

# 基于 MapGIS 的巷道地质素描图 绘制系统设计与实现

裔红艳<sup>1</sup>, 陈锁忠<sup>2</sup>, 肖锁云<sup>2</sup>

(1 苏州大学 档案馆, 江苏 苏州 215021; 2 南京师范大学 虚拟地理环境教育部重点实验室, 江苏 南京 210046)

**摘要:** 根据金属矿山地测数据管理业务需求, 首先剖析了巷道地质素描图组成要素, 设计了基于 MapGIS 的巷道地质素描图的绘制流程以及绘制系统的组成模块。巷道地质素描图组成要素主要由基本信息、地层信息、构造信息、水文地质信息、刻槽样轨信息与样品化验信息组成。巷道地质素描图绘制系统主要由数据管理、坐标转换、巷道素描图模板自动生成、组成要素绘制、矿岩类型与面状构造、刻槽样轨自动生成、自动注记、巷道综合地质素描图生成等 8 个模块组成。接着, 采用面向对象的方法, 分析组成巷道地质素描图空间实体对象及其实体对象之间的拓扑关系, 建立了支持巷道地质素描图自动绘制的逻辑与空间数据模型。最后, 基于 MapGIS 平台及其组件式开发技术, 实现了巷道地质素描图绘制系统, 绘制了上海宝钢集团梅山铁矿巷道地质素描图, 取得了良好效果, 为矿山地质图件的信息化建设提供了应用的依据和实践经验。

**关键词:** 地质素描图; 数据模型; 绘制流程; 巷道; 矿山; MapGIS

**中图分类号:** P623.3; P208 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2011)01-0105-06

## Design and Implementation of Roadway Geological Sketch Pictures Drawing System Based on MapGIS

YI Hong-yan<sup>1</sup>, CHEN Suo-zhong<sup>2</sup>, XIAO Suo-yun<sup>2</sup>

(1. Archives, Soochow University, Suzhou 215021, Jiangsu, China; 2. Key Laboratory of Virtual Geographical Environment of Ministry of Education, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, Jiangsu, China)

**Abstract** According to the management business requirement of the metal mining and survey data, the components of roadway geological sketch pictures (RGSP) were analyzed, and the drawing flow of RGSP based on MapGIS and the component modules of the drawing system were designed. The main components of RGSP were essential information, strata information, hydrogeology information, notch groove track information, sample test information. The drawing system of RGSP were composed of eight modules, i.e. data management, coordinate transformation, automatic generation of RGSP template, element drawing, ore-rock type and planar structure, automatic generation of notch groove track, automatic lettering, and generation of integrative RGSP. Then, the object-oriented method was used to analyze the component spatial entities of RGSP and the topological relations of these spatial entities, and the spatial data model and logic model of the drawing system of RGSP were established. Finally, the drawing system of RGSP was realized based on MapGIS platform and component-based development technology, RGSP for Meishan iron mine of Shanghai Baosteel Group Corporation was successfully drawn according to the system. The system provided application basis and practical experience for the information construction of mine geological map.

**Key words:** geological sketch picture; data model; drawing flow; roadway; mine; MapGIS

## 0 引言

矿山地质图件是用来反映矿体的形状、地质构

造、矿产品位的空间分布、井下巷道的空间关系等图件的总称<sup>[1]</sup>。它是矿山建设与开发的基础, 在矿业生产中发挥着重要作用。矿山地质图件主要包括矿

收稿日期: 2010-05-03

基金项目: 国家高技术研究发展计划项目(2009AA12Z223)

作者简介: 裔红艳(1985-), 女, 江苏丹阳人, 理学硕士, 从事地图学与地理信息系统研究。E-mail: yhy178@hotmail.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

区地形图、工业广场平面图、井底车场平面图、采掘工程平面图、主要巷道平面图、井上下对照图、井筒断面图以及巷道、井筒、硐室、石门等地质素描图<sup>[2]</sup>。在未引进信息化技术之前,所有的矿山地质图件均采用人工绘制<sup>[3-4]</sup>。传统的人工绘制方法需要投入大量人力以及花费较长时间,已不能适应现代化矿山建设的需要。随着计算机辅助设计技术的发展,产生了矿山机助制图技术。目前矿山机助成图系统大都是在 AutoCAD 等软件基础上开发的,仅仅是一个简单的成图系统,各种矿山地质图件之间相对独立,缺少必要的联系和数据共享,而对于属性数据则是以资料、手册形式保存。对于这种成图方式,制图技术人员的工作量仍然很大,而且空间信息与属性信息分离管理,既不能实现空间数据、属性数据的一体化管理,也不能反映实体间的拓扑关系和图形的空间分析功能,更不能满足矿山建设中信息的深层挖掘与业务分析等需求。

随着 GIS 技术在矿山行业的发展应用,该技术逐渐改变了传统地测资料和矿山地质图件的管理和制图方式,实现矿山地测数据的数字化与现代化管理。根据采集的地测资料数据,通过几何运算,运用 GIS 拓扑分析技术,生成矿山巷道内的各个要素,并且利用 GIS 可视化技术,以图形形式直观显示,反映矿山采矿层中矿石分布情况与品位结构等信息,为矿山管理提供辅助决策支持。但是,基于 GIS 技术的矿山地质图件自动或半自动绘制系统还不成熟,系统组成与功能、关键技术及其解决方案有待于研究。笔者针对目前基于 GIS 技术的矿山地质图件自动或半自动绘制过程中存在的问题,以金属矿山巷道地质素描图自动或半自动绘制系统为例,探讨基于 MapGIS 的金属矿山巷道地质素描图自动或半自动绘制系统组成框架、支持系统实现的数据模型,为矿山其他地质图件自动或半自动绘制系统设计与实现研究提供思路。

### 1 采矿巷道概况

采矿巷道是地下采矿时,为采矿提升、运输、通风、排水、动力供应等而掘进的通道<sup>[5]</sup>。根据巷道长轴线与水平面的关系分为直立巷道、水平巷道与倾斜巷道。其中直立巷道长轴线与水平面垂直,包括立井、盲立井;水平巷道(进路与联络道)的长轴线与水平面近似平行,如平硐,直接与地面相通;倾斜巷道的长轴线与水平面呈一定角度,如斜井、上山道或下山道、斜坡道和天井等。巷道断面形状多为拱形、梯形

或矩形,围岩松软的为圆形、椭圆形或马蹄形。本文中研究对象是金属矿山开采中较为普遍的水平巷道。

### 2 水平巷道地质素描图组成要素

水平巷道(进路与联络道)地质素描图是在巷道素描模版上反映巷道内矿体、围岩的产状以及各种地质构造破碎带的分布情况,还附加一些水文地质等信息的平面图。巷道地质素描图采用“两帮一顶”,将巷道立体图展开得到巷道平面展开图(图 1)。根据金属矿山管理业务需求,巷道地质素描图主要由基本信息、地层信息、构造信息、水文地质信息、刻槽样轨信息与样品化验信息组成。其中基本信息包括巷道编号、控制点、长度、宽度、高度、方位角、掘进时间及其文字描述、编录信息等;地层信息包括矿岩类型、分布点集合与岩层描述等;构造信息包括构造类型、位置与属性描述等;水文地质信息包括滴水点、涌水点、淋水段与潮湿段等;刻槽样轨信息包括编号、控制点、样数、取样方向与取样时间、取样人等;样品化验信息包括普通样与组合样化验信息。水平巷道地质素描图组成与结构如图 2。

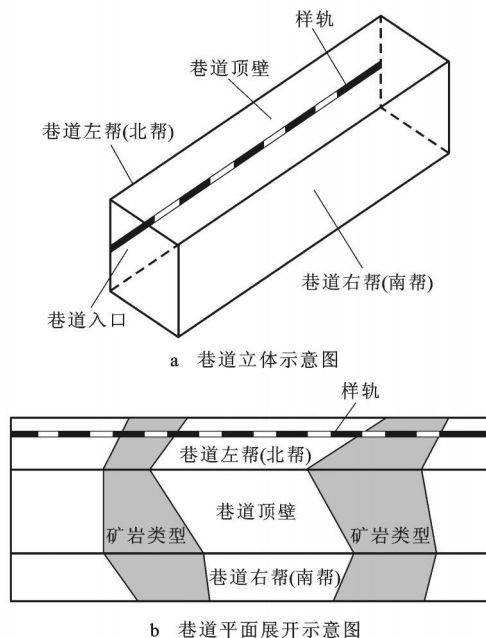


图 1 采矿巷道结构示意图

Fig. 1 Sketch Map of Mining Roadway Structure

### 3 巷道地质素描图自动绘制业务流程

巷道地质素描图自动生成系统主要用于新增采矿巷道地质素描图的自动绘制<sup>[6]</sup>。其自动绘制的业务流程(图 3)为:①地测信息管理技术人员接受采矿巷道地质编录数据并审核编录数据是否符合规范

采样编号				工程编号				文字描述									
起点名称				掘进起止日期	月 日— 月 日												
起点坐标	x	y	z														
样品 编号	取样间隔		单样 样长/m	质量分数/%				组合分析编号、样长及矿物质量分数/%									
	自	至		TFe	S	P	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	编号	样长	TFe	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K		
编录:				校核:				编录日期:									

图 2 水平巷道地质素描图组成与结构

Fig 2 Constitute and Structure of Aclinic Roadway Geological Sketch Picture

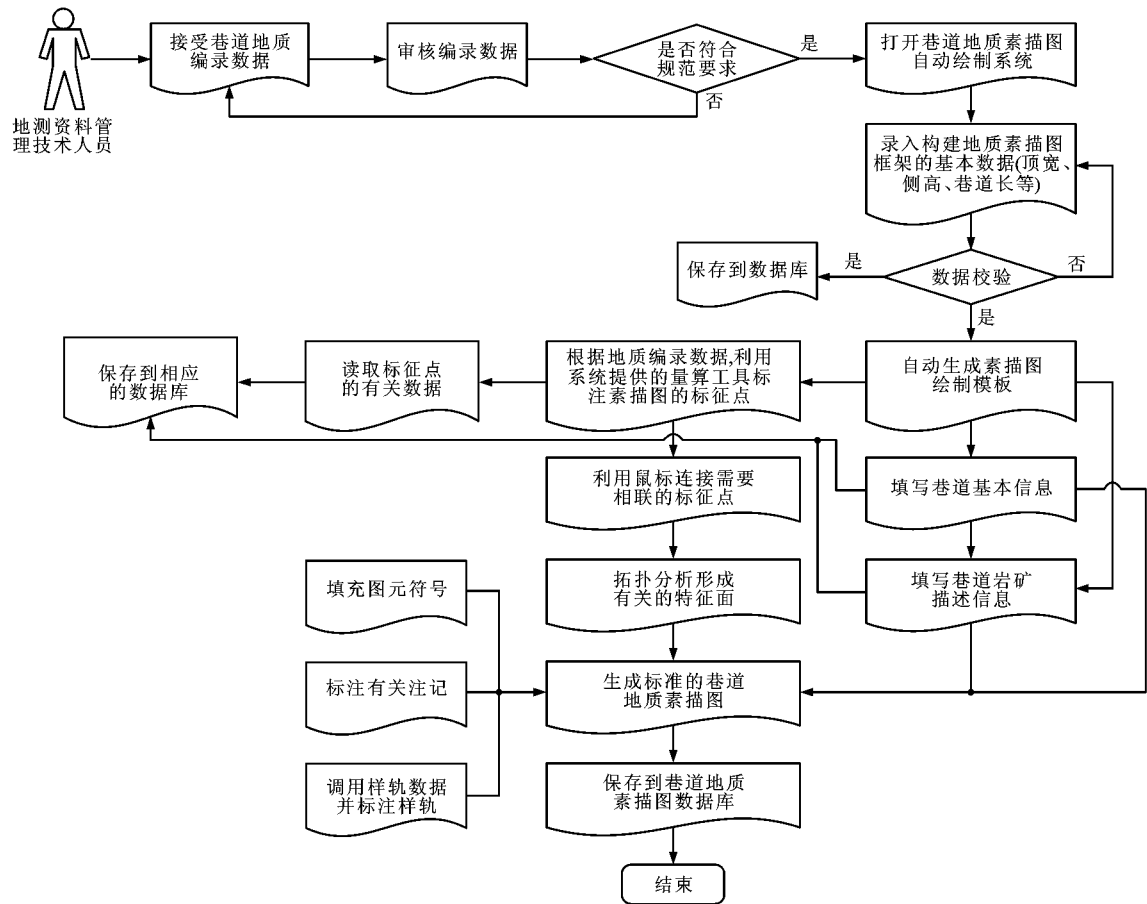


图 3 巷道地质素描图自动生成业务流程

Fig. 3 Business Process for Automatic Generation of Roadway Geological Sketch Picture

要求,若符合规范要求则可录入系统用于绘制地质素描图,否则返回重新修改与整理;②根据地质素描图绘制要求,将地质编录数据录入到系统,包括巷道宽度、长度、两侧的高度,并对录入数据进行校验,然后依据录入数据生成地质素描图绘制模版,并将录入的数据保存到数据库;③根据地质编录数据,利用量算工具,标注绘制地质素描图特征点,提取标征值并保存到数据库,同时输入地质素描图的基本信息与岩性描述内容,并保存到数据库;④利用系统提供的工具,联接需要连接的标征点,拓扑分析形成有关的特征面,并填充岩性符号与注记,同时调用矿岩分析测试数据,标注样轨与样品编号以及分析结果数据,最终生成标准巷道地质素描图。对于生成标准的巷道地质素描图,既可打印输出,也可保存到地质素描图数据库,以便查询调用。

## 4 巷道地质素描图绘制系统组成模块

根据巷道地测数据的特点、巷道地质素描图的组成内容与结构特征,巷道地质素描图绘制系统主要由 8 个模块组成。

### 4.1 数据管理模块

数据管理模块是巷道地质素描图绘制系统的基本模块,它提供了巷道地质素描图组成要素的空间位置与内部属性等信息。涉及的数据主要有巷道地测数据、硐室、矿岩分析数据和水文地质数据。数据管理模块主要有数据的录入、编辑、入库、查询与统计、输出、数据备份等。

### 4.2 坐标转换模块

巷道掘进过程采集的数据有的是基于平面坐标系,有的是基于地质素描图所在的模版坐标系,在地质素描图生成过程中需要把基于平面坐标系的点坐标转换成基于地质素描图的模版坐标系上的坐标,即解决巷道内各要素在地质素描图模版坐标系上的定位问题。

### 4.3 巷道素描图模版自动生成模块

根据巷道地质素描图绘制业务规则,读取绘制巷道地质素描图框架的基本数据(巷道的顶宽、侧高与巷道长度),自动生成巷道地质素描图的框架,包括巷道中心线、巷道顶界面与两帮控制线、巷道入口、石门等。

### 4.4 组成要素绘制模块

根据地质编录数据,利用提供的量算工具,在巷道地质素描图模版上标注素描图的标征点,连接需要相连的标征点,通过多边形裁剪与拓扑分析形成相应

的特征面,从而生成矿岩类型、面状构造、涌水段与潮湿段等几何多边形以及其他点状与线状要素<sup>[7-8]</sup>。

### 4.5 矿岩类型与面状构造填充模块

根据矿岩类型、面状构造、涌水段与潮湿段等在巷道地质素描图上的可视化表达形式,调用地质图元符号库中相应的面状图元,根据规定的填充方式,如矿岩类型只需填充矿岩分界线两侧 2 cm 宽范围,填充各个面状要素。

### 4.6 刻槽样轨自动生成模块

刻槽样轨数据及其矿岩测试数据皆置于属性数据库中,模块可根据巷道地质素描图中刻槽样轨的可视化表达规则,直接调用刻槽样轨数据生成刻槽样轨,并以样轨图元符号标注到巷道的北帮 1.2 m 高处。

### 4.7 自动注记模块

针对巷道地质素描图中各个组成要素,根据各自的注记内容与注记规则,从属性数据库中调用相应的注记数据,标注到组成要素相应的位置上。

### 4.8 巷道综合地质素描图生成模块

图 2 中巷道综合地质素描图主要由巷道基本信息、巷道地质素描图与矿岩测试数据组成。根据定义的巷道综合地质素描图模版,自动读取巷道基本信息数据库、矿岩测试数据库与地质素描图数据库中相应的属性与图形数据,生成符合条件的巷道综合地质素描图。

## 5 巷道地质素描图自动绘制数据模型

### 5.1 逻辑数据模型

根据巷道地质素描图各类信息的具体内容及其彼此之间的逻辑关系,实现巷道地质素描图自动绘制的数据逻辑模型如图 4。

### 5.2 空间数据模型

空间数据模型主要用来反映采矿巷道的空间信息,它由空间对象实体模型与实体之间空间拓扑关系组成。根据采矿巷道地质素描图的组成要素及其几何形态,主要有点、线、面 3 种空间对象实体。其中点对象有控制点、滴水点与涌水点;线对象有刻槽样轨、矿岩类型分界线、线状地质构造、石门等;面对象有矿岩类型、面状地质构造、淋水段与潮湿段等<sup>[9-11]</sup>。组成巷道地质素描图的各个要素之间存在拓扑关系。巷道内各要素的拓扑关系如图 5。

## 6 巷道地质素描图绘制系统实现

### 6.1 设计与开发环境

采用面向对象的开发技术进行系统分析、设计



图 4 巷道地质素描图自动绘制的数据逻辑模型

Fig. 4 Logic Data Model of Automatic Drawing Roadway Geological Sketch Picture System

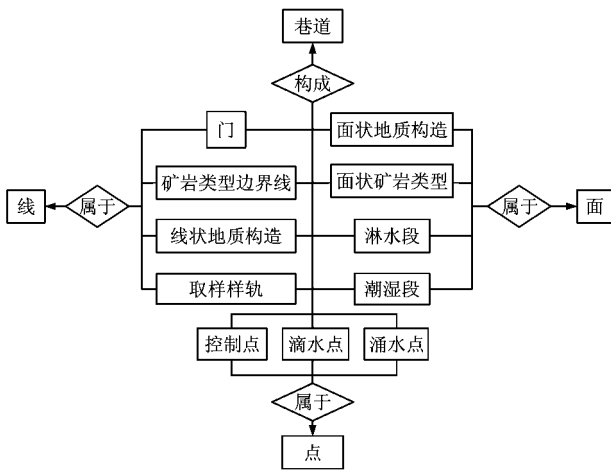


图 5 巷道的拓扑结构

Fig. 5 Topological Structure of Roadway

与开发。在程序设计过程中采用面向对象的可视化建模工具 Together, 采用 UML 对模型进行形式化描述; 数据库设计工具采用 Power Designer; 开发工具采用 Microsoft Visual Studio. NET 2003 平台, 可视化开发语言采用 C #; GIS 平台采用 MapGIS; 数据库平台采用 SQL Server2000。

6.2 系统软件架构

巷道地质素描图绘制系统采用客户端/服务器体系架构。按照分层次开发、组件式结构的思路, 将

系统划分为数据持久层、业务逻辑层和表现层。

数据持久层封装了使对象持久化的行为, 从(或者向)永久存储中读取、写入、修改、删除对象, 将业务逻辑层对具体巷道数据库的依赖降低, 提高数据库访问的透明性及系统的灵活性。业务逻辑层是巷道地质素描图绘制系统的核心部分, 负责整个系统中所有业务逻辑的实现, 并负责处理用户输入的信息, 根据输入信息对数据库中数据做必要的操作, 将操作结果反馈给用户。巷道地质素描图绘制系统是客户端/服务器结构的桌面应用 GIS 系统, 采用 Windows Forms 开发表现层的用户界面, GIS 可视化控件采用 MapGIS 的可视化组件。

6.3 试验样区与效果

试验样区选择上海宝钢集团梅山铁矿, 其位于南京市南郊, 属于大型陆相火山期后复合成因地下矿床, 埋藏于地下 36 ~ 578. 15 m, 矿石类型为磁铁矿-假象半假象赤铁矿-菱铁矿型, 以致密块状为主。整个矿区分分为东采区、西采区和北采区。采矿工程分层高度 12 m, 进路间隔 10 m; 垂直进路的联络道间隔 50 m。

试验巷道为矿区地下 228 m 矿层的某一采掘进路, 根据掘进地质资料, 该巷道素描图上涉及有

点、线、面 3 种的空间要素。其中点状要素包括控制点、滴水点、涌水点；线状要素包括门、刻槽样轨；面状要素包括矿岩类型、地质构造、淋水段、潮湿段。点状要素采用注释和子图两种类型表达，面状要素采用填充图案表达。采用巷道地质素描图绘制系统生成的地质素描图如图 6、7。

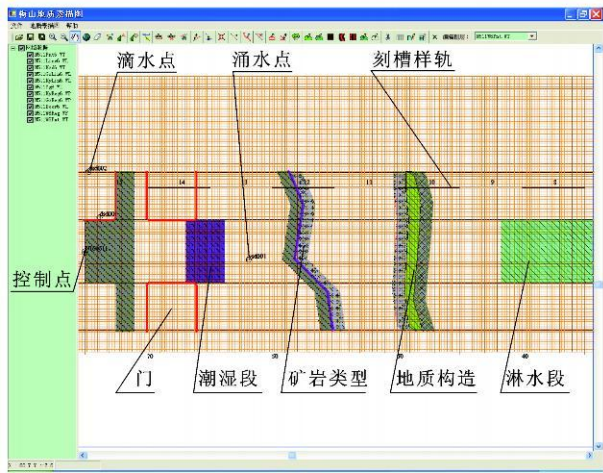


图 6 处于编辑状态的巷道地质素描图

Fig. 6 Roadway Geological Sketch Picture in Editing

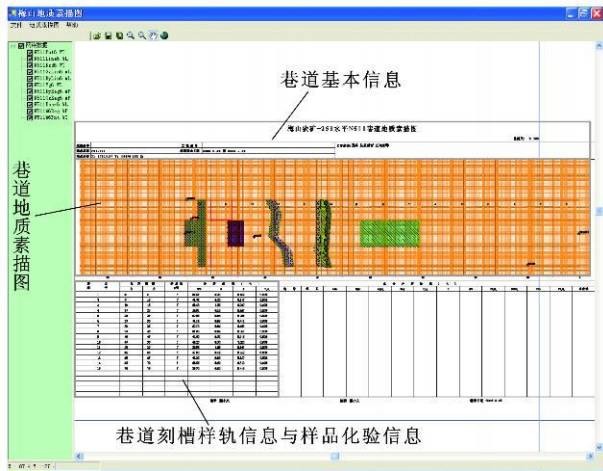


图 7 巷道综合地质素描图

Fig. 7 Integrated Roadway Geological Sketch Picture

7 结语

(1)从金属矿山采矿巷道的领域模型出发,采用面向对象的方法,将巷道地质素描图组成的空间实

体要素抽象为点状(控制点、滴水点与涌水点)、线状(矿岩类型分界线、构造线、刻槽样轨与石门线)与面状(矿岩类型、面状构造、淋水段与潮湿段)3 类空间实体,结合空间实体具体的空间拓扑关系构建支持巷道地质素描图绘制的空间数据模型。

(2)根据巷道地测数据的特点、巷道地质素描图的组成内容与结构特征,巷道地质素描图绘制系统主要由地测数据管理、坐标转换、巷道素描图模版自动生成、组成要素绘制、矿岩类型填充、刻槽样轨自动生成、自动注记、巷道综合地质素描图生成 8 个模块组成。

(3)由于巷道地质素描图属于二维平面图,可采用 GIS 的图层管理思想将组成素描图的空间要素概括为点、线、面 3 个数据集,每个数据集划分为若干图层,针对每个绘制图层,利用 MapGIS 绘图与空间分析工具实现巷道地质素描图的绘制。

参考文献:

[ 1 ] 康全玉,王玉琨,原东方. 矿图设计、绘制与管理信息系统开发 [ J ]. 焦作工学院学报: 自然科学版, 2002, 21(3): 168-171.

[ 2 ] 林浔钟. 计算机绘制矿图与计算机矿图 [ J ]. 山东矿业学院学报: 自然科学版, 1999, 18(1): 67-69.

[ 3 ] 黄 群. 浅谈矿山地形地质图的绘制 [ J ]. 江西铜业工程, 1999(1): 54-55.

[ 4 ] 李兴文,李思峰,郝金山. 浅析微机绘制矿图的工作方法和效益 [ J ]. 煤炭技术, 2002, 21(9): 77-78.

[ 5 ] Lamnan C. UML 和模式应用: 面向对象分析和设计导论 [ M ]. 姚淑珍,李 虎,译. 北京: 机械工业出版社, 2002.

[ 6 ] 贾建华,张良龙. 巷道三维显示自动建模新方法 [ J ]. 西安科技大学学报, 2010, 30(6): 716-719.

[ 7 ] 陈志杰. 高等代数与解析几何 [ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[ 8 ] 王舒鹏,方 莉. 混合积判断线段相交的方法分析 [ J ]. 电脑开发与应用, 2006, 19(10): 34-35.

[ 9 ] 焦建刚,汤中立,钱壮志,等. 中国镍铜铂族岩浆矿床矿产地空间数据库建设及其开发应用 [ J ]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 22-25.

[ 10 ] 马智民,高凤亮. 数字地质图核心元数据库管理系统研究 [ J ]. 西安工程学院学报, 2002, 24(3): 52-54.

[ 11 ] Tate S J, Jared G E M. Recognising Symmetry in Solid Models [ J ]. Computer-aided Design, 2003, 35(7): 673-692.