

基于 GIS 的供水管网信息管理系统构建

石宇恒

上海浦东新区自来水有限公司

DOI:10.12238/ems.v7i6.13799

[摘要] 本文聚焦基于 GIS 的供水管网信息管理系统构建。首先阐述系统构建的背景与意义,分析传统供水管网管理方式的不足及 GIS 技术优势。接着详细探讨系统构建的关键技术,包括 GIS 技术、数据库技术等。随后从系统架构设计、功能模块设计等方面展开系统设计,涵盖数据采集、存储、分析等核心功能。最后论述系统实施与应用,涉及实施步骤、效果评估等,旨在为供水管网的科学管理提供高效、智能的技术支撑。

[关键词] GIS; 供水管网信息管理; 系统构建

一、引言

(一) 研究背景

随着城市化进程的加速,城市供水管网规模不断扩大,结构日益复杂。传统的人工管理方式在面对海量供水管网数据时,暴露出效率低下、信息不准确、难以实时监控等诸多问题。而地理信息系统(GIS)技术凭借其强大的空间数据管理和分析能力,为供水管网信息管理提供了新的解决方案。

(二) 研究意义

构建基于 GIS 的供水管网信息管理系统,能够实现对供水管网信息的全面、准确、实时管理,提高供水管网运行的可靠性和安全性,降低管网漏损率,优化供水调度,为城市供水管理部门提供科学的决策依据,具有重要的社会效益和经济效益。

二、关键技术研究

(一) GIS 技术

GIS 是一种用于采集、存储、管理、分析和展示地理空间数据的计算机系统。在供水管网信息管理系统中,GIS 技术可以将供水管网的空间位置信息与属性信息相结合,实现管网的可视化展示。通过地图操作功能,如缩放、平移、查询等,用户可以直观地了解管网的分布情况、管径大小、材质类型等详细信息。同时,GIS 的空间分析功能,如缓冲区分析、网络分析等,能够为管网的规划、维护和应急处理提供有力支持。

(二) 数据库技术

供水管网信息管理系统涉及大量的空间数据和属性数据,需要采用合适的数据库技术进行存储和管理。关系型数据库(如 Oracle、SQL Server)具有数据结构严谨、数据完整性好等优点,适合存储供水管网的属性数据,如管道的编号、长度、压力等信息。而空间数据库(如 ArcSDE、PostGIS)则专门用于存储和管理空间数据,能够实现空间数据与属性数据的一体化存储,提高数据的查询和分析效率。

(三) 数据采集与处理技术

数据采集是系统构建的基础,常用的数据采集方法包括野外测量、遥感影像解译、现有图纸数字化等。采集到的数据往往存在格式不统一、精度不一致等问题,需要进行数据处理。数据处理包括数据清洗、数据转换、数据编辑等操作,以确保数据的准确性和完整性。例如,对野外测量数据进行误差校正,将不同格式的数据转换为系统支持的格式,对数字化图纸进行拓扑检查和修正等。

三、系统设计

(一) 系统架构设计

基于 GIS 的供水管网信息管理系统采用分层架构设计,一般分为数据层、服务层和应用层。

数据层: 负责存储和管理供水管网的各种数据,包括空间数据、属性数据、业务数据等。数据层通过数据库管理系统实现对数据的组织、存储和访问控制。

服务层: 为应用层提供各种服务接口,包括 GIS 服务、数据服务、业务逻辑服务等。GIS 服务实现空间数据的发布、查询、分析等功能;数据服务提供数据的增删改查操作;业务逻辑服务处理与供水管网管理相关的业务规则和流程。

应用层: 是用户与系统交互的界面,提供各种功能模块,如地图浏览、管网查询、统计分析、应急管理等。应用层通过调用服务层提供的接口,实现具体的业务功能。

(二) 功能模块设计

数据管理模块

数据录入: 支持多种数据录入方式,如手动输入、批量导入等,方便用户将供水管网的相关数据录入系统。

数据编辑: 提供对空间数据和属性数据的编辑功能,如添加、删除、修改管网要素等,确保数据的及时更新。

数据备份与恢复: 定期对系统数据进行备份,以防止数据丢失。当出现数据损坏或丢失的情况时,能够快速恢复数据。

地图浏览模块

地图显示: 以地图的形式直观展示供水管网的分布情况,支持多种地图底图,如卫星影像图、地形图等。

地图操作: 提供缩放、平移、旋转等基本地图操作功能,方便用户查看不同区域的管网信息。

图层管理: 用户可以根据需要控制不同图层的显示和隐藏,如管道图层、阀门图层、水表图层等,以便更清晰地查看特定要素。

管网查询模块

属性查询: 用户可以通过输入管网的属性信息,如管道编号、管径等,查询符合条件的管网要素,并显示其详细信息。

空间查询: 支持空间位置查询,如点击地图上的某个点查询附近的管网设施,或者绘制多边形查询该区域内的所有管网要素。

组合查询: 将属性查询和空间查询相结合,实现更精确的查询需求。

统计分析模块

管网长度统计: 统计不同管径、不同材质的管道长度,为管网的规划和维护提供数据支持。

漏损分析: 通过对管网的压力、流量等数据进行监测和分析,及时发现管网漏损点,并计算漏损率,为降低漏损提供决策依据。

用水量分析: 分析不同区域、不同时间段的用水量变化情况,为供水调度提供参考。

应急管理模块

事故报警: 当管网发生爆管、漏水等事故时,系统能够及时接收报警信息,并在地图上显示事故位置。

应急调度: 根据事故位置和管网分布情况,自动生成应急调度方案,如关闭相关阀门、调整供水路线等,以减少事故影响。

历史事故查询: 记录和查询历史事故信息,分析事故原因和处理经验,为今后的应急管理提供参考。

四、系统实施与应用

(一) 系统实施步骤

需求调研与分析

此阶段是整个系统建设的根基,意义重大。我们的调研团队秉持专业、严谨的态度,与城市供水管理部门展开深度

交流。通过多轮面对面会议,与各层级管理人员、一线操作人员进行沟通,详细了解他们在日常工作中的痛点与期望。除了常规交流,还深入供水管理现场,实地观察业务流程,从水源取水、水质检测,到不同区域的供水分配,再到水费收缴等环节,全流程跟踪记录。同时,发放精心设计的调查问卷,广泛收集员工意见。综合这些信息,我们全面梳理出业务需求框架,并进一步细化。针对管理流程,绘制详细的流程图,明确各环节的输入、输出及责任人。在此基础上,结合行业最佳实践与技术发展趋势,精准界定系统的功能边界,如实时监控、智能预警等功能;同时,对系统性能提出量化指标,如响应时间不超过X秒,确保系统能稳定、高效运行。

数据准备与处理

数据是系统的“血液”,其质量直接决定系统的效能。首先,依据系统对数据的要求,制定全面的数据采集计划。运用多种先进技术手段,如在供水管网关键节点安装高精度传感器,实时采集压力、流量、水质等数据;利用地理信息系统(GIS)技术获取管网地理位置、走向等空间数据;从现有的业务系统中抽取历史运营数据。采集过程中,严格执行数据质量管理机制,对采集的数据进行实时校验,确保数据的准确性和完整性。

系统开发与集成

系统开发阶段,依据前期详尽的系统设计方案,精心挑选适宜的开发工具和前沿技术。开发团队由经验丰富的软件工程师、架构师组成,他们具备扎实的专业知识和丰富的项目经验。在开发过程中,严格遵循敏捷开发方法,采用迭代式开发模式,确保项目进度可控且能及时响应需求变更。针对各个功能模块,如数据采集模块、数据分析模块、用户界面模块等,分别进行独立开发。每个模块开发完成后,进行严格的单元测试,确保模块功能的正确性和稳定性。在完成所有模块开发后,进入系统集成阶段。通过精心设计的接口和中间件技术,将各个功能模块无缝连接起来,实现数据在不同模块之间的顺畅流通和交互。集成过程中,进行全面的集成测试,模拟各种实际业务场景,检查模块间的协同工作情况,及时发现并解决可能出现的兼容性问题,确保整个系统成为一个有机的整体,能够稳定、高效地运行。

系统测试与优化

系统测试是确保系统质量的关键关卡,我们采用全面、多层次的测试策略。功能测试方面,依据详细的功能需求文档,设计覆盖所有功能点的测试用例,对系统的各项功能进行逐一验证。从简单的用户登录、数据查询,到复杂的数据分析、报表生成,确保每个功能都能按照预期正常运行,输入与输出结果准确无误。性能测试环节,运用专业的性能测试工具,模拟高并发、大数据量的实际业务场景,对系统的响应时间、吞吐量、资源利用率等关键性能指标进行严格测试。通过不断调整测试参数,找出系统性能瓶颈所在。安全测试同样不容忽视,采用渗透测试、漏洞扫描等技术手段,对系统的网络安全、数据安全等方面进行全面检测,查找潜在的安全漏洞和风险。针对测试过程中发现的问题,开发团队深入分析问题根源,采取针对性的优化措施。例如,优化数据库查询语句以提高数据检索速度,调整系统架构以提升并发处理能力,加强安全防护机制以抵御网络攻击,从而不断提升系统的稳定性、性能和安全性。

(二)应用效果评估

提高管理效率

在未引入该系统之前,城市供水管理部门在获取供水管网信息时面临诸多困扰。工作人员需要在堆积如山的纸质文件和复杂的电子表格中艰难查找所需数据,不仅耗费大量时间,而且极易出现人为错误,导致信息获取不准确、不及时。而如今,借助系统强大的可视化展示功能,供水管网的各类信息以直观、形象的方式呈现出来。一张电子地图上,清晰标注着每条管道的位置、管径、材质等详细信息,实时运行

数据如压力、流量等以动态图表形式展示,一目了然。快速查询功能更是极大地提升了信息获取速度,工作人员只需在搜索框中输入关键词,瞬间就能定位到所需信息。无论是查询某个小区的供水情况,还是追溯某段管道的历史维修记录,都能在短短几秒内得到准确结果。这种高效的信息获取方式,使工作人员能够迅速做出决策,及时处理各类供水管理问题,原本繁琐冗长的工作流程得以大幅简化,管理效率得到显著提升,真正实现了供水管理的数字化、智能化飞跃。

降低管网漏损率

管网漏损一直是城市供水行业面临的严峻挑战,不仅造成大量水资源的浪费,还增加了供水企业的运营成本。过去,由于缺乏有效的监测手段,漏损点的发现往往依赖人工巡检,不仅效率低下,而且很难做到及时发现微小漏损点。随着时间推移,小漏损逐渐发展成大问题,导致水资源大量流失。本系统的漏损分析功能犹如一套精密的“诊断仪”,通过在管网关键节点安装的传感器,实时收集压力、流量等数据,并运用先进的数据分析算法进行深度挖掘。一旦数据出现异常波动,系统能够迅速判断可能存在的漏损点,并精确给出其地理位置。维修人员接到警报后,可以第一时间赶赴现场进行维修,避免漏损情况进一步恶化。自从系统投入使用以来,管网漏损率得到了有效控制。通过对历史数据的对比分析,漏损率较之前有了明显下降,这不仅节约了宝贵的水资源,也为供水企业降低了运营成本,同时为城市的可持续发展做出了积极贡献。

优化供水调度

科学合理的供水调度是保障城市居民用水需求、提高供水质量的核心环节。以往,供水调度主要依靠人工经验和有限的统计数据,难以准确把握不同区域、不同时段的实际用水需求变化。在用水高峰期,可能出现供水不足的情况,影响居民正常生活;而在用水低谷期,又可能存在供水过剩,造成水资源浪费。本系统的用水量分析功能为供水调度提供了科学、精准的决策依据。它通过收集来自各个用水区域、不同类型用户的实时用水数据,运用大数据分析和机器学习技术,深入挖掘用水规律和趋势。不仅能够准确预测每日、每周甚至每月的用水量变化,还能根据天气、季节、节假日等因素进行动态调整。基于这些分析结果,供水调度人员可以制定更加精细化、个性化的供水方案,合理调配水源,优化水泵运行参数,确保在满足居民用水需求的前提下,最大限度地提高水资源利用效率,降低能源消耗,提升供水质量和供水可靠性,让城市居民始终能够享受到稳定、优质的供水服务。

结语

基于GIS的供水管网信息管理系统构建是城市供水管理现代化的重要举措。通过运用GIS技术、数据库技术等关键技术,实现了供水管网信息的数字化、可视化和智能化管理。系统设计合理,功能模块完善,能够有效提高供水管网的管理效率和服务水平。在系统实施与应用过程中,通过科学的实施步骤和严格的效果评估,确保了系统的稳定运行和实际应用价值。未来,随着技术的不断发展,还可以进一步拓展系统的功能,如与物联网技术相结合,实现对供水管网的实时监测和智能控制,为城市供水事业的发展提供更有力的支持。

[参考文献]

- [1] 试论我国城市管网地理信息系统. 高铁军. 测绘科学, 2009 (S1)
- [2] 城市管网建设的智能化发展路径. 张志军. 张江科技评论, 2024 (06)
- [3] 二〇三所“城市管网安全监测预警关键技术与装备”项目获中国安全生产协会安全科技进步一等奖. 何奇. 中国军转民, 2022 (19)
- [4] 城市管网的建设. 解周楠. 科技传播, 2011 (13)