

模具

## 麻纤板汽车饰件热压-注塑一体化模具设计

吴军军<sup>1</sup>, 刘赛科<sup>2</sup>, 高业汉<sup>2</sup>, 黄志高<sup>1</sup>

(1. 华中科技大学 材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430070; 2. 宁波方正汽车模具股份有限公司, 浙江 宁波 315600)

**摘要:** 为解决热压-注塑一体化工艺中因模具上下模卡死而导致的产品缺陷问题, 深入分析了上下模卡死的根本原因——模具设计中上下模的配合间隙设置不当。为此, 创新性地设计了一种优化型汽车饰件热压-注塑一体化模具。采用阵列式第1沉头孔与气缸驱动端螺纹连接, 确保了连接件与驱动部件的牢固结合; 同时, 引入第2沉头孔设计, 强化了插板与连接件之间的连接强度, 有效防止了受力时的松动与转动, 进一步提升了模具的整体性能与可靠性。结果表明, 该模具通过在下模底部精密布置与气缸驱动件精确匹配的凹槽, 实现了驱动件的精准定位与稳固装配, 显著减少了模具安装过程中的干涉风险, 提高了安装效率与模具运行的稳定性。不仅显著提升了模具的实用价值与生产效能, 还为汽车饰件制造领域提供了更为高效、可靠的模具解决方案。

**关键词:** 汽车饰件; 热压-注塑一体化工艺; 模具设计; 配合间隙; 阵列状分布

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2025.06.021

**中图分类号:** TG76 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2025) 06-0168-05

## Design on hot pressing-injection molding integrated die for hemp fiberboard automobile parts

Wu Junjun<sup>1</sup>, Liu Saiko<sup>2</sup>, Gao Yehan<sup>2</sup>, Huang Zhigao<sup>1</sup>

(1. School of Materials Science and Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430070, China;  
2. Ningbo Fangzheng Automotive Mold Co., Ltd., Ningbo 315600, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of product defects caused by the jamming of upper and lower dies in the hot pressing-injection molding integrated process, the root cause of the jamming of upper and lower dies was deeply analyzed, namely the improper setting of the clearance between upper and lower dies in the die design. Thus, an optimized hot pressing-injection molding integrated die of automobile parts was innovatively designed, and the firm combination of connector and drive component was ensured by using the array-type first countersunk hole and threaded connection with the cylinder drive end. At the same time, the introduction of the second countersunk hole design strengthened the connection strength between insert plate and connector, effectively preventing loosening and rotation when subjected to force, further improving the overall performance and reliability of the die. The results show that the die achieves accurate positioning and stable assembly of the drive parts by precisely arranging grooves on the bottom of lower die that precisely match the cylinder drive parts, significantly reducing the risk of interference during die installation and improving installation efficiency and stability of die operation, which not only significantly enhances the practical value of die and production efficiency, but also provides a more efficient and reliable die solution scheme for the manufacturing field of automobile parts.

**Key words:** automobile parts; hot pressing-injection molding integrated process; die design; assembly clearance; array-type distribution

面对汽车饰件日益复杂化的设计要求, 热压-

注塑一体化成形工艺巧妙地融合了模压成形与注塑成形的双重优势<sup>[1-3]</sup>。该工艺的核心在于: 首先, 将麻纤维复合材料纤维板进行预热处理, 使其达到适宜的软化状态, 随后, 将其置于精心设计的热压-注塑一体化模具之中, 通过精确的模压工艺形成零部件的主体结构<sup>[4-5]</sup>。这一过程充分利用了热压成形的高精度与高效能特点, 确保了零部件的尺寸精度与表面质量。然而, 对于某些复杂结构, 如

收稿日期: 2024-07-16; 修订日期: 2024-10-18

基金项目: 科技创新 2025 重大专项 (宁波市重大科技任务攻关项目) (2022Z010)

作者简介: 吴军军 (1997-), 男, 博士研究生

E-mail: 1713143303@qq.com

通信作者: 黄志高 (1976-), 男, 博士, 教授, 博士生导师

E-mail: huangzhigao@hust.edu.cn

零部件的背面安装结构以及需要精细参数化控制的特征部分, 单纯的热压成形往往难以胜任。此时, 热压-注塑一体化成形工艺便展现出其独特的灵活性, 通过切换模具镶件并引入注塑成形技术, 对这些难以热压成形的区域进行补充加工。注塑过程中, 高温塑料熔体不仅能够有效熔融麻纤维复合材料中的基体材料, 实现材料的紧密结合<sup>[6]</sup>, 还能够根据设计需求精确塑造出所需的复杂结构特征, 从而圆满地解决麻纤维复合材料在复杂汽车零部件成形中的难题。

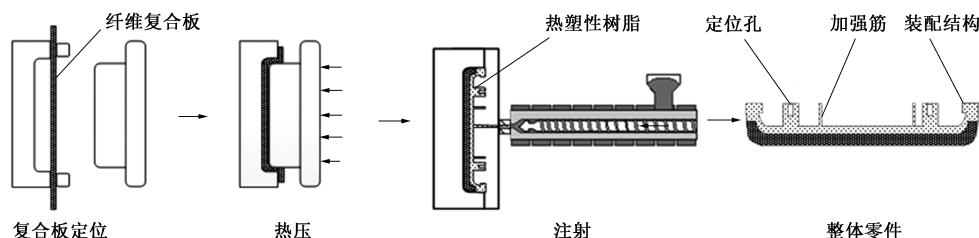


图1 热压-注塑一体化成形工艺示意图

Fig. 1 Schematic diagram of hot pressing-injection molding integrated process

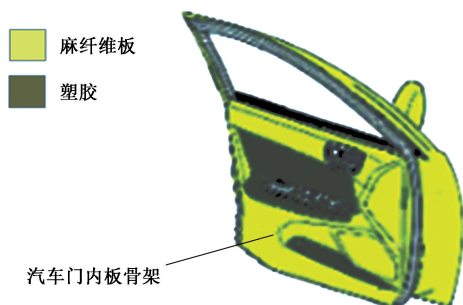


图2 热压-注塑一体化成形典型产品

Fig. 2 Typical product of hot pressing-injection molding integrated forming

## 1.2 热压-注塑一体化成形制件缺陷分析

当前市场上用于将麻纤维板和塑料颗粒注塑成汽车饰件的热压-注塑一体化模具, 在操作前需预热至预定温度。当注塑模具达到所需温度后, 便可进行麻纤维板与塑料颗粒的注塑成形。然而, 模具材料在预热后会有一定程度的热膨胀, 导致上下模在开模时出现卡死现象, 从而损坏制件。此外, 还可能出现制件融合不良、气泡、缩水等缺陷<sup>[10]</sup>。

### 1.2.1 缺陷类型分析

根据文献 [11]~文献 [13] 可知, 热压-注塑一体化成形制件缺陷类型如下。

(1) 制件表面损伤。由于模具在开模时卡死, 用力分离模具时可能导致制件表面出现刮痕、压痕或其他机械损伤, 制件的外观质量下降, 进而影响其美观和市场价值。

## 1 复合材料汽车饰件工艺分析

### 1.1 热压-注塑一体化工艺分析

复合材料汽车饰件的热压-注塑一体化工艺是一种结合了热压成形和注塑成形的新型混合成形工艺<sup>[7]</sup>, 主要用于制造具有复杂结构<sup>[8]</sup>和优异性能的汽车零部件<sup>[9]</sup>, 其工艺示意图如图1所示, 汽车饰件典型产品示意图如图2所示。

(2) 尺寸偏差。卡死现象会影响模具的正常开合, 使得制件在模具中停留时间过长或受力不均, 导致尺寸出现偏差, 影响其装配精度和功能。

(3) 融合不良。由于模具温度不均、塑料颗粒熔化不完全或压力不够, 麻纤维板与塑料颗粒在成形过程中未能完全融合, 影响制件强度使其在使用过程中断裂或破损。

(4) 气泡。由于模具设计不合理导致排气不畅, 或材料中含有过多的水分或挥发物, 在成形过程中气体未能完全排出, 形成气泡, 从而影响制件外观, 其中气泡可能会成为应力集中点, 降低制件的力学性能。

(5) 缩水。材料冷却速度不均以及模具设计不合理致使冷却过程中材料收缩, 导致制件尺寸不稳定影响制件配合精度。

### 1.2.2 缺陷原因分析

#### 1.2.2.1 工艺参数不当

当注塑机模具的压力设置过高时, 会使模具在高压下紧紧嵌合在一起, 难以分离, 或是开合速度设置不当, 特别是当速度过快时, 模具无法及时响应, 会出现上下模卡死现象<sup>[14]</sup>。同时, 过高或过低的温度会导致材料流动性差, 无法完全融合, 或者冷却时收缩不均匀<sup>[15]</sup>。

#### 1.2.2.2 模具设计不合理

造成模具出现卡死的原因<sup>[16]</sup>有: 模角不够大、平行度较差、上下模之间配合间隙不合理等, 其中

间隙设计不合理为主要原因。当热压-注塑一体化模具停止使用并冷却至室温时,如果此时上模和下模处于合模状态,过小的配合间隙可能导致上模和下模之间出现卡死现象,进而无法顺利开模。这种情况不仅会损坏模具,还会影响其正常使用,导致生产效率下降并增加维护成本。为了解决这一问题,热压-注塑一体化模具的设计需要在确保高温状态下精确配合的同时,考虑冷却至室温时模具出现膨胀导致的卡死风险,以提升模具的整体性能和使用寿命。

热压-注塑一体化成形工艺参数可通过模流仿真来进行优化指导,本文主要通过改善模具结构,优化因热压注塑过程中预热热压温度过高而导致的模具热膨胀量,防止出现上下模卡死现象,以提高制件精度。

## 2 模具结构及工作过程

### 2.1 模具结构

复合材料汽车饰件热压-注塑一体化模具立体

结构如图 3 所示,二维图如图 4 所示。包括上模 1、下模 2、若干个驱动件 3、连接件 4 以及插板 5,若干个驱动件 3 呈周向分布,且均与下模 2 的底部固定,每个连接件 4 的一端均与对应位置上的驱动件 3 的驱动端固定,每个插板 5 均与对应位置上的连接件 4 的另一端固定,每个驱动件 3 均用于带动对应位置上的连接件 4 移动以使连接件 4 带动对应位置上的插板 5 插接至上模 1 与下模 2 之间的间隙中或从上模 1 与下模 2 之间的间隙中抽出。下模 2 的下端设置有与每个驱动件 3 相对应的凹槽 6,每个驱动件 3 均设在凹槽 6 中,并与凹槽 6 的内顶部固定。每个连接件 4 的一端均设有 4 个呈阵列状分布的第 1 沉头孔 7,每个连接件 4 的一端均通过穿设在第 1 沉头孔 7 中且与驱动件 3 的驱动端螺纹连接的第 1 螺栓与驱动件 3 的驱动端固定。每个连接件 4 的另一端均设有两个呈水平方向分布的第 2 沉头孔 7,每个连接件 4 的另一端均通过穿设在第 2 沉头孔 7 中且与插板 5 螺纹连接的第 2 螺栓与插板 5 的外端部固定。

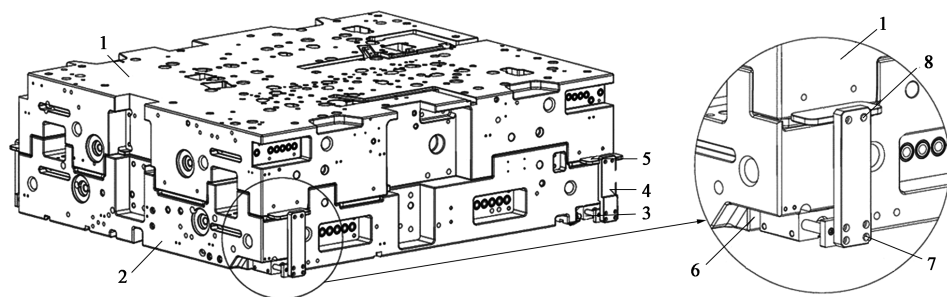


图 3 汽车饰件热压-注塑一体化模具立体结构示意图

1. 上模 2. 下模 3. 驱动件 4. 连接件 5. 插板 6. 凹槽 7. 第 1 沉头孔 8. 第 2 沉头孔

Fig. 3 Schematic diagram of three-dimensional structure for hot pressing-injection molding integrated die of automobile parts

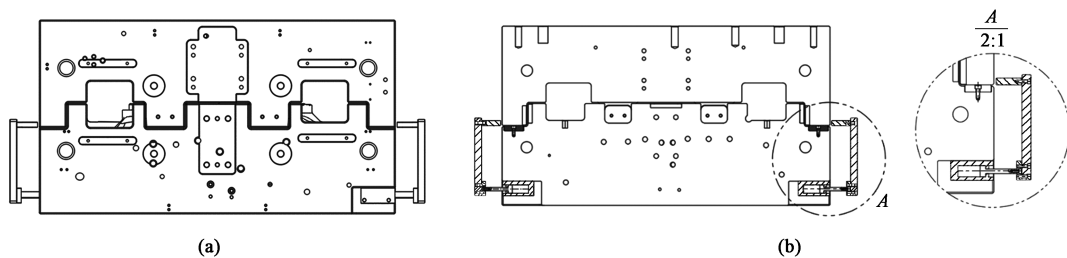


图 4 汽车饰件热压-注塑一体化模具结构二维示意图

(a) 主视图 (b) 剖面图

Fig. 4 Two-dimensional schematic diagram of hot pressing-injection molding integrated die structure for automobile parts

(a) Front view (b) Sectional view

### 2.2 模具工作过程

初始准备阶段:上模 1 与下模 2 处于打开状态,即它们之间的间隙足够大,以便将待注塑的塑料材

料或熔融塑料注入模具中。若干个驱动件 3 均安装于下模 2 底部的凹槽 6 中,并与凹槽 6 的内顶部固定。这些驱动件 3 可能是气缸、电动推杆或其他类



型的直线驱动器,它们呈周向分布,确保模具在闭合时能够均匀受力。每个驱动件3通过其驱动端,利用第1螺栓与连接件4的一端固定。这些第1螺栓穿过连接件4一端的4个呈阵列状分布的第1沉头孔7,并与驱动件3的驱动端螺纹连接,实现稳固连接。每个连接件4的另一端则通过两个呈水平方向分布的第2沉头孔8中的第2螺栓与插板5的外端部固定。这样,插板5即被牢固地连接在连接件4上。

**模具闭合阶段:**当注塑过程开始,需要闭合模具时,驱动件3启动并向上移动。随着驱动件3的移动,它们通过连接件4带动插板5一同移动。这些插板5逐渐插入至上模1与下模2之间的间隙,直至完全插入或达到预设位置。插板5的插入不仅有助于模具的紧密闭合,还能起到定位、支撑或密封的作用,确保注塑过程的顺利进行。

**注塑成形阶段:**在模具完全闭合且插板5到位后,熔融的塑料被注入模具中。塑料在模具内冷却固化,形成所需的汽车饰件形状。在此过程中,插板5和连接件4保持固定,确保模具的稳定性和注塑件的精度。

**模具开启与取出成品阶段:**注塑完成后,模具开始打开。驱动件3反向移动,带动连接件4和插板5从模具间隙中抽出。随着插板5的抽出,上模1与下模2之间的间隙逐渐增大,直至完全打开。

**清理与准备下一轮注塑:**模具开启并取出成品后,需要对模具进行必要的清理和维护,如去除残留的塑料、检查模具的磨损情况等。清理完毕后,模具再次回到初始准备阶段,进行下一轮的注塑生产。

整个过程通过精密的机械控制和结构设计,确保了汽车饰件热压-注塑一体化模具的高效、稳定和精确运行。

### 2.3 模具设计要点

下模2的下端设有与每个驱动件3相对应的凹槽6,每个驱动件3均设置在凹槽6中并与凹槽6的内顶部固定,通过在下模的下端设置与每个驱动件相对应的凹槽,每个驱动件均能够固定于对应位置上的凹槽,从而在下模需要固定于注塑机的固定板上时,能够有效避免驱动件与注塑机的固定板产生干涉。

每个驱动件3均为气缸,通过采用气缸作为驱动件,不仅具有成本低、结构简单和驱动灵活的优点,且具有对连接件和插板驱动可靠性高的优点。

每个连接件4的一端均设有4个呈阵列状分布的第1沉头孔7,每个连接件4的一端均通过穿设在第1沉头孔7中且与驱动件3的驱动端螺纹连接的第1螺栓与驱动件3的驱动端固定,通过采用这种结构,每个连接件的一端均能够可靠地与对应位置上的驱动件的驱动端固定在一起,且能够避免连接件的一端出现相对驱动件驱动端转动的情况,即具有连接件与驱动件的驱动端固定可靠性高的优点。

每个连接件4的另一端均设有两个呈水平方向分布的第2沉头孔8,每个连接件4的另一端均通过穿设在第2沉头孔8中且与插板5螺纹连接的第2螺栓与插板5的外端部固定,通过采用这种结构,每个插板均能够可靠地与对应位置上的连接件的另一端固定在一起,且能够避免插板出现相对连接件的另一端转动的情况,即具有插板与连接件固定可靠性高的优点。

## 3 结语

本文研究设计的汽车饰件热压-注塑一体化模具,通过下模底部巧妙地设置了与每个气缸驱动件相对应的凹槽,实现了驱动件的精准定位与稳固安装。这一设计不仅优化了模具内部空间布局,还有效地避免了在模具安装于注塑机固定板时可能发生的干涉问题,确保了模具安装的高效性与稳定性。一方面,连接件一端通过4个阵列状分布的第1沉头孔与气缸驱动端螺纹连接,确保了连接件与驱动件之间的牢固固定,有效地防止了连接件在驱动过程中的相对转动;另一方面,连接件另一端设有两个水平方向分布的第2沉头孔,通过螺纹连接方式与插板固定,同样实现了插板与连接件之间的高可靠性连接,避免了插板在受力时的转动现象。由此,本文研究设计的汽车饰件热压-注塑一体化模具在避免干涉、简化结构、提高连接可靠性及保障整体稳定性与精度等方面均展现出显著优势。这些优势不仅提升了模具的实用价值与生产效率,也为汽车饰件的生产提供了更加可靠、高效的解决方案。

### 参考文献:

- [1] 杨乃臣,宋志磊.一次成型模压纤维板生产工艺之探讨[J].科技传播,2013,5(14):98-99.  
Yang N C, Song Z L. Discussion on the production process of one time molding fiberboard [J]. Public Communication of Science & Technology, 2013, 5 (14): 98-99.
- [2] 侯典福.谈一次成型模压纤维板生产工艺[J].农村实用科技

- 信息, 2014 (9): 62.
- Hou D F. Talk about the production process of one time molding fiberboard [J]. Rural Practical Technology Information, 2014 (9): 62.
- [3] 陈生超. 长玻纤增强聚丙烯注塑成型中纤维断裂和分布的初步研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2013.
- Chen S C. Preliminary Study on the Fiber Breakage and Distribution of the Long Glass Fiber Reinforced Polypropylene Injection Molding [D]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2013.
- [4] 孙莹, 梁松俭, 唐小琦, 等. 基于嵌入式控制系统的模内层压成型研究与实现 [J]. 制造技术与机床, 2013 (5): 35-39.
- Sun Y, Liang S J, Tang X Q, et al. Research and realization of in-mould lamination based on embedded control system [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2013 (5): 35-39.
- [5] 陈磊. 汽车内饰件模内层压成型技术研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2009.
- Chen L. Research on In-mold Injection Technique of Auto-inner Ornament [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2009.
- [6] 胡敏, 荆妙蕾, 王春红, 等. 洋麻纤维性能分散性及其复合材料界面结合性能 [J]. 塑料工业, 2019, 47 (3): 79-82.
- Hu M, Jing M L, Wang C H, et al. Dispersion of kenaf fiber performance and its interface bonding properties [J]. China Plastics Industry, 2019, 47 (3): 79-82.
- [7] 黄志高, 蔡考群, 周华民, 等. 塑料成型新工艺: 模内层压 [J]. 塑料工业, 2008, 36 (6): 72-74.
- Huang Z G, Cai K Q, Zhou H M, et al. New plastic molding process: In-mold lamination [J]. China Plastics Industry, 2008, 36 (6): 72-74.
- [8] 孙锐, 袁学虎, 周天平, 等. 轻质 GMT 板材在商用车内饰顶棚的开发中的应用及与麻纤维板制品的对比 [J]. 汽车零部件, 2014 (4): 44-47.
- Sun R, Yuan X H, Zhou T P, et al. Applications of low density glass mat thermoplastics in ceiling development of commercial vehicle and compare with bast-fibre panel [J]. Automobile Parts, 2014 (4): 44-47.
- [9] 万志远. 轿车后地板成形工艺及修边冲孔模具设计 [J]. 锻压技术, 2024, 49 (2): 71-76.
- Wan Z Y. Forming process and trimming-punching die design of car rear floor [J]. Forging & Stamping Technology, 2024, 49 (2): 71-76.
- [10] 万志远. 轿车前围挡板成形工艺分析及模具设计 [J]. 锻压技术, 2024, 49 (4): 76-81.
- Wan Z Y. Forming process analysis and die design on car front wall panel [J]. Forging & Stamping Technology, 2024, 49 (4): 76-81.
- [11] 路全胜, 于同敏, 徐文波. 注塑工艺条件与塑件质量分析 [J]. 模具工业, 1992 (6): 26-31.
- Lu Q S, Yu T M, Xu W B. Analysis of injection molding process conditions and plastic part quality [J]. Die & Mould Industry, 1992 (6): 26-31.
- [12] 李坤全, 文睿. 汽车内饰注塑工艺优化、数值模拟及缺陷分析 [J]. 工程塑料应用, 2017, 45 (8): 139-142.
- Li K Q, Wen R. Injection molding process optimization, numerical simulation and defect analysis of automotive interior [J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45 (8): 139-142.
- [13] 罗纲. 注塑成型常见缺陷及解决方法 [J]. 成都纺织高等专科学校学报, 2008 (1): 28-30.
- Luo G. Defects and solutions for injection mold formation [J]. Journal of Chengdu Textile College, 2008 (1): 28-30.
- [14] 洗嘉其. 一种刷毛模具合模装置启闭速度的测量方法 [P]. 中国: CN109278266A, 2019-01-29.
- Xian J Q. A measuring method for the opening and closing speed of the mould closing device of a bristle mould [P]. China: CN109278266A, 2019-01-29.
- [15] 孙为朋, 孙明东, 陈伟华, 等. 基于 Autoform Sigma 的汽车门内板生产稳定性与材料性能的关系 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (2): 85-93.
- Sun W P, Sun M D, Chen W H, et al. Relationship between production stability and material properties on automobile door inner panel based on Autoform Sigma [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (2): 85-93.
- [16] 赵德勋, 李斌. 一种注塑模具防卡死结构 [P]. 中国: CN219405229U, 2023-07-25.
- Zhao D X, Li B. An anti-jamming structure for injection molds [P]. China: CN219405229U, 2023-07-25.
- +++++
- ## 《锻压技术》郑重声明
- 为充分尊重作者权益, 坚决抵制学术不端行为, 积极倡导优良学风, 努力为学术创新营造良好氛围, 本刊郑重声明: 对一稿多投, 重复发表, 存在署名有争议, 引用他人著述未注明出处, 抄袭、剽窃、弄虚作假, 或以上情况的变相形式等学术不端行为的文章, 坚决拒绝刊登。一经发现, 立即撤稿, 并由本刊视情节轻重给予书面警告、拒绝刊登有其署名的稿件、通知其所在单位等处理。轻者给予 3~5 年不允许刊发其论文的处罚, 情节严重者, 将以适当方式予以公布, 该作者的论文永久不得刊用。
- 《锻压技术》编辑部
- +++++
- ## 《锻压技术》读者信息反馈卡声明
- 《锻压技术》杂志自 2008 年起设立“读者信息反馈卡”, 旨在加强刊物与读者的交流, 促进刊物质量的提高, 并竭诚为读者服务。反馈卡填写要求: 内容填写完整、没有遗漏, 提供的信息准确、详细, 字迹书写清晰、整洁。如收到的反馈卡内容填写不完整, 字迹不清、无法辨认, 通讯地址模糊、不详细等, 编辑部将不予邮寄杂志, 特此声明。
- “读者信息反馈卡” 1~12 期刊登, 位置在正文后, 请读者注意查看, 以免遗漏。
- 《锻压技术》编辑部