

市政道路就地热再生施工前后性能评价研究

林 鹏

(中交第四公路工程局有限公司,北京市 100000)

摘 要: 为了对比分析就地热再生技术对道路的路用性能及功能性的影响,对就地热再生前后沥青胶结料和沥青混合料进行性能测试,对原路面和再生路面进行功能性评价。结果表明,就地热再生的加热过程不会使沥青胶结料明显老化,不会影响级配。由于再生剂的加入,沥青胶结料车辙因子下降,劲度模量下降,沥青变软,沥青混合料的低温性能和水稳定性明显提高;就地热再生后路面抗滑性能及平整度均明显优于再生前路面。

关键词: 就地热再生;动态剪切流变试验;低温弯曲梁试验;路用性能;功能性评价

中图分类号: U416.26 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)03-0175-04

0 引 言

随着我国基础设施建设的不断发展,公路网络逐渐进入养护维修期。传统公路路面维修方式是将表层挖除,并重新铺筑。近年来,建筑原材造价不断上涨,道路工作者开始思考对废旧材料进行回收利用。就地热再生作为一种 100%再利用路面废旧材料的道路养护维修技术,在沥青路面养护维修工程中被广泛应用^[1-3]。

就地热再生技术是通过加热路面、翻松路面、加入再生剂或新沥青混合料、复拌混合料、摊铺碾压成型等一系列工艺手段,从而实现翻新旧沥青路面的目的。就地热再生过程中对路面进行高温加热,最高温度可超过 230℃^[4],易使沥青胶结料中轻质组分挥发,然后加入轻质油为主要成分的再生剂。因此,就地热再生施工前后,沥青胶结料及混合料的性能存在明显差异性,直接影响道路使用寿命。同时,就地热再生对原路面进行了翻松、重铺,需要对就地热再生前后路面的抗滑、渗水、平整度等功能性指标进行测试分析。

1 概 况

本次研究取样于西南地区重庆市某市政道路就地热再生处治项目,该市政道路为双向 6 车道,经历了 10 余年的使用,基层结构稳定,面层出现裂缝、推移、网裂等病害。项目部采用森远 SY4500 就地热再生机组,由 3 台加热机、1 台翻松机、1 台复拌机组

成。旧路面上面层为 AC-13 沥青混合料,所用集料为卵碎石,原路面设计厚度为 4 cm。按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)、《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41—2008)要求,结合设计要求和热再生机组实际情况,拟定如下施工技术参数:

就地热再生材料设计方面:

(1)旧路面上面层油石比为 5.0%,混合料为 AC-13 型沥青混合料。

(2)再生剂用量。再生剂采用鞍山森远再生剂,技术指标如表 1 所示,再生剂添加量为旧路面沥青质量的 5.0%,即再生剂用量为 0.24%。

表 1 森远再生剂技术指标	
测试项目	测试结果
闪点 /℃	230
60℃黏度 /cSt	98.7
饱和分含量 /%	27.8
TFOT 薄膜烘箱质量损失 /%	5.7

(3)根据项目设计文件及配合比报告要求,旧路面级配及混合料性能满足规范要求。同时,结合路面标高调整要求,本次就地热再生不再额外添加新集料或新沥青混合料。

就地热再生施工工艺方面:

(1)施工机组前进速度控制在 1.5~2.5 m/min 之间。

(2)3 台加热机加热后,路表温度分别控制在 120~140℃、160~180℃和 200~220℃之间,需保证摊铺温度在 130~150℃之间。

(3)翻松深度按 4~4.5 cm 控制。

(4)再生剂喷洒速度 0.7 kg/m。

(5)松铺系数按 1.1~1.2 进行控制。

(6)碾压组合为双钢轮震动压路机初压前静后振

收稿日期: 2022-03-31

作者简介: 林鹏(1991—),男,本科,助理工程师,从事道路施工及养护工作。

2遍,复压胶轮压路机静压4遍以上,终压双钢轮震动压路机静压2遍。

在就地热再生施工前后分别进行沥青混合料取样,取样应注意均匀、连续,且取样位置应尽量保持一致,取样得到的沥青混合料运回实验室进行室内试验。与此同时,在相同位置测试路面的抗滑系数、构造深度、渗水系数、平整度等功能性指标,记录并分析。

2 材料

2.1 沥青

对就地热再生施工前后的沥青路面混合料进行取样。利用三氯乙烯溶剂将取样得到的沥青混合料浸泡溶解,然后过滤掉石料及矿粉,得到沥青与三氯乙烯的混合物,最后通过抽旋转蒸发回收的方式分别得到施工前后的回收沥青样品。采用动态剪切流变试验(dynamic shear rheometer,DSR)、弯曲梁流变试验(bending beam rheometer,BBR)对回收得到的沥青样品进行测试,通过动态剪切流变试验的振荡试验得到复数模量 G^* 和相位角 δ ,试验规程参照AASHTO T315,使用的流变仪为TA Instruments制造的AR1500ex。选用25 mm转子,间隙为1 mm。对于原样沥青样品,振荡应变水平为12%;老化后样品的应变水平则为10%。通过弯曲梁流变试验得到劲度模量 S 和变形速率 m 值。试验结果如表2、表3所示。

表2 动态剪切流变试验结果

样品	车辙因子 $G^*/\sin \delta(10 \text{ rad/s})$					
	RTFOT 前			RTFOT 后		
温度 /℃	64	70	76	64	70	76
施工前	2.872	1.368	0.821	4.328	2.276	1.145
施工后	2.576	1.115	0.792	3.814	2.038	0.947

表3 弯曲梁流变试验结果

样品	S/MPa			m 值		
	0	-6	-12	0	-6	-12
施工前	186	317	493	0.327	0.264	—
施工后	—	150	351	0.356	0.315	0.243

根据SHRP规范规定:沥青胶结料PG分级,RTFOT前需满足 $G^*/\sin \delta \geq 1.0 \text{ kPa}$,RTFOT后需满足 $G^*/\sin \delta \geq 2.2 \text{ kPa}$ 的规定,劲度模量 S 不大于300 MPa,变形速率 m 不小于0.3。按规定对回收沥青进行PG分级,并对回收沥青的三大指标进行测试,测试结果如表4所示。

通过沥青性能试验结果可知,由于就地热再生过程加入了再生剂,沥青变软,表现为车辙因子降

表4 沥青指标

指标	施工前	施工后
闪点 /℃	327	319
黏度(135℃)/(Pa·s)	3.282	2.976
PG 分级	70-10	64-16
针入度 /0.1 mm	30	49
软化点 /℃	63.0	57.5
15℃延度 /cm	21	33

低,劲度模量降低,黏度降低,沥青分级从PG70-10变为PG64-16,针入度升高,软化点从63℃降低到57.5℃,15℃延度从21 cm增加到33 cm。就地热再生通过循环热风加热的方式对路面进行了高温加热,高温热风在加热机腔体内被循环反复加热,气体中氧气基本被消耗殆尽,氧气又是沥青老化的必要条件之一,因此就地热再生加热并没有使沥青胶结料严重老化。再生剂加入后,沥青的闪点降低,说明沥青中轻质组分的含量增加,与此同时,沥青的黏度降低。由于再生剂中富含轻质组分等小分子,加入再生剂导致沥青中小分子含量逐渐增大、极性减弱,分子间作用力也逐渐变小,宏观上表现为沥青逐渐变软。

2.2 级配

对就地热再生施工前后的混合料样品进行沥青抽提后,将剩余石料进行烘干、筛分。筛分结果如表5所示。

表5 石料筛分结果

筛孔尺寸 /mm	通过率 /%	
	施工前	施工后
16	100	100
13.2	96.1	94.6
9.5	73.1	75.3
4.75	45.6	43.8
2.36	30.3	30.7
1.18	22.7	23.3
0.6	17.3	16.5
0.3	14.4	13.1
0.15	10.6	11.3
0.075	7.7	8.2

由筛分结果可知,就地热再生施工前后混合料回收得到的石料,各筛孔尺寸通过率虽然不完全相同,但基本接近,可以定性为就地热再生施工前后混合料级配相同。因此可以得出结论,就地热再生施工过程对原路面沥青混合料进行了翻松、重铺等一系列过程,由于在高温条件下完成工序,石料没有出现

破碎断裂等情况,因此并不会改变混合料各尺寸通过率,可以保持原路面级配类型不变。

2.3 混合料评价

将就地热再生施工前后取样的混合料,在实验室内按规范要求成型试件,并进行路用性能测试,测试结果如表 6 所示。

表 6 混合料性能测试结果

指标	施工前	施工后
马歇尔稳定度 /kN	14.3	12.0
冻融劈裂强度比 /%	78.3	83.5
残留稳定度 /%	88.4	95.3
动稳定度 /(次·mm ⁻¹)	4372	3885
弯曲破坏应变, -10℃	2210	2851

试验结果表明,相较于就地热再生前,就地热再生后混合料马歇尔稳定度降低了 16.1%,冻融劈裂强度比提高了 6.6%,残留稳定度提高了 7.8%,动稳定度降低了 11.1%,弯曲破坏应变提高了 29.0%。就地热再生前,原路面混合料的低温性能和水稳定性较差,易出现低温开裂和水损害等病害。就地热再生后,混合料的强度和高温稳定性略有下降,但仍满足规范要求^[5],混合料水稳定性和低温性能明显提高。

3 功能性评价

3.1 抗滑功能评价

对就地热再生施工前后路面抗滑性能进行评价,采用摆式摩擦仪和铺砂法对原路面和就地热再生后的路面进行检测,分别选取 5 个测量点进行抗滑系数、构造深度测试,结果如表 7、表 8 所示。

表 7 路面抗滑系数检测结果

检测路段	摆值(BPN)					平均值
	1	2	3	4	5	
施工前	46	47	47	45	48	46.6
施工后	52	53	52	55	57	53.8

表 8 路面构造深度检测结果

检测路段	构造深度/mm					平均值
	1	2	3	4	5	
施工前	0.67	0.72	0.68	0.71	0.73	0.702
施工后	0.83	0.91	0.86	0.9	0.88	0.876

试验结果表明,原路面由于通车年限较长,沥青路面表面构造深度平均为 0.702 mm,抗滑性能出现了衰减,摆式摩擦仪摆值为 46.6。就地热再生施工后,对路面进行了重铺,重构了沥青路面宏观纹理结构,构造深度提高到 0.876 mm,有效提高了混合料的抗滑性能,摆式摩擦仪摆值为 53.8。路面抗滑性能

提高后,可以避免雨天汽车行车出现“打滑”现象,降低交通事故出现的可能性,提高行车安全性。

3.2 封水性能评价

对就地热再生施工前后路面封水性能进行评价,采用渗水仪对原路面和就地热再生后的路面进行检测,分别选取 5 个测量点进行渗水系数测试,结果如表 9 所示。

表 9 路面渗水系数检测结果

检测路段	渗水系数/(mL·min ⁻¹)					平均值
	1	2	3	4	5	
施工前	8	64	0	0	39	22.2
施工后	192	129	150	194	113	155.6

试验结果表明,原路面由于通车多年,沥青混合料已经被反复压实,平均渗水系数为 22.2 mL/min;就地热再生后,沥青混合料被翻松、重铺,空隙率相对较大,平均渗水系数为 155.6 mL/min。

3.3 平整度评价

对就地热再生施工前后路面平整度进行评价,采用 3 m 直尺对原路面和就地热再生后的路面进行检测,分别选取 5 个测量点进行平整度测试,结果如表 10 所示。

表 10 路面平整度检测结果

检测路段	平整度/mm					平均值
	1	2	3	4	5	
施工前	7.8	10	8.4	6.2	10	8.48
施工后	0.2	1.4	1.6	0.8	2.2	1.24

试验结果表明,原路面平整度为 8.48 mm,原路面存在明显车辙及推移拥包等病害,平整度较差。就地热再生通过加热、翻松、重铺等一系列工艺手段改善了路面的平整度,施工后平整度为 1.24 mm。因此,就地热再生可以有效改善路面平整度,提高行车舒适性。

4 结 语

本文为分析就地热再生技术对沥青路面材料和路面功能性产生的影响,对就地热再生前后路面材料的性能和路面功能性指标进行了测试,分析就地热再生后路面材料与路面功能的变化规律,得到如下结论:

(1)就地热再生的加热过程不会使沥青胶结料明显老化,由于再生剂的加入,沥青胶结料分级从 PG70-10 变为 PG64-16,微观上沥青中小分子含量增加,宏观上表现为沥青变软。

(2)就地热再生前后,混合料回收得到的石料的

筛孔通过率接近,就地热再生的翻松、重铺等工艺流程不会改变路面原有级配。

(3)就地热再生后,由于再生剂的加入,沥青混合料的强度和高温稳定性略有下降,可以满足规范要求,混合料的水稳定性和低温性能明显提高。

(4)就地热再生技术可以重塑路面宏观构造纹理,整形不平整的路面,明显改善路面的抗滑不足、平整度较差等问题,有效提高了路面的安全性和舒适性。

(5)相对传统铣刨重铺的维修方式,就地热再生技术施工周期短,可以一次性翻新路面,修复路面的裂缝、车辙等病害,同时提高混合料的抗水损害性能和低温性能,提高路面的抗滑系数,但由于进行了重

铺,路面的高温稳定性相对降低,渗水增大。因此,就地热再生技术可以在我国北方地区广泛应用,南方高温多雨地区应慎重选用就地热再生技术。

参考文献:

- [1] 董平如,沈国平.京津塘高速公路沥青混凝土路面就地热再生技术[J].公路,2004(1):8.
- [2] 王浩,孙强,闫姝音,等.就地热再生在沥青路面养护中的应用[J].城市道桥与防洪,2017(4):3.
- [3] 舒琴,任达成,胡筑云,等.就地热再生技术在省道沥青路面养护中的应用[J].筑路机械与施工机械化,2014,31(2):7.
- [4] Zhong H, Huang W, Yan C, et al. Investigating binder aging during hot in-place recycling (HIR) of asphalt pavement [J]. Construction and Building Materials, 2021, 276(1):122188.
- [5] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].

(上接第 166 页)

域地下连续墙关键施工技术进行研究,探讨了导墙制作、旋挖钻引孔、沉渣清理、混凝土浇筑等关键施工技术,并基于实际施工经验给出部分施工建议。

参考文献:

- [1] 宋志国,梁森,郭钢,等.深圳恒大中心基坑围护结构的环境变形施

工控制方法研究与应用[J].建筑科学,2020,36(S1):144-149.

- [2] 陈日胜,周翰斌.上软下硬地层超深 T 形地连墙成槽施工难题的处理[J].水运工程,2011(11): 232-236.
- [3] 董立波,胡兆东,孙前伟,等.超硬地层条件地铁车站地下连续墙成槽施工工艺比选研究[J].智能城市,2020,6(21):16-18.
- [4] 罗贞海.超硬地层 SMW 工法桩施工工艺探讨和工程实践[J].福建建设科技,2015(2):58-60.