

基于 NB-IoT 的变电站辅助设备监控系统设计研究

刘应清 王鹏*

四川公众项目咨询管理有限公司

摘 要：随着 5G、人工智能、大数据等通信技术迅猛发展，智能物联网技术在电气自动化领域的应用越来越广泛。本研究通过对国内和国际监控状态以及智能变电站辅助设备要求的深入分析，设计了基于 NB-IoT 技术的变电站辅助设备监控系统。深度整合变电站环境监测与消防数据，精准破解传统变电站辅助管理中的诸多痛点。变电站值守人员能快速、实时掌握辅助设备运行状态，进一步优化自动化管理流程，助力智能变电站网络高效稳定运营。系统还支持数据异常实时告警与历史数据追溯，大幅降低人工巡检压力，为设备安全筑牢防线，推动变电站管理向更智能可靠的方向升级。

关键词：NB-IoT；智能变电站；二次设备监控；边缘计算网关；OneNet 云平台

电力变电站承担着关键的电压转换、能量转换与能量分配功能，是电网体系中不可或缺的核心环节。确保其长期稳定安全运行，直接关系到电网整体的供电可靠性，对电力系统平稳运转至关重要。它衔接发电侧与用电侧，适配多元用电场景，保障工业生产与居民生活持续供电，同时为电网负荷调节提供支撑，筑牢电力安全输送的关键屏障。辅助设备是辅助变电站安全运行的现场传感及控制设备，辅助设备监控对变电站的安全运行有着重要作用^[1]。目前，我国对监测和维修一级和二级设备状况进行了更多的研究，对环境监测系统和消防系统等配套辅助设备进行的监测和控制研究较少，导致二级设备运行监督水平延迟。目前，在变电站火灾发生时仍然缺乏预防措施，因此我们必须紧急提供一套解决方案来解决这些问题，以节省燃烧器灭火的时间，减少电机建设的经济损失，确保电网的正常运行。

1 变电站国内外发展状态分析

1.1 国内发展现状

1980 年代及之前，我国变电站主要依赖电磁式与电流式互连保护技术，自动化水平较低。后续阶段逐步实现保护装置微机化、设备状态数字化监测，智能阶段更融合物联网与大数据技术，实现全域协同调控与主动预警，技术迭代持续提速。20 世纪 70 年代末，随着精密处理器与 ICT 技术的飞速发展，远程控制设备性能实现质的飞跃，传统发电厂逐步拓展了远程运维核心功能。该功能支持远程数据采集、信息传输，可实时捕捉远程保护设备的状态变化，并借助接收数据执行设备启停、电器拆装等简易操作。20 世纪 90

年代，中国进入了建设集成自动化变电站的阶段。该阶段能够对电力变电站内的设备进行多边监控，并且可以立即收集所需电量，并在出现潜在错误时快速重新响应和移除。随着电子设备现代化的变化和成熟测量和管理技术的发展，基于 IEC61850 的数字化变电站已经进入中国。统一使用 IEC61850 不存在这种情况，可以有效解决信息岛问题。多系统数据融合实现设备状态智能诊断及多系统间的智能联动^[2]。

1.2 国外发展现状

国外电力变电站的发展速度比国内更迅猛。ABB 正专注于电力运行数据收集领域。西门子致力于通过提高变电站的自动化程度和整个系统的自我修复能力来降低发生事故的可能性。Areva 专注于寻找提高事故预防能力的方法，希望能够应对突发电力运行事故。这可以通过监控设备状态来总结规则来显示，从而降低发生事故的可能性。美国电力研究所专注于监测变电站状况的研究，凭借多年的经验和测试，在美国建立了无人监督的变电站。加拿大则在云平台、大数据、智能家居、网络安全及智能材料等前沿领域开展系统性研究，其成果正逐步赋能变电站数字化转型，覆盖智能运维、风险预判与设备协同等场景，为电力系统高效运转注入创新动力。

2 智能变电站辅助设备监控系统需求分析

在 110kV 及以上变电站配置辅助设备智能监控系统，系统由综合应用服务器、智能巡视主机、各子系统前端设备及通信设备组成^[3]。依托智能电网战略支撑，智能变电站是由数字化变电站迭代升级而来的先进电力装备。其核心由智能终端设备与高度集成化电

作者简介：刘应清（1990—），男，本科，工程师，研究方向为电力工程及智慧电网建设。

通讯作者：王鹏（1984—），男，本科，工程师，研究方向为信息通信及智慧电网建设。

网支撑单元构成, 聚焦优化继电保护性能、大幅降低运营成本, 助力变电站高效运行。它融合边缘计算、物联网与数字孪生技术, 实现设备状态实时感知、故障精准预判, 既提升供电可靠性, 又为电网协同调度提供数据支撑, 彰显电力装备智能化升级的核心优势。智能变电站分析错误信息, 增强监控设备的决策能力和智能水平。专注于提高自动化水平和扩大不受监控的领域。目前, 变电站正在逐步完善整个电站信息的统一化, 积极合作并连接到电网。可用于智能决策和电力变压器监测数据以应对变压器紧急情况, 高度集成的变压器监测数据信息也开发了智能集成变电站和新型材料分离器等新模块、新应用。中国智能变电站也是本地和大型串行保护和控制系统的先驱, 建立了一个集成的电力业务系统, 如图 1 所示。

3 NB-IoT 智能变电站辅助设备监控系统的总体设计

本研究提出基于物联网的变电站辅助设备监控系统包括感知层、网络层和平台层, 实现环境监测和消防应急报警等综合功能, 如图 2 所示。NB-IoT (Narrow Band-Internet of Things, 窄带蜂窝物联网) 是基于蜂窝的窄带物联网的新兴技术, 是与蜂窝网络融合演进的低成本、高可靠性、高安全性电信级广域物联网技术。本研究提出的基于物联网技术的变电站辅助设备监控系统, 对电力行业智能化升级具有关键意义。物联网方案通过无线互联简化架构, 有效破解传统技术瓶颈, 为变电站数字化转型提供高效支撑。

4 系统功能设计

本研究聚焦基于物联网技术的变电站辅助设备监控系统设计, 如图 3 所示。在电力系统架构中, 变

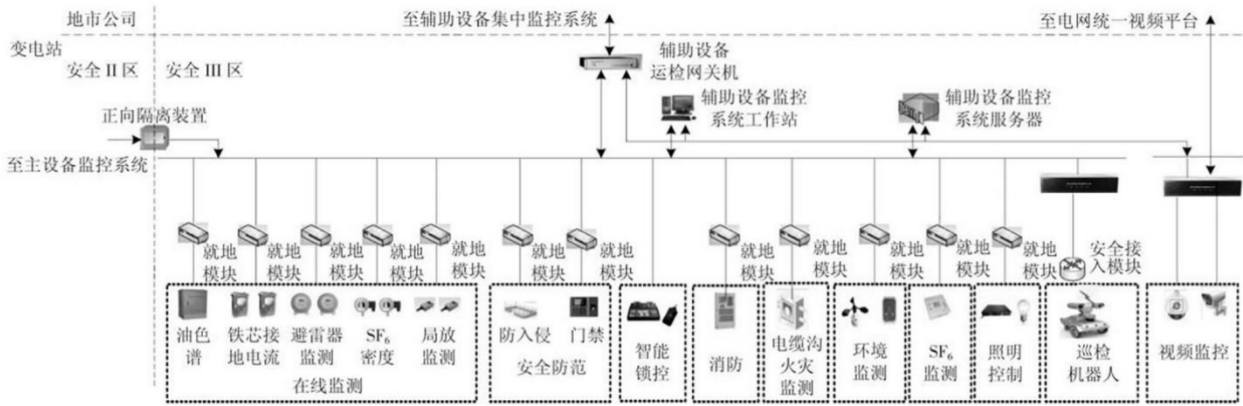


图 1 智能变电站辅助设备监控系统功能需求分析图

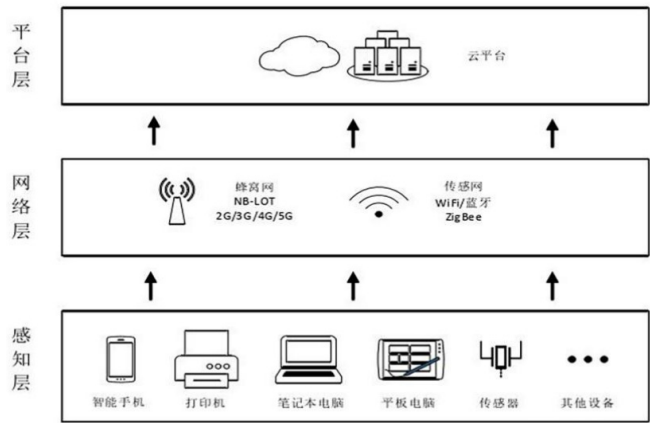


图 2 基于 NB-IoT 智能变电站辅助设备监控系统总体设计



图 3 基于 NB-IoT 智能变电站辅助设备监控系统功能系统框图

电站作为核心枢纽，是保障各类电气设备稳定运行的关键组成部分。该系统依托物联网感知层、网络层与应用层的协同架构，实现设备状态实时采集、远程运维与故障预警，大幅提升变电站辅助系统的智能化管控水平与运行可靠性。本研究中包含的解决方案使用 MQ-2 烟雾传感器、MQ-9 可燃气体传感器、DHT11 温湿度传感器。本系统可实时监测室内温度、湿度、烟雾浓度及可燃气体浓度：检测到高温或高湿时，自动启动风扇调节环境参数；监测到高烟雾浓度时，立即触发警报并关闭窗户；检测到高可燃气体浓度时，同步发出警报并开启窗户通风。基于实时环境数据，STM32 控制器可动态适配最优管理策略，结合数据校准与冗余设计提升响应可靠性，实现变电站环境的全流程自动化、精准化管控。系统采用 GP2D12 红外距离传感器采集数据，精准测算传感器与窗户的距离以判断开关状态。这些辅助设备涵盖环境监测、故障预警、运维保障等核心功能，可及时规避设备潜在隐患，减少非计划停机风险，为电力系统持续高效运转筑牢

基础。

5 功能验证测试

随着能源电力行业的高速发展，电力系统的连续运行对于确保电力的高效传输变得越来越重要，监督变电站运行的任务非常重要。该研究表明，得益于 appeventor，一个为变电站开发监控系统的移动客户端平台，数据从云平台发送到您可以从外部访问的移动客户端。此方案能实现数据实时传输与集中管控，便于运维人员快速掌握设备动态，及时响应异常情况，为变电站辅助系统的智能化运维提供高效数据支撑。本研究设计的系统经多次稳定性测试与事故模拟验证，展现出出色的稳定性与运行可靠性，为变电站辅助监视设备的研发提供了重要参考价值。系统依托物联网与远程监控技术，支持移动应用端与 OneNet 云平台的高效实时数据交互，数据传输低延迟、高精度，可满足多场景运维需求，其模块化设计还适配不同规模变电站改造，为行业智能化升级提供了可落地的技术范式，如图 4 所示。

模块划分	模块名字	功能	备注
视频数据处理模块	PrjVideo	视频数据处理模块	视频数据的转码传输等相关数据处理
站端模块	Station	站端模块	系统的配置，站端数据的采集传输，站端控制命令操作
客户端	UserViewer	客户端	对中心进行连接并进行系统的浏览和控制操作
监视模块	cgridlistctrl	监视模块	系统报文、操作、遥控的监视等监视和展示
命令控制管理模块	CmdMngr	整个辅控系统的所有命令控制	站端和客户端通过此模块将命令发送到中心模块，中心通过此模块统一转发命令

图 4 系统功能验证结构图

6 结语

许多传统的变电站使用含有铁等金属材料的电磁感应变压器。当变电站监测数据异常与第一次报警同时发生时，先进的 ICT 技术使工厂和规划者能够交换数据信息，使员工能够及时处理错误，提高变电站的整体生产率。先进的 ICT 能够在出现异常情况时与规划者交换变电站和用电信息，及时发出警告，有利于变电站值守人员及时处理故障，提高变电站的整体工作和运行效率。NB-IoT 技术和人工智能的快速发展是智能变电站发展的新趋势。未来，为从根本上解决电网二次设备核心芯片“卡脖子”问题，新一代自主可

控变电站将采用“自主可控、安全可靠、先进适用、集约高效”的原则，从设备软硬件方面全面实现自主设计可控，全面支撑智能变电站“无人值守+集中监控”业务需求和高质量发展。

参考文献：

[1] 杨可军, 罗洪, 张庚生, 等. 变电站辅助设备监控发展综述 [J]. 电工技术, 2022(01):113-116.
[2] 胡斌, 孙振, 铁永魁, 等. 变电站辅助设备智能监控系统 [J]. 电工技术, 2021(07):110-113.
[3] 邹书星, 刘爽, 齐剑. 变电站辅助设备智能监控系统的设计优化 [J]. 电子技术, 2022, 51(08):274-275.