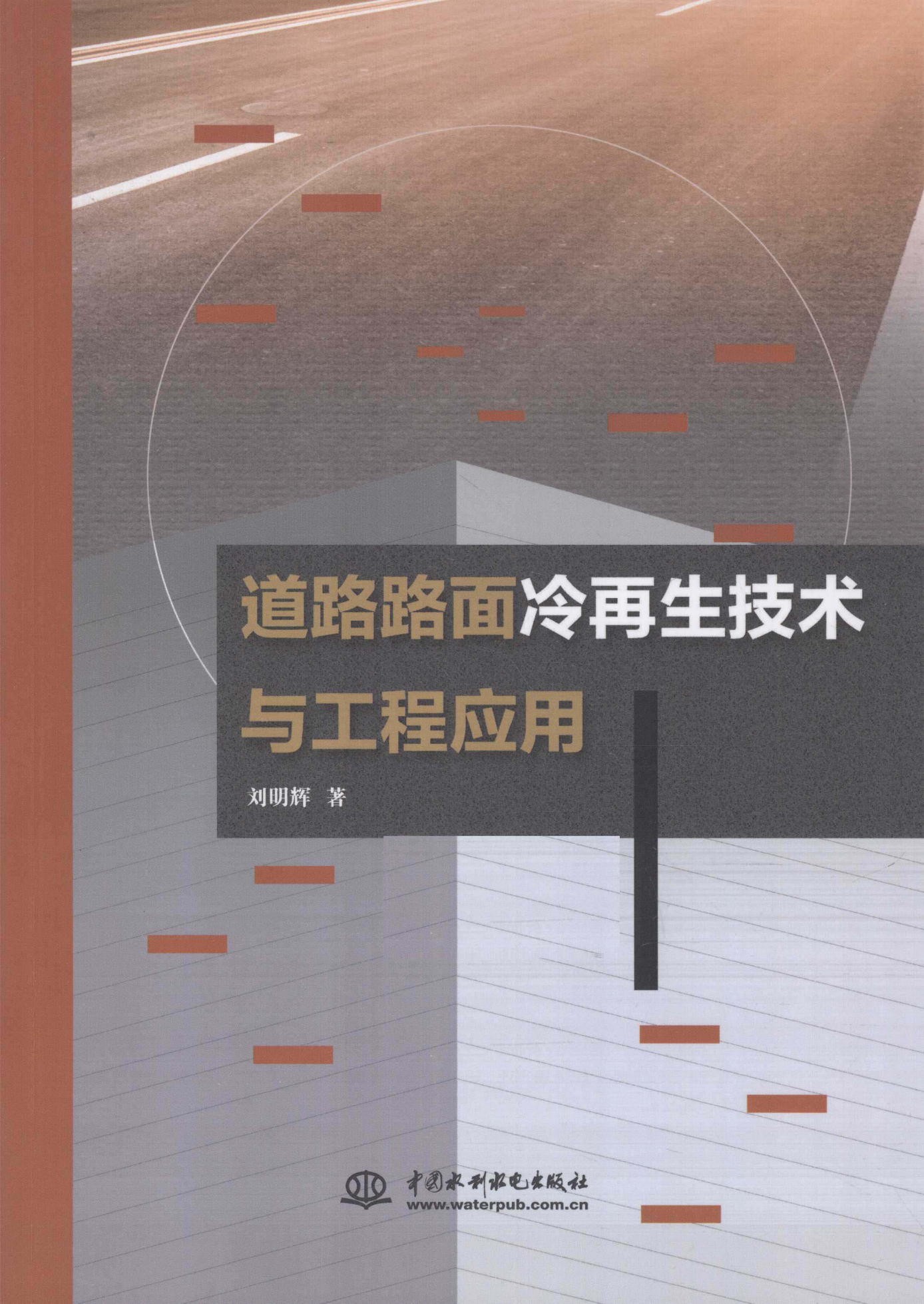




道路路面冷再生技术 与工程应用

刘明辉 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

道路路面冷再生技术与工程应用

刘明辉 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书重点研究路面冷再生技术,全书共有6个章节,第1章介绍道路路面再生技术的类型及特点、发展研究概况,并总结冷再生技术在国内的应用情况;第2章主要结合课题组的调研,分析沥青路面破坏类型、原因及路面性能评价等,为确定合理的再生维修方法提供依据;第3、第4章将冷再生材料性能试验研究成果提炼归纳,整理成本书的试验研究部分,重点是半刚性冷再生混合料和乳化沥青冷再生材料性能试验。第5、第6章为冷再生技术应用,结合工程实例详细介绍冷再生技术的施工机械、施工工艺、施工质量控制等关键内容。第6章简要介绍了冷再生技术的开发应用与效益分析。本书可供道路工程设计、施工、养护、维修及管理等方面的技术人员学习和参考,也可作为道路工程技术、道路材料等方面的科研人员、院校师生教研参考。

图书在版编目(CIP)数据

道路路面冷再生技术与工程应用 / 刘明辉著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 12
ISBN 978-7-5170-2815-4

I. ①道… II. ①刘… III. ①再生路面—路面施工
IV. ①U416.26

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第302875号

书 名	道路路面冷再生技术与工程应用
作 者	刘明辉 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 (发行部)
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 7印张 166千字
版 次	2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷
定 价	28.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

我国十二五发展规划提出“绿色发展，建设资源节约型、环境友好型社会”，按照减量化、再利用、资源化的原则，大力发展循环经济，推行循环型生产方式、健全资源循环利用回收体系，明确指出推进大宗工业固体废物和建筑、道路废弃物以及农林废物资源化利用，工业固体废物综合利用率达到72%。同时交通运输部公路水路交通中长期科技发展规划纲要（2006—2020年）也明确“交通建设和养护材料再生技术”是今后主要科研方向之一，重点研究废旧车辆、船舶、沥青路面、道路路基、码头建筑和航道建筑等废旧材料利用实用化技术等。可见道路路面循环再生技术符合国家的发展方向，是当前公路养护维修的一个重要途径，可有效地解决资金、能源及环境等问题，从而实现社会的可持续发展。

道路路面再生技术分为热再生和冷再生，本书重点研究了路面冷再生技术，全书共有两大部分，一是试验研究成果；二是工程应用分析。以“实用”为目标，以“最新行业标准和规范”为依据，尽量做到内容精炼，有理有据，将理论与工程实践相结合，便于读者理解。

全书共有6章，第1章介绍了道路路面再生技术的类型及特点、发展研究概况，并总结冷再生技术在国内的应用情况；第2章主要结合课题组的调研，分析沥青路面破坏类型、原因及路面性能评价等，为确定合理的再生维修方法提供依据；第3、第4章依据作者的科研试验，将冷再生材料性能试验研究成果提炼归纳，整理成本书的试验研究部分，重点是半刚性冷再生混合料和乳化沥青冷再生材料性能试验；第5章冷再生技术的实践应用，通过工程实例将冷再生技术的施工工艺、施工机械、施工质量控制等关键内容逐一分析，重点突出，通俗易懂；第6章简要地介绍了冷再生技术的开发应用与效益分析。

本书编写的过程中华北水利水电大学材料工程实验室、中铁七局集团有限公司工程质量检测中心提供了良好的试验条件，同时也得到了华北水利水电大学土木与交通学院、中铁七局集团有限公司殷爱国、王治方、于新巧、董现阳

等相关专家及技术人员的大力支持，他们为本书提出许多宝贵意见和建议，在此对他们表示感谢。同时，本书参考了大量的国内外文献，在书末的参考文献中已列出，特此向作者表示感谢！

另外，尽管在本书编写的过程中尽心尽力，但由于作者水平有限，经验不足，编写时间仓促，疏漏、不妥或错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2014 年 12 月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 道路路面再生技术的研究背景	1
1.2 道路路面再生技术发展状况及应用前景	2
1.2.1 国内外的研究现状	2
1.2.2 路面再生技术的应用前景	5
1.3 道路路面再生方法及特点	5
1.3.1 厂拌热再生技术	6
1.3.2 就地热再生技术	7
1.3.3 厂拌冷再生技术	8
1.3.4 就地冷再生技术	9
1.4 道路路面冷再生技术的特点及其在道路工程中的应用	11
1.4.1 冷再生技术的特点	11
1.4.2 应用范围	11
1.4.3 冷再生层类型	12
1.4.4 常用冷再生稳定剂	12
1.4.5 就地冷再生技术在道路工程中的应用	14
第 2 章 原有路面的工程评价与分析	17
2.1 概述	17
2.2 原有路面的工程评价	17
2.2.1 沥青路面常见损坏模式及原因分析	17
2.2.2 原有路面历史资料及信息的收集分析	21
2.2.3 原有路面性能评价	21
2.3 再生维修方法的选择	26
第 3 章 半刚性冷再生混合料性能试验与设计	30
3.1 概述	30
3.2 冷再生混合料再生机理分析	30
3.2.1 沥青化学组分	31

3.2.2	沥青的老化机理	32
3.2.3	旧沥青的再生机理	34
3.2.4	石料老化机理及调配设计	35
3.2.5	无机结合料为添加剂的冷再生混合料强度形成机理	35
3.3	回收沥青路面材料的性能研究	36
3.3.1	旧路面结构状况调查	36
3.3.2	回收沥青路面材料 (RAP) 的性能试验	37
3.4	半刚性冷再生混合料的性能及设计	40
3.4.1	试验目的及主要内容	40
3.4.2	冷再生混合料的级配设计	40
3.4.3	半刚性基层冷再生混合料力学性能试验	41
3.4.4	冷再生混合料设计方法	50
第4章	乳化沥青冷再生材料性能试验及设计	52
4.1	概述	52
4.2	乳化沥青的性能及水泥-乳化沥青冷再生机理	53
4.3	冷再生混合料的基本性能研究	55
4.3.1	冷再生混合料级配设计	55
4.3.2	冷再生混合料的性能试验	58
4.3.3	乳化沥青冷再生混合料的设计	62
第5章	道路路面冷再生技术施工与工程实践	64
5.1	道路路面就地冷再生技术的施工工艺	64
5.1.1	冷再生设备及其配置	64
5.1.2	路面冷再生施工工艺	66
5.2	就地冷再生技术应用的工程实例1——维特根冷再生机施工工艺	69
5.2.1	工程概况	69
5.2.2	冷再生技术施工工艺	69
5.2.3	冷再生基层使用效果评价	76
5.3	就地冷再生技术应用的工程实例2——卡特冷再生机施工工艺	76
5.3.1	工程概况	77
5.3.2	技术难点	77
5.3.3	卡特冷再生机水泥稳定层施工	78
5.3.4	冷再生工程现场调查内容与试验项目分析	85
5.4	厂拌冷再生施工	89
5.4.1	厂拌冷再生工艺特点	89
5.4.2	厂拌冷再生施工控制关键点	90
5.4.3	厂拌冷再生技术工程应用	92
第6章	冷再生技术的开发应用与效益分析	96
6.1	冷再生技术的开发应用	96

6.2 效益分析与评价 97

6.2.1 经济效益分析 97

6.2.2 社会效益分析 98

参考文献 100

第 1 章

绪 论

1.1 道路路面再生技术的研究背景

沥青路面再生/维修最早可追溯到 20 世纪早期,第一篇有记载的沥青再生文章是关于现场热再生的,然而,沥青再生技术和设备直到 20 世纪 70 年代中期才有一定的发展,伴随当时石油危机的爆发和 1975 年美国大规模冷创设备的发展和使用,推动了沥青再生技术的发展,并逐步发展到世界范围的普遍使用。从世界范围来看,随着公路网的建设完善,早期铺筑的沥青路面已接近或超过设计年限,而道路重建的施工成本远远超过维修养护成本。同时,世界银行的研究表明,道路质量下降 40% 时花费的维修费将比道路质量下降 80% 时花费的维修费节约 3~4 美元。可见,道路预防性的养护、维修可有效节省资源,延长道路路面使用寿命。

我国从 20 世纪 80 年代后期开始,进入了中国公路历史上交通发展速度最快、规模最大、最具活力的时期,尤其是自 1988 年沈大高速公路建成通车以来,中国的公路事业进入了以建设高速公路、一级公路等高等级公路为主的新时代。1998 年以来,中国已经连续多年每年将高达几千亿元乃至上万亿元的投资用于公路建设,2002 年公路建设投资达到 3211.73 亿元,2013 年公路建设投资达到 13692.20 亿元。

2013 年末,全国公路总里程达 435.62 万 km,比上年末增加 11.87 万 km。高速公路里程方面,1989 年全国仅为 271km,2013 年末达到了 10.44 万 km。2013 年末,全国公路密度为 45.38km/100km²,比上年提高了 1.24km/100km²,公路养护里程为 425.14 万 km,占公路总里程的 97.6%,比上年提高了 0.4 个百分点。在已建成的公路中,沥青路面数量占了很大的比重。

经调查发现,随着高等级公路的建设与运营,在已经建成的高速公路沥青路面中,一部分路面的使用状况是比较好的。例如 1991 年建成的京津塘高速公路,至今已运行 12 年,情况良好,现正通过微表处理或再生进行预防性养护。1988 年建成的沈大高速公路,沈阳至鞍山段除进行了局部修补外,仍在正常使用。1993 年建成的广深高速公路,至今没有发生严重的破坏,现正进行表面功能性的维修养护。

另外,1996 年建成的沪宁高速公路、八达岭高速公路以及随后建成的京沪、京哈、京珠三大高速公路主干线,大部分路段都达到了相当高的使用水平。但是,由于我国高速公路的建设起步晚,技术力量的储备较少,经济基础较差,以及中国的气候和交通荷载条件恶劣,车辆超载严重,优质的道路石油沥青等原料缺乏等原因,仍有部分道路路面在运营过程中还没有达到设计年限就出现了破损,尤其是早期建成的高级和次高级沥青路面损

坏严重，破坏普遍。例如，横向和纵向裂缝、网裂和龟裂、车辙、壅包、推挤泛油等病害在不同等级的公路中都有不同程度的显现。如何修复改造现有道路路面存在的问题，越来越成为道路维修养护工程技术人员关注的问题。

中国经济快速发展的同时，伴随而来的是资源短缺和环境问题带来的负面影响，因此，循环经济引起了政府部门和专家学者的普遍重视。经过几年的研究，在党的十六届四中、五中全会决议中明确提出要大力发展循环经济，把发展循环经济作为调整经济结构和布局，实现经济增长方式转变的重大举措。国务院先后下发了《国务院关于做好建设节约型社会近期重点工作的通知》（国发〔2005〕21号）和《国务院关于加快发展循环经济的若干意见》（国发〔2005〕22号）等一系列文件。与此同时，“十一五”规划也把大力发展循环经济，建设资源节约型和环境友好型社会列为基本方略。由此可见，发展循环经济是中国经济进一步发展的必然选择。而采用废料再生技术，可使旧路面的材料得到重新利用，是一项符合可持续发展规律和循环经济的有效措施。

2005年11月，北京国际可再生能源大会在人民大会堂隆重召开，大会分析和评价世界可再生能源发展状况及面临的问题，探讨鼓励企业和金融部门参与可再生能源发展的政策机制，展望可再生能源技术发展的趋势，通过加强技术转让和南南合作，促进世界可再生能源技术发展，推动发展中国家可再生能源的开发利用。时任国家主席胡锦涛为大会发来致辞，强调重视可再生能源的开发利用，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。

中国于2014年1月2日正式加入国际可再生能源署，成为其会员国，第一次以会员国身份参加第四届国际可再生能源署全体大会。与会中国代表刘琦指出，可再生能源既是绿色能源、清洁能源，也是和平能源、共享能源，推动可再生能源发展离不开国际合作。同时表示，中国将严格遵守国际可再生能源署的章程，认真履行各项义务，加强与各成员的合作，不断完善支持政策，推动可再生能源技术进步和推广应用，并将通过多种形式支持欠发达国家和地区提高可再生能源开发利用水平，为全球可再生能源发展作出积极贡献。

目前我国有大量的道路需要维修养护，今后相当长一段时间，我国的公路基础设施将由建设逐渐转为建设和养护并重，公路的维修养护技术也已逐步得到工程技术人员的高度重视。而发展道路路面再生利用技术是符合国家循环经济总策略的，只有发展和推广应用路面再生利用技术，才能从根本上解决我国在发展过程中遇到的经济增长与资源环境之间的尖锐矛盾。

1.2 道路路面再生技术发展状况及应用前景

1.2.1 国内外的研究现状

1. 国外关于再生技术的研究与实践

沥青混合料再生利用的试验研究，最早是1915年首先在美国开始的。1973年，石油危机爆发，燃油供应困难，而严格的环保法律使得砂石材料开采受到限制，筑路用砂石材

料供不应求,以至砂石材料价格上涨。1974年,美国开始大规模推广沥青混合料再生技术,到1985年,美国全国再生沥青混合料的用量猛增到2亿t,几乎是全部路用沥青混合料的一半。沥青路面的再生利用在美国已经是常规试验,目前其重复利用率高达80%,相比全部使用新沥青材料的路面,节约成本10%~30%。

美国得克萨斯州交通协会和得克萨斯农机大学化学系的研究人员对旧沥青抽提过程中的若干问题进行了深入研究,发现旧沥青在回收过程中会存在不同程度的老化与硬化现象,硬化程度决定于溶剂类型、试验方法等因素。同时,回收沥青中的残留溶剂对沥青也有硬化作用。研究人员主要从溶剂、试验方法、试验设备、试验时间等方面入手对传统方法进行探讨和改进。

美国大部分高速公路是在1955—1980年建成的,主要是用来连接各州大、中型城市。美国高速公路沥青路面设计寿命是20年,如今,20世纪修建的沥青路面基本上都过了设计寿命年限,普遍进入大、中修期。许多道路产生破坏后,都是通过罩面来恢复这些路面使用性能的。沥青路面罩面维修非常重要,它可使道路结构始终处于一个完好的状态。损坏的道路如果不及时进行罩面,时间一久就必须重建了。

美国沥青路面出现结构性损坏的主要原因是道路局部疲劳损坏和结构性车辙,虽然清除整个路面结构层可以彻底解决上述问题,但这种办法通常造价昂贵,而且耗时非常长。不管是州际公路,还是各州内普通公路,现在美国道路维修采取最多的办法是先铣刨,然后再罩面。当然,罩面混合料的设计也非常关键,这样可以增加罩面沥青层的寿命。

20世纪90年代后期,美国北部的伊利诺伊州、印第安纳州、依阿华州、密歇根州、明尼苏达州、密苏里州和威斯康星州的交通部联合开展对再生沥青的研究,认为新拌沥青路面中掺加40%~50%的再生沥青混合料,仍然可以满足美国《沥青及沥青混合料路用性能规范》(SUPERPAVE: Superior Performing Asphalt Pavement)的要求,但由于旧沥青混合料中的细料含量较多,在新拌混合料设计时应重新进行级配设计。

由于沥青混合料再生利用大有可为,美国为此召开了有关沥青混合料再生利用的各种学术会议,从而有力推动了该项研究工作的进展和交流。1981年,美国交通运输研究委员会编制出版了《路面废料再生指南》,同年美国沥青道路协会(NAPA)出版了《沥青路面热拌再生技术手册》,1983年又出版了《沥青路面冷拌再生技术手册》,从而形成了较完备的技术规范体系。

2000年9月,美国沥青道路协会(NAPA)出版了《热拌沥青混合料再生利用现状》,介绍了有关美国在废旧沥青混合料再生利用和废物在道路工程中再生利用的情况。美国国家公路合作研究项目NCHRP9-12“应用SUPERPAVE进行再生沥青路面设计”提出了再生沥青混合料的SUPERPAVE设计指南(2001),这表明美国的沥青路面再生技术已经达到了相当成熟的地步。

日本从1976年开始进行沥青混合料再生技术的研究,到现在,路面废料再生利用率已经超过70%。1984年7月,日本道路协会出版了《路面废料再生利用技术指南》,对路面废料的应用与设计、再生材料、配合比设计、拌和站、施工与质量检验等方面作出了一些指导性的建议与规定,该课题还在不断地继续开展。日本2000年再生沥青混合料已达50万t,占全年沥青混合料产量的58%,日本每个拌和站都具备生产再生沥青混合料的

能力。

欧洲一些国家对再生技术的研究开展得相对较晚。20 世纪 70 年代中期，联邦德国、荷兰、芬兰等国家相继进行小规模试验，并迅速推广应用。相比之下，联邦德国再生技术研究的发展速度较快，居欧洲首位。联邦德国是最早将厂拌再生应用于高速公路路面养护的国家，到 1978 年已经将全部废弃沥青混合料加以再生利用，并以法律形式加以执行。在芬兰，几乎所有的城镇都组织旧沥青混合料的收集和储存工作。法国在高速公路和一些重要交通道路的路面修复工程中推广应用这项技术。过去，再生材料主要用于轻型交通的路面和基层，近年来，在重交通道路上也已经开始应用。

2. 国内关于再生技术的研究与实践

中国在 20 世纪 70 年代初就曾不同程度地利用废旧沥青混合料来修路，但大都将其作为废料考虑，一般只用于轻交通道路、人行道或道路垫层，并未形成系统的研究体系。在国家“七五”和“八五”科技攻关中，对沥青路面的热再生机理、热再生设计方法和热再生施工工艺实用技术进行了比较系统的研究。通过理论分析和试验研究，对沥青路面热再生技术的本质有了一定的认识，探明了沥青路面热再生的科学途径，并在此基础上初步建立起沥青路面热再生的配合比设计方法。

在 80 年代中期，苏州、南京、武汉、天津四城市率先对旧沥青路面再生利用技术进行研究试验和推广工作，并取得了可喜的成果。湖南省将乳化沥青加入旧渣油表处面层，并分别用拌和法和层铺修筑了再生试验路。甘肃省兰州公路总段从 1983 年以来采用阳离子乳化沥青作再生剂对多条道路进行冷再生沥青路面工作，同时对另一些道路进行热法再生路面工作。云南省也在 1983—1988 年进行了一些再生沥青路面试验研究。

近年来，一些公路单位又开始尝试着将旧沥青路面简单再生后用于中轻交通量公路或道路基层，如 1992 年同济大学在淮阜路采用阳离子乳化沥青进行冷再生沥青路面试验。1997 年江苏淮阴市公路处用乳化沥青冷法再生旧料后铺筑路面，取得了一定效果。2008 年由浙江兰亭高科有限公司、长沙理工大学等单位负责研究西部交通建设科技项目“沥青路面再生利用关键技术研究”，该项目关键是解决了厂拌热再生、厂拌冷再生、就地热再生的技术问题。一直以来，我国的一些高校和科研院所也进行了大量的试验研究和试验路的铺筑。

这些工作为我国旧沥青路面再生利用提供了宝贵经验，但对于高等级公路路面的再生利用研究不足。近年来，一些工程科研部门已经开始对冷再生技术在高等级道路方面的应用进行试验研究。

我国根据实践的理论指导、科学的设计方法及机械设备的支 持，于 2008 年 4 月颁布了《公路沥青路面再生技术规范》，再生旧料在我国实际工程中逐渐得到大量应用。但是与发达国家相比，我国沥青路面冷再生技术，无论从再生利用方式、再生材料性能的研究到实用施工技术均处于研究阶段，尚未形成完整的设计方法、施工工艺和质量控制标准，仍有很多课题需进行研究。这些课题都是旧沥青混合料再生需要解决的关键技术，也是我国真正推广旧料再生技术的一个重要前提，这些都说明了我国对旧沥青混合料再生技术的研究是很有必要的。

1.2.2 路面再生技术的应用前景

随着我国公路建设飞速发展,早期建设的道路经过十几年的运营之后,高速公路、干线公路以及县乡道陆续到了维修期和改建期,按照沥青的设计寿命为15~20年计算,今后每年将有约12%的沥青路面需要翻修,在这种形势下,公路养护和维修改造工作量十分繁重,如果仅仅将大量的翻挖、铣刨沥青混合料废弃,会造成环境污染和资源浪费,尤其是对于缺少沥青、砂、石灰、水泥、石料等筑路材料的地区,沥青路面再生技术这一道路维修新技术,在环境保护及节约能源方面具有独特的优势,越来越受到道路建设者的关注。

例如:某改造升级道路,基层修建采用冷再生水泥稳定土基层铣刨施工,施工中采用5%的水泥掺量,经实验室取样检测,施工后的水泥稳定砂底基层强度达到1.5MPa左右,完全满足设计及施工质量规范要求。另外,由于在既有路上直接进行冷再生施工,不需挖除既有路面并换填土,因此大大节省了施工成本,直接节省约55元/m³的施工成本,间接节省了机械设备等资源占用成本,提升了工期效益。同时,采用半幅施工方案对公共交通影响很小,也具有很大的社会效应。可见,开发应用“绿色施工技术”必将取得巨大的经济效益和社会效益,也是社会发展的必然要求。

同时,“工业废料与再生技术的应用”是我国“公路水路交通‘十一五’科技发展规划”提出的重点研究方向之一,而交通运输部印发的“十二五”公路养护管理发展纲要中提出我国公路养护管理事业发展目标为:力争到2015年,全国公路养护废旧沥青路面材料循环利用率达到40%,国省干线公路废旧沥青路面材料循环利用率达到70%,高速公路废旧沥青路面材料循环利用率达到90%。为此,研究推广符合资源节约、节能减排的绿色养护技术,重点推广沥青路面再生和温拌、废旧轮胎橡胶利用等废旧路面材料的循环利用技术和施工工艺是当前及今后的重要研究课题。在道路维修养护中,只要路面冷再生技术措施得当,冷再生混合料可获得比较满意的路用性能,推广应用前景较好。

目前,道路路面再生利用这一新技术在国内已有应用,推广应用空间大,这就要求广大的道路科技工作者在这个领域去不断地深入探索和总结,尤其是目前我们还缺乏完善的再生技术设计理论,尚无完备的检测手段及专门的试验方法,各类再生技术的工艺特点及质量控制要求需进一步明确等。

鉴于此,本研究主要对道路冷再生技术进行了系统的分析和总结,结合沥青路面冷再生技术的工程应用情况,从改建工程现场获取典型的旧沥青路面混合料试样,结合冷再生路面混合料性能要求,对加入不同添加剂的冷再生混合料的性能进行试验研究,确定冷再生沥青混合料的性能指标,从而为道路冷再生技术的应用提供试验依据,促进该技术的研究和推广,这对于降低工程建设成本和养护成本,保护生态环境,具有极大的意义。

1.3 道路路面再生方法及特点

旧沥青混合料的再生利用技术属于道路维修的范畴,是一种道路维修新技术,是道路工程领域的重要研究课题。传统的道路维修改造方法是刨除路面后,再铺新料,维修成本

高，而沥青路面再生技术是一种通过特定工艺将旧沥青路面材料进行处理，得到满足路用要求的混合料，从而实现旧路面材料重复利用。美国沥青再生协会（The Asphalt Recycling and Reclaiming Association）将再生技术分为 5 种不同的类型：场（厂）拌热再生（Hot Recycling）、就地热再生（Hot In-Place Recycling）、场（厂）拌冷再生（Cold Recycling）、就地冷再生（Cold In-Place Recycling）、全深式再生（Full Depth Reclamation）。我国《公路沥青路面再生技术规范》将再生技术分为 4 类，即是厂拌热再生（Central Plant Hot Recycling）、就地热再生（Hot In-Place Recycling）、厂拌冷再生（Central Plant Cold Recycling）、就地冷再生（Cold In-Place Recycling），其中就地冷再生技术按照材料和厚度的不同分为沥青层就地冷再生和全深式就地冷再生两种方式。以下就这几种技术的特点进行简要分析。

1.3.1 厂拌热再生技术

厂拌热再生技术（Central Plant Hot Recycling）是将旧沥青混凝土路面铣刨后运到沥青混合料拌和场（厂），通过破碎、筛分（必要时），并根据旧料中沥青含量、沥青老化程度、集料级配等情况，掺入一定数量的新集料、新沥青、再生剂（必要时）等进行热态拌和，使混合料达到规定的各项指标，并按热拌沥青混合料的施工工艺重新铺筑路面。图 1.1 所示为厂拌热再生技术对回收沥青路面材料进行预处理。

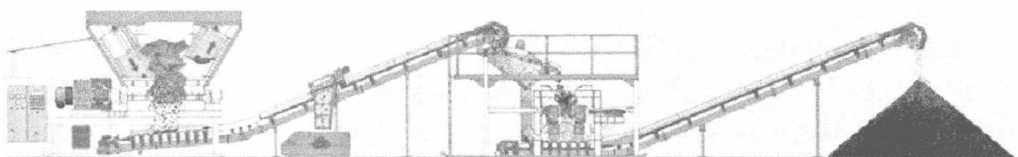


图 1.1 回收沥青路面材料（RAP）预处理

该技术具有如下优点：

（1）设备投资小。在原有沥青拌和站的基础上增加一套厂拌热再生附楼的投资约 300 万元，如图 1.2 所示。

（2）混合料质量较好控制。生产前可以根据原路面再生料的沥青含量、沥青老化程度、集配、含水率等参数进行化验，从而选择合适的再生剂或者设计合适的再生工艺，保证再生沥青混合料的质量。

（3）重新铺筑的路面标高不会变化。

（4）再生后的混合料可以运回原路面摊铺，也可以运到其他工地摊铺。可较充分地利用所有再生料。

该技术的缺点如下：

（1）成品料运输费增加，所有再生料必须运到固定的场地进行。成品料又必须运回路面再次摊铺，所以较就地热再生增加了运输成本。

（2）设备转场没有就地再生设备快捷。

（3）再生料在加热过程中产生的蓝烟，需要借助与之配套的原生机燃烧器、干燥滚筒、除尘器进行二次燃烧处理，从而减少废气污染。

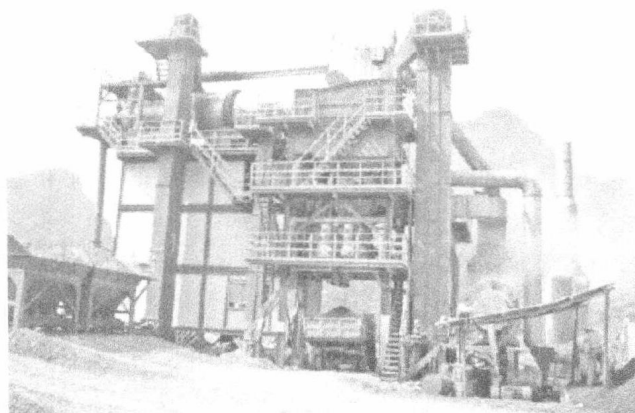


图 1.2 厂拌热再生拌和厂

1.3.2 就地热再生技术

就地热再生 (Hot In-Place Recycling) 技术是一种就地修复破损路面的技术, 它通过加热软化路面, 铲起路面废料, 再和沥青黏合剂混合, 有时可能还需要添加一些新的骨料, 然后将再生料重新铺在原来的路面上。一般用一台大型“沥青路面热再生联合机组”(又称热再生列车), 先把沥青路面烤热软化, 再将旧沥青层收集起来输送到该机组中的双卧轴连续搅拌机上, 添加新骨料、补充新沥青, 搅拌后排到机组的摊铺器上, 摊铺、捣实、熨平, 再用压路机碾压, 铺成一条新路。图 1.3 给出了该施工技术的作业流程。这种方法施工简单方便, 多用于基层承载能力良好、面层因疲劳而龟裂的路段, 特别适用于老化不太严重, 但平整度较差的路面。

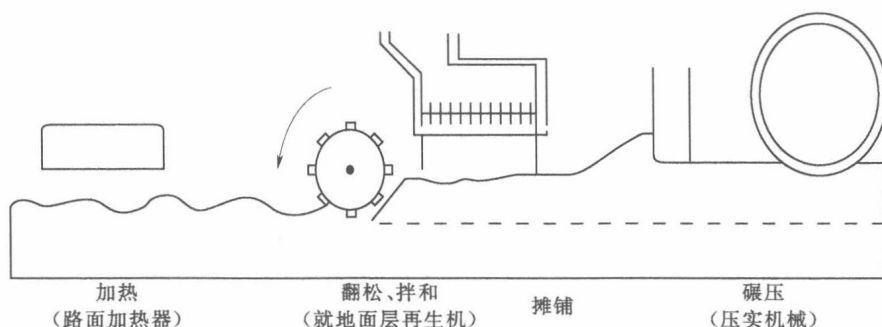


图 1.3 就地热再生路面作业流程

该项技术的优点如下。

- (1) 没有废料搬运过程不需要废弃物堆放场地, 减少了环境污染。
- (2) 旧料可 100% 得以利用, 工程费用低, 经济效益显著。
- (3) 施工进度快、周期短、可快速开放交通。
- (4) 减少了路面材料的往返运输量, 节约了运费。
- (5) 根据英达科技有限公司的资料, 其“修路王”就地热再生修补方法与传统方法相

比, 修补时间可节省 $5/6$, 作业人员节省 $1/2$, 旧路材料完全利用, 新沥青混合料用量可节省 $1/2$ 。

因此, 就地热再生法近几年在沥青路面养护中得到了相对更为广泛的应用。但也存在一些问题:

(1) 因在短时间内对原路面沥青层加热, 加热沥青层的厚度和温度难以控制, 油-石比的控制很难达到理想状态。

(2) 由于旧沥青层的损害程度不一, 而设备只能以一种大体相同的铣刨深度翻修作业, 重铺路面的承载力将难以一致。

(3) 由于使用专用机组连续化作业, 不适用于小型维修工程及不能连续化作业的场所。

(4) 此再生法以沥青路面面层为施工对象, 当路面损坏波及到基层以下时, 原则上不适用。

(5) 现场加热时, 施工受季节和气候的影响。

(6) 主要用于高速公路的沥青路面维修。但由于其设备庞大、技术含量高、一次性投资非常高, 目前我国应用的不多, 在市政道路的维修中更无法使用。

就地热再生机械设备又称“就地再生机组”, 它主要由加热系统和再生系统组成, 其中包括红外线加热器或柴油预热器、沥青路面铣刨机、强制双卧轴连续式搅拌器、沥青混合料摊铺机、沥青罐、骨料仓、新沥青混合料接料斗、牵引头及行走系统和控制系统等。沥青路面就地热再生机械种类繁多, 目前主要有意大利 MARINI (玛连尼) 公司生产的 ART220 型自行式沥青路面就地热再生设备、WIRTGEN (维特根) 公司生产的 REMIX-ER 系列 (图 1.4 和图 1.5) 和芬兰生产的 Kalottikone ROADMIX 型路面再生重铺机组等产品。

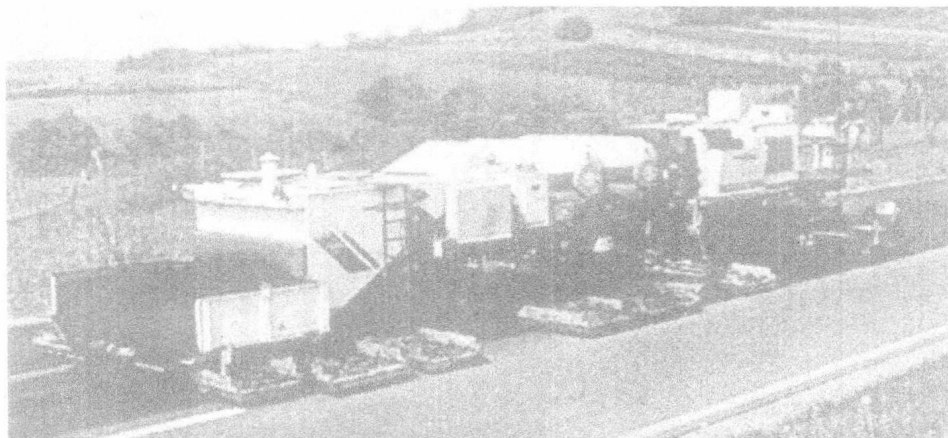


图 1.4 WIRTGEN 4500 型就地热再生主机

1.3.3 厂拌冷再生技术

厂拌冷再生技术 (Central Plant Cold Recycling) 是将回收沥青路面材料运至拌和厂,



图 1.5 WIRTGEN 路面就地热再生机组

经破碎、筛分后，以一定的比例与新集料、活性填料、水分进行常温拌和，常温铺筑形成路面结构层的沥青路面再生技术。适用于对各等级公路的回收沥青路面材料进行冷拌再生利用，再生后的沥青混合料根据其性能和工程情况，可用于高等级公路和一、二级公路沥青路面的下面层及基层、底基层，三、四级公路沥青路面的面层，当用于三、四级公路的上面层时，应采用稀浆封层、碎石封层、微表处等做上封层。

目前，国内工程实践中，厂拌冷再生混合料主要用于高等级公路的基层或底基层。该技术可以有效解决旧料废弃和环境污染问题，在国外被普遍采用，实践证明具有相当重要的应用价值。



图 1.6 厂拌冷再生混合料破碎、筛分及拌和

其主要的优势如下：

- (1) 可修复面层和基层的病害。
- (2) 对反射裂痕和行驶质量低下等病害的修复效果良好。
- (3) 可改善路面几何和线形，可修复任何类型的裂缝。

该项技术存在如下问题：

- (1) 需要相对温暖、干燥的施工条件，气候条件要求高。
- (2) 再生后路面水稳定性差，易受水分的侵蚀和剥落。
- (3) 路面通常需要两周的养生时间。
- (4) 维修路面等级一般比较低。
- (5) 混合料运输费用较高。

1.3.4 就地冷再生技术

就地冷再生技术（Cold In - Place Recycling）可使原沥青路面材料全部被重新利用，