

# 煤矿地测“一张图”平台关键技术研究

侯水云<sup>1</sup>,毛善君<sup>2</sup>,李文生<sup>1</sup>,张鹏鹏<sup>3</sup>

(1. 山西焦煤集团有限责任公司,山西太原 030024;2. 北京大学 遥感与地理信息系统研究所,北京 100871;  
3. 北京龙软科技股份有限公司,北京 100190)

**摘要:**针对煤矿地测工作中存在的“用图难、看图难、管图难”等问题,将煤矿地形、地质、测量、水文、储量、通风、机电等空间数据按照统一标准进行数据预处理,搭建了 Longruan GIS 地图服务平台。平台遵循 WMTS 的地图服务,支持标准化 API 接口开发,并针对山西焦煤集团有限责任公司资源管理的具体需求,如将矿井的生产状况、资源状况、安全状况等各类信息接入到一张图框架中进行展示和应用,煤矿地测图形的统一管理和查询,尤其是对特定图件的查找、特定内容的搜索等需求,研发了煤矿地测“一张图”动态管理系统。研究成果可为煤矿安全高效提供基础地理地测数据服务,为领导层提供决策支持信息和便捷的应用。

**关键词:**煤矿;地理地测;一张图平台;切片地图服务;地理信息技术

**中图分类号:**TD67 **文献标志码:**A **文章编号:**0253-2336(2017)08-0032-05

## Study on key technology of “one map” platform in coal mine

Hou Shuiyun<sup>1</sup>, Mao Shanjun<sup>2</sup>, Li Wensheng<sup>1</sup>, Zhang Pengpeng<sup>3</sup>

(1. Shanxi Coking Coal Group Co., Ltd., Taiyuan 030024, China; 2. Institute of Remote Sensing and Geographic Information System, Peking University, Beijing 100871, China; 3. Beijing Longruan Technologies Co., Ltd., Beijing 100190, China)

**Abstract:** In order to solve the issues in coal mine geological survey, for example, using map inconvenience, viewing map difficulties and administration difficulties etc, different maps of terrain, geology, surveying, hydrology, reserves, ventilation, electromechanical and other spatial data were preprocessed according to the uniform spatial standards. A Longruan GIS map service platform was built to provide WMTS mapping services and support the development based on standardized API interfaces. In order to meet the needs from Shanxi Coking Coal Company, such as integrating product, resource and safety status into the one map, building a unified management and query interface for geological and surveying one maps, the dynamic management system was finally developed. The results of this research confirmed that the system provided the basic geography data for coal mine efficiently, and can be used for the decision-making support information and convenient application.

**Key words:** coal mine; geography and geology; one map platform; map tile service; geographic information technology

## 0 引 言

“一张图”的概念在国内是从国土资源领域开始的,主要利用 GIS 技术综合集成了遥感、土地利用、现状调查、基础地理信息等数据,实现了对国土资源数据的有效管理以及对数据的查询、分析<sup>[1-4]</sup>。在数字矿山研究中,基础地理信息和元数据一直都是研究的热点难点问题<sup>[5-6]</sup>。与煤矿相关的数据共

享和“一张图”等研究,主要是针对煤矿区地表的土地利用、多源遥感数据融合处理与评价等方面<sup>[7-9]</sup>。针对煤矿井下地质、测量、安全等专题数据的“一张图”研究还很少见。随着近几年地理信息技术的发展,煤矿“一张图”的研究与应用也逐渐引起了研究人员的重视。

煤矿地测一张图在现实中有强烈的应用需求。煤矿地测专题地图数据不仅包括地形、地质、巷道、

收稿日期:2017-03-11;责任编辑:赵 瑞 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2017.08.006

基金项目:国家重点研发计划重点专项资助项目(2016YFC0801800)

作者简介:侯水云(1965—),男,山西稷山人,教授级高级工程师,工程硕士,现任山西焦煤集团有限责任公司总工程师。E-mail:houshuiyun@163.com

引用格式: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):32-36,54.

Hou Shuiyun, Mao Shanjun, Li Wensheng, et al. Study on key technology of “one map” platform in coal mine[J]. Coal Science and Technology, 2017, 45(8): 32-36, 54.

水文、储量、危险源等基础矿井空间数据,也包含了通风、机电、安全等专业生产信息。与国土、测绘等行业相比,煤矿空间数据具有种类多、更新快、现势性强、图层多、交互频繁、内容复杂等特点<sup>[10]</sup>。煤矿地测空间数据主要以文件方式为主。由于矿图的专业种类多,存在大量不同比例尺、分煤层的矿图文件,矿图数据分散管理,缺少统一的标准规范,地测数据存在“看图难、用图难、管图难”的问题,阻碍了地测数据的充分共享和集成应用。

笔者提出建立煤矿地测“一张图”平台,建立统一地测制图标准,全面整合煤矿集团内部的地测数据,包括地形、地质、测量、水文、储量、通风、机电各个专业的相关空间基础数据,通过开放的标准地图服务接口进行地测图形的发布,支持浏览器查看和手机端查看,为山西焦煤集团有限责任公司(以下简称山西焦煤集团)和煤矿各个单位提供基础地理空间服务。

## 1 “一张图”平台具体需求分析

### 1.1 山西焦煤集团地测管理的需求

从集团公司级别来看,山西焦煤集团下属矿井分布范围较广,对“一张图”的管理有迫切的需求。山西焦煤集团现有西山、离柳、汾西、霍州、霍东、乡宁6大主力生产和建设矿区,共有107座矿井。主要开采西山、河东、霍西、沁水、宁武5大煤田,地跨山西省9个地市的24个县(市、区),矿区面积2 375.22 km<sup>2</sup>。

通过数年的信息化建设,集团的信息化平台已经能够实现各种专题图形的上传和网上查询。然而由于矿井单位多,地测图形的专业种类多,不同种类图形存在大量不同比例尺、分煤层的矿图文件。对于管理层来说,这些图形的统一管理和查询非常困难,尤其是对特定图形的查找、特定内容的搜索很不方便。因此山西焦煤集团提出建立一种类似电子地图的地测“一张图”平台,将矿图及其关联的设备、人员、监测等属性信息关联起来,实现丰富的数据表达与管理。通过“煤矿一张图”建设,基于实时、准确的基础地理空间服务支撑,将矿井的生产状况、资源状况、安全状况等各类信息接入到一张图框架中进行展示和应用,为安全生产决策提供技术保障,从而充分反映矿井安全生产的各个方面,提高矿井层面综合分析能力和应急响应速度,提高安全生产管理能力,做到生产状况“一览无余”,资源状况“心中有数”。

### 1.2 矿井地测部门的需求

从矿井级别需求来看,各专业各类图件的内容本身有大量相同内容,数据共享十分不方便<sup>[11]</sup>。例如井巷在采掘工程平面图、通风系统图、监测监控布置图中都是基础内容之一。传统单文件的作业方式,数据共享主要依靠文件传输,更新周期也较长,巷道数据更新通常在半个月或者1个月。通风、水害、瓦斯数据,水害数据和采空区、断层情况与安全息息相关。这些数据在各个专业图形中也十分重要,通常很多图形中有所缺失。另外,缺乏统一标准和组织规范,也形成了矿图数据内部物理上的“数据孤岛”现象。如果建立一种能够快速数据共享的“一张图”平台,实现对空间数据、专业数据的标准化、一体化管理,能够解决长久以来困扰煤矿信息化的“信息孤岛”问题。

综上所述,煤矿地测“一张图”平台系统将实现从矿井到二级公司、集团公司三级联动更新的基础地理信息空间数据库构建,并通过开放的标准地图服务接口体系,为集团其他系统及行业应用提供基础地理空间服务支持。

## 2 煤矿地测“一张图”平台设计框架

基于统一的标准化体系和 Longruan GIS 地图服务平台,将各类地测信息高度集成,解决各部门之间数据孤岛严重、时效慢等问题,建立统一数据平台、统一制图标准、统一决策分析等应用功能,实现地测信息高度集成和精细化管理。煤矿地测“一张图”平台总体构架如图1所示。

1) 支撑层是系统建设和运行分析的基础,包括软硬件系统、网络、通信等,是系统运行的硬件环境支撑。

2) 数据层是整个系统的数据管理与输入输出交换中心。它包括 GIS 空间数据、地质数据库、测量数据库、储量数据库等煤矿生产技术、安全相关的数据库,存储了空间图形、地测数据、地形数据、影像数据、设计数据、过程数据等各类数据。

3) GIS 平台层是通过空间数据引擎对数据层各类数据的统一处理和管理,将各类数据进行聚合管理,为上层应用提供 GIS 数据管理和分析等支持。

4) 服务层是将 GIS 平台的各类功能和模块按照服务的模式进行封装,从而将 GIS 系统的各种能力开放给外部使用。

5) 接口层是通过功能模块、不同服务标准,将

系统提供的服务分别以 SOAP、REST 等常见的服务协议进行封装,从而提供标准的各类 GIS、业务功能服务接口。

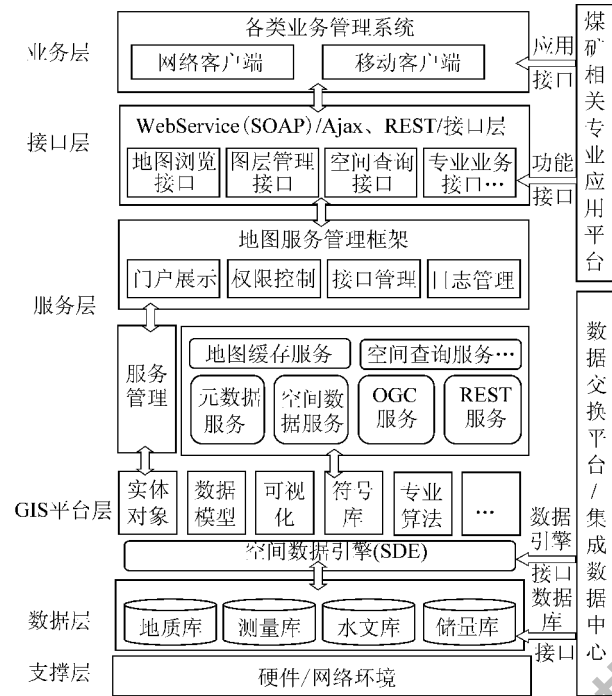


图1 煤矿地测“一张图”平台总体构架系统开发架构

Fig. 1 Architecture of geological survey “one map” platform in coal mine

6) 业务层是通过整个服务平台提供的各类数据服务、专业功能及分析模块,结合煤矿的具体业务的系统,支持移动端和 PC 端的开发应用。

### 3 煤矿地测“一张图”平台关键技术

#### 3.1 基础空间数据规范

统一的基础空间数据规范是煤矿信息共享的核心问题<sup>[12]</sup>,通过数据转换的方式进行矿图数据共享与更新有很多弊端。笔者在充分研究现有与地测相关的各种图形的基础上,全面梳理现有的行业、企业内部的矿图制作规范和标准<sup>[13-14]</sup>,收集各类图形使用的符号、图层分层习惯等,整理和研究各个专业对不同类型、不同形式矿图的需求,按数据类型、专业类型、使用场合进行分类和编码,最终建立了地测一张图的制图标准。将多个图形拆分为多个标准化的图层,将每一个图形变为若干个图层的自由组合,对图层中的基础地理地质信息(地形、工业广场建筑、地层、巷道、工作面、断层、致灾因素等)进行分类、编码、存储格式,按照行业相关标准命名。命名原则如下:①煤矿矿图分层应便于制图操作和数据查询。

②煤矿矿图分层符合煤矿制图习惯,属于同一矿图的要素组合成一层。③同一性质的要素组合为一层。④重要的、需要经常使用的要素单独分层。⑤充分考虑矿图中要素的用途。煤矿矿图图层名称由下列部分组成:

1) 图层内容描述:图层的内容描述参考煤矿相关标准及习惯确定。

2) 煤层代码:区分煤层名称的代码,长度为2位,根据各矿井煤层数量情况自行编码。

3) 矿井行政区代码:区分矿井所在区、市、县(旗)的代码,长度为6位,参见国家行政区划代码。

4) 矿井代码:区分矿井名称的代码,长度为3位,根据区、市、县(旗)辖区内煤矿数量自行编码。

煤矿地测“一张图”能够保证煤矿生产过程中的测量、地质、水文、储量等原始数据进行分层协同管理,做到了空间数据和属性数据的统一,以满足煤矿企业数据管理中的一致性、共享性、现势性及整体性等要求。此外,基础空间数据规范不仅要满足项目应用的需求,也符合强制性国家规范、行业规范及地方规范。

#### 3.2 地图服务的3层架构

传统的桌面煤矿 GIS 具备了数据管理、空间分析、专业计算等功能。服务 GIS 将这些功能迁移应用到计算能力更强大的服务器、计算云等设施上。服务 GIS 产品可以通过服务的方式,面向网络客户端和移动客户端提供与专业 GIS 桌面产品相同功能的 GIS 服务;能够管理、发布和无缝聚合多源服务,包括 REST 服务、OGC 地图服务(WMS、WMTS、WFS、WCS)等。服务式 GIS 支持多种类型客户端访问,支持分布式环境下的数据管理、编辑和分析等 GIS 功能,能够提供从客户端到服务器端的多层次扩展的面向服务 GIS 的开发框架。地图服务后台一般包括:客户端层、Web 服务层、GIS 服务层3层架构,如图2所示。

在3层结构中, GIS 服务层为实现具体 GIS 功能的组件,将 Longrun GIS 核心组件实体封装为粗粒度的组件。Web 层与客户端之间通过接口层规定的标准 API 接口进行交互,在每层中都相应提供一系列的模块,他们之间具有松耦合关系。客户端层在 API 之上开发相关的应用服务系统。在服务框架中通过服务管理模块将3个层次中具有对应关系的模块进行集成,构建一系列的 GIS 服务。

GIS 服务器是在服务端完成各种应用服务请求



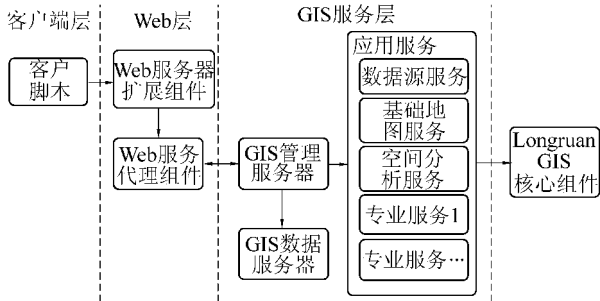


图2 煤矿服务GIS平台体系架构

Fig. 2 System architecture of service GIS platform in coal mine 的具体执行者,例如地图可视化绘制、数据查询、执行操作命令以及其他所有开放的API服务接口类型,并将内容解析给底层的龙软GIS核心组件。GIS服务器可以是一台物理的服务器,也可以是许多共同工作的、物理上分布式部署的服务器。这些服务器访问相同的数据和应用处理配置,可以根据服务器的访问压力,动态、自由地调整服务器端的部署。

### 3.3 切片地图服务(WMTS)

一张图的核心是地图服务,笔者所述地图是以WMTS切片地图服务方式向外发布的。采用OGC的标准WMTS技术(OpenGIS Web Map Tile Service)。切片地图的基本要素是瓦片。根据地测一张图的制图标准,可以将最新数据集成在一张图形文件中,再将地图预先切片形成瓦片,并在服务端进行发布。使用C++设计实现地图瓦片切片工具,将要发布的地图切片保存。该切片工具是一个com组件。笔者开发了B/S架构的切片工具进行远程切图,在服务管理模块中实现了B/S架构的切片工具。切图后生成多级瓦片金字塔,将空间地理数据源进行切片的过程如图3所示<sup>[15-17]</sup>。

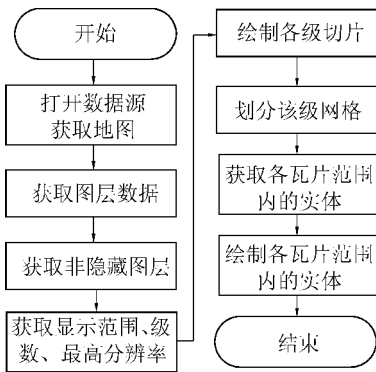


图3 生成地图切片流程

Fig. 3 Process of map tiles generation

在建立好瓦片金字塔后,前端再请求地图时,则将只是在切好的瓦片缓存中,找到对应级别里对应

的瓦片即可。在切片地图服务请求流程中,比例尺、瓦片行列号以及瓦片地址的计算是极其重要的3个内容。地图切片过程中瓦片分辨率是一个关键参数,地图单位取决于数据本身的空间参考,分辨率与像素以及地图单位有关。在前端将这些请求到的瓦片拼接出来,便可以得到用户所需级别下的可视范围内的瓦片。

### 3.4 地图服务前端可视化技术

多数情况下,客户并不关心GIS服务器的后台数据瓦片,而更关心具体使用的体验。因此,搭建好GIS服务平台后,提供各种各样的访问客户端也是非常重要的。采用地图API,用户能够在订制应用中快速地构建基础地理底图、各种专题要素及地图查询等网络地图服务,成为一种新型的服务共享和数据共享方式。

LongruanGIS JavaScript API是基于Leaflet的二次开发的地图服务接口。它在Leaflet的基础上添加了对LongruanGIS的lfxm地图文件格式的支持,并通过LongruanGIS Server进行地图的发布。LongruanGIS JavaScript API能够帮助开发者在Web端或移动端中构建功能丰富、交互性强的地图应用程序,不仅包含构建地图基本功能的各种接口,而且提供了图层管理、监测监控、线路规划等功能。

移动终端上的地图可视化展示具有动态性、交互性、可实时快速更新、易于携带的优点。考虑到地图服务在手机端的具体应用,GIS平台底层需要开发针对移动操作系统(安卓,iOS)的适量栅格可视化接口开发、开发移动OS的数据存储、访问接口开发等专门效果,并考虑移动端在线数据传输的压缩、缓存,以及本地离线数据的支持等。地图瓦片数据可以存储在移动端本地,不依赖于网络,可以随时随地浏览使用,而不会受到网络信号等因素的影响,从而获得稳定的应用体验。

## 4 系统实现方案

基于上述技术,针对山西焦煤集团资源的具体需求,实现了一套地测“一张图”动态管理系统。该系统是基于B/S架构的LongruanGIS地图服务数据的发布及业务应用系统,基于服务式GIS系统提供的基础空间数据,提供统一的煤矿GIS服务,并支持以标准化接口的形式满足各类生产技术管理业务应用对基础矿图的需求。系统在GIS服务端提供

WMTS 规范的标准化 OGC 地图服务,为煤矿类专业应用子系统提供基础矿图底图,支持地图服务的图层控制,获取所有图层、获取图层分组、开关图层等;矿井、工作面、瓦斯抽采站等关键位置导航;四邻矿井展示;提供丰富的查询功能,包括点查询、线查询、矩形搜索、多边形搜索、半径搜索、属性搜索等方式。地图客户端提供面向 Web、Android 移动终端等方式的客户端,支持与各类生产技术管理专业业务系统的集成,主要功能包括放大、缩小、平移、全图浏览、视野内搜索、半径搜索、量距、方位角、量测面积等功能。矿区遥感影像导航及一张图(采掘图)Web 界面如图 4 所示,移动端采掘图浏览界面如图 5 所示。应用效果表明,山西焦煤的地测“一张图”平台的关键技术可行、设计合理,能够实现煤矿空间数据的地图服务。

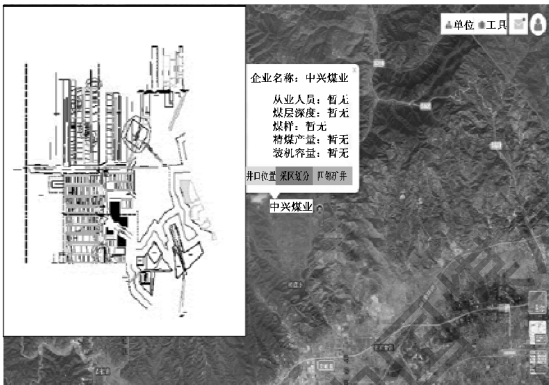


图 4 “一张图”Web 界面

Fig. 4 Web interface of “one map”



图 5 移动端采掘图浏览界面

Fig. 5 View interface of mining map in mobile platform

## 5 结 语

在研究山西焦煤集团和各所属矿井多级煤矿地

测工作问题的基础上,基于服务 GIS 技术、移动互联网技术,建立了煤矿地测“一张图”WebGIS 平台。该平台基于统一的数据标准体系,统一的空间数据管理平台、统一的“一张图”空间数据库的思想设计,将传统分散的地测图形,整合成为“一张图”进行管理和显示,支持桌面客户端、Web 浏览器、移动终端等多种使用环境,可以同时满足管理部门、一线生产技术部门的多层次应用需求。“一张图”平台促进煤矿资源信息的共享,改变了煤矿各单位原有信息孤立的状况,能及时、动态共享地测、采矿等信息,实现了煤矿多部门、多专业、多管理层面的空间数据应用和共享。

## 参考文献 (References):

- [1] 张爱明.国土资源“一张图”数据管理及服务平台的设计与研究[J].现代测绘, 2010,33(4):41-42.  
Zhang Aiming. Design and research of land resources “a map” data management and service platform[J]. Modern Surveying and Mapping, 2010,33(4):41-42.
- [2] 杨文森,陈洁,陆世东,等.湖北省矿政管理信息化系统(一张图管矿)建设技术思路研究[J].资源环境与工程 2012,26(2):173-175.  
Yang Wensen, Chen Jie, Lu Shidong, et al. Study on technical thinking of mineral resources management information system (mineral management with one-char) of Hubei Province[J]. Resources Environment & Engineering, 2012,26(2):173-175.
- [3] 王媛媛,刘献伦,陆发利,等. GIS 技术在山东省林地保护利用规划县级“一张图”建设中的应用研究[J].林业调查规划, 2012,37(5):18-21.  
Wang Yuanyuan, Liu Xianlun, Lu Fali, et al. Applied research of GIS technology in county-level “one map” construction of Shandong province’s forest land protection and utilization planning[J]. Forest Inventory and Planning, 2012,37(5):18-21.
- [4] 徐德军.复杂系统理论视角下的国土资源“一张图”系统设计与实践[D].武汉:武汉大学,2013.
- [5] 范爱民.矿区 GIS 建设中元数据问题研究[J].矿山测量, 2000(1):10-12.  
Fan Aimin. Research on metadata in GIS construction of mining area[J]. Mine Surveying, 2000(1):10-12.
- [6] 吴立新,殷作如,钟亚平.再论数字矿山:特征、框架与关键技术[J].煤炭学报,2003,28(1):1-7.  
Wu Lixin, Yin Zuoru, Zhong Yaping. Restudy on digital mine: characteristics, framework and key technologies[J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(1):1-7.
- [7] 杨文森,陆世东,张玲.“一张图管矿”的数据组织与分类[J].地理空间信息,2012,10(1):64-66.  
Yang Wensen, Lu Shidong, Zhang Ling. Data organization and

(下转第 54 页)

- [13] 花育才,项首龙,夏双力,等.电法勘探在煤矿防治水中的应用[J].中国煤田地质,2006,18(4):66-68.  
Hua Yucui, Xiang Shoulong, Xia Shuangli, *et al.* Application of electric prospecting in coalmine water control[J]. Coal Geology of China, 2016, 18(4):66-88.
- [14] 鲁辉,薛云峰,胡伟华.采空区的特征与探测技术研究[J].水利规划与设计,2014(2):27-33.  
Lu Hui, Xue Yunfeng, Hu Weihua. Study on the characteristics and detection technology of goaf[J]. Water Resources Planning and Design, 2014(2):27-33.
- [15] 阳红.综合电磁法技术研究及其应用效果[D].成都:成都理工大学,2012.
- [16] 朱四新.高密度电阻率法在煤矿采空区勘查中的应用研究[J].勘察科学技术,2014(S1):102-105.  
Zhu Sixin. Application of high density resistivity method in coal mined area survey[J]. Investigation Science and Technology, 2014(S1):102-105.
- [17] 钟韬.超高密度电法在探测采空区中的应用研究[D].成都:成都理工大学,2008.
- [18] 付天光.综合物探方法探测煤矿采空区及积水区技术研究[J].煤炭科学技术,2014,42(8):90-94.  
Fu Tianguang. Study on technology of comprehensive geophysical method exploration of mine goaf and water accumulated area[J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(8):90-94.
- [19] 张运霞,牛向东,韩自豪,等.瞬变电磁法在矿井水害治理工作中的应用[J].工程地球物理学报,2004,1(5):418-423.  
Zhang Yunxia, Niu Xiangdong, Han Zihao, *et al.* The application of transient electromagnetic method in the work of mine flood damage control[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics 2004, 1(5):418-423.
- [20] 张金才,茹瑞典,耿德庸.地质雷达探测技术在煤矿区的应用[J].煤炭科学技术,1994,22(6):21-23.  
Zhang Jincai, Ru Ruidian, Geng Deyong. Application of geological radar exploration technology in coal mining area[J]. Coal Science and Technology, 1994, 22(6):21-23.
- [21] 朴化荣.电磁测深法原理[M].北京:地质出版社,1990.
- [13] GB/T 50593—2010,煤炭矿井制图标准[S].
- [14] GB/T 50564—2010,金属非金属矿山采矿制图标准[S].
- [15] 张晋文,周艳兵,刘小生.网络地图缓存技术研究与应用进展[J].测绘与空间地理信息,2015(8):59-62,66.  
Zhang Jinwen, Zhou Yanbing, Liu Xiaosheng. A research review of map cache technology based on Web[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2015(8):59-62,66.
- [16] 徐永龙,李斌,徐明霞,等.一种数字地图切片算法的实现[J].测绘科学,2014(2):118-120,128.  
Xu Yonglong, Li Bin, Xu Mingxia, *et al.* Automatic annotation method of boundary points by secondary development[J]. Science of Surveying & Mapping, 2014(2):118-120,128.
- [17] 罗智勇,黎小东.基于数据库存储方案的高性能瓦片地图服务研究[J].地理与地理信息科学,2013(3):48-51,108.  
Luo Zhiyong, Li Xiaodong. High performance tile map service based on database storage scheme[J]. Geography and Geo-Information Science, 2013(3):48-51,108.
- [8] 陈国良.煤矿区“一张图”建设的若干关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2011.
- [9] 黄晓宇.基于MapGIS的矿产资源一张图[J].北京测绘,2015(2):112-115.  
Huang Xiaoyu. The mineral resources one-map based on the MapGIS[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2015(2):112-115.
- [10] 刘燕华.煤矿一张图协同机制及关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2016.
- [11] 王国保.煤矿机电专业小组“一张图”管理法[J].科技信息,2011(31):I0326.  
Wang Guobao. Coal mine electromechanical professional group “one map” management method[J]. Science and Technology Information, 2011(31):I0326.
- [12] 韩茜.智慧矿山信息化标准化系统关键问题研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2016.

(上接第36页)

classification of “mineral management with one-chart” system [J]. Geospatial Information, 2012, 10(1):64-66.

[8] 陈国良.煤矿区“一张图”建设的若干关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2011.

[9] 黄晓宇.基于MapGIS的矿产资源一张图[J].北京测绘,2015(2):112-115.

Huang Xiaoyu. The mineral resources one-map based on the MapGIS[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2015(2):112-115.

[10] 刘燕华.煤矿一张图协同机制及关键技术研究[D].徐州:中国矿业大学,2016.

[11] 王国保.煤矿机电专业小组“一张图”管理法[J].科技信息,2011(31):I0326.

Wang Guobao. Coal mine electromechanical professional group “one map” management method[J]. Science and Technology Information, 2011(31):I0326.

[12] 韩茜.智慧矿山信息化标准化系统关键问题研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2016.