

涂光祺 主编

冲模技术



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



冲 模 技 术

涂光祺 主编



机 械 工 业 出 版 社

本书系统地阐述了冲压工艺和冲模设计的基本原理和基本方法。全书共分十一章，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与冲模、精冲工艺与冲模、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，也可供科研单位的研究人员、大专院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

冲模技术/涂光祺主编. —北京: 机械工业出版社,
2002.8

ISBN 7-111-10399-8

I. 冲… II. 涂… III. 冲模 - 技术 IV. TG385.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 039493 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 季顺利 刘彩英 版式设计: 霍永明 责任校对: 薛 前

封面设计: 姚 毅 责任印制: 付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发

2002 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

1000mm × 1400mm B5·17.625 印张·685 千字

0 001—5 000 册

定价: 42.00 元



凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677 - 2527

封面无防伪标均为盗版

编写人员

第一章	赵彦启	
第二章	涂光祺	储家佑
第三章	涂光祺	
第四章	武 熔	
第五章	郑鹏飞	彭 群
第六章	高 军	
第七章	崔令江	
第八章	杜贵江	
第九章	涂光祺	
第十章	彭 群	郑鹏飞
第十一章	杜贵江	陈 英 彭 群

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,在制造行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质、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,一方面是提高冲模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,少数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,但是大多数企业仍然沿用传统的冲模设计和制造方法,有些冲模特别是汽车覆盖件冲模仍然依靠进口,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。

鉴于目前国内冲模技术的现状,撰写本书时除了注意搜集先进的冲压工艺和冲模结构以外,还用了较大的篇幅介绍计算机技术和先进制造技术在冲模技术中的应用,目的是使本书能在促进我国冲模技术的提高和发展中尽一分微薄之力。

由于编者的水平有限,加之时间仓促,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2002 年 2 月于北京

目 录

前言

第一章 冲模设计基础	1
第一节 冲压件工艺设计	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	18
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	22
第三节 冲压设备	31
一、冲压设备类型	31
二、常用冲压设备规格	32
第四节 冲模设计要领	36
一、冲模设计原始资料	36
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	42
第一节 冲裁特征	42
一、变形区受力状况	42
二、变形区应力状态	42
三、冲裁变形过程	43
第二节 冲裁间隙	43
一、冲裁间隙分类	43
二、冲裁间隙选用依据	45
三、冲裁间隙选用方法	46
第三节 冲裁力和功	48
一、冲裁力计算	48
二、降低冲裁力的方法	49

三、卸料力、推件力和顶件力计算	50
四、总压力计算	51
五、冲裁功	52
第四节 压力中心	52
一、解析法	53
二、图解法	53
第五节 排样与搭边	54
一、排样	54
二、搭边	57
第六节 凸、凹模刃口尺寸	59
一、刃口尺寸确定的原则	59
二、刃口尺寸确定的方法	60
第七节 典型结构	64
一、落料模	64
二、冲孔模	66
三、切边模	66
四、剖切模	71
五、切口模	73
六、复合冲裁模	73
第八节 高速冲裁模	75
一、高速冲裁的特点	76
二、高速冲裁模结构特点	78
三、实例：引线框架高速冲裁工艺与模具结构	88
第三章 精冲模	96
第一节 精冲特征	96
第二节 精冲力	98
一、冲裁力	98
二、压边力	99
三、反压力	99
四、总压力	100
五、卸料力和顶件力	100
第三节 精冲模结构	100
一、特点	100
二、分类	101
三、结构分析	102

第四节 排样与搭边	106
第五节 V 形环尺寸	107
第六节 凸、凹模间隙	108
第七节 凸模和凹模尺寸	109
第八节 模芯结构	111
一、凹模	111
二、压边圈	113
三、凸模	113
四、凸模座及桥板	114
五、冲孔凸模	116
六、反压板	117
七、顶杆	117
八、传力杆	118
九、闭锁销	119
十、平衡杆	119
十一、排气、冷却、润滑	121
十二、零件间配合和尺寸要求	121
十三、模芯材料及硬度要求	123
第九节 典型结构	125
一、活动凸模式模具典型结构	125
二、固定凸模式模具典型结构	126
三、连续模典型结构	126
四、通用模架	128
第十节 精冲液压模架	129
第十一节 对向凹模精冲模	132
一、对向凹模精冲过程	132
二、对向凹模精冲工艺的特点	133
三、对向凹模精冲模具	133
第四章 弯曲模	136
第一节 弯曲特征	136
一、弯曲变形过程	136
二、弯曲的种类	137
第二节 弯曲力	138
一、弯曲力与校正力	138
二、顶件力和压料力	139

三、弯曲时压力机规格	139
第三节 弯曲件毛坯展开长度	140
一、中性层曲率半径的确定	140
二、展开长度	141
三、圆杆(线材)弯曲件的展开长度	144
第四节 回弹	145
一、影响回弹的因素	145
二、回弹值的确定	146
三、补偿回弹的措施	150
第五节 工作部分结构参数	152
一、V形和U形弯曲模	152
二、铰链卷圆模	159
三、圆环和夹箍件弯曲模	159
四、杆料(线材)螺旋弯曲模	161
第六节 工序安排及模具结构	165
一、一般原则	165
二、板材弯曲的基本形式	166
三、弯曲件工序安排示例	166
四、典型件弯曲模结构	169
五、结构设计提示	176
第七节 典型结构	177
一、波纹片弯曲模	177
二、导向板弯曲模	178
三、屏风板侧边弯曲模	178
四、放大器安装板弯曲模	178
五、油孔夹环弯曲模	180
六、环卡弯曲件弯曲模	182
七、轴承保持器径向弯曲模	182
八、M形件弯曲模	184
九、C形件弯曲模	184
十、风扇花挡网罩弯曲模	185
十一、环形件弯曲模	186
十二、□形件弯曲与校正模	186
十三、切断、弯曲、扭弯复合模	186
十四、接线头连续模	188

十五、游丝支片连续模	188
十六、悬架连续模	189
第五章 拉深模	194
第一节 拉深变形特征	194
一、拉深过程	194
二、拉深变形过程的起皱现象	194
三、拉深件的壁厚变化	195
第二节 筒形件拉深	196
一、拉深件毛坯尺寸的确定	196
二、无法兰筒形件的拉深	198
三、带法兰筒形件的拉深	201
第三节 复杂旋转体件拉深	203
一、阶梯形件的拉深	203
二、锥形件的拉深	204
三、球形和抛物线形件的拉深	206
第四节 矩形件拉深	207
一、无法兰矩形件的拉深工艺	208
二、带法兰矩形件的拉深工艺	209
第五节 工作部分结构参数	210
一、圆角半径	210
二、模具间隙	211
三、工作部分尺寸计算	213
第六节 压料	213
一、压料的应用范围	213
二、压料力	213
三、压料限位装置	214
四、锥形压料圈	215
第七节 拉深力与拉深功	215
一、拉深力	215
二、拉深功	217
第八节 其他拉深	217
一、椭圆形件的拉深	217
二、反拉深	219
三、带料连续拉深	220
四、变薄拉深	224

第九节 典型结构	226
一、正装拉深模	226
二、倒装拉深模	226
三、锥面压料拉深模	227
四、落料、拉深复合模	227
五、再次拉深模	227
六、两次正拉深模	228
七、落料、正、反拉深复合模	228
八、球形件拉深模	229
九、椭圆形件落料、拉深复合模	229
十、拖板式凹模中间工序拉深模	232
十一、洗衣机内桶第二次反拉深模具	232
十二、浴缸拉深模	232
十三、油箱上体拉深模	232
十四、液压拉深模 I	236
十五、液压拉深模 II	236
十六、管帽连续拉深模	236
十七、六角帽连续拉深模	237
十八、变薄拉深模	237
十九、旋转变薄拉深模	237
二十、拉深、挤边、压凹、冲孔复合模	241
二十一、落料、拉深、冲孔、翻边复合模	241
二十二、铍基合金拉深、切边、冲孔、翻边复合模	241
二十三、落料、拉深、成形、圆周压纹复合模	242
二十四、外壳转盘半自动拉深模	246
第六章 成形模	248
第一节 胀形	248
一、概述	248
二、胀形成形特点	248
三、胀形件工艺性	248
四、胀形工艺方法及模具	249
第二节 翻孔和翻边	258
一、翻孔	259
二、翻边	263
三、翻孔与翻边模具	266

第三节 缩口	268
一、概述	268
二、缩口的变形程度	269
三、缩口后材料长度与厚度的变化及缩口毛坯的计算	271
四、缩口力的计算	272
五、缩口模具形式	273
第四节 校形	275
一、概述	275
二、校平	275
三、整形	277
第五节 压印	279
第七章 汽车覆盖件冲模	281
第一节 汽车覆盖件的结构特点	281
第二节 汽车覆盖件变形分析	286
一、汽车覆盖件的成形特点	286
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	288
第三节 汽车覆盖件工艺设计	290
一、拉深件的设计	291
二、覆盖件拉深成形	296
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	309
三、拉深模设计	312
四、拉深模材料	315
第五节 修边模	316
一、确定修边方式	316
二、确定定位方式	316
三、斜楔机构	317
四、确定修边模镶件	322
五、修边模镶件材料	324
第六节 翻边模	324
一、主要翻边模类型与典型结构	324

二、翻边凸模的扩张结构	325
三、凹模镶件	325
四、翻边模材料	326
第八章 连续模	327
第一节 特点、分类及应用	327
一、连续模的特点	327
二、连续模的分类	327
三、连续模的应用	328
第二节 工艺分析与结构设计	329
一、工序件的携带方式	329
二、工序安排	330
三、条料排样的搭边值	333
四、排样图的绘制	333
第三节 主要零件设计	334
一、模架	334
二、凸模	334
三、凹模	337
四、定位装置	341
五、卸料装置	346
六、顶料装置	347
第四节 典型结构	349
一、带料连续拉深模	349
二、落料、冲孔连续模	350
三、冲孔、切断、弯曲连续模	351
四、接线头连续模	353
五、压线块连续模	353
六、卡板连续模	357
七、二轮压簧连续模	357
八、定、转子片复合连续模	357
九、带自动挡料销冲孔落料模	362
十、带自动定心装置的连续模	363
十一、触桥连续模	363
十二、无工艺切口的连续拉深模	364
十三、垫圈连续模	365
十四、插座件成形连续模	367

第九章 冲模零件设计标准选用	370
第一节 工作零件设计	370
一、凸模设计	370
二、凹模设计	376
第二节 定位零件设计	381
一、定位零件设计原则	381
二、定位零件的基本形式	382
第三节 压边、卸料及出件装置	389
一、压边装置	389
二、卸料装置	392
三、出件装置	397
第四节 支承及夹持零件	398
一、模架	398
二、模柄	403
三、垫板和凸、凹模固定板	404
第五节 弹簧和橡胶板	405
一、圆柱螺旋压缩弹簧	405
二、碟形弹簧	406
三、橡胶板的选用和计算	407
第六节 螺钉孔和销钉孔	408
一、孔的结构和尺寸	408
二、开孔位置	410
第七节 零件的表面粗糙度和配合要求	411
第八节 零件材料及热处理要求	416
第十章 计算机技术在冲模技术中的应用	418
第一节 概述	418
第二节 冲模 CAD 技术	420
一、图形的处理	422
二、冲压模具的装配技术	428
三、冲模数据、知识库的建立	434
四、与网络的结合	436
五、计算机在冲压工艺设计中的应用(CAPP)	437
六、计算机在冲压模具设计中的应用	447
第三节 冲模 CAM 技术	452
一、数控编程技术的发展概况及简介	453

二、常见 CAM 系统的体系结构	457
三、NC 刀具轨迹生成方法的发展过程与趋势	458
四、现役几个主要 CAD/CAM 系统中的 NC 刀轨生成方法分析	460
五、现役 CAM 系统刀轨生成方法的主要问题	461
六、数控仿真技术	462
七、冲模制造新兴技术及其对 CAM 系统的需求	466
八、冲模的智能制造与 CAM 系统的发展趋势	467
第四节 冲模 CAE 技术	468
一、概述	468
二、冲压成形过程的物理现象	469
三、冲压成形过程中常见的缺陷及产生原因	472
四、冲压成形有限元模拟的基本原理	473
五、有限元模拟在冲压技术中的应用	476
第五节 冲压产品数据管理(PDM)	482
第六节 计算机技术在我国冲压生产中的应用实例	483
一、汽车覆盖件模具 CAD/CAE/CAM 的软硬件选型	484
二、冲模 CAD/CAE/CAM 系统构成	485
三、成果与展望	486
第七节 研究热点及展望	487
一、虚拟制造技术	487
二、与网络的更深入结合	488
三、计算机支持的协同设计	490
四、计算机的安全	491
五、标准化	491
六、开放性、集成化	492
七、智能化	493
第十一章 冲模工作零件先进制造技术	494
第一节 高精度电火花加工	494
一、电火花加工原理	494
二、CNC 高精度电火花加工设备简介	495
三、电火花加工的工艺特性	497
四、电火花加工工具电极	500
五、CNC 高精度电火花成形加工	501
六、电火花穿孔加工	502
第二节 高精度电火花线切割加工	502

一、电火花线切割加工原理	503
二、特点及应用范围	503
三、CNC 高精度电火花线切割设备简介	504
四、电火花线切割加工工艺特性	508
五、电火花线切割加工工艺及应用	513
六、微精切割	515
七、线切割加工实例	516
第三节 坐标磨削	518
一、概述	518
二、坐标磨床简介	518
三、磨削工艺	521
四、典型形状的磨削方法	524
第四节 连续轨迹数控坐标磨	527
一、概述	527
二、NC 程序编制	528
三、加工实例	534
第五节 加工中心	537
一、加工中心的基本形式及功能	537
二、加工中心的基本结构	537
三、加工中心编程的特点	538
四、加工中心的编程实例	540
第六节 快速原型/零件制造(RPM)	541
一、RPM 技术产生背景	541
二、快速原型/零件制造技术的原理及主要方法	542
三、RPM 技术的独有特性	543
四、RPM 技术发展趋势	543
参考文献	545

第一章 冲模设计基础

第一节 冲压件工艺设计

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。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至少无废料排样的形状，如图 1-1 所示。

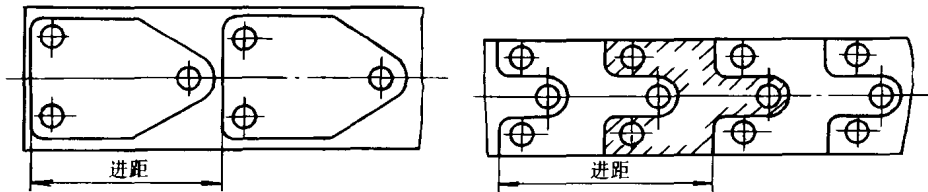


图 1-1 冲裁件形状对工艺性的影响示例

(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

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	0.30δ	0.50δ	0.35δ	0.60δ
黄铜、铝	0.24δ	0.35δ	0.20δ	0.45δ
高碳钢、合金钢	0.45δ	0.70δ	0.50δ	0.90δ

注： δ 为材料厚度(mm)。