

文章编号: 1005-8451 (2008) 01-0047-04

# 基于 ArcGIS Engine 的铁路线路 GIS 的构建与实现

张占军

(兰州交通大学 交通运输学院, 兰州 730000)

**摘要:** 传统的铁路地理信息系统多采用二维平面方式进行构建, 无法再现真实世界。将三维 GIS 技术应用在铁路信息化系统建设中, 进行有益的探索。提出铁路线路三维 GIS 的构建框架, 分析数据库和系统功能模块体系的设计思想, 并探讨基于 ArcGIS Engine 技术, 建设铁路线路三维 GIS 的实现方法和关键技术。

**关键词:** 地理信息系统; ArcGIS Engine; 铁路线路; 系统结构

**中图分类号:** U216-39      **文献标识码:** A

## Construction and implementation of Railway 3-D GIS based on ArcGIS Engine

ZHANG Zhan-jun

(School of Traffic and Transportation, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** Traditional Railway Geographic Information System was constructed based on 2-dimension and lacked of capability of reflecting the real world. In the paper, beneficial and forward-looking researches applying 3-D GIS to Railway Information System were performed. It was proposed the framework of railway 3-D GIS, analysed the design ideas of database and architecture of the System. At the same time, the implementation methods and key technologies to construct Railway 3-D GIS System based on ArcGIS Engine were discussed.

**Key words:** Geographic Information System; ArcGIS Engine; railway line; system structure

随着计算机三维图形学、遥感、GIS (地理信息系统) 和虚拟现实等学科理论和技术的迅猛发展, 应用三维 GIS 技术构建铁路地理信息系统, 已逐渐成为铁路信息化建设领域中极具前景的重要方向之一。三维 GIS 具有对包括地形和各类地物在内的现实世界进行三维建模的能力, 支持对所建模型动态编辑修改, 能较逼真地实现复杂地形和地物的三维可视化。因此, 基于三维 GIS, 大量工作可以在室内完成, 减少野外工作量和工作时间, 缩短设计工期, 节约人力和财力, 可以有效推动铁路建设的高速发展。

## 1 铁路线路三维 GIS 的构建框架

### 1.1 数据库设计

通常, 为了逼真地显示铁路线路、沿线附属设施、基础建筑物及地貌地形等空间信息, 需要装载“海量”数据, 进行大量的计算。系统不可能每次都把所有数据一次性装入内存, 参与数据的可视化及

分析。因此, 三维 GIS 需要通过 LOD (细节层次模型)、分块装载、高效空间索引等方式, 以解决海量空间数据的动态加载和显示。所有这些数据都储存在数据库中, 进行统一管理和调度。所以, 正确建立数据库是建立三维 GIS 的前提。数据库设计质量的好坏, 不仅影响到建设的速度和成本、运行、应用及以后的维护管理, 而且影响到三维 GIS 的全面实施。系统数据库主要包括空间数据库、基础地形数据库、属性数据库和业务信息数据库。

#### 1.1.1 空间数据库

空间数据描述地理空间实体信息的数据, 涉及所有与空间定位有关的信息, 它不仅反映地理空间实体的位置和分布, 也表达实体之间的拓扑和相互关系。这也是 GIS 区别于一般计算机系统的主要因素。铁路线路三维 GIS, 主要描述存在于地理空间中铁路行业各种技术设备、与铁路相关的地理实体及之间的空间关系。另外, 空间数据库也存储自然资源和社会政治经济状况等相关的多种空间数据。这部分数据涉及到铁路之外的许多行业, 主要为铁路部门提供宏观决策信息和基础背景资料, 并作为各种专题信息统一的空间定位控制、配准、显示或

制图的基础载体。

为了更真实地模拟和管理空间数据，采用网络数据模型来构建铁路线路的地理空间网络。网络模型是现实世界网络的抽象。地理空间实体按照地理特征的基本类型，可以划分为点、线和面等。网络模型则是以点（结点）和线（边或链）等作为基本元素，按照一定连接规则建立的几何网络。铁路线路地理空间网络就是以车站、桥梁、隧道和道叉等作为网络结点，以轨道作为网络边（链）而构建的几何网络。底层建立了这样连通的几何网络，就为线路规划、优化及资源调配等网络分析的实现奠定了数据基础。

#### 1.1.2 基础地形数据库

基础地形数据从语义和内容角度，也可以划归到空间数据类型中，但与上所述空间数据有所不同：（1）基础地形数据库着重关注的是地理空间实体，采用矢量数据模型进行表达，而前者（基础地形数据）着重关注铁路沿线的地表覆盖物表现差异和地形起伏状态，采用TIN（不规则三角网）或栅格数据模型进行表达；（2）空间数据库所采用的栅格数据模型，为了提高数据装载和查询效率，需要建立金字塔索引；（3）基础地形数据库需要经常进行编辑工作，反映某时刻地理实体的空间状况，而前者一经确立，就基本不再更改，作为系统的最基础底层空间数据。

基础地形数据从内容上主要包括数字正射影像和数字高程模型（DEM）。基于统一的地理和投影坐标系，将两者准确地进行空间配准。数字正射影像既可以采用航拍或卫星遥感图像，也可以采用地形图等数字化的图像资料。

#### 1.1.3 属性数据库

属性数据描述实体或关系的相关信息，在关系数据库中以表的形式存在。实体和关系的隶属领域既可以为地理空间，也可以为非地理空间。属于地理空间的实体指具有地理空间信息的地理要素，它的空间数据和属性数据通过相同的ID（唯一识别码）进行关联。地理要素在三维GIS中，可以进行直观的三维可视化。关系既包括地理要素之间的空间相互关系和地理要素属性之间的复杂关系，也包括非地理空间实体之间的逻辑关系。

#### 1.1.4 业务信息数据库

铁路是一个综合性的庞大的运输体系，涉及很多专业和业务部门。不同的业务部门由于业务需求

原因，需要大量的数据资料，也会在业务中产生大量的资料信息，这些信息都存储在业务信息数据库中。

### 1.2 系统功能模块

系统功能框架如图1。

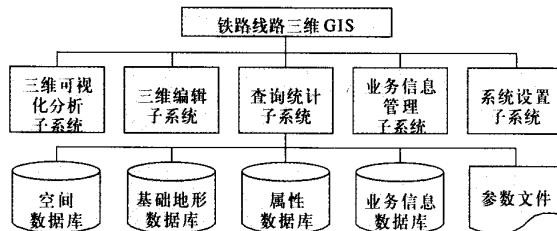


图1 系统框架

#### 1.2.1 三维可视化分析子系统

三维可视化分析子系统作为铁路线路三维GIS软件系统的核心程序，提供一种“身临其境”的虚拟三维场景，可以通过界面交互实现三维的浏览和导航、放大缩小、旋转、平移、观察者和目标点的空间位置修改、地貌地形纹理显示细节程度调整等，能够进行数据图层的编辑管理，能够自动加载空间数据库中与铁路线路相关的各种地理数据，并进行动态显示。三维显示的点、线和面等几何特征支持图形符号的动态修改和三维绘制。在三维虚拟场景中，可以更好地规划和设计线路。通过对地理空间网络的模拟分析，可以优化铁路线路上的资源配置机制。

#### 1.2.2 二维编辑子系统

三维GIS作为一种图形软件系统，要比一般的软件更多地考虑“人的因素”，不但要遵循用户友好这一软件设计原则，而且要易于掌握和理解图形软件系统。由于计算机屏幕图像只是三维空间场景在二维平面的一种投影，所以无法直观地通过用户的交互式操作，而直接处理二维空间中的几何特征。目前也没有切实可行的三维编辑的简单方案。因此，为了方便对空间数据的编辑修改，实现一个二维GIS子系统，进行依赖二维平面的地理要素的编辑，并将结果存储于空间数据库。三维GIS可视化子系统读取空间数据库，实时进行地理要素的三维可视化，同步反映数据的编辑状态。

#### 1.2.3 查询统计子系统

可根据铁路车站及铁路线路的地理信息和属性信息进行查询和统计，实现对已有数据库中的数据进行检索。包括对属性和关系的条件查询，如查询

属某局的所有车站，或根据名称查询某车站。查询的结果以列表形式显示，同时将关注的地理实体在三维可视化分析图形子系统中居中屏幕，并高亮显示。也可以通过指定条件对车站和线路等进行汇总，并生成各项指标统计报表。

#### 1.2.4 业务信息管理子系统

针对业务部门关心的业务数据进行管理，提供对业务数据的各种编辑功能：添加、删除、修改及查询、统计报表的生成，支持对工作流的管理。

#### 1.2.5 系统设置子系统

对系统工作环境进行设置。包括数据库的配置和连接、选项设置、权限设置、用户参数设置、地理和投影坐标范围设置、地图投影转换设置等。

## 2 铁路线路三维GIS的应用实现

### 2.1 ArcGIS Engine、ArcGIS 3D Globe

ArcGIS是ESRI全面整合GIS数据库、软件工程、人工智能、网络技术及其他多方面的计算机交流技术之后，成功推出的代表GIS最高技术水平的全系列GIS平台。新一版本的ArcGIS 9对3D分析扩展增加了许多改进，其中包括推出新的三维扩展模块核心应用程序—ArcGlobe，它能够以全球尺度快速、无缝地浏览和分析大量地理数据，代表着GIS可视化的新方向。ArcGIS Engine是一组跨平台的嵌入式组件，用来构建定制的GIS桌面应用程序。三维GIS应用既可以以ArcGlobe为基础进行二次开发，也可以在独立的编程环境中以具有三维和网络分析扩展模块的ArcGIS Engine为基础进行自定义的独立应用程序的开发。对于以三维GIS为目标的应用而言，两者本质上都是以ArcGIS 3D Globe技术作为体系内核，所以，采用哪种开发方式并无实质区别。但为了更灵活地与其它子系统进行有机集成，本系统采用后者的方式来构建独立的自定义应用程序。

### 2.2 体系结构

系统采用三层架构作为三维GIS软件的结构体系。底层采用Oracle作为数据库管理系统，中间层采用ArcSDE、ADO.NET或ADO(ActiveX数据对象)进行数据访问，并与各种自开发组件共同组成业务逻辑层，上层基于ArcGIS Engine开发三维可视化分析和二维编辑GIS子系统，以及利用C++语言开发查询统计等子系统，这些子系统组成用户界面层。系统体系结构如图2。

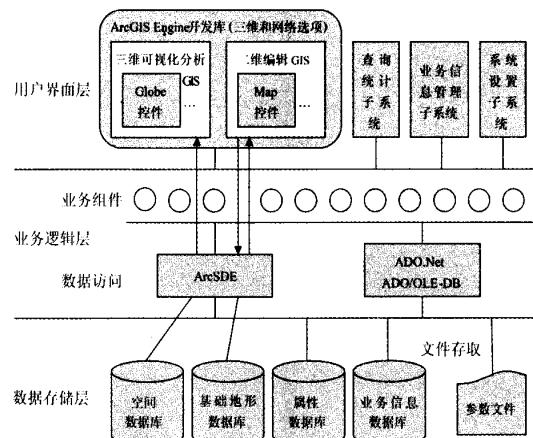


图2 软件系统体系结构图

### 2.3 关键思想和技术

为了在开发中顺利使用ArcGIS Engine，在Visual C++.Net环境中，需要导入所必须的ArcGIS Engine类型库esriSystem.olb、esriGeometry.olb、esriGeoDatabase.olb、esri3DAnalyst.olb、esriGlobeCore.olb和esriNetworkAnalysis.olb等。在三维可视化分析子系统的实现中，加入GlobeControl控件，通过该控件的IGlobeControl接口，可以获取IGlobe、IGlobeDisplay和IGlobeCamera等核心组件接口指针，完全控制和管理三维GIS可视化的各种功能，并依赖网络分析库进行铁路线路规划和调度分析。二维编辑子系统的实现中，加入MapControl控件，通过该控件的IMapControl2接口，可以获取IMap、IMapLayers和IWorkspace等接口指针，访问并修改地理空间数据，并最终存储于地理数据库中。为了更好地分离出核心业务逻辑代码，开发许多关键业务的.NET和COM组件作为中间的逻辑服务层。对地理空间数据的修改和存储既可以直接依赖于ArcSDE空间数据引擎来执行，也可以通过中间层的组件间接来完成。查询统计、业务信息管理和系统设置子系统，相对独立于空间数据，主要是针对关系数据库中的数据进行处理，因此，可以用ADO.NET、ADO或OLE-DB数据库的连接方式，进行数据的存取和管理。按照目前组件化开发模式的思想，也开发出许多业务逻辑的.NET和COM组件，由这些组件实现对ADO.NET、ADO或OLE-DB的直接访问。

GIS区别于其它信息系统的主要特点就是所处理的数据包含有空间信息，因此，在三维GIS中，经常需要根据某属性值，查询特定的地理要素进行处

文章编号：1005-8451 (2008) 01-0050-03

## 基于 WebGIS 的铁路线路设计系统研究

曹建枝，武振华

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

**摘要：**WebGIS 是 Internet 和 WWW 技术应用于 GIS 开发的产物，是实现 GIS 互操作的最佳途径之一。就如何利用 WebGIS 实现铁路勘测设计一体化进行理论方面的研究，建立基于 WebGIS 的铁路勘测设计一体化系统的设计模型，为开展基于 WebGIS 的铁路勘测设计一体化研究提供理论基础。

**关键词：**WebGIS；铁路选线；CAD；铁路勘测

中图分类号：U216-39 文献标识码：A

### Study on Railway Line Design System based on WebGIS

CAO Jian-zhi, WU Zhen-hua

(Institute of Computing Technology, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Applying Internet and World Wide Web technology to GIS development produced the WebGIS, which was an optimally method of GIS interactive operation. The academic research was that how to integrate reconnaissance and design using WebGIS, establish the design thought of integrated reconnaissance and design based on WebGIS in this paper. Theory and design basement were settled for integrated reconnaissance and design research based on WebGIS.

**Key words:** WebGIS; railway location; CAD; railway reconnaissance

WebGIS 是 Internet 和 WWW 技术应用于 GIS 开发的产物，是实现 GIS 互操作的最佳途径之一。从 Internet 的任意节点，设计人员都可以浏览 WebGIS 站点中的空间数据，制作设计图，进行各种空间信息检索和空间分析，进行方案比选。上述特征使得

收稿日期：2007-07-25

作者简介：曹建枝，在读硕士研究生；武振华，研究员。

理，并相应地进行三维空间的屏幕居中和高亮显示，图 3 是部分关键代码。

基于 WebGIS 的铁路线路设计成为可能，WebGIS 除了像 GIS 一样为铁路线路提供三维可视化的选线环境、多种空间数据结构（矢量、栅格、TIN）及其转换功能、准确的空间与属性数据（地形、地质、水文、城市、已有道路管线等）和数据操作方法，还有成本低，运行简单易操作，不同标段的设计人员可以协同设计等特点。

着越来越重要的支撑作用。随着三维 GIS 技术的快速发展，将这项技术应用在铁路 GIS 的建设中，已展现出广阔的前景。本文探讨了铁路线路三维 GIS 的构建框架和设计思想，并以 ArcGIS Engine 为基础，在 Visual C++.Net 环境中，开发了一套实现这种框架体系的应用程序。实践表明：该方法切实可行，所开发的铁路线路三维 GIS 减少了野外工作量，缩短了工作时间，有效地提高了工作效率。

#### 参考文献：

- [1] 贾利民, 邬 伦. 搞好总体设计, 全面推进铁路地理信息系统建设[J]. 铁路计算机应用, 2001, 10 (8): 1-4.
- [2] 刘艳芳. 铁路 GIS 的地理网络及网络分析[J]. 铁路计算机应用, 2001, 10 (9): 3- 6.

图 3 查询结果要素空间定位的部分关键代码

### 3 结束语

地理信息系统在铁路信息化建设过程中，发挥