

煤矿智能化变电站系统的性能评估与优化策略

白海娟

陕西华电榆横煤电有限责任公司 陕西 榆林 719000

摘要：煤矿智能化变电站系统的性能评估与优化策略是提升煤矿供电系统安全性、可靠性和效率的关键。通过深入分析煤矿供电系统现状，本文探讨了智能变电站系统的性能评估方法，包括可靠性评估、经济性评估等，并提出了优化策略，如智能感知与监测技术应用、大数据分析处理、云计算与边缘计算、人工智能与机器学习、一次设备优化配置等。同时，强调了安全防护在优化策略中的重要性，并展望了未来发展趋势。

关键词：煤矿智能化变电站；性能评估；优化策略；智能感知；安全防护

1 引言

随着科技的飞速发展，智能化技术已经渗透到各个行业，煤矿行业也不例外。煤矿智能化变电站系统作为煤矿供电系统的核心组成部分，其性能直接影响到煤矿生产的安全性和效率。因此，对煤矿智能化变电站系统的性能进行评估与优化，对于提升煤矿整体运营水平具有重要意义。

2 煤矿智能化变电站系统的性能评估

2.1 可靠性评估

可靠性是评估煤矿智能化变电站系统性能的重要指标之一。可以采用故障模式与影响分析（FMEA）等方法，从各个设备元件内部功能模块故障出发，自下而上逐级递推到变电站自动化系统失效，系统地梳理出变电站自动化系统故障模式。这种方法不易产生疏漏，且思路与结论直观清晰。例如，对于变压器的可靠性评估，可以分析其绕组、铁芯、绝缘等各个部分的故障模式，以及这些故障对变压器整体运行的影响。此外，还可以利用蒙特卡罗法（Monte Carlo, MC）等基于概率统计的数值计算方法，对变电站自动化系统的可靠性进行评估。通过抽样调查法求取统计值来推定未知特性量，从而更准确地评估系统的可靠性。例如，通过模拟不同工况下变电站系统的运行状态，统计故障发生的概率和频率，进而评估系统的可靠性水平。

2.2 经济性评估

经济性评估是考虑煤矿智能化变电站系统长期运营成本的重要因素。这包括对设备的初始采购成本、运行维护费用、以及潜在的故障和停机造成的经济损失进行全面的经济评估。在进行经济性评估时，通常会使用净现值（NPV）、内部收益率（IRR）和回收期等财务指标来评估不同配置方案的经济效益。例如，对于不同的变压器选型方案，可以通过计算其初始投资、每年的运行

维护费用以及因故障停机造成的损失等，来比较不同方案的经济性^[1]。同时，还需要考虑到电力市场的波动性，以及配置优化策略应具备一定的灵活性，以应对市场价格变化、政策调整和技术进步等外部因素。例如，当电力市场价格波动较大时，变电站系统应能够根据市场价格的变化调整运行策略，以降低运营成本。

2.3 功能性评估

功能性评估主要关注煤矿智能化变电站系统是否能够满足煤矿生产对供电系统的各种需求。这包括数据采集与处理、控制操作、显示打印、防误操作及操作票系统、故障数据分析、电压无功控制、小电流接地选线、系统自诊断与自恢复、双机双以太网冗余、时钟同步、远动功能、与其他系统和第三方设备接口、用户权限管理、远程监视和维护以及全系列保护等功能。例如，在数据采集与处理方面，系统应能够实时、准确地采集变电站内各种设备的运行数据，如电压、电流、功率、温度等，并对这些数据进行处理和分析，为运行人员提供决策支持。在控制操作方面，系统应能够实现远程控制和本地控制，方便运行人员对设备进行操作和管理。在故障数据分析方面，系统应能够对故障数据进行深入挖掘和分析，找出故障的原因和规律，为设备的维护和检修提供依据。

2.4 安全性评估

安全性评估是煤矿智能化变电站系统性能评估中不可或缺的一环。由于智能变电站系统具有高度集成化、网络化和智能化的特点，因此面临着诸多安全挑战。安全性评估应关注系统的网络安全、设备安全以及数据安全等方面。例如，评估系统是否采用了有效的安全防护措施，如认证、加密、授权机制等，以确保网络通信的安全性。在认证方面，系统应能够对通信双方的身份进行验证，防止非法用户接入系统。在加密方面，系统

应能够对通信数据进行加密处理,防止数据被窃取和篡改。在授权方面,系统应能够严格控制用户对设备和系统的访问权限,防止用户越权操作。评估系统是否具备抵御未知威胁的能力,如电力监控主机是否采用了安全防护软件等。电力监控主机作为变电站系统的核心控制设备,其安全性至关重要。采用安全防护软件可以实时监测和防范各种网络攻击,如病毒、木马、恶意软件等。评估系统是否建立了完善的安全配置基线,以确保设备的安全防护水平一致等。安全配置基线是对设备的安全参数进行统一设置的标准,通过建立安全配置基线,可以确保所有设备的安全防护水平达到一致,避免因设备安全配置不一致而导致的安全漏洞。

3 煤矿智能化变电站系统的优化策略

3.1 智能感知与监测技术应用

智能感知与监测技术是提升煤矿智能化变电站系统性能的关键技术之一。通过在供电系统中布置各类传感器和监测设备,如电压电流传感器、温度传感器等,可以实时获取供电设备的运行数据,如电压、电流、功率、温度等。这些数据为智能化决策提供了数据支持,有助于及时发现设备的异常状态并采取相应的措施进行处理。例如,在煤矿智能化变电站系统中安装智能传感器,可以实时监测变压器的油温、油位、绕组温度等关键参数^[2]。一旦发现异常,系统可以立即发出警报并通知运维人员进行处理,从而避免设备故障对煤矿生产造成影响。同时,这些传感器还可以将数据上传到监控中心,通过数据分析和处理,实现对设备的远程监控和管理。

3.2 大数据分析与管理技术

大数据分析与管理技术是挖掘煤矿智能化变电站系统运行规律、预测潜在故障风险的重要手段。利用大数据技术对采集到的供电系统运行数据进行处理和分析,可以挖掘出数据中的有价值信息,为优化供电系统提供依据。例如,通过对历史数据的分析,可以发现供电系统在不同时间段、不同负荷条件下的运行规律。基于这些规律,可以预测未来一段时间内供电系统的运行状态,并提前采取相应的措施进行调整和优化。此外,还可以利用大数据技术对供电效率进行优化,提出合理的能源管理策略,降低能耗,提高经济效益。例如,通过分析设备的能耗数据,找出能耗较高的设备和环节,采取针对性的措施进行节能改造。

3.3 云计算与边缘计算技术

云计算与边缘计算技术可以实现煤矿智能化变电站系统数据的远程存储和计算,提高数据处理速度和效率。通过云计算技术,可以将大量的供电系统运行数据

上传到云端进行存储和分析。而边缘计算技术则可以在本地对数据进行预处理和分析,减少数据传输的延迟和带宽占用。例如,在煤矿智能化变电站系统中部署边缘计算网关,可以对采集到的数据进行实时处理和分析。当发现异常数据时,边缘计算网关可以立即将异常数据上传到云端进行进一步的分析和处理。同时,云端也可以将分析结果反馈给边缘计算网关,以便本地运维人员及时采取措施进行处理。此外,云计算还可以提供强大的计算能力和存储能力,支持大规模的数据分析和处理任务。

3.4 人工智能与机器学习技术

人工智能与机器学习技术可以对煤矿智能化变电站系统的运行状态进行智能识别和预测,实现自动化控制和优化。通过利用这些技术,可以建立供电系统的智能诊断模型,对设备的运行状态进行实时监测和预测。例如,利用机器学习算法对供电系统的历史数据进行训练,可以建立设备的故障预测模型。当设备的运行数据出现异常时,模型可以预测设备是否即将发生故障,并提前发出警报^[3]。此外,还可以利用人工智能技术对供电系统进行自动化控制,如自动调节设备运行参数、优化供电方案等,以提高供电系统的稳定性和效率。例如,通过智能算法根据负荷变化自动调节变压器的输出电压,保证供电质量。

3.5 一次设备优化配置

一次设备作为煤矿智能化变电站系统的核心组成部分,其配置的优化直接影响到系统的运行效率和安全性。基于负荷预测、可靠性评估与经济性分析,可以提出一次设备的优化配置策略。例如,通过负荷预测可以了解未来一段时间内煤矿的用电需求,从而合理安排一次设备的容量和布局。如果预测到未来某段时间内煤矿的用电负荷将大幅增加,就可以提前考虑增加变压器的容量或增加新的供电线路。通过可靠性评估可以确定哪些设备需要优先升级或更换,以提高系统的可靠性。如果某台设备的故障率较高,且对系统的影响较大,就可以考虑对其进行升级或更换。通过经济性分析可以选择性价比最高的设备配置方案,降低运营成本。例如,在选择变压器时,不仅要考虑其价格,还要考虑其运行效率、维护成本等因素,选择综合成本最低的方案。具体来说,对于变压器等关键设备,可以选择具有高效节能、智能化控制等特点的新型设备。这些设备采用了先进的技术和材料,能够提高能源转换效率,降低能耗,并且具备智能化的控制功能,方便运行管理。对于断路器开关设备,可以选择具有快速响应、高可靠性等特

点的设备。在煤矿供电系统中,开关设备的可靠性至关重要,快速响应的开关设备能够在故障发生时迅速切断电路,减少故障对系统的影响。同时,还可以考虑采用冗余配置等方式提高系统的可靠性。例如,采用双电源供电、双变压器并列运行等方式,当一台设备出现故障时,另一台设备能够继续供电,保证煤矿生产的正常进行。

3.6 安全防护优化

针对煤矿智能化变电站系统面临的安全挑战,需要采取一系列安全防护优化措施。(1)完善IEC-61850规约:增加认证、加密、授权机制,确保网络通信的安全性。可以借鉴其他成熟的通信规约的安全机制,结合智能变电站的特点进行改进。例如,采用数字证书认证技术,对通信双方进行身份验证,只有经过认证的用户才能接入系统。使用加密算法对通信数据进行加密,防止数据被窃取和篡改。建立授权机制,严格控制用户对设备和系统的访问权限,确保用户只能访问其授权范围内的资源。(2)加强网络安全审计和异常流量检测:在站控层和过程层网络中增加安全审计和异常流量检测机制,及时发现和应对网络异常情况。可以采用入侵检测系统(IDS)、入侵防御系统(IPS)等安全设备对网络流量进行实时监测和分析。一旦发现异常流量或入侵行为,系统可以立即发出警报并采取相应的措施进行处理,如阻断网络连接、记录入侵行为等^[4]。(3)提高电力监控主机的安全防护能力:加强电力监控主机的安全防护能力,抵御未知威胁。可以采用主机安全防护软件,对主机进行实时监控和防护,防止病毒、恶意软件等的入侵。同时,还可以定期对主机进行安全检查和更新,确保其安全防护水平符合最新的安全要求。例如,及时更新操作系统的安全补丁,安装最新的杀毒软件和防火墙等。(4)建立安全配置基线:建立路由器、交

换机以及主机设备的安全配置基线,规范设备的安全配置。可以制定安全配置标准,对设备的安全参数进行统一设置,确保设备的安全防护水平一致。同时,定期对设备的安全配置进行检查和更新,确保设备的安全配置符合最新的安全要求。例如,对路由器的访问控制列表进行定期检查,确保其设置合理,防止非法访问。

结语

煤矿智能化变电站系统的性能评估与优化策略是提升煤矿供电系统安全性、可靠性和效率的重要途径。通过智能感知与监测技术、大数据分析处理技术、云计算与边缘计算技术、人工智能与机器学习技术以及一次设备优化配置等优化策略的实施,可以显著提升煤矿智能化变电站系统的性能。同时,安全防护优化也是确保系统稳定运行的重要保障。

展望未来,随着科技的不断发展,煤矿智能化变电站系统将迎来更多的创新和发展机遇。例如,可以进一步探索新能源技术在煤矿供电系统中的应用,如太阳能、风能等可再生能源的接入,实现煤矿供电的多元化和可持续发展。可以加强与其他行业的智能化技术融合,如与物联网、5G通信等技术的结合,提高煤矿智能化变电站系统的智能化水平和通信能力。

参考文献

- [1]马薇.智能化变电站在寺河煤矿中的实践应用[J].山东煤炭科技,2019,(03):197-198+201+206.
- [2]张书翰.淮南潘二煤矿110kV变电站智能化改造设计[D].合肥工业大学,2020.
- [3]李媛媛,马庆银.露天煤矿厢式变电站智能化改造实践[J].电力设备管理,2024,(16):175-177.
- [4]王磊.煤矿变电站智能监控系统设计与实现[J].江西煤炭科技,2023,(04):227-229.