

# 全载体车身结构件级进冲压成形排样设计

罗林<sup>1</sup>,王利<sup>2\*</sup>,沈晨<sup>2,3</sup>,叶彩霞<sup>1</sup>,李陶胜<sup>1</sup>

(1.安庆职业技术学院机电工程系,安徽 安庆 246003;2.马鞍山市汽车冲压模具先进设计工程技术研究中心,安徽 马鞍山 243031;3.无锡九和模具有限公司技术部,江苏 无锡 214142)

**摘要:**为复杂构形的车身结构件级进冲压成形排样设计提供参考,以全载体形式车身结构件为例,首先提出排样存在的主要设计问题,明确了设计任务;然后分析了制件的级进冲压成形工艺,设计了制件的排样图;最后通过实冲试验验证了排样工艺的合理性。试验所获产品零件无开裂、起皱等成形性问题,且关键成形部位达到了零件图的形位精度设计要求。

**关键词:**车身结构件;排样图;实冲试验;全载体形式

**中图分类号:**TG386.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2020)04-0028-05

## Layout Design of Progressive Stamping Forming for Full Carrier Body Structural Parts

LUO Lin<sup>1</sup>, WANG Li<sup>2\*</sup>, SHEN Chen<sup>2,3</sup>, YE Caixia<sup>1</sup>, LI Taosheng<sup>1</sup>

(1. Department of Electrical and Mechanical Engineering, Anqing Vocational and Technical College, Anqing, Anhui 246003, China; 2. Maanshan Engineering Technology Research Center of Advanced Design for Automotive Stamping Dies, Maanshan, Anhui 243031, China; 3. Wuxi Jiuhe Mould Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214142, China)

**Abstract:** In order to provide a reference for layout design of progressive stamping forming of complex body structural parts, the main problems existing in layout designing are put forward and the design tasks are defined with the example of the full carrier body structure. Then the progressive stamping process of the parts is analyzed and the layout of the parts is designed. Finally, the rationality of the layout process is verified by the actual punching test. There are no forming problems such as cracking and wrinkling, and the key forming parts meet the shape and position precision design requirements of the part drawing. The results show that the layout design for full carrier is reasonable, and its process has practical reference value.

**Keywords:** car body structural parts; layout; real punching test; full carrier

## 0 引言

车身结构件级进冲压成形排样是多工位级进模设计的关键<sup>[1]</sup>。优质的排样具有板料利用率高、冲压加工工艺性好、模具制造容易及使用寿命长等优点<sup>[2]</sup>,因此排样是决定级进模优劣的主要因素。

由于车身结构件是应用综合力学性能较高的板料冲制成的形状复杂且精度较高的钣金件,故毛坯在板料上可截取的方位很多,构成产品零件的冲压工序也很多,设计方案复杂,加之其复杂的工艺性要求,因此车身结构件排样的设计难度大<sup>[3]</sup>。针

对不同的车身结构件,基本采用了2种设计方法:一种是对结构简单不带曲面的制件采用计算与CAD相结合的方法设计<sup>[4-6]</sup>;另一种是对结构复杂带有曲面的制件采用CAE反求坯料结合CAD设计的方法<sup>[7-8]</sup>。上述方法难以适应构形复杂的全载体形式制件的排样设计,因此可供参考的研究成果较少。鉴于此,本文针对不同特征的全载体形式车身结构件,通过明确车身结构件级进冲压成形毛坯排样设计任务,选择合理的载体形式,应用合理的设计方案与设计工艺设计涵盖全载体形式的毛坯排样图<sup>[9-10]</sup>,旨在提高车身结构件级进模的开发质量,

收稿日期:2020-08-04

基金项目:安徽省高等学校自然科学研究项目(KJ2020A1025);安徽省高校自然科学重大项目(KJ2019ZD77);马鞍山市工程技术研究中心开放基金项目(QMSG202004、QMSG202005);安徽省省级质量工程项目(2016XNZX025)。

作者简介:罗林(1983—),男,安徽安庆人,讲师,硕士,研究方向:机械设计制造及其自动化研究。\*通信作者:王利(1986—),女,山东济宁人,讲师,硕士,研究方向:汽车冲压模具先进设计。

缩短其开发周期,从而达到更高效的指导生产实践的目的。

## 1 排样设计概述

排样是指从材料转变为产品零件各工序构形的排列方案。排样设计是级进模工艺设计中的关键工作,由于多种实际因素的影响,该项工作难以实现智能化。级进模排样工艺的优劣关系到材料的利用率、产品零件的精度、模具制造的难易程度及其使用寿命多项指标。虽然排样的最终结果是产品零件模型,但必须解决产品的毛坯在条料上的截取方案,构成产品的级进冲压工序以及各工序的排列组合问题,即排样的设计任务

按照排样所解决的问题及设计过程中所处的阶段,级进模排样设计包括毛坯排样、冲切刃口设计和工序排样。毛坯排样用于确定毛坯在条料上的截取方位和相邻毛坯之间的关系。在所有各类冲压模的设计中都必须进行毛坯排样。在级进冲压加工过程中,零件复杂的构形被分解为简单几何要素的组合,该工作称为冲切刃口设计,是工序排样前必须完成的设计工作。工序排样确定模具由多少工位组成、每个工位的加工工序等,是级进模设计的核心。

## 2 车身结构件排样设计

载体是连接毛坯排样中间构形的搭边,用于运送毛坯到各工位进行预定工序的冲压加工。因此,载体在运送毛坯时,料带运动稳定、定位准确,这样才能配合级进模加工出合格产品零件。按载体形式不同,级进模排样可分为无载体排样和单侧载体排样、双侧载体排样、中间载体排样4种基本类型和混合载体排样,全载体类型级进模排样特点如表1所列。供设计排样研究的车身常见结构件三维模型如图1所示。

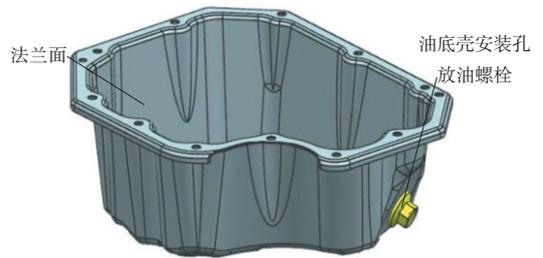
### 2.1 无载体排样设计

无载体排样属于无废排样,零件外形一般为对称的带有整圈翻边的拉延件,此类制件在第一工位,通常需要设置下料工位将制件从条料上分离,随后采用人工或机械手送料。此种载体可多件排列,材料利用率高。图1a发动机油底壳三维模型为典型的无载体排样设计案例。

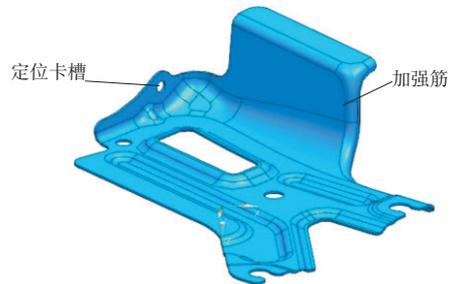
1)工艺分析:发动机油底壳用于盛放润滑油并密封曲轴箱。合格的发动机油底壳应能保证在加入额定量润滑油后具有要求的油面高度,并且与发动机缸体发动机油底壳法兰面达到要求的平面

表1 全载体类型级进模排样特点

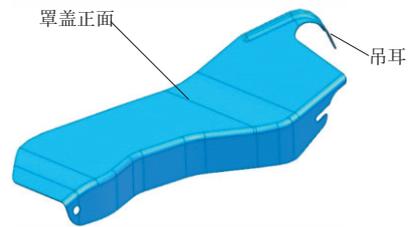
特点因素	全载体排样类型			
	无载体	单侧载体	双侧载体	中间载体
条料刚性	较差	较好	好	一般
材料利用率	高	较高	较低	一般
形状复杂性	简单	一般	复杂	较复杂
定位精度	较差	较好	好	一般
收集难易性	容易	一般	难	较难



a. 发动机油底壳



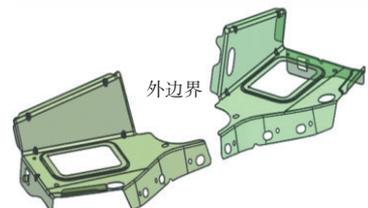
b. 横梁连接件



c. 罩盖钣金件



d. A柱连接件



e. 车身箱体隔板

图1 车身常见结构件三维模型

度。发动机油底壳为中大型深拉延件,其外形尺寸为283 mm×230 mm×96 mm(长×宽×高)。该制件法兰面上要求冲制油底壳安装螺孔,法兰面外侧有整圈翻边,油底壳底部要求冲制一个较高形位精度的放油螺栓孔。

(2)排样设计:通过上述工艺分析知发动机油

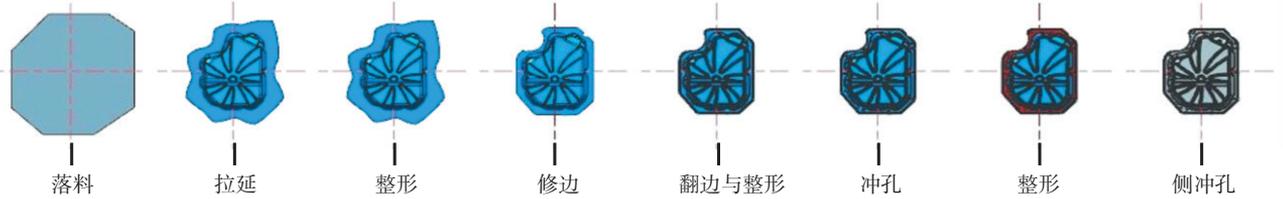


图2 发动机油底壳排样设计

### 2.2 单侧载体排样设计

单侧载体排样在产品条料的一侧留出一定宽度的废料,并在适当位置与产品相连接,实现对条料的送进,一般适合切边型排样。此类载体主要用于弯曲件,其方法是在不参与成形的合适位置留出载体的搭扣,采用切废料工艺将制件留在载体上,最后切断搭扣获得产品。图1b横梁连接件三维模型为典型的单载体排样设计案例。

1)工艺分析:横梁连接件用于连接车身横梁与其连接部件。合格的横梁连接件应能通过良好定位与固定功能使车身横梁与其搭接部件可靠连接且定位精确。横梁连接件为中型成形件,其外形尺

底壳的冲压成形包含落料、拉延、修边、翻边、冲孔、侧冲孔工序。结合工程经验初步确定制件的冲压成形工艺方案为:落料→拉延→整形→修边→翻边与整形→冲孔→整形→侧冲孔;各工序坯料由机械手或人工送进。所设计的8工位发动机油底壳排样如图2所示。

寸为258 mm×158 mm×128 mm(长×宽×高),该制件要求冲制1个定位圆孔a和3个定位用带倒角的矩形孔b,在制件一端还需要冲制2个定位卡槽,制件表面有两个加强筋需要成形,制件上端还带有2次翻边特征。

2)排样设计:通过上述工艺分析可知横梁连接件的冲压成形包含:冲孔、冲裁、成形、翻边和切断工序。结合工程经验初步确定制件的冲压成形工艺方案为:冲孔→冲裁→冲裁→成形→翻边→空步→翻边→整形→翻转→空步→冲裁→翻边→切断;料带上各工序坯料由单侧载体配合送料机送进。所设计的13工位横梁连接件排样如图3所示。

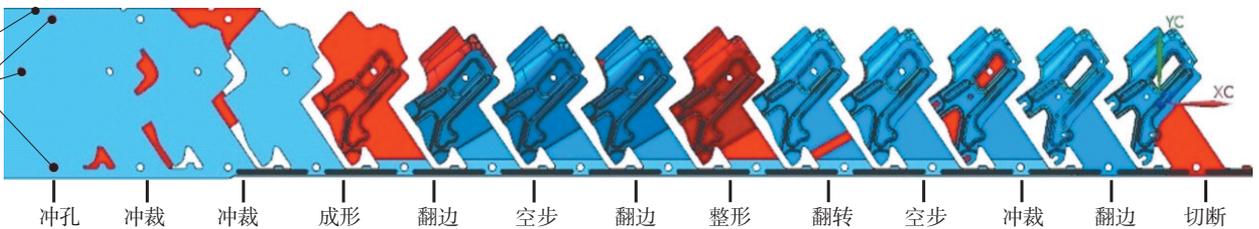


图3 横梁连接件排样设计

### 2.3 双侧载体排样设计

双侧载体排样是在产品条料的两侧分别留出一定宽度的材料,并在适当位置与产品两端相连接,实现对产品条料的送进,由于双侧载体在宽度方向上比单侧载体标准且在两侧能设置导尺,故其排样更易于送进,料宽方向上定位精度更高,适合中大型刚性较低的钣金件料。但是,此类载体相对材料利用率较低,也需要配合双边导正。图1c罩盖钣金件三维模型为典型的双侧载体排样设计案例。

1)工艺分析:罩盖钣金件起隔离与增强连接强度作用。合格的罩盖钣金件应具有良好安装精度且具有一定的结构刚度。罩盖钣金件为大型S形成形件,其外形尺寸为534 mm×198 mm×107 mm(长×宽×高)。该制件要求冲制2个定位圆孔以及在吊耳

端冲制1个定位卡槽,罩盖正面与吊耳处加强筋各需要成形,罩盖正面与罩盖侧面需要1次折弯,同时一次整形来减小S形成的回弹量。

2)排样设计:通过上述工艺分析可知罩盖钣金件的冲压成形包含:冲孔、冲裁、成形、折弯、整形和切断工序。结合工程经验初步确定制件的冲压成形工艺方案为:冲孔→冲裁→冲裁→向上成形→空步→成形和折弯→空步→冲裁→整形和修边→切断;料带上各工序坯料由双侧载体配合送料机送进。所设计的10工位罩盖钣金件排样如图4所示。

### 2.4 中间载体排样设计

中间载体与单侧载体形式类似,此类载体是在条料中部留出一定宽度的材料,并与产品两端相连接。由于中间载体排样两侧为坯料形状,故在宽度

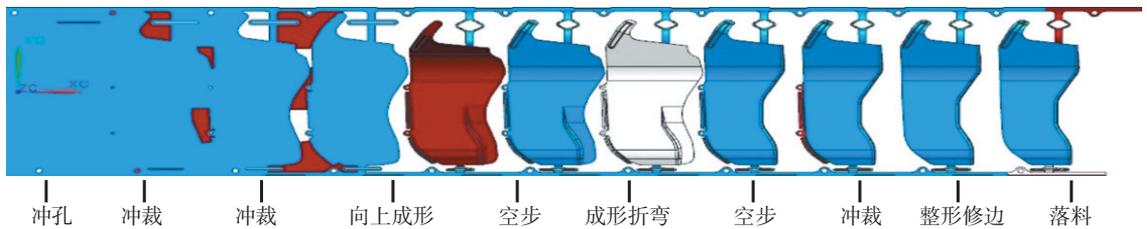


图4 罩盖钣金件排样设计

方向上难以导向,常出现卡料、横向弯曲等缺陷,此时需要进行横向调整。中间载体一般应用于刚性较好的中小型对称件或非对称件,成为一出二结构,工作效率和材料利用率都明显提高。图1d中A柱连接件三维模型为典型的中间载体排样设计案例。

1)工艺分析:A柱连接件用于连接A柱与其连接部件。合格的A柱连接件应能通过良好定位与固定功能使车身A柱与其连接部件可靠连接且定位精确。A柱连接件为小型成形左右件,其外形尺

寸为 $121\text{ mm}\times 61\text{ mm}\times 15\text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。该制件要求冲制2个定位圆孔以及在制件两端冲制2个定位卡槽,制件表面有2个加强筋需要成形。

2)排样设计:通过上述工艺分析可知A柱连接件的冲压成形包含:冲孔、冲裁、成形和切断工序。结合工程经验初步确定制件的冲压成形工艺方案为:冲孔 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 成形 $\rightarrow$ 空步 $\rightarrow$ 冲孔 $\rightarrow$ 切断;料带上各工序坯料由中间载体配合送料机送进。所设计的8工位A柱连接件排样如图5所示。

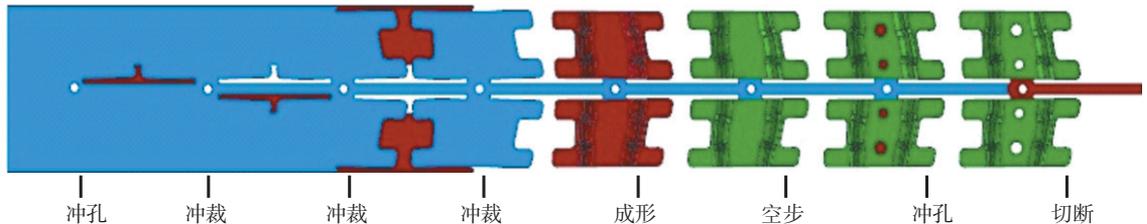


图5 A柱连接件排样设计

### 2.5 混合载体排样设计

混合载体排样是上述4种基本形式的组合,一般以双侧载体和中间载体混合为主,该载体是在产品条料中间及两侧均留出一定宽度的材料,用于连接中大型刚性较差的左右件或对称件,成为一出二结构,工作效率和材料利用率较基本型形式低。图1e车身箱体隔板三维模型为典型的中间与双侧混合式载体排样设计案例。

1)工艺分析:车身箱体隔板起到箱体分隔并加强车身横向碰撞强度的作用。合格的车身箱体隔板应具有良好安装精度并具有一定的结构刚度。

车身箱体隔板为大型翻边左右件,其外形尺寸为 $441\text{ mm}\times 315\text{ mm}\times 297\text{ mm}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。该制件具有复杂的内外边界,并带有向上与向下翻边,在各翻边面上需要冲制多个形孔。

2)排样设计:通过上述工艺分析可知车身箱体隔板的冲压成形包含:冲孔、冲裁、弯曲和切断工序。结合工程经验初步确定制件的冲压成形工艺方案为:冲孔 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 冲裁 $\rightarrow$ 弯曲 $\rightarrow$ 空步 $\rightarrow$ 向上弯曲 $\rightarrow$ 冲孔 $\rightarrow$ 冲孔 $\rightarrow$ 切断;料带上各工序坯料由中间载体配合送料机送进。所设计的10工位车身箱体隔板排样如图6所示。

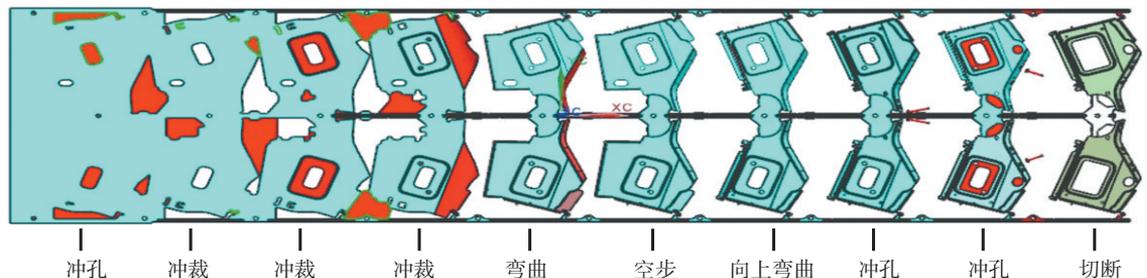


图6 车身箱体隔板排样设计

## 3 实冲验证

应用上述排样所设计的级进模配合江苏海锻

630 t的压力机,在大于25冲次/min的压机速度下测试模具,所获产品关键成形部位的成形质量符合产品检具与三维坐标检测,车身常见结构件实冲产品

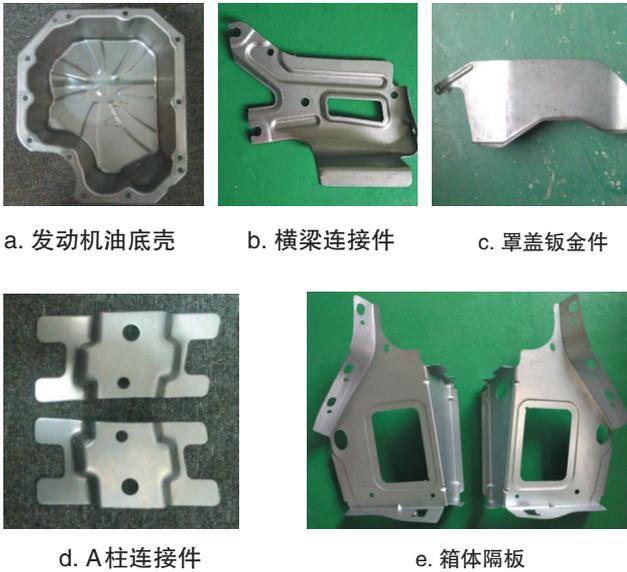


图7 车身常见结构件实冲产品

如图7所示。通过实际冲压验证了对应产品的排样设计是合理的,排样工艺对不同载体类型的车身结构件具有实际参考价值。

### 4 结语

对车身常见结构件三维模型进行了工艺分析,并应用CAD技术对其进行了排样设计,用UG软件绘制了常见结构件的排样图,根据排样图所设计的级进模试模情况验证了排样工艺的合理性。

目前对于级进冲压成形料带排样仍然难以实现智能化设计,因为排样工艺方案与工艺参数难以智能化,而且实际冲压过程中冲床、模具以及材料三者的微观不确定性因素约束了设计理论,但随着智能软件和CAD技术的进一步发展,智能化设计技术将能够更准确地设计级进模排样,从而能够更高效地指导生产实践。

### 参考文献:

- [1] 黄昭明,王利,刘小飞,等.基于Autoform多工位连续冲压成形数值模拟[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2015,38(2):157-160.
- [2] 罗林,黄昭明,沈现青,等.高复杂度轿车横梁多工位传递模排样设计[J].长春工程学院学报(自然科学版),2018,19(3):15-18.
- [3] 金龙建,陈炎嗣.多工位级进模排样工艺分析[J].模具制造,2012,12(10):44-50.
- [4] 涂小文. AutoForm原理技巧与战例使用手册[M].武汉:湖北科学技术出版社,2013:374-378.
- [5] 于红,章志兵,柳玉起,等.基于NX平台的级进模连续展开系统[J].塑性工程学报,2012,19(6):35-39.
- [6] 于红.基于NX的级进模连续展开技术研究与开发[D].武汉:华中科技大学,2013.
- [7] 赵殿明,黄昭明,陈华,等.多弯角车身钣金件多工位级进模设计与应用[J].锻压技术,2020,45(3):125-130.
- [8] 王成勇,王思艳,陈勇章,等.宽薄板级进模连续冲裁中线悬弧挠曲控制[J].塑性工程学报,2016,23(1):46-51.
- [9] 赵殿明,黄昭明,王利,等.发动机油底壳自动线多工位传递模设计与应用[J].锻压技术,2019(8):137-142.
- [10] 王益平,沈义林,黄昭明,等.轿车A柱连接件级进模设计[J].铜业工程,2014(6):83-88+94.

(上接第24页)

续。仿照例2的证明即可。

一元函数的一致连续性是数学分析学的重点和难点,是学生第一次接触这样的概念,也是数学专业考研的常考内容,理论性强,是后继二元函数的一致连续性、级数的一致收敛性等知识的

重要基础,本文通过具体的分析和等价命题的形式,集中讨论了一元函数的一致连续性,通过对本文的阅读,希望对数学专业考研的同学有一定的帮助,能让同学们掌握一致连续性的相关证明方法和技巧。

### 参考文献:

- [1] 华东师范大学数学系.数学分析:上册[M].4版.北京:高等教育出版社,2010.
- [2] 刘勇.关于一元函数一致连续性的讨论[J].赤峰学院学报(自然科学版),2009(11):7-10.
- [3] 裴礼文.数学分析中的典型问题与方法[M].2版.北京:高等教育出版社,2006.
- [4] 汪林.数学分析中的问题与反例[M].昆明:云南科技出版社,1990.