方锁通用锁体打孔夹具设计与自动化应用

朱国富

（浦江宝儿制锁有限公司，浙江 金华 322200）

摘 要 打孔夹具作为锁体加工的专用工装，其设计精度与自动化水平直接影响了锁体孔位的加工质量及生产效率。本文以方锁体通用打孔夹具项目为例，结合现有夹具的局限性，从钳口可调靠山、夹紧系统设计等方面论述了多规格通用打孔夹具的设计策略，并设计夹具自动化控制方案，提高生产线自动化水平。实践表明，本文所设计的方锁通用锁体打孔夹具，有效解决了多规格方锁批量生产中的打孔夹具通用性差、定位精度不足等问题，降低了操作人员的劳动强度，满足现代工业生产线的自动化生产需求。

关键词 锁体加工；打孔夹具；定位精度；钳口可调靠山；数控机床

中图分类号：TG75；TP29 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.30.039

0 引言

锁体打孔夹具是挂锁加工中关键的工艺工装，也是提升成品挂锁使用性能、降低售后故障的重要基础。然而，传统挂锁制造使用针对单一规格锁体设计的专用夹具，“一规格一套夹具”的加工模式在面对多规格、小批量的生产需求时，暴露出夹具调换频繁、调试时间长等弊端。部分老旧夹具结构设计不合理，导致定位基准磨损快、夹紧力分布不均等，使锁体孔位加工精度波动较大，难以满足高精度自动化装配线的要求。本文将方锁通用打孔夹具项目作为研究对象，探索多规格通用的打孔夹具设计优化策略，旨在为进一步提升锁具产线的生产效能提供参考。

1 案例项目背景

本文以某企业方锁通用打孔夹具项目为例，该企业钢锁体打孔加工采用“一规格一套夹具”的生产模式。为了适配市场需求，实现多规格、高精度生产，项目需针对性研发通用性高、加工精度高、可自动化控制的打孔夹具。项目目标在于克服钢锁体加工单规格单夹具的局限，使新型夹具能覆盖企业 80% 以上不同规格的钢锁产品加工，提高打孔工序的加工精度与自动化水平。

2 现有夹具局限性分析

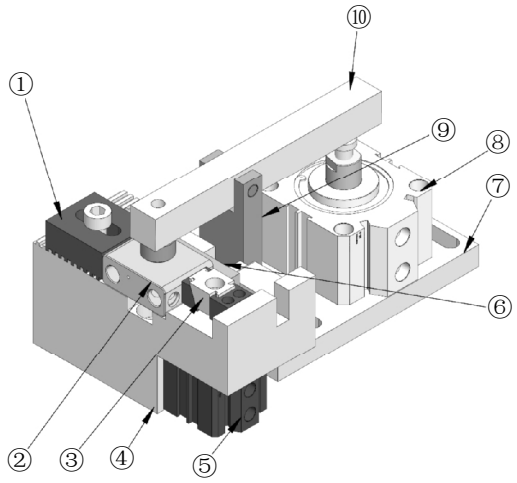
厂区现有钢锁打孔夹具，存在较多局限。一是夹具通用性较差，每套夹具仅适配单一规格的钢锁产品，无法兼容多型号锁体打孔加工，在产品规格切换时需频繁更换、调试夹具，降低了产线的生产效率，无法适配多样化的生产需求[1]。二是夹具成本较高，单一规格对应一套专用夹具，导致工装采购、制作、维护、存储成本大幅增加，且工装利用率较低，造成生产成本增加与资源冗余。三是现有夹具的定位精度存在明显缺陷，夹具固定结构较为固定，无法适应同一规格产品毛坯的尺寸偏差，易出现孔位偏移或孔距超差等问题，直接影响锁体加工的精度及产品合格率。四是现有夹具自动化程度偏低，全程采用人工手动夹紧的加工方式，夹紧稳定性差，易受人工操作误差影响，导致加工精度不稳定，且人工手动夹紧方式大幅增加了工人的劳动强度，导致生产线作业效率低下，难以满足大批量、高效的自动化生产加工需求，严重制约了产线生产节拍的提升。

3 多规格通用打孔夹具设计开发

3.1 钳口可调靠山设计

挂锁锁体目前存在五种不同规格，但是均为方形，只是大小尺寸不同。因此，通过设计钳口可调靠山结构改变夹持开口大小，适配五种不同尺寸锁体。如图 1 所示，该结构基于六点定位原理，采用不完全定位方式，以钳口可调靠山为核心多规格适配零件，搭配各定位组件在 X+、Y+-、Z+-5 个自由度上约束锁体。其中，X+ 自由度依靠后挡条抵住锁体底面，所有规格锁体的底面定位基准一致，均靠在后挡条上。Z+- 自由度由锁体孔夹具座承托锁体下表面，SDA63×15 气缸带动长杠杆下压锁体上表面，限制 2 个自由度。Y+- 自由度由钳口可调靠山与 OK 夹配合完成，使用时由 SDA32×10 气缸驱动 OK 夹，将锁体侧面压紧在钳口可调靠山定位面，限制 2 个自由度。

作者简介：朱国富（1976-），男，专科，工程师，研究方向：机电设计。



（注：①钳口可调靠山；②50不锈钢锁体；③M6单边OK夹；④锁体孔夹具座；⑤SDA32×10气缸；⑥后挡条；⑦气缸底板；⑧SDA63×15气缸；⑨杠杆支架；⑩长杠杆。）

图1 方锁通用打孔夹具

钳口可调靠山配置长槽螺丝孔与锯齿底面，实现了结构Y轴向的开口调节。在夹具更换不同规格锁体时，先松开靠山锁紧螺钉，沿长槽滑动调整钳口宽度，调整到位后重新锁紧螺钉，再由锯齿结构咬合锁止，保证定位精度。可调式钳口靠山结构如图2所示，锯齿咬合锁止可避免无级调节的偏移松动问题，大幅提升多规格切换时的定位精度与可靠性。长槽螺丝孔则为钳口调节提供充足的行程，使其能适配不同锁体的夹持定位需求。钳口可调靠山解决了传统夹具通用性不足的难题，无需更换夹具，仅通过微调靠山钳口即可完成多规格锁体的固定，兼顾调节的灵活性与定位的稳定性，大幅提升夹具的通用性及加工的适配性，降低工装成本。

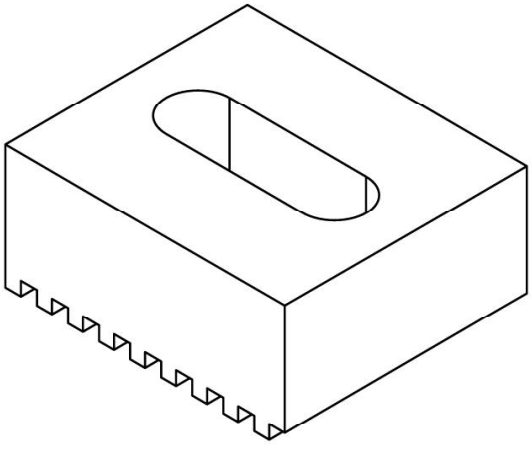


图2 钳口可调靠山结构示意图

3.2 夹紧系统设计

以往夹具依赖工人手动夹紧，夹紧力度不均匀，且定位约束性较差，同时受锁体毛坯尺寸偏差的影响，工件夹紧后易出现打孔偏位或精度超差等问题。对此，项目创新设计了双气缸组合夹紧系统，以锁体孔夹具座、后挡条、钳口可调靠山为定位基准，利用气缸联动杠杆、OK夹，弥补毛坯尺寸偏差，提升打孔精度。

在具体设计中，双气缸双向夹紧作为夹紧系统的基础布局，其中，SDA63×15气缸搭配长杠杆夹紧Z向锁体大面；SDA32×10气缸搭配OK夹夹紧Y向锁体侧面，形成大面与侧面双向的立体夹紧结构，如图1所示。借助双向夹持力，精准覆盖锁体核心受力定位面[2]。如果直接利用气缸夹紧锁体，夹紧力偏小，加工钻孔时锁体易因震动引发位移。因此，设计还创新融入了杠杆原理，Z向、Y向通过长杠杆、OK夹结构放大了气缸输出的力，使得作用在锁体大面和锁体侧面的夹紧力足够高，锁体被牢牢固定在夹具上，提高钻孔加工精度，满足孔位加工公差要求。Z向气缸行程为15 mm，Y向气缸行程为10 mm，面对同规格但毛坯尺寸存在偏差的锁体，气缸可以自动调节伸缩距离。毛坯尺寸偏大时，气缸伸缩量减小；反之，毛坯尺寸偏小时，气缸伸缩量增大。这样，在气缸有效行程范围内，可有效弥补产品毛坯的尺寸偏差，使锁体贴合靠山、锁体孔夹具座。

该夹紧系统摒弃了人工紧固方式，以气动驱动为核心，利用气动夹持响应速度快、动作稳定安全等优势，将单次工件装夹时长控制在5 s以内，大幅缩短装夹工时，降低了工人劳动强度。双气缸的协同夹紧结构，搭配钳口可调靠山结构，实现多规格锁体精准稳定装夹，为打孔工序的自动化控制奠定基础。

3.3 夹具材料选型

根据40-60系列不锈钢挂锁锁体的加工条件，综合考量工件硬度、夹持磨损、批量生产载荷等要素，对整套夹具零部件实施差异化材料选型，使夹具能在长期高负荷工况下保证结构强度及定位精度[3]。如表1所示，钳口可调靠山所选材质为Cr12，该材质具备优异的耐磨性、淬透性，能够承受长期摩擦、挤压、磨损等工况，可有效抵抗不锈钢工件带来的摩擦损耗，同时能够有效控制夹具制作成本。锁体孔夹具座、气缸底板、杠杆支架，此类部件为夹具主要承载基础件，材质选择普通碳钢，其整体结构刚度好，抗形变能力较强，能够规避大批量反复夹紧工况下的本体变形，保证各安装孔位、基准面不变形，防止锁体打孔偏移。夹具后挡条是夹具X向限位直接接触不锈钢锁体的零

件，采用合金钢材质，利用合金钢优异的耐磨性及抗冲击能力，抵抗工件频繁装夹撞击，使夹具不易出现压痕、磨损等损伤，保障夹具定位基准的长期稳定。针对不同零件的受力、摩擦工况进行差异化选材，有效避免局部零件过早磨损失效，保障夹具使用寿命，夹具定位精度长期可靠，降低工装维护更换频率[4]。

表 1 夹具零件材料

零件名称	材质
长杠杆	45 号钢
杠杆支架	普通碳钢
气缸底板	普通碳钢
后挡条	合金钢
锁体孔夹具座	普通碳钢
钳口可调靠山	Cr12

4 夹具自动化控制

由于现有数控机床无可用外接 IO 控制点，无法直接输出信号驱动夹具气缸动作，若新增独立控制器则会提升改造成本，同时还会增加机床加工动作与夹具夹紧动作时序不同步的风险，易发生锁体未夹紧就打孔加工等情况，引发工件报废、刀具磕碰等问题。所以，充分挖掘现有数控机床资源，经现场勘查发现该机床配备 8 工位旋转刀架，实际生产仅使用 4 个工位。在自动化改造时，利用其中 2 个闲置工位的输出信号作为控制源，外接中间继电器实现信号转换，驱动夹具两套气缸完成夹紧、松开动作。无需对机床主控系统硬件进行大规模改造，通过中间继电器完成电平信号隔离转换，将刀架工位输出信号转化为气缸电磁阀驱动信号，分别控制夹具系统上部 SDA63×15 气缸与侧面 SDA32×10 气缸动作，实现夹具夹紧机构自动化控制。

在软件改造层面，采用自定义 G 代码，完成机床与夹具的通信协同。编写专用 G 代码指令，将刀架工位切换动作、夹具夹紧、打孔加工、夹具松开整套工序进行时序绑定。当加工程序运行时，只需执行对应的自定义 G 代码，机床便可调用闲置刀架工位输出控制信号，再经过中间继电器驱动气缸完成工件装夹，夹具夹紧信号确认后，机床执行打孔切削动作，直至加工完成，再利用 G 代码指令输出信号，驱动气缸松开工件，从而实现了装夹、加工、松件的全流程自动化控制。

5 现场调试与验证

项目对新型通用锁体打孔夹具的多规格适配能力、夹紧定位性能、夹具与机床的联动控制功能，逐项开展现场调试与验证[5]。调试阶段对钳口可调靠山进行了档位调试。借助锯齿咬合结构与长槽螺丝孔反复调节夹持开口，依次装入 40、45、50、55、60 五种规格的不锈钢挂锁锁体，校验靠山调节锁紧后的定位可靠性，并核查不同规格工件装夹贴合状态。再开展夹具系统的定位夹紧性能验证，调试两侧气缸，模拟同规格锁体毛坯尺寸偏差工况，反复执行夹紧、松开动作，检查工件夹紧后是否存在间隙，并对加工后的锁体孔位进行尺寸检测，核对孔距、同轴度等关键指标，验证夹具定位精度。而后开展机床联动通信调试，完整跑通装夹、打孔、松件整套加工流程，校验机床动作与夹具动作时序匹配度。经过多次工件试生产验证，使用新型夹具加工的锁体，各项指标均能够达到合格标准，新型夹具有效解决了原单一规格夹具成本高、不通用、定位精度差、自动化不足的问题，满足企业多规格方形锁体量产需求。

6 结束语

结合企业现有锁体打孔夹具的局限性，本文围绕夹具的结构与自动化控制方案进行了设计优化，有效突破了单规格夹具的通用性瓶颈，实现了多型号方形锁体的高效共线生产。针对打孔夹具通用性差的问题，采用带有锯齿的钳口可调靠山，搭配螺丝孔长槽，使夹具适合不同规格锁体且调节精度可靠；夹具增设双向夹紧气缸，协同长杠杆、OK 夹提高了夹具的定位精度。同时，基于既有机床的实际情况，利用多余工位连接中间继电器，搭配自定义 G 代码，实现夹具数字化控制。最终，经现场调试与验证，新夹具各项性能指标均达到预期要求，锁体装夹时间≤ 5 s，孔位公差 ± 0.05 mm，可适配该企业 80% 以上的钢锁加工规格，提高了其在钢锁市场的竞争力。

参考文献：

[1] 国兴洋,孔凡臣,王加祥,等.焊合桥壳车削工装夹具设计 [J]. 机电技术 ,2025(05):81-85.
[2] 王萍,王金鹏.机电维修中电机定子高精度定位夹具设计 [J]. 今日制造与升级 ,2024(12):127-130.
[3] 卢泽斌.零件数控加工时夹具设计对加工精度的影响及改进 [J]. 模具制造 ,2023,23(11):151-153,156.
[4] 任昭,姚万军.基于CROE的加工中心夹具设计及有限元分析 [J]. 现代制造技术与装备 ,2022,58(12):114-116.
[5] 辛百灵,陈桂芳.桥壳中段卧式双面数控镗床专机夹具设计 [J]. 制造技术与机床 ,2021(12):44-46.