

高掺量厂拌热再生沥青混合料用于小流量高速公路罩面工程的应用研究

刘雪峰

(浙江省交通集团高速公路衢州管理中心 衢州 324000)

[摘要] 厂拌热再生技术能有效地消耗废旧沥青混合料(RAP), 节约工程成本的同时实现废旧资源再利用。目前, 厂拌热再生技术主要应用于中下面层沥青混合料, 在上面层应用较少。文章从高掺量厂拌热再生沥青混合料的原材料性能出发, 研究 RAP 掺量为 30% 的厂拌热再生沥青混合料的材料组成设计并进行了性能验证, 分析和总结出高掺量厂拌热再生沥青混合料的关键施工工艺和质量控制要点。结合工程实例, 将高掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料应用于小流量高速公路罩面工程中, 实施后结果表明, 高掺量厂拌热再生沥青混合料具有良好的路用性能, 可以有效延长公路使用寿命。

[关键词] 厂拌热再生; 高掺量; 小流量高速公路; 罩面工程

0 引言

随着高速公路通车里程的不断增加, 高速公路养护压力也随之日益增加, 如何处置沥青路面养护工程中产生的大量废旧沥青混合料成为必须面对和解决的问题。随着环保意识的增加以及集料资源的匮乏, 再生技术越来越受到人们的重视, 已成为公路养护改造中有待进一步发展的重要实用技术^[1-2]。

本文从高掺量厂拌热再生沥青混合料原材料性能出发, 进行混合料材料组成设计, 研究 RAP 掺量为 30% 的厂拌热再生沥青混合料的级配组成和最佳油石比, 并进行了相关性能验证。分析和总结出 RAP 料掺量对合成油石比影响规律、拌和时间、温度控制等关键施工工艺和质量控制要点。结合工程实例, 将高掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料应用于黄衢南高速公路上行 K1523+295-K1525+315 路段罩面工程中, 对工程实施后的路用性能进行了验证, 以及经济和社会效益分析, 论证高掺量厂拌热再生沥青混合料用于小流量高速公路养护罩面工程的可行性和优越性。

1 工程概况

黄衢南高速公路(浙江段)是国家高速公路规划中京台高速公路(国家高速公路网编号 G3)中的重要组成部分, 往北连接安徽省的黄山市, 往南连接福建省的南平市, 是浙皖闽三省的省际快速通道。自建成通车以来, 路面总体使用性能状况存在一定的衰减, 出现了不同程度的路面损坏, 使用功能衰减趋势明显。因此, 黄衢南高速公路有必要实施周期性养护工程, 维持公路技术状况水平, 保证道路使用品质并消除行车隐患。

鉴于黄衢南高速公路小流量的交通特点, 综合考虑经济效益和社会效益, 将高掺量厂拌热再生沥青混合料用于黄衢南高速公路罩面工程中, 延长公路使用寿命、减少公路投入、降低资源消耗。

2 原材料及其性能

2.1 RAP 料

本次厂拌热再生沥青混合料中的 RAP 料来源于高速公路原路面上面层铣刨料, 材质均为玄武岩。为了更有效地利用 RAP 料, 采用破碎

收稿日期: 2021-07-01

作者简介: 刘雪峰(1987-), 男, 工程师, 主要从事高速公路施工和养护技术管理工作。

筛分机将 RAP 料筛分成 RAP1#料和 RAP2#料两档,两档 RAP 料用于后续配合比设计中按不同比例组合使用。两档 RAP 料抽提筛分试验得出的级配见图 2-1。

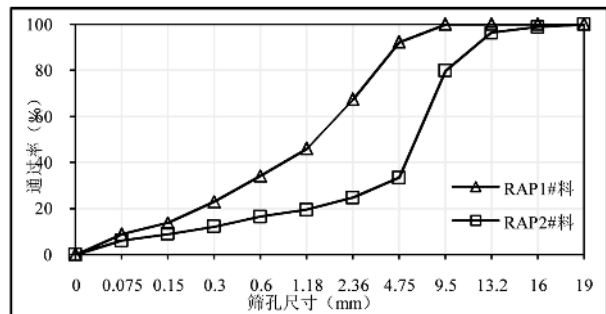


图 2-1 RAP 料级配曲线

从 2.36mm 关键筛孔的通过率来看, RAP1#料的 2.36mm 筛孔通过率为 67.4%, 以细集料为主; RAP2#料的 2.36mm 筛孔通过率仅有 24.7%, 以粗集料为主。此外, 两档 RAP 料的油石比差异也较大, RAP1#料和 RAP2#料的油石比分别为 6.45% 和 3.23%, RAP1#料油石比明显大于 RAP2#料。

2.2 新集料和新沥青

本次厂拌热再生沥青混合料中的新集料分为 1#料、2#料、3#料和 4#料 (矿粉) 四档料, 1#料、2#料和 3#料选用玄武岩, 4#料 (矿粉) 选用石灰岩。各档新集料级配范围见图 2-2。

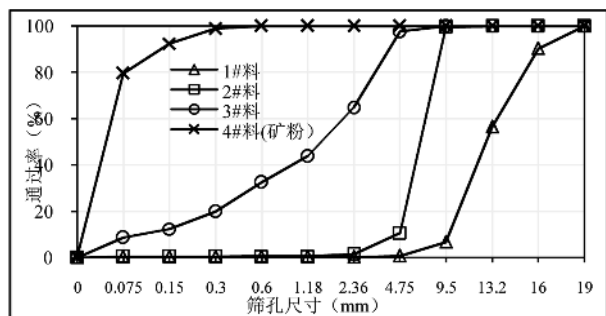


图 2-2 新集料级配曲线

新沥青采用进口 SBS 改性沥青, 其 SBS 掺量为 5%, 新沥青相关性能试验结果见表 2-1。

表 2-1 SBS 改性沥青试验性能试验结果

检测项目	计量单位	标准值	实测值
针入度 (25℃, 100g, 5s)	0.1mm	50~70	59
延度 (5℃, 5cm/min)	cm	≥25	33
软化点 (环球法)	℃	≥65	88

检测项目	计量单位	标准值	实测值
25℃弹性恢复	%	不小于 80	84.9
相对密度	/	/	1.029
粗集料与沥青的粘附性	级	≤5	5

2.3 再生剂

选用新型顺酐化沥青再生剂 ZJIC-RA-5 型沥青再生剂。该再生剂是一种渗透型再生剂, 具有很强的渗透性, 附在旧沥青表面时能对旧沥青渗透再生^[3], 再生剂主要技术指标见表 2-2。

表 2-2 再生剂主要技术指标

检测项目	技术指标	试验方法	实测结果
60℃粘度 (cSt)	176~900	T0619	370
闪点 (℃)	≥220	T0633	242
饱和分含量 (%)	≤30	T0618	10
芳香分含量 (%)	实测记录	T0618	65
薄膜烘箱试验前后粘度比	≤3	T0619	1.7
薄膜烘箱试验前后质量变化 (%)	≤4, ≥-4	T0609	-2.9
外观	/	目测	1.017

该再生剂符合 GB/T25033-2010、JTG F-41-2008、NB/SH/T0819-2010 标准中 RA-5 型沥青再生剂要求, 且芳香分含量高, 可有效补充老化沥青中缺失的轻质组分, 使得沥青由老化后的凝胶型向再生后的溶胶-凝胶型转变。

3 配合比设计

3.1 再生剂掺量确定

将新掺沥青进行室内老化试验, 老化后掺加再生剂掺量为老化沥青含量的 0%、3%、5% 和 7% 进行相关试验, 试验结果见图 3-1。

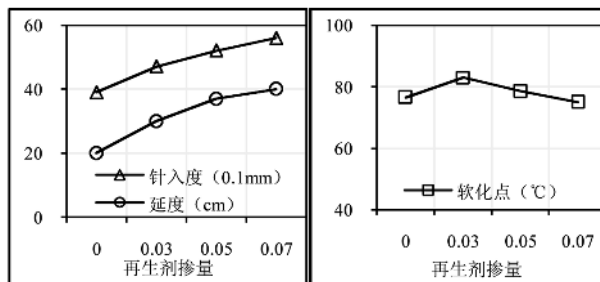


图 3-1 不同再生剂掺量下的沥青性能变化图

从上可以看出随着再生剂掺量的增长, 沥青三大指标均有所变化, 针入度都逐渐增大, 软化点在 3% 掺量时达到最大然后逐渐减小, 延

度逐渐增大,这与沥青随时间的老化变化规律正好相反,说明该再生剂在一定程度上可以改善沥青性能,老化后的沥青流变性、柔性和黏附性增加,可以更好的发挥沥青原有的作用。本次厂拌热再生沥青混合料再生剂掺量确定为3%。

3.2 级配设计

参考全新料 AC 型沥青混合料级配设计方法,结合 RAP 材料和新集料的级配,确定了30%掺量级配的试验,具体级配曲线见图3-2。

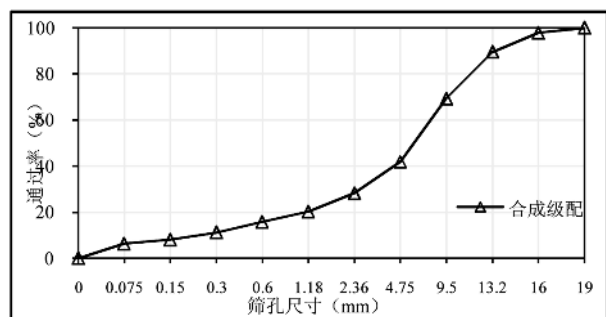


图 3-2 30%RAP 掺量厂拌热再生 AC-16 级配曲线

3.3 最佳油石比

根据各种集料筛分结果,结合工程实践,调整确定最佳油石比和新添加油石比分别为5.0%和4.1%,进行马歇尔试验,试验结果见表3-1。

表 3-1 30%掺量调整确定最佳油石比马歇尔试验结果

检测项目	技术指标	实测结果
毛体积密度 (g/cm^3)	/	2.465
最大理论相对密度	/	2.572
空隙率 VV (%)	4.0~5.5	4.2
矿料间隙 VMA (%)	≥ 13.5	13.8
有效沥青饱和度 VFA (%)	65~75	69.9
稳定度 MS (KN)	≥ 8.0	14.87
流值 FL (mm)	2.0~5.0	3.3

4 施工工艺与质量控制

4.1 生产配料

依据配合比设计确定不同档集料的用量、新沥青用量以及再生剂的用量对厂拌热再生沥青混合料的生产配料。如果对再生料的质量要求较高,再生料生产配料时,应该选择性能较好的新沥青和集料,如果需要添加再生剂,应

该通过试验手段,确定合适的再生剂及其用量。要通过各种试验确定再生料各种材料的用量^[4]。

基于博纳帝再生设备的生产配料,针对大掺量再生混合料的生产应严格控制 RAP 的进料量,在加装皮带秤装置后,应在皮带秤控制器中设定 RAP 进料的上下限,以确保 RAP 的掺量的稳定, RAP 料中因为细集料与旧沥青的裹附性远大于粗集料, RAP 两档的料沥青含量有较大差别,为了保证 RAP 掺量波动不影响合成油石比规定范围,经过大量试算, RAP 料掺量对合成油石比的影响如图4-1所示。

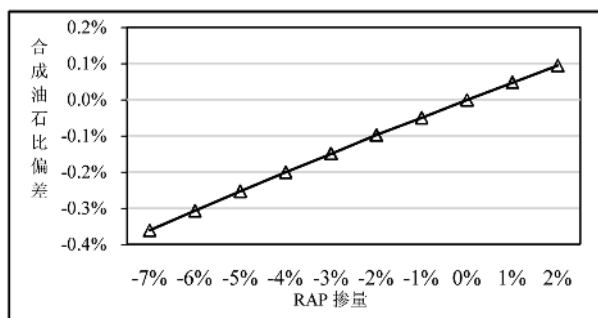


图 4-1 RAP 料掺量对合成油石比影响规律

从试算结果看,按照合成油石比偏差-0.1%~+0.2%进行质量控制, RAP 掺量的偏差应控制在-2%~+4%范围内,能确保合成油石比满足要求,因此需将计量系统的 RAP 料进料预警范围设定为-2%~+4%;若超出设定范围时,发出预警,操作人员需及时排查配料问题,调整各冷料仓的进料量,以保证混合料质量。

4.2 混合料拌和

RAP 料本身已发生了一定程度的老化,在较高温度的拌和环境下会进一步加速老化,对于高 RAP 掺量的再生混合料而言,该生产因素尤为重要。为应对远距离施工、低温施工等特殊工况,传统热拌沥青混合料的生产会采取适度提高拌和及出料温度的方法以应对,而该工艺对于厂拌热再生混合料性能的老化影响是较大的。针对该问题,再生混合料的出料温度应比相应类型的热拌沥青混合料高5~10℃。

厂拌热再生沥青混合料的拌和时间应根据具体情况经试拌确定,干拌时间宜比普通热拌沥青混合料延长5~10s,总拌和时间宜比普通热

拌沥青混合料延长 10~30s。各拌和阶段时间宜在表 4-1 范围内:

表 4-1 厂拌热再生沥青混合料拌和时间

项目	RAP	再生剂	新集料	新沥青	矿粉
拌和时间 (s)	10~15		10~15	15~20	20~25
总拌和时间 (s)	55~75				

厂拌热再生沥青混合料要充分的拌和均匀、无花白料,旧料能够均匀的分散开,无结团,结块现象;拌和过程尽量不产生沥青蒸汽,避免造成空气污染。对于厂拌热再生沥青混合料拌和程序是:各档热料加入拌缸→加入矿粉→加入再生剂→干拌→加入新沥青→拌和→出料。

4.3 摊铺、碾压与验收

1、准备工作

厂拌热再生沥青混合料在摊铺前,应该对下承层进行修整、清理下承层上的杂质,均匀洒透粘层油,保证下承层与沥青面层具有良好的层间粘结性。对于特殊路段比如陡坡、急转弯路段更应注意下承层的处理状况以及粘层油的洒布情况,避免新摊铺的沥青面层由于车辆制动作用产生滑移。

2、混合料摊铺、碾压和初期养护

厂拌热再生沥青混合料的摊铺、碾压和初期养护等施工工艺、质量要求与一般路面施工工艺基本一致。但由于再生料的掺量较高,因此大掺量再生沥青路面施工时对其施工工艺又有自己的一些要求。首先再生混合料由于再生沥青黏度大不宜压实,通常再生沥青混合料的摊铺、碾压温度较普通掺量沥青混合料高,厂拌再生混合料的摊铺温度宜比相应的热拌沥青混合料摊铺温度提高 5~10℃;摊铺机熨平板预热温度应不低于 110℃;压实温度宜在现行规范规定的对应的热拌沥青混合料压实温度基础上提高 5~10℃。再生沥青混合料摊铺作业要避免在大风天气或者温度比较低情况下进行,再生沥青混合料的摊铺与碾压温度要严格控制。

4.4 施工质量控制与验收

厂拌热再生沥青路面施工质量控制和验收主要参照《公路工程质量检验评定标准》(JTG F80/1-2017)和《公路沥青路面施工技术规

范》(JTG F40-2004)。

施工前各种材料的质量控制与常规沥青混合料基本一致,施工过程质量检测控制是为了动态调整施工工艺,确保再生沥青路面达到最终的质量验收要求。因大掺量再生路面质量评定尚无规范可循,建议按普通沥青路面检验标准来检验评定,个别地方做适当修改。

5 工程应用效果分析

5.1 路用性能验证

对厂拌热再生 AC-16 沥青混合料进行路用性能试验,并与全新料 AC-16 沥青混合料路用性能进行对比分析,结果见表 5-1。

表 5-1 路用性能试验结果

检测项目	掺 30%再生料 AC-16	全新料 AC-16
动稳定度 (次/mm)	5642	4753
残留稳定度 (%)	88.3	90.4
冻融劈裂强度比 (%)	83.8	86.5
低温破坏应变 (με)	2617.7	4218.6
间接拉伸疲劳次数 (应力比)	69500	62500

由对比结果可得,厂拌热再生 AC-16 沥青混合料具有优良的路用性能,其高温抗车辙性能、抗水损稳定性能与全新料 AC-16 沥青混合料性能指标基本接近,其低温抗裂能力略低于全新料 AC-16 沥青混合料,由于南方主要以高温多雨天气为主,属于夏炎热冬温区,亦满足其技术要求,验证了厂拌热再生 AC-16 沥青混合料在用于罩面工程的可行性。

作为黄衢南高速公路厂拌热再生沥青混合料罩面的试验路段,定期组织进行外观步检和性能检测。长期跟踪观测未发现有裂缝、坑洞等病害,路表沥青膜剥落等情况,且试验路段的构造深度、抗滑性能及渗水系数的检测结果也满足使用要求。

5.2 经济社会效益分析

1、经济效益

高掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料生产成本、施工成本与全新料 AC-16 沥青混合料基本一致,其经济效益主要体现在材料成本上的减少,两种混合料材料成本对比见表 5-2。

表 5-2 主要材料成本对比 (元/t)

材料类型	集料	沥青	合计
掺 30%再生料 AC-16	79.44	232.44	311.88
全新料 AC-16	93.21	267.36	360.57

与全新料 AC-16 沥青混合料相比,采用高掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料可节省材料成本 48.69 元/t,降低了 13.5%,经济效益显著。

2、社会效益

根据原材料及施工各环节过程中的能耗和 CO₂ 当量原始数据,基于能耗和 CO₂ 当量的计算方法,得出全新料 AC-16 罩面和掺 30%再生料 AC-16 罩面的能耗及 CO₂ 当量结果见表 5-3。

表 5-3 能耗及 CO₂ 排放汇总表

施工过程		全新料 AC-16		掺 30%再生料 AC-16	
		能耗 (MJ/t)	CO ₂ 当量 (kg/t)	能耗 (MJ/t)	CO ₂ 当量 (kg/t)
原材料 生产	改性沥青	259.79	15.51	181.85	10.85
	集料	30.29	2.28	21.2	1.6
	面层(80km)	/	/	35.18	2.39
原材料运输(150km)		81.57	6.05	58.28	4.32
原材料运输		256	19.8	256	19.8
原材料运输(80km)		43.5	3.22	43.5	3.22
路面 施工	16.51	1.22	16.51	1.22	16.51
	9.23	0.68	9.23	0.68	9.23
	8.45	0.63	8.45	0.63	8.45
合计		705.34	49.39	630.2	44.71

与全新料 AC-16 沥青混合料相比,掺 30%再生料 AC-16 其能耗降低 10.65%,CO₂ 排放降低 9.48%。

6 结论

本文针对用于小流量高速公路罩面工程的高掺量厂拌热再生沥青混合料的配合比设计、施工工艺与质量控制等方面开展了应用研究,依托黄衢南高速公路罩面工程实例,验证其路

用性能,并进行了工程应用效果分析,得到如下结论:

1、得出了不同再生剂掺量下的沥青性能变化规律,确定了 3% 为最佳再生剂掺量;根据 RAP 材料和新集料的级配,确定 30%RAP 掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料的级配,并确定最佳油石比。

2、施工工艺和质量控制方面,得出 RAP 掺量的偏差应控制在-2%~+4%范围内,能确保合成油石比满足要求,再生混合料的出料、拌合和碾压温度应比相应类型的热拌沥青混合料高 5~10℃。

3、对工程应用效果进行,结果表明厂拌热再生 AC-16 沥青混合料具有优良的路用性能,其高温抗车辙性能、抗水损稳定性能与全新料 AC-16 沥青混合料性能指标基本接近。长期跟踪观测未发现路面损坏,路表功能指标也满足使用要求,验证了高掺量厂拌热再生沥青混合料用于小流量高速公路罩面工程的实用性。

4、与全新料 AC-16 沥青混合料相比,采用高掺量厂拌热再生 AC-16 沥青混合料可节省材料成本 48.69 元/t,降低了 13.5%;能耗降低 10.65%,CO₂ 排放降低 9.48%。经济效益和社会效益显著。

参考文献

- [1] 李泉,吴超凡等.厂拌热再生技术在潭邵高速公路大修中的应用[J].中外公路,2018,38(5):217-220.
- [2] 汪小东.厂拌热再生沥青路面应用研究[J].公路,2018(12):274-277.
- [3] 吴少鹏,黄晓明,赵永利.路用沥青再生剂的研究[J].国外建材科技,2001,22(4):47-50.
- [4] 王晶.厂拌热再生 SMA-13 沥青混合料在路面上面层的应用研究[D].南京:东南大学,2017.