

RAP 特性对冷再生沥青混合料性能影响研究^{*}张亘¹, 冯明林²

(1.河南省交通科学技术研究院有限公司, 河南 郑州 450015;

2.河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 河南 郑州 450018)

摘要:以 AC-16C 为研究基础,以 RAP 使用年限、沥青品种、结构层位为研究切入点进行室内试验分析,研究 RAP 特性对冷再生沥青混合料性能的影响。结果表明,RAP 使用年限增加,冷再生混合料最佳乳化沥青用量及用水量年递增 0.06%~0.08%,动稳定度年递减 40~80 次/mm,劈裂强度变化不大,水稳定性有所下降;使用年限和沥青标号一定时,同种结构层位、不同 RAP 可交叉使用;乳化沥青和水的掺量与 RAP 层位深度成反比,高低温性能均与 RAP 层位深度成正比,其中乳化沥青和水掺量变化 0.1%~0.3%,动稳定度变化 200~300 次/mm,中、下面层水稳定性优于上面层 4%~5%。

关键词:公路;冷再生沥青混合料;回收沥青路面材料(RAP);使用年限;沥青品种;路用性能

中图分类号:U418.4

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2021)02-0078-04

沥青路面再生技术分为热再生和冷再生,热再生技术在对废旧材料加工拌和中不仅消耗大量能源,还会造成环境二次污染,而冷再生技术针对回收沥青路面材料(RAP),通过加入一定比例新材料后拌和重组,能耗低、效率高、施工工艺简单。王瑛等针对广东地区的地理气候特征和路用材料特性,通过正交试验研究 PF 掺量、TLZS-B2 掺量、RAP 掺量对再生沥青混合料高温性能、水稳定性能、疲劳性能的影响,结果表明当 PF 掺量为 0.25%、TLZS-B2 掺量为 6%、RAP 掺量为 50%时,热再生沥青混合料具有较优的路用性能。程其瑜等基于马歇尔试验方法和美国沥青协会维姆混合料设计方法,结合工程实践经验,以稳定度、空隙率、矿料间隙率和有效沥青饱和度为主要控制指标,分析了 RAP 掺量对厂拌热再生沥青混合料马歇尔指标的影响。郭娟等为研究热再生沥青混合料在不同温度区间的动态流变性能,通过动态模量试验,测定了不同温度时动态模量、相位角、疲劳因子和车辙因子随加载频率和 RAP 掺量的变化,结果表明 RAP 掺量为 50%时,热再生沥青混合料具有良好的高温性能,同时能兼顾较好的中低温性能。目前对 RAP 特性对再生混合料整体性能的影响研究较少。为此,该文以 RAP 使用年限、沥青品种及结构层位为切入点,研究 RAP 特性对冷再生混合料性能的影响,为再生混合料技术发展提供参考。

1 配合比设计

以连续性级配 AC-16C 为研究基础,混合料矿料全部采用 RAP,对于铣刨的超粒径 RAP 采用过筛处理,同时为提高混合料整体性能和结构形态,添加 3%的水泥。水泥的性能指标见表 1。

表 1 水泥的性能指标

项目		测试结果
细度(80 μm 筛余)/%		≤ 10
安定性(水煮法)		合格
凝结时间/min	初凝	114
	终凝	259
抗压强度/MPa	3 d	16.4
	28 d	38.3
抗折强度/MPa	3 d	3.6
	28 d	7.8

在水掺量为 2.5%的前提下,以间隔 0.5%控制乳化沥青用量变化范围为 3%~5%。混合料拌和完成后,马歇尔击实 75 次成型标准试件,将试件在 60 $^{\circ}\text{C}$ 环境下养生 3 d 脱模,测试其最大干密度和浸泡在 60 $^{\circ}\text{C}$ 水中 30 min 后的马歇尔稳定度,以最大干密度和稳定度对应的乳化沥青用量为最佳用量。乳化沥青的性能指标见表 2。然后以最佳乳化沥青用量,间隔 0.5%控制外掺水变化范围为 1.5%~3.5%,试件成型方法与前述相同,在相对湿度 90%

^{*} 基金项目:河南省交通运输厅重点科研项目(2015Y09)

表2 乳化沥青的性能指标 %

项目	测试结果
固含量	60.3
筛上残留物	0.3
5 d 储存稳定性	4.5

环境下养生3 d脱模,以其最大干密度对应的含水量为最佳掺水量。RAP级配见图1。

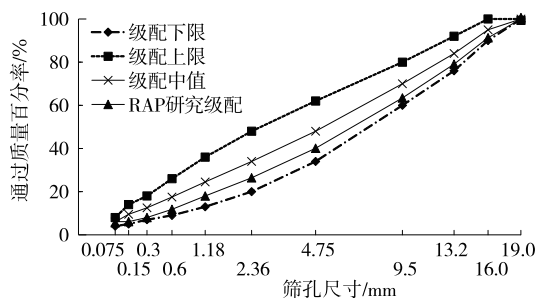


图1 RAP级配曲线

2 RAP使用年限对冷再生混合料性能影响

2.1 乳化沥青用量及用水量

采用标准方法成型不同使用年限RAP冷再生混合料试件进行室内试验,测试乳化沥青和水的掺量,结果见图2和图3。

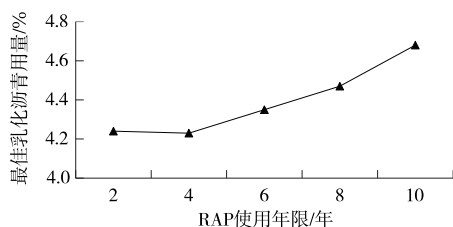


图2 RAP不同使用年限下乳化沥青用量

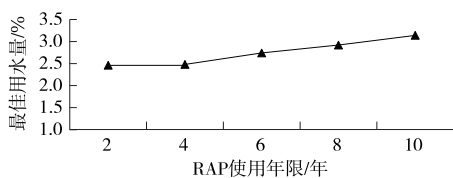


图3 RAP不同使用年限下用水量

从图2、图3可看出:随着RAP使用年限的增加,混合料最佳乳化沥青用量及用水量增加,年递增量均为0.06%~0.08%。RAP在沥青路面冷再生过程中相当于“黑色集料”,在常温施工条件下,RAP使用年限增加,表面沥青老化越严重,表面裹覆沥青量减少。同时RAP矿料在长时间交通荷载作用下,表面会产生一定裂痕。因此,在乳化沥青破乳后,加大对沥青的吸附和对水分的吸收方可达到

冷再生混合料拌和均匀性。

2.2 稳定性及强度

在炎热的夏季,高温车辙是沥青路面的主要病害。冷再生技术采用原路面的RAP,高温稳定性研究必不可少。在最佳乳化沥青用量和最佳用水量的前提下,成型不同使用年限RAP冷再生混合料标准车辙试件进行稳定度试验,结果见图4。从图4可看出:RAP使用年限增加,冷再生混合料的动稳定度呈递减趋势,平均递减幅度为40~80次/mm。这是由于随着RAP使用年限的增加,沥青老化程度加强,混合料矿料颗粒流动变形减小,冷再生混合料抵抗高温行车荷载的能力降低,动稳定度减小。

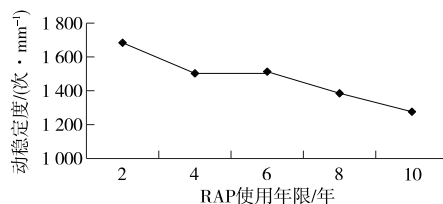


图4 RAP不同使用年限下冷再生混合料的动稳定度

为进一步探究混合料强度机理,室内成型不同使用年限RAP冷再生混合料马歇尔试件,在15℃环境下进行劈裂强度检测,结果见图5。从图5可看出:随着RAP使用年限的增加,冷再生混合料的劈裂强度整体变化不大。由于是常温施工,虽然RAP不同使用年限下乳化沥青用量有所变化,但在短时间内乳化沥青破乳渗透较难,混合料强度还是借助RAP矿料的镶嵌作用。

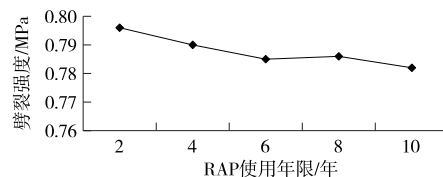


图5 RAP不同使用年限下冷再生混合料的劈裂强度

2.3 水稳定性

采用浸水马歇尔和冻融劈裂强度比对不同使用年限RAP冷再生混合料水稳定性进行评价,试验结果见表3。

表3 RAP不同使用年限下冷再生混合料的水稳定性

RAP 使用年限/年	残留稳定度比/%	残留强度比/%
10	81.8	83.2
8	82.4	83.6
6	83.6	84.7
4	85.4	84.8
2	86.5	86.9

从表3可看出:随着RAP使用年限的增加,冷再生混合料的水稳定性减小。在成型马歇尔标准试件时,由于RAP表面沥青老化,沥青质增加,RAP表面带有更多正电荷,受同种电荷相排斥的影响,作为阳离子的乳化沥青,亲水基带正电荷的阳离子乳化剂不易在RAP表面吸附,一定程度上影响了乳化沥青冷再生混合料的强度。随着RAP使用年限的增加,表面老化不断增强,沥青质增加,致使这一现象更明显,水稳定性有所降低。

3 RAP 沥青品种对冷再生混合料性能影响

不同路段即使使用年限相同,原路面沥青品种也会有所不同。选取使用2年的不同沥青品种RAP,通过试验分析其对冷再生混合料性能的影响,结果见图6~9。试件成型方法与上述相同。

从图6~9可看出:同种沥青标号下的RAP,不同厂家生产的沥青在沥青路面冷再生过程中,最佳

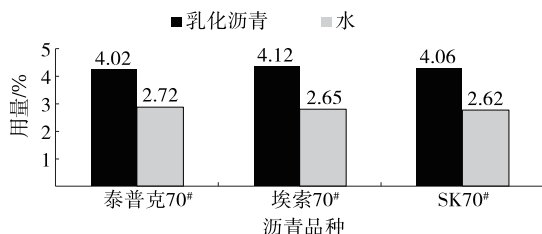


图6 不同沥青品种下乳化沥青用量及用水量

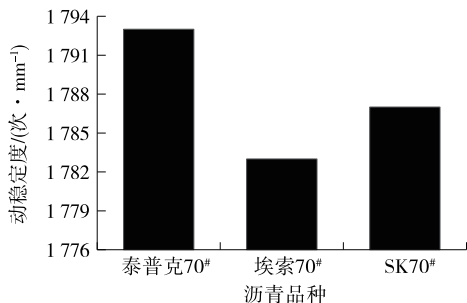


图7 不同沥青品种下冷再生混合料的动稳定度

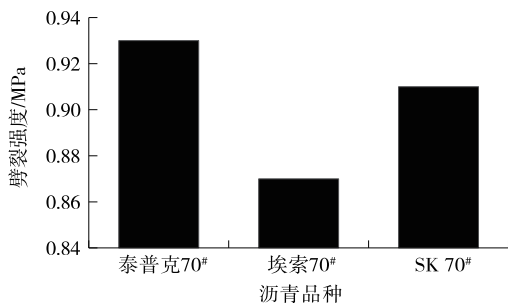


图8 不同沥青品种下冷再生混合料的劈裂强度

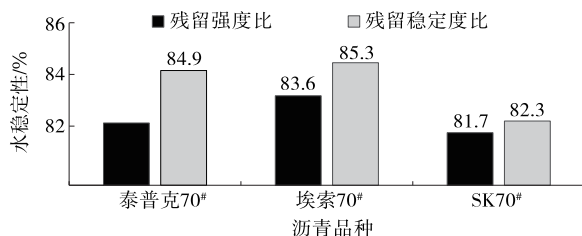


图9 不同沥青品种下冷再生混合料的水稳定性

乳化沥青用量和最佳用水量相差不大;相同标号70#沥青的动稳定度为1780~1790次/mm,相差较小;残留强度比和残留稳定度比差别不大,整体在80%以上。说明虽然路面在使用过程中不同厂家生产的沥青材料都会老化,但同种标号沥青的变化趋势相同。从强度角度考虑,冷再生混合料在养护成型后,强度还是靠矿料间的镶嵌形成的内摩阻力及黏结材料形成的内聚力。因此,在RAP使用选择中,只要使用年限和沥青标号相同,不同RAP可根据工程实际需要交叉使用。

4 RAP 路面层位对冷再生混合料性能影响

4.1 乳化沥青用量及用水量

沥青路面在使用过程中,不同路面层位沥青老化程度不同。另外,受交通荷载的作用,矿料也会产生变化。为此,对RAP路面层位对冷再生混合料性能的影响展开研究。将使用2年的不同层位RAP料,剔除超粒径后成型试件(试件成型方法与上述相同)进行试验,结果见图10。

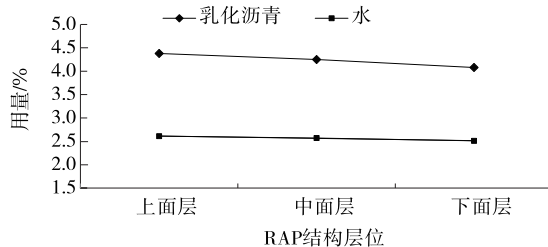


图10 RAP不同结构层位下乳化沥青用量及用水量

从图10可看出:RAP层位越深,乳化沥青和水的掺量愈小,上、下面层乳化沥青用量和用水量相差0.1%~0.3%。上面层RAP老化严重,沥青剥离量较多,表面沥青含量较少,另外在交通荷载作用下,原集料会受到不同程度的开裂或细化,冷再生过程中会大大增加对乳化沥青的吸附。同时,在混合料拌和过程中,要满足拌和均匀性,会促进水分的吸收。而下面层受到上、中面层的间接保护,RAP表层沥青老化和破损较小,对乳化沥青和水的需求量减少。

4.2 稳定性及强度

RAP不同结构层位下冷再生混合料的稳定性见图11。从图11可看出:随着RAP路面层位的加深,乳化沥青冷再生混合料的高温抗车辙性能逐渐增强,在相同试验条件下,上、下面层的动稳定度相差200~300次/mm。因为上面层RAP受到更多外界的影响,老化程度高,沥青与集料间的黏附性降低幅度较大,在高温及外界车辆荷载作用下,集料颗粒会发生移位变形,动稳定度较小。

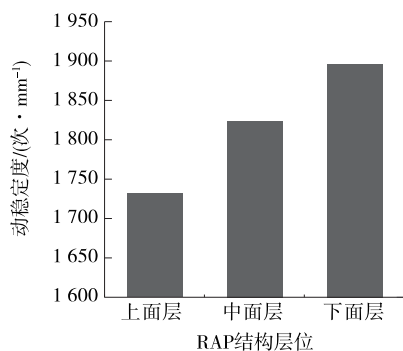


图11 RAP不同结构层位下冷再生混合料的动稳定度

将不同结构层位RAP成型芯样进行劈裂强度试验,结果见图12。从图12可看出:15℃劈裂强度与高温抗车辙性能的变化趋势相同。老化较严重的上面层,集料表面的老化沥青与乳化沥青相互渗透和交织困难,胶黏作用小,成型后的路面在环境影响下更易发生开裂。

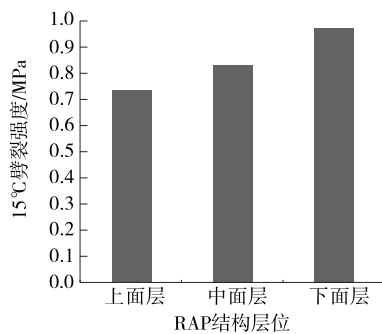


图12 RAP不同结构层位下冷再生混合料的劈裂强度

4.3 水稳定性

在最佳乳化沥青用量和最佳用水量的前提下,采用与上述相同的方法成型试件进行水稳定性试验,结果见图13、图14。

从图13、图14可以看出:中、下面层的残留稳定性和残留强度比上面层高4%~5%。上面层的水稳定性虽然满足JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》的技术要求,但相对于中、下面层

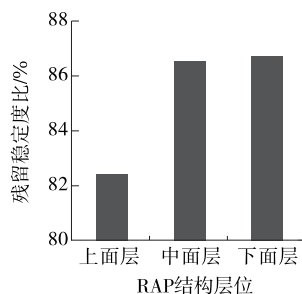


图13 RAP不同结构层位下冷再生混合料的残留稳定度比

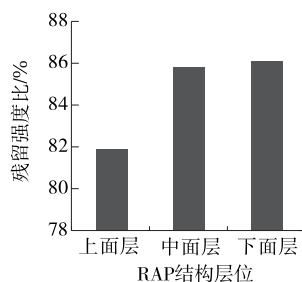


图14 RAP不同结构层位下冷再生混合料的残留强度比

略低。受上面层的间接保护,中、下面层的老化程度相对较低,相同使用年限的RAP,在冷再生过程中,即使有水泥添加剂水化产物的“桥梁”作用,还是应尽量选取中、下面层RAP。

5 结论

(1) 随着RAP使用年限的增加,冷再生混合料最佳乳化沥青用量及用水量年递增幅度为0.06%~0.08%,动稳定度年递减幅度为40~80次/mm,而15℃劈裂强度变化不大,水稳定性有所下降。

(2) 不同厂家生产的同种沥青标号RAP对冷再生混合料最佳乳化沥青用量和用水量、动稳定度、劈裂强度、水稳定性的影响不大,即只要使用年限和沥青标号相同,同种层位的不同RAP可根据工程实际需要交叉使用。

(3) RAP选取层位越深,乳化沥青和水的掺量愈小,掺量相差0.1%~0.3%;15℃劈裂强度与高温抗车辙性能有所增强,其中上、下面层动稳定度相差200~300次/mm;中、下面层残留稳定性和残留强度比上面层高4%~5%。

参考文献:

- [1] 王瑛,刘洪辉.基于正交试验的聚酯纤维再生沥青混合料路用性能研究[J].公路,2019(10):36-41.
- [2] 程其瑜,仰建岗,祝谭雍.厂拌热再生沥青混合料中RAP

(下转第86页)

(2) 规模大的灾害点(尤其是高位崩塌、泥石流、滑坡)处治困难,对于高位崩塌防治工程设置用于预防常规性、大概率的崩塌落石,结构安全性可满足要求,保证行车安全,对于小概率、大规模垮塌下错(强震等因素诱发)可起到缓冲作用,降低风险;对于大规模滑坡,在不具备绕避条件的情况下,以提高行车舒适性、加强安全警示为主。

(3) 对规模小的灾害点,如路基沉降、水毁等,因其成因机制简单,灾害发展可控,又直接影响公路的畅通,采取主动防治、彻底整治的措施;而滑塌、崩塌等,因沿线为高山峡谷地貌、地质构造复杂、岩土类型多样,具有良好的地质灾害发育条件,且地质灾害的发育、发展、失稳是一个动态过程,彻底根治较困难,部分灾害点位于高陡斜坡中上部,不具备施工条件,采取主动或被动措施,以防护公路路基及净空范围为主,用于改善公路运营条件,降低运营风险。

(4) 加强地质监测、人工巡视瞭望、群测群防等,避免造成集中人员伤亡。

(5) 沿线地处龙门山推覆构造带上盘,工程地质条件极差,地质灾害种类发育多样、规模大小不一、危害程度不同,鉴于环保、新增用地困难及养护资金有限,应建立地质病害台账,根据地质灾害危害程度合理利用养护资金,分期处治。

4 结语

G213 川汶段沿线具有长期干旱、降雨集中的河谷气候,高陡的峡谷地貌,破碎的变质岩岩体,复杂的复式褶皱断层构造,强烈的地震活动等良好的地

质灾害孕育条件,通过对病害类型、数量、规模、危害程度、养护资金、处治难点等的分析,提出地质病害处治方案选取原则。复杂地质背景条件下国省干线公路养护面临类型多样、规模不一、危害程度不同的地质病害,且灾害的孕育、发展、发生是一个动态过程,目前稳定的地带在未来演化过程中,在地表水、地下水、风、地震等诱发下可能发生新的地质病害,公路养护应建立地质病害台账,合理利用养护资金,分期处治,以达到最好的资金利用效果。

参考文献:

- [1] 薛霞.探讨新形势下国省道干线公路养护管理的应对措施[J].建筑技术开发,2018(10):96-97.
- [2] 柯热·恒考.利用支持四省藏区发展政策加快四川等藏区综合交通运输业全面发展的思考[J].改革与开放,2012(6):126-127+129.
- [3] 田强春,朱洪洲,王庆珍.西南山区干线公路阻断状况研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2014,33(3):41-44+57.
- [4] 贾来庭.四川省茂县地质灾害调查与区划报告[R].成都:四川省地质矿产勘查开发局成都水文地质工程地质队,2003:4-9.
- [5] 杨学之.四川省阿坝藏族羌族自治州汶川县地质灾害调查与区划报告[R].成都:四川省广汉地质工程勘察院,2005:29-50.
- [6] 黄润秋.汶川地震地质灾害研究[M].北京:科学出版社,2009:23-76.

收稿日期:2020-06-26

(上接第81页)

- 掺量对马歇尔指标的影响分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019(7):83-86.
- [3] 郭娟,王立辉.高RAP掺量热再生沥青混合料动态流变性能研究[J].公路,2018(9):242-248.
 - [4] 熊颖,陈维,姚玉权.等.基于马歇尔指标的就地热再生沥青混合料再生剂用量分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019(8):80-84.
 - [5] 程英伟,宋崇惠,彭蕾.温拌再生沥青混合料的拌和成型工艺研究[J].公路,2019(7):41-45.
 - [6] 姚廐,师阳.就地热再生沥青混合料配合比优化设计[J].兰州工业学院学报,2019,26(4):40-46.
 - [7] 程英伟,宋崇惠,杨继强.温拌再生沥青混合料的配合比设计[J].武汉轻工大学学报,2019,38(1):107-111.
 - [8] 拾方志,马卫民.沥青路面再生技术手册[M].北京:人

民交通出版社,2006.

- [9] 刘亮.RAP表面特性及其性能改善研究[D].西安:长安大学,2016.
- [10] 曹卫东,王彬,刘树堂.等.厂拌热再生沥青混合料最佳新沥青用量范围估算[J].中外公路,2018,38(6):277-280.
- [11] 范鹏云,刘冰剑,路再红.等.渗透剂对再生沥青混合料性能的影响[J].公路,2019(3):43-46.
- [12] 黄育华,陈楚鹏,方杨.不同新沥青混合料掺配比例现场热再生沥青混合料路用性能分析[J].广东公路交通,2019(1):16-19.
- [13] 杨林,李文博.热再生沥青混合料有效再生率的影响分析[J].科学技术与工程,2019,19(5):291-296.

收稿日期:2020-05-23