

DOI: 10.20035/j.issn.1671-2668.2023.04.018

复合改性 UTAC-8 薄层罩面在高速公路工程中的应用

朱伟串

(广东省高速公路有限公司 粤赣分公司, 广东 河源 517000)

摘要: 结合长深(长春—深圳)高速公路惠河(惠州—河源)段沥青路面工程,进行 UTAC-8 沥青混凝土配合比设计,确定混合料级配组成和最佳油石比,并通过浸水马歇尔试验、半圆弯曲试验、渗水试验检验其水稳定性、抗裂性能和渗水性能;根据该路段路面实际情况,提出 UTAC-8 沥青混凝土施工技术参数,工后检测结果显示混合料厚度、压实度、渗水系数及表面构造深度等技术指标均符合规范要求。

关键词: 公路;超薄沥青混凝土(UTAC);薄层罩面;高速公路

中图分类号: U418.8

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2023)04-0092-05

随着交通量的迅速增长和路面使用时间的增加,部分新建道路在远未达到其正常使用寿命的情况下便出现各类病害,须提前进行维修养护,造成不良的社会影响和经济损失。热拌沥青混合料薄层罩面是一种厚度介于传统表面磨耗层及冷拌封层之间的路面磨耗层^[1-3],能延长路面使用寿命、校正表面缺陷、提高行车舒适性和安全特性,是道路建设可持续发展的有效技术措施之一,具有良好的投资效益和节能效果^[4-6]。复合改性 UTAC(Ultra Thin Asphalt Concrete,超薄沥青混凝土)薄层罩面采用橡胶+SBS 复合改性沥青作为胶结料,与间断密实级配集料拌和而成,是一种路面预养护技术,具有优良的防滑减噪性能、表面构造深度和高、低温性能。薄层罩面技术在中国的应用相对较晚,近些年对该技术的室内试验研究较多,针对工程项目实际应用的研究较少^[7-10]。本文结合 UTAC 薄层罩面技术在长深(长春—深圳)高速公路惠河(惠州—河源)段沥青路面中的应用,研究 UTAC-8 的生产配合比及施工技术参数,为 UTAC 薄层罩面的工程应用提供参考。

1 工程概况

依托长深高速公路惠河段深圳方向 K3540+200—K3542+500、江西方向 K3555+000—K3553+500 路段进行 UTAC 薄层罩面铺设。

根据工程环境及路用性能要求,UTAC 沥青混

凝土分为 3 种:UTAC-5,最小施工结构厚度为 1.2 cm,适合于桥面等路段的功能性加铺,一般采用 3~5 mm 粗集料和机制砂配制;UTAC-8,最小施工结构厚度为 2 cm,适合于路基、桥面等路段加铺,一般采用 5~8 mm 粗集料和机制砂配制;UTAC-10,最小施工结构厚度为 2.5 cm,适合于路基、隧道和桥面等路段加铺,一般采用 5~10 mm 粗集料和机制砂配制。

该项目采用 UTAC-8 沥青混凝土。UTAC-8 薄层罩面是一种基于断级配设计理念的骨架型密级配沥青混合料,主要优点如下:1) UTAC-8 混合料一般采用 0~3 mm、3~5 mm、5~8 mm 3 种规格集料,而 AC-13 混合料采用 0~3 mm、3~5 mm、5~10 mm、10~15 mm 4 种规格集料,与 AC-13 混合料相比,UTAC-8 减少了一档规格料,也就减少了一档冷料生产工序,其热骨料筛分效率、混合料生产效率更高,生产成本降低;2) 摊铺厚度薄,设计施工厚度为 2 cm,施工速度快,散热也快,完工后开放时间短,可大大减少影响道路通行的时间;3) 防水、抗车辙能力强,具有一定的抗滑构造,构造深度及防滑、减噪性能优良^[11-12];4) 沥青膜厚,抗疲劳性能好;5) 施工均匀性好,不易产生离析,质量易控制;6) 对工程机械及原材料无特殊要求,没有技术上的推广难点。UTAC-8 的综合性能优于传统 AC-13 混合料,可广泛应用于沥青路面加铺工程^[13]。

2 UTAC-8 薄层罩面材料设计

2.1 原材料

(1) 沥青结合料。宜选用高温等级为 PG76 及以上的改性沥青。长深高速公路惠河段选用高温等级为 PG82-10 的 SBS 改性沥青,其性能检测结果见表 1,各项技术指标均符合设计要求。

(2) 集料、填料。集料由质地均匀、坚硬、洁净、无杂质、磨损值好的碎石加工而成料,有 0~3 mm、3~5 mm、5~8 mm 3 种规格,其中 5~8 mm 规格集料严格按照反击式破碎加工工艺生产,保证其颗粒形态方正、棱角丰富,各档集料的物理、力学性能均满足 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》^[14] 的要求。填料采用机制砂,机制砂由质地均匀的规格料加工而成,建议采用与粗集料母材一致的石料加工机制砂,禁止采用白色石英石含量超过 5%的碱性石灰岩作为母材加工机制砂。采用非碱性石料加工机制砂时,加入占集料总质量 1%~2%的水泥。

2.2 配合比设计

UTAC-8 沥青混凝土配合比设计按设计配合比→目标配合比→生产配合比→标准配合比的程序进行,其中目标配合比依据设计配合比要求自冷料

仓抽样进行设计,生产配合比依据设计配合比要求和目标配合比设计结果自热料仓抽样进行设计,标准配合比必须经过试验段验证并由监理批准。沥青混合料级配组成见表 2,其中 UTAC-8 为工程应用级配,其级配曲线见图 1。

表 1 改性沥青性能检测结果

检测项目	设计要求	检测结果
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	40~60	43
延度(5 ℃,5 cm/min)/cm	≥20	34
针入度指数	≥0	0.17
软化点/℃	≥80	88
闪点/℃	≥230	314
溶解度/%	≥99	99.8
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)	实测	1.034
存储稳定性(163 ℃,48 h,软化点差)/℃	≤2	1
弹性恢复(25 ℃)/%	≥90	95
运动黏度/ (Pa·s)	150 ℃ 165 ℃	≤3 — 0.63
RTFOT 后残留物 (163 ℃,85 min)	质量变化/%	±1 -0.07
	延度(5 ℃)/cm	≥15 21.5
	针入度比/%	≥75 77

表 2 沥青混合料级配组成

级配类型	下列筛孔(mm)的通过率/%											
	19.000	16.000	13.200	9.500	4.750	2.360	1.180	0.600	0.300	0.150	0.075	
UTAC-8	100.0	100.0	100.0	100.0	30.5	24.4	19.4	15.6	12.7	11.4	8.8	
GAC-16	100.0	99.2	87.1	60.3	33.5	22.8	17.9	14.5	11.7	7.6	5.4	
SMA-13	100.0	100.0	96.3	58.4	27.3	23.1	18.4	15.9	14.2	12.5	9.7	

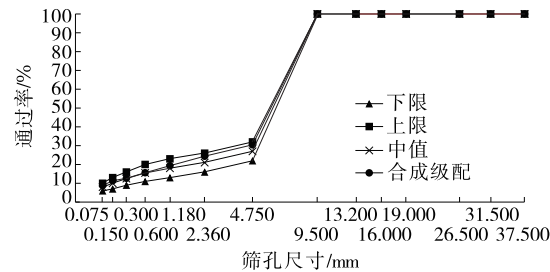


图 1 UTAC-8 的级配曲线

2.3 最佳油石比

根据 UTAC-8 沥青混凝土配合比设计要求和 JTG 5142—2019《公路沥青路面养护技术规范》^[15],该项目 UTAC-8 沥青混凝土的油石比范围为 5.4%~6.2%。采用 6.0%的油石比,按表 2 所示级

配成型试件,按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》^[16]进行马歇尔试验,试验结果见表 3。

表 3 油石比为 6.0%时 UTAC-8 沥青混凝土的

马歇尔试验结果

项目	试验结果	规范要求
理论密度/(g·cm ⁻³)	2.599	—
实测密度/(g·cm ⁻³)	2.474	—
空隙率/%	4.8	3~6
矿料间隙率/%	17.2	≥17.0
饱和度/%	72.1	70~80
稳定度/kN	11.30	≥8.0
流值/(0.1 mm)	32.1	15~40

由表 3 可知:油石比为 6.0%时,UTAC-8 沥青混凝土的各项性能均满足规范要求,确定最佳油石比为 6.0%。

3 UTAC-8 沥青混凝土性能检验

3.1 水稳定性

按上述级配和最佳油石比成型 UTAC-8 沥青

混凝土试件,按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行浸水马歇尔试验,评价其水稳定性,试验结果见表 4。

由表 4 可知:UTAC-8 沥青混凝土的残留稳定度=10.41/11.30=92.1%,符合 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中改性沥青混凝土浸水马歇尔残留稳定度> 85%的要求。

表 4 UTAC-8 沥青混凝土的浸水马歇尔试验结果

试验条件	平均高度/mm	密度/(g·cm ⁻³)	最大密度/(g·cm ⁻³)	空隙率/%	矿料间隙率/%	有效沥青饱和度/%	稳定度/kN	流值/(0.1 mm)
60 ℃, 0.5 h	63.2	2.476	2.599	4.7	17.1	72.5	11.28	31.2
	64.2	2.474	2.599	4.8	17.2	72.1	10.91	33.5
	63.5	2.471	2.599	4.9	17.3	71.7	11.25	32.0
	63.2	2.475	2.599	4.8	17.1	71.9	11.75	31.6
平均值		2.474	2.599	4.8	17.2	72.1	11.30	32.1
60 ℃, 48 h	63.2	2.472	2.599	4.9	17.2	71.5	9.76	32.5
	63.5	2.478	2.599	4.7	17.0	72.4	11.28	33.2
	63.4	2.470	2.599	5.0	17.3	71.1	10.22	34.2
	64.1	2.473	2.599	4.8	17.2	72.1	10.37	32.7
平均值		2.473	2.599	4.8	17.2	71.8	10.41	33.2

3.2 抗裂性能

采用半圆弯曲试验评价 UTAC-8 沥青混凝土的抗裂性能,并与 GAC-16、SMA-13 沥青混合料进行对比。GAC-16、SMA-13 沥青混合料采用 PG76-22 型 SBS 改性沥青,油石比分别为 4.7%、6.0%,其级配见表 2。分别采用 3 种沥青混合料通过旋转压实成型 φ150 mm×170 mm 圆柱体试件,通过双面锯锯出厚度为 50 mm 的圆形切片,并对称切出 φ150 mm×75 mm×50 mm 的半圆形试件,沿半圆形试件底部中心处切出深度为 15 mm 或 25 mm、宽度为 1.5 mm 的缝。将试件置于 15 ℃的环境箱中进行养护后,在 MTS810 试验机上进行半圆弯曲试验,加载跨径为 120 mm,加载速率为 50 mm/min。半圆弯曲试件达到临界荷载 P_c 时,起始点到临界荷载峰值的荷载-位移曲线所包围的积分面积为断裂能 U_c ,沥青混合料断裂韧度 J_{IC} 通过式(1)计算。每个切缝深度试件进行 4 次试验,试验结果见表 5。

$$J_{IC} = \left(\frac{U_1}{b_1} - \frac{U_2}{b_2} \right) \frac{1}{a_2 - a_1} \quad (1)$$

式中: U 为荷载功(N·mm),通过荷载-位移曲

表 5 沥青混合料半圆弯曲试验结果

混合料 类型	切缝深 度/mm	U_c / J	U_c 平均 值/J	变异系 数/%	J_{IC} / (kJ • m ⁻²)
GAC—16	15	6.922	6.913	7.8	4.505
		7.626			
		6.327			
		6.775			
	25	4.621	4.660	6.4	
		4.288			
		4.719			
		5.013			
SMA—13	15	9.452	9.606	4.9	8.824
		9.795			
		10.136			
		9.039			
	25	5.148	5.194	8.9	
		5.432			
		4.565			
		5.629			

续表 5

混合料 类型	切缝深 度/mm	U_c / J	U_c 平均 值/J	变异系 数/%	J_{IC} / ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$)
UTAC—8	15	11.578	11.532	5.4	11.165
		10.935			
		12.378			
		11.236			
	25	5.974	5.949	9.3	
		5.612			
		6.717			
		5.494			

线计算得到; b 为试件厚度 (mm); a 为裂缝长度 (mm)。

由表 5 可知:切缝深度为 15 mm、25 mm 时,UTAC-8 沥青混合料的断裂能均最大,SMA-13 次之,GAC-16 最小;UTAC-8 的断裂韧度最大,SMA-13 次之,GAC-16 最低。具有高沥青油膜的骨架密实型沥青混合料 UTAC-8 具有更好的韧性和抗裂性能。

3.3 渗水性能

按上述级配和最佳油石比成型 3 个 UTAC-8 沥青混凝土试件,按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》进行渗水性能试验,试验结果见表 6。

表 6 UTAC-8 沥青混凝土渗水试验结果

试样编号	渗水系数/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	
	试验结果	平均值
1	120	127
2	134	
3	128	

表 7 UTAC-8 薄层罩面检测结果

试件 编号	试件高 度/mm	空中质 量/g	水中质 量/g	表干质 量/g	实测毛体积密 度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	标准密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)		压实度/%		空隙率/ %
						马歇尔 密度	最大理论 密度	按马歇尔 密度计算	按最大理论 密度计算	
1	31.2	634.5	375.4	636.8	2.427	2.467	2.616	98.4	92.8	7.2
2	30.5	620.4	368.3	623.4	2.432	2.467	2.616	98.6	93.0	7.0
3	30.6	621.8	371.0	625.0	2.448	2.467	2.616	99.2	93.6	6.4
4	31.4	638.9	380.1	641.5	2.444	2.467	2.616	99.1	93.4	6.6
5	30.5	618.5	368.9	621.4	2.450	2.467	2.616	99.3	93.6	6.4

由表 6 可知:UTAC-8 沥青混凝土的渗水系数均值为 127 mL/min ,符合渗水系数 $\leq 150 \text{ mL}/\text{min}$ 的规范要求。

4 施工技术参数及效果

根据该路段路面实际情况,提出以下 UTAC-8 薄层罩面施工技术参数:

- (1) UTAC-8 混合料摊铺速度为 3 m/min ,铺筑厚度为 2 cm,松铺系数为 1.2。
 - (2) 压实工艺为钢轮压路机初压 1 遍+钢轮压路机振动碾压 2 遍+胶轮压路机碾压 3 遍+钢轮压路机终压 1 遍。
 - (3) 黏层采用改性乳化沥青。
 - (4) 施工油石比按 6.0%控制。
- 摊铺效果见图 2。



图 2 UTAC-8 薄层罩面施工效果

路面加铺完成后对 UTAC-8 面层进行检测,渗水系数、表面构造和摩擦系数等指标均满足规范要求,其中深圳方向 K3540+200—K3542+500 路段路面检测结果见表 7、图 3~5。

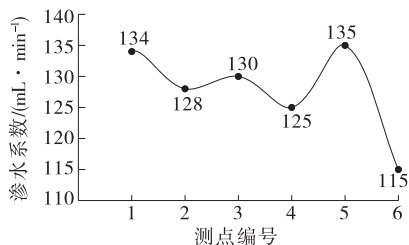


图3 UTAC-8薄层罩面的渗水系数

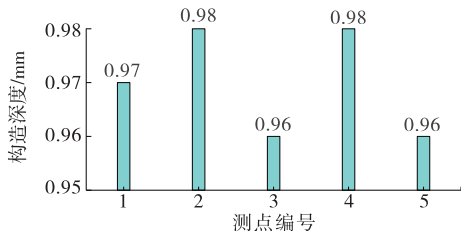


图4 UTAC-8薄层罩面的构造深度

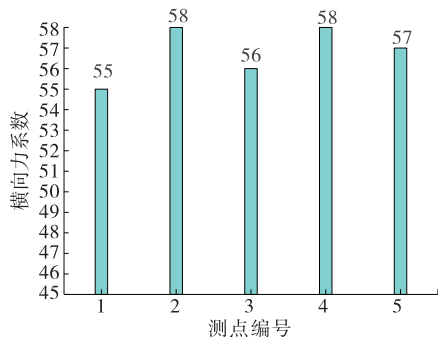


图5 UTAC-8薄层罩面的横向力系数

5 结论

(1) UTAC-8 沥青混凝土具有良好的抗滑性能、抗水损坏性能、抗疲劳性能及高、低温稳定性,适用于高速公路大车流、高温车辙、路面排水等通车环境。

(2) 相较于 GAC-16、SMA-13 沥青混合料,UTAC-8 沥青混合料厚度更薄,施工速度更快,施工后开放交通的时间更短;防滑和减噪性能优良,抗滑系数衰减速度较慢,能长期保持较好的抗滑性能,有效保障高速公路行车安全性和舒适性。

(3) UTAC-8 薄层罩面作为一种路面预养护技术,具有优良的防滑和抗渗性能及表面构造深度,混合料厚度、压实度、渗水系数及表面构造深度等均满足相关规范的要求,且对施工设备没有特殊要求,

可广泛应用于养护或预防性养护沥青罩面工程及新建工程。

参考文献:

- [1] 曾峰.沥青路面预防性养护决策方法的研究与技术应用[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
- [2] 范健英.UTAC-10 桥面铺装施工技术[J].中外公路,2004,24(4):102-104.
- [3] 辛良建.温拌沥青混合料薄层罩面技术应用研究[D].重庆:重庆交通大学,2019.
- [4] 徐显炼.UTAC10 在水泥路面平整度改善工程中的应用[J].广东公路交通,2011,37(3):36-39.
- [5] 李长成,闫洁.温拌剂沥青混合料的路用性能研究[J].公路,2018,63(12):264-268.
- [6] 李闯民,李元元,邬镇伦.热拌沥青混合料薄层罩面 AC-5 及设计技术问题[J].公路,2015,60(10):6-11.
- [7] 谭忆秋,姚李,王海朋,等.超薄磨耗层沥青混合料评价指标[J].哈尔滨工业大学学报,2012,44(12):73-77.
- [8] 王峰娟.公路工程沥青路面施工技术与质量控制策略[J].交通标准化,2014,42(8):39-41.
- [9] 耿九光.沥青老化机理及再生技术研究[D].西安:长安大学,2009.
- [10] 张月梅.温拌沥青混合料薄层罩面技术研究[J].交通世界,2022(17):110-113.
- [11] 陈富达.高韧超薄沥青磨耗层的力学性能和功能属性研究[D].广州:华南理工大学,2020.
- [12] 虞将苗,陈富达,彭馨彦,等.高韧超薄沥青磨耗层在港珠澳大桥珠海人工岛通道上的应用[J].清华大学学报(自然科学版),2020,60(1):48-56.
- [13] 欧阳丁沛,关钰麟.UTAC-8 超薄罩面在公路隧道养护中的应用[J].广东公路交通,2021,47(4):109-112.
- [14] 交通部公路科学研究所.公路沥青路面施工技术规范:JTG F40—2004[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [15] 交通运输部公路科学研究院.公路沥青路面养护技术规范:JTG 5142—2019[S].北京:人民交通股份有限公司,2019.
- [16] 交通运输部公路科学研究院.公路工程沥青及沥青混合料试验规程:JTG E20—2011[S].北京:人民交通出版社,2011.

收稿日期:2022-05-09