协调性好,利用高精度的 NC 机床,可加工出高质量、协调性好的模具型面,彻底消除传统制造方法所无法避免人为因素和模型变形所造成的误差。

(2)型面加工精度易于控制。CAM 技术能很好的适应各种工艺方案,对不同的尺寸公差要求、型面粗糙度要求及不同的工艺路线,只需在产生 NC 代码时将信息输入,CAM 系统将自动产生符合要求的加工程序,而传统的仿形铣却需要用多个仿形头经过多次扫描才能符合加工要求,如要改变,则需更新扫描头重新扫描,极为不便。

(3)减轻劳动强度,提高产品质量。数控加工设备自动化程度高,许多工作已在计算机上完成,对工人的操作技能要求不高,对工人的劳动强度及人为因素造成的误差大幅度降低,产品质量明显提高。

(4)缩短模具制造周期。CAM 技术可将过去一些顺序作业方式改为并行作业方式,数控机床本身加工效率也比仿形机床高,所以利用 CAM 技术可缩短模具制造周期,积极占领市场,实现经济效益。

二、模具 CAM 的数据处理

1. 一般的 CAM

按 CAD 提供的零件几何构形与数据来进行模具制造,是一种常规的数控机械加工方法。一般地说,只要加工的依据齐全,曲面特征表达明确,利用通用机械 CAD/CAM 软件中的 CAM 模块,来进行数控刀位轨迹的解算,一般不会有大的问题。但是必须注意,在进行数学模型构型时,不论是曲面构造或者是平面构造,首先要考虑便于 NC 加工计算,然后要预测曲面形状是否与实物相符,最后根据曲面形态将曲面适当进行分块。由于原始数据几何特征明确,如棱线、凹凸包等,都有数字依据,它可以直接作为曲面片划分的边界,排除棱线处曲面抖动问题。尽量采用简易曲面缔造方法,其顺序是:直纹面、旋转面、驱动面、网格雕塑面。其原则是:不论是曲线或曲面缔造都不宜升阶。

(1)加工过程中的干涉与过切。一个模具的零件,其数学模型拟合曲面是由许多不同类型的平面、曲面拼合而成的,因此在对这些平面或曲面片进行 NC 计算时就必须考虑面与面之间的干涉问题,特别是闭角关系面的过切而引起工件报废,如图 7-9 所示。

从图 7-9 可以看出,在对定义的加工曲面进行加工时,在曲面边界的附近,就可能将临近的曲面片切伤。

解决以上过切问题有以下四种方法。

1)定义检查面法。将非加工曲面定义成为干涉检查依据,而使加工曲面与非加工曲面同时参加 NC 计算,用算法处理保证非加工面不被切伤。但是由于此时有两个或两个以上的曲面同时参与 NC 计算,这样使得整个 NC 计算量大大增大(如四周均定义干涉面检查的情况),增加了整个系统的 CPU 开销,增加了 CAM 系统的工作时间。

2)定义简化干涉检查面法。当非加工面为双曲面雕塑曲面时,此法适用。即在加工面

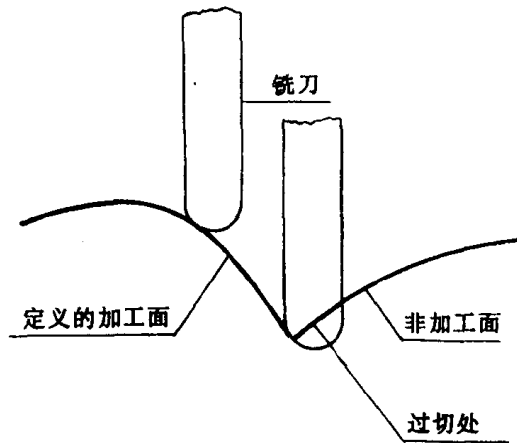


图 7-9 过切图例

与非加工面交接处定义一个简单直纹面来替代原曲面作为干涉面,以此来减小计算量,如图 7-10 所示。

3) 工艺面保证法。在上述曲面布局的情况下,根据加工铣削刀具的直径和形状,在被加工面上,根据被加工面的数学模型,再定义一张工艺保证面,实质上也就是对原加工曲面进行边界剪裁,剪裁边界视相关面的实际情况而定,一般控制在 0 至刀具半径范围内,如图 7-11 所示,从而在工艺方面保证非加工面不被切伤。

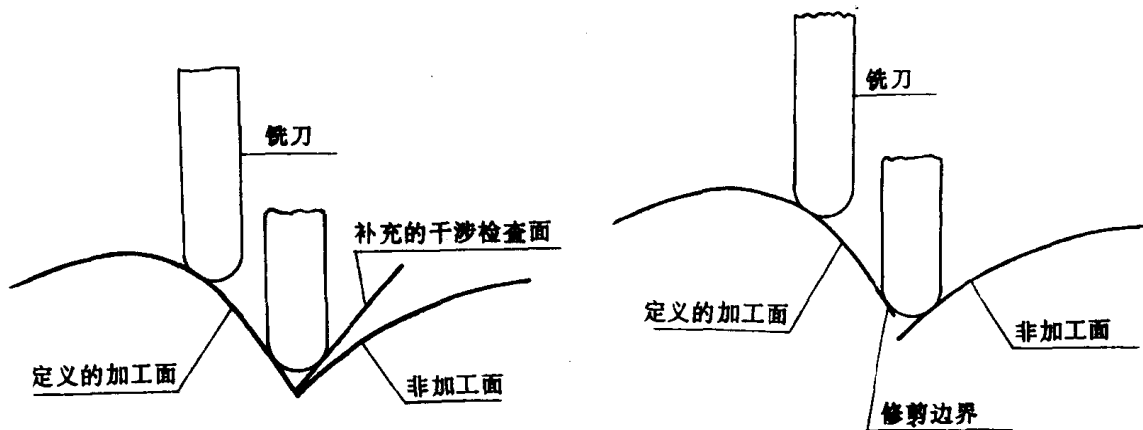


图 7-10 用干涉面检查法防止过切

图 7-11 工艺面法防止过切

4) 边界线限制法。用一组曲线(曲面的边界线或曲面之间的交线)来限制刀具行程,保证刀具不切到其他曲面。

以上是四种型面防止切伤的保证方法,其中前面两种由于多余的面参与 NC 计算,因此计算时间会相对的长一些;第三种方法虽然在曲面编辑修剪时多费一些时间,然而对 NC 计算却十分有利和便捷;第四种方法简单方便,计算工作量更小,但加工余量相对较大,在曲面平坦时,可作为初加工和半精加工检查干涉的方法。

(2) 曲面的 NC 计算。凹型(或者凸型)NC 计算模型定义好以后,通过对模型在其法向方向上的等距(零件壁厚)计算,而完成对凸型(或凹型)NC 计算数学模型的定义。

对曲面的 NC 计算一般有:曲面等参线计算法和导动面的切割法。前者是通过曲面参数线的计算,然后按所给刀具的形状、半径进行补偿计算,最后按误差控制参数将它离

散成点列数据,最终插入适当的机床控制代码而成为机床的刀位控制文件。

由于数控机械控制机只能接受直线插补和圆弧插补两种功能,因此大多数情况下的模具型面加工都是用点位来拟合物面的。在理论上用无穷个点去拟合一个曲面,可以保证无误差,但在工程运用中,以上假设是不成立的,通过允许的误差控制来离散这些数据,已成为工程运用的重要手段之一,虽然实际切削轨迹与理论面不能完全吻合(见图 7-12),但只要满足工程允许的最小误差,这种靠线性逼近的方法也不失为一种有效的科学的处理方法。事实上,数控机床的脉冲当量也大于 $1\mu\text{m}$,因此,只要将误差控制在数控机床加工精度的范围内,是不会影响机床的加工精度的。

(3)CAM 模块的加工精度。加工精度一般是以切削参数的形式,人为地按照工艺要求来确立的。通常是以加工步距或刀峰高度来保证型面切削的粗糙程度。对于平面或者近似单曲面曲面的加工面铣削,采用步距法,基本上能较为稳定地控制被加工面的粗糙程度;而对于双曲面曲面的加工面铣削,采用刀峰高度控制法比较适宜。刀峰高度控制法如图 7-13 所示。

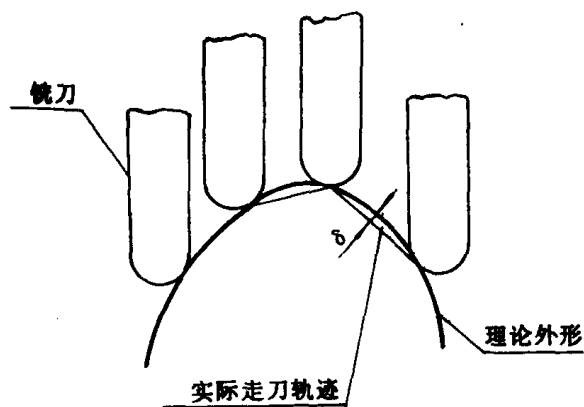


图 7-12 实际与理论轨迹的比较

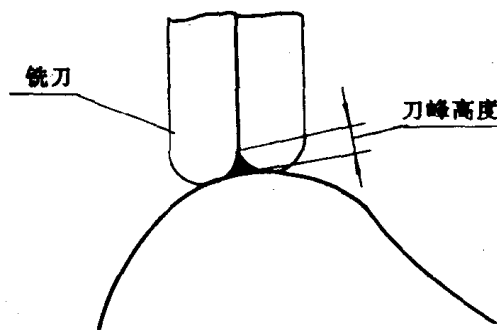


图 7-13 刀峰高度控制

(4)刀具走刀方向选择。以上分析了在 NC 计算中,数控离散控制误差的原则,即纵向走刀(走刀方向)是由一个差值 δ 来控制,为了保证 δ 在数控机床的精度范围之内, δ 势必很小(μm 级),因此,在 NC 计算过程中,刀具走向的选择也直接影响 NC 计算时间,同样也影响 NC 信息量的大小。在无特定工艺要求的情形下,对刀具走向的选择一般有以下几个准则(见图 7-14)。

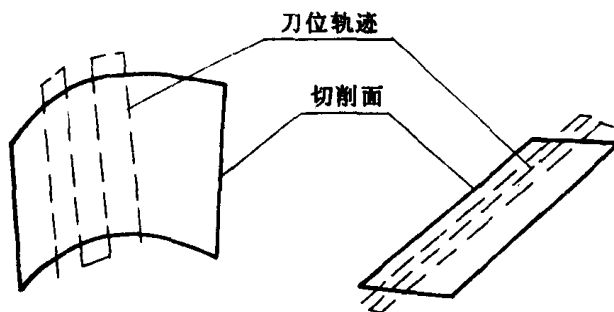


图 7-14 走刀方向选择

- 1) 选择曲度小的方向作为曲面 NC 计算的走刀方向。
- 2) 选择曲面的长边方向作为曲面 NC 计算的走刀方向,减小刀具的步进次数。
- 3) 保证工件棱线清晰,选择与棱线垂直方向为走刀方向。
- 4) 曲面精度要求高时,选择从低向高的单向走刀方式,减少刀具底齿切削量,保证曲面的粗糙度。

常规的 CAM 系统的 NC 计算都有一大套完善的成熟理论,这里不再赘述。但是采用常规 CAM 的前提必须是一个完整的数据化的数学模型。然而目前在模具加工行业中,要得到制件准确的数学模型的机会是很少的($<5\%$),在大多数情况下,要依赖实物(主模型或制件)作为加工的原始依据来制造覆盖件模具。

2. 凹凸模反向的 NC 数据处理

在模具制造中,有时没有完善的图纸和数据,有时仅有主模型或制件实物,在这种情况下,能否利用高速三坐标测量机、计算机、数控加工机床等先进生产工具,来完成从实物到凹凸模的加工,这是一个当前国内十分关注的问题。

利用大型测量机的连续扫描功能,对模型或实物型面进行点位采样,获得大量扫描型面特征的数据,将这些点列数据送入计算机,这些点就成为模具加工的原始依据。在此基础上采用线性和非线性的方法,对原始数据进行加密和匀化,并根据实际运用中的控制精度,利用特定的算法对扫描轨迹线进行光滑,然后建立数学模型,并以此数学模型进行凹凸模 NC 计算和后置处理工作。

数据预处理的目的是清除原模型上的缺陷,弥补原模型的一些测量误差。

(1) 基本方法

1) 曲面造型法。建立点排列的自由形态的曲面,即用矩阵网线方式建立一个双三次的参数曲面,该种曲面也称为雕塑曲面,或把点拟合成 B 样条或贝齐尔(BEZIER)类型的非均匀有理 B 样条曲面(NURB)。例如,世界著名的测量机生产厂家意大利的 DEA 公司的 SURFER 系统,就是采用这种方法,它就是测量机在模型表面测出点列数据,然后用最小能量法 BEZIER 曲面块拟合曲面。

2) 有限元法。其基本思路是,通过对点列数据的预处理,进行组网,用若干小三角平面片的方法,去线性地逼近原始模型的型面,其型面误差可以严格地控制在测量的误差范围内。NC 刀位轨迹运算,以刀具尺寸及几何形态(圆头刀,平底刀,环形刀)为依据进行补偿。反向型面模型以小平面片为单元进行法向等距(材料厚度),然后对整个模型的反向运算、延拓、剪裁、使小平面片连续。

曲面造型法凹凸模 NC 数据处理过程,如图 7-15 所示。

(2) 扫描点取样方法。整个过程的处理依据是原始扫描点,因此扫描点的质量直接影响整个数据处理过程的难易及最后结果。测量的目的是为建立数学模型提供完备的依据。测量的方法主要取决于型面的特点,测量时着重考虑扫描线的分布情况、扫描方向、扫描线采样点的输出控制问题。

目前的测量机一般提供两种扫描点的取样方法,即等步长法和弦高差法。

1) 等步长法是按照测量曲面的最小数学模型特征线,确立一个保证型面精度的步长值。这种方法不能按曲面形态自动控制数据输出,这对于一些曲率变化较大的曲面,常常在曲率值较小的区域产生过多的数据点,给后续处理带来不便。但在处理曲度较小或平面

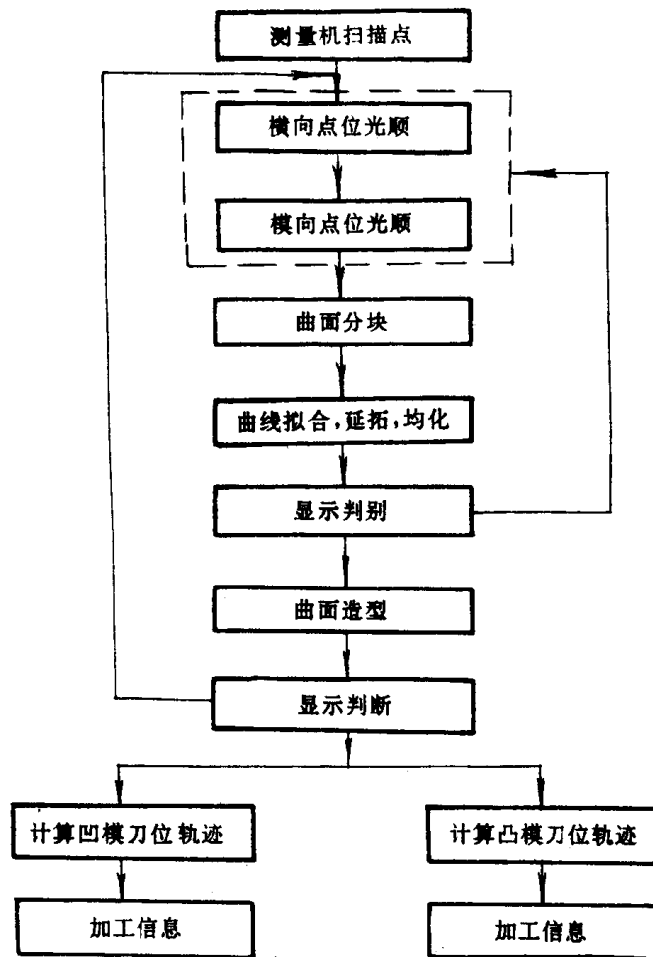


图 7-15 凹凸模 NC 数据流程

区域时,采用等步长法确定每个数字特征线段上的测量点数量,可以保证数据完备性。

2)弦高差方法是按照扫描线两相邻取样点的连线与实际外形的拱高值来确立采样密度。它可以按曲面形态自动调整输出点位的密度,对于双曲度二阶连续曲面比较适用,但对于一、二阶不连续线段的描述,也会出现描述不完善的情况。

(3)曲面造型法数据处理。无论是哪种方式得到的扫描数据,它都是以折线方式描述曲线的,如将这类数据直接用于缔造数学模型,则不但将误差带入,而且曲面形态难以控制。若采用高次多项式(或其他数学方法)插值、匀化,然后将扫描数据点光顺,就可最大限度地减小描述轨迹与实物型面的偏差,且给后续构造曲面工作带来方便,使曲面的形态得到最好的拟合效果;另外一个保证曲面形态的方法是对曲面数控进行最合理的分块。不论是以哪种数学方法来构造曲面,都不能用一张曲面拟合出所有的型面特征(如棱线、凹凸包等),这样会在型面几何特征周围出现大的波动,而偏离原型。汽车覆盖件上的这些棱线、凹凸包的设计往往有特定的美观意义,要求很高,因此,采用曲面分块的方法,以保证型面美观的再现。曲面分块一般是依据曲面上的特征线作为曲面划分的依据,特征线的数据来源可通过测量机测量的方法和求交运算的方法得出。

对于一些凹棱往往可采用测量的方法,而对于凸棱则无法用测量机去测出其走向,因而只能通过截面扫描线邻近转角处适当选几个点,利用两条插值曲线延长求交,求出棱线在该截面内的特征点,再将每个截面的特征点进行光顺处理,这样便得出曲面的特征线。

以特征线划分的点域,便是一系列子曲面的数学模型依据,在此依据的基础上便可进行曲线拟合。值得注意的是,由扫描机测定的扫描线,数据边界是很不整齐的,有时还必须按工艺要求补加工艺面,在这种情形下曲面沿边界必须向外延拓,这类子曲线必须对其构造该曲面的拟合曲线进行边界处理(即修裁或延拓)。修裁或延拓一般有两种方法:一种是以曲线为边界的延拓,另一种是以曲线投影为柱面边界的延拓。以曲线为边界的延拓,先给出边界曲线的型值点,然后对边界曲线采用样条形式进行拟合,最后取扫描测量线上最邻近的三个点以调配抛物线方式进行延拓。以曲线正投影为柱面的延拓主要采用拟合曲线与柱面求交的方式,得出扫描线上对应的延拓或修裁点。

经过以上处理的子曲面集,可采用不同的数学方法去拟合成光顺面。到目前为止,还没有一种严格的曲面光顺的数学判定方法。一般地认为组成曲面的网格曲线光顺,便认为曲面是光顺的了。光顺是一工程用语,包括光滑和顺眼两方面的意义,光滑是数学用语,表明曲线的连续阶数,而顺眼则是工程技术人员的经验判断,带有较大的主观因素,其准则大体如下。

- 1) 线光滑,至少一阶连续。
- 2) 无多余拐点。
- 3) 若无特殊需求,曲率变化要求均匀。

曲面片构造完毕后,便成为一个模型的数学模型,其反向数学模型的制作,通过法向等距来保证材料厚度,斜向变化便完成了反模的数学模型。NC 计算与常规 CAM 的 NC 计算完全一致。

(4) 有限元法数据处理。有限元法凹凸模 CAM 系统除了在型面拟合方法上与曲面造型法有差异之外,其数据预处理部分基本与之相同,如从测量数据到去疵点,点光顺、均化、边界修裁或延拓等。其具体数据流程如图 7-16 所示。

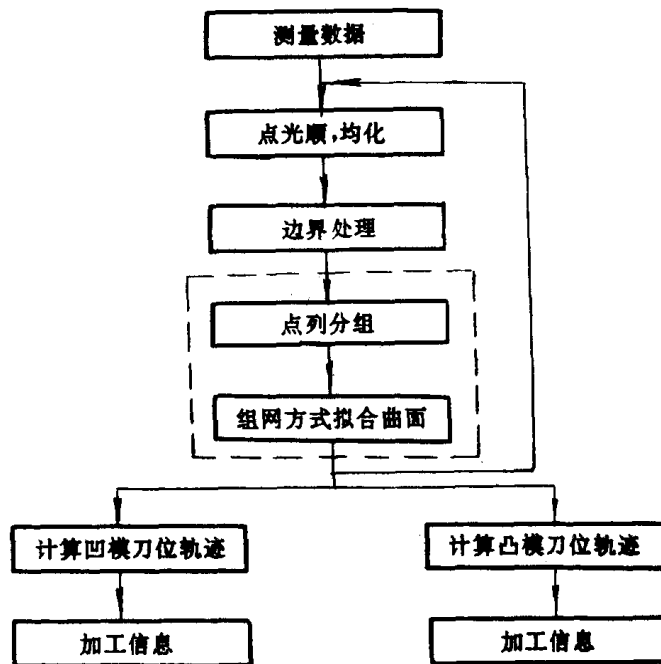


图 7-16 有限元法凹凸模 NC 数据处理过程

造模部分的点列处理功能就是将无序点编排为有序点,将混乱点按列排列。组网就是将排列点进行类似有限元网格划分的方式进行组合,最简单的单元就是采用三角网的方式,再以三角网的三个顶点定义一系列的小三角平面片,以线性方式来拟合模型的曲面,组网完成后,用特定的数据结构对整个点列数据进行完整的数据结构定义,如边界、重复边界、数据走向等。反向模型是利用小三角平面片进行法向等距,然后对整个数据进行一次镜向变换,即完成了反向模型的型面定义。

进行镜向运算的算法较为简单,只需改变点位某一关联坐标(Z 坐标)的方向即可。值得注意的是,在小平面片进行法向等距时,会出现数学上的不连续现象,如面开裂和相交等,如何处理好这一现象,是凹凸模成败的关键。对于面面相交的情况,一般采用面面求交的方法,重新定义三角平面片的公共顶点。对于开裂现象,只能通过面面延拓或补充构造曲面的方法来拟合;而顶点开裂则只能靠补充面的方法来处理。由于这种处理工作涉及每一个小的三角单元,而整个数学模型型面可能有成千上万个三角单元平面来构成。因此,计算量相当之大,且又要保证整个数据集合点的连续和光顺,所以在算法选择时必须考虑以下几个因素。

- 1) 算法尽量简单。
- 2) 尽量逼近原始型面。
- 3) 在不能保证型面的前提下,采取“保高”措施,防止型面塌陷。

NC 轨迹计算是以平面导动的方式,与构成曲面模型的每一个小几何单元求交运算,刀位轨迹则根据刀位尺寸及形状进行补偿运算。

采用有限元凹凸模计算方法虽然将测量误差带入了 NC 计算,但是误差可以得到很好地控制,只要测量时按照工艺要求控制测量误差,那么,系统最终生成的凹凸模加工刀位轨迹就一定满足工艺要求,且无需进行面划分,整个型面可一次铣削完成。虽然这种方法整个系统处理的信息量很大,但算法比较简单,因此只要合理优化程序结构,其运算速度也是令人满意的。

3. 实物测量的凹凸模软件系统

由成都飞机工业公司汽车模具中心与西北工业大学 CAD/CAM 研究中心联合研究开发的实物测量加工凹凸模软件系统,是为了解决汽车覆盖件模具的凹凸模型面的加工问题,即选择一个实物模型(如主模型、工艺模型)的凹型(或凸型),经测量机扫描取点并送入计算机系统进行处理后,即可生成凹凸模型面的 NC 加工信息。此系统已于 1990 年通过省、部联合鉴定,目前已投入生产应用。下面对该系统作一简介。

整个应用系统分为高阶数学模型方法和线性数学模型方法两大模块。

(1) 高阶数学模型处理方法。

- 1) 系统模块划分如图 7-17 所示。
- 2) 数据处理功能模块如图 7-18 所示。
- 3) 曲线处理功能模块如图 7-19 所示。
- 4) 曲面处理功能模块如图 7-20 所示。
- 5) 图形显示处理功能模块如图 7-21 所示。

由软件构成模块,很容易辨别出这属于第一类凹凸模软件系统。该系统能够测量数据的自动输入、曲线拟合、曲线曲面修裁与延拓、三维图形显示,实现交互修正、交互插入、求

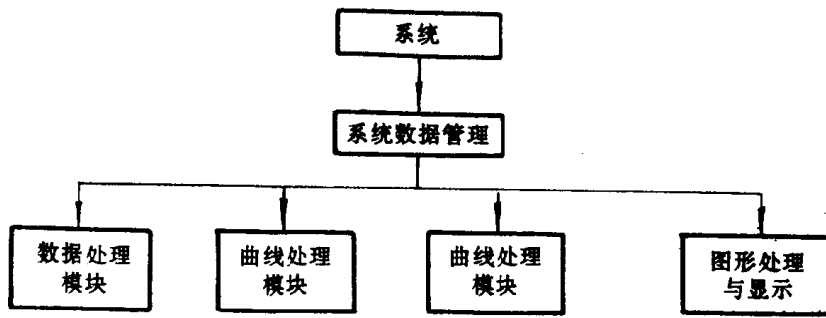


图 7-17 系统模块划分

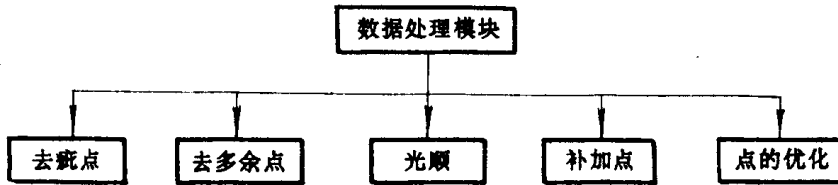


图 7-18 数据处理功能模块

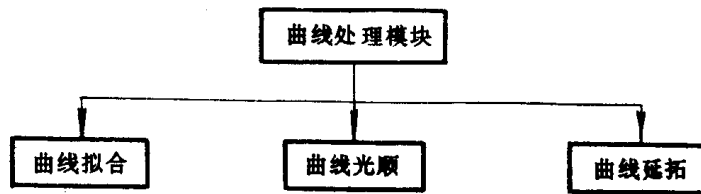


图 7-19 曲线处理功能模块

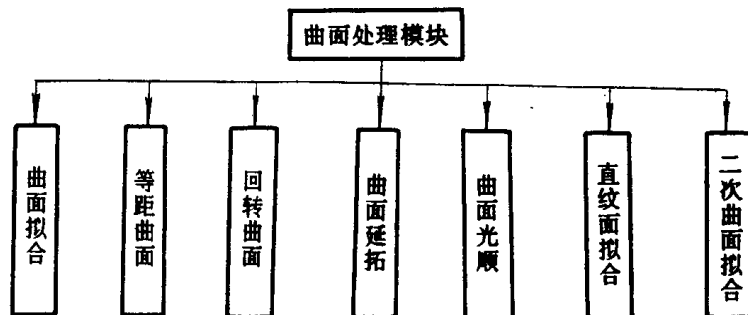


图 7-20 曲面处理功能模块

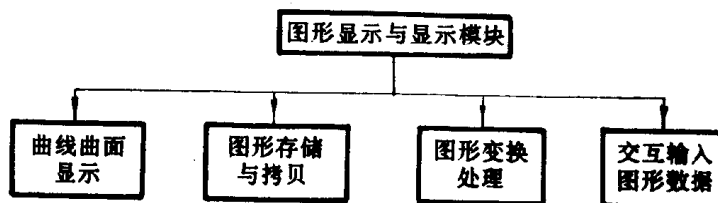


图 7-21 图形显示处理功能模块

交、匀化、曲面数据分块以及生成凹凸模型面 NC 加工代码。

系统采用的输入方式有菜单交互和键盘交互两种形式。

该系统对扫描数据的处理采用特征线方式，进行点集划分，一块曲面的处理能力大于

2 万个点。数据点运用三次样条、贝齐尔曲线和抛物线调配曲线等方法拟合。采用曲率图方法进行曲线曲面光滑,这种方法既直观又敏感,适合局部修改,其光滑度与协调性都较好。

系统生成的数学模型,其精度完全能由用户按生产需求予以控制。

(2) 线性数学模型处理方法

1) 线性数学模型处理方法的工作流程如图 7-22 所示。

2) 系统模块功能划分如图 7-23 所示。

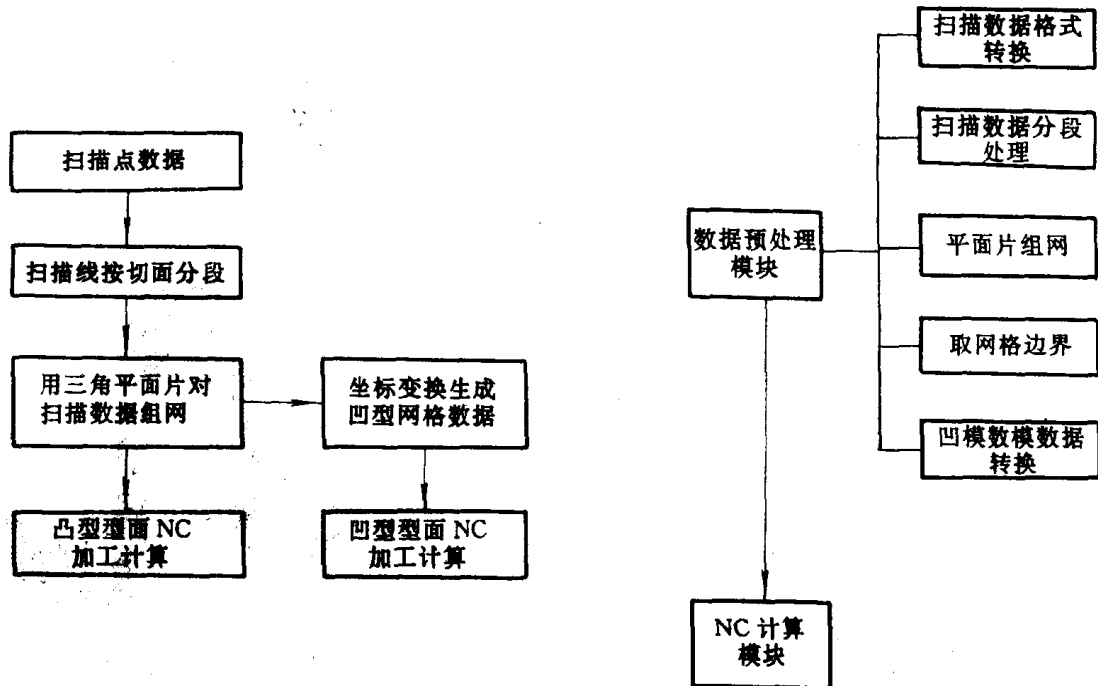


图 7-22 线性数学模型处理方法的工作流程

图 7-23 系统模块功能划分

(3) 加工实例。图 7-24 至图 7-31 所示为采用线性数学模型处理方法对汽车顶盖边角局部型面进行数据采集、处理,并生成凹凸模 NC 加工指令的大致过程。

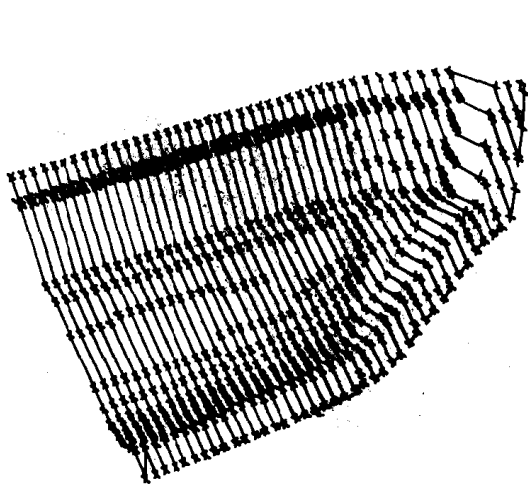


图 7-24 扫描轨迹及数据点

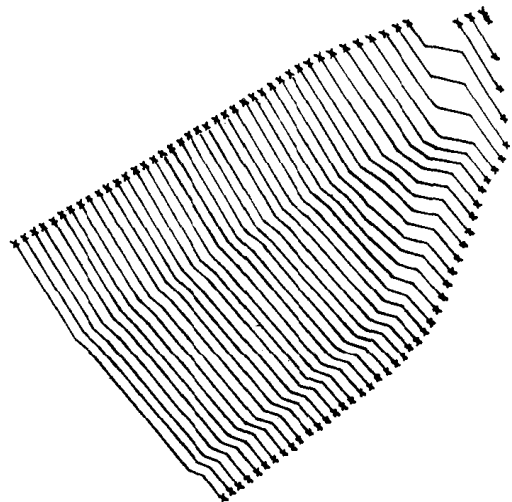


图 7-25 经处理后的切面分段线

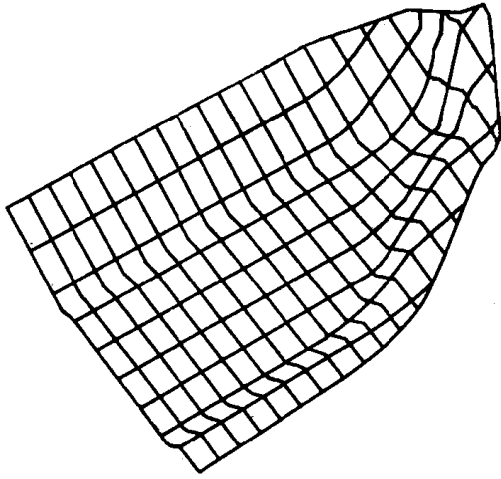


图 7-26 型面数学模型线框显示

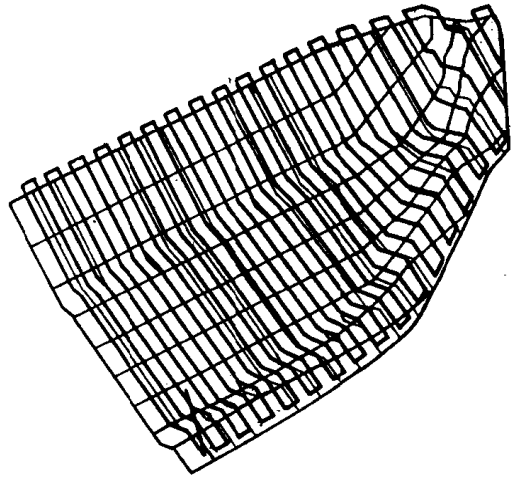


图 7-27 凸模型面 NC 刀位计算

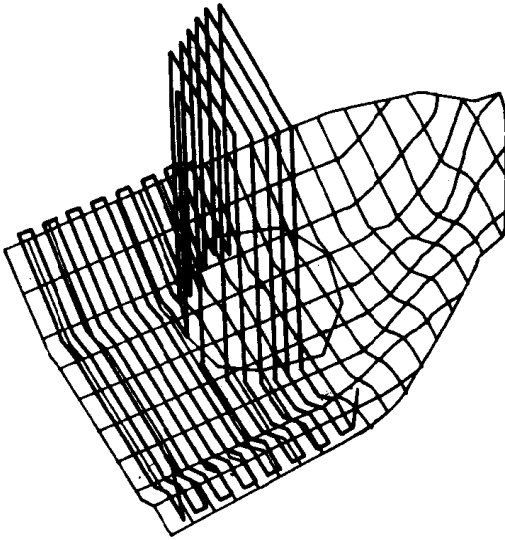


图 7-28 凸模型面 NC 计算(加工保留)

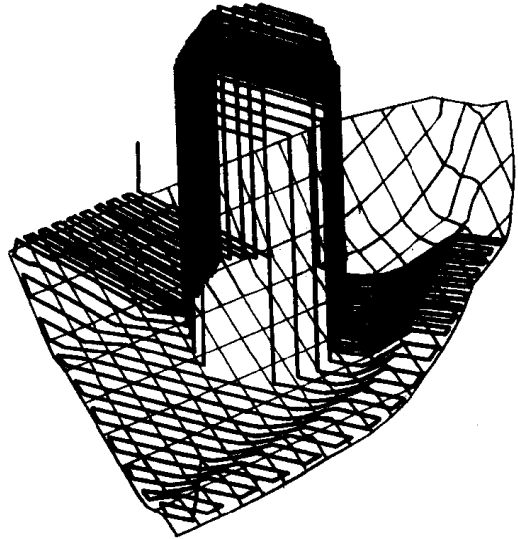


图 7-29 凸模型面 NC 刀位计算
(走刀方向、行程控制)

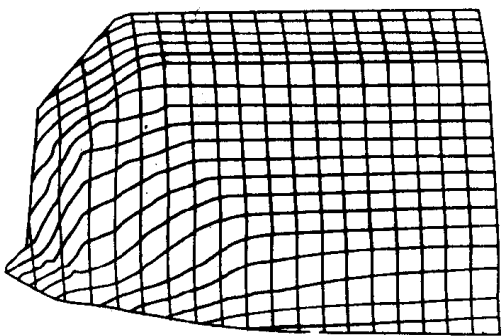


图 7-30 凹模型面数学模型线框显示

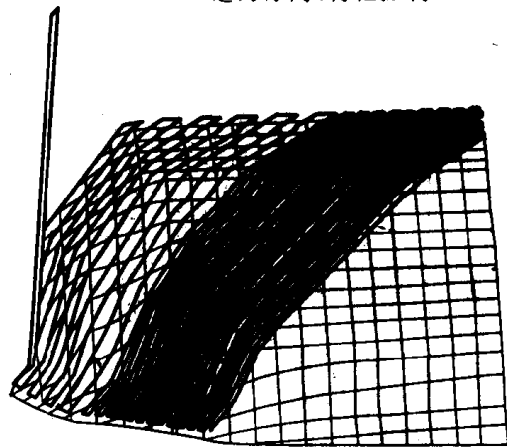


图 7-31 凹模型面 NC 刀位计算

§ 7-4 典型的 CAD/CAM 系统简介

一、对系统的基本要求

研究开发一个适于汽车覆盖件模具 CAD/CAM 系统是一项十分庞大的系统工程,它本身涉及到多种学科知识,内容广泛。一般的做法是,选择一个基本的 CAD/CAM 系统作为基础,在此基础上集中研究开发专业软件,这是一条比较简单易行的途径。也就是说,应用已有的造型设计与数控编程等通用软件,补充专业软件与信息管理模块,集成汽车覆盖件模具的 CAD/CAM 系统。其基本要求如下。

1. 系统体系结构功能完备

一个完善的 CAD/CAM 体系结构应清晰明了,各个模块必须共享数据库,减少环境切换耗时和数据重新定义以及修改后数据的不一致性,为用户提供良好的使用环境。以 CAD 功能举例来说,要求 CAD 的数据接口 IGES、VDA-18、SETGM-DES、AUTOROL 能与各类用于曲面、线框、点等翻译的双向数据介面接口之间进行数模的相互转换。一方面保护已有软件资源,另一方面满足横向协作需求。除此之外,要求 CAD 自身建模功能灵活,从点、线、圆、样条到三维线框造型、实体造型、曲面生成及规则几何体的参数化造型、详细二维绘图尺寸标注等。

2. 系统的开放性好

考察一个通用商业软件系统的开放性主要是两个方面,一方面是开发手段的多少;另一方面是开发工具的优劣。

覆盖件模具 CAD/CAM 系统中必须具有专业化程度较高的模块功能,例如:

- (1) 标准件(导柱、导套、导板等)的参数化设计。
- (2) 几何图库的设计,如典型结构图、符号库、汉字库等。
- (3) 工艺过程设计,如确定工序图、冲压方向及设计过程中的计算分析模块等。
- (4) 制造过程信息处理,如确定加工参数、工序安排等。

因此,针对覆盖件模具计算机辅助设计与制造专用模块开发与集成的全过程,要求选择的 CAD/CAM 系统能够提供良好的开放性的平台就显得十分重要了。

3. 系统的可维护性强

一个通用的 CAD/CAM 系统在使用中或在进行二次开发过程中常常会遇到一些疑难点,例如汽车车身一些特殊曲面的造型与数控加工无法处理或者出现错误,这时要求系统能够方便维修或者能够针对疑难点对系统予以修改扩充。购置的 CAD/CAM 系统应有较长的保修期优惠的版权新权。

二、UNIGRAPHICS II 简介

UNIGRAPHICS I (简称 UG I) 起源于美国麦克唐纳·道格拉斯飞机公司,以 CAD/CAM/CAE 一体化而著称。1991 年 11 月并入美国通用汽车公司 EDS(ELECTRONIC DATA SYSTEMS)分部。该软件以世界一流的集成化设计、工程及制造系统广泛用于通用机械、模具、汽车及航空航天领域。EDS 电子资讯系统有限公司负责通用汽车公司内部电子数据处理、交换、网络系统、实施系统集成。是全世界上最大的软件公司,位居 IT(INFOR-

MATION TECHNOLOGY)榜首,共有 7 万名雇员。业务机构分布在 30 多个国家和地区。

UG I 曲面造型能力代表着该技术的发展水平,曲面实体造型技术使得线架模型、曲面模型、实体模型融为一体,并率先提供了完全特征化的、参数及变量几何设计。采用统一数据库,UG I 实现了 CAD、CAE、CAM 各部分之间无数据交换自由切换,复杂曲面 3~5 坐标联动加工,提供可以独立运行的、面向目标的集成管理数据库系统。UG I 还有界面设计良好的二次开发工具,通过高级语言接口,使图形功能与高级语言的计算功能很好地结合了起来。

UG I 可运行在 HP、SUN、SGI、DEC 全部系列工作站上。

1. 计算机辅助设计(CAD)

几何建模是一体化 CAD/CAE/CAM 系统的基础与关键。一方面,CAD 模块应有多种建立几何模型的手段,并保证这些几何模型的统一和集成;另一方面,CAE/CAM 等应用模块支持本系统的各种几何模型而无需任何数据转换。

几何模型有二维模型,线框模型,曲面模型,实体模型和参数化(变量化)实体模型。点、直线、曲线是基本几何元素,扩展几何体由线架模型线,建立线之间的联接关系(拓扑关系)构成的线框模型,但仍不具有面的含义。对几何体表面的最方便的描述方法是曲面,建立了封闭曲线组及内部的拓扑关系,就是边界表示的实体模型。在实体模型的基础上定义约束、规则,建立约束方程,就是参数化实体模型。图 7-32 所示为 UG I 几何模型的统一与集成关系。

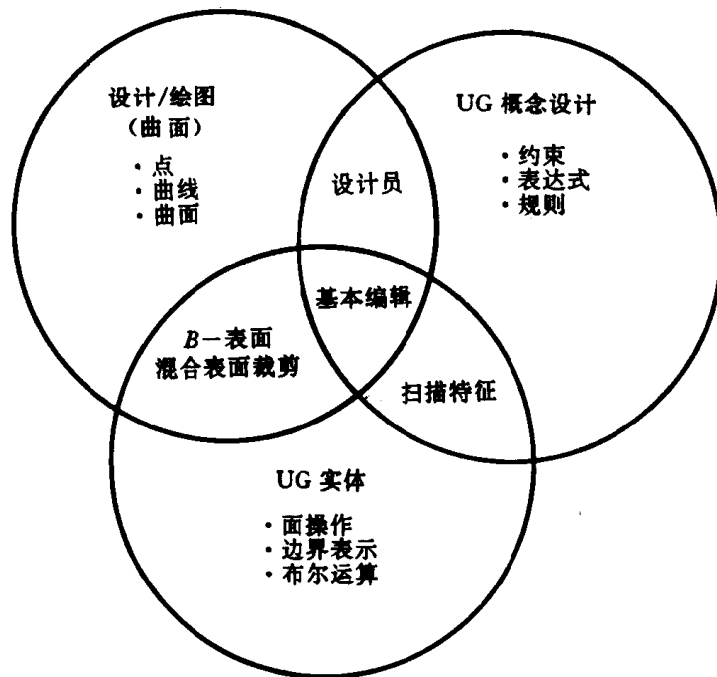


图 7-32 UG I 几何模型的统一与集成关系

几何建模的难点在于曲面的几何描述,下面针对 UG I 的一些扩展几何体的描述能力及方法,重点详细地加以介绍。

(1) 曲面造型功能(UG SURFACE)。曲面造型用于描述产品的表面,对于有复杂表面的产品,运用曲面造型更方便,UG I 系统曲面模型采用非均匀有理 B-样条(最高 24 次)

为数学基础,以求实现对曲面的精确控制。

1) 曲面生成方法有旋转曲面,直纹曲面,网格曲线生成曲面,拉伸曲面(有生成线,导动线,脊骨线距等三种控制线),二次曲面(2×3次),过渡曲面(半径可变)偏置曲面,延伸曲面(直纹曲面延伸,二次连续延伸)等。图 7-33 至图 7-36 所示为四种曲面生成方法。

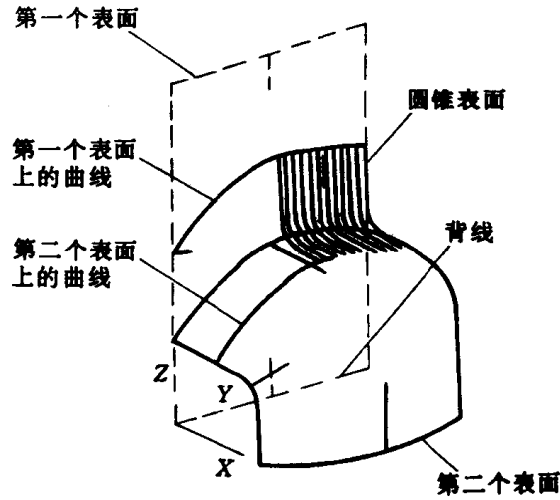


图 7-33 二次曲面(高质量过渡曲面)

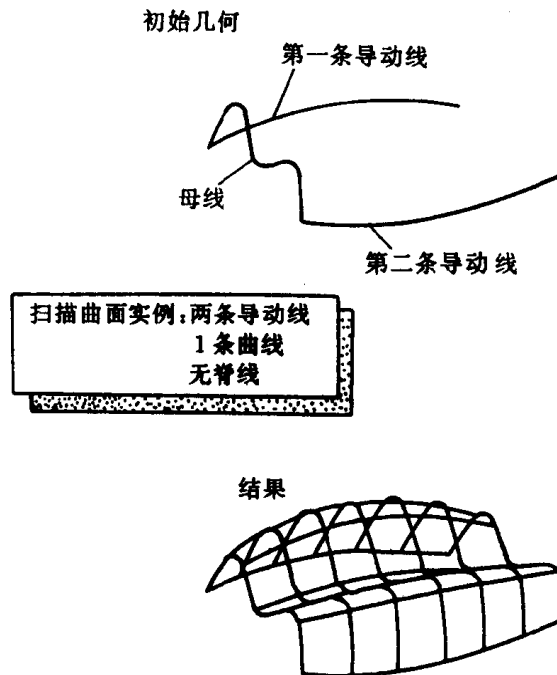


图 7-34 拉伸曲面(一条生成线,两条导动线)

2) 曲面编辑方法有:

曲面求交线,曲线向曲面投射求投射线;

按照交线或射线修剪曲面边界或开孔;

曲面按参数线方向分割;

移动曲线上的点或控制顶点改变曲面形状;

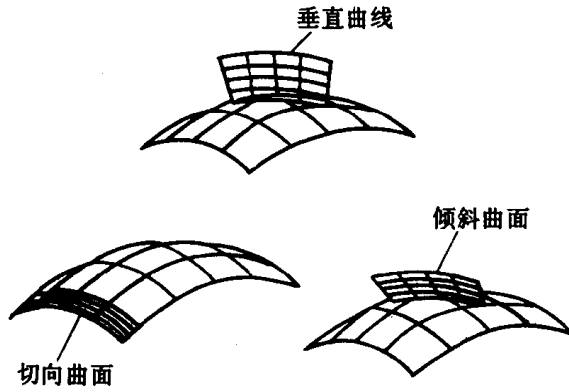


图 7-35 曲面的直纹面延伸

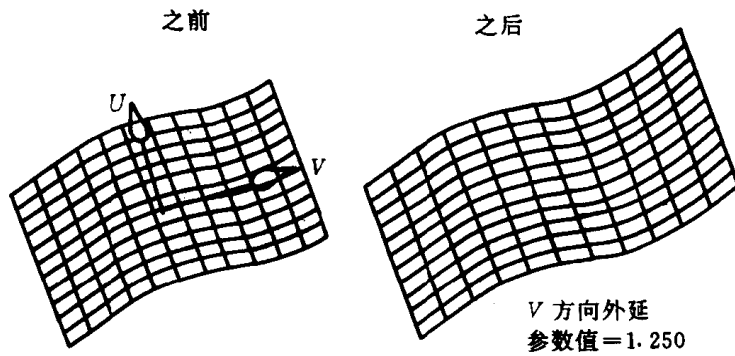


图 7-36 曲面的二次连续延伸

曲面升阶, 曲面拼合。

图 7-37 与图 7-38 所示为曲面的求交、开孔及拼接。

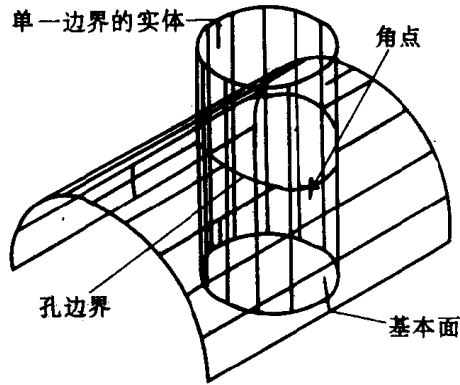


图 7-37 曲面求交及开孔

3) 曲面分析方法。计算曲线曲面上任意点的切矢, 法矢, 曲率等微分参数, 对曲线做圆弧插值; 计算曲面面积及投射体质量性能, 为用户开发专用系统 (如用于汽车外形设计的光顺检验程序) 提供方便。曲面模型在有限元分析中自动建立有限元模型; 在实体造型中, 封闭曲面要缝合为实体; 在加工模块中, 可直接生成刀位源文件 (CLSF)。

(2) 实体造型功能 (UG SOLID)。实体造型研究始于 60 年代末。代表性的三种实体模型表示方法是: 日本北海道大学提出的罚函数方法 (TIPS); 美国罗切斯特大学提出的构造

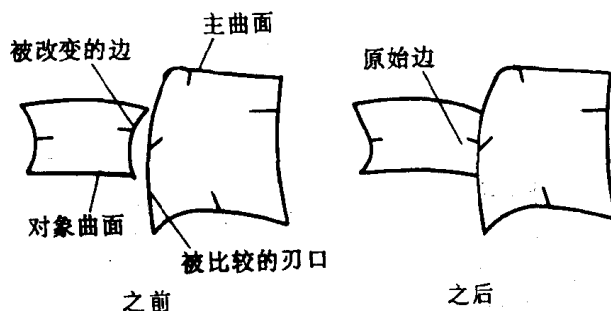


图 7-38 曲面拼接(曲面连续性)

描述方法(CSG PADL);英国剑桥大学提出的边界表示法 B-rep(BUILD)。70 年代末剑桥大学研究实体造型的先驱创建了 SHAPE DATE(EDS 全资子公司)。第一代产品是 ROMULUS, 第二代是 PARASOLID。EDS/SHAPE DATA 以工业标准软件工具集的方式, 向著名的 CAD/CAE/CAM 软件商提供成熟的实体造型技术。

UG SOLID 以 PARASOLID 为核心, 基于用 NURBS 方法和边界表示, 模型尺寸在 $1.0E-13$ 立方米和 $1.0E-3$ 立方米之间均可保证高的造型精度和运算精度。

1) 体素种类。立方体、棱柱体、球体、圆柱体、圆锥体(台)、二维图拉伸实体、圆环体、管道实体、复杂曲面缝合实体等。

2) 拓扑运算。并、交、差、剖切。

3) 特征设计。孔(各种复杂孔)、倒角、圆角、槽、凸台。

4) 实体编辑。实体表面的编辑、拉伸、分割、替换、删除, 实体的锥形变换, 实体生成壳形体, 实体沿表面等距偏移缩放。

5) 物理性能参数设计和干涉分析。

图 7-39~图 7-42 所示为四种实体体素与编辑。

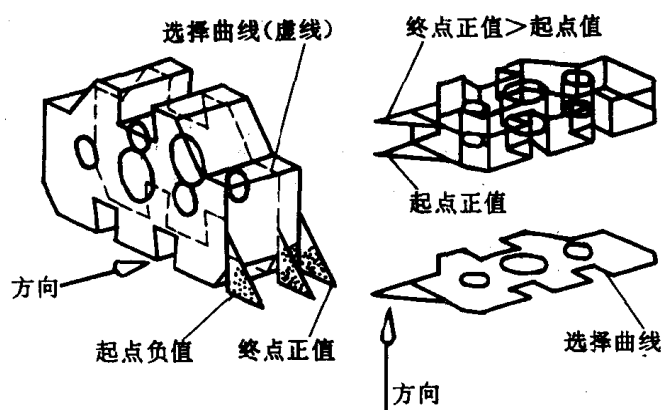


图 7-39 平面图拉伸生成实体

(3) 参数化设计(UG CONCEPT)。UG CONCEPT 提供变量约束草图设计(SKETCH)和基本特性的参数化实体造型。

1) 变量设计。对二维图形进行几何约束和尺寸约束。几何约束是指平行、垂直、相切等不可度量关系约束。尺寸约束是指距离、角度、半径、中心位置等可度量关系约束, 可定义约束方程, 将约束方程以文件输出修改后再读入。尺寸驱动或几何驱动均可修改草图。

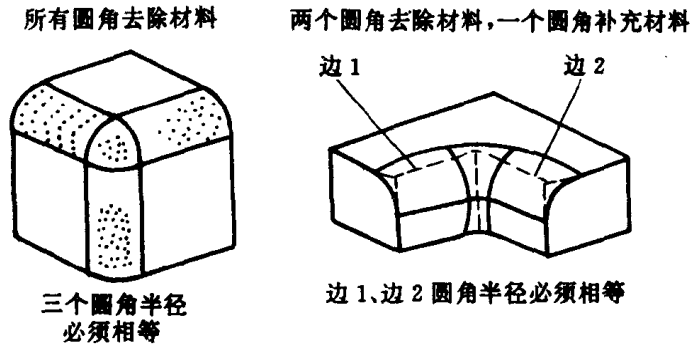


图 7-40 实体圆角过渡

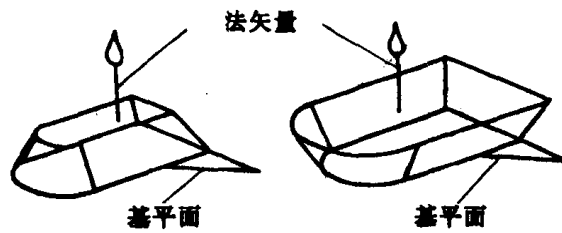


图 7-41 实体侧面偏转(锥形体)

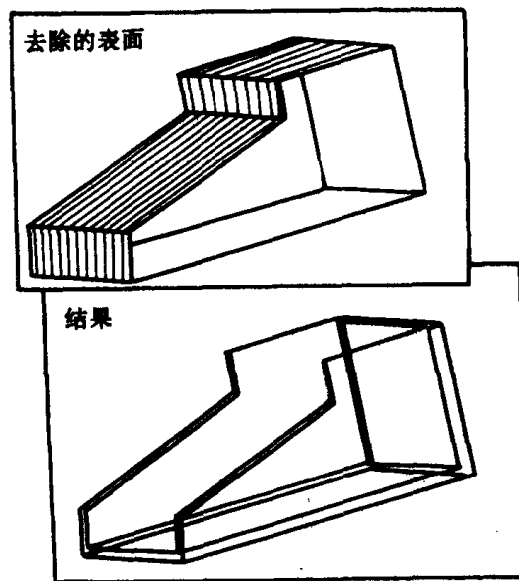


图 7-42 实体变壳形体

修改草图时,相关实体随之更新。

2)参数化设计。在 PARASOLID 边界表示的基础上,建立记录实体特征构造的树形关系 (COLLISION GRAPH),所有特征的尺寸参数和位置参数均可修改,并允许建立约束方程,大大提高了参数化模型的更新速度。

(4)工程图绘制及汉字标准。UG/DRAFTING 具有很强的制图功能。自动将零件实体模型转化为视图并保持两者之间的相关性(几何模型修改后,视图自动修改)。除标准的视图对应关系之外,用户也可以按需要自行定义新的视图关系。

公差标准符合国际标准。用户可交互式定义新的图标符号。

汉字库采用单线体矢量汉字,包括国际字符,1~3区的图形符号、字符、数字等 259 个,16~87 区一、二级汉字共 6763 个。提供区位码、全拼音、五笔字型、五笔划、英文字符多种输入方法,可对输入的汉字变换、编辑。

2. 计算机辅助工程分析(CAE)

UG/CAE 包括三部分:有限元分析(GFEM)、机构分析(MECHANISM)与注塑分析(MOLDFLOW)。工程分析过程分为三步:

第一步:前处理。生成有限元模型,定义边界条件;机构运动、动力学条件。

第二步:解算,求解大型联立方程。

第三步:后处理。图表,绘图输出分析结果,动态仿真。

UG/CAE 的前处理、后处理提供与 NASTRAN, PATRAN, ANSYS, ADAMS, DRAMS, MOLDFLOW 等系统接口。同时也有内部求解器。

机构分析(MECHANISM)有两部分:运动部件和运动副。UG/CAD 模块进行部件实体设计,精确计算质量特性参数;UG/MECHANISM 提供九种运动副(铰链、滑块、齿轮、万向节等)和两种运动约束副(弹簧、阻尼元件);可定义运动规律、力、力矩等运动学和动力学初始条件。

3. 计算机辅助制造(CAM)

UG/CAM 加工模块结构如图 7-43 所示。

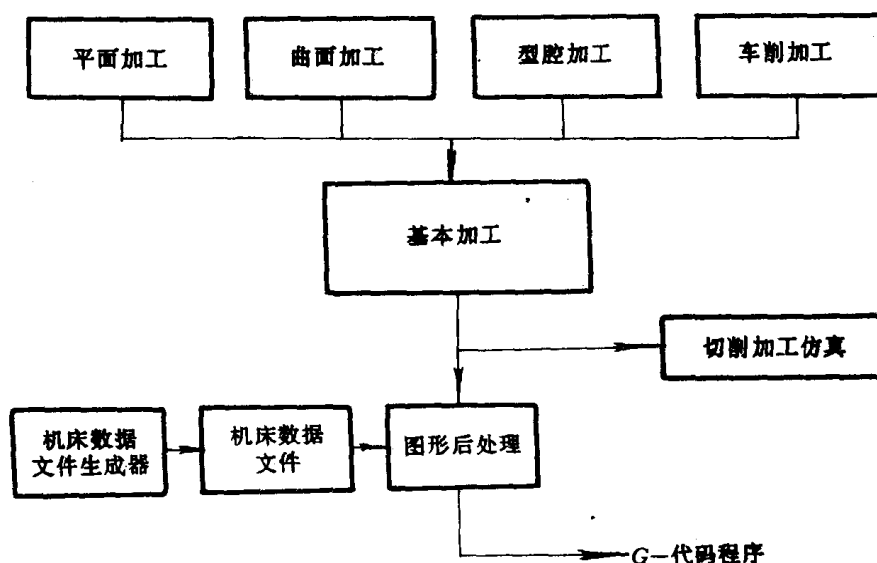


图 7-43 加工模块结构

UG/CAM 是从工厂制造业发展起来的。支持加工工艺技术参数(进给速度、主轴速度、加工精度、冷却系统控制等)和多种刀具(平底刀、球形刀、锥度刀等)。丰富的刀路控制手段,可靠的曲面成组连续加工(过切分析)使 UG/CAM 既具有通用系数的技术,又能完成较专门的加工任务(如难度较高的叶片整体加工,汽车雕塑曲面加工等)。

专用后处理(GPM/MDFG/MDF)支持国际标准 G 代码,具有很好的通用性。

(1)平面加工(PLANARMILLING)。平面加工有五种走刀方式:

1)往复式双向走刀(ZIG-ZAG)。

- 2) 单向走刀(ZAG)。
- 3) 轮廓等距线组走刀(PROFILE)。
- 4) 槽加工(FOLLOW POCKET)。
- 5) 轮廓成型槽加工(FOLLOW POCKET WITH CONTOURING)。

可自行选择预加工钻孔位置,处理多岛问题。

(2) 曲面加工(SIRFACE MILLING)。曲面加工有以下五种加工方式。

1) 曲面轮廓加工 以空间封闭曲线为控制边界,刀轴取向可以是固定方位、被加工面法向(或成固定角度)、中心点辐射向(发射向)、刀轴通过固定点、母线切向等多种方法。走刀方式可以是单向、往复式双向。收敛式轮廓曲线等距线、中心点发射等。若加工边界覆盖多种曲面可改为曲面成组连续加工。

2) 修剪曲面加工 往复式双向走刀,按照修剪曲面边界控制加工范围。刀轴取向同前。

3) 连续曲面加工 引入 APT 语言提出的加工面和导动面相切,检查面控制加工范围。应用于型腔加工清根处理,也可以做多张曲面成组连续加工。

4) 参数线走刀 对单凸曲面按参数线控制走刀,刀轴控制方法同曲面轮廓加工。

5) 深度粗加工 在型腔中,系统自动按照成型精加工刀位源文件生成粗加工刀位源文件。

(3) 型腔加工(CAVITYMILLING)。输入加工深度和加工层次(最多 10 层),系统自动按照层优先或深度优先两种选择生成加工路径。可选择预加工钻孔位置,并能处理多岛加工问题。

(4) 车削加工(LATHE)。粗加工、精加工、中心钻、镗孔、螺纹车削、外表面成型、内表面镗孔、平面车削、自动倒角、倒圆。

(5) 切削加工仿真(VERICUT)。读入 CLSF 文件即可看到切削过程的真实仿真,切削完成后生成成品件表面光滑图形。加工过程可与加工程序行同步对照。

成品件与 UG I 中心几何模型比较,定性分析加工质量。VERICUT 软件可代替试件加工,达到验证加工程序正确性的目的。

4. 质量控制(Q C)

(1) 全面质量控制系统(VALYSIS)。

1) 当产品工程图在 UG I 中完成后,VL-ENG 全面检查图面质量、尺寸、公差的标准是否符合国际标准。如果用户有特殊的标准,也可以扩充到 VL-ENG 中去。

2) V-TOLERANCE 对最坏情况下配对零件的可装配进行分析。

3) VL-MFG 生成一个软件量规,其作用与硬件量规相同。利用软件量规数据定义数控测量点,建立数控测量程序。

4) VL-SF 运行 VL-MFG 中所生成的数控测量程序,在线控制多台数控测量机,将所测数据返回,与 UG I 中几何模型比较,定量分析加工质量。

5) V-TRACK 根据数控测量数据,分析实物零件的可装配性。

(2) DMIS 接口。

1) UG→DMIS。自动生成点、直线、圆弧、椭圆、自由曲线、平面、柱面、锥面、球面、自由曲面的检测程序。

2)DMIS→UG。由数控测量的数据(DMIS 格式)生成 UG I 系统的点、线、曲面等几何元素,在此基础上建立线模型,以便于质量控制人员直观比较理论模型与实测结果的差别,建立质量控制档案。

5. 金属钣金零件加工(SHEET METAL)

金属钣金零件按成型方法分成两类:拉伸变形成型零件和折弯变形成型零件。由于塑性变形理论和加工工艺技术条件的复杂性,尚无成熟的用于拉伸变形分析的商品化软件。本模块仅用于折弯变形成型零件的设计、展开、排料优化和冲裁加工等。限于篇幅,本书不予介绍。

6. 开发工具集(TOOLKIT)

EDS/UNIGRAPHICS I 提供两类五种开发工具,这些工具可用来扩充 UG I 系统功能,编写用户专用软件,ITK 是 INFORMATION MANAGER 系统集成工具,PARASOLID GERMETRY TOOLKIT 是工业标准软件工具集,用户在此基础上开发新的 CAD/CAM 系统并享有独立版权。

(1)高级语言接口(UFUNC)。UFUNC 有一个供 C、FORTRAN 语言调用的子程序(函数)库。UFUNC 的接口能将高级语言程序集成到 UG I 环境中,并分以下三个层次。

1)界面层。由于 UFUNC 是在 UG I 环境中运行的,必须有一组子程序(函数)提供 UG I 系统的窗口管理、输入输出、交互操作(如选择菜单项、几何拾取 PICK)等功能,以便 UFUNC 使用 UG I 系统的用户界面。

2)功能层。以函数、形参等方式提供 UG I 系统 CAD/CAM 所有菜单功能,从点、线、曲面的生成到实体,有限元模型的建立、编辑。这是 UNFUNC 的主要部分。

3)数据库管理层。用一组数据库管理子程序(函数)使高级语言可访问 UG I 系统数据库管理系统(OM),获得局域网支持。

(2)图形交互语言(GPIP)。GPIP 是基于 UG I 系统环境的专用语言,与 FORTRAN 语言相似,如具有文件操作、字符操作等功能,可以进行算术及逻辑运算,提供跳转指令和结构化程序设计中子程序调用。具有编译、联接运行,并可与 UFUNC 互相调用。

GPIP 覆盖 UG I 系统 CAD/CAE/CAM 全部功能,并能访问数据库管理系统,获得局域网支持。

(3)PARASOLID 工具集。图 7-44 所示为用户开发系统与 PARASOLID 工具集之关系, KI 是一个附含 CAM—1 标准的函数库。用户可以访问 PARASOLID 数据库,调用 PARASOLID 几何处理和拓扑处理功能。下层的三个部分是留给用户开发的。

PARASOLID 的数据结构如图 7-45 所示,是以 NURBS 为数学基础的边界表示系统,具有极高的精度,几何元素分曲面、曲线、点三类。其 NURBS 曲面支持平面、二次解析曲面、自由曲面和等距离偏置曲面等,与 UG/SURFACE 完全集成。NURBS 曲线支持曲线、二次解析曲线、自由曲线。

(4)几何工具集(GTK)。GTK 覆盖 UG/CAD 模块中曲线、曲面生成及编辑功能,是供用户开发新的 CAD/CAM 系统的工业标准软件工具集。

(5)系统集成工具集(ITK)。ITK 支持 C++、SQL、MOTIF,主要用 INFORMATION MANAGER 系统集成。CAD/CAE/CAM 系统与 MRP I 系统通过 BOM 交换数据。BOM 格式定义、查询产品结构生成 BOM 表及由 BOM 表返回 CAD/CAE/CAM 系统建立产品结构来完成

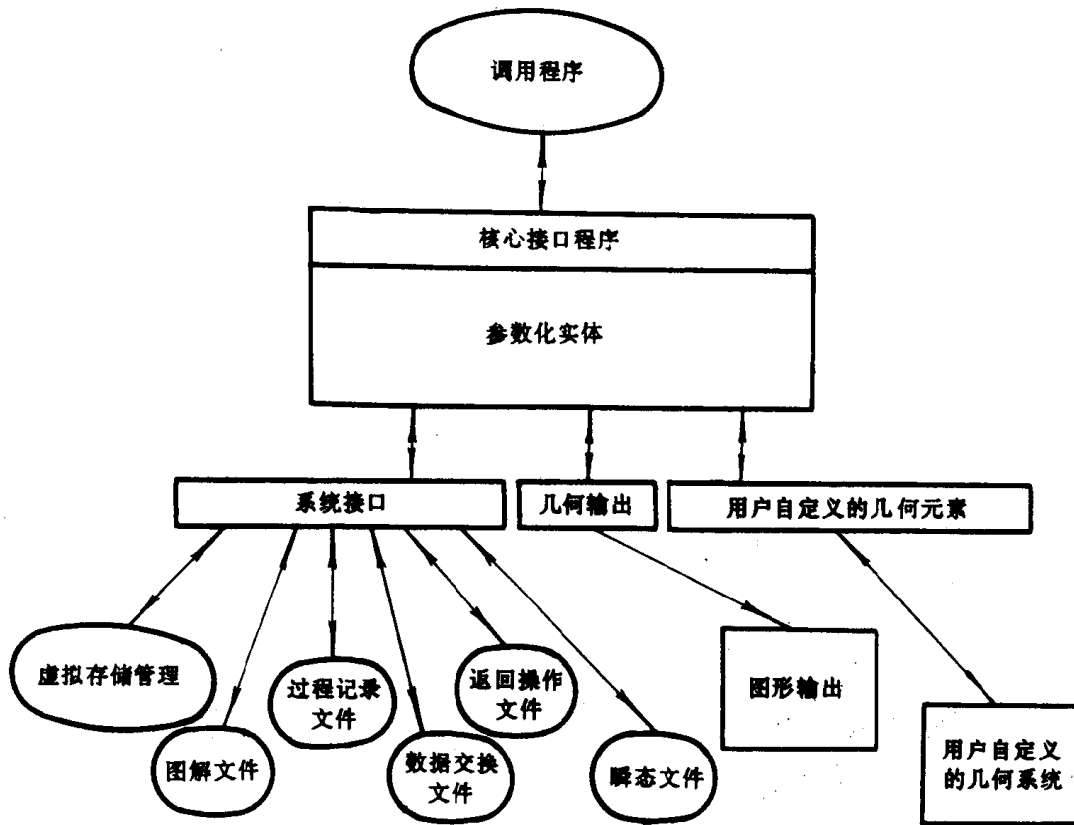


图 7-44 用户开发系统与 PARASOLID

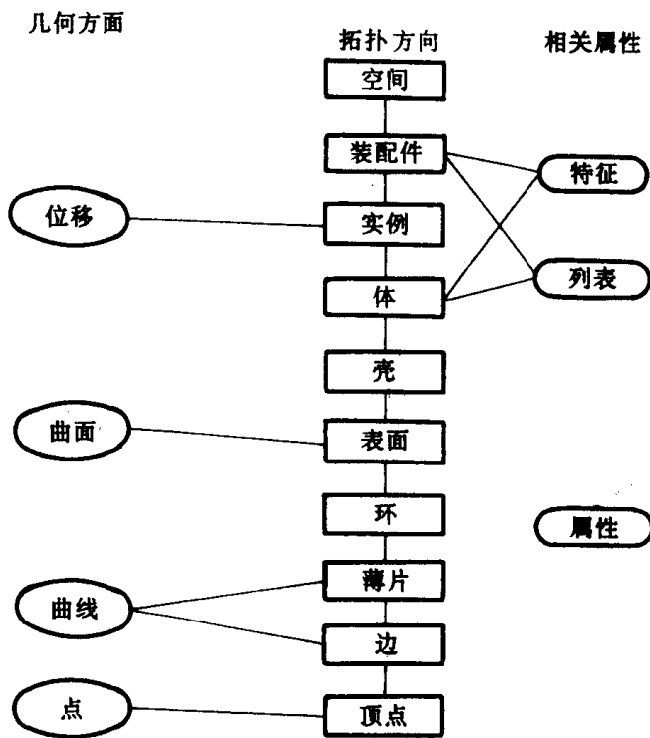


图 7-45 PARASOLID 数据结构

成数据集成,还可进行目标模型扩充及应用软件集成,并提供用户接口,定义新的表格,汉化用户界面等。

7. 同步工程环境(INFORMATION MANAGER)

随着市场竞争日益激烈,新产品研制周期越来越短。新产品研制是一维串行过程,当前一道工序完成后,后一道工序才能开始。如设计完成后,图纸由设计部门送交生产部门进行生产准备,生产部门发现设计有误,返回设计部门修改,如此反复,加长了周期。又如,CAD/CAE/CAM 系统处理对象是众多的零件,不具有产品的意义,无法管理日益复杂的数据、图纸等。

(1)开发同步工程环境支持系统的优越性。

1)同步工程环境支持产品模型,是对整个研制过程的管理,所有参与研制的技术人员作为一个整体协同工作,同时参与。

2)按照授权原则,实现了高度的数据共享,减少了数据冗余,提高了数据在单位时间内的使用率。

3)面向目标的管理方法,使技术人员只专注于技术问题,无需关心文档存放等事物性工作。

4)方便的电子邮件系统,审批管理电子化。

5)良好的开放性,很方便地将新的应用软件集成到同步工程环境中。

图 7-46 与图 7-47 所示为传统的新产品开发过程与同步工程环境新产品开发过程。

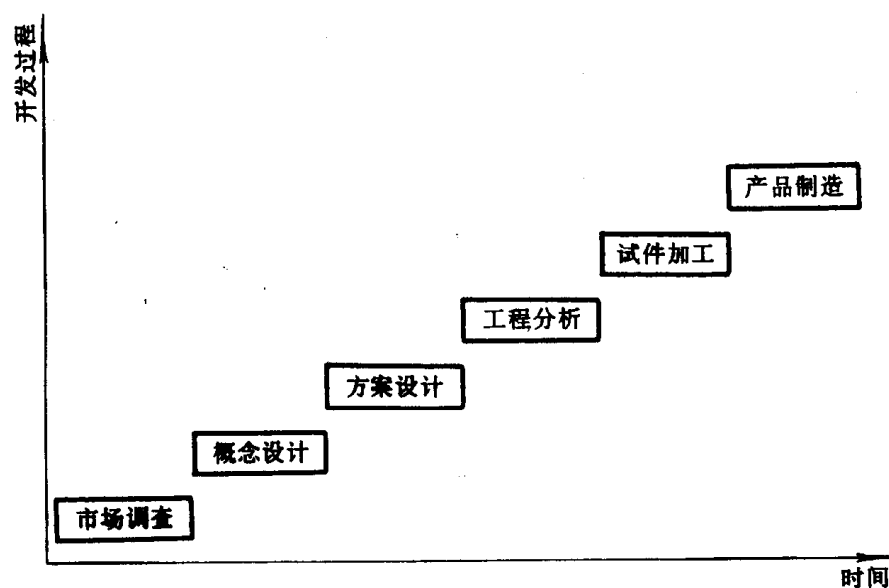


图 7-46 传统的新产品开发过程

(2)系统结构。INFORMATION MANAGER 是用 C++ 语言写的,支持 SQL、INFS、TCP/TP、OSF/MOTIF。系统分四个层次:系统软件、核心模块、应用功能、用户界面。其中,系统软件指关系型数据库管理系统;核心模块包括两个部分:POM 是一个用 C++ 和 SQL 写成的工具层;应用功能在需要访问数据库时,并不直接与关系型数据库管理系统发生关系,而是“委托”POM 处理;CM/MV 是多版本动态非精确产品结构管理。ITK 工具集向用户开放核心层。

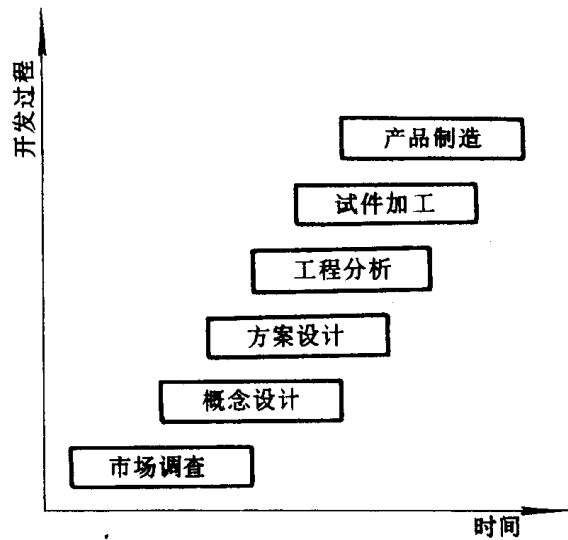


图 7-47 同步工程环境中新产品开发过程

INFORMATION MANAGER 是面向目标的。数据项、数据类型及生成这种数据项的工具组成一个数据集(DATASET)。一个复杂的产品可能包含多种数据集,根据相关性原则,数据集组成文柜(ITEM FOLDER)。文柜应理解为关系型数据库中相关数据项的访问路径的集合,是两层八个子项的结构。图 7-48 所示为 INFORMATION MANAGER 系统结构。

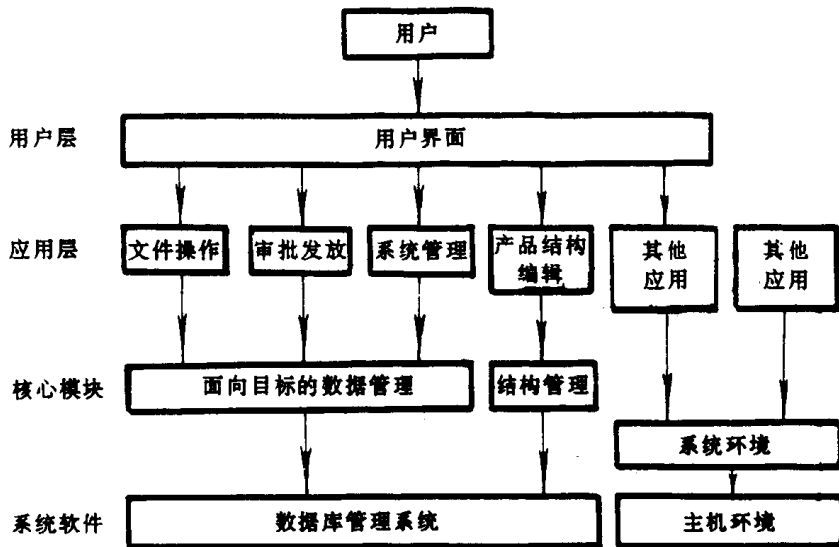


图 7-48 INFORMATION MANAGER 系统结构

(3) 产品结构管理(PSE)。产品结构用树形关系描述,顶层是产品(PART);底层是零件(COMPONENT),按照最小制造单元划分,只有一个层次;构层(STRUCTURE)则根据产品的复杂性可有多个层次。在产品的研制过程中,每个技术人员都处在这棵树的规规定位置,通过关系型数据库管理系统,实现协同工作,共享信息。

PSE 以动态非精确方法管理产品结构。在产品的研制过程中,由于不断修改设计,每个零件都可能多个版本;系列产品的零件也可能由多种材料制造。但作为一个产品,结构关系是不变的。如果以静态、精确方法记录每个版本,每种材质的产品结构,数量众多且

无相关性。动态非精确方法可以在统一表达的基础上,通过控制查询属性,实现灵活方便的管理。动态非精确产品结构管理是一项新技术。当我们规定了某种材料的使用期限(如MRP I系统中规定,7月1日起材料由钢材改为铝材),那么管理人员在不同时间打印报表时,材料属性的变化将自动反映出来。

每个技术人员都可以在产品总体结构的基础上,以新的方式定义与自己工作相关部分产品结构,对总体结构和其他任何人均无影响。按照授权原则,每个技术人员都可调用、查询,甚至修改他人已完成或正在进行的设计。例如:一副模具的上下模分属甲、乙两个人设计,两人协调工作对保证产品的可装配性十分重要。在INFORMATION MANAGER环境中,设计下模的乙可以授权甲来定主结构中有关尺寸(如导板与导柱尺寸,上下模边界尺寸等),自己专注于下模其他部位的设计。甲可以将乙正在设计的图形按照结构关系调入自己的图形中进行模拟装配,修改结果会自动记录到这副模具相关的数据项中,并在乙的图形上反映出来。

(4)审批管理。审批管理有APPROVAL和ATHORIZE两个层次,它们之间是先后关系。同级审批的所有授权审批人员可以同时收到提交审批的报告,同时审阅任何一份相关文件,知道他人的审批意见。审批人对审批报告的意见可及时送达提交审批报告人。

当一个设计提交审批时,其版本冻结。审批通过后,自动转入电子资料室,此时任何人只能查询无权修改。

第八章 计算机集成制造系统

随着现代科学技术的发展,计算机的应用已逐步走向集成化,特别是在制造业中发展更快,提出了集成制造的概念,并已开始付诸实践。目前,在国外已有厂家(如西德的 MBB 公司,英国的罗·罗公司等)采用集成制造系统,汽车模具行业也紧随其后,提出了规划并在逐步实施中。在我国,已有数家重点试验工厂开展实施计算机集成制造系统。汽车行业中,已有汽车厂家正着手进行这方面的工作,开展实施汽车车身设计、模具设计和制造的计算机集成系统。

目前,由于计算机集成制造系统(CIMS)发展还不完善,特别是在我国还处在刚起步阶段,但它是我国制造业,包括汽车覆盖件模具制造业的发展方向,因而本章对其基本原理及组成作一简单介绍。

§ 8-1 计算机集成制造系统的组成

一、计算机集成制造系统的基本概念

所谓计算机集成制造(简称 CIM),是一种概念,一种哲理,它指出了制造业应用计算机技术的更高阶段,即在制造业中,将从市场分析、经营决策、产品设计、经过制造各环节,最后到销售服务,包括原材料、生产和库存管理、财务资源管理等全部运转活动,在一种全局集成规划指导下,逐步实现计算机化,以实现更短的设计生产周期,改善企业经营管理,适应市场的迅速变化,获得更大的经济效益。图 8-1 所示为 CIM 的概念。

计算机集成制造系统是指在上述 CIM 思想指导下,以公共数据库和网络通信为核心,逐步实现企业全过程计算机化的多视图(功能、信息、资源、组织)、多层次的综合系统,它是未来企业发展的模式,而它本身又是一种进程,对其组成有不同的分类和命名。

CIMS 的一般概念模式如图 8-2 所示。

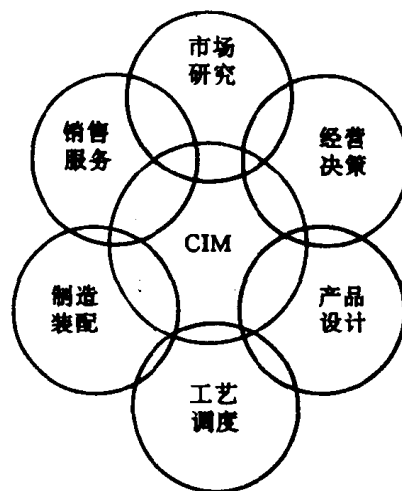


图 8-1 CIM 的概念

二、计算机集成制造系统的组成

1. 内部环节

从图 8-2 可看出,CIMS 是一个闭环反馈系统,它是以产品需求和产品概念为输入,以

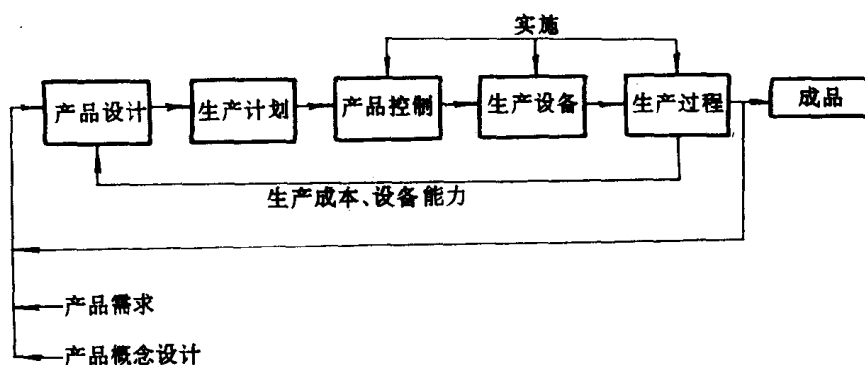


图 8-2 CIMS 的概念模式

成品为输出,在其内部由五个环节组成。各个环节在 CIMS 中的作用及相互关系如下。

(1)产品设计。其作用是根据需求,建立目标产品的原始数据库。在 CIMS 中,产品设计是根据产品需求和产品概念,通过模拟和计算机辅助设计来完成的。在产品设计过程中,设计会受实际生产成本和生产设备能力的约束。

(2)生产计划。接受产品设计提供的数据库,并用生产数据和信息充实它,从而制定出生产该产品的计划。在 CIMS 中,为了能制定一个最优计划,其制定过程会受成本和已有设备能力的约束。

(3)生产控制。用生产设备和工艺的有关加工数据和信息,进一步充实数据库,根据生产计划,控制产品的生产活动。在 CIMS 中,生产控制需要对生产活动进行模拟和计算机辅助调度。生产控制应包括在线动态调度和实时控制,以保证生产的连续性、最优化。

(4)生产设备。用设备和工艺数据进一步充实数据库,执行生产工艺。在 CIMS 中,设备包括:CNC 机床,柔性制造系统或单元(FMS/FMC),机器人,柔性自动物料处理系统等。

(5)生产过程。通过生产设备,执行生产工艺,生产出产品,它是在设备和总体集成数据库的指导下完成的。生产过程包括物料投运,材料成型,或材料组合(如联结,装配等),以及质量控制等。

2. 分集成系统

CIMS 作为贯穿全局的一个大系统,根据其内部分工不同,可将其分为以下几个分支系统。

(1)工程信息分集成系统(CAD/CAM)。在该系统中,主要进行产品的设计,工艺计划的制定和加工程序的编制。它包括以下几部分内容。

- 1)计算机辅助设计(CAD)。
- 2)计算机辅助分析(CAE)。
- 3)计算机辅助制造(CAM)。
- 4)计算机辅助工艺计划(CAPP)。
- 5)工艺计划、工艺规程管理。
- 6)成组技术(GT)。

(2)管理信息分集成系统(MIS)。该系统主要进行各种资源管理,它包括以下几部分内容。

- 1)物料管理(MM)。
- 2)生产管理(PM)。

- 3) 人力管理(LM)。
- 4) 财务管理(FM)。
- 5) 经营管理(BM)。
- 6) 质量管理(QM)。

(3) 制造分集成系统。该分系统是在计算机的控制下,实现对产品的加工。

除了以上三个 CIMS 的应用分集成系统之外,CIMS 还包括数据库和网络分集成系统,以支持从造型,概念设计,产品设计,工艺计划,制造到销售的全面集成。

§ 8-2 CIMS 的生产过程和信息构成

一、生产过程构成

在 CIMS 中,整个生产活动主要由以下三个过程构成。

1. 产品开发

产品开发是指从产品概念到工艺计划的过程,包括产品设计、开发、加工工艺制定等。在产品开发过程中所产生的资料包括:产品图、子装图、总装图、零件图、物料清单及技术说明书等。工程技术人员把这些工程图、零部件清单及说明书作为设计和开发工艺过程的基础。

2. 物料传递

物料传递是指从供应到成品交付的过程。供应根据定单,提供原材料、半成品、子装件等。车间接收这些物品,在其内部进行加工,生产出产品。在从接收到交付的各个阶段,都有可能对产品进行检验。

3. 生产计划和控制

在生产过程中,根据目前的生产情况,要生产哪些产品,哪些零件先加工,哪些工序应放在前面,怎样保证设备的高利用率,怎样保证加工部门能在正确的时间获得正确零件的准确供给,这些问题构成了生产中的主要问题。对这些问题的解决就需要对整个工厂有一个全局的了解,从而设计了全局生产计划和控制系统。该系统依赖于设计、开发、工艺、计划部门的信息,并要通过上述产品设计和物料传递反映经营计划。

二、信息构成

在 CIMS 中,上述各过程之间及其各内部都存在大量的信息交流,把这些信息加入,就得到如图 8-3 所示的 CIMS 信息流模型。

为了说明各种信息的传递使用,表 8-1 列出了信息的产生和使用部门。

表 8-1 CIMS 的信息产生和使用部门

产生部门	信息	使用部门
设计	产品结构	开发 工艺计划 主生产计划 物料计划 加工 采购 技术出版 销售

(续)

工艺计划	工艺规程	主生产计划
采购	采购单	物料计划 能力计划 加工
主生产计划	主生产日程	采购 加工 销售
销售	用户定单	主生产计划 物料计划 能力计划 采购
加工	操作细节	物料计划 能力计划 销售

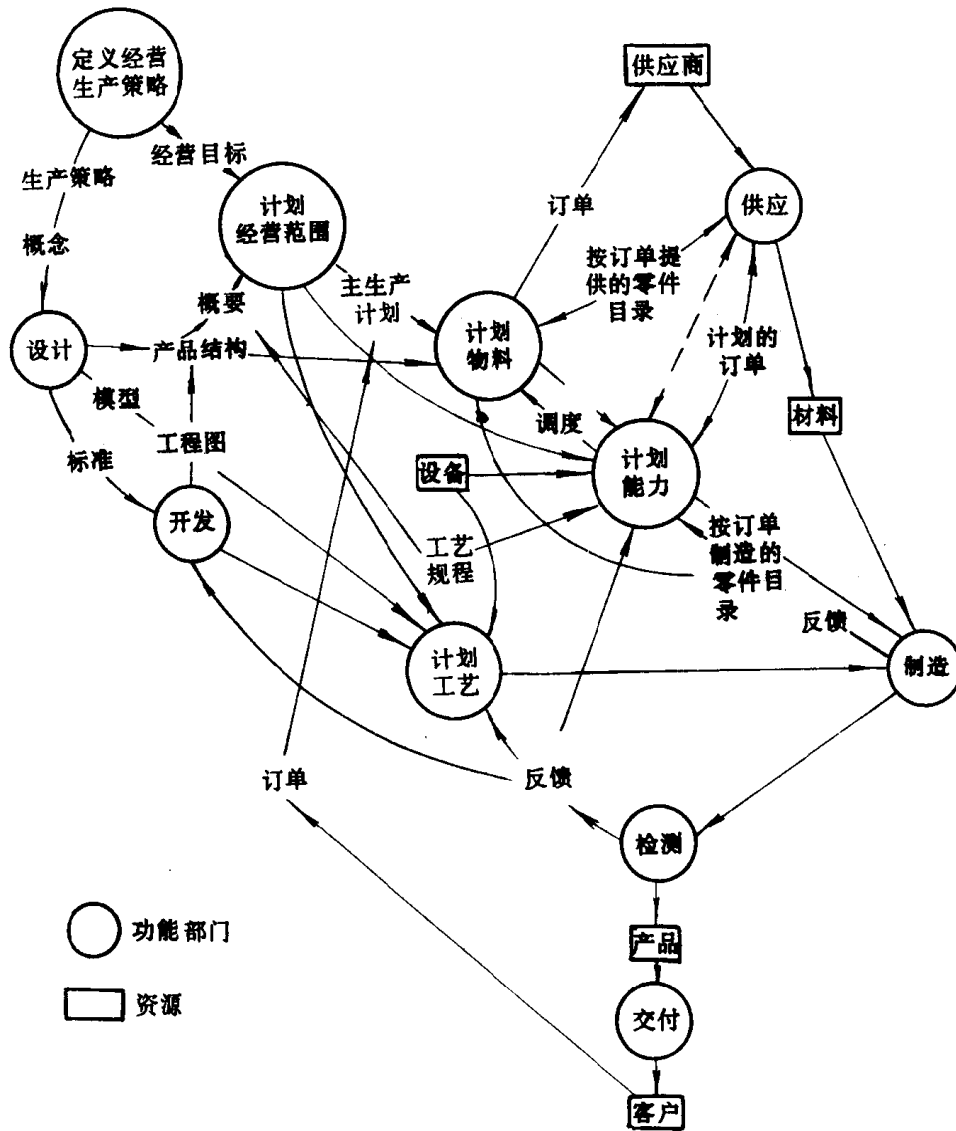


图 8-3 CIMS 信息流模型

§ 8-3 CIMS 的控制结构和支持环境

一、CIMS 的多递阶控制结构

CIMS 的控制结构根据企业的组织结构而定,一个企业的典型组织结构包括厂级、车间级和单元级三级管理机构。厂级确定作为工厂活动范围的各种参数和生产目标;车间级针对车间的生产协调,即生产管理;单元级则是针对工段和单台机床的作业,即车间现场生产的要求。因而 CIMS 的计算机控制结构也采用分级的多递阶结构,如图 8-4 所示。它由高度结构化的数据库相结合的多层次结构所支持,每一层的计算机负责一相关的管理层,计算机体系可由两层或多层组成,每一层又可是一小的相对独立体系。

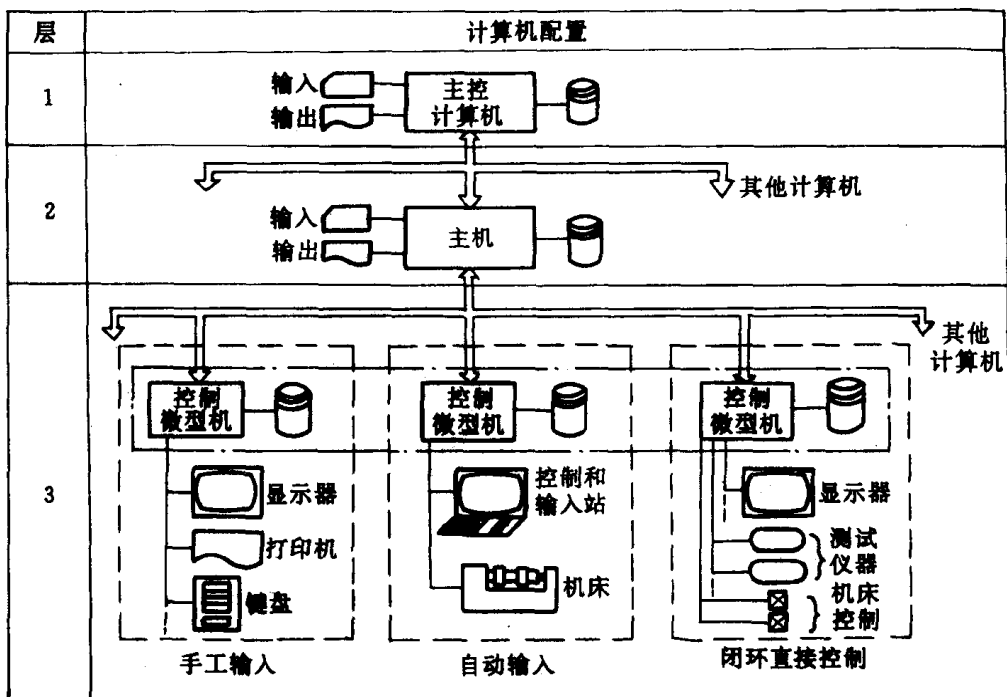


图 8-4 CIMS 的计算机控制结构

顶层支持处理数据的信息管理活动。预测、市场、生产调度和操作管理组成了顶层的子系统。从该层出发,有本厂与其他厂的横向信息交流,有到本地生产控制层的纵向信息交流。中间层负责本地车间监测,车间协调,周生产工艺,组装和质量控制,以及对下级控制层的监控等。生产数据和资源状态信息用于该层。辅助生产决策,通过高速串行数据链,实现与相邻控制区的平行通信,与低层和高层的纵向通信。最低层由控制操作的模块组成,它包括特定的机床控制系统。

二、网络支持系统

在 CIMS 中,各应用子系统之间及其内部都存在大量的信息交流,而各子系统 and 加工

设备,在物理上分布在不同的地点,这就需要通过计算机网络,将各个子系统和加工设备联起来,实现物理集成。使用信息管理系统,为整个网络上的信息交换和处理,实施统一管理。因此,可以说网络系统是物理集成和信息集成的基础,是递阶控制制造系统的有效性和柔性的必要保证。

计算机网络从其通信范围来看,可将其分为两类:局域网(LAN)和广域网(WAN)。局域网适用于房间、建筑物,其通信范围在 10km 以内;而广域网则适用于城市、国家、洲际等大范围通信。从结构来分,又可分为以下几类:星形结构、开放总线结构和环网结构,如图 8-5 所示。

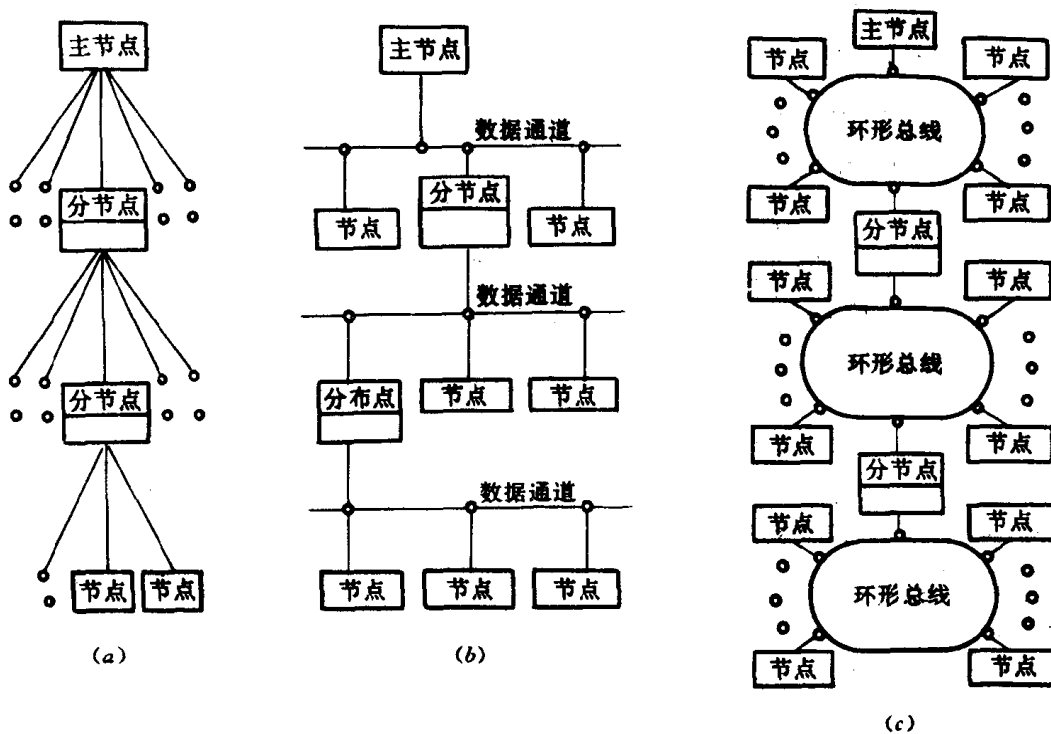


图 8-5 网络结构
(a)星型;(b)开放总线型;(c)环型。

对于网络与网络之间的联接,一般采用接口板(LINK CARD)、中继器(REPEATER)、桥路器(BRIDGER)、路由器(ROUTER)。为了解决网上各计算机之间的通信,还必须采用标准的网络协议,目前通常采用的是 TCP/IP,随着发展以后会逐步向 TOP/MAP 过渡,图 8-6 所示为某汽车模具分厂规划的 CIMS 网络体系结构,整个网络系统是由环形网和总线网组成的多级网络结构。

在网络结构中,工厂下属技术中心和冲模厂的令牌环网(IEEE802.5)与总厂环网(IEEE802.5)相联,总厂主干网采用 IBM4381-R92 作为网络服务器,两个局域网以 RS/6000 作为网络服务器。

第一级总线网联接车身 CAD、模具 CAD 和 CAM 子系统的工作站。第一级总线网(IEEE802.3)采用 SPARC SEVER 680MP 作为网络服务器。

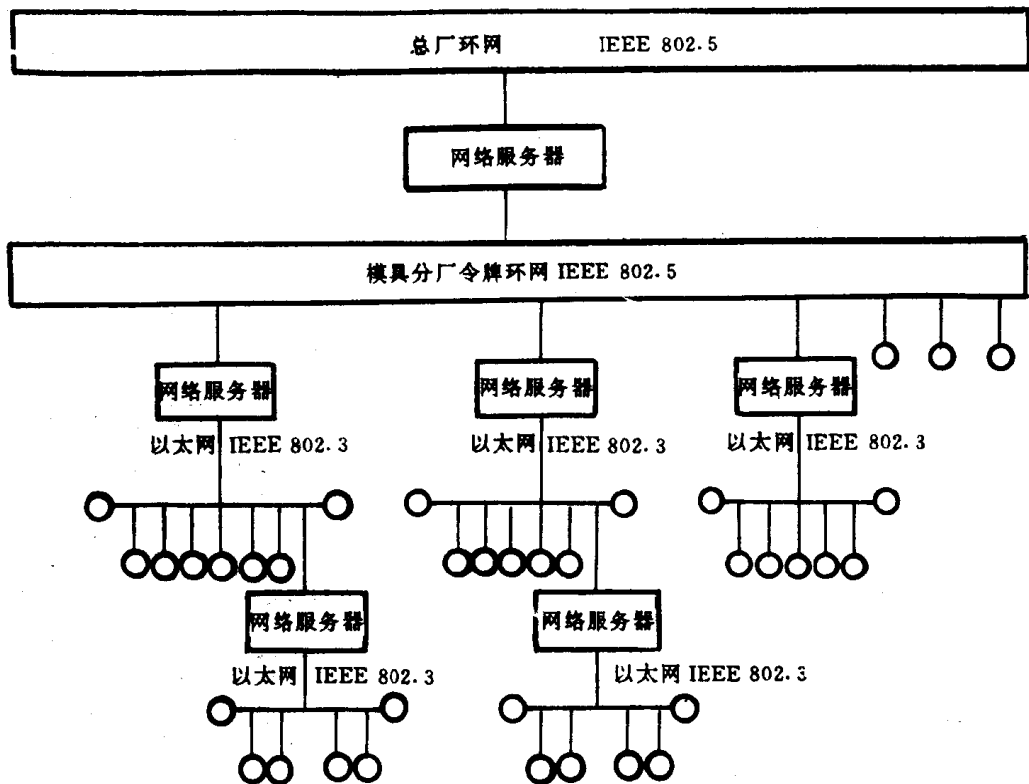


图 8-6 网络体系结构

第二级总线网(IEEE802·3)以 COMPAQ486 作为网络服务器,与第一级总线网互联。模具 CAPP 子系统所用的计算机联在第二级总线上。第二级总线还用于加工设备的联网,实现 DNC(直接数字控制)。

网络协议采用 TCP/IP。

三、数据库支持系统

CIMS 要实现产品设计、制造、经营管理和质量控制的一体化,信息的综合管理是这种集成的基础。CIMS 数据库支持系统的任务,就是为 CIMS 各分集成系统(CAD/CAM、MIS FMS)提供一个集成的环境,并保证数据的一致性和安全性。数据库系统(DBS)必须在 CIMS 网络系统的支持下实现。

数据库是管理大量的持久的共享数据的工具,有两种分类方法,按数据类型有层次型、网状型和关系型;按数据的存储位置有集中式数据库和分布式数据库,对分布式数据库又可有同构和异构之分。

在 CIMS 中,各应用子系统的信息流程如图 8-7 所示。

从图上可以看出,数据库系统所要处理的数据包括图、文、数、表和 NC 代码,涉及结构化、半结构化和非结构化的数据类型。目前,由于工程数据库管理系统尚不成熟,故一般采用异构分布式数据库系统,即采用 CAD/CAM 系统的功能管理图和 NC 代码等非结构化数据,采用 ORACLE 或 SYBASE 等比较成熟的数据库管理系统管理结构化数据。

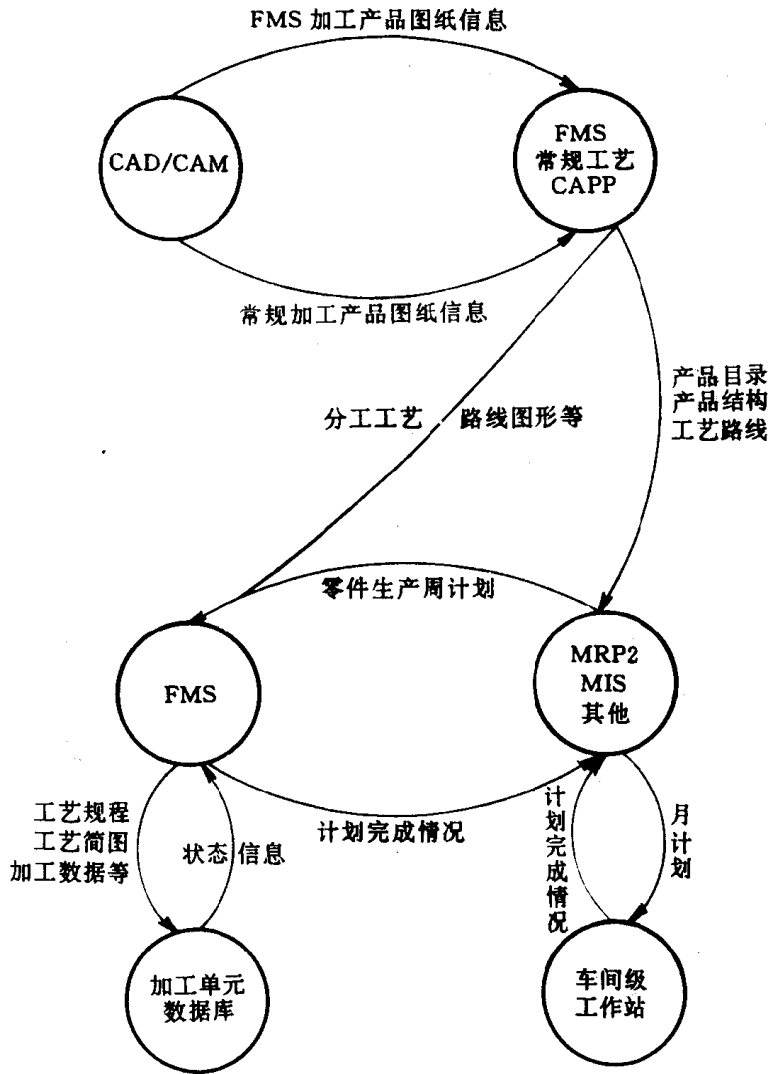


图 8-7 CIMS 各应用分集成系统之间的信息流程

§ 8-4 工程信息分系统

一、系统功能

工程信息分系统(CAD/CAM)是 CIMS 几个分系统中的一个工程应用分集成系统,是 CIMS 的基础和工程技术信息的核心。本系统不仅要实现制造工程内部计算机辅助设计、工程分析、工艺过程设计、工装设计、产品制造的信息集成,而且要在计算机网络和数据库系统的支持下,向 MIS、FMS 提供工艺制造质量和 技术管理信息,实现与这些分集成系统的集成。

本系统的功能包括:完成产品的设计,完成零件的工艺过程设计,完成零件加工的数控编程等。这些功能分别由以下几个子系统完成。

1. 计算机辅助设计/分析子系统(CAD/CAE)

该系统经过设计、分析、再设计的有限次迭代,设计出最佳的产品,完成产品的设计工作。

2. 成组(GT)编码子系统

该子系统完成零件的 GT 编码,同时还应是一个开放式的系统,它包括工艺、管理、质量、供应等部门,并通过数据库与其他子系统集成。

3. 计算机辅助工艺计划子系统(CAPP)

该子系统完成零件的加工工艺过程设计,输出加工工艺规程和工艺信息,系统还包括材料定额和工装设计。CAPP 的系统总体结构如图 8-8 所示。

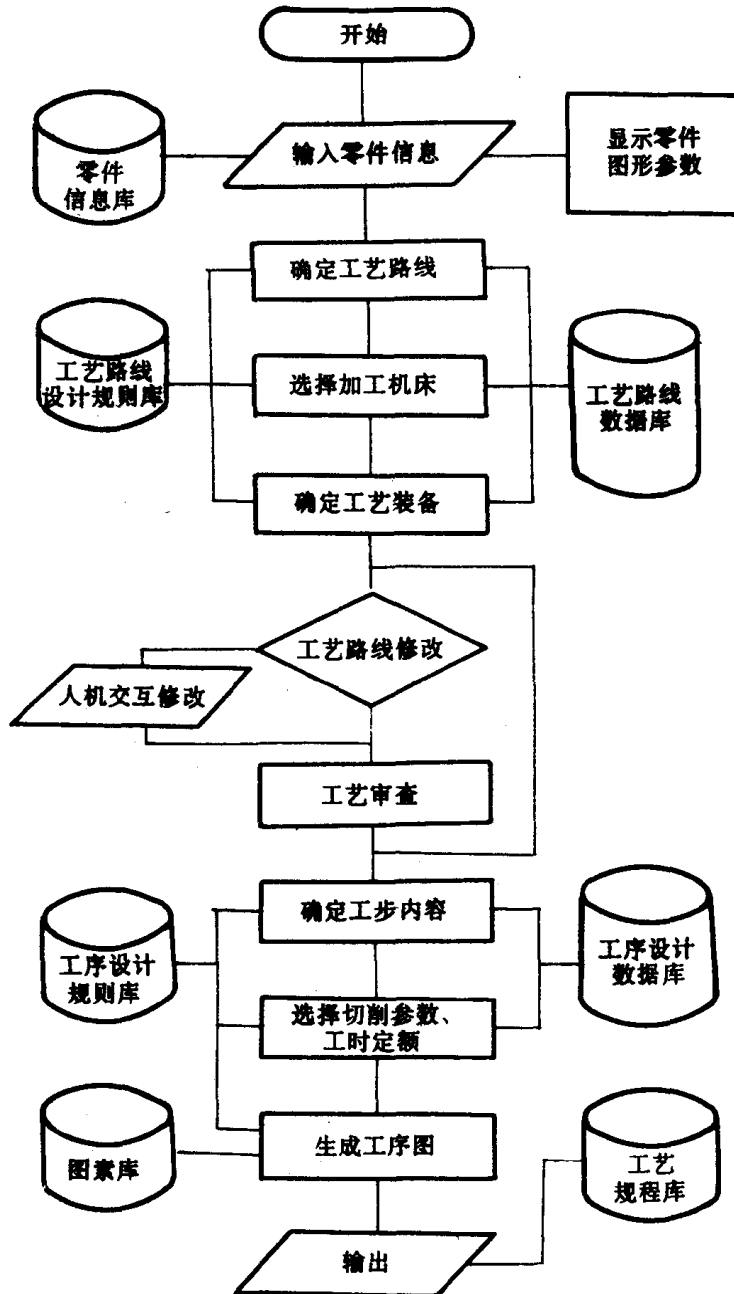


图 8-8 CAPP 系统总体结构图

4. 计算机辅助编程子系统(CAM)

该子系统完成零件的数控编程、刀具仿真以及数控加工后置处理,产生刀位轨迹和数控加工指令。CAM 的系统模式如图 8-9 所示。

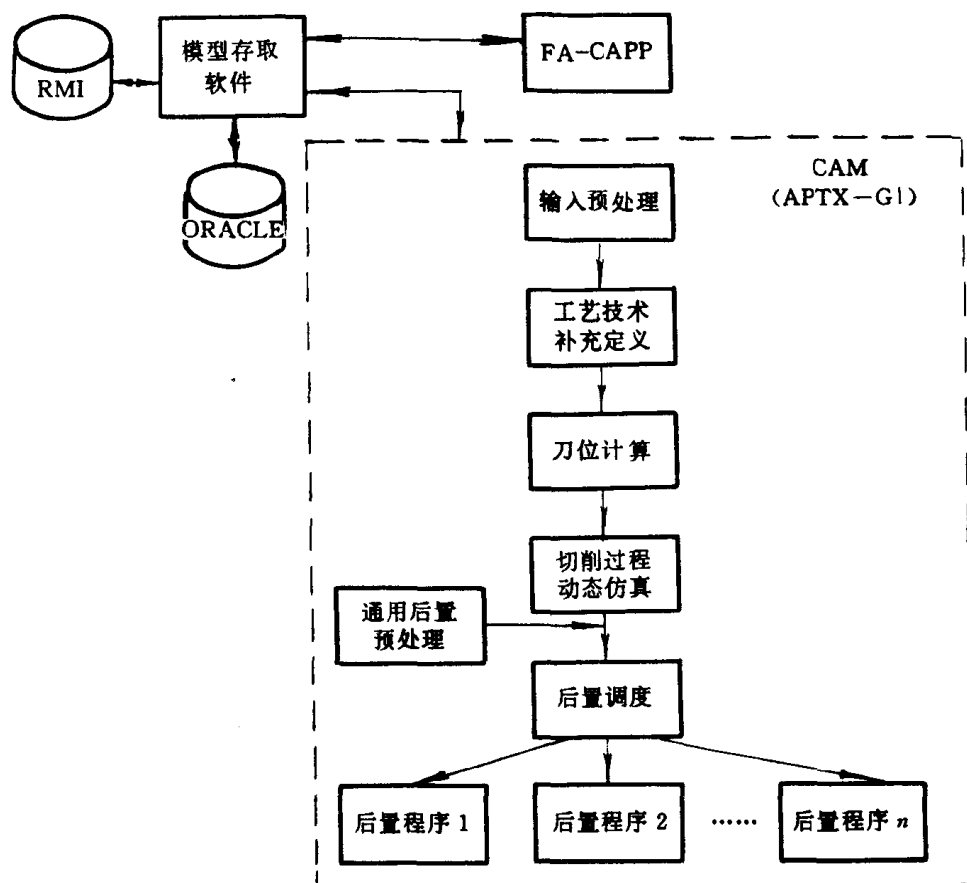


图 8-9 CAM 系统模式

二、CAD/CAM 集成系统的输入输出信息

1. 主要输入信息

- (1) 人机交互信息。设计原始数据及文件。
- (2) 设计管理反馈信息。产品目录、零件细目表、常规设计产品图纸、材料定额明细表等。
- (3) 制造管理反馈信息。工艺总方案、工艺交互状态表、工装品种表、工装定货单、非 CAPP 产生的工装品种表、非 CAPP 产生的装配顺序图表、外购件清单。
- (4) 要求更改程序的信息。设备更改通知单、刀具更改通知单、工序超差通知单、试切程序信息反馈。

2. 主要输出信息

- (1) 加工信息。产品工艺规程、产品加工程序、刀具品种表、专用量具品种表、工装品种表。
- (2) 文件报表。工艺规程、专用刀具量具品种表、工装品种表、工装定货单等。
- (3) 设计与制造工艺信息。外形几何信息、零件图纸、技术要求、零件细目表、工艺计划表、GT 编码。
- (4) 产品工艺信息。产品工艺计划、产品工艺规程、工艺合格证、工装目录及定检目录。
- (5) 产品质量要求信息。产品图纸及工艺规程、产品工艺计划及产品选用标准。

三、CAD/CAM 系统的内部外部接口

1. 工程信息分集成系统的内部接口

CAD/CAM 系统由几个功能独立、输入输出信息互相关联的子系统组成,它们依照一定的时序,协调运行完成各自的功能,共同构成集成的整体。其内部接口如下:

CAD/CAE 子系统通过人机交互方式获得必要的设计输入信息,产生出 CAD 设计信息。

来自 CAD 的产品设计信息和来自设计信息管理系统的产品目录、图纸进入 GT 编码子系统,对零件进行编码,输出 GT 编码。

CAPP 子系统接收零件 GT 编码、来自信息管理系统的工程信息和 CAD 的产品设计信息,作出工艺计划,得出分工和材料定额等工艺计划表,完成工艺过程设计,产生工艺规程,提出工装定货要求。

CAM 子系统在 CAPP 产生出 NC 工序设计指示信息后,依照 CAD 产生的产品设计信息,进行自动编程,产生出产品加工程序。

2. 外部接口

CAD/CAM 系统在数据库和网络的支持下,与 FMS、MIS 进行数据信息的交流,共同完成全局的集成。

CAD/CAM 向 MIS 系统提供的信息有:GT 编码,工艺分工表,CAD 产生的产品结构图,CAPP 产生的工艺规程、工装品种表、工艺合格证、装配合格证、材料定额等。

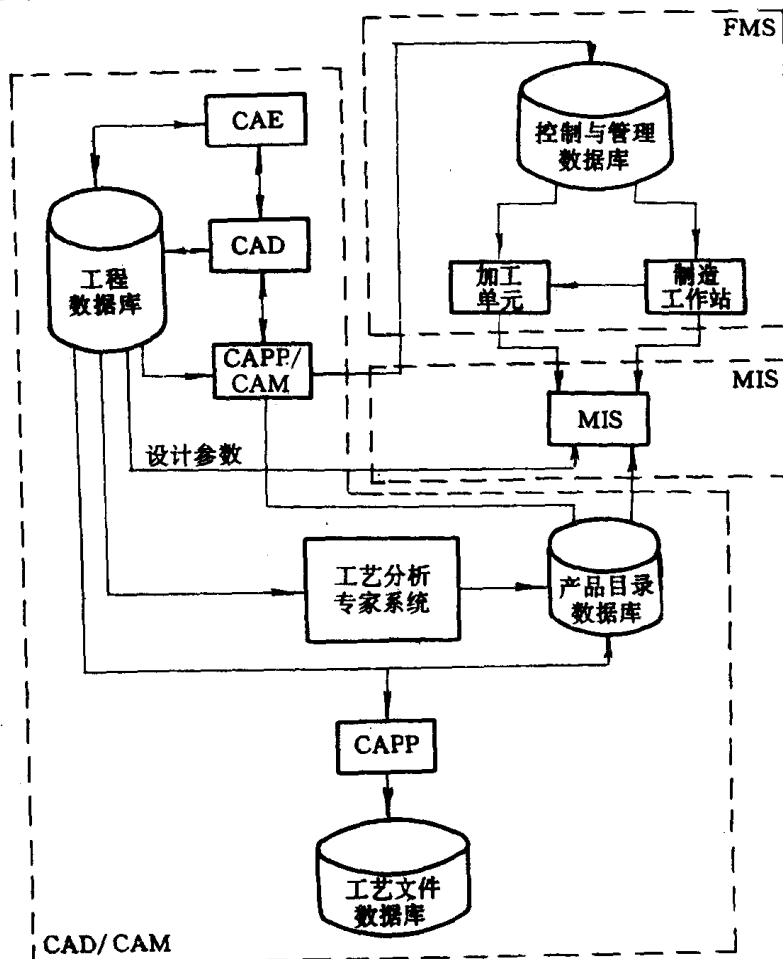


图 8-10 CAD/CAM 系统与其他模块的关系

CAD/CAM 系统向 FMS 系统提供的信息有: CAPP 产生的工艺规程、刀具、夹具和量具清单, 刀位轨迹文件, 数控加工指令(NC 代码), 切削加工时间。

CAD/CAM 内外部接口关系如图 8-10 所示。

§ 8-5 管理信息系统

一、管理信息系统的组成

管理信息系统(MIS)是 CIMS 的核心内容,是把 CAD/CAM、CAE、FMS 及 CAPP 等技术联系起来进行信息集成的桥梁,它是由人与计算机组成,能进行信息的收集、传递、存储、加工、维护和使用。

1. 系统的功能

- (1)能实时了解和掌握运行情况。
- (2)利用数据预测未来。
- (3)从全局出发,辅助领导进行决策。
- (4)利用信息控制企业的计划。
- (5)帮助企业实现经营目标。

2. 管理的重点

- (1)对资源的管理。包括人、财、物。
- (2)对制造过程的物流的管理。
- (3)效益核算。包括成本和销售利润。

3. 系统的组成

CIMS/MIS 是一个集成化的信息管理系统,其集成的范围将覆盖整个企业的业务活动,要管理的信息非常多,可根据其内部分工,将 MIS 系统分解为多个小系统如下。

(1)物料管理系统(MM)。包括材料消耗定额,材料供应计划,物料供应统计分析,采购,库存。

(2)生产管理系统(PM)。包括生产作业计划编制,生产准备计划编制,主生产作业计划控制,生产设备能力,车间工时能力。

(3)质量管理系统(QM)。包括质量法规,质量检验规程,器材质量,生产过程质量控制, FMS 的检测与质量控制自动化,标准化信息,质量报表。

(4)财务管理系统(FM)。包括财务、工资、财务资金,产品销售,资产及专用资金,价格会计报表,合同,成本,内部银行,财务成本及预测分析。

(5)人力资源管理系统(LM)。包括人事、劳资、培训教育,人员健康档案及有害工种。

(6)经营管理系统(BM)。包括生产经营状态信息,经管计划,合同,订货与顾客服务,总经理办公系统,经营决策支持系统,市场规划。

MIS 系统功能模块如图 8-11 所示。

二、物料管理和生产管理

1. 物料管理系统(MM)

物料管理是指从原材料进厂到成品出厂全过程中各种物料流的管理。其管理的数据

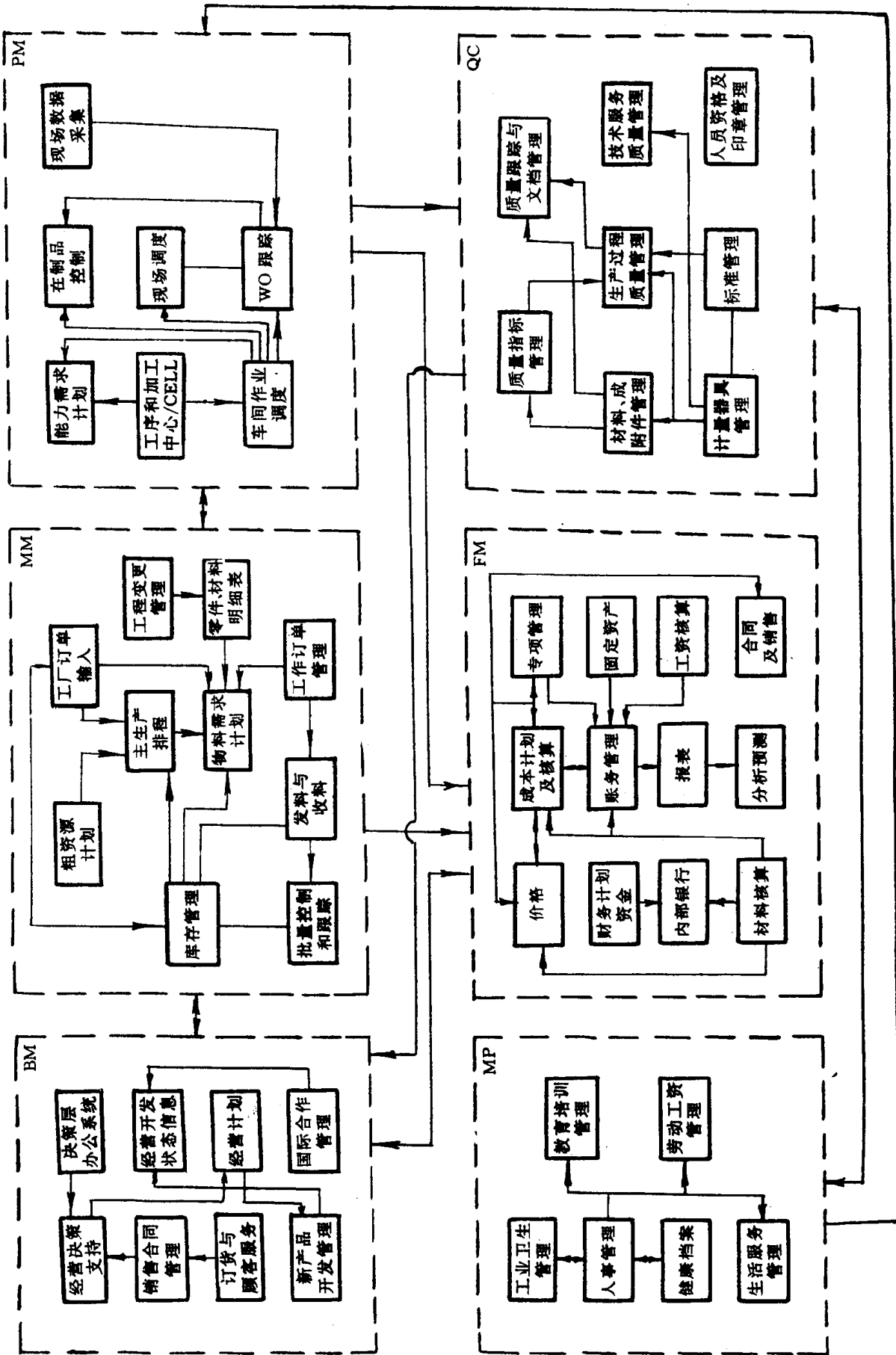


图 8-11 CIMS/MIS 功能模块图

主要有：主生产排程，物料需求计划，加工定单，物料库存及备料与发放等。

物料管理系统已有比较成熟的软件，图 8-12 所示为 HP 公司开发的 MRP-Ⅰ 系统下的应用软件 HP MM/3000 物料管理软件。该软件用于企业物料计划和控制，它包括以下 11 个功能模块。

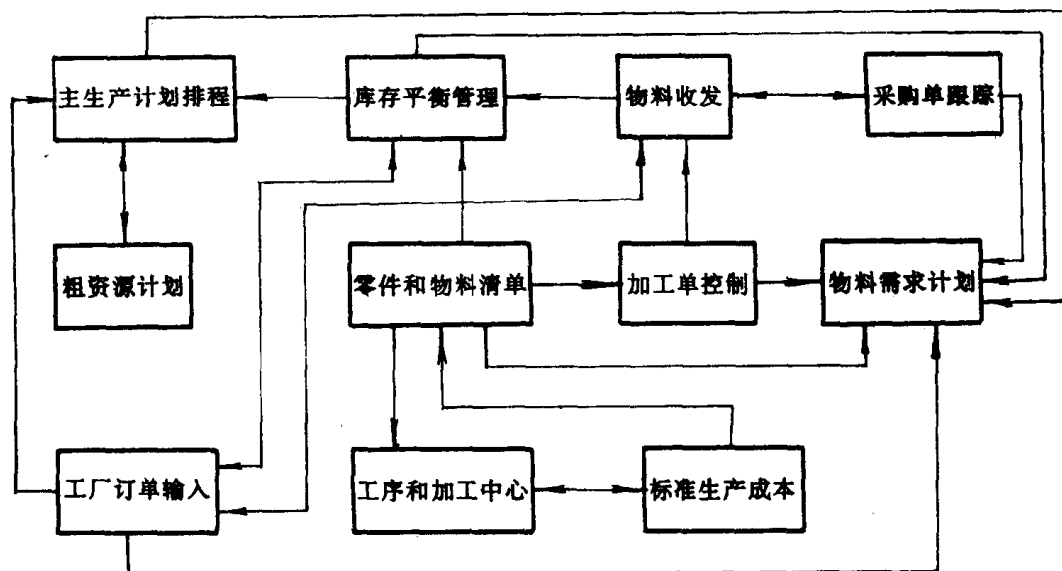


图 8-12 HP MM/3000 物料管理软件

(1) 工厂订单输入模块。用来输入和维护由用户生成的工厂订单，并管理工厂订单的发运。

(2) 主生产计划排程模块。是一种管理计划和产生计划的工具，有助于管理发运计划、已接订单、需求预测、成品库存及产品的综合操作。

(3) 粗资源计划模块。分析生产设备执行主生产计划的能力，它允许管理部门去检查所建议的计划在每个零件定义的关键资源上的冲突情况，其结果可反映出该计划的可行程度。

(4) 物料需求计划。是用于生产操作的优先计划技术，用以帮助优化物料控制。

(5) 零件和物料清单模块。包含了制造商的物料系统中每个零件的基本资料，这些数据包括描述和计划数据，物料清单，标准成品件数据及有关的工程更改数据等。

(6) 物料收发模块。用来控制仓库库存物流，联机按库位执行仓库的保存和更新，自动维护仓库处理的检查记录。

(7) 库存平衡管理模块。用于维护仓库中每个零件的库存状态。库存状态信息包括库存数量、检查中数量和投放的数量。本模块还负责维护货物所在的实际仓库位置。

(8) 工序和加工中心模块。管理所有标准工序所需的数据。

(9) 加工单控制模块。维护已开出的加工单所需的数据，并监视加工单所需的预计发运数据。

(10) 采购单跟踪模块。管理那些从供应商处购来的物料和零件的预计入库期等信息。

(11) 标准生产成本模块。能够确定制造商的物料计划和控制系统中每个装配部件、总装件和最终产品等的当前总成本。

2. 生产管理系统(PM)

生产管理系统集成生产作业计划编制、生产准备计划编制、生产作业计划控制与管理、车间设备能力和车间工时能力管理等,实现跟踪工作的进程,分析生产计划进度,编制作业计划,管理生产定额计划等工作。该系统包括以下模块。

(1)能力需求计划模块。根据订单状况,工艺规程,设备信息等预先确定设备的负荷,保证设备的高利用率。

(2)车间作业调度模块。对整个车间生产活动进行协调和管理,制定和控制生产计划,保证生产的顺利进行。

(3)工序和加工单元(CELL)模块。

(4)(WO 加工单)跟踪模块。

(5)现场调度模块。

(6)在制品控制模块。

(7)现场数据采集模块。采集车间现场状态数据监察生产活动。

对于生产计划管理系统也有成熟的软件,如 MRP- I 的 PM 模块。目前,MRP- I 生产管理和物料管理模块,在我国已有厂家引进。

§ 8-6 制造系统

CIMS 制造子系统不仅是 CIMS 系统中信息流和物料流的结合点,而且是最终产生效益的聚集地,也是 CIMS 非常关键的组成环节。制造系统由加工中心、机床、清洗机、测量机、运输小车、立体仓库、多层次分布式控制(管理)计算机等设备以及相应支持软件组成。根据产品的工程信息和车间层的决策指令,在计算机网络及分布式数据库的支持下,完成零件的制造、质量控制和作业计划,进行制造系统与 CIMS 中的 CAD、CAPP、CAM、MIS 软件信息的集成,以达到优质、短周期、低成本制造出合格产品的最终目的。

在 CIMS 中,为了加快产品的更新换代,提高质量和生产效率,合理利用资源,在制造子系统中采用了柔性制造技术,但迄今为止,制造柔性还只能定性地加以分析,还没有科学的量化指标。因此,具有物料流或信息流自动化的、又能在一定程度上适应加工对象变换的制造系统都可称为柔性自动化。按照制造系统的规模、柔性和其他特征,柔性自动化具有多种形式:如柔性制造单元(FMC)、柔性制造系统(FMS)、独立制造孤岛(AMI)、柔性生产线和自动化工厂等。目前,我国已有 10 个 FMS 在运行,正在规划和建造的 FMS 大约还有 10 个左右。因此,以下着重介绍 CIMS 中的柔性制造系统(FMS)。

一、FMS 的概念和组成

1. 概念

关于什么是 FMS,目前尚无统一的定义。一些国家,甚至有的公司对柔性制造系统给出了不同的描述,但概括起来都具有以下的共性:即 FMS 是一个计算机化的制造系统,它能在人的最少干预下,生产一定范围内的产品簇。该系统常用于有效加工中小批量的产品,以不同批量或混合方式加工。系统的柔性一般受系统设计时考虑的产品簇的限制,该系统含有调度生产的物料传输的功能。

FMS 的重要特性是将机床、输送装置和控制装置结合起来,以便得到最大的机床利用率和提高生产率,而又保持柔性。采用 FMS 的效益表现在以下几个方面。

- (1)降低单件产品的生产费用。
- (2)减少加工中半成品和成品的库存。
- (3)改善设备利用率。
- (4)缩短产品研制与生产时间。
- (5)易于迅速调整产品结构。
- (6)减少生产占地面积。
- (7)保持一致的产品质量。
- (8)改善企业的形象和可信程度。

2. FMS 的组成

FMS 主要由以下三部分组成。

- (1)标准的数控(NC)机床。
- (2)一个在机床和装夹工位之间运送零件和刀具的输送网络。
- (3)一个协调机床、零件运输装置和零件的总体控制系统。

二、FMS 的基本结构

1. FMS 计算机控制系统

FMS 的计算机控制系统如图 8-13 所示,它主要包括三个方面:FMS 的计算机系统(其任务是协调各个设备和工作站的活动)、网络与数据库(其任务是连接 FMS 计算机和各工作站本身的活动)。

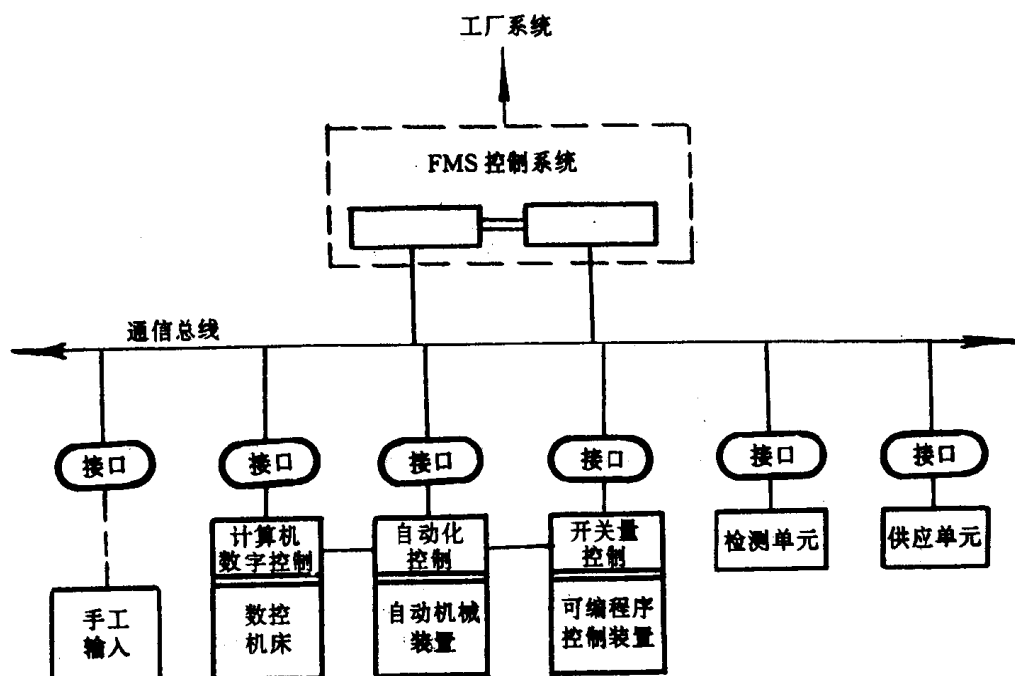


图 8-13 FMS 的计算机控制系统

FMS 计算机控制系统的基本功能。

(1) 向 FMS 内的各设备完成数据的发送。

(2) 协调 FMS 内设备的各种活动。通过协调使物料传输系统及时满足加工设备对被加工零件毛坯的需要,达到各设备尽可能高的利用率。

(3) 提供友好的人机界面。方便操作者对系统进行操作,监视控制和数据输入。

(4) 进行故障处理。在系统故障发生后使系统再启动和继续运行。

2. FMS 的机械系统

(1) 加工设备。用于把原材料转变为最终产品,包括机床(如加工中心、车床、磨床等)、焊接设备(包括机器人和其他辅助设备)、冲孔设备、装配站和锻造设备等。

(2) 传输设备。包括各种传输装置、自动导向车、有轨小车。

(3) 存储设备。包括装卸架、自动存储和检索、在线缓冲站及存储架等。

三、柔性制造系统的规划与监控

1. 规划实施 FMS 步骤

(1) 选择零件和机床。从现有备选的零件和机床中预选出那些具有适合于 FMS 特性的零件和机床,计算每个零件目前的制造费用,估算每个零件采用 FMS 时的制造费用,选择经济效益最好的那些零件和机床,进行投资分析,以便确定 FMS 是否是经济有效的方法。

(2) 设计不同的 FMS 总体方案。估计选定零件的加工工作量,对选定零件提出装夹方案,制造每种零件的详细加工计划,该计划要受 FMS 限定的刀具容量的约束。估计每种零件的生产需求,计算零件循环时间和刀具利用率,设计设备配置总体方案。对每种机床选择出售厂商的具体设备,对每种机床估计最少的机床(主轴)数,考虑车间和系统的效率,限定的刀具储存能力和所需的机床冗余度。对上述机床台数进行修正,加入需要的非加工工序如自动检测、物料运储系统等,提出设备配置的几种设计方案。

(3) 评审候选的 FMS 总体方案。模拟每种总体方案的运行情况,改进总体方案设计直到每种方案能满足性能要求为止,否则,该方案被淘汰。进行详细的投资分析、审查和评价柔性程度、精度等难以确定的指标,选择出最能满足投资和难以确定指标分析要求的总体方案。

(4) 进行 FMS 的具体实施。挑选和培训 FMS 的操作和维修人员,准备 FMS 场地,安装和调试设备,进行 FMS 验收试验。

(5) FMS 运行。安排零件加工进度,进行分批生产,将刀具和零件分配给各机床,平衡机床的负荷,在面临机床故障和零件要求改变的情况下,用决策支持系统使每日运行最佳。

2. FMS 的监控

在系统运行中,中断必然会发生。中断的原因有:机床故障,刀具故障,换刀警告,物料运储系统故障等。为了保证 FMS 的顺利运行,必须对整个系统进行适当的监测和诊断。

为了监视 FMS 的工作,在物料运储系统和机床控制装置内一般均配备了反馈传感器,无论什么时候检测到一个故障,都可以通知系统管理人员并可停止运行,使用诊断程序确定故障性质。

系统诊断的监测由主计算机或者一台单独计算机完成。第一种方案允许在计算机内直接存取数据,并使用计算机和系统其他部分之间的已有接口,收集任何附加的数据;第二种方案是根据需要,可允许监测系统在更大程度上不依赖 FMS 而独立工作,常常使用一个独立的计算机系统。因此,监测系统能检测 FMS 计算机的故障,尽管在故障期间可能丢失数据。

四、充分发挥 FMS 的效益

拥有 FMS,也决不等于能用好 FMS,在 CIMS 中,要发挥 FMS 的效益,必须抓住以下三大关键。

1. 创造一个发挥 FMS 潜力和效益的环境

首先要注意刀具、刀具预调仪和刀具管理,其次是要选择一个合适的 CAD/CAM 系统,第三是要注意 DNC 和程序管理。

2. 人员素质的提高

要选择一批优秀的人员,通过不同的培训,提高其素质和水平,实现一专多能,以便于推行小组化的工作方式。

3. 组织运行机制

生产组织和管理的改革,使其适合于 FMS 的应用。

§ 8-7 CIMS 的应用与发展

一、需求分析

CIMS 运用计算机集成技术实现企业全面的管理,为社会、企业带来了长远的经济效益,构成了对 CIMS 的需求。

1. 社会对 CIMS 的需求

在发达国家,采用 CIMS 的主要目的是通过计算机集成管理,降低制造成本,增加经济效益。虽然在发达国家中,制造业只占国民生产总值(GNP)的三分之一,而服务业占一半,但服务业并不创造原始的直接财富。从历史的观点看,在一个国家中,制造业创造的财富是其他行业(如服务业)创造财富的基础和源泉,它担负着三分之二的直接财富的创造活动。如美国,制造业占 GNP 的 21%,服务业占 66%,副业及建筑业占 13%,但正是由这只占 GNP 21%和 13%的制造业及副业带来真正的原始财富,这说明了制造业在国民生产中占有举足轻重的作用,它创造原始直接的财富,影响着人们生产水平的提高,就业的增加,总经济的增长。因而怎样减少成本,使制造业创造更多的财富,就成为社会的首要问题。而基于 CIMS 的自动化系统,在降低成本方面,有其独特的能力,从而促使了 CIMS 的发展和实现。

2. 企业对 CIMS 的需求

对企业来讲,CIMS 具有两个功能:首先,它能减少常规工厂中大量工时的浪费,其次,它能减少由于设备的利用率低而造成的巨大经济浪费。

通常分析常规工厂中平均单件生产花费的时间,可以发现仅有 5%的时间花费在机床上,而在这 5%中,又仅有 30%(或总时间的 1.5%)用于实际的加工,造成了大量的浪

费。对该问题的处理,主要是减少零部件在车间的闲置时间,也就是减少半成品部件及处于等待状态部件的存货量。从经济的观点着,在这些部件中的闲置资金,常常大到等于投资在该厂及其设备上的资金。而在 CIMS 中,通过计算机的全局管理,可大大减少这类存货,解放这类闲置资金。

另一个问题则是设备的利用率。通过分析发现,机床被实际操作的利用率为 30%,而在这 30%中,又有大约 50%的时间机床处于待料状态,因而其利用率只有 15%。实际上,由于设备很少 24 小时运转,其真实利用率可能小于 15%,这就表明投资于设备上的资金利用率只有 15%,造成了极大的浪费。而采用 CIMS 则可显著提高设备的利用率,使企业在相同的投资下,生产出更多的产品,创造更多的效益。

二、CIMS 的效益

信息集成可以使产品质量进一步改善,设备利用率提高,管理科学化(如库存控制中的“实时”概念)以及对制造新产品响应灵活。

在 CAD 和 CAE 之后不是只得到设计图纸,而且能进一步自动生成加工工艺路线,再进一步生成 NC 代码,这是 CAD 和 CAE 的局部集成;进而与柔性制造单元 FMS 相连,则 NC 代码便可在加工中心对毛坯进行加工(当然同时需完成相应的夹具选择及毛坯装卡),这是 CAD 与 FMC(或 FMS)的局部集成;在设计时能方便地调用工厂管理中的数据,尽量采用工厂已有的原材料或库存零部件,或同类的加工工艺(节省备用刀具、夹具),这是 CAD 与计算机辅助生产管理(CAPM)的局部集成。

美国工程科学院对在 CIMS 应用方面处于领先地位的麦道公司、通用汽车公司等 5 家公司进行了长期的调查与分析,认为采用 CIMS 会取得如下的效益:

- 工程设计成本降低 15%~30%;
- 产品设计至投产的总时间减少 30%~60%;
- 产品质量提高(废品率降低)2~5 倍;
- 生产率提高 40%~70%;
- 工程技术人员分析问题的广度深度增加 3~3.5 倍;
- 设备利用率提高 2~3 倍;
- 在制品减少 30%~60%;
- 人力费用减少 5%~20%。

三、发展与应用

1. 发展

CIMS 主要应用对象是离散型制造业(约占全部制造业的 50%),从技术上讲,实现 CIMS 的困难主要是信息集成。CIMS 工厂所遇到的数据类型是多种多样的,如图形数据、结构化数据(如关系数据等)及非图形、非结构化数据(NC 代码)。如何保证数据的一致性及对用户的透明性,尚待解决。异构网络的通信问题、系统技术与方法,系统的描述、分析及设计等问题也尚待研究解决。

以上问题除技术上的困难外,观念上、管理上的问题会引起现行体制的变革。

2. 应用

国外 CIMS 的应用与开发已有了一定的规模,图 8-14 所示为西德 MBB 公司的 CIMS,系统由设计、工艺计划、FMS 三部分组成。CIMS 系统和单台分离的 NC 机床加工相比,节省生产面积 42%,人力 52%,生产准备时间 26%,工装成本 30%,生产周期从 30 个月缩短到 16 个月。

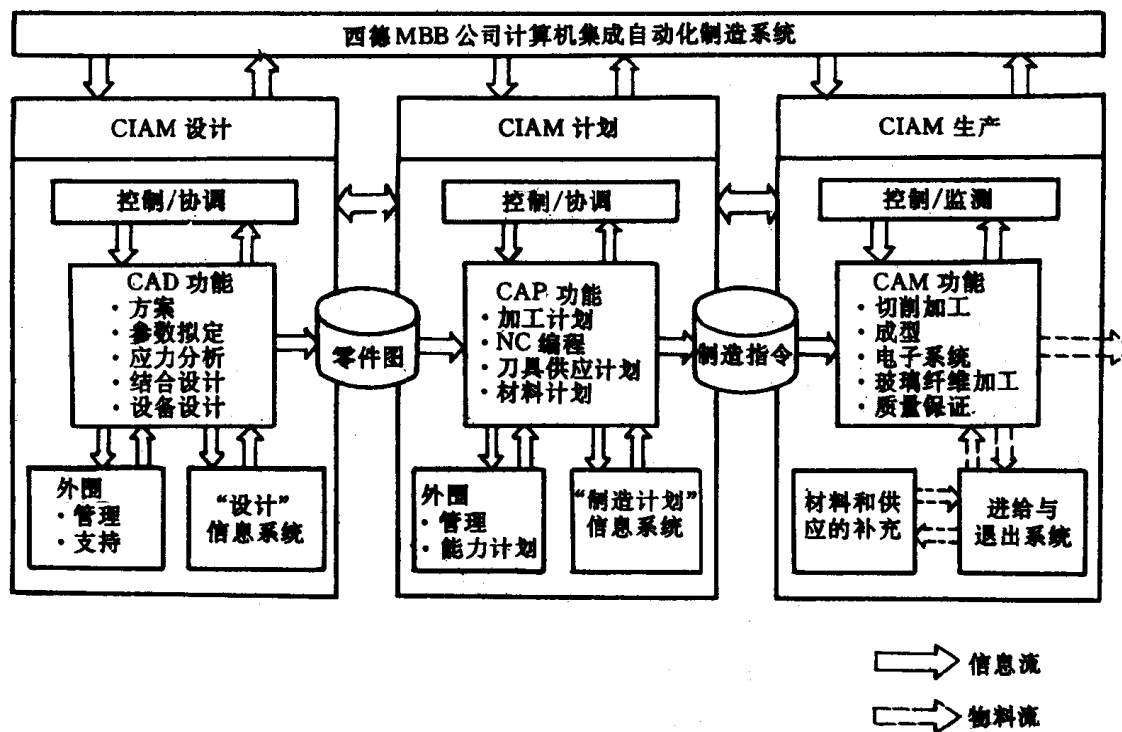


图 8-14 西德 MBB 公司的 CIMS

国内 CIMS 的应用最近几年来也得到了一定的发展。现已有数家 CIMS 重点试验工厂相继完成了 CIMS 可行性报告和初步设计,为 CIMS 在我国的应用打下了基础。

从发展的眼光来看,汽车模具行业引入 CIMS 技术,在几个重要高技术领域中,积极跟踪国际水平,是促进模具行业的技术进步和生产发展必不可少的战略,关系到企业是否有后劲和前途乃至生存的问题,随着各国同行们的高度重视与实践,我们相信,汽车覆盖件模具 CIMS 的发展一定会日趋完善。

第九章 数控加工与测量设备

§ 9-1 数控机床

根据国际信息组织处理联盟对数控机床的定义,数控机床是一个装有程序控制的机床,程序控制系统即数控系统,该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他编码指令规定的程序,它能自动阅读输入载体上事先按零件工序给定的数字化程序并将其译码,从而使机床按指令产生动作,并按零件程序加工零件。数控系统包括:数控装置、可编程序控制器、主轴驱动及进给驱动等部分。除此之外,数控机床还包括工作主机部分,它是数控机床的主体,是完成各种切削加工的机械部分。图 9-1 所示为数控机床的工作原理。

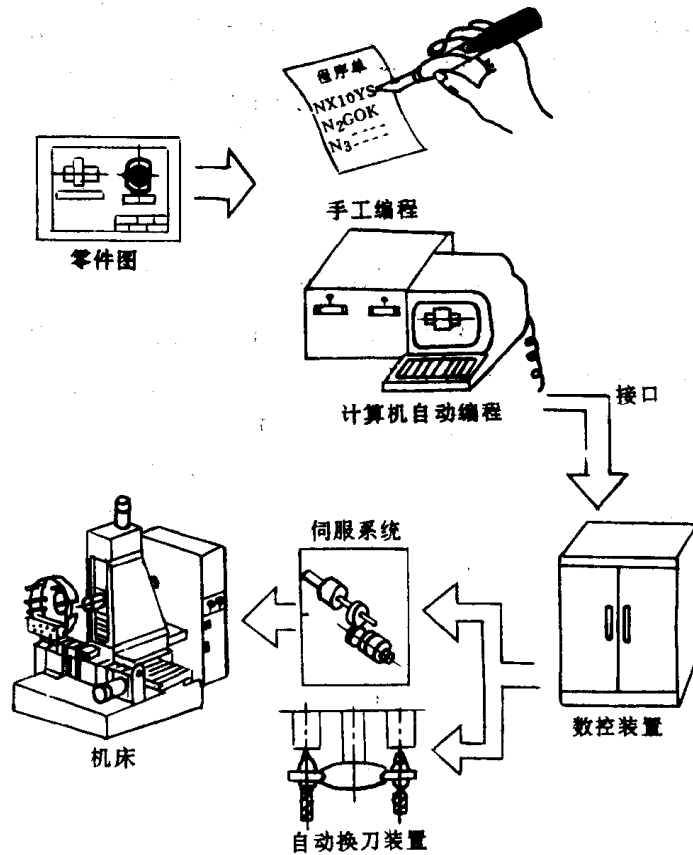


图 9-1 数控机床的工作原理

一、数控机床机械结构概要

1. 数控机床机械结构基本组成

(1) 基础部件。由床身、立柱和工作台等大件组成。它们是数控机床的基础结构,这些

大件可以是铸铁件也可以是焊接的钢结构件,它们要承受数控机床的静载荷及在加工时的切削负载,因此必须是刚度很高的部件,也是数控机床质量和体积最大的部件。

(2)主轴部件。由主轴箱、主轴电机、主轴和主轴承等零件组成。其启动、停止和转速等动作均由数控系统控制,并通过装在主轴上的刀具参与切削运动,是切削加工的功率输出部件。主轴是数控机床的关键部件,其结构的好坏,对数控机床的性能有很大的影响。

(3)进给传动部件。进给传动部件主要有伺服电机及检测元件、联轴节、减速机构、滚动丝杆副(或齿轮齿条副)、丝杆轴承和运动部件等组成。由于滚动丝杠、伺服电机等性能的日益提高,目前数控机床的进给系统已大多除去了减速机构而直接用伺服电机与滚珠丝杠联接,使进给系统结构简单,减少了产生误差的环节;且伺服特性也得到相应改善。

(4)自动换刀系统。该系统由刀库、机械手等部件组成。刀库是存放加工过程所要使用的全部刀具的装置。当需要换刀时,根据数控系统的指令,由机械手将刀具从刀库取出装入主轴孔中。刀库有盘式、鼓式和链式等多种形式,容量从几把到几百把。机械手的结构根据刀库与主轴的相对位置及结构的不同也有多种形式,如单臂式、双臂式、回转式和轨道式等。有的数控机床不用机械手,而用主轴箱或刀库的移动来实现换刀。

(5)辅助系统。包括润滑、冷却、排屑、防护、液压和随机检测系统等部分。辅助系统虽不直接参与切削运动,但对数控机床的加工效率、加工精度和可靠性起到保障作用,因此也是数控机床中不可缺少的部分。

2. 数控机床发展对机械结构的影响

数控机床与普通机床相比,它增加了功能,提高了性能,并简化了某些传统的机械结构。但是,正由于功能和性能的增加和提高,数控机床的机械结构在不断发展中发生了重大变革,主要表现在下列几个方面。

(1)自动化。数控机床能够按照数控系统的指令自动地对进给度、切削深度、主轴回转速度及其他一些辅助功能进行控制。在工作过程中,不必像使用普通机床那样,由操作者进行中间测量、手动调整精度和改变转速等操作工作。

(2)大功率和高精度。数控机床能够同时进行粗、精加工。既要能够保证高效率大切削量的粗加工,又要能进行半精加工和精加工,并要求把批生产的工件的质量分散度控制在一定范围内。因此数控机床的主传动电机功率较过去同类型普通机床高50%~100%,而主要部件和基础件的精度也较相同规格的普通机床高,有些项目要达到同类精密级普通机床的要求。

(3)高速度。刀具材料技术的发展为数控机床向高速度发展创造了条件,现代数控机床的主轴转速和进给转速已远远高于同规格的普通机床。数控机床的最高转速比同类规格的普通机床高一倍以上,进给速度也比普通机床要高,特别是快速移动速度,普通机床一般为2~4m/min,而在数控机床上10~15m/min已是很普遍的了。

(4)工艺复合化和功能集成化。所谓工艺复合化就是一次装夹,多工序加工,即工件一次装夹后能完成铣、镗、钻、攻螺纹等多道工序的加工,而且能加工工件的一面、两面或四面上的所有工序。五面加工中心还可加工除安装基面的底面外的其他各面。

所谓功能集成化是数控机床发展的另一重要趋向,数控机床上的ATC和APC已是一种基本的和常见的装置。随着数控机床向柔性化和无人化发展,功能集成化的水平更高地体现在工件自动定位、机内对刀、刀具破损监控、机床与工件精度检测和补偿等功能上。

(5)可靠性。由于数控机床应能在高负荷下长时间无故障地连续工作,因而对机床的零件、部件和控制系统的可靠性提出了很高的要求。可靠性对于数控机床组成的 FMC 和 FMS 尤显重要。

为了实现上述五个方面的基本功能和性能要求,根据生产发展的需要,数控机床的机械结构随着数控技术的发展,出现了不少新颖的机械结构和部件。

3. 数控机床机械结构特点

(1)高刚度和高抗振性。因数控机床具有高速度、高精度、高生产率、高可靠性和高自动化等方面的要求,因此与普通机床相比,数控机床应有更高的动、静刚度,更好的抗振性。例如,有的国家规定数控机床的刚度系数比普通机床至少高 50%。

提高数控机床结构刚度的常用措施。

1)利用有限元分析计算和模态分析的结果,合理分布结构中的壁、筋和质量,图 9-2 所示为日本三井精机的 HS 系列和 HR 系列超精密重切削卧式数控机床采用的床身结构,两条成 V 型的斜筋支撑着导轨,具有较好的刚度。图 9-3 所示为两种立式数控机床立柱的横截面图,分别采用斜方双层壁和对角线交叉筋板,都有很高的抗扭刚度和抗弯刚度。

2)采用高阻尼的材料。如天然大理石、人造花岗岩和混凝土等作大件结构,如德国布

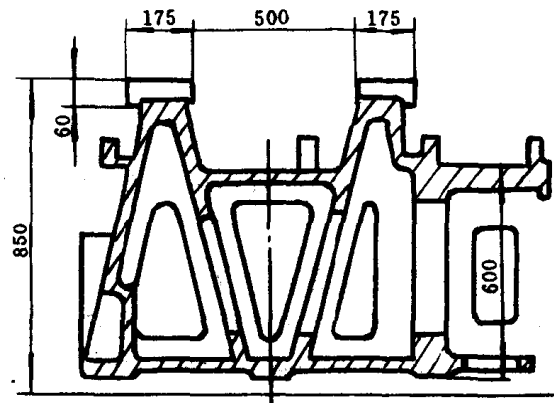


图 9-2 三井精机 HS6A 型加工中心床身截面图

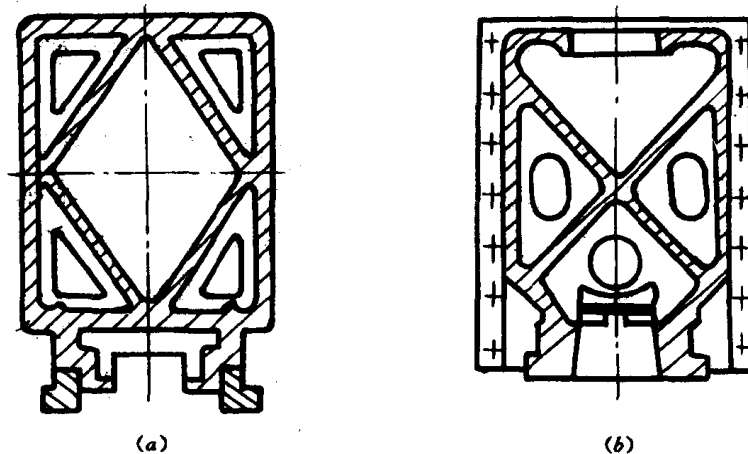


图 9-3 立柱横截面

(a)XK-716 型立式加工中心的立柱;(b)STAMA MCI18 型立式加工中心的立柱。

哈林—事贝尔公司的 HYOP80 NCN 型数控机床是用丙烯酸树脂混凝土制作的床身,其动刚度比铸铁约高 6 倍。

3) 结构中附加阻尼涂层。采用阻尼涂层可不改变原设计的结构和刚度,又能获得较高阻尼比。如中捷友谊厂引进联邦德国沙尔曼公司 SOLON3-1 型数控机床,在柜式双立柱两内侧先粘一层 2~3mm 类似沥青和玻璃丝混合后制成的阻尼板,再贴上一层厚 20mm 的石棉板,从而有效地提高了机床的抗振性。

4) 钢板焊接结构。目前,在国外以钢板焊接构件生产的机床大件已逐步取代了铸件。钢板焊接结构容易采用最有利于提高刚度的隔板和筋板布置的形式,能充分发挥壁板和筋板的承载及抵抗变形的作用。

(2) 减少机床热变形的影响。机床结构的热变形是指机床在其本身的内部热源(如轴承、导轨、丝杠、电机、液压系统及切削热等)及外部热源(环境温度变化)影响的情况下,产生结构变形和影响加工精度的特性。热源如何通过机床结构的热特性(受结构的几何形状、材料的物理特性和边界条件等因素的影响)对加工精度产生影响的机理,这已是人们所熟知的。因此为了提高加工精度,减少热对加工精度的影响,从根本上来说,首先是清除或尽量减少热源;其次是改善机床结构的热特性。在这两者均已接近达到物理极限时,采用控制补偿的办法则是最终的有效措施。

1) 减少热源。实际上完全消除热源是不可能的,减少热源则有多种办法,如在机床结构中,尽量减少或避免使用摩擦副,用滚动摩擦代替滑动摩擦,采用气浮轴承和导轨,在可能的情况下把热源(如液压泵、电机、电器等)和机床的主体结构分开或屏蔽起来。

2) 采用热胀系数小的结构材料。由于机床结构的热特性受到结构材料、几何形状、尺寸、边界条件(如散热)等因素的影响,为了改善热特性,有许多机床生产厂家选用大理石、人造花岗岩或混凝土作床身、立柱、工作台,个别厂用纤维复合材料作主轴箱和用陶瓷材料作机床主轴等构件。因为这些材料与钢、铁相比相对密度小,导热性能低,热膨胀系数小,对环境温度波动的反应不敏感等优点,尺寸比较稳定,有利于保持精度。另外,具有较好的吸振能力。

3) 优化结构设计。为改善机床的热特性,还必须在结构设计上进行优化,如均匀分布质量,采用热对称和几何对称结构,使温度场分布均匀;扩大散热面,以降低结构的温升;缩短刀具和工件间的尺寸链,以减少热变形对加工精度的影响等。另外,还可以采用其他多种方法:如采用热管装置把主轴轴承中的热量导走;把精密传动用的丝杠作成空心的,在其中通入冷却油使温度控制在 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 范围内;在立柱、床身、横梁等内部通入 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的恒温油并在其中循环;整台机床装入密闭的独立小室内,对整机进行淋油或喷油冷却等。

(3) 高传动效率和无间隙的传动装置及元件。数控机床在高进给速度下,工作要平稳,并有高的定位精度,因此对进给系统中的机械传动装置和元件要求具有高寿命、高刚度、无间隙、高灵敏度和低摩擦阻力的特点。目前,数控机床进给驱动系统中常用的机械传动装置主要有三种,即滚珠丝杠副、静压蜗杆蜗母条和预加载荷双齿轮齿条。

1) 滚珠丝杠副。滚珠丝杠副是在丝杠和螺母之间以滚珠为滚动体的螺旋传动元件。其结构如图 9-4 所示。

当丝杠和螺母相对运动时,滚珠沿着丝杠螺旋滚道而滚动,滚动数圈后离开丝杠滚道面,通过循环返回装置返回其入口处继续参与工作,如此往返循环滚动。滚珠丝杠副有多

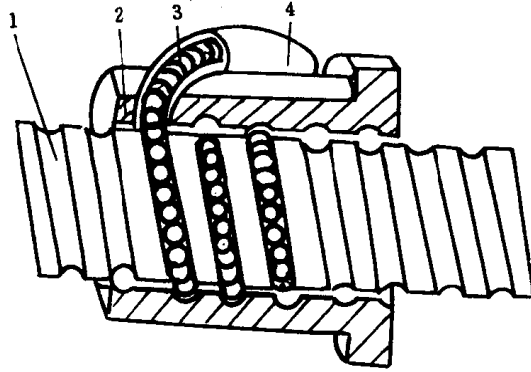


图 9-4 滚珠丝杠副结构

1—丝杠；2—滚珠螺母；3—滚珠；4—滚珠循环返回装置。

种结构形式,如图 9-5 所示为另一种结构。按滚珠循环方式分为外循环和内循环两大类。

滚珠丝杠副传动效率高,可达 90%以上。由于其动、静摩擦系数相差极小,因此它灵敏度高,传动平稳,并且可用多种消除间隙的预加载方法,使反向时无空行程,轴间刚度增强。此外滚珠丝杠副磨损少、寿命长,因此广泛用于数控机床的进给传动系统。

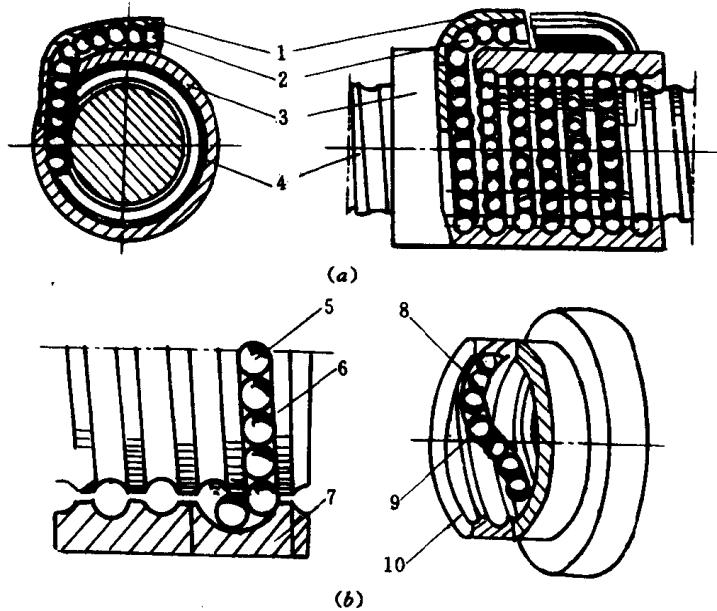


图 9-5 滚珠循环示意图

(a)外循环插管式回珠器；(b)内循环腰形反向回珠器。

1—油管式回珠器；2、5、8—滚珠；3—外循环螺母；4、6—丝杠；7、9—腰形槽反向回珠器；10—内循环螺母。

2) 静压蜗杆蜗母条传动。蜗杆蜗母条机构是丝杠螺母机构的一种特殊形式。蜗杆可看作是长度很短的丝杠,蜗母条则可看作是一个很长的螺母沿轴向剖开后的一部分,其包容角常在 $90^\circ \sim 120^\circ$ 之间,如图 9-6 所示。

液体静压蜗杆蜗母条机构,则是通过液压系统在蜗杆蜗母条的啮合面间注入压力油,以形成一定厚度的油膜,使两啮合面间成为液体摩擦,如图 9-7 所示。

这种传动副特别适宜在重型机床上使用。其优点是:摩擦阻力小,启动摩擦系数可小至 0.0005;功率消耗少,传动效率高,可达 0.94~0.98;使用寿命长,不易磨损;油膜具有良好吸振能力,抗振性好;有足够的轴向刚度;蜗母条能无限接长,因此传动部件的行程可

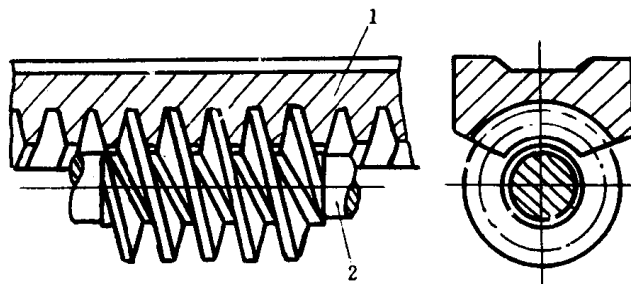


图 9-6 蜗杆蜗母条机构

1—蜗母条；2—蜗杆。

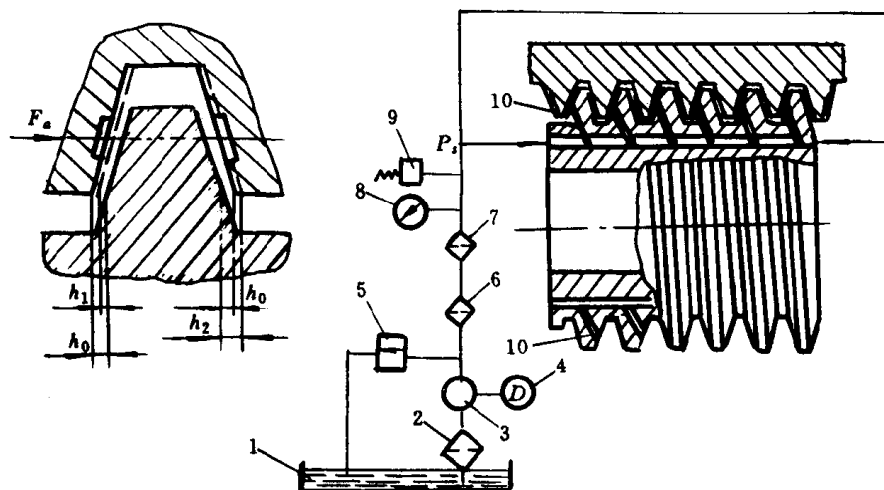


图 9-7 静压蜗杆蜗母条工作原理

1—油箱；2—滤油器；3—油泵；4—电动机；5—溢流阀；6—粗滤油器；
7—精滤油器；8—压力表；9—压力继电器；10—节流器。

很长。

(3) 预加载荷双齿轮齿条传动。这种传动机构克服了一般的齿轮齿条机构位移精度和运动平稳性较差的缺点，有效地消除了反向死区，使位移精度和运动平衡性大幅度提高，因此在重型机床上广为应用。其传动机构如图 9-8 所示。

(4) 低摩擦系数导轨。机床导轨是机床基本结构的要素之一。现代数控机床要求导轨在高速进给时不振动，低速进给时不爬行，有高的灵敏度，能在重负载下长期连续工作，精度保持性好等。目前常用的导轨类型如下。

1) 塑料滑动导轨。传统的铸铁—铸铁滑动导轨，除简易型数控机床外，其他数控机床已不采用，取而代之的是铸铁—塑料或镶钢—塑料滑动导轨。塑料导轨常用在导轨副的运动导轨上，有聚四氟乙烯导轨软带和环氧型的导轨涂层两类。

2) 滚动导轨。滚动导轨具有摩擦系数低（一般在 0.003 左右），动、静摩擦系数相差小且几乎不受运动速度变化的影响，定位精度和灵敏度高，精度保持性好等优点。常用的滚动导轨有滚动导轨块、直线滚动导轨。

3) 静压导轨。静压导轨是在两个相对运动的导轨间通过压力油，使运动件浮起。工作过程中，导轨面上油腔中的油压能随着外加负载变化自动调节，以平衡外加负载，保证导轨面间始终处于纯液体摩擦状态。

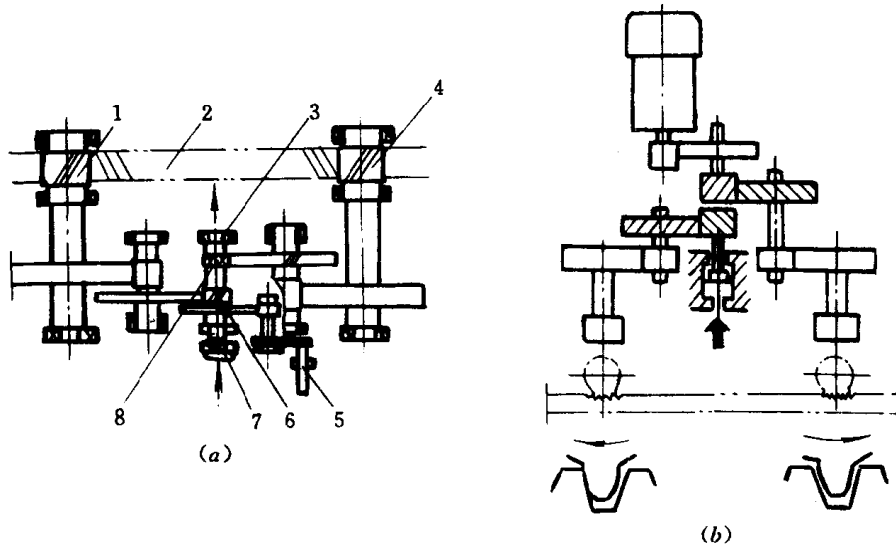


图 9-8 预加载双齿轮—齿条传动机构

(a)工作原理;(b)液压预加载式。

1、4—双齿轮;2—齿条;3—调整轴;5—进给电机轴;6—右旋齿轮;7—加载弹簧;8—左旋齿轮。

液压导轨的摩擦系数极小(约为 0.0005),功率消耗少。由于系统液体摩擦,导轨不会磨损,从而保证了导轨的精度,延长了寿命。油膜厚度几乎不受速度的影响,油膜承载能力大,刚性高,吸振性良好,导轨运行平稳,既无爬行现象,也不会产生振动。但静压导轨结构复杂,并需要有一个具有良好过滤效果的液压装置,制造成本较高。目前静压导轨较多地应用在大型、重型机床上。

(5)实现工艺复合化的新结构。为适应工艺复合化的要求,现在大多数数控机床都配备有相应的自动换刀功能。其刀具的更换一般通过刀库、换刀机械手和主轴内的工具夹紧装置等的协调动作来实现。除此而外,为进行多面加工,国外还发展了主轴头可以根据程序指令立卧变换并带回转工作台的五面加工中心。对龙门式镗、铣加工中心则采用各种可更换的直角镗、铣附件。

二、数控机床电气系统概要

1. 概述

数控机床电器控制系统由数控系统(含可编程控制器)、进给驱动、主轴驱动、机床电器(也称强电柜)及操作盘等部分构成,如图 9-9 所示。

在上述构成中,可编程控制器(简称 PLC 或 PMC)可代替机床上传动的强电柜中大部分机床电器,从而实现对主轴、换刀、润滑、气动液压等系统的逻辑控制。另外,某些数控系统柜内部含有可编程控制器,某些也有独立于数控系统之外,而装在机床强电柜中。

进给驱动系统包括进给轴用的伺服电机(一般内装有速度或位置检测部件及其进给伺服单元),用来控制机床各坐标轴的切削进给运动,提供切削过程中所需要的转矩和功率,可以任意调整运转速度。主轴驱动系统包括主轴电机(包括速度检测部件)和主轴伺服单元两部分。有的主轴伺服单元还含有主轴定向控制。

在数控机床的机床电器中,除了对气阀冷却及润滑油箱控制外,还包括对刀库开关、

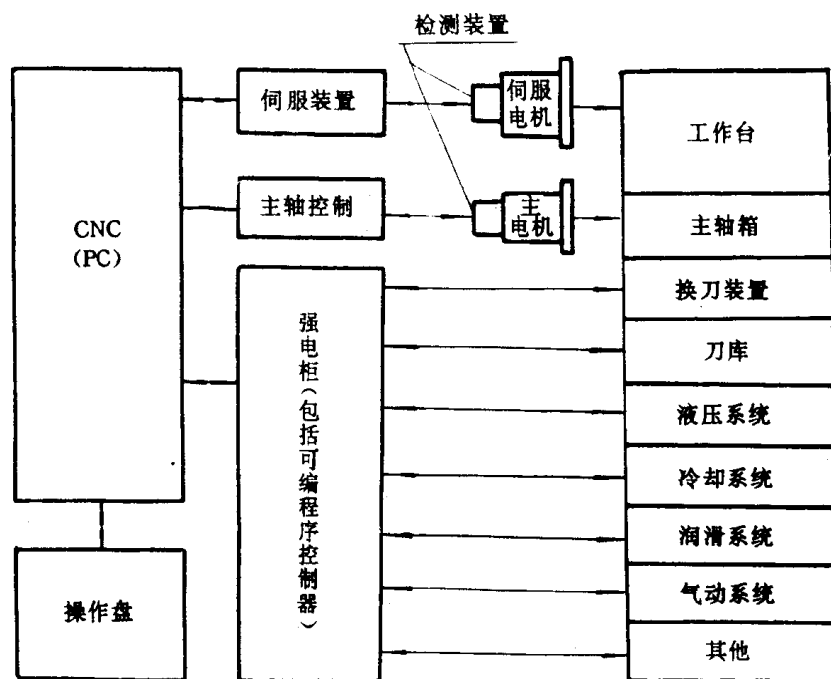


图 9-9 加工中心电器控制系统构成示意图

各轴行程、极限开关及主轴油箱等的控制，而在操作盘上则有按钮站——各种操作按钮、指示灯及转换开关等。

2. CNC 系统特点

从 70 年代中期开始，由于数控系统应用了小型计算机及微处理技术，从而发展成了计算机数控系统 (computerized numerical control, 简称 CNC 系统)，它是一种含有存储程序专用计算机在内的数控系统。根据计算机中存储的控制程序，机床执行部分或全部数字控制功能。

计算机数控系统又称为存储程序数字控制 (software numerical control) 系统。

CNC 系统与传统 NC 系统的区别，在于 CNC 系统增加了计算机作为控制器的一部分，如图 9-10 所示。

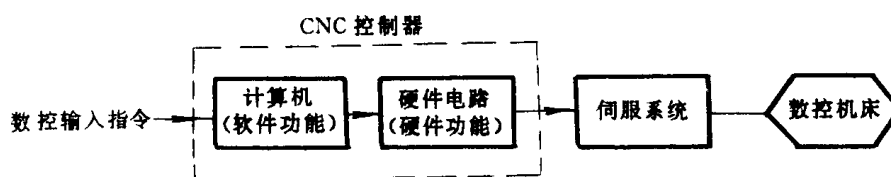


图 9-10 CNC 系统框图

在图 9-10 中具有软件功能的计算机部分用来执行各种控制功能，而硬件逻辑电路用于执行其他一些控制操作。软件功能的采用可节省大量的硬件，降低成本，并增加了系统的灵活性，然而软件模块的大量应用，要求系统具有大的存储容量，特别是复杂功能的控制模块更是如此。另外，对那些有快执行速度要求的功能，不应单纯依靠软件来实现，因此在 CNC 系统中软件和硬件两者间应有合适的比例，且缺一不可。一台高性能的 CNC 系统必需具备高性能的硬件和高性能的软件。

图 9-11 所示为采用微处理器的 CNC 系统的构成。它由中央处理器、存储器和输入/

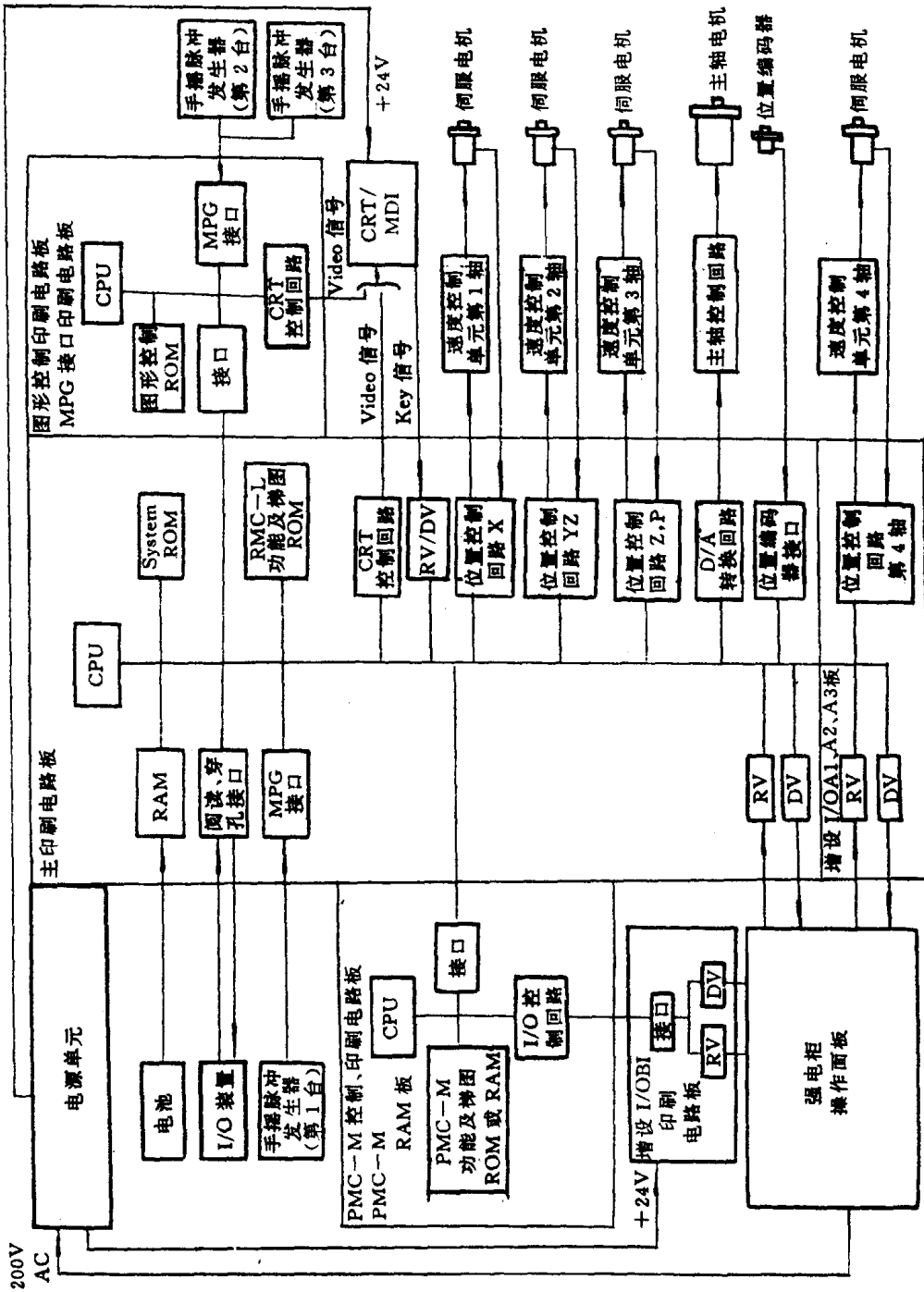


图 9-11 FANUC 公司 OM 系统框图

输出接口电路等部分组成。

中央处理器由运算器和控制器两部分组成。运算器是对数据进行算术运算和逻辑运算的部件,它根据存储器提供的数据进行运算,并将结果送回存储器暂存。而控制器是统一指挥和控制数控程序系统各部件的中央机构,它一方面向各个部件发执行任务的命令,另一方面,又接收执行部件发回的反馈信息,从而决定下一步的命令操作。

存储器用于存储系统软件(控制软件)和零件加工程序,并将运算的中间结果及处理后的结果存储起来。

输入/输出接口电路是 CNC 系统与外界(如机床、上一级计算机等)进行数据和信息交换的通道。

3. CNC 系统分类

CNC 系统的分类方法尚无标准,按习惯可有下述几种分类方式:

(1)按控制对象分类。有铣削 CNC 系统、车削 CNC 系统、磨削 CNC 系统及冲压 CNC 系统等,多用英文字母 M、T、G、P 分别表示。

(2)按刀具运动轨迹分类。有点位控制系统,直线控制系统及连续控制系统。

1)点位控制系统。只要求控制刀具从一点移到另一点准确位置,而对运动轨迹原则上不加控制,只要求精确控制孔系坐标位置,对孔间轨迹没有要求。这类系统主要用于钻床和加工印制线路板孔的数控机床。

2)直线控制系统。除了要控制点与点之间的准确位置外,还应保证被控制的两点之间移动的轨迹是一直线,而且要能控制位移的速度,以适应不同的加工要求。这类系统主要应用于车床、简易数控机床。

3)连续控制系统。也称轮廓控制系统,它能够对两个或两个以上的轴的位移进行不间断的控制,使加工工件成某一形状。数控机床用的数控系统大多属于这类系统。

(3)按伺服机构的控制方式来分类。可分为开环控制、闭环控制、半闭环控制及混合控制四种。

1)开环控制。是指对实际传动机构的动作不进行检查,没有被控制对象的反馈值。这种控制方式的特点是容易控制,调试方便,成本低廉。驱动元件多为步进电机或电液脉冲马达,但控制精度低,轴的位移速度低,因此只适合于小型的,精度要求不高的机床。

2)闭环控制。控制特点是数控系统随时检测工作台实际位移量,并在位置比较电路中与指令值进行比较,而且用比较的差值进行控制,直至实际位移量与指令值一致。这种控制方式的优点是精度高,调试和维修比较复杂,因为在闭环回路中各种传动环节的特性直接影响系统的稳定性,若调整不当将造成系统不稳,品质下降,甚至发生振荡。

3)半闭环控制。类似于闭环控制,但它不检测工作台实际位移量,而是检测丝杠或电机的转速。由于工作台没有完全包括在控制回路之内,因而称之为半闭环控制。虽然它的精度没有闭环控制高,但由于它把惯性较大的工作台这一环节排除在系统之外,所以调试较闭环方便,且系统的稳定性较好,广泛应用于数控机床。

4)混合控制。将以上三种控制方式的特点有选择地集中在一起构成混合控制方案,如图 9-12 所示,它特别适合于大型数控机床。

(4)按功能强弱分类。有低档、中档、高档三种数控系统。低档数控系统的分辨率较低,一般只有 $10\mu\text{m}$,采用的 CPU 多为 8 位,控制轴多为 1~2 轴,很少超过 3 轴。有时将低档数

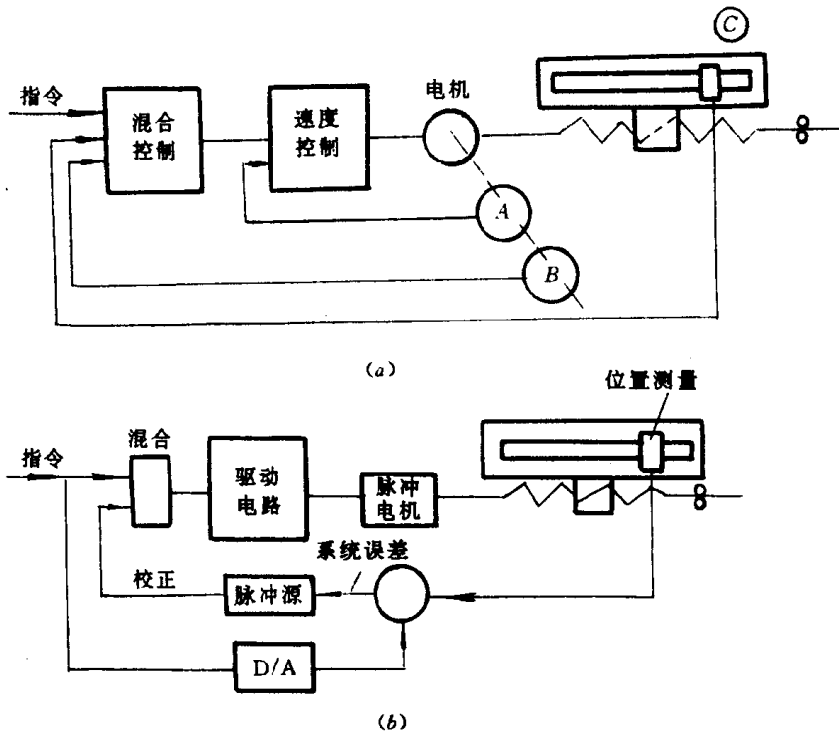


图 9-12 混合控制框图
(a)半闭环补偿型;(b)开环补偿型。

控系统称为简易数控或经济型数控系统,由于其性能限制,很少用于数控机床。中、高档数控系统的分辨率较高,一般为 $1\mu\text{m}$,甚至可达 $0.1\mu\text{m}$,控制轴数多为 2~5 轴甚至更多,采用的 CPU 为 16 或 32 位,系统具有各种功能,可加工各种复杂零件。这种系统有时也称为全功能数控系统。

4. CNC 系统发展现状

近年来,数控机床的发展方向是高效率、高质量、高柔性和低成本,同时,为了满足机械、模具等复杂加工业向更高层次发展,为柔性制造(FMS)及计算机集成制造系统(CIMS)提供基础装备。现代数控机床正向更高的速度,更高的精度,更高的可靠性及更完善的功能发展,其电控系统的发展特点如下。

(1)选用高速 32 位微处理器。高速 32 位微处理器的推出为实现计算机数控系统的高速运算创造了条件,提高了 CNC 系统的分辨率,可以进行连续小程序的高速、高精度加工。

日本 FANUC 公司生产的 FS-15 系统,就采用了 32 位微处理器。32 位数据的多标准总线(FANUC-BUS),多微处理器系统,使得系统内部各部分之间的数据交换速度较 16 位的 CNC 系统提高了 2 倍,快速进给速度及切削进给速度已经能达到 $100\text{m}/\text{min}$ (分辨率 $1\mu\text{m}$)及 $24\text{m}/\text{min}$ (分辨率 $0.1\mu\text{m}$)。

(2)采用交流数字伺服系统。采用交流数字伺服系统,伺服电机的位置、速度及电流环路都实现了数字化,实现了几乎不受机械负载变动影响的高速响应伺服系统。

1)前馈控制。过去的伺服系统,是把检出伺服电机位置的检测器信号与位置指令的差,乘以位置环的增益 G 的值,作出速度指令,这种控制方式在以进给速度 F 加工时,伺服系统的跟踪滞后是 F/G ,使在拐角加工及圆弧切削时恶化加工精度。前馈控制,就是在

原来的控制系统上加上指令各阶导数的控制,采用它能使伺服系统的追踪滞后减少 $1/2$,改善了拐角加工精度。

2)机床静止摩擦的非线性控制。对于具有较大摩擦驱动系统的数控机床,过去的CNC系统没有采取有效的控制,使圆弧切削的圆度较差,新型数字伺服系统具有补偿机床驱动系统静摩擦的非线性控制,能改善圆弧切削的圆度。

3)伺服系统的位置环和速度环采用软件控制。根据不同类型机床,不同精度及速度的要求,预先调整加速及减速。

(3)实现了多轴控制。新型数控机床具有多功能,如为了提高效率,可以同时多刀加工,要求多刀架控制,在柔性加工单元上要有自动换刀装置(刀库)及自动交换工件的交换工作台的控制;曲线、曲面及特殊型面的加工,要求多轴联动控制等。现代数控系统一般可控制轴数是 $3\sim 15$ 轴,同时控制轴为 $3\sim 6$ 轴。

(4)不断提高数控机床的利用率及生产率。数控机床的初期投资大,为了使采用数控机床的用户能真正获得效益,要求数控机床有更高的性能/价格比,更高利用率及生产率。

为了提高数控机床的利用率,实现一机多能,现代数控机床上一般都采用自动换刀、自动更换工件等机构,实现一次装卡完成全部加工工序,减少装卸刀具、装卸工件及调整、维修机床的辅助时间,在同一台机床上不仅能实现粗加工,也能进行精加工,提高了机床的利用率。

为了提高数控机床的生产率,现代数控机床一般采用更大的功率,并选用新型刀具,以提高切削效率,缩短加工时间。

(5)具有强功能的内装式机床可编程控制器。机床的数控系统中内装可编程(PC)控制器,可采用其指令来编制PC程序,绘制梯形图。利用PC的高速处理功能,使CNC与PC之间有机地结合起来。而且可以利用梯形图的监控功能,使机床故障诊断和维修更为方便。

在PC与CNC之间有高速窗口,采用C语言编程的PC,可以在微型计算机的开发环境下工作。

强功能的可编程控制器,还具有轴控制的功能。

(6)有很强的通信功能。一般数控系统都有简单的通信功能,如采用RS-232串行接口与编程机、绘图机等外部设备通信。

现代数控系统,还要能与其他CNC系统通信,或者与上级计算机通信。实现FMS进线的要求,除了RS-232接口外,还有RS-422和DNC等多种通信接口。

随着柔性自动化技术发展,要求数控系统有更高的通信功能,最新的数控系统,开发了基于ISO开放系统互连网络模型的制造自动化通信规约,为自动化技术发展创造了条件。

(7)彩色CRT图形显示,人机对话功能及自诊断功能。大多数现代数控系统采用彩色CRT与手动键盘配合,可以实现程序的输入、编辑、修改和删除等功能,具有前台操作、后台编辑功能及用户宏程序等,可以有二维图形的轨迹显示,有的还可以实现三维彩色动态图形显示。

(8)不断提高数控机床的可靠性。提高数控机床可靠性的关键是提高数控系统的可靠性。

现代数控机床采用 CNC 系统,只要改变软件或控制程序,就可以适应各类机床的不同要求。数控系统的硬件制成多种功能模块,根据机床数控功能的要求,选择不同的模块,可自行扩展或裁剪,组成满意的数控系统。由于数控系统的模块化、通用化及标准化,便于组织批量生产,保证产品的质量。

三、用于汽车模具制造的数控机床

汽车模具生产一般为单件生产,模具结构复杂,型面曲折多变,质量、尺寸都很大,且模具之间协调关系复杂,精度要求高。因此要求汽车模具的加工手段和使用设备与之相适应。现代汽车模具的生产特点是尽量采用高速度、高精度和大功率的金属切削方法,直接加工出完整合格的模具型面,最大限度地减少钳工修配,可有效地提高模具加工质量,大幅度缩短生产周期。80年代以来,国外各厂家已广泛采用了与之相适应的数控加工方法。

1. 采用数控机床加工模具的特点

(1)对模具加工的高度适应性。数控机床的工作是按照控制介质上所记载的要求来完成模具加工的,所以当加工不同模具时,只要改变控制介质上所记载的要求即可,而不像传统仿形机床那样,需要重新制造凸凹模型。并且由于数控机床能实现多坐标的联动,能完成传统设备难以完成,或者根本无法加工的复杂型面零件,这使得模具设计的合理性增强。

(2)有很高的加工精度和稳定的加工质量。因为机床不要人工操作,所以可以避免人为误差。由于数控机床的传动系统和结构都具有较高的精度和刚度,因此,能获得较高的加工精度和稳定的加工质量。

(3)具有很高的生产率。采用传统方法生产时,一套模具各个加工面,根据各自的特点和要求,需要安排若干台机床通过众多的工序予以完成,延长了机动时间和辅助时间。而数控机床加工是自动进行的,每个工序都能选择较大的,最有利的切削用量,有效地节省了机动时间,数控机床具有自动换刀,不停车变速和快速空行程等机能,也节省了辅助时间。采用数控机床比传统设备可提高生产率三四倍。尤其对复杂模具的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍。

(4)可以实现一机多用。所有的数控加工中心都可以自动换刀,一次装夹后几乎能完成零件的全部加工部位的加工,可以替代若干台传统机床,这样就能大大减少模具在多次装夹中引起的定位误差,使加工精度易于保证,同时也节省了厂房面积。

(5)缩短制造周期。利用数控机床加工模具时,使得模具曲面和其他加工面质量控制精度可靠,在加工中可最大限度的接近最终曲面,从而使得留待钳工处理的修磨余量大幅度减少,这样就显著地削减了人力工时在模具加工中的比重,使生产周期大为缩短。此外在数控机床上加工零件时,由于不需有工人直接操作,所以劳动强度大为减轻。除此而外,由于不要用工夹具与工艺模型等,所以生产准备时间相应缩短。

(6)维修技术要求高。数控机床由于综合应用机、电、液和计算机技术,所以机床维修技术要求高。

(7)投资大。由于数控设备价格比较昂贵,因此首次投资金额较大,一般企业难于承受。

2. 汽车模具对加工设备的要求

汽车覆盖件模具制造选用数控机床一般为大型机床,这类机床除具有一般大型机床的特点外,还应满足如下要求。

(1)要求所配的 CNC 系统具有最大的指令值,也就是要有更大的内存容量,以加强数控功能、提高分辨率及加工速度等。

(2)要求数控系统有更高的可靠性。

(3)需采用大功率的主轴及伺服单元。

(4)要求设备有更多的监控及检测系统,以保证正常加工,避免废品的出现。

(5)由于机床一般都具有很大的床身及传动链,因此在数控系统中应尽可能采用间隙补偿及热变形补偿的功能,用以提高机床的加工精度。

3. 汽车模具加工用典型数控机床

(1)数控仿形机床

1)要求具有数控功能、仿形功能与数字化功能。

数控(CNC)功能。它类似一台数控铣床具有的标准数控功能,即应具有用户宏程序、三轴联动及刀具半径和长度补偿等功能。还可以有手动数据输入,前后台编辑等。

仿形功能。在机床上装有仿形仪,可以选用多种仿形方式,如笔式手动、双向、单向钳位、轮廓、部分轮廓、三向 NTC(Numerical Tr,aeer Control 数控仿形等);还可以有多种离膜方式,如切线离膜、法向离膜、Z 轴快退等。

数字化功能。采集仿形运动轨迹数据,并处理成加工所需的标准指令,存入存储器或其他介质(如软盘),以便利用存储的数据进行加工。

数字化仿形是现代数控机床应用于模具制造方面的重要发展,它使原理上不同的数控技术和仿形技术在一个系统中实现,并用数字化技术将两者结合起来,比之单纯的数控或传统仿形更具优越性,从而使复杂曲面加工技术向前推进一步,仿形指在自动扫描模型过程中生成模型表面的数控加工指令,并存储在软盘中,加工时调出数控加工指令,不再需要模具实物,并可根据需要进行比例的缩、放加工,镜向加工和凹凸模加工。这个方法消除了传统仿形在铣削加工时受模子和型面形状影响的限制,因而可大大提高铣削加工速度和质量控制精度。另外,由于扫描和仿形加工是相互分开,机床不需配备双工作台,使占地面积减少。

2)数字化仿形的具体步骤。

数字化采集。仿形指在扫描的同时,就采集测量杆球心的坐标值,按照等弦高差的原则确定采集点,并转化成空间直线的格式存入内存,然后分批地传送到软盘,扫描过程连续进行,不受数据处理和存盘操作的影响。

数字化加工。是数字化采集的逆过程,存在软盘中的数据指令分批调入内存后,就可以按照数控方式进行加工,加工是连续进行的,不受操作盘的影响,对空间曲面加工来说,数字化加工比仿形加工有更高的精度。

典型数控仿形铣床简介。图 9-13、图 9-14 所示分别为立式与龙门式数控仿形铣床,根据加工对象可选用不同尺寸的工作台面与行程。

(2)数控加工中心。加工中心是目前世界上产量最高,应用最广的数控机床,它主要用于各种型面和结构复杂的零件加工,能进行镗、铣、钻、攻丝等工序。因为它具有自动换刀

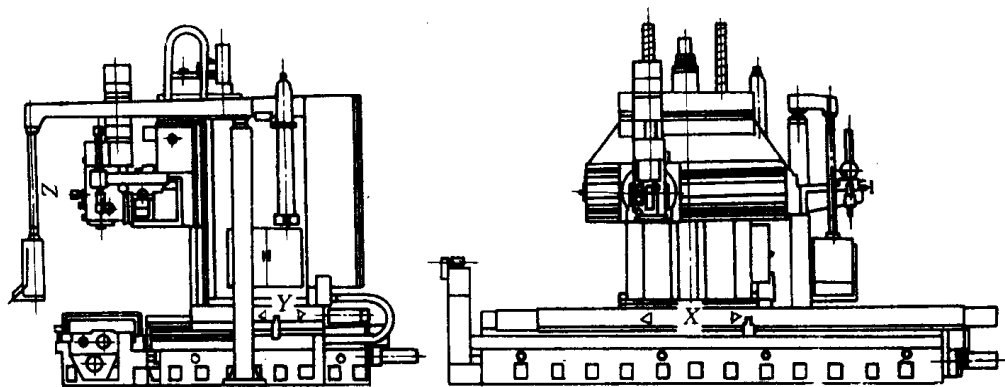


图 9-13 立式数控仿形铣床

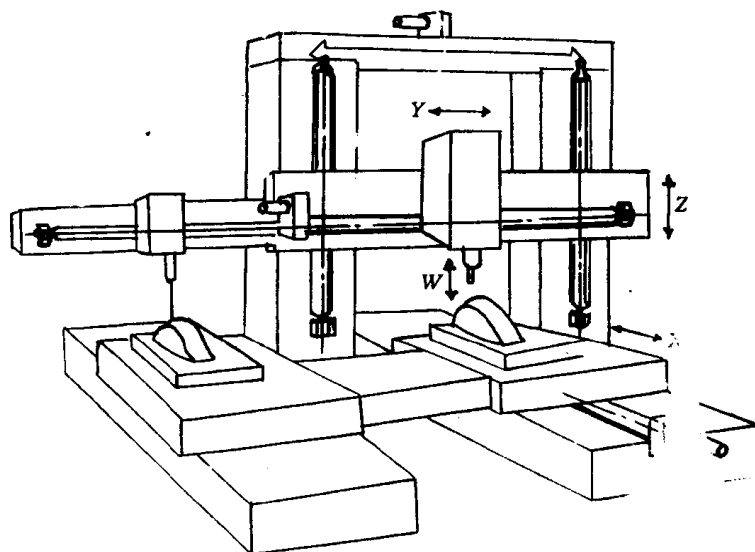


图 9-14 龙门式数控仿形铣床

功能,工件一次装夹后能自动地完成或接近完成工件各面的所有加工工序。很适宜汽车模具的加工。

1)五面加工中心。常见的五面加工中心有两种形式,一种是工作台带动工件作角度旋转,主轴方向不变,借此完成五面加工,这种机床一般台面不大;另一种是通过主轴单向或双向回转定位,实现刀具轴线方向变化并由此进行五面加工。大中型覆盖件模具因工件尺寸较大,需要大台面机床,通常采用后一种形式。

2)五轴加工中心。五轴控制是一种很重要的加工形式,三个坐标 X 、 Y 、 Z 与转台的回转、刀具的摆动同时联动。由于五轴联动,可使加工刀具按数学规律导向,使之垂直于任何双曲线的曲面,因此特别适应复杂曲面的加工,并可使得加工曲面精度和表面质量更为精确可靠,生产效率更为提高。因此在国外汽车模具生产中已得到广泛应用。

五轴中的两个附加联轴可以是工作台转动,也可以是主轴头回转,对于汽车模具加工所需求设备,大多为主轴头双轴回转。

与大型五面加工机床的回转主轴不同之处,是五轴加工机床中的回转主轴。它具有独立的驱动系统,其回转坐标参加机床联动,即回转坐标在加工工件的每个时刻都能根据程序的要求或加工曲面的特性不断改变调整的摆动角度。从而得到最佳的切削方式。而五面加工机床的主轴回转不具有独立的驱动系统,则不可能实现联动,即当机床主轴摆角一

且设定,在加工时则不会发生变动,需要变动时,必须另外输入数据予以重新设定。

五轴加工机床的五轴联动旋转为连续旋转,而五面加工机床的回转主轴为间断的旋转。因此,五轴加工机床具有更完善的加工性。

3)卧式加工中心。是指主轴轴线水平设置的加工中心。卧式加工中心有多种形式,如固定立柱式或固定工作台式。固定立柱式的卧式加工的立柱不动,主轴箱在立柱上上下下移动,而工作台可在水平面上做两个坐标移动;固定工作台式的卧式加工中心其三个坐标的运动由主轴和主轴箱的移动来定位,安装工件的工作台是固定不动的(指直线运动)。

卧式加工中心可以具有3~5个运动坐标,常见的三个直线运动坐标加一个回转运动坐标(回转工作台),它能够在工件一次装夹后,完成除安装面和顶面外的其他面的加工。

4)立式加工中心。立式加工中心主轴的轴线为垂直设置,其结构多为固定立柱式,一般具有三个直线坐标,与卧式加工中心相比,立式加工中心结构简单,占地面积小,价格低,配备各种附件后,可满足大部分工件的加工,对于汽车模具而言,可配以数字化仿形控制系统,使之兼具数控与仿形的功能。

5)典型加工中心简介。图9-15所示为一加工中心。

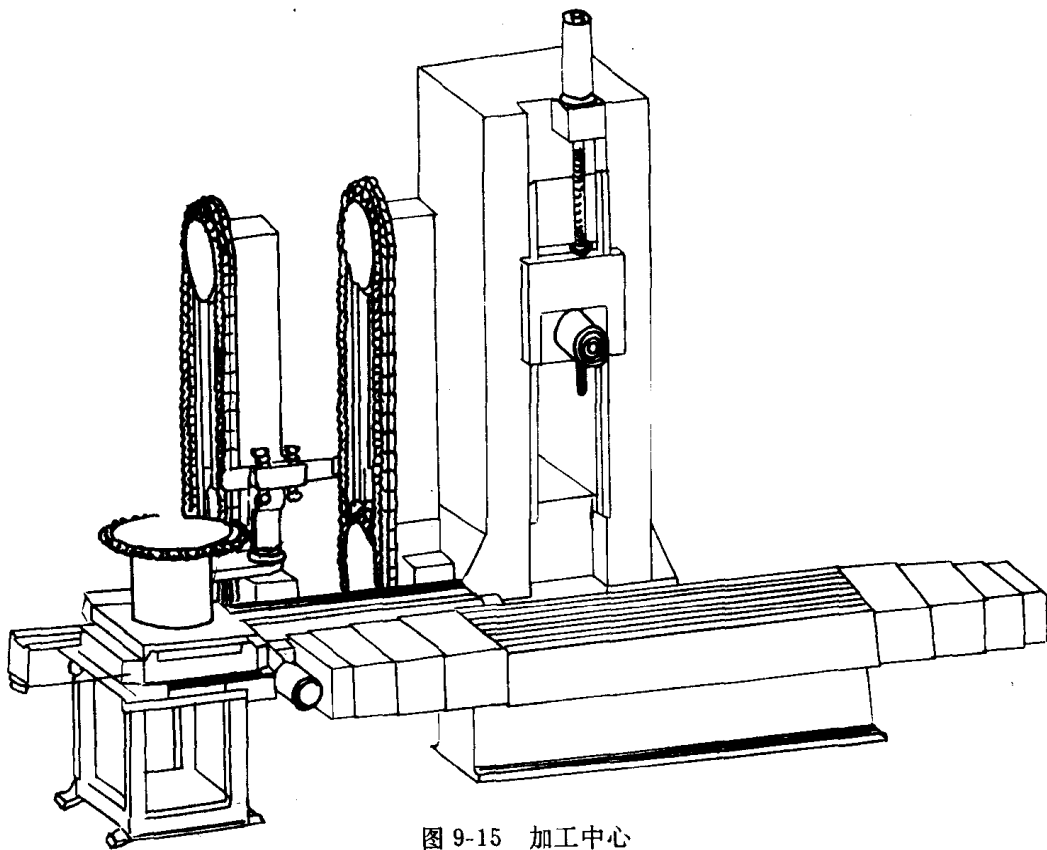


图 9-15 加工中心

§ 9-2 三坐标测量机

三坐标测量机是一种高效率、多功能的测量装置,它综合应用电子、计算机、光栅等先进技术手段,以完成各种测量并实现测量过程自动化和数据处理。在现代汽车模具生产中已成为检测模具质量的一种必不可少的装备。

一、三坐标测量机结构概要

1. 三坐标测量机的基本构成

(1)主机。是测量机的主体,包括床身、立柱、工作台、主轴及进给机构等机械部件。

(2)CNC装置。是测量机的核心,包括硬件(印制电路板、CRT显示器、测示探头及相应接口、键盘、程序输入装置等)及各种软件。其中主要含有各种测量用软件。

(3)驱动装置。是测量机执行机构的驱动部件,包括驱动单元及伺服电机。

(4)辅助装置。是测量机工作所需的一些必需的配套部件,包括液压和气动装置、各种监控装置及测量用附件等。

2. 三坐标测量机的工作原理

如图 9-16 所示,测量机工作台以一定速度趋近测头,当测杆端球接触到被测工件时,测头内部产生一触发信号,它通过发信臂内的电磁耦合器将此信号传给受信模块,再由此进入控制器使其接通。信号进入控制器后,经整形由相应的接口输至数控系统的空白指令端,发出机床终止移动的指令,这样测杆端球接触工件瞬间的坐标位置被触发信号“封锁”,并作为数控系统用户宏指令的变量进行运算处理,同时测量机又进入运行下一个程序段。不断重复上述过程,从而自动完成各所需测量点的精确测量。

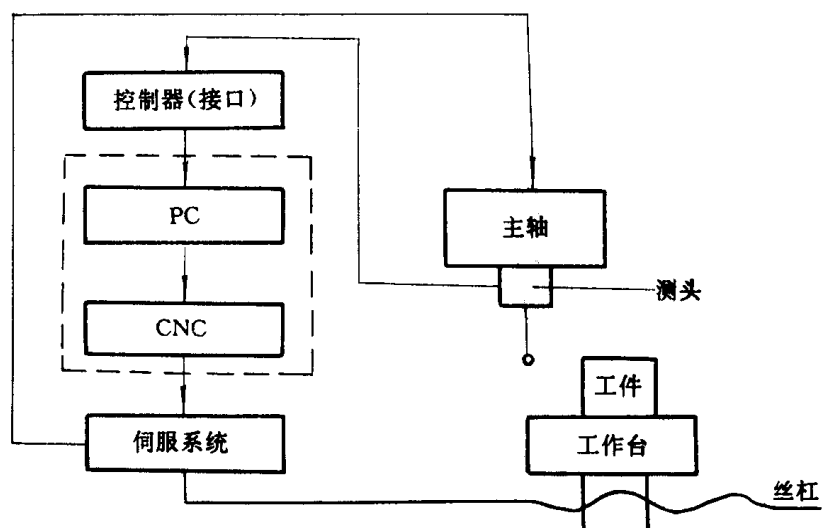


图 9-16 测量机的工作原理

3. 三坐标测量机主机结构特点

作为一种专门对被加工零件进行精确检测的数控装备,其精度等级标准一般都在精密或超精密级的技术等级范围,与一般数控机床相比,它有更高的技术指标和精度要求。

(1)更高的几何精度。几何精度是提高测量机其他方面精度的基础,为达到这项要求,必须提高主机各零部件的加工精度和装配整体精度,不断优化结构设计。

(2)更高的运动直线性精度。一般三坐标测量机均采用气浮式工作台结构,以借助气膜的均化作用,使工作台在移动时不发生颠簸、摇摆或蛇行。与此同时,这种气浮式工作台结构还具有低摩擦、少能耗、高寿命和抗振性强等优点。

(3)更高的微进给和定位精度。目前流行的进给方法是采用数字伺服系统,这是因为

伺服系统受噪声的干扰和漂移的影响小,能保证精度的信号传输。为保证定位检测装置的分辨率稳定达到 $0.1\mu\text{m}$ 以下,常使用氦氖激光器为光源的双频激光干涉仪,分辨率可达 $0.016\mu\text{m}$ 。采用数字伺服系统和激光定位干涉仪是测量机实现更高的微进给和定位精度的有效办法。

(4)更好的抗热变形性。为改善测量机的热特性,多数测量机都选用天然大理石、人造花岗岩作床身、立柱、工作台。与金属材料相比,其相对密度小,导热性能低,热膨胀系数小,对环境温度波动的反应不敏感,尺寸比较温定,从而有利于保证精度。

二、三坐标测量机测头测量系统

1. 概述

测量机测头测量系统是测量机在数控系统中的重要内容和组成,以往的测量机测头都为电磁感应式,近年来,随着测头测量系统技术的发展,现在已逐步被触发式测头测量系统所取代。与传统的电磁感应式测头相比,触发式测头系统具有更好的随动性,更大的测量灵活性,特别适应尺寸和形状多变的汽车模具型面的测量。此外,该测头系统还具有容许超程量大,测头结构坚固,工作安全性高,抗干扰能力强,可靠性好等特点。1977年首次从英国 Renishow 公司推出后,很快得到用户好评,一致认为该测头测量系统是与数控系统取代穿孔纸带,采用先进数控系统来发展柔性制造系统和应用工业机器人等成就一样,对促进数控技术发展起了重要作用。

2. 触发式测头测量系统的分类

(1)按工作方式分类。有常开和常闭两种触点式。

(2)按结构形式分类。有整体单元式和组合式两种。

(3)按信号传输与控制方式分类。有连线传输式、电磁藕合传输式和红外辐射传输式三种类型。

目前,测量机中使用最多的是常闭触点式整体单元的测头。

3. 常闭触点式整体单元测头的组成

图 9-17 所示为常闭触点式整体单元测头的外形和结构简图,它由五部分组成:

(1)触发式测头。测量时,测杆与被测对象接触后,测杆发生微量偏移,使由球面与圆

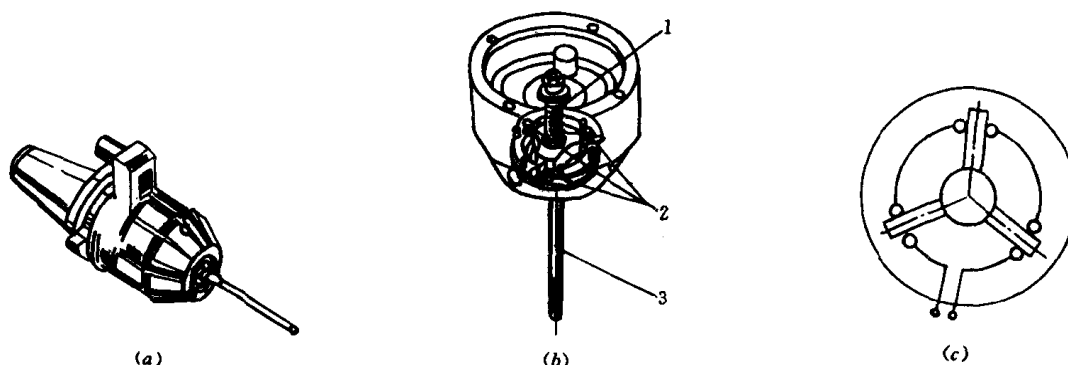


图 9-17 常用触点式整体单元测头
(a)外形图;(b)结构简图;(c)三组串接触点示意图。
1—弹簧;2—三等分触点;3—测杆。

柱组成的三等分触点构成的串连电路出现断路,从而产生一个阶跃信号,以此表示接触到被测物体的瞬间。

(2)信号传输器。

(3)控制器接口。它是测头与数控系统连接的中间环节,触发信号由此得到整形并输送给数控系统。

(4)坐标数据采集和处理单元。将采集的坐标值数据经数控系统宏程序功能计算出误差值,由光屏显示并打印输出。

(5)补偿控制单元。它根据测量系统测得的误差值,自动执行主轴位置的偏置或工件坐标的调整以补偿测出的误差。

三、测量技术在汽车模具行业中的应用与发展

1. 适用汽车模具测量的三坐标测量机

(1)CLZ8126 三坐标测量机。该机由北京机床研究所研制,采用整体龙门移动式,全气浮导轨,高气浮刚性结构,摩擦无间隙传动,花岗岩工作台。Renishaw 高精度触发式测头及 Heedenhair 光栅测量系统,测量精度为 $(5.0 + L/50)\mu\text{m}$,测量空间为 $800\text{mm} \times 120\text{mm} \times 620\text{mm}$,适用中型以下汽车模具检测。

(2)Ferranti Midas 水平臂遥控坐标测量机。该机为英国 Ferranti International 公司制造,测量空间为 $1500\text{mm} \times 650\text{mm} \times 900\text{mm}$,能进行快速测量,测量速度为 50mm/s ,采用群联计算机系统处理器,测量精度可达 $(3.0 + L/300)\mu\text{m}$,具有测头可选择范围广的特点。

2. 激光测量技术的发展

上述测头测量系统均属接触式,当今国外出现了新一代测头测量系统,它以激光作为传递媒介,属于非接触式数字化测量系统。这种系统利用激光的单色性好、方向性好及光能集中的优点,使其测量系统较之接触式测量系统更能得到更精确、更快速、更便于操作的数据测量。随着激光器性能的不断改善,使用寿命大为提高(已达到 2 万小时以上)及批量生产后带来的价格下降,这种非接触式的激光测量系统在三坐标测量机中的应用条件日益成熟,将成为今后一段时间内测量技术的一个发展方向。

(1)非接触式测头系统的工作原理。激光测量工作原理如图 9-18 所示,是激光垂直(或倾斜)射向被测表面位置 1 并成象在位敏光电元件 1' 的位置,若表面下移 Δh 到位置 2' 则成象在光电元件 2' 位置,通过测出 1'、2' 位置,可以测出 Δh 的实际大小。位敏光电元件可以是位敏感元件(PSD)或电荷耦合器(CCD)。

图 9-19 所示为日本 OKADA 机床公司生产的一种激光测头结构。

激光从测头激光器中发出射到零件表面被测点位置,形成一个聚光亮点,亮点经过反射返回探头,经透镜折射到电荷耦合器(CCD)上成象。当测量点移动时,其亮点则在 CCD 上相应产生一个位移,并随之由 CCD 及控制系统测算出表面测量点的位移量。

(2)激光探头的特点。

1)超距测量。利用激光优越的光学性能结合现代数控技术的最新成果,激光探头可实现自动完成超距离感应和超距离测量,它不依赖于测量杆尺寸与被测物体的距离长短。

2)测量精度高。激光探头具有高分辨率的激光束,能感觉出被加工工件表面的波纹形态,从而使显微测量成为可能,精度也随之提高。

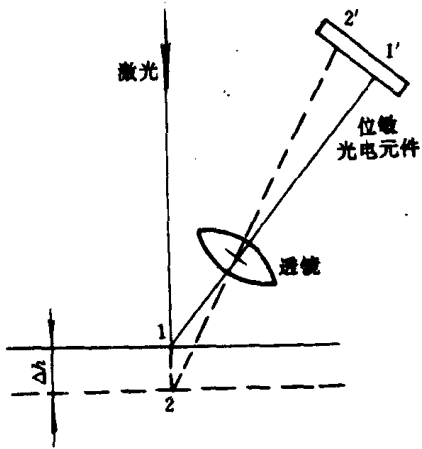


图 9-18 激光测量工作原理图

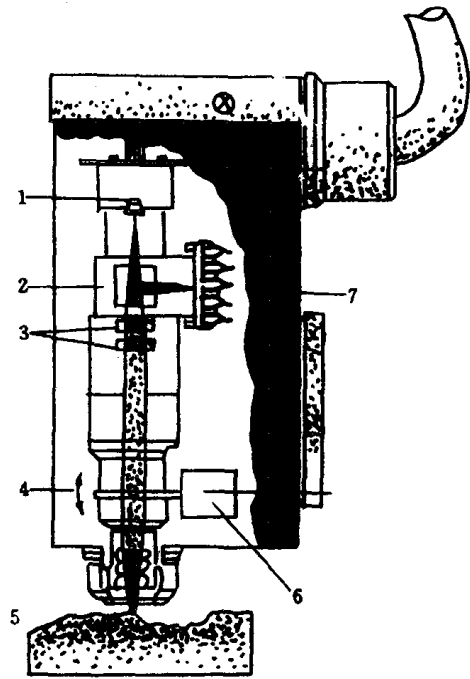


图 9-19 OKADA 生产的激光测头结构

1—激光;2—分光镜;3—准直仪;4—移动透镜;
5—被测表面;6—电感位移传感器;7—焦点检测器。

3) 测量速度快。激光探头对被测工件的数据采集十分迅速,其测量速度比接触式测头快 30~60 倍。目前国外已出现扫描式激光探头,用具有一定宽度的光幕覆盖被测物体表面的一个截面,迅速采集截面上的数据(如可采集 14000 点/s)。

4) 测量范围广。由于激光测量不需探杆接触,因此它既可检测材质坚硬的物体,也可以检测材质柔软的物体,还能检测复杂表面的物体。

激光测量技术已开始在汽车模具检测上应用,国外一些机床制造厂商已将激光探头配在数控机床与三坐标测量机上,美国 PERCEPTRON 公司研制了一种激光测量装置用于汽车模具的检测,如图 9-20 所示。

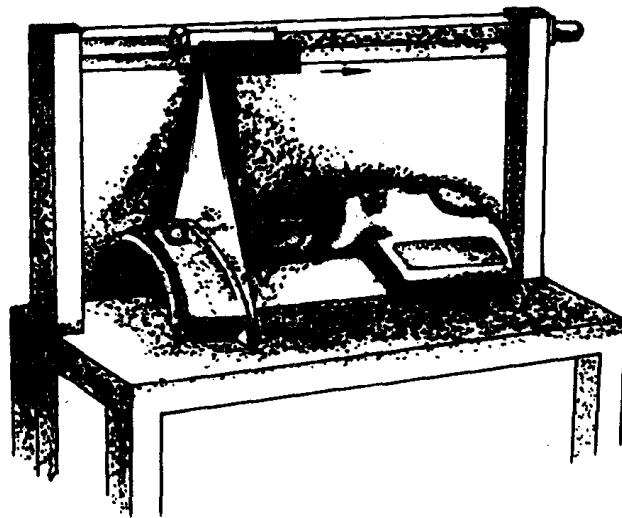


图 9-20 激光测量用于汽车模具

参 考 文 献

- 1 《冲模设计手册》编写组. 冲模设计手册. 北京:机械工业出版社,1988
- 2 《模具制造手册》编写组. 模具制造手册. 北京:机械工业出版社,1982
- 3 第一汽车制造厂工装设计室. 汽车覆盖件冲模. 北京:机械工业出版社,1979
- 4 王孝培主编. 冲压设计资料. 北京:机械工业出版社,1983
- 5 (日)《冲压加工技术手册》编委会编. 冲压加工技术手册. 谷维忠,徐思义译. 北京:轻工业出版社,1988
- 6 (日)太田 哲著. 冲压模具结构与设计图解. 张玉良,孙士珍,刘晓祯等译. 北京:国防工业出版社,1980
- 7 (日)日本塑性加工学会编. 压力加工手册. 江国屏,吴觉伪,皇甫骅等译. 北京:机械工业出版社,1984
- 8 胡世光,陈鹤峰. 板料冷压成形原理. 修订版. 北京:国防工业出版社,1989
- 9 李硕本主编. 冲压工艺学. 北京:机械工业出版社,1983
- 10 郭春生等. 汽车大型覆盖件模具. 北京:国防工业出版社,1993
- 11 马宝法. 冲模设计. 长春:吉林人民出版社,1983
- 12 肖景容等. 模具计算机辅助设计与制造. 北京:国防工业出版社,1990
- 13 李志刚. 模具计算机辅助设计. 武汉:华中理工大学出版社,1990
- 14 唐荣锡. 计算机辅助飞机制造. 北京:国防工业出版社,1985
- 15 张林. 计算机辅助模具设计. 南京:南京航空学院,1990
- 16 毕承恩主编. 现代数控机床. 北京:机械工业出版社,1993
- 17 本书编写组. 加工中心应用与维修. 北京:机械工业出版社,1992
- 18 李开佛. 机械工业综述. 北京:机械工业出版社,1993
- 19 何宝杰. 铸铁材料在大、中型冲压件小批量生产中的应用. 模具通讯,1983(3):19~23
- 20 许广仓,谢传芳. CH-1 钢冷冲模火焰表面淬火工艺及应用. 模具通讯,1983(3):49~58
- 21 王新华. 日本汽车冲模生产中采用的几项新技术. 模具通讯,1984(6):56~61
- 22 梁光泽. 实型铸造. 第三版. 上海:上海科学技术出版社,1990