

# 不同地理环境和气候条件下沥青冷补料的应用研究

肖坤发

中铁高速(广西)养护科技有限公司 广西 南宁 530201

**摘要:** 与传统的热拌沥青混合料相比,沥青冷补料最大的特点在于其可在常温环境下进行施工,无需对矿料和沥青进行加热处理。结合道路坑槽病害具有突发性、分散性、规模小等特点,沥青冷补料因其施工便捷、适用范围广、无需加热等优点,已成为道路坑槽修补的常用材料。实际应用中需结合具体工况,在道路应急抢修中,我们可以采用成本更低的普通溶剂型冷补料;在重载交通或温差显著的路段,则应优先选用高性能水激活型或聚合物改性冷补料,以确保修补后的耐久性与结构稳定性;在难以修复的复杂场景下,需查明现场的影响原因,选择有相应功能的材料来补强结构,实现病害的长效治理。

**关键词:** 沥青冷补料;道路坑槽修补;耐久性

## 前言

沥青冷补料是一种用于道路坑槽修补的材料,它是由稀释的沥青液和未加热的矿料(骨料)经过拌和而形成的混合料。与传统的热拌沥青混合料相比,沥青冷补料最大的特点在于其可在常温环境下进行施工,无需对矿料和沥青进行加热处理。结合道路坑槽病害具有突发性、分散性、规模小等特点,沥青冷补料因其施工便捷、适用范围广、无需加热等优点,已成为道路坑槽修补的常用材料,大大提高了道路修补的灵活性和及时性。

然而沥青冷补料种类繁多,性能差异较大,施工工艺和适用条件各不相同。部分产品存在早期强度低、耐久性差、易松散等问题,影响修补效果和使用寿命。针对上述问题,需结合实际路况与气候环境,优选符合性能要求的冷补料,并严格规范施工流程,以确保修补质量的长期稳定性。

## 1 沥青冷补料的作用原理

沥青冷补料的工作原理主要基于其成分之间的相互作用以及与路面的粘结固化过程。在施工时,冷补料中的溶剂使沥青处于稀释状态,此时冷补料具有良好的流动性和可塑性,能够方便地填充到路面的坑槽、裂缝等病害部位。随着时间的推移和车辆荷载的作用,溶剂逐渐挥发,沥青的粘度逐渐增大。当溶剂挥发到一定程度后,沥青恢复到具有较高粘结性的状态,冷补料与原路面紧密结合,填充部位与周围路面形成一个整体,从而实现了对道路病害的有效修补,恢复路面的使用性能。溶剂型冷补沥青混合料定义是以稀释沥青为结合料,通过加入一定比例的溶剂,使沥青材料在常温状态下具备良好的流动性和裹覆能力,与矿料拌和后形成的一种冷补

材料。<sup>[1]</sup>反应型冷补沥青混合料则是以反应型沥青为结合料配制而成的一种新型冷补材料,通过化学反应实现自身固化,在混合料成型过程中无需依赖水分蒸发或外界条件变化即可形成稳定的结构。

## 2 沥青冷补料应用的特点及需求

### 2.1 北方地区高速公路

北方地区高速公路具有一些显著特点,对沥青冷补料也有着特定需求。北方冬季漫长且寒冷,气温常常降至零下十几度甚至更低,路面极易出现冻胀、裂缝和坑槽等病害。另外,重型货车等交通荷载对道路的承载能力和耐久性要求较高。因此采用普通型的沥青冷补料往往难以满足其特殊需求,通常采用具有优良低温性能和抗冻性的冷补料。比如在沥青混合料中添加橡胶粉和抗剥落剂进行修补,能够有效解决低温环境下的道路病害问题。

### 2.2 南方地区高速公路

南方地区气候温暖湿润,夏季高温多雨。在高温方面,南方夏季气温较高,路面温度常常超过60℃,这就要求冷补料具有较高的软化点和良好的抗车辙性能,以防止在高温和车辆荷载作用下出现软化、推移等现象。在多雨方面,南方地区雨水充沛,路面长期处于潮湿状态,冷补料需要具备优异的防水性能和潮湿基面粘结性,以避免因水损害导致修补部位脱落、松散等问题。需要添加抗车辙剂和防水剂的沥青冷补料进行修补。

### 2.3 高温气候

在高温气候条件下,尤其是南方地区的夏季,路面温度常常会达到60℃甚至更高。此时,对沥青冷补料的性能要求主要集中在高软化点、良好的抗车辙性能、高温稳定性等。这类需采用高软化点的基质沥青,并添加

了SBS改性剂和抗车辙剂。

#### 2.4 低温气候

在低温气候条件下，特别是东北严寒地区的冬季，气温可降至-30℃甚至更低，路面材料会因低温而变得脆硬，容易出现裂缝、坑槽等病害。因此，对沥青冷补料在低温环境下的性能要求主要包括良好的抗脆裂性能、高粘结性、低温施工性能等。可以通过添加特殊抗冻剂和弹性聚合物来保持稳定性和低温下的柔韧性，同时针对冬季除冰盐腐蚀问题，还可添加了阻锈剂来延长道路结构寿命。

#### 2.5 潮湿气候

在潮湿气候条件下，如南方的雨季，道路经常处于积水或高湿度的环境中，这对沥青冷补料的性能要求主要有防水抗渗性能、潮湿基面粘结性等。采用改性乳化沥青冷补料能形成稳定连续的粘结层。同时，添加有机硅防水剂显著降低材料吸水率，配合细集料密实级配设计，有效提升了抗水损害能力。

### 3 沥青冷补料的应用

#### 3.1 目前应用情况

目前市场上沥青冷补料品牌众多，产品质量参差不

齐，不同品牌的冷补料在原材料选择、配方设计、生产工艺等方面存在差异，导致其性能表现和使用效果各不相同。很多养护单位采用普通型溶剂型冷补料，也是市场上供应量最大的沥青冷补料种类，但该产品往往仅限用于道路的应急修补。<sup>[2]</sup>如需根据气候特点要求采用90#以上的道路石油沥青，或添加一些改性剂，需要提前订制，如果采购数量少，会存在周期长、价格大幅增加的情况，因此，根据自身需要定制冷补料的方式很难实现。

随着科技的发展，一些科研机构 and 厂家都在研究、开发高性能沥青冷补料品牌，如水激活沥青冷补料、生物基坑槽快速修复冷补料、聚合物高性能沥青冷补料等。这些材料在性能上全面超越传统产品，具备更强的耐久性、粘结性和环境适应性，可在潮湿、低温等复杂条件下实现快速施工与早期开放交通。因此很多养护单位开始逐步试点应用高性能冷补料，尤其在高速公路、城市主干道等重要路段推广使用。

#### 3.2 普通沥青冷补料选择及应用

通过从市面上采购的冷补料进行性能检测，溶剂型与反应型冷补料性能对比统计如下表：

表1 溶剂型和反应型冷补料性能对比

检测项目	单位	规范要求	溶剂型	反应型	备注
初始稳定度	KN	/	1.21~2.17	2.53~3.10	
成型稳定度	KN	≥ 3	2.68~2.87	2.82~5.24	
黏聚性	%	≤ 40	11.8~12.1	2.7~3.6	滚动筛试验测定
动稳定度	次/mm	≥ 3000	1066~1482	3235~4285	参考热拌SMA混合料
-10℃低温弯曲破坏应变	με	≥ 2500	1237~1688	2446~2655	
浸水马歇尔残留稳定度	%	≥ 85	76.5~78.2	76.5~89.5	
冻融劈裂强度比	%	≥ 80	70.5~72	78.2~84.8	

通过上表来看，普通溶剂型冷补料大部分性能指标不满足规范要求，存在低温易脆裂，高温易软化，耐久性不足，易出现松散、剥落等问题，这与现场实际应用情况也比较一致。因此，该类冷补料大多应用于道路的应急抢修，后期还需进行二次挖补维修。反应型冷补料则因其固化反应机理，在施工后通过水分或空气作用发生交联，形成更为致密的结构，显著提升了材料的性能，因市场产品种类多，部分产品性能能满足规范要求。因此在实际应用中，应结合道路交通量、气候条件及修补深度合理选型，优先选用经过权威检测认证的产品。

#### 3.3 高性能沥青冷补料选择及应用

当前高性能沥青冷补料品种也较多，部分冷补料环境适应性强，性能表现也比较出色，性能指标明显优于普通冷补料和热沥青混合料，现场修补效果良好。但其成本较普通冷补料要高出40%至200%，因此在推广应用过程中也需综合考虑养护预算与长期性能的平衡。因此，应优先选用经过实践验证的成熟产品，比如水激活型沥青冷补料，其初期强度高、抗水损害能力强，且在高低温环境下均能保持良好稳定性，其价格较其他高性能冷补料要低，有利于控制成本。其性能指标与普通反应型

冷补料及热拌改性沥青混合料对比如下：

表2 水激活型冷补料性能指标对比

项 目	单位	水激活冷补沥青料	普通反应型	热拌改性沥青
马歇尔稳定度 (25℃) (1h)	KN	5.4	-	-
马歇尔稳定度 (60℃) (1h)	KN	8.1	-	-
马歇尔稳定度 (25℃) (1d)	KN	32.2	5.1	-
马歇尔稳定度 (60℃) (1d)	KN	30.8	10.24	≥ 8
浸水马歇尔残留稳定度	%	102	89.5	≥ 85
冻融劈裂强度比	%	85	84.8	≥ 80
60℃动稳定度	次/mm	实测 > 10000	实测 > 3000	≥ 2800
-10℃低温弯曲破坏应变	με	实测 > 2500	实测 > 2500	≥ 2500

由此可见，水激活型冷补料在高温稳定性、低温抗裂性及抗水损害性能方面均表现出显著优势，尤其适用于温差变化大、交通负荷重的复杂服役环境。其早期强度发展迅速，开放交通时间短，且长期耐久性优异，可有效减少养护频次与二次修补成本。

### 3.4 复杂场景下高性能沥青冷补料的选择及应用

针对某些高速公路的坑槽修补，无论是用热拌沥青混合料还是高性能沥青冷补料，均难以满足耐久性的要求，原因一般有以下几个方面：一是修补区域交通流量大、荷载重，常规材料难以承受长期碾压；二是原路面结构存在隐性病害，导致新修补区域再次开裂；三是桥梁路面的振动加上交通荷载作用，导致路面频繁损坏。<sup>[1]</sup>针对类似问题，要对现场环境进行分析，查明原因，制定专项的处置方案，对材料的选择要具有针对性。例如，在重载交通路段可选用聚合物改性高模量冷补料，显著提升抗车辙与抗疲劳性能；对于桥梁伸缩缝周边区域，宜采用弹性好、粘结强的沥青冷补料，以适应频繁振动与变形；若原路面存在基层缺陷，则需先注浆加固再进行表面修补。

在条件受限制的情况下，也可采取添加改性剂的方式对冷补料进行拌制，通过采购沥青液、改性剂、矿料，现场按配比拌合制备改性冷补料，可以提升混合料的性能，以适应现场复杂工况需求。此方法灵活性高，适用

于突发性、小批量修补需求，且可针对不同环境调整配方参数，有效提升早期强度与界面粘结性能。

### 结束语

沥青冷补料作为一种高效、便捷、绿色的路面养护材料，已广泛应用于各类道路维修工程中。然而其性能表现仍受材料配比、施工工艺及环境条件的多重影响。实际应用中需结合具体工况，在道路应急抢修中，我们可以采用成本更低的普通溶剂型冷补料；在重载交通或温差显著的路段，则应优先选用高性能水激活型或聚合物改性冷补料，以确保修补后的耐久性与结构稳定性；在难以修复的复杂场景下，需查明现场的影响原因，选择有相应功能的材料来补强结构，实现病害的长效治理。未来，随着智能化养护技术的发展，冷补料性能的进一步优化及应用体系的精细化管理，将推动道路养护向高效、耐久、低碳方向持续升级。

### 参考文献：

- [1]张明远,李建华.沥青路面冷补材料性能影响因素分析[J].公路交通科技,2022,39(5):78-84.
- [2]王立新,陈志远.高性能冷补料在重载路段的应用研究[J].中国公路学报,2021,34(3):112-120.
- [3]刘志强,赵晓峰.水激活型沥青冷补料的制备与性能评价[J].建筑材料学报,2023,26(2):95-101.