

# 基于 Android 供水管网移动端巡检系统设计

班福忱,郭芷彤,张 晶

(沈阳建筑大学市政与环境工程学院,辽宁 沈阳 110168)

**摘 要** 目的 解决传统的经验式供水管网巡检模式导致的巡检效率低、监控手段落后、抢险维修应急响应不及时和管网系统信息利用率不高等问题。方法 分析供水管网现状,结合企业科技化需求,提出一种结合 Arc GIS 管网地理空间系统和 SCADA 管网监测点的监控系统,以 Android 移动终端为平台,利用终端 GPS 定位系统和 4G 网络通讯交互的现代化技术,以 SOA 设计理念和 Ajax 技术设计系统架构,利用 UML 序列法对供水管网巡检系统应具有的主要功能进行设计。结果 构建集供水管网信息采集、巡检系统导航定位、管网事故抢险维修和系统信息管理为一体的供水管网移动端巡检系统。结论 实现了供水管网巡检的高效智能运行,提高了企业信息化水平。

**关键词** 供水管网;Android;移动巡检;管网维护;供水管理

中图分类号 TU991.6 文献标志码 A

## Design of Mobile Inspection System for Water Supply Pipeline Network Based on Android

BAN Fuchen, GUO Zhitong, ZHANG Jing

(School of Civil and Environment Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168)

**Abstract:** In order to solve the low inspection efficiency, the backward monitoring way, the low data utilization rate of the pipe network system, and the not timely emergency response to the emergency maintenance caused by the traditional empirical water supply network inspection mode, a monitoring system combining Arc GIS pipe network geospatial system and SCADA pipe network monitoring point is proposed. Based on the current situation of water supply pipe network business analyzed and the needs of enterprise technology, water supply pipe network inspection system is designed. Android mobile terminal is used as the system's platform, terminal GPS positioning system and 4G network used as the system's communication interaction, with SOA design concept and Ajax technology design system architecture, UML sequence method used to design the system's main functions. This system is a water supply pipe network mobile inspection system

收稿日期:2019-06-04

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2018ZX00-004-01);辽宁省高等学校创新人才支持计划(Z2219003);辽宁省自然科学基金项目(20170540744)

作者简介:班福忱(1976—),男,教授,博士,主要从事给排水管网系统设计与优化等方面研究。

including water supply pipe network information collection, patrol system navigation and positioning, pipe network accident repair and system information management. This system can achieve an efficient and intelligent operation of water supply pipe network inspection, improve the level of enterprise information.

**Key words:** water supply network; Android; mobile inspection; pipe network maintenance; water supply management

供水管网巡检是指企业管网管理部门为防止发生管网生产事故,通过日常对其管辖范围内的地下管网和附属设施的巡视<sup>[1]</sup>,了解管网运行状况和其周边环境变化,将管网运行状况、管网参数变化等信息登记在案,并以此为据,对运行状况故障的管段快速提出检修方案,避免造成大范围用户停水,将事故损失控制在最小范围内,保证管网的正常运行.因此,供水管网的巡检业务是保证供水管网安全运行的一项必要配套工作.随着智慧城市概念的提出,市政各领域巡检系统均向智能化发展. Android 第三方案开发尤为普遍,市场占有率高<sup>[2-3]</sup>. 而基于 Android 平台的巡检系统也陆续应用到燃气、交通等不同领域中. 由此,基于 Android 的供水管网移动端巡检系统研究也是水务企业智慧化、科技化发展的明确方向.

为了提高供水管网科技化进程,高效保障供水管网的安全运营,笔者提出一种基于 Android 的供水管网移动端巡检系统. 结合 Arc GIS 和 SCADA<sup>[4-5]</sup>的管网相关数据库,将城市供水管网巡检系统配置到 Android 移动终端第三方应用程序中,构建移动端智能供水管网巡检系统. 将业务流程与数据交互相结合,实现无纸化办公;对管网数据实时监控,及时发现定位管网和附属设施的故障位置;减少人为原因所造成的错检或漏检.

# 1 供水管网巡检业务现状及企业需求

## 1.1 供水管网巡检业务现状

目前,管网巡检业务主要是传统经验式巡检模式. 将市政区域分片划分,片区负责人

制定周期巡检计划. 然而城市供水管网深埋于地下、分布范围广、管网拓扑结构错综复杂,传统模式下巡检人员需要对供水管网位置记忆精确. 因此依靠传统经验式巡检模式容易导致人工记录缺失、记录不全,存在数据误差,监控手段落后,难以保证巡检质量<sup>[6-8]</sup>. 突发事件时应急抢险反应速度缓慢,效率低下,导致事故影响范围扩大. 管网事故发生时,无法确定管网埋深、管材和管径,导致不必要的施工事故.

## 1.2 供水管网企业科技化专业需求

解决传统的经验式供水管网巡检模式的问题,需要建立管网巡检、抢险维修、生产运行、监控管理等业务的智慧化、科技化系统. 为保障供水管网的安全运行,城市供水管网移动巡检系统应做到:①实现供水管网属性信息和空间拓扑关系准确;②巡检人员定位精准;③智能化、规范化操作,实现无纸化办公,实时上传巡检数据信息;④事故发生及时,智能分析事故隐患,提高现场应急抢险处理能力,大幅度提高工作效率;⑤自动统计分析管网巡检数据;⑥实现“派发任务-发现隐患-上报信息-管网维护-检修验证-数据分析”的智能化管理流程,有效监督考核巡检人员工作;⑦保障系统安全,确保供水设施高效率、低故障运行.

# 2 技术路线设计

## 2.1 系统物理架构

基于 Android 的供水管网移动端巡检系统在物理结构上有两部分(见图1),智能手机移动终端和服务端在线平台端. Android 智能手机移动终端通过调用系统底层基站定

位范围和 GPS 数据,获取实时定位信息.按照服务器在线平台端命令,下发指定巡检轨迹至手机终端,随即开展管网巡检工作.巡检过程中,通过 4G 无线通讯网络,在线填写隐

患信息上报回传至通信服务器,与调用的 Arc GIS<sup>[9]</sup>服务器的管网数据进行交互,利用 WEB 程序将数据解析,最终上传储存至数据库服务器中.

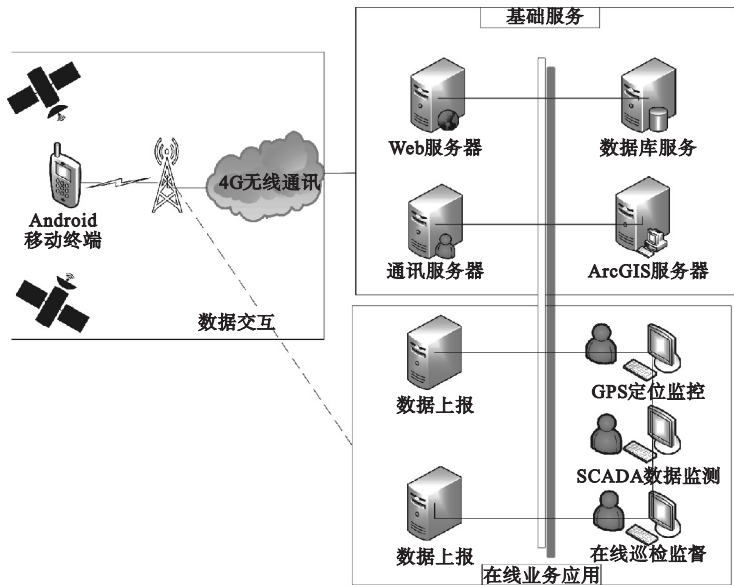


图 1 系统物理架构图

Fig. 1 System physical architecture diagram

2.2 系统逻辑架构

Android 供水管网移动端巡检系统,按照系统分层和面向服务的 SOA 设计理念<sup>[10]</sup>进行数据库与移动终端之间的数据交互.系统逻辑结构从上至下分为 3 层.依次为应用层、支撑层与数据层,具体逻辑架构如图 2 所示.

应用层:为解决传统巡检模式的突出问题,满足企业的科技化建设,笔者对系统应用层进行功能划分.将已经发展成熟的应用程序服务端(B/S)<sup>[11]</sup>功能整合至移动终端.其中服务端除了包括现阶段研究成熟的 Arc GIS 技术在 B/S 端的应用,如管线工程规划辅助设计、管网综合管理和管线事故处理等功能,还包括在 Android 移动端平台上的巡检任务接收、巡检路线导航定位、个人巡检记录查询、巡检轨迹查询、管网隐患上报、远程爆管分析、抢维修工作等移动巡查功能.

支撑层<sup>[12]</sup>:为应用层提供功能组件、中间件技术和服务系统集合的先进技术和插件,实现对应用层功能的基层服务支撑,承载服务端与 Android 手机终端之间的交互.除了包括在其他行业的巡检系统中常见的数据库引擎、GPS 服务组件、GIS 组件之外,系统采用 Ajax 技术<sup>[13]</sup>在智能巡检系统的支撑层中,Ajax 引擎向服务器发送 HTTP 请求,服务

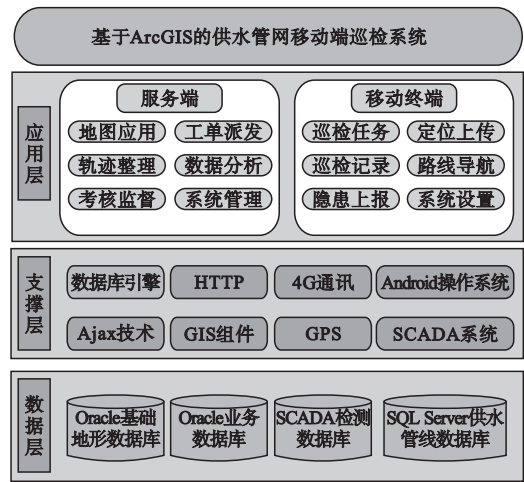


图 2 系统逻辑架构图

Fig. 2 System logical architecture diagram

器自动向手机终端发送巡检业务数据,通过判断查询结果,持续更新过程。避免监控数据的重复刷新工作,完成局部刷新功能,避免数据传输的延时性,解决服务器和客户端之间数据传输冗余问题,大幅度减少信息交互量。

数据层:数据层包括系统信息管理类,主要完成系统数据建模,对供水管网移动巡检系统字段覆盖,根据数据建模进一步创建数据仓库,为供水管网巡检业务接口提供准确、科学的数据支撑。系统信息主要包括地理数据、供水管网数据和业务管理数据3部分<sup>[14]</sup>。各自具体分为空间矢量数据和属性数据<sup>[15]</sup>。空间矢量数据有地形图地图数据、图层管理、管网节点及附属设备、管线及其拓扑结构、管网扩张和改造数据等。属性数据有用户及权限信息相关数据表,管段长度、埋深、管材等属性配置和界面配置。将数据一体化存储于SQL<sup>[16]</sup>关系数据中,建立科学数据索引算法,优化数据逻辑,提高搜索计算速度和质量。为供水管网移动巡检系统提供数据支持服务,确保系统安全稳定地运行。

### 3 建立供水管网移动巡检系统

#### 3.1 系统功能组成

系统工能框架如图3所示。

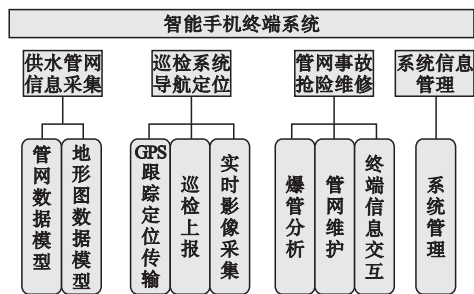


图3 系统功能框架图

Fig.3 System function frame diagram

通过分析供水管网巡检系统业务现状和企业用户需求,系统将基于Android的供水管网移动巡检系统分为供水管网信息采集、巡检系统导航定位、管网事故抢维修和系统信息管理4个子系统,并实现管网数据模型、

地形图数据模型展示、GPS跟踪定位传输、巡检上报、实时影像采集、爆管分析、管网维护、终端信息交互和系统管理等功能。

#### 3.2 子系统UML序列流程设计与实现

##### 3.2.1 供水管网信息采集子系统

系统录入物探公司采集的供水管网数据信息和ArcGIS Server10.0<sup>[17]</sup>发布的电子地图数据信息。插入ArcGIS for Android开发包,调用ArcGIS提供的开发工具,配合SCADA管网监测点的监控系统,编辑管网图层和地形图图层。最终将管网数据模型可视化浏览,显示供水管网及其拓扑结构、管线、附属设备和管网属性信息在移动终端界面。图4为某市局部供水管网模型,图4完成对管道及其附属构件的基本检测功能包括:查询管线编号、管段坐标、管材、管径、管长、坡度、埋深、流速、水压和水表、阀门等附属配件编号及其位置等。此子系统在进行巡检任务和抢险维修事故勘察时,更方便实时查看和操作。

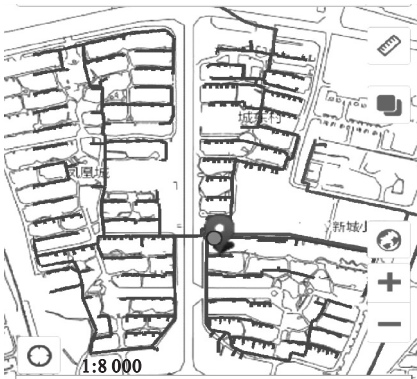


图4 供水管网模型

Fig.4 Water supply network model

##### 3.2.2 巡检系统导航定位子系统

片区经理在B/S服务端制定巡检计划(见图5)下发到相应ID的Android手机终端。巡检人员打开应用程序进入系统后,通过“上班签到”窗口进入巡检系统,查看相应的巡检任务。根据对应的巡检导航图进行供水管网现场巡检。利用移动Android终端自有的GPS芯片<sup>[18]</sup>,精确定位巡检过程中的移动位置坐标,通过终端信息交互,服务器平台端自动读取



GPS 数据,记录实际巡检轨迹和沿途的管网隐患信息按事故危险等级,统计备份至服务器数据库.数据库对管网隐患信息事故危险等级信息预警处理分为紧急事故和灾难,并实时按险情等级上报上级部门,使管理者更直观清晰地

了解管网和设备的运行状况,及时下发维修任务.巡检人员通过下班签退结束工作,作为出勤考核和安检的依据,生成巡检信息报表,从整体上提升供水管网运行管理水平.

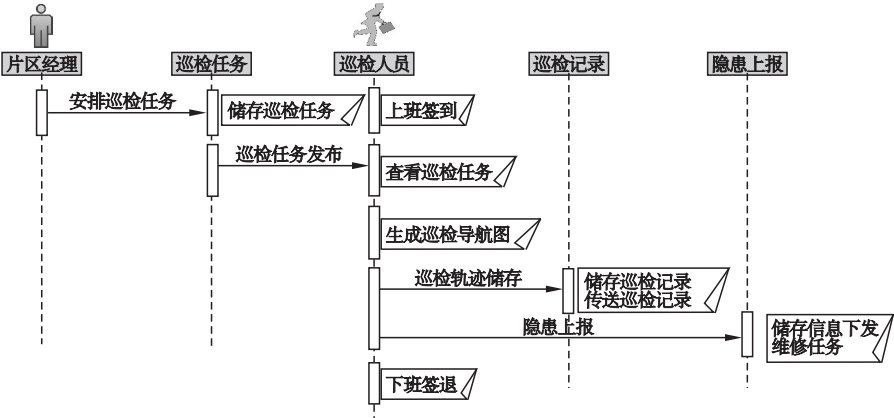


图 5 巡检系统导航定位子系统 UML 序列流程图

Fig. 5 UML sequence flow chart of navigation and positioning subsystem of patrol system

3. 2. 3 管网事故抢险维修子系统

在巡检过程中,发现管网爆管事故时(见图 6),根据巡检位置,手机终端对事故管段精准定位,快速获取爆管点和附近控制阀门位置及属性上传至服务器平台端,同时发布管网维修紧急事故任务.对于较难处理的管网关阀方案,利用 Arc GIS 平台智能爆管关阀分析算法,可在系统上进行智能关阀算

法计算,计算出待关阀门信息,快速列出最优关阀方案<sup>[19]</sup>,减少事故影响范围.将计算分析后的待关阀门数据信息传送至 Android 移动终端,现场及时关闭阀门,暂停事故管段供水.若待关闭阀门无法正常关闭,则返回服务器端进行二次分析,再次确定关阀方案和影响用户供水区域范围,预警受影响用户片区并启动相应等级的应急预案.

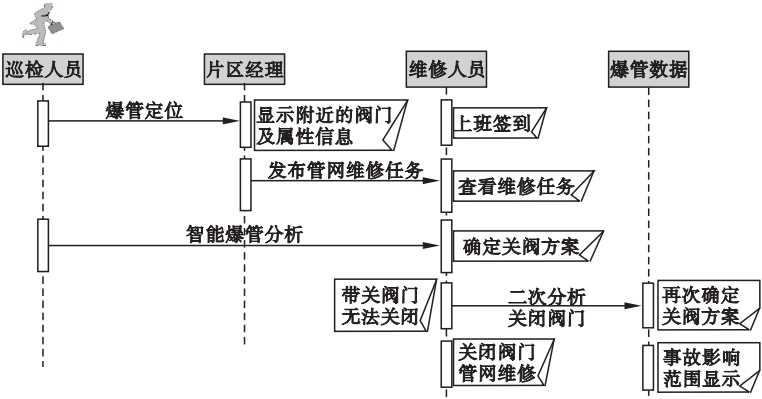


图 6 管网事故上报子系统 UML 序列流程图

Fig. 6 UML sequence flow chart of pipe network accident subsystem

片区负责人接收读取事故现场位置、事故详情、事故等级、联系人及其电话等信息,结合 SCADA 系统对管网属性数据的动态监

测,根据管网巡查的历史数据汇总,综合分析管网潜在事故分布位置,制定维修方案,随后在系统上填写规范工单(见图 7)并签发.系

统自动储存工单信息,并派发至指定管网维护人员系统中.指定维护人员在 Android 移动终端上班签到并读取工单信息后,自动开启路线导航,引导管网维护人员到达事故现场,检查管网设备损坏情况.系统调出设备维修清单,现场解决管网事故,并记录上传维护数据信息至服务器平台.如遇现场不能处理

的情况,及时影像采集上报至片区负责人系统处,片区负责人根据现场情况实时反馈维护意见至维护人员系统终端.维修结束后,系统自动读取手机终端 GPS 数据、出勤轨迹和管网维护派发单记录数据,一并发回服务器,归类为派工统计分析报表,保存至系统服务器中.

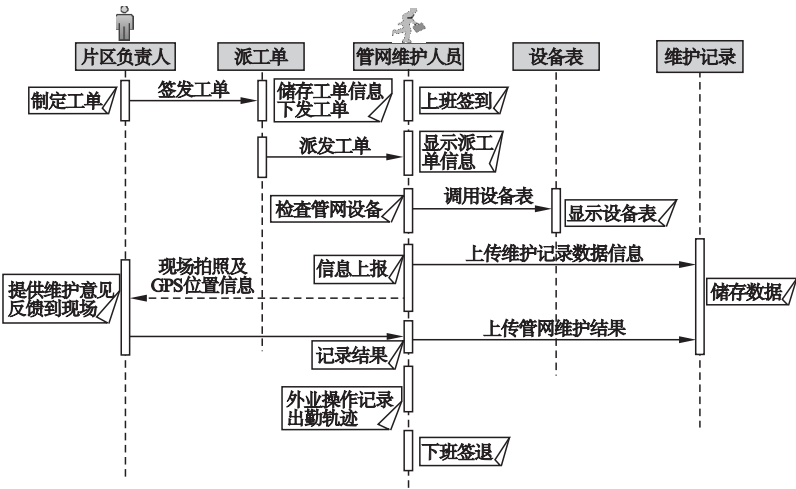


图 7 管网抢险维修子系统 UML 序列流程图

Fig. 7 UML sequence flow chart of pipeline network emergency maintenance subsystem

3.2.4 系统信息管理子系统

系统管理子系统主要是对系统用户及其角色权限的管理,包括片区负责人、片区助理、巡检人员、维护人员等,保证运行安全可靠<sup>[20]</sup>.数据采用加密措施处理,不能任意修改 ID,从而对不同使用人员进行身份验证,开启不同类型用户权限,访问不同系统资源,进而进行不同操作.巡检工作人员系统登录成功之后才可以领取工单任务,采集巡检数据,上报隐患信息;管理者可在系统 B/S 端实时查看日常巡线轨迹、盯防任务在线情况及现场情况,也可通过手机终端随时查看人员实时在线、各类计划执行情况.通过实时轨迹可掌握当日巡检的动态,包括沿途拍摄的音视频信息,通过历史轨迹可回放轨迹、查看历史巡检信息,可随时对各类计划的执行情况进行追溯.在 B/S 平台或 Android 移动终端随时调阅隐患信息,了解处理进度,对隐患进行统计分析,实现管网隐患从发起、建立、

处理、直至关闭的跟踪管理,保证供水管网安全稳定运行.

4 结 论

- (1)构建集供水管网信息采集、巡检系统导航定位、管网事故抢险维修和系统信息管理为一体的供水管网移动端巡检系统.
- (2)自动统计分析管网巡检系统能及时发现管网潜在的故障隐患,合理调度维修;同步事故管段现场,增强现场应急抢险能力.
- (3)实现供水管网巡检的高效智能运行,有效减少生产运营费用,提高供水管网设施的安全运行,提高企业信息化水平.

参考文献

[1] 袁帅.管网巡检系统的设计研究[D].武汉:武汉科技大学,2013.  
(YUAN Shuai. Design and research of inspection system [D]. Wuhan: Wuhan University of Science and Technology,2013.)

[2] 陈伟章.基于移动互联网的巡检系统[D].吉

- 林:吉林大学,2015.  
(CHEN Weizhang. The mobile internet inspection system [D]. Jilin:Jilin University,2015.)
- [3] 王夺,李影,韦书剑. 基于 Android 平台的智慧政务地图数据采集系统的设计与实现[J]. 现代信息科技,2018,2(2):30-32.  
(WANG Duo, LI Ying, WEI Shujian. Design and implementation of data acquisition system for intelligent government map based on android platform [J]. Modern information technology,2018,2(2):30-32.)
- [4] 戴雄奇,朱戈文. 城市供水管网 GIS 系统的建设管理与维护[J]. 中国给水排水,2011,27(10):21-24.  
(DAI Xiongqi, ZHU Gewen. Construction, management and maintenance of GIS in municipal water supply network [J]. China water supply and drainage,2011,27(10):21-24.)
- [5] 张卉,何文杰,李冠民. 天津市供水管网 GIS 与 SCADA 系统的集成技术研究[J]. 给水排水,2010,36(9):112-114.  
(ZHANG Hui, HE Wenjie, LI Guanmin. Research on integration technology of GIS and SCADA system in Tianjin water supply network [J]. Water supply and drainage,2010,36(9):112-114.)
- [6] 李晓琳,史国振. 基于 Android 的地下管线巡检系统的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2017,40(12):39-41.  
(LI Xiaolin, SHI Guozhen. Design and implementation of the underground pipeline inspection system based on android [J]. Geomatics & spatial information technology,2017,40(12):39-41.)
- [7] 张勇,张俊,张小波. 成都自来水管网移动巡检系统的设计与实现[J]. 测绘与空间地理信息,2015,38(9):119-121.  
(ZHANG Yong, ZHANG Jun, ZHANG Xiaobo. The design and realization of water pipe network mobile inspection system in Chengdu [J]. Geomatics & spatial information technology,2015,38(9):119-121.)
- [8] 何锴,任慧举,李玮. 管网巡检养护系统的建设与应用[J]. 供水技术,2013,7(1):41-43.  
(HE Kai, REN Huiju, LI Wei. Establishment and application of patrol maintenance system of water supply network [J]. Water supply technology,2013,7(1):41-43.)
- [9] 班福忱,李美然,孙晓昕. 基于城市供水管网地理信息系统的管网维护与巡检[J]. 中国给水排水,2016,32(12):16-19.  
(BAN Fuchen, LI Meiran, SUN Xiaoxin. Maintenance and inspection of pipe network based on urban water supply network geographic information system [J]. China water supply and drainage,2016,32(12):16-19.)
- [10] 云晓龙. 基于 SOA 体系结构的软件开发方法研究[J]. 信息系统工程,2017,11(20):62.  
(YUN Xiaolong. Research on software development method based on SOA architecture [J]. Information systems engineering,2017,11(20):62.)
- [11] 王乐天. 基于 GIS 的城市供水信息系统的设计与实现[D]. 上海:华东理工大学,2016.  
(WANG Letian. Design and implementation of urban water supply information system based on GIS [D]. Shanghai:East China University of Technology,2016.)
- [12] 李为国. 基于 Android 智能手机的供水管网巡查系统设计与实现[D]. 济南:山东大学,2014.  
(LI Weiguo. The design and implementation of the water supply network inspection system based on android smart phones [D]. Ji'nan: Shandong University,2014.)
- [13] 郑丰收,李进强,陶为翔. 燃气智能巡检系统设计研究[J]. 北京测绘,2015(5):72-75.  
(ZHENG Fengshou, LI Jinqiang, TAO Weixiang. Research on the gas smart inspection system design [J]. Beijing surveying and mapping,2015(5):72-75.)
- [14] 陈荣,任华,吴凤娟. 基于 GIS 的通信管网资源监控管理系统设计探讨[J]. 科技资讯,2015(19):11-12.  
(CHEN Rong, REN Hua, WU Fengjuan. Design of communication network resource monitoring and management system based on GIS [J]. Science & technology information,2015(19):11-12.)
- [15] 李彦鹏. 赣州市基础地理信息系统的研究[D]. 赣州:江西理工大学,2009.  
(LI Yanpeng. Research on basic geographic information system in Ganzhou city [D]. Ganzhou:Jiangxi University of Technology,2009.)
- [16] 邹俊华. 基于 Android 的智能巡检系统的设计与实现[D]. 上海:东华理工大学,2016.  
(ZOU Junhua. Design and application based on android smart inspection system [D]. Shanghai: Donghua University of Technology,2016.)
- [17] 马卫东. 基于 ArcGIS10 的供水管网信息系统升级改造[J]. 中国给水排水,2014,30(5):41-44.  
(MA Weidong. Upgrading geographic information system of water supply network based on ArcGIS10 [J]. China water supply and drainage,2014,30(5):41-44.)
- [18] 刘明春,王进,邹东. 基于 GIS&GPS 技术的供水管网巡检养护系统的实现[J]. 地理空间信息,2016,14(1):104-106.  
(LIU Mingchun, WANG Jin, ZOU Dong. Implementation of water-supply pipe-network inspection and maintenance system based on GIS&GPS [J]. Geo-spatial information,2016,14(1):104-106.)
- [19] 耿欣. 东北 DQ 市供水管网水质安全预警系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011.  
(GENG Xin. Study on early warning system of water quality safety of water supply network in northeast DQ city [D]. Harbin: Harbin University of Technology,2011.)
- [20] 宋俊山. 中小城市输配电地理信息系统设计与研究[D]. 济南:山东大学,2012.  
(SONG Junshan. Transmission and distribution of small and medium cities in geographic information system [D]. Ji'nan: Shandong University,2012.)

(责任编辑:徐玉梅 英文审校:唐玉兰)