

电气自动化控制设备的可靠性分析

毛登州

浙江雷博人力资源开发有限公司 浙江 杭州 232000

摘要: 电气自动化控制设备可靠性指设备在规定条件下稳定完成功能的能力, 涉及MTBF、故障率等核心指标。从元器件质量、系统设计、制造工艺、运行维护四方面分析影响因素, 提出选型优化、冗余设计、工艺管控、智能监测等技术路径, 通过多维度协同优化实现可靠性提升; 对保障工业生产安全高效运行、延长设备寿命、优化资源具有重要意义。

关键词: 电气自动化; 可靠性分析; 稳定性优化

引言: 工业生产高度依赖电气自动化控制设备, 其可靠性直接影响生产效率与安全。设备在高温高湿、电磁干扰等复杂工况下运行时, 易因元器件老化、设计缺陷、工艺偏差等问题引发故障。通过系统分析可靠性影响因素及智能监测技术应用, 可有效减少停机损失, 保障生产线连续稳定运行并提升设备使用寿命, 对推动工业智能化转型具有基础支撑作用。

1 电气自动化控制设备可靠性的基本概念

1.1 可靠性的基本定义与内涵

电气自动化控制设备的可靠性, 指的是设备在规定时间内、规定条件下稳定完成既定功能的能力。这不仅是设备质量的体现, 更是工业生产安全高效运行的基础保障, 直接关系到生产流程的连续性和整体效益, 比如在工厂流水线上, 设备若频繁故障, 不仅影响生产进度, 还可能引发安全事故, 造成经济损失。可靠性内涵包含多个维度, 像设备抗干扰能力、环境适应力、长期运行稳定性等, 比如高温、高湿环境下的设备, 若材料选型不当或散热设计不合理, 就容易老化失效。因此, 从设计选型到生产装配, 每个环节都要严格把控, 才能让设备在复杂工况下“扛得住”。提升可靠性不是简单堆参数, 而是要结合实际场景优化设计, 比如通过冗余设计增强容错能力, 或利用智能监测提前预警故障, 让设备从“被动维修”转向“主动预防”, 真正实现稳定可靠运行。

1.2 可靠性的核心评价指标

电气自动化控制设备的可靠性需通过具体指标量化评估, 这些指标相互补充、缺一不可, 构成完整评价体系, 平均无故障时间 (MTBF) 反映设备连续稳定运行的能力, 数值越大表明设备在无故障状态下工作时间越长。故障率则体现单位时间内设备发生故障的频率, 数值越低说明设备运行越稳定, 减少因故障导致的停机损失; 可用度衡量设备在需要时能够正常工作的概率, 结合运行

时间和维修时间综合计算, 对保障生产线连续作业至关重要。维修度关注设备故障后恢复功能的速度, 维修时间短可降低停机对生产的影响, 提升整体运行效率。这些指标需结合实际工况综合分析, 例如在高温高湿环境下运行的设备, 需重点关注MTBF和故障率, 确保设备在恶劣条件下仍能保持稳定性能。通过持续监测和优化这些指标, 可有效提升设备可靠性, 保障工业生产安全高效进行。

1.3 可靠性的技术特征

电气自动化控制设备的可靠性, 体现在独特的技术特征上, 这些特征决定了设备在运行中的稳定表现, 也是区分设备性能优劣的关键。设备的响应及时性很重要, 多数常规设备的响应时间在0.1-0.5秒之间, 能快速接收和处理控制信号, 避免因响应滞后影响运行效率。抗干扰能力也是核心技术特征之一, 在复杂的电气环境中, 设备能抵御一定强度的电磁干扰, 保证控制指令的准确传递, 减少干扰导致的运行异常。此外, 设备的稳定性也很突出, 在长期连续运行状态下, 其控制精度能保持在较高水平, 误差可控制在 $\pm 2\%$ 以内, 不用频繁调整就能维持正常工作。还有容错性, 设备遇到轻微的信号异常或部件损耗时, 能自行进行小幅调整, 不会立即停机, 有效降低运行中断的概率^[1]。这些技术特征相互支撑, 共同保障了电气自动化控制设备的可靠运行, 也为设备长期稳定工作提供了技术层面的保障。

1.4 可靠性研究的核心意义

电气自动化控制设备可靠性研究的意义贯穿工业生产全流程, 其价值体现在多个具体层面; 从生产效率看, 设备稳定运行能减少意外停机, 避免因故障导致的产能波动, 保障生产节奏连贯性。(1) 优化资源配置: 通过可靠性分析, 可精准定位设备薄弱环节, 避免过度维护或资源浪费, 让维护资源向关键部位倾斜。(2) 延长设

备寿命：科学的设计与维护策略能减缓元件老化速度，例如合理控制负载范围、优化散热路径，让设备在更长时间内保持高效运行状态。（3）降低安全风险：设备故障可能引发连锁反应，如机械失控、电气短路等，可靠性提升能减少此类隐患，保障操作人员与设备安全。这些意义相互关联，共同构成工业生产安全高效运行的基石，推动企业向更稳定、更可持续的方向发展。

2 电气自动化控制设备可靠性的影响因素分析

2.1 元器件本身的质量影响

电气自动化控制设备的可靠性，最基础的影响因素就是元器件本身的质量，元器件作为设备的核心组成部分，其质量好坏直接决定了设备的运行状态。（1）元器件的材质质量：优质材质的元器件损耗率能控制在3%以内，材质不达标会导致元器件老化速度加快，缩短设备使用寿命，还容易出现接触不良等问题。（2）元器件的生产精度：生产精度不足会导致元器件适配性变差，约有5%左右的设备初期故障，是因为元器件精度不达标，无法与设备其他部件完美配合，影响控制信号传递。（3）元器件的稳定性：部分劣质元器件在长期运行中，稳定性会明显下降，运行半年后故障概率会上升，无法维持设备的连续稳定工作。把控好元器件的质量，是提升电气自动化控制设备可靠性的基础，只有选用合格、优质的元器件，才能从源头减少故障隐患，保障设备长期稳定运行。

2.2 系统设计环节的影响

系统设计环节是影响电气自动化控制设备可靠性的关键一环，设计的合理性直接关系到设备运行的顺畅度，不合理的设计会埋下诸多运行隐患。（1）设计布局的合理性：布局混乱会导致线路缠绕、散热不畅，影响设备各部件的协同工作，还可能引发信号干扰，降低设备运行的稳定性。（2）部件适配性设计：设计时若未充分考虑各元器件、各模块的适配性，会导致部件之间无法高效配合，出现运行卡顿、指令传递不畅等问题，影响设备整体可靠性。（3）冗余设计的完善度：缺乏合理的冗余设计，设备遇到局部部件异常时，无法及时切换备用方案，容易导致设备整体停机，影响运行连续性^[2]。优化系统设计是提升设备可靠性的重要环节，科学的设计能让各部件高效协同、减少干扰，从设计层面规避各类运行隐患，保障设备长期稳定运行。

2.3 制造与装配工艺的影响

制造与装配工艺是衔接元器件和系统设计的关键环节，工艺水平的高低，直接影响设备的整体可靠性，哪怕设计合理、元器件优质，工艺不到位也会出现诸多问

题。制造过程中，工艺精度不足会导致元器件加工偏差，部分偏差较大的部件流入后续环节，会让设备运行时出现磨损加快的情况，这类因制造偏差引发的故障占比约7%~10%。装配环节的规范性也很关键，装配时若操作不规范，比如线路连接不牢固、部件安装错位，会导致设备运行中出现接触不良、信号中断等问题，影响设备稳定运行。此外，制造过程中的检测环节不可或缺，若检测不到位，一些工艺不合格的部件会被投入使用，长期运行后会大幅提升设备故障概率，合格的检测能将这类隐患降低不少。把控好制造与装配工艺，规范每一个操作环节，提升工艺精度和检测水平，才能将设计优势和元器件质量充分发挥出来，从中间环节提升设备可靠性，保障设备长期稳定运行。

2.4 运行与使用过程的影响

运行与使用过程对电气自动化控制设备的可靠性影响很直接，设备即便设计合理、工艺合格，不规范的使用和不当的运行管理，也会大幅降低其可靠性。（1）操作规范性：操作人员若不熟悉设备操作流程，出现误操作，会直接损伤设备部件，破坏设备运行的稳定性，还可能导致控制指令异常，影响设备正常工作。（2）运行环境适配：设备运行环境不适配，会加速部件老化，比如环境中灰尘过多会堵塞散热通道，潮湿环境会侵蚀线路和元器件，影响设备的运行寿命。（3）日常维护频次：长期不进行维护，设备部件会积累损耗和隐患，比如线路松动、部件积灰等问题得不到及时处理，会逐渐引发设备故障，影响设备连续运行^[3]。规范设备操作、优化运行环境、定期开展维护，能有效减少使用过程中对设备的损伤，最大程度发挥设备的性能，保障设备长期可靠运行。

3 提升电气自动化控制设备可靠性的技术路径

3.1 元器件的选型与筛选优化

做好元器件的选型与筛选优化工作，是提升电气自动化控制设备可靠性的基础环节，选型和筛选不到位，后续再完善设计、工艺也难以弥补隐患。（1）选型适配性：选型时要结合设备的运行场景和工作需求，优先选用适配性强的元器件，避免盲目选用规格不符、性能不匹配的产品，防止因适配问题影响设备整体运行。（2）筛选针对性：筛选过程中要重点排查元器件的质量隐患，对元器件的性能、稳定性进行全面检查，剔除存在破损、性能异常的产品，确保投入使用的元器件均符合使用要求。（3）选型前瞻性：选型时要考虑设备的长期运行需求，选用性能稳定、耐用性强的元器件，兼顾后续维护的便利性，减少因元器件老化、损坏导致的设备故障。做好

元器件的选型与筛选优化,能从源头规避质量隐患,为设备后续稳定运行筑牢基础,也是提升设备可靠性最直接、最基础的技术路径。

3.2 系统设计的可靠性优化

对电气自动化控制设备的系统设计进行可靠性优化,是提升设备整体稳定运行能力的关键手段,科学的优化设计能有效规避前期设计环节埋下的隐患。优化过程中,要注重线路和部件的布局优化,合理规划布局能减少信号干扰,还能提升散热效果,经过优化后的布局,能将因布局不合理引发的信号干扰故障降低15%左右。同时要强化各部件的适配性设计,结合元器件的性能参数优化适配方案,减少部件之间的运行冲突,提升指令传递的顺畅度。还要完善冗余设计,合理设置备用模块和应急方案,当设备局部出现轻微异常时,能及时切换备用系统,可将设备因局部异常导致的停机概率降低不少^[4]。优化系统设计不能盲目进行,要结合设备的运行需求,针对性解决设计中的薄弱环节,才能充分发挥设计的支撑作用,进一步提升电气自动化控制设备的可靠性,保障设备长期稳定运行。

3.3 制造装配的质量管控

做好制造装配环节的质量管控,是衔接元器件选型和系统设计、提升电气自动化控制设备可靠性的重要环节,直接决定设备能否发挥出应有的性能。(1)规范制造操作流程:管控制造过程中的每一个细节,避免因操作不规范导致的部件加工缺陷,确保制造出的部件符合设计要求,为后续装配工作打下良好基础。(2)强化装配操作管控:要求操作人员严格按照标准进行装配,把控部件安装精度和线路连接质量,避免安装错位、连接不牢固等问题,保障各部件能高效协同工作。(3)完善制造装配全过程检测:在制造和装配的关键节点设置检测环节,及时排查不合格部件和装配隐患,杜绝问题部件流入下一个环节。强化制造装配的质量管控,规范各环节操作,才能弥补前期可能存在的隐患,进一步提升设备可靠性,保障设备长期稳定运行。

3.4 运行维护的技术改进

对电气自动化控制设备运行维护进行技术改进,是延长设备使用寿命、提升可靠性的关键举措,能有效减少运行中的故障隐患。结合设备运行数据与现场工况,针对性优化维护流程、明确维护节点,改进过程中,可优化故障排查技术,采用更高效的排查方式,减少故障排查耗时,能将故障排查效率提升20%左右,快速定位隐患并处理。同时要优化日常维护方式,结合设备运行状态制定针对性维护计划,避免过度维护或维护不及时的问题,减少因维护不当导致的设备损耗。还可引入状态监测技术,实时掌握设备各部件运行状态,提前预判潜在隐患,可将设备运行故障发生率降低10%以上^[5]。运行维护的技术改进要贴合设备实际运行需求,通过科学的技术手段,让维护工作更高效、更具针对性,从而持续提升设备可靠性,保障设备长期稳定发挥作用。

结束语:未来,电气自动化控制设备可靠性研究将向智能化决策、自适应控制及协同优化方向发展。通过引入AI算法实现故障预测与主动维护,结合物联网技术构建设备健康管理系统,可进一步提升设备在复杂工况下的稳定运行能力。同时,绿色制造理念将促进环保材料应用与节能设计融合,推动低能耗、高可靠性的新型元器件研发,为工业可持续发展提供技术保障。

参考文献:

- [1]孟大锋.电气自动化控制设备的可靠性分析与稳定性优化研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):183-186.
- [2]沈淑炫.电气自动化控制设备的可靠性与稳定性分析[J].新潮电子,2025(3):94-96.
- [3]欧阳俊.电气自动化控制设备可靠性分析[J].凿岩机械气动工具,2025,51(1):19-21.
- [4]谢飞龙.基于PLC的电气自动化控制设备可靠性测试研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(1):043-046.
- [5]刘静轩.电气自动化控制设备的可靠性与稳定性分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(2):051-054.