

基于 GIS 的通用岩土工程勘察 数据库系统的设计

杨映红¹ 李向新¹ 任磊²

(昆明理工大学国土资源工程学院¹, 昆明 650093; 大唐观音岩水电开发有限公司², 攀枝花 617012)

摘要 通过对岩土工程勘察数据管理的需求分析,提出采用 GIS 技术和大型商用数据库管理技术开发通用的岩土工程勘察数据库系统。指出系统开发的关键是设计基于 Geodatabase 空间数据模型的空间数据库,实现空间数据和属性数据的一体化存储。通过对岩土工程勘察领域数据的分析,构建了系统的空间数据库模型,为数据库系统的建立提供保障,并指出了系统的功能模块与实现方案。另外,为了实现系统的通用性,设计了岩土工程勘察数据的要素分类编码方案。

关键词 岩土工程勘察 数据库系统 空间数据库 GIS

中图法分类号 TP311.13; **文献标志码** A

在我国的各项工程建设的发展过程中,积累了大量的岩土工程勘察资料,目前这些资料主要靠人工全程管理,辅以 CAD 制图软件、Office 表格处理及其他岩土工程专业计算软件等进行勘察图表和勘察报告的制作,普遍存在数据重复录入、信息零散、应用管理层次低等问题^[1],传统工程勘察行业的数据管理面临改革的发展要求。因此,建立岩土工程勘察数据库系统对实现勘察成果资料的信息化管理具有现实意义。另外,岩土工程勘察数据库系统对于实现地学信息资源共享,支持项目建设的科学决策,完善单项岩土工程勘察,以及为地质学的研究提供基础数据等都有重大意义^[2]。

岩土工程勘察大多都是在有人类出现以来的第四系地层上进行,工程建设领域的不同、勘察阶段的划分、不同地点地质情况的差异等都导致了岩土工程勘察成果资料的千差万别。为对这些勘察成果资料进行统一,有效地信息化管理,需建立一个通用的岩土工程勘察数据库系统,利用数据库在数据存储、数据完整性等方面的先进技术手段,将

海量工程勘察数据有机地组织和管理起来。

地理信息系统(GIS)的应用与发展,为通用岩土工程勘察数据库系统的建设创造了有利条件。基于 GIS 的岩土工程勘察数据库系统的研究与应用,是近几年工程勘察行业的前沿和热点课题。西方发达国家如美国、日本及西欧诸国已有成功的经验。而国内岩土工程勘察数据库系统的研究均处于起步阶段,仅少数大城市、大工程的地质勘察单位开始采用 GIS 技术建立该系统,如北京、武汉等城市的岩土工程勘察信息系统已研制成功。其它一些大中城市如广州、杭州、哈尔滨、淄博等正着手该系统的研究。就目前国内已实现的一些大中城市、大工程的岩土工程勘察信息系统来看,这些系统都是事物处理系统,且因各地情况不一,或是针对某项工程的一些特殊要求,这些信息系统不管是从设计,还是实现的技术路线上看,都各不相同,这就造成了系统使用的受限。

设计开发基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统,不仅能满足广泛应用的实际需求,另外,数据库系统的最新的空间数据挖掘技术为利用 GIS 技术管理海量岩土工程勘察数据提供了新的思路。考虑对海量岩土工程勘察数据的数据挖掘需求,基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统要充分吸收数

2010年11月29日收到

第一作者简介:杨映红(1982—),女,硕士生,研究方向:3S技术及其应用。E-mail:65033949@qq.com。

据仓库的思想,使许多数据不一致的问题得到较好的解决,利用 GIS 技术在空间数据存储和管理方面的功能,使海量的岩土工程勘察数据变成无限的知识。

1 系统的数据分析

1.1 通用岩土工程勘察数据库系统数据分析

岩土工程勘察数据从内容上来说主要包括基础地理、基础地质、工程勘察专题数据三大类。基础地理数据主要包括勘察场区的地形、气象、建筑物、水系(地表水)、交通、行政区划与境界等,它是工程勘察区域的空间参考和重要背景信息。基础地质数据指的是反映工程所处区域的一些基本地质情况的数据,如基岩地层数据、区域的断裂、褶皱、节理及软弱面等的地质构造数据。而勘察专题数据是一个勘察工程的最主要的数据内容,它是在第四系地层上采用各种勘测手段所得的勘察成果资料,如介绍工程基本情况的数据、勘探(钻探、井探、槽探、洞探、地球物理勘探)数据、各种试验和测试数据等。

从形式上来说,岩土工程勘察数据分为空间数据和属性数据两大类,任何一个岩土工程勘察的数据内容都属于其中的一种。大多基础地理数据和基础地质数据都是空间数据,随着地理信息技术应用的发展,目前这些空间数据的数据格式主要包括矢量数据、栅格数据和 DEM(数字高程模型)等几种格式。而介绍工程基本情况的数据、各种测试和实验数据等都是属性数据,这些数据没有空间属性特征。表 1 为岩土工程勘察数据分析表。

表 1 岩土工程勘察数据分析表

数据分类	空间数据	属性数据
基础地理数据	地形、建筑物、交通、水系、地下管线、行政区划与境界等数据	气象数据
基础地质数据	基岩地层、断裂、褶皱、节理及软弱面等数据	地下水数据
勘察专题数据	各种勘探数据	工程概况、土层信息及各种测试与试验数据等

1.2 系统数据要素分类编码方案

岩土工程勘察领域的最重要的勘察专题数据是地层数据。钻孔柱状图和地质剖面图的绘制、三维地质建模等都需要准确提取勘察信息数据库中的地层信息,但是各个勘察场区构造环境差别很大,不同地貌单元地层结构不同,而且不同时期依据的规范也不同,人为因素使得不同勘察工程地层的层序划分无法统一^[3]。因此必须根据工程勘察实际信息,利用沉积学和成因地层学规律详细研究各地区地形地貌、成因年代、沉积规律和展布特征,建立一套符合实际,相对统一的地层分类编码^[4],为通用岩土工程勘察数据库系统的创建和广泛应用打下基础。

除地层数据外,其它的地质数据如断层、褶皱等都应建立统一的分类编码方案,以此来提高系统存储和管理岩土工程勘察数据的效率。本系统采用 CJJ 100—2004,J 298—2004《城市基础地理信息系统技术规范》规定的相关条文和编码方案对工程勘察的基础地质要素进行分类和编码。编码采用六位数字,第一位代表主题类,用数字 1—9 表示;第二位代表大类,用数字 1—9 表示;第三、四位代表中类,用数字 01—99 表示;第五、六位代表小类,用 01—99 表示。

对土层的分类编码,本系统在采用上述分类编码方案的基础上进行了一定的扩充,加入了对土层形成时代和成因类型的描述。土层的编码采用八位数字,第一位(2)代表地层主题,第二位(4)代表地层主题下的松散堆积物大类即土层,第三位用(1—4)表示土的形成时代,第四位用(1—8)表示土的成因类型,后面的三位按《城市基础地理信息系统技术规范》中的中类、小类和识别码的编码方案进行分类编码。图 1 为土层的分类编码方案及各土层分类编码流程图。

采用图 1 所示的分类编码方案对土层进行分类编码,则第四系人工堆积杂填土土层的编码为 24116042,第四系洪积层粉质黏土土层的编码为 2414402,第四系洪积层含圆砾粉质黏土土层的编码为 24144025。其它土层也可照此进行分类编码。

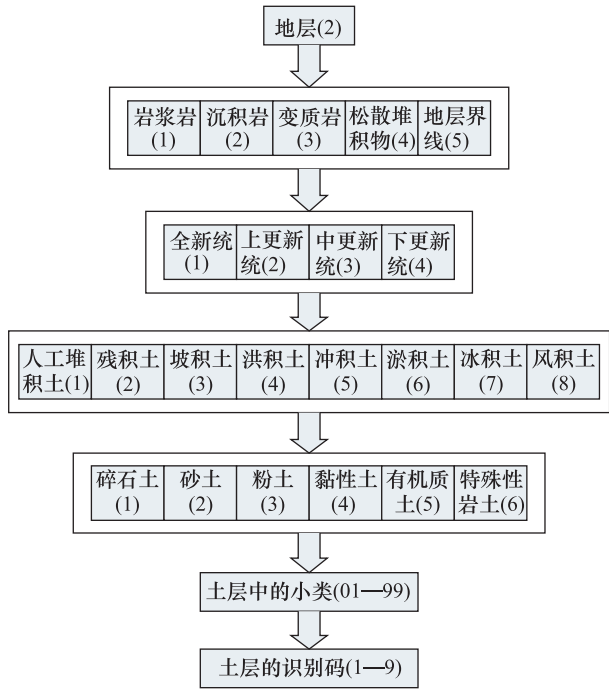


图1 土层的分类编码方案及其流程图

2 系统设计与实现

2.1 数据库系统的逻辑模型

通用岩土工程勘察数据库系统为对勘察成果数据进行有效管理,须采用空间数据模型。ESRI 公司推出的 Geodatabase 是新一代空间数据模型的典型代表,它是一种扩展存储模型,是作为标准关系数据库的扩展来设计的,与各种商用数据库兼容。该模型结合面向对象数据库、关系数据库系统两者的优点,实现了严格意义上的地理空间数据库(即空间数据与属性数据集成在同一关系数据库中)、连续空间要素的无缝存储、对象属性和行为智能化结合、以及对象属性的整体约束等^[5]。

本研究旨在探讨用 Geodatabase 空间数据模型建立基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统,实现岩土工程勘察数据的一体化存储和有效管理。根据勘察数据内容和 Geodatabase 空间数据模型原理,建立数据库系统的逻辑模型如图 2 所示。

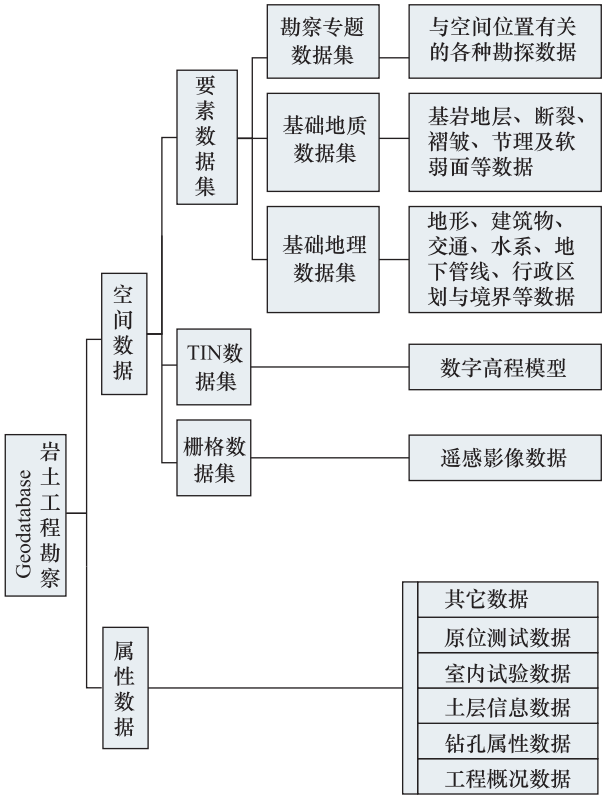


图2 岩土工程勘察 Geodatabase 模型

2.2 系统对岩土工程勘察数据的管理

基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统将使用 SQL Server 作为数据库管理系统,并使用空间数据库引擎 ArcSDE 实现对空间数据和属性数据的一体化存储。

对矢量空间数据,本系统根据不同的地理对象将岩土工程勘察矢量空间数据表示为若干个图层的集合。首先将数据根据地理实体的不同进行分类,然后利用 ArcCatalog 连接 ArcSDE 服务器,并进行要素类的导入,这样就把矢量空间数据存储到 SQL Server 数据库中。通用岩土工程勘察数据库图层及其属性描述见表 2。

另外,利用 ArcSDE 对岩土工程勘察的栅格数据资料进行管理,系统不仅具有良好的安全措施和备份恢复机制,还提供对连续的栅格数据的快速访问和并发控制,有利于多用户的访问与共享^[5]。在 ArcSDE 中,栅格数据存储为一系列的表和业务表,表中每一行都对应着一个完整的栅格数

据。本系统利用 ArcSDE 来存储和管理栅格数据,主要用栅格目录(Raster Catalog)这种方式,它把不同的栅格数据存入不同的行,并记录下各栅格数据间的相对格网索引位置。

表 2 岩土工程勘察数据库图层及其属性表

图层名称	属性描述
基本图层	研究区域等高线地形图
交通图层	包括铁路、公路等类别及其名称
水系图层	包括河流、湖泊等类别及其名称
地下管线图层	包括光缆、煤气、输水管道等的管线及名称
居民地图层	包括各级政府驻地及居民地名称
界限图层	包括各级行政区划界限和其他地区、自然保护区界限
断层图层	包括各类断层线及其主要特征
褶皱图层	包括区域各种褶皱及其主要特征
节理及软弱面图层	包括区域的主要节理及软弱面
钻孔控制点图层	包括各类钻孔控制点

通用岩土工程勘察数据库系统使用 SQL Server 数据库管理系统对属性数据进行组织和管理时,在表结构的设计中,要充分利用规范化关系理论来确定各个数据表间的联系。如在设计钻孔数据的表结构时,系统的各种钻孔数据信息表通过钻孔编号有效关联。表 3 和表 4 是有关钻孔信息的其中两个表结构形式,两个表通过钻孔编号这一字段关联。每一个钻孔都包含不同的土层,因此,表 3 和表 4 之间是一对多的关系。

表 3 钻孔几何属性表结构

字段名称	字段类型	说明
钻孔编号	nchar(10)	不允许为空
钻孔等级	int	允许为空
钻孔 x 方向坐标	float	允许为空
钻孔 y 方向坐标	float	允许为空
钻孔地面标高	float	允许为空
钻孔深度	float	允许为空
钻孔直径	float	允许为空
钻孔地下水位	float	允许为空
钻探单位	nvarchar(50)	允许为空
钻探日期	datetime	允许为空

表 4 钻孔物理信息表结构

字段名称	字段类型	说明
钻孔编号	nchar(10)	不允许为空
土层编号	nchar(10)	不允许为空
天然容重	Float	允许为空
天然含水量	Float	允许为空
比重	Float	允许为空
孔隙比	Float	允许为空
孔隙率	Float	允许为空
饱和度	Float	允许为空
密实度	Float	允许为空
干密度	Float	允许为空
液限	Float	允许为空
塑限	Float	允许为空
液性指数	Float	允许为空
塑性指数	Float	允许为空
有机质含量	Float	允许为空

2.3 系统实现方案

基于系统的总体设计方案,本系统主要包括图 3 所示几个功能模块。

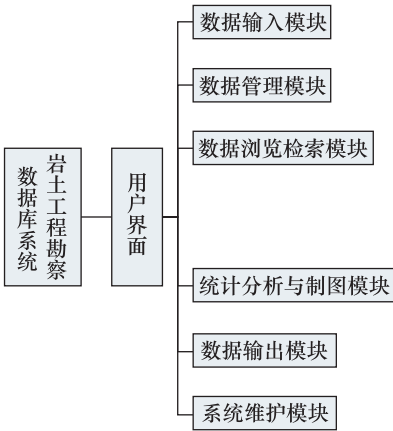


图 3 系统功能模块图

数据输入模块将合格的数据导入空间数据库;数据管理模块提供对数据库操作的基本功能,如数据记录的增加、删除、修改等;数据浏览检索模块使用户能够对勘察信息数据进行图形浏览,完成图形与属性之间的双向查询与检索;统计分析与制图模块根据用户的要求对数据进行统计分析,并进行有关专题图的制作;数据输出模块实现各种相关查询

信息、表格、文档和图件的快速输出;系统维护模块实现系统的用户管理、数据库备份与恢复功能。

通用岩土工程勘察数据库系统的实现首先是进行系统功能需求分析,然后基于 Geodatabase 空间数据模型和 ArcSDE,运用大型关系数据库管理系统 SQL Sever 建立通用岩土工程勘察数据库,最后是在 ArcGIS 平台下,利用其二次开发组件 ArcGIS Engine 实现数据库系统的各个功能。

3 结 语

建立基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统,采用 GIS 技术管理岩土工程勘察信息,实现这些信息资源共享,为国家基础设施规划、建设和管理提供岩土工程信息决策支持,为地质学研究领域等提供基础信息。

基于 GIS 的通用岩土工程勘察数据库系统的实现,将是目前无序的岩土工程勘察成果资料的管理提供一种有效的解决方案,它可以直接用于一些小

型工程的岩土工程勘察,也可以通过对系统的扩充来满足一些大型工程、特殊工程的岩土工程勘察。

参 考 文 献

- 1 包世泰,夏 斌,蒋 鹏,等. 基于 GIS 的地质勘察信息系统设计与实现. 地理与地理信息科学,2004;20(4): 31—35
- 2 张宏松,杜兴武,肖机卫,等. 基于 GIS 技术的城市勘察信息系统设计. 西部探矿工程,2005;(5): 219—221
- 3 申胜利,李 华,刘聚海. 基于 ArcSDE 的栅格数据存储与处理. 测绘通报,2007;(9): 47—53
- 4 虞 晖,许云涛. 城市地理信息系统基础数据库建库标准化探讨. 工程勘察,2001;(2): 47—50
- 5 窦世卿,赵占轻,张晓宇. 基于 Geodatabase 和 ArcSDE 的城市地质空间数据库设计. 科技导报,2009;27(1): 86—89.
- 6 谢昆青,马修军,杨冬青. 空间数据库. 北京:机械工业出版社,2004
- 7 张新长,马林兵,张青年. 地理信息系统数据库. 北京:科学出版社,2005
- 8 中华人民共和国建设部. GB 50021—2001. 岩土工程勘察规范.
- 9 中华人民共和国建设部. CJJ 100—2004. 城市基础地理信息系统技术规范.

Design of Universal Geotechnical Investigation Database System Based on GIS

YANG Ying-hong, LI Xiang-xin, REN Lei¹

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, P. R. China;

Datang Guanyinyan Hydropower Development Co. Ltd¹, Panzhihua 617012, P. R. China)

[Abstract] To meet the demand for the management of the geotechnical investigation data, a plan is put forward to develop the database system by using GIS and commercial database management technology. That is pointed the most important part for this system is to design a geodatabase, which can implement the integrated storage of the spatial data and attribute data. By making a detailed analysis for the data of geotechnical investigation domain, a spatial data model for the system is proposed to ensure the creation of the universal database system, then it has indicated the system's functional module and implement method. In addition, for the reason to realize the universality of the system, it has designed the data's classification and coding scheme.

[Key words] geotechnical investigation database system geodatabase GIS