

Analysis of Road Surface Management System based on GIS

Yao Mo

School of Traffic & Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: With the development of the road network construction and the information management, the pavement management system has become an important aid of road maintenance management. The GIS is introduced into pavement management system to realize the sharing of spatial data and attribute data, establish the pavement performance models, provide timely and accurate decision for the conservation management departments, and initially realize the visualization of pavement maintenance work management.

Keywords: Pavement management system; Pavement performance evaluation; Spatial data base; GIS

浅析基于 GIS 的路面管理系统

莫耀

重庆交通大学交通运输学院, 重庆, 中国, 400074

摘要: 公路网建设的完善和信息化管理的快速发展, 使得路面管理系统成为道路养护管理的一种重要的辅助工具。基于 GIS 的路面管理系统能够实现空间数据、属性数据的共享和路面使用性能的评价, 为各级养护管理部门提供及时、准确的决策辅助信息, 初步实现路面养护工作的可视化管理。

关键词: 路面管理系统; 路面性能评价; 空间数据库; GIS

1 引言

随着我国公路交通事业的发展, 公路网的逐步完善, 交通需求的持续增长, 促使交通基础设施逐步完善, 但基础设施的大力建设也带来了一系列管理问题。公路管理部门面临的主要任务将从建设公路网转向养护、改建、维护和改善现有公路网上, 但是目前公路的管理水平还相对落后。如何管理好、养护好公路以及充分发挥公路的社会效益及经济效益, 这是现阶段公路管理的重点。此外目前运营的公路多是几年前修建的, 路面状况逐渐下滑, 路面的养护维修问题显得越来越重要, 部分公路由于施工期间的工程质量问题使得路面出现早期破坏。然而现阶段公路信息数据的收集处理有非常大的工作量, 需要的时间也非常长, 因此要想改变传统的养护管理系统的不足, 就必须借助先进的计算机技术来改进公路管理, 实现公路管理的现代化、信息化和可视^[1]。

路面管理系统是通过应用系统分析的方法, 综合考虑技术、经济、社会和政治等方面因素, 协调各项路面管理活动, 促使路面管理过程系统化。路面管理系统的基本组成为: 数据采集系统; 数据库管理系

统; 网级系统; 项目级系统。由于公路数据的地理特性, 而 GIS 在处理地理特性和空间分析上具有无法比拟的优势, 因此, 建立基于 GIS 的路面管理系统, 是路面管理系统发展的必然趋势^[2]。

2 国内外现状

2.1 路面管理系统

路面管理系统的产生与发展路面管理技术的研究始于 20 世纪 70 年代初期的北美, 美国在经历了大规模的公路建设后, 面临着大量的路面管理、养护工作。为了准确地评价公路网的破损状况, 把有限的养护资金分配到最需要养护的路段上, 道路研究人员开发了路面破损数据检测设备, 建立了数据库, 制定了评价方法、标准和优先养护模型, 这种以计算机为工具的路面管理技术就称为路面管理系统。路面管理系统通常包括路面状况评价、性能预测和维修决策。作为一种辅助决策工具, 它是一种工具, 为相关管理部门提供依据和分析。根据不同管理层次的需求, 分为网络级路面管理系统和项目级路面管理系统^[3]。

我国路面管理系统的研究起始于 20 世纪 80 年

代, 期间陆续引进了英国的 BSM 路面管理系统、芬兰的 FPMS 路面管理系统和世界银行 HDM-III 公路投资效益模型等。“七五”期间, 许多科研院所、院校及公路管理部门联合或单独开发了一系列的路面管理系统。交通部公路科学研究所的潘玉利博士提出了我国公路路面管理系统的基本框架, 路面管理系统包括路面数据库管理、路面性能评价、路面性能预测和路面养护决策 4 部分。并在参考国外路面管理系统模型的基础上, 建立了一些符合我国实际的模型。对我国路面公路系统的发展、推广和应用做出较大贡献的应属 CPMS, 是一个复杂的路面管理系统, 包含道路信息数据管理、路网评价、路况性能分析、养护资金需求分析及资金优化分配等较多功能。

2.2 GIS 系统

近年来, 由于地理信息系统的广泛应用, 研究者逐渐发现 GIS 应用到 PMS 中的巨大潜力和广阔前景。由于公路数据的地理特性, 而 GIS 在处理地理特性和空间分析上具有无法比拟的优势, 因此建立基于 GIS 的路面管理系统, 是路面管理系统发展的必然趋势。国内的路面管理系统在近 20 年来得到了很大的发展, 而且在融入 GIS 应用技术方面也做了有益的探索, 但其进一步应用还需深入的研究^[4]。

3 系统功能分析

3.1 路面管理系统

路面管理系统 (Pavement Management System, PMS) 是以有效的实测数据、成熟的理论模型和可靠的经验作为判断的依据, 针对特定的管理目标(即路面), 协助管理人员对路面进行技术经济分析的快捷工具, 使用路面管理系统可以实现资源最优配置的目的。

路面管理系统一般可分为网级和项目级两类。网级管理系统主要针对一定区域内的一定数量的管理对象进行比较宏观的管理, 能大致把握所有管理对象的平均性能水平、变化趋势和总体费用, 制定总体养护计划和规划等等。项目级管理系统主要针对个别管理对象进行比较微观的管理, 能详细掌握管理对象的现状, 制定详细的养护对策和养护维修进度安排等等。

路面管理系统的主要功能: 积累数据; 论证投资; 评价现状; 预测未来; 确定对策; 安排项目和资源; 技术政策分析, 保证连续性。

总之, 一个有效的路面管理系统三个基本部分: 路面使用性能评价; 路面性能预测; 养护方案优化决策。其中: 路面使用性能评价是其它两部分的基础, 只有客观准确地对路面使用性能进行评价, 才能正确认识路面出现早期破坏的原因, 从而进行正确地预防和寻找合理的处治对策^[5]。

3.2 基于 GIS 的路面管理系统

3.2.1 建立基于 GIS 路面管理系统的意义

GIS 是最适于进行地理空间数据处理的计算机应用系统, 公路具有典型的线形地理特征, 适于应用 GIS 进行形象化管理的实体。道路除具有表征其几何、结构、性能等特征的传统属性信息外, 还具有表征其地理位置及其空间特性的空间属性信息。GIS 既可管理对象的位置又可管理对象的属性, 而且两者是自动关联的。由于公路数据所具有的地理特性, 道路路面信息的管理应当实现对传统属性数据和空间数据的同步处理, 而传统的路面管理数据库系统很难对其进行直观性操作。依托 GIS 的图库和数据库, 就可实现信息的快速查询和分析处理。

3.2.2 GIS 的基本理论

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS), 是在计算机软件 and 硬件系统的支持下, 以地理空间数据库为基础, 采集、存储、管理、分析和描述整个或部分地球表面与空间和地理分布有关的数据, 为地理研究和地理决策服务的空间信息系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系, 包括空间定位数据、图形数据、遥感图象数据、属性数据等, 用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程, 解决复杂的规划、决策问题。GIS 实现了图形和数据的结合, 以数据可视化的方式提供一种崭新决策支持方法。从上面的定义可知, 它具有以下三个方面的特征^[6]。

具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力, 具有空间性和动态性。

以地理研究和地理决策为目的, 以地理模型为手段, 具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力, 产生高层次的地理信息。

由计算机系统支持进行空间地理数据管理, 并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法, 作用于空间数据, 产生更加有用信息。

一个完整的 GIS 应用系统包括数据采集设备、

计算机硬件、GIS 软件、GIS 数据及应用软件。其中数据采集设备、计算机硬件及 GIS 软件是可以直接购买的。应用软件是针对不同应用系统的要求由系统设计人员开发的。数据则是根据不同 GIS 应用系统所需数据的不同，部分或全部采集的。

按照 GIS 中的数据流程，可以将 GIS 处理、分析地理空间数据的过程划分为数据采集、数据编辑、数据管理、数据查询分析及数据输出等五个主要过程。

3.2.3 GIS 在路面管理系统中能实现的功能

结合 GIS 的特性和路面管理系统的功能特性，GIS 可在公路管理中应用的功能如下：

基本的地图管理：

公路管理部门可以借助于地图进行公路管理。公路图除包括行政区划外、城市、村庄、铁路及水系等一般信息外，还能特别包括与公路有关的信息如，公路名称、走向、等级、里程等。应用 GIS 独具特色的地图表现能力，将公路及相关信息可视化是 GIS 在公路管理中应用的基本功能^[7]。

基本地图管理操作包括地图的数字化及修改、放大、缩小、漫游、图层控制、坐标转换和地图的输出等功能。公路信息是变化的信息。各地每年都有大量的新建、改建的公路，利用 GIS 可以方便、迅速地将这些变化反映到地图上，形成新的公路图。

专题图管理：

专题图是在基本地图上，以不同的方式显示属性信息所形成的地图。利用专题图可以直观地了解属性信息的基本情况，如道路等级图、交通量图等。

专题图中的线划图可利用线的宽度及颜色的变化反映线的属性数据。公路在地图上呈线形结构，因此线划图在公路管理 GIS 中应用最为广泛。可以利用不同颜色的线表示路面的不同使用性能。同样，可以用不同颜色和宽度的线描述路网交通量大小变化。

属性数据管理：

路面管理系统中的数据多数具有空间属性，如路线编码、交通量及路况数据、评价、预测及决策等结果等。将这些数据进行地理编码，建立地图要素和属性数据之间的关系，就可以方便地在地图上显示路面管理系统的数据库数据。

由于路面管理系统数据是 GIS 属性数据的一部分，路面管理系统的数据库管理、分析、预测、决策等功能对于 GIS 来说，就是对其属性数据的管理。

数据查询：

在 GIS 应用系统中，操作者可以在与地图要素相关的数据库中设定查询条件，选定的数据在地图上显示出来。这是 GIS 中最具有代表性的数据可视化功能。GIS 的数据查询是公路管理中常用的查询方法。操作者可以通过数据查询，了解数据所在位置^[8]。

4 系统功能设计

基于 GIS 的路面管理系统主要由数据库管理、图层管理、系统功能模块三部分组成。数据库是路面管理系统的基础，因此在构建系统时，首先要把路面结构、材料、交通、气候、单价等详细数据纳入路面管理系统数据库，为地区级路面管理系统的建立提供更为详细的数据信息。基于 MapInfo 软件构建的图层，可以方便地实现路面信息的可视化，提供一个良好的用户界面。数据库与图层的构建为实现系统功能提供了基础，本文主要实现数据与图元的查询功能以及路面使用性能的评价功能^[9]。

4.1 数据库管理

4.1.1 数据采集

构建数据库需要采集道路的相关属性信息，采集的数据依据其存储的性质可以分为静态数据和动态数据两类。

公路的基础数据作为静态数据储存，例如路线的名称、走向、编号、位置，以及区间和路段的位置、路面类型、技术等级、路基宽度、所属政区单位等。该类数据可以设定路网的实体特性，实现整个路网路线、区间、路段、管理养护部门的划分。

公路的技术属性数据作为动态数据存储，例如各路段对象的交通量数据、路面病害数据、路面平整度、路面弯沉、路面抗滑、处置历史数据等。该类数据可作为路面管理、评价和养护的分析数据。

通过对采集的数据进行分类，可以把静态数据内容作为查询以及报表输出的分类标准，而动态数据是分析路面使用性能的依据，可由路面管理系统分析并采用专题图形式呈现，从而实现路面管理的可视化。

4.1.2 GIS 数据库的组成

GIS 的空间数据与属性数据是分开存储的，在管理系统中，将采集的静态数据存放于空间数据中，在 MapInfo 中可利用图元的方式表达出来；将动态数据

存放于属性数据中，导入 Access 数据库，在程序中与静态的图元建立链接。

要建立数据库，首先要采集数据，并将采集的数据分类录入数据库中，依托 GIS 平台建立采集数据与地理数据间的联系，使得图元的空间数据和属性数据可与数据库进行良好的交互。对数据库进行操作，可方便的查询统计路面状况信息，再由数据模块对数据信息进行计算分析从而对养护需求计划、性能评价提供养护决策的依据。

4.2 图层管理

Mapinfo 软件是通过地理空间拓扑结构来建立地理图形的空间数据模型，并定义各空间数据之间的关系，从而实现地理图形和数据库的结合。通过建立空间实体和空间索引来定义空间数据模型，利用 Table 来存储空间数据和属性数据。空间实体主要由点、线、面三种基本类型组成，采用面向对象的方法，每种实体对象均维护其本身的所有属性^[10]。

4.2.1 栅格图与路网的数据连接

要建立栅格图与路网图之间的联系，就必须对栅格图进行配准，配准需要获取一张路网的扫描图，然后用 MapInfo 软件打开，以打开表的方式打开栅格图像，进行栅格图的配准。图片配准完成之后，还需要进行投影的设置，这样才能充分考虑到地图的变形，在保持地图与图片之间的正确空间位置关系的基础上，准确显示地理信息。需要明确的是，图片一经数字化后就不能再改变其投影方式，所以选择投影时要尽可能准确适宜。

投影选择完毕后，进行单位选择。接着设置控制点坐标，为了在跟踪地图时能正确判读数字化仪移动头的位置，必须在地图上设置控制点坐标参数。至少选择 4 个控制点，控制点越多，从数字化板到地图的坐标变换越精确。

4.2.2 空间数据的分层体系

应用 GIS 进行公路可视化管理必不可少的一步是路面空间数据库的建立，在管理所需的 GIS 空间数据的操作过程中，帮助用户在使用这些数据时进行空间分析，实现可视化显示。需要建立一个数据库，道路空间的另一项重要任务是获得完整和准确的道路空间数据，这也是实现路面可视化管理的基础。

基于 MapInfo 平台建立的空间数据库系统，在使

用上用层的概念来组织和管理数据。根据各种地图元素可以分割为不同的层，相似属性归为同一层。每一层都包含有图层对象的数据表。MapX 地图是由一个个图层合成而来。MapX 将其所有基础信息以 MapInfo 表的形式组织起来；每一表都是一组 MapInfo 文件，用来在地图中建立一个图层^[11]。

4.2.3 道路网络图制作

路网图分为点线面三个图层来绘制，用点来代表特征点，用线来表征路段，用面来表示居民区、行政区。在地理图形矢量化的过程中，使用 MapInfo 平台提供的工具，基本可以完成空间数据的生产任务，但在一些复杂的空间关系地区，如覆盖、囊括不规则的地区，两个地物不能同时展现出来，当完成一个地物的矢量化，如果要解决这一问题，并同时满足实际条件(如边界平行)，经过大量实际工作后，找到一个很好的解决方案：有 MapInfo 提供的缓冲区分析来实现矛盾的兼容，并可生成对应的属性数据。

4.3 路面使用性能评价指标选择

路面的使用性能包括功能、结构、安全三个方面，功能体现在路面为道路使用者提供的舒适程度(可由路面平整度来表征)；结构体现了路面的物理状况，包括路面损坏情况和结构承载力；路面安全是指路面的抗滑能力。因此，路面使用性能的评价，既需要考虑路面使用状况对路面性能的影响，也要考虑路面使用状况对使用者(车辆、行人)的影响。

本文选择了行驶舒适性指数、路面强度指数、路面状况指数来分别评价路面使用后的功能、结构、安全状况。其中，行驶舒适性指数可由平整度对车辆行驶舒适性的间接影响进行评价；路面强度指数可由路面允许弯沉与实测弯沉的比值进行评价；路面状况指数可由路面的综合破损率进行评价。这三个评价指标分别表征路面的功能、结构、安全。为了从整体进行路面使用性能的评价，本文采用了路面综合指数的评价指标，对路面进行总体评价，即根据道路路面情况，充分考虑影响路面使用性能的因素，给上述三种指标分配适宜的权重，使得综合评价指标能够比较准确地评价当前路面的使用性能^[12]。

4.4 系统设计

建立数据库。在路面管理系统中，用来描述各种事物和现象的是数据。主要分为属性数据和空间数据

两大类。

属性数据库。属性数据是对空间对象的具体描述，如某一公路的路宽、路名、路面材料等，它表达的是公路属性的值。按其存储数据的性质分为静态数据库和动态数据库两类^[13]。

静态数据库：它是指所存储的数据保持相对稳定，一次采集和输入后，除特殊情况外基本保持不变。主要包括：路线编码、政区编码、区间编码、路段编码等。

动态数据库：它存储的数据是动态变化的，它必须根据路况的变化而定期地更新数据。主要包括路面病害、平整度、弯沉等数据。路面病害数据库：以路段为单位记录各个路段的路面破损情况，破损分类和破损程度按照相关分类执行；路面平整度数据库：以路段为单位记录各个路段平整度的测点数据及根据实测数据计算得出的累计路面平整度 BI，国际平整度指数 IRI 等数据；路面弯沉数据库：以路段为单位记录各个路段弯沉的测点数据及根据实测数据计算得出的平均弯沉、方差及代表弯沉等数据；处治历史数据库：以路段为单位记录各个路段的修建及治理数据；宏观数据库：以年度为单位记录本省或本地区各个年度的宏观经济数据及公路里程数据；综合数据库：主要包括各个路段的原始实测数据和利用原始数据计算出的各种评价指标(PCI、IRI、RQI、SSI 等)两个层次。

空间数据库。空间数据是用来确定图形的位置，即反映空间坐标位置的数据。主要包括描述空间位置和拓扑关系两方面的数据。

空间位置：即在某个已知坐标系中的位置。主要用于标识地理实体在地球表面或包含某个区域的地图的空间位置，目前存在于众多坐标系中，最常用的有经纬度、平面直角坐标系和极坐标等。

拓扑关系：即实体间的空间相关性。拓扑，是一种确定空间特征及其相互关系的数学方法，即点、线、面、网等实体之间的空间联系，包括多边形面积、弧段的连通性、弧段的方向、弧段的长度和多边形的邻接性等。空间拓扑关系对于地理空间数据的编码、录入、存储、管理、查询和模型分析都有重要的意义，是地理信息系统中空间分析的基础和特色^[14]。

属性数据与空间数据的连接。空间数据与属性数据的关系可以通过空间数据和属性数据的关键字如路线代码相关联，但同一路段有多重属性，同一种属性

在路段上也不尽相同，无法直接将属性表示的路段反映到图上，数字化过程中无法确定属性表的分段，为了使空间数据不出现数据冗余，必须实现大地坐标与里程桩定位相互转换，应用动态分段技术，实现图形与属性数据的双向查询和图文显示功能。

5 结论

路面管理系统是为适应公路养护管理要求而发展起来的现代管理技术，它改变了传统落后的公路管理模式。路面管理系统经历了近 50 年的发展，变得日趋成熟和完善。随着计算机网络技术、多媒体技术、自动识别与检测技术、GIS 等新技术的不断涌现和使用，路面管理系统面临着新的发展机遇，同时也面临着许多新的挑战。计算机技术和人工智能技术的发展，使得路面管理过程中的路面状况评价更加合理，路面性能的预测更加准确、可靠，大规模复杂路网的管理策略优化成为可能，大大提高管养部门的工作效率，缩短决策的周期，提高决策的准确性。总之，新技术的应用、理论的改善、管理体制的变革将是路面管理未来的发展趋势。

References (参考文献)

- [1] 潘永利. 路面管理系统原理[M]. 北京: 人民交通出版社, 1998.
- [2] 郑渊, 郑健龙, 周志刚, 等. 基于 GIS 的高速公路养护管理系统设计[J]. 公路与汽运, 2004(3): 62—64.
- [3] Inmon W H. The data warehouse and data mining[J]. Communications of the ACM, 1996, 39(1 1): 49—50.
- [4] 程亮, 龚健雅, 梁新政, 等. 基于 GIS 的高速公路养护决策支持系统研究与实现[J]. 测绘通报, 2007(6): 69—72.
- [5] 张健挺, 万庆. 地理信息系统集成平台框架结构研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(1): 77—83.
- [6] 石子石, 黄卫, 吉祖勤. 路面养护管理系统软件结构及功能设计[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2001, 31(3): 48—52.
- [7] 蒙映, 林文介. 基于 GIS 的高速公路管理信息系统建立方案的探讨[J]. 地矿测绘, 2007, 23(2): 18—21.
- [8] 李晔, 姚祖康. 基于地理信息系统的公路设施空间数据库概念模型[J]. 中国公路学报, 2000, 13(3): 9-11.
- [9] 姚祖康. 路面管理系统[M]. 北京: 人民交通出版社, 1993 (1): 1-2.
- [10] 资建民. 路面管理和管理系统[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2003 (1): 1.
- [11] 喻翔. 高速公路路面养护管理系统决策优化的研究[D]. 西南交通大学, 2005.
- [12] 谢峰. 基于 GIS 的高速公路路面管理智能决策模型研究[D]. 西南交通大学, 2012.
- [13] 李秋实. 基于 GIS 公路养护管理系统的研究[D]. 东北林业大学, 2013.