

The Development and Trend of Highway Pavement Management System

Ruoyu Tang

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, China

Abstract: In recent years, highway construction in China has been unprecedented development, the total mileage ranked first in the world. A large number of completed expressways have brought great convenience for people to travel, but also played a great role in promoting economic development. However, due to the short history of highway construction in China, pavement management technology is not mature, has not formed, management experience is not rich. Therefore, under the coupling of driving load and natural environment, a large number of diseases appear on the expressway, which weakens the service capacity of the expressway and reduces the service life of the expressway. So that the highway should not give full play to the social and economic benefits. Therefore, highway needs timely and proper maintenance management and active preventive maintenance, which can greatly prolong the life of expressway. In this paper, the research background and function of expressway pavement management system are introduced, the discovery of expressway pavement management system at home and abroad is summarized, and the existing problems and future development trend are analyzed.

Keywords: Expressway pavement management system; Development background; Existing problems; Development trend

高速公路路面管理系统的发展状况及趋势

唐若宇

重庆交通大学土木工程学院, 重庆, 400074

摘要: 近年来, 我国高速公路的建设得到了前所未有的发展, 总里程上位居世界第一。大量已建设完成高速公路为人们的出行带来极大方便的同时也对经济发展起到极大的推动作用。但由于我国高速公路的建设历程较短, 因而路面管理技术不成熟, 没有形成, 管理经验也不丰富。因而, 高速公路在行车荷载以及自然环境耦合作用下, 出现了大量的病害, 弱化了高速公路的服务能力, 减少了高速公路的服役年限, 使得高速公路应有的社会经济效益没有得到充分的发挥。因此, 高速公路需要进行及时得当的养护管理, 积极进行预防性养护作业, 可大幅度延长高速公路寿命。本文在介绍高速公路路面管理系统的研究背景及作用的同时, 对高速公路路面管理系统的国内外发现状进行了综述, 分析了其当前存在问题以及未来的发展趋势。

关键词: 高速公路路面管理系统; 发展背景; 存在问题; 发展趋势

1 引言

高速公路是西方发达国家在 20 世纪 30 年代开始建设的, 当时只是为了供汽车高速行驶。当时建设的高速公路要求可以承担汽车高速行驶的荷载, 汽车出入口受控的多车道公路。

我国的高速公路的规划起源于 20 世纪 70 年代, 在 1988 年建成通车我国第一条高速公路-沪嘉高速公路, 实现了国内高速公路建设条数为零的突破。为了加快国内经济的发展, 我国的道路工作专家组提出加快高速公路建设速度的提议。虽然我国高速公路建设

起步较晚, 但经过我国大量道路工作者的刻苦攻关与辛勤实践, 我国的高速公路建设水平已经可以与发达国家比肩。交通部(现已更名为交通运输部)公开了《国家高速公路规划网》, 拟采用局部放射整体网格的布局方式, 即由发达中心城市向外放射, 连接东西、贯通南北的大通道。主要由首都北京放射出的 7 条首都放射线、9 条南北纵向线以及 18 条东西横向线等组成, 简称“7018 网”, 整个路网规模达 8.5 公里。

近年来, 我国的经济、社会有得到了前所未有的

发展，为高速公路等基础建设的发展带来了契机，我国高速公路路网的完善程度也日益提高。截止到 2017 年年底，我国的高速公路总里程已突破 13 万公里，随之而来的就是高速公路路面的养护和管理。人们的出行依赖高速公路，同时也对高速公路路面的质量也提出更高的要求，不仅要求高速公路路面安全性、舒适性较好，同时对其使用寿命提出了更高的要求。这就对高速公路的路面管理提出了更高的要求，对高速公路路面要有一个高效且成熟的管理系统，对高速公路路面的状况可以很好的进行评估，提供准确的路面养护决策依据。

在 20 世纪 90 年代，我国的高速公路管理部门缺少对已建设完成的高速公路路面的检测、评价和养护。主要通过该高速公路主管的经验评价和专家分析来提出相应的养护决策，缺少定量分析以及科学决策。因此导致最终做出的养护决策存在较大的失误，由于经验的限制以及未对高速公路路面进行准确评定，使得养护决策和方案不尽完美，甚至导致资源的大量浪费，不仅影响高速公路路面的使用寿命，而且导致养护费用的提高。为了摆脱这种落后而且不合理的高速公路管理模式，实现高速公路管理现代化、规模化、高速化，交通运输部在进行长期大量研究攻关的基础上，实施了“七五”-“九五”联合攻关计划，是吸纳了我国的高速公路路面管理系统的初步建立。

2 高速公路路面管理系统发展现状

2.1 国外高速公路路面管理系统发展现状

美国州公路与运输协会（AASHTO）于 1996 年通过颁布了全国性的合作研究技术（NCHRP），掀起了高速公路路面领域研究的高潮，旨在实现高速公路路面研究领域的实质性突破，以改善高速公路路面的设计理论。在研究中，首次将系统分析引入高速公路路面设计中，确立了路面设计系统的最初概念。许多专家学者致力于将系统分析以及运筹学引入高速公路路面设计，建立完备的高速公路路面设计系统，经过发展和改进，逐渐扩展为高速公路路面管理系统。

路面管理技术的准确概念可以追溯到 20 世纪 70 年代的北美州，美国在经过大规模的高速公路路面建设以后，面临大量的高速公路路面养护管理工作。为了全面分析了解高速公路路面的使用状况，使得高速公路路面养护管理资金实现最大化利用，美国高速公

路路面管理和养护工作者先后发明了路面状况评价设备，并建立了相应的数据库系统，颁布了相应的高速公路路面使用状况评价标准，建立了高速公路路面养护决策模型，这种以计算机为基础工具的高速公路路面管理技术就是现代高速公路路面管理系统的雏形。

在 20 世纪 80 年代以后，高速公路路面管理的方法和技术先后在美国、加拿大、澳大利亚、日本以及欧洲等国家和地区得到了广泛的推广和应用[1]，影响力最大的是加拿大研究开发的高速公路路面信息及需求系统（PINS），具有信息改建、顺序优化功能的系统 RIPPS、英国道路信息研究所的（TRRL）的高速公路路面养护和评价系统 CHART[2]。

当前，高速公路路面管理系统在美国、加拿大、澳大利亚、日本以及欧洲等国家和地区得到了广泛的使用，部分非洲、南美洲等发展中国家在世界银行、国际道路协会的联合资助下，也基本建立并实施了高速公路路面管理系统。

美国是世界上最早进行高速公路路面管理和养护的国家之一。在 20 世纪 70 年代，由于美国公民对交通出行需求呈现剧烈式增长，而美国政府对高速公路路面管理和养护投入的资金有限，因而高速公路路面管理和养护工作者产生了对高速公路路面管理与养护项目化的需求。

20 世纪 80 年代，美国先后实施了“联邦公路路产及使用性能研究”（NHIP5）以及“高速公路使用性能监测系统研究”（HPMS）[4-5]。20 世纪 90 年代，美国又实施了“公路经济需求系统”（HERS）的研究[6]，自 1993 年起，高速公路路面管理系统成为美国道路工作机构申请联邦政府资助的唯一依据。

此外，美国在开始于 1987 年的美国战略公路研究计划（SHRP），美国联邦公路局（FHWA）以及美国国家研究院（NRC）将 Long Term Pavement Performance（路面长期性能 LTPP）作为一项研究时间长达 20 年的高速公路研究项目[7]，其最终的目标是建立成熟的理论，大幅度提升高速公路路面路用性能和服役年限，在不增加高速公路路面管理与养护资金的前提下实现高速公路更好的为交通运输服务[8][9]。这一项目持续到 2008 年才完成，到目前为止，世界上 20 多个国家和地区加入了 LTPP 的国际合作计划。

20 世纪 90 年代中期，美国德克萨斯大学在广泛调查以及充分研究的基础上，开发了适用于中小城市

的“城镇道路路面管理系统”(URMS)[10],它是一种专门为美国的中小城镇设计研发的综合型PMS,可以同时实现网级和项目级两种项目管理,为相关的公路管理技术人员提供准确的养护决策支持。

加拿大通过实施“加拿大道路数据项目”[11]“加拿大联邦技术调查公司”提出实现科学管理高速公路路面管理的思路,并开发出一系列完整的符合加拿大使用的高速公路路面管理系统。到了20世纪80年代,加拿大道路养护与管理科技工作者研制的自动化道路分析仪(ARAN),是当时世界上最先进的高速公路路面使用状况数据采集仪器。

英国的WDH公司开发出一种可以实现高速公路路网状况的准确分析、快速评价的高速公路路面管理系统软件,而且依靠这个软件可以实现高速公路路面养护与管理预算分析以及养护与管理方案的分析制定,还可以利用网络工作[12]。

此外,国外已经研制开发了许多高速公路路面管理与养护专家系统[13]。例如,Ritchie等研制的用于分析和设计路面修复策略的路况专家系统SCEPTRE;加拿大安大略省交通运输部的专为寒冷地区沥青路面确定是否应该进行路面养护的决策专家系统ROSE(Routing and Sealing Expert System);Jogo等设计主要是根据多个路况评价指标和决策建立起来的柔性路面养护专家系统PAMEX;法国研发出的用于诊断路面病害,提供路面修复措施的多种选择知识库专家系统ERASME等。

总结国外高速公路路面管理系统的特点如下[14]:

路面测试技术日益先进,已将数字图形处理技术和数字图形信息采集技术应用于公路路面管理中,并通过智能型路面分析系统对路面的结构破损和功能破损作出准确定量的评估,从而为科学的公路路面养护决策提供可靠的依据。

路况数据库日趋完善,实用化程度高。

以世界银行制定的公路设计和养护标准模型以及近年完成的国际合作研究为代表,路面管理系统的各种模型功能齐全,各种预测技术、决策技术、专家系统等广泛应用于路面管理系统。

路面管理系统软件数量繁多,实现了商品化,众多高新技术得到应用。

随着计算机信息技术和互联网技术的高速发展,为路面管理系统提供了广阔的发展空间。

2.2 国内高速公路路面管理系统发展现状

我国的高速公路路面管理系统的研究起步比较晚,从开始引进国外的路面管理系统到自主研发,我国的高速公路路面管理系统取得了长足的发展。我国从1984年先后引进了BSM路面评价系统(英国)、FPMS路面管理系统(芬兰)和III公路投资效益分析模型(世界银行)。

我国从1984年开始陆续引进了英国的BSM路面评价系统,芬兰FPMS路面管理系统及世界HDM-3公路投资效益分析模型[15]。在“七五”计划期间,引进和消化了以上等管理系统,通过国家重点攻关项目“干线公路路面评价养护系统成套技术”的研究,建立了我国的干线公路路面评价养护系统即路面管理系统CPMS(China pavement management system)[16]。CPMS是包括硬件设备和计算机软件系统的技术实体,它包括路面数据库和为数据库提供原始数据的数据采集设备、数据处理系统、网级系统(用于了解路网质量、长期路面性能、长期养护资金需求及战略养护标准和方案)和项目级系统(用于养护工程项目设计及经验分析)[17]。CPMS是一个复杂的决策系统,它涉及了道路工程、工程经济、系统工程及计算机技术,是公路养护工程师路网评价、路况性能状况分析、养护资金需求及养护资金优先分配的辅助决策工具。现已经在全国广泛推广应用,北京、山东、江西、河南、广东、河北等省市的公路有关部门相继建立了省市级或地区级沥青路面管理系统,主要用于公路技术状况评定、路面养护需求分析、养护投资效益分析、公路养护规划编制、年度养护计划制定等[18]。以后随着我国路网建设的逐步完善,在路面管理系统方面所面临的挑战也将日益增加,但与此同时,相关方面的研究和应用也将取得更为卓越的进展和成绩,在未来更好地服务于建设单位,群众,社会和国家。

3 高速公路路面管理系统存在问题

虽然现如今的路面管理系统已经发展的较为成熟,国外与国内研究也较为深入,国内许多省市地区也都在建立自己的路面管理系统,在应用上创造了不小的经济收益和社会价值,但仍不乏存在一些需要优化和改良的问题,需要进一步改完善和提高,主要体现在以下几个方面:

数据库方面:数据库的设计不仅要考虑到对数据

储存的准确性，还要保证其在时间方面的纵向一致性，不仅要及时更新最新的检测结果，而且也要对历史数据管理进行保存和处理，如果只有新的数据输入，而没有备份的话，则不满足路网状况的实际情况，会对最终的决策产生一定影响，甚至失误。利用计算机区域划分功能，可以将历史数据库单独储存，在使用时只可读取，不可写入，这样会让历史数据库保持稳定性，不被新数据干扰，分离处治也能提高分析效率。

数据采集方面：随着各种数据采集设备被广泛应用，带来极大方便和效率的同时，其生产技术也逐渐被各制造厂商所掌握，生产出来的检测设备也不尽相同，这就带来了一个问题，不同的机器在不同的地区、不同的条件下使用，最终采集得到的数据是有很大的出入差别的，这些庞大的数据当中肯定存在着不合理或者误差较大的数据，所以如何将其中错误、无效的数据进行筛选排除，保留下真正有代表性的数据集，也是路面管理系统所重视的。因此，很多路面管理机构注意到了数据筛选的重要性，也做了很多相关方面的研究和分析，如 Virginia DOT 系统就用到了路面损坏数据的质量分析方法。另一方面，由于不同仪器的制作标准不尽相同，所以对应的评价标准也不一样，为了使得不同仪器方法测定出来的结果可以相互比较，也让路面管理系统变得更加标准化，有着统一的参照规则，需要寻找一个通用的指标，它可以让不同设备之间的数据结果有良好的相关性，能够相互转化或者相互比对，并具有时间稳定性。

模型部分：从模型的建立以及其功能上分析，路面管理系统是一个不断进步发展的过程，最先的 PMS 由换打吧的数据库系统构成，其组成和功能都很简单。之后的路面管理系统增加了路面使用性能评价、使用性能预测和决策子系统，在这时候，系统的决策方法既有经验性的，比如路面决策选择时的决策树和项目确定时的简单排序法，也有一些数学规划方法。尽管这种系统在一定程度上可以满足管理者目前的需求，包括编制年度计划或者中长期计划，但依旧存在很多不足之处，比如：

系统模型缺乏分析对比的功能，不能很好地代替管理人员采取决策。目前比较好的解决办法是基于地理信息系统（GIS）的路面管理系统。

现今路面管理系统都是根据各个国家、地区、省市、部门的不同情况所建立的，是为了解决本地

的具体问题，所以有较强的针对性，很难在较广泛的范围内普遍使用，另外也由于各个地方部门的管理方法和政策的不同，路面管理系统也会有着差异性。比如受当地经济发展的局限性，某个参数的取值可能与其他地区不同，这也会带来许多问题。

模型体系的输出结果有限，但是随着社会和经济的发展，决策者对于输出结果的要求也越来越高，不仅局限于当前的养护管理对策，也对以后的投资政策、道路设计的合理性十分关注，但现有系统无法提供另方面的有效信息。

决策和评价的知识系统和评价过程分界线不清楚，很难跟随时代和规范的更新换代而升级系统模型，无法保证最终决策的合理性。

4 高速公路路面管理系统发展趋势

GIS 是地理信息系统的简称，具体是指在计算机系统的支持下，对全球地理信息进行数据化处理储存的高技术系统。它既可以将数量庞大的地理信息进行数据化采集和储存，而且也能通过计算机实现对储存数据的分析计算处理，从而让操作者掌握各种不同的地理环境条件。GIS 的特点是定位准确且快速、分析精度高、误差较低、可以有效提高工作效率。建立在 GIS 之上的路面管理系统是由模块相连接的，不同模块之间相互交流数据信息，不断反馈给系统，维持系统的有效运行，但是在不同的系统之间，相同模块发挥的作用和功能也有不同。我国高速公路路面管理系统的发展可以从以下几个方面进行：

优化基础数据检测高速公路路面管理系统养护决策的首要前提就是对基础数据的精准检测，根据发达国家这方面的研究以及发展趋势，加入能够实现基础数据精准检测，就可以实现高速公路路面状况的准去评价，进一步完善分析模型，会大大提高高速公路路面管理系统的现代化水平，使得养护管理投资效益最大化，进而建立高速公路路面管理系统的新体系和新方法。

WebGIS 的应用基于 WebGIS 的高速公路路面管理系统具有很多有事，是实现高速公路路面管理系统现代化的基础。目前，高速公路路面管理系统 WebGIS 的处于起步阶段，其推广和应用也会提高高速公路路面管理系统的水平。

目前，国内对约束离散多目标 PSO 算法的研究工作还比较深入，当还未见其用于高速公路路面管理

系统的报到。因此，将多目标 PSO 算法应用到高速公路路面管理系统中将会大大提高高速公路路面管理系统决策的智能化水平。

5 结论

本文基于高速公路路面管理系统，探讨了其研究背景，对国内外高速公路路面管理系统的研究现状进行了综述，在此前提下，讨论了我国当前高速公路路面管理系统的存在问题，同时对我国的高速公路路面管理系统发展趋势进行了分析，可得结论如下：

国外高速公路路面管理系统发展起步较早，发展迅速，成果丰富，成果的应用广泛。

国内高速公路路面管理系统发展起步较晚，但经过道路工作者的联合攻关，也取得了长足的发展，与世界发达国家的高速公路路面管理系统水平相差不多。

我国的高速公路路面管理系统的研究可以从优化基础数据检测、WebGIS 应用，多目标 PSO 算法等方面进行

References (参考文献)

- [1] Yuli Pan. Principle of pavement management system. Beijing: peopleundefineds Communications Press. 1998.
潘玉利.路面管理系统原理.北京:人民交通出版社.1998.
- [2] Wei Huang. Application Technology of Expressway Database. Beijing: science Press. 2002.
黄卫.高速公路数据库应用技术.北京:科学出版社.2002.
- [3] Yitong Chen. Introduction and Development of pavement Management system. Science and Technology Information. 2006, 04, 56- 58.
陈一统.路面管理系统介绍及其发展.科技资讯,2006,04,56-58.
- [4] U.S. Department of Transportation, et al. Highway Performance Monitoring System Analytical Processz. 1986,1, 2.
- [5] U.S. Department of Transportation, et al. Highway Performance Monitoring System Field Manual for the Count inning Analytical and statistical Data Base. 1984.
- [6] Mc Elory R. The highway Economic Requirement Sys-tem. An Introduction to HERS PUBLIC ROADS. 1992.
- [7] Dali Hao. Evaluation and Analysis of pavement performance. Ph. D. thesis. Changan University. 2000.
郝大力.路面性能的评价与分析研究.长安大学博士论文.2000年.
- [8] Hadley W.O. SHRP-LTPP overview. Five-Year Report. 1994, 416.
- [9] Hadley W.O. SHRP-LTPP general pavement studies. Five-Year Report. 1994, 387
- [10] Farrukh Sohail and Hudson W.R. Network-level Implementation of URMS. A Graphical Urban Management System. 1996.
- [11] JinYi Chai. The New Technology of pavement Management in Canada. Inner Mongolia Highway and Transportation. 1996, 13-16.
柴金义.加拿大的路面管理新技术.内蒙古公路与运输.1996,13-16.
- [12] China Transportation online. <http://www.chniatransonline.com> .
中国交通在线. <http://www.chniatransonline.com>.
- [13] Hamid Aougab, Charles W. Schwarz and James A. Wenworth. 路面养护管理专家系统.山西交通科技.2006,46-45.
- [14] Jianjun Yan. Analysis and Design of pavement Management system Tian. Ph. D. thesis of Tongji University. 1994.
殷建军.路面管理系统的分析与设计田.同济大学博士论文.1994.
- [15] Wtanatada. T et al. The Highway design and Main-tenance standards model. DM-III Series the World Bank. 1987.
- [16] Zhuangli Bian. Application of GIS in Highway Design. Research Institute of Highway Science. Ministry of Communications, Beijing. 2000.
边庄力. GIS 在公路设计中的应用报告.北京,交通部公路科学研究所.2000.
- [17] Weiguo Su. Study on preventive maintenance mode and applied technology of pavement. South China University of Technology. 2007.
苏卫国.路面预防性养护模式及应用技术研究.华南理工大学.2007.
- [18] Hui Xiong, Qixin Shi, Xianbang Pan. Research Progress and trend of Road Surface Management Theory and method. Journal of Civil Engineering. 2004, 1.
熊辉,史其信,潘先榜.路面管理理论与方法的研究进展及趋势.土木工程学报.2004,1.