

3S技术在漳州市地下管线探测与信息管理系统的应用

陈丽慧*

(漳州市测绘设计研究院 福建 漳州 363000)

摘要: 地下管线是城市重要的基础设施和发展命脉。本文以漳州市为例,阐述了城市地下管线探测及信息管理系统建设中对GPS、GIS和RS技术的综合应用,并进一步分析了“3S”技术在管线信息化以及提升管线数据生产效率、保障数据动态更新等方面的积极作用,以期对相关城市管线普查和信息系统建立提供参考。

关键词: GPS; GIS; RS; 管线信息化; 应用

1 引言

地下管线是城市的生命线,也是城市基础设施的重要组成部分,更是发挥城市功能、确保城市经济和社会健康、协调发展以及安全运转的重要物质基础。但是近年来在城镇化进程中出现了不少问题,管线事故频繁发生,特别是每逢雨季,国内许多城市都不同程度地陷入了内涝模式,致使人民的生命财产安全遭受了严重损失。因此,综合地下管网的科学规划建设以及精细化、可视化、智能化管理等问题成为了当前的研究热点,并对城市的规划和管理工作提出了新的要求和挑战,这需要借助于信息化的技术方法来实现。而随着全球定位系统(GPS)技术、地理信息系统(GIS)技术和遥感(RS)技术的快速发展和深入应用,“3S”集成技术在城市地下管线信息化工作中发挥了关键且不可或缺的作用,并成为推动城市现代化建设与管理的核心技术支撑^[1,2]。

2 “3S”技术及其一体化发展

随着空间信息技术的不断发展,将全球卫星定位系统、遥感技术和地理信息系统紧密结合起来的“3S”一体化技术已展示出更为广阔的应用前景。通过将GPS、GIS、RS三种独立技术中的有关部分有机集成起来,构成一个强大的技术体系,可实现对各种空间信息和环境信息的实时、快速、机动、准确、可靠的收集、处理与更新。当前,“3S”技术正在强劲地引领社会经济发展,并融入全社会,形成了天地一体化的信息获取和处理能力以及地理信息产业集群效应,这极大地丰富了测绘地理信息数据的内涵,拓展了地理数据的外延,

也取得了一些深层次的应用成效。以下,笔者将结合在2011年~2013年度实施的住建部科技计划信息化示范工程“漳州市综合地下管线探测与信息管理系统”建设项目进行阐述(简称漳州管线项目),该项目应用了先进的“3S”技术,进一步提高了管线普查的工作效率和空间信息展示效果,为管线信息化建设的顺利完成创造了直接、高效的有利条件。

3 GPS技术在漳州市地下管线探测工程的应用

3.1 GPS控制测量

漳州市地下管线探测工程是在漳州市现有的C、D、E级GPS控制网和三、四等水准网的基础上,采用GPS卫星定位测量技术静态方式,建立了覆盖整个测区的首级控制测量网,沿管线和道路大致走向加密图根控制导线,图根点平面坐标利用RTK测量,高程布设等外水准节点网。经GPS严密平差解算,本次工程共完成了1131个高等级控制点的布设任务。

3.2 利用GPS RTK技术进行地形修测和管线测量

本次漳州管线项目,已提供有中心城区的实测地形图,但因局部现势性不足或是外围区域缺图,比如高新区、金峰开发区和蓝田开发区等建设区,由于城市开发利用程度大,需要进行地形图修测工作。在卫星信号较差或受干扰区域以及便利设站区,是采用全站仪极坐标法测量;在其他区域尤其是通视条件不好的条件下,主要应用了先进GPS RTK技术进行地形测绘和管线点测量,精度可以达到相关技术规范要求。本次管线探测任务,共完成了管线点探测231171个,生成1:500综合地下管线图1214幅、专业地下管线图上万幅。

* 收稿日期: 2016-08-04

作者简介: 陈丽慧(1983—)女,硕士,工程师,主要从事城市测绘及地理信息系统研究与应用工作。

基金项目: 住建部2012年科学技术计划项目——信息化示范工程(2012-S5-13); 2011年度漳州市重大课题研究项目(漳科重2011-010)。

4 基于 GIS 的漳州市综合地下管线信息管理系统建设

4.1 多种 GIS 技术的综合应用

在完成管线普查的工作基础上,进行漳州市综合地下管线信息管理系统建设和数据建库。作为城市级信息管理系统,选用当前主流的软件 Esri 系列 ArcGIS 作为 GIS 平台,能全面提供 GIS 应用的各种功能,具有较好的建立拓扑关系的能力,空间分析效率较高,还具备最为先进的数据兼容接口,可以保证将来的扩展需要^[6]。系统采用数据库服务器、中间层服务器、客户机三级体系结构,是在 ArcGIS10.1 平台选型基础上,结合 ArcEngine 和 ArcGIS Server、C#、.NET、Skyline 等先进开发工具进行二次开发,综合应用了以下多种技术方法。

(1) 分布式 GIS 技术:这是目前利用 GIS 技术解决实际问题的主要有效方法,可以更好地贴切用户的需求。通过建立一个 GIS 组织的分布式网络,每个组织拥有一部分的数据,并由数据共享的责任共同建立一个共享的数据库,由此建立的集中管理和分级更新、数据分发机制在漳州市综合地下管线信息管理系统中得到很好的体现。

(2) 组件式 GIS 技术:系统将各大功能模块划分为几个控件,再通过可视化的软件开发工具集成起来,从而形成多个专业子系统的可伸缩性架构,各子系统间相互独立又保持数据共享,紧密地贴合了不同用户的差异化业务需求,具有良好的扩展性。

(3) Web GIS 技术:项目应用了 Web GIS 技术,主要为用户提供相关的应用级信息服务,使之具有较强的用户交互能力,这是实现 GIS 分布式环境下数据、功能与应用服务互操作的一条最佳解决途径。该系统的实施,对管线的数据共享发布、城市的信息化建设有着很重要的意义,促进了漳州管线信息在权属单位以及社会公众的共享应用和信息服务。

(4) 空间数据库技术:漳州管线系统,基于 ArcSDE 实现了多用户并发访问、管线数据自动监理检查、自动接边处理、符号库管理、数据版本控制以及海量数据存储与管理等技术,实现多源异构数据的无缝拼接和集成管理。

(5) GIS 与其他平台的融合:系统基于 ArcGIS 融合了 AutoCAD、Skyline、Oracle 等多平台,可以分别从 GIS 技术、工程制图、三维空间分析应用以及数据存储管理的角度等方面为空间化、数字化、网络化和可视化的地下管网信息系统提供技术底层支撑。

4.2 管线系统的设计与实现

漳州管线系统,是以一体化设计为理念,坚持高起点、高标准建设原则,整合所有资源、功能和业务,架构一个以计算机网络为载体,为城市规划建设、测绘生产、档案管理及管线权属单位等进行综合决策服务的应用型技术平台。系统功能设计,采用 SOA 架构,建成地下管线综合管理子系统、共享应用子系统、三维展示子系统和规划审批子系统,具备丰富的 GIS 空间分析功能、良好的用户界面和较强的服务能力;系统接口设计,通过建设管线数据接口,实现各专业管网数据库与综合管网数据库图属信息的交互,通过建立应用共享服务接口,实现管线数据网上业务办理、数据获取及对外提供数据和功能服务,满足不同用户不同层次的需求;系统安全设计,通过物理安全、网络安全、系统安全、应用安全、数据安全五个层次的数据安全建设,保证管线信息系统的安全;备份系统设计,基于现有硬件和网络资源,建立对文件系统的数据进行 LAN 网络备份的备份/恢复系统,保护计算机中重要数据信息;系统网络设计,采用典型的星型结构,在管线信息系统专用网络平台上运行管线系统,数据流向以访问 GIS 应用服务器为主,且全部服务器均连在三层交换机,并部署一台防火墙 VPN 设备。

其系统技术设计和功能实现,如表 1 所示,包括:

(1) 综合管理子系统:采用 C/S 构建,Oracle 运行在数据库服务器端,GeoDatabase 提供空间数据关系存储支持,ArcEngine 运行在客户端操作系统中,通过 ArcSDE 提供的数据接口与空间数据库进行连接。本系统主要提供给数据维护单位使用,实现对漳州市地下管网数据进行综合管理与利用,同时可为使用地下管线信息的各有关部门提供直观、可靠和支持规划决策的各种地下管线数据资料等服务。

(2) 共享应用子系统:该子系统的开发通过富客户端技术,采用 Flex 语言面向 B/S 模式开发,为用户提供一个更全方位的网络体验。服务器采用 ArcGIS Server 技术,Flex 运行在 IIS WEB 中,主要为政府有关部门和管线权属单位使用提供相关的应用级信息服务,用于审批部门的管线工程审批,管网工程规划设计方案审批,管网规划建设辅助决策等,为规划部门的管网规划审批工作提供便利的信息化方式和科学的辅助分析功能。

(3) 三维展示子系统:基于 ArcScene 平台和 Sky-Line 平台采用 C/S 环境开发,TerraExplorer 将以流方式传输地形和叠加数据层,通过 TerraExplorer 提供的

接口与空间数据库进行连接或直接连接 Oracle 数据库。该子系统在 ArcGIS 平台下能实现局部区域范围内的三维动态快速建模和空间分析处理; 在 SkyLine

平台下,能迅速创建、编辑、浏览、处理和分析广域范围的真实三维景观,实现海量数据三维辅助分析,同时展示地上、地下三维场景效果。

系统技术架构和功能模块表

表 1

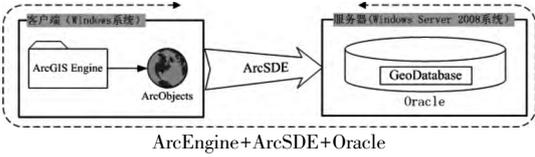
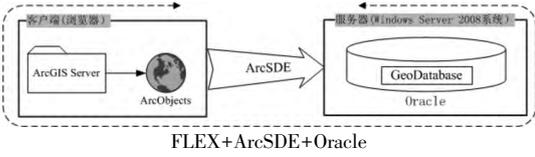
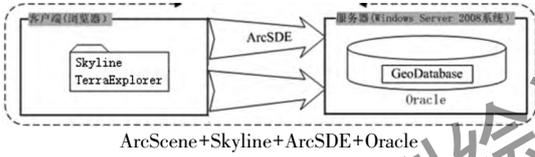
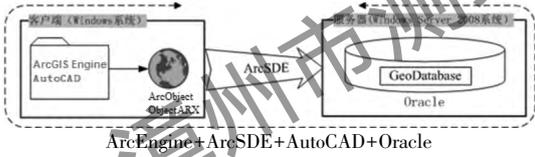
系统名称	技术架构	功能实现
综合管理子系统	 <p>ArcEngine+ArcSDE+Oracle</p>	该子系统主要功能包括: 数据显示、数据查询、市政设施信息、管网辅助设计(净距分析、碰撞分析、拆迁分析、覆土深度分析、区域综合分析等)、管网分析(断面分析、缓冲区分析、爆管分析、预警分析等)、数据统计、媒体信息管理、数据入库、数据编辑、监督检查、数据审批、历史数据管理、数据转换导出、制图打印、数据库管理、系统配置以及帮助等功能。
共享应用子系统	 <p>FLEX+ArcSDE+Oracle</p>	该子系统主要功能包括: 地图浏览、测量距离、测量面积、空间条件查询、管线长度统计、横断面分析、纵断面分析、关阀分析(图 1)、连通分析等以及书签管理、系统帮助功能。
三维展示子系统	 <p>ArcScene+Skyline+ArcSDE+Oracle</p>	该子系统基于双平台提供三维视图下管线浏览与直观的三维管线分析功能,主要功能包括: 地图浏览、视图管理、设置透明度、创建管道、地下模式切换(图 2)、外部图层文件加载、飞行路径、水平和垂直测距、测面积、两点透视、扇面透视、平面开挖分析以及二三维联动、动态建模等功能。
规划审批子系统	 <p>ArcEngine+ArcSDE+AutoCAD+Oracle</p>	该子系统根据用户实际需要实现规划数据的报建审批功能,包括规划、设计、施工、竣工等四大类管线数据导入与导出、数据管理、规划工程辅助设计分析、规划管网分析、数据报批、数据审批、统计报表以及留言板功能模块等。



图 1 共享应用子系统关阀分析功能



图 2 三维展示子系统地下模式

(4) 规划审批子系统: 该子系统在采取 ArcGIS 产品的组件和主流的数据库基础上,同时基于 Object-ARX 进行 AutoCAD 二次开发技术,实现了规划数据入库分析以及 CAD 与 GIS 一站式数据交换等关键技术应用。系统主要提供给规划管理部门使用,根据用户实际需要,通过固定的流程,实现规划数据的报建和审批功能,同时将管线方案与地图相结合,达到图、文一体化的效果。

4.3 综合数据库的组织与建立

(1) 数据库设计: 是选用 Oracle 10g 作为平台,利用 ArcSDE 作为空间数据引擎,采用 GeoDatabase 空间数据库管理模型; 数据处理,采用“先制定规范,后实施建库”、“先分库建设,后总库集成”、“先设计,后实施”、“空间与属性数据有机结合”,利用专业 GIS 应用软件(ArcGIS)与 AutoCAD、MS Access 等应用软件相结合,集成共享型数据库,数据库组织结构如图 3 所示。数据入库,基于 ArcSDE 利用 ArcCatalog 实现数据的入库管理; 数据存储管理,基础地理信息数据和管线业务数据分别存放,共享平台的基础地理信息数据发布在相应的地图服务器中(GeoServer/ArcIMS),封装成为

WMS、WFS 和 WCS 三种 OGC 规定的服务,来实现管线系统远程的网络调取和使用。

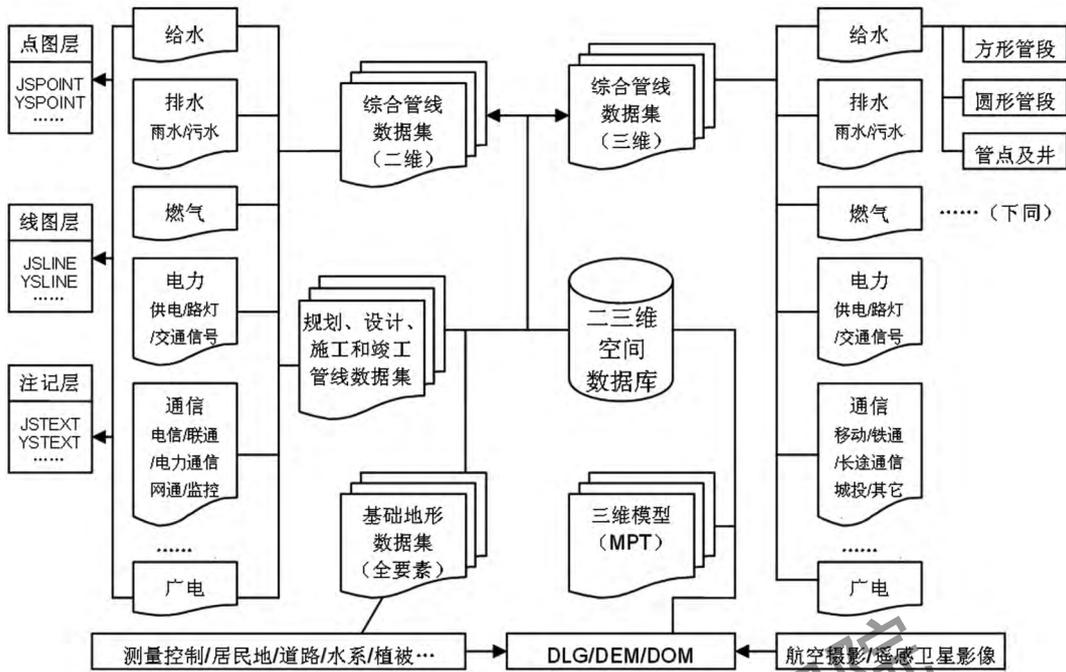


图3 二三维空间数据库结构图

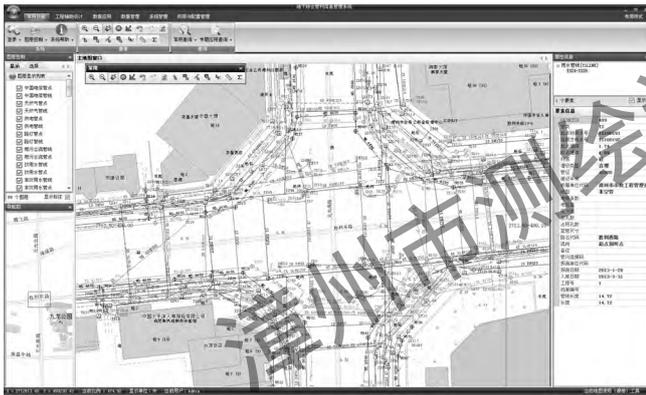


图4 管线套合地形数据建库成果

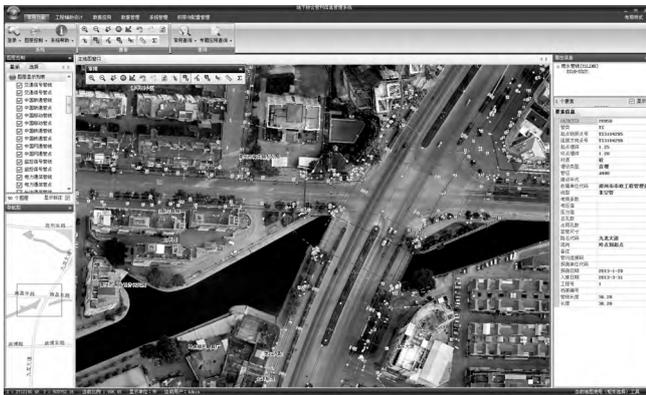


图5 管线套合影像数据建库成果

(2) 多源数据建库: 综合管线数据数据库, 涉及漳州中心城区 100 km²范围内的电力、电信、给水、燃气、路灯等 23 种管线数据的采集建库, 管线总长 4 448 km。地

形建库, 是作为管线背景底图使用, 如图 4 所示。影像数据建库, 主要包括 2012 年航空摄影 DOM 成果以及近年的卫星影像数据, 可以很直观地展现地下管线空间埋设位置, 如图 5 所示。三维模型数据, 基本覆盖了本次管线探测中心区域, 其中, 精细模型包括胜利路、碧湖生态园、郊野公园等城市主干道以及重要景观区。规划管线数据建库, 是分别设立了规划库、设计库、施工库、竣工库, 以供规划审批决策使用。

4.4 管线数据的更新管理

为保证所建立的管线信息管理系统可以持续有效运转, 就必然需要为其不断注入新鲜“血液”, 这有赖于后续的数据更新和动态管理机制。漳州管线数据的采集更新, 是通过施行严格的管线竣工测量制度和管线工程归档机制来实现。多年来, 漳州市区的市政工程、建筑工程、道路交通工程等的竣工核实测量工作, 根据城乡规划测量技术服务的工作需要, 统一由漳州市测绘设计研究院承担, 可以有效地保障新建工程的市政管线数据和小区管线数据及时组织竣工验收并标准化采集与入库更新。

5 RS 技术在漳州市地下管线信息化的应用

多时相遥感卫星影像和航空摄影影像数据, 可以丰富信息表现形式, 为城市地下管线信息化提供直观、清晰的背景底图, 甚至在某种程度上还可以直接代替

地形图产品。2012 年 6 月 29 日~7 月 31 日,在漳州市大规划区 1 080 km² 范围内采用 UCX 数码相机实施航空摄影测量,地面分辨率达 4.7 cm,通过空三测量生产出的 1:500 数字正射影像图,导入到漳州市综合地下管线信息管理系统,直接作为管线背景底图使用,影像高清、色彩饱和,与管线和地形数据相叠加,判读效果很好,见图 5;由于漳州市地下管线普查主体工作也是在 2012 年度完成,这与航空摄影时间一致,因而现势性较高。并且,这批次航摄生产的 DEM 和 DOM 数据成果,应用在三维展示子系统,辅助实现开挖分析、地上和地下场景模式切换等功能,具有很好的空间三维分析与展示效果。

6 “3S”技术在漳州管线项目的作用及特色

6.1 GPS 技术在管线探测过程中的积极作用

在高等级控制布设中,采用 GPS 静态观测模式,利用了漳州市现代测绘基准框架体系控制网和漳州似大地水准面精化成果,作为本次首级控制起算或检核

使用,切实保证了首级控制的精度要求。在外业管线点和地形修补测中,由于采用 GPS RTK 技术,测站间无须通视,使站点选取工作更为灵活,有效地提高了工作效率,在时间和成本上发挥了明显的优势。

6.2 GIS 技术在管线信息化中的关键作用及创新

项目基于 GIS 技术形成覆盖全网的分布式应用和集中式管理的综合管线管理服务平台,高效地实现了多部门“数据流”和“ workflow”的顺畅流转。在关键技术应用,系统实现了多源数据的一体化管理以及跨平台一站式数据交互,建立了管线数据的在线式、离线式动态更新机制,使管线数据库建设与外业探测能紧密结合,并通过向测绘生产部门和设计单位提供高效的模块化管理工具,保证城市管线设计、审批、管理及数据生产、更新、建库等工作的实用性和灵活性。在技术融合和创新方面,系统还实现了地上、地下三维动态建模及二三维联动,有效地解决了规划、设计、施工、竣工等异构数据的共享交换问题如图 6 所示,实现了规划管网数据的合理性检验以及辅助空间决策分析。



图 6 基于 GIS 实现的数据交互、规划数据入库分析及三维展示应用技术创新示意图

6.3 RS 技术在数据动态更新中的重要作用

常规的工程测绘地形图,成图周期长,难以满足系统对数据的现势性要求,而通过采用航空摄影测量成现状地形图的方法,可以弥补这一不足,短时间内快速规模化生产出信息丰富的 DEM、DLG、DOM 等数据产品。目前,已在漳州市主城区推行航测成图法按年度更新数据的做法,包括龙文区、高新区等。并且,近年来无人机航拍技术日臻成熟,在大比例尺航测成图精度保障上有了显著提高,这也为管线系统中的地形、影像以及窨井井盖、路灯、信号灯等数据的快速更新提供了可能。此外,倾斜摄影技术的发展,为实景三维快速建模提供了新思路,它弥补了正射影像的不足,可以基于成果影像直接量测,批量提取和贴建筑物侧面纹理,不仅大大提高了三维数据生产速度,也有效地降低了

建模成本,这为地上、地下一体化多维度空间信息联动展示创造了有利条件:地下三维管线可以直接读取实时更新的管线探测和竣工测量数据,地上三维场景有望于通过倾斜摄影等三维快速建模方式来实现。

6.4 漳州市管线信息化建设的特色及成效

(1) 漳州市地下管线信息化工作,是以 GIS 为底层支撑,将地下管线管理工作无缝地嵌入城市规划审批与管理工作中,同时积极应用了 GPS RTK 技术和航空摄影测量技术,提升管线普查的工作效率和信息化效果。在此实用性方面的“技术”资源基础上,很好地利用了“非技术”资源(行政资源),创造性地实现了分属规划、建设的两个不同部门—测绘院、城建档案馆协同建设管理模式,有效地保证了数据动态更新和管线工程及时归档。

(2) 系统在 GIS 技术融合 AutoCAD 二次开发技术的基础上,实现了管线工程从数据端、设计端、报建端、复核端到审批管理终端的一体化、流程化技术集成,助推了“测绘更新保障规划审批,技术审查促进信息决策”的良性循环。

(3) 系统基于 GIS 和 Web Service 技术,按需通过网络实现逻辑集成和对外提供服务,建立了数据同步更新异地备份机制,在测绘院和城建档案馆分别构建以管理服务、查询利用为目标的双数据中心,实现了管线信息即时共享交换,切实保障了数据信息安全。

(4) 漳州市地下管线信息应用面向多层次、多方位支持辅助决策的方向发展。系统建立后,这两年来持续向规划设计、施工建设、抗震防灾、防洪排涝以及管线权属单位等提供技术支持和数据服务,据不完全统计,累计提供管线总长 3 000 多千米,并全部提供规划应用,编制出有利于城市可持续发展的中长期城市地下管线总体规划,取得较好的应用成效。

7 结 语

在城市地下管线普查及信息化建设工作中,应用“3S”技术,已成为一种标准化也不失快捷、高效的数据生产模式。GPS 提供了快速定位基础;RS 在工期紧张情况下可以高效地提供高清影像图、航测地形图以及三维模型成果,为地上、地面、地下一体化多维度空间展示创造了条件;GIS 技术则是管线信息化工作的底层支撑和核心,贯穿于整个系统建设工程的全过程,

更是辅助相关部门进行管线信息集成管理和决策分析的必不可少的技术方法。今后,还希望在现有的数字化管网基础上搭建智慧管网管理平台^[7],并通过“3S”技术进一步融合应用物联网、云计算、仿真建模、智能监控等高新技术,实现管网的感知化、物联化和智慧化,为管网规划、建设、管理与运维以及隐患排查等工作奠定坚实的基础,实质性地提升地下管线的应急响应与预警决策能力与水平,这也是地下管线管理的必然趋势。

参考文献

- [1] 解智强,王贵武.城市地下管线信息化方法与实践[M].北京:测绘出版社,2012:1~13.
- [2] 张正禄,司少先,李学军等.地下管网探测和管网信息系统[M].北京:测绘出版社,2007:178~182.
- [3] 徐绍铨,张华海,杨志强等.GPS 测量原理及应用[M].武汉:武汉大学出版社,2003:2.
- [4] 黄杏元,马劲松,汤勤.地理信息系统概论[M].北京:高等教育出版社,2001:3~4.
- [5] 彭望球,白振平,刘湘南等.遥感概论[M].北京:高等教育出版社,2002:1.
- [6] 杨槐.地下管线信息管理系统设计与建设[C].中国城市规划协会地下管线专业委员会年会论文集,2007:206~209.
- [7] 李学军.智慧管网及其构建途径研究[J].办公自动化,2014(21):7~11.

Application of 3S Technologies to Underground Pipeline Detection and Information Management System in Zhangzhou City

Chen Lihui

(Zhangzhou Design Research Institute of Surveying and Mapping, Zhangzhou 363000, China)

Abstract: Underground pipeline is an important part of urban infrastructure and development. Taking Zhangzhou city for example, this paper expounded the comprehensive application of GPS, GIS and RS technologies in the construction of urban underground pipeline detection and information management system, and further analyzed the positive role of 3S technologies in underground pipeline informatization and promoting efficiency of pipeline data production, as well as making it to be dynamic updating, which provided reference for correlative urban pipeline survey and information system establishment.

Key words: GPS; GIS; RS; pipeline information; application