

焊接生产线设备的磨损防护与维护策略

王艺博、李保卫

栾川龙宇铝业公司

摘要：焊接生产线设备是现代制造业实现规模化、标准化焊接生产的核心载体，其运行稳定性直接决定焊接产品质量、生产效率及生产成本。长期处于高温、高负荷、强腐蚀及振动工况下，焊接生产线设备易出现机械磨损、电弧侵蚀、热疲劳磨损等问题，导致设备精度下降、故障频发，甚至提前报废。本文结合焊接生产线设备的运行特性，分析设备磨损的主要类型及产生机理，探讨设备磨损防护的关键技术，提出系统化、规范化的维护策略，为提升焊接生产线设备使用寿命、降低运维成本、保障生产连续性提供技术参考与实践指导。

关键词：焊接生产线；设备磨损；磨损防护；维护策略；设备运维

1 引言

随着制造业向自动化、智能化转型，焊接生产线已广泛应用于机械制造、汽车制造、航空航天、钢结构加工等多个领域。焊接生产线设备涵盖焊接机器人、送丝机构、焊枪、变位机、焊接电源等多个核心部件，其运行状态与焊接生产的安全性、稳定性及经济性密切相关。

焊接生产过程中，设备需长期承受电弧高温辐射、熔滴冲击、机械摩擦、焊接烟尘侵蚀及振动载荷，各类部件易发生不同程度的磨损。磨损问题不仅会导致设备运行精度降低，影响焊接接头成形质量，还会增加设备故障停机时间，提高配件更换成本与运维工作量。

2 焊接生产线设备磨损类型及机理

2.1 机械磨损

机械磨损是焊接生产线设备最常见的磨损形式，主要发生在相对运动的部件表面，如焊接机器人关节、送丝轮、导轨、变位机齿轮等。其产生机理主要是部件表面在接触压力作用下，发生微观凸起的剪切、塑性变形及材料转移，长期运行后导致表面尺寸偏差、精度下降。

焊接生产线设备的机械磨损受载荷大小、运动速度、润滑条件及部件材质影响显著。焊接机器人关节在高频往复运动中，若润滑不足，会导致关节轴承磨损加剧；送丝轮与焊丝的长期摩擦，会造成轮槽磨损，影响送丝精度；导轨在工件装夹与变位过程中承受反复载荷，易出现表面划痕与磨损，降低设备运动平稳性。

2.2 电弧侵蚀磨损

电弧侵蚀磨损主要发生在与焊接电弧直接接触的部件，如焊枪喷嘴、导电嘴、电极等。其产生机理是焊接电弧的高温的作用下，部件表面材料发生熔化、蒸发，同时熔滴冲击与电弧离子轰击会导致表面材料脱落，形成侵蚀坑与表面粗糙化，最终导致部件失效。

焊接电流强度、电弧电压及焊接材料特性直接影响电弧侵蚀磨损程度。大电流焊接时，电弧温度升高，会加速焊枪喷嘴与导电嘴的熔化蒸发；焊接过程中产生的飞溅物附着在部件表面，会加剧电弧集中侵蚀；电极材料与焊接材料的兼容性不足，会导致电极表面出现材料转移，加速侵蚀磨损。

2.3 热疲劳磨损

热疲劳磨损主要发生在长期承受冷热交替循环的设备部件，如焊接机器人臂、变位机机架、焊枪枪体等。焊接生产过程中，设备部件反复承受电弧高温加热与环境冷却，表面温度剧烈变化，导致部件内部产生热应力，长期热应力累积会引发表面裂纹，裂纹扩展过程中伴随材料脱落，形成热疲劳磨损。

热疲劳磨损的严重程度与温度变化幅度、循环频次及部件材质的热稳定性相关。高温焊接工况下，部件温度升降幅度增大，热应力显著提升，裂纹萌生速度加快；部件材质的热导率、热膨胀系数不合理，会导致热应力分布不均，加剧热疲劳磨损，严重时会导致部件断裂失效。

3 焊接生产线设备磨损防护关键技术

3.1 材质优化技术

材质优化是提升设备抗磨损能力的基础，核心是根据设备部件的工作载荷、温度及磨损类型，选用高强度、高耐磨性、高耐热性及耐腐蚀的新型材质，替代传统普通材质，从根源上减少磨损产生。

对于机械磨损严重的部件，如送丝轮、导轨、齿轮等，选用高强度合金材质或耐磨复合材料，提升部件表面硬度与耐磨性；对于电弧侵蚀磨损严重的焊枪喷嘴、导电嘴等部件，选用铜铬合金、钨铜合金等耐高温、抗电弧侵蚀材质，降低高温熔化蒸发速度；对于承受冷热交替的部件，选用热稳定性优良的奥氏体不锈钢或高强度耐热合

金，提升部件抗热疲劳能力；对于易发生腐蚀磨损的部件，选用耐腐蚀合金或不锈钢材质，减少化学腐蚀与电化学腐蚀的影响。

3.2 表面处理技术

表面处理技术是通过在设备部件表面形成一层防护层，隔绝磨损介质与部件表面的接触，降低磨损程度，是焊接生产线设备磨损防护的关键手段，具有成本低、效果好、适用性广的特点。

针对不同部件的磨损需求，选用对应的表面处理工艺。对于焊枪喷嘴、导电嘴等部件，采用等离子喷涂、激光熔覆等工艺，在表面形成耐高温、抗磨损的陶瓷涂层或金属涂层，提升抗电弧侵蚀与机械磨损能力；对于焊接机器人关节、导轨等运动部件，采用氮化处理、淬火处理等工艺，提升表面硬度与耐磨性，同时增强润滑性能；对于易腐蚀部件，采用电镀、电泳涂层等工艺，在表面形成致密的防护层，隔绝水汽与腐蚀性物质，防止腐蚀磨损。

3.3 结构改进技术

结合设备磨损规律，对设备结构进行优化改进，减少部件接触应力、改善润滑条件、避免电弧集中侵蚀，降低磨损风险。结构改进需结合设备的工作原理与运行工况，确保改进后不影响设备的运行精度与生产效率。

对焊接机器人关节结构进行优化，采用滚动轴承替代滑动轴承，减少接触摩擦面积，同时增设密封防尘结构，防止焊接烟尘进入关节内部，加剧磨损；优化送丝机构结构，调整送丝轮轮槽形状与角度，确保焊丝与轮槽贴合紧密，减少滑动摩擦，同时增设焊丝导向装置，降低送丝过程中的振动，减少送丝轮磨损；改进焊枪结构，增设防飞溅挡板，避免焊接飞溅物附着在喷嘴与导电嘴上，加剧电弧侵蚀，同时优化冷却通道设计，提升散热效率，减少热疲劳磨损。

4 焊接生产线设备维护策略

4.1 日常维护策略

日常维护的核心内容包括：清理焊接机器人臂、焊枪、送丝机构表面的焊接飞溅物与烟尘，避免飞溅物堆积加剧磨损；检查焊枪喷嘴、导电嘴的磨损情况，若出现表面粗糙、侵蚀严重等问题，及时清理或更换；检查设备润滑系统，补充润滑油或润滑脂，确保运动部件润滑充足，避免干摩擦；检查设备紧固件，如机器人关节、导轨固定螺栓等，若出现松动，及时紧固，防止部件移位加剧磨损；检查焊接电源、电气接线端子的接触情况，清理表面灰尘，避免腐蚀导致接触不良。

4.2 定期维护策略

定期维护应根据设备部件的磨损速度，分为周维护、月维护、季度维护与年度维护四个等级。周维护重点检查设备润滑系统与运动部件的运行状况，清理设备内部烟尘；月维护重点检查焊枪、电极、送丝轮等易损部件的磨损情况，及时更换，同时校准设备运行精度；季度维护重点检查设备结构部件，如机器人关节轴承、变位机齿轮等，检测磨损程度，若超过允许范围，及时维修或更换，同时检查表面防护层，若出现破损，及时补涂；年度维护对设备进行全面拆解检查，更换老化部件与磨损严重的核心部件，对设备进行全面校准与调试，确保设备处于最佳运行状态。

参考文献

[1] 丛伟,赵红,丛林雨,鄂立新,张伟勃,崔岚.冷轧生产线焊接设备升级记:解决焊不牢、焊穿难题[J].金属世界,2025(5):96-103

[2] 面向焊接夹具设计的 CATIA 综合应用研究[J]. 张利男;宋江勇.机电产品开发与创新,2022(02)