



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

王秀凤 张永春 编著

冷冲压模具设计与制造

(第2版)



北京航空航天大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

冷冲压模具 设计与制造

(第2版)

王秀凤 张永春 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书在编者多年教学和生产实践经验积累的基础上,系统、全面地介绍了冷冲压模具设计与制造的基础知识。本书内容大致分为模具设计和模具制造两部分。模具设计部分的内容占70%,以最具代表性的冲裁模为主线,详细讲述了模具设计过程、结构类型选择、设计步骤和主要工艺计算;还针对弯曲模、拉深模、翻边模等其他类型模具的特点,作了补充讲解。模具制造部分,系统介绍了模具制造的基本要求、工艺特点、试压、验收等全部过程;并着重介绍了工作零件(凸、凹模)特种加工工艺以及典型的装配技术。此外,为了方便学生课程设计以及工程人员参考使用,本书还收录了冷冲压模具设计中常用的数据和标准件,以便查阅。为了提高学生对将来工作的适应性,本书最后还侧重介绍了冷冲压模具的CAD/CAE/CAM技术。

本书是为模具专业已经学过“板料冷压原理”的本科学学生编写的教材,参考学时为30学时;也可供从事冷冲压模具设计与制造的相关教学、科研单位的技术人员参考。

本书配有精心制作的多媒体CAI教学课件,可以起到很好的辅助教学作用,请发送邮件至bhkejian@126.com或致电010-82317027申请索取。

图书在版编目(CIP)数据

冷冲压模具设计与制造/王秀凤,张永春编著.—2版.

北京:北京航空航天大学出版社,2008.7

ISBN 978-7-81124-049-8

I. 冷… II. ①王…②张… III. ①冷冲模—设计②冷冲模—制模工艺 IV. TG385.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第027141号

冷冲压模具设计与制造(第2版)

王秀凤 张永春 编著

责任编辑 蔡 喆

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:26 字数:582千字

2008年7月第2版 2008年7月第1次印刷 印数:4 000册

ISBN 978-7-81124-049-8 定价:39.80元

第 2 版前言

本书自 2005 年 4 月出版以来,受到了许多专家、教师和学生的关注。期间收到一些读者来信,就模具技术和教材内容进行探讨,提出了许多宝贵的意见。

在本书准备修订的过程中,恰逢教育部评选“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”,本书顺利入选。在此本书编者对曾经提出意见,及为本书修订再版贡献力量的同志表示衷心的感谢!

借再版之机,编者再次全面检查了初版教材,对当时编写及出版中的疏漏之处逐一进行了核实、修正和补充。此外,结合目前冷冲压模具的发展现状,还特别对一些重点内容进行了增补和修改。修订的主要工作总结为以下几点:

1. 改正了所有编者、读者及编辑已发现的失误和不当之处;
2. 增加了较多的冷冲压模具三维实体效果图,以改善教师教学和学生学习的效果;
3. 根据现生产实践的需要,重新组织编写了第 9 章的全部内容,介绍冷冲压模具 CAD/CAE/CAM 发展的现状、遵循的流程及常用的软件,给出应用实例,使读者更方便、直观地学习最先进的知识,以掌握相应的技能,进一步拓宽知识面,增加就业后对工作的适应性;
4. 更新了配套的多媒体 CAI 课件内容。

本书第 9 章由王秀凤、张永春编著,全书由王秀凤统稿和修订,参与该书工作的还有万良辉、王冰冰、苗延哲、王东昭、安冬洋、刘家雨;全书的插图由王增强、王鹏、刘娟、赵艳丽、王强、石鑫、佟振宇完成;课件制作:蔡喆、郭黎勇、程伟、李卫东、王鹏、王东昭、苗延哲、王秀凤。本书在修订的过程中参考了国内外最新教材及资料,对本书的编写起了重要的参考作用,在此谨对其编著者表示衷心感谢。对于书中疏漏或不当之处,望读者批评指正。

编 者

2008 年 2 月

前 言

随着模具工业的迅猛发展,模具设计与制造已成为一个行业,越来越引起人们的重视。为了使学生在有限的学时内,了解并掌握模具设计的基本知识,具备冷冲压模具设计的基本能力,编者在生产实践和多年教学的基础上,编写了这本《冷冲压模具设计与制造》教材。

本书是为学过“板料冷压原理”的冷冲压模具专业或相关机械类专业学生精心策划、编写的实用教材。参考学时为 30 学时,后续课程应配合安排冷冲压模具课程设计。本教材可配套使用根据本书制作的多媒体 CAI 课件辅助教学。

本书共 9 章,主要分为冷冲压模具设计和冷冲压模具制造两大部分。其中以冷冲压模具设计为重点,约占全书篇幅 70%。以最具有代表性的冲裁模为切入点,对模具设计过程、结构类型选择、设计步骤和主要工艺计算等内容进行了详细的讲解。之后,还针对弯曲模、拉深模、翻边模等其他类型模具的特点,进行了补充讲解。此外,为了方便学生课程设计以及工程人员参考使用,本书还收录了冷冲压模具设计中常用的数据和标准件,以便查阅。在模具制造部分,编者系统介绍了模具制造的基本要求、工艺特点、试压、验收等全部过程,着重介绍了工作零件(凸凹模)特种加工工艺以及典型的装配技术。为了反映模具目前生产发展的现状,本书最后还侧重介绍了冷冲压模具的 CAD/CAM 系统,以拓宽学生的知识面,提高学生对将来工作的适应性。

本书可作为高等学校冷冲压模具专业及相关机械类专业学生教材,也可供从事相关专业技术工作的技术人员以及有关教学、科研单位的专业人员参考使用。

第 1~8 章由王秀凤编写,第 9 章由万良辉编写;全书的插图由王增强、王鹏、刘娟、赵艳丽、王强、石鑫、佟振宇完成;课件制作:蔡喆、郭黎勇、李卫东、王鹏、王东昭。本书在编写过程中参考了相关教材及资料,对本书的编写起了重要的参考作用,在此谨对编著者表示衷心感谢。对于书中疏漏或不当之处,望读者批评指正。

本书在第 2 次印刷前,订正了首次印刷中的个别错误,同时更新了配套多媒体 CAI 课件。

编 者

2005 年 12 月于北京

序

由王秀凤、张永春老师编著的《冷冲压模具设计与制造》是结合生产实践论述冷冲压模具基础技术的一本好书,非常适用于大学本科机械类模具专业学生使用。

冲模根据用途分为:单工序冲模、级进冲模、复合冲模、精冲模、通用与经济冲模 5 种结构形式。为适应现代制造业产品生产“多品种、少批量”的要求,单工序冲模可采用快换模架、模芯、机械人(手)与 IT 技术构成柔性冲压单元或冲压线。

冲模在各类模具中应用最广,用量也最大,年产量约占各类模具总年产量的 50%。冲模制造技术对精度的要求很高,其中典型的工序集成式级进模与复合冲模的型件互换性精度要求达到 0.005 mm ~ “零误差”。大中型板材成型冲模,多为含有冲孔、拉深、成形、弯曲等多道工序构成的传递型级进结构形式,工序间的传递多采用机械手和 IT 技术,以适应现代制造业产品大批量生产、技术要求高的特点。

冲模是进行专门设计与制造、实行单件生产规模的专用、定制型产品。采用建立在标准化和生产经验积累基础上的冲模 CAD/CAE/CAM,已成为现代冲模设计与制造的先进方式,提高了冲模精度等级和综合生产能力。

显然,提高模具标准化程度与水平,研究、设计冲模定型结构、原型结构和板材成形模拟分析软件,将促进冲模实行专业化量产,提高冲模设计与制造的一次成功率,实现冲模设计与制造智能化,是冲模生产技术持续发展、进步的方向与任务。

今为该书再版作序,所论不足为据,只供实考。

许发城

中国模具协会顾问

2008 年 2 月 12 日

目 录

第1章 绪 论

1.1 冷冲压模具在工业生产中的地位	1
1.2 冷冲压模具的历史发展与现状	1
1.3 冷冲压模具的分类	3
习 题	4

第2章 冲裁模设计

2.1 冲裁模的设计基础	5
2.1.1 冲裁件的工艺性	5
2.1.2 冲裁过程的分析	9
2.1.3 冲裁件的工艺计算	11
2.1.4 冲裁模设计中的有关计算	19
2.2 冲裁模的典型结构	30
2.2.1 冲裁模的基本形式与构造	30
2.2.2 冲裁模主要部件与零件的构造	42
2.2.3 复杂的冲裁模	77
2.3 精密冲裁模	82
2.3.1 精密冲裁的工作原理及特点	82
2.3.2 精密冲裁模的设计参数	82
2.3.3 典型的精密冲裁模	87
习 题	89

第3章 弯曲模设计

3.1 弯曲模的设计基础	91
3.1.1 弯曲件的工艺性	91
3.1.2 弯曲过程及变形分析	96
3.1.3 弯曲件的工艺计算	97
3.1.4 弯曲模设计中的有关计算	103



3.2 弯曲模的典型结构	106
习 题	114
第4章 拉深模设计	
4.1 拉深模的设计基础	116
4.1.1 拉深件的工艺性	116
4.1.2 拉深过程及变形分析	118
4.1.3 拉深件的工艺计算	119
4.1.4 拉深模设计中的有关计算	152
4.2 拉深模的典型结构	156
习 题	162
第5章 翻边模设计	
5.1 翻边模的设计基础	165
5.1.1 翻边件的工艺性	165
5.1.2 翻边过程及变形分析	167
5.1.3 翻边件的工艺计算	167
5.1.4 翻边模设计中的有关计算	175
5.2 翻边模的典型结构	178
习 题	181
第6章 冷冲压模具设计过程	
6.1 冷冲压模具设计的一般步骤	182
6.2 冷冲压模具设计实例	189
6.2.1 冲裁模	189
6.2.2 弯曲模	212
6.2.3 拉深模	219
6.2.4 翻边模	235
6.3 典型冷冲压模具结构图	237
第7章 冷冲压模具设计中的常用标准和规范	
7.1 冷冲压工艺基础资料	247
7.2 常用的公差配合、形位公差与表面粗糙度资料	258
7.3 间隙常用资料	268



7.4 常用零件标准	268
------------------	-----

第8章 冷冲压模具制造

8.1 冷冲压模具制造的基本要求、特点及过程	321
8.2 冷冲压模具零件的主要加工方法	323
8.2.1 标准模架制造	323
8.2.2 冷冲压模具工作零件的机械加工	330
8.2.3 冷冲压模具工作零件的特种加工	337
8.3 冷冲压模具的装配技术	351
8.3.1 冷冲压模具装配的组织形式及方法	351
8.3.2 冷冲压模具的装配	354
8.3.3 其他冷冲压模具装配特点	364

第9章 冷冲压模具 CAD/CAE/CAM

9.1 概 述	370
9.1.1 冷冲压模具 CAD/CAE/CAM 的发展概况	372
9.1.2 计算机在冷冲压模具设计过程中的作用	376
9.1.3 冷冲压模具 CAD/CAE/CAM 的流程	377
9.2 冷冲压模具三维 CAD	377
9.2.1 常用三维 CAD 软件介绍	378
9.2.2 冷冲压模具三维 CAD 设计实例	380
9.3 冷冲压模具 CAE	390
9.3.1 常用 CAE 软件介绍	391
9.3.2 冷冲压模具 CAE 设计实例	392
9.4 冷冲压模具 CAM	396
9.4.1 常用 CAM 软件介绍	396
9.4.2 冷冲压模具 CAM(加工)实例	397

参考文献

第1章 绪论

冲压是使板料经分离或成形而得到制件的加工方法。冲压利用冲压模具对板料进行加工。常温下进行的板料冲压加工称为冷冲压。

1.1 冷冲压模具在工业生产中的地位

模具是大批生产同形产品的工具,是工业生产的主要工艺装备。模具工业是国民经济的基础工业。

模具可保证冲压产品的尺寸精度,使产品质量稳定,而且在加工中不破坏产品表面。用模具生产零部件可以采用冶金厂大量生产的廉价的轧制钢板或钢带为坯料,且在生产中不需加热,具有生产效率高、质量好、重量*轻、成本低且节约能源和原材料等一系列优点,是其他加工方法所不能比拟的。使用模具已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。现代制造业的发展和技术水平的提高,很大程度上取决于模具工业的发展。

目前,工业生产中普遍采用模具成形工艺方法,以提高产品的生产率和质量。一般压力机加工,一台普通压力机设备每分钟可生产零件几件到几十件,高速压力机的生产率已达到每分钟数百件甚至上千件。据不完全统计,飞机、汽车、拖拉机、电机、电器、仪器、仪表等产品,有60%左右的零件是用模具加工出来的;而自行车、手表、洗衣机、电冰箱及电风扇等轻工产品,有90%左右的零件是用模具加工出来的;至于日用五金、餐具等物品的大批量生产基本上完全靠模具来进行。显而易见,模具作为一种专用的工艺装备,在生产中的决定性作用和重要地位逐渐为人们所共识。

1.2 冷冲压模具的历史发展与现状

模具的出现可以追溯到几千年前的陶器烧制和青铜器铸造,但其大规模应用却是随着现代工业的崛起而发展起来的。19世纪,随着军火工业、钟表工业、无线电工业的发展,模具开始得到广泛使用。第二次世界大战后,随着世界经济的飞速发展,它又成了大量生产家用电器、汽车、电子仪器、照相机、钟表等零件的最佳方式。从世界范围看,当时美国的冲压技术走在最前列,而瑞士的精冲、德国的冷挤压技术,苏联对塑性加工的研究也处于世界先进行列。

* 本书中“重量”指质量。



20 世纪 50 年代中期以前,模具设计多凭经验,参考已有图纸和感性认识,根据用户的要求,制作能满足产品要求的模具,但对所设计模具零件的机械性能缺乏了解。从 1955 年到 1965 年,人们通过对模具主要零件的机械性能和受力状况进行数学分析,对金属塑性加工工艺及原理进行深入探讨,使得冲压技术得到迅猛发展。在此期间归纳出的模具设计原则,使得压力机械、冲压材料、加工方法、模具结构、模具材料、模具制造方法、自动化装置等领域面貌一新,并向实用化的方向推进。进入 20 世纪 70 年代,不断涌现出各种高效率、高精度、高寿命的多功能自动模具。其代表是五十多个工位的级进模和十几个工位的多工位传递模。在此期间,日本以“模具加工精度进入微米级”而站到了世界工业的最前列。从 20 世纪 70 年代中期至今,计算机逐渐进入模具生产的设计、制造、管理等各个领域;辅助进行零件图形输入、毛坯展开、条料排样、确定模座尺寸和标准、绘制装配图和零件图、输出 NC 程序(用于数控加工中心和线切割编程)等工作,使得模具设计、加工精度与复杂性不断提高,模具制造周期不断缩短。当前国际上计算机辅助设计(CAD),计算机辅助工艺(CAE)和计算机辅助制造(CAM)的发展趋势是:继续发展几何图形系统,以满足复杂零件和模具的要求;在 CAD 和 CAM 的基础上建立生产集成系统(CIMS);开展塑性成形模拟技术 CAE(包括物理模拟和数学模拟)的研究,以提高工艺分析和模具 CAD 的理论水平和实用性;开发智能数据库和分布式数据库,发展专家系统和智能 CAD 等。

中国模具工业是 19 世纪末 20 世纪初随着军火和钟表业引进的压力机发展起来的。从那时到 20 世纪 50 年代初,模具多采用作坊式生产,凭工人经验,用简单的加工手段进行制造。在以后的几十年中,随着国民经济的大规模发展,模具业进步很快。当时中国大量引进苏联的图纸、设备和先进经验,其水平不低于当时工业发达的国家。此后直到 20 世纪 70 年代末,由于错过了世界经济的大浪潮,中国的模具业没有跟上世界发展的步伐。20 世纪 80 年代末,伴随家电、轻工、汽车生产线模具的大量进口和模具国产化的呼声日益高涨,中国先后引进了一批现代化的模具加工机床。在此基础上,参照已有的进口模具,中国成功地复制了一批替代品,如汽车覆盖件模具等。模具的国产化虽然使中国模具制造水平逐渐赶上了国际先进水平,但计算机应用方面仍然存在很大差距。

中国模具 CAD/CAM 技术从 20 世纪 80 年代起步,长期处于低水平重复开发阶段,所用软件多为进口的图形软件、数据库软件、NC 软件等,自主开发的软件缺乏通用性,商品化价值不高,对许多引进的 CAD/CAM 系统缺乏二次开发,经济效益不显著。针对上述情况,国家有关部门在“九五”期间制定了相关政策和措施。到 90 年代后期,中国 CAD 软件产业从无到有,发展出一批具有自主知识产权的三维 CAD 软件,如清华英泰、北航 CAXA、武汉开目等打破了国外产品一统天下的局面。目前,中国模具工业发展迅速,模具行业产业结构有了很大改善,模具商业化水平大幅度提高,中高档模具占模具总量的比例也明显提高,模具进出口比例逐步趋向合理。

三维 CAD 技术的出现,极大地推动了模具工业的发展,使零件设计及模具结构在设计在非常直观的三维环境下进行,模具设计完成后,可根据投影关系自动生成工程图。模具属于标准



化程度较高的工艺装备,模具设计中使用的模架及各种标准件可以直接从 CAD 系统中建立的标准库中直接调用,大大提高了模具设计的质量和效率。同时,三维 CAD 系统中设计生成的三维模型可直接用于有限元模拟零件的成形过程及数控加工编程等的后续应用,适应现代化生产,满足了 CAD/CAM 集成技术的要求。目前,三维 CAD 技术已广泛地应用于模具的设计,缩短了新产品的开发周期和产品的更新期,使得开发的新产品达到“高质量、低成本、上市快”的目标成为可能。

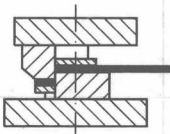
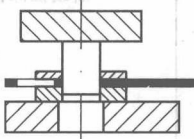
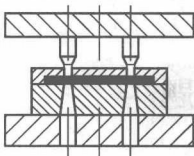
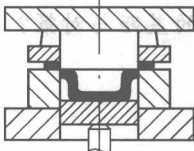
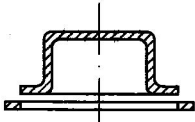
1.3 冷冲压模具的分类

冷冲压模具主要用于金属及非金属板料的压力加工,其加工方式可分为分离和成形两大类。

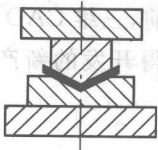
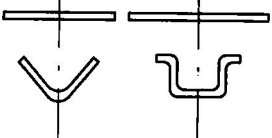
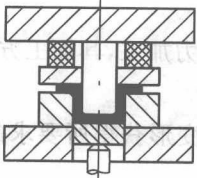
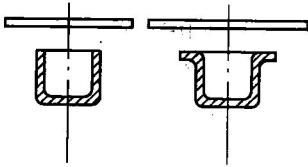
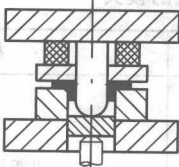
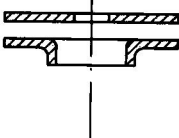
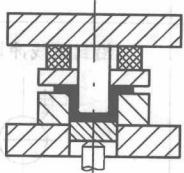
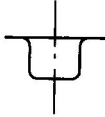
- 分离:按一定轮廓线将工件与板料分开。
- 成形:在不破坏板料的条件下,通过塑性变形获得所要求的形状和尺寸精度。

典型的模具见表 1.1。

表 1.1 典型的模具

类 型	模具名称	模具简图	模具工作特征
分 离 模	切断模		切断板料,切断线不封闭
	冲落料模		沿封闭线冲切板料,冲下部分为工件。 
	冲孔模		沿封闭线冲切板料,冲下部分为废料。 
	切边模		将工件边缘多余的材料冲切下来。 

续表 1.1

类 型	模具名称	模具简图	模具工作特征
成形	弯曲模		使板料弯成一定角度或一定形状。 
	拉深模		将板料压成任意形状的空心件。 
	翻边模		将板料上的孔或外缘翻成直壁。 
	整形模		将工件不平的表面压平;将原先弯曲或拉深件压成最终正确形状。 

习 题

- 1.1 冷冲压模具在现代工业生产中起什么作用?
- 1.2 当代冷冲压模具技术发展现状及中国的差距与对策?
- 1.3 冷冲压模具都包括那些类型?

第2章 冲裁模设计

冲裁模是从条料、带料或半成品上沿规定轮廓分离板料所使用的模具,通常指落料模和冲孔模。简单冲裁模,如图 2.1 所示。

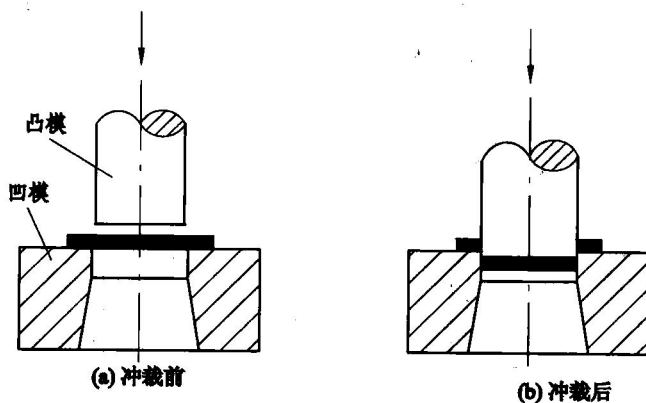


图 2.1 简单冲裁模

根据冲制零件尺寸、精度要求的不同,冲裁模分为普通冲裁模和精密冲裁模。

2.1 冲裁模的设计基础

2.1.1 冲裁件的工艺性

冲裁件的工艺性是指工件对冲压加工工艺的适合性,它是从冲压加工角度对产品设计提出的工艺要求。良好的工艺性体现在材料消耗少,工序数目少,模具结构简单而寿命长,产品质量稳定,操作简单等方面。

一、冲裁件的结构工艺性

用普通冲裁模冲制的零件,其断面与零件表面并不垂直,并有明显区域性特征。采用合理使用间隙冲裁模冲制的零件,光亮区域约占断面厚度的 30%;凹模侧有明显的塌角,凸模侧有高度不小于 0.05 mm 的毛刺;外形有一定程度的拱曲。冲裁件的这种特点是普通冲裁加工条件决定的,选用冲裁工艺时必须考虑零件的这些特征,注意以下问题。

- (1) 冲裁件的形状应力求简单、规则,使排样时废料最少。
- (2) 零件内、外形转角处避免尖角,如无特殊要求,应用 $R > 0.25t$ 的圆角过渡。
- (3) 零件外形需避免有过长或过窄的悬臂和凹槽。软钢、黄铜等材料,应使其宽度 $b \geq 1.5t$,高碳钢或合金钢等硬质材料应取 $b \geq 2t$,如图 2.2 所示。
- (4) 冲裁件上孔与孔之间,孔与零件边缘之间的距离不能过小,以免影响凹模强度和冲裁质量,其距离主要与孔的形状和料厚有关,通常取 $c \geq 1.5t$, $c' \geq t$,如图 2.2 所示;弯曲件或拉深件上确定孔的位置时,应使孔壁位于两交接面圆角区之外的部位,以防冲孔时凸模因受不对称的侧压力作用而啃伤刃口或使小凸模折断;通常取孔壁至零件直壁间的距离 $l \geq R + 0.5t$,如图 2.3 所示。

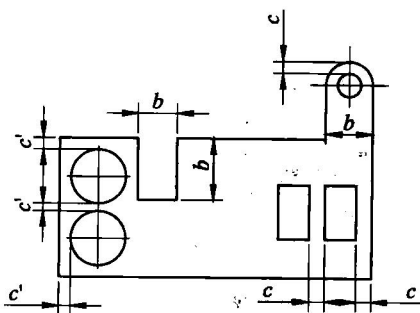


图 2.2 冲裁件的结构工艺性

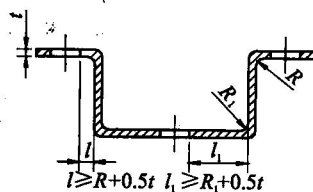


图 2.3 弯曲件的冲孔位置

- (5) 零件上冲孔的尺寸不宜过小,否则极易损坏冲孔凸模,冲孔的最小尺寸与孔的形状、材料种类和厚度、冲孔凸模工作时是否有导向装置有关,无导向凸模的最小冲孔尺寸如表 2.1 所列;有导向装置的凸模,因可提高凸模工作的稳定性,最小冲孔尺寸较前者小,如表 2.2 所列。

二、冲裁件的尺寸精度与断面粗糙度

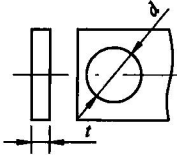
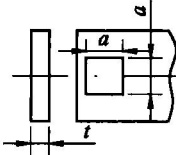
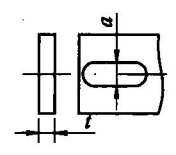
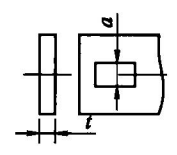
凡产品图纸上未注公差尺寸,均属于未注公差尺寸。在计算凸模与凹模尺寸时,冲压件未注公差尺寸的极限偏差数值通常按 GB1800-79 IT14 级。一般冲裁件内、外形所能达到的经济精度、两孔中心距离公差、孔中心与边缘距离尺寸公差、冲裁件的角度偏差值以及剪切断面的近似表面粗糙度值,分别如表 2.3~2.7 所列。

三、冲裁件的尺寸标注

冲裁件的尺寸标注应符合冲压工艺要求。



表 2.1 无导向凸模冲孔的最小尺寸

材 料				
钢 $\sigma_b > 700$ MPa	$d \geq 1.5t$	$a \geq 1.35t$	$a \geq 1.1t$	$a \geq 1.2t$
钢 $\sigma_b = 400 \sim 700$ MPa	$d \geq 1.3t$	$a \geq 1.2t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 1.0t$
钢 $\sigma_b < 400$ MPa	$d \geq 1.0t$	$a \geq 0.9t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.8t$
黄铜、铜	$d \geq 0.9t$	$a \geq 0.8t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.7t$
铝、锌	$d \geq 0.8t$	$a \geq 0.7t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.6t$
纸胶板、布胶板	$d \geq 0.7t$	$a \geq 0.6t$	$a \geq 0.4t$	$a \geq 0.5t$
硬纸、纸	$d \geq 0.6t$	$a \geq 0.5t$	$a \geq 0.3t$	$a \geq 0.4t$

注：一般要求 $d \geq 0.3$ mm。

表 2.2 带导向凸模冲孔的最小尺寸

材 料	硬 钢	软钢及黄铜	铝及锌	纸胶板、布胶板
圆形孔 d	$\geq 0.5t$	$\geq 0.35t$	$\geq 0.3t$	$\geq 0.3t$
矩形孔短边 a	$\geq 0.4t$	$\geq 0.3t$	$\geq 0.28t$	$\geq 0.25t$

注：一般要求 $d \geq 0.3$ mm。

表 2.3 冲裁件内、外形所能达到的经济精度

材料厚度 t /mm	基本尺寸/mm				
	≤ 3	3~6	6~10	10~18	18~500
≤ 1	IT12~IT13			IT11	
$>1 \sim 2$	IT14	IT12~IT13			IT11
$>2 \sim 3$	IT14			IT12~IT13	
$>3 \sim 5$	—	IT14			IT12~IT13



表 2.4 两孔中心距离公差

mm

材料厚度 t	孔距基本尺寸					
	一般精度(模具)			较高精度(模具)		
	≤ 50	50~150	150~300	≤ 50	50~150	150~300
≤ 1	± 0.1	± 0.15	± 0.2	± 0.03	± 0.05	± 0.08
$>1\sim 2$	± 0.12	± 0.2	± 0.3	± 0.04	± 0.06	± 0.1
$>2\sim 4$	± 0.15	± 0.25	± 0.35	± 0.06	± 0.08	± 0.12
$>4\sim 5$	± 0.2	± 0.3	± 0.40	± 0.08	± 0.10	± 0.15

注: 1. 表中所列孔距公差,适用于两孔同时冲出的情况;

2. 一般精度指模具工作部分达 IT8,凹模后角为 $15'\sim 30'$ 的情况;较高精度指模具工作部分达 IT7 以上,凹模后角不超过 $15'$ 。

表 2.5 孔中心与边缘距离尺寸公差

mm

材料厚度 t	孔中心与边缘距离尺寸			
	≤ 50	50~120	120~220	220~360
≤ 2	± 0.5	± 0.6	± 0.7	± 0.8
$>2\sim 4$	± 0.6	± 0.7	± 0.8	± 1.0
>4	± 0.7	± 0.8	± 1.0	± 1.2

注: 本表适用于先落料再进行冲孔的情况。

表 2.6 冲裁件的角度偏差值

精度等级	短边长度/mm												
	$>1\sim 3$	$>3\sim 6$	$>6\sim 10$	$>10\sim 18$	$>18\sim 30$	$>30\sim 50$	$>50\sim 80$	$>80\sim 120$	$>120\sim 180$	$>180\sim 260$	$>260\sim 360$	$>360\sim 500$	>500
较高精度	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 12'$	$\pm 10'$
一般精度	$\pm 4^\circ$	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ 30'$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ$	$\pm 50'$	$\pm 40'$	$\pm 30'$	$\pm 25'$	$\pm 20'$	$\pm 15'$

表 2.7 一般剪切断面表面粗糙度

材料厚度 t/mm	≤ 1	$>1\sim 2$	$>2\sim 3$	$>3\sim 4$	$>4\sim 5$
剪切断面表面粗糙度 $R_a/\mu\text{m}$	3.2	6.3	12.5	25	50

注: 如果冲压件剪切断面表面粗糙度要求高于本表所列,则需要另加整修工序。各种材料通过整修后的表面粗糙度 R_a : 黄铜 $0.4\mu\text{m}$, 软钢 $0.4\sim 0.8\mu\text{m}$, 硬钢 $0.8\sim 1.6\mu\text{m}$ 。