

提高转子槽磨床加工效率的工艺优化探讨

陈欢

绍兴松菱机床有限公司 浙江新昌 312500

摘要：机械制造迈向高效化、智能化，转子槽磨床加工效率关乎电机、压缩机等核心部件生产命脉。当前，不合理的磨削参数致使加工耗时增加，传统装夹方式浪费大量时间，设备维护不善引发故障频发，多重问题严重制约生产效率。通过深度剖析加工现状与关键影响因素，针对性提出磨削工艺改良、工装夹具创新、设备智能化升级等优化策略，并构建技术支持、质量监控、管理激励等保障体系，为突破效率瓶颈、实现转子槽高效加工提供全方位解决方案。

关键词：转子槽磨床；加工效率；工艺优化；磨削工艺；工装设计

引言

在装备制造业高速发展的当下，电机、压缩机等设备性能的提升，对转子槽加工精度与效率提出更高要求。转子槽磨床作为决定转子加工质量与生产效率的核心设备，却因工艺落后、设备老化等问题，导致加工周期长、能耗居高不下、废品率难以控制。传统加工模式已无法满足市场对产品交付速度与成本控制的需求，迫切需要探索工艺优化路径，提升转子槽磨床加工效率，从而增强企业市场竞争力，推动机械制造行业高质量发展。

一、转子槽磨床加工现状分析

（一）现有加工工艺与流程概述

当前，转子槽磨床加工多采用传统往复磨削工艺。在加工前，需人工将转子工件吊运至磨床工作台，利用压板、螺栓等通用夹具进行装夹固定，装夹过程依赖工人经验调整，耗时较长且定位精度不稳定。加工时，砂轮沿转子槽轴线方向做往复直线运动，同时转子低速旋转，完成槽壁磨削。磨削过程中，砂轮磨损后需人工停机修整，且修整后需重新对刀，整个流程中断频繁。加工结束后，再由人工拆卸工件并进行尺寸检测，检测合格后转入下一道工序。这种工艺流程自动化程度低，各环节衔接不畅，导致整体加工效率低下。

（二）当前加工效率水平与行业标准差距

从实际生产数据来看，多数企业的转子槽磨床加工单件耗时普遍在40-60分钟，而行业先进水平已能将单件加工时间压缩至20-30分钟，差距显著。在加工节拍方面，行业标准要求生产线每小时至少完成2-3件转子槽加工任务，许多企业实际仅能达到1-1.5件。在设备利用率上，行业平均水平为75%-85%，部分企业因设备故障、工艺调整频繁等原因，设备利用率不足60%。这种效率差距使得企业在订单交付周期、生产成本控制上处于劣势，难以满足客户对产品快速交付的需求，也影响了企业在行业内的竞争力。

（三）加工效率低下对生产的影响

加工效率低下直接拉长了产品生产周期，导致订单交付延迟，客户满意度下降，甚至可能丢失重要订单。由于单件加工时间长，设备与人工成本分摊到每个产品上的费用增加，使得产品生产成本上升，压缩了企业利润空间。此外，长时间的加工过程还增加了能源消耗，不符合绿色制造的发展趋势。同时，效率低下使得企业难以快速响应市场需求变化，在新产品研发与投产方面速度滞后，错失市场机遇，阻碍企业的可持续发展与规模扩张。

二、影响转子槽磨床加工效率的关键因素

（一）磨削工艺参数与刀具选择的影响

磨削工艺参数的选择对加工效率影响重大。磨削速度过高，会加速砂轮磨损，增加修整频率；速度过低，则会延长加工时间。进给量过大，容易导致工件表面粗糙度增加，甚至出现磨削烧伤；进给量过小，又会降低

作者简介：陈欢（1975.08.07），男，汉族，四川达州人，本科，总经理，工程师，研究方向：数控机床、机电产品的研发、生产。

加工效率。当前，许多企业仍采用经验设定参数的方式，缺乏科学的参数优化依据。在刀具选择上，部分企业为降低成本，选用耐磨性差、切削性能一般的砂轮，频繁更换砂轮不仅浪费时间，还影响加工精度与效率。此外，刀具磨损后未及时更换或修整，也会使磨削力增大，进一步降低加工效率。

（二）工件装夹与定位方式的制约

传统的压板螺栓装夹方式操作繁琐，每次装夹需要多次调整螺栓松紧度来确保工件定位准确，平均装夹时间长达10-15分钟。这种装夹方式对工人操作技能要求较高，新员工难以快速掌握装夹要领，容易出现装夹误差，导致工件报废或返工。同时，定位基准不统一，不同批次的工件装夹后基准存在偏差，需要重新调整加工参数，增加了辅助时间。此外，装夹过程中缺乏快速定位与夹紧装置，无法实现高效的自动化装夹，严重制约了加工效率的提升。

（三）设备性能与维护管理的作用

部分企业的转子槽磨床设备使用年限较长，机械传动部件磨损严重，如丝杠螺母副间隙增大、导轨直线度下降，导致加工时运动精度降低，不得不降低加工速度以保证精度，从而影响效率。设备的数控系统老旧，运算速度慢，对复杂加工程序的处理能力有限，限制了高速、高效加工工艺的应用。在维护管理方面，企业缺乏科学的设备维护计划，日常点检不全面，故障隐患未能及时发现。设备突发故障后，维修响应慢、维修周期长，进一步降低了设备的有效工作时间。同时，设备润滑、冷却系统维护不善，导致部件磨损加剧，设备整体性能下降，影响加工效率与质量。

三、提高转子槽磨床加工效率的工艺优化策略

（一）磨削工艺参数优化与刀具改进

通过试验与理论分析相结合的方式，建立磨削工艺参数优化模型。针对不同类型的转子材料，如高硬度合金钢、硅钢片等，综合考虑砂轮性能、冷却润滑条件等因素，运用正交试验法确定最佳的磨削速度、进给量、磨削深度组合。例如，在加工某型号硅钢转子时，经试验发现当磨削速度为35m/s、进给量0.02mm/r、磨削深度0.1mm时，加工效率与表面质量达到最优。引入智能化磨削控制系统，利用高精度传感器实时监测磨削力、温度等参数，当磨削力突然增大或温度异常升高时，系统自动调整工艺参数，实现磨削过程的自适应控制，有效避免工件烧伤与砂轮异常磨损。在刀具改进方面，选用

新型高性能砂轮，如陶瓷结合剂砂轮、超硬磨料砂轮，这类砂轮具有更高的耐磨性与切削能力，可使砂轮使用寿命延长30%以上，减少修整与更换频率。开发砂轮在线修整技术，利用电解修整、超声振动修整等方法，在加工过程中实时修整砂轮，保持砂轮锋利度。以电解修整技术为例，通过在砂轮与修整电极间施加电解电流，实现对砂轮表面的微量蚀除，使砂轮始终保持良好的切削性能，显著提升磨削效率与加工质量。

（二）工装夹具设计与装夹流程优化

设计专用的快速定位夹紧工装夹具，采用液压、气动夹紧机构，相比传统手动夹具，可将工件的装夹时间从15-20分钟缩短至3-5分钟。优化夹具结构，采用模块化设计，针对不同规格的转子，只需更换相应的定位模块与夹紧部件，即可快速完成夹具调整，大幅提高生产的灵活性。引入高精度定位销、定位块等精准定位元件，定位精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ ，确保工件装夹后的定位精度，减少装夹误差对加工精度的影响。同时，优化装夹流程，制定标准化操作规范，明确装夹步骤与参数设置要求，如夹紧力大小、定位元件安装顺序等。通过系统培训使工人熟练掌握高效装夹方法，并在装夹工位设置可视化引导系统，以图文并茂的形式展示装夹流程与关键操作要点，辅助工人快速完成装夹操作。此外，建立装夹质量追溯机制，对每次装夹过程进行记录，便于分析装夹问题，进一步提高装夹效率与可靠性。

（三）设备维护与智能化改造措施

制定科学的设备预防性维护计划，将机械传动部件、数控系统、润滑冷却系统等维护周期细化到月、周、日。例如，每月对滚珠丝杠、导轨进行清洁与润滑，每周检查数控系统的参数设置与电气连接，每日监测润滑冷却系统的油位与压力。建立设备状态监测系统，利用振动传感器、温度传感器、电流传感器实时采集设备振动、温度、电流等数据，通过大数据分析机器学习算法，预测设备故障，提前采取维修措施，可将突发故障停机时间减少50%以上。对老旧设备进行智能化改造，升级数控系统，采用新一代高速高精度数控系统，其运算速度提升2倍，控制精度提高至 $\pm 0.001\text{mm}$ ，支持高速、高精度加工。引入工业机器人，实现工件的自动上下料与装夹，替代人工操作后，每班次可节省2名操作人员，提高加工自动化程度。搭建设备管理信息化平台，集成设备维护记录、故障诊断、维修调度等功能，通过手机APP即可实时查看设备状态与维修进度，提升设备

管理效率与可靠性。

四、工艺优化实施的保障措施

(一) 技术支持与人员培训体系构建

与高校、科研机构建立产学研合作关系，如与某重点高校的机械工程学院合作，引入其在磨削工艺仿真、智能控制等方面的技术成果，为工艺优化提供技术支持。组建企业内部技术研发团队，由经验丰富的工程师与技术骨干组成，针对生产实际问题开展技术攻关，每年至少完成2-3项新技术、新工艺的应用转化。同时，构建完善的人员培训体系，定期组织操作人员参加磨削工艺、设备操作、工装使用等方面的培训课程，课程内容涵盖理论知识讲解与实际操作演练。邀请行业专家进行现场指导，每季度开展1-2次专家讲座与技术交流活动。开展技能竞赛、岗位练兵等活动，设置不同等级的奖项，激发员工学习积极性，提高员工操作技能与创新能力。建立员工培训档案，记录培训内容与考核结果，确保工艺优化方案能够有效实施。

(二) 加工过程监控与质量控制方案

在加工现场部署高精度传感器、高清摄像头等监测设备，实时采集加工过程中的尺寸精度、表面粗糙度、磨削力等数据，数据采集频率可达每秒100次，通过数据采集与分析系统进行处理。建立质量预警机制，针对不同的加工参数与质量指标，设定多级阈值，当监测数据超出设定阈值时，系统自动发出警报，并通过短信、微信等方式通知相关责任人，提示操作人员及时调整工艺参数或设备状态，避免废品产生。制定严格的质量检验标准与流程，在关键工序设置质量检验点，采用自动化检测设备，如三坐标测量仪、表面粗糙度仪，与人工抽检相结合的方式，对工件进行全面检测。利用大数据分析技术，对加工过程数据进行深度挖掘，分析质量波动与工艺参数、设备状态、操作人员等因素的关联关系，总结质量波动规律，持续优化加工工艺，确保产品合格率稳定在99%以上。

(三) 企业管理与激励机制完善

优化企业生产管理流程，推行精益生产理念，运用价值流图分析方法，识别生产过程中的浪费环节，如物

料搬运浪费、等待浪费等，并制定相应的改善措施，可使生产组织效率提高20%以上。建立生产计划与调度系统，基于订单需求、设备状态、人员配置等因素，运用智能算法合理安排生产任务，优化加工顺序，减少设备等待时间，提高设备利用率。完善企业激励机制，将加工效率提升、质量改善等指标纳入员工绩效考核体系，占比不低于30%。设立效率提升奖、质量创新奖等专项奖励，对表现优秀的员工和团队给予物质与精神奖励，如奖金、荣誉证书、晋升机会等。鼓励员工提出工艺改进建议，建立建议收集与评审机制，对采纳的建议给予相应奖励，奖励金额根据建议产生的经济效益确定，激发员工参与工艺优化的积极性与创造性，形成全员参与效率提升的良好氛围。

结论

提高转子槽磨床加工效率的工艺优化是机械制造企业提升竞争力的核心路径。通过系统剖析加工现状，精准定位磨削参数、装夹方式、设备管理等影响效率的关键因素，针对性实施工艺改进、工装创新、设备升级等优化策略，并以技术支持、质量监控、管理激励等保障措施为依托，能够显著缩短加工周期、降低生产成本、提升产品质量。这不仅有助于企业在激烈的市场竞争中脱颖而出，更能为行业提供可复制的高效生产经验，推动机械制造业向智能化、高效化方向迈进，助力实现从制造大国向制造强国的跨越。

参考文献

- [1] 马益民, 朱凯格. 转子槽数对异步电机附加损耗的影响[J]. 电机技术, 2024, (05): 32-36.
- [2] 赵倩, 司晨龙. 转子槽肩对无轴承感应电机影响分析[J]. 菏泽学院学报, 2024, 46(05): 55-64.
- [3] 李世杰, 陈振强, 马千柱, 等. 感应电机转子槽型参数对空载损耗的影响研究[J]. 电机与控制应用, 2022, 49(07): 58-62+76.
- [4] 熊义勇, 赵镜红, 刘小虎. 小型五相感应电机转子槽数选取分析[J]. 电机与控制学报, 2022, 26(03): 1-9.