

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.03.062

适用于沥青路面的常温浇筑式快速修复材料的研究

唐士润¹, 高江涛^{2,3}, 魏永锋^{2,3}(1. 甘肃省公路交通建设集团有限公司, 甘肃 兰州 730000; 2. 甘肃路桥建设集团有限公司;
3. 公路建设与养护技术、材料及装备交通运输行业研发中心)

摘要: 该文主要研究一种在沥青混合料路面病害初期, 修补路面小范围坑槽的常温浇筑式沥青快速修复材料。以乳化沥青为黏合剂进行混合料常温拌和, 利用微波激发效应提升材料温度, 促使乳化沥青快速破乳, 并在混合料中掺入一定比例的自热矿料促进温度提升速率。研究表明: 使用 BZ-160 慢裂型乳化沥青作为黏合剂, 能与集料充分拌和均匀; 集料中自热矿料掺量为 10%~15% 时, 可在不影响混合料使用性能的同时保证温度提升速率, 在频率为 2.45 GHz, 输出功率为 0.8 kW 的微波下 10~15 min 内混合料温度升高至热拌沥青混合料成型温度且能满足性能要求; 由于热传导及微波激发效应, 促使靠近修补界面的原有混合料温度升高从而有所软化, 通过加热后的碾压作用, 修补料与旧路面整体再成型, 材料结合良好无明显界面。这种沥青路面修复材料可实现施工现场常温拌和、设备需求量少, 整体工艺耗时 15~20 min, 修复速度快, 修复后新旧路面整体结构完整, 且不渗水、耐久性能好。

关键词: 快速修复材料; 常温浇筑; 乳化沥青; 自热矿料; 微波

目前, 沥青冷补料及热拌料修补是中国公路沥青路面出现小型坑槽病害时的主要修补方法, 然而在实际应用中却存在一些不足之处, 冷补料长期耐久性不足, 与旧路面黏结效果差, 适用于路面临时应急修补; 热补料需要专用的加热搅拌及运输设备, 施工要求高, 适用于地点集中、工程量较大的工程, 对分散、工程量小的路面修复工程, 耗能大且难以压实, 实施难度大。而且, 在旧路面与新拌热补沥青混合料结合处因存在较大温差, 修补界面明显, 黏结效果差, 在受到外界环境影响时容易产生二次裂缝。该文针对上述情况, 研究一种

适用于沥青路面小型缺陷的快速修复材料, 以便简化施工, 提高与旧路面的黏结性。

1 原材料及试验方法

1.1 主要原材料

(1) 乳化沥青。乳化沥青的性能决定混合料的拌和效果及耐久性, 试验选用相同浓度不同品种的乳化沥青, 其性质如表 1 所示。

表 1 乳化沥青性质

乳化沥青 品种	基质 沥青	固含 量/%	破乳 速度	恩格拉 黏度/s	蒸发残留物性质		
					软化点/ ℃	针入度(25℃)/ (0.1 mm)	延度 (15℃)/cm
PZ-225			快裂	13	52	96	>100
BZ-115	SK-90 [#]	60	中裂	17	56	107	>100
BZ-160			慢裂	18	48	94	>100

(2) 集料。试验用集料为玄武岩级配碎石, 为保证集料组成稳定, 使用单档筛分精确配比, 选用 AC-13 级配, 具体粒径分布如表 2 所示。

(3) 自热矿料。试验使用自热矿料为钢渣, 经破碎筛分选其粒径 4.74~9.5 mm 作为微波加热辅助材料与石料组成选定级配, 其性能规格如表 3 所示。

收稿日期: 2020-11-10(修改稿)

作者简介: 唐士润, 男, 硕士, 高级工程师, E-mail: 357713893@qq.com

表2 混合料配合比

筛孔/mm	通过率/%	筛孔/mm	通过率/%
13.2	5.0	0.6	7.5
9.5	18.5	0.3	5.5
4.75	23.5	0.15	3.5
2.36	16.0	0.075	7.0
1.18	10.5	矿粉	3.0

表3 自热矿料规格

主要粒径/mm	主要成分	性能要求	材料来源
4.75~9.5	Fe ₂ O ₃ 、Fe ₃ O ₄ 、 Al ₂ O ₃ 、Cr ₂ O ₃	可被微波激发的 高介电损耗物质	炼钢厂 尾渣

1.2 试验方法

常温浇筑式沥青路面快速修复材料的组成及应用研究,通过不同乳化沥青与集料的拌和效果确定黏结料的种类;综合分析微波加热效率及加热后材料性能,确定集料中自热矿料的掺量范围及加热时间;通过确定材料配比,进行沥青路面坑槽修复,分析常温浇筑材料应用于沥青路面修复对比其他修复材料的优势。

(1) 乳化沥青拌和试验中集料按照 AC-13 级配,加入 3.5% 的润湿水辅助拌和,油石比为 4.8% (按照同级配热拌沥青混合料最佳油石比确定),乳化沥青掺量按实际固含量计算,通过观察拌和效果确定修复材料中使用乳化沥青的种类。

(2) 微波加热试验采用频率为 2.45 GHz、功率为 0.8 kW 的微波发生器,对拌和后的修复材料进行加热,加热过程中每 2 min 测定一次材料整体温度,使用热成像仪获取材料温度分布。常温浇筑材料最佳油石比依据 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》中热拌沥青混合料配合比设计方法确定,常温浇筑材料性能依据 JTG E20—2011《公路沥青及沥青混合料试验规程》中相关方法进行。试验中沥青材料使用乳化沥青,沥青含量按实际固含量计算,材料加热方式为微波加热。

2 试验结果与分析

2.1 乳化沥青的类型对混合料拌和效果的影响

图 1 为集料级配为 AC-13、油石比为 4.8% 的乳化沥青拌和 1 min 后混合料状态,图 1 中上图为加入乳化沥青后拌和效果,下图为经微波加热乳化沥青破乳后混合料状态。

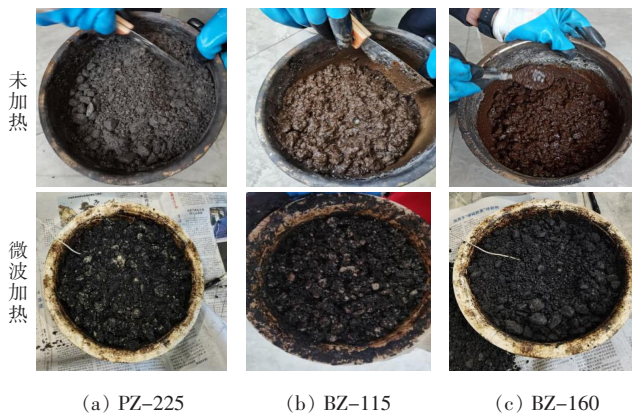


图1 不同种类乳化沥青拌和状态

由图 1 可以看出:快裂型乳化沥青 PZ-225 在拌和 1 min 后乳化沥青已完全破乳,尚未与集料混合均匀,集料中尚有少许白料;中裂型乳化沥青 BZ-115 与集料搅拌均匀,但拌和后效果略微干散,应用于路面修补时可能不利于沥青材料对周围的渗透;慢裂型乳化沥青 BZ-160 拌和效果最好,材料搅拌均匀,整体呈浆体状具有一定的流动性,于路面修复时可自动充实于缺陷处。

在乳化沥青经微波加热完全破乳后,使用 PZ-225 与 BZ-115 两种乳化沥青的混合料均出现明显花白料,经搅拌后仍未能裹覆完全,使用 BZ-160 乳化沥青的混合料在加热破乳后集料裹覆完全,效果最好。

2.2 自热矿料的比例对混合料加热效果的影响

如表 4 所示,按照 AC-13 热拌沥青混合料配合比,油石比为 4.8% (同级配热拌沥青混合料最佳油石比),F-1 为热拌沥青混合料,F-2~F-6 为乳化沥青混合料。

表4 不同自热矿量掺量混合料性能

序号	集料组成/%		性能		
	自热矿料	石料	稳定度/ kN	流值/ mm	残留稳定度/%
F-1	0	100	12.36	3.10	92
F-2	0	100	10.96	2.78	89
F-3	10	90	11.97	2.76	91
F-4	20	80	12.12	2.94	93
F-5	30	70	11.75	2.73	86
F-6	40	60	11.41	2.42	83

由表 4 可以看出:①普通乳化沥青混合料的稳定度为同级配热拌沥青混合料的 88%,而在集料中加入一定量的自热矿料,在微波加热的条件下,随着自热矿

料掺量的增加,马歇尔稳定度有一定波动;②自热矿料掺量为 20% 时,混合料的稳定度最大,为热拌沥青混合料的 98%。掺量在 30% 以上时,混合料稳定度降低,可能因为自热矿料的孔隙比较大,在拌和过程中吸附沥青量较多,导致整体沥青含量不足;混合料的水稳定性随自热矿料掺量先增加后降低,这是因为自热矿料为碱性矿料,与沥青之间可以形成很好的吸附,增加了沥青与集料之间的黏结力,很好地阻止水分的进入,随着自热矿料的增加,由于自热矿料吸附较多的沥青,混合料整体油膜厚度降低,裹覆力减小,抗水损性能降低;③自热矿料掺量为 20% 时,混合料的抗水损性能最高。

图 2 为掺加不同比例自热矿料的乳化沥青混合料在微波加热条件下温度随时间变化的情况。

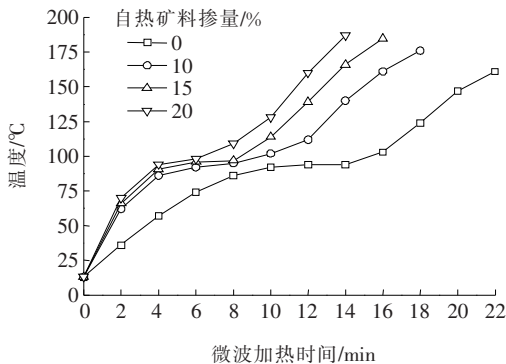
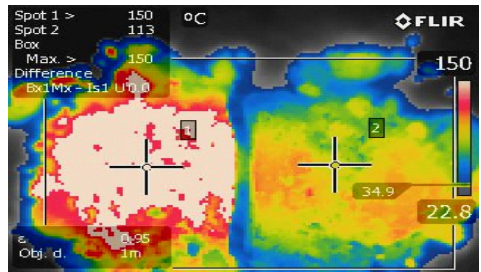


图 2 不同自热矿料掺量混合料温度变化

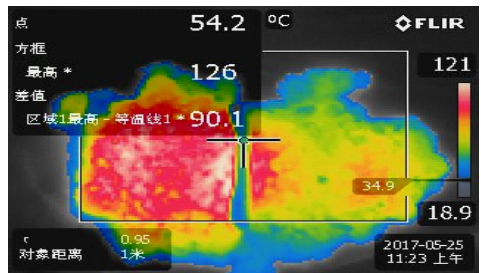
由图 2 可以看出:混合料的温度随微波加热时间增加而升高,曲线分为 3 个阶段,第一阶段为前期快速升温阶段,水与自热矿料共同促使混合料温度升高;第二阶段为平缓曲线段,在温度接近 100 °C 时乳化沥青中水分快速蒸发,水分未完全蒸发前,整体温度基本不变;第三阶段为温度大于 100 °C 后的升温段,水分完全蒸发后,温度升高速率较第一阶段减小。分析图 2 可以发现:集料中掺入一定比例自热矿料后,自热矿料掺量越高,混合料温度升高越快,在第三阶段主要由自热矿料促进混合料温度升高。当自热矿料掺量为 20% 时,加热 12 min 即可达到混合料压实温度。

图 3 为同一容器中不同自热矿料掺量与未掺加自热矿料的集料同时间微波加热热成像图。由图 3 可以发现:①受微波激发作用,自热矿料的温度明显高于普通石料,且受热传递效应,在集料中均匀分布的自热矿料附近的石料温度也明显高于未掺加自热矿料的集料;②自热矿料掺量越高,集料搅拌越均匀,其颗粒间温差越小。



自热矿料 普通集料

(a) 20% 自热矿料掺量与普通集料



自热矿料 普通集料

(b) 15% 自热矿料掺量与普通集料

图 3 集料加热效果

2.3 常温修复材料对坑槽修复效果评价

常温修复材料对沥青路面坑槽修复时,集料使用 AC-13 级配,自热矿料掺量为 20%,乳化沥青为慢裂型乳化沥青“BZ-160”,油石比为 4.8% (乳化沥青用量按照固含量计算),加热方式为微波加热。

图 4 为修复材料对路面坑槽修补时的加热效果热成像图,当使用微波对修复路面进行加热时,受微波激发及热传递影响,原有路面虽不能迅速升高温度,但温度仍有提升,在修复材料温度达到压实温度时,原路面混合料软化,在碾压后新旧路面可以良好地形成整体。

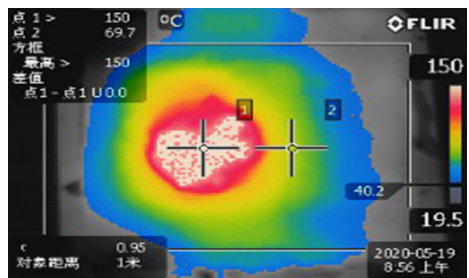


图 4 微波激发修补路面温度

图 5 为不同修复材料对混合料坑槽修复效果剖面。从图 5 可以看出:热拌沥青混合料在对坑槽进行修补时,界面处有明显的接缝,而常温修复材料可与原混合料无缝相接。图 6 为热拌沥青混合料修补部位切开效果,当受到外力作用时,在界面处完全分离。这是

因为热拌沥青混合料修补过程中,修补料在压实作用下单独成为整体,且由于旧混合料的存在,修补料的边角处无法充分压实,导致界面黏结力不足。而使用微波激发的常温修复材料,由于旧料温度升高发生一定程度的软化,加上乳化沥青的渗透,经过碾压后新旧混合料可以同时成型,黏结形成整体结构,无明显界面。



(a) 热拌沥青混合料修复



(b) 常温修复材料修复

图5 不同修复材料修复效果切面



图6 热拌沥青混合料修补切开结果

3 结论

为研究快速修复沥青混合料路面修补材料的性质进行了不同乳化沥青类型、不同拌和方法的沥青混合料性能试验,可得如下结论:

(1) 常温浇筑修复材料使用慢裂型乳化沥青的拌和效果最佳,集料裹覆良好,具有一定的流动性。

(2) 综合常温浇筑修复材料的施工效率及性能,集料中自热矿料掺量不宜超过20%,在20%掺量时,使用频率2.45 GHz、功率0.8 kW的微波激发14 min即可使修复材料温度达到压实温度,施工快速简便。

(3) 使用微波加热的常温浇筑修复材料较普通热拌沥青混合料,界面黏结效果更好,可以与原路面形成整体结构。

参考文献:

- [1] 张幸杰. AH冷补沥青混合料技术研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2011.
- [2] 杨三强, 黄土周. 聚合物改性沥青薄层修补料路用性能及力学性能试验研究[J]. 中外公路, 2019(2).
- [3] 冯新军, 明廷军. 一种模拟特定区域沥青短期老化的室内试验方法[J]. 中外公路, 2020(5).
- [4] 李刚. 燃气红外辐射加热技术在沥青路面养护中的应用[J]. 科学之友, 2008(1).
- [5] 刘黎萍, 冯艳瑾. 钢渣AC-13沥青混合料路用性能研究[J]. 华东公路, 2017(5).
- [6] 周静. 钢纤维AC-13钢渣碎石沥青混合料的路用性能研究[D]. 重庆交通大学硕士学位论文, 2016.
- [7] 徐桂花. 钢渣沥青混合料路用性能试验研究[J]. 内蒙古公路与运输, 2020(1).
- [8] 毛志刚, 蓝天助, 张红日, 等. 钢渣特性及在道路工程中的应用研究[J]. 中外公路, 2019(5).
- [9] 许丁斌. 钢渣沥青混合料的材料及性能研究[D]. 东南大学硕士学位论文, 2018.
- [10] 郭丽霞. 废旧钢渣在道路工程中的应用研究[D]. 长安大学硕士学位论文, 2017.
- [11] 李伟, 王鹤彬, 王达, 等. 转炉钢渣沥青混合料路用性能试验研究[J]. 沈阳建筑大学学报, 2016(6).
- [12] 陈杨杰, 张雄飞. 聚氨酯增韧改性环氧树脂作为混凝土裂缝快速修补材料的研究[J]. 中外公路, 2019(4).
- [13] 冯新军, 赵弘正, 杨强. 一种采用沥青瓦及电磁感应加热快速修补路面坑槽的方法[J]. 中外公路, 2018(1).