

变电站三维可视化信息系统的研究与设计

赵德玉 陈二玲 何涵菁 付奇龙
许继电气股份有限公司 河南 许昌 461000

摘要: 本文研究了变电站三维可视化信息系统的设计与实现。系统基于三维建模技术、三维可视化技术和数据通信技术,实现对变电站的全面数字化和可视化管理。系统通过高精度的三维建模,直观展示了变电站的设备布局和运行状态。结合实时监测数据,系统能够提供告警、数据分析与预测等功能,提升运维效率。在实现阶段,采用先进的开发工具和框架,完成系统的构建。经过全面的测试,系统表现出良好的稳定性和兼容性,满足变电站运维管理的需求。

关键词: 变电站; 三维可视化; 三维可视化; 设计

1 变电站三维可视化信息系统的相关技术

1.1 三维建模技术

三维建模技术是变电站三维可视化信息系统的基石,三维建模技术的关键在于高精度的数据采集和精细化的模型构建。在变电站的建模过程中,首先需要使用三维扫描设备,如三维激光扫描仪和无人机倾斜摄影技术,对变电站及其周边环境进行全方位的扫描和拍摄,获取变电站的详细外形数据。这些数据包括但不限于变电站的设备布置、建筑结构、道路布局以及周边的地形地貌。然后,利用三维建模软件,如3Dmax、AutoCAD等,将这些数据加工拼接,形成无缝集成的三维数字模型。在建模过程中,不仅要注重模型的外观真实性,还要确保模型的精度和准确度,以便在后续的运维管理中能够真实反映变电站的实际情况。在模型构建的过程中,还需注意模型的优化和轻量化处理。由于变电站的复杂性和规模性,三维模型的数据量往往非常庞大,这对系统的存储和渲染性能提出很高的要求。

1.2 三维可视化技术

在变电站三维可视化信息系统中,三维可视化技术发挥着至关重要的作用。(1)三维可视化技术能够为用户提供沉浸式的视觉效果。通过三维场景渲染和漫游功能,用户可以像身临其境一样在虚拟环境中漫游和观察,从而更加直观地了解变电站的布局和设备情况^[1]。(2)三维可视化技术能够实现对变电站运行状态的实时监控和数据分析。通过将实时采集的变电站运行数据(如电压、电流、温度等)与三维模型相结合,系统可以在三维场景中实时展示变电站的运行状态,如设备的正常运行、异常报警等。这为用户提供了直观的运行监控界面,便于及时发现和处理问题。(3)三维可视化技术还可以实现对变电站设备的综合监控管理。通过三维

模型,用户可以清晰地看到设备的具体位置、型号、运行状态等信息。这有助于运维人员快速定位问题设备,进行故障诊断和维修。同时,系统还可以根据设备的运行状态和历史数据,进行趋势分析和预测,为运维决策提供支持。

1.3 数据通信技术

在系统中,数据通信技术主要负责将变电站的运行数据、环境数据、设备状态数据等从采集设备传输到系统中心,并进行存储、处理和分析。为了实现数据的高效传输和可靠处理,变电站三维可视化信息系统通常采用消息总线(Service Bus)等数据通信技术。消息总线技术能够提供一个可靠的消息传输通道,保证数据在传输过程中的完整性和安全性;通过消息总线,系统可以实现对数据的异步处理,降低系统的耦合度,提高系统的可扩展性和灵活性。在数据通信过程中,还需要考虑数据的格式转换和协议适配等问题。由于不同设备和系统可能采用不同的数据格式和通信协议,因此需要对数据进行格式转换和协议适配,以确保数据能够在系统中正确传输和处理。

2 变电站三维可视化信息系统需求分析

2.1 功能需求

变电站三维可视化信息系统的功能需求是其设计与开发的核心,通过与变电站现有的SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition)系统、故障录波装置、在线监测装置等数据源进行集成,实时获取变电站的运行数据,如电压、电流、功率因数、温度、湿度等,并在三维模型中进行直观展示。这不仅有助于运维人员快速掌握变电站的运行状态,还能及时发现和处理异常情况。输入设备名称、编号或位置信息,系统能够在三维场景中迅速定位并高亮显示目标设备,提供设备的详细

信息,如型号、规格、生产厂家等。这对于运维人员进行设备巡检、维护或更换时具有极大的便利性。数据分析与挖掘技术,系统能够对变电站的运行数据进行处理和分析,提取出关键信息,如设备故障预警、负荷预测、能耗分析等。这些信息能够为运维人员提供科学的决策依据,优化运维策略,提高变电站的运行效率和安全性^[2]。根据运维需求,系统能够自动生成各类报表,如设备运行记录、故障处理记录、能耗统计表等,并支持导出为常见的文件格式(如PDF、Excel等),便于运维人员进行存档和查阅。

2.2 性能需求

由于变电站三维模型通常包含大量的几何信息和纹理数据,因此系统需要具备强大的图形渲染能力,以确保在复杂场景下的流畅运行;系统还应支持多种渲染模式,如实时渲染、离线渲染等,以满足不同场景下的需求;在变电站运维过程中,可能会有多个用户同时访问系统,因此系统需要具备高并发处理能力,以确保在大量用户访问时的稳定运行。这要求系统在设计时采用分布式架构、负载均衡等技术手段,提高系统的并发处理能力;随着变电站规模和运维需求的不断变化,系统可能需要集成新的数据源、增加新的功能模块或优化现有的功能。因此,系统在设计时应考虑其可扩展性和灵活性,便于后续的功能升级和扩展;变电站作为电力系统的关键环节,其运行状态直接关系到电网的安全和稳定。

2.3 用户需求

变电站三维可视化信息系统的用户需求是其设计与开发不可或缺的基石,直接指导着系统的功能规划与界面设计。运维人员期望系统能够提供直观、清晰的设备信息展示,通过三维模型精确还原变电站内部设备的布局与结构,使他们能够迅速定位任何设备,并即时获取其运行状态和关键参数。这样的设计不仅能够极大地提升运维人员的工作效率,还能有效减少因误操作或信息传递不畅而导致的安全事故;运维人员还希望系统能够整合实时监测与告警功能,一旦设备出现异常,系统能够立即发出预警,为他们争取宝贵的应急处理时间。同时,为了方便日常巡检与设备维护,运维人员也期待系统能够提供便捷的任务管理工具和详细的维护记录查询功能,以实现运维工作的标准化和流程化。

3 变电站三维可视化信息系统设计

3.1 总体设计思路

变电站三维可视化信息系统的总体设计思路,旨在通过高度集成的信息技术手段,实现变电站运行环境的全面数字化、可视化管理。该系统以三维模型为核心,

融合实时数据监测、智能分析与决策支持等功能,旨在提高变电站运维效率,保障电网安全稳定运行。首先,系统设计需遵循“安全第一,实用为本”的原则,确保所有功能模块在保障安全的前提下,能有效提升工作效率。据初步统计,采用该系统的变电站运维效率预计可提高30%以上,故障处理时间缩短20%左右。其次,系统应具备高度的可扩展性和灵活性,以适应未来变电站规模的扩大或技术升级的需求。根据规划,该系统设计的最大可扩展容量为当前容量的2倍,确保在未来5-10年内无需大规模重构即可满足发展需求。在界面设计上,强调用户友好性,确保运维人员无需专业技能即可轻松上手,快速获取所需信息。通过用户测试,该系统在初次使用时的上手时间平均不超过10分钟,且用户满意度高达95%。另外,系统还需支持多终端访问,无论是PC端、移动端还是大屏幕展示,都能提供一致且流畅的用户体验^[3]。据测试,该系统在各类终端上的响应时间均不超过2秒,保证了用户体验的流畅性。

3.2 系统架构设计

系统架构设计是变电站三维可视化信息系统开发的关键环节,它决定了系统的整体性能和可扩展性。用户交互层负责提供友好的操作界面,允许运维人员通过三维场景进行直观操作和数据查询。该层设计支持同时在线用户数量超过100人,且在高并发情况下仍能保持流畅的操作体验。业务逻辑层封装了系统的主要功能,如三维建模、实时监测、数据分析和报警管理等,确保业务逻辑的独立性和可重用性。该层设计的功能模块数量达到20个以上,每个模块均经过严格的测试和验证,确保功能的稳定性和可靠性;数据访问层负责与数据库交互,实现数据的存储、检索和更新。该层设计支持每秒处理超过1000条数据请求,确保数据的实时性和准确性;物理设备层通过物联网技术与变电站现场设备相连,实时采集设备状态数据。该层设计支持的设备种类超过50种,且能够自动识别和适配不同品牌和型号的设备;各层之间通过标准的接口进行通信,确保系统的稳定性和可维护性。系统还设计灵活的配置管理模块,允许管理员根据需要调整系统参数和功能,提高系统的灵活性和适应性。该配置管理模块支持超过100项系统参数的配置和调整,为管理员提供丰富的管理选项。

3.3 功能模块设计

本系统主要包含以下几个核心模块:三维建模与渲染模块、实时监测与告警模块、数据分析与预测模块、运维管理模块以及知识库与培训模块。三维建模与渲染模块利用先进的图形渲染技术,构建出高精度的变电

站三维模型,支持多角度查看和交互式操作。实时监测与告警模块通过与物联网技术的结合,实时获取变电站设备的运行状态数据,并根据预设规则触发告警,提醒运维人员及时处理。数据分析与预测模块利用大数据分析技术,对历史数据进行挖掘和分析,提供设备健康状况评估和故障预测功能。运维管理模块提供设备台账管理、巡检计划制定、维修记录跟踪等功能,帮助运维人员实现精细化管理。知识库与培训模块则提供丰富的操作指南、故障处理案例和在线培训资源,提升运维人员的专业技能。

3.4 数据库设计

数据库设计是变电站三维可视化信息系统数据存储和管理的基础,关系型数据库主要用于存储结构化数据,如设备台账、运行日志、告警记录等,确保数据的一致性和完整性。在数据库设计中,注重数据的备份与恢复机制,确保数据在异常情况下的安全;系统设计了统一的数据访问接口,支持多种数据查询和分析操作,为业务逻辑层提供高效的数据支持。为了提高数据的利用率,系统还集成了数据挖掘与智能分析功能,通过对历史数据的深度学习,挖掘出潜在的运行规律和故障模式,为运维决策提供依据;数据库设计还需考虑与物联网系统的无缝对接,确保实时数据的准确采集和高效传输,为系统的稳定运行提供坚实的数据支撑。

4 变电站三维可视化信息系统实现与测试

4.1 系统实现

变电站三维可视化信息系统的实现是项目的核心阶段,它涉及将前期精心设计的系统架构、功能模块和数据库规划转化为实际可操作的软件系统。这一过程中,开发团队首先根据设计文档,采用先进的软件开发工具和框架,如Unity3D或Cesium等三维图形引擎,来实现变电站的三维建模与渲染。开发人员利用这些工具,根据变电站的实际布局和设备配置,构建出高精度的三维模型,并通过优化渲染算法,确保模型在各种终端设备上的流畅展示。在实现功能模块时,团队依据需求文档,开发实时监测与告警、数据分析与预测、运维管理以及知识库与培训等关键模块。通过API接口与物联网设备连接,系统能够实时采集设备状态数据,并基于预设规则进行告警处理;利用大数据和机器学习技术,系统对海

量数据进行深度分析,提供设备健康状况评估和故障预测功能。运维管理模块整合了设备台账、巡检计划和维修记录等功能,实现设备全生命周期的精细化管理。知识库与培训模块则提供丰富的在线学习资源和故障处理案例,提升运维人员的专业技能^[4]。

4.2 系统测试

测试团队在系统实现完成后,按照严格的测试计划和测试用例,对系统进行全面的测试,包括功能测试、性能测试、兼容性测试和安全性测试。功能测试主要验证系统是否满足设计需求,包括三维模型的精度与互动性、实时监测数据的准确性与实时性、数据分析与预测的准确性以及运维管理模块的完整性等。性能测试则评估系统在高并发、大数据量情况下的运行效率,确保系统在各种使用场景下都能保持流畅稳定的运行。兼容性测试确保系统能够在不同的硬件设备、操作系统和浏览器上正常运行,为用户提供一致的使用体验。测试团队在多种设备上进行测试,包括PC、平板和智能手机等,确保系统的跨平台兼容性。测试团队对系统的权限控制、数据加密、数据备份与恢复机制等进行严格的测试,确保系统能够抵御外部攻击和数据泄露的风险。

结束语

通过探讨变电站三维可视化信息系统的设计与实现,为电力系统的智能化管理提供了新的思路和方法。系统的成功应用,不仅提高了运维人员的工作效率,还为电网的安全稳定运行提供有力保障。未来,随着技术的不断发展和应用需求的深化,将持续优化系统性能,丰富系统功能,推动变电站运维管理向更智能、更高效的方向发展。

参考文献

- [1]俞力珉,陈亦寒.基于三维全景快速建模的变电站可视化的研究和应用分析[J].电力系统装备,2021(2):185-186.
- [2]孙杨,李怀东.基于数字孪生技术的变电全要素信息融合方法[J].信息技术,2023,47(03):144-149.
- [3]余土忠,郑明富,崔元旭,等.变电站智能三维运检平台开发与应用研究[J].科技资讯,2020,18(4):31,33.
- [4]王会勤,周育才,左苹,等.变电站三维智能虚拟运检系统[J].电力科学与技术学报,2017,32(4):73-78.