

沥青混合料桥面铺装

新 技 术 研 究

陈渊召 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

沥青混合料桥面铺装 新技术研究

陈渊召 著

内 容 提 要

在全面调查研究国内外沥青混凝土桥面铺装典型结构和铺装病害的基础上,作者主要针对桥面易出现车辙、壅包、网裂、龟裂、沥青面层剥落、沥青面层与桥面板脱离等病害,在沥青混凝土桥面铺装力学分析、涂膜类防水黏结层、同步碎石防水黏结层等方面进行了大量的研究。本书较为准确的确定了沥青混凝土桥面铺装层间工作状态,并推荐了合理的结构层组合设计;提出了桥面防水黏结层质量控制指标;还提出了“两油一料”改进“一油一料”防水黏结层的方法,得出上、下层最佳沥青撒布量;推荐了同步碎石桥面铺装防水黏结层最佳沥青及石料撒布量,系统研究了其路用性能。根据沥青混合料桥面铺装层的特点和工作条件,针对沥青混合料铺装层的热稳定性、水损坏、疲劳破坏、低温破坏等问题,对改性沥青尤其是 SBS 改性沥青进行了深入研究,确定了沥青混凝土施工配合比,对桥面排水系统进行了研究,提高了桥面铺装的路用性能,延长了桥面铺装的使用寿命。

图书在版编目(CIP)数据

沥青混合料桥面铺装新技术研究 / 陈渊召著. — 北京 : 中国水利水电出版社, 2016. 12
ISBN 978-7-5170-5058-2

I. ①沥… II. ①陈… III. ①沥青拌和料—桥面铺装—研究 IV. ①U443.33

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第316823号

书 名	沥青混合料桥面铺装新技术研究 LIQING HUNHELIAO QIAOMIAN PUZHUANG XINJISHU YANJIU
作 者	陈渊召 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京京华虎彩印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 11.5印张 273千字
版 次	2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷
定 价	35.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

目前,我国对水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装研究较少。因此,有必要对水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装的结构、材料设计和施工技术进行全面的研究,从而指导水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装的设计和施工,提高桥面铺装的路用性能和延长其使用寿命。桥面铺装黏结层破坏是导致桥面铺装病害的一个主要原因,铺装层与桥面板间的接触黏结状态比较复杂,层间既包括黏结层材料的黏结力,也存在混凝土集料与桥面板间的摩阻力,确定黏结层的刚度或模量也很困难。在行车荷载作用下,铺装层内部产生较大的剪应力,引起不确定破坏面的剪切变形,抗水平剪切能力较弱,在水平方向上产生相对位移以致剪切破坏。

本书在全面调查研究国内外沥青混凝土桥面铺装典型结构和铺装病害的基础上,主要针对桥面易出现的各种病害,系统分析了沥青混凝土桥面铺装力学分析、涂膜类防水黏结层、同步碎石防水黏结层等。通过数值模拟确定了沥青混凝土桥面铺装层间工作状态,推荐了合理的沥青混合料桥面铺装结构层组合设计;提出了桥面防水黏结层质量控制指标;推荐了同步碎石桥面铺装防水黏结层最佳沥青及石料撒布量,系统研究了其路用性能。对改性沥青尤其是 SBS 改性沥青进行了深入研究,确定了沥青混凝土桥面铺装层施工配合比,提高了桥面铺装的路用性能,延长了桥面铺装的使用寿命。

本书共分 9 章,第 1 章分析了沥青混合料桥面铺装新技术的国内外研究现状;第 2 章分析了沥青混合料桥面铺装常见病害;第 3 章进行了沥青混合料桥面铺装力学分析,并确定了沥青混合料桥面铺装的工作状态;第 4 章对沥青混合料桥面铺装柔性涂膜类防水黏结层进行了深入研究;第 5 章进行了同步碎石防水黏结层性能及“两油一料”改进方法研究;第 6 章系统分析了沥青混合料铺装层;第 7 章进行了桥面铺装施工工艺及质量控制研究;第 8 章进行了沥青混合料桥面铺装实体工程铺筑,并进行了经济技术分析;第 9 章提出了主要研

究结论。

全书由华北水利水电大学陈渊召写作完成。本书依托“河南省教育厅科学技术研究重点项目《环境友好型温拌阻燃沥青路面材料研究》(14A580002)”，本书得到河南省高校科技创新团队支持计划项目(15IRTSTHN028)和横向科研项目《南水北调中线一期总干渠陶岔—沙河南段方城段》资助。全书可供公路设计、施工、研究人员及相关院校师生参考使用。

由于作者水平有限，如有不妥之处，恳请读者批评指正。

作者

2016年12月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	2
1.2 主要研究内容与技术路线	5
第 2 章 沥青混合料桥面铺装常见病害分析研究	7
2.1 桥面铺装病害调查与分析	7
2.2 沥青混合料桥面铺装破坏类型与设计指标	17
2.3 本章小结	20
第 3 章 沥青混合料桥面铺装力学分析与工作状态	21
3.1 西安绕城高速公路桥面铺装状况	21
3.2 不同荷位、轴载及跨径力学计算分析	23
3.3 层间应力计算分析	30
3.4 层间温度场与温度应力分析	38
3.5 桥面铺装层间工作状态	48
3.6 沥青混合料桥面铺装结构组合	49
3.7 本章小结	49
第 4 章 沥青混合料桥面铺装柔性涂膜类防水黏结层	52
4.1 桥面防水黏结层作用及目前存在的问题	52
4.2 柔性涂膜类防水材料防水机理研究	59
4.3 柔性涂膜类防水黏结材料性能研究	66
4.4 本章小结	85
第 5 章 同步碎石防水黏结层性能及“两油一料”改进方法研究	86
5.1 异步碎石工作原理及其存在的问题	86
5.2 同步碎石作为桥面防水黏结层可行性分析	87
5.3 同步碎石防水黏结层性能研究	92
5.4 “两油一料”改进同步碎石防水黏结层性能研究	102
5.5 本章小结	109

第 6 章 沥青混合料铺装层研究	110
6.1 桥面铺装层材料	110
6.2 沥青混合料铺装层配合比研究	118
6.3 桥面排水系统设计	130
6.4 本章小结	134
第 7 章 桥面铺装施工工艺及质量控制	136
7.1 桥面铺装防水黏结层施工前准备工作	136
7.2 桥面防水黏结层施工技术	140
7.3 沥青混合料桥面铺装层施工技术要点	154
7.4 桥面铺装施工机械组合研究	157
7.5 本章小结	162
第 8 章 沥青混合料桥面铺装实体工程与经济技术分析	163
8.1 实体工程修筑	163
8.2 实体工程桥面铺装施工质量检测	165
8.3 沥青混合料桥面铺装经济技术分析	168
8.4 本章小结	173
第 9 章 主要研究结论	174
参考文献	178

第 1 章 绪 论

高等级公路的快速发展对公路桥梁建设提出了较高要求,推动了公路桥梁的增加和技术水平的提高。截至 2006 年,全国公路桥梁达 33.66 万座、1474.75 万延米,其中特大桥梁 876 座、145.96 万延米,大桥 23290 座、512.53 万延米,中桥 7.17 万座、393.74 万延米,小桥 24.07 万座、422.53 万延米。桥梁按照材料来划分分为木桥、钢桥、圬工桥、钢筋混凝土桥、预应力钢筋混凝土桥,我国大部分的桥梁属于混凝土桥。

水泥混凝土桥面板刚度比道路路基大,而柔度相对较小。就尺寸而言,桥面板厚度一般不超过 300mm,可以视为有厚度的壳板,而路基则应视为无限厚的半空间体,因此对水泥混凝土桥面板上的沥青混凝土铺装层的要求不同于路面。但是我国尚无水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装层的具体设计理论与方法,实际工程大多采用与路面沥青混凝土相同的设计,没有进行专门的分析,这就为桥面铺装的早期损害埋下了隐患。而桥面铺装层一旦产生车辙、裂缝、壅包和桥面板脱离等破坏形式,将导致行车舒适性急剧下降,同时水分迅速侵入桥梁主体结构,对主体结构造成损害。必须立即进行维修甚至重新铺设,而可替代桥梁的交通道路很少,从而导致交通阻塞,造成巨大的经济效益损失。

目前我国对大跨径钢桥面的桥面铺装研究开展的较为广泛,也取得了一定的成果,但对于数量巨大的水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装研究较少,与其数量极不相称。因此,有必要对水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装的结构、材料设计和施工技术进行全面的研 究,从而指导水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装的设计和施工,提高桥面铺装的路用性能和延长其使用寿命。

桥面铺装黏结层破坏是导致桥面铺装病害的一个主要原因,铺装层与桥面板间的接触黏结状态比较复杂,层间既包括黏结层材料的黏结力,也存在混凝土集料与桥面板间的摩阻力,确定黏结层的刚度或模量也很困难。在行车荷载作用下,铺装层内部产生较大的剪应力,引起不确定破坏面的剪切变形,或者由于铺装层与桥面板层间黏结力差,抗水平剪切能力较弱,在水平方向上产生相对位移以致剪切破坏。

随着我国国民经济快速发展再加上工程新材料、新结构的应用,以及经济的腾飞和公路的飞速发展,大交通量和重载现象也越来越普遍而引起桥面铺装的破坏日趋严重,尤其是一些大桥桥面的早期破坏更是让交通部门头疼,高昂的维修加固费用已让交通管理部门不堪重负。在现行桥梁及路面设计规范中,对于桥面铺装材料、铺装结构厚度、结构组合设计、防水及排水措施以及施工工艺,只是粗略地给予了指导性说明,导致桥面铺装设计与施工的无章可循。如何结合我国国情,与时俱进、合理选材、优化设计、科学管理与施工,从而保证桥面铺装的耐久性和桥面的使用性能,是目前亟待解决的重要课题。

1.1 研究背景

1.1.1 国外研究现状

1.1.1.1 桥面铺装结构设计概况

发达国家由于交通建设发展较早,对桥面铺装的研究也比较早,因此桥面铺装技术较为成熟。最早研究的国家是德国,紧接着法国、美国和日本也开始了研究,法国和日本还制定了相应的技术规范。经过十几年的发展,国外各国在桥面铺装结构类型虽然不完全相同,但是基本上都是在桥面板和铺装层之间铺设黏结、防水层。且对桥面铺装的力学分析主要集中在经验分析上,并辅以试验论证,偏重于应用。

在欧美国家,水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装一般采用“防水层+面层”双层式或“防水层+铺装下层+铺装上层”3层式铺装结构。

丹麦采用的是“底涂层+防水层+保护层+联结层+铺装上层”的铺装结构。将桥面喷砂处理过后涂环氧树脂作为底涂层,防水层采用改性沥青卷材,保护层采用15~20mm的开级配沥青混凝土,联结层采用40mm厚的改性沥青混凝土,磨耗层采用40mm的沥青混凝土或者SMA混合料。德国和丹麦的桥面铺装结构很相似,为“底涂层+防水卷材+排气层+联结层+铺装上层”结构。

瑞典采用沥青类材料作为与水泥混凝土桥面板的黏结层,防水材料采用沥青砂胶、涂膜和卷材类材料,铺装层材料根据防水材料的不同有所差异。

法国采用的铺装结构没有联结层,防水层采用涂膜类或卷材类材料,铺装结构为“黏结层+防水层+保护层+铺装层”。黏结层采用改性合成橡胶乳液,防水层采用高分子聚合物涂膜或卷材类材料,保护层采用22mm厚的沥青碎石保护层,铺装层采用70~100mm厚的沥青混凝土。

印度使用“铺装层+磨耗层”的铺装结构。铺装层采用75mm厚的钢筋混凝土(钢筋网格200mm×200mm),水泥用量为350kg/m³,最大水灰比为0.4。磨耗层采用8mm厚的沥青混凝土,分两层铺装。钢筋混凝土铺装层和路缘石之间的垂直接缝采用沥青填封。

日本采用“沥青橡胶黏结剂+板状防水卷材+铺装层”“氯丁橡胶黏结剂+3层氯丁橡胶型防水材料+铺装层”和“防水沥青层+乳化沥青黏结层+铺装层”的铺装结构,铺装层一般采用沥青混凝土。

1.1.1.2 桥面铺装黏结层材料

欧美各国均在桥面板和铺装层之间铺设防水或黏结层,加拿大使用最广泛的是热铺橡胶沥青防水卷材,而欧洲使用最广泛的是沥青、树脂类涂膜。这说明各个国家桥面铺装使用黏结层材料的经验和技術决定了该国黏结层材料的发展状况,也说明要针对具体工程实际情况,进行工程实地调查研究和详细试验才能选择最佳的黏结层材料。

桥面防水体系的修筑是提高桥梁使用寿命的重要保证,其与面层的设计与施工是有机的整体,许多国家重视防水层的应用。

欧美自20世纪70年代以来,防水黏结层在桥面铺装中广泛应用。然而,随着交通量

的增加,桥面铺装产生了一些新的问题,如面层的早期破损、开裂、坑槽、防水黏结层与面层及桥面黏结强度不足而产生推移破坏等病害,因此,欧美一些国家相继对水泥混凝土桥面防水黏结层进行研究。

1972年7月,十四个国家联合就“混凝土桥面防水”发表了一份研究报告,报告中总结了各个国家桥面防水的状况和采取的桥面防水方式,主要就成员国大多采用的桥面防水膜进行了系统的研究,提出了一些检测防水材料的具体标准。

美国的C. Carr和B. Vallergera就水泥混凝土桥桥面防水系统的特性、使用要求和室内试验、野外检测等进行系统的研究后认为,防水层与面层和桥面之间的黏结力一般能满足行车的需要。但是,几乎所有防水层的不透水性能在面层施工后会下降或达不到防水目的。因此,防水层应设置合适的保护层,并在试验室内对防水材料用电阻法测试其不透水性和进行抗冲击试验。

进入20世纪90年代后许多国家都逐渐制定了相应的桥面防水标准,包括美国ASTM在此期间对旧的防水材料试验规程的总结和完善。为了统一欧洲各国关于桥面防水材料的试验规程,欧洲标准委员会(CEN)针对柔性桥面防水材料的试件成型过程(PREN 13375)、防水层层间剪切强度(PREN 13653)、黏结强度(PREN 13596),抵抗梁体开裂性能(PREN 14224)、防水材料吸水性(PREN 14223)的试验方法提出了统一的标准。

日本在桥面防水层方面也做了一定的研究,他们将防水层材料分为卷材系列和涂膜系列,并规定在防水层与桥面之间要涂刷黏结材料。

美国的P. Martinelli曾对桥面防水层破坏形式,气温和沥青混凝土施工温度、桥面铺装状况对防水层与桥面的黏结力的影响等进行研究,并认为当沥青混凝土层厚度大于12cm时,由行车荷载引起的剪应力将不会造成防水层的破坏。

总的说来,国外对水泥混凝土桥面沥青混凝土铺装防水黏结层的研究只局限于防水黏结材料的筛选和大规模室外现场试验的应用研究,计算理论涉及甚少。桥面铺装易产生早期破坏,桥面对铺装的性能要求比较高,除了应具有一般路面的良好结构性能和表面特性外,还应对温度变化和荷载引起的桥梁变形与震动等具有良好的适应能力,加之桥梁一般是交通瓶颈地带,交通量比较集中,于是我国早期的混凝土桥梁一般采用水泥混凝土铺装作为应对之策。但是随着交通量的增加,人们对桥面铺装使用要求提高,而水泥混凝土刚性铺装表现出了许多难以克服的缺陷和破坏;另一方面,改性沥青在沥青混合料中的成功应用,很大程度上弥补了原沥青混凝土的不足,因此现在大多数高等级公路使用沥青混凝土面层,其中的混凝土桥梁也开始采用沥青混凝土铺装。

1.1.2 国内研究现状

1.1.2.1 桥面铺装结构设计概况

目前国内关于水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装的研究还不是很成熟,现有研究主要集中在铺装层材料设计和铺装技术等方面,关于理论分析和结构计算的研究很少。水泥混凝土桥面板沥青混凝土铺装结构的受力情况比较复杂,绝大多数力学结构计算都将其简化为弹性层状体系,用三维等参元模型进行分析,目前较多采用的是三维八结点和二十结点

单元,计算桥面铺装各层内、层间的最大剪应力、拉应力。

对不设置防水层的小跨径桥梁,直接在桥面板上铺装 50~80mm 的普通水泥混凝土或沥青混凝土(单层或双层)。水泥混凝土标号与桥面板混凝土标号相同或提高一级,铺装时振捣密实,表面保持一定的粗糙度。沥青混凝土铺装层采用单层式或双层式,单层式即一次铺装 50~80mm 厚的沥青混凝土,双层式即两次铺装,铺装下层厚度为 40~50mm,铺装上层厚度为 30~40mm。

设置防水层的桥面铺装结构,大多采用以下几种结构。

(1) 在桥面板上铺装 80~100mm 防水混凝土作为铺装层,在其上再铺装 20mm 沥青表面处治层作为磨耗层。

(2) 在桥面板上铺装“三油二毡”的防水层,然后在防水层上铺装 40mm 厚、标号不低于 C20 的细集料混凝土保护层,最后在其上铺装沥青混凝土或水泥混凝土层。

(3) 在桥面板上铺设防水卷材或者撒布黏结层材料,然后再铺装 50~80mm 厚的沥青混凝土,或分两层铺装沥青混凝土,铺装下层厚度为 40~50mm,铺装上层厚度为 30~40mm。

1.1.2.2 桥面铺装黏结层材料

近年来,随着交通量及轴载的增大,国内一些沥青桥面铺装层发生损坏,造成极大的经济损失,社会反响较大,引起了人们的广泛关注。许多大桥在开放交通不足一年内,就发生铺装层的损坏。究其原因,桥面铺装设计中未设防水黏结层或者防水黏结效果不好是造成损害的主要原因之一。

防水层为桥面板提供一个防止湿气的无渗透性屏障;黏结层将铺装层与桥面板黏结成一个整体,充分发挥铺装层与桥面板的复合作用,改善桥面板与铺装层的受力情况,两者相辅相成,它们的正常工作是防止钢筋腐蚀,避免铺装层发生早期损害,尤其是剪切破坏的关键。为了方便施工,减少层间接触面,不少国家取消了专门的防水层,或将防水层和黏结层并为一层,称作防水黏结层,设计施工中选择兼具防水、黏结功能的材料。

我国最早在 20 世纪 80 年代初开始逐渐认识到钢筋腐蚀的严重性和桥面防水黏结的重要性,开始陆续在北京、天津等地铺设柔性防水黏结层。但当时并未对此做系统研究,只是参照相关屋面防水技术规范和防水黏结材料厂商推荐产品的简单说明材料执行,所使用的产品也大都为屋面防水而生产。实际上,桥面防水比屋面防水要求的条件要苛刻得多。桥面防水黏结层除了要求材料具有不透水、耐高温、低温、耐腐蚀、耐老化、与上下接触层黏结良好外,更重要的是桥面防水黏结材料还会受到汽车荷载水平和垂直应力的综合作用、沥青混合料的高温碾压、动荷载的冲击、桥面裂缝的张拉和疲劳影响等。

1996 年上海市内环线工程建设处针对内环线高架道路桥面防水涂层技术进行研究。为内环线高架道路桥面防水的需要,研制了以沥青为基料的 JWP-1 和 JWP-2 型桥面防水涂料,在上海内环线高架桥中应用 60 余万平方米,取得了一定效果。

2000 年 3 月,长安大学在 107 国道郑州市跨机场高速公路高架桥,对北京禹王 FYT 等 4 种国内外防水材料进行了桥面防水实验,为水泥混凝土桥面防水黏结系统工程设计、施工提供了一定的依据。

目前,桥面渗水问题在我国日益严重,但对于桥面的排水、防水措施的研究,还非常

欠缺,桥面铺装的设计与施工仍多沿用传统的习惯做法。

(1) 桥梁的结构理论对桥面铺装层本身的受力与计算论述较少,只是将其作为恒载,在主梁顶面上采用 8~10mm 厚的水泥混凝土或沥青混凝土作为磨耗层。

(2) 桥面铺装作为桥梁工程的附属结构,道路设计者对其较少花费精力。

鉴于上述情况,针对桥面铺装的破坏形式,进行沥青混凝土桥面铺装防水黏结层的研究极为必要。

总之,目前国内已明确沥青铺装必须由防水黏结层和面层组成,但对桥面防水黏结的研究和实验才刚刚起步。桥面防水黏结材料和施工工艺主要参照房屋建筑防水工程,尚未建立一套适用的性能指标和实验手段。我国高等级公路建设日益发展,从国内外研究对比中可以看出,我国进行此项研究的必要性和紧迫性。

1.2 主要研究内容与技术路线

1.2.1 主要研究内容

本书以水泥混凝土桥面板沥青混合料桥面铺装为研究对象,进行桥面铺装病害调查,对沥青混合料桥面铺装进行力学分析,研究合理的结构层组合;对沥青混合料桥面铺装防水黏结材料进行大量室内试验,提出了桥面防水黏结层质量控制指标,确定了防水黏结材料最佳用量,良好的解决层间结合的胶结材料质量薄弱的问题;对沥青混合料铺装层进行研究;提出合理的施工工艺、机械组合;并进行经济效益评价,为今后沥青混合料桥面铺装做出理论性的指导。

本书主要对以下内容进行研究。

(1) 沥青混合料桥面铺装损坏状况调查与研究。对国内外沥青混合料桥面铺装典型结构、铺装病害进行了大量深入的调查,并展开分析研究。

(2) 沥青混合料桥面铺装力学分析、工作状态与设计指标确定。采用基于实际预应力混凝土箱梁和 T 形梁桥的有限元实体模型,通过计算,从理论上达到对铺装层受力特性的基本认识。本书从横桥向不同荷位、纵桥向不同荷位来分析不同荷位时铺装层的受力特性,指出了箱梁和 T 形梁桥铺装层受力的最不利荷位;同时分析了不同轴载及不同跨径时铺装层的受力特性,指出了超载现象和不正常制动给铺装层带来了严重的损坏;分析了铺装体系参数(铺装层模量和铺装层厚度等)变化对铺装层受力的影响;分析了沥青混合料桥面铺装的破坏类型并提出了相应的设计控制指标;结合道路沿线气温条件对不同黏结层厚度、不同铺装层厚度、不同模量下的黏结层的温度应力的变化给出了定量的分析;确定了沥青混凝土桥面铺装层间工作状态,提出了相应的防水黏结材料性能控制指标。

(3) 沥青混合料桥面铺装防水黏结层研究。本书对桥面防水体系的特点及要求、桥面防水黏结层的作用、桥面防水材料的分类及目前存在的问题进行了分析研究,深入研究了柔性涂膜类防水材料防水机理,通过室内实验进行路用性能研究,提出防水材料的最佳用量,研究温度、界面粗糙度、冻融循环对其防水黏结性能的影响,并与国内其他常用防水黏结材料进行对比试验研究。大量开展了关于同步碎石防水黏结层的研究工作,并针对

“一油一料”同步碎石防水黏结层的不足首次提出“两油一料”，对“一油一料”和“两油一料”的路用性能分别进行了研究。

(4) 沥青混合料铺装层研究。本书对水泥混凝土桥梁的桥面铺装类型、材料进行研究，对改性沥青尤其是 SBS 改性沥青进行深入研究，使桥面沥青混凝土铺装层具有良好的高温和低温性能，解决好桥面沥青混凝土铺装层的热稳定性、水破坏、疲劳破坏、低温破坏及其他原因的破坏；对桥面排水系统进行分析研究，从而达到充分发挥桥面各结构层材料最大效能，避免发生桥面铺装早期损坏现象，从而提高桥面铺装的路用性能，延长桥面铺装的使用寿命。

(5) 研究合理的施工工艺、机械组合。本书分别从防水黏结层施工前的准备工作、桥面防水黏结层施工技术、沥青混合料桥面铺装层施工技术进行研究。对施工的基本要求、施工机具、施工工艺、施工机械组合等进行研究，确保施工的质量和进度。为高效率、高质量地施工提供科学依据。

(6) 技术经济分析。分别对 SBS 改性沥青混合料铺装层、柔性涂膜类 FYT 防水黏结材料进行技术经济分析，研究其经济适用性。

1.2.2 技术路线

本书以解决公路桥梁建设桥面铺装过程中出现的问题为宗旨，以陕西交通建设集团和长安大学先进的试验技术为依托，紧密结合工程实际，采用理论分析与现场检测相结合，现场检测与室内试验相结合的方法，通过对沥青混合料桥面铺装病害调查、桥面铺装力学分析研究、防水黏结层路用性能室内试验、沥青混合料加铺层研究、桥面铺装施工工艺研究及技术经济分析等，开展对沥青混合料桥面铺装系统研究工作，具体研究技术路线见图 1.1。

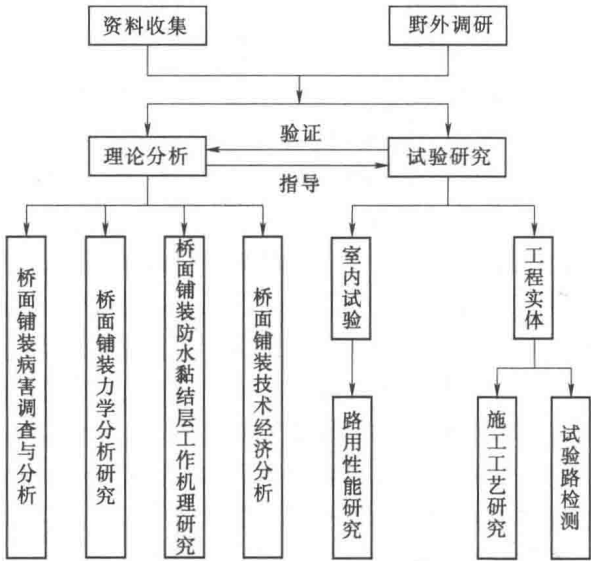


图 1.1 技术路线示意图

第2章 沥青混合料桥面铺装常见病害分析研究

沥青混凝土铺装层是桥面板的防护层,是桥梁行车系的重要组成部分,它的作用是防止车轮直接作用在桥面板上,扩散荷载,保护主梁免受雨水和其他有害物质的侵蚀。

沥青混凝土铺装层的材料、结构和施工决定了其使用性能。在这3个要素中,结构的作用是决定性的,它决定了各层的受力特点。材料是最为活跃的因素,决定沥青混合料力学性能的原材料以及混合料的组成结构具有很大的选择性,铺装层的模量取决于材料的组成设计。施工是将材料和结构设计变成实际工程的部分,施工质量决定了材料是否能达到预期的性能、结构是否能满足设计的要求。

因此,需要将结构和材料结合起来,选用合适的材料,并测定其参数,然后在合适的结构下进行结构力学计算,根据计算结果确定更加合适的材料参数,再进行材料设计。只有进行结构和材料的反复反馈,才能达到预期的使用性能。

2.1 桥面铺装病害调查与分析

2.1.1 水泥混凝土桥面铺装层构造

水泥混凝土桥桥面铺装主要分为刚性铺装(以钢筋混凝土为主)、柔性铺装(以沥青混凝土为主)、刚柔结合式铺装。水泥混凝土桥面铺装层的构造层次是由桥梁结构层、找平层、防水黏结层、保护层、铺装层等组成,见图2.1。

(1) 桥梁结构层(桥面板)。桥面板是桥梁的承重结构,为钢筋混凝土结构或双向预应力钢筋混凝土结构。桥梁板质量的好坏,直接关系到桥梁的使用寿命。其要求是混凝土强度要高,密实度要好,防水性能优良,具有一定的耐酸碱腐蚀性和抗冻性。

(2) 找平层。在桥面板上应做水泥砂浆找平层,其目的是使基面平整。

(3) 防水黏结层。防止水渗入水泥混凝土桥面或滞留在桥面板上,起到防水、隔水作用,并将铺装层与桥面板黏结成一个整体。

(4) 保护层。保护层设在防水黏结层上面,其目的是防止桥面在铺装钢筋混凝土时,绑扎钢筋扎破防水黏结层,或者防止桥面在铺装沥青混凝土时,碾压沥青混凝土铺装层而硌破防水黏结层,从而影响其防水效果。

(5) 铺装层。铺装层位于桥梁桥面的最上层,直接承受着车辆行驶的碾压力、摩擦力和冲击力,铺装层由水泥混凝土或沥青混凝土制成。

近年来,混凝土桥面铺装新材料被广泛应用,例如钢纤维混凝土、改性沥青 SMA、

浇筑式沥青混凝土、纤维沥青混凝土等，新型的桥梁铺装结构形式有效地防止了桥面铺装早期病害的发生。见表 2.1、表 2.2。

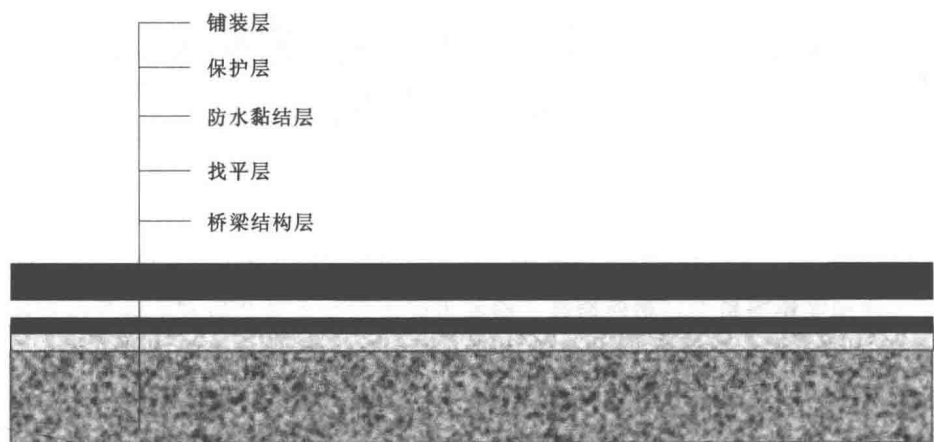


图 2.1 桥面铺装层构造图

表 2.1 国外混凝土桥面铺装结构

国家	防 水 层			面 层	
	类型	结合料	厚度 /mm	中层厚度 /mm	磨耗层厚度 /mm
瑞典	沥青胶砂	沥青胶	8~12	沥青混凝土 35； 沥青胶砂 30； 沥青混凝土 10 + 预拌沥青砂砾 (>150)； 水泥混凝土 50 + 沥青混凝土 35	沥青混凝土 40； 沥青胶砂 30~35； 沥青混凝土 40； 沥青混凝土 40
	预制板	沥青胶	2	沥青混凝土 35； 沥青混凝土 10 + 预拌沥青砂砾 (150)	沥青混凝土 40； 沥青混凝土 40
	薄膜	沥青膏	10	水泥混凝土 50 + 沥青混凝土 30	沥青混凝土 40
澳大利亚	薄膜				沥青混凝土 50
	预制板		2		沥青混凝土 50
意大利	地沥青胶砂	清漆 + 完全独立的层	10	沥青混凝土 50； 沥青混凝土 SBC2.5	沥青混凝土 50； 摊铺沥青混凝土 + SBC2.5
	薄膜	树脂	2~3kg/m ²	沥青混凝土 40	沥青混凝土 30
	预制板	清漆	5	沥青混凝土 60	沥青混凝土 30
法国	地沥青胶砂	-		沥青混凝土 22	沥青混凝土，在极例外情况为特别铺装含有聚酯类或纤维 50~100

续表

国家	防 水 层			面 层	
	类型	结合料	厚度 /mm	中层厚度 /mm	磨耗层厚度 /mm
英国	地沥青胶砂	可能独立的各层	20		
	预制板	胶黏清漆	3.5 或 6	地沥青砂保护	热拌沥青 30 或热拌地沥青 100 (双层) 或水泥混凝土 15
比利时	地沥青胶砂	完全的独立层	15 或 10	沥青混凝土+用于重新整形的沥青混凝土 3	沥青混凝土 30 或 50
	预制板	胶黏清漆	2~5	沥青混凝土+用于重新整形的沥青混凝土 3	沥青混凝土 30 或 50

表 2.2 国内混凝土桥面铺装结构

桥 名	地 点	特 点	结 构
滨州黄河公路大桥	国道 205 线高速公路	主桥为 42m + 42m + 300m + 300m + 42m + 42m 三塔斜拉桥, 为高性能混凝土板特大桥	SMA-13 4cm AC-20+聚丙烯酸纤维 7cm
黄河二桥	京珠国道主干线	特大混凝土桥梁系杆拱桥	AC-13I 改性沥青混凝土 4cm AC-20I 改性沥青混凝土 5cm 40 号钢纤维混凝土 8cm 50 号素水泥混凝土 12cm
龙溪河大桥	重庆	(140m + 240m + 140m) 连续刚构 + (4m × 40m) 简支梁	单层改性沥青 SMA
巴东长江大桥	湖北省巴东县	五跨连续双塔双索面预应力混凝土斜拉桥	聚丙烯纤维混凝土同时加入 UEA 膨胀剂
闽江大桥	福州	预应力混凝土空腹式刚架结构	改性沥青混凝土 SMA13 4cm 沥青混凝土 AC-16 4cm 乳化沥青
三县洲大桥	福州	独塔单索面斜拉桥	SMA16 丁苯橡胶改性沥青玛蹄脂 5cm SMA9.5 丁苯橡胶改性沥青玛蹄脂 3cm
京秦高速公路桥	京秦高速	大、中型公路桥	沥青混凝土 4cm 中粒式沥青混凝土 5cm 改性乳化沥青稀浆封层 6mm
钱江五桥	杭州	全长 3620m, 双向六车道	改性沥青纤维混凝土 4cm AC-20I 沥青混凝土 6cm 水泥混凝土整平层 10cm
东海大桥	上海	31.5km 长	铺装上层: 改性沥青 SMA-13, 50mm; 黏层: SBR 改性乳化沥青 0.3~0.5kg/m ² ; 铺装下层: GA-10, 30mm, 表面撒布 5~10mm 碎石, 用量 5~8kg/m ² ; 溶剂型沥青橡胶: 0.2~0.4L/m ² , 撒布 0.6~1.18mm 预拌碎石, 0.3~0.8kg/m ² ; 反应树脂下封层: 0.4~0.6kg/m ²

续表

桥 名	地 点	特 点	结 构
招宝山大桥	宁波	双索面预应力混凝土独塔斜拉桥	SMA10 3cm SMA13 5cm FYT 柔性防水层
崖门大桥	广东省新会市	1338m 双塔单索面斜拉桥	SMA13 3cm FAC-16I 型改性沥青混凝土 4cm HUT-1 防水层
京津塘高速公路 北京段高速公路桥	北京	大、中型公路桥	AC-13 5cm AC-20 6cm C30 钢筋混凝土 10cm
十里铺大桥	北京	全长 764m, 部分预应力混凝土连续板桥	中粒式沥青混凝土 4cm 钢筋混凝土 8cm
重庆鹅公岩大桥	重庆	预应力混凝土 T 形梁	沥青混凝土 4cm 钢纤维混凝土 11cm
重庆长江二桥	重庆	双塔双索面预应力混凝土斜拉桥	AC-16I 4cm C35 水泥混凝土调平层 6cm
郑州市跨机场 高速路高架桥	郑州	钢筋混凝土连续箱梁	AK-16 4cm AK-25 5cm 防水层 7.7mm 防水混凝土 6cm
老滦河特大桥	河北	5m×20m 预应力混凝土桥梁	AC-16 4cm AC-25 5cm 乳化沥青防水层

2.1.2 病害调查

目前桥面铺装比较突出的问题是：①桥面早期破坏严重。桥面出现车辙、壅包、网裂、龟裂，沥青面层剥落，产生坑槽甚至防水混凝土铺装层外露，导致汽车从平稳舒适的高速公路路面行驶至桥面时，出现颠簸和左右摇摆，极大地影响了行车的舒适性，严重者影响行车安全；②桥梁上部结构及铺装结构的耐久性不足。主要是铺装层难以阻止水的渗入，渗入水沿桥面板裂缝进入主梁，造成主梁钢筋的腐蚀，在行车荷载和温度作用下，加速面层和主梁的损坏，降低桥梁使用寿命，这一现象在桥面负弯矩区尤为明显。

2.1.2.1 陕西境内沥青混合料桥面铺装病害调查

陕西省大部分地区位于全国公路自然区划的黄土高原干湿过渡（Ⅲ）区，温度分布基本上是由南向北逐渐降低，各地平均气温 7~16℃。陕南的浅山河谷为全省最暖地区。由于受季风的影响，陕西冬冷夏热，四季分明，温差较大，西安地区潮湿系数为 4 左右，属干润地区。从气候状况上来看，温度和水对桥面铺装的影响还比较大，要求沥青混合料桥面铺装不仅要有较强的高温稳定性和低温抗裂性，而且要有一定的防水能力。陕西沥青混合料桥面铺装病害调查情况见表 2.3。