

定位板成形工艺分析及模具设计

张涛, 龙显鑫, 李振华, 高艺娟, 邢嘉懿

重庆机电职业技术大学机械工程学院, 重庆

收稿日期: 2025年5月3日; 录用日期: 2025年6月9日; 发布日期: 2025年6月17日

摘要

本文分析了定位板的结构, 制定了冲压模具工艺方案, 阐述了排样方法以及凸模、凹模等模具主要零件的设计过程。设计的模具结构简单、紧凑, 满足了零件形状、尺寸精度的要求, 旨在为类似定位板零件的模具设计提供参考。

关键词

定位板, 排样, 冲压模具, 尺寸精度

Process Analysis and Die Design for Positioning Plate Forming

Tao Zhang, Xianxin Long, Zhenhua Li, Yijuan Gao, Jiayi Xing

School of Mechanical Engineering, Chongqing Vocational and Technical University of Mechatronics, Chongqing

Received: May 3rd, 2025; accepted: Jun. 9th, 2025; published: Jun. 17th, 2025

Abstract

The structure of the positioning plate is analyzed. A stamping die process plan is formulated. The strip layout method and the design process of key die components including punches and dies are described. The designed die features a simple and compact structure that meets the forming dimensional and shape accuracy requirements of the component. This study aims to provide references for die design of similar positioning plate components.

Keywords

Positioning Plate, Nesting, Stamping Die, Dimensional Accuracy



1. 引言

在当今制造业蓬勃发展、技术迭代日新月异的大背景下，定位板作为机械加工与装配领域的核心基础元件，凭借其高稳定性和多功能适配性，在汽车制造、电子设备、航空航天等高新技术产业中发挥着不可替代的关键作用。以汽车制造领域为例，定位板应用于发动机缸体加工、变速箱齿轮组装配及新能源汽车电池模组的精密定位等关键环节，通过精准定位保障零部件装配的可靠性与效率[1]。

在市场环境日趋激烈、产品更新换代速度持续加快的背景下，市场对定位板的精度、生产效率以及成本控制等方面提出了更高的要求。而冲压成形工艺凭借其生产效率高、材料利用好、产品精度高以及能够实现自动化生产等显著优势，成为了定位板大规模生产的理想选择[2] [3]。

模具作为冲压成形工艺的核心，其设计水平的高低直接决定了冲压件的质量、生产效率以及制造成本。因此好的定位板冲压模具，不仅能够确保定位板具有精确的尺寸和形状，满足其使用要求，还能提高定位板的生产效率以降低制造单位的生产成本，提升其在市场中的核心竞争力[4]。

本文以某款定位板零件为研究对象，分析该零件的成形工艺，并设计一套结构简单、紧凑的冲压级进模，以保证定位板的形状和尺寸精度，使其满足定位要求。

2. 零件工艺分析

2.1. 零件结构工艺

图 1 为定位板的零件图，根据图中标注的外形尺寸、内形及间距尺寸公差要求，可见其精度不高。该零件要求表面平整无毛刺，批量为大批量生产，材料采用厚度为 4 mm 的 H62 板材。该定位板上一共有四个孔，分别是一个锥形孔、一个直径为 5.2 mm 的圆形孔，一个直径为 6.5 mm 的圆形孔，一个半径为 6 mm 的半圆孔，因此该零件可采用较简单的冲裁成形模。

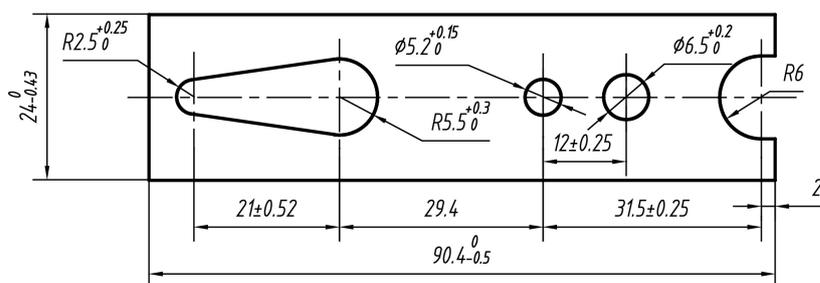


Figure 1. Drawing of the positioning plate part

图 1. 定位板零件图

2.2. 方案论证

该零件需完成落料、冲孔两大工序，初步设定三个方案，包括：单工序模、复合模和级进模[5]。

方案一：零件上面有 4 个不同尺寸、不同形状的孔，可以考虑先落料，再同时完成四个孔的冲裁，采用两幅单工序模。但需设计制造两副模具来完成产品加工，生产效率较低，不利于自动化生产。

方案二：直接采用复合模冲压，一次性完成落料和四个孔的冲裁，该方案能够同时完成 4 个孔的冲裁以及落料工序，简化了生产流程并提高了生产效率。但该零件选用料厚为 4 mm 的 H62 材料，这种材料虽然延展性较好，但在冲裁过程中容易产生毛刺。且该零件的孔边距较小，因此不能保证模具的强度。

方案三：采用级进模，两个工位冲孔 + 一个工位落料的方式完成冲裁。该方案可以分散冲裁力，延长模具使用寿命；减少毛刺，提高产品的形状和尺寸精度；并且生产效率高，适用于大规模的自动化生产。

综上所述，第三种方案既能保证定位板的形状和尺寸精度，又能实现大批量自动化生产，因此采用第三种方案即级进模来进行定位板的设计。

2.3. 排样

排样是零件模具设计的重要环节之一，合理的排样能够减少材料浪费，提高加工效率，从而确保最终生产出合格的产品[6]。排样方式有多种，如横排、直排、对排、无废料排样、混合排等。由于该零件较厚，尺寸大且近似方形，因此可考虑采用横排和直排这两种排样方式。分别计算横排和直排的材料利用率，计算结果显示，横排的材料利用率为 74.2%，而直排的材料利用率为 70%，因此此次采用工件边缘有搭边、有废料的横排排样方式。图 2 为定位板的排样图，共有 4 个工位，分别是工位①为冲锥形孔、 $\phi 6.5$ mm 孔以及侧刃切边，工位②为空位，工位③用于冲 $\phi 5.2$ 孔和半圆孔，工位④则用于落料。

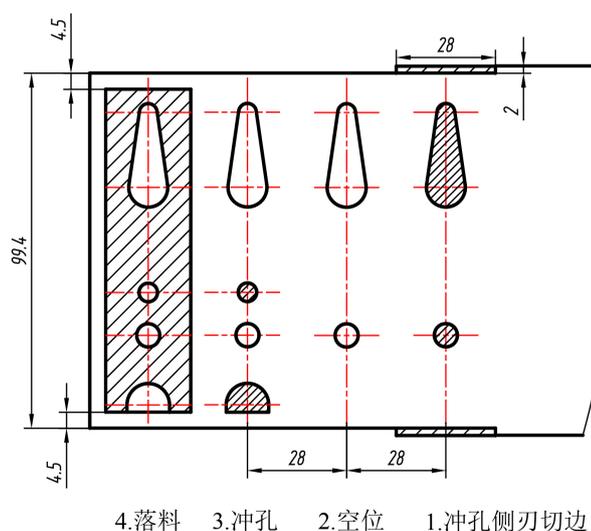


Figure 2. Strip layout drawing
图 2. 零件排样图

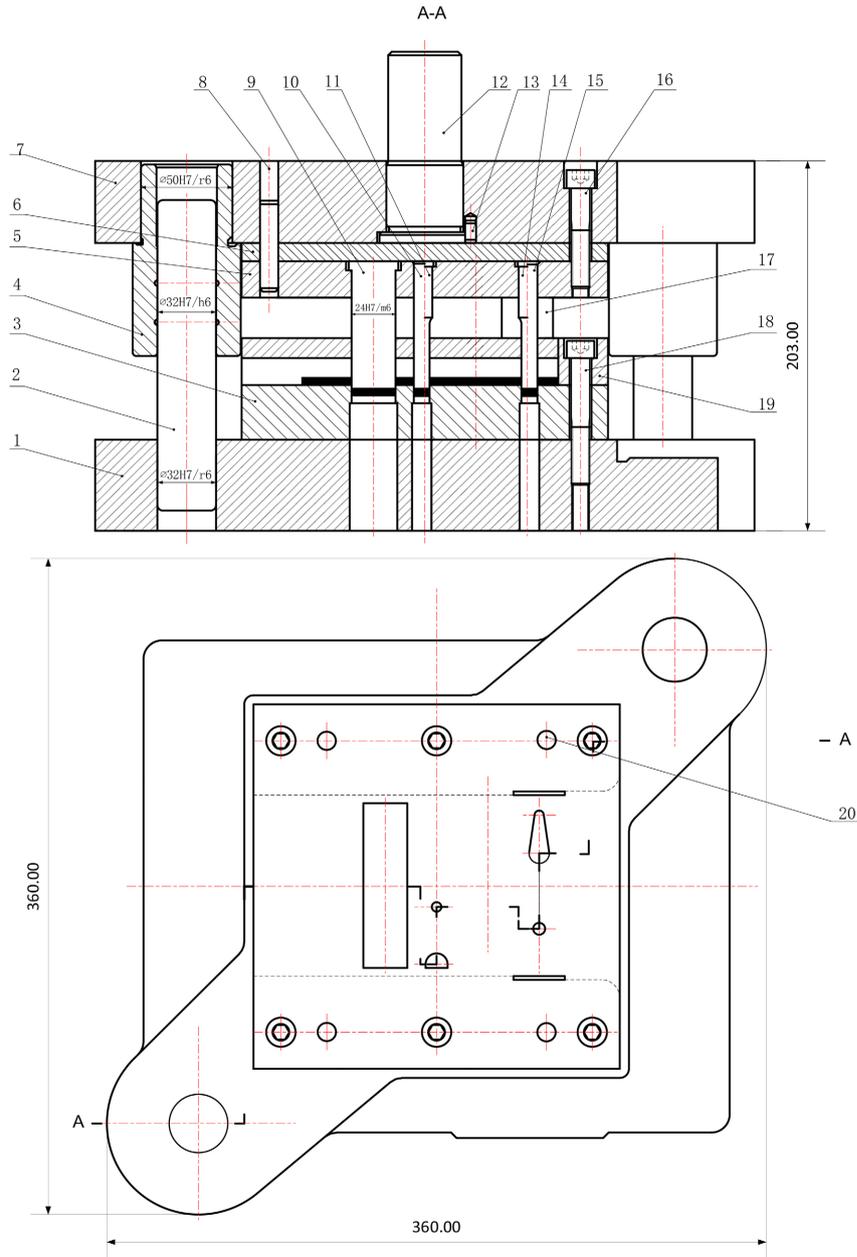
3. 模具设计

3.1. 模具结构

落料冲孔多工位级进模装配图如图 3 所示，三维爆炸图如图 4 所示。该模具的结构主要由下模座 1、上模座 7、凸模固定板 4、垫板 5、卸料板导料板 19 等零件组成，各板件通过销钉(8、13、20)与紧固螺钉(16、18)实现刚性连接，导柱 2 和导套 6 实现模具的导向和定位功能以确保模具的运动精度，导柱和导套的配合为 H7/h6。侧刃 17 和卸料导料板 19 来实现板料的定位和导向。模具工作原理大致如下：

自动送料装置将条料从右侧送入，经卸料导料板 19 导入模具内。当上模下行时，首工位同步完成三

项工序：侧刃切边凸模 17 完成条料切边，冲异形孔凸模 15 与冲大孔凸模 14 分别与凹模 3 配合完成冲制锥形孔及 $\phi 6.5$ mm 孔；侧刃长度作为送料步距并以此对条料导正；第二工位设置为空工位，用于消除首工位加工产生的垂直毛刺；第三工位由冲半圆孔凸模 10 和冲圆孔凸模 11 在凹模 3 配合下完成半圆孔及 $\phi 5.2$ 孔的冲裁；第四工位通过落料凸模 9 与凹模 3 的配合实现最终零件分离。



1—下模座；2—A 型导柱；3—凹模；4—导套；5—凸模固定板；6—垫板；7—上模座；8—圆柱销；9—落料凸模；10—冲半圆孔凸模；11—冲小孔凸模；12—压入式模柄；13—圆柱销；14—冲大孔凸模；15—冲锥形孔凸模；16—内六角圆柱头螺钉；17—侧刃；18—内六角螺钉；19—卸料导料板；20—圆柱销。

Figure 3. Assembly drawing of the multi-station progressive die for blanking and punching
图 3. 落料冲孔多工位级进模装配图

回程阶段，卸料导料板 19 进行刚性卸料，成品零件及工艺废料通过凹模漏料孔自然排出，完成整个冲压周期。该模具通过多工位集成设计，将冲裁应力分散至不同加工阶段，有效延长模具使用寿命并实现了送料、定位、冲裁、卸料的全流程自动化作业。

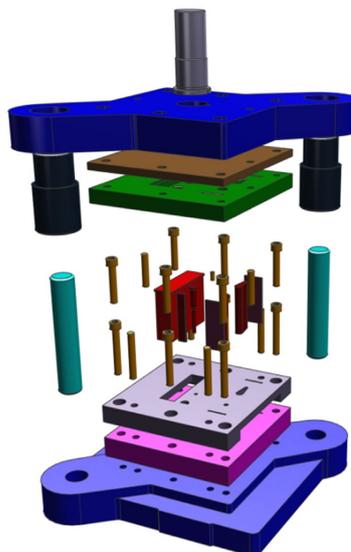


Figure 4. 3D exploded view of the multi-station progressive die for blanking and punching
图 4. 落料冲孔多工位级进模三维爆炸图

3.2. 模具主要零件设计

(1) 模具结构设计

i) 凸模

本模具有 5 种凸模，包括落料凸模、冲半圆孔凸模、冲小孔($\phi 5.2$ mm)凸模、冲大孔($\phi 6.5$ mm)凸模、冲锥形孔凸模。装配时需控制各凸模与凸模固定板基准面的垂直度，并保证相邻工位凸模的步距精度。凸模选用经淬火 + 低温回火的 Cr12 合金工具钢，其硬度可达 58~62 HRC [7][8]，兼顾高硬度、耐磨性、低内应力与抗脆断性能。

以 $\phi 6.5$ 圆形冲孔凸模为例，其总高度计算式为：

$L = h_1$ (固定板高度) + h_2 (卸料板高度) + H (附加长度)，其中附加长度为刃磨余量与凹模嵌入深度。

即： $L = h_1 + h_2 + H = 20 + 48 + 2 = 70$ mm。

ii) 凹模

考虑定位板的形状，凹模选用整体凹模有利于模具的制造加工。凹模材料同样选用 Cr12，这种材料具有良好的性能，有助于保证凹模的质量。在凹模制造过程中，确保凹模工作面平行度 ≤ 0.02 mm。

冲裁凹模刃口形式有两种，即：直筒式和锥形，选用时主要根据零件的形状和厚度、尺寸精度以及模具结构来确定。由于零件尺寸较厚，零件形状不复杂，因此采用直筒式凹模。该类型刃口具有较高的强度和刚性，能够承受较大的冲裁力，且修磨后刃口尺寸稳定。从工件排样图和模具的结构考虑，凹模外形尺寸设计为 200 mm × 200 mm × 30 mm (长 × 宽 × 高)。

(2) 模架

常用的模架有对角导柱、后侧导柱、四导柱等模架。本模具的上下模座从该标准模架系列中进行选

择, 各模架特点如下:

对角导柱模架: 导柱呈对角线分布于模具的压力中心, 因此能保证上模座在导柱上滑动时具有平稳性。该模架常用于横向送料级进模或纵向送料的落料模、复合模。

后侧导柱模架: 由于该模架的导柱安装在后侧, 因此前面及两侧区域开放不受限制, 便于送料和观察条料在模具中的送进动作。不过, 使用该模架时不能采用浮动模柄。

四导柱模架: 这种模架的导柱平均分布于四角, 具有导向平稳可靠、刚性好等优点, 常用于尺寸较大的冲压件以及精度要求较高的零件。

中间导柱模架: 导柱安装在模具的对称线上, 导向平稳且准确, 但该模架只能在一个方向送料。

充分考虑各模架的特点, 以及本模具的结构和送料方式, 最终选用对角导柱模架。此模架不仅能保证上模座滑动平稳, 并便于横向送料及操作, 也能较好地满足工件成型的要求。

(3) 卸料结构

卸料通常有两种方式, 即刚性卸料和弹性卸料。卸料装置的作用是在冲压完成后, 将箍在凸模或凹模上的制件或废料卸下, 防止工件或废料损坏, 导致材料卡滞, 保证生产连续性[9]。同时, 它还能在冲压过程中压紧材料, 防止窜动, 提高冲压精度, 并对细小凸模起导向和保护作用。

本次设计采用固定式卸料结构, 导向卸料板 19 即为该模具的卸料结构, 导向卸料板的零件二维图如图 5 所示。该结构不仅对条料起卸料作用, 还能对条料起到导向定位的作用。导向卸料板的外形尺寸与凹模的尺寸一致, 其尺寸采用 $L \times B \times H = 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 25.8 \text{ mm}$ (长 \times 宽 \times 高), 导向卸料板与凸、凹模的间隙值取 0.12 mm [10]。

凸模完成冲压行程后, 成形件与废料经由凹模洞口直接下落完成排出。

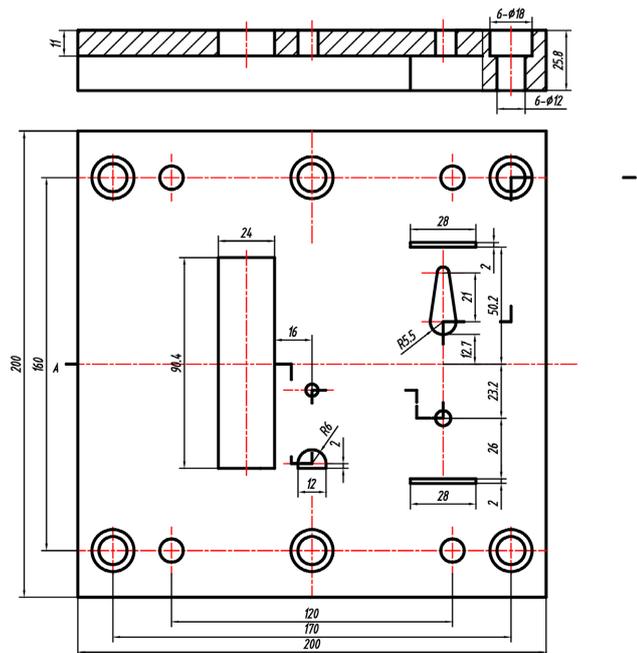


Figure 5. Drawing of the guide stripper plate part
图 5. 导向卸料板零件图

(4) 凸模固定板

凸模固定板的作用大致分为三点, 一是固定凸模的位置, 防止冲压过程中发生偏移; 二是将压力机

滑块的冲击力均匀传递至凸模，确保冲压动作的同步性；三是与卸料板或导板协同，为细小凸模提供侧向支撑，减少断裂风险。

凸模与凸模固定板采用 H7/m6 的配合方式。这种配合能够保证两者之间既有一定的间隙便于装配，又能保证足够的连接精度，满足冲压工艺的要求。本次设计采用整体式凸模固定板，凸模固定板的厚度一般取凹模厚度的 0.6~0.8 倍，凸模固定板的尺寸根据闭模高度等因素考虑后取： $L \times B \times H = 200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ (长 × 宽 × 高)。选用 45 钢作为凸模固定板的制造材料，这种材料具有良好的综合力学性能，能够满足凸模固定板在冲压模具中的工作需求。

(5) 垫板

垫板的作用是分凸模或凹模传递的集中载荷，防止模座因局部压力过大而发生变形，其次垫板作为尺寸补偿件，可用于微调模具的闭合高度，确保冲压间隙合理。

垫板外形尺寸可与凸模固定板相同，其厚度一般取 3~10 mm，因此垫板尺寸为 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ (长 × 宽 × 高)。

4. 结论

通过对定位板零件成形工艺的分析，综合考虑生产效率、产品精度等多方面因素，最终决定采用级进模进行该零件的成形加工。相较于传统的单工序模工艺，级进模将原本分散在多个工序中的加工内容集成到一副模具中，实现了多工位连续冲压，大大缩短生产周期，减少零件在不同工序间的转运和装夹时间，提高了生产效率，具有良好的经济效益，可为类似的定位板零件的模具设计提供参考。

基金项目

重庆市教委科学技术研究项目 KJQN202203704, KJQN202403704。

参考文献

- [1] 吴长江, 刘联源, 贾进太. 关于发动机缸体顶面及缸孔精加工定位方式的探讨[J]. 组合机床与自动化加工技术, 1999(9): 39-40, 46.
- [2] 罗光炯. 冷冲压金属模具的设计要点研究[J]. 世界有色金属, 2018(6): 268, 270.
- [3] 何波. 冷冲压工艺与模具制造技术发展趋势分析[J]. 现代职业教育, 2017(5): 77.
- [4] 叶梦彬, 庞高磊, 董红尚. 汽车冲压技术未来的发展方向[J]. 锻造与冲压, 2024(20): 48-53.
- [5] 王兵, 刘立飞, 曹国亮, 等. 冲压模具工艺路线的制定[J]. 锻造与冲压, 2024(10): 73-76.
- [6] 曹昌仁. 安装板级进模设计[J]. 模具工业, 2025, 51(3): 28-31.
- [7] 沈晓伟. 冲压模具常用的金属材料及热处理研究[J]. 造纸装备及材料, 2024, 53(12): 75-77.
- [8] 王晓华. 冲压模具常用金属材料及其热处理工艺研究[J]. 冶金与材料, 2024, 44(9): 7-9.
- [9] 马朝平, 李亚玲, 陈亚茹, 等. 汽车空调安装卡扣模具设计[J]. 内燃机与配件, 2024(14): 38-40.
- [10] 金龙建. 冲压模具设计实用手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2018: 457.