

岩沥青改性 AC—20 级配设计及路用性能评价

彭小义

(岳阳市公路桥梁基建总公司, 湖南 岳阳 414000)

摘要: 依托某高速公路岩沥青改性试验路, 研究岩沥青改性 AC—20 混合料的级配设计, 并通过室内试验对其主要路用性能进行评价。结果表明, 岩沥青中改性剂有效成分为 25%, 岩沥青 AC—20 混合料的级配靠近规范级配范围的中值和下限, 最佳油石比为 4.15%; 岩沥青改性 AC—20 混合料的水稳定性和抗车辙性能良好; 从冻融劈裂强度和应变变化率来看, 岩沥青与 SBS 改性的 AC—20 混合料均具有较好的低温性能和抗老化性能; 建议采用干法拌制岩沥青, 并通过合理的碾压工艺和碾压遍数提升其压实度、动稳定度。

关键词: 公路; 岩沥青; 沥青混合料; 级配设计; 干法拌制; 路用性能

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)05-0062-03

岩沥青是在自然条件下经过长期恶劣自然环境综合作用聚合而成的沥青类物质, 虽然岩沥青改性属物理改性, 并未形成新的官能团, 但岩沥青与基质沥青具有良好的相容性, 能提升基质沥青的高温性能、流变性能、力学性能等, 改善基质沥青蜡含量高的问题。目前对岩沥青的推广应用仍处于起步阶段, 对岩沥青改性的掺量、级配设计、路用性能等研究也不够系统, 且未形成成熟的生产工艺、质量控制体系和相关规范。该文依托某高速公路岩沥青改性试验路, 对岩沥青改性的中面层 AC—20 混合料级配设计及路用性能进行研究, 为类似工程及岩沥青的推广应用提供依据。

1 级配设计

1.1 岩沥青的有效成分

岩沥青中有效成分含量直接决定岩沥青的品质并对沥青混合料的级配产生影响, 故级配设计前需确定岩沥青中有效成分(沥青)和矿物质的具体含量。目前中国没有岩沥青性能指标评定相关标准, 采用印度尼西亚国家标准对试验路采用的岩沥青进行抽提和性能检验, 结果见表 1。

由表 1 可知: 试验路采用的岩沥青符合相关标准要求; 岩沥青中改性剂有效成分为 25%, 其余 75% 可当作矿粉处理。

1.2 设计级配

按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行试验路中面层岩沥青 AC—20 混合料级配设计, 结果见图 1。

表 1 岩沥青中有效成分测试结果

项目	试验结果	印尼标准
有效成分/%	25	≥ 18
矿物质含量/%	75	—
矿物质最大粒径/mm	1.18	≤ 2.0
密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	1.796	1.7

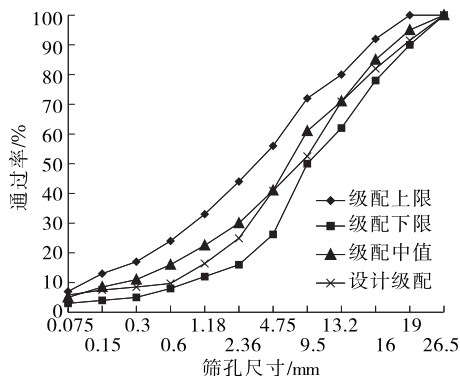


图 1 岩沥青 AC—20 的级配曲线

由图 1 可知: 中面层岩沥青 AC—20 混合料的设计级配在规范级配中值和下限之间, 级配靠近中值和下限有利于提升沥青路面的抗车辙性能。

1.3 最佳油石比

分别采用油石比 3.0%、3.5%、4.0%、4.5%, 按中面层岩沥青 AC—20 混合料设计级配制备马歇尔试件, 在 170 °C 双面各击实 75 次成型。采用干法拌和, 岩沥青先与石料人工干拌 90 s, 打开拌和锅再干拌 90 s, 然后加入基质沥青和矿粉, 分别干拌 90 s。岩沥青掺量为混合料质量的 2.3%。试件直径和高度分别为 101.6、63.5 mm。分别测试试件的物理指标和 60 °C 马歇尔稳定度, 结果见表 2。

表 2 岩沥青改性 AC-20 混合料马歇尔试验结果

油石比/%	毛体积相对密度	空隙率/%	饱和度/%	矿料间隙率/%	稳定度/kN	流值/(0.1 mm)
3.0	2.426	6.5	48.8	12.7	18.2	28.00
3.5	2.433	5.6	56.8	12.9	16.8	31.35
4.0	2.442	4.5	65.0	13.0	14.7	38.10
4.5	2.454	3.4	73.8	13.3	13.3	48.60

根据表 2,确定岩沥青改性 AC-20 混合料的最佳油石比为 4.15%。

2 路用性能试验评价

岩沥青的高温性能较好,对改善沥青路面的车辙性能有利。下面主要测试岩沥青改性 AC-20 混合料的高低温性能及水稳定性,评价其在实际应用中的可行性。

2.1 水稳定性

在最佳油石比下成型岩沥青改性 AC-20 混合料马歇尔试件,测试其残留稳定度,结果如下:马歇尔稳定度为 14.70 kN;浸水马歇尔稳定度为 14.07 kN;浸水残留稳定度为 95.7%。岩沥青改性 AC-20 混合料的水稳定性满足技术规范中浸水残留稳定度≥85%的要求,水稳定性较好,具有良好的抗水损坏能力。

2.2 车辙试验

在最佳油石比下成型岩沥青改性 AC-20 混合料车辙试件,在 60℃试验条件进行车辙试验,结果见表 3。

表 3 岩沥青改性 AC-20 混合料车辙试验结果

试件编号	变形量/mm		动稳定度/ (次·mm ⁻¹)
	45 min	60 min	
1	1.220	1.240	9 000
2	1.180	1.290	10 500
3	1.200	1.270	9 000

由表 3 可知:在岩沥青掺量为 2.3%时,岩沥青改性 AC-20 混合料的动稳定度在 9 000 次/mm 以上,超过规范中动稳定度>6 000 次/mm 的要求,说

明其具有良好的抗车辙性能。加之岩沥青改性 AC-20 混合料的水稳定性较好,其在中国南方高温多雨地区具有较好的适用性。

2.3 低温性能和抗老化性能

分别制备岩沥青和 SBS 改性 AC-20 混合料,双面击实 75 次成型马歇尔试件进行冻融劈裂试验,得到短期老化和长期老化 AC-20 混合料的冻融劈裂试验强度比 TSR(见表 4)。由表 4 可知:SBS 改性 AC-20 混合料的 TSR 值比岩沥青改性的混合料大,但两者的长期老化性能相差不大,且岩沥青和 SBS 改性的 AC-20 混合料的残留比变化率较接近,说明岩沥青改性 AC-20 混合料与 SBS 改性 AC-20 混合料同样具有较好的低温性能和抗老化性能。

表 4 不同改性 AC-20 混合料冻融劈裂试验结果对比

改性剂类型	老化情况	TSR/%	TSR 变化率/%
岩沥青	短期老化	92.57	97.46
	长期老化	90.22	
SBS	短期老化	95.45	95.45
	长期老化	91.11	

分别成型岩沥青及 SBS 改性 AC-20 混合料马歇尔试件进行低温弯曲试验,评价短期老化和长期老化 AC-20 混合料的低温弯曲性能,结果见表 5。由表 5 可知:SBS 改性 AC-20 混合料的短期老化破坏应变为 3 233.18 με,与岩沥青改性 AC-20 混合料相比有一定优势。但从应变变化率来看,SBS 改性沥青混合料经长期老化后,破坏应变的降低幅度相对较大,而岩沥青改性 AC-20 混合料老化后破坏应变的衰减相对较小,仅为 4.71%,说明岩

表 5 不同改性 AC-20 混合料低温弯曲试验结果对比

改性剂类型	老化情况	最大荷载/N	跨中挠度/mm	破坏应变/με	劲度模量/MPa	应变变化率/%
岩沥青	短期老化	1 582.41	0.58	2 631.32	3 141.77	4.71
	长期老化	1 783.47	0.43	2 507.18	3 553.53	
SBS	短期老化	1 345.53	0.52	3 233.18	4 220.61	14.41
	长期老化	1 415.69	0.51	2 767.17	5 020.55	

沥青改性 AC-20 混合料具备优良的抗老化性能;且在长期老化后岩沥青和 SBS 改性 AC-20 混合料的破坏应变相差不大,说明长期老化后岩沥青和 SBS 改性 AC-20 混合料的低温性能基本相当。

3 岩沥青改性 AC-20 混合料施工工艺

3.1 岩沥青拌制

岩沥青可通过干法和湿法两种工艺拌制。其中:干法拌制工艺简单,先按掺配量添加岩沥青,在拌缸中与矿料干拌,然后加入基质沥青按常规方法进行拌和即可。采用干法工艺时,为使混合料改性充分,需适当延长拌和时间。湿法通常是施工前一天将基质沥青与岩沥青按掺配比例预拌加工成改性岩沥青,再按传统方法与集料进行拌和。采用湿法工艺时,为制备性能优良的岩沥青混合料,需采用沥青泵对预拌后的基质沥青与岩沥青进行充分拌和,与 SBS 改性沥青的制备类似,还需添置改性沥青加热、存储、搅拌与输送设备。拌和后的岩沥青混合料应无花白料,无严重的粗细料离析或结团成块现象,并根据施工现场拌和效果对预设的湿拌和干拌时间进行调整。

考虑到湿法工艺拌制过程较繁琐,需专门添置改性沥青配制、拌和设备,会增加施工和时间成本,且存储和保温时间的掌控会影响湿法拌制混溶后岩沥青的分布情况,若掌控不好,极易导致岩沥青改性产生离析,试验路实施中采用干法拌制。

3.2 混合料摊铺

考虑到岩沥青改性后沥青混合料的粘度有较大提升,岩沥青改性 AC-20 混合料的拌和、出厂温度均提高 5~10℃。试验路施工中,岩沥青改性 AC-20 混合料的拌和温度为 170~180℃,出厂温度为 165~175℃。混合料运输与摊铺过程与普通沥青混合料类似。

3.3 混合料碾压

沥青砼压实度是沥青路面施工质量重要控制指标之一,优良的压实度可充分发挥沥青混合料的结构强度和路用性能,减小沥青路面的车辙变形,避免沥青路面出现早期水损坏。试制不同碾压遍数下车辙试件,测试其空隙率和压实度,评价岩沥青改性 AC-20 混合料的高温稳定性,试验结果见表 6。由表 6 可知:随着往返碾压遍数的增加,岩沥青改性 AC-20 混合料的空隙率减小,压实度和动稳定度增大,往返碾压 18 次时空隙率为 3.7%,压实度达到

100%,动稳定度达到最大 4 203 次/mm。可通过合理的碾压工艺和碾压遍数提升其压实度、动稳定度。

表 6 岩沥青改性 AC-20 混合料压实度与动稳定度试验结果

碾压遍数 (往返)/遍	空隙率/ %	压实度/ %	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)
10	5.5	94.9	2 813
12	5.2	95.8	3 341
14	4.6	97.5	3 679
16	4.1	99.0	3 969
18	3.7	100.0	4 203

岩沥青改性 AC-20 混合料的碾压工序:初压采用双钢轮压路机静压 1 遍,碾压速度 2~3 km/h;复压采用双钢轮压路机振动碾压 4 遍、胶轮压路机静压 2 遍,碾压速度 3~4 km/h;终压采用双钢轮压路机抛光 1 遍,碾压速度 4~5 km/h。光轮与胶轮压路机在整个压实过程中同进同退。

4 结论

(1) 岩沥青中改性剂有效成分为 25%,其余 75%可当作矿粉处理。岩沥青 AC-20 混合料的级配在规范级配范围的中值和下限之间,最佳油石比为 4.15%。

(2) 岩沥青改性 AC-20 混合料的水稳定性较好,且具有良好的抗车辙性能,在中国南方高温多雨地区具有较好的适用性。

(3) 从冻融劈裂强度比来看,SBS 和岩沥青改性 AC-20 混合料的长期老化性能相差不大,均具有较好的低温性能和抗老化性能;从应变变化率来看,岩沥青改性 AC-20 混合料具备优良的抗老化性能,在长期老化后岩沥青和 SBS 改性 AC-20 混合料的破坏应变相差不大,低温性能基本相当。

(4) 宜采用干法拌制岩沥青,并适当提高岩沥青改性 AC-20 混合料的拌和和出厂温度。随碾压遍数的增加,岩沥青改性 AC-20 混合料的空隙率减小,压实度和动稳定度增大。

参考文献:

- [1] 余四新,韦金城,蔡长松,等.天然岩沥青复合改性沥青性能评价与应用研究[J].山东建筑大学学报,2015,30(5).
- [2] 欧毅,李光,李佳庆.岩沥青 AC-25 沥青混合料材料组成设计及性能检验[J].湖南交通科技,2018,44(3).

(下转第 67 页)

计算得 $K_{\min} = 1.97 > 1.30$, 最危险滑动面对应的最小安全系数满足规范要求, 路基边坡稳定。

3.3.3 反压护道稳定性评价

反压护道边坡高度为 21.5 m, 坡比为 1:2。先以 $4.5H$ 线法确定圆心位置(见图 7), 再对 5 个圆心确定的 5 个滑动面进行条分验算, 求出每一滑动面对应的 K 值(见图 8)。

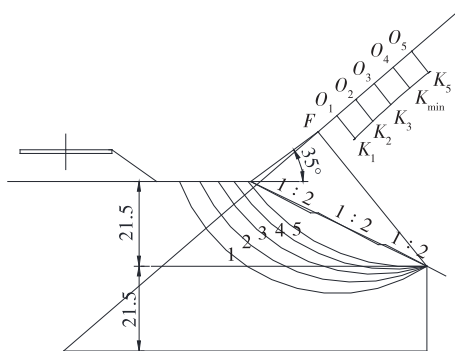


图 7 反压护道稳定性分析示意图

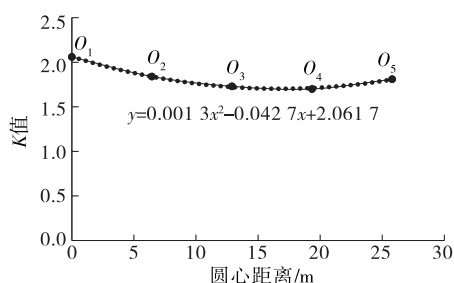


图 8 反压护道的安全系数 K

经拟合, 得出 K 值曲线公式为:

$$y = 0.001 3x^2 - 0.042 7x + 2.061 7$$

计算得 $K_{\min} = 1.71 > 1.30$, 最危险滑动面对应的最小安全系数满足规范要求, 反压护道边坡稳定。

3.4 优化设计方案的经济性分析

优化设计方案增加的工程量如下: 利用土石方 57 019 m^3 ; 衬砌拱防护 4 085.65 m^2 ; 林地 5 420

m^2 。减少的工程量如下: C20 片石砼 1 445.85 m^3 ; 带肋钢筋 217 575 kg; 光圆钢筋 2 200 kg; C30 砼 405 m^3 ; 直径 1.2 m 桩基 200 m; C15 砼 50.8 m^3 。经计算分析, 防护方案优化后, 减少造价约 150 万元, 其经济性优于原方案。

4 结语

反压护道是在软弱地基或填筑高度超过临界高度时, 为防止地基产生剪切、滑移, 在路基两侧或一侧填筑具有反压作用的一定高度和宽度的土体, 以保证路基稳定的一种方法。与其他方法相比, 该方法不需要特殊的机械设备和材料, 施工方便, 造价较低, 特别是在有大量弃方的情况下, 弃方能得到有效利用。其缺点是占地多、土地用量较大。但可在反压护道上做好排水的前提下采取土地复耕的方式尽量减少土地占用, 在地质地貌条件允许且土地占用量不大的情况下, 采取反压护道增强路基稳定性是一种可取的方式。

参考文献:

- [1] 罗治华. 山区高速公路特殊软基段处理[J]. 广东公路交通, 2018(4).
- [2] 石敏. 路堤挡土墙选型及适用条件分析[J]. 福建交通科技, 2017(4).
- [3] 屈海军. 高速公路的高边坡设计及稳定性评价[J]. 城市道桥与防洪, 2016(9).
- [4] 刘立权. 山区高速公路高边坡稳定可靠性研究[J]. 公路, 2016(1).
- [5] 赵宁雨, 梁波, 黄锋, 等. 一种填方路堤反压护道断面设计的解析方法研究[J]. 岩土力学, 2015, 36(10).
- [6] JTG B01-2014, 公路工程技术标准[S].

收稿日期: 2019-05-04

(上接第 64 页)

- [3] 王恒斌, 葛折圣. 布敦岩沥青改性沥青胶浆高温动态流变性能的试验研究[J]. 公路交通科技, 2008, 25(9).
- [4] 尹应梅, 张肖宁. 布敦岩沥青对沥青胶浆高温流变特性的影响[J]. 武汉理工大学学报, 2010, 32(7).
- [5] 刘树堂, 杨永顺, 房建果, 等. 布敦岩沥青改性沥青混合料试验研究[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 2007, 35(3).
- [6] JTG D50-2017, 公路沥青路面设计规范[S].

- [7] JTG E20-2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [8] JTG F40-2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [9] 曾梦澜, 陈伟, 朱艳贵, 等. 布敦岩沥青湿法工艺掺量对改性沥青混合料性能的影响[J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2018, 45(11).
- [10] 张博文. 岩沥青及其混合料路用性能研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2015.

收稿日期: 2019-03-21