

多工位级进模 设计与制造

第2版

陈炎嗣 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

多工位级进模设计与制造

第2版

陈炎嗣 等编著



机械工业出版社

本书共 10 章,第 1 章对多工位级进模的特殊作用、特点、使用条件等方面作了论述。第 2 章至第 7 章,分别就以下几方面作了较为系统的阐述:①级进模设计基础与冲压工艺分析;②排样的优化设计;③带料多工位连续拉深排样设计和工艺计算;④步距与定距定位方式;⑤凸、凹模的结构和固定;⑥多工位级进模的结构件及有关装置的设计方法、要点、技巧、结构形式等。第 8 章介绍了实用多工位级进模 38 例,如空调器翅片模,带有冲裁、压弯、成形的级进模,微型壳类件连续拉深模,模内带自攻螺纹的冲压攻螺纹多工位连续模,硬质合金长寿命级进模等。在这些实例中,传统与现代相结合,更多的现代的“三高”模具结构,从不同角度可以了解这些模具的具体结构特点。第 9 章介绍了级进模材料的选用与热处理。第 10 章介绍级进模的制造和装配要点,关键零件加工举例,以及级进模的试冲、调整、维修、保养要领等。最后为附录,选编了模具设计中常用的一些参数。

本书可供从事冲模设计的技术人员和相关工艺人员使用,也可供有关专业院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

多工位级进模设计与制造/陈炎嗣等编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2013. 10

ISBN 978-7-111-44704-7

I. ①多… II. ①陈… III. ①连续模—设计②连续模—制模工艺
IV. ①TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 266251 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:曲彩云 责任编辑:曲彩云 版式设计:霍永明

责任校对:姜艳丽 封面设计:陈 沛 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014 年 3 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·46.25 印张·1147 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-44704-7

定价:128.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

本书自2006年10月首次出版以来，重印多次，受到了读者广泛的关注与好评。

为适应“高精度、高效率、长寿命”模具工业技术的发展，更好地适应国家对精密、高效多工位级进模为代表的先进模具设计制造技术应用创新的需要，对本书进行了修订再版。修订的主要内容有：

1. 第2版是以第1版为基础，删除、补充、调整了部分章节，内容更加注重实用性。如：压缩了第1章概论；充实了第2章多工位级进模设计基础与冲压件工艺分析内容；加入了一些近几年新开发的新颖模具结构与实例；全书较多地引入了一些应用图表，使本书的技术内容更全面、设计实例更丰富，更好地为读者查阅、参考、应用服务。

2. 排样图设计是级进模总体设计的先行和关键，如何优化设计，在技巧方面第2版增加了一些来自实践中的精典图例。

3. 卸料装置在多工位级进模中有着重要作用，某些技术参数要求不仅不能低于凹模，而且有的比凹模要求还高，其功能除常规的卸料外，全部功能具有压料、卸料、导向、保护等。第2版在卸料装置设计要点和结构图例优化方面作了详细分析和补充。

4. 在多工位级进模中设置模内自动攻螺纹装置，可以实现冲压与攻螺纹一体化，解决了长期以来攻螺纹在模具外进行的常规，降低了冲压件的生产成本，提高了生产效率。本版第8章补充进这种新的模具结构。

本书第2版由陈炎嗣主要编著，沈永娣、陈炎裔、汪义尧、袁人瑞、陈文字、金龙建等和参加第1版编写工作的部分专家董华宁、王德华、卓昌明、崔熙珉、陈麒元、刘辉航、邵今亮、乔春英、孙敬、陈鹤皋、俞爱娣、朱汝道、温和荣、吴幼一、陈利一、陈贯一、唐激扬、张雪松、申敏、苑春龙、刘晓燕、姜泌、孙京杰、袁咪咪、吴宝洋、金龙建、聂兰启、赵仲春、乔晓健、葛明辉参加了修订工作。作者对为本书提供资料和帮助过的有关人员再次表示感谢！

限于编著者水平有限，书中难免有不当之处，恳请批评指正。

陈炎嗣

第1版前言

模具作为特殊的工艺装备，在现代制造业中越来越重要。有了模具，企业有可能向社会提供品种繁多、质优价廉的商品，满足人们日益增长的多方面的消费需要。有了模具，人们的衣、食、住、行，可直接或间接地变得丰富多彩。说得具体一点，人们日常接触到的如：汽车、手表、手机、电话、电脑、空调器、传真机、复印机、彩电、冰箱、照相机、儿童玩具等，可以说一切用品，大到飞机、轮船、火车、火箭，小到一根缝衣针，都离不开用模具加工或生产其中某个零件。模具的广泛应用，不仅得到了人们普遍的认识，同时，模具水平的高低，关系到现代制造业的发展与进步，关系到经济建设的速度。大力提高制造模具水平，是提升模具技术档次的关键。

多工位级进模是冲压模具中的一种，它是在单工序冲压模具基础上发展起来的多工序集成模具，在一副模具中可以完成冲裁、压弯、成形、拉深等多种冲压工序，它可以将复杂的制件外形或型孔，经分解变成简单的冲压。相对而言，多工位级进模的单个工位的冲压难度比单工序模要简单多了，因而能够将复杂的零件用一副级进模冲压而成，并且可以在无人操作的情况下进行高速冲压。模具可以采用优质、高强度、高耐磨材料制造，模具的加工采用先进的 CNC 制模设备和合理工艺。因此，多工位级进模具有高效、高精度、长寿命的特点，它已成为实现大生产、降低生产成本的最佳选择。它是当代先进冲压模具的代表，因此深受人们重视，被指定为我国“十一五”规划中重点发展的模具之一。

多工位级进模的结构比较复杂，模具制造精度要求高，在进行模具设计时要考虑的内容比较多，要求模具设计师的水平也高。能够设计与制造高精度、高功能、长寿命的多工位级进模，一般需要经验丰富的理论与实践相结合的模具专业人才和较为配套的先进精密制模设备才能有保障。

当前，设计与制造多工位级进模，国内已有一定基础，个别企业生产的产品已有较高水平，但大部分企业仍有较大差距，总量供不应求，进口较多。

为了满足模具行业从业人员的需要，加快掌握和应用精密多工位级进模的设计与制造技术，我们在几十年工作实践的基础上，总结并参考了国内外有关资料，编写了这本《多工位级进模设计与制造》。本书没有深奥的理论、复杂的计算公式，但内容丰富，由浅入深，图文并茂，实例充分，无论对初学者或者在职的模具专业人员都比较实用。

本书内容包括设计与制造，共 10 章，并附有附录。各章针对题目均作了比较详细的分析与介绍。其中排样设计是多工位级进模设计中的重点之一。排样也是模具结构设计的基础和主要依据，须在模具结构设计之前作好这项工作。排样设计的好坏，关系到模具结构的繁简和冲压工艺的合理安排，即能否经济而合理地冲出合格的制件来，它需要设计人员有多年的实践经验积累和理论指导下的灵活运用技巧，文内作了较多的论述。

在模具的结构方面，第7章中详细剖析级进模中目前常用的各零部件及装置，其中对不太被重视的新型弹性元件选用，如强力弹簧、聚氨酯橡胶、氮气弹簧等作了较为详细的介绍，在附录中选编了一些型号与参数，供读者参考选用。第8章为典型应用范例，有片形件多工位级进模；冲裁、压弯、成形多工位级进模；连续拉深级进模；硬质合金多工位级进模等共三十几副不同结构形式，其中比较系统介绍的空调器翅片模，是本书的一大亮点。硬质合金多工位级进模是长寿命模具的保证，较长时期因加工制造困难，其应用受到限制，如今这个问题已不是难题。本书在硬质合金的加工制造方面，用了较多篇幅作了介绍，从而拓宽了硬质合金的实用性。书中的图例较多，都是生产中的实例，有较高的参考价值。

本书由陈炎嗣编著。董华宁、王德华、邵金亮、沈丽、陈炎裔、刘辉航、乔春英、陈麒元、陈加沛、毕加齐、卓昌明等参加了部分工作和提供有关资料。限于编者水平，书中疏漏和谬误之处恐难避免，恳请指教。

编 者

2006年10月

目 录

第2版前言

第1版前言

第1章 概论 1

- 1.1 多工位级进模的特殊含义 1
- 1.2 多工位级进模的冲压特点与功能 1
- 1.3 多工位级进模和另外三种高效冲模
使用特点比较 3
- 1.4 多工位级进模的使用条件 6
- 1.5 多工位级进模的合理应用 7

第2章 多工位级进模设计基础与冲压

件工艺分析 9

- 2.1 多工位级进模的分类和命名 9
 - 2.1.1 按冲压工序性质分 9
 - 2.1.2 按冲裁方法不同分 10
 - 2.1.3 按模具的主要结构形式分 11
 - 2.1.4 按被冲压的制件名称分 13
 - 2.1.5 按被冲压的制件名称和模具工作
零件所采用特殊材料分 13
 - 2.1.6 按工位数和制件名称分 13
 - 2.1.7 按模具使用特征分 13
- 2.2 多工位级进模基本结构的组成 13
- 2.3 多工位级进模设计步骤和注意事项 15
 - 2.3.1 模具设计任务书 17
 - 2.3.2 工艺分析 17
 - 2.3.3 设计排样并绘制排样图 17
 - 2.3.4 对模具图的要求 18
 - 2.3.5 校核 22
- 2.4 多工位级进模用冲压材料 23
 - 2.4.1 选择冲压材料的基本原则 23
 - 2.4.2 对多工位级进模冲压用料的要求 24
 - 2.4.3 多工位级进模冲压用料种类与
规格 26
 - 2.4.4 冲压用料的剪切备料 33
- 2.5 多工位级进模用冲压设备 36
 - 2.5.1 多工位级进模对冲压设备的

要求 36

- 2.5.2 合理选用压力机 38
- 2.5.3 关于高速冲的冲速划分 39
- 2.5.4 多工位级进模用压力机种类：型号
与技术参数 40
- 2.6 冲裁力与压力中心 40
 - 2.6.1 冲裁力的计算 40
 - 2.6.2 卸料力、推料（件）力和顶件力
的计算 41
 - 2.6.3 冲模压力中心的计算 42
- 2.7 冲压件的工艺性 44
 - 2.7.1 冲压件工艺性与冲压件设计的基
本原则 44
 - 2.7.2 冲裁件精度、断面表面粗糙度和
毛刺 44
 - 2.7.3 级进冲裁与工艺性 48
 - 2.7.4 合理选用冲裁间隙 53
 - 2.7.5 冲裁凸模、凹模刃口尺寸及制造
公差确定 57
 - 2.7.6 级进弯曲与工艺性 62
 - 2.7.7 级进拉深与工艺性 66
 - 2.7.8 圆孔翻边与工艺性 71

第3章 排样的优化设计 84

- 3.1 排样的作用与重要性 84
 - 3.1.1 排样的作用 84
 - 3.1.2 排样的重要性 85
- 3.2 级进模排样图设计原则和应考虑的问题 86
 - 3.2.1 级进模排样图设计原则 86
 - 3.2.2 排样时应考虑的问题 87
 - 3.2.3 冲压工艺与冲压生产 87
 - 3.2.4 原材料供应 90
 - 3.2.5 模具结构与加工工艺 91
- 3.3 载体的种类与特点 93
 - 3.3.1 载体、搭边及作用 93
 - 3.3.2 载体的基本类型与特点 93
- 3.4 条料的排样技巧 98

3.4.1 制件在条料上获取的冲压方法	98	4.5.3 带料无工艺切口的管壳连续 拉深	172
3.4.2 工序件的携带方法	98	4.6 带料连续拉深工序(排样)图例	174
3.4.3 提高材料利用率	99	第5章 步距与定距定位方式	188
3.4.4 工位数的多少	106	5.1 步距的确定与步距精度	188
3.4.5 工序的先后安排	106	5.1.1 步距的确定	188
3.4.6 分段切除余料(废料)的连接方 式	109	5.1.2 步距精度	189
3.4.7 侧刃和导正销孔位置的安排	113	5.2 料宽的确定	191
3.4.8 合理选用载体	115	5.2.1 导料板有侧压装置时的料宽	191
3.4.9 合理排样的其他技巧	116	5.2.2 导料板无侧压装置时的料宽	192
3.5 排样图的画法与表示	117	5.2.3 采用侧刃定距时的料宽	192
3.5.1 对于平板形制件	118	5.3 条料的一般定距定位	193
3.5.2 对于弯曲成形件	119	5.3.1 挡料定位	193
3.5.3 对于拉深件	119	5.3.2 侧刃和侧刃挡块	197
3.6 排样实例	119	5.3.3 侧压装置	201
3.6.1 片状件	119	5.4 条料的导正定距定位	202
3.6.2 成形件	127	5.4.1 凸模上导正销结构、安装和应 用	202
3.6.3 多件混合排样	141	5.4.2 独立式(凸模式)导正销结构、 安装和应用	204
第4章 带料多工位连续拉深排样设计 和工艺计算	144	5.5 条料的混合定距定位应用	212
4.1 带料多工位连续拉深的特点和 应用	144	5.5.1 挡料钉与导正销混合使用	212
4.1.1 带料连续拉深的特点	144	5.5.2 侧刃与导正销混合使用	213
4.1.2 带料连续拉深的分类和应用	145	5.5.3 自动送料装置(机构)与导正 销混合使用	215
4.2 带料连续拉深的毛坯直径、料宽和步 距的计算	147	5.6 自动送料装置定距	215
4.2.1 毛坯直径 D 的计算	147	5.6.1 钩式送料装置	216
4.2.2 工艺切口形式与带料宽度 B 、 步距(进距) A 的计算	156	5.6.2 辊轴式送料装置	218
4.3 带料拉深系数和相对拉深高度	158	5.6.3 气动夹板式送料装置	223
4.4 带料连续拉深工艺计算	161	第6章 凸、凹模的结构和固定	228
4.4.1 带料连续拉深工艺计算基本 步骤	161	6.1 凸、凹模的作用与设计原则	228
4.4.2 各次拉深直径的计算	162	6.1.1 凸、凹模的作用	228
4.4.3 各次拉深凸、凹模圆角半径的 确定	163	6.1.2 凸、凹模的设计原则	228
4.4.4 各次拉深高度的计算	163	6.2 凸模	229
4.4.5 整带料连续拉深经验算法	164	6.2.1 凸模的种类和标准结构	229
4.5 带料连续拉深工艺计算示例	165	6.2.2 常见的凸模形式与固定方法	230
4.5.1 带料有工艺切槽的窄凸缘件连续 拉深	165	6.2.3 凸模的防转	242
4.5.2 带料有工艺切缝的单孔焊片对排 连续拉深	168	6.2.4 凸模工作高度可调结构	242
		6.2.5 级进模的凸模固定示例	243
		6.2.6 凸模长度的确定	245
		6.2.7 凸模的强度验算	247
		6.3 凹模	249
		6.3.1 凹模的基本分类	249

6.3.2 凹模的常用结构	249	7.8 倒冲装置	361
6.3.3 凹模刃口形式	262	7.8.1 倒冲装置的合理应用和设计 要求	361
6.3.4 凹模外形尺寸的确定	263	7.8.2 倒冲装置应用示例	361
6.3.5 凹模的固定螺孔和定位销孔大小 及间距	265	7.9 间歇切断装置	363
6.3.6 螺钉拧入深度和圆柱销配合 长度	266	7.9.1 棘轮凸轮间歇切断机构	363
6.4 凸、凹模的互换性	267	7.9.2 可编程控制器间歇切断机构	368
第7章 多工位级进模的结构件及有关 装置	269	7.10 微调装置	369
7.1 模架与导向装置	269	7.10.1 垂直微调装置	369
7.1.1 冷冲模架的基本类型与合理 选用	269	7.10.2 水平微调装置	372
7.1.2 上、下模座	279	7.11 安全监测保护装置	373
7.1.3 模架的导向装置类型	282	7.11.1 自动保护装置	373
7.1.4 导柱、导套的基本结构与安装 方式	283	7.11.2 典型线路分析	381
7.1.5 模柄	291	7.12 防止废料(制件)的上浮与下堵	383
7.2 卸料装置	291	7.12.1 废料上浮的原因	383
7.2.1 固定卸料装置	292	7.12.2 防止废料上浮的方法	384
7.2.2 弹压卸料装置	293	7.12.3 废料下堵与防止方法	386
7.2.3 卸料装置设计要点	301	7.13 其他零部件及设计要素	388
7.2.4 卸料装置的润滑	304	7.13.1 凹模表面废料或制件的清理	388
7.3 弹性元件	305	7.13.2 固定板	389
7.3.1 圆钢丝圆柱螺旋压缩弹簧	305	7.13.3 垫板	389
7.3.2 强力弹簧	308	7.13.4 螺钉和销钉	390
7.3.3 碟形弹簧	313	第8章 多工位级进模应用范例	392
7.3.4 工业用普通橡胶垫	315	8.1 空调翅片多工位级进模	392
7.3.5 聚氨酯橡胶弹簧	316	8.1.1 翅片的特点与冲压工艺分析	392
7.3.6 氮气弹簧	325	8.1.2 翅片模	395
7.4 导料、托料装置	336	8.1.3 翅片冲压设备	407
7.4.1 导料形式与导料板	337	8.2 冲裁多工位级进模	410
7.4.2 浮动导料和托料装置	339	8.2.1 密封条钢芯级进模	410
7.4.3 导料、托料装置的设计要点	343	8.2.2 转子片级进模	414
7.5 顶出装置	344	8.2.3 14脚与50脚引线框级进模	418
7.6 限位装置	346	8.3 冲裁、弯曲多工位级进模	422
7.7 斜楔与滑块装置	347	8.3.1 冲裁、弯曲多工位级进模标准化 典型结构	422
7.7.1 斜楔、滑块的功能与分类	347	8.3.2 隔离片压包、切弯、冲孔、落料 级进模	424
7.7.2 斜楔、滑块合理使用要求	349	8.3.3 阳极冲孔、冲废料、成形、落料 级进模	426
7.7.3 斜楔、滑块的角度与尺寸计算	351	8.3.4 弹簧钩级进模	428
7.7.4 斜楔、滑块与侧向冲压应用示 例	353	8.3.5 丝架级进模	431
7.7.5 斜楔、滑块的安装形式	357	8.3.6 细长簧片级进模	436
		8.3.7 收录机芯的开门推板级进模	440
		8.3.8 接线片级进模	447

8.3.9 軋铁件综合成形级进模	451	9.2.1 级进模用材料分类	538
8.3.10 支架级进模	454	9.2.2 几种优质冷作模具钢的介绍	543
8.3.11 侧弯支座级进模	456	9.2.3 硬质合金	549
8.3.12 电器触动支架级进模	458	9.2.4 钢结硬质合金	551
8.3.13 小型接线片级进模	461	9.2.5 粉末冶金高速钢	554
8.3.14 25 工位导电片级进模	465	9.2.6 各种钢号冷作模具钢的特性与 用途	555
8.3.15 耳环集成式级进模	471	9.3 级进模零件材料选用与热处理要求	558
8.3.16 多个制件混排级进模	476	9.3.1 级进模凸、凹模的常用材料与 热处理要求	558
8.4 带料连续拉深级进模	479	9.3.2 级进模一般零件的材料选用与 热处理要求	561
8.4.1 带料连续拉深级进模 设计要点	479	9.3.3 冷作模具钢退火状态硬度、淬 火温度及硬度	562
8.4.2 撕拉盖级进模	483	第 10 章 级进模的制造与装配要点	563
8.4.3 压簧圈级进模	485	10.1 级进模的加工特点与制模设备	563
8.4.4 隔离罩级进模	488	10.1.1 级进模的加工特点	563
8.4.5 管帽级进模	490	10.1.2 级进模的加工工艺流程	565
8.4.6 管壳整带料自动连续拉深模	493	10.1.3 级进模加工用基本设备 配置	566
8.4.7 多用途管座整带料自动连续拉 深模	496	10.2 级进模制造工艺规程的制定	568
8.4.8 电位器外壳自动连续拉 深模 (一)	499	10.2.1 工艺规程制定的基本步骤	568
8.4.9 电位器外壳自动连续拉 深模 (二)	500	10.2.2 毛坯的选择和要求	569
8.4.10 电动机外壳级进模	507	10.2.3 定位基准的选择	570
8.4.11 连接支架自动攻丝级进模	510	10.2.4 加工顺序的安排	573
8.5 硬质合金多工位级进模	513	10.3 冲模 (级进模) 零件加工过程中各 工序的加工要点	574
8.5.1 硬质合金模具在设计和选材时 应考虑的几个问题	513	10.3.1 刨	574
8.5.2 硬质合金模具结构的一些特点	514	10.3.2 车	575
8.5.3 簧片硬质合金多工位级进模	516	10.3.3 平磨	576
8.5.4 双排无搭边定转子硬质合金级 进模	521	10.3.4 铣	577
8.5.5 定转子铁心自动叠装硬质合金 级进模 (一)	525	10.3.5 坐标镗	577
8.5.6 定转子铁心自动叠装硬质合金 级进模 (二)	529	10.3.6 划线	578
8.5.7 弯曲铁心硬质合金级进模	532	10.3.7 钳工	579
8.5.8 钢结硬质合金凹模的级进模	534	10.3.8 热处理	579
第 9 章 级进模主要零件材料与热 处理	536	10.3.9 成形磨	583
9.1 选用模具材料的基本要求与原则	536	10.3.10 外圆磨	591
9.1.1 模具材料的基本要求	536	10.3.11 内圆磨	591
9.1.2 模具材料的选用原则	537	10.3.12 光学曲线磨	592
9.2 级进模用材料	538	10.3.13 坐标磨	595
		10.3.14 数控线切割	598
		10.3.15 电火花加工	601
		10.3.16 加工中心与高速切削	602

10.4 不同加工方法可能达到的精度和表面粗糙度	603	(GB/T 1801—2009)	663
10.5 硬质合金的加工	608	附录 B 冲压常用材料的性能和规格	664
10.5.1 硬质合金毛坯与坯料加工	608	附录 B1 黑色金属的力学性能	664
10.5.2 硬质合金电火花加工	609	附录 B2 有色金属的力学性能	665
10.5.3 硬质合金的磨削加工	610	附录 B3 非金属材料的抗剪强度	667
10.6 钢结硬质合金的加工	617	附录 B4 加热时非金属材料的抗剪强度	667
10.6.1 钢结硬质合金的切削加工	617	附录 C 弹簧	668
10.6.2 钢结硬质合金的磨削加工	618	附录 C1 圆钢丝螺旋压缩弹簧的规格	668
10.7 硬质合金与钢结硬质合金工件的研磨	619	附录 C2 常用的圆钢丝螺旋压缩弹簧基本性能 (摘自 GB/T2089—1994)	674
10.7.1 研磨剂	620	附录 C3 碟形弹簧规格	676
10.7.2 研磨剂的配制	622	附录 C4 扁钢丝圆柱螺旋压缩弹簧 (强力弹簧)	677
10.7.3 研磨工艺	622	附录 C4-1 超轻型 (FL)	677
10.8 凸、凹模等关键零件加工工艺过程举例	624	附录 C4-2 轻型 (L)	679
10.8.1 级进模关键零件加工工艺过程注意事项	624	附录 C4-3 中型 (M)	683
10.8.2 凸、凹模等零件加工工艺过程举例	625	附录 C4-4 重型 (H)	687
10.9 级进模的装配	636	附录 C4-5 超重型 (EH)	691
10.9.1 凸、凹模冲裁间隙的调整	636	附录 C5 [日] 东京发条中载荷 (TM) 强力弹簧规格和使用特性	694
10.9.2 级进模装配用工具和设备	637	附录 C6 氮气弹簧	699
10.9.3 冲模 (级进模) 入库时应具备的条件	640	附录 C6-1 TU 型氮气弹簧技术参数 (额定充气压力 15MPa)	700
10.9.4 冲模 (级进模) 装配后应达到的技术要求	640	附录 D 模具材料	702
10.9.5 冷冲模装配顺序的确定	642	附录 D1 国内研制开发的模具钢代号、简称及主要化学成分 (质量分数,%)	702
10.9.6 级进模的加工及装配要点	643	附录 D2 进口冷作模具钢的钢号、特性及应用	703
10.9.7 多工位级进模装配举例	644	附录 D3 进口高速工具钢的钢号、特性及应用	705
10.10 级进模的试冲与调整	653	附录 D4 进口粉末合金的钢号、特性及化学成分	705
10.10.1 试冲的作用与目的	653	附录 D5 福仕德美国优质硬质合金规格表	707
10.10.2 试冲过程中的调整	653	附录 E 几种高速压力机技术参数	710
10.11 级进模的保养与维修	656	附录 E1 J21G—25 开式高速压力机技术参数	710
10.11.1 冲模的日常例行检查	656	附录 E2 J21G 系列开式高速精密压力机技术参数	711
10.11.2 冲模的维护与保养	657	附录 E3 JFC21 系列开式高速高精精密压力	
10.11.3 冲模的维护性修理	657		
附录	662		
附录 A 标准公差数值与基孔制优先、常用配合	662		
附录 A1 标准公差数值 (GB/T 1800.4—2009)	662		
附录 A2 基孔制优先、常用配合			

机技术参数	712	底孔尺寸	719
附录 E4 JK21 系列开式快速压力机技术 参数	713	附录 F1 6S 型模内攻牙机型号、规格 ...	719
附录 E5 SH 系列开式超高速精密压力机 技术参数	714	附录 F2 6R 型模内攻牙机型号、规格 ...	720
附录 E6 VH 系列开式高速精密压力机技 术参数	715	附录 F3 6L 型模内攻牙机型号、规格 ...	721
附录 E7 J75G 系列闭式双点高速精密压 力机技术参数	717	附录 F4 模内攻牙挤压公制粗牙螺纹底 孔尺寸	722
附录 E8 J76 系列闭式双点高速精密压力 机技术参数	718	附录 F5 模内攻牙挤压公制细牙螺纹底 孔尺寸	722
附录 E9 JL75G 系列闭式高速超精密压力 机技术参数	718	附录 G 级进模零件的加工精度、配合关系 与表面粗糙度	723
附录 F 模内攻牙机型号、规格与挤压螺纹		附录 G1 级进模零件的加工精度及配合 关系	723
		附录 G2 冲模零件的表面粗糙度	723
		参考文献	724

第 1 章 概 论

1.1 多工位级进模的特殊含义

冲模按其功能和模具结构，有单工序模、复合模和级进模之别。它们都是借助压力机，将被冲压的材料放入凸、凹模之间，在压力机的作用下使材料产生变形或分离，完成冲压工作。

单工序模，指在压力机的一次行程中，完成一道冲压工序的冲模。

复合模，指模具只有一个工位，并在压力机的一次行程中，完成两个或两个以上冲压工序的冲模。

级进模，又称跳步模、连续模和多工位级进模。指模具上沿被冲压原材料的直线送进方向，具有至少两个或两个以上工位，并在压力机的一次行程中，在不同的工位上完成两个或两个以上冲压工序的冲模。常见的冲压工序有冲孔（圆孔和异形孔、窄缝、窄槽等）、压弯（一次压弯和多次压弯）、拉深、再拉深、整形、成形、落料等。由于冲件各不相同，所完成的冲压工序性质和工位数也各不相同，内容非常丰富。其所用的模具在统称级进模的前提下，一般用制件名称或多少工位加制件名称冠在级进模的前面，以此称呼其不同的级进模，如簧片级进模、10 工位簧片级进模等。

近年来由于对冲压自动化、高效率、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，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 240 多个。冲压次数也大大提高，由原来的每分钟冲几十次，提高到每分钟冲几百次，有的达 2500 次/min 以上，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十千克增加到几百千克，直至上吨。冲压方式由早期的人工送料、手工低速操作，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，上亿冲次。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很少。

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精密高效、高速、高质、长寿命的实用模具。

多工位级进模的应用，反映在模具结构设计方面，它代表了对板料冲压工艺和变形规律的全面认识，以及对该方面实践经验的综合应用的水平高低。反映在模具制造方面，集中体现了当代最先进的精密模具加工技术的发展与实践。例如精密电火花线切割、精密成形磨、坐标磨、光学曲线磨等工艺的成熟运用。

1.2 多工位级进模的冲压特点与功能

就冲压而言，多工位级进模和其他冲模相比，其主要特点与功能如下：

1) 所使用的材料主要是黑色或有色金属, 材料的形状多为具有一定宽度的长卷料、带料或条料。因为它是在连续的几乎不间断的情况下进行冲压工作, 所以要求使用的带料应越长越好, 对于薄料长达几百米以上、中间不允许有接头、料厚为 $0.1 \sim 6\text{mm}$, 多数使用厚 $0.15 \sim 1.5\text{mm}$ 的材料, 而且有色金属居多。料宽的尺寸要求必须一致, 应在规定的公差 (通常小于 0.2mm) 范围内, 且不能有明显的毛刺, 不允许有扭曲、波浪和锈斑等影响连续送料和冲压精度方面的缺陷存在。

为了保证制件在尺寸和形位误差方面有较好的一致性, 要求材料有较高的厚度精度和较为均匀的力学性能。尤其对于有压弯和成形的制件, 如果材料厚度误差大, 材料的软硬状态从料头至料尾, 边缘和中间都不均匀, 相对轧制方向的各向异性较大, 则弯曲后角度误差、弯曲边长度误差等都会很大。

料宽根据制件的排样决定, 太宽了, 影响送料通畅, 宽度太小, 影响定位。

2) 所用的压力机台面较大, 功率、刚性要足够, 精度好, 而且滑块要能长期承受较大的侧向力。一旦发生故障, 压力机有可靠的急停功能。

压力机的行程相对较小 (因冲压过程中模具的导柱导套一般不要脱开), 最适宜使用可调行程的压力机, 在模具工位数较少、冲压力较小和冲压次数较低的情况下, 开式压力机用得较多; 而在模具工位数较多、冲压力较大和冲次较高的情况下, 使用闭式压力机比较合适。

压力机上一般都配有自动送料装置, 对于一般的卷带料, 还要有相应的开卷、校平机等辅助设备。

3) 送料方式为以间歇、按“步距”直线连续送进。不同的级进模“步距”的大小是不相等的, 具体数值在设计排样图时确定, 但送料过程中“步距”精度必须严格控制, 才能保证冲件的精度与质量。多工位级进模“步距”精度的控制是由压力机上的送料装置和模具上的用于定位的导正装置等共同精确定位得到保证的。模具的“步距”精度可以控制在小于 $\pm 5\mu\text{m}$ 。“步距”等于前后两工位间距, 在同一副模具, 要求这个距离加工成绝对一致。

4) 冲压的全过程在未完成成品件前的工序件始终不离开 (区别于多工位传递模) 带料和载体。在级进模中, 所有工位上的冲裁, 那些被冲掉下的部分都是无用的工艺或设计废料, 而留下的部分被送到模具的下一工位上继续被冲压, 完成后面的工序。各工位上的冲压工序虽独立进行, 但制件与带料始终连接在一起, 直到最后那个工位需要落料时, 合格制件才被分离带料冲落下来 (一般由凹模落料孔中下落, 也有冲落后的制件又被顶入到带料的原位, 在后面的工位再顶出)。如果有些制件因后步工序的需要, 冲制成的制件仍需留在载体上, 则不设落料工序, 此时被冲成的制件连在载体上被成卷包装起来, 作为后续工序的带料, 如电器产品的中小电流端子、橡胶密封条骨架等。

5) 冲下的制件可以是单个的, 也可以是多个连在一起为“一小段”单元长条, 如有的制件要求每冲 10 个或 20 个制件为一个单元并需留在载体上时, 则在模具上须设置特殊的切断装置, 此时每当冲压 10 次或 20 次……切断装置便工作一次将料切断, 落下来的“一小段”长条上便是每一条具有 10 个或 20 个独立制件的冲件, 如集成电路引线框、晶体管引线框等。空调器散热片 (翅片) 更多地采用宽的薄带料, 在特殊的级进模上经多个工位冲压后通过纵向剖切、横向切断后实现其大量生产。

6) 适合大批量中小型定型产品零件的生产, 冲压精度高, 可达 IT10 级。冲件尺寸一致性好, 具有很好的互换性。

7) 生产率高。由于排样采用多排,一次冲压可以出多件。采用高速连续冲压(常用700~800次/min,纯冲裁1200~1500次/min,带弯曲冲压400~600次/min,连续拉深小于等于100次/min),每分钟冲次比普通冲压高出十多倍,生产率大大提高。

8) 在一副模具的不同工位上,可以完成多种性质的冲压工序。冲压工序集成度和冲压设备利用率高。例如冲孔、冲窄槽、落料、压弯、压包、压筋、翻边、翻孔、镦压、拉深、切边、叠压、压铆、攻螺纹、焊接和锁紧等。对一些看来较复杂难以冲压加工的零件,采取“化繁为简”的方法冲制出来。经冲压生产出来的不再只是大批量的单个零件,也可以是成批的组件,如触头与支座的组件、各种微型电动机、电器及仪表的铁心叠片组件。所以多工位级进模是集各种冲压工序于一体,功能最多的高效模具,它只需用一台压力机,而单工序模则需用多副模具、多台压力机完成同类的加工。

工位数决定于冲压工序的需要,原则上多少不受限制,一般情况下,只要是中小型件,不论其复杂程度怎样,都可以采用一副级进模冲压完成。

9) 模具综合技术含量高。模具结构比较复杂,加工精度和制造技术要求高,常以微米(μm)提出精度要求。没有较先进的结构设计、精加工设备和熟练而有经验的模具工,加工、装配、调试和维修精密多工位级进模,其综合经济与技术效果均难于获得完满。

10) 可以实现自动化冲压生产。级进模利用带料或卷料经开卷机→矫平机→弛长式控制器→送料器→压力机和模具→制件收集器→废料切断或收卷等,在调整好的情况下可无人自动生产,一旦冲压过程异常,由于模具上装有安全保护装置,设备会自动停机,故能实现冲压自动化生产。

11) 模具寿命长。采用级进模冲压时,可以将制件的复杂的外形或内形加以分解,不必集中在一个工位,因此可以解决复合模冲压中的“最小壁厚”问题,若强度不足可设空位,从而简化凸模和凹模的刃口形状,也便于采用超硬材料制造,提高了其强度和刚度,模具使用寿命大大提高。

12) 操作安全。多工位级进模有使用条料的,一般是手工送料;有使用卷料的,多为自动送料。不论是手工送料,还是自动送料,操作者的手都不需进入冲压危险区,因此操作安全。

13) 结构复杂、模具设计制造周期长、成本高。多工位级进模的结构随冲件的复杂程度而定,设计模具结构时要考虑的内容比任何模具都多,模具的制造随着工位数的增加,相应要加工的模具零件也多了,其中工作零件的精加工都要采用高精度先进设备(例如数控坐标磨、光学曲线磨、慢走丝线切割机床等),不仅加工周期长,而且工时费比普通加工高许多,所以模具成本高。装配、调试、维修技术要求也高。

14) 模具的维护与刃磨较麻烦。例如在刃磨冲裁部分的凸、凹模刃口时,需要满足如弯曲、拉深等其他工位的凸模与凹模之间的高度。如果该级进模还有其他复杂的冲压机构,如斜楔、侧冲等,其维护将更为困难。对于一些复杂的级进模,有的刃口可能不处于同一平面,甚至还有不处于同一方向,在刃磨时须拆卸才可进行。

1.3 多工位级进模和另外三种高效冲模使用特点比较

多工位级进模具、多工位传递模具、自动弯曲机模具和复合模具被称为高效模具。多工

位级进模具和其他三种模具的使用特点比较见表 1-1。

表 1-1 四种高效模具的使用特点比较

序号	项目	复合模	多工位级进模	多工位传递模	自动弯曲机模具
1	对冲压材料外形的总体要求	不太严，除条料外，小件也可以用边角料，但对生产率会降低	严格要求，应采用较长的条料、卷料或带料，料宽一致性要很好	不太严，但仍需用长的条料、卷料、保持自动送料	要求严，采用较长的卷料、带料
	① 材料性质	金属或非金属材料	金属材料	金属材料	金属材料
	② 料宽	不严	较严（不能有镰刀弯）或严格控制	不严	严
	③ 料厚	0.04 ~ 4mm	0.1 ~ 6mm	0.2 ~ 3mm	0.04 ~ 2.5mm
	④ 料长	不严格（自动送料时应越长越好）	越长越好（料与料之间不应有接头）	长一点比较好	丝径 $\phi 0.8 \sim 6\text{mm}$ ，丝料、带料越长越好
2	材料利用率	较高	不高	一般较高	高
3	制件形状尺寸	外形尺寸一般 < 300mm，若有大型压力机，制件外形尺寸可以放宽	< 250mm	受机床工位中心距限制，落料直径（或长度）一般为 1/2 机床工位中心距尺寸	受机床型号规格不同而异。常用料宽 5 ~ 60mm，送料长度 < 240mm，弯成环形件直径 < 32mm
4	制件尺寸精度	高（最高可达 IT6 ~ IT9 级），一般为 IT10 ~ IT12 级，形位公差可以达到很高要求	中高（一般为 IT10 ~ IT13 级）	中（一般为 IT10 ~ IT14 级）	中（一般为 IT10 ~ IT14 级）
5	制件平整度	因压料较好，制件平整，且有较好的剪切断面	不平整，高质量要求需校平	冲裁件不平整，有穹弯现象	丝料或带料经弯曲机矫正机构矫正后切断比较平直
6	高速化的可能性与对冲压设备的要求	困难 可采用普通压力机	可能 可采用高速压力机，冲速高达 400 次/min 以上。冲速高，行程小，冲速与行程成反比例。配有自动送料装置实现高速自动化	难 采用多工位压力机或普通压力机经改装成多工位压力机。有机械手送料机构	尚可 采用立式或卧式万能弯曲自动机，带有丝料、带料矫直器
7	生产率	冲压后制件被顶到模具工作面上，必须用手工或机械排除，生产效率较低，若小件顶出后用压缩空气吹，生产率高一些	工位间为自动送料，可以自动排除冲件，生产效率高。当采用高速冲时，每分钟冲次比其他模具均高时，生产率为最高	工位间具有自动送料、机械手传送坏件、自动排除制件、废料吸除等，并有模具自动润滑，生产效率高。但生产率不如高速冲	冲裁、成形部分模具调整好后完全在自动控制下生产，生产效率高

(续)

序号	项目	复合模	多工位级进模	多工位传递模	自动弯曲机模具
8	冲压特征 ① 冲压工序的组合程度	低 (压力机在一次行程内在模具的一个工位上可完成两道工序,多时四道工序,工序太多了,模具强度和模具寿命都受影响。)	高 (压力机在一次行程内,在一副模具的多个工位上同时可以完成多道冲压工序,原则上工序多少不受限制)	较高 (压力机在一次行程内,在固定的几个工位上模具完成相应冲压工序,即工序数会受工位数的限制)	较高
	② 适用生产批量与特点	中等批量以上 适合薄料、贵重材料需提高材料利用率、产量比较大	适合中小件、大批量生产	适合壳类小型拉深件、大批量生产	适合小型簧片、弯曲件大批量生产
	③ 最佳工序种类	冲裁、落料、拉深	冲裁、弯曲、成形	拉深	弯曲成形
	④ 翻转和变更冲压方向	不能	翻转不能,变更冲压方向可能	可能	不能
	⑤ 增加工位数的可能性	有限度	可能	有空工位的情况下增加可能	不能
	⑥ 复杂的弯曲加工	不能	原则上可以,但应有一定限度,否则模具十分复杂	应有一定限度	可能
9	送料与完成工序的方式	手送或采用自动送料,冲次不高。在压力机的一次行程内、在同一个工位同时完成两道以上的工序,制件一次分离	手送料或采用自动送料。工序件跟随条料、带料送进。在压力机的一次行程内,在一副模具的多个工位同时完成多道工序的加工	坯料切离后由机械手夹持自动送料。工序件(半成品)在多工位压力机各工位分别完成各工序	自动送料、制件经冲裁、切割、压弯成形工序后分离
10	模具制造成本(造价)	中等 结构复杂、制造难度大,价格高	高 结构复杂、制造和调试难度大,价格与工位数成正比例上升 冲裁简单形状零件比复合模低	较高	中等 由于制件复杂需要配置专用凸轮等特殊件时,模具价格上涨
11	模具制造难易程度	较难	困难	不难	不难
12	模具硬质合金料的应用	较难用	可以	可以	不多用 有的用钢结硬质合金