

冲模技术

第2版

涂光祺 赵彦启 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

冲 模 技 术

第 2 版

主 编 涂光祺 赵彦启
编写人员 武 榕 彭 群 郑鹏飞



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地介绍了冲压工艺的成形机理和冲模设计的基本原理及规范。全书共十一章，内容力求全面、实用，在此基础上突出了先进性。用较大的篇幅介绍了高速冲裁工艺和冲模，精冲工艺和冲模，汽车覆盖件冲模，冲模 CAD、CAM、CAE 技术，冲模工作零件的先进制造技术等，以满足读者开发和提高冲压工艺和冲模技术的需要。

本书可供从事冲压工艺和冲模设计的技术人员使用，也可供科研系统的研究人员和大专院校的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

冲模技术/涂光祺, 赵彦启主编. —2 版. —北京:

机械工业出版社, 2010. 10

ISBN 978 - 7 - 111 - 30822 - 5

I. ①冲… II. ①涂…②赵… III. ①冲模 - 技术

IV. ① TG385. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 097437 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: 刘彩英 责任编辑: 李建秀

版式设计: 霍永明 责任校对: 任秀丽 李锦莉

封面设计: 姚 毅 责任印制: 杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 7 月第 2 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 34.25 印张 · 742 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 30822 - 5

定价: 58.00 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

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

第2版前言

冲压工艺在机电产品制造行业中应用广泛，而冲模是实现冲压工艺的主要工艺装备，在制造业中占有重要的地位。

冲模技术的水平直接和生产率、产品质量（尺寸公差和表面粗糙度等）、一次刃磨的寿命以及设计和制造模具的周期紧密相关。提高冲模技术水平有利于获得优秀、高效、低耗、廉价的产品，技术经济效果显著，深受制造行业的重视。

提高冲模技术水平可从两个方面入手，一方面是提高所体现的冲压工艺水平，开发冲压新工艺；另一方面是通过采用计算机技术（冲模 CAD、CAM、CAE 技术）和先进制造技术（数控多轴联动加工中心、CNC 高精度电火花和线切割加工、CNC 点位坐标镗、坐标磨和连续轨迹坐标磨等）提高冲模设计和制造的水平。

改革开放以来，通过技术引进和合资经营，我国的冲模技术有了长足的进步，一些单位在冲模技术领域采用了 CAD、CAM、CAE 技术和先进制造技术，显著地缩短了冲模设计和制造周期，提高了冲模质量，实现了冲模工作零件的互换，但和世界先进水平相比差距仍然很大。一些大型、精密、复杂及长寿命的高档模具每年仍大量进口，特别是中高档汽车的覆盖件模具，严重地影响了我国机电产品自主开发的能力和改型更新的速度。

鉴于目前我国冲模技术的现状，撰写本书时除了注意搜集先进的冲压工艺、冲模结构以外，还用了较大的篇幅介绍计算机技术和其他先进制造技术在冲模技术中的应用，再版时本书又在计算机技术的应用、冲压材料新品种、提高精冲件质量的方法等方面进行了补充，力求使本书能在促进我国冲模技术的提高和发展中尽一份微薄之力。

本书由涂光祺、赵彦启任主编，其中第一章由赵彦启编写，第二、三、九章由涂光祺编写，第四章由武榕编写，第五、十章由彭群、郑鹏飞编写，第六章由高军编写，第七章由崔令江编写，第八、十一章由杜贵江、陈英编写。

由于编者的水平有限，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第2版前言

第一章 冲模设计基础	1
第一节 冲压件工艺性和工艺设计	1
一、冲压件工艺性	1
二、冲压件工艺设计	15
三、发展取代传统工艺及冲压件	19
第二节 冲压用材料	21
一、冲压常用材料规格及性能	21
二、冲模常用材料	28
第三节 冲压设备	30
一、冲压设备类型	30
二、常用冲压设备规格	31
第四节 冲模设计要领	35
一、冲模设计原始资料	35
二、成本分析与结构方案	36
三、冲模分类	36
四、设计步骤与要点	36
五、冲压设备选用	37
第二章 冲裁模	41
第一节 冲裁机理	41
一、冲裁变形过程	41
二、变形区受力状况和应力状况	41
三、冲裁力—行程曲线	42
第二节 冲裁间隙	43
一、间隙对冲裁过程及冲裁件质量的影响	43
二、冲裁间隙分类	44
三、确定冲裁间隙的方法	46
四、常用间隙表	47
第三节 凸、凹模刃口尺寸	49
一、刃口尺寸确定的原则	49
二、刃口尺寸确定的方法	49
第四节 冲裁力和冲裁功	52
一、冲裁力计算	52
二、降低冲裁力的方法	53

三、卸料力、推件力和顶件力计算	54
四、总压力计算	55
五、冲裁功	55
第五节 压力中心	56
一、解析法	56
二、图解法	57
第六节 排样与搭边	58
一、排样	58
二、搭边	61
第七节 典型结构	63
一、落料模	63
二、冲孔模	66
三、切边模	66
四、剖切模	69
五、切口模	70
六、复合冲裁模	70
第八节 高速冲裁模	73
一、高速冲裁的特点	73
二、高速冲裁模结构特点	75
三、实例：引线框架高速冲裁工艺与模具结构	86
第三章 精冲模	93
第一节 强力压边精冲机理	93
一、强力压边精冲工艺过程特征	93
二、精冲变形模式	94
三、精冲变形区的应力分析	94
第二节 精冲力的计算	97
一、冲裁力	97
二、压边力	98
三、反压力	98
四、总压力	98
五、卸料力和顶件力	99
第三节 精冲复合工艺	99
一、半冲孔	100
二、挤压、模锻凸台	102
三、压印	103
四、压扁	104
五、弯曲	105
六、压沉孔	106
七、三维精冲件	108

第四节 精冲件质量的影响因素	108
一、影响表面粗糙度的因素	108
二、影响表面完好率的因素	109
三、精冲件缺陷原因及其消除方法	110
第五节 精冲工艺润滑	112
一、润滑状态	112
二、保证润滑充分的条件	113
三、精冲工艺润滑剂	113
第六节 精冲模结构	114
一、特点	114
二、分类	114
三、结构分析	115
第七节 排样与搭边	119
第八节 V形环尺寸	119
第九节 凸、凹模间隙	121
第十节 凸、凹模尺寸	122
第十一节 模芯结构	123
一、凹模	124
二、压边圈	125
三、凸模	126
四、凸模座及桥板	127
五、冲孔凸模	127
六、反压板	128
七、顶杆	129
八、传力杆	129
九、闭锁销	130
十、平衡杆	131
十一、排气、冷却、润滑	132
十二、零件间配合及尺寸要求	133
十三、模芯材料及硬度要求	134
第十二节 典型结构	136
一、活动凸模式模具典型结构	136
二、固定凸模式模具典型结构	137
三、连续模典型结构	137
四、通用模架	140
第十三节 精冲液压模架	140
第十四节 对向凹模精冲模	142
一、对向凹模精冲过程	143
二、对向凹模精冲工艺的特点	143

三、对向凹模精冲模的结构与工艺参数	144
第四章 弯曲模	146
第一节 弯曲特征	146
一、弯曲变形过程	146
二、弯曲的种类	147
第二节 弯曲力	148
第三节 弯曲件毛坯展开长度	149
一、中性层曲率半径的确定	149
二、展开长度	151
三、圆杆(线材)弯曲件的展开长度	153
第四节 回弹	154
一、影响回弹的因素	154
二、回弹值的确定	155
三、补偿回弹的措施	159
第五节 工作部分结构参数	161
一、V形和U形弯曲模	161
二、铰链卷圆模	167
三、圆环和夹箍件弯曲模	170
四、杆料(线材)螺旋弯曲模	172
第六节 工序安排及模具结构	173
一、一般原则	173
二、板材弯曲的基本形式	173
三、弯曲件工序安排示例	174
四、典型件弯曲模结构	177
五、结构设计提示	184
第七节 典型结构	185
一、波纹片弯曲模	185
二、导向板弯曲模	186
三、屏风板侧边弯曲模	186
四、放大器安装板弯曲模	186
五、油孔夹环弯曲模	188
六、环卡弯曲件弯曲模	190
七、轴承保持器径向弯曲模	190
八、M形件弯曲模	191
九、C形件弯曲模	192
十、钩形件杠杆式一次弯曲成形模	192
十一、风扇花挡网罩弯曲模	194
十二、环形件弯曲模	195
十三、门形件弯曲与校正模	195

十四、切断、弯曲、扭弯复合模·····	197
十五、接线头连续模·····	197
十六、游丝支片连续模·····	198
十七、悬架连续模·····	201
第五章 拉深模 ·····	202
第一节 拉深变形特征·····	202
一、拉深过程·····	202
二、拉深变形过程的起皱现象·····	203
三、拉深件的壁厚变化·····	203
第二节 筒形件拉深·····	204
一、拉深件毛坯尺寸的确定·····	204
二、无法兰筒形件的拉深·····	206
三、带法兰筒形件的拉深·····	209
第三节 复杂旋转体件拉深·····	211
一、阶梯形件的拉深·····	211
二、锥形件的拉深·····	212
三、球形和抛物线形件的拉深·····	214
第四节 矩形件拉深·····	215
一、无法兰矩形件的拉深·····	216
二、带法兰矩形件的拉深·····	217
第五节 工作部分结构参数·····	218
一、圆角半径·····	218
二、模具间隙·····	219
三、工作部分尺寸计算·····	221
第六节 压料·····	221
一、压料的应用范围·····	221
二、压料力·····	221
三、压料限位装置·····	222
四、锥形压边圈·····	222
第七节 拉深力与拉深功·····	223
一、拉深力·····	223
二、拉深功·····	225
第八节 其他拉深·····	225
一、椭圆形件的拉深·····	225
二、反拉深·····	226
三、带料连续拉深·····	228
四、变薄拉深·····	231
第九节 典型结构·····	233
一、正装拉深模·····	233

二、倒装拉深模	233
三、锥面压料拉深模	234
四、落料、拉深复合模	234
五、再次拉深模	235
六、再次正拉深模	236
七、落料和正、反拉深复合模	236
八、球形件拉深模	236
九、椭圆形件落料、拉深复合模	239
十、拖板式凹模中间工序拉深模	239
十一、洗衣机内桶第二次反拉深模	239
十二、浴缸拉深模	242
十三、油箱上体拉深模	242
十四、液压拉深模	242
十五、管帽连续拉深模	242
十六、六角帽连续拉深模	245
十七、变薄拉深模	246
十八、旋转变薄拉深模	247
十九、拉深、挤边、压凹、冲孔复合模	247
二十、落料、拉深、冲孔、翻边复合模	247
二十一、铍基合金拉深、切边、冲孔、翻边复合模	249
二十二、落料、拉深、成形、圆周压纹复合模	252
二十三、外壳转盘半自动拉深模	252
第六章 成形模	254
第一节 胀形	254
一、胀形形成特点	254
二、胀形件工艺性	255
三、胀形工艺方法及模具	255
第二节 翻孔和翻边	264
一、翻孔	264
二、翻边	268
三、翻孔与翻边模具	270
第三节 缩口	272
一、缩口的变形程度	274
二、缩口后材料长度与厚度的变化及缩口毛坯的计算	275
三、缩口力的计算	276
四、缩口模具形式	277
第四节 校形	278
一、校平	279
二、整形	280

第五节 压印	282
第七章 汽车覆盖件冲模	284
第一节 汽车覆盖件的结构特点	284
第二节 汽车覆盖件的变形分析	287
一、汽车覆盖件的成形特点	287
二、汽车覆盖件冲压成形过程中的变形特点	287
三、汽车覆盖件的变形分析方法	289
第三节 汽车覆盖件工艺设计	291
一、拉深件的设计	291
二、覆盖件拉深成形	297
三、拉深件的修边与切断	301
四、修边件的翻边	303
第四节 拉深模	303
一、单动拉深模	303
二、双动拉深模	307
三、拉深模设计	310
四、拉深模材料	314
第五节 修边模	314
一、确定修边方式	314
二、确定定位方式	314
三、斜楔机构	315
四、确定修边模镶件	320
五、修边模镶件材料	322
第六节 翻边模	322
一、主要翻边模类型与典型结构	322
二、翻边凸模的扩张结构	323
三、凹模镶件	323
四、翻边模材料	323
第八章 连续模	324
第一节 特点、分类及应用	324
一、连续模的特点	324
二、连续模的分类	324
三、连续模的应用	326
第二节 工艺分析与结构设计	326
一、工序件的携带方式	326
二、工序安排	328
三、条料排样的搭边值	330
四、排样图的绘制	330
第三节 主要零件设计	331

一、模架·····	331
二、凸模·····	331
三、凹模·····	333
四、定位装置·····	337
五、卸料装置·····	342
六、顶料装置·····	344
第四节 典型结构·····	345
一、带料连续拉深模·····	345
二、落料、冲孔连续模·····	347
三、冲孔、切断、弯曲连续模·····	348
四、接线头连续模·····	349
五、压线块连续模·····	349
六、卡板连续模·····	352
七、二轮压簧连续模·····	354
八、定、转子片复合连续模·····	354
九、带自动挡料销的冲孔落料模·····	357
十、带自动定心装置的连续模·····	357
十一、触桥连续模·····	358
十二、无工艺切口的连续拉深模·····	360
十三、垫圈连续模·····	361
十四、插座件成形连续模·····	362
第九章 冲模零件设计标准选用·····	364
第一节 工作零件设计·····	364
一、凸模设计·····	364
二、凹模设计·····	370
第二节 定位零件设计·····	374
一、定位零件设计原则·····	374
二、定位零件的基本形式·····	375
第三节 压边、卸料及出件装置·····	382
一、压边装置·····	382
二、卸料装置·····	385
三、出件装置·····	389
第四节 支承及夹持零件·····	391
一、模架·····	391
二、模柄·····	396
三、垫板和凸、凹模固定板·····	397
第五节 弹簧和橡胶板·····	397
一、圆柱螺旋压缩弹簧·····	397
二、碟形弹簧·····	398

三、橡胶板的选用和计算	399
第六节 螺钉孔和销钉孔	400
一、孔的结构和尺寸	400
二、开孔位置	402
第七节 零件的表面粗糙度和配合要求	403
第八节 零件材料及热处理要求	408
第十章 计算机技术在冲模技术中的应用	411
第一节 概述	411
第二节 冲模 CAD 技术	413
一、图形的处理	415
二、冲模的装配技术	420
三、冲模数据库、知识库的建立	426
四、与网络的结合	427
五、计算机辅助工艺设计在冲压工艺设计中的应用	428
六、计算机在冲模设计中的应用	435
第三节 冲模 CAM 技术	439
一、数控编程技术的发展概况及简介	440
二、常见 CAM 系统的体系结构	443
三、NC 刀具轨迹生成方法研究与发展现状	444
四、数控仿真技术	448
五、冲模制造新技术及发展趋势	451
六、智能制造	452
第四节 冲模 CAE 技术	453
一、概述	453
二、冲压成形过程的物理现象	456
三、冲压成形过程中常见的缺陷及产生原因	458
四、冲压成形有限元模拟的基本原理	459
五、冲压成形数值模拟的关键技术	461
六、有限元模拟在冲压技术中的应用	465
第五节 冲模产品数据管理 (PDM)	474
第六节 计算机技术在我国冲模生产中的应用实例	475
一、汽车覆盖件模具 CAD/CAE/CAM 的软、硬件选型	475
二、汽车模具 CAD/CAE/CAM 系统构成	476
三、成果与发展方向	477
第七节 研究热点及展望	477
一、虚拟制造技术 (Virtual Manufacturing)	477
二、与网络的更深入结合 (Network)	478
三、协同设计 (Collaborative)	480
四、专业化 (Specialization)	481

五、标准化 (Standardization)	481
六、开放性、集成化 (Open、Integrated)	481
七、智能化 (Intelligent)	482
八、高速化 (High Speed)	482
第十一章 冲模工作零件先进制造技术	483
第一节 高精度电火花加工	483
一、电火花加工原理	483
二、CNC 高精度电火花加工设备简介	484
三、电火花加工的工艺特性	486
四、电火花加工工具电极	489
五、CNC 高精度电火花成形加工	490
六、电火花穿孔加工	490
第二节 高精度电火花线切割加工	491
一、电火花线切割加工原理	491
二、电火花线切割特点及应用范围	491
三、CNC 高精度电火花线切割设备简介	492
四、电火花线切割加工工艺特性	496
五、电火花线切割加工工艺及应用	500
六、微精切割	502
七、线切割加工实例	503
第三节 坐标磨削	505
一、坐标磨床简介	505
二、磨削工艺	507
三、典型形状的磨削方法	511
第四节 连续轨迹数控坐标磨床	513
一、NC 程序编制	514
二、加工实例	520
第五节 加工中心	522
一、加工中心的基本形式及功能	522
二、加工中心的基本结构	523
三、加工中心的编程特点	523
四、加工中心的编程实例	524
第六节 快速原型/零件制造 (RPM)	526
一、RPM 技术产生背景	526
二、RPM 的原理及主要方法	526
三、RPM 技术的独有特性	527
四、RPM 技术的发展趋势	528
参考文献	530

第一章 冲模设计基础

第一节 冲压件工艺性和工艺设计

一、冲压件工艺性

冲压件的工艺性系指冲压件对冲压工艺的适应性。在一般情况下，影响冲压件工艺性的因素有几何形状、尺寸、精度、表面粗糙度及毛刺高度。冲压件工艺性对冲压件质量、材料利用率、生产率、模具制造难易、模具寿命、操作方式及设备选用等都有很大影响。良好的冲压件工艺性可显著降低冲压件的制造成本。

(一) 冲裁件的工艺性

1. 冲裁件结构工艺性

(1) 冲裁件的几何形状 冲裁件的形状应尽可能符合材料合理排样，减少废料。在许可情况下，把冲裁件设计成对称或少无废料排样的形状，如图 1-1 所示。

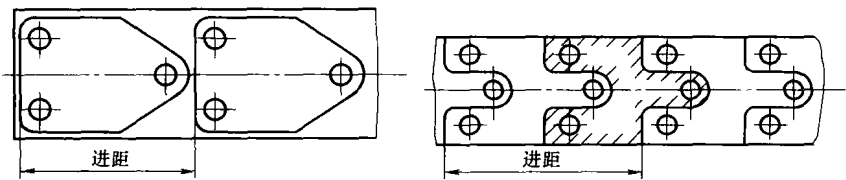


图 1-1 冲裁件形状对工艺性的影响示例

(2) 冲裁件的圆角 冲裁件各直线或曲线的连接处，宜有适当的圆角，其数值见表 1-1。在用一道工序冲裁时，拐角处应尽量设计成较大的圆角。如果冲裁件有尖角，不仅给冲裁模的制造带来困难，而且模具也容易损坏。只有在采用少无废料排样或镶拼模具结构时，才允许冲压件有尖锐的清角。

表 1-1 冲裁件最小圆角半径

连接角度	$\alpha > 90^\circ$	$\alpha < 90^\circ$	$\alpha > 90^\circ$	$\alpha < 90^\circ$
简图				
低碳钢	0.30 δ	0.50 δ	0.35 δ	0.60 δ
黄铜、铝	0.24 δ	0.35 δ	0.20 δ	0.45 δ
高碳钢、合金钢	0.45 δ	0.70 δ	0.50 δ	0.90 δ

注： δ 为材料厚度（mm）。

(3) 冲裁件的悬臂或窄槽 冲裁件凸出的悬臂或凹入的窄槽不宜太长或太窄(见图 1-2), 否则会降低模具寿命。一般情况下, B 应不小于 1.5δ 。当工件材料为黄铜、铝、软钢时, $B \geq 1.3\delta$; 当工件材料为高碳钢时, $B \geq 1.9\delta$ 。当材料厚度 $\delta < 1\text{mm}$ 时, 按 $\delta = 1\text{mm}$ 计算。切口与槽长的关系为 $L \leq 5B$ 。

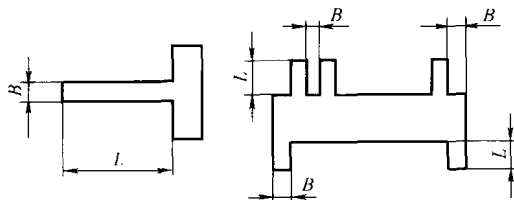


图 1-2 冲裁件的悬臂或窄槽

(4) 端头圆弧尺寸 对于腰圆形冲裁件(见图 1-3), 若允许圆弧半径 R 大于料宽的一半, 则能采用少废料排样。若限定圆弧半径 R 等于工件宽度之半, 就不能采用少废料排样, 否则会有台肩产生。

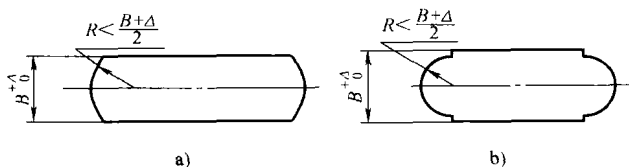


图 1-3 少废料排样与腰圆形冲裁件设计

a) 正确 b) 错误

(5) 冲孔极限尺寸 因受凸模强度和稳定性的限制, 冲孔的尺寸不宜过小, 其数值与孔的形状、材料的力学性能、材料的厚度等有关。用一般冲模冲孔的最小尺寸如表 1-2 所示。

表 1-2 冲孔的最小尺寸

材 料	自由凸模冲孔		精密导向凸模冲孔	
	圆孔直径 d	长方孔宽 b	圆孔直径 d	长方孔宽 b
硬钢 ^①	1.3δ	1.0δ	0.5δ	0.4δ
软钢 ^② 及黄铜	1.0δ	0.7δ	0.35δ	0.3δ
铝	0.8δ	0.5δ	0.3δ	0.28δ
酚醛层压布(纸)板	0.4δ	0.35δ	0.3δ	0.25δ

注: δ 为材料厚度 (mm)。

① 硬钢是碳质量分数为 0.5% ~ 0.8% 的钢。

② 软钢是碳质量分数为 0.2% ~ 0.3% 的钢。

(6) 孔间距与孔边距 孔与孔之间或孔与边缘之间的距离 a (见图 1-4), 受模具强度和冲裁件质量的限制, 其值不能过小, 宜取 $a \geq 2\delta$, 并不得小于 3 ~ 4mm。必要时可取 $a = (1 \sim 1.5)\delta$ (当 $\delta < 1\text{mm}$ 时, 按 $\delta = 1\text{mm}$ 计算), 但模具寿命会因此降低或结构复杂程度增加。

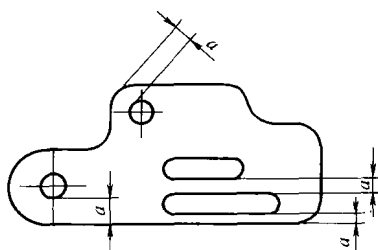


图 1-4 冲裁件的孔边距

(7) 在弯曲件或拉深件上的冲孔 在弯曲件或拉深件上冲孔时，其孔边与工件直壁之间的距离不能小于图 1-5 所示数值。如距离过小，则孔边进入工件底部的圆角部分，冲孔时凸模将因受到水平推力而易折断，孔的质量也受影响。

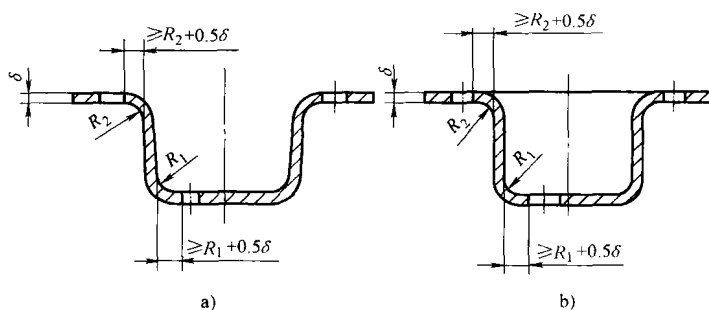


图 1-5 孔边距的最小值

a) 弯曲件 b) 拉深件

2. 冲裁件的精度、表面粗糙度和毛刺高度

(1) 冲裁件的精度 表 1-3 ~ 表 1-5 所提供的冲裁件尺寸精度，是在合理间隙情况下对铝、铜、软钢等常用材料冲裁加工的标准公差数据。精度要求特别高的工件，需要考虑进行整修等精密冲裁。表 1-6 为孔对外缘轮廓的标准公差。

表 1-3 冲裁件外径尺寸的标准公差

(单位: mm)

材料厚度	普通冲裁精度				精密冲裁精度				整修精度		
	工 件 外 径										
	10 以下	10 ~ 50	50 ~ 150	150 ~ 300	10 以下	10 ~ 50	50 ~ 150	150 ~ 300	10 以下	10 ~ 50	50 ~ 100
0.2 ~ 0.5	0.08	0.10	0.14	0.20	0.025	0.03	0.05	0.08	—	—	—
0.5 ~ 1.0	0.12	0.16	0.22	0.30	0.03	0.04	0.06	0.10	0.012	0.015	0.025
1.0 ~ 2.0	0.18	0.22	0.30	0.50	0.04	0.06	0.08	0.12	0.015	0.02	0.03
2.0 ~ 4.0	0.24	0.28	0.40	0.70	0.06	0.08	0.10	0.15	0.025	0.03	0.04
4.0 ~ 6.0	0.30	0.35	0.50	1.00	0.10	0.12	0.15	0.20	0.04	0.05	0.06