

BEIFANG DIQU LIQING LUMIAN
ZAISHENG JISHU JI YINGYONG SHILI

北方地区 沥青路面再生技术 及应用实例

周 谦 杨彦海 编著
郝培文 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

北方地区沥青路面再生 技术及应用实例

周 谦 杨彦海 编著
郝培文 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书共分为6章,主要对北方地区沥青路面就地热再生、就地冷再生、厂拌热再生和厂拌冷再生这四种再生方式的定义和特点、适用条件、设备、材料要求、配合比设计、施工工艺、质量管理及验收等内容进行了论述,并给出了工程应用实例。

本书可作为从事公路沥青路面再生设计、施工和养护技术人员的参考用书,也可作为大专院校本科生和研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

北方地区沥青路面再生技术及应用实例 / 周谦, 杨彦海编著. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2015.8

ISBN 978-7-114-12426-6

I. ①北… II. ①周… ②杨… III. ①沥青路面—再生路面—道路施工—中国 IV. ①U416.217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 179862 号

书 名: 北方地区沥青路面再生技术及应用实例

著 作 者: 周 谦 杨彦海

责任编辑: 潘艳霞

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

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)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 11.75

字 数: 269 千

版 次: 2015 年 8 月 第 1 版

印 次: 2015 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-12426-6

定 价: 50.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前 言

公路工程既是关系国民经济和社会发展全局的民生工程,又是资源占用和能源消耗大户。为实现公路本身所具有的交通功能,同时减少建设和养护过程的工程性破坏,实现公路工程的低能耗、低排放、低污染、循环再利用,是建设绿色交通、和谐交通的必然要求,更是建设资源节约型和环境友好型交通行业的重要环节。

经过几十年的发展,我国公路基础设施日益完善,公路维修养护和升级改造任务日趋繁重。采用沥青路面再生技术对公路维修养护中产生的废旧路面材料进行循环利用,是交通行业实现可持续发展的必然选择。

沥青路面再生技术是利用需要翻修或废弃的旧沥青路面,经过回收、破碎、筛分,再添加适量新集料、新胶结料(沥青、水泥、乳化沥青、泡沫沥青)、再生剂(必要时)等材料后重新拌和,形成符合路用性能要求的材料,用于铺筑路面的整套工艺技术。

根据我国的实际情况,将沥青路面再生技术主要分为就地热再生、就地冷再生、厂拌热再生、厂拌冷再生四类。不同的再生技术具有不同适用条件,在使用这些再生技术时,只有准确掌握其适用条件,才能取得理想的使用效果。本书结合北方地区的实际特点,在系统总结以往研究和应用成功经验,并吸取失败教训的基础上,借鉴国内外已有成果编写而成,以期望能为推动这项技术的推广和应用尽绵薄之力。

本书的写作思路构建,总体设计以及第1、第2章的编写由辽宁省交通厅公路管理局周谦教授级高级工程师完成;全书的统稿工作及第3、第4章的编写由沈阳建筑大学杨彦海教授完成;第5、第6章的编写由沈阳建筑大学王秋菲副教授完成;沈阳建筑大学杨野、高镜雄、沈阳、高小晰、张群等研究生为本书的完成进行了大量的试验工作,并参与了部分章节的编写。本书由长安大学郝培文教授主审。

本书在编写过程中,得到了辽宁省交通系统多位同仁的指导、关心和帮助,在此表示衷心感谢!

由于作者水平所限,书中一些观点和结论可能还有待进一步研究和完善,恳请国内外专家、学者、同行批评指正。

编著者

2014年12月于沈阳

目 录

第1章 绪论	1
1.1 沥青路面再生的目的和意义	1
1.2 旧沥青材料再生的途径	2
1.3 国内外沥青路面再生技术应用情况	3
1.4 沥青路面再生方式选择	7
1.5 沥青混合料再生技术发展趋势	11
第2章 就地热再生	12
2.1 定义及特点	12
2.2 适用条件	13
2.3 常用就地热再生设备	13
2.4 热再生用再生剂研发	15
2.5 原路面调查及分析	23
2.6 材料要求	25
2.7 就地热再生混合料配合比设计	27
2.8 沥青路面就地热再生施工	31
2.9 质量管理及验收	34
2.10 工程实例一	35
2.11 工程实例二	45
第3章 就地冷再生	53
3.1 定义及特点	53
3.2 适用条件	53
3.3 再生设备选型及配套	54
3.4 冷再生用乳化沥青研发	57
3.5 原路面调查及分析	59
3.6 材料要求	60
3.7 结构组合设计	62
3.8 就地冷再生混合料设计	62
3.9 沥青路面就地冷再生施工	66
3.10 施工质量控制及验收	70
3.11 工程实例一	72
3.12 工程实例二	80

3.13	工程实例三	86
第4章	厂拌热再生	92
4.1	定义及特点	92
4.2	适用条件	92
4.3	再生设备选型及配套	92
4.4	材料要求	96
4.5	厂拌热再生沥青混合料配合比设计	98
4.6	施工工艺	103
4.7	质量管理及控制	106
4.8	工程实例一	107
4.9	工程实例二	122
第5章	厂拌冷再生	127
5.1	定义及特点	127
5.2	适用条件	127
5.3	再生设备选型及配套	127
5.4	原路面调查与评价	130
5.5	材料要求	131
5.6	厂拌冷再生混合料配合比设计	132
5.7	施工工艺	138
5.8	质量管理及验收	142
5.9	工程实例一	143
5.10	工程实例二	150
第6章	温拌再生技术	157
6.1	定义及特点	157
6.2	适用条件	158
6.3	材料选择及要求	158
6.4	基于表面活性技术的沥青温拌剂研发	159
6.5	配合比设计	165
6.6	施工工艺及质量管理及控制	166
6.7	工程实例一	168
6.8	工程实例二	175
	参考文献	179

第1章 绪 论

1.1 沥青路面再生的目的和意义

公路交通运输是综合交通体系的重要组成部分,拥有庞大、完善和完好的公路网是社会经济发展的基本特征和综合竞争力的重要体现。截至 2013 年底,全国公路总里程超过 430 万 km,其中高速公路近 11 万 km。公路事业的跨越式发展,为国民经济和社会进步提供了强有力的保障。公路工程是关系到国民经济和社会发展全局的民生工程,对国民经济的发展起着不可替代的支撑作用。但是,公路建设与养护占用和消耗了大量的自然资源,对周边环境产生着直接或间接的影响,带来一系列环境污染问题。在完成公路本身固有交通功能的同时减少建设性破坏,是“十二五”科技发展总体布局的有机组成部分和亟待研究解决的重要课题,对实现生态的平衡与和谐,创造优美环境,实现交通产业转型、建设资源节约型和环境友好型交通行业具有重要意义。

交通运输部文件交政法发〔2011〕53 号规定:“充分发挥科技进步在低碳发展中的基础性和先导性作用,推广使用新能源和可再生利用技术、节能减排新技术,推广温拌沥青、废旧路面再生等低碳铺路技术。”交通运输部文件交公路发〔2012〕489 号规定:到“十二五”末,全国基本实现公路路面旧料“零废弃”,路面旧料回收率达 95% 以上,循环利用率达 50% 以上。到 2020 年,全国公路路面旧料循环利用率达到 90% 以上。高速公路到“十二五”末,路面旧料回收率达 100%,循环利用率达 90% 以上。到 2020 年,路面旧料循环利用率达到 95% 以上。我国“十二五”综合交通运输体系规划指出“要大力发展循环经济,切实推进绿色交通系统建设,加强交通基础设施建设中废旧建材等再生资源的循环利用”。可见,国家对沥青路面再生利用高度重视。

我国国省干线公路中 90% 以上为无机结合料稳定基层沥青路面,沥青路面的设计年限一般为 12~15 年,通常在 10 年左右需要大修。“十二五”末,我国将基本建成国家高速公路网,每年仅高速公路路面大中修规模将达到 8 000 km 以上。按照平均路面宽度为 10 m,平均翻修深度为 10 cm 计算,平均每年将产生近 2 000 万 t 的废旧沥青混合料,数量巨大。此外,其他等级道路和城市道路的维修也会产生大量的废旧材料。

在这样的背景下,我国未来公路发展的首要任务之一是大力发展符合循环经济的沥青路面再生技术,通过最大限度地循环利用废旧沥青混合料,提高公路建设养护领域的资源综合利用率。应用和推广沥青路面再生技术对实现交通增长方式的根本性转变和产业结构的优化升级具有十分重要的现实意义。

研究发现,在废旧沥青混合料中,石料的强度并没有发生较大的改变,只是级配可能由于受到车辆荷载长期作用而有所细化,通过加入部分新集料完全可以使其恢复到原有的级

配范围,这是可再生利用的资源;而经过长年的使用,沥青会老化变质,逐渐丧失其使用性能,但通过加入再生剂或掺加一定比例高标号的新沥青,老化沥青的使用性能也将得到一定程度恢复(热再生);或掺加不同比例的乳化沥青、泡沫沥青、水泥等,做成下面层或柔性(半刚性)基层。所以,通过一定工艺是完全可以废旧沥青混合料再生利用的。

沥青路面再生利用是将需要翻修或废弃的旧沥青路面,经过回收、破碎、筛分,再添加适量新集料、填料、新胶结料(沥青、水泥、乳化沥青、泡沫沥青)、再生剂(必要时)等,重新拌和,形成符合路用性能要求的材料,再用于铺筑路面的整套工艺技术。

沥青路面再生技术的推广和应用主要有三个目的:

- (1) 矫正路面病害,改造路面结构,延长路面寿命;
- (2) 减少维修工程的能源消耗,并降低废弃材料对环境的污染;
- (3) 充分利用废旧资源,降低工程造价。

沥青路面再生利用技术的核心思想是充分利用旧沥青路面材料,保护环境,减少资源消耗,变废为宝,形成一个符合循环经济模式的产业链;是公路建设可持续发展战略的重要组成部分,符合建设绿色交通、和谐交通的发展要求。因此,进行沥青路面再生技术研究具有重要的现实意义。

近年来,我国道路建设和养护的年沥青用量均维持在1 000万t以上。我国石油沥青人均拥有量很低,仅相当于美国的1/60,而且这些年消耗量较大,难以满足重交通沥青路用性能技术要求,因此需要进口大量沥青。随着国际石油价格的持续走高,沥青价格持续高涨,已经成为影响公路建设养护的重要制约因素。沥青路面材料中含有5%左右的沥青资源,循环利用很有意义,潜力巨大。另外,沥青路面材料中95%左右为石料,需要开采山体经过加工处理得到不同规格的公路用石料,对这些石料的大量使用必然会造成森林植被减少、水土流失等生态环境破坏。路面再生技术可以重复利用旧沥青和旧石料资源,符合国家可持续发展的战略要求。沥青路面再生技术可以节约土地资源。随着我国公路运输的不断发展,公路密度和交通量不断增大,因此,沥青路面的翻修频率不断增加,产生的废料也日益增多。如果不利用沥青路面再生技术循环利用废旧沥青混合料,废弃旧料和新开采石料将占用大量的土地资源,并造成环境污染。

1.2 旧沥青材料再生的途径

根据目前的工艺与技术条件,对于沥青路面材料的再生,主要有两种技术途径。

1.2.1 恢复旧沥青性能——热再生

热再生包括就地热再生和厂拌热再生,通过加入再生剂(必要时)可以使热融状态下的旧沥青性能得到一定程度的恢复,提高旧沥青的使用品质。沥青再生实际是沥青老化的逆过程,采取一定的技术途径,调节旧沥青黏度,使其降低至所需要的黏度范围。热再生在使用过程中还可掺加温拌剂,实现混合料的温拌化,从而提高压实特性和旧料掺加比例。

1.2.2 旧矿料的再生利用——冷再生

冷再生包括就地冷再生和厂拌冷再生,由于在常温情况下使用,旧沥青利用率较低(加入性能优良的再生剂可利用一部分),主要把旧沥青混合料作为“黑色粒料”加以利用,加入

胶结料(乳化沥青、泡沫沥青、水泥)和新材料后形成具有一定强度的材料。

对旧沥青材料采用热再生或冷再生方式进行再生使用的确定,要依据以下几点:

- (1)具体工程需要,如使用区域和层位,交通量等。
- (2)原路面技术状况、道路结构承载能力等。
- (3)废旧沥青的老化情况等因素。

1.3 国内外沥青路面再生技术应用情况

1.3.1 国外沥青路面再生技术应用情况

1) 沥青路面再生技术发展历程

早在 20 世纪 30 年代,沥青路面再生技术便已开始应用,但发展比较缓慢;80 年代后该技术趋于成熟。美国、英国、德国、日本等国家相继出台了一系列技术手册、指南和规范,并取得了一定的研究成果。自 20 世纪 90 年代以来,沥青路面再生技术进一步发展,在亚太地区也得到普遍应用。国外部分沥青再生技术出版物见表 1-1。

国外部分沥青技术指南、标准、规范

表 1-1

国 家	时间(年)	出 版 物
美国	1981	《路面废料再生指南》、《沥青路面热拌再生技术手册》
	1983	《沥青路面冷拌再生技术手册》
	2006	《美国沥青再生指南》
联邦德国	1981	《热拌再生沥青混凝土施工规范》
德国	1994	《再生沥青混凝土施工指南》
	2004	《维特根冷再生技术手册》
英国	1983	《热拌再生沥青混凝土技术规范》
苏联	1966	《沥青混凝土废料再生利用技术的建议》
	1979	《旧沥青混凝土再生混合料技术准则》
	1984	《再生路用沥青混凝土》
日本	1984	《路面废料再生利用技术指南》
	1992	《厂拌再生沥青铺装技术指南》
澳大利亚	1997	《沥青混凝土路面再生指南》
南非	2009	《沥青稳定混合料技术规范》

美国是最先开始对沥青混合料再生利用研究的,也是目前再生技术发展最成熟的国家之一。其发展历程根据时间可分为以下几个阶段:

(1)1915 年,Warren Brothers 对旧沥青层块进行加热和重新利用,取得了较好的使用效果,节省了可观的费用,但这项技术没有得到足够的重视。

(2)1956 年以后,随着美国州际公路网络初步形成,特别是 1973 年石油危机爆发,沥青路面再生技术作为解决石油危机的一个重要手段,又重新引起人们的重视。

(3)1974 年,美国重新开始研究沥青路面再生技术,并迅速在全国推广应用。

(4)1981年,美国共使用了约400万t再生沥青混合料,美国交通运输研究委员会编制出版了《路面废料再生指南》;1981~1983年,美国沥青协会相继出版了《沥青路面热拌再生技术手册》和《沥青路面冷拌再生技术手册》。

(5)1985年,美国使用了近2亿t再生沥青混合料,占当年全国所有道路沥青混凝土用量的一半;1994年,美国各州使用回收旧沥青而节约费用达3亿美元。

(6)1997年,美国联邦公路局(FHWA)提出“绿色公路”的概念,各州将沥青路面旧料作为集料和黏结料替代料,生产热拌再生沥青混凝土,而旧料添加量随各州政府情况而异,一般在10%~50%之间。

近年来,加利福尼亚州的热再生应用高速热气流传热技术和微波技术,旧料掺加率高达100%。到20世纪末,美国再生沥青混合料的比例已占全部道路用沥青混合料的一半左右,各种再生技术都日趋成熟。

西欧国家也十分重视沥青路面再生利用技术。20世纪70年代中期,联邦德国、芬兰、荷兰等国家相继地进行小型试验,并迅速推广应用。沥青路面再生技术的发展过程根据国家的不同,发展如下:

(1)1978年,联邦德国旧沥青路面材料基本全部回收利用,并率先将沥青路面再生利用技术应用于高速公路。

(2)近年来,法国在高速公路和一些重交通道路的沥青路面修复工程中也开始大规模推广应用此项技术。

(3)在芬兰,几乎全国都进行旧沥青路面材料的收集和储存,原来再生沥青路面材料主要用于轻交通道路的面层和基层,近年开始也用于重交通道路。

(4)欧洲沥青路面协会(EAPA)在互联网上宣布,其所有成员国100%地再生利用旧沥青路面材料。

苏联对沥青路面再生技术研究较早。研究的过程可以根据出版相应的建议准则等进行划分,主要分为以下进程:

(1)1966年出版了《沥青混凝土废料再生利用技术的建议》,但实际应用较少。

(2)1979年出版了《旧沥青混凝土再生混合料技术准则》,提出各种条件下沥青路面材料的再生利用方法。

(3)1984年出版了《再生路用沥青混凝土》,详细阐述了厂拌再生和路拌再生方法。

近年来,俄罗斯沥青路面再生利用技术发展速度较快,应用范围较广,仅圣彼德堡市每年就节约沥青用量约1400t。

日本在1976年就开始研究沥青路面再生技术。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》,1992年又出版了《厂拌再生沥青铺装技术指南》,其中指出将热拌再生沥青混合料应用于重交通道路路面的使用结果表明,如果适当地对再生热拌沥青混合料进行质量控制管理,其铺装后与新铺装路面性能相当。1993年日本的旧料再生利用率达到78%,2000年以后旧料再生利用率均超过90%。

2) 不同沥青路面再生技术的应用情况

沥青路面再生技术分为厂拌热再生、就地热再生、厂拌冷再生、就地冷再生等。1997年,国际经济合作与发展组织(OECD)发表的《道路工程再生利用战略》白皮书显示,主要发达

国家的沥青路面再生利用率普遍在 75% 以上,详细情况见表 1-2。

国际经济合作与发展组织对 12 国路面再生利用调查表(沥青部分)

表 1-2

国家	澳大利亚	奥地利	比利时	加拿大	丹麦	芬兰	法国	日本	荷兰	瑞典	英国	美国
利用率(%)	80	80	100	90	90	95	100	80	100	75	90	80
厂拌热再生	G	G	G	G	G	G	G	G	G		G	G
就地热再生	L	L		L	G	G	G		G	G	L	L
厂拌冷再生		L		L			G			G	L	L
就地冷再生	L			L		G	G			L		L
基层/沥青		L		L		L	G		L	L		
基层/水泥	G	G	G				G	G	G		G	
底基层		G		G	L	L	G	G	G		L	G

注:G 表示普遍采用,L 表示有限使用。

沥青路面再生利用总体情况是:

- (1) 旧沥青路面材料的再生利用率为 75% ~ 100%。
- (2) 厂拌热再生技术应用最为广泛,再生沥青材料主要用于路面面层结构。
- (3) 不论是集中厂拌再生还是就地再生,冷再生技术推广程度较低。
- (4) 就地热再生技术应用较广,但只有少数国家推广程度较高。

在调查过程中,沥青路面再生技术主要使用效果如下:

- (1) 节省费用方面:统计资料显示,比利时为 12% 左右,日本为 5% ~ 10%。
- (2) 服务寿命方面:美国认为厂拌热再生路面为 10 ~ 20 年,就地热再生路面为 4 ~ 8 年,厂拌冷再生路面为 5 ~ 10 年,就地冷再生路面为 10 ~ 15 年。

(3) 可靠性方面:澳大利亚在 1997 年的《沥青混凝土路面再生指南》中提出 60% 的沥青再生路面寿命与传统沥青路面相同,并具有更好的抗车辙能力;美国和日本认为,再生沥青路面寿命与传统的沥青路面路用性能和使用寿命没有明显的区别。

美国沥青路面再生技术应用情况:美国联邦公路局的统计显示,美国每年产生回收沥青路面材料(RAP)约 4 500 万 t,其中有 33% 采用厂拌热再生的方式利用,其他再生方式合计消耗约 67%。各种再生技术的应用效果如下:

(1) 厂拌热再生。

厂拌热再生是美国最普及的筑路技术,目前佛罗里达州、佐治亚州、路易斯安那州、马萨诸塞州、明尼苏达州、华盛顿州、怀俄明州等都使用该技术。这些地区多年的研究和跟踪测试结果表明,厂拌热再生混合料的路用性能和使用寿命不低于普通热拌沥青混合料。佛罗里达州交通部门还颁布了相关规范指导工程实践。

(2) 就地热再生。

美国学者 J. W. Button 等对全美就地热再生技术使用情况的调查结果显示,22 个州的就地热再生使用评价情况为优,部分就地热再生工程路用性能不佳的原因是原路面技术状况较差,不适合使用该技术。

(3) 冷再生。

美国很多地方交通署在高速公路的修复工程中都成功实施了冷再生技术推广应用战略。该技术在美国应用已经超过 20 年。犹他州 40 号州际公路的大修项目是一个典型的工

程实例,通过对 40 号州际公路的跟踪研究表明,在结构性能一致的前提下,使用冷再生技术与沥青混凝土罩面(10cm 冷再生层+7.5cm 热拌沥青混凝土罩面)的结构组合方式比直接使用 15cm 热拌沥青混凝土的传统方案节省了 36% 的成本。冷再生技术的应用为该项目节省了 93 万美元,占项目总成本的 11%。

综上所述,目前欧美日等发达国家在再生沥青混合料生产工艺及配套机具的研制与开发方面均取得了显著的成就,30 多年的生产实践也已证明沥青路面再生利用技术可行,经济合理,并形成了系统的沥青路面再生成套技术,使之规范化与标准化。

1.3.2 国内沥青路面再生技术应用

我国在 20 世纪 50 到 70 年代,曾不同程度地发展过废旧沥青混合料筑路技术,沥青再生材料主要用于轻交通道路、人行道或道路垫层。1982 年,交通部立项对沥青路面再生机理、再生沥青混合料的设计方法开展了比较系统的试验研究。1983 年建设部下达了“废旧沥青混合料再生利用”的研究项目,由上海市市政工程研究所、武汉市市政工程设计研究院、天津市市政工程研究所等单位承担,该项目在苏州、武汉、天津、南京四个城市铺筑了大于 3 万 m^2 的试验路,研究成果已经列入城市道路设计规范。

在公路建设中,湖南省曾在较早的时候将乳化沥青加入到旧渣油表层面混合料中,用拌和法和层铺法修筑了再生试验路,证明了该项技术的可行性和经济性。辽宁、山东、河北、广东、安徽等省也在 20 世纪 80 年代先后进行过旧渣油路面的再生利用的技术研究。1985 年,建设部曾组织上海、南京、天津、武汉等市政部门和苏州市公路局、哈尔滨建筑工程学院等单位进行过专题研究,1991 年 6 月发布了《热拌再生沥青混合料路面施工及验收规程》(CJJ 43—1991)。

随着我国高等级沥青路面维修工程量的增加,沥青路面再生技术研究正逐步深入化和系统化。2001 年,北京利用再生技术铺设环保沥青路面;2002 年北京市下发了《北京市路面沥青混凝土旧料再生利用管理办法》;2002 年,广东省从美国阿思泰克(ASTECC)公司引进了 RDB-9640 型“双滚筒”式厂拌热再生搅拌设备,并在广佛高速公路中下面层进行了再生沥青混合料施工,开始了厂拌热再生技术在高速公路上应用。北京市政引进了日本新潟、日工的厂拌热再生设备,西安市政引进德国林泰阁(LINTEC)公司生产的 HRC100 厂拌热再生设备,沈阳道庆引进了瑞士安迈公司生产的 Uniglobe RAP320 型的厂拌热再生设备,并在多个实体工程中得到应用。国内也有许多再生设备厂家,如福建铁拓、无锡雪桃、徐州劲拓、南方路机等,并在国内各省市得到应用。2001 年,京津塘高速公路开始了沥青路面的就地热再生工程的实践。后来的短短几年里,全国引进的就地热再生列车已有六七套之多,包括德国 Wirtgen 4500 型热再生机组、芬兰卡罗泰康 Roadmix KRM2000RS 型再生列车、加拿大 AR2000 就地热再生设备、加拿大马泰克(Martec)AR2000 热再生大型机组。国内的一些企业也开展了相关设备的研究工作,并取得了丰硕的成果。2004 年中联重科自主开发的 LR4400 加热机开始进行就地热再生施工。2006 年鞍山森远也研制出 SY4500 重铺机组,并在浙江、河南、辽宁等省施工中应用。就地冷再生设备主要集中在德国维特根 WR2500 路面就地冷再生机,美国 ITG 集团生产的 CIR 900 就地冷再生机组等。国内山东公路机械厂生产的 LZS2400/2100 等现场沥青路面冷再生机也在一些实体工程中得到应用。

2004 年,由浙江兰亭高科与长沙理工大学等合作开展的交通部西部交通建设科技项目

“沥青路面再生利用关键技术研究”,对厂拌热再生技术进行了系统研究,并修筑了试验路,取得了大量的科研成果。

2008年,交通运输部推出了《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41—2008)。2010年,国家标准《再生沥青混凝土》(GB/T 25033—2010)发布。

1.4 沥青路面再生方式选择

1.4.1 沥青路面再生方式

沥青路面再生不是单一技术,而是一类技术的总称。美国沥青路面再生协会(Asphalt Recycling and Reclaiming Association)将沥青路面再生技术进行分类,分类如下:

- (1)冷铣刨(Cold Planing);
- (2)热再生(Hot Recycling);
- (3)就地热再生(Hot In-Place Recycling);
- (4)再生(Cold Recycling);
- (5)全深式再生(Full Depth Reclamation)。

这五类沥青路面再生技术还可进一步划分,具体划分如下:

- (1)就地热再生。
 - ①表面再生(Resurfacing);
 - ②复拌再生(Remixing);
 - ③加铺再生(Repaving)。
- (2)冷再生。
 - ①就地冷再生(Cold In-place Recycling);
 - ②厂拌冷再生(Cold Central Plant Recycling)。
- (3)全深式再生。
 - ①破碎(Pulverization);
 - ②机械稳定(Mechanical Stabilization);
 - ③沥青稳定(Bituminous Stabilization);
 - ④化学稳定(Chemical Stabilization)。

根据我国实际情况,在《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41—2008)中,将沥青路面再生技术分成四大类,分类如下:

- (1)厂拌热再生(Hot Recycling);
- (2)就地热再生(Hot In-place Recycling);
- (3)厂拌冷再生(Cold Central Plant Recycling);
- (4)就地冷再生(Cold In-place Recycling)。

其中就地热再生又根据再生工艺的不同分为复拌再生(Remixing)和加铺再生(Repaving)。本书是按照我国现行的再生规范执行的。

另外,还有一种全深式冷再生,就是采用全深式冷再生设备对沥青面层及部分基层进行

就地翻松,或者将沥青层部分或全部铣刨移除后对下承层进行就地翻松,同时掺入一定数量的新集料、再生结合料、水等,经过常温拌和、摊铺、碾压等工序,一次性实现旧沥青路面再生的技术。再生结合料可以为乳化沥青、泡沫沥青、水泥或石灰。如采用水泥或石灰等作为再生结合料,则铣刨深度范围内沥青层的厚度比例宜小于 50%。

这些再生方法有四个共同的优点:

- (1) 充分利用原有废旧材料,解决了废旧资源循环再利用问题。
- (2) 通过加入新集料和沥青胶结料等,可以改善混合料性能。
- (3) 可以修复路面病害,改善道路行驶质量。
- (4) 与常规修复方法相比,可以节约费用。

就地再生与厂拌再生的区别在于,前者实现了旧路面材料的就地再生利用,而后者则是将旧路面材料以厂拌的方式实现再生利用。一般情况下,从再生混合料性能的角度而言,厂拌再生混合料的性能优于就地再生混合料。

冷再生与热再生的最大区别在于,再生温度(拌和、摊铺过程中的材料温度)的不同。正是由于作业温度不同,使得冷再生和热再生有着各自的技术特点和适用条件。一般情况下,从再生混合料性能的角度而言,热再生混合料的性能优于冷再生混合料。

1.4.2 再生方式选择

1) 再生方式选择的原则

沥青路面再生技术的选择,要坚持三“E”原则:技术性(Engineering)、环境性(Environmental)和经济性(Economic)。

(1) 技术性原则

技术性原则是指回收沥青路面材料(RAP)的再生利用不应该是单纯的回收沥青路面材料(RAP)的消耗,而是应该充分开发和利用其价值。在其再生利用中,应按以下步骤进行:

首先,对回收沥青路面材料(RAP)的成分、性质等进行详细的研究,提出 RAP 可能利用的方法和途径。

其次,对回收沥青路面材料(RAP)的性质,有针对性地开发再生利用方法,提出废旧材料的处理和再生材料的生产工艺,提出再生材料的技术性能和技术标准。

回收沥青路面材料(RAP)的再生利用不能降低材料和技术性能,而是针对再生材料的性质,开发和提出有效的利用途径,或开发、生产的再生材料和产品具有更优良的性能。

技术性原则是选择旧沥青混合料再生利用方式最重要的原则,影响选择满足施工技术要求和施工质量要求的再生利用方案选择的因素有:

- ①道路等级。
- ②道路交通条件。
- ③旧路面状况。
- ④技术和设备情况。

回收沥青路面材料(RAP)是沥青路面经过多年使用后,由于路面性能下降已不能满足使用要求,或由于路网调整和改善,对道路进行大修或改建时产生的,它主要含有粗集料、细集料和旧沥青。粗、细集料是良好的建筑材料,一般不会因为路面的使用而发生性能上的重

大变化,因而可以任何方式进行再生利用。沥青则不一样,沥青性能会随使用年限的不同而发生不同的变化,需要根据沥青使用年限采用不同的再生方法。

①热再生方式:使用年限短的旧沥青混合料所含有的沥青含量高,旧沥青性能相对较好,以热再生方式再生利用将会取得较好的技术和经济效益。

②冷再生方式:使用时间长的旧沥青混合料所含有的沥青含量低,旧沥青性能相对较差,以热再生方式进行再生时需要使用较多的再生剂,增加了再生成本,同时再生材料性能相对不稳定,甚至不能满足要求,此时采用冷再生利用将会取得更好的技术和经济效益。

除了旧沥青本身性能外,现有道路性能、道路等级和类型也是选择再生利用方式的重要因素之一。路面性能劣化有多种类型和原因,在确定再生利用方案时必须考虑现有路面条件。再生方案的选择还需要考虑道路等级、交通量大小等诸多因素,所以在选择再生方式时应注意以下几点:

①重载交通、交通量特别大的道路,使用冷再生时应慎重。

②城市道路和公路也有许多不同之处,公路线路长、工程量大,交通量小可以分车道施工,基层均匀,路面下一般没有其他设施,适合于大型就地再生设备的展开和使用,因此可以优先采用就地再生方式。

③城市道路路段短、工程量小、交通量大不能封闭交通施工,路面下一般有地下设施,路面上有各种检查井,不利于大型就地再生设备的展开和使用,因此,城市道路一般适于采用厂拌再生的再生利用方式。

(2) 环境性原则

环境性原则是指回收沥青路面材料(RAP)的再利用要保证环境的安全性,绝对不能以对环境产生新的污染为代价,因此在回收沥青路面材料(RAP)利用的过程中应做到以下几点:

①保证再生材料和产品符合相关环境质量标准的规定。

②保证作业人员和公众的安全。

③保证产品使用过程中的安全。

沥青混合料是一种传统的道路建筑材料,在正常的使用条件下不会对环境造成太大的影响。但由于不同的旧沥青路面再生利用方案对环境产生的影响是不一样的,仍有必要在选择再生利用方式时考虑对环境的影响。

热再生方式需要对旧料进行破碎、筛分、加热,然后与其他新材料进行拌和使用,需要消耗较多的能源,也会产生较多的对环境不利的有害气体,对环境有不利的影响。

冷再生技术需要对旧料进行破碎、筛分,但无需对旧料进行加热,减少了能源的消耗,不产生有害气体,对环境的影响相对较小。

就地再生方式需要使用庞大的再生设备,施工过程中会产生较大的噪声,不宜在城市中心地区采用,但在公路或远离居住区的城市道路中采用可以节省建设拌和站(厂)的费用,缩短工期,能取得较好的技术和经济效果。厂拌再生方式与之相反,材料的破碎、筛分和拌和是在特定的工厂中完成的,一般远离市区,不会对居民产生影响。同时,还可以通过技术改造降低噪声,因此该种再生利用方式适合于城市道路采用。但是,厂拌再生必须单独建设拌和站(厂)需要进行较大的投资。

(3) 经济性原则

经济性原则是指回收沥青路面材料(RAP)的再生利用应该具有一定的经济效益才能进行。由于回收沥青路面材料(RAP)的收集、处理,设备的购置、改造等一系列的附加工程,再生材料的成本可能高于天然材料或非再生材料。因此,选择最佳的再生利用方法就至关重要,对其产生影响的因素主要有:

- ①设备能力。
- ②技术条件。
- ③政策影响。

废旧材料的再生利用还要考虑社会效益,其社会效益应以某种方式纳入经济分析中。国家应制定相应的政策协调废旧材料产出者、再生材料生产者、再生材料使用者的利益关系,从政策上扶持和鼓励废旧材料的处理和再生利用。

在回收沥青路面材料(RAP)的再生利用中,经济性和技术性是一对矛盾体,往往技术性好的再生方式,其经济效益相对较差,而单独追求经济效益有时不能达到技术要求。在我国相关法律和管理体系下,统一考虑技术性和经济性是沥青混合料再生利用的必由之路。施工单位应根据自身的技术和设备条件考虑再生利用方式,还要对各种再生利用方案进行经济技术分析,综合考虑各方案的社会和经济效益,选择最佳的再生利用方式。

2) 不同再生方式修复不同路面病害

选择再生方式的一个重要原则就是这种再生方式是否能够修复路面病害。我国《公路技术状况评定标准》(JTG H20—2007)中把沥青路面破损分为 11 类 21 项。本书将其归纳总结为:

- (1)表面类。
- (2)变形类。
- (3)裂缝类。
- (4)修补类。
- (5)基层破损。

具体再生方式选择情况见表 1-3。

不同再生方式能够处理的病害类型 表 1-3

路面病害类型		厂拌热再生	就地热再生	厂拌冷再生	就地冷再生
表面类	松散	※	※	※	×
	泛油	※	※	※	×
变形类	波浪	※	×	※	※
	轻度车辙	※	※	※	※
	重度车辙	※	×	※	※
裂缝类	龟裂	※	×	※	※
	纵向裂缝	※	×	※	※
	横向裂缝	※	×	※	※
	块状裂缝	※	×	※	※
修补类	坑槽	※	×	※	※
	沉陷	×	×	×	×
基层破损		×	×	×	※

注:※-能够处理;×-不能处理。

3) 不同沥青再生方式可再生形成的层位比较

可再生形成的层位是由再生出的混合料的性能所决定,另外,由于现场沥青路面的结构发生变化,需要根据具体情况,重新进行设计,这也将影响到再生材料所应用的路面层次。四种不同再生方法能够用作的沥青路面层位的比较见表 1-4。

不同再生方法能够再生用作的沥青路面层位

表 1-4

再生方法	高等级公路			其他等级公路		
	表面层	中下面层	基 层	表面层	下面层	基 层
厂拌热再生	△	※	※	※	※	×
就地热再生	※	※	×	※	※	×
厂拌冷再生	×	△	※	×	※	※
就地冷再生	×	×	※	×	△	※

注:※-推荐;△-谨慎推荐;×-不推荐。

1.5 沥青混合料再生技术发展趋势

1.5.1 特殊沥青路面再生技术

目前,我国 SBS 改性沥青路面、SBR 改性沥青路面、橡胶沥青路面、胶粉改性沥青路面、高模量沥青路面、复合改性沥青路面以及一些封层类(稀浆封层、微表处、碎石封层、纤维封层、雾封层、CAPE 封层等)路面应用越来越广。几年后,我国大部分地区的这些特殊沥青路面将进入维修养护期,养护过程中就将产生大量的废旧材料,所以,对这些材料的再生利用意义重大。国内外的一些专家学者已经开始对这些方面开展研究,但总体上成果不多。

1.5.2 沥青路面温拌再生技术

温拌再生沥青混合料是一种“绿色环保型”材料,实现了热再生技术和温拌技术的有机结合,体现了废旧资源循环利用和节能环保的优点,能够达到以下四方面效果:

(1)在现有施工工艺条件下,提高厂拌热再生回收沥青路面材料(RAP)的掺加比例,改善再生混合料的施工条件,拓宽厂拌热再生技术的应用范围。

(2)解决就地热再生施工中难压实的问题。

(3)减轻回收沥青路面材料(RAP)中旧沥青在生产过程中二次老化。

(4)促进新沥青、再生剂、旧沥青之间的融合与均匀分布,进一步改善再生效果。

1.5.3 沥青路面重复再生技术

沥青路面再生使用到一定阶段,将会涉及回收沥青路面材料(RAP)的循环利用问题,特别是再生沥青再度老化(第二次老化)及二次再生(第二次再生)技术的可行性等还需要进一步探讨和深入研究。