

固定支座多工位级进模设计

王 达¹, 马世博^{1,2}, 闫华军^{1,2}, 代学蕊¹, 刘玉忠¹, 刘召升^{2,3}, 何 鹏⁴

(1. 河北科技大学 材料科学与工程学院 河北省材料近净成形技术重点实验室, 河北 石家庄 050018;
2. 河北省精密冲裁工艺与模具技术创新中心, 河北 沧州 061500; 3. 沧州惠邦机电产品制造有限责任公司, 河北 沧州 061500;
4. 中国国际工程咨询有限公司, 北京 100048)

摘要: 为满足固定支座精度高、批量大的生产需求, 对其进行工艺分析后确定采用多工位级进模生产, 并选择了 53° 斜排的排样方案, 包括 6 个冲裁、1 个弯曲、1 个空工位和 1 个切断工位。根据排样进行了模具设计: 采用向上弯曲, 并降低浮料高度; 弯曲凸模安装在卸料板上, 设计浮料钉保证弯曲的稳定性; 对细小凸模设计保护套, 提高凸模强度; 易磨损凸模采用快换式设计, 凹模采用镶块设计, 便于加工和更换; 采用滚动式导柱导套对正模具间隙, 保证运行平稳; 采用浮动导料销、小导柱导套、导正销联合精定位, 保证送进及成形精度, 并设计限位块保护模具。经过试模生产, 模具结构设计合理, 制件的尺寸和精度均满足要求。

关键词: 固定支座; 级进模; 斜排; 成形精度; 材料利用率

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.02.027

中图分类号: TG386.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2024) 02-0215-05

Multi-station progressive die design for fixed support

Wang Da¹, Ma Shibo^{1,2}, Yan Huajun^{1,2}, Dai Xuerui¹, Liu Yuzhong¹, Liu Zhaosheng^{2,3}, He Peng⁴

(1. Hebei Key Laboratory of Material Near-net Forming Technology, School of Materials Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China; 2. Hebei Engineering Technology Research Center of Precision Punching Process and Die, Cangzhou 061500, China; 3. Cang Zhou Hui Bang Electrical & Mechanical Product Making Co., Ltd., Cangzhou 061500, China; 4. China International Engineering Consulting Corporation, Beijing 100048, China)

Abstract: In order to meet the production requirements of high precision and large batches for fixed supports, it was determined to use multi-station progressive die for production after process analysis, and a 53° diagonal layout scheme was selected, which included six punching stations, one bending station, one empty station and one cutting station. Furthermore, based on the layout, a die was designed, namely, the bending part was bent upward to reduce the height of floating; the bending punch was installed on the discharge plate, and floating nails were designed to ensure the stability of bending; the small punches were designed with protective sleeves to enhance the punch strength; a quick-change design was adopted for the easy-to-wear punch, and an insert design was used for the dies which was easy to processing and replace; the rolling guide posts and guide bushes were used for the precise alignment of die clearances to ensure smooth operation; the floating guide pins, small guide posts and guide bushes, and positive guide pins were used in combination for accuracy of feeding and forming, and limit blocks were designed to protect the die. The result of test shows that after trial production, the die structure design is reasonable, and the size and precision of parts meet the requirements.

Key words: fixed support; progressive die; oblique layout; forming accuracy; utilization rate of material

1 制件的工艺分析

固定支座被广泛应用于航空航天、管道、铁路、

电力、石油和化工等多个领域, 年产量可达几十万件, 其零件图如图 1 所示。该制件材料厚度为 0.5 mm, 材料为 08 钢, 是一种优质碳素结构钢, 其塑韧性好, 易于冲裁和弯曲。支座底部有 $\Phi 36$ mm 和 $\Phi 32$ mm 的圆弧, 双臂上各有一个边长为 2 mm 的方形孔和一个“工”字形孔。该制件的冲压工序包括小孔冲裁、多次外形冲裁、弯曲和落料等, 其中弯曲为两个 90° 的弯曲。该制件为对称件, 要求成形后的制件具有较好的对称度, 且两侧的方形孔和“工”字形孔中心需在同一水平面上, 制件表面要求光滑、无毛刺。

收稿日期: 2023-06-20; 修订日期: 2023-09-15

基金项目: 河北省高等学校科学技术研究项目 (ZD2022028);

河北省自然科学基金资助项目 (E2020208044, E2021208025)

作者简介: 王 达 (1998-), 男, 硕士研究生

E-mail: 18403326221@163.com

通信作者: 代学蕊 (1982-), 女, 博士, 讲师

E-mail: daixuerui@163.com

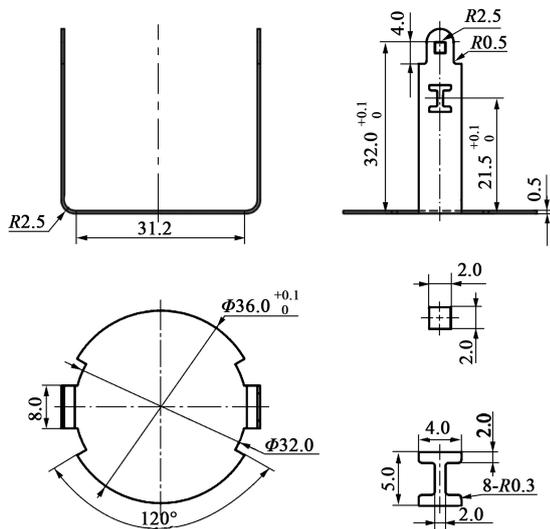


图 1 固定支座的零件图

Fig. 1 Part drawing of fixed support

该制件尺寸较小,精度和表面质量较高,且生产批量较大,如果采用简单模具难以满足生产效率和精度的要求,故采用多工位级进模的生产方式,可获得较高的生产效率、制件精度和材料利用率。

2 排样设计

排样设计是级进模设计过程中非常关键的一步,要从生产效率、零件质量和材料利用率等方面综合考虑,从而确定冲压步距、冲压顺序和工位数^[1-4]。合理设计零件的排样,能够节省材料,提高生产效率^[5]。该制件包括多个冲裁工序和一个弯曲工序,排样设计的原则为:先冲导正孔,然后冲制方形孔和“工”字形孔,再冲切弯曲部分的局部外形,然后弯曲,最后切断。制件毛坯展开后的双臂长度为 101 mm,最宽处的宽度为 36 mm,查阅冲压手册^[6],其最小搭边值为 1 mm,考虑条料强度和模具排布,选择搭边值为 5 mm,步距为 41 mm。选择导正销定位,设计了中间载体和两侧载体两种排样。

该制件两侧直壁需要弯曲,可采用中间载体的形式,设计了如图 2 所示的排样方案 1,共安排了 8 个工位,其中:工位 1 为冲制 $\Phi 3$ mm 的导正孔,工位 2 为冲制边长为 2 mm 的方形孔,工位 3 为冲制“工”字形孔,工位 4 和工位 5 为弯曲周围局部冲裁,工位 6 为弯曲两端局部冲裁,工位 7 为向上弯曲,工位 8 为切断。

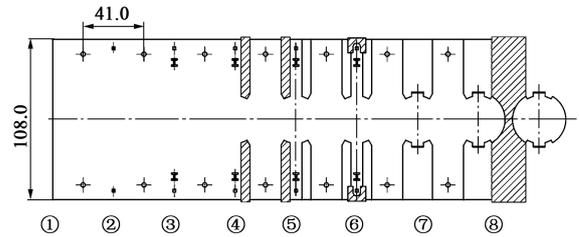


图 2 排样方案 1

Fig. 2 Layout plan 1

图 2 所示的排样选用竖排、中间载体的形式,两端只需要留出很小的距离,条料宽度为 108 mm,步距为 41 mm,经计算,该排样的材料利用率为 32.77%。该方案的工序 7 为弯曲工序,其余工序均为冲裁工序。由于两侧直壁较窄,相邻制件之间的条料被当作废料切去,采用竖排方案则材料利用率低;其次,工序 5 之后弯曲部分外侧的条料被切除,送进过程中容易变形。为了提高材料利用率、提高条料强度,设计了如图 3 所示的斜排排样方案 2,载体形式采用双侧载体,相比于中间载体,双侧载体的导向和定位更好^[7]。

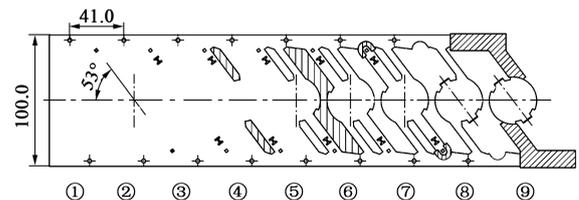


图 3 排样方案 2

Fig. 3 Layout plan 2

图 3 所示的排样方案 2 共安排了 9 个工位,其中:工位 1 为冲制 $\Phi 3$ mm 的导正孔,工位 2 为冲制边长为 2 mm 的方形孔,工位 3 为冲制“工”字形孔,工位 4 为弯曲周围局部冲裁,工位 5 为空工位,工位 6 为局部外形冲裁,工位 7 为弯曲两端局部冲裁,工位 8 为向上弯曲,工位 9 为切断。

排样方案 2 采用斜排的形式,与水平方向的夹角为 53°,减小了条料宽度,提高了材料利用率。条料宽度为 100 mm,步距为 41 mm,计算得到材料利用率为 35.39%。排样采用双侧载体的形式,导正孔可以设计在两侧载体上,导正孔与条料边缘的最小距离为 2.5 mm,导正孔位置接近制件两端,导正精度更高。弯曲部分两端在弯曲之前与双侧载体连接,保证了条料强度。由于弯曲部分较长,因此,工位 8 设计成向上弯曲,方便条料的送进。为提高

模具强度，在工位5设计一个空工位，工位9为切断工位，切断凸模将两侧载体全部切除，只留下制件由高压空气吹出，减少了卷料和条料切断的工序。

考虑到制件较薄，且精度要求较高。比较两种排样方案，方案2的材料利用率、条料强度、导向精度更高，最终选择排样方案2。

3 模具结构设计

模具结构设计包括工作零件设计和辅助零件设计，需要考虑模具的空间结构是否合理，工作零件的结构能否满足工作要求以及加工成本等问题。考虑上述因素，对上述排样进行了模具结构设计，得到的模具装配图如图4所示。

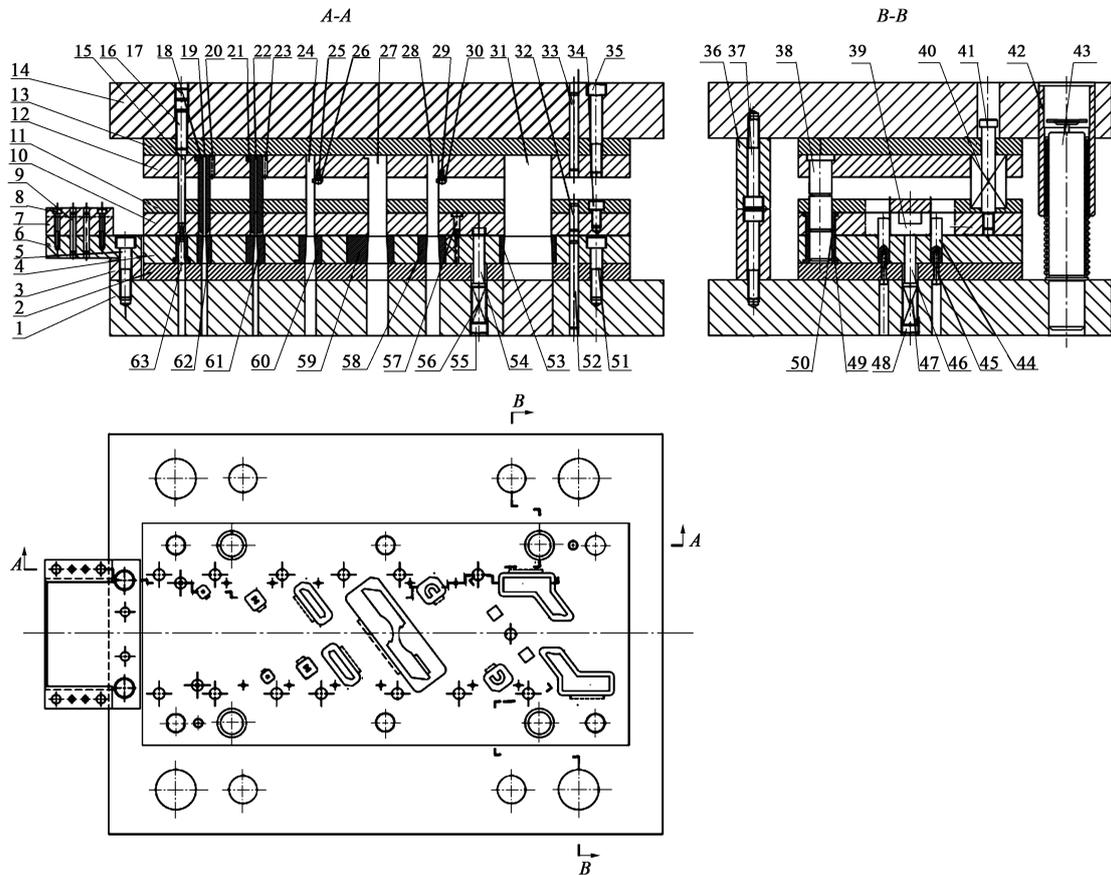


图4 模具装配图

1. 下模座 2. 凹模垫板 3. 承料板垫板 4. 凹模固定板 5、8、25、29、34、35、37、45、51. 螺钉 6. 承料板 7. 导尺 9、20、23、32、33、52. 销钉 10. 卸料板 11. 卸料板垫板 12、21. 凹模固定板 13. 凹模垫板 14. 上模座 15. 冲孔凸模 16. 垫块 17、48、55. 螺塞 18. 凸模保护套 19、22. 异型凸模 24、27、28. 局部冲裁凸模 26、30. 压板 31. 切断凸模 36. 限位柱 38. 内导柱 39. 弯曲凸模 40、47、56. 弹簧 41. 卸料螺钉 42. 滚动导套 43. 滚动导柱 44. 弯曲凹模镶块 46. 浮料钉 49、50. 内导套 53、58、59、60、61、62、63. 凹模镶块 54. 浮动导料销 57. 定位销

Fig. 4 Assembly diagram of dies

3.1 工作零件设计

(1) 凸模结构设计。条料冲裁部分主要包括两个直径为 $\Phi 3$ mm 的定位孔，两个边长为 2 mm 的方孔，两个“工”字形孔，以及外形冲裁。凸模台肩与凸模垫板采用 H7/m6 过盈配合^[8]。冲定位孔的凸模设计为阶梯状，增加固定部分的直径，保证了凸模强度。方形孔和“工”字形孔冲裁凸模（图4中部件19、22）比较细小，设计了保护套，防止凸模损

坏。根据凸模不同的工作状态，设计了不同的固定方式。冲孔凸模形状规则且容易磨损，采用螺柱加垫块固定，方便及时更换，如图5a所示，其中的序号与图4中的序号相对应；弯曲部分外形冲裁凸模（图4中部件24、28）为异形凸模，尺寸较小且容易磨损，采用压板和螺钉固定^[9]（图5b），方便更换；切断凸模不易磨损，采用挂台固定（图5c），便于加工。

(2) 凹模结构设计。本套模具共包含15个凹

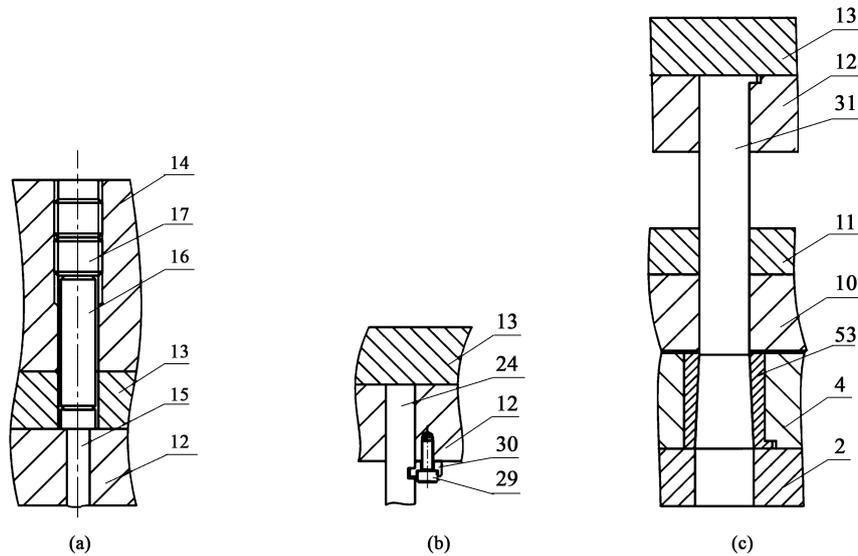


图 5 凸模固定方式

(a) 螺柱垫块固定 (b) 螺钉压板固定 (c) 挂台固定

Fig. 5 Fixation methods for punch

(a) Fixed stud and pads (b) Fixed screw and pressure plate (c) Fixed hanging table

模镶块, 为了提高模具寿命, 便于模具的维护和更换, 将凹模设计为镶块结构。部件 61、62 为异型镶块, 外形设计成矩形, 以防止其转动。凹模镶块 59 外形设计为矩形, 方便加工。镶块 53 外形设计与腔体外形一致, 节省材料。异型凹模镶块设计圆角, 避免碰撞损坏, 在一角设计倒角, 避免安装错误。凹模刃口采用锥形斜刃设计, 废料不易滞留在凹模内, 刃口侧压力小、磨损小, 便于加工。镶块的材料选用 Cr12MoV 钢, 淬火硬度为 60~64 HRC^[10], 部件 63 为圆形冲裁凹模镶块, 采用车削加工, 台肩式固定; 其余为异型凹模镶块, 采用线切割加工, 设计挂台式固定^[11]。

由于制件双臂较长, 若采用向下弯曲, 为了条料的正常送进, 条料浮起的高度要高于双臂的长度, 浮动导料销难以满足浮料的高度要求, 因此设计为向上弯曲^[12]。向上弯曲比较特殊, 不同于向下弯曲, 弯曲凹模要高于凹模固定板表面, 上模向下运动, 板料与弯曲凹模先接触, 此时弯曲已经开始, 凸模运动到最低点时弯曲结束。若凸模安装在凸模固定板上, 弯曲开始时, 凸模还未与板料接触, 弯曲不完整; 若加长凸模, 凸模会和凹模固定板刚性接触, 导致模具损坏。所以, 将弯曲凸模安装在卸料板上, 弯曲凹模镶块安装在凹模固定板上。此时, 弯曲凹模底面与卸料板底面平齐, 只要压料面与凹模面接触, 弯曲就能顺利完成。双臂向上弯曲部分会与卸料板产生干涉, 由于弯曲尺寸较长, 卸料板

和卸料板垫板均要设计避让孔, 形状为矩形, 与水平方向的夹角为 53°。两板避让孔设计为相同尺寸的通孔, 方便模具加工。避让孔会影响弯曲凸模的安装和定位。因此, 弯曲凸模厚度要比避让孔宽, 以达到定位的目的。弯曲凹模分为两个部分, 用螺栓固定, 方便更换。为增加弯曲的稳定性, 在弯曲工位设计弹性顶块结构, 在弯曲过程中, 弹性顶块始终支撑着板料, 防止板料变形失稳, 保证弯曲的顺利进行。在卸料时, 弹性顶块还具有卸料的作用, 其结构如图 4 中的部件 46、47、48 所示。

3.2 辅助零件设计

(1) 模具固定结构设计。凸、凹模分别采用固定板固定。固定板、垫板、模座采用螺钉连接, 上、下模板与压力机之间采用梯形螺栓和压板连接。

(2) 导向、定位结构设计。在模具右侧设计了前导尺, 导尺的高度要满足浮料高度的要求, 配合模具内部两侧采用 13 个浮动导料销进行导料和浮料。模具采用自动送料机送料, 送料机配合 11 个定位销进行精定位, 定位销安装在卸料板上, 能够及时为向上弯曲定位。模具上下模座采用 4 组滚珠导柱导套进行精确定位, 在模具内部还有 4 组小导柱导套进行精确定位。

(3) 卸料结构设计。采用弹性卸料板卸料, 由图 4 中的 10 卸料板、11 卸料板垫板、40 弹簧和 41 卸料螺钉组成, 同时弯曲凸模安装在卸料板上。冲裁时, 卸料板和垫板与内导柱配合, 对凸模起保护

作用,能够增加凸模的强度。在冲裁和弯曲时,卸料板有压料的作用;在冲压结束后,卸料板在弹簧的作用下与凸模相对运动,起到卸料的作用。

(4) 其他结构设计。由于工位 8 需要向上弯曲,因此,需要在卸料板和卸料板垫板上开设长度为 35 mm、宽度为 10 mm 的矩形避让孔。在上下模设计了 4 组限位柱,以限制工作时模具的闭合高度,避免因闭合高度设置错误引起的模具损坏,对模具和其工作零件起保护作用^[4]。

3.3 冲制试验

将设计的模具装配好,安装在压力机上进行冲制试验,调试好模具后,得到如图 6 所示的带料,制件的精度、尺寸符合要求,带料平整、无缺陷。



图 6 冲制带料
Fig. 6 Punched strip

4 结语

对固定支座进行了工艺分析,设计了两种排样方案,综合考虑了材料利用率和条料强度,选择了 53°斜排的排样方案,包括冲裁、弯曲、空工位和切断等 9 个工位,排样步距为 41 mm,材料利用率达到 35.39%。冲孔凸模采用螺塞垫块固定,外形冲裁凸模采用螺钉压板固定,方便更换。细小凸模安装保护套。凹模采用镶块设计,通过挂台固定,与凹模板过盈配合。采用自动送料,由导尺导料和浮动导料销浮料和导料,由弹性卸料板进行压边和卸料。考虑到制件双臂较长,采用向上弯曲的方案,弯曲凸模安装在卸料板上,并设置合适的避让孔。模具采用滚动导柱导套和内导柱进行定位,还设计了限位柱等结构。经过生产证明,固定支座级进模设计合理,满足生产要求。

参考文献:

[1] 陈炎嗣. 多工位级进模设计与制造 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
Chen Y S. Design of Multi-position Progressive Die [M]. Beijing: China Machine Press, 2006.

[2] 孙文, 田文春, 纪小虎, 等. 电池连接件多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (1): 196-201.

Sun W, Tian W C, Ji X H, et al. Design on multi-station progressive die for battery connector [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (1): 196-201.

[3] 金岩. Type-C 外壳成形工艺及级进模设计 [J]. 模具制造, 2022, 22 (3): 1-5.
Jin Y. Forming process and progressive die design for the Type-C shell [J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22 (3): 1-5.

[4] 孙克锐, 徐海利. 双杯壳类零件冷挤压成形工艺及模具设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (7): 154-161.
Sun K R, Xu H L. Cold extrusion process and die design of double cup shell parts [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (7): 154-161.

[5] 王天宝, 袁博. 管帽零件多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (1): 168-171.
Wang T B, Yuan B. Design on multi-position progressive die for tube cap parts [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (1): 168-171.

[6] 王孝培. 冲压手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
Wang X P. Stamping Manual [M]. Beijing: China Machine Press, 2011.

[7] 孟玉喜. 覆盖式组合型插座端子多工位级进模设计 [J]. 模具制造, 2022, 22 (3): 10-16.
Meng Y X. Design of progressive die for covering socket terminal [J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22 (3): 10-16.

[8] 王巍, 李珍, 张贺, 等. 航空座椅连接件多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (10): 223-228.
Wang W, Li Z, Zhang H, et al. Design on multi-station progressive die for aero seat connector [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (10): 223-228.

[9] 闫华军, 王峰, 刘玉忠, 等. 书夹件多工位级进模设计 [J]. 热加工工艺, 2014, 43 (11): 120-122.
Yan H J, Wang F, Liu Y Z, et al. Design of multistation progressive die for bookend parts [J]. Hot Working Technology, 2014, 43 (11): 120-122.

[10] 黄健, 胡成武. 轿车手刹线束固定支座级进模设计 [J]. 模具制造, 2019, 19 (8): 15-18.
Huang J, Hu C W. Design of progressive die for the fixed support in automobile [J]. Die & Mould Manufacture, 2019, 19 (8): 15-18.

[11] 赵勇. 圆筒内六角阶梯级进模设计 [J]. 模具工业, 2022, 48 (2): 14-19.
Zhao Y. Design of progressive die for cylinder inner hexagonal step [J]. Die & Mould Industry, 2022, 48 (2): 14-19.

[12] 王可胜, 吴大林. 带卡口的盒型零件多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (1): 202-207.
Wang K S, Wu D L. Design of multi-position progressive die for box-shaped part with bayonet [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (1): 202-207.