

勘探工程数字化地质编录系统的研究与实现

李永生¹, 孙焕英^{2, 3}, 白清¹, 董建乐¹, 黄辉⁴

(1.武警黄金指挥部, 北京, 100055; 2.武警黄金第二支队, 呼和浩特, 010010;

3.中国地质大学, 北京, 100083; 4.武警黄金地质研究所, 廊坊, 065000)

摘要: 勘探工程数字化地质编录系统以地理信息系统和关系型数据库技术为基础, 以野外原始地质编录实践和《固体矿产勘查原始地质编录规程》为指导, 通过软件编程技术合理实现了勘探工程数字化地质编录和原始数据的优化存储。系统提供了图形编辑、工程信息管理、数字化地质编录、模板和报表输出等主要功能。系统的主要特点: 系统界面风格统一, 便于学习使用; 功能模块简单灵活, 方便实际操作; 编录过程符合实际, 易于推广应用; 数据结构规范合理, 利于综合应用。

关键词: 勘探工程; 原始地质编录; 数字化地质编录; 关系型数据库; MAPGIS

中图分类号: P23

文献标识码: A

文章编号: 1674-3695-(2010) 02-31-06

1 引言

勘探工程原始地质编录是地质勘查过程中的一项基础性工作, 编录的规范性和严谨性, 数据的真实性和客观性^[1], 对地质成果的研究和报告的编制具有重要意义。传统的原始地质编录多采用手工方式进行, 采集的数据均以纸介质为载体^[2], 数据采集、处理、分析难度大。随着计算机软硬件、数据库技术、GIS技术的迅猛发展, 以及在地勘领域的深入应用, 利用现代技术手段代替传统的原始地质编录已成为可能。原始地质编录是整个地质勘查过程中采集的第一手资料, 也是地质勘查信息化建设的数据源头^[4]。然而, 对于原始地质编录的数据模型和实现方法的研究仍处于探索阶段。

中国地质调查局推出的《数字固体矿产勘查系统》对数字化地质编录进行了研究和实现。然而, 系统底层文件式的数据组织, 以及编录方法的模拟实现, 仍需进行较大的改进和完善。为此, 笔者结合野外原始地质编录的工作实践和前人的研究成果, 对勘探工程数字化地质编录系统进行了研究和实现。

2 系统架构

原始地质编录工作主要在野外现场进行, 因而系统的运行主要为单机 C/S 模式。结合野外实际业务工作, 系统总体结构在逻辑上可划分为 4 个层次 (见图 1): 数据层、支持层、表现层、应用层。

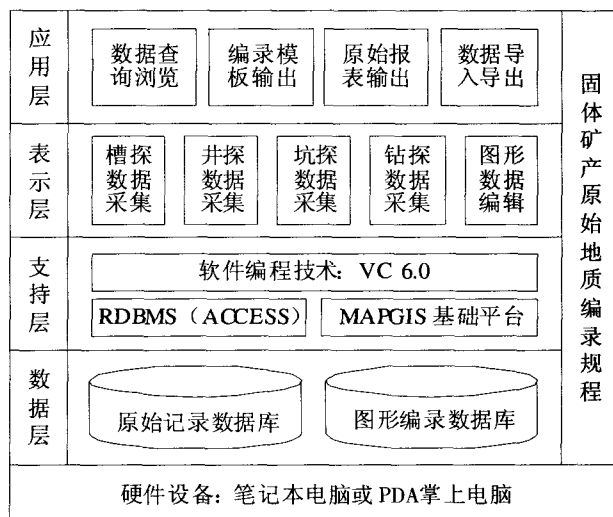


图 1 系统总体架构

收稿日期: 2009-10-20

作者简介: 李永生 (1976-), 男, 内蒙古四子王旗人, 工程师, 主要从事地质矿产勘查和地质勘查信息化建设研究。

2.1 数据层

数据层主要由关系型数据库和图形数据库两部分组成。其中:关系型数据库主要用于存储勘探工程地质编录过程中产生的各类表格和文字记录,图形数据库主要用于存储编录过程中形成的地质素描图。

2.2 支持层

支持层主要为业务功能的实现提供支撑,包括 ACCESS 关系型数据库管理系统和 MAPGIS 基础平台。以此为基础,通过软件编程技术^[7](笔者采用 VC 6.0)将数据采集和图形编辑过程进行整合,合理实现业务功能。

2.3 表示层

表现层主要实现了勘探工程的数字化地质编录,包括对槽探、井探、坑探、钻探各类表格和文字数据的采集,以及对地质素描图的交互式模拟实现。

2.4 应用层

应用层主要基于数据层和支持层,实现具有专业针对性的、面向系统最终用户的业务功能,包括数据查询浏览、编录模板输出、原始报表输出、数据导入导出等功能。

3 数据模型

合理的数据模型是专业软件研发和数据合理应用的基础^[8]。原始地质编录按其表现形式可分为图形数据、表格数据、文字数据,且各类数据之间有较强的联系,数据模型的合理与否对系统的研发和数据应用有重要影响。

3.1 图形数据组织

图形数据主要指原始地质编录中的地质素描图,对于图形数据的组织和存储(见图2),主要采用 MAPGIS 本地数据文件(*.wt、*.wl、*.wp等)来实现。为便于对图形数据的组织和管理,还需设计合理的图层。

3.2 表格和文字数据模型

表格和文字数据主要利用实体-关系模型来组织。建立数据模型的关键:一是从原始资料中提取实体,二是理清实体之间的关系。

勘探工程原始地质编录的实体-关系数据模型(见图3)主要包含:矿区、项目、勘探线、勘探工程(槽、

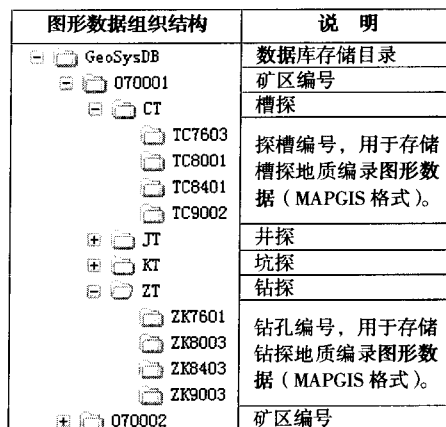


图2 图形数据组织结构

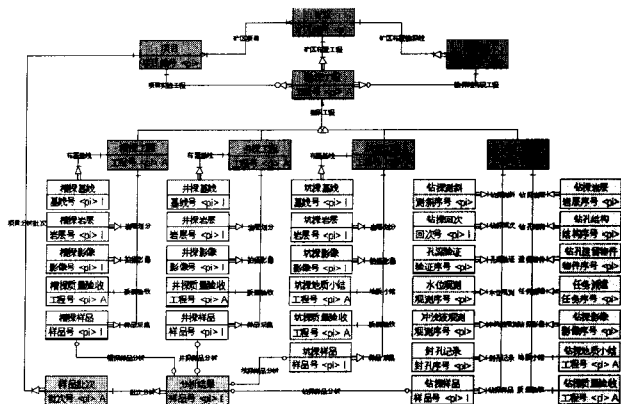


图3 勘探工程地质编录 E-R 数据模型

井、坑、钻)、样品批次、分析结果,以及用于原始地质编录的其它主要实体。该数据模型表示如下含义:

- 矿区实体位于该模型的最顶层,与项目组成多对多的关系,即一个矿区可以实施多个项目(如预查、普查、详查项目),一个项目也可以依托多个矿区进行立项(如预查项目)。此外,矿区实体与勘探线和勘探工程-实体均组成一对多的关系,即可以在一个矿区布置多条勘探线和多个勘探工程。

- 项目实体主要用于对地质勘查工作的组织和实施,与勘探工程和样品批次实体组成一对多的关系,即一个项目可以实施多个勘探工程,也可以将样品分为多个批次进行送样、加工和分析测试。

- 勘探工程实体是该模型研究的主体,按照勘探手段的不同,该实体可细分为槽探、井探、坑探、钻探工程。这四类工程与勘探工程之间是继承关系,即勘探工程是这四类工程的概括,四类工程继承勘探工程的全

部属性。在数据库详细设计阶段,可将勘探工程和槽、井、坑、钻各类工程进行合并,形成相应的数据表,分别用于存储相应工程的基本信息。

· 样品批次实体主要用于存储样品分析批次信息,该实体与分析结果实体组成一对多的关系。其中样品分析结果实体又与槽探样品、井探样品、坑探样品、钻探样品实体之间组成一对一的关系,即一个样品对应一组样品分析结果,之间通过样品号进行关联。

· 其它相关实体均与相应的勘探工程组成多对一的关系,分别用于存储相应的数据。

该模型中的各个实体及关系在关系型数据库的物理实现阶段将最终映射成相应的数据表,分别用于存储原始地质编录中对应的表格和文字数据。

4 系统功能

依据实际业务需求和数据模型,系统功能主要包括槽探地质编录、井探地质编录、坑探地质编录、钻探地质编录四个功能模块(见图4)。从图中可以看出,各功能模块纵向划分时,部分功能相似,在此对系统功能进行横向归类说明。

4.1 系统辅助功能

系统辅助功能主要包括矿区信息管理、项目信息管理、MAPGIS 图形编辑、数据导入导出等功能(如图4中的①所示)。其中:矿区和项目信息管理功能主要用于辅助完成对相应勘探工程数据的管理;图形编辑功能主要集成了 MAPGIS 基础平台^[6]的编辑功能,以方便用户对地质素描图进行编辑整饰;数据导入导出功能主要为系统内部和其他系统提供数据接口。

4.2 数据查询浏览

数据查询浏览功能主要包括对原始地质编录、工程基本信息,以及下级原始数据的查询和浏览功能(如图4中的②所示)。

4.3 模板报表输出

模板报表输出功能主要包括编录模板输出、原始报表输出、钻孔柱状图输出等功能(如图4中的③所示)。其中:编录模板输出功能主要将图形编录和文字说明输出成标准模板;原始报表输出功能主要将原始表格记录输出成标准报表;钻孔柱状图输出功能主要

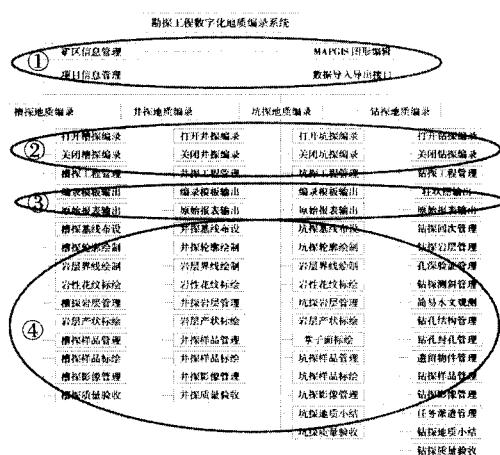


图4 系统功能结构

依据采集的钻探数据自动生成钻孔柱状图。

4.4 数字化地质编录

数字化地质编录是系统的核心功能,其实质是进行数据采集。笔者研究和应用的实现方法主要有交互式数据采集法、可视化图形编录法、集成化图形编录法、数据式图形编录法^[1],上述各类方法的核心是以数据为基础,集成 MAPGIS 二次开发平台下的图形处理函数,以交互式、可视化、集成化的方式模拟实现原始地质编录,最终实现数字化地质编录。

(1) 槽探地质编录

槽探地质编录主要采用一壁一底展开法,即通过测量槽壁和槽底上的各类地质编录要素(界线、产状、标本及样品的位置等)与基线的相对位置,将槽壁、槽底的展开图按比例缩小后描绘到坐标纸上^[2]。系统功能主要包括槽探基线布设、槽探轮廓绘制、岩层界线绘制、岩性花纹标绘、槽探岩层管理、岩层产状标绘、槽探样品管理、槽探样品标绘、槽探影像管理、槽探质量验收等功能。上述功能实现的核心是完成素描图编录的同时将原始表格和文字数据存入了底层的关系型数据库。

(2) 井探地质编录

井探地质编录主要采用四壁展开法,即选定第一壁(如北壁),北壁不动,从北壁与西壁交线处断开,将西、南、东三个壁同时作逆时针旋转,直至与第一壁构成一个平面,通过布置在第一壁上的基线将各类地质编录要素按比例描绘在坐标纸的相对位置上^[2]。系统功

能与槽探地质编录相似。

(3) 坑探地质编录

坑探地质编录主要采用压顶展开法,即将坑道的顶壁下压,两壁向外张开,使三个壁构成一个平面,通过布置在顶壁上的基线将各类地质编录要素按比例描绘在坐标纸的相对位置上^[2]。系统功能与槽探地质编录基本相似,其中的掌子面标绘功能主要在指定位置生成掌子面轮廓,之后进行辅助编辑。

(4) 钻探地质编录

钻探地质编录以采集表格和文字数据为主,主要提供了钻探回次管理、钻探岩层管理、孔深验证管理、钻探测斜管理、简易水文观测、钻孔结构管理、钻孔封孔管理、遗留物件管理、钻探样品管理、钻探影像管理、任务派遣管理、钻探地质小结、钻探质量验收等功能,分别用以完成相应的数据采集。

5 系统界面

系统界面与 MAPGIS 平台下的编辑子系统极为相似,不同之处在于该系统提供了地质编录工作台(如图 5 中的③所示)。

5.1 菜单栏和工具栏

菜单栏和工具栏(如图 5 中的①所示)主要集成了 MAPGIS 基础平台的编辑功能,用于对地质素描图的编辑装饰。

5.2 图层控制工作台

图层控制工作台(如图 5 中的②所示)主要用于控制和管理地质编录的图层要素,协助用户进行数字化地质编录。

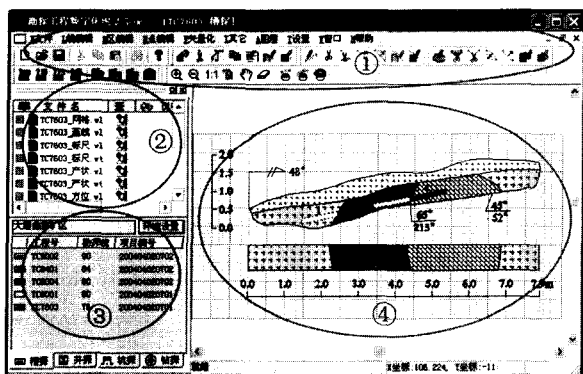


图 5 勘探工程数字化地质编录系统

5.3 地质编录工作台

地质编录工作台(如图 5 中的③所示)是系统的核心功能模块,主要实现了槽、井、坑、钻勘探工程的数字化地质编录。该功能模块主要具有以下特点:

- 系统界面风格统一,便于学习使用

系统的每个界面和功能均由地质人员精心设计并亲自实现的,具有较强的亲和力。整个系统界面风格统一、优美直观、易学易用,地质编录人员凭借自己的业务知识即可熟练掌握系统的应用。

- 功能模块简单灵活,方便实际操作

系统功能主要定位于数字化地质编录,将数据采集与处理和分析功能分开,降低了系统的复杂度,增强了系统的灵活性和实用性,方便地质编录人员的实际操作。主要表现在如下几个方面:

首先,工作台中的槽探、井探、坑探、钻探标签页便于对勘探工程数据进行管理;同时,提供的右键功能菜单(如图 6 所示),便于各项功能的使用。

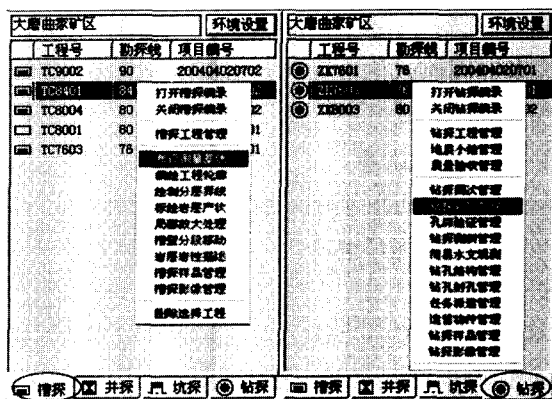


图 6 槽探和钻探功能菜单

其次,功能按钮组织灵活、形象直观,便于勘探工程数据的维护和下级数据的采集。例如,可以通过图 7 和图 8 工具栏中的“菜单”按钮进行切换,以方便使用相应的功能。

最后,系统灵活处理记录间的数据继承性和字段间的数据相关性,极大地提高了原始数据的采集效率。如图 9 所示的钻探岩层数据采集过程,仅需记录岩层结束回次和丈量距离两个字段数据,即可自动计算完成岩层表中相关字段的数据更新;且上下两个条记录的数据继承性也可通过程序自动实现。

- 编录过程符合实际,易于推广应用

钻探工程基本信息管理

项目名称: 山东省龙口市大磨曲家矿区岩金普查
矿区名称: 大磨曲家矿区 矿脉或异常号: 1

钻孔编号: ZK7603 设计方位: 0.00 度 地勘方法编号:
勘探线号: 76 设计倾角: 90.00 度
钻孔类型: 普查孔 设计孔深: 280.00 米
孔口坐标: X 49821.76 实际方位: 280.00 度
Y 50153.39 实际倾角: 90.00 度
Z 181.62 实际孔深: 862.48 米
工程位置: 距76号基点124.6° 方向748.03米。
施工目的: 查明302号脉深部成矿性, 成矿规律及规模。
机台编号: 703 机台机长: 常英俊
开孔日期: 2004-03-25 终孔日期: 2004-05-06
钻孔质量: 优秀 编录质量: 优秀
施工单位: 武警黄金第七支队二中队
编录单位: 武警黄金第七支队一中队
地质编录: 吕兵团 工程技术: 秦政宇
水文编录: 刘晓耀 质量检查: 耿书杰

图7 钻探数据采集对话框

槽探工程基本信息管理

项目名称: 山东省龙口市大磨曲家矿区岩金普查
矿区名称: 大磨曲家矿区 矿脉或异常号: 2

工程号: TC8401 测量方法: 皮尺 地勘方法编号:
勘探线号: 84 工程方位: 34.00 度
工程种类: 探槽 工程长度: 100.00 米
起点坐标: X 2123444.35 工程宽度: 1.20 米
Y 222426.32 工程高度: 2.50 米
Z 321.34 工作量: 300.00 m³
工程位置: 2号脉东段
施工目的: 控制2号脉东段地表
施工单位: 武警黄金第七支队二中队
开工日期: 2007-07-27 竣工日期: 2007-07-27
编录单位: 武警黄金第七支队一支队
编录人: 吕兵团 编录日期: 2007-07-27
分层者: 耿书杰 采样者: 李志强
摄影者: 王韩 录像者: 李涛
检查人: 耿书杰 检查日期: 2007-07-27 竣工

图10 槽探数据采集对话框



图8 钻探数据维护功能按钮

以地质编录规程和实际工作为指导,通过合理的实现方法模拟手工地质编录,将编录过程分解成几个有效步骤^[9],从而高效地实现数字化地质编录。上述编录过程不仅符合地质工作实际,而且功能简单实用,更易于系统的推广应用。如图10所示的功能按钮,分别用来模拟槽探地质编录的各个步骤,并将相关表格数据存入底层数据库。

钻探岩层信息管理

岩性描述 | 构造描述 | 钻孔编号: ZK7603

岩层序号	自	回次	米	岩层进尺	米
1	0.00	0.00	14	0.80	18.84
2	0.80	18.84	25	0.04	39.39
3	0.04	39.39	32	0.40	50.06
4	0.40	50.06	42	0.25	71.10
5	0.25	71.10	55	1.57	96.99
6	1.57	96.99	66	0.00	115.71
7	0.00	115.71	74	1.19	131.80
8	1.19	131.80	79	0.59	140.80
9	0.59	140.80	84	2.14	147.22
10	2.14	147.22	89	0.80	157.07
11	0.80	157.07	90	1.95	160.72

图9 钻探岩层数据采集对话框

系统以空间数据库和关系型数据库理论为基础,综合考虑勘探工程的原始地质编录,进行统一的数据建模和数据库设计,数据结构较为规范合理,这不仅有利于软件的开发和维护,更有利于对数据的综合利用。例如,成矿预测研究^[9]、成果图件的编制^[9,10]、资源量的估算^[11],以及成果报表的输出,均可调用原始地质编录数据来实现。

5.4 图形视图

图形视图(如图5中的④所示)主要用于浏览、编辑、输出勘探工程原始地质编录的图形数据。特别是在进行素描图的地质编录过程中,视图即为用户的编录纸,鼠标即为用户的画笔,利用图10中的功能按钮可以高效地进行数字化地质编录。

6 应用与思考

该系统已在黄金部队的地质勘查信息化建设中得到初步应用,结合传统的手工地质编录,和实际应用,提出如下几点应用与思考:

· 数字化地质编录是地质勘查信息化建设的基础

该系统着眼于勘探工程数字化地质编录,将野外数据采集与室内数据处理和数据分析进行分离,这不仅有效解决了地质勘查数字化采集难度大的实际难题,也为室内数据处理和数据分析提供了数据源头,进

而有效避免了对数据的二次采集,最终也为地质勘查信息化建设奠定了基础。

· 数据库设计规范合理是专业软件研发和数据合理应用的基础

对于数字化地质编录而言,若前期数据组织不合理,则后期对软件的维护和数据的利用将非常困难。数据库的设计不仅需要考虑到数字化地质编录的需求,还需重点考虑对数据的应用需求。该系统底层的数据库设计较为规范合理,这不仅有利于系统的开发和维护,更有利于对数据的综合利用。

· 正确的理论和方法的指导是保证系统灵活性和实用性的关键

该系统以地理信息系统和关系型数据库技术为基础,以野外原始地质编录实践和《固体矿产勘查原始地质编录规程》为指导,通过软件编程技术,将MAPGIS二次开发平台下的图形处理函数进行有效集成,研发合理的实现方法,从而保证了系统软件灵活性和实用性。■

参考文献:

[1] 李永生,孙焕英,白清.槽探数字化地质编录数据模型

与实现方法研究[J].黄金科学技术,2009,x(x):x-x.

[2] 黄与能,刘玉书,何虹,等.固体矿产勘查原始地质编录规程[M].北京:中国地质调查局,2006.

[3] 文斌,张文广,张学峰,等.国土资源数据分析及其整合与集成[J].国土资源信息化,2008,47(5):1-6.

[4] 白清,董建乐,李永生,等.黄金地质勘查信息系统设计[J].国土资源信息化,2007,37(1):10-14.

[5] 武汉中地.MAPGIS二次开发培训教程[M].武汉:武汉中地信息工程有限公司,2001.

[6] 周桅,曾见鹰,杨庆第,等.固体矿产钻孔数据采集系统CHINAZK用户手册[M].北京:国土资源部,2001.

[7] 王瑞,于述,张雨,等.Visual C++数据库系统开发完全手册[M].北京:人民邮电出版社,2006.

[8] 张玉杰,刘桂阁,陈勇敢,等.DPIS系统信息量法在金矿找矿预测中的应用[J].黄金科学技术,2008,16(5):29-32.

[9] 孟昕,樊文有,卞洲罡.MapGIS图件编绘系统在油气勘探数字化中的应用[J].GIS时代,2006,15(3):28-31.

[10] 孟昕,樊文有,卞洲罡.MapMole煤矿图件编绘系统研究与思考[J].GIS时代,2006,15(3):50-53.

[11] 吴鸿敏,杨佳,张宝一.固体矿产储量估算系统的研究与实现[J].GIS时代,2006,15(3):32-35.

Research and Realization of Digital Geological Logging System of Exploration Engineering

Li Yongsheng¹, Sun Huanying^{2,3}, Bai Qing¹, Dong Jianle¹, Huang hui⁴

(1.Gold Headquarters of CAPF, Beijing, 100055

2.No.2 Gold Geological Party of CAPF, Hohhot, Inner Mongolia, 010010

3.China University of Geosciences, Beijing, 100083

4.Gold Geological Institute of CAPF, Langfang, Hebei, 065000)

Abstract: The digital geological logging system of exploration engineering is based on the technologies of GIS and relational database, and guided by the field practices of primary geological logging and the Rules for Primary Geological Logging of Solid Mineral Exploration. By means of the software programming technology, it has reasonably realized the digital geological logging of exploration engineering and optimized storage of the primary data. The main functions of this system include figure editing, engineering information management, digital geological logging, template and report form output and so on. The main characteristics of this system include: unified interface style which is easy to study and use; simple and flexible function module which is convenient to operate; practical logging process which is easy to popularize; canonical and logical data structure which is ideal for comprehensive application.

Keywords: Exploration engineering; Primary geological logging; Digital geological logging; Relational database; MAPGIS