

道路工程冷拌冷铺乳化沥青混合料的应用

李奕佳,孙超,黄宏海,蒋福山,刘瑾潼,全配配

(中石油燃料油有限责任公司研究院,北京市100195)

摘要:冷拌冷铺乳化沥青混合料采用改性乳化沥青作为结合料,拌和与摊铺施工无需加热,具有节能环保、减少废气排放和环境污染、降低施工成本的优点,但实体工程案例较少。以中石油自研的“冷拌冷铺专用改性乳化沥青”为胶结料,选用密级配AC13的级配,通过室内试验,确定了沥青混合料的最佳用水量、最佳油石比和最大可操作时间,并应用在了市政道路的下面层中。结果表明,冷拌冷铺AC混合料具有良好的路用性能,生产和施工方便,相较于传统的沥青混合料施工不需要增加额外的大型设备,且施工成本降低约7%,具有一定的市场推广前景。

关键词:冷拌冷铺;专用改性乳化沥青;道路应用

中图分类号:U414

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)08-0284-03

0 引言

冷拌冷铺乳化沥青混合料采用改性乳化沥青作为结合料,拌和与摊铺施工无需加热,相较于传统的热拌沥青混合料,具有节能环保、减少废气排放和环境污染、降低施工成本的优点,目前有不少学者作了研究^[1-3],但实体工程应用案例较少^[4-5]。本文以中石油自研的“冷拌冷铺专用改性乳化沥青”为胶结料,进行了密级配AC13沥青混合料室内试验,并成功应用于道路工程的施工中,得到了良好的应用效果。

1 原材料及配合比设计

1.1 原材料

所用粗集料为10~15 mm、5~10 mm的石灰岩碎石,细集料为0~5 mm的石灰岩碎石加工机制砂,矿粉为石灰岩磨细矿粉;矿料性能满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)的要求。混合料中还外掺1%普通硅酸盐水泥,水泥性能指标满足《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)的要求。乳化沥青为中石油自研的“冷拌冷铺专用改性乳化沥青”,其性能指标见表1。

1.2 级配设计和混合料拌和

将以上矿料调配至AC13的级配范围内,并按以下方式进行混合料的拌和:

收稿日期:2023-08-09

作者简介:李奕佳(1992—),女,硕士,工程师,从事改性沥青及相关助剂的开发与应用研究工作。

表1 冷拌冷铺专用改性乳化沥青性能指标

测试项目	检测结果	技术要求	试验方法
沥青含量/%	61.5	60~65	T0651
破乳速率	慢	慢	T0658
筛上剩余量/%	0.01	≤0.05	T0652
标准黏度(25℃)/s	12.5	3~15	T0622
电荷	阳离子	阳离子	T0653
1d存储稳定性/%	0.80	≤1	T0655
5d存储稳定性/%	结块	≤5	T0655
针入度/(0.1mm)	51.3	40~90	T0604
蒸发残留物性	软化点/℃	≥55	T0606
质	延度(5℃)/cm	≥25	T0605
	黏韧性/(N·m)	≥25	T0655
	韧性/(N·m)	≥20	T0655

(1)按配合比的质量比例准备粗集料、细集料、矿粉和乳化沥青。

(2)在拌和锅内将粗集料、细集料拌和均匀后,加入外掺水拌和60s,再加入乳化沥青拌和45s,最后加入水泥或矿粉等填料拌和60s。

(3)将混合料置于马歇尔击实仪中,第一次击实50次,在室温下放置1.2h后进行第二次击实25次。

(4)进行常温或高温养生,获得待检马歇尔试件。

2 室内试验

2.1 最佳用水量的确定

固定乳化沥青油石比为8.5%,水泥外掺量为1%,控制总用水量为7.0%~8.0%,通过马歇尔试件的

密度和稳定度确定混合料的最佳外掺水量, 所得结果见表2。

表2 混合料最佳外掺水量的确定

总用水量 / %	乳化沥青油石比 / %	表观密度 / (g·cm ⁻³)	毛体积密度 / (g·cm ⁻³)	马歇尔稳定度 / kN
7.0	8.5	2.248	2.222	6.7
7.5	8.5	2.255	2.228	7.1
8.0	8.5	2.253	2.227	7.0

由表2可知,随着用水量的增加,试件的表观密度先增加后降低,毛体积密度的变化规律相同;当总用水量为7.5%时,试件的表观密度、毛体积密度、马歇尔稳定度最优。因此,混合料的最佳总用水量确定为7.5%。

2.2 最佳油石比的确定

固定总用水量为7.5%,变化乳化沥青的油石比,在确定最佳乳化沥青油石比后,再换算成混合料的最佳油石比,结果见表3。

表3 混合料最佳油石比的确定

沥青油石比 / %	乳化沥青油石比 / %	表干法毛体积密度 / (g·cm ⁻³)	空隙率 / %	稳定度 / kN	流值 / (0.1 mm)
3.9	6.3	2.269	5.2	5.8	5.0
4.4	7.1	2.265	4.9	6.9	5.4
4.9	7.9	2.248	4.9	7.3	6.0
5.4	8.7	2.229	5.3	7.0	6.3

由表3可知,随着沥青油石比的增加,冷拌沥青混合料的毛体积密度减少,空隙率先减少后增加,马歇尔稳定度先增加后减少。综合来看,当沥青油石比为4.9%,乳化沥青油石比为7.9%时,混合料的各项性能最优。

2.3 路用性能的检测

在最佳油石比下,对冷拌乳化沥青混合料的路用性能(高温抗车辙、低温抗裂、水稳定性)进行检测,检测结果见表4。

表4 冷拌乳化沥青混合料路用性能检测结果

养护方式	沥青油石比 / %	乳化沥青油石比 / %	动稳定度 / (次·mm ⁻¹)	-10℃劈裂强度 / kN	冻融劈裂残留强度比 / %
90℃下养护1d	4.9	7.9	13 250	15.8	90.8
常温下养护7d	4.9	7.9	11 320	15.1	84.5
要求值			≥6 000	≥15	≥80

由表4可知,于90℃下养护1d的乳化沥青混合料高温抗变形能力、低温抗开裂性能和水稳定性均较优。但总体来说,2种养护方式均能达到中石油

燃料油有限责任公司研究院科研项目“冷拌冷铺改性乳化沥青混合料及应用技术开发”预先设定的性能要求。

2.4 可操作时间的确认

固定油石比为4.9%、总用水量为7.5%、水泥外掺量为1%来拌和混合料,然后每间隔1h用其成型马歇尔试件,连续成型3h。从试件外观上观察混合料是否结团,由此确认混合料的可操作时间,结果见表5。

表5 混合料可操作时间的确认

时间 / h	表观密度 / (g·cm ⁻³)	毛体积密度 / (g·cm ⁻³)	马歇尔稳定度 / kN	混合料外观
0	2.270	2.263	8.3	褐色,无结团现象
1	2.268	2.260	8.4	褐色,无结团现象
2	2.269	2.259	8.0	褐色,无结团现象
3	2.259	2.246	7.9	褐色,无结团现象
4	2.245	2.230	6.5	褐色,细料有少许结团现象

由表5可知,该冷拌沥青混合料在拌和3h内可进行摊铺碾压操作,3h后密度和马歇尔稳定度都有所降低,且混合料有少许细料出现结团现象。因此,应尽量保证在3h内完成冷拌冷铺料的生产、摊铺和碾压。

3 试验段施工

冷拌冷铺改性乳化沥青的现场施工应用试验路位于某市政道路的下面层,路面结构为:20cm水泥稳定碎石底基层+20cm水泥稳定级配碎石基层+5cm冷拌冷铺改性乳化沥青混凝土下面层+4cm橡胶沥青SMA13上面层。

3.1 施工前准备及原路面处置

试验段施工前准备好机械设备、试验检测设备、铺装材料及详细的施工组织设计方案。所有机械设备应保持良好的工作状态,所有计量设备都需进行校核。

在乳化沥青混合料摊铺之前,保持原路面的清洁干燥,并喷洒黏层油。

3.2 混合料的生产

冷拌冷铺改性乳化沥青混合料采用沥青拌合楼来生产。碎石和矿粉由沥青拌合楼自动计量;水泥由人工添加到皮带上,通过皮带运输至拌缸中;乳化沥青和自来水分别由外置齿轮泵和水泵计量泵送至沥青搅拌缸。

冷拌冷铺料的材料添加顺序和搅拌时间如下:

(1)碎石、矿粉、水泥同时添加,并干拌5 s,首盘料添加碎石等材料前,先喷洒少量水将沥青搅拌缸润湿。

(2)水和乳化沥青同步添加,30 s之内添加完成;从水和乳化沥青同步添加时起开始计时,湿拌时间60 s。

现场通过以上方式试拌的混合料拌和均匀,无花白料。

3.3 混合料的运输

冷拌冷铺混合料采用大于20 t的自卸车运输,装料前对自卸车车厢进行彻底清理并用水润湿备用。生产出来的冷拌冷铺混合料立即装入运输车,表面用篷布覆盖,避免水分的蒸发和损失。本次试验段自混合料拌和完成—装车—运送至摊铺现场,时间为1.5 h,在预先设计的控制在3 h范围内。

3.4 混合料的摊铺碾压

冷拌冷铺混合料摊铺和碾压无需加热和洒水。摊铺完成后,需进行2个阶段的碾压。第一阶段用自重11 t以上的双钢轮压路机紧跟摊铺机碾压,静压1~2遍;复压采用轮胎压路机,吨位不小于20 t,碾压2~3遍;终压2遍(双钢轮压路机,静压);起头和边上用小钢轮压路机碾压。第二阶段在第一阶段碾压完成2 h后开始,采用胶轮压路机二次碾压2~3遍。

现场施工图见图1。



图1 混合料的摊铺和碾压现场照片

摊铺碾压完成后,封闭交通进行养生,养生期间无任何车辆通行,养生3 d后进行上面层沥青混合料施工。

3.5 现场检测

冷拌冷铺试验段施工完成后,对路表构造深度等参数进行了现场检测,结果见表6。冷拌冷铺混合料现场外观图见图2。

表6 冷拌冷铺试验段现场检测结果

构造深度/mm	抗滑系数BPN	渗水系数/(mL·min ⁻¹)
0.65	65.5	10



图2 冷拌冷铺混合料现场外观图

4 经济效益分析

根据试验段混合料生产和施工情况,分别从冷拌冷铺混合料的材料生产成本和现场施工成本两个方面进行经济效益分析,结果见表7、表8。

表7 混合料生产成本分析 单位:元/t

项目	单价	冷拌冷铺 AC 混合料价格	热拌改性沥青混合料 AC 价格
集料(含矿粉)	150.0	135.9	143.0
SBS 改性沥青	5 077.0		238.6
乳化沥青	4 285.6	256.1	
水	5.6	0.1	
水泥	420.0	3.8	
生产费用(含设备费,人工费和能耗)		10.0	50.0
合计		405.9	431.6

表8 施工成本分析

项目	冷拌冷铺 AC 混合料	热拌改性沥青混合料 AC	备注
常用铺装厚度/cm	5	5	
材料单价/(元·m ⁻²)	50.7	54.0	按2.5 t/m ³ 的密度估算
施工单价/(元·m ⁻²)	5.5	6.0	冷拌施工设备不需加热
合计/(元·m ⁻²)	56.2	60.0	
单位厚度总费用/(元·cm ⁻¹ ·m ⁻²)	11.2	12.0	

由表7可知,由于乳化沥青混合料的生产过程节约了能耗,其整体生产成本低于热拌改性沥青混合料。由表8可知,乳化沥青混合料材料单价和施工单价均低于热拌改性沥青混合料,整体施工成本降低了约7%。冷拌冷铺改性乳化沥青混合料不但节能环保,减少了废气排放和环境污染,施工成本也得到了降低。

(下转第291页)

表1(续)

项目	方案一	方案二	方案三
土建工程 造价 合计/亿元	23 904 火炬大街站:3 920.0 京东大道站:2 149.9 合计:6 069.90 11.01	22 756 火炬大街站:3 920.0 京东大道站:3 285.877 合计:7 205.88 11.86	21 824 火炬大街站:26 91.733 京东大道站:3 696.611 (不设单渡线 3 136.519) 合计:6 388.34 11.60
主要优缺点	优点:1.终点站折返功能强;2.工程实施难度较小;3.综合造价最低 缺点:收发车功能可满足运营需求,但京东大道方向收发车较为不便	优点:1.收发车便捷,可减少轮轨不均磨耗;2.终点站折返功能强 缺点:1.出入场线需切割两个地块,对土地影响较大,工程实施难度较大;2.综合造价最高	优点:1.收发车较为便捷;2.工程实施难度较小 缺点:1.终点站折返功能相对较差;2.土建工程造价较高
结论	推荐	不推荐	不推荐

综上所述,方案一中,出入场线在火炬大街站接轨,收发车功能满足要求,京东大道站采用站后折返功能,行车组织功能较强,火炬大街站换乘功能较好,工程造价最低;方案二中,出入场线采用八字线接轨,京东大道站采用站前、站后双折返功能,行车组织功能最强,火炬大街站换乘功能较好,但工程造价最高;方案三中,火炬大街站采用十字换乘,换乘功能好,出入场线在京东大道站接轨,同时采用站前、站后双折返功能,收发车和折返功能虽然满足要求,但行车组织功能最差。因此,经综合比选,推荐采用方案一。

4 结语

文章通过对南昌3号线高新停车场出入场线接轨方案进行了研究和分析,根据停车场与车站的相对位置关系、沿线建构筑物情况、车站型式等列出了

3个典型方案,结合出入线收发车功能、终点站折返功能、车站换乘功能、工程实施难度和工程造价等对上述三种进行详细地研究和比选,最终推荐采用方案一。由于前置条件(南昌普遍优先采用岛式车站)和篇幅的限制,本次研究只对岛式车站的接轨方案进行了深入研究,未对侧式车站的接轨方案进行展开和说明,有待其他专家和学者进行进一步的研究。

参考文献:

- [1] 颜燕舞.城市轨道交通小型停车场出入线接轨方式[J].铁道建筑,2019,29(9):150-153.
- [2] 徐瑰麟.地铁车辆基地出入线接轨方案影响因素探析[J].道建筑技术,2018(3):19-22,45.
- [3] 贺万里.地铁场段出入线设计及接轨方案研究[J].铁道工程学报,2018(6):81-87.
- [4] 凌景文.地铁车辆基地出入线一度停车再起动的平纵断面关系模型[J].城市轨道交通研究,2016(4):42-46,49.
- [5] 张鹏.大连地铁车辆段出入线接轨方案综析[J].铁道工程学报,2008,5(2):80-83.

(上接第286页)

5 结语

冷拌冷铺改性乳化沥青混合料性能优良,具有良好的高低温和抗水损害性能,且施工简便,易于控制。经济效益分析结果表明,冷拌冷铺改性乳化沥青混合料不但节能环保,减少了废气排放和环境污染,施工价格也降低了约7%,具有一定的市场推广前景。

参考文献:

- [1] 李思童,黄玉颖,蔡硕果.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.
- [2] 谢伟伟,陈兆南,陈广辉.常温拌和型乳化沥青混合料室内成型及养生方法试验研究[J].公路与汽运,2019(1):78-80.
- [3] 季节,刘禄厚,索智.水性环氧树脂改性乳化沥青混合料性能[J].北京工业大学学报,2018(4):568-576.
- [4] 李二艳.水性环氧树脂乳化沥青混合料在高速公路中的应用[J].华东公路,2020(3):120-121.
- [5] 朱浩.冷拌冷铺沥青混合料在高速公路工程中的运用[J].四川建材,2023,49(1):141-142.