



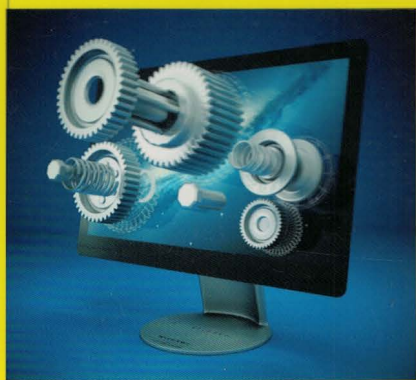
模具设计与制造技术丛书

模具制造 工艺与装备

第2版

许发铤 编

MUJU ZHIZAO
GONGYI YU ZHUANGBEI



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



模具设计与制造技术丛书

模具制造工艺与装备

第2版

许发樾 编



机械工业出版社

本书是根据常用模具的结构特点和设计理念,结合作者多年的设计经验编写而成的,主要内容包括:模具制造概述,模具制造工艺与工艺过程,模具制造工艺规程,工件的定位、基准与夹紧,模具零件加工用夹具,模具通用零件加工和加工误差,仿形与数控铣削,凸、凹模型面成形磨削工艺,凸、凹模型面电火花加工工艺,模具装配原理与工艺基础,模具装配工艺等。

本书可供职业技术学院模具专业教学和企业职工培训使用,还可供有关专业技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

模具制造工艺与装备/许发樾编. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2015. 8

(模具设计与制造技术丛书)

ISBN 978-7-111-50674-4

I. ①模… II. ①许… III. ①模具-制造-工艺②模具-制造-设备 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 142945 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:赵磊磊 邓振飞 责任编辑:赵磊磊 邓振飞

版式设计:霍永明 责任校对:樊钟英

封面设计:鞠 杨 责任印制:李 洋

北京宝昌彩色印刷有限公司印刷

2015 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 26.5 印张 · 657 千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-50674-4

定价:59.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

金书网:www.golden-book.com

教育服务网:www.cmpedu.com

前 言

模具是工业生产中使用极为广泛的基础工艺装配。在汽车、电机、仪表、电器、电子、通信、家电和轻工等行业中，大部分零件都要依靠模具成形。为适应模具行业快速发展的形势，中国模具工业协会培训与教育委员会于 2003 年组织行业专家编写了“模具设计与制造技术教育丛书”，这套丛书包括《模具常用机构设计》《模具结构设计》《模具钳工工艺》《模具制造工艺与装备》。

本套丛书自出版以来，受到了广大读者的欢迎和好评。但是随着时间的推移，现代模具技术在不断发展，新的设计理念和设计方法也不断涌现，同时，新的国家标准、行业技术标准也在相继颁布和实施。为了使本套丛书的内容不断充实和完善，更好地满足广大模具设计与制造人员的实际需求，特对其进行了修订。本次修订删除了很多过时的内容，充实了大量现代模具设计、制造方面的先进技术，并增加了很多与模具生产技术紧密结合的实例。

《模具制造工艺与装备》是本套丛书中的一种。在此次修订中，本书增加了模具制造技术要求、模具制造周期与成本控制等内容，完善了模具装配工艺，删除了已经作废的模具行业标准，更新了相关技术标准。本书修订后的主要内容包括：模具制造概述，模具制造工艺与工艺过程，模具制造工艺与工艺规程，工件的定位、基准与夹紧，模具零件加工用夹具，模具通用零件加工和加工误差，仿形与数控铣削，凸、凹模型面成形磨削工艺，凸、凹模型面电火花加工工艺，模具装配原理与工艺基础，模具装配工艺等。

本书由许发樾编写。由于修订时间仓促，编写水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 模具制造概述 1

1.1 模具制造简介 1

1.1.1 模具制造的定义 1

1.1.2 模具制造的发展简史 1

1.1.3 模具制造的合理化 2

1.2 模具制造的技术要求 3

1.2.1 模具制造过程与精度概念 3

1.2.2 冲模制造精度要求 4

1.2.3 塑料注射模制造精度要求 7

1.2.4 压铸模制造精度要求 9

1.2.5 其他模具制造精度要求 11

1.2.6 模具成形件的表面质量 11

1.3 模具制造周期与成本控制 13

1.3.1 模具制造的周期控制 13

1.3.2 模具制造的成本控制 13

第2章 模具制造工艺与工艺过程 15

2.1 模具制造工艺 15

2.1.1 模具制造工艺简介 15

2.1.2 模具构件及其制造工艺 15

2.1.3 成形件的制造工艺 15

2.2 模具制造工艺过程 16

2.2.1 模具制造过程中的6个阶段 16

2.2.2 制造工艺过程的组成 17

2.2.3 模具制造的工艺集成度 17

2.3 模具制造装备与合理配置 17

2.3.1 模具制造装备及其类型 17

2.3.2 模具制造装备的合理配置 18

第3章 模具制造工艺规程 19

3.1 模具制造工艺规程概述 19

3.1.1 模具制造工艺规程的定义、

内容与特点 19

3.1.2 模具制造工艺规程的文件

形式 20

3.2 模具制造工艺规程的技术

基础 24

3.2.1 模具成形件的结构工艺及其

要素 25

3.2.2 工艺基准的确定 27

3.2.3 模具成形件的加工方法及其制造

精度与表面粗糙度 28

3.2.4 加工方法及其表面粗糙度 32

3.3 模具零件制造工艺规程的基本

内容 34

3.3.1 模具零件毛坯和加工余量 34

3.3.2 模具零件制造工序、工序尺寸与

公差 40

3.4 模具制造工艺规程的执行与

模具验收 45

3.4.1 模具制造工艺规程的执行 45

3.4.2 模具验收 47

第4章 工件的定位、基准与夹紧 50

4.1 工件定位与定位基准 50

4.1.1 工件的定位原理 50

4.1.2 工件定位基准 54

4.2 工件定位方式和定位元件 56

4.2.1 校正、确定安装于机床上的工件

定位基准 56

4.2.2 工件安装于夹具中的定位方式与

元件 59

4.3 工件定位误差分析与计算 67

4.3.1 定位误差分析 67

4.3.2 定位误差计算 69

4.4 工件的夹紧 74

4.4.1 夹紧工件的基本要求	74	6.5.4 模板上的深孔加工	223
4.4.2 夹紧力的确定与分析	75	6.6 模具通用零件加工工艺	
4.4.3 夹紧误差分析	79	过程	228
4.4.4 夹紧元件与夹紧机构	83	6.6.1 模板加工工艺过程	228
第5章 模具用夹具	91	6.6.2 导柱与导套加工工艺过程	230
5.1 夹具、夹具的种类与基本		第7章 仿形与数控铣削	235
要求	91	7.1 模具成形件的仿形与数字化	
5.1.1 夹具简介	91	加工	235
5.1.2 夹具的种类	102	7.1.1 成形件的成形加工	235
5.1.3 夹具的基本要求与作用	114	7.1.2 仿形铣削与数字化成形铣削的	
5.2 模具制造工艺系统常用		特点	235
夹具	116	7.2 靠模仿形铣削工艺	237
5.2.1 车削加工工艺系统常用夹具 ..	116	7.2.1 靠模仿形铣削原理、方式与	
5.2.2 铣削加工工艺系统常用夹具 ..	121	工艺条件	237
5.2.3 电火花加工工艺系统常用		7.2.2 仿形靠模、触头、刀具和	
夹具	129	机床	239
5.2.4 磨削工艺系统常用夹具	136	7.3 数控铣削工艺	243
第6章 模具通用零件加工和加工		7.3.1 数控铣削工艺原理与机床	243
误差	151	7.3.2 NC 铣削工艺	250
6.1 概述	151	7.4 计算机数控 (CNC) 编程 ..	258
6.2 圆柱形零件加工	152	7.4.1 CNC 系统与铣削编程坐	
6.2.1 车削工艺与机床	152	标系	258
6.2.2 外圆磨削工艺与机床	162	7.4.2 数控加工编程	259
6.2.3 圆柱形零件外圆研磨工艺	171	7.4.3 模具专用 CAD/CAM 系统的	
6.3 套形零件加工	176	编程准备与进给路径	265
6.3.1 导套及其加工要求	177	7.4.4 常用进给路径、方式、刀具与	
6.3.2 套形零件内孔的切削加工	178	加工范围设定	267
6.3.3 套形零件内孔研磨与珩磨	195	7.4.5 模具专用 CAD/CAM 系统的后	
6.4 板件加工	199	处理程序	273
6.4.1 板件及其加工顺序	199	第8章 凸、凹模型面成形磨削	
6.4.2 模具用板件的刨削加工	200	工艺	277
6.4.3 模具用板件的铣削加工	201	8.1 成形磨削原理与方法	277
6.4.4 模具用板件的磨削加工	212	8.1.1 成形磨削原理与应用	277
6.5 圆孔与圆孔孔系加工	217	8.1.2 成形磨削方法与工艺	279
6.5.1 圆孔及其技术要求	217	8.1.3 成形磨削实例	286
6.5.2 模板上孔系的坐标镗削加工 ..	218	8.1.4 常用成形磨削机床	297
6.5.3 模板上孔系的精密磨削	219	8.2 光学曲线磨削工艺与机床	298

8.2.1 磨削原理与方法	298	10.1.3 模具装配的工艺要求	372
8.2.2 光曲磨削工艺条件与机床	301	10.2 模具装配原理与装配	
8.3 数控成形磨削与坐标磨削		尺寸链	373
工艺	302	10.2.1 模具装配原理	373
8.3.1 数控成形磨削工艺与机床	302	10.2.2 装配尺寸链及其计算	374
8.3.2 坐标磨削工艺与机床	303	10.2.3 塑料注射模装配及其	
8.4 高硬材料冲模成形件成形		尺寸链	374
磨削	309	10.3 模具装配方法	377
8.4.1 模具常用高硬度材料	309	10.3.1 互换装配法	378
8.4.2 模具常用高硬材料成形件的		10.3.2 分组互换装配法	381
成形磨削	311	10.3.3 修配与调整装配法	381
第9章 凸、凹模型面电火花加工		10.4 模具装配中的定位	382
工艺	316	10.4.1 模具装配定位的基本要求	382
9.1 电火花加工原理与应用	316	10.4.2 模具装配常用定位形式与	
9.1.1 电火花加工的基本原理	316	元件	383
9.1.2 电火花加工工艺系统与特点	317	10.5 模具装配中的连接与固定	384
9.2 电火花成形加工工艺与		10.5.1 螺纹联接	385
机床	318	10.5.2 过盈连接	386
9.2.1 电火花成形加工方式	318	10.5.3 粘结连接	390
9.2.2 电火花成形加工工艺	322	10.6 模具装配与模具标准件	394
9.3 电火花线切割工艺与机床	328	10.6.1 模具标准化及其技术标准的	
9.3.1 线切割工艺原理与特点	328	作用	394
9.3.2 线切割工艺与应用	331	10.6.2 模具技术标准	395
9.3.3 线切割工艺系统、应用与		10.6.3 模具标准件的应用	397
机床	338	第11章 模具装配工艺	399
9.4 电火花线切割数控程序		11.1 冲模装配及其组装工艺	399
编制	347	11.1.1 冲模的典型结构与装配工艺	
9.4.1 编程原理与规则	347	要求	399
9.4.2 CNC线切割操作与计算机		11.1.2 冲模装配单元及其组装	
编程的基础	352	工艺	400
9.4.3 计算机编程	357	11.2 塑料注射模装配及其组装	
第10章 模具装配原理与工艺		工艺	404
基础	372	11.3 模具总装与调试	411
10.1 模具装配及其技术要求	372	11.3.1 冲模总装与调试	411
10.1.1 模具装配	372	11.3.2 塑料注射模的总装与调试	413
10.1.2 模具装配工艺过程	372	参考文献	417

第 1 章 模具制造概述

1.1 模具制造简介

1.1.1 模具制造的定义

在模具设计的基础上，根据设计要求需完成以下过程：

- 1) 生产准备，即进行型件坯料制备、工艺文件制订、标准件的配购与检测。
- 2) 型件与非标准件的加工。
- 3) 组件与部件的组装。
- 4) 总装、检测与试模。

常称上述过程为模具制造。包括上述过程在内的比较详细的模具制造过程如图 1-1 所示。

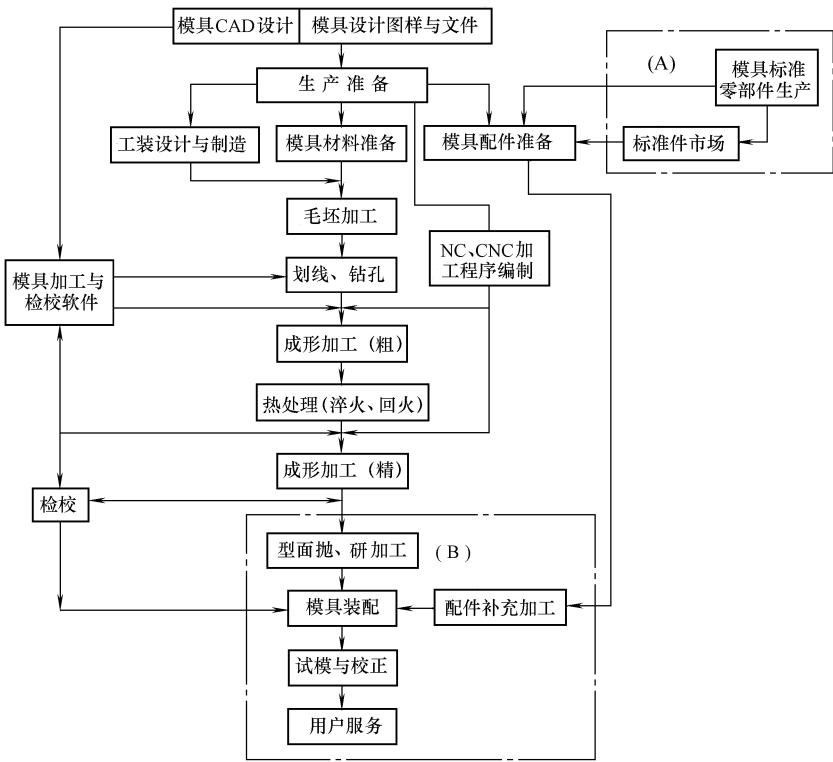


图 1-1 模具制造过程框图

1.1.2 模具制造的发展简史

模具是古老的成形工具。利用“型”、“模”为工具制造器件的历史，可追溯到陶器、铜器时代。“模具”则是近 100 ~ 150 年间逐步形成的概念。模具制造技术的发展，可分为 4 个阶段。

(1) 手工制造阶段 其制造用工具主要有锯、锉、凿和锤,只能依据工人的经验、技艺制造简单的冲模,故也称为无设计图的阶段。

(2) 机械化与半机械化制造阶段 前期所用装备主要为车床、刨床,后期有铣床与磨床,逐步形成了工业化生产的初始阶段。

(3) 工业化生产阶段 20 世纪 30 年代初,不仅在产品厂建立了模具工段、车间,还出现了为汽车制造模具的冲模厂。此阶段有四个标志性的进步:其一为高速工具钢、Cr12 钢、硬质合金等材料的应用;其二为标准件的应用。1935 年美国成功制定第一部模具标准;其三,模具设计、按图制造成为模具制造的关键;其四,电火花加工机床和成形磨削机床的广泛应用。

(4) 数字化制造阶段 1975 年以来,随着计算机、数字化机床的广泛应用,在模具标准化的基础上,已形成模具设计与制造一体化的现代化生产方式。普及了模具 CAD/CAE/CAM 系统。从而,为智能化模具制造体系的发展奠定了坚实的基础。

1.1.3 模具制造的合理化

尽管模具制造过程已趋于智能化,已广泛采用 CAD/CAM 一体化制造方式进行设计与制造,但仍属于人机互换型:其加工制造工艺参数仍具有经验性。同时,鉴于模具的结构特性,使之仅限于单件制造方式,从而使现代模具制造仍具有以下特点:

- 1) 各模具间的结构差异很大。
- 2) 型件成形加工所用装备价格昂贵。
- 3) 其型面的精饰加工、装配、调整与试模、仍需要大量手工劳动。

为保证模具制造精度和使用性能,为控制制造成本,其制造过程、制造方法和方式,必须遵循下列五个原则。

1. 在 CAD/CAE/CAM 一体化的基础上建立三大数据库

- 1) 模具标准、通用件的数据库。
- 2) 通用、定型模具系列产品数据库。
- 3) 以制件分类为基础形成的模具原型结构设计系列数据库。

并运用以 IT 技术为基础的局域网络系统,形成模具智能化设计与制造一体化系统。^①

2. 提高模具标准化、通用化、数字化水平

模具标准化是简化模具设计、实现三维智能化设计与制造的技术基础。在模具通用构件标准化、数字化的基础上,使诸多产品或其零部件制造专用模具标准化、形成定型模具。

同时,使桶形、盖形、罩形,以及形状相似的系列塑件制造用塑料注射模、压铸模的原型结构,形成数字化的设计系列。使二维平面冲孔,落料件制造用冲孔,落料单工序、复式或级进冲模的原型结构,三维图形、方形、矩形拉深件制造用冲模原型结构,形成数字化设计系列。

所以,模具及其构件的标准化、定型与原型化,及与之相应的结构设计及成形工艺参数的规范化、标准化,是实现现代制造方式,进行合理化制造最重要的技术基础。

3. 模具材料及其加工工艺的标准化

模具材料及其热处理工艺,不仅关系模具使用性能,也是影响其构件加工工艺条件和成

^① 参见许发铤著《模具标准化与原型结构设计》。

形工艺参数的关键因素。为此,须建立型件用材料的品种、性能,特别是加工性能的标准、规范,并形成专家系统,以适应模具智能化制造的要求。

其中,模具型件的加工工艺主要指电火花加工、成形磨削、CNC 成形铣削的工艺条件,切削加工的工艺参数、刀具材料、性能及其刃口的结构参数,必须标准化、规范化,并形成专家系统,以满足模具制造的智能化、合理化的要求。

其中,模具型件工作表面精饰加工主要指通过研磨、抛光工艺,皮纹加工工艺以保证型件表面质量和装饰性。为此,手工研磨、抛光作业的工作量很大。与装配中的手工作业量相加,将占模具制造总工时的 30% ~45%。这说明现代模具制造过程中,仍以手工技艺为主导。

1) 制订、执行研、抛工艺,包括研、抛材料、工具;装配工艺标准,使研、抛、装配工艺质量、工时可控。

2) 提高成形加工工艺水平;保证标准、通用构件的互换性,以减少手工作业量。

4. 实现专业化制造

模具企业在定型模具产品系列,或在某类产品制件用模具原型结构系列的基础上,根据市场需求,以某类模具作为企业产品方向,则称为专业化制造(生产)。

实行专业化生产体制是最大限度节约企业资源、社会资源,提高企业经济、技术效益最合理的生产方式;是易于组织生产、组织制造过程,易于积累技术资源,易于进行质量与管理的生产方式。

5. 模具制造过程的控制与管理

对模具制造工艺过程的质量控制与管理是指在对企业全体员工贯彻质量意识和精度概念的基础上,建立完善的质量控制与保证体制。

体制指以企业职工的认知为本所形成的制度性的组织系统。其内容和任务为:建立企业质量保证与管理机制;建立以工艺技术创新为基础的人才资源开发与管理机制。

所以,有效的企业管理体制的形成是以精神的、物质的、经济的激励机制为动力的。即科学的企业管理体制与激励机制相结合,方能推动企业进步。

1.2 模具制造的技术要求

1.2.1 模具制造过程与精度概念

1. 模具的制造精度与质量

模具是精密成形工具。因此有如下要求:

1) 其精度与质量必须满足冲件、塑件、压铸件等制件的尺寸精度要求。一般来说,其精度等级须比制件高 2 级或以上。其尺寸误差 $\leq 0.01\text{mm}$; 模具成形件的表面粗糙度须在 $Ra0.1 \sim Ra6.3\mu\text{m}$ 的范围内。

2) 模具精度主要取决于成形件,取决于模具装配尺寸链的“封闭环”,即凸、凹模之间的配合间隙及其均匀性。为此,则必须保证或提高导向副的配合精度,相联零件间的定位精度,各类成形件的尺寸精度,见表 1-1。影响成形件间配合间隙及其均匀性的因素如图 1-2 所示。

2. 用户合同及其内容

模具企业的产品来源于用户合同。其内容主要有 3 个方面:

1) 保证模具精度、质量和使用性能。

表 1-1 模具成形件的尺寸精度

模具类别	尺寸精度/mm	模具类别	尺寸精度/mm
冲模	大型 0.010 小型 0.005	塑料注射模	0.010
拉深模	0.005	玻璃模	0.015
精锻模	0.036	粉末冶金模	0.005
压铸模	0.010	陶瓷模	0.050

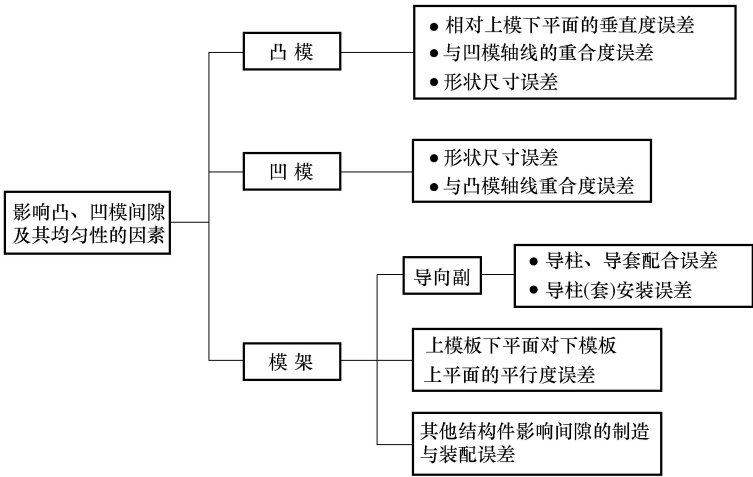


图 1-2 影响成形件间的配合间隙及其均匀性的因素

2) 保证制造周期，即供模期限。

3) 保证企业经济效益。

显然，合同内容的核心是模具精度与质量保证。

3. 企业的精度概念和质量意识

质量第一应当是所有模具企业的宗旨。

根据 ISO 9000 标准，和其他产品一样，模具的精度、质量亦形成于模具制造的全过程。因此，模具企业必须建立完善的质量保证体系。为此，企业的每个成员均须具有强烈的质量意识和精度概念。

1.2.2 冲模制造精度要求

1. 冲件的尺寸精度

冲件的形状尺寸及其相应的精度等级、冲裁截面的毛刺高度要求，是进行冲模设计、型件制造、标准件的配购、模具装配工艺的制订和试模的主要依据，见表 1-2 ~ 表 1-6。

表 1-2 冲件外形与内孔尺寸公差 (单位: mm)

精度等级	零件尺寸	材 料 厚 度			
		<1	1 ~ 2	>2 ~ 4	>4 ~ 6
经济级	<10	0.12 0.08	0.18 0.10	0.24 0.12	0.30 0.15
	10 ~ 50	0.16 0.10	0.22 0.12	0.28 0.15	0.35 0.20

(续)

精度等级	零件尺寸	材 料 厚 度			
		<1	1~2	>2~4	>4~6
经济级	>50~150	$\frac{0.22}{0.12}$	$\frac{0.30}{0.16}$	$\frac{0.40}{0.20}$	$\frac{0.50}{0.25}$
	>150~300	0.30	0.50	0.70	1.00
精密级	<10	$\frac{0.03}{0.25}$	$\frac{0.04}{0.03}$	$\frac{0.06}{0.04}$	$\frac{0.10}{0.06}$
	10~50	$\frac{0.04}{0.04}$	$\frac{0.06}{0.05}$	$\frac{0.08}{0.06}$	$\frac{0.12}{0.10}$
	>50~150	$\frac{0.06}{0.05}$	$\frac{0.08}{0.06}$	$\frac{0.10}{0.08}$	$\frac{0.15}{0.12}$
	>150~300	0.10	0.12	0.15	0.20

注：表中分子为外形公差值，分母为内孔公差值。

表 1-3 孔距公差 (单位：mm)

精度等级	孔距尺寸	材 料 厚 度			
		<1	1~2	2~4	4~6
经济级	<50	±0.10	±0.12	±0.16	±0.20
	50~150	±0.15	±0.20	±0.25	±0.30
	>150~300	±0.20	±0.30	±0.35	±0.40
精密级	<50	±0.01	±0.02	±0.03	±0.04
	50~150	±0.02	±0.03	±0.04	±0.05
	>150~300	±0.04	±0.05	±0.06	±0.08

表 1-4 任意冲件允许的毛刺高度 (单位：μm)

冲件材料厚度 /mm	材料抗拉强度 σ_b /MPa											
	<250			250~400			>400~630			>630 和硅钢		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
≤0.35	100	70	50	70	50	40	50	40	30	30	20	20
0.4~0.6	150	110	80	100	70	50	70	50	40	40	30	20
0.65~0.95	230	170	120	170	130	90	100	70	50	50	40	30
1~1.5	340	250	170	240	180	120	150	110	70	80	60	40
1.6~2.4	500	370	250	350	260	180	220	160	110	120	90	60
2.5~3.8	720	540	360	500	370	250	400	300	200	180	130	90
4~6	1200	900	600	730	540	360	450	330	220	260	190	130
6.5~10	1900	1420	950	1000	750	500	650	480	320	350	260	170

注：I、II、III 为冲模精度等级。

表 1-5 弯曲件、拉深件公差等级

材料厚度 /mm	经济级			精密级		
	A	B	C	A	B	C
≤1	IT13	IT15	IT16	IT11	IT13	IT13
1~4	IT14	IT16	IT17	IT12	IT13~14	IT13~14

注：表中 A、B、C 表示基本尺寸的部位与三种不同类别的公差等级。A 部位尺寸公差与模具尺寸公差有关。B 部位尺寸公差与模具公差、拉深件和弯曲件材料厚度极限偏差有关。C 部位尺寸公差与模具公差、材料厚度极限偏差及展开尺寸误差有关。

表 1-6 弯曲件角度公差

弯角短边尺寸/mm	>1~6	>6~10	>10~25	>25~63	>63~160	>160~400
经济级	±(1°30′~3°)	±1°30′	±(50′~2°)	±(50′~2°)	±(25′~1°)	±(15′~30′)
精密级	±1°	±1°	±30′	±30′	±20′	±10′

注：为达到精密级角度公差，需采用校正工序。

2. 冲裁间隙及其均匀性

冲模的凸模与凹模之间的间隙值及其均匀性,也是确定模具制造精度等级的重要依据。同时,冲模导向副中的导套与导柱配合精度,及其对上、下模座板的垂直度,以及上、下模座板平面之间的平行度等位置精度,都与凸、凹模之间的间隙值及其均匀性有关。即冲裁间隙值(Δ)越小,间隙的均匀性要求越高。这说明,上、下模的定向运动精度与间隙(Δ)及其均匀性有关。而上、下模的定向运动精度,还与导向副中的导套与导柱之间的滑动配合的极限偏差(δ)有关,综合以上情况,其间关系式应为

$$\delta = k(\Delta \pm \Delta') \quad (1-1)$$

式中 Δ' ——间隙值允许变动量;

Δ ——单边冲裁间隙值。常用经验公式为: $\Delta = 0.6t \sim 0.15t$ (t 为板厚);

k ——为导柱外径与导柱、导套配合长度的比值。

例 设板厚(t)为 0.35mm,间隙值(Δ)的允许变动量为其 30%;导柱外径为 25mm;导柱与导套的配合长度(L)为 60mm,求出导向副中导套与导柱之间允许配合精度。

根据式 (1-1):

$$\Delta = 0.35\text{mm} \times 0.06 = 0.021\text{mm}$$

则允许的间隙均匀性:

$$\Delta' = 0.3 \times 0.021\text{mm} = 0.006\text{mm}$$

其中:

$$k = 25/60 = 0.416$$

则

$$\begin{aligned} \delta &= 0.416(0.021\text{mm} \pm 0.006\text{mm}) \\ &= +0.011\text{mm}(-0.006\text{mm}) \end{aligned}$$

可见,其公差值为 0.017mm,基本符合标准规定的滑动导向副的配合公差。

3. 冲模零部件精度及其标准

包括凸、凹模,模架,导向副及其构件的尺寸公差配合与形状位置公差的标准与规范。

(1) 凸、凹模精度 根据 GB/T 14662—2006《冲模技术条件》,凸模装配的垂直度公差须在凸、凹模间隙值的允许范围内。推荐的垂直度公差等级见表 1-7。

表 1-7 凸模垂直度公差等级

间隙值/mm	垂直度公差等级	
	单凸模	多凸模
薄料、无间隙(≤ 0.02)	5	6
$> 0.02 \sim 0.06$	6	7
> 0.06	7	8

(2) 模架的精度 根据 JB/T 8050—2008《冲模模架技术条件》和 JB/T 8071—1995《冲模模架精度检查》标准的规定:

1) 模架(铸铁、钢模架)的精度为:滑动导向模架为 I、II 级;滚动导向模架为 0 I、0 II 级。

2) 上、下模座导柱与导套安装孔的轴线对基准面的垂直公差规定为:0 I 级、I 级模座:0.005mm/100mm;0 II 级、II 级模座:0.010mm/100mm。

(3) 模架的位置精度与导向副的配合精度见表 1-8 ~ 表 1-13。

表 1-8 模架上、下平面的平行度公差

(单位: mm)

基本尺寸	模架精度等级			
	0 I 级	I 级	0 II 级	II 级
>40 ~ 63	0.008		0.012	
>63 ~ 100	0.010		0.015	
>100 ~ 160	0.012		0.020	
>160 ~ 250	0.015		0.025	
>250 ~ 400	0.020		0.030	
>400 ~ 630	0.025		0.040	
>630 ~ 1000	0.030		0.050	
>1000 ~ 1600	0.040		0.060	

表 1-10 钢板模架上、下模座两基面的

垂直度公差 (单位: mm)

基本尺寸	垂直度公差
>63 ~ 100	0.030
>100 ~ 160	0.040
>160 ~ 250	0.050
>250 ~ 400	0.060
>400 ~ 630	0.080
>630 ~ 1000	0.100

表 1-12 导柱轴线对下模座下平面的

垂直度公差 (单位: mm)

被测尺寸	模架精度等级			
	0 I 级	I 级	0 II 级	II 级
	垂直度公差			
>40 ~ 63	0.008		0.012	
>63 ~ 100	0.010		0.015	
>100 ~ 160	0.012		0.020	
>160 ~ 250	0.025		0.040	

4. 冲件批量与模具精度等级

冲件生产批量,亦是确定模具精度等级的重要依据。为适应冲件批量生产所要求的性能与寿命,其精度应比一般模具高一个等级,详见表 1-14。

表 1-14 精密冲模的寿命与精度

(单位: mm)

模 具	级 进 冲 模				精 密 冲 模		
	寿命 /万次	材料	拼合件精度	步距精度	寿命 /万次	材料	凸、凹模精度
电机定转子硅钢片冲模	10000	硬质合金	0.002 ~ 0.0005	0.002 ~ 0.005	60 ~ 300	Cr12Mo1V1 (D2)	0.008 ~ 0.012
E 形片冲模	20000		0.010 ~ 0.005	0.005			

1.2.3 塑料注射模制造精度要求

1. 塑件及其尺寸精度

塑件材料性能(如收缩率等)及其形状尺寸精度,是设计塑料注射模型芯、型腔型面结构尺寸与公差的主要依据。常用塑件尺寸公差见表 1-15。

表 1-9 模架形位公差等级

检测项目	被测尺寸 /mm	模架精度等级			
		0 I 级	I 级	0 II 级	II 级
		公 差 等 级			
上模座上平面	≤400	5		6	
对下模座下平面的平行度	>400	6		7	
导柱轴线对下模座下平面的垂直度	≤400	4		5	
	>400	5		6	

表 1-11 模架模座上、下两平面的

平行度公差 (单位: mm)

基本尺寸	模架精度等级			
	0 I 级	I 级	0 II 级	II 级
	平行度公差			
>63 ~ 100	0.005		0.010	
>100 ~ 160	0.006		0.012	
>160 ~ 250	0.008		0.016	
>250 ~ 400	0.010		0.020	
>400 ~ 630	0.012		0.025	
>630 ~ 1000	0.015		0.030	
>1000 ~ 1600	0.020		0.040	

表 1-13 导柱、导套配合间隙值

(单位: mm)

导柱直径	滑动导向副	
	I 级	II 级
	配合间隙值	
≤18	≤0.010	≤0.015
>18 ~ 30	≤0.011	≤0.017
>30 ~ 50	≤0.014	≤0.021
>50 ~ 80	≤0.016	≤0.025

表 1-15 常用塑件尺寸公差 (单位: mm)

适用范围 基本尺寸 等 级	热固性和热塑性塑料 中收缩范围小的塑件			热塑性塑料中收 缩范围大的塑件		
	精密级	中级	自由尺寸级	精密级	中级	自由尺寸级
<6	0.06	0.10	0.20	0.08	0.14	0.24
6~10	0.08	0.16	0.30	0.12	0.20	0.34
10~18	0.10	0.20	0.40	0.16	0.26	0.44
18~30	0.16	0.30	0.50	0.24	0.38	0.60
30~50	0.24	0.40	0.70	0.36	0.56	0.80
50~80	0.36	0.60	0.90	0.52	0.70	1.20
80~120	0.50	0.80	1.20	0.70	1.00	1.60
120~180	0.64	1.00	1.60	0.90	1.30	2.00
180~260	0.84	1.30	2.10	1.20	1.80	2.60
260~360	1.20	1.80	2.70	1.60	2.4	3.60
360~500	1.60	2.40	3.40	2.20	3.20	4.80
>500	2.40	2.60	4.80	3.40	4.50	5.40

塑料注射模型芯和型腔的设计与制造公差一般为塑件尺寸公差（见表 1-15）的 1/4，即

$$\Delta' = \frac{1}{4}\Delta$$

注：根据经验， $\Delta' = \left(\frac{1}{3} \sim \frac{1}{5}\right)\Delta$ 。

2. 塑料注射模的精度

(1) 精度等级 根据 GB/T 12556—2006 精度分为 I 级（合格），II、III 级（优等品）。

其指标见表 1-16。

表 1-16 塑料注射模分级指标

检 查 项 目	主尺寸/mm		精度等级		
			I	II	III
			公差等级		
定模座板上平面对动模座下平面的平行度	周界尺寸	≤400	5	6	7
		>400~900	6	7	8
模板导柱孔的垂直度	模板厚度	≤200	4	5	6

(2) 模架分型闭合面贴合间隙值

I 级：0.020mm

II 级：0.030mm

III 级：0.040mm

(3) 模架主要模板组装后基准面移位的偏差值

I 级：0.020mm

II 级：0.040mm

III 级：0.060mm

(4) 成形部位的尺寸公差与脱模斜度见表 1-17 ~ 表 1-19。

表 1-17 成形部位转接圆弧未注公差尺寸极限偏差 (单位: mm)

基 本 尺 寸		≤6	>6~18	>18~30	>30~120	>120
凸圆弧	极限偏差	0.00 -0.15	0.00 -0.20	0.00 -0.30	0.00 -0.45	0.00 -0.60
		+0.15 0.00	+0.20 0.00	+0.30 0.00	+0.45 0.00	+0.60 0.00

表 1-18 成形部位未注角度和锥度公差

锥度母线或角度短边长/mm	≤6	>6 ~ 18	>18 ~ 50	>50 ~ 120	>120
极限偏差	±1°	±30′	±20′	±10′	±5′

表 1-19 成形部位单边脱模斜度

脱模高度/mm	≥6	>6 ~ 10	>10 ~ 18	>18 ~ 30	>30 ~ 50	>50 ~ 80	>80 ~ 120	>120 ~ 180	>180 ~ 250
自润性塑料(如聚缩醛聚酰胺)	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′	20′	15′	10′
软质塑料(如聚乙烯、聚丙烯)	2°	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′	20′	15′
硬质塑料(如聚苯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、丙烯腈—丁二烯—苯乙烯共聚物、聚碳酸酯、注射型酚醛塑料)	2°30′	2°15′	2°	1°45′	1°30′	1°15′	1°	45′	30′

注：1. 文字、符号的单边脱模斜度取 10°~15°。

2. 成形部位有装饰纹时，单边脱模斜度可大于表列数值。

3. 塑件上的凸起或加强肋的脱模斜度，应大于 2°。

4. 表列塑料，若填充玻璃纤维等增强材料时，其脱模斜度需增大 1°。

5. 塑件上有数个圆孔或格状栅孔时，单边脱模斜度应大于表列数值。

1.2.4 压铸模制造精度要求

1. 压铸件与压铸模的精度

压铸模用于高温条件下、使有色、黑色液态金属在模具型腔内冷却，凝固成合格的压铸件。因此，压铸件的结构要素包括形状、尺寸公差，压铸件的批量，这是确定、控制模具精度等级，及其构件尺寸公差的主要依据。

经过长期实践积累建立以下经验公式：

$$\Delta = (1/4 \sim 1/5) \Delta'$$

式中 Δ ——型芯、型腔的形状尺寸公差值 (mm)；

Δ' ——压铸件的形状尺寸公差值 (mm)。

根据此经验公式、在实验的基础上，建立了压铸模成形件的形状尺寸、角度与锥度和脱模斜度等结构尺寸公差规范，见表 1-20 ~ 表 1-25。

表 1-20 按压铸件公差所推荐的模具制造公差

(单位：mm)

公称尺寸	Δ	$\Delta' = \frac{1}{5} \Delta$	Δ	$\Delta' = \frac{1}{5} \Delta$	Δ	$\Delta' = \frac{1}{4} \Delta$
1 ~ 3	0.060	0.012	0.120	0.024	0.250	0.068
3 ~ 6	0.080	0.016	0.160	0.032	0.300	0.075
6 ~ 10	0.100	0.020	0.200	0.040	0.360	0.090
10 ~ 18	0.120	0.024	0.240	0.048	0.430	0.108
18 ~ 30	0.140	0.028	0.280	0.056	0.520	0.130
30 ~ 50	0.170	0.034	0.340	0.068	0.620	0.155
50 ~ 80	0.200	0.040	0.400	0.080	0.740	0.185
80 ~ 120	0.230	0.046	0.460	0.092	0.870	0.218
120 ~ 180	—	—	0.530	0.106	1.000	0.250
180 ~ 260	—	—	0.600	0.120	1.150	0.288
260 ~ 360	—	—	—	—	1.350	0.338
360 ~ 500	—	—	—	—	1.550	0.388

注：表内公差适用于型腔、型芯尺寸。

Δ' ——模具制造公差。

Δ ——铸件公差。

表 1-21 成形部位未注公差尺寸的极限偏差 (单位: mm)

基本尺寸	≤10	>10 ~ 50	>50 ~ 180	>180 ~ 400	>400
极限偏差	±0.03	±0.05	±0.10	±0.15	±0.20

表 1-22 成形部位转接圆弧未注公差尺寸的极限偏差 (单位: mm)

基本尺寸		≤6	>6 ~ 18	>18 ~ 30	>30 ~ 120	>120
极限偏差	凸圆弧	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		-0.15	-0.20	-0.30	-0.45	-0.60
	凹圆弧	+0.15	+0.20	+0.30	+0.45	+0.60
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 1-23 成形部位未注角度和锥度公差

锥体母线或角度短边长度/mm	≤6	>6 ~ 18	>18 ~ 50	>50 ~ 120	>120
极限偏差	±30′	±20′	±15′	±10′	±5′

注: 锥度公差按锥体母线长度决定; 角度公差按角度短边长度决定。

表 1-24 脱模斜度

铸件材料 \ 脱模高度/mm	≤3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~250
锌合金	3°	2°30′	2°	1°30′	1°15′	1°	0°45′	0°30′	0°30′	0°15′
镁合金	4°	3°30′	3°	2°15′	1°30′	1°15′	1°	0°45′	0°30′	0°30′
铝合金	5°30′	4°30′	3°30′	2°30′	1°45′	1°30′	1°15′	1°	0°15′	0°30′
铜合金	6°30′	5°30′	4°	3°	2°	1°45′	1°30′	1°15′	1°	—

注: 文字符号的脱模斜度, 一般取 10°~15°, 当图样中未注起模斜度方向时, 按减小铸件壁厚方向制造。

表 1-25 圆形芯脱模斜度

铸件材料 \ 脱模高度/mm	≤3	>3 ~6	>6 ~10	>10 ~18	>18 ~30	>30 ~50	>50 ~80	>80 ~120	>120 ~180	>180 ~250
锌合金	2°30′	2°	1°30′	1°15′	1°	0°45′	0°30′	0°30′	0°20′	0°15′
镁合金	3°30′	3°	2°	1°45′	1°30′	1°	0°45′	0°45′	0°30′	0°30′
铝合金	4°	3°30′	2°30′	2°	1°45′	1°15′	1°	0°45′	0°30′	0°30′
铜合金	5°	4°	3°	2°30′	2°	1°30′	0°15′	1°	—	—

2. 压铸模的装配精度

在分型面上, 定、动模镶块的平面须分别与定、动模板齐平。允许高出量 $\delta \leq 0.05\text{mm}$; 合模后的分型面须紧密贴合、允许的间隙值 $\leq 0.05\text{mm}$ (排气槽除外)。详见表 1-26 和表 1-27。

表 1-26 模具分型面对定、动模座板安装平面的平行度 (单位: mm)

被侧面最大直线长度	≤160	>160 ~ 250	>250 ~ 400	>400 ~ 630	>630 ~ 1000	>1000 ~ 1600
公差值	0.06	0.08	0.10	0.12	0.16	0.20

表 1-27 导柱、导套对定、动模座板安装平面的垂直度 (单位: mm)

导柱、导套有效长度	≤40	>40 ~ 63	>63 ~ 100	>100 ~ 160	>160 ~ 250
公差值	0.015	0.020	0.025	0.030	0.040