

# 轿车后地板成形工艺及修边冲孔模具设计

万志远

(山东华宇工学院 机械工程学院, 山东 德州 253034)

**摘要:** 针对轿车后地板成形材料薄、易产生回弹和易起皱等问题, 分析了后地板零件的结构特点, 发现其成形深度大, 存在一个特有的“凹坑”且冲孔数量多。基于该结构特点设计工艺补充, 确定了先成形“凹坑”的两次成形、修边冲孔和翻边冲孔工艺方案, 并采用 Dynaform 软件对成形过程进行了模拟, 确定了最优压边力为 425 kN, 此时零件的最大厚度减薄率为 24.489%, 周围起皱区域的材料增厚率基本在 10% 以内。提出在修边冲孔工序中增加 14 把废料刀块, 使废料呈“两边分”的流向方式, 并设计了废料刀与上下模刃口尺寸。最后, 基于成形工艺, 设计了后地板修边冲孔模具, 并进行试模冲压, 得到每道工序压制的零件, 并与成形工艺进行了对比。实验结果表明: 工艺设计合理, 模具设计正确, 可以冲压出合格的产品, 符合工厂实际要求。

**关键词:** 后地板; 拉延成形; 废料刀块; 修边冲孔; 翻边冲孔; 模具设计

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.02.009

**中图分类号:** TG386

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2024) 02-0071-06

## Forming process and trimming-punching die design of car rear floor

Wan Zhiyuan

(Academy of Mechanical Engineering, Shandong Huayu University of Technology, Dezhou 253034, China)

**Abstract:** Aiming at the problems such as thin forming material, easy to have springback and wrinkles of car rear floor, the structural characteristics of rear floor part were analyzed, and it was found that its forming depth was large, and there were a unique “pit” and a large number of punching holes. Then, based on the structural characteristics, the process supplement was designed, and a process scheme was determined to form the “pit” first by two-stage forming and then trimming-punching and flanging-punching. Furthermore, the forming process was simulated by software Dynaform, and the optimal blank holder force was determined to be 425 kN with the maximum thickness thinning rate of 24.489% for part and the material thickening rate in the surrounding wrinkled areas within 10%. In addition, fourteen scrap cutter blocks were proposed to add in the trimming and punching process to make the waste flow in a “two-sided” direction mode, and the scrap cutter and the upper and lower die edge dimensions were designed. Finally, based on the forming process, a real floor trimming-punching die was designed, the trial stamping was performed to obtain the parts in each process, and the forming process was compared. The results show that the process design is reasonable, and the die design is correct. Thus, the qualified products can be produced to meet the the actual requirements of factory.

**Key words:** rear floor; drawing; scrap cutter block; trimming-punching; flanging-punching; die design

后地板是轿车内覆盖件的典型代表, 其前部与前地板连接, 后部与后围板相连, 两侧与侧围总成连接, 装配关系要求严格<sup>[1-2]</sup>。与普通冲压件不同, 后地板曲面形状复杂, 成形材料薄, 易产生回弹、起皱和叠料等缺陷, 同时表面质量要求较高, 无波纹、麻点和坑包等, 为保证车身的承载能力, 后地板还需提供足够的强度和刚度<sup>[3-4]</sup>。

近 3 年, 业内专家学者对后地板冲压成形进行

了研究。刘启华等<sup>[5]</sup>分析了后地板的成形工艺, 通过采用垂直翻边和增加斜楔解决了零件两端同时翻边回弹的问题。张留伟等<sup>[6]</sup>以高强度后地板汽车覆盖件为研究对象, 设计了零件的冲压成形工序, 运用 Autoform 软件进行了各工序的分析, 得到理论压边力 1200 kN 和理论成形力 6000 kN, 并进行了工艺参数的优化。陈泽中等<sup>[7]</sup>研究了后地板横梁热冲压成形过程, 研究表明, 热冲压成形后厚度分布均匀, 最大减薄率小于 20%, 显微硬度达到 480 HV 以上。作为汽车地板总成的关键零件, 后地板工艺分析设计和关键模具设计方面的研究相对较少。

本文以轿车内覆盖件中典型代表后地板为分析对象, 首先, 分析了后地板零件的结构特点, 基于

收稿日期: 2023-11-13; 修订日期: 2024-01-25

基金项目: 山东华宇工学院校级协同创新中心“智能装备技术研发协同创新中心”项目

作者简介: 万志远 (1988-), 男, 硕士, 副教授, 工程师

E-mail: 815223128@qq.com

该特点确定了两次成形、修边冲孔和翻边冲孔的成形工艺方案；其次，对两次成形工艺进行设计，对修边工序中的废料流向和废料刀与上、下模刃口尺寸进行设计，采用 Dynaform 软件重点对第 1 次成形的“凹坑”进行模拟计算，探究不同压边力对成形质量的影响；最后，基于成形工艺设计，对后地板成形后的修边冲孔模具进行设计，并进行试模冲压，得到每道工序压制的零件，并与成形工艺进行对比。实验结果表明，采用本次设计的工艺进行模具设计符合工厂实际要求。

## 1 轿车后地板工艺设计

零件模型如图 1 所示。后地板零件的外形尺寸约为  $1370\text{ mm} \times 1340\text{ mm} \times 210\text{ mm}$ ，厚度为  $(0.75 \pm 0.08)\text{ mm}$ ，净重为  $10.3\text{ kg}$ ，材质为 DC56D+ZF40/40 深冲压用镀锌钢板<sup>[8]</sup>。后地板零件尺寸非常大，拉伸深度大，靠近边缘部位存在一个约  $750\text{ mm} \times 450\text{ mm} \times 200\text{ mm}$  的大型“凹坑”，局部变形复杂，零件边缘约 2/3 均需翻边，工艺设计难度较大。

零件需要冲 24 个孔，其中圆形孔 13 个，最大

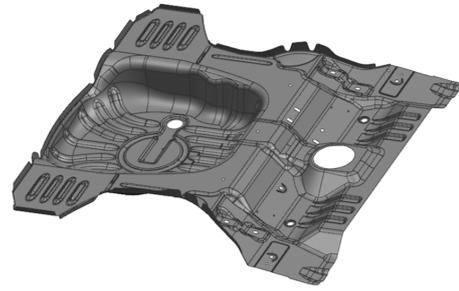


图 1 轿车后地板模型

Fig. 1 Model of car rear floor

孔直径达到  $\Phi 155.1\text{ mm}$ ，其余非圆孔的最大尺寸为  $26\text{ mm} \times 14\text{ mm}$ ，零件尺寸大，修边线长，搭接零件多，精度要求非常高，边缘材料流入量很难控制<sup>[9]</sup>。因此，毛坯设计为方形板料，尺寸为  $1695\text{ mm} \times 1645\text{ mm}$ ，重量为  $16.4\text{ kg}$ ，单件材料利用率为 63%。根据零件特点确定成形方案为：拉伸成形、二次拉伸成形、修边-冲孔和翻边-冲孔 4 道工序，并已经获得生产验证，如图 2 所示。

如图 2a 所示，OP10 工序为拉伸成形，后地板大“凹坑”区域的成形深度大，工艺补充面积广，材料流动较为复杂，变形不易控制，因此，第 1 次

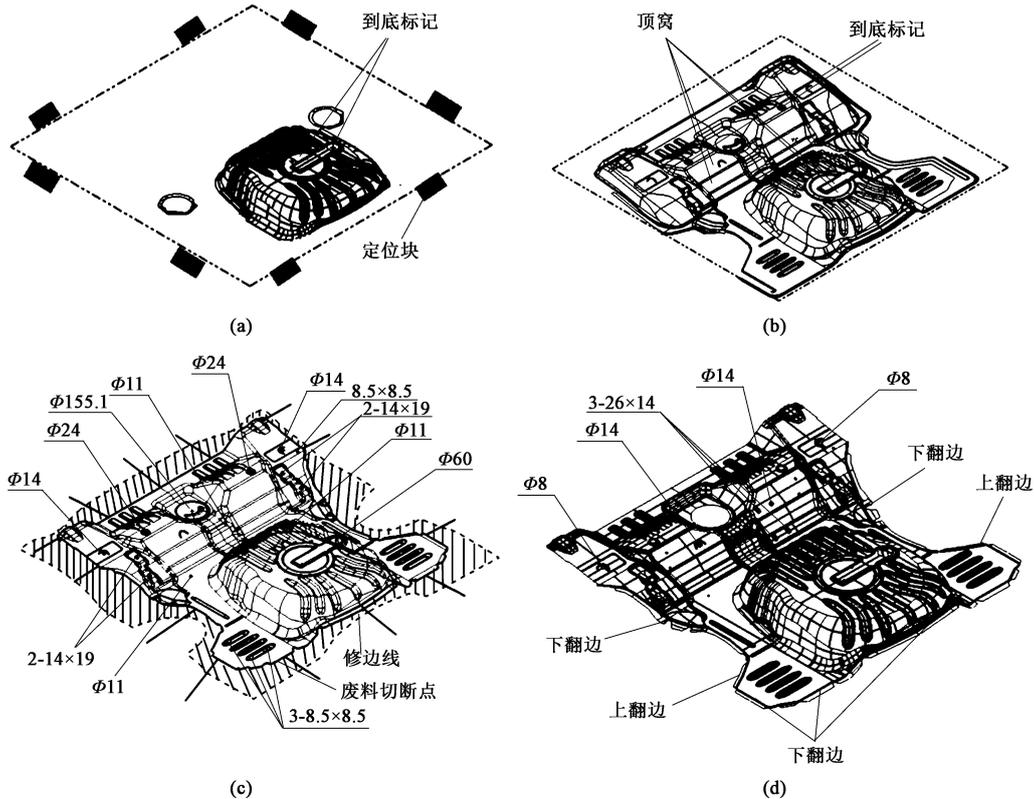


图 2 后地板工序图

(a) OP10 (b) OP20 (c) OP30 (d) OP40

Fig. 2 Process diagrams of rear floor

成形仅冲压该区域, 毛坯定位采用 8 块定位块定位, “凹坑” 外侧采用单拉延筋结构, 控制零件的成形精度和表面质量。

如图 2b 所示, OP20 工序为二次拉延成形, 采用第 1 工序成形的“凹坑”区域进行形状定位, 采用单拉延筋结构, 控制板料流入速率。

如图 2c 所示, OP30 工序为修边-冲孔, 后地板周围工艺补充废料被分为 14 处, 增加 14 把废料刀块, 使得废料呈“两边分”的流出方式, 保证了修边废料顺利落下, 刀具处在不同平面, 使得修边不同时进行, 减小了修边力, 延长了修边刀具的使用寿命。本工序需要完成 17 个孔的冲制, 因不同孔处于不同平面处, 冲头为间断式冲裁, 可以改善因冲裁力大造成的崩刃。

如图 2d 所示, OP40 工序为翻边-冲孔, 后地板靠近大“凹坑”的边缘, 需要完成上、下翻边, 位置基本对称。本工序需要完成 7 个孔的冲制, 冲头仍然为间断式冲裁, 避免崩刃。

后地板拉延成形是零件的关键成形工艺, 后地板大“凹坑”区域的成形深度大, 变形最复杂。采用 Dynaform 软件对工艺补充后的零件进行仿真验证计算, 确保大“凹坑”区域的成形质量能够达到工

程要求。首先, 运用 UG 软件, 将零件模型导出为 igs 格式, 然后导入至 Dynaform 软件中, 零件的有限元网格类型采用系统默认, 材料选择系统自带的 DC56, 材料性能和实际基本一样, 屈服强度为 120~180 MPa, 抗拉强度为 270~350 MPa, 压边力分别设置为 400、425 和 450 kN, 最大拉深深度为 183.2 mm, 拉深行程为 280 mm, 摩擦因数为 0.125, 冲压速度为  $150 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

图 3 为不同压边力下后地板零件成形极限图。压边力为 400 kN 时, 零件主体部位基本均在安全范围内, 没有出现开裂缺陷, 但“凹坑”凸缘圆角部位均出现轻微起皱, 凸缘周边向外延伸, 均出现了严重起皱, 已经影响到零件的二次成形。压边力为 425 kN 时, 零件主体部位均在安全范围内, 成形质量较好, 没有出现开裂缺陷, 在“凹坑”凸缘圆角部位局部出现轻微起皱, “凹坑”两侧的边缘依然出现起皱, 但该位置属于后续修边区域, 不影响最终零件质量。压边力为 450 kN 时, 零件主体部位成形质量较好, 在“凹坑”前部出现了明显的开裂缺陷, “凹坑”凸缘圆角部位的起皱得到进一步改善, “凹坑”两侧的最边缘出现严重起皱, 但该位置属于后续修边区域, 不影响最终零件质量。

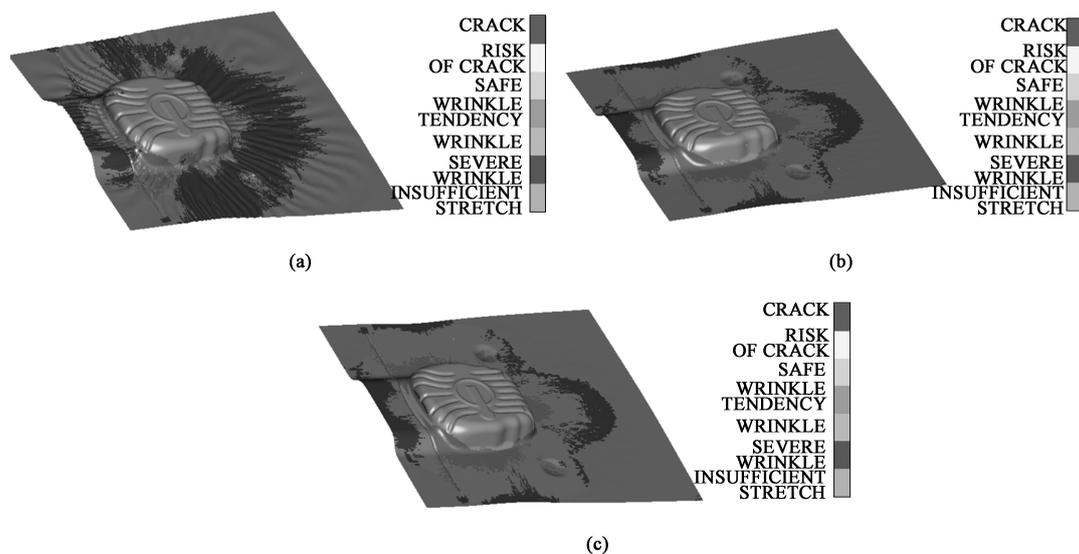


图 3 不同压边力下后地板成形极限图

(a) 400 kN (b) 425 kN (c) 450 kN

Fig. 3 Forming limit diagrams of rear floor under different blank holder forces

图 4 为不同压边力下后地板零件的减薄率分布图。压边力为 400 kN 时, 成形零件的最大厚度减薄率为 18.419%, 出现在“凹坑”的底部区域, 周围局部区域的增厚率超过 30%, 从零件减薄的角度考虑, 基本不符合工程要求。压边力为 425 kN 时, 成

形零件的最大厚度减薄率为 24.489%, 出现在“凹坑”的底部圆角区域, 周围起皱区域的材料增厚率基本在 10% 以内, 从零件减薄的角度考虑, 符合工程要求。压边力为 450 kN 时, 成形零件的最大厚度减薄率达到 37.853%, 出现在“凹坑”前部区域,

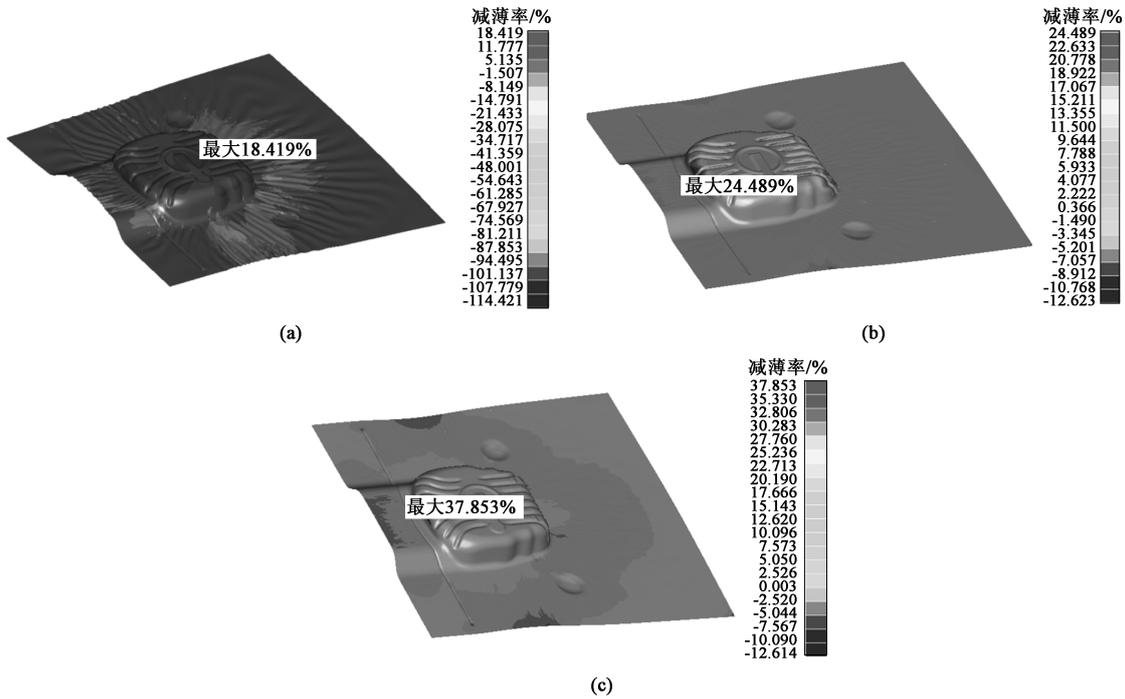


图 4 不同压边力下后地板减薄率分布

(a) 400 kN (b) 425 kN (c) 450 kN

Fig. 4 Thinning rate distribution of rear floor under different blank holder forces

“凹坑”的底部圆角区域的厚度减薄率也多处超过 25%，显然压边力过大，零件塑性减薄过于严重，已基本不符合工程要求。

### 2 汽车后地板修边冲孔模具设计

后地板零件经过 2 次拉伸成形后，其全部的工艺补充部分需要冲裁掉，修边冲孔工序完成零件的全部修边和 17 个孔的成形，因此，修边冲孔模具设计尤为重要。在修边冲孔模具设计中，上、下模修边镶块的分布以及废料刀块的布局是整个模具设计的重点<sup>[10]</sup>。下模修边镶块共 12 块，废料刀镶块 14 块，各个镶块通过螺钉固定在下模座上。镶块材质为 Cr12MoV 钢<sup>[11]</sup>，镶块间隙控制在 0.02 mm 以内。上模修边镶块共 16 块，修边刃口沿修边线封闭分布，要求硬度不低于 58 HRC，通过螺钉固定于上模座。

如图 5 所示，上模结构由上模座、修边镶块、冲孔凸模、限位杆、导滑板、平衡块和起吊棒等组成，型腔位置放置压边圈，限位杆、支撑限位棒和弹簧等与压边圈配合工作，上模座材质为 HT300 灰铸铁，采用整体铸造，修边镶块外侧均设置挡块，平衡修边力。

下模结构由下模座、修边镶块、废料刀块、冲孔凹模、导柱、导滑板和限位块等组成，废料刀块

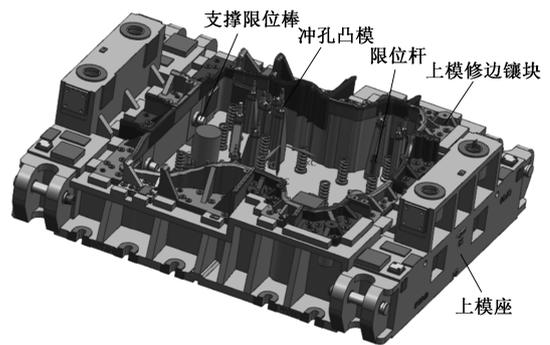


图 5 后地板上模结构

Fig. 5 Upper die structure of rear floor

和修边镶块刃口工作示意图如图 6 所示。

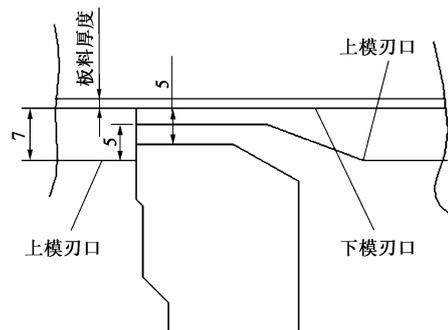


图 6 废料刀与修边镶块刃口工作示意图

Fig. 6 Working schematic diagram of cutting edge for scrap cutter and trimming insert

型腔和零件形状一致，工作时，上一工序冲压件通过导料架放置于下模型腔中，依靠形状定位，完成冲孔和修边。下模座材质为 HT300 灰铸铁<sup>[12]</sup>，采用整体铸造，修边镶块内侧和型腔搭接，平衡修边力，如图 7 所示。

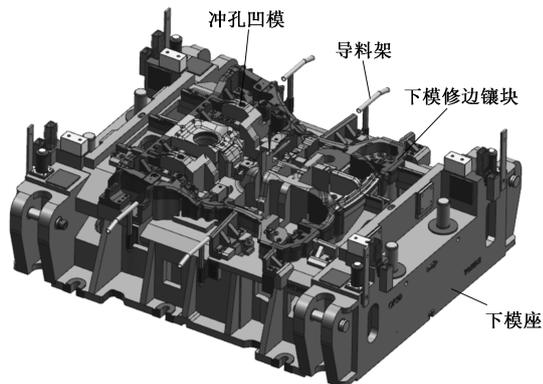


图 7 后地板下模结构

Fig. 7 Low die structure of rear floor

如图 8 所示，压边圈为整体式，材料为 MoCr 铸铁，整体铸造然后整体加工，其形状与零件形状一致，压边圈本体整体安装于上模座型腔内，中间

安装弹簧，实现弹性压料，4 根支撑限位柱穿过上模座安装于压边圈的支撑限位孔内，压边圈四周分布有 8 块导滑板，保证压料的准确性。

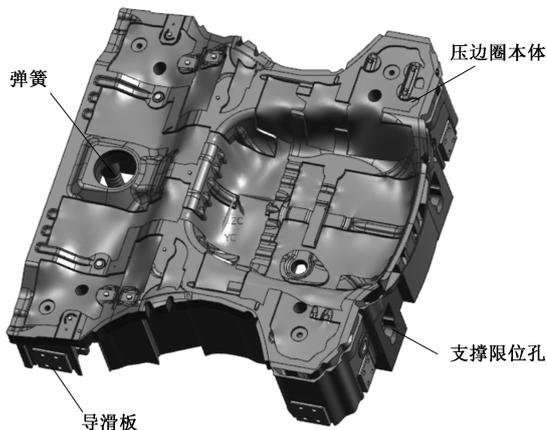


图 8 后地板压边圈结构

Fig. 8 Structure of blank holder for rear floor

根据工艺设计进行了全工序的生产实验，经过模具铸造加工、镶块机加工、标准件选取和模具组装与调试，参考得到的成形工艺参数进行预压实验，最终得到合格的零件产品，如图 9 所示。

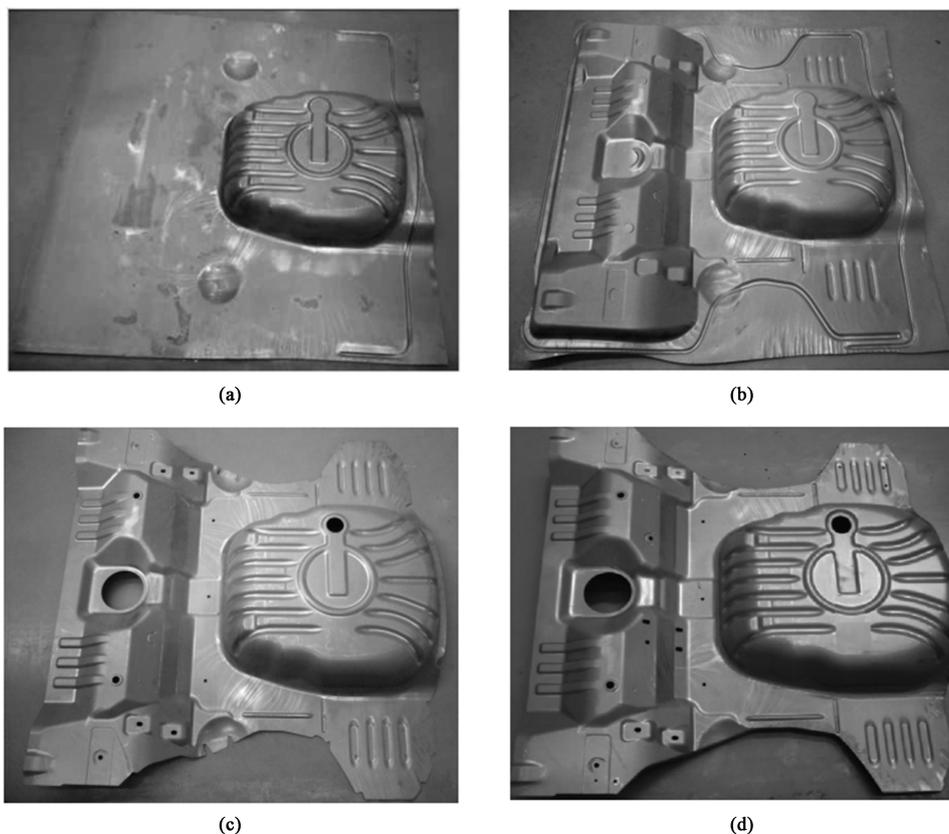


图 9 后地板实物

(a) OP10 (b) OP20 (c) OP30 (d) OP40

Fig. 9 Physical parts of rear floor

### 3 结论

(1) 分析了轿车后地板零件的结构特点, 确定了先成形“凹坑”的两次成形、修边冲孔和翻边冲孔的工艺方案, 提出在修边冲孔工序中增加 14 把废料刀块, 使废料呈“两边分”的流向方式, 并设计了废料刀与上、下模刃口尺寸。

(2) 采用 Dynaform 软件对关键的“凹坑”成形进行模拟计算, 得出压边力为 425 kN 时, 零件最大厚度减薄率为 24.489%, 周围起皱区域的材料增厚率基本在 10% 以内, 满足工程设计要求。

(3) 基于成形工艺设计了后地板修边冲孔模具, 并进行了试模冲压, 得到每道工序压制的零件, 与成形工艺进行对比, 实验结果表明, 工艺设计合理, 模具设计正确, 可以冲压出合格的产品。

#### 参考文献:

- [1] 余成报. WL 乘用车后地板成形工艺分析及优化研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2021.  
Yu C B. Study on Analysis and Optimization of Rear Floor Forming Process of WL Passenger Car [D]. Chongqing: Chongqing University, 2021.
- [2] 慕银银. 油分离器管冲压工艺的研究及优化 [D]. 烟台: 烟台大学, 2023.  
Mu Y Y. Research and Optimization of Oil Separator Tube Stamping Process [D]. Yantai: Yantai University, 2023.
- [3] 商英, 汤映月, 肖潇, 等. 某商用车前围板冲压工艺及模具设计 [J]. 模具工业, 2022, 48 (6): 27-29.  
Shang Y, Tang Y Y, Xiao X, et al. Stamping process and die design of a commercial vehicle front coaming [J]. Die and Mould Industry, 2022, 48 (6): 27-29.
- [4] 汤云翔. 汽车大型外覆盖件冲压拉伸成形仿真与冲压工艺参数优化技术研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2022.  
Tang Y X. Research on Stamping Drawing Simulation and Stamping Process Parameter Optimization Technology of Large Automobile Exterior Cladding [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2022.
- [5] 刘启华, 周旭, 伍英, 等. 后地板冲压工艺分析及模具设计 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (4): 77-81.  
Liu Q H, Zhou X, Wu Y, et al. Process analysis and die design of back floor stamping [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (4): 77-81.
- [6] 张留伟, 徐慧西, 褚建忠, 等. 高强度后地板汽车覆盖件成形数值模拟及工艺优化 [J]. 模具制造, 2021, 21 (11): 27-30.  
Zhang L W, Xu H X, Chu J Z, et al. Numerical simulation and process optimization of high strength steel back floor auto covering [J]. Die & Mould Manufacturing, 2021, 21 (11): 27-30.
- [7] 陈泽中, 刘欢, 谢洪昊, 等. 22MnMoB 钢汽车后地板横梁热

冲压成形数值模拟和工艺研究 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (2): 13-20.

Chen Z Z, Liu H, Xie H H, et al. Numerical simulation and process research on hot stamping of 22MnMoB steel rear floor beam for automobile [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (2): 13-20.

- [8] 万志远. 轿车翼子板成形工艺分析与模具设计 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (8): 202-209.  
Wan Z Y. Car fender forming process analysis and die design [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (8): 202-209.
- [9] 万志远. 汽车侧围外板冲压工艺及模具设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (10): 118-123.  
Wan Z Y. Stamping process and die design of automobile side outer panel [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (10): 118-123.
- [10] 刘斐然, 纵荣荣, 李乐乐, 等. 汽车后风挡横梁冲压工艺仿真分析与优化设计 [J]. 河北工业大学学报, 2020, 49 (3): 55-62.  
Liu F R, Zong R R, Li L L, et al. Simulation analysis and optimization design of automobile rear windshield beam stamping process [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2020, 49 (3): 55-62.
- [11] 万志远, 陈银平. 轿车后背门内板冲压工艺及模具设计 [J]. 制造技术与机床, 2020, (2): 164-166.  
Wan Z Y, Chen Y P. Stamping process and die design of interior panel of rear door of car [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2020, (2): 164-166.
- [12] 杨大伟. 汽车前围横梁冲压工艺开发及模具设计 [D]. 吉林: 东北电力大学, 2021.  
Yang D W. Stamping Process Development and Die Design of Automobile Front Wall Beam [D]. Jilin: Northeast Dianli University, 2021.

#### 警惕不法网站, 保障投稿安全

近期, 本刊接到多名作者投诉, 网络上出现冒充《锻压技术》杂志官方网站的伪网站, 如 www.dyjsz.cn, 这些网站盗用本杂志官网内容及相关行业信息, 误导和欺骗广大投稿作者, 骗取文章版面费、套取作者文章及个人信息, 侵犯了广大作者的切身权益。

特此声明, 本刊唯一官方网站为 www.fstjournal.net, 投稿方式为网站注册登录投稿, 不接受邮箱投稿。请作者投稿时务必认准杂志官方网站, 谨防受骗。

本刊郑重警告伪网站相关人员尽快停止违法行为, 否则将严肃处理, 并将运用一切法律手段维护本刊的权利。

请广大读者协助本刊监督网络上的不法行为, 一经发现, 请联系本刊, 本刊将及时处理, 共同努力营造良好的期刊网络氛围。

《锻压技术》杂志联系方式: fst@263.net; 010-62920652。

《锻压技术》编辑部