

# 基于 ArcGIS Engine 的高速公路隧道监测信息系统

陆 轶, 梁 虹, 周 园

(云南大学 信息学院, 云南 昆明 650091)

**摘要:** 分析了目前高速公路隧道监测信息管理主要以传统 MIS 管理系统为主, 大量隧道空间信息无法有效保存, 带有空间属性的数据分析能力不足的现状, 针对隧道监测数据的特点, 提出采用地理信息系统技术设计基于 ArcGIS Engine 的高速公路隧道监测信息系统. 阐述了系统架构, 采用 Geodatabase 作为空间数据模型, 在数据库实现中采用了一种提高访问效率的混合访问设计, 并对系统功能进行了设计. 系统采用 Java 语言进行实现.

**关键词:** 高速公路隧道; 地理信息系统; ArcGIS Engine; 隧道监控

**中图分类号:** U45 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X (2008) 04 - 0058 - 05

## Monitoring System of Freeway Tunnel Based on ArcGIS Engine

LU Yi, LIANG Hong, ZHOU Yuan

(School of Information Science and Engineering, Yunnan University, Kunming 650091, China)

**Abstract:** The present monitoring systems for freeway tunnel focus mostly on traditional MIS (Management Information System), which gives rise to the problem that great amounts of spatial information of tunnel can't be stored and analyzed effectively. Taking the characteristics of tunnel spatial information into consideration, it is proposed that technology of GIS (Geographical Information System) based on ArcGIS Engine should be adopted. The structure of the system is also expounded in this paper. Geodatabase is used as geographic spatial data model and a hybrid approach technology is introduced to improve the efficiency during accessing geodatabase. Finally, system functions are designed. The system is realized by Java.

**Key words:** freeway tunnel; GIS; Arcgis Engine; tunnel monitoring

### 0 引言

高速公路建设涉及隧道、桥梁、边坡、路基路面等, 其中隧道是高速公路的重要组成部分. 高速公路隧道监测和检测数据, 及时反映了隧道的工作状态及其变化, 是高速公路隧道设计、施工、地质险情预见的重要依据. 而现有的数据管理系统难于实现高速公路隧道监测、检测数据的快速统计、查询和分析, 更无法为管理部门提供可靠的数据与决策依据, 满足用户需求<sup>[1]</sup>.

GIS (Geographic Information Systems, 地理信息系统) 具备强大的数据综合、地理模拟和空间分析能力, 为处理具有地理特征的交通信息提供了新的手段. 利用 GIS 系统强大的图形管理、可视化定位查询和统计分析功能, 可以实现隧道监测数据和图形位置的双向快速查询以及空间统计分析功能. 通过 GIS 技术建立完善的隧道监测信息系统, 可将公路系统中的各种数据和信息组织起来, 为公路全线抢险救灾、规划设计、设备维护、运营管理、实时监控、决策分析应用提供服务, 从而实现隧道数据的科学化、信息化管理和分析.

本文针对目前高速公路隧道监测信息管理存在的主要问题, 提出基于 ArcGIS Engine 组件开发技术的高速公路隧道监测信息系统, 给出系统架构设计、空间数据库设计、功能设计与实现. 该系统具有高速公路隧道空间及属性信息输入、更新、编辑、查询及结果可视化、统计计算、专题图制作、报表输出、空间及网络分析功能, 可对隧道断面的长期趋势记录及数据分析, 并具备预测和预警能力, 实现了高速公路隧道及附

收稿日期: 2008 - 04 - 03

第一作者简介: 陆轶 (1973 - ), 男, 硕士研究生. 主要研究方向: 地理信息系统. E-mail: fossett@tom.com

属设施的科学化、信息化管理。

### 1 高速公路隧道监测及其数据特点

#### 1.1 高速公路监测项目

我国现行的《公路隧道施工技术规范》(JTJ042—94)对高速公路监测项目和方法做出了明确的规定,包括必测项目和选测项目<sup>[2,3]</sup>。

1) 必测项目:必测项目是必须进行的常规测量,是判断隧道围岩稳定状态、支护结构工作状态的重要依据,主要包括地质和支护状况观察、隧道周边位移、拱顶下沉和地表下沉等项。

2) 选测项目:选测项目是以判断隧道围岩松动状态、判断喷锚支护效果和为以后设计积累资料为目的的量测。主要包括围岩内部位移、锚杆轴力、衬砌内部应力、衬砌接触压力及钢支撑内力等项目。主要以仪器测量为主。

#### 1.2 隧道监测数据的特点

隧道监测数据主要有以下几个特点:

隧道监测数据既有目测数据又有高精度仪器测量的高精度数据,各种类型数据混杂,数据收集整理困难。

隧道监控量测工作是一项长期的工作,产生的数据量巨大。

隧道监测数据与隧道分布及地理位置紧密相关。

数据按空间分布,不同的隧道根据各自地理环境,产生的数据特点也不一样。

### 2 系统设计

#### 2.1 系统架构设计

系统采用 Java 语言进行程序设计。Java 语言具有跨平台的优势,具有面向对象、分布式、健壮、安全、移植性、高性能、支持多线程等一系列优点。同时更为吸引人的是网络上存在大量的 Java 开源项目可以直接利用,以降低开发技术难度与开发成本。系统中采用了开放源代码的 Eclipse 作为系统的集成开发环境。引入统一建模语言 UML (Unified Modeling Language),实现系统的描述、可视化处理、文档进行建模。采用 Java 开源项目 Hibernate 技术以获得高性能和高安全的数据存取。整个系统的开发过程中,遵循软件工程的思想,并使用经裁剪的 RUP (Rational Unified Process) 作为系统开发的软件工程方法框架,提高软件质量。

本系统分为用户界面层、业务层、数据访问层,如图 1 所示。用户的地图操作与查询统一在用户界面层进行。业务规则层包括电子地图层、监测业务规则层、监测数据控制层。将各种监测业务规则划分为一个独立的监测业务规则层,有利于将数据处理过程和 GIS 系统的具体操作进行隐藏,为用户提供良好的人机操作环境。数据访问层中又在空间数据库与数据访问接口上分出独立的中间件层,所有涉及到数据访问与修改都统一通过对象-关系映射中间件层进行。采用中间件对空间数据库的混合访问后在相同客户端对一条记录进行增加、删除、修改、查询与传统方法没有差别,但是在写入 10 000 条记录时,使用混合访问方法的效率比使用传统方法在执行效率上快 5 倍,提高了对隧道检测属性数据的访问效率。引入数据持久化中间件层减小了系统模块间的耦合度,提高了系统开发效率,提升软件产品的可维护性、扩展性。

系统空间数据库使用 ArcSDE 同 SQL Server 2005 混合建立数据库的方法,即用 ArcSDE 存储空间数据并使用 ArcEnging 提供的 API 对其进行访问,用 SQL Server 2005 存储属性数据,并通过外键把空

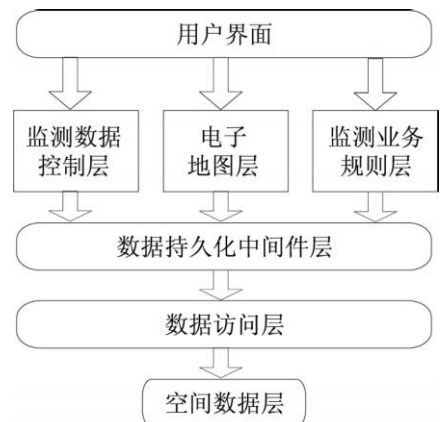


图1 系统架构示意图  
Fig.1 Sketch map of system structure

间数据同属性数据关联起来,并用 Java数据访问层技术 Hibenate对关系数据库内的二维表进行封装和访问. 以此提高空间数据库中非空间数据的访问效率。

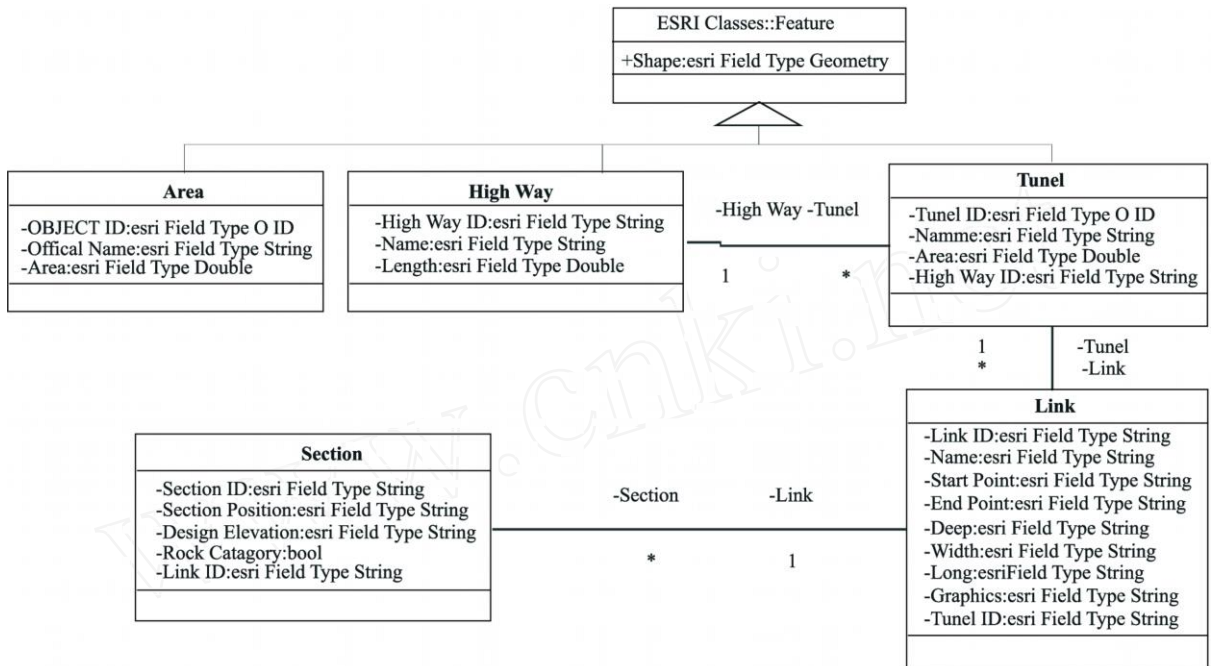


图2 空间数据库模型图

Fig.2 Model view map of spatial database

2.2 空间数据库建模

系统采用新一代面向对象的空间数据模型 - GeoDatabase作为高速公路隧道监测管理信息系统的空间数据模型. 针对隧道监测数据管理的特点,整合基础地理信息数据,隧道基础数据,监测数据抽象出背景地理区域图、高速公路、隧道、上下行线、断面等地理信息实体集合,运用 ESRI公司提供的 UML 模版工具进行逻辑建模. 从图 2可以看到本系统中包含空间信息的要素类有 Area(背景地理区域)、Highway(高速公路)、Tunnel(隧道信息). 不包含空间信息的对象类主要有 Link(隧道的上下行线)、Section(埋入隧道内部的传感器的隧道监测断面)。

2.3 系统功能设计

在图 3中可以看到系统主要实现以下几个主要功能：



图3 系统功能图

Fig.3 System functional map

(1)监测数据采集管理

主要完成土建工程隧道养护中的日常、定期、专项检查的检测数据的管理工作,不仅能完整的反映所有的检测数据,并能根据检查情况提出相应的处理建议。

(2)统计、分析、报警

主要完成数据处理和分析的模块功能. 同时具备绘制隧道应力、应变、收敛情况的曲线图的功能,并对

特异点具有预测、预警能力。

(3)信息检索、查询

具备数据检索和查询功能,无论是隧道的基础信息相关图纸资料、监测信息都可以根据所给出的查询条件得到想要查询的信息。用户只要在数字地图上过点击关心的公路设施,就可得到关于该公路设施的各种可视化信息,并在数字地图上进行高亮显示。

(4)数据输入输出接口

系统能实现包括隧道的长度、高度、地质情况、断面结构等基础信息及相应的监测和检测信息的录入,以及各种相关数据的导出。

2.4 基于 ArcGIS Engine 的 GIS 开发技术

系统开发采用 ArcGIS Engine 技术。ArcGIS Engine 应用程序可以是简单的地图浏览器,也可以是定制的 GIS 编辑和分析程序。ArcGIS Engine 能为 GIS 开发人员提供 5 类功能:(1)基本功能:如 GIS 核心功能、几何图形的操作;(2)数据访问;(3)地图分析;(4)地图展现;(5)开发组件:如制图控件、三维控件、内容表控件等常用 GIS 控件及其相应的工具条。

通过使用 Arcgis Engine 提供的基本 GIS 功能和丰富接口,可以为监控量测系统提供需要的图形操作、数据访问、地图空间分析、查询功能,从而实现隧道数据的科学化、信息化管理和分析<sup>[4]</sup>。

3 系统实现

3.1 用户权限管理

用户权限管理系统是维护隧道数据安全性的功能模块,主要用于控制用户对隧道数据修改访问的权限控制,没有进行合法验证登陆之前用户无法看到系统的任何数据,系统的大部分功能都被锁定,处于不可用状态。必须在登陆验证用户合法身份后并且根据用户权限的不同,进行不同等级的数据访问。在权限管理中高权限用户可以对其他低权限用户进行授权管理。

用户输入正确的用户名和密码以后,系统将会连接远程服务器,并调入服务器上的空间数据。图 4 为用户登录界面,图 5 为远程数据调入后的系统界面。在调入空间数据的同时,系统会根据用户拥有的权限开放系统的各种功能。进入系统后可以进



图4 用户登录界面  
Fig.4 User login GUI

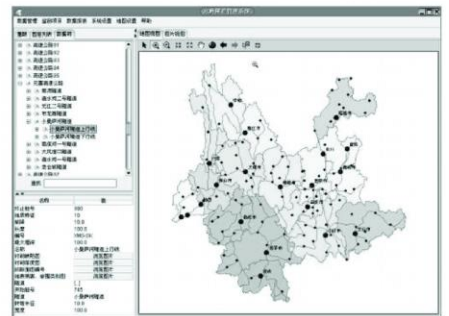


图5 用户界面图  
Fig.5 Main GUI

3.2 行线截面管理功能

图 6 所示的行线截面管理模块是根据量测数据以断面为基础产生的特点进行管理的一种方式,通过用户习惯的可视化表现方式,动态生成具有检测数据的断面和断面检测项目,并且一段时期内根据每个检测项目对应的数据生成曲线报表。用户还可以通过点击下半部分表中“断面桩号”对应的圆形按钮,查看相关的断面监控量测项目布置图和其他相关资料。

3.3 数据分析与报表功能

系统采用了强大的 Java 开源报表技术 JasperReport 快速高效实现完整的报表输出功能。它完全使用 Java 编写,可以在各种 Java 应用中用来创建动态报表内容。它的主要目标是用简单灵活的方法帮助创建便于打印的分页文档。JasperReport 的强大在于它可以传送丰富的报表内容到显示器、打印机或者 PDF。

HTML、XLS、CSV、XML 文件。采用 JasperReport 技术可以在报表生成模块中对已存入数据库中的数据进行分析、加工、处理,并可以以月为单位生成检测数据的报告,通过一些具体报告的文本的录入自动生成支持多种通用格式的

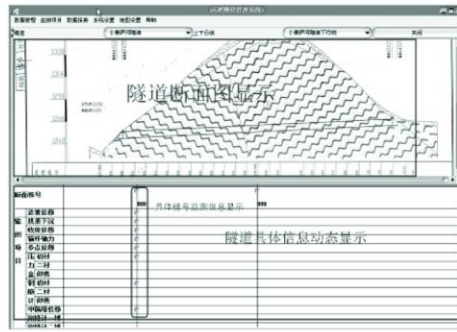


图6 行线截面管理系统界面  
Fig.5 Section manager system GUI

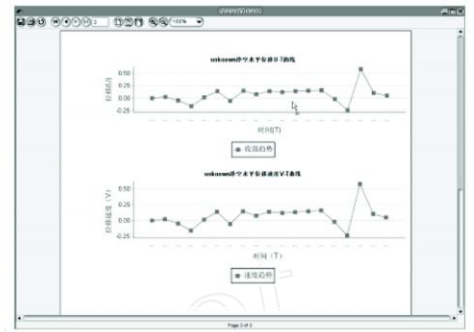


图7 监测报表曲线图  
Fig.6 Report chart

包括文本、图像、表格在内的报告。用户还可以将监控测量报告保存为 word、html、pdf、excel 等多种常用文字格式。图 7 为系统生成的监测报表曲线图。

#### 4 结束语

本系统具有以下特点:

- 1) 采用组件式 GIS 技术开发,将 GIS 技术与传统的 MIS 技术有机地结合起来,实现公路空间数据与管理数据有机结合。
- 2) 空间数据与属性数据在数据库中分开存储,通过地理编码维系空间数据与业务数据的关联,使得空间数据与管理数据既相互关联又相互独立。
- 3) 系统具有完善的管理功能,包括人员权限管理、单元数据管理以及系统日志管理等等。
- 4) 可用于公路设施施工中的建设情况管理,也可用于建设竣工后的维护数据管理,向用户提供直观的查询方式,用户通过点击关心的公路设施,可得到关于该公路设施的可视化信息,并在数字地图上进行高亮显示。
- 5) 云南省行政区划、公路网、主要城镇地理数据的可视化;各种公路资料信息的计算机网路集成管理,路网、行政区划、城乡位置等基础数据的分层控制。

该系统功能实用,易于扩充,为隧道设计、施工与营运维护提供了参考,为高速公路管理部门提供了一个可视化的、高效的管理系统。目前系统已在云南元墨高速公路隧道工程监测信息管理系统的得到了应用。

#### 参考文献:

- [1] 谢伟,孟岩.基于 GIS 的地铁隧道安全监测信息系统设计[J].铁路计算机应用,2006,15(3):15-19.
- [2] 温树林,秦之富,唐健.云南元磨高速公路隧道监控量测[J].公路隧道,2004,(1):21-27.
- [3] 代高飞,应松,夏才初,等.高速公路隧道新奥法施工监控量测[J].重庆大学学报(自然科学版),2004,(2):28-32.
- [4] 谢小蕙,向南平.基于 ArcGIS Engine 的开发原理和方法的探讨[J].城市勘测,2006,(2):72-75.