

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2023.03.018

高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料应用研究

刘洪磊¹, 陈燎焱², 杨兴旺¹, 徐琦¹

(1.河南金欧特实业集团股份有限公司, 河南 许昌 461100;2.宁波市交通规划设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315199)

摘要:采用复合改性剂制备高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青,通过添加减水剂改善混合料的路用性能,研究高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的级配设计,并通过试验对其路用性能进行验证。结果表明,高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的马歇尔稳定度、水稳定性、高温性能和低温性能都能达到热拌沥青混合料的技术要求,满足沥青路面使用要求。

关键词:公路;复合型乳化沥青;冷拌冷铺;高固含量;路用性能

中图分类号:U418.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2023)03-0083-04

热拌沥青混合料存在施工温度高、能源消耗大、污染严重、操作危险性大及沥青黏结材料易老化等问题,对公路的快速发展带来很多制约^[1-2]。乳化沥青混合料可以在常温下进行拌和、铺装,生产施工过程不需要加热,具有节能环保、施工简易等优点^[3]。但普通乳化沥青混合料存在成型慢、初期强度低、低温性能差、抗水损害能力弱等问题,难以满足冷拌冷铺路面建设需求^[4-5]。乳化沥青需要经历破乳、水分蒸干等过程才能恢复沥青原有的黏结性能,乳化沥青混合料的性能随着水分的蒸发而不断提升,不是一次成型^[6-8]。乳化沥青混合料的上述问题需通过提升乳化沥青性能、减少用水量等来解决。本文采用 SBS、SBR 复合改性方式,同时提高乳化沥青固含量、采用减水剂来减少用水量,缩短成型时间,提高初期成型强度,进而改善乳化沥青混合料的性能。

1 原材料

(1) 乳化沥青。对 SBS 改性沥青进行乳化,乳化后复配 SBR 胶乳,SBS 改性沥青中 SBS 用量为 3%,SBR 胶乳复配用量为 3%。乳化剂按照 m (慢裂慢凝乳化剂(阿克苏 4875)): m (慢裂快凝乳化剂(天龙 X30))=2:1 的比例复配,总用量为 3%。成品乳化沥青的固含量大于 65%。乳化沥青的技术指标见表 1。

(2) 减水剂。添加减水剂减少混合料拌和用水量,减水剂的技术指标见表 2。

(3) 水泥。采用 32.5 普通硅酸盐水泥,其初凝时间为 90 min。

(4) 集料。采用石灰岩集料。

表 1 乳化沥青的技术指标

测试项目	测试结果		技术规范要求
	复合型乳化沥青	普通型乳化沥青	
电荷	阳离子	阳离子	阳离子
破乳速度	慢	慢	慢
筛上剩余量/%	0.062	0.078	<0.3
恩格拉黏度(25℃)	8.4	5.5	3~15
沥青含量/%	65.6	60.2	>60
针入度(0.1 mm)	62	69	40~90
软化点/℃	68.5	55.5	>60
5℃延度/cm	49	28	>30
存储稳定性/%	1 d	0.34	≤1.0
	5 d	1.28	≤5.0

表 2 减水剂的技术指标

测试项目	测试结果
减水率/%	≥25
泌水率/%	≤60
氯离子含量/%	≤0.10
总碱量(Na ₂ O+0.658K ₂ O)/%	≤10
pH 值	1.030±0.020
初凝时间/min	25
终凝时间/min	10

2 配合比设计

2.1 混合料试件成型养生方式

为加快混合料配合比设计进度,马歇尔试件采用双面击实 75 次、一次成型的方式。养生方式为模内 90 ℃下养生 24 h,室温 25 ℃下放置 12 h,之后脱模进行试验。

表 3 乳化沥青 AC-13 型混合料的矿料级配

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分比/%									
	16.000	13.200	9.500	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	0.075
级配上限	100.0	100.0	85.0	68.0	50.0	38.0	28.0	20.0	15.0	8.0
级配下限	100.0	90.0	65.0	38.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0
级配中值	100.0	95.0	76.5	53.0	37.0	26.5	19.0	13.5	10.0	6.0
合成级配	100.0	96.0	77.0	54.0	34.8	25.0	18.5	12.0	10.2	5.9

混合料具有良好的性能。乳化沥青混合料常温拌和中水主要是集料中的水分、乳化沥青中的水和拌和时加入的水。外掺水在乳化沥青混合料中主要起润滑、湿润和分散胶结料的作用,在乳化沥青混合料中加入一定量的水,可以补充集料对水分的需要,保证混合料中集料的裹敷,还可以对集料起到润滑作用,提高施工和易性^[9]。但外掺水的添加会延缓混合料成型强度的增长。因此,在保证拌和时间的的前提下,添加一定量的减水剂来尽可能减少用水量,提高混合料的早期成型强度。减水剂的添加量为水泥用量的 1%。

采用烘干后的集料,即集料含水量为零。初拟沥青试验油石比为 5.5%,外掺用水量从 1.0% 依次增加 0.5% 成型马歇尔试件进行试验,测试不同外掺用水量下试件的马歇尔稳定度、毛体积密度,以两指标峰值对应的用水量作为最佳外掺用水量,进而确定最佳总用水量,试验结果见图 1。由图 1 可知:随着外掺用水量的增加,乳化沥青混合料的马歇尔稳定度及毛体积密度呈现先增加后减小的趋势,均在

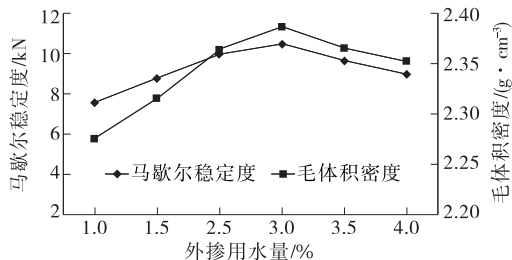


图 1 马歇尔稳定度、毛体积密度与外掺用水量的关系

2.2 矿料级配

结合实际工程案例中沥青路面上面层常用级配类型,选用 AC-13 型级配为试验级配,其中水泥用量为集料总重的 1.5%,合成级配见表 3。

2.3 最佳总用水量

水的用量对乳化沥青混合料拌和有很大影响,需确定合适的混合料拌和用水量,确保拌制的沥青

外掺用水量为 3% 时达到峰值。因此,AC-13 混合料配合比设计中乳化沥青常温拌和的最佳外掺用水量取 3%,对应最佳总用水量为 5.88%。

2.4 最佳乳化沥青用量

按照 $P = 0.06A + 0.12B + 0.2C$ 估算(P 为乳化沥青占矿料干质量的百分比; A 为粒径 > 2.360 mm 的矿料占全部矿料用量的百分比; B 为粒径为 $0.075 \sim 2.360$ mm 的矿料占全部矿料用量的百分比; C 为粒径 < 0.075 mm 的矿料占全部矿料用量的百分比),乳化沥青用量为 8.56%。以 8.5% 作为基数、0.5% 为梯度,分别选用 7.5%、8.0%、8.5%、9.0%、9.5% 的乳化沥青制备 5 组试件。养生完成后,测试试件的性能指标,试验结果见图 2。

由图 2 可知:随着乳化沥青用量的增加,高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的毛体积密度、稳定度先增大后减小,在乳化沥青用量为 8.5% 时达到峰值,分别为 2.396 g/cm^3 、 10.3 kN ,流值不断变大,空隙率不断减小;乳化沥青用量为 8.5% 时,沥青饱和度及空隙率均在设计中值附近,分别为 76.4%、4.1%。根据设计经验,确定最佳乳化沥青用量为 8.5%。

3 路用性能分析

3.1 力学性能

按照室内确定的乳化沥青混合料配合比成型 6 组 24 个马歇尔试件,其中:1 组 4 个试件在模内 90 ℃下养生 24 h,室温 25 ℃下放置 12 h 后脱模进

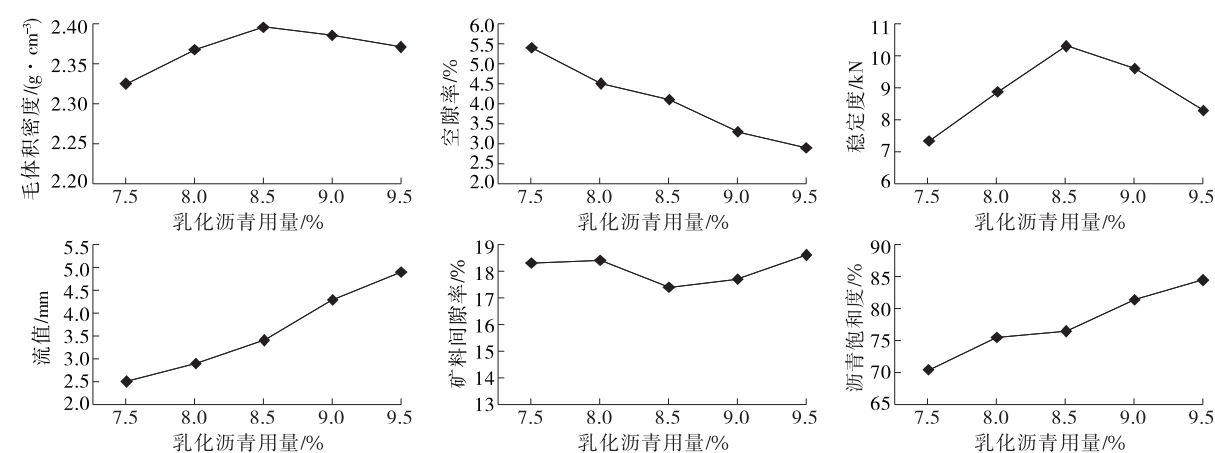


图 2 高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的性能测试结果

行稳定度测试;其余 5 组 20 个试件在室温 25 ℃下养生,分别养生 1 d(24 h)、2 d(48 h)、3 d(72 h)、5 d(120 h)、7 d(168 h)后脱模进行稳定度测试。试验结果见图 3。

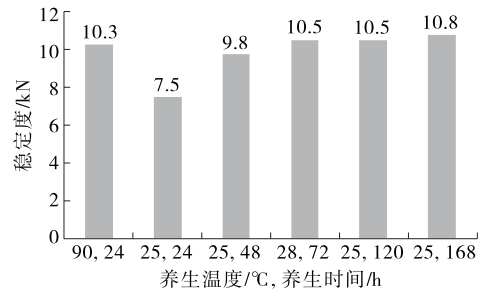


图 3 不同养生方式及时间下高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的稳定度

由图 3 可知:室温(25 ℃)下养生时,随着养生时间的延长,高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的马歇尔稳定度先增加后趋于稳定;养生时间为 2 d(48 h)时,稳定度已满足规范要求(≥ 8 kN),可开发交通;养生时间为 3 d(72 h)时,稳定度与 90 ℃下养生 24 h 时基本一致。与传统冷拌冷铺乳化沥青混合料施工养生时间(5~7 d)相比,高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的施工养生时间大大缩短。主要原因是高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青使用高固含量的乳化沥青及减水剂,减少了混合料体系中水的用量,缩短了成型时间。

3.2 高温性能

按照室内确定的配合比成型 3 组车辙板试件,90 ℃下养生 24 h、室温 25 ℃下放置 12 h 后进行高温稳定性试验,试验结果见表 4。

由表 4 可知:高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的高温稳定性满足设计要求,其动稳定度

表 4 高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料车辙动稳定度试验结果

试件编号	车辙动稳定度/(次·mm ⁻¹)		
	试验结果	平均值	规范要求
1	5 713	5 785	$\geq 2\ 800$
2	5 682		
3	5 960		

大于普通热拌改性沥青混合料(4 000 次/mm),主要原因在于高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青经过 SBS 等高分子材料改性后,其高温性能提高,同时少量水泥的掺入提高了其固化强度。

3.3 低温性能

采用小梁低温弯曲试验评价高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的低温性能。按照室内确定的配合比成型车辙板试件,90 ℃下养生 24 h、室温 25 ℃下放置 12 h 后脱模,切割成小梁试件进行试验,试验结果见表 5。

表 5 高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料小梁低温弯曲试验结果

试件编号	破坏应变/ $\mu\epsilon$		
	试验结果	平均值	规范要求
1	2 765	2 810	$\geq 2\ 500$
2	2 673		
3	2 776		
4	2 986		
5	2 852		

由表 5 可知:高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的平均破坏应变大于 2 800 $\mu\epsilon$,其低温稳定性能达到热拌沥青混合料的技术要求。原因在于高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青经过 SBR 等高

分子材料改性后,低温性能得到提升。

3.4 水稳定性

选取浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验对乳化沥青混合料的抗水损害能力进行评价。按照室内确定的配合比成型马歇尔试件,模内 90 ℃下养生 24 h、室温 25 ℃下放置 12 h 后脱模进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验,试验结果分别见表 6、表 7。

表 6 乳化沥青混合料浸水马歇尔试验结果

混合料类型	稳定度/ kN	浸水稳定 度/kN	残留稳定度/%	
			试验结果	规范要求
冷拌乳化沥青 混合料	10.45	8.76	83.14	≥80
	10.52	8.64		
	10.46	8.52		
	10.38	8.84		
普通热拌改性 沥青混合料	10.67	8.85	82.9	

表 7 乳化沥青混合料冻融劈裂试验结果

混合料类型	劈裂强 度/MPa	冻融劈裂 强度/MPa	冻融劈裂强度比/%	
			试验结果	规范要求
冷拌乳化沥青 混合料	0.71	0.59	80.9	≥75
	0.69	0.56		
	0.73	0.56		
	0.75	0.62		
普通热拌改性 沥青混合料	0.81	0.65	80.2	

由表 6、表 7 可知:高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的残留稳定性和冻融劈裂强度比与普通热拌改性沥青混合料相当,抗水损害性能达到热拌沥青混合料的技术要求。

4 结论

(1) 高固含量复合型冷拌冷铺乳化沥青混合料的最佳乳化沥青用量为 8.5%,最佳总用水量为 5.88%。

(2) 在冷拌冷铺乳化沥青混合料中,通过提高乳化沥青固含量、引入减水剂可有效减少用水量,缩短后期施工养生时间 1~3 d。

(3) 采用 SBS、SBR 复合改性方式制备改性乳化沥青,可提升乳化沥青的各项性能,使冷拌冷铺乳化沥青混合料的马歇尔稳定度、水稳定性、高温性能和低温性能等达到热拌沥青混合料的技术要求,满足沥青路面使用要求。

参考文献:

- [1] 徐世法,黄玉颖,蔡硕果,等.冷拌冷铺沥青混合料技术进展[J].筑路机械与施工机械化,2018,35(2):34-36.
- [2] 李思童,何志敏,蔡硕果,等.乳化型冷拌冷铺沥青混合料室内加速模拟养生条件[J].筑路机械与施工机械化,2018,35(2):37-42.
- [3] 夏朝彬,马波.国内外乳化沥青的发展及应用概况[J].石油与天然气化工,2000,29(2):88-91+52.
- [4] 张志婷,叶长文,罗雷,等.新型冷拌冷铺沥青混合料路用性能研究[C]//中国地质学会.第二十一届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集.北京:地质出版社,2021:91-96.
- [5] 谢伟伟,郑全,陈兆南,等.SBR 乳化型冷拌冷铺沥青混合料室内性能试验研究[J].湖南交通科技,2019,45(4):22-25.
- [6] 金晓晴.LB(冷拌冷铺)沥青及其路面修补技术研究[D].西安:长安大学,2005.
- [7] 李林涛,李思童,李建民,等.不同养生方式下的乳化型及溶剂型冷拌冷铺沥青混合料性能对比[J].石油沥青,2018,32(1):52-56.
- [8] 李思童,黄玉颖,蔡硕果,等.AC-10 冷拌冷铺乳化沥青混合料路用性能评价[J].石油沥青,2018,32(3):12-16.
- [9] 徐世法,许鹰,索智,等.冷拌冷铺沥青混合料开发及其在重载长寿命路面中的应用[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

收稿日期:2022-03-02

(上接第 82 页)

- [4] 陈刚,洪宝宁,周斌.跨线桥桩基施工对既有高速公路影响的有限元分析[J].中外公路,2015,35(2):21-24.
- [5] 高世强.高速铁路桥梁桥下新建公路工程的安全性分析[J].铁道标准设计,2015,59(4):63-67.
- [6] 谢钦方.新建公路下穿某铁路桥梁基础位移分析[J].铁道建筑技术,2013(增刊 1):11-13+25.

- [7] HARA T, YU Y Z, UGAI K. Behaviour of piled bridge abutments on soft ground: A design method proposal based on 2D elasto-plastic-consolidation coupled FEM[J]. Computers and Geotechnics, 2004, 31(4): 339-355.

收稿日期:2022-03-31