

排水沥青路面

POROUS ASPHALT PAVEMENT

曹东伟 刘清泉 唐国奇 编著

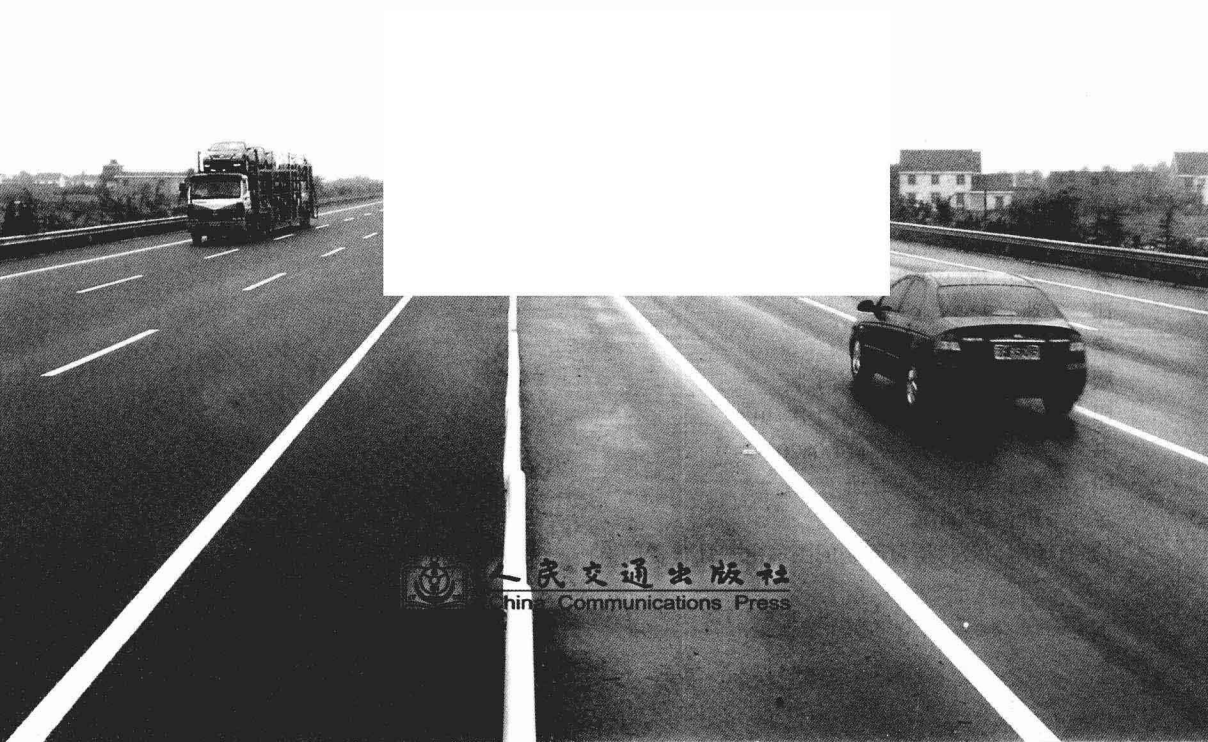


人民交通出版社
China Communications Press

排水沥青路面

POROUS ASPHALT
PAVEMENT

曹东伟 刘清泉 唐国奇 编著



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

排水沥青路面具有突出的安全、舒适、降噪等功效。本书依托相关课题研究,详细论述了排水沥青路面技术原理、设计、施工与质量管理等内容。

本书可供公路设计、施工、管理、科研人员使用,也可供相关专业研究生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

排水沥青路面/曹东伟等编著.—北京:人民交通出版社,2010.3

(交通科技丛书)

ISBN 978-7-114-08202-3

I.排… II.曹… III.沥青路面-道路工程 IV.
U416.217

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第006968号

交通科技丛书

书 名:排水沥青路面

著 作 者:曹东伟 刘清泉 唐国奇

责任编辑:丁润铎

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.ccpres.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:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:22.25

字 数:452千

版 次:2010年3月第1版

印 次:2010年3月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-08202-3

印 数:0001-2500册

定 价:50.00元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

结构的耐久性与优良的使用品质是公路路面研究与应用所追求的两大目标。近年来,新材料、新结构和新技术的开发应用使沥青路面“早期损坏”现象基本得到遏制,“长寿命路面”、“旧路面再生”等成为路面技术研究的新课题。与此同时,随着经济的发展、“以人为本、环境友好”理念的深入人心以及对公路交通安全的关注,如何向社会提供安全、舒适、环保的道路路面,提高路面的使用品质,也成了我们新的追求。

具有大空隙特征的排水沥青路面因其抗滑性好、噪声低、抑制水雾、防止水漂、减轻眩光等突出优点而具有极佳的路面表面特性和使用性能。这种形式的路面在欧洲、美国、日本已大量应用,但受经济和技术发展阶段的限制以及我国前些年对路面早期损坏问题的关注,排水沥青路面未适时得到研究与应用。

交通运输部公路科学研究院与其他科研和工程单位合作,结合西部交通建设科技项目高速公路试验与示范工程,从材料、结构、性能等方面入手对排水沥青路面展开了系统研究,着重解决了高温重载和半刚性基层条件下排水沥青路面的应用技术问题,形成了排水沥青路面材料要求、设计和施工的成套实用技术。这是一次重大的技术进步,排水沥青路面的推广应用将提高我国沥青路面的行车安全性和舒适性,产生显著的经济效益和社会效益。

由数位中青年专家撰写的本书为我国第一本系统论述排水沥青路面的专著,书中既有基本原理、设计方法介绍,也有实用技术开发和工程案例。相信本书的出版将促进排水沥青路面在我国的推广应用,提升路面使用品质。

让驾驶人不再为前车带起的水雾而烦恼,让车轮能紧紧地“抓住”路面而不滑溜,让驾乘人员能在安静的道路上行驶,让所有的公路使用者能安全地、心情愉悦地旅行。这就是我乐于为序的原因和期望。



2009年11月

前 言

近 20 年来,我国高等级公路建设发展迅速,里程逐年增加,路网日趋完善,为支持和保障国民经济持续快速发展起到了重要作用。截至 2008 年年底,我国经济总量已经跻身世界前 3 位,公路客货运量占全社会运输量的比重已分别超过 90% 和 70%。但公众对出行质量的需求不断提升,如何提高路面的使用品质,如何向社会提供更安全、更舒适、更环保的公路交通,已成为我国交通行业追求的新目标。排水沥青路面则是实现这种目标的一种路面类型,它采用大空隙沥青混合料做表层,将降雨透入到排水功能层,并通过层内横向排出,从而消除了带来诸多行车不利作用的路表水膜,显著提高雨天行车的安全性、舒适性,并降低交通噪声。

排水沥青路面在国外的研究应用的历史已超过 40 年,在欧洲、美国和日本等国家应用非常广泛。日本的调查发现,高速公路铺装排水沥青路面后,雨天事故可减少 80%,交通噪声降低 3~5dB,使得雨天安全行车速度大为增长;由此,其突出的安全性使得排水沥青路面在日本高速公路被强制使用。在西欧部分国家和美国部分地区,也有类似强制使用的情况。我国 20 世纪 80 年代在上海、河北、黑龙江、广东等地修建了一些小规模的小规模的试验路,但由于材料技术落后和重载交通、高温气候等原因,结构耐久性和功能耐久性均表现很差,试验路没有获得成功。

交通运输部公路科学研究院长期致力于高性能路面结构层的研究和开发工作。在“七五”期间,承担完成了“高等级公路半刚性基层沥青路面抗滑表层的研究”,随后研究的沥青玛蹄脂碎石 SMA、多碎石沥青混凝土 SAC 等技术获得了广泛的应用。交通运输部公路科学研究院表面特性课题组自 2001 年以来,先后承担完成了交通运输部西部科技项目“山区公路沥青面层排水技术的研究”、江苏省交通厅科技项目“排水性沥青路面应用技术的的研究”,并为盐通高速公路 17km 的排水沥青路面、宁杭二期高速公路 23km 的排水沥青路面提供技术支持和服务。从 2005 年开始,以盐通高速为依托,展开了排水沥青路面长期性能观测工作。通过对排水沥青路面技术原理的系统研究和大量的室内试验、修筑试验路和实体工程、长期性能观测等工作,交通运输部公路科学研究院初步形成了适应我国交通和气候条件的排水沥青路面修筑技术成果;盐通高速、宁杭高速、西安机场高速公路等排水沥青路面的成功实施,标志着我国从设计、施工、质量管理等各个环节已基本掌握了排水沥青路面的关键技术。



本书是关于排水沥青路面科技研究方面的著作,书中所述的科研成果是课题组成员集体智慧的结晶。课题组主要成员为:交通运输部公路科学研究院刘清泉、曹东伟、唐国奇、刘振清、桂志敬、魏道新、钟科等;东南大学陈荣生、倪富健、黄晓明、杨军、季天剑等;江苏省高速公路建设指挥部钱国超、刘义怀、葛苏闽、赵侃、汪宽平等;重庆渝邻高速公路有限公司敬世红、乔宏等。

由于作者学识水平的局限,书中论述存在的偏颇甚至谬误之处,敬请广大读者交流探讨、批评指正,以促进我国排水沥青路面技术的推广应用和完善发展。

作者

2009年10月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 排水沥青路面概念与特性	1
1.2 排水沥青路面国内外研究和应用现状	4
第 2 章 雨天路表水膜问题及其对行车安全的影响	17
2.1 雨天路表水膜厚度及其预估模型研究	19
2.2 路表水膜对高速行车水漂问题的影响	39
2.3 路表水膜对汽车行驶稳定性的影响分析	57
2.4 雨天行车时跟随车辆的能见度问题研究	65
2.5 本章小结	72
第 3 章 排水沥青路面功能与结构设计	76
3.1 排水沥青路面潜在水损坏问题分析	76
3.2 沥青混合料空隙率和排水效率的关系	80
3.3 降雨时排水路面内部渗流状态分析	91
3.4 排水沥青路面结构排水设计分析	104
3.5 排水沥青路面结构分析	112
3.6 排水沥青路面防水黏结层分析与材料研究	118
第 4 章 排水沥青材料及混合料设计研究	136
4.1 排水沥青混合料的级配设计	136
4.2 排水沥青混合料的路用性能研究	145
4.3 沥青类型与空隙率对排水沥青混合料性能的影响	161
第 5 章 高温重载条件下的排水沥青混合料组成设计研究	174
5.1 高温重载条件下排水沥青胶结料关键性能与标准	174
5.2 粗集料对排水沥青混合料性能影响研究	188
5.3 消石灰应用于排水沥青混合料的技术研究	207
5.4 纤维应用于排水沥青混合料的技术研究	214
第 6 章 排水沥青路面施工技术与应用案例	229
6.1 排水沥青路面施工与质量控制要点	229
6.2 排水沥青路面在重庆渝邻高速公路中的应用	253



排水沥青路面

6.3	排水沥青路面在盐通高速中的应用	260
6.4	宁杭二期高速排水沥青路面介绍	280
6.5	排水沥青路面降噪性能评价	303
6.6	排水沥青路面长期使用性能	308
附录一	宁杭高速二期工程排水性沥青路面施工指导意见	321
附录二	课题组关于排水沥青路面的科研项目与技术报告	339
结语	341
参考文献	344

第 1 章 概 述

近 20 年来,我国高等级公路建设发展迅速,里程逐年增加,路网日趋完善,为支持和保障国民经济持续快速发展起到了重要作用。如何提高路面的使用品质,如何向社会提供更安全、更舒适、更环保的公路交通,已成为我国交通部门追求的新目标。排水沥青路面则是实现这种目标的一种路面类型。它采用大空隙沥青混合料做表层,排水表层下的中、下沥青面层是密实型沥青混凝土,使雨天渗入到排水功能层内的水横向除到路面结构以外(图 1.0-1)。此种路面具有抗滑性能高、噪声低、抑制雨天行车水雾、防止高速行车“水漂”、减轻夜晚行车眩光等技术特点,因而可以实现增进道路安全性、提高雨天行车舒适性、减少交通噪声等三大路面服务性能优势。日本的调查发现,在高速公路上普通路面的雨天事故率是晴天的 9 倍,采用排水沥青路面后雨天事故可减少 80%。使用排水沥青路面时,雨天车辆操控性、行车速度等基本不受天气影响,与晴天情况差不多;在降低噪声方面,排水沥青路面可比普通密级配路面降低 3~5 dB。可以说排水性沥青路面是一种高品质的路面结构类型,体现了公路的人性化设计和“以人为本”的理念。其已经在许多国家广泛使用,部分国家和地区强制使用。

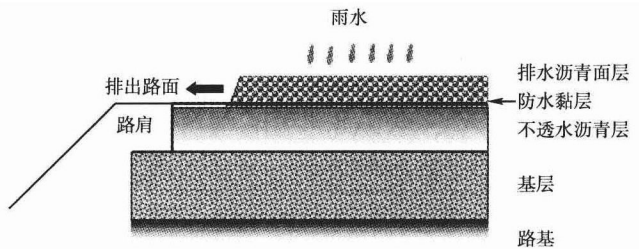


图 1.0-1 排水沥青路面排水机理示意图

1.1 排水沥青路面概念与特性

1.1.1 排水沥青路面概念

排水沥青路面,又称多孔沥青路面(porous asphalt pavement 或 drainage asphalt pavement),指压实后空隙率在 20%左右,能够在混合料内部形成排水通道的沥青混凝土面层。其组成主要以单一粒径碎石为主,按照嵌挤机理形成骨架—

空隙结构的开级配沥青混合料。此外,以改善表面抗滑功能为主的开级配表面薄层应用又称开级配磨耗层(OGFC, open-graded friction course)、多孔隙沥青磨耗层(PAWC, porous asphalt wearing course)等,基于多孔吸音原理实现降噪功能时又被称为低噪声沥青路面(low-noise pavement)等。这些材料的构成特征基本相同,但由于使用功能、描述角度和突出重点有所区别被赋予不同名称,有时在技术特点上也有所不同。例如在美国,OGFC以提高抗滑行能为主要目的,厚度、空隙率相对较小且允许发生一定堵塞。低噪声多孔路面为了增强降噪效率,往往设计公称粒径最小的多孔沥青混凝土材料,同时使用橡胶沥青。考虑到这种大空隙沥青路面最大的优越性集中体现在通过雨天排水带来的安全行驶特性的极大提升,故本书以排水沥青路面为题,但相关研究成果对上述不同称谓的路面结构形式都有适用性。

从混合料结构理论上来看,沥青混合料的结构按照集料分布状态和密实程度,分为悬浮密实结构、骨架空隙结构、骨架密实结构三种形式(图 1.1-1)。目前,我国常用的 AC 类沥青混凝土和 SMA 沥青混合料分别为悬浮密实和骨架密实结构的代表,排水沥青混合料即基于骨架空隙结构理论发展而来。关于三种混合料级配构成的对比可见图 1.1-2、图 1.1-3。

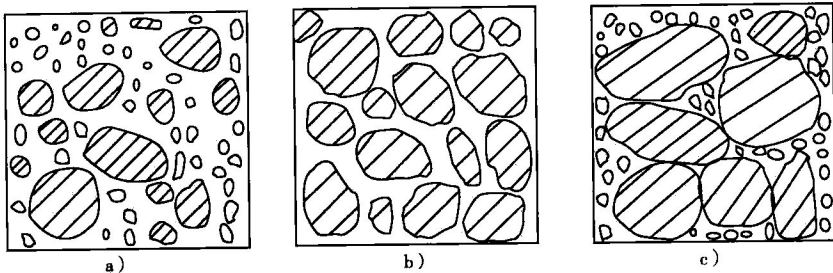


图 1.1-1 沥青混合料不同结构组成示意图
a)一悬浮密实结构;b)一骨架空隙结构;c)一骨架密实结构

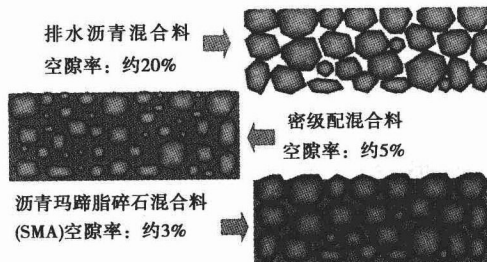


图 1.1-2 排水沥青混合料与传统密级配混合料的结构对比

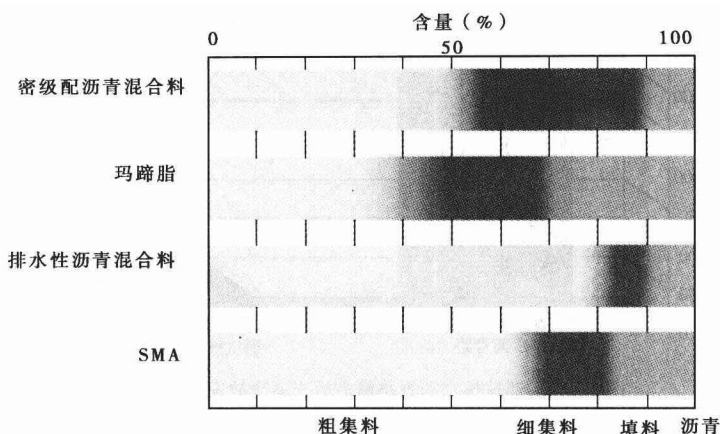


图 1.1-3 排水沥青混合料与其他类型混合料材料构成比例示意图

可以看出,排水沥青混合料结构粗集料含量多,细集料含量少,主要靠粗集料相互接触形成骨架型的嵌挤结构;混合料中剩余空隙率大,可内部透水。该种结构内摩阻力较大,黏聚力较小,如要获得较大强度和抗外界破坏能力,胶结料的黏结性能就尤为重要。日本、美国在排水沥青路面的应用历史表明,改性沥青技术的持续创新发展,对此种路面的耐久性、功能增强及推广应用有重要作用。

1.1.2 排水沥青路面的服务功能优点

排水沥青路面的优越性可以概括为三个方面。

(1) 抗滑性能高,大幅提高行车安全

降雨导致路面变滑,车辆轮胎与路面的附着能力下降。1992年、1993年,日本曾调查,高速公路死亡事故与雨天有关的占42%。这主要是因为降雨导致道路表面覆盖一层水膜,车辆在道路上行驶,由于水膜的润滑作用,轮胎与路面的附着系数显著降低,导致制动失控,转向不灵,汽车偏离正常的行驶方向。此外,当降雨较大,行车速度很快或路线纵坡较大使路表排水径流长度增长时,轮胎和路面之间的水不能立即排除,车辆行驶容易产生“水漂”或“不完全水漂”现象,造成车辆行驶无法控制方向,产生交通事故,尤其是山区公路的急弯陡坡路段易形成重大死伤的恶性事故。

排水沥青路面表面粗糙,构造深度大,抗滑性能高。特别是雨天时,通过路面体内通道迅速排除路面积水,消除路表水膜,增加轮胎与路面之间的附着力、防止“水漂”,从而极大提高行车安全性,特别是雨天驾驶的抗滑安全特性。

根据日本道路公团的统计数据,修筑排水沥青路面后雨天事故率与普通路面晴天事故率基本相当,这相当于减少了统计路段80%的雨天交通事故(图1.1-4)。

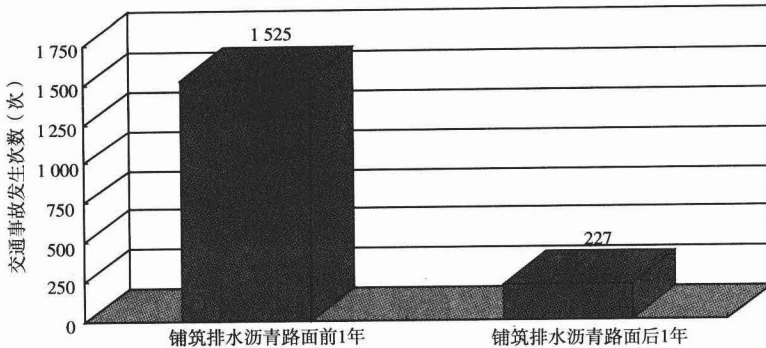


图 1.1-4 铺筑排水沥青路面前后交通事故发生次数对比

(2)改善雨天和夜间行驶的舒适性

雨天行车,普通路面的表面会形成一定厚度的水膜,当车辆跟车行驶时,前车的溅水和水雾严重影响后车视线和路况判断,这是诱发追尾等交通事故的重大危害源。排水沥青路面的连通空隙可以迅速消散路表雨水,有效抑制雨天道路表面的溅水和起雾,提高雨天行车能见度和行车速度,从而极大改善驾驶人视野,促进其对路况的清晰判知,有效减少交通事故发生几率。

夜间行车时,汽车前灯照射到水泥混凝土路面和密级配沥青混凝土路面上时,由于路表致密且被磨光,灯光在路表发生镜面反射,造成眩光现象(glare phenomenon),严重影响驾驶人行车视线。同等条件下,排水沥青路面的大空隙可以有效吸收汽车前灯斜射到路面的灯光,从而可以有效消除或减弱这种眩光现象,极大提高夜间行车安全。

(3)有效降低车辆轮胎与路面间摩擦产生的噪声

排水沥青路面是一种低噪声路面,彼此连通的大空隙为轮胎滚动与路面之间产生的噪声提供了消散渠道。与普通密级配路面相比,排水沥青路面比密级配沥青混凝土可以降低 3~5dB 左右,比水泥混凝土路面降噪 6dB 左右;在降雨条件下,排水沥青路面增加噪声约 1.5dB,而密级配沥青混凝土路面增加噪声约 4dB。由此可见,排水沥青路面在雨天时有更显著的降噪效果。

1.2 排水沥青路面国内外研究和应用现状

美国和西欧等发达国家在二十世纪六七十年代开始研究排水沥青路面,并对其进行了广泛的推广应用;近年来的研究工作,较多针对养护和维修技术。日本对排水沥青路面修筑技术的研究则集中于 20 世纪 90 年代。由于具有突出的使用性能优势,排水沥青路面在日本被称为超级路面,并强制在所有高速公路上使用此种

类型的路面。

1.2.1 欧洲

在欧洲,排水沥青路面除了被用于提高路面安全性的目的外,另一个主要用途就是减少人口和道路稠密地区的交通噪声。法国公路部门还指出,排水沥青面层有助于减弱夜晚行驶时车灯的眩光。

西欧许多国家都铺筑了排水沥青路面^[1]。比利时使用排水沥青混合料铺筑路面有三十多年历史,在1979年高速公路铺筑的排水路面就有32700m²。法国约有10%的公路使用排水沥青路面,至目前总计已铺设240000m²;但自1990年起,法国的排水沥青路面铺筑有减少的趋势,主要原因在于路面空隙易造成堵塞,同时冬季除雪剂的消耗增加很大。

英、德等国为研究排水沥青路面对降低噪声及提高耐久性的功效,进行了各种组成材料的铺设试验,其空隙率均超过20%。荷兰、丹麦针对空隙阻塞问题,研究了新型双层式排水沥青路面。上层采用最大粒径4mm或8mm,下层采用最大粒径11mm或16mm,总铺筑厚度达70mm。两层材料压实后的空隙率均超过20%。这种双层排水沥青路面在降噪和防止空隙堵塞方面均有较好效果。

欧洲透水性路面的空隙率起初为15%,后来为防止空隙逐渐堵塞,方便养护管理,设计空隙率逐渐提高到20%或大于20%。欧洲的排水路面面层较厚,粗集料最大粒径为10~20mm,其中以12.5mm最多,集料的要求比美国开级配抗滑磨耗层(OGFC)更严格。欧洲各国对排水沥青胶结料的选择达成的基本共识是使用改性沥青,沥青主要考虑以下要求:具有较好的高温稳定性、低温抗裂性以及抗氧化性能。各国近年来使用的胶结料见表1.2-1。在沥青混合料配合比设计上,不采用与密级配配合比设计相同的方法,特别是马歇尔试验与劈裂试验,而且基于工程经验认为排水沥青混合料的抗车辙性能较高,与传统的室内车辙试验结果不太相关。工程上主要依靠击实试验决定空隙率,同时开发了肯塔堡飞散试验,这是欧洲常用的排水沥青混合料配合比设计方法。

欧洲各国排水沥青路面使用的沥青结合料

表 1.2-1

国家	使用结合料类型
比利时	掺加再生胶、纤维素或10%环氧树脂
法国	沥青中掺加15%~20%的轮胎粉
英国	掺加纤维素、EVA、橡胶、SBS等
德国	Pmb45、Pmb65

国家	使用结合料类型
意大利	掺加 SBS、纤维
西班牙	60/70 沥青中掺加 EVA
荷兰	改性沥青

使用过程中由于空隙被堵塞,所有的排水沥青路面都被证实有逐渐丧失排水和降噪效果的趋势,这在城市里比较突出。道路部门对此缺乏有效的维护手段,因此排水沥青面层的使用寿命受到限制。欧洲在排水沥青面层下面铺设一层不透水薄膜或防水层,来防止水对下层的侵蚀,从而较好地解决了美国 OGFC 应用中出现的下层路面水损坏问题。

下面是几个国家的具体情况^[1]。

(1)瑞典

瑞典关于排水沥青混合料的技术规定,在 1984 年出版的国标 SNRA 中有详细阐述,分别常用最大公称粒径为 12mm 的 HABD12 和 16mm 的 HABD16 两种类型,其级配组成在 4mm 以上与 SMA 级配相吻合,具有与 SMA 相同的骨架嵌挤结构特点。HABD12、HABD16 的沥青用量都规定为 5.2%,对沥青等级与集料质量上的要求与 SMA 相似。规范要求采用胺类抗剥落剂来增强抗水损坏作用。排水沥青层必须铺在一个含沥青的不透水层或能防止水分损坏下层结构的薄膜上。

对 20 世纪 80 年代早期铺设的排水沥青面层研究表明,其从初始的降噪 4.8dB(A)减少到 0dB(A)只有 2 年时间;相对应的,排水能力在 3 年内降低了 50%。这种使用性能的降低归咎于逐渐密实的路面和疲劳破坏。在养护上,排水沥青面层不能简单罩面,老的排水沥青层必须被铣刨,路面必须做一层沥青封层。SNRA 强调,在任何条件下都不允许在两个沥青层间有旧排水沥青面层。

文献^[1]给出了 Goteborg 地区 1986 年铺设的 43mm 厚的排水沥青路面案例。该公路是从 Goteborg 至 Helsingborg 的 E-6 号公路,沥青用量为 5%,掺入 0.8% 的矿物纤维,避免施工过程中的沥青流淌。粗集料中 55% 为坚硬的石英石,防止被压碎,且使路面具有抗冬季轮胎磨耗的能力。这种排水沥青面层在施工时,其空隙率大于 15%。施工一年后,测得排水沥青路面的车辙平均深度为 6~7mm,并没有观察到明显的破损现象。

在哥德堡,HABD12 被发现抗磨耗能力太差,只采用 HABD16。城市道路部门采用排水沥青面层的最主要目的是减少噪声,其次是考虑排水作用。

(2)德国

排水沥青路面虽然起源于德国,但德国排水沥青面层还没有像瑞典那样的标

准和规范。公路部门正在进行排水沥青面层试验阶段,但公众强烈要求使用该项技术,用来减少交通噪声和防止雨天水漂现象。研究认为,此种路面能保持6~7年满意的使用性能。

德国的排水沥青混合料最大公称粒径为8mm和11mm,空隙率在15%~25%之间。这样高的空隙率,通过采用较多的粗集料和少量的细砂、矿物填料及5%的沥青结合料形成。排水沥青面层厚度一般为40mm,在原路面铣刨后,铺设70mm的沥青混合料承重层,在这之上为一层不透水封层。封层是由聚合物改性沥青乳液和表面撒布的8~10kg/m²的石屑构成。对最大公称粒径11mm的混合料,其中85%的集料在2mm筛孔以上,矿粉填料占集料总质量的5%,沥青结合料为聚合物改性沥青,并加0.5%的木质素纤维。

德国排水沥青路面要比普通沥青路面贵1倍。排水沥青路面主要用来减少高速路上的噪声,常在靠近居住区附近使用。美国专家到德国考察后认为,排水沥青面层罩面是解决车辙问题的一种很好的措施^[1]。

(3) 法国

在法国,排水沥青路面作为路面养护方案中的常用措施,与薄层沥青混凝土和传统的石屑封层有相似的功能,它被用来修复路表缺陷,并能降低行车噪声与高速行驶车水漂现象。

在法国的收费公路系统中,排水沥青面层约占16%,同时在国道网中也被广泛采用。与美国相比,法国收费公路中15%~20%为货车,最大单轴荷载13t。

总体来说,法国排水沥青路面在以下两个方面不同于德国与瑞典:①采用断级配,几乎没有2~6mm的集料;②矿物填料非常少,通常只占混合料总质量的1%~1.5%。

集料最大公称粒径为10mm和14mm,粗集料(2mm以上)占85%以上,空隙率大约在22%。沥青结合料可以选择的种类很多,包括普通沥青、聚合物改性沥青、橡胶沥青和纤维改性沥青。使用改性沥青可达到较好的使用性能和耐久性能。

在使用性能上,文献[1]介绍了3个排水沥青面层路段。在南特(Nantes)有一段1989年建造的低交通量的双向道路,使用了SBS改性沥青,改性沥青用量达5.2%,最大公称粒径11mm,目标空隙率为23%。下层采用聚合物改性乳化沥青做不透水封层,调查未见有明显缺陷。另一段南特附近的排水沥青路面也是在1989年建成的,其最大公称粒径14mm,沥青结合料用量为4.8%,除了矿粉以外,主要是10~14mm的粗集料。其在大交通量的城市使用1年后没有发现任何问题,性能良好。

A47收费公路是重交通公路,1989年修建了40mm厚的排水沥青面层。沥青用量为6.6%,改性剂为橡胶,添加量为5%。集料的最大公称粒径10mm,88%在6~10mm之间,粗集料用坚硬的斑岩。1年后调查显示其使用性能极佳,面层完好

无损,没有任何损坏。其中一段建在斜坡上已经 2 年的排水沥青路面,层厚大约 45mm,由聚合物改性沥青和最大公称粒径 14mm 的级配集料混合而成,空隙率为 20%。1990 年夏天,连续数日气温在 40℃,路面湿度更高达 60℃,然而令人惊讶的是该段路面没有发生任何明显的损坏现象。

(4) 英国

1967~1991 年,英国铺筑的各种排水沥青路面(包括不同交通等级)一共有 83 段^[2],研究主要集中在组成材料方面:① 20mm、14mm 和 10mm 最大公称粒径;② 不同等级的沥青;③ 沥青含量在 3.2%~5.7%之间;④ 沥青使用各种聚合物、纤维和其他改性剂。

在使用寿命方面,排水功能的服务寿命或结构寿命都有较大的变化范围,部分原因与当地条件、施工工艺有关,而主要原因则在于材料:集料的来源和粒径、沥青等级、改性剂的用量和种类,以及这些组成材料的比例。

1984 年以前英国铺筑的 68 条试验路大多数已经被翻修改造,研究认为排水沥青路面的使用期限与最大公称粒径(NMAS)有关。NMAS=10mm 时,使用寿命大概为 5 年左右,排水功能寿命在 4 年左右;NMAS=20mm 时,使用寿命大约为 8 年,排水功能寿命在 6.5 年左右。试验表明,最大公称粒径 20mm 的排水沥青路面,尤其是用较高含量的改性沥青结合料时,能够使得使用年限达到最大值。

试验路段所用的集料都较坚硬且针片状含量较低,并有具体的技术标准。排水沥青集料采用间断级配,沥青改性材料包括聚合物改性剂和纤维,聚合物改性材料包括天然橡胶、SBS、EVA、环氧树脂和熟石灰等。

根据析漏试验确定最大沥青用量,对于 20mm 最大公称粒径的混合料大约是 4.5%;但用非改性沥青很难避免沥青的析出,因此非改性沥青的含量应该在 4%。研究认为,热施工导致沥青的针入度将降低约 30%(有较大的变化范围),使用期内每年约下降 20%;较高的沥青含量能降低老化速度;推荐使用相对较软的沥青;加入消石灰,可以减缓老化速度。

英国在排水沥青路面被普遍使用前,在保证排水沥青路面耐久性上做了大量的工作。这期间,由于薄层沥青混凝土被认可并广泛使用,因此铺筑的排水沥青路面工程并不是很多。

近年来,欧洲研究开发了双层式排水沥青路面。这种路面最早由荷兰提出,1990 年开始在城市道路试用。双层排水路面一般都有 20%~30%的空隙率,上层用小粒径排水沥青混合料,不但可以保证路面平整,减小滚动噪声,而且使较大的灰尘物质无法进入路面;下层颗粒较大,连通空隙也大,从而保证进入的灰尘与水分可以被迅速排走。

丹麦道路委员会对排水路面良好的减噪效果予以充分认可,但认为在城市道



路,空隙堵塞问题抑制了路面的减噪功效。根据荷兰的经验,认为双层式排水路面通过每年 1~2 次的高压水冲洗,可以解决城市道路路面中空隙的堵塞问题。因此在 1999 年 8 月,丹麦哥本哈根的一条城市道路试验了 4 种多孔沥青路面,以研究双层排水路面对减噪的贡献。1997 年以前,荷兰的上层排水路面主要采用最大公称粒径 4mm;1998 年后,开始用 8mm 粒径。在丹麦,上层排水路面一般用 2.5mm 和 5.8mm,对应底层排水路面则用最大公称粒径 11.2mm 和 16.2mm。

1.2.2 美国

美国从 20 世纪 50 年代就开始使用开级配抗滑磨耗层 OGFC。这种技术是从碎石封层发展起来的,采用撒布法施工沥青预拌碎石,厚度只有 1cm 左右,目的是提高高速公路雨天行车的路面抗滑性能。美国联邦公路管理局(FHWA),在 1970 年开始检讨原先采用的封层技术的缺陷,研究开发了开级配抗滑磨耗层(OGFC),一般其空隙率约达 15%,使用多粗集料级配,其主要功能是提供一个有较高抗滑阻力的表层,同时具有降噪,减少水漂、溅水、水雾、眩光等作用;1973 年开始推广 OGFC 的使用,并在 1974 年颁布了一套 OGFC 混合料设计方法^[3]。据 1982 年调查,美国全国铺筑里程已达 15 000km,且多铺筑在交通量大的州际公路,铺装厚度大多为 19mm,空隙率约为 12%~15%,允许空隙发生堵塞。美国的机场道面也广泛使用 OGFC,以减低雨天产生水漂现象。美国联邦公路管理局(FHWA)于 1990 年 12 月制订了“开级配抗滑磨耗层(OGFC)混合料设计方法”。

OGFC 使用高质量、耐磨光、能提供良好摩擦性能的集料。粗集料不能使用较纯石灰岩和易磨光的集料,其中至少应有 75%(质量比)的集料有 2 个破碎面,90%的集料有 1 个以上破碎面,洛杉矶磨耗损失不应超过 40%。OGFC 混合料最大公称粒径为 9.5mm。FHWA 推荐的 OGFC 混合料级配表 1.2-2 所示。

FHWA 推荐的 OGFC 混合料级配

表 1.2-2

筛孔尺寸(mm)	通过百分率(%)	
	原 OGFC 级配	新开发的 OGFC 级配
19		100
12.5	100	85~100
9.5	95~100	55~75
4.75	30~50	10~25
2.36	5~15	5~10
0.075	2~5	2~4