文章编号:1006-544X(2004)02-0172-05

基于GIS的大型桥梁工程勘察信息管理系统设计

周汇光,王宝军,施 斌

(南京大学 地球科学系,江苏 南京 210093)

摘 要:分析了传统工程勘察信息管理手段的不足,给出了基于GIS的大型桥梁工程勘察信息管理系统设计思路及设计方案;运用组件GIS技术、数据库技术和空间分析技术组建信息管理平台,阐述了系统的功能结构和数据流程;详细介绍了钻孔资料的可视化查询、钻孔柱状图绘制、地质剖面图的自动绘制和三维地质图生成等的实现思路与方法,为实现大型桥梁工程勘察信息的科学管理及应用奠定了基础.

关键词:GIS;工程勘察;大型桥梁;数据库

中图分类号:U442.2;P208 **文献标识码**:A①

目前我国各类基础设施建设工程中重硬件、轻软件,重施工、轻管理的现象要彻底改变,关键是要有技术保障,要采用先进可靠的信息化技术.结合桥梁工程勘察的特点,地理信息系统技术是最具代表性的改造传统信息管理与分析方法的先进技术.利用GIS技术对大型桥梁工程勘察资料、图件和施工进行信息化和可视化管理在国内已开始起步,其技术已经基本成熟,大量的国际GIS平台软件也已涌入国内市场,如ARC/INFO、MAPINFO、ARCVIEW等.近几年国内也相应产生了不少GIS软件平台,如MAPGIS、SUPERMAP等[1].由于GIS技术的实用性和广阔的市场应用前景[2],其与数据库技术的有机结合可大大提高信息管理水平和工作效率.

本文针对正在进行的润扬长江公路大桥工程,将组件式GIS技术以及数据库技术相结合,进行勘察信息管理.

1 传统管理方法的弊端

目前采用的工程勘察资料管理方法仍然是以纸制档案为主,借助档案管理软件及数据库系统进行资料管理.由于各部门及地区之间的信息技术水平的不同,对于勘察资料管理的手段也存在差异,根据信息技术利用水平,基本上可以分为以下3个层次.

(1)完全传统管理方法.将大量的工程勘察资料,包括勘察报告、试验数据、图纸、表格等以传统档案方式进行存档,这些资料按照档案管理要求,依据文档的性质、时间、承接单位等信息进行分类编号、归档,该方法的使用时间最为久远,目前仍然在使用中.

(2)文本档案结合数据库软件.该方法与传统管理方法的工作流程基本相同,在文件检索方面用数据库管理软件代替了传统的分类卡片.由于采用数据库管理软件,可以使用的关键词几乎不受限制,使得检索更加随意、快捷,大大提高了检索效率.

(3)扫描数字化管理.将纸制文本资料或图表经扫描后存放于计算机中,通过数据库管理系统由用户自行检索和查阅.其优点在于实现了文件的快速检索和信息共享,避免了档案的遗失和破损.

① **收稿日期**:2003-11-09

基金项目:国家杰出青年基金资助项目(40225006)

作者简介:周汇光(1977-),男,硕士研究生,水文学与水资源专业.

以上 3 种方法目前都有使用，但无论哪种方法都无法完全适应信息化管理与辅助决策的要求，存在的主要问题有：

（1）无法编辑、修改和重复利用. 无论是纸制资料还是扫描资料都无法进行编辑，即使某一部分资料需要使用，也无法将其提取出来重复利用.

（2）资料与勘察位置难以相关. 对于资料的位置描述只能是文字性的描述，比如 M22 号钻孔、北锚、南塔等，但用户无法直观了解资料的位置信息.

（3）难以进行综合分析与辅助决策. 由于纸制文档或扫描文档都是固定的文件模式，因此无法利用这些资料进行分析并自动衍生出具有新信息的资料，也就无法有效的辅助决策.

（4）资料表现形式单调. 以往的资料管理多是以图纸、表格、文字、数字等方式表达，对于使用者而言，不易获得直观、感性的认识.

2　基于 GIS 的勘察信息管理系统设计

2.1　大型桥梁工程勘察资料的特点

（1）具有明显的地理位置相关性. 大型桥梁工程勘察的特点是有针对性的勘察，对于特定结构的桥梁，以润扬大桥为例，从结构位置上分为南锚、北锚、南塔、北塔，而且所有的钻孔资料都具有地理位置的信息. 表征具有位置相关特征的信息是 GIS 的优势.

（2）以钻孔资料为主要内容. 工程勘察中的大部分信息都是直接与钻孔资料相关的，包括岩层、构造、水文、岩土体的物理力学性质等相关试验资料. 这些与钻孔相关的信息可以通过关系型数据库进行管理，而不是简单的形成表格或文字来描述. 这样既实现了资料与钻孔的地理位置相关又保证钻孔数据的开发利用.

（3）资料形式多样. 在勘察过程中资料的形式除文本、图表外，还有大量的视频、音频、照片等多媒体资料，而且这些资料需要分类保存. 由于这些资料的形式多样性，很难找到一个成熟的商用软件来实现资料的管理，必须设计适合桥梁勘察的信息管理系统.

2.2　系统设计

基于以上分析，设计大型桥梁工程勘察信息管理系统必须满足大信息量、多种信息表现形式、便于查询检索的可视化系统.

系统设计的关键是数据库的结构，根据本系统的特点，采用关系型数据库结合地理数据文件的方式. 没有将地理数据放在数据库中是因为在该系统中地图数据资料不多且易于管理，因此采用终端保留地图数据文件的方式.

关系型数据库中（图 1）的钻孔数据库与地图数据中的钻孔分布图通过某唯一关键词进行链接，如钻孔编号，以便实现对钻孔的空间位置与其相关属性信息进行相互查询. 表 1 给出了文档资料的表结构.

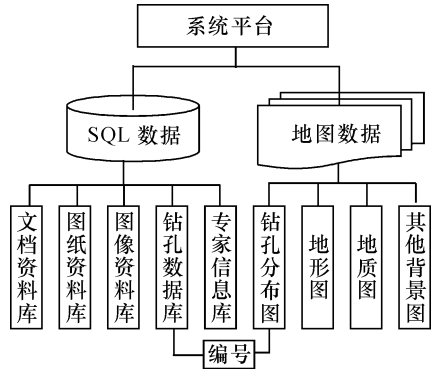


图 1　系统的数据存储结构

Fig. 1　Systematic data store organization

为方便施工中项目委托与招投标的需要，尤其是对于某些专题研究任务，必须掌握大量的专家和单位的信息，因此设计了一个专家信息库，包括编号、单位、专家姓名、资质等级、信誉等级、专长等，这样就保证了在知道研究任务的前提下，迅速获得专家和单位信息，具体内容见表 2.

钻孔数据库则根据钻探所获岩、土样的物理与力学试验结果、土工试验、基本信息描述、岩层分层信息等分别建立数据表，以钻孔编号为关键词实现表与表直接连接，以便于数据的互相查询，而且钻孔数据库与 GIS 钻孔分布图中的每一个钻孔通过编号进行链接，实现双向查询. 表 3 和表 4 为钻孔信息表和钻孔分层信息表的结构，两表可以通过钻孔编号（HoleID）链接.

3　系统的功能结构与数据流程

图 2 给出了系统的部分功能及数据流程，图中实线框标示的功能都利用了 GIS 技术，而虚线部分则以传统的方法进行功能操作，本文不作介绍.

表 1 文档资料库数据表实例

Table 1 Sample of document datasheet

编号	完成时间	单位	阶段	部位	文档描述	关键词
N0212	2002 – 03 – 21	* * 设计院	初勘	南锚	稳定性评价	断层、地质条件、构造
N0213	2002 – 08 – 21	* * 大学	工可	北锚	土工试验	含水量、粒度组成
N0214	2003 – 01 – 21	* * 研究所	详勘	南塔	钻探	岩芯、岩石质量、岩性
…	…	…	…	…	…	…

表 2 专家信息库表实例

Table 2 Sample of experts' information datasheet

编号	单位	专家姓名	资历等级	信誉等级	专长	电话	其它
01	* * 大学 * * 系	张 * *	教授	优	区域稳定性评价	025 – 3596220	
02	* * 设计院	王 * *	高工	良	水下钻探	13016932812	
03	* * 研究院	徐 * *	研究员	良	基坑支护	010 – 63874343	已退休
…	…	…	…	…	…	…	…

表 3 钻孔信息表实例

Table 3 Sample of bore´s information datasheet

钻孔编号	孔口高程	深度	*X* 坐标	*Y* 坐标	工程名称	地下水位	钻机类型	开工日期	完工日期
N16	2.5	60.5	3 567 465	439 442.7	润扬公路	1.2	GXY – 1	1998 – 11 – 18	1998 – 11 – 20
G20	3	72	3 567 790	441 275.8	润扬大桥	0.7	GXY – 1	1998 – 11 – 09	1998 – 11 – 13
M22	4.8	58.3	3 569 041	440 457.7	润扬大桥	1.5	GXY – 2	1999 – 08 – 09	1999 – 08 – 09
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

表 4 钻孔分层信息表实例

Table 4 Sample of layer bore´s information datasheet

钻孔编号	分层高程	分层代码	岩性描述	岩性	容许承载力	桩端极限阻力	桩周极限阻力	标灌击数
G20	1.5	1	填杂土…	粘土	100	40	30	3
G20	3.8	2 – 1	灰色,可塑…	亚粘土	125	50	35	16
G20	19.6	3	灰色,中密…	粉砂	140	65	40	24
…	…	…	…	…	…	…	…	…

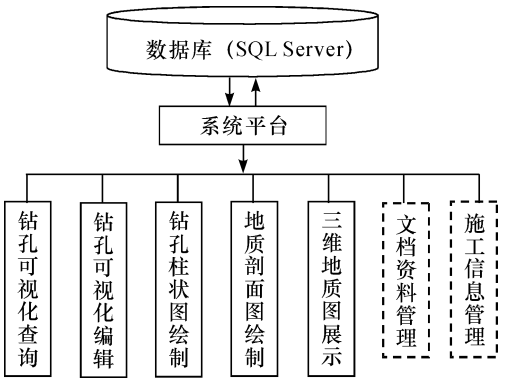


图 2 系统部分功能与工作流程

Fig. 2 Functions of system and work flow

3.1 钻孔资料的可视化查询

钻孔数据是勘察资料中最为重要和基础的数据,是其它图形和分析曲线,甚至地质图的基础数据源.钻孔资料可视化查询的主要特色是采用 GIS 技术,使得使用者可以通过在钻孔分布图上点击钻孔而获得钻孔相关属性信息,同时也可以通过属性查询(如钻孔编号)在地图上定位钻孔位置.

3.2 钻孔柱状图绘制

以钻孔分布图为基础,用户通过在屏幕上选中钻孔来获取钻孔的编号信息,然后以该编号为检索关键字,在数据库中取得钻孔的分层、埋深、岩性等,最后通过调用绘图模块绘制柱状图(图 3).

3.3 地质剖面图的自动绘制

地质剖面图的绘制一般是根据钻孔资料进行分析,然后进行计算机制图(目前一般采用 CAD 制图).因此在资料管理中需要保存大量的 CAD 图纸,一旦图纸损坏或丢失,都会带来较大的损失.当然,目前也有不少开发成熟的专门进行地

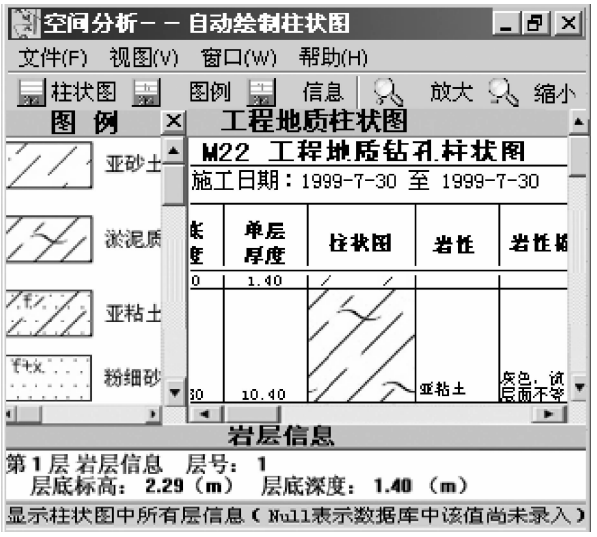


图 3　钻孔柱状图的绘制

Fig. 3　Drawing of bore histogram

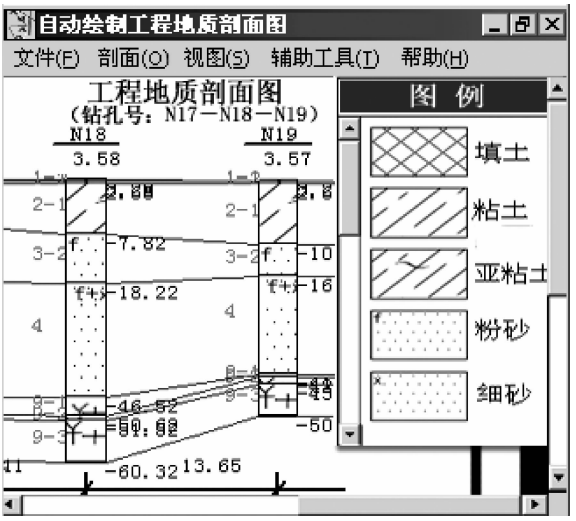


图 5　工程地质剖面图的自动绘制效果

Fig. 5　Drawing of profile

质图绘制的软件，但还不能很好的实现与管理软件完全融合为一体. 笔者在完成润扬大桥工程勘察与辅助决策项目过程中，开发了与 GIS 技术密切结合的地质图绘制方法，制图方法有以下 2 种.

3.3.1　*钻孔资料简单投影法*　在 GIS 环境下，参照钻孔分布图绘制地质剖面图的剖面线（可以是直线，也可以是折线），然后选择绘制剖面图需要的钻孔（也可以给出距离，由计算机自己选择钻孔），系统将自动把钻孔位置投影到剖面线上，并同时从数据库中调用钻孔的分层信息以及岩性信息，最终绘制出剖面图，图 4 为该方法的流程，图 5 为利用该方法绘制的剖面图实例.

3.3.2　*钻孔分层插值法*　钻孔分层插值法与简单投影法的工作方法完全不同，该方法是首先将研究区域内的钻孔资料进行分层，对于处于相同岩性层的钻孔数据为一个分析单元，根据钻孔的平面位置和岩层的埋深数据进行空间插值. 这样就可以形成每一个分层连续表达的岩层顶面埋深数据层，这些数据在 GIS 环境下用合理尺寸的网格数据表达(栅格结构). 在拥有这些栅格数据后，就可以通过在图层上绘制任意剖面线，通过 GIS 的图层叠加功能绘制地质剖面图，该地质图是插值后的具有连续分界线的地质剖面图(图 6). 图 7 是利用上述方法生成的 $A-A'$ 剖面的地质剖面图.

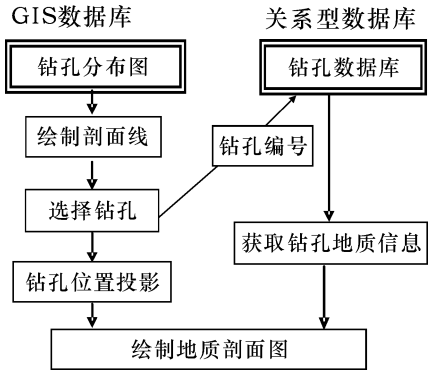


图 4　剖面图绘制流程

Fig. 4　Flow chart of drawing profile

3.4　三维地质图绘制

三维地质信息是进行工程地质勘察中的重要信息，也是进行施工决策的重要依据，因此需要

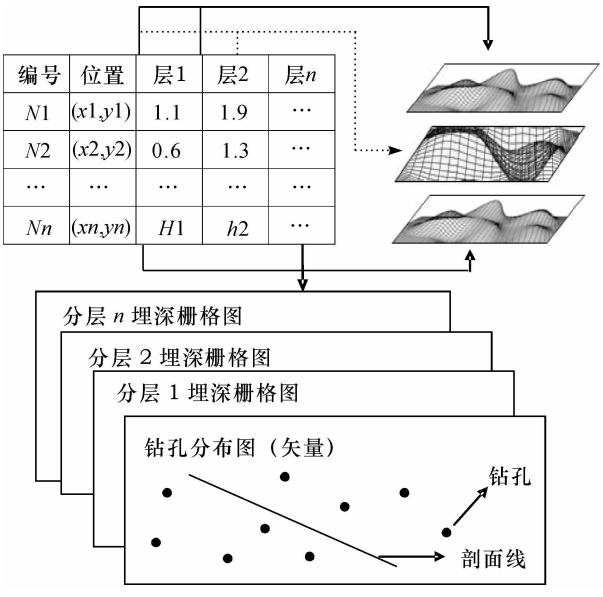


图 6　钻孔分层插值法绘制剖面图的流程

Fig. 6　Work flow of drawing profile by interpolation

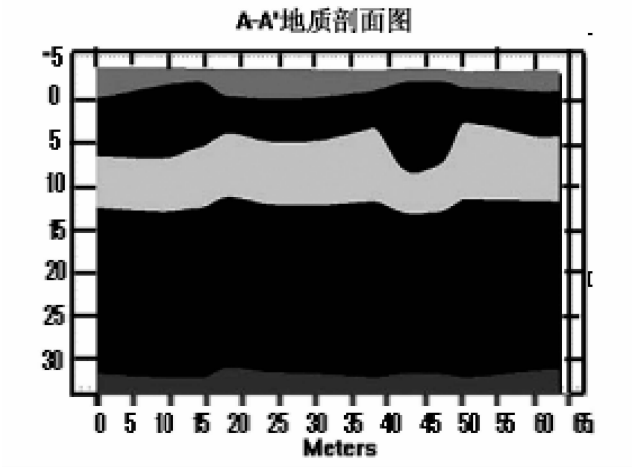


图 7 $A-A'$剖面的地质剖面
Fig. 7 Profile of the direction $A-A'$

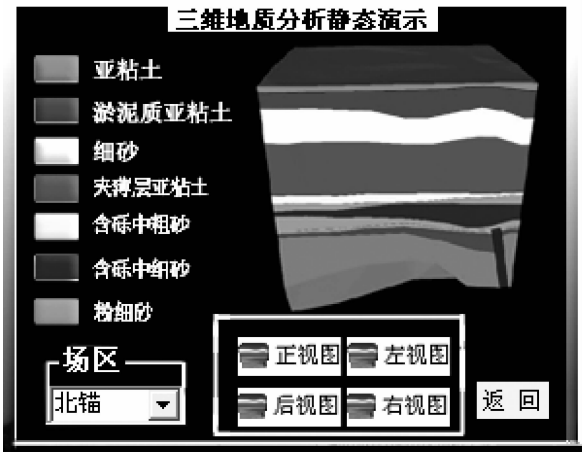


图 8 三维地质图显示界面
Fig. 8 Show interface of 3D profile

对桥位各个部位的三维地质信息进行科学管理和展示，关于三维地质图绘制的详细方法可参阅文献［3］. 图 8 给出了三维地质图的显示界面.

4 结 论

（1）采用 GIS 技术改变了传统数据管理中仅仅以数字或文字进行数据查询和显示的状况，采用图形化界面与用户进行交流，使得操作更加直观.

（2）系统虽然改变了显示和查询方法，但它仍然可以很好的与原有数据库相结合并协同工作，可以有效利用原有数据，无需重新采集数据.

（3）实现勘察资料的有效和统一利用，将资料管理和数据的再挖掘与利用统一在一个平台下完成，如柱状图、剖面图的绘制等.

（4）采用了如组件 GIS 技术、数据库技术等先进的编程技术，结合工程勘察的管理需要，有效扩充系统平台的功能，保证系统的开放性和可持续性[4].

参考文献

［1］ 黄杏元，马劲松，汤 勤. 地理信息系统概论（修订版）［M］. 北京：高等教育出版社，2001. 9－10.
［2］ 方海东，施 斌，王金军. GIS 在环境岩土工程中应用的回顾与展望［J］. 桂林工学院学报，2001，21(4)：371－375.
［3］ 方海东，刘义怀，施 斌，等. 三维地质建模及其工程应用［J］. 水文地质工程地质，2002，(3)：52－55.
［4］ 诸云强，宫力辉，赵文吉，等. 基于组件技术的地理信息系统二次开发——以地下水资源空间分析系统为例［J］. 地理与地理信息科学，2003，(1)：16－19.

GIS based design of information management system investigation for large bridge engineering

ZHOU Hui-guang, WANG Bao-jun, SHI Bin
(*Department of Earth Science*, *Nanjing University*, *Nanjing* 210093, *China*)

Abstract: From the analysis of traditional management disadvantages in engineering information investigation, a new method of ComGIS combined with other methods (as dataase technology and spatial analysis) is put forward to create a platform for managing information and making decision in order to improve the efficiency. The functions, the framework and data flow of MIS are fully discussed in this paper with an introduction of ideas and ways of visually inquiring the bore material, drawing the bore histogram and drawing the geological section graph and geological graph of 3D in detail which establishes the foundation for the scientific management and application to the information investigation for large bridges.

Key words: GIS; engineering geological investigation; large bridge; database