

# 《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范》报批稿

## 山东省地方标准编制说明

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

根据山东省市场监督管理局《2016 年“山东标准”建设行动计划》的通知（鲁标改办发字〔2016〕24 号），《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》列入 2016 年山东省地方标准制编制计划。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

#### （二）起草单位、起草人及任务分工

##### 1. 起草单位

山东省交通科学研究院、山东瑞泰建设有限公司、高德公路建设（德州）有限公司、山东大学、青岛市公路事业发展中心、济南金日公路工程有限公司、滨州市公路勘察设计院有限公司、山东交工建设集团有限公司、山东昆崙路桥工程有限公司。

##### 2. 起草人

董昭、韦金城、郝继刚、董磊、王秀芬、柳久伟、胡善海、李明珠、徐书东、符东绪、杜松、吕健涵、姜斌、段喜东、赵天胜、姚占勇、马士杰、安东、安平、齐庆辉、姚宏达、王书斌、张吉喆、庞斌、付建村、曹洪林、吴净洁、姚爱超、张兆杰、孙强、苏春华、孙兆云、张晓萌、李作钰、胡家波、张磊。

##### 3. 任务分工

山东省交通科学研究院主要负责标准的立项需求调研、标准编制进度把关、协助征集相关单位意见等事项。山东瑞泰建设有限公司、高德公路建设（德州）有限公司、山东大学主要负责标准文本及编制说明的起草修改完善、征求意见的汇总、归纳和处

理。青岛市公路事业发展中心、济南金日公路工程有限公司主要为本标准的参数验证提供项目支持。滨州市公路勘察设计院有限公司、山东交工建设集团有限公司、山东崑崙路桥工程有限公司为本规范参数验证提供人员和设备支持。其中：韦金城担任标准编写组组长，全面组织、协调标准的编制工作。董昭负责起草本标准，策划并实施相关参数的验证。郝继刚、董磊、王秀芬、胡善海、马士杰等对标准技术内容进行把关并提出建设性意见。柳久伟、徐书东、李明珠、符东绪等负责对各相关方的意见和建议进行总结、归纳和处理，以及负责组织召开标准研讨会议，标准编制进度把控。

### （三）起草过程

#### 1 立项阶段

随着我国沥青路面陆续进入维修养护期，废旧路面材料的再生利用成为急需解决的技术难题，沥青路面泡沫沥青冷再生技术实现了废旧路面材料的批量化、资源化利用，具有广阔的应用前景。现阶段我国颁布了 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》，针对泡沫沥青冷再生技术从材料控制、混合料设计、混合料施工进行了简要的规定。但随着再生技术的进步和工程、环境的差异，行业标准 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》并不完全适用山东省的交通环境，因此亟需对原规范中泡沫沥青冷再生的设计与评价方法改进，制定符合山东省气候、交通条件的地方标准。根据山东省市场监督管理局《2016 年“山东标准”建设行动计划》的通知（鲁标改办发字〔2016〕24 号），《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》列入 2016 年山东省地方标准制编制计划。

#### 2 初稿审查

标准计划下达后，在山东省交通运输厅标准化秘书处的指导下，于 2016 年 3 月初成立了由山东省交通科学研究院、山东瑞泰建设有限公司等单位共同参与标准制定的标准起草组，正式启动标准制定工作。结合山东省的应用项目和课题的研究成果，针对沥青路面泡沫沥青冷再生的路面结构设计、材料要求、再生混合料的组成设计和性能要求、施工准备、冷再生混合料施工、施工质量管理和检查验收进行了详细的规定，于 2021 年 6 月完成《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》初稿的编制工作。2021 年 9 月，山东省交通运输标准化委员会在济南组织召开了《沥青路面泡

沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》初稿山东省地方标准审查会，邀请了山东公路学会、山东大学、山东省规划设计院集团有限公司、山东高速集团创新研究院、山东高速路桥集团股份有限公司、山东交通学院的 9 位专家参加。专家听取了标准的编制情况汇报，对标准编制的思路 and 标准内容进行了充分讨论，提出了专业性的意见和建议，编写组根据专家的意见和建议，对标准进行了进一步的修改和完善。

### 3 征求意见

2024 年 3 月至 2024 年 7 月，编制组面向业内相关的管理、监理、设计、施工单位统一发函征求标准意见，起草组共计发送“征求意见稿”的单位数 31 个，其中收到“征求意见稿”后，回函的单位数 31 个，收到“征求意见稿”后，回函并有建议或意见的单位数 27 个，共收到反馈意见、建议 41 条，其中采纳反馈意见、建议 34 条，不采纳 7 条，在对收到的反馈意见进行认真的整理、分析后，对标准进行了进一步的修改和完善。

### 4 送审稿审查

编制组根据各单位反馈的意见进行认真梳理、总结，通过多次讨论及试验验证，对征求意见稿进行进一步的修改完善，2024 年 9 月形成《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》送审稿，于 2024 年 11 月在山东省交通运输标准化委员会组织下召开《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》送审稿山东省地方标准审查会，会议邀请了山东建筑大学、山东高速集团有限公司创新研究院、德州市公路事业发展中心、交通运输公路科学研究院、山东交通学院、内蒙古自治区交通运输科学发展研究院、山东省交通规划设计院集团有限公司、聊城市交通发展有限公司、山东省产品质量检验研究院的 9 位专家参加，对标准编制内容进行进一步讨论与完善。根据专家组意见，为满足泡沫沥青厂拌冷再生的技术要求，弥补相应技术规范的缺失，将地方标准名称变更为《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范》。

### 5 报批、发布

根据《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范》送审稿山东省地方标准审查会专家意见，编制组进一步修改完善标准内容，于 2024 年 12 月形成《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范》报批稿，报送山东省市场监督管理局审查。

## 二、标准制定的目的和意义

### 1. 制定必要性

沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术具有明显的优势，一方面，泡沫沥青厂拌冷再生可以重复利用旧沥青混合料，将废弃的旧沥青混合料变换为高等级路面的柔性基层，低等级道路可以作为下面层，旧沥青材料利用率在 80%以上，如果将旧沥青混合料丢弃则会造成环境的污染；另一方面，泡沫沥青厂拌冷再生混合料性能优越，混合料强度高，易于取芯，节省了养生时间；再者沥青路面厂拌冷再生技术减少了新石料的应用，从一个侧面减少了石料的开采，保护了环境。因此制定相应标准推动沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术应用对减少工程造价、提高路面质量、环境保护都有积极的作用。

### 2. 制定目的

目前我国泡沫沥青厂拌冷再生规范还较为简单，部分指标规定还不够明确。主要表现在混合料设计方法简单，泡沫沥青性能检测方法不够精确。本规范的编制目的是：①规范泡沫沥青指标检测方法；②完善泡沫沥青厂拌冷再生沥青混合料的设计体系，并重新规定混合料的设计级配；③根据泡沫沥青厂拌冷再生的施工特点，确定混合料的现场控制指标体系；④增加装备的要求。现根据山东省沥青路面的特性，制定山东省沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范。

## 三、标准编制原则、主要技术内容和依据

### （一）标准的编制原则

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作到则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本规范遵循推进沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术的应用需求，旨在通过本规范的制定，提升泡沫沥青厂拌冷再生工程质量，规范设计标准与施工流程，进而促进泡沫沥青厂拌冷再生的应用水平。

本规范建立在泡沫沥青厂拌冷再生应用理论与实践经验积累的基础上，以提升工程质量为主线，提出规范泡沫沥青冷再生设计与施工技术的具体要求，在不断的

完善和修改过程中，展开了规范的实证分析，吸取本省工程实践应用经验，验证和完善了规范的科学性、普适性和可操作性。本规范的编制是泡沫沥青厂拌冷再生应用理论与实践经验相结合的成果。

## （二）标准编写的主要依据

### 1. 编制依据

本标准的编制是在泡沫沥青厂拌冷再生技术的研究基础上，结合本技术在我省的工程应用情况，以适用性和可操作性为原则，既考虑本技术的实用性和易操作性，同时充分听取各单位意见的基础上形成的。在标准编制过程中，编写组主要把握了以下方面。

（1）在标准制定的制定原则，本标准的制定是以指导泡沫沥青厂拌冷再生的工程应用为导向，提出了更加严格的混合料性能控制指标，形成了具有山东特色的泡沫沥青厂拌冷再生的关键技术，助力泡沫沥青厂拌冷再生技术在我省公路建设行业中的应用。

（2）在标准主要内容方面，根据主要起草单位的多年研究成果，结合现行的行业规范，对泡沫沥青厂拌冷再生的材料要求、级配范围、配合比设计方法、施工设备的要求、施工质量控制等方面进行重新的定义和规范，使材料的性能指标与实际的施工控制相对应，设计方法与现场施工的条件相对应并能指导生产，补充了新兴装备的技术要求，使泡沫沥青厂拌冷再生技术的应用更加规范，促进了本技术在山东地区的应用。

### 2. 参考资料

（1）交通运输部应用基础研究项目《沥青路面冷再生强度形成机理与性能评价指标体系的研究》；

（2）安徽省交通控股集团有限公司科技项目《厂拌设备泡沫沥青冷再生改造关键技术及工程应用》；

（3）山东高速集团有限公司科技计划项目《基于发泡与搅拌匹配的高性能泡沫沥青冷再生应用技术》；

（4）山东省地方标准《沥青路面乳化沥青厂拌冷再生技术规范》等文件。

### (三) 主要技术内容

#### 1. 范围

规定了本规范的主要技术内容及适用范围,本文件规定了沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范的术语和定义、路面结构设计、材料要求、混合料设计和性能要求、施工、质量管理和检查验收。本文件适用于公路工程沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生。

#### 2. 规范性引用文件

主要从两个层面考虑,一个层面是吻合国家现有沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生相关的国家标准,充分利用现有国家标准的基础;另一个层面是充分结合山东省现有地方标准的要求,与山东省地方特色保持一致。基于以上两个层面和标准文本中涉及的有关标准内容,列出了该标准引用的主要标准。

#### 3. 术语和定义

为了方便标准的使用和体现便捷性,本标准列出了泡沫沥青厂拌冷再生、最佳含水率、冷态粘结层等术语的定义。

#### 4. 路面结构设计

##### 4.2.3 沥青路面冷再生结构组合设计的初拟建议,按表1进行确定。

表1 沥青路面冷再生结构组合设计

交通等级	冷再生层之上沥青面层		冷再生层厚度 cm	下承层强度 $E_0$ MPa
	推荐厚度 cm	最小厚度 cm		
特重交通及以上	15~22	12	12~20	$\geq 250$
重交通	12~18	10	10~20	$\geq 200$
中等交通	6~12	5	8~20	$\geq 150$
轻交通	$\geq 3$ 或者采用微表处、稀浆封层、超薄罩面、碎石封层等磨耗层		8~20	$\geq 100$

技术依据:①对于泡沫沥青厂拌冷再生技术,根据在项目的应用经验,其铺筑厚度大于20cm时,混合料将难以压实,影响道路的使用寿命,因此本规范对施工的最大厚度进行了规定。

②泡沫沥青厂拌冷再生多应用于道路的大中修项目中,对于下承层破坏严重的段落铺筑冷再生将带来一定的结构风险,因此根据山东省交通科学研究院在路面结构方

面的研究成果,在铺筑泡沫沥青厂拌冷再生结构层前,需要对下承层的强度进行规定,以满足整体承载力的要求。

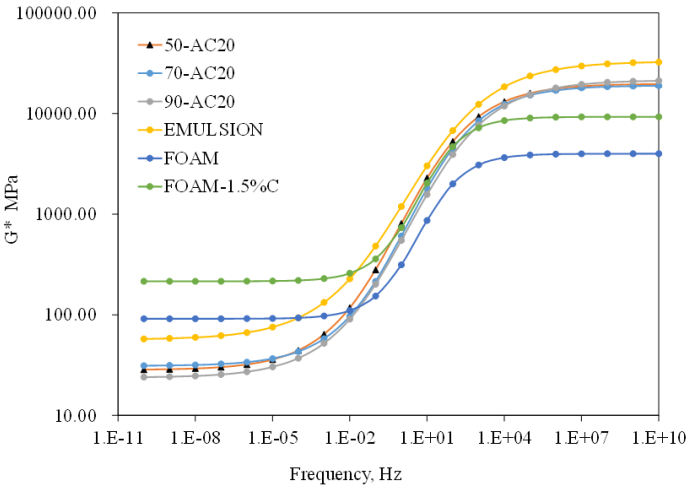
4.3.2 路面结构设计时,在尚无试验数据情况下,可参照表 2 混合料设计参数执行。

表 2 泡沫沥青厂拌冷再生混合料设计参数

单位为 MPa

层位	面层 <sup>a</sup>	基层 <sup>b</sup>
动态压缩模量	3500~6500	3000~6000
注： <sup>a</sup> 面层再生混合料动态压缩模量试验条件为 20℃，10 Hz； <sup>b</sup> 基层再生混合料动态压缩模量试验条件为 20℃，5 Hz。		

技术依据：JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中并未明确给出泡沫沥青厂拌冷再生混合料的动态模量,而是将泡沫沥青冷再生与乳化沥青冷再生放在一起考虑,但是根据《沥青路面冷再生强度形成机理与性能评价指标体系的研究》的研究成果,泡沫沥青厂拌冷再生的动态模量有些不同,因此本规范优化了其动态模量的取值。



说明图 1 几种混合料的模量主曲线

5. 材料要求

5.2.5 经筛分的 RAP 检测项目与质量要求见表 3。

表 3 RAP 检测项目与技术要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
RAP	各档 RAP 筛分料重量比	实测	T 0302
	含水率 <sup>a</sup>	<3 %	T 0305
	各档 RAP 级配与沥青含量	实测	T0302 和 T 0722
	未筛分 RAP 沥青含量	≥2.5 %	T 0722
	4.75 mm 以下的 RAP 砂当量 <sup>b</sup>	>60 %	T 0334
RAP 中的沥青	针入度 (25℃)	实测	抽提, 现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20)
	动力粘度 (60℃)	需要时	
	延度 (25℃)	需要时	

	软化点	需要时	
	PG 等级	需要时	
注： <sup>a</sup> RAP 含水率以在 RAP 使用前测定为准； <sup>b</sup> 砂当量检测以铣刨料抽提前的数据为准。			

技术依据：①JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中对 RAP 的级配允许的最大粒径进行了规定，而在本规范中，需要将铣刨料进行规定档位的筛分，其超粒径并不容易发生，因此对最大粒径的规定并无必要。

②4.75mm 以下的 RAP 砂当量，在规范 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中的要求为大于 50%，根据编制单位根据山东省内重点再生项目的相关材料检测资料，纯粹沥青路面 RAP 的砂当量都在 60%以上，若沥青路面 RAP 中掺入过多的半刚性基层材料，其砂当量将有所下降，而采用掺入过多半刚性材料的 RAP 在厂拌热再生中容易导致混合料性能下降，因此本标准采用的指标有所提高。

③本标准增加了对 RAP 的含水量的要求，在配合比设计中，泡沫沥青厂拌冷再生的含水量一般为 6%左右，铣刨料中的含水量可以达到 5%~6%，导致生产过程中的外加水量不容易控制，水的计量精度偏低，影响生产调试和成品路面的含水量。

④相较于规范 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》，增加了 RAP 沥青含量的要求，主要是为了提高铣刨料的质量，根据《沥青路面冷再生强度形成机理与性能评价指标体系的研究》的研究成果，过低的铣刨料沥青含量，在相同泡沫沥青添加量条件下，其性能随铣刨料沥青含量的降低而降低，具体如下所示：

说明表 1 不同沥青含量铣刨料的强度

RAP 沥青含量，%	泡沫沥青添加量，%	水泥用量，%	干劈强度，Mpa	干湿劈裂强度比，%
4.8	2.8	1.5	0.68	89.3
3.9	2.8	1.5	0.57	83.2
2.7	2.8	1.5	0.47	72.1

5.3.2 公路工程中常用机械发泡，冷再生用泡沫沥青应满足表 4 的技术要求。

表 4 冷再生用泡沫沥青技术要求

拌合站类型	检测项目	单位	技术要求	试验方法
连续式拌合设备	膨胀率	倍	≥12	附录 A
	半衰期	s	≥8	
间歇式拌合设备	膨胀率	倍	≥6	
	半衰期	s	≥10	

技术依据：JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中对泡沫沥青的膨胀率要求为大于等于 10 倍，半衰期要求为大于等于 8 秒，其技术主要根据维特根集团的泡沫沥青控制指标，根据《厂拌设备泡沫沥青冷再生改造关键技术及工程应用》和《基于发泡与搅拌匹配的高性能泡沫沥青冷再生应用技术》最新的研究成果，对于不同的



搅拌设备，需要的发泡参数不同，连续式拌和设备一般采用发泡枪的方式，其对膨胀率较为敏感，本标准编写组调查了山东省内的众多稳定土拌和设备，由于其拌和设备的间歇和转速不同，本标准将其对应的泡沫沥青膨胀率提高至 12 倍；间歇式沥青拌和站可以采用发泡管或发泡枪的形式，其搅拌能力强，因此不需要泡沫沥青具有过高的膨胀率，但是其对半衰期要求更高，发泡参数中的膨胀率可适当降低要求。

6. 混合料设计和性能要求

6.1.4 泡沫沥青厂拌冷再生混合料设计采用旋转压实成型方法或大型马歇尔设计方法。大型马歇尔设计方法应按照 JTG/T 5521 执行。推荐采用旋转压实成型方法，试件成型方法详见附录 B。

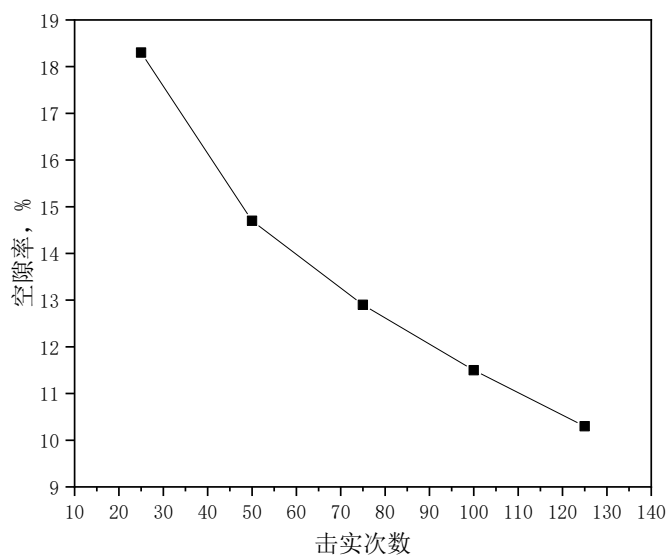
技术依据：考虑到 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中泡沫沥青冷再生采用马歇尔的设计方法，但是经近几年的试验验证，小马歇尔与旋转压实成型或大马歇尔成型计算的强度差异大，试件的尺寸效应对材料的性能影响较大，且冷再生混合料级配的波动较大，采用小马歇尔试验也容易发生较大的变异性，经对比试验，旋转压实或大马歇尔成型的试件与现场的芯样的强度指标更为接近，因此本标准采用了旋转压实或大马歇尔成型的方式作为室内配合比设计的成型方法。同时经过项目验证，旋转压实成型与路面现场的压实度匹配度最高，能真实反映路面实际的碾压状况，因此本标准建议采用旋转压实试验作为混合料的设计方法。

以下是根据《沥青路面冷再生强度形成机理与性能评价指标体系的研究》中对各种成型方法的数据：

①采用马歇尔击实试验对冷再生混合料进行击实，以确定混合料的孔隙率，试验数据如下：

说明表 2 马歇尔击实方法的空隙率

击实次数	试件密度, g/cm <sup>3</sup>	理论最大密度, g/cm <sup>3</sup>	换算空隙率, %
25	2.025	2.480	18.3
50	2.116	2.480	14.7
75	2.159	2.480	12.9
100	2.196	2.480	11.5
125	2.225	2.480	10.3

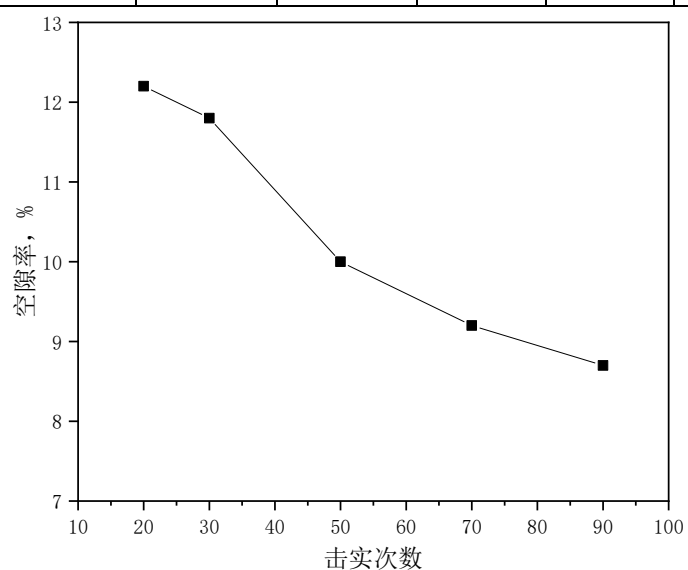


说明图 2 击实次数与空隙率的关系

## ②采用旋转压实的成型方法

说明表 3 旋转压实方法的空隙率

压实次数	编号	干重, g	水中重, g	表干重, g	表观相对密度	理论最大密度	空隙率, %	空隙率均值
20	1	3211.9	1771.62	3239.23	2.189	2.480	11.8	12.2
	2	3211.65	1761.73	3242.71	2.169	2.480	12.6	
30	1	3209.7	1788.65	3261.09	2.180	2.480	12.1	11.8
	2	3213.37	1767.38	3232.27	2.194	2.480	11.5	
50	1	3274.88	1827.67	3288.53	2.242	2.480	9.6	10.0
	2	3271.33	1834.24	3306.29	2.222	2.480	10.4	
70	1	3265.32	1819.74	3281.25	2.234	2.480	9.9	9.2
	2	3273	1845.86	3288.33	2.269	2.480	8.5	
90	1	3256.33	1842.84	3272.54	2.278	2.480	8.2	8.7
	2	3273.1	1842.42	3295.39	2.253	2.480	9.2	



说明图 3 旋转压实与空隙率的关系

综合以上数据分析，旋转压实 50 次的压实效果同马歇尔 125 次击实效果相同，

证明旋转压实能更有效地将试件压实，因此后续的混合料的设计都采用旋转压实进行设计。

### 6.2.2 泡沫沥青冷再生混合料设计级配范围宜满足表 7 的要求。

表 7 泡沫沥青厂拌冷再生工程设计级配

筛孔尺寸(mm)	各筛孔的通过率(%)		
	粗粒式	中粒式	细粒式
31.5	100	—	—
26.5	85-100	100	—
19.0	75-95	90-100	100
13.2	60-85	68-90	90-100
9.5	45-75	55-80	60-90
4.75	30-65	35-60	40-65
2.36	20-45	25-50	38-55
0.3	10-25	10-25	10-30
0.075	4-10	4-10	4-10

技术依据：规范 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中对泡沫沥青冷再生的级配范围要求较为宽泛，尤其是在粗粒式的 19mm 筛孔通过率、中粒式 13.2mm 通过率、细粒式 9.5mm 通过率并未提出要求，而编写组调查山东省内的再生项目后，发现大部分项目将 RAP 一般处理为 2 档或者 3 档，分为 2 档时一般分为 0-10mm 档和 10-20mm 档，分为三档时一般分为 0-5mm 档、5-10mm 档、10-20mm 档，其基本分档原则是控制 19mm、13.2mm、9.5mm、4.75mm 的筛孔通过率，因此本标准根据山东省的具体情况，完善了泡沫沥青厂拌冷再生混合料的级配范围，在部分筛孔中收窄了级配的上下限，使调整的级配更加平顺，减少离析的产生。

6.3.1 泡沫沥青厂拌冷再生混合料技术要求应满足表 8 的要求，并应具有良好的施工性能。

表 8 泡沫沥青厂拌冷再生混合料技术要求

试验项目		技术要求				试验方法
空隙率（%）		8~13				T 0705
劈裂 试验	劈裂强度 <sup>a</sup> （MPa）	层位	特重及以上交	重交通	其他等级	/
		面层	≥0.60	≥0.55	≥0.50	附录 C
		基层	≥0.55	≥0.5	≥0.45	
劈裂 试验	干湿劈裂强度比 （%）	面层	≥80	≥80	≥75	
		基层	≥80	≥75	≥75	
冻融劈裂强度比（%）		面层	≥75	≥75	≥70	
		基层	≥75	≥70	≥70	

动稳定度 (次/mm)	面层	≥3000	≥3000	≥1500	
	基层	≥1500	≥1500	≥1500	
低温弯曲试验 (μ ε)	面层	≥1500	≥1500	—	T 0715
注: <sup>a</sup> 劈裂强度数据基于直径150mm的旋转压实试件或大马歇尔试件。					

技术依据: (1) 规范 JTG/T 5521 《公路沥青路面再生技术规范》中泡沫沥青冷再生混合料的成型使用马歇尔的成型方法, 对于粗粒式级配采用大马歇尔, 对于中、细粒级配采用小马歇尔, 本标准编写组经过工程研究发现, 泡沫沥青厂拌冷再生混合料的级配范围较为宽泛, 且各档料的变异性较大, 路面材料的合成级配的变异性较大, 而对于此种不稳定级配的混合料采用小马歇尔成型时, 容易出现较大的离散型, 反而不容易进行质量控制。本标准根据山东省济青高速改扩建、京台高速改扩建等项目的应用情况, 采用旋转压实的成型方法, 对于粗、中、细级配的混合料都可适用, 且混合料的成型更加快速和便捷。

(2) 在项目实行过程中, 编写组发现对于泡沫沥青冷再生混合料的试件的尺寸效应影响较大, 同一种混合料分别采用规范 JTG/T 5521 《公路沥青路面再生技术规范》中的大马歇尔、小马歇尔成型、本标准的旋转压实成型、现场芯样的劈裂强度进行了对比, 混合料级配为中粒式, 结果如下所示:

说明表 4 不同成型方法劈裂强度

成型方法	小马歇尔	大马歇尔	旋转压实	现场取芯 (Φ 150mm)
成型次数	双面 75 次	双面 112 次	70 次	现场压实
空隙率	12.1	11.4	10.6	10.9
养生龄期	48h	48h	48h	7 天
劈裂强度, MPa	0.73	0.61	0.64	0.57

从试验结果分析, 采用小马歇尔成型的试件其空隙率和劈裂强度整体偏大, 而采用大马歇尔和旋转压实的试验方法与现场取芯芯样的指标相近, 因此本标准使用旋转压实和大马歇尔的评价方法。

(3) 现行 JTG/T 5521 《公路沥青路面再生技术规范》中并未对泡沫沥青冷再生混合料的空隙率进行规定, 这为混合料的设计带来较大的困扰, 通过课题《沥青路面冷再生强度形成机理与性能评价指标体系的研究》的相关研究, 泡沫沥青冷再生混合料的空隙率与疲劳性能存在非常敏感的关系, 空隙率越大, 疲劳性能越差, 因此本标准结合山东省地方标准 DB37 T 3566 《沥青路面乳化沥青厂拌冷再生技术规范》规定了泡沫沥青冷再生混合料的空隙率范围, 同时由于泡沫沥青冷再生较乳化沥青冷再生更难压实, 因此对空隙率的上限略微提升。

(4) 本标准的混合料性能指标是根据应用的交通荷载等级和材料的应用层位划分, 较 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》的划分更加精细, 为路面结构设计提供依据。

(5) 本标准较 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》增加了混合料冻融劈裂的指标要求, 按照 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》的设计理念, 认为劈裂强度比便可反映一定的水稳定性, 但是在实际应用中, 干湿劈裂强度很容易达到指标要求, 而冻融劈裂强度的要求更加苛刻, 其在一定程度上可以鉴别出沥青与 RAP 的粘附特性, 因此本标准使用冻融劈裂强度作为判定水稳定性优劣的标准。

(6) 本标准增加了动稳定度和低温弯曲试验指标, 其中动稳定度指标表征了就地冷再生应用于面层时混合料的高温抗车辙性能, 低温弯曲试验同样也是为了控制就地冷再生应用面层时的低温抗开裂性能, 而 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》并无相关规定。

## 7. 施工准备

7.2.2 泡沫沥青冷再生拌和设备使用前须进行调试, 标定计量系统, 保证生产和现场施工设备完好。主要系统的计量设备应满足表 9 的计量精度要求:

表 9 各计量系统精度要求

单位为 %

系统名称	精度要求
沥青计量系统	0.5
发泡水计量系统	1.0
水计量系统	1.0
矿粉计量系统	1.0
水泥计量系统	1.0

技术依据: 由于 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》并未对发泡设备的相关参数和施工准备的相关规定, 本标准根据课题《基于发泡与搅拌匹配的高性能泡沫沥青冷再生应用技术》的研究成果以及道路工程领域设备标定的要求, 提出了泡沫沥青冷再生装备各主要系统的计量精度要求, 这为设备的改装提供了技术依据。

7.2.4 间歇式沥青拌和设备的沥青喷洒时间不宜少于 12 s, 拌和时间不宜少于 15 s。

7.2.5 连续式拌和设备宜具有二级拌和功能, 冷料仓具有独立的称重系统, 沥青发泡系统具备独立的加热和计量系统, 拌和时间不宜少于 15 s。

技术依据: 编写组根据课题《基于发泡与搅拌匹配的高性能泡沫沥青冷再生应用

技术》和《厂拌设备泡沫沥青冷再生改造关键技术及工程应用》研究成果，拌和系统是泡沫沥青厂拌冷再生技术的核心，在不同的搅拌设备中的指标要求也出现较大的差异，且都已经在安徽省合安高速、山东高速养护项目中得到验证，而 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中对拌和设备并未提出要求，为施工的选型带来一定的困难。本标准提出发泡设备的喷洒时间不少于 12s 是为了让泡沫沥青喷洒更加均匀，减少泡沫沥青过于集中，导致沥青无法分散均匀。对于连续式拌和设备，为了达到最佳的拌和效果，拌和设备的拌和时间不宜少于 15 s。

## 8. 施工

**8.7.4 施工中冷再生与旧路半刚性基层、旧路沥青面层的纵向拼接应符合附录 D 的要求。**

技术依据：工程应用中发现若不对冷再生与其他结构层的接缝处置，冷再生与其他结构层很难粘结在一起，根据工程经验提出了本规范附录 D 所示冷再生与其他结构层接缝处置方案。



说明图 4 未采用界面处理剂的冷再生拼接



说明图 5 采用界面处理剂的冷再生拼接

**8.8 冷再生层施工完成后应封闭交通进行自然养生，养生时间不宜少于 3d。满足再生层可以取出直径 150mm 完整芯样时方可结束养生。**

技术依据：本标准将养生结束条件统一改为取出完整芯样，即再生层可以用直径 150mm 取芯筒取出完整的芯样。现行 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》中“再生层含水量低于 2% 便可结束养生”的要求不符合路面的实际需求。不应通过添加大剂量水泥的方式提高冷再生混合料早期强度以达到尽早开放交通的目的。冷再生混合料强度的性能还受到天气因素的显著影响，当天气干燥、平均气温高于 20℃，养生时间可缩短。

## 9 质量管理和检查验收

### 9.2 施工过程中的质量管理和检查验收应满足表 12 的要求。

表 12 施工过程的质量控制检查项目、频度和要求

检查项目		技术要求	频率	检验方法
湿密度压实度（%）		≥99	每车道公里不少于10次	T 0921 （基于室内湿标准密度）
泡沫沥青冷再生取芯实验		空隙率≤13 %且压实度≥98 %	每车道公里2次	T 0705 （基于最大理论密度）
干湿劈裂强度比（%）		根据所处层位及交通量要求确定	每工作日1次	附录 C
冻融劈裂强度比（%）			每3工作日1次	
动稳定度（次/mm）			必要时	
低温弯曲试验（μ ε）				T 0715
平整度最大间隙（mm）		8	随时，接缝处单杆测量	T 0931
纵断面高程（mm）		±10	检查每个断面	T 0911
厚度（mm）	均值	- 8	随时	T 0912
	单个值	- 10	随时	
宽度（mm）		不小于设计宽度	检查每个断面	T 0911
横坡度（%）		± 0.3	检查每个断面	T0911
外观		平整密实	随时	目测
泡沫沥青用量（%）		± 0.25	每工作日1次	总量控制
水泥用量（%）		± 0.2	每工作日1次	T 0809
矿粉用量（%）		± 0.2	每工作日1次	总量控制
混合料级配		通过率或偏差	每工作日1次	干筛，皮带取样
31.5 mm		100		
26.5 mm		80~100		
13.2 mm		± 6 %		
4.75 mm		± 4 %		
0.075 mm		± 2 %		

技术依据: 本标准根据课题《基于发泡与搅拌匹配的高性能泡沫沥青冷再生应用技术》的研究成果, 对施工质量管理和检查验收的技术要求进行规定:

①本标准的压实度检验增加了湿密度的检测方法, 能更加快速的检测路面材料的压实情况, 本技术在山东省济青高速改扩建、京台高速改扩建、山东高速养护项目中都已经实现应用;

②水泥用量采用滴定法和总量控制联合确定, 而现行 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》并未提出水泥用量的控制方法, 研究表明冷再生路面中若水泥用量过高, 会直接导致成品路面的抗疲劳性能降低, 降低路面的使用寿命, 因此在工程质量控制需要严格控制水泥的用量;

③本标准增加了关键筛孔的偏差, 以便对施工过程的混合料级配进行控制。

9.3 完工后,道路的检测验收应按照 JTG F80/1 的要求进行,具体指标应满足表 13 的要求。

表 13 外形尺寸检查项目、频度和要求

检查项目		质量要求	检查频率	检验方法
平整度最大 间隙 (mm)	下面层	$\sigma \leq 1.3$	平整度仪: 全线每车道连续检测, 每 100 m 计算 $\sigma$	T 0932
	基层	$\sigma \leq 1.6$		
纵断面高程 <sup>a</sup> (mm)		$\pm 10$	每公里 5 个点	T 0911
厚度 (mm)	均值	- 10	每 2000 m <sup>2</sup> 检查一点, 单点评价	T 0912
	单个值	- 15		
宽度 (mm)		不小于设计宽度, 边缘整齐, 顺适	尺量: 每 200 m 测 4 个断面	T 0911
横坡 (%)		$\pm 0.3$	尺量: 每 200 m 测 4 处	T 0911
外观		表面平整、密实, 无明显压路机轮迹	随时	目测
注: <sup>a</sup> 当再生层用作三级及三级以下公路结构层时, 纵断面高程控制要求可放宽。				

技术依据: 泡沫沥青厂拌冷再生材料一般用于道路的柔性基层或者下面层, 其实质是一种沥青混合料, 为了提升泡沫沥青厂拌冷再生的平整度控制, 本标准采用了平整度仪的测试方法。

#### 四、与现行相关法律、行政法规和其他标准的关系

本标准编制过程中参考、引用了 JTG D50《公路沥青路面设计规范》、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》、JTG E20《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》、JTG F80/1《公路工程质量检验评定标准(第一册土建工程)》等国家、行业标准。

本标准是对现行国家、行业标准的补充和细化, 相较于 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》本标准结合我省的交通条件和气候环境特点, 针对沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程的术语和定义、再生沥青路面结构设计、材料要求、再生混合料的组成设计和性能要求、施工准备、冷再生混合料施工、施工质量管理和检查验收进行了更加明确详细的规定, 是对现行标准 JTG/T 5521《公路沥青路面再生技术规范》进一步补充及完善, 针对性、实用性更强。

本标准遵守《中华人民共和国标准化法》、《地方标准管理办法》等相关法律规定。本标准各项指标不低于国家强制性标准和国家推荐性标准, 内容与现行的法律、法规及强制性标准无冲突, 标准的编写符合 GB/T1.1—2020 的要求。



## 五、重大分歧意见的处理过程、处理意见及其依据

本标准无重大分歧意见。

## 六、对地方标准自发布日期至实施日期之间的过渡期（以下简称“过渡期”）的建议及理由

建议过渡期是 1 个月。

业主单位、施工单位、设计单位、监理单位是标准实施的主体，为确保其准确理解、掌握和执行标准，保证泡沫沥青厂拌冷再生的实施，标准发布后将向标准实施主体进行推广和宣贯，推动标准的落地实施。预计此项工作需要 1 个月的时间。

## 七、其他需要说明的情况

### （一）标准名称修改

制定本标准的目的是规范泡沫沥青厂拌冷再生工程应用时的结构设计方法、原材料和混合料的性能要求、混合料施工工艺及质量检验标准等内容。标准的制定不仅仅包括技术操作的流程和步骤，而是更加注重建立一个完整的技术体系，从路面结构设计、原材料及混合料性能要求、施工过程到后期的质量检验各个环节的相互关系和协调配合。根据送审稿评审会专家组意见，为满足沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生的技术要求，弥补相应技术规范的缺失，将地方标准名称由《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生应用技术规程》变更为《沥青路面泡沫沥青厂拌冷再生技术规范》。

### （二）效益分析

道路建设行业属于资源消耗型行业，随着我国对环境保护的重视，沥青、水泥、石灰、砂石材料的使用将受到控制，材料价格不断上涨，路面工程造价显著提高。以高等级道路的柔性基层为例，山东省广泛采用排水式大粒径碎石基层，集料全部使用新料，沥青使用改性沥青，而采用泡沫沥青厂拌冷再生技术后，混合料中 80%集料采用沥青铣刨料代替，沥青采用更少用量的基质沥青，混合料的整体造价较排水式大粒径碎石基层降低 30%以上，较乳化沥青厂拌冷再生降低 5%~10%，可有效地降低工程

造价，经济效益显著。

公路改扩建工程和大中修工程必然会产生大量废旧路面材料，废弃这些将造成巨大的资源浪费，也会对周围环境产生不利影响。一方面废旧路面材料数量巨大，占地堆放浪费土地资源，而另一方面道路建设中原材料需求量大，路面用石料供应紧张。而就地冷再生技术实现了废旧路面材料的 100%再生利用，避免了废旧路面材料的产生，同时降低了对路用新材料的需求。本标准的实施，为就地冷再生技术的工程应用提供了必要的技术依据，对于践行我省绿色交通建设具有积极地推动作用。

提出部门：山东省交通运输厅

(盖章)

2024 年 12 月