

环境友好型路面 铺装技术

冯德成 解晓光 ©著



科学出版社

013027352

U416.041
01

环境友好型路面铺装技术

冯德成 解晓光 著



科学出版社

北京

U416.041

01



北航

C1635262

内 容 简 介

环境友好型路面铺装技术是近年来国内外的研究热点。本书在研究室内模拟辐射试验系统、径流污染模拟系统以及路表功能测试装置和系统等的基础上,综合道路学、热学、声学、生态学等多学科理论,较为全面地介绍了路面热阻热反射技术、透水路面控制路表径流污染技术、路面防滑降噪技术和生态型轮迹路面技术等对环境友好型路面铺装领域的应用。对于以上各项铺装技术的作用机理、材料与结构设计、性能预测模型以及工程应用也进行了详细的阐述。

本书可供从事城市道路、公路、机场工程、广场工程等铺面设计、施工、管理的技术人员以及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境友好型路面铺装技术/冯德成,解晓光著. —北京:科学出版社,2013.3
ISBN 978-7-03-036841-6

I. ①环… II. ①冯…②解… III. ①路面铺装 IV. ①U416.041

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 039590 号

责任编辑:陈 婕 / 责任校对:钟 洋
责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年3月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013年3月第一次印刷 印张:25

字数:490 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

2011年,国家制定的“十二五”规划纲要中提出了绿色发展的概念,即建设资源节约型、环境友好型社会,促进资源的循环利用,加强生态和环境保护。而中国共产党第十八次全国代表大会也明确指出:“必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,努力建设美丽中国,实现中华民族永续发展”。为了实现这一目标,全社会各行各业都需要进行相应的改革与创新。交通运输业一直是建设资源节约型、环境友好型社会的重要领域,也是资源占用型和能源消耗型行业。坚持科学发展观,走资源节约型交通发展之路,不但需要从国家政策上加以引导与扶持,对于广大道路交通工作者来说,更为重要的是转变固有意识,逐步实现资源节约型、环境友好型的道路交通,为实现整个社会的健康可持续发展以及节能减排目标提供强有力的保障。

本书涉及的研究成果是在教育部新世纪优秀人才支持计划(资助编号:NCET-08-0163)、教育部留学回国人员科研启动基金、交通运输部西部交通建设科技项目(资助编号:200631880141,200631800043)等的共同资助下完成的。本书紧密结合可持续发展战略思想,重点从环境保护、以人为本的角度,将材料工程、环境工程、热能工程、道路工程等多学科交叉起来共同研究道路工程所面临的新问题,系统、全面地介绍环境友好型路面铺装技术。全书主要包含5部分内容:①从降低路面温度、缓解城市热岛效应和车辙病害角度介绍热反射与热阻铺装技术,重点介绍所开发的路面热反射涂层材料、具有热反射和热阻功能的新材料设计与性能验证;②从减少路面径流污染、净化和补充地下水、减少雨洪等角度介绍新型透水路面铺装材料与结构,开发室内模拟系统,介绍多孔陶粒沥青混合料以及绿色环保过滤层材料,如活性炭、沸石、炉渣、火山岩等对路面径流污染的净化功效和减少雨洪功效;③介绍低噪声路面,在明确低噪声路面作用机理的基础上,重点介绍低噪声路面的设计方法和性能;④介绍抗滑路面,在明确路面与车辆间的相互作用以及影响安全性的路面表面特性的基础上,研究沥青混合料微观纹理和宏观纹理对抗滑性能的影响和胎/路相互作用下的摩擦系数变化规律;⑤介绍轮迹路面,在明确水泥混凝土轮迹路面结构受力分析的基础上,进行轮迹路面设计方法的研究。

全书共8章,由哈尔滨工业大学冯德成主持撰写,其中第2章的2.2~2.4节、第3章、第4章的4.2.1节、4.2.2节、4.2.4节、第5章、第7章由哈尔滨工业大学解晓光撰写,第4章的4.2.3节、第6章由哈尔滨工业大学易军艳撰写;第8章由

哈尔滨工业大学王彩霞、易军艳撰写。全书的研究和总结工作持续近十年,得到了课题组研究生的支持和帮助,博士生张鑫、汪洪山,硕士生梁满杰、邢真真、王瑛、李兴海、王广伟、胡伟超、杜雪松等的研究成果构成了本书内容,在此深表感谢。

随着研究手段和技术水平的不断提高,许多新技术和新成果正在研究中,本书仅是对环保型路面铺装技术起到抛砖引玉的作用,希望这方面的研究工作得到大家的重视,共同促进更为先进、环保的路面铺装技术在我国道路建设中的应用与发展。

限于作者水平,书中难免存在不妥之处,恳请各位读者不吝指正。

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 现有路面铺装特点及危害	2
1.2 环境友好型路面铺装的生态效益	3
1.3 环境友好型道路工程设计原则	5
1.4 环境友好型道路工程实现途径	6
第 2 章 环境友好型路面的作用机理	8
2.1 路面热反射和热阻机理	8
2.1.1 沥青路面温度场计算的基本理论	8
2.1.2 温度场计算模型开发及验证	12
2.1.3 单因素路面温度场影响分析	17
2.1.4 沥青路面温度场影响因素敏感性分析	24
2.1.5 热物参数对路面温度场综合影响分析	28
2.1.6 热反射与热阻技术可行性	31
2.2 路面净化径流污染机理	34
2.2.1 道路径流污染概述	34
2.2.2 道路径流污染治理	37
2.2.3 净化材料的选择及去除机理	38
2.3 路面降噪机理	42
2.3.1 降低路面刚度	42
2.3.2 路面材料的声阻抗与路面噪声的匹配	45
2.3.3 采用多孔路面	47
2.3.4 采用纹理优化的细粒径路面	48
2.3.5 轮胎/路面噪声降低的方法	49
2.4 路面抗滑机理	49
2.4.1 轮胎与路面间产生的分子引力作用	50
2.4.2 轮胎与路面间的黏着作用	50
2.4.3 胎面橡胶的弹性变形	50
2.4.4 路面上小尺寸微凸体切削作用	51

第 3 章 试验系统及试验方法	52
3.1 室内模拟辐射试验系统	52
3.2 热物系数测试方法	59
3.3 室内径流污染模拟系统	63
3.4 路面径流污染评价指标与测试方法	65
第 4 章 降低城市热岛效应的路面铺装	68
4.1 热反射涂层材料开发	68
4.1.1 涂层材料组成及性能影响因素	68
4.1.2 涂层材料的配方及制作工艺	70
4.1.3 涂层材料的使用性能	84
4.1.4 涂层材料在工程中的应用	88
4.2 具有热反射和热阻功能的材料设计	94
4.2.1 陶砂磨耗层	95
4.2.2 陶粒磨耗层	105
4.2.3 热阻黏层	114
4.2.4 多孔沥青混合料	121
第 5 章 减少路表雨洪和径流污染的透水路面铺装	132
5.1 透水路面的面层	132
5.1.1 减少路表径流量的目标孔隙率	132
5.1.2 减少路表径流污染的多孔陶粒沥青混合料材料设计	134
5.1.3 多孔陶粒沥青混合料去污效能和耐久性	136
5.1.4 多孔陶粒沥青混合料的路用性能	140
5.2 透水路面的过滤层材料设计	143
5.2.1 过滤层材料对径流污染去除效果分析	143
5.2.2 过滤层材料去除效果最佳厚度分析	149
5.2.3 净化层材料组合的去污效果	150
5.2.4 不同径流污染的最优净化层组合	153
5.2.5 过滤层对污染物去除效果及性能验证	154
5.3 透水路面结构的优化设计	155
5.3.1 透水路面各结构层功能与设计原则	155
5.3.2 透水路面各结构层的材料设计	155
5.3.3 透水路面结构的去污效能	156
5.3.4 透水路面结构层组合的去污效能	158
第 6 章 低噪声路面	161
6.1 交通噪声的特点及环境标准	161

6.1.1	交通噪声产生的原因	161
6.1.2	交通噪声的危害	161
6.1.3	交通噪声的分类	162
6.1.4	交通噪声环境标准	163
6.1.5	降噪措施分析	166
6.2	低噪声沥青路面的特点	167
6.3	低噪声沥青路面降噪理论	170
6.3.1	轮胎噪声的产生与分类	170
6.3.2	低噪声沥青路面降噪预估模型	172
6.3.3	低噪声沥青路面降噪影响因素	178
6.4	低噪声沥青混合料设计方法概述	183
6.5	低噪声沥青混合料关键性能指标	188
6.5.1	沥青与集料界面黏结性能研究现状	189
6.5.2	界面黏结系统的确定	191
6.5.3	集料试样的制备	192
6.5.4	界面黏结试验仪器与基本过程	194
6.5.5	不同厚度沥青薄膜的力学性能	196
6.5.6	界面黏结系统有效性分析	200
6.5.7	沥青与集料界面黏结力学性能	201
第7章	抗滑路面	213
7.1	路面与轮胎间的相互作用	213
7.1.1	车轮的滚动	213
7.1.2	轮胎与路面的接触	218
7.1.3	车辆的振动	239
7.2	影响安全性的路面表面特性	256
7.2.1	摩擦系数的测定方法	256
7.2.2	道路抗滑性能与表面构造的关系	257
7.3	石料微观纹理对抗滑性能的影响	260
7.3.1	石料的矿物组成及力学性质	260
7.3.2	石料的微观纹理与磨光特性	268
7.4	混合料宏观纹理对抗滑性能的影响	273
7.4.1	混合料级配的选择	273
7.4.2	混合料宏观纹理测量	275
7.4.3	摆式摩擦仪法测试摆值	283
7.4.4	利用构造深度和摆值确定国际摩阻指数	287

7.5	基于胎/路相互作用的摩擦系数测试与分析	290
7.5.1	橡胶摩擦仪及其测试原理	290
7.5.2	轮胎花纹构造	293
7.5.3	轮胎与路面作用机理	295
7.5.4	摩擦系数结果分析	297
第8章	轮迹路面	308
8.1	轮迹路面的发展	308
8.1.1	轮迹道路的特点	308
8.1.2	国内外技术研究现状	309
8.2	轮迹路面的适用性分析	312
8.2.1	我国农村公路交通环境分析	312
8.2.2	轮迹道路的断面形式分析	317
8.2.3	轮迹道路通行能力分析	322
8.2.4	轮迹路面的结构组合和材料适应性分析	326
8.2.5	轮迹路面的排水设计	328
8.2.6	轮迹路面的施工性能	329
8.3	水泥混凝土轮迹路面结构受力分析	329
8.3.1	水泥混凝土轮迹路面的破坏模式分析	330
8.3.2	水泥混凝土轮迹路面结构的理论分析模型	331
8.3.3	临界荷位的分析	332
8.3.4	水泥混凝土轮迹板荷载应力的有限元分析	334
8.3.5	水泥混凝土轮迹路面温度应力的有限元分析	340
8.3.6	基层的结构受力分析	345
8.3.7	土基承载能力分析	351
8.3.8	翻板破坏分析	351
8.4	轮迹路面设计方法研究	352
8.4.1	轮迹路面交通等级划分	352
8.4.2	结构组合设计	354
8.4.3	水泥混凝土轮迹板厚度设计	356
8.4.4	水泥混凝土轮迹路面结构设计步骤	362
8.4.5	联锁块结构在轮迹道路上的应用	362
8.4.6	轮迹路面典型结构推荐	366
8.5	试验路工程	368
8.5.1	试验路概况	368
8.5.2	试验路面结构方案	369

8.5.3 材料性质及要求	372
8.5.4 试验路现场施工及质量检测	372
8.5.5 试验路后期观测	378
参考文献	384

第 1 章 绪 论

节约资源、保护环境是我国的基本国策。中国共产党第十七次全国代表大会明确指出：“必须把建设资源节约型、环境友好型社会放在工业化、现代化发展战略的突出位置”，这对资源节约和环境保护提出了更高的要求。

交通运输是建设资源节约型、环境友好型社会的重要领域，节约资源、保护环境是发展现代交通运输业的重要内容。推进现代交通运输业的发展，关键是转变发展方式，走资源节约、环境友好的发展道路。因此，交通运输部组织制定《资源节约型、环境友好型公路水路交通发展政策》，明确到 2020 年资源节约型、环境友好型公路、水路交通发展的指导思想、基本方针及主要政策，指导公路水路交通转变发展方式，加快推进现代交通运输业发展，为经济社会又好又快发展提供更加有力的交通运输保障。

城市交通网络已经成为当今社会和经济发展的中枢，其分布范围之广和发展速度之快，都是其他建设工程不能比拟的。城市交通网络和各种交通工具为社会带来巨大效益的同时，也对城市中自然景观和生态系统的分割、干扰、破坏、退化、污染等产生各种负面影响。因此，在道路工程的建设中，应充分考虑对环境的影响，在追求运行效益的同时，最大限度地减少道路工程对城市已有自然生态系统的影响和破坏。随着交通污染问题的突显，如何使道路交通系统的发展符合未来环境保护、健康、安全和效率的共同需求，已成为一项非常紧迫的任务。

城市生态环境建设是城市的重要基础环节，是城市发展整体战略中最为重要的内容之一。城市道路铺装是直接影响城市生态环境的主要原因之一，备受社会关注与民生密切相关，是重要的社会公益事业，也是政府的重要职责。改善城市生态环境是全面构建环境友好型、资源节约型社会，创建国家生态园林城市的需要。

环境友好型道路铺装系统是可持续发展理论的新技术理念，它以环保、安全和高效为目标，从观念上、技术上协调基础设施、交通流、环境质量与经济发展之间的相互关系。建立环境友好型道路系统不仅着眼于解决现有的城市交通环境问题，而且关注如何服务于城市可持续发展的目标。环境友好型道路系统是一个理念，也是一个实践目标。道路工程新材料、新工艺的应用为这一理念的实现提供了技术支撑。

本书针对环境友好型道路工程的建设需求，提出了环境友好型路面铺装设计原则，并对国内外环境友好型道路相关工程的技术手段进行了梳理。

1.1 现有路面铺装特点及危害

近年来,随着经济不断发展,城市化进程不断加快,全国各大中小城市都在大量修建道路,极大地提高了人们的生活质量,并且促进了国民经济的飞速发展。但是由于城市道路大部分都采用不透水性路面,给城市的生态环境带来诸多负面影响。具体表现为如下几种情况:

1) 热岛效应日益加重

热岛效应是城市中的气温高于外围郊区的气温现象。热岛现象也称为“大气热污染现象”,它是指因大城市气温比周边地区气温高,导致气候变化异常和能源消耗增大,从而给居民生活和健康带来影响的现象。在用等温线表示的气温分布图上,气温高的部分呈岛状,因而被称为“热岛”。随着城市建设,城区的热岛效应日益明显,城乡年平均温差 $2\sim 4^{\circ}\text{C}$,最大温差达到 6°C 以上。

2) 湿度减小、天气干燥

城市的各类建筑物、公共设施、人造路(地)面及良好的排水系统,使降水很快成为地表径流,进入河道或者地下排水管道,水分难以下渗湿润土壤。此外,封闭的地表阻隔了城市大地自由呼吸,丧失了城市对地表温度、湿度的调节能力,造成相对湿度小、天气干燥。雨水蒸发快,地表易干燥,扬尘污染严重,形成了生态学上的“人造沙漠”。

3) 雾和霾急增,日照减少

由于城市建设、汽车尾气排放等过程中经过燃烧而排放大量残留物,以及工业生产、生活燃料消耗等原因,空气中以氮化物为主的污染源的浓度增大,大气透明度降低,日照减少。

4) 暴雨季节内涝频发

随着城市现代化的进程,人口居住密度增大,社会经济活动高度依赖交通、电力、电信等基础设施,地铁、地下商场、地下停车场等地下设施集中,一旦强降雨来袭,城市防汛凸显其脆弱性和紧迫性。封闭型的城市地表在遭遇暴雨天气时因排水不畅、雨量过度集中造成路面积水、内涝、地质灾害和衍生灾害,带来财产损失和人员伤亡,搅乱了社会正常经济活动。造成积水、内涝的原因,除了涉及城市规划设计、排洪设施建设存在的问题之外,城市市政建设大面积采用不透水材料铺装各种道路、广场地面,使得城市地表汇聚了大量雨水,是导致道路积水和低洼市区内涝的主要直接原因。

5) 雨水与河道污染

对于封闭的不透水材料铺装的城市地表,由于雨水冲刷路表,形成径流污染,淤积的污水加重了污水处理负担。不透水路面在雨天容易形成地表径流。地表径

流过程使雨水夹带越来越多的城市地表污染物,如汽车尾气中降落在路面上的微粒,轮胎与路面之间的磨损物,滴漏在路面上的汽车燃油,道路运输时洒、冒、滴、漏的有毒有害化学品等。夹带大量污染物质的雨水通过城市排水管道进入周围地表自然水体,污染了江河湖泊等自然水体,影响了城市地表植物和水生动植物的生长,破坏了城市的生态平衡。

6) 地下水资源日渐衰竭

我国人均淡水资源量仅为世界人均水平的 1/4,水资源的循环利用率比发达国家低 50%以上。实现水资源循环利用,是缓解资源压力、实现可持续发展的必由之路。地下水保护是创建节水、节能型城市工作的重要组成部分。由于地下水资源的过量开采,城市建筑物和不透水材料铺装形成的封闭型地面阻断了地下水补给路径,地下水得不到有效的补充,致使地下水资源日渐衰竭、水质恶化,引发地面沉降、塌陷等地质灾害,沿海地区还会导致海水倒灌,给城市工程建设带来困难。

7) 城市道路交通生态缺陷

车辆在不透水路面行驶时噪声较大,雨天易形成积水飞溅,无雨天易形成扬尘,危害路人的健康。

1.2 环境友好型路面铺装的生态效益

不透水铺装对城市环境的适应能力已经越来越不能满足可持续发展的要求。为了实现城市建设可持续发展,人们迫切需要既具有坚实耐用性能,同时又不破坏自然生态环境的、打破传统的路面铺装结构。因此,环境友好型路面铺装应运而生,它具有如下生态效益。

1. 有利于缓解城市排水系统压力

环境友好型路面铺装有利于扩大城市透水性和透气性区域,使雨水能够及时渗入地下土壤,缓解洪峰。众所周知,传统路面不具有透水功能,城市要排除地表降雨只能依靠表面汇水系统及城市排水管网,但是由于我国的城市发展速度与城市基础设施发展速度出现了不协调的局面(城市基础设施相对滞后),我国很多大中小城市的排水设施都不能很好地满足排水的要求。特别是在暴雨季节,大量的雨水使地面径流陡然增高,很快出现洪峰值,并且随着城区面积增大,径流系数也会加大,这也是我国许多城市夏季容易产生城区内涝的重要原因。而生态透水路面由于自身具有良好的透水性能,不仅能很好地减小城市地表径流、减轻城市排水设施负荷、缓解城市的内涝压力,还能有效地减小城市排水系统的建造规模,从而降低城市的建设费用。

2. 有利于缓解城市用水困难问题

环境友好型路面铺装能够使雨水就地渗入地下土壤,减少地面径流,缓解排水系统压力,同时污染物经过滤得到减少,地下水还得到了补给,延缓径流和储蓄雨水,进而缓解城市水资源的短缺和不足。

3. 有利于实现与生态环境协调的可持续发展

城市路面的各种污染物质经过雨水洗涤和冲刷,在地表径流过程中进入相邻接纳水体,对接纳水体造成污染。城市径流污染的产生与城市化进程中不透水面积的增加有着很大的关联。生态透水路面可以十分有效地延长地表径流作用。生态透水路面的过滤和吸附性能好,可以减少流入接纳水体的污染物浓度,能很好地缓解城市水体污染。透水性道路有利于减少降雨径流产生的面源污染,改善城市江河湖泊水质。城市雨水在透水性铺装下渗过程中能够得到很好的净化处理,减少污染物含量,减轻城市排水接纳水体污染,有利于实现与生态环境协调的可持续发展。

4. 有利于改善城市地表土壤生态环境

传统的不透水性铺装对城市市区动植物生存的地表土壤造成了严重的破坏,破坏了大自然原有的生态平衡。大自然原有的森林、绿地和田野面积逐渐减少,取而代之的是高楼建筑、城市广场、道路等设施,形成了“城市荒漠”。野生动植物赖以生存的环境不断地被城市破坏和占用,因而很多物种数量在不断减少以致濒临灭绝。可以说,造成一系列城市地表生态环境危机的根源之一就是城市不透水硬化地面。环境友好型路面铺装可以为改变这一现状提供很多帮助,它兼有良好的透水性和过滤性,既能满足人类活动所需的硬化地面使用要求,又能通过接近天然草坪和土壤的自身优越性能保护道路以下的动植物及微生物的生存空间,减轻传统的非透水性硬化地面对土壤生态环境的破坏程度。

5. 有利于降低城市的噪声污染

与传统的路面铺装相比,环境友好型路面铺装材料本身具有的吸收和降低噪声的作用更为凸显。噪声源投射到地面时,普通硬化路地面只是将声波反射,无法起到吸声降噪的作用。然而环境友好型路面铺装具有开放性多孔结构,是性能优良的吸声材料,因此能够有效降低城市的噪声污染。

6. 有利于改善车辆行驶出行环境

环境友好型路面铺装表面粗糙,具有很好的排水性和吸声性,能够有效改善交

通道路的行车环境。首先,能提高车辆的行驶安全性。其次,改善道路沿途的环境。减少噪声,减少路面积水,防止路面水膜形成,很大程度提高了行车出行的舒适度。由于地表被建筑物、不透水性路面所覆盖,土壤和水面的蒸发作用减弱,大气得不到冷却,城市地面很难与空气进行热量和水分的交换,降低了对城市地表温度、湿度的调节能力,出现热岛现象,导致城市的气候环境变差。环境友好型路面铺装可以改变这一情况,原因在于其多孔构造,中间及下层土壤中储存了大量的毛细水,毛细水在太阳辐射的作用下发生蒸腾作用,吸收大量的显热和潜热,使其地表温度降低,从而有效地缓解了夏季地表温度过高的问题。此外,环境友好型路面铺装蒸发的水蒸气还会增加空气的湿度,这对缓解由于地表的湿度小及蒸发量少而引起的“沙尘暴”也有着很好的效果。

7. 有利于实现固体废弃物的资源化利用

环境友好型路面铺装路面材料来源于可以综合利用的大量固体废弃物,有利于缓解环境压力,降低城市建设费用。其可实现性表现在:首先,可利用废弃透水路面作为生态透水路面的集料,利用电厂和钢厂灰渣作为辅助胶凝材料,这样不仅节约了成本而且保护了环境;其次,生态透水路面的表层和孔隙内部还可覆盖人工改良土壤,人工土壤的配制可以使用大量工业废渣,通过人工土壤种植各种草坪和其他植被,可以调节气候,增加城市的绿色空间。所以,环境友好型路面铺装使用有利于实现固体废弃物的重复性利用,减少资源浪费。

1.3 环境友好型道路工程设计原则

环境友好型道路工程建设主要表现为降低环境污染,其更深层次上的含义则是交通与环境的协调发展。环境友好型路面铺装道路工程的方案设计应在以下原则上展开。

1. 低污染原则

自然界有一套自适应系统,可以消除一定量的人为污染,但是当这种污染达到一定程度时,这一系统就会被破坏,所以只要将污染控制在一定范围内,就不会对生态造成大的负面影响。因此,道路工程的建设中应注重有利于生态环境的改善,特别要重视废气、噪声、废水的处理。

2. 可持续原则

地球上的资源是有限的,而自然界之所以生生不息就是在于它的可再生性及由此产生的循环。因此,在道路工程的建设中应尽量使用可再生资源,尽量节约使

用物资和紧缺资源,并且重视材料的循环利用。同时,也应充分利用现有设施,以修复、维护、改进、改建、扩建为主,在建设的过程中尽量减少对大自然的破坏。

3. 高效率原则

在环境友好型路面铺装设计中应重点考虑如何减少资源和能源的消耗,贯彻提高能源利用效率的原则。

4. 经济性原则

生态建设的目标就是自然、经济及社会共同发展,因此经济性原则自然不可缺少。不能因为考虑减少污染而盲目地增加投资,使得生态化技术措施工程成本高于道路污染的外部成本。

1.4 环境友好型道路工程实现途径

1. 具有净化除污功能的透水路面铺装技术

降雨所形成的路面径流(特别是初期径流)携带了大量有机污染物质、悬浮物以及重金属。有研究表明,在透水性路面铺装结构加铺过滤层,添加具有净化功能而又能够满足路用性能的材料,即“净化层”,可起到净化和减少道路径流污染中的污染物、防止地下水被污染的作用。

2. 清凉型路面热反射涂层沥青路面铺装技术

此种路面是将热反射涂层涂布于沥青路面表面,在夏季高温季节时,可有效降低路面温度 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。将该涂料使用在排水性大孔隙路面中降温效果更好,该涂层对于太阳光辐射中波段处于 $0.4\sim 2.5$ 的光具有较高的反射率,可以降低路面对太阳辐射的吸收率,由于路面吸收外界辐射减少,进入沥青路面内部的温度减少,从而达到降低沥青路面表面及内部温度的目的。有研究表明,热反射涂层铺装具有良好的耐磨性,因此该涂层对路面车辙病害的预防及缓解具有良好的作用。

3. 保水性路面铺装技术

保水降温半柔性路面是指以大孔隙率沥青混合料(孔隙率高达 $20\%\sim 28\%$)作为母体,通过灌注并渗入一定比例的保水砂浆组分,最终硬化形成的一种高性能特殊路面。保水砂浆能够在下雨或路面洒水时自动蓄水,一旦气温升高,水分蒸发而吸收热量,从而达到降低路面及环境温度的效果,温度降低最大可达 10°C 以上。同时,该路面具有一定的排水功效,可以防止路面积水。保水性路面中的保水材料能吸收并保存降雨或高温季节在路表面洒的水。利用这些保存的水分蒸发时的汽

化热降低路面温度。保水性铺装是一种含水道路,即在沥青混合料的孔隙中填充保水性材料,使沥青混合料内部储藏雨水等水分。当气温升高时,储藏的水分蒸发,带走热量,降低路面温度。

4. 降声减噪路面铺装技术

低噪声路面是指在普通的沥青、水泥路面或其他路面结构上铺筑一层具有很高孔隙率(孔隙率通常在 15%~25%,有的甚至高达 30%)的混合料,面层互通的孔隙网络可有效降低车辆的冲击噪声、附着噪声和气泵噪声。低噪声路面具有行车安全舒适、排水性好、降低交通噪声等优点,缺点是耐久性不易保证、对路面结构的强度易造成不良影响、水稳定性要求高、孔隙易堵塞等。单层多孔隙沥青混合料面层路面是在普通密级配的沥青混凝土路面上,再铺筑一层开级配多孔隙沥青混合料面层,以面层厚度 4~5cm、孔隙率 20%左右为宜。超厚多层多孔隙沥青混合料面层厚度为 40~50cm,一般设 4 层排水沥青混合料和 4cm 厚的多孔隙沥青混凝土面层,每层的材料级配不同,其目的之一是增加降噪效果。关于低噪声路面的材料构造、铺筑技术和养护管理等还需要全面深入的研究,但是它的降噪效果是肯定的。

5. 轮迹路面铺装技术

轮迹道路是一种仅在行车轮迹带上设有铺装结构的道路形式。轮迹带一般采用水泥混凝土板或条(块)石。轮迹道路是一种较为新型的道路形式,比一般简易铺装道路具有更多的优良特性。轮迹道路路基路面的湿度和温度环境是开放式的,一方面在冰冻这类地区,对于低填方水文条件不良的地区,轮迹路面相比密实铺面结构来说能更好地缓解道路的冻胀和翻浆,而且维护方面显示的优点更为突出;另一方面,对于需要保护的湿地环境,类似吉林查干湖、黑龙江扎龙自然保护区等,轮迹路面水温的开放式环境比宽幅的沥青路面和水泥路面更有利于湿地内外环境的及时交换,保持湿地的相对稳定性。轮迹道路能大幅度节省工程投资,改善农村交通状况。对我国大多数经济不发达及地形地貌复杂的落后地区而言,轮迹道路的建设投资和养护费用比同宽度的水泥混凝土路面节省 30%~40%。与一般简易铺装路面相比,轮迹路面能更好地改善砂石道、泥土道的行驶状况,减少扬尘,晴雨通车。与简易沥青铺面相比,轮迹路面强度高、稳定性好、耐久性也很突出,极大地提高了运营效率,增加了运营的安全性。