

附件 2

《温拌改性沥青磨耗层技术标准》

编制说明（修订）

2025 年 1 月

目 次

一、工作概况	1
(一) 任务来源	1
(二) 起草单位	1
(三) 主要起草人及分工	1
二、制定(修订)标准的必要性和意义	2
三、主要起草过程	4
四、编制原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	8
(一) 编制原则	8
(二) 编制依据	8
(三) 与现行法律法规、标准的关系	8
五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	11
(一) 主要条款说明	11
(二) 主要技术指标、参数、试验验证的论述	17
六、重大意见分歧的处理依据和结果	27
七、实施标准的措施及建议	27
八、知识产权说明	28
九、其他应说明的事项	28

《温拌改性沥青磨耗层技术标准》

地方标准修订说明

一、工作概况

（一）任务来源

2024年5月16日，由宁夏交通建设股份有限公司申请地方标准的修订立项，按照《自治区市场监管厅关于下达生态环境领域地方标准制（修）订计划的通知》，批准《温拌改性沥青磨耗层技术标准》地方标准的修订。

此次修订工作依托宁夏回族自治区重点研发计划项目《公路废旧材料再生循环利用技术研究和应用-沥青路面及交安设施》研究成果及G2012线定武高速清水河枢纽至红卫枢纽段的路面病害治理项目工程施工技术应用情况开展。标准的提出及归口管理职责由宁夏回族自治区交通运输厅承担。

（二）起草单位

地方标准起草单位：宁夏交通建设股份有限公司

协作单位：宁夏公路管理中心、宁夏交建交通科技研究院有限公司、宁夏公路桥梁建设有限公司。

（三）主要起草人及分工

组长：窦占双，项目总负责。

技术负责人：韩方元，负责技术支持及协调工作。

主要起草人员：窦占双、张志涛、韩方元、王晓东、门光誉、贾小龙、丁小平、崔宇、倪静哲、丁玉录、高举怀、刘亚萍、冀鹏举、何梅芳、张晓星、任斌、李宁、马道远、孙龙、董炜、王朝晖、李瑞杰。

任务分工

任务分工	人员
负责大纲及全标准审核、协调工作	窦占双、张志涛
负责第 1、2、3、4 章修订工作	韩方元、王晓东、门光誉
负责第 5 章修订工作及全标准校稿工作	贾小龙、丁小平、崔宇
负责第 6 章修订工作	倪静哲、丁玉录
负责第 7 章修订工作	高举怀、刘亚萍、冀鹏举
负责第 8 章修订工作	何梅芳、张晓星、任斌
负责第 9 章修订工作	李宁、马道远、孙龙
负责附录 A 修订工作	董炜、王朝晖、李瑞杰
负责各材料整理、报送工作等	崔宇

二、制定(修订)标准的必要性和意义

近年来，宁夏交通运输发展取得了快速发展，现有公路总里程超过 3.8 万公里，路网密度已超过全国平均水平，今后我区公路交通基础设施领域将逐步由建设期转入养护期，养护工程、预防性养护工程将成为未来交通领域的主体。每年因公路养护维修产生的大量废旧材料无法高效循环利用，将严重制约交通行业产业体系绿色低碳转型工作的推进，仅“十四五”期间普通国省道及高速公路预计产生 RAP 料超过 470 万吨。

宁夏回族自治区党委第十三届五次全会《关于深入学习贯彻习近平总书记重要讲话精神、全面推进新征程生态文明建设、加快建设美丽宁夏的意见》明确指出，推进废旧路面材料、轮胎等循环利用。目前，大量公路路面废旧材料亟需系统化、资源化再利用，公路废旧材料体系化再生循环利用技术将成为废弃材料循环利用的重要途径。目前区内正在逐步完善沥青路面厂拌热再生技术体系建设，但仍然存在 RAP 材料综合利用率低、高值化再生技术手段不完善、高结构层位及高品质再生利用经验匮乏等突出问题，极大程度限制了我区沥青路面厂拌热再生技术的推广及应用。将 RAP 材料应用于温拌改性沥青磨耗层中可有效发挥温拌技术与厂拌热再生技术的优势，降低再生沥青混合料出料温度，避免 RAP 二次老化，提高细档 RAP 使用率，实现公路废旧材料的高品质循环利用，降低碳排放量。

我国已有行业标准及多项地方标准对温拌技术作出规范化引领，但结合温拌与再生技术类标准文件较少，仅 DB53/T 658-2014《硫磺温拌再生沥青混合料施工技术规范》、T/GZHTS 5-2022《公路沥青路面厂拌温再生技术规范》、TJG F4008-2023《沥青路面厂拌温再生施工技术规范》3项，且未详细规范温拌再生沥青混合料配合比设计方法，对温拌再生的关键施工参数确定无明确流程，对不同地区的适用性较差。因此，针对宁夏地区温拌沥青磨耗层应用存在问题、RAP 堆积生态问题及厂拌热再生技术附加值较低问题，迫切需要从靶向问题出发，规范 RAP 材料在温拌改性沥青磨耗层的应用，助推温拌

再生沥青磨耗层技术在宁夏地区的标准化、规模化、高值化推广应用。

本标准在充分考虑国内外已有工程经验前提下，以原标准《温拌改性沥青磨耗层技术标准》实施期间存在的磨耗层施工散热过快、压实困难等问题为基础，旨在总结提出一套适应于宁夏地区涵盖RAP材料的温拌改性沥青磨耗层配合比设计优化方法、施工准备工作、工艺流程、施工安全与质量控制、验收与评定等多方面内容的温拌再生沥青磨耗层技术标准，有效缓解地区公路废旧材料堆存生态环保问题，降低工程养护成本，降低生产碳排放。

本地方标准的修订，将规范化我区温拌再生沥青磨耗层技术的推广及应用工作，有效降低公路建养成本，推动区域沥青路面再生技术的高质量发展，解决我区公路废旧材料再利用率偏低、再生成套技术水平较落后、社会经济效益及环保效益不明显等问题，助力全区公路废旧材料积存清零、新产建档、体系规划及资源化与产业化双向发展等目标的实现，符合行业鼓励和引导的低碳节能环保新材料、新技术的研究及应用导向，符合国家、自治区倡导的绿色公路建养模式。

三、主要起草过程

（一）成立起草组、确定分工

地方标准项目任务下达后，宁夏交通建设股份有限公司联合宁夏公路管理中心、宁夏公路勘察设计院有限责任公司、宁夏交通科学研究所有限公司成立标准编制组。

宁夏交通建设股份有限公司负责技术的工程应用及标准的总体组织、策划、协调、编制等工作。

宁夏公路管理中心负责相关试验段应用的的协调工作。

宁夏公路桥梁建设有限公司负责本标准主要技术指标、参数室内试验验证工作。

宁夏交建交通科技研究院有限负责相关实体工程数据采集、分析工作，确保各项数据的准确性和实用性。

(二) 收集资料

本标准编制过程中，不断收集相关法律法规、政策文件、标准等相关资料。

1. 法律法规

- (1) 《标准出版发行管理办法》
- (2) 《市场监管行业标准管理办法》
- (3) 《市场监管行业标准制定管理实施细则》
- (4) 《中华人民共和国标准化法》
- (5) 《中华人民共和国标准化法实施条例》
- (6) 《行业标准管理办法》

2. 政策文件

- (1) 中共中央、国务院《国家标准化发展纲要》
- (2) 中共中央、国务院《国家创新驱动发展战略纲要》
- (3) 中共中央、国务院《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》

(4) 中共中央办公厅、国务院办公厅《“十四五”文化发展规划》

(5) 《宁夏回族自治区推动高质量发展案 标准体系建设方案
(2021年—2025年)》

3. 标准规范

(1) GB/T1.1-2020 《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》

(2) GB/T 20000 《标准化工作指南》

(3) GB/T 20001 《标准编写规则》

(4) GB/T 20002 《标准中特定内容的起草》

(5) GB/T 20003 《标准制定的特殊程序》

(6) GB/T 3100 《国际单位制及其应用》

(7) GB/T 30596 《温拌沥青混凝土》

(8) JTG D50 《公路沥青路面设计规范》

(9) JTG E20 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》

(10) JTG F40 《公路沥青路面施工技术规范》

(11) JTG F80/1 《公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》

(12) JTG/T 5521 《公路沥青路面再生技术规范》

(13) JTG 3432 《公路工程集料试验规程》

(14) JTG 3450 《公路路基路面现场检测规程》

(15) JTG 5142 《公路沥青路面养护技术规范》

(16) JTG 5421 《公路沥青路面养护设计规范》

(三) 编制标准草案

2024年5月，标准编制组对所收集的资料进行梳理、分析，形成工作组讨论稿。

2024年9月，完成试验段路用性能数据采集工作，进一步完善《温拌改性沥青磨耗层技术标准》标准草案。

2024年11月，召开标准讨论会，《温拌改性沥青磨耗层技术标准》修改后形成标准征求意见稿初稿，完成编制说明的编写。

(四) 调研及征求意见

2023年12月，标准编制组组织开展区内和区外公路废旧材料再生循环利用情况调研，为本标准的修订铺筑了坚实的基础。

规范编制过程中，基于宁夏地区11家再生拌和站实地调研及问卷结果，编制组采取座谈交流与实地察看的方式，重点调研了区内外RAP料再生循环利用政策、技术创新和实际应用等情况，实地察看了山东高速章丘无人化基地、山东省路桥集团有限公司中心实验室、山东省滨州公路工程有限公司滨城生产基地、山东瑞泰建设生产基地、徐工集团徐工道路机械事业部、徐工集团徐工道路机械事业部下辖道路机械分公司、徐工养护机械有限公司、连云港市公路事业发展中心下属单位连云港市金顺再生资源利用有限公司、江西省宜春公路建筑废料绿色循环利用产业化基地、福建省交通规划设计院有限公司、福建省铁拓机械股份有限公司、宁夏交建福建银翼建设有限公司等，详细了解了RAP料再生循环利用方面的发展规划、

地方支持政策和市场运营模式、低碳养护材料和制备工艺、试验检测方法及仪器配备、生产设备研发和工程实际应用、引导政策以及实践应用情况等内容，深入了解当前 RAP 料的再生循环利用现状及发展趋势。此次调研旨在学习借鉴先进地区的成功经验，为推动我区 RAP 料高质化再生循环利用工作提供有益参考。

2024 年 12 月-2025 年 1 月编制组收集意见并进行整理，根据采纳意见对标准文本进一步修改并形成了《温拌改性沥青磨耗层技术标准》（征求意见稿）和编制说明，保证该标准的科学性和适用性。

四、编制原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

（一）编制原则

本标准在原标准 DB64/T 1823-2022 《温拌改性沥青磨耗层技术标准》规范内容基础上，新增了 RAP 材料及其设计参数内容，整体内容仍适用于原标准规范要求。

（二）编制依据

本标准依据 GB/T 1.1-2020 《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求进行编制。并参考依据了如下标准规范：

JTG 3432	公路工程集料试验规程
JTG 3450	公路路基路面现场检测规程
JTG 5142	公路沥青路面养护技术规范
JTG D50	公路沥青路面设计规范
JTG E20	公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范

(三) 与现行法律法规、标准的关系

本标准为宁夏地方标准 DB64/T 1823-2022《温拌改性沥青磨耗层技术标准》发布近三年周期后修订内容，主要针对本地区温拌改性沥青磨耗层应用存在问题及公路 RAP 材料再生层位低、细档材料利用率低、附加经济值较低等问题，提出了温拌技术与再生技术在沥青路面磨耗层的应用规范。经调研，未查找到同类技术标准。

温拌沥青类及磨耗层类技术标准主要发布情况如下：

2014年6月9日，国家标准化管理委员会发布了 GB/T 30596-2014《温拌沥青混凝土》，详细介绍了不同类型温拌添加剂功效及温拌沥青混凝土路面施工的工艺流程和技术要求，但未聚焦于磨耗层工程。

此外，各省、地区现行已发布、实施沥青路面温拌技术地方标准 22 项，磨耗层技术地方标准 8 项，仅宁夏地区标准涉及温拌沥青磨耗层技术。

其中，2009 年青海省质量技术监督局发布地标 DB63/T 812-2009《寒区温拌沥青混合料路面技术规范》和 2022 年辽宁省市场监督管理局发布地标 DB21/T 2041-2022《寒区温拌沥青路面工程技术规程》侧重于寒冷区域下温拌技术的施工工艺及验收参数指标。

2014 年云南省质量技术监督局发布地标 DB53/T 654-2014《温拌橡胶沥青混合料施工技术规范》和 2021 年吉林省市场监督管理厅发布地标 DB22/T 5051-2021《城镇道路温拌橡胶改性沥青混合料技术

标准》针对橡胶沥青混合料施工温度高、和易性差等问题，将温拌技术应用于橡胶沥青路面铺筑中，同步减少高温沥青烟的释放，降低碳排放量。

2014年云南省质量技术监督局发布地标 DB53/T 658-2014《硫磺温拌再生沥青混合料施工技术规范》、江苏省质量技术监督局发布地标 DB32/T 2701-2014《硫磺温拌沥青混合料路面施工技术规范》规范了硫磺类改性温拌沥青路面的设计、施工与验收。

2016年江苏省质量技术监督局发布地标 DB32/T 3133-2016《泡沫温拌沥青混凝土路面施工技术规范》及2021年浙江省市场监督管理局发布地标 DB33/T 2384-2021《泡沫温拌沥青混合料施工技术规范》、湖北省市场监督管理局发布地标 DB42/T 1777-2021《泡沫沥青温拌混合料路面技术规程》、山东省市场监督管理局发布地标 DB37/T 5188-2021《城市道路泡沫温拌沥青混合料施工技术规范》侧重于物理活化型泡沫温拌沥青路面的施工规范及技术要求。

2016年云南省质量技术监督局发布地标 DB53/T 768-2016《多孔隙超薄磨耗层应用技术规范》和2017年福建省质量技术监督局发布地标 DB35/T 1722-2017《公路路面半开级配超薄磨耗层施工技术规范》聚焦于多孔结构磨耗层预防性养护技术。

结合温拌技术与再生技术的标准文件较少，主要标准发布情况如下：

2014年云南省质量技术监督局发布了地标 DB53/T 658-2014《硫

磺温拌再生沥青混合料施工技术规范》，规范了磺磺类温拌剂在厂拌热再生技术中的应用。

2022年贵州省公路学会发布了团体标准征求意见稿 T/GZHTS 5-2022《公路沥青路面厂拌温再生技术规范》，提出了 25℃下温拌再生剂粘度要求及不同类型温拌再生沥青路面施工、验收工艺要求。

2023年天津市交通运输委员会发布了团体标准 TJJ F4008-2023《沥青路面厂拌温再生施工技术规范》，侧重于结合温拌与再生技术来降低老化沥青的二次老化率，达到大比例利用回收沥青混合料（RAP）的目的。

综合上述标准发现，这些标准均为针对某一特定工程技术质量问题提出的控制规范，如温拌技术、温拌再生技术、磨耗层技术等，技术整体关联度较低，无法有效解决宁夏地区细档公路废旧材料堆存问题，且《温拌改性沥青磨耗层技术标准》实施期间，存在部分应用问题，故本次标准修订特以原标准文件为基础，添加 RAP 新材料，完善温拌改性沥青磨耗层技术。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（一）主要修订条款说明

本标准主要包括 9 个章节的内容，分别为范围、规范性引用文件、术语、代号、磨耗层厚度设计与原路面技术要求、材料、配合比设计、施工、质量控制与检查验收。

其中，第 1 章。新增条文“本文件未涉及的内容应符合国家和

行业现行有关标准的规定。”

删除“修复性养护”相关内容。

第 2 章。新增 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》、JTG 5220《公路养护工程质量检验评定标准 第一册 土建工程》、JTG/T 5142-01《公路沥青路面预防养护技术规范》、JTG 5421《公路沥青路面养护设计规范》、JTG 3432《公路工程集料试验规程》，DB64/T1057《公路工程路面面层碎石技术条件》。

第 3 章。术语 3.1 SMC 沥青改性剂修改为“以从废旧塑料、废旧橡胶中生产出来的甲基苯乙烯类嵌段共聚物（Styreneic Methyl Copolymers）为主要原材料，添加一定剂量的偶联剂、固化剂、改性树脂，混合均匀后得到的混合物，称为 SMC 沥青改性剂，可熔融分散在沥青类材料中，具有恢复老化沥青性能、改善沥青混合料施工和易性和路用性能的作用，可以作为磨耗层用沥青混合料的温拌剂、再生剂。”

新增术语 3.3 “沥青混合料回收料 reclaimed asphalt pavement（RAP）。采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的废旧沥青混合料。”

新增术语 3.4 “SMC 再生沥青 SMC recycled asphalt。RAP 中的回收沥青与 SMC、新沥青组成的混合物。”

新增术语 3.5 “SMC 温拌再生沥青混合料 warm mix recycled asphalt mixture with SMC。采用厂拌形式生产的含有 RAP 材料的

SMC 温拌沥青混合料。”

第 5 章。条文 5.2.1 表 2。因删除“修复养护”范围，故修改公路状况水平符合预防养护内容。

温拌改性沥青磨耗层适用的各等级公路状况水平

路况指数	高速公路	一级及二级公路	三级及四级公路
PCI、RQI	≥85	≥80	≥75
RDI	≥80	≥75	≥70

条文 5.2.5 修改为“原路面宜整体铣刨 10mm~15mm，或者铣刨深度与罩面厚度相同；铣刨后的沥青路面应进行拉毛处理；处理并清扫干净后，宜洒布改性乳化沥青粘层油，乳化沥青洒布量以 0.3L/m²~0.5L/m² 为宜。”

条文 5.3.4 修改为“铣刨后的水泥混凝土路面清扫干净后，应洒布改性乳化沥青粘层油，改性乳化沥青洒布量以 0.3L/m²~0.5L/m² 为宜；或者洒布热 SBS 改性沥青碎石封层，SBS 改性沥青洒布量以 0.6kg/m²~1.0kg/m² 为宜，碎石应采用 5mm~10mm 单粒级碎石并通过拌合站加热除尘，碎石撒铺量为满铺面积的 60%~70%。”

第 6 章。条文 6.3.2 修改为“SMC 沥青改性剂的掺量宜为新沥青质量的 8%~12%，当采用 SBS 改性沥青加工时 SMC 沥青改性剂掺量宜为 10%~12%，当采用重交道路石油沥青加工时掺量宜为 8%~10%。若混合料设计中掺加 RAP 材料时可适当增加 SMC 掺量约 1%~2%。SMC 准确掺量应由配合比试验及性能验证的结果确定，详见附录 A。”

条文 6.5.2 修改为“粗集料与 SMC 改性沥青(或 SMC 再生沥青)的粘附性应符合表 6 的要求,当不符合要求时,宜掺加消石灰、水泥或用饱和石灰水处理后使用,必要时可在沥青中掺加添加剂,添加剂的剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。”

新增条文 6.8 RAP 材料内容:

沥青混合料回收料 (RAP) 的检测项目与技术要求见下表。

沥青混合料回收料 (RAP) 检测项目与技术要求 (预处理后)

材料	检测项目	单位	技术要求	试验方法
RAP	含水率	%	≤3	现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T 5521)附录 B
	RAP 矿料级配	%	实测	
	沥青含量	%	实测	
	砂当量	%	≥60	
	4.75mm 以下水洗法含泥量	%	≤3.5	T 0310-JTG E20、T 0333-JTG E20
RAP 中旧沥青	针入度, 25°C	0.1mm	≥20	抽提, 现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)
	延度, 15°C	cm	实测	
	软化点	C	实测	
	60°C粘度	Pa.s	实测	
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量	%	≤15	抽提, 现行《公路工程集料试验规程》(JTG 3432)
	压碎值	%	≤24	
<p>注 1: (JTG / T 5521)《公路沥青路面再生技术规范》中要求用于厂拌热再生技术的 RAP 旧沥青针入度指标应不低于 10 0.1mm, 本标准结合磨耗层性能需求特要求 RAP 旧沥青针入度不低于 20 0.1mm.</p> <p>注 2: 磨耗层用 RAP 应为单料源回收材料, 使用前应进行破碎、筛分等预处理。</p> <p>注 3: 磨耗层用 RAP 预处理时宜采用辊式破碎设备或精细油石分离设备。</p>				

第7章。新增条文 7.2.3 “若配合比设计中掺加 RAP 材料，其掺量宜为混合料质量的 20%~30%，且至少应分为 2 档。”

条文 7.2.4 “SMC 温拌再生沥青混合料的总沥青用量可结合当地工程经验，以相同级配类型 SMC 温拌沥青混合料最佳沥青用量为基础增加 0.2%~0.3%估算或参照 JTG/T 5521 附录 D 内容计算。”

条文 7.2.6 “马歇尔试件制作参数”表内新增“注：当混合料中掺加 RAP 材料时，RAP 材料预热温度宜为 110℃~130℃，预热时间不宜超过 2h，其余矿料加热温度应高于相应温拌温度约 5℃~10℃，且湿拌前 RAP 应与新集料干拌 30s。”

条文 7.3.2 “动稳定度技术要求”表格内容修改为：

动稳定度技术要求

项目	单位	技术要求		试验方法
		70 号或 90 号道路石油沥青	SBS 改性沥青	
动稳定度 DS，不小于	次/mm	800	2400	T 0719-JTG E20

条文 7.3.3 修改“水稳定性技术要求”表格内容为：

水稳定性技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
浸水马歇尔试验残留稳定度，不小于	%	80	T 0709-JTG E20
冻融劈裂试验残留强度比，不小于	%	75	T 0729-JTG E20

条文 7.3.4 修改表格表头及单位内容为：

低温抗裂性技术要求

项目	单位	技术要求		试验方法
		70号或90号道路石油沥青	SBS改性沥青	
破坏应变, 不小于	$\mu\epsilon$	2300	2800	T 0715-JTG E20

条文 7.3.5 新增条文标题“7.3.5 渗水性能技术要求”

第 8 章。 条文 8.1.1 修改为“拌和场地、拌合楼等相关要求应符合 JTG F40 的规定。若需生产温拌再生沥青混合料时，拌合楼应配套相应再生设备，满足再生料生产条件。”

条文 8.1.5。表格内容增加注释“注 1：当混合料中掺加 RAP 材料时，RAP 材料加热温度宜为 110℃~130℃，其余材料加热温度宜高于相应温拌温度约 5℃~10℃。注 2：当混合料运距较长或环境散温较快时，混合料出料温度应取上限。”

SMC 与 SBS 复合改性沥青的“沥青加热温度”修改为“130~140”；“出料温度”修改为“150~170”；

条文 8.3 表格内容增加注释“注：当混合料中掺加 RAP 材料时，其施工温度应高于相应温拌混合料约 5℃~10℃。”

条文 8.4.2 表格内容增加注释“注 1：当混合料中掺加 RAP 材料时，其施工温度宜高于相应温拌混合料约 5℃~10℃。注 2：当混合料散温较快压实困难时，宜根据施工环境适当提高各流程温度参数。”

第 9 章。 条文 9.2.1 表格内容新增 RAP 检查项目与频度要求：

施工过程中材料质量检查的项目与频度

材料	检查项目	检查频度		试验规程规定的平行试验次数或第一次试验的试样数
		高速公路、一级公路	其他等级公路	
RAP	RAP 含水率	必要时	必要时	2
	RAP 中集料毛体积密度	1 次/2000 吨 RAP	1 次/3000 吨 RAP	2
	RAP 矿料级配	1 次/天	1 次/天	2
	RAP 沥青含量	1 次/2000 吨 RAP	1 次/3000 吨 RAP	2
	RAP 沥青 25℃ 针入度	1 次/2000 吨 RAP	1 次/3000 吨 RAP	2

条文 9.3.2.3 表格内容“拌和时间”质量要求或允许偏差修改为“ $\geq 35s$ (含 RAP 时, $\geq 55s$)”

新增附录 A。SMC 材料掺加量确定方法

A.1 试验设备

烘箱、马歇尔击实仪、浸水天平等。

A.2 试验准备

根据施工环境, 确定目标初压温度 (不低于 120°C), 如 130°C , 并初步制备 10% 掺量的 SMC 改性沥青。

A.3 试验步骤

a) 按照第 7 节配合比设计内容在目标初压温度下成型 SMC 温拌沥青混合料试件, 经规范养生后测试其空隙率 VV_1 。

b) 根据空隙率 VV_1 与混合料设计 VV 的偏差值, 分别以 1.0% 变量增 ($VV_1 > VV$)、减 ($VV_1 < VV$) SMC 掺量后重新制备 SMC 改性沥青, 在目标初压温度下成型试件, 重新测试其空隙率, 直至确定 SMC 最终掺量。

c) 当改变目标初压温度时, 需重新制定试验方案, 明确 SMC

最终掺量。

d) 当改变 SMC 掺量无法达到设计空隙率时，应合理调整矿料级配或目标初压温度。

e) 当确定 SMC 掺量后验证其混合料路用性能不满足设计要求时，应调整试验方案后重复上述过程。

(二) 主要技术指标、参数、试验验证的论述

本技术规范编制过程中，重点对以下几方面进行了试验验证。

1、5.3.4 条---碎石撒铺量

经工程验证及图像法实际测算，碎石封层实际洒布量约为满铺面积的 60%~70%，仅少部分工程可达到 60%~80%，故对原标准条文进行修改。

2、6.3.2 条---SMC 掺量

掺加 RAP 材料后，沥青材料主要由新沥青、旧沥青、SMC 材料三部分组成，而 SMC 需掺加到新沥青中使用。而 RAP 材料的掺加会降低新沥青的使用量。

经验证，30%RAP 掺量温拌再生沥青混合料中，SMC 掺量为旧沥青的 9%时即可实现旧沥青的再生，其质量约为新沥青的 3.5%或总沥青的 2.6%。同时，按照总沥青量的 12%掺加 SMC 时，其质量约为新沥青的 16.6%，再生沥青混合料前期高温温度性能严重削弱，无法满足工程需求。这是因为再生沥青混合料中新旧沥青的混溶是一个持续的过程，足量的 SMC 材料无法及时扩散到旧沥青中将影响混合料整体性能，其温拌功效主要作用于新沥青中。

经试验验证，在常规 SMC 掺量基础上适当增加 SMC 掺量约 1%~2%即可同时满足混合料温拌、再生功效。因此本标准将条文 6.3.2 修改为“SMC 沥青改性剂的掺量宜为新沥青质量的 8%~12%，当采用 SBS 改性沥青加工时 SMC 沥青改性剂掺量宜为 10%~12%，当采用重交道路石油沥青加工时掺量宜为 8%~10%。若混合料设计中掺加 RAP 材料时可适当增加 SMC 掺量约 1%~2%。SMC 准确掺量应由配合比试验及性能验证的结果确定，详见附录 A。”

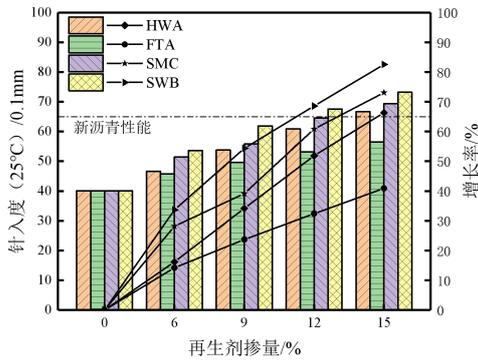
3、表 11---旧沥青针入度、旧集料压碎值指标

(1) RAP 旧沥青针入度。

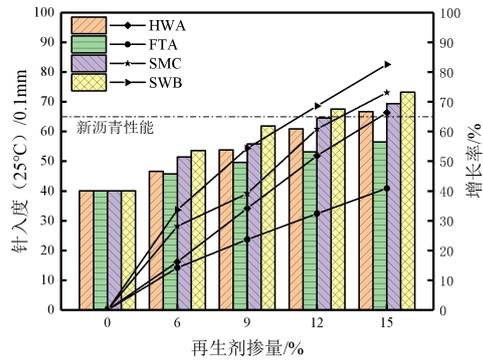
现行再生规范 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中提出 RAP 预处理后针入度指标应不低于 10 0.1mm，但工程验证表明，针入度指标为 10~20 0.1mm 时，沥青重度老化，通过掺加新沥青或再生剂使其针入度恢复到目标水平时，其低温延度指标无法恢复到要求指标，应用时难以满足沥青路面表面层设计要求指标，因此本标准提出 RAP 罩面层应用时针入度指标不低于 20 0.1mm。

研究案例：

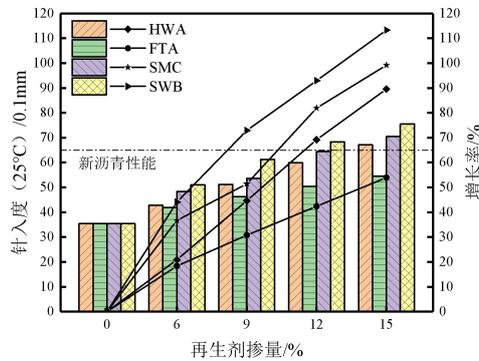
根据公路工程沥青试验规程对不同新旧沥青比例、再生剂类型下再生沥青试样进行常规指标性能测试，其结果如下图所示。其中再生剂的掺量以旧沥青的质量来计算，0%表示仅旧沥青和新沥青按比例混合，HWA、FTA、SMC、SWB 指四种再生剂，其相应的再生沥青分别为 HR、FRA、SMA、SRB。



(a) 新旧沥青混合比例：2.4：1



(b) 新旧沥青混合比例：1.6：1

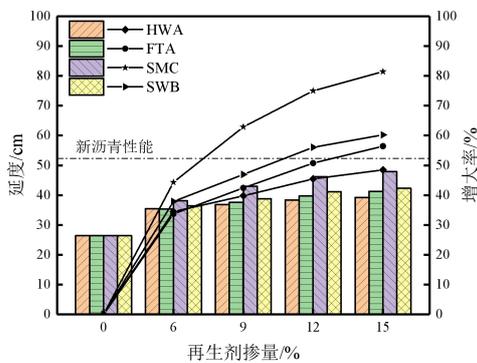


(c) 新旧沥青混合比例：1.0：1

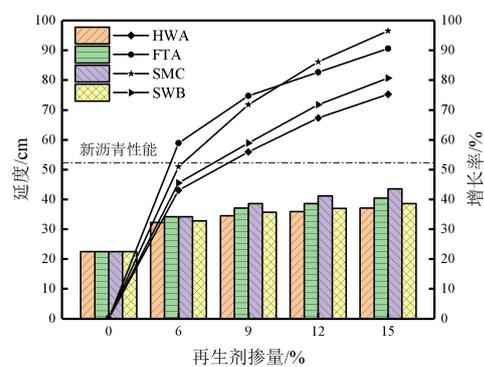
再生剂类型、掺量对不同再生沥青的针入度影响

由上图可知，相同混合比例下，再生沥青的针入度随着再生剂掺量的增加呈上升的趋势，当再生沥青性能接近新沥青性能时，其增长速率有所下降。SRB 对沥青材料的针入度提高程度大于 HR、FRA 和 SMA，在 1.0: 1 混合比例中针入度增长 113%，这可能是由于针入度指标在一定程度上反映了沥青材料的粘稠度，而 SRB 的粘度较小，掺入沥青后对粘稠度的影响较大，使 SWB 再生沥青具备更高的针入度。而 SMA 再生剂在自身粘度较高条件下仍具有较高的针入度恢复效果，这可能是由于 SMA 材料与沥青质组分的相容性更强，对沥青材料的组分调节效果更佳。

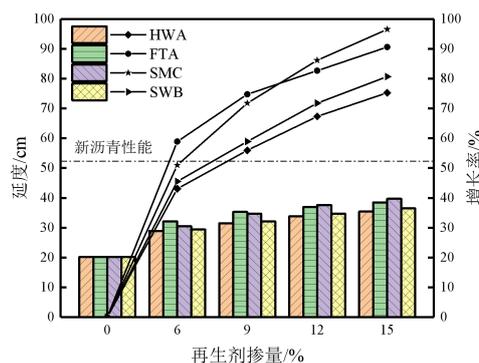
当再生沥青的针入度接近新沥青性能时，其再生剂掺量相近。这是由于再生剂的掺量按照旧沥青的质量计算，当再生剂将旧沥青的针入度恢复至接近新沥青时，新沥青的调和效果减弱。综合表明四种再生剂对再生沥青的针入度恢复效果为： $SRB > SMA > HR > FRA$ 。因 FTA 在试验掺量中未恢复至目标标号，故仅考虑 HR、SMA、SRB 再生剂的最佳掺量，以旧沥青针入度恢复至新沥青指标附近为标准，得到 HR、SMA、SRB 的最佳掺量分别为 13.9%、12%、10.5%。



(a) 新旧沥青混合比例：2.4：1



(b) 新旧沥青混合比例：1.6：1



(c) 新旧沥青混合比例：1.0：1

再生剂类型、掺量对不同再生沥青的延度影响

由上图可知，相同混合比例下，再生沥青的延度随着再生剂掺

量的增加呈上升的趋势，当再生剂掺量大于 6% 时，其增长速率有所下降。2.4: 1 混合比例中，再生剂掺加 0%-6% 过程中四种再生沥青的延度值增长 34.47%、33.71%、44.32% 和 37.88%，而 6%-12% 过程中延度值仅增长 8.17%、12.75%、21.26% 和 13.19%，且四类再生沥青的延度值均低于新沥青。这是由于沥青在老化过程中“硬质”沥青质含量增加，沥青材料变硬变脆，掺入轻组分再生剂后，一定程度内“润滑”了沥青质在材料内部的分子运动，但该过程是一种物理混溶行为，再生沥青的玻璃化转变温度仍较低，其低温延展性能难以恢复。

成型相应再生沥青混合料试件，测试其低温抗裂性能。

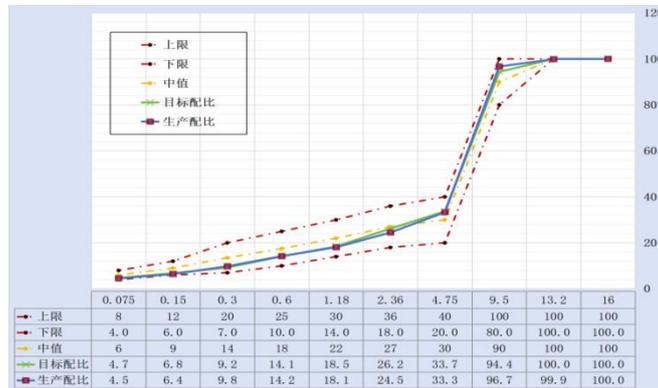
再生沥青及混合料低温性能指标

测试项目	旧沥青针入度(0.1mm)	再生沥青针入度(0.1mm)	再生沥青混合料低温破坏应变
测试值(1)	15.7	67.6	2047
测试值(2)	27.1	68.3	2441
要求值	-	60~80	2300

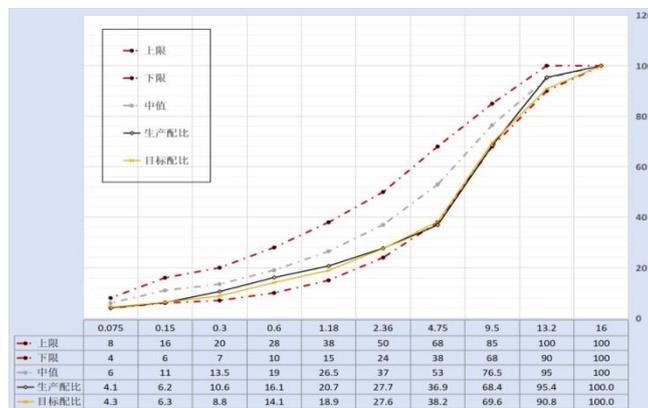
(2) RAP 旧集料压碎值

通过测试不同压碎值 RAP 对再生沥青混合料高温稳定性能的影响，确定 RAP 用于表面层的压碎值限值。

本研究分别设计了 5% RAP 高粘弹 UTAC-10 再生沥青混合料和 20% RAP 高粘弹 UTAC-10 再生沥青混合料两种配合比。RAP 材料分别选取了中河道班和 109 国道拌和场地存储料，压碎值分别为 28.1% 和 24.5%。级配设计及高温稳定性能指标见下图表：



20%RAP-UTAC-10 级配曲线图



30%RAP-AC-13 级配曲线图

参照《JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程》，制备最佳配合比下的车辙试件与马歇尔试件，检测沥青混合料的抗车辙性能。

不同压碎值 RAP 对再生沥青混合料性能的影响

级配类型	RAP 掺量 (%)	动稳定度 (次/mm) --中河 RAP	动稳定度 (次/mm) --109 国道 RAP
UTAC-10	20	2246	5478
AC-13	30	3281	6681

4、7.2.3、7.2.4 条---再生设计

(1) RAP 掺量

对于我国高等级半刚性基层沥青路面典型结构，其沥青面层受力状况如下表：

(1) 距路表面 0~3cm 区域内，沥青混合料受三向压应力作用；

(2) 距路表面 2~10cm 区域内，沥青混合料受剪应力与竖向压应力作用；

(3) 沥青路面层底在静载作用下受拉应力作用，在循环动载作用下受拉压应力重复作用。

路面各层位受力状况

层位	病害	结构受力	功能需求	检测试验
上面层	水损害、低温开裂	三向压力	抗滑、耐磨、抗水损、抗低温开裂	小梁弯曲试验、冻融劈裂试验、浸水飞散试验
中面层	车辙	剪切力、竖向压力	抗车辙	车辙试验
下面层	疲劳裂缝、反射裂缝	纵向拉力	抗疲劳、抗反射开裂、抗水损	水损、疲劳试验

本标准磨耗层厚度约 1.5cm~2cm，整体道路功能需求为抗滑、耐磨、抗水损、抗低温开裂等。综合理论研究及实际施工情况可知，再生沥青混合料中新旧沥青的混溶并非完全，其混溶程度介于“完全混溶”与“完全不混溶”之间，且在一定拌和条件下，RAP 掺量越高，混溶程度越低，进而使再生沥青路面低温抗裂性能及粘附性能劣化，进而导致路面早期松散、开裂病害。

现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T5521-2019) 中厂拌热再生混合料生产施工规定 RAP 掺量超过 30% 时需专家论证确定。

因此本文件以 30%为中值，分别对 20%、30%及 40%RAP 掺量 SMC 温拌沥青混合料进行性能验证，各项试验结果见下表。

不同 RAP 掺量 SMC 温拌再生沥青混合料高温稳定性能

混合料类型	新沥青类型	RAP 掺量 (%)		
		20	30	40
SMC-10	基质沥青+SMC	1127	1084	1043
	SBS+SMC	3518	3475	3488
SMC-13	基质沥青+SMC	1357	1323	1289
	SBS+SMC	6248	6681	5824

不同 RAP 掺量 SMC 温拌再生沥青混合料水稳定性能 (TSR)

混合料类型	新沥青类型	RAP 掺量 (%)		
		20	30	40
SMC-10	基质沥青+SMC	79.2	77.1	73.1
	SBS+SMC	91.2	90.5	85.7
SMC-13	基质沥青+SMC	80.4	76.5	71.2
	SBS+SMC	90.4	92.3	86.2

不同 RAP 掺量 SMC 温拌再生沥青混合料低温抗裂性能

混合料类型	新沥青类型	RAP 掺量 (%)		
		20	30	40
SMC-10	基质沥青+SMC	2489	2374	2105
	SBS+SMC	3040	2937	2743
SMC-13	基质沥青+SMC	2517	2350	2216
	SBS+SMC	2993	2864	2654

由上述结果可知，20%~30%掺量下，温拌再生沥青混合料性能指标均满足规范要求。

(2) 总沥青用量估算

现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T5521-2019)中给出公式 D.6.1 估算再生混合料总沥青，但实际计算结果往往偏大，导致再生沥青路面早期泛油病害率增大。

经研究，再生沥青混合料总沥青用量可结合当地工程经验，以相同级配类型热拌沥青混合料最佳油石比为基础增加 0.2%~0.3%。若无相应工程经验也可按照规范公式估算。

4、表 22、表 23、表 24---温度参数

因 SMC 材料主要成分为轻质组分，可降低沥青粘稠度，作为沥青混合料的温拌剂、再生剂使用。因此原标准中各温度参数多以“温拌”来体现。但实际工程应用表明，各温度参数设置下限较低，在磨耗层应用中存在散温过快、压实困难的问题。因此本标准结合为某些 SMC 温拌磨耗层工程施工温度参数，对相应温度参数进行了修订，约提高 5℃~10℃，并备注说明：根据施工环境，适当提高各流程温度参数。

不同 SMC 温拌磨耗层施工参数对比

工序	温度要求 (°C)			
	原标准	G1816 平吉堡段	定武高速-交建	修订
沥青加热	120~130	130~140	130~140	130~140

工序	温度要求 (°C)			
	原标准	G1816 平吉堡段	定武高速-交建	修订
集料加热	160~175	165~175	170~175	160~175
混合料出厂	140~160	170~175	170~175	150~170
到场	≥135	-	≥165	≥140
摊铺	≥125	≥165	≥160	≥130
初压	≥120	≥150	≥145	≥125
复压	≥110	≥135	≥125	≥115
终压	≥70	≥125	≥100	≥70
开放交通	≥55	≥55	≥55	≥55

针对再生沥青混合料，现行《公路沥青路面再生技术规范》(JTG/T5521-2019)中要求出料温度应比相应类型的热拌沥青混合料高 5~10°C，本标准亦沿用了这一规定，经实践验证，可完成正常施工，且路面性能检测结果均满足规范要求。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

七、实施标准的措施及建议

本标准在《温拌改性沥青磨耗层技术标准》原标准实施期间存在的问题基础上，增加了 RAP 材料的应用，旨在总结提出一套适应于宁夏地区涵盖 RAP 材料的温拌改性沥青磨耗层技术标准，有效缓解地区公路废旧材料堆存生态环保问题，降低工程养护成本，降低

生产碳排放。本标准 of 宁夏公路工程养护领域首次编制的罩面层再生技术规范，需各方面进行逐步修订和完善，建议为推荐性标准。待本标准批准发布后，建议由标委会及交通行业主管部门组织相关生产、检验、施工、设计等有关单位进行宣贯。

八、知识产权说明

本标准依托宁夏回族自治区科学技术厅重点研发计划项目《公路废旧材料再生循环利用技术研究和应用-沥青路面及交安设施》（2023BEG02044-02）开展主要条款技术参数的研究。经查询，本标准提出工艺、方法及相关参数均不在国家专利的权力要求保护范围之内，本标准不涉及相关知识产权。

九、其他应说明的事项

无。