

城市供水管网信息化管理中 GIS 技术的应用与发展

达尔罕

呼和浩特春华水务开发集团有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010020

摘要: GIS技术以地理空间数据处理、分析与应用为核心,契合城市供水管网管理需求。其在管网信息化管理中应用广泛,涵盖数字化建模与资产管理、漏损控制与智能监测、运维调度与应急管理、规划优化与扩建模拟等关键领域。未来, GIS技术将与物联网、大数据等技术融合,结合三维GIS与虚拟现实技术,实现智能化决策与预测性维护,推动供水管网管理向智能化、精细化、科学化方向持续发展,保障城市供水安全稳定。

关键词: 供水管网; GIS技术; 信息化管理

引言: 在城市化进程不断加快的当下, 城市供水管网规模日益庞大、结构愈发复杂, 传统管理模式面临诸多挑战, 难以满足高效、精准的管理需求。GIS技术凭借其在地理空间数据处理、分析与应用方面的独特优势, 为供水管网管理带来了新的契机。它深度融入供水管网管理的各个环节, 从基础建模到运维调度, 从漏损控制到规划优化, 正逐步推动供水管网管理向智能化、精细化方向转变。

1 GIS技术基础与供水管网管理需求

1.1 GIS技术核心功能

GIS技术, 即地理信息系统技术, 以地理空间数据处理、分析与应用为核心, 为供水管网管理提供关键支撑。其空间数据采集与集成功能, 可通过卫星遥感、GPS定位及实地勘测等手段, 精准获取供水管网的管线位置、管径、材质、埋深及附属设施(如阀门、水表)的空间坐标与属性信息, 并与地理地图关联, 构建统一空间数据库。数据可视化功能能将复杂管网数据以地图形式直观展示, 支持多比例尺、多图层切换, 便于管理人员查看管网分布与拓扑关系。空间分析功能包括缓冲区、网络、叠加分析等, 可确定维修影响范围、计算最优供水路径、优化管网布局^[1]。此外, GIS还具备数据查询统计、空间数据更新及报表生成等功能, 为供水管网管理决策提供数据与技术保障。

1.2 供水管网管理需求分析

城市供水管网作为城市基础设施的重要组成部分, 其管理需求贯穿管网全生命周期, 且随着城市发展不断升级。管理存在精准掌握管网资产信息的需求, 城市供水管网管线纵横交错, 涉及大量管线和附属设施, 传统纸质档案管理方式易出现数据滞后、查询困难等问题, 无法满足对管网资产数量、位置、状态等信息的精准把控需求。漏损控制需求迫切, 管网漏损不仅造成水资源

浪费, 还可能引发路面塌陷等安全隐患, 需要实时监测管网运行状态并快速定位漏损点。运维调度需求也十分突出, 城市不同区域、不同时段用水量存在差异, 需根据用水需求动态调整供水方案, 保障供水压力稳定和水量充足。面临管网破裂、水质污染等突发情况时, 需要快速响应, 精准确定故障影响范围, 制定抢修方案并调配资源。随着城市扩张和人口增长, 需要结合现有管网布局和未来用水需求, 科学规划管网扩建和改造方案, 避免重复建设和资源浪费, 这些需求为GIS技术的应用提供了明确方向。

2 GIS在供水管网信息化管理中的关键应用

2.1 管网数字化建模与资产管理

GIS技术在供水管网数字化建模与资产管理领域的应用, 成功引领供水管网管理从传统模式迈向信息化新阶段。在管网数字化建模工作中, 技术人员依托GIS平台, 对管网勘测数据、设计图纸、竣工资料等多源信息进行深度整合。构建的数字化模型不仅涵盖管线的位置、走向、管径、材质等基础属性, 还关联了管线的安装时间、维护记录、检测数据等全生命周期信息, 形成完整且精准的管网数字孪生体^[2]。借助该模型, 管理人员能在电脑上清晰直观地查看管网的三维空间分布和拓扑关系, 实现虚拟漫游和可视化管理, 仿佛置身于真实的管网环境中。在资产管理方面, GIS平台构建了统一的管网资产数据库, 将每一段管线、每一个附属设施都纳入资产台账管理。利用GIS强大的查询和统计功能, 管理人员可快速检索特定资产的详细信息, 如阀门的型号、安装位置、维护历史等, 还能自动生成资产统计报表。这些精准数据为资产清查、折旧核算提供了有力支持。当管网发生改造或更换时, 管理人员能通过GIS平台实时更新数字化模型和资产信息, 确保资产数据的时效性和准确性。

2.2 漏损控制与智能监测

GIS技术与智能监测设备的深度融合,为供水管网漏损控制带来了高效且精准的解决方案,显著提升漏损监测的精准度和响应速度。在智能监测体系构建过程中,通过在管网关键节点安装压力传感器、流量传感器、水质传感器等设备,能够实时采集管网的运行参数。这些数据借助物联网技术迅速传输至GIS平台,GIS平台对采集到的数据进行实时处理和分析,构建起管网运行状态的动态监测模型。当管网出现漏损时,漏损点附近的压力和流量会发生异常变化。GIS平台通过对比分析历史数据和实时数据,能够快速识别异常波动。结合GIS的空间分析功能,利用压力梯度分析、流量平衡分析等方法,可精准定位漏损点的位置,误差控制在极小范围内,为抢修人员提供明确的抢修目标。同时,GIS平台能自动生成漏损报告,包含漏损点位置、漏损量估算、影响范围等详细信息,并推送至相关管理人员的移动终端。管理人员依据报告及时调配抢修设备和人员,有效缩短抢修时间,减少水资源浪费。另外,通过对历史漏损数据的统计分析,还能找出管网漏损的高发区域和常见原因,为管网改造和维护提供科学依据,从源头上降低漏损率,保障供水管网的安全稳定运行。

2.3 运维调度与应急管理

GIS技术在供水管网运维调度与应急管理中扮演着核心支撑角色,极大地提升了管理的科学性和应急响应能力。在运维调度方面,GIS平台整合管网实时运行数据、用水需求数据、气象数据等多源信息,构建起科学合理的运维调度模型。通过该模型,能够深入分析不同区域的用水负荷、管网压力分布等情况,自动生成最优供水调度方案。此方案可精准指导水泵站、加压站等设施的运行调整,确保管网压力稳定,避免因压力过高导致管网破裂或压力过低影响供水质量。同时,GIS平台结合管网维护计划和设备运行状态,合理安排巡检路线和维护任务,并将任务信息推送至巡检人员的移动GIS终端。巡检人员可实时反馈巡检情况,实现运维工作的闭环管理,提高运维效率。在应急管理方面,当发生管网破裂、水质污染等突发事件时,管理人员可通过GIS平台迅速定位故障点,利用缓冲区分析确定故障影响范围,明确受影响的用户数量和区域。基于GIS的网络分析功能,自动规划最优抢修路线和停水范围,为抢修人员和设备调配提供精准指导。同时,GIS平台联动供水客服系统,及时向受影响用户推送停水通知和恢复供水时间,减少用户投诉。通过模拟不同应急场景下的处置效果,可为应急预案的制定和优化提供有力支持,提升应急处置的科学性和高效性,保障供水管网在紧急情况下的稳定运行。

2.4 规划优化与扩建模拟

GIS技术为供水管网规划优化与扩建模拟提供了强大且实用的技术工具,有力推动了规划决策的科学化和可视化进程。在规划优化过程中,GIS平台整合城市总体规划数据、人口分布数据、用地性质数据、现有管网数据以及历史用水数据等多源信息,构建起全面且细致的规划分析模型。通过该模型,可深入分析不同区域的用水需求预测、现有管网承载能力、地形地质条件等因素,对管网规划方案进行综合评估。利用GIS的叠加分析功能,将规划管线与现有管网、道路、地下管线等数据进行精准叠加,能够及时排查规划方案中的冲突点,如与燃气管道、电力电缆的交叉冲突等。一旦发现冲突,可迅速调整规划路线,避免后期施工中的返工,节省时间和成本^[1]。在扩建模拟方面,基于GIS的三维建模技术,构建管网扩建的三维模拟场景,直观展示扩建管线的走向、管径、与周边建筑物和设施的空间关系。通过模拟不同扩建方案下的管网运行状态,如供水压力分布、流量分配、能耗情况等,可对比分析不同方案的技术可行性和经济合理性。例如,在新城区管网扩建中,通过模拟不同管径管线的供水效果,选择既能满足用水需求又能降低建设成本的方案。GIS平台将规划方案与投资估算、建设周期等数据关联,为规划决策提供全面的技术和经济支撑,确保管网扩建工程的科学性和前瞻性,推动供水管网持续健康发展。

3 GIS技术在城市供水管网信息化管理中的发展趋势

3.1 与物联网、大数据等技术融合

GIS技术与物联网、大数据等新兴技术的深度融合,是城市供水管网信息化管理的重要发展趋势,将推动管网管理向智能化、精细化方向迈进。物联网技术为GIS平台提供了更丰富的实时数据来源,通过在管网全范围部署智能传感器、物联网水表等设备,可实现对管网流量、压力、水质、泄漏等参数的全方位、高精度实时监测,这些数据实时传输至GIS平台,为管网管理提供动态数据支撑。大数据技术则为GIS平台的数据处理和分析能力提供了提升路径,面对海量的管网监测数据、运维数据、用户用水数据等,通过大数据分析算法,可挖掘数据背后的隐藏规律,如用户用水行为特征、管网漏损的季节变化规律、管网故障的关联因素等。GIS技术作为空间数据载体,将物联网采集的实时数据和大数据分析的结果与地理空间信息相结合,实现数据的可视化呈现和空间化分析。例如,通过融合技术可构建动态的管网运行数字孪生系统,实时映射管网运行状态,预测管网运行趋势。这种融合不仅提升了管网管理的实时性和精准

性,还能为管网的预测性维护、智能调度等提供更科学的决策依据,推动供水管网管理从“被动响应”向“主动预判”转变。

3.2 三维GIS与虚拟现实技术应用

三维GIS与虚拟现实技术的结合应用,将打破传统二维GIS的局限,为供水管网管理带来更直观、沉浸式的管理体验,是未来发展的重要方向。传统二维GIS仅能展示管网的平面分布,难以体现管网的三维空间关系和埋深信息,而三维GIS技术可构建真实的管网三维模型,清晰呈现管线在地下的分层分布、与地下其他管线的空间位置关系以及与地面建筑物的关联情况,管理人员可通过旋转、缩放等操作,从不同角度查看管网细节,提升对管网空间布局的认知度。虚拟现实技术的融入则进一步增强了管理的交互性和沉浸感,通过构建虚拟的管网管理场景,管理人员可借助VR设备“进入”地下管网空间,进行虚拟巡检、模拟维修操作等。在管网设计阶段,可通过三维GIS与虚拟现实技术对设计方案进行可视化评审,直观发现设计中的不合理之处;在运维阶段,可利用该技术对巡检人员进行虚拟培训,提升巡检人员的操作技能和应急处置能力;在故障抢修阶段,可通过虚拟场景模拟抢修过程,优化抢修方案,减少实际抢修中的风险。此外,该技术还能为公众科普供水管网知识提供生动载体,提升公众对供水管网设施的保护意识。

3.3 智能化决策与预测性维护

智能化决策与预测性维护是GIS技术在供水管网管理中应用的高级阶段,将大幅提升管网管理的主动性和科学性,降低管理成本和风险。在智能化决策方面,基于GIS平台构建智能决策支持系统,整合管网运行数据、历史维护数据、用水需求数据、气象数据等多源信息,通过人工智能算法如机器学习、深度学习等构建预测模型和决策模型。当面临供水调度、管网改造、扩建规划等问题时,系统可自动分析多种影响因素,模拟不同决策方

案的实施效果,为管理人员提供最优决策建议。例如,在用水高峰期来临前,系统可通过预测模型估算高峰期用水量,自动生成最优供水调度方案,保障供水稳定^[4]。在预测性维护方面,通过GIS平台整合管网设备的运行数据、监测数据、维护历史等信息,利用人工智能算法分析设备的运行状态,识别设备的潜在故障风险和老化趋势,提前预测可能发生故障的设备和时间。管理人员可根据预测结果制定针对性的维护计划,在设备发生故障前进行维护和更换,避免突发故障导致的停水事故和经济损失。例如,通过分析管道的腐蚀数据和压力数据,预测管道的腐蚀程度和可能破裂的时间,提前进行防腐处理或更换管道,从源头减少管网漏损和故障发生的概率,实现供水管网的全生命周期智能化管理。

结束语

GIS技术在城市供水管网信息化管理中已发挥关键作用,从基础建模到高级决策,全方位提升了管理效能。随着技术发展,其与新兴技术的融合以及在三维可视化、智能化决策等方面的深入应用,将为供水管网管理带来更多创新与变革。未来,应持续探索GIS技术的应用潜力,推动供水管网管理不断升级,以更好地适应城市发展需求,为城市可持续发展提供坚实的供水保障。

参考文献

- [1]马卫明.GIS技术在城市供水管网工程中的应用分析[J].产业科技创新,2021,3(01):74-76.
- [2]王浩.GIS技术在城市供水管网管控中的应用分析[J].信息记录材料,2021,22(01):89-90.
- [3]盛东方,陈继平,周宇,亓万琦,李伟英.城市供水管网信息化管理体系的构建及应用[J].给水排水,2021,57(01):96-102.
- [4]梁君.城镇供水管网信息化的经济社会效益研究[J].内蒙古煤炭经济,2020(13):71-72.