

高等级公路 沥青混凝土路面 新技术

史建方 刘中林
谭发茂 田文
编著



石黄高速

人民交通出版社

Gaodengji Gonglu Liqing Hunningtu Lumian Xinjishu

高等级公路沥青混凝土路面新技术

刘中林 田 文 编 著
史建方 谭发茂

人民交通出版社

内 容 提 要

本书作者刘中林博士、谭发茂硕士及其他作者均为来自工程建设一线的青年学者。作者结合其工程实践经验,介绍了沥青混凝土路面新技术及其应用与存在的问题;并对目前沥青混凝土路面设计、施工中比较突出的问题,提出了自己的观点。书中给出了较多工程实例。相信该书对读者了解、应用沥青混凝土路面新技术将起到积极的作用。

本书主要内容有:改善沥青路面使用性能的途径与方法;沥青路面混合料基础理论;沥青路面混合料组成设计方法;SMA 沥青混凝土;大粒径 LSAM 沥青混凝土;高碎石沥青混凝土;纤维加筋沥青混凝土;土工合成材料加筋沥青混凝土;半刚性面层;RCC—AC 复合式路面;稀浆封层技术;沥青路面层间粘结材料;再生沥青混凝土等。

本书可供公路工程专业技术人员及大中专院校的师生学习参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

高等级公路沥青混凝土路面新技术 / 刘中林等编著.
北京:人民交通出版社, 2002.9

ISBN 7 - 114 - 04367 - 8

I . 高... II . 刘... III . 沥青混凝土—沥青路面—
道路工程—施工技术 IV . U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 046079 号

高等级公路沥青混凝土路面新技术

刘中林 田文 史建方 谭发茂 编著

版式设计:王静红 责任校对:尹 静 责任印制:杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010 64216602)

各地新华书店经销

北京凯通印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:528 千

2002 年 10 月 第 1 版

2002 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001~4000 册 定价:38.00 元

ISBN 7-114-04367-8

U·03214

前 言

近年来,由于政府强大的投资倾斜,我国的公路建设事业得以迅猛发展,特别是高速公路的建设取得引人注目的成就。至2001年底,全国高速公路通车里程已达1.9万公里,居世界第二位。这些高速公路大多采用密级配的沥青混凝土路面。

随着交通量的不断增长和轴载的明显增大,以及高等级公路交通车辆的渠化作用,沥青混凝土路面面临着新的严峻考验,尤其是传统的连续级配沥青混凝土路面受到了挑战。有些高速公路在通车一、二年内,就出现了不同程度的早期破坏,严重地影响了路面的使用功能和寿命。

可喜的是,为适应日益增长的交通量、重载和超载车辆的不断增长,一些新的路面结构类型和新材料、新工艺已在我国得到比较成功的应用。研究和总结这些新的沥青路面结构和沥青路面的施工新技术,特别是近几年出现的新型结构,对于加快我国高速公路沥青混凝土路面的建设步伐,提高工程质量,完善沥青混凝土路面的使用性能,延长其使用寿命,节约投资,具有十分重要的现实意义。

为了促进沥青路面新技术的推广应用,本书在编写时,列举了大量的高速公路建设实例,着重介绍实践经验,主要阐述了:通过改善矿质混合料的级配来提高沥青混合料的路用性能,如大粒径沥青混合料(LSAM)结构、沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)结构以及多碎石沥青混合料(SAC)结构;通过加入纤维和土工合成材料来改善沥青混合料的整体物理力学性能以及抵抗裂缝的加筋沥青混合料;半刚性面层和RCC—AC复合式路面;稀浆封层及沥青路面的层间技术;再生沥青混凝土以及沥青路面的施工新技术等。

本书在编写过程中由长安大学公路工程学院郝培文教授、戴经梁教授进行了详细的审阅与指导,在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中难免疏漏甚至错误,书中不妥之处,恳请读者批评指正。

本书所引用的文献均列于书末,文中不再一一注明。

作 者

2002.4

目 录

上篇 基础理论

第一章 改善沥青路面使用性能的途径与方法	3
第一节 概述	3
第二节 优化沥青路面结构体系	5
第三节 合理选择和改善沥青路面材料的性能	9
第四节 改善沥青混合料的路用性能	14
第五节 改善沥青路面路用性能的其他措施	19
第二章 沥青路面混合料基础理论	21
第一节 概述	21
第二节 沥青混合料的基本力学特性	22
第三节 沥青、改性沥青及其混合料的流变性能	23
第四节 矿质混合料级配理论	26
第五节 沥青混合料的组成结构和强度特性	29
第三章 沥青路面混合料组成设计方法	33
第一节 概述	33
第二节 马歇尔试验法	33
第三节 沥青混合料的综合设计方法	35
第四节 Superpave 沥青混合料设计方法	39
第五节 美国旋转压实剪切试验机设计法	53

下篇 沥青路面工程技术

第四章 SMA 沥青混凝土	61
第一节 概述	61
第二节 SMA 混合料的强度机理	63
第三节 SMA 混合料的力学性能	66
第四节 SMA 的组成设计方法	74
第五节 SMA 的施工要求及质量标准	91
第六节 SMA 经济效益分析	100
第五章 大粒径 LSAM 沥青混凝土	103
第一节 概述	103
第二节 LSAM 的组成结构和强度原理	106
第三节 LSAM 的组成规律	114

第四节	LSAM 混合料配合比组成设计方法	120
第五节	LSAM 的路用性能分析	135
第六节	LSAM 的施工和经济评价	151
第六章	多碎石沥青混凝土	159
第一节	概述	159
第二节	多碎石沥青混凝土的级配	160
第三节	多碎石沥青混凝土的应用实例	164
第四节	多碎石沥青混凝土应用中出现的问题及原因分析	176
第五节	多碎石沥青混凝土路面施工的技术要求	179
第七章	纤维加筋沥青混凝土	185
第一节	概述	185
第二节	加筋纤维改善沥青混合料的作用机理	187
第三节	博尼维(Boni Fibers)的物理化学性能及对沥青混合料性能的影响	194
第四节	德兰尼特 AS 的物理化学性能及对沥青混合料的影响	198
第五节	加纤维沥青混凝土的组成设计	203
第六节	加纤维沥青混凝土的施工	208
第八章	土工合成材料加筋沥青混凝土	210
第一节	概述	210
第二节	用于沥青路面的土工合成材料的性能特点及要求	211
第三节	土工合成材料在沥青路面中的作用	214
第四节	土工合成材料加筋沥青路面的施工	226
第九章	半刚性面层	229
第一节	概述	229
第二节	半刚性面层的材料性能特点	231
第三节	拌和法半刚性面层混合料的设计与施工	234
第四节	灌浆法半刚性面层的设计与施工	237
第十章	RCC—AC 复合式路面	240
第一节	概述	240
第二节	RCC—AC 复合式路面结构及其组合设计	241
第三节	沥青层稳定性设计原理	244
第四节	RCC—AC 复合式路面材料要求及配合比设计	245
第五节	RCC—AC 复合式路面施工	255
第十一章	稀浆封层技术在高速公路中的应用	266
第一节	概述	266
第二节	乳化沥青与改性乳化沥青	268
第三节	稀浆封层的分类与配合比设计	277
第四节	稀浆封层的施工	282
第五节	稀浆封层的应用	286
第六节	高油石比稀浆封层	299
第十二章	高速公路沥青路面层间粘结材料	302

第一节	概述	302
第二节	SBR 复合粘结材料的特性	302
第三节	SBR 复合改性乳化沥青的生产工艺和技术指标	305
第四节	SBR 复合粘结材料的应用	307
第十三章	再生沥青混凝土	309
第一节	概述	309
第二节	沥青混凝土老化作用机理	310
第三节	旧沥青混凝土再生利用的要求	312
第四节	旧沥青混凝土路面的就地再生和利用	317
第五节	旧沥青混凝土在工厂和专用设备中的再生	323
参考文献		328

上篇 基础理论

第一章 改善沥青路面使用性能的途径与方法

第一节 概 述

一、沥青路面发展现状

1988年,我国实现了高速公路零的突破。截止到2001年底,高速公路通车里程超过了19 000km,随后的几年里每年还将以超过2000km的速度递增。在已通车的高速公路中,沥青路面占80%以上。随着高速公路的迅猛发展,我国的路面施工技术及路面质量有了极大的提高。

在设计方面,随着计算机技术的广泛应用,有限元理论也引入了路面结构计算,同时还引入了结构设计可靠度的分析,极大地提高了路面设计的效率和可靠性。

在施工方面,大量引进了国外先进的拌和、摊铺和碾压设备。拌和设备为了适应连续摊铺的需要,有趋于大型化的趋势,有些项目引进了300t/h的拌和楼。摊铺机由20世纪90年代初的液压手动控制发展成全液压电脑自动化控制(如ABC525)。为了保证压实度,提高路面质量,碾压设备有重型化的趋势。如有的工程已使用26t自重的轮胎压路机。钢轮压路机由单钢轮振动压路机逐步被双钢轮双驱动压路机所取代,自重也趋于重型化,如河北石黄高速使用的Lingersoll-Rand 130,自重达到了13t。

高等级沥青路面还大量使用了改性沥青,如SBS(苯乙烯—丁二烯—苯乙烯)、SBR(丁苯橡胶),PE(聚乙烯)改性沥青。国产沥青的质量也有了很大提高,许多厂家生产的沥青都达到了重交通沥青的标准。在河北石黄高速等工程中,还在沥青混凝土中掺加了博尼维(Bonifibers)和德兰尼特(Dolanit)等加强纤维。

沥青混凝土在20世纪80年代初按空隙率分为两大类,一类是空隙率为3%~6%的密级配沥青混凝土,称I型;另一类是空隙率为4%~10%的半开级配混凝土,称II型。前者密水性好,抗老化性好,但抗车辙性能差;后者强度高,抗车辙性能好,但密水性和抗老化性能差。在这种情况下,沙庆林院士提出了多碎石(SAC)混凝土,其密水性达到了I型的标准,而且抗车辙性能好,表面粗糙度高,较好地克服了传统沥青混凝土的缺点。同时,部分省市借鉴欧美经验铺筑沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)路面,这种路面结构为粗骨料嵌锁密实结构,路用性能优良。

西方发达国家在主干线上推广使用SMA的同时,美国的战略公路研究项目(SHRP)于1993年3月研究提出了高性能沥青路面(Superpave)和路面长期使用性能指标(LTPP),但目前还处于试用总结阶段。法国10多年前首先采用了薄沥青混凝土面层,然后发展成为很薄的沥青混凝土面层,近几年又发展为超薄沥青混凝土面层。借助美国的“SHRP”计划,20世纪90年代初,我国针对国产的七种沥青及其混合料进行了全面系统的研究,提出了符合我国实际的沥

青及沥青混凝土的技术指标及相应的试验方法,主要包括高温和低温特性、水损害、老化等几个方面,并在全面总结的基础上修改了设计、施工规范和试验规程。这标志着我国在沥青路面设计、施工和试验等实际应用和理论研究方面有了突破性的发展。

随着路面技术的发展,我国路面施工工艺水平也普遍提高,有许多竣工路面工程的平整度均方差 σ 值能达到 0.6 以内。但是我们也注意到,有许多高速公路路面在通车一年后平整度衰减很快,有的通车时间不长就出现了路面早期破坏,有的通车几年就不得不翻修罩面,使用性能也大大降低,达不到设计的要求。这就提出了如何避免或延缓路面破坏,提高路面使用性能的问题。

二、改善沥青路面使用性能的必要性

沥青路面的使用性能是指路面所能提供的行车条件。路面使用性能可以由路面使用者的综合感受来进行评价。路面使用性能好,行驶舒适,路面使用者对路面的评价就高。反之,行驶不舒适,评价就低。

沥青路面的使用性能,除了影响行驶舒适性外,还直接影响行驶的安全性。路面使用性能差,必然增加行驶难度,降低运输效率,增加油耗,直接影响交通运输和经济发展,并带来严重的负面社会影响。

高速公路是连接重要的政治或经济中心的纽带。路面使用性能是道路路面质量的表现。因此,路面工程在建设之前就应该对路面在使用期内的使用性能给予高度重视,充分了解路面在设计年限内使用性能的变化情况,按照正常情况下使用性能随时间或交通量发展的变化规律(如图 1-1),制定合理的维修计划。但是,目前路面使用性能普遍难以达到理想要求,使用性能的降低不符合正常变化规律。而国内目前在改善路面使用性能方面的研究缺乏系统性,满足不了实际需要。因此,结合路面技术的最新发展状况,研究如何改善路面使用性能是非常重要的。

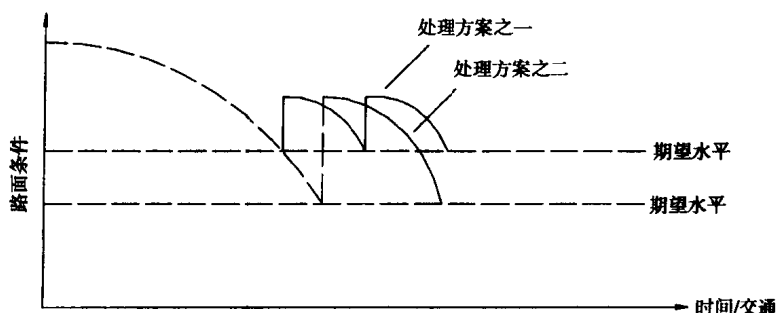


图 1-1 使用性能随时间或交通量发展的变化规律

三、影响沥青路面使用性能的因素

路面使用性能评价取决于路面使用者对路面使用条件的综合感受。美国在对路面使用者进行大量调查研究之后,提出了路面服务性能指标(即使用性能指标)PSI(Pavement Serviceability Index)。调查结果说明,影响路面使用性能的第一因素是平整度,其次是道路裂缝,最后是车辙。也就是说路面使用者最关心也是影响其感受的第一因素是路面的平坦情况,如果路面出现坑洞、松散、推移、拥包等病害,使用者最容易感受到。路面的平整度是全路的综合性评价指标,除了道路本身外,还与线内桥梁的桥面铺装、伸缩缝的安装、过渡段(即桥头、涵顶)的处理

质量有密切的关系,这些问题要处理不好,其服务性能指标就受影响,使用性能就差。

四、沥青路面使用性能的改善途径与方法

从以上介绍可知,要提高路面的路用性能,主要应从改善平整度,减少路面裂缝和车辙等方面着手,而要达到这些目的,我们必须从路面设计(包括结构体系和面层设计)、材料设计和施工作业等方面去考虑,而这三个方面的因素又是相互影响和关连的(如图 1-2)。

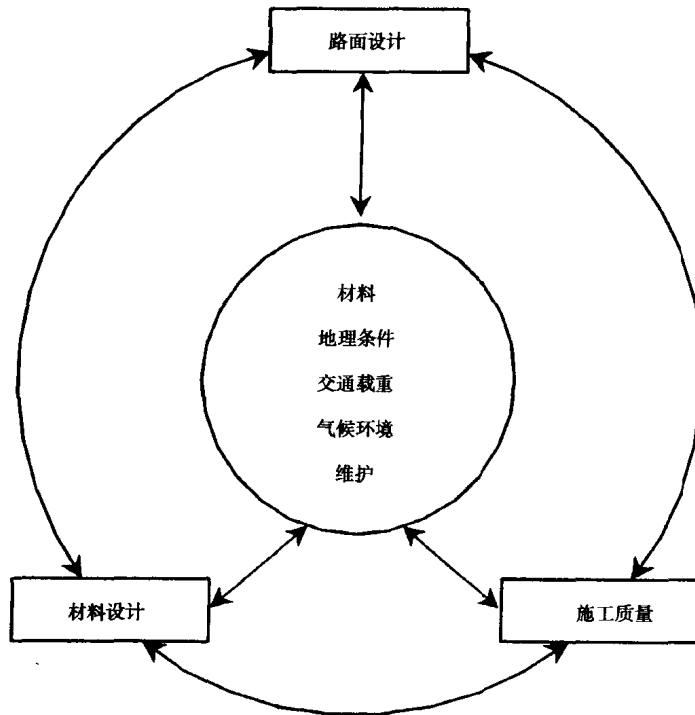


图 1-2 影响路面使用性能的因素

车辆是行驶在路面表面的,车轮与道路表面直接接触,路面的综合质量通过表面层反映出来。例如路基沉陷、不均匀沉降和底层裂缝,最终都会反映到路面表面,间接影响路面的使用性能,而表面层的损坏则直接影响路面的使用性能。

因此,改善路面的使用性能,要从优化路面结构体系、提高表面层的品质、合理使用材料和提高施工作业水平,以及确保桥面铺装质量、加强沥青面层的层间粘结力和提高面层防水能力等几个方面寻求解决办法。

第二节 优化沥青路面结构体系

一、沥青路面结构的一般型式

我国高速公路的路面结构,绝大多数采用半刚性基层和底基层,面层为沥青混凝土路面,称为半刚性基层沥青路面。底基层一般选用水泥稳定土、石灰粉煤灰土或石灰土。为了达到强度要求,有时石灰稳定土和石灰粉煤灰土中加入部分水泥或掺加早强剂。基层一般选取水泥稳定级配粒料,有些地区也采用石灰粉煤灰稳定粒料。多数半刚性基层厚 20cm,少部分厚

达 40cm,半刚性底基层一般厚度选用 20~40cm,半刚性材料层的总厚度一般在 50~60cm,也有少部分为 40~60cm,有少数采用全厚式半刚性基层。

我国在高速公路设计施工初期,由于担心半刚性基层开裂,并引起沥青面层产生反射裂缝,采用了厚 15~23cm 的沥青面层。事实上,半刚性基层沥青路面的裂缝主要是沥青面层的温度裂缝,反射裂缝只占少数,而且沥青面层只起功能性作用,半刚性基层沥青路面的承载能力可完全由半刚性材料层来满足。这就是我国高等级公路路面设计所遵循的强基、薄面特点的原则。统计资料显示:我国高等级公路路面一般选用三层式,面层厚常为 12~18cm,绝大多数厚度为 15cm 左右,三层的厚度由上而下一一般为 4cm+5cm+6cm。双层式层厚为 9~10cm,表面层为 4cm,底面层为 5~6cm。

二、目前沥青路面设计中值得商讨的几个问题与改进措施

(一)沥青路面设计不宜过于追求理论计算的精确性

沥青是一种典型弹-粘塑性材料。沥青在低温(高粘度)及瞬时荷载作用下,弹性形变占主要地位;而在高温(低粘度)及长时间荷载作用下,沥青的形变主要是粘性的;而在负温(-5℃以下)状态下,沥青又表现出一定的脆性。有试验证明,在这种情况下,用子弹射击沥青,沥青脆裂结果与玻璃破碎的情况很相似。因为沥青具有上述特性,所以沥青混合料的特性与温度有很大的关系,其强度和模量都随温度升高而急剧下降,它既不是弹性材料,也不是塑性材料。荷载作用时间和气候对其性质也有影响,在正温度状态下,沥青混凝土表现出一定的粘弹性;在负温状态下它具有一定的弹性。例如,在 50℃时,沥青混凝土试件的强度为 1~3MPa;而在 -35℃时,其抗压强度高达 18~23MPa,此时的强度接近水泥混凝土的强度。而且,温度变化对沥青混凝土的变形性能影响也很大。由于我国地域辽阔,四季和昼夜温差较大,因此,沥青混凝土路面设计时,都要进行条件假设,在这种情况下,运用任何理论计算的结果都只能做参考,过细的设计和过于重视设计是不必要的,重要的是通过实践检验。目前欧美等发达国家比较流行的也是通过试验路进行半理论力学设计,我国的路面设计理念也应该朝这个方向发展,这样才能使路面技术的发展更切合我国的国情和交通运输发展的需要,避免重复使用不良路面结构体系,真正提高路面质量。

(二)半刚性基层沥青路面有不可忽视的弊病

我国高速公路上普遍应用的半刚性基层沥青路面,从理论上讲是一种比较理想的结构。半刚性材料具有很高的强度和抗冲刷能力,车辆荷载主要可以通过基层和底基层所使用的半刚性材料来承担,面层主要起功能性作用,可以达到“薄面”的目的。而且半刚性材料可以充分利用当地的资源,有的还利用工业废渣,工程造价比较节省,有利于保护环境,非常适合我国国情,我国在半刚性基层沥青路面修建方面也积累了丰富的经验。

半刚性基层沥青路面具有明显的优点,但是也有不可忽视的弊病。稳定剂(水泥、石灰或粉煤灰)与土和水拌和、压实后,由于蒸发和混合料内部发生水化作用,混合料的含水量不断减少,由于水的减少,混合料内部发生一系列物理、化学作用使半刚性材料产生体积收缩,从而产生干缩裂缝。这种裂缝的产生,使含水量对碾压的影响很大,含水量愈大,结构层愈容易产生干缩裂缝,裂缝也愈严重,裂缝产生得早,裂缝多,缝宽增长。对于水泥稳定土,当水泥剂量过大时,产生的裂缝就比较多;土粘粒越多,干缩应变也越大。半刚性材料还容易产生温度裂缝,从已建成的高速公路来看,大多数半刚性材料都产生了裂缝,国内的研究资料证明了干缩裂缝对其承载能力不会产生什么影响,但是由于裂缝的存在,给水浸入路基提供了通道,对路面的

外观和耐久性产生很大的影响,路面的使用性能也大大降低。

柔性路面与半刚性基层沥青路面相比较,最大的优势在于柔性路面的基层和底基层没有裂缝产生,结构层整体水密性好,缺点是造价高。其典型结构为:面层为 12~17cm 的沥青混凝土;基层采用沥青稳定碎石,厚度 15~20cm;底基层为 30~40cm 的级配碎石层,其强度的产生靠粒料之间的嵌锁原理和密实原理形成。这种结构我国高速公路还未采用,应该在一定范围内先进行试用,然后在总结试验路的基础上,提出符合我国实际状况的柔性路面典型结构体系,为进一步提高我国路面技术探出新的发展途径。

(三)路面设计中几个重视不够的问题

1. 路面结构层防水与排水

(1)水破坏现象的严重性

水进入路面有下面几种途径:

1)通过面层裂缝进入结构层内部。如前所述,半刚性基层沥青路面易产生裂缝和反射裂缝,其他各种结构型式,也不可避免会产生裂缝,裂缝给水进入路面结构内提供了通道。

2)通过结构层粒料间的空隙渗水。当面层空隙率大于 7%时,结构密水性差,水容易渗入。空隙分两种形式:一种是密级配混合料在施工过程中局部产生离析,或压实度不足,现场实际空隙大于 7%;另一种是混合料采用了开级配设计,如传统的 II 型级配,实际现场空隙率在 10%以上,雨水可以从上下贯通的空隙渗入结构层内。

3)施工期间积水。施工期间遇上雨季或冲刷路面时造成局部积水,无法排出路基外,结构层一直处于水的浸泡状态。

通常情况下,由于水的影响,沥青路面很容易产生早期破坏。我们观察到,有的高速公路尽管使用了进口沥青等比较好的材料,但是通车后数年内甚至在通车不久,有的路段就出现了路面病害。典型的破坏是坑洞,或出现唧浆、网裂和形变。造成路面早期破坏的主要原因之一是水的破坏。路面浸水直接导致路面的早期破坏;路面出现其它病害破坏以后,遇水浸入会加剧、加速路面的破坏。

(2)防止措施

要避免水对路面的破坏,一是要防止或减少水通过上述三种途径进入结构层内,另外还必须想办法将进入结构层内部的水排出结构层外。习惯上,路面设计时对这两个方面可采取的设计措施重视不够,不考虑路面结构层排水,也不设置有效的防水层,这对避免路面早期破坏是极为不利的。

通常高速公路路面结构层设计,表面层设计为 I 型(或 SAC 或 SMA),中面层和底面层,采用 II 型或有一层为 I 型,只将双层体系或三层体系中的一层按不透水层来考虑。实际情况是,如果有一层空隙率较大,水就有可能渗入,存水多的一层层底就会先产生水破坏。为了保证中面层和底面层足够的抗车辙能力,可以选择粗骨架密级配型式,而不可拘泥于传统的 I 型级配和 II 型级配。这样,结构层既可以有比较好的防水性能,又有很好的结构稳定性与耐久性。

设置路面结构防水层和排水层,是阻止水渗入基层的很好的措施。防水层与国外的应力吸收膜中间层 SAMI 相似。在基层顶面洒过透层油后,再洒 2.0~2.4kg/m² 的 SBS 改性沥青。为使改性沥青膜免遭破坏,再撒 10~20mm 的碎石,用量为铺满一层的碎石用量的 60%,碎石与碎石互不接触,露黑的面积约为 40%。该应力吸收膜中间层也可设置在中面层之上,表面层之下,以最大限度地减少水的渗入量。

建立渗水排出通道,使结构层内的水迅速排出路基,可以在硬路肩下设置碎石(或砂砾)垫层或盲沟,以达到上述目的。

中央分隔带由于植树绿化的原因不能封闭的,同样也要考虑水的排出问题。当弯道超高时,必须设置纵向排水沟,起到排雨水和下渗水的作用。

当边坡防护在硬路肩边上需封闭时,要特别注意结构层渗水外泄通畅,以免排水不畅而引起水破坏。

在施工方面和材料使用上的措施,在后续相关章节中叙述。

2. 结构层合理厚度

(1) 基层与底基层的合理厚度

结构层厚度的确定,设计时考虑最多的是层厚是否满足路面强度的要求。一般来说,基层与底基层每层厚度习惯上设计为 15cm 和 20cm。15cm 厚的基层或底基层,施工时压实度容易保证。但是,当灰土厚度达到 20cm 时,压实非常困难。作者在石黄高速施工时做过观察,发现采用 YZ18(50t 级)的振动压路机进行碾压,当层厚达到 20cm 时,碾压非常困难,参见表 1-1。

厚度对压实度的影响 表 1-1

项 目	试 验 结 果				
	压实厚度(cm)	19.8	20.2	21	23
压实度(%)	96.3	95.2	90.8	93.2	20cm

路基顶面标高,施工时有时稍低于设计标高。为了防止出现夹层,路拌机往往要超拌 1~2cm,加上施工误差,设计层厚为 20cm 时,压实厚度可能达到 21~23cm,个别情况下可能达到 23~25cm,这时压实是非常困难的。从现场压实度检测试坑中,我们可以看到,当厚度为 20cm 时,从顶面以下 15cm 范围内压实效果很好,而底面的 2~5cm 这一部分压实效果不理想,呈略微松散状态。这种现象无论采用什么碾压措施都是不可能消除的。因此,设计最大厚度以 18cm 为宜。

(2) 面层厚度与集料粒径的确定

根据美国 Superpave 的定义和《公路工程集料试验规程》(JTJ 058—2000)规定,集料最大公称(名义)尺寸,是指筛余第一次大于 10% 筛号的上一级筛号对应的尺寸。我国以往的规范中,往往将公称最大粒径直接简称为最大粒径,没有严格的区分。

一般来说,沥青混合料的最大粒径与层厚的比值越大越容易出现离析,而且越不容易碾压密实。因此,我国《公路沥青路面施工技术规范》(JTJ 032—94)规定:上面层沥青混合料的集料最大直径(指公称最大粒径)不宜超过层厚的 1/2,中下层及联结层的集料公称最大粒径不宜超过 2/3 层厚。工程实践中,通常层厚取最大粒径的 2.5 倍左右、公称最大粒径的 3 倍左右。

3. 层间连接

目前,习惯上对层间连接没有引起高度的重视。路面裂缝处出现唧浆现象,主要是层间连接不紧密,有缝隙可供水浸入,或者说层间夹有浮灰或松散细颗粒,水进入层间缝隙后,缝隙中的水在行车荷载作用下产生动水压力,在行车荷载重复作用下,对缝隙产生重复冲刷,形成唧浆,使缝隙处结构层强度相应降低,以致形成空洞,造成路面损坏。

为了避免上述现象的发生,在灰土顶面进行下一层结构层施工前,一定要将表面浮土清扫

干净,适度湿润,洒水不能过多,浸水松散的部分要及时剔除。在水泥稳定层或石灰、粉煤灰稳定层上进行结构层施工时,要将表面松散颗粒和浮灰清扫干净。灰土与基层和基层与基层间的连接,建议喷洒 1:0.5 的水泥浆;基层与面层结合面,在喷透层后,加做防水层,或喷洒粘层;在面层之间,洒粘层油进行层面连接。这样处理后,结构层整体连接在一起,层间连接紧密,形成一个类似全厚式的结构体系,无论是对受力和防止水损坏都具有非常好的作用。这样做虽然增加少量的工程造价,但与路面的使用性能提高和使用寿命延长带来的效益相比是很小的。加强层间连接是非常必要的,也是值得的。在河北石黄高速公路路面工程施工时,在分层摊铺的水泥稳定级配碎石层间喷洒了 1:0.5 的水泥浆,钻芯取出的芯样十分完整,两层连接紧密;在面层之间洒粘层油,芯样三层紧密连接在一起,跟一层摊铺的没有多大区别,要从层间连接处断开必须用电锯切,可见其效果是非常明显的。

三、沥青路面结构体系优化

目前我国高速公路表面层厚度一般都在 15cm 以上,主要基于面层要求足够的强度与其它结构层一起承受车辆荷载的作用和防止路面裂缝方面考虑。随着研究的深入,人们发现,在半刚性基层沥青路面结构中,半刚性基层和底基层有足够的强度承受车辆荷载的作用,表面层只起功能性作用。

(一) 沥青路面的厚度与半刚性基层沥青路面的承载能力

半刚性材料的强度和抗压模量是随时间增长的。而半刚性基层从竣工到整个工程通车至少需要三个月以上。试验研究表明,目前所使用的半刚性基层材料,三个月龄期的模量超过了沥青面层的抗压模量。

根据陕西西三线的研究资料,半刚性基层厚度都是 40cm 时,面层厚在 9~15cm 之间变化,各段弯沉历年观测结果并无明显差异。这些都表明,沥青面层实际上只起功能性作用。因此,仅从承载力方面考虑沥青面层的厚度就没有必要保持在 12~15cm。沙庆林院士在京石试验路上采用了 4cm 厚的面层,其强度与 9~15cm 面层厚的路段没有明显差异,也证明了这一结论的可行性。

(二) 沥青路面的厚度与抵抗裂缝能力的关系

从试验路的结果看,加厚面层有利于防止裂缝,但并不是面层愈厚,裂缝愈少。沙庆林院士在多年观察西安试验路和长春试验路后发现,面层厚 15cm 的路段裂缝甚至还多于 9cm 路段。因而,同样的路面厚度,因面层的级配、沥青材料和基层类型以及所处地区的不同,出现裂缝的数量也会有很大的区别。

(三) 面层厚度与车辙的关系

国外的资料表明,路面的抗车辙能力与面层厚成反比。特别在高温季节,沥青混凝土的抗压模量急剧下降,可以下降到 600MPa,甚至更低。面层太厚就容易产生严重的车辙和拥包,从而降低路面的使用性能。

从以上分析和各种研究结果看,面层厚减至 9cm 或 12cm 是可行的,工程实际中,应考虑项目所在地区的气候条件、级配类型、交通量大小和公路等级,综合考虑面层厚度。

第三节 合理选择和改善沥青路面材料的性能

材料是影响路面使用性能的重要因素。沥青路面是由沥青混合料铺筑而成的,而沥青混

合料是由沥青、集料和矿粉以及其他外加剂按一定比例组成的。材料质量不理想,达不到要求,沥青混合料的质量也不可能达到要求。沥青结合料的性能、骨料的质量、骨料与结合料粘结效果都对混合料的性质产生极大的影响。因此,寻找各种途径改善材料的性能和质量是至关重要的。

一、改善沥青结合料的性能

沥青面层的低温裂缝和温度疲劳裂缝,以及在高温条件下的车辙深度、推挤、拥包等永久变形都与沥青有很大的关系。不同的沥青,面层的裂缝率有很大的差别,其差别能达到10倍以上,最大可相差20倍。改善沥青的温度敏感性、低温稳定性和流变性对提高混合料的高温和低温力学性质效果非常显著,沥青性能改善对提高路面长期使用性能有着非常重要的作用。

改性沥青按改性剂的不同,一般将其分为三类:

第一类是热塑性橡胶类,主要是苯乙烯类嵌段共聚物,如第一节提到过的SBS、SIS(苯乙烯-异戊二烯-苯乙烯)等。

第二类是橡胶类,如SBR(丁苯橡胶)、BR(丁二烯橡胶)等。

第三类是树脂类,即热塑性树脂,如PE(聚乙烯)、EVA(乙烯-乙酸乙烯酯共聚物)。

这几种改性剂中,使用最多的是SBS,约占改性沥青总量的40%~44%。

不同的改性剂,其特点也不同。SBR将增加沥青的弹性、粘聚力、减小感温性;SBS改善柔性,增强抵抗永久变形的性能并减小温度敏感性;再生橡胶粉将增加柔性、粘附性,提高抗疲劳、抗裂性能;PE、EVA等将增加稳定性和劲度模量,提高抗永久变形,减小温度敏感性。

比较各种改性沥青的性能,SBS无论从高温和低温性能、弹性恢复性能,还是感温性能几个方面,都有明显的优势,是其他改性沥青如PE和EVA无法相比的。SBS的优越性突出表现在使软化点大幅度提高的同时,又使低温延度明显增加,感温性得到很大改善,不仅高温稳定性大幅度提高,而且低温性能也同时改善,并且弹性恢复率特别大,所有指标都有明显提高,这是非常难得的。SBS改性沥青具有其他改性剂或综合改性剂无法相比的优点,而且在价格上也可以与PE、EVA竞争,所以改性沥青以选用SBS为佳。

二、提高集料的质量

在考虑材料对沥青混合料的影响时,往往比较重视对沥青的影响,而对集料的影响都重视不够。

集料质量差,必然结果是混合料的质量也差,要研究沥青混合料的性能,必要条件是保证集料的质量,然后再考虑矿料级配的控制。

我国目前在集料生产方面同样存在很大差距。人们已经普遍认识到,要提高路面抗车辙的能力,集料要符合下面两项要求:一是碎石表面微观粗糙度大,且形状接近立方体,质地坚硬;二是使用人工砂,限制使用圆形颗粒的天然砂。但是,我国生产的碎石针片状偏多,形状难以接近立方体;人工砂没有专门生产供应,所谓的人工砂,一般只是轧石厂筛余的下脚料。碎石的粒径组成比例也不稳定,筛分结果有较大偏差。表1-2列出的是某高速公路其中一个合同段连续6天从拌和机4个热料仓中分别取样筛分的结果。