

# 地下基础设施的三维可视化管理系统研究

董乾坤<sup>1,2</sup>, 王国婕<sup>1,2</sup>

(1. 陕西省地矿局测绘队, 陕西西安 710054; 2. 西安科技大学测绘科学与技术学院, 陕西西安 710054)

**摘要** 地下管网由纵横交错的给水、排水、燃气、热力、工业管线等组成, 它们是一个地区基础设施的重要组成部分, 被称为城市的“生命线”。该系统采用 C# 面向对象编程技术、ArcSDE 空间数据库管理技术、Skyline 三维地理信息系统软件平台提供的三维可视化显示技术, 针对网络分析的几何网络模型等, 综合管线的管理提供一种二维、三维交互式操作体验, 将隐匿于地下的综合管线清晰、直观地呈现在用户眼前, 提高地下综合管线的管理与分析、营区规划的效率, 便于领导层的分析与决策。

**关键词** 管网三维模型; 三维仿真; Skyline; 二、三维交互

**中图分类号** S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)31-12509-02

## Research on 3d Visualization Management System of Underground Infrastructure

DONG Qian-kun et al (Surveying and Mapping Team of Shanxi Geology and Mineral Bureau, Xi'an, Shaanxi 710054)

**Abstract** Underground pipe network is composed by crisscrossed water supply, drainage, gas, heating, industrial pipeline, etc, which is an important component of regional infrastructure and is called "lifeline" of the city. Using C# object-oriented programming technology, ArcSDE spatial database management technology, Skyline three-dimensional geographic information system software, in view of the network analysis of the geometric network model, etc, pipeline management was integrated to provide a 2d and 3d interactive experience. This will be made pipelines hidden in the underground clear, visually presented in front of the user. It will improve the comprehensive underground pipeline management and analysis, the efficiency of the camp planning, and is convenient for leadership analysis and decision-making.

**Key words** 3d model of pipe networks; 3d simulation; Skyline; 2d and 3d interaction

地下综合管线是一项重要基础设施, 是地下空间规划、开发、利用的有机组成部分。地下管线按对象可以分为给水、排水、电力、电信、燃气、工业、综合管沟等。地下管线犹如人体的“神经”与“血管”, 日夜担负城市信息传递、能量输送、废物排放等工作, 是一个营区赖以生存的物质基础。因此, 需要建立满足实际情况、实际工作需求的地下综合管线管理系统, 对各种地下管线进行科学的、规范的管理, 以保障“生命线”持续、健康、长久的发展。

地下管线管理系统是在计算机软硬件、数据库和网络等条件的支持下, 利用 GIS 技术实现对地下管线及其附属设施的空间和属性信息进行输入、编辑、存储、查询、统计、分析、更新和输出的计算机管理系统。GIS 技术的出现, 特别是三维地理信息系统的广泛应用领域, 给地下综合管线的管理工作打开了一个新的局面。利用三维地理信息系统可以有效地管理空间信息和属性信息, 实现图形和属性的互查, 并且还具有很强的三维可视化空间查询和空间分析能力, 这是一般的管线管理系统所不具备的。

## 1 研究的主要内容

基于三维地图的基础设施管理系统旨在将营区的空间信息资源信息化、数字化, 其目的在于最大限度地利用空间信息资源。系统将使用高精度地表高程数据 (DEM) 和遥感影像数据, 构建符合实际的地形地貌的三维仿真环境, 在一个虚拟的三维环境中, 可以用动态的、交互的方式来浏览现实营区景观。平台通过国际先进的三维地理信息软件 Skyline 作为构架, 利用营区多数据源、多尺度、多分辨率的数字高程模型和数字正射影像数据库 (航空正射影像) 以及

1:2 000 数字线划图、营区建筑物高度数据、营区建筑物外景贴面数据等, 构建一个真实直观感的虚拟世界, 立体展现营区地形地貌, 并能更加直观、准确地表达和加载各种专业信息。在营区三维可视化基础上实现营区三维地下管线可视化管理。提供更加权威、更为准确、更加直观的地理信息平台和环境, 促进营区不同部门、不同层次之间的信息共享、交流, 辅助营区管理部门进行宏观决策和科学管理。

该系统包括两个子模块的设计: ①三维实景仿真子系统。其主要功能为三维实景浏览、三维实景显示、距离量算、面积量算、查询定位。②地下管线管理子系统。其主要功能为创建管线、管线数据的导入、管线统计、管线编辑、管线状态监控、管线分析。

## 2 系统设计流程

该系统的设计涉及数据处理、属性数据库设计、空间数据库设计、三维场景建设、三维模型建设、系统开发等一系列问题。为了使各项工作都能紧密围绕数据建库与应用的目的展开, 系统建设按以下顺序展开: ①从考虑软硬件配置及网络环境上进行相关的软件配备和硬件、网络配置; ②进行相应的数据采集和整理, 数据包括二维数据以及三维场景数据, 同时还有满足项目要求的三维模型的创建; ③基于三维地理空间数据库开展相关的应用系统建设, 主要是开发地下管线子系统、三维实景仿真子系统, 并且实现各个子系统的集成。该系统设计流程如图 1 所示。

## 3 关键技术

### 3.1 数据准备

**3.1.1 数据采集。**数据采集是管网 GIS 建设的关键步骤之一, 它不仅是系统建设中花费最大的部分, 也是利用 GIS 进行决策的基础。数据采集分为数据的外业测量和管线信息核查两个部分。数据测量包括控制测量、管网设施点连测和相关的地形测量。管线信息核查包括前期准备和外业实地

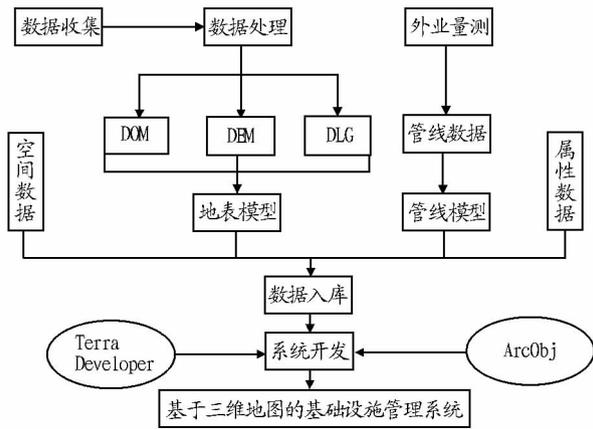


图1 系统设计流程

调查等作业内容。

地下管线的测量都是在城市等级导线点和等级水准点的基础上进行的,所以在进行管线测量前应收集测区已有的控制测量资料,并按规范要求进行检测。如测区内缺少已有控制,应建立测区首级平面高程控制。

**3.1.2 DEM、DOM 数据处理。**根据基础资料采集等高线和高程点,由等高线和高程点生成 DEM 网格。并对 DEM 质量进行检查,去除噪声点、异常值。对水面和接边处无值区进行补充处理。为减少因 DEM 网格间距过大造成的模型颗粒,应重采样为 0.5 m,然后进行 DEM 数据格式的转换、镶嵌。为保证 DEM 边界处不出现模型异常,DEM 范围应略大于测区范围。

对整个试验区范围内的 DOM 影像进行匀色处理后,镶嵌制作成连续影像数据。当面积过大确实需要裁切分块时,采用 5 km × 5 km 网格进行分块,分块重叠度不得小于 50 个像素,无值区采用(0,0,0) RGB 值填充。

### 3.2 接口设计

**3.2.1 二、三维空间数据与属性数据接口。**在数据建库过程中依据数据标准的文档规定建立地理空间数据库和属性数据库结构以及模型数据结构,在确定关键字段的同时规定关键字段的编码方案,保证关键字段的唯一性。在数据采集过程中对关键字段赋以相应的属性值,平台维护过程中的数据采集也必须依据编码方案对关键字段赋值,在应用系统中使用时只需建立二者之间的关联即可。

**3.2.2 软件接口设计。**该系统采用基于 Windows 平台的软件平台,软件平台之间有两种接口方式:①紧密结合,需要从底层开发相应接口程序;②数据引擎,仅通过相互调用数据库的数据引擎完成信息接入。

系统软件接口采用紧密结合方式,与其他系统平台的结合采用数据引擎方式。具体表现为对于二维数据,通过 ArcGIS Engine 访问 ArcGIS Server 发布的地图服务;对于三维数据,通过 TerraDeveloper 访问 TerraGate 发布的三维场景。

**3.2.3 空间数据库引擎。**为了提高空间数据管理的效率,同时与该项目建设所采用的地理信息系统软件平台相匹配,空间数据库引擎采用 ArcSDE, ArcSDE 通过高效的空间分析

查询,在网络上向客户端传送数据,以满足对空间数据的需求。ArcSDE 在关系数据库中,使用一种可靠的几何模型来表达地理特性,并辅之以关系数据库的数据类型表达各种属性信息,除了从关系数据库那里继承的各种优越性, ArcSDE 还实现了客户/服务器互操作处理的结构,可以满足大量用户对空间数据的访问请求。

## 4 系统实现

**4.1 三维管线的生成** 制作管线数据时必须要使三维管线数据与基础地理要素、地形模型区起伏符合。以二维数据的精度和高程信息为基础,通过三维符号化发布与三维地表模型、地形模型叠加形成的三维虚拟数据。主要工作是:DOM 与 DEM 模型叠加制作三维地形模型;二维管网数据与高程信息叠加制作三维管网模型。三维管线的生成包括两部分:①在 Skyline 中三维管线的生成;②在 Skyline 中三维管点的生成。

**4.1.1 管线生成。**由管线的属性数据,管线种类、起点 X 坐标、起点 Y 坐标、起点埋深、终点 X 坐标、终点 Y 坐标和终点埋深,在 Skyline 三维软件中根据接口 CreateCylinder 方法,创建三维管线数据。

**4.1.2 管点生成。**由管点的属性数据,井 X 坐标、井 Y 坐标、井底深和旋转角,管点在 Skyline 三维软件中根据接口 CreateModel 方法,创建三维管点数据。

**4.2 三维场景数据制作** 该系统建立三维地形的方法是通过利用 GIS 空间数据在虚拟现实软件中构建真实的三维地理场景,三维场景建设主要采用 TerraBuilder 和 TerraExplorerPro。TerraBuilder 是 Skyline 系列产品中的一个组件,用于为地形可视化应用系统创建精确地理配准、具有照片实景效果的三维地面模型。它通过叠加航片、卫星影像、地形数据、数字高程模型以及各种矢量地理数据,迅速方便地创建海量 3D 地形数据库,提供给 Skyline 的创建和编辑工具 TerraExplorer Pro 叠加各种地貌信息。通过它将影像、DEM、矢量数据、三维模型数据等进行匹配,生产三维工程文件,场景文件名称命名为 XA3D.fly。

**4.3 系统功能实现** 地下基础设施的三维可视化系统以 GIS 技术、GPS 技术、三维技术为支撑,结合最优数据管理方式,充分考虑系统的可用性、易用性,实现了地下基础设施的三维可视化管理、存储、查询、分析、定位等功能,形成一套完善的基础设施管理系统。同时能够及时、快捷、准确地查询管网在地下的分布情况,可以用来开展预见性检修、及时发现缺陷、快速抢修,从而快速排除故障,而且对于提高管理、决策水平起着关键性的决定作用。

基于三维地图的基础设施管理系统主界面分为 4 个部分,分别是三维导航及信息检索面板、工具栏、视图区以及鹰眼视图。主要实现了三维基本操作、信息查询、管线分析、三维漫游、各种子系统集成等功能。

## 5 结论与展望

经过不懈努力,基于三维地图的基础设施管理系统工作取得了重大进展,但尚存在一定差距。该系统现阶段的成果还

(下转第 12520 页)

励他们努力提高动手能力。

(3)课后增趣。将国内外最新发表的文章引入教学中,并布置一些相关思考题,让学生尽可能地搜集最新资讯,找到问题的答案。如“石爬鮡属鱼类的青石爬鮡和黄石爬鮡的分类”一直是学者们关注的焦点,这两者的物种界限一直不清楚。教师以“青石爬鮡和黄石爬鮡的分类”为题目,让学生广泛搜集资料,下次实验课集体讨论。

**2.2 将大学生科创与实验教学相结合** 把大学生科技创新课题的设计与本科实验课程的改革相结合。二年级本科生有机会申请科技创新项目,甚至有一年级学生也参与到专业课教师的科研活动中。鱼类学实验课程在大学二年级开设,鼓励学生根据所学鱼类学的理论知识和查阅的资料,在教师指导下完成科创项目。如申报“西北地区冷水性鱼类资源调查”等大学生科创项目,争取到经费支持后,学生代表在教师的带领下进行渔业资源调查,采集制作鱼类学实验的标本,带回后供全班观察和辨识。标本是传统鱼类学研究的物质基础,也是鱼类学教学的有力教具。做到“学以致用”是每一门课程的最终教学目标,鼓励学生进行与课程相关的科研或实践活动。另外,带领学生到西安和杨凌的水产品交易市场辨认鱼类,并组织学生辨认西北地区的鱼类标本。学生在参与项目的过程中,通过自主查阅资料,解决野外采样过程遇到的问题,提升了学习自主性。

**2.3 开展相关专题讲座** 聘请外校从事鱼类学相关研究的著名科学家进行专题讲座,如《鱼类系统发育与生命之树》、《我国淡水渔业资源研究进展》和《我国鱼类人工增殖放流研究进展》等。向学生介绍学科前沿的研究成果及动态,启发学生的发散思维,并开阔视野。听取讲座后,组织学生进行课堂讨论,达到开阔学生思路、扩展知识面、激发学生主动学习的目的。

### 3 考核方式的改革

实验考核是检验学生操作技能和动手能力的有效手段,

也是衡量教学效果的重要指标<sup>[4]</sup>。传统的考核方法一般是以基本实验操作和相关理论为主,甚至实验课只进行理论考试,这种方式存在一定的弊端,主要是教师的主观性较大,只能反映学生掌握理论知识的水平,不能完全反映学生真实的操作水平。为此,笔者提出以下几点改革思路:①设计并撰写综合性实验报告:引导学生查阅大量资料,以小组为单位自主设计与鱼类学课程有关的综合性实验,并进行课堂讲述,与教师和其他小组同学讨论其可行性。②实验基本技能考核:实验技能考核时,教师让学生按照指定的考试内容进行操作,包括辨别 20 种以上常见的经济鱼类,识别鱼类的体型和各种外部特征、识别内脏各器官的部位、性别辨识、回答各部分结构的功能、现场采血的操作以及其他一些简单的取样操作等。③实验成绩:平时成绩综合(30%) + 实验基本技能(40%) + 设计并撰写综合性实验报告(30%) = 100%

### 4 结语

近年来,在鱼类学实验教学改革过程中,通过引入研究式教学模式,改进了教学效果,学生实验能力得到了有效地培养和训练,调动了学生的积极性,也培养了学生的创新意识和协作精神。作为一种新的教学模式,研究式教学面临的问题还很多,需要今后不断地探索、积累、总结和升华,真正提升鱼类学实验课程的教学质量和水平。另外,研究式教学方式对于实验室管理和开放也提出更高的要求,如何加强和完善实验室管理还需要不断总结和完善。

### 参考文献

- [1] 周正贵,杨流元. 研究式教学法的探讨与实践[J]. 电气电子教学学报, 2001,23(2):100-101.
- [2] 何丽君,何丽霞. 高等学校研究式教学策略的研究[J]. 高等理科教育, 2007(4):37-39.
- [3] LIU J K. Rudimentary hermaphroditism in the symbranchoid eel, *Monopterus javanensis*[J]. Sinensia,1944,15:1-8.
- [4] 王韵,高强国,杨喆. 研究生细胞培养课教学体会[J]. 山西医科大学学报:基础医学教学版,2004,6(6):628-629.
- [5] 谢亮. 三维 GIS 的应用研究[D]. 南充:西南石油大学,2006.
- [6] 张伟. 基于 ArcSDE 和 ArcEngine 的集输管线管网管理系统的设计与实现[D]. 西安:西北大学,2008.
- [7] 杨必胜,李清泉,梅宝艳. 三维城市模型的可视化研究[J]. 测绘学报, 2000(2):149-154.
- [8] 范力铭. 基于 ArcGISEngine 的三维 GIS 系统开发与应用[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [9] 袁国斌,刘修国. 城市地下管线信息管理系统建立途径仁[J]. 地球科学,1998,23(4):106-109.
- [10] 熊允泰. GIS 及其在城市地下管线管理系统中的应用[C]//中国 GIS 技术与管理经验交流会论文选编. 1994.
- [11] 张利利,周明全,耿国华. 基于 MapXtreme 的交通 WebGIS 的实现方法[J]. 计算机技术与发展, 2006(12):205-207.
- [12] 严蔚敏,吴伟民. 数据结构[M]. 2 版. 北京:清华大学出版社,1993.
- [13] 陈述彭,鲁学军,周成虎. 地理信息系统导论[M]. 北京:科学出版社, 2000:220-238.

(上接第 12510 页)

有些不足,需要在远期进行完善:①由于这是营区机场初次建设的一个比较完整、系统的管线 GIS 项目,这就必然导致由于用户对 GIS 的需求和认识无法一步到位,无法在短时间内提出所有对 GIS 的要求和期望,但是随着系统使用的深入和进一步推广,一些心得需求和期望必然会逐渐浮现出来,这就需要在今后一段时间内来完善;②由于对管线数据有些方面还不是很体系化和完整化,存在一定的不确定性,一时无法完美整合进 GIS 中。

### 参考文献

- [1] 乐斌,钟耳顺,刘纪元,等. 三维 GIS 的基本问题探讨[J]. 中国图象图形学报,2001,24(9):842-848.