

预防性维护在高速纸机电气设备中的应用研究

吴志勇

驻马店市白云纸业有限公司 河南 驻马店 463100

摘要：对于高速纸机电气设备来说，一旦电气设备出现故障，不仅会导致纸机停机，造成巨大的生产损失，还可能引发安全事故，传统的事后维修和定期维护方式存在维修滞后、成本高、资源浪费等问题，难以满足高速纸机电气设备的维护需求。鉴于此，本文针对高速纸机电气设备运行可靠性需求，深入研究预防性维护在其中的应用。首先，阐述了预防性维护的必要性；其次，系统探讨了基于状态监测、故障预测模型、智能算法的预防性维护策略；此外，结合实际案例分析预防性维护的应用效果，并提出实施保障措施。旨在为提高高速纸机电气设备运行稳定性、降低维护成本、提升造纸企业生产效益提供理论依据与实践参考。

关键词：预防性维护；高速纸机电气设备；应用

引言：随着造纸工业向高速化、自动化、智能化方向发展，高速纸机凭借其生产效率高、产品质量稳定等优势，成为现代造纸企业的核心生产设备。高速纸机电气设备作为其运行的“神经中枢”，涵盖传动控制系统、PLC控制系统等多个部分，其运行状态直接决定着纸机的生产效率、产品质量及能耗水平。但问题是，高速纸机运行过程中，电气设备长期处于高温、高湿、高粉尘的复杂环境，且运行速度快、负荷波动大，易引发电气元件老化、线路故障等问题。因此，研究预防性维护在高速纸机电气设备中的应用，对保障纸机稳定运行、提高企业经济效益具有重要的现实意义。

1 预防性维护在高速纸机电气设备中的必要性

1.1 提高设备可靠性和稳定性

预防性维护通过对电气设备进行实时状态监测和故障预测，能够提前发现设备运行过程中出现的异常情况，如电气元件温度升高、电流电压波动、绝缘性能下降等，并及时采取措施进行处理，避免故障的发生，从而提高设备的可靠性和稳定性。如，通过监测电机的轴承温度和振动情况，当发现温度异常升高或振动加剧时，工作人员能够第一时间进行润滑、调整或更换轴承，可有效防止电机故障，最大程度上保障纸机连续稳定运行。

1.2 降低维护成本

虽然预防性维护在初期需要投入一定的设备和人力成本，用于安装状态监测设备、建立故障预测模型等，但从长期来看，它能够减少设备故障次数和停机时间，降低维修费用和生产损失。与事后维修相比，预防性维护可以避免因设备严重损坏而导致的高额维修成本；与定期维护相比，它能够根据设备实际状态进行维护，避免过度

维护造成的资源浪费，从而有效降低整体维护成本。

1.3 提升生产效率和产品质量

高速纸机电气设备的稳定运行是保证生产效率和产品质量的决定性因素。预防性维护通过实时监测电气设备的运行状态，精准捕捉设备性能的细微变化，能够提前发现并消除潜在故障隐患，避免因突发故障导致的非计划停机^[1]。此举不单单大幅缩短了停机时间，还使纸机得以持续稳定运行，显著提升整体生产效率。并且，稳定的电气控制系统能够精准调控纸张生产过程中的各项工艺参数，如速度、张力、温度等，确保产品规格的一致性和质量的稳定性。通过减少因设备异常波动引发的纸张断纸、厚度不均、表面瑕疵等问题，预防性维护有效降低了废品率，提升了产品合格率，为企业创造了显著的经济效益。

2 高速纸机电气设备预防性维护策略

2.1 基于状态监测的预防性维护

2.1.1 温度监测

在电气设备关键部位，如电机绕组、变压器、电气柜内的接线端子等安装温度传感器（如热电偶、热电阻），可实时监测设备温度变化。当温度超过设定阈值时，系统自动发出报警信号，提示维护人员进行检查。其中，电机绕组温度过高可能是由于过载、散热不良或绕组短路等原因引起，应用温度监测能够及时发现问题，进而避免电机烧毁。

2.1.2 振动监测

利用振动传感器（如加速度传感器）监测电机、风机等旋转设备的振动情况。通过分析振动信号的频率、幅值等特征参数，判断设备是否存在不平衡、不对中、轴承磨损等故障。如，当电机轴承磨损时，其振动信号

的频谱会出现特定频率成分的变化,通过对振动信号的分析能够提前预测轴承故障,及时进行维护。

2.1.3 电气参数监测

实时监测电气设备的电流、电压、功率、绝缘电阻等参数。对这些参数的分析,可判断设备的运行状态和负载情况。如,当发现某段线路的电流突然增大或绝缘电阻下降时,可能存在线路短路或接地故障,需及时排查处理。

2.2 基于故障预测模型的预防性维护

2.2.1 神经网络故障预测模型

神经网络具有强大的非线性映射能力和自学习能力,能够处理复杂的电气设备运行数据。收集高速纸机电气设备的历史运行数据,包括温度、振动、电气参数等,从而能够高度实现对设备故障的预测。如,利用BP神经网络对电机的故障进行预测,通过输入电机的电流、电压、温度、振动等参数,输出电机发生故障的概率和类型。

2.2.2 灰色预测模型

灰色预测模型适用于数据量较少、信息不完全明确的情况。对于高速纸机电气设备,当某些关键参数的历史数据有限时,可采用灰色预测模型对其未来趋势进行预测。在对少量数据的处理和分析的基础上,可建立灰色预测模型,预测设备参数的变化趋势,当预测值接近或超过设定阈值时,发出预警信号,提示进行预防性维护。

2.3 基于智能算法的维护决策优化

2.3.1 遗传算法

遗传算法通过模拟生物进化过程中的选择、交叉、变异等操作,在维护决策空间中搜索最优解。将遗传算法应用于高速纸机电气设备预防性维护决策中,以维护成本最小化、设备可靠性最大化等为目标函数,考虑维护时间、维护资源等约束条件,对维护计划进行优化。如,通过遗传算法确定不同电气设备的最佳维护周期和维护方式,使整体维护效益达到最优。

2.3.2 粒子群优化算法

粒子群优化算法模拟鸟群觅食行为,通过粒子在解空间中的不断迭代更新,寻找最优解^[2]。在预防性维护决策中,粒子群优化算法可根据设备的实时状态和维护目标,快速优化维护策略。如,根据电气设备的故障预测结果和生产计划,利用粒子群优化算法确定维护的优先级和时间安排,实现维护资源的合理配置。

3 预防性维护在高速纸机电气设备中应用的保障措施

3.1 加强人员培训

在高速纸机电气设备预防性维护体系中,人员素质

是关键因素。企业应构建多层次、系统化的培训体系,全面提升维护人员和操作人员的专业能力。首先,培训内容上,需涵盖理论知识与实践操作两大部分。理论培训包括预防性维护的基础理论、高速纸机电气设备的工作原理、各类故障发生的机理等内容,帮助人员深入理解设备运行逻辑,为后续维护工作奠定坚实基础。实践操作培训则围绕设备状态监测仪器的使用展开,使维护人员熟练掌握红外热像仪、振动检测仪、局部放电测试仪等设备的操作流程、数据采集方法及注意事项,确保能够准确获取设备运行状态数据。其次,培训方式应多样化。企业可定期邀请行业专家开展专题讲座,分享预防性维护的前沿技术和实践经验;组织内部技术骨干进行经验交流,针对实际工作中遇到的问题进行探讨与总结;建立模拟实训平台,让人员在模拟环境中进行故障排查与处理操作,提升其对设备异常情况的判断和处理能力。并且,制定阶段性考核机制,通过理论考试和实操考核检验培训效果,对于考核优秀者给予奖励,对未达标者安排针对性的强化培训,以此激发人员学习积极性,确保培训质量。此外,还应注重人员的持续教育。随着电气设备技术的不断更新以及预防性维护技术的迭代,企业要及时组织相关人员参加新技术、新方法的培训课程,使其始终掌握行业最新动态和先进技术,切实为预防性维护工作的有效实施提供人力保障。

3.2 完善数据管理

建立健全电气设备运行数据管理系统是预防性维护工作的重要支撑。该系统需具备强大的数据采集、存储、处理和分析功能,对设备的状态监测数据、故障数据、维护数据等进行全生命周期的统一管理。第一,在数据采集环节,要确保数据来源的准确性和全面性。具体可在高速纸机电气设备关键部位安装各类传感器,如温度传感器、振动传感器、电流传感器等,实时采集设备运行过程中的各项参数。与此同时,规范数据采集流程和频率,避免数据采集过程中的误差和遗漏。在数据存储方面,采用分布式存储技术,建立冗余备份机制,防止数据丢失,确保数据的完整性。第二,数据处理和分析是数据管理系统的核心功能。可利用大数据分析技术,对海量数据进行清洗、筛选和整合,挖掘数据背后的潜在信息。采取建立数据模型的方式,准确分析设备运行参数之间的关联性,发现设备运行的规律和异常趋势。如,分析温度数据和电流数据的变化关系,能够判断设备是否存在过载或散热不良等问题。同时,将数据分析结果与故障预测模型相结合,为维护决策提供科学依据。

3.3 优化资源配置

合理配置预防性维护所需的人力、物力和财力资源是确保维护工作顺利开展的重要前提。企业应根据设备的重要性和故障风险程度,制定科学合理的资源配置方案。一是在人力资源配置方面,首先对高速纸机电气设备进行重要性分级,将关键设备如驱动电机、控制系统、传动装置等列为重点维护对象,安排经验丰富、技术精湛的维护人员负责。根据设备的运行周期和故障风险,制定详细的维护计划,合理安排维护人员的工作任务和工作时间,避免出现人员闲置或过度劳累的情况^[3]。二是物力资源配置上,企业要配备齐全且先进的检测仪器和维修设备。除了常见的状态监测仪器外,还应根据设备特点和维护需求,购置专用的维修工具和零部件检测设备。定期对检测仪器和维修设备进行校准和维护,确保其性能的准确性和可靠性。建立零部件库存管理制度,根据设备的使用情况和历史维修数据,合理确定零部件的库存数量,保证在设备出现故障时能够及时更换零部件,缩短维修时间。三是在财力资源方面,企业要设立专项维护资金,并确保资金的充足投入。资金主要用于设备检测仪器的购置与更新、维护人员的培训、零部件的采购以及新技术的研发与应用等方面。

3.4 建立协同管理机制

预防性维护工作涉及多个部门和岗位,建立协同管理机制能够打破部门壁垒,实现信息共享和工作协同,提升维护工作的整体效率。作为企业应成立专门的预防性维护管理小组,由设备管理部门、生产部门、技术部门等相关人员组成,明确各成员的职责和分工。而设备管理部门负责制定预防性维护计划,组织实施维护工作,并对维护过程进行监督和评估;生产部门要及时反馈设备运行过程中出现的异常情况,配合维护人员开展维护工作;技术部门则提供技术支持,参与故障分析和维护方案的制定^[4]。并且,定期召开协同工作会议,各部门汇报工作进展和遇到的问题,共同商讨解决方案,确保预防性维护工作与生产计划的有效衔接。另一方面,建立部门间的信息沟通渠道,利用企业内部信息管理系统,实现设备运行数据、维护计划、故障处理等信息的实时共享。通过协同管理机制,使各部门能够协同作战,及时发现和解决设备潜在问题,提高预防性维护工

作的响应速度和处理效果。

3.5 强化质量监督与考核

为确保预防性维护工作的质量和效果,企业需建立完善的质量监督与考核体系。在质量监督方面,制定详细的维护工作质量标准 and 操作规范,对维护过程中的每一个环节进行严格监督。定期检查维护人员的工作记录,核实维护工作是否按照计划和规范进行,设备状态监测数据的采集和分析是否准确。同时,引入第三方质量评估机构,对预防性维护工作进行客观公正的评价,发现问题及时提出整改意见^[5]。在考核方面,建立科学合理的考核指标体系,将设备故障率、维护计划完成率、数据准确率等纳入考核范围,对维护人员和相关部门进行定期考核。根据考核结果进行奖惩,对于表现优秀的个人和部门给予物质奖励和精神表彰,对未达到考核标准的进行相应处罚,并督促其整改。

结语:预防性维护在高速纸机电气设备中的应用能够有效提高设备的可靠性和稳定性,降低维护成本,提升生产效率和产品质量。通过基于状态监测、故障预测模型和智能算法的预防性维护策略与技术,可知该维护方式在不同规模的造纸企业中均取得了显著效果。在应用过程中,而采用加强人员培训、完善数据管理和优化资源配置等保障措施,能够进一步确保预防性维护工作的有效实施。未来,随着传感器技术、人工智能技术的不断发展,预防性维护在高速纸机电气设备中的应用将更加智能化、精准化,为造纸行业的高质量发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1]陈晓东,杨文辉.基于状态监测的电气设备预防性维护策略研究[J].电气自动化,2023,45(3):67-72.
- [2]吕杰.机电电气设备维修管理的优化策略[J].机电工程技术,2022,51(4):78-83.
- [3]崔琦.电气设备的维护检修技术探讨[J].中国设备工程,2024,(17):170-172.
- [4]李雪锋,洪安庆,刘恒杰,陶震西,黎奇图.电气设备故障诊断与预防性维护研究[J].光源与照明,2024,(05):81-83.
- [5]张华.电气设备维护管理策略研究[J].机械制造与自动化,2020,10(2):56-68.