

露天煤矿排土场排水系统机电设备优化与管理

刘江 王强 蒲应录

新疆雪峰爆破工程有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]露天煤矿排土场的排水系统在保障矿区安全和环境保护中起着重要作用。目前,许多矿区排水系统存在设备老化、设计不合理、效率低下等问题,特别是在极端天气条件下,排水系统容易出现故障,影响矿区的安全生产。为了提高排水系统的效率和可靠性,需要对机电设备进行优化,并引入智能监控和节能技术。优化排水系统的设计和管理不仅能提高工作效率,降低能耗,还能减少环境污染,确保矿区的长期稳定运行。

[关键词]露天煤矿排土场;排水系统;机电设备;优化策略

DOI: 10.33142/ec.v8i5.16648

中图分类号: TD235

文献标识码: A

Optimization and Management of Mechanical and Electrical Equipment for Drainage System in Open-pit Coal Mine Soil Disposal Site

LIU Jiang, WANG Qiang, PU Yinglu

Xinjiang Xuefeng Blasting Engineering Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: The drainage system of the open-pit coal mine dump plays an important role in ensuring the safety and environmental protection of the mining area. At present, many drainage systems in mining areas have problems such as equipment aging, unreasonable design, and low efficiency, especially under extreme weather conditions, drainage systems are prone to malfunction, which affects the safety production of mining areas. In order to improve the efficiency and reliability of the drainage system, it is necessary to optimize the electromechanical equipment and introduce intelligent monitoring and energy-saving technologies. Optimizing the design and management of drainage systems can not only improve work efficiency and reduce energy consumption, but also reduce environmental pollution and ensure the long-term stable operation of mining areas.

Keywords: open-pit coal mine waste dump; drainage system; mechanical and electrical equipment; optimization strategy

引言

露天煤矿排土场的排水系统对于矿山生产至关重要,直接影响矿区的安全、环境保护以及生产效率。随着煤矿开采规模的不断扩大,以及排土场数量的日益增多,排水系统面临的挑战变得愈加复杂。降水量的变化、地形条件以及土壤渗透性的差异,使得排水系统的设计及机电设备的运行要求更加精细与高效。若排水系统的设计存在缺陷,或机电设备的运行效率不高,可能导致水土流失、滑坡、塌方等严重安全隐患的发生,甚至影响矿区的生产进度和经济效益。因此,排水系统的优化设计,机电设备运行效率的提高,以及排水系统的安全与稳定的保障,已成为露天煤矿排水管理的核心问题。随着科技的不断进步,现代机电设备和智能控制系统为排水系统的优化提供了新的可能性。通过采用高效的泵站、自动化监控系统以及节能技术,排水效率能够得到提升,能耗降低,设备故障率和维护成本也得以减少。本文旨在探讨露天煤矿排土场排水系统中机电设备的优化与管理,分析现有问题并提出改进措施,以进一步提升排水系统的安全性、稳定性与环保性,为煤矿行业提供可行的解决方案与实践指导。

1 常用关键治理技术

1.1 泥沙控制与防御技术

泥沙控制与防御技术在露天煤矿排水系统中的重要

性不可忽视。在矿区的开采过程中,大量土壤与岩石常常受到松动,尤其是在暴雨等极端天气条件下,泥沙极易被冲刷进入排水系统,导致排水通道的堵塞,甚至对矿区的生态环境及水质造成影响。为了有效控制泥沙流失,通常会采取多种技术手段。在矿区周围设置沉淀池,可以有效降低水流速度,促进泥沙的沉降,从而防止泥沙进入下游水体。同时,排水沟和截流沟的设置,有助于引导雨水流向安全排放区域,减少水流对矿区坡面的侵蚀。此外,坡面上的生态防护措施,如植被覆盖或草皮种植,也能够提高坡面的稳定性,进而减少泥沙的流失。

1.2 人工防、排水系统构建技术

在工业场地的所有边坡下部及道路两侧,应设置排水沟。对于边坡长度超过 60m 的情况,每隔 15~20m 便在边坡上挖设一个深度为 0.25~0.40m 的渗水沟,用于收集大气降水,并将其排放至公路或铁路桥涵出口处。道路建设应遵循保持自然水势的原则。当有沟渠存在时,应设立桥梁或涵洞;对于高度大于 4.0m 的路堤边坡直线段,应将挡水带布置在曲线的超高位置,并通过斜坡收集槽收集道路上的地表径流。为防止泥沙外泄,应在雨水排放口设置沉淀池,并从顶部平台起,沿自卸道路边缘自上而下修建排水渠。排水通道的布置应包括垂直与水平布局,以有

收集雨水并防止坡面侵蚀。截流沟、排水沟、汇流槽及沉淀池均采用浆砌石进行护砌保护。截流沟与排水沟的截面设计为梯形，渠道的水深通过明渠均匀流动公式计算。考虑到超高后的因素，渠道的平均流量具有较高的安全性。

1.3 坡面生态综合防护技术

坡面生态综合防护技术在露天煤矿排水系统中扮演着至关重要的作用，其目的是通过改善和修复坡面生态环境，减少水土流失，保障矿区水土资源的可持续利用。在矿区开采过程中，暴露的坡面极易遭受雨水的侵蚀，造成泥沙的流失并破坏生态平衡。为了解决这一问题，坡面生态综合防护技术结合了多种方法，以实现有效保护。包括植被恢复、土壤固化、坡面覆盖以及生态屏障的构建等防护措施，都被广泛应用。作为常见的防护手段，植被恢复通过种植本地适应性强的植物，增强坡面的稳定性，减缓水流速度，从而减少雨水对坡面的侵蚀。此外，草毯、人工草皮、纤维网等坡面覆盖材料，被用来有效防止水流直接冲刷坡面，保护土壤免受侵蚀^[1]。通过科学设计坡面结构并实施复垦措施，生态环境能够得到改善，水土保持能力也随之提高，进而实现防范滑坡、泥石流等自然灾害的目标。

2 露天煤矿排水系统存在的问题分析

2.1 排水系统设计与设备选型问题

露天煤矿排水系统的设计与设备选型存在一些问题，主要体现在排水系统布局的不合理以及设备选型未能完全满足矿区的实际需求。一些排水系统的设计未能充分考虑矿区的地形特征、气候条件及降水模式，致使排水管道布局不合理，难以应对突发暴雨或持续降水的挑战，进而引发排水不畅，影响矿区的生产安全。排水设备选型方面，也存在与实际需求不匹配的情况，部分设备排水能力不足，无法应对大规模降水，从而导致排水延迟或不足，最终可能引发水土流失或水灾。尽管某些设备具备较高的技术性能，但由于安装位置不合理或缺乏有效的维护管理，其作用未能得到充分发挥。

2.2 机电设备的运行与维护问题

露天煤矿排水系统中的机电设备在运行与维护过程中面临诸多问题，主要表现为设备运行效率低、故障频发以及维护管理不到位。许多机电设备在矿区的高强度、恶劣环境下运行，容易出现过早磨损或故障，导致排水功能无法正常发挥，尤其在长时间使用后，设备的老化问题愈加突出。此外，矿区的设备维护管理体系并不健全，定期检查与维护工作存在漏洞，许多潜在问题未能及时发现并解决，从而增加了设备故障发生的频率。机电设备的运行与维护，也受到操作人员素质与技能水平的影响，部分操作人员缺乏系统的设备维护培训，导致设备在运行过程中无法达到最佳性能，进一步影响了排水系统的稳定性与安全性。

2.3 排水系统的环境适应性与效能问题

露天煤矿排水系统的环境适应性与效能问题，是决定其正常运行与长期稳定性的关键因素之一。在煤矿开采过

程中，矿区地形地貌的复杂性对排水系统的设计与布局提出了严峻挑战。矿区通常存在较大的地形起伏，这使得排水系统的设计未必能够完全适应这些变化的环境条件，导致在遭遇突发降水或持续性大雨时，排水效率降低，甚至可能出现溢流或积水现象。此外，矿区的水文条件差异较大，地下水位的波动、复杂的地质结构以及降水量的不可预测性，都在限制排水系统效能的发挥^[2]。尤其在雨季或汛期，排水系统需要应对大量的地表水和地下水，这对现有系统的排水能力提出了更高的要求。长期以来，部分排水设施未能根据矿区环境的变化进行及时的调整与优化，导致系统在高负荷运行时效率降低，进而增加了排水系统的运行压力。排水系统对周围环境的适应性较差，尤其在生态保护与污染控制方面，未能有效处理可能出现的污染水体排放问题，从而对矿区的生态环境及周围水体构成了潜在威胁。

2.4 安全管理与监控问题

露天煤矿排水系统的安全管理与监控问题，直接影响矿区的作业安全及环境保护。目前，许多排水系统在安全管理方面存在薄弱环节，缺乏有效的监控与预警机制。排水设备的运行状态未能实现实时监控，导致设备故障或排水效率下降时，无法迅速被发现并处理。在长期使用过程中，排水系统中的管道、泵站等设施容易出现堵塞、破损或老化等问题，由于缺乏有效的监测，这些问题可能在关键时刻未能及时修复，进而影响系统的正常运行，增加洪水或积水的风险。此外，安全管理机制的不完善，使得排水系统的维护与操作缺乏规范化管理。矿区排水系统的操作人员在培训与应急处置能力方面存在不足，面对突发的极端天气或设备故障时，疏漏往往容易发生。监控系统的覆盖面与灵敏度不足，使得排水系统的各个关键环节难以全面监控，尤其在恶劣天气下，无法迅速做出响应，从而给煤矿的安全生产带来了较大的风险。

3 排水系统机电设备的优化策略

3.1 优化排水泵与管道系统的设计

优化排水泵与管道系统的设计，对于提升露天煤矿排水系统的效能与运行稳定性至关重要。排水泵类型与规格的合理选择，是确保系统高效运行的核心。在选型时，矿区的排水需求、排水量及地形地貌等因素应被充分考虑，确保所选排水泵与实际情况相适应，并在设计过程中综合考虑扬程、流量与能效比等参数，从而避免过载或能效不足的问题，提高系统的经济性与稳定性。管道系统的设计上，流体力学原理必须被遵循，管道布局应合理安排，尽量减少弯头与管道阻力，以降低能量损耗，减轻泵站的工作负担。管道材料的选择，也需根据矿区的环境特点，如腐蚀性、温度变化，选用耐腐蚀、耐久性强的材料，如不锈钢或高密度聚乙烯，以延长管道的使用寿命，并提高系统的可靠性。此外，管道坡度的设计同样至关重要，应结合矿区地势进行优化，确保水流畅通，避免因坡度设计不当而导致排水不畅或管道积水现象的发生。

3.2 提升机电设备的能源利用效率

提高机电设备能源利用效率,是优化露天煤矿排水系统的关键策略之一。通过合理选用高效节能设备,能源消耗能够有效降低。例如,具备较高能效比的排水泵、风机及电动机等设备的选择,不仅能显著提升排水系统的整体性能,还能减少能源浪费。设备选型时,设备的运行功率、效率曲线及负荷变化情况必须被考虑,确保设备在实际运行中始终保持最佳工作状态。此外,变频驱动技术(VFD)能够根据实际水位及流量需求调整设备的运行速度,从而避免设备在不需全负荷运行时的过度能耗,进而提升能源使用效率。定期维护与保养设备,也是提高能源效率的重要环节^[3]。由于污泥、沉积物堆积或设备磨损,排水泵和管道的阻力可能增大,这会导致能耗的增加。定期检查和保养设备,能够保持其良好状态,进一步提高能源利用率。

3.3 自动化与智能化技术在排水系统中的应用

在排水系统中引入自动化与智能化技术,有助于显著提高运行效率及管理水平。通过采用自动化控制系统,排水设备可以实现远程监控与智能调度,减少人工干预并降低人为操作失误的风险。例如,自动化控制系统能够根据实时水位数据自动调节泵的启停,从而避免因人工操作延误导致的排水不畅或设备过载。结合智能传感器技术,系统可以实时监控水位、流量、压力等关键参数,并将这些数据传输至中央控制平台,进行远程分析与处理。通过这些数据,不仅有助于预测设备运行状态,还能及时发现潜在故障问题,从而实现预防性维护或设备更换,减少突发故障及停机时间。此外,智能化排水系统能够根据外部环境因素,如天气预报与降雨量,自动调整工作状态,以应对不同的排水需求。例如,暴雨前可能出现的积水量,系统可以通过智能算法进行预测提前增加排水能力,从而有效防止矿区发生积水灾害。

3.4 排水系统的节能降耗策略

优化排水系统的节能策略,是提高其运行效率并减少能源消耗的重要方法。在露天煤矿的排水系统中,泵站、管道及其他机电设备往往是主要的能耗源。通过优化这些设备的运行方式与技术参数,显著的节能减排效果得以实现。高效的排水泵与电机设备的选择,并对其工作参数进行精确调整,能有效降低能源消耗。例如,变频驱动技术(VFD)能够根据水位变化自动调节泵的转速,避免不必要的能量浪费。此外,通过合理设计管道布局与优化管道直径,摩擦损失得以减少,水流效率得到提升,从而降低整体系统能耗。定期进行系统维护与检修,确保泵站与管道无泄漏或堵塞,也能够有效避免设备故障或性能下降引发的能量浪费。智能监控系统的引入,结合数据采集与分析功能,能够实时调整设备运行模式。在排水需求较低或干旱季节时,设备运行频率可自动降低,从而减少不必要的电力消耗。为了进一步降低对传统电力的依赖,太阳能等可再生能

源被用于为排水系统供电,尤其在能源受限或环保要求严格的环境中,碳排放得以有效减少,系统总体能耗也被降低。

3.5 环境保护与排水系统的协调发展

排水系统与环境保护的协调发展,是实现可持续目标的关键。在露天煤矿的排水系统中,不仅需有效处理矿区水资源、防止水土流失与污染,还需要在设计及运行阶段充分考虑其对环境的影响。应避免排水系统设计中将污水直接排放到周围水体,从而确保排放水质符合环保标准,减少有害物质的外泄。为此,沉淀池、过滤系统以及水质监测设施可被设置,以确保排水过程中水质得到净化,最大限度地降低矿区对生态环境的负面影响。排水设施的建设应还综合考虑生态恢复的需求,避免对周围生态系统的破坏。例如,在排水沟渠设计中,破坏植物与动物栖息地应避免,通过使用生态友好的护坡措施以及植被恢复技术,促进矿区及其周边环境的生态修复^[4]。此外,水流路径及排放方式的优化应在排水系统中进行,以降低土壤侵蚀风险,减少洪涝灾害的发生,并避免排水渠道的过度开挖对生态环境造成不必要的损害。在运营阶段,排水系统应尽量减少对周围环境的干扰,低噪音、低污染的设备应选用,同时定期进行环保监测,确保噪声、废气及振动的影响降至最低,从而保护周围生物与居民的生活环境。

4 结语

露天煤矿排土场的排水系统在保障矿区安全生产与环境保护方面,起着至关重要的作用。通过优化机电设备的设计与管理,排水效率可被有效提升,能耗得以降低,同时对环境的负面影响也可减少。本文对现有排水系统中的主要问题进行了深入分析,并提出了若干优化策略,包括提升设备的能源利用效率、引入自动化技术、加强系统安全性等。这些措施不仅能够提高排水系统的运行性能,而且还促进矿区的可持续发展。随着科技的不断进步,未来的排水系统将朝着更智能、更环保的方向发展,并为煤矿行业的安全生产与环境保护作出更大贡献。期望本研究能为矿山企业在排水系统优化与管理方面提供宝贵的参考,从而推动煤矿行业的绿色发展与高效运营。

[参考文献]

- [1]陈诗.露天煤矿矿区排土场治理关键技术应用措施研究[J].地下水,2019,41(6):170-171.
- [2]王明辉.提高露天煤矿排土场有效容积率的关键技术研究[J].内蒙古煤炭经济,2024(24):55-57.
- [3]李双,仲召林.提高露天煤矿排土场有效容积率的关键技术研究[J].自动化应用,2023,64(18):134-136.
- [4]张镭,王勇.某露天煤矿残余水治理排水管涵方案比选[J].露天采矿技术,2019,34(4):74-77.

作者简介:刘江(1988.2—),毕业院校:陕西科技大学,所学专业:机电一体化,当前就职单位:新疆雪峰爆破工程有限公司,职称级别:助理工程师。