

## 成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料应用特点分析

郭桂爽, 封晓桃

(苏交科集团股份有限公司, 江苏 南京 211112)

**摘要:** 阐述了成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料在实体工程中的应用情况, 并与 SBS 改性沥青 SMA13 混合料的应用情况进行对比, 分析了成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料的应用特点, 为成品湿法橡胶沥青的推广应用积累经验。

**关键词:** 公路; 成品湿法橡胶沥青; SMA13; 应用特点

**中图分类号:** U416.217

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2018)02-0062-03

橡胶沥青的生产分为干法和湿法两个体系。其中湿法橡胶沥青技术经过半个多世纪的发展, 已从单一的胶粉与基质沥青的融合发展到胶粉与 SBS 等添加剂形成复合型橡胶改性沥青, 所用胶粉类型、胶粉掺量及胶粉颗粒大小向着既统一又各有特点的方向发展, 生产工法也呈现现场湿法、工厂化、成品湿法的多元化新格局。目前已有橡胶沥青(现场湿法)、橡胶沥青(交通部标准)和橡胶沥青(工厂化/成品湿法)及胶粉改性沥青等几种不同技术、产品标准, 这几种橡胶沥青分别具有不同的性能和用途。

近年来, 成品湿法橡胶沥青由于具有胶粉掺量大(15%以上)、粘度高、存储稳定性好、使用性能好的特点, 得到了推广应用, 可用于间断级配混合料, 也可用于连续级配混合料、应力吸收层等。在成品湿法橡胶沥青应用中, 橡胶沥青 SMA13 混合料是具有较强代表性的一种间断级配混合料。该文对成品湿法橡胶沥青 SMA 混合料与传统 SBS 改性沥青 SMA 混合料在应用方面的特点进行对比分析。

## 1 工程概况

以贵州省 S307 线路面大修工程为例, 该路段为运煤通道, 属于山区重载交通路段, 路面结构为 36 cm 水泥稳定碎石+6 cm 改性沥青 AC-20+4 cm 橡胶沥青 SMA13, 采用成品湿法橡胶沥青。

## 2 原材料

### 2.1 沥青

成品湿法橡胶沥青的制备工艺: 按配方比例将胶粉、稳定剂、复合改性剂及基质沥青进行预混、溶胀, 温度控制在 180~190 °C, 时间为 20~30 min; 溶胀后将混合物通过剪切机、胶体磨、搅拌釜进行循

环搅拌、研磨 3~4 遍; 将制备好的橡胶沥青注入发育罐中, 在 130~150 °C 条件下发育 120~150 min; 发育完成后注入成品罐, 运送至工地。采用上述配方及工艺生产的成品湿法橡胶沥青有别于现场湿法(一般仅添加胶粉)生产的橡胶沥青, 在添加稳定剂、复合改性剂 SBS 并经过多次循环搅拌、研磨后, 成品湿法橡胶沥青的稳定性大为提升, 可达到或接近 SBS 改性沥青的稳定性。添加的胶粉粒径为 40 目, 掺量为基质沥青质量的 15%~20%。贵州 S307 线大修工程所用橡胶沥青的技术参数见表 1。

表 1 成品湿法橡胶沥青的性能测试结果

试验项目	测试值	技术要求
针入度(25 °C, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	41	35~65
延度(5 °C, 5 cm/min)/cm	13	≥10
软化点 $T_{R\&B}$ /°C	72.5	≥65
运动粘度(135 °C)/(Pa·s)	10.81	—
运动粘度(177 °C)/(Pa·s)	1.57	1.0~4.0
弹性恢复(25 °C)/%	96	≥75
离析(软化点差)/°C	2.3	≤2.5

为便于比较, 列举以往工程所用 SBS 改性沥青的技术指标, 表 2 为哈牡(哈尔滨—牡丹江)高速公路大修工程所用 SBS 改性沥青的性能测试结果。

表 2 SBS 改性沥青性能测试结果

试验项目	测试值	技术要求
针入度(25 °C, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	66	60~80
延度(5 °C, 5 cm/min)/cm	37	≥30
软化点 $T_{R\&B}$ /°C	75	≥55
运动粘度(135 °C)/(Pa·s)	1.38	≤3
弹性恢复(25 °C)/%	97	≥65
离析(软化点差)/°C	1.9	≤2.5

由表 1、表 2 可知:在 135 °C 条件下,成品湿法橡胶沥青的粘度高于 SBS 改性沥青,橡胶沥青在 177 °C 条件下的粘度与 SBS 改性沥青在 135 °C 下的粘度近似。为满足良好的施工和易性,需提高橡胶沥青混合料的施工温度。

## 2.2 集料

贵州 S307 线沿线有优质的玄武岩集料,集料规格为 0~3、3~5、5~10、10~15 mm,粗、细集料的各项指标均满足设计及 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》的要求,与 SBS 改性沥青 SMA13 混合料常用集料规格相同。

## 2.3 填料

成品湿法橡胶沥青 SMA13 采用由石灰岩磨制的优质矿粉,其各项指标满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》及设计的要求,与 SBS 改

性沥青 SMA13 混合料对于填料的要求相同。

## 2.4 纤维稳定剂

与 SBS 改性沥青 SMA13 混合料不同,成品湿法橡胶沥青 SMA13 未使用纤维稳定剂,工程应用表明,成品湿法橡胶沥青 SMA13 在不添加纤维稳定剂情况下状态依然较稳定,未出现析漏超限的现象,这与成品湿法橡胶沥青粘度较大有一定关系。

## 3 配合比设计

成品湿法橡胶沥青 SMA13 采用的级配范围见表 3。成品湿法橡胶沥青混合料级配设计及最佳油石比的确定方法和流程与常规 SBS 改性沥青混合料一致。贵州 S307 线大修工程所用成品湿法橡胶沥青 SMA13 的设计级配见表 3,矿料比例、油石比见表 4,体积指标见表 5。

表 3 SMA-13 混合料的级配范围

级配类型	通过下列筛孔(方孔筛,mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100.0	100.0	75.0	32.0	27.0	24.0	20.0	16.0	13.0	12.0
下限	100.0	90.0	50.0	22.0	16.0	14.0	12.0	10.0	9.0	8.0
设计值	100.0	91.5	61.3	27.4	22.1	18.3	14.2	12.5	10.9	9.5

表 4 成品湿法橡胶沥青 SMA13 的配合比

材料	所占比例/%
矿料	
10~15 mm	25
5~10 mm	46
3~5 mm	5
0~3 mm	15
矿粉	9
油石比	6.1

表 5 成品湿法橡胶沥青混合料马歇尔试验结果

项目	试验结果	技术要求
毛体积相对密度	2.514	—
理论最大相对密度	2.619	—
空隙率/%	4.0	3~4.5
矿料间隙率/%	16.2	≥16.0
饱和度/%	75.3	75~85
粗集料骨架间隙率 VCA <sub>mix</sub> /%	36.50	≤VCA <sub>DRC</sub>
稳定度/kN	10.02	≥6.0
流值/(0.1 mm)	26.1	—

由表 3~5 可知:成品湿法橡胶沥青 SMA13 混

合料的级配设计和最佳油石比确定的要求与常规 SBS 改性沥青混合料类似,对设计空隙率、饱和度的要求也相同;但由于成品湿法橡胶沥青微米级颗粒的存在,在试件体积参数中,对矿料间隙率的要求比常规 SBS 改性沥青混合料略有降低。

## 4 沥青混合料的路用性能

通过冻融劈裂试验、浸水马歇尔试验评价沥青混合料的水稳定性能,采用动稳定度检测沥青混合料的高温性能、小梁弯曲试验分析沥青混合料的低温性能,通过析漏试验和飞散试验验证沥青混合料的抗剥落性能和粘结性能。成品湿法橡胶沥青与 SBS 改性沥青 SMA13 混合料的常规性能试验结果见表 6。其中成品湿法橡胶沥青混合料数据来源于贵州 S307 线大修项目,SBS 改性沥青混合料数据来源于哈牡高速公路大修项目。

由表 6 可知:2 种改性沥青的路用性能接近,均满足规范要求;在高温性能方面,成品湿法橡胶沥青 SMA 混合料的抗车辙能力接近或略优于 SBS 改性沥青混合料。

表6 改性沥青 SMA13 混合料常规性能试验结果

测试项目	成品湿法 橡胶沥青	SBS 改 性沥青
冻融劈裂试验残留强度比/%	95.2	90.7
马歇尔试验残留稳定度/%	93.2	89.2
动稳定度/(次·mm <sup>-1</sup> )	7 915	6 045
析漏损失率/%	0.03	0.04
飞散损失率/%	7.2	8.1
低温弯曲破坏应变/ $\mu\epsilon$	3 303.2	3 019.4

## 5 施工工艺关键特征分析

成品湿法橡胶沥青的拌和采用常规间歇式沥青混合料拌和方式,对于部分 2000 型及 1000 型拌和站,需进行局部改装,如更换大功率沥青泵、提升加热保温系统等。

### 5.1 橡胶沥青 SMA13 混合料的拌和

(1) 沥青存放。橡胶沥青从加工厂运送至工地拌和场后,需存放在带有搅拌器或内循环的沥青罐中,以减少离析。该要求与 SBS 改性沥青相同。

(2) 拌和。成品湿法橡胶沥青 SMA13 不需要外掺纤维,拌和过程中一般不需要延长干拌时间,湿拌时间可适当延长 3~5 s,整个拌和周期一般控制在(70±5) s。拌和时,重点是将沥青和集料的加热温度控制在适宜范围内(见表 7)。

表7 改性沥青 SMA13 混合料拌和温度控制  $^{\circ}\text{C}$ 

混合料类型	沥青温度	骨料温度	混合料温度
成品湿法橡胶沥青	180±5	200~220	180~190
SBS 改性沥青	170±5	200~220	170~180

### 5.2 运输、摊铺和碾压

在混合料运输、摊铺、压实环节,2 种沥青混合料所用机械设备相同,不同点主要为:

(1) 温度控制。与 SBS 改性沥青 SMA13 相比,成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料的运输、摊铺和碾压过程中对混合料温度控制要求更严谨,其温度通常高于 SBS 改性沥青 5~10  $^{\circ}\text{C}$ (见表 8)。

表8 改性沥青 SMA13 混合料运输、摊铺、压实温度控制推荐值  $^{\circ}\text{C}$ 

沥青类型	成品湿法橡胶沥青	SBS 改性沥青
出料温度	180~190	170~180
摊铺温度	≥175	≥170
初压温度	≥170	≥165

(2) 碾压过程控制。成品湿法橡胶沥青与 SBS 改性沥青混合料均需在温度尽量高的条件下完成压实,但由于橡胶沥青对温度要求更高,其压实紧迫性、及时性要求比 SBS 改性沥青混合料更高。表 9 为推荐的成品湿法橡胶沥青混合料压实工艺,图 1 为压实效果。

表9 成品湿法橡胶沥青压实工艺(作业面宽 8~12 m)

压路机类型	初压	复压	终压
双钢轮压路机	2 台,各 3 遍	2 台,各 4 遍	1 台,1~2 遍
胶轮压路机			1 台胶轮 1~2 遍,1 台钢轮条件下配置)

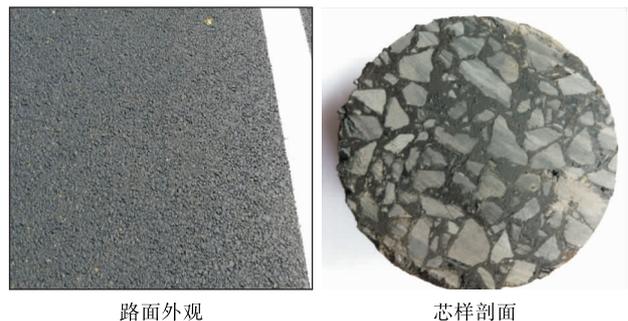


图1 成品湿法橡胶沥青混合料的压实效果

## 6 结语

通过成品湿法橡胶沥青 SMA13 与传统 SBS 改性沥青 SMA13 混合料设计与应用过程对比,成品湿法橡胶沥青 SMA13 具有以下特点:1) 在混合料材料组成中,成品湿法橡胶沥青 SMA13 不需要纤维稳定剂。2) 成品湿法橡胶沥青 SMA13 可选用与常规 SMA 混合料近似的级配范围。3) 成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料的沥青用量在不加纤维的情况下接近常规 SMA13 沥青混合料。4) 在沥青混合料拌和过程中,成品湿法橡胶沥青混合料的沥青加热温度、骨料加热温度、混合料出料温度、摊铺和压实温度均高于 SBS 改性沥青混合料,提高约 10  $^{\circ}\text{C}$ 。

### 参考文献:

- [1] Z Xie, J Shen. Fatigue performance of rubberized stone matrix asphalt by a simplified viscoelastic continuum damage model[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2016, 28(4).
- [2] Z Xie, J Shen. Performance of porous European mix(PEM)

(下转第 74 页)

11.4°的条件下,其强度折减系数分别为 0.8、0.5、0.2 时,边坡最大位移分别为 0.058、0.036、0.029 m,最大位移的变化速率较缓;在软弱夹层倾角为 4.5°的条件下,其强度折减系数分别为 0.8、0.5、0.2 时,边坡最大位移分别为 0.029、0.022、0.021 m,最大位移随软弱夹层强度的减弱呈线性上升,但变化速率最慢。可见,软弱夹层的倾角越大,相同强度折减系数对其最大位移的影响越明显。

图 6 为不同软弱夹层倾角条件下夹层强度对边坡稳定性的影响。从图 6 可以看出:在软弱夹层倾角为 20°的条件下,其强度折减系数分别为 0.8、0.5、0.2 时,边坡安全系数分别为 1.84、1.52、1.24,安全系数呈线性下降,下降速率快;在软弱夹层倾角为 11.4°的条件下,其强度折减系数分别为 0.8、0.5、0.2 时,边坡安全系数分别为 1.91、1.71、1.46,安全系数下降速率较快;在软弱夹层倾角为 4.5°的条件下,其强度折减系数分别为 0.8、0.5、0.2 时,边坡安全系数分别为 1.94、1.76、1.64,安全系数下降速率较慢。可见,软弱夹层的倾角越大,相同强度折减系数对边坡安全系数的影响越明显。

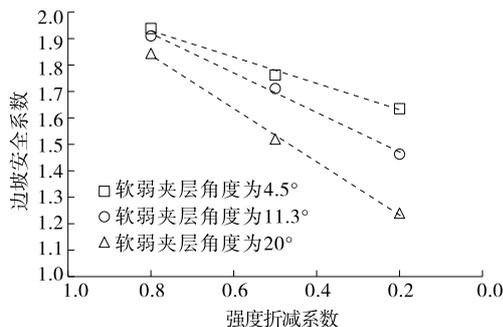


图 6 软弱夹层强度对边坡稳定性的影响

### 3 结论

(1) 在软弱夹层强度不变时,随着软弱夹层倾角的增加,位移区域的面积逐渐减小,但位移最大值

逐渐增大,滑移面逐渐由圆弧形向直线形转变。位移主要由软弱夹层的剪应变所引起,软弱夹层上部的坡积土为整体位移,没有发生变形。

(2) 边坡潜在滑动面与安全系数受软弱滑动面倾角的影响十分明显,随着软弱夹层倾角的增大,滑动面越趋向于软弱夹层内部,边坡安全系数越小。

(3) 软弱夹层的倾角越大,相同强度折减系数对其最大位移及边坡安全系数的影响越明显。

### 参考文献:

[1] 王维早,杨小荟,贾磊,等.某水电站左岸坝肩边坡软弱夹层的工程特性及其对边坡稳定性的影响[J].水文地质工程地质,2007,34(1).

[2] 米海珍,牛军贤,李如梦.红层软岩破碎软弱夹层边坡稳定性影响因素探讨[J].兰州理工大学学报,2006,32(3).

[3] 陈玮,简文彬,董岩松,等.某含软弱夹层花岗岩残积土边坡稳定性研究[J].水利与建筑工程学报,2014,12(6).

[4] 卢海峰,陈从新,沈强,等.鄂西南巴东组红层边坡夹层成因及特性[J].水文地质工程地质,2010,37(1).

[5] 王浩然,黄茂松,刘怡林.含软弱夹层边坡的三维稳定性极限分析[J].岩土力学,2013,34(增刊2).

[6] 张社荣,谭尧升,王超,等.多层软弱夹层边坡岩体破坏机制与稳定性研究[J].岩土力学,2014,35(6).

[7] 吴顺川,张晓平,刘洋.基于颗粒元模拟的含软弱夹层类土质边坡变形破坏过程分析[J].岩土力学,2008,29(11).

[8] 王睿,张嘎,张建民.降雨条件下含软弱夹层土坡的离心模型试验研究[J].岩土工程学报,2010,32(10).

[9] 谢红建,万力.含软弱夹层的边坡稳定性及加固分析[J].东北水利水电,2014(7).

[10] 莫晓华,赵双祥.基于正交设计的软弱夹层岩质边坡影响因素分析[J].北方交通,2014(10).

收稿日期:2017-08-20

\*\*\*\*\*

(上接第 64 页)

pavements added with crumb rubbers in dry process [J]. International Journal of Pavement Engineering, 2016,17(7).

[3] 吴春颖,刘爱华,刘开琼,等.橡胶沥青胶结料综合性能的对比研究 [J].江苏交通科技,2012(5).

[4] 刘开琼,刘开琼,李爱芳,等.高粘成品橡胶沥青在路面工程中的应用研究与工程实践[A].中国公路学会道路

工程分会学术年会暨第六届(2012)国际路面养护技术论坛[C].2012.

[5] JTG/E20-2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[6] 李文秀.废旧轮胎胶粉添加方式对橡胶沥青混合料路用性能的影响[J].公路与汽运,2017(3).

收稿日期:2017-09-20