

## 58.预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术

技术依托单位：北京建筑大学、北京市道路工程质量监督站、北京市路桥建材集团有限公司、中交第三公路工程局有限公司、北京西姆绿色科技有限公司

技术发展阶段：推广应用

适用范围：本技术适用于各等级公路及城市道路的再生路面工程。

主要技术指标和参数：

### 一、工艺路线及参数

工艺路线：

制备泡沫沥青，在一定的水压和气压条件下进行发泡，通过改变发泡温度和发泡用水量使泡沫沥青达到最佳的发泡性能（最佳的膨胀率和半衰期）。回收沥青路面材料（RAP）采用干筛法和水洗法分别分析回收沥青路面材料的级配情况以及不同比例的新集料的掺量，采用合成级配满足工程级配的要求，合成级配曲线平顺。废弃植物油作为回收沥青路面材料预润试剂，将根据不同的预润时间、预润方式以及不同的掺量对回收沥青路面材料进行预润，并采用干湿劈裂强度和抗压回弹模量作为评价指标，得到一套完成的预润工艺；基于性能平衡的原理对预润式泡沫沥青冷再生混合料配合比设计，对合成级配采用击实试验确定最佳含水率，采用马歇尔击实的方法成型试件，15℃干湿劈裂强度试验和干湿劈

裂强度比试验确定最佳泡沫沥青用量和水泥用量；预润式泡沫沥青冷再生混合料拌合时拌合温度不低于沥青的发泡温度，拌合时间不低于 2min，摊铺时根据公路等级的不同选用不同的摊铺设备，采用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机组合的方式。碾压方式包括静压和低频高幅强振碾压。

相关参数如下：

6%的废弃植物油的掺量，采用振动的预润方式预润 1-2 小时；干湿劈裂强度比 $\geq 75\%$ ，抗压回弹模量 $\geq 3.5\text{Mpa}$ ；拌合过程中沥青温度不应低于  $150^{\circ}\text{C}$ ，拌合时间不能低于 2min；在运输过程中要采用厚苫布覆盖，避免混合料被污染；碾压在最佳含水率的情况下进行碾压。初压采用双钢轮压路机，静压一遍，振压一遍，压实速度 1.5-3km/h，复压和采用单钢轮压路机和胶轮压路机，静压四遍，振压四遍，压实速度为 2-4km/h，终压采用双钢轮压路机，静压两边，压实速度为 2-4km/h。

## 二、主要技术指标

预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，减少了大量的建筑垃圾和厨余垃圾的堆砌和污染。在运输和施工时的降低空气中 PM2.5、PM10 粉尘颗粒，消减了 30%以上；较热拌法 CO<sub>2</sub> 排放量消减了 80.19%；CO 排放量消减了 60%以上；SO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 相较于热拌法消减了 90%以上。

### 三、技术特点

依托对废旧料表面老化沥青进行预润处理的泡沫沥青冷再生技术、基于性能平衡的预润式泡沫沥青冷再生混合料设计方法以及低频高幅强震的施工工艺等关键技术，实现了传统泡沫冷再生技术提升，“以废治废”实现了废旧沥青混合料循环高效利用与烹饪废油有效处置的“双重再生”。

### 四、技术推广应用情况

2015年，北京市交通委路政局房山公路分局在北京市房山区长虹西路大修工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达4km。

2015年，北京市交通委路政局应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达3km。

2015年，北京市首都公路发展集团有限公司在八达岭高速公路路面大修工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达3km。

2016年，中交第三公路工程局在天津外环全线提升改造工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达71.31km。

2016年，北京市城市道路养护管理中心在北京市市管城市道路大修工程中应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达50km。

2016年，青海省高等级公路建设管理局在国道310线循

化至隆务峡高速公路二分部应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达5km。

2016年，焦作市公路管理局在省道308冢沁线修武（市界）至焦作段改建工程应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达10km。

2017年，安徽省六武高速公路管理有限公司在六武高速公路大修工程4标段应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达5km。

2018年，苏州市高速公路建设指挥部在苏州绕城高速改扩建工程6标段应用预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术，应用规模达3km。

## 五、实际应用案例

案例名称	天津外环高速公路路面大修工程
业主单位	中交第三公路工程局有限公司
工程地址	天津市市区外围
工程规模	预润式泡沫沥青冷再生绿色循环利用技术应用于天津外环全线 71.3km，共利用 RAP 旧沥青路面铣刨料 28.12 万吨，利用废弃植物油 703 吨。根据计算节约投资 6833 万元，预计可实现收入 5933 万元，实现利税 1687 万元。节约投资与利税共 8520 万元。
项目投运时间	自 2011 年至 2016 年
验收情况	验收单位：天津市交通运输工程质量安全监督总站，验收时间：2016 年 12 月，验收结论：本项目在施工验收时对平整度最大间隙、纵断面高程、厚度、宽度、横坡度、外观进行检验，其中平整度最大间隙为 6mm，纵断面高程为 5mm，厚度均值误差在 8mm 内，宽度不小于设

	<p>计宽度，边缘线整齐，顺适，横坡度误差在 0.2%以内，表面平整密实，压实度达 98%检测。结果均满足相应的要求。</p>
<p>工艺流程</p>	<p>泡沫沥青的制备，在一定的水压和气压条件下进行发泡，通过改变发泡温度和发泡用水量使泡沫沥青达到最佳的发泡性能（最佳的膨胀率和半衰期），回收沥青路面材料（RAP）采用干筛法和水洗法分别分析回收沥青路面材料的级配情况以及不同比例的新集料的掺量，采用合成级配满足工程级配的要求，合成级配曲线平顺。</p> <p>本项目采用废弃植物油作为回收沥青路面材料预润试剂，将根据不同的预润时间、预润方式以及不同的掺量对回收沥青路面材料进行预润，并采用干湿劈裂强度和抗压回弹模量作为评价指标，得到一套完成的预润工艺。</p> <p>本项目利用基于性能平衡的原理对预润式泡沫沥青冷再生混合料配合比设计，对合成级配采用击实试验确定最佳含水率，采用马歇尔击实的方法成型试件，15℃干湿劈裂强度试验和干湿劈裂强度比试验确定最佳泡沫沥青用量和水泥用量。</p> <p>预润式泡沫沥青冷再生混合料拌合时拌合温度不低于沥青的发泡温度，拌合时间不低于 2min，摊铺时根据公路等级的不同选用不同的摊铺设备，采用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机组合的方式。碾压方式包括静压和低频高幅强振碾压。压实速度和次数详见控制参数。</p>
<p>主要工艺运行和控制参数</p>	<p>泡沫沥青的制备： 发泡沥青的温度不应低于 150℃；水压 4Bar，气压 5Bar；膨胀率<math>\geq 10</math>；膨胀率<math>\geq 8s</math></p> <p>预润工艺： 6%的废弃植物油的掺量，采用振动的预润方式预润 1-2 小时；干湿劈裂强度比<math>\geq 75\%</math>；抗压回弹模量<math>\geq 3.5\text{Mpa}</math></p> <p>混合料的制备： 回收路面沥青材料级配分析时，若粒径大于 37.5mm，应采用破碎机进行破碎；拌合过程中沥青温度不应低于</p>

	<p>150℃；拌合时间不能低于 2min；</p> <p>混合料的运输： 在运输过程中要采用厚苫布覆盖，避免混合料被污染。</p> <p>碾压工艺： 碾压在最佳含水率的情况下进行碾压。初压采用双钢轮压路机，静压一遍，振压一遍，压实速度 1.5-3km/h；复压和采用单钢轮压路机和胶轮压路机，静压四遍，振压四遍，压实速度为 2-4km/h；终压采用双钢轮压路机，静压两边，压实速度为 2-4km/h。</p>
<p>关键设备 及设备参 数</p>	<p>WLB10 泡沫沥青机： 空气压缩系统，输出的气压不低于 6Bar，容积 20L； 填充容积：沥青罐 12L，空气压缩罐 4L、水箱 4L； 混合料运输车，采用不低于 15t 的自卸运输车，且数量要满足施工要求； 摊铺机选用单（双）钢轮压路机与胶轮压路机，采用低幅振频，摊铺速度控制在 2-4m/min，摊铺时的松铺系数一般控制在 1.2-1.4 之间； 碾压工艺要在最佳含水量的情况下进行碾压，初压的速度一般控制在 1.5-3km/h，终压和复压的速度一般控制在 2-4km/h；局部无法压实应采用小型振动压路机配合使用。</p>
<p>污染防治 效果和达 标情况</p>	<p>本项目共计应用预润式泡沫沥青冷再生混合料 28.12 万吨，本项目利用废弃植物油 703 吨，减少了大量的废旧建筑材料的堆放问题和大量厨余垃圾的利用问题。同时本项目对比传统的沥青路面摊铺工艺，CO<sub>2</sub> 排放量减少了 3.68kg/t，CO 排放量减少了 0.29kg/t、SO 和 NO<sub>x</sub> 的排放量减少 0.03kg/t，合计 CO<sub>2</sub> 排放量减少 1037.43 吨，CO 排放量减少了 83.46 吨、SO 和 NO<sub>x</sub> 的排放量减少 6.92 吨，大幅度的减低了施工过程中有害气体的排放，满足了国家规定的污染物的排放标准。</p>
<p>二次污染 治理情况</p>	

<p>投资费用</p>	<p>基础建设费用，基础设施费用 887 万元其中项目运行所需要的水、电等生活费用 66 万，项目施工所需要的材料费用 387 万元，人工费用 260 万，其他基础设施费用共计 174 万元；</p> <p>设备投资 700 万元。热沥青导热贮罐，沥青混凝土摊铺机，车载喷雾机，铣刨机，轮胎压路机，震动压路机等 10 余种施工设备，设备投资共计 700 万元；合计每公里的投资费用为 1587 万元。</p>
<p>运行费用</p>	<p>工程运行物资（材料费、生活消耗品）54 万元，项目所必须的消防通讯以及能耗费用 5.8 万元，人员工资 275 万元，项目运行所需要的临时设施的费用 50 万元，设备折旧费用以及设备的维修费用共计 27 万元，合计每公里的项目运行费用为 421 万元。</p>
<p>能源、资源节约和综合利用情况</p>	<p>本项目共计应用预润式泡沫沥青冷再生混合料 28.12 万吨，节约石料 28.12 万吨。本项目利用废弃植物油 703 吨，节约石油沥青 703 吨。相对于传统沥青路面铺筑技术，每万吨泡沫沥青混合料较热拌法节约加热燃煤 1152.7 吨，共计节约标准煤 3.2 万吨。</p>