

GONGLU
LIQING LUMIAN
YANGHU JIXIEHUA ZUOYE

公路沥青路面 养护机械化作业

山东省交通厅公路局
王松根 张西斌 主编



人民交通出版社
China Communications Press

公路沥青路面养护机械化作业

山东省交通厅公路局

王松根 主编
张西斌



人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要包括:公路沥青路面的结构、病害及其预防与处理,沥青路面养护机械的管理,沥青路面的灌缝、坑槽修补、稀浆封层、石屑封层和沥青路面再生机械化作业的工艺及施工机械,以及沥青路面机械化养护配套机械的技术特点和维护等。

本书可供沥青路面养护机械作业和管理人员,高职高专、技工学校筑养路专业师生参考及作为沥青路面机械化养护的从业人员在职培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路沥青路面养护机械化作业/王松根,张西斌主编.

北京:人民交通出版社,2009.10

ISBN 978-7-114-07985-6

I.公… II.①王…②张… III.沥青路面—公路养护—机械化 IV.U418.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 173360 号

书 名:公路沥青路面养护机械化作业

著 作 者:王松根 张西斌

责任编辑:丁润铎 贾秀珍

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.ccpress.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京交通印务实业公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:19.25

字 数:480 千

版 次:2009 年 10 月 第 1 版

印 次:2009 年 10 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-07985-6

印 数:0001~3000 册

定 价:55.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《公路沥青路面养护机械化作业》

编写人员名单

主 编： 王松根 张西斌

副主编： 张玉宏 张 铁 朱明才 李 航

编 委： 王松根 张西斌 张玉宏 张 铁 朱明才
李 航 李 晋 赵金海 赵传政 安 涛
袁堂涛 栾兆学 魏恩强 王连山 李建春
刘 伟 柳普增 王建敏 肖培泳 孔令雪
王秀武 付 超 徐中富 刘 辉 孙 涛
房志刚 郭炳波 林宝安 范乐强 张 勇

前 言

截至 2008 年年底,山东省公路通车总里程达到 220 686km,其中高速公路 4 285km、一级公路达到 7 048.4km、二级公路达到 23 798.1km,公路密度达到每百平方公里 140.45km。多年来,山东省交通公路系统认真学习实践科学发展观,牢固树立“建设是发展,养护管理也是发展”的理念,坚持“未雨绸缪,超前谋划,防治结合,预防为主”的方针,以更好地服务社会公众为主线,积极推广应用新材料、新结构、新技术、新工艺,集全行业之智,举全系统之力,实现了山东公路更畅通、更安全、更和谐、更高效的目标。

公路建设的发展,养护质量的提高,都离不开机械化的发展,为全面推进养护技术进步。自 2000 年以来,山东省交通厅公路局按照“技术先进、性能优越、常用实用、经济合理”的原则,相继配置稀浆封层、微表处治、沥青洒布、石屑撒布、同步碎石封层、综合养护、灌缝等新型专业养护设备 500 多台(套),基本实现了公路维护、病害处治、绿化、检测等作业的机械化。

公路养护技术的进步带动了养护机械化的发展,公路养护机械的发展促进了养护技术的进步。为实现养护设备和养护技术的有机统一,按照精细化养护的要求,在认真总结养护机械应用实践的基础上,我们组织编写了《公路沥青路面养护机械化作业》一书。全书共 8 章,第 1 章概述,其中 1.3 节由山东省交通厅公路局王松根研究员执笔,1.1~1.2 节由山东交通学院李晋博士执笔,1.4 节由山东省交通厅公路局李航工程师执笔;第 2 章公路沥青路面灌缝机械化作业,由泰安市公路管理局栾兆学工程师、徐中富研究员,莱芜市公路管理局付超工程师、临沂市公路局房志刚工程师执笔;第 3 章公路沥青路面坑槽修补机械化作业,由淄博市公路管理局赵传政高级工程师、德州市公路管理局安涛研究员、威海市公路管理局王建敏高级工程师执笔;第 4 章公路沥青路面稀浆封层机械化作业,由山东省交通厅公路局张西斌研究员、滨州市公路管理局魏恩强工程师、临沂市公路局王连山高级工程师、青岛市公路管理局郭炳波工程师执笔;第 5 章公路沥青路面石屑封层机械化作业,由日照市公路管理局袁堂涛高级工程师,济宁市公路管理局李建春高级工程师、孔令雪高级工程师,东营市公路管理局范乐强工程师执笔;第 6 章公路沥青路面再生机械化作业,由山东省交通厅公路局张玉宏研究员,山东交通学院工程机械研究所张铁教授,菏泽市公路管理局刘伟研究员,滨州市公路管理局张勇工程师执笔;第 7 章公路沥青路面其他养护作业机械,由济南市公路管理局赵金海高级工程师、刘辉工程师,潍坊市公路管理局王秀武研究员,聊城市公路管理局柳普增高级工程师,威海市公路管理局孙涛工程师执笔;第 8 章沥青路

面养护机械化作业安全管理,由泰安市公路管理局朱明才高级工程师,烟台市公路管理局肖培泳工程师、枣庄市公路管理局林宝安助理工程师执笔。

全书由王松根研究员、张西斌研究员统稿。

本书的编写是一项探索性工作,在编写过程中得到了相关专业技术人员、机械生产单位和应用单位的大力支持,在此,表示衷心感谢。由于时间仓促和编者水平所限,不足之处在所难免,恳请同行专家不吝赐教,批评指正。

编 者

2009年6月·济南

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 公路沥青路面结构	1
1.2 公路沥青路面常见病害类型	3
1.3 公路沥青路面常见病害防治及处治方案	5
1.4 公路沥青路面养护机械管理	11
第 2 章 公路沥青路面灌缝机械化作业	40
2.1 沥青路面裂缝分类	40
2.2 灌缝工艺	43
2.3 手推式灌缝机	46
2.4 拖式灌缝机	48
2.5 自行式灌缝机	50
2.6 高压热空气吹风机	55
2.7 开槽机	59
2.8 灌缝材料	62
2.9 工程实例	69
第 3 章 公路沥青路面坑槽修补机械化作业	74
3.1 坑槽修补技术	74
3.2 冷修补机械	76
3.3 喷灌机械	84
3.4 红外线加热修补机	86
3.5 微波加热修补机	92
第 4 章 公路沥青路面稀浆封层机械化作业	101
4.1 稀浆封层技术	101
4.2 乳化沥青	107
4.3 沥青乳化设备	110
4.4 稀浆封层机	116
4.5 改性沥青稀浆封层技术	126
第 5 章 公路沥青路面石屑封层机械化作业	132
5.1 石屑封层技术	132
5.2 沥青洒布机	135
5.3 石屑撒布机	146
5.4 同步碎石封层机	151
5.5 石屑封层材料	161
5.6 工程实例	162

5.7 纤维封层技术	164
第6章 公路沥青路面再生机械化作业	167
6.1 沥青路面再生的意义及原理	167
6.2 沥青路面再生工艺	171
6.3 沥青路面铣刨机	175
6.4 沥青路面厂拌热再生机	184
6.5 沥青路面现场热再生机	201
6.6 沥青路面现场冷再生机	206
6.7 工程实例	217
第7章 公路沥青路面其他养护作业机械	225
7.1 小型液压挖掘机	225
7.2 挖掘装载机	233
7.3 滑移转向装载机	247
7.4 清扫车	251
7.5 洒水车	256
7.6 除雪机	261
第8章 沥青路面养护机械化作业安全管理	269
8.1 安全生产和管理制度	270
8.2 安全目标与对策	273
8.3 安全教育培训	274
8.4 现场管理	280
8.5 安全活动	284
8.6 安全检查	289
8.7 工伤事故管理	291
8.8 安全评价	294
参考文献	297

第1章 概 述

1.1 公路沥青路面结构

1.1.1 沥青路面类型和结构层次

按面层所用材料的不同,公路沥青路面可分为沥青混凝土路面、沥青碎石路面、沥青贯入式路面和沥青表面处治路面四类。目前我国已建高速公路的路面,大多采用的是半刚性基层沥青混凝土路面。

公路沥青路面的结构可分为面层 1、基层 2 和垫层 3 等主要层次,如图 1.1-1 所示。

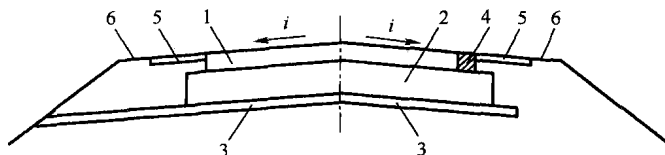


图 1.1-1 公路沥青路面结构层次

i -路拱横坡度;1-面层;2-基层(有时包括底基层);3-垫层;4-路缘石;5-加固路肩;6-土路肩

面层是直接承受行车荷载作用,并受大气降水和温度变化的影响,为车辆提供行驶条件的行车道沥青路面的结构层。它直接影响行车的舒适性、安全性和经济性,其质量的优劣给周围环境带来一定程度的影响。因此,面层应具有足够的结构强度和稳定性、良好的表面特性。面层由一层或多层组成。由多层组成时,其上层为磨耗层或多孔隙透水层,其下层可为整平层、承重层或连接层。

基层主要起承重作用,具有足够的强度和抗冲刷性。基层厚度大时,可分设两层,分别称为上基层(或基层)和底基层,并选用不同强度(或质量)的材料。高速公路基层应采用水泥稳定粒料、石灰粉煤灰稳定粒料、沥青混合料以及级配碎石等材料铺筑。高速公路底基层除上述类型材料外,也可采用水泥稳定土、石灰稳定土、石灰粉煤灰稳定土、石灰工业废渣、填隙碎石或其他适宜的当地材料铺筑。

在路基土质较差或水温状况不良时,宜在基层下面设置垫层,起排水、防冻胀、扩散应力等作用。一般采用水稳性好的粗粒料或各种稳定类材料铺筑。基层为排水层时,垫层应采用密级配材料,并能起反滤层作用。

路面类型、结构层次和组成材料的选择,依据道路等级、交通繁重程度、路基承载能力、当地材料供应情况、气候条件(气温、降水和冰冻等)、施工条件(设备、工艺、分期修建、施工期限和经验等)、寿命周期费用分析、资金筹措等因素,综合考虑和分析后作出决定。

1.1.2 公路沥青路面各结构层的作用

目前,我国高等级道路的半刚性路面主要由半刚性材料底基层、半刚性材料基层和沥青混

凝土面层组成。

1)半刚性材料层

半刚性材料基层和底基层是路面的主要承重层,这两个结构层可提供半刚性路面所需的全部承载能力。

在我国沥青路面设计规范中,路面的承载能力用轴重 100kN 下路面表面的弯沉值表示。

2)沥青混凝土面层

沥青混凝土面层通常有 2~3 层。沥青混凝土面层为 3 层时,从上往下常分别称做表面层、中面层和底面层。通常,表面层厚 4cm,中面层厚 5~6cm,底面层厚 6~8cm。沥青面层为 2 层时,分别称表面层和底面层。因为多采用 3 层式,故现以 3 层式沥青混凝土面层为例,分析其各层的主要作用。

(1)表面层。主要作用是提供一个抗滑、平整和噪声小的表面,使大量汽车能高速、舒适、安全地通行,同时不给沿路居民或工作人员带来大的噪声。

(2)中面层。主要作用是抗永久变形或抗车辙,同时具有优良的抗水损坏能力。对于有代表性的半刚性路面结构,在厚 15cm 沥青混凝土面层中的剪应力分布状况表明:

①面层内 3~8cm 范围内的剪应力最大。据高等级道路半刚性路面的温度检测,夏季面层表面下 4~9cm 的温度最高,因此,中面层是最易产生剪切变形和严重车辙的层位。

②随着轴载增加(特别是车辆超载),不仅剪应力明显增大,而且剪应力的作用深度也增加。即剪切形变更易产生并导致剪切形变的层厚增大,路面的车辙将更严重。

(3)底面层。在柔性路面结构中,底面层的主要作用应是抵抗拉应力的损坏。但在半刚性路面结构中,底面层底面常受压应力作用,即使某些情况下出现拉应力,其值也很小。

1.1.3 沥青混凝土路面的表面使用功能

高等级道路的沥青混凝土路面(以下简称沥青路面)需要满足行驶车辆高速、安全、舒适通行的要求,因此沥青路面必须具有良好的抗滑性能和平整度。

1)抗滑性能

沥青路面层的抗滑性能主要取决于表面层,此外还有两个因素:所用碎石的表面纹理深度;面层的表面构造深度,即表面碎石颗粒间的间隙(宏观粗糙度,或宏观构造)。

(1)碎石的表面纹理深度决定面层的摩擦系数,因此不管采用什么类型的矿料级配,只要碎石的磨光值符合要求,在低速行车时都会有较好的摩擦系数。

(2)面层表面的构造深度(TD),决定车辆高速行驶时摩擦系数的降低百分率。TD 值越大,摩擦系数的降低百分率越小;TD 值越小,摩擦系数降低的百分率越大。

2)平整度

沥青路面表面平整度是沥青路面主要使用性能之一。它是车辆高速行驶时安全和舒适的重要影响因素,并直接影响沥青路面养护费用的多少及车辆损耗和油耗的多少。平整度越好,沥青路面的养护费用越小,车辆的损耗和油耗也越小。

(1)沥青路面的平整度受很多因素的影响。首先,直接受基层平整度的影响。基层平整度不好,会使面层厚薄不匀和达不到高水平的平整度,面层厚薄不匀会使初始平整度良好的沥青面层开放交通后的不平整度较快增大;而基层的平整度又受底基层平整度的影响,底基层的平整度则受路基平整度的影响。因此,需要从路基开始保证各层的平整度。

(2)半刚性材料底基层和基层的平整度受所用石料的最大粒径、施工工艺和管理水平的影响。

(3)沥青混凝土面层的平整度还受更多因素的影响,包括冷集料的_{最大}粒径、沥青混凝土的拌和均匀性、离析现象、施工现场各个工序的管理等。上述这些因素中,有的直接影响沥青混凝土面层的初始平整度(如沥青混凝土集料的_{最大}粒径,摊铺现场各个工序的管理等),有的影响开放交通后沥青混凝土面层不平整度(如沥青混凝土的拌和均匀性、离析现象等)。

1.2 公路沥青路面常见病害类型

1.2.1 常见损坏类型及其表现形式

道路开放交通后,沥青路面直接承受交通荷载和自然环境因素的综合作用。随着服务年限的延长,材料逐渐老化,如在荷载与水作用下材料内部结构损坏,在荷载与温度应力作用下产生开裂等,此时沥青路面表面出现坑槽、裂缝、泛油、松散等损坏现象。沥青路面与轮胎相互作用,沥青路面表面的防滑性能逐渐降低,达到一定的程度后,则影响车辆行驶速度、行驶时间、行驶安全和运输费用。

为了评估和预测不同形式的损坏对沥青路面使用与服务性能的影响,需要研究各种损坏产生的原因及其表现形式,并合理地对它们进行分类。

沥青路面的损坏大体上分为两类:一类是结构性损坏,它是沥青路面结构的整体或其某一个或几个组成部分的损坏,严重时便不能支撑车辆的荷载。结构性损坏的结果反映到沥青路面上就是各种形状的裂缝,如龟裂、块裂、纵裂和横裂。通常的沥青路面结构的结构性损坏是在汽车荷载、水和温度应力的共同作用下产生的,属疲劳损坏、一次性损坏,但裂缝有可能是由路基下沉、沥青路面材料品质差、施工工艺控制不严或雨水渗透引起的。另一类是功能性损坏,即由于沥青路面的不平整,使其不再具有预期的功能。这两类损坏都是逐渐积累起来的,但不一定同时发生。沥青路面的各种损坏形式影响到沥青路面表面性能,如局部沉陷、车辙、波浪、桥头跳车等。

沥青路面损坏分以下几类:

- (1)裂缝类。龟裂、不规则裂、纵裂、横裂。
- (2)松散类。坑槽、松散、麻面、脱皮。
- (3)变形类。沉陷、车辙、波浪、拥包。
- (4)其他类。泛油、修补损坏。

1.2.2 路面常见病害原因

从外观表现形式上,沥青路面的损坏可分为裂缝、变形、表面损坏和修补4类,共14种形式。

1) 横向裂缝

与道路中线近于垂直的裂缝,有时伴有少量支缝。沥青路面的面层低温收缩或者半刚性基层收缩裂缝是产生横向裂缝的主要原因。裂缝起初大多出现于沥青路面两侧,逐渐发展而贯通全路幅。贯通裂缝沿路大致呈均匀分布。旧水泥混凝土沥青路面接缝的反射作用,会使沥青路面出现横向反射裂缝。

2) 纵向裂缝

与道路中线大致平行的裂缝,有时伴有少量支缝。半填半挖路基或沥青路面加宽处,常由于压实不好,路基或基层出现沉降而产生纵向裂缝。沥青混凝土摊铺时纵向施工搭接不好,或

者旧混凝土面层纵向裂接缝的反射作用,也会在路中线处出现纵向裂缝。沿轮迹带因荷载重复作用而产生的纵向裂缝,属疲劳裂缝。

3) 龟裂

相互交错的疲劳裂缝,形成一系列多边形小块组成的网,形如鳄鱼皮状。龟裂是行车荷载反复作用的结果,其初始形态是在沿轮迹带出现单条或多条平行的纵缝。而后,在平行的纵缝间出现横向和斜向连接缝,形成裂缝网,有时伴随沉陷变形。龟裂的产生,反映出沥青路面的强度不足或承受的行车荷载作用过大;此外,基础排水不良,低温时沥青混凝土变硬或变脆等也可能造成龟裂。

4) 块状裂缝

纵向或横向裂缝交错使沥青路面分裂成多边形大块。块状裂缝主要由面层材料的低温收缩和沥青的老化所引起,出现在整个沥青路面宽度范围内。

5) 车辙

沥青路面沿轮迹的纵向凹陷称为车辙。施工技术和质量控制差,使沥青混凝土压实不足,或沥青混凝土组成材料和组成设计差,使其的稳定性不足,或轮迹处的沥青路面材料和路基,在荷载反复作用下出现永久变形和侧向剪切位移等均是产生车辙的原因。

6) 波浪(搓板)

沥青路面有规律地纵向起伏称为波浪。材料组成设计差,或施工质量差、使面层材料不足以抵抗车轮水平力的作用,是产生波浪的主要原因;或者旧面层已有搓板,而加铺沥青面层时未予妥善处理也会产生波浪。

7) 沉陷

沥青路面的局部凹陷称为沉陷。这是由于路基沉降,或者局部开挖后回填土压实不足造成的。

8) 隆起

沥青路面的局部凸起称为隆起。冻胀、盐胀、膨胀土胀起,沥青路面材料推移拥起等都可能造成隆起。隆起处有时伴随有裂缝。

9) 泛油

沥青混凝土中的沥青向上迁移到路表面,形成一层有光泽的沥青膜。沥青含量过多、沥青混凝土中空隙过少、沥青的高温稳定性差等是产生泛油的主要原因。泛油发生在天气炎热时,而天冷时又不存在逆过程,因而沥青积聚在路面的表面。

10) 松散

沥青路面材料(集料和沥青)逐渐从沥青路面脱开并散失称为松散。松散主要是由于沥青混凝土中沥青偏少、沥青与集料间黏结差、或者由于沥青老化而造成的。由于行车的作用,轮迹处的松散通常较为严重。

11) 露骨

沥青从沥青路面的表面散失,越来越多的集料外露,使沥青路面的抗滑性能和平整度下降。

12) 坑槽

沥青路面中出现的碗状坑洞。坑槽通常是松散龟裂等损坏进一步发展的结果。过量的水分渗入这些损坏处后,一些碎裂的小块面层或基层材料被驶过的车轮带走,使坑槽不断扩大。

13) 磨光

沥青混凝土中集料的棱角被磨成圆滑或平滑状称为磨光。这是由于集料不耐磨和车轮反

复作用造成的。

14) 修补

沥青路面的修补本身并非损坏现象,但它反映沥青路面曾经损坏并已采取过修理措施的面积。修补影响车辆的行驶平稳性和路容美观。

1.3 公路沥青路面常见病害防治及处治方案

由上述分析可见,沥青路面的损坏与沥青混合料的选取、路面设计与施工、交通及气候等因素密切相关。我们应根据其特性来选择合理的养护措施,科学地养护沥青路面。

1.3.1 沥青混合料的优化

1) 沥青的选取

选用具有良好的高低温性能、抗老化性能、含蜡量低、高黏度的优质国产或进口沥青,在条件许可的情况下,可在沥青中掺加不同类型的改性剂,以提高其性能指标。

2) 集料的选用

集料应选用表面粗糙、石质坚硬、耐磨性强、嵌挤作用好、与沥青黏附性好的集料。如果集料呈酸性,则应添加一定数量的抗剥落剂或石灰粉,确保沥青混凝土中集料的抗剥落性能;同时,应尽量降低集料的含水率,使用人工砂代替圆形颗粒的天然砂。

3) 沥青混凝土级配的确定

沥青混凝土的高温稳定性和疲劳性能、低温抗裂性,沥青路面表面特性和耐久性是一对矛盾,相互制约,照顾了某一方面性能,会降低另一方面性能。沥青混凝土配合比设计,实际上是在各种路用性能之间寻求平衡或最优化设计,根据当地的气候条件和交通情况作具体分析,尽量互相兼顾。

我国现行《公路沥青路面设计规范》(JTJ D50—2006)中规定,确定最佳的沥青用量是找出马歇尔指标符合要求的共同范围。尽管马歇尔试验比较精密,但难以排除人为及其他有关的环境、操作等因素影响,因此还应参考以前的经验来确定最佳用油量。通过理论与实践相结合,确定配合比最佳沥青用量后,便可检验沥青混凝土是否具有高温稳定性及耐久性。在做动稳定度试验时,一定要控制好料温及试件成型温度,因为它直接影响检验结果的真实性。试验若不满足大于800次/mm的规范要求,便需重新调整配合比。如果通过调整配合比仍达不到要求,则应采取改性沥青等方法。高等级公路沥青混凝土配合比设计是一项复杂而细致的工作,必须严格控制各个环节。实验室内确定的沥青混凝土配合比还不能作为最终配合比使用,还应结合拌和设备性能、施工控制精度及材料变异情况进行试拌,然后进一步调整直至拌和设备生产出的沥青混凝土指标达到规范规定,方可作为生产配合比使用。

为提高沥青路面使用性能,沥青混凝土级配的确定还可以考虑以下三个途径:第一,改善矿料级配,采用沥青玛蹄脂碎石混凝土(SMA)。第二,改善沥青结合料,采用改性沥青。第三,采用大粒径透水性沥青混凝土(LSPM)柔性基层,以减少车辙和反射裂缝。

1.3.2 沥青路面结构合理设计

1) 结构层合理厚度

包括基层与底基层的厚度,面层厚度与集料粒径的确定和层间连接等。

(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沥青路面强度的要求。一般来说,基层与底基层每层厚度习惯上设计为 18cm 和 20cm。18cm 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。采用 YZ18(50t 级)振动压路机进行碾压,层厚达到 20cm 时碾压非常困难。路基顶面高程,施工时有时稍低于设计高程。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可以看到,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 压实效果呈略微松散状态。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》(JTGE42—2005)规定,集料最大公称(名义)尺寸,是指可能全部通过或允许有少量不通过(一般容许筛余不超过 10%)的最小标准筛筛孔尺寸。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,沥青混凝土的最大粒径与层厚的比值越大,越容易出现离析现象,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》(JTGF40—2004)规定:上面层沥青混凝土的集料最大直径不宜超过层厚的 1/2,中下层及连接层的集料最大粒径不宜超过 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。沥青路面裂缝处出现唧浆现象,主要是层间连接不紧密。缝隙可供水浸入,层间夹有浮灰或松散细颗粒。水进入层间缝隙后,在行车荷载反复作用下,对缝隙产生重复合冲刷即形成唧浆,其结果使缝隙处结构层强度相应降低,以致形成空洞,最终使路面损坏。

为了避免上述现象的发生,在基层顶面进行下一层结构层施工前,应将表面浮土清扫干净,并适度湿润。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黏层;在面层之间洒黏层油,使结构层连接成类似全厚式的结构体系整体,这样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,但使沥青路面的使用性能明显提高和使用寿命显著延长。在河北石黄高速公路沥青路面工程施工时,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;在面层之间洒黏层油,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。

2)加强沥青路面的防水设计

为防止沥青路面因水而引发早期损坏,除要求路基、沥青路面必须具备足够的稳定性和强度外,还要求沥青路面有较好的排水性能。为此,沥青路面排水设计应成为沥青路面设计中的重要内容。沥青路面排水可分为路表排水和结构排水。路表排水是指水沿横坡和路线纵坡所合成的坡度漫流到路基边坡,然后进入路基边沟,排出路基之外。这点在一般沥青路面排水设计中都已考虑到。而沥青路面结构排水,在现阶段的设计中考虑得还不够充分。下面着重介绍结构排水。

(1)设置沥青面层防水层。在沥青路面面层结构组合设计中,应将其中一层按密级配(不透水层)要求来考虑,或专门设置一层隔水层来防水,以减少面层渗水。

(2)设置沥青下封层。为防止面层渗水滞留在基层表面,使基层表面软化,宜在干净的基层表面上设置一层沥青薄膜下封层,一方面减少基层直接受到水的渗入,另一方面形成一个光

滑的界面,以利于渗入基层的水排出。

(3)搞好硬路肩排水设计。设置平路缘石,硬路肩横坡应较沥青路面横坡大 $0.5\%\sim 1\%$,以使路表横向流水排泄顺畅。在硬路肩下设置垫层或横向盲沟,将沥青路面结构内的水通过路肩排水引出路基之外。

(4)软地基与高填土路基的横坡排水设计。由于路基沉降,沥青路面也随之沉陷,横坡减小,严重时会出现平坡甚至倒坡现象,因此可在设计规范的基础上增加 $0.5\%\sim 1\%$ 的预拱度,以抵消沥青路面横向联合坡度的损失,保证沥青路面水能够顺利地向外排泄。

(5)中央分隔带和高护坡的排水设计。有中央分隔带时,应考虑沿界面水的排出,弯道处的中央分隔带应设置纵向排水沟,既排路表水,又排下渗水。

3)选用合理的基层和底基层结构

实践证明,因为半刚性基层材料强度高、水稳性好、刚度大,是高等级公路的合适基层。目前,常用半刚性基层有石灰土、二灰碎石、水泥稳定碎(砾)石等。依据典型沥青路面结构调查,在潮湿地段和挖方路段,沥青路面早期损坏比较严重,这是因为:

(1)灰土必须在有空气、有一定湿度的条件下,经过一个月左右的养生时间,板体强度才能逐步形成。若在灰土铺筑后,立即在其上面铺筑其他结构层,由于隔断了空气,灰土强度很难形成。若在过湿条件下,强度更难形成。

(2)实践证明,灰土层并不隔水,且由于水的作用,易造成软化、唧浆等情况,使基层强度降低,加速沥青路面面层损坏。为此,在潮湿路段,如是填方,采用砂砾垫层来隔断水;如是挖方,则要用水稳性较好的水泥石灰综合稳定土或二灰综合稳定土做垫层。

从典型结构调查来看,过干或干燥地区,石灰土底基层的强度和模量高出设计值的 $2\sim 3$ 倍,证明在过干或干燥的地区采用石灰土做底基层是合适的。基层、底基层作为承重层必须保证达到一定厚度,并满足防冻层的要求。

4)采用新型结构形式

如多碎石沥青混凝土、沥青玛蹄脂碎石混凝土、大粒径透水性沥青混凝土、纤维混凝土、土工合成材料加筋沥青混凝土、半刚面层、复合路面结构等。

(1)多碎石沥青混凝土(SAC)。为了保证在大交通量的情况下,车辆在高速公路上能安全、舒适地通行,沥青路面的面层必须有良好的抗滑性能。传统的Ⅰ型、Ⅱ型沥青混凝土都不能满足沥青路面使用性能的要求,对此,国家“七五”课题研究结果提出了多碎石沥青混凝土(SAC)。这是一种骨架密实结构,较好地解决了上述问题。国内研究统计资料显示,SAC-16混凝土的稳定度可达到传统AC25-I型混凝土的2.67倍,表面构造深度TD一般都在 $0.8\sim 1.1\text{mm}$ 之间,最大可超过 1.2mm 。实践证明,SAC除了有优良的摩擦系数和表面构造深度,还具有优良的抗车辙能力。

(2)沥青玛蹄脂碎石混凝土(SMA)。20世纪60年代初,德国为抵抗带钉轮胎的磨耗开发了SMA。由于其耐磨性好,1984年德国正式制定了SMA规范,在国内推广应用。此后,欧洲一些国家也开始应用SMA。美国于1991年开始铺筑试验路,到1996年底已经在多数州铺筑了试验段。1993年,我国在首都机场路和广佛高速公路上用SMA做沥青路面的面层,随后许多省采用铺筑SMA路面。

SMA是Stone Mastic Asphalt的缩写,是一种间断级配的沥青混凝土,是由沥青玛蹄脂填充碎石骨架组成的骨架嵌挤型密实沥青混凝土。由于粗集料(大于 4.75mm)碎石相互接触形成碎石骨架有良好的传力功能,所以SMA有高抗车辙能力。同时SMA有较多的沥青砂胶

包裹于集料表面形成相当的厚度,因此 SMA 有较高的抗疲劳强度、抗老化能力、抗松散性和很好的耐久性,特别适合需要高摩擦力的位置,如环道、交叉口等。

(3)大粒径透水性沥青混合料 LSPM 结构。大粒径透水性沥青混合料(Large-stone Porous asphalt Mixes,简称 LSPM)就是最大集料公称粒径大于 26.5mm,从级配上看,主要是由较大粒径(26.5~52mm)的集料和一定量的细集料组成,其最大一档集料含量通常在 50%以上,形成的混合料是“单粒径骨架连通空隙结构”。空隙率一般处于 13%~18%之间,采用黏度较高的改性沥青保证沥青膜厚度,使其具有良好的透水性,抗车辙和抗反射裂缝能力以及较好的抗疲劳性能。

LSPM 粗集料能形成良好的石—石接触,发挥骨架作用,在车轮荷载不断碾压或冲击下,不会产生较大变形,集料间产生相对移动的可能性较小或产生的过程较慢,因此,高温累计变形(车辙)较小。LSPM 承载能力高的原因是,在同等的沥青路面厚度或轮载作用范围内,由于 LSPM 比普通 AC 粗集料粒径大,一方面容易产生错动、滑动的小集料接触面数量减少,而且粗集料传力方向明确且容易传力至基层,从而减少了斜截面上的剪切应力,提高了抗剪强度。这也是 LSPM 与普通 AC 承载机理的主要区别之一。

LSPM 通常铺筑在沥青路面的面层下面,其上的细集料表面层,在保证必需的铺筑厚度和压实性的前提下,应当尽可能减薄其厚度,以便最大限度地发挥 LSPM 抗车辙能力。大粒径集料的增多和矿粉用量的减少,使得在不减少沥青膜厚度的前提下,减少了沥青总用量,从而降低了工程造价。

(4)纤维沥青混凝土。在沥青混凝土中掺加纤维,以改善沥青混凝土的性能,提高沥青混凝土的高温稳定性、低温抗裂性、抗疲劳性、柔韧性、抗剥落性、抗磨耗性和水稳性,以及抵抗反射裂缝等方面都有很好的功效。应用比较广泛的是聚脂类纤维博尼维(Bonifibers)、聚丙烯腈纤维德兰尼特(DolanitAS)。国外的研究和应用实践表明,加筋纤维使沥青混凝土性能得到了提高,如疲劳寿命提高了 25%~45%,车辙减少了 45%~53%。沥青中酸性树脂组分是一种表面活性物质,它在纤维表面产生的物理浸润、吸附甚至化学键作用,使沥青呈单分子状排列在纤维表面,形成结合力牢固的“结构沥青”薄膜。由于纤维直径细,纤维的加入使沥青用量增加,沥青膜增厚。较厚的沥青膜减慢了沥青老化速率,从而可长时间地维持其黏弹性,降低沥青的温度敏感性,改善沥青混凝土的高温和低温性能。纤维均匀分散在集料之间,使沥青矿粉不能形成胶团,减少油斑出现的几率。

短纤维在沥青基体内的分布是三向随机的,形成纵横交织的空间网络。纵横交错的纤维形成的纤维骨架结构网跨越沥青混凝土中的孔隙及裂纹,形成“桥架纤维”,使得裂纹扩展的能量释放率减小,对沥青基体裂纹扩展起到阻滞作用,使沥青胶浆大大提高裂纹的自愈能力,增强了弹性恢复,减缓了车辙的加深速度。

由于三维随机各向短纤维阻滞了裂纹的扩展,增加了弹性恢复,减缓了亚临界扩展,延长了材料失稳扩展、断裂出现的时间,因而材料抗疲劳强度得到明显改善。

(5)土工合成材料加筋沥青混凝土。沥青路面初期产生的裂缝对沥青路面的使用性能无明显影响,但随着雨水或雪水的侵入,沥青路面强度明显降低,在行车载荷的作用下,产生剥落、唧浆、坑槽等损坏现象,因而,沥青路面的裂缝问题就和沥青混凝土的高温稳定性、低温抗裂性、耐久性等成为沥青路面设计中必须考虑的问题。为解决这一问题,道路工作者进行了很多尝试,并取得了很好的效果。如用土工合成材料加强沥青路面的面层、克服其性能上的不足,是非常有效的方法之一。土工合成材料在沥青路面结构中能够以较大的变形吸收应力,扩

散应力分布范围,从而减少应力集中,裂缝的扩展角也有所增大,即裂缝会沿着更长的路径到达面层表面,增强了延缓裂缝作用。当格栅加入沥青混凝土后,由于集料能穿过格栅的网状结构形成一个复合的力学嵌锁体系,格栅与沥青混凝土由于网孔的作用而相互嵌锁,限制了集料的位移,使格栅与沥青混凝土间的相互作用不只是表面摩擦,从而保持了矿质骨架的稳定,减少了变形,增强了抗车辙能力。试验表明,从减少反射裂缝和车辙的角度看,加铺格栅可以使沥青路面使用寿命提高 3 倍以上;就疲劳开裂而言,可延长路面使用寿命约 10 倍。

(6)半刚性面层。近年来,为了克服沥青路面高、低温性能上的不足,吸取刚性沥青路面的优点,国内外很多学者进行了大量研究,开发出半刚性沥青路面,即水泥—沥青复合材料面层。它是利用无机(水泥)—有机(沥青)复合技术开发的具有特殊微结构的新型沥青路面材料铺筑而成,是介于刚性和柔性沥青路面之间、路用性能更趋合理的一种新型沥青路面结构。

(7)RCC+AC 复合式沥青路面结构。随着刚性基层沥青路面施工工艺的不断发展,20 世纪 70 年代中后期,美国、加拿大率先开始研究碾压混凝土沥青路面、碾压水泥混凝土 RCC (Roller Compacted Concrete,简称 RCC)路面。RCC 是一种含水率低、通过振动碾压达到高密度、高强度的水泥混凝土。其特干硬性的材料特点和碾压成型的施工工艺特点,使碾压混凝土沥青路面具有节约水泥、收缩小、施工速度快、强度高和开放交通早等技术经济上的优势。但 RCC 沥青路面平整度差,难以形成粗糙面,汽车高速行驶时抗滑性能下降较快。平整度、抗滑性和耐磨性三方面的不足,使其难以在高等级公路上得到广泛应用。随着沥青路面结构研究的不断深入,修筑碾压水泥混凝土与沥青混凝土(RCC-AC)复合式沥青路面,能有效地解决 RCC 抗滑性、耐磨性和平整度的三大难题,从而使性质截然不同的两种类型(RCC 与 AC)沥青路面以复合的形式达到了高度统一与和谐。

RCC-AC 复合式沥青路面结构层中,沥青混凝土层在一定厚度范围内可改善行车的舒适性。因此,随着沥青混凝土厚度的增加,下层 RCC 板的平整度可适当放宽,这样便于不同类型 RCC 沥青路面的施工。此外,这种新型沥青路面结构对下层的 RCC 材料要求也可适当放宽,如可掺加适量粉煤灰或用低强度水泥、地方性非规格集料等材料,并可不考虑抗滑和耐磨性能,从而造价得以降低。

1.3.3 科学施工,确保施工质量

沥青路面质量的好坏,除与结构设计、材料组合有关外,还与施工的工艺和管理有很重要的关系。通常说,“工程质量是施工做出来的”,所以施工对公路工程质量起保证作用。

沥青路面施工必须按全面质量管理的要求,建立健全有效的质量保证体系,实行目标管理、工序管理,明确岗位责任制,对施工的全过程、各阶段每道工序的质量进行严格的检查、控制、评定,以保证达到规定的质量标准。要以分项工程、分部工程、单位工程逐层的质量保证来最终保证建设项目的整体质量。

1)加强对原材料的检验工作

材料的质量是沥青路面质量的保证。沥青路面早期损坏,材料不合格是原因之一。

(1)施工开始前及施工过程中,发现材料来源、规格变化时,应对材料的质量进行全面检查。检查的主要内容有:

①材料的质量是否符合要求。对质量不合格的材料,不准运入工地,已运入工地的,必须限期清除出场,绝不能使用。

②由于一项公路工程往往使用多个不同料场或分几次购入材料,故必须以“批”为单位,每