

燃气管网全生命周期管理 GIS 系统设计与实现

褚永彬¹, 余林², 余小平³, 曾郑刚³, 田进³

(1.成都信息工程大学, 四川 成都 610225;

2.中国石油西南油气田分公司重庆气矿, 重庆 400000; 3.四川米立云科技有限公司, 四川 内江 641000)

摘要: 输气管线是重要的基础设施,其完整性和安全是管网管理永恒的主题。随着燃气企业信息化进程的推进,地理信息系统在燃气管网管理方面得到了广泛应用。但这些 GIS 系统管理的都是运行中的管线,对报废管线鲜少涉及。报废管线不仅是燃气企业的资产,同时也是燃气安全管理不容忽视的部分。由此,本文采用面向服务的体系结构,设计了管网全生命周期 GIS 管理系统,利用地理信息系统、空间数据库等技术,将管网从规划、施工,到运行维护,乃至报废,纳入统一的数据库中进行管理。

关键词: 燃气管网; 全生命周期管理; 地理信息系统; 报废管理; 工程管理

中图分类号: P208

文献标识码: A

文章编号: 1672-5867(2018)08-0001-03

Design and Implementation of GIS System for Full Life Cycle Management of Gas Network

CHU Yongbin¹, YU Lin², YU Xiaoping³, ZENG Zhenggang³, TIAN Jin³

(1.Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

2.Chongqing Gas Mine of PCL Southwest Oil and Gas Branch, Chongqing 400000, China;

3.Sichuan Miliyun Technology Co., Ltd., Neijiang 641000, China)

Abstract: Gas pipeline is an important infrastructure. Its integrity and safety is the eternal theme of pipe network management. With the development of gas enterprise informatization, GIS has been widely used in the management of gas pipe network. However, most of the objects of these GIS systems management are running pipelines, which rarely include scrap pipelines. Scrap pipeline is not only the assets of gas companies, but also can not be ignored in gas safety management. So, adoption of Service-Oriented Architecture (SOA), this paper designed GIS system for full life cycle management of gas network. Using the technology of geographic information system, spatial database and so on, the system managed the network from the planning, construction, operation and maintenance, to the waste, into a unified database management.

Key words: gas network; full life cycle management; GIS; scrap pipelines management; project management

0 引言

燃气管网是城镇生产生活重要的基础设施,纵横交错的城市天然气管道将燃气从门站输送到千家万户,构成一个巨大的网络,具有复杂的空间属性和非空间属性。在燃气企业的运营维护管理对象中,无论是管线,或是调压器、阀门、法兰等燃气输配设施及设备,还是燃气用户,都具有明显的空间地理位置信息,管网管理中的规划、设计、施工、质保、输配、抢修等无不围绕着空间位置在进

行^[1]。在进行城市规划、设计、施工和管理过程中,如果不能及时准确地掌握输气管线的信息,就会影响工作效率,乃至造成重大损失。

随着城镇体量的不断增大,燃气地下管网体系越来越庞大,城市与乡镇的燃气管网的管理难度和运营风险也随之增大。但在管网管理中,信息化跟不上管网发展的速度,管线设计、施工中大量的信息仍以传统的图纸、文档保存。虽然很多燃气企业加强了自身信息化的建设,尤其是燃气地理信息系统的建设,将燃气地下管网通

收稿日期: 2017-07-25

基金项目: 国土资源部地学空间信息技术重点实验室开放基金(KLGSIT2016-09)资助

作者简介: 褚永彬(1981-)男,河北定州人,讲师,博士,2015年毕业于成都理工大学第四纪地质学专业,主要从事地理信息工程及应用方面的工作。

过地下管线测绘等方式获取其空间坐标存储在数据库中,实现燃气调度^[2-3]、管网预警^[4-5]、爆管分析与应急处置^[6-8]、勘察设计、建设项目管理、运营管理^[9]、图档管理^[10]、结合 GPS 实现巡检管理^[11]等。但系统所用到的燃气管网数据主要以当前投入使用的管线为主,而管道的安全与完整性管理是贯穿于管线设计、施工、运行、维护和报废(备用)等生命周期的各个阶段^[12],任何一个阶段的管理缺失,都潜藏着巨大的风险,都会带来无法估量的损失。

针对当前管网管理 GIS 发展的现状以及信息技术发展趋势,本文设计了基于 GIS 的燃气管网全生命周期管理系统,将管网管理 GIS 所管理的管线从运行管线向前延伸到设计阶段,向后扩展到报废(备用)阶段,使管网管理空间上覆盖站、管线、用户,时间上串联设计、施工、运营、维护和报废等环节。

1 燃气管网全生命周期管理需求

全生命周期管理起源于美国国防部“计算机辅助后勤支援”计划,其内涵是全生命管理和全生命信息支持,并迅速应用于产品生产领域,从产品的需求、规划、设计、生产、经销、运行、使用、维修保养、直到回收再用处置的全生命周期中,管理每一个阶段的信息与过程^[13-14]。由于其显著的效益和蓬勃的生命力,全生命周期管理理念从产品生产领域延伸到电网设备、油气管道安全、水利工程、高速公路工程、地铁工程、公路工程、地下管线等工程项目和设备质量管控方面^[15-21],并开发了相应的管理系统,实现了管理信息的一致性、全面性和可追溯性,提高了管理工作的效率^[22-23]。

自从 20 世纪 60 年代,地理信息系统(GIS)诞生后,其独特地对空间信息的管理和空间分析功能,迅速地应用于各行各业。在燃气管网管理中,同样有大量的空间信息在决策、实施和管理阶段输入和输出。对运行的管线,需要进行定期的检查维护,而检查维护时,需要分析确定关闭的阀门并计算受影响区域,发布停气通知;对燃气企业决策者来说,需要了解现有管线的分布,哪里是管网铺设空白区;对管线设计人员来说,需要了解最近的管线走向,设计压力、管径、材质等信息;在施工阶段,新建管线进度如何,哪些管线在进行维护保养;对维护次数多或超限服役的管线,需进行报废处理,并记录其埋藏位置以避免施工失误或再次启用。

2 系统设计

2.1 系统架构

系统采用面向服务的体系结构,将基础设施、数据库、数据,以及业务逻辑等定义为服务,从基础设施到业务逻辑分别划分为基础层、数据层、应用支持层、业务应用层,如图 1 所示。

基础设施包括服务器等硬件设施以及系统软件,为平台运行提供存储与计算资源。根据平台运行的实际需求,平台所需服务器计算资源包括 GIS 服务器、数据库服务器、应用服务器三大块。系统软件包括操作系统、GIS

平台以及数据库管理系统。

数据层将系统所需的数据根据类型分别存储在空间数据库和非空间数据库中,为系统提供数据存储和数据管理的基础。

应用支持层为业务应用层提供公共服务产品以及数据服务和业务逻辑服务。

业务应用层依托应用支持层提供的服务和公共平台软件支持,构建燃气管网管理 GIS 平台的各项流程。业务应用涵盖:燃气管网场站运行管理、管网施工作业管理、管网完整性管理、分析报表以及数据管理等。

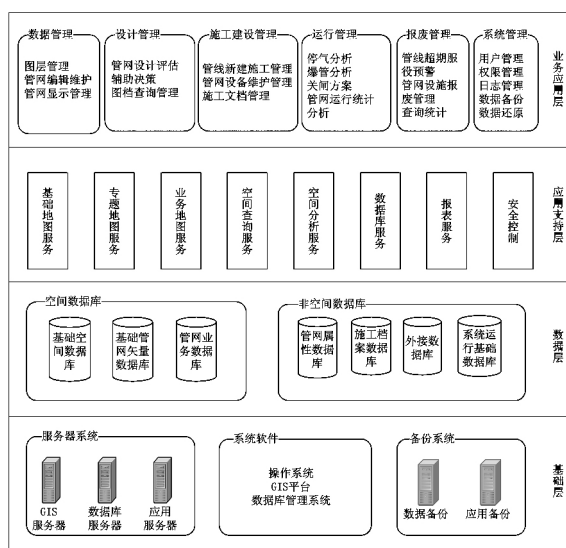


图 1 系统总体架构

Fig.1 Overall system architecture

2.2 系统功能

1) 燃气管网设计管理

在全生命周期管理下,平台中具有管网各个阶段的数据,可以为新管线的规划设计提供依据:当前运行的管网分布如何,需要在什么位置新增管线,拟建区域是否有备用管线可供使用从而节约投资,实现从管网整体去考虑管线的路径和材质的选择。

主要功能包括存储、检索燃气管网的设计信息以及相关的地理信息;在地理信息系统的支持下从全生命周期管理的理念出发,对路线设计方案进行评价,辅助管理者决策;管线设计图档管理等;同时可以扩展功能作为设计、咨询与管理者信息交流的平台。

2) 燃气管网施工建设管理

燃气管网的施工建设管理是全生命周期管理的重点之一,通过收集、存储和分析有关施工建设过程中的数据信息——施工点位、施工对象、施工单位等,进行进度、质量控制,帮助管理人员规划检查、控制项目实施状况,并提供决策参考。只有通过严格的管理,提高管网建设质量,才能在运营中保障燃气安全,取得更好的经济和社会效益。

主要功能包括管线新建施工管理、管网设备维护管理和施工文档管理。其中,管线新建施工管理采集施工

点位、施工单位、工程名称等信息,进行进度、投资、工程结算等管控;管网设备维护是对出现故障的管段进行维护或抢修所采取的施工措施,这部分管段从运行状态转入施工状态,采集的信息依然包括施工点位、施工单位以及施工对象、施工原因等,可以为后期的管线统计预警提供基础数据;施工文档管理,主要管理施工过程中产生的大量文件和图件,包括施工图纸、报告等,建立这些图件资料与施工点位、施工对象之间的空间关联,实现图件查阅的可视化、便捷化。

3) 运行管理

燃气管网运行管理是保障安全供气的基础,是在管网生命周期中体现其存在价值的阶段。管理平台采集运行阶段产生的各种信息,辅助合理安排供气计划和维修计划;为巡检部门、调度部门提供基础数据,保障燃气管网的高效运行。因此,该子系统应用于燃气管网运行时对各类要素(包括人员、设备、技术和管理)的计划、组织、指挥、协调与控制。

主要功能包括采集、存储、处理、检索管网设施(包括管线、调压设备、阀门等设施)和管理所需的各种数据;进行运营和调度管理;辅助决策诸如发生爆管后需要关闭的阀门以及影响的供气区域、维护管线时关闭某阀门会影响到的用户以及对某一个区域计划停气需要关闭的阀门等实际运行中会遇到的各种问题;接入 SCADA 系统,将管线运行数据实时显示在地图上。

4) 报废(备用)管理

报废阶段是管线生命周期的暂时终点,在后续的管网建设工作中,报废的管线可能会被重启启用,所以报废是临时闲置以作备用。随着早期管线使用寿命的临近,将产生大量的报废(备用)管线,这些管线与当前运行管线交织在一起,如果不对其进行准确而严格的管理,将给管网运行及供气安全带来巨大的隐患。基于此,报废(备用)管理记录并分析管线维修频率,提供超期服役预警;管线一旦进入备用状态,平台将其记录到备用管线数据库中,在规划设计阶段以及施工阶段,作为背景数据提供给用户进行决策使用。

3 系统实现

1) 燃气管网数据一体化显示

燃气管网全生命周期管理 GIS 系统将管网不同生命阶段的数据进行统一存储、显示,使用户在一张地图上可以看到现有管网、施工地点分布及进展、报废管线设备的分布等情况,为管线新建设计、施工管理、维护保养等提供决策支持。

2) 在建工程查询

系统设置了一个施工图层,工程从开始兴建就有一个具体的位置,显示在地图上,可以随时查询在建工程分布、完工工程分布,并提供业主单位、规划单位、施工单位、开始时间、结束时间、施工状态等信息,并提供外部文件如施工图、施工报告等文件的链接显示。完工后,工程状态进入完工,相应的地图要素也自动进入到完工图层。

3) 关阀分析

因为某种原因需要关闭某个阀门(支线主控阀)时,通过模拟关闭该阀门的分析可以获知将受影响的管线、阀门数量等信息。在系统建设时,对管网的管理从住宅区的调压柜延伸到每一栋楼的 T 接口,将每一个燃气用户的姓名、电话与燃气管网联系起来。在关阀分析获得受影响的用户信息后,通过群发短信进行通知,确保停气通知到位。

4) 管网设备报废及统计

燃气管网全生命周期管理 GIS 系统的显著特点是对报废管线实现了可视化管理。除了配置独立的报废设备和报废管线图层外,还设置了专门的统计项目,并实现图表联动,方便用户准确掌握报废设施设备的属性信息和位置信息。

4 结束语

本文设计了燃气管网全生命周期管理 GIS 系统,围绕管网设施设备的空间位置,将管网的规划、施工建设、运行、报废纳入统一的平台进行管理,改变了国内燃气 GIS 系统较多关注当前运行管线,而对处于其他阶段的管线尤其是报废管线的管理较少涉及的状况。系统将管网不同生命阶段的数据进行统一存储、显示,对地下管线的生命阶段一目了然,杜绝了因对地下管线摸排不清而造成的损失。

参考文献:

- [1] 唐熙玥. ArcGIS 在浦东燃气项目中的应用探索[EB/OL]. (2012-05-08) [2017-3-10]. <http://www.esri-china.com.cn/2012/0508/1736.html>.
- [2] 何颖. 深圳燃气调度系统解决方案[J]. 计算机系统应用, 2002(8): 55-57.
- [3] 牟乃夏, 杨亮洁. 基于 GIS 多系统集成的燃气实时调度管理系统[J]. 工程勘察, 2005(4): 60-63.
- [4] 马磊, 李永树. 城市天然气管网预警系统的研究与实现[J]. 中国安全科学学报, 2010, 20(9): 171-176.
- [5] 尹贻林, 林广利, 付聪, 等. 基于 GIS 天津市燃气管网预警系统的构建研究[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(6): 104-108.
- [6] 莫善军, 冯启民, 邬亲敏. ArcInfo 平台下燃气管网事故关阀分析的技术实现[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(2): 91-94.
- [7] 王泽根, 何婵, 李贞培. 基于空间信息技术的燃气管网快速抢修[J]. 测绘科学技术学报, 2014, 31(2): 181-184.
- [8] 林伟华, 伍永刚, 曾文, 等. 燃气管网爆管分析模型研究[J]. 测绘科学, 2007, 32(6): 162-163.
- [9] 张鹏, 周代军. 城市燃气管道数字化管理系统方案的框架设计[J]. 大庆石油学院学报, 2012, 36(2): 103-108.
- [10] 应克明. 基于 GIS 技术的燃气管网图档管理系统的设计[J]. 计算机工程, 2004, 30(S1): 515-518.

(下转第 7 页)

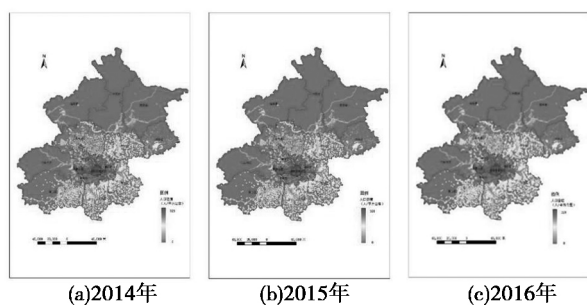


图 5 2014 年至 2016 年北京市人口密度分布模拟图
Fig.5 Population of Beijing from 2014 to 2016

来讲,人口呈逐年递增的趋势,每年的最大人口密度与最小人口密度均随时间呈递增趋势。

5 结束语

时空数据的有效管理、存储可进一步促进数据挖掘分析的效率。文中针对时空数据的复杂性,提出完整的时空网格剖分与编码方法,并以综合多影响因素分析的北京市人口时空分布为应用分析案例,对文中时空网格方法进行了验证分析,进一步说明了本方法的可靠性,为智慧城市构建提供辅助决策支持。

参考文献:

- [1] 关丽,吕雪峰.多级地理空间网格框架及其关键技术初探[J].地理与地理信息科学,2011,27(3):1-6.
- [2] 章永志.顾及我国地理特点的全球空间信息多级网格理论与关键技术研究[D].武汉:华中科技大学,2014.
- [3] Goodchild M.A geographer looks at spatial information theory [A]//Spatial Information Theory: Foundation of Geographic Information Science [C]. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2001:1-13.
- [4] 卢克,吴建玉.基于多源数据融合的统计数据空间网格化模型研究[J].浙江水利水电专科学校学报,2011,23(3):55-58.
- [5] 张旭敏,孙立坚,王亮.地理国情普查统计数据网格化[J].遥感信息,2015,30(3):27-32.
- [6] 孟小峰,杜治娟.大数据融合研究:问题与挑战[J].计算机研究与发展,2016,53(2):231-246.
- [7] 张永新.面向 Web 数据集成的数据融合问题研究[D].济南:山东大学,2012.
- [8] 杨华,林卉.数据融合的研究综述[J].矿山测量,2005(3):24-28.
- [9] 胡炜薇.多传感器数据融合中多目标跟踪关键技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工程大学,2007.
- [10] 张煜.基于多传感器数据融合的无人车避障导航研究[D].西安:西安工业大学,2015.
- [11] 黄惠宁,刘源璋,梁昭阳.多传感器数据融合技术概述[J].科技信息,2010(15):72-73.
- [12] 吕雪峰,廖永丰,程承旗,等.基于 GeoSOT 区位标识的多源遥感数据组织研究[J].北京大学学报:自然科学版,2014,50(2):331-340.
- [13] 宋树华,程承旗,濮国梁,等.全球遥感数据剖分组织的 GeoSOT 网格应用[J].测绘学报,2014,42(8):869-876.
- [14] 廖永丰,李博,吕雪峰,等.基于 GeoSOT 编码的多元灾害数据一体化组织管理方法研究[J].地理与地理信息科学,2013,29(5):36-40.
- [15] 张会霞,张锦,何宗宜.城市地理国情监测统计单元网格划分方法研究[J].测绘通报,2014(6):48-50,62.
- [16] 李德仁,邵振峰,丁霖.地理国情信息的多级网格化表达[J].地理空间信息,2014,12(1):1-5.
- [17] 蔡列飞,王妍程,蒋洪钢.基于多级网格的地理国情信息表示[J].测绘科学,2016,40(3):58-61.
- [18] 王慧燕.论城市地下管线全生命周期监管[J].价值工程,2015(5):100-101.
- [19] 董留群.论高速公路工程项目全生命周期风险的识别[J].项目管理技术,2008,6(8):37-41.
- [20] 周创兵.水电工程高陡边坡全生命周期安全控制研究综述[J].岩石力学与工程学报,2013,32(6):1081-1093.
- [21] 付建华,王毅辉,李又绿,等.油气管道全生命周期安全环境风险管理[J].天然气工业,2013,33(12):138-143.
- [22] 段婷婷,何卫平,张维,等.基于 Web 的全生命周期设备管理系统[J].计算机应用研究,2008,25(2):625-627.
- [23] 曾诚,王爱民,肖田元,等.面向全生命周期的项目管理系统分析与设计[J].计算机工程与设计,2005,26(4):853-856.

[编辑:刘莉鑫]

[编辑:刘莉鑫]

(上接第 3 页)

- [11] 孔祥宇.基于 GPS 的燃气管网在线巡检管理系统[J].油气田地面工程,2014,33(8):85.
- [12] 董绍华,杨祖佩.全球油气管道完整性技术与管理的最新进展——中国管道完整性管理的发展对策[J].油气储运,2007,26(2):1-17.
- [13] 沈建新,周儒荣.产品全生命周期管理系统框架及关键技术研究[J].南京航空航天大学学报,2003,35(5):565-571.
- [14] 舒启林,王成恩.产品全生命周期信息模型研究[J].计算机集成制造系统,2005,11(8):1051-1056.
- [15] 王瑾.地铁工程全生命周期造价的确定与控制[J].铁路工程造价管理,2008,23(5):10-14.
- [16] 施绮,朱峰.电网设备资产的全生命周期管理[J].华东电力,2006,34(11):66-68.
- [17] 周怡安,卢毅,李珏.公路工程全生命周期综合造价估算模型[J].中外公路,2011,31(2):276-280.
- [18] 王慧燕.论城市地下管线全生命周期监管[J].价值工