

面向造纸企业锅炉系统的电气安全风险识别与防控研究

李兵凡

浙江山鹰纸业有限公司 314304

【摘要】造纸企业锅炉系统是生产流程的核心动力单元，其电气系统的稳定运行直接关系到企业生产安全与效益。本文以造纸企业为研究主体，结合锅炉系统高温、高湿、多粉尘的运行特性，系统识别电气设备、线路敷设、接地保护、操作管理等环节存在的安全风险，剖析风险产生的根源与传导路径，提出针对性防控对策，为企业降低电气安全事故发生率、保障生产连续性提供理论支撑与实践参考。

【关键词】造纸企业；锅炉系统；电气安全；风险识别；防控措施

Research on Electrical Safety Risk Identification and Prevention for Boiler Systems in Paper Manufacturing Enterprises

Li Bingfan

Zhejiang Shanying Paper Industry Co., Ltd. 314304

【Abstract】Boiler systems serve as the core power units in paper manufacturing processes, where the stable operation of electrical systems directly impacts production safety and operational efficiency. This study focuses on paper manufacturing enterprises, leveraging the operational characteristics of boiler systems—including high temperatures, high humidity, and dust accumulation—to systematically identify safety risks in electrical equipment, wiring installation, grounding protection, and operational management. By analyzing risk origins and transmission pathways, targeted prevention strategies are proposed to provide theoretical support and practical references for reducing electrical safety incident rates and ensuring production continuity.

【Key words】papermaking enterprise; boiler system; electrical safety; risk identification; prevention and control measures

造纸行业属于高能耗、高风险制造业，锅炉系统作为企业生产用汽、供热的核心设施，其运行状态直接决定企业生产效率与安全水平。电气系统是锅炉系统启停、负荷调节、安全监控的核心支撑，承担着动力供给、信号传输、设备控制等关键功能。但造纸企业生产环境特殊，锅炉区域存在高温辐射、蒸汽泄漏、纸尘堆积等问题，极易引发电气短路、绝缘老化、接地不良等安全隐患，进而导致设备故障、生产中断，甚至引发火灾、人员伤亡等重特大事故。当前，部分造纸企业对锅炉系统电气安全重视不足，风险识别不全面、防控措施不完善，安全管理存在薄弱环节^[1]。因此，开展面向造纸企业锅炉系统的电气安全风险识别与防控研究，对企业防范电气安全事故、保障生产稳定、提升安全管理水平具有重要的现实意义与应用价值。

1 造纸企业锅炉系统电气安全相关概述

造纸企业锅炉系统电气部分涵盖动力供电系统、控制电

气系统、安全保护电气系统三大核心模块，贯穿锅炉给水、燃烧、汽包、排污等全运行流程，是锅炉系统安全稳定运行的“神经中枢”。与普通工业锅炉电气系统相比，造纸企业锅炉系统电气设备面临更为严苛的运行环境。锅炉本体及辅助设备运行时产生的高温，会加速电气线缆绝缘层老化、软化，降低绝缘性能。生产过程中产生的纸尘、水汽易侵入电气控制柜、接线端子等部位，造成触点接触不良、线路短路；锅炉系统频繁启停、负荷波动较大，会对电气设备产生冲击，缩短设备使用寿命。

2 造纸企业锅炉系统电气安全风险识别

2.1 电气设备自身风险

电气设备自身质量与运行状态是引发安全风险的核心因素之一，造纸企业锅炉系统中此类风险表现尤为突出。一方面，部分企业为控制成本，选用不符合国家电气安全标准的锅炉配套电气设备，如劣质断路器、接触器、热继电器等，

此类设备材质较差、工艺不规范,在高温、高湿环境下易出现触点烧蚀、线圈烧毁、动作失灵等问题,无法及时切断故障电路,极易引发电气火灾。另一方面,锅炉系统电气设备长期处于连续运行状态,缺乏规范的日常维护保养,导致设备部件磨损、老化速度加快:电机轴承缺油、转子卡顿,易引发电机过载烧毁;电缆接头松动、氧化,接触电阻增大,运行时产生大量热量,可能引燃周围纸尘等易燃物;电气仪表校准不及时,测量数据偏差较大,无法准确反馈锅炉运行参数,导致电气控制系统误操作,引发安全事故。此外,锅炉系统中的高压电气设备,若绝缘层破损、耐压性能下降,还可能引发高压触电、电弧灼伤等风险,威胁操作人员人身安全^[2]。

2.2 线路敷设与绝缘风险

线路敷设不规范、绝缘性能下降是造纸企业锅炉系统电气安全的主要隐患之一,也是引发电气短路、漏电事故的重要诱因。造纸企业锅炉区域空间相对狭窄,设备布局密集,部分企业在电气线路敷设过程中,未严格遵循《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》要求,存在线路敷设混乱、交叉缠绕、未穿管保护等问题。线路长期暴露在高温辐射、蒸汽侵蚀环境中,绝缘层易出现开裂、老化、脱落现象,导致线路裸露,引发相线与相线、相线与零线短路,产生电弧火花,引燃车间内堆积的纸浆、纸尘等易燃物料。同时,锅炉区域地面易积水、积油,若线路敷设未远离积水区域,或穿管保护不到位,水汽侵入线管内部,会导致线路绝缘电阻降低,引发漏电事故;部分线路穿越锅炉高温区域时,未采取有效的隔热防护措施,绝缘层加速老化,缩短线路使用寿命,增加安全风险。此外,线路敷设过程中,电缆弯曲半径过小、拉扯力度过大,会导致电缆内部芯线断裂、绝缘层破损,埋下安全隐患,此类问题在企业锅炉改造、电气线路检修后尤为常见。

2.3 接地与防雷保护风险

接地保护、防雷保护是防止电气安全事故、保证设备和人员安全的重要防线,但部分造纸企业锅炉系统在该环节存在明显的漏洞,风险隐患大。接地保护方面,企业锅炉系统的电气设备没有按照规定设置完善的接地装置,接地电阻超过标准,甚至存在没有接地、假接地的情况。当电气设备发生漏电时,接地装置不能及时将漏电电流导入大地,使设备外壳带电,操作人员接触后容易引发触电事故;接地不良还会造成电气设备产生杂散电流,干扰控制信号传输,引起设备误动作,影响锅炉系统正常运行。防雷保护方面,锅炉系

统高大的烟囱、钢架结构以及电气控制柜等设备容易成为雷电直击或感应的目标,但是部分企业没有按照规范设置防雷装置或者防雷装置年久失修、损坏失效,不能有效地疏导雷电电流。雷电击中锅炉系统之后会产生瞬时高电压、大电流,击穿电气设备的绝缘层,烧毁电气元件,甚至引起火灾、爆炸等连锁事故;雷电感应产生的过电压还会沿电气线路侵入企业的配电系统,损坏其它生产设备,造成大面积生产中断。

2.4 操作与管理风险

操作不规范、安全管理体系不完善,是造纸企业锅炉系统电气安全风险失控的重要人为因素,也是企业安全管理工作的薄弱环节。操作层面,企业部分电气操作人员未取得相应的特种作业操作资格证书,缺乏专业的电气安全知识与操作技能,在锅炉系统电气设备启停、检修、维护过程中,存在违规操作行为:未按操作规程切断电源就进行检修作业,易引发触电事故;检修后未及时恢复接地装置、未进行绝缘测试,就启动设备运行,埋下安全隐患;操作过程中未佩戴绝缘手套、绝缘鞋等防护用品,增加触电风险^[3]。同时,部分操作人员安全意识淡薄,存在习惯性违规操作,如私拉乱接临时线路、超负荷用电、随意堆放杂物遮挡电气设备等,进一步加剧了电气安全风险。管理层面,企业未建立完善的电气安全管理制度,未明确各岗位人员的安全职责,电气安全管理工作缺乏系统性与针对性;未定期开展电气安全培训与应急演练,操作人员安全意识与应急处置能力不足,发生电气安全隐患时,无法及时发现、有效处置,导致隐患扩大为安全事故。

3 造纸企业锅炉系统电气安全风险防控对策

3.1 强化电气设备质量管控与维护

企业应将电气设备质量管控作为防控安全风险的首要环节,从源头杜绝劣质设备引入。企业在采购锅炉系统配套电气设备时,应建立严格的采购审核机制,优先选用符合国家电气安全标准、具有3C认证、适配锅炉高温高湿环境的优质设备,严禁采购劣质、过期、不合格设备;采购过程中,应加强对供应商资质的审核,签订质量保证协议,明确设备质量标准与售后服务要求,确保设备质量符合企业生产需求。同时,企业应建立完善的电气设备日常维护保养体系,明确维护保养责任主体、内容与周期,定期对锅炉系统电气设备进行全面检查、清洁、润滑与校准。针对电机、断路器、接触器等关键设备,应定期检查运行状态,及时更换磨损、

老化部件；对电缆接头、接线端子等部位，定期进行紧固、除锈处理，避免接触不良；定期对电气仪表进行校准，确保测量数据准确可靠。此外，企业应建立电气设备运行台账与维护档案，详细记录设备采购、安装、运行、维护、更换等信息，实现设备全生命周期管理，及时发现并处置设备运行过程中出现的异常问题，降低设备自身安全风险。

3.2 规范线路敷设，提升绝缘防护水平

企业应严格按照国家电气安装规范，结合锅炉系统运行环境特点，规范电气线路敷设，提升线路绝缘防护水平。线路敷设前，企业应结合锅炉区域设备布局、运行工况，制定科学合理的敷设方案，避免线路交叉缠绕、过度弯曲；线路穿越高温、潮湿、粉尘区域时，必须采取穿管保护措施，选用耐高温、耐腐蚀、防水防尘的线管，确保线路不受环境影响；线路敷设应远离积水、高温辐射、易燃物料区域，避免线路绝缘层加速老化。同时，企业应定期对电气线路进行绝缘检测，选用符合标准的绝缘电阻表，定期测量线路绝缘电阻，若发现绝缘电阻低于规定标准，应及时停机检查，更换破损、老化线路，确保线路绝缘性能良好。此外，企业在锅炉改造、电气线路检修过程中，应严格执行施工规范，加强对施工质量的监督检查，避免因施工不当导致线路破损、接头松动等问题；检修完成后，必须进行绝缘测试与试运行，确认无安全隐患后，方可投入正常运行。

3.3 完善接地与防雷保护体系

企业需建立完善的接地、防雷保护体系，筑牢电气安全防护防线，防范由于接地不良、雷电冲击所造成的安全风险。接地保护上，企业应按照规范给锅炉系统所有的电气设备装设可靠的接地装置，即工作接地、保护接地、重复接地等，保证接地电阻符合国家有关标准。且企业需定期对接地装置进行检查、测试和维护，及时修复破损、锈蚀的接地体和接地线，防止出现假接地、虚接地。对高压电气设备要设置绝缘监视装置来发现漏电隐患，防止触电事故发生。同时，企业可委托专业机构对锅炉系统进行防雷检测。根据检测结

果，在锅炉烟囱、钢架结构等高大设施上设置避雷针、避雷带等直击雷防护装置。通过在电气控制柜、配电系统中安装浪涌保护器，防范雷电感应过电压侵入，保护电气设备安全。

3.4 规范操作流程，健全安全管理体系

企业应加强电气操作规范的管理，完善安全管理体系，从人为因素上防范电气安全风险。操作管理方面企业要制定锅炉系统电气设备启停、检修、维护等操作规程并张贴在操作现场显眼位置，要求操作人员严格按照规定执行；严禁无证上岗、违规操作，所有电气操作人员必须取得相应的特种作业操作资格证，经过岗前培训考核合格后，方可上岗作业。操作人员上岗必须穿戴绝缘手套、绝缘鞋、绝缘垫等个人防护用品，严格按照规程操作；设备检修前要切断电源、挂上警示标志、做好安全防护措施，检修完毕后全面检查确认无安全隐患后，方可启动。企业应该加强操作人员的安全意识培训，定期开展电气安全培训、案例警示教育等各类活动，提高操作人员的安全意识和责任感，消除习惯性违规操作行为。安全管理上企业要建立健全电气安全管理制度，明确各个岗位人员的安全职责，把电气安全管理纳入企业安全生产责任制，实行层层落实、责任到人；建立电气安全检查机制，定期开展日常检查、专项检查、综合检查，建立检查台账，对发现的安全隐患，确定整改责任人、整改措施、整改期限，实行闭环管理，保证隐患及时整改到位。

4 结论

通过强化设备质量管控、规范线路敷设、完善接地防雷保护、健全安全管理体系、优化运行环境等措施，构建全方位、多层次的电气安全防控体系，有效降低电气事故发生率，保障锅炉系统稳定运行，推动企业安全生产持续健康发展。后续企业可结合技术升级，引入智能化监测设备，提升电气安全风险识别与防控的智能化水平，进一步强化安全管理效能。

参考文献

- [1]吕宝征. 余热锅炉系统电气控制现状及处理对策研究 [J]. 电气技术与经济, 2025, (08): 351-353.
- [2]吴玉青. 生物质成型燃料锅炉增负荷调控系统研究与设计[D]. 天津农学院, 2024.
- [3]李瑞强. 动力锅炉中的电气设备运行安全策略分析 [J]. 电子技术, 2023, 52 (03): 222-223.

作者简介：李兵凡，出生年月：1979.10.14，男，汉族，籍贯：四川广元，学历：本科，职称：工程师，研究方向：汽机，锅炉，脱硫。化水，电气，环保的设计、研发与技术改造。