

岩土工程

三维可视化钻孔管理系统 ——以昆明盆地第四系钻孔为例

许哲平¹, 陈建强¹, 肖景义^{1,2}, 刘 军¹, 迟文学¹

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083; 2 青海师范大学地理系, 西宁 810008)

[摘 要] 文中通过对钻孔分层数据、DEM、VRML 和 X3D 等多源数据有效集成, 综合利用 Delphi A jax3D 和 Google Map 技术, 提出一种集编辑、管理和发布功能于一体的三维可视化钻孔管理系统的思路。系统在实际应用工作中表现了良好的效果, 可以扩充后推广到其他相关部门。

[关键词] 可视化 钻孔 昆明盆地

[中图分类号] P628; TP391; TP392 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2008)02-0101-04

钻孔资料是工程地质、水文地质、钻井测井和地震勘探等各项地质工作开展的基础, 有效地对钻孔资料进行管理是非常重要的一个环节。完整地钻孔资料应该包括钻孔编号、岩芯分层数据、开孔处地理坐标位置及高程数据、地下水位、岩芯及场地周边照片、沉积环境、测年数据等。随着近年来计算机技术的飞速发展, 传统采用人工方法进行钻孔资料管理和制图的工作已经不能适应现在工作的需求。一些专业的钻孔管理和制图系统应运而生^[1-5]。但是, 这些工具具有偏向数据库管理, 不能对钻孔资料有直观的认识; 有的则偏向于纯粹的制图, 不能对钻孔资料进行系统的管理和编辑。国外比较成熟的钻孔管理和制图工具有 WinLoG 和 Rockworks。但是, 价格和英文界面限制了这些软件的推广。为了提高钻孔管理的直观性和系统性, 本文从直观性和制图功能两个角度出发, 通过对钻孔分层数据、DEM、VRML 和 X3D 等多源数据有效集成, 综合利用 Delphi A jax3D、Google Map 和 Google Earth 技术, 提出一种集编辑、管理和发布功能于一体的三维可视化钻孔管理系统的思路, 并通过昆明盆地的实际工作论证了系统的可行性和高效性。

1 系统目标和功能

三维可视化钻孔管理系统的目标主要是利用三维的方式表现钻孔资料, 结合地表和基底 DEM 数

据, 发现和认识钻孔与地表环境之间的关系, 方便地提取钻孔资料进行自动化柱状图成图工作, 并通过 Google Map 和 Google Earth 技术, 灵活地发布和共享钻孔资料。与空间三维信息结合的钻孔资料管理将更加有效, 钻孔的对比分析也更加具有目的性。

三维可视化钻孔管理系统的功能可分为管理和制图两个部分, 具体功能包括: 1) 浏览与三维地表和基底数据结合的钻孔资料; 2) 添加和删除指定三维视图中的钻孔资料; 3) 模糊查询钻孔资料和编辑钻孔数据库资料; 4) 编辑数码照片的 EXIF 信息; 5) 提取指定钻孔资料, 进行自动化柱状图成图; 5) 发布钻孔资料到 Google Map 和 Google Earth 环境中, 提高钻孔资料的共享性, 减少工程的重复进行。

系统考虑到了野外资料(数码照片、野外描述)和室内整理资料(地震资料、前人资料)的有机结合, 以直观的方式对钻孔资料进行管理, 提高了效率和目的性。

2 系统开发

2.1 系统体系结构

整个系统体系结构如图 1 所示, 适合整理现有的前人资料, 同时也适合现场获取的实时资料。

系统由三个部分组成: 三维可视化场景、钻孔发布和共享以及自动制图部分。三维可视化场景负责钻孔、地表和基底数据的三维显示, 可以即时地认识

[收稿日期] 2007-12-25; [修订日期] 2008-01-04。

[基金项目] 云南省地震局“十五”重点项目(编号: YN150105T044)资助。

[第一作者简介] 许哲平(1980—), 男, 2005年毕业于中国地质大学, 获硕士学位, 现主要从事第四纪地质、地理信息系统和虚拟现实技术等方面的研究工作。

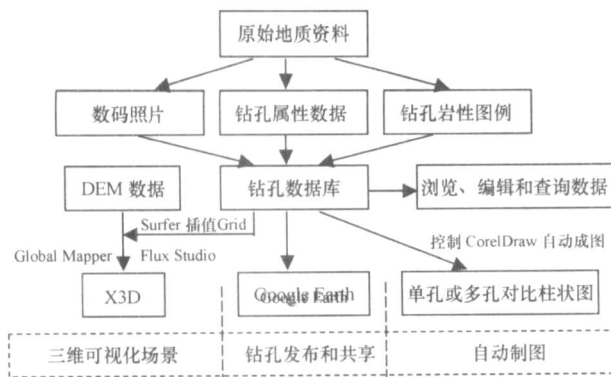


图1 三维可视化钻孔管理系统体系结构

钻孔与地表起伏和基底沉积厚度的关系。钻孔发布和共享负责将钻孔相关的分层数据、场地、岩芯、物探等数据以多源的形式发布到 Google Map 或 Google Earth,使钻孔资料与地理空间联系起来,更好地进行区域对比和分析。自动制图部分则通过自主编写的程序^[6]控制 CorelDraw 格式单孔或多孔对比柱状图的自动生成。系统三个子部分的分工,使管理、发布和制图工作在同一个系统里就能实现,极大地简化了操作,提高了效率。

2.2 开发工具和关键技术

本系统以 Delphi 7 为开发工具,主要用到的开发组件和应用软件有 ImageEn 2.1.7、Golden Software Surfer 8.0、Global Mapper 8 和 Flux Studio 2.1 和。由于涉及的功能较多,所以系统涉及的技术内容较多,包括 DEM 数据的拼接和截取、离散钻孔数据通过插值生成曲面、VRML 格式转化为 X3D 技术、Ajax3D 动态处理 X3D、编辑数码照片 EXIF 信息和柱状图自动成图等技术。下面简单介绍系统开发中涉及的关键技术。

DEM 拼接和截取。从网上下载的 90 米分辨率的昆明盆地 DEM 数据——N24E102 hgt zip 和 N25E102 hgt zip,然后利用 Global Mapper 进行拼接,并将目标范围提取出来,转存为 DEM 和 VRML 格式备用。

在本系统中,关键的就是首先根据层序地层学原理建立该地区的等时地层格架,然后再利用分层好的离散钻孔数据插值生成第四纪基底地形起伏面。Golden Software Surfer 8.0 是一款用来处理网格和等高线数据的专业处理软件,由于其优越的网格处理效果被广泛地应用于相关行业,如地质、油田、规划等部门。在 Surfer 中有 Inverse Distance to a Power, Kriging, Minimum Curvature 和 Modified Shepard's Method 等多种插值算法可供选择,用来将离散

点数据可以生成曲面。在本文中采用的是 Kriging 插值算法,使用的是钻孔点的深度数据,生成沉积等厚图,然后利用地表 DEM 数据与沉积等厚图进行网格操作,得到基底地形起伏图。

数码照片是地质工作不可缺少的材料,本系统可以通过操作 EXIF 信息使这些照片具有空间地理意义。EXIF 信息就是由数码相机在拍摄过程中采集一系列的信息,然后把信息放置在 JPG 文件的头部,主要包括摄影时的光圈、快门、ISO、日期时间等各种与当时摄影条件相关的讯息、相机品牌型号、色彩编码、拍摄时录制的声音以及全球定位系统 (GPS) 等信息。普通数码相机一般还不带 GPS 功能,这就需要对普通数码照片进行适当处理,将 GPS 信息写入到数码照片中。通常有两种方法:一是在支持特定接口的数码相机上外挂 GPS 设备;二是手动记录 GPS 信息,然后在室内进行编辑和整理,写入 GPS 信息。本文采用的就是后一种方法,工具是 HComponents 公司开发的 ImageEn for Delphi and C++ Builder 组件,直接在 Delphi 中对照片进行控制。利用该组件编程,操作方便,可以直接读取支持 GPS 信息。如果没有 GPS 信息,则通过将信息写入到其他空白属性,如 EXIF_UserComment 中。信息发布的时候直接利用 ImageEn 组件读取 GPS 信息。

虚拟现实是一种以计算机技术和图形显示为主的计算机技术,用来构造逼真的三维虚拟世界,并允许用户进行交互式操作,其主要特点是沉浸感、交互性和构想性。第一代虚拟现实标准是 VRML。1997 年后 X3D 就逐渐取代了 VRML 的位置。X3D 被称 XML 标准与 3D 标准的有机结合,具有可交互操作、可扩展、跨平台的特点。随着 Web 2.0 时代的到来, Ajax 技术的出现,又出现了 Ajax3D 技术。通过将 W3C DOM 和 ISO 场景访问接口 (Scene Access Interface, SAI) 相结合,可以通过任何编程语言 (如 Javascript) 实现对 X3D 文件进行更灵活的控制,本系统主要通过 Ajax3D 技术在三维虚拟空间中交互式显示钻孔资料信息。

本系统充分吸收相关技术的特点,实现了具有三维可视化场景、钻孔发布和共享以及自动制图功能的钻孔管理系统,使钻孔资料管理可视化,更具有针对性。

http://www.hicomponents.com/nimageen_features.asp

<http://www.ajax3d.org/whitepaper/>

<http://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=248&t=159737>

2 3 开发流程

首先利用 Delphi通过 ImageEn组件将手动记录的 GPS信息写入到数码照片 (场景环境和岩芯照片等)中,与钻孔属性信息一同输入到 Excel中作为钻孔数据库。然后根据不同的功能实现三个子系统。

(1) 三维可视化场景系统。首先从网上下载 90米分辨率 DEM 数据 ,然后在 Global Mapper中导出目标区域为 DEM 和 VRML 文件,得到地表地形数据。在 Surfer中,利用 Excel钻孔数据生成不同地质时代的沉积厚度图 (Qp^1 、 Qp^2 、 Qp^3 和 Qh),然后再利用 Global Mapper将这些目标文件转存为 VRML 文件。在 Flux Studio中导入 VRML 文件进行编辑,导出为 X3D 文件。最后利用 Ajax3D 技术实现对钻孔资料和地表和基底地形的三维显示,并可以实现交互式事件响应。

(2) 钻孔发布和共享系统。通过 Delphi直接读取 Excel钻孔数据,并利用 ImageEn组件自动读取具有 GPS信息的数码照片,和钻孔其他属性一起生成一个 KMZ文件,发布在 Google Earth上 (或直接生成 HTML文件发布在 Google Map上)。

(3) 自动制图系统。通过 Delphi控制 Corel Draw的 VBA 直接利用钻孔资料自动生成 Corel Draw 格式的单孔或多孔柱状图^[6]。

3 系统应用

3 1 昆明盆地第四纪钻孔背景资料

昆明盆地前期积累的研究成果为本次工作提供良好的基础资料^[7-10]。本次研究工作区域位于昆明盆地北部的城市主体区,包括盘龙、五华、观渡和西山四城区及呈贡县部分地区。昆明盆地位于金沙江、南盘江和红河流域的分水岭地带,是云南省最大的山间盆地,南北长 70km,东西宽 15~23km,面积约 1482km²。最高点为西山主峰,海拔 2506m,最低点为滇池湖面,海拔为 1886m,相对高差不超过 800m,地势比较平坦。昆明盆地除滇池以外地区的地表比较破碎,显示经历了比较活跃的构造活动。盆地总体地势北高南低,北窄南宽。

通过云南省地震局防灾研究所和本课题成员的共同努力,共收集昆明市区千余多份钻孔资料,包括水文地质和工程地质勘探获得的钻孔、地震地质区划研究获得的钻孔以及各类建筑物和构筑物工程建设获得的钻孔。这些钻孔一般包括以下信息:钻孔编号、钻孔地点、坐标、孔口高程、分层深度和岩性描述、各层厚度、沉积环境、测年、古生物化石和其他

相关参数。经过处理,共筛选整理出 237个钻孔:其中建筑物和构筑物工程建设钻孔 156个,钻孔普遍较浅,多数没有达到 Qp^3 底界。水文地质监测钻孔 24个,钻孔最大深度可达 358米。昆明市地震地质区划研究钻孔 57个,为进行市区的小区划研究提供了详细的信息。地震地质小区划钻孔分布均匀,是进行区域层序格架建立和地下三维建模理想的钻孔。图 2为钻孔资料的分布情况。

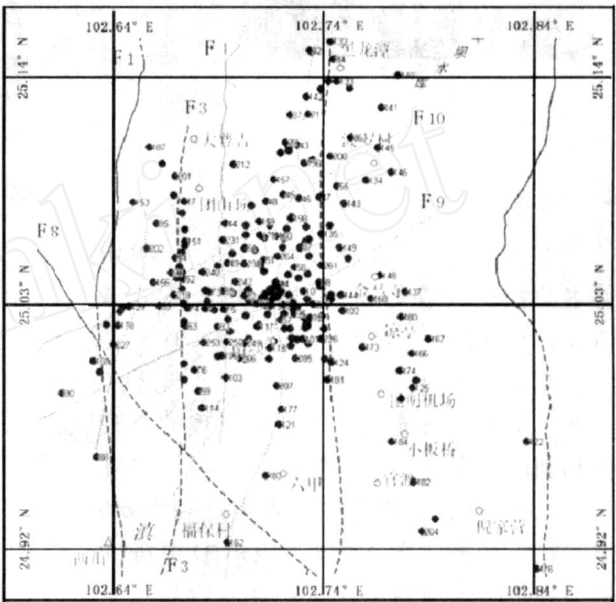


图 2 本次工作收集钻孔分布图

3 2 系统运行效果

本系统运行界面如图 3所示,左边部分为主界面,下半部分即为三维可视化效果。首先在钻孔数据库中检索某条符合条件的记录,把这条钻孔记录添加到三维视图中,并在视图中观察与地形起伏之间的关系,如果显示多个钻孔,还可以根据实际情况选取目标钻孔进行多孔对比分析。单击三维视图中的钻孔,会在 Ajax3D 脚本的驱动下弹出相应的描述和图片信息 (图 3的右下角)。在读取数码照片的 EXIF信息中的 GPS信息之后,结合钻孔其他属性信息,就可以在 Google Earth上进行共享,极大地方便了钻孔资料的交流,可以避免重复的资金投入。从 Google Earth共享文件中下载或从钻孔数据库中提取出来的单孔分层数据,再利用自动制图系统自动生成柱状图。

ftp://e0sp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/SRTM3/Eurasia
“昆明市活断层探测与地震危险性评价——跨断层钻孔探测与目标断层活动性评价”项目报告.中国地震局,云南省地震局,2006

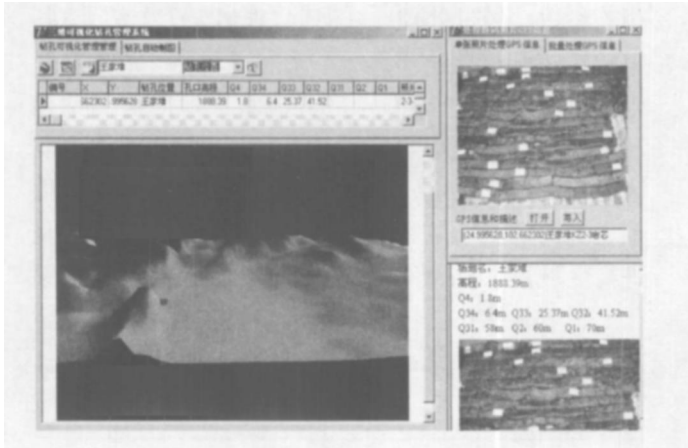


图 3 三维可视化系统运行界面

4 结论

本文通过对钻孔分层数据、DEM、VRML 和 X3D 等多源数据有效集成,综合利用 Delphi Ajax3D 和 Google Map 技术,提出一种集编辑、管理、发布和制图功能于一体的三维可视化钻孔管理系统的思路,并加以实现。系统提高了钻孔管理的直观性、交互性和利用效率,可以经过适当扩充后推广到相关部门。另一方面,系统还存在着不足和需要完善的地方。在管理和制图方面,可以向 DrillingInfo 公司那样将美国全国的钻孔资料逐步收集在一块,然后利用专门的软件进行钻孔管理和制图。更多的时

候,需要将钻孔资料更多地与地震资料、地质构造和沉积学资料结合在一起,这方面可以参考澳大利亚政府资助的 New Oil 计划。这个计划将 Bremer 盆地内所有的地震解释资料、地震数据图片和各类地质数据全部以 VRML 文件进行三维可视化显示。

[参考文献]

- [1] 黄树桃,王树红,韩绍阳,等. 钻孔资料管理和自动成图技术[J]. 铀矿地质, 2004, 20(1): 50 - 55.
- [2] 戴欣明. 基于 Map Info & CorelDraw 的地质图制作[J]. 测绘通报, 2002(5): 39 - 40.
- [3] 解华明,陈守余. 基于 MAPGIS 的钻孔柱状图绘制软件的编制[J]. 物探化探计算技术, 2004, 26(1): 85 - 90.
- [4] 李亦纲,曲国胜,陈建强,等. 城市钻孔数据底下三维地质建模软件的实现[J]. 地质通报, 2005, 24(5): 470 - 475.
- [5] 南卓铜,李述训,程国栋. 工程钻探信息系统的设计与实现[J]. 地质与勘探, 2002, 4: 78 - 82.
- [6] 许哲平,陈建强,迟文学,等. 基于 Delphi 7 和 CorelDraw 9 VBA 的钻孔柱状图自动成图系统[J]. 桂林学院学报. 2007, 1: 81 - 85.
- [7] 刘宝瑞. 昆明盆地晚新生代地质与沉积演化[M]. 重庆:重庆出版社, 1990.
- [8] 姜朝松. 昆明盆地形成模式及其演化[J]. 地震研究, 2003, 26(2): 172 - 175.
- [9] 姜朝松等. 昆明盆地的地质构造特征[J]. 地震研究, 2003, 26(1): 67 - 74.
- [10] 宋懿红. 滇中晚新生代陆相小型湖盆层序地层学研究[J]. 云南地质, 2002, 20(1): 60 - 71.

3D VISUAL BOREHOLE MANAGEMENT SYSTEM

—TAKEING QUATERNARY BOREHOLES IN THE KUNMING BASIN AS AN EXAMPLE

XU Zhe - ping¹, CHEN Jian - qiang¹, XIAO Jing - yi^{1,2}, LIU Jun¹, CHIWen - xue¹

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Department of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810008)

Abstract: Borehole data is the basis of geologic works. Effective management for these data is one of the most important steps. This article effectively integrates borehole data, DEM, VRML data with X3D data, uses some advanced computer techniques like Delphi, Ajax3D and Google Map, and finally provides a method to build a 3D visual borehole management system which has functions of editing, managing and publishing the data. The system has obtained a good application effect, and can be extended to many related fields.

Key words: visualization, borehole, Kunming basin

<http://www0.drillinginfo.com/frameHome.jsp>

<http://www.ga.gov.au/meta/ANZCW0703009028.html>