

煤矿机电设备安全风险评估与预防性维修策略

赵庆祥

山东能源新矿内蒙古能源公司长城六矿

摘要：煤矿机电设备的安全运行对于煤矿行业的可持续发展至关重要，然而，由于煤矿机电设备的特殊工作环境和高负荷运转，安全风险一直是制约煤矿生产的主要因素。为了应对这一挑战，本文旨在探讨煤矿机电设备的安全风险评估与预防性维修策略的实施。首先，对煤矿机电设备的安全风险进行了一定论述，明确了其定义、分类以及评估方法等，其次，探讨了煤矿机电设备安全风险的预防性维修策略，最后，结合煤矿机电设备的特点，分析了预防性维修实施过程中的挑战与对策，进而为煤矿机电设备的安全运行提供可靠保障。

关键词：煤矿；机电设备；安全风险评估；预防性维修

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.07.084

一、前言

煤矿作为能源产业的重要组成部分，扮演着举足轻重的角色，然而，煤矿生产环境具有高风险和复杂性的特点。机电设备在煤矿生产过程中发挥着至关重要的作用，这就需要确保其始终处于良好的工作状态，进而为生产工作的安全高效进行提供可靠保障。因此，进行煤矿机电设备安全风险评估与预防性维修策略研究具有十分重要的现实意义。

二、煤矿机电设备安全风险概述

（一）安全风险的定义与分类

安全风险是指潜在的、可能导致事故、损害或伤害的不确定事件或情况，通常以概率和严重性来衡量。在煤矿机电设备的环境中，安全风险直接关系到矿工和设备的安全以及生产的连续性。为了更好地理解和管理这些风险，安全风险通常根据其性质和来源进行分类。

（1）内部安全风险是指源于煤矿机电设备自身或操作过程中的因素造成的风险。这些因素可能包括设备的设计和制造缺陷、设备老化或磨损、维护不当、操作错误等。例如，设备的电气系统出现故障可能导致火灾，或者机械部件的磨损可能引发设备的停工。

（2）外部安全风险是来自煤矿环境以外的因素，对机电设备和矿工的安全构成威胁。这些因素包括天气条件、地质条件、矿井地震风险、供电中断、火灾、自然灾害等。例如，突发的地质活动可能导致矿井坍塌，从而危及工人的生命。

（3）人为安全风险是由人员的行为或决策引起的风险，可能包括操作失误、无视安全规程、培训不足、工作疲劳等。这些因素在煤矿环境中尤为重要，因为操

作错误或不合规的行为可能导致严重事故。例如，忽视操作规程的矿工可能引发设备故障或事故。

（二）安全风险评估方法

（1）事故历史分析

事故历史分析旨在通过审查过去的事故和事件来识别可能的危险和风险因素，该方法基于以下原理：过去的事故经验可以提供关于潜在风险的有用信息，以便采取预防措施。

首先，进行事故历史分析需要收集并详细记录过去发生在煤矿机电设备领域的事故案例。这包括事故的类型、发生时间、地点、受影响的设备、人员伤亡情况以及事故的原因和根本原因，这一步骤的目的是建立一个完整的数据库，以便后续分析。其次，对事故数据库进行统计和趋势分析，识别出事故的频率、发生的季节性、发生的地理位置等信息，这些信息有助于确定哪些领域或设备更容易发生事故，并深入研究每个事故案例，以确定具体的事故原因。这可能涉及技术故障、人员失误、设备维护问题、环境因素等。通过分析根本原因，可以识别出潜在的风险因素，以及可能的预防措施。最后，基于事故历史分析的结果，可以制定改进和预防性维修策略。这可能包括改进培训计划、改进设备维护程序、引入新的监测技术等，以减少未来事故的概率。

（2）设备状态监测

设备状态监测侧重于实时监测煤矿机电设备的运行状态，以及设备性能和健康状况的变化。通过定期收集和分析设备的运行数据，可以提前发现潜在问题，从而采取预防性维修措施，避免设备故障和事故。

设备状态监测通常涉及安装传感器和监测设备，这些设备能够监测关键的运行参数，如温度、振动、压力、电流、电压等。这些传感器可以实时收集数据，将数据传输到监测系统中进行分析。监测系统会使用数据分析算法来评估设备的健康状况。通过比较实际数据与预定的基准值或警戒值，系统可以检测到异常或变化，这可能表明设备存在问题。设备状态监测还可以用于预测设备的寿命和性能退化趋势。通过分析长期的监测数据，可以制定更长期的设备维护和替换计划，从而降低了未来的风险和成本。

（3）故障模式与效应分析（FMEA）

故障模式与效应分析（FMEA）是一种系统性的方法，用于评估和管理煤矿机电设备的安全风险，其着重于识别潜在的故障模式，分析这些故障模式对设备性能

和安全的影响，并制定相应的控制和预防措施。

首先，FMEA的过程涉及建立一个清单，列出煤矿机电设备的各个组成部分和相关的子系统。这包括设备的机械、电气、控制等方面的元件。清单不仅有助于组织分析工作，还有助于确保不遗漏任何潜在的故障源。其次，对于每个组成部分，识别可能的故障模式，这些模式可以包括设备的机械损坏、电路断路、传感器故障等。每个故障模式都需要详细描述，包括可能的原因、发生频率和可能的后果。再次，对每个故障模式的严重性、频率和可能性进行定量或定性的评估。这有助于确定哪些故障模式具有更高的风险，严重性评估可以考虑到设备停机时间、人员伤亡、环境污染等因素。最后，根据评估的结果，将故障模式的风险优先级排名，并制定控制和预防措施。高优先级的故障模式可能需要更频繁的维护、设备改进、培训，以减少其发生的可能性和降低其影响。

(4) 定量风险评估

定量风险评估通过数学和统计工具来量化煤矿机电设备的风险水平，不仅考虑了可能的故障和事故，还考虑了其概率和严重性，以便更精确地衡量潜在的风险。

首先，定量风险评估需要建立一个完整的风险模型，包括所有可能的故障和事件。这需要考虑设备的各种参数、操作条件、环境因素以及维护历史等。通过建立这个模型，可以识别所有潜在的风险来源。其次，对于每个风险源，需要确定其概率分布和严重性。概率分布可以基于历史数据、专家意见或模拟分析来确定，它表示了事件发生的可能性。严重性通常使用经济损失、人员伤亡等因素来量化，以评估事件发生时的影响。再次，定量风险评估使用概率和严重性信息来计算每个风险源的风险水平。这可以采用不同的数学方法，如事件树分析、故障树分析、蒙特卡洛模拟等，以确定风险的数值表示。通常，风险被表示为风险指数或风险值。最后，基于定量风险评估的结果，决策者可以制定针对不同风险源的优先级和控制策略。这可以帮助他们分配资源和采取适当的行动，以降低高风险事件的发生概率或减轻其影响。

(三) 安全风险识别与排名

安全风险识别与排名是煤矿机电设备安全风险评估的关键环节，旨在确定各种风险因素的相对重要性和优先级，以便有针对性地制定风险控制和管理策略。

首先，安全风险识别需要收集和整理关于煤矿机电设备及其操作环境的详细信息。这包括设备类型、规模、使用条件、维护历史、操作规程和员工培训等方面的数据，有助于建立全面的风险背景。然后，通过与专家团队合作，对可能的风险因素进行识别和分类。这些因素可以包括机械故障、电气故障、人为错误、自然灾害等。每个因素都需要评估其潜在的影响和可能性，

以确定其在整体风险中的重要性。再次，会对每个风险因素进行排名，以确定哪些风险因素最紧迫和最严重。这通常是通过综合考虑因素如概率、严重性、可能的后果、历史事故数据等来进行的，有助于将注意力集中在最重要的风险因素上，以便更有针对性地采取措施。最后，安全风险排名的结果可用于制定控制和管理策略。高排名的风险可能需要更紧急的预防性维修措施、培训、设备改进或安全规程的修改，以降低其潜在的影响。低排名的风险则可以在后续计划中处理，以确保资源的有效利用^[1]。

三、煤矿机电设备安全风险的预防性维修策略

(一) 预防性维修的定义和优势

预防性维修是一种关键的机电设备维护策略，其核心在于在设备发生故障之前，根据计划和数据分析来执行预定的维护活动，以确保设备保持高效、可靠的运行状态，其所具有的优势如下所示。

首先，预防性维修基于数据和监测，可以帮助预测设备可能出现的问题。通过连续监测设备的性能，收集数据并进行分析，可以及早发现潜在故障的迹象，从而在问题进一步恶化之前采取必要的维护措施。这不仅可以降低突发故障的发生率，还有助于减少维修成本，因为问题可以在其扩大之前解决。其次，预防性维修是一种计划性的维护方法，维护活动在预定的时间表上进行，而不是在设备出现紧急故障时临时安排。这意味着维修团队可以更好地安排工作，避免了突发维修对生产计划的干扰。此外，由于维护活动是计划的，可以更好地控制资源和材料的供应，提高了效率。第三，预防性维修有助于延长机电设备的使用寿命。通过定期更换磨损严重的部件，修复潜在故障源，设备的寿命可以得到显著延长。这意味着企业可以减少设备的更换频率，降低了替代设备的成本。这有助于提高生产效率，减少了生产损失，为企业创造了更多的经济价值。

(二) 维修策略的制定

(1) 定期维护

定期维护是根据设备的使用寿命和生产环境的要求，制定固定的维护计划和周期，按照这一计划定期对设备进行检查、保养和维修。这种维护策略基于对设备的历史数据、制造商的建议、操作经验以及监测数据的分析，以确定维护的时间间隔和具体的维护任务。

在定期维护中，首先需要建立详细的维护计划，确定维护的频率和维护项目。这通常涉及对设备的各个部件、系统和功能进行全面的评估和分类，以确定哪些部分需要更频繁的维护，哪些可以较长时间不需要维护。维护计划还需要考虑到设备的关键性，即哪些部件对于设备的性能和安全的至关重要，需要更频繁的检查 and 保养。其次，在制定定期维护策略时，还需要明确维护的具体内容和维护任务。这包括检查设备的状态，更换磨

损严重的零部件,进行润滑和清洁,校准仪表,检查电气系统,以及进行性能测试等。这些任务的具体内容将根据设备的类型和用途而有所不同。最后,定期维护还需要建立详细的记录和文档,以便跟踪和管理维护活动的执行情况。这些记录可以包括维护日期、维护人员、维护任务的执行情况、曾经发现的问题以及采取的措施。这些记录对于追踪设备的维护历史、识别潜在问题以及制定未来维护计划都至关重要。

(2) 条件维护

条件维护是一种基于设备实际运行状态的维护策略,通过实时监测和评估煤矿机电设备的工作条件,以便根据实际需要来执行维护任务。这种方法旨在最大限度地利用设备的寿命,减少计划外的停机和维修。

在条件维护中,首先需要确定监测的关键参数和性能指标,这些参数通常包括温度、压力、振动、噪音、电流、电压等与设备运行状态密切相关的数据。这些数据可以通过传感器和监测系统实时采集,然后与设备的正常工作范围进行比较和分析。其次,根据监测数据的分析结果,制定维修决策,包括确定维修的时机和具体的维修任务。条件维护策略的优势在于它可以减少不必要的维护工作和停机时间,同时提高了设备的可靠性和性能。它还有助于延长设备的使用寿命,减少维修成本,并最大限度地提高生产效率^[2]。

(三) 预防性维修计划的制定和实施

预防性维修计划的制定和实施是确保机电设备安全性和可靠性的关键,其涵盖了根据设备的特点和工作环境制定详细的维修计划,以便及时发现和解决潜在问题,从而避免设备故障和维修带来的生产中断。

首先,制定预防性维修计划需要对机电设备进行全面的评估和分析。这包括了解设备的工作原理、关键部件和系统,以及设备在工作过程中可能受到的各种应力和环境因素。通过定期的检查和监测,可以收集设备的性能数据和健康状况,识别设备的潜在问题和劣化趋势。其次,在制定计划时,需要明确定义维修的频率和内容。这可以根据设备的使用频率、工作负荷、关键部件的耐用性等因素来确定。例如,对于高度耗损的部件,可能需要更频繁的维护和更换;对于不易受损的部件,可以延长维护周期。此外,还需要制定维修的具体步骤和方法,包括维护人员的培训和操作流程的制定。最后,实施预防性维修计划需要有组织地进行计划内维护和检查。这包括定期的设备维护、润滑、清洁、紧固和校准等操作。维护人员应按照计划执行维修任务,记录下维护的详细信息,包括维修日期、维修内容、维修人员等信息。这些记录可以用于跟踪设备的维护历史和性能变化,帮助及时发现问题和改进维护计划^[3]。

四、煤矿机电设备预防性维修实施过程中的挑战与对策

(一) 维修成本与资源管理

首先,预防性维修需要定期进行设备检查、性能测试和数据分析,这需要专业的人力资源来执行这些任务。企业需要确保拥有足够的维护团队,包括工程师、技术人员和操作人员,以确保维修工作能够按计划 and 标准进行。其次,维修成本包括设备维护和修复所需的材料和零部件成本。企业需要合理规划和管理零部件库存,以确保所需的备件和材料能够及时供应,同时避免不必要的库存浪费。最后,预防性维修还需要投入先进的监测和分析设备,以确保数据的准确性和可靠性,这些设备的采购和维护也需要资金支持^[4]。

(二) 设备监测与数据采集

首先,设备监测需要使用各种传感器和监测设备来采集数据,这些设备的选择和部署需要谨慎考虑。不同类型的设备可能需要不同类型的传感器和监测系统,而且这些设备的成本和性能也各不相同。企业需要根据设备的特点和需求来选择合适的监测设备,并确保其能够可靠地采集数据。其次,数据采集涉及大量的数据处理和分析工作。监测设备生成的数据量可能很大,如何有效地存储、处理和分析这些数据是一个挑战。企业需要建立适当的数据存储和管理系统,同时也需要使用先进的数据分析工具和算法,以便从数据中提取有用的信息并进行预测性维修。最后,设备监测还需要建立合适的数据传输和通信系统,以确保监测数据能够及时传输到维护团队或管理人员的手中。这可能涉及网络和通信设备的部署,以确保数据的及时性和可靠性^[5]。

五、结语

综上所述,煤矿机电设备安全风险评估与预防性维修策略是确保煤矿生产安全和可持续发展的重要手段。通过科学的风险评估、合理的维修策略制定和持续的改进,矿山企业可以在提高生产效率的同时,保障员工的安全,实现煤炭资源的有效开采和利用,为矿山行业的可持续发展作出贡献。

参考文献

- [1] 姚创业. 煤矿安全生产机电事故风险管理体系建设研究[J]. 矿业装备, 2021, (03): 128-129.
- [2] 郑万波, 胡运兵, 王璇, 等. 煤矿安全生产机电事故风险管理体系在南桐矿的应用[J]. 能源与环保, 2019, 41 (02): 1-7+13.
- [3] 郑万波, 胡千庭, 吴燕清, 等. 煤矿安全生产机电事故风险管理体系在东林煤矿的应用[J]. 能源与环保, 2018, 40 (01): 1-8.
- [4] 张学锋. 风险预控管理体系在煤矿机电安全管理中的运用[J]. 山东煤炭科技, 2016, (12): 129-130+133.
- [5] 杨云霞. 煤矿机电设备安全风险评价模型设计[J]. 轻工科技, 2014, 30 (09): 101-102+153.