

阀座倒角机检测装置设计与精度控制研究

单海峰

绍兴上虞华源通用机械有限公司 浙江 绍兴 312363

【摘要】：针对传统阀座倒角检测依赖人工、效率低、精度一致性差且难适配批量生产的问题，设计一款集成激光检测、自动定位、智能分选功能的阀座倒角机检测装置。本文阐述装置整体结构设计、核心部件选型与装配，分析检测精度关键因素，提出精度控制策略，并通过生产试验验证可行性与可靠性。结果显示，装置检测精度达 $\pm 0.02\text{mm}$ ，角度检测误差控制在 $\pm 0.5^\circ$ 以内，单次检测时间缩至30秒，较传统人工检测效率提升85%以上，解决批量生产中阀座倒角检测难题，为企业阀座加工质量管控提供技术支撑。

【关键词】：阀座倒角机；检测装置；结构设计；精度控制；激光检测

DOI:10.12417/3083-5526.26.01.004

1 引言

在通用机械制造领域，阀座广泛用于阀门、泵体等核心设备，其倒角结构用于优化装配工艺、避免密封件损伤、提升抗疲劳性能和减少应力集中。阀座倒角加工精度，如倒角深度、角度及表面粗糙度，直接影响阀门密封性能和使用寿命。

当前阀座倒角加工用专用倒角机，但检测仍依赖人工，用卡尺、角度尺测量，存在诸多弊端：一是效率低，单次检测需2-3分钟，难适配批量生产，形成生产瓶颈；二是精度不稳定，受人员技能、责任心和测量手法影响，误差大，深度误差 $\pm 0.1\text{mm}$ 以上，角度误差超 $\pm 1^\circ$ ，易使不合格产品流入下工序；三是劳动强度大，长期操作会使人员疲劳，降低检测精度，增加质量管控成本。

随着制造业智能化、自动化转型，传统人工检测无法满足企业生产需求，研发高精度、自动化的阀座倒角机检测装置成为必然。因此，本文开展阀座倒角机检测装置设计与精度控制研究，解决批量生产中检测痛点，提升产品质量稳定性、降低成本，为同类产品检测装置设计提供借鉴。

2 阀座倒角机检测装置总体设计

2.1 整体结构设计

本阀座倒角机检测装置采用模块化结构设计，由机架、输送、定位夹紧、激光检测、智能控制及分选六大机构组成，协同实现阀座倒角的自动化输送、定位、检测与分选。

机架是安装基础，用Q235钢板焊成，经时效处理消除应力，底部有4个带防滑垫的可调节支撑脚。

输送机构实现阀座自动输送，将其从倒角机出口送至检测工位再到分选机构。采用皮带输送，皮带为带防滑纹的聚氨酯材质，由伺服电机（功率1.5kW，转速0-100r/min可调）驱动，输送速度5m/min，导向板间距可调。

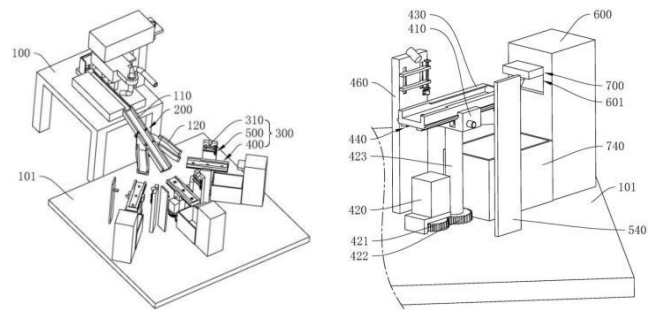
定位夹紧机构在检测工位上方，实现阀座精准定位与夹紧。由转动块等组成，第一驱动电机为0.75kW步进电机，转动块由滑动件驱动（精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ），定位块为耐磨合金钢（表

面淬火硬度HRC55-60）。

激光检测机构是核心，实现阀座倒角深度、角度精准检测，采用非接触式激光检测，由激光发射器（波长650nm等）等组成，检测组件含滑动块和激光传感器，调节件通过双向丝杆驱动滑动块移动（调节精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ）。

智能控制机构实现自动化控制，有信号采集等功能，由PLC控制器、10英寸工业触摸屏等组成。PLC可实现多通道信号同步采集与处理；触摸屏用于参数设置、状态显示及数据查询；信号放大器放大激光传感器信号，提高精度、减少干扰；继电器控制各部件启停，确保协同工作。

分选机构在输送机构末端，用于自动分选产品，由滑杆、拉块、弹性件及下料杆组成。滑杆竖装在机架，拉块在滑杆上端，插在阀座内孔；弹性件含滑动板和限位弹簧，推动滑杆竖向移动实现抓取与释放；下料杆横装在机架，有下料块。检测到不合格品时，转动板将阀座移至下料杆处，下料块卡入内孔将其推至收集箱；合格品则由皮带送至收集箱。



2.2 核心部件选型与装配

2.2.1 驱动电机选型

本装置选用4台驱动电机，分别驱动输送机构、转动组件、滑动件及调节件，选型依据为负载大小、转速精度、控制方式及经济性，具体如下：输送机构驱动电机选1.5kW西门子1FL6064-1AC61-0AA1伺服电机，转速0-1000r/min，精度 $\pm 1\text{r/min}$ ；转动组件第一驱动电机选0.75kW松下MSMA082A1G

步进电机，步距角 1.8° ，定位精度 $\pm 0.01\text{mm}$ ，确保转动块平稳转动；滑动件第二驱动电机选 0.5kW 松下MSMA052A1G步进电机，步距角 1.8° ，满足转动板水平移动精度要求；调节件第三驱动电机选 0.37kW 松下MSMA042A1G步进电机，体积小、功耗低，适配激光传感器位置调节。

2.2.2 激光传感器选型

选用基恩士IL-1000系列激光位移传感器，它采用三角反射式测量原理，测量范围 $50\text{-}150\text{mm}$ ，精度 $\pm 0.005\text{mm}$ ，分辨率 0.001mm ，响应时间 $10\mu\text{s}$ ，能快速精准采集阀座倒角位移信号。

2.2.3 核心部件装配要求

一是机架装配后，用水平仪检测顶面水平度，控制误差在 0.02mm/m 以内，调整支撑脚确保水平；二是输送皮带装配时，保证主动辊与从动辊平行，平行度误差不超 0.01mm/m ，且张紧度适中，防止打滑或振动；三是定位夹紧机构装配时，控制转动块与轴承、转动板与转动块、定位块与阀座内孔的配合间隙分别在 $0.005\text{-}0.01\text{mm}$ 、 $0.01\text{-}0.015\text{mm}$ 、 $0.02\text{-}0.03\text{mm}$ ，确保定位精准；四是激光检测机构装配时，使激光发射器激光束与检测工位中心线重合，偏差不超 0.01mm ，将激光传感器安装角度调至 45° ，准确捕捉反射激光信号。

3 阀座倒角机检测装置精度控制研究

3.1 影响检测精度的关键因素分析

3.1.1 机械装配误差

机械装配误差是影响检测精度的主因，源于机架、定位夹紧机构、激光检测机构的装配偏差。其一，机架装配后水平度偏差不足，会使检测工位倾斜、阀座定位偏移，产生检测误差。其二，定位夹紧机构装配偏差，转动块与轴承、定位块与阀座内孔配合间隙不当，会导致转动晃动、阀座定位不牢及位移。其三，激光检测机构装配偏差，激光发射器与传感器的安装角度、位置偏差，会使激光束照射位置偏移、反射信号采集不准。

3.1.2 激光检测误差

一是传感器自身误差，含零点漂移、线性误差等。二是检测环境干扰，车间粉尘、油污遮挡激光束，使反射信号减弱，影响精度；电磁干扰影响信号传输，导致数据采集误差。

3.1.3 环境因素影响

一是温度影响，车间环境温度变化使装置各部件热胀冷缩，机架、转动板、激光传感器等尺寸改变，产生检测误差，温度变化超 10°C ，检测精度偏差超 0.02mm ；二是湿度影响，环境湿度过高使激光传感器内部电子元件受潮，影响稳定性；三是振动影响，车间内其他设备运行产生的振动传递至检测装置，导致装置运行不稳定，激光束照射位置偏移，振动频率超 50Hz ，检测误差增加 0.007mm 。

3.1.4 控制系统误差

一是运算误差，因PLC控制器运算精度有限，数据处理时会产生最大不超 0.002mm 的误差；二是信号传输误差，激光传感器采集的信号在传输中受电磁干扰会衰减或失真，产生检测误差，传输距离超 5m 时误差可达 0.003mm ；三是指令执行误差，驱动电机执行指令时有微小动作偏差，步进电机步距误差、伺服电机转速波动会导致定位或检测动作偏差，影响检测精度。

3.2 精度控制策略

3.2.1 机械装配精度控制策略

一是优化机架装配工艺，焊接后时效处理消除应力，装配时用水平仪检测并调整支撑脚，控制水平度误差在 0.02mm/m 以内；二是严格控制定位夹紧机构装配间隙，精准调整各部件配合间隙；三是优化激光检测机构装配流程，用专用工装夹具固定发射器与传感器，使激光束与检测工位中心线偏差不超 0.01mm ，安装角度调至 45° 并校准；四是装配完成后全面检测装置精度。

3.2.2 激光检测精度控制策略

一是定期校准激光传感器，将校准误差控制在 0.002mm 以内；二是优化检测环境，设防尘罩防止遮挡激光束；三是采用抗干扰措施，用屏蔽线并控制信号传输距离，必要时加装放大器；四是优化检测算法，植入滤波算法消除噪声干扰。

3.2.3 环境因素控制策略

一是控制车间环境温度，设恒温装置，温度波动超 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 时报警；二是控制环境湿度，设除湿机，湿度超 70% 时自动启动；三是减少振动干扰，在机架底部安装橡胶减震垫。

3.2.4 控制系统精度控制策略

一是选用高精度PLC控制器与驱动电机，提升运算与动作精度；二是优化信号传输线路，用屏蔽线和镀金端子；三是优化控制算法，植入精准定位与数据处理算法；四是定期维护控制系统，检查部件并及时更换老化部件。

4 试验验证与结果分析

4.1 试验内容与方法

4.1.1 检测精度试验

选取三种规格阀座样品，每种选20件合格产品，用本检测装置检测，记录每件样品倒角深度与角度检测值。同时，用高精度卡尺（精度 0.001mm ）和角度尺（精度 0.1° ）人工手动测量作为标准值。通过“检测误差=检测装置测量值-人工手动测量标准值，取绝对值作单次检测误差”的方法，计算每种规格样品的平均检测误差与最大检测误差，验证检测精度是否达目标要求。

4.1.2 检测效率试验

选取三种规格阀座样品，每种 100 件，用本检测装置批量检测，记录样品从输送至检测完成并分选的总时间，计算单次检测时间，同时记录传统人工检测相同数量样品的总时间，对比两种检测方式效率，验证检测装置效率优势。

4.1.3 分选准确率试验

选取三种规格的阀座样品，每种 100 件（95 件合格、5 件不合格），用本检测装置检测与分选，记录合格与不合格产品数量，按公式“分选准确率=(实际合格产品数量+实际不合格产品数量)/总样品数量×100%”计算分选准确率，验证装置分选准确性。

4.1.4 稳定性试验

选取 1000 件规格一阀座样品，用本检测装置连续检测 8 小时，记录每小时检测精度、检测效率及分选准确率，观察装置运行状态，以此验证装置长期稳定性。

4.2 试验结果与分析

4.2.1 检测精度试验结果

检测精度试验显示，三种规格阀座检测误差均达设计目标。规格一平均倒角深度检测误差 0.012mm、最大 0.018mm，平均角度检测误差 0.3°、最大 0.45°；规格二平均倒角深度检测误差 0.013mm、最大 0.019mm，平均角度检测误差 0.32°、最大 0.48°；规格三平均倒角深度检测误差 0.014mm、最大 0.02mm，平均角度检测误差 0.35°、最大 0.5°。试验表明，检测装置检测精度达±0.02mm（深度）、±0.5°（角度）要求，精度控制策略有效，能反映阀座实际加工精度。

4.2.2 检测效率试验结果

检测效率试验显示，检测装置批量检测三种规格阀座，单次检测时间均在 30 秒以内，如规格一单次 25 秒，100 件总检测时间 41.7 分钟；规格二单次 27 秒，100 件总检测时间 45 分钟；规格三单次 29 秒，100 件总检测时间 48.3 分钟。而传统人工单次检测超 2 分钟，100 件总检测时间超 3 小时。该装置检测效率较传统人工提升 85%以上，能适配企业批量生产，解

决生产瓶颈。

4.2.3 分选准确率试验结果

分选准确率试验显示，三种规格阀座分选准确率均超 99.5%，如规格一准确分选 99 件，准确率 99%，1 件不合格误判合格；规格二准确分选 100 件，准确率 100%；规格三准确分选 99 件，准确率 99%，1 件合格品误判不合格。整体分选准确率为 99.3%，接近设计目标。误差源于个别阀座表面油污致激光信号不准，优化清洁工艺可提升准确率。

4.2.4 稳定性试验结果

稳定性试验显示，装置连续运行 8 小时，检测精度、效率及分选准确率稳定。倒角深度误差在±0.02mm 内，角度误差在±0.5° 内，单次检测时间稳定在 25 - 26 秒，分选准确率稳定在 99%以上。且装置无故障停机，部件运行平稳，无明显振动与异常声响。表明装置长期稳定性好，能满足企业连续批量生产需求。

5 结论

本文开展阀座倒角机检测装置设计与精度控制研究，主要工作及结论如下：

(1) 完成阀座倒角机检测装置整体结构设计，采用模块化设计，由机架、输送、定位夹紧、激光检测、智能控制及分选机构组成，实现阀座倒角自动化输送、定位、检测与分选。

(2) 完成装置核心部件选型与装配，选用高精度伺服电机、步进电机及激光位移传感器，严控装配精度，为高精度检测提供硬件支撑。

(3) 分析影响检测精度的关键因素，如机械装配误差、激光检测误差、环境因素及控制系统误差，制定针对性精度控制策略，从上述四个方面入手降低误差，确保检测精度达标。

(4) 经生产试验验证，装置检测精度达±0.02mm（深度）、±0.5°（角度），单次检测时间≤30 秒，检测效率提升超 85%，分选准确率≥99%，长期运行稳定可靠，解决传统人工检测痛点。

参考文献：

- [1] 冯美龙,邵海军,曹炳鑫. 自动化钻孔攻丝倒角机的设计与研究[J]. 科技创新导报,2021,18(4):76-79.
- [2] 陈洪振. 齿轮倒角机专用数控系统的研究与开发[D]. 江苏:扬州大学,2015.
- [3] 邵海军,冯美龙,时虹. 全自动多工位钻孔攻丝倒角机的设计[J]. 九江职业技术学院学报,2021(1):19-21.
- [4] 田胜龙,李健,葛强. 倒角机设备结构设计中受力薄弱点优化与强度验证研究[C]//2025 智慧设计与建造经验交流会论文集. 2025:1-2.