

LIQINGLUMIAN
SHIGONGGONGYIJIZHILIANGKONGZHI

沥青路面 施工工艺及质量控制

张宜洛 编著



人民交通出版社
China Communications Press

Liqing Lumian Shigong Gongyi ji Zhiliang Kongzhi

沥青路面施工工艺及质量控制

张宜洛 编著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书以沥青路面施工的整体质量控制为主线,详细介绍沥青混合料路面每一施工工艺的特点、具体要求、质量控制的措施和方法。全书共分四部分。第一部分简述沥青路面的使用性能要求,道路的病害机理、影响因素及解决措施;第二部分介绍沥青、集料和矿粉的选择标准和方法以及混合料配合比设计程序;第三部分介绍沥青混合料拌和、摊铺、压实等工艺的要求标准和控制方法;第四部分介绍施工过程中的质量控制措施和方法,以及交工检查与验收质量标准及试验方法。

本书内容丰富,系统性和实用性强,可供从事沥青路面研究、设计、施工、养护、管理人员和科研人员参考使用,也可供相关专业的在校师生学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

沥青路面施工工艺及质量控制/张宜洛编著. —北京:人民交通出版社, 2011.8
ISBN 978-7-114-09032-5

I. ①沥… II. ①张… III. ①沥青路面-工程施工-施工技术②沥青路面-工程施工-质量控制 IV. ①U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 066866 号

书 名: 沥青路面施工工艺及质量控制
著 作 者: 张宜洛
责任编辑: 丁润铎 夏 迎
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.cccpress.com.cn>
销售电话: (010) 59757969, 59757973
总 经 销: 人民交通出版社发行部
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 28.5
字 数: 480 千
版 次: 2011 年 8 月 第 1 版
印 次: 2011 年 8 月 第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-09032-5
定 价: 65.00 元
(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

截至 2010 年年底,我国已通车 7.4 万公里的高速公路,大多数为沥青路面。我国地域辽阔、气候复杂多样、交通条件差异明显,以及原材料千变万化、施工队伍的技术和管理水平参差不齐,使我国沥青路面的质量呈现多样性和复杂性,有些高速公路在通车一两年内就出现不同程度的早期病害,严重影响了路面的使用质量和寿命。

沥青路面的建设质量是一个极其复杂的综合过程,涉及设计、施工、管理等每一个环节和每一个细节,某一方面的失误和粗心就有可能导致工程的质量功亏一篑。在具体工程的设计和施工过程中,最应当克服的是过于注重某个局部和细节问题而忽略整体和全面的质量管理做法,譬如有的工程认为采用了改性沥青或者选择玄武岩就万事大吉。

本书以指导工程实践为目的,参考各方面的研究、应用成果,力求做到文字通俗易懂,通过阅读本书能使读者对沥青路面的了解更加系统化、全面化,切实对施工质量和施工工艺起到指导和控制作用。

本书以沥青路面施工的整体控制为主线,对沥青路面施工工艺按照具体的操作过程进行较为详尽的划分,介绍了每一工艺的特点、具体要求、质量控制的措施和方法。

第一章简述了沥青路面的使用性能要求,道路的病害机理、影响因素及解决措施,依据沥青路面的质量、施工工艺,提出了沥青路面施工前准备工作的内容和要点。

第二章首先从沥青的来源、加工工艺和沥青的结构出发,分析了普通沥青结合料的基本特性和质量特征;依据普通沥青的分级体系,介绍了我国沥青指标体系的变化过程和技术标准的发展思路;介绍了沥青各技术指标的意义、试验检测方法以及试验检测中应注意的问题及解决办法。

第三章介绍了改性沥青的技术标准演化及应用特点,改性剂与基质沥青的配伍性,加工方法及注意事项,按照改性剂的不同具体介绍了每一类改性沥青的改性剂的要求、加工方法及应用特点。

第四章依据母岩的分类和矿物组成,介绍公路常用岩石的性能及特点。对于粗集料,分别介绍了材料的岩性、对工程性质的影响、加工方式以及技术指标的要求和要点;对于细集料,详细分析了细集料的技术指标、检测要点,以及石屑、天然砂、机制砂的概念与区别。矿粉是沥青混合料非常重要的组成部分,本章对它的技术指标和应用要求也进行了论述。

第五章介绍了沥青混合料级配的发展及理论,我国矿料级配的历史变化过程,分析了我国沥青混合料定义的变化和级配范围的变化特点。

第六章按照沥青混合料的设计程序,分析了级配设计三个阶段的目的及异同;按照普通沥青混合料、改性沥青混合料、SMA 混合料、OGFC 混合料等,分析了不同沥青混合料设计方法的差异,在设计时易出现的问题、解决方法、措施,以及考虑施工条件时的配合比设计应注意的问题以及相应的混合料检测要求、方法和应注意的问题。

第七章从沥青混合料的拌和原理出发,介绍了冷料规格的选定、材料堆放;冷料仓的配置、配比的控制及其他问题;加热系统、热矿料筛分装置与储存、矿粉供给与计量、沥青供给及称量系统、搅拌器的拌和、滚筒式拌和设备的质量控制,拌和参数(拌和的温度、拌和的时间)的确定及其质量检测;成品储料仓及输送装置、除尘装置、热拌沥青混合料的质量检验等的工艺及设备要求、质量控制措施和方法。

第八章介绍了沥青混合料的摊铺设备、结构参数的调整与选择、运行参数的调整与选择,分析了沥青路面的接缝、特殊路段、SMA 路面等的摊铺方法及处理措施,探讨了沥青路面离析的原因及解决措施以及常见的摊铺问题处理。

第九章介绍了沥青路面的压实原理、压实设备的选用原则及方法、碾压的操作程序,分析了沥青路面的碾压模式和碾压技术要求,探讨了接缝、特殊路面和特殊路段压实的方法以及常见压实问题的处理。

第十章重点介绍了施工过程中的过程质量控制措施和方法,以及交工检查与验收质量标准及试验方法。

本书在编写时,力求在详细解剖沥青混合料施工工艺每一个细节和每一个关键点的同时,将沥青混合料的质量与强度形成机理、我国混合料应用发展历程、路面易出现的问题以及施工机械性能有机结合,使之能全方位诠释沥青混合料的质量体系。

本书第一章~第五章、第七章~第九章由张宜洛编写,第六章、第十章由孙忠义编写,全书由张宜洛统稿。本书在撰写过程中,得到了梁清源高工、支喜兰教授、杨韵华高工以及研究生的鼎力相助,在此表示衷心感谢。

由于经验和时间的限制,书中缺漏之处在所难免,恳请国内外同行专家、老师批评指正。书中的观点和建议仅仅是本人的个人见解,仅供读者参考,在实际生产过程中可酌情考虑并加以灵活运用。

编著者

2010 年 12 月

目 录

第一章 沥青路面的特点及质量控制	1
第一节 沥青路面的使用性能要求及我国沥青路面的病害特点分析	1
第二节 道路的病害机理、影响因素及解决措施	3
第三节 沥青路面的质量、施工工艺及施工前的准备工作	12
第二章 普通沥青材料性质与选择	20
第一节 沥青质量分析方法及关键指标	20
第二节 沥青的来源和工艺	20
第三节 石油沥青的结构与组成	25
第四节 石油沥青的技术指标	28
第五节 沥青路面的使用性能气候分区与沥青选择	37
第六节 道路沥青的性能检测及要点	44
第三章 改性沥青的性质与选择	72
第一节 改性沥青质量分析方法及关键指标	72
第二节 改性沥青概述	73
第三节 改性沥青标准	75
第四节 聚合物改性剂与基质沥青的配伍性	83
第五节 改性沥青的加工	85
第六节 SBS 改性沥青	90
第七节 SBR 改性沥青	97
第八节 PE、EVA 改性沥青	102
第九节 橡胶粉改性沥青	105
第十节 改性沥青的特殊试验及注意事项	109
第四章 沥青路面所用集料的选择与质量要求	117
第一节 沥青路面所用石料的性质及特点	117
第二节 集料的种类和特性	123
第三节 粗集料物理特性	131
第四节 细集料的物理特性	142
第五节 矿质填料的技术标准、加工及性能检测	147
第五章 矿料级配与沥青混合料类型	152
第一节 沥青混合料的分类	152
第二节 沥青混合料的发展	155
第三节 矿料级配的计算方法	156

第四节	我国沥青混合料级配类型的特点	164
第五节	矿料级配的贝雷法设计	182
第六节	高性能沥青路面(Superpave)的配合比设计	184
第六章	沥青混合料配合比设计	189
第一节	沥青混合料配合比设计程序	189
第二节	配合比设计的三个阶段	191
第三节	矿料配合比设计方法	196
第四节	普通沥青混合料配合比设计	202
第五节	改性沥青混合料	214
第六节	SMA 混合料配合比设计	218
第七节	OGFC 混合料	225
第八节	混合料试件制作及试验	227
第七章	沥青混合料的拌和	238
第一节	沥青混合料拌和的准备工作	238
第二节	拌和原理与拌和设备	238
第三节	拌和设备的布置	246
第四节	冷矿料的储存与配料系统	247
第五节	冷矿料烘干、加热系统	259
第六节	热矿料筛分装置与储存	264
第七节	矿粉供给与计量	274
第八节	沥青供给及称量系统	275
第九节	搅拌器的拌和	278
第十节	滚筒式拌和设备的质量控制	284
第十一节	成品储料仓及输送装置	288
第十二节	集尘装置	289
第十三节	热拌沥青混合料的质量检验	293
第八章	沥青混合料的运输和摊铺	303
第一节	沥青混合料摊铺前的准备工作	303
第二节	沥青混合料的运输	311
第三节	沥青混合料的摊铺设备	315
第四节	摊铺机结构参数的调整与选择	327
第五节	摊铺机运行参数的调整与选择	331
第六节	接缝的摊铺	344
第七节	特殊段路面沥青混合料的摊铺方法	345
第八节	SMA 混合料运输和摊铺	349
第九节	沥青路面离析的原因及解决措施	350
第十节	摊铺问题的处理	353
第九章	沥青路面的压实	361

第一节	概述	361
第二节	压实原理	362
第三节	压实设备的选用	365
第四节	温度对压实度的影响	383
第五节	碾压程序	388
第六节	碾压模式和碾压技术	400
第七节	接缝的碾压	404
第八节	特殊路面和特殊路段的压实	411
第九节	压实问题的处理	414
第十章	路面质量管理与检查验收	419
第一节	原材料及混合料的检测与控制	420
第二节	施工过程中的过程质量控制	423
第三节	交工检查与验收质量标准	436
第四节	路面检测的试验方法	437
参考文献		444

第一章 沥青路面的特点及质量控制

沥青路面具有表面平整、坚实、无接缝、行车舒适、耐磨、噪声低、施工期短、养护维修简便,且适宜于分期修建等优点,因此得到了广泛的应用。尽管目前沥青路面设计方法是建立在层状弹性理论基础上的耐久性设计方法,但是沥青路面仍然在设计年限内由于各种原因而发生早期破坏。一部分沥青路面在设计寿命期(一般 15 年)前 $1/4 \sim 1/3$ 期间,有的甚至在通车后 1~3 年内,就出现了车辙、坑槽、剥落、开裂、泛油等早期破坏。虽然造成沥青路面病害的因素很多,但综合起来主要有路面结构设计问题、现场施工质量控制、投入运营后车辆超载及养护管理不严等几个方面。

第一节 沥青路面的使用性能要求及我国 沥青路面的病害特点分析

一、沥青路面的使用性能要求

我国高速公路建设起步晚、设计施工的技术力量储备少、经济基础较薄弱,再加上气候和交通荷载条件恶劣、优质的道路石油沥青等原料缺乏、车辆超载严重等原因,铺筑的高速公路路面结构仍然存在种种问题。如何提高沥青路面的使用性能,延长道路的使用寿命,已经成为广大道路工作者的重要研究课题。沥青路面的质量控制过程,实际上就是减少病害、延长使用寿命的过程。要想从根本上提高工程质量,就必须了解破坏产生的原因及其形成的机理。

概括地讲,沥青路面的使用性能主要是指:

- (1) 高温抗车辙性能,即路面在高温条件下抵抗流动变形的能力。
- (2) 低温抗裂性能,即路面在低温条件下抵抗低温收缩的能力。
- (3) 水稳定性,即抵抗沥青混合料受水的侵蚀逐渐产生沥青膜剥离、掉粒、松散、坑槽而被破坏的能力。
- (4) 耐疲劳性能,即抵抗路面沥青混合料在反复荷载(包括交通和温度荷载)作用下被破坏的能力。
- (5) 抗老化性能,即抵抗沥青混合料受气候影响发脆逐渐丧失黏结力等各种良好性能的能力。
- (6) 表面服务功能,包括低噪声及潮湿情况下的抗滑性能、防止雨天溅水及在车后产生水雾等性能,这些性能直接影响交通安全及环境保护。
- (7) 行车舒适性能,主要是指平整度不良产生的行车颠簸,还包括横向平整度。

以上性能中,除平整度与沥青混合料本身关系较小外,其余都是由沥青混合料自身性质决定的。其中水稳定性、耐疲劳性能、抗老化性能常统称为耐久性。严格来讲,沥青混合料

性能应包括路用性能和施工性能两部分。表 1-1 汇总了沥青路面的路用性能与路面结构、沥青混合料及施工质量的关系。

沥青路面的路用性能与路面结构、沥青混合料及施工质量的关系 表 1-1

沥 青 路 面		路面结构 设计	沥青混合料设计			施工质量 控制	备 注
			沥青	矿料	混合料		
高温抗车辙性能		★	★★	★★★	★★★	★★★	对施工的压实度影响极大
低温抗裂性能		★★	★★★	★	★★★	★★	
耐久性	抗疲劳性能	★	★★★	★★	★★★	★★★	与空隙率关系极大
	水稳定性	★	★	★★	★★★	★★★	
	抗老化性能	★	★★★	☆	★★★	★★★	
表面服务功能(抗滑、降噪)		☆	★	★★★	★★	★★	与空隙率关系极大
行车舒适性能		★	☆	★	★	★★★	取决于施工水平及结构

注:表中★★★表示关系非常密切;★★表示关系比较密切;★表示有一定的关系;☆表示几乎无关。

二、我国沥青路面的病害特点

沥青路面在车辆荷载与自然因素(如雨、雪、温度变化以及路基土质、水文状况差异等)反复作用下,将产生塑性变形积累、剪力弯拉应变和弹性疲劳等现象。随着交通量的增长,行车荷载的加大,使用期限的延长,或基于设计施工不妥,维护不当或不及时,会发生这样或那样的损坏或破坏。常见的沥青路面损坏形式有:车辙、裂缝、松散与坑槽、脱皮、沉陷、油包、泛油、翻浆、啃边等。

我国高速公路的病害通常分早期病害和长期病害两种形式。其中早期病害在我国高速公路中占相当的比例,其破坏形式主要包括:

(1)沥青路面的纵向或横向的永久性变形,夏季高温期在重载车作用下造成流动性车辙,纵向平整度下降。

(2)冬季沥青路面的横向开裂,包括温缩裂缝及半刚性基层开裂或水泥混凝土路面接缝引起的反射裂缝,水从裂缝中进入路面内部,引起承载能力下降的破坏(龟裂)。

(3)雨季或春融季节出现的坑槽,即水损害破坏。

(4)沥青路面由于泛油、石料磨光引起的表面功能降低或丧失,尤其是抗滑性能不足。

在高等级公路沥青路面的破坏形式中,位于第一位的,即最普遍、最严重的破坏是水损坏。它造成路面在很短时间(通车后的第一个雨季)内出现松散、坑槽,甚至导致全面崩溃,其破坏形式的直观性会造成很大的社会影响。从地区来看,水损坏导致的路面破坏不仅仅是南方的多雨地区,在少雨的西北地区,水损坏的现象有时也非常严重。对此类问题的矫枉过正而使设计施工中过度追求小空隙、密级配、小粒径等,从而影响到路面的高温性能和抗滑性能等路用性能。

位于第二位的破坏形式是高温车辙。高温车辙是国外高等级公路沥青路面主要解决和克服的破坏形式,在我国不是说其不重要,而是因为我国沥青路面的水损坏相当严重而使其退居其次。高等级公路在通车之后的不长时间由于车辙而对行车道挖除重铺的现象也屡见不鲜。

对于抗滑不足类的病害,过去重视程度不够,其主要原因是我国的交通安全意识淡薄。随着现阶段经济的发展,法律意识的提高,交通安全的主要指标——路面的抗滑性越来越受到重视。

另一种类型的早期损坏是沥青路面的耐久性差。我国的沥青路面其使用寿命一般达不到规范规定的设计年限 15 年,与国际上的设计年限 30 ~ 40 年、甚至 50 年的“永久性路面”更不能相比。

第二节 道路的病害机理、影响因素及解决措施

一、沥青路面的水损害

沥青路面的水损害是指沥青路面在水的作用下,沥青逐渐丧失与矿料的黏结力,从矿料表面脱落,在车辆的作用下沥青面层呈现松散状态,以致集料从路面脱落形成坑槽。产生松散剥落的最大原因可能是由于沥青与矿料之间的黏附性较差,在水或冰冻的作用下,沥青从矿料表面剥落;产生松散剥落的另一种可能性是由于施工中混合料加热温度过高,致使沥青老化失去黏性。

水损害在我国的沥青路面早期损坏中属最普遍、最严重的一种,其原因如下:

(1) 发生时间短,许多工程在通车后的第一个雨季发生。

(2) 导致松散坑槽的面积大,在发生水损害的地方一般不会是偶尔的少数,而是成片相连。

(3) 水损害发生的地域广,调查显示无论是在潮湿多雨的南方还是干旱少雨的北方均会产生比较严重的水损害。

(4) 严重影响行车的舒适性和安全性,水损害形成的坑槽以及以后的修补均会导致路面的平整度下降。

(5) 社会影响大,大量的坑槽和修补会给社会形成劣质工程的负面影响。

近年来,我国沥青路面的水损害特别严重,其原因是多方面的,可以归纳为以下几种情况:

(1) 沥青混合料的空隙率较大。出现病害路段的抗滑表面层大多采用 II 型沥青混合料,剩余空隙率为 6% ~ 8%,按压实度 96% 计,通车初期路面有 10% ~ 12% 的空隙率,路面透水,车辆作用下形成动水压力,促使沥青与矿料的黏结力严重破坏;沥青面层的下面层也采用 II 型沥青混合料,从表面渗下去的水及基层毛细管积聚的水都可能聚集在下面层的空隙中,造成饱和状态。

(2) 中面层虽然一般采用密级配沥青混凝土,但最大粒径过大造成混合料离析,局部透水。

(3) 使用了与沥青黏附性不好甚至很差的中性或者酸性石料,石料界面容易被水浸入,降低黏附性;也有的虽然使用了抗剥落剂,但效果不好,未达到目的。

(3) 半刚性基层本身透水性很差,路面中渗入的水滞留在基层表面不能继续向下渗。

(4) 许多路面没有考虑设置完善的路面内部排水结构,尤其是路边缘大都设置混凝土路

缘石、浆砌护坡等,以致水沿着基层顶面渗流到路边缘以后无法排出。

(5)施工时压实不足或者离析等原因,使空隙率变大。

由于这些原因的综合作用导致目前我国许多沥青路面水损害破坏严重。造成沥青路面早期水损坏的原因非常复杂,应该从各个方面进行分析,采取相应措施。其重点是解决混合料空隙率过大、路面渗水和排水设施不完善、压实度不足、沥青混合料抗水损坏能力不足、厚度偏薄等问题,并致力于从路面结构形式去解决。通过调查研究,可以把造成沥青路面水损坏的原因及防治措施归纳于表 1-2。

沥青路面水损坏的影响因素及防治措施

表 1-2

造成水损坏的原因或因素		防治措施
材料	沥青混合料水稳定性不足,采用抗剥落剂,没有达到目的	(1)尽可能选择与沥青黏附性好的集料;石屑的质量必须符合规范要求,减小含泥量,积极使用机制砂;矿粉必须是石灰岩矿粉,不使用酸性石料的石屑; (2)采用改性沥青,加强与集料的黏结;采用针入度较小的沥青; (3)尽量采用掺加消石灰或具有长期有效的抗剥落剂
配合比设计	沥青混合料矿料级配不合理、空隙率过大;路面泌水性差;混合料水稳定性不足	(1)矿料级配尽量采用 S 形; (2)严格控制设计空隙率,统一空隙率计算方法; (3)合理选择沥青面层的构造深度和渗水系数指标; (4)确保水稳定性检验指标(双指标)合格
施工	沥青路面混合料离析严重,施工性能差	(1)加强施工过程控制,进行路面离析检验; (2)减小原材料生产、运输、存放、使用过程中的离析; (3)减小沥青混合料运输过程的离析; (4)减小沥青混合料摊铺过程的离析,不采用全幅摊铺; (5)控制集料粒径与层厚度相匹配; (6)避免采用易离析的间断级配混合料
	沥青路面的泌水性差	(7)优先采用轮胎压路机搓揉碾压,提高泌水性
	防止接缝离析	(8)认真做好接缝
	施工压实不足,不敢放开碾压;压实度数据不真实	(9)确保压实层厚度与最大粒径相匹配; (10)防止片面追求平整度而影响压实度; (11)改变完全钻孔检测结果,重点控制工艺,防止数据弄虚作假
	施工污染严重,层间黏结不成整体	(12)改变标段划分方法,基层、面层宜连续施工; (13)强化喷洒黏层油,确保沥青层层间结合良好
	改善沥青层与半刚性基层之间的层间黏结	(14)改变乳化沥青透层油的喷洒时间; (15)更换透层油品种,采用稀释沥青,半刚性基层透层油深度要求不小于 5mm,柔性基层不小于 10mm

二、沥青路面的车辙

车辙是我国高等级公路沥青路面病害的主要形式。它除了影响行车舒适性外,还对交通安全有直接影响,例如车辆在变换车道时操作困难,车辙内积水即产生高速行驶水漂或结冰,在气候条件恶劣时制动距离不足等。

在正常情况下,沥青路面的车辙有如下四种类型:

(1) 结构型车辙。由于荷载作用超过路面各层的强度,使沥青面层以下包括路基在内的各结构层产生永久性变形。这种车辙的宽度较大,两侧没有隆起现象,横断面呈 V 字形(凹形)。

(2) 流动型车辙(或失稳型车辙)。在温度较高的季节,经车辆碾压的反复作用,荷载的剪应力超过沥青混合料的抗剪强度,路面形成永久变形和塑性流动变形。这种车辙的特点是在车轮作用处下凹而两侧伴有隆起现象,构成 W 形车辙,且内外侧呈非对称形状。在弯道处还明显向外推挤,车道线及停车线因此可能成为变形的曲线。它尤其容易发生在上坡路段、交叉口附近,即车速慢、轮胎接地产生的横向应力大的地方。

(3) 磨损型车辙。为解决冬季路面的抗滑性低的问题,使用埋钉轮胎形成的车辙,在北欧一些国家较为常见。

(4) 压密型车辙。由于沥青路面本身压密造成的,是一种非正常的车辙,在国外较少发生,在我国却常见发生。其产生的主要原因是片面追求平整度,在降低温度后碾压,造成压实度不足。这种车辙的特点是只有轮迹带处的下凹,也呈 V 字形或 W 形,但两侧没有隆起。这已经成为我国目前一个比较突出的问题。例如以沥青面层 15cm 计,压实度相差 1%,即会增加 1.5mm 的车辙变形。由于施工要求的压实度一般为 96%,压密到 100% 时即可产生 6~8mm 的变形。

在我国,由于目前基层基本上是半刚性基层,有较大的强度和刚度,基层和基层以下的变形极小,除基层施工不良外,结构型车辙很少。磨损型车辙在我国几乎是没的。

沥青路面的车辙基本上都属于沥青混合料的流动型车辙。因此,为了延缓车辙的形成,应主要从提高沥青材料的高温稳定性着手。对这种车辙,可以说目前没有有效的维修方法,只有采用新的材料或将原有材料再生改造以更换产生车辙的路面层次。压密型车辙主要依赖施工的质量控制,与施工工艺、施工技术有关。

沥青路面的高温性能,也就是高温抗车辙能力受到诸多因素的影响,这些因素涉及材料、设计、施工及气候、荷载等方面(表 1-3)。

沥青路面高温稳定性的影响因素及解决措施

表 1-3

影 响 因 素		解 决 措 施
沥青路面设计		合理的路面厚度(15~25cm)
沥青混合料	混合料	(1) 选用嵌挤型的沥青混合料类型(SMA、OGFC、嵌挤的 AC); (2) 合理的混合料空隙率
	矿料	(1) 选用抗车辙能力强的石料,如玄武岩、花岗岩等; (2) 集料应具有良好的纹理粗糙度和棱角性、形状接近立方体; (3) 选用棱角性好的细集料,如机制砂等; (4) 各种规格的集料不宜堆放时间过长
	沥青	(1) 选用稠度大、PI 值大、标号小的沥青; (2) 选用 SBS、PE 等改性沥青; (3) 尽量减少沥青用量; (4) 适当增加粉油比(不宜小于 1~1.2)
沥青路面施工		(1) 提高沥青面层的压实度; (2) 减少沥青混合料的离析

三、沥青路面的裂缝

沥青路面在使用期开裂是世界各国普遍存在的问题。路面裂缝的危害在于从裂缝中不断进入的水分使基层甚至路基软化,导致路面承载力下降,产生唧浆、台阶、网裂,加速路面破坏。因此,提高路面的抗裂性能也是沥青路面的重要课题。

沥青路面上出现的裂缝,其成因各种各样,从表现形式看可分为横向裂缝、纵向裂缝和网状裂缝三种类型。

1. 横向裂缝

横向裂缝是指基本上垂直于行车方向的裂缝。按其成因不同,横向裂缝又可分为荷载型裂缝与非荷载型裂缝两大类。

非荷载型裂缝是横向裂缝的主要形式,在横向裂缝中占绝大部分。其形成原因复杂,可以是温缩裂缝、反射性裂缝、不均匀沉降裂缝、冻胀裂缝、施工裂缝(接缝或发裂)、构造物接头(伸缩缝等)裂缝、老化裂缝等。其中,最主要的是温缩裂缝和半刚性基层开裂引起的反射性裂缝。

沥青面层温缩裂缝大多数与行车道呈直角,线形平直,多发生在冬季气温较低的地区或易发生温度骤变的地区。当沥青面层中的平均温度低于其断裂温度时,或者说在降温过程中沥青面层的应力松弛性能降低,所产生的温度应力积聚超过其在该温度时的抗拉强度时,沥青面层即发生断裂。另外,当骤然降温(如南方高温天气突然降雨或北方寒流袭击)时,也会导致沥青面层的开裂。应指出的是,沥青面层的温缩裂缝经常是在温度应力的反复作用下,裂缝逐渐发展与扩张而形成的温度疲劳裂缝。

基层反射裂缝基本上也呈现直角,但是线形不一定顺直。它是由于半刚性基层先于沥青面层开裂,在荷载应力与温度应力的共同作用下,在基层开裂处的面层底部产生应力集中而导致面层底部在上方大体相对应的位置开裂,而后逐渐向上或向下扩展而使裂缝贯穿。半刚性基层的开裂通常由温缩或干缩引起,多数情况是在基层铺筑后,由于未及时按规定进行养生或未及时铺筑沥青面层,使基层长期暴露在大气中,在降温和水分蒸发联合作用下而开裂;当然也可能在铺筑沥青面层后,路面在使用过程中,由于温度骤变,当基层内的日温差超过某一范围,致使其温度应力超过其抗拉强度而开裂。后者一般发生在沥青面层相对较薄且日温差较大的地区。

非荷载型横向裂缝一般比较规则,每隔一定的距离产生一道裂缝,其间距大小取决于当地的气温和路面各层材料的抗裂性能。间距短的可能为6~10m,通常为10~30m,长的可达100m甚至更长。气温高、日温差变化小、路面材料抗裂性能好的路段,一般间距较大,且出现裂缝的时间也较晚。

荷载型裂缝是路面承载能力下降,强度不足以承担车辆荷载或者反复循环荷载作用引起的疲劳所产生的。由于路面结构设计不当、配合比不当、拌和不均匀、施工质量低劣,或者由于车辆严重超载,致使半刚性基层沥青路面在反复的交通荷载作用下,沥青面层或半刚性基层内产生的拉应力超过其疲劳强度而断裂。由于车辆荷载的作用,最初为细小的不规则的横向开裂,然后发展成为稠密的、互相联系的网状裂缝,也称为龟裂。裂缝首先在路面的底面发生,在车辆荷载的反复作用下,裂缝逐渐向上扩展至表面。

2. 纵向裂缝

纵向裂缝产生的原因有多种:除了荷载作用过大,承载能力不足引起的纵向开裂外,还有沥青面层分路幅摊铺时施工纵向接缝没有做好产生的裂缝;路基压实度不均匀或由于路基边缘受水侵蚀产生不均匀沉陷而引起;轮胎破坏后轮毂在路面上行走造成的轮毂压裂在许多路上也常见。

“车辙裂缝”是另一类荷载裂缝。“车辙裂缝”的观点现在世界范围内受到重视,它最早是由日本的松野三郎提出的,其特点是裂缝发生在高速公路行车车道两侧轮辙带边缘,由沥青面层表面开始并向下延伸。这种裂缝在车辙部位相当严重,但在跨线桥下、不见太阳的阴影下无车辙的部位裂缝消失,证明裂缝源于高温形成的车辙。

3. 网状裂缝

网状裂缝是由单根裂缝发展而引起的,主要是因为路面的整体强度不足,尤其是基层的强度过低;沥青在施工期间以及在长时期使用过程中的老化;路面开始出现裂缝后未及时封填,致使水分渗入下层,尤其是在融雪期间冻融的作用等。

路面裂缝产生的原因及解决措施见表 1-4。

路面裂缝产生的原因及解决措施

表 1-4

裂缝类型		产生原因	解决措施
横向裂缝	非荷载裂缝	温缩; 基层反射	选择抗裂性好的沥青、沥青混合料,提高施工质量; 采用抗裂性好的基层
	荷载裂缝	路面结构设计不当; 配合比不当; 施工质量低劣; 车辆严重超载	合理的路面结构设计; 提高施工质量(提高路面的强度及其他路用性能); 限制车载
纵向裂缝		基层纵裂; 路基不均匀沉降; 摊铺时的纵缝问题	处理好路基、基层,满足工程质量要求; 处理好摊铺时的纵向接缝
网状裂缝		路面的强度不足,尤其是基层强度过低; 沥青老化; 开裂后未及时处理	选用抗老化性能好的沥青、沥青混合料; 面层施工前,处理好基层,尤其是松软的夹层; 加强养护

4. 低温裂缝的成因及防裂措施

在众多的裂缝破坏方式中,低温裂缝是沥青路面需要主要解决的问题,因为其他类型的裂缝主要与面层的强度、基层甚至路基有关,而低温裂缝不仅仅与强度有关,还与面层混合料的类型、原材料、配合比设计以及施工质量有关。针对沥青面层低温收缩开裂问题,国内外进行了众多的调查与研究。结果表明:

(1) 沥青结合料性质是影响沥青路面温度开裂最主要的原因。

在沥青性质指标中,影响最大的是温度敏感性,感温性大的沥青容易开裂。我国通过多年来的研究认为,针入度指数 PI 是评价沥青结合料感温性的有效指标,沥青针入度、低温延度也是影响开裂的重要指标。一般认为,沥青标号高、针入度大、低温延度大、PI 值大对沥青

路面的抗裂性能有利。

(2) 沥青混合料的组成对沥青路面的开裂影响也很重要。

① 沥青用量虽然重要,但一般认为在最佳沥青用量 $OAC \pm 0.5\%$ 范围内波动对开裂率无明显影响。而且增加沥青用量在使混合料应力松弛性能提高的同时,也使收缩性能变强,二者互相抵消。

② 与矿料组成级配有一定关系,但总的来说与路面横向开裂率的关系不甚密切。

③ 沥青面层的厚度能使横向裂缝减少,这是指使用同一种高质量的沥青时,厚度较大的面层裂缝率较小。但总体来说,沥青面层厚度不如沥青结合料性能重要。

(3) 基层的影响。

半刚性基层较级配碎石、沥青稳定碎石等柔性基层热容量小,与沥青表面层的附着黏结性能差,尤其是本身收缩的附加影响,故横向裂缝要多些。基层与面层的附着性能差,将使面层有一定自由收缩变形的可能性,混合料的应力松弛性能得不到充分发挥,温度应力无法传递到基层中去,在面层内部积聚,容易产生开裂。基层上有透层油加强黏结,对抗裂是有好处的。

在气候因素方面,极端最低温度、降温速率、低温持续时间、升温降温循环次数是影响沥青路面温缩裂缝的四大要素。

要从根本上解决沥青路面低温缩裂是不现实的,因沥青路面的低温裂缝受多种因素的制约,下面仅从混合料选定、路面结构设计以及施工等方面列举一些容易做到的措施。

(1) 从沥青及沥青混合料角度分析

① 注意沥青的油源,在严寒地区采用针入度较大、黏度较低的沥青,对防止沥青路面开裂有益;但同时要满足夏季的要求。

② 选用温度敏感性小的沥青有利于减少沥青路面的温度开裂。

③ 采用吸水率小的集料,粗集料的吸水率应小于 2% 。

④ 采用 100% 轧制碎石集料拌制沥青混合料。

⑤ 沥青用量在马歇尔最佳用量 $\pm 0.5\%$ 范围内对裂缝影响小,若沥青用量较多,对低温抗裂是有益的;但必须注意对高温稳定性的负作用。

⑥ 采用应力松弛性能好的聚合物改性沥青。

⑦ 掺加纤维、使用改性沥青。

(2) 从路面结构来分析

① 增加沥青面层厚度,可有效地防止沥青路面低温开裂,而且能防止半刚性基层开裂的反射性裂缝。

② 采用柔性基层,有减少半刚性基层开裂与温缩裂缝的综合作用。

③ 选择空隙率小、不透水的密级配沥青混凝土作为路面结构层,采用沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)做面层。

④ 表面层应选用优质石料,同时采用聚合物改性沥青铺筑的抗滑路面。

⑤ 选用摩擦系数大、粗糙的基层对防止沥青路面开裂有利。

⑥ 土基为黏性土时,沥青路面开裂有减轻的趋势。

⑦ 对沥青路面进行预锯缝,并注意封缝处理。

不过,对于沥青路面的预锯缝对防止和减少温缩裂缝是否有效,目前国内尚有不同的看法。有的工程采取过预锯缝做法,发现在预锯缝的近旁仍然开裂,裂缝并未减少,而且裂缝间距很难估计。这些工程在切缝后一般都不封缝,对沥青路面进水危害这一点来说,自然裂缝与预锯缝开裂是相同的。所以采用预锯缝措施必须慎重。

(3)从施工角度分析

- ①充分碾压路面,压实度达 98% 以上,施工结束时的残余空隙率应小于 6%。
- ②取样钻芯的孔应仔细回填,不致留下缺陷。
- ③采用收缩系数小、低温不易开裂的标线漆。
- ④做好接缝,避免冷接缝,做好与排水井等人工构造物的接头。

四、沥青路面的表面抗滑性

沥青路面的表面层直接承受车辆行走,经受车轮对它的撞击、磨耗,所以路面表层常称为磨耗层。该层应具有以下功能:

(1)向行进的车轮提供足够的摩擦力,尤其是在路面湿润的情况下。湿润的路面摩擦系数下降,摩擦力不够是导致车轮侧滑或制动距离延长的根源,它严重威胁交通安全。

(2)为车辆前进提供一个平整舒适的表面。平整度也是路面整体水平的标志。

沥青路面在使用过程中由于车轮反复滚动摩擦的作用,集料表面逐渐被磨光,有时还伴有沥青的不断上翻、泛油,导致沥青面层表面光滑,尤其在雨季常会直接影响车辆的行驶安全。随着经济的发展和法律意识的提高,道路的安全性越来越受到人们的重视。

为了提高路面的安全性(即抗滑能力),沥青路面的抗滑表层要求有粗糙的表面,即较大的宏观粗糙度及微观粗糙度。为此,《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2006)对高速公路、一级公路的沥青路面给出了横向力摩擦系数和构造深度的双指标控制(表 1-5)。

沥青路面抗滑标准(交工检测指标值)

表 1-5

项 目	年平均降雨量(mm)		
	> 1 000	500 ~ 1 000	250 ~ 500
横向力系数 SFC	≥54	≥50	≥45
构造深度 TD(mm)	≥0.55	≥0.50	≥0.45

为了保证实现表 1-5 的指标,除了规定抗滑表层的矿料级配外,《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)还对抗滑表层粗集料的抗滑性能做了规定,要求石料磨光值不小于 42,冲击值不大于 28。

我国实际铺筑的高速公路、一级公路的抗滑性能却并非令人满意,表面功能迅速衰减的问题相当突出。其主要原因是:

(1)级配方面的原因。矿料级配不当,粗集料尺寸偏小。

(2)沥青标号过大(针入度偏大),沥青用量过多,路面渐渐泛油,构造深度下降,甚至变成光滑的油面。关于沥青标号问题,由于总担心路面开裂而使用标号过大的沥青,从而导致车辆渠化行驶对形成车辙和表面泛油造成很大隐患。因此建议,在长城以南宜采用 AH-70 号沥青,在南方高温地区宜采用 AH-50 号沥青。