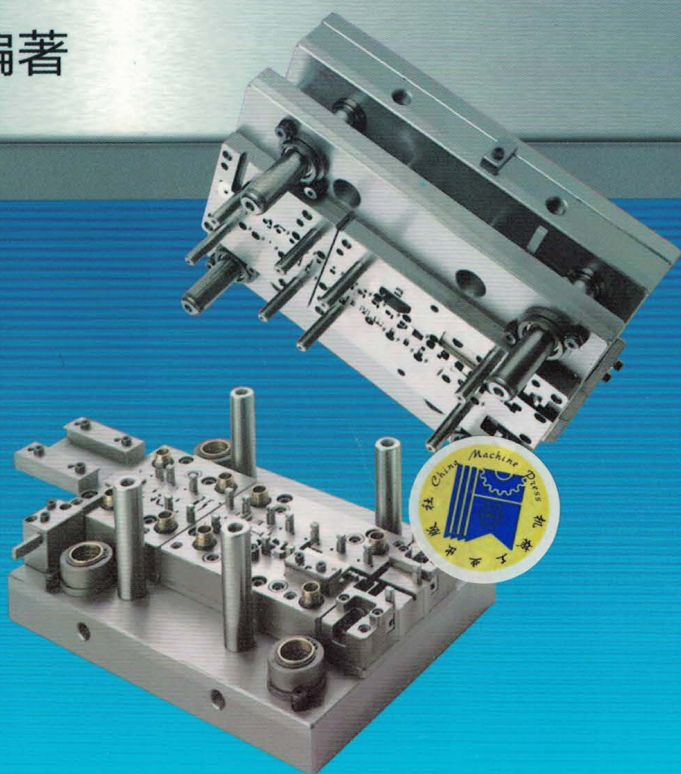


DUOGONGWEI JIJINMU SHEJI SHIYONG JISHU

多工位级进模设计 实用技术

洪慎章 金龙建◎等编著

- 结构体系新颖
- 技术内容全面
- 设计实例丰富



多工位级进模设计 实用技术

洪慎章 金龙建 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了多工位级进模的设计技术。全书内容包括：冲压变形的基本原理、多工位级进模的设计方法、多工位级进模的模具结构、多工位级进模的零部件设计、高速压力机、多工位级进模的自身检测及安全保护、多工位级进模 CAD、多工位级进模设计实例。本书结构体系新颖，技术内容全面；书中配有丰富的多工位级进模设计实例，实用性强，能开拓思路，便于自学。

本书主要可供从事冲压模具设计与制造的工程技术人员、工人使用，也可作为相关专业在校师生及研究人员的参考书和模具培训班的教材。

图书在版编目（CIP）数据

多工位级进模设计实用技术/洪慎章等编著. —北京：
机械工业出版社，2010.8
ISBN 978-7-111-31086-0

I. ①多… II. ①洪… III. ①模具-设计 IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 117916 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：陈保华 责任编辑：白 刚

版式设计：霍永明 责任校对：任秀丽

封面设计：王伟光 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2010 年 9 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm×239mm · 20.5 印张 · 421 千字

0 001—4 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-31086-0

定价：38.00 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

策划编辑：(010) 88379734

社服务中心：(010) 88361066

网络服务

销售一部：(010) 68326294

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649

教材网：<http://www.cmpedu.com>

读者服务部：(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

在当今世界上，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

模具工业在现代制造业中所占的比例越来越大，模具设计技术水平的高低直接影响着工业产品的质量、成本和更新换代的速度，而模具设计技术水平的高低最终体现在模具结构上。级进模是冲压模具中一种先进、高效的冲压模具。对某些形状较为复杂的，具有冲裁、弯曲、成形、拉深等多工序的冲压零件，可在一副多工位级进模上冲制完成。多工位级进模是实现自动化、半自动化生产，确保冲压加工质量稳定的一种模具结构形式。合理的模具结构既要保证生产产品的各项技术指标要求，又要缩短模具制造周期，降低模具制造成本，以满足现代工业生产对模具高质、高效、低成本的要求。

本书是在作者长期从事多工位级进模生产、科研和教学的基础上，广泛吸收国内外多工位级进模的先进工艺和结构编写而成。

本书从塑性成形基本原理开始，对冲压成形的冲裁、弯曲、成形、拉深等冲压基本工艺的特点与工艺参数进行了较系统的论述。全书共9章，内容包括多工位级进模的实质及特点、分类和在工业生产中的地位，冲压变形的基本原理，多工位级进模的设计步骤、设计方法、总体设计，多工位级进模的模具结构及零部件设计，高速压力机，多工位级进模的自动检测及安全保护，多工位级进模CAD，多工位级进模设计实例。

本书在选材上，力求内容体系完整，反映当今多工位级进模技术的最新成果和先进经验。在编写上，着重与生产实践相结合，采用文字阐述与图形相结合，突出模具设计重点和典型结构实例，以方便读者使用。

本书结构体系新颖，技术内容全面；书中配有丰富的多工位级进模设计实例，实用性强，能开拓思路，通俗易懂，便于自学。

本书可供生产一线的冲压工程技术人员、工人在生产现场使用，也可供相关专业在校师生作为参考书。

本书第1~5章、第8章、第9章部分及附录由上海交通大学洪慎章教授编写，第6、7章、第9章部分由上海普及电子有限公司主任设计金龙建工程师编写。

在本书编写工作中，刘薇、洪永刚和丁惠珍等工程师参加了书稿的编写、整理工作，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不妥和错误之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教，以便得以修正，以臻完善。

洪慎章

于上海交通大学

目 录

前言

第1章 概述	1
1.1 多工位级进模的实质及特点	1
1.2 多工位级进模的分类	2
1.3 多工位级进模应用的必要条件	6
1.4 多工位级进模的应用	7
1.5 多工位级进模在工业生产中的地位	7
第2章 冲压变形的基本原理	9
2.1 金属塑性变形的基本概念	9
2.1.1 塑性变形的物理概念	9
2.1.2 塑性变形的形式	9
2.1.3 金属的塑性与变形抗力	11
2.1.4 影响金属塑性和变形抗力的主要因素	12
2.2 冲压应力应变状态	14
2.2.1 应力状态	14
2.2.2 应变状态	15
2.2.3 应力与应变的关系	16
2.2.4 硬化与硬化曲线	17
2.3 冲压成形中的变形趋向性	19
2.4 变形趋向性的控制及其运用	20
第3章 多工位级进模的设计方法	23
3.1 多工位级进模的设计步骤	23
3.2 多工位级进模的设计要点	23
3.3 冲压零件的工艺性分析	27
3.3.1 基准选择	27
3.3.2 冲件形状、尺寸精度及形位公差的分析	27
3.3.3 冲件的材料	29
3.3.4 冲件的毛刺方向	30
3.4 多工位级进模的总体设计	30
3.5 冲裁工艺	36
3.5.1 冲裁间隙	36
3.5.2 凸模与凹模刃口尺寸的计算	38
3.5.3 冲压力及压力中心的计算	42
3.6 排样图设计	44

3.6.1	条料排样图设计原则	44
3.6.2	排样图设计时应考虑的因素	45
3.6.3	排样的类型及方法	49
3.6.4	载体设计	57
3.6.5	空工位	62
3.6.6	条料排样图设计步骤	62
3.6.7	步距精度及基本步距的确定	64
3.6.8	排样应用实例	67
3.7	弯曲工艺	78
3.8	级进拉深工艺	80
第4章 多工位级进模的模具结构		88
4.1	多工位级进模的基本结构	88
4.2	多工位级进模的典型结构	89
4.3	纯冲裁级进模	90
4.3.1	微电机转子片与定子片多工位级进模	91
4.3.2	小电机定、转子片套冲多工位级进模	95
4.4	冲孔、落料级进模	99
4.5	连续弯曲级进模	102
4.5.1	小连接板连续弯曲多工位级进模	102
4.5.2	侧弯支座多工位级进模	104
4.5.3	电器插座多工位级进模	107
4.5.4	导电片多工位级进模	109
4.6	冲孔、切断、压弯级进模	112
4.6.1	电极片多工位级进模	112
4.6.2	录音机芯自停连杆多工位级进模	115
4.6.3	端罩多工位级进模	118
4.7	冲裁、拉深级进模	119
4.7.1	电极罩多工位级进模	119
4.7.2	焊片多工位级进模	122
4.7.3	黄铜管帽多工位级进模	124
4.7.4	压扣多工位级进模	126
4.7.5	电池钢壳多工位级进模	128
4.7.6	撕拉盖多工位级进模	131
4.7.7	通孔凸缘多工位级进模	133
第5章 多工位级进模的零部件设计		135
5.1	级进模总体设计	135
5.2	凸、凹模设计	138
5.2.1	凸模设计	138
5.2.2	凹模设计	145

5.3 凸模固定板设计	146
5.4 定距机构设计	146
5.5 卸料装置设计	147
5.6 导料装置设计	152
5.6.1 导料装置	152
5.6.2 浮顶销结构	154
5.6.3 侧刃与导正销	155
5.6.4 侧压装置	158
5.7 侧向冲压与倒冲	158
5.7.1 侧向冲压	158
5.7.2 侧向冲压的斜楔与滑块设计要点	159
5.7.3 斜楔与侧冲凸模的安装	160
5.7.4 倒冲	162
第6章 高速压力机	165
6.1 高速压力机的特点	165
6.2 高速压力机的分类及选用	165
6.3 高速压力机的技术参数	166
第7章 多工位级进模的自动监测与安全保护	179
7.1 传感器的种类	179
7.2 自动检测保护装置设计与应用时应注意的问题	182
7.3 自动检测保护装置的应用	182
第8章 多工位级进模 CAD	193
8.1 多工位级进模 CAD 系统的构成	193
8.2 多工位级进模 CAD 技术	199
8.3 毛坯排样的优化设计	200
8.3.1 毛坯排样问题的数学描述	201
8.3.2 多边形法	202
8.3.3 高度函数法	204
8.4 多工位级进模结构设计	207
8.4.1 模具结构设计	207
8.4.2 模具零件设计	208
第9章 多工位级进模设计实例	209
9.1 纯冲裁多工位级进模	209
实例1 垫片级进模	209
实例2 方形垫板级进模	209
实例3 连接条级进模	213
实例4 铁心、轭片级进模	214
实例5 支承片级进模	216
实例6 插片级进模	217

实例 7	调整片级进模	218
实例 8	长形触片级进模	219
实例 9	拨叉级进模	220
实例 10	自行车碟刹片级进模	222
9.2	冲裁、弯曲多工位级进模	225
实例 11	接线头级进模	225
实例 12	游丝支片级进模	225
实例 13	悬架级进模	228
实例 14	钟表元件二轮压簧级进模	229
实例 15	凹形槽级进模	231
实例 16	汽车电器支架级进模	234
实例 17	合页扣件级进模	235
实例 18	晶体管引线框架级进模	237
实例 19	散热片级进模	240
实例 20	电器接插件级进模	242
实例 21	负极片级进模	243
实例 22	瓶塞压臂级进模	245
实例 23	连接支架级进模	246
实例 24	滑板级进模	249
实例 25	弯曲铁心级进模	251
9.3	冲裁、成形多工位级进模	253
实例 26	碟形弹簧级进模	253
实例 27	凹形盖级进模	254
实例 28	通孔凸缘级进模	257
实例 29	弹片级进模	258
实例 30	密封盖级进模	260
9.4	冲裁、拉深多工位级进模	262
实例 31	弹簧导套级进模	262
实例 32	烤盘级进模	263
实例 33	连接片级进模	263
实例 34	方孔焊片级进模	266
实例 35	双孔焊片级进模	268
实例 36	压簧圈级进模	269
实例 37	矩形隔离罩级进模	272
实例 38	管壳级进模	273
实例 39	晶体管管座级进模	275
实例 40	长圆筒形件级进模	277
实例 41	正方盒级进模	279
实例 42	阶梯圆筒形件级进模	282

实例 43 锥形件级进模	284
实例 44 开关座级进模	287
实例 45 小圆筒形件级进模	289
实例 46 阶梯锥形件级进模	290
实例 47 外壳基座级进模	293
附录	296
附录 A 冲压常用材料的性能和规格	296
附录 B 冲压件未注公差尺寸的极限偏差（摘自 GB/T 15055—2007）	308
附录 C 常用冲模材料及热处理要求	312
附录 D 冲模零件的精度、公差配合及表面粗糙度	313
附录 E 中外主要模具用材料对照表	315
参考文献	317

第 1 章 概 述

在工业生产中，许多机械零件普遍采用模具冲压成形的工艺方法，有效地保证了产品的质量，提高了劳动生产率，并使操作技术简单化，而且还能省料、节能，降低制造成本，可以获得显著的经济效益。

1.1 多工位级进模的实质及特点

1. 级进模实质

冲压加工中，如某冲件有落料、冲孔、翻边、弯曲、成形、整形六个工序，用一般普通冲压工艺加工需六副模具，且因冲件在加工中重复定位，质量不稳定，生产率低，生产成本高，而难以适应大批量、多品种冲件的生产。

级进模技术源自跳步模（连续模）的延伸与拓展，是在跳步模基础上发展起来的一种更多工艺加工、更多工序组合的冲压模具。

在压力机的一次行程中，级进模在依次分布于条料送进方向的几个工序上分别完成一系列冲裁工序，条料从第一工位到最后工位相继成形，因此压力机每动作一次即可获得一个完整的工件或工序件。

级进模可在一副模具上完成一个冲件的全部冲压加工。冲件无论其形状的复杂程度，只要科学、合理地进行工艺分析与工序组合，均可用一副模具冲压出来。

级进模可把一个冲件进行工序分解后，按一定顺序、规律，划分成若干个等距离的冲压加工工位，设置在模具内。带料（或条料）由配备或附设的送料机构送入模具，经连续、等距离的送进冲压，完成冲件所需的全部冲压工序后得到所需的成品零件。

级进模改进了一般跳步模冲裁毛刺面可能不在一个平面，有的冲件在弯曲、成形后仍需二次加工，有的冲件尺寸不稳定，精度难以达到要求的缺陷。

级进模配合高速冲压设备，附加自动送料机构，实现了高速自动化冲压生产，稳定了冲件质量，大大提高了生产率。

综上所述，级进模是一种较为先进的、有更多发展空间和使用价值的工艺装备。

2. 级进模特点

1) 级进模是连续冲压的多工序冲模。在一副模具内可以完成冲裁、弯曲、成形、拉深等多道工序。生产过程相当于每次冲程中冲制一个工件或工序件，因此具有比复合模更高的劳动生产率，适用于大批量生产。

- 2) 级进模冲压可以减少设备数量和模具数量，减少车间的占地面积，省去半成品运输及存储仓库。
- 3) 级进模利用卷料或带料，可实现自动送料、自动出料、自动叠片等功能，便于实现冲压生产的自动化。
- 4) 级进模工序可以分散，不必集中在一个工位，因此可以解决复合模“最小壁厚”的问题，且模具强度较高，寿命也较长。
- 5) 级进模属自动化冲模，在加工中不需要手工操作，因此人的身体部位不必进入危险区域，具有操作安全的特点。
- 6) 级进模生产的工件和产生废料多数往下漏，因此可以采用高速压力机生产。
- 7) 级进模结构复杂，制造精度高，周期长，成本高，维护困难。
- 8) 由于各工序是在不同工位上完成的，因此定位产生的累积误差会影响工件的精度，所以级进模生产的冲件精度不高。
- 9) 级进模多用于生产批量大，精度要求不高，需要多工序冲裁的小工件加工。

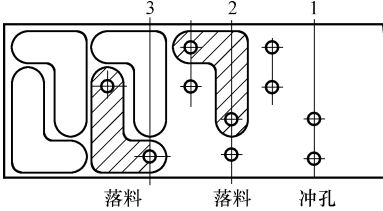
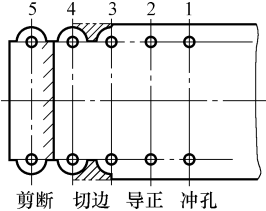
1.2 多工位级进模的分类

级进模分类主要有：

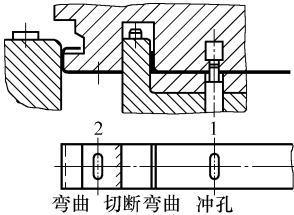
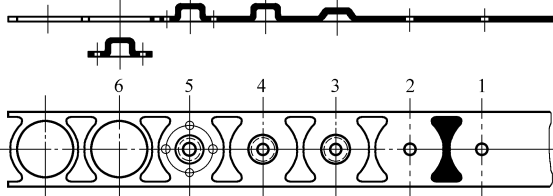
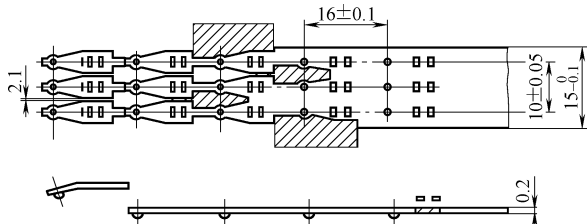
1. 按冲压工序性质及其排列顺序分类

级进模的类型见表 1-1。

表 1-1 级进模的类型

类 型		工序排样图
冲裁级进模	落料级进模	
	剪切级进模	

(续)

类 型	工序排样图
冲裁、弯曲 级进模	
冲裁、拉深 级进模	
冲裁、成形 级进模	

还有冲裁、弯曲、拉深级进模,冲裁、弯曲、成形级进模,冲裁、拉深、成形级进模和冲裁、弯曲、拉深、成形级进模等

2. 按排样的方式不同分类

按排样方式的不同可分为封闭型孔连续式级进模和分段切除多段式级进模。

(1) 封闭型孔连续式级进模 这种级进模的各个工作型孔(除定距侧刃型孔外)与被冲零件的各个孔及制件外形(弯曲件指展开外形)的形状一致,并把它们分别设置在一定的工位上,材料沿各工位经过连续冲压,最后获得所需冲件。用这种方法设计的级进模称封闭型孔连续式级进模。图 1-1 所示为采用封闭型孔连续式级进模的冲件图、展开图和排样图。从排样图上可知有 3 个工位(见图 1-1c 中①~③)。

通过图 1-1 中的条料排样图可以清楚地看到这副级进模冲制过程顺序与各型孔的形状。模具中的各型孔与工件的每个型孔及工件的展开外形完全一样。侧刃与侧刃孔仅作工艺需要——定距而用。即第一工位由侧刃冲边距,保证送料步距;第二工位冲 $2 \times \phi 1.8\text{mm}$ 孔与 $3\text{mm} \times 12\text{mm}$ 长方孔;第三工位落料,从而冲出所需要的半成品。

封闭型孔连续式级进模的特点:结构较简单,制造容易,一般用于冲制形状简

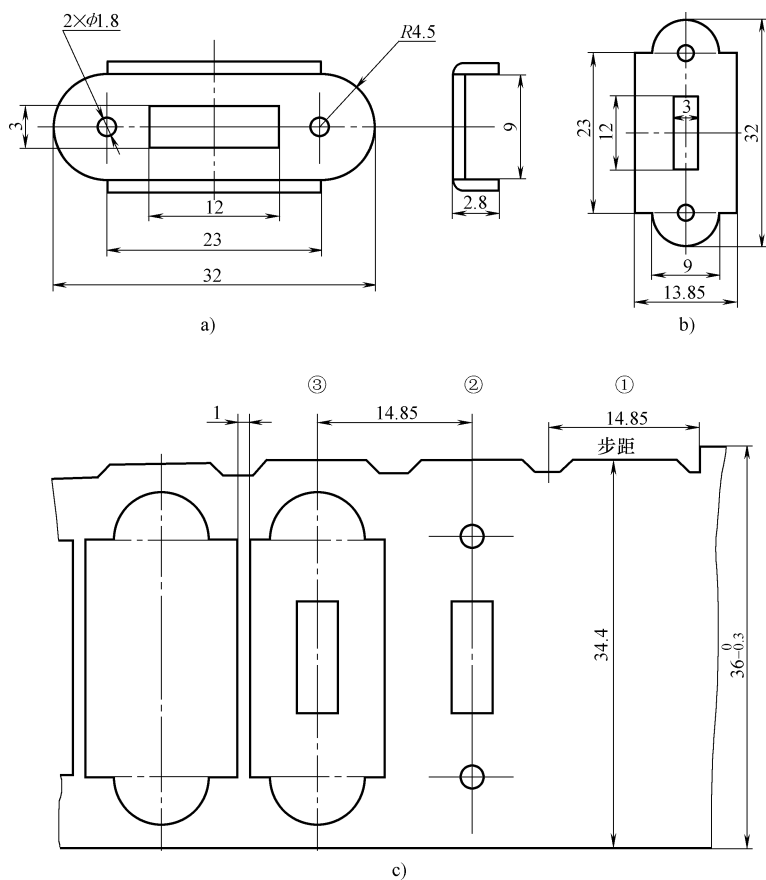


图 1-1 冲件图、展开图和排样图

a) 冲件图 b) 展开图 c) 排样图

单、精度较低 (IT10 ~ IT14) 的零件。适合手工送料和冲制半成品。

(2) 分断切除多段式级进模 这种级进模对冲压零件的复杂异形孔和零件的整个外形采用分段切除多余废料的方式进行。即在前一工位先切除一部分废料, 在以后工位再切除一部分废料, 经过逐个工位的连续冲制, 就能获得一个完整的零件或半成品。对于零件上的简单型孔, 模具上相应的型孔可与零件上的型孔做成一样。

仍用图 1-1 所示零件, 采用分断切除多段式级进模其排样图如图 1-2 所示, 共分 8 个工位 (见图 1-2 中①~⑧):

第一工位: 冲导正钉孔。

第二工位: 冲 $2 \times \phi 1.8\text{mm}$ 孔。

第三工位: 空位。

第四工位: 冲切两端局部废料。

第五工位: 冲两工件间的分断槽废料。

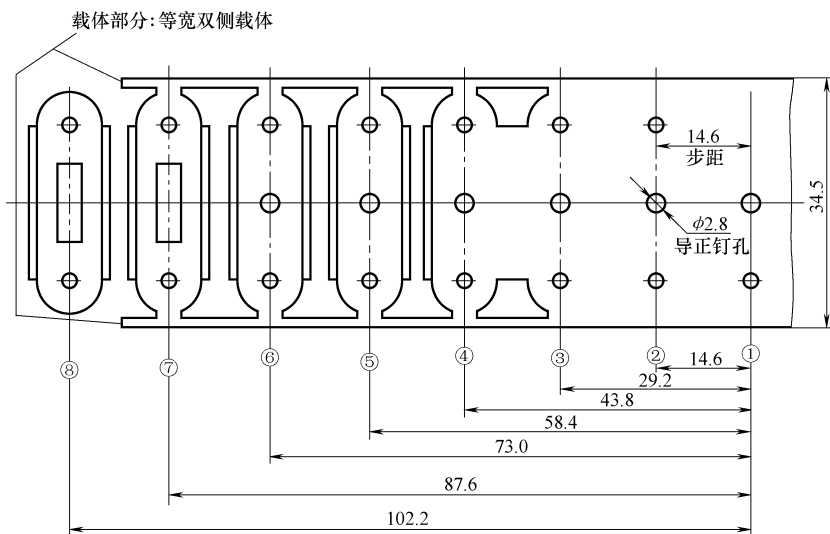


图 1-2 分断切除多段式级进模条料排样图

第六工位：弯曲。

第七工位：冲中部 $3\text{mm} \times 12\text{mm}$ 长方孔。

第八工位：切载体。

由于要求不同，设计模具的指导思想也不一样。分断切除多段式级进模其工位数比封闭型孔连续级进模多；在分断切除废料的过程中可以进行弯曲、拉深、成形等工艺，一般采用全自动连续冲压。这种模具结构复杂，制造精度高；由于能冲出完整零件，所以生产率和冲件的精度都很高。在设计多工位级进模时，还应根据实际生产中的问题，将按这两种设计方法结合起来，灵活运用。

3. 按工位数 + 制件名称分类

主要分类有：32 工位电刷支架精密级进模、25 工位簧片级进模、50 工位刷片级进模等。

4. 按被冲压的制件名称分类

如 28L 集成电路引线框级进模、传真机左右支架级进模、动簧片多工位级进模、端子接片多工位级进模等，这些多工位级进模目前用得最多。

5. 按模具的结构分类

按模具的结构分为独立式级进模和分段组装式级进模。独立式级进模，工位不论多少，各工位都在同一块凹模上完成；分段组装式级进模，按排样冲压工序特点将相同或相近冲压性质的工位组成一个独立的分级进模单元，然后将它固定到总模架上，成为一副完整的多工位级进模。分段组装式级进模简化了制模难度，故在大型、多工位、加工较困难的级进模中常用。

6. 按模具使用特征分类

主要有带自动挡料销级进模、带定长切断装置的级进模、自动送料冲孔分段冲切级进模等。

1.3 多工位级进模应用的必要条件

虽然多工位级进模具有很多优点,但是结构复杂,制造技术要求高,同时还受压力机、板料、生产批量等限制。所以,设计使用多工位级进模还需要符合下列条件:

(1) 级进模的设计、制作和维修 多工位级进模的结构相当复杂,制造精度比一般模具要求高得多。每次批量生产以后都必须经过一次检修、刃磨,并经过试冲合格后方可入库待用。一些细小凸模,镶件磨损或损坏后必须及时更换。弯曲、拉深、成形的多工位级进模,刃磨凸模、凹模的刃口时,同时要修正其他部分的相对高度。弯曲、拉深、成形的多工位级进模,其凸模、凹模的高度也往往不相同。因此,刃磨后必须保持原设计要求的相对差量,必须要有一定技术水平的维修工人和比较精密的通用和必要的专用设备。

(2) 适用的压力机 级进模使用的压力机应当具有足够的强度、刚度、功率、精度、较大的工作台面和可靠的制动系统。压力机行程不宜过大,以保证级进模模架导向系统工作时不脱开。一般应在压力机公称压力的 80% 以下进行工作。多工位级进模中应设置条料送进故障的检出机构,检出机构发出信号后制动系统必须能够使压力机立即停车,以免损坏模具或机床。

(3) 良好的被加工材料 级进模冲制过程中,不能进行中间退火,不便于在加工中增加润滑,因此要求冲压材料的力学性能必须相对稳定,对于进厂的每批材料必须按规定化验、检查;级进模冲压对所用带料的宽度和厚度公差以及料边平直度有较高的要求,因为它们将直接影响冲制效果和条料的送进。

(4) 冲压件应适合于多工位级进模冲制

1) 被加工的零件的产量和批量要足够大,通常批量在 5 万 ~ 15 万件以上者,总产量在 300 万件以上者才采用多工位级进模冲制。对于一些冲压件中的标准件、通用件等也可采用级进模冲制。

2) 多工位级进模在材料利用率上比其他模具都要低。贵重材料的零件选用级进模加工时应慎重考虑经济性。

3) 由于送料精度和各工步之间的累积误差,不致使零件精度降低。多工位级进模采取措施可使累积误差限制在很小范围。IT10 级精度以下的零件(这里是指零件的外形部分,不是指零件中的某个内孔),只要多工位级进模设计得当,制造良好,是完全能够保证的。

4) 零件的形状复杂且经过冲制后不便于定位的零件,采用多工位级进模最为

理想，如椭圆形的零件、小型和超小型零件、有些软制材料的零件以及难以检出方向性的零件。

5) 某些使用简易冲模或复合模都无法冲压的形状特殊的零件采用多工位级进模却能解决问题。

6) 材质、料厚完全相同且尺寸间有相互关系甚至有配合关系的两个冲压件，可将两个冲压件合并在一副多工位级进模上同时冲制，有配合关系的位置由同一凸、凹模进行冲裁，可以保证零件的配合要求，以分断切除的方式设计模具可提高材料利用率。

1.4 多工位级进模的应用

尽管多工位级进模有许多特点，但由于制造周期相对长些，成本相对高的原因，应用时必须慎重考虑，合理选用多工位级进模，应符合如下情况：

1) 制件应该是定型产品，而且需要量确实比较大。

2) 不适合采用单工序模冲制。某些形状异常复杂的制件，如弹簧插头、接线端子等，需要多次冲压才能完成制件的形状和尺寸要求，若采用单工序冲压是无法定位和冲压的，而只能采用多工位级进模在一副模具内完成连续冲压，才能获得所需制件。

3) 不适合采用复合模冲制。某些形状特殊的制件，如集成电路引线框、电表铁心、微型电动机定子片、转子片等，使用复合模是无法设计与制造模具的，而应用多工位级进模能圆满解决问题。

4) 冲压用的材料长短、厚薄比较适宜。多工位级进模用的冲件材料，一般都是条料，料不能太短，以免冲压过程中换料次数太多，生产率上不去。料太薄，送料导向定位困难；料太厚，无法矫直，且太厚的料长度一般较短，不适合用于级进模，自动送料也困难。

5) 冲件的形状与尺寸大小适当。当冲件的料厚大于 5mm，外形尺寸大于 250mm 时，不仅冲压力大，而且模具的结构尺寸大，故不适宜采用级进模。

6) 模具的总尺寸和冲压力适用于生产车间现有的压力机大小，必须和压力机的相关参数匹配。

1.5 多工位级进模在工业生产中的地位

级进模在过去因技术水平的限制（主要是制造高精度困难），工位数相对较少，常为 3~5 个工位，10 个工位的就算多了，10 个工位以上的就很少见了，所以多工位这个词过去很少听到。近年来由于对冲压自动化、高精度、长寿命提出了更高要求，模具设计与制造高新技术的应用与进步，工位数已不再是限制模具设计与

制造的关键。目前在多工位级进模技术领域,国内已经能够生产出精度达 $2\mu\text{m}$ 的精密多工位级进模,工位间步距精度可控制在 $\pm 3\mu\text{m}$ 之内,工位数已达几十个,多的已有160多个。冲压次数也大大提高,由原来的每分钟几十次,提高到每分钟几百次,对于纯冲裁高达1500次/min(带弯曲的加工500~600次/min),级进模的重量亦由过去的几十公斤增加到几百公斤,直至上吨。冲压方式由早期的人工送料、人工低速操作,发展到如今的自动、高速、安全生产。调整好后的模具在有自动检测的情况下可实现无人操作。模具的总寿命由于新材料的应用和加工精度的提高,也不是早先的几十万次,而是几千万次,达1亿~2亿冲次。当然级进模的价格和其他模具相比要高一些,但在冲件总成本中,模具费所占的比例还是很少的。

由此可见,多工位级进模是当代冲压模具中生产效率最高、最适合大量生产应用,已越来越多地被广大用户认识并使用的一种高效、高速、高质、长寿的实用模具。

进入21世纪,国际市场产品的竞争是十分激烈的,不仅在制件质量方面,而更重要的是制件成本方面,但是,先进的多工位级进模就能有效地解决这两方面的关键技术问题。

模具工业发展的关键是模具技术的进步,模具技术又涉及到多学科的交叉。模具作为一种高附加值产品和技术密集型产品,其技术水平的高低已成为衡量一个国家制造业水平的重要标志之一。世界上许多国家,特别是一些工业发达国家,都十分重视模具技术的开发,大力发展模具工业,积极采用先进技术和设备,提高模具制造水平,已取得了显著的经济效益。

模具是基础工艺装备,属于高新技术产品。作为基础工业,模具的质量、精度、寿命对其他工业的发展起着十分重要的作用,在国际上被称为“工业之母”。随着工业生产的迅速发展,模具工业在国民经济发展过程中将发挥越来越重要的作用。

第2章 冲压变形的基本原理

2.1 金属塑性变形的基本概念

冲压成形是以金属板料为加工对象，在外力作用下使其发生塑性变形或分离而成为制件的一种金属加工方法。要掌握冲压成形加工技术，首先必须了解金属的塑性变形和塑性。

2.1.1 塑性变形的物理概念

在金属材料中，原子之间作用着相当大的力，足以抵抗重力的作用，所以在没有其他外力作用的条件下，物体将保持自有的形状和尺寸。当金属受到外力作用后，物体的形状和尺寸将发生变化即变形，变形的实质就是原子间的距离产生变化。

假如作用于物体的外力去除后，由外力引起的变形随之消失，物体能完全恢复自己的原始形状和尺寸，这样的变形称为弹性变形。若作用于物体的外力去除后，物体并不能完全恢复自己的原始形状和尺寸，这样的变形称为塑性变形。

塑性变形和弹性变形一样，它们都是在变形体不破坏的条件下进行的，或在变形体中局部区域不破坏的条件下进行的（即连续性不破坏）。在塑性变形条件下，总变形既包括塑性变形，也包括除去外力后消失的弹性变形。

2.1.2 塑性变形的基本形式

金属塑性变形过程非常复杂，原子离开平衡位置而产生的变形，主要有滑移和孪动两种形式。

1. 滑移

当作用在晶体上的切应力达到一定数值后，晶体一部分沿一定的晶面和晶向相对另一部分产生滑移。这一晶面和晶向称为滑移面和滑移方向。图 2-1 所示为晶格的滑移过程示意图。

金属的滑移面，一般都是晶格中原子分布最密的面，滑移方向则是原子分布最密的结晶方向。这是因为沿着原子分布最密的面和方向滑移的阻力最小。金属晶格中，原子分布最密的晶面和结晶方向越多，产生滑移的可能性越大，金属的塑性就越好。各种晶格，其滑移面与滑移方向的数量如图 2-2、表 2-1 所示。

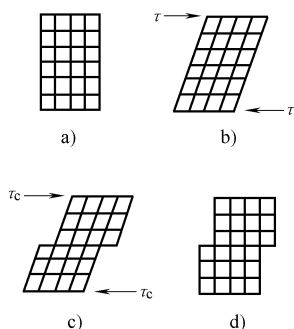


图 2-1 晶格的滑移过程

a) 滑移前 b) 弹性变形 c) 弹性 +
塑性变形 d) 塑性变形

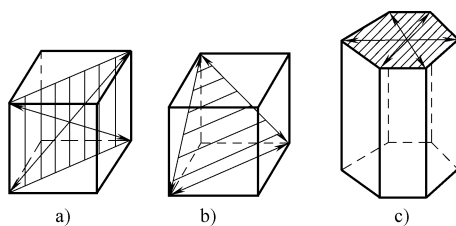


图 2-2 各种晶格的滑移面与滑移方向

a) 体心立方晶格 b) 面心立方晶格
c) 密排六方晶格

表 2-1 常见金属晶格结构及其滑移系

晶格种类	滑移面的数量	滑移方向的数量	滑移系数总数
体心立方晶格	6	2	$6 \times 2 = 12$
面心立方晶格	4	3	$4 \times 3 = 12$
密排六方晶格	1	3	$1 \times 3 = 3$

2. 孪动

孪动也是在一定的切应力作用下，晶体的一部分相对另一部分，沿着一定的晶面和方向发生转动的结果，已变形部分的晶体位向发生改变，与未变形部分以孪动面对称，如图 2-3 所示。

孪动与滑移的主要差别是：①滑移过程是渐进的，而孪动过程是突然发生的；②孪动时原子位置不会产生较大的错动，因此晶体取得较大塑性变形的方式，主要是滑移的作用；③孪动后，晶体内部出现空隙，易于导致金属的破坏；④孪动所要求的临界切应力比滑移要求的临界切应力大得多，只有滑移过程很困难时，晶体方发生孪动。

滑移和孪动都是发生在单个晶粒内部的变形，称为晶内变形。工业生产中实际使用的金属则是由多个晶粒组成的集合体，即多晶体。多晶体的变形基本形式仍

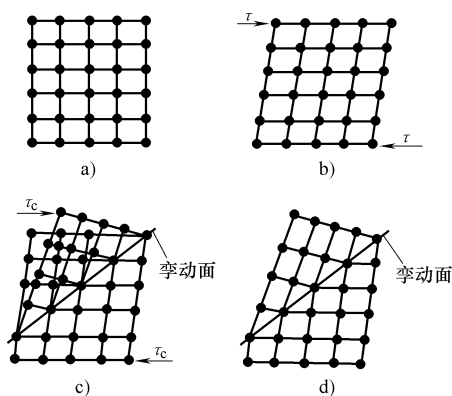


图 2-3 单晶体的孪动过程

a) 孪动前 b) 弹性变形
c) 孪动发生 d) 永久变形

是滑移和孪动，但在变形过程中，多晶体变形受到晶粒位向的影响和晶界的阻碍，会造成变形不均匀。

多晶体的变形方式除晶粒本身的滑移和孪动外，还有在外力作用下晶粒间发生的相对移动和转动而产生的变形，即晶间变形。凡是加强晶间结合力、减少晶间变形、有利于晶内发生变形的因素，均有利于晶体进行塑性变形。当晶体间存有杂质时，会使晶间结合力降低，晶界变脆，不利于多晶体进行塑性变形。当多晶体变形时所受的应力状态为压应力时，增加了晶间变位困难，使脆性材料的晶内变形发生，结果增加了脆性材料的塑性。

2.1.3 金属的塑性与变形抗力

塑性成形是以塑性为依据，在外力的作用下进行的。从成形工艺的角度，人们总是希望变形金属具有较高的塑性和低的变形抗力。下面对塑性和变形抗力的概念作一简要介绍。

1. 塑性

所谓塑性，是指固体材料在外力作用下发生永久变形而不破坏其完整性的能力。塑性不仅与材料本身的性质有关，还与变形方式和变形条件有关。因此，材料的塑性不是固定不变的，不同的材料在同一变形条件下会有不同的塑性，而同一种材料，在不同的变形条件下，也会表现不同的塑性。例如，在通常情况下，铅具有极好的塑性，但在三向等拉应力的作用下，却像脆性材料一样地破坏，而不产生任何塑性变形。反之，极脆的大理石，在三向压应力作用下，有可能产生较大的塑性变形。

塑性指标是衡量金属在一定条件下塑性高低的数量指标。它以材料开始破坏时的塑性变形量来表示，并可借助于各种试验方法测定。

常用的塑性指标，是拉伸试验所得的伸长率 δ 和断面收缩率 ψ 。它们的定义分别为

$$\delta = \frac{L_k - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2-1)$$

$$\psi = \frac{A_0 - A_k}{A_0} \times 100\% \quad (2-2)$$

式中 L_0 、 A_0 ——拉伸试样原始标距长度(mm)和原始横截面积(mm^2)；

L_k 、 A_k ——试样断裂后标距长度(mm)和断裂处最小横截面积(mm^2)。

除了拉伸试验外，还有爱力克辛试验、弯曲试验（测定板料胀形和弯曲时的塑性变形能力）和锻粗试验（测定材料锻造时的塑性变形能力）等。需要指出的是，各种试验方法都是相对于特定的状况和变形条件下承受的塑性变形能力。它们说明在某种受力状况和变形条件下，这种金属的塑性比那种金属的塑性高还是低，或者对某种金属来说，在什么样的变形条件下塑性好，而在什么样的变形条件下塑

性差。

2. 变形抗力

塑性成形时，使金属发生变形的外力称为变形力，而金属抵抗变形的反作用力，称为变形抗力。变形力和变形抗力大小相等方向相反。变形抗力一般用单位接触面积上的反作用力来表示。在某种程度上，变形抗力反映了材料变形的难易程度。它的大小，不仅取决于材料的流动应力，而且还取决于塑性成形时的应力状态、摩擦条件以及变形体的几何尺寸等因素。只有在单向均匀拉伸（或压缩）时，它才等于所考虑材料在一定变形温度、变形速度和变形程度下的流动应力。

塑性和变形抗力是两个不同的概念，前者反映塑性变形的能力，后者反映塑性变形的难易程度，它们是两个独立的指标。人们常认为塑性好的材料变形抗力低，塑性差的材料变形抗力高，但实际情况并非如此。如奥氏体不锈钢在室温下可经受很大的变形而不破坏，说明这种钢的塑性好，但变形抗力却很高。

2.1.4 影响金属塑性和变形抗力的主要因素

影响金属塑性和变形抗力的主要因素有两个方面，一是变形金属本身的晶格类型、化学成分和金相组织等内部性质；其二是变形时的外部条件，如变形温度、变形速度和变形形式等。

1. 化学成分和组织对塑性和变形抗力的影响

化学成分和组织对塑性和变形抗力的影响非常明显也很复杂。下面以钢为例来说明。

（1）化学成分的影响 在碳钢中，铁和碳是基本元素。在合金钢中，除了铁和碳外，还含有硅、锰、铬、镍、钨等。在各类钢中还含有某些杂质，如磷、硫、氮、氢、氧等。

碳对钢的性能影响最大。碳能固溶到铁里形成铁素体和奥氏体固溶体，它们都具有良好的塑性和低的变形抗力。当碳含量超过铁的溶碳能力时，多余的碳便与铁形成具有很高的硬度而塑性几乎为零的渗碳体。渗碳体对基体的塑性变形起阻碍作用，降低塑性，抗力提高。可见碳含量越高，碳钢的塑性成形性能就越差。

合金元素加入钢中，不仅改变了钢的使用性能，而且改变了钢的塑性成形性能，其主要表现为：塑性降低，变形抗力提高。这是由于合金元素溶入固溶体（ α -Fe 和 γ -Fe），使铁原子的晶体点阵发生不同程度的畸变；合金元素与钢中的碳形成硬而脆的碳化物（碳化铬、碳化钨等）；合金元素改变钢中相的组成，造成组织的多相等，这些都造成钢的抗力提高，塑性降低。

杂质元素对钢的塑性变形一般都有不利的影响。磷溶入铁素体后，使钢的强度、硬度显著增加，塑性、韧性明显降低。在低温时，造成钢的冷脆性。硫在钢中几乎不溶解，与铁形成塑性低的易溶共晶体 FeS，热加工时出现热脆开裂的现象。钢中溶氢，会引起氢脆现象，使钢的塑性大大降低。

(2) 组织的影响 钢在规定的化学成分内, 由于组织的不同, 塑性和变形抗力亦会有很大的差别。单相组织比多相组织塑性好, 变形抗力低。多相组织由于各相性能不同, 使得变形不均匀, 同时基本相往往被另一相机械地分割, 故塑性降低, 变形抗力提高。

晶粒的细化有利于提高金属的塑性, 但同时也提高了变形抗力。这是因为在一定的体积内细晶粒的数目比粗晶粒的数目要多, 塑性变形时有利于滑移的晶粒就较多, 变形均匀地分散在更多的晶粒内; 另外, 晶粒越细, 晶界面越曲折, 对微裂纹的传播越不利。这些都有利于提高金属的塑性变形能力。另一方面晶粒多, 晶界也越多, 滑移变形时位错移动到晶界附近将会受到阻碍并堆积, 若要位错穿过晶界则需要很大的外力, 从而提高了塑性变形抗力。

另外, 钢的制造工艺, 如冶炼、浇铸、锻轧、热处理等, 都影响着金属的塑性和变形抗力。

2. 变形温度对塑性和变形抗力的影响

变形温度对金属和合金的塑性有很大的影响。就多数金属和合金而言, 随着温度的升高, 塑性增加, 变形抗力降低。这种情况, 可以从以下几个方面进行解释:

1) 温度升高, 发生回复和再结晶。回复使金属的加工硬化得到一定程度的消除, 再结晶能完全消除加工硬化, 从而使金属的塑性提高, 变形抗力降低。

2) 温度升高, 原子热运动加剧, 动能增大, 原子间结合力减弱, 使临界切应力降低。温度升高, 不同滑移系的临界切应力降低速度不一样。因此, 在高温下可能出现新的滑移系。滑移系的增加, 提高了变形金属的塑性。

3) 温度升高, 原子的热振动加剧, 晶格中原子处于不稳定状态。此时, 如晶体受到外力作用, 原子就会沿应力场梯度方向, 由一个平衡位置转移到另一个平衡位置, 使金属产生塑性变形。这种塑性变形的形式称为热塑性, 也称扩散塑性。在高温下, 热塑性作用大为增加, 使金属的塑性提高, 变形抗力降低。但在回复温度以下, 热塑性对金属变形的作用不明显。

4) 温度升高, 晶界强度下降, 使得晶界的滑移容易进行。同时, 由于高温下扩散作用加强, 使晶界滑移产生的缺陷得到愈合。

由于金属和合金的种类繁多, 上述一般的结论并不能概括各种材料的塑性和变形抗力随温度的变化情况。可能在升温过程中的某些温度区间, 往往由于过剩相的析出或相变等原因, 而使金属的塑性降低和变形抗力增加 (也可能降低)。碳钢的伸长率、断面收缩率和抗拉强度随温度的变化如图 2-4 所示。

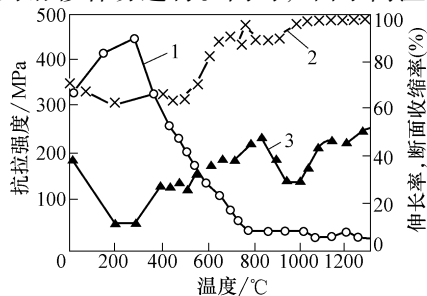


图 2-4 碳钢 [$w(\text{C}) = 0.07\%$]

拉伸特性随温度的变化

1—抗拉强度 2—断面收缩率 3—伸长率

3. 变形速度对塑性和变形抗力的影响

所谓变形速度是指单位时间内变形物体应变的变化量。塑性成形设备的加载速度在一定程度上反映了金属的变形速度。变形速度对塑性变形的影响是多方面的。

一方面，变形速度大时，要同时驱使更多的位错更快地运动，金属晶体的临界切应力将提高，使变形抗力增大；当变形速度大时，塑性变形来不及在整个变形体内均匀地扩展，此时，金属的变形主要表现为弹性变形。根据虎克定律，弹性变形量越大，则应力越大，变形抗力也就越大。另外，变形速度增加后，变形体没有足够的时间进行回复和再结晶，而使金属的变形抗力增加，塑性降低。

另一方面，在高变形速度下，变形体吸收的变形能迅速地转化为热能（热效应），使变形体温度升高（温度效应）。这种温度效应一般来说对塑性的增加是有利的。

2.2 冲压应力应变状态

2.2.1 应力状态

冲压变形是由冲压设备提供变形载荷，然后通过模具对毛坯施加外力，进而转化为毛坯的内力，使之产生塑性变形的。因此，研究和分析金属的塑性变形过程，应首先了解毛坯内力作用和塑性变形之间的关系。

在一般情况下，变形毛坯内各质点的变形和受力状态是不相同的。通常将质点的受力状态称为点的应力状态。一点的应力状态可用一个平行六面体（单元体）来表示，见图 2-5a，将各应力分量均表示在前 3 个可视面（即 x 面、 y 面、 z 面）上，而后 3 个不可视面（即 $-x$ 面、 $-y$ 面、 $-z$ 面）上的应力分量应与前 3 个面上对应的应力分量大小相等、方向相反，一般不予表示。每个面上有一个正应力、两个切应力，共 9 个应力分量，再考虑切应力的互等性（ $\tau_{xy} = \tau_{yx}$, $\tau_{yz} = \tau_{zy}$, $\tau_{zx} = \tau_{xz}$ ），则仅有 6 个独立的应力分量；正应力分量方向的含义是，箭头指向平行六面体之外，符号为正，为拉应力；反之，符号为负，为压应力。对同一点应力状态，6 个应力分量的大小与所选坐标有关，不同坐标系所表现的 6 个应力分量的数值是不同的。存在这样一个（仅有一个）坐标系，按该坐标系做平行六面体，则应力分量只有 3 个正应力分量，而无切应力分量，那么称这 3 个正应力为主应力，称该坐标系为主坐标系，3 个坐标轴为主应力轴，见图 2-5b。

如果用主坐标系表示质点的应力状态，即单元体上仅有正应力，而无切应力；换言之，仅承受拉应力或压应力，则可将主应力状态分为如图 2-6 所示的 9 种类型。图中，第一行为单向应力状态；单向拉和单向压；第二行为两向应力状态，或

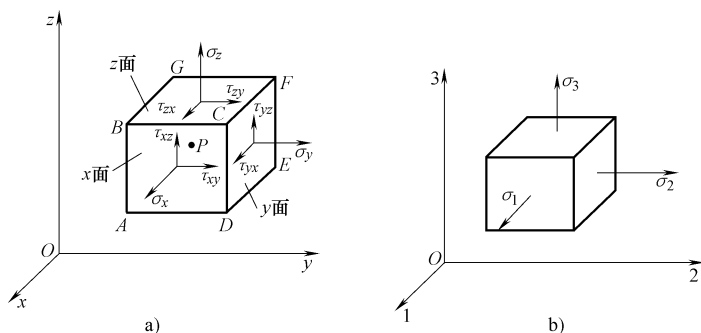


图 2-5 质点的应力状态

a) 任意坐标系 b) 主坐标系

称作平面应力状态：两向拉、两向压或一拉一压；第三行为三向应力状态，或称作复杂应力状态：三向拉、三向压、一压两拉或一拉两压。对于板料冲压工艺，第二行应力状态居多。

2.2.2 应变状态

在一般情况下，变形毛坯内各质点的变形状态是不相同的。通常将质点的变形状态称为点的应变状态。一点的应变状态可用一个平行六面体来表示，每个面上有一个正应变、两个切应变，共9个应变分量，经叠加刚性转动可使切应变互等($\gamma_{xy} = \gamma_{yx}$, $\gamma_{yz} = \gamma_{zy}$, $\gamma_{zx} = \gamma_{xz}$)，则仅有6个独立的应变分量。正应变分量方向的含

义是，箭头指向平行六面体之外，符号为正，则表示伸长，反之，符号为负，则为压缩（收缩）；而切应变分量的作用是使平行六面体产生角变形。对同一点的应变状态，6个应变分量的大小与所选坐标有关，不同的坐标系所表现的6个应变分量数值不同。存在这样一个（仅有一个）坐标系，按该坐标系做平行六面体，则应变分量只有3个正应变分量，而无切应变分量，那么称这3个正应变为主应变，称该坐标系为主坐标系，3个坐标轴为主应变轴。

如果我们用主坐标系表示质点的应变状态，即单元体上仅有正应变，而无切应变；换言之，仅承受拉伸或压缩，而无角变形。由于塑性变形中要满足体积不变条件，即3个正应变（当然，主应变也是正应变）之和为零，因此，绝对值最大的

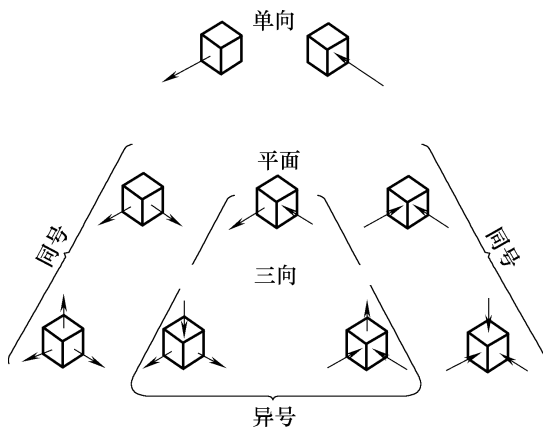


图 2-6 主应力状态图

主应变值应等于另两个主应变绝对值之和,但符号相反;也就是说,绝对值最大的主应变,永远与另外两个主应变符号相反。故可将应变状态大致分为三类:一向伸长一向收缩、一向伸长两向收缩、一向收缩两向伸长,如图 2-7 所示。图中,最上面的应变状态是:一个主应变为零,另两个绝对值相等,符号相反,称为平面应变状态;第二行左边的应变状态是一向伸长两向收缩,即拉伸类;第二行右边的应变状态是一向收缩两向伸长,即收缩类。第三行仅为第二行的特例,左边的应变状态是一向伸长和两向相等的收缩,称之为简单拉伸;右边的应变状态是一向收缩和两向相等的伸长,称之为简单压缩。

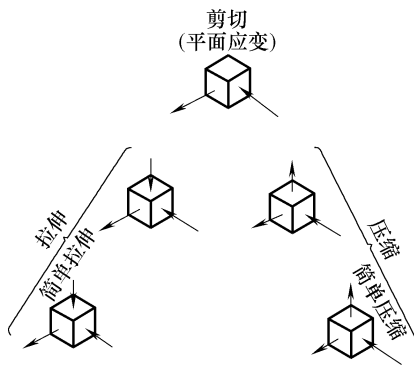


图 2-7 主应变状态图

2.2.3 应力与应变的关系

由上述可知,应力状态与应变状态具有相似性。对于小变形而言(不超过 $10^{-3} \sim 10^{-2}$ 数量级),两者的主坐标系是一致的。

对于应力与应变关系,不妨从方向和大小两方面进行叙述。首先讨论应力方向与应变方向之间的关系。

对切应力和切应变,可用图 2-8 来表示。图 2-8a 的切应力方向对应于图 2-8b 的切应变方向,这很容易理解。而对于正应力和正应变的方向,就不是这样简单了。正应力为正值(受拉)时,正应变未必是正值(未必伸长);正应力为负值(受压)时,正应变未必是负值(未必收缩);正应力为零时,正应变未必为零(可能有伸长或收缩)。

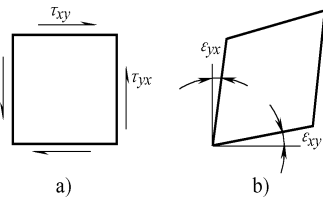


图 2-8 切应力和切应变的方向

为说明正应力和正应变方向的对应关系,也为说明应力分量与应变分量数值大小之间的关系,需要了解小变形时的应力应变关系,它可叙述为:小变形时的应变分量正比于应力偏量,即

$$\frac{\varepsilon_1}{\sigma'_1} = \frac{\varepsilon_2}{\sigma'_2} = \frac{\varepsilon_3}{\sigma'_3} = \lambda \quad (2-3)$$

式中 λ ——常数;

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ ——3 个主应变值;

$\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$ ——3 个主应力偏量值。

主应力偏量定义为:设 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 为 3 个主应力值,则平均应力 $\sigma_m = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3$,那么,3 个主应力偏量分别为 $\sigma'_1 = \sigma_1 - \sigma_m, \sigma'_2 = \sigma_2 - \sigma_m, \sigma'_3 = \sigma_3 - \sigma_m$ 。

由式 (2-3), 依照比例定律, 又可导出以下公式:

$$\varepsilon_1 : \varepsilon_2 : \varepsilon_3 = \sigma_1' : \sigma_2' : \sigma_3' \quad (2-4)$$

$$\frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\sigma_1 - \sigma_2} = \frac{\varepsilon_2 - \varepsilon_3}{\sigma_2 - \sigma_3} = \frac{\varepsilon_3 - \varepsilon_1}{\sigma_3 - \sigma_1} = \lambda \quad (2-5)$$

式 (2-3)、式 (2-4)、式 (2-5) 也适用于全量应变理论的应力应变关系。

2.2.4 硬化与硬化曲线

1. 硬化

在冲压生产中, 毛坯形状的变化和零件形状的形成过程通常是在常温下进行的。金属材料, 在常温下的塑性变形过程中, 由于冷变形的硬化效应引起的材料力学性能的变化, 结果使其强度指标 (σ_s 、 σ_b) 随变形程度加大而增加, 同时塑性指标 (δ 、 ψ) 降低。因此, 在进行变形毛坯内各部分的应力分析和各种工艺参数的确定时, 必须考虑到材料在冷变形硬化中屈服强度 (或称变形抗力) 的变化。材料不同, 变形条件不同, 其加工硬化的程度也就不同。材料加工硬化不仅使所需的变形力增加, 而且对冲压成形有较大的影响, 有时是有利的, 有时是不利的。例如在胀形工艺中, 板材的硬化能够减少过大的局部集中变形, 使变形趋向均匀, 增大成形极限; 而在内孔翻边工序中, 翻边前冲孔边缘部分材料的硬化, 容易导致翻边时产生开裂, 则降低了极限变形程度。因此, 在对变形材料进行力学分析, 确定各种工艺参数和处理生产实际问题时, 必须了解材料的硬化现象及其规律。

2. 硬化曲线

表示变形抗力随变形程度增加而变化的曲线叫做硬化曲线, 也称实际应力曲线或正应力曲线, 它可以通过拉伸等试验方法求得。实际应力曲线与材料力学中所学的工程应力曲线 (也称假象应力曲线) 是有所区别的, 假象应力曲线的应力指标是采用假象应力来表示的, 即应力是按各加载瞬间的载荷 F 除以变形前试样的原始截面积 A_0 计算 ($\sigma = F/A_0$)。没有考虑变形过程中试样截面积的变化, 这显然是不准确的; 而实际应力曲线的应力指标是采用正应力来表示的, 即应力是按各加载瞬间的载荷 F 除以该瞬间试样的截面积 A 计算 ($\sigma = F/A$)。金属的应力-应变曲线如图 2-9 所示。从图中可以看出, 实际应力曲线能真实反映变形材料的加工硬化现象。

图 2-10 所示是用试验方法求得的几种金属在室温下的硬化曲线。从曲线的变化规律来看, 几乎所有的硬化曲线都具有一个共同的特点, 即在塑性变形的开始阶段, 随变形程度的增大, 实际应力剧烈增加, 当变形程度达到某些值以后, 变形的增加不再引起实际应力值的显著增加。也就是说, 随变形程度的增大, 材料的硬化强度 $d\sigma/d\varepsilon$ (或称硬化模数) 逐渐降低。

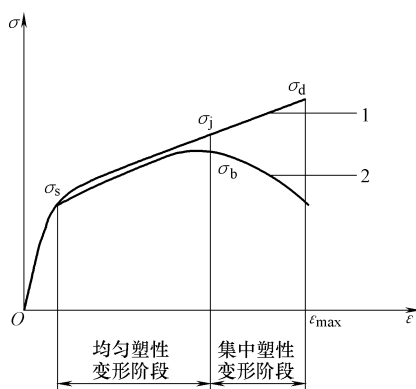


图 2-9 金属的应力-应变曲线

1—实际应力曲线 2—假象应力曲线

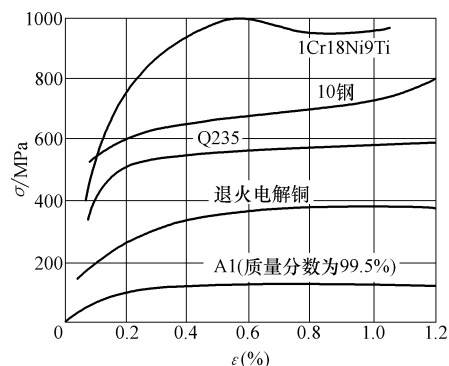


图 2-10 不同材料的硬化曲线

求硬化曲线的试验工作既复杂又要求精细。由图 2-10 可知，不同的材料硬化曲线差别很大，而且实际应力与变形程度之间的关系又很复杂，所以不可能用同一个数学式精确地把它们表示出来，这就给求解塑性力学问题带来了困难。为了实用上的需要，必须将实际材料的硬化曲线进行适当的简化，变成既能写成简单的数学表达式，又只需要少量试验数据就能确定下来的近似硬化曲线。在冷冲压成形中，常用直线表示的硬化曲线和指数曲线表示的硬化曲线。

由图 2-11 所示可见，用直线代替硬化曲线是非常近似的，而且仅在切点它们的数值是一致的，在其他各点上都有区别，特别是变形程度很小或很大时，差别尤为显著。

用直线代替硬化曲线的直线方程式为

$$\sigma = \sigma_0 + D\varepsilon \quad (2-6)$$

式中 σ_0 ——近似的屈服强度，也是硬化直线在纵坐标轴上的截距；

D ——硬化直线的斜率，称硬化模数，它表示材料硬化强度的大小。

由于实际硬化曲线与硬化直线之间的差异很大，所以冲压生产中经常采用指数曲线表示硬化曲线，即

$$\sigma = C\varepsilon^n \quad (2-7)$$

式中 C ——与材料有关的系数；

n ——硬化指数。

不同 n 值的硬化曲线如图 2-12 所示。 C 和 n 值取决于材料的种类和性能，其值见表 2-2，可通过拉伸试验求得。

硬化指数 n 是表明材料冷变形硬化的重要参数，对板料的冲压性能以及冲压件的质量都有较大的影响。硬化指数 n 大时，表示冷变形时硬化显著，对后续变形工序不利，有时还必须增加中间退火工序以消除硬化，使后续变形工序得以进行。但是， n 值大时也有有利的一面，如对于以伸长变形为特点的成形工艺（胀形、翻边

等), 由于硬化引起的变形抗力的显著增加, 可以抵消毛坯变形处局部变薄而引起的承载能力的减弱。因而, 可以制止变薄处变形的进一步发展, 而使之转移到别的尚未变形的部位。这就提高了变形的均匀性, 使变形的制件壁厚均匀, 刚性好, 精度也高。

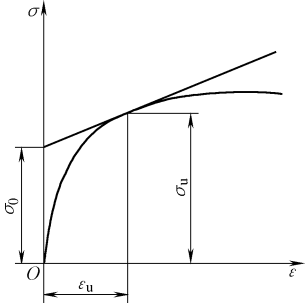


图 2-11 硬化直线

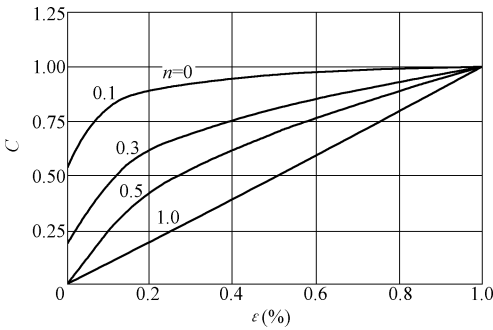


图 2-12 n 值不同的硬化曲线

表 2-2 各种材料的 C 和 n 值

材 料	$C/(\text{N}/\text{mm}^2)$	n	材 料	$C/(\text{N}/\text{mm}^2)$	n
低碳钢	710 ~ 750	0.19 ~ 0.22	银	470	0.31
黄铜(60/40)	990	0.46	铜	420 ~ 460	0.27 ~ 0.34
黄铜(65/35)	760 ~ 820	0.39 ~ 0.44	硬铝	320 ~ 380	0.12 ~ 0.13
磷青铜	1100	0.22	铝	160 ~ 210	0.25 ~ 0.27
磷青铜(低温退火)	890	0.52			

注：表中数据均指退火材料在室温和低变形速度下试验求得的。

2.3 冲压成形中的变形趋向性

在冲压过程中, 毛坯和各个部分在同一模具的作用下, 有可能以不同的方式变形, 即具有不同的变形趋向。为了达到使毛坯获得预期的变形, 进而实现毛坯的变形趋向控制, 从而得到合格的冲件的目的, 有必要研究变形的趋向性问题, 并将之运用于零件的工艺方案制订及冷冲模的设计。

冲压成形时, 毛坯内各处的应力应变关系都不尽相同, 在应力状态满足屈服准则的区域内将产生塑性变形, 此区称为塑性变形区; 没有满足屈服准则的区域不会产生塑性变形, 称为非变形区。非变形区进一步又可分为已变形区、待变形区和不变形区。图 2-13 的 A 部位为变形区, B 、 C 为非变形区, 其中 B 为已变形区, C 为不变形区或待变形区。对于缩口变形的例中, C 的上部为待变形区, C 的下部为不变形区。若非变形区也受到力的作用时, 又可称其为传力区。

以图 2-13c 中缩口变形为例, 在变形力 F 的作用下, A 区受缩口模的作用, 在有利的变形条件下先行屈服, 产生塑性变形, 而 C 区同样受到变形力 F 的作用, 却没有屈服变形。换句话说, A 区屈服需要的变形较小, 是相对的弱区。形象地称缩口变形区 A 为弱区, C 为强区, C 区把来自于冲压设备的作用力 F 传递到变形区, 因此 C 区也是传力区。

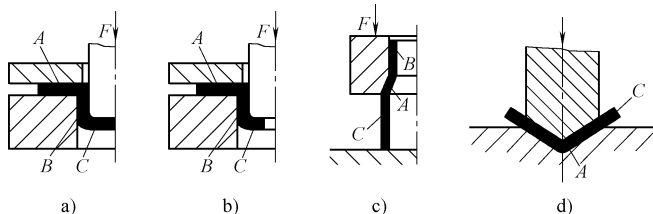


图 2-13 冲压成形时毛坯各区划分

a) 拉深 b) 翻边 c) 缩口 d) 弯曲

为了保证冲压过程的顺利进行, 必须保证冲压工序中变形限于变形区, 因而要排除传力区产生任何不必要的塑性变形的可能。由此可以得出一个十分重要的结论: 在冲压成形过程中, 需要最小变形力的区是个相对的弱区, 而且弱区必先变形, 因此变形区应为弱区。这个结论在冲压生产中具有很重要的实际意义。

当变形区和传力区有两种以上变形方式时, 则首先发生的是需变形力最小的变形方式。因此, 在工艺过程设计和模具设计时, 除要保证变形区为弱区外, 还要保证其所需的变形方式要求最小的变形力。例如, 在缩口时, 变形区可能产生的塑性变形是切向收缩的缩口变形或在切向压应力作用下的失稳起皱; 传力区可能产生的塑性变形是镦粗或纵向失稳。在这四种变形趋向中, 只有满足缩口变形所需的变形力最小这个条件, 缩口才可能正常进行。

2.4 变形趋向性的控制及其运用

针对冲压加工中分离和变形两大类工序各自的特点, 在工艺方案的制订及冷冲模设计时的侧重点也有所不同。

分离类工序由于变形及加工过程较为简单, 因此, 冲模设计中更侧重于模具结构的思考, 主要是依据零件的具体结构和不同生产批量的要求, 使设计的模具结构简单、巧妙而又实用, 以满足生产及产品质量的需要。在实际设计过程中可先采用套用或仿照等方法, 通过借助适当加工实例的剖析与自身的生产实践相结合, 经过一定时间的锻炼, 设计能力便会有较大的提高。

对变形工序类零件, 由于板料塑性成形较为复杂, 冲压成形时, 毛坯内各处的应力应变关系都不相同, 影响正常成形过程的因素, 可能发生在变形区, 也可能发

生在非变形区。因此，具体于该类零件工艺方案制订和模具设计时，除了在生产实践中不断地总结和积累经验外，还必须掌握一些基本理论，学会对零件成形过程进行分析。尤其要注意到材料成形遵循“弱区先变形，变形区应为弱区”的条件。

基于这一成形条件，要使冲压工艺过程顺利地进行，在制订工艺方案时，就应针对性地创造外部条件，保证变形的趋向性符合工艺的要求，以实现金属流动的控制。为此，必须合理确定毛坯的初始尺寸及中间毛坯的尺寸。

如图2-14a所示的环形毛坯，当其外径 D_0 、内孔 d_0 及凸模直径 $d_{\text{凸}}$ 具有不同的尺寸及比例时，有三种可能的变形趋向：拉深、翻边和胀形，从而形成三种形状完全不同的零件。

在图2-14b中， D_0 、 d_0 都比较小， $D_0/d_{\text{凸}} < 1.5 \sim 2$ ， $d_0/d_{\text{凸}} < 0.15$ ，宽度为 $(D_0 - d_{\text{凸}})$ 的外环部分成为弱区，于是产生外径收缩的拉深变形。

在图2-14c中， D_0 、 d_0 都比较大， $D_0/d_{\text{凸}} > 2.5$ ， $d_0/d_{\text{凸}} > 0.2 \sim 0.3$ ，宽度为 $(d_{\text{凸}} - d_0)$ 的内环部分成为弱区，于是产生内孔扩大的翻边变形。

在图2-14d中， D_0 比较大、 d_0 比较小甚至等于零， $D_0/d_{\text{凸}} > 2.5$ ， $d_0/d_{\text{凸}} < 0.15$ ，这时，毛坯外环的拉深变形和内环部分的翻边变形的阻力都增大了，使中间部分的材料成为需要变形力最小，因而最易实现变形的部分，于是产生毛坯中间部分变薄的胀形工艺。

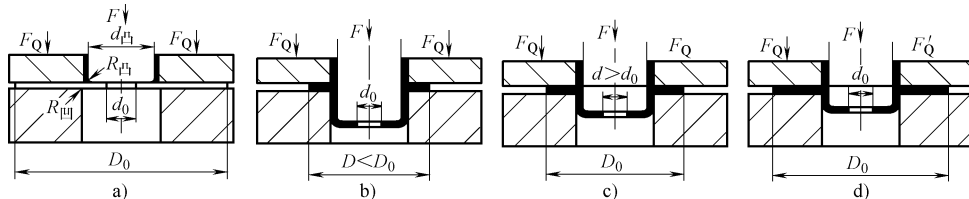


图2-14 环形毛坯的变形趋向

a) 变形前的模具与毛坯 b) 拉深 c) 翻边 d) 胀形

F —冲压力 F_Q —压边力 $R_{\text{凸}}$ —凸模圆角半径 $R_{\text{凹}}$ —凹模圆角半径

在模具设计过程中，对金属流动实行控制的基本原则是：开流与限流。

开流是在需要金属流动的地方减少阻力，让其顺利流动，当某处需要金属流动而又不能流入时，就会产生变薄甚至导致断流而破裂；限流则是在不需要金属流动的地方加大阻力，限制其流动，当某处不需要金属流入，而又任其流入时，金属就会多余，就会发生波浪形甚至起皱。

尽管材料本身的特性及其应力状态是影响金属流动的主要因素，但具体到模具结构的设计时，通过改变凸模与凹模工作部分的圆角半径，改变摩擦（正确的润滑，调整压边力，采用拉深筋等方法）和改变间隙等措施还是能实现对金属流动的有效控制，这些措施可单独使用也可综合使用。

上述措施具体实施的前提是分清变形区的部位及变形性质，这除了可通过塑性

力学的分析方法来描述冲压加工中的应力、应变分布，建立主应力图、主应变图分析外，在生产实践中常利用成形试验（或试模）进行判断，因为金属流动受各种因素的影响，从试验中得到的结果既方便、准确又真实可靠。根据试验结果，可以进行有针对性的开流和限流。

1) 改变凸模和凹模圆角半径。圆角半径增大，可以减小变形时的阻力，起到开流作用。如在图 2-14a 中，增大凸模的圆角半径 $R_{\text{凸}}$ ，减小凹模的圆角半径 $R_{\text{凹}}$ ，从而可使翻边的阻力减小，拉深变形的阻力增大，因而有利于翻边的进行；反之， $R_{\text{凸}}$ 减小， $R_{\text{凹}}$ 增大，则有利于拉深变形。

2) 改变毛坯和模具之间的摩擦阻力。例如，增大图 2-14 所示的压边力 F_Q ，使毛坯和压边圈及凹模端面之间的摩擦力增大，结果不利于拉深变形而有利于翻边或胀形的实现。减小压边圈的压力，在毛坯和凹模之间加润滑油，可以减小毛坯和凹模表面的摩擦阻力，从而有利于拉深变形。

此外，采取改变毛坯局部区域的温度也可获得最大程度的板料变形。这主要包括局部加热或局部冷却的方法。例如，在拉深和缩口时，采用局部加热变形区的方法，使变形区得到软化，从而有利于变形的进行。又如在不锈钢工件拉深时，采用局部深冷传力区的方法，来增大其承载能力，防止大变形下拉裂。

材料“弱区先变形，变形区应为弱区”是成形的条件，金属的“开流与限流”则是对金属流动实行控制的基本原则，掌握并合理运用好，既有助于工艺方案的制订，又有利于模具的结构设计，同时还可运用于生产中缺陷件的修复，往往能产生“出奇制胜”之效。

第3章 多工位级进模的设计方法

3.1 多工位级进模的设计步骤

多工位级进模结构复杂、精密、高速冲压，造价高，制造周期长。所以设计多工位级进模时，应十分细致、全面地考虑问题。特别是某些模具有几个方向的运动，机构多种多样，且其体积又有限，给设计工作带来很多困难。

1) 接受设计任务，研究原始资料，收集有关数据。

①冲压产品制件图和模具设计任务书需各一份。

②冲压产品制件试制生产的技术数据与样件。如弯曲件展开尺寸，弯曲过程的各工序件；拉深件的坯料尺寸，拉深次数及工序件尺寸。

2) 进行工艺计算。将收集的数据及资料，根据多工位级进模中的受力状态进行工艺计算，并修改有关数据。

3) 绘制零件展开图，设计条料排样图并进行工艺会审。

4) 模具结构设计并绘制装配草图。

5) 绘制模具装配图、零件图，编写模具使用维修说明书。

说明书内容：选用的压力机、模具闭合高度、轮廓尺寸、规定行程范围及每分钟冲压次数等；选用自动送料机构类型，送料步距及公差；安装调整要点；模具刃磨和维修注意点（哪些凸模或凹模需拆下刃磨，刃磨后如何调整各工作部分高度差值）。对易损件及备件应有零件明细表。说明书与模具全套资料交用户。设计步骤可用简图说明，如图 3-1 所示。

3.2 多工位级进模的设计要点

设计级进模时，设计者应注意如下的设计要点：

1. 要合理地进行工序安排

(1) 多工序冲裁级进模工序安排

1) 在冲孔与落料工序次序安排时，应先安排冲孔，后安排落料，以便于使先冲好的孔，作为导正定位孔，以提高制件精度。

2) 在没有圆形孔的制品中，为了提高送料步距精度，除了用定距侧刃定距外，应在凹模首次步序中，预先冲一圆孔，作为导正工艺孔并设计有导正钉，通过此孔定位，提高制品及送料精度。

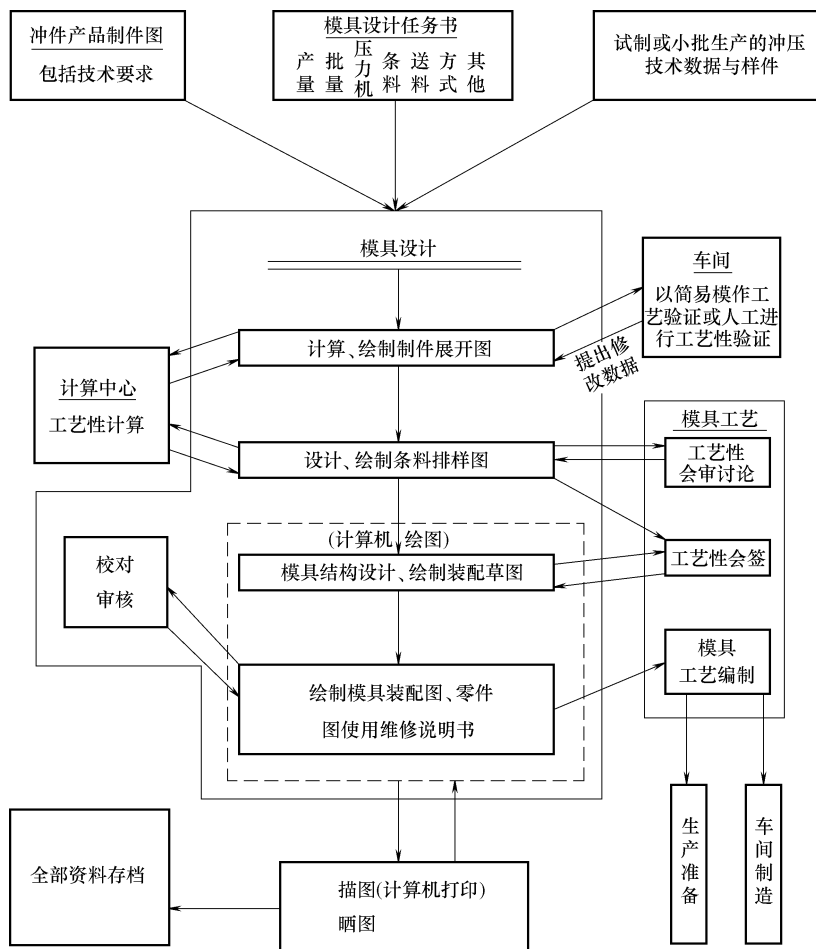


图 3-1 多工位级进模设计步骤简图

3) 在产品要求孔与外形的某突出部位位置精度时，应把此部位与此孔设计在同一个步位成形。

4) 同一尺寸基准的精度要求较高的不同孔，在不影响凹模强度情况下，应安排在同一工步进行冲裁。

5) 尺寸精度要求较高的工步，尽量安排在最后一道工序进行冲裁。尺寸精度要求不太高的工步，则应安排在较前工序。

6) 冲不同形状及尺寸的多孔工序时，尽量不要把大孔及小孔同时安排在同一工序，以便修磨时能确保孔距精度。

(2) 多工序复合式级进模工序安排

1) 对于冲裁、弯曲的多工序级进模，应先冲孔和弯曲部分外形的余料，再进

行弯曲,然后再冲去其余的余料,最后再冲那些靠近弯边的孔和弯曲部分侧面有孔精度要求的侧壁孔。

2) 对于冲裁拉深级进模,为获得较小的拉深系数,应先安排切口加工,再进行拉深,完成拉深后,再将工件冲下。

3) 对于带有弯曲、拉深的工件,应先进行拉深,然后再考虑冲切周边余料,随后进行弯曲加工。

4) 对于带有镦形、弯曲加工的工件,一般应先镦形,然后冲切余料,再进行弯曲加工。如果在镦开部还有冲孔,应先镦形后冲孔。

5) 为增加凹模强度和凸模有足够的安装位置,应考虑在模具上适当安排空工位。

2. 要正确绘制排样图

1) 绘制排样图时,可以先从平面展开图开始,向右设计冲裁工位,向左设计成形工位,然后根据实际情况逐步修正。

2) 连续拉深次数较多时,在首次拉深后,应加一备用空工位,以便增补拉深次数。

3) 要确定合适的切口方式。

4) 要注意金属的纤维方向及毛刺方向,其毛刺应位于弯曲件的内侧。

5) 对于薄板料连续冲压,可以用导正销定位,不必切边,但对于厚板料则需要侧刃定位定距,需要切边,在排样图中要画出。

6) 要尽量提高材料的合理利用,做到经济排样,或利用切下废料,冲制其他工件。

3. 要合理地确定工位数及空位工位

(1) 工位的确定原则

1) 确定工位数时,根据排样图及工序安排应保证工件的精度和工件几何形状的正确。对于精度要求较高的部位,应尽量集中在一个工位一次冲压完成,以避免步距误差影响精度要求。

2) 对于复杂的形孔与外形分段切除时,应力求做到各段形孔的形状要简单、规则和容易加工。

3) 确定工位时,工位数要尽量少,能合并的工位尽量不要分开,以减少步距的累积误差。

4) 多次拉深的级进模,为保证安全、稳定其拉深次数若经计算在3、4次之间,应取4次拉深,以保证连续冲压的合格率。

5) 复杂的弯曲工件级进模,应分数次弯曲成形,不宜一次弯曲成形,必要时安排整形工序。

(2) 空位的设置原则 为增加凹模强度,便于凸模安装固定,在模具设计中,往往要安排不进行冲压的空工位,其安置原则是:

- 1) 用导正钉作为精确定位的条料, 因步距误差较小, 可适当多设空位工位。
- 2) 当模具步距较大时, 不宜多设空工位。
- 3) 精度高、形状复杂的工件应少设空工位。
- 4) 凸模离的较近时, 可设空工位。

4. 要设计完好的导料及浮顶装置

在设计级进模时, 必须设计完好的导料系统, 以保证条料在模具中能正常的运行。在级进模中一般是条料或卷料送进, 对其材质、厚度、宽度等均有严格的要求。级进模的导料系统一般是由两条导料板(或单条)及延伸凹模之外的承料板构成, 为了防止条料送进过程中发生摆动, 应设计有侧压装置, 如侧压块、弹簧片等。对于多工位复合级进模, 如弯曲、拉深、成形落料级进模, 必须要设计有浮顶器, 以使条料浮离在下模平面, 保证冲压连续正常进行。

5. 要设计出可靠的卸料机构

级进模在每次冲压过程完成后, 应立即将条料从凸模中卸下, 浮顶器将条料浮离在下模平面, 废余料及时排除。级进模常用的卸料机构分固定式及弹压式两种, 在多工位级进模中, 多采用弹压式卸料机构。它不仅起卸料作用, 还有压料及导正凸模的功能。如在冲裁级进模及冲裁工序中, 它起卸料和压料作用, 而在弯曲工序中能起局部成形作用, 而在拉深工序中又起压边圈作用。因此在设计级进模时, 要设计出可靠的卸料机构以保证冲压正常进行。

在多工位级进模中, 卸料板多采用镶拼结构, 这样才能保证孔形精度、孔位精度、配合间隙和孔表面粗糙度等要求。

6. 要设计出精确的定距机构

在级进模中, 条料送进时定位(定距)要准确, 才有可能加工出合格的冲件。常用的定位定距方法, 主要是:

(1) 侧刃定位法 侧刃定位是利用侧刃(长度等于步距长)及侧刃挡块作为条料的定位及定距, 其定距精度较高, 操作比较方便, 常用于板料厚度在 0.1 ~ 1.5mm 级进冲裁中, 但由于侧刃的尺寸很难与模具实际进距尺寸相一致, 所以一般只在精度要求不高的冲裁级进模使用。

(2) 导正钉定位法 导正钉定位是级进模中普遍采用的定距方式, 它一般与侧刃一起联合使用, 即侧刃作粗定位, 导正钉作为精定位可以达到很高的定位、定距精度。在设计模具时, 导正钉与卸料板应加工成 H7/h6 或 H6/h5 配合形式, 与固定板加工成 H7/h6 配合。

7. 凸凹模结构设计要合理

在设计级进模时, 凸模与凹模孔的数量较多, 故在设计凸、凹模时, 除了能保证正常的冲压要求外, 还应注意以下几点:

1) 凸模的结构设计要充分考虑其安装的稳定性及寿命长短, 尤其是对于高速连续冲压的凸模设计更应注意。

2) 凸模的高度一般为 35 ~ 65mm, 尽量选用标准高度, 如 35mm、40mm、45mm。其高度应留有足够的刃磨余量, 并使各个凸模具有相一致的刃磨余量大小。

3) 对于形状复杂的凹模, 最好采用镶拼结构。

8. 要有可靠的安全监测机构

对于多工序复合级进模, 设计时要注意:

1) 模具要设计出防护罩, 以确保冲压时的安全。

2) 对于自动化程度很高的级进模, 应设计有在条料上的清除废物及润滑装置。

3) 为了监测模具在冲压过程中所产生的不安全状况, 在自动送退料级进模中, 应设计有监控检测机构, 如检测材料的误送机构、检测原材料厚度、宽度误差和弯曲起拱机构及凸模损坏检测机构等。如果冲压过程中一旦发现故障, 则由检测机构获取的信号立即传递给控制系统, 使压力机停止运动从而避免事故的发生。

3.3 冲压零件的工艺性分析

冲压零件的工艺性是指零件对冲压加工工艺的适应性, 即加工的难易程度。良好的冲压工艺性是指在满足使用要求的前提下能以最经济的冲压方式把零件加工出来。由于级进模在冲压过程中有冲裁、弯曲、成形或其他立体成形或拉深等多工序的不同组合同时存在, 因此, 必须从冲件的基准、结构形式、尺寸公差、表面精度、材料性能、模具的工作强度等多方面来分析冲压零件的工艺适应性。

3.3.1 基准选择

在排样设计方案选择时, 首先应遵循级进冲模的尺寸标注基准(坐标基准)与冲压零件尺寸基准重合的原则, 以防止因基准变换而影响冲件尺寸精度和造成冲压加工中可能产生的累积误差。

1) 当冲件有指定基准时, 排样图的设计标注尺寸基准应与指定基准统一。

2) 当冲件未指定基准时, 应按其零件对称轴线、使用功能基准, 以及装配使用时的基准或复杂、异形零件定位尺寸的标注基线或基面来考虑选用排样图的尺寸标注基准, 以防止尺寸计算及在确定各工位间距大小时产生累积误差。

3.3.2 冲件形状、尺寸精度及形位公差的精度分析

每一个冲压零件都有其不同的特点, 在排样设计时, 必须全面针对这些特点加以分析研究, 只有抓住零件的主要特点并分析各工位之间的相互关系, 才能确保模具冲压加工顺利完成。对于形状异常复杂、精度有特殊要求并伴随有多种冲压工序的零件, 应采取对应的工艺措施予以保证。

普通冲裁件外形及型孔尺寸的经济公差等级一般不高于 IT11 级, 冲件外形公

差等级最好低于 IT10 级，而型孔以差等级最好低于 IT9 级。

一般冲裁、冲切后所能得到的零件公差见表 3-1、表 3-2。如冲件要求的公差值小于表 3-1、表 3-2 中的数值，则应在冲裁或冲切后的工位上设置整修工序或采用其他工艺措施来修整。

表 3-1 冲裁件外形与内孔尺寸公差 (单位：mm)

料厚 δ	冲 件 尺 寸							
	一般精度的冲件				较高精度的冲件			
	< 10	10 ~ 50	50 ~ 150	150 ~ 300	< 10	10 ~ 50	50 ~ 150	150 ~ 300
0.2 ~ 0.5	$\frac{0.08}{0.05}$	$\frac{0.10}{0.08}$	$\frac{0.14}{0.12}$	0.20	$\frac{0.025}{0.020}$	$\frac{0.03}{0.04}$	$\frac{0.05}{0.08}$	0.08
0.5 ~ 1.0	$\frac{0.12}{0.05}$	$\frac{0.16}{0.08}$	$\frac{0.22}{0.12}$	0.30	$\frac{0.03}{0.02}$	$\frac{0.04}{0.04}$	$\frac{0.06}{0.08}$	0.10
1.0 ~ 2.0	$\frac{0.18}{0.06}$	$\frac{0.22}{0.10}$	$\frac{0.30}{0.16}$	0.50	$\frac{0.04}{0.03}$	$\frac{0.06}{0.06}$	$\frac{0.08}{0.10}$	0.12
2.0 ~ 4.0	$\frac{0.24}{0.08}$	$\frac{0.28}{0.12}$	$\frac{0.40}{0.20}$	0.70	$\frac{0.06}{0.04}$	$\frac{0.08}{0.08}$	$\frac{0.10}{0.12}$	0.15

注：1. 分子为冲件外形公差，分母为冲件内孔公差。
2. 一般精度的冲件采用 IT7 ~ IT8 级公差等级的普通冲裁；较高精度的冲件采用 IT6 ~ IT7 公差等级的普通冲裁。

表 3-2 冲裁件孔中心距公差 (单位：mm)

料厚 δ	冲 件 尺 寸					
	普 通 冲 裁			高 级 冲 裁		
	< 50	50 ~ 150	150 ~ 300	< 50	50 ~ 150	150 ~ 300
< 1	± 0.10	± 0.15	± 0.20	± 0.03	± 0.05	± 0.08
1.0 ~ 2.0	± 0.12	± 0.20	± 0.30	± 0.04	± 0.06	± 0.10
2.0 ~ 4.0	± 0.15	± 0.25	± 0.35	± 0.06	± 0.08	± 0.12

注：适用于本表数值所指的孔为同时冲出。

在实际生产中，冲件的尺寸精度是由产品设计给定的，要保证其全部的尺寸精度往往难以达到。冲压加工零件从公差等级分析看，零件尺寸主要由关键尺寸、主要尺寸、一般尺寸三个部分组成，从技术上讲，很难使三类尺寸全部达到精度要求，从经济上讲也无必要，因此，在排样设计时，冲件尺寸分类与确定的原则应是：确保关键尺寸，满足主要尺寸，兼顾一般尺寸。

一般情况下，级进模连续冲裁、冲切的材料断面表面粗糙度 Ra 应在 3.2 ~ 12.5 μm 范围内。

冲件有时有平面度、垂直度、平行度、对称度、位置度等形位公差的精度要

求,在排样设计时应考虑选用相应的工艺措施(如增加精定位、复合工序成形、校正、整形或在成形后再冲型孔等)来保证冲件的精度要求。

3.3.3 冲件的材料

冲件所使用的材料也是由产品设计给定的。由于级进模对被加工材料有较严格的要求。在排样图设计时,对材料的供应状态、力学性能、碾压纹向、厚度公差,以及条料宽度和材料的利用率等都要全面考虑。

(1) 材料的供应状态 适宜于级进模生产的材料主要有条料和成卷带料。材料供应状态是排样设计时应考虑的一个重要因素。设计排样图时必须明确选用的是由板料剪成的条料还是成卷带料,条料由于长度限制而影响整个产品的材料利用率(利用率较低),而且只适合于手工送料,实现自动送料较困难,加工效率不高。而成卷带料可以自动、高速、连续地送进冲压,使用级进模生产时,以成卷带料供料为最佳。

(2) 材料的力学和物理性能 设计排样图时,必须确切了解材料的牌号、厚度的精度等级及实际偏差、表面硬度及表面质量、材料宽度等指标。材料的物理和力学性能对于较复杂的弯曲成形、连续拉深等冲压加工件影响较大,被选用的冲压件材料必须既能满足多种冲压工艺的要求,又要有适合于连续、高速冲压而能达到塑性变形要求的力学性能。

(3) 材料的碾压纹向 冲压零件的成形弯曲线与材料的碾压纹向(纤维方向)有直接关系。当成形弯曲线与材料的碾压纹向垂直时,成形后零件质量稳定。当成形弯曲线与材料的碾压纹向平行时,对于弯曲半径较小或某些材质较差的材料而言,冲件的弯曲成形部位易产生裂纹或断裂。因此,带有成形、弯曲工序的级进模,在排样设计时应保证冲件的弯曲成形线与材料的碾压纹向垂直或成某一特定角度。

对由板料裁剪的条料可以通过改变剪料的方式来保证所需要的材料碾压纹向。对成卷带料,其碾压纹向已固定。因此,对于多弯曲成形、多工序冲件的情况,在排样设计时,材料的碾压纹向与冲压零件的成形弯曲线的方向必须由排样方位来解决。

(4) 材料利用率 材料利用率是直接影响产品成本的主要因素之一。相比一般结构的模具而言,级进模的材料利用率较低。少或无废料冲压最为理想,材料利用率也最高,但由于各类冲压零件的结构形状存在较大的差异、尺寸的离散性也较大,从概率上讲,少或无废料冲压件较为少见。图3-2所示为一小型变压器铁心片采用套料(只有结构废料)排样冲裁的方式,其材料利用率可达94%;图3-3所示为一电器弹性接触簧片的条料排样图,其材料利用率达到了78%(其中工艺废料仅为9%)。在设计级进模排样图时,应尽量提高材料的利用率,力争使废料的产生达到最小限度。

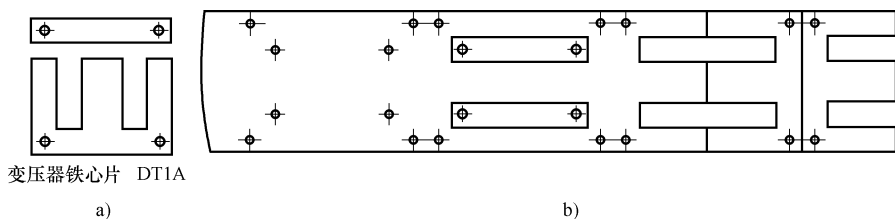


图 3-2 铁心片套冲的排样图

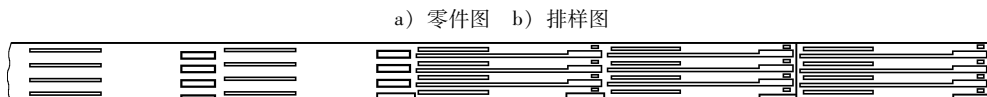


图 3-3 电器弹簧片少废料的排样图

3.3.4 冲件的毛刺方向

在冲压过程中，冲件经冲切后最后切断面是出现毛刺的平面。由于各类冲件形状的使用要求不同，对冲件毛刺面的要求也存在差异。在进行排样图设计时，对冲件毛刺方向应注意的是：

1) 当冲压零件图中对毛刺方向有要求时，无论排样设计是单排还是双排，都应保证冲裁后零件的毛刺方向一致，决不允许在同一冲件上出现不同方向面的冲裁毛刺。

2) 对于带有单向弯曲冲压的零件，在排样设计时应使毛刺面保留在弯曲成形件的内侧。这样在弯曲部位不会因外形边口裂纹而影响冲件外在质量和使用寿命。

3) 在采用分工位冲切局部外形或型孔的级进模时，有时会出现冲件某一边毛刺方向不一致的现象，这是不允许的，在排样设计时应特别注意。有时在排样图设计时，难以保证毛刺面方向的一致性要求，则可在模具设计时考虑在某一部位进行侧向冲压、倒向冲压等冲压工艺措施来保证冲件毛刺平面一致性的要求。

3.4 多工位级进模的总体设计

多工位级进模总体设计是针对所需冲压的制件，在模具具体结构设计之前，对所设计的模具作全面、细致的考虑并进行总体安排。总体设计的好坏，直接影响模具设计与制造的难易程度以及制件的质量。因此，多工位级进模总体设计时应考虑以下问题：

1. 排样图设计

多工位级进模设计中，排样图的合理正确与否，直接影响到制件精度与能否顺利地进行冲压生产，并且关系到材料的利用率。因此，排样图是多工位级进模设计的依据，也是关键工作之一。

根据制件图样尺寸，计算制件的展开尺寸，进行排样，并计算各种排样方式的材料利用率，分析制件精度是否能达到图样要求，能否在模具中顺利地进行自动连续冲压。将各种方案比较，选用最佳方案。

如何排样，在以后章节中专门叙述。

2. 工位布置

工位布置（如图 1-1c 和图 1-2 所示）示意图，可供设计模具时作参考。在工位布置图上应正确设计导正孔、搭边及载体，可修正连续冲压时的送料偏差。

3. 搭边尺寸

根据排样来确定工位布置图，工件的周围与一般冲裁模一样，应留有搭边。搭边值大则送料时条料刚性好，便于送料，但材料利用率低，故应合理确定搭边值，

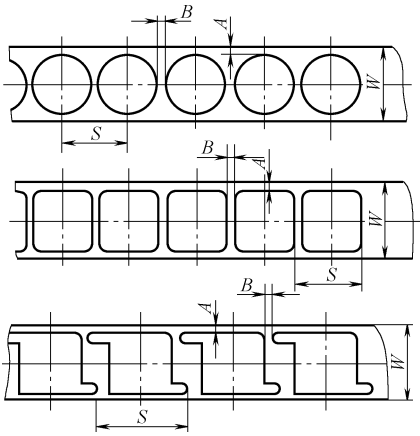


图 3-4 搭边形式

搭边形式如图 3-4 所示。生产中确定搭边值的常用方法有以下几种：

- 1) 根据加工材料厚度 t 确定搭边值 ($A = B$)，见表 3-3。

表 3-3 根据加工材料厚度确定搭边值

$t > 0.8\text{mm} (A = B = Kt)$		$t < 0.8\text{mm}$	
送料步距/mm	系数 K	条料宽度/mm	搭边值/mm
<30	1.0	<50	<1.2
30 ~ 70	1.25	50 ~ 150	<2.4
>70	1.5	150 ~ 300	<3.2

- 2) 根据送料步距与条料宽度确定搭边值，多工位级进模在工件排样图上的搭边值，常按送料步距与条料宽度的比值即 $\alpha = \frac{S}{W}$ 来选取，见表 3-4。

表 3-4 根据送料步距与条料宽度比 α 确定搭边值 A 与 B

条料宽度/mm	$\alpha < 1.5$		$\alpha > 1.5$			
	标 准	最小值	A		B	
			标 准	最小值	标 准	最小值
≤ 25	t	0.8	$1.25t$	1.0	t	1.2
25 ~ 75	$1.25t$	1.2	$1.5t$	1.4	$1.5t$	1.8
75 ~ 150	$1.5t$	2.5	$1.75t$	2.0	$2t$	2.5

条料的载体是条料在送进过程中，条料内连接冲压零件运载前进的部分材料。载体与条料搭边相似，但又有所不同。搭边的宽度主要是根据冲压工艺要求，能将

冲件一个个符合图样要求地冲下来，而载体必须要有足够的强度，要能运载条料上冲出的零件，使它能平稳地送进。在多工位级进模中，条料排样图设计时，有时两侧的“搭边”设计得很宽，这实际是搭边与条料的载体合二为一。一般来说，载体的宽度为了保证其强度和设置导正孔的需要，载体宽度大于搭边宽度 2~4 倍。

为了保证送料准确，通常在载体上或工件之间的条料上按送料步距设置导正孔，这样可补偿或修正由于高速冲压引起的送料误差。

导正孔一般在第一工位上冲出，便于在以后工位上进行导正。在多工位级进模上，通常 10 个工位需设置 3~4 个导正销，导正往往设置在重要工位之前。工位越多，导正销的数量也随之增加。

4. 冲裁工位设计

冲裁工位设计时应注意以下几点：

1) 尽量避免采用复杂形状的凸模，采用多段切除，宁可多增加一些冲裁工位，也要使凸模形状简单，便于凸、凹模的加工。

2) 孔边距很小的冲件，为防止落料时引起离冲件边缘很近的孔产生变形，可使冲外缘工位在前，冲内孔工位在后。外缘以冲孔方式冲出。

3) 局部内外形状位置精度要求很高时，尽可能在同一工位上冲出。

4) 弯边附近的孔，为防止变形，应使弯曲工位在先，冲孔工位在后。

5) 为增加凹模强度，应考虑在模具适当位置上安排空工位。

多工位级进模冲裁工位凸模与凹模的间隙是否合理，对制件精度、模具寿命和冲压速度有很大影响，如高精度的冲件其冲裁间隙极小，并使用能作 0.01mm 行程调节的压力机来达到其精度。冲裁间隙一般取材料厚度的 1/20，或由下式确定：

$$Z_{\text{双边}} = \frac{t}{\alpha} \quad (3-1)$$

式中 $Z_{\text{双边}}$ ——凸、凹模双面间隙 (mm)；

t ——材料厚度 (mm)；

α ——按不同材料的剪切和抗拉特性确定的系数，见表 3-5。

表 3-5 系数 α 值

材料名称	拉深钢	软钢	硅钢片	不锈钢	磷青铜	黄铜	铜	铝
α	17	16	14	13	16	20	21	10

冲裁双面间隙值也可直接查表 3-6，单面间隙取表中值的 1/2。

表 3-6 冲 裁 间 隙

(单位：mm)

厚度	拉深钢	软钢	硅钢片	不锈钢	磷青铜	黄铜	铜	铝
0.10	0.006	0.006	0.007	0.008	0.006	0.005	0.005	0.010
0.15	0.009	0.008	0.011	0.011	0.008	0.008	0.007	0.015

(续)

厚度	拉深钢	软钢	硅钢片	不锈钢	磷青铜	黄铜	铜	铝
0.20	0.011	0.013	0.014	0.015	0.013	0.010	0.010	0.020
0.25	0.015	0.016	0.018	0.019	0.016	0.013	0.012	0.025
0.50	0.029	0.031	0.036	0.038	0.031	0.025	0.024	0.051
0.75	0.044	0.046	0.054	0.058	0.046	0.033	0.036	0.075
1.00	0.059	0.063	0.071	0.077	0.063	0.050	0.048	0.102
1.25	0.073	0.078	0.095	0.096	0.078	0.063	0.060	0.125
1.50	0.088	0.094	0.107	0.115	0.094	0.075	0.071	0.150

冲精密件时，还应注意由于塑性变形，使冲孔时孔径缩小，落料时外形尺寸略有增大，这种误差也直接影响冲件的精度。为此，冲切周长大于 25mm 的冲件时应将计算值酌情增减。冲切周长大于 25mm 的误差值见表 3-7。

表 3-7 冲切周长大于 25mm 时塑性变形引起的误差 (单位: mm)

料 厚	误 差
0.1 ~ 0.7	0.009 ~ 0.025
0.7 ~ 1.9	0.025 ~ 0.038
1.9 ~ 3.5	0.038 ~ 0.051

以下举例说明表 3-7 的用法:

例题 1 冲孔直径为 $\phi 12\text{mm}$ 时, 使用材料为软钢, 料厚 $t = 1.6\text{mm}$ 。则由表 3-7 中查得, 产生的误差为 0.038mm; 冲裁间隙为 $1.6/16 = 0.10\text{mm}$ 。

冲孔凸模直径为 $(12 + 0.038)\text{mm} = 12.038\text{mm}$ 。

冲孔凹模孔径为 $(12.038 + 0.10)\text{mm} = 12.138\text{mm}$

例题 2 落料直径为 $\phi 15\text{mm}$, 材料为黄铜, 料厚为 $t = 0.2\text{mm}$, 在 3-7 中查得误差为 0.010mm, 冲裁间隙由表 3-6 中查得为 0.010mm。

落料凹模孔径为 $(15 - 0.010)\text{mm} = 14.99\text{mm}$

落料凸模直径为 $(14.99 - 0.010)\text{mm} = 14.98\text{mm}$

5. 弯曲工位设计

在多工位级进模中, 制件若要求不同方向弯曲, 则会给连续加工带来困难。向上还是向下弯曲, 模具结构就不同。如果向上弯曲, 则要求下模采用滑动的模具结构; 若进行多重卷边弯曲, 就需要多处模块滑动。因此设计弯曲工位时, 在模具上设置空工位, 便于给滑动模块留有活动余地。

根据制件形状和精度要求, 其卷边、弯曲在级进模中不同工位上, 分几次弯曲或卷边成形, 则在连接加工过程中, 要求被加工材料的一个表面必须与模具的平面平行接触, 由垫板或卸料板压紧, 只允许加工部位可活动, 如图 3-5 所示。

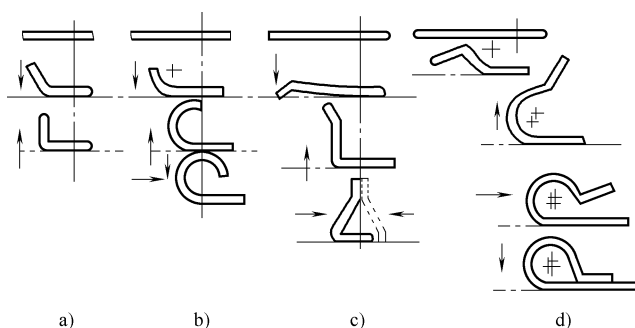


图 3-5 弯曲顺序

在连续加工过程中，弯曲部分必须及时从模具上脱离。在单侧弯曲时，还要防止材料偏移。

6. 拉深工位设计

在多工位级进模中拉深成形，一般用于小型零件的大批量生产，其拉深直径也较小，一般在 60mm 以下，材料厚度一般在 0.5 ~ 2.0mm 范围内。

在多工位级进模中拉深成形与单工序模拉深不同，单工序模是散件送进，而多工位级进模是通过带料，由载体与搭边以组件形式自动连续送进。不能进行中间退火，要求拉深材料塑性要好，而且每个工位的拉深变形程度不宜过大。

多工位级进模拉深按材料变形区与条料分离情况可分为：整体条料拉深和条料切槽或切口拉深两种方法。

(1) 整体条料拉深 与切槽拉深相比，可节省材料，但在拉深过程中，条料边缘易折弯起皱，影响冲压过程的顺利进行。因此，必须增加拉深次数。这种拉深方法仅适宜于冲制材料塑性好的小型制品，并且在第一道拉深时，进入凹模的材料应比制件所需材料多 5% ~ 10%，使以后各道拉深不致因材料不足而被拉裂，其多余材料可在以后拉深过程中逐渐转移到凸缘上。图 3-6 所示即为整体条料拉深。

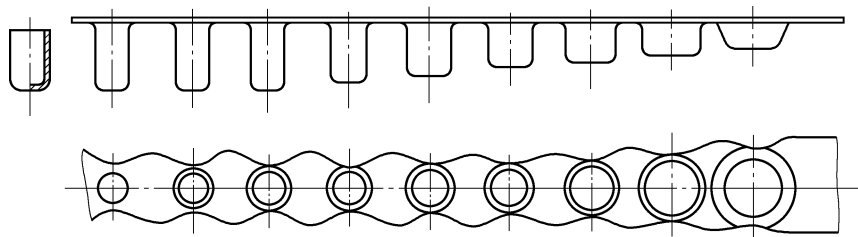


图 3-6 多工位级进模整体条料拉深

(2) 条料切槽或切口拉深 条料切槽或切口的目的，一方面是形成拉深毛坯，有利于拉深成形，另一方面是防止条料边缘产生折皱，使冲压工艺过程顺利进行。常用的切槽或切口形式如图 3-7 所示。

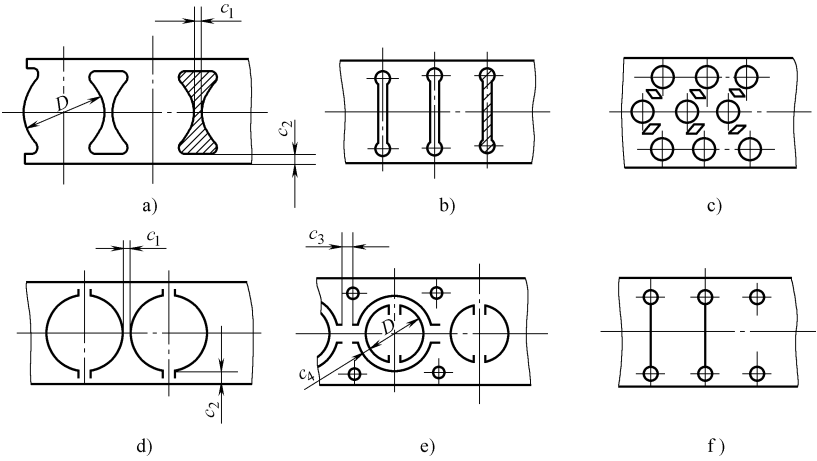


图 3-7 多工位级进模拉深切槽与切口形式
a) ~c) 切槽形式 d) ~f) 切口形式

切槽与切口的有关尺寸见表 3-8。

表 3-8 切槽、切口尺寸 (单位: mm)

材料直径	c_1	c_2	c_3	c_4
≤ 10	0.8 ~ 2.0	1.0 ~ 1.7	1.5 ~ 2.0	1.0 ~ 1.5
10 ~ 30	1.3 ~ 2.5	1.5 ~ 2.3	1.8 ~ 2.5	1.2 ~ 2.0
30 ~ 60	1.8 ~ 3.0	2.0 ~ 2.8	2.3 ~ 3.0	1.5 ~ 2.5
> 60	2.2 ~ 3.5	2.5 ~ 3.8	2.7 ~ 3.7	2.0 ~ 3.0

多工位级进模切槽和切口拉深如图 3-8 所示。

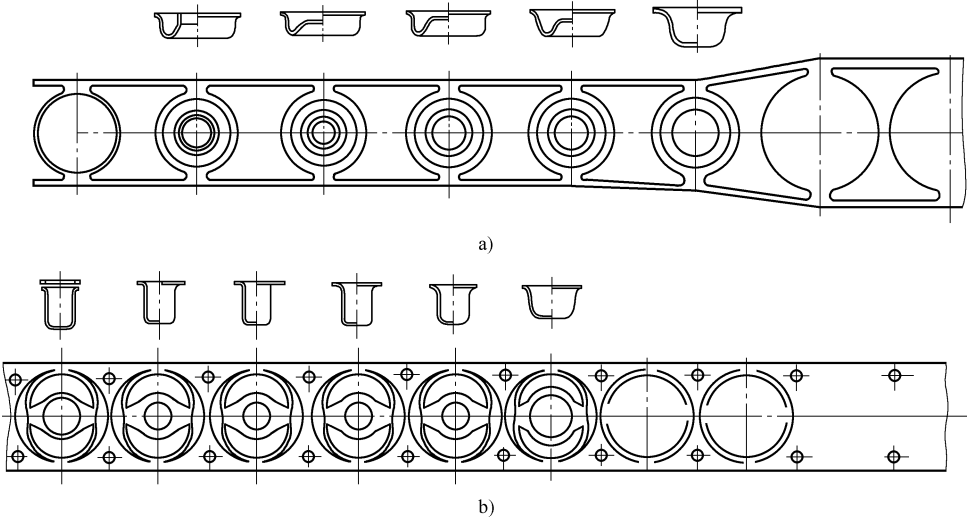


图 3-8 多工位级进模切槽与切口拉深
a) 切槽拉深 b) 切口拉深

关于拉深坯料尺寸、工序尺寸、拉深次数和拉深间隙在 3.8 节介绍。

3.5 冲裁工艺

3.5.1 冲裁间隙

冲裁凸模和凹模之间的间隙,不仅对冲裁件的质量有极重要的影响,而且还影响模具寿命、冲裁力、卸料力和推件力等。因此,间隙是冲裁模设计的一个非常重要的参数。

1. 间隙对冲裁件质量的影响

冲裁件的质量主要通过切断面质量、尺寸精度和表面平直度来判断。在影响冲裁件质量的诸多因素中,间隙是主要的因素之一。

(1) 间隙对断面质量的影响 冲裁件的断面质量主要指塌角的大小、光面约占板厚的比例、毛面的斜角大小及毛刺等。

间隙合适时,冲裁时上、下刃口处所产生的剪切裂纹基本重合。这时光面占板厚的 $1/2 \sim 1/3$,切断面的塌角、毛刺和斜度均很小,完全可以满足一般冲裁的要求。

间隙过小时,凸模刃口处的裂纹比合理间隙时向外错开一段距离。上、下裂纹之间的材料,随冲裁的进行将被第二次剪切,然后被凸模挤入凹模洞口。这样,在冲裁件的切断面上形成第二个光面,在两个光面之间形成毛面,在端面出现挤长的毛刺。这种挤长毛刺虽比合理间隙时的毛刺高一些,但易去除,而且毛面的斜度和塌角小,冲裁件的翘曲小,所以只要中间撕裂不是很深,仍可使用。

间隙过大时,凸模刃口处的裂纹比合理间隙时向内错开一段距离。材料的弯曲与拉伸增大,拉应力增大,塑性变形阶段较早结束,致使断面光面减小,塌角与斜度增大,形成厚而大的拉长毛刺,且难以去除;同时冲裁件的翘曲现象严重,影响生产的正常进行。

若间隙分布不均匀,则在小间隙的一边形成双光面,大间隙的一边形成很大的塌角及斜度。

(2) 间隙对尺寸精度的影响 冲裁件的尺寸精度是指冲裁件的实际尺寸与基本尺寸的差值,差值越小,则精度越高。从整个冲裁过程来看,影响冲裁件的尺寸精度有两大方面的因素:一是冲模本身的制造偏差;二是冲裁结束后冲裁件相对于凸模或凹模尺寸的偏差。

冲裁件产生偏离凸、凹模尺寸的原因,是由于冲裁时材料所受的挤压变形、纤维伸长和翘曲变形都要在冲裁结束后产生弹性回复,当冲裁件从凹模内推出(落料)或从凸模卸下(冲孔)时,相对于凸、凹模尺寸就会产生偏差。当间隙较大时,材料所受拉伸作用增大,冲裁后材料的弹性回复,使落料件尺寸小于凹模尺

寸, 冲孔件尺寸大于凸模尺寸; 间隙较小时, 则由于材料受凸、凹模侧向挤压力增大, 冲裁后材料的弹性回复, 使落料件尺寸大于凹模尺寸, 冲孔件尺寸小于凸模尺寸。

材料性质直接决定了该材料在冲裁过程中的弹性变形量。对于比较软的材料, 弹性变形量较小, 冲裁后的弹性回复值亦较小, 因而冲裁件的精度较高, 硬的材料则正好相反。

材料的相对厚度越大, 弹性变形量越小, 因而冲裁件的精度也越高。

冲裁件尺寸越小, 形状越简单则精度越高。这是由于模具精度易保证, 间隙均匀, 冲裁件的翘曲小, 以及冲裁件的弹性变形绝对量小的缘故。

2. 间隙对冲裁力的影响

试验证明, 随间隙的增大, 冲裁力有一定程度的降低, 但当单面间隙介于材料厚度的 5% ~ 20% 范围内时, 冲裁力的降低不超过 5% ~ 10%。因此, 在正常情况下, 间隙对冲裁力的影响不很大。

间隙对卸料力、推件力的影响比较显著。随间隙增大, 卸料力和推件力都将减小。一般当单面间隙增大到材料厚度的 15% ~ 25% 时, 卸料力几乎降到零。

3. 间隙对模具寿命的影响

冲裁模常以刃口磨钝与崩刃的形式而失效。凸、凹模磨钝后, 其刃口处形成圆角, 冲裁件上就会出现不正常的毛刺。凸模刃口磨钝时, 在落料件边缘产生毛刺; 凹模刃口磨钝时, 所冲孔口边缘产生毛刺; 凸、凹刃口均磨钝时, 则工件边缘与孔口边缘均产生毛刺。

由于材料的弯曲变形, 材料对模具的反作用力主要集中于凸、凹模刃口部分。当间隙过小时, 垂直力和侧压力将增大, 摩擦力增大, 加剧模具刃口的磨损; 随后二次剪切产生的金属碎屑又加剧刃口侧面的磨损; 冲裁后卸料和推件时, 材料与凸、凹模之间的滑动摩擦还将再次造成刃口侧面的磨损, 使得刃口侧面的磨损比端面的磨损大。

4. 冲裁模间隙值的确定

凸模与凹模间每侧的间隙称为单面间隙, 两侧间隙之和称为双面间隙。如无特殊说明, 冲裁间隙就是指双面间隙。

(1) 间隙值确定原则 从上述的冲裁分析中可看出, 找不到一个固定的间隙值能同时满足冲裁件断面质量最佳, 尺寸精度最高, 翘曲变形最小, 冲模寿命最长, 冲裁力、卸料力、推件力最小等各方面的要求。因此, 在冲压实际生产中, 主要根据冲裁件断面质量、尺寸精度和模具寿命这几个因素给间隙规定一个范围值。只要间隙在这个范围内, 就能得到合格的冲裁件和较长的模具寿命。这个间隙范围就称为合理的间隙, 合理间隙的最小值称为最小合理间隙, 最大值称为最大合理间隙。设计和制造时, 应考虑到凸、凹模在使用中会因磨损而使间隙增大, 故应按最小合理间隙值确定模具间隙。

(2) 间隙值确定方法 确定凸、凹模合理间隙的方法有理论法和查表法两种。

用理论法确定合理间隙值, 是根据上、下裂纹重合的原则进行计算。图 3-9 所示为冲裁过程中开始产生裂纹的瞬时状态, 根据图中几何关系可求得合理间隙 Z 为

$$Z = 2(t - h_0) \tan \beta = 2t \left(1 - \frac{h_0}{t} \right) \tan \beta \quad (3-2)$$

式中 t ——材料厚度 (mm);

h_0 ——产生裂纹时凸模挤入材料深度 (mm);

h_0/t ——产生裂纹时凸模挤入材料的相对深度, 见表 3-9。

β ——剪切裂纹与垂线间的夹角, 见表 3-9。

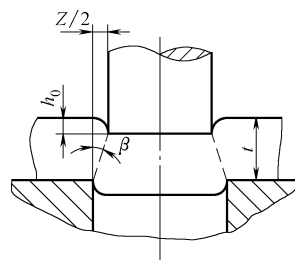


图 3-9 冲裁产生裂纹的瞬时状态

表 3-9 h_0/t 与 β 值

材 料	h_0/t		$\beta/(^\circ)$	
	退 火	硬 化	退 火	硬 化
软钢、纯铜、软黄铜	0.5	0.35	6	5
中硬钢、硬黄铜	0.3	0.2	5	4
硬钢、硬青铜	0.2	0.1	4	4

由上式可知, 合理间隙 Z 主要决定于材料厚度 t 和凸模相对挤入深度 h_0/t , 然而 h_0/t 不仅与材料塑性有关, 而且还受料厚的综合影响。因此, 材料厚度越大, 塑性越低的硬脆材料, 则所需间隙值 Z 就越大; 料厚越薄, 塑性越好的材料, 则所需间隙值 Z 就越小。

3.5.2 凸模与凹模刃口尺寸的计算

凸模和凹模的刃口尺寸和公差, 直接影响冲裁件的尺寸精度。合理的间隙值也是靠凸模和凹模刃口的尺寸和公差来保证的。它的确定需考虑到冲裁变形的规律、冲裁件精度要求、模具磨损和制造特点等情况。

1. 凸、凹模刃口尺寸计算原则

实践证明, 落料件的尺寸接近于凹模刃口的尺寸, 而冲孔件的尺寸则接近于凸模刃口的尺寸。在测量与使用中, 落料件是以大端尺寸为基准, 冲孔件是以小端尺寸为基准, 即落料和冲孔都是以光亮带尺寸为基准的。冲裁时, 凸模会越磨越小, 凹模会越磨越大。考虑以上情况, 在决定模具刃口尺寸及其制造公差时应遵循以下原则:

1) 落料时, 制件尺寸决定于凹模尺寸; 冲孔时, 孔的尺寸决定于凸模尺寸。故设计落料模时, 应以凹模为基准, 间隙取在凸模上; 设计冲孔模时, 应以凸模为基准, 间隙取在凹模上。因使用中, 随着模具的磨损, 凸、凹模间隙将越来越大,

所以初始设计时，凸、凹模间隙应取最小合理间隙。

2) 由于冲裁中凸模、凹模的磨损，故在设计落料模时，凹模公称尺寸应取工件尺寸公差范围内的较小尺寸；设计冲孔模时，凸模公称尺寸应取工件尺寸公差范围内的较大尺寸。这样，在凸模、凹模受到一定磨损的情况下仍能冲出合格零件。

3) 凹、凸模的制造公差主要与冲裁件的精度和形状有关。一般比冲裁件的精度高2~3级。若零件没有标注公差，则对于非圆形件，按国家标准“非配合尺寸的公差数值”的IT14精度处理，对圆形件可按IT10精度处理。模具精度与冲裁件精度对应关系见附录D表D-1。

4) 冲裁模刃口尺寸均按“人体”原则标注，即凹模刃口尺寸偏差标注正值，凸模刃口尺寸偏差标注负值；而对于孔心距，以及不随刃口磨损而变的尺寸，取为双向偏差。

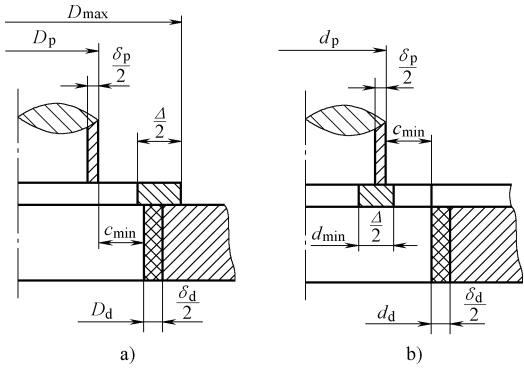


图 3-10 冲裁模刃口尺寸与公差位置
a) 落料 b) 冲孔

冲裁模刃口尺寸与公差位置关系见图 3-10。

2. 凸、凹模刃口尺寸计算

由于模具的加工和测量方法不同，凸模与凹模刃口部分尺寸的计算方法可分为两类。

(1) 凸模与凹模分开加工 这种方法适用于圆形或简单规则形状的冲裁件。为了保证合理的间隙值，其制造公差（凸模制造公差 δ_p ，凹模制造公差 δ_d ）必须满足下列关系：

$$|\delta_p| + |\delta_d| \leq Z_{\max} - Z_{\min}$$

其取值有以下几种方法：

- 1) 按表 3-10 查取。
- 2) 规则形件一般可按凸模 IT6、凹模 IT7 级精度查标准公差表选取。

表 3-10 规则形状（圆形、方形）冲裁时凸、凹模制造公差

（单位：mm）

基本尺寸	凸模公差	凹模公差	基本尺寸	凸模公差	凹模公差
≤18	0.020	0.020	>180~260	0.030	0.045
>18~30	0.020	0.025	>260~360	0.035	0.050
>30~80	0.020	0.030	>360~500	0.040	0.060
>80~120	0.025	0.035	>500	0.050	0.070
>120~180	0.030	0.040			

3) 按下式取值：

$$\delta_p = 0.4(Z_{\max} - Z_{\min}), \delta_d = 0.6(Z_{\max} - Z_{\min}) \tag{3-3}$$

冲孔:

$$d_p = (d_{\min} + x\Delta)_{-\delta_p}^0 \quad (3-4)$$

$$d_d = (d_p + Z_{\min})_{+0}^{+\delta_d} = (d_{\min} + x\Delta + Z_{\min})_{+0}^{+\delta_d} \quad (3-5)$$

落料:

$$D_d = (D_{\max} - x\Delta)_{+0}^{+\delta_d} \quad (3-6)$$

$$D_p = (D_d - Z_{\min})_{-0}^0 = (D_{\max} - x\Delta - Z_{\min})_{-0}^0 \quad (3-7)$$

孔心距:

$$L_d = (L_{\min} + 0.5\Delta) \pm 0.125\Delta \quad (3-8)$$

式中 D_d 、 D_p ——落料凹模与凸模刃口尺寸 (mm);

d_d 、 d_p ——冲孔凹模与凸模刃口尺寸 (mm);

$L_{\min}$ ——制件孔距最小极限尺寸 (mm);

$D_{\max}$ ——落料件最大极限尺寸 (mm);

$d_{\min}$ ——冲孔件最小极限尺寸 (mm);

δ_p 、 δ_d ——凸模下偏差与凹模上偏差 (mm);

Δ ——冲裁件公差 (mm);

$Z_{\min}$ ——凸、凹模最小初始双面间隙 (mm);

x ——磨损系数, 与制造精度有关, 可按表 3-11 选取, 或按下列关系选取:

冲裁件精度 IT10 以上时, $x = 1$;

冲裁件精度 IT11 ~ IT13 时, $x = 0.75$;

冲裁件精度 IT14 以下时, $x = 0.5$ 。

表 3-11 系 数 x

材料厚度 t/mm	非 圆 形			圆 形	
	1	0.75	0.5	0.75	0.5
	工件公差 Δ/mm				
≤ 1	≤ 0.16	0.17 ~ 0.35	≥ 0.36	< 0.16	≥ 0.16
1 ~ 2	≤ 0.20	0.21 ~ 0.41	≥ 0.42	< 0.20	≥ 0.20
2 ~ 4	≤ 0.24	0.25 ~ 0.49	≥ 0.50	< 0.24	≥ 0.24
> 4	≤ 0.30	0.31 ~ 0.59	≥ 0.60	< 0.30	≥ 0.30

(2) 凸模与凹模配合加工 对于形状复杂或薄材料的工件, 为了保证凸、凹模间一定的间隙值, 必须采用配合加工。此方法是先加工其中一件 (凸模或凹模) 作为基准件, 再以它为标准来加工另一件, 使它们之间保持一定的间隙。因此, 只在基准件上标注尺寸和公差, 另一件配模只标注公称尺寸及配作所留的间隙值。这样 δ_p 、 δ_d 就不再受间隙的限制。通常可取 $\delta = \Delta/4$ 。这种方法不仅容易保证很小的

间隙,而且还可放大基准件的制造公差,使制模容易,成本降低。

1) 落料模。落料时应以凹模为基准模,配制凸模。设图 3-11a 为某落料凹模刃口形状及尺寸,按工作时,凹模磨损后尺寸分变大、变小和不变三种情况:

①凹模磨损后变大的尺寸(如图 3-11a 中 A_1 、 A_2),可按落料凹模尺寸公式计算:

$$A_d = (A - x\Delta) \begin{smallmatrix} +\delta_d \\ 0 \end{smallmatrix} \quad (3-9)$$

②凹模磨损后变小的尺寸(如图 3-11a 中 B_1 、 B_2),相当于冲孔凸模尺寸:

$$B_d = (B + x\Delta) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_d \end{smallmatrix} \quad (3-10)$$

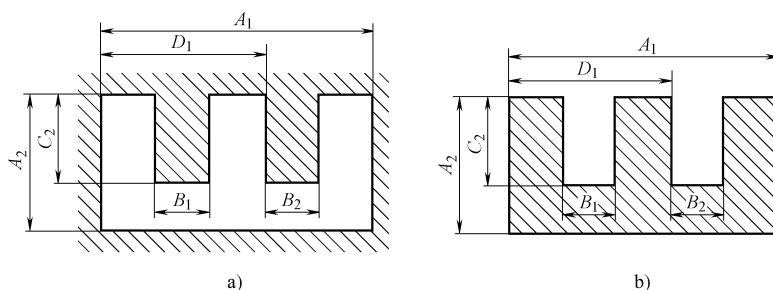


图 3-11 冲裁模刃口尺寸类型

a) 落料凹模刃口 b) 冲孔凸模刃口

③凹模磨损后不变的尺寸(如图 3-11a 中 C_1 、 C_2),相当于孔心距:

$$C_d = (C + 0.5\Delta) \pm \delta_d/2 \quad (3-11)$$

落料凸模刃口尺寸按凹模尺寸配制,并在图样技术要求中注明“凸模尺寸按凹模实际尺寸配制,保证双面间隙为 $Z_{\min} \sim Z_{\max}$ ”。

2) 冲孔模。冲孔时应以凸模为基准模,配制凹模。设图 3-11b 为某冲孔凸模刃口形状及尺寸,按工作时,凸模磨损后尺寸变大、变小和不变三种情况:

①凸模磨损后变小的尺寸(如图 3-11b 中 A_1 、 A_2),可按冲孔凸模尺寸公式计算:

$$A_p = (A + x\Delta) \begin{smallmatrix} 0 \\ -\delta_p \end{smallmatrix} \quad (3-12)$$

②凸模磨损后变大的尺寸(如图 3-11b 中 B_1 、 B_2),可按落料凹模尺寸公式计算:

$$B_p = (B - x\Delta) \begin{smallmatrix} +\delta_p \\ 0 \end{smallmatrix} \quad (3-13)$$

③凸模磨损后不变的尺寸(如图 3-11b 中 C_1 、 C_2),相当于孔心距:

$$C_p = (C + 0.5\Delta) \pm \delta_p/2 \quad (3-14)$$

此时,冲孔凹模刃口尺寸按凸模尺寸配制,并在图样技术要求中注明“凹模尺寸按凸模实际尺寸配制,保证双面间隙为 $Z_{\min} \sim Z_{\max}$ ”。

3.5.3 冲压力及压力中心的计算

1. 冲压力计算

冲压力包括冲载力、卸料力、推料力、顶料力，如图 3-12 所示。计算冲压力是选择压力机的基础。

(1) 冲裁力

$$F = Lt\tau \tag{3-15}$$

式中 F ——冲裁力 (N)；
 L ——冲裁件周边长度 (mm)；
 t ——材料厚度 (mm)；
 τ ——材料抗剪强度 (MPa)。

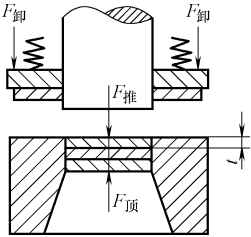


图 3-12 卸料力、推料力、顶料力

(2) 卸料力、推料力、顶料力

1) 卸料力是将箍在凸模上的材料卸下所需的力，即

$$F_{卸} = k_{卸} F \tag{3-16}$$

2) 推料力是将落料件顺着冲裁方向从凹模孔推出所需的力，即

$$F_{推} = nk_{推} F \tag{3-17}$$

3) 顶料力是将落料件逆着冲裁方向顶出凹模孔所需的力，即

$$F_{顶} = k_{顶} F \tag{3-18}$$

式中 $k_{卸}$ ——卸料力系数；
 $k_{推}$ ——推料力系数；
 $k_{顶}$ ——顶料力系数；
 n ——凹模孔内存件的个数， $n = h/t$ (h 为凹模刃口直壁高度， t 为工件厚度)；
 F ——冲裁力。

卸料力、推料力和顶料力系数可查表 3-12。

表 3-12 卸料力、推料力、顶料力系数

料厚/mm		$k_{卸}$	$k_{推}$	$k_{顶}$
钢	≤0.1	0.065 ~ 0.075	0.1	0.14
	>0.1 ~ 0.5	0.045 ~ 0.055	0.063	0.08
	>0.5 ~ 2.5	0.04 ~ 0.05	0.055	0.06
	>2.5 ~ 6.5	0.03 ~ 0.04	0.045	0.05
	>6.5	0.02 ~ 0.03	0.025	0.03
铝、铝合金		0.025 ~ 0.08	0.03 ~ 0.07	
纯铜、黄铜		0.02 ~ 0.06	0.03 ~ 0.09	

(3) 冲压设备的选择 如冲压过程中同时存在卸料力、推料力和顶料力时, 总冲压力 $F_{\text{总}} = F + (k_{\text{卸}} + k_{\text{推}} + k_{\text{顶}})F$, 这时所选压力机的吨位须大于 $F_{\text{总}}$ 约 30%。

当 $k_{\text{卸}}$ 、 $k_{\text{推}}$ 、 $k_{\text{顶}}$ 并不是与 F 同时出现时, 则计算 $F_{\text{总}}$ 只加与 F 同一瞬间出现的力即可。

2. 压力中心计算

冲压力合力的作用点称为压力中心。在设计冲裁模时, 应尽量使压力中心与压力机滑块中心相重合, 否则会产生偏心载荷, 使模具导向部分和压力机导轨非正常磨损, 使模具间隙不匀, 严重时会使刃口。对有模柄的冲模, 使压力中心与模柄的轴线重合, 在安装模具时, 便能实现压力中心与滑块中心重合。

(1) 形状简单的凸模压力中心的确定 由冲裁力公式 $F = Lt\tau$ 可知, 冲裁同一种工件时, F 的大小决定于 L , 所以对简单形状的冲件, 压力中心位于冲件轮廓图的几何中心。冲裁直线段时, 其压力中心位于线段的中点。冲裁圆弧段时, 如图 3-13 所示, 其压力中心可按式计算:

$$x_0 = R \frac{180^\circ \times \sin \alpha}{\pi \alpha} \quad (3-19)$$

(2) 形状复杂凸模压力中心的确定 形状复杂凸模压力中心的确定方法有解析法、合成法、图解法等, 常用的是解析法。解析法原理是基于理论力学, 采用求平行力系合力作用点的方法。一般的冲裁件沿冲裁轮廓线的断面厚度不变, 轮廓各部分的冲裁力与轮廓长度成正比, 所以, 求合力作用点可转化为求轮廓线的重心。具体方法如下 (参考图 3-14):

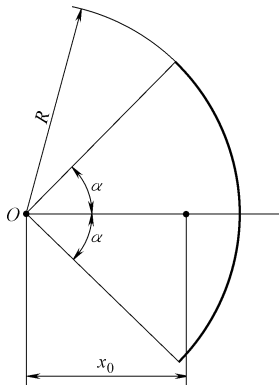


图 3-13 圆弧段中心

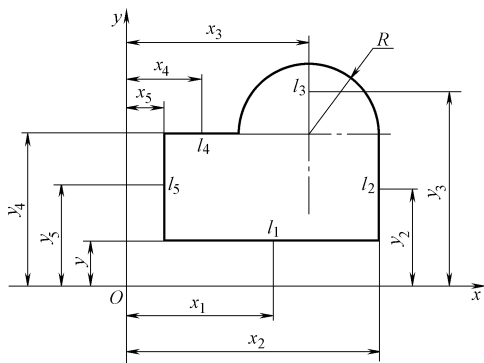


图 3-14 冲裁模压力中心

1) 按比例画出冲裁轮廓线, 选定直角坐标系 xOy 。

2) 把图形的轮廓线分成几部分, 计算各部分长度 l_1 、 l_2 、 $\dots$ 、 l_n , 并求出各部分重心位置的坐标值 (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 $\dots$ 、 (x_n, y_n) , 冲裁件轮廓大多是由线段和圆弧构成, 线段的重心就是线段的中心。圆弧的重心可按式 (3-19) 求出。

3) 按下列公式求冲模压力中心的坐标值 (x_0, y_0) :

$$x_0 = \frac{l_1 x_1 + l_2 x_2 + \cdots + l_n x_n}{l_1 + l_2 + \cdots + l_n} \quad y_0 = \frac{l_1 y_1 + l_2 y_2 + \cdots + l_n y_n}{l_1 + l_2 + \cdots + l_n} \quad (3-20)$$

对于多凸模的模具，可以先分别确定各凸模的压力中心，然后按上述原理求出模具的压力中心。但此时式（3-20）中 l_1 、 l_2 、 $\cdots$ 、 l_n 应为各凸模刃口轮廓线长度， (x_1, y_1) 、 (x_2, y_2) 、 $\cdots$ 、 (x_n, y_n) 应为各凸模压力中心。

3.6 排样图设计

设计多工位级进模时，首先设计条料排样图。因为条料排样图是设计多工位级进模的重要依据。条料排样图设计得好坏及合理与否，直接影响到模具设计的成败。因此，排样图设计时应有多个方案，进行比较、归纳、综合得出最佳方案。

多工位级进模工位虽然很多，但只要分断切除考虑周到，工序安排合理（即工位分布合理），条料在连续冲压过程中畅通无阻，便于使用、制造、维修和刃磨，且经济性好，就是好方案。

3.6.1 条料排样图设计原则

多工位级进模排样不同，则材料利用率、制件精度、生产率、模具制造的难易程度、模具使用寿命等也不同。级进模排样是与工件冲压方向、变形次数及相应的变形程度密切相关的。而变形次数与相应的变形往往是在确定排样与变形方向同时综合分析来确定的，确定时还要考虑模具制造的可能性与工艺性。因此，设计排样图时应遵循下列原则：

1) 合理确定工位数，工位数为分解的各单工序之和。但有时为了提高凹模强度或便于安装凸模，在排样图上设置空工位，在空工位上不对条料进行冲压加工。工位确定原则是：在不影响凹模强度原则下，工位选得越少越好，这样可以减少累积误差，使冲出的制件精度高。

2) 在设计排样图时，要尽可能考虑材料的利用率，尽量按少、无废料排样，以便降低制件成本，提高经济效益。

多排或双排排样比单排排样要节省材料，但模具制造困难，给操作也带来不便。

3) 合理确定冲裁位置，防止凹模型孔距离太近而影响其强度。型孔距离太远又会增大模具外形，既浪费材料又显得笨重，而且还会降低冲裁精度。

4) 为保证条料送进步距的精度，必须设置导正孔，其数量及位置前面已述，但尽可能设置在废料上，这样可增大导正直径，使工作更为可靠。

5) 有冲孔与落料工序时，冲孔在前，有时可以将已冲孔作导正孔。若工件上没有孔，则可在第一工位上设置工艺孔，以作导正孔用。

6) 制件上的孔位置精度要求高时，在不影响凹模强度前提下，尽量在同一工

位中冲出,以便保证制件质量。

7) 当工序较多时,如有冲孔、切口、切槽、弯曲、成形、切料等工序时,一般将分离工序安排在前,如冲孔、切口、切槽,接着安排弯曲、拉深等成形工序。对精度要求较高的拉深件和弯曲件,应在成形工序后再安排整形工序,最后安排切断或落料工序。

8) 冲制不同形状及尺寸的多孔工序时,尽量把大孔和小孔分开安排在不同工位,以便修磨时能确保孔距精度。

9) 为提高凹模强度及便于模具加工与制造,在冲裁形状复杂的制件时,可用分断切除方法,即将其分解为单型孔分步进行冲裁。

10) 多工位级进模中弯曲件排样与外形尺寸及变形程度有一定关系,一般以工件的宽度方向作为条料的送进方向。当宽度尺寸较小,长度尺寸较大,工位较多时,这种排样的条料可减轻送料的不稳定。在冲孔落料时较为明显。这样模具也不显得狭长,操作也比较方便。

3.6.2 排样图设计时应考虑的因素

根据多工位级进模排样图设计的原则,还应全面细致地考虑其他一些因素:

1. 企业的生产能力与生产批量

1) 企业生产能力(压力机数量及吨位、自动化程度、工人技术水平)不足,生产批量很大时,可采用双排或多排排样,在模具上提高效率。

2) 生产能力与批量相适应时,单排排样较好。模具结构简单,便于制造,模具刚性好,模具寿命也可延长。

2. 多工位级进模的送料方式

在高速压力机上用自动送料机构,以导正销精确定距。

3. 零件形状

分析冲压零件形状,抓住零件的主要特点,分析研究,找出工位之间关系,保证冲压过程顺利进行。特别对那些形状异常复杂,精度要求高,含有多种冲压工序的零件,应根据变形理论分析,采取必要措施给予保证。

4. 冲裁力的平衡

1) 力求压力中心与模具中心重合,其最大偏移量不超过模具长度的确 $1/6$ (或宽度的 $1/6$)。

2) 多工位级进模往往在冲压过程中产生侧向力,必须分析侧向力产生部位、大小和方向,采取一定措施,力求抵消侧向力。

5. 模具结构

结构尽量简单,制造工艺性好,便于装配、维修和刃磨。

6. 被加工材料

多工位级进模对被加工材料有严格要求。在设计条料排样图时,对材料的供料

状态、被加工材料的物理力学性能、材料厚度、纤维方向及材料利用率等均要全面考虑。

(1) 材料供料状态 设计条料排样图时,应明确说明是成卷带料还是板料剪切成的条料供料。多工位级进模常用成卷带料供料,这样便于进行连续、自动、高速冲压。否则,自动送料、高速冲压难以实现。

(2) 加工材料的物理力学性能 设计条料排样图时,必须说明材料的牌号,料厚公差,料宽公差。被选材料既要能够充分满足冲压工艺要求,又要有适应连续高速冲压加工变形的物理力学性能。

(3) 纤维方向 弯曲线应该与材料纤维方向垂直。但对于已成卷带料其纤维方向是固定的,因此在多工位级进模设计排样图时,由排样方位来解决。有时零件上要进行几个方向上的弯曲,可利用斜排使弯曲线与纤维方向成一 α 角。当不利于斜排时,征得产品设计师同意,适当加大弯曲零件的内圆半径。

(4) 材料利用率 多工位级进模材料利用率较低,所以在设计条料排样图时应尽量大努力使废料最少。

多排排样能提高材料利用率,但给模具设计、制造带来很大困难。对形状复杂的、贵重金属材料的冲压零件,采用双排或多排排样还是经济的。

7. 冲压件的毛刺方向

冲压零件经凸、凹模冲切后,其断面有毛刺。在设计多工位级进模条料排样图时,应注意毛刺的方向。原则是:

1) 当冲件图样提出毛刺方向要求时,无论条料排样图是双排还是多排,应保证多排冲出的零件毛刺方向一致,绝不允许一副模具冲出的零件的毛刺方向有正有反,如图 3-15 所示。

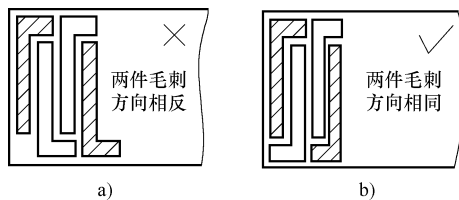


图 3-15 同一排样图中的毛刺方向

a) 两件毛刺方向相反 b) 两件毛刺方向相同

2) 带有弯曲工艺的冲压件,设计条料排样图时,应当使毛刺面在弯曲件的内侧,这样既使零件外形美观,又不会使弯曲部位出现边缘裂位。

3) 如果采用分断切除废料方法,会出现一个冲压件的周边毛刺方向不一致,这是不允许的,应十分注意。若在排样图设计时有困难,则可在模具设计时采用倒冲来满足其要求。

8. 正确设置侧刃位置与导正孔

侧刃是用来保证送料步距的。所以,侧刃一般设置在第一工位(特殊情况可在第二工位)。若仅以侧刃定距的多工位级进模,又是以剪切的条料供料时,应设计成双侧刃定距,即在第一工位设置一侧刃,在最后工位再设置一个,如图 3-16 所示。如果仅在第一工位设置一个侧刃,那么,每一条料的前后均剩下四个工位无法冲制,造成很大浪费。

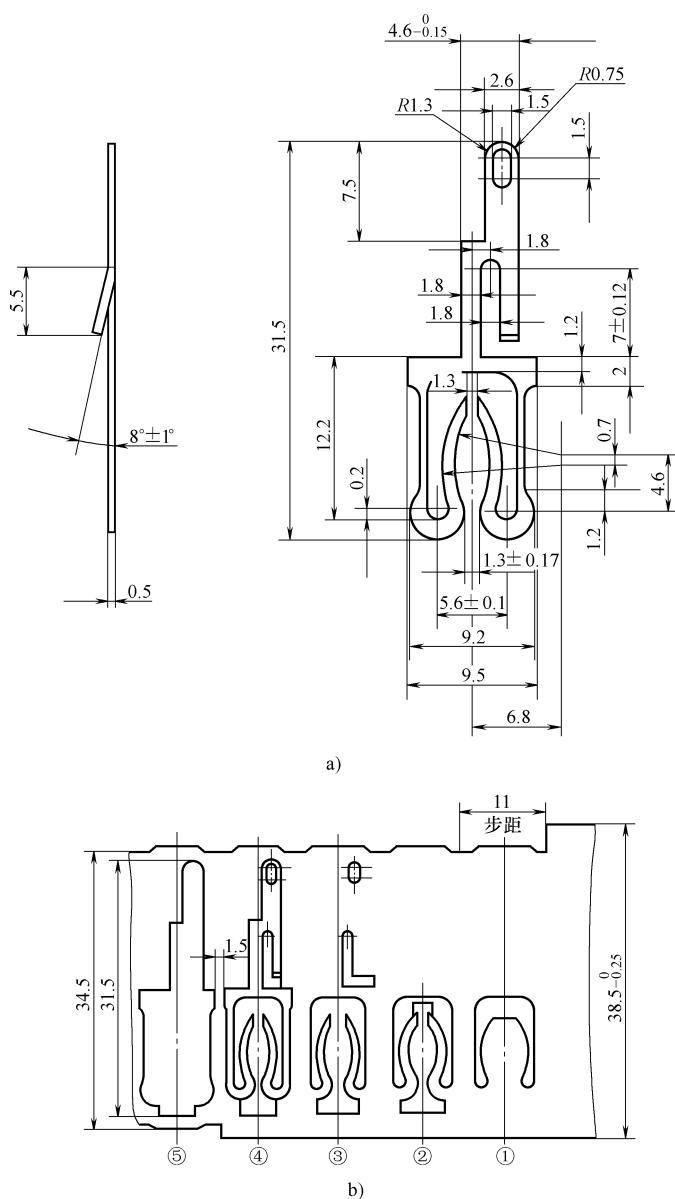


图 3-16 双侧刀的设置

a) 制件图样 b) 排样图上侧刀的位置

导正孔与导正销的位置设置，对多工位级进模的精确定位是非常重要的。多工位级进模由于采用自动送料，因此必须在条料排样图的第一工位就冲出导正孔，第二工位以及以后工位，相隔 2~4 个工位在相应位置上设置导正销，在重要工位之前一定要设置导正销。为节省材料，提高材料利用率，多工位级进模中可借用被冲裁零件上的孔作导正孔，但不能用高精度孔，否则在连续冲压时因送料误差而损坏

孔的精度，采用低精度孔作导正孔又不能起导正作用，因此，又必须将该孔的精度作适当提高。

对圆形拉深件的多工位级进模，一般不设导正，这是因为多工位的拉深凸模本身就对条料起定距导正作用。对拉深成形后再进行冲裁、弯曲等的零件，在拉深阶段不设导正，拉深后冲制导正孔，冲制导正孔后一工位才开始设导正。

9. 注意条料在送进过程中的阻碍

设计多工位级进模条料排样图时，应保证条料在送进过程中的畅通无阻，否则就无法实现自动冲压。

影响条料送进的因素：①由于拉深、弯曲、成形等工序引起条料平面、上下面突起或凹下，阻碍条料的送进；②多工位级进模一般采用浮动送料，条料在送进时，浮离下模平面一定的高度，也有可能产生阻碍送进；加上浮离机构设计不当而失灵，造成条料的送进阻碍；③下模本身由于冲压工艺需要加工成高低不平，引起阻滞。

10. 具有侧向冲压时，注意冲压的运动方向

多工位级进模经常出现侧向冲裁、侧向弯曲、侧向抽芯等。为了便于侧向冲压机构工作与整个模具和送料机构动作协调，应将侧向冲压机构放在条料送进方向的两侧，其运动方向应垂直于条料的送进方向。

当零件外缘或型孔采用切废法分段切除时，应注意各段间的连接，要十分平直或圆滑，保证被冲零件的质量。

由于多工位级进模的工位多，模具制造误差、步距间误差的积累，经各工位切废料后，易出现外缘或各型孔的连接处不平直、不圆滑、错牙、尖角、塌角等缺陷。这是设计排样图时不注意而造成的。

多工位级进模切废后，各段的连接方式有三种：

(1) 搭接 它是利用冲压零件展开以后，在其折线的连接处进行分断，分解为若干个形孔分别切除，如图 3-17

所示。搭接量一般大于 $1/2t$ (t 为材料厚度)，若不受搭接形孔尺寸限制，搭接量可达 $(1 \sim 2.5)t$ ，最小不能小于 $0.4t$ 。

(2) 平接 平接是在冲压件的直边上先切去一段，然后在另一工位再切去余下的一段，经两次（或多次）冲切后，形成完整的平直直边，如图 3-18 所示。这种排样可提高材料利用率。但采用这种方式时，设计制造模具时步距精度、凸

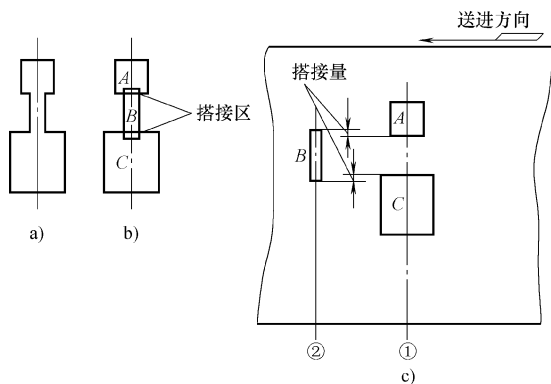


图 3-17 型孔的搭接切废

a) 冲件上型孔 b) 搭接区 c) 排样图

模和凹模制造精度都要高，并且在直线的第一次冲切和第二次冲切的两个工位必须设置导正销导正。

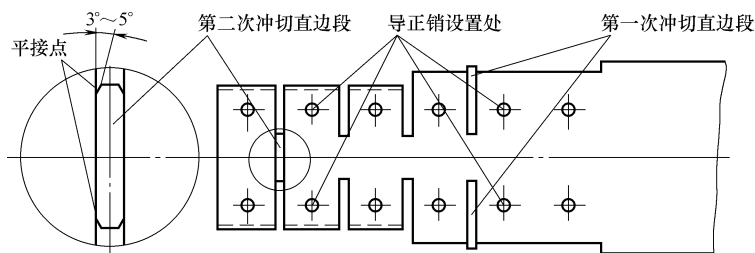


图 3-18 平接切废

(3) 切接 切接与平接相似，切接是圆弧分段切废，即在前工位先冲切一部分圆弧段，在以后工位再冲切其余的圆弧部分，要求先后冲切的圆弧连接圆滑，如图 3-19 所示。设计注意点与平接相同。

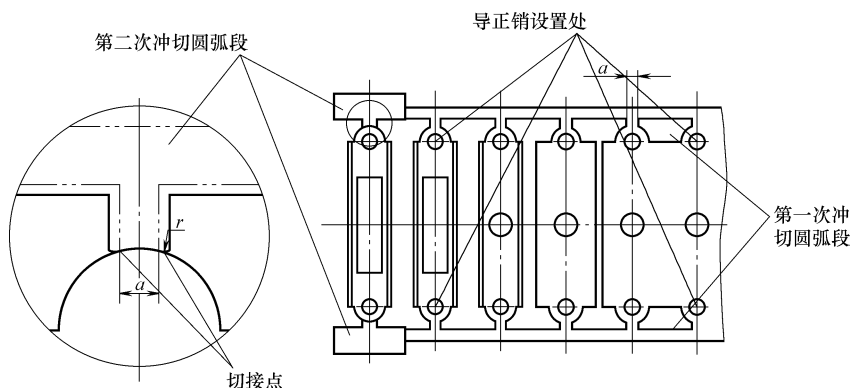


图 3-19 切接切废

3.6.3 排样的类型及方法

根据连续模冲压工艺特点、工位间送进方式、排样有无搭边及切除工艺废料方法等，可将连续模冲裁件排样归纳为以下几种类型及排布方法：

(1) 分切组合排样 各工位分别冲切冲裁件的一部分，各工位相对独立，互不相干，其相对位置由模具控制，最后组合成完整合格的冲裁件，见图 3-20a ~ g。

(2) 拼切组合排样 冲裁件的内孔与外形，甚至是一个完整的任意形状冲裁线，都用几个工位分开冲切，最后拼合成完整的冲裁件，虽与分切组合类似，但却不尽相同。其各工位拼切组合，冲切刃口相互关联，接口部位要重合，增加了制模难度，见图 3-21a ~ e。

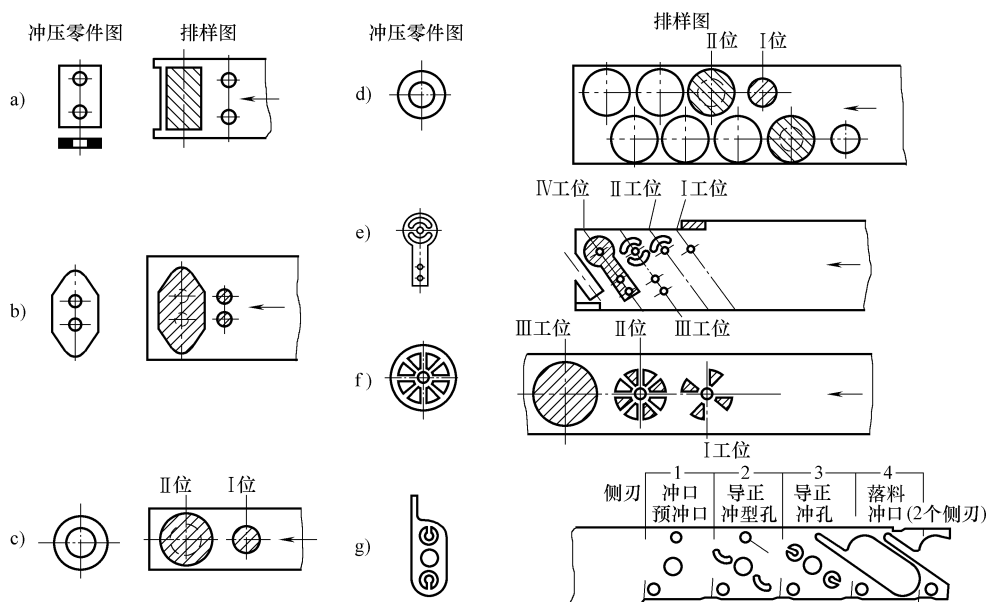


图 3-20 分切组合排样

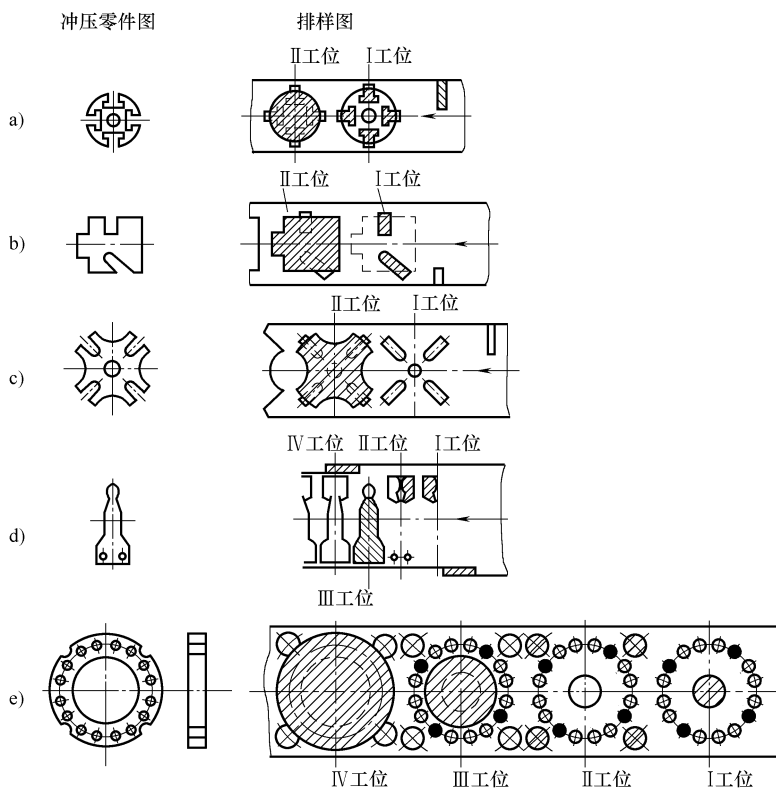


图 3-21 拼切组合排样

(3) 裁沿边排样 用冲切沿边的方法, 获取冲裁件侧边的复杂外形, 即裁沿边排样。当冲切沿边在送料方向上的长度 L 与进距 S 相等时, 即 $L = S$, 则可取代侧刃并承担对送进原材料切边定距的任务。通称这类侧边凸模为成形侧刃。由于标准侧刃品种少且尺寸规格有限, 最大切边长度仅 40.2mm, 当送料进距 $S > 40.2\text{mm}$ 时, 便只能用非标准侧刃了。采用标准侧刃的另一个缺点是, 要靠在原材料侧边切除一定宽度的材料, 形成长度等于送料进距的切口, 对送进原材料定位, 增加了工艺废料, 材料利用率 η 值下降 2% ~ 3%。用侧边凸模裁沿边, 既能完成冲裁件侧边外廓任意复杂外形的冲裁, 又可实现对送进原材料进距限位, 取代标准侧刃, 一举多得, 见图 3-22a ~ d。

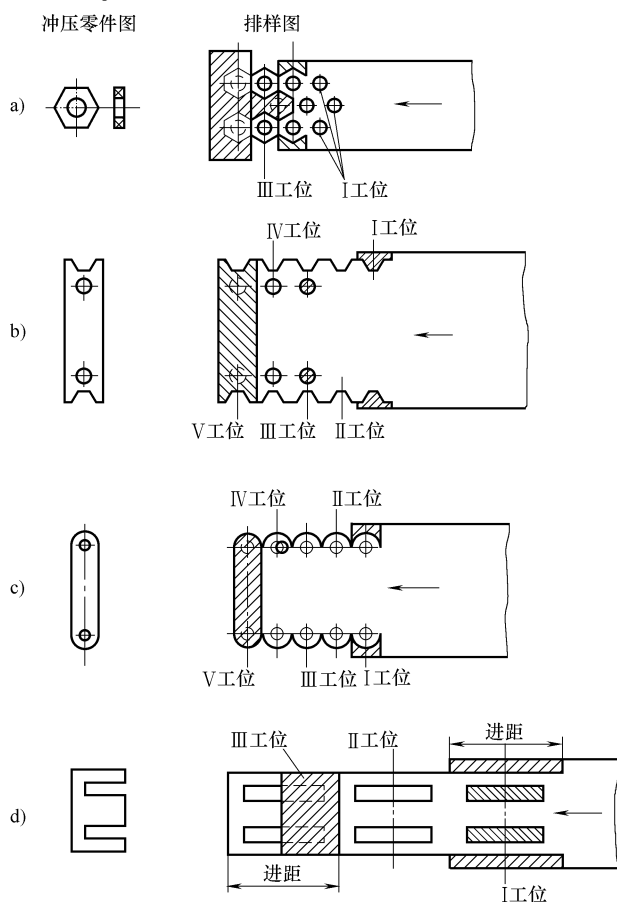


图 3-22 裁沿边排样

(4) 裁搭边排样 对于细长的薄料冲裁件, 与搭边连接的部位, 有复杂形状外廓的长冲裁件, 用裁搭边法冲裁, 可避免细长冲裁件扭曲变形、卸件困难等缺点。比较典型的冲压零件是仪表指针、手表秒针等, 采用上述裁搭边排样, 效果很

好。为了制模方便,有时将搭边放大,便于落料,而作为搭边留在原材料上的冲裁件,最后才切开分离出来,见图 3-23a~e。

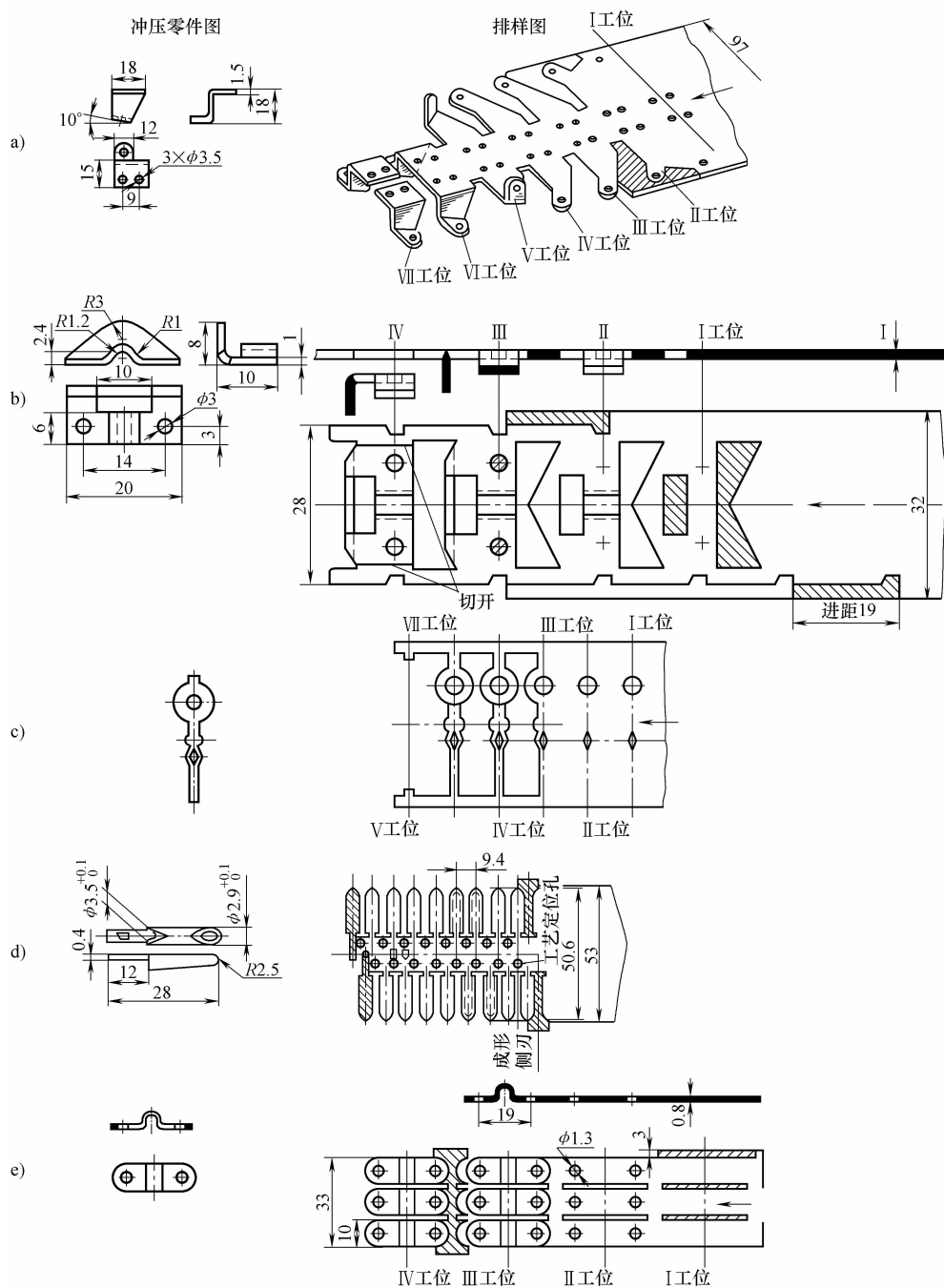


图 3-23 裁搭边排样

(5) 沿边与搭边组合冲切排样 通过分工位逐步冲切沿边与搭边获取成形冲压零件展开毛坯, 并冲压成形的排样称之为沿边与搭边组合冲切排样。诸工位冲去的是工艺废料, 冲压零件留在原材料上, 逐步成形至最后工位分离出模, 见图 3-24a ~ e。

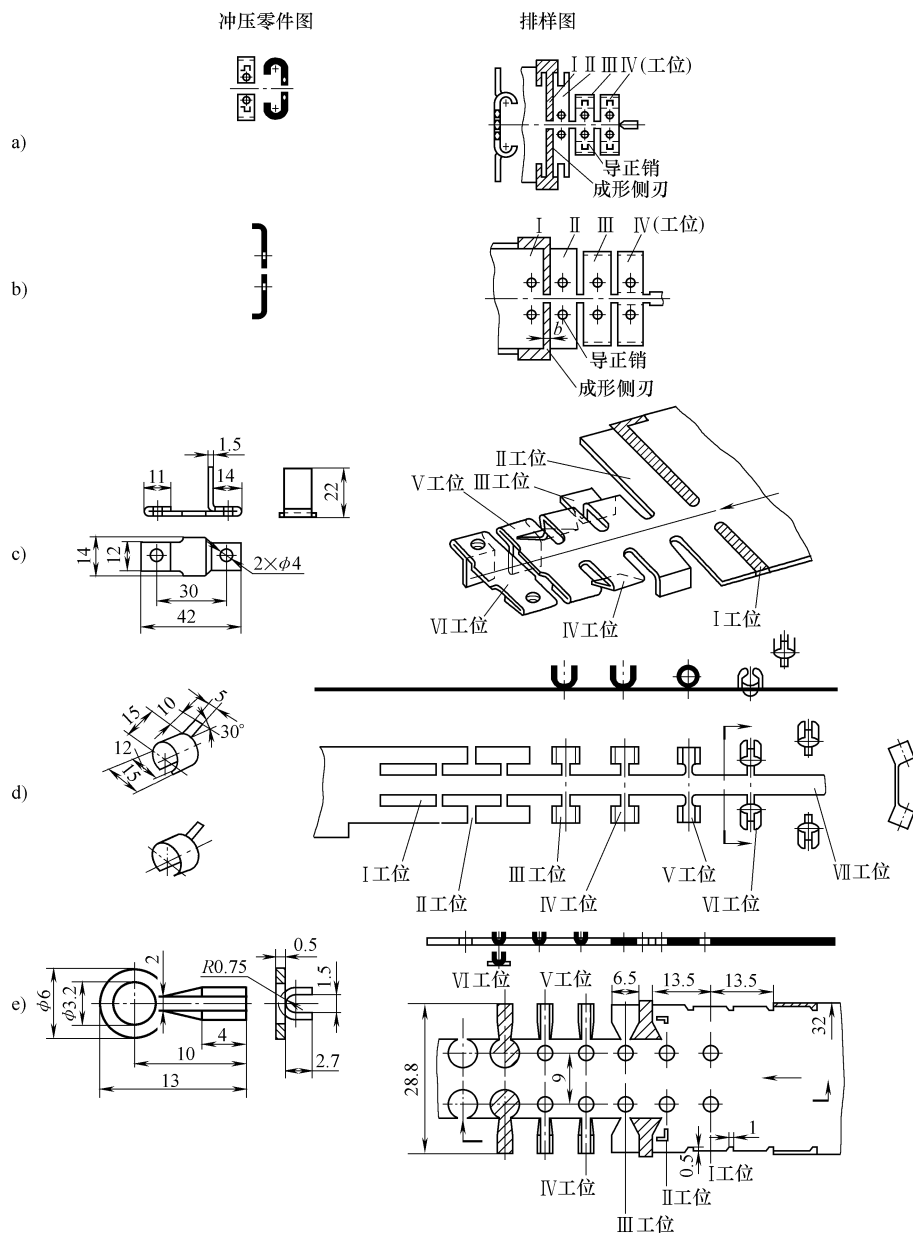


图 3-24 沿边与搭边组合冲切排样

(6) 套裁排样 用大尺寸冲裁件内孔的结构废料，在同一副连续模的专设工位上冲制相同材料更小尺寸的冲压零件，即套裁排样。一般情况下是先冲内孔中的小尺寸工件，大尺寸工件往往在最后工位上落料冲出。由于上下工位无搭边套料，同轴度要求高，送料进距偏差要小才能保证套裁工件尺寸与形位精度，见图 3-25a~g。

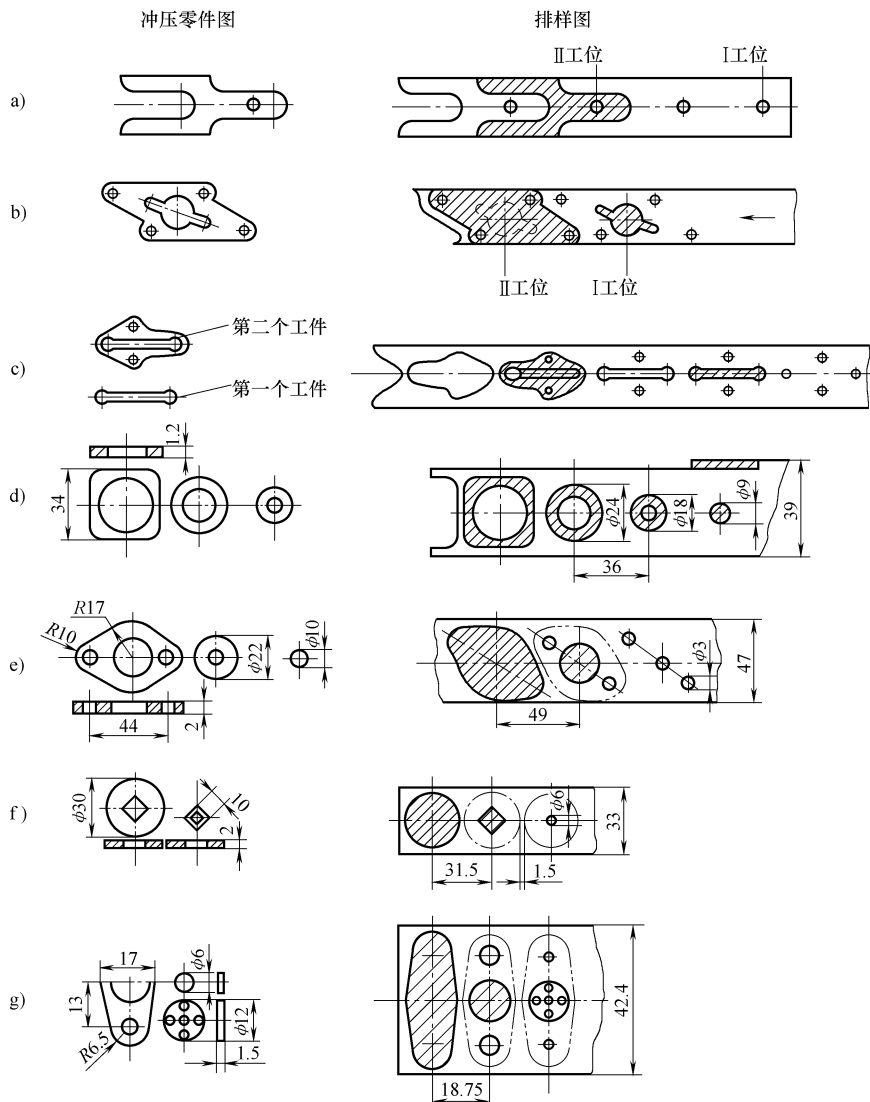


图 3-25 套裁排样

(7) 拼裁排样 利用冲裁件的工艺废料或与沿边相连的结构废料，相互拼合冲制相同材料的零件，即拼裁排样。与套裁排样的区别在于，拼裁是尽量利用工艺废料或多余的沿边与搭边，以及由于冲裁件复杂的外形，凸凹差异大而产生的外沿

结构废料，冲制材质相同的多种冲裁件。排样时，充分利用冲裁件外形凸、凹部分，相互掺叉嵌入拼合排布，使原材料得到充分利用，见图 3-26a ~ c。

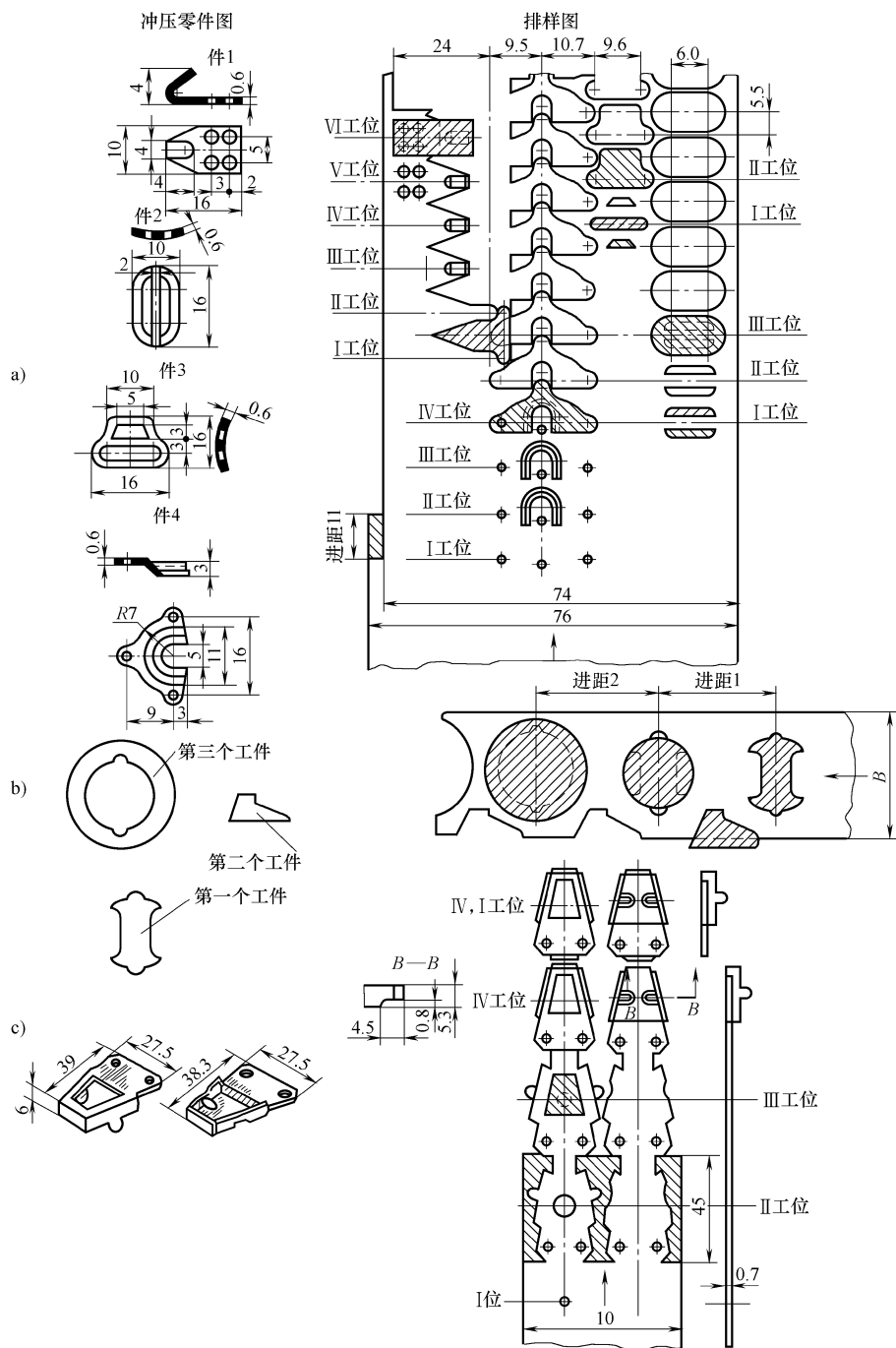


图 3-26 拼裁排样

(8) 无搭边排样与无废料冲裁 由于绝大多数连续模冲压零件, 都采用有沿边、有搭边排样, 只能进行有废料冲裁。如果能进行无沿边、无搭边排样, 同时冲裁件又无结构废料产生, 便可进行无废料冲裁。真正使板材利用率达到或接近 100% 的完全无废料冲裁的冲裁件, 较为罕见, 但凡能进行无搭边排样的工件, 都可进行少废料冲裁。图 3-27a ~ g 所示为用连续模冲制的无搭边排样的工件排样图。

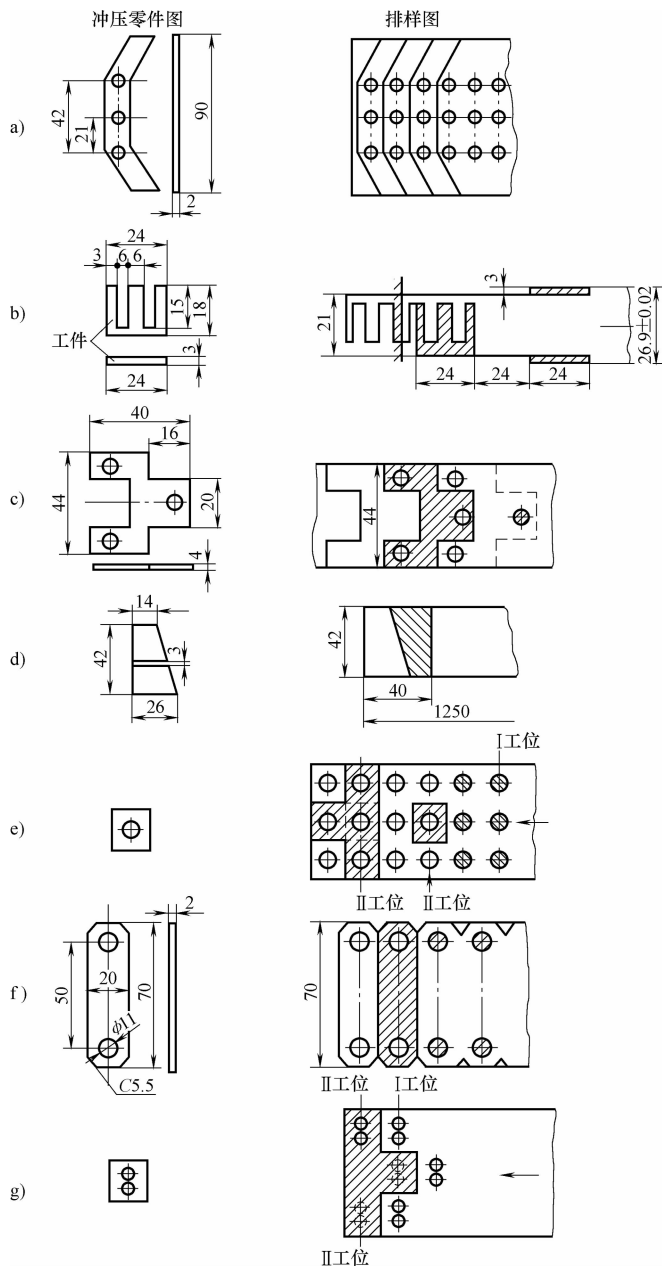


图 3-27 无搭边排样

多数连续模送料方向是在一个平面上沿直线进行,各工位送料是用送进原材料携带。为此,只有将冲压工件一直保留在原材上,供各工位冲压加工,至到加工完成后才从原材料上切断分离出模。用裁搭边法冲制的细长、多枝芽以及外廓多凸台与凹口的平板冲裁件,所用连续冲模一般都用这种连续冲裁方法。其结构的特点之一是,诸工位都在一个平面上且沿送进方向呈一直线布置。

3.6.4 载体设计

载体作用主要是为了消除或减少带料在各工位变形时所产生的相互影响,顺利地将制件运送到各工位进行冲裁、弯曲、翻边、拉深、成形等,保证送进稳定,定位准确。因此,必须保证载体的强度和刚度。要增强条料载体,绝不能单纯地靠增加载体宽度来补救,相反,在设计排样图时应尽量压缩载体部分的材料消耗,以提高材料利用率。因此,依靠合理选择载体形式来达到既保证送进精度,又提高材料的利用率。

根据制件形状、变形性质、材料厚度等情况,载体可有下列形式:

1. 边料载体

这种载体是利用的边废料,在上面冲出导正孔,用它定位进行冲裁、弯曲、拉深、成形等各工序,如图3-28所示。

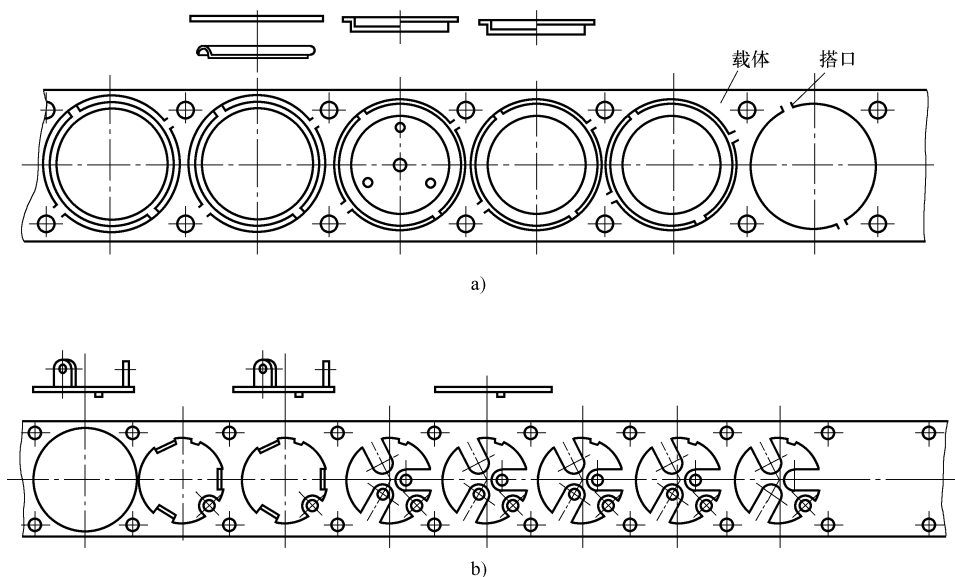


图 3-28 边料载体

a) 浅拉深成形边料载体 b) 弯曲成形边料载体

特点:方法简单,可靠,省料(可多件排样),应用较广。

应用范围:料厚 $t \geq 0.2\text{mm}$;

步距 $S > 20\text{mm}$ 。

2. 原载体

原载体是采用撕口方式，从条料上撕切出制件的展开形状，留出载体搭口，依次在各工位冲压成形的一种载体，如图 3-29 所示。

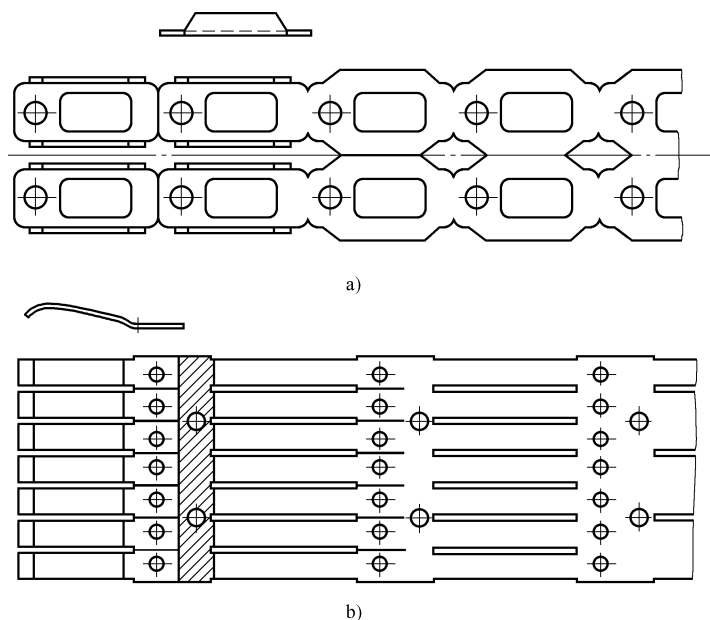


图 3-29 原载体

a) 浅拉深成形原载体 b) 弯曲成形原载体

特点：可多件排样，适合薄料，但需采用拉式送料装置或张紧机构。

应用范围：料厚 $t \leq 0.2\text{mm}$ 。

3. 单侧载体

单侧载体是在条料的一侧设置载体，导正销孔都设计在这单侧载体上，如图 3-30a 所示。

特点：载体刚性欠佳。有时在冲制过程中会产生微小变形而影响送进步距精度。对于细长制件，料厚又较薄，为提高条料送进刚度，在每两个冲压制件间的适当位置上用一小部分材料连接起来，这一小段连接部分为桥接部分，称桥接式载体，这部分材料当冲压到一定工位或到最后切去，如图 3-30b 所示。

应用范围：料厚 $t = 0.2 \sim 0.4\text{mm}$ 。

制件一端有弯曲或有几个方向上有弯曲的场合。

4. 双侧载体

双侧载体是在条料的两侧都设计有载体，被加工制件连接在两载体之间，如图 3-31 所示。

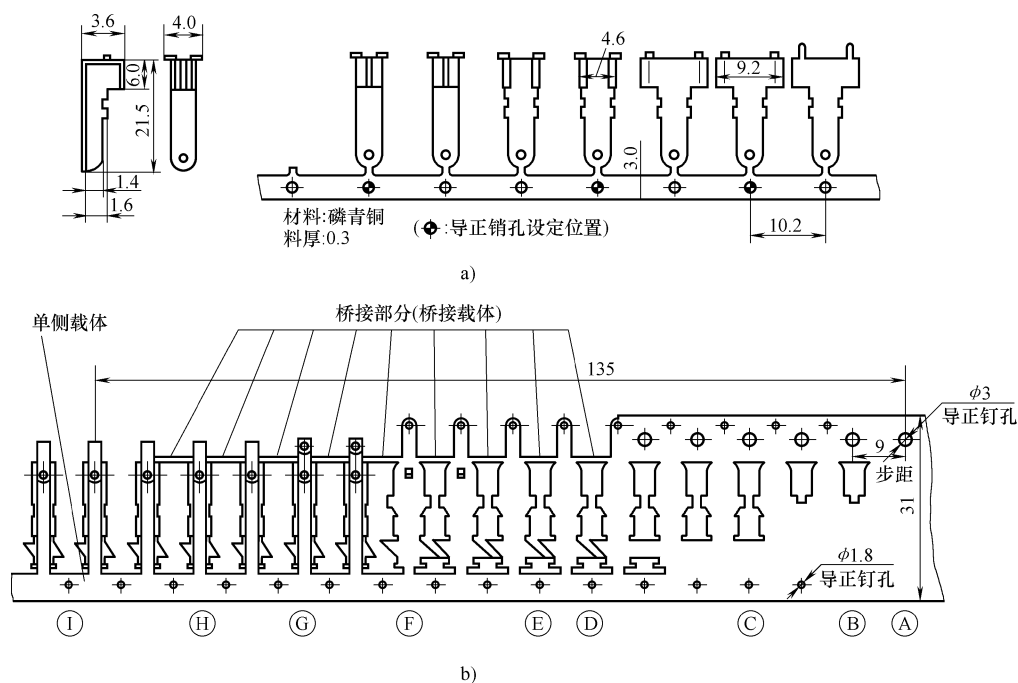


图 3-30 单侧载体

a) 单侧载体 b) 单侧载体带有桥接载体

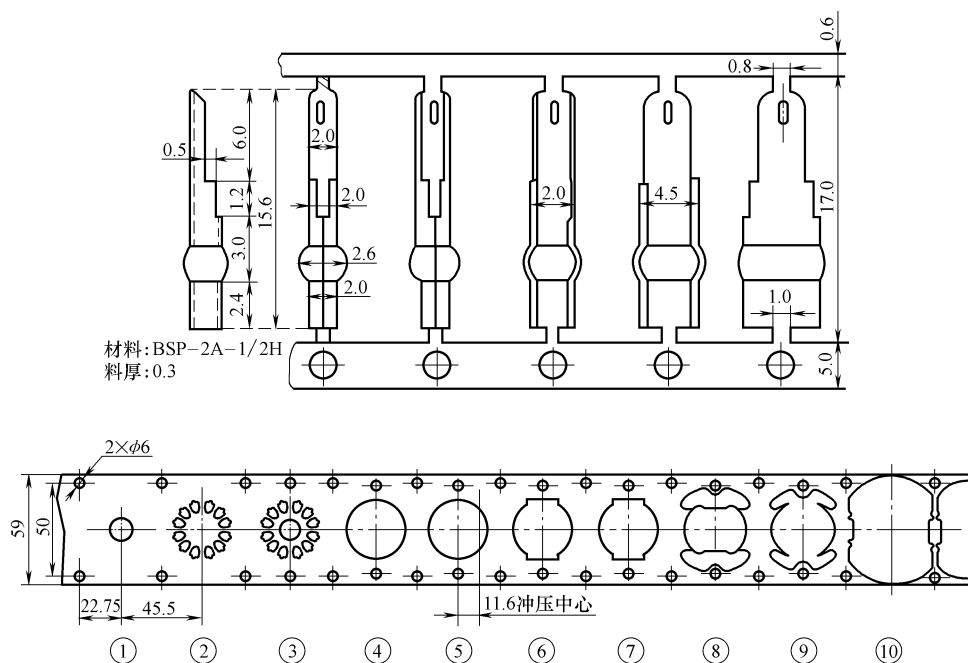


图 3-31 双侧载体

特点：条料送进平稳，定位精度高，材料利用率低。一般均为单排。

应用范围：薄料、制件精度要求高；

料厚 $t < 0.2\text{mm}$ ；

工位数多（可大于 15 个）。

双侧载体可分为等宽双侧载体和不等宽双侧载体。等宽双侧载体如图 2-3 所示。在双侧均可设置导正孔，且对称分布，所以其定位精度很高，可用于冲裁、弯曲、拉深及成形等多工位级进模。不等宽双侧载体，在较宽一侧设置导正孔，这较宽的一侧载体叫主载体，较窄的一侧载体称副载体。副载体可在冲压过程中切去，便于进行侧向冲压。

5. 中间载体

载体在条料的中间称中间载体。它具有单侧载体和双侧载体的优点，可节省大量的材料。中间载体适合对称性零件的冲制，最适合对称且两外侧有弯曲的制件，这样有利于抵消两侧压弯时产生的侧向力，如图 3-32a 所示。

对一些不对称的单向弯曲的制件，以中间载体将被冲件排列在载体两侧，变不对称排样为对称排样，如图 3-32b 所示。

根据制件结构，中间载体可为单载体，也可有双载体。

应用范围：料厚 $t = 0.5 \sim 2.0\text{mm}$ ；

工位数可大于 15 个。

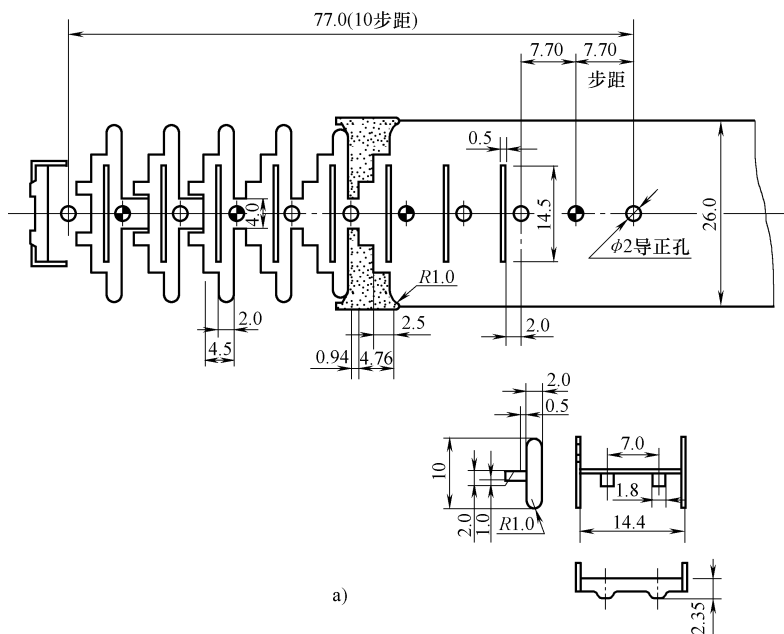


图 3-32 中间载体

a) 中间载体

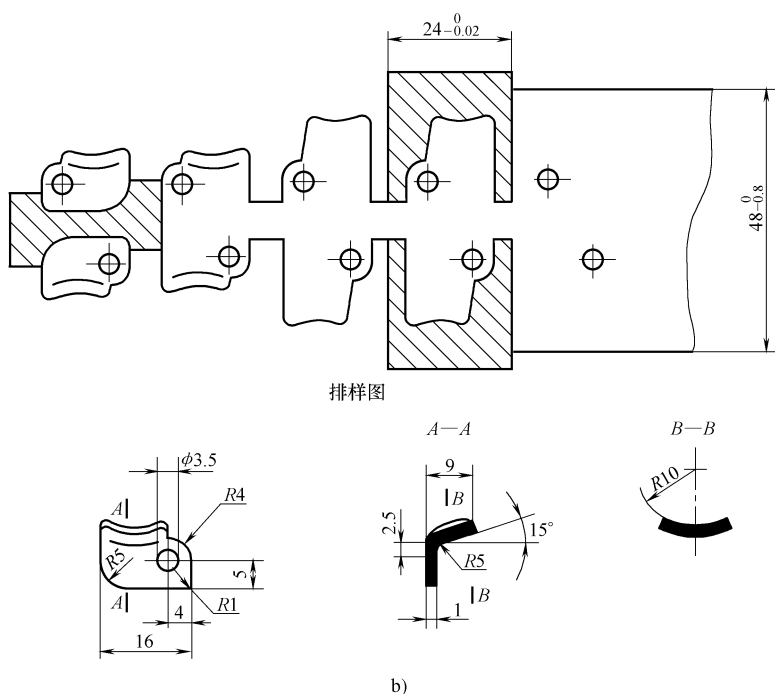


图 3-32 中间载体 (续)

b) 双排排样变非对称为对称排样

6. 载体的其他形式

根据制件特点, 选择上述 5 种较合适的载体后, 有时为了后道工序需要, 对该载体进行必要的改造。一般可采取下列措施进行改造。

1) 在料厚 $t \leq 0.1\text{mm}$ 的薄料冲压时, 可采用压肋和翻边方法加强载体, 防止送料时因条料刚性不足而失稳, 既影响制件的几何形状或尺寸产生误差, 还导致送料阻碍, 无法实现冲压过程的自动化, 如图 3-33 所示。

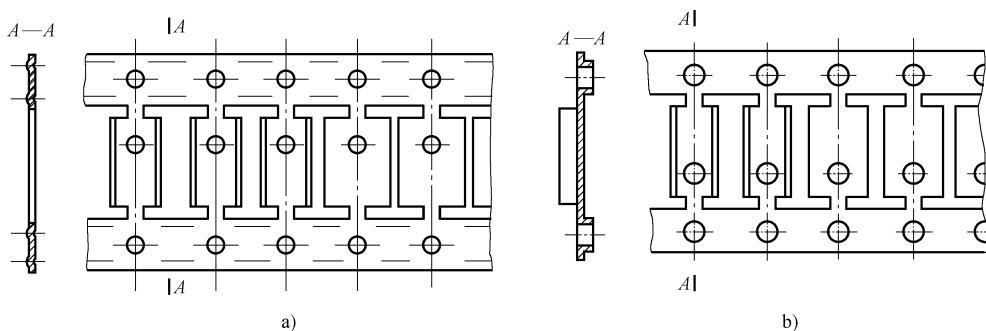


图 3-33 加强载体

a) 加强肋载体 b) 翻边加强载体

2) 在自动冲压时, 为了实现精确可靠的送料, 可以在导正孔之间冲出长方孔, 采用履带式送料, 如图 3-34a 所示。由于多工位级进模工位多, 送料的积累误差随工位数增多而增加, 为了进一步提高送料精度, 可采用误差平均效应的原理来增加导正孔数量, 如图 3-34b 所示。

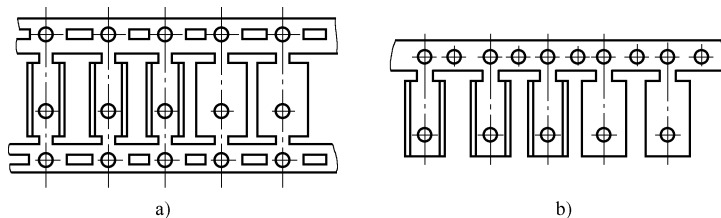


图 3-34 提高送料精度的载体
a) 履带式送料载体 b) 增加导正孔载体

3.6.5 空工位

空工位是指工序件经过时, 不作任何冲切加工的工位。在连续模中设置空工位是为了提高模具强度、保证模具的寿命和产品质量以及模具中设置特殊机构等, 因而应用非常普遍。步距较小时, 设置空工位可以提高模具强度; 当步距较大时 (大于 16mm), 不宜多设空工位; 精度高、形状复杂的零件冲压, 不宜多设空工位, 以减少总工位数; 用导正销进行精定位时, 可适当多设空工位。

3.6.6 条料排样图设计步骤

由于工件在条料上的排列方式是多种多样的, 要逐一比较材料的利用率, 手工计算是比较困难的; 单凭经验, 要对千变万化的无规则的工件形状, 一次确定其最佳排样方案更加困难。利用计算机排样可实现优化排样。计算机优化排样与手工设计有相同之处, 即计算机优化排样也是将制件的条料沿条料送进方向作各种倾角的布置, 然后分别计算出各种倾角下制件实际占用面积与条料面积之比, 从中找出最大的材料利用率, 从而初步确定该倾角状态下的排样方案最佳。为此, 下面介绍手工排样图设计的步骤, 至于计算机优化排样见 8.2 节介绍。

手工排样设计的步骤如下:

1. 初步确定条料排样方案

采用有废料还是少废料排样, 在条料上布置采用普通单排、对头单排、普通双排还是对头双排, 初步确定下来。

2. 绘制制件图样

按原来制件图样重新绘制。如制件太小, 可放大比例。用细实线绘制制件轮廓。制件的各部分全部绘出, 但不标注尺寸。此图样供绘制排样图用。

3. 绘制制件展开图

制件展开图的展开尺寸经过计算，并做工艺性试验，然后进行修正确定。制件的展开图应按上述制件图同一比例绘制，用细实线绘制，同样不标尺寸，供绘制排样图使用。

4. 绘制排样图

绘制排样图时最好选用米格透明描图纸，也可选用一般描图纸绘制。其顺序：

1) 划排样基准线。根据已绘制的制件图样、展开图的形状、特点，按已初步确定的排样方案定出排样基准线。排样基准线应与米格线的一个方向平行。

2) 确定步距尺寸。以排样基准线为基准，在排样图上绘制件展开图形，这样可确定步距尺寸。在每个制件展开图上反映出切除的余料形状，从而确定冲切每段形孔形状和具体尺寸，但要各段间搭接后冲出轮廓能光滑连接。

3) 进行工序分解及有关的工艺计算。分析制件图形，对弯曲、拉深及其他成形加工进行工序分解，分解后确定各工位的加工内容和工位数。拉深工艺需确定拉深次数、每次的拉深直径、拉深高度和圆角半径等。

4) 按工位次序和各工位内容，用米格纸绘出各工位型孔，考虑凸、凹模安装或凹模强度留有必要的空工位。

5) 设计载体，并确定导正孔数量、直径和在条料上的位置，确定侧刃数量和位置，从而确定条料宽度。多工位级进模用条料的下偏差及导料板与条料间隙推荐值见表 3-13。

表 3-13 条料下料偏差及导料板与条料间隙 (单位: mm)

条料宽度 <i>B</i>	条料厚度 <i>t</i>							
	~0.3		0.3 ~ 0.5		0.5 ~ 1.0		> 1.0 ~ 1.5	
	条料允差	间 隙	条料允差	间 隙	条料允差	间 隙	条料允差	间 隙
≤30	-0.20	+0.10	-0.30	+0.15	-0.30	+0.15	-0.40	+0.20
30 ~ 50	-0.30	+0.10	-0.30	+0.15	-0.40	+0.20	-0.40	+0.25
50 ~ 80	-0.30	+0.15	-0.40	+0.20	-0.40	+0.20	-0.50	+0.25
80 ~ 120	-0.40	+0.15	-0.40	+0.20	-0.50	+0.25	-0.50	+0.30
120 ~ 150	-0.40	+0.20	-0.50	+0.25	-0.50	+0.25	-0.60	+0.30
150 ~ 200	-0.50	+0.20	-0.50	+0.25	-0.60	+0.30	-0.60	+0.35
200 ~ 250	-0.50	+0.25	-0.50	+0.30	-0.60	+0.30	-0.70	+0.35

6) 在绘制好条料排样图后应检查是否有漏冲部位，即能否获得一个完好制件。其方法是各工位加工内容的型孔或加工项目用阴影线或涂色（红或黑）表示。

检查无漏冲后在排样图上标注尺寸、工位序号或有效工位代号。

标注的尺寸：条料宽度及公差、步距基本尺寸、载体宽度、导正孔直径等。

5. 方案比较

按上述方法获得不同的排样方案，进行综合分析、比较。如模具体积大小、模具结构复杂程度、型孔及凸模制造难易程度、材料利用率、生产率等，然后归纳得出最佳方案，作为本制件的多工位级进模排样图。

由于排样的目的是为了获得最佳排样图，即毛坯在条料上的最佳布置，寻找最大的材料利用率。但往往又会出现材料利用率高的方案又不是最佳方案的情况。因为材料利用率受条料宽度、步距、模具合理化设计及弯曲线与条料轧制纤维方向的关系等因素的约束有关。

上述手工绘图速度慢，计算又不太精确，进行综合分析和比较都很困难。特别对形状十分复杂的制件要获得十分合理的条料排样图就更为困难。

3.6.7 步距精度及基本步距的确定

设计多工位级进模时，要合理地确定步距的基本尺寸和步距精度。

1. 常见排样的步距基本尺寸（见表 3-14）

表 3-14 步距的基本尺寸

排样方式 (自右向左送料)		
步距基本尺寸	$S = A + M$	$S = B + M$
排样方式 (自右向左送料)		
步距基本尺寸	$S = \frac{M + B}{\sin \alpha}$	$S = A + B + 2M$

2. 步距精度

步距的精度直接影响冲件精度。步距精度越高，冲件精度也越高。但步距精度

过高，将给模具制造带来困难。影响步距精度的主要因素有：制件的精度等级、制件形状的复杂程度、制件的材质、材料厚度、模具的工位数，以及冲压时条料的送进方式和走距方式等。

由实践经验总结出多工位级进模的步距精度可由下式确定：

$$\delta = \pm \frac{\beta}{2 \sqrt[3]{n}} k \tag{3-21}$$

式中 δ ——多工位级进模步距对称偏差值；
 β ——制件沿条料送进方向最大轮廓基本尺寸（指展开后）精度提高三级后的实际公差值；
 n ——模具设计的工位数；
 k ——修正系数，见表 3-15。

表 3-15 修正系数 k 值

冲裁间隙 Z (双面)/mm	k 值	冲裁间隙 Z (双面)/mm	k 值
0.01 ~ 0.03	0.85	>0.12 ~ 0.15	1.03
>0.03 ~ 0.05	0.90	>0.15 ~ 0.18	1.06
>0.05 ~ 0.08	0.95	>0.18 ~ 0.22	1.10
>0.08 ~ 0.12	1.00		

注：1. 修正系数 k 主要是考虑料厚和材质因素，并将其反映到冲裁间隙上去。
2. 多工位级进模因工位的步距累积误差，所以标注模具每步尺寸时，应由第一工位至其他各工位直接标注其长度，无论这长度多大，其步距公差均为 δ 。

例题 3 如图 3-35 所示的工件，经展开后沿送料方向的最大轮廓尺寸是 13.85mm，排样图共分 8 个工位。设图样规定制件精度等级为 IT14，将 IT14 提高四级精度，则尺寸 13.85 的 IT10 级公差值为 0.07mm，模具的双面冲裁间隙为 0.031mm（查表 3-6）。求此多工位级进模的步距偏差值。

解：已知 $\beta = 0.07\text{mm}$ ， $n = 8$ ，由双面间 $Z = 0.031\text{mm}$ ，查表 3-15 得 $k = 0.09$ ，代入公式

$$\begin{aligned} \delta &= \pm \frac{\beta}{2 \times \sqrt[3]{n}} \times k \\ \text{得} \quad \delta &= \pm \frac{0.07}{2 \times \sqrt[3]{8}} \times 0.90\text{mm} \\ &= \pm 0.016\text{mm} \end{aligned}$$

这副多工位级进模的步距公差为 $\pm 0.016\text{mm}$ 。在图 3-35 的凹模图中，从第一工位到其余几个工位工作型孔的孔距均应标注 $\pm 0.016\text{mm}$ 的公差。

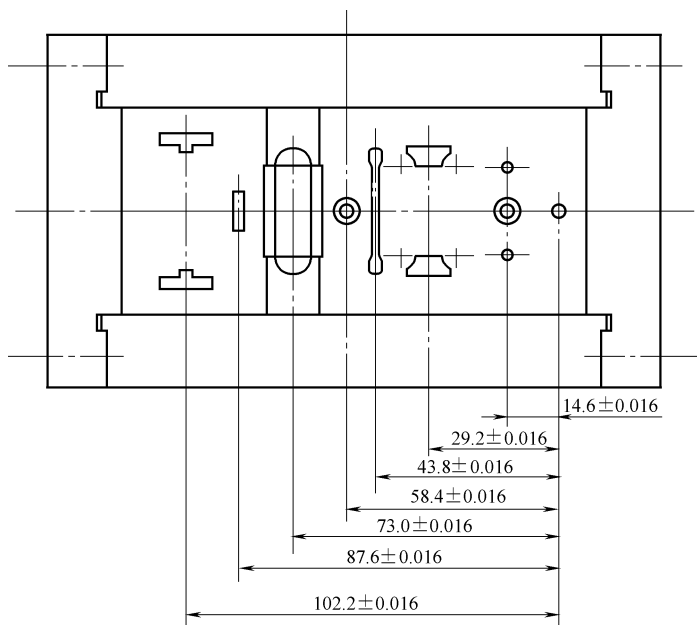


图 3-35 多工位级进模凹模步距尺寸与公差标注

例题 4 图 3-36 所示零件图、工步图及其排样图，其展开轮廓最大宽度为 2.8mm，材料为 20 钢，板料厚度为 0.3mm，工位数为 20。求此多工位级进模的步距偏差值。

解：因图中尺寸均为未标注尺寸公差，作 IT14 处理，提高四级，查公差表，其公差值为 0.04mm。即 $\beta = 0.04\text{mm}$ ， $n = 20$ ，双面间隙 $Z = 0.014\text{mm}$ ， $k = 0.085$ 代入公式

$$\begin{aligned}\delta &= \pm \frac{0.04}{2 \times \sqrt[3]{20}} \times 0.85 \\ &= \pm 0.0063\text{mm} \\ &\approx \pm 0.006\text{mm}\end{aligned}$$

这副多工位级进模的公差为 $\pm 0.006\text{mm}$ ，公差值较小，当工位较多时，步距公差值就更小，甚至只有几微米。生产中，这样计算的步距公差是能满足中压要求的。只要模具结构设计合理，采用合理的制造工艺和采用较先进的设备，是完全能够制造成功的。

采用本公式设计计算的步距公差值，必须用导正销精确定距，才能使冲压生产顺利进行。

公式经实践证明，冲压件的材料厚度为 0.2 ~ 1.2mm，制件包含有冲裁、弯曲、拉深、整形等冲压工序，制造精度在 IT11 ~ IT14 时，都能保证获得合格的制

件,该排样为无废料排样,材料的利用率达 100%。采用双侧刃定距,工位①冲下的两长方条即为图 3-37a 制件,山字形制件则分别由落料和切断工位同时获得。排样共设 4 个工位,第 2 个工位为空位。

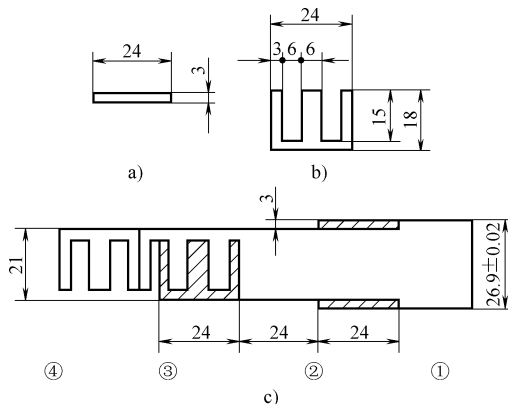


图 3-37 硅钢片

a)、b) 零件图 c) 排样图

2. 外链板

图 3-38a 所示为摩托车用精密滚子链的外链板,材料为冷轧钢带 40Mn,料厚 2mm。该制件的 2 个孔径、孔中心距、外形等精度都要求较高,且两孔的断面光亮带要求大于 70%,孔与外圆的同轴度误差不大于 0.06mm,片子的平面度也有一定要求。传统的工艺采用复合模或级进模冲裁,排样需留搭边,但原材料利用率为 61.2%。采用无搭边斜排样,选用 1000kN 高速压力机可一次冲 6 件,为使模具结构紧凑合理,排样设计如图 3-38b 所示。

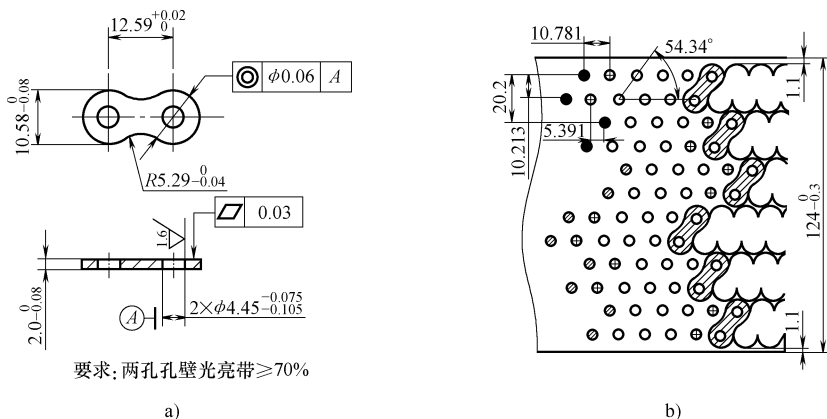


图 3-38 外链板

a) 零件图 b) 排样图

该排样的工序安排为先精冲内孔，考虑模具强度，空4个工位后再落料，落料是在非封闭情况下完成的。料宽取124mm。

该排样设计的优点：采用斜排后使排样紧凑合理，材料利用率高，经测算材料的利用率达74.2%。此外，废料连为整体，易清理回收。

该排样设计的缺点：由于斜排，使链板与送料方向成一夹角，每排孔的中心坐标都不一致，而链板两孔中心距要求又很高，从而提高了模具制造难度。

3. 隔离片

如图3-39a所示为隔离片，材料镀镍铁带，料厚0.2mm。该制件的外形、窄槽、中间长方孔都很小，采用复合模比较困难，采用级进模排样时，需考虑窄槽和小长孔、外形等如何合理分解冲成才好。图3-39b排样共设3个工位，侧刃定距。第①工位冲中间的长方孔和制件左右两边的窄槽；第②工位冲制件的上下两头凹形废料；最后工位为落料。

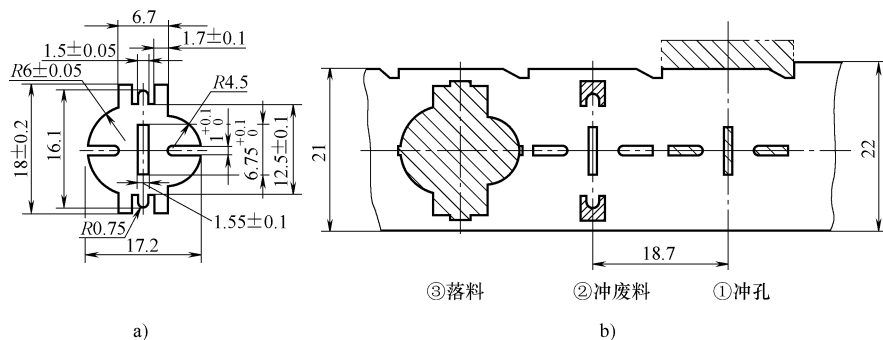


图3-39 隔离片

a) 零件图 b) 排样图

4. 盖

如图3-40a所示零件盖，是用厚0.8mm的10钢板冲压而成的，经计算可以不经过中间退火而进行连续拉深。图3-40b排样共设6个工位：第①工位冲工艺切口 $\phi 55\text{mm}$ ；第②、③、④工位分别为一次拉深、二次拉深、三次拉深；第④工位整形，对底部圆角整形从 $R2.2\text{mm} \rightarrow R1\text{mm}$ ，凸缘处圆角从 $R2.2\text{mm} \rightarrow R1\text{mm}$ ；第⑤工位空步；第⑥工位落料。

5. 止动帽

图3-41a所示止动帽零件，是用厚0.3mm的黄铜板H68M冲压而成的，经计算可以进行连续拉深。图3-41b排样，共设11工位：第①工位冲切双侧刃搭边；第②工位冲工艺切口，图3-41b所示为单边切口，开口方向沿送料方向，开口宽度大于凸缘突边宽度（加搭边）；第③工位空步；第④、⑤、⑥工位分别为一次拉深、二次拉深、三次拉深；第⑦工位整形，底部和凸缘处圆角从 $R0.5\text{mm} \rightarrow 0.2\text{mm}$ ；第⑧工位冲底孔；第⑨工位切凸缘边宽4.6mm；第⑩工位底孔翻边；第⑪工位切断。

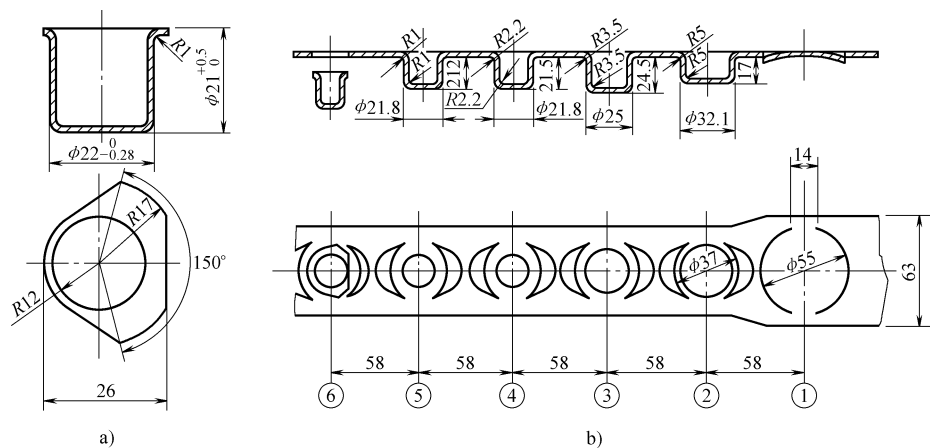


图 3-40 盖

a) 零件图 b) 排样图

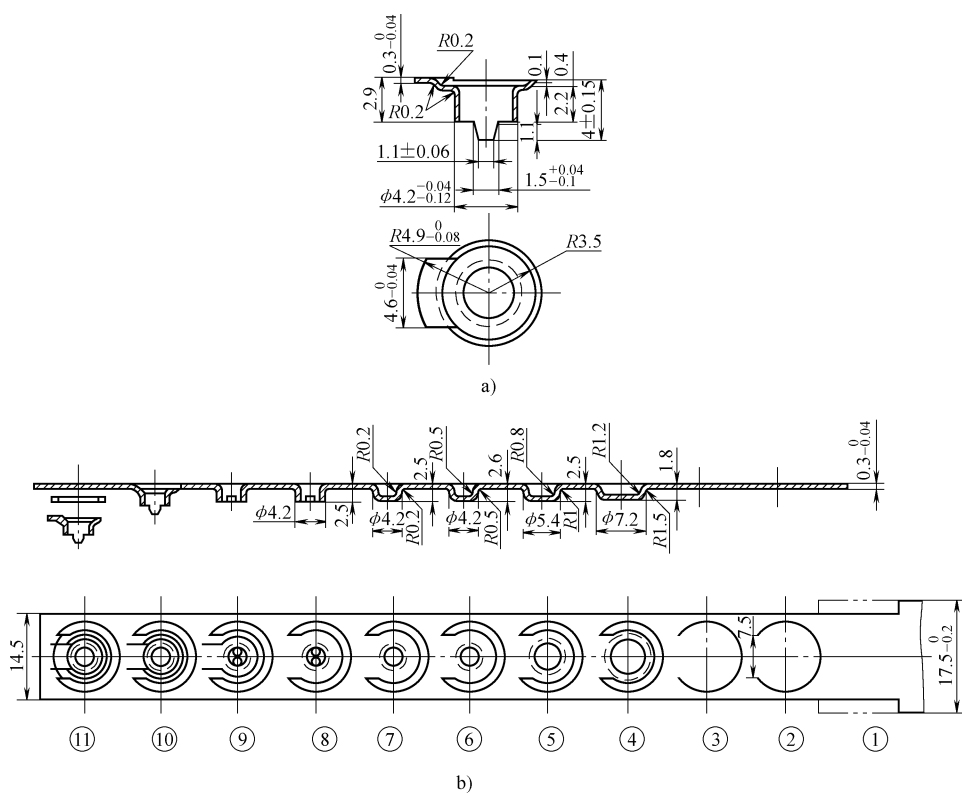


图 3-41 止动帽

a) 零件图 b) 排样图

6. 焊片

图3-42a所示的焊片零件，是用厚0.5mm的H68M黄铜带冲压而成，经计算可以采用连续拉深。为了提高材料利用率，选用双排对排排样方式，见图3-42b。排样共设13工位：第①、②工位冲工艺切口两次；第③~⑧工位六次连续拉深；第⑨工位整形（底部 $R1\text{mm} \rightarrow R0.5\text{mm}$ ）；第⑩工位冲底孔；第⑪工位整形；第⑫工位空步；第⑬工位落料。

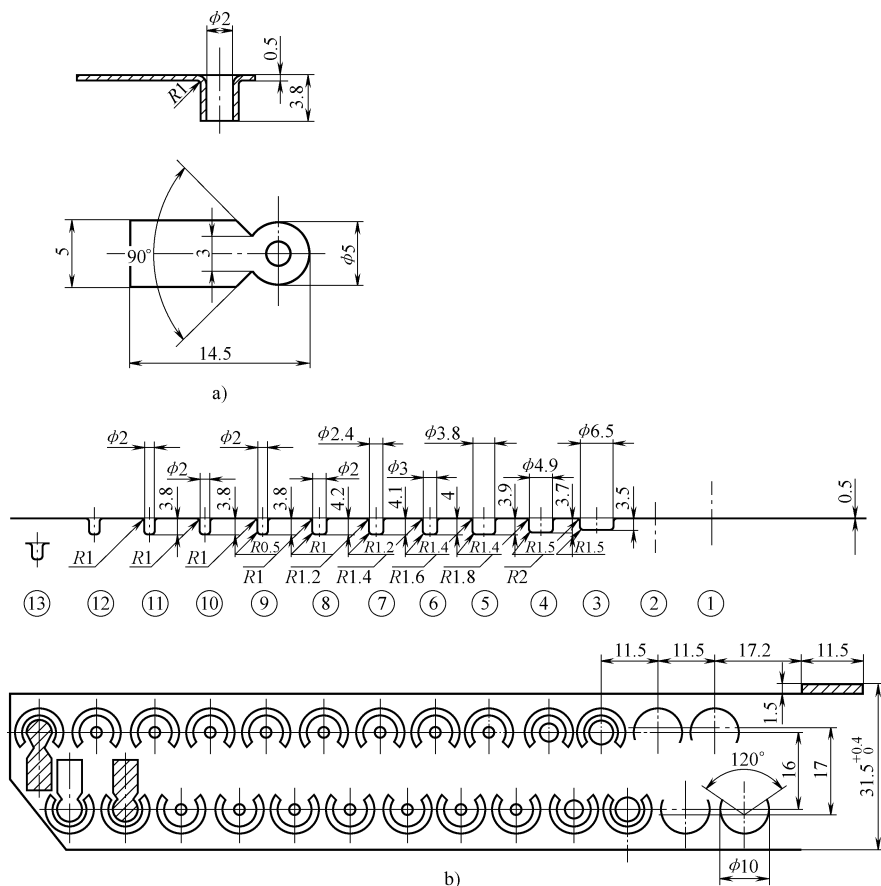


图3-42 焊片

a) 零件图 b) 排样图

7. 铁心片

图3-43a、b所示为铁心片Ⅰ、Ⅱ两个工件，材料都是硅钢片，料厚 $t = 0.5\text{mm}$ 。由于两个工件尺寸的特殊关系，将工件Ⅰ和工件Ⅱ采用混合排样在一副级进模中冲出比较理想，材料的利用率达到75%。

排样如图3-43c所示，共设3个工位：第①工位将两个工件上的大小孔（含导

正销孔共 20 个) 都冲出, 虽然孔不少, 但都是圆孔, 孔间距离都比较适当, 安排在同一工位不但对提高制件质量有好处, 而且对模具制造与装配影响不大; 第②、③工位是冲落两个制件。模具采用对称双侧刃和两个导正销定距。

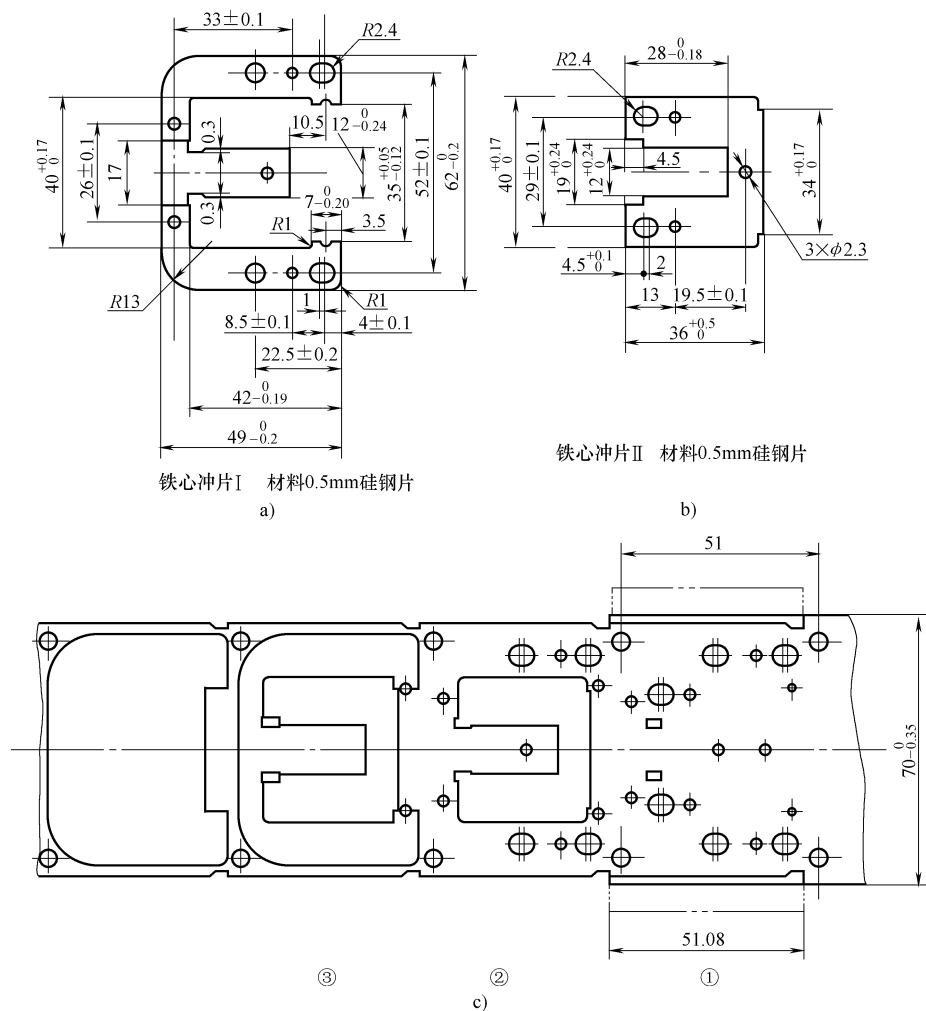


图 3-43 铁心片

a)、b) 零件图 c) 排样图

8. 定子片、转子片

微型电动机的定、转子片在使用中所需的数量相等, 批量都很大, 转子的外径又比定子内径小, 尺寸精度要求较高, 故适合多工位级进模生产。图 3-44 所示为微型电动机定、转子片中的一种采用级进模冲的排样, 材料为厚 0.3mm 的硅钢带料, 采用自动送料, 导正销定位。

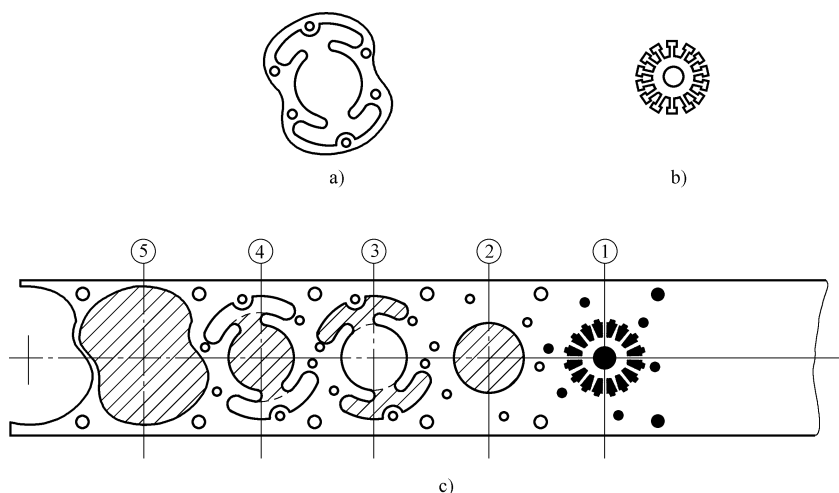


图 3-44 定、转子片

a) 定子片 b) 转子片 c) 排样图

图示排样设有 5 个工位：工位①为冲 2 个导正销孔，冲定子上左右两端 4 个孔和上下 2 个小孔共 6 个孔，冲转子片各槽孔和中心轴孔；工位②为转子片落料；工位③为冲定子片两端异形槽孔；工位④为冲定子片中间的内孔；工位⑤为定子片落料。

9. 按钮套

图 3-45a 所示按钮套零件，是用厚 0.4mm 的 H62 黄铜冲压而成的。

1) 零件属圆筒形件拉深，其底部可通过在拉深过程的预成形→最后成形获得，即四次拉深加一次整形。第三次拉深时，将工序件底部预成形，见图 3-45b 排样图。三次拉深系数为 $m_1=0.63$ ， $m_2=0.81$ ， $m_3=0.84$ 。按以上成形工艺分析后，计算毛坯直径为 33.5mm。

2) 冲压工艺顺序：冲二导正孔→切双圈→空位→空位→一次拉深→空位→空位→二次拉深→三次拉深→四次拉深→整形→落料→空位→空位→切断。

10. 晶体管引线框

如图 3-46a 所示，为带有载体的一个晶体管引线框，材料为厚度 0.3mm 的锡磷青铜带。根据生产需要，每 20 个引线框为一个单元。因此要求每冲出 20 个引线框切成一长条来进行生产。而排样还是按完成一个引线框的冲压工作设计，只是在模具结构上要考虑每冲 20 个引线框后有一次切断动作，使冲下来的长条框架保持一定长度和规定的 20 个引线。

图 3-46b 所示为晶体管引线框排样。根据制件的形状特点，采取分段交叉切去废料、制件和载体连在一起的排样，共设 8 个工位：第①工位侧刃定距并冲出导正销孔；第②~⑦工位为冲废料；第⑧工位为将左边的两根引线端头压扁至一定厚度。

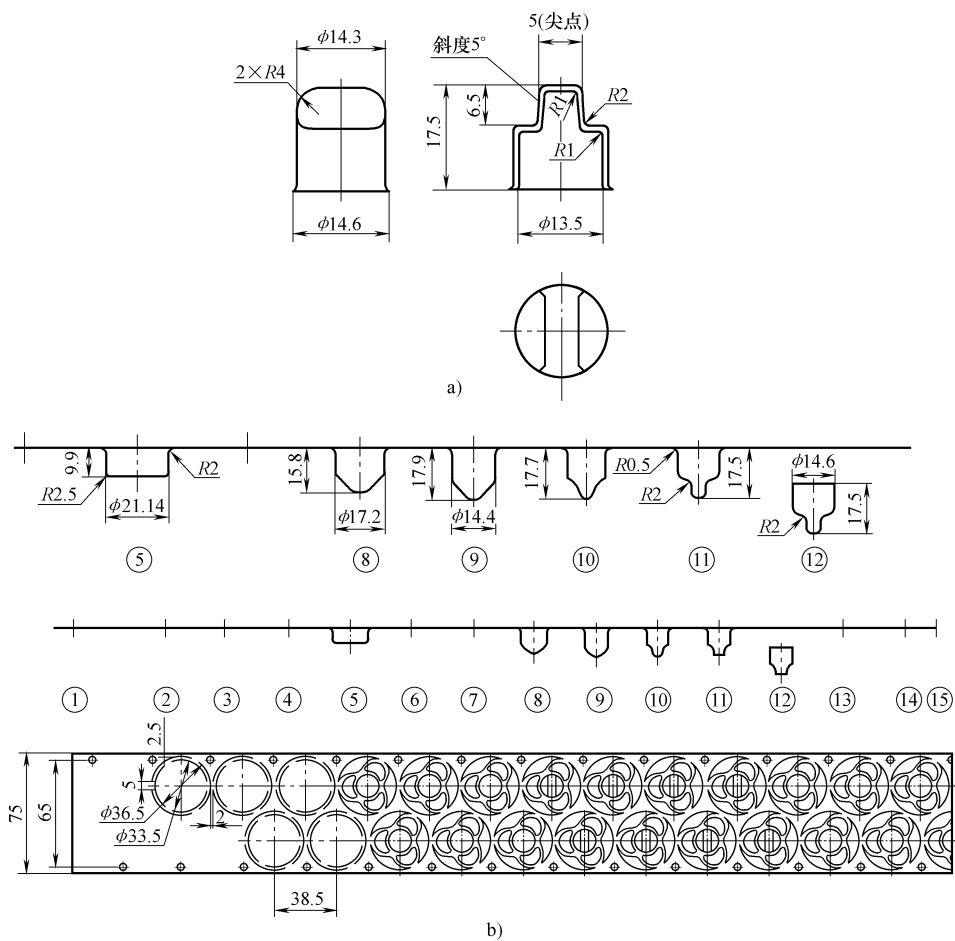


图 3-45 按钮套

a) 零件图 b) 排样图

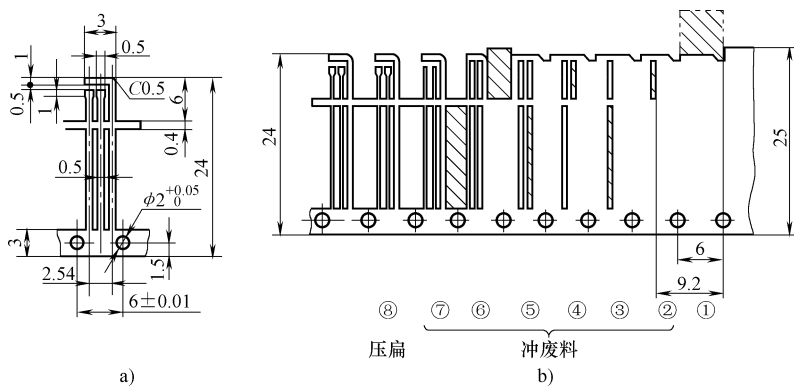


图 3-46 晶体管引线框

a) 零件图 b) 排样图

11. 二极管引线框

图 3-47 所示为二极管引线框（材料为 H68y2，料厚 0.6mm）双排样，采用双侧刃粗定距，导正销精定位，设有 8 个工位。与晶体管引线框排样原理相同，根据制件的形状特点，也采取分段交叉冲去废料的方法，使制件和载体连在一起，每冲成 20 个二极管引线框为一单元，模具也设有一个切断装置，完成 20 个有一切断动作。

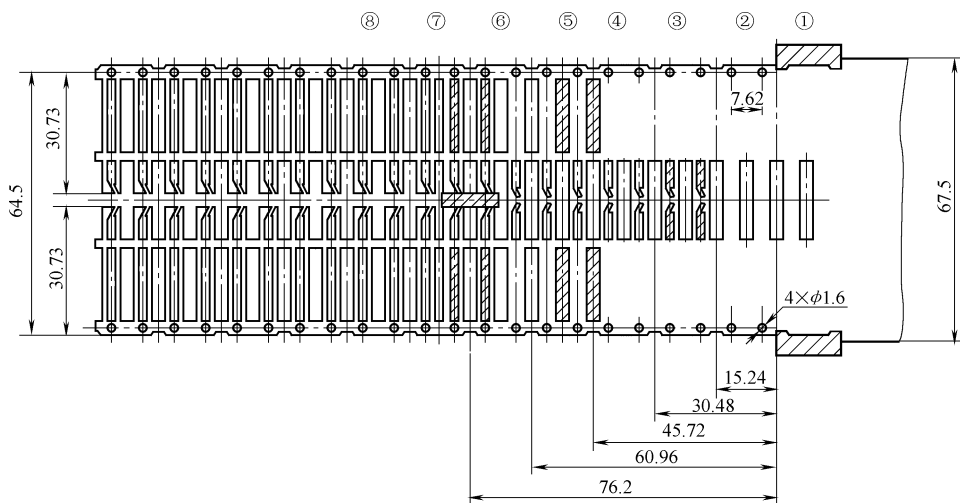


图 3-47 二极管引线框排样

12. 14 脚 IC 引线框

图 3-48a 所示为 14 脚 IC 引线框。根据引线框的特殊形状，用级进模排样，按引线的悬臂可以竖排，也可以横排。竖排在工位数相同的情况下，凹模的长度相对于横排小些，有利于减小整个模具的外形尺寸，但竖排不利于凹模采用镶拼，而且竖排对送料精度要求较严，左右送料稍有误差对引线的宽窄影响较大。采用横排，可克服竖排的缺点。比较而言，采用横排更为合理，以后的生产一直采用横排，如图 3-48b 所示。

由排样图可知，该制件采用交叉错开冲去废料、留制件、最后落料的方法完成整个引线框的生产过程。设有 6 个工位，双侧刃定距。

引线框的级进模冲制排样，先安排冲裁部分，然后安排精压、整形等。原则上应尽量减少工位数，以缩短凹模长度，提高制模精度。但必须满足模具的强度及留有导正销、检测装置的安装位置，必要时可以考虑空工位。

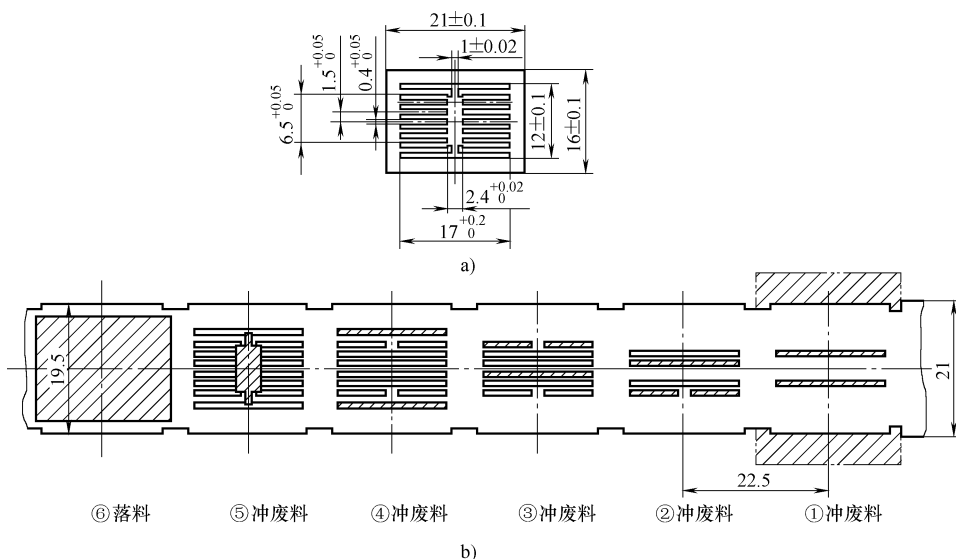


图 3-48 14 脚 IC 引线框

a) 零件图 b) 排样图

13. 16 脚集成电路引线框

图 3-49 所示为集成电路（简称 IC）16 脚引线框架，材料为铁镍合金，料厚 $t = 0.254 \pm 0.01\text{mm}$ 。它由内、外引线两部分组成。外引线相对于内引线较简单，内引线比较复杂，其状细而长，且呈悬臂，尺寸精度和形位公差要求很严，如要求内引线的共面性，内引线的头部与中间的小方形 $2.79\text{mm} \times 3.56\text{mm}$ 装置芯片部位的平行性等，这些都比半导体器件的引线框要求更严。

集成电路引线脚越多，排样也越复杂，模具制造难度也越大。

图 3-50a 所示为 16 脚 IC 引线框的排样。采用辊轴自动送料，导正销精定位，共设 13 个工位，有 7 个工位采用导正销。第 1 工位为冲导正销孔；第 2 工位是检测；第 3 工位至第 11 工位为冲内外引线外的废料，采取交叉式分段冲切方法将内外引线外的多余的余料（也是废料）冲掉，制件则留在载体上。由于凹模是采用镶拼结构，考虑到强度和安装位置，排样的中间有 3 个空工位。第 12 工位是又一次检测；第 13 工位是精压，并按要求切断成一单元为 10 个引线框的长条。

图 3-50b 所示为 24 脚 IC 引线框排样，设 10 个工位。

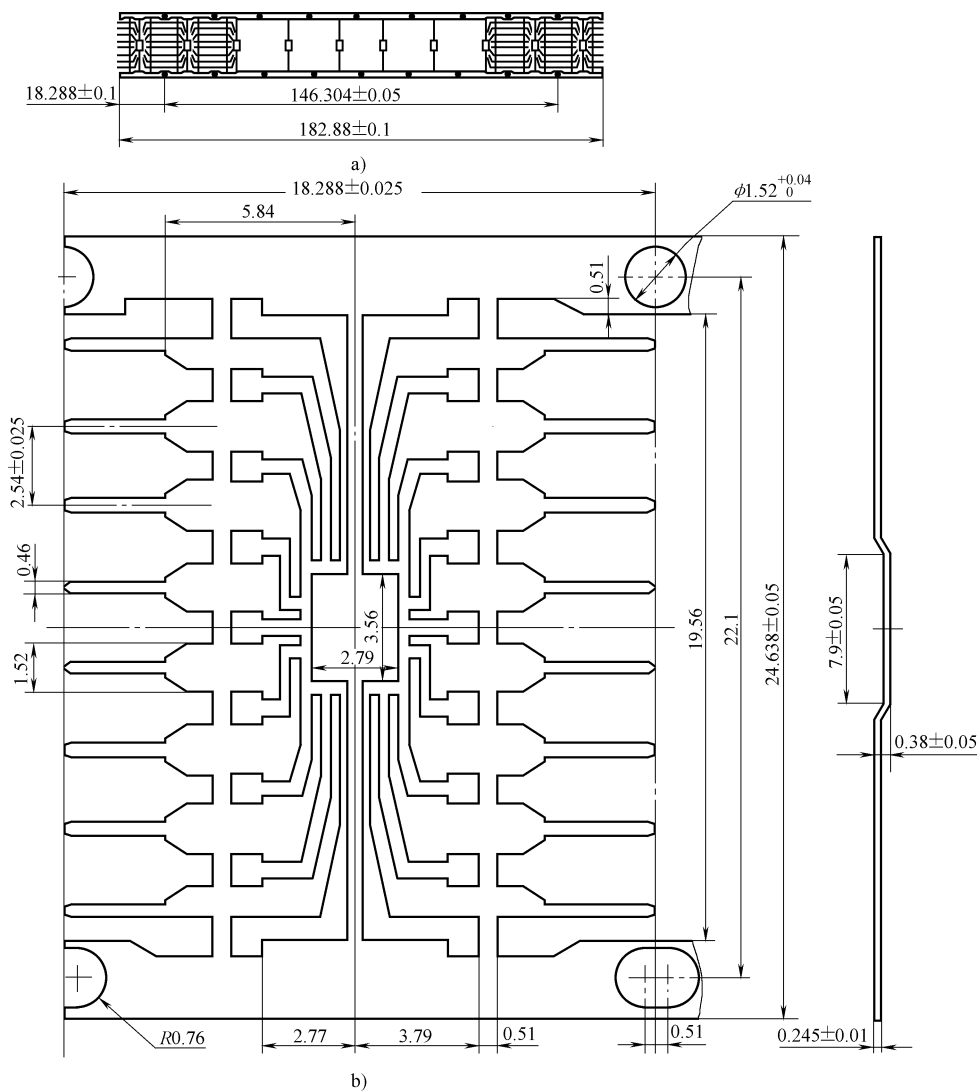


图 3-49 16 脚集成电路引线框架

a) 10 个引线框为一单元 b) 16 脚引线框形状尺寸

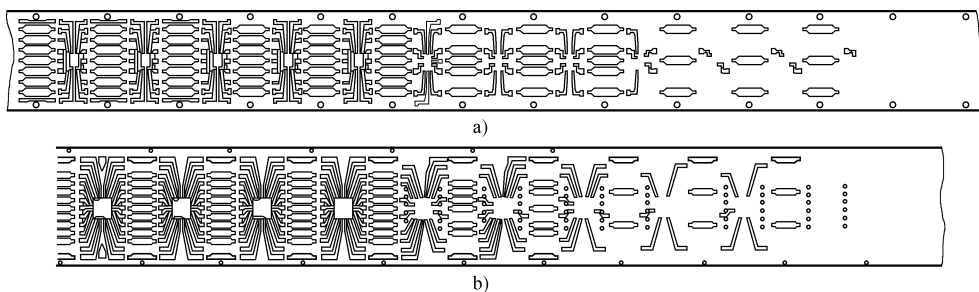


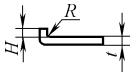
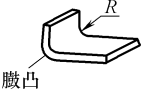
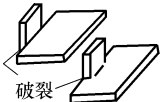
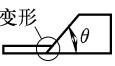
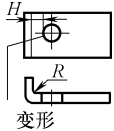
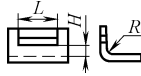
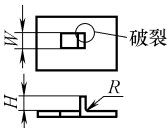
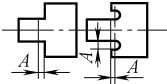
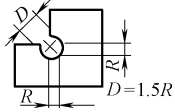
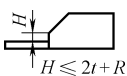
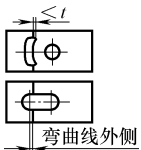
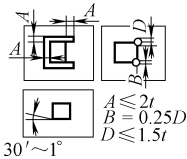
图 3-50 IC 引线框排样

a) 16 脚 b) 24 脚

3.7 弯曲工艺

如果弯曲件的工艺性好,则可以保证弯曲件的精度且节省材料,并能简化弯曲工艺过程和模具结构。表 3-16 所示为弯曲件的一些工艺问题,具体来说主要应考虑以下几个方面。

表 3-16 弯曲工艺性分析主要内容

项目	弯曲件图	毛坯图	弯曲限制
弯边高度		增大 H 弯曲后切至 H	$H \geq 1.5t (R=0)$ $H \geq 2t + R$ (一般)
弯曲区 臃凸		$B = (0.1 \sim 0.5)t$ 	臃凸的程度与 R 的大小有关
止裂			$A \geq R$ $A \geq 2t (R=0)$
			
			$\theta < 60^\circ$ 时不易弯曲
弯边附 近有孔			$H \geq 1.5t + R$
		增大 H	$L \leq 25, H \geq 2t + R$ $25 < L < 50$ $H \geq 2.5t + R$
切舌 弯曲			$W \geq 1.5t$ $H \geq 2t + R$

1. 圆角半径

弯曲件的圆角半径不应小于板料的最小弯曲半径，否则会产生裂纹。但过大的圆角半径会导致很大的回弹，难以保证其精度，各种材料的最小弯曲半径见表 3-17。

表 3-17 各种材料的最小相对弯曲半径 ($r_{\min}/t$)

材 料	退火状态		硬化状态	
	弯曲线方向			
	与轧向垂直	与轧向平行	与轧向垂直	与轧向平行
08,10,Q195、Q215、铝,黄铜(软)	0.1	0.4	0.4	0.8
15,20,Q235	0.1	0.5	0.5	1.0
25,30,Q255	0.2	0.6	0.6	1.2
35,40,Q275	0.3	0.8	0.8	1.5
45,50	0.5	1.0	1.0	1.7
55,60	0.7	1.3	1.3	2.0
65Mn,T7	1.0	2.0	2.0	3.0
硬铝(软)	1.0	1.5	1.5	2.5
硬铝(硬)	2.0	3.0	3.0	4.0
铜	0.1	0.4	1.0	2.0
黄铜(半硬)	0.1	0.4	0.5	1.2
磷青铜			1.0	3.0

2. 弯边高度

弯曲件的弯边高度 h 不应过小，一般保证 $h > (R + 2t)$ ，才能保证零件的精度。

3. 弯曲线位置

须在边缘宽度突变的部分弯曲时，应事先冲出工艺孔或工艺槽以避免撕裂，如图 3-51 所示，弯曲线的位置一般应避免在板料边缘宽度有突变的部位弯曲。

4. 孔槽位置

弯曲时，如果孔、槽位于变形区附近，那么成形后孔就会发生畸变，因此，应使孔在弯曲变形区域之外。从孔边到弯曲中心的距离为：

若 $t < 2\text{mm}$ ， $l \geq t$ ；

若 $t \geq 2\text{mm}$ ， $l \geq 2t$ 。

5. 弯曲件的力平衡

当弯曲件的尺寸形状不能保证在弯曲中受力平

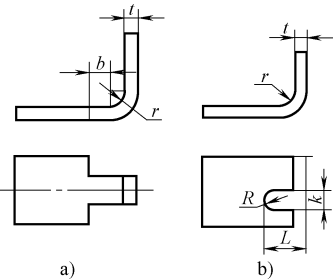


图 3-51 弯曲线的位置

衡时，应采取措施防止滑动；采用工艺孔定位或成对及多件成形，然后切开。

6. 弯曲件的精度

弯曲件的精度受多种因素的影响，可参考相关教科书，表 3-18 及表 3-19 分别为弯曲工艺所能达到的尺寸精度和角度精度，要达到精密级的精度需加整形工序。

表 3-18 弯曲工艺的精度

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

表 3-19 弯 角 精 度

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′ ~ 3°)	± (50′ ~ 2°)	± (50′ ~ 2°)	± (25′ ~ 2°)	± (15′ ~ 30°)
精密级	± 1°	± 1°	± 30′	± 30′	± 20′	± 10′

3.8 级进拉深工艺

级进拉深是指制件在带料上沿着一定方向在一个工位一个工位上连续地拉深变形，冲压出具有一定形状和尺寸要求的管壳或帽形件的一种冲压生产方法。冲压过程中，坯件一直与带料的载体相连，制件完成后，从带料上分离落下。

采用这种方法加工，要求所使用的原材料必须具有很好的压延性，便于塑性变形，适应经多次压延变形，不因冷作硬化而影响拉深成形。这是由于带料在连续的拉深过程中，不允许材料进行中间退火处理而必须具备的工艺性。

适合连续拉深用的材料，最常用的有 08F、10F、黄铜、纯铜、软铝、可伐合金等。

多工位级进拉深每次拉深变形程度比单工序拉深相对小，这是由于多工位级进拉深是在一长的带料上连续进行的，拉深变形时，各工位之间材料相互牵连、相互限制，使材料流动受阻，因此，一次变形量不应太大。这样每次的拉深系数比单工序模取得大一些。拉深次数相对多一些。

适用于多工位连续拉深的制件外径一般在 60mm 以下，料厚常用小于 1.5mm。而且产量必须大，产量小采用多工位级进拉深是不经济的。

拉深件工艺性的好坏直接影响到零件的质量、成本等，拉深件的工艺性分析包括以下几个方面：

1. 连续拉深工艺应用范围

连续拉深生产效率高,适用于大批量生产,在电子、仪表产品零件生产中得到广泛的应用。

连续拉深是在一个送料周期,完成全部冲压工序;中间工序半成品不与带料分离,不允许进行中间退火。受冲压设备和冲模的限制,连续拉深只适用于如下场合:工件尺寸小于50mm,料厚0.1~2mm,拉深材料有较高的成形性能,材料供货方式为带料。

(1) 连续拉深的应用分类
带料连续拉深分无工艺切口和有工艺切口两大类。无工艺切口的带料拉深时,材料变形的区域不与带料分开;而有工艺切口时,材料变形区域与带料部分的分开。

1) 无工艺切口的整带料拉深。可减少材料消耗,省去切口工序,简化模具结构。图3-52b

排样图即为无工艺切口形式。无工艺切口拉深过程中,带料边缘已起皱,需要增加拉深次数,同时起皱的料边还影响送料。此方法仅适用于塑性较好的小尺寸零件。两类拉深方法的应用范围见表3-20。

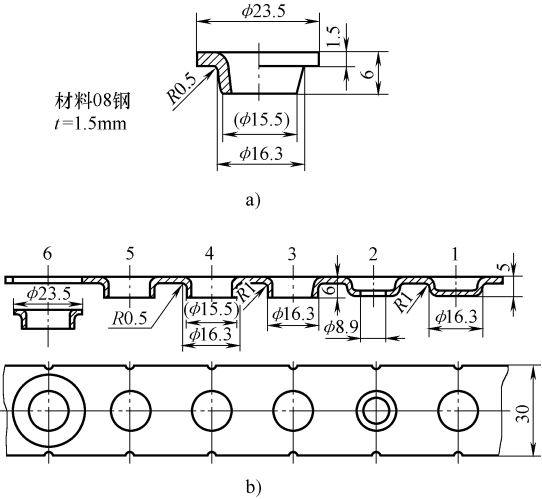


图3-52 弹簧导套

a) 零件图 b) 排样图

表 3-20 带料连续拉深的应用范围

分类	无工艺切口	有工艺切口
应用范围	$\frac{t}{D} \times 100 > 1$ $\frac{d_{\text{凸}}}{d} = 1.1 \sim 1.5$ $\frac{h}{d} \leq 1$	$\frac{t}{D} \times 100 < 1$ $\frac{d_{\text{凸}}}{d} = 1.3 \sim 1.8$ $\frac{h}{d} > 1$
特点	1) 拉深时,相邻两工位间互相影响,在送料方向材料流动困难,主要依靠材料伸长变形 2) 拉深系数比单工序大,需增加工步 3) 节省材料	1) 有工艺切口,与有凸缘件拉深相似,但比单个有凸缘件拉深困难 2) 材料消耗大

注: t —材料厚度; d —拉深件直径; h —拉深件高度; $d_{\text{凸}}$ —凸缘直径; D —包括修边余量的毛坯直径。

由于带料连续拉深中,不允许工件进行中间退火,应审查总拉深系数 $m_{\text{总}}$,是否满足材料不进行中间退火允许的极限总拉深系数。其计算方法与带凸缘筒形件多次拉深的计算方法相同。

$$m_{\text{总}} = \frac{d}{D} = m_1 m_2 m_3 \quad (3-22)$$

式中 d ——工件直径;

D ——工件计算展开毛坯直径;

m_1 、 m_2 、 m_3 ——第一、二、三次拉深系数。

带料连续拉深所允许的总拉深系数,与模具结构有关。带推杆装置的模具,允许的总拉深系数较小。材料允许的总拉深系数见表 3-21。

无工艺切口的整带料拉深,可以看成是宽凸缘零件的拉深。由于相邻两个拉深件变形时相互有牵制,变形较困难,因此应选用更大一些的拉深系数。无工艺切口的整带料拉深,第一次及以后各次拉深系数见表 3-22,整带料首次拉深最大相对高度见表 3-23。

表 3-21 总拉深系数 $m_{\text{总}}$

冲压材料	抗拉强度 σ_b/MPa	伸长率 $\delta_5(\%)$	极限总拉深系数		
			不带推件装置		带推件装置
			$t \leq 1.0$	$t > 1.0 \sim 2.0$	
08F、10F	300 ~ 400	28 ~ 40	0.40	0.32	0.16
黄铜、纯铜	300 ~ 400	28 ~ 40	0.35	0.28	0.2 ~ 0.24
软铝	80 ~ 110	22 ~ 25	0.38	0.30	0.18 ~ 0.24
不锈钢、镍带	400 ~ 550	20 ~ 40	0.42	0.36	0.26 ~ 0.32
精密合金	500 ~ 600		0.42	0.36	0.28 ~ 0.34

表 3-22 整带料拉深系数

拉深系数	材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$		
	> 2	$2 \sim 1$	< 1
m_1	0.68	0.70	0.72
m_2	0.80	0.82	0.85
m_3	0.82	0.84	0.87
m_4	0.85	0.87	0.90
m_5	0.87	0.89	0.92
m_6	0.90	0.92	0.95

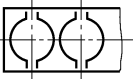
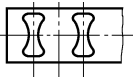
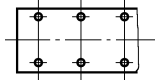
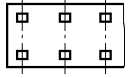
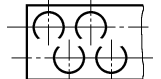
表 3-23 整带料首次拉深最大相对高度 h_1/d_1

凸缘相对直径 $d_{凸}/d_1$	材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$		
	>2	2~1	<1
1.3	0.45	0.40	0.35
1.5	0.40	0.36	0.32
2.0	0.35	0.32	0.30

2) 有工艺切口时的拉深。与有凸缘件的拉深是相似的。在送料方向不再以材料伸长变形为主，使沿工件周边为压缩类的拉深变形。

根据零件形状尺寸和排样方式的不同，可选用不同形式的切口，将毛坯的变形区域与带料部分地分开，尽可能减小不变形部位对拉深变形的影响。常用切口形式见表 3-24。

表 3-24 工艺切口形式及应用场合

序号	切口或切槽形式	应用场合	应用特点
1		用于 $t < 1\text{mm}$ 的大直径 ($d > 5\text{mm}$) 圆形浅拉深件	1) 首次拉深，料边起皱情况比无切口时好 2) 拉深中，侧搭边会弯曲，妨碍送料
2		用于 $t > 0.3\text{mm}$ 的圆形工件	1) 不易起皱，送料方便 2) 拉深中，带料侧面会凹缩，不可用于定位
3		用于矩形件拉深，其中 序号 3C 形切口应用较广	同 2
4			
5		用于单排、双排的单头 焊片	同 1

有工艺切口的带料连续拉深，与单个带凸缘零件的拉深相似；但由于相邻两个拉深件之间仍有部分材料相连，其变形比单个带凸缘零件的拉深要困难些，所以第一次拉深系数要取大些，以后各次可取带凸缘零件的上限值。

有工艺切口的带料连续拉深，首次拉深系数见表 3-25；首次拉深最大相对高度见表 3-26；以后各次拉深系数见表 3-27。

表 3-25 有工艺切口的首次拉深系数 m_1

凸缘相对直径 $d_{\text{凸}}/d_1$	材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	≤ 0.2	$> 0.2 \sim 0.5$	$> 0.5 \sim 1$	$> 1 \sim 1.5$	> 1.5
≤ 1.1	0.64	0.62	0.6	0.58	0.55
$> 1.1 \sim 1.3$	0.60	0.59	0.58	0.56	0.53
$> 1.3 \sim 1.5$	0.57	0.56	0.55	0.53	0.51
$> 1.5 \sim 1.8$	0.53	0.52	0.51	0.50	0.49
$> 1.8 \sim 2$	0.47	0.46	0.45	0.44	0.43

表 3-26 有工艺切口首次拉深最大相对高度 h_1/d_1

凸缘相对直径 $d_{\text{凸}}/d_1$	材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	≤ 0.2	$> 0.2 \sim 0.5$	$> 0.5 \sim 1$	$> 1 \sim 1.5$	> 1.5
≤ 1.1	0.45	0.50	0.57	0.65	0.75
$> 1.1 \sim 1.3$	0.40	0.45	0.50	0.56	0.65
$> 1.3 \sim 1.5$	0.35	0.40	0.45	0.50	0.58
$> 1.5 \sim 1.8$	0.29	0.34	0.37	0.42	0.48
$> 1.8 \sim 2.0$	0.25	0.29	0.32	0.36	0.42

表 3-27 有工艺切口以后各次拉深系数

拉深系数	材料相对厚度 $\frac{t}{D} \times 100$				
	≤ 0.2	$> 0.2 \sim 0.5$	$> 0.5 \sim 1$	$> 1 \sim 1.5$	> 1.5
m_2	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75
m_3	0.82	0.81	0.80	0.79	0.78
m_4	0.85	0.83	0.82	0.81	0.80
m_5	0.87	0.86	0.85	0.84	0.82

(2) 筒形件工序计算 无凸缘筒形的极限拉深系数见表 3-28、表 3-29。

表 3-28 无凸缘筒形件带压边圈时各次拉深的极限拉深系数

拉深系数	毛坯相对厚度 $t/D \times 100$					
	2 ~ 1.5	1.5 ~ 1	1 ~ 0.6	0.6 ~ 0.3	0.3 ~ 0.15	0.15 ~ 0.08
m_1	0.48 ~ 0.5	0.5 ~ 0.53	0.53 ~ 0.55	0.55 ~ 0.58	0.58 ~ 0.6	0.6 ~ 0.63
m_2	0.73 ~ 0.75	0.75 ~ 0.76	0.76 ~ 0.78	0.78 ~ 0.79	0.79 ~ 0.8	0.8 ~ 0.82
m_3	0.76 ~ 0.78	0.78 ~ 0.79	0.79 ~ 0.8	0.8 ~ 0.81	0.81 ~ 0.82	0.82 ~ 0.84
m_4	0.78 ~ 0.8	0.8 ~ 0.81	0.81 ~ 0.82	0.82 ~ 0.83	0.83 ~ 0.85	0.85 ~ 0.86
m_5	0.8 ~ 0.82	0.82 ~ 0.84	0.84 ~ 0.85	0.85 ~ 0.86	0.86 ~ 0.87	0.87 ~ 0.88

- 注：1. 表中小的数值适用于在第一次拉深中大的凹模圆角半径 $r_{凹} = (8 \sim 15)t$ ，大的数值适用于小的凹模圆角半径 $r_{凹} = (4 \sim 8)t$ 。
2. 表中拉深系数适用于 08、10 和 15Mn 等普通拉深碳钢与软黄铜（H62、H68）。在有中间退火的情况下，拉深系数数值可比表列数值小 3% ~ 5%。
3. 拉深塑性较小的金属时（20 ~ 25、Q215、Q235、酸洗钢、硬铝、硬黄铜等），拉深系数应取比表列数值增大 1.5% ~ 2%，而拉深塑性更好的金属时（如 05 等）可取比表中所列数值小 1.5% ~ 2%。

表 3-29 无凸缘筒形件不带压边圈时各次拉深的极限拉深系数

拉深系数	毛坯相对厚度 $t/D \times 100$				
	1.5	2.0	2.5	3.0	>3
m_1	0.65	0.60	0.55	0.53	0.50
m_2	0.80	0.75	0.75	0.75	0.70
m_3	0.84	0.80	0.80	0.80	0.75
m_4	0.87	0.84	0.84	0.84	0.78
m_5	0.90	0.87	0.87	0.87	0.82
m_6	—	0.90	0.90	0.90	0.85

注：此表适用于 08、10、15Mn 等材料，其余各项同表 3-28。

2. 拉深件形状要求

拉深件的形状应尽可能简单、对称，法兰宽度宜均匀、一致，拉深件高度尽可能小，使其能够用少的拉深次数成形。

3. 拉深件起皱分析

突缘材料收缩是拉深过程中材料变形的主要特征。由于突缘材料受到压应力作用，所以有出现起皱的可能性。拉深件的起皱与板料厚度、突缘宽度、材料性能等因素有关。一般可按下式判断：

$$\frac{t_0}{D_0} \geq k(1 - m) \tag{3-23}$$

式中 t_0 、 D_0 ——拉深毛坯的厚度和直径；

m ——拉深系数；

k ——修正系数，其值见表 3-30。

表 3-30 起皱条件修正系数 k 值

试验者	k	材 料
Sachs	1/6	
Esser 和 Arendd	1/8.7	退火铜,黄铜,软钢
Senio Johnson	1/6.3	镇静钢,黄铜,铝
宫川	7/80	铝

如果工件的拉深系数和相对厚度满足上式给定的条件，拉深过程不会起皱。反之，拉深件就会起皱，这时在模具中就要采用有效的防皱措施。

4. 拉深件成形极限

对于特定的板料来说，在一次拉深中所能达到的变形程度是有限的，对于单次成形的圆筒形件，其成形高度一般为

$$h \leq (0.5 \sim 0.7)d (d \text{ 为拉深件壁厚中径})$$

对于矩形件有：

当 $R = (0.05 \sim 0.2)B$ 时, $h \leq (0.3 \sim 0.5)B$ 。

这里 B 为短边宽度， R 为长边和短边间的圆角半径。

对于有法兰的圆筒形件，可按 $d/D \geq 0.4$ 估算（式中， d 为零件直径， D 为毛坯直径）。

上述是粗略的估算，也可根据材料的极限拉深系数进行更精确计算。

5. 拉深件毛坯尺寸的计算

在进行连续拉深模的毛坯尺寸的计算时，可先按照单工序模的计算方法及工件的尺寸计算所需毛坯的直径 D_1 ，然后查表 3-31 得出修边余量 δ ， D_1 与 δ 之和便为所使用的毛坯直径 D 。后续料宽的计算则根据计算出的毛坯尺寸再加上带料的搭边值或侧刃切除量等，便得到条料的宽度。

表 3-31 修边余量 δ 值 (单位：mm)

毛坯计算直径 D	材料厚度 t								
	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0
≤ 10	1.0	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	—	—	—
$> 10 \sim 30$	1.2	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	3.0	—
$> 30 \sim 60$	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.8	3.0	3.5
> 60	—	—	2.0	2.2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5

6. 拉深件圆角半径

圆筒形件和盒形件圆角半径如图 3-53 所示。圆筒形件的侧壁与法兰及底面的连接处的圆角半径 R_1 、 R_2 的取值不宜过小，以便于拉深成形的顺利进行。一般应

保证 $R_1 \geq t$, $R_2 \geq 2t$ 。通常的取值范围是: $R_1 \geq (3 \sim 5)t$, $R_2 \geq (4 \sim 8)t$ 。

对于矩形件来说, 其侧壁间的(周向)圆角半径应保证 $R \geq 3t$, 为减少拉深次数, 宜取 $R \geq 0.2h$ 。

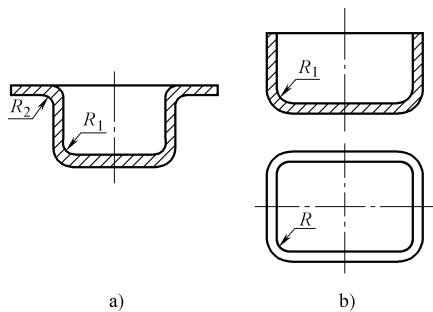


图 3-53 拉深件圆角半径

7. 拉深件公差等级

拉深件的径向尺寸精度一般不高于 IT13 级, 若精度要求很高, 则应增加整形工序。

第 4 章 多工位级进模的模具结构

级进模的总装结构设计是在对冲件进行科学、合理的工艺分析、正确排样及相关计算校核后的综合体现，是连续、稳定地生产出符合质量要求的冲件的首要保证，因此，模具的总装结构与过程分析非常重要。本章通过模具结构设计实例与过程分析，介绍说明这一重要内容。

4.1 多工位级进模的基本结构

多工位级进模的结构随着制件的形状和要求不同而变化，但基本结构所包含的内容是相同的。

多工位级进模是冷冲模中的一种，它也由上、下模两部分组成。

上模部分为上模座至卸料板之间的那部分，常与压力机滑块相固定，随压力机滑块上下往复实现其冲压运动。

下模部分为下模座至凹模之间的那部分，也就是一般与压力机工作台相固定的部分。

其余部分的零部件，由于每一副多工位级进模的功能需要不同而有差异。对于一副完整的多工位级进模，其基本结构的零部件见表 4-1。

表 4-1 多工位级进模基本结构的零部件

工艺零部件及装置	工作零部件	凸模与凸模拼块 凹模与凹模拼块
	定距定位零部件	侧刃与侧刃挡块 挡料钉 始用挡料装置 导正销 定位销(块)
	导料零部件	导料板(导尺) 浮动导料销 浮顶器 侧压装置
	卸料压料零部件	卸料板 压料板 顶板(杆、销) 推板(杆) 切料刀

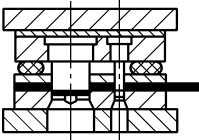
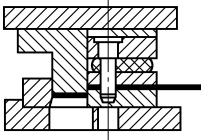
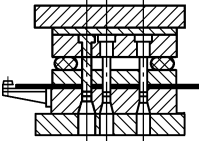
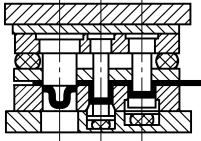
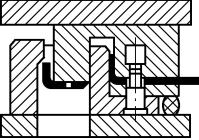
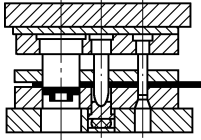
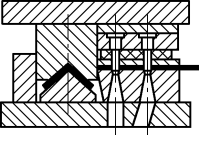
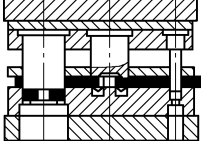
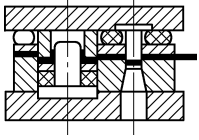
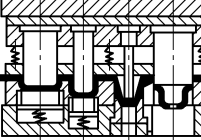
(续)

辅助零部件及装置	横架及导向件	上、下模座 导向装置 滚动导向副 滚珠(柱) 保持架 导柱 导套 滑动导向副 导柱 导套 模柄
	支承、夹持零部件	凸模固定板、固定框、夹板 垫板 衬板
	弹性元件	普通圆钢丝螺旋弹簧 扁钢丝强力弹簧 碟形弹簧 普通橡胶垫与聚氨酯橡胶 氮气弹簧
	紧固件及其他	螺钉 圆柱销 键 斜楔 滑块 调整块 其他零件
	监测与安全维护装置	限位块(柱) 探头、触杆 护套

4.2 多工位级进模的典型结构

常见的多工位级进模冲压工序组合方式及模具典型结构简图见表4-2。

表 4-2 常见的多工位级进模冲压工序组合方式及模具典型结构简图

工序组合	模具结构简图	工序组合	模具结构简图
冲孔和落料		冲孔和切断	
冲孔和截断		级进拉深和落料	
冲孔、弯曲和切断		冲孔、翻边和落料	
冲孔、切断和弯曲		冲孔、压印和落料	
冲孔、翻边和落料		级进拉深、冲孔和落料	

4.3 纯冲裁级进模

冲裁是级进模中最基本的冲压加工方式，一般为零件外形的冲切与型孔冲裁的平面加工，材料紧贴凹模平面向前送进。由于级进模为多工序、多工位的连续冲压，最后得到的是一个完整的冲件，当有冲叉、切舌等分离冲压工艺时，材料必须

浮离凹模平面一定的高度。

虽然纯冲裁冲压较带有弯曲、成形、拉深等立体变形的冲压加工要简单，但冲件尺寸基准的确定、尺寸精度的分析、工序的排列和工位的组成等模具结构设计前的工艺性分析十分关键。

崩刃、磨损是冲裁模具中主要的失效形式。因级进模为连续送进，有时又为高速冲压，故应在设计模具结构时同时考虑模具刃口间隙的配置、模具材料的选用与热处理等因素。

4.3.1 微电机转子片与定子片多工位级进模

图 4-1a 所示为微电机转子片与定子片简图，材料为电工硅钢片，料厚为 0.35mm，生产批量为大批量生产。

1. 排样图设计

由于微电机的定子片和转子片在使用中所需数量相等，转子的外径比定子的内径小 1mm，因此定子片和转子片具备套冲的条件。由图 4-1 可知，定、转子冲件的精度要求较高，形状也比较复杂，故适宜采用多工位级进模冲压，冲件的冲压工序均为冲孔和落料。冲件的异形孔较多，在级进模的结构设计和加工制造上都有一定的难度，因此要精心设计，各种问题都要考虑周全。

微电机的定、转子冲片是大批量生产，故选用硅钢片卷料，采用自动送料装置送料，其送料精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$ 。为了进一步提高送料精度，在模具中还应使用导正销作精定位。

冲件的排样设计如图 4-1b 所示，排样图分 8 个工位，各工位的工序内容如下：

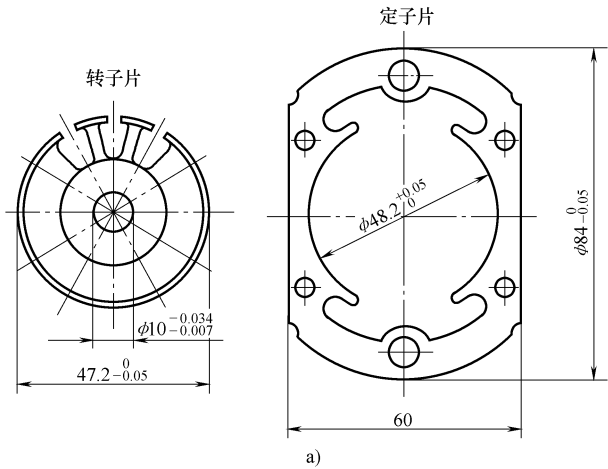


图 4-1 微电机转子片与定子片多工位级进模
a) 零件图

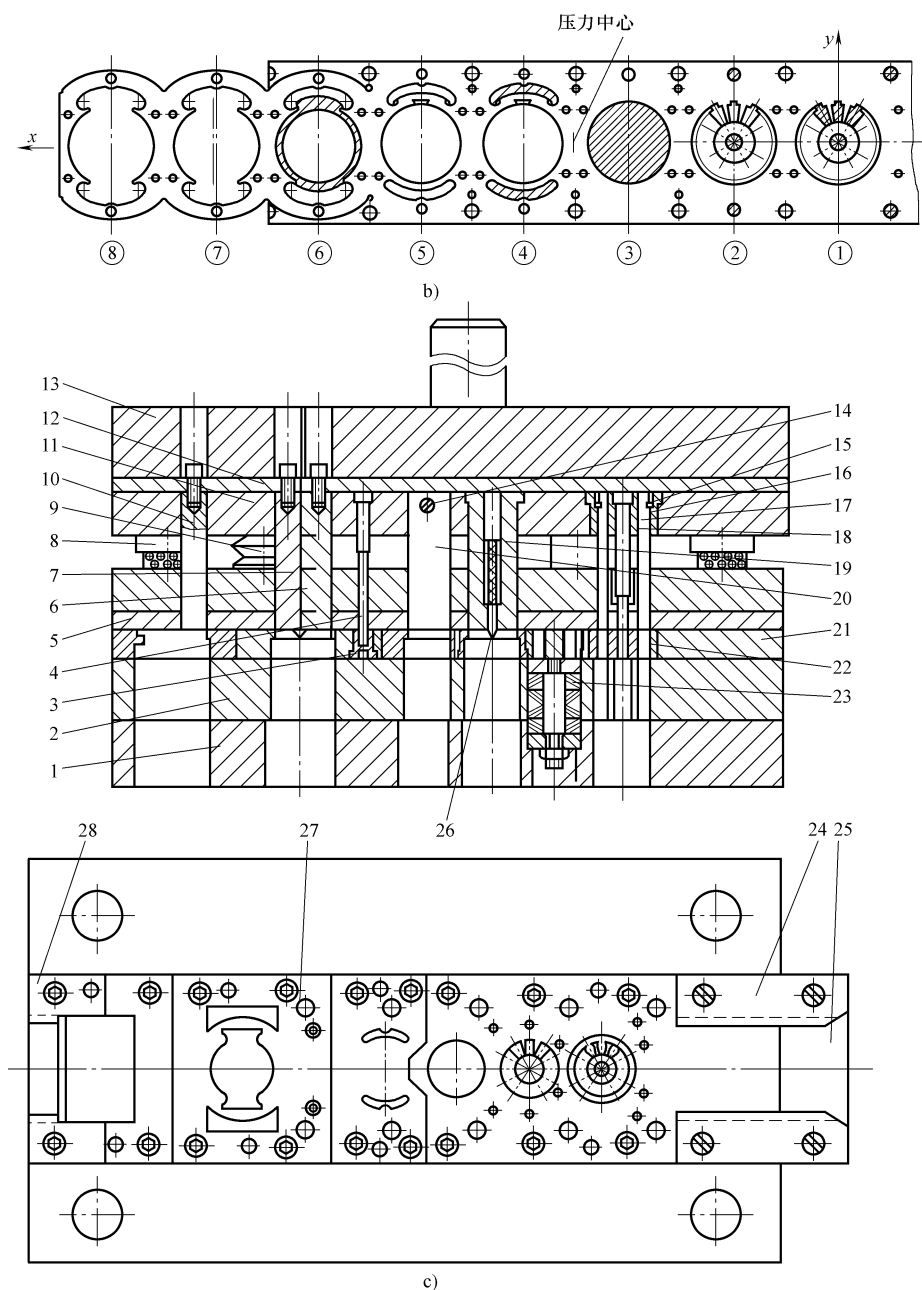


图 4-1 微电机转子片与定子片多工位级进模 (续)

b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—下模座 2—凹模基体 3—导正销座 4—导正销 5—卸料板 6、7—切废料凸模 8—滚动导柱导套
 9—碟形卸料弹簧 10—切断凸模 11—凸模固定板 12—垫板 13—上模座 14—销钉 15—卡圈
 16—凸模座 17—冲槽凸模 18—冲孔凸模 19—落料凸模 20—冲异形孔凸模 21—凹模镶块
 22—冲槽凹模 23—弹性校平组件 24、28—局部导料板 25—承料板 26—弹性防粘推杆 27—槽式浮顶销

工位①：冲2个 $\phi 8\text{mm}$ 的导正销孔；冲转子片各槽孔和中心轴孔；冲定子片两端4个小孔的左侧2孔。

工位②：冲定子片右侧2孔；冲定子片两端中间2孔；冲定子片角部2个工艺孔；转子片槽和 $\phi 10\text{mm}$ 孔校平。

工位③：转子片外径 $\phi 47.2_{-0.05}^0\text{mm}$ 落料。

工位④：冲定子片两端异形槽孔。

工位⑤：空工位。

工位⑥：冲定子片 $\phi 48.2_{+0.05}^0\text{mm}$ 内孔；定子片两端圆弧余料切除。

工位⑦：空工位。

工位⑧：定子片切断。

排样图步距为60mm，与定子片宽度相等。

转子片中间 $\phi 10\text{mm}$ 的孔有较高的精度要求，12个线槽孔要直接缠绕径细、绝缘层薄的漆包线，不允许有明显的毛刺。为此，在工位②设置对 $\phi 10\text{mm}$ 孔和12个线槽孔的校平工序。工位③完成转子片的落料。

定子片中的异形孔比较复杂，孔中有四个较狭窄的突出部分，若不将内形孔分解冲切，则整体凹模中4个突出部位容易损坏。为此，把内型孔分为两个工位冲出，考虑到 $\phi 48.2_{+0.05}^0\text{mm}$ 孔精度较高，应先冲两头长型孔，后冲中孔，同时将3个孔打通，完成内孔冲裁。若先冲中孔，后冲长型孔，可能引起中孔的变形。

工位⑧采取单边切断的方法，尽管切断处相邻两片毛刺方向不同，但不影响使用。

2. 模具设计

根据排样图，该模具为8工位级进模，步距为60mm。模具的基本结构如图4-1c所示。为保证冲件的精度，用了四导柱滚珠导向钢板模架。

模具由上、下两部分组成。

(1) 下模部分

1) 凹模。凹模由凹模基体2和凹模镶块21等组成。凹模镶块共有4块，工位①、②、③为第1块，工位④为第2块，工位⑤、⑥为第3块，工位⑦、⑧为第4块。每块凹模分别用螺钉和销钉固定在凹模基体上，保证模具的步距精度达 $\pm 0.005\text{mm}$ 。凹模材料为Cr12MoV，淬火硬度62~64HRC。

2) 导料装置。在组合凹模的始末端均装有局部导料板，始端导料板24装在工位①前端，末端导料板28设在工位⑦以后，采用局部导料板的目的是避免带料送进过程中产生过大的阻力。中间各工位上设置了4组8个槽式浮顶销27，其结构如图4-2所示，槽式浮顶销在导向的同时具有向上浮料的作用，使带料在运行过程

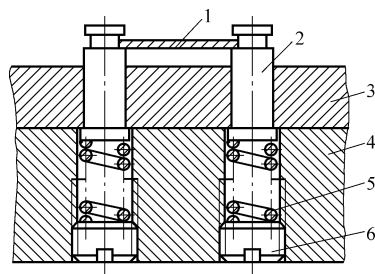


图4-2 槽式浮顶销

1—带料 2—浮顶销 3—凹模
4—下模座 5—弹簧 6—螺塞

中从凹模面上浮起一定的高度（约 1.5mm），以利于带料运行。

3）校平组件。在下模工位②的位置设置了弹性校平组件 23，其目的是校平前一工位上冲出的转子片槽和 $\phi 10\text{mm}$ 孔。校平组件中的校平凸模与槽孔形状相同，其尺寸比冲槽凸模周边大 1mm 左右，并以间隙配合装在凹模板内。为了提供足够的校平力，采用了碟形弹簧。

（2）上模部分

1）凸模。凸模高度应符合工艺要求，工位③的 $\phi 47.2\text{mm}$ 的落料凸模 19 和工位⑥的 3 个凸模较大，应先进入冲裁工作状态，其余凸模均比其短 0.5mm，当大凸模完成冲裁后，再使小凸模进行冲裁，这样可防止小凸模折断。

模具中冲槽凸模 17，切废料凸模 6、7，冲异形孔凸模 20 都为异形凸模，无台阶。大一些的凸模采用螺钉紧固，凸模 20 呈薄片状孔，故采用销钉 14 吊装于凸模固定板 11 上，至于环形分布的 12 个冲槽凸模 17 是镶在带台阶的凸模座 16 上相应的 12 个孔内，并采用卡圈 15 固定，如图 4-3 所示。卡圈切割成两半，用卡圈卡住凸模上部磨出的凹槽，可防止凸模卸料时被拔出。

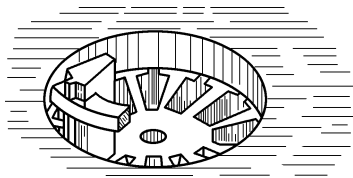


图 4-3 冲槽凸模的固定

2）弹性卸料装置。由于模具中有细小凸模，为了防止细小凸模折断，需采用带辅助导向机构（即小导柱和小导套）的弹性卸料装置，使卸料板对小凸模进行导向保护。小导柱、导套的配合间隙一般为凸模与卸料板之间配合间隙的 1/2，该模具由于间隙值都很小，因此模具中的辅助导向机构是共用的模架滚珠导向机构。

为了保证卸料板具有良好的刚性和耐磨性，并便于加工，卸料板共分为 4 块，每块板厚为 12mm，材料为 Cr12，热处理后硬度为 55~58HRC。各块卸料板均装在卸料板基体上，卸料板基体用 45 钢制作，板厚为 20mm。因该模具所有的工序都是冲裁，卸料板的工作行程小，为了保证足够的卸料力，采用了 6 组相同的碟形弹簧作弹性元件。

3）定位装置。模具的步距精度为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，采用的自动送料装置精度为 $\pm 0.05\text{mm}$ ，为此，分别在模具的工位①、③、④、⑧上设置了 4 组共 8 个呈对称布置的导正销，以实现对带料的精确定位。导正销与固定板和卸料板的配合选用 H7/h6。在工位⑧，带料上的导正销孔已被切除，此时可借用定子片两端向 $\phi 6\text{mm}$ 孔作导正销孔，以保证最后切除时的定位精度。在工位③切除转子片外圆时，用装在凸模上的导正销，借用中心孔 $\phi 10\text{mm}$ 导正。

4）防粘装置。防粘装置是指弹性防粘推杆 26 及弹簧等，其作用是防止冲裁时分离的材料粘在凸模上，影响模具的正常工作，甚至损坏模具。工位③的落料凸模上均布了 3 个弹性防粘推杆，目的是使凸模上的导正销与落料的转子片分离，阻止转子片随凸模上升。

4.3.2 小电机定、转子片套冲多工位级进模

1. 零件的工艺分析

冲件如图 4-4a 所示,小电机的定、转子片在电机中的使用数量是等同的,定子片与转子片的外径尺寸相差 1mm,定、转子片具备套冲的条件,冲件的尺寸精度及对称度要求较高,形状也较复杂,适宜于级进模的冲压生产。

转子片中间 $\phi 12\text{mm}$ 孔的孔径尺寸与外圆的同轴度等精度要求较高,为使冲件加工后可直接进入组装、嵌入线圈的后道工序,12 个嵌线槽冲裁后应少或无毛刺产生,冲件的平整度也应充分保证,因此嵌线槽冲裁后必须设置校平、整形工序。

4 个 $\phi 5\text{mm}$ 的定子片叠装铆接孔与中心轴线有一定的对称度要求,在工序编排时应考虑与中间 $\phi 12\text{mm}$ 孔在同一工位中冲出,以减少累积误差。

为最大限度地提高材料的利用率,纵向剪开后的整卷硅钢片带料宽度尺寸即为定子片的宽度尺寸,另一边的宽度尺寸由模具保证,四角的 $\phi 96\text{mm}$ 外圆弧采用外形冲切的方式获取。在外形圆弧冲切时,如果凸模圆弧连接处为尖角,则极易产生崩刃。因此,在不影响外形质量及使用功能的情况下,把该圆弧冲切连接处的尖角设计成细小凹圆的结构形式。

2. 排样图设计

定、转子片为大批量生产,选用整卷料硅钢片带料,采用冲压设备附设的自动送料装置送料,其送料精度可达 $\pm 0.05\text{mm}$,故冲压加工中以送料装置为粗定距,以模具内设置的导正钉为精定距。

综合以上工艺分析,整带料即为该冲件本体的载体形式,为保证冲件的关键尺寸及相对位置精度,在冲制导正钉孔的同时应考虑把转子片的中间 $\phi 12\text{mm}$ 孔、12 个嵌线槽型孔及 4 个 $\phi 5\text{mm}$ 的定子片叠装铆接孔一起冲出,在同一个工位上进行多工序组合冲裁很可能影响冲件的平整度,因此,在转子片的外形冲切落料前必须安排校平工序。转子片的外形落料后即可在其后的工位上进行定子片的内形异形槽孔冲裁。

为使材料充分得到利用,在冲切外形圆弧的材料部分设置导正钉孔的孔位,考虑到模具的工作强度,必须设置空工位。

最后工位冲件从带料上切断分离出来,有两种方式,一种为中间切去一窄条的有废料切断方式,它可保证冲切后的两边毛刺方向相同,但降低了材料利用率;另一种为单面切断,冲切后的两边断面毛刺方向是不一样的。考虑到切断面为定子片外侧的非工作部位,不影响其使用,所以采用了单面切断的方式。

确定的排样图如图 4-4b 所示:工位①为冲导正钉孔、定子片 4 个安装孔、转子片各槽孔及中间孔,工位②为校平工位,工位③为转子片外形落料,工位④为冲定子片内形槽孔,工位⑤为空工位,工位⑥为定子片两端外形圆弧冲切,工位⑦为定子片与本体冲切分离。

排样图各工位间距为 80mm，与料宽尺寸一致，导正钉孔直径 $\phi 4\text{mm}$ 。

3. 模具设计

根据冲压工序分析的相关工艺计算：

总冲压力（6 个有效工位） $F_z = 213243\text{N}$ ，卸料力 $F_x = 7519\text{N}$ 。

以排样的尺寸坐标基准原点为计算压力中心的坐标，因冲件为完全对称型， Y 方向压力中心坐标与排样基准线重合，即 $Y=0$ ，只需计算 X 方向压力中心即可。

压力中心： $X_0 = 193.7$ ； $Y_0 = 0$ 。

冲件材料为电工用硅钢片，料厚为 0.35mm，冲裁间隙查表： $Z_{\max} = 0.06\text{mm}$ ； $Z_{\min} = 0.04\text{mm}$ ，最后确定采用 $Z = 0.05\text{mm}$ 。

模具的总装结构图如图 4-4c 所示。

模具导料系统采用分段双侧面导板结构形式，即前导料侧导板 2 和中间侧导板 7。为使带料在高速、连续的送进中保持顺畅，在凹模靠近侧导板的两侧设置了两排钢珠弹顶 13，材料浮离凹模平面 0.5 ~ 1mm，与钢珠成点接触，使带料在高速、连续的送进冲压中实现材料的平滑移动。

因冲压中弹压卸料板的工作行程不大，精定距的导正钉固定在凸模固定板上最佳。

冲件的冲裁间隙较小，精度又较高，为适应高速冲压，选用滚动导向四导柱钢结构模架。

级进模各凸模的导向精度、导向保护是由卸料板精度来保证的。卸料板必须有足够的运动精度，因此在卸料板与凸模固定板之间设置了对称均布的 4 个辅助内导套 15、16，卸料板与上模部分采用 8 支等长卸料定距螺柱 19 联接。一般情况下，卸料板的选材应与凹模材料一致，其热处理硬度应略低于凹模的热处理硬度要求。

弹压卸料板所用的弹性元件为矩形截面弹簧，因模具的工作面积较大，初选 12 支轻载荷，外径为 $\phi 20\text{mm}$ ，长度为 60mm 的矩形截面弹簧，由前计算卸料力 F_x 为 7519N。

1) 根据模具工作面积、安装位置和空间结构，拟选矩形截面弹簧个数 $n = 12$ 。

2) 计算每个弹簧的预压力： $F_y = F_x / n = 7519\text{N} / 12 = 627\text{N}$ 。

3) 由 $2F_y$ 估算弹簧的极限工作负荷： $F_j = 2F_y = 2 \times 627\text{N} = 1254\text{N}$ 。

查有关矩形截面弹簧规格，初选弹簧的规格为：轻载荷， $D = 20\text{mm}$ 、 $d = 10\text{mm}$ 、 $h_0 = 60\text{mm}$ 、 $F_j = 529.6\text{N}$ 、 $h_j = 60 \times 0.52 \times 0.8\text{mm} = 24.96\text{mm}$ 。

4) 计算弹簧预压缩量， $h_y = F_y h_j / F_j = 627\text{N} \times 24.96\text{mm} / 1254\text{N} = 12.48\text{mm}$ 。

5) 校核。 $h = h_y + h_x + h_m = 12.48\text{mm} + 6\text{mm} + 5\text{mm} = 23.48\text{mm} < 24.96\text{mm}$ 。

由以上计算可知，所选弹簧合适。

模具工作零件部分，凹模按工序内容要求分段为两个部分精加工后组合在凹模框内，整形校平用的上、下凸模分别设置在卸料板及凹模内。

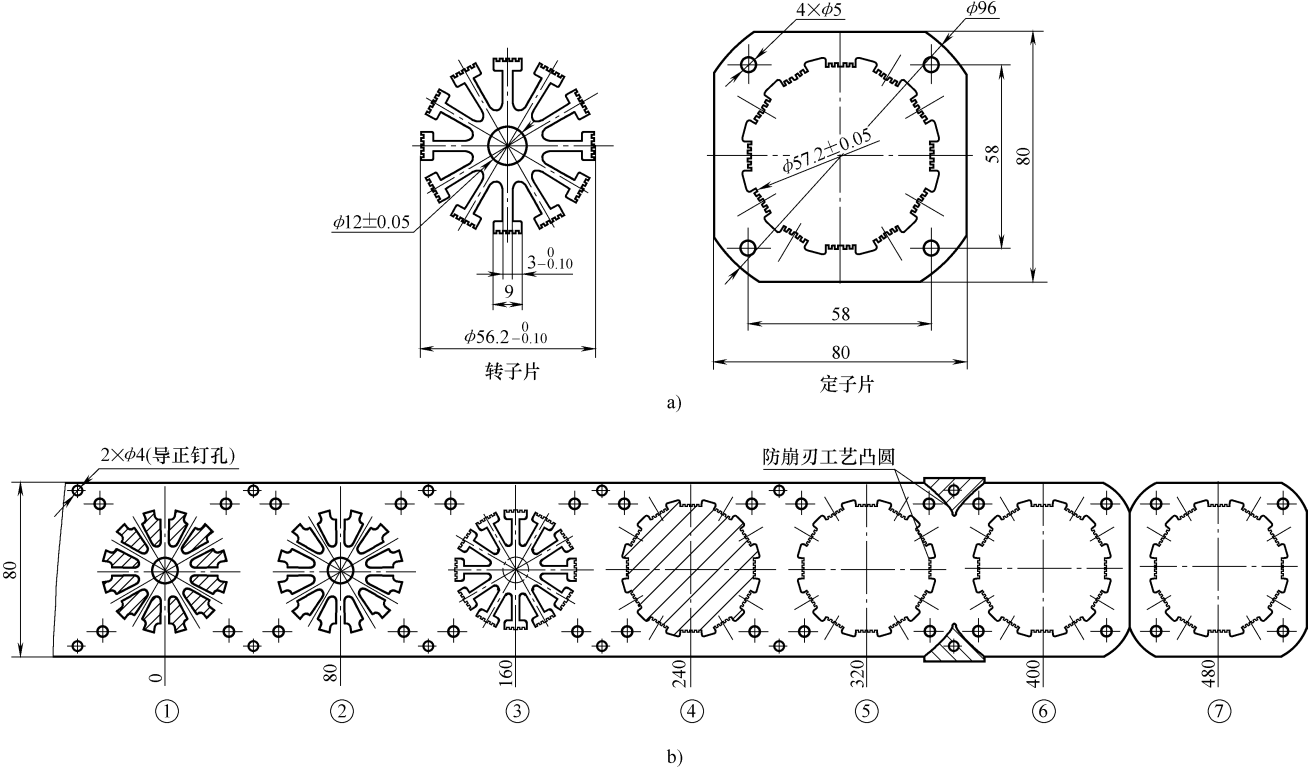


图 4-4 小电机定、转子片套冲多工位级进模
a) 零件图 b) 排样图

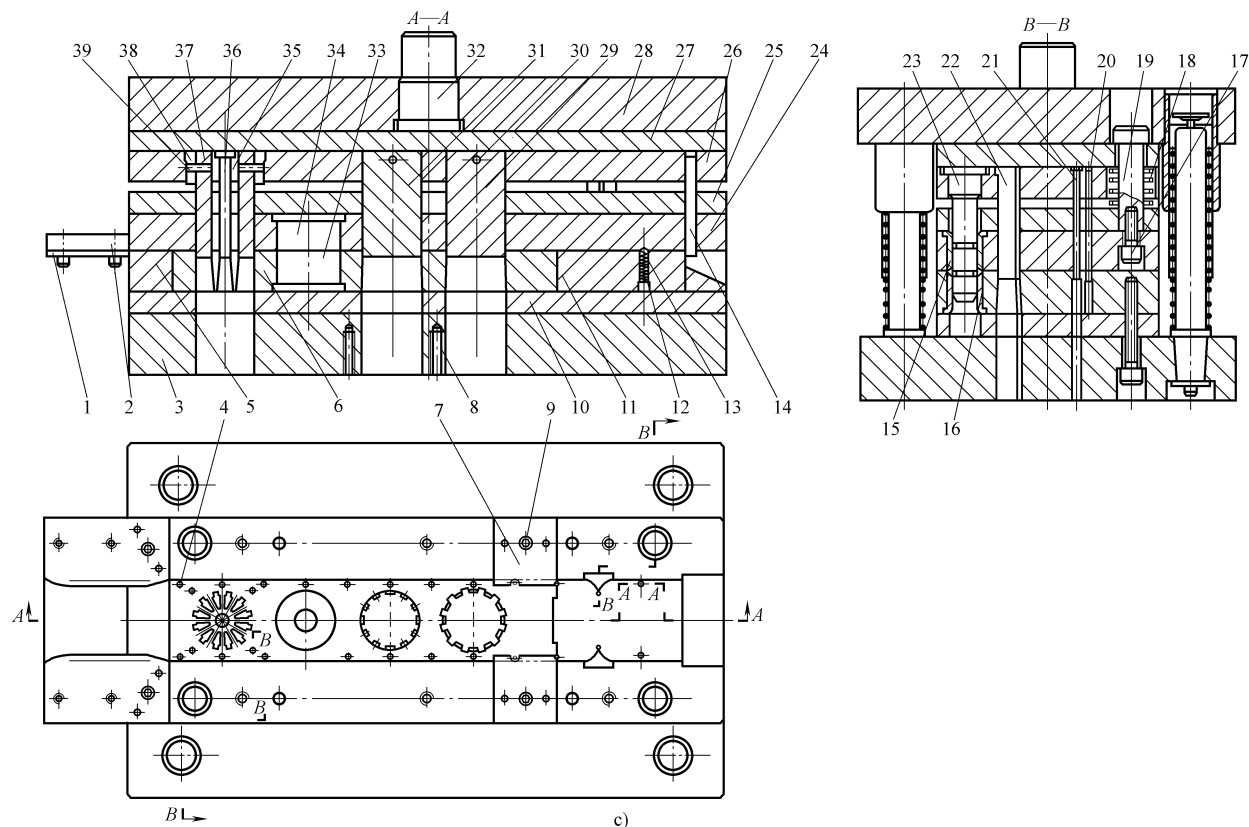


图 4-4 小电机定、转子片套冲多工位级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—承料板 2—前导料侧导板 3—下模座 4—冲导正钉孔凸模 5—凹模框 6—凹模 I 7—中间侧导板 8—固定收集筒用螺孔
 9、17—内六角螺钉 10—下垫板 11—凹模 II 12—圆形截面弹簧 13—钢珠 14—切断凸模 15、16—导套 18—矩形截面弹簧
 19—卸料定距螺柱 20—导正钉 21—冲圆孔凸模 22—圆弧冲切凸模 23—导柱 24—卸料板 25—卸料板垫板 26—凸模固定板 27—上垫板
 28—上模座 29—定子片冲圆弧槽凸模 30—固定凸模用横销 31—转子片外形冲切凸模 32—模柄 33—校平下模 34—校平上模
 35—凸模固定夹套 36—冲中心轴孔凸模 37—冲绕线槽凸模 38—凸模固定夹套 39—固定凸模用横销

因冲切型孔的槽形凸模细小、精度高,故分别用里、外两套凸模固定夹套加横销夹紧固定,圆弧冲切凸模 22 与最后的切断凸模 14 与固定板台肩固定,因两凸模均为单面冲裁,为避免侧向力影响,其长度尺寸略短于其他凸模尺寸,在靠近凹模切断型孔末端加工一 30° 斜滑面,冲件最后切断分离后从该斜面处滑出模具。

在模座底面转子片冲切落料型孔的部位加工了 4 个固定收集筒用螺孔 8,用以固定收集落料后的转子片装置,以避免与其他冲裁废料混合,而增加分选工序。

4.4 冲孔、落料级进模

1. 连接板

工件材料为 Q235,厚度为 1.2mm,需落料和冲孔两种工序。连接板零件和排样如图 4-5a、b 所示,由排样图可以看出需要两个工位,第一工位冲 6 个孔,第二工位落料;在第一遍冲压之后,将条料旋转 180° 再冲第二遍。

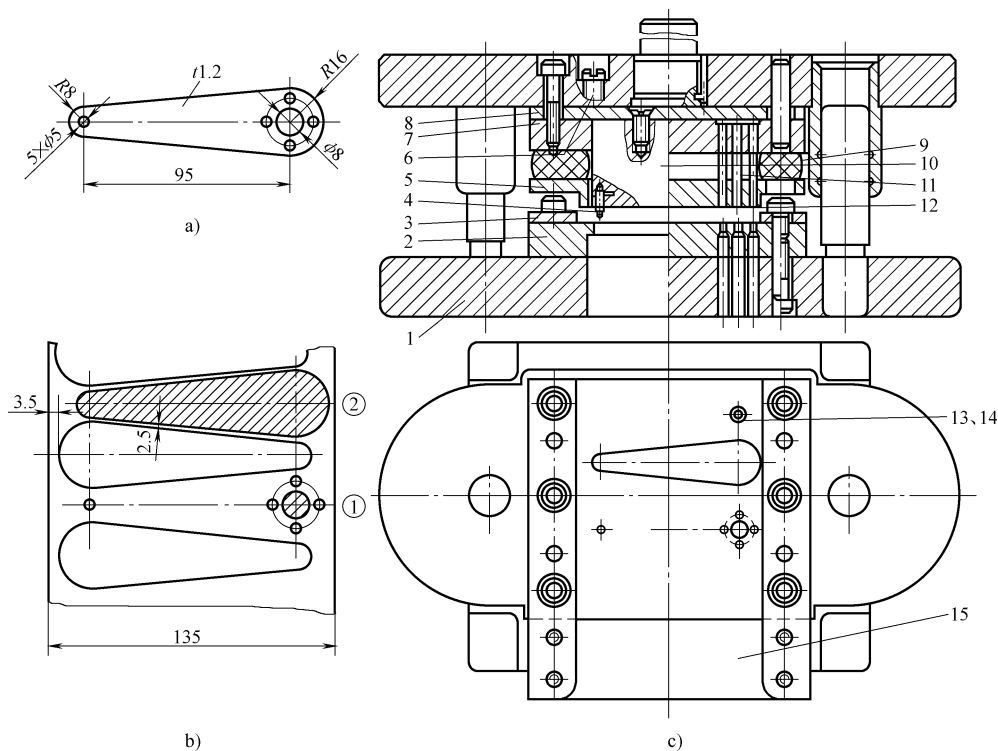


图 4-5 连接板多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—模架 2—矩形凹模 3—导尺 4—定位销 5—卸料板 6—卸料螺钉
7—凸模固定板 8—垫板 9—橡胶 10—外形凸模 11—大孔凸模
12—小孔凸模 13—活动挡料销 14—弹簧 15—承料板

模具采用活动挡料销 13 作为粗定距，用装在大孔凸模 11 底面的定位销 4 作为精确定距。大孔凸模对卸料板 5 有导向作用，卸料板 5 对小凸模有保护作用，如图 4-5c 所示。模具为手工送料，冲裁后的成品件和冲孔废料均由模具底孔漏出。

2. 变压器铁心

材料为硅钢片，厚度为 0.3mm，工件由“山”字铁和“一”字铁两件组成，如图 4-6a 所示。由于生产批量大，排样应重点考虑节省材料、提高材料利用率。经分析，设计的排样图如图 4-6b 所示。

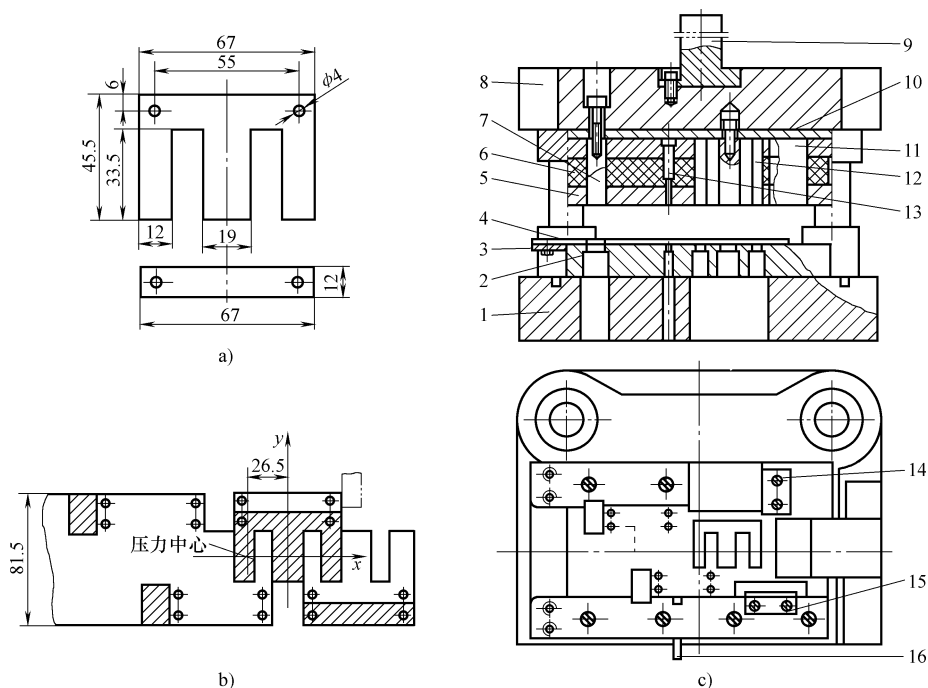


图 4-6 变压器铁心多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—下模座 2—凹模 3—承料板 4—导尺 5—卸料板 6—橡胶 7—侧刃
8—上模座 9—模柄 10—垫板 11—“一”字凸模 12—“山”字凸模
13—冲孔凸模 14—挡块 15—支承台阶 16—挡料销

模具结构如图 4-6c 所示，模具采用侧刃定距，其侧刃部位是“一”字铁本身。模具设有 1 个始用挡料销，条料第一次送入时，必须使用始用挡料销。

3. 垫圈

材料为 Q235 碳素结构钢，厚度为 4mm，零件形状如图 4-7a 所示。因生产批量很大，为提高材料利用率，排样需考虑节省材料，经分析，设计的排样图如图 4-7b 所示。

图 4-7c 所示为落料冲孔级进模，两侧压块 12 在弹簧片 11 作用下把条料压向

一边，挡料杆1挡料，使送料更为准确。

开始进行第一工位冲孔、第二工位落料时，用第一、第二始用挡料销9挡料，以后即由挡料杆1挡料。挡料杆装在冲搭边的凸模3下面且较长，当上模在上死点时，挡料杆仍不离开凹模刃面，故条料往左送进即被挡料杆挡住。在冲裁的同时，凸模3将搭边冲开一个缺口，条料可顺利（不用抬料）继续向左送料，实现连续冲裁。在第二工位落料时，由导正销5精确定位，这样可保证垫圈孔与外圆同心。此结构适用于行程不大的压力机上，否则挡料杆过长。结构的缺点是多一副冲切废料缺口的凸模3和凹模2。

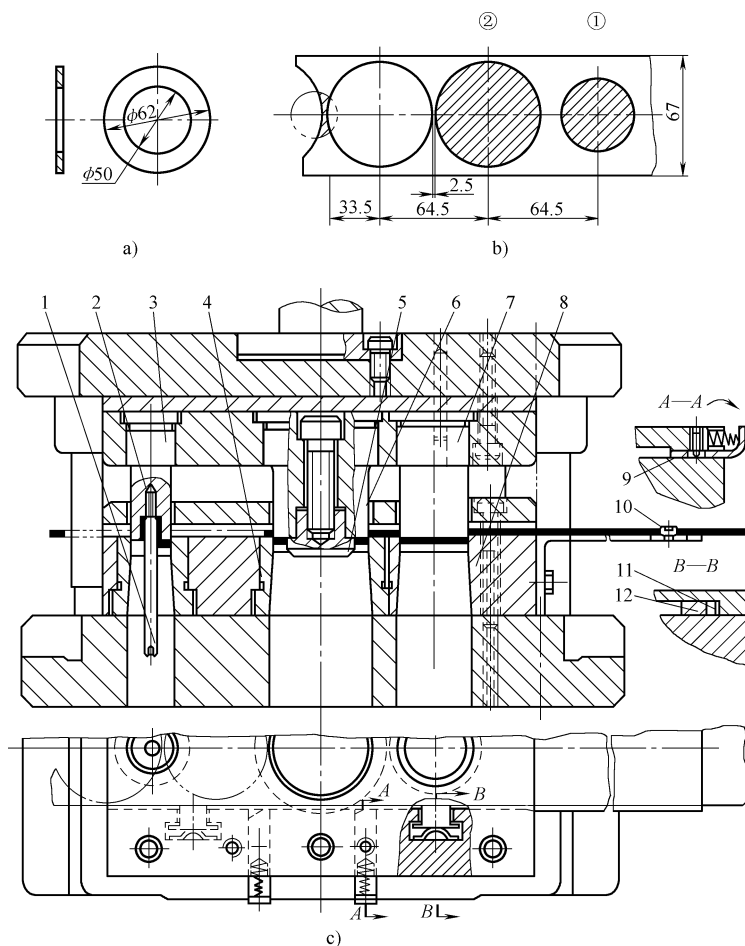


图4-7 垫圈多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—挡料杆 2、4、8—凹模 3、6、7—凸模 5—导正销
9—始用挡料销 10—螺钉 11—弹簧片 12—侧压块

4.5 连续弯曲级进模

4.5.1 小连接板连续弯曲多工位级进模

1. 零件的工艺分析

图 4-8a 所示为用料厚 1mm 的 H62Y 制成的弯曲件，生产批量大。零件形状相对复杂，包括落料、冲孔、冲凸和弯曲成形等工序。如果采用单工序冲压，所需模具多，生产效率低，工人劳动强度大，不适应大批量生产的要求。根据生产需求和实际生产条件，采用在高速压力机上的连续冲压方式，凸、凹模选用硬质合金制造的硬质合金级进模。

在高速压力机上使用的级进模，与自动送料机构连用。送料精度的控制方式是：自动送料机构作粗定位，导正销作精定位。

由于使用硬质合金作凸、凹模，排样时应尽量使零件轮廓简单化，在切废料时将复杂轮廓外形分解为几个简单的图形，并留有足够的接刀余量，不仅使硬质合金零件便于加工，也使其在冲压时受力状态得到改善，延长其使用寿命。

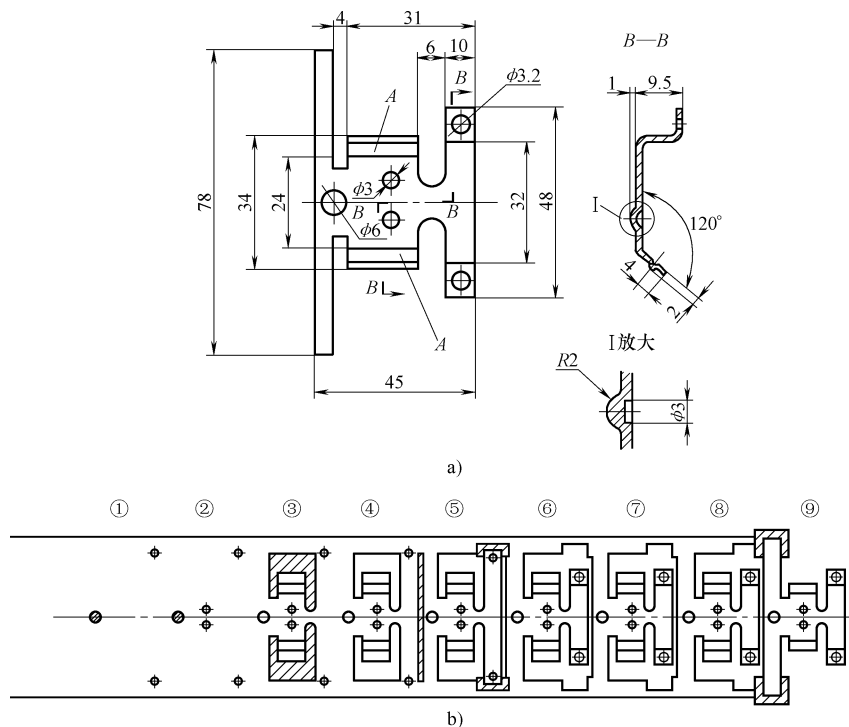


图 4-8 小连接板连续弯曲多工位级进模

a) 工件图 b) 排样图

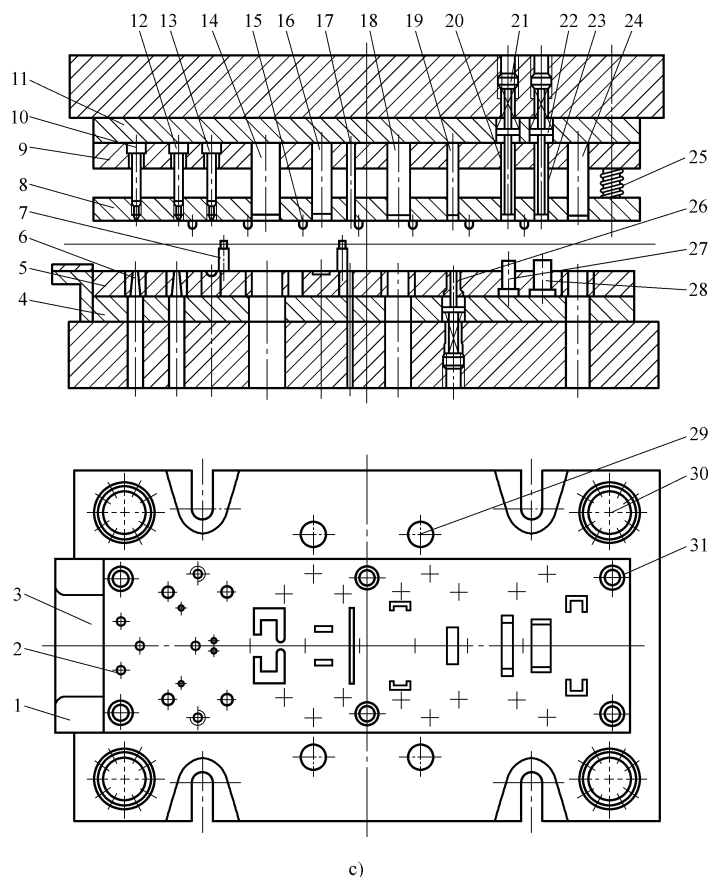


图 4-8 小连接板连续弯曲多工位级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—导料板 2—抬料钉 3—承料板 4—下垫板 5—凹模固定板 6—凹模镶块
 7—导料钉 8—卸料板 9—上固定板 10、12—冲孔凸模 11—上垫板
 13—冲凸台凸模 14、17、18—冲外形凸模 15—导正销 16—冲半圆凸模
 19、27、28—弯曲凹模 20、23、26—弯曲凸模 21—调整销 22—顶料板
 24—切断凸模 25—弹簧 29—限位柱 30—导柱滚珠、导套 31—小导柱、导套

分 9 个工位，分工序如下（图 4-8b）：

- 1) 第①工位冲导正孔 $\phi 6\text{mm}$ 和两个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔。
- 2) 第②工位导正销导正，冲两个小凸台 $\phi 3\text{mm} \times R2\text{mm}$ ，从②到⑧各工位都用导正销导正。
- 3) 第③工位冲切中间部分外形。
- 4) 第④工作压两个半圆槽，即图 4-8a 所示 A 处。
- 5) 第⑤工位冲左、右两边部分外形。

- 6) 第⑥工位宽 10mm 部分第一次弯曲成“□”形。
- 7) 第⑦工位宽 10mm 部分第二次弯曲成“└┐”形。
- 8) 第⑧工位弯中间 120°部分。
- 9) 第⑨工位切去两端废料, 完成工件的冲压成形。

2. 模具设计 (图 4-8c)

(1) 结构特点

1) 模具导向。上下模采用 4 个导柱滚珠、导套 30 导向, 凹模与卸料板、上固定板用 6 个小导柱、导套 31 导向。

2) 卸料板 8 不仅起卸料作用, 同时可起到导正凸模、压平条料、固定导正销 15 的作用。卸料板采用 CrWMn 加工, 热处理硬度为 52 ~ 56HRC。

3) 凸、凹模采用镶入式结构, 圆形凸模用台阶式固定, 非圆形凸模采用定位键、凸台定位。凹模镶块与凹模固定板的配合为 $\frac{H7}{m6}$ 。

4) 凸、凹模选用 YG20 制作, 小圆形凸模选用 W18Cr4V 制作。

5) 工件的 $\phi 6\text{mm}$ 孔兼作导正孔, 从第②工位到第⑧工位都设导正销 15 导正。从自动送料装置送进的带料, 用两排 14 个导料钉 7 使送料顺利自如。送料时, 带料在 10 个抬料钉 2 上送进, 用导正销 15 作精定位。

6) 凹模固定板上设置 10 个抬料钉 2, 在上模上行后, 抬料钉将冲压后的带料抬起以方便送料。

7) 上、下模板间设置限位柱 29。

8) 为了适应高速冲压, 上固定板 9 和凹模固定板 5 选用 Ti10A 制作, 热处理硬度 50 ~ 54HRC。上、下模座用 45 钢制作, 经调质、时效处理后加工。导柱、导套用 GCr15 制作。

9) 卸料板 8 用弹簧 25 提供卸料力, 保证压料平稳, 卸料可靠。

10) 异形凸模、凹模镶块和凹模固定板、卸料板、上固定板, 均采用慢走丝线切割加工。

(2) 冲模工作过程 带料用自动送料机构送料, 进入凹模工作区域后, 带料在抬料钉 2 上并在两排导料钉 7 之间送进。

首次送料后上模下行, 卸料板 8 将带料压至凹模工作面上, 完成第一步工序, 即冲 $\phi 6\text{mm}$ 导正孔和 2 个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔。上模上行后, 抬料钉 2 将带料抬起。

第二次及以后送进后, 上模下行, 导正销 15 将带料导正, 卸料板 8 将带料压至凹模工作面上后, 顺序完成各冲压工序。上模上行后, 抬料钉 2 将带料顶起。

4.5.2 侧弯支座多工位级进模

图 4-9a 所示为用厚度为 1mm 的 2A12 冲压的工件图, 选用连续弯曲方式, 以适应大批量生产的需求。

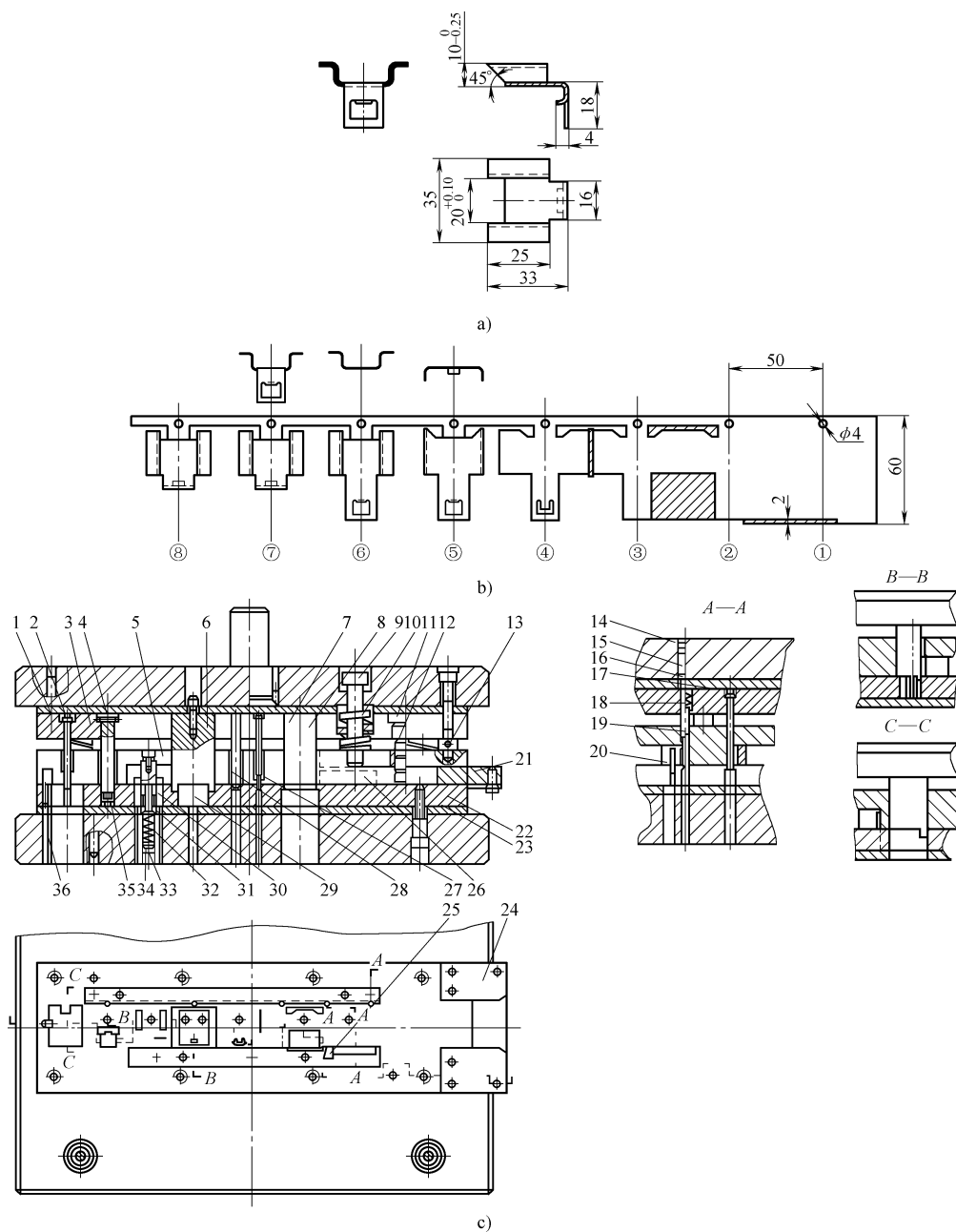


图4-9 侧弯支座多工位级进模

a) 工件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—上垫板 2—切断凸模 3—上固定板 4、6—弯曲凹模 5—卸料板 7、8、16、27、28—冲裁凸模
 9—卸料螺钉 10—矩形弹簧 11—小导柱 12—小导套 13—限位柱 14、33—螺塞 15—销
 17—侧刃 18、32—弹簧 19—导正销 20、26—侧导板 21、24—左、右导料尺 22—凹模板
 23—下垫板 25—侧刃挡块 29、30、35—弯曲镶块 31—浮顶器 34—弯曲凸模 36—定位块

1. 零件的工艺分析

工件材料为铝合金，外形虽简单，但成形工艺复杂，包括冲裁和多次弯曲。如采用单工序冲压，至少需要 4 副模具，不仅使冲压生产率低，而且由于多次定位的累积误差，难以保证产品质量。为了适应大批量生产的要求，拟选用连续冲裁弯曲的方式。

(1) 连续弯曲的排样图设计 采用图 4-9b 所示的单排直排方式，原因如下：

1) 零件展开毛坯最大尺寸 $< 60\text{mm}$ ，属中尺寸冲裁零件，基本形状为矩形，多工位冲压时采用单排方式可大大降低模具的制造成本。

2) 零件在两个垂直方向都有弯曲线，而铝合金材料的性能方向性不明显，采用直排方式不会影响两个不同方向的弯曲质量，还使模具加工难度大大降低。

零件在三个方向均有弯曲变形。为增强载体的刚性和强度，采用单桥、单侧载体的排样方案，将工件无弯曲变形的一侧与载体相连，待弯曲成形完成后切断。

(2) 工位设计 零件冲压成形有冲裁、弯曲、切口等工序，送料定距采用凹式侧刃和导正销定位方式，冲压顺序为：冲切侧刃搭边→切废料→弯曲成形→切断。分下面 8 个工位：

①工位冲切侧刃搭边和冲导正销孔 $\phi 4\text{mm}$ 。

②工位冲切工件周边余料。

③工位冲切工件间搭边。

④工位切舌。

⑤工位向下弯曲。

⑥工位向上弯曲。

⑦工位侧向弯曲。

⑧工位切断。

2. 模具设计 (图 4-9c)

(1) 结构特点

1) 模具采用双重导向结构，除上、下模间用四个导柱滑动导向外，上固定板 3 和卸料板 5 之间用四个小导柱 11 导向，保证上模中凸模和凹模镶块的工作稳定性。

2) 安装在上固定板中的凸模和凹模镶块用轴销固定。凸模与上固定板孔配合为双面过盈 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ ，凸模与卸料板孔双面间隙为 $0.06 \sim 0.10\text{mm}$ 。圆凸模为快换结构，与固定板配合 $\frac{\text{H7}}{\text{h6}}$ ，见图 4-9c 的 A—A 剖面。

3) 凹模采用镶块结构，镶块与凹模孔采用配合形式为 $\frac{\text{H7}}{\text{n6}}$ 。

4) 在第②、③、⑤、⑦工位，各设置一个导正销，导正销与固定板、卸料板

孔采用 $\frac{H7}{h6}$ 配合。

5) 卸料板 5 采用强力弹簧, 保证有足够的压料力和卸料力。卸料板依靠小导柱 11 精确导向, 可保护小凸模的工作稳定性。

6) 工件在第⑤工位向下弯曲, 第⑥工位向上弯曲, 第⑦工位侧向弯曲, 采用浮顶器 31 将冲压后的条料顶起。使送料方便。为了使浮顶器工作可靠, 应设置在送进方向无阻碍的位置, 本例中设置在第⑥工位。

(2) 冲模工作过程 条料首次送进时, 在左、右导料尺 21 和 24 之间向前至侧刃挡块 25 处定位, 上模下行时, 冲切侧刃搭边和导正销孔 $\phi 4\text{mm}$ 。

第二次及以后送进时, 侧刃挡块 25 作粗定位, 导正销 19 作精定位。导正销导正条料后, 卸料板压紧条料, 进行各工位的冲压。

上模上行后, 浮顶器 31 将条料顶起。顶起高度受侧导板 26 的台阶限位。

4.5.3 电器插座多工位级进模

图 4-10a 所示为用厚度为 1.5mm 的 QSn6.5—0.1 材料冲制的零件, 采用连续弯曲的多工位级进模加工。

1. 零件的工艺分析

图 4-10a 所示零件包括冲孔、落料和弯曲工序。工件上的三个弯曲可以一次弯曲成形, 但存在两个问题: 一是工件为单侧弯曲, 模具受侧向力较大, 会降低定位精度、影响工件质量; 二是工件用材料锡青铜弯曲回弹量较大。

在排样上采取双排横排对称排列的方法 (图 4-10b), 克服单侧弯曲的不足; 在弯曲凸模上留有负回弹角, 降低凸模圆角半径来抵消弯曲后的回弹。

为了适应大批量生产的需求, 选用连续弯曲的冲压工艺, 采用工件双排横排对称排列、中间载体的排样方法。导正销布置在条料不参与变形的中间连接桥部位。

具体工位如下:

①工位冲切展开毛坯周边余料, 冲导正销孔。

②工位冲切余料。

③工位冲 $\phi 6.2\text{mm}$ 孔。

④工位一次弯曲。

⑤工位弯曲成形。

⑥工位切断。

与自动送料机构连用作材料送进的粗定位; 导正销作精定位, 在②、③、④三个工位上各设置一个导正销。

2. 模具设计 (图 4-10c)

(1) 结构特点

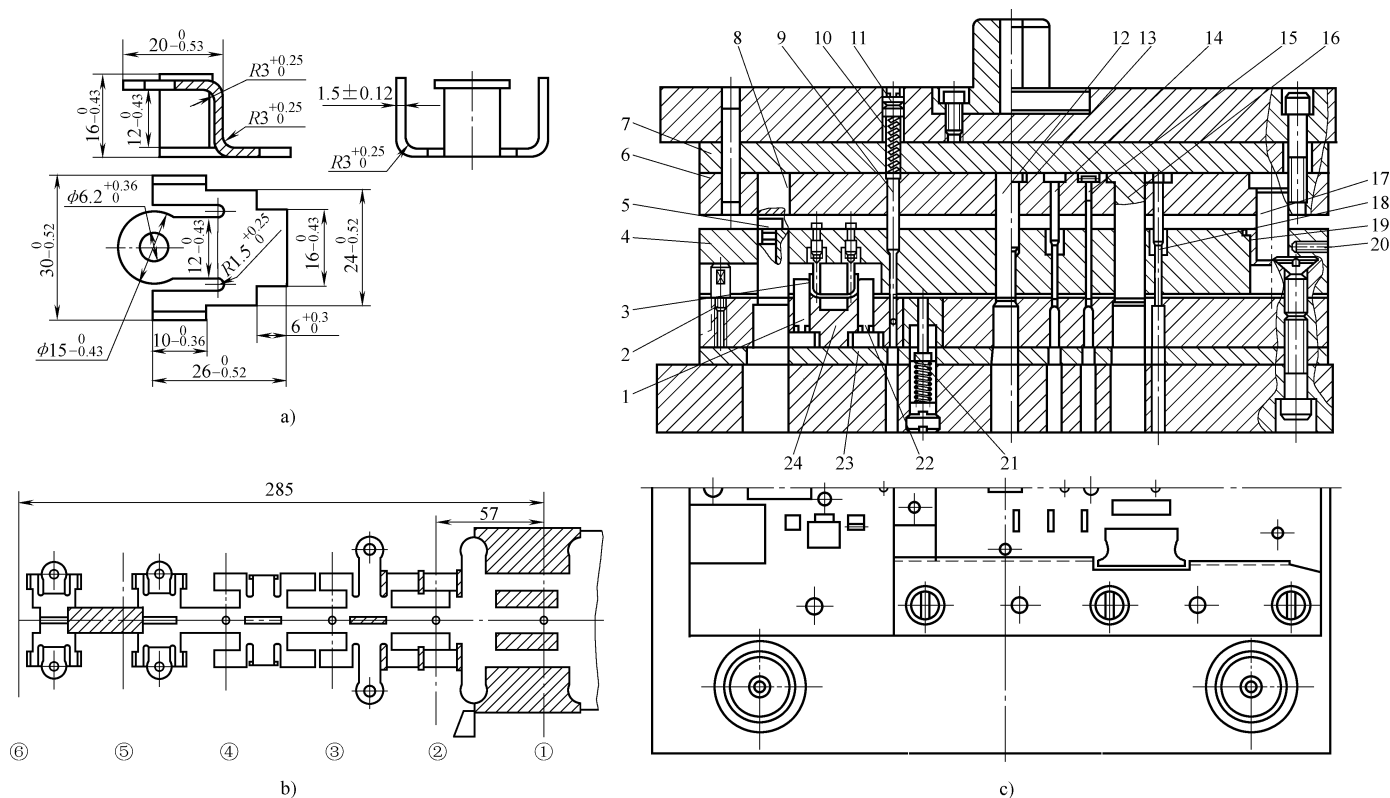


图 4-10 电器插座连续弯曲多工位级进模

a) 工件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1、22—弯曲镶块 2—挡料销 3—弯曲凸模 4—卸料板 5—限位柱 6—上固定板 7—上垫板
 8—切断凸模 9—导正销 10—弹簧 11—螺塞 12、13、14、15—凸模 16—成形侧刃
 17—导柱 18—冲孔凸模 19—导套 20—螺钉 21—浮顶器 23—凹模垫板 24—凹模板

1) 模具双重导向, 上、下模四个导柱滑动导向, 上固定板 6 和卸料板 4 之间用导柱 17 导向。

2) 卸料板 4 设计成整体台阶形式, 由小导柱导向, 可保护细小凸模。凸模与卸料板孔配合间隙取 $0.06 \sim 0.1\text{mm}$ 。将向上弯曲的凸模 3 固定在卸料板 4 上, 可方便拆卸维修。

3) 小凸模与上固定板孔配合为双面过盈 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$ 。

4) 凹模采用镶块结构, 镶块与凹模板孔为过渡配合 $\frac{\text{H7}}{\text{n6}}$ 。

5) 在第②、③、④工位上各设置一个导正销, 保证材料送进的准确性, 不致产生左右偏摆。

6) 凹模板 24 中, 在第④工位设置两个浮顶器 21。

(2) 冲模工作过程 首次送进粗定位是依靠自动送料机构, 上模下行冲切工件周边余料和导正销孔。以后各次送进, 自动送料机构粗定位, 导正销作精定位。

在第①工位冲切工件周边余料后, 带料宽度方向不再受到约束, 只能在送进方向上控制送料。因此, 在②、③、④工位各设置一个导正销, 既作送进精定位, 又可防止带料偏摆。

上模上行后, 浮顶器 21 将带料顶起, 以方便送料, 侧导板侧面的台阶限制顶起的高度。上模下行时, 卸料板将带料压紧在凹模工作面上。

4.5.4 导电片多工位级进模

图 4-11a 所示为用厚度为 0.1mm 铍青铜制成的零件, 采用双侧载体的多工位级进模冲裁。

1. 零件的工艺分析

图 4-11a 所示零件尺寸小、形状复杂, 使用材料不仅料薄, 铍青铜材料性能的方向性明显, 零件在互相垂直的两个方向上均有弯曲变形, 如采用单工序冲压, 操作困难, 工件质量难以保证。该零件生产批量特大, 拟采用连续弯曲的冲压方式。

图 4-11b 为零件展开毛坯图。

连续弯曲应解决如下两个问题:

- 1) 薄材料的送进、定距方法。
- 2) 材料性能方向性和成形质量的矛盾。

排样方式采用如图 4-11c 所示的单排斜排, 倾斜角度 30° , 送料定距采用侧刃粗定位, 导正销精定位。送料步距为 10mm 。

排样图所示分为 25 个工位, 其中②、③、⑦、⑨、⑩、⑫、⑭、⑯、⑰、⑲、⑳、㉓、㉔为空工位。工序如下:

- 1) 第①工位: 冲切侧刃搭边。
- 2) 第④工位: 冲两个导正销孔 $\phi 1.52\text{mm}$ 。两个导正销孔在两侧载体上。



a) 零件图 b) 展开毛坯图 c) 排样图

- 3) 第⑤工位: 冲 $\phi 1.4\text{mm}$ 小孔。
- 4) 第⑥工位: 冲长方孔 $3\text{mm} \times 1\text{mm}$ 和压凸台 $1.5\text{mm} \times 2.2\text{mm} \times 0.3\text{mm}$, 压凸台即 75° 角部的预成形。
- 5) 第⑧工位: 冲相邻两工件间的废料。
- 6) 第⑪工位: 在第 6 工位冲的长方孔 $3\text{mm} \times 1\text{mm}$ 处, 接 $D-D$ 剖面切口弯曲 $1.8\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 。
- 7) 第⑬工位: 弯成两侧 0.8mm 高的 U 形。
- 8) 第⑮工位: 单边切断。
- 9) 第⑱工位: 6mm 长一端预弯成 90° 。

10) 第⑩工位: 8.4mm 一段与 6.5mm 段间弯成 20° 。

11) 第⑫工位: 整形 20° 和 75° 角成形 (由 90° 成形为 75°)。

12) 第⑮工位: 切断, 完成工件成形。

2. 模具设计 (图 4-12)

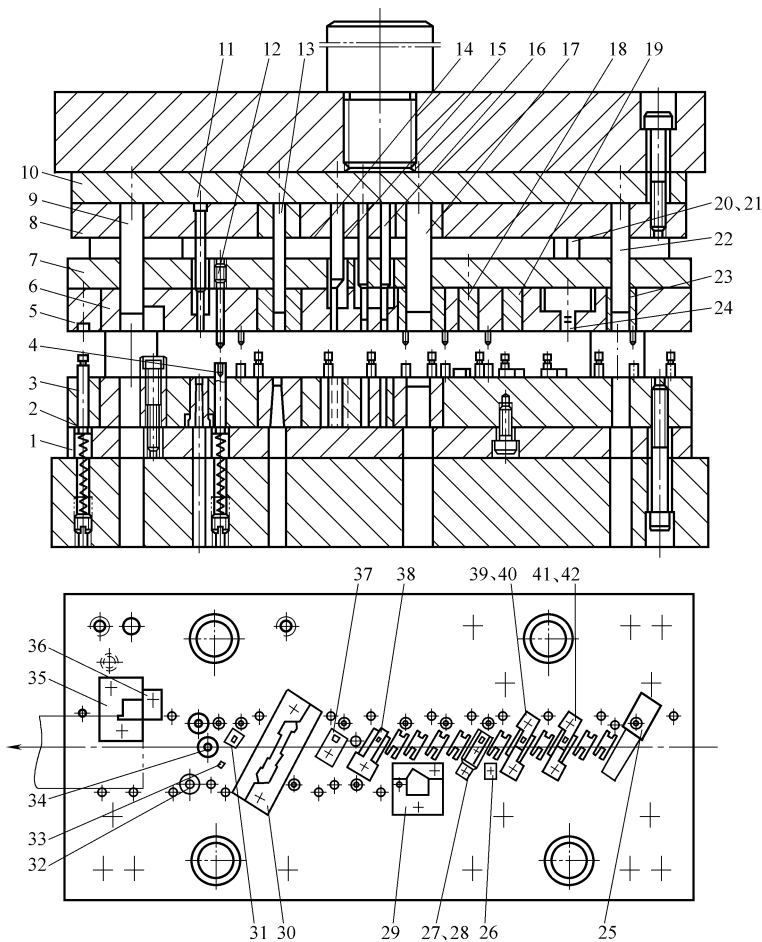


图 4-12 导电片多工位级进模

- 1—凹模垫板 2—凹模 3—导料杆 4—浮动顶杆 5—卸料板 6—卸料板镶块
 7—卸料板垫板 8—上固定板 9—侧刃 10—垫板 11、13、14、15、16、17—凸模
 12—导正销 18、19、21—弯曲凸模 20—斜楔 22—切断凸模 23—镶块
 24—成形滑块 25—切断凹模镶块 26—限位镶块 27、28、40、41、42—弯曲凹模镶块
 29、30、31、32、33、34、35、37、38、39—冲裁凹模镶块 36—侧刃挡块

(1) 结构特点

1) 模具采用双重导向, 上、下模采用四个导柱滚动导向精密模架, 凸模固定板、卸料板和凹模之间设置四个导柱滑动导向。

2) 凹模采用拼镶结构。凹模板和镶块均选用 Cr12MoV 制作, 镶块和凹模板孔间配合为 $\frac{H7}{n6}$ 。

3) 凸模固定板采用 CrWMn 制成。凸模与凸模固定板孔采用间隙配合。凸模与凹模的相对位置靠卸料板保证, 凸模与卸料板孔的双面间隙小于 0.02mm。

4) 为保证带料载体连同成形部分正常送进, 每次冲压后, 用浮动顶杆 4 将带料顶起浮离凹模表面。导料杆 3 随带料顶起, 带料在两侧导料杆间送进, 两侧分别设置 11 个和 6 个导料杆。

5) 从第⑤工位起, 设置导正销。一侧的第⑤、⑥、⑪、⑭、⑯、⑱、㉔工位设置, 另一侧的⑨、⑫、⑮工位设置, 保证带料送进时不偏移。

6) 弯曲凸模 18 和 19 安装在卸料板上, 便于维修。

7) 弯曲成形由上模的斜楔 20、成形滑块 24、弯曲凸模 21 和下模的弯曲凹模镶块 41、42 完成。

8) 凸模、镶块和凹模、卸料板、固定板上的孔, 采用精密数控线切割加工, 加工表面粗糙度 Ra 为 $0.4\mu\text{m}$ 。

(2) 冲模工作过程 模具与气动送料机构连用。首次送料时, 用侧刃挡块初定位, 冲切去侧刃搭边, 连续送料到第④工位; 冲出两个导正销孔后, 送料到第⑤工位时, 用导正销精定位后, 依次完成各工位的冲压工序。

上模上行后, 浮动顶杆 4 和导料杆 3 将带料顶起, 带料在两侧导料杆 3 的槽中夹持着, 保证带料送进的稳定。上模下行时, 卸料板 5 将带料连同导料杆 3、浮动顶杆 4 压紧凹模工作面, 进行下一次冲压。

4.6 冲孔、切断、压弯级进模

4.6.1 电极片多工位级进模

图 4-13a 所示电极片是外贸加工件, 采用厚度为 0.2mm 的 H62 黄铜制成, 生产批量较大, 由于产品内、外表面最终须进行镀银处理, 因此对镀前冲压成形的零件外观光滑、平整、无毛刺等要求甚为严格。

1. 零件的工艺分析

该零件结构并不复杂, 为一成形与弯曲组合件, 成形圆包高度很小, 属典型的局部成形。整个零件的加工难点在于料太薄、工件外形太小。如果用单工序模加工则需多副模具, 且多次定位易造成加工零件精度低, 生产效率低, 尤其重要的是零件外形尺寸太小, 难以进行手工操作, 因此不宜用单工序模加工。

考虑到零件外形尺寸小, 生产批量较大, 按理应设计成多排排样的多工位级进模结构, 以提高生产效率及材料利用率, 但由于该种排样方式将使模具结构复杂

化,模具制造也变得困难,对生产设备及模具制造人员的要求也高,根据该企业的实际情况,为稳妥起见,也不宜采用。经与外方协商后,决定按单排排样形式设计级进模。

整个零件由一副多工位级进模来完成,既可提高零件精度、产量,减少模具数量,又能使自身的加工制造能力满足要求。

2. 排样图设计

零件的各个弯曲部分展开后,形状呈狭长形,如图4-13b所示。

从条料刚性及模具尺寸方面考虑,采用狭长方向垂直于条料的前进方向可以减少步距,提高条料刚性,减少模具尺寸。

考虑到料太薄,易变形,不宜使用导正销定位,因此决定采用二侧刃进行定距,经计算确定步距为5.5mm,采用料宽12mm条料加工。

由于零件尺寸较小,为保证凹模强度不受较大的影响,从模具强度考虑,零件的弯曲设计成向上的方式。考虑到最后切断凹模的强度及其他卸料零部件布置的需要,在最后工序前还需留一空位。

综合以上各种因素,制定如图4-13c所示排样方式,共分7个工位。即:①冲切侧刃及切边;②冲切;③切边;④弯曲两角;⑤成形圆包;⑥空位;⑦切断。

第①工位是在带料载体上对称冲切出两侧侧刃进行定距且冲切出待弯曲坯料一边;第②工位冲切出待弯曲坯料另一边;第③工位冲切出待弯曲坯料部位;第④工位弯曲零件两边;第⑤工位对零件圆包进行成形;第⑥工位为空位;第⑦工位将零件切断,完成零件的加工。

3. 模具设计

(1) 模具结构及工作过程 根据零件排样图,设计成如图4-13d所示模具结构。

为保证模具中各个工位的极小间隙要求,整个模具采用联合导向结构,即模架导向和卸料板导向,模架采用导柱17及导套导向;卸料板11通过凹模13上设置的小导柱24及安装于凸模固定板4上的4个小导套进行精导向,保证模具的导向精度,实现全部凸模均以卸料板进行导向,保持冲压平稳。

模具工作时,当上模下行至凸模固定板4与中垫板6刚好接触时,模具处于闭合状态,此时卸料板11与凹模13中的条料受到较大的压紧力,模具内的冲裁、成形、弯曲凸模刚好到达设计深度,条料上的各个工位完成动作。在工位⑦,当零件加工完毕后,废料从模具废料孔中落下,零件由浮动的抬料销23顶离凹模面,由吹气钉18吹出的高压空气吹出模外,完成一个冲裁成形过程。当上模上升时,由于弹力作用,条料在抬料销23作用下,离开凹模面,在送料器作用下,向前进一个步距,准备下一个循环动作。

整套模具通过外购或选配恰当的送料器,便可实现零件的精密定距送料在七个工位最终完成整个零件的加工,同时实现全自动化生产。

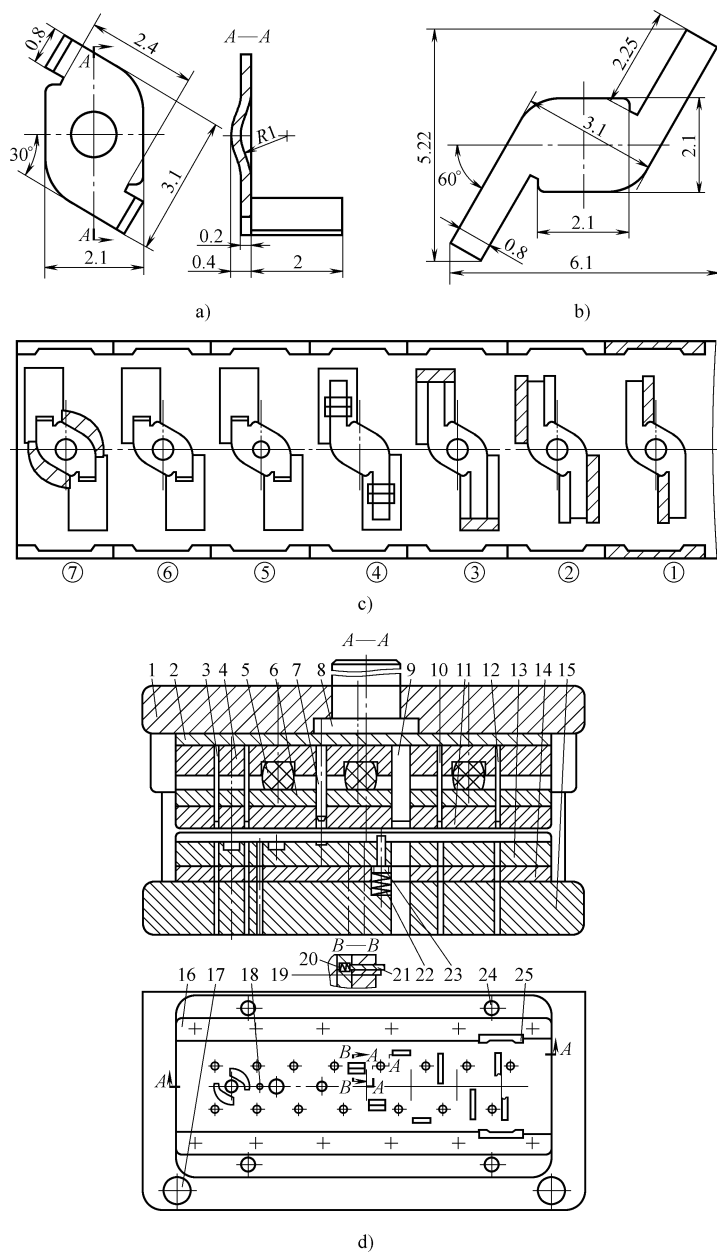


图 4-13 电极片多工位级进模

a) 零件图 b) 展开料图 c) 排样图 d) 模具结构图

- 1—上模板 2—上垫板 3、9、10、12—冲裁切边凸模 4—凸模固定板
 5—聚氨酯块 6—中垫板 7—成形凸模 8—模柄 11—卸料板 13—凹模
 14—下垫板 15—下模板 16—导料尺 17—导柱 18—吹气钉 19—弯曲凸模
 20、22—弹簧 21—弯曲卸料块 23—抬料销 24—小导柱 25—侧刃

(2) 设计要点 全部冲裁凸模采用线切割加工成形, 采用直通式, 由于结构尺寸小或形状不规则, 用铆接方式固定于凸模固定板 4 上。

冲裁侧刃及各冲裁切边凸模切边时单边受力, 易滑移, 将凸模设计成台阶式, 采用先导向后切边的工作方式, 避免单边受力造成的滑移, 保证制作尺寸。

由于制件向上弯曲, 为保证制件精度, 在弯曲部位, 除了设计弯曲凸模 19 外, 紧靠其侧面增设一个浮动的弯曲卸料块 21, 且弯曲卸料块比弯曲凸模略高些, 以确保模具闭合时, 能先对条料施加预压力, 然后再弯曲, 防止条料因滑动而产生变形和尺寸不准确, 同时弯曲完毕后, 弯曲卸料块起顶料作用, 弯曲卸料块 21 由弹簧 20 提供顶料力。

为分散冲裁过程中的应力分布, 分别在凸模固定板 4 上设置上垫板 2, 凹模 13 下设置下垫板 14。上、下垫板均选用 T10A, 热处理硬度为 58 ~ 62HRC, 上下面磨平后使用。

冲裁切边凸模 3、9、10、12, 凸模固定板 4, 卸料板 11, 凹模 13 等主要零件均采用线切割加工。

4.6.2 录音机机芯自停连杆多工位级进模

1. 零件的工艺分析

图 4-14a 所示为录音机机芯自停连杆的工件图, 材料为 10 钢, 厚度为 0.8mm, 属于大批量生产。图 4-14b 所示为该工件的立体图。该工件形状较复杂, 要求精度较高, 有 a 、 b 、 c 三处弯曲, 还有 4 个小凸包。主要工序有冲孔、冲外形、弯曲、胀形等, 适宜采用多工位级进模进行冲压加工。

2. 排样图设计

冲压材料采用厚度为 0.8mm 的钢带卷料, 用自动送料装置送料。排样图如图 4-14c 所示, 共有 6 个工位。

工位①: 冲导正销孔: 冲 $\phi 2.8\text{mm}$ 圆孔; 冲 K 区的窄长孔, 并冲 T 区的 T 形孔。

工位②: 冲工件右侧 M 区外形和连同下一工位的 E 区外形。

工位③: 冲工件左侧 N 区的外形。

工位④: 工件 a 部位的向上 5mm 弯曲, 冲 4 个小凸包。

工位⑤: 工件 b 部位的向下 4.8mm 弯曲。

工位⑥: 工件 c 部位的向下 7.7mm 弯曲; F 区连体冲裁, 废料从孔中漏出, 工件脱离载体, 从模具左侧滑出。

工件的外形是分 5 次冲裁完成的, 如图 4-14c 所示。若把工件分为头部、尾部和中部, 尾部的冲裁是分左右两次进行的, 如果一次冲出尾部外形, 则凹模中间部位将处于悬臂状态, 容易损坏。工件头部的冲裁也是分两次完成, 第一次是冲头部的 T 形槽, 第二次是 E 区的连体冲裁, 采用交接的方式以消除交接处的缺陷。如果两次冲裁合并, 则凹模的强度不够。工件中部的冲裁兼有零件切断分离的作用。

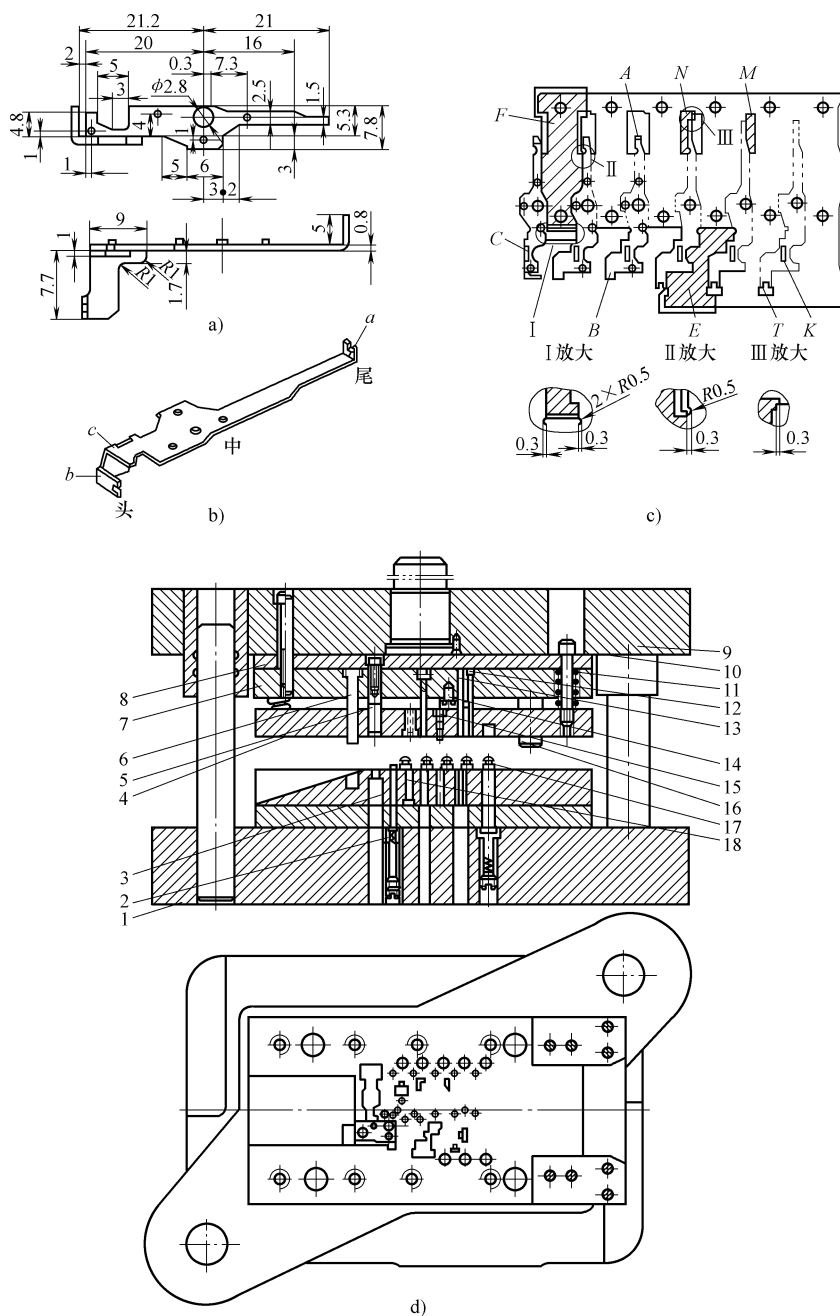


图 4-14 录音机机芯自停连杆多工位级进模

a) 工件图 b) 立体图 c) 排样图 d) 模具结构图

- 1—下模座 2、11—弹簧 3—顶料销 4—卸料板 5—F区冲裁凸模 6—弯曲凸模
7—凸模固定板 8—垫板 9—上模座 10—卸料螺钉 12—冲孔凸模 13—T区冲裁凸模
14—固定凸模用压板 15—导正销 16—小导柱 17—槽式浮顶销 18—压凸包凸模

3. 模具设计

模具的基本结构如图 4-14d 所示, 带料采用自动送料装置送进, 用导正销进行精确定位。在工位①冲出导正销孔后, 在工位②和工位⑤上均设置导正销导正, 从而保证零件冲压加工的精度。

模具的上模部分由卸料板、凸模固定板、垫板和各个凸模组成; 下模部分由凹模、垫板、导料板和弹顶器等组成。模具采用滑动对角导柱模架。

1) 导向装置。带料依靠模具两端设置的导料板导向, 中间部位采用槽式浮顶销导向。由于工件有弯曲工序, 每次冲压后需将带料顶起, 以便于带料的运送, 槽式浮顶销具有导向和顶料的双重作用。从图 4-14d 俯视图可以看出, 在送料方向右侧装有 5 个槽式浮顶销, 因在工位③左侧 *E* 区材料已被切除, 边缘无材料, 因此在送料方向左侧只能装 3 个槽式浮顶销。在工位④、工位⑤的左侧是具有弯曲工序的部位, 为了使带料在冲压过程中能可靠地顶起, 在图示部位设置了弹性顶料销 3。为了防止顶料销钩住已冲出的缺口, 造成送料不畅, 靠内侧带料仍保持连续的部分下方设置了 3 个弹性顶料销。这样, 就由 8 个槽式浮顶销和 3 个弹性顶料销协调工作顶起带料, 顶料的弹力大小由装在下模座内的螺塞调节。

带料共有 3 个部位的弯曲, *a* 部位的弯曲是向上的弯曲, 弯曲后并不影响带料在凹模上的运动, 但是弯曲的凹模镶块却高出凹模板 3mm, 如果带料不处于顶起状态, 将影响送进; *b* 部位的向下弯曲高度为 4.8mm, 弯曲后凹模上开有的槽可作为它的送进通道, 对带料顶起没有要求; *c* 部位弯曲后已脱离载体。考虑以上各因素后, 只有 *a* 部位的弯曲凹模影响带料的送进, 因而将带料顶起高度定为 3.5mm。弹性顶料销在自由状态下高出凹模板 3.5mm, 槽式浮顶销在自由状态下其槽的下平面高出凹模板 3.5mm, 这样使两种顶料销的顶料位置处于同一平面上。

2) 凸模除圆形凸模外, 各异形凸模均设计成直通形式, 以便采用线切割机床加工。由于部分凸模强度和刚度比较差, 为了保护细小凸模, 在凸模固定板上装有 4 个 $\phi 16\text{mm}$ 的小导柱, 使之与卸料板和凹模形成间隙配合, 其双面配合间隙不大于 0.025mm, 这样可以提高模具的精度和凸模刚度。

3) 冲裁凹模为整体式结构, 所有冲裁凹模型孔均采用线切割机床在凹模板上切出。压凸包凸模 18 作为镶件固定在凹模板上, 其工作高度在试模时还可调整, 在卸料板上装有凹模镶块。工件 *a* 部位的向上弯曲属于单边弯曲, 为克服回弹的影响, 采用校正弯曲。弯曲凹模采用 T 形槽, 镶在凹模板上, 顶件块与它相邻, 由弹簧将它向上顶起。冲压时, 顶件块与凸模形成夹持力, 随凸模下行, 完成弯曲, 顶件块具有向上顶料的作用。因此顶件块兼起校正镶块的作用, 应有足够的强度。工件 *b*、*c* 部位的向下弯曲在工位⑤、工位⑥进行, 由于相距较近, 采用同一凹模镶块, 用螺钉、销钉固定在凹模板上。*b* 部位向下弯曲的高度为 4.8mm, 顶料销只能将带料托起 3.5mm, 所以在凹模板上沿其送料方向还需加工出宽约 2mm、深约 3mm 的槽, 供其送进时通过。

工件在最后一个工位从载体上分离后处于自由状态，容易粘在凸模或凹模上，故在凸模和凹模镶块上各装一个弹性防粘推杆。凹模板侧面加工出斜面，使零件从侧面滑出。也可以在合适部位安装气管喷嘴，利用压缩空气将工件吹离凹模面。

4.6.3 端罩多工位级进模

图 4-15a 为某一仪器中的端罩零件，材料为 10 号优质结构钢，厚度为 3mm。

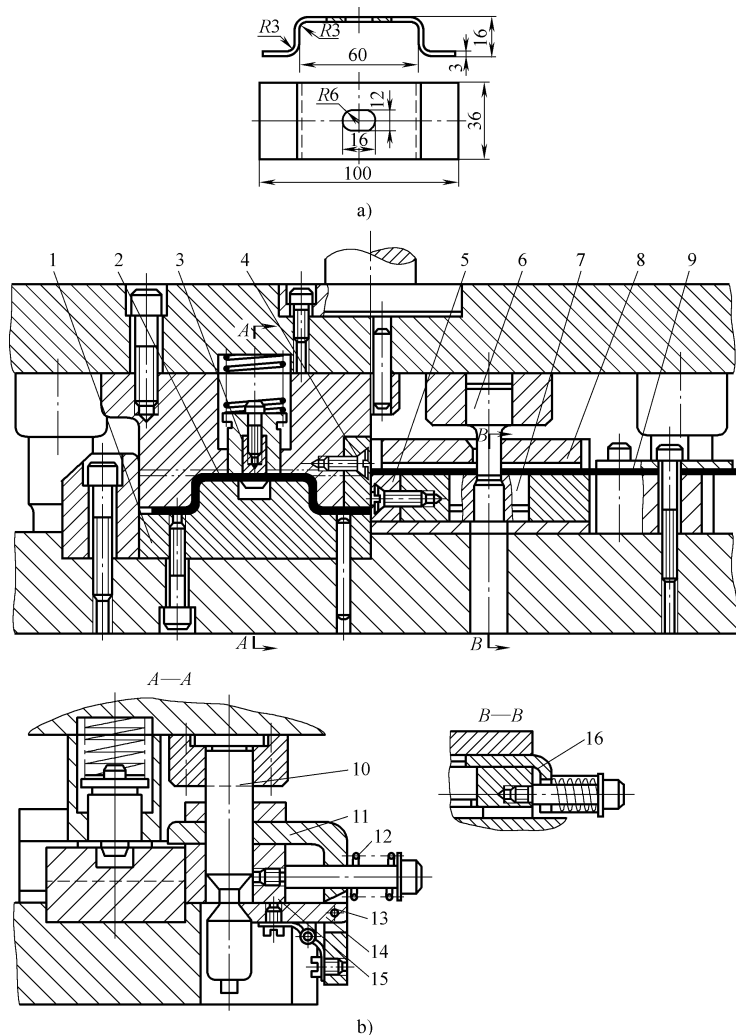


图 4-15 端罩多工位级进模

a) 零件图 b) 模具结构图

1、6—凸模 2、7—凹模 3—导正销 4、5—切断器 8—卸料板 9—后托架
10—凸轮轴 11—退件器 12—弹簧 13—销轴 14—滑板 15—支座 16—侧压板

图 4-15b 为一套采用无废料排样的冲孔、切断、压弯级进模。侧压板 16 将条

料压靠到后托架 9 上。第二工位由导正销 3 定位。

自动退料装置的结构与动作如下：

1) 上模装有一凸轮轴 10，插在下模支座 15 内。支座内有一退件器 11，其上有一圆孔，套在凸轮轴上。孔缘做成斜面。退件器上装有弹簧 12，且以销轴铰接滑板 14，滑板的作用为与凸轮轴配合以控制退件器弹簧动作。

2) 冲压时，凸轮轴 10 下行，其下端推下滑板 14 必沿销轴 13 转动一个小的角度。凸轮轴中部凸轮槽使退件器 11 右移，此时滑板 14 在弹簧作用下马上复位。冲压完毕，凸轮轴随上模上行，当凸轮轴的凸轮槽行至退件器 11 的位置，而且滑板 14 也到了凸轮轴 10 下端端部位置时，退件器 11 在弹簧 12 作用下，瞬时向左弹出，将弯曲件排出。

4.7 冲裁、拉深级进模

4.7.1 电极罩多工位级进模

图 4-16a 所示为电极罩零件，采用厚度为 0.2mm 的 H62 黄铜制成，由于产品内、外表面最终须进行镀银处理，因此对镀前冲压成形的零件外观光滑、平整、无毛刺等要求甚为严格。考虑到零件外形尺寸小，生产批量较大，按理应设计成多排排样的多工位级进模结构，但受生产设备的实际制造能力限制，为稳妥起见，经分析，决定按单排排样形式设计级进模。

1. 工艺计算及分析

(1) 零件坯料计算 该零件属对称性异形拉深件，根据其拉深成形特点，可分解成 $\phi 4.5\text{mm}$ 、深 1.4mm 的带凸缘圆筒拉深件及直径为 $\phi 1.2\text{mm}$ 的带凸缘圆筒件分别进行拉深计算。

根据资料介绍的毛坯尺寸计算公式，可算出拉深 $\phi 4.5\text{mm}$ 及 $\phi 1.2\text{mm}$ 处带凸缘圆筒的毛坯直径分别为 $\phi 8.25\text{mm}$ 、 $\phi 4.31\text{mm}$ 。

查连续拉深件修边余量表 3-31，可知修边余量 $\delta = 1\text{mm}$ ，故实际毛坯直径分别为 $\phi 9.25\text{mm}$ 、 $\phi 5.31\text{mm}$ 。

为便于加工，经对毛坯尺寸圆整，取毛坯为 $\phi 9.5\text{mm}$ 圆形料。

(2) 拉深计算 首先校核并判定在连续拉深过程中能否不进行中间退火。

$\phi 4.5\text{mm}$ 处的拉深系数为 $m_{\text{总}} = d/D = 4.3/9.5 = 0.45 > 0.2 \sim 0.24$

其中，0.2 ~ 0.24 为连续拉深时不进行中间退火所允许的极限拉深系数。

同理，可求出 $\phi 1.2\text{mm}$ 处的拉深系数 $m_{\text{总}}$ 为 0.19，略小于 0.2 ~ 0.24，考虑到 $\phi 1.2\text{mm}$ 为整个零件的凸耳部位，其与 $\phi 4.5\text{mm}$ 成圆弧连接，成形时材料能相互流动，有利于成形，因此，不进行中间退火直接拉深成 $\phi 1.2\text{mm}$ 没有问题。

综合上述分析，整个零件连续拉深过程中可不进行中间退火处理。

其次, 确定零件的拉深次数。

由于 $\phi 4.5\text{mm}$ 处毛坯相对厚度 $(t/D) \times 100 = (0.2/9.5) \times 100 = 2.11$, 凸缘相对直径 $d_{\text{凸}}/d = 7.1/4.3 = 1.65$, 查表可知, $m_1 = 0.49$, $m_2 = 0.75$ 。

$$m_1 \times m_2 = 0.49 \times 0.75 = 0.37 < m_{\text{总}} = 0.45$$

根据上述拉深计算, 可判定拉深 $\phi 4.5\text{mm}$ 处需进行二次拉深。

根据相关资料介绍和实践经验, 可将 $\phi 1.2\text{mm}$ 处近似按等径筒形拉深件进行考核, 由此对 $\phi 1.2\text{mm}$ 处圆筒拉深次数可按上述同样方法进行估算, 经计算得出需要进行三次拉深。

考虑到整个拉深零件的圆角半径仅为 $0.1\text{mm} < t = 0.2\text{mm}$, 故需进行整形。

2. 排样图设计

考虑到料太薄, 易变形, 不宜使用导正销定位, 因此决定采用二侧刃进行定距, 根据上述工艺计算及分析, 确定零件的工艺方案为: 冲切带筋外形→校平→第一次拉深→第二次拉深→第三次拉深并校形→落外形料。

由此设计了图 4-16b 所示排样图, 整套模具设计了 6 个工位, 步距为 11mm , 采用料宽 15mm 条料加工。

第①工位是在带料载体上先冲切一侧侧刃进行定距且冲切出带筋外形坯料; 第②工位将冲切的坯料进行校平; 第③工位冲切另一侧侧刃进行定距且进行首次拉深; 第④工位进行第二次拉深; 第⑤工位进行第三次拉深且校形; 第⑥工位将拉深好的零件外形进行落料, 完成零件的加工。

3. 模具设计

(1) 模具结构 根据零件排样图, 设计了如图 4-16c 所示模具结构图。

为充分发挥该企业电火花线切割机床加工设备的作用, 本着有利于制造、便于加工的原则, 整套模具采用两个侧刃进行精确定距, 上、下模设计成整体结构形式, 全部凸模与凸模固定板 4 均采用铆接连接固定。工作时, 条料通过导料尺 21、30 进行导正, 以不在同一侧的侧刃 26、28 冲切的凸台进行定位、定距, 通过外购或选配恰当的送料器, 在六个工位最终完成整个零件的加工, 同时实现全自动化生产。

(2) 模具设计要点 为保证模具第①工位及第⑥工位冲切和落料时的单边仅 $0.005 \sim 0.007\text{mm}$ 小间隙的均匀性, 凸模固定板 4、卸料板 11 及凹模 13 上设置小导柱 22、29 进行精密导向, 第②~第⑤工位则设置四个导柱 27 和导套进行导向。首次及第二次单面拉深间隙取 $0.2 \sim 0.22\text{mm}$, 第三次拉深及校形选取小间隙取 $0.18 \sim 0.2\text{mm}$ 。整套模具的冲切、落料及拉深凸模采用 Cr12MoV 制造, 工作部分热处理硬度为 $56 \sim 60\text{HRC}$, 与凸模固定板 4 固定部分硬度则为 $32 \sim 38\text{HRC}$, 以利于铆接。

模具的第①工位采用卸料器 15、弹簧 16 共同将冲切料顶出凹模 13 冲切型腔, 第③、④、⑤工位则通过橡胶 20 等组成的缓冲器进行卸料, 为保证第⑥工位中落

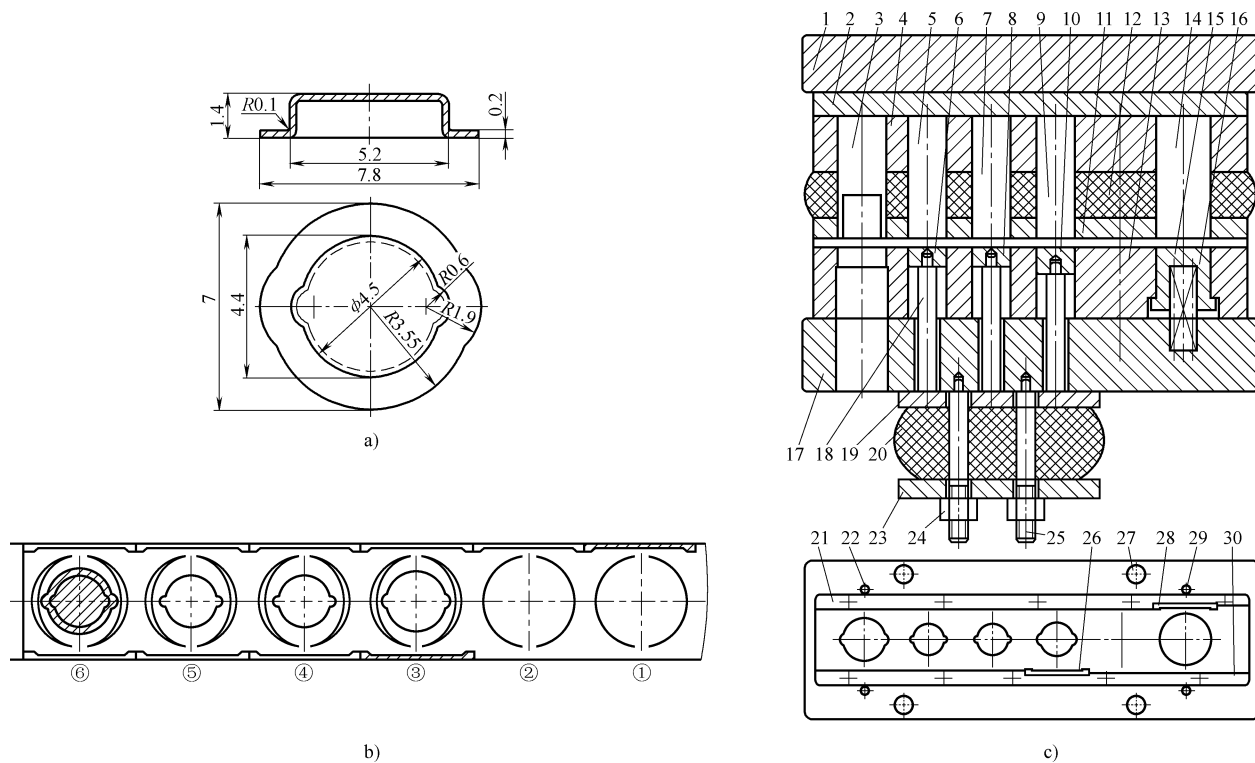


图 4-16 电极罩多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—上模板 2—垫板 3—落料凸模 4—凸模固定板 5、7、9—拉深凸模 6、8、10—弹顶器 11—卸料板 12、20—橡胶
 13—凹模 14—冲切凸模 15—卸料器 16—弹簧 17—下模板 18—顶杆 19、23—顶件块 21、30—导料尺 22、29—小导柱
 24—螺母 25—螺杆 26、28—侧刃 27—导柱

料导正的需要,同时也为保证外形与拉深筒的同轴性,在落料凸模 3 底部开设一圆孔,工作时,首先利用零件外形定位导正,然后进行落料冲切,落料后的零件直接从下模板 17 底部开设的孔中漏出。

为分散各小凸模的较高压应力作用,设置垫板 2,选用高碳钢 T10A,热处理硬度为 56~60HRC。

4.7.2 焊片多工位级进模

图 4-17a 所示为某产品上的零件焊片,采用料厚为 0.4mm 的 08 钢制成,由于使用上的需要,在片状零件上需拉深成一相对较深的圆筒,大批量生产。

1. 零件的工艺分析

该零件拉深孔为 $\phi 1.2\text{mm}$ 、深 4.8mm,需经多次拉深、整形、冲孔才能达到尺寸要求。该零件是一个以拉深为主的冲压件,特点是:工件尺寸小,材料薄,尺寸精度要求不高。由于采用多工位级进模比复合模或单工序模生产效率高,成本低,操作简便,安全可靠,因此决定采用多工位拉深级进模。冲压工艺方案为:首次拉深、多次拉深、整形、冲拉深底部孔、冲长形孔、外形落料。

2. 排样图设计

排样图是多工位拉深级进模设计的基础,同时合理的模具结构取决于正确的排样,因此优化排样至关重要。根据零件的形状尺寸,同时对各种排样方案进行分析,决定采用双排直排样,如图 4-17b 所示。

排样图工序布置为:①冲侧刃边距;②切口;③空工位;④首次拉深;⑤~⑪逐次拉深;⑫空工位;⑬冲拉深底孔和长形孔;⑭外形落料;⑮另一外形落料。

该排样设计中采用了 2 个空工位,目的是为了满足不同工位的强度要求,使模具的结构布置更合理。

3. 模具设计

(1) 模具结构及工作原理 模具结构如图 4-17c 所示。

模具工作时,条料从左、右导料尺 38、34 中导正,然后依次进行排样图中各工序的要求,即冲出侧刃定位、切口、首次拉深、再拉深七次、冲拉深筒底并冲长形孔,最后落料,完成零件的加工。

(2) 凸、凹模设计要点 凹模采用镶拼结构形式,以三段拼合而成,第一段凹模包括侧刃冲模和切口冲裁,第二段凹模全部是拉深工位,第三段凹模为冲孔落料。这样结构便于模具的加工、调整和维修,当某一段模具损坏时,只需更换该段凹模,而不致于使整副模具报废。分段凹模还便于模具刃磨。三段凹模各自直接紧固在同一块垫板上。

圆形凸模设计成台阶式结构,以提高强度,其与拉深凸模固定板 11 采用铆接,异形凸模设计成直通式结构,以利于线切割加工,与拉深凸模固定板 11 仍采用铆接。

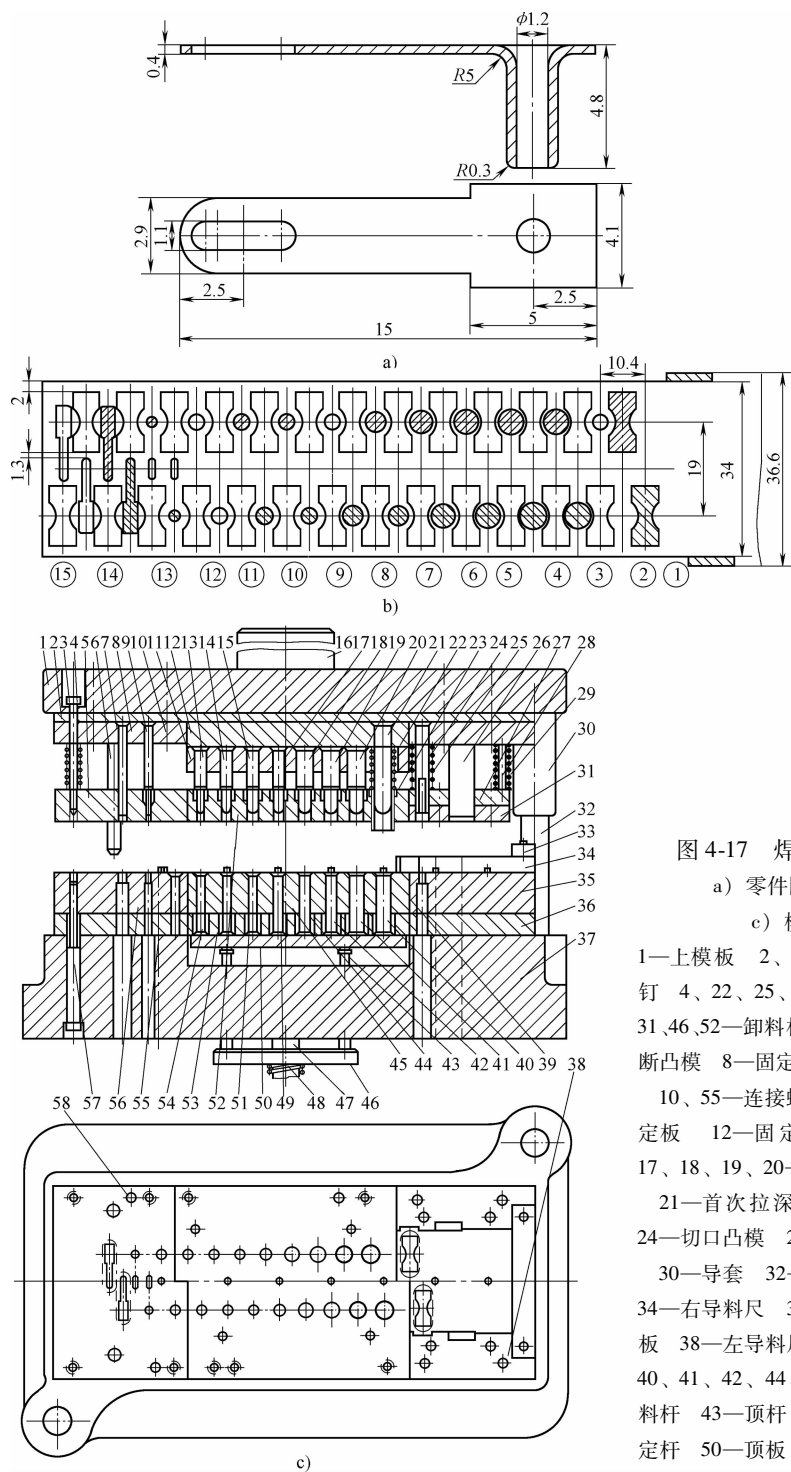


图 4-17 焊片多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图

c) 模具结构图

1—上模板 2、36—垫板 3—卸料螺钉 4、22、25、29、48—弹簧 5、27、31、46、52—卸料板 6—小导柱 7—切断凸模 8—固定板 I 9—冲底孔凸模 10、55—连接螺钉 11—拉深凸模固定板 12—固定板 II 13、14、15、17、18、19、20—拉深凸模 16—模柄 21—首次拉深凸模 23—压边圈 24—切口凸模 26—侧刃 28—卸料钉 30—导套 32—导柱 33—上导板 34—右导料尺 35—凸模 I 37—下模板 38—左导料尺 39—弹性浮顶器 40、41、42、44、49、51、53、54—顶料杆 43—顶杆 45—凹模 II 47—固定杆 50—顶板 56—凹模 III 57—螺钉 58—定位销

(3) 导向装置设计要点 该级进模采用联合导向结构, 即模架导向和卸料板导向。模架采用钢球滚动式导柱导套导向, 导向效果很好。卸料板 5 通过安装于固定板 18 上的小导柱 6 作辅助导向, 全部凸模均以卸料板为导向, 保持冲压平稳。

首次拉深需采用压边圈, 以后各次拉深均不需要压边。

(4) 定位装置设计要点 由于零件精度要求较低, 故采用侧刃定距限定带料送进步距的准确。

整套模具与自动送料机构配合使用, 易实现生产自动化。

(5) 导料装置设计要点 为了保证带料送料顺利, 在各工位段的凹模表面设置了弹性浮顶器 39, 使条料在运送中用弹性浮顶器 39 将条料抬高 2mm, 以利于条料送进的通畅。

4.7.3 黄铜管帽多工位级进模

图 4-18a 所示黄铜管帽零件, 是用厚度为 0.4mm 的黄铜带 H68M 冲压而成的。

1. 零件的工艺分析

拉深展开毛坯直径为 18mm。

$$\frac{t}{D} \times 100 = \frac{0.4}{18} \times 100 = 2.2 > 1$$

$$\frac{d_{\text{凸}}}{d} = \frac{11}{6.5} = 1.7$$

$$\frac{h}{d} = \frac{6.5}{6.5} = 1$$

经计算后, 对照表 3-20, 可以使用无工艺切口的整带料拉深。零件图中, 筒形上部 $\phi 11\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 的碗形部分用成形方法获得。

零件的总拉深系数 $m_{\text{总}} = \frac{6.1}{18} = 0.34$, 带推件装置时, 黄铜的极限总拉深系数 $m_{\text{总}} = 0.2 \sim 0.24$ 。实际 $m_{\text{总}} = 0.34 > 0.2 \sim 0.24$, 表示零件可以不进行中间退火的连续拉深。

2. 排样图设计

选用连续拉深工艺方案, 排样图如图 4-18b 所示, 共分 10 个工位:

第①工位: 首次拉深成 $\phi 10.5\text{mm} \times 4.9\text{mm}$, $m_1 = 0.58$ 。

第②工位: 空工位。

第③工位: 二次拉深成 $\phi 8.6\text{mm} \times 5.9\text{mm}$, $m_2 = 0.82$ 。

第④工位: 三次拉深成 $\phi 7.2\text{mm} \times 6.6\text{mm}$, $m_3 = 0.84$ 。

第⑤工位: 四次拉深成 $\phi 6.5\text{mm} \times 6.8\text{mm}$, $m_4 = 0.90$ 。

第⑥工位: 五次拉深成 $\phi 5.9\text{mm} \times 6.8\text{mm}$, $m_5 = 0.91$ 。

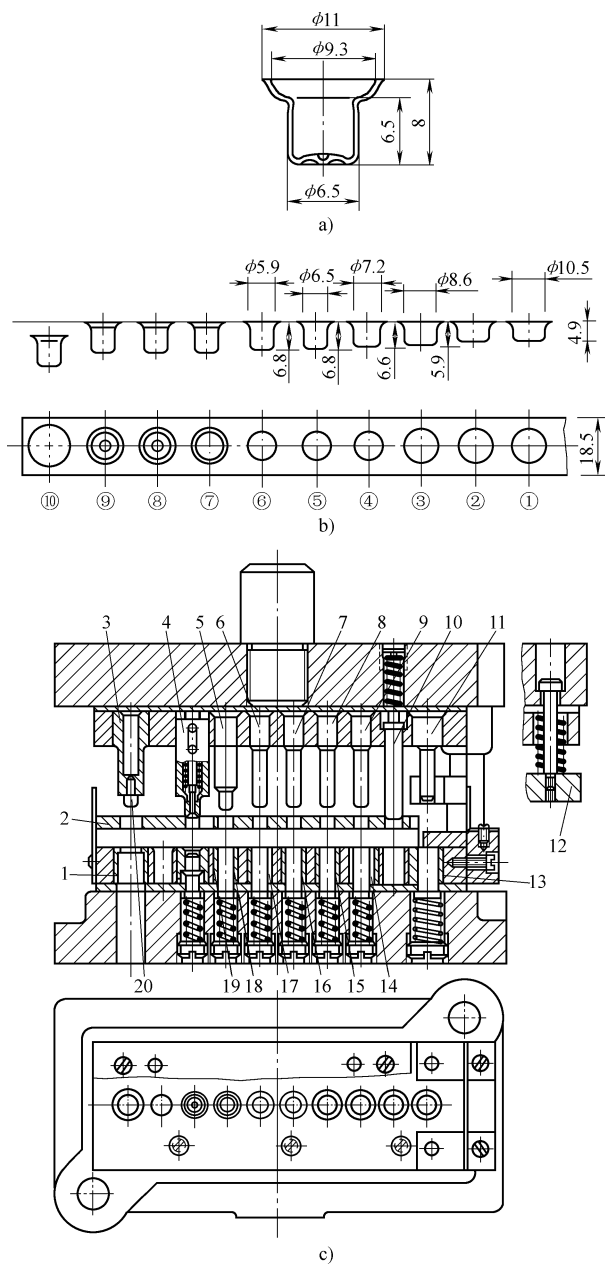


图 4-18 黄铜管帽多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—落料凹模 2—固定卸料板 3—落料凸模 4、5—成形凸模
 6、7、8、9、11—拉深凸模 10—活动压料杆 12—活动压板
 13、14、15、16、17—拉深凹模 18、19—成形凹模 20—导正销

第⑦工位：凸缘处成形。

第⑧工位：底部成形。

第⑨工位：空工位。

第⑩工位：落料。

3. 模具结构设计（图 4-18c）

1) 带料送进用自动送料机构粗定位；各次拉深成形用凸模自动找正；落料凸模 3 上的导正销 20 作落料时精定位。

2) 第①工位首次拉深用活动压板 12 可起压料作用，以后各工位采用固定卸料板 2。

第②工位为空步，加一活动压料杆 10，可避免拉深过程中带料滑移和翘起。

3) 凹模采用镶套结构。

4) 拉深、成形凹模中设推件装置（弹性）。

4.7.4 压扣多工位级进模

图 4-19a 所示压扣零件，是用厚度为 0.5mm 的 08F 钢板冲压而成的。

1. 零件的工艺分析

零件技术要求为：卷边外圆断面要平齐光滑，毛刺不得大于 0.1mm；卷边顶部与底面平行度误差小于 0.5mm；零件尺寸精度要求为 (7 ± 0.2) mm 和 $\phi(19.8 \pm 0.1)$ mm。

拉深展开毛坯直径为 35mm，总拉深系数 $m_{\text{总}}$ 为

$$m_{\text{总}} = \frac{d}{D} = \frac{19.3}{35} = 0.55 > [m_{\text{总}}] \quad (\text{见表 3-21})$$

因此，可以采用不经中间退火的连续拉深。

$$\frac{t}{D} \times 100 = \frac{0.5}{35} \times 100 = 1.43 > 1$$

$$\frac{d_{\text{凸}}}{d} = \frac{27.1}{19.3} = 1.4$$

$$\frac{h}{d} = \frac{7}{19.3} = 0.36$$

根据表 3-20 可以采用整带料连续拉深。

无工艺切口的整带料连续拉深时，相邻两工位间互相牵制，送料方向材料流动困难，主要依靠材料的伸长变形，使沿工件周边的应力应变状态不同，造成变形不均匀，会使工件尺寸精度降低。图 4-19a 所示零件的尺寸和形状位置精度有一定要求，如采用整带料拉深，难以保证零件技术要求，应改用有工艺切口的带料连续拉深。

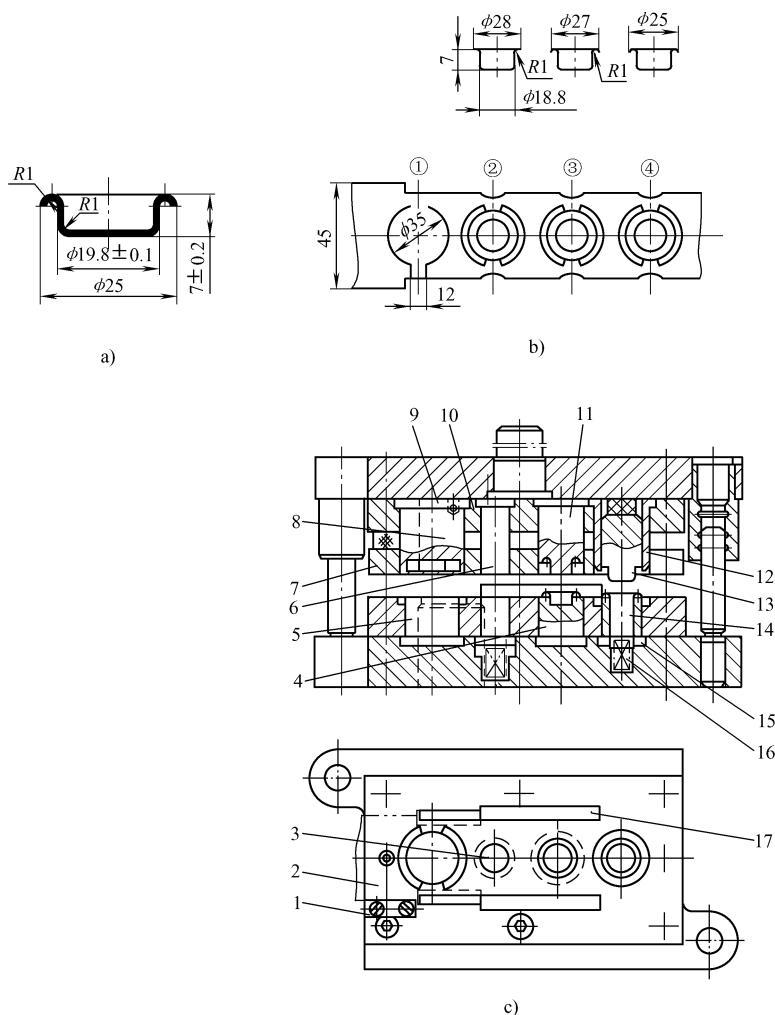


图4-19 压扣多工位级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—定位块 2—凹模板 3、14—顶件销 4—卷边凸模 5—切缝凸模 6—拉深凸模
7—卸料板 8—双侧刃 9—切缝凹模 10—固定板 11—卷边凹模 12—切边凹模
13—导正销 15—切边凸模 16—弹簧 17—侧导板

2. 排样图设计

根据以上分析, 选用有工艺切口的连续拉深, 并采用表 3-24 中序号 1 的月牙形切口。

根据表 3-25 和表 3-26, $\frac{t}{D} \times 100 > 1 \sim 1.5$ 、 $\frac{d_{\text{凹}}}{d} > 1.3 \sim 1.5$ 时, $m_1 = 0.53$ 、 $\frac{h_1}{d_1}$

=0.50。

由于零件的 $m = 0.55 > 0.53$, $\frac{h}{d} = 0.36 < 0.50$, 所以可以一次拉深成形。

设计连续拉深排样图见图 4-19b, 有 4 个工位:

第①工位: 冲切两个 $\phi 35\text{mm}$ 月牙形切口和双侧刃搭边。

第②工位: 拉深 $\phi 18.8\text{mm} \times 7\text{mm}$ 。

第③工位: 卷边 $R1\text{mm}$ 。

第④工位: 冲切卷边。

3. 模具设计 (图 4-19c)

1) 条料送进用双侧刃 8 控制送料进距; 第④工位冲切卷边时, 用安装在切边凹模 12 中的导正销 13 为条料精定位; 开始送进时, 用定位块 1 作条料送进时一侧基准面。

2) 切缝凸模 5、卷边凸模 4 及切边凸模 15, 镶在凹模板 2 中。拉深、切边后, 工件随条料被顶件销 3、14 顶出。

3) 切缝时, 冲切两个月牙形切缝, 凸模和凹模倒装。

4.7.5 电池钢壳多工位级进模

图 4-20 所示电池钢壳, 是用厚度为 0.3mm 的 08 钢冲压而成的。

1. 零件的工艺分析

电池钢壳零件结构较简单, 属深圆筒形件拉深; 但成形质量要求较高, 内外不允许有划伤, 筒壁下端圆角处不允许有过度拉薄现象。产品零件为大批量生产, 要求生产效率高、质量稳定, 且模具有较长的寿命。

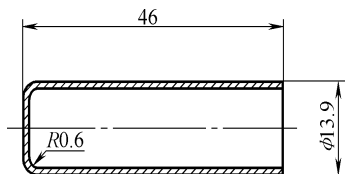


图 4-20 电池钢壳

零件展开毛坯直径为 54mm , $\frac{t}{D} \times 100 = \frac{0.3}{54} \times 100 = 0.56$

相对高度 $\frac{h}{d} = \frac{46}{13.9} = 3.3 > 1$

总拉深系数 $m_{\text{总}} = \frac{d}{D} = \frac{13.6}{54} = 0.25$

虽然总拉深系数 $m_{\text{总}} > [m_{\text{总}}]$, 但由于零件实际高度为 46mm , 采用连续拉深工艺是不适合的。如采用单工序模, 即落料、多次拉深、切边等, 不仅工序多, 生产效率低, 质量也不稳定。

为了适应大批量生产的要求, 拟采用多工位传递式级进模, 用夹钳式自动送料。

2. 冲压工艺设计

按圆筒形件多次拉深设计工艺计算后, 分五次拉深, 各工序为 (图 4-21):

一次拉深尺寸为 $\phi 30\text{mm} \times 17.9\text{mm}$, $m_1 = 29.7/54 = 0.55$ 。

二次拉深尺寸为 $\phi 23.2\text{mm} \times 26.2\text{mm}$, $m_2 = 22.9/29.7 = 0.77$ 。

三次拉深尺寸为 $\phi 18.6\text{mm} \times 34.9\text{mm}$, $m_3 = 18.3/22.9 = 0.80$ 。

四次拉深尺寸为 $\phi 15.3\text{mm} \times 45\text{mm}$, $m_4 = 15/18.3 = 0.82$ 。

五次拉深尺寸为 $\phi 13.9\text{mm} \times 46\text{mm}$, $m_5 = 13.6/15 = 0.90$ 。

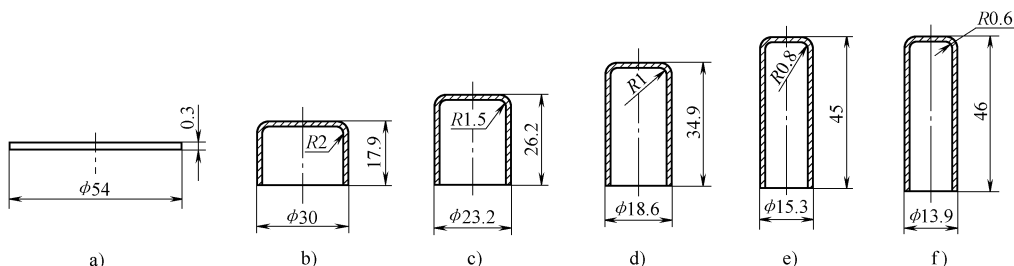


图 4-21 冲压工序

a) 落料 b) 首次拉深 c) 二次拉深 d) 三次拉深
e) 四次拉深 f) 五次拉深、挤压切边

查表 3-28, $\frac{t}{D} \times 100 < 1.0 \sim 0.5$ 时, $m_1 = 0.53 \sim 0.55$, $m_2 = 0.76 \sim 0.78$, $m_3 = 0.79 \sim 0.80$, $m_4 = 0.81 \sim 0.82$, $m_5 = 0.84 \sim 0.85$ 。

由此可见, 实际 m_n 大于表 3-28 中的 m_n , 连续拉深可行。

选用冲压工艺路线为: 落料→首次拉深→二次拉深→三次拉深→四次拉深→五次拉深、挤压切边。

3. 模具设计

图 4-22 所示夹钳式自动送料级进模, 模具由一副冲裁凸模和凹模、五副拉深凸模和凹模、夹钳式自动送料机构和条料送进机构组成。

(1) 凸模和凹模结构 采用倒装式结构, 凸模在下模、凹模在上模, 便于工序件推出后夹持送料。

拉深凹模用硬质合金制作, 采用热套固定的结构形式。外套用中碳钢制作, 与硬质合金凹模采用过盈配合, 过盈量取其基本尺寸的 $0.1\% \sim 0.2\%$, 套加热到 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ 后热套。拉深凸模为压入式压肩固定, 可选用 W18Cr4V 制作。

冲裁凸、凹模为顺装式结构, 用螺钉、圆销固定, 可选用硬质合金或 Cr12MoV 制作。

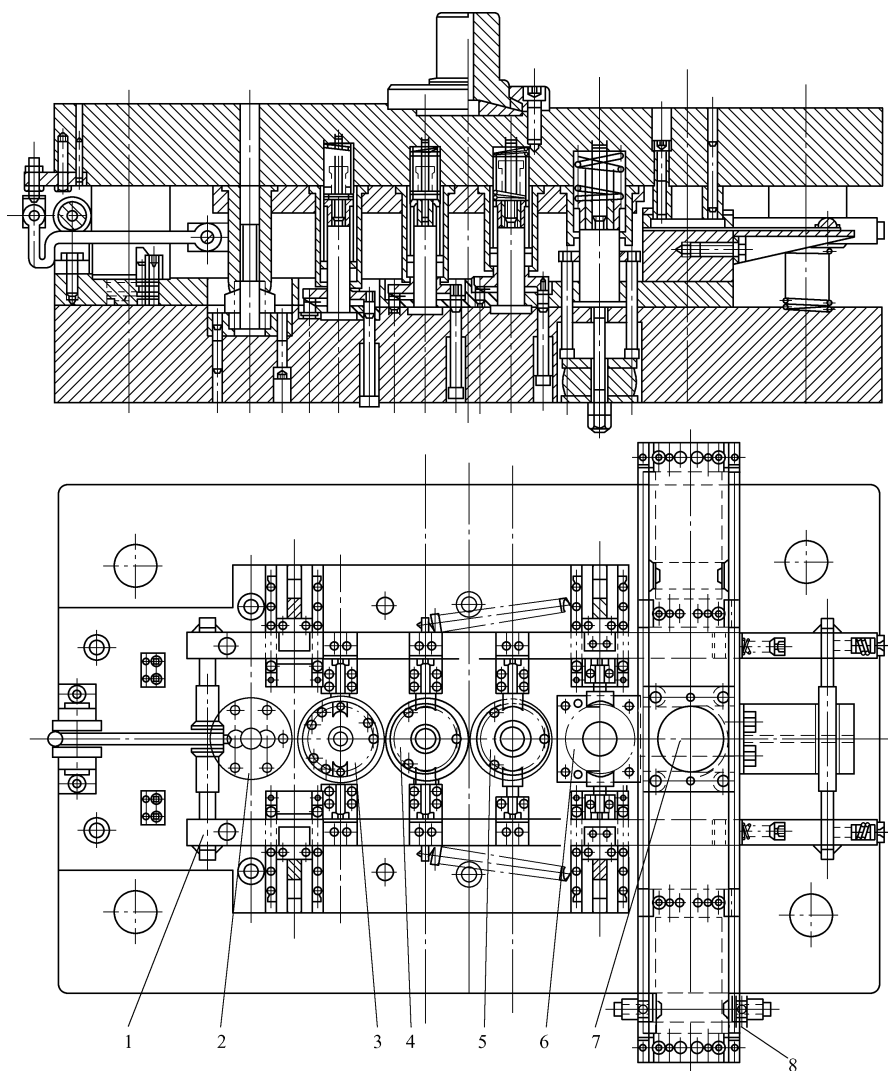


图 4-22 电池钢壳夹钳式自动送料多工位级进模

1—夹钳式送料机构 2、3、4、5、6—拉深凸、凹模 7—冲裁凸、凹模 8—条料送进机构

(2) 冲压工作过程

1) 落料。通过条料送进机构，将带料送至凹模位置。落料后，片料落在凹模底部，准备送至第二工位。凹模底面可安装磁性吸片。

2) 拉深。坯料送进机构将落料片夹持，送至第二工位首次拉深；再由夹钳夹持传递至下工位再拉深。

一至四次拉深为一般圆筒形件拉深。凸模安装在下模，凸模上平面与工序件夹

持送进在一个平面上。拉深后的工序件用压边圈（卸料板）顶起，拉深凹模中设推件装置。

第六工位为五次拉深和挤压切边。工件在拉深行程终了时，将口部挤压切断。切断后的废料，被凸模下部的废料切刀切成两段后排出。工件留在凹模中，从上模中自动逐个排出。

4.7.6 撕拉盖多工位级进模

图 4-23 所示环形撕拉盖零件，是用厚度为 0.225mm 的铝合金 A3003H16 冲压而成的。

1. 零件的工艺分析

撕拉盖是一种新型瓶盖，在啤酒、饮料行业中使用广泛。其材料为铝合金，成形性能好，对模具磨损小。撕拉盖的工艺难点，是盖体上切痕深度的控制，以及拉深时盖体与尾部交界处易起皱。

由于盖与拉环中间有一连接带，使盖拉深时沿周边的变形不均匀，在盖体与尾部交界处易形成材料堆积而起皱。在工艺设计时将零件展开图上与盖连接处开出 60° 角的斜面（图 4-24a），以减小连接处的宽度，同时在连接带上增设两条加强肋（见图 4-23），吸收多余材料，调整径向压应力来防止起皱。

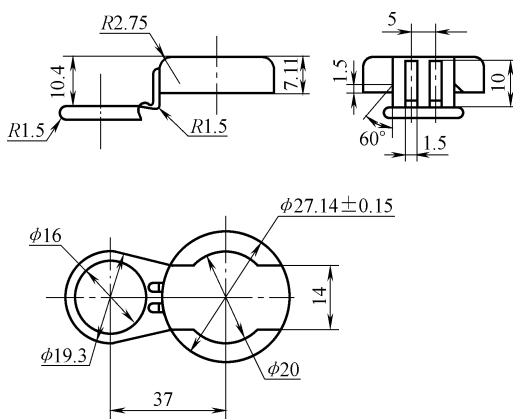


图 4-23 环形撕拉盖

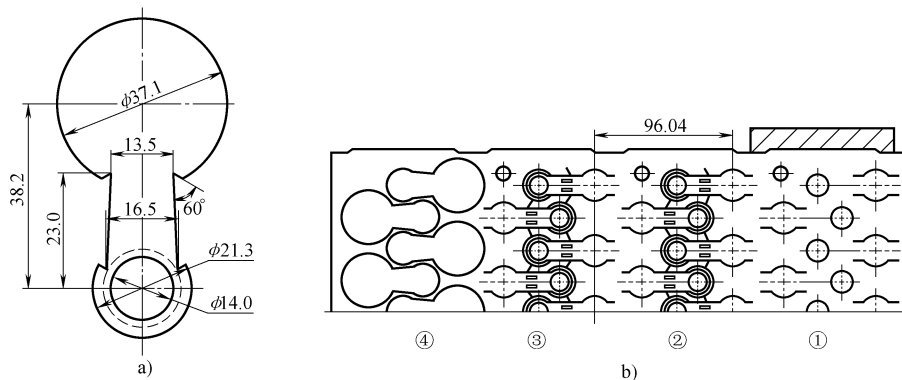


图 4-24 展开图及排样图

a) 零件展开图 b) 冲压排样图

盖体上 $\phi 20\text{mm}$ 切痕的深度,既要保证开启使用时能顺利撕开,又要防止因瓶内压力的作用而胀裂。切痕深度由模具结构控制。

2. 排样图设计

为了适应大批量生产的要求,选用连续拉深成形的冲压方式,采用四工位级进模完成下列冲压工序(图4-24b):

工位①:冲凹式侧刃搭边、冲拉环中孔 $\phi 14\text{mm}$ 、瓶盖切痕 $\phi 20\text{mm}$ 和冲工艺孔。

工位②:拉环内孔翻边成 $\phi 16\text{mm}$,切拉环外缘并翻边成 $\phi 19.3\text{mm}$ 。

工位③:拉环卷边,压两条加强肋。

工位④:盖体部分落料拉深。

3. 模具设计(图4-25)

- 1) 带料送进定距用凹式侧刃和导正销 12 控制。
- 2) 凹模采用镶拼结构,镶拼凹模块安装在下固定板 16 中。
- 3) 下模装有两排浮顶器 21,将冲压后的带料顶起,便于送料。
- 4) 压痕凸模和压加强肋凸模,采用斜楔微调机构,来保证压痕和压肋的深度。
- 5) 料厚为 0.225mm ,冲裁间隙为 $0.015 \sim 0.021\text{mm}$,为了保证间隙均匀,凸模采用环氧树脂粘接固定。

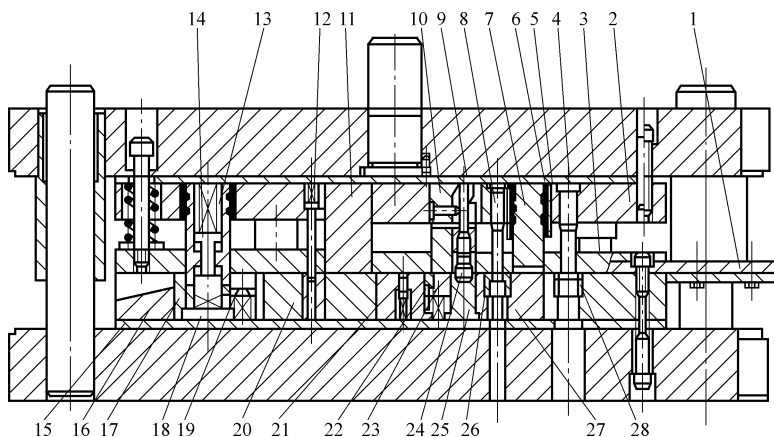


图 4-25 撕拉盖多工位级进模

- 1—导料板 2—凸模固定板 3—卸料板 4、7、8、11、18、24—凸模 5—垫板
6—压痕凸模固定套 9、13、25—凸凹模 10—切口凸模 12—导正销
14、19、23—顶件器 15—下垫板 16—下固定板
17、20、22、26、27、28—凹模 21—浮顶器

4.7.7 通孔凸缘多工位级进模

1. 零件的工艺分析

图 4-26a 所示为通孔凸缘件，该工件尺寸不大，厚度较小 ($t=0.5\text{mm}$)，材料为黄铜 H62，属大批量生产。经工艺计算，该工件需采用两次拉深、冲底孔、翻孔等工序获得，因此宜采用带料多工位级进模冲压成形。

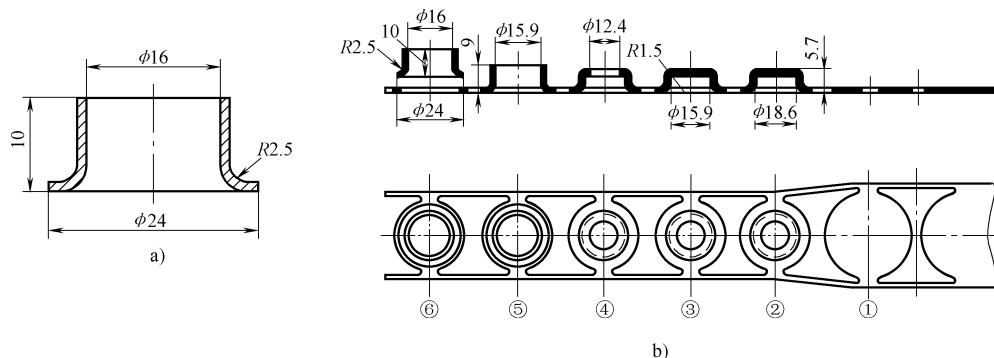


图 4-26 通孔凸缘

a) 零件图 b) 排样图

2. 排样图设计

冲压材料采用厚 0.5mm 的铜带卷料，采用自动送料装置送料。由于该工件是在带料上多次连续拉深，为了避免拉深时相邻工序件之间因材料相互牵连的影响，需在首次拉深前冲出工艺切口。排样图设计如图 4-26b 所示，共 6 个工位。

工位①：冲工艺切口。

工位②：第一次拉深。

工位③：第二次拉深。

工位④：冲 $\phi 12.4\text{mm}$ 底孔。

工位⑤：翻孔。

工位⑥：落料。

3. 模具设计

图 4-27 所示为根据上述排样图确定的模具结构，带料由自动送料装置送进，分别在工位⑤（翻孔）和工位⑥（落料）的凸模上设置定位销进行精确定位，以保证工件精度和定距精度。由于第一次拉深压料力较大，故采用碟形弹簧 4 压料以防起皱。卸料采用装在下模的弹压卸料装置（其中冲切口的卸料在上模单独设置），卸料板除了卸料外还能顶起带料，以便于带料送进。为避免带料上的工序件卡在凹模内，除冲孔和落料外，上模的凹模内均设置了弹性推件装置。定位销 7 除了在底孔翻孔工位上导正定位外，同时还能防止推件板的压料作用而妨碍翻孔变

形。该模具的冲孔废料和落料下来的工件均经上模内的孔道逐个地顶出。

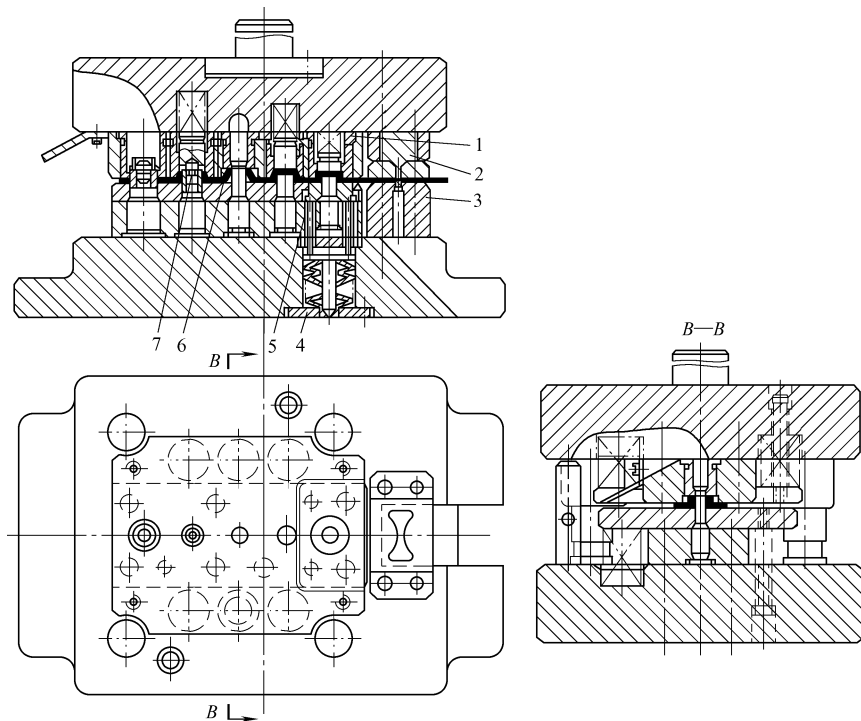


图 4-27 通孔凸缘多工位级进模

- 1—拉深凹模 2—冲切口凸模 3—冲切口凹模 4—碟形弹簧
5—压料圈 6—外套 7—定位销

第 5 章 多工位级进模的零部件设计

多工位级进模的结构特点是零件数量多，结构复杂，凸、凹模的位置精度要求高，模具的整体刚性要好，应有一定的导向机构等。模具结构设计就是依据排样设计，确定组成模具结构的零件及零件间的连接关系，确定模具的总体尺寸和模具零件的结构形式。

5.1 级进模总体设计

总体设计是以排样设计为基础，根据冲件成形要求，确定级进模的基本结构框架。

1. 模具基本结构设计

级进模基本框架主要由三要素构成，即正倒装关系、导向方式和卸料方式。

(1) 正倒装关系 正装与倒装是模具的两种基本结构形式，由于正装的模具容易出件和排除废料，级进模中多采用正装结构。

(2) 导向方式 级进模的导向可分为两部分，即外导向和内导向。外导向主要是指模架中上、下模座的导向；内导向是指利用小导柱和小导套对卸料板的导向，卸料板进而又对凸模进行导向和保护，也称为辅助导向。

内导向在级进模中是常用的结构，尤其适用于薄料、凸模直径小、冲件精度要求高的场合。图 5-1 所示是小导柱、导套的内导向典型结构形式。

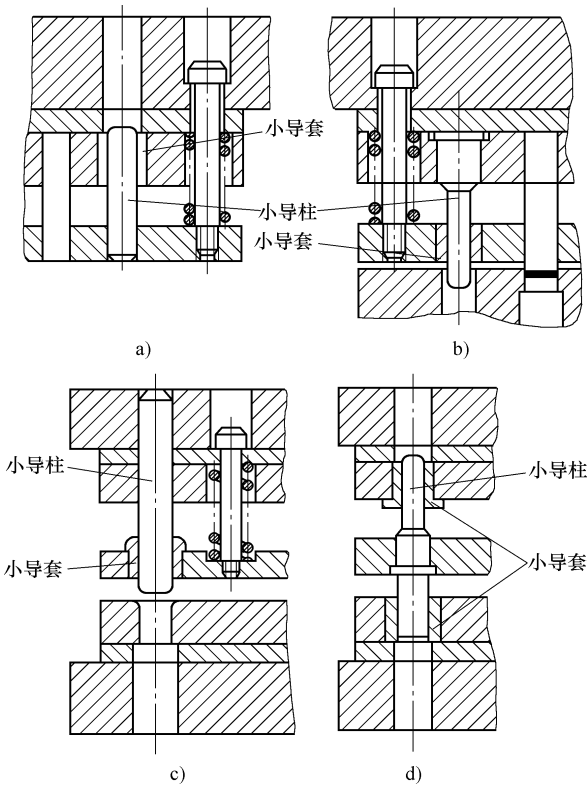


图 5-1 内导向的典型结构形式

a) 结构 1 b) 结构 2 c) 结构 3 d) 结构 4

(3) 卸料方式 在多工位级进模中，多采用弹性卸料装置。若工位数少、料厚大于 1.5mm，也可采用固定卸料方式。

2. 凸模高度的确定

在同一副模具中，由于各凸模的性质不同，各凸模的绝对高度也不一样，应先确定某一基准凸模的高度，其他凸模按基准高度确定差值。凸模的基准高度是根据冲件料厚和模具大小等因素决定的，一般取 35 ~ 65mm。在满足各种凸模结构要求的前提下，基准高度应力求最小。

3. 模板厚度

级进模模板一般包括凹模板、凸模固定板、垫板、卸料板和导料板等。这些模板的厚度决定了模具的总体高度。各模板的厚度值可参考表 5-1 确定。

表 5-1 级进模模板的厚度值 (单位: mm)

名称	模板厚度					备 注
	$\begin{matrix} A \\ t \end{matrix}$	~ 125	125 ~ 160	160 ~ 300		A ——模板长度 t ——条料或带料厚度
凹模板	~ 0.6	13 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 25		
	0.6 ~ 1.2	16 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30		
	1.2 ~ 2.0	20 ~ 25	25 ~ 30	30 ~ 40		
刚性卸料板	~ 1.2	13 ~ 16	16 ~ 20	16 ~ 20		
	1.2 ~ 2.0	16 ~ 20	20 ~ 25	20 ~ 25		
弹性卸料板	~ 0.6	13 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 25		
	0.6 ~ 1.2	16 ~ 20	20 ~ 25	25 ~ 30		
	1.2 ~ 2.0	20 ~ 25	25 ~ 30			
垫板			5 ~ 13	8 ~ 16		
凸模固定板	L	40	50	60	70	L ——凸模长度
		13 ~ 16	16 ~ 20	20 ~ 25	22 ~ 28	
导料板	$\begin{matrix} X \\ t \end{matrix}$	< 1		1 ~ 6		X ——卸料方式 t ——料厚
	固定卸料		4 ~ 6		6 ~ 14	
	弹压卸料		3 ~ 4		4 ~ 10	

4. 模架

多工位级进模要求模架刚度好，精度高，因而除了小型模具可采用双滚珠导柱模架外，多采用四滚珠导柱模架或双滚珠导柱模架加卸料板上再安装四滑动导柱的结构形式，如图 5-2 所示。

精密级进模的模架导向，一般采用滚珠导柱导向，其过盈量为 0.01 ~ 0.02mm (导柱直径 20 ~ 76mm)。导柱、导套的圆柱度均为 0.003mm，其轴线线与模板的垂

直度,导柱为 0.01:100。目前国内外使用的一种新型导向结构是滚柱导向结构,其剖面图如图 5-3 所示。滚柱表面由三段圆弧组成,靠近两端的两段凸弧 4 与导套内径相配(曲率相同),中间凹弧 5 与导柱外径相配,通过滚柱达到导套在导柱上的相对运动。这种滚柱导向以线接触代替了滚珠导向的点接触,在上下运动时构成一个面接触,因此能承受比滚珠导向大的偏心载荷,也提高了导向精度和寿命,增加了刚性,其过盈量为 0.003~0.006mm。为了方便刃磨和装拆,常将导柱作成可卸式,即锥度固定式(其锥度为 1:10)或用压板固定式(配合部分长度 4~5mm,按 T7/h6 或 P7/h6 配合,让位部分比固定部分小 0.04mm 左右,如图 5-4 所示)。导柱材料常用 GCr15 淬硬 60~62HRC,表面粗糙度最好能达到 $Ra0.1\mu\text{m}$,此时磨损最小,润滑效果最佳。为了更换方便,导套也采用压板固定式,如图 5-4d、e 所示。

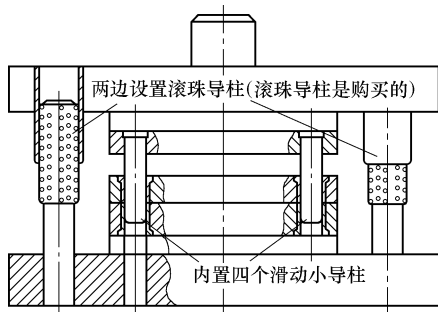


图 5-2 级进模的模架

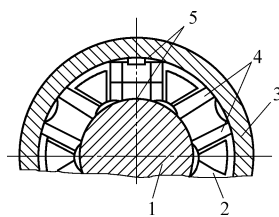


图 5-3 滚柱导向

1—导柱 2—保持架 3—导套
4—滚柱 5—结合面

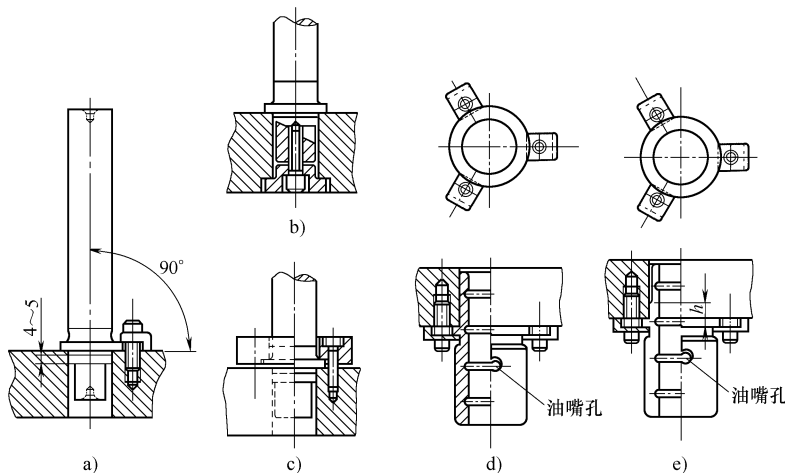


图 5-4 压板可卸式导柱导套

a) 三块压板压紧导柱 b) 螺钉压板压紧导柱
c) 压板压紧导柱 d)、e) 三块压板压紧导套

精密模具的模架必须自制,不宜购买。上、下模座材料除小型模具用 HT200 外,多采用铸钢、锻钢或厚板钢(45 钢调质处理)。高速级进模也可采用硬铝合金等轻型材料制造,这样可减轻模具的重量,有利于提高冲压速度。

5.2 凸、凹模设计

多工位自动级进模工位数目多,凸、凹模尺寸小,使凸、凹模的装配及相互位置尺寸的调整比常规冲模要复杂和困难。同时,多工位级进模用于大批量生产,要求模具使用寿命长,易损件的更换和模具维修要方便。

多工位级进模一般都含有两种以上的冲压工艺,所以,凸、凹模数量多,且要适应高速连续冲压,必须满足各种特定的技术条件,不能用设计一般冲模的凸、凹模的方法进行设计,因此,凸、凹模设计应遵循下列原则:

(1) 凸模和凹模要有足够的强度和刚度 多工位级进模的凸、凹模工作条件恶劣,由于高速连续作业,振动极大,所以磨损也特别快;凸、凹模受力状态不均匀、不对称、不垂直,所以,损坏可能性也极大。为此,设计凸、凹模时应选择强度较好的材料;选择合理的热处理工艺和规范;在条件许可时减少凸模长度,增加凹模厚度;在结构工艺上增加它们的强度和刚度。

(2) 凸模和凹模必须安装牢固,便于维修和更换 由于高速连续作业,振动极大。所以,牢固安装显得特别重要。在多工位级进模中,工件外形大多采用逐次分段冲裁法来实现,在不同工位上冲切工件外形的不同部位,待数个工位完成后才冲切出完整的工件外形。这样,就需保证各工位间凸模的位置精度,且各工位的凸、凹模间隙要均匀一致,保持稳定,这给凸、凹模的牢固安装又带来一定困难。由于凸、凹模的工作条件恶劣,容易损坏失效,因而还需考虑其损坏后的修理与更换的方便。

(3) 多工位自动级进模的凸、凹模应有统一的基准 各种不同冲压性质的凸、凹模尽可能使其基准协调统一。一般在设计多工位级进模时,以凹模各型孔坐标为基准,以第一工位定出坐标原点,以此到各工位型孔定出坐标关系。凸模的安装位置、卸料板各型孔位置,均要与凹模一致,不得混乱。凸模的工作形状与对应的凹模型孔形状及卸料板的型孔形状也应对应一致。这样,既便于加工,又不容易出现差错。

(4) 余料排除方便及时 多工位自动级进模在连续作业过程中,绝对不能将余料留在凸模上或留在凹模的工作面上,以免损坏模具。为此,应采取在凸模上设置余料顶杆,凹模上设高压气孔等措施,及时清除余料。

(5) 凸、凹模应具有良好的工艺性 应便于制造,便于测量和组装。

5.2.1 凸模设计

1. 圆凸模

(1) 固定式圆凸模 固定式圆凸模一般在冲裁的多工位级进模和以圆筒形件

拉深为主的冲裁拉深多工位级进模中经常使用,工作直径也较大($\phi 6\text{mm}$ 以上),多用凸台式过盈配合固定,用 H7/u7 配合; $\phi 5\text{mm}$ 以下的凸模可用凸台式,也可用直通式铆接固定,其配合可选用 H7/u7,也可选用 H7/n6 配合。一般当固定位置较小,不宜用凸台式固定时选用直通式铆接固定。在具有弯曲、成形、冲裁的多工位级进模中,为便于模具刃磨,采用 H7/n6 配合或可卸式固定的凸模。如图 5-5 所示为常用固定式圆凸模。

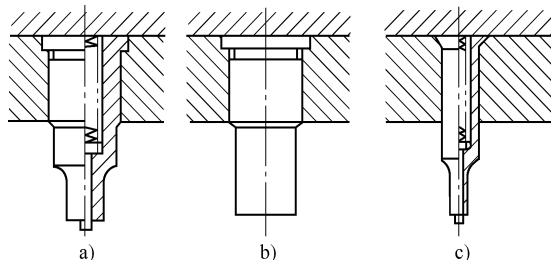


图 5-5 常用固定式圆凸模

a) 带推料杆的阶梯凸肩 b) 阶梯凸肩
c) 带推料杆的圆锥凸肩

(2) 可卸式圆凸模 图 5-6 所示为多工位级进模中常用的可卸式圆凸模,其配合可采用过渡配合 H7/m6 或 H6/m5,小直径凸模卸料板有导向和保护套时,可采用 H7/h6 或 H6/h5 配合。

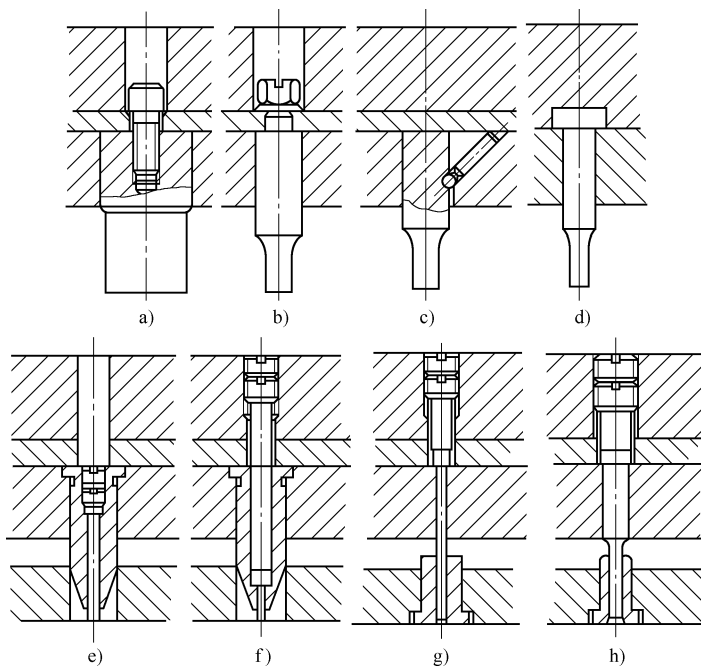


图 5-6 可卸式圆形凸模

图 5-6a 所示圆凸模用螺钉与凸模垫板固定为一体，一般工作直径 $d > \phi 10\text{mm}$ 。图 5-6b 的凸模工作直径一般为 $\phi 6 \sim \phi 10\text{mm}$ ，由凸模尾部螺纹用螺母与凸模固定板紧固成一体。图 5-6c 拆卸方便。图 5-6d 由过渡配合后产生的摩擦力来固定。图 5-6e、f 主要用于冲压薄料和卸料力很小的场合。图 5-6g ~ h 主要用于小直径凸模，即工作直径在 $0.8 \sim 2.0\text{mm}$ 之内，图 5-6e 用丝堵固定，图 5-6f ~ h 用滑柱和丝堵固定，小直径凸模的保护套可装在凸模固定板上，如图 5-6e、f 所示，保护套的内孔与外圆应有很高的同轴度要求，小凸模露出保护套 $2.0 \sim 3.5\text{mm}$ 。图 5-6g 和图 5-6h 的保护套装在卸料板上，保护套除了有高的内外圆同轴度外，卸料板与上模和下模具有良好的导向，一般选用高精度的滚珠导柱模架。

2. 非圆形凸模

(1) 具有安装凸台的非圆形凸模 在多工位级进模中，较少采用压入式，因为很难做到使工作部分与安装部分相对位置准确无误，制造加工也很困难，也不便于拆卸维修，但由于安装牢固，在纯冲裁多工位级进模中安装空间足够的情况下仍可采用。为了便于制造、测量，使基准统一，非圆形凸模的安装部分尽量做成圆形、长圆形、方形或长方形，如图 5-7 所示。

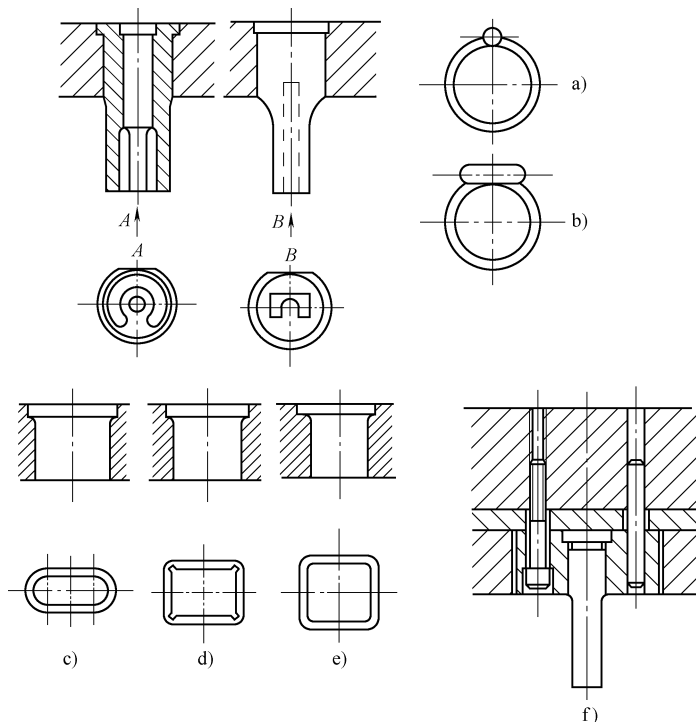


图 5-7 压入式凸模的安装

a) 定位销 b) 定位键 c) 长圆 d) 矩形 e) 方形 f) 小固定板

图 5-7a、b 是具有同心回转面或对称形的凸模，严格要求工作部分中心与安装圆柱中心同轴，压装后，需加定位销或定位键，或者安装部分可做成如图 5-7c ~ e 所示的形状，或者做在小固定板上，用螺钉和销钉紧固在上模座并套入大凸模固定板内，如图 5-7f 所示。

(2) 具有凸缘或安装斜面的非圆形凸模 这种结构常用于冲裁、弯曲和成形冲压加工，如图 5-8 所示。特点是安装牢固可靠，装卸方便，但结构工艺性差，安装空间大。图 5-8a、b 所示为采用螺钉和销钉固定在凸模固定板上。这种结构用于工作部分形状简单，制品加工精度较低的情况。图 5-8c 所示是在凸模和楔块的斜面上均加工有半圆槽，用螺钉穿过半圆槽使楔块压紧凸模，一般楔块与凸模的斜度较大，即在 $25^\circ \sim 30^\circ$ 范围内。图 5-8d 所示为仅在楔块上加工长圆孔或槽，楔块与凸模斜度在 $15^\circ \sim 20^\circ$ 范围内。图 5-8c、d 中的凸模必须具备基准直边或侧面，且凸模与楔块斜度一致，否则凸模安装时会出现不垂直的现象。

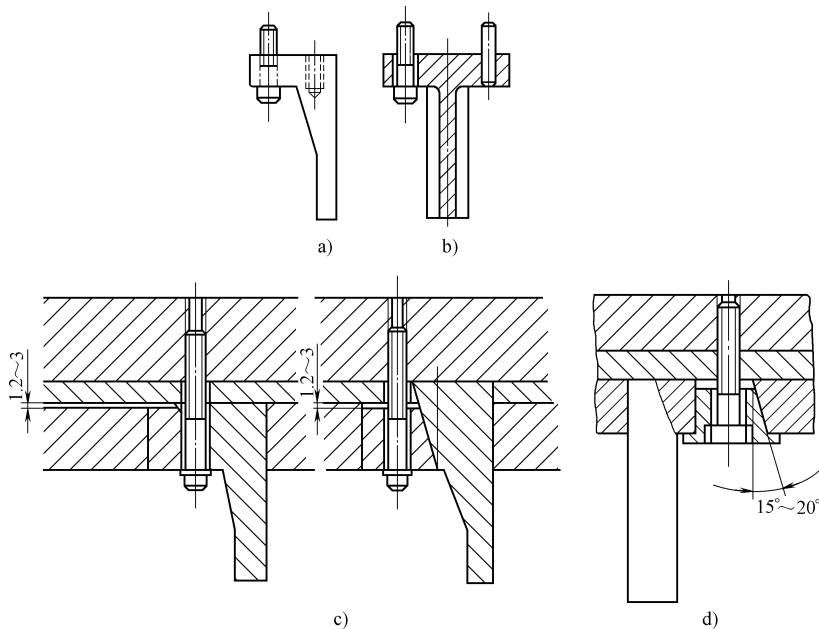


图 5-8 具有凸缘或安装斜面的非圆形凸模

a) 正反吊紧 b) 螺钉销钉固定 c) 大斜面 d) 小斜面

(3) 直通式非圆形凸模 直通式非圆形凸模又称等截面凸模。生产中常用成形磨、坐标磨或线切割加工而成，所以在多工位自动级进模中应用十分广泛。其安装形式如图 5-9 所示。凸模与凸模固定板的配合一般选用 $\frac{H7}{m6}$ 、 $\frac{H6}{h6}$ 或 $\frac{H6}{m5}$ 、 $\frac{H6}{h5}$ 配合。

(4) 其他形式 若多工位级进模上的凸模尺寸小、距离近，则可以采用组合

式安装（图 5-10），也可用粘接式（尽量不采用）安装。为了提高模具寿命，适应自动化作业，凸模（或凹模）常用硬质合金制成，它的安装方式如图 5-11 所示。

3. 凸模工作部分长度的确定

多工位自动级进模中主要是细小凸模的必要工作长度，如图 5-12 所示，凸模的工作长度 L_1 为

$$L_1 = (\text{刃磨量} + \text{卸料板厚度} + \text{冲件料厚} + \text{凸模进入凹模孔口的高度}) \times k$$

式中 k ——安全系数，取 1.15 ~ 1.3。

当 $L \geq L_1$ ，取 L_1 （ L 为按强度计算的最大长度）。

当 $L < L_1$ ，尽量取 L ，但需采取保护，或者如图 5-12 所示，在卸料板上扩大孔径，以满足要求。

在确定凸模工作部分长度时，应注意以下问题：

1) 在同一副模具中应确定一基准凸模的工作长度，基准长度为 35mm、40mm、45mm、…、65mm。其他凸模按基准长度计算，凸模工作部分基准长度由制件料厚和模具结构大小等因素决定。在满足多种凸模结构的前提下，基准长度力求最小。

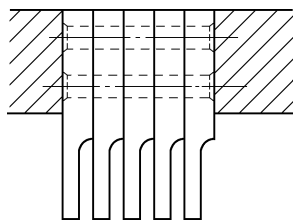


图 5-10 组合式凸模的安装

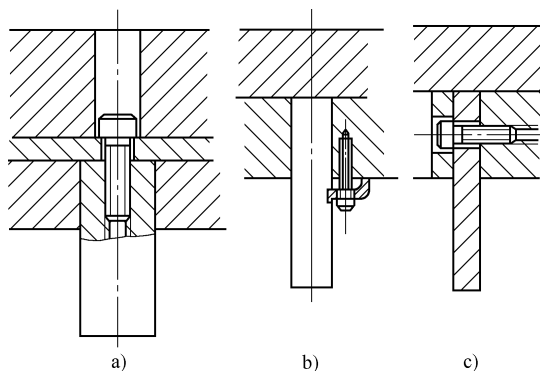


图 5-9 直通式非圆形凸模的安装形式

a) 轴向螺钉 b) 压板钩紧螺钉 c) 横穿螺钉

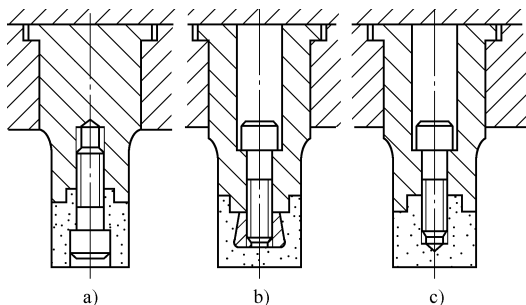


图 5-11 硬质合金凸模的安装与固定

a) 反向螺钉 b) 带嵌件正向螺钉 c) 正向螺钉

2) 应有足够的刃磨量。图 5-13 所示为同一模具中的一组凸模。图 5-13c 所示小凸模到达水平线 I 时，就不能继续刃磨了，而图 5-13a、b 所示凸模仍可刃磨，并可以到达水平线 II。为了使图 5-13c 所示小凸模能及时更换，应备有足够的备件。所以，设计时还需计算 I 到 II 线的高度尺寸，以制作备件时使用。

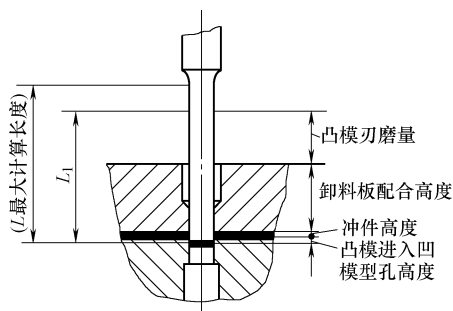


图 5-12 细小凸模工作部分长度的计算

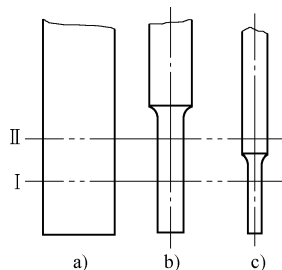


图 5-13 小凸模的刃磨量

3) 各种凸模加工的同步性。图 5-14 所示为冲裁、弯曲凸模和导正销的相互高度关系。

图中 L ——弯曲模工作长度 (mm);

t ——板料厚度 (mm);

H ——卸料板的活动量, $H = L + t$;

M ——导正销工作部分进入条料的长度 (mm), $M = H + (0.5 \sim 1)t$;

s ——冲裁凸模进入凹模的深度 (mm)。

必须注意的是多工位级进模有些凸模的高度与其他凸模高度有一定的差量, 有时甚至要求很严, 此时应考虑凸模高度能够可调, 以满足其同步性, 如图 5-15 所示。

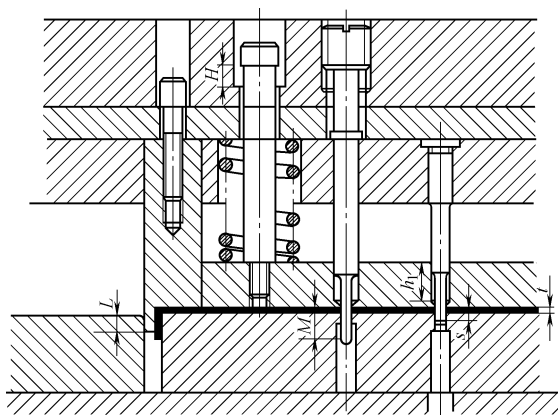


图 5-14 不同性质凸模的相互高度关系

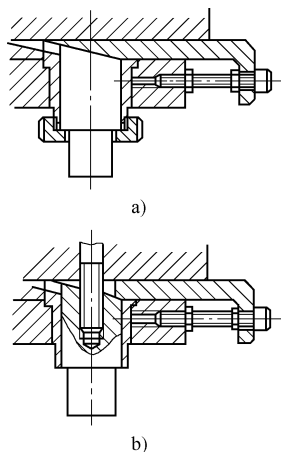


图 5-15 凸模高度的可调装置

4. 凸模结构及固定方法

在多工位级进模中, 凸模种类较多, 按截面有圆形和异形凸模, 按功用有冲裁

和成形凸模。凸模的大小和长短也各异，有不少是细长凸模。又由于工位数多，凸模的安装空间受到一定的限制，所以多工位级进模凸模的固定方法也很多，图 5-16 所示是一些常用的凸模结构及固定方法。选用固定方法的原则是：在同一副级进模中应力求固定方法基本一致；小凸模和易损凸模力求以快换式固定；便于装配和调整。

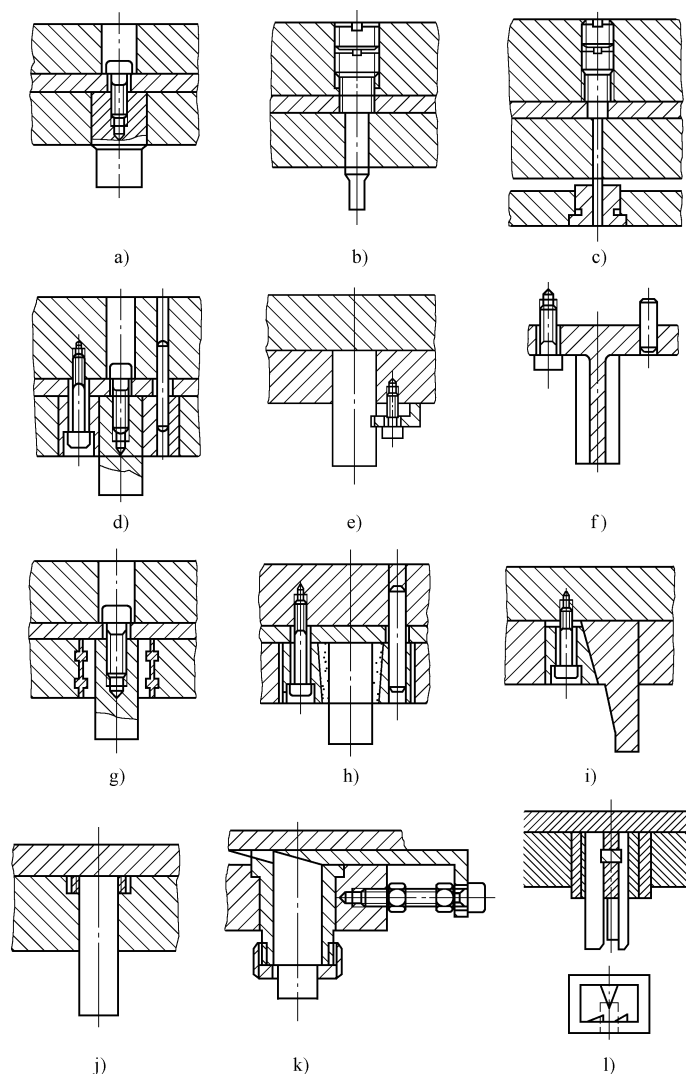


图 5-16 凸模结构及固定方法

- a)、b) 圆凸模快换固定 c) 带护套快换凸模 d) 异形凸模用大小固定板套装结构
 e) 异形直通式凸模压板固定 f) 异形凸模直接固定 g)、h) 异形凸模粘结固定
 i) 楔块固定 j) 异形直通式凸模焊接台阶固定
 k) 可调凸模高度的安装结构 l) 组合式凸模固定

5.2.2 凹模设计

多工位级进模的凹模结构比较复杂，凹模中的型孔和型孔间的位置精度比较高。生产中除工位数不多、型孔比较规则的级进模采用整体凹模外，一般都采用镶拼式结构，这样便于加工、装配、调整 and 维修，易保证凹模的几何精度和步距精度。凹模镶拼原则与普通冲模的凹模基本相同。

多工位级进模的镶拼式凹模有分段拼合式、镶入式及分段拼合与镶入综合等结构形式，其中分段拼合凹模是最常用的一种结构。如图 5-17a 所示的凹模是由三段凹模拼块拼合而成的，用模套框紧，并分别用螺钉和销钉紧固在垫板上；图 5-17b 所示的凹模是由五段拼合而成的，并分别由螺钉、销钉直接固定在模座上。

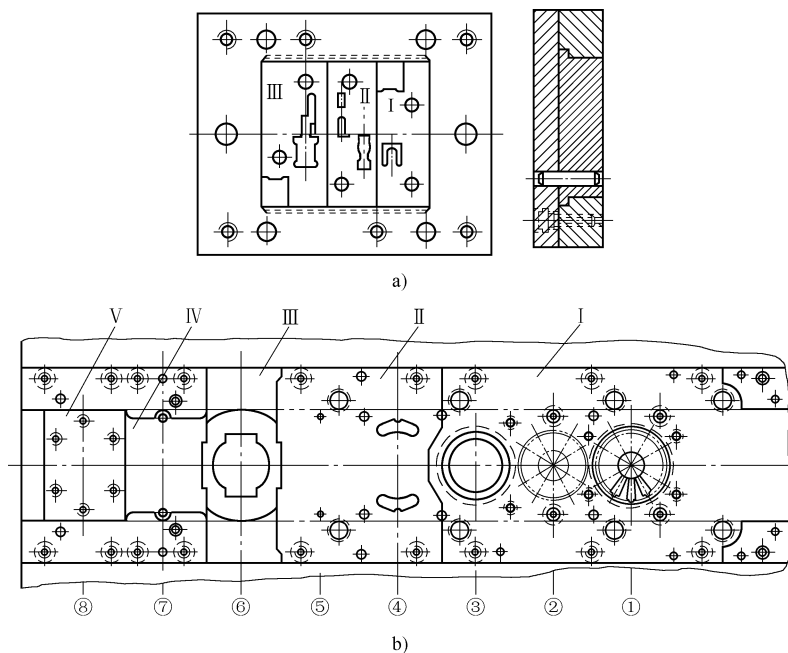


图 5-17 分段拼合凹模结构

a) 分段拼合凹模示例一 b) 分段拼合凹模示例二

凹模进行拼合组配时应遵循下列要求。

- 1) 拼合面尽量以直线分割，便于加工。有时也以折线或圆弧作拼合面。
- 2) 同一工位的型孔，为保证孔距精度，常做在同一拼块上。当型孔数很多时，也可做成两块拼块。
- 3) 对于薄弱的易损坏型孔，单独做成一块拼块，便于损坏后进行更换。
- 4) 一个拼块可以包括一个工位的型孔，也可包括几个工位的型孔。
- 5) 不同冲压工艺的工位，应与冲裁部分分开，如弯曲、拉深等，以便冲裁凹

模刃口的刃磨。

6) 拼块上的型孔均为封闭型。分割拼块时不应将型孔分断。若为单面冲裁, 拼接线可取型孔的直边, 如图 5-17a 中侧刃型孔。

7) 凹模拼接面与型孔壁之间的距离要不影响其强度。

8) 拼块组配时, 应用容框紧固, 常选用 H7/n6 的配合性质, 同时还需用螺钉和销钉固定, 为防止拼块承受冲压力而下移, 容框底部应加整体垫板。这样就使容框、各拼块、垫板组成凹模整体。

5.3 凸模固定板设计

级进模的凸模固定板除安装固定各种凸模外, 还要在相应位置安装导正销、斜楔、弹压卸料装置等零部件。因此, 固定板应有足够的厚度和耐磨性。固定板的厚度可按凸模设计长度的 40% 左右选用。为保证多次拆装后安装孔的位置精度不变, 多工位级进模的凸模固定板需具有良好的耐磨性。对于一般级进模, 凸模固定板可选用 45 钢, 淬火硬度 42 ~ 45HRC; 精度要求较高的级进模, 固定板应选用 T10A、CrWMn 等, 淬火硬度为 52 ~ 56HRC, 常拆卸安装孔的表面粗糙度应达 $Ra0.8\mu\text{m}$ 。

5.4 定距机构设计

级进模冲压要经过多个工位逐步完成, 工序件必须在各工位准确定位。多工位级进模的进距精度控制主要有三种方式: 侧刃定距、侧刃与导正销联合定距以及自动送料装置与导正销联合定距。

(1) 侧刃定距 侧刃定距结构简单, 制造方便, 在手工送料的级进冲裁模(图 5-1)中广泛应用。由于侧刃凸模有制造误差, 手工送料不准和侧刃因磨损而产生的积累误差会严重影响送料进距精度, 因此侧刃定距适用于冲件结构简单, 精度要求不高, 工位数不超过 5 个的冲孔落料级进模。

(2) 侧刃与导正销联合定距 冲裁形状复杂或含有成形工序的多工位级进模, 由于工位较多, 为减小积累误差对进距精度的影响, 在普通压力机上用手工送料进行操作时, 广泛采用侧刃与导正销联合定距来控制进距精度。这种定距方式要求在第一工位侧刃进行冲切的同时, 在条料合适的位置冲出导正工艺孔, 在第二工位及以后重要工位上设置导正销导正, 以校正侧刃(或自动送料装置)带来的定距误差。

(3) 自动送料装置与导正销联合定距 多工位级进模在高速压力机上工作, 通常采用自动送料装置, 为了进一步保证送料精度, 常采用与导正销联合定距。导正销的工作直径 d 与导正孔直径 D 应保持严格的配合关系, 这样才能保证对进距精度的控制。但导正孔是由冲孔凸模冲出的, 所以导正销与导正孔间的关系实际上

反映的是导正销直径与冲导正孔凸模直径 d_p 之间的关系。根据冲件精度和材料厚度的不同,对于一般小型冲件,导正销工作直径 d 规定为:

$t=0.06 \sim 0.2\text{mm}$ 时, $d = d_p - (0.008 \sim 0.02) \text{ mm}$;

$t=0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 时, $d = d_p - (0.02 \sim 0.04) \text{ mm}$;

$t=0.5 \sim 1.0\text{mm}$ 时, $d = d_p - (0.04 \sim 0.08) \text{ mm}$ 。

导正销工作直径 d 和冲导正孔凸模直径 d_p 按 IT6 级精度制造。导正孔直径 D 的大小可按材料厚度选取。

$t \leq 0.5\text{mm}$ 时, $D = 1.6 \sim 2.0\text{mm}$;

$0.5 < t \leq 1.0\text{mm}$ 时, $D = 2.0 \sim 2.5\text{mm}$;

$1.0 < t \leq 1.6\text{mm}$ 时, $D = 2.5 \sim 4.0\text{mm}$ 。

导正销材料与冲导正孔凸模材料相同,用合金工具钢制造,淬火硬度为 $58 \sim 62\text{HRC}$ 。多工位级进模中,间接导正销(指没有安装在凸模上的导正销)通常都安装在固定板或卸料板上。图 5-18 所示是间接导正销的装配结构,其中图 5-18d、e、f 为浮动式导正结构,弹簧起压紧和缓冲作用,这种导正销不易折断,但也不易定准位置,结构也复杂些,一般用于自动送料。细长的导正销也可增设保护套。

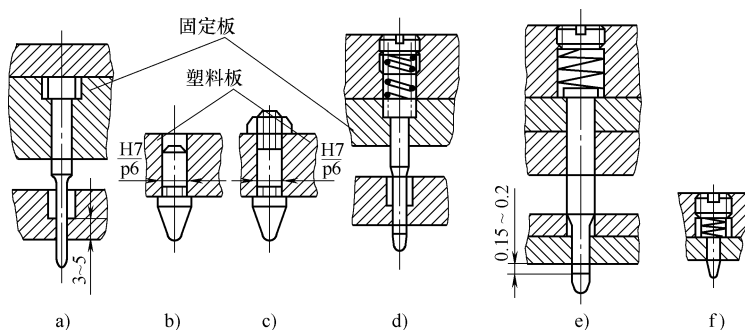


图 5-18 间接导正销装配结构

5.5 卸料装置设计

卸料装置在多工位级进模中的作用,主要是在它工作前由弹压卸料装置将条料压住,防止条料在冲压过程中产生位移和塑性变形;同时,卸料装置对凸模起导向和保护作用。

不同的冲压工序卸料装置又有不同的作用:在冲裁工序中,它起卸料和压料的作用;在弯曲工序中,起卸料作用,有时还可以起到局部成型的作用;在拉深工序中起压边作用。

1. 卸料装置的结构形式

卸料装置有固定式卸料装置和弹压式卸料装置两种，在多工位级进模中，大多采用弹压式卸料装置。只有在料厚 $t > 1.5\text{mm}$ 的冲件冲制时才采用固定式卸料装置。

(1) 固定式卸料装置 固定式卸料装置又称刚性卸料装置，它的卸料板与导料板一起固定在凹模上。特点是卸料力大，卸料可靠。固定卸料板的型孔与凸模间的间隙较大，为 $0.2 \sim 0.5\text{mm}$ 。所以，它不能对凸模起导向和保护作用。固定卸料板有整体式和悬臂式两种。其具体结构与普通冲裁模相同，在此不再赘述。在多工位级进模中，用悬臂式比整体式多，这是由于它既适用于冲裁，又适用于压弯和成形的卸料。

(2) 弹压式卸料装置 多工位级进模中，大多采用弹压式卸料装置。因为这种卸料装置卸料平稳，有足够大的卸料力。多工位级进模工作一般是在高速自动压力机上进行，实际卸料力比计算出的卸料力大，特别是硬质合金多工位级进模，常采用碟形弹簧进行卸料。

弹压式卸料装置有如下三种形式：

- 1) 整体式弹压卸料板，如图 5-19 所示。
- 2) 碟形弹簧、滚珠导向弹压卸料板，如图 5-20 所示。

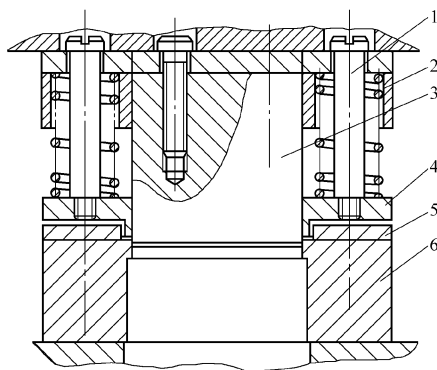


图 5-19 整体式弹压卸料板

1—卸料钉 2—弹簧 3—凸模
4—弹压卸料板 5—导料板
6—凹模

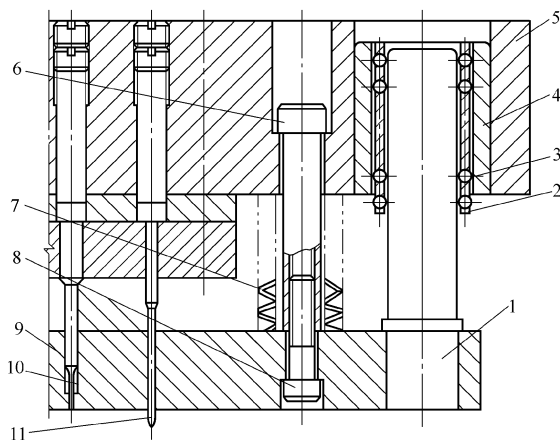


图 5-20 碟形弹簧、滚珠导

向弹压卸料板

1—小导柱 2—滚珠卡 3—滚珠 4—小导套
5—上模座 6—卸料钉 7—碟形弹簧 8—螺钉
9—弹压卸料板 10—凸模 11—导正销

- 3) 镶拼式弹压卸料板，如图 5-21 所示。

多工位级进模中，很少采用整体式弹压卸料板，大多采用镶拼结构的弹压卸料

板。因为镶拼结构可保证型孔精度、孔距精度、配合间隙、型孔表面粗糙度，便于热处理，如图 5-22、图 5-23 所示。

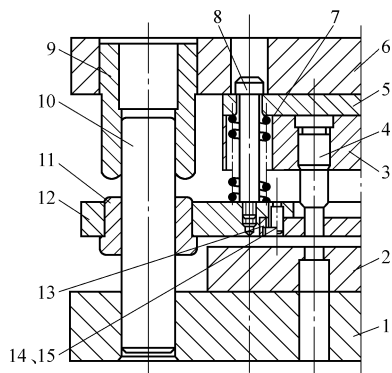


图 5-21 镶拼式弹压卸料板

- 1—下模座 2—凹模 3—固定板
4—凸模 5—垫板 6—上模座
7—弹簧 8—卸料钉 9、11—导套
10—导柱 12—卸料板基体
13—卸料板 14—销钉 15—螺钉

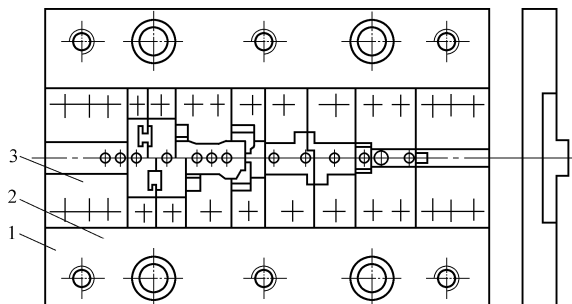


图 5-22 拼块式弹压卸料板

- 1—卸料板 2—导套 3—拼块

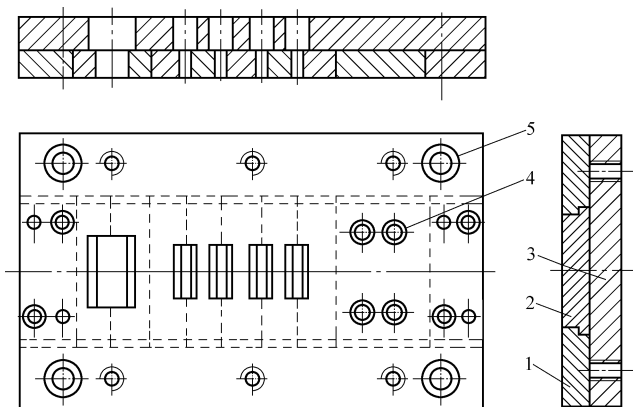


图 5-23 拼块和嵌块式弹压卸料板

- 1—固定块 2—拼块 3—卸料板 4—嵌块 5—导套

2. 卸料装置的设计要点

1) 多工位级进模的弹压卸料板设计成反凸台形。冲压时，凸起部分进入两导料板之间，可起压料作用。凸台与两导料板之间应留有适当间隙。

2) 多工位级进模卸料板上各工作型孔应当与凹模型孔同轴，特别是高速连续

冲压时,各型孔与凸模的配合间隙仅为凸模与凹模冲裁间隙的 $1/3 \sim 1/4$,这样才能起到对凸模的导向和保护作用。间隙越小,效果越好,模具寿命也高,但给制造带来困难。对低速冲压,则可适当放大凸模与卸料板型孔的间隙。

冲裁间隙、卸料板与凸模配合间隙、导柱与导套配合间隙三者的关系可参考表 5-2。

表 5-2 冲裁间隙、卸料板与凸模配合间隙、导柱与导套配合间隙三者关系

(单位: mm)

序 号	模具冲裁间隙 Z	卸料板与凸模间隙 Z_1	辅助小导柱与小导套间隙 Z_2
1	$>0.015 \sim 0.025$	$>0.005 \sim 0.007$	≈ 0.003
2	$>0.025 \sim 0.05$	$>0.007 \sim 0.015$	≈ 0.006
3	$>0.05 \sim 0.10$	$>0.015 \sim 0.025$	≈ 0.01
4	$>0.10 \sim 0.15$	$>0.025 \sim 0.035$	≈ 0.02

3) 卸料板型孔的表面粗糙度,应适应高速冲压导向和保护作用,故表面粗糙度 R_a 应控制在 $0.1 \sim 0.4 \mu\text{m}$,同时,还需注意润滑。

4) 多工位级进模的卸料板应具有良好的耐磨性。常采用高速钢或合金工具钢制造,淬火硬度为 $56 \sim 58\text{HRC}$ 。

5) 卸料板应具有足够的强度和刚度。防止长期工作中产生变形失效。

6) 卸料板应保持卸料力的平衡,所以卸料螺钉受力应当均匀,如图 5-24 所示。

7) 卸料螺钉的工作长度在同一副模具内应严格一致,以免安装后不能平衡卸料,引起擦伤凸模。凸模每次刃磨时,卸料螺钉也应同时磨去相同高度。在图 5-25 中,图 5-25a 磨垫片,图 5-25b 磨端面。

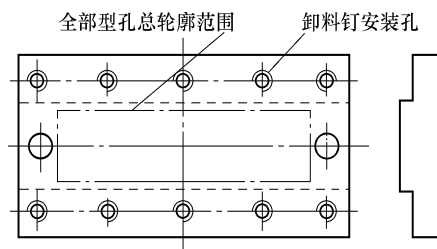


图 5-24 卸料螺钉的布置

8) 导正销有效工作直径露出卸料板底面不能太长,一般为 $(0.5 \sim 0.8)t$,而冲裁凸模应凹进卸料板底面 $0.8 \sim 2.5\text{mm}$,避免上模返回时,导正销不能脱离板料,影响冲压工作的连续进行,或者由于导正销将板料带起使板料弯曲变形。

9) 卸料板对阶梯凸模应有足够的空让部分,使凸模有活动量和刃磨量,如图 5-26 所示。

10) 卸料螺钉沉孔深度应有足够的活动量。否则,当凸模经多次刃磨后,卸料螺钉头在冲头到达最低位置时会高出上模座的上平面,从而损坏模具或设备。

11) 为了使卸料板对凸模起到导向和保护作用,常在凸模固定板与卸料板之间增设小导柱和小导套,小导柱和小导套的间隙比凸模与卸料板之间的间隙更小,小导柱与小导套的间隙为凸模与卸料板间隙的 $1/2$ 。一般用滚珠导向。

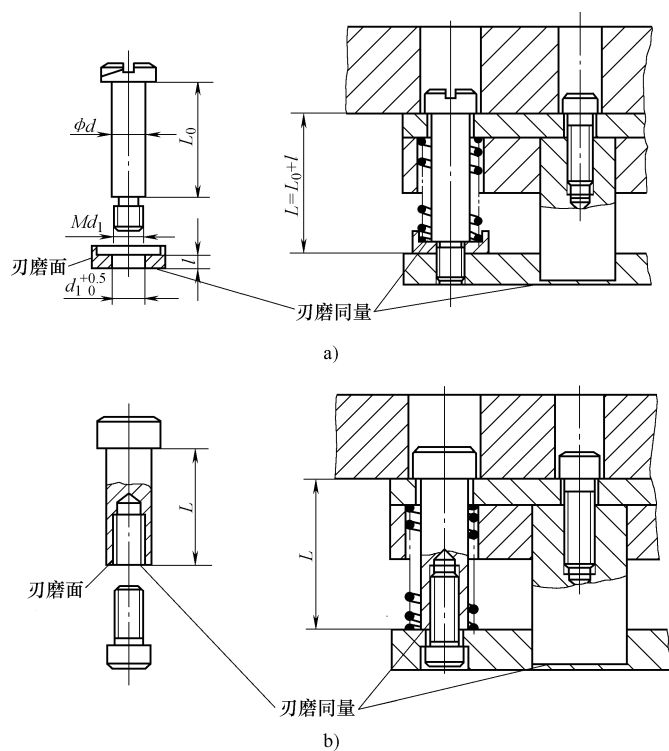


图 5-25 卸料螺钉刃磨部位

a) 磨垫片 b) 磨端面

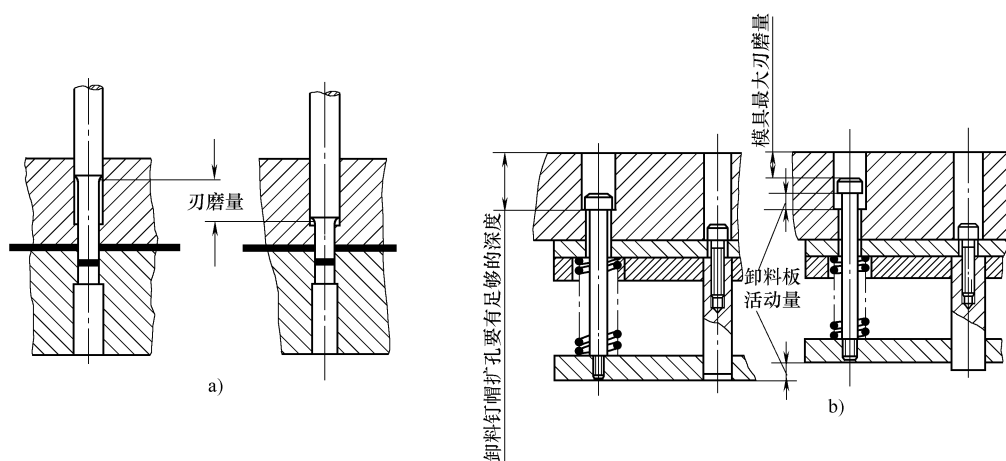


图 5-26 卸料板有足够活动量和刃磨量

a) 足够刃磨量 b) 足够活动量和刃磨量

12) 弹压卸料板与各凸模应有良好润滑。常用方法是在卸料板的上平面上铺一层油毡, 并沿卸料板周边镶金属边框, 在每次冲压前注入润滑油, 这样便可对凸模与卸料板进行润滑。

5.6 导料装置设计

由于多工位级进模完成的工序内容较多, 有冲裁、弯曲、成形和拉深等。因此, 条料在送进过程中不能受到任何的阻滞, 必须使材料浮离下模平面, 同时还不能影响侧冲与倒冲机构工作。

5.6.1 导料装置

多工位级进模与普通冲裁模一样, 也用导料板对条料沿送进方向进行导向, 它安装在凹模上平面的两侧, 并平行于模具中心线。多工位级进模的导料板, 为适应高速、自动冲压, 常采用有凸台的形式, 这是使条料在浮动送料中, 在浮顶器对条料的弹顶作用下, 仍能使条料在导料板中运动自如。

多工位级进模中常用的导料装置有台肩式导料板与浮顶装置配合使用的导料装置和带槽式浮动销的导料装置。

1. 台肩式导料板与浮顶装置配合使用的导料装置

如图 5-27 所示, 通常在凹模面上靠近导料板处设置两排浮顶销, 导料板的台肩是为了在浮顶销顶起条料后, 条料仍能保持在导料板内运动。

导料板需经淬火处理。若不进行淬火处理, 又是用侧刃定距, 则应镶侧刃挡块, 侧刃挡块必须淬火, 其硬度为 55 ~ 58HRC。

多工位级进模采用双侧载体或单侧载体排样, 导正销孔设计在条料载体上时, 导正销安装位置常靠近导料板。因此, 有凸台的导料板应在凸台上开导正销的避让缺口, 如图 5-28 所示。

图 5-29 所示是局部向下弯曲的条料由凹模面顶到一定高度的示意图, 条料被顶起的高度 H_0' 应大于由条料下表面的最大成形高度 h_0 , 成形后的最低点与下模表面间的距离一般取 1.5mm。

在浮顶销顶出状态下, 条料的上下均需有一定间隙, 如图 5-29 所示。导料板与条料间有 0.03 ~ 0.20mm 的间隙; 导料板凸台宽一般取 1.5 ~ 3mm, 高度为 1.2 ~ 3.5mm; 导料板的限制高度

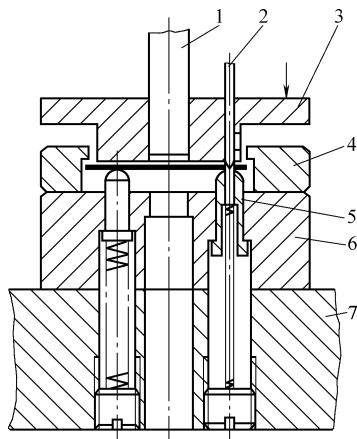


图 5-27 台肩式导料板与浮顶装置配合使用的导料装置
1—凸模 2—导正销 3—卸料板
4—导料板 5—套式浮顶器
6—凹模 7—下模座

H_0 由工件最大成形高度 h 决定:

$$H_0 = h + (0.5 \sim 2)t + (1 \sim 5) \text{ mm}$$

式中 h ——工件最大成形高度 (mm);

t ——板料厚度 (mm)。

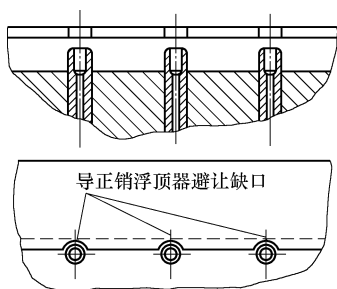


图 5-28 导正销避让缺口

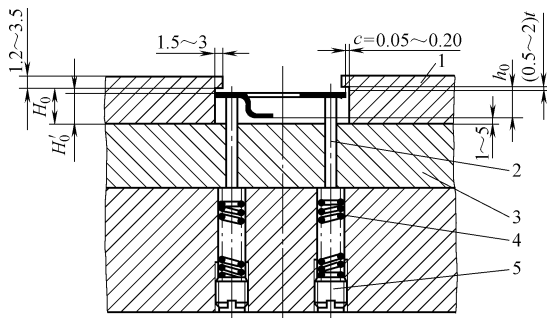


图 5-29 条料顶起高度

1—台肩式导料板 2—浮顶销 3—凹模
4—弹簧 5—螺堵

2. 带槽式浮顶销的导料装置

图 5-30 所示为带槽式浮顶销的导料装置, 槽式浮顶销带有导向槽, 因它兼有导料板对条料导向的功能, 可省去导料板, 这是多工位级进模中最常用的导料装置, 尤其适用于在模具全部或局部长度上不适合安装导料板的情况。

采用槽式浮顶销对条料导向时, 需在弹压卸料板的对应位置开出让位孔, 工作时由让位孔的底面压住槽式浮顶销的顶面, 将条料由进料位置压回到冲压加工位置。因此, 弹压卸料板上的让位孔深度和浮顶销导向槽的结构尺寸必须协调, 如图 5-30a 所示, 其结构尺寸按下列算式计算:

$$h = t + (0.6 \sim 1.0) \text{ mm}$$

$$c = 1.5 \sim 3.0 \text{ mm}$$

$$A = c + (0.3 \sim 0.5) \text{ mm}$$

$$H = h_0 + (1.3 \sim 3.5) \text{ mm}$$

$$h_1 = (3 \sim 5)t \text{ 或 } d = D - (6 \sim 10)t$$

式中 h ——导向槽高度 (mm), $h \geq 1.5 \text{ mm}$;

c ——带槽式浮顶销头部高度 (mm);

A ——卸料板让位孔深度 (mm);

H ——浮顶销活动量 (mm);

h_1 ——导向槽深度 (mm);

t ——条料厚度 (mm);
 h_0 ——冲件最大高度 (mm)。

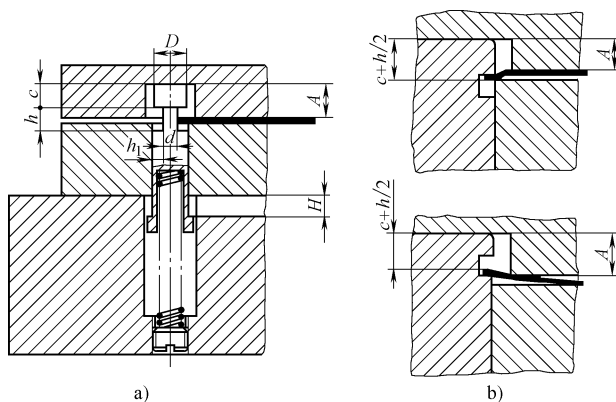


图 5-30 带槽式浮顶销的导料装置

如果结构尺寸不正确,则在卸料板压料时将产生图 5-30b 所示的问题,即条料的料边产生变形,影响条料导向,甚至妨碍送料以致不能工作,这是不允许的。

当条料太薄或条料边缘有缺口时,带槽式浮顶销的导料装置不适应,这时可采用浮动导轨式导料装置,如图 5-31 所示。

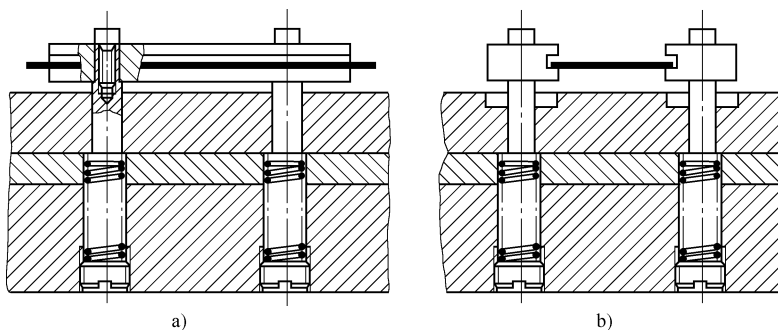


图 5-31 浮动导轨式导料装置

a) 带肩的导料板 b) 带槽的浮顶销

实际生产中,根据条料在多工位级进冲压过程中边料及工序件的变化情况,往往采用两种导料装置联合使用,即条料一侧用带肩导料板导向(图 5-31a),另一侧用带槽浮顶销导料(图 5-31b)等。

5.6.2 浮顶销结构

浮顶销的结构如图 5-32 所示,其中图 5-32a ~ c 为圆柱形,是通用的浮顶销结

构,端部有球面和平面,平面适应较大直径的浮顶销;图 5-32d 为套式浮顶销,它常用于有导正销的位置,对导正销有保护作用。

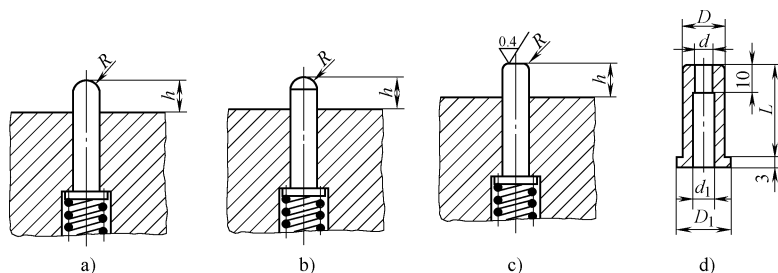


图 5-32 浮顶销结构

a)、b)、c) 圆柱形浮顶销 d) 套式浮顶销

浮顶销设置的原则如下。

1) 应保持条料平稳送进。为此,浮顶销应成偶数使用,左右对称,并沿条料送进方向均匀分布。浮顶销之间的间距也不宜过大,以免薄料被波浪形送进。条料较宽时,应在中间适当位置配置浮顶销。

2) 所有浮顶销的工作段高度应相同。

3) 浮顶销要有足够的弹顶力,以便托起条料及工序件。

4) 对切边型排样,在条料冲出缺口以后,不宜再设置顶料销,否则浮顶销易将条料从缺口处挡住,影响送料。

5) 对已经开始立体成形加工的工位,不宜再设置浮顶销,以免浮顶销对工序件的送进形成障碍。

5.6.3 侧刃与导正销

在级进模中,常用侧刃作为定距(粗定位),以导正销作精确定位。通常使用的普通侧刃在企业标准《冷冲模侧刃和导料装置——侧刃》中均有规定,可供设计时选用,一般只能进行有沿边和有搭边的有废料冲裁。

在下述情况下推荐优先选用有关标准给定的普通侧刃作为多工位级进模的步距限位装置:

1) 成批或大量生产的料厚 $t = 0.1 \sim 1.5\text{mm}$ 的各种金属板冲压件,并要求冲模有更高的生产率。

2) 冲压件的形位精度,尤其是对称度、同轴度要求较高时,用导正销对送进步距定位,由于料薄,易把孔缘压变形、折弯,甚至翻边,应采用侧刃。

3) 冲压件尺寸精度在 IT10 以上,步距 $\leq 50\text{mm}$,要求送料步距误差 $\leq \pm 0.15\text{mm}$ 。

4) 送料步距小, 采用其他送进限位装置有困难。

5) 采用卷料进行高速连续冲压。

多工位级进模中常采用非标准侧刀冲切冲裁件或成形冲切展开平毛坯的边缘, 既可以作为落料与切口凸模, 冲切出冲件侧边的任意形状轮廓, 又可对送入多工位级进模的材料进行正确、可靠的步距定位, 使多工位级进模能不间断地冲压, 从而提高生产率。这样做不仅发挥普通侧刀的优点, 还能减少普通侧刀的冲切废料, 提高材料利用率。图 5-33 所示为应用成形侧刀冲切的排样图。图 5-33a 所示为单列直排无搭边排样。用成形侧刀一次冲切冲件两端的凹口, 实现少废料冲裁。图 5-33b、c 为多列与单列直排无搭边排样的少废料冲裁排样。图 5-33d 采用双列直排有搭边排样, 实现对称弯曲、一模两件, 不仅使模具结构简化, 便于制造, 还提高了生产率。

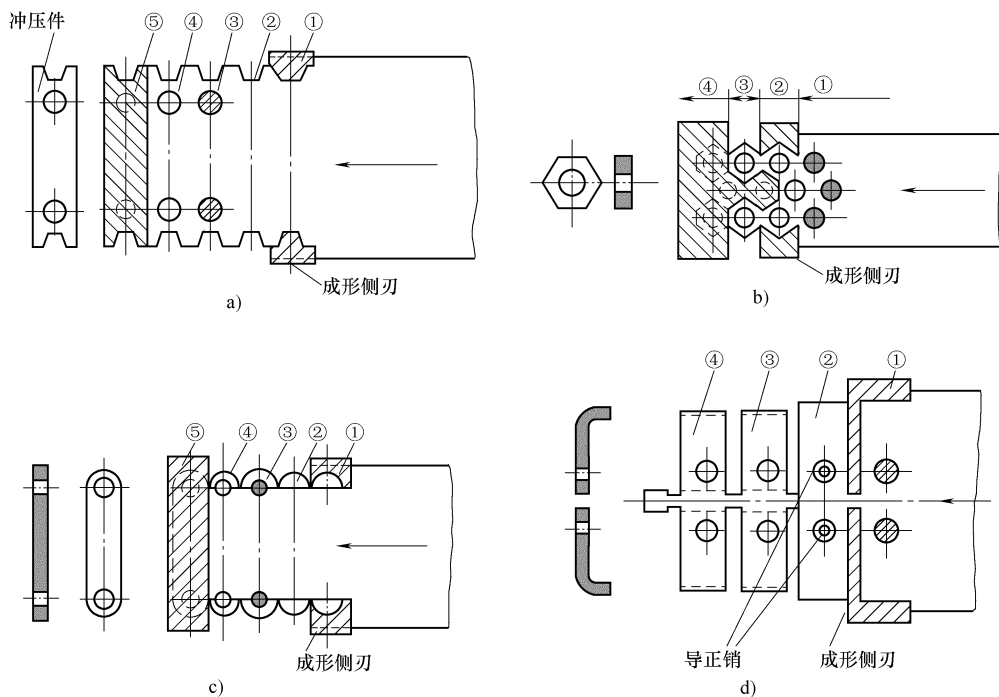


图 5-33 成形侧刀冲切排样图

利用冲切沿边, 获取冲裁件边缘部分外形轮廓是设计成形侧刀的原则。条件是: 只能进行有沿边和搭边的有废料冲裁, 或有沿边但无搭边的少废料冲裁。多工位级进模中往往采用导正销与成形侧刀组合定距。所以, 成形侧刀的冲切刃口长度 s_L 比送进步距 s 大 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$, 以便导正销校准送料的正确位置。由图 5-33 可看出, 用成形侧刀冲切复杂外形的冲裁件外形轮廓时, 多采用对称布置的双侧刀。

成形侧刃垂直冲切条（带）料边缘，且超出条（带）料最大宽度边缘2~4mm，来确定成形侧刃宽度的外形轮廓尺寸。由此，用成形侧刃冲切条料一边或两边作为制件的部分轮廓时：

$$s_L = s + (0.05 \sim 0.1) \text{ mm}$$

当无搭边时

$$s_L = s + (0.05 \sim 0.1) \text{ mm}$$

当有搭边时，必须在成形侧刃刃口长度 s_L 内包含搭边宽度 b ，如图5-33d所示，则

$$s_L = s = L_s + b$$

式中 L_s ——冲件沿送进方向的长度。

成形侧刃高度方向的总长度及其在固定板上的固定方法，与同一模具上的冲孔、落料凸模相同。

应用成形侧刃时应注意下列问题：

1) 非标准成形侧刃，一般在多工位级进模上使用。为此侧刃厚度还需在上述计算结果上加一冲件切口的深度值（即侧刃凸台高度）。

2) 由于条（带）料宽度偏差较大，加上条（带）料的导料板间的间隙较大，造成条料偏斜，成形侧刃的刃口不均匀磨损严重。因此，需限制条料剪切公差，提高条料剪切质量，且建议采用侧压装置。

3) 成形侧刃可用于冲制料厚 $t \leq 1.5 \text{ mm}$ 、步距 $s \geq 5 \sim 50 \text{ mm}$ 的制件较合适，当 $t > 1.5 \text{ mm}$ 及步距 $s > 50 \text{ mm}$ 时，为保证冲模平稳工作，成形侧刃应对称布置且与冲孔或落料工位错开2~3个工位。

4) 侧刃材料与通常冲孔凸模相同。

5) 当采用导正销与成形侧刃搭配使用对送进条（带）料步距限位导正时，应按制件料厚、导正销直径适当加大成形侧刃的刃口长度。推荐值见表5-3。

表 5-3 成形侧刃刃口长度与送进步距加大的值 （单位：mm）

导正销直径 d (h6)	冲件料厚 t			
	~0.3	0.3~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5
≤ 3	0.05	0.05	0.08	0.10
3~6	0.08	0.10	0.12	0.15
6~8	0.10	0.15	0.20	0.20
8~10	0.12	0.15	0.20	0.22
10~12	0.13	0.15	0.22	0.25
12~14	0.14	0.20	0.22	0.25
14~18	0.14	0.20	0.25	0.28
18~22	0.15	0.20	0.25	0.28
22~26	0.15	0.22	0.28	0.30
26~30	0.16	0.22	0.28	0.40

5.6.4 侧压装置

多工位级进模大多数情况下是冲制薄料，当板料厚度 t 在 0.15mm 以下时，是不能使用侧压装置的。有时在冲制厚料时，采用侧压装置。但在多工位级进模中，由于冲制件的结构形状比较复杂，采用分段切除余料，或采用成形侧刃等原因，条料被切成断续状态，这时用侧压装置，就可能会使条料无法送进。所以，在设计与选用侧压装置时，应慎重考虑。

5.7 侧向冲压与倒冲

多工位级进模是对条料进行高速连续冲压的。对于形状比较复杂的制件，往往需要对制件的某一部位或某些部位进行侧向冲压、侧向抽芯，或者由凸模（或凹模）反向冲压，即凸模（或凹模）由下向上运动完成冲压加工。完成侧向冲压或侧向抽芯的冲压加工称侧向冲压。凸模或凹模由下往上运动完成冲压加工称倒冲，完成侧向冲压加工的机构，主要是靠斜楔和滑块机构来实现。完成倒冲冲压加工的机构，主要由杠杆机构来实现，也可用斜楔和滑块机构实现倒冲。

5.7.1 侧向冲压

侧向冲压运动由斜楔和滑块来实现的。常用于侧向冲压运动的斜楔有单斜面和双斜面两种。单斜面斜楔的工作部分根据工作需要，又可分为两种：一种是仅完成冲压运动的配合面的斜楔；另一种是既有完成冲压运动的配合面，还具有冲压间歇需要的配合面。双斜面斜楔的工作部分，除具有冲压与间歇需要的两个配合面外，在这两个配合面前还有导向配合面。斜楔的种类及应用见表 5-4。

表 5-4 斜楔种类及应用

种类	简 图	应 用
单斜面斜楔		应用：一般侧向冲裁、冲切；一般侧向弯曲、成形 注意：滑块用弹簧复位，应有限位挡块，模具刃磨后，斜楔配合斜面需修磨调整
		应用：在冲压过程中需有间歇阶段的侧向运动，如侧向抽芯 注意：应有限位挡块，间歇由 II 的长度控制

(续)

种类	简 图	应 用
双斜面两段配合面		应用：冲裁力、卸料力较大的侧向冲裁、冲切、压形弯曲。凸、凹模有可能卡紧的侧向弯曲成形冲压 注意：Ⅰ段的导向长度应足够，但不能碰撞压力机工作台面，以免发生事故。若有可能，则伸入工作台面孔内。 $m < m_0$, $n < n_0$, 其差值为 0.1 ~ 0.25mm
双斜面斜楔 双斜面三段配合面		应用：用于较大抽芯力的型芯送进及其冲压过程中需有间歇阶段的侧向运动 注意：Ⅰ与Ⅲ段的 m 值相同 $m < m_0$, $n < n_0$, 其差值为 0.1 ~ 0.25mm

双斜面斜楔的滑块复位，一般由斜楔本身带动滑块复位，有时为了可靠还借助弹簧来完成复位。

斜楔中的冲压间歇配合段，在多工位级进模中是十分重要的。因为这个侧向模具工作部件在这瞬间的间歇中，给模具的其他工作部件提供有利条件，使整个模具的动作得到协调。如在弯曲工位中，活动型芯先侧向进入模具，然后弯曲，弯曲完成后，弯曲模块撤离，最后型芯才抽出。这样，侧抽芯的间歇为弯曲模块的进入与撤离提供了条件。

5.7.2 侧向冲压的斜楔与滑块设计要点

- 1) 斜楔与滑块的斜角 α 应该相等，斜角 α 常为 $30^\circ \sim 45^\circ$ 。
- 2) 滑块在斜楔作用下进行侧向冲压后，应能及时、准确地复位。由于条料厚度偏差、模具制造误差及成形工艺等因素的影响，往往出现凸、凹模之间卡死。为

使冲压工作顺利进行, 建议用机械复位或机械与弹簧联合使用复位较妥, 而不能单用弹簧复位, 复位机构如图 5-34 所示。图 5-34a 为弹簧复位; 图 5-34b 为机械复位, 滑块复位后, 斜楔仍以其伸长部挡住滑块; 图 5-34c 由斜楔以机械力使滑块复位, 弹簧拉力是使滑块复位后保持滑块靠紧定位块, 这种结构斜楔长度比图 5-34b 的斜楔长度短。

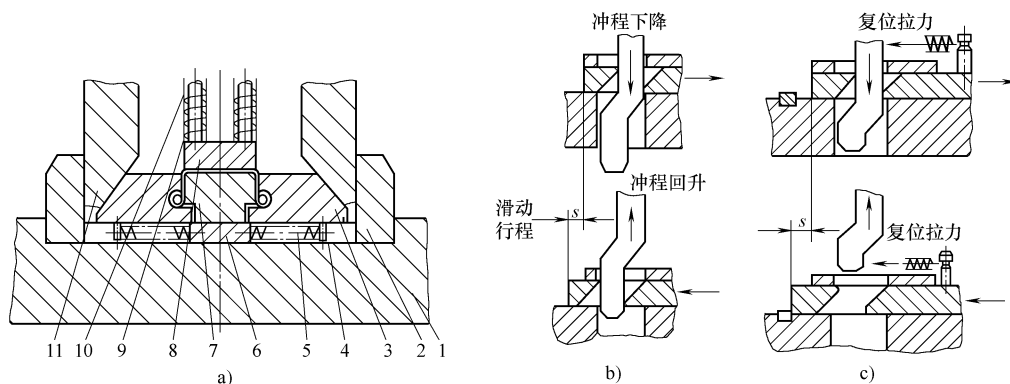


图 5-34 侧冲滑块的复位机构

a) 弹簧复位 b) 机械复位 c) 机械复位弹簧拉紧

1—底座 2—限位块 3—滑动模块 4—芯柱 5、10—弹簧

6—垫板 7—下模芯 8—压料板 9—卸料钉 11—斜楔

3) 滑块的导向要精确, 滑块与其导轨的间隙为 H7/h6 或 H8/h7 的配合; 滑块的导向宽度 b 与导向长度 L 为 $L=2b$, 其结构形式如图 5-35 所示。

当侧向冲裁间隙很小时, 为提高冲件质量和模具寿命, 需要在凸、凹模间增设凸模的导向与保护装置。

4) 对斜楔的要求。斜楔应具有足够的强度和刚度, 特别当侧向冲压是弯曲或成形冲压, 需有整形力和矫正力时。斜楔滑块的工作面应耐磨, 并经淬火硬度达 58HRC 以上。斜楔与滑块的接触面的表面粗糙度 Ra 为 $0.4\mu\text{m}$, 高速自动冲压则更高, Ra 达 $0.2\mu\text{m}$ 以上。

5.7.3 斜楔与侧冲凸模的安装

1. 斜楔安装

安装斜楔时, 要求牢固可靠, 模具刃磨后斜楔应便于调整。常用的安装形式有紧固式、镶入式和叠装式三种, 如图 5-36 所示。

(1) 紧固式 采用 H7/u6 或 H8/s7 配合, 将斜楔固定在上模固定板内。这种形式装配方便, 但不利于维修与调整。常用于单斜面斜楔的安装。

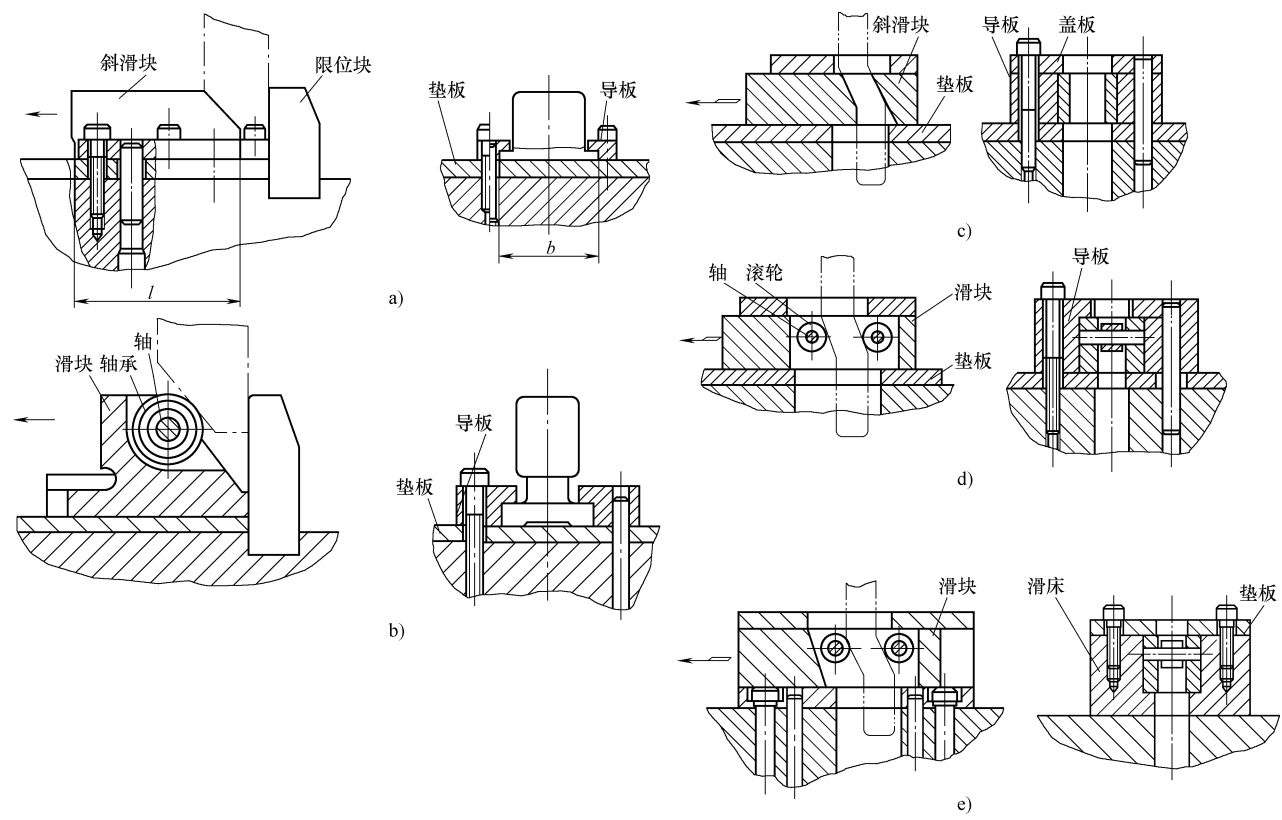


图 5-35 滑块导向形式

a) 斜面压推 b) 斜面压滚 c) 楔式压推 d)、e) 楔式滚推

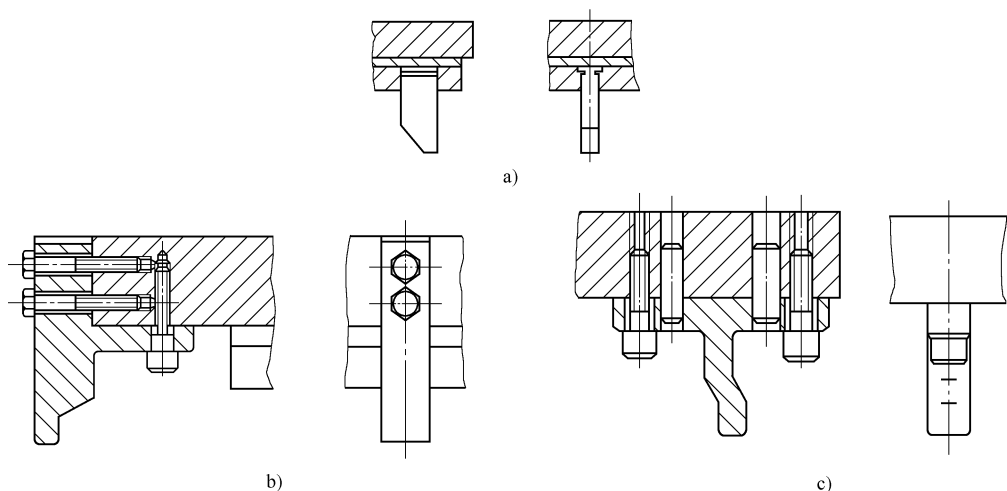


图 5-36 斜楔安装形式

a) 紧固式 b) 镶入式 c) 叠装式

(2) 镶入式 在上模固定板上开镶槽（或在上模座上），斜楔必须有一个台阶与固定板（或上模座）的下平面贴合，用螺钉固定。这种固定形式牢固可靠，维修调整方便，最适用于单斜面斜楔的安装，也适合双斜面斜楔的安装。

(3) 叠装式 在上模上加工出较大的安装面，直接将斜楔用螺钉和销钉紧固。这种固定形式的斜楔制造麻烦，但安装拆卸方便，牢固可靠，刚性也好，适合双斜面斜楔的安装。

2. 侧冲凸模的安装

除少数侧向弯曲成形加工的凸模（或模块）与滑块做成整体外，侧向凸模和侧型芯，由于刃磨、损坏等原因，往往是单独加工后，再装配到滑块上的。因此，对于侧向冲压的模具工作零件，除要求安装可靠外，还须装拆方便。

侧冲凸模多数是单个凸模进行冲压，且侧向冲裁型孔形状都较简单、规则，所以它的装配形式也较简单，如图 5-37 所示。

5.7.4 倒冲

1. 使用倒冲机构应注意的问题

1) 为保证冲件毛刺方向一致使用倒冲。如果冲件不允许有相反方向的毛刺，则应对某一工位采用倒冲，从而保证毛刺方向的一致。

个别弯曲部位需向上弯曲，弯曲半径又极小时，为保证毛刺方向与弯曲方向一致，避免弯曲变形区有细小裂纹，这时弯曲部位的两侧就应采用倒冲来提高冲件质量。

当个别翻边孔的方向向上，此时翻边预孔的毛刺方向也应当向上，则翻边预孔

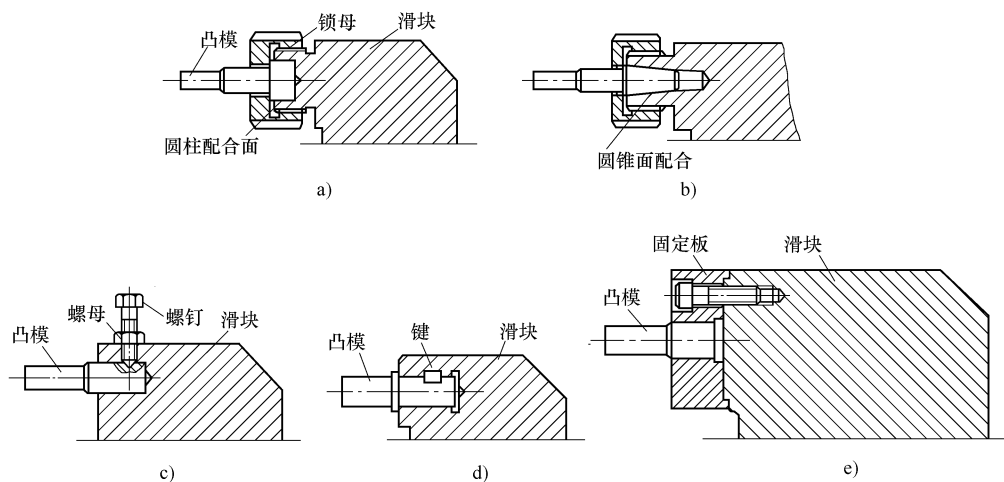


图 5-37 侧冲凸模固定形式

应考虑采用倒冲。

2) 为使条料顺利浮动送进, 不使浮动提升量过高, 对个别过高的向上弯曲、翻边、拉深工序的凸模 (即这些凸模是安装在下模上的), 应采用倒冲。

3) 为了保证冲件质量, 便于模具设计, 克服模具中局部薄弱环节, 采用倒冲。多工位级进模中的顶出装置, 也常采用倒冲形式。

2. 倒冲机构的设计要点

1) 杠杆必须有足够的强度, 尤其是支承部位的强度。

2) 必须有效复位。即冲压结束后立即复位。

3) 倒冲凸模必须有良好导向。特别是冲裁凸模, 尤为重要。对于方形、矩形和异形凸模, 留足工作部分长度后, 其余部分可作成圆形配合面, 供导向用, 并以键或销定位。

4) 倒冲机构应便于拆卸、安装、维修和更换。

3. 典型倒冲机构简介

(1) 杠杆倒冲机构 如图 5-38 所示, 应当注意的是轴 11 和轴 13 配合间隙不能过大, 否则冲压时会有间歇性振动, 常取 $H8/h7$ 配合。小间隙冲裁凸模与导向套的配合取 $H7/h6$ 或 $H6/$

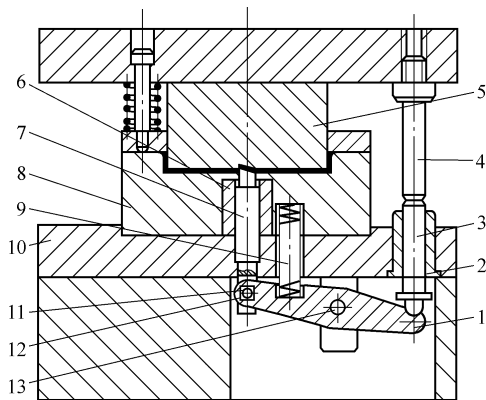


图 5-38 杠杆倒冲机构

- 1—棱形杠杆 2、6—导向套 3—从动杆
4—主动杆 5—上模 7—凸模
8—凹模 9—弹簧 10—垫板
11、13—轴 12—轴套

h5，即导向套6与凸模7的配合为H7/h6或H6/h5。由于凸模7的工作部分是矩形，它的方向由凹模8来确定，导向套6是装在凹模8中的。因为凸模7与导向套6的配合间隙很小，所以，凸模与杠杆不能用轴11直接连接，应当镶上滑动轴套12，考虑到杠杆1是绕轴13摆动，为此，该轴套12在水平方向有少量的滑动量。

图5-39为倒冲翻边机构示意图，当上模下行，活动翻边凹模3先压料，倒冲翻边进行过程中，翻边凹模3被压缩，当上模行程终了时，翻边凸模2工作结束，翻边凹模3在限位块4的作用下对冲件进行镦压整形。

以上两例的倒冲机构，均由弹簧复位。

(2) 斜滑块倒冲机构 如图5-40所示，其工作原理由图中可知。安装在上模的主动杆1向下运动，冲击从动斜楔2使水平滑块4作水平运动，由水平滑块4的另一斜面推动升降滑块3向上，从而带动凸模7进行倒冲。由于冲压力是经过两级斜滑块来转变运动方向的，所以斜滑块的复位力要求较大。水平滑块4，由大弹簧5实现复位。凸模7和凸模固定板（升降滑块3），由一组橡胶6来完成复位。

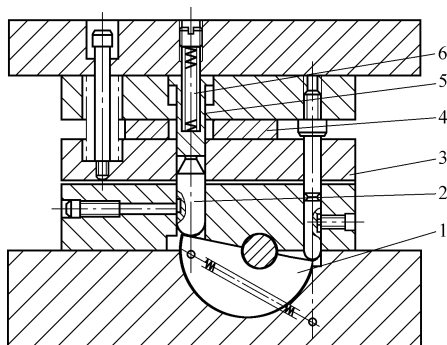


图 5-39 倒冲翻边机构

- 1—半圆形杠杆 2—翻边凸模
3—翻边凹模 4—限位块
5—顶件器 6—弹簧

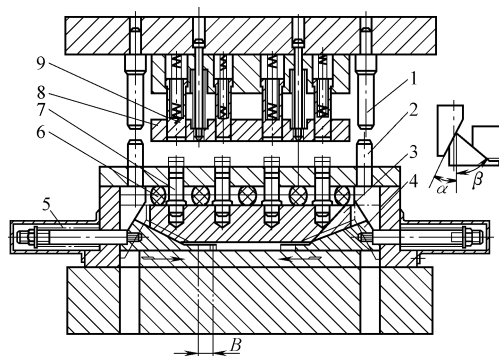


图 5-40 斜滑块倒冲机构

- 1—主动杆 2—从动斜楔 3—升降滑块
4—水平滑块 5—大弹簧 6—复位橡胶
7—凸模 8—卸料板 9—顶件器

第6章 高速压力机

近年来，高速冲压得到了广泛的发展和应用。过去，普通冲压的速度一般为45~80次/min。现在，随着冲压技术的发展，一般将冲压速度在200次/min以下称为低速冲压；200~600次/min称为中速冲压；600次/min以上称为高速冲压。平时人们所说的高速冲压，多半是在中速冲压范围之内。目前高速压力机的冲压速度已达到每分钟一千多次，吨位也从几百千牛发展到上千千牛，主要用于电子、仪器、仪表、轻工、汽车等行业的特大批量冲压件的生产。我国使用的高速压力机目前还主要依赖于进口。

6.1 高速压力机的特点

高速压力机有以下特点：

- 1) 滑块行程次数高。滑块的行程次数，直接反映了压力机的生产效率。国外中、小型高速压力机的滑块行程次数已达1000~3000次/min。高速压力机的滑块行程次数与滑块的行程及送料长度有关。
- 2) 滑块的惯性大。滑块和模具的高速往复运动，会产生很大的惯性力，造成压力机的惯性振动。加上冲压过程中机身积存的弹性势能释放后所引起的振动，会直接影响压力机的性能和模具寿命。因此，必须对高速压力机采取减振措施。
- 3) 设有紧急制动装置。高速压力机的传动系统具有良好的紧急制动特性，以便在事故监测装置发出警报时，能使压力机紧急停车，避免不必要的经济损失和出现安全事故。
- 4) 送料精度高。送料精度可达 $\pm 0.01 \sim 0.03\text{mm}$ ，有利于提高工步定位精度，减小因送料不准引起设备或模具的损坏。
- 5) 机床的刚性和滑块的导向精度高。
- 6) 辅助装置齐全。有高精度的间隙送料装置、平衡装置、减振消声装置。

6.2 高速压力机的分类及选用

高速压力机分类有：

- 1) 按机身的结构来分，可分为开式、闭式和四柱式高速压力机。按连杆的数目分为单点、双点和四点高速压力机。从高速压力机的结构和使用来看，以闭式双单点结构效果最好。因为它具有刚性好、台面宽等优点，能较好地满足多工位级进

冲压。

2) 高速压力机按传动的方式来分有上传动和下传动两类。下传动结构因其运动部分质量大, 往复运动的惯性力和振动很大, 这对提高压力机的速度不利, 这类压力机的速度往往只能达到 200 ~ 300 次/min。上传动高速压力机冲速高, 动态性能好, 而且维修方便, 空间布置好, 目前应用较多。

3) 从工艺用途和结构特点上分类, 可分为三大类: 第一类是采用硬质合金材料的级进模或简单模来冲裁卷料, 它的特点是行程很小, 但行程次数很高。第二类是以级进模对卷料进行冲裁、弯曲、浅拉深和成形的多用途高速自动压力机, 它的行程大于第一类压力机, 但行程次数要低些。第三类是以第二类压力机为基础, 将第一、二类综合为一个统一系列, 每个规格有 2 ~ 3 个型号, 主要改变行程和行程次数, 提高了压力机的通用化程度及经济效益。

6.3 高速压力机的技术参数

图 6-1 所示为高速自动压力机及附属机构。高速自动压力机除压力机的主体外, 还包括开卷、校平和送料等机构。高速压力机的主体机身大部分都采用闭式机构, 只有小吨位的高速压力机采用开式机构, 以保证机床的刚性。主传动一般采用无级调速。滑块与导轨采用滚动导轨导向, 使滑块运动时侧向间隙被消除。为了提高滑块的导向精度和抗偏载能力, 部分压力机常将机身导轨的导滑部分延长到模具的工作面以下。为了安装调节模具方便, 高速压力机的滑块内一般装有装模高度调节机构。为了充分发挥高速自动压力机的作用, 需要高质量的卷料、送料精度高的自动送料机构以及高精度、高寿命的连续模具。

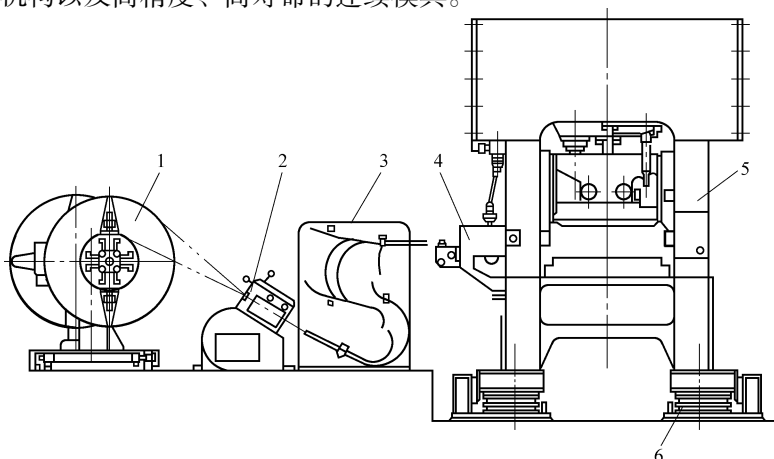


图 6-1 高速自动压力机及附属机构

1—开卷机 2—校平机构 3—供料缓冲装置 4—送料机构
5—高速自动压力机 6—弹性支承

高速压力机的技术参数主要有：

1. 国产高速自动压力机

表 6-1 ~ 表 6-8 为国产高速自动压力机的主要技术参数。

表 6-1 J21G-25 开式高速压力机技术参数

名称		型号 J21G-25
公称压力/kN		250
滑块行程/mm		25
滑块行程次数/(次/min)		150 ~ 300
最大装模高度/mm		205
装模高度调节量/mm		60
最大封闭高度/mm		260
滑块中心至机身/mm		160
工作台尺寸	前后/mm	300
	左右/mm	570
工作台板厚度/mm		55
工作台孔尺寸	前后/mm	150
	左右/mm	250
滑块底面尺寸	前后/mm	180
	左右/mm	280
压缩空气压力/MPa		0.45 ~ 0.5
模柄孔尺寸	直径/mm	50
	高度/mm	60
立柱间距/mm		368
带料最宽/mm		100
带料最厚/mm		1
主电动机	型号	JZT2-41-4
	功率/kW	4
外形尺寸	前后/mm	1400
	左右/mm	1358
	高度/mm	2295
重量/kg		3000
主要生产单位及用途		营口锻压机床有限责任公司, 主要适用于薄带料的自动冲压, 如微电机定、转子片, 仪器、仪表电子等小型件冲压, 可实现无人化自动冲压

表 6-2 J21G 系列开式高速精密压力机技术参数

名 称		型 号				
		J21G-16 J21G-16A	J21-25 J21G-25A J21G-25B	J21G-45 J21G-45A J21G-45B	J21G-63 J21G-63A J21G-63B	J21G-80 J21G-80A J21G-80B
公称压力/kN		160	250	450	630	800
公称力行程/mm		1.5	1.5	1.5	1.5	2
滑块行程/mm		20	30	30	30	30
行程次数/(次/min)		200 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250	200 ~ 250
最大装模高度/mm		190	230	250	260	320
装模高度调节量/mm		45	50	50	60	60
滑块中心至机身距离/mm		170	210	250	300	300
工作台板尺寸(前后 × 左右)/mm		320 × 480	400 × 700	480 × 820	570 × 850	570 × 1000
机身工作台孔尺寸(前后 × 左右)/mm		100 × 200	120 × 250	150 × 270	160 × 300	170 × 420
工作台板厚度/mm		60	70	90	100	140
滑块底面尺寸(前后 × 左右)/mm		180 × 200	210 × 250	280 × 400	400 × 480	420 × 560
模柄孔尺寸(直径 × 深度)/mm		40 × 60	40 × 70	40 × 75	50 × 80	50 × 80
立柱间的距离/mm		270	410	490	580	660
电动机	型号	YCT180-4A	YCT200-4A	YCT200-4B	YCT225-4A	YCT225-4B
	功率/kW	4	5.5	7.5	11	15
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm		1450 × 1020 × 2200	1620 × 1150 × 2400	1735 × 1300 × 2540	1800 × 1400 × 2700	1900 × 1550 × 2800
净重/毛重/kg		2600/3000	3700/4200	4800/5500	5600/6600	6200/7200
主要生产单位及用途		江苏扬力集团,主要用于印刷、造币、电机制造行业,适用于小行程高速精密级进模冲压生产,可装配光电保护装置,可搭配开卷、校平、自动送料装置,实现压力机自动化作业				

表 6-5 SH 系列开式超高速精密压力机技术参数

名 称		型 号											
		SH-16			SH-25			SH-35			SH-50		
公称压力/kN		160			250			350			500		
滑块行程/mm		30	20	10	30	20	10	30	20	10	30	20	10
行程次数(A)/(次/min)		150 ~ 650	150 ~ 750	150 ~ 800	150 ~ 650	150 ~ 750	150 ~ 800	150 ~ 650	150 ~ 750	150 ~ 800	150 ~ 500	150 ~ 550	150 ~ 600
行程次数(B)/(次/min)		200 ~ 1000	200 ~ 1200	200 ~ 1400	200 ~ 1000	200 ~ 1200	200 ~ 1400	200 ~ 900	200 ~ 1100	200 ~ 1300	200 ~ 700	200 ~ 900	200 ~ 1100
最大装模高度/mm		205	210	215	205	210	215	205	265	270	260	265	270
装模高度调节量/mm		40			40			40			40		
喉深/mm		155			155			195			235		
工作台板尺寸	前后/mm	300			300			380			450		
	左右/mm	450			500			600			700		
滑块底面尺寸	前后/mm	180			200			250			300		
	左右/mm	250			300			350			600		
垫板厚度/mm		75			80			100			120		
主电动机功率(A)/kW		2.2			4			5.5			7.5		
主电动机功率(B)/kW		4			5.5			7.5			11		
外形尺寸	前后/mm	1100			1200			1500			1800		
	左右/mm	800			900			1000			1200		
	高度/mm	2000			2100			2300			2500		
气压/MPa		0.5			0.5			0.5			0.5		
主要生产单位及用途		徐州锻压机床厂,特别适用于生产电器接插件、EI 铁心、定转子等小零件的加工。本机型是一种以连续式高速冲压为目的的自动冲压设备,滑块运动具有极高的运转精度,能进行大批量高精度冲压生产											

表 6-6 J75G 系列闭式双点高速精密压力机技术参数

名 称		型 号								
		J75G-125	J75G-160	J75G-200	JA75G-40A	JA75G-100	JF75G-80(A)	JF75G-125(A)	JF75G-160(A)	JF75G-200(A)
公称压力/kN		1250	1600	2000	400	1000	800	1250	1600	2000
公称力行程/mm		2	3	3			3	3	3	3
滑块行程/mm		30	30	30	25	25	30	30	30	30
行程次数/(次/min)		150 ~ 400	150 ~ 300	150 ~ 300	300 ~ 500	180 ~ 500	200 ~ 400 (200 ~ 600)	200 ~ 400 (200 ~ 500)	150 ~ 350 (200 ~ 400)	150 ~ 300 (200 ~ 400)
最大装模高度/mm		380	400	400	340	350	360	380	400	420
装模高度调节量/mm		50	50	50	20	60	50	50	50	50
工作台板尺寸(前后 × 左右)/mm		800 × 1300	850 × 1500	900 × 1600	450 × 700	800 × 1200	700 × 1100	750 × 1300	850 × 1500	950 × 1700
机身工作台孔尺寸(前后 × 左右)/mm		210 × 860	300 × 950	300 × 1300	180 × 500	250 × 900	180 × 900	330 × 1050	360 × 1200	400 × 1400
工作台板厚度/mm		160	170	180	100	140	140	160	170	180
滑块底面尺寸(前后 × 左右)/mm		600 × 1200	650 × 1300	700 × 1500	340 × 600	630 × 1100	550 × 1000	600 × 1300	650 × 1500	760 × 1700
模柄孔尺寸(直径 × 深度)/mm		φ80 × 120	φ80 × 120	φ80 × 120						
立柱间的距离/mm		1400	1600	1700			1100	1395	1600	1900
电动机	型号	YCT250-4B	YCT315-4A	YCT315-4B	变频调速	JZT2-32-4				
	功率/kW	22	37	45	11	17	18.5/22	22/30	30/37	37/45
外形尺寸(长 × 宽 × 高)/mm		1900 × 2730 × 3850	2050 × 2850 × 3950	2050 × 3020 × 4230	2390 × 1000 × 2600	2800 × 1400 × 3650	2550 × 1680 × 3350	2900 × 1800 × 3650	3450 × 2000 × 3800	3745 × 2395 × 3990
净重/毛量/kg		25800/27000	28000/29500	32000/33500	5300/	18000/	17600/19200	2200/2400	2700/2900	3300/3500
主要生产单位及用途		江苏扬力集团,最适合于用级进模冲压			营口锻压机床有限责任公司		徐州锻压机床厂			
					带料最宽 80mm,带料 最厚 1.2mm	带料最宽 200mm,带料 最厚 1mm	气压 0.5MPa	气压 0.5MPa	气压 0.5MPa	气压 0.5MPa

表 6-7 部分国产高速自动压力机的主要技术参数

名 称	型 号					
	J75G-30	J75G-60	JG95-30	SA95-80	SA95-125	SA95-200
公称压力/kN	300	600	300	800	1250	2000
滑块行程次数/(次/min)	150 ~ 750	120 ~ 400	150 ~ 500	90 ~ 900	70 ~ 700	60 ~ 560
滑块行程/mm	10 ~ 40	10 ~ 50	10 ~ 40	25	25	25
最大封闭高度/mm	260	350	300	330	375	400
封闭高度调节量/mm	50	50	50	60	60	80
送料长度/mm	6 ~ 80	5 ~ 150	80	220	220	220
宽度/mm	5 ~ 80	5 ~ 150	80	250	250	250
厚度/mm	0.1 ~ 2	0.2 ~ 2.5	2	1	1	1
主电动机功率/kW	7.5	7.5	7.5	38	43	54
生产厂家	上海第二锻压机床厂	通辽锻压机床厂	齐齐哈尔第二机床厂			

表 6-8 J76 系列闭式双点高速精密压力机技术参数

名 称		型 号			
		J76-80	J76-125	J76-200	J76-300
公称压力/kN		800	1250	2000	3000
公称力行程/mm		3	3	3	3
滑块行程/mm		30	30	30	30
行程次数/(次/min)		200 ~ 600	160 ~ 500	160 ~ 450	150 ~ 450
最大装模高度/mm		380	400	420	450
装模高度调节/mm		50	50	50	50
工作台板	左右/mm	1100	1300	1700	2000
	前后/mm	700	850	950	1000
滑块底面	左右/mm	1000	1300	1700	2000
	前后/mm	550	600	650	750
立柱间距	左右/mm	1250	1350	1750	2100
	前后/mm	350	400	450	500
主电动机功率/kW		22	22	30	45
外形尺寸	左右/mm	2550	2730	3250	3520
	前后/mm	1820	1900	2150	2250
	高度/mm	3150	3380	3650	3880
总重量/t		18	22	30	40
主要生产单位及产品特点		扬州锻压机床有限公司			

2. 日本高速自动压力机

(1) L 系列高速自动压力机 表 6-9 为日本会田公司 L 系列高速自动压力机的主要技术参数。

表 6-9 日本会田公司 L 系列高速自动压力机的主要技术参数

名 称		型 号													
		PDA6		PDA8				PDA12			PDA20			PDA30	
公称压力/kN		600	800				1200			2000			3000		
行程长度/mm		15	25	50	75	30	50	75	30	50	75	30	50	75	
行程次数 /(次/min)	最高	800	400	250	200	350	200	160	300	180	150	250	150	120	
	最低	200	160	100	80	140	80	65	120	70	60	100	60	50	
封闭高度/mm		280	300				360			380			420		
封闭高度调节量/mm		40	50				50			60			80		
工作台板尺寸 /mm×mm		650× 600	900×600				900× 800	1100×800		1300× 850	1500×850		1500× 900	1700×900	
主电动机功率/kW		15	15				18.5			22			30		

(2) BEAT 系列高速压力机 由日本京利公司制造的 BEAT 系列高速压力机，其结构特点为四柱框架式结构，送料器按压力机压力的大小专门配备，送料精度高。适用于集成电路、接插件、高频头及小型、超小型电机的定子、转子等制件的生产。该类压力机的技术规格见表 6-10。

表 6-10 BEAT 系列高速压力机技术参数

名 称	型 号			
	BEAT-25N	BEAT-40N	BEAT-60N	BEAT-80N
公称压力/kN	250	400	600	800
固定的滑块行程与每分钟冲压次数/[mm/(次/min)]	20/(300 ~ 1200)	20/(300 ~ 1100)	20/(300 ~ 1000)	20/(200 ~ 800)
	25/(300 ~ 1100)	25/(300 ~ 1000)	25/(200 ~ 850)	20/(200 ~ 720)
	32/(300 ~ 1000)	32/(300 ~ 900)	32/(200 ~ 700)	20/(200 ~ 650)
闭合高度/mm	210	270	320	280、360
滑块调节量/mm	20	20	20	30
滑块面积/mm × mm	520 × 280	600 × 340	900 × 400	940 × 520
垫板面积/mm × mm	580 × 400	700 × 450	900 × 600	1050 × 800
垫板孔尺寸/mm × mm	350 × 100	500 × 120	600 × 120	780 × 120
机床尺寸(L × B × H)/mm	1825 × 1070 × 2450	2040 × 1180 × 2730	2430 × 1380 × 3030	2600 × 1580 × 3500
主电动机功率/kW	7.5	11	15	22
送料装置型号	GF-60B	GF-60B	GF-100B	GF-100B
送料线高度/mm	90 ± 20	120 ± 20	140 ± 20	120 ± 20、170 ± 20
送料长度/mm	2.5 ~ 60	2.5 ~ 60	5 ~ 100	5 ~ 100
材料宽度/mm	8 ~ 80	8 ~ 80	8 ~ 100	8 ~ 100
材料厚度/mm	0.1 ~ 1.2	0.1 ~ 1.2	0.1 ~ 1.6	0.1 ~ 1.6

(3) BSTA 与 FP 系列高速压力机 日本三井公司生产的 BSTA 系列高速压力机和山田公司生产的 FP 系列高速压力机结构类似,精度高,适用于中、小型制件的冲裁、弯曲、浅拉深等较精密的冲压工艺。当与材料开卷机、矫平机及自动送料装置及收卷机等联合使用后,对于像集成电路的引线框架一类的以冲裁为主的平板型制件,此类压力机具有很高的生产率。表 6-11 为部分技术参数。

表 6-11 BSTA 与 FP 系列部分高速压力机的技术参数

名 称	型 号			
	BSTA-18	BSTA-30	BSTA-60HL	FP-60SW II
公称压力/kN	180	300	600	600
滑块行程/mm	36 ~ 16	40 ~ 16	76 ~ 20	30
行程次数/(次/min)	100 ~ 600	100 ~ 600	100 ~ 650	200 ~ 900
封闭高度/mm	140 ~ 200	200 ~ 260	265 ~ 293	300
滑块调节量/mm	40	40	80	50
滑块尺寸/mm	φ196	φ250	700 × 458	940 × 420
垫板面积/mm × mm	350 × 310	540 × 412	770 × 620	940 × 650
垫板厚度/mm	45	60	120	120
漏料孔尺寸/mm × mm	140 × 105	315 × 110	580 × 100	650 × 100
送料长度/mm	100 ~ 0	100 ~ 0	200 ~ 0	240 ~ 2
材料宽度/mm	120	170	300	120
最大料厚/mm	3	3	4	2.3
压缩空气压力/MPa	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0	0.5 ~ 1.0
主电动机功率/kW	1.7	5.5	18.5	22
机床外形 L × B/mm	700 × 925	920 × 1150	1450 × 1650	2410 × 1660
机床高度/mm	1800	2350	2350	2745
机床重量/kg	1100	2500	8500	10000

(4) SP 系列高速压力机 日本山田公司生产的 SP 系列高速压力机为小型开式压力机,适用于电子工业的接插件、电位器、电容器等小型电子元件的制件生产,其技术参数见表 6-12。

表 6-12 SP 系列小型高速压力机技术参数

名 称	型 号			
	SP-10CS	SP-15CS	SP-30CS	SP-50CS
公称压力/kN	100	150	300	500
行程长度/mm	40 ~ 10	50 ~ 10	50 ~ 20	50 ~ 20
行程次数/(次/min)	75 ~ 850	80 ~ 850	100 ~ 800	150 ~ 450
滑块调节量/mm	25	30	50	50
垫板面积/mm × mm	400 × 300	450 × 330	620 × 390	1080 × 470
垫板厚度/mm	70	80	100	100
滑块面积/mm × mm	200 × 180	220 × 190	320 × 250	820 × 360
工作台孔尺寸/mm × mm	240 × 100	250 × 120	300 × 200	600 × 180
封闭高度/mm	185 ~ 200	200 ~ 220	250 ~ 265	290 ~ 315
主电动机功率/kW	0.75	2.2	5.5	7.5
机床重量/kg	900	1400	4000	6000
机床外形 L × B × H/mm	935 × 780 × 1680	910 × 1200 × 1900	1200 × 1275 × 2170	1625 × 1495 × 2500

(5) HP 系列高速压力机 表 6-13 为日本三菱公司 HP 系列高速压力机技术参数。

表 6-13 三菱公司 HP 系列高速压力机技术参数

名 称	型 号			
	HP-40	HP-60	HP-80	HP-110
公称压力/kN	400	600	800	1100
行程次数/(次/min)	1000,1200,1500	800,900,1000,1200	700,800,900	600,700,800
行程长度/mm	25,20,15	40,32,25,20	35,25,20	40,30,20
封闭高度/mm	280	280	340	380
封闭高度调节量/mm	50	60	80	70
工作台尺寸/mm × mm	750 × 550	950 × 650	1100 × 700	1200 × 800
滑块底面尺寸/mm × mm	750 × 450	950 × 500	1050 × 550	1150 × 600
工作台垫板厚度/mm	100	120	175	200
主电动机功率/kW	15	22	30	37

3. 德国 A2 系列高速压力机

德国舒勒公司制造的 A2 系列高速压力机，采用框架式机架，结构紧凑。压力机设有凸轮式精密自动送料装置。适用于电器小零件的冲压加工，不适宜浅拉深。

表 6-14 所列是舒勒公司 A2 型高速压力机技术参数。

表 6-14 舒勒 (Schuler) 公司 A2 系列闭式双点高速压力机技术参数

名 称	型 号								
	A2-50	A2-80	A2-100	A2-125	A2-160	A2-200	A2-250	A2-315	A2-400
公称压力/kN	500	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000
标准行程长度/mm	25	25	25	25	30	30	30	35	35
最大行程长度/mm	50	50	50	50	50	50	50	50	50
最大行程次数(无级调速)/(次/min)	600	500	450	406	375	350	300	275	250
工作台板尺寸/mm × mm	840 × 560	900 × 700	1050 × 800	1150 × 1000	1300 × 1000	1350 × 1100	1650 × 1100	1900 × 1200	2600 × 1200
封闭高度/mm	300	330	350	375	375	400	400	450	475
封闭高度调节量/mm	60	60	60	60	60	80	80	100	100

4. 美国脉冲星型 (普尔萨型) 超高速精密压力机

美国明斯特公司生产的脉冲星型 (普尔萨型) 超高速压力机, 其结构特点是: 机架为框架式, 运动平稳, 精度高, 采用重型液压离合器与圆盘制动, 模具的闭合高度调整用数字显示, 设置有精密的凸轮式送料装置及高能量的飞轮等。该压力机不仅冲压速度高, 而且运动精密, 可冲压出高精密的制件。它是专门为集成电路引线框架等导线板和终端接头等精密制件设计的。其技术参数见表 6-15。

表 6-15 普尔萨型高速压力机技术参数

名 称	型 号		
	Pulsar20	Pulsar30	Pulsar60
公称压力/kN	200	300	600
固定滑块行程与最大冲压速度/[mm/(次/min)]	13/2000 19/1800 25/1600 32/1400	13/1500 19/1400 25/1400 32/1200 38/1100 51/900	13/1300 19/1200 25/1200 32/1000 38/900 51/750
满载下的最低冲压速度/(次/min)	100	100	100
闭合高度调节范围/mm	45	45	45
有垫板时的闭合高度范围/mm	152 ~ 197	185 ~ 230	250 ~ 290
固定的滑块行程-送料范围/mm	13-51 ~ 102 19-54 ~ 105 25-57 ~ 108 32-60 ~ 110	13-51 ~ 102 19-54 ~ 105 25-57 ~ 108 32-60 ~ 111 38-67 ~ 117 51-79 ~ 130	13-73 ~ 137 19-76 ~ 140 25-79 ~ 143 32-83 ~ 146 38-86 ~ 149 51-99 ~ 162

(续)

名 称	型 号		
	Pulsar20	Pulsar30	Pulsar60
快速脱模行程/mm	45 ~ 90	45 ~ 90	45 ~ 90
滑块尺寸/mm × mm	405 × 255	760 × 305	915 × 405
垫板尺寸/mm × mm	405 × 355	760 × 535	915 × 585
垫板孔尺寸/mm × mm	305 × 75	660 × 100	760 × 100
承受模具重量/kg	最高速度时 18 75% 速度时 90	标准模架时 90 任选模架时 135	标准模架时 135 任选模架时 180
机床总高度/mm	3050	3150	3380
机床主电动机功率/kW	11	19	23
机床总重量/kg	7100	8460	12600
送料方向	自右至左	自右至左	自右至左
一般的材料厚度/mm	0.15 ~ 2	0.2 ~ 3	0.2 ~ 3
送料宽度/mm	51 ~ 111	51 ~ 130	73 ~ 162

第 7 章 多工位级进模的自动监测与安全保护

多工位级进模在高速压力机上工作，它不但有自动送料装置，而且还必须在整个冲压生产过程中有防止失误的监测装置。因为模具在工作过程中，只要有一次失误，如误进给、凸模折断、叠片、废料堵塞等，均能使模具损坏，甚至造成设备或人身事故。

监测装置可设置在模具内，也可以设置在模具外。当模具出现非正常工作情况时，设置的各种监测装置（传感器）能迅速地把信号反馈给压力机的制动机构，立即使压力机停止运动，起到安全保护作用。

传感器的传感方式有接触式与非接触两种。前者是以机械方式转变电信号；后者经过电磁感应、光电效应等方式传导电信号。电信号又可分两类：第一类为单独一个保护装置的信号就可判别有无故障；第二类必须与冲压循环的特定位置相联系，才可判别有无故障。冲压工作循环的特定位置或时间，也用信号表示，以便于联系判断。

7.1 传感器的种类

传感器可按动作原理分类，也可按监测对象的物理现象分类，还可按其用途分类。具体的传感器种类见表 7-1。

表 7-1 传感器的种类与特性

种 类	优 点	缺 点
限位传感器	造价低,品种多	有振动,寿命短
光电传感器	对被检测材料种类无要求	要防尘,防油污,光束必须重合
磁性接近传感器	对被检测材料所处环境无要求	只检测金属类,对周围的金属有影响
静电电容传感器	对被检测材料无要求,能检测透明材料	受温度和湿度影响,种类少
超声波传感器	检测距离长,不限被检测材料种类	微小物(孔)检测困难,种类少
微波传感器	对环境无要求,检测距离长	微小物(孔)检测困难,种类少
接触传感器	安装容易,动作快	只限于金属材料,带油的不能检测
气动传感器	安全防爆,对环境无要求	检测距离短,要求高质量的空气

常用的传感器监测有接触传感监测和光电监测。

1. 接触传感器监测

它的工作原理是利用接触杆或被绝缘的探针与被检测的材料接触，并与微动开关、压力机的控制电路组成回路。在接触点的接触一断开动作下，也使电路闭合一断开来控制压力机的工作，如图 7-1 所示。条料送进，当条料被侧刃切除部分端面与检测杆 2 接触时，推动检测杆 2 与销 1 接触，微动开关 5 闭合，压力机工作。当送料步距失误（步距小）时，条料不能推动检测杆 2 使微动开关 5 闭合，微动开关仍处于断开状态，这时，微动开关便把断开信号反馈给压力机的控制电路，由于压力机的电磁离合器与微动开关是同步的，所以压力机滑块停止运动。这种形式用于材料厚度 $t > 0.3\text{mm}$ 、压力机的行程次数为 $150 \sim 200$ 次/min 的情况。

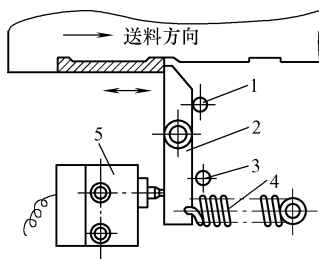


图 7-1 侧刃切除检测

1、3—停止销 2—检测杆
4—拉簧 5—微动开关

2. 光电传感器监测

光电传感器监测原理如图 7-2 所示。当不透明工件在检测区遮住光线时，光信号就转成电信号，电信号经放大后与压力机控制电路联锁，使压力机的滑块停止或不能起动。由于投光器和受光器安装位置不同，常有透过型、反射镜反射型和直接反射型三种。透过型如图 7-2a 所示，投光器和受光器安装在同一轴线上，在投光器和受光器之间有无被测工件，通过产生的光量差来判断。这种形式光束重合准确，检测可靠。反射镜反射型如图 7-2b 所示，它是利用反射镜和被检测制件的反射光量的减弱来检测，优点是配线容易，安装方便，但检测距离比透过型短，表面有光泽的工件检测困难。直接反射型如图 7-2c 所示，与反射镜反射型的相同处是它的投光器和受光器均是一个整体，但直接反射型光束是由工件直接反射给受光器的，它受被测工件距离变化和反射率变化的影响。

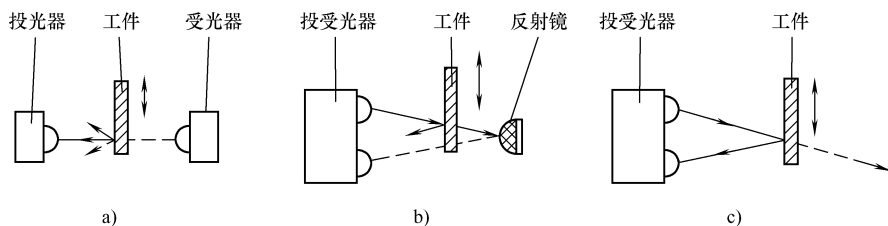


图 7-2 光电传感器监测原理

a) 透过型 b) 反射镜反射型 c) 直接反射型

光电式传感器具有很高的灵敏度和测量精度，但电器线路较复杂，调整较困难。由于光电信号较弱，容易受外界干扰，故对电源电压的稳定性要求较高。

3. 气动传感器监测

它属于非接触式检测,其原理如图 7-3 所示。当经过滤清和稳压的压缩空气进入计量仪的气室 A ,其压力为 p_2 ,压缩空气再经过小孔 1 进入气室 B ,然后经过喷嘴 2,与工件形成气隙 Z 。压缩空气经气隙 Z 排入大气,这时产生的节流效应与该间隙 Z 的大小有关。当有工件时,气隙 Z 小,气室 B 的压力 p_2 上升;无工件时, Z 增大, B 气室压力 p_2 下降。通过压力变化转变成相应的电信号来实现对压力机的控制。

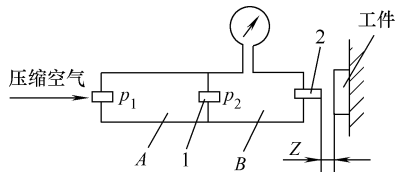


图 7-3 气动传感器工作原理图

1—小孔 2—喷嘴

由于气动式传感器无测量触头,所以不会磨损,放大倍数高,故有较高的灵敏度和测量精度。

4. 放射性同位素监测

利用放射性同位素检测装置对毛坯是否存在、毛坯厚度、毛坯有无叠片、压力机与附设机构是否同步等进行监测,如图 7-4 所示。

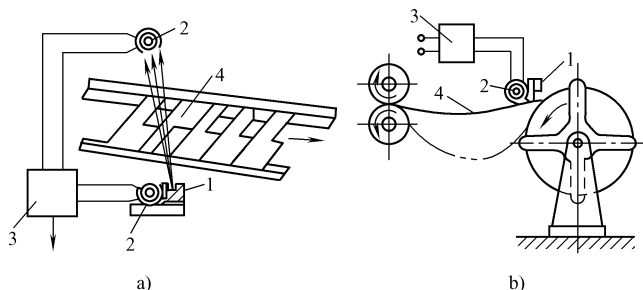


图 7-4 利用放射性同位素监测

a) 检查坯料 b) 检查卷料送进与压机同步

1—放射源 2—接收器 3—电子继电器 4—坯料

5. 计算机监测

除采用上述这些监测装置外,随着计算机应用的日益普遍,利用计算机对冲压加工实行监控也越来越多。图 7-5 所示为采用计算机监控冲压加工的原理图。在正常冲压加工时,利用压缩空气压力来把已冲压成形的工件从模具内吹到模具外,吹出的工件通过引导槽进入容器汇集,且工件是以一定的时间间隔通过引导槽的。当在工件的通路相对放置光源和光敏管(或其他传感器),那么,每当工件通过引导槽时,光敏管就会发出一次信号。当工件堵塞在模具内时,引导槽内无工件通过,光敏管就无电信号发出,计算机同时给离合器、制动器和报警器发出指令,压力机停止冲压工作。

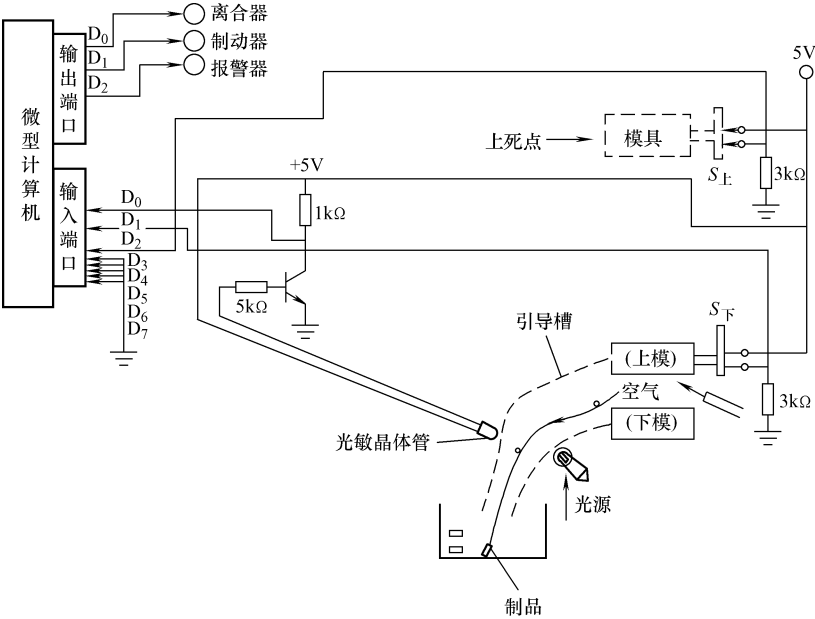


图 7-5 计算机对冲压加工的监控原理简图

7.2 自动检测保护装置设计与应用时应注意的问题

- 1) 按被冲制件的精度要求，正确选择检测装置的种类和检测精度。
- 2) 检测保护装置的安装和操作方便，不能有过多的操作按钮，各种检测必须自动进行。
- 3) 正确选择传感器的安装位置，不能因其他外界动作影响检测精度或造成失误。
- 4) 由于检测是在动态下进行的，所以检测装置必须耐冲击和振动。

7.3 自动检测保护装置的应用

图 7-6 所示为冲压自动化监测、检测装置方框示意图。从图中可以看出，凡是可能引起故障或事故的部分，均有监控装置，无论在哪一部分出现异常，监控系统中该处的监控装置立即发出信号，使压力机停止工作，待故障排除后恢复正常工作。

对于精密自动冲压多工位级进模的各种故障应进行自动检测自动保护，避免发生事故。目前的自动检测保护装置应用在以下这些方面：

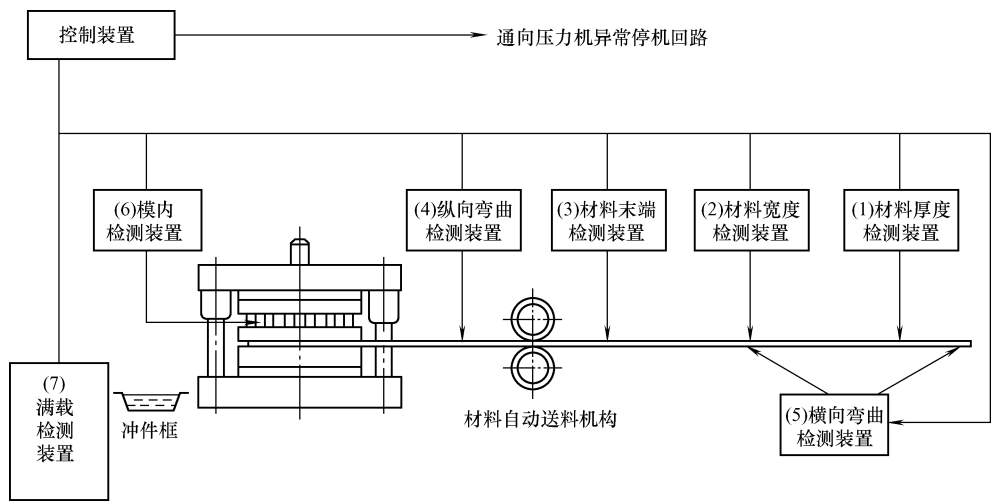


图 7-6 冲压自动化监测、检测装置方框示意图

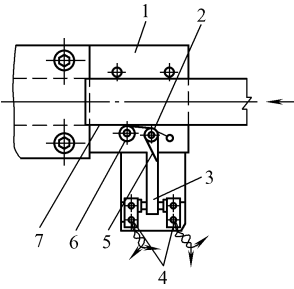
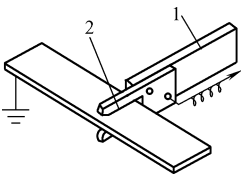
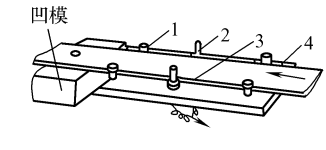
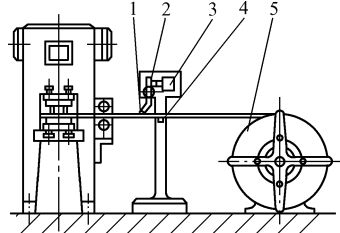
1. 原材料尺寸形状检测

主要包括以下检测内容：材料厚度、宽度，材料的翘曲、横向弯曲等误差，材料的输送结束，见表 7-2。

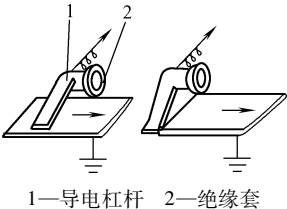
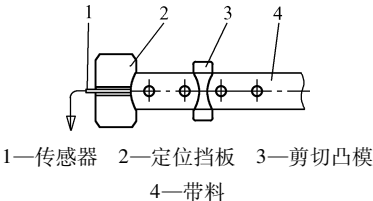
表 7-2 原材料尺寸形状（板厚、板宽等）检测

序号	监视对象	简 图	传感方式	说 明
1	板厚	 1—常合限位开关 2—杠杆 3—圆销 4—材料	接触	材料 4 过厚时，圆销 3 通过杠杆 2 使开关 1 动作，切断线路
		 1—放射源 2—材料 3—传感器 4—放大器	β 射线	放射源 1 发出的射线，穿过材料 2 由传感器 3 接收，经放大器 4 通向控制线路。传感器 3 接收的射线随料厚改变

(续)

序号	监视对象	简图	传感方式	说明
2	板宽	 1—导料板 2—支点 3—转臂 4—常合限位开关 5—扭簧 6—滚柱 7—承料板	接触	料宽超差时,扭簧5通过转臂3使开关4之一动作,切断线路
3	纵向弯曲(起拱)	 1—绝缘支架 2—导电叉	接触	材料起拱时,固定在绝缘支架1上的导电叉2与材料接触,导通控制回路
4	横向弯曲	 1—导料钉 2—导电杆 3—绝缘套 4—承料板	接触	材料横向弯曲超差时,与导电杆2接触,导通控制回路
5	料尾	 1—杠杆 2—支点 3—常分限位开关 4—支承 5—材料	接触	工作时材料5抬起杠杆1下端,开关3合上。材料尾部通过杠杆1下端后,杠杆作逆时针方向旋转,与开关3脱离,切断线路

(续)

序号	监视对象	简图	传感方式	说明
5	料尾	 1—导电杠杆 2—绝缘套	接触	导电杠杆1与材料接触(左图),维持控制回路导通。材料用完时(右图)线路切断
6	定位	 1—传感器 2—定位挡板 3—剪切凸模 4—带料	接触	在定位部位设置传感器1,当带料4送到预定位置,并接触传感器,压力机滑块向下冲压。一旦送进距离不够时,带料4便不接触传感器,滑块也就不能下降

2. 板料误送检测

(1) 条料侧面接触检测

1) 利用侧刃切除检测,如图7-1所示。

2) 利用侧面槽检测,如图7-7所示。图7-7a当压力机滑块下降时,上模中的定位销1进入检测杆的定位孔,同时向B推动检测杆离开条料,于是检测杆在弹簧作用下其端部向A向偏斜。当送进步距发生变化时,微动开关不能闭合,压力机滑块就停止运动。图7-7b是利用探针对侧面槽检测。探针用直径 $\phi 1.2 \sim \phi 1.5\text{mm}$ 的弹簧钢丝制成,其夹持部分应绝缘,尾部导线直接连在压力机的控制电路中。当压力机滑块回升时,浮动顶料销将条料顶起,条料与探针脱离,条料向前送进一个步距,探针与槽侧面接触,压力机继续工作。当送进步距有误差时,槽侧面与探针不能接触,电磁离合器就脱开,压力机滑块就停止运动。

(2) 孔检测 利用条料上的导正孔或工件孔来检测。

1) 导正孔检测,如图7-8所示。当浮动检测销1由于送料失误,不能进入条料的导正孔时,便由条料推动检测销1向上移动,同时推动接触销2使微动开关闭合,因为微动开关与压力机电磁离合器是同步的,所以电磁离合器脱开,压力机滑块停止运动。图7-8a~c既可以用导正孔导正,也可以用工件孔本身导正。若用工件孔本身导正时,应将工件孔径先冲稍小些,供导正检测用,在孔的成形工位再修整到所需的孔径尺寸,这样可防止导正时擦伤孔壁或使孔变形。图7-8d用于较大

工件孔 ($d > 10\text{mm}$) 时作导正检测, 同样, 该工件孔应预先冲一稍小的孔用来作导正, 这种形式适合高速冲压, 步距精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ 。

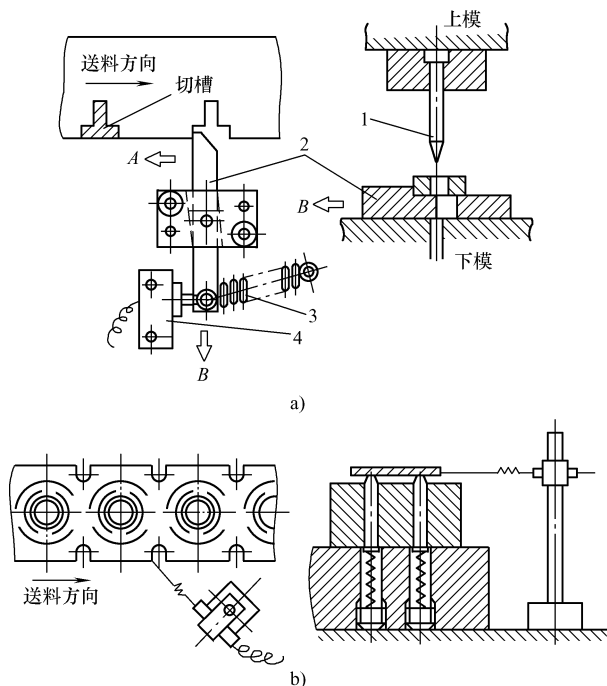


图 7-7 材料送进检测

a) 侧面槽检测 b) 探针侧面接触检测

1—定位销 2—检测杆 3—拉簧 4—微动开关

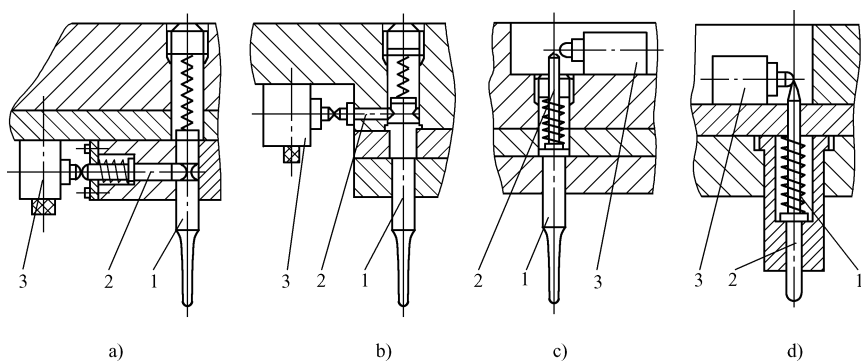


图 7-8 导正孔检测

1—浮动检测销 2—接触销 3—微动开关

2) 工件孔检测。料厚 $t \geq 1\text{mm}$ 的工件异形孔, 精度要求不高, 可用工件本身的孔来检测送料失误, 如图 7-9 所示。检测销或触针固定在检测凸模上并与凸模绝缘。

(3) 末端检测 用装在模具端面的微动开关或探针,有时用传感片—探针组合对条料切断后的末端间断接触来判断送料误进给,如图7-10所示。图7-10a为微动开关检测,这种形式的检测不宜用于料厚 $t < 0.3\text{mm}$ 的落料或有较大外形的制件。注意在冲压过程中,冲裁毛刺和油污尘埃不能进入活动检测销的滑槽内,以免微动开关不能正常工作。图7-10b为传感片—摆针检测。图7-10c为探针检测。传感片用 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 厚的不锈钢带制成,探针与传感片之间应保持 $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 的间隙。图7-10b与图7-10c两种检测方式适用于各种厚度的材料,且在滑块行程为 300次/min 左右时亦能正常工作。

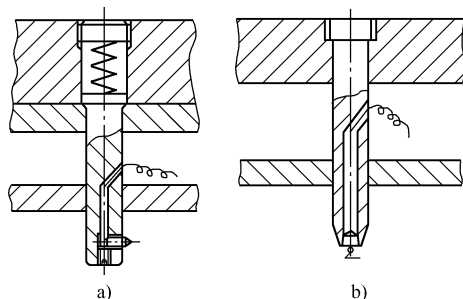


图7-9 工件孔检测

a) 销 b) 触针

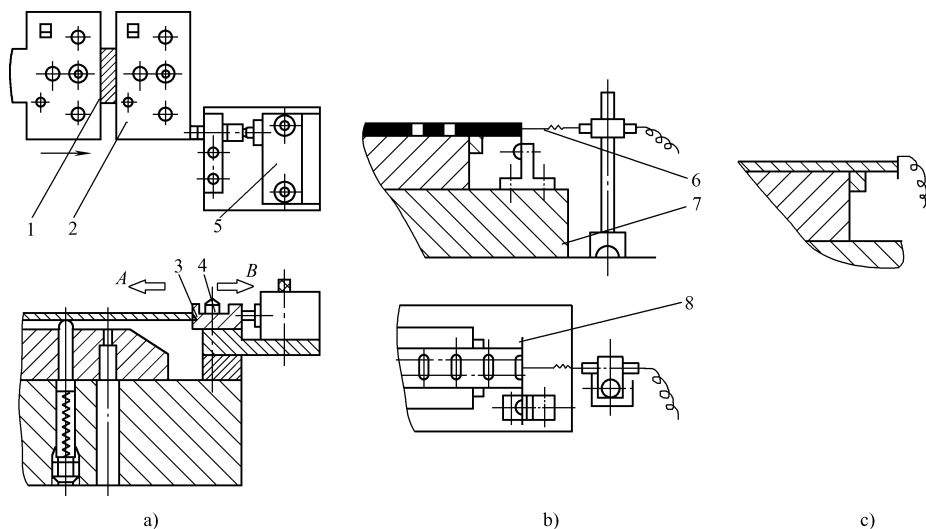


图7-10 末端检测形式

a) 微动开关检测 b) 传感片—摆针检测 c) 探针检测

1—废料 2—工件 3—活动检测销 4—固定压板 5—微动开关 6—探针 7—下模座 8—传感片

3. 凸模损坏检测

小直径凸模易折断,可以在卸料板的镶件中设置一个或几个检测销,如图7-11所示。检测销直径或外形尺寸比冲孔凸模尺寸小 $0.03 \sim 0.05\text{mm}$,高度与凸模一致,当凸模在工作中折断时,条料送进一个步距后,检测销就不能进入孔中,而与无孔条料表面接触,此时检测销将无孔信号反馈到压力机的控制电路,使压力机滑块停止运动。

4. 半成品的位置检测

拉深件或弯曲件需冲孔时，工件是否送到冲孔凹模的定位装置内，可用图 7-12 的方法检测。

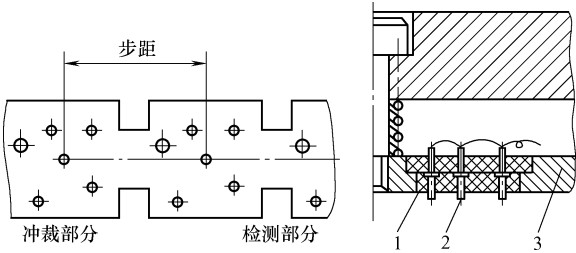


图 7-11 凸模折断检测

1—卸料板镶件 2—检测销 3—卸料板

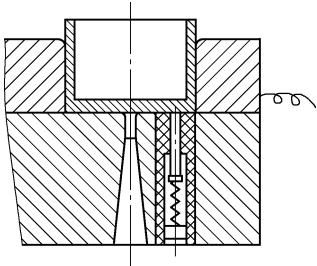


图 7-12 半成品位置检测

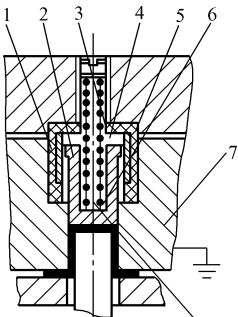
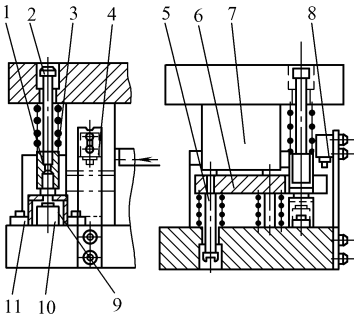
5. 出件检测

表 7-3 列出了出件检测装置。

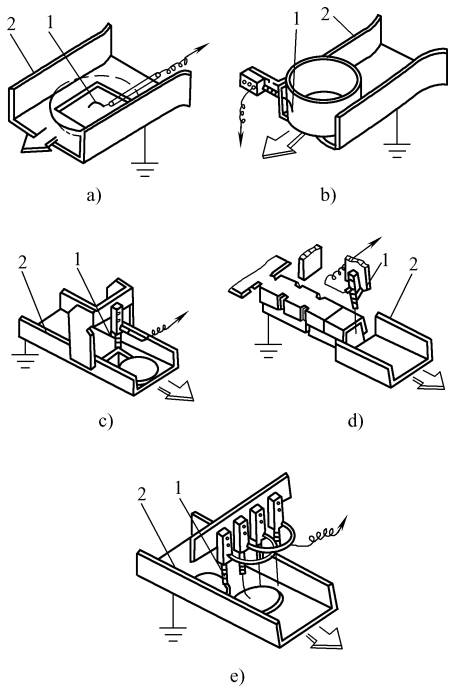
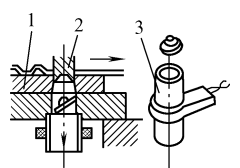
表 7-3 出件检测装置

序号	监视对象	简 图	传感方式	说 明
1	顶(打)出装置	1—常合开关 2—转臂 3—弹簧圆销 4—顶板 5—支架	接触	顶板 4 未被弹簧顶出时，弹簧圆销 3 随上模回升触动转臂 2，切断常合线路
		1—工件 2—传感器(头部绕成弹簧形) 3—冲孔凸模 4—顶板 5—落料凹模	接触	在正常的工作时，顶板 4 和传感器 2 间有不小于 d 的间隙，线路不通。如工件未能顶出，下次冲裁又多积一件，则顶板 4 和传感器接触，导通线路

(续)

序号	监视对象	简图	传感方式	说明
1	顶(打)出装置	 开模时顶板端部正常位置 1—绝缘套 2—顶板 3—弹簧 4—绝缘圈 5—弹簧圈 6—金属管 7—凹模	接触	合模时通路,开模时顶板2顶出则断路,未顶出则通路。故障与合模时信号相同,故必须使信号和冲压工作循环相联系,以致区别
		 1—撞块 2—卸料螺钉 3—调节片 4—支架 5—顶板 6—工件或条料 7—上模 8、10—常分限位开关 9—撞块螺钉 11—槽形防护架	接触	合模时撞块螺钉9触及常分限位开关10,线路导通。开模时撞块螺钉9与常分限位开关10分离,线路切断,但顶板5触及常分限位开关8,另一线路导通。如顶板5未能顶起,则两线路均切断,压力机停止运转。调节片3厚度应达到以下要求:冲程向下顶板5与常分限位开关8脱离前撞块螺钉9已与常分限位开关10接触,冲程向上撞块螺钉9与常分限位开关10脱离前顶板5已与常分限位开关8接触

(续)

序号	监视对象	简图	传感方式	说明
2	出件	 a) b) c) d) e) 1—传感器 2—滑道	接触	工件通过时与传感器1接触,线路导通 图e滑道宽阔,工件通过时和任意相邻两传感器接触,导通线路
		 工件由此通过 1—凹模 2—落料凸模 3—非磁性材料管	感应	工件通过管3时,产生感应信号。适用于磁性材料的冲件

6. 废料的回升与检测

由于冲裁件的轮廓形状简单,且材料质地较软,废料被冲离制件(或条料)后,在凹模内仍被凸模吸附而带出凹模孔口,使废料留在凹模表面,严重影响冲裁工作正常进行,甚至引发事故。

(1) 防止废料回升的措施 可以利用凸模有效地防止废料回升,如图7-13所示。图7-13a在凸模内装顶料销 $d = \phi 1 \sim \phi 3 \text{ mm}$;伸出高 $h = (3 \sim 5)t$ 。图7-13b为

利用压缩空气防止废料回升，主要用于凸模截面小，无法装顶料销时，凸模中气孔为 $\phi 0.3 \sim \phi 0.8\text{mm}$ 。图7-13c是大直径凸模， $d > \phi 20\text{mm}$ 时，在凸模端面制成凹坑并钻通气孔， $h = 1/4t$ ， $b = (1.5 \sim 2)t$ 。图7-13d是在凸模端面凹坑内装簧片。图7-13e是装偏心顶料销。在设计时可按不同情况选择最佳方案。

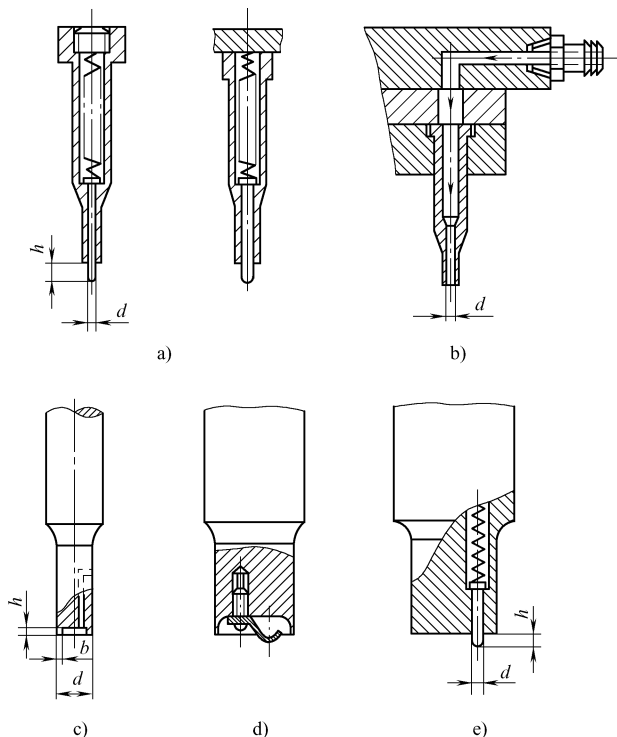


图7-13 利用凸模防止废料回升

除了利用凸模防止废料回升，还可利用凹模在其刃口处制成 $10' \sim 20'$ 的反锥角来防止废料回升。这种方法易引起小凸模的折断，且反锥角难磨削。

(2) 废料回升的检测 废料回升常采用下死点检测法，如图7-14所示。当卸料板3和凹模4表面无废料及其他杂物时，微动开关2始终在“开”状态。若有回升废料或杂物时，压力机滑块到达下死点时，异物把卸料板垫起，推动微动开关，使其闭合，压力机滑块停止运动。这种形式用于厚料冲裁，灵敏度为 $0.1 \sim 0.15\text{mm}$ 。

对于落料或下死点高度要求严格的工件要用灵敏度更高的接近传感器来控制模具的下死点高度。用接近传感器来代替微动开关装在下模上，

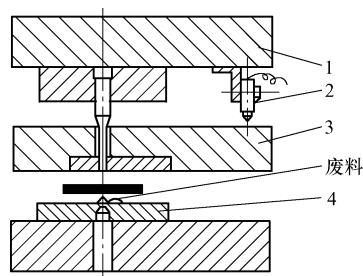


图7-14 废料回升检测

1—上模座 2—微动开关
3—卸料板 4—凹模

传感件装在卸料板上,调整适当的距离,灵敏度可控制在 0.01mm 左右。常用的接近传感器有:舌簧接点型、高频振荡型及霍耳效应型等。

7. 光电-探针检测

它利用光透过形孔与探针来检测孔的位置和步距。图7-15所示为多滑块弯曲时检测应用的例子。图7-15a中光束与被检测孔轴线平行,当工件送进一个步距与探针接触时,利用投光器的光束是否通过工件孔到达受光器来判断孔的位置。图7-15b为检测电路图,当探针1接触工件,接触转换放大器2将信号输送给微分器a1,由于送料步距失误,光束不能通过工件孔,受光器无信号输出,与门7-1、7-2同时关闭,压力机电磁离合器脱开,滑块停止运动。若探针不接触工件,则非门6及与门7-3以误送信号发出,压力机滑块也停止运动。如果不同步,即探针与光束其中只要有一个不接触或光束不通过,均会使与门7-2关闭,压力机滑块同样停止运动。因此,这种检测装置信号可靠,精度高,重复精度可达 $0.02 \sim 0.04\text{mm}$,且使用寿命长。

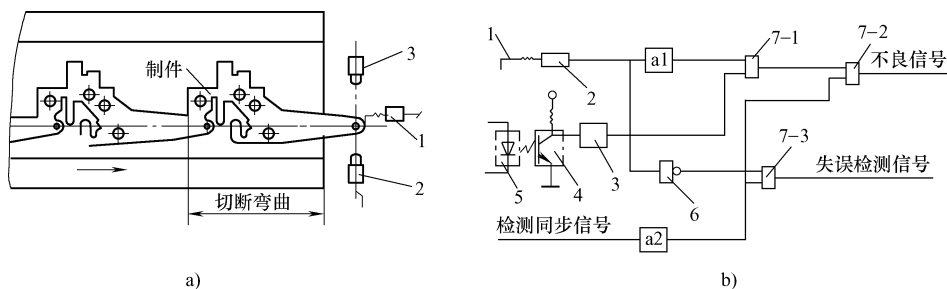


图7-15 光电探针检测工作原理

a) 光电探针检测

1—探针 2—投光器 3—受光器

b) 光电检测电路

1—探针 2—接触转换放大器 3—施密特触发器 4—受光器 5—投光

6—非门 7—与门 (1, 2, 3)

第 8 章 多工位级进模 CAD

随着计算机技术的应用和信息时代的到来，加剧了市场竞争，低成本、高质量、短周期地开发出满足市场要求的产品已成为市场竞争的焦点。模具作为产品零件制造的工具，设计制造周期和成本是决定产品市场竞争力的关键。以计算机技术为核心的模具 CAD/CAM 技术，是一项改造传统模具生产方式的关键技术，它使模具设计和制造逐步从以经验、技巧、手工作业为特色的设计和生产过程向半自动化和自动化的方向发展。模具 CAD 指利用计算机作为辅助手段，进行模具设计并绘制出模具加工过程中所必需的图样。模具 CAM 指利用计算机产生复杂模具零件的加工指令并控制数控机床进行加工。

在级进模具设计和制造中引入 CAD/CAM 后可促进技术进步，并带来显著的经济效益，国内外普遍寄予厚望。引入模具 CAD/CAM 的主要意义在于：

1. 缩短设计时间

- 1) 模具设计合理化。
- 2) 减少重复性的设计制图工作。
- 3) 减少设计制图错误。
- 4) 数控机床得到有效利用。

2. 提高技术水平和质量

- 1) 使设计人员从简单的劳动中解放出来。
- 2) 推进了标准化，技能和技术信息的数据化，便于保存。
- 3) 提高了模具设计的可靠性。
- 4) 提高加工精度和质量。

3. 降低成本

- 1) 提高了效率。
- 2) 减少加工失误。
- 3) 减少返工。

8.1 多工位级进模 CAD 系统的构成

1. 级进模 CAD 的硬件组成

支持级进模 CAD/CAM 系统运行的典型硬件包括中央处理机（CPU）、数据存储设备、输入/输出装置。这些设备的配置如图 8-1 所示。

CAD/CAM 硬件系统包括使用的计算机及所属的外部设备。根据组织方式及所

用计算机的不同,有不同的分类方法。

(1) 系统组织方式分类 常用的计算机有单机和联机(主要是网络联机)两种组织方式。网络联机又有集中式(图 8-2)和分布式(图 8-3)。集中式的控制主机若有故障则系统会全部瘫痪,而分布式则避免了该缺陷,系统可靠性高。由于计算机集成制造技术(CIM)的发展,推动了分布式 CAD/CAM 系统的研究与应用,使之成为目前计算机领域中的重要组成部分。

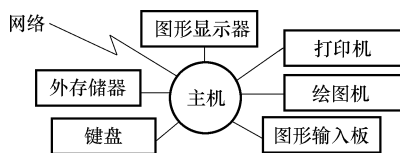


图 8-1 级进模 CAD 的硬件组成

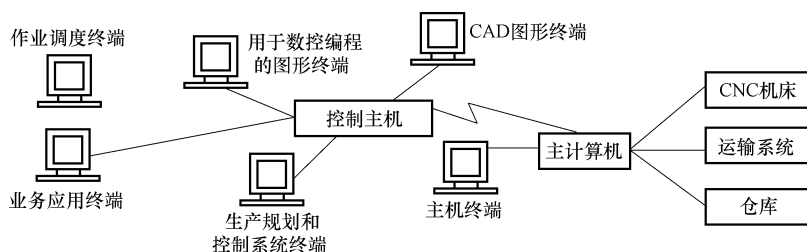


图 8-2 集中式

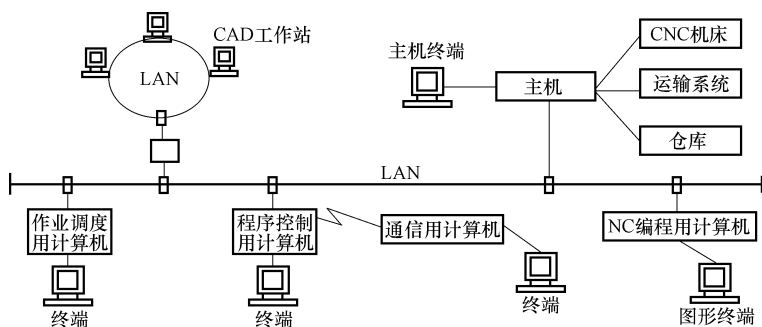


图 8-3 分布式

(2) 系统核心计算机分类 计算机是指挥及控制整个 CAD/CAM 系统运行的核心装置,通常分为巨型机、大型机、中型机、小型机、工作站和微机。近年来,工作站和微机发展迅速。64 位、32 位工作站或微机系统既可以作为独立的 CAD/CAM 系统的主机,又可以作为大型机的卫星机。

2. 级进模 CAD 软件系统的组成

级进模 CAD 系统的软件由系统软件、支撑软件和应用软件三部分组成(图 8-4)。系统软件是指运行环境及开发工具;支撑软件是 CAD 系统的基础软件,为 CAD 提供基本功能;应用软件是多工位级进模 CAD 系统的核心。

(1) 系统软件 系统软件主要由操作系统和软件开发工具组成,处于系统的最低层。操作系统是一套管理和控制计算机的程序,是用户程序和计算机硬件的接口。

目前大中型机都有自己的操作系统,小型机、工作站多以 UNIX 操作系统为主,它提供了较好的运行环境,而微机多用 Windows 系列操作系统。软件开发工具是指一些高级语言编译系统,用以编写冲模 CAD 系统的各种应用软件,主要的编写语言有 C 语言、FORTRAN 语言、PASCAL 语言、SQL 数据库语言、LISP、PROLOG 等语言,前几种多用于编写科学计算、数据处理以及界面、接口等程序,后两种则多用于编写符号处理及演绎推理的程序。

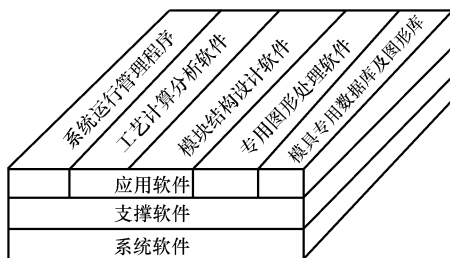


图 8-4 级进模 CAD 系统的软件组成

(2) 支撑软件 支撑软件由图形软件系统、通用工程分析软件和数据库管理软件组成。

图形软件系统有图形交互式对话功能、图像处理功能、文字处理功能、三维图形处理功能、图像图形编辑功能和用户接口功能,用于图形的输入、输出以及图形的编辑。通用工程分析软件包括一些工程中经常用到的有限元分析、优化程序、数值分析等软件包,为级进模设计中的强度计算、运动学及动力学分析、优化等提供了有力的工具。级进模 CAD 系统的数据管理系统(DBMS)用于建立数据字典式数据库定义,实施对数据库的管理,支持 CAD/CAM 工程应用程序之间数据的传递与共享。

(3) 应用软件 应用软件用于处理级进模设计中的各种具体问题,主要由系统运行管理程序、工艺计算分析软件、模具结构设计软件、专用图形处理软件、模具专用数据库和图形库组成。

3. 级进模 CAD 的功能

级进模 CAD 系统至少应具备以下基本功能:

- 1) 完成工件的图形及原始设计数据的输入。
- 2) 进行工件的工艺分析、判断、选择,拟定可行性方案,设计毛坯图、中间工序图及排样图等。
- 3) 具有模具结构形式的选择功能,并具有完整的级进模设计数据库和图形库。
- 4) 能够进行级进模零部件设计及主要零件的强度校核。
- 5) 具有选择压力机的型号及规格的功能。
- 6) 具有给进模运动仿真功能,用以检查各运动部件之间的干涉情况。
- 7) 具有正确输出、管理模具设计的装配图、零件图以及相关技术资料的能力。

对于性能较高的级进模 CAD/CAM 系统,除具备以上基本功能外,还应具有工件成形理论分析、模具动力学分析、模具零部件工艺设计及加工工艺图、模具零件数控加工辅助编程、刀具轨迹仿真和后置处理等功能。

级进模 CAD 系统一般均采用模块化结构（图 8-5），各功能模块在系统总控制模块的集中管理下工作，功能模块可以是一个单一处理程序，也可能由若干完成某项功能的子模块构成，子模块又由主程序和若干的子程序组成。

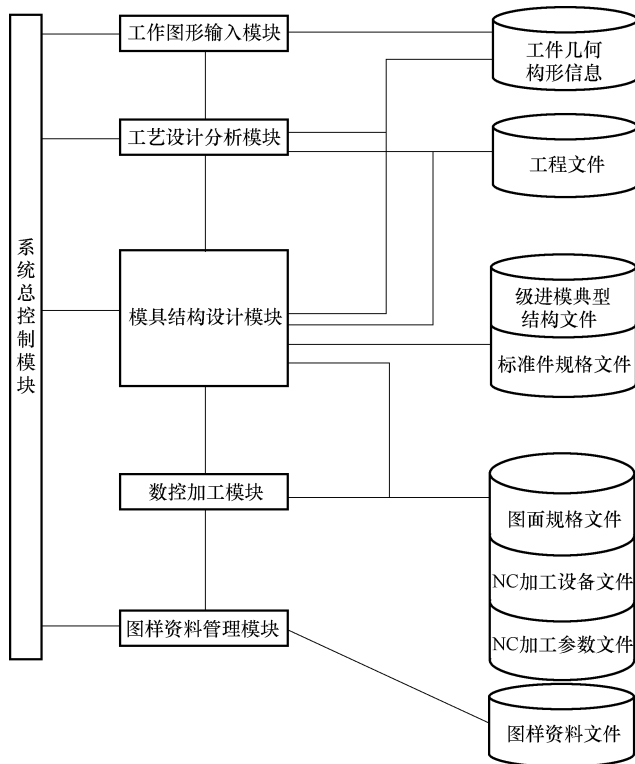


图 8-5 级进模 CAD 系统结构

系统总控制模块主要完成级进模 CAD 系统的运行管理和随时调动各功能模块，或访问操作系统和调用其他应用程序，以建立相应的作业和过程。同时，还完成程序的批处理和覆盖技术。系统总控制模块可建立在数据库管理系统或交互式图形系统的基础之上。交互式的图形系统是一种更为实用的运行环境（如 Auto CAD），它可以提供多层次的用户可塑性的菜单驱动模式，实现系统的集成化。系统菜单由多层次的菜单模块组成。

工作图形输入模块主要完成工作图形的输入，以建立工件的几何模型，并完成几何构形信息的存储，供工艺设计分析模块和模具设计模块调用。此外，还提供图形修改编辑和尺寸标注等功能。

工艺设计分析模块以工件几何构形信息为基础，并调用设计参考数据（工程文件），为模具结构设计模块提供原始数据。该模块由以下子模块组成：工艺可行性分析、工艺方案选择、排样优化设计、压力中心及冲裁力计算、压力机初步选择、毛坯图和各种工艺图输出、工艺设计分析技术文档生成等。该模块的运行方式

为流水线作业方式。

模具结构设计模块根据工艺设计分析模块提供的结果及工件图形信息，并调用相关的设计参考数据（工程文件）、级进模典型结构文件、标准件规格文件等模具信息，完成模具结构设计。

数控加工模块主要由 NC 前处理和后处理两部分组成。NC 前处理程序以刃口图形几何信息为基础，完成增加过渡圆弧（刃口的夹角部位）、刃口间隙选取、穿丝孔选择、图形等距缩放、几何元素排序工作；NC 后置处理程序根据钼丝运行轨迹生成指令。

图样资料管理模块主要完成图样资料的存放、检索工作，同时，还生成供信息管理用的报表。报表中包括模具代号、模具名称、图样数量、设计者、完成日期和用户消耗时间等信息。该模块主要由图样发放程序、报表程序以及供图样资料检索的专用菜单模块组成。

4. 级进模 CAD/CAM 系统的类型

级进模 CAD/CAM 应用软件系统形式多样，在设计对象和系统功能方面各不相同，可根据运行时设计人员的介入程度、CAD 工作方式划分为信息检索型、人机交互型、自动设计型及智能型等几种典型类别。

（1）信息检索型 信息检索型系统用于产品形状的更新换代，其工艺特点和模具结构设计是已定型的标准化和系列化产品。

（2）人机交互型 人机交互型 CAD 应用软件系统是由设计人员描述出设计模型，由计算机检索与产品设计有关的资料，并画出草图或标准图。然后设计者对图形进行分析，通过和 CAD 系统进行人机对话，向计算机发出图形修改指令。计算机根据修改指令作出响应、更新、组织、显示。此过程反复循环，使之不断完善。

（3）自动设计型 这些设计系统中进行设计的全部问题均或归纳为数字描述式，然后建立优化的数学模型，设计者向系统输入初始数据后，计算机自动完成全部设计任务。

（4）智能型 产品设计中的许多问题，如设计方案的拟定、工艺过程及参数的设计、材料类型的选择等均难以用数学方式解决。智能型软件系统则采用专家系统的方式，使计算机能运用人类专家的知识和推理能力来解决问题。

5. 级进模 CAD 与 CAM 的一体化技术

CAD 与 CAM 之间存在密切的信息联系。NC 程序是根据级进模的具体加工要求编写的，在其编写过程中需要外部提供级进模零件的形状信息、尺寸信息等几何信息，还要提供零件表面质量、公差要求、工件和刀具类型等有关的加工参数。将 CAD/CAM 系统有机地结合起来，一般可通过两条途径实现。

（1）通过接口实现 CAD 与 CAM 的连接 独立的 CAD 与 CAM 系统的连接实质上是两个不同软件的连接，其关键在于采用必要的措施将 CAD 生成的有关信息转换成 CAM 能读取的格式。目前 CAD 与 CAM 的连接常用以下两种方式：

1) 采用专用的数据接口 (图 8-6), 在级进模 CAD 与 CAM 系统之间设置一专用的接口程序。其作用是接收来自级进模 CAD 系统的几何信息和技术要求, 并将其转换成系统能接受的形式输入到 CAM 系统。

采用这种方式时, 开发者对 CAD 与 CAM 系统都应非常熟悉。由于开发的专用数据接口无通用性, 因此对不同的 CAD 与 CAM 系统要开发不同的接口。

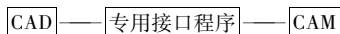


图 8-6 专用数据接口

2) 采用标准格式进行数据转换。采用该方式时, CAD 与 CAM 系统借助于一标准数据交换格式来进行数据的间接交换, 其原理见图 8-7。

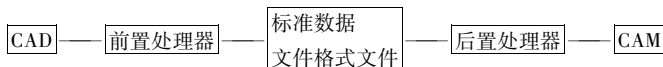


图 8-7 采用标准格式的数据转换

该方式要求在 CAD 与 CAM 之间设置前置处理器和后置处理器, 两者通过图形数据交换标准 (STEP, IGES) 来实现, 即 CAD 的图形数据经前置处理器形成标准文件, 再由后置处理器对其进行分析、提供和交换, 形成 CAM 所需的数据。

(2) 基于产品模型的 CAD/CAM 系统的集成 传统 CAD 系统的计算机内部模型主要致力于几何体的描述, 但不能被 CAPP (计算机辅助工艺规划, computer aided process planning) 和 CAM 系统自动地理解。近年来人们开始研究面向制造的特征造型技术, 以求建立一种既有效地进行 CAD, 又能被 CAPP 和 CAM 系统完全接受的计算机内部模型。STEP 的出现实现了这一要求, 它使设计、分析、制造、试验、检查和产品支持等各个环节都能直接应用产品定义数据。

6. 计算机绘图系统

(1) 计算机绘图过程 计算机绘图过程大致为: 将目标图形编成程序, 由键盘输入到计算机里, 然后, 经计算机进行运行变成图形或屏幕显示图形, 再输出到绘图仪或打印机或磁带上。这种过程如图 8-8 所示。

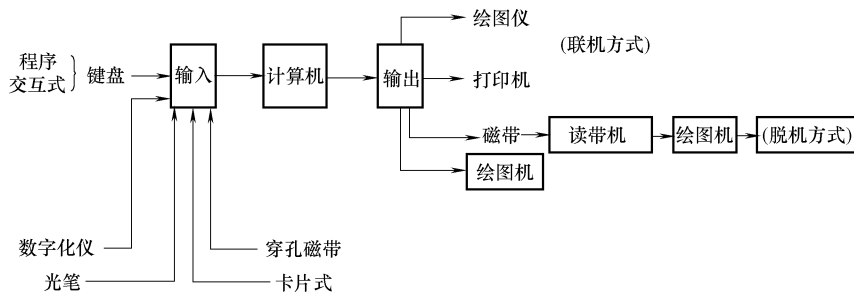


图 8-8 计算机绘图过程

(2) 自动绘图机 自动绘图机有平台式、滚筒式和平面电动机式三种。

平台式绘图机台面上的横梁由 X 向驱动电动机带动, 沿 X 向导轨运动, 笔架由 Y 向驱动电动机带动, 沿 Y 向运动。将指令脉冲输入驱动电动机, 即可控制绘图机画笔画图。

滚筒式绘图机的画笔只沿一个方向运动。在另一个方向,靠滚筒(轴)带动图纸运动。

平面电动机式绘图机与平台式绘图机类似,但其结构和工作原理不同。其上部平板称为定子。定子下面吊挂着装有磁钢的磁头,称为动子。动子下方装有笔架。动子通过磁力作用,在定子底面沿 X 、 Y 方向滑动,带动画笔高速、精确地绘图。

自动绘图机画图的原理为插补原理。插补运算就是根据一般直线、圆弧和曲线之起点、终点间插补中间数据,使画笔自动画图。画笔沿 X 或 Y 方向,每次只走一个步距。画直线时实际上是画折线。由于步距很小,肉眼看不出阶梯形状。

目前,已有很多应用软件,如 AutoCAD 及 UG II 等,可以作为级进模计算机辅助设计和计算机辅助绘图时的一种通用支撑软件应用。国内比较著名的 CAM 软件有北航海尔的 GAXA 系列、广州红地公司的金银花系列,国外的有英国 Delcam 公司的 PowerMILL、以色列 Cimatron 公司的 Cimatron、法国 Dassault 公司的 CATIA、美国 CNsoftware 公司的 MasterCAM、美国 EDS 公司的 UNIGRAPHICS (UG)、美国 PTC 公司的 Pro/Engineer 和 Manusoft 公司的 SolidWorks 等软件。

8.2 多工位级进模 CAD 技术

1. 级进模 CAD 系统的组成结构

级进模 CAD/CAM 系统的组成结构按系统完成的目标、可利用的资源以及设计者的经验等的不同而异。图 8-9 所示的是某一冲裁模 CAD/CAM 系统的组成结构,它主要包括图形系统、应用程序、数据库以及数据库建库工具等部分。

(1) 图形系统 为冲裁模系统提供图形支撑,一般应具有较强的可扩充性。

(2) 应用程序 它是系统的主体,其他部分都是为其服务的。由产品建模、工艺设计计算、模具结构设计、线切割指令生成等模块组成。

(3) 数据库 它主要存放以下三类信息:

1) 应用程序各模块生成的设计结果和中间信息(如产品信息、工艺信息、模具结构信息等)。

2) 应用程序所需的各种工艺参数、模具标准件库以及材料库。

3) 模具结构设计的方法、步骤等设计策略。

(4) 建库工具 提供专用信息描述语言,用于描述模具结构设计策略、模具

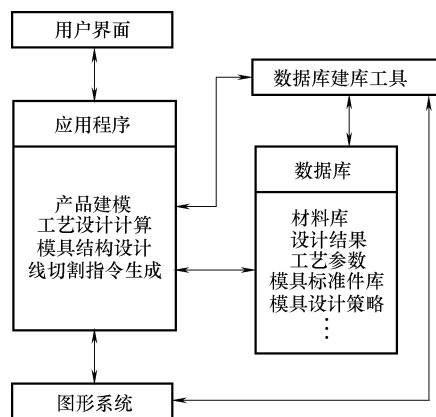


图 8-9 级进模 CAD/CAM 系统的组成结构

零件的参数化造型方法以及模具的装配和定位关系；同时提供工艺参数数据库以及模具标准件库的建库工具。

2. 级进模 CAD 系统设计流程

级进模 CAD/CAM 系统设计流程如图 8-10 所示。

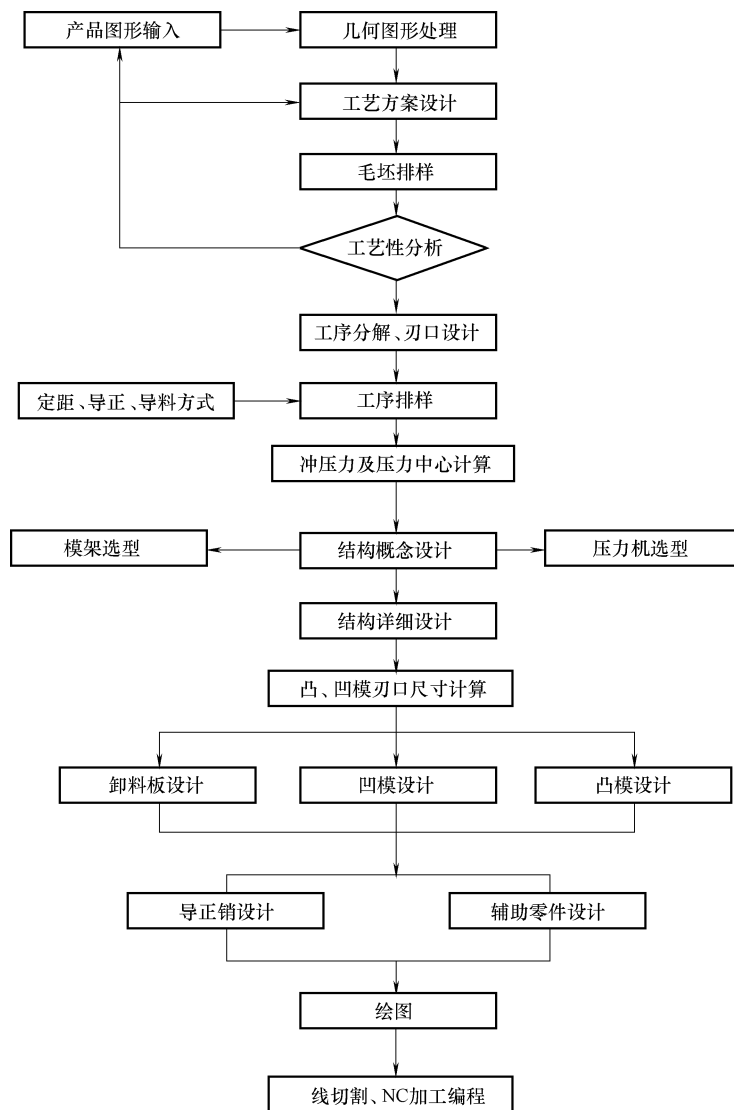


图 8-10 级进模 CAD/CAM 系统流程

8.3 毛坯排样的优化设计

在冲裁零件的成本中材料费用占 60% 以上。在大量生产中，即使将材料利用

率提高1%，其经济效益也相当可观。因此，材料的经济利用是冲压生产中的一个重要问题。

毛坯排样的目的在于寻求材料利用率最高的毛坯排列方案。人工排样一般难以获得最佳排样方案，这是因为工件的布置方案多种多样，要比较这些方案材料利用率的高低是手工计算所不能胜任的。另外，工件形状千差万别，单凭经验和直觉作出正确判断往往是困难的。计算机排样较之手工排样具有明显的优越性，可显著提高材料利用率。使用情况表明，计算机优化毛坯排样可使材料利用率提高3%~7%。

在冲裁模设计中，凹模、卸料板和凸模固定板等零件的设计均需利用排样结果所提供的信息，因此在系统流程图中毛坯排样处于较前的位置。

8.3.1 毛坯排样问题的数学描述

图8-11为实际生产中常用的排样方式。图8-11a、b为单排排样，图8-11c、d为双排排样，图8-11b、d为旋转180°的排样。

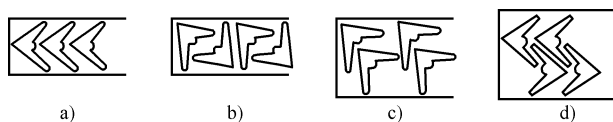


图8-11 常用的排样方式

排样在数学上是非线性规划问题，其目标函数为材料利用率。

对于卷料冲裁的情况，可以用步进材料利用率来评价排样方案的优劣。步进材料利用率用下式计算，

$$\eta = \frac{S}{BH}$$

式中 S ——一个步距上所排列的零件的面积；

B ——卷料的宽度；

H ——进给步距。

对于条料冲裁的情形，材料利用率为

$$\eta = \frac{nS_1}{BL}$$

式中 S_1 ——一个零件的面积；

n ——条料上的零件个数；

B 、 L ——条料的宽度和长度。

对于整块板料，材料利用率为

$$\eta = \frac{NS_1}{A_1B_1}$$

式中 N ——由板料冲得的零件数目；

A_1 、 B_1 ——板料的长度和宽度。

一般来说,排样可由图 8-12 中所示的两个参数 ϕ 和 λ 决定。

参数 ϕ 和 λ 的变化范围为

$$G\{0 \leq \phi \leq \pi, -\beta(\phi) \leq \lambda \leq \beta(\phi)\}$$

式中 $\beta(\phi)$ —— ϕ 的单值函数,它反映了图形在 OY 轴方向上的宽度与 ϕ 角的关系。

在一般情况下,排样的优化问题在于寻找 ϕ 和 λ 的最佳值,使目标函数

$$\eta(\phi, \lambda) = \frac{S}{B(\phi, \lambda)H(\phi, \lambda)} \quad (\text{对于卷料})$$

或者

$$\eta(\phi, \lambda) = \frac{N(\phi, \lambda)S_1}{A_1B_1} \quad (\text{对于板料})$$

在域 G 内达到最大值。

由于产品零件的复杂性,难以用一个统一的解析式表达排样问题的目标函数。所以,计算机辅助排样的方法虽有多种,但基本思想却是相同的,即从排列零件的所有可能的方案中选出最优者,也就是采用优化设计中的网格法解决毛坯排样问题。

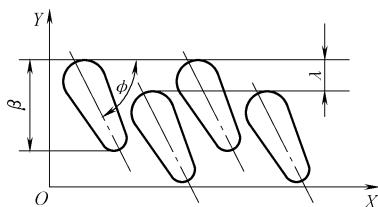


图 8-12 决定排样的参数

计算机排样方法可分为半自动化和自动化两大类。属于前者的方法需要较多的人机交互作用,利用图形交互设备和图形软件提供的操作功能在屏幕上完成图形布置,利用计算机比较材料利用率的大小,从中选择理想的方案。

自动化排样方法则由程序自动完成排样方案的产生、材料利用率的比较和最优方案的选择。常用的程序排样方法有多种,这里主要介绍多边形法和高度函数法。

8.3.2 多边形法

这种方法的特点是将平面图形以多边形近似,通过旋转、平移得到不同方案,从中选择最佳者。其主要步骤如下:

1) 多边形化:以直线段代替圆弧段,用多边形代替原来的零件图形,图 8-13 为多边形化的示意图。

2) 等距放大:排样零件之间的最小距离为搭边,计算机排样时处理的为包括了搭边值的等距放大图,即将多边形化的图形向外等距放大 $\Delta/2$ 。当两等距图相切时,自然保证了搭边值 Δ 。

3) 图形的旋转、平移:通过旋转、平移使等距

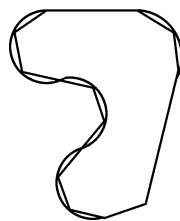


图 8-13 零件图形的多边形化

图相切，这样就产生了一种排样方案。

4) 与已存储方案比较，保留材料利用率高的方案。如全部搜索完毕，转至5)，否则转到3)。

5) 输出排样结果。

图 8-14 为采用多边形法实现旋转 180° 单排排样的流程图。这种排样方法的优点是概念清晰，可适用于各种情况，其缺点是运行时间较长。

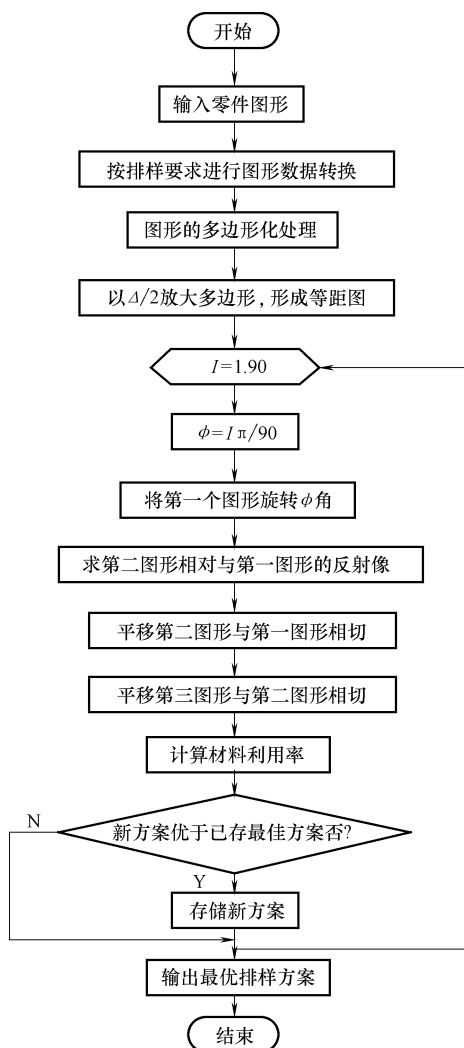


图 8-14 多边形法的流程框图

8.3.3 高度函数法

分析毛坯排样时冲裁件图形的位置特点可知,在排样图上各图形的轴线总是相互平行的(图 8-15)。如前所述,在一般的排样方法中以 ϕ 和 λ 为参数进行优化。高度函数法则是根据图形轴线的平行性,采用各图形的相对高度差 h_{ij} 为优化排样参数。在图 8-15 所示的双排排样中,以 h_{12} 和 h_{23} 为排样参数。

参数 ϕ 和 λ 与参数 h_{12} 和 h_{23} 之间存在以下关系:

$$\phi = \pi/2 - \arctan(h/r) \quad (8-1)$$

$$\lambda = h_{12} \sin \phi - r_{12} \cos \phi \quad (8-2)$$

如图 8-15 所示,在排样中各个图形均置于其自身坐标系中,第一、第二和第三图形的坐标系分别为 $x_1O_1y_1$ 、 $x_2O_2y_2$ 和 $x_3O_3y_3$ 。 r_{12} 和 h_{12} 为第二图形自身坐标系原点在第一图形自身坐标系中的坐标。

r_{23} 和 h_{23} 为第三图形坐标系原点在第二图形坐标系中的坐标。式 (8-1) 中, h 为 h_{12} 与 h_{23} 的代数之和,表示 O_3 点到 x_1 轴的距离; r 为 y_3 轴与 y_1 轴的间距,其值为

$$r = \max \{ [r_{12}(h_{12}) + r_{23}(h_{23})], r_{13}(h) \} \quad (8-3)$$

1. 可行域与相切条件

设图形在其自身坐标系中包括搭边值在内的高度为 t (图 8-16), 则搜索最优排样方案的可行域为

$$G \{ -t \leq h_{12} \leq t, -t \leq h_{23} \leq t \}$$

因为各图形自身坐标的 y 轴在排样图中相互平行, 各图形的高度皆为 t , 所以 G 为方形域。

如果将可行域等分网格数定为 $2m \times 2m$, 则搜索时 h_{12} 和 h_{23} 每次变化的量 $\Delta t = t/m$ 。程序分两次优化, 第一次为初步优化, 第二次为细分优化, 即在第一次求得的最优值附近细分网格, 进一步搜索。设第一次优化求得的最优值为 h_{12} 和 h_{23} , 第二次优化时的搜索区域为

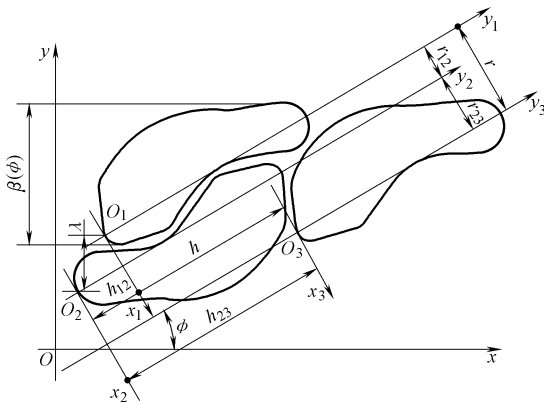


图 8-15 排样中图形间的关系

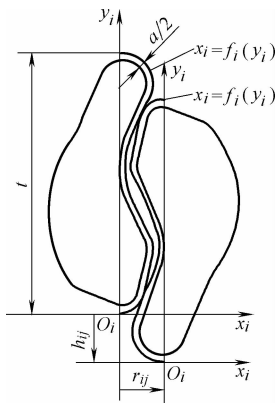


图 8-16 两图形相切时的关系

$$G' \{ h_{12} - \Delta t \leq h'_{12} \leq h_{12} + \Delta t, h_{23} - \Delta t \leq h'_{23} \leq h_{23} + \Delta t \}$$

通过两次搜索,求得的最优值已相当精确。

为了获得排样方案,通常将图形等距放大半个搭边值,在排列图形时使相邻的放大图形相切。确定两图形相切的算法对于优化排样的速度有重要影响。在图 8-16 中,两图形置于自身的坐标系 $x_i O_i y_i$ 和 $x_j O_j y_j$ 中。图形以其最高点和最低点为界分为两部分,设图形 i 的右半部分的曲线为 $x_i = f_i(y_i)$, 图形 j 的左半部分曲线为 $x_j = f_j(y_j)$ 。当两图形相切时,存在如下关系:

$$r_{ij} = \begin{cases} \max_{t \geq y_i \geq h_{ij}} [f_i(y_i) - f_j(y_i - h_{ij})] & t \geq h_{ij} \geq 0 \\ \max_{t + h_{ij} \geq y_i} [f_i(y_i) - f_j(y_i - h_{ij})] & -t \leq h_{ij} \leq 0 \end{cases} \quad (8-4)$$

式中, r_{ij} 为 O_j 在 $x_i O_i y_i$ 坐标系中的横坐标。利用式 (8-4) 的关系,可以预先在 h_{12} 、 h_{23} 和 h_{13} 的等分点上算出 r_{12} 、 r_{23} 和 r_{13} 的值,并列成数据表。在排样过程中可直接调用这些数值,因而提高了效率。

这种确定两图形相切的方法与加密点排样法采用的算法类似,在确定图形相切时避免了计算量很大的迭代运算。但是,应该指出的是,这种方法对于凸图形是完全正确的,对于具有凹下部分的图形在绝大多数情况下也可找到最优值,但在个别情况下可能丢失最优解。正如绝大多数优化方法都有其一定的适用范围,这种方法也有其适用范围,但是其运行速度快,计算效率高,所以仍不失为一种好的排样方法。

2. 条料宽度、步距和材料利用率的计算

如图 8-17 所示,将图形放置在极坐标系中,极坐标系原点与其自身参考坐标系原点重合, x 轴方向与自身参考坐标系的 x_i 轴方向一致,图形的轮廓曲线为 $\rho(\theta)$ 。设代表排样条料方向的 l 轴与 x 轴之间的夹角为 φ ,则图形轮廓和 l 轴的最大距离为

$$T(\varphi) = \max_{0 \leq \theta \leq 2\pi} [\rho(\theta) \sin(\theta - \varphi)] \quad (8-5)$$

这里,将 $T(\varphi)$ 定义为高度函数。

在图 8-15 中, ϕ 角可由式 (8-1) 确定,排样条料方向与图形自身坐标系 x_i 轴的夹角为

$$\varphi = \frac{\pi}{2} - \phi \quad (8-6)$$

因此,条料的宽度 B 可用下式计算,

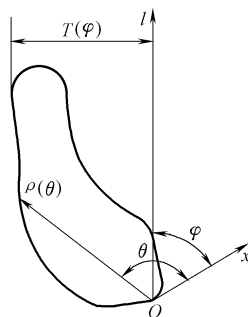


图 8-17 高度函数的定义

$$B = \max \left[T_1 \left(\frac{\pi}{2} - \phi \right), T_2 \left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) + \lambda \right] - \min \left[T_1 \left(\frac{3}{2} \pi - \phi \right), T_2 \left(\frac{3}{2} \pi - \phi \right) + \lambda \right] + a \quad (8-7)$$

式中 T_1 、 T_2 ——第一图形和第二图形的高度函数；

a ——搭边值。

因为在工件的等距放大图中放大量的 $a/2$ (图 8-16)，所以式中应包括搭边值 a 。如果考虑到工件间的搭边和侧搭边不同，可对此项进行修正。 $T_i \left(\frac{3}{2} \pi - \phi \right)$ 表示图形 i 的下半部轮廓和参考轴 l_i 之间的最大距离。 λ 按 (8-2) 计算，因为 λ 值表示工件 2 相对于工件 1 的错移量，所以其值有正负之分。

参考图 8-15，不难得出计算进给步距 H 的公式：

$$H = \sqrt{r^2 + h^2} = \sqrt{[\max(r_{12} + r_{23}, r_{13})]^2 + (h_{12} + h_{23})^2} \quad (8-8)$$

所以，条料的步进材料利用率 η 可用下式计算，

$$\eta = \frac{nS_1}{BH} = \frac{nS_1}{B(h_{12}, h_{23})H(h_{12}, h_{23})} \quad (8-9)$$

式中 S_1 ——一个零件的面积；

n ——排样的排数。

条料的宽度 B 和进给步距 H 皆为 h_{12} 和 h_{23} 的函数，可用式 (8-7) 和式 (8-8) 计算。

3. 排样过程

高度函数法的排样过程如图 8-18 所示。排样前首先进行数据处理，将图形信息转换成便于排样的数据形式。前置数据处理包括输入图形信息和排样方式，计算图形的面积，选取搭边值，并以二分之一的搭边值等距放大图形。对放大处理后的图形作多边形化处理，建立图形的自身坐标系。根据式 (8-5) 建立图形的高度函数表，以便于排样过程中调用。变量 φ 在其变化域 $[0, 2\pi]$ 内的等分数取为 128，计算精度取为搭边值的 5%。

数据准备完毕后，在 h_{12} 和 h_{23} 的变化域划分网格。为了在排样过程中快速使图形相切，在 h_{12} 和 h_{23} 的等分点上按式 (8-4) 计算 r_{ij} 的值，并列成数表。排样时用查表法可以很快求得 B 和 H 的值。在程序中进行了两次优化，首次优化搜索整个方形域 G ，获得初步最优方案。然后，在最优解附近确定搜索区域 G' ，并在此区域内以较小步距搜索，最终获得较精确的最优解。程序中将 G 域的边长分为 50 等份，将 G' 域的边分为 20 等份。在 IBM PC 计算机上运行，3 ~ 5min 便可完成优化排样。

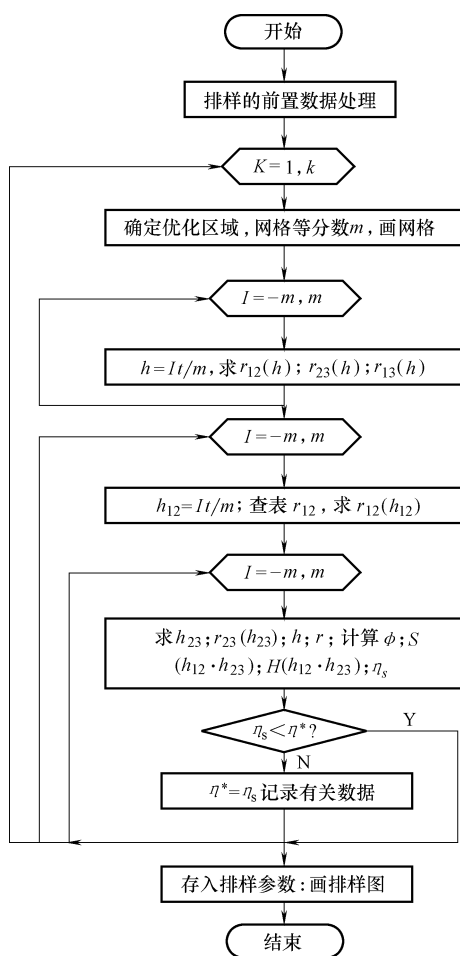


图 8-18 高度函数法的排样过程

8.4 多工位级进模结构设计

8.4.1 模具结构设计

模具是多层次的装配结构, 由零件组成部件, 部件又组成模具总体结构。级进模结构设计的结果是模具装配图与零件明细表。

以往的级进模 CAD 系统中, 模具结构设计有两类方法。其一, 以模具零件的设计为对象, 通过把设计好的模具零件拼装在一起来获得模具结构。其二, 模具装配结构典型化, 预先在计算机内存储图形, 设计时用户调出一个典型结构图, 以此为对象, 经过交互设计修改, 添加各种数据, 形成所需的模具结构, 进一步依据设

计人员对结构的理解设计单个零件。这两种设计方式都是面向模具零件设计的，零件之间的装配关系和尺寸协调由设计人员完成。装配图与零件模型无直接关系。这就割断了结构对零件的约束，CAD 系统实际上仅起到了辅助作图的作用，设计过程颠倒了人们的设计思维，与实际生产中人们正常的设计顺序相逆，不符合工程设计习惯。在这种系统中，模具结构没有具体的模型，结构与零件数据不关联。结构改变，相关零件结构形式、尺寸不会自动改变；反之，零件改变，结构也不会改变。

因此，要使模具 CAD 系统能真正有效工作，系统必须是面向模具结构的，即模具零件设计是建立在已先期设计好的结构基础上的。这类系统的基础是模具结构模具，又称装配模型。

级进模由部件组成（图 8-19），部件结构建立在标准结构的基础之上。模具各零件之间的装配关系总可用两两零件之间的关系表示。而两两零件之间的装配关系可以分为二类，即平板件之间的平行连接和轴与孔之间的配合连接。它们可以用配合链表示。每个配合链一方面指向一对发生装配关系的零件，一方面又用一组指针节点说明配合类型，即每两配合面之间的具体约束方式。级进模装配模型正是描述这种关系的。

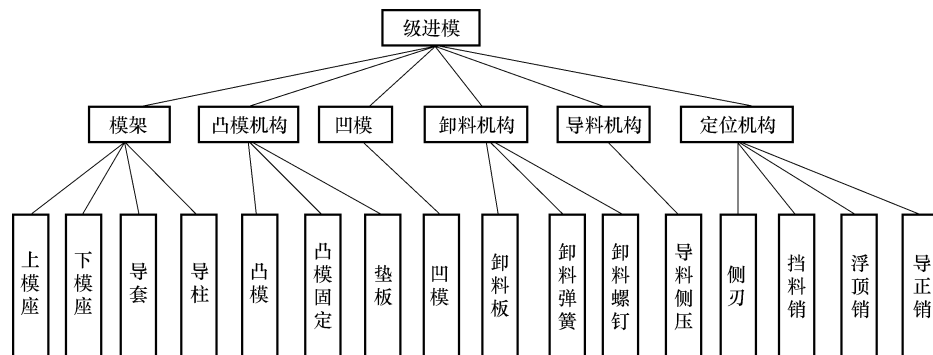


图 8-19 级进模结构层次关系

8.4.2 模具零件设计

模具工程图是模具设计的最终结果。在模具 CAD 系统的开发和运行中，应结合企业的实际确定合适的模具图形输出格式。

模具零件设计与一般的机械零件设计相似。单从零件设计本身来说，用通用 CAD 系统即可。但为了提高模具设计的质量和效率，建立基于特征和参数化的模具零件标准件库是十分必要的。

第9章 多工位级进模设计实例

9.1 纯冲裁多工位级进模

实例1 垫片级进模

零件名称：垫片

材料及板厚：10 钢，1.5mm

零件图（见图 9-1a）

排样图（见图 9-1b）

模具结构图（见图 9-1c）

说明：

- 1) 该模具为交错的双侧刃定距冲孔、落料 4 个工位的级进模结构。
- 2) 从排样图可以看出，第一步冲两个孔，第二步落两个料，第三步再冲两个孔，第四步再落两个料，以后每次冲程，可以得到 4 个工件。采用了平列的排样方法，避免了凸模的单边冲裁。
- 3) 这副模具采用整体的硬质合金凸模和凹模结构，落料凸模 1 及侧刃 4 压入固定板 2 之后，再用螺钉吊装固定。冲孔凸模 3 具有台肩，直接压入固定板内。凹模压入固定板 6 之后，再以导料板 5 将其压紧在垫板上。
- 4) 为了消除送料误差对搭边值的影响，保证条料紧靠左边导料板 5 正确送料，而将板式侧压装置 7 装于送料的进口处，其侧压力较大而且均匀，使用可靠。
- 5) 该模架采用了带浮动模柄的滚珠导柱、导套结构。导柱用带锥度的镶套结构，使上、下模的导向稳定可靠，磨损以后可以更换。

实例2 方形垫板级进模

零件名称：方形垫板

材料及板厚：10 钢，5mm

零件图（见图 9-2a）

排样图（见图 9-2b）

模具结构图（见图 9-2c）

说明：

- 1) 该模具为冲孔、落料 4 个工位的级进模结构。因带有自动挡料、送出料、出废料机构，生产效率很高。

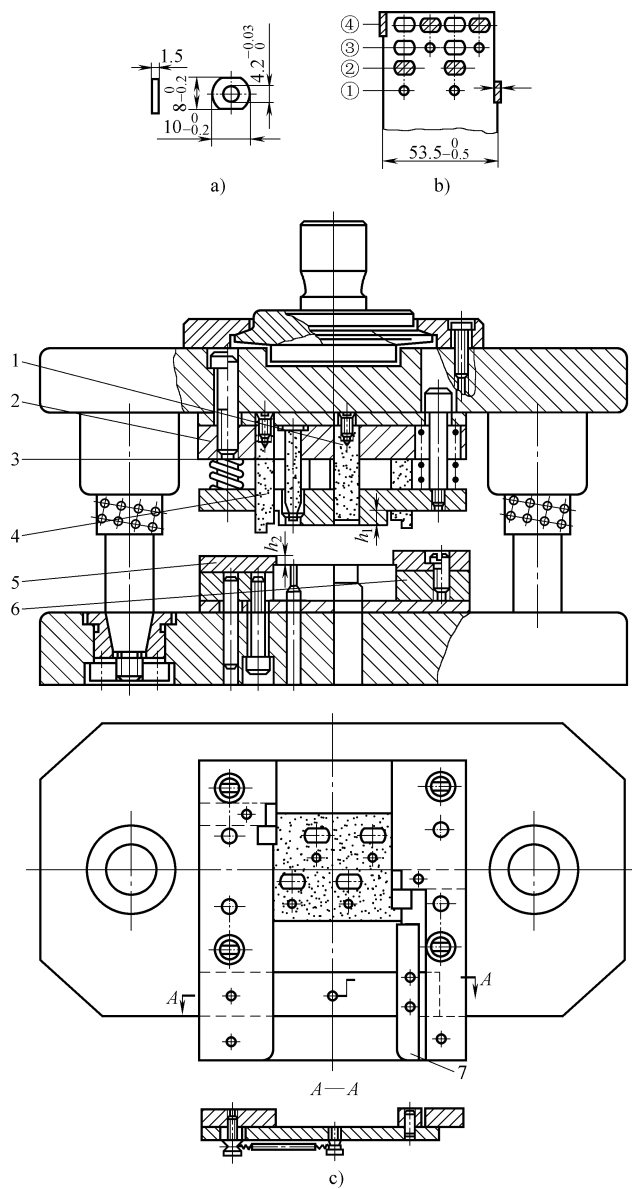


图 9-1 垫片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—落料凸模 2、6—固定板 3—冲孔凸模 4—侧刃 5—导料板 7—侧压装置

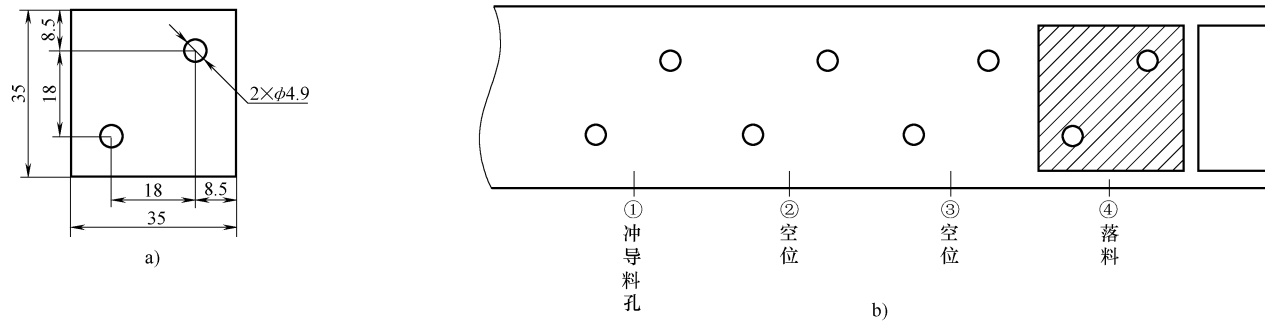


图 9-2 方形垫板级进模

a) 零件图 b) 排样图

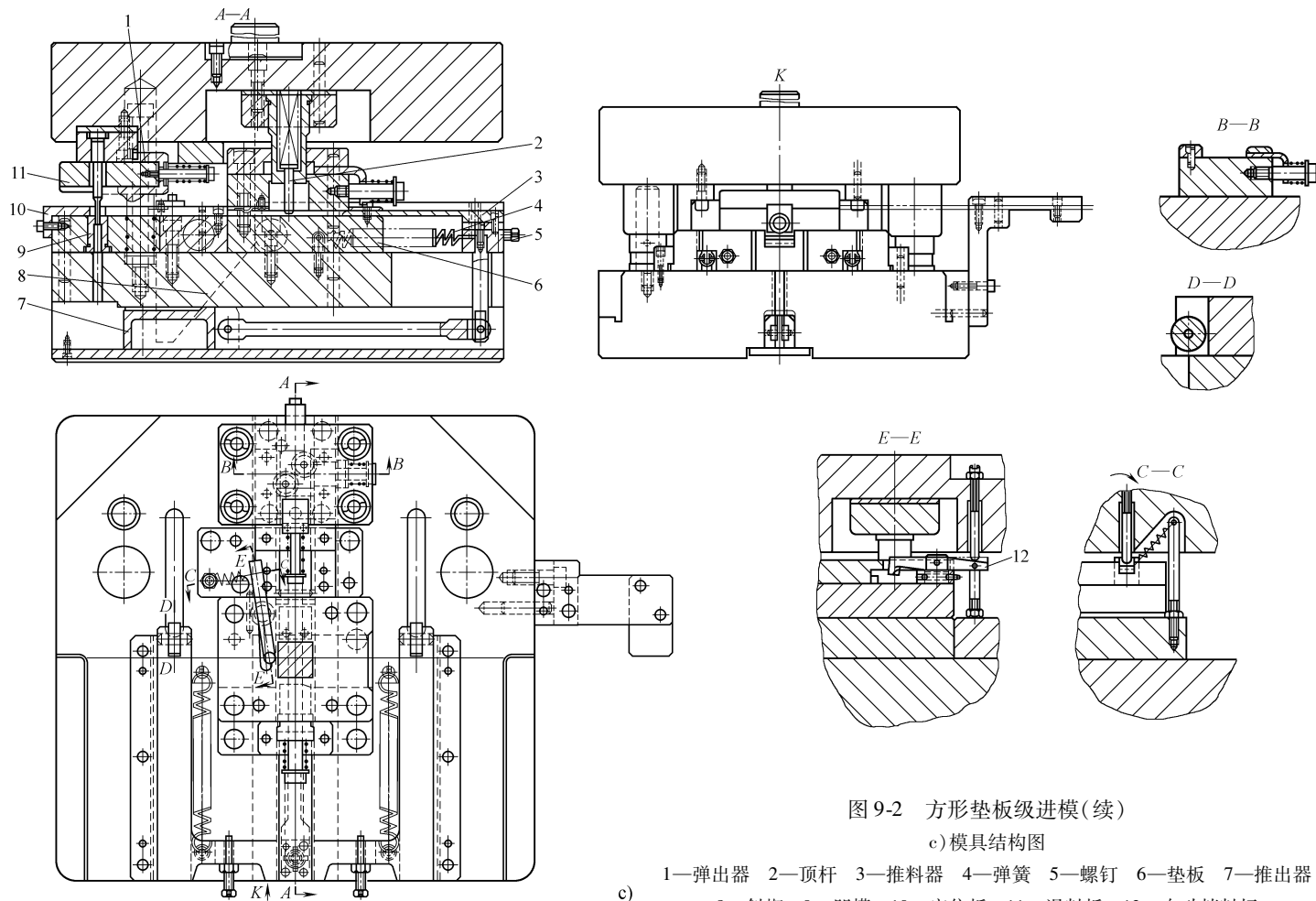


图 9-2 方形垫板级进模(续)

c) 模具结构图

- 1—弹器 2—顶杆 3—推料器 4—弹簧 5—螺钉 6—垫板 7—推出器
8—斜楔 9—凹模 10—定位板 11—退料板 12—自动挡料杆

2) 工作时, 条料送进由自动挡料杆 12 挡料。自条料上落下的毛坯料由顶杆 2 推到垫板 6 上面。当压力机滑块上行时毛坯料在推料器 3 的作用下一个挨一个地被推到凹模 9 上面, 并由定位板 10 定位。同时冲孔废料也被推出器 7 推出废料槽。推料器 3 和推出器 7 都由弹簧 4 拉动。

3) 制件由装在单向刚性退料板 11 上的弹出器 1 弹出。

4) 当压力机滑块下行时, 推料器 3 和推出器 7 在斜楔 8 的作用下复位, 送进时并由螺钉 5 限位。

实例 3 连接条级进模

零件名称: 连接条

材料及板厚: 15 钢, 0.8mm

零件图 (见图 9-3a)

排样图 (见图 9-3b)

模具结构图 (见图 9-3c)

说明:

1) 该模具为冲孔、落料 6 个工位的级进模结构, 且带有自动送料装置的夹持器结构, 只允许条料往前单向送进。

2) 压力机工作行程时, 斜楔推动滚轮使前夹持器沿轨道向后移动, 前夹持器的拨子在条料上滑过后夹持器夹紧条料不使后退。

压力机回程时, 前夹持器受弹簧推力向前移动, 拨子夹牢条料向前送进后, 夹持器的拨子向上抬起, 让条料通过。

3) 加装小导柱保护细长冲孔凸模。

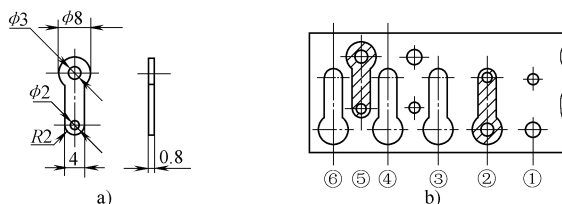


图 9-3 连接条级进模

a) 零件图 b) 排料图

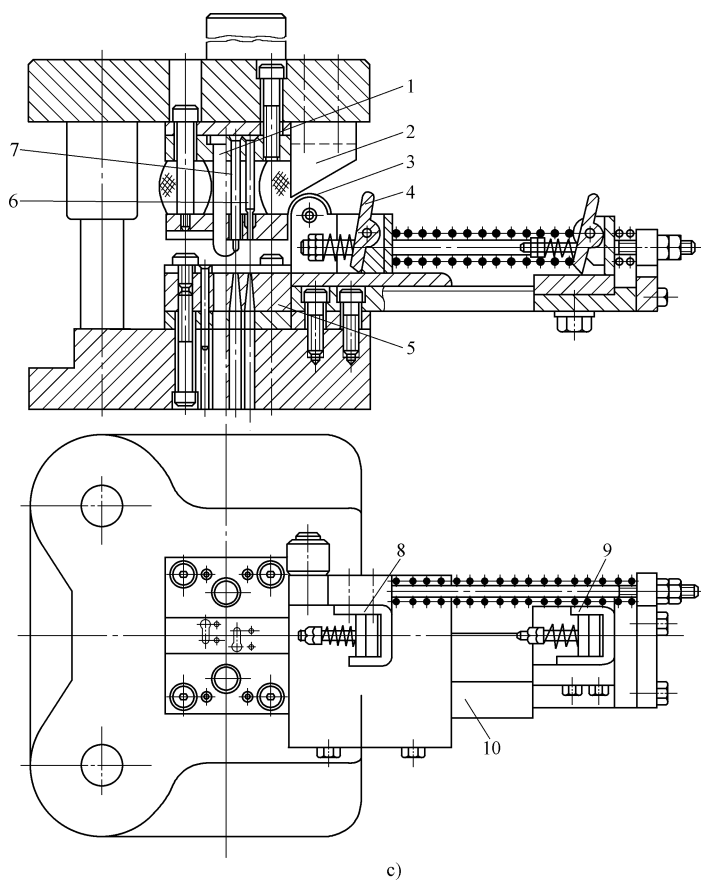


图 9-3 连接条级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—小导柱 2—斜楔 3—滚轮 4—拨子 5—凹模 6—冲孔凸模
7—落料凸模 8—前夹持器 9—后夹持器 10—轨道

实例 4 铁心、轭片级进模

零件名称：铁心、轭片

材料及板厚：硅钢，2.5mm

零件图（见图 9-4a）

排样图（见图 9-4b）

模具结构图（见图 9-4c）

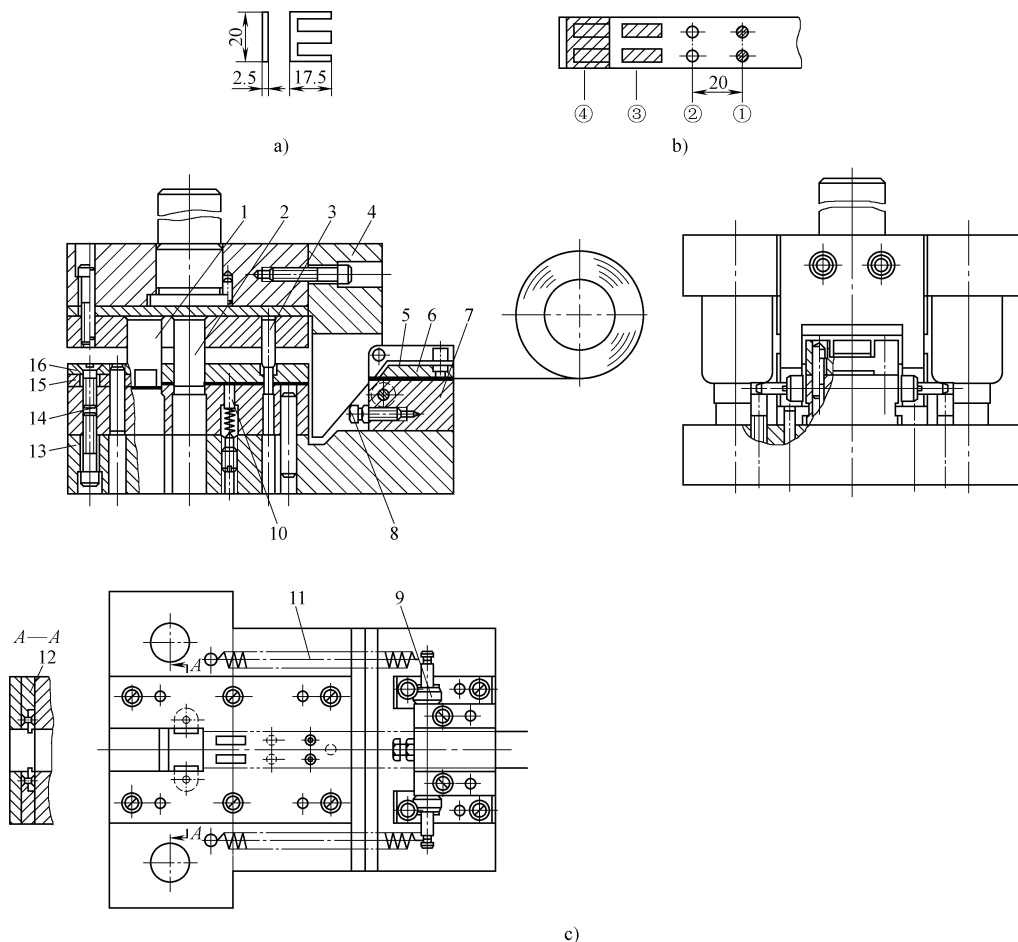


图9-4 铁心、轭片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—切断凸模 2—冲槽凸模 3—冲孔凸模 4—斜楔 5—夹持板 6—导料槽 7—滑座 8—调节螺钉
9—滚轮 10—止退销 11—拉簧 12—小导板 13—下模座 14—凹模 15—导料板 16—卸料板

说明:

1) 该模具是一副冲制硅钢片铁心和轭片的、少废料排样的冲裁，切断4工位级进模结构，采用杠杆、夹板式自动送料装置。

2) 冲裁过程如下：第一工位冲两个工艺孔，第二工位空步，第三工位冲矩形孔，第四工位切断。冲裁后铁心从凹模洞孔中漏下、轭片从凹模外排出。

3) 自动送料过程：上模下行，斜楔4推动送料器后移，此时夹持板5松开，拉簧11被拉长，而条料由于止退销10插入已冲的工艺孔中不能后移。上模上行时拉簧收缩，送料器向左移，夹持板夹紧条料向左送进（由于止退销在条料送进方向有斜面，因而不能阻止条料向左移），如此循环，完成送料工作。送料步距可用

调节螺钉 8 进行调节。

实例 5 支承片级进模

零件名称：支承片

材料及板厚：10 钢，0.8mm

零件图（见图 9-5a）

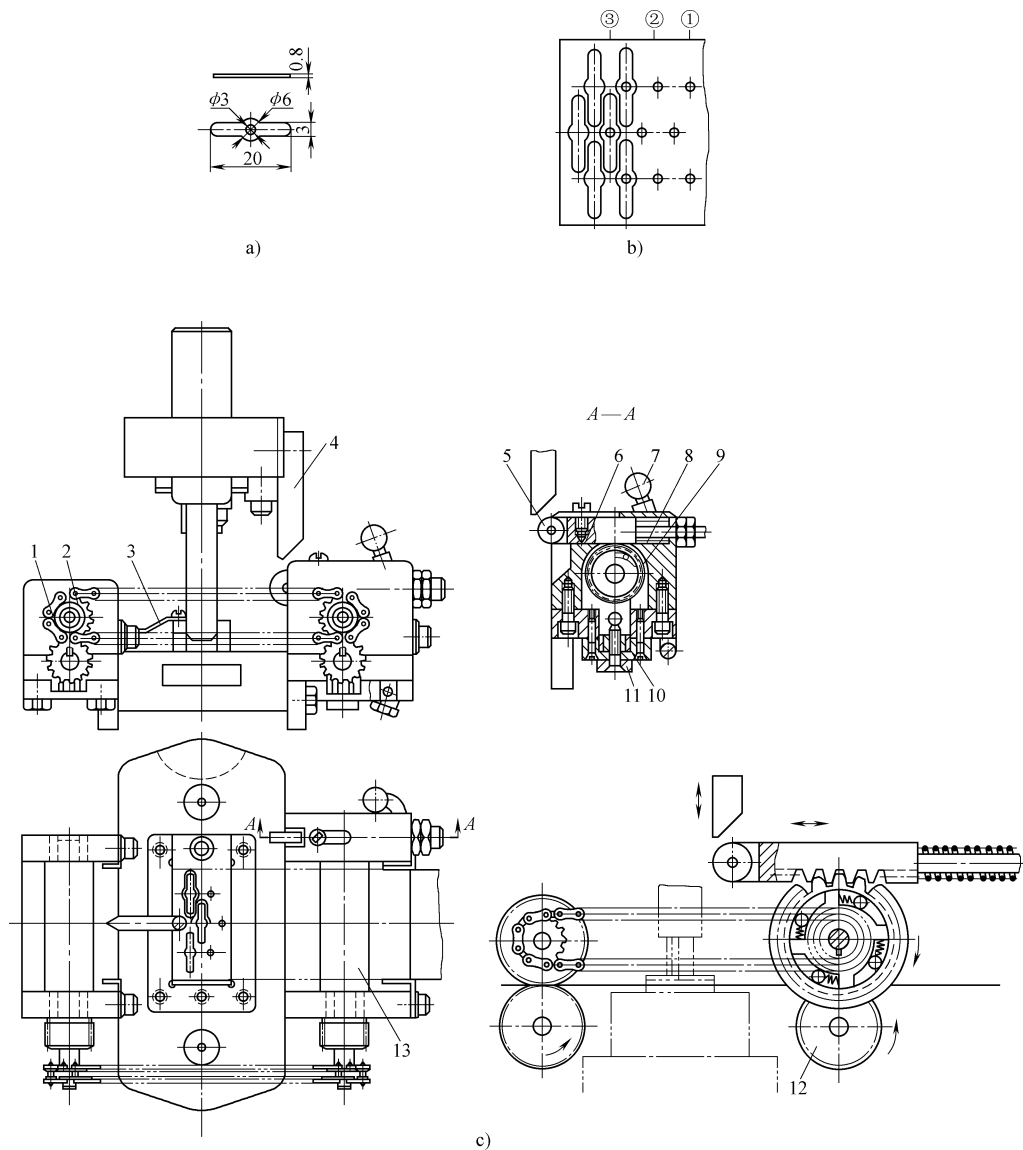


图 9-5 支承片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—链条 2—链轮 3—簧片 4—斜楔 5—滚轮 6—齿条 7—手柄 8、10—弹簧
9—带超越离合器的齿轮 11—板 12—下送料辊 13—上送料辊

排样图（见图 9-5b）

模具结构图（见图 9-5c）

说明：

1) 该模具为冲孔、落料 3 个工位的级进模结构，且带双边辊式自动送料装置。

2) 工作时，先按下手柄 7，右下送料辊 12 与右上送料辊 13 脱开一间隙，将条料送进。放松手柄 7，下送料辊恢复原位，压紧条料。当冲程向下时，斜楔 4 推动滚轮 5 和齿条 6 向右移动，带动齿轮 9 和送料辊转动，即将条料送进一定距离。上模回程时，斜楔 4 与滚轮 5 脱离，齿条 6 在弹簧 8 的作用下，推动齿轮 9 作逆时针运动回到原来位置（此时送料辊不动）。

左、右两组送料辊由链条 1 和链轮 2 带动同步工作。条件的进给量可通过斜楔 4 来调整。

实例 6 插片级进模

零件名称：插片

材料及板厚：H62 黄铜，0.5mm

零件图（见图 9-6a）

排样图（见图 9-6b）

模具结构图（见图 9-6c）

说明：

1) 该模具为一模 9 件的冲孔、切断 3 个工位的级进模结构。

2) 模具工作过程：

上模座下降，斜楔 6 推动滑块 9 右移，此时爪 7 将条料夹紧，不使移动。

上模座上升，滑块 9 借弹簧 15 之力复位，爪 8 带动条料进行自动送料。

条料经自动送料后，凸模 4、5 对条料冲孔，步距由侧刃 3 保证，凸模 2、凹模拼块 11 进行切断（见排样图）并被顶板 10 重新压入条料内，最后由凸模 1、凹模拼块 12 切断落料，分成 9 个工件，废料自凹模孔中漏下，成形工件沿凹模斜面滑走。

压料轴 14 是为了防止经切断后工序件拱起，尾部条料由导料销 13 予以保证。

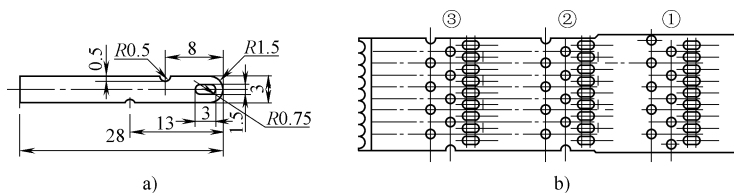


图 9-6 插片级进模

a) 零件图 b) 排样图

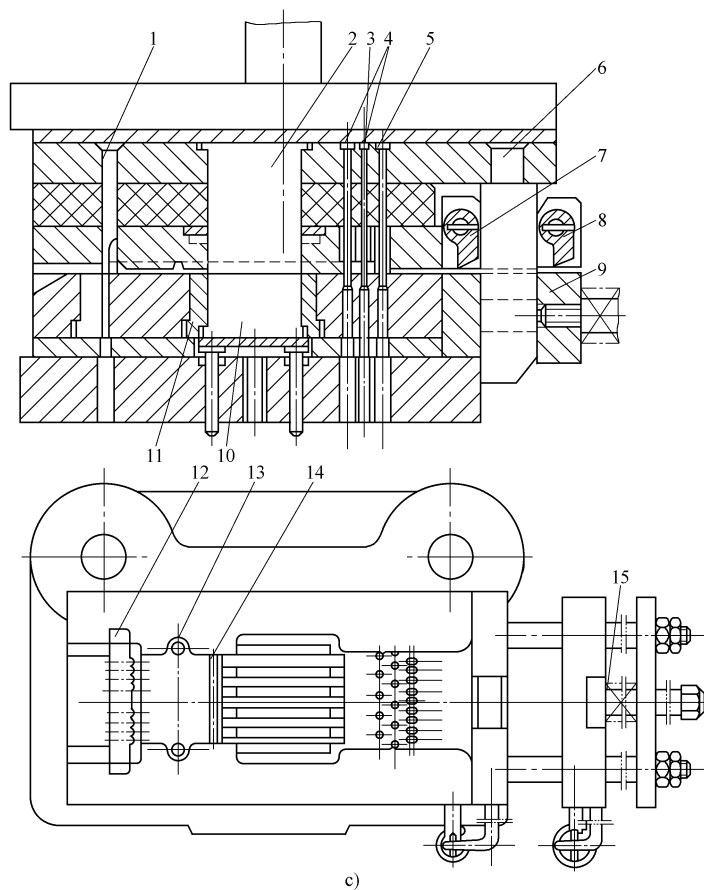


图 9-6 插片级进模 (续)

c) 模具结构图

1、2、4、5—凸模 3—侧刃 6—斜楔 7、8—爪 9—滑块 10—顶板 11、12—凹模拼块
13—导料销 14—压料轴 15—弹簧

实例 7 调整片级进模

零件名称：调整片

材料及板厚：15 钢，1.5mm

零件图（见图 9-7a）

排样图（见图 9-7b）

模具结构图（见图 9-7c）

说明：

1) 该模具为冲孔、落料 3 个工位的级进模结构，因料厚，搭边刚性较好，故采用拉钩送料。

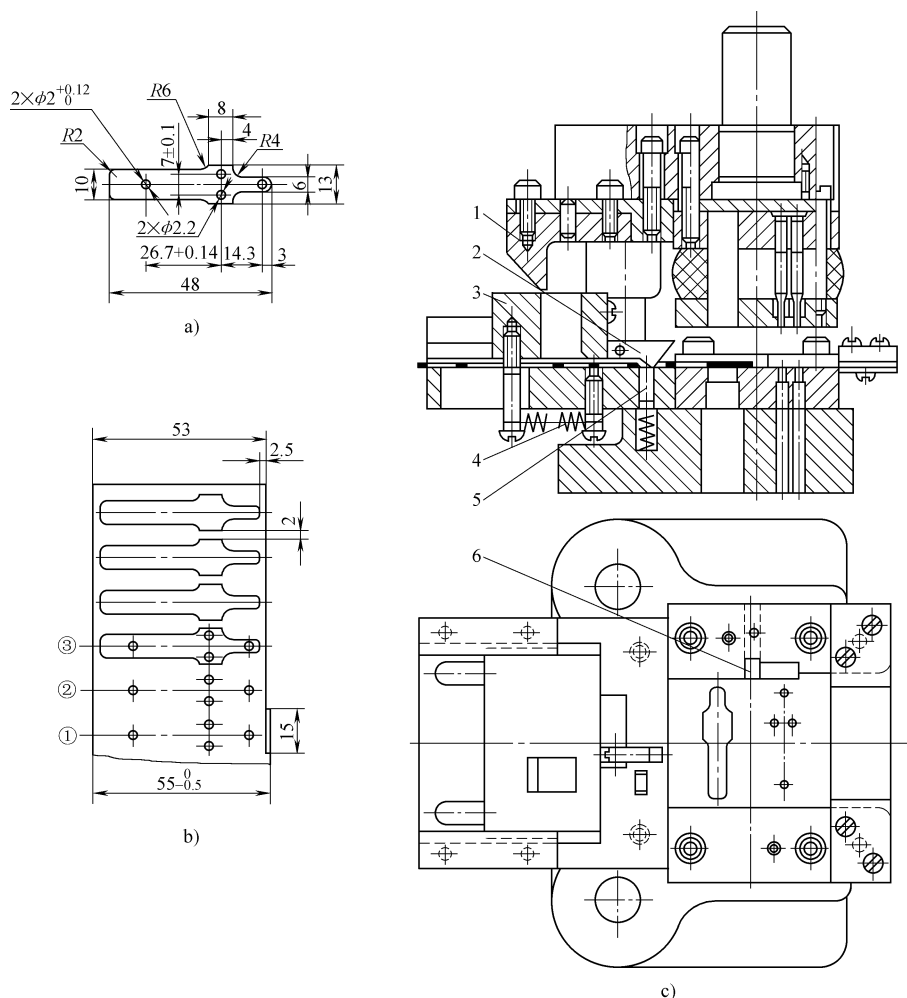


图9-7 调整片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—斜楔 2—送料钩 3—滑块 4—弹簧 5—挡料销 6—侧刃挡板

2) 工作时, 首先手工送料, 待带料上的落料孔送到送料钩 2 的下面时, 开始自动进给。冲程下降时, 斜楔 1 推动滑块 3 向左移动, 带料在送料钩的钩动下也同时向左移动, 挡料销 5 被压下, 在斜楔 1 完全进入滑块 3 后, 带料送进完毕。此时, 挡料销 5 进入带料空档处被弹簧弹起, 带料也正好由侧刃挡板 6 定位面定位。凸模继续下降时, 同时进行冲孔和落料。

3) 当冲程回升时, 滑块 3 及送料钩 2 借弹簧 4 的拉力复位。送料钩 2 通过材料搭边时, 由于头部斜面作用而抬起。

实例8 长形触片级进模

零件名称: 长形触片

材料及板厚：QSn6.5-0.1 锡青铜，0.3mm

零件图（见图 9-8a）

排样图（见图 9-8b）

模具结构图（见图 9-8c）

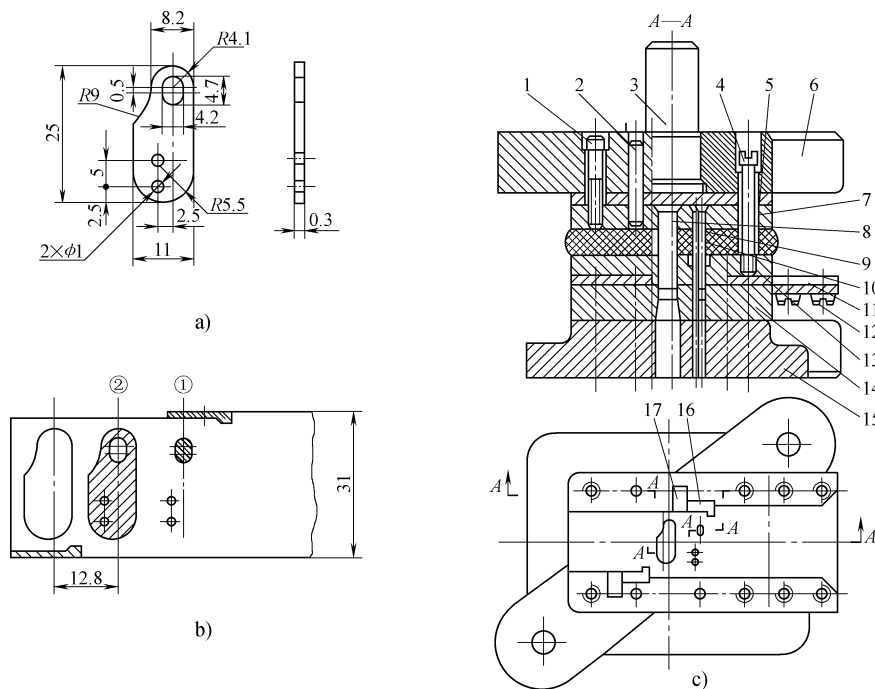


图 9-8 长形触片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—内六角螺钉 2—销钉 3—模柄 4—卸料螺钉 5—垫板 6—上模座

7—凸模固定板 8、9、10—凸模 11—导料板 12—承料板 13—卸料板

14—凹模 15—下模座 16—侧刃 17—侧刃挡块

说明：

1) 该模具为双侧刃定距的冲孔、落料 2 个工位的级进模结构。

2) 侧刃是特殊功用的凸模，其作用是在压力机每次冲压行程中，沿条料边缘切下一块长度等于步距的料边。由于沿送料方向上，在侧刃前后，两导料板间距不同，前宽后窄形成一个凸肩，所以条料上只有切去料边的部分才能通过，通过的距离即等于步距。为了减少料尾损耗，尤其工位较多的级进模，可采用两个侧刃前后对角排列，该模具就是这样排列的。此外，由于该模具冲裁的板料较薄（0.3mm），又是侧刃定距，所以需要采用弹压卸料代替刚性卸料。

3) 侧刃定距的级进模定位精度较高，生产效率高，送料操作方便，但材料的消耗增加，冲裁力增大。

实例 9 拨叉级进模

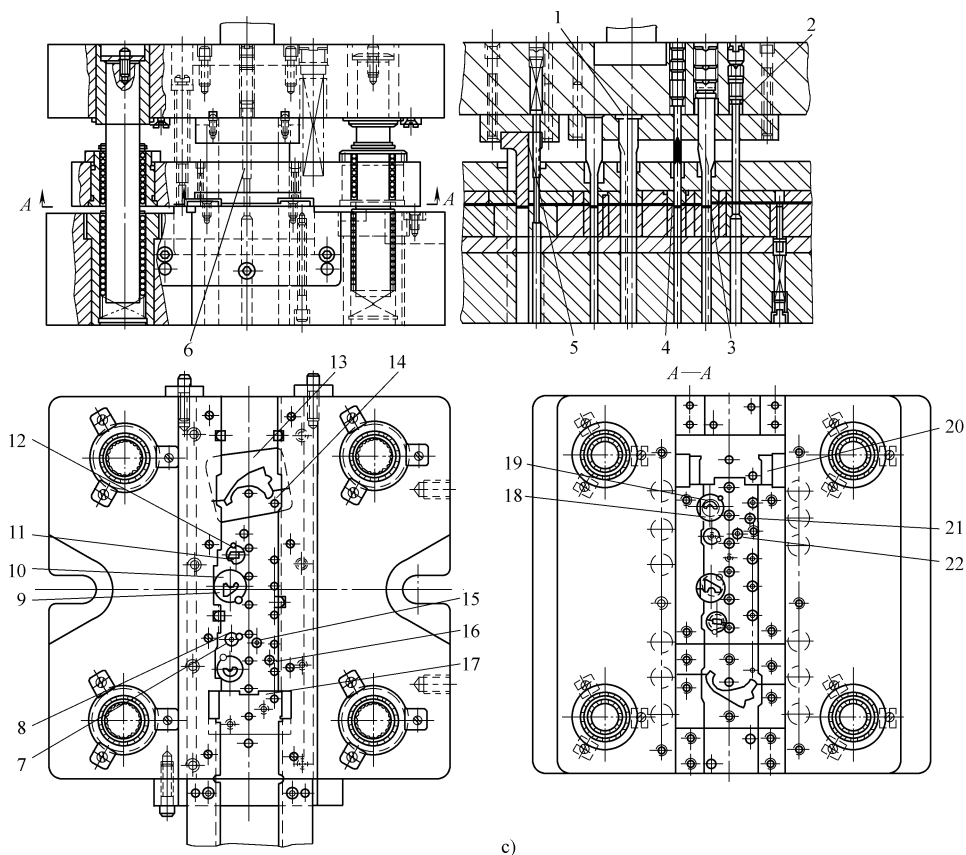


图 9-9 拨叉级进模 (续)

c) 模具结构图

1、2、3、4、5、6、21、22—凸模 7、8、9、10、11、12、13、14、17—凹模镶块

15、16—凹模 18、19—卸料板镶块 20—侧刃凸模

3) 该模具采用带滚动导向的弹压导板导向, 降低了模具的制造难度, 提高了凸模与凹模的对中性。带料的送进依靠压力机上的自动送料装置送进。采用双侧刃挡料, 可保证进距的准确性。

实例 10 自行车碟刹片级进模

零件名称: 自行车碟刹片

材料及板厚: SUS420J2 钢, 2.05mm

零件图 (见图 9-10a)

排样图 (见图 9-10b)

模具结构图 (见图 9-10c)

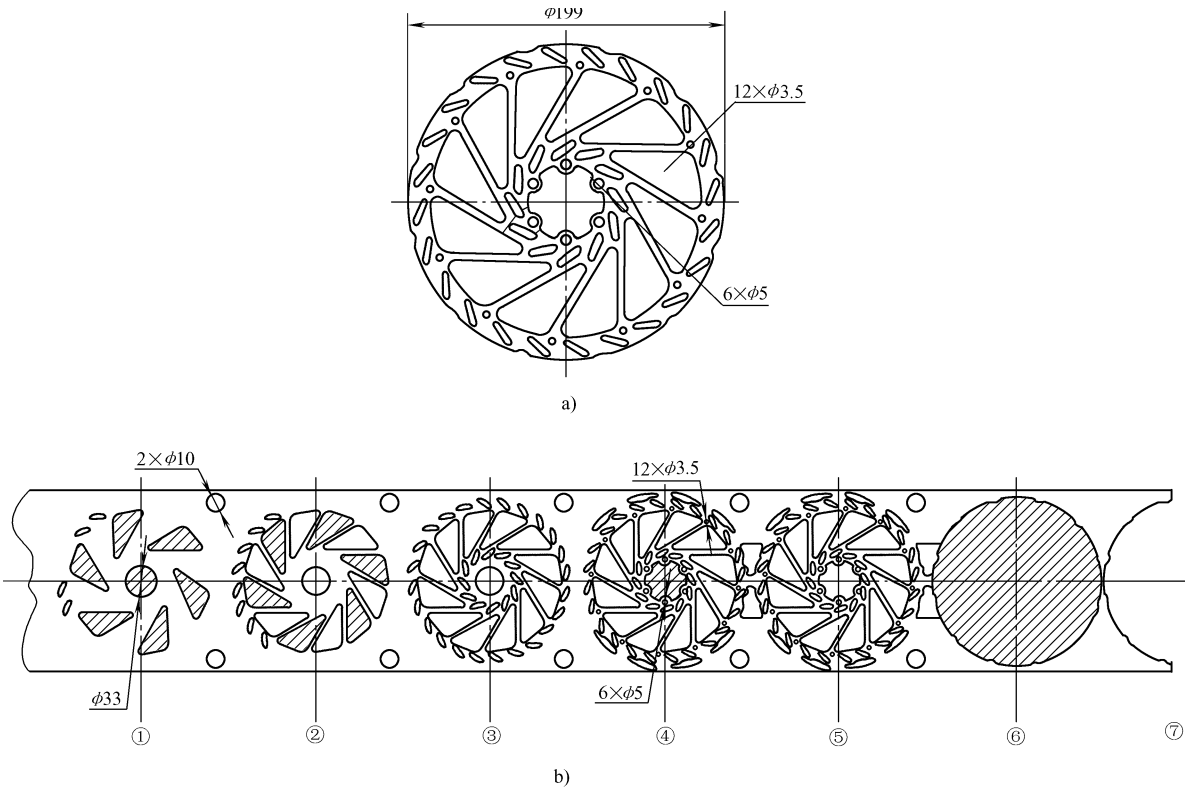


图 9-10 自行车碟刹片级进模
a) 零件图 b) 排样图

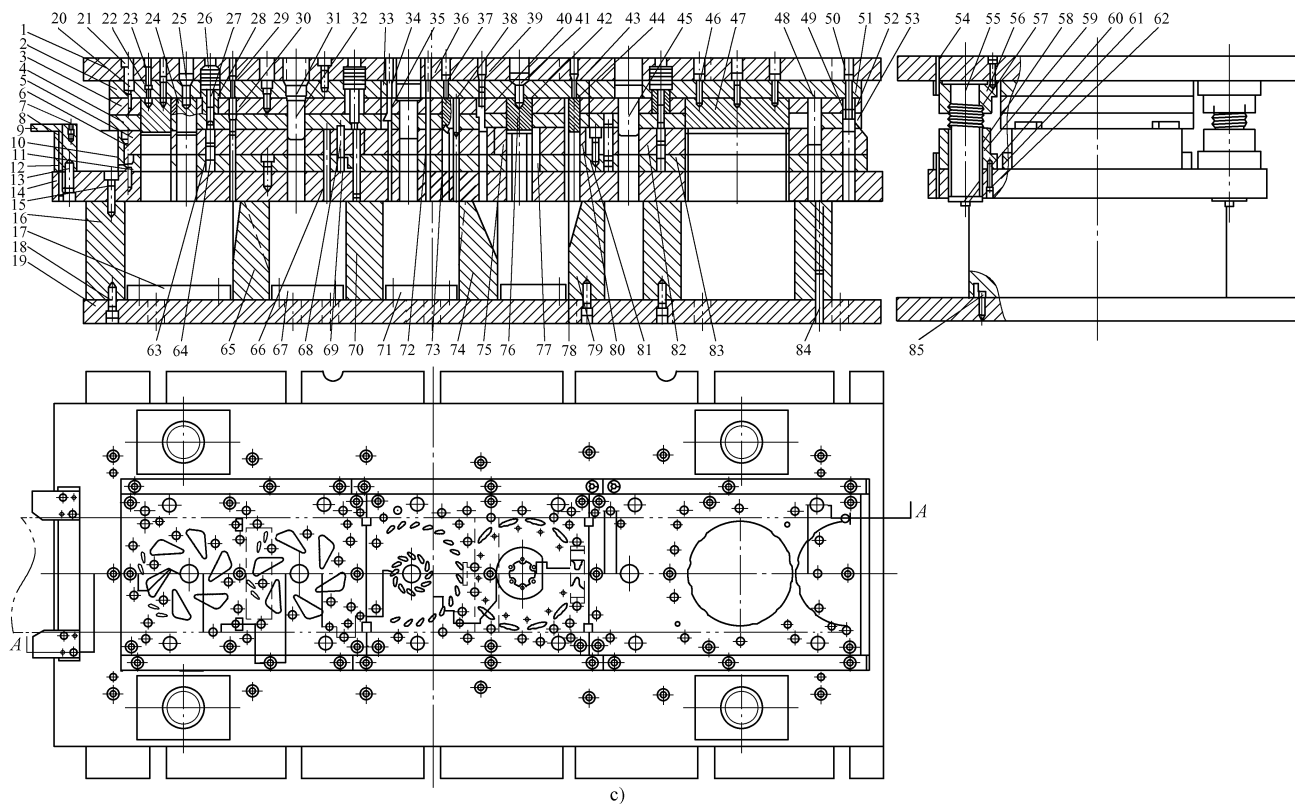


图 9-10 自行车碟刹片级进模(续)

c) 模具结构图

- 1—上模板 2、10、33、51、81、83—垫板 3、5、22、34、52、80、82—固定板 4、35、53—卸料板
 6、7、11、13、15、18、20、21、23、25、29、36、37、39、41、43、46、49、61、62、85—螺钉 8、54、66、77、84—圆柱销 9—导料板 12—导料垫板 14—下模板
 16、65、70、74、79—等高垫块 17、67、71—L形角铁 19—下模座 24、30、42、44、50—凸模 26、64、69—强力弹簧 27—卸料螺钉 28—套筒 31—螺塞
 32、45—引导凸模 38—定位销 40、78—外形切口凸模 47—落料凸模 48—辅助导柱 55—外导柱 56、59—下导柱座 57—弹簧 58—导套
 60—垫块 63—浮料销 68—导料销 72—散热凸模 73—小减轻孔凸模 75—凹模镶块 76—冲孔凸模

说明:

1) 该模具为冲孔、落料7个工位的级进模结构。

2) 排样中的工序: ①冲6个减轻孔、4个小散热孔和2个 $\phi 10\text{mm}$ 的定位孔及 $\phi 33\text{mm}$ 的大定位孔; ②冲其余6个减轻孔和4个小减轻孔; ③冲其余16个小减轻孔与12个散热孔; ④冲中孔、6个 $\phi 5.0\text{mm}$ 、12个 $\phi 3.5\text{mm}$ 小孔; ⑤预留空步(整平); ⑥外形下料; ⑦2个 $\phi 16\text{mm}$ 的凸模切断废料。压力机一次行程生产一个完整的零件。

3) 模具采用级进模结构, 条料从左侧进入。在压力机滑块的每次行程中, 模具分7步来完成零件的成形。

9.2 冲裁、弯曲多工位级进模

实例 11 接线头级进模

零件名称: 接线头

材料及板厚: H62 黄铜, 1mm

零件图 (见图 9-11a)

排样图 (见图 9-11b)

模具结构图 (见图 9-11c)

说明:

1) 该模具冲压过程是先在条料上切除废料, 接着进行多道弯曲, 最后一次落下两个工件。

2) 条料送进后, 步距侧刃1切去废料, 凸模2、3进行冲孔和冲缺, 见A—A剖面; 弯曲凸模4、6由导正销5作定位进行预弯, 见B—B剖面; 由斜楔13推动的滑块14和下模拼块10对制件进一步弯曲, 如C—C剖面左部分; 弯曲凸模7、下模拼块9对制件最后弯曲成形, 如C—C剖面右部分; 最后由定位销12作定位, 凸模8、下模拼块11一次落下两个工件, 如D—D剖面。

实例 12 游丝支片级进模

零件名称: 游丝支片

材料及板厚: 65Mn 钢, 0.4mm

零件图 (见图 9-12a)

模具结构图 (见图 9-12b)

说明:

1) 该模具为偏心滚柱夹板式自动送料3个工位的级进模结构。其冲压过程是冲孔凸模9对条料冲孔, 落料凸模10落下坯料, 而落料平坯又重新被压入条料内, 继续送进; 弯曲凸模11、12将制件弯曲成形; 成形的工件由推杆13打下, 沿凹模14斜面滑出。

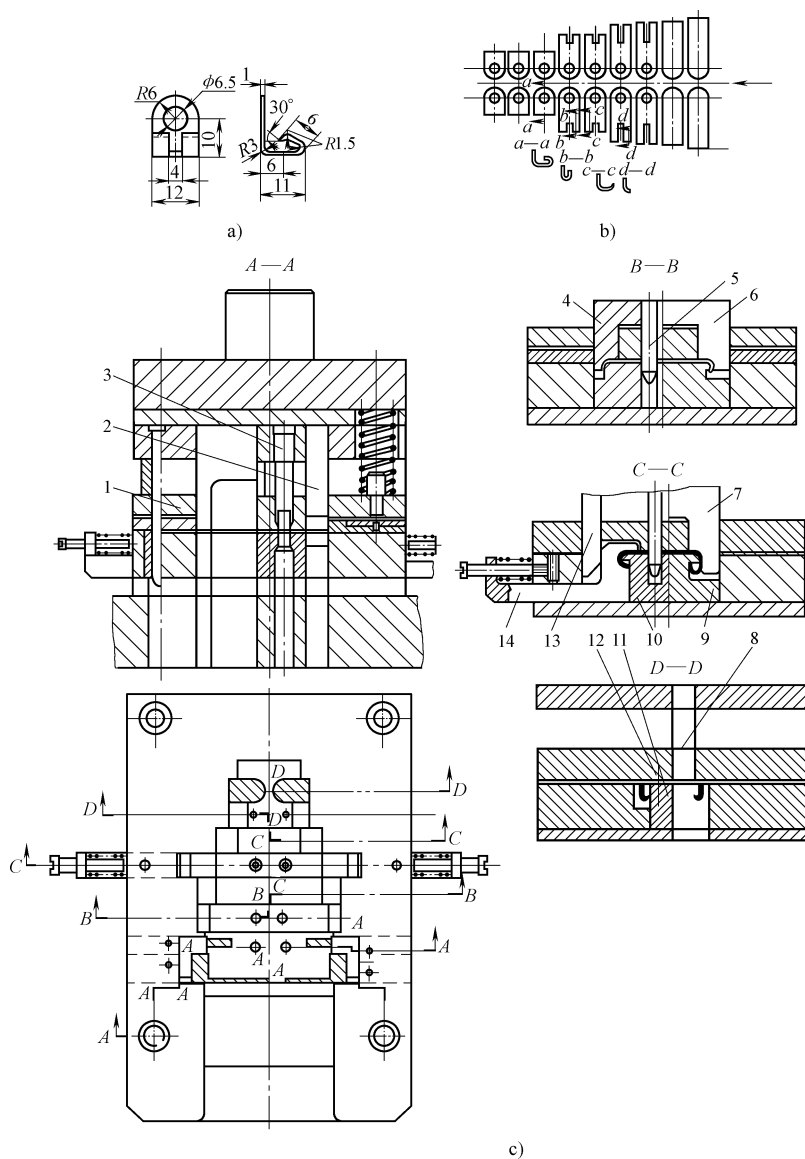


图 9-11 接线头级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1—步距侧刃 2、3、8—凸模 4、6、7—弯曲凸模 5—导正销

9、10、11—下模拼块 12—定位销 13—斜楔 14—滑块

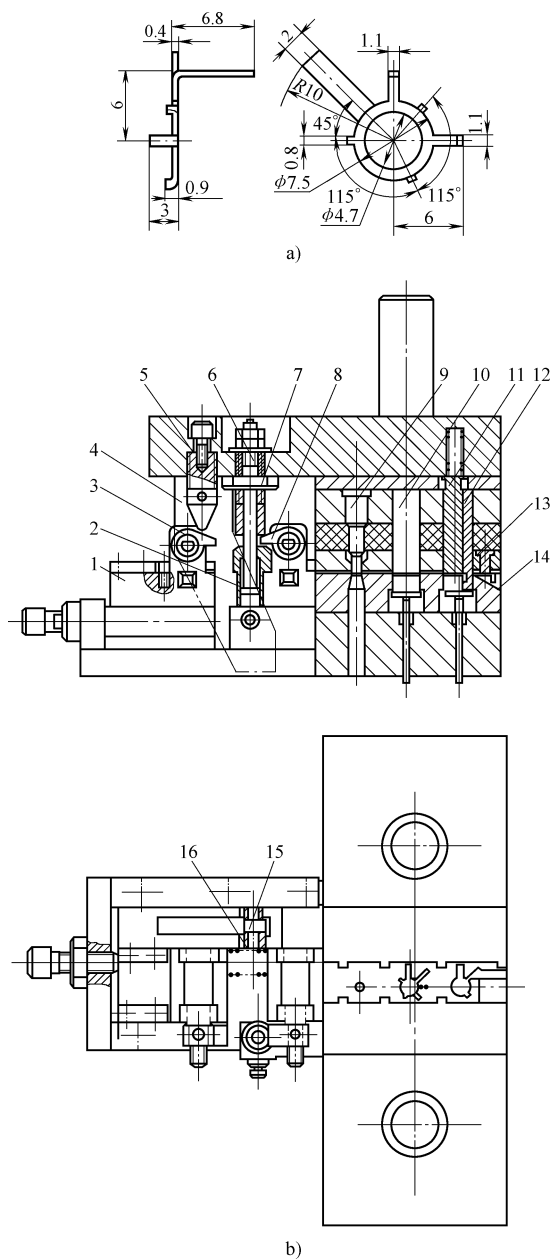


图 9-12 游丝支片级进模

a) 零件图 b) 模具结构图

- 1—滑块 2—下套管 3—送料器齿开关 4—斜楔 5—螺栓 6—连杆 7—上套管 8—送料器齿开关
9—冲孔凸模 10—落料凸模 11、12—弯曲凸模 13—推杆 14—凹模 15—滚轮 16—弹簧

2) 偏心滚柱夹板送料装置是一种用两块淬硬夹板进行夹料、送料的装置, 分送料器和定料器两部分。送料器固定在滑块 1 上, 滑块由斜楔 4 带动。定料器结构与送料器相同, 固定在模具上, 当压力机滑块上升时, 定料器放松, 送料器夹紧送料; 当滑块下降时, 定料器夹紧, 送料器放松退回。动作是协调的。其动作是, 滑块上升时, 斜楔 4 推动装在送料器一侧的滚轮 15, 于是送料器夹紧条料, 送进, 待其快到终点时, 送料器齿开关已推移到下套管 2 的位置, 这时随冲模上升的下套管 2 同时提动两个齿开关 3、8 换向, 使送料器将条料松开, 定料器将条料夹紧。滑块下降时, 斜楔 4 也下降。由于弹簧 16 的作用, 送料器上的滚轮 15 紧贴斜楔向左运动即送料器退回。条料却被定料器夹紧保持不动。当滚轮 15 处于斜楔的直线段时, 螺栓 5 和上套管 7 同时压下齿开关 3、8, 带动偏心滚柱转动一个角度, 使送料器夹板夹紧条料, 定料器夹板放松条料。于是送料、定料、冲压、退回这一过程就可循环进行。

实例 13 悬架级进模

零件名称: 悬架

材料及板厚: 10 钢, 0.3mm

零件图 (见图 9-13a)

排样图 (见图 9-13b)

模具结构图 (见图 9-13c)

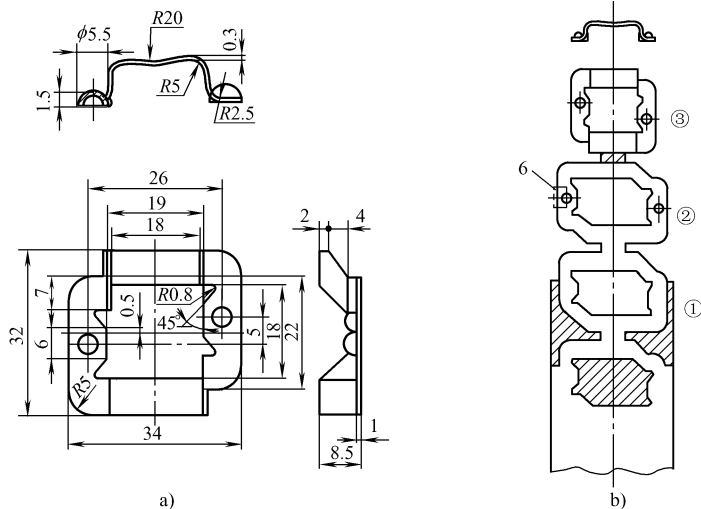


图 9-13 悬架级进模

a) 零件图 b) 排样图

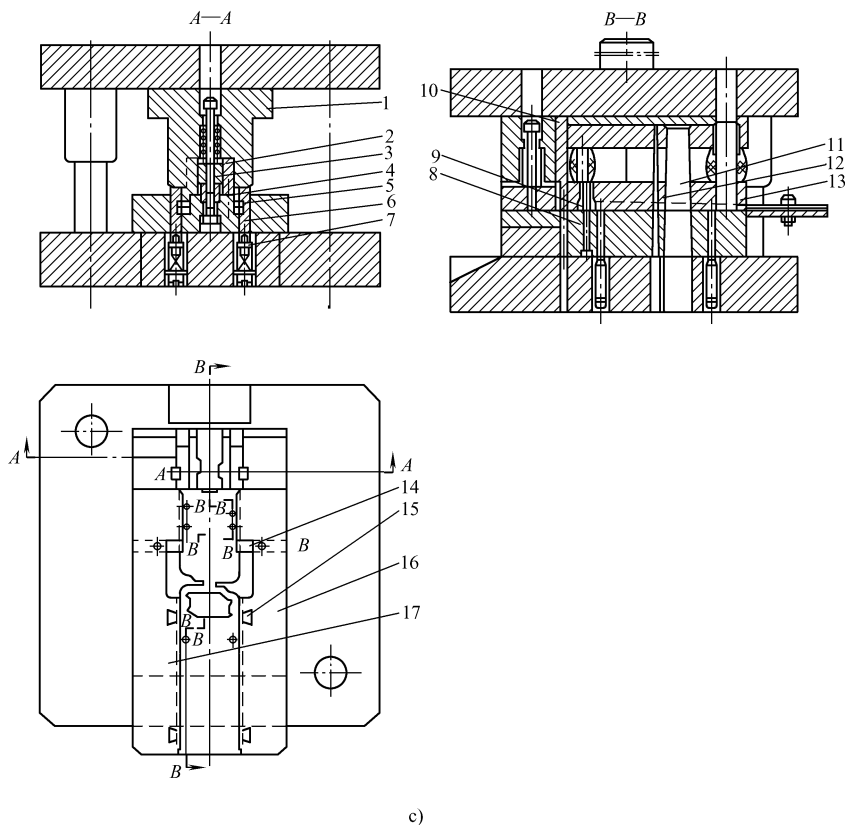


图 9-13 悬架级进模（续）

c) 模具结构图

1—上模 2、9—凹模镶块 3、5—顶板 4—弯曲凸模 6—托料杆 7—托料销
8、10、11、12—凸模 13、14—侧刃挡块 15—镶件 16、17—导板

说明:

1) 该模具由冲中间孔，切外形、冲凸、弯曲成形和将工件从条料上切下 3 个工位组成。

2) 首先，条料从导板 16、17 间通过，送至侧刃挡块 14，由凸模 11 冲中间孔，凸模 12 切外形。第二工位，由凸模 8 和凹模镶块 9 冲凸。第三工位由弯曲凸模 4、凹模镶块 2、顶板 3 将制件弯曲，并由凸模 10 将弯曲成形的工件从条料上切下。由于弯曲凸模高出下模平面，因而条料在送料过程中，由 4 只托料销 7 通过托料杆 6、顶板 3 将料托起。弯曲时，上模 1 先将托料杆 6 压下，同时顶板 5 也随之下降。弯曲完成后，上模回升一段距离后，顶板 5 将工件顶出。

实例 14 钟表元件二轮压簧级进模

零件名称：钟表元件二轮压簧

材料及板厚：1Cr18Ni9 不锈钢，0.25mm

零件图（见图 9-14a）

排样图（见图 9-14b）

模具结构图（见图 9-14c）

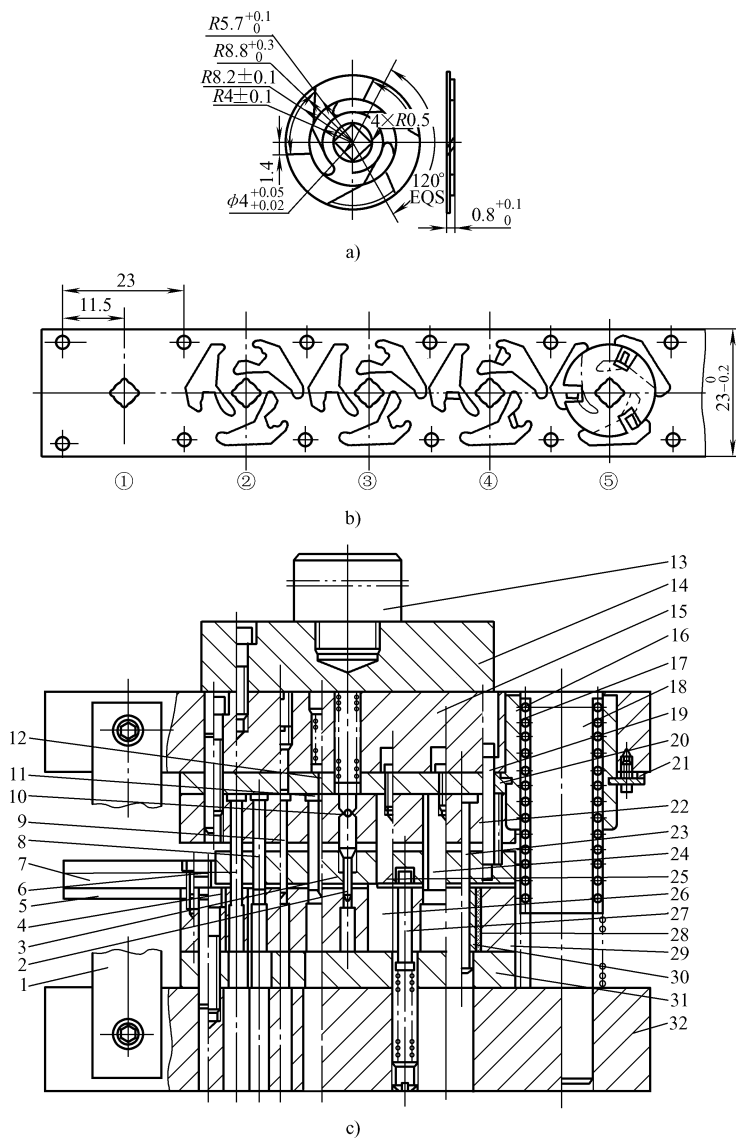


图 9-14 钟表元件二轮压簧级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—定位卡板 2—检测凸模 3—卸料板 4—圆凹模镶件 5—支承板 6—圆凸模 7—导料板
 8—中心孔凸模 9—导正钉 10—检测杆 11—凸模 12—推料杆 13—模柄 14—模柄座
 15—上模座 16—导套 17—保持圈 18—导柱 19—卸料板螺钉 20—上垫板 21—压板
 22—固定板 23—小导柱 24—落料凸模 25—压弯凸模 26—压弯凹模 27—导料销
 28—环氧树脂 29—凹模 30—小导套 31—下垫板 32—下模座

说明:

1) 该模具为冲孔、冲外形、检测、弯曲、落料 5 个工位的级进模结构, 用于 400kN 自动压力机。

2) 第一工位由圆凸模 6 和中心孔凸模 8 冲中心孔及两导正孔, 第二工位由凸模 11 冲外形, 第三工位由检测凸模 2、检测杆 10 作安全检测, 第四工位由压弯凸模 25、压弯凹模 26 进行弯曲, 第五工位由落料凸模 24 落料。

3) 模具采用两副滚动导向元件, 固定板 22 与各凸模间为浮动式固定 (单面间隙 0.015 ~ 0.02mm), 在卸料板 3、固定板 22 和凹模 29 间有 4 个小导柱 23 及小导套 30 滑动导向, 卸料板与各凸模的单面间隙小于 0.005mm。条料由自动送料装置供料, 由导料销 27 顶料、引导, 由导正钉 9 定位, 发生故障由检测凸模 2 和检测杆 10, 以及外接电器切断电源实行保护, 定位卡板 1 是运输时起保护作用的。

实例 15 凹形槽级进模

零件名称: 凹形槽

材料及板厚: Q235 钢, 0.8mm

零件图 (见图 9-15a)

展开图 (见图 9-15b)

排样图 (见图 9-15c)

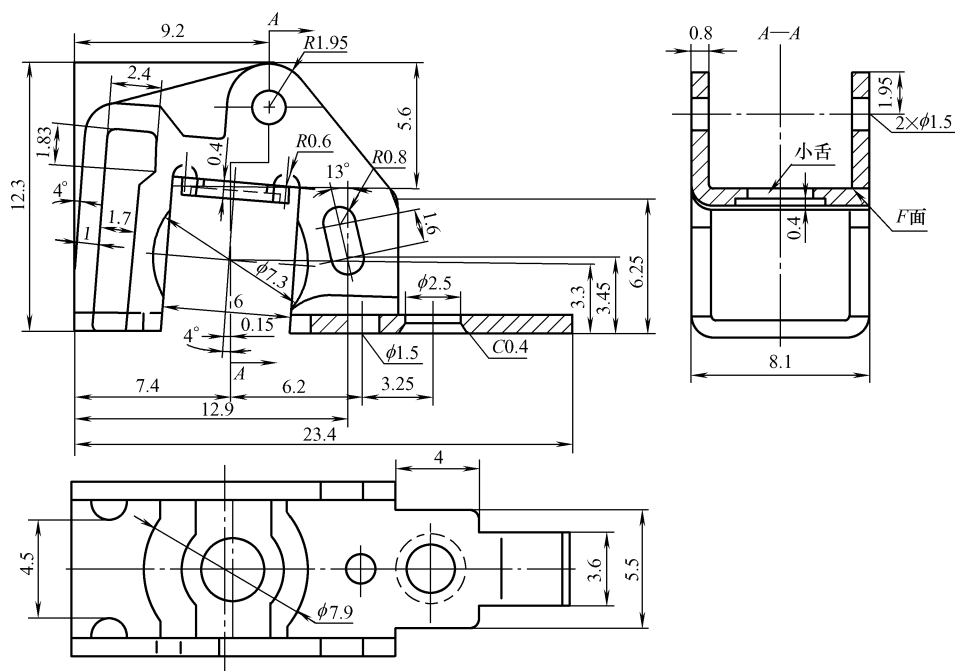
模具结构图 (见图 9-15d)

说明:

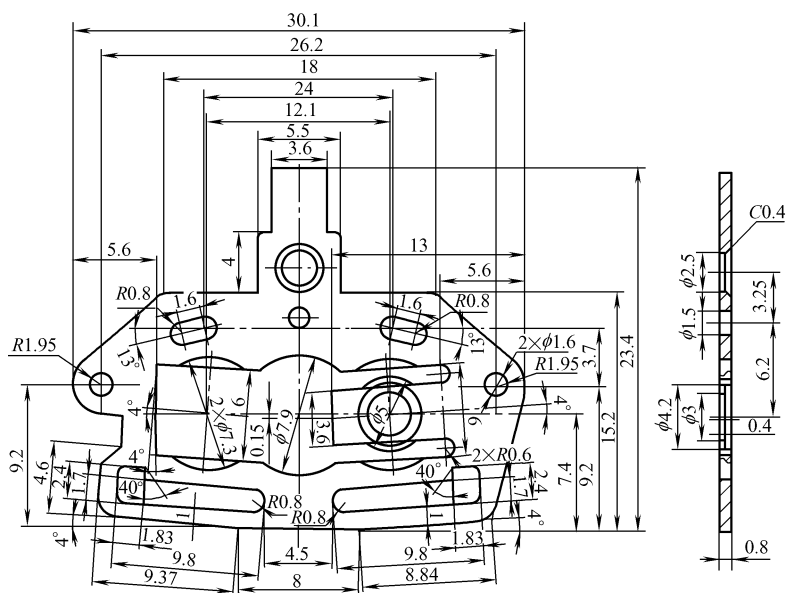
1) 该模具为冲孔、弯曲、落料 8 个工位的级进模结构。

2) 排样图设计见图 9-15c。具体工位安排: ①冲 6 个孔 (1 个 $\phi 2.5\text{mm}$, 1 个 $\phi 3\text{mm}$ 孔, 2 个腰形孔, 2 个 L 形孔)、冲侧刃缺口、冲 2 个 $\phi 4\text{mm}$ 导正孔; ②导正销导正, 冲 3 个孔 (1 个 $\phi 1.5\text{mm}$ 孔, 2 个 $\phi 1.6\text{mm}$ 孔); ③冲中部异形孔, 在 $\phi 1.5\text{mm}$ 孔边冲出 C0.4mm 倒角; ④冲 $\phi 4.2\text{mm}$ 沉孔; ⑤切外形; ⑥初弯“小舌” 50° ; ⑦弯 U 形, 并继续将“小舌”弯向 F 面并整形, 同时切第 2 侧刃缺口; ⑧导正销导正, 切断, 制件从下模孔中落下。

3) 本设计采用浮动导料板, 导料板在冲压前由压缩弹簧 14 托起, 带动条料上浮, 距下模面 h , h 比制件高度大 1.5 ~ 2mm。模具工作时, 首先卸料板依靠弹簧 19 的力克服浮动导料板弹簧 14 的力, 压迫浮动导料板下行, 导正销导正步距; 接着卸料板将条料压在凹模面上, 浮动导料板停止下行, 上模继续下行, 各凸模相继进入下模进行冲压。冲压完毕, 上模上行, 浮动导料板带动条料上浮回原位, 以便条料顺利送进 1 个步距。弹簧 19 的力不仅要考虑卸料力, 还需考虑克服浮动导料板弹簧 14 的力, 弹簧 14 的力主要托起浮动导料板和承受条料的重量。为了保证浮动导料板上、下活动不偏移, 两侧各采用 2 个小导柱 12 导向。



a)



b)

图 9-15 凹形槽级进模

a) 零件图 b) 展开图

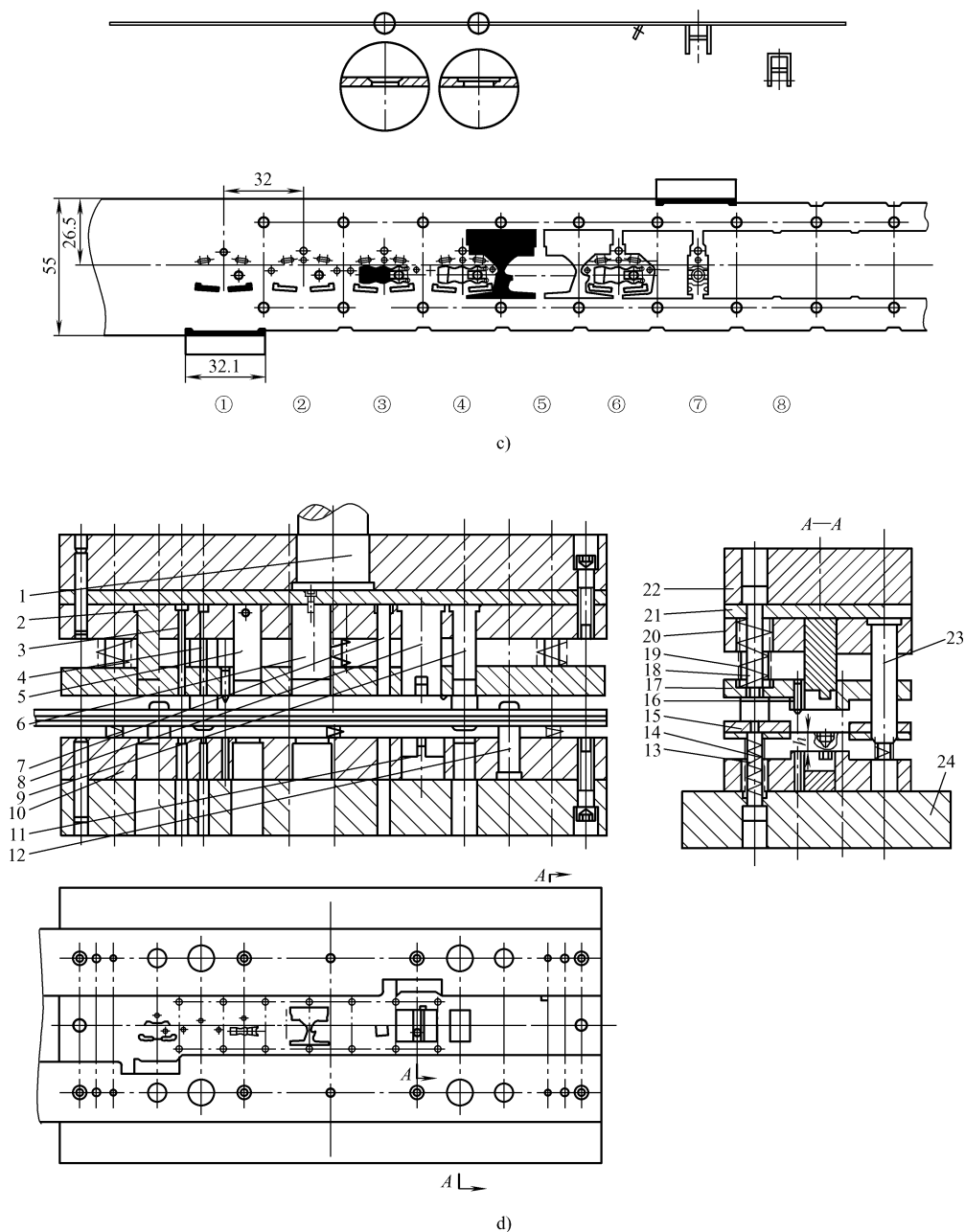


图 9-15 凹形槽级进模 (续)

c) 排样图 d) 模具结构图

- 1—模柄 2—侧刃 3—冲导正孔凸模 4—冲 $\phi 1.6\text{mm}$ 孔凸模 5—冲异形孔凸模 6—切废料凸模
 7—弯小舌凸模 8—弯曲上模块 9—切断凸模 10—凹模板 11—弯曲下模块 12—小导柱
 13—浮动螺钉 14、19—弹簧 15—浮动导料板 16—导正销 17—卸料板 18—卸料螺钉
 20—凸模固定板 21—垫板 22—上模座 23—大导柱 24—下模座

4) 弯曲下模镶嵌于冲裁凹模中, 便于刃磨冲裁刃口, 调整弯曲下模块高度。

5) 冲裁、成形凸模与弯曲上模块不同时开始工作, 高度有一定差值, 它们的工作次序是: 导正销定位、开始弯曲、冲裁、弯曲成形结束。为了保证冲裁凸模在一定的刃磨范围内, 可不调整弯曲下模块的高度, 在弯曲成形结束时, 使冲裁凸模进入凹模的深度比一般冲裁大些, 本设计进入长度取 2.5mm。

6) 模具没有采用标准模架, 卸料板与下模由装在固定板上的 4 个大导柱导向, 导正销安装在卸料板上, 伸出卸料板下表面有效导正长度 1mm, 以便卸料板压紧条料前先对条料作精确定位。

7) 为避免产生毛刺影响送料, 侧刃设计成齿形断面, 非刃口一面做成凸台, 以抵消冲裁缺口时的侧向力。

实例 16 汽车电器支架级进模

零件名称: 汽车电器支架

材料及板厚: H62 黄铜, 0.8mm

零件图 (见图 9-16a)

展开图 (见图 9-16b)

排样图 (见图 9-16c)

模具结构图 (见图 9-16d)

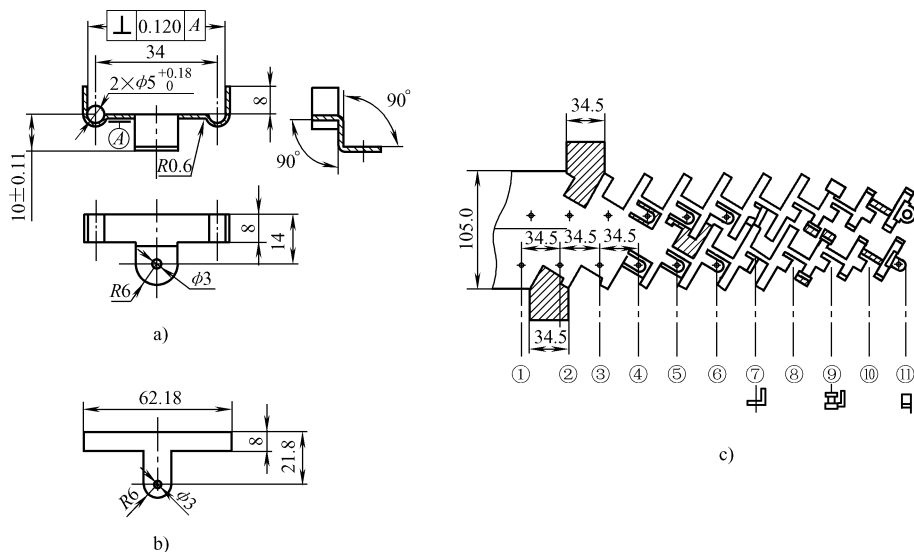


图 9-16 汽车电器支架级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

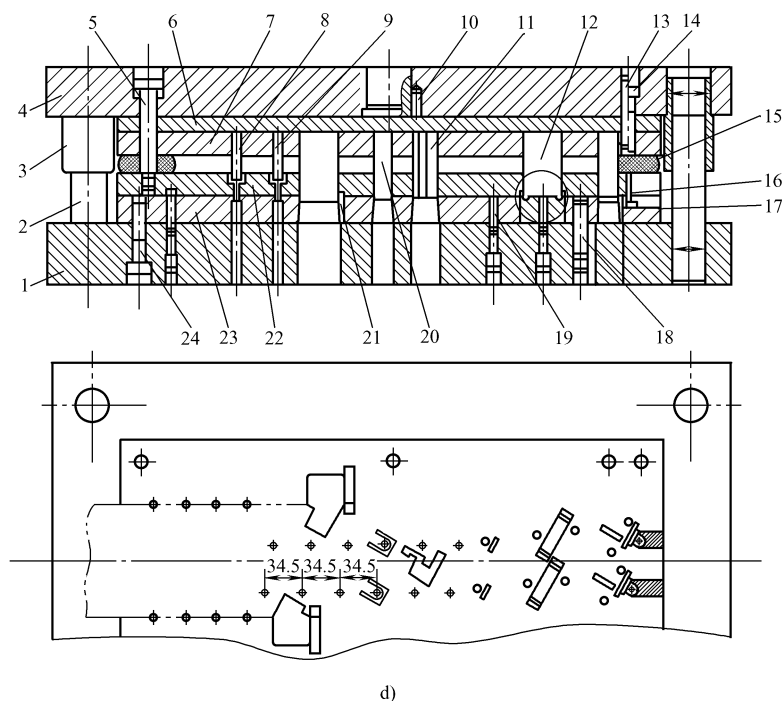


图 9-16 汽车电器支架级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1—下模座 2—导柱 3—导套 4—上模座 5—卸料螺钉 6—垫板 7—凸模固定板
 8—圆形冲孔凸模 9—导正销 10—防转销 11、20—异形冲孔凸模 12—U形弯曲凸模
 13、18—定位销 14—螺钉 15—橡胶 16—直角弯曲凸模 17—直角弯曲镶块
 19—抬料销 21—侧刃挡块 22—卸料板 23—凹模板 24—托料导向销

说明:

- 1) 该模具为冲孔、弯曲、分离等 11 个工位的级进模结构。
- 2) 为保证条料送进的刚性和稳定性, 零件出件顺畅, 采用双排斜排中间载体排列, 共 11 个工位: ①冲 2 个 $\phi 3\text{mm}$ 的孔, 从第 2 步起作为导正销孔; ②导正销导正, 同时冲出两侧的特形侧刃; ③空工位; ④、⑤冲异形孔; ⑥空工位; ⑦第 1 次向上直角弯曲; ⑧空工位; ⑨U 形弯曲; ⑩空工位; ⑪第 2 次向下直角弯曲并镦压, 切断分离。

3) 该级进模总体结构采用正装、上置弹性卸料板结构, 导料机构选用托料导向销, 托料导向销装在下模部分的凹模板上, 弹性装置装在凹模板与下模座之间, 选用自制非标准模架。顶料机构装在凹模上, 沿材料送进方向均匀设置抬料销。

4) 为保证产品精度等级的要求, 选用滚珠导柱、导套, 导柱、导套采用 H7/h6 配合。

实例 17 合页扣件级进模

零件名称：合页扣件

材料及板厚：SPHC-DS 钢，2mm

零件图（见图 9-17a）

展开图（见图 9-17b）

排样图（见图 9-17c）

模具结构图（见图 9-17d）

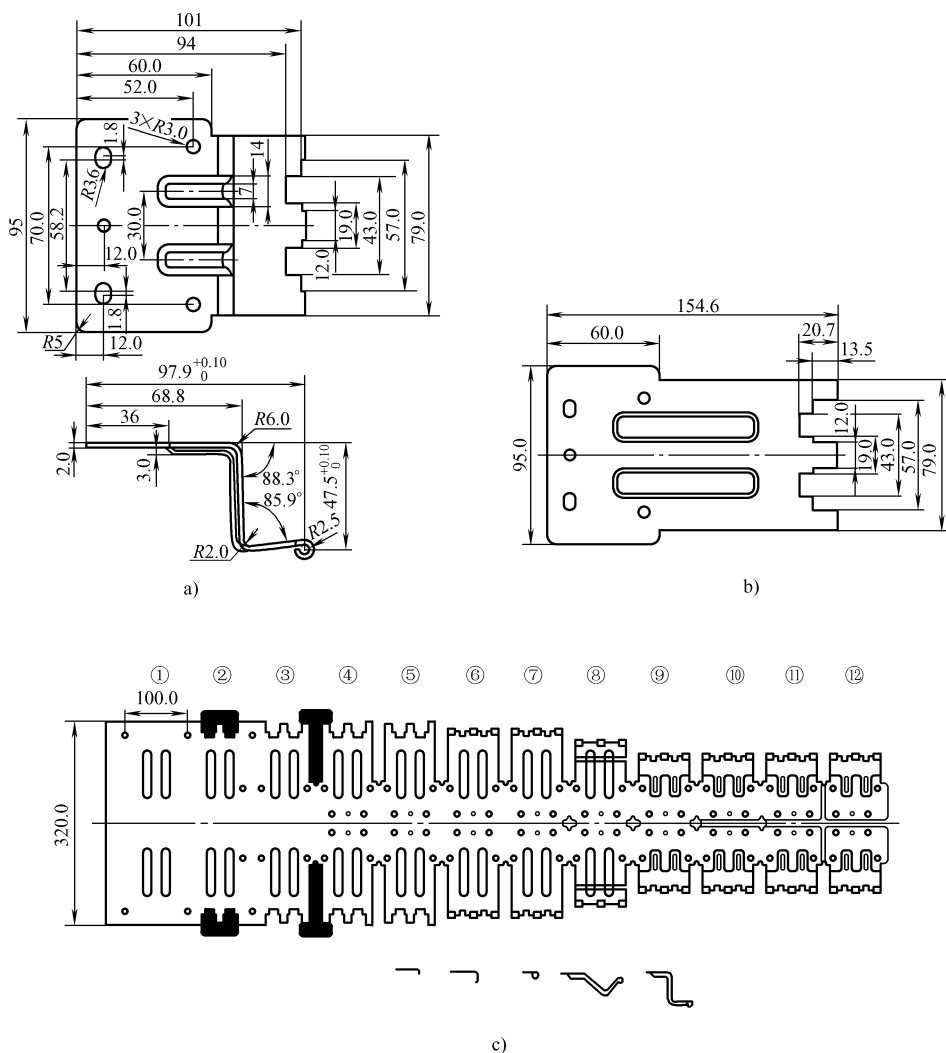


图 9-17 合页扣件级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

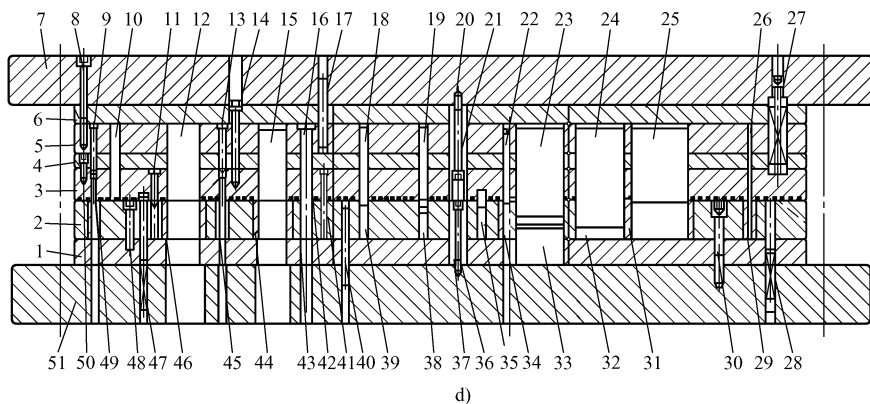


图 9-17 合页扣件级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1—凹模垫板 2—凹模板 3—卸料板 4—卸料板垫板 5—凸模固定板 6—凸模固定板垫板
 7—上模座 8、21、30、36、48、50—螺钉 9、10、12、13、15、22、25、26—凸模
 11、41—导正销 14—卸料螺钉 16—导柱 17、40—圆柱销 18、19、23、24—折弯凸模
 20、37—限位柱 27—卸料弹簧组件 28、47—抬料销组件 29、31、33、34、44、45、46、49—凹模镶件
 32、35、38、39—折弯镶件 42、43—导套 51—下模座

说明:

- 1) 该模具为冲孔、弯曲、落料等 12 个工位的级进模结构。
- 2) 采用双排横排排列，工序为：①冲裁，压 2 个凸包；②冲裁；③冲裁；④冲裁；⑤卷圆预弯；⑥第 2 次卷圆弯曲；⑦卷圆；⑧Z 形预弯；⑨Z 形弯曲成形；⑩冲裁；⑪空位；⑫冲裁落件。
- 3) 采用联合导向形式，即除了上、下模座采用滚动导向装置外，级进模内部两模块分别在上模、卸料板、固定板、凹模、下模之间各装有 2 对小导柱、导套作模具的精密导向。
- 4) 送料采用浮顶机构，确保条料在送进过程中的平顺。
- 5) 由于高效、精密、长寿命的多工位级进模多用于大批量生产，对凸、凹模及卸料板等工作部件的合理选材、制造精度、热处理提出了很高的要求。凹模板采用 Cr12Mo1V1，淬火到 60~62HRC 并深冷时效处理，凹模板上的销钉孔、浮升销孔、基准孔、导套孔及安放镶件的型孔位均在热处理后用慢走丝线切割加工，确保精度。卸料板采用 Cr12Mo1V1，淬火到 56~58HRC 并深冷时效处理。

实例 18 晶体管引线框架级进模

零件名称：晶体管引线框架

材料及板厚：KFC 铜带， $0.381 \pm 0.01\text{mm}$

零件图（见图 9-18a）

排样图（见图 9-18b）

模具结构图（见图 9-18c）

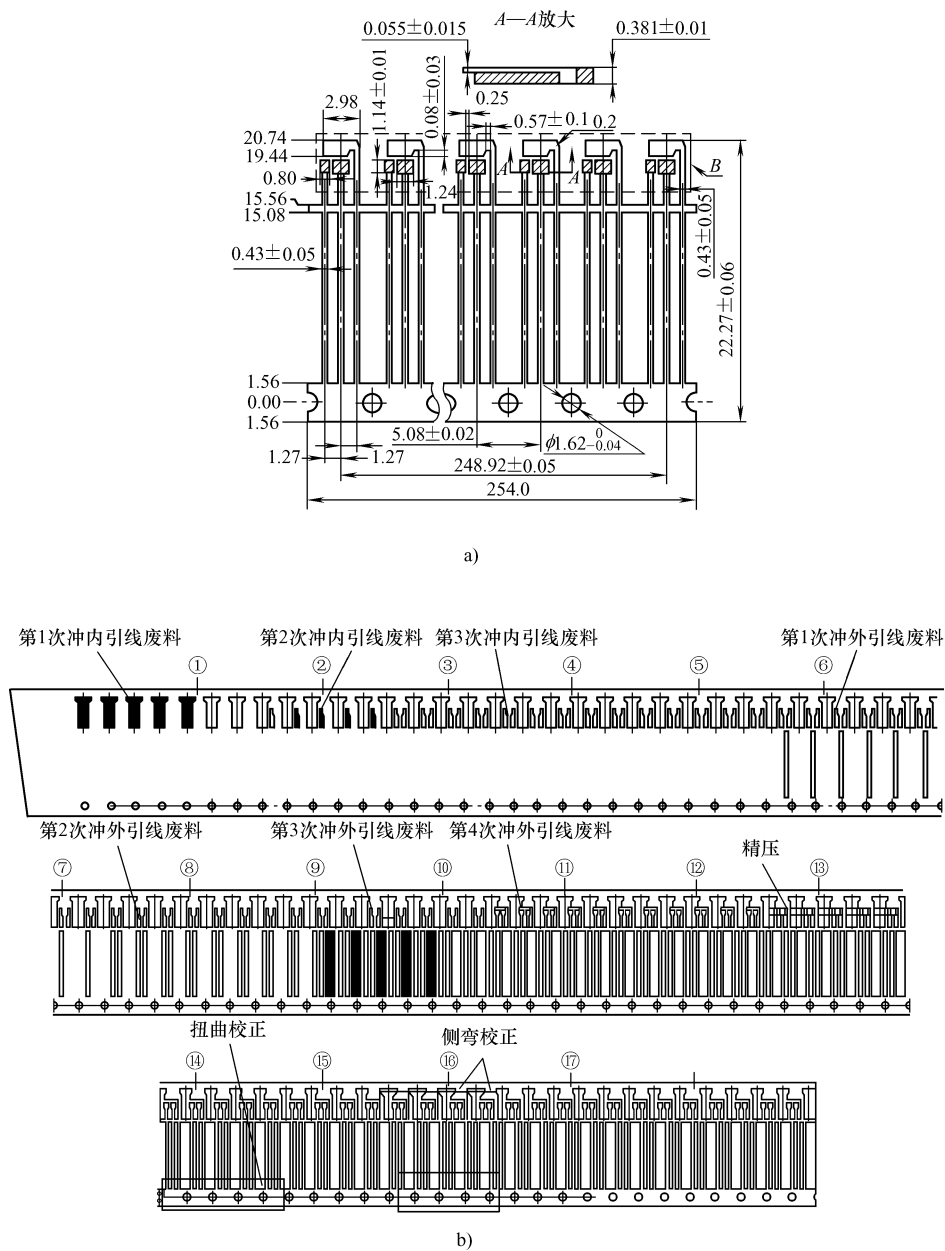


图 9-18 晶体管引线框架级进模

a) 零件图 b) 排样图

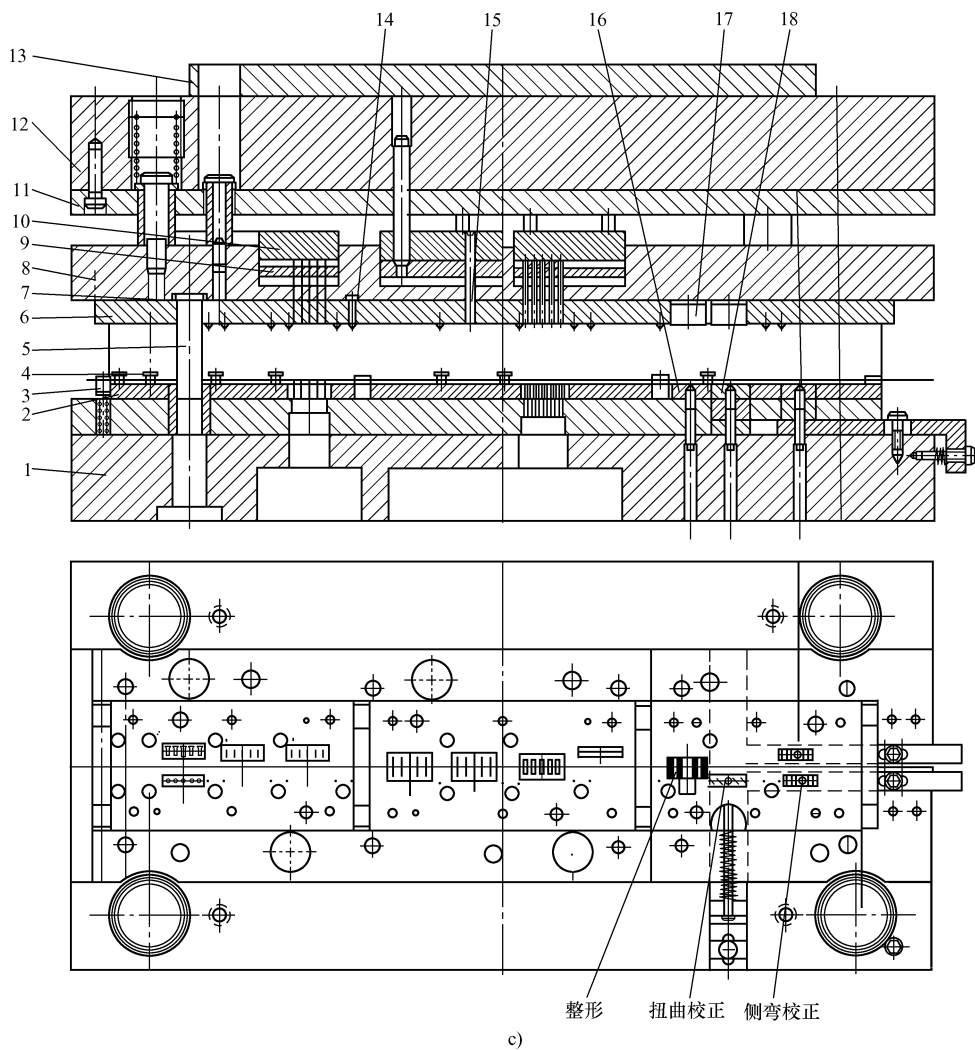


图 9-18 晶体管引线框架级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—下模座 2—凹模板 3—抬料横梁 4—导料螺钉 5—小导柱 6—卸料板 7—冲内引线废料凸模
 8—卸料座板 9—凸模固定板 10—凸模垫板 11—弹簧垫板 12—上模座 13—盖板 14—导正销
 15—凸模固定板护销 16—整形凸模 17—精压凸模 18—扭曲校正凸模

说明:

- 1) 该模具为冲孔、侧弯、校正等 17 个工位的级进模结构。
- 2) 零件排样采用“一出五”的排样方式。冲压工艺为：工位①冲 5 个内引线废料和 5 个 $\phi 1.62\text{mm}$ 导正销孔；工位②~④冲 5 个内引线废料，并设置 4 个导正销导正；工位⑤空工位，但设置 2 个导正销；工位⑥~⑩冲外引线废料，并设置 3

个导正销；工位⑪~⑫冲内引线废料并设置2个导正销；工位⑬~⑮精压，将材料厚度由0.381mm减薄至0.326mm，整形和扭曲校正，并设置2个导正销；工位⑯~⑰校正正、反向侧弯，并设置2个导正销。

3) 模具结构设计有：

①模具是“三板式”模具结构，采用四导柱滚动导向钢板模座。

②模具卸料装置采用卸料板结构，设置4个小导柱以提高卸料座板的精度。10个卸料螺钉采用定位套筒组合式，可以方便地控制卸料板与凹模的平行度。在模具中心位置100mm×550mm内共设置17个强力卸料弹簧，以保证可靠的压料和卸料。

③设置17个导料钉代替导料板，以防止导正销将带料提起。

④设置4个抬料横梁，以防止冲裁毛刺拉伤凹模表面或拉伤带料。

⑤为保证带料在20个步距内的累积误差在0.03~0.04mm，模具中共设置15个导正销。

⑥凸模与固定板的单边间隙为0.015mm；凸模利用卸料板导向，凸模与卸料板的双边间隙不大于0.003mm；凸模与凹模的冲裁间隙为0.003mm。为保证凸模运动精度，采用凸模固定板护销结构。

⑦由于模具有精压、整形等工序，设置4对限位装置，工作时方便控制凸模进入凹模的深度。

实例 19 散热片级进模

零件名称：散热片

材料及板厚：H62 黄铜，0.2mm

零件图（见图9-19a）

展开图（见图9-19b）

排样图（见图9-19c）

模具结构图（见图9-19d）

说明：

1) 该模具为冲孔、弯曲等7个工位的级进模结构。

2) 为提高材料利用率、节约成本，采用无废料排样，即各毛坯之间、条料边缘均无搭边值。自动送料机构送料，并保证条料的粗定位精度。工序为：①冲导正孔；②导正；③冲异形孔；④导正并冲长槽；⑤冲异形槽；⑥导正并进行第1次弯曲（弯曲到60°）；⑦进行第2次弯曲（弯曲到90°）并切断、叠片。模具结构紧凑，几何尺寸较小，其中在②、④、⑥工位设有导正销导正。

3) 采用正装式结构，以便废料顺利排出。为确保零件质量及稳定性，选用滚动导向标准钢板模架，采用弹性卸料板3进行卸料，由于冲孔凸模11与导正销10的直径都很小，在卸料板上设计小导套、导柱进行内导向。条料左右导向采用导料板进行导向，前后采用自动送料和导正销定位。

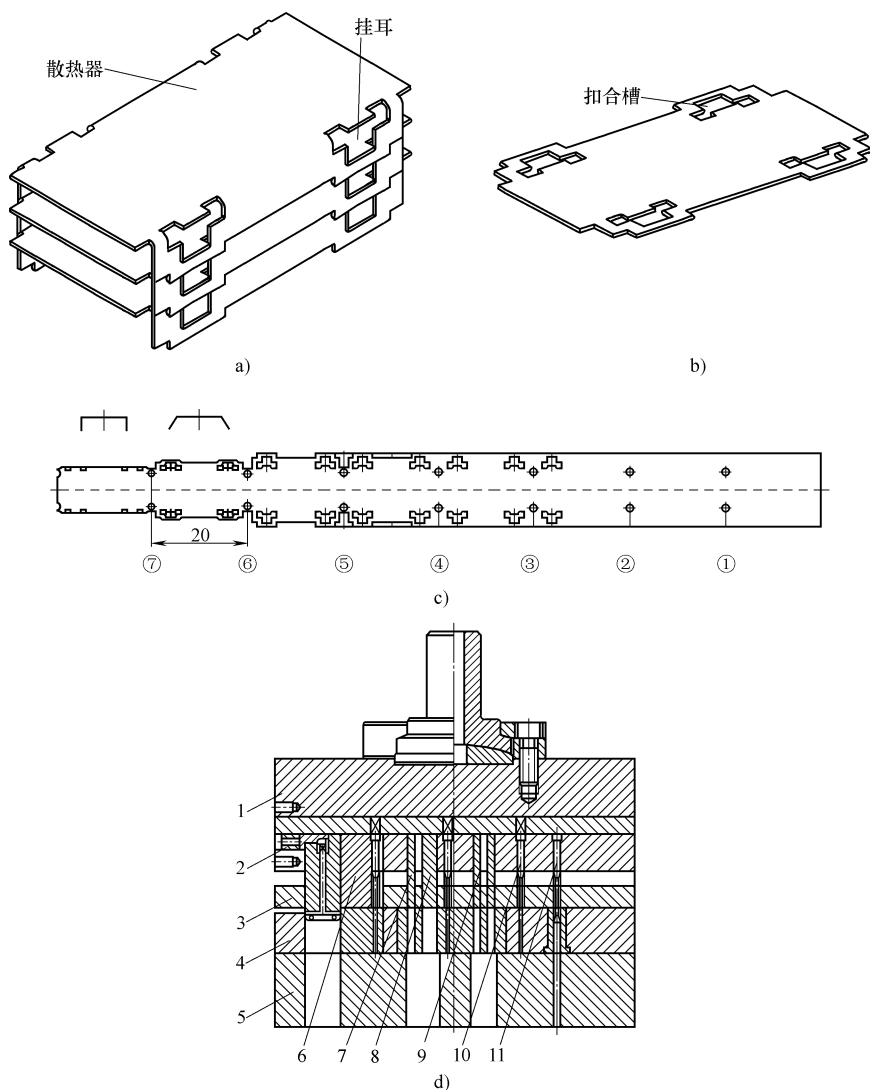


图 9-19 散热片级进模

a) 零件图 (组合) b) 展开图 c) 排样图 d) 模具结构图

1—上模座 2—切断凸模 3—弹性卸料板 4—凹模 5—下模座

6—预弯凸模 7、8—切槽凸模 9、11—冲孔凸模 10—导正销

4) 模具工作过程: 首先由自动送料机构将条料送入模具, 模具在压力机的带动下开始工作。当上模下行时, 卸料板 3 压紧条料, 凸模下行完成前 6 个工位的工作。与此同时斜楔下行, 斜楔推动滑块运动, 完成最后一工位 (第⑦工位) 的弯曲, 散热片与成形好的散热片相扣。上模继续下行, 切断凸模将扣合好的散热片从条料上切断后并向下挤一个散热片间距, 由于弯曲回弹的存在, 散热片将停留在此位置, 等下一片散热片扣合。

实例 20 电器接插件级进模

零件名称：电器接插件

材料及板厚：H62 黄铜，0.5mm

零件图（见图 9-20a）

展开图（见图 9-20b）

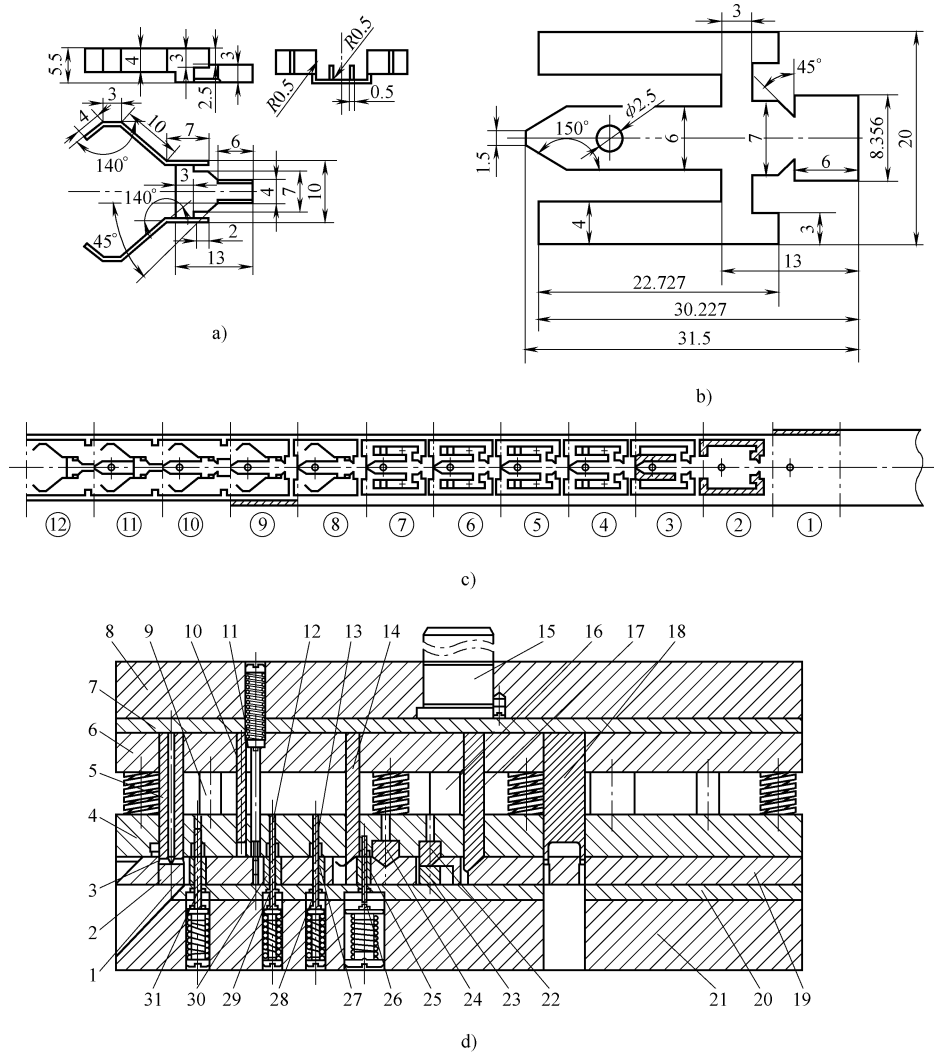


图 9-20 电器接插件级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图 d) 模具结构图

- 1、25、27、30—嵌入式弯曲凹模 2、10、12、13、24—嵌入式弯曲凸模 3、11—导正销
 4—卸料板 5—切断凸模 6—凸模固定板 7—上垫板 8—上模座 9—卸料板导柱
 14—冲肋凸模 15—模柄 16—斜楔 17、18—弯曲凸模 19—凹模板 20、21—下垫板
 22—弯曲镶件 23—滑动弯曲凹模 26、28、29、31—顶杆

排样图（见图 9-20c）

模具结构图（见图 9-20d）

说明：

1) 该模具为冲孔、切边、弯曲等 12 个工位的级进模结构。

2) 排样图中工位为：①冲工艺孔和切边；②冲外轮廓；③冲内轮廓；④制件侧臂水平位置一次弯曲；⑤斜楔驱动滑动弯曲凹模完成二次弯曲；⑥制件侧臂水平位置三次弯曲；⑦制件侧臂小弯曲及冲肋；⑧弯曲制件侧臂至竖直位置；⑨整形；⑩切制件头部轮廓；⑪弯曲制件头部；⑫落料。

3) 由于模具工位较多，为保证模具的冲压精度，级进模采用四导柱滑动导向模架。除采用对角侧刃定距外，在每隔 2~3 个工位采用导正销定位，这样可保证工序件在经过多个工位后仍可保证很高的成形精度。

4) 由于该制件存在弯曲工序，当弯曲结束后弯曲部分留在模腔内将阻止条料的送进，需采用浮顶装置，在冲压回程时将条料从弯曲凹模内抬起，使送料能够实现。由于模具工位较多，为保持模具送料过程平稳，将导料板做成浮顶导料板。在冲压回程时，整块导料板在弹簧力作用下抬起，将制件从凹模内抬起，使条料可以在导料板内导向送进。

实例 21 负极片级进模

零件名称：负极片

材料及板厚：H62 黄铜，0.5mm

零件图（见图 9-21a）

排样图（见图 9-21b）

模具结构图（见图 9-21c）

说明：

1) 该模具为冲孔、弯曲等 9 个工位的级进模结构。

2) 采用斜排方式，虽然相对正反对排材料利用率低，但克服了正反对排和纵排及横排的缺点，利于弯曲。采用自动送料加导正销定位，精度较高。采用单侧载体连接桥方式连接，利于弯曲。具体排样的工位是：①冲导正销孔及内孔；②冲裁余料；③冲裁余料；④空工位；⑤向上弯曲；⑥空工位；⑦向上弯曲及向下弯曲；⑧空工位；⑨向下弯曲及切断。

3) 模具工作过程：采用自动送料粗定距，当压力机滑块下行带动上模座使模具闭合时，第①工位，条料被冲孔凸模冲出导正销孔、零件内型孔，导正销起精定距作用；第②、③工位，冲裁凸模进入凹模，依次冲切内外形；第④、⑥、⑧工位为空工位；第⑤、⑦工位，弯曲凸模进入弯曲凹模，依次弯出零件侧壁；最后工位，弯曲凸模进入弯曲凹模，弯出零件侧壁，由切断凸模最终分割出成品零件。级进模采用弹性卸料板保证每工位卸料及保护细长凸模。凸模尽量采用快换式或穿销式，以保证修配方便。

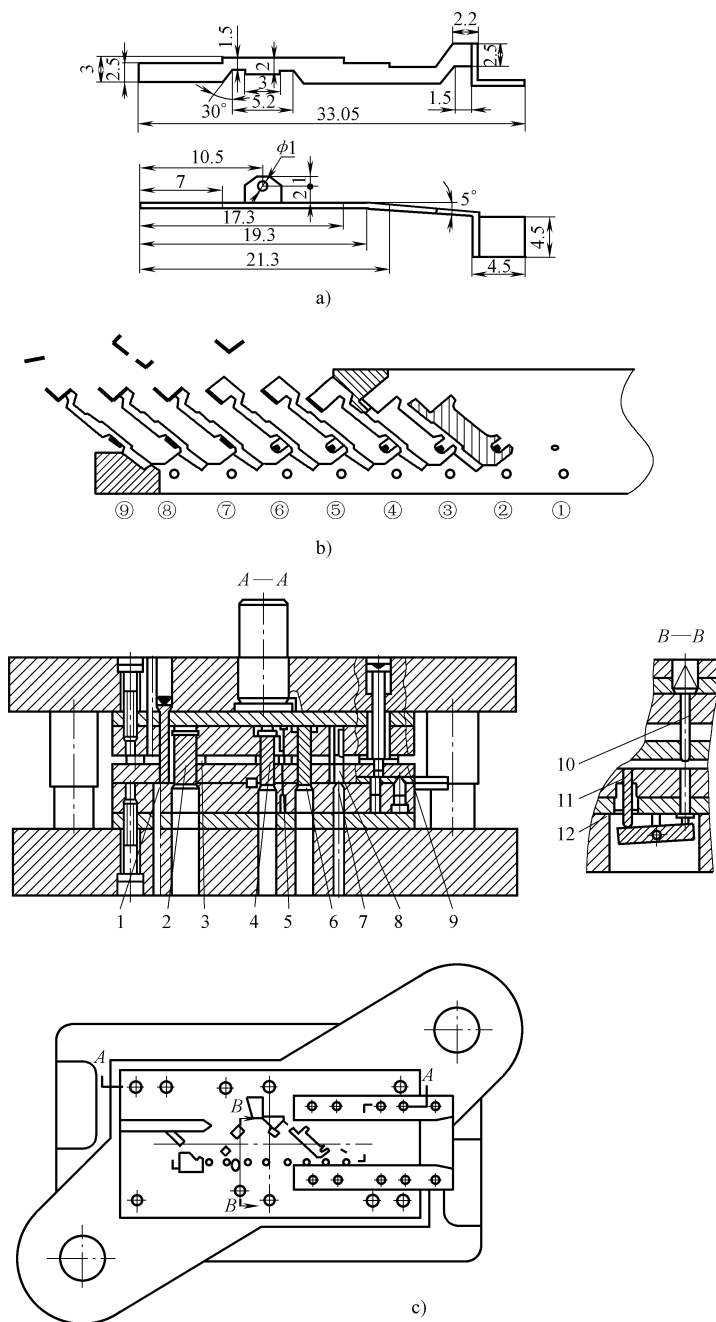


图 9-21 负极片级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

1、4、11—弯曲凸模 2—切断凸模 3—限位柱 5—导正销
6、7、8—冲裁凸模 9—凹模 10—打杆 12—护套

实例 22 瓶塞压臂级进模

零件名称：瓶塞压臂

材料及板厚：2A12 硬铝，1mm

零件图（见图 9-22a）

展开图（见图 9-22b）

排样图（见图 9-22c）

模具结构图（见图 9-22d）

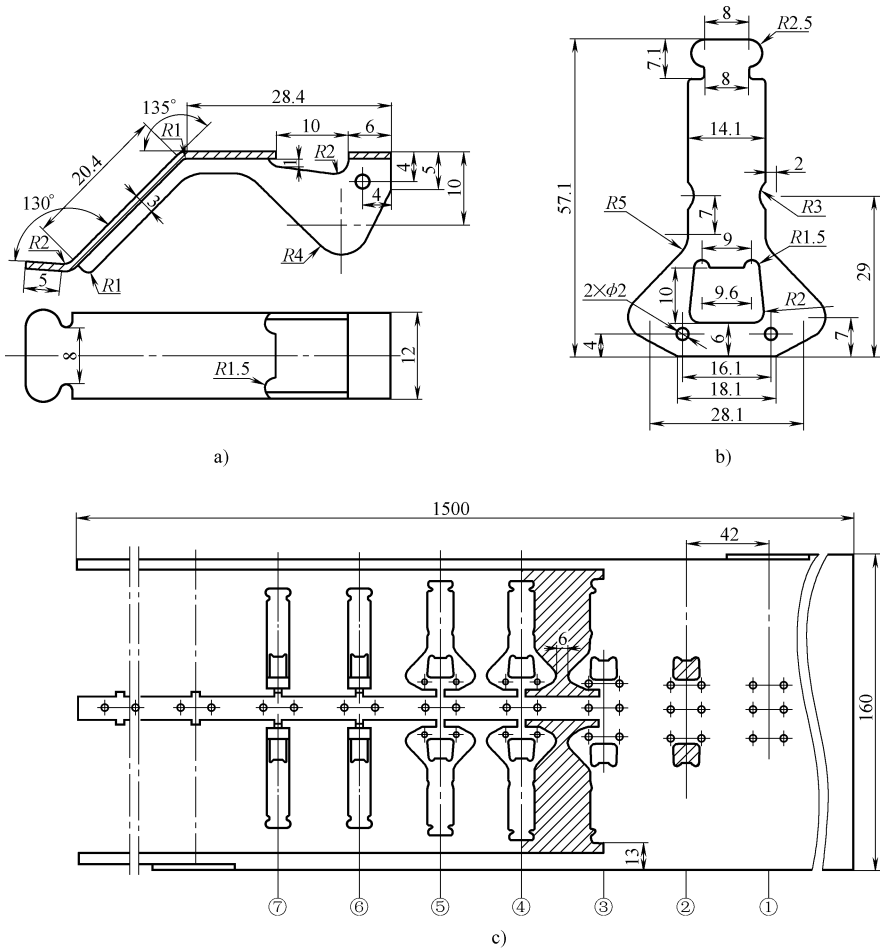


图 9-22 瓶塞压臂级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

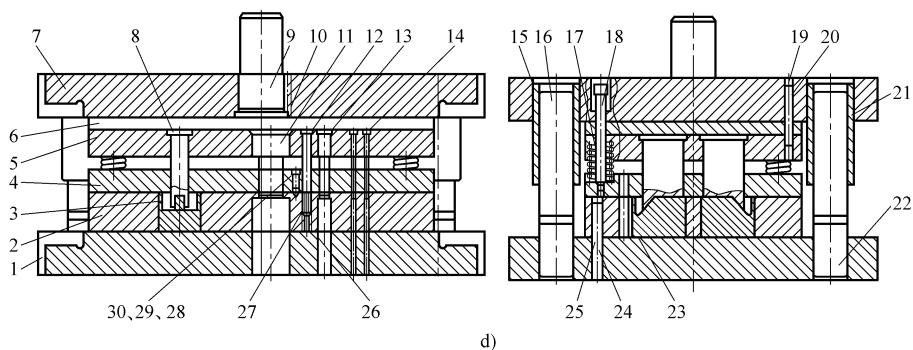


图 9-22 瓶塞压臂级进模（续）

d) 模具结构图

- 1—下模座 2—凹模板 3—弯曲凹模 4—卸料板 5—凸模固定板 6—垫板
7—上模座 8—弯曲凸模 9—模柄 10、19、24—圆柱销 11、13、14—凸模
12—小导柱 15、21—导套 16、22—导柱 17—卸料弹簧 18—卸料螺钉
20、25、28—螺钉 23—浮料销 26、29—弹簧 27—顶料销 30—导正销

说明：

- 1) 该模具为冲孔、弯曲等 7 个工位的级进模结构。
- 2) 采用对排排样方式，工位安排为：①冲圆孔、导正销孔，侧刃切边；②冲梯形孔；③冲外形；④空步；⑤50°弯曲；⑥U 形弯曲和 45°弯曲；⑦切断。
- 3) 工序中有向下弯曲，在送进条料时，要把条料抬起，再往前送进，要设计浮料和顶料装置。在模具闭合时，浮料销和顶料销随条料下压，模具打开时，靠弹簧弹力，浮料销和顶料销把条料抬起，进行送料。该浮料销也起导料的作用。

实例 23 连接支架级进模

零件名称：连接支架

材料及板厚：SECC 电镀冷轧钢，0.8mm

零件图（见图 9-23a）

展开图（见图 9-23b）

排样图（见图 9-23c）

模具结构图（见图 9-23d）

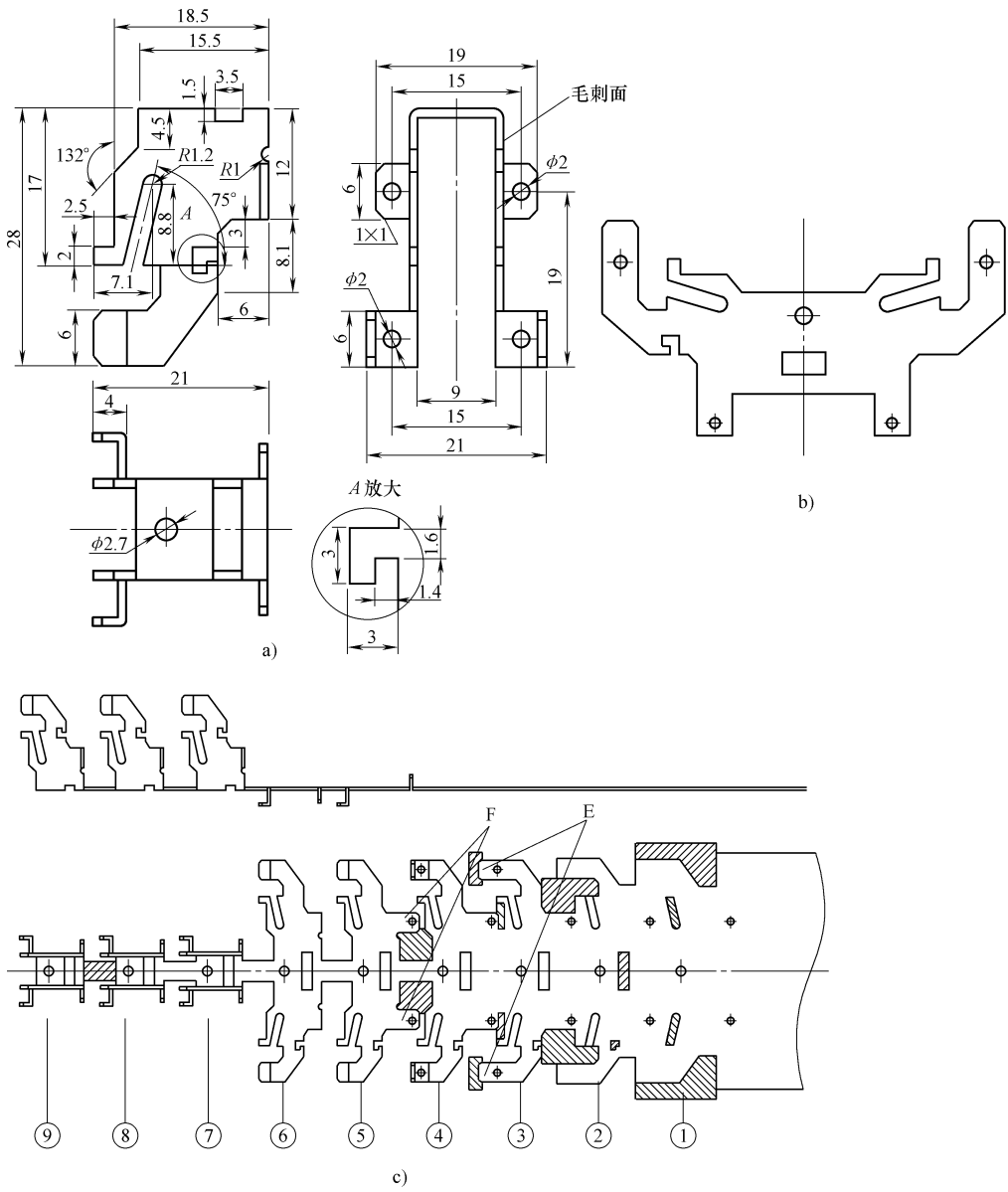


图 9-23 连接支架级进模
a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

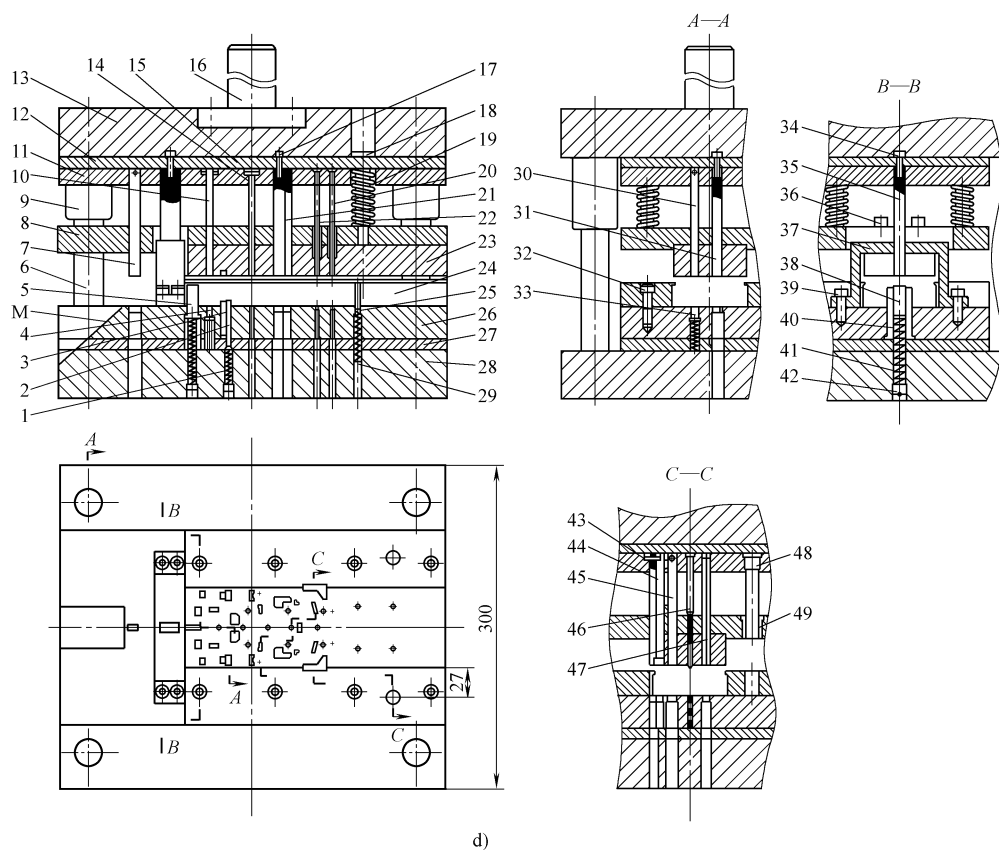


图 9-23 连接支架级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1、41—弹簧 2—弯曲推块 3、10、30、35—弯曲凸模 4、33、38—顶件块
 5—条形浮顶器 6—导柱 7、14、21、31、45、47—冲裁凸模 8—卸料板
 9、12、27—垫板 11—凸模固定板 13—上模座 15、43—销 16—模柄
 17、32、34、36—内六角螺钉 18—卸料螺钉 19—卸料弹簧 20、22—冲孔凸模
 23—卸料板镶块 24—导料板 25—浮顶销 26—凹模板 28—下模座
 29、42—螺塞 37—大弯曲固定卸料架 39、44—侧刃 40—大弯曲成形镶块
 46—导正销 48—小导柱 49—小导套

说明:

- 1) 该模具为冲孔、弯曲、分离等 9 个工位的级进模结构。
- 2) 针对零件两侧均有双向成形要求, 排样设计时的载体只能采用中间载体的

形式。该零件冲压工艺分成9个工位，送料用侧刃粗定位，用导正销精定位。工位①包含双成形侧刃外形冲裁、冲3个圆孔，中心线上的孔可兼作导正孔；工位②~④为局部外形冲切，其中工位②冲一个矩形孔，工位③冲制两圆孔，工位④上两个E部位向上弯曲。工位⑤上由工位④的两个E部位再向下弯曲。工位⑥上由工位⑤的两个F部位向下弯曲。工位⑦为大弯曲成形；工位⑧为空工位；工位⑨为零件外形与载体平切分离。

3) 模具结构设计

①为保证模具的精度，该模架采用四导柱模架。条料的运动精度由成形侧刃44粗定位和导正销46精定位来保证。

②工位④是零件E部位有两处向上弯曲，为确保制件弯曲尺寸的精度，在弯曲凸模3的内侧增设一个浮动弯曲推块2，且弯曲推块比弯曲凸模略高些，以确保模具闭合时，能先对条料施加预压力，然后再弯曲，防止条料因滑动产生变形和尺寸不准确，同时，弯曲完毕后，弯曲推块起顶料作用。弯曲凹模设在卸料板镶块23中。

③工位⑤在工位④两处向上弯曲的E部位再向下弯曲，弯曲后条料的送进中会产生障碍。为此采用浮顶装置，考虑到加工制造、条料外形冲裁后产生的缺口等因素，浮顶装置采用两种类型，工位①~④采用双排圆柱形浮顶销25，工位⑤~⑥采用条形浮顶销5，条形浮顶销是为了使板料在外形冲裁留下缺口后顺利通过，条形浮顶销的右端设计为 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$ 的倾斜面。在该工位，零件两部位向下弯曲的凹模内各设有一个弹性顶件块4，目的是使零件向下弯曲后从凹模内顶出。

④工位⑥有工位⑤的两处F部位向下弯曲，这两部位同样在凹模内各设有一个弹性顶件块33，作用与顶件块4相同。

⑤工位⑦为零件大弯曲最后成形，该工位是要使条料的上表面成为弯曲后的内表面。在模具结构上采用如图9-23b中B—B剖面图的弯曲模结构形式，卸料采用局部固定卸料的结构形式。

实例24 滑板级进模

零件名称：滑板

材料及板厚：08F钢，0.8mm

零件图（见图9-24a）

排样图（见图9-24b）

模具结构图（见图9-24c）

说明：

- 1) 该模具为冲孔、弯曲、切断等9个工位的级进模结构。
- 2) 采用单排横排横连单侧载体排列，共有9个工位：①冲导正钉孔，侧刃定距；②冲孔，冲外形；③冲外形；④冲外形；⑤C部位弯曲；⑥D、E部位弯曲；⑦B部位弯曲；⑧空步；⑨切断。



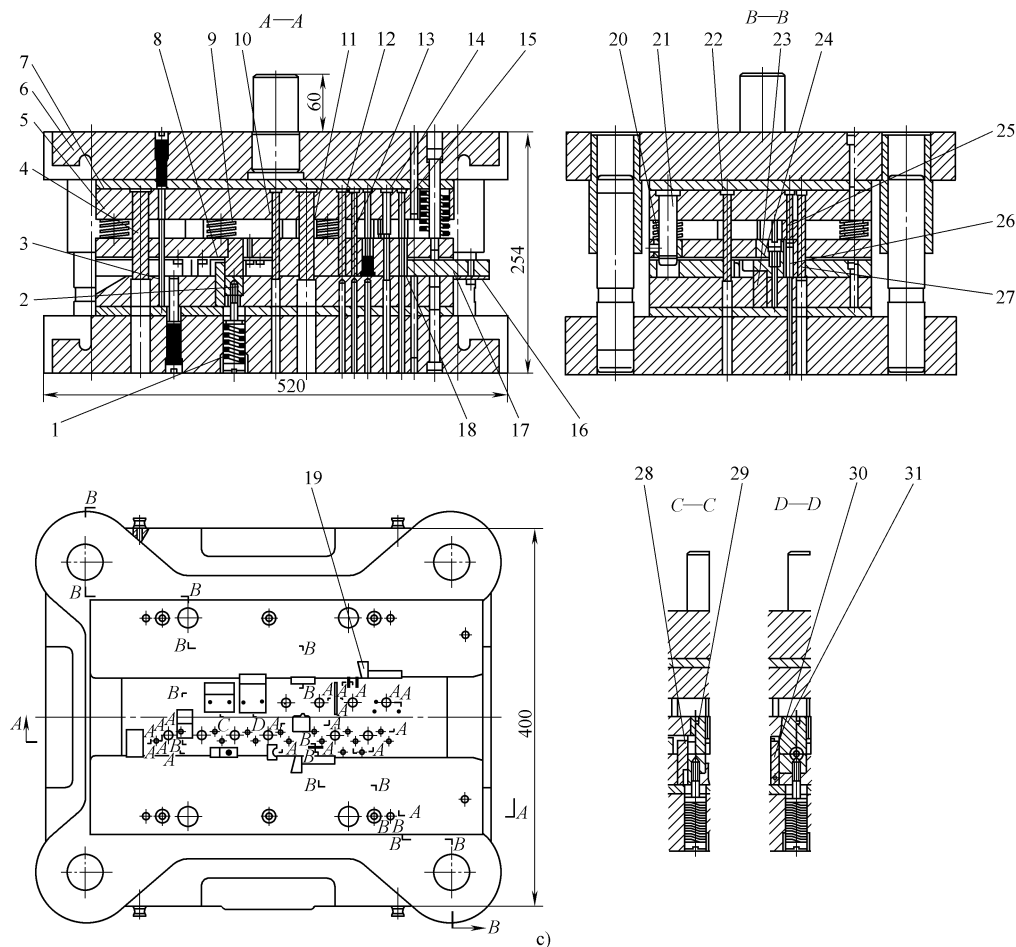


图 9-24 滑板级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—下模座 2—压料板 3—凹模板 4—切断凸模 5—凸模固定板 6—上模座
 7—垫板 8、23、28、30—弯曲凹模 9、24、29、31—弯曲凸模
 10、11、12、13、22、25—冲裁凸模 14、15—冲孔凸模 16—承料板 17—导料板
 18—冲模护套 19—挡料块 20—小导套 21—小导柱 26—冲模护套 27—侧刃

实例 25 弯曲铁心级进模

零件名称：弯曲铁心

材料及板厚：50A470 硅钢，0.5mm

零件图（见图 9-25a）

排样图（见图 9-25b）

模具结构图（见图 9-25c）

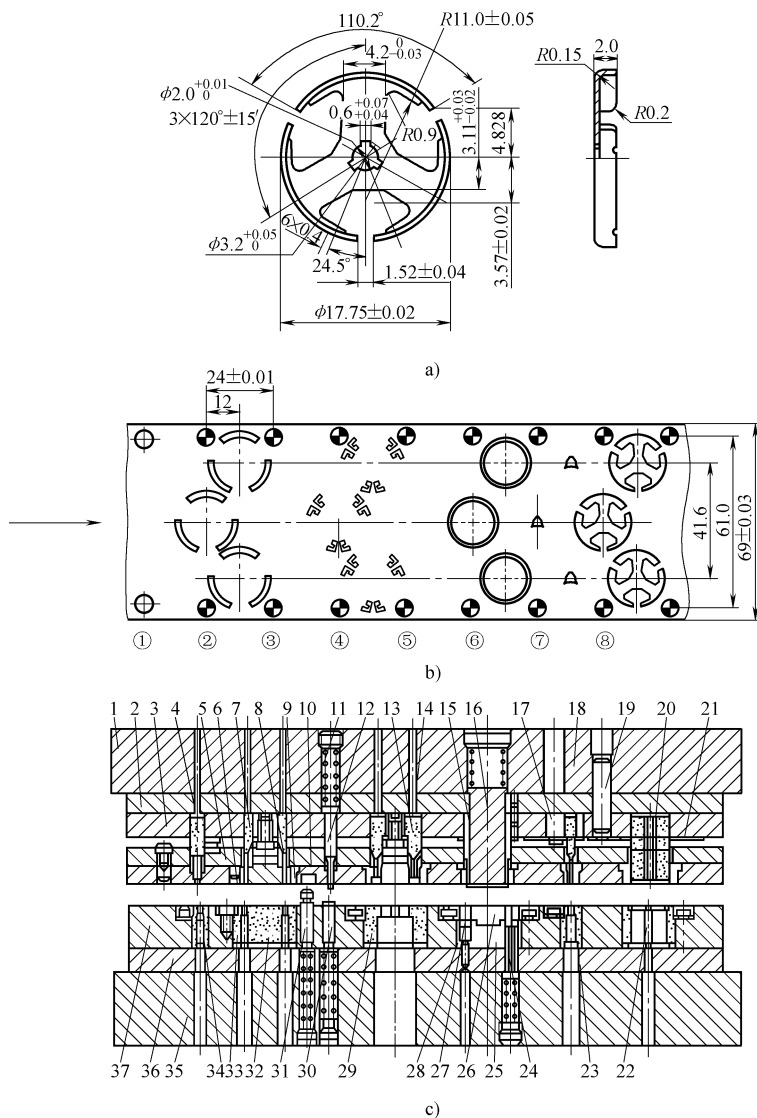


图 9-25 弯曲铁心级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—上模座 2、36—垫板 3—凸模固定板 4—冲导正孔凸模 5—卸料板安装板
 6、19—销 7—第一冲切凸模 8、21—压板 9—导引座 10—卸料板 11—弹簧
 12—导正销 13—第二冲切凸模 14、32—垫片 15—弯曲凹模 16—压杆
 17—冲中心孔凸模安装座 18—冲中心孔凸模 20—冲裁凸模 22—冲裁凹模
 23—冲中心孔凹模 24—顶杆 25—定位块安装座 26—固定定位块
 27—活动定位块 28—弯曲凸模座 29—第二冲切凹模 30—浮动导正销套
 31—浮动导料销 33—第一冲切凹模 34—冲导正孔凹模 35—下模座 37—凹模固定板

说明:

- 1) 该模具为冲孔、弯曲、落料等8个工位的级进模结构。
- 2) 排样采用三排式, 工位是: ①冲导正孔; ②一次冲切; ③空位; ④二次冲切; ⑤空位; ⑥弯曲; ⑦冲中心孔; ⑧落料。
- 3) 模具结构设计:

①模架采用4对滚动导向。凸模固定板内装有6个小导柱, 与卸料板、凹模固定板导向配合, 保证模具的运动精度和足够的刚度。

②在凹模固定板沿送料方向两侧设有多对浮动导料杆和浮动的导正销套, 保证条料在浮离凹模平面一水平高度的情况下完成送料工作。冲压过程中材料是在导正销定位、卸料板与凹模固定板压紧的状态下成形的, 因而防止了条料在冲压加工时的变形, 保证了送料和制件的尺寸精度。

③凹模均采用嵌入式结构, 直接装入凹模固定板内, 下面有一块大垫板。

④为了保证铁心的中心与外圆的同轴度要求, 冲导正孔后的工位上设有导正销导正, 其他工位也安排有导正销作精定位。

9.3 冲裁、成形多工位级进模

实例 26 碟形弹簧级进模

零件名称: 碟形弹簧

材料及板厚: 65Mn 锰钢, 1.5mm

零件图 (见图 9-26a)

排样图 (见图 9-26b)

模具结构图 (见图 9-26c)

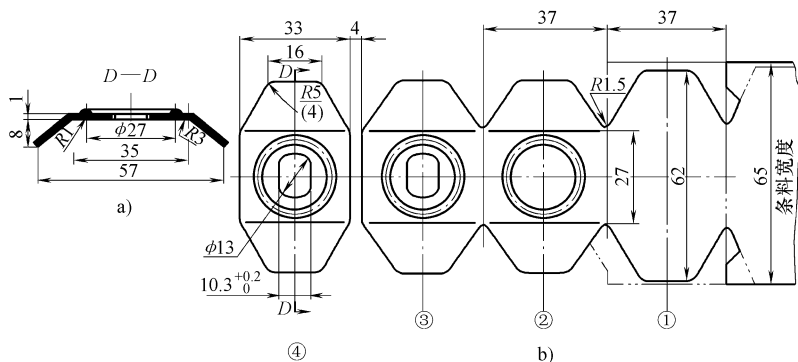


图 9-26 碟形弹簧级进模

a) 零件图 b) 排样图

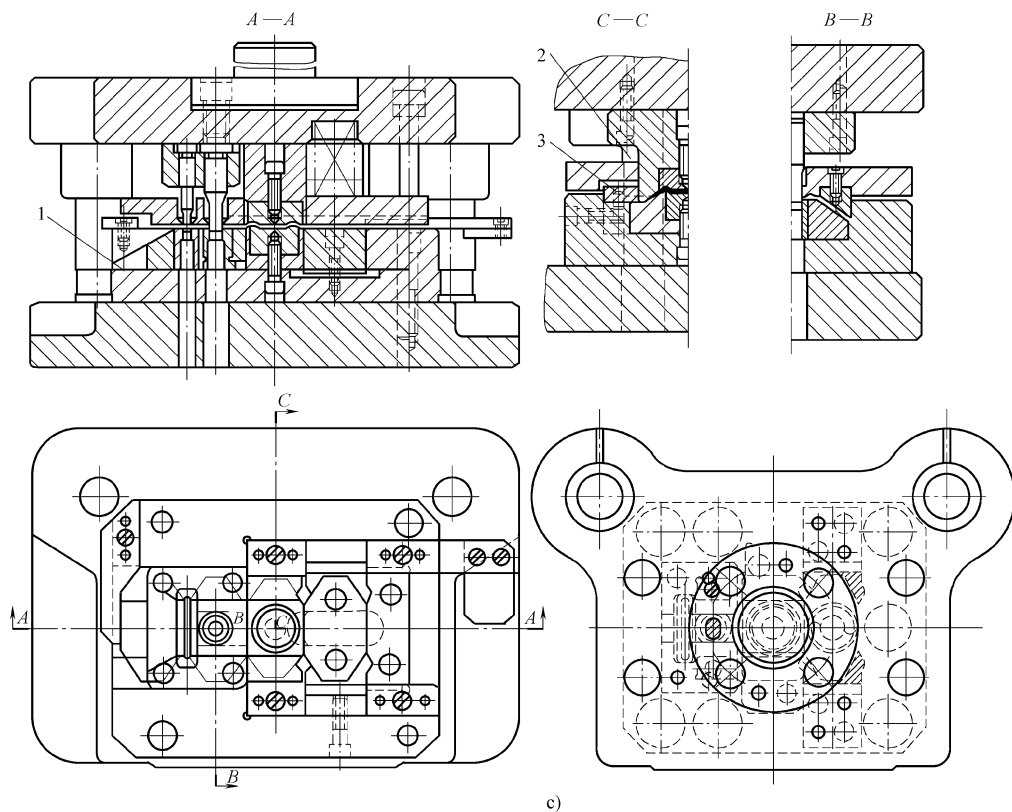


图 9-26 碟形弹簧级进模 (续)

c) 模具结构图

1—安装板 2—凸模 3—定位块

说明:

- 1) 该模具为连续完成切口、成形、冲孔、切断 4 个工位的级进模结构。
- 2) 凸模 2 在条料上切口定距, 废料落入压力机工作台孔, 工件则沿安装板 1 的斜面滑出。

实例 27 凹形盖级进模

零件名称: 凹形盖

材料及板厚: 10 钢, 0.5mm

零件图 (见图 9-27a)

排样图 (见图 9-27b)

模具结构图 (见图 9-27c)

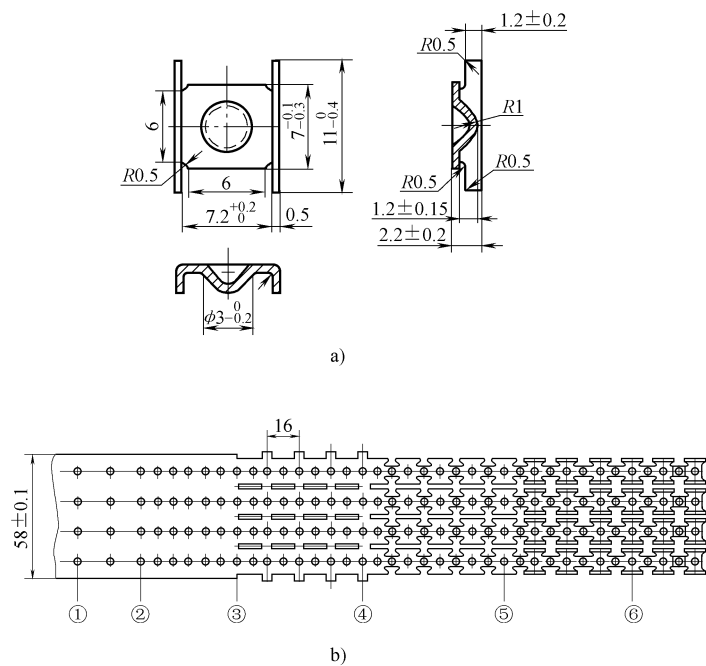


图 9-27 凹形盖级进模
a) 零件图 b) 排样图

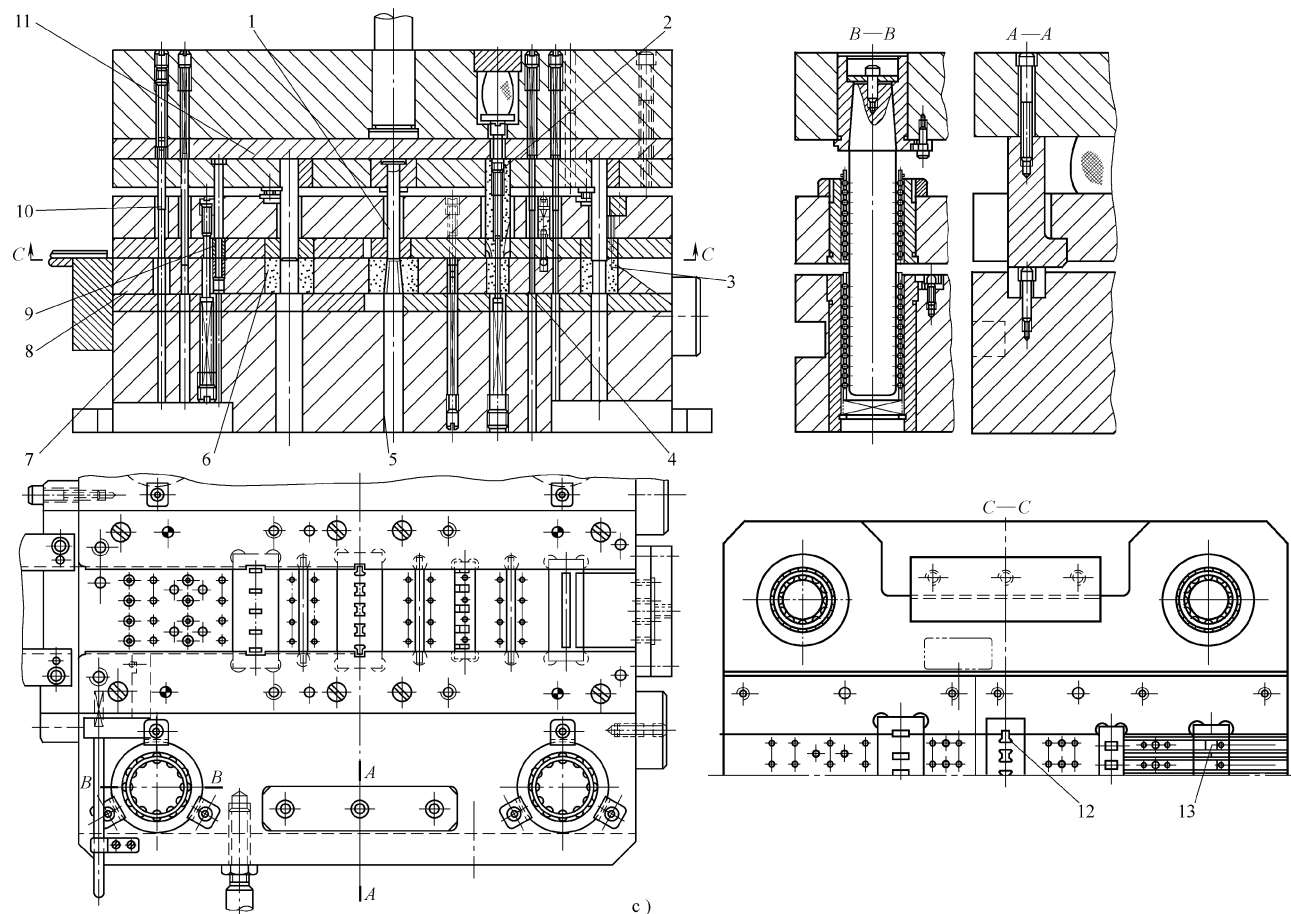


图 9-27 凹形盖级进模(续)

c) 模具结构图

1、10、11、12、13—凸模 2—弯曲凸模 3、6、8—凹模 4—弯曲凹模 5—凹模镶块 7—冲突凸模 9—冲突凹模

说明:

1) 该模具为连续完成冲孔、成形、压弯、切断6个工位的级进模结构,即第①工位是由凸模10与凹模8冲 $\phi 2.4\text{mm}$ 的工艺孔;第②工位是由凸模7与凹模9压 $R1\text{mm}$ 的突起;第③工位是由凸模11与凹模6冲分离槽;第④工位是由凸模1、12与凹模镶块5冲 $R0.5\text{mm}$ 的成形槽;第⑤工位是由弯曲凸模2与弯曲凹模4压弯;第⑥工位是由凸模13与凹模3将工件切落。

2) 该零件尺寸小,外形规则,采用四行排列的连续冲压方法,提高了生产率。

3) 凸、凹模用硬质合金制造,并采用了带滚动导向的弹压导板导向,提高了凸模与凹模的对中性和使用寿命。

实例28 通孔凸缘级进模

零件名称: 通孔凸缘

材料及板厚: 10 钢, 1mm

零件图 (见图 9-28a)

排样图 (见图 9-28b)

模具结构图 (见图 9-28c)

说明:

1) 该模具为连续完成制件的冲孔、翻口及落料4个工位的级进模结构。

2) 模具的工作过程:

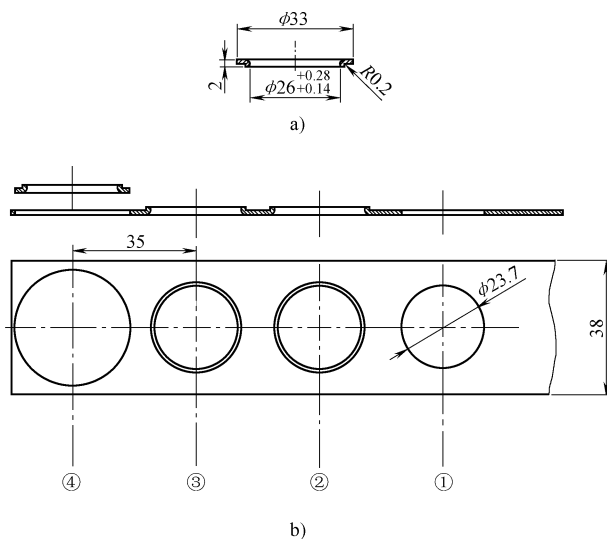


图 9-28 通孔凸缘级进模

a) 零件图 b) 排样图

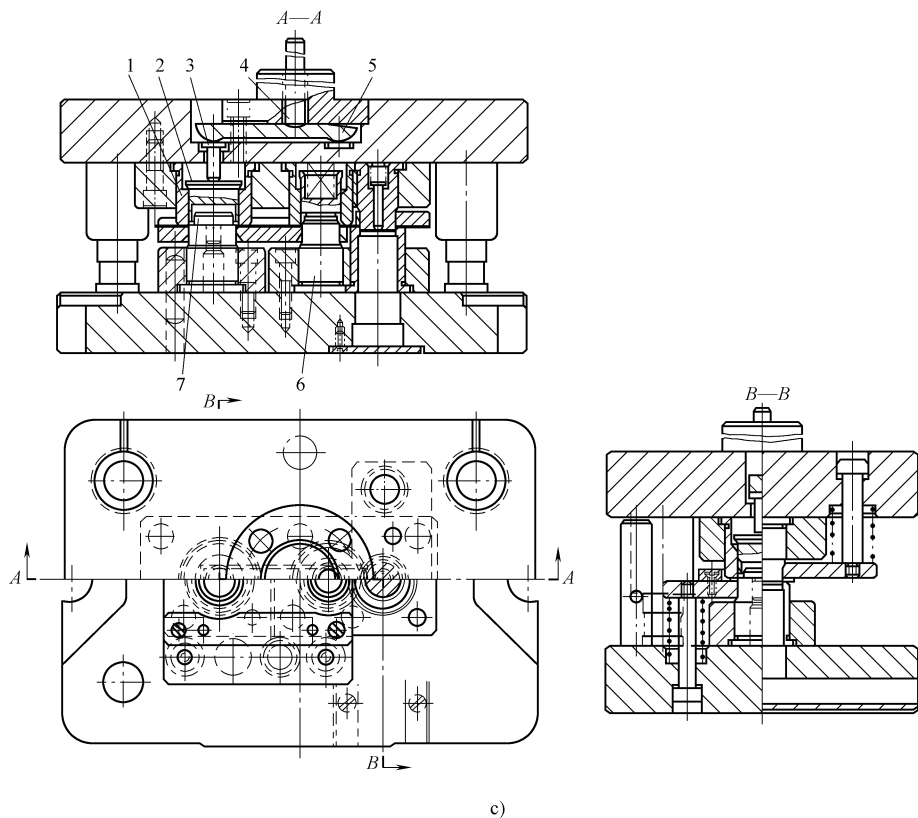


图 9-28 通孔凸缘级进模 (续)

c) 模具结构图

1—凹模 2—顶出器 3—推销 4—杠杆 5—杠杆式推板 6—凸模 7—定位销

①带料送进由凸模 6 头部和定位销 7 定位。

②为便于出件，冲模安装在可倾式压力机上，落下的制件留在凹模 1 内。当压力机滑块上行时，由顶出器 2、推销 3、杠杆式推板 5 和杠杆 4 组成的顶出机构将制件顶出凹模 1。制件在落下过程中，被装在压力机上的压缩空气吹出冲模。

3) 因顶出器 2 偏离冲模中心较远，故采用带杠杆式推板的顶出机构。

实例 29 弹片级进模

零件名称：弹片

材料及板厚：C5240R-SH 超硬磷铜， $0.3 \pm 0.01\text{mm}$

零件图（见图 9-29a）

展开图（见图 9-29b）

排样图（见图 9-29c）

模具结构图（见图 9-29d）

说明:

- 1) 该模具为冲孔、成形、落料等 15 个工位的级进模结构。
- 2) 该工艺采用直排错开对排的形式，共有 15 个工位：①冲导正销孔，冲方孔；②、③、④、⑤导正、冲废料；⑥冲废料；⑦导正、成形舌部；⑧导正、成形；⑨导正、成形、引脚成形；⑩导正、空位；⑪推弯成形；⑫空位；⑬整形；⑭空位；⑮落料。
- 3) 模具采用 4 导柱钢板模座，料带首先采用人工送料，送到一定工位后采用自动送料模式进行自动生产。由于弹片需要多步弯曲，所以必须由外到内逐步弯曲，该副模具采用推弯成形。

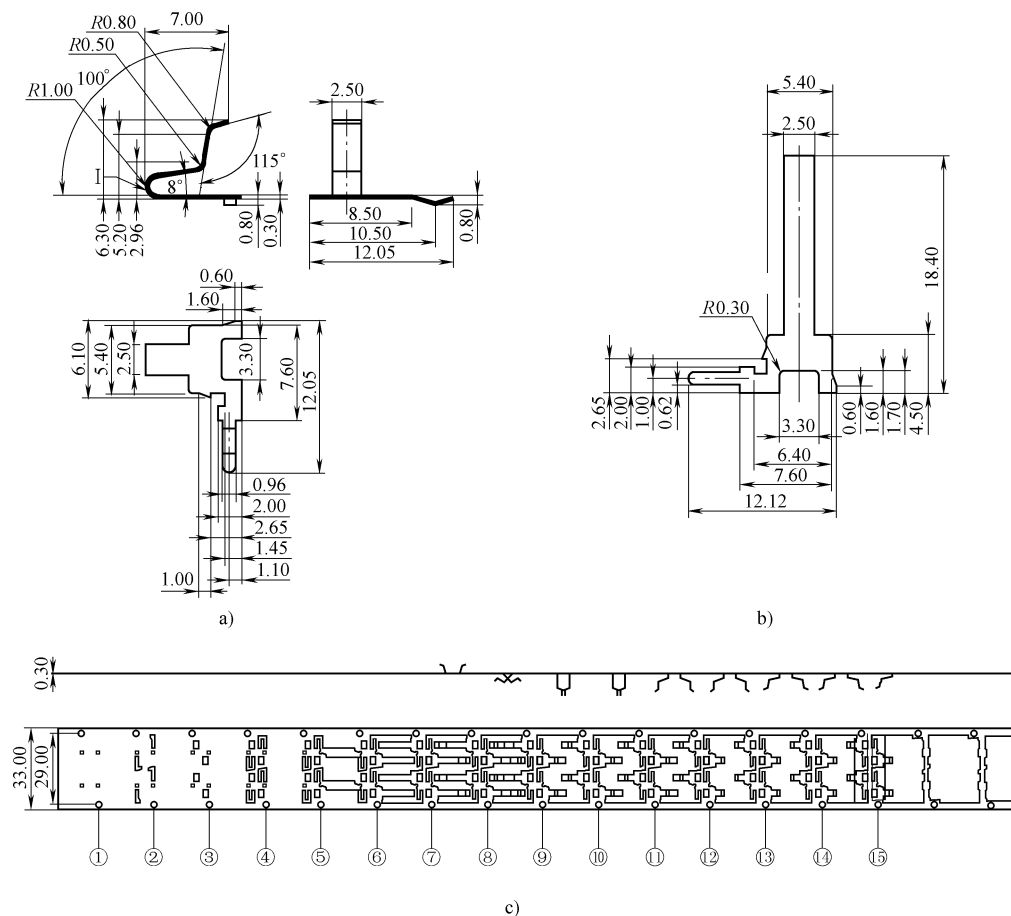
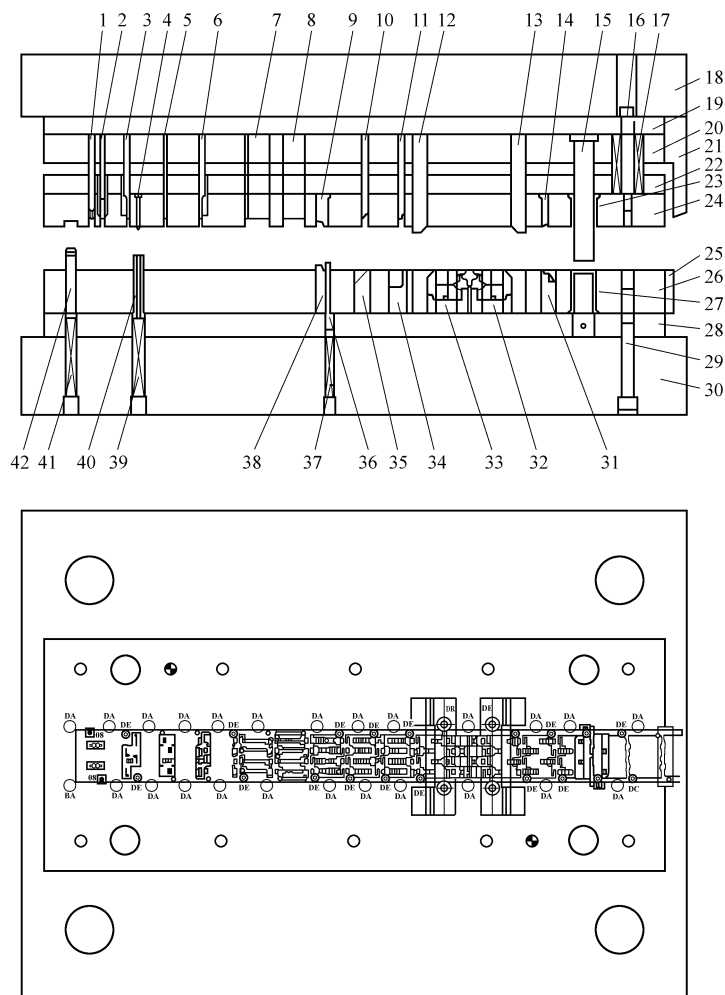


图 9-29 弹片级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图



d)

图 9-29 弹片级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1、3、5、6、7、8—冲裁凸模 2—冲导正孔凸模 4—定位销 9、10、11—成形凸模
 12、13—斜楔 14—整形凸模 15—辅助导柱 16—等高螺钉 17—卸料弹簧
 18—上模座 19—上垫板 20—凸模固定板 21、25—废料刀 22—限位板
 23、27—辅助导套 24—卸料板 26—下模板 28—下垫板 29—下模固定螺钉
 30—下模座 31—整形凹模 32、33—滑块 34、35、38—成形凹模 36—浮动顶底
 37、39、41—弹簧 40—浮顶销 42—浮动导料销

实例 30 密封盖级进模

零件名称：密封盖

材料及板厚：10 钢，1.5mm

零件图 (见图 9-30a)

排样图 (见图 9-30b)

模具结构图 (见图 9-30c)

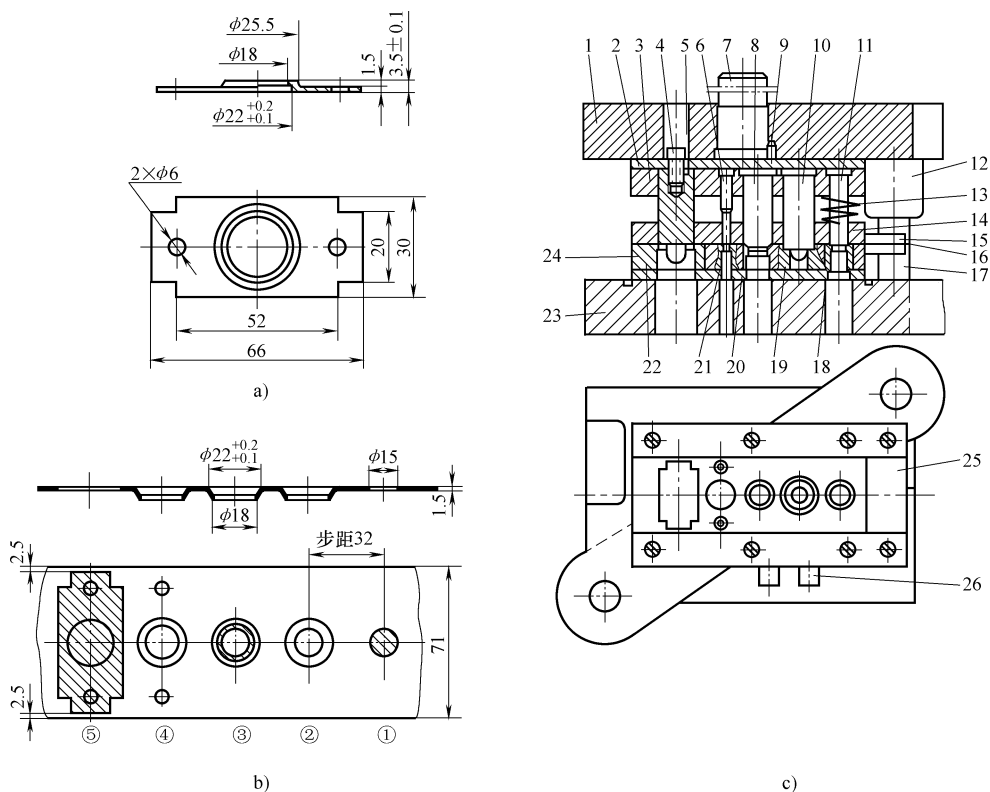


图 9-30 密封盖级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—上模板 2—上垫板 3—凸模固定板 4—螺钉 5—落料凸模 6—小冲孔凸模
7—模柄 8—冲孔整形凸模 9—止转销钉 10—翻边凸模 11—大冲孔凸模
12—导套 13—卸料弹簧 14—卸料板 15—导尺 16—条料 17—导柱
18—大冲孔凹模 19—翻边凹模 20—冲孔整形凹模 21—小冲孔凹模
22—下垫板 23—下模板 24—凹模板 25—承料板 26—始用挡料销

说明:

1) 该模具为连续完成冲孔、翻边、落料等 5 个工位的级进模结构, 即第①工位是预冲孔工序; 第②工位是翻边工序; 第③工位是冲底孔及整形工序; 第④工位是冲两个小圆孔工序; 第⑤工位是落料工序。

2) 凹模板由两部分组成。第①~④工位共用一块凹模板, 各工位的凹模部分都分别设置凹模镶套。第⑤工位落料凹模单独为一部分。

3) 该模具的工作过程是: 先把条料沿导尺送进, 并受到第①工位和第②工位

各设置一个始用挡料销的限制。压力机滑块下降，依次序进行冲压及送进工作。在第⑤工位落料后，工件从底孔中漏出。

4) 为了保证上、下模的精确定位，第②和第⑤工位的凸模都设有导正销进行导向。

9.4 冲裁、拉深多工位级进模

实例 31 弹簧导套级进模

零件名称：弹簧导套

材料及板厚：08 钢，1.5mm

零件图（见图 9-31a）

排样图（见图 9-31b）

模具结构图（见图 9-31c）

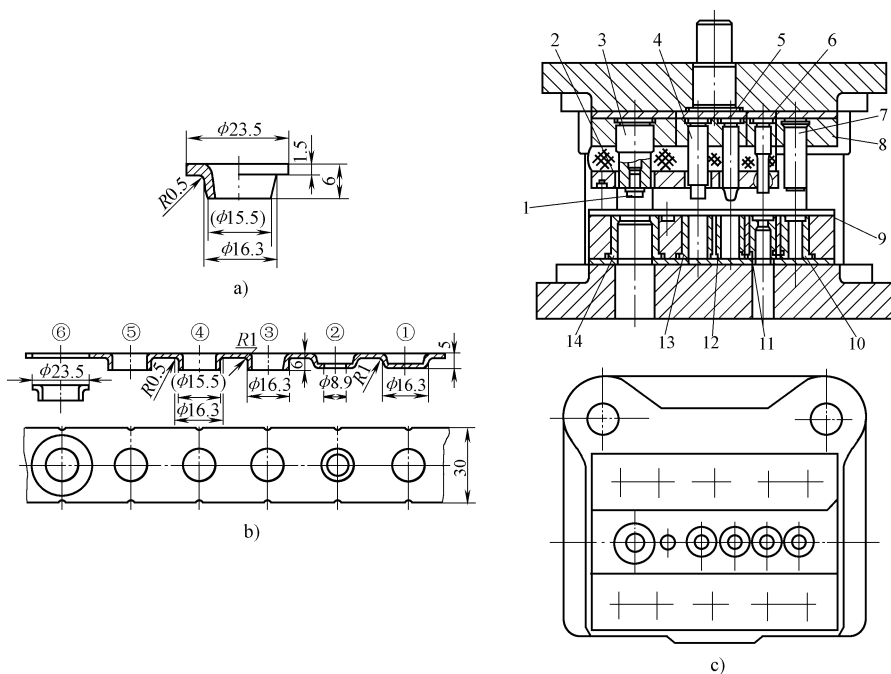


图 9-31 弹簧导套级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—导正销 2—卸料板 3—落料凸模 4—整形凸模 5—翻边凸模 6—冲孔凸模
7—拉深凸模 8—凸模固定板 9—侧导板 10—拉深凹模 11—冲孔凹模
12—翻边凹模 13—整形凹模 14—落料凹模

说明:

1) 该模具为冲孔、拉深等6个工位的级进模结构,即①首次拉深;②二次拉深;③冲孔;④翻边、整形;⑤空位;⑥落料。

2) 带料送进定位。带料采用自动送料机构粗定位;翻边、整形时,用翻边凸模5和整形凸模4对带料自动找正;落料时,由安装在落料凸模3上的导正销1对带料精定位。

3) 凹模采用镶套结构,便于维修更换。

4) 凸模固定板8为夹板分块结构,便于调整更换凸模,并可通过研磨拼块方式,达到孔距制造误差积累的补偿,保证上模与下模型孔间的间隙均匀。

5) 上模垫板采用分块结构。因冲孔、落料凸模工作刃口部分易磨损,为了保证上模各凸模长度尺寸的协调,当冲孔、落料凸模长度磨去一定量时,可在翻边、整形凸模的垫板处磨去相应值。

实例32 烤盘级进模

零件名称:烤盘

材料及板厚:08F钢,0.4mm

零件图(见图9-32a)

排样图(见图9-32b)

模具结构图(见图9-32c)

说明:

1) 该模具为冲孔、拉深、落料等9个工位的级进模结构,即①冲两个导正销孔 $\phi 7\text{mm}$ 和冲工艺切口;②旋转 45° ,交叉冲工艺切口;③校平;④正拉深 $\phi 82\text{mm} \times 29.5\text{mm}$;⑤首次反拉深;⑥二次反拉深;⑦整形;⑧落料;⑨切断带料。

2) 带料用自动送料装置送进,在第①工位冲出两个导正销孔 $\phi 7\text{mm}$ 后,第②、⑧工位上都设置导正销,为带料送进导正。在第⑤、⑥工位反拉深时,压边圈和凹模形状可自行找正导向。

3) 在有正、反拉深的连续拉深模中,正、反拉深时凸、凹模有正装、倒装方式并存,调整各工位零件的高度,保证带料基本处于同一平面(可有一定高低落差),保证模具正常工作。

实例33 连接片级进模

零件名称:连接片

材料及板厚:H62黄铜,0.6mm

零件图(见图9-33a)

展开图(见图9-33b)

排样图(见图9-33c)

模具结构图(见图9-33d)

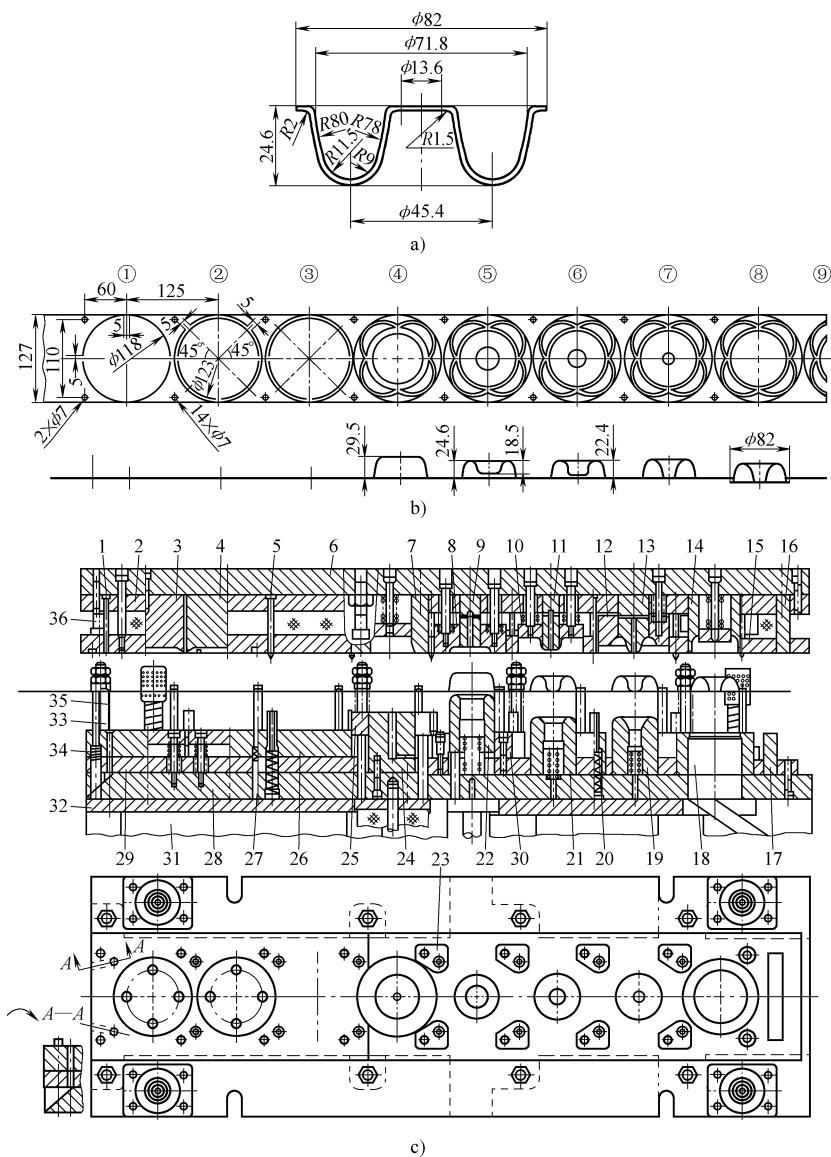


图 9-32 烤盘级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1—冲孔凸模 2—上固定板 3、4—切口凸模 5—导正销 6—上模板
 7、21、22—拉深凹模 8、10、25—拉深压边圈 9、11、24—拉深凸模
 12—整形压边圈 13—整形凸模 14—落料凸模 15—卸料板 16—上切断刀
 17—下切断刀 18—落料凹模 19—整形凹模 20—浮动导正销 23—浮料导正座
 26—切口凹模 27—浮料销 28—下模板 29—下固定板 30—固定环 31—垫块
 32—拉板 33—拉杆 34、35—弹簧 36—推杆

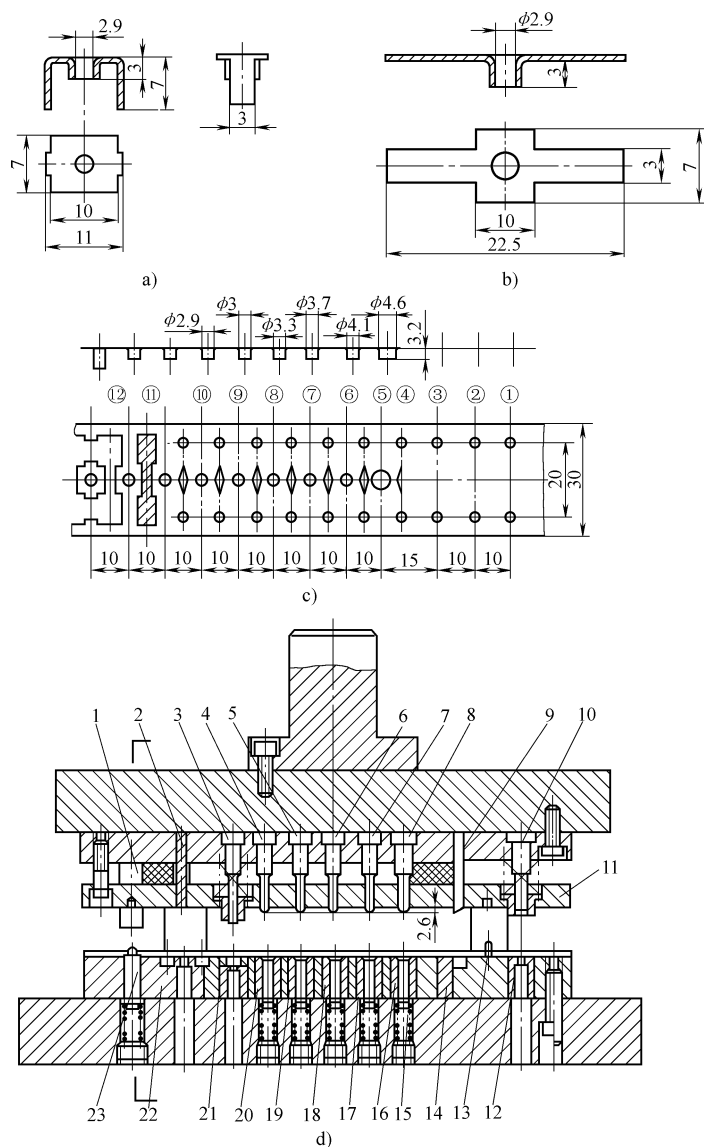


图 9-33 连接片级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图 d) 模具结构图

1—成形模块 2—切外形凸模 3—冲底孔凸模 4、5、6、7、8—拉深凸模 9—切口上刀
10—冲导正孔凸模 11—卸料板 12—冲孔凹模 13—导正销 14—切口下刀
15、23—顶杆 16、17、18、19、20—拉深凹模 21—冲底孔凹模 22—成形下模

说明:

1) 该模具为冲孔、拉深等 12 个工位的级进模结构, 即①冲两个导正销孔; ②空位; ③冲 C 形切口; ④一次拉深; ⑤二次拉深; ⑥三次拉深; ⑦四次拉深; ⑧五次拉深; ⑨冲底孔; ⑩切外形搭边; ⑪空位; ⑫切断成形。

2) 拉深模结构为正装式结构, 下模采用镶套式结构, 各次拉深件用顶杆 15 推出。

3) 带料送进时, 首先用两个导正销 13 精定位; 各次拉深的凹模作送料时的粗定位; 顶杆 23 上端用于切断成形时工序件的精定位。

4) 五次拉深凸模端部伸出卸料板 11 的下平面 2.6mm, 形成一个台肩。拉深前, 凸模连同“台肩”首先在前次拉成的筒体内支撑, 在一轴向力作用下, 对筒壁施加压力, 使筒壁部分材料主要承受压应力, 减轻筒壁变薄和筒底圆角处拉裂的趋势。

5) C 形工艺切口线与两个导正销孔相接, 有利于减轻拉深时切口处材料的变形, 方便送料。

实例 34 方孔焊片级进模

零件名称: 方孔焊片

材料及板厚: H68M 黄铜, 0.5mm

零件图 (见图 9-34a)

拉深工序图 (见图 9-34b)

排样图 (见图 9-34c)

模具结构图 (见图 9-34d)

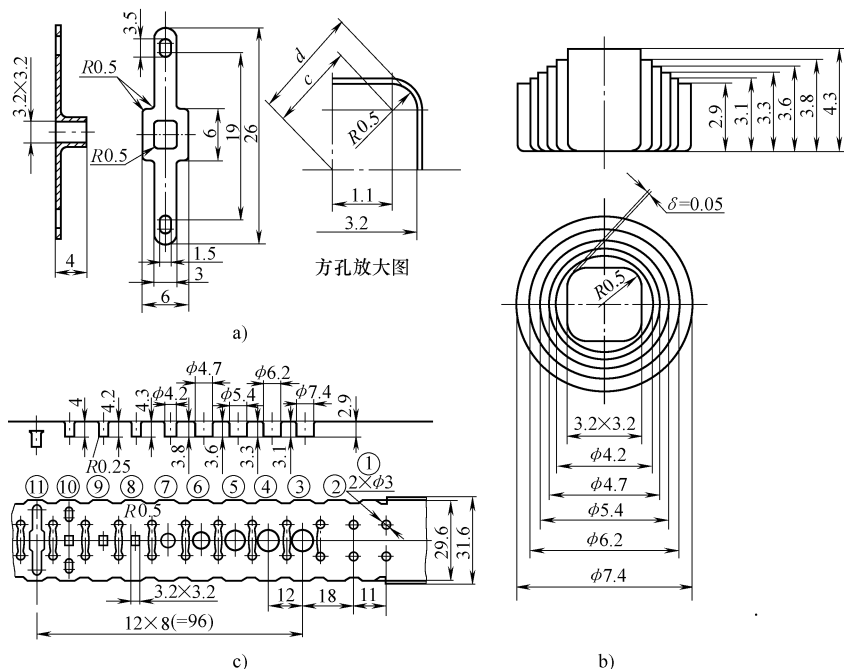


图 9-34 方孔焊片级进模

a) 零件图 b) 拉深工序图 c) 排样图

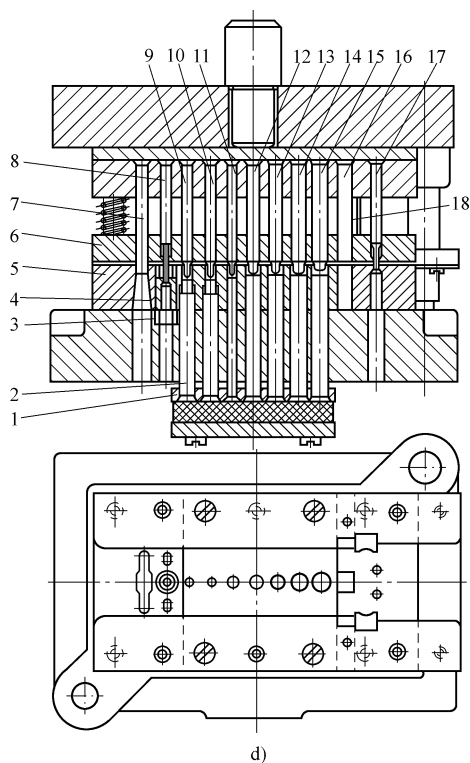


图 9-34 方孔焊片级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1—顶板 2—顶杆 3—垫板 4—冲底孔凹模 5—凹模 6—弹压卸料板
7—落料凸模 8—冲底凸模 9—整形凸模 10、11、12、13、14、15—拉深凸模
16—切口凸模 17—冲孔凸模 18—侧刃

说明:

1) 该模具为冲切、拉深、落料等 11 个工位的级进模结构, 即①冲切双侧刃搭边和两个 $\phi 3\text{mm}$ 孔; ②冲 C 形切口; ③首次拉深; ④二次拉深; ⑤三次拉深; ⑥四次拉深; ⑦五次拉深; ⑧拉深成方筒形; ⑨整形; ⑩冲底孔; ⑪落料。

2) 此模具拉深部分为正装式结构形式。

3) 带料送进用双凹式侧刃控制送料进距, 各次拉深和冲底孔工位用凸模自动找正定位。

4) 凹模 5 为整体结构, 仅在冲底孔工位为镶套结构, 并在底座相应部位设置专用垫板 3, 便于刃磨和更换。

5) 下模拉深和整形的型孔中的 7 根顶杆, 共用一个顶板 1, 使下模结构大为简化。

实例 35 双孔焊片级进模

零件名称: 双孔焊片

材料及板厚: H68M 黄铜, 0.5mm

零件图 (见图 9-35a)

排样图 (见图 9-35b)

模具结构图 (见图 9-35c)

说明:

1) 该模具为冲切、拉深、落料等 13 个工位的级进模结构, 即①压凸筋; ②冲两个工艺切口, 冲双成形侧刃搭边; ③冲切侧刃搭边; ④首次拉深; ⑤二次拉深; ⑥三次拉深; ⑦四次拉深; ⑧五次拉深; ⑨六次拉深; ⑩七次拉深; ⑪整形圆角; ⑫冲底孔; ⑬落料。

2) 此模具采用正装式结构, 凹模选用镶块结构形式。

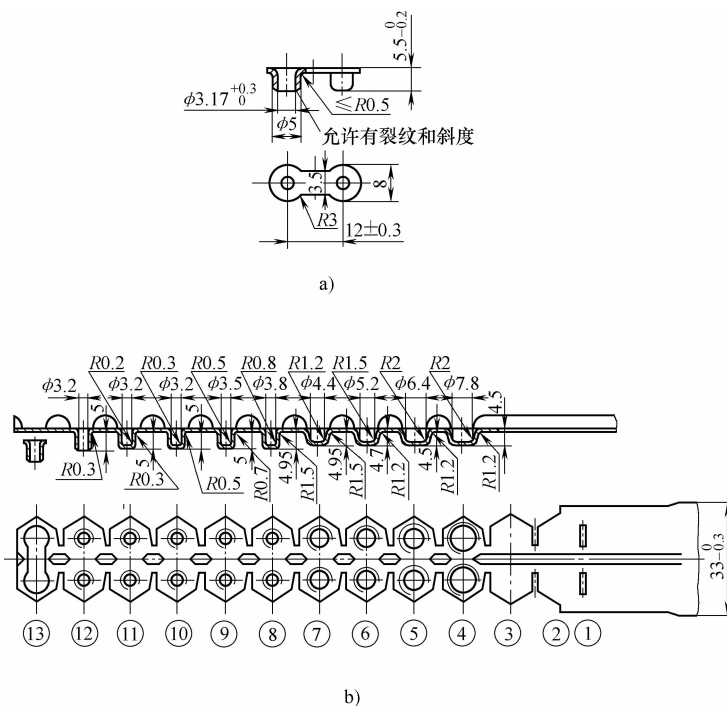


图 9-35 双孔焊片级进模

a) 零件图 b) 排样图

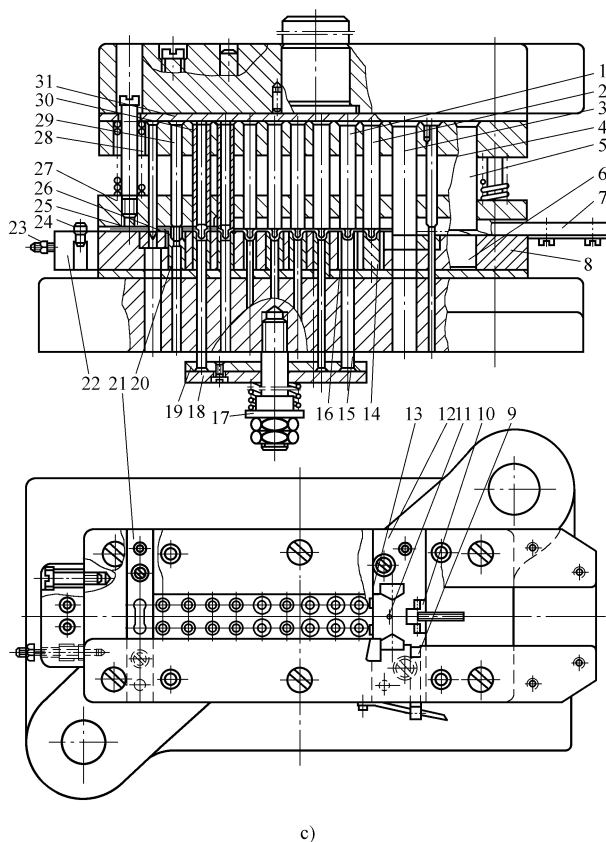


图 9-35 双孔焊片级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1、2—拉深凸模 3—侧刃 4—切口凸模 5—压肋凸模 6—压肋凹模 7—侧导板
 8—凹模固定板 9—初始挡块 10、12、26—镶块(套) 11、24—定位销
 13—定位块 14、16—拉深凹模 15—顶杆 17、23—螺杆 18、31—垫板
 19—顶出杆固定板 20—冲孔凹模 21—落料凹模 22—承料板 25—导正销
 27—卸料板 28—落料凸模 29—冲孔凸模 30—整形凸模

实例 36 压簧圈级进模

零件名称：压簧圈

材料及板厚：QBe2 铍青铜，0.1mm

零件图（见图 9-36a）

排样图（见图 9-36b）

模具结构图（见图 9-36c）

说明:

- 1) 该模具为切口、拉深等 11 个工位的级进模结构。
- 2) 设有 11 个工位，各工位的冲压内容是：工位①侧刃初定距，步距为 17mm，侧刃尺寸为 17.02mm；工位②一次切口并冲 $2 \times \phi 3^{+0.025}_0$ mm 导正销孔；工位③空位；工位④二次切口；工位⑤空位；工位⑥、⑦、⑧连续拉深；工位⑨冲制件底部齿形孔；工位⑩底部成弧形；工位⑪落料。
- 3) 该模具采用复式导向。模架上装有 4 对滚动导柱导套，固定板、卸料板、凹模之间又设有 4 对滑动导向导柱导套，整副模具导向精度高。
- 4) 凹模和卸料板均采用镶套结构，镶套与对应孔之间为 H7/js6 配合，便于制造、调整、修理和更换。
- 5) 每个拉深凹模内设有推杆，拉深开始时起压料作用，拉深结束后起顶件作用，坏件及时从凹模中顶出。弹压力大小利用螺塞调整。
- 6) 正常送料导向靠双排共 14 个浮动导料杆完成，各导料杆的导向槽离凹模平面保持齐高。

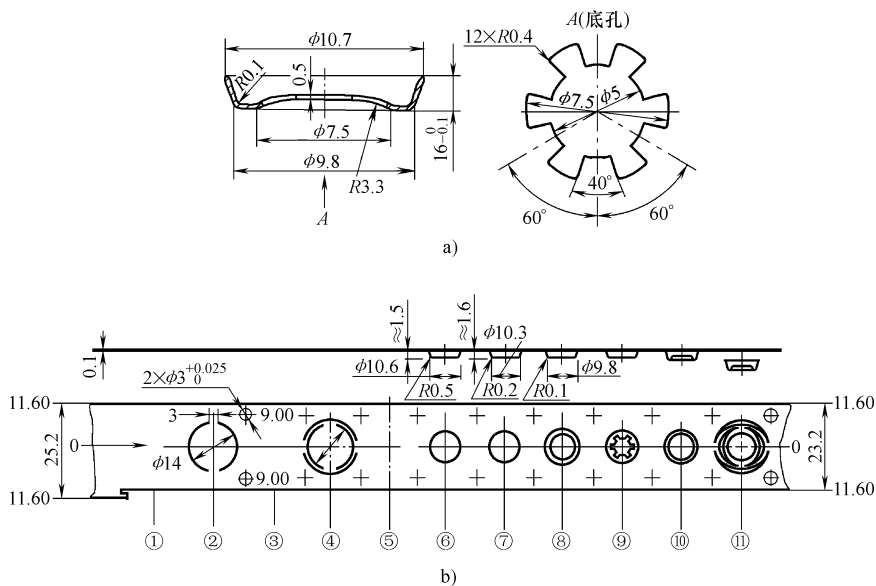


图 9-36 压簧圈级进模

a) 零件图 b) 排样图

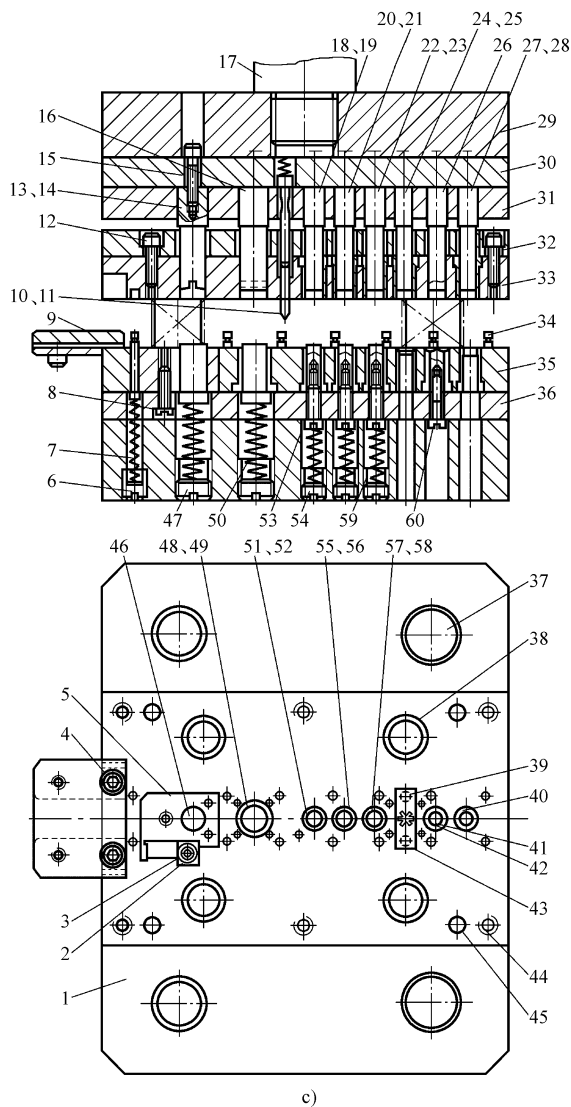


图 9-36 压簧圈级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—下模座 2—侧刃挡块 3、4、8、12、15、39、60—螺钉 5—凹模镶件 6、47、54—螺塞
 7、50、59—弹簧 9—导料板 10—传感导正销 11—导正销 13、16—切口凸模
 14—侧刃 17—模柄 18、20、22—拉深凸模 19、21、23、25—卸料板凸模护套
 24—冲花孔凸模 26—成形凸模 27—落料凸模 28—卸料板凸模护套 29—上模座
 30—上垫板 31—固定板 32—卸料板垫板 33—卸料板 34—浮动导料杆 35—凹模
 36—下垫板 37—滚动导向件 38—小导柱导向件 40—落料凹模镶件 41—成形下凸模
 42—护套 43—花孔凹模 44—内六角螺钉 45—圆柱销 46、49—推杆
 48、51、55、57—镶套 52、56、58—推杆 53—柱头螺钉

实例 37 矩形隔离罩级进模

零件名称：矩形隔离罩

材料及板厚：DC56D 镀镍铁带，0.2mm

零件图（见图 9-37a）

展开图（见图 9-37b）

排样图（见图 9-37c）

模具结构图（见图 9-37d）

说明：

1) 该模具为冲孔、拉深、落料等 7 个工位的级进模结构，即①切工艺刃口；②空位；③冲工艺长孔；④拉深；⑤整形；⑥冲底部矩形孔；⑦落料。

2) 根据级进模特点和送料方式，采用滑动导向对角导柱模架，模架周界尺寸根据凹模周界尺寸选取。导柱、导套间隙采用 H7/r6 过盈配合分别压入下模座和上模座安装孔中。因工件厚度为 0.2mm，导柱与导套间隙需按 H6/h5 研配。

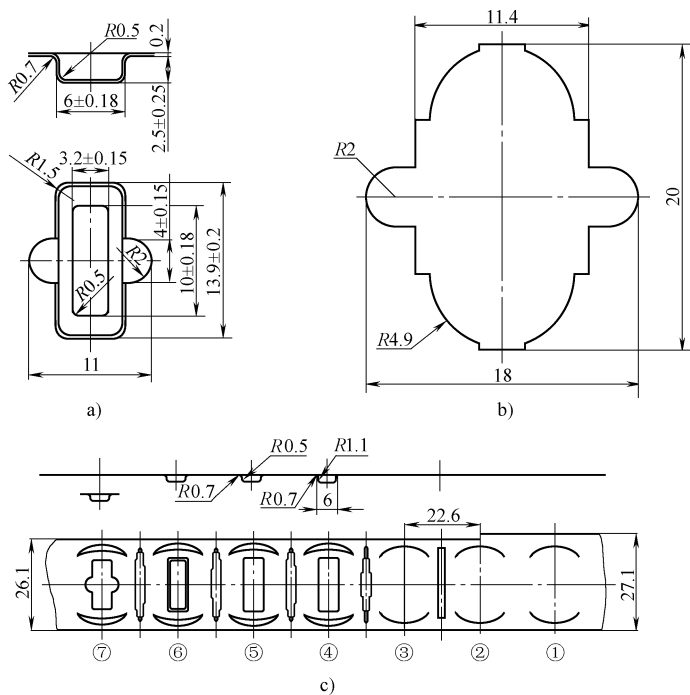


图 9-37 矩形隔离罩级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

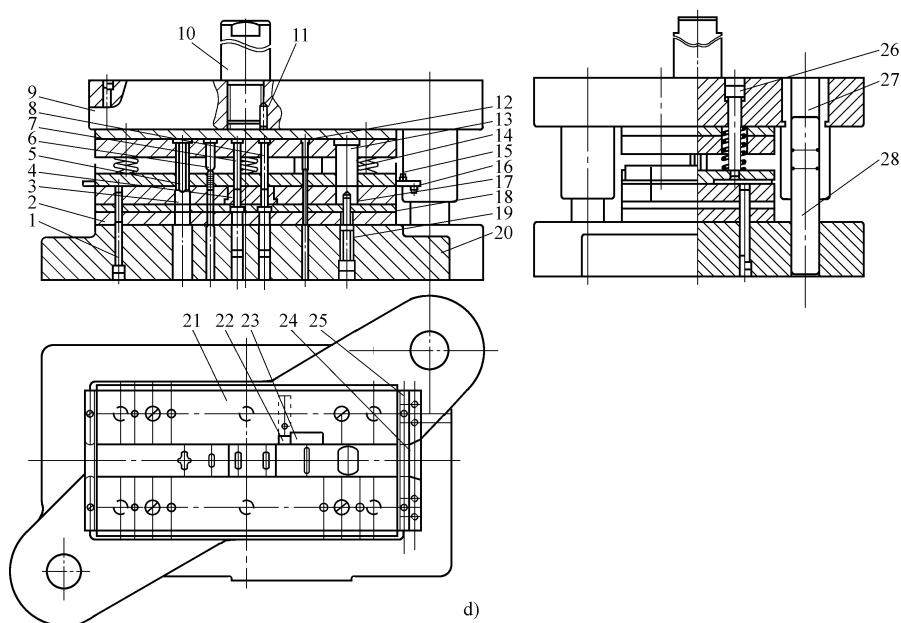


图9-37 矩形隔离罩级进模（续）

d) 模具结构图

- 1、16、19、26—螺钉 2、18—垫板 3—浮顶杆 4—镶块 5—落料凸模 6、12—冲孔凸模
7—整形凸模 8—拉深凸模 9—上模座 10—模柄 11—防转螺钉 13—切口凸模 14—弹簧
15—卸料板 17—顶块 20—下模座 21—导料板 22—侧刃挡块 23—侧刃
24—承料板 25—安全板 27—导套 28—导柱

3) 最初工作过程为：条料沿导料板 21 送进，条料边缘与侧刃凹模刃口对齐。当上模运动到下死点时，完成工位①的冲工艺切口。第 1 次冲压完成后，上模打开，继续送料，由装在凹模上的侧刃挡块将条料端面挡住，向里送进 1 个步距，上模向下运动，完成第 2 次冲压。依次循环，分别完成工位③冲工艺长孔、工位④拉深，工位⑤整形，工位⑥冲孔，工位⑦落料。

4) 模具选用标准的对角滑动导向模架，标准的三板式结构，但凹模的拉深部分考虑到制造、维修、更换方便，单独采用镶块结构。卸料板为弹压式结构。

实例 38 管壳级进模

零件名称：管壳

材料及板厚：Ni29Co18 可伐合金，0.4mm

零件图（见图 9-38a）

排样图（见图 9-38b）

模具结构图（见图 9-38c）

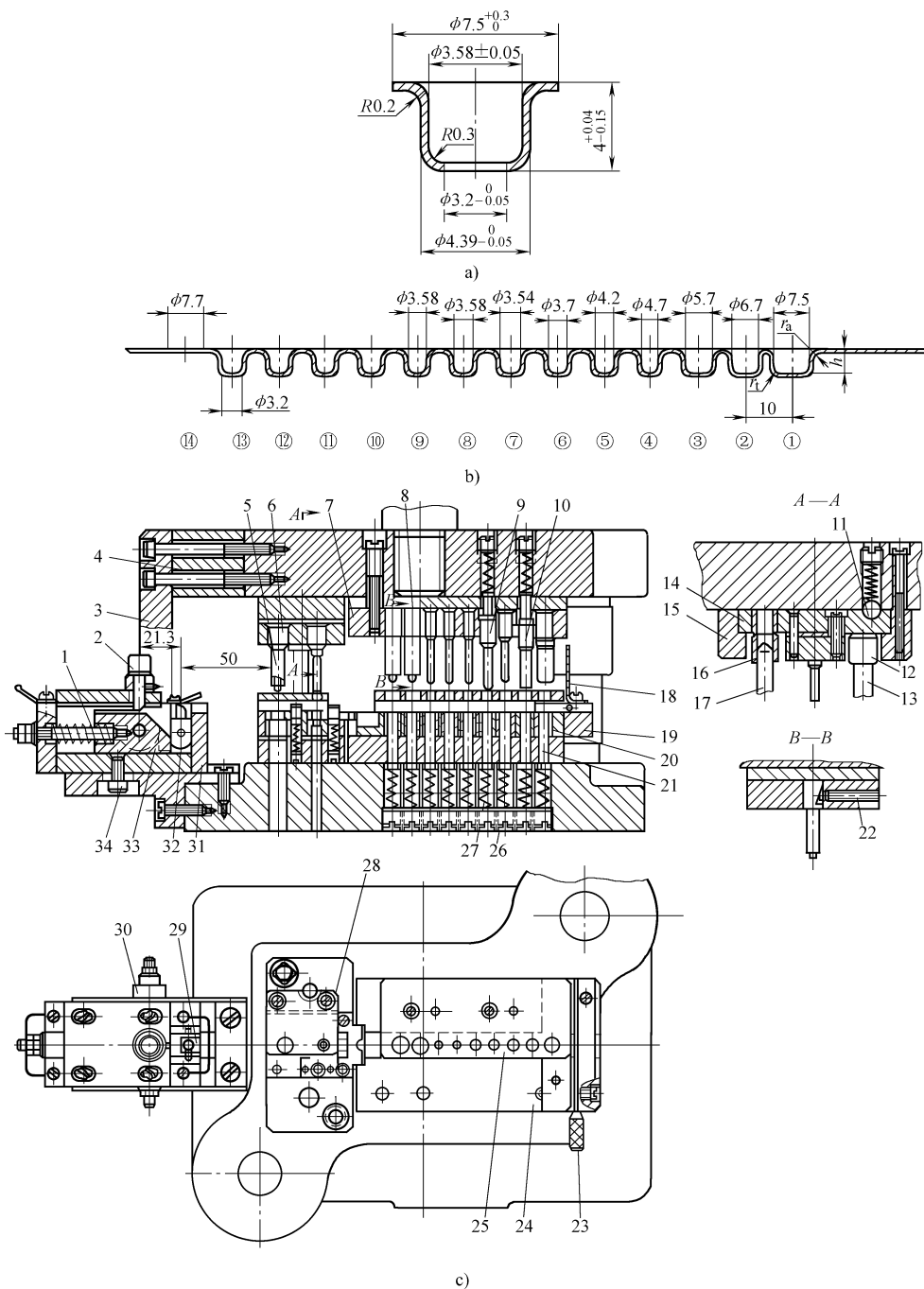


图 9-38 管壳级进模

a) 零件图 b) 排样图 c) 模具结构图

- 1、27—弹簧 2、29—挡料钉 3—斜楔 4—垫块 5—导正销 6、8、9、10—凸模 7—凸模固定板 11—钢球 12、16—导套 13、17—导柱 14—上模座 15—支持块 18—安全板 19—导料板 20—凹模 21—顶杆 22、34—螺钉 23—定位轴 24—凹模固定板 25、28—卸料板 26—螺塞 30—滚轮（轴承） 31—前挡板 32—轴 33—滑块

说明:

1) 该模具为拉深、冲孔、落料等 14 个工位的级进模结构。带料经过 7 个工位连续拉深, 2 次整形, 1 个工位为冲孔, 3 个空工位, 最后为落料。

2) 凹模 20 采用 YG20 硬质合金材料做成的圆形件, 嵌入到凹模固定板 24 中成 H7/r6 配合。每个凹模孔内装有顶杆 21, 顶料力通过弹簧 27 和螺塞 26 调节。

3) 拉深凸模 9、10 做成活动的。带料经第①工位拉深后, 在第②工位拉深前利用第②工位活动凸模对材料定位, 使其在拉深过程中不会移动。活动凸模在第④工位拉深前主要也是起定位作用。整形凸模 8 与凸模固定板 7 采用 H7/h6 配合, 并用螺钉 22 顶住, 当凸模磨损后修理时, 能迅速拆下。

4) 由于冲孔、落料工位修模次数比拉深多, 因此单独做成一副小模具, 分别固定在上、下模部分, 并且通过导柱 13、17 和导套 12、16 导向。为了使上模部分拆卸后安装位置保证正确, 采用了两个钢球 11 定位。装配时只要将上模部分往对应的两块支持块 15 内推入, 钢球卡入上模座 14 的凹圆坑内即能固定。

5) 为了保证孔与制件外形同轴, 落料凸模 6 上装有导正销 5。

6) 模具采用固定卸料板 25、28, 并装有安全板 18。

7) 与斜楔相接触的滚轮 30, 选用滚动轴承代替, 滑块与斜楔之间的相对位置可以通过螺钉 34 调节, 必要时也可以改变垫块 4 的厚度。

实例 39 晶体管管座级进模

零件名称: 晶体管管座

材料及板厚: Ni29Co18 可伐合金, 0.2mm

零件图 (见图 9-39a)

排样图 (见图 9-39b)

模具结构图 (见图 9-39c)

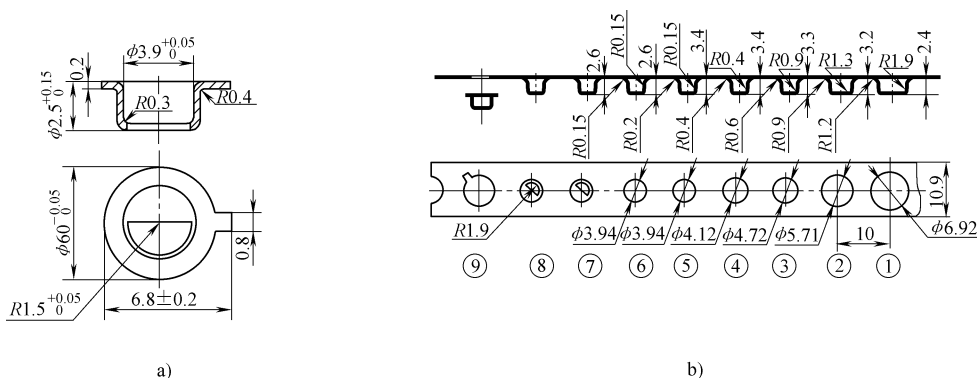


图 9-39 晶体管管座级进模

a) 零件图 b) 排样图

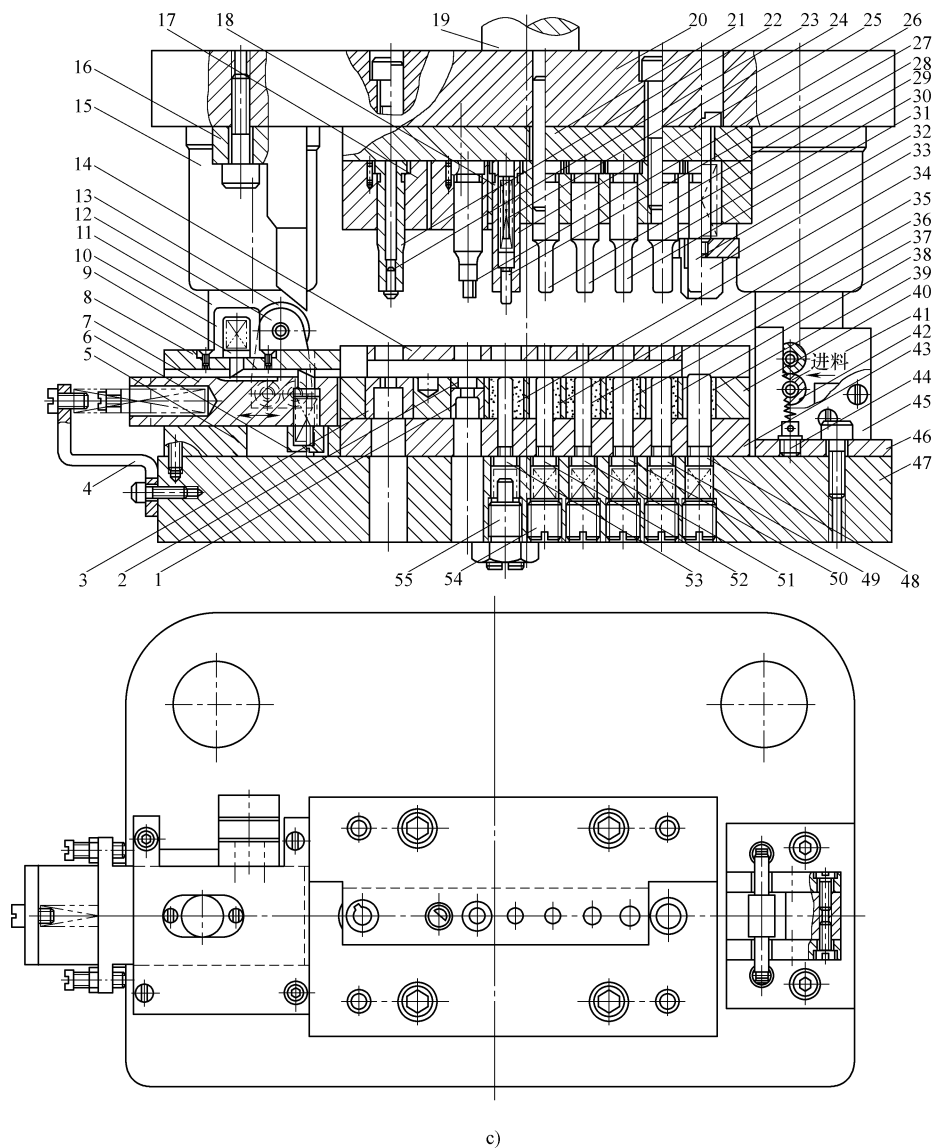


图 9-39 晶体管管座级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—冲孔凹模 2—定位环 3—落料凹模 4—挡板 5—固定支座 6、10—弹簧座 7—滑块
 8—盖板 9—钩料钉 11—导柱 12—滑轮架 13—轴承 14—固定卸料板 15—导套
 16—斜楔 17、18—固定板 19—模柄 20—上模座 21—垫板 22—落料凸模 23—导头
 24—弹簧 25—整形凸模 26—冲孔凸模 27—顶料杆 28~31—拉深凸模 32—首次拉深凸模
 33—压边圈 34~39—硬质合金拉深凹模 40—凹模固定板 41—料滚 42—轴套 43—下垫板
 44—拉簧螺钉 45—压料架侧板 46—压料架 47—下模座 48~53—顶件杆 54—螺塞 55—长螺塞

说明:

1) 该模具为拉深、冲孔、落料等 9 个工位的级进模结构, 即①~⑤为拉深; ⑥为整形; ⑦为冲底孔; ⑧为空位; ⑨为落料。

2) 此模具结构, 与例 38 十分相似, 主要特点如下:

①采用导柱在后侧的非标准滑动导向模架, 这在冲次不高的情况下能满足使用精度要求, 此外采用后侧导柱导向模架主要为了便于调整 and 观察。

②拉深凹模全部采用 YG15 硬质合金制造, 与凹模固定板成轻压过盈配合。落料和冲孔凹模采用合金工具钢制成。

③首次拉深设有压边圈, 上模部分为弹压结构, 独立存在。以后各次拉深的凸模固定在同一凸模固定板上。

实例 40 长圆筒形件级进模

零件名称: 长圆筒形件

材料及板厚: SPCE 钢, 0.3mm

零件图 (见图 9-40a)

排样图 (见图 9-40b)

模具结构图 (见图 9-40c)

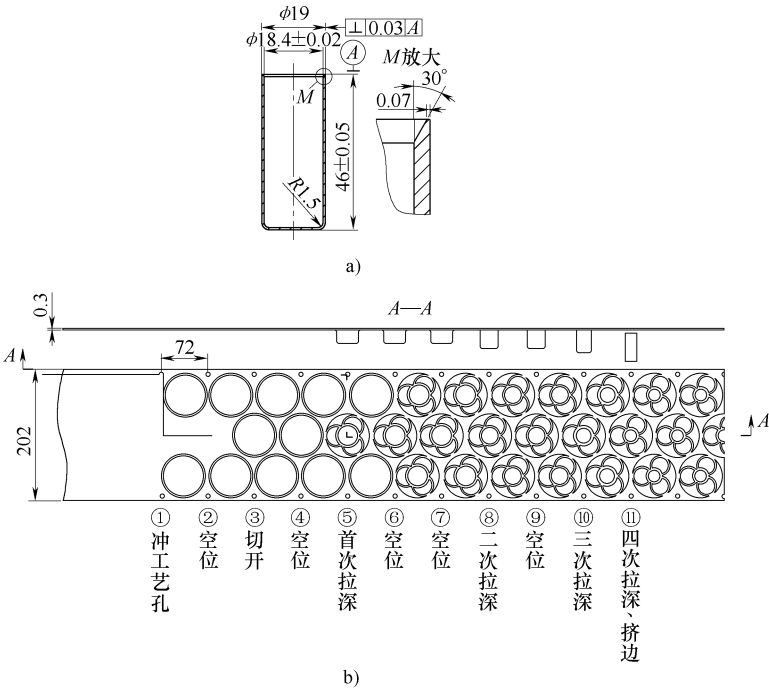


图 9-40 长圆筒形件级进模

a) 零件图 b) 排样图

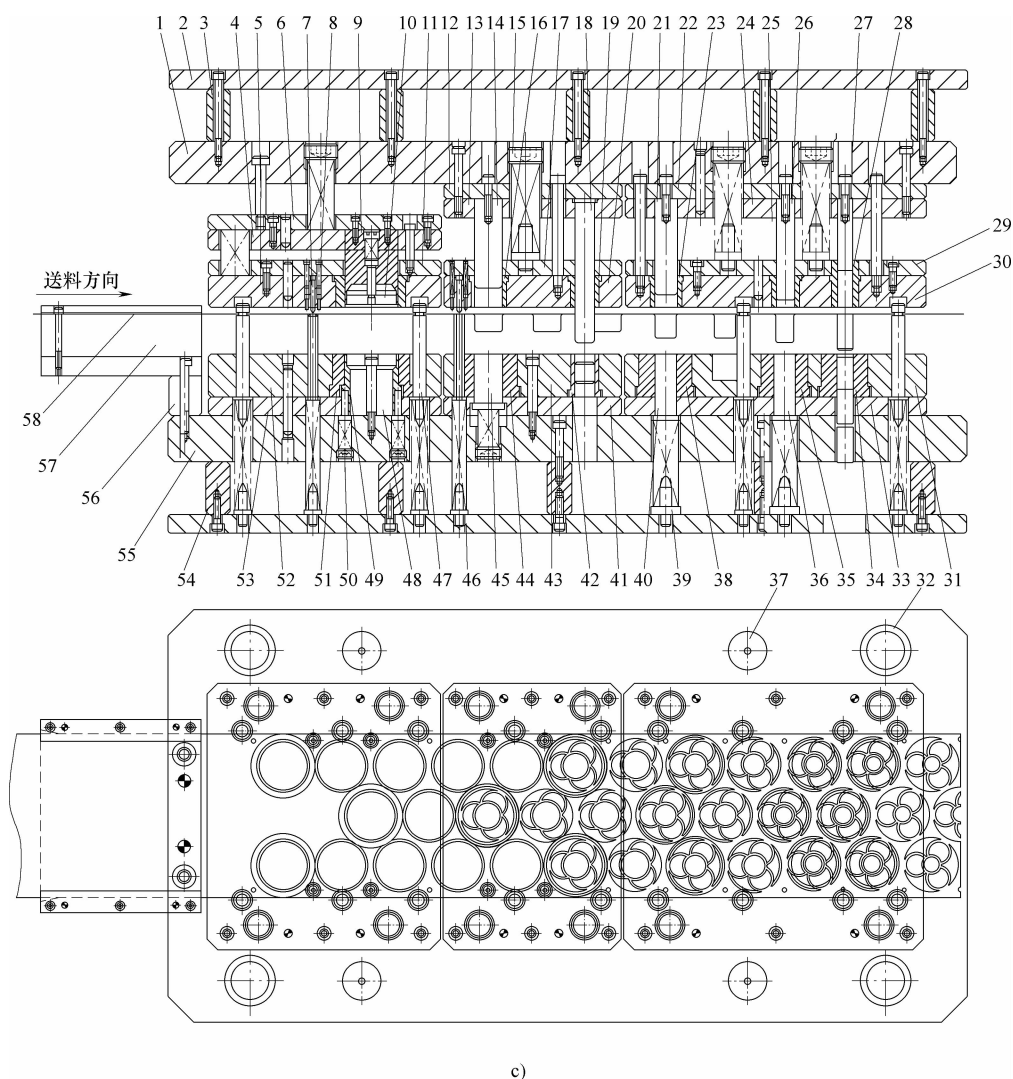


图9-40 长圆筒形件级进模(续)

c) 模具结构图

- 1—上模座 2—上托板 3—上模脚 4、13、24—固定板 5、20、30—脱料板 6、12、22—固定垫板
 7—导正销 8、36、40、45、50—顶杆 9—凸凹模 10—内脱料 11、17、29—脱料垫板
 14、21、26—拉深凸模 15—止付螺钉 16、23、25、28—脱料板镶件 18—内导柱 19、42—内导套
 27—拉深、挤边凸模 31、43、52—下模板 32—外导柱 33、41、53—下模垫板 34—拉深、挤边凹模
 35、38、44—拉深凹模 37—限位柱 39—弹簧垫圈 46—下托板 47—顶料销 48—下凸模
 49—顶料圈 51—下模镶件 54—下垫脚 55—下模座 56—垫块 57—导板 58—带料

说明:

1) 该模具为冲孔、拉深、挤边等11个工位的级进模结构。

2) 带料送进时, 首先用两个导正销 7 精定位; 各次拉深的凹模作送料时的粗定位。

3) 工序⑪采用拉深与挤边复合工艺。

①其结构是: 首先拉深凸模进入带料零件中, 随着拉深凸模下行对零件进行拉深, 在拉深工序结束时, 拉深凸模的台阶与凹模共同对工件进行挤边。挤边的变形过程不同于冲裁, 挤边过程可分解为以下几个阶段:

a. 弹性变形阶段: 拉深凸模上的台阶接触前一工序送过来的零件后开始压缩材料。材料弹性压缩, 随着凸模的继续压入, 材料的内应力达到弹性极限。

b. 塑性变形阶段: 凸模继续压入, 材料的内应力达到屈服极限时, 开始进入塑性变形阶段, 凸模挤入材料的深度逐渐增大。即弹性变形程度逐渐增大, 变形区材料硬化加剧。

c. 挤边阶段: 凸模继续向下, “无间隙”地通过凹模把零件进行切断。零件挤压面和切断面表面粗糙度值较低。

②拉深挤边具有以下特点:

a. 挤边过程是凸模利用尖锐的环状台阶从水平方向挤压工件, 使侧壁与余边逐渐分离。

b. 由于拉深和挤边总是相伴而行, 挤边刃口只是拉深凸模 (或凹模) 的部分, 即省去了专用切边模。

实例 41 正方盒级进模

零件名称: 正方盒

材料及板厚: DC56D 热镀锌钢带, 0.5mm

零件图 (见图 9-41a)

展开图 (见图 9-41b)

排样图 (见图 9-41c)

模具结构图 (见图 9-41d)

说明:

1) 该模具为落料、冲孔、拉深等 14 个工位的级进模结构。即①冲圆孔, 切舌, 内圆切开; ②空位; ③外圆切开; ④空位; ⑤拉深; ⑥空位; ⑦整形; ⑧侧冲孔; ⑨冲底孔; ⑩翻底孔; ⑪刻印; ⑫侧翻孔; ⑬空位; ⑭落料。

2) 正方盒件采用圆形毛坯, 这样既能简化了模具复杂几何图形, 当然在四只角上的材料会有较多的积余, 但又较好地起到了使连料处有足够强度的作用。

3) 该模具结构为多组独立的模具组合而成的一副较大的级进模, 以便调试、维修及节约成本, 各工序的结构较为复杂 (有拉深、侧冲孔、侧面变薄翻孔等)。为了确保冲压件的精度, 此模具采用 6 个精密滚珠钢球外导柱。

4) 拉深凹模采用镶拼的硬质合金 (YG8) 制造, 提高拉深凹模的耐磨性能, 延长模具使用寿命。

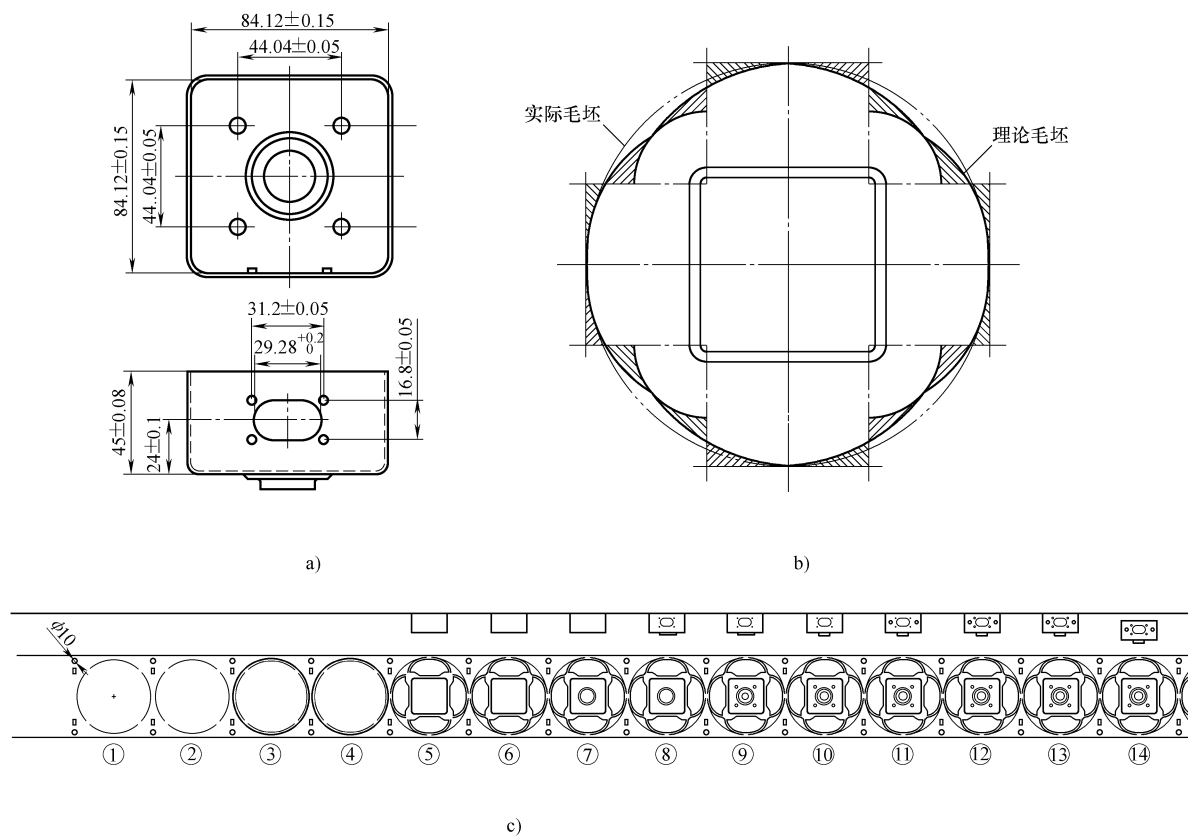


图 9-41 正方盒级进模

a) 零件图 b) 展开图 c) 排样图

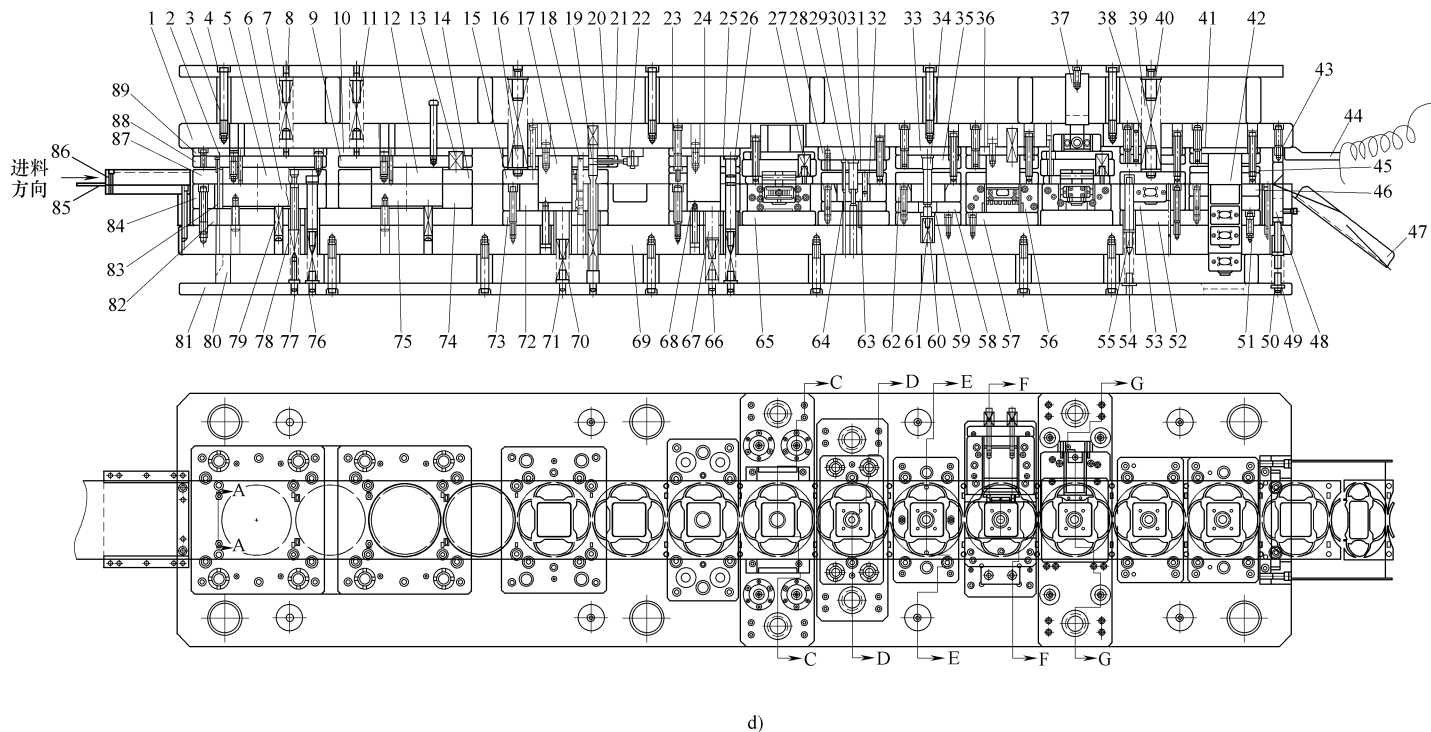


图 9-41 正方盒级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1—上模座 2、5、12、29、30、42—凸模 3—上垫脚 4—上托板 6—内切开顶块 7、13、20、27、39、61、70、79—弹簧 8、40、77—弹簧导销
 9、25、35、88—上夹板 10、23、33、36、41、89—上垫板 11、16、38、49、54、66、71—弹簧垫圈 14、15、32、87—卸料板 17—拉深凸模
 18—小导柱 19—误送导正销 21—压板 22—微动开关 24—整形凸模 26—顶料销顶杆 28—小上模座 31、45—止挡板 34—翻边凸模
 37、43—打杆 44—绝缘支架 46、58、63、64、83、84—凹模 47—废料斗 48—废料刀 50、60—顶杆 51—凹模垫板
 52、57、73、82—下垫板 53—垫块 55、67—顶料销 56—导向板 59—翻边凹模 62—产品定位板 65—小下模座
 68—下顶块 69—下模座 72—拉深凹模 74—外切开凹模 75—顶块 76—导正销 78—浮顶销
 80—下垫脚 81—下托板 85—一条料带 86—导板

5) 侧面预冲孔同侧面翻孔两道工序利用杠杆原理, 采用调节块进行凸、凹模上下调整, 维修和调整都比较方便, 快速解决了凸、凹模之间的定位问题。

实例 42 阶梯圆筒形件级进模

零件名称: 阶梯圆筒形件

材料及板厚: SPCE 钢, 0.2mm

零件图 (见图 9-42a)

排样图 (见图 9-42b)

模具结构图 (见图 9-42c)

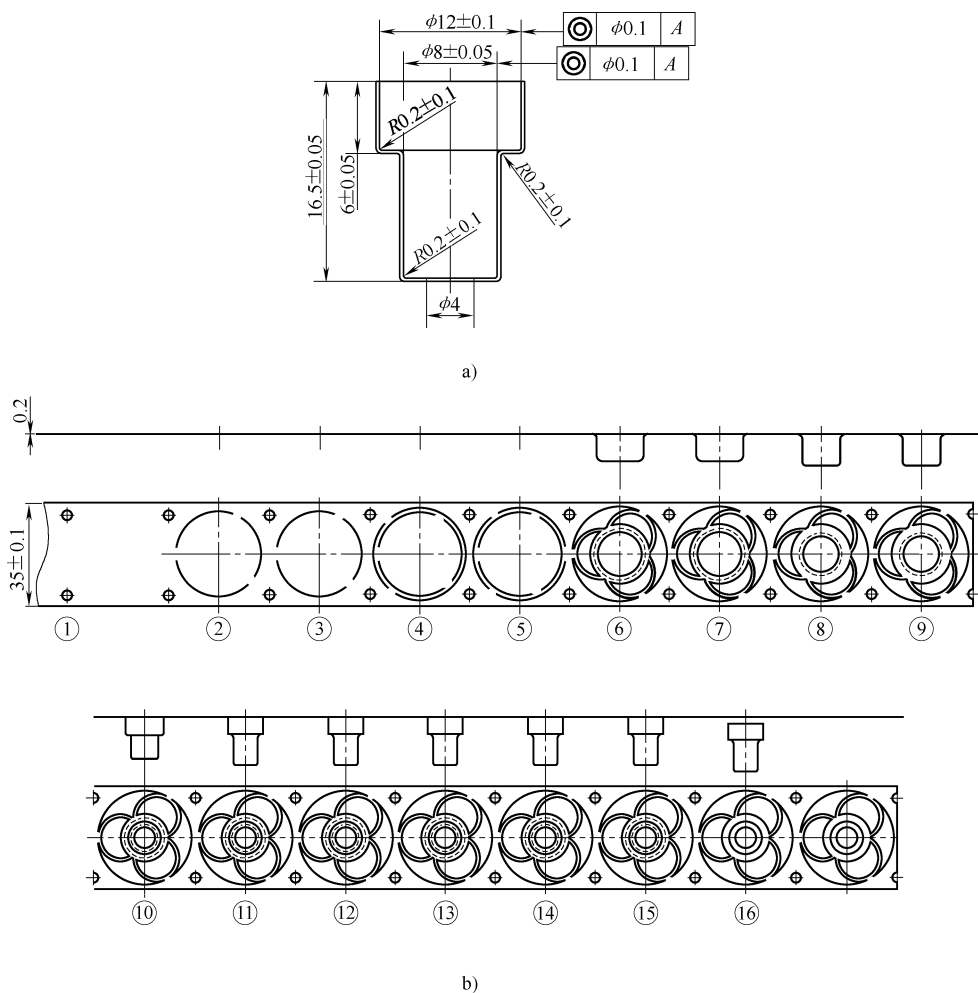


图 9-42 阶梯圆筒形件级进模

a) 零件图 b) 排样图

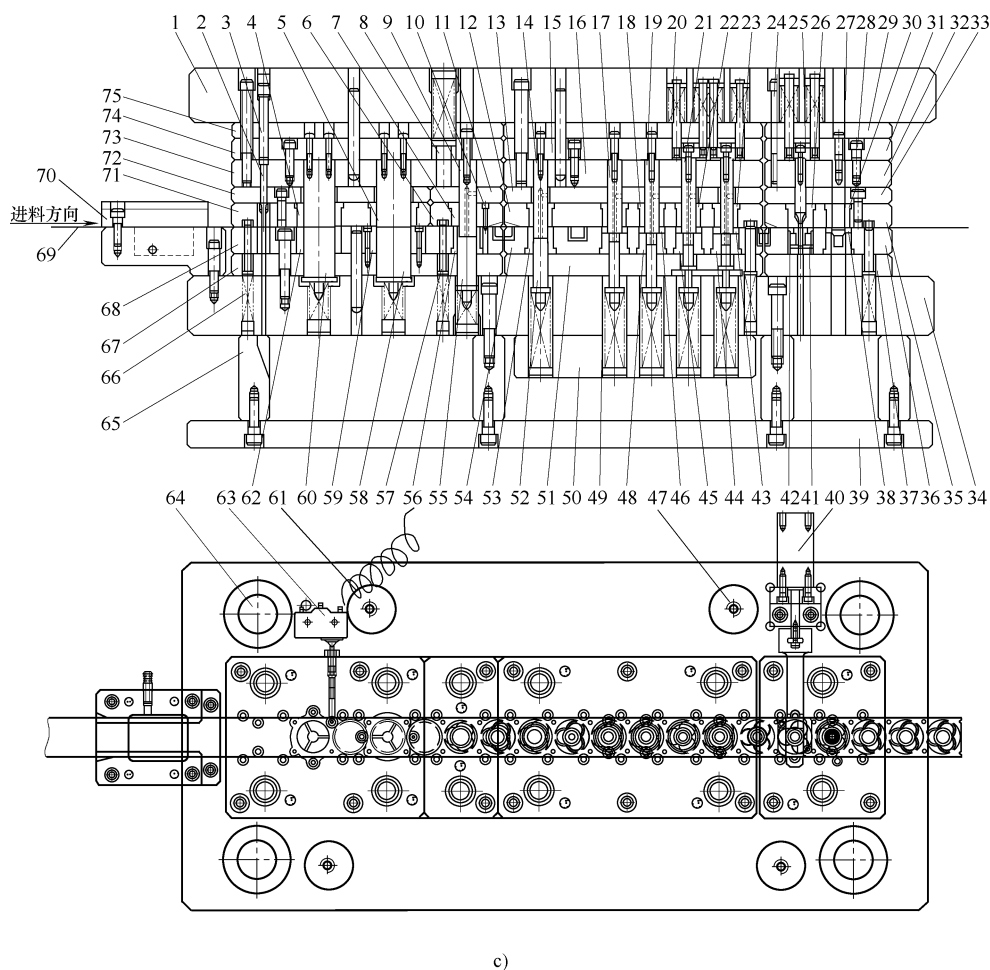


图 9-42 阶梯圆筒形件级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—上模座 2—冲工艺孔凸模 3—凸模顶杆 4、18、22、23、26、30—脱料板镶件 5—切开凸模
6、12、35、71—脱料板 7—压边圈 8—弹簧顶杆 9、14、17、19—拉深凸模 10—导正销
11、13、33、72—脱料板垫板 15、31—滑块固定板 16、32、73—固定板 20、66—弹簧
21—整形凸模 24、28—螺钉 25—冲底孔凸模 27—落产品凸模 29、74—固定板垫板
34—下模座 36、54、68—下模板 37、51、67—下模垫板 38、41、42、43、46、59、62—下模镶件
39—下托板 40—气缸 44、45—整形凹模 47—限位柱 48、49、53、56—拉深凹模
50—弹簧垫板 52、55、58、60—顶杆 57—挡料销 61—微动开关连接线 63—微动开关
64—外导柱 65—下垫脚 69—料带 70—导料板 75—上背板

说明:

- 1) 该模具为落料、冲孔、拉深等 16 个工位的级进模结构, 该模具工位较多、材料较薄, 采用拉料方式能使各工位之间传递更稳定。
- 2) 为提高拉深凹模的耐磨性能, 延长模具使用寿命, 各工位拉深凹模采用硬

质合金 (YG8) 制造。

3) 从零件图可以看出, 此零件的各部位 R 及口部的平整度要求较高。为使生产出的零件符合图样要求, 在工位⑫、⑬设计了整形结构。此结构的凸模尾部加装有微调装置, 能使调整及维修更方便。

4) 工位⑮是冲底孔, 此结构凸、凹模能起到很好的保护作用。结构是: 当模具在正常冲压时凸模固定块始终顶在滑块上面。反之, 模具碰到异常时滑块在气缸 40 受拉下自动退出, 凸模 25 在弹簧的拉力之下往上退, 这样一来凸模刃口始终碰不到凹模或错位的料带, 有效地保证了凸、凹模的使用寿命。

5) 该模具的内部和尾部各装有误送检测装置。当料带送错位或模具碰到异常时, 误送导正销往上走动接触到关联销, 再通过关联销接触到微动开关, 当压力机接收到微动开关发出的信号时即自动停止冲压, 蜂鸣器也随着发出声音。

实例 43 锥形件级进模

零件名称: 锥形件

材料及板厚: SPCC 钢, 1.0mm

零件图 (见图 9-43a)

排样图 (见图 9-43b)

模具结构图 (见图 9-43c)

说明:

1) 该模具为拉深、冲孔、侧冲缺口、横向冲切落料等 15 个工位的级进模结构。即工位①冲定位孔, 冲废料; 工位②冲废料; 工位③冲废料; 工位④首次拉深; 工位⑤空位; 工位⑥空位; 工位⑦空位; 工位⑧二次拉深; 工位⑨冲锯齿 I; 工位⑩冲锯齿 II; 工位⑪三次拉深; 工位⑫冲中孔; 工位⑬侧冲缺口; 工位⑭空位; 工位⑮落料。

2) 该模具料带较长, 模座采用 4 对滚珠外导柱、外导套结构, 两块模板并排方式, 方便模板加工, 每块模板内部又设计 4 对内导柱、内导套结构, 增强模具导向精度。

3) 该模具由 8 大模板组成, 分别为下模座、下模板垫板、下模板、脱料板、脱料板垫板、固定板、固定板垫板、上模座。

4) 该模具工作过程: 冲引导孔凸模 10 首先冲压, 各冲裁凸模依次冲裁拉深坯料外形, 首次拉深凸模 23 与拉深凹模 63 进行拉深, 并由顶块 60 顶出下模, 二次拉深凸模 26 与拉深凹模 59 进行第二次拉深, 并由顶杆 55、顶销 56 联合顶出。冲中孔凸模 37 与冲中孔下模 39 冲出中孔, 冲中孔下模 39 依靠冲中孔下模定位块固定于下模板。斜切凸模 70 下行推动横冲凸模 69 横向运动与横切下模 71 将侧缺口冲出, 横冲凸模依靠横冲脱料入块 41 定位, 并依靠横向弹簧在其内部横向运动。最后由横切凸模 44 下行推动两侧两块落料横切上模 45 (43) 与落料下模 47 一起将零件冲下, 至此完成一个零件的成形工作。

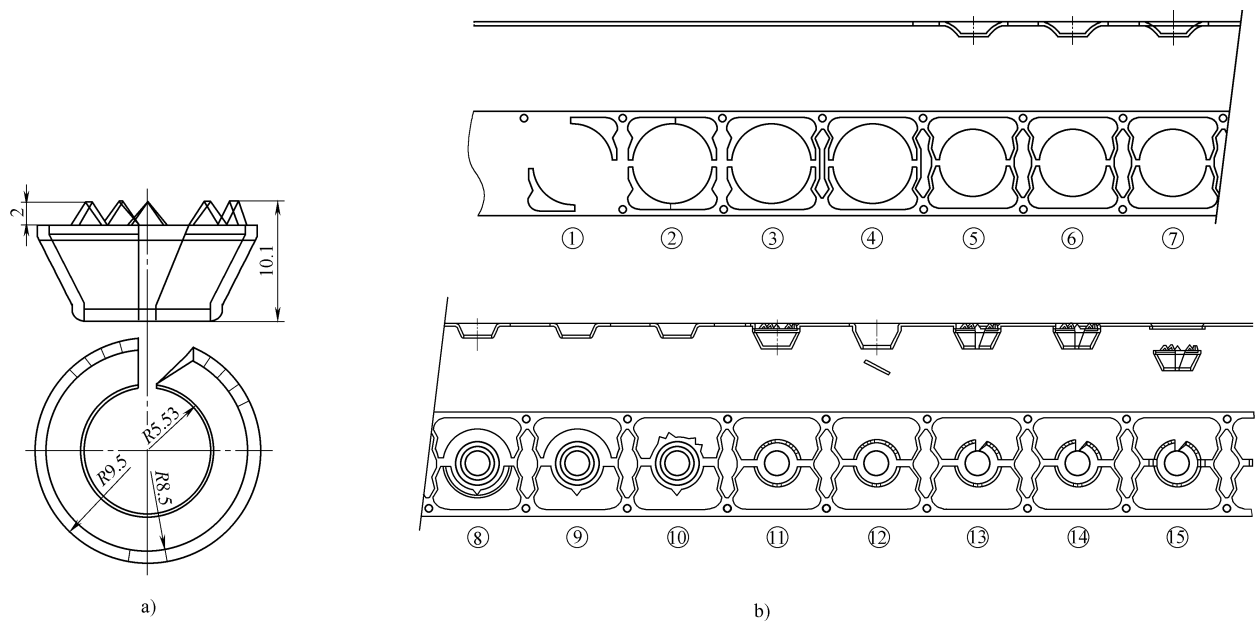


图 9-43 锥形件级进模
a) 零件图 b) 排样图

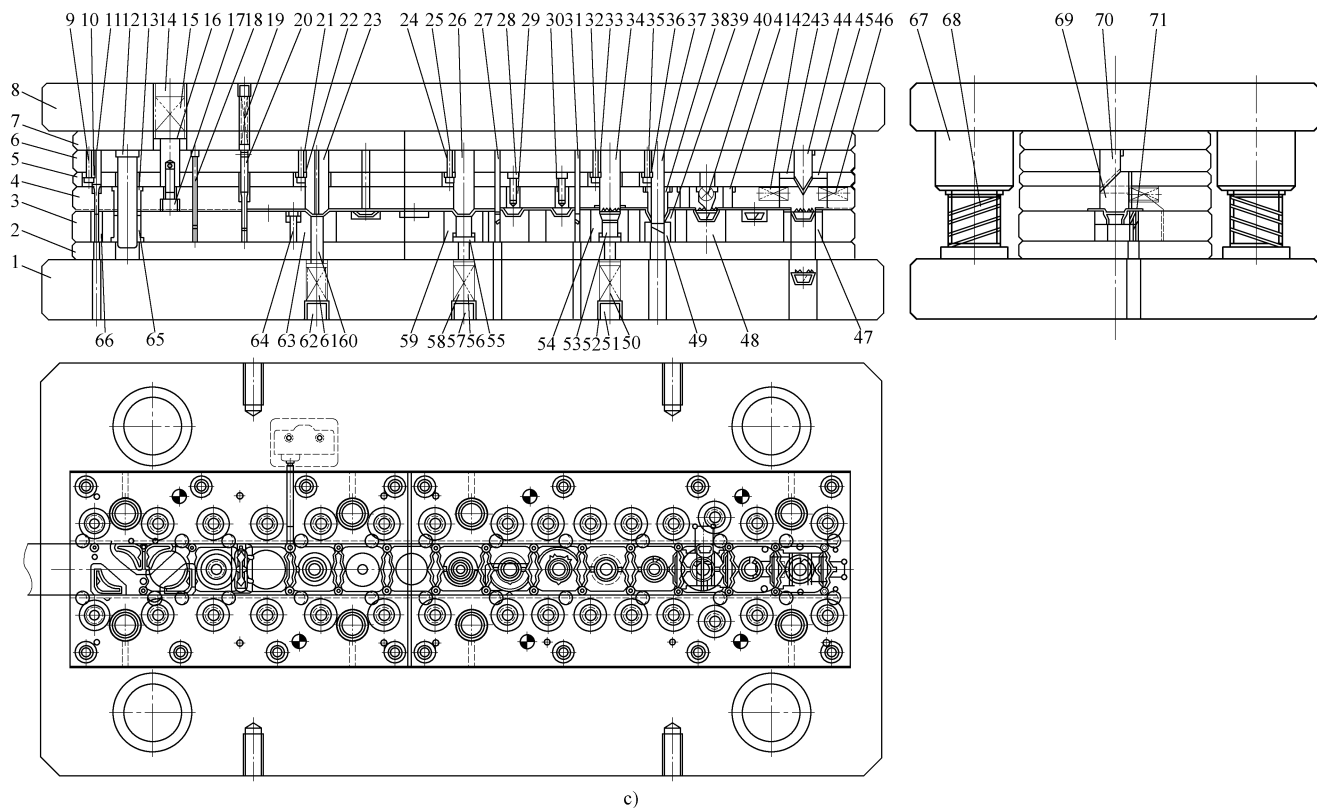


图 9-43 锥形件级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—下模座 2—下模板垫板 3—下模板 4—脱料板 5—脱料板垫板 6—固定板 7—固定板垫板 8—上模座 9、17、21、24、28、32、35、64—螺钉
 10—冲引导孔凸模 11、22、25、33、36—挡块 12—内导柱 13、65—内导套 14、51、57、62—止付螺钉 15、19、40、42、46、50、58、61—弹簧
 16—等高套 18—引导销 20—检测销 23—首次拉深凸模 26—二次拉深凸模 27—冲齿形外边凸模 29、30—定位块 31—冲齿形外边凸模 II
 34—三次拉深凸模 37—冲中孔凸模 38—定位套 39—冲中孔下模 41—横冲脱料入块 43、45—落料横切上模 44—横切凸模 I 47—落料下模
 48—横切下模入块 49—冲中孔凹模 52、56—顶销 53、55—顶杆 54、59、63—拉深凹模 60—顶块 66—冲引导孔凸模 67—外导套
 68—外导柱 69—横冲凸模 70—斜切凸模 II 71—横切下模

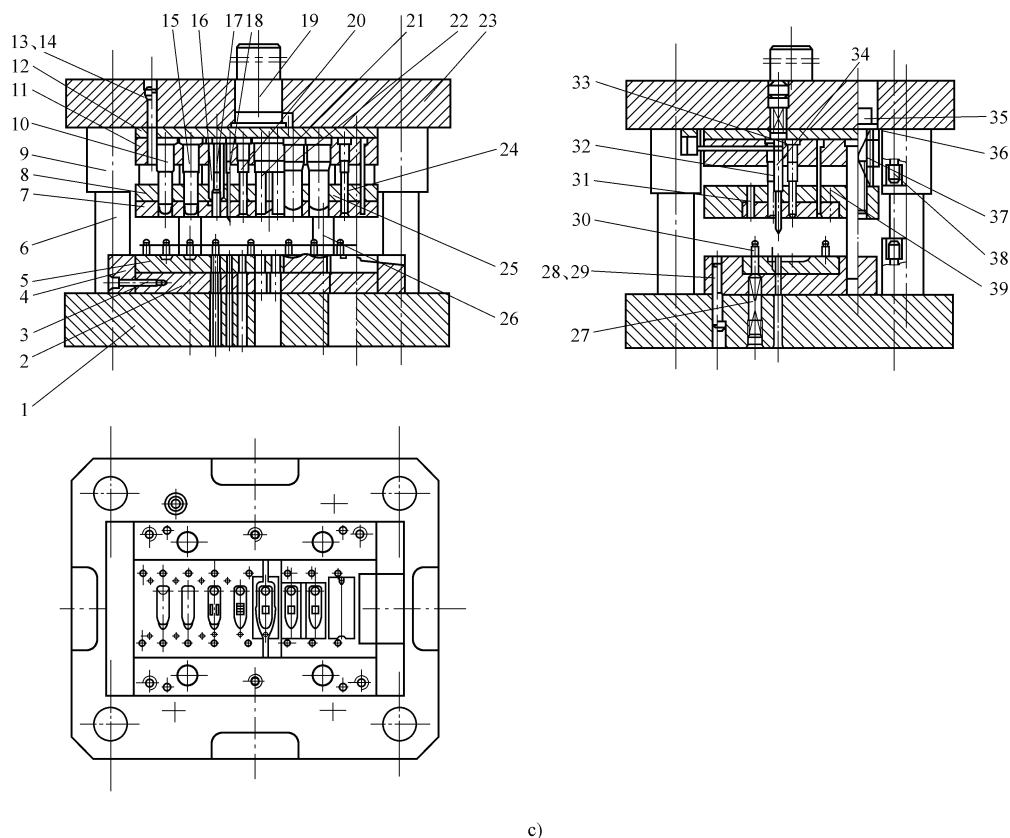


图 9-44 开关座级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—下模座 2—凹模固定板 3—固定螺钉 4—挡板 5—凹模拼块 6—导柱 7—脱料板拼块
 8—脱料板 9—外导柱 10—预拉深凸模 11—凸模固定板 12—垫板 13、29、35—螺钉
 14、36—垫圈 15—拉深凸模 16—冲方孔凸模 17—冲小圆孔凸模 18—导正钉 19—模柄
 20、33—压凸凸模 21—切外形凸模 22—圆弧弯曲凸模 23—上模座 24—落料凸模
 25—圆弧弯曲校正凸模 26—内导柱 27、37—弹簧 28、31—销钉 30—浮升导料销
 32—冲圆孔凸模 34—检测销钉 38—限位柱 39—切废料凸模

说明:

1) 该模具为拉深、冲孔、落料、弯曲等 10 个工位的级进模结构。即①冲导正钉孔；②预拉深；③拉深；④冲小圆孔、两长方形孔，压凸；⑤冲圆孔、压凸；⑥切外形；⑦圆弧弯曲；⑧圆弧弯曲整形；⑨落料，弯曲；⑩切废料。

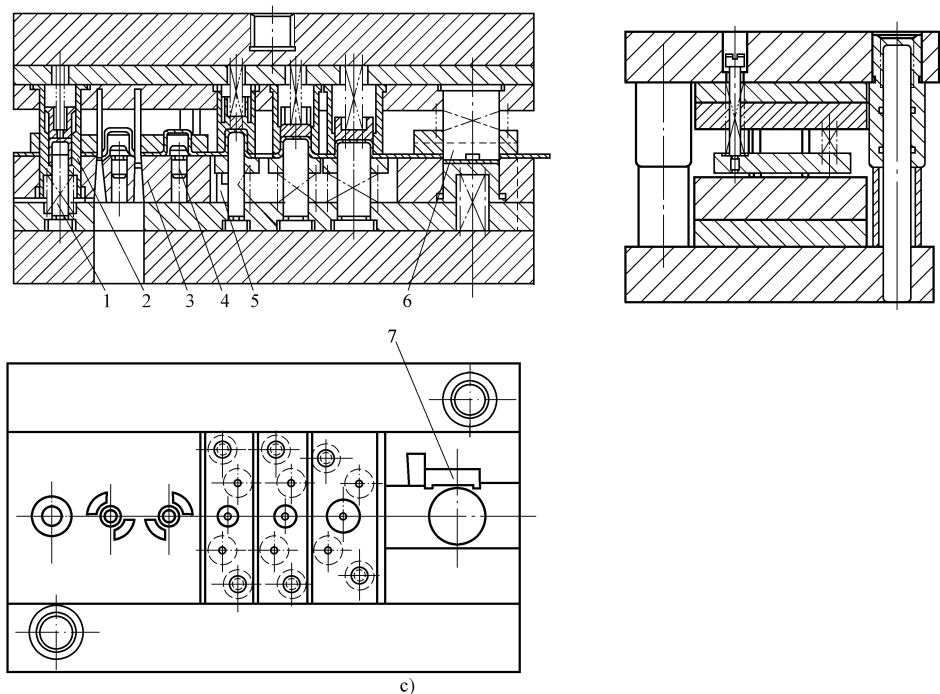


图 9-45 小圆筒形件 (续)

c) 模具结构图

1—凸模 2—凸凹模 3—凹模 4—定位销 5—限位柱 6—切开凸模 7—侧刃

说明:

1) 该模具为落料、切开、拉深等 8 个工位的级进模结构。即①切开、切侧刃；②空位；③首次拉深；④二次拉深；⑤三次拉深；⑥切凸缘处废料；⑦切凸缘处废料；⑧切断拉直。

2) 该模具是倒装连续拉深模，模具主要特点是在条料上冲出切口改善条件再拉深。切开凸模 6 冲裁时可以使条料上形成两边切开，中间不断。各拉深工位都备有限位柱。

3) 当带料送进时，首先用工位①已冲切的侧刃及各次拉深的凹模作送料时的粗定位。为使有效控制工件拉直的高度，在工位⑥、⑦切凸缘废料处利用工件的内径作为精定位。

实例 46 阶梯锥形件级进模

零件名称：阶梯锥形件

材料及板厚：SPCE 钢，1.2mm

零件图（见图 9-46a）

排样图（见图 9-46b）

模具结构图（见图 9-46c）

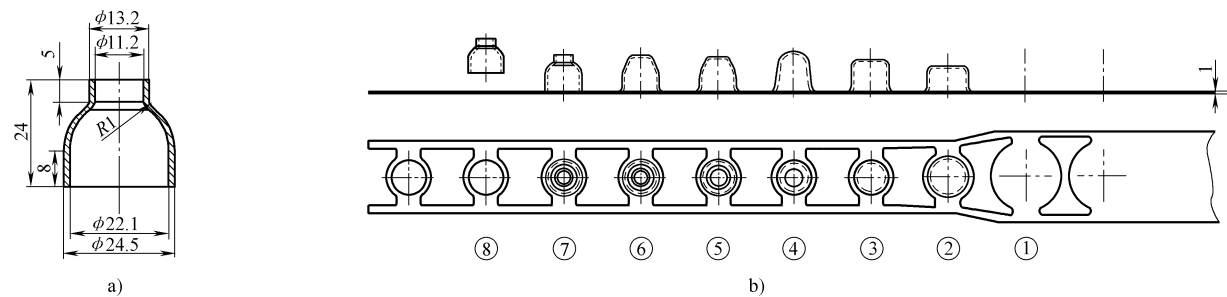
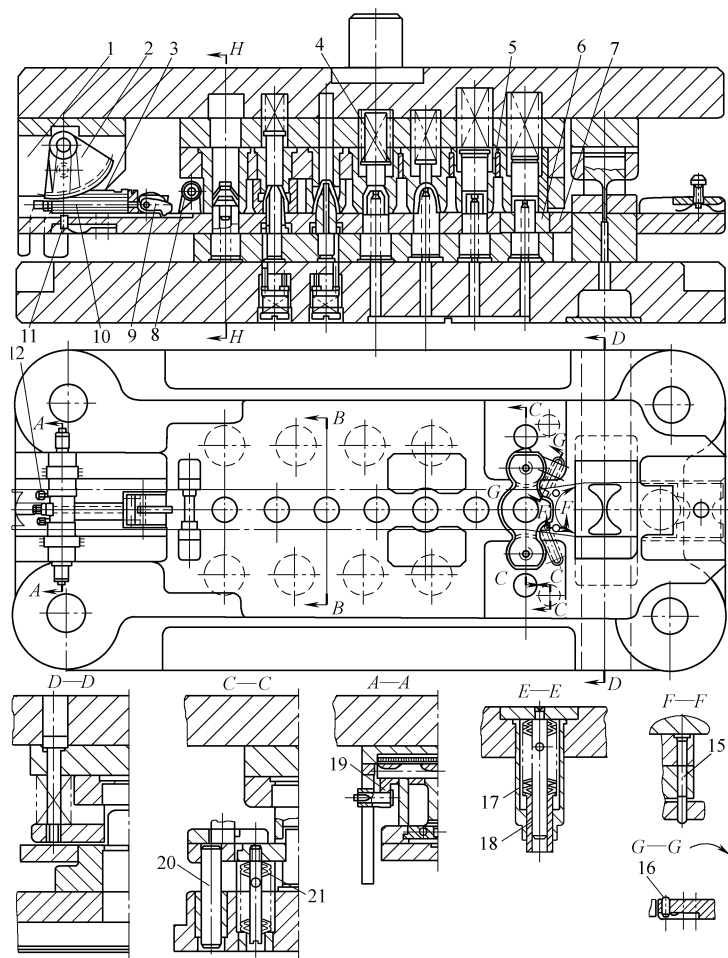


图 9-46 阶梯锥形件级进模

a) 零件图 b) 排样图



c)

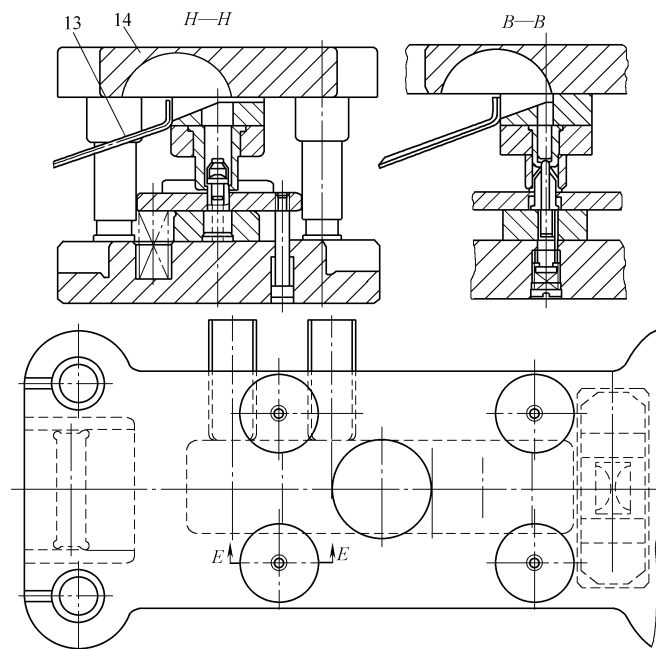


图 9-46 阶梯锥形件级进模 (续)

c) 模具结构图

- 1—凸轮 2—扇形齿轮 3—带齿滑板
4—顶出器 5—拉深凹模 6—压料板
7—顶板 8—爪 9—钩子 10—螺杆
11、16—止退销 12—螺钉 13—滑板
14—上模座 15—导正销 17、21—碟
形弹簧 18—压杆 19—摇臂 20—柱销

说明:

1) 该模具是一副倒装结构带有钩式自动送料、落料、冲孔、拉深等8个工位的级进模结构。即①冲工艺切口; ②首次拉深; ③二次拉深; ④三次拉深; ⑤四次拉深; ⑥冲底孔; ⑦翻口孔; ⑧落料。

2) 该模具主要特点是:

①在工作过程中, 第二道拉深凹模5首先接触第一道拉深的工序件, 而顶板7被压下, 为了保证第一道拉深有压料, 压料板6和顶板7分开成两体, 由碟形弹簧21为压料板6提供压料力。

②当顶板7下行而第一道拉深尚未开始时, 压料板6保持不动。这样就使第二道拉深右边的带料, 被拉向左移动而致使第一道拉深偏心。为了消除这种现象采用导正销15阻止带料左移。导正销15应在顶板7下行前, 就伸入带料。

③为了避免顶板7在工作过程中倾斜, 顶板7由柱销20导正, 并被4个由碟形弹簧17作用的压杆18推动。

④止退销11、16和爪8都是为了防止钩子9返回右行时, 带动带料右移。止退销16同时也作为带料初始送进时的初定位用。

⑤因工件上的翻口孔最后要攻螺纹, 故必须保证侧壁厚度, 所以在第三道拉深时, 顶部拉成球形。在第四道拉深时, 顶部是靠顶出器4挤压成形, 以保证顶部的侧壁厚度。

⑥因压力机行程小, 为了保证送料进距, 采用由摇臂19、扇形齿轮2和带齿滑板3组成的放大送进机构。固定在上模座14的凸轮1通过嵌入槽中的滚轮, 使摇臂19、扇形齿轮2和带齿滑板3运动使钩子9送料。钩子9的位置可用螺杆10和螺钉12进行调节。

⑦冲孔废料和落下的工件, 沿着上模板14上的槽和滑板13滑走。

实例47 外壳基座级进模

零件名称: 外壳基座

材料及板厚: Ni29Co18 可伐合金, 0.3mm

零件图 (见图9-47a)

翻边后展开图 (见图9-47b)

排样图 (见图9-47c)

模具结构图 (见图9-47d)

说明:

1) 该模具为落料、冲孔、翻孔、拉深等9个工位的级进模结构, 即①冲侧刃; ②冲两个切口用的工艺孔; ③切口 (采用斜刃切开, 这适合长方形工件); ④空位; ⑤拉深; ⑥整形; ⑦冲孔; ⑧空位、导正; ⑨落料、翻边 (复合工艺)。

2) 该模具工位①为侧刃定距冲裁, 侧刃宽度选为1.2mm, 侧刃长度为13.05mm, 比进距大0.05mm, 以给导正销精确定位留有导正余量。侧刃用圆柱销

固定在凸模固定板上，以防止侧刃向下脱落。

3) 工位③是切口工序，切口凸模 25 是在两个工艺孔之间冲切，因而冲切后条料不会随凸模上升，不需要脱料板卸料，故把冲切口的切口凸模直接固定在脱料板上，切口凸模上设计有凸台，从脱料板的上面装入，用压板压住，再用螺钉紧固。

4) 该模具工位⑦为冲小孔，该工位的凹模 8 也设计为独立的一个拼块，因凸模直径较小，故在脱料板上设置保护套 26 保护凸模。冲孔位置在拉深后的工序件底面上，为保证冲孔时工序件落平到位，不被弹性脱料板压坏，这一拼块要做得薄一些，上表面比其他凹模拼块低 2mm，凸模的保护套则要向凸出。

5) 该模具工位⑨为落料、翻边（复合工序），其工作过程如下：上模下行时，压料杆压住工件的底面，上模继续下行，脱料板压平条料，落料翻边凸凹模的外缘刃口与凹模镶块作用，完成外形落料，上模再继续下行，凸凹模内侧凹模与翻边凸模相互作用，完成零件的外翻边，同时顶件块被凸凹模压住下行。当上模回升时，顶件块将工件顶出凹模，脱料板卸下条料，压料杆也可将粘于凸凹模内的工件推出。

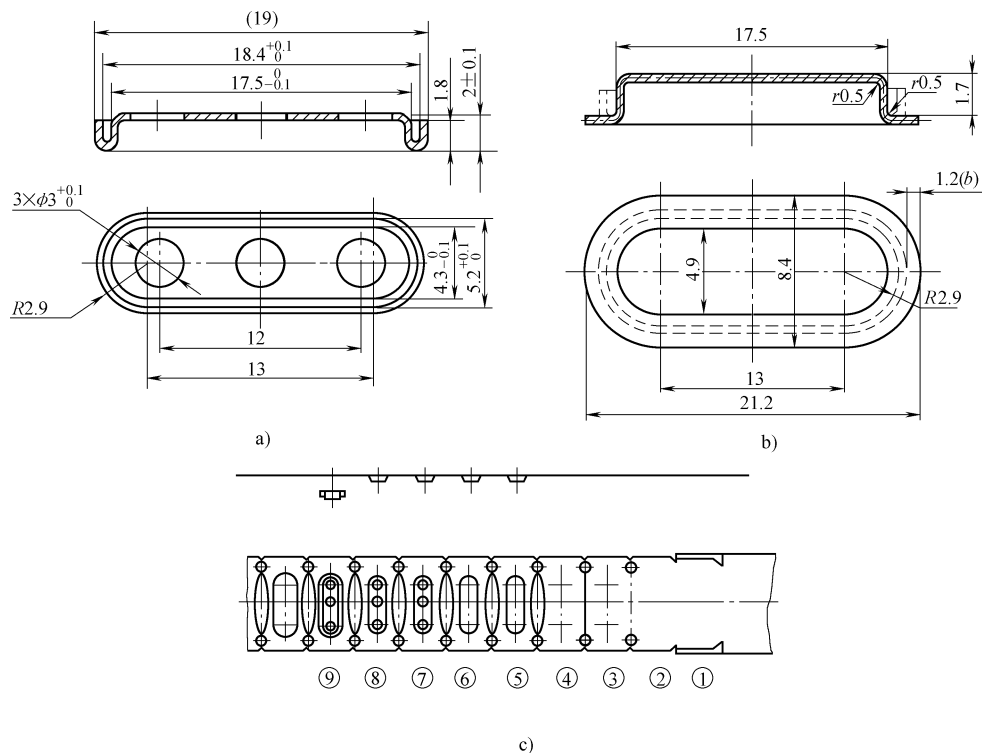
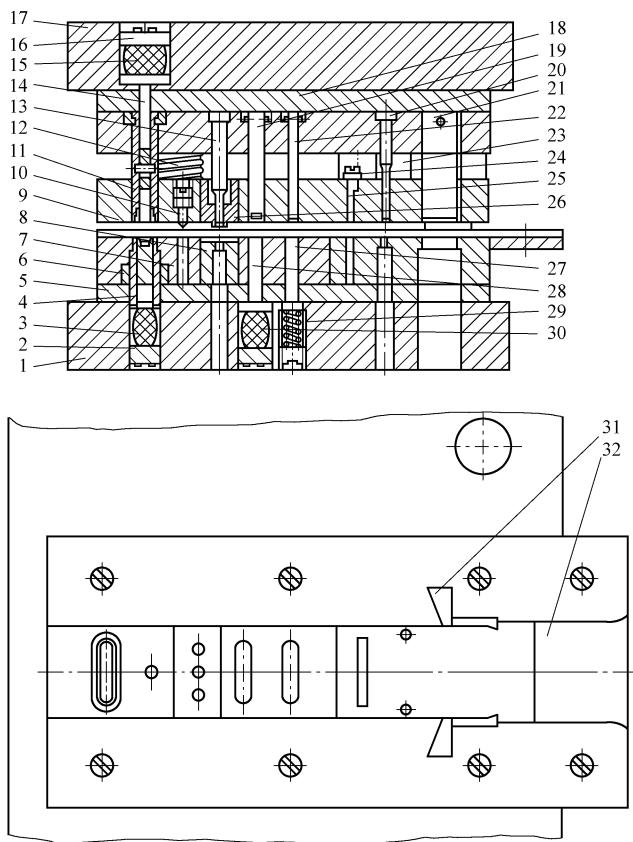


图 9-47 外壳基座级进模

a) 零件图 b) 翻边后展开图 c) 排样图



d)

图 9-47 外壳基座级进模 (续)

d) 模具结构图

- 1—下模座 2、16、24—压板 3、15、30—聚氨酯橡胶 4—顶件块 5、18—垫板
 6—翻边凹模 7—凹模镶件 8—冲孔凹模镶块 9—脱料板 10—导正销 11—落料翻边凸凹模
 12—卸料弹簧 13—冲孔凸模 14—压料顶杆 17—上模座 19—整形凸模 20—冲孔凸模
 21—侧刃 22—拉深凸模 23—导柱 25—切口凸模 26—凸模保护套 27、28—顶杆
 29—弹簧 31—侧刃挡块 32—承料板

附录

附录 A 冲压常用材料的性能和规格

表 A-1 黑色金属的力学性能

材料名称	牌 号	材料状态	抗剪强度 τ_b /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)	屈服点 σ_s /MPa
电工用钝铁 $w(C)$ <0.025%	DT1、DT2、DT3	已退火	180	230	26	—
电工硅钢	D11、D12、D21 D31、D32 D41 ~ 48、D310 ~ 340	已退火	190	230	26	—
		未退火	560	650	—	
普通碳素 钢	Q195	未退火	260 ~ 320	320 ~ 400	28 ~ 33	—
	Q215		270 ~ 340	320 ~ 420	26 ~ 31	220
	Q235		310 ~ 380	380 ~ 470	21 ~ 25	240
	Q255		340 ~ 420	420 ~ 520	19 ~ 23	260
	Q275		400 ~ 500	500 ~ 620	15 ~ 19	280
优质碳素 结构钢	05	已退火	200	230	28	—
	05F		210 ~ 300	260 ~ 380	32	—
	08F		220 ~ 310	280 ~ 390	32	180
	08		260 ~ 360	330 ~ 450	32	200
	10F		220 ~ 340	280 ~ 420	30	190
	10		260 ~ 340	300 ~ 440	29	210
	15F		250 ~ 370	320 ~ 460	28	—
	15		270 ~ 380	340 ~ 480	26	230
	20F		280 ~ 390	340 ~ 480	26	230
	20		280 ~ 400	360 ~ 510	25	250
	25		320 ~ 440	400 ~ 550	24	280
	30		360 ~ 480	450 ~ 600	22	300
	35		400 ~ 520	500 ~ 650	20	320
	40		420 ~ 540	520 ~ 670	18	340
	45		440 ~ 560	550 ~ 700	16	360
	50		440 ~ 580	550 ~ 730	14	380
	55	已正火	550	≥ 670	14	390
	60		550	≥ 700	13	410
	65		600	≥ 730	12	420
	70		600	≥ 760	11	430

(续)						
材料名称	牌 号	材料状态	抗剪强度 τ_b /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)	屈服点 σ_s /MPa
优质碳素结构钢	65Mn	已退火	600	750	12	400
碳素工具钢	T7 ~ T12	已退火	600	750	10	—
	T7A ~ T12A					
	T13 T13A		720	900	10	—
	T8A T9A	冷作硬化	600 ~ 950	750 ~ 1200	—	—
锰 钢	10Mn2	已退火	320 ~ 460	400 ~ 580	22	230
合金结构钢	25CrMnSiA	已低温退火	400 ~ 560	500 ~ 700	18	—
	25CrMnSi					
	30CrMnSiA		440 ~ 600	550 ~ 750	16	—
	30CrMnSi					
弹簧钢	60Si2Mn	已低温退火	720	900	10	—
	60Si2MnA	冷作硬化				
	65Si2MnWA		640 ~ 960	800 ~ 1200	10	
不锈钢	1Cr13	已退火	320 ~ 380	400 ~ 470	21	—
	2Cr13		320 ~ 400	400 ~ 500	20	—
	3Cr13		400 ~ 480	500 ~ 600	18	480
	4Cr13		400 ~ 480	500 ~ 600	15	500
	1Cr18Ni9	经热处理	460 ~ 520	580 ~ 640	35	200
	2Cr18Ni9	冷辗压的 冷作硬化	800 ~ 880	1000 ~ 1100	38	220
	1Cr18Ni9Ti	经热处理退火	430 ~ 550	540 ~ 700	40	200

表 A-2 有色金属的力学性能

材料名称	牌 号	材料状态	抗剪强度 τ_b /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)	屈服点 σ_s /MPa
铝	1070A(L2)、1050A(L3)	已退火的	80	75 ~ 110	25	50 ~ 80
	1200(L5)	冷作硬化	100	120 ~ 150	4	—
铝锰合金	3A21(LF21)	已退火的	70 ~ 100	110 ~ 145	19	50
		半冷作硬化的	100 ~ 140	155 ~ 200	13	130
铝镁合金 铝铜镁合金	5A02(LF2)	已退火的	130 ~ 160	180 ~ 230	—	100
		并冷作硬化的	160 ~ 200	230 ~ 280	—	210
高强度的 铝镁铜合金	7A04(LC4)	已退火的	170	250	—	—
		淬硬并经 人工时效	350	500	—	460

(续)						
材料名称	牌 号	材料状态	抗剪强度 τ_b /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)	屈服点 σ_s /MPa
镁锰合金	MB1	已退火的	120 ~ 240	170 ~ 190	3 ~ 5	98
	MB2	已退火的	170 ~ 190	220 ~ 230	12 ~ 14	140
		冷作硬化的	190 ~ 200	240 ~ 250	8 ~ 10	160
硬铝 (杜拉铝)	2A12(LY12)	已退火的	105 ~ 150	150 ~ 215	12	—
		淬硬并经 自然时效	280 ~ 310	400 ~ 440	15	368
		液硬后冷作 硬化	280 ~ 320	400 ~ 460	10	340
纯 铜	T1、T2、T3	软的	160	200	30	7
		硬的	240	300	3	—
黄 铜	H62	软的	260	300	35	—
		半硬的	300	380	20	200
		硬的	420	420	10	—
	H68	软的	240	300	40	100
		半硬的	280	350	25	—
		硬的	400	400	15	250
铅黄铜	HPb59-1	软的	300	350	25	145
		硬的	400	450	5	420
锰黄铜	HMn58-2	软的	340	390	25	170
		半硬的	400	450	15	—
		硬的	520	600	5	—
锡磷青铜 锡锌青铜	QSn6.5-0.4 QSn4-3	软的	260	300	38	140
		硬的	480	550	3 ~ 5	—
		特硬的	500	650	1 ~ 2	546
铝青铜	QA17	退火的	520	600	10	186
		不退火的	560	650	5	250
铝锰青铜	QA19-2	软的	360	450	18	300
		硬的	480	600	5	500
硅锰青铜	QSi3-1	软的	280 ~ 300	350 ~ 380	40 ~ 45	239
		硬的	480 ~ 520	600 ~ 650	3 ~ 5	540
		特硬的	560 ~ 600	700 ~ 750	1 ~ 2	—

(续)						
材料名称	牌 号	材料状态	抗剪强度 τ_b /MPa	抗拉强度 σ_b /MPa	伸长率 δ_{10} (%)	屈服点 σ_s /MPa
铍青铜	QBe2	软的	240 ~ 480	300 ~ 600	30	250 ~ 350
		硬的	520	660	2	—
钛合金	TA2	退火的	360 ~ 480	450 ~ 600	25 ~ 30	—
	TA3		440 ~ 600	550 ~ 750	20 ~ 25	—
	TA6		640 ~ 680	800 ~ 850	15	—
镁合金	MB1	冷态	120 ~ 140	170 ~ 190	3 ~ 5	120
	MB8		150 ~ 180	230 ~ 240	14 ~ 15	220
	MB1	预热 300℃	30 ~ 50	30 ~ 50	50 ~ 52	—
	MB8		50 ~ 70	50 ~ 70	58 ~ 62	—

表 A-3 深拉深冷轧薄板的力学性能

牌 号	拉深级别	钢板厚度 /mm	力 学 性 能		
			σ_b /MPa	σ_s /MPa ≤	δ_{10} (%) ≥
08Al	ZF	全部	255 ~ 324	196	44
	HF	全部	255 ~ 333	206	42
	F	> 1.2	255 ~ 343	216	39
		1.2	255 ~ 343	216	42
08F	P	< 1.2	255 ~ 343	235	42
		≤4	275 ~ 363	—	34
		≤4	275 ~ 383	—	32
		≤4	275 ~ 383	—	30
08	Z	≤4	275 ~ 392	—	32
	S	≤4	275 ~ 412	—	30
	P	≤4	275 ~ 412	—	28
10	Z	≤4	294 ~ 412	—	30
	S	≤4	294 ~ 432	—	29
	P	≤4	294 ~ 432	—	28
15	Z	≤4	333 ~ 451	—	27
	S	≤4	333 ~ 471	—	26
	P	≤4	333 ~ 471	—	25
20	Z	≤4	353 ~ 490	—	26
	S	≤4	353 ~ 500	—	25
	P	≤4	353 ~ 500	—	24

表 A-4 冷轧钢板和钢带的规格尺寸 (单位: mm)

公差厚度	按下列宽度的最小和最大长度						
	600	800	1000	1250	1500	1800	2000
0.2	1200 2500	1500 2500	1500 3500	—	—	—	—
0.3				—	—	—	—
0.4				—	—	—	—
0.6				1500 3000	—	—	—
0.8	1200 3000	1500 3000	1500 4000	1500 4000	2000 4000	—	—
1.0						—	—
1.2						2000 4000	—
1.5			1500 4000	1500 6000	2000 6000	2500 6000	—
2.0							—
2.5						2000 6000	
3.0	2500 7000	2500 7000					
3.5	—	—	—	2000 4500	2000 4750	2500 2700	2500 2700
4.0	—	—	—		2000 4500	1500 2500	1500 2500
4.5	—	—	—				
5.0	—	—	—			1500 2300	1500 2300

表 A-5 冷轧钢板和钢带的厚度允许偏差 (单位: mm)

宽 度 厚 度	A 级精度		B 级精度	
	≤1500	>1500 ~2000	≤1500	>1500 ~2000
0.20 ~0.50	±0.04	—	±0.05	—
>0.50 ~0.65	±0.05	—	±0.06	—
>0.65 ~0.90	±0.06	—	±0.07	—
>0.90 ~1.10	±0.07	±0.09	±0.09	±0.11
>1.1 ~1.2	±0.09	±0.10	±0.10	±0.12

(续)

宽 度 厚 度	A 级精度		B 级精度	
	≤1500	> 1500 ~ 2000	≤1500	> 1500 ~ 2000
1.5	±0.11	±0.13	±0.12	±0.15
1.8	±0.12	±0.14	±0.14	±0.16
2.0	±0.13	±0.15	±0.15	±0.17
2.5	±0.14	±0.17	±0.16	±0.18
3.0	±0.16	±0.19	±0.18	±0.20
3.5	±0.18	±0.20	±0.20	±0.21
4.0	±0.19	±0.21	±0.22	±0.24
4.5 ~ 5.0	±0.20	±0.22	±0.23	±0.25

表 A-6 轧制薄钢板的尺寸

(单位: mm)

钢板 厚度	钢 板 宽 度												
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500
	冷轧钢板的长度												
0.2,0.25 0.3,0.4	120	142	1500	1500									
	100	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500					
	150	200	2000	2000	2000	2000	1800	2000					
0.5,0.55 0.6		120	1420	1500	1500	1500							
	100	180	1800	1800	1800	1800	1500	1500					
	150	200	2000	2000	2000	2000	1800	2000					
0.7,0.75		120	1420	1500	1500	1500							
		100	1800	1800	1800	1800	1800	1500	1500				
	150	200	2000	2000	2000	2000	1800	2000					
0.8,0.9		120	1420	1500	1500	1500	1500						
	100	180	1800	1800	1800	1800	1800	1500	2000	2000			
	150	200	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2200	2500			
1.0,1.1 1.2,1.4 1.5,1.6 1.8,2.0	100	120	1420	150	150	1500					2800	2800	
	150	180	1800	1800	1800	1800	1800			2000	2000	3000	3000
	200	200	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2200	2500	3500	3500	

(续)

钢板 厚度	钢 板 宽 度												
	500	600	710	750	800	850	900	950	1000	1100	1250	1400	1500
	冷轧钢板的长度												
2.2,2.5 2.8,3.0 3.2,3.5 3.8,4.0	500	600											
	100	120	1420	1500	1500	1500							
	150	180	1800	1800	1800	1800	1800	2000					
	200	200	2000	2000	2000	2000							
0.35,0.4 0.45,0.5 0.55,0.6 0.7,0.75		120		1000									
	100	150	1000	1500	1500		1500	1500					
	150	180	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500				
	200	200	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
0.8,0.9				1500	1500	1500	1500	1500					
	100	120	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500				
	150	142	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
1.0,1.1 1.2,1.25 1.4,1.5 1.6,1.8				1000			1000						
	100	120	1000	1500	1500	1500	1500	1500					
	150	142	1420	1800	1600	1700	1800	1900	1500				
	200	200	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000				
2.0,2.2 2.5,2.8							1000						
	500	600	1000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2200	2500	2800	
2.8	100	120	1420	1800	1600	1700	1800	1900	2000	3000	3000	3000	3000
	150	150	2000	2000	2000	2000	2000	2000	3000	4000	4000	4000	4000
3.0,3.2 3.5,3.8 4.0				1000			1000						
				1500	1500	1500	1500	1500	2000	2200	2500	3000	3000
	500	600	1420	1800	1600	1700	1800	1900	3000	3000	3000	3500	3500
	100	120	1200	2000	2000	2000	2000	2000	4000	4000	4000	4000	4000

表 A-7 镀锌和酸洗钢板的规格和厚度允许偏差 (单位: mm)

材 料 厚 度	允许偏差	常用的钢板的宽度 × 长度
0. 25,0. 30,0. 35 0. 40,0. 45	± 0. 05	510 × 710 850 × 1700 710 × 1420 900 × 1800 750 × 1500 900 × 2000
0. 50,0. 55	± 0. 05	710 × 1420 900 × 1800 750 × 1500 900 × 2000 750 × 1800 1000 × 2000 850 × 1700
0. 60,0. 65	± 0. 06	
0. 70,0. 75	± 0. 70	
0. 80,0. 90	± 0. 08	
1. 00,1. 10	± 0. 09	710 × 1420 750 × 1800 750 × 1500 850 × 1700 900 × 1800 1000 × 2000
1. 20,1. 30	± 0. 11	
1. 40,1. 50	± 0. 12	
1. 60,1. 80	± 0. 14	
2. 00	± 0. 16	

表 A-8 热轧硅钢薄板的规格 (单位: mm)

分类	检验条件	钢号	厚度	宽度×长度
低硅钢板	强 磁 场	D11	1. 0,0. 5	600×1200
		D12	0. 5	670×1340
		D21	1. 0,0. 5,0. 35	750×1500
		D22	0. 5	860×1720
		D23	0. 5	900×1800
		D24	0. 5	1000×2000
高硅钢板		D31	0. 5,0. 35	厚度为 0. 2、0. 1,其宽度×长度由双方协议规定
		D32	0. 5,0. 35	
		D41	0. 5,0. 35	
		D42	0. 5,0. 35	
		D43	0. 5,0. 35	
		D44	0. 5,0. 35	
	中磁场	DH41	0. 35,0. 2,0. 1	
	弱磁场	DR41	0. 35,0. 2,0. 1	
	高频率	DG41	0. 35,0. 2,0. 1	

表 A-9 冷轧黄铜板的厚度、宽度和长度允许偏差 (单位: mm)

厚 度	宽度和长度			宽度和长度允许偏差	
	600 × 1200	700 × 1430	800 × 1500		
	厚度下偏差(上偏差为 0)				
0.4	-0.07	-0.09		宽度允许偏差为: $-\overset{0}{10}$ 长度允许偏差为: $-\overset{0}{15}$	
0.5					
0.6	-0.08	-0.1			
0.7					
0.8	-0.09		-0.12		
0.9	-0.1	-0.12			
1	-0.11	-0.14			
1.1	-0.12				-0.14
1.2		-0.16			
1.35	-0.14				-0.16
1.5		-0.18			
1.6	-0.15				
1.8	-0.2				
2.0			-0.16		-0.18
2.25	-0.21	-0.22			
2.5		-0.24			
2.75					
3.0	-0.2	-0.24	-0.27		
3.5					
4.0	-0.22	-0.27	-0.3		
4.5					
5.0	-0.25	-0.30	-0.35		
5.5					
6.0		-0.35	-0.37		
6.5					
7.0	-0.27	-0.37	-0.4		
7.5					
8.0					
9.0	-0.30	-0.40	-0.45		
10.0					

表 A-10 普通碳素结构钢冷轧钢带的厚度与宽度允许偏差 (单位: mm)

材料厚度	材料厚度下偏差 (上偏差为0)		钢带宽度	宽度允许偏差				钢带长度		
	普通	较高		切边钢带		不切边钢带				
				普通	较高	普通	较高			
0.05,0.06 0.08,0.10	-0.015	-0.01	5,10, …, 100(间隔5)	宽度 ≤ 100 时为	宽度 ≤ 100 时为	宽度 ≤ 50 时为 ±2.5 宽度 > 50 时为 ±3.5	宽度 ≤ 50 时为 0 -1.5 宽度 > 50 时为 0 -2.5	一般不短 于10m 最短允许 在5m以上		
0.15	-0.02	-0.015	30,35, …, 100(间隔5)	0 -0.4	0 -0.2					
0.20,0.25	-0.03	-0.02		宽度 > 100 时为	宽度 > 100 时为					
0.30	-0.04	-0.03	30,35, …, 200(间隔5)	0 -0.5	0 -0.3					
0.35,0.40	-0.04	-0.03		宽度 < 100 时为	宽度 < 100 时为					
0.45,0.50	-0.05	-0.04		0 -0.5	0 -0.3					
0.55,0.60 0.65,0.70	-0.05	-0.04		0 -0.5	0 -0.3					
0.75,0.80 0.85,0.90 0.95,1.00	-0.07	-0.05		宽度 > 100 时为	宽度 > 100 时为					
				0 -0.6	0 -0.4					
1.05,1.10 1.15,1.20 1.25,1.30 1.35,1.40 1.45,1.50	-0.09	-0.06	50,55, …, 200(间隔5)							
1.60,1.70 1.75,1.80 1.90,2.00 2.10,2.20 2.30,2.40 2.50	-0.13	-0.10								
2.60,2.70 2.80,2.90 3.00	-0.16	-0.12								

表 A-11 优质碳素结构钢冷轧钢带的尺寸及允许偏差 (单位: mm)

厚 度				宽 度				
公称(基本)尺寸	下偏差(上偏差为0)			切边钢带			不切边钢带	
	普通精度 P	较高精度 H	高精度 J	公称(基本) 尺寸	允许偏差		公称(基本) 尺寸	允许 偏差
					普通精度 P	较高精度 H		
0.10~0.15	-0.020	-0.010	-0.010	4~120	0 -0.3	0 -0.2	≤50	+2 -1
>0.15~0.25	-0.030	-0.020	-0.015					
>0.25~0.40	-0.040	-0.030	-0.020	6~200				
>0.40~0.50	-0.050	-0.040	-0.025					
>0.50~0.70	-0.050	-0.040	-0.025	10~200	0 -0.4	0 -0.3		
>0.70~0.95	-0.070	-0.050	-0.030					
>0.95~1.00	-0.090	-0.060	-0.040				>50	+3 -2
>1.00~1.35	-0.090	-0.060	-0.040	18~200	0 -0.6	0 -0.4		
>1.35~1.75	-0.110	-0.080	-0.050					
>1.75~2.30	-0.120	-0.100	-0.060					
>2.30~3.00	-0.160	-0.120	-0.080					
>3.00~4.00	-0.200	-0.160	-0.100					

表 A-12 电信用冷轧硅钢带的规格 (单位: mm)

牌 号	厚度	厚度允许偏差		宽 度	宽度允许偏差			
		宽度 <200	宽度 ≥200		宽 5~10 时	宽 12.5~ 40 时	宽 50~80 时	宽 >80 时
DG1、DG2 DG3、DG4	0.5	±0.005		5、6.5、8、10、12.5、15、 16、20、25、32、40、50、 64、80、100	0 -0.20	0 -0.25	0 -0.30	0 -1
	0.8 1.0	±0.010		5、6.5、8、10、12.5、15、 16、20、25、32、40、50、 64、80、100、110	0 -0.20	0 -0.25	0 -0.30	
	0.20	±0.015	±0.02	80~300			0 -0.30	
DQ1、DQ2 DQ3、DQ4 DQ5、DQ6	0.35	±0.020	±0.03	80~600			0 -0.30	

表 A-13 硅钢薄钢板尺寸规格 (单位: mm)

钢板厚度	宽度 × 长度	备 注
0.35 0.5	600 × 1200	厚度为 0.2、0.1 的薄钢板宽度及长度可由供需双方协议
	670 × 1340	
	750 × 1500	
	810 × 1620	
	860 × 1720	
	900 × 1800	
	1000 × 2000	

表 A-14 铝及铝合金轧制板材尺寸规格 (单位: mm)

板材厚度	>0.2 ~ 0.8	>0.8 ~ 1.2	>1.2 ~ 4.5	>4.5 ~ 8
宽度尺寸	1000 ~ 1500	1000 ~ 2000	1000 ~ 2400	1000 ~ 4800
长度尺寸	1000 ~ 10000			

表 A-15 铝及铝合金冷轧带材厚度允许偏差 (单位: mm)

厚 度	宽 度 尺 寸				
	≤450	>450 ~ 900	>900 ~ 1400	>1400 ~ 1800	>1800 ~ 2300
>0.2 ~ 0.25	±0.03	±0.04	±0.05	—	—
>0.25 ~ 0.45	±0.04	±0.04	±0.05	—	—
>0.45 ~ 0.7	±0.04	±0.05	±0.05	±0.08	—
>0.7 ~ 0.9	±0.05	±0.05	±0.06	±0.09	±0.13
>0.9 ~ 1.1	±0.05	±0.06	±0.08	±0.10	±0.13
>1.1 ~ 1.7	±0.06	±0.08	±0.10	±0.13	±0.15
>1.7 ~ 1.9	±0.06	±0.08	±0.10	±0.15	±0.20
>1.9 ~ 2.4	±0.08	±0.08	±0.10	±0.15	±0.20
>2.4 ~ 2.7	±0.09	±0.10	±0.13	±0.18	±0.23
>2.7 ~ 3.6	±0.11	±0.11	±0.13	±0.18	±0.23
>3.6 ~ 4.5	±0.15	±0.15	±0.20	±0.23	±0.28
>4.5 ~ 5	±0.18	±0.18	±0.23	±0.28	±0.33
>5 ~ 6	±0.23	±0.23	±0.28	±0.33	±0.38

注: 铝及铝合金冷轧带材宽度为 60 ~ 2000mm。

表 A-16 铜及铜合金板、带材规格尺寸 (单位: mm)

材料名称		状态	厚度	宽度	长 度	
纯铜带	T2、T3	M Y ₂ Y	0.05 ~ 2.0	≤600	—	
黄铜板	H62、H68	M Y Y ₂ T	0.2 ~ 10.0	200 ~ 3000	宽度 > 1100 时最大长度 3000	
黄铜带	H62、H68	M、Y、Y ₂	0.05 ~ 0.2	200 ~ 600	厚度	长度
	HPb59-1、HMn58-2			200 ~ 300	0.05 ~ 0.5	≥20000
						>0.5 ~ 1.0
		H62、H68	T	0.05 ~ 1.0	200 ~ 600	>1.0 ~ 2.0
铝青铜带	QAl15 QAl17 QAl19-2 QAl19-4	M Y ₂ Y T	0.05 ~ 1.2	20 ~ 300	2000	
锡青铜带	QSn6.5-0.1	M Y ₂	0.05 ~ 0.4	25 ~ 280	—	
	QSn6.5-0.4	Y T	>0.4 ~ 2.0	100 ~ 600		
锰青铜带	QMn1.5	M	0.1 ~ 1.2	20 ~ 300	≥2000	
	QMn5	M Y	0.1 ~ 1.2	20 ~ 300	≥2000	

注：状态中：M（软）、Y₂（半硬）、Y（硬）、T（特硬）。

附录 B 冲压件未注公差尺寸的极限偏差
(摘自 GB/T 15055—2007)

表 B-1 未注公差冲裁件线性尺寸的极限偏差 (单位: mm)

基本尺寸		材料厚度		公 差 等 级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
0.5	3	—	1	±0.05	±0.10	±0.15	±0.20
		1	3	±0.15	±0.20	±0.30	±0.40

(续)

基本尺寸		材料厚度		公差等级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
3	6	—	1	±0.10	±0.15	±0.20	±0.30
		1	4	±0.20	±0.30	±0.40	±0.55
		4	—	±0.30	±0.40	±0.60	±0.80
6	30	—	1	±0.15	±0.20	±0.30	±0.40
		1	4	±0.30	±0.40	±0.55	±0.75
		4	—	±0.45	±0.60	±0.80	±1.20
30	120	—	1	±0.20	±0.30	±0.40	±0.55
		1	4	±0.40	±0.55	±0.75	±1.05
		4	—	±0.60	±0.80	±1.10	±1.50
120	400	—	1	±0.25	±0.35	±0.50	±0.70
		1	4	±0.50	±0.70	±1.00	±1.40
		4	—	±0.75	±1.05	±1.45	±2.10
400	1000	—	1	±0.35	±0.50	±0.70	±1.00
		1	4	±0.70	±1.00	±1.40	±2.00
		4	—	±1.05	±1.45	±2.10	±2.90
1000	2000	—	1	±0.45	±0.65	±0.90	±1.30
		1	4	±0.90	±1.30	±1.80	±2.50
		4	—	±1.40	±2.00	±2.80	±3.90
2000	4000	—	1	±0.70	±1.00	±1.40	±2.00
		1	4	±1.40	±2.00	±2.80	±3.90
		4	—	±1.80	±2.60	±3.60	±5.00

注：对于 0.5 及 0.5mm 以下的尺寸应标公差。

表 B-2 未注公差成形件线性尺寸的极限偏差 (单位：mm)

基本尺寸		材料厚度		公差等级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
0.5	3	—	1	±0.15	±0.20	±0.35	±0.50
		1	4	±0.30	±0.45	±0.60	±1.00
3	6	—	1	±0.20	±0.30	±0.50	±0.70
		1	4	±0.40	±0.60	±1.00	±1.60
		4	—	±0.55	±0.90	±1.40	±2.20

(续)

基本尺寸		材料厚度		公差等级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
6	30	—	1	±0.25	±0.40	±0.60	±1.00
		1	4	±0.50	±0.80	±1.30	±2.00
		4	—	±0.80	±1.30	±2.00	±3.20
30	120	—	1	±0.30	±0.50	±0.80	±1.30
		1	4	±0.60	±1.00	±1.60	±2.50
		4	—	±1.00	±1.60	±2.50	±4.00
120	400	—	1	±0.45	±0.70	±1.10	±1.80
		1	4	±0.90	±1.40	±2.20	±3.50
		4	—	±1.30	±2.00	±3.30	±5.00
400	1000	—	1	±0.55	±0.90	±1.40	±2.20
		1	4	±1.10	±1.70	±2.80	±4.50
		4	—	±1.70	±2.80	±4.50	±7.00
1000	2000	—	1	±0.80	±1.30	±2.00	±3.30
		1	4	±1.40	±2.20	±3.50	±5.50
		4	—	±2.00	±3.20	±5.00	±8.00

注：对于 0.5 及 0.5mm 以下的尺寸应标公差。

表 B-3 未注公差冲裁圆角半径线性尺寸的极限偏差 (单位: mm)

基本尺寸		材料厚度		公差等级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
0.5	3	—	1	±0.15		±0.20	
		1	4	±0.30		0.40	
3	6	—	4	±0.40		±0.60	
		4	—	±0.60		±1.00	
6	30	—	4	±0.60		±0.80	
		4	—	±1.00		±1.40	

(续)

基本尺寸		材料厚度		公 差 等 级			
大于	至	大于	至	f	m	c	v
30	120	—	4	± 1. 00		± 1. 20	
		4	—	± 2. 00		± 2. 40	
120	400	—	4	± 1. 20		± 1. 50	
		4	—	± 2. 40		± 3. 00	
400	—	—	4	± 2. 00		± 2. 40	
		4	—	± 3. 00		± 3. 50	

表 B4 未注公差成形圆角半径线性尺寸的极限偏差 (单位: mm)

基本尺寸	≤3	>3 ~ 6	>6 ~ 10	> 10 ~ 18	> 18 ~ 30	> 30
极限偏差	+ 1.00	+ 1.50	+ 2.50	+ 3.00	+ 4.00	+ 5.00
	-0.30	-0.50	-0.80	-1.00	-1.50	-2.00

表 B-5 未注公差冲裁角度尺寸的极限偏差

公差等级	短边长度/mm						
	≤10	>10 ~ 25	>25 ~ 63	>63 ~ 160	>160 ~ 400	>400 ~ 1000	>1000 ~ 2500
f	±1°00′	±0°40′	±0°30′	±0°20′	±0°15′	±0°10′	±0°06′
m	±1°30′	±1°00′	±0°45′	±0°30′	±0°20′	±0°15′	±0°10′
c v	±2°00′	±1°30′	±1°00′	±0°45′	±0°30′	±0°20′	±0°15′

表 B-6 未注公差弯曲角度尺寸的极限偏差

[illegible]

附录 C 常用冲模材料及热处理要求

表 C-1 凸模、凹模的常用材料及热处理要求

零件名称		选 用 材 料	热处理	硬度 HRC	
模具类型	冲 件 情 况			凸 模	凹 模
冲裁模	I 1) 形状简单, 冲裁材料厚度 $t < 3\text{mm}$ 的凸模、凹模和凸凹模 2) 带台阶的、快换式的凸模、凹模和形状简单的镶块	T8A T10A 9Mn2V Cr6WV	淬火	58 ~ 62	62 ~ 64
	II 1) 形状复杂的凸模、凹模和凸凹模 2) 冲裁材料厚度 $t > 3\text{mm}$ 的凸模、凹模和凸凹模 3) 形状复杂的镶块	9SiCr CrWMn, 9Mn2V Cr12, Cr12MoV 120Cr4W2MoV	淬火	58 ~ 62	62 ~ 64
	III 要求耐磨的凸模、凹模	Cr12MoV, G Cr15 120Cr4W2MoV YG15	淬火	60 ~ 62	62 ~ 64
			—	—	
	IV 冲薄材料的凹模	T8A	—	—	
弯曲模	I 一般弯曲的凸模、凹模及镶块	T8A, T10A	淬火	56 ~ 60	
	II 1) 要求高度耐磨的凸、凹模及镶块 2) 形状复杂的凸、凹模及镶块 3) 生产量特别大的凸、凹模及镶块	CrWMn Cr12 Cr12MoV	淬火	60 ~ 64	
	III 热弯的凸模、凹模	5CrNiMo, 5CrNiTi 5CrMnMo	淬火	52 ~ 56	
拉深模	I 一般拉深的凸模、凹模	T8A, T10A	淬火	58 ~ 62	60 ~ 64
	II 连续拉深的凸模、凹模	T10A, CrWMn			
	III 要求耐磨的凹模	Cr12, YG15 Cr12MoV, YG8		—	62 ~ 64
	IV 拉深不锈钢材料用的凸模、凹模	W18Cr4V	淬火	62 ~ 64	—
		YG15, YG8	—	—	—
	V 热拉深用的凸模、凹模	5CrNiMo, 5CrNiTi	淬火	52 ~ 56	52 ~ 56

表 C-2 冲模一般零件的材料及热处理要求

零件名称	选用材料	热处 理	硬度 HRC
上、下模座	HT200, HT250, ZG270—500, ZG310—570, 厚钢板刨制的 Q235, Q275	—	—
模柄	Q275	—	—
导柱、导套	20, T10A	20 钢渗碳淬火	60 ~ 62(导柱), 57 ~ 60(导套)
凸、凹模固定板	Q235, Q275	—	—
托料板	Q235	—	—
卸料板	Q275	—	—
挡料销	45, T7A	淬火	43 ~ 48(45 钢), 52 ~ 56(T7A)
导正销、定位销	T7, T8	淬火	52 ~ 56
垫板	45, T8A	淬火	43 ~ 48(45 钢), 54 ~ 58(T8A)
销钉	45, T7	淬火	43 ~ 48(45 钢), 52 ~ 54(T8A)
螺钉	45	头部淬火	43 ~ 48
导料板	Q275, 45	淬火	43 ~ 48
推杆、顶杆	45	淬火	43 ~ 48
推板、顶板	45, Q275	—	—
拉深模压边圈	T8A	淬火	54 ~ 58
螺母、垫圈、螺塞	Q235	—	—
定距侧刃废料切刀	T8A	淬火	58 ~ 62
侧刃挡板	T8A	淬火	54 ~ 58
定位板	45, T8	淬火	43 ~ 48(45 钢), 52 ~ 56(T8)
楔块与滑块	T8A, T10A	淬火	60 ~ 62
弹簧	65Mn, 60SiMnA	淬火	40 ~ 45

附录 D 冲模零件的精度、公差配合及表面粗糙度

表 D-1 模具精度与冲裁件精度对应关系

冲模制造精度	材料厚度 <i>t</i> /mm											
	0.5	0.8	1.0	1.5	2	3	4	5	6	8	10	12
IT6 ~ IT7	IT8	IT8	IT9	IT10	IT10	—	—	—	—	—	—	—
IT7 ~ IT8	—	IT9	IT10	IT10	IT12	IT12	IT12	—	—	—	—	—
IT9	—	—	—	IT12	IT12	IT12	IT12	IT12	IT14	IT14	IT14	IT14

表 D-2 冲模零件的加工精度及其相互配合

配合零件名称	精度及配合	配合零件名称	精度及配合
导套(导柱)与上、下模座	$\frac{H7}{r6}$	固定挡料销与凹模	$\frac{H7}{n6}$ 或 $\frac{H7}{m6}$
导柱与导套	$\frac{H6}{h5}$ 或 $\frac{H7}{h6}$ 、 $\frac{H7}{f6}$	活动挡料销与卸料板	$\frac{H9}{h8}$ 或 $\frac{H9}{h9}$
模柄(带法兰盘)与上模座	$\frac{H8}{h8}$ 或 $\frac{H9}{h9}$	圆柱销与凸模固定板、上、下模座等	$\frac{H7}{n6}$
凸模与凸模固定板	$\frac{H7}{m6}$ 或 $\frac{H7}{k6}$	凸模(凹模)与上、下模座(镶入式)	$\frac{H7}{h6}$
螺钉与螺杆孔	0.5 或 1mm(单边)	顶件板与凹模	0.1 ~ 0.5mm(单边)
卸料板与凸模或凹模	0.1 ~ 0.5mm(单边)	推销(连接推杆)与凸模固定板	0.2 ~ 0.5mm(单边)
推杆(打杆)与模柄	0.5 ~ 1mm(单边)		

表 D-3 冲模零件的表面粗糙度

表面粗糙度 $Ra/\mu m$	使用范围	表面粗糙度 $Ra/\mu m$	使用范围
0.2	抛光的成形面及平面	1.6	1) 内孔表面——在非热处理零件上配合使用 2) 底板平面
0.4	1) 压弯、拉深、成形的凸模和凹模的工作表面 2) 圆柱表面和平面的刃口 3) 滑动和精确导向的表面	3.2	1) 不磨加工的支撑、定位和紧固表面——用于非热处理的零件 2) 底板平面
0.8	1) 凸模和凹模刃口 2) 凸模和凹模镶块的结合面 3) 过盈配合和过渡配合的表面——用于热处理零件 4) 支撑定位和紧固表面——用于热处理零件 5) 磨加工的基准面 6) 要求准确的工艺基准面	6.3 ~ 12.5	不与冲压件及冲模零件接触的表面
		25	粗糙的不重要的表面

附录 E 中外主要模具用材料对照表

表 E-1 中外主要模具钢牌号对照表

类别	中国 (GB)	日本 (JIS)	美国 (AISI)	德国 (DIN)	法国 (NF)	英国 (BS)	俄罗斯 (ГОСТ)
优质碳素钢	40	S40C	C1040	CK40	XC42	080M40	40
	45	S45C	C1045	CK45	XC45	080M46	45
	50	S50C	C1050	CK50	XC48	080M50	50
	55	S55C	C1055	CK55	XC55	080M55	55
合金结构钢	38CrA	SCr435	5135	37Cr4	38C4	530A36	35X
	40CrA	SCr440	5140	41Cr4	42C4	530M10	40X
	35CrMo	SCrM435	4137(P21)	34CrMo4	35CD4	708A37	35XM
	42CrMo	SCM440	4140(P20)	42CrMo4	42CD4	708M40	—
弹簧钢	50CrVA	SUP10	6150	50CrV4	50CV4	735A50	50ХГФА
	62Si2MnA	SUP6	9260	65Si7	—	250A58	60C2
	63Si2MnA	SUP7	—	66Si7	61C7	250A61	60C2Г
优质碳素工具钢	T8A	SK6	W1-7	C80W1	Y170	—	Y8A
	T9A	SK5	W1-8	C80W1	Y180	BW1A	Y9A
	T10A	SK4	W1-9	—	Y190	BW1A	Y10A
	T11A	SK3	W1-10	C105W1	Y1105	BW1B	Y11A
	T12A	SK2	W1-11 $\frac{1}{2}$	—	Y2102	BW1C	Y12A
低合金工具钢(冷作)	9Mn2V	—	02	90MnCrV8	90MV8	B02	9Г2Х
	9CrWMn	SK53	01	100MnCrW4	90MCW5	B01	9ХВГ
	CrWMn	SKS31	—	100WCr6	100WC13	—	ХВГ
	CrW	SKS2	07	105WCrV7	105WC13	B07	ХВ
	Cr2(GCr15)	SUJ2	03	105Cr6	Y100C6	BL3	ШХ15
	GCr9(轴承钢)	SUJ1	E51100	105Cr4	100C5	535A99	ШХ9
	7CrSiMnMoV	SX105V	—	X3NiCoMoTi	—	—	—
	6CrNiMnSiMoV	G04	L6	1895	—	—	ДИ56
	6Cr3VSi	—	—	75CrMoNiW6	—	—	—
中合金钢(冷作)	Cr2Mn2SiWMoV	HPM31	A6	—	—	—	7ХГ2ВФМ
	Cr4W2MoV	—	A4	—	—	—	—
	Cr6WV	SKD12	A2	X100CrMoV51	Z100CDV5	BA2	9Х5ВФ

(续)							
类别	中国 (GB)	日本 (JIS)	美国 (AISI)	德国 (DIN)	法国 (NF)	英国 (BS)	俄罗斯 (ГОСТ)
高合金工具钢	Cr12	SKD1	D3	X210CrX12	Z200C12	BD3	X12
	Cr12W	SKD2	D6	X210CrW12	—	—	—
	Cr12MoV	SKD11	D2	X165CrMoV12	Z160CDV12	BD2	X12MΦ
高强度 基体钢	5Cr4Mo3SiMnVA1	—	—	—	—	—	—
	6Cr4Mo3Ni2WV	—	—	—	—	—	—
	65Cr4W3Mo2VNb	—	—	—	—	—	—
	7Cr7Mo3V2Si	AUD11	Die	—	—	—	X4B2M01Φ
钨系与钨钼系 高速工具钢	W18Cr4V	SKH2	T1	S18-0-1	Z80NCV	BT1	P18
	W12Cr4V4Mo	—	—	S12-1-4	Z125WV15-W	—	P14Φ4
	W9Cr4V2	SKH6	T7	S9-1-2	Z70WD12	BT7	P9
	W12Mo3Cr4V3N	—	—	—	—	—	—
	W10Mo3Cr4V3	SKH57	T42	S10-4-3-10	Z130WKCDV	—	—
	W6Mo5Cr4V3	SKH53	M3-2	S6-5-3	Z120WDCV	BM3-2	—
	W6Mo5Cr4V2	SKH51	M2	S6-5-2	Z85WDCV	BM2	P6M5
	6W6Mo5Cr4V	SKH55	—	S6-5-2-5	Z90WDKCV	—	P6M5K5
	W6Mo5Cr4V5-SiNbA1	(B201)	—	—	—	—	—

表 E-2 中外常用硬质合金牌号对照

类别	中国(GB)	日本(JIS)	美国(JIC)	德国(DIN)	俄罗斯(ГОСТ)
钨钴 钨钨钛类 硬质合金	YT5	—	C5	S4	T5K10
	YT5-7	S3	C5-7	S3	T5K7
	YT14	S2	C6	S2	T14K8
	YT15	S1	C7	S1	T15K8
	YT30	—	C8	F1	T30K4
钨钴 钨钨钛类 硬质合金	YG6	G2	C2	GT15	BK6
	YG8	G3	—	—	BK8
	YG8C	G4	K95	—	BK10KC
	YG11	—	K94	GT20	BK11
	YG11C	G5	K93	—	BK11KC
	YG15	G6	K92	GT30	BK15
	YG20	G7	K91	GT40	BK20
	YG20C	—	—	—	BK20K
	YG25	G8	K90	GT50	BK25

参考文献

- [1] 邱水成. 多工位级进模设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1987.
- [2] 现代模具技术编委会. 模具 CAD/CAM 技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [3] 王俊彪. 多工位级进模设计 [M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1999.
- [4] 张鼎承. 冲模设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [5] 本志刚. 模具 CAD/CAM [M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [6] 周雄辉、彭颖红, 洪慎章, 等. 现代模具设计制造理论与技术 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2000.
- [7] 涂光祺. 冲模技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [8] 王新华, 袁联富. 冲模结构图册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [9] 中国模具设计大典编委会. 中国模具设计大典: 第 3 卷冲压 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2003.
- [10] 徐政坤. 冲压模具设计与制造 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [11] 段来根. 多工位级进模与冲压自动化 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [12] 杨玉英. 实用冲压工艺及模具设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [13] 薛启翔. 冲压模具设计结构图册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [14] 彭建声. 模具设计与速查手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [15] 郭成, 储家佑. 现代冲压技术手册 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [16] 张如华, 赵向阳, 章跃荣. 冲压工艺与模具设计 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [17] 牟林, 胡建华. 冲压工艺与模具设计 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.
- [18] 韩英淳. 简明冲压工艺与模具设计手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- [19] 齐卫东. 冷冲压模具图集 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [20] 康俊远. 冷冲压工艺与模具设计 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [21] 刘华刚. 冲压工艺及模具 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [22] 张正修. 冲模结构设计方法要点及实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [23] 陈炎嗣. 多工位级进模设计与制造 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [24] 李奇涵. 冲压成形工艺与模具设计 [M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [25] 曹立文, 王冬, 丁海娟, 等. 新编实用冲压模具设计手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [26] 洪慎章. 实用冲压工艺及模具设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [27] 姜伯军. 级进冲模设计与模具结构实例 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [28] 宛强. 冲压模具设计及实例精解 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [29] 薛启翔. 冲压工艺与模具设计实例分析 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [30] 钟翔山. 冷冲模设计应知应会 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [31] 刘占军. 多工位级进模设计及实例精解 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [32] 欧阳波仪. 多工位级进模设计标准教程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [33] 郝宾海. 冲压模具简明设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

-
- [34] 洪慎章. 实用冲模设计与制造 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [35] 洪慎章, 曾振鹏. 接触片毛坯排样 CAD [J]. 模具制造, 2001 (8): 6-10.
- [36] 洪慎章, 曾振鹏. 冲压零件压力中心 [J]. 模具制造, 2002 (2): 10-12.
- [37] 洪慎章, 曾振鹏. 密封盖冲孔一翻边一落料级进模设计 [J]. 模具制造, 2002 (3): 13-17.
- [38] 洪慎章. 联接板冲孔落料级进模设计 [J]. 模具制造, 2008 (9): 16-19.
- [39] 马维铁, 刘强, 张慧玲, 等. 8 工位冲裁弯曲级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (2): 13-16.
- [40] 王昌, 陈晓娟, 魏闯. 基于 UG 的隔离罩级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (2): 19-22.
- [41] 宁建华. 汽车电器支架多工位级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (3): 1-3.
- [42] 李捷, 欧艳, 李昌雪. 合页扣件级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (3): 4-7.
- [43] 王江涛, 申明倩. 自行车碟刹车片成形工艺与冲模设计 [J]. 模具工业, 2009 (3): 7-11.
- [44] 谢建. 三极管框架级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (3): 12-15.
- [45] 印书范, 吴澍宏, 张荣清. 散热片自动叠片级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (3): 15-18.
- [46] 傅旻, 李锐. 电器接插件级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (4): 21-24.
- [47] 刘占军, 谭平宇. 负极片多工位级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (4): 25-27.
- [48] 傅旻, 刘韬, 李和平. 瓶塞压臂多工位级进模设计 [J]. 模具工业, 2009 (5): 46-49.
- [49] 邓毅. 连接支架多工位级进模设计 [J]. 模具制造, 2009 (6): 31-34.
- [50] 梁兴华, 雷君相, 刘兴芬. 滑板多工位级进模设计 [J]. 模具制造, 2009 (7): 20-22.
- [51] 廖圣洁, 钟锋良. 弹片级进模设计 [J]. 模具制造, 2009 (8): 59-62.
- [52] 冯小康, 皱文洛, 谢袁水. 开关座级进模设计 [J]. 模具制造, 2009 (4): 10-12.
- [53] 康银宇, 马国亭. 侧冲缺口一模向冲切落料拉伸级进模 [J]. 2009 (5): 26-30.
- [54] 洪慎章, 金龙建. 滤波盒级进模设计与制造 (先进模具设计与制造技术论文集) [C]. 深圳: 模具制造, 2009 (11): 65-68.
- [55] 金龙建. 滤波盒落料一冲孔一拉深级进模 [J]. 模具技术, 2010 (1): 25-29.
- [56] 金龙建, 洪慎章. 键盘接插件外壳级进模设计 [J]. 锻压装备与制造技术, 2010 (1): 95-98.
- [57] 金龙建. 阶梯圆筒形件级进模设计 [J]. 模具工业, 2010 (2): 14-17.
- [58] 金龙建. 窗帘支架弹片多工位级进模设计 [J]. 模具工业, 2010 (4): 34-37.
- [59] 金龙建. 爪件级进模设计 [J]. 模具制造, 2010 (5): 12-15.
- [60] 金龙建. 不锈钢管帽拉深级进模设计 [J]. 模具工业, 2010 (6): 21-25.

机械工业出版社模具现有书目 (部分)

书号	书名	定价
25876	塑料模具工程师手册	80.00元
24689	塑料模具设计师手册	128.00元
22825	压铸模具设计师手册	72.00元
25171	冲压模具设计师手册	108.00元
19319	压铸模设计手册 (第3版)	75.00元
17876	注射模的热流道技术	25.00元
18180	实用注塑成型及模具设计	32.00元
18976	实用压塑成型及模具设计	28.00元
19842	实用挤塑成型及模具设计	29.00元
20527	实用吹塑成型及模具设计	22.00元
25817	典型塑料模具设计图集	33.00元
22942	实用冲压工艺及模具设计	29.00元
24751	冷冲模设计应知应会	45.00元
27274	冷冲模设计案例剖析	68.00元
17600	导板式冲模技术及应用	39.00元
20774	冲模结构设计方法、要点及实例	56.00元
27395	冲模实用典型结构图集	58.00元
12254	冲压模具设计制造难点与窍门	46.00元
29109	实用注塑模设计与制造	39.00元
29729	实用冷挤压模设计与制造	39.00元
30060	实用冲模设计与制造	39.00元

ISBN 978-7-111-31086-0

策划编辑: 陈保华

封面设计: 王伟光

地址: 北京市百万庄大街22号
电话服务
社服务中心: (010)88361066
销售一部: (010)68326294
销售二部: (010)88379649
读者服务部: (010)68993821

邮政编码: 100037
网络服务
门户网: <http://www.cmpbook.com>
教材网: <http://www.cmpedu.com>
封面无防伪标均为盗版

定价: 38.00元

上架指导: 工业技术/机械工程/模具

ISBN 978-7-111-31086-0

