

文章编号: 0451-0712(2006)04-0207-05

中图分类号: U495

文献标识码: B

基于 Geodatabase 的“数字公路” 基础信息平台数据库研究

张明波¹, 刘建蓓¹, 郭腾峰¹, 王 敏², 付正峰²

(1. 中交第一公路勘察设计研究院 西安市 710075; 2. 北京鸿业同行科技有限公司 北京市 100039)

摘 要: 建立“数字公路”基础信息平台是实现高速公路信息化和可视化管理最重要的基础支撑, 基于 GIS 技术的高速公路基础信息数据库是“数字公路”平台的核心内容。重点介绍了在 ArcGIS 软件平台上, 直接利用公路设计数据建立“数字公路”基础信息平台数据库的过程与方法, 以及在 GIS 数据库设计中的关键内容与技术。

关键词: GIS; “数字公路”基础信息平台; Geodatabase; 数据库; UML

高速公路在中国内地的出现和发展走过了 17 年的历程, 到 2005 年年底, 全国有 4 万 km 的高速公路在为中国经济和社会的发展提供便捷的、高效的运输服务。随着《国家高速公路网规划》的审议通过, “7918”高速公路路网的建设将全面展开, 公路交通基础设施建设将得到迅速发展, 高速公路建设和养护管理的工作范围不断扩大, 对公路建设管理科学化、规范化的要求越来越高。高速公路信息化、数字化信息系统的研究与开发工作显得越来越重要。

在《公路、水路交通信息化“十五”发展规划》报告中明确指出, 公路交通信息化的总目标是要利用现代信息技术改造、提升我国传统的交通运输业, 促进产业结构调整, 挖掘交通运输潜力, 加强科学化、现代化管理, 最大限度地为社会公众提供优质服务, 努力实现交通行业的跨越式发展。伴随遥感(RS)、地理信息系统(GIS)、全球定位系统(GPS)的 3S 技术及虚拟仿真技术的高速发展, 针对公路行业“十五”的发展规划及要求, 借助地理信息系统(GIS)技术, 建立“数字公路”信息管理系统, 实现公路信息的科学有效管理成为当务之急。

地理信息系统(GIS)是一门描述、存储、分析和输出空间信息数据的理论和方案的新兴学科, 是以地理空间数据库为基础, 对空间数据按照地理坐标或空间位置进行有效管理、分析和显示的计算机技术系统。它把地理实体的空间数据与相关联的属性数据有机地结合在一起, 不同层次地满足了基础建

设、居民生活对各种空间信息的需求, 并凭借其独有的空间分析功能和可视化表达方式在各领域辅助人们管理和决策。

近几年来, 地理信息系统(GIS)无论是在理论上还是应用上都得到了飞速的发展, GIS 被应用于多个领域的信息化建设和决策支持。作为地理信息系统软件的领头羊, 美国环境系统研究所(ESRI)的 ArcGIS 软件已经成为了各个行业的首选软件。它强大的数据管理功能, 方便的二次开发控件, 尤其是它的 Geodatabase 数据模型的诞生, 更是改变了地理信息系统软件的数据存储方式。在 ArcGIS 软件平台上基于 Geodatabase 数据模型空间数据库建设的关键内容和技术, 是建立“数字公路”信息管理系统的核心内容。

1 公路基础资料数据的特点

在“数字公路”与公路交通 GIS 领域, 特别是在专业 GIS 应用及应用系统开发方面, 国内的发展均刚刚起步, 而且大多是在公路建成后或在运营期才重新考虑建立公路 GIS 管理系统, 面临大量的数据搜集和录入工作, 且这一时期获得的数据均是间接的, 难以保证数据的可靠性。而在公路的设计阶段, 利用公路的设计数据文件直接建立“数字公路”基础信息平台, 基础资料主要是不同比例的电子地形图以及公路设计数据文件、施工图设计文件等, 减少了大量的数据搜集工作, 只需解决公路数据到 GIS 数

据之间转换的问题。

公路数据包括多种存在形式、多种文件格式,其以 dwg 格式为主。CAD 文件是由诸如颜色、线型、线宽、符号等静态图形特征组织后的图层集合,其图层并没有像 GIS 系统中的图层那样组织严密,实体/元素都包含在一个单一的文件中。CAD 系统与 GIS 系统在数据格式上存在着较大差异,这使得 CAD 数据不能很好地满足 GIS 系统的要求。因此,在 GIS 系统下对数据进行空间数据管理,首先要对现有数据进行处理与转换,整理矢量数据,从多个数据来源中提取属性数据,重新分层编码,将数据转换到 GIS 的空间数据处理方式上来,满足空间数据库的要求。

2 数据库系统的选择

拟采用 ArcGIS 的 Shapefile 数据格式,并采用 ArcGIS 系统提供的 Geodatabase 数据库技术平台,后台数据库采用 Oracle9i,通过 ArcSDE 对数据库的数据进行访问。目前采用 ArcGIS 建立空间数据管理系统的主要方式是 ArcGIS+ArcSDE+Oracle。

Geodatabase 是 ESRI 在新一代 GIS 平台软件 ArcGIS8 中引入的一种全新的空间数据模型。Geodatabase 采用一种开放的结构,将空间数据(包括矢量、栅格、影像、三维地形等)及其相关的属性数据统一存放在工业标准的数据库管理系统 DBMS 中。空间要素类(Feature Class),如河流、居民地等,对应了 DBMS 中的表,而具体的一个要素(Feature)则是表中的一条记录。具有共同空间参考的一组空间要素类又可以组成更大的结构,称为空间要素数据集(Feature Dataset)。除了空间要素以外,Geodatabase 数据模型中还可以建立关系类、几何网格,定义要素子类型、值域及规则等。目前有 2 种 Geodatabase 数据模型结构:个人 Geodatabase 和多用户 Geodatabase。个人 Geodatabase 使用微软的 Access 数据库来存储属性表。本空间数据库采用个人 Geodatabase。

3 数据库建设过程

3.1 数据分类设计

ArcGIS 对空间信息的管理是采用分层管理来实现的,具有相同特征的空间信息都放在同一图层。分层对数据的管理、信息的提取及数据的空间分析都是有利的。“数字公路”基础信息平台数据由基础地理信息类、公路设计信息类、多媒体文件文函图片

类等 3 大类数据所组成,每一类数据信息分若干个图层,构成数据库总体框架。

(1) 基础地理信息数据。

将国家基本比例尺地形图(1:2 000 电子地形图)上各类要素,包括测量控制点、行政区划、居民地、交通与管网、水系与附属设施、地形、植被等,同时包括以矢量结构描述的带有拓扑关系的空间信息和以关系结构描述的属性数据,按照一定的规则分层,按照标准分类编码,对各要素的空间位置、属性信息及相互间空间关系等进行采集、编辑、处理后建成基础地理信息数据,由点、线、面 3 种类型组成。

由于专业背景限制,公路行业在生产和使用地形矢量数据时,关注的图层会有所不同,尤其在属性数据方面。“数字公路”基础信息平台数据库,是根据公路行业特点整理提取地形矢量数据。本系统主要采集、编辑、处理的数据包括测量控制点、地形、水系、居民地及交通等 5 类基础地理数据。1:2 000 电子地形图(CAD 格式)数据分类与“数字公路”基础信息平台数据库地形要素分类对照如图 1 所示。

Name	On	Free...	L	Color
0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
1000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
2100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
2400	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
4300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
4400	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
4500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
5000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
6200	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
6300	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
8100	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
8310	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
8320	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
8500	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
9000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White
9800	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	White

系统数据库

- 互通立交
- 基础地图要素
 - 交通网
 - 其他地形
 - 居民地
 - 控制点
 - 水系
 - 水系系统
 - 等高线
 - 高程点
- 桥涵
 - 桥梁
 - 涵洞
- 路基路面
 - 挡土墙
 - 路基排水
 - 路面
 - 边坡
- 路线数据
- 隧道

图 1 地形图数据分类与系统数据库基础地形要素分类对照

(2) 公路设计信息类数据。

公路设计信息类数据以公路设计数据文件、施工图设计文件为主,包含总体、路线、路基路面、桥涵、立体交叉、隧道及交通工程等。在公路管理中,通常需要根据公路等级、车道数目和路面种类结合公路设计文件分类办法进行分类,其管理的公路数据及属性包括以下几种。

① 公路路线数据:公路属性,如路网标识、道路标识、路段标识等;几何属性,如路线平面、纵断面、横断面等。

- ②公路路基路面数据:路基防护、排水、挡土墙、路面建筑材料等。
 - ③公路构造物数据:桥梁、隧道、涵洞、立体交叉等。
 - ④公路沿线设施数据(暂不采集):交通管理设施、交通安全设施、服务设施、环境保护设施。
 - (3)多媒体文件文函图片类数据。
- 多媒体文件文函图片类数据包含全线各个标段

内的设计文件、工程概预算、设计合同、来往文函会议纪要、设计方案意见、设计汇报多媒体材料等。此类数据直接录入数据库系统,建立设计文件管理系统,与图形数据相互关联,达到以图形查询文件、以文件查询图形的查询、搜索等管理功能。

数据与数据库、公路GIS 系统之间的关系如图2 所示。

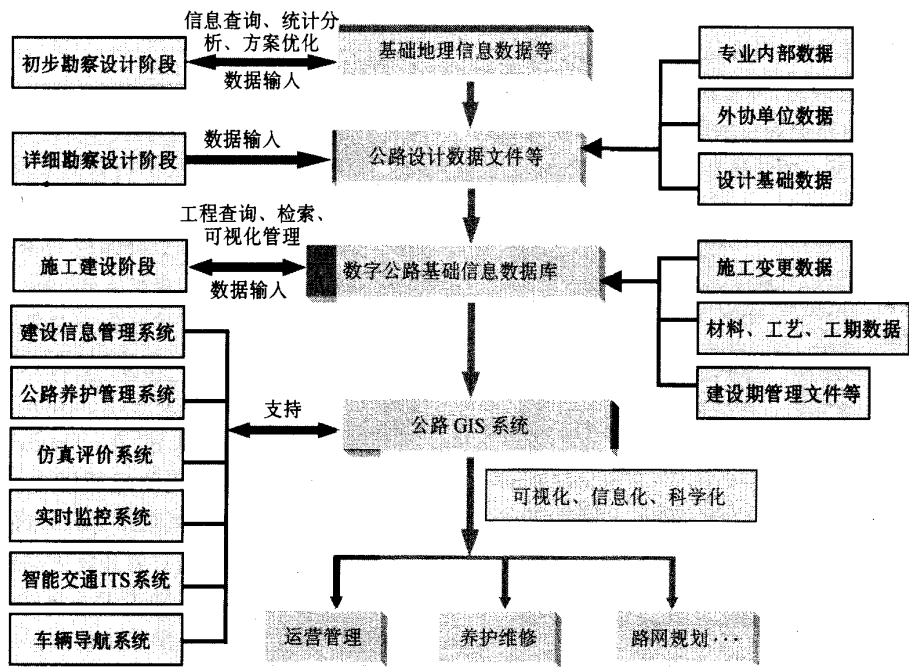


图2 数据与数据库、公路GIS 系统之间的关系

3.2 数据分层设计

图层为要素类的专题组合及表现,不同图层的有机组合即构成了可视化“图形”。根据地理信息数据分类国家标准及公路建设养护管理对数据分类分层的需要,结合点、线、面每类数据的要求,分为若干个不同类型的层。可视化“图形”数据实体要素的图层划分见表1。

3.3 属性设计

GIS 系统存储、管理的空间数据不同于其他系统,主要是在GIS 系统的数据图元实体中具有与几何位置无关的属性,而是与地理实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量2 种,前者包括名称、类型、特征等,后者包括数量、尺寸和等级。GIS 系统的分析、检索和表示是通过属性的操作运算实现的。

基础地理属性数据在很大程度上具有共性或相似性,其多样化程度较低,有利于对属性数据进行批

表1 可视化“图形”数据实体要素的图层划分

编号	要素类名称	英文名称	图元类型	备注
1	控制测量点	ReferencePoint	点	
2	地形点	TopographyPoint	点	
3	地形线	TopographyPolyline	线	
4	水系	HydrographicLine	线	
5	水体	HydrographicBody	面	
6	居民地	ResidentialArea	面	
7	交通	TrandportationNet	线	
8	其他	OtherLine	线	
9	公路	RoadFeatures	线	
10	路线	RoadRouteLineType	线	
11	交点	PointOfIntersection	点	
12	桩号	RoadStation	点	
13	防护	SlopeDefend	线	
14	排水	RoadbedDrain	线	
15	挡土墙	BreastWall	面	
...	

处理。公路专题图形基础地理属性数据要求满足数据的采集、存储、共享与交换,要求属性数据建立地物名称及分类编码字段。本系统在这类字段的设计、录入方面采取以下办法:地物类名称转属性,即在数据编码阶段,按照属性特点分地物类,在数据转换过程中以 code 字段值转属性值。入库后在 ArcMap 中,通过对矢量图层的空间处理分析,达到批量录入属性字段的目的。

公路设计矢量数据的属性从设计文件中整理输入,结合公路设计的信息、参考路基路面养护、公路隧道养护、公路桥涵养护等技术规范,总结公路设计矢量数据的属性列表。桥梁属性卡如图 3 所示。



图 3 桥梁属性卡

3.4 数据编码设计

编码是在系统中地物的唯一关键字。数据库矢量数据编码的设计也是 GIS 中实现基础空间信息共享的基础。在进行基础地形数据编码设计时,必须遵循并符合国家行业标准。“数字公路”基础信息平台数据库矢量数据主要是指基础地理信息及公路设计信息,编码标准采用线分类法。基础地理信息数据编码参照国家标准《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图要素分类与代码》(GB/T 14804—93),公路设计信息数据编码参照国家标准《公路信息分类与代码》(GB/T 17734—1999),根据系统需要,保证编码的可操作性、可扩充性。系统在《1:500 1:1 000 1:2 000 地形图要素分类与代码》(GB/T 14804—93)地理要素分类的基础上,加入构成地理要素实体的几何识别属性,在国标中不满 4 位的用 0 补齐。其结构为:地理要素分类码(4 位数)+地理要素几何识别码(1 位数)。采用 5 位数编码(几何识别码中 1 表示点、2 表示线、3 表示面),能够较好地满足 GIS 应

用需求。数据库部分编码见表 2。

表 2 数据库公路部分编码

编 码	名 称	说 明
43002	公路	BaseMapFeatures
43102	高速公路	
43112	收费站	
43202	等级公路	
43212	一级公路	
43222	二级公路	
43232	三级公路	

3.5 数据集及实体关系

“数字公路”基础信息平台数据集及实体之间的关系用面向对象的方法来描述,能够把复杂的系统简单化、直观化,而且易于用面向对象语言编程实现,还方便日后对系统的维护工作。用面向对象的方法处理实际问题时,需要建立面向对象的模型。构成面向对象模型的基本元素有类(Class)、对象(Object)、类与类之间的关系(Relationship)等等。

UML(统一建模语言, Unified Modeling Language)是一种可视化的建模语言,它用模型来描述系统的结构或静态特征, UML 为公共的、稳定的、表达能力很强的面向对象开发方法提供了基础。类图(Class Diagram)用来表示系统中的类和类与类之间的关系,它是系统静态结构的描述。类与类之间的关联、依赖、聚合、组合及泛化关系都体现在类图的内部结构之中,通过类的属性(Attribute)和关系(Relationship)反映出来。

公路数据由特定的面向对象地理信息数据库(Geodatabase)统一存储、管理。数据内容由二类空间数据(基础数据类、公路设计类)组成,空间数据类型包括矢量(Feature Dataset,简称要素集)、栅格(Raster Dataset)和 TIN(TIN Dataset)3 种,高速公路数据库以矢量数据为主。矢量要素集用于表示各类基础或专业地图要素,由要素类、属性表及关系类聚合,矢量要素类图元类型有点(Point)、线(Line)、面(Polygon)、注记(Annotation)4 种。一个要素类(Class)只能包含一种图元类型(Object);栅格数据用于遥感影像、扫描文档等以像元方式表示的地理要素,可用作地图的背景图;TIN 是不规则三角网构成的连续表面,由一系列不规则空间分布点相互连接形成,用于地面高程连续分布空间数据的三维分析。要素类要素特征由属性表内的属性数据定义。要素类之间、属性表之间、要素类与属性表之间的关

系由关系类定义。要素类的图面表现方式由图元样式确定,图元是可选的实体。

数据图元、要素、属性及关系类数据之间的关系

由UML类图表示,如数据库路面要素及路面结构UML类图(图4)。UML类图中有几个重要的概念,下面做简要的说明。

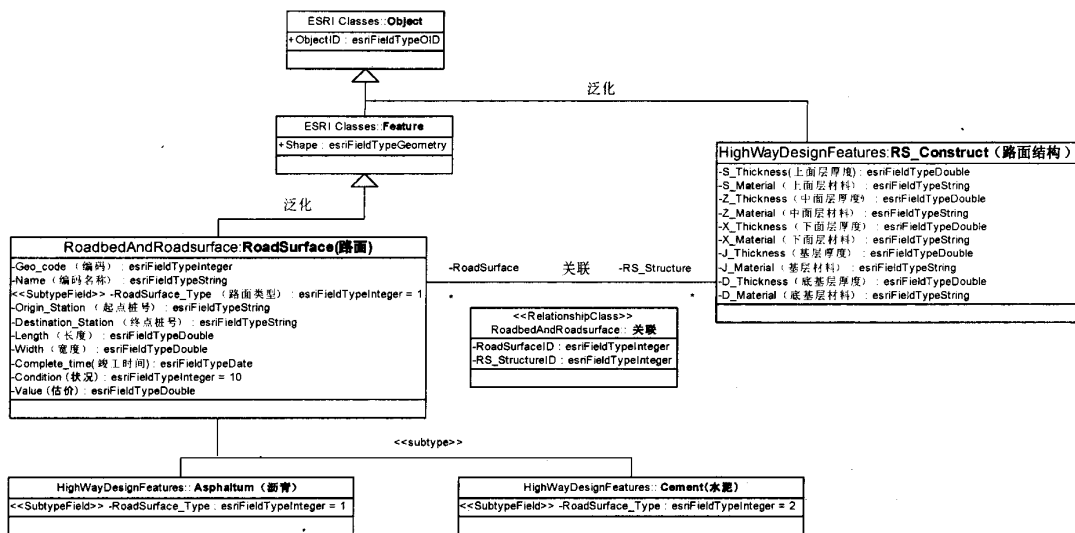


图4 数据库路面要素及路面结构UML类图

(1)对象(Object):对现实世界实体的抽象。抽象不单指具有定义上的抽象,还具有行为上的抽象,如河、路、房屋等。

(2)要素(Feature):现实世界中的对象在地图图层中的表示,如地图中表示道路的一条线。

(3)类(Class):在结构上和操作性上具有共性的一组对象的集合。

(4)聚合(Aggregation):一种UML类关系,将几种不同特征的类组合成一种更高水平的类。例如,构造物是一个聚合类,它由桥梁、涵洞、隧道、互通立交等组成。

(5)泛化(Generalization):一种UML类关系,表示子类与父类间的关系,父类能够派生出具有更多特殊行为的子类,此时父类即为子类的超类或称为子类的泛化,子类是特殊的父类。

(6)关联(Association):一种UML模型关系,表示2个或多个类之间的一般关系。UML中定义了3种不同类型的关系,它们是“关联”、“聚合”及“组合”,“聚合”及“组合”是特殊形式的关联。关联具有方向性,用箭头表示,没有标示箭头表明关联是双向的。

4 结语

在公路设计阶段建立“数字公路”信息管理系统,对于促进公路建设管理和节约数据库建设成本

具有重要意义。充分利用GIS技术对公路建设管理所涉及到的数据信息进行管理与分析,可以保证公路建设、维修养护、资金分配等工作的高效性和科学性。在高速公路信息数据库的建设中,采用ESRI的Geodatabase数据模型建立公路管理信息空间数据库,探讨了“数字公路”基础信息平台数据库的建设方法,以及如何快速有效地建设出一个基于地理信息系统(GIS)技术的公路数据库。就GIS在公路行业的应用,尤其在数据库的设计、空间数据的组织以及空间数据模型的建立等方面,需要充分调研、反复论证、精心设计和不断测试改进,只有这样建立起来的公路GIS系统才会真正具有生命力,真正满足公路现代化管理的需要。

参考文献:

- [1] 孙家驹,张维全.道路设计资料集[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [2] JTJ 073-96,公路养护技术规范[S].
- [3] JTG H11-2004,公路桥涵养护规范[S].
- [4] JTG H12-2003,公路隧道养护技术规范[S].
- [5] 郭伦.地理信息系统——原理、方法和应用[M].北京:科技出版社,2002.
- [6] 地理信息国家标准手册[M].中国标准出版社,2004.
- [7] 蒋慧.UML Programming Guide 设计核心技术[M].北京:北京希望电子出版社,2001.