

Summary of Research on Highway Asphalt Pavement Maintenance Management System

Yuandong Jing

School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400041, China

Abstract: With the rapid development of China's economy and the improvement of people's material living standards, transportation has become more and more popular. In order to meet the country's growing demand for transportation, China has built a large number of expressways and is growing at an alarming rate every year. However, the construction cost of expressways is relatively high, and the frequency of use of expressways is also increasing year by year. Therefore, it is necessary to pay attention to the maintenance of expressways, prevent or delay the damage of highway pavements, and ensure the safe travel of citizens. In order to make the life of the road longer and increase the long-term benefit of the road, this paper will discuss the current situation of the highway asphalt pavement maintenance management system, and propose an effective improvement method to improve its pavement maintenance management system.

Keywords: Highway; Asphalt pavement; Pavement management system

高速公路沥青路面养护管理系统研究综述

景远东

重庆交通大学土木工程学院, 重庆, 400041

摘要: 随着我国的经济快速发展, 人民物质生活水平的提高, 交通工具也越来越普及。为了满足国民日益增长的交通出行需求, 我国建设了大量的高速公路, 并且每年都在以惊人的速度增长。但是高速公路的建设费用较高, 并且对于高速公路的使用频率也在逐年增高, 因此需要关注高速公路的养护, 防治或延缓高速公路路面损坏, 保障国民的安全出行。为使道路的使用寿命更长, 增加道路的长久效益, 本文将对高速公路沥青路面养护管理系统的现状进行探讨, 并提出有效地改进方法, 以此完善其路面养护管理系统。

关键词: 高速公路; 沥青路面; 路面管理系统

1 引言

随着中国综合国力的日益提升, 公路建设发展迅速, 尤其是在高速公路的建设上取得了突破性进展。截至2018年末, 高速公路里程已经突破14万 km, 高居世界第一。

面对如此众多的高速公路, 如何有效地维护和管理它们值得相关部门认真考虑。高速公路建成后, 为保持良好的业绩和确保国家的投资效益最大化, 必须在高速公路上采取非常全面的维护措施。因此, 随着开通时间的延长, 高速公路的养护和维修也逐渐受到重视。

为了提升中国公路养护管理技术和方法, 需要运用现代技术手段改造传统管理模式, 综合考虑维护质量和经济效益, 科学有效地调整和控制各种维护工作

和修理。而交通部推广的道路管理系统主要适用于一般主干道路。因此, 有必要根据高速公路的条件进行调查评估, 结合道路状况, 建立高速公路养护管理体系并将其应用于辅助决策管理。

2 相关研究现状

2.1 国外研究现状

路面管理技术始于20世纪70年代的北美, 随后在欧美、日本等国的得到广泛运用, 发展至今已经开发出了多种针对不同路面的比较完善的养护管理专家系统。

总的来说, 整个国外公路养护管理体系的发展分为个阶段[2]:

首先是建立路面使用数据库信息存储管理系统;

其次, 建立了公路路面养护管理体系的组织形

式:

最后是根据实际项目对现有体系进一步优化和完善。在经历了三代道路管理系统的研究之后,国外路面管理系统现在在爆破过程中考虑更多用户的实际参数:分析道路的设计寿命和使用寿命、保护基金的预算金额、保存决策的参数。

综上所述,国外公路系统的特点如下:

公路路面养护管理系统发展成熟,可靠性较高。一是衡量道路性能主要指标的测试设备和指标已经非常成熟。其次,将数字图像采集与处理技术应用于高速公路路面养护管理系统的计算机技术,通过智能路面分析系统对公路路面结构与功能破坏形式进行可视化和直观化,并进行定量评估。

道路条件实用,准确,共享。随着公路路面数据库的不断完善和更新,道路条件“三变”的程度越来越高。

高速公路路面养护管理系统仍然在不断的发展和更新。目前,计算机应用技术、软件平台和互联网技术的普及促进了管理系统的发展。

2.2 国内研究现状

我国对高速公路路面管理系统的研究始于1984年,较国外起步较晚,并且发展较为缓慢。

目前,我国公路管理的主要手段是运营管理和维护管理。由于中国的地理位置,地形和气候条件的复杂性,现在有二十多种高速公路路面养护管理系统。由于这些特点,中国的一些省市和地区采用了适合该地区的特点。但由于缺乏与实际数据相对应的养护计划,在公路路面养护管理系统中还存在一些缺陷。主要包括以下几个方面[3]

养护部门的管理体制比较落后,习惯于传统养护、管理模式

养护管理部门人员专业素质有待提高;

养护的标准太高,受到养护资金的限制;

与发达国家相比,一些新的路面管理技术和方法仍相对落后。

3 高速公路养护管理系统

对于高速公路沥青路面的养护需要考虑道路使用状况、路面现状及对于未来一段时间的预测来进行综合评判并确定出最佳的养护方案。

3.1 高速公路路面使用性能的特点

高速公路上的车流量大,速度快。为了保证全天候交通的安全,顺畅和高效运行,有必要对公路路面性能提出更高的要求,道路管理人员和维护工程师必须提高相应的专业素质。各管理部门要收集到的相应路面数据就是平坦度,路面破损,偏转和摆动值或侧向力系数。在道路表面受损的情况下,由于高速公路道路的特点,车辙、裂缝和修复损坏被认为是造成路面损坏的主要因素。

3.2 高速公路沥青路面综合评价指标

在目前中国高速公路中应用较为广泛的是半刚性基层沥青混凝土路面。随着车速和车辆流量的增加,路面的适用性急剧下降,服务水平下降,多路段的路面急需维护和保养。考虑到高速公路路面的性能有别于普通路面,在开发高速公路沥青路面养护管理系统的过程中,要研究能够适应高速公路路面特性的综合评价指标及相应的维护和修理措施。

《高速公路沥青路面养护技术规范》从强度、损伤、平整度和防滑性能等方面评价路面性能[1]。并且根据SSI,PCI,RQI和BPN四个指标选择养护措施。在运用上述四项单项指标选择保护策略时,现行法规也有对公路路面养护质量标准 and 养护措施作了专门规定。

另外,综合考虑四个指标,提出了综合评价指数PQI,这是四个单项指标SSI,PCI,RQI和BPN的加权总和。但PQI任务仍然很难客观地反映高速公路路面特点,此外,SSI、PCI、RQI和BPN分配是人为给定的分数,而不是每个级别的分数间隔。因此,PQI缺乏客观性,无法直接应用于公路养护决策

4 路面使用性能预测

要建立路面使用性能预测模型就需要对影响路面性能变化的因素进行分析。而路面使用性能影响因素的主要包括路面类型、环境因素、道路使用寿命、交通量、施工质量和维护水平等[9]。

4.1 路面性能影响因素

4.1.1 道路类型

路面类型包括表面类型,路面厚度、路面材料性能、基础类型和基础厚度。一般而言,根据面层类型和厚度、基层的类型和厚度、材料特性等各种维护管理系统进行分类,并分别建立一个预测模型。在工程系统中,需要对路面结构进行分析。因此,每个结构层的模量和厚度通常被用作性能的影响变量。在网络层

系统中,不需要进行结构分析,并且可以考虑不同材料和厚度对路面类型的影响。只要交通状况检测数据足够充分,就可以建立每个变换策略的性能预测模型,以反映路面结构差异的影响。

4.1.2 环境因素

环境因素主要是指温度和湿度。温度是沥青路面温度裂缝和车辙的主要原因之一。如果冬季温度较低,沥青路面通常会出现低温开裂。在较温暖的地区,如果沥青是用硬沥青表面硬化或硬化,会发生温度疲劳裂纹。

湿度的影响实际上是水分对路基和路面的影响。由于路基的承载能力降低,路面趋于恶化。如果同时发生冰冻和潮湿,情况将变得更加严重。冻融循环很容易在道路上引起冻胀和结霜。另外,经常与水接触会导致沥青混合物脱落并影响沥青混合料的耐久性。

4.1.3 路龄

路龄定义为道路新建,重建或最后一次大修或中修的时间。路面损坏状况和路面结构的承载能力与路龄有很大关系。道路表面完成后,随着道路使用年限增加,路面挠度增加,整体刚度下降,发生疲劳失效。此外,在这个过程中,路面材料逐渐恶化。一般来说,确定性预测模型和概念预测模型将道路年龄作为一个重要指标。

4.1.4 交通量和轴重

交通荷载是降低路面结构性能及路面破坏的重要因素。在相同条件下,标准轴载等效轴越大,路况越恶

劣。

随着中国高速公路的发展,重型车辆对路面的破坏越来越受到重视。根据"公路沥青路面设计轴载(JTJ014-97)"的换算公式,15吨车辆对路面的影响相当于38吨5吨车辆对路面的影响。因此,严格管理高速公路上的重型车辆,对保持路面使用性能具有重要意义。

4.1.5 施工质量和维护水平

路面性能的劣化与施工质量密切相关,特别是在路面完工初期。施工质量与施工工艺、施工队伍的技术水平、设备等多方面因素有关。这些因素中的大多数难以量化,但它们是区域聚集的。因此,一个较好的方法是建立一个区域的道路使用性能预测模型,以反映施工质量的影响。

在使用过程中对路面的保养可以不同程度地延缓路面性能的衰退。不同的保护水平对路面性能衰退的延迟有不同的影响。

4.2 路面使用性能预测模型开发内容

在确定道路网络中每个路段的维护需求年份时,有必要预测道路性能的变化。另外,还可以预测绩效指标中一些重要内容的变化率。为了评估维修需求,可以预测路面损坏的裂缝。图1显示了如何使用预测来评估现有路段的道路性能下降情况,并估算维护需求年份。它还显示了维护需求年中各种维护方案对道路性能的影响。

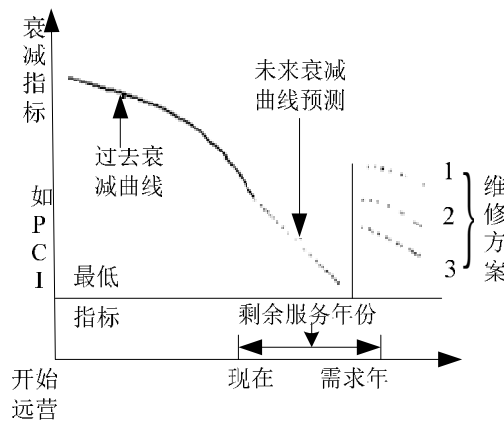


Figure 1. Prediction curve of road performance decay
图 1. 路面使用性能衰减预测曲线

4.3 路面使用性能预测模型概述

路面性能预测模型有确定型预测模型和概率型预测模型两大类。确定型模型是根据已有的条件,对路况性能预估出一个确定的数值,包括基本反应模型、结构性能模型、功能性能模型。概率模型估计各种指标的状态分布,充分考虑路面性能发展的随机性,得到给定时间路面性能概率分布的预测状况,包括残存曲线模型、马尔可夫预测模型、半马尔可夫预测模型和贝叶斯预测模型。

国内外学者在建立路面性能模型方面做了大量的工作,确定了各种建立模型的方法。按影响因素及预测机理分为三类:

经验型模型: 利用数学中的多元回归方法对实测数据进行回归;

力学模型: 基于理论分析,从实验室试验中得到方程和系数;

力学—经验型模型: 在建立力学模型的基础上,利用实测数据来确定相关模型系数[17]。

4.3.1 确定型模型

确定型模型建模的方法主要有力学法、经验(回归)分析法和力学—经验法三种。力学法是利用物理力学模型,通过结构分析得到路面在荷载作用下的物理反应参数。这种理论较为成熟,但计算量大,并且

只能建立路面的基本反应模型,所以很少实际运用。经验方法是为以预测使用性能随路龄、交通量、路面结构等变量的变化利用多元回归分析技术建立回归方程的方法。这类模型避免了复杂的结构分析,因此,操作简单,易于更新。力学经验法由以上两部分组成,是在力学法的基础上,再建立路面反应与使用性能参数衰变速率之间的经验关系。因而这类模型结构复杂,计算量大,通常适用于项目级管理系统。

4.3.2 概率型预测模型

概率预测性模型就是加入概率的分布方式来确定在一定区段内路面使用性能变化的概率,而引起这种变化的原因是荷载的作用、材料性能的差异和温度的升降。这种概率分布方式是以一定数据为基础用概率论的知识进行统筹从而预测出模型,从而更贴近于实际路面。

马尔可夫过程的概率模型是目前应用的较多且较为完善的模型,它汲取了概率分布的优点,在实际采集的数据较少也可以使用。相比确定型模型而言,其表达了路面性能发展的不确定性,在结合实际工程经验建立模型后的准确性相对较高,并且此模型可以在路面使用寿命的任意时段都可预测,较为方便。但其缺点在于路面性能从一个状态到另一个状态的所得的转移矩阵直观性很差。具体建模步骤见下图

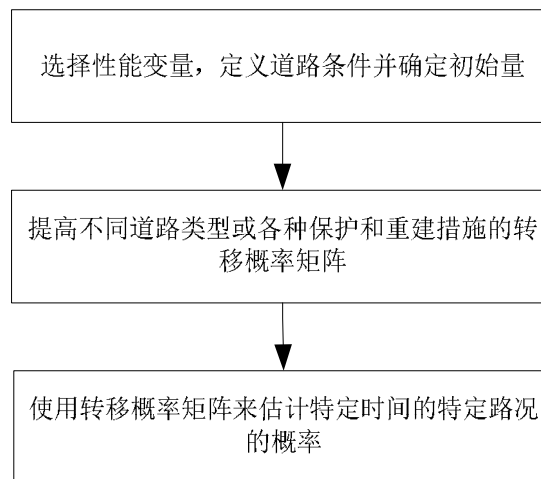


Figure 2. Markov process modeling steps
图 2. 马尔可夫过程建模的步骤

4.4 路面性能预测模型的局限性和模型的发展

每一种建立性能预测模型的方法,都相应的具有一定的局限性。因此,模型的使用具有一定的范围,超出其使用的时间和空间,模型将失去其意义。因此,要建立一个有效的预测模型并将其正确应用,首先要了解各种模型的特点和适用范围。

力学和经验力学模型的理论基础相对成熟,可以在不同程度上反映路面性能变化的本质。因此,它们外推性能好、估计精度高,适合于项目级管理,但计算复杂,工作量大。

经验回归模型是对现有数据的进行最佳拟合。确保准确地描述性能变化规律。作为一种基本原理,模型形式的选择首先是基于能否满足边界条件或反映路面性能变化所控制的物理性质。如果有多种类型的模型能够满足这些条件,我们可以依靠统计分析来对最优模型作出对比选择。

另外,由于实际情况极难完全反映,所建立的模型容易出现一些偏差或错误。例如,模型中的一些变量对性能预测的影响程度比实际影响程度更大或更小。时间和流量等变量是相关的,但它们通常被视为独立变量并存储在模型中。另外,经验模型难以充分反映性能随时间推移的变化,如本季度结构层模量的变化。由此我们可以看到,经验模型不能保证可靠的预测,除非它能够满足所有物理和数学边界条件和广泛的数据库。通常,经验模型适用于不要求高精度的网络级管理系统。

马尔可夫模型对历史数据依托程度较低,可以凭借维修工程师的经验对路面性能的衰减趋势作出预测。当路面数据充足时,转换概率矩阵可以再次被修正。然而,马尔可夫模型假定路面的未来表现只与当前道路状况有关,因此很难作出匹配。

5 结论与展望

虽然我国高速公路沥青路面管理系统以及取得了不错的进展,但高速公路养护管理系统上仍然存在很多问题,为了保障居民安全出行,高速公路管理者需要对路面养护工作引起足够的重视。首先需要建立并完善高速公路养护管理制度,既可以有效管理养护部门的工作,也可以提高高速公路的养护水平,延长高速公路的使用寿命。其次,要加大资金技术投入,为路面养护提高必需的物质保障。最后,要有效保证路面养护质量,还要注重对养护技术人员的培训,积极借鉴国外先进的道路养护经验,在提高他们的自身专业素质的同时还能够减少高速公路的维修次数和缩短维修时间。

References (参考文献)

- [1] China People's Republic of China industry standard JTJ073.2-2001, *Technical Specifications for Highway Asphalt Pavement Maintenance*. 中华人民共和国行业标准 JTJ073.2 — 2001, 《公路沥青路面养护技术规范》.
- [2] Yuli Pan. *Principles of Pavement Management System*. People's Communications Press. Beijing. 1998. 潘玉丽. 《路面管理系统原理》. 人民交通出版社. 北京. 1998年
- [3] Zukang Yao. "Pavement Management System". People's Communications Press. Beijing. 1992. 姚祖康. 《路面管理系统》. 人民交通出版社. 北京. 1992年.
- [4] Qinglin Sha. "Early Destruction and Prevention of Expressway Asphalt Pavement". People's Communications Press. Beijing. 2001. 沙庆林. 《高速公路沥青路面早期破坏现象及预防》. 人民交通出版社. 北京. 2001年.
- [5] Shibo Lou, etc. "Fuzzy Mathematical Methods and Applications". Science Press. 1983. 楼世博等. 《模糊数学方法与应用》. 科学出版社. 1983年.
- [6] YeLi et al. *Predictive Studies*. Science Press. 1983. 李业等. 《预测学》. 科学出版社. 1983年.
- [7] Tieying Li et al.. "Predictive Decision Method". Liaoning Science and Technology Press. 1988. 李铁映等. 《预测决策方法》. 辽宁科学技术出版社. 1988年.
- [8] Lijun Sun et al.. "Asphalt Pavement Structure Behavior Theory". Tongji University Press. 2003. 孙立军等. 《沥青路面结构行为理论》. 同济大学出版社. 2003年.
- [9] Zukang Yao, Lijun Sun, et al.. *Performance Evaluation of Asphalt Pavement*. Journal of Civil Engineering. August, 1989. 姚祖康、孙立军等. 《沥青路面使用性能评价》. 土木工程学报. 1989年8月.
- [10] Jianjun Yin, Xiaoming Li. "Design of Network-Level Pavement Maintenance Management System". Journal of Xi'an Highway and Transportation University. January, 2000. 殷建军、李晓明,《网级路面养护维修管理系统的设计》,西安公路交通大学学报,2000年1月.
- [11] Xiaguang Hu, Binggang Wang. "Study on Roadbed Pavement Management System of Qinghai-Tibet Highway". Journal of Chongqing Jiaotong University. June, 2002. 胡霞光、王秉纲. 《青藏公路路基路面管理系统研究》. 重庆交通学院学报. 2002年6月.
- [12] Zishi Shi, Wei Huang, Zuqin Ji. "Software Structure and Function Design of Pavement Maintenance Management System". Journal of Southeast University. May, 2001. 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》. 东南大学学报. 2001年5月.
- [13] DechengFeng, YanfeiSha, etc.. *Structural Strength Evaluation Method for Asphalt Pavement*. Highway. August, 2000 冯德成、沙延飞等. 《沥青路面结构强度评价方法》. 公路. 2000年8月.
- [14] Yin Wang, Changbin Hu. "Study on Comprehensive Evaluation Index of Expressway Asphalt Pavement Performance". Journal of Shenyang Institute of Architecture and Engineering. October, 2000. 王茵、胡昌斌. 《高速公路沥青路面使用性能综合评价指标的研究》. 沈阳建筑工程学院学报. 2000年10月.
- [15] Jianmin Zhu. "Discussion on Evaluation Methods of Expressway Asphalt Pavement Performance". Traffic Standardization. No.7, 2004. 朱建民. 《高速公路沥青路面使用性能评价方法探讨》. 交通标准化. 2004年第7期
- [16] Zhigang Li, Xuejun Deng, et al.. "Discussion on the Performance Evaluation Model of Expressway Asphalt Pavement". Highway Traffic Technology. October, 2000.

李志刚、邓学均等. 《高速公路沥青路面使用性能评价模型的探讨》. 公路交通科技. 2000年10月.

- [17] Wenxiong Huang. "Evaluation Indicators for Performance of Expressway Asphalt Pavement". Chinese and Foreign Highways.

August 2003

黄文雄. 《高速公路沥青路面使用性能评价指标》. 中外公路. 2003年8月.