

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.05.065

国道主干线广州绕城公路南环段就地热再生技术应用

林晓锋

(广东省公路建设有限公司南环段分公司, 广东 广州 510600)

摘要:依托广州绕城高速公路南环段,分析了就地热再生中复拌再生和加铺再生工艺的特点,采用浸水残留稳定度、车辙和冻融劈裂试验等方法评价了混合料的路用性能,采用渗水试验和构造深度试验评价了就地热再生路面的应用效果。结果表明:加入再生剂后再生沥青混合料水稳定性和高温稳定性均符合规范要求;复拌再生路面均匀性控制难度大,加铺再生路面渗水和构造深度符合要求;总结了应用经验和应用过程中存在的问题。

关键词:就地热再生; 沥青混合料; 路用性能; SMA-10 加铺层

沥青路面就地热再生技术是指采用就地热再生机组,对旧沥青路面加热、耙松后加入再生剂、新沥青混合料等材料,在施工现场拌和后直接铺筑回原路面的施工技术。这项技术对交通干扰小,施工速度快,并能够做到100%利用废旧沥青混合料,因此近年来在中国逐步得到了推广应用。但是该项技术对于广东高温多雨气候的适用性,尤其是不同就地热再生工艺的适用性总结仍然十分缺乏,2018年12月,广州绕城高速公路南环段对勒流互通匝道和部分主线段实施就地热再生处治,旨在研究就地热再生工艺及其在湿热地区的适用性。

1 原路面状况及路面结构方案

1.1 原路面状况

在就地热再生段的勒流互通D匝道轮迹带处取

样,对原路面旧混合料在室内进行加热,采用抽提法提取旧沥青,并在旧沥青中加入不同掺量的再生剂,检测其针入度、软化点和135℃运动黏度指标,检测结果如表1所示,其中再生剂的添加量为旧沥青质量的百分比。

旧沥青原样针入度为26(0.1 mm),满足规范中关于就地热再生沥青指标要求;对原路面旧混合料在室内进行加热,用抽提法提取全部矿料,筛分检测结果如表2。

由检测结果可知:原路面混合料级配超出规范规定的级配下限。

1.2 路面结构方案

根据原路面情况,为对比不同就地热再生方式效果,设计了两种就地热再生方案:①重铺就地热再生,采用就地热再生机组加热4 cm深度原路面后加入再生剂直接重铺回原路面方式;②加铺再生方式,就地

表1 旧沥青及加入不同掺量再生剂后检测结果

项目	针入度/(0.1 mm)	软化点/℃	135℃运动黏度/(Pa·s)
旧沥青原样	26	58.0	0.89
旧沥青原样+3%再生剂	38	54.0	0.61
旧沥青原样+5%再生剂	48	51.0	0.54

表2 旧沥青混合料抽提后级配(AC-13 矿料级配通过率)

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
检测结果	100	93.5	67.8	34.8	25.9	14.7	10.2	5.4	2.9	1.3
级配上限	100	100	85	68	50	38	28	20	15	8
级配下限	100	90	68	38	24	15	10	7	5	4

热再生机组对 4 cm 深度原路面铣刨重铺,然后洒布乳化沥青黏结层,并在上部铺筑 2 cmSMA-10 加铺层。此次就地热再生加热采用热风加热方式,为减少集料

破碎,加热耙松的最大深度不宜超过 4 cm。其路面结构方案如图 1 所示。

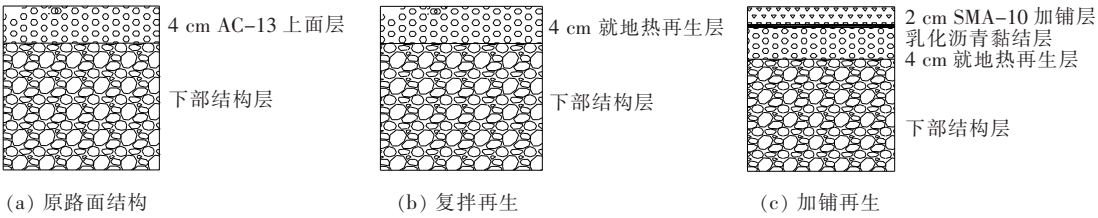


图 1 路面结构方案

2 配合比设计

2.1 就地热再生沥青混合料

对原路面旧混合料在室内进行加热,采用马歇尔击实法,设计不同再生剂用量、不同成型温度的热再生混合料,检测其理论最大相对密度、毛体积相对密度和空隙率等指标,结果如表 3 所示。

由表 3 结果可知:不加再生剂且成型温度为 140℃时,沥青混合料空隙率可满足规范要求。

2.2 SMA-10 沥青混合料

采用马歇尔设计方法进行混合料配合比设计。混合料矿料合成级配见表 4。

混合料室内拌和流程为:沥青加热温度控制为

160~165℃;矿料加热温度为 190~200℃;混合料拌和温度为 175℃,击实温度为 165~170℃;木质素纤维的掺量为沥青混合料的 0.4%。调整油石比,以油石比 6.0%、6.3%、6.6%成型马歇尔试件进行试验,其结果见表 5。

表 3 热再生沥青混合料马歇尔试件检测结果

再生剂 用量/%	成型温 度/℃	理论最大 相对密度	毛体积 相对密度	空隙率/%	
				检测结果	技术要求
0	130	2.530	2.397	5.23	4~6
0	140	2.530	2.412	4.66	
3.0	120	2.546	2.501	1.77	
1.5	130	2.546	2.499	1.83	
3.0	140	2.526	2.504	0.85	
3.0	150	2.526	2.508	0.70	

表 4 SMA-10 型矿料合成级配

级配	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100	100	60	32	26	22	18	16	13
下限	100	90	28	20	14	12	10	9	8
设计级配	100	99.2	47.5	24.7	19.1	17.0	14.1	12.2	11.3

表 5 SMA-10 马歇尔试验结果

试件组号	油石比/ %	试件相对密度		空隙率/ %	矿料间 隙率/%	沥青饱 和度/%	稳定度/ kN	流值/ mm
		理论	实测					
1	6.0	2.459	2.347	4.5	17.1	73.4	10.17	2.97
2	6.3	2.449	2.356	3.8	17.0	77.7	10.06	3.34
3	6.6	2.440	2.375	3.1	16.9	81.7	9.68	3.81
技术要求	—	—	—	3~4	≥17.0	75~85	≥6.0	—

由表 5 可知:选取沥青油石比 6.3%所测马歇尔指标均满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术

规范》及设计要求。

3 路用性能分析

3.1 再生沥青混合料

在施工现场取耙松后的再生沥青混合料,对就地取样的再生沥青混合料在室内成型马歇尔和车辙板试件,检测其空隙率、残留稳定度、冻融劈裂强度比和动稳定度,试件成型温度为 140 ℃。结果如表 6 所示。

表 6 表明:再生沥青混合料的水稳定性能和高温性能均符合规范要求。

3.2 SMA-10 沥青混合料

采用谢伦堡沥青析漏试验测试其析漏损失,采用

车辙试验评价热再生混合料高温稳定性能;采用肯塔堡浸水飞散试验、浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验评价热再生混合料水稳定性能。室内成型车辙板进行渗水和构造深度试验,测试路面的抗滑和密水性能,试验结果见表 7。

表 6 再生沥青混合料检测结果

编号	空隙率/ %	残留稳 定度/%	冻融劈裂 强度比/%	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)
1	6.31	100.5	—	4 468
2	5.71	98.9	95.2	4 565
技术要求	—	85	80	≥2 800

表 7 SMA-10 路用性能试验结果

项目	油石比/ %	动稳定度/ (次·mm ⁻¹)	析漏损失/ %	残留稳定 度/%	劈裂抗拉 强度比/%	渗水系数/ (mL·min ⁻¹)	构造深度/ mm
试验结果	6.3	10 353	0.07	90.4	91.6	不渗水	1.05
技术要求	—	≥3 000	≤0.1%	≥80	≥80	≤80	—

由表 7 可知,选定最佳沥青油石比为 6.3%,所测马歇尔试验各项指标、谢伦堡沥青析漏试验、肯塔堡飞散试验均符合 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》对改性沥青混合料 SMA-10 的技术要求。沥青混合料水稳定性试验、高温稳定性车辙试验、沥青混合料试件渗水试验结果均符合 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》对改性沥青混合料 SMA-10 的技术要求。

4 应用效果评价

4.1 复拌再生层

在勒流互通 C、D 匝道对施工的就地热再生路面进行取样,取样处未加再生剂,室内抽提筛分其油石比并检测提取沥青的针入度、软化点和 135 ℃运动黏度,结果如表 8 所示,对勒流互通 A 匝道、C 匝道、D 匝道就地热再生路段进行渗水检测,结果见表 9。

表 8 热再生混合料取样检测结果

匝道 编号	油石比/ %	软化点/ ℃	针入度/ (0.1 mm)	135 ℃运动黏 度/(Pa·s)
C	4.68	55.0	31	0.72
D	4.46	57.4	22	0.64

由表 8、9 可知,现场沥青路面离析程度较大,老化

沥青针入度分别为 22 和 31(0.1 mm),存在较大差别;A 匝道、C 匝道、D 匝道渗水系数满足规范要求,合格率为 100%。

4.2 加铺再生层

对加铺层进行取芯,室内对芯样进行毛体积相对密度、厚度和渗水系数检测,计算压实度、空隙率,结果如表 10 所示。

由表 10 可知,芯样压实度、厚度和构造深度均能满足要求,合格率为 100%;对加铺再生层进行渗水检测,均不渗水。

5 注意事项及解决方案

5.1 温度

就地热再生机组采用热风加热方式,采用 3 组机组加热,第 1 组机组加热后,沥青路面表面温度为 110 ℃,第 2 组加热后,沥青路面表面温度为 160 ℃,第 3 组加热后,沥青表面温度偏高,路面出现沥青泡,3 组加热后路面开始铣刨,铣刨后集料温度为 130 ℃,现场发现铣刨旧料集料破碎严重,存在较多破碎面。出现这种情况的主要原因是,沥青路面传热时间过短,表层温度过高,而底部温度较低,铣刨时造成底部集料破碎。因此,施工过程中应增加一段传热段,使得表层温度控制在 180 ℃左右,底部温度控制在 130 ℃。

表 9 就地热再生路段渗水检测结果

桩号	位置	渗水系数/ (mL·min ⁻¹)	桩号	位置	渗水系数/ (mL·min ⁻¹)
AK0+550	行车道	143.3	CK1+000	行车道	250.0
AK0+600	行车道	212.8	CK1+000	行车道	198.7
CK0+350	行车道	252.1	CK0+900	行车道	245.9
CK0+500	行车道	240.0	DK0+060	路肩	133.3
CK0+600	行车道	241.9	DK0+112	路肩	133.3
CK0+700	行车道	198.7	DK0+065	行车道	32.7
CK0+700	行车道	156.7	DK0+470	行车道	181.8
CK0+800	行车道	33.3	DK0+548	行车道	255.3
CK0+800	行车道	143.3			
技术要求		≤300			

表 10 SMA—10 加铺层芯样检测结果

桩号	车道	毛体积相对密度	理论最大 相对密度	空隙率/ %	芯样厚度/mm		压实度/%		构造深度 TD/mm	
					检测结果	技术要求	检测结果	技术要求	检测结果	技术要求
AK103+500	超车道	2.321	2.463	5.7	20		94.3		0.85	
AK103+600	超车道	2.352	2.463	4.5	21	≥18.4	95.5	≥93	0.94	≥0.55
AK103+800	慢车道	2.335	2.463	5.2	23		94.8		1.03	
AK104+100	超车道	2.319	2.463	5.8	19		94.2		1.06	

5.2 混合料离析

施工过程中,部分路段存在明显的粗细离析带,细部离析带存在于路面中部,粗离析带多集中于路面边部,主要原因在于机组没有配备复拌拌缸,仅配备一个搅拌轴,引起了粗料被推挤至边部,细集料集中于中部;因此,路面出现了中部泛油,边部干涩的直观现象。为解决这个问题,应从机组配备方面考虑,配备一个复拌拌缸,将集料收集后进入复拌拌缸中搅拌,然后采用摊铺机摊铺,可较好地解决集料离析问题。

5.3 取样代表性

就地热再生技术对原路面重新加热重铺后,可有效解决原路面平整度差、车辙病害等问题,但是高速公路建设过程中的施工质量控制差异使得原路面级配、沥青含量等存在较大的变异性,就地热再生施工过程中无论是复拌再生还是加铺再生,均只掺加固定掺量的再生剂,没有考虑原路面施工过程中的级配差异,不能调节原路面施工质量问题。就地热再生施工,一般施工前在现场取一定的试样后,室内确定一个配合比,在处治过程中长期使用这个配合比施工,造成了施工现场部分路面泛油,部分路面却十分干涩。因此,就地热再生施工过程中,应重视取样工作,根据病害严重程度划分段落,在每一段取样后室内进行配合比设计,然

后根据配合比设计在施工过程中不断调整配比。

6 结论

- (1) 就地热再生混合料加入再生剂后再生沥青混合料水稳定性和高温稳定性均符合规范要求。
- (2) 就地热再生技术中复拌再生工艺,路面均匀性控制难度大,施工过程中应加大取样频率,根据病害划分段落,调整配合比。
- (3) 就地热再生技术中加铺再生路面渗水和构造深度均较好,具有较好的路用性能。
- (4) 就地热再生机组应增加一段传热距离,从而解决路面加热过程中表层温度过高,底部温度过低的问题。

参考文献:

[1] JTG/T 5521—2019 公路沥青路面再生技术规范[S].
[2] 杨彦海,张群,纪文强. SMA 路面就地热再生技术试验研究及性能评价[J]. 中外公路, 2016(4).
[3] 黄晓明,等. 沥青路面就地热再生施工技术手册[M]. 北京:人民交通出版社,2007.
[4] 徐剑,黄颂昌,邹桂莲. 高等级公路沥青路面再生技术[M]. 北京:人民交通出版社,2011.