

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.10.057

不同 USP 掺量温拌沥青混合料性能对比研究

李恒达

[上海公路桥梁(集团)有限公司, 上海市 200433]

摘 要:为响应国家提倡的低碳、节能环保的施工生产方式,通过在 70# 基质沥青中加入 USP 低温添加剂降低沥青混合料生产与施工过程中的温度,同时对比传统热拌沥青混合料、USP 低温沥青混合料和 USP 低温改性沥青混合料的路用性能。采用掺量为 3%和 4.5%的 USP 低温沥青混合料进行对比试验,结果表明,加入 USP 低温添加剂的沥青混合料比传统热拌沥青混合料温度降低 40℃,随着 USP 掺量增加,未经过改性与经过改性的 USP 低温沥青混合料的冻融劈裂强度比均呈下降趋势,而经过改性的 USP 低温改性沥青混合料能够在温度降低 40℃的基础上保证良好的水稳定性和高温性能。

关键词: USP 低温添加剂;基质沥青;沥青混合料;温拌;水稳定性

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)10-0225-04

0 引 言

国家交通部“十三五”发展规划确定公路建设将牢固树立和贯彻落实绿色发展理念,要通过技术进步推行绿色发展模式,强化生态保护和污染防治^[1]。目前,国家现有的公路路面多数采用传统热拌沥青混合料进行施工,而传统热拌沥青混合料在生产与施工过程中会产生大量烟气,同时消耗更多能源。这在施工过程中不仅对现场施工技术人员身体健康造成影响,而且对周边生态环境也会带来一定的危害^[2]。传统热拌沥青混合料施工过程中的环境温度极易影响摊铺碾压温度,尤其在冬季施工,极低的环境温度容易造成高温的沥青混合料温度骤降,进而导致沥青混合料的相关指标不符合设计要求,严重影响沥青混合料的路用性能^[3]。

基于上述需求,在 70# 基质沥青中加入 USP 低温添加剂用以降低沥青混合料施工拌和的温度。USP 低温添加剂又称 USP 高分子聚合物沥青改性剂,以高分子树脂、废旧橡胶、表面活性剂以及催化剂等为原料经科学配方、特殊工艺制备而成。将其加入沥青后,USP 低温添加剂中的高分子油分能够很好地降低沥青黏度,同时,通过物理方式改变沥青分子间的引力,从而实现低温下的拌和以及施工^[4]。通过对比传统热拌沥青混合料与 USP 低温改性沥青混合料的各项性能,研究 USP 低温添加剂在降低温

度的同时对沥青混合料路面性能的影响。

1 传统热拌沥青混合料路用性能

1.1 原材料

本文以 AC-20 类型沥青混合料为例,采用拌和楼热料仓筛分后的热集料进行配合比设计及性能相关试验。其中,粗集料和细集料均为东方希望重庆水泥有限公司生产的玄武岩,矿粉厂家为上海沪长建材有限公司,沥青采用上海城建日沥特种沥青有限公司生产的 70# 基质沥青。

1.2 级配设计与技术指标

通过配合比设计最终确定传统热拌沥青混合料的配合比为(15~25)mm:(10~15)mm:(5~10)mm:(3~5)mm:(0~3)mm:矿粉=23:19:22:6:27:3,油石比为 4.2%,合成级配见表 1。

表 1 合成级配表

筛孔尺寸/mm	合成级配	级配上限	级配下限	级配中值
26.5	100	100	100	100
19	92.2	100	90	95
16	83.5	92	78	85
13.2	75	80	62	71
9.5	60.3	72	50	61
4.75	36.8	56	26	41
2.36	25.7	44	16	30
1.18	17.4	33	12	22.5
0.6	9.8	24	8	16
0.3	6.7	17	5	11
0.15	5.6	13	4	8.5
0.075	5.4	7	3	5

收稿日期: 2022-12-23

作者简介: 李恒达(1996—),男,硕士,助理工程师,主要从事道路材料研究工作。

根据上述级配成型 AC-20 沥青混合料马歇尔试件进行检测,技术指标见表 2,各项指标均满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)要求^[6]。

表 2 AC-20 沥青混合料马歇尔试验结果

级配类型	AC-20	规范值
油石比 /%	4.2	—
毛体积相对密度	2.451	—
空隙率 /%	4	3~6
矿料间隙率 VMA/%	13	≥13
饱和度 VFA/%	69.2	65~75
稳定度 /kN	8.9	≥8
流值 /(0.1 mm)	37.4	—

1.3 路用性能

对上述级配成型 AC-20 沥青混合料水稳定性和高温性能进行试验,结果见表 3,水稳定性和高温性能表现良好,均满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)要求^[6]。

表 3 传统热拌 AC-20 沥青混合料性能表

试验项目	实测值	规范值	试验方法
浸水马歇尔残留稳定度 MS0/%	95.4	≥80	T0709
冻融劈裂强度比 TSR/%	84.8	≥75	T0729
动稳定度 /(60℃,次·mm)	1 058.8	≥1 000	T0719

2 USP 低温沥青混合料路用性能

2.1 USP 低温改性沥青制备

根据《道路低温沥青路面施工技术规程》(T/CECS G:D54-01—2019)中的低温沥青试验室制备方法^[7]:将 USP 低温添加剂在 80℃保温容器中缓慢加热融化并搅拌均匀,在加热好的 70# 沥青里掺入 3%、4.5%的 USP 低温添加剂,并在 120℃下搅拌 30 min 以上,即制成 USP 低温改性沥青。

2.2 水稳定性

对 USP 低温沥青混合料进行马歇尔技术指标的相关检测,USP 低温添加剂的掺量分别为 3%和 4.5%,设计目标空隙率为 4.0%,级配与上述传统热拌沥青混合料的级配相一致,其结果见表 4。USP 低温沥青混合料的空隙率和稳定度均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)要求^[6],但是和传统热拌沥青混合料相比 USP 低温沥青混合料冻融劈裂强度比指标下降显著且不符合规范要求,如图 1 所示。当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,冻融劈裂强度比下降了 12.8%,当 USP 低温添加剂掺量为 4.5%时,冻融劈裂强度比下降了 15.2%。

表 4 USP 低温改性沥青混合料技术参数

级配类型	AC-20	AC-20	规范值
油石比 /%	3.7	3.7	—
USP 掺量 /%	3	4.5	—
拌和温度 /℃	130	130	—
成型温度 /℃	110	110	—
空隙率 /%	4	4.2	3~6
稳定度 /kN	9.5	10.1	≥8
冻融劈裂强度比 TSR/%	72.4	70	≥75

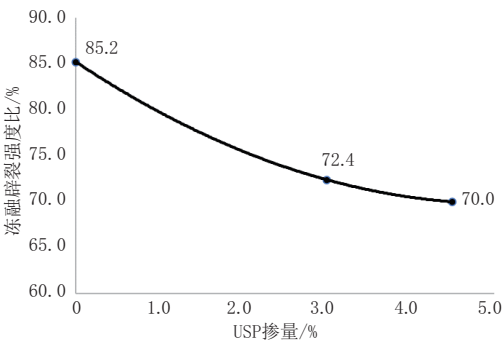


图 1 冻融劈裂性能对比图

经过查阅相关标准^[7]可知,成型试件需经一定时间的化学改性,具体的操作方式为:开始单面各击实 30 次,共 60 次,去除吸油纸,再放入 110℃恒温烘箱内进行 24 h 养生后,从烘箱取出马歇尔试件立即再次击实,单面各击实 20 次,共 40 次,然后放置在常温下 12 h 以后脱模。经过化学改性成型的试件检测结果见表 5,同时与重新成型未掺入 USP 低温添加剂的传统热拌沥青混合料进行对比,冻融劈裂强度比的变化趋势如图 2 所示。从图中能够看出,当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的冻融劈裂强度比相比传统热拌沥青混合料的冻融劈裂强度比下降了 3.6%;当 USP 低温添加剂掺量为 4.5%时,经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的冻融劈裂强度比相比传统热拌沥青混合料的冻融劈裂强度比下降了 5.2%。

表 5 热拌沥青混合料与 USP 低温改性沥青混合料技术参数

级配类型	AC-20	AC-20	AC-20	规范值
油石比 /%	4.2	3.7	3.7	—
USP 掺量 /%	0	3	4.5	—
拌和温度 /℃	160	130	130	—
成型温度 /℃	150	110	110	—
空隙率 /%	4.1	4	3.8	3~6
稳定度 /kN	9.1	8.3	8.4	≥8
冻融劈裂强度比 TSR/%	91.1	87.5	85.9	≥75

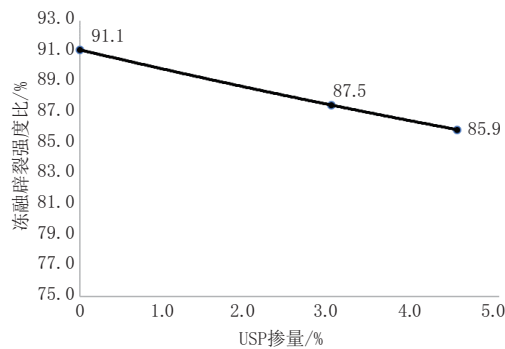


图 2 冻融劈裂性能对比图(养生)

由表 4 和表 5 可知,在马歇尔稳定度方面,未经过养生的试件在 USP 低温添加剂掺量 3%和 4.5%时的稳定度分别为 9.5 kN 和 10.1 kN; 经过养生的试件在掺量 3%和 4.5%时的稳定度分别为 8.3 kN 和 8.4 kN。经过养生之后稳定度分别下降了 1.2 kN 和 2.7 kN,但是两者技术指标均符合规范要求。未经过养生的 USP 低温沥青混合料中轻质油分未完全挥发,USP 低温沥青黏度不达标,所以未经过养生的 USP 低温沥青混合料冻融劈裂强度比低于规范要求。而经过养生的 USP 低温改性沥青混合料受外界条件影响,随着 USP 低温添加剂中的轻质油分挥发,沥青分子量逐渐增加,黏度增大,USP 低温沥青中的活性组分与集料中的物质发生化学反应,使得经过养生的 USP 低温改性沥青混合料强度大幅提高^[5]。但两者随着 USP 低温添加剂的掺量增大,USP 低温沥青中油分含量也随之增多,所以未经过养生和经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的冻融劈裂强度比均呈现不同幅度的下降趋势。

由上述分析可知,USP 低温添加剂掺量并非越高越好,故采用掺量为 3%的 USP 低温改性沥青混合料进行相关的性能试验,拌和温度为 120 ℃,成型温度为 110 ℃,浸水马歇尔试验结果见表 6。就施工和易性而言,在 110 ℃成型的马歇尔试件与传统热拌沥青混合料在 150 ℃下成型的空隙率相当,温度降低了 40 ℃。结合上述试验就力学性能上看,经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的稳定度、冻融劈裂强度比传统热拌沥青混合料略有下降,而残留稳定度有小幅提高,但均满足规范的技术指标。因此,经过养生的 USP 低温改性沥青混合料对混合料的各项性能无较大影响,且有比较明显的环保效果。

2.3 高温稳定性

为验证养生前后对 USP 低温改性沥青混合料高温性能的影响,参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)中的相关要求^[6],同时成型了 2 组

表 6 USP 低温改性沥青混合料(3%掺量)浸水马歇尔试验结果

级配类型	非条件(0.5 h)		条件(48 h)		残留稳定度 MSO/%	规范值 /%
	空隙率 /%	稳定度 /kN	空隙率 /%	稳定度 /kN		
AC-20	4.0	8.56	4.1	8.31	97.1	≥80
	3.9	8.63	4.0	8.27		
	4.1	8.34	3.8	8.22		
平均值	4.0	8.51	4.0	8.27		

掺量为 3%的 USP 低温沥青混合料车辙试件用于对比,试验结果见表 7。未经过养生的 USP 低温沥青混合料的高温性能比起传统热拌沥青混合料的高温性能有明显的下降。如图 3 所示,未经过养生的 USP 低温沥青混合料的动稳定度为 773.4 次/mm,相比传统热拌沥青混合料的动稳定度下降了 26.9%,比经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的动稳定度下降了 40%。未经养生的 USP 低温沥青混合料的高温性能较差,不符合规范要求,而经过养生的 USP 低温改性沥青混合料的动稳定度为 1 289.5 次/mm,比传统热拌沥青混合料提高了 21.8%。因此,经过养生的 USP 低温改性沥青混合料具有良好的高温稳定性。

表 7 USP 低温改性沥青混合料(3%掺量)车辙试验结果

级配类型		AC-20	
		养生 24 h	常规
油石比	%	3.7	3.7
动稳定度 / (次·mm ⁻¹)	1	1 204.6	711.4
	2	1 387.6	777.3
	3	1 276.4	831.4
	平均	1 289.5	773.4
	规范值	≥1 000	
变异系数 /%	实测值	7.2	7.8
	规范值	≤20	

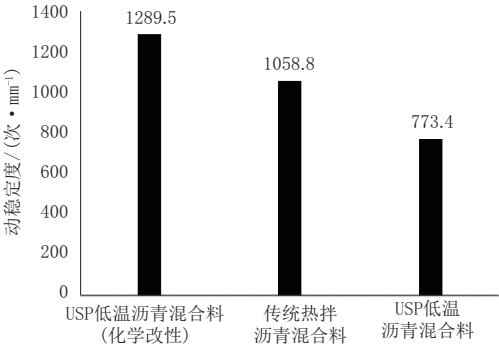


图 3 高温性能对比图

3 结 语

本研究通过对比传统热拌沥青混合料与 USP 低

温改性沥青混合料的路用性能,得到如下结论。

(1)相较于传统热拌沥青混合料,USP 低温沥青混合料的路用性能显著下降,且未达到《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)标准要求。当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,冻融劈裂强度比下降了 12.8%,动稳定度下降了 26.9%。当 USP 低温添加剂掺量为 4.5%时,冻融劈裂强度比下降了 15.2%。

(2)USP 低温改性沥青混合料能够保持良好的路用性能。当 USP 低温添加剂掺量为 3%时,经过养生后,残留稳定度比传统热拌沥青混合料提高了 1.7%,冻融劈裂强度比比传统热拌沥青混合料下降了 3.6%,动稳定度比传统热拌沥青混合料提高了 21.7%。因此,USP 低温改性沥青混合料能在降低

40℃的基础上,能够同时保证良好的水稳定性和高温稳定性。

参考文献:

- [1] 李旭阳,索智,罗亮.温拌沥青混合料在生产阶段的节能减排量化分析[J].材料导报,2020,34(S1):209-212.
- [2] 李祝龙,丁小军,赵述曾,等.沥青混合料应用中的环境保护[J].交通运输工程学报,2004(04):1-4.
- [3] 邢向阳.温拌沥青混合料若干关键技术研究[D].西安:长安大学,2010.
- [4] 张阳.USP 低温改性沥青混合料路用性能研究[J].科学技术创新,2021(25):103-104.
- [5] 李交.USP 低温沥青改性剂的性能研究与应用[J].上海建设科技,2018(5):76-77,80.
- [6] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].
- [7] T/CECS G:D54-01—2019,道路低温沥青路面施工技术规范[S].

(上接第 220 页)

量在 15%~20%。

(2)添加增黏树脂的改性乳化沥青具有良好的抵抗层间黏结破坏和剪切破坏能力。增黏树脂掺量与 25℃黏结强度和 25℃剪切强度均有较好的正相关。

(3)随增黏树脂掺量的增加,改性乳化沥青中逐渐形成交联网络结构,对提高其高温稳定性和层间黏结性能有重要作用。增黏树脂掺量为 25%时,改性体系中出现类似聚合物团聚的现象,不利于发展改性乳化沥青的低温抗裂性能。

参考文献:

- [1] 傅豪,王朝辉,刘鲁清,等.路用水性环氧改性乳化沥青组成优化及耐久性能评价[J].材料导报,2023(18):1-22.

- [2] 王清洲,张志银,梁瑛硕,等.水性环氧乳化沥青道路工程应用研究进展[J].热固性树脂,2021,36(6):53-58.
- [3] 李秀君,高世柱,叶镔镔,等.水性环氧树脂对 SBR 改性乳化沥青与集料黏附性的影响[J].材料科学与工程学报,2022,40(1):116-122.
- [4] 聂鑫垚,姚鸿儒,李政,等.C₉石油树脂对高黏度改性沥青性能的影响[J].石油学报(石油加工),2019,35(1):176-182.
- [5] 李永红.增黏树脂改性乳化沥青及其冷再生混合料性能的研究[J].硅酸盐通报,2020,39(6):2005-2011.
- [6] 周启伟,吴雪柳,凌天清,等.增黏树脂改性乳化沥青性能分析[J].建筑材料学报,2019,22(5):825-830.
- [7] 王晶,杨炎生,郑宗江,等.基于层间粘结的高黏改性乳化沥青性能评价及应用[J].石油沥青,2020,34(4):61-64.
- [8] 李啸华,袁野,王体宏,等.不粘轮乳化沥青应用性能评价及在城市道路大修中的应用[J].石油沥青,2019,33(3):32-37.