

重大工程数字制图的数据组织方法^{*}

周翠英¹, 何兴², 刘祚秋^{1,2}, 尚伟³, 李亚生², 张亮², 张乐民²

(1. 中山大学应用力学与工程系, 广东 广州 510275;

2. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275;

3. 广东省东深供水改造工程建设总指挥部, 广东 广州 523710)

摘要: 数据组织方法对于重大工程的数字制图具有重要意义。根据重大工程中数字制图对数据的要求, 重点从工程地质平面图、工程地质剖面图和钻孔柱状图三种图件的数据组织方面探讨了重大工程数字制图的数据组织方法。工程地质平面图主要针对电子地图和用作打印的图件两种功能的数据进行组织, 分为空间数据组织和属性数据组织两类。空间数据以图形文件的形式存储, 按图幅、比例尺分别存放, 其组织模型分空间对象(Object)、图层(Layer)与地图(Map)三个层次; 属性数据采用关系数据库来存放, 而对属性数据的访问采用开放数据库系统连接(ODBC)来进行。工程地质剖面图数据分为钻孔空间数据和钻孔地层数据。钻孔空间数据以图形文件的形式存储; 钻孔地层数据属于属性数据只能保存在关系数据库表格中, 通过设置一个钻孔号和钻孔地层数据表的字段将钻孔地层数据和钻孔空间数据关联起来。钻孔柱状图的数据全部是属性数据, 只能保存在关系数据库中, 分钻孔基本信息表和钻孔地层信息表两个表存放。将以上数据组织方法应用于中国广东省东深供水改造工程的地下环境信息系统开发中, 实现了智能化的数字制图功能, 所绘制的图件与勘察报告图件精度一致, 但无论从制图效率, 还是制图效果均优于一般图件, 效果良好。

关键词: 重大工程, 数字制图, 数据组织方法, 工程应用

中图分类号: TB23 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 02-0030-04

重大工程的设计和施工过程中, 需要生产大量的工程图纸, 数字制图成为当今重大工程设计、施工和业主管理的主要潮流和方向。因为数字制图具有传统手工制图无可比拟的优越性: ①数字制图易于贮存, 并具有不变形的特征, 从而提高了制图的使用精度; ②数字制图易于校正、编辑和更新, 可方便地根据图纸用户要求改编制图; ③减轻制图人员的劳动强度, 减少制图人员的主观随意性; ④提高制图的智能化水平和成图速度, 缩短成图周期; ⑤数字制图的容量大, 它只受计算机存储器的限制^[1]。

重大工程数字制图与一般地图的数字制图不同, 一般的数字制图要求生产地图及在地图基础上生成专题图, 而重大工程数字制图需要生产的是工程平面地质图、工程地质剖面图和钻孔柱状图等图件。数据组织是重大工程数字制图过程中的关键之所在。本文根据重大工程数据特点和制图需求, 着重阐述重大工程数字制图的数据组织方法, 旨在为

重大工程的数字制图提供合理有效的数据组织方法。

1 数据组织方法

工程地质平面图的绘制与一般数字制图的专题图类似, 其数据组织方法也是类似的。工程地质剖面图和钻孔柱状图都与钻孔密切相关, 且均由编程实现, 所以, 二者的数据组织方法也是类似的, 与工程地质平面图的数据组织方法比起来, 却不太一样。下面将从工程地质平面图的数据组织方法、工程地质剖面图的数据组织方法和钻孔柱状图的数据组织方法三方面来阐述。

1.1 工程地质平面图的数据组织方法

工程地质平面图主要有两种用途: 用作电子地图和用作打印的图件。所以其数据也正是针对这两项功能组织的。工程地质平面图数据分为空间数据和属性数据, 它们的组织方法是不一样的。

空间数据以图形文件的形式存储, 按图幅、比

* 收稿日期: 2004-06-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59809008); 广东省自然科学基金资助项目(980274); 广东省科技攻关资助项目(2004B10101002); 广东省计委资助项目: 东深供水改造工程建设总指挥部基金资助项目(DSGZ-KJ-042; DSGZ-KJ-043)

作者简介: 周翠英(1963年生), 女, 教授, 博士, 博士生导师, E-mail: eeszcyc@zsu.edu.cn

例尺分别存放。其组织模型分空间对象（Object）、图层（Layer）与地图（Map）三个层次^[2]。对象是最小可操作的单元，是指具有空间分布特征和一定几何形态的事物和现象，现共分 3 种类型，即：点、线、面。图层是一定空间范围内具有相同属性要素的同类对象的一个有机集合。而地图又是一定空间范围内图层的组合。工程地质平面图是在地理图件基础上的专题图，其图层根据工程的需要增加了一些，主要图层类型如下表 1。

表 1 工程地质平面图图层
Tab 1 Map layers of engineering geological planes

分类序号	地图要素	几何特征	说明
1	水系	线	河流
2	交通	线	道路
3	出露地层	面	平面图上出露地层分区
4	地形线	线	地形、地物
5	断层	线	断层
6	剖面线	线	地质剖面线
7	居民点	面	居民点
8	钻孔	点	勘探的钻孔
9	图例	面	图例
10	泵站	点	输水线路上的泵站
11	输水线路	线	
12	标注	点	包括序号 1—11 地图要素有关的标注

属性数据主要是上述各个图层对象的属性。因为，当代流行的关系数据库数据组织和管理发展的非常成熟，所以，我们采用将属性数据和空间数据分开存放，即系统的属性数据利用目前较为流行的关系数据库来存放。而对属性数据的访问采用开放数据库系统连接（ODBC）来进行。在属性数据库中，附加有唯一性的字段与空间数据一一对应。例如，对于断层这个图层，在 GIS 平台的属性数据库，可以为断层这个图层设置一个名称为“NO”表示断层编号的属性，在关系数据库中为断层创建一个表，表中设置一个与“NO”属性对应的字段，属性数据便可以通过这个字段与空间数据关联起来。

1.2 工程地质剖面图的数据组织方法

工程地质剖面图数据分为钻孔空间数据和钻孔地层数据。钻孔空间数据是指钻孔在空间的地理位置，以图形文件的形式存储。钻孔地层数据属于属性数据，本来是可以保存在 GIS 平台的属性数据库中的。但是，因为一个钻孔往往对应多个地层，GIS 平台的属性数据库中一个钻孔又只能对应一个记录，所以，钻孔地层数据是无法保存在 GIS 平台

的属性数据库中的，只能保存在关系数据库表格中，该表格设置一个名称为“Hole-No”表示钻孔号的字段，工程地质平面图的钻孔图层添加一个表示钻孔号、与钻孔地层数据表的“Hole No”对应的属性，从而将钻孔地层数据和钻孔空间数据关联起来。

关系数据库中的钻孔地层数据表中设置钻孔号与层底深度的组合为该表的关键字。绘制工程地质剖面图时，根据所选择钻孔从工程地质平面图上抽取空间数据 x 坐标、 y 坐标和属性数据钻孔号，然后根据该钻孔号，到数据库中抽取该钻孔号的地层数据。空间 x 坐标和 y 坐标用来确定钻孔之间的距离，钻孔地层数据用来形成钻孔的地层剖面。

1.3 钻孔柱状图的数据组织方法

钻孔柱状图的数据其实就是勘探钻孔的所有信息，主要包括孔号、钻孔类别、钻孔位置、钻探机组、孔口标高、地下水位、开孔直径、终孔直径、钻孔 x 坐标、钻孔 y 坐标、开孔日期、终孔日期、校核人、编录人、制图人、编录日期、主层号、亚层号、层底埋深、地质年代、岩土名称、岩土状态、风化分带或成因类型、岩土颜色、RQD、采芯率、岩性描述等钻孔信息。钻孔柱状图数据全部是属性数据，但因为存在一个钻孔对应多个地层无法保存在 GIS 平台的属性数据库中，所以只能将其保存在关系数据库中。为使数据冗余最少，保存这些数据时，分钻孔基本信息表和钻孔地层信息表两个表存放。钻孔基本信息表字段分别为孔号、钻孔类别、钻孔位置、钻探机组、孔口标高、地下水位、开孔直径、终孔直径、钻孔 x 坐标、钻孔 y 坐标、开孔日期、终孔日期、校核人、编录人、制图人、编录日期，关键字为孔号；钻孔地层信息表字段分别为孔号、主层号、亚层号、层底埋深、地质年代、岩土名称、岩土状态、风化分带或成因类型、岩土颜色、RQD、采芯率、岩性描述，关键字为孔号与层底埋深的组合。

为了减少录入数据时汉字的录入量，将钻孔地层的岩性描述抽象为岩土名称、岩土颜色、岩土状态、风化类型等基本描述，录入岩性描述时，只需录入除去岩土名称、岩土颜色、岩土状态、风化类型的基本描述部分。同时，对钻孔类型、岩土名称、岩土颜色、岩土状态、风化分带或成因类型、地质年代等进行了编码，录入这些数据时，只需选择，而不需要录入汉字了，大大减少了数据量。

绘制钻孔柱状图时，根据钻孔基本信息表形成钻孔柱状图的表头，根据钻孔地层信息表抽取数据形成钻孔柱状图的地层剖面。

2 工程应用

2.1 工程概况及数据来源

东深供水改造工程是向香港、深圳以及工程沿线东莞城镇提供饮用原水及农田灌溉用水的跨流域大型调水工程，全长 51.7 km，总投资 49 亿元，建设时间从 2001 年 8 月到 2003 年 6 月。该工程跨越不同的地质单元，条件复杂，为此，我们开发了东深供水改造工程地下隐蔽复杂环境的信息管理系统，其中的工程地质平面图、剖面图和钻孔柱状图构成该系统中数字制图的主要内容。

数字制图基于 Mapgis 平台，采用上述的数据组织方法进行。数据来源于东深供水改造工程建设总指挥部提供的工程地质勘查报告，勘查完成单位为广东省电力设计研究院。

2.2 制图及分析

如前所述，采用图形文件的形式存储空间数据，并按图幅、比例尺分别存放；采用关系数据库来存放属性数据绘制工程地质平面图；以图形文件的形式存储钻孔空间数据，采用关系数据库表格存放钻孔地层数据绘制工程地质剖面图，钻孔基本信息表和钻孔地层信息表采用关系数据库两个表存放绘制钻孔柱状图。以此为基础，开发了数字化制图技术，绘制了东深供水改造工程全线工程地质平面图、工程地质剖面图和钻孔柱状图，为业主管理、设计、施工等提供支持。这里，以莲湖泵站为例加以说明。根据来自于东深改造工程指挥部提供的该地段纸质工程地质平面图和钻孔柱状图，可知：莲湖供水泵站场地地层主要分为两部分，上部为第四系覆盖层，自上而下主要由人工填土层、粉质粘土、淤泥质粘土和砂层组成，分为全风化、强风化和弱风化，据此，绘制了工程地质平面图（图 1）、工程地质剖面图（图 2）和钻孔柱状图（图 3）。



图 1 工程地质平面图

Fig. 1 Map of engineering geological plan

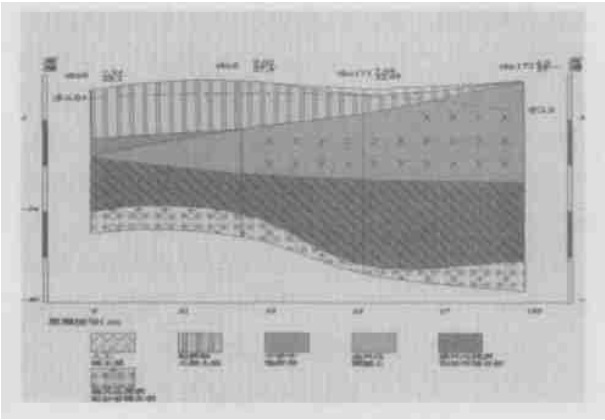


图 2 工程地质剖面图

Fig. 2 Map of engineering geological profile

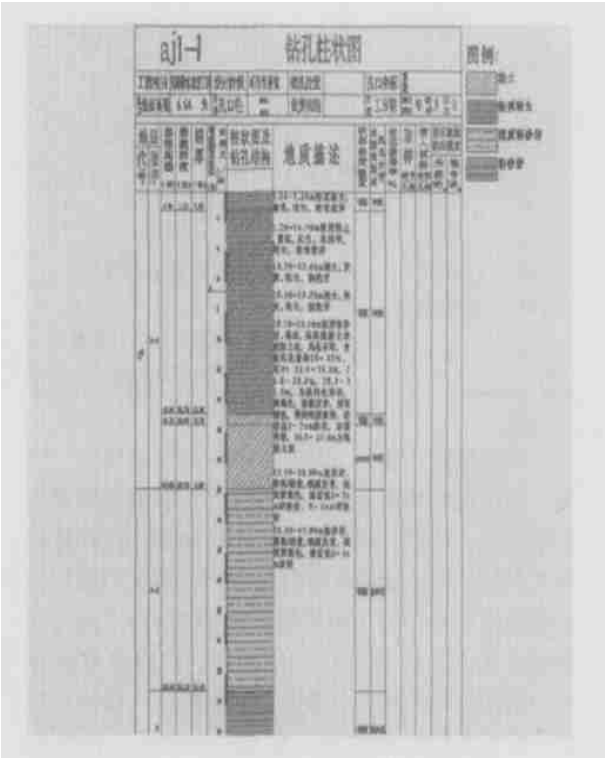


图 3 钻孔柱状图

Fig. 3 Dirll histogram

3 结 论

(1) 本文阐述了重大工程数字制图的数据组织方法。对于工程地质平面图，空间数据以文件形式存储、用图层管理，属性数据采用关系数据库管理，它们之间用索引字段链接；对于工程地质剖面图，空间数据以文件形式存储，属性数据用关系数据库存储；钻孔柱状图数据全是属性数据，采用关系数据库来管理。

(2) 对于钻孔柱状图中的钻孔数据采用了编码

和抽象的方法，使数据达到标准化和规范化，既减少了数据录入的工作量，又减少了数据所占的空间。

(3) 上述数据组织方法结合 GIS 平台的属性数据库和关系数据库，囊括了地层钻孔的基本信息，克服了一般数据库操作的缺陷，应用于重大工程的数字制图既准确又精美，准确反映了工程单位的需求，能够较好地为工程勘察、设计、施工和管理服务。

参考文献：

[1] 曾嵘, 徐建新, 吴玉华. 1:50 万土地利用现状图数字制图的设计思想与试验研究[J]. 中国土地科学, 1998 (12): 38—40.

[2] 胡金星, 潘懋, 王勇, 等. 空间数据库研究[J]. 计算机工程与应用, 2002(3): 11—13.

[3] 张慧芝, 马伟华. 数字制图的特点及其应用[J]. 干旱区研究, 2001, 18(2): 69—75

[4] 刘学军, 江胜文, 简卫平. 数字测图、数字制图及勘测设计一体化[J]. 江西水利科技, 1999, 25(3): 142—144.

[5] 郑贵洲, 谢邦华, 李德威. 基于 MAPGIS 的西藏羌塘地区地质构造图数字制图技术[J]. 中国地质大学学报, 2002, 27(3): 341—348.

[6] 王丹. 面向未来的数字制图[J]. 北京测绘, 1999(1): 12—16.

[7] 吴信才, 李四维. 数字制图及地理信息系统的开发和应用[J]. 地质科技管理, 1998(1): 8—15.

Data Organization Method for Digital Mapping in a Major Project

ZHOU Cui ying¹, HE Xing², LIU Zuo qiu^{1,2}, SHANG Wei³, LI Ya sheng², ZHANG Liang², ZHANG Yue ming²

(1. Department of Applied Mechanics and Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Department of Earth Science, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;
3. General Headquarters of Water Supply Reconstruction Projection
form Dongjiang to Shenzhen, Guangzhou 523710, China)

Abstract: Data organization method has an important significance on digital mapping in the construction of major projects. According to the needs of data for digital mapping in major projects, three kinds of data are discussed here based on the maps of engineering geological plane, engineering geological section and drill histogram to discuss the organization methods of digital mapping. Data of geological plane can be divided into two types that are spatial data and property ones. Spatial data are stored as graphic documents according to their sizes and scales, and their organization models are divided into three levels, which are spatial object, map layers and maps; Property data stored by relationship database, and their visiting are realized by the connection of opening database. Data of geological section can be divided into drill spatial data and drill strata data. Drill spatial data are stored as graphic documents; drill strata data belong to property data which can be only stored in relationship database tables; Through by setting up a byte for showing the dill number and its corresponding drill data, the relationship between drill strata data and drill spatial data is established. Data of drill histogram are all property ones; thus, they also only can be stored in the relationship database according to two ways; the one is basic drill information table and the other is drill strata information table. By applying above discussed data organization methods into the development of Underground Environmental Information System (UEIS) of Water Supply Reconstruction Project from Dongjiang to Shenzhen in Guangdong Province, China, the intellectual digital mapping function is realized. The results show that the mapping precision is coincided well with the maps from investigation reports, but no matter what the mapping efficiency or the mapping effect are advantage that of the maps drawing by the general way.

Key words: major project; data organization method; application to engineering