

M U J U S H E J I J I C A D

模具设计及CAD

● 高 军 郝滨海 李辉平 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

模具设计及 CAD

高 军 郝滨海 李辉平 等编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

本书系统地总结了各种模具设计的经验和技巧,以及模具设计的相关技术知识和数据资料。重点介绍了冲压模具设计(包括冲裁、拉深、弯曲、翻边等单工序模以及复合模和级进模的设计)、挤压模具设计、锻压模具设计、挤塑模具设计和注塑模具设计中相关参数的正确计算和确定,阐明了CAD技术在模具设计中的科学应用。

本书可供机械、材料成形和模具设计领域的工程技术人员和科研人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

模具设计及CAD/高军,郝滨海,李辉平等编著. 北京:化学工业出版社,2006.5
ISBN 7-5025-8673-3

I. 模… II. ①高…②郝…③李… III. 模具-计算机辅助设计 IV. TG76-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第048287号

模具设计及CAD

高军 郝滨海 李辉平等编著

责任编辑:张兴辉 刘丽宏

文字编辑:余德华

责任校对:蒋宇

封面设计:韩飞

*

化学工业出版社 出版发行

工业装备与信息工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市万龙印装有限公司装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 24 字数 602千字

2006年8月第1版 2006年8月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8673-3

定价:48.00元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

在现代化工业生产中,几乎一半以上的工业产品需要使用模具加工,许多新产品的开发在很大程度上都依赖于模具生产,特别是汽车、机械、冶金、船舶、轻工、电子、航空、航天等行业尤为突出,模具工业已成为国民经济的重要基础工业。而且,利用模具生产产品具有生产效率高、质量好、节约能源和原材料、成本低等一系列优点,体现了现代先进制造技术优质、高效、低耗、清洁和可持续发展的思想,已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。因此,在全球化统一市场的形成和市场竞争日趋激烈的今天,怎样快速、高质量地设计、制造出模具,使所生产的产品质量高、成本低、上市快,已成为赢得竞争的重要因素。

本书在认真学习和总结前人的模具设计经验以及各种技术资料、手册的基础上编写而成,主要特点是以实用为主,着重介绍各种常规模具的设计,同时兼顾模具的前沿技术和最新研究成果。全书共分为7章。第1章介绍模具在现代工业中的地位及模具工业新技术;第2章是冲压模具设计,包括冲裁、拉深、弯曲、翻边等单工序模以及复合模和级进模的设计;第3章是冷挤模、温挤模、热挤模的设计;第4章是胎模锻的模具设计;第5章是锤上模锻、螺旋压力机上模锻、热模锻压力机上模锻的模具设计;第6章是挤塑模设计和注塑模设计;第7章介绍了CAD技术在模具设计中的应用。

本书第1章由高军、张伟杰编写,第2章由高军、季廷炜、张伟杰编写,第3章由高军编写,第4、5章由郝滨海编写,第6、7章由李辉平编写,全书由高军统稿。为本书提供资料并参加本书部分内容编写的还有吴向红、田希杰、任发才、修大鹏、李熹平、商光春、张磊、牛山廷、吴欣、王勇、李丽华、张存生等。

本书的编写工作得到了赵国群教授、赵振铎教授的指导与帮助,在此深表感谢。由于本书涉及的知识面较广,加之作者水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

作 者
2006年3月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 模具及模具工业的发展与现状	1
1.1.1 模具及模具工业的发展趋势	1
1.1.2 模具的分类及应用	2
1.2 模具设计 CAD/CAM	5
1.2.1 传统的设计方法及过程	5
1.2.2 计算机辅助设计方法及过程	6
1.2.3 模具 CAD/CAM 系统要求	6
1.2.4 模具 CAD/CAM 的优越性	7
第 2 章 冲压模具设计	8
2.1 概述	8
2.1.1 冲压工艺设计	8
2.1.2 冲压模具设计简述	10
2.2 冲裁	10
2.2.1 冲裁模基本结构	11
2.2.2 模具间隙	12
2.2.3 凸、凹模刃口尺寸计算	14
2.2.4 冲裁力的计算及降低冲裁力的方法	19
2.2.5 排样和搭边	22
2.2.6 冲裁模设计	25
2.2.7 硬质合金冲模	42
2.3 弯曲	45
2.3.1 弯曲件的工艺性分析	45
2.3.2 弯曲模具设计	49
2.4 拉深	53
2.4.1 拉深件的工艺性	53
2.4.2 圆筒形件的拉深	54
2.4.3 阶梯形、锥形、半球形及抛物线形件的拉深	60
2.4.4 拉深模具设计	64
2.5 其它冲压模具设计	67
2.5.1 翻边	67
2.5.2 胀形	71
2.5.3 缩口	73

2.6	复合模设计	75
2.6.1	复合模的结构选择	75
2.6.2	凸凹模的最小壁厚	76
2.6.3	复合模的卸料(推件)装置	77
2.6.4	典型结构	77
2.7	级进模设计	80
2.7.1	级进模概述	80
2.7.2	模具零件设计	81
2.7.3	典型模具结构	87
第3章	挤压模具设计	89
3.1	冷挤压模具设计	89
3.1.1	冷挤压成型的特点	89
3.1.2	冷挤压模具的基本要求及结构组成	90
3.1.3	冷挤压模具工作部分设计	90
3.1.4	模具材料及选用要求	98
3.1.5	冷挤压工艺力	100
3.1.6	冷挤压设备的选择	102
3.1.7	冷挤压模具实例简介	104
3.2	温挤压模具设计	105
3.2.1	温挤压成型特点	105
3.2.2	温挤压模具结构设计原则	106
3.2.3	温挤模工作部分设计	106
3.2.4	温挤材料及毛坯准备	108
3.2.5	温挤模具材料的选择	109
3.2.6	温挤润滑	110
3.2.7	模具预热和冷却	110
3.2.8	温挤压件的尺寸精度、组织和性能	111
3.2.9	温挤压力及温挤设备的选择	111
3.2.10	温挤压模具实例简介	112
3.3	热挤压模具设计	114
3.3.1	热挤压特点及应用范围	114
3.3.2	热挤压相关概念及影响热挤压成型的因素分析	115
3.3.3	热挤压模具设计	121
3.3.4	模具材料及热处理要求	125
3.3.5	工艺力及设备选择	126
3.3.6	热挤压模具结构实例	128
第4章	胎模锻模具设计	130
4.1	胎模锻的特点	130
4.2	胎模锻件及胎模锻工序分类	130
4.3	胎模锻工序选择	131

4.4	胎模锻锻件图制定	134
4.5	胎模设计	134
4.5.1	胎模种类及应用范围	134
4.5.2	胎模设计要求	134
4.5.3	胎模结构	137
4.6	胎模锻实例	149
第5章	模锻模具设计	154
5.1	锤上模锻用锻模	154
5.1.1	锤上模锻的特点	154
5.1.2	锤上模锻件的分类	154
5.1.3	锤上模锻的工序	155
5.1.4	锤上模锻设计步骤	155
5.1.5	锻件图的制定	156
5.1.6	终锻模膛设计	158
5.1.7	预锻模膛设计	160
5.1.8	制坯模膛设计	161
5.1.9	模膛布排	172
5.1.10	锻模结构设计	176
5.1.11	锻模主要尺寸公差与表面粗糙度	186
5.1.12	镶块锻模	187
5.1.13	锻模实例	192
5.2	热模锻压力机用锻模	193
5.2.1	热模锻压力机模锻的特点	193
5.2.2	热模锻压力机模锻件分类及模锻工序的选择	195
5.2.3	锻件图的制定	197
5.2.4	终锻模膛	197
5.2.5	预锻模膛	199
5.2.6	制坯模膛	200
5.2.7	锻模结构设计	202
5.2.8	锻模实例	218
5.3	螺旋压力机用锻模	233
5.3.1	螺旋压力机的模锻特点	233
5.3.2	螺旋压力机模锻件的分类	234
5.3.3	锻件图的制定	234
5.3.4	锻模结构形式与紧固方法	235
5.3.5	模腔和模块设计	237
5.3.6	开式锻模设计	238
5.3.7	闭式锻模设计	243
5.3.8	精锻模设计	244
5.3.9	模架设计	247

5.3.10 锻模技术要求	260
5.3.11 锻模结构实例	260
第6章 塑料成型模具设计	263
6.1 塑料成型工艺	263
6.1.1 注射成型	263
6.1.2 压缩成型	263
6.1.3 传递成型	264
6.1.4 挤出成型	265
6.1.5 吹塑成型	265
6.1.6 真空及气动成型	266
6.2 挤塑模设计	267
6.2.1 挤出成型机头的设计原则及挤出机主要参数	267
6.2.2 管材挤出成型机头	268
6.2.3 棒材挤出成型机头	272
6.2.4 板材和片材挤出成型机头	274
6.2.5 线缆敷层挤出成型机头	275
6.2.6 薄膜挤出吹塑成型机头	276
6.2.7 异型材挤出成型机头	279
6.3 注塑模设计	281
6.3.1 热塑性塑料制品的设计原则	281
6.3.2 注塑模具结构	282
6.3.3 浇注系统设计	283
6.3.4 成型零部件设计	289
6.3.5 导向及脱模机构设计	292
6.3.6 推出机构设计	295
6.3.7 抽芯机构设计	297
6.3.8 塑料模具设计步骤	304
第7章 模具 CAD	309
7.1 概述	309
7.2 冲模 CAD	311
7.2.1 毛坯排样优化设计	311
7.2.2 冲压工艺方案	318
7.2.3 冲压模具结构设计	322
7.2.4 设计实例	335
7.3 锻模 CAD	337
7.3.1 轴对称件锻模 CAD	337
7.3.2 长轴类件锻模 CAD	340
7.3.3 预成型优化	348
7.4 挤压模具 CAD	360
7.4.1 挤压模 CAD 系统的内容	360

7.4.2 挤压组合凹模的优化设计	360
7.4.3 挤压模具的结构设计	363
7.5 注塑模 CAD	364
7.5.1 注塑模具 CAD 技术	364
7.5.2 注塑模具 CAE 技术	368
7.5.3 注塑模 CAE 的工程应用实例	372
参考文献	375

第1章

概述

1.1 模具及模具工业的发展与现状

模具是生产工业产品的主要工艺装备,作为成型工具与冲压、锻造、铸造等金属制品成型设备以及非金属材料制品成型设备相配套。模具工业是整个国民经济的基础工业。为提高模具的质量、性能、精度和生产效率,缩短制造周期,其零部件多由标准零部件组成,因此模具本身属于标准化程度较高的产品。

采用模具生产零部件,具有生产效率高、质量好、成本低、节省能源和原材料等一系列优点,它已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。现代工业产品的发展和技术水平的提高,在很大程度上取决于模具工业的发展水平。在现代化工业生产中,60%~90%的工业产品需使用模具加工,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都依赖于模具生产,特别是汽车、轻工、电子、航空等行业尤为突出。而作为制造业基础的机械行业,据国际生产技术协会预测,21世纪机械制造工业零件粗加工的75%和精加工的50%都将依靠模具完成。因此,模具工业已成为国民经济的重要基础工业。

目前,世界模具市场仍供不应求。近几年,世界模具市场总量一直为600~650亿美元左右,其中美国、日本、法国、瑞士等国每年出口模具约占本国模具总产量的1/3。可见研究和发发展模具技术,提高模具技术水平,对于促进国民经济的发展具有特别重要的意义。在日本,模具被誉为“进入富裕社会的原动力”,在德国则冠之为“金属加工业中的帝王”,在罗马尼亚称“模具就是黄金”。可以断言,随着现代工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济发展过程中将会发挥越来越重要的作用。

1.1.1 模具及模具工业的发展趋势

(1) 发展精密、高效、长寿命模具。精密冲模最有代表性的是各种拼嵌结构的多工位级进模,尤其是电子集成块引线框架级进模,其工件料薄,凸、凹模间隙非常小。对于这类模具应该采用高刚度精密导向、定位、卸料以及防振等结构。选择高耐磨、耐黏附的模具材料和高精度送料机构。

精密注塑模要用刚度大的模架,增厚模板,加支撑柱或锥形定位元件以防止模具受压后产生变形。有些情况下,要求这些元件能承受100MPa内压。成型收缩率的计算应根据不同的部位而有所变化,在需要提高模具温度的材料中,要把模具的热膨胀计算进去。要严格控制模具温度,型腔和型芯的温度能分别控制,进出口的水温应维持在0.5~1℃以内。热流

道模具要通过充分试验。制造精度要求特别高时,应先制造试制模,进行试成型,根据产品数据再设计生产模,产品数据测定应从成型条件稳定后连续成型 100 件以上开始,取测定点波动的中间值进行设计。顶出装置是影响制品变形和尺寸精度的重要因素,精密注塑模要选择最佳的顶出点,以使各处脱模均匀,难脱模处用推管或方销。流道、型腔、型芯应选择耐磨、易抛光材料。高精度模具在结构上多数采用拼嵌或全拼结构,这要求模具零部件加工精度、互换性均大为提高。精密模具的应力消除是非常重要的环节,有的模具厂采用回火,甚至多次回火的措施,有的开发了低成本的低频低幅振动工艺来消除应力。

高效模具主要是提高成型机床一次行程生产的制品质量。为此,大量采用多工位级进模和多排多工位级进模。此外,现代还发展了具有多种功能的模具,不仅能完成各种冲压加工,而且还可以完成叠装、计数、铆接等功能,从模具生产出来的是成批组件。

长寿命模具对于高效率生产是很必要的。影响模具寿命的因素有模具结构、模具材料、毛坯材料、热处理和表面处理技术、加工设备和加工技术等。提高模具寿命要采取综合措施。

(2) 发展高效、精密、数控自动化加工设备。现代模具加工技术的主要特点是:从过去劳动密集,主要依靠钳工技巧,发展到更多依靠各种高效自动化机床加工,70%~80%的零件是靠加工保证精度并直接装配的;从一般的车、铣、刨、磨机床加工,发展至采用各种数控机床和加工中心进行模具零件的加工;从一般的机加工方法,发展至采用机电结合的数控电火花成型、数控电火花线切割以及各种特殊加工技术相结合。

(3) 发展简易、快速模具技术。工业生产中有 70% 是多品种小批量的生产。开发和适应这种生产方式的模具技术越来越引起人们的重视,并已成为重要的发展方向。这种生产方式要求模具在满足工件质量的前提下,降低成本、缩短制造周期、能快速更换。

通常采用的有低熔点合金、铝合金、锌基合金、铍铜合金甚至塑料等材料制作模具。国外研制了一种增强塑料来制造注塑模的型腔和型芯,其主要成分为塑料中加碳纤维和专用填料,其导热性接近铝,而耐磨性比铝好,成本仅相当于铝模的一半,制模周期为 3~4 周。这种模具除不适用于添加玻璃纤维的塑料成型外,能生产数万件注塑零件,已应用于医药、计算机等行业。

(4) 完善和提高现有模具材料性能、开发新型模具材料。模具材料总的选用原则是:生产批量小的用廉价材料、易熔材料,如铸铁、球铁、铝、预硬钢以及含有增强填料的塑料等。制件生产批量大的模具,多采用高耐磨材料,如各种合金工具钢、高速钢、硬质合金等。

(5) 发展专业化生产。专业化生产方式是现代工业生产的重要特征之一。目前,工业技术领先国家的模具专业化程度已达 75% 以上。美、日两国的模具厂,其中 80% 是 10 人以下,90% 是 20 人以下的“小而专”的企业,一个模具厂只生产一种模具。这种小企业易于管理,反应灵活,容易提高质量和效率。

标准化是实现模具专业化生产的基本前提,也是系统提高整个模具行业生产技术水平 and 经济效益的重要手段,亦是提高社会效益的重要方向。

1.1.2 模具的分类及应用

模具种类繁多、用途广泛,对模具进行科学合理的分类,有利于更加系统地研究和开发模具生产技术、促进模具设计和制造技术的现代化、充分发挥模具的功能和作用,有利于进一步研究和制定模具技术标准、提高模具标准化水平和专业化协作生产水平、提高模具生产

效率、缩短模具设计制造周期。

1.1.2.1 模具的分类

总体上,模具可分为金属板料成型模具,金属体积成型模具,非金属材料制品成型模具三大类。而习惯上的具体分类方法则有很多,主要包括:按模具的结构形式,可分为冲模中的单工序模、复合模、级进模等,塑料模中的压缩模、注射模、挤出模等;按模具的使用对象,可分为电工模具、汽车模具、电视机模具等;按模具的材料,可分为硬质合金模具、低熔点合金简易模、钢带模和普通钢模等;按工艺性质,可分为冲模中的冲孔模、落料模、拉深模、弯曲模等,塑料模中的注塑模、吸塑模、吹塑模等。上述分类方法比较直观、方便,但不尽合理,易将模具类别与品种混用,使种类繁多无序。因此,采用综合归纳法,可将模具分为10大类,各大类模具又可根据其使用对象、材料、功能和模具制造方法以及工艺性质等,再分成若干小类和品种,详见表1-1。

1.1.2.2 模具的应用

每类模具都有其特定的用途和使用方法以及与其相配套的加工机床和设备。模具的功能和应用与模具类别、品种有着密切的关系。这是因为模具和产品零件的形状、尺寸大小、精度、材料、材料形式、表面状态、质量和生产批量等都需一致,模具生产要满足零件要求的技术条件,即每一个产品零件相对应的只能是一副或一套特定的模具。为适应模具不同的功能和用途,都需进行创造性设计,造成模具结构形式多变,从而产生了模具类别和品种繁多,并具有单件生产的特征。

尽管如此,由于模具生产技术的现代化,在现代工业生产中,模具已广泛用于电动机与电器产品、电子与计算机产品、仪表、家用电器产品与办公设备、汽车、军械、通用机械等产品的生产中,其主要原因是由于模具有如下的一系列优点。

(1) 模具的适应性强。根据不同产品零件的结构、性质、精度和批量以及零件材料和材料性质、供货形式,可采用不同种类、不同结构和档次的模具与之相适应,如为适应产品零件的大批量生产,可采用高效率、高精度、高寿命、自动化程度高的模具;为适应产品试制或多品种、小批量的产品零件生产,可采用通用模具,如组合冲模、快换模具以及各种经济模具。

(2) 制件的互换性好。即在模具使用寿命范围内,合格制件的相似性好,可满足互换性要求。

(3) 生产效率高、生产消耗低。采用模具成型加工,产品零件的生产效率高。高速冲压可达1800次/min。由于模具寿命和产品产量等因素限制,常用冲模也在200~500次/min范围内。塑料件注射循环时间可缩短在1~2min内成型,若采用热流道模具,进行连续注射成型,生产效率则更高,可满足塑料件大批量生产的要求。采用高效滚锻工艺和滚锻模,进行连杆锻件连续滚锻成型。采用塑料异型材挤出模,进行建筑用门窗异型材挤出成型,其挤出成型速度可达4m/min,因此采用模具进行成型加工与机械加工相比,不仅生产效率高,而且生产消耗低,可大幅度节约原材料和人力资源,是进行产品生产的一种优质、高效、低耗的生产技术。

(4) 社会效益好。模具是高技术含量的社会产品,其价值和价格主要取决于模具材料、加工、外购件的劳动与消耗三项直接发生的费用和模具设计与试模等技术费用。后者是模具价值和市场价格的主要组成部分,其中一部分技术价值计入市场价格,而更大一部分价值,则使模具用户和产品用户受惠变为社会效益。如电视机用模具,其模具费用仅为电视机产品

表 1-1 模具种类和用途

模具类别	模具小类和品种	使用对象和成型工艺性质	模具类别	模具小类和品种	使用对象和成型工艺性质
金属板料成型模具	冲模 冲裁模:少、无废料冲模,整修模,光冲冲模,深孔冲模,精冲模等 单工序模;冲孔模,落料模,弯曲模,拉深模,成型模等 复合冲模 级进冲模(含传递模) 汽车覆盖件冲模 硅钢片冲模 硬质合金冲模 微型冲件用精密冲模	使用金属(黑色和有色金属)板材,通过冲裁模和精冲模,或根据零件不同的生产批量、冲件精度,采用单工序模、复合模或级进模等相应的工艺方法,成型加工为合格的冲件	金属体积成型模具	压铸模 热压室压铸机用压铸模 冷压室压铸机用压铸模 铝合金压铸模 铜合金压铸模 锌合金压铸模 黑色金属压铸模等	金属零件产品如汽车、摩托车汽缸体,变速箱等有色金属零件(锌、铝、铜),通过注入模具型腔的液态金属加压成型
	锻造成型模具 压力机用锻模 摩擦压力机用锻模 平锻机用锻模 辗锻机用锻模 高速锤机用锻模 开(闭)式锻模 校正模、压印模、切边模、冲孔模、精锻模、多向锻模、胎模、闭塞锻模等 冷锻模、挤压模 拉丝模等	采用有色、黑色金属的块料或棒材、丝材,经锻、锻、挤、拉等工艺成型加工成合格零件、毛坯和丝材			
非金属材料制品成型模具	塑料成型模具 塑料注射模:立式、卧式、角式注射机用模具,无浇道模具。电视机壳、录音机壳、洗衣机桶、汽车保险杠、录像机壳注射模等 压缩模(含压胶模) 挤塑模(含传递模) 挤出模:异型材、管件、薄膜挤出模 发泡模(含低发泡模) 吹(吸)塑模具 塑封模 滚塑模等	使用热塑性或热固性塑料,通过注射、压缩、挤塑、挤出、发泡、吹塑和吸塑等成型加工为合格塑件 具有板材成型和体积成型两种成型工艺	铸造金属型模 易熔型芯用金属型模 低压铸造用金属型模 金属浇铸用金属型模等	液态金属或石蜡等易熔材料,经注入模具型腔成为金属零件毛坯、铸造用型芯、工艺品等	
	玻璃制品成型模具 注塑成型模 吹-吹法成型瓶罐模 压-吹法成型瓶罐模 玻璃器皿成型模具等	用于玻璃瓶、罐、盒、桶,以及工业产品零件的成型加工	粉末冶金成型模具 整形模:分手动和机动模,径向模带外台阶套类整形模,带球面件模 无台阶实体件自动整形模,轴套拉杆式半自动整形模,轴套通过式自动整形模,带外台阶与外球面轴套自动全整形模等	主要用于铜基、铁基粉末制品的压制成型。包括机械零件、电器元件(如触头等)、磁性零件、工具材料、易热零件、核燃料制件的粉末压制成型	
	橡胶制品成型模具 压胶模,挤胶模,注射模,橡胶轮胎模(整体和活络模),O形密封圈橡胶模等	汽车轮胎,O形密封圈及其他杂件,与硫化机配套,成型加工为合格的橡胶零件			
	陶瓷模具 压缩模;注射模等	建筑用的陶瓷构件,陶瓷器皿,及工业生产用的陶瓷零件的成型加工	通用模具与经济模具 组合冲模、薄板冲模、叠层冲模、快换冲模、环氧树脂模、低熔点合金模等	适用于产品试制,多品种、少批量生产	

价格的 $1/3000 \sim 1/5000$ ，尽管模具的一次投资较大，但在大批量生产的每台电视机的成本中仅占极小部分，甚至可以忽略不计，而实际上很高的模具价值为社会所拥有，变成了社会财富。

模具是现代工业生产中广泛应用的优质、高效、低耗、适应性很强的生产技术，是技术含量高、附加值高、使用广泛的新技术产品，是价值很高的社会财富。

1.2 模具设计 CAD/CAM

模具计算机辅助设计和制造 (Computer Aided Design & Manufacturing, CAD/CAM) 是指以计算机作为主要技术手段来生成和运用各种数字信息和图像信息，进行模具设计和制造，是人和机器相结合共同进行设计的从而将人类和机器的最好特性联系起来的一种方法。人类的特性是具有创造性思维、逻辑推理、学习以及直观判断的能力，而计算机具有运算速度快、精确度高、信息存储量大、不易忘记与不易出错等特点。结合的方式是首先由人根据设计目标将设计过程与方法进行综合分析建立模型，编制成可运行的程序，在程序运行过程中计算机将发挥其特长完成数值分析、计算、图形处理以及信息管理等任务。而人将运用自己的经验与判断能力来控制整个设计过程，这种控制通过人-机对话或图形显示的方式进行，让人和计算机之间进行信息交流，互相取长补短，从而获得最优的设计结果。

1.2.1 传统的设计方法及过程

传统设计方法是以经验总结为基础，运用长期设计实践和理论计算而形成的经验公式、图表、设计手册等作为设计的依据，通过经验公式、近似系数或类比等方法进行设计。传统设计首先很大程度上凭借设计人员的直接的或间接的经验，同时拟订几个方案，通过类比分析或经验公式来确定方案；然后进行人工计算、绘图、比较、返工；最后获得最终的产品。详细的产品设计过程可以概括为图 1-1 所示的流程图。

(1) 明确设计要求。根据设计任务，通过对类似产品的资料检索及调研，对产品的性能、寿命要求、生产效率和生产成本、生产批量等技术内容提出明确的量化指标，形成具体的设计任务书。

(2) 方案确定。在满足设计要求的前提下，由设计人员构思多种可行的方案，并且用方案图和原理图表达出来，利于相互比较进行筛选，以确定一个比较合适的方案。

(3) 技术设计。在选定设计方案的基础上，完成产品的总体设计、部件设计、零件设计，将设计结果以图样及计算说明书的形式表现出来。

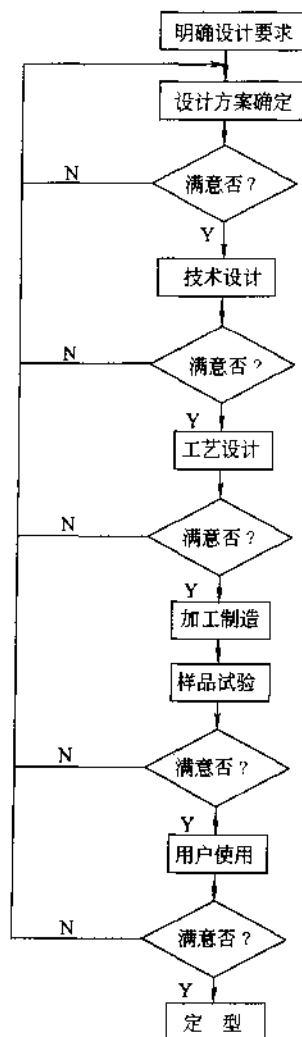


图 1-1 设计流程

(4) 工艺设计。对所设计的零、部件,进行生产工艺分析,制定生产工艺流程图。

(5) 制造加工及试验。经过加工制造、样品试验或生产现场直接试用,将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,作为修改的依据。

从流程图可以看到设计过程是一个设计—试验—修改—再设计的多次反复过程,最终达到一个最优的设计效果。

1.2.2 计算机辅助设计方法及过程

计算机辅助设计是指应用计算机系统,协助工程技术人员完成设计过程各阶段的工作。最早 CAD 的概念是从利用计算机来辅助设计人员完成一些复杂、烦琐、重复性的数值计算产生的,当时的概念是非常狭窄的,它仅体现了计算机的最基本功能。随着计算机技术的发展特别是外围设备的发展,计算机辅助设计的范围逐步扩大,人机交互功能增强,极大地发挥了设计人员的创造力。

在计算机辅助设计工作中,计算机的主要任务实质上是进行大量的信息加工、管理和交换,也就是在设计人员初步构思、判断、决策的基础上,由计算机对数据库中大量设计资料进行检索,根据设计任务和要求进行分析、计算和优化,将初步设计结果显示出来,以人机交互方式反复加以修改。最后确认以后,可在绘图机及打印机上输出设计结果,或者直接驱动数控加工设备进行加工。CAD 的工作流程如图 1-2 所示。

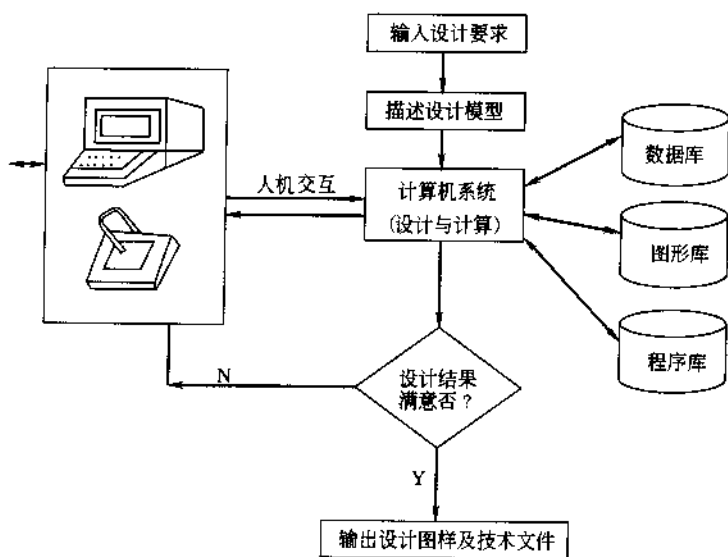


图 1-2 CAD 的工作流程

1.2.3 模具 CAD/CAM 系统要求

(1) 模具 CAD/CAM 系统必须具备描述物体几何形状的能力。有些设计过程最初提出的要求是一些参数或性能指标。但是,模具设计则不相同,因为模具的工作部分(如拉深模、锻模和注射模的型腔)是根据产品零件的形状设计的,所以无论设计什么类型的模具,开始阶段必须提供产品零件的几何形状,这就要求模具 CAD 系统具备描述物体几何形状的能力,即几何造型的功能。否则,就无法输入关于产品零件的几何信息,设计程序便无法运行。另外,为了编制 NC 加工程序、计算刀具轨迹,也需要建立模具零件的几何模型。因此,几何造型是模具 CAD/CAM 中的基础问题。

(2) 标准化是实现模具 CAD 的必要条件,成组技术是实现模具 CAD 的重要手段。模

具设计一般不具有唯一性,对于同一产品零件,不同设计人员设计的模具不尽相同。为了实现模具 CAD,减少数据的存储量,在建立模具 CAD 系统时首先要解决的问题便是标准化问题,包括设计准则的标准化、模具零件和模具结构的标准化。有了标准化的模具结构,在设计模具时可以选用典型的模具组合,调用标准模具零件,需要设计的只是工作零件。

模具 CAD 由于其自身的特点,要求采用系统的、定量的设计方法。因此,种类繁多的成型零件和成型工艺,以及缺乏系统的、定量的设计方法,是建立模具 CAD 系统时遇到的一个突出矛盾,解决这一矛盾的有效途径便是成组技术。成组技术用于塑性加工,就是按照成型零件的形状、尺寸和材料的不同,将其加以分类,根据各类成型零件的不同特点,采用不同的生产工艺和模具设计方法。成组技术有助于以定量的方式表述现有的设计经验,建立系统的设计方法。这样,就使得在现有技术发展水平上较容易建立模具 CAD 系统。

(3) 设计准则的处理是模具 CAD 中的一个重要问题。人工设计模具所依据的设计准则大部分是以图、表形式给出的。在编制设计程序时,必须对这些图、表进行恰当的处理,将其变为计算机能够处理的表达形式。程序化和公式化是处理图、表形式设计准则的基本方法。对于某些定性的设计准则,计算机程序无法采用,需要深入研究,总结出便于使用的定量的设计准则。有些经验准则难以程序化或公式化,这时就需要通过人机交互方式发挥经验的作用。

(4) 模具 CAD/CAM 系统应具有充分的柔性。模具的结构随产品的不同而变化,模具型面的几何形状复杂,现阶段模具的设计方式基本上属于经验设计,设计质量在很大程度上取决于设计者的技巧。模具的生产方式为单件的或小批量的,大量生产模具的情况极为少见。所有这些,要求模具 CAD/CAM 系统具有充分的柔性,即可以根据不同产品的特点和生产条件,灵活地做出抉择,方便地修改设计,因此在开发模具 CAD/CAM 系统时,不仅要考虑全面的功能、较高的效率,还应提供充分的柔性。这是实用化的模具 CAD/CAM 系统所应具备的基本条件之一。

1.2.4 模具 CAD/CAM 的优越性

模具 CAD/CAM 的优越性主要表现在以下几方面。

(1) CAD/CAM 可以提高模具的质量。在计算机系统内存储了各有关专业的综合性的技术知识,为模具的设计和工艺的制定提供了科学的依据。计算机与设计人员交互作用,有利于发挥人机各自的特长,使模具设计和制造工艺更加合理化。系统采用的优化设计方法有助于某些工艺参数和模具结构的优化。

(2) CAD/CAM 可以节省时间,提高生产率。设计计算和图样绘制的自动化大大缩短了设计时间。CAD 与 CAM 的一体化可显著缩短从设计到制造的周期。

(3) CAD/CAM 可以较大幅度地降低成本。计算机的高速运算和自动绘图大大节省了劳动力,优化设计带来了原材料的节省。由于采用 CAD/CAM 技术,生产准备时间缩短,产品更新换代加快,大大增强了产品的市场竞争能力。

(4) CAD/CAM 技术将技术人员从烦冗的计算、绘图和 NC 编程工作中解放出来,使其可以从事更多的创造性劳动。

(5) 随着塑性成型过程计算机模拟技术的提高,模具 CAD/CAM/CAE 一体化技术可以大大增加模具的可靠性,减少试模、修模时间。

模具 CAD/CAM 的优越性赋予了其自身无限的生命力,使其得以迅速发展和广泛应用。无论在提高生产率、改善质量方面,还是在降低成本、减轻劳动强度方面,CAD/CAM 技术的优越性都体现得淋漓尽致。

第2章

冲压模具设计

2.1 概述

冲压加工是借助于冲压设备的动力，使板料在冲压模具里因变形力而发生变形或分离，从而获得一定的形状、尺寸和性能的冲压件的生产技术。冲压加工简称冲压，也称为冷冲压或板料冲压。冲压主要包括冲裁、弯曲、拉深、胀形、翻边、缩口等基本成型工艺，冲压加工就是通过这些基本工艺进行合理组合并按一定的工序安排，从而最终成型生产出符合要求的冲压件。

2.1.1 冲压工艺设计

冲压模具设计与冲压件的冲压工艺性有着千丝万缕的联系，冲压工艺设计是工件的整个冲压生产过程的重要组成部分。工艺设计主要包括冲压件的工艺性分析和冲压工艺方案制定两方面内容，即对具体的冲压件，首先从其结构形状、尺寸大小、精度要求及原材料选用等方面开始，进行冲压件的工艺性分析，必要时对冲压件提出改进意见，然后根据具体的生产条件，并综合分析研究各方面影响因素，从而制定出一种技术上先进可行、经济上合理的冲压工艺方案，其中包括工序数量的确定、工序顺序的排列、工序的组合方式确定以及为实现工序内容有关的模具类型、设备规格、工艺定额的确定等。

冲压工艺设计对于产品的质量、成本、生产效率及减轻劳动强度和保证安全生产等方面都有重要影响。在实际生产中，不仅要求工艺设计人员应具有较好的工艺设计知识和较丰富的冲压生产实践经验，而且还要求工艺设计人员在实际工作中与产品设计人员、模具设计人员、模具制造工人及冲压生产工人紧密结合，及时采纳他们的合理化建议，不断吸取国内外的先进经验并将其贯穿到工艺设计中，同时在分析和制定工艺规程时应从工厂的具体生产条件出发，综合地考虑能保证产品质量、提高生产效率、降低生产成本、减轻工人劳动强度和保证安全操作等方面的因素后，制定出合理的冲压工艺。

冲压工艺设计应在搜集、调查研究并掌握有关设计的原始资料的基础上进行，做到有的放矢，避免工作的盲目性。冲压工艺设计的原始资料主要包括：冲压件的产品图或实体及技术要求、原材料的尺寸规格、力学性能及供应状态、产品的生产批量、冲压设备的技术参数、模具制造条件及技术水平等其它技术资料。

冲压工艺设计包括的基本内容及具体的实施步骤如下。

(1) 分析冲压件的工艺性。冲压件的工艺性是指冲压件对冲压工艺的适应性，即冲压件