

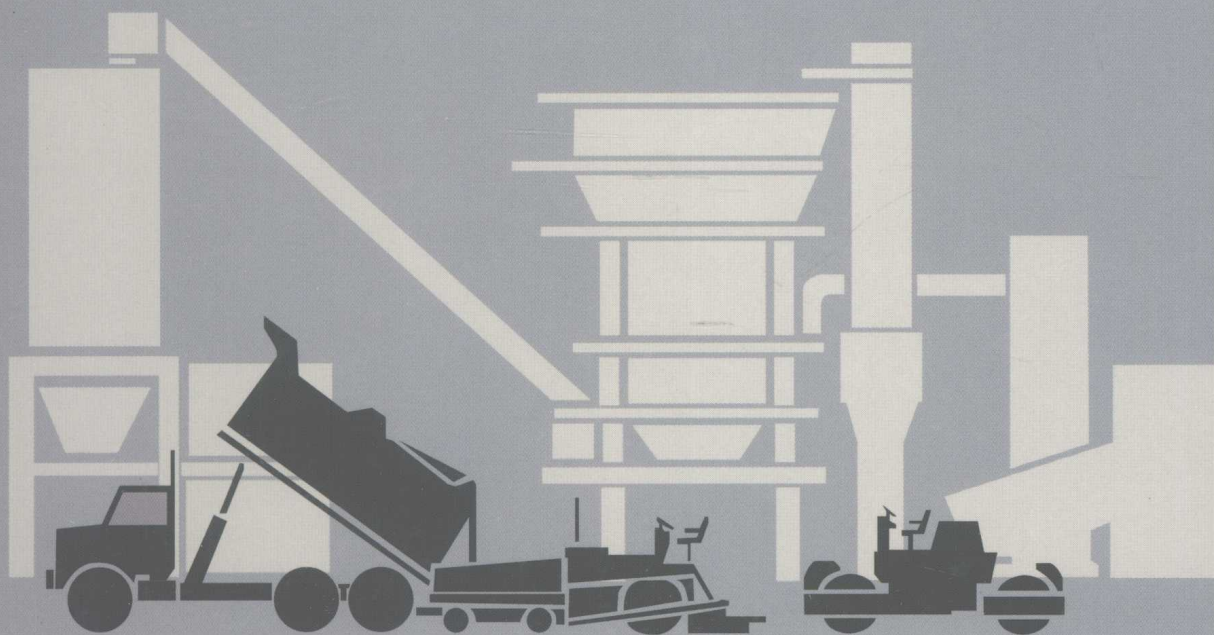
热拌沥青材料、混合料设计与施工

HOT MIX ASPHALT MATERIALS, MIXTURE DESIGN AND CONSTRUCTION

美国国家沥青研究中心 | 著
美国阿拉巴马州奥本大学 |
长沙理工大学 王 嫵 胡旭东 曹志远 | 译

长沙理工大学
长安大学公路学院
海川工程科技有限公司

张起森 |
郝培文 | 审定
何唯平 |



人民交通出版社
China Communications Press

热拌沥青材料、混合料设计与施工

HOT MIX ASPHALT MATERIALS, MIXTURE DESIGN AND CONSTRUCTION

美国国家沥青研究中心
美国阿拉巴马州奥本大学

著

长沙理工大学

长安大学公路学院

张起森

郝培文

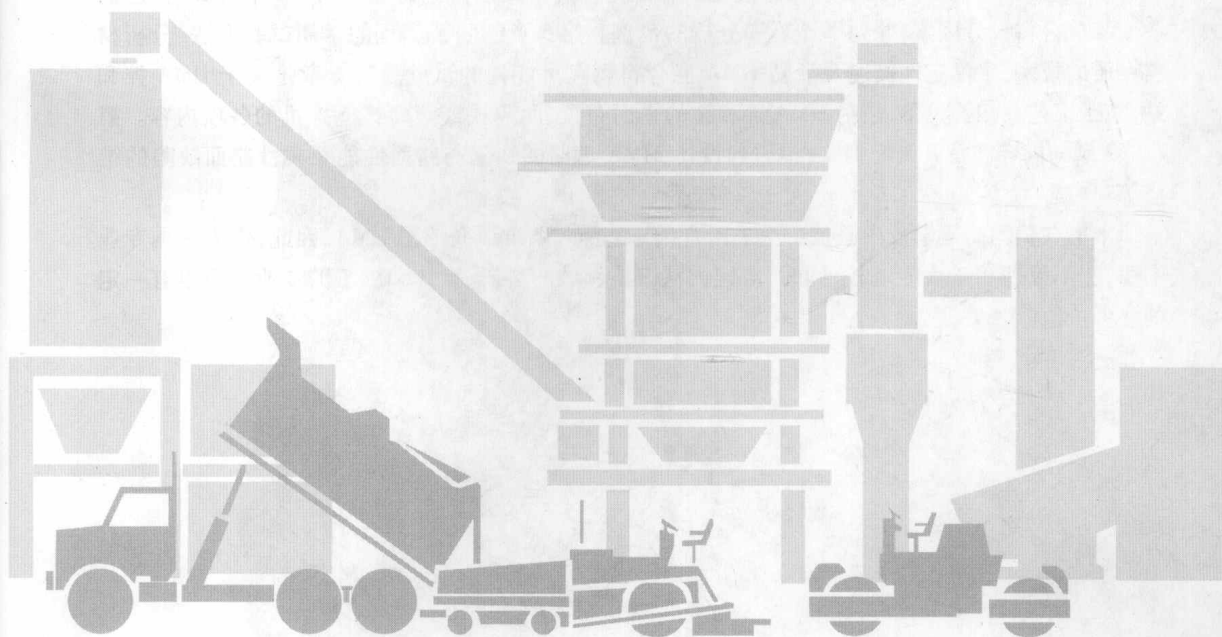
审定

长沙理工大学 王 嫵 胡旭东 曹志远

译

海川工程科技有限公司

何唯平



人民交通出版社
China Communications Press

图书在版编目(CIP)数据

热拌沥青材料、混合料设计与施工/美国国家沥青研究中心,美国阿拉巴马州奥本大学著;王嫵等译. —北京:人民交通出版社,2009. 1

ISBN 978-7-114-07394-6

I. 热… II. ①美…②美…③王… III. ①沥青—建筑材料—设计②沥青—建筑材料—工程施工③沥青拌和料—设计④沥青拌和料—工程施工 IV. U414.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 143273 号

Copyright © National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation(USA)(1996).

All rights reserved.

No part of this document may be reproduced without the written permission of NAPAREF. The official version of the document shall be the English version, and in the event of any discrepancies between this version and that in English, the English version shall control. NAPA is not responsible for any errors or inaccuracies in this document. Continuing development in each areas as technology and research may render the information contained herein obsolete over time.

书 名: 热拌沥青材料、混合料设计与施工

译 者: 王 嫵

责任编辑: 王 霞(wx@ccpress.com.cn)

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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 27

字 数: 518 千

版 次: 2009年1月第1版

印 次: 2009年1月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-07394-6

定 价: 78.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

内 容 提 要

由美国国家沥青研究中心和奥本大学共同编写的《热拌沥青材料、混合料设计与施工》一书,是继 20 世纪 60 年代之后,仅有的一本在美国出版的关于 HMA 的教科书。在此之前,虽然每年在美国都有大量关于这方面的学术论文,但是没有出版过系统性的书籍。本书详细地论述和总结了美国 20 世纪 80~90 年代关于沥青材料、混合料设计及施工的内容,并且结合了 SHRP(美国战略公路研究)的一些成果编写而成的。

全书共分 9 章,涵盖了 HMA 的生产及应用的全部内容,包括路用沥青材料的种类、沥青的化学性质、沥青性能分级系统及集料生产、HMA 拌和方法、常用的试验方法、HMA 生产设备及柔性路面缺陷维修等主要内容。书中第 2、3、4、6 章适用于本科生的教学,第 4、5、6 章也同时适用于研究生的教学,例如,第 2 章的内容有路用沥青材料种类、沥青的化学性质、沥青的分级系统以及沥青性质评价、说明试验室材料性质与实际路面性能之间关系的试验,第 3 章的内容全部都是关于集料的,包括了不同种类的岩石及破碎机、筛分及拌和操作、集料矿物性质及化学性质以及这些性质对路用材料的适用性、物理性质试验和 HMA 生产中对集料和拌和的要求以及影响 HMA 的材料性质和施工的级配特点。第 4 章详细说明了三个最为常见的 HMA 混合料设计方法,即维姆、马歇尔和 Superpave 方法,说明了历史与技术规范或标准完善的相关性,维姆、马歇尔和 Superpave 方法的演变和混合料设计因素,并列举计算和分析的范例。第 5 章阐明了工程的常用试验方法、分析材料性质的技术、水稳定性概述及评估 HMA 混合料剥离可能性的试验。第 6 章是关于 HMA 拌和站、施工工艺及相关设备,包括 HMA 拌和站的平面布置、间隔式或滚筒式搅拌机的各项内容。第 7、8、9 章的内容涉及级配 HMA 混合料设计、HMA 道路的缺陷与路面性能及柔性路面缺陷的维修等内容。

本书在美国高等学校中已被广泛采用,鉴于其全面、系统地介绍了 HMA,因此,作为一本专业书籍,它不仅适用于大专院校,同时,对国内从事该领域的科研、设计和施工的专业人士也有一定的参考价值。



编写人员

Freddy L. Roberts

Prithvi S. Kandhal

E. Ray Brown

美国国家沥青研究中心

美国阿拉巴马州奥本大学

Dah-Yinn Lee

美国爱荷华州立大学

Thomas W. Kennedy

美国得克萨斯大学

序 言

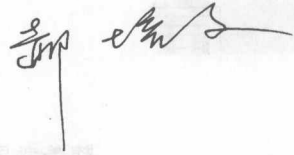
随着我国经济的快速发展,公路建设得到了史无前例的发展,截至2007年底,我国公路通车总里程达357.3万公里,其中高速公路5.36万公里,有21个省区市高速公路里程超过1000公里。高速公路逐步连线成网,规模效益凸现。在已建成的高速公路、一级公路路面中沥青路面占到80%以上。随着我国沥青路面里程的增加,从事沥青道路施工和维修的人员也逐渐增多,今天这个行业对我国的经济生命力有着极大的影响。

到目前为止,我国虽有一些关于沥青路面的相关教材和著作,但这些图书并没有很系统地针对沥青路面从材料、设计、工程特性以及施工与养护技术方面进行全面的论述。这使得道路工作者在从事其工作时没有很好的参考指导书。由美国全国沥青技术中心编著的《热拌沥青材料、混合料设计与施工》一书,涵盖了那些准备进入沥青行业的工作者所需掌握的最为重要的内容。它不仅适用于本科教学,也适用于研究生教学。其宗旨在于提高该行业工程师的专业素质。

本书针对热拌沥青混合料技术,从沥青和集料的生产、HMA混合料的设计、HMA的工程特性、施工、性能及老化的HMA表层维护及修复等方面对沥青混合料进行了系统的论述。其内容不仅包含传统的沥青混合料知识,同时也包含了近年来沥青混合料技术研究的最新成果,比如沥青玛蹄脂(SMA)、Superpave性能等级(PG)沥青结合料、Superpave混合料设计及改性沥青的内容。该书将土木工程原理与机械工程紧密结合在一起,互相促进,相辅相成,浑然一体。

《热拌沥青材料、混合料设计与施工》一书是美国公路行业多

年工程经验的积累总结,书中内容丰富,信息量大,是目前为止在该领域较为经典的著作。我相信本书中译本的发行,对于促进我国沥青路面修筑水平的提高有着积极的指导作用和重要的参考价值。



长安大学教授、博士生导师

于2008年2月

前 言

本书是专门为从事高等教育的人士而编写的教材,其内容全面、翔实,技术先进,图文并茂,文字简洁明了,是一本不可多得的专业教材。西方国家近半个世纪仅出过几本此类书籍,因此,这本书对国内从事土木工程的专业人士也会具有一定的参考价值。

目前,由于国家对公路建设政策的开放,我国公路建设正处在鼎盛时期,到2007年底,全国公路通车里程达188万公里,其中高速公路达4.5万公里。但是,在公路建设和维护上,我国与国外发达国家相比,还存在着不小的差距。我们在这本书的编写中采用了美国SHRP的一些研究成果,主要包括Superpave沥青胶结料、Superpave设计及沥青改性剂等内容,这些都会对我国从事公路维修的同行有一定的借鉴价值。同时,由于目前国内该类专业书籍不多,本书的出版也会对国内的公路建设起到一定的推动作用。

本书第1~6章的翻译及全书的组稿和初审由长沙理工大学王嫵副译审完成,第7~8章的翻译由曹志远硕士完成,第9章内容和第1~6章中图表的翻译由胡旭东硕士完成。全书由深圳海川工程科技有限公司何唯平先生和长沙理工大学张起森教授审阅。

书稿翻译和出版过程中得到了深圳海川工程科技有限公司董事何唯平先生的大力支持和关注,长沙理工大学公路学院田小草教授、钱国平博士、谢平博士也对本书提出了许多宝贵的修改意见。

由于翻译时间仓促,书中粗疏乃至错误之处在所难免,祈望读者不吝指正。

译 者

2008年5月28日

英文第二版前言

本书的第二版于 1996 年出版。宗旨是增加沥青玛蹄脂、Superpave 沥青胶结料性能等级 (PG)、Superpave 混合料设计及沥青改性剂的内容,并对本书有必要修改的章节进行了审查和修改,每章的内容也根据最新的技术进行了更新。

第二版的修改由 E. Ray Brown 和 Prithvi S. Kandhal 完成,Jon Epps, Dale Decker 和 John Bukowski 审查了所修改的主要内容。Loris Flowers 负责排版和修改稿件,并作了必要的修正。Rajib Flowers 审查了索引。

现在进行的研究工作大多是验证战略公路研究计划,还有一些工作是评估试验室和公路车辆跟踪设备。当研究计划完成时,预计有必要再次修订本书。所以,期待今后五年出版本书第三版。

编者

英文第一版前言

本教材是专为大学教授向工科学生传授热拌沥青知识而编写的。在过去,哪怕一小节课关于 HMA 的资料,教授们也不得不通过多种渠道去查找。许多未曾受过正式的 HMA 培训的教学人员就把这方面的内容从材料课程上完全删掉了或者缩减了这方面的内容,这就使学生无法从中受益。而该书正好有助于解决这些问题。

本书的编写涵盖了对那些准备进入 HMA 行业工作的人来说最为重要的内容。它不仅适用于本科教学,也适用于研究生教学。其宗旨在于为本科生的 HMA 教学提供所有必需的资料,从而最终提高该行业工程师的素质。全面的本科教育应使学生了解书中第 2、3、4 和 6 章的内容。当然,要在一门课中讲授所有这些内容也是不太可能的,如第 4、5 和 6 章的内容也可以用作研究生教学的基础性教材。

在一定程度上,本书对联邦公路局、交通厅、联邦航空局、工兵部队、空军、海军、农村和城市的工程师、咨询工程师和承包人等这些从事 HMA 专业的人员也是有益的。

最近,美国战略公路研究计划(SHRP)关于 HMA 主题的研究开展得较多。仅这项研究工作就花费了 5 千万美元,耗时 5 年研究沥青和沥青混合料。如果这项研究完成,那么,就应对本书的内容进行补充和修正。因此,期待今后五年里出版本书第二版。

编者

致 谢

本书作者感谢那些支持本书编写的所有个人和组织,下列人员为本书的编写提供了大力的支持。

美国国家沥青路面协会(NAPA)教育基金为本书的编写和出版提供全部的资金。

美国国家沥青技术中心董事会和筹划指导委员会提供了大纲。

Joyce Woodfin 负责所有打字、编辑、复印和草稿工作,并且参加了原稿排版和修改工作,参与排版工作的其他人员有 Mary Kathryn Gaylor、Mary Lin 和 Helena Cross。在本书送审之前,Leigh Anne Bumgardner、Missy Bridges 和 Shannon Jones 负责本书的复印工作,并把图表插入到草稿的相应位置以便查询。

书中所有图都是在 Wally Ridgeway 指导下绘制的,他还设计了书的封页和封皮。参与此项工作的人员还有 Robert Stroud、Julia Freeman、Mike Cole 和 Hugh Smith。

许多人员从技术的角度对本书的部分或全部内容进行了审查,以下是各章的审查人员:第一章——John Gray 和 Ronald Kenyon;第二章——Woodrow Halstead、R. D. Parlovich、Claire Petersen 和 Don Beck;第三章——Truman Jones、Frank Nichols, Jr. 及 Charles Marek;第四章——Paul Teng、John Carroll、Maqbool Khatri 和 Dick Smith;第五章——Harold Von Quintus;第六章——Mike Geller、Stuart Murray、Jay Winford、Jay Gabrielson 和 Ted Rapallo;第七章——Leonard Wood 和 Charles Hughes;第八章——Fred Finn 和 Marvin Traylor;第九章——Donald Jordison 和 Mohammed Shahin。

审查了多章内容的人员有 Richard Davis、Fred Fehsenfeld、Gail Jensen、Charles Potts 及 G. E. Ramey。

特别要感谢的审查全书内容的人员有 Ronald Terrel、Jon Epps 及 Campbell Crawford,他们从本书的技术内容、组织结构和文章的可读性上都提出了宝贵的建议。

Wallace Whatley、Ann Morton、Kim Toney 及 Kristy Jones 负责语法和文字准确性的编辑工作。

感谢布朗出版社与 NCAT 人员在排版和印刷工作上的友好合作,参与人员包括 Charles McDevitt、Betsy Beale、Eddie Hudson(打字)及 Barbie Storey(设计和美术)。

还要感谢 Judy、Uma 和 Shirley 在本书编写过程中给予的支持。

Contents 目 录

第1章 概论	1
1.1 背景	1
1.2 HMA 的重要性	2
1.3 内容概述	3
参考文献	4
第2章 沥青炼制、应用及性质	6
2.1 历史背景及炼制	6
2.1.1 历史背景	6
2.1.2 沥青炼制	7
2.2 沥青种类及应用	12
2.2.1 沥青	13
2.2.2 乳化沥青	13
2.2.3 稀释沥青	16
2.3 沥青物理试验	18
2.3.1 稠度	18
2.3.2 耐久性	22
2.3.3 纯度	22
2.3.4 安全性	23
2.3.5 其他	24
2.4 沥青分级体系	24
2.4.1 历史背景	24
2.4.2 黏度分级系统	27
2.4.3 老化沥青黏度分级系统	31
2.5 流变性质与路面性能	31
2.5.1 流变性质	31
2.5.2 Superpave 沥青流变性质与路面性能	47
2.6 Superpave 沥青结合料试验与技术规范	51



2.6.1	沥青结合料物理试验	53
2.6.2	沥青结合料技术规范	66
2.7	沥青化学性质	75
2.7.1	沥青起源	75
2.7.2	成分和分子结构	76
2.7.3	官能团或极性基团	76
2.7.4	概念性的成分模型	77
2.7.5	胶体沥青	78
2.7.6	分析方法	78
2.7.7	有关沥青化学的 SHRP 研究	82
	参考文献	82
第3章	集料	88
3.1	引言	88
3.2	集料生产	89
3.3	集料取样	93
3.4	集料的矿物和化学性质	93
3.4.1	集料的矿物成分	94
3.4.2	集料的化学性质	98
3.5	集料的物理性质	99
3.5.1	韧度与抗磨耗性	103
3.5.2	耐久性和坚固性	103
3.5.3	颗粒形状与表面纹理	104
3.5.4	清洁与有害物质	106
3.5.5	相对密度	107
3.5.6	粒度级配	112
3.5.7	表面积	123
	参考文献	124
第4章	HMA 混合料设计方法	127
4.1	引言	127
4.2	混合料设计历史	127
4.2.1	试饼法	128
4.2.2	大粒径沥青混合料	128
4.2.3	密实级配	128



4.2.4	哈博尔—费尔德方法	129
4.2.5	维姆配合比设计方法	129
4.2.6	马歇尔配合比设计方法	130
4.2.7	Superpave 配合比设计方法	133
4.3	混合料设计的目的和要素	133
4.3.1	目的	133
4.3.2	级配和最大密度曲线	134
4.3.3	沥青薄膜厚度	137
4.3.4	试验室压实	138
4.3.5	质量—体积关系	140
4.4	马歇尔混合料配合比设计方法	149
4.4.1	混合料设计的主要步骤	149
4.4.2	马歇尔标准	155
4.5	维姆配合比设计方法	158
4.6	Superpave 设计方法	170
4.6.1	概况	170
4.6.2	材料	171
4.6.3	集料混合	174
4.6.4	Superpave 旋转压实机	178
4.6.5	试样压实	179
4.6.6	最佳沥青含量的确定	180
4.7	其他	182
4.7.1	水敏感性	182
4.7.2	热再生	183
4.7.3	面层混合料抗滑性	185
4.8	混合料设计示例	186
4.8.1	马歇尔配合比设计	187
4.8.2	维姆配合比设计	191
4.8.3	Superpave 配合比设计示例	192
4.8.4	结合料评价	192
4.8.5	集料评价	192
4.8.6	集料结构评价	193
4.8.7	试拌	194



4.8.8	最佳沥青含量	197
	参考文献	202
第5章	沥青混合料特性	204
5.1	引言	204
5.2	材料鉴定技术	205
5.3	沥青混合料试验标准	205
5.3.1	材料的变异性及项目规模	206
5.3.2	鉴定基础性质能力	207
5.3.3	试验简便性	207
5.3.4	试验结果可重复性	207
5.4	现行试验	208
5.4.1	物理性质	209
5.4.2	力学试验	210
	参考文献	228
第6章	设备与施工	231
6.1	引言	231
6.2	HMA 设备	231
6.2.1	设备布置	231
6.2.2	滚筒式搅拌机	233
6.2.3	HMA 间歇式设备	240
6.2.4	空气质量控制系统	242
6.3	运输及摊铺操作	247
6.3.1	运输	247
6.3.2	沥青摊铺机	250
6.4	压实	257
6.4.1	影响压实混合料因素	258
6.4.2	压实设备	258
6.4.3	影响压实的工地因素	264
6.4.4	碾压模式	265
6.4.5	HMA 施工所用密度技术规范种类	267
6.4.6	密度测量	272
6.5	混合料离析	273
6.6	合同及材料技术规范	274



6.6.1	总则	274
6.6.2	招标方法	275
6.6.3	技术规范编制	275
6.6.4	集料采样和喂料机校准	278
6.6.5	沥青取样	281
6.6.6	HMA 取样	281
6.7	统计原理	281
6.8	质量控制/质量保证(QC/QA)	287
6.8.1	集料级配	288
6.8.2	沥青含量	288
6.8.3	体积性质现场管理	289
6.8.4	施工	290
6.8.5	试验和质量控制图	291
	参考文献	294
第7章 特殊沥青混合料、再生材料与外加剂		297
7.1	开级配 HMA 混合料	297
7.1.1	开级配基层混合料	297
7.1.2	开级配磨耗层(OGFC)	298
7.1.3	沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)	300
7.2	密级配大粒径混合料	305
7.2.1	马歇尔改进方法	306
7.2.2	数据对比分析	307
7.2.3	典型的混合料设计和现场试验	309
7.3	沥青修补混合料	310
7.3.1	性质	311
7.3.2	混合料设计	312
7.3.3	新概念	312
7.3.4	改进的级配设计	313
7.3.5	生产、检查和储存	314
7.4	水工结构物用 HMA 混合料	316
7.5	HMA 混合料再生利用	316
7.5.1	介绍	316
7.5.2	再生利用条件	317



7.5.3	再生混合料设计要素	318
7.5.4	再生沥青混合料生产	320
7.6	HMA 用外加剂和改性剂	322
7.6.1	路面结合料	323
7.6.2	分类	324
7.6.3	填充料	325
7.6.4	增量剂	326
7.6.5	聚合物	327
7.6.6	纤维素	331
7.6.7	氧化剂	332
7.6.8	抗氧化剂	333
7.6.9	碳氢化合物	333
7.6.10	抗剥落剂	335
7.6.11	废旧材料	336
7.6.12	其他材料	338
	参考文献	339
第 8 章	HMA 路用性能及损坏	344
8.1	路用性能概念	344
8.1.1	路面平整度	345
8.1.2	平整度检测方法	346
8.1.3	路面施工平整度要求	349
8.2	HMA 路面损坏	353
8.2.1	裂缝	354
8.2.2	变形	358
8.2.3	分裂	361
8.2.4	摩阻力丧失	367
	参考文献	370
第 9 章	HMA 路面养护、修复和改建	374
9.1	引言	374
9.2	养护	379
9.2.1	预防性养护	379
9.2.2	养护	385
9.3	修复	389