

地下管线三维建模与可视化管控平台设计与实现

向莉娟

宜昌市城市建设档案馆 湖北 宜昌 443000

摘要: 在地下管线管理中,传统二维模式存在局限性。本文提出的地下管线三维建模与可视化管控平台,从功能与性能需求出发进行技术选型。通过分层架构设计,涵盖数据层到展示层,划分核心模块并设计数据流程与数据库。实现管线数据处理、三维建模、可视化展示及管控等核心功能,完成模块集成与技术保障,包括安全、可扩展性与维护性等方面,为地下管线管理提供高效、精准的工具。

关键词: 地下管线; 三维建模; 可视化管控; 平台设计; 功能实现

引言: 地下管线作为城市基础设施的重要组成部分,其管理质量直接影响城市的正常运行与发展。传统二维管线管理模式难以直观呈现管线的空间布局与复杂关系,在数据更新、查询及分析等方面存在诸多不便。随着三维建模与可视化技术的不断发展,构建地下管线三维建模与可视化管控平台成为提升管理水平的必然选择。该平台能够整合多源数据,实现精准建模与直观展示,为管线的规划、建设、运维提供有力支持。

1 平台需求分析与技术选型

1.1 功能需求分析

在地下管线三维建模与可视化管控平台建设中,功能需求是核心导向。管线数据采集与录入很关键,需涵盖多种数据来源,像通过专业测量设备获取的管线几何数据、从相关部门获取的管线属性数据等,且要支持便捷高效录入,保障数据完整准确^[1]。三维建模核心需求上,要能依据采集数据构建精确模型,不仅呈现管线形状、尺寸和位置,还要考虑材质、连接方式等细节,确保模型真实。可视化展示需求要求平台直观清晰呈现三维模型,支持俯视、侧视等多种视图模式,方便用户多角度观察布局,还应具备缩放、旋转等交互功能,让用户自由查看细节。管控功能需求包含数据管理和权限管控,数据管理要分类存储、更新和维护各类管线数据,保证时效性与一致性;权限管控需按用户角色职责分配权限,确保数据安全与系统稳定。

1.2 性能需求分析

性能需求是保障平台高效运行的关键。数据处理效率需求要求平台能够快速处理大量的管线数据,包括数据采集、清洗、转换和整合等环节,减少数据处理时间,提高工作效率。三维场景渲染流畅性需求意味着在展示地下管线三维模型时,要避免出现卡顿、闪烁等现象,确保用户能够流畅地浏览和操作模型。平台响应速

度需求规定用户在发出操作指令后,平台应在短时间内做出响应,如查询数据、切换视图等操作,提升用户体验。数据存储容量与安全性需求要求平台具备足够大的存储空间,以容纳不断增长的管线数据;同时要采取有效的安全措施,如数据加密、备份恢复等,防止数据泄露和丢失。

1.3 技术选型

三维建模技术选型上,可考虑基于建筑信息模型(BIM)和地理信息系统(GIS)相关建模技术。BIM技术能提供详细的建筑构件信息,GIS技术则擅长处理地理空间数据,二者结合可实现更精准的地下管线三维建模。可视化渲染技术选型时,要选择能够高效渲染三维场景的技术,以保障场景的流畅性和真实感。后端开发技术栈选型方面,开发语言可选用具有高性能和稳定性的语言,搭配成熟的框架,以实现复杂的业务逻辑和数据处理功能。前端开发技术栈选型要注重用户体验和交互性,选择能够快速开发出美观、易用界面的技术。数据库选型需根据数据的特点和规模,选择具备高并发处理能力和数据安全保障的数据库系统,以满足平台的数据存储和管理需求。

2 平台总体设计与核心模块架构

2.1 总体架构设计

平台采用分层架构设计理念,涵盖数据层、服务层、应用层与展示层。这种分层架构并非孤立存在,而是有着紧密的技术架构逻辑关系^[2]。数据层作为基础,为上层提供数据支撑,服务层依托数据层的数据进行业务逻辑处理,应用层调用服务层的功能实现具体业务应用,展示层则将应用层的结果以直观方式呈现给用户。各层级核心功能定位明确。数据层负责数据的存储、管理、整合与维护,确保数据的完整性、准确性和一致性,为整个平台提供数据基石。服务层承担着数据处

理、分析、计算等任务，将原始数据转化为有价值的信息，为应用层提供技术支撑。应用层聚焦于实现平台的具体业务功能，如管线数据管理、三维建模、可视化展示等，满足用户多样化的需求。展示层致力于将应用层的结果以友好、直观的界面展示给用户，提升用户体验。

2.2 核心模块划分与架构设计

平台核心模块包括管线数据管理模块、三维建模模块、可视化展示模块、管控决策模块以及用户与权限管理模块。管线数据管理模块架构围绕数据的采集、录入、存储、更新和查询等功能展开，确保管线数据的有效管理，数据更新频率不低于每日1次。三维建模模块架构依据采集的数据构建精确的三维模型，涵盖模型创建、编辑、优化等环节，模型精度误差需控制在0.1米以内。可视化展示模块架构负责将三维模型以直观的方式呈现，支持多种交互操作，交互响应时间不超过0.5秒。管控决策模块架构基于数据分析和模型展示，为用户提供决策支持，决策支持响应时间不超过3秒。用户与权限管理模块架构则对用户进行分类管理，分配不同权限，保障平台安全，用户角色数量不少于3种。

2.3 数据流程设计

原始数据采集与预处理流程先从多种数据源获取数据，再对数据进行清洗、转换和整合，去除无效数据，统一数据格式。三维建模数据流转流程将预处理后的数据输入建模模块，经过模型创建、优化等步骤生成三维模型。可视化展示数据推送流程把三维模型数据推送至展示层，进行渲染和展示。管控指令下达与反馈流程则是用户通过界面下达指令，应用层处理后反馈结果至展示层。

2.4 数据库设计

数据库概念模型设计从平台业务需求出发，抽象出实体和关系。核心数据表结构设计包含管线基础信息表、建模参数表等，详细记录管线的各项属性和建模所需参数。数据关联关系设计明确各数据表之间的联系，保证数据的完整性和一致性。数据索引设计针对常用查询字段建立索引，提高数据查询效率。

3 核心功能实现

3.1 管线数据处理功能实现

在多格式数据导入与解析方面，针对不同来源的管线数据，如常见的CAD文件、地理信息系统专用格式文件等，开发专门的导入接口^[1]。通过解析这些文件的内部结构，提取出管线相关的几何数据与属性数据，确保各类数据都能准确无误地进入平台数据存储体系。数据清洗与标准化处理环节，对导入的数据进行细致检查。去

除重复数据，统一数据格式，例如将不同测量单位的数据统一为标准单位，对缺失的关键数据进行合理估算填充，保证数据的完整性与一致性，为后续处理提供可靠基础。数据校验与错误修正功能，依据预设的规则对清洗后的数据进行全面校验。检查数据是否符合实际业务逻辑，如管线的长度、直径等参数是否在合理范围内。一旦发现错误数据，及时标记并给出修正建议，或自动进行修正操作，确保数据质量。

3.2 三维建模功能实现

管线几何模型构建时，依据处理后的管线几何数据，运用专业的三维建模算法与工具，精确生成管线的三维几何形状。考虑管线的弯曲、分支等复杂情况，保证模型的真实性和准确性，模型精度误差需控制在0.1米以内。将管线属性信息与模型关联，把从数据中提取的管线材质、铺设时间、负责人等属性信息，准确无误地附加到对应的三维模型上。实现模型与属性的紧密绑定，方便后续查询与管理，属性关联准确率需达到100%。三维场景构建与整合，把多个管线模型以及周边环境模型进行有机整合，构建出一个完整、逼真的三维场景。合理布局模型位置，设置光照、材质等参数，增强场景的真实感，场景构建时间不超过20分钟。模型更新与维护功能，当管线数据发生变化时，能够快速定位到对应的模型部分，进行更新操作。应定期对模型进行检查与优化，保证模型的性能与准确性，模型更新时间不超过10分钟。

3.3 可视化展示功能实现

三维场景渲染借助先进的图形渲染引擎，对构建好的三维场景进行高质量渲染。优化渲染算法，提高渲染效率，确保在不同设备上都能流畅展示三维场景。管线模型交互功能，为用户提供缩放、平移、旋转等操作接口。通过简单的鼠标或触摸操作，用户能够自由查看管线模型的各个角度与细节，增强用户体验。管线属性信息可视化展示，当用户选中某个管线模型时，以直观的方式展示其关联的属性信息，如弹出信息框或以标签形式显示在模型旁边。特殊场景可视化展示，针对管线交叉、隐患区域等特殊情况，采用不同的颜色、标记或动画效果进行突出显示，帮助用户快速识别关键信息。

3.4 管控功能实现

数据查询与统计功能，提供灵活的查询条件设置界面，用户可根据管线名称、位置、属性等条件进行快速查询。同时，支持对查询结果进行统计分析，生成直观的报表与图表。用户权限分配与管控，依据用户角色与职责，为不同用户分配相应的操作权限。严格限制用户

对数据的访问与操作,保障数据安全。操作日志记录与追溯,详细记录用户的每一步操作,包括操作时间、操作内容、操作对象等信息。方便在出现问题时进行追溯与排查。管控指令下发与执行状态监控,管理人员可通过平台向相关人员下发管控指令,并实时监控指令的执行状态,确保管控工作的有效落实。

4 平台集成与技术保障

4.1 模块集成实现

核心模块间接口设计与集成是平台稳定运行的关键。需依据各模块功能特性与数据交互需求,设计出高效、稳定的接口。这些接口要具备良好的兼容性与扩展性,确保不同模块间数据传输准确无误,实现无缝对接。数据层与服务层集成时,服务层要能精准地从数据层获取所需数据,并将处理结果及时反馈回数据层^[4]。通过建立高效的数据访问机制,优化数据传输流程,减少数据延迟,保障数据的一致性与完整性。应用层与展示层集成,应用层将处理好的业务逻辑结果传递给展示层,展示层以直观、友好的界面呈现给用户。要确保两者之间的数据交互流畅,界面响应迅速,为用户提供良好的操作体验。集成测试关键点在于全面覆盖各模块间的交互场景。不仅要测试正常情况下的功能实现,还要模拟各种异常情况,如数据丢失、接口故障等,检验平台的容错能力与稳定性。通过严格的集成测试,及时发现并解决潜在问题,确保平台整体性能达标。

4.2 安全技术保障实现

数据加密技术实现方面,传输加密采用先进的加密算法,对数据在传输过程中的每一个字节进行加密处理,防止数据在传输途中被窃取或篡改。存储加密则对存储在数据库中的敏感数据进行加密存储,即使数据库被非法访问,攻击者也无法获取有价值的信息。访问控制技术强化实现,依据用户角色与权限,对用户的访问行为进行严格管控。不同用户只能访问其权限范围内的数据与功能,通过身份认证、授权管理等手段,确保用户访问的合法性与安全性。防攻击技术部署涵盖防注入、防篡改等多个方面。对用户输入的数据进行严格过

滤与验证,防止恶意代码注入。采用数据校验、数字签名等技术,防止数据在传输与存储过程中被篡改,保障数据的完整性与真实性。

4.3 可扩展性与维护性保障设计

模块化扩展设计将平台划分为多个独立的模块,每个模块具有明确的功能与接口。当平台需要扩展新功能时,只需开发新的模块并集成到现有平台中,无需对整体架构进行大规模修改,降低扩展成本与风险。接口标准化设计统一各模块间的接口规范,提高接口的通用性与互操作性。不同模块之间通过标准接口进行通信,便于模块的替换与升级,增强平台的可维护性。运维管理功能实现包括系统监控与故障预警等。系统监控实时监测平台的运行状态,如服务器性能、网络流量等,及时发现潜在问题。故障预警功能在系统出现异常时及时发出警报,通知运维人员进行处理,保障平台的稳定运行。

结束语

地下管线三维建模与可视化管控平台通过合理的架构设计与功能实现,有效解决了传统管线管理中的难题。在数据处理、建模、展示及管控等方面展现出显著优势,提高了管线管理的效率与准确性。平台的安全技术保障、可扩展性与维护性设计,确保了稳定运行与长期适用性。该平台的成功应用为城市地下管线管理提供了新的思路与方法,有助于提升城市基础设施管理的整体水平。

参考文献

- [1]赵庆振.地下管线三维建模与可视化技术研究[J].智能建筑与智慧城市,2024(1):63-65.
- [2]张宁,徐斌,王涛,等.城市地下管线三维建模及可视化系统实现研究[J].科技资讯,2025,23(3):57-59.
- [3]田红霞.城市地下管线三维空间GIS建模关键技术及计算[J].科学技术创新,2022(32):64-68.
- [4]周业,卞玉霞.基于AR技术的三维地下管线移动巡检系统设计与实现[J].测绘,2025,48(3):187-190.