



Basic

Asphalt Recycling

Manual

美国沥青再生指南



美国运输部
联邦公路管理局

Oceanpower
海川工程科技

美国沥青再生协会 编 著
深圳海川工程科技有限公司 翻 译
东南大学 黄晓明 审 校
美国运输部/联邦公路管理局 技术支持



人民交通出版社

China Communications Press

美国沥青再生指南

Basic Asphalt Recycling Manual



美国运输部
联邦公路管理局

Oceanpower
海川工程科技

美国沥青再生协会
深圳海川工程科技有限公司
东南大学 黄晓明
美国运输部 / 联邦公路管理局

编 著
编 译
审 校
技术支持



人民交通出版社
China Communications Press



内 容 提 要

本书由美国沥青再生协会编著。该书全面阐述了沥青路面再生技术,包括再生方案和工程评价;热再生混合料设计、热再生施工与质量评定;铣刨施工与质量评定;全厚度再生混合料设计、全厚度再生施工与质量评定;冷再生混合料设计、冷再生施工与质量评定。该书的特点是紧贴实际,着重介绍实用技术,有工程分析、再生规范、施工工艺及质量检测,具有很强的操作性和实用性。

本书可供我国公路设计和施工技术人员以及科研人员参考使用,也可供相关专业高校师生学习。

图书在版编目(CIP)数据

美国沥青再生指南 / 美国沥青再生协会编著; 深圳海川工程科技有限公司译. —北京: 人民交通出版社, 2006.1

ISBN 7-114-05922-1

I. 美... II. ①美... ②深... III. 沥青-再生-美国-指南 IV. TE626.8-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第004902号

书 名: 美国沥青再生指南

著 作 者: 美国沥青再生协会

译 者: 深圳海川工程科技有限公司

责任编辑: 沈鸿雁 师 云

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) 85285838, 85285995

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店、交通书店、建筑书店

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 18

字 数: 310 千

版 次: 2006年1月 第1版

印 次: 2006年1月 第1次印刷

书 号: ISBN 7-114-05922-1

印 数: 0001~3500册

定 价: 70.00元

(如有印刷、装订质量问题, 由本社负责调换)

考虑到现场沥青再生技术水平是不断发展的，沥青再生协会（ARRA）十分谨慎地出版了这本指南。使用本指南中的信息、指导方针及原理，需要成熟的工程评价与技能，并考虑路面原来状况，当地所用材料、设备和专有技术。

由于不恰当使用本指南引起的再生材料性能、路面结构、分析及设计的缺点或失效，ARRA 不承担任何责任。

本指南中的图片、图表及其加工处理仅用于图解说明，使用这些图表并不表明ARRA 对其制作、模型和加工处理的格外认可与推荐。

版权所有，未经许可不得翻印

中国印刷

译者说明

本指南来自于美国沥青再生协会的出版物《Basic Asphalt Recycling Manual》(沥青再生指南)。美国沥青再生协会于1976年成立于美国佛罗里达州,是一个非盈利性行业组织,以促进资源的再利用、提高沥青路面质量为宗旨。

现经美国沥青再生协会同意,由深圳海川工程科技有限公司翻译了本书,由人民交通出版社出版发行,相信该书对我国沥青路面的再生有一定的参考价值。

本书英文版版权为美国沥青再生协会所有,授权深圳海川工程科技有限公司翻译成中文,深圳海川工程科技有限公司拥有该书中文版版权。

美国沥青再生协会对翻译的正确性不承担任何责任。

本书由深圳海川工程科技有限公司何唯平、张杰、李清、陈蔚、黄永衡、徐世国、胡敏静、黄绍龙等翻译,全书译文由东南大学交通学院黄晓明教授审校。

海川工程科技有限公司
2005年11月

版权所有,未经许可不得翻印

中国印刷

加强可再生能源开发利用 实现可持续发展

——摘自“胡锦涛主席在北京国际可再生能源大会的致辞”

2005 北京国际可再生能源大会 11 月在北京人民大会堂开幕。国家主席胡锦涛向大会发来书面致辞，强调加强可再生能源开发利用，是应对日益严重的能源和环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路。

胡锦涛主席的致辞摘选如下：

加强全球合作，妥善应对能源和环境挑战，实现可持续发展，是世界各国的共同愿望，也是世界各国的共同责任。随着世界经济的不断发展，能源和环境问题日益突出。如果能源和环境问题得不到有效解决，不仅人类社会可持续发展的目标难以实现，而且人类的生存环境和生活质量也会受到严重影响。可再生能源丰富、清洁，可永续利用。加强可再生能源开发利用，是应对日益严重的能源和环境问题的必由之路，也是人类社会实现可持续发展的必由之路。

中国高度重视开发利用可再生资源，把可再生能源开发利用作为推动经济社会发展的重大举措。2006 年 1 月 1 日，中国将正式实施《可再生能源法》。我们将坚持以科学发展观统领经济社会发展全局，加快调整经济结构，转变经济增长方式，提高自主创新能力，发展循环经济，保护生态环境，进一步加大发展可再生能源的力度，促进经济发展与人口、资源、环境相协调，努力建设资源节约型、环境友好型社会。

加快可再生能源开发利用，必须加强国际合作。国际社会应该在研究开发、技术转让、资金援助等方面加强合作，使可再生能源在人类经济社会发展中发挥更大作用，造福各国人民。希望本次大会在促进世界可再生能源开发利用、扩大可再生能源国际合作等方面发挥重要作用。

高效利用资源
发展循环经济

王大珩

二零零五年九月六日于北京

“高效利用资源 发展循环经济”

——王大珩

2005年9月6日于北京

王大珩 先生，中国著名的科学家，国家 863 计划发起人之一，中国科学院高技术研究与发展局高级顾问、研究员、应用光学专家，中国科学院、中国工程院资深院士，国际光学工程学会会士 (Fellow)，国际宇航科学院院士。

国外对沥青路面再生利用研究,最早从1915年在美国开始的,到20世纪80年代末美国再生沥青混合料的用量几乎为全部路用沥青混合料的一半。目前,美国每年再生利用的沥青混合料约为3亿吨,沥青路面的再生利用在美国已是常规实践,其重复利用率高达80%。西欧国家也十分重视这项技术,原联邦德国是最早将再生料应用于高速公路路面养护的国家,1978年就将全部废弃沥青路面材料加以回收利用。芬兰几乎所有的城镇都组织旧路面材料的收集和储存工作。法国现在也已开始在高速公路和一些重交通道路的路面修复工程中推广应用这项技术。日本于1974年开发,到2000年全国再生的沥青混合料的生产量超过全部沥青混合料的30%,达到约4700万吨。

目前我国的公路建设飞速发展,每年投资规模已经超过2000亿元。在20世纪90年代以后陆续建成的高速公路已进入大、中修期,大量的翻挖、铣刨沥青混合料被废弃,一方面造成环境污染,另一方面对于我国这种优质沥青极为匮乏的国家来说是一种资源的浪费,而且大量的使用新石料、开采石矿会导致森林植被减少、水土流失等严重的生态环境破坏。

截至2004年我国公路总里程达185.6万公里,按照沥青的设计寿命15~20年测算,从现在起,每年约有12%的沥青路面需要翻修,可再生的沥青混合料预计将达到每年1900万吨,并还将以每年15%的速度增长。10年以后,我国沥青路面的大、中修产生的旧沥青混合料预计将达到8000万吨左右,若全部沥青再生利用每年可节约直接材料费120亿元,由沥青再生利用所产生的环境效益将更为巨大。国家“十一五”规划的编制建议中提出,今后我国的资源利用效率要显著提高,单位国内生产总值能源消耗要比“十五”期末降低20%左右。2005年11月北京国际可再生能源大会隆重开幕,国家主席胡锦涛在大会致辞中指出,加强可再生能源开发利用,实现可持续发展。因此,沥青再生技术的研究、推广和相关专用设备的开发,对降低建设成本、合理利用资源、保护生态环境以及促进我国公路建设都有着极其重大的意义。

很高兴深圳海川工程科技有限公司能够及时推出这本《美国沥青再生指南》中文本,将美国的经验介绍给中国公路建设和其他相关部门,希望在促进中国发展循环经济、提高资源再生技术方面提供借鉴和参考。

中国公路学会
2005年9月

当前,我国公路建设的规模和速度正史无前例地发展,截至2004年公路总里程达185.6万公里,其中高速公路3.42万公里。在高速公路和一级公路中沥青路面约占80%,较早修建的沥青路面不少已进入或接近大修期。据概略估算,从现在起每年约有12%的沥青路面需要翻修,旧沥青路面材料废弃量每年约220万吨,而这个数字将以每年15%的速度增长,10年之后,旧沥青混合料每年将达到1000万吨。为了贯彻可持续发展和建设节约型社会战略,充分利用旧沥青路面材料,保护环境,减少投资,进行旧沥青路面再生技术研究与应用,具有重要现实和长远意义。

沥青混合料再生利用技术,是将需要翻修或废弃的沥青路面,经过翻挖、回收、破碎、筛分,用新集料、新沥青材料适当配合,重新拌制,形成具有要求路用性能的再生沥青混合料,用于铺筑路面面层或基层的整套技术。它基本适用于各种沥青路面修筑,可节省绝大部分集料及约30%的沥青,其使用效果与新沥青混合料相当或接近。沥青混合料的再生利用,减少新材料的使用和费用,降低了筑路成本。据美国联邦公路局的调查,可节约材料费超过50%,路面造价降低约25%,沥青节约约50%。

由于石油价格的猛涨,沥青路面的大量修建,沥青路面施工和养护费用激增,资源和环境问题日趋严峻,因此推行沥青路面再生技术刻不容缓。但是,在我国,全面研究沥青路面再生技术刚刚开始,旧沥青路面再生利用处于起步阶段,尚无成熟经验和规范规程,也无系统阐述沥青路面再生技术的书籍。为此,深圳海川工程科技有限公司组织翻译出版《美国沥青再生指南》,介绍国外沥青路面再生施工技术和成功经验,相信会对我国沥青路面再生技术发展发挥借鉴和推动作用。

该书全面阐述了沥青路面再生技术,包括再生方案和工程评价;热再生混合料设计、热再生施工与质量评定;铣刨施工与质量评定;全厚度再生混合料设计、全厚度再生施工与质量评定;冷再生混合料设计、冷再生施工与质量评定。该书的特点是紧贴实际,着重介绍实用技术,有工程分析、再生规范、施工工艺及质量检测。

由于国情不同,使用材料和设备及原沥青路面会有不同,因此使用本书时重在借鉴,结合实际,为我所用,用其所长。

王秉纲

长安大学教授 博士生导师

2005年9月

早在1915年美国就开始了对于沥青路面再生利用的研究,但由于后来大规模的公路建设而忽视了对该技术的进一步研究。1973年爆发石油危机后,美国对沥青路面再生利用技术才重新引起重视,并在全中国范围内进行广泛研究,并于20世纪80年代末90年代初进入工业试验阶段,到90年代末美国再生沥青混合料的用量几乎为全部路用沥青混合料的50%,并且在再生剂开发、再生混合料的设计、施工设备的研究等方面日趋成熟。近年来,各种沥青材料再生设备和路面重铺机组产品相继问世,技术性能达到了相当高的水平,完全能再生利用旧沥青材料。沥青路面的再生利用技术在美国非常成熟,材料的重复利用率高达80%。美国每年再生利用的沥青混合料约为3亿吨,根据各种考虑因素计算来看,可直接节约材料费15~20亿美元。

据我所知,近年来中国的经济一直在高速发展,公路建设每年的投资规模已经超过2000亿元人民币。目前中国大陆的高速公路总里程已经超过3.4万公里,仅次于美国(约9万公里高速公路),居世界第二位。这个成就让中国人感到很自豪,也得到了全世界人民的赞叹。但是,中国于20世纪90年代陆续建成的高速公路大部分已进入维修期,大量翻挖、铣刨的沥青混合料被废弃,既污染环境,又浪费资源。按照中国沥青路面的设计寿命(15~20年),从现在起,中国每年大约有12%的沥青路面需要翻修,产生的旧沥青混合料量将达到每年约220万吨,如能加以再生利用,每年可节省直接材料费3.5亿元人民币。根据以往的经验这个数字还将以每年15%的速度递增,估计到2015年中国每年因公路改造所产生的旧沥青混合料将达到1000万吨,对这部分旧沥青混合料的再生利用所产生的直接经济效益将超过15亿元人民币。根据中国政府发布的国家高速公路规划,2030年中国的高速公路覆盖地区的人口将超过10亿人,覆盖地区的GDP将占全中国的85%,高速公路总里程将达到8.5万公里。中国经济发展将面临越来越突出的资源代价和环境代价的问题,中国政府多次强调的“发展循环经济”的政策是实现中国经济持续增长的重要政策之一。从这个意义上考虑沥青路面再生的各项技术研究和推广应用,对直接降低中国公路建设成本、保护生态环境和促进世界各国的公路建设都具有重大的意义。

《美国沥青再生指南》是美国沥青再生协会(ARRA)对美国公路行业25年工程经验的总结,书中涉及的内容十分丰富,包含不少关于沥青回收办法的重要资料,以及该领域内的一些新发现。我相信通过本书中译本的发行,中国可借鉴美国同行的工程经验,对沥青再生技术在中国的推广应用起到促进作用。真诚欢迎中国的同行结合中国的工程实践,对沥青路面再生技术的丰富与提高作出贡献。我相信,我们很有必要去学习中国的工程经验,以便收集到更多的准确资料,整理编入下期的BARM。

衷心地感谢深圳海川工程科技有限公司对于这本指南在中国大陆的出版发行所作出的努力,特别对何唯平先生及其他为本书出版付出大量心血的中国同行表示衷心的感谢!祝中国公路建设取得更加伟大的成就!



Michael R. Krissoff

美国沥青再生协会执行主席

2005年9月

ARRA 出版了《BARM》(沥青再生指南)的第1版。经与ARRA协商, BARM由Leonard Dunn, P. Eng 先生编写, Stephen Cross, P. E.博士(堪萨斯大学)协助编写第15章到第17章(冷再生)。

由Brain Hansen先生(Dustrol公司)、Stephen Damp先生(Miller Paving有限公司)和Todd Casey先生(Base Construction有限公司)组成筹委会指导和审查BARM的编写。

ARRA办公室Fred Miller先生负责BARM的原稿编辑。

John Huffman, P. E.先生(Brown & Brown公司)担任BARM的主编, 并担任主审。

非常感谢ARRA成员对本书的编写所作出的贡献及提出的宝贵建议, 尤其是以下ARRA成员:

- ★ Mr. Angelo Benedetti (Angelo Benedetti, Inc.)
- ★ Mr. Todd Casey (Base Construction Co., Ltd.)
- ★ Mr. Kenneth Damgaard (Arizona Department of Transportation)
- ★ Mr. Stephen Damp (Miller Paving Limited)
- ★ Mr. Charles Dane (Slurry Pavers, Inc.)
- ★ Mr. Barry Dunn (Viking Construction Inc.)
- ★ Mr. John Emery, P.Eng. (John Emery Geotechnical Ltd.)
- ★ Mr. Jim Halverson (J.A. James Construction Company)
- ★ Mr. Ken Fyvie (Terra Engineering Ltd.)
- ★ Mr. Brian Hansen (Dustrol, Inc.)
- ★ Mr. Terry Hauer (Caterpillar Paving Products, Inc.)
- ★ Mr. John Huffman, P.E. (Brown & Brown)
- ★ Mr. Ed Kearney, P.E. (Gorman Bros., Inc.)
- ★ Mr. Brian Mountjoy, P.Eng. (Hard Rock Paving Company Limited)
- ★ Mr. Stuart Murray (Wirtgen America, Inc.)
- ★ Mr. Bill Petersmeyer (ARC Asphalt Recycling Corporation)
- ★ Mr. Michael Polak (E. J. Breneman, Inc.)
- ★ Mr. John Rathbun (Cutler Repaving, Inc.)
- ★ Mr. Dennis Ryan (Copperstate Emulsions)
- ★ Dr. Tom Siddon, P.Eng. (Martec Recycling Corporation)
- ★ Mr. Bryan Vuillaume (Palette Stone Corporation)
- ★ Mr. Phillip Wise (Hamm Compactors, Inc.)

第一部分 引言、再生概述和工程评价

第 1 章	引 言	1
1.1	背景	2
1.2	沥青再生方法	4
1.3	冷刨 (CP)	5
1.4	热再生	7
1.5	现场热再生 (HIR)	9
1.6	全厚再生 (FDR)	16
1.7	冷再生 (CR)	19
第 2 章	维修策略	27
2.1	路面养护	28
2.2	路面维修	29
2.3	路面重建	34
第 3 章	工程评价	35
3.1	路面评价	35
3.1.1	路面缺陷	37
3.1.2	变形	38
3.1.3	裂缝	39
3.1.4	养护活动	41
3.1.5	基层 / 底基层问题	42
3.1.6	行驶质量	43
3.1.7	安全评价	43
3.2	历史信息评价	44
3.3	路面性能评价	44
3.3.1	不平整度	44
3.3.2	车辙	45
3.3.3	摩擦系数	45
3.3.4	强度	46
3.3.5	材料性能	47
3.4	破损评价	48
3.5	初选维修方法	49
3.6	经济分析	51

第二部分 现场热再生 (HIR)

第4章 现场热再生——详细工程分析

55

4.1	现场热再生维修	55
4.2	历史信息评价	56
4.3	路面评价	57
4.4	结构承载力评价	58
4.5	材料性能评价	60
4.6	几何形状评价	61
4.7	交通评价	62
4.8	施工性能评价	62
4.9	环境隐患	63
4.10	经济评价	63

第5章 现场热再生——配合比设计

65

5.1	沥青结合料再生	66
5.2	配合比设计方法	68
5.2.1	掺配图法	68
5.2.2	常规 / 综合法	70
5.2.3	Superpave 法	75

第6章 现场热再生——施工

81

6.1	表面再生	81
6.2	复拌	89
6.3	重铺	97

第7章 现场热再生——规范与检查

101

7.1	限定方法式规范	103
7.2	最终结果式规范	106
7.3	规范范围	108
7.4	检查、质量控制与质量保证	110

第三部分 冷刨 (CP)

第8章 冷刨——施工

115

8.0	冷刨维修	115
8.1	CP 详细工程分析	115
8.2	CP 设备	116
8.3	准备与计划	123
8.4	CP 微铣刨	124
8.5	CP 安全警报带	125

第9章 冷刨——规范与检查

127

- 9.1 标准规范 127
- 9.2 规范范围 130
- 9.3 检查、质量控制与质量保证 131

第四部分 全厚再生 (FDR)

第10章 全厚再生——详细工程分析

133

- 10.0 全厚再生维修 133
- 10.1 历史信息评价 134
- 10.2 路面评价 135
- 10.3 结构承载力评价 136
- 10.4 材料性能评价 137
- 10.5 几何形状评价 138
- 10.6 交通评价 139
- 10.7 施工性能评价 140
- 10.8 环境隐患 140
- 10.9 经济评价 140

第11章 全厚再生——配合比设计

143

- 11.1 机械稳定配合比设计 146
- 11.2 化学稳定配合比设计 148
- 11.3 沥青稳定配合比设计 150
- 11.4 复合稳定配合比设计 154

第12章 全厚再生——施工

157

- 12.1 FDR 设备 159
- 12.2 准备与计划 164
- 12.3 破碎 167
- 12.4 拌和与摊铺 171
- 12.5 添加稳定剂 172
- 12.6 压实 173
- 12.7 养护 175
- 12.8 磨耗层 177

第13章 全厚再生——设计规范与检查

179

- 13.1 标准规范 179
- 13.2 规范范围 184
- 13.3 检查、质量控制与质量保证 187

第五部分 冷再生 (CR)

第 14 章 冷再生——详细工程分析

191

14.0	冷再生维修	191
14.1	历史信息评价	192
14.2	路面评价	193
14.3	结构承载力评价	195
14.4	材料性能评价	196
14.5	几何形状评价	198
14.6	交通评价	199
14.7	施工性能评价	200
14.8	环境隐患	201
14.9	经济评价	201

第 15 章 冷再生——配合比设计

203

15.1	现有路面取样	204
15.2	确定 RAP 性能	205
15.3	选择新集料用量与级配	206
15.4	新再生剂用量的估算	207
15.5	选择再生添加剂	208
15.5.1	乳化沥青	208
15.5.2	再生剂	209
15.5.3	稀释沥青	209
15.5.4	泡沫沥青	209
15.5.5	化学添加剂	209
15.6	确定裹覆所需预拌含水量	210
15.7	试拌混合料	210
15.7.1	配料	210
15.7.2	拌和	211
15.7.3	压实	211
15.7.4	养护	212
15.7.5	强度试验	212
15.8	确立生产配合比	213
15.9	现场调整	213

第16章 冷再生——施工

215

16.1	现场冷再生	216
16.1.1	准备施工现场	218
16.1.2	再生机组	218
16.1.2.1	单设备机组	218
16.1.2.2	双设备机组	219
16.1.2.3	多设备机组	220
16.1.3	配合比现场调整	221
16.1.4	摊铺与压实	222
16.1.5	养护	224
16.1.6	摊铺磨耗层	225
16.2	厂拌冷再生	226
16.2.1	摊铺、通风与碾压	228

第17章 冷再生——规范与检查

229

17.1	质量控制 / 质量保证	230
17.2	检查与验收问题	232
17.2.1	RAP 级配	232
17.2.2	再生剂的取样	232
17.2.3	添加水分	232
17.2.4	再生混合料的含水量	234
17.2.5	再生剂控制	234
17.2.6	压实步骤	234
17.2.7	压实面层密度	235
17.2.8	铣刨厚度	237
17.2.9	摊铺厚度 / 横坡	237
17.2.10	拌和设备校准	237
17.3	指导性规范	237

第六部分	术语表	243
------	-----------	-----

第七部分	参考文献	255
------	------------	-----

第八部分	缩略词表	263
------	------------	-----

第1章 引言

随着过去几十年国家道路需求的增长、预算资金的降低,以及对安全、高效和成本效益高的道路系统的需要,现有道路进行维修的需求大幅增长。过去的25年里沥青再生利用技术得到了迅速发展,它用于现有道路的维修无论技术上还是环境上都是十分可取的方式。沥青再生利用技术满足了我们提供安全、高效道路的所有社会目的,而相比于传统的道路重建大大减少了环境影响和能源(石油)消耗。

承担促进和推广沥青再生利用技术使用任务的沥青再生利用协会(ARRA)理事会意识到,一本《沥青再生指南》是必须的。为了使更多业主、指定代理商、专业人员及土木工程专业学生了解沥青再生的价值和现有方法,也需要这本手册,故本指南的出版,也方便愿着手从各种沥青再生方法中掌握其中一种方法的那些人的需要。此外,希望本手册能给那些已经了解沥青再生方法的人士提供一些有用的信息。

本指南不够详尽,不足以借此完成沥青再生项目的全部评价、设计、规范和(或)施工。它仅提供了以下信息:

- 各种沥青再生方法
- 沥青再生的效益和性能
- 评价潜在工程程序
- 现行配合比设计原理
- 施工设备要求与方法
- 质量控制/质量保证,检查与验收方法
- 规范要求
- 名词与术语

根据所提供的信息可以对沥青再生的可行性和(或)成本效益进行理性的决策。基于这一点,在最终工程设计、公示、投标或招标及施工前,需有沥青再生技术经验的人士做出详细设计结果。

沥青再生给养护现有道路提供了一些额外的维修方法。沥青再生的好处有:

- 再使用和保护不可再生自然资源
- 保护环境和减少填埋