

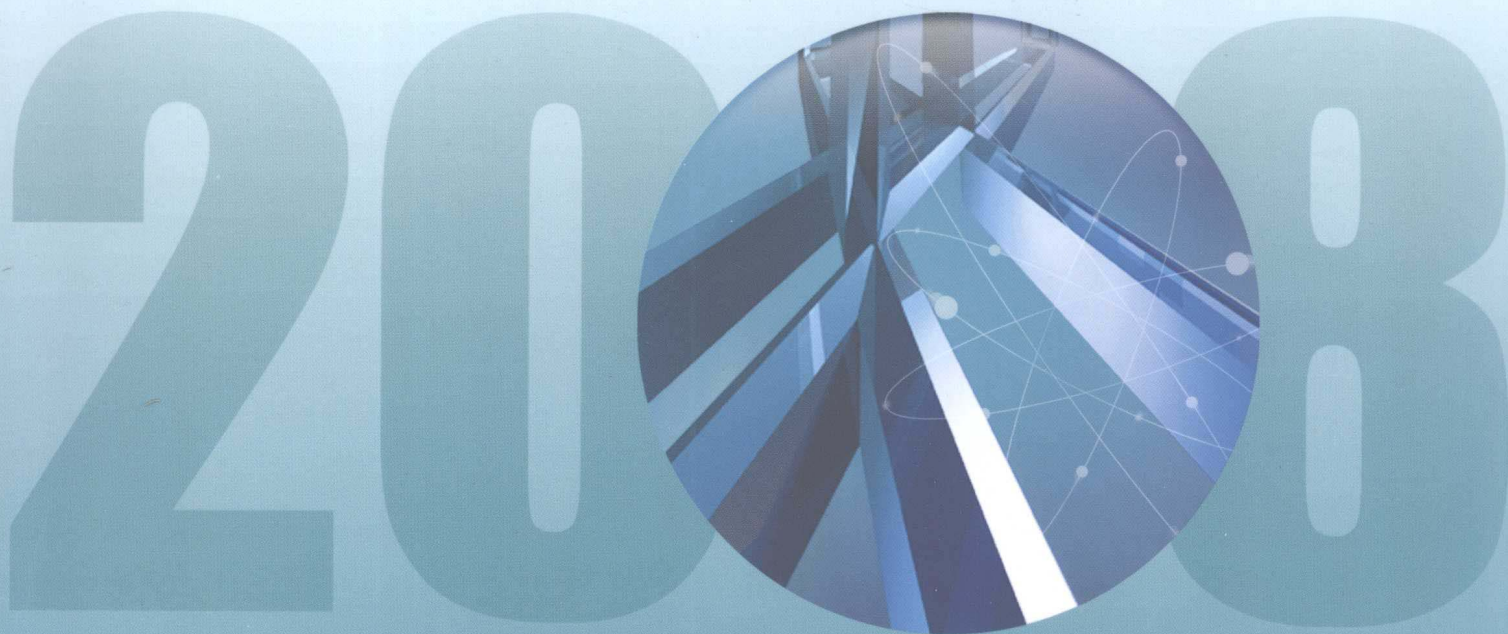
研究生科技论坛

长安大学研究生学术年会论文集
(2008年卷)

The forum of science and
technology for
graduate students

主 编 张骞文

副主编 张 侠 郑玮华



陕 西 出 版 集 团
陕 西 科 学 技 术 出 版 社

研究生科技论坛

——长安大学研究生学术年会论文集

(2008 年卷)

主 编 张骞文

副主编 张 侠 郑玮华

陕 西 出 版 集 团

陕西科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

研究生科技论坛:长安大学研究生学术年会论文集/
张骞文主编. —西安:陕西科学技术出版社,2009.4
ISBN 978-7-5369-4608-8

I. 研… II. 张… III. ①社会科学-文集②自然科学-文集 IV. Z427

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 061963 号

出 版 者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
西安北大街 147 号 邮编 710003
电话(029)87211894 传真(029)87218236
<http://www.snstp.com>

发 行 者 陕西出版集团 陕西科学技术出版社
电话(029)87212206 87260001

印 刷 长安大学雁塔印刷厂

规 格 880 mm×1230 mm 16 开本

印 张 27.5 印张

字 数 845 千字

版 次 2009 年 4 月第 1 版
2009 年 4 月第 1 次印刷

定 价 65.00 元

版权所有 翻印必究

祖国需要科学，

人类需要科学，

青年是最富创造性的科学载体，

希望寄托在你们身上！

我由衷地祝愿

有幸从事科学事业的青年朋友

经风雨 见世面

成长为担当科学重任的栋梁之材！

于佩成

2009年4月4日

于长安大学

勇 目

于 强

创 不
新 息

汤
中
主

二〇〇九、四、一

学术论文编辑委员会

主 编：张 骞 文

副主编：张 侠 郑玮华

委 员：弥 恒 樊 楠 余磊磊 郭 璇 周朝宾

鲁琛琛 白 璐 潘熙洋 朱 涛 李玲洁

彭俊威 胡 倩

目 录

预防性养护决策方法分析·····	胥 燕,李红梅,马 瑶(1)
油石比对 AC-25 沥青混合料路用性能影响规律研究·····	李红梅 胥 燕,刘文方,邱自萍(4)
京秦高速公路沥青路面渗水试验分析·····	刘 涛,雷明轩(9)
京秦高速公路沥青路面病害调查及养护效果分析·····	李荣华,刘 涛(13)
静载试验中连续斜板桥的简化计算·····	马新勇,张敬珍,张 臻(18)
高性能二灰碎石混合料设计方法研究·····	陈明哲,李 懿(23)
汶川地震道路震害调查与分析·····	潘小涛,李 帅,陈 雷,姚任行,沈志红(27)
汶川地震公路地质灾害分布规律研究·····	李 帅,陈 雷,姚任行,潘小涛,沈志红(33)
水泥混凝土路面噪声产生机理及降噪措施分析·····	孟祥龙,尹曦辉(39)
高速公路沥青路面使用性能灰色预测·····	辛红升,陈 俊(43)
MAC 改性沥青机理及其性能研究·····	边祥芹,徐利梅,潘 梦(49)
非饱和土体导水率的测定方法研究·····	孔令坤,毛雪松,侯仲杰(54)
柳林大桥抗风性能分析·····	刘立博,贾艳领,徐海波(58)
添加 Sasobit 的温拌沥青混合料最新研究及发展·····	邢向阳(62)
基于改进蚁群算法的物流配送线路选择问题的研究·····	李玲洁,舒 强(66)
带随机客户需求的车辆对补偿策略及其应用·····	李有兰,姜晓红(70)
车辆长大下坡联合制动特性模拟试验研究·····	齐园园,惠 鹏(74)
基于 AHP 决策模型的汽车检测设备优化选型·····	吴 飞,张春翠,张久然(78)
商用车制动性能模拟·····	舒 强,李玲洁(83)
基于三次指数平滑法的国内半挂车年产量预测·····	张春翠,吴 飞,王培玲(88)
浙江省汽车维修业节能减排评价及控制措施·····	姜 坤,陈秀波,李方媛(91)
汽车安全气囊系统及智能化发展综述·····	张慧慧,吴海伟(95)
电动汽车直流电动机调速系统研究·····	仇 宇,马 建(99)
车用三元催化器车载评估方法研究·····	张秀芬,朱 涛(102)
基于蚁群优化算法的旅行商问题研究·····	毛建民,王 鑫,周娟英(107)
稳定土厂拌设备的标定·····	许小鹏(110)
基于旅客运输的公路项目经济效益分析·····	李 丽,雷 伟,杨文波(114)
论实施城市道路拥挤收费的可行性·····	杨文波,雷 伟(117)
高速公路交通安全管理研究·····	解 辉,孙金龙(120)
反思暴雪下的中国交通运输系统·····	尹曦辉,孟祥龙(124)
加强大学生感恩教育的思考·····	董云花(128)
混合交通流下交叉口的交通冲突分析·····	薛振清,苏诗琳(135)
高速公路机电系统安全运营管理评价体系构建·····	徐 娜,褚建萍,许宏科(139)

基于 WinCE 嵌入式系统的 BSP 开发	许锡顺(143)
错位交叉路口交通信号模糊控制	赵 岩,张 晶(148)
模型车竞赛中的速度控制模糊算法	鲁 盼,王 鹤(152)
利用 GRACE 卫星重力场模型探究汶川地震前后重力场变化	刘 锋,段虎荣,康荣华(156)
用 MLS 多面函数拟合法求解高程异常	刘站科,丁晓光,管建安(160)
基于下土地岭滑坡的风险评价研究	唐 鑫(163)
永久散射体识别方法的对比研究	柳 艳(168)
吉家坪边坡稳定性综合分析	段 钊(172)
残差修正支持向量机应用于高程异常拟合	冯杨民,丁晓光,杨海彦(176)
秦岭山区某滑坡成因机理分析及治理方案比选	吴韶艳,黄 锋,赵法锁(179)
浅谈 GEO 卫星几何法轨道确定	贺凯飞,徐天河,卢晓鹏(183)
三维 GIS 中八叉树空间索引的构建与实现	汤杨华,郭新成(188)
IGS 超快速星历在高精度实时 GPS 测量中的应用	丁晓光,刘站科(191)
基于开普勒轨道参数确定卫星状态向量的方法研究	赵 莹,张 军,隋立春(195)
BABO 油田的储层“四性”关系研究及其应用	李 娜,谭成仟(199)
基于绿色奥运主题下北京城市生态绿地系统规划理念初探	王 珂,柳 青,任 娟(203)
新疆北山盐滩一带侵入岩序列划分及其特征	许运涛,魏刚锋(209)
削弱梁端的方钢管混凝土柱框架结构动力弹性变形分析	盖 磊,周天华(214)
工程量清单计价模式下承包商应对策略研究	李 彬,李建峰(218)
充气拱变形前后修正系数探讨	常杰云,张茂功,冯远红(222)
建筑节能技术经济评价分析	胡 倩,郑 媛,李建峰(226)
市政排水管网中新型管材的发展及应用	赵 莉,朱甜甜,代 瑶(231)
移动床生物膜反应器在污水处理中的应用	朱甜甜,赵 莉(235)
催化内电解处理再生纸废水的研究	代 瑶,张晓宁,赵 莉,闫 鹏(239)
雷丸菌液体培养条件的研究	朱 涛,王艳华,李元岗,张亚娟,吴 莹(244)
环境激素问题浅析	王艳华,汤 茜,赵海燕(249)
有机化合物的污染机理及其修复技术	李 原,朱 涛,李元岗(253)
关于冯家山输水管线改造问题的研究	刘海星,王 宇(257)
某县水土保持措施研究	康 华,孙明祥,邓 韬(259)
推行排污权交易,促进陕西省总量控制的研究	江 泉,孙建美,马 钊,周 晶(263)
冬青叶中黄酮类化合物提取工艺	李 睿,鲁琛琛(266)
TiO ₂ 光催化降解垃圾渗滤液的研究进展	李元岗,王艳华,张亚娟,吴 莹(270)
当代环境问题产生的原因分析及建议	高文毅,宋 爽,肖 莹,朱丰收,周玉海(274)
地源热泵技术的发展应用历程及实际应用中存在的问题	马 琳,周 敏(279)
城市空间特色的营造与传承——以循化县城市设计为例	梁 琼,武 联(283)
规划设计中如何体现地方特色、民族文化方法的探讨——以循化县骆驼泉景区规划设计为例	张剑瑞,武 联(287)

城市老城区的活力复兴方法初探——以渭南市中心区旧城改造规划为例·····	张 研(291)
加强村庄整治规划,推进新农村建设健康发展——沈阳市南乱木屯村人居环境治理规划为例·····	王文卓(296)
屋尽其用,地尽其力——无内廊多层单元住宅设计探讨·····	龙运涛,周 波(301)
浅谈居住区户外公共环境——以“明德·新天地”为例 ·····	王华雨(306)
地下空间入口景观设计的视觉研究 ·····	李 媛,霍小平(310)
基于绿色建筑理念针对旧办公楼改造方法探讨——长安大学建筑工程学院办公楼·····	吴晓冬(314)
绿色建筑的地域性——以新疆严寒地区城市多层住宅建筑为例·····	王 琼(318)
值得我们重新思考的空间——公共空间·····	李 艳(322)
浅谈中国园林景观设计·····	樊 楠(327)
夏热冬冷地区建筑节能的技术策略·····	陆 路,李 萍,池魏楠,赵元超,武 联(332)
汉长安城霸城门节点概念性城市设计研究 ·····	王新雅,陈 博(336)
注重基础研究与实验开发的有效衔接——瑞士 R&D 投向变化的深层分析 ·····	郭 军(340)
马克思主义经典作家关于贫富两极分化思想之比较·····	冯莉枝(345)
对高校落实科学发展观,加强执政能力建设的实践思考 ·····	王 蕊(349)
中国与澳大利亚 R&D 经费投入比较研究——以投入强度、经费来源为例 ·····	李晓丽,韩 真(354)
港澳两地社会保障制度比较研究——兼论其对内地的借鉴意义·····	王 芳(357)
试论当代公共管理的本质问题——公共利益·····	葛 妮(361)
我国公路路政管理执法中存在的问题及对策研究·····	解 丹(366)
我国环境保护投资机制的多元化趋势·····	张晓菊(370)
毛泽东与马克思主义法学中国化·····	王海毅(374)
工程师责任的现代伦理学审视·····	常鸿飞(378)
思想政治教育中大学生逆反心理原因探析 ·····	郑美红,余磊磊(381)
电子证据认证规则探析 ·····	余磊磊,薛海金(386)
我国土地征收中的法理研究·····	郭 旋(393)
试论我国防治农药污染的立法欠缺及完善·····	薛海金,余磊磊,郑美红(397)
80 后独生子女大学生社会适应障碍及其教育对策——以长安大学为例 ·····	黄宇婧,李玲洁,胡 倩(402)
车辆荷载作用下预应力钢筋混凝土桥梁的力学性能 ·····	孙 韦,朱立坤(407)
带防水夹层的沥青加铺旧水泥砼路面力学计算 ·····	朱立坤,孙 韦(410)
复合材料模量估算力学模型 ·····	王长翔,徐 兵,丁 佳,朱洪波(413)
On the Fate of Tess ·····	Wang Fang-fang, Zhu Tao(417)
A Textual Analysis of “CCTV Cup” English Speaking Contestants’ Speeches ·····	Liu Xi(424)

预防性养护决策方法分析

胥 燕,李红梅,马 瑶

(长安大学 公路学院,陕西 西安 710054)

摘 要:文章分析了道路预防性养护的概念,提出了预防性养护决策即在适当的路段、合理的时机,采取经济有效的养护措施,并对几种预防性养护时机决策方法作了详细的分析。本文以河南商开高速为例,分析了预防性养护决策过程。

关键词:预防性养护;养护时机;养护措施;决策树或决策矩阵法;经济分析决策法

Abstract: The article analyzes the concept of pavement preventive maintenance. The preventive maintenance determination is that the cost-effective maintenance measures are applied on the right pavement at the right time. It also gives detailed analysis of several methods of appropriate time of pavement preventive maintenance.

The paper takes Shangcai highway in Henan Province for example to analyze the process of the pavement Preventive Maintenance determination.

Key words: Pavement Preventive Maintenance; Appropriate Time of Pavement Preventive Maintenance; Maintenance Measures; Decision Trees or Decision Matrix; Economic Analysis of the Decision-making Method

1 引言

道路预防性养护(Preventive Maintenance)概念是美国 20 世纪 90 年代初提出的,这种概念有别于传统的道路养护理念。主要有两个观点:(1)让状态良好的道路系统保持更长时间(Keeping Good Roads Good),延缓未来的破坏,在不增加结构承载能力的前提下改善系统的功能状况;(2)在适当的时间,将适用的措施,应用在适宜的路面上(Apply the Right Treatment at the Right Time on the Right Pavement)。美国联邦公路局对预防性养护措施的定义是为了防止路面早期破坏和延迟路面破坏进程而采取的措施,其目的是延长路面的使用寿命,降低道路使用寿命周期费用。

高速公路沥青路面预防性养护在我国是一种新的养护理念,虽然现在各方面都在强调“预防为主”的概念,但由于国内缺乏对沥青路面预防性养护技术深刻的认识和研究,以至于一些人对整个预防性养护体系存在片面、模糊的理解,从而形成错误的认识,片面认为预防性养护就是简单地执行某种养护措施,夸大其养护效果。预防性养护是一个系统工程,可以简单概括为在适当的路段、合理的时机,采取经济有效的养护措施。在利用预防性养护路面评价体系对路段进行合理评价之

后,需要选择一定的预防性养护措施。

2 预防性养护决策方法

预防性养护决策可简单概括为 2 部分内容:养护措施的抉择和养护时机的选择。养护措施的抉择是根据各种预防性养护措施的技术特点、适用范围,然后结合路面实际状况,选择合理养护措施的过程。养护时机的选择是针对选定的养护措施确定其最佳实施时间的过程。预防性养护决策的目的是通过实施养护措施在保证路面服务能力的前提下,以最少的消耗来最大限度地延长道路服务寿命。目前,路面预防性养护时机的决策方法主要有:基于性能参数的决策树/决策矩阵法和经济分析决策法。

1)决策树/决策矩阵法

决策树/决策矩阵法根据路面性能指标建立相应规则,然后逐层地选择合适的处治措施。决策树与决策矩阵的区别在于决策树更系统化和图形化,而决策矩阵实际上是以表格形式表达,可存储更多的信息。Hicks 等^[2]针对平整度、车辙、开裂和剥落建立了预防性养护决策树,并就几种预防性养护措施建立了推荐养护时间决策矩阵。密西根运输部^[3]以 RQI 和 DI 作为标准建立了预防性养护决策树。SHARP SPS-3 和 SPS-4 综合

作者简介:胥燕(1982-),女,山东省莱芜市人,就读于长安大学公路学院道路与铁道工程专业,硕士。研究方向:路面工程。

工程技术人员的实际经验形成了一个复杂的指导性决策矩阵。国外也有学者用动态载荷指标(DLI)和残余服务寿命(RSL)作为养护的控制指标。日本的养护管理指数模型(MCI)采用平整度、裂缝程度和车辙作为预防性养护的控制指标。

决策树/决策矩阵法立足路面性能指标,综合考虑地区工程师的经验,比较直观、容易理解。缺点是不能完全考虑影响决策的所有因素(决策矩阵很难包括多种路面破坏类型),并且分支的标准较粗,难以考虑多种复杂的组合条件;另外,该方法主要强调了路面性能参数指标,方法简单,但经验因人、因时、因地而异随意性大,且经济参数指标不能得到直接体现。

2) 经济分析决策法

经济分析决策法以可靠的经济分析为基础,通过选择费用—效益最佳的方案使各项资源得到最有效的利用。寿命周期费用分析考虑路面寿命周期内所有费用(包括修建、养护、改建和用户费用等),并把不同时间发生的费用以现值表示,对各个方案作合理的经济比较。具体的经济分析方法有现值法、等额年费用法、收益率法和费用效益法等。前3种属于贴现现金流量分析法。现值法包括费用现值和净现值。前者仅考虑费用,而后者则既考虑费用又考虑收益。等额年费用法是从费用的角度选择年费用最小的方案为经济方案。费用效益法是用项目的效益现值同费用现值相比,反映了单位费用的效益,有较强的对比性。但在进行路面预防性养护最佳时机决策时,很多影响因素因为无法量化而导致效益值的确定比较困难。另外,单纯追求利益最大化可能会忽视路面服务功能。除了以净现值代表效益外,还可以采用其他指标表征效益。一些系统把路面使用性能的改善当作使用者效益的一个间接指标。例如,加拿大安大略省的(PARS)系统把路面使用性能曲线当作用户效用的一个映象,以使用性能曲线下所包的面积加上残值作为用户效益的代用指标。加拿大阿尔伯省的(RL-PPS)系统采用了相似的概念,但利用的计算指标和方法不同。但是它们都是利用路面综合性能指标进行计算,用作网级决策。

以上介绍的各种方法各有特点,各有利弊,采用任何一种单独的方法制定的最佳预防性养护时机都难以让人信服,最佳预防性养护时机的制定要综合各地所处的不同气候区域、不同路基路面

结构和材料、不同交通状况、不同施工经验以及不同路面的养护历史等加以上述方法的指导来进行。

3 实例分析

本文参考文献[4]以河南商开高速为例,选定其中出现早期病害的有代表性的2条路段进行分析^[4]。商开高速自2001年底通车之日起,商开高速公路商丘分公司就对所属路段每年都进行路况检测,并以千米为单位统计检测结果,各段弯沉均较良好,路面强度系数 $SSI \geq 92\%$,说明路面结构强度良好,但在不同路段出现了程度不同的病害,特别是车辙和开裂现象严重,路面的横向力系数和平整度指标有所下降,需要采取一定的措施进行修补。

为了研究高速公路沥青路面的病害发展情况,我们选定其中出现早期病害的有代表性的2条路段K357~K358和K395~K396进行观测研究,这2条路段均未进行大范围大面积的养护,路面只进行过局部的小修保养,从通车第二年(2003年)进行调查,每季度进行一次汇总,车辙与开裂变化情况见图1、图2:

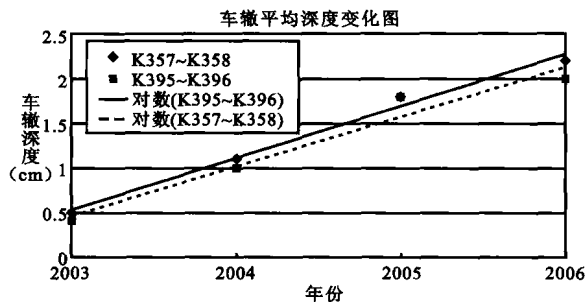


图1 车辙平均深度逐年变化图

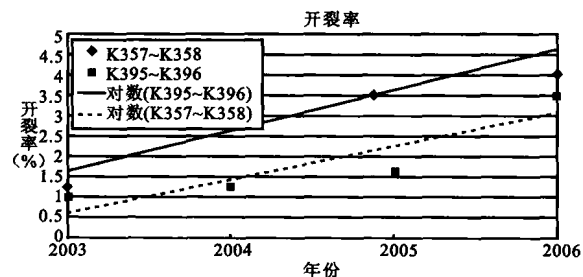


图2 开裂率逐年变化图

根据调查结果,道路的结构性能良好,具有足够的结构强度,具备了进行预防性养护的前提。从路面的开裂率来看,随着路龄的增长,开裂越来越严重,沥青材料从一开始便处在不断老化中,在

交通荷载和环境的综合作用,材料老化不断变脆而导致开裂,并且开裂逐年增长,路用性能逐渐恶化。从车辙检测结果看,不论是车辙深度还是平均深度都有逐年增长的趋势,在前2年内车辙深度并不太大,后2年内发展迅速,严重影响了行车舒适性和安全性,因此选取车辙指标进行预防性养护措施与时机的选取。采用预防性养护措施处理车辙有一定的深度限制,当超过这个界限,就不宜采用预防性养护措施来处理车辙了。因此,将路面车辙的平均发展深度和发展速度作为确定预防性养护时机的指标。K357~K358段车辙平均深度从2003年初的0.5 cm,到2006年增长到2.2 cm,平均增长速率为0.13 cm/季度,K395~K396段车辙平均深度从2003年初的0.4 cm,至2006年增长到2.0 cm,平均增长速率为0.12 cm/季度。2003年初道路已运营1年之久,平均车辙深度不大,但按照0.12 cm/季度的发展速率,2003年底便达到1 cm。因此,在2003年夏季可以采取稀浆封层的方法对路面进行处治。但由于当时预防性养护意识差,未采取任何措施,病害继续发展,到2004年底时平均深度已达1.5 cm,此时如果采取微表处技术进行处治,会使得道路路用性能得以恢复并提高,取得较好的效果。但未采取任何措施,2006年车辙平均深度已超过2 cm,并且K357~K358局部车辙深度最大处已达到7.5 cm,如再不及时采取预防性养护措施,车辙指标就超过了可以实施预防性养护的界限,无法进行预防性养护。

根据路况分析可以看到,K357~K358段2006年初车辙平均深度达到2.2 cm,最大深度处

达到7.5 cm,并且范围较广,并且车辙两侧隆起现象严重,稀浆封层、微表处等措施已经无法对其进行处治,需要铣刨已经老化的路面,重新加铺新面层进行处治;K395~K396情况较好些,车辙平均深度2 cm,最大深度5 cm,通过比较发现,微表处处治车辙有较好效果,并可以在交通量较大的道路上使用,而且造价与薄层罩面比起来相对较低,在病害不太严重的情况下可以起到很好的预防性养护的效果,处理此路段时对于车辙深度超过1.5 cm的地方,进行微表处前应事先采用车辙摊铺箱进行处理,以使微表处达到更好的效果。因此,由路况得出的预防性养护措施:K357~K358段加铺罩面,K395~K396段进行微表处处理,对于车辙程度低的路面,可以选择稀浆封层、微表处、碎石封层和加铺罩面等措施进行预防性养护。

4 结论

(1)路面预防性养护时机的决策方法主要有:基于性能参数的决策树/决策矩阵法和经济分析决策法。

(2)以商开高速K357~K358和K395~K396为例,分析2段季度检测结果,研究病害发展的规律,为预防性养护措施的采取提供依据,提出预防性养护措施的选择应根据道路所处区域以及道路具体现状来制定。

(3)进行预防性养护的关键是选择合适的路面,在恰当的时间根据路况情况应用恰当的预防性养护措施。

参考文献:

- [1] Insights into Pavement Preservation[R]. Washington: U.S. Federal Highway Administration, 2003-04
- [2] Hicks, R. G., J. S. Moulthrop, J. Daleiden. Selecting a Preventive Maintenance Treatment for Flexible Pavements. In Transportation Research Record 1680, Transportation Research Board, 1999, 1680:1-12
- [3] Michigan DOT. Capital Preventive Maintenance Program Guidelines[R]. Michigan, 1999-03
- [4] 郝宇宁. 高速公路预防性养护与罩面材料的研究[D]. 西安:长安大学硕士论文, 2005
- [5] 孙立军. 沥青路面结构行为理论[M]. 上海:同济大学出版社, 2003

油石比对 AC-25 沥青混合料路用性能影响规律研究

李红梅¹, 胥 燕¹, 刘文方², 邱自萍¹

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710054; 2. 四川省四川理工学院 建筑工程学院, 四川 自贡 643000)

摘 要:结合小高速公路沥青路面中面层, 根据级配理论及参考国内外 AC-25 沥青混合料级配, 选出一组典型级配, 利用林绣贤热拌沥青混合料最佳油石比快速确定方法来预估初始油石比, 在初始油石比的基础上对油石比进行分级, 并进行性能试验研究, 分析了 AC-25 沥青混合料在不同油石比下的路用性能, 从而可以确定出路用性能最佳的最佳油石比的范围。

关键词: AC-25; 沥青路面; 油石比; 路用性能

Abstract: In this paper, firstly, Based on asphalt pavement central layer, the comparison with the foreign related gradation of asphalt mixtures, one typical kinds of gradations are decided; Secondly, The asphalt aggregate ratio is predicted based on professor Lin's theory, and five asphalt aggregate ratio are selected. Finally, the road performance of asphalt mixture is experimented, and the road performance of five asphalt aggregate ratio is analyzed. As a result, we can predict the range of the optimal asphalt aggregate ratio based on the road performance.

Key words: asphalt mixture; asphalt pavement; asphalt aggregate ratio; road performance

0 前言

我国的高等级公路建设事业方兴未艾, 其中大部分为沥青路面。但是, 随着高速公路里程与日俱增, 由于交通量和车辆荷载的激增, 许多沥青路面出现了早期破坏, 许多高速公路在通车 1~2 年甚至更短的时间内就发生了大面积的破损, 进而给国家和社会造成了巨大的经济损失。为此, 本文针对小高速公路沥青路面中面层, 分析了 AC-25 沥青混合料在不同油石比下的路用性能, 找出基于路用性能的最佳油石比范围, 对传统马歇尔方法确定最佳油石比有指导意义。

1 原材料技术性质分析

1.1 沥青

沥青为韩国产 SK SBS 改性沥青, 主要技术指标见表 1。

1.2 矿料

试验采用的集料为陕西柞水县赤水沟料场的闪长岩, 主要技术指标见表 2。

表 1 沥青的主要技术指标

试验项目		检验结果	规范要求
针入度(25℃, 5 s, 100 g)/0.1 mm		82	60~80
针入度指数 PI		! -0.03	≥ -0.8
软化点(环球法)/℃		78.9	≥ 70
135℃ 运动黏度/Pa·s		1.3	≤ 3
延度(5℃, 5 cm/min)/cm		47.9	≥ 40
弹性恢复(25℃)/%		95	≥ 80
闪点/℃		284	≥ 230
溶解度/%		99.7	≥ 99
密度(15℃)/g·cm ⁻³		1.030	实测
薄膜加热试验	质量损失/%	-0.08	≤ 1.0
	针入度比/%	62.5	≥ 60
	残留延度(5℃)/cm	22.0	≥ 20

2 AC-25 沥青混合料级配设计方案及油石比分级确定

2.1 级配设计方案

以 JTG F40-2004 提供的级配为基础, 参考

国内外 AC-25 沥青混合料级配使用情况,根据筛分结果适当调整初步确定级配的各筛孔通过率,最终确定 AC-25 沥青混合料设计级配,见表 3。

表 2 集料的主要技术性质

集料	试验项目	单位	技术要求	试验结果
粗集料	表观 相对 密度	2.36~4.75mm	≤2.6	2.707
		4.75~9.5mm	≤2.6	2.666
		9.5~19mm	≤2.6	2.722
		19~31.5mm	≤2.6	2.704
	吸 水 率	2.36~4.75mm	≥2	1.2
		4.75~9.5mm	≥2	0.47
		9.5~19mm	≥2	0.36
		19~31.5mm	≥2	0.24
	压碎值		≥26	10.6
	与沥青粘附性		≥4	4
细集料 (机制砂)	表观相对密度		≤2.5	2.741
	砂当量		≥60	77
	棱角性(流动时间)		≤30	31
矿粉	亲水系数		<1	0.8

2.2 油石比分级的确定

在研究油石比对 AC-25 沥青混合料的性能影响规律时,首先要对油石比进行分级,即确定 5

个油石比,使确定的油石比范围中包含最佳油石比。所以先用热拌沥青混合料最佳油石比快速确定方法来预估初始油石比^[1],通过这种方法确定出来的初始油石比非常接近最佳油石比。以预估的最佳油石比为中值,同时以 0.3% 的间隔左右分别取 2 个油石比,从而确定出 5 个油石比分级。

沥青混合料的预估最佳油石比计算如下式:

$$Q_b = Q_{be} + Q_{ba}$$
$$= \frac{VMA - V}{1 - 0.01 VMA} \cdot \frac{G_b}{G_{sb}} + C \cdot W \cdot G_b$$

式中: Q_{be} ——有效沥青的油石比; Q_{ba} ——被集料吸去的沥青油石比; VMA ——集料间隙率; V ——目标空隙率; G_b ——沥青相对密度; G_{sb} ——合成集料的毛体积相对密度; C ——集料吸入沥青体积系数, $C = \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sa} - G_{sb}}$; W ——集料的面干吸水率, $W = (1/G_{sb} - 1/G_{sa}) \times 100(\%)$ 。AC-25 沥青混合料中面层要求空隙率 3% ~ 6%, 取 $V = 4.5\%$, VMA 取最小值 12%, $SK\ SBS$ 改性沥青的 25℃ 的相对密度为 1.026, 集料的合成毛体积相对密度为 2.658, $C = 0.599$, $W = 0.7668$, 将以上各参数代入上式得 $Q_b = 3.76\%$, 因此可将预估的最佳油石比定为 3.8%。从而确定出的 5 组油石比分级为 3.2%, 3.5%, 3.8%, 4.1%, 4.4%。

表 3 合成级配通过率

级配	通过下列筛孔的质量百分率 /%											
	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Z 级配	95	81	72	62	50	35	23	17	13	8	7	4.5
上限	100	90	83	76	65	52	42	33	24	17	13	7
下限	90	75	65	57	45	24	16	12	8	5	4	3

3 AC-25 沥青混合料路用性能

3.1 高温性能

5 组油石比下 AC-25 沥青混合料车辙试验结果见表 4 和图 1。

从表 4 中可以看出,在 3.2% 和 3.5% 时动稳定度均大于 10 000 次/mm, 油石比在 3.8% 时的动稳定度最大,为 12 253.8 次/mm,而后动稳定度逐渐降低,在 4.4% 时的动稳定度达到最小,可见油石比对动稳定度的影响还是相当大的。从图 1 可见,油石比在 3.8% 时动稳定度最大,超过 3.8% 以后动稳定度呈逐渐降低的趋势。可见,沥

青混合料中的沥青含量对其热稳定性有明显的影响。由马歇尔试验可知,存在一个最佳沥青用量。在车辙试验中也是如此,存在最佳沥青用量。当沥青用量由小增大到最佳沥青用量时,增加沥青含量可增加沥青混合料的粘结力和强度,从而增加动稳定度,但超过最佳沥青含量时,进一步增加沥青含量,集料表面的沥青膜增厚,自由沥青增多,自由沥青就犹如集料颗粒之间的润滑剂,减少集料之间的内摩阻力和稳定性,从而降低动稳定度。

3.2 低温性能

不同温度下各油石比的低温弯曲试验结果列

于表 5 中。

表 4 AC-25 沥青混合料高温稳定性试验结果

油石比 /%	变形 (45min) /mm	变形 (60min) /mm	动稳 定度 /(次/mm)	平均 /DS	标准差 /DS	变异 系数 /%
3.2	1.116	1.167	12 352.9	11 756.5	556.9	4.7
	1.003	1.059	11 250.0			
	1.024	1.078	11 666.7			
3.5	1.078	1.133	11 454.5	10 559.3	960.1	9.1
	1.178	1.244	9 545.5			
	1.214	1.273	10 678.0			
3.8	2.193	2.242	12 857.1	12 253.8	1 543.3	12.6
	1.614	1.661	13 404.3			
	1.722	1.782	10 500.0			
4.1	2.425	2.538	5 575.2	6 147.2	696.7	11.3
	2.133	2.224	6 923.1			
	1.805	1.911	5 943.4			
4.4	3.016	3.167	4 172.2	4 294.1	430.8	10.0
	2.968	3.128	3 937.5			
	3.009	3.141	4 772.7			

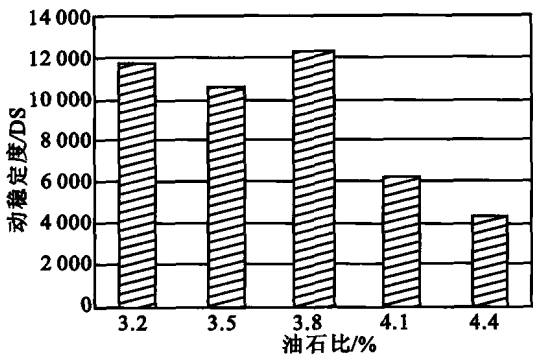


图 1 沥青混合料的动稳定度试验结果

(1)低温弯拉强度

由图 2 所示 AC-25 沥青混合料的低温弯拉强度变化可得,2 种温度下混合料的抗弯拉强度随油石比增大的变化趋势基本相同。油石比从 3.2%到 3.5%弯拉强度有所增大,但是不明显,在 3.8%左右弯拉强度有明显的增长,弯拉强度继续增大,当油石比超过 4.1%以后,弯拉强度又减小。即随着油石比的增大,抗弯拉强度不断增大,当油石比增大超过一定值后,弯拉强度将减小,即存在弯拉强度达到最优的油石比范围。上述 AC-25 沥青混合料在 3.8%到 4.4%范围内弯拉强度有明显增大,可以将其确定为最优的油石比范围。发生这种变化的原因比较容易理解,

沥青结合料的多少直接决定着沥青胶浆的性能及其对矿料空隙的填充作用,沥青用量过多或过少,均会导致混合料强度性能的降低。在不改变矿料级配的条件下,随着油石比的增大,沥青胶浆的填充作用不断增强,混合料更加密实,粘结力增大,使混合料的弯拉强度逐渐提高;当沥青用量过多时,自由沥青增多,会导致混合料的粘结力降低。

表 5 AC-25 低温弯曲试验结果

温度	油石比 /%	弯拉强度 RB /MPa	弯拉应变 εB /μe	劲度模量 SB /MPa
-10℃	3.2	11.31	3176	3869
	3.5	11.39	3597	3218
	3.8	12.22	3916	3134
	4.1	12.75	5200	2526
	4.4	12.60	3945	3227
0℃	3.2	11.41	3482	3289
	3.5	11.78	3818	3121
	3.8	12.49	4124	3032
	4.1	12.92	5372	2423
	4.4	12.68	4183	3041

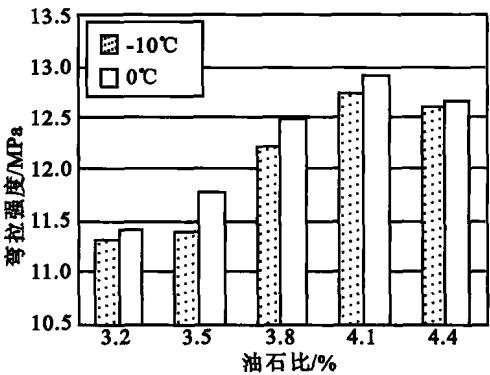


图 2 AC-25 沥青混合料低温弯拉强度与油石比关系

还可以看出,弯拉强度有随着温度的升高而增大的趋势,0℃的抗弯拉强度比-10℃的抗弯拉强度要稍大一些,原因是温度越高,小梁所具有的弹性和承受的变形就会增大,其弯拉强度就会增大。

(2)低温弯拉应变

从图 3 可见,2 种温度下沥青混合料的低温弯拉应变均存在最佳油石比,在 4.1%左右混合料的弯拉应变达到最大。随着油石比的增大,混合料劲度不断降低,低温韧性提高,粘结力提高,

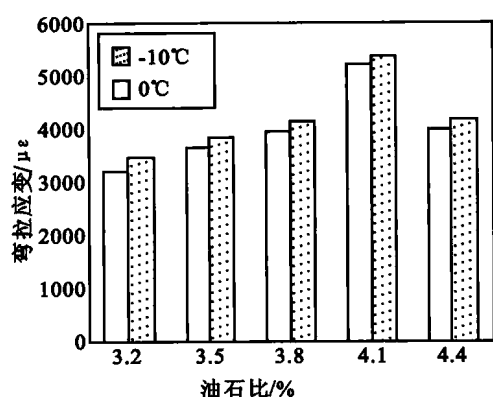


图3 AC-25 沥青混合料低温
弯拉应变与油石比关系

混合料的抗变形能力将会提高;但油石比大于一定值后,低温韧性虽会继续提高,但粘结力会降低,导致弯拉应变降低。 0°C 的弯拉应变比 -10°C 的弯拉应变要稍大一些,原因是温度越高,小梁承受的变形就会越大。

(3)低温弯曲劲度模量

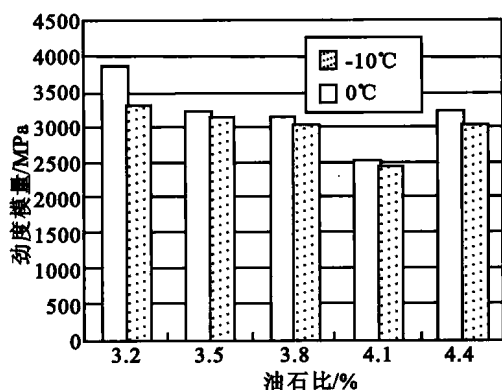


图4 AC-25 沥青混合料弯曲
劲度模量与油石比关系

由图4可见,沥青混合料的低温弯曲劲度模量随着温度的升高而降低,这主要是由于随温度升高,沥青混合料的整体强度减小,导致沥青混合料的弯曲劲度模量变小。2种温度下混合料的劲度模量有相同的增长趋势,随油石比增大,劲度模量先减小后增大,这主要是由于刚开始弯拉强度的增长小于弯拉应变的增长速度,超过4.1%的油石比后,弯拉强度的增长又开始大于弯拉应变的增长。

3.3 水稳性能

目前进行水稳性能试验的方法很多,归纳起来主要有:浸水马歇尔试验、真空饱水马歇尔试验、冻融劈裂试验、浸水车辙试验等^[3-4]。本研

究采用现行规范要求的浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验,对比分析沥青混合料在不同油石比下的水稳性能。

(1)浸水马歇尔试验

5组油石比下的浸水残留稳定度的计算结果见表6和图5。

表6 AC-25 不同油石比下的浸水马歇尔试验结果

油石比 /%	稳定度 /kN	浸水 48h 后的稳定度 /kN	残留稳定度 /%
3.2	15.73	13.78	87.6
3.5	14.82	14.71	99.3
3.8	15.66	14.53	92.8
4.1	14.75	13.92	94.4
4.4	13.50	12.19	90.3

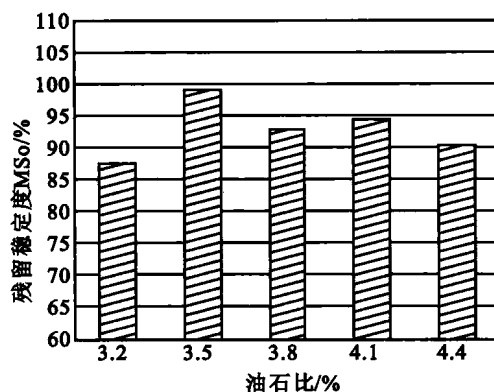


图5 AC-25 不同油石比下的残留稳定度

从以上图表中可以看出:AC-25 沥青混合料的残留稳定度没有明显的规律性,表明浸水马歇尔试验对沥青混合料水稳性的区别能力不强,其残留稳定度未能充分地反映出水分对混合料的侵蚀作用,其较高的残留稳定度也与实际工程中路面的损坏程度不相符。产生这种现象的原因是:在浸水马歇尔条件下,混合料内部的水处于静止状态,不能模拟在车轮挤压下水分对沥青产生机械冲刷及反复吸压作用,而水压的作用是沥青混合料出现水损害的一个重要原因^[5]。

(2)冻融劈裂试验

5组油石比下的冻融劈裂试验结果见表7和图6。

从图表中可以看出:随着油石比的增大,沥青混合料的冻前劈裂强度和冻后劈裂强度曲线均呈凸形曲线,在油石比为3.8%时,劈裂强度达到最大,大于或小于3.8%时劈裂强度逐渐降低。当油石比从小逐渐增大到最佳油石比时,增大油

石比可增加沥青混合料的粘结力和强度,从而增加了其间接抗拉强度,即劈裂强度,但超过最佳油石比后,集料表面的沥青膜增厚,自由沥青增多,自由沥青就犹如集料颗粒之间的润滑剂,减少集料之间的内摩阻力,从而降低了劈裂强度。

表7 AC-25 不同油石比下的冻融劈裂试验结果

油石比 /%	冻前劈裂强度 /MPa	冻后劈裂强度 /MPa	残留强度比 TSR/%
3.2	0.744	0.552	74.2
3.5	0.896	0.714	79.7
3.8	0.968	0.858	88.6
4.1	0.807	0.729	90.3
4.4	0.719	0.674	93.7

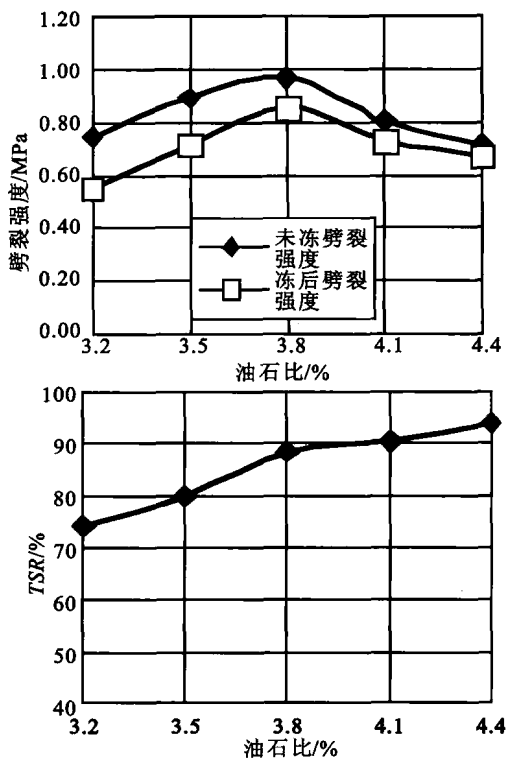


图6 AC-25 各个油石比下的冻融劈裂试验结果

对同一级配的 AC-25 沥青混合料来说,随着油石比的增大,冻融劈裂强度比(TSR)逐渐增大,这说明沥青混合料的油石比对水稳定性的影响较大。油石比越大,其空隙率越小,从而在冻融

循环中进入试件中的水分相对较少,试件受到的水损害较小,所以其水稳定性越好。

与浸水马歇尔试验相比,冻融劈裂试验的冻融劈裂强度比更小,冻融劈裂试验更能反映抗水侵蚀的稳定性。因为冻融劈裂试验经过真空饱水后,可以有效地提高水分在空隙中的填充程度。经过冻融,使集料表面的沥青膜在反复温度胀缩的作用下逐渐乳化,有利于反映水分对沥青膜侵害的最不利情况,能较好地模拟野外现场温度变化对沥青混合料强度的影响,所以冻融劈裂试验能更好地评价沥青混合料的水稳定性。

4 结论

(1)从混合料的车辙试验可以看出:沥青混合料中的沥青含量对其热稳定性有明显的影。通过对沥青混合料动稳定度的分析知在车辙试验中存在一个最佳沥青用量。

(2)从低温弯曲试验可以看出:在相同温度下,沥青混合料的弯拉强度随油石比增大,先增大后减小,弯拉应变也有相同的规律;而弯曲劲度模量随油石比增大,先减小后增大。从 -10°C 和 0°C 的弯曲试验结果来看, 0°C 的弯拉强度和弯拉应变大于 -10°C 的弯拉强度和弯拉应变,这说明弯拉强度和弯拉应变有随着温度的升高而增大的趋势。

(3)AC-25 沥青混合料在 5 个油石比下的浸水残留稳定度没有明显的规律性;冻融劈裂强度比(TSR)随油石比增大逐渐增大,这说明沥青混合料的油石比对水稳定性的影响较大,油石比越大,其空隙率越小,水稳定性越好;与浸水马歇尔试验相比,冻融劈裂试验的冻融劈裂强度比更小,冻融劈裂试验更能反映抗水侵蚀的稳定性,建议采用冻融劈裂试验来评价沥青混合料的水稳定性。

(4)通过不同油石比下的性能分析,可以看出油石比在 $3.8\%\sim 4.1\%$ 范围内,各项性能均满足规范要求,从而可以确定出路用性能最佳的最佳油石比的范围为 $3.8\%\sim 4.1\%$,为确定最佳油石比提供指导意义。

参考文献:

- [1] 林绣贤. HMA 和 SMA 最佳油石比快速确定法[J]. 华东公路, 2003(2): 2-3
- [2] 李志刚. 高速公路沥青路面养护决策及实施技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2000
- [3] 张宏超, 孙立军. 沥青混合料水稳定性能全程评价方法研究[J]. 同济大学学报, 2002, 30(4): 2-5
- [4] 赵水利, 吴震, 黄晓明. 沥青混合料水稳定性的试验研究[J]. 东南大学学报, 2001, 31(3): 1-4
- [5] 蒙华, 朱洪洲, 徐新, 何兆益. 不同级配沥青稳定碎石水稳定性评价[J]. 公路与汽运, 2008(1): 1-3