

电气自动化在数控设备中的应用

崔奇超 王 充

中国一拖集团有限公司齿轮传动公司 河南 洛阳 471003

摘 要: 数控设备的加工精度与运行效率在很大程度上依赖电气自动化技术的深度介入。本文围绕电气自动化在数控设备中的应用展开讨论,从硬件架构体系、运动控制、运行管控及辅助功能四个维度剖析其技术实现路径。硬件层面,主控系统、伺服驱动、传感模块与执行单元构成完整的电气支撑框架;运动控制层面,多轴联动、主轴调控与进给适配保障了加工轨迹的精准性;运行管控层面,启停逻辑、时序控制与故障预警维持了设备的稳定运转;辅助功能层面,换刀、冷却与参数适配拓展了设备的加工柔性。电气自动化已成为数控设备不可分割的技术底座。

关键词: 电气自动化;数控设备;运动控制;运行管控;伺服驱动

引言:数控设备在现代制造业中承担着精密加工的关键角色,其运行品质与电气自动化技术的融合程度密切相关。电气自动化通过硬件架构搭建、运动精准控制、运行状态管控与辅助功能拓展等多条路径,渗透至数控设备加工的各个环节。从主控系统的指令调度到伺服驱动的动力输出,从多轴联动的轨迹成型到故障预警的智能响应,电气自动化已构成数控设备运转的底层支撑。梳理电气自动化在数控设备中的具体应用逻辑,有助于理解两者之间的技术耦合关系与实际运作机理。

1 数控设备中电气自动化的硬件架构体系

1.1 主控电气控制系统组成

主控电气控制系统作为数控设备电气自动化体系的核心载体,承担设备整体运行的指令处理与逻辑调度工作。整套系统依托专业化电气控制单元完成数据接收、运算处理与指令输出,统筹设备各类加工动作的有序推进^[1]。系统内部集成专用运算处理模块与数据存储模块,可对加工程序数据进行持续解析与分类处理,为设备各类电气结构的运行调度提供基础支撑。控制单元搭配标准化电气交互线路,实现不同硬件模块之间的数据传输与信号对接,保障设备加工流程的稳定推进。电气控制板块可适配多样化的加工运行需求,依据加工运行逻辑完成运行指令的分级输出,规范设备整体的运行节奏与工作模式。

1.2 伺服驱动电气配套结构

伺服驱动电气配套结构是数控设备实现精准动力输出与运动调控的关键硬件部分,衔接主控系统与设备运动机构的动力传输环节。该结构依托专用驱动电气组件搭建完整动力调控链路,转化主控系统下发的控制信号,将弱电信号转化为可驱动机械结构运行的动力输出。电气配套结构包含动力调控模块与信号转换模块,

可根据设备加工运行的实际需求调整动力输出强度与运行速率,适配不同精度要求的加工动作。驱动电气组件通过固定线路完成电气连接,构建稳定的动力调控回路,弱化机械运行过程中产生的运行偏差,保障设备位移与运转动作的精准落地。

1.3 检测传感电气模块配置

检测传感电气模块负责采集数控设备运行过程中的各类工况数据,为电气自动化调控提供真实有效的数据依据。各类传感电气模块按照设备运行结构与加工布局完成布设,针对性采集设备运行位置、运行状态以及工况参数等各类信息。传感电气元件可将物理运行信息转化为可识别的电气信号,通过电气传输线路输送至主控控制系统,完成运行数据的实时反馈。不同类型的传感电气模块形成互补式的数据采集体系,覆盖设备加工运行的全流程工况信息,保障数据采集的全面性与准确性。

1.4 辅助电气执行单元构成

辅助电气执行单元完善数控设备电气自动化硬件体系的整体功能,支撑设备各类辅助加工动作的有序开展。该类电气单元由各类专用电气执行组件组成,对应设备的辅助加工功能完成动作执行与电气调控。单元内部各类电气组件依托系统化布局形成独立的调控分支,分别完成设备辅助工况的调控工作,涵盖加工环境适配、设备状态调节以及辅助工序推进等相关工作内容。辅助电气执行单元接收主控系统的调控指令,完成对应机械结构的启停与状态调节,补齐主控驱动结构的功能短板。

2 电气自动化在数控设备运动控制中的应用

2.1 坐标轴自动化联动控制

数控设备加工流程中多轴运动配合是复杂工件成型的基础条件,电气自动化技术可实现多根坐标轴的协同

运行管控。电气控制系统依托内置运算逻辑解析加工编程数据,对不同坐标轴的移动行程与运行节奏进行统一规划^[2]。系统可根据工件成型的加工需求,分配各轴对应的运动参数,让线性运动与角度运动形成合理配合。电气调控模式能够适配复杂曲面与异形结构的加工生产,弱化单轴独立运行带来的加工局限性。稳定的电气调控逻辑可以维持多轴运行过程中的运动协调性,保障设备加工轨迹的规整度,满足工业生产对复杂零部件的加工生产标准。

2.2 主轴运转自动化调控

主轴负责数控设备的核心切削与打磨作业,运转状态直接决定工件加工的基础品质。电气自动化技术可对主轴运转状态进行动态管控,依托电气驱动组件调节主轴运转速度与运行扭矩。设备加工过程中,电气系统可根据工件材质与加工工艺需求,自主调整主轴运转状态,适配不同硬度材料的切削作业。电气调控模式能够优化主轴运转的平稳程度,减少运转过程中产生的转速波动,提升加工面的平整程度。智能化的电气调控方式可以适配粗加工与精加工的不同作业场景,维持主轴长期运转的稳定状态,提升设备加工的适配能力。数控主轴的转速调节范围通常在50~20000r/min之间,转速波动幅度可控制在 $\pm 1\text{r/min}$,满足绝大多数加工场景的精度需求。

2.3 进给系统自动化适配控制

进给系统管控刀具与工件的相对移动状态,是把控加工精度与加工效率的关键环节。电气自动化技术可对进给运行状态进行精细化调控,依托电气信号调节进给移动速度与进给量。加工过程中电气系统可结合切削阻力变化与工艺要求,自主优化进给运行参数,规避进给过快或过慢引发的加工缺陷。电气调控机制可以细化进给阶段的运行状态,让切削进程贴合预设的加工工艺标准。科学的电气管控能够提升进给动作的平稳性,弱化切削过程中的刀具损耗,让加工流程始终保持合理的运行状态。

2.4 点位与轨迹自动化精准控制

数控设备的点位定位与轨迹成型能力,决定精密零部件的加工成型效果。电气自动化体系可完成设备加工点位的精准锁定与运动轨迹的规范管控,通过电气信号精准把控刀具移动位置。系统对预设加工轨迹进行细化拆解,分步完成各段路径的精准运行,保障轨迹成型的规整度。电气调控模式可以缩小设备运行过程中的位置偏差,提升点位定位的精准程度。针对连续曲线与不规则轨迹的加工场景,电气智能化调控能够细化每一段运行路径的管控精度,让设备加工成型效果贴合工业生产

的精密化要求,持续提升数控设备的精密加工水平。

3 电气自动化在数控设备运行管控中的应用

3.1 设备启停自动化逻辑控制

数控设备启停操作是加工生产开展与终止的基础环节,电气自动化技术能够搭建标准化的启停运行逻辑^[3]。电气控制系统依托内置程序逻辑识别加工任务指令,完成设备运行状态的切换调整。系统针对设备启动前置流程设置多层管控逻辑,完成线路检测与工况自检后启动设备加工模块,规避异常工况下的设备启动行为。停机环节的自动化逻辑可区分正常加工结束与紧急工况停机,按照预设程序完成各功能模块的有序关停,规避骤然断电停机引发的设备损耗。标准化的逻辑管控模式能够规范设备启停流程,弱化人为操作失误带来的运行隐患,提升设备基础运行的安全等级。

3.2 加工流程自动化时序控制

数控加工包含多道衔接紧密的工序流程,工序推进的时序精度直接影响整体加工质量。电气自动化技术可对全工序运行时序进行统一统筹,依托程序设定把控每道工序的启动节点与运行时长。系统依据加工工艺的内在规律排布工序推进顺序,让切削、移动、定位等各类加工动作形成有序衔接。时序管控体系可自动调节工序推进节奏,适配不同工艺方案的流程排布需求,杜绝工序错乱引发的加工问题。稳定的时序调控能力可以规整整体加工流程,让设备运行节奏贴合标准化生产标准,提升加工流程的规整性与规范性。

3.3 设备状态自动化监测管控

数控设备长期运行过程中各类工况参数会产生动态变化,实时监测工况状态是维持稳定运行的重要保障。电气自动化监测体系依托各类电气传感元件采集设备运行过程中的工况数据,覆盖运行负荷、线路状态以及工作参数等关键内容。采集得到的工况数据会输送至控制单元完成分析处理,判别设备运行工况是否处于标准区间。监测体系可对异常运行数据进行捕捉识别,辅助系统完成运行参数的动态修正,维持设备运行状态的稳定性。持续化的智能监测模式能够提升设备运行管控的细致程度,强化数控设备运行过程的可控性。

3.4 故障预警自动化响应机制

数控设备运行过程中的异常工况若未及时处理,会造成加工品质下降与设备损耗问题。电气自动化体系搭建完善的故障预警响应机制,依托电气监测模块持续捕捉设备运行的异常数据信号。控制系统对异常数据进行智能甄别,区分常规参数波动与实质性故障隐患,生成对应的预警信号传递至设备操控终端。响应机制可依托

预设程序完成基础防护操作,限制故障范围的进一步扩大,为设备检修工作预留充足时间。智能化的预警响应模式能够缩短异常工况的处理周期,降低故障问题对数控加工生产的负面影响,保障生产作业的连续性。

4 电气自动化在数控设备辅助功能中的拓展应用

4.1 换刀机构自动化控制

数控设备多品类工件加工需要搭配不同类型刀具完成作业,换刀作业的流畅程度直接影响加工推进效率。电气自动化技术能够对换刀机构实行全流程智能管控,依托内置程序解析加工工艺需求,匹配加工工序所需的刀具类型^[4]。电气控制单元输出专属控制指令,驱动机械结构完成刀具收纳、提取与固定等一系列动作。整套控制模式可以细化换刀动作的执行精度,减少刀具对接过程中产生的位置偏差,保障刀具安装的贴合度与稳固性。智能电气管控模式能够精简换刀流程,弱化人工干预带来的操作误差,提升刀具切换流程的标准化程度,适配连续化的批量加工生产模式。

4.2 冷却润滑系统自动化启停调控

加工切削过程会产生大量热能与机械摩擦,合理的冷却润滑处理能够维护刀具状态与工件加工精度。电气自动化技术可以根据设备加工运行状态,完成冷却润滑系统的智能启停与工况调节。电气传感模块捕捉设备切削作业的运行信号,识别切削工序的开展状态,触发冷却润滑结构的运行指令。系统能够结合切削作业的开展强度,调整介质输送的流量与输送节奏,适配不同切削工况的散热与减阻需求。自动化调控模式可以规避冷却润滑结构长期运行造成的资源消耗,让冷却润滑作业精准匹配加工工序推进节奏。

4.3 防护与限位自动化安全管控

数控设备高速运行过程中存在各类运行风险,防护结构与限位功能可以有效规避超限运行带来的安全隐患。电气自动化体系能够实现防护结构与限位装置的智能管控,依托电气信号感知设备运行的位移范围与作业区域状态。电气控制系统针对设备运行边界设置专属管控阈值,设备运行轨迹贴近限定范围时会触发约束机制,限制机械结构的继续偏移。防护结构可依托电气指令完成闭合与锁定操作,隔离加工区域的飞溅杂物与高

速运动结构。智能管控模式能够强化设备运行的安全防护能力,维持加工区域的运行秩序,规避超限运行引发的设备损伤与生产隐患。

4.4 设备参数自动化适配调节

不同工件材质与加工工艺对设备运行参数存在差异化要求,参数状态直接决定加工适配能力与成型品质。电气自动化技术能够实现设备运行参数的智能适配调整,依托程序数据库存储多类工艺对应的标准参数数据。设备承接全新加工任务后,控制系统可依据任务信息调取对应参数标准,自主完成运行参数的更新与校准。电气调控模式可以细化参数调节精度,修正设备长期运行产生的参数偏移问题,让设备运行状态贴合工艺生产标准。自主化的参数调节模式能够提升设备对多元化加工场景的适配能力,减少人工参数调试的工作量,提升数控设备的整体运行适配性。

结束语

电气自动化技术贯穿数控设备从硬件搭建到运动控制、从运行管控到辅助功能的完整链条,构成设备高效运转的技术底座。主控系统提供指令调度,伺服驱动保障动力输出,传感模块支撑数据反馈,执行单元完善辅助动作,四者协同形成闭环控制体系。运动控制环节中多轴联动与主轴调控确保了加工轨迹的精准性,运行管控环节中时序控制与故障预警维持了设备的稳定状态,辅助功能环节中换刀与参数适配拓展了加工柔性。电气自动化与数控设备的深度融合,持续推动着制造业向精密化与智能化方向迈进。

参考文献

- [1]陈世杰.电气自动化在数控机床主轴驱动系统中的应用[J].全面腐蚀控制,2026,40(2):115-117.
- [2]陈艳,高思娟,张红,等.电气自动化与数控技术驱动下的服装智能设计制作模式创新研究[J].染整技术,2025,47(12):134-136.
- [3]初忠智,王基钰,于竹青.进口二手数控曲轴铣床电气自动化改造及应用[J].金属加工(冷加工),2022(4):83-86.
- [4]庄皓然,吴文超,冯星哲,等.智能数控技术在木工机械自动化中的研究进展与发展趋势[J].机电产品开发与创新,2026,39(1):94-97.