

doi:10.3969/j.issn.1001-358X.2020.01.003

供水管线综合监管“一张图”平台的设计与实现^{*}张喜麟¹, 陈建宇², 侯立³

(1. 大同煤矿集团有限责任公司技术中心, 山西 大同 037003;

2. 大同煤矿集团供水分公司, 山西 大同 037003; 3. 北京龙软科技股份有限公司, 北京 100190)

摘要:为了解决同煤集团供水管网智能化管理面临的问题,文中提出了供水管网“一张图”平台的设计思路,对“一张图”平台涉及的数据标准规范、供水管线及业务数据协同更新、地图服务发布与共享应用等关键问题进行了分析与研究,形成了适用于同煤集团当前供水管线业务管理的“一张图”解决方案,开发了供水管线综合监管系统,应用效果显著。

关键词: 供水管线; 管线管理; 一张图; 综合监管

中图分类号: TD672

文献标识码: A

文章编号: 1001-358X(2020)01-0012-06

Design and implement of water supply pipeline comprehensive supervision “one map” platform

Zhang Xilin¹, Chen Jianyu², Hou Li³

(1. Datong Coal Mine Group Technology Center, Datong 037003, China; 2. Datong Coal Mine Group Water Supply Company, Datong 037003, China; 3. Beijing Longruan Technologies Co., Ltd., Beijing 100190, China)

Abstract: In order to solve the problems faced by the intelligent management of the water supply pipeline in Datong coal group, in this paper, the design idea of the “one map” platform of the water supply pipeline was put forward, the key issues were analyzed and researched such as the data standard specification, the collaborative update of water supply pipeline geographic data and attribute data, the map service publication and sharing, and the “one map” solution was formed for the current water supply pipeline management of Datong coal group. The comprehensive supervision system of water supply pipeline was developed, and the application effect was remarkable.

Key words: water supply pipeline; pipeline management; one map; comprehensive supervision

供水管线是为城市提供安全用水的生命线,关系到千千万万居民的生产和生活。由于供水管网系统是一个复杂的拓扑结构,不仅敷设情况复杂、运行灵活多变,而且信息量、现状参数等方面呈现动态性。同煤集团经过近些年的供水管理信息系统、数字矿区等信息化建设,目前已经普遍实现了通过信息系统手段代替传统的手工管理方式,如建立了抄表系统、管道压力监测系统、水质在线监测系统、调度监测系统、巡检系统等,初步实现了供水管理和监测的信息化建设。

随着同煤矿区各项建设的不断推进,区域规模、供水管线复杂度日益扩大,地下供水管线敷设量越

来越大,管网分布越来越复杂,管理供水管线的工作难度也不断提升,供水管线综合监管方面面临的主要问题包括:

(1) 现有应用系统多是针对单一业务或单一功能应用的子系统,没有采用“统一标准规范、统一数据资源、统一技术平台”的思想建设,难以实现数据统一汇总、业务关联分析、深入挖掘数据价值的目标。

(2) 供水监管决策不够科学。缺乏对周期性、关联性规律的深度分析挖掘,安全隐患预判预警预防决策还不够科学。

(3) 竖井式的信息系统建设,导致孤岛问题严重。系统之间缺乏统一的数据交互共享机制,数据利用率

^{*} 基金项目: 国家重点研发计划“公共安全风险防控与应急技术装备”重点专项煤矿重特大事故应急处置与救援技术研究(2016YFC0801800)

引用格式: 张喜麟, 陈建宇, 侯立. 供水管线综合监管“一张图”平台的设计与实现[J]. 矿山测量, 2020, 48(1): 12-17.

较低,孤岛问题严重。

(4)信息化标准规范体系不够健全,系统开发、数据采集、交换共享缺乏统一规范。

“一张图”的概念最早是从国土资源领域开始应用的,主要利用 GIS 技术综合集成遥感、土地利用、现状调查、基础地理信息等数据,实现对国土资源数据的有效管理以及对数据的查新、分析。“一张图”借助 GIS 统一地理空间位置参考作为纽带,将各类业务数据、各类应用系统,基于统一的标准规范集成到统一数据平台和统一技术平台,对于解决供水管线综合监管面临的以上问题具有很强的借鉴意义。

因此,针对供水管线综合监管过程中遇到的问题,基于 Internet、最新的空间信息技术,本文提出了供水管线综合监管“一张图”的思路,解决目前供水管线管理缺乏标准规范、信息孤岛、无法综合决策等问题,实现供水管线信息资源的深度开发利用和共享。

1 供水管线“一张图”平台的总体架构设计

建设供水管线综合监管“一张图”平台是为了打破“信息孤岛”,实现供水管线相关资源的有效配置和高效利用,提高管理、服务工作效率。平台以“综合运维管理、统一信息门户、统一身份认证、统一管理决策”进行设计,实现对供水管线调度各个环节的合理配置以及供水管网调度与辅助决策问题,尤其在对管线的快速、准确监控、安全维护、管网合理设计、抢修施工等方面实现高效的管理、科学的决策、智能的服务,满足供水管线管理的信息化、智能化、科学化的发展之路。供水管线综合监管“一张图”平台的总体架构如图 1 所示。

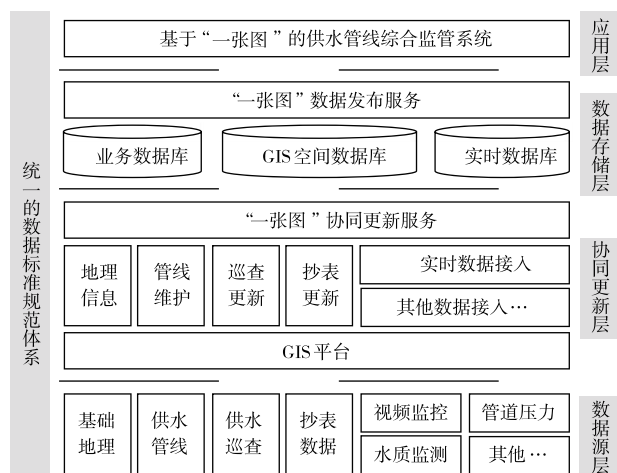


图 1 供水管线综合监管“一张图”平台技术架构

1.1 数据源层

数据源层是供水相关数据的集成、录入及接入,包括供水区域的基础地理数据、供水管线地理数据、供水管线巡查数据、抄表数据,以及供水管线的视频监控、压力检测、水质监测等数据。

1.2 协同更新层

通过基于 GIS 供水管线业务系统,包括管线地理信息系统、巡查更新系统、抄表系统、监测数据集成系统,基于 LongRuan GIS 提供的分布式协同处理功能,将供水管线地理空间数据、巡查点地理空间及属性数据、监测点地理空间及实时数据统一纳入供水管线“一张图”数据体系,可以多人、在线、实时对以上数据实现更新,自动汇聚成为实时最新的“一张图”数据库。

1.3 数据存储层

管线和管点数据是供水管网中最基础的要素对象,管线由两个管点连线而成,各个管线之间和管点之间又存在着空间的拓扑关系。以管线地理空间数据为基础,建立数据统一存储标准规范,将地理空间位置相关的图形数据和属性数据存储到 GIS 空间数据库,将巡查数据、抄表数据等业务数据存储到业务数据库,将监测数据、视频数据等实时数据存储到实时数据库。同时,以地理空间位置为纽带,建立业务数据库、实时数据库与 GIS 空间数据库的关联关系,统一通过 GIS 空间数据对外提供数据接口和服务。

1.4 应用层

应用层包括基于供水管线“一张图”的各类综合监管应用系统。“一张图”数据发布服务将数据存储层形成的“一张图”空间数据、业务数据、实时数据通过标准 GIS OGC 服务的方式发布。应用层基于 GIS 提供的 WMS 地图服务、空间查询服务,将原有分散、孤立的抄表系统、管道压力监测系统、水质在线监测系统、调度监控系统、巡检系统等,通过统一 GIS 平台提供业务应用,搭建起跨业务、跨部门、在线协同的供水管线综合监管系统。

2 供水管线“一张图”管理

供水管线综合监管“一张图”平台的关键是建立供水管线“一张图”核心数据库,包括供水管网数据标准规范体系、数据实体管理及更新机制、GIS 地图服务发布及共享,形成供水管网数据汇交、数据更新、发布与共享应用的长效机制。

2.1 供水管线数据标准规范体系

供水管线“一张图”涉及区域供水管理的多个部门、多种业务数据、多种数据形态,建立统一平台的前提是统一数据标准规范。在现有《基础地理信息要素分类与代码》、《地理信息分类与编码规则》等一系列基础地理信息国家标准基础上,针对供水管线相关的管点、管线、管道压力、抄表、巡查、水质、水

量、视频监控等数据,建立分类标准、编码标准、分层标准及要素数据字典等标准规范,以下以供水管线数据为例说明整个过程。

将供水管线“一张图”体系下的数据对象均按大类、小类、要素类三个层次分类,并规定了大类、小类、要素类的分类名称、编码规则、显示颜色等,如表 1 所示。

表 1 供水管线要素分类表

大类			小类			颜色	
名称	代码	代号	种类	代码	代号	名称	RGB 颜色值
给水	JS	01	供水管线	GS	01	天蓝色	RGB(0,255,255)
			直饮水管线	JZ	02		
			循环水管线	JH	03		
			消防水管线	XS	04		
			绿化水管线	LS	05		
			中水管线	ZS	06		
			原水管线	JY	07		
			输水管线	SS	08		
			配水管线	JP	09		
			其他给水管线	QJ	98		
			给水管线附属设施	FJ	99		

对于要素对象规定了数据字典来说明对象的具体属性字段,用于指导数据库的建立和服务发布及业务应用,如管线点对象包括管线点编号、图上点号、图幅号、特征、附属物、地面高程、要素编码、 X 坐标、 Y 坐标、符号角度、井底深、偏心井位、井盖形状、井盖尺寸、井盖材质、井材质、井脖深、井尺寸、所在道路、埋设年代、权属单位、探测日期、探测单位、监理单位、状态、明显隐蔽点等;管线对象包括起始管线点编号、终止管线点编号、图上线号、起始管线点高程、终止管线点高程、起始管线点埋深、终止管线点埋深、起始管线点 X 坐标、起始管线点 Y 坐标、终止管线点 X 坐标、终止管线点 Y 坐标、要素编码、线型、材质、压力、电压、埋设方式、管径、线缆条数、总孔数、已用孔数、孔径、埋设年代、权属单位、所在道路、使用状态、探测日期、探测单位、监理单位、流向等。

通过建立标准规范体系,统一地理空间坐标系、高程坐标系、数据格式、数据分类与编码标准,明确数据录入及整合的技术要求,规范供水管线“一张图”核心数据库的建立。

2.2 数据实体管理及更新

随着区域规模、供水管线复杂度的日益扩大,供水管线敷设量越来越大,管线几乎每天均会发生新

建、维修等变化,因此必须建立管线“一张图”的动态更新机制,才能确保系统的长效化运行。

根据供水管线数据的特点,按照“谁生产谁负责”的原则,建立基于 LongRuan GIS 分布式协同的更新机制,通过 GIS 客户端、移动端实现管线地理空间数据、属性数据等在线协同更新。同时,为了综合监管及分析的需求,供水管线“一张图”不仅要存储和管理实时最新的现状数据,还需要支持对历史数据进行回溯管理,以反映管线的动态变化过程。

供水管线数据实体管理及更新的关键在于解决基于 GIS 的分布式协同更新问题,在现有管网 GIS 空间数据及属性数据的基础上,以动态增量的方式实时、同步更新部分管网相关数据,且不影响系统的正常运行,也即一般认为的“热更新”。

关于 GIS 空间数据的协同更新,国内外一些学者已经做了相关研究,如 Mac Eachren 和 Brewer 给出了用于可视化的地理协同的概念框架,该框架包括评估和开发协同系统的六个重要方面,其中三个方面涉及用户和协作环境之间的交互,包括问题上文、协作任务和群体感知;另外三个方面集中于协同系统支持,包括空间时空上下文、交互和用于协调群组工作的工具。Sun 等使用 ArcEngine 9.3 和 MSMQ,开发了一个实时协作 GIS 系统原型,支持空

间查询和缓冲区分析功能的协同工作。Chang 和 Li 利用信息通信机制,设计和开发了一个基于互联网的三维协同 GIS 系统。

相比以上学者关于 GIS 协同更新的研究,本文提出了基于“空间数据版本管理与控制”为中心的协同更新方法。空间数据版本管理与控制的核心在于解决系统在多方协同工作情况下,可能存在的数据冲突、不一致问题,并以“增量版本”的方式存储空间数据变化。在版本控制方面,“锁定”方式是最常用的方案。与传统的锁方式相比,本文设计了“乐观锁定”机制,即默认状态下认为协同更新的数据不存在冲突,在线用户均可以处理并提交,服务端统一通过冲突检测,发生冲突后再返回提示消息,让用户交互式解决版本问题,在保证数据一致性的前提下,也确保了大多数情况下无冲突更新的快速处理,让整个更新过程更加自由。

空间数据版本管理方案涉及如下概念:

(1) 版本号

每一个 GIS 图层都有自身的版本管理系统,在一个版本管理系统中存储了一棵版本树,一个版本可以有 0 个或者多个子版本,而有且仅有一个父版本,原始版本即为根版本。获取时从子版本回溯得到版本列表,如“1 - > 2 - > 4 - > 7”,说明版本 7 为需要获取的版本,其父版本为 4,依次类推。初始状态下,地图的版本号设置为 1。

(2) 生成版本号

该版本号是新数据进入空间数据库时的版本号,由 GIS 服务端生成,其获取方式为当前版本号 + 1。GIS 空间数据引擎保证当多个用户同时提交时不出现相同版本号。

(3) 冲突

GIS 服务端中定义了广义冲突和狭义冲突,冲突仅仅是“操作”上的,例如对于空间数据对象的删除、修改等。

空间数据的版本在完成提交后将变成“流线形”,按照提交的先后顺序排列。版本管理除了使得多个用户可以同时在线协同工作,还具有如下的特点:

(1) 可以选择任意的版本作为编辑的对象,在冲突解决后可能会形成如图 2 示意的版本树,其中最后的版本(V5)为最新版本。

(2) 不存在数据丢失问题。由于保存了每次编

辑的增量数据,可以得到从基版本数据到任何时候的数据。

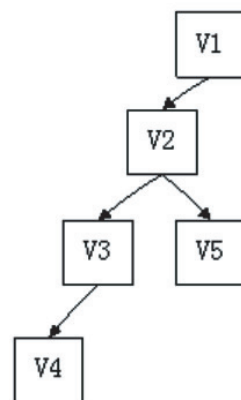


图 2 一棵可能的版本树

(3) 可以基于历史数据做分析、对比、辅助决策。通过将历史各阶段数据的比较,基于 GIS 客户端可以显示供水管线相关数据的历史变化过程,为追溯整个变化过程提供支持。

2.3 GIS 地图服务发布及共享

基于统一标准规范的供水管线“一张图”数据库建立后,如何方便地为供水管线综合监管的各类业务应用提供支撑和服务也是需要研究解决的难点问题。

由于供水管线“一张图”数据库包含的空间数据量大,涉及区域的遥感影像、基础地理、各类管线等空间数据和大量的压力、水质、调度等检测专题数据等,数据的访问、统计分析、实时监测等应用请求需求量大,必须提供高效、稳定、可靠的服务发布和共享机制。

本文基于“一张图”数据集中管理和协同更新的特点,为了兼顾大数据量空间数据的服务发布性能及实时的在线协同更新效率,采用改进的“WMS + WMTS”地图服务发布方案。WMS(Web Map Service,网络地图服务)是 OGC 标准的地图服务发布协议,可提供实时切图服务,每次服务请求均会在 GIS 服务端根据矢量数据渲染成需要的地图图片返回客户端,效率较低,但可确保数据为实时最新的版本;WMTS(Web Map Tile Service,网络地图切片服务)则需要服务端提前准备好所有矢量数据的切片,服务请求发生时直接返回静态图片,采用“空间换时间的方式”,效率更高,也是目前 GIS 电子地图应用中主流的方式,但无法保证数据的实时性。本文采用综合两种地图服务发布的方案,通过 WMTS 协议的数

据预先处理加工,提高数据共享浏览速度;针对协同处理提交的“热更新”数据部分,通过空间索引进行区分,动态更新为 WMTS 协议的切片或直接由 WMS 服务实时处理。

3 供水管线综合监管“一张图”平台的实际应用

基于本文提出的供水管线“一张图”平台的设计,在同煤集团实现了供水管线综合监管系统。系统建立了同煤集团供水业务空间数据处理和入库标准规范,将已建设的抄表系统、管道压力监测系统、

水质在线监测系统、调度监控系统、巡检系统等业务数据统一形成了同煤供水管线“一张图”数据库,在此基础上开发实现了统一数据服务、统一用户管理和统一权限管理的综合监管系统,各类地理空间数据和业务数据可在线协同实时更新,大大提高了工作效率,如图 3(a)所示;将业务数据与 GIS 地图深度融合,展示方式更加直观形象,如图 3(b)所示;结合实时监测数据提前报警应急联动,保证供水调度安全运行,如图 3(c)所示。



(a) GIS协同更新平台



(b) 基于“一张图”的压力监测系统



(c) 管道压力监测预警系统

图3 供水管线综合监管“一张图”应用

4 结 语

为了解决同煤集团供水管网智能化管理面临的问题,本文提出了供水管网“一张图”平台的设计思路,对“一张图”平台涉及的数据标准规范、供水管线

及业务数据协同更新、地图服务发布与共享应用等关键问题进行了分析与研究,形成了适用于同煤集团当前供水管线业务管理的“一张图”解决方案。

同煤集团供水管线综合监管平台改变了原业务系统各自独立的“信息孤岛”的情形,实现了“综合运

维管理、统一信息门户、统一身份认证、统一管理决策”的目标,解决了供水管线调度各环节的合理配置以及供水管网调度与辅助决策问题,尤其在对管线的快速、准确监控、安全维护、管网合理设计、抢修施工等方面实现了高效的管理、科学的决策、智能的服务,满足了同煤集团信息化、智能化、科学化发展的需要。

参考文献:

- [1] 彭兵,甄云鹏,杨晓东,等. 武汉市城市管线规划管理一张图建设研究[J]. 地理空间信息,2013,11(3):154-157.
- [2] 黄兴. 国土一张图架构体系和关键技术研究[J]. 地理空间信息,2014,12(4):164-166.
- [3] 毛善君,杨乃时,高彦清,等. 煤矿分布式协同“一张图”系统的设计和关键技术[J]. 煤炭学报,2013,43(1):280-286.
- [4] 付茂全. 同煤集团供水管线地理信息系统初步设计[J]. 同煤科技,2013(4):19-21.
- [5] 马晓云. 水文水资源“一张图”管理系统的设计与实现[J]. 测绘通报,2016(11):114-117.
- [6] 赵明钰. 基于 GIS 平台水资源管理信息系统分析[J]. 水科学与工程,2017(5):36-38.
- [7] 侯水云,毛善君,李文生,等. 煤矿地测“一张图”平台关键技术研究[J]. 煤炭科学技术,2017,45(8):32-36.
- [8] ALAN M. MACEACHREN and ISAAC BREWER. Developing a conceptual framework for visually-enabled geocooperation [J]. International Journal of Geographical Information Science 18 (1), 1-34.
- [9] Zar Chi Aye, Teresa Sprague. A collaborative (web-GIS) framework based on empirical data collected from three case studies in Europe for risk management of hydro-meteorological hazards [J]. International Journal of Disaster Risk Reduction, 2016(15):10-23.
- [10] Charles Marion, Julien Jomier. Real-time collaborative scientific WebGL visualization with WebSocket [C]. Web3D 12 Proceedings of the 17th International Conference on 3D Web Technology, 47-50.
- [11] Boroushaki, Soheil, and Jacek Malczewski. ParticipatoryGIS: a web-based collaborative GIS and multicriteria decision analysis[J]. 2010,22(1).
- [12] Blagoj Delipetrev, Andreja Jonoski, Dimitri P. Solomatin. Development of a web application for water resources based on open source software[J]. Computers & Geosciences, 2014(62):35-42.
- [13] GAIL LANGRAN. A review of temporal database research and its use in GIS applications[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1989, 3(3).
- [14] Shih-LungShaw, Xiaohong Xin. Integrated land use and transportation interaction: a temporal GIS exploratory data analysis approach[J]. Journal of Transport Geography, 2003,11(2):103-115.

作者简介:张喜麟(1963-),男,汉族,山西大同人,高级工程师。

(收稿日期:2019-11-01)