

5G通信在变电设备远程运维中的应用场景探索

肖 璐 刘明真

国网湖北省电力有限公司超高压公司 湖北武汉 430000

摘 要：随着电力系统的不断发展，变电设备的规模和复杂度日益增加，传统的运维模式已难以满足高效、可靠的运维需求。5G通信技术以其高速率、低时延、大连接等显著特点，为变电设备的远程运维提供了新的解决方案。本文首先对5G通信技术的特点和网络架构进行概述，接着分析变电设备传统运维模式存在的问题以及远程运维的需求，探讨5G通信对变电设备远程运维的适应性。在此基础上，详细阐述5G通信在变电设备远程运维中的具体应用场景，包括远程监控与控制、实时数据传输与分析、智能巡检与故障诊断、远程协助与应急处理等。最后得出结论，5G通信技术将为变电设备远程运维带来革命性的变革，提升运维效率和可靠性。

关键词：5G通信；变电设备；远程运维；应用场景

引言

在通信技术快速发展的今天，远程运维已经逐步成为变电设备运行维护中的一个重要方向。5G通信技术是下一代移动通信技术中具有高速率、低时延和大连接的显著特征，可为变电设备远程运维工作提供有力技术支持。通过5G通信网络，运维人员能够实时采集变电设备运行状况信息，从而达到远程监测与控制设备、及时发现并处理设备故障、提高运维效率与可靠性等目的。因此，对5G通信应用于变电设备远程运维的场景进行探究具有实际意义。

一、5G通信技术概述

1. 5G通信技术的特点

5G通信技术具有高速率、低时延、大连接、频谱效率高、高流量密度等显著特点。其理论峰值下载速度可达20Gbps，用户体验速率达1Gbps，能在几秒钟内下载一部高清电影，可满足高清视频、虚拟现实等大数据量传输需求，为大数据、云计算等领域带来巨大发展空间。空中接口时延低至1ms，适合自动驾驶、远程医疗等需实时交互的应用，能有效降低延迟和提高数据传输速率，响应时间从4G的平均50毫秒降低到1-2毫秒。具备百万连接/平方公里的设备连接能力，支持百亿甚至千亿级数据的海量传感器接入，满足物联网通信需求，设备连接量将数十倍于4G网络。频谱效率比LTE提升3倍以上，可提供更好的网络覆盖和用户体验，流量密度达到10Mbps/m²以上，支持高密度的数据传输。

2. 5G通信网络架构

5G通信的网络架构以核心网和接入网为主，各个部分共同工作以保证网络的有效运行。核心网作为5G网络的大脑，担负着数据传输、用户管理、业务控制等重要工作，使用全新架构来支持高数据速率、较小延迟以及更多连接。它的控制面包括AMF和SMF，负责信令的处理；用户面由UPF构成，主要负责数据的传输。这两个平面都可以独立地进行扩展和发展。用户面还可以深入到边缘进行计算，以减少时延，而网络切片技术也是核心网络中具有革命性的一项能力。接入网在用户设备与核心网之间起着桥梁作用，承担着无线信号覆盖与用户接入的任务。5G接入网利用毫米波技术与微基站相结合，毫米波以其高频段、大带宽的特性，能够达到极高的数据速率，有利于提高网络容量与覆盖范围；微基站既可以部署于室内，也可以布设于室外，为网络提供了高速稳定的连接方式。

二、变电设备远程运维的现状与需求

1. 变电设备传统运维模式的问题

变电设备传统运维模式存在诸多问题，严重影响运维效率与电网安全。制度层面，运维管理制度不够健全完善，部分变电站未结合实际制定规范，导致管理不够精细全面。人员操作上，工作流程不规范，传统管控方式任务量大、操作难度高，常出现管理漏洞。设备维护方面，维护检修不到位，很多企业设备维护管理重视不足，维修制度缺乏科学性，维修周期长，难以及时发现并修复设备问题，设备损毁率高；对于零件损毁，因资金缺乏难以及时更换零件。人才储备上，缺乏复合型

运维人才,影响运维工作的专业性与高效性。故障处理方面,从故障发生到确定故障点再到组织抢修耗时久,影响电力供应连续性,且风险预防能力薄弱,给对电力依赖度高的企业带来巨大经济损失。

2. 变电设备远程运维的需求分析

变电设备远程运维的要求是紧迫的,也是多元的。考虑到系统的实时性和准确性,它需要能够实时显示变电站的状况,并迅速应对任何异常情况。这无疑对数据的传输速度、处理能力以及算法的精确度提出了更高的标准,确保运维团队能够及时了解设备的最新动态。在技术整合的过程中,需要融合视频监控、环境监测、设备状态监测和远程控制等多种先进技术,确保各个系统能够无缝对接和高效协作,从而为运维工作提供全方位的信息支持。确保数据的安全性和隐私权是非常关键的。变电站的运行数据涉及到国家的安全和商业机密,因此需要实施严格的加密和访问限制措施,以避免数据的外泄。运维人员的技能转型同样是一种要求,由传统的人工运维向远程运维过渡,其需要掌握全新的技术工具与操作手段。另外,由于变电站数量的增加和分布范围的不断扩大,降低运维成本、提高安全风险防控能力以及通过远程运维等方式来降低人员与高压设备直接接触的概率也是必然要求。

3. 5G通信对变电设备远程运维的适应性

5G通信在变电设备的远程运维中有很高的适应性。它的高速率特性给变电设备运维工作带来了质的跨越,理论峰值下载速度可达到20Gbps,可使海量的设备运行数据、高清视频图像等能在一瞬间传送到运维中心,方便运维人员对设备状态进行及时了解。低时延特性确保远程控制准确、及时,空中接口延迟低至1ms,控制指令可以瞬时传递,避免延迟导致的控制错误,当设备发生故障时可以快速做出反应处理。变电站内的众多传感器和监测设备可以通过大连接特性进行联网,从而实现全面的感知。其参数采集的频率高达1秒/次,没有任何监测盲区,这为设备状态的全方位监控提供了坚实的支持。另外,5G网络高可靠性、频谱效率高等特性保证了复杂环境中通信的稳定性,减少了运维成本,同时也满足了更多设备对通信的要求,对变电设备远程运维工作的有效进行提供坚实的保证。

三、5G通信在变电设备远程运维中的应用场景

1. 远程监控与控制

就变电设备远程运维而言,远程监控和控制是其中极其关键的一环,对电网稳定运行起到强有力的保障作

用。通过将各种传感器、电力仪表以及控制器安装到变电设备中,可以对电压、电流、温度以及其他多种参数以及运行状态的数据进行实时的采集,并且通过通信网络,迅速、精确地向监控中心传送这些信息。监控中心采用先进的数据分析与处理技术深入挖掘与分析这些数据,从而达到远程监控与管理变电设备与系统。

远程监控可以使运维人员能够实时了解设备运行状态并发现异常。比如在设备温度、电压及其他参数超过正常值范围后,该系统可以快速报警并提醒运维人员注意。同时,高清视频监控系统可以借助5G高速率通信能力向运维中心实时发送变电站高清视频图像,运维人员可以直观看到设备外观受损和异常放电情况。

远程控制中,运维人员可以通过运维中心远程控制终端对装置发出控制指令,以实现装置开关分合闸动作、参数设定等功能。5G网络具有低时延特性,保证了控制指令能够及时、准确地传递到设备上,从而避免了由于时延而造成控制误差或者设备故障。当设备出现故障后,运维人员可以快速通过远程控制对故障设备进行断电,避免故障不断扩大,确保电网安全平稳运行。

2. 实时数据传输与分析

变电设备远程运维中,实时数据的传输和分析对确保电网平稳运行具有重要意义。通过将各种传感器安装到变电设备中,可以对电压、电流、温度和湿度等运行参数和设备开关状态、报警信息进行实时数据采集。这些数据借助高速、低延迟的通信链路,如5G网络,实现快速且准确的传输,确保数据实时性,为后续分析提供基础。

访问IoT云平台和建设数据中心可以实现集中存储、高效处理和智能分析数据。数据中心犹如功能强大的“数据大脑”,统一管理并深度挖掘大量实时数据。借助人工智能的各种算法,例如机器学习和深度学习,我们可以对这些数据进行深入的分析和挖掘,从而自动地识别出异常的模式并预测设备可能出现的故障。比如通过分析设备历史运行数据,构建设备故障预测模型来提前预测出设备可能出现故障。在设备运行数据异常情况下,该系统能够快速报警并提醒运维人员注意。

在进行数据分析时,也可以将大数据分析技术与先进可视化工具相结合,把繁杂的数据变成直观的图表、报表等,使运维人员对设备运行状态、趋势等有更加明确的认识。同时根据这些分析结果可以为运维决策提供强有力的支撑,有利于技术人员制定出更加合理的检修计划以保证设备一直都在正常工作。例如,系统在对数

据进行分析迅速确定故障类型之后，给出对应的处理意见，以便运维人员及时采取应对措施，降低因意外停电而带来的经济损失等。

另外，为了保障数据安全，还需要构建多层次安全防护体系，主要有防火墙、入侵检测系统和数据加密存储。对权限进行严格管理，并以角色访问控制为原则，保证仅授权人员才能对敏感数据进行访问。同时实现了端到端数据加密传输，并使用SSL/TLS协议来保证数据传输时的安全。

3. 智能巡检与故障诊断

变电设备远程运维过程中，智能巡检和故障诊断是确保设备平稳运行的关键环节。智能巡检系统利用了各种传感器，包括温度、振动、电流、电压和压力传感器等，能够精确地捕获设备运行过程中的微小变动，确保不遗漏任何可能的隐患。同时，利用自动化采集技术，在无人机和机器人等自动化设备辅助下自动采集巡检数据，减少了人力成本并提高了工作效率。

智能巡检系统中，数据处理层将采集的数据经过处理、分析并保存，从而达到实时监控设备运行状况的目的；在应用层，根据处理过的数据，能够实现设备故障的预警、诊断以及预测性维护。通过对收集到的数据进行一系列处理，如清洗、转化和压缩，不仅提升了数据的质量，还减少了对存储空间的需求，并加速了处理过程。

在故障诊断中，将专家知识库与机器学习算法相结合，实现设备故障的诊断并指导检修工作。该系统还有故障预测的功能，它通过对历史数据及实时监测数据的分析，预测出设备出现故障的时刻，并预先采取防止故障的措施。在设备出现不正常状况的情况下，该系统能够即时作出判断，并向涉及的工作人员发送预警信息，同时还能生成详尽的故障诊断报告，以便为维修人员提供故障诊断和处理的依据，从而提升故障解决的效率。

5G低延迟和高速率的特点进一步提高了数据采集和传输的效率，边缘计算在本地对数据进行预处理和分析以加快故障诊断响应时间；数字孪生建立设备虚拟模型并实时交互映射到物理设备，仿真运行状态和故障场景以帮助更加准确地预测性维护和优化决策，促进智能巡检和故障诊断向着更高的智能化水平发展。

4. 远程协助与应急处理

变电设备远程运行维护中，远程协助及应急处理起到关键作用，大大提高运行维护效率及可靠性。在变电设备发生复杂故障、当地运维人员很难自主解决的情况下，通过禾苗云盾等远程协助软件的帮助，可以实现与

远程专家的有效交流。专家通过该软件远程访问该装置，能获得该装置实时运行数据、故障日志和系统截图等重要信息，对其做出初步判断，从而对现场工作人员做出准确指导，就像专家亲自到现场一样，这大幅度地减少了故障解决所需的时间。

应急处理中，远程协助软件对确保关键业务不间断至关重要。当发生自然灾害和公共卫生事件这类特殊事件时，运维人员并不能及时赶到现场，这时可以借助远程协助紧急操作该装置，例如切断故障设备的电源和调节运行参数，以阻止故障的扩展，确保电网的安全平稳运行。另外，远程协助突破空间壁垒并支持跨地域、跨时区合作，各区域专家可以协同处理突发事件，增强应急处理协同能力与响应速度。

结论

5G通信技术以其高速率、低时延、大连接和高可靠性等突出优点，给变电设备远程运维工作带来革命性变化。在远程监控和控制中，达到对设备运行状况的实时把握和准确操控；实时的数据传输和分析，又使运维人员能够根据大量的数据进行科学的决策；智能巡检和故障诊断，显著提高故障发现和处理效率；远程协助及应急处理对于复杂故障及紧急情况下起到至关重要的作用，确保电网平稳运行。随着5G技术的发展，应用场景不断扩展，它在变电设备远程运维方面的潜能也会进一步被释放出来。在未来，5G通信同人工智能、大数据深度结合，必将促进变电设备远程运维朝着智能化、自动化发展，进一步提升运维效率，降低运维成本，提高电网安全可靠。但是在使用过程中还需要注意网络安全、技术标准等方面，从而保证5G通信能够在变电设备远程运维工作中得到稳定有效的运用。

参考文献

- [1] 张洁. 基于5G通信技术的变电站远程监控与运维方案探索[J]. 通信电源技术, 2024, 41(13): 197-199.
- [2] 周余涵, 王廷凤, 周建勇, 等. 5G终端在远程运维管理中的应用[J]. 电子技术, 2023(7): 184-185.
- [3] 蒋勇, 朱力量. 5G技术在工业物联网中应用研究[J]. 中国新通信, 2023, 25(2): 72-74.
- [4] 陈军伟, 周瑞志, 李恒, 等. 5G无线通信技术在热工设备运维中的应用[J]. 2024(6): 148-149.
- [5] 李永杰, 陆继钊, 吴晨光, 等. 5G技术在UHV换流站中的应用实践[J]. 光通信研究, 2024(2): 131-136.