

文章编号: 0451- 0712(2004)01- 0021- 07

中图分类号: U 416 217

文献标识码: B

# OGFC 排水性沥青混凝土路面施工技术

屈殿功, 巩 涛, 张宵鹏

(路桥集团二公司上海远通路桥工程有限公司 上海市 200135)

**摘 要:** 咸阳机场高速公路通过引进 OGFC 排水性沥青混凝土路面技术, 从原材料选择与试验、配合比设计与验证、施工组织生产与工艺、路面使用性能检测等方面, 得出系列宝贵的经验与教训, 为进一步认识和掌握这门新工艺、新技术奠定了基础。

**关键词:** OGFC 路面; 配合比设计; 施工

咸阳机场高速公路位于陕西关中地区, 是西部大通道银(川)武(汉)高速公路的重要组成部分, 是陕西省迎宾大道及形象工程, 其政治、经济、社会意义十分重要。该地区年降雨量 600 mm, 主要集中在 6~ 9 月份。要解决好暴雨期行车安全问题, 较好的方法就是采用排水性路面结构。但因我国尚无排水性路面设计与施工技术规范, 陕西省也无较成熟的建设经验, 为解决排水性路面的修筑技术问题, 陕西省交通厅决定引进日本成套技术。为此, 我部承担了交通厅及陕西省高速集团联合科研项目 OGFC 排水性沥青混凝土路面施工任务。

所谓排水性沥青混凝土路面就是在不透水的沥青混凝土层面上铺筑空隙率高达 20% 左右的沥青混凝土抗滑表层, 使雨水通过该层内部的连通空隙沿路面横坡排出路外, 而不致于在路表形成水膜和径流的路面结构。该技术最早于 1960 年始于美国, 欧洲则始于 1980 年。日本真正实施于 1987 年, 1993 年成立了排水性铺装研究会, 1996 年日本道路协会编制出版了《排水性铺装技术指南》(草案), 用于指导施工。

排水性路面因其具有客观需要的抗滑、高抗车辙性和降噪能力、水雾少等特点, 既利于环保, 更利于交通安全, 符合当前技术发展趋势。

咸阳机场高速公路全长 18.241 km, 为双向六车道, 沥青混凝土路面结构为: 6 cm AC-20I 沥青混凝土下面层, 5 cm AC-13I 沥青混凝土中面层, 上面层为 5 cm OGFC 排水性沥青混凝土路面。采用直接将日本产 TPS 改性剂投入拌锅的改性工艺。

为确保该科技攻关项目的完成, 公司成立了攻关课题组。在各方领导和专家的帮助下, 我部边施工、边摸索、边试验、边积累, 总结形成了一套实施性较强的施工技术方案——西安咸阳机场高速公路《排水性沥青路面施工指南》(试行)。

## 1 原材料

该工程最初拟定采用陕西临潼韩峪料厂碎石, 由于该厂加工能力有限, 不能满足施工进度要求, 经排水性路面课题组同意, 其后增补了安琪、科旺达、东陵料厂同时供料, 四家料厂均为角闪岩碎石。现以韩峪料为例。

### 1.1 粗骨料

排水性路面粗骨料为 4.75 mm 以上的集料, 有 10~ 15 mm、5~ 10 mm 等 2 种规格, 最大粒径为 16 mm。粗骨料占到集料总重的 85% 左右, 比普通密级配沥青混合料高出 20%~ 30%, 粗骨料的各项技术要求与我国规范相同, 见表 1。

### 1.2 细骨料

排水性路面用细骨料占集料总重的 10% 左右, 用河砂或石屑均可。因我国石屑多为山场下脚料, 粉尘较多, 故本工程采用河砂。排水性沥青混合料中 2.36~ 4.75 mm 之间为断级配, 河砂以中细为宜, 砂的各项指标要求同我国规范, 见表 2。

### 1.3 填充料

填充料使用水泥厂生产的石灰岩矿粉, 用量为集料总重的 5% 左右。为改变骨料与沥青间的粘附性, 可掺加消石灰或水泥, 掺加量以占填充料总量的

收稿日期: 2003- 10- 24



表 1 技术指标

检测项目	试验值	规定值
视密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.750	2.65
吸水率/%	1.65	2
细长扁平颗粒含量/%	0(10~15 mm 碎石) 0.57(5~10 mm 碎石)	10
水洗性(0.075 mm 颗粒含量)/%	0.02(10~15 mm 碎石) 0.1(5~10 mm 碎石)	1
集料压碎值/%	18.6	20
石料冲击值/%	10.2	15
石料磨光值(BPN)	46	45
软石含量/%	2.3	3
坚固性/%	4.0	8
洛杉矶磨耗损失/%	18.2	20
对沥青的粘附性	4(与壳牌AH-90 TPS 改性沥青)	4

表 2 技术指标

检测项目	试验值	规定值
视密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.65	2.6
坚固性/%	3.3	8
砂当量/%	95	60
筛分通过质量 百分率/%	4.75 mm	100
	2.36 mm	97.8
	0.6 mm	68.1
	0.3 mm	12.1
	0.15 mm	5.2
	0.075 mm	2.5

40%~60%为宜。本工程掺加了占集料重量2%的32.5级水泥(占填充料的40%)。矿粉的细度等指标要求同我国规范,见表3。

表 3 技术指标

检测项目	试验值	规定值
视密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.735	2.60
含水量/%	0.2	1
粒径范围/%	<0.6 mm	100
	<0.3 mm	93.9
	<0.15 mm	84.7
亲水系数	0.68	<1
外观	无团粒结块	无团粒结块

#### 1.4 基质沥青和改性剂

根据日本成熟经验与日本《排水性铺装技术指南》,基质沥青宜采用低标号、稠度大的沥青,以增强

混合料间粘结力。基质沥青一般采用70号重交沥青,排水性路面的油石比一般在5%左右,其中基质沥青占84%~90%,改性剂占10%~16%,使用TPS改性剂后,沥青混合料中无需再添加其他稳定剂和抗剥落剂。

该工程在最初设计时,采用70号与90号2种重交沥青沥青混合料性能对比,或许试验误差或取样问题,70号重交沥青混合料水稳性等几项指标没有90号重交沥青好,致使决策层采用了90号重交沥青改性。笔者认为排水性沥青混凝土路面因是开级配,空隙率大、沥青易老化、耐久性差,为增加其内部粘结力,增加混合料强度,应采用低标号、稠度大的沥青。由于采用较软的90号沥青改性,致使后来大批量生产施工时TPS改性沥青25针入度多为59~63(0.1 mm)间,偏规定值40~60(0.1 mm)上限,这也是日本专家对该项目施工中技术指标不太满意之处,建议施工中应达到40~50(0.1 mm)之间为好。这也验证了采用90号重交沥青改性,沥青偏软。

该工程中下面层采用90号埃索重交沥青,OGFC沥青混凝土面层采用90号壳牌重交沥青,TPS改性剂 基质沥青=12 88,不再添加任何外加剂。这是与2000年在陕西宝牛路修筑800 m长OGFC试验段工艺的不同之处。宝牛路采用SBR改性沥青掺加占混合料总质量的0.3%木质纤维素作为稳定剂的施工工艺。基质沥青各项指标要求同我国规范,见表4。改性剂指标因日方商业机密不明确,只能对改性后的改性沥青指标检测定性。

表 4 技术指标

检测项目	试验值	规定值
针入度(25 , 100g, 5s)/(0.1 mm)	95	80~100
延度(5 cm/min, 15 )/cm	>150	150
软化点(环球法)/	45	45~52
闪点/	348	230
含蜡量(蒸馏法)/%	0.7	2
密度(15 )/(g/cm <sup>3</sup> )	1.026	实测值
溶解度(三氯乙烯)/%	99.97	99.0
薄膜加热试验 163 , 5h	质量损失/%	+0.093
	针入度比/%	>58
	延度(25 )/cm	>120
	延度(15 )/cm	>150

#### 1.5 改性沥青

排水性路面除要求改性沥青的25 稠度和抗

拉强度应分别达到 20 N · m 和 15 N · m 以上, 60 粘度在 20 000 Pa · s 以上外, 其余各项技术要求同我国规范见表 5。

表 5 技术指标

检测项目	TPS 改性沥青 试验值	规定值
25 针入度/(0.1 mm)	59	40~ 60
30 针入度/(0.1 mm)	89	
15 针入度/(0.1 mm)	25	
针入度指数/(0.1 mm)	0.56	+ 0.2
5 延度/cm	69	50
软化点/	88.5	80
闪点/	348	260
密度(15℃)/(g/cm <sup>3</sup> )	1.026	实测
溶解度/%	99.97	99
脆点/	- 23	- 20
薄膜加热 试验 163℃, 5 h	质量损失/%	+ 0.054
	针入度比/%	88.1
	延度(25℃)/cm	96
	延度(15℃)/cm	47
	25℃ 韧度/(N · m)	29.05
	25℃ 抗拉强度/(N · m)	21.66
	60 粘度/(Pa · s)	6.87 × 10 <sup>5</sup>
		> 20 000

1.6 粘层

铺筑排水性路面前, 应在密级配的沥青混凝土中面层表面喷洒一层掺有橡胶的改性乳化沥青, 其作用起层间的高粘结与封水作用。施工应在摊铺前 12 h 按 0.4~ 0.6 L/m<sup>2</sup> 洒布, 以使其充分破乳, 不易粘轮。改性乳化沥青中蒸发残留物含量不宜太高, 以 50% ~ 60% 为宜, 太高会使机械行进阻力大, 且会引起上面层油石比增大。粘层技术指标见表 6。

这里要重点说一下中面层强度问题。该工程中面层采用 AC-13I 级配类型, 由于密级配为悬浮结构, 再加上起封水作用, 混合料级配偏细; 如果不改性, 混合料强度不高(动稳定度), 动稳定度仅达到 800 次/mm 左右。800 次/mm 动稳定度强度指标远远已不适应我国交通荷载状况, 与 OGFC 沥青混凝土上面层 6 000 次/mm 动稳定度相比, 强度差别 7.5 倍。为避免因中面层强度不足造成 OGFC 沥青混凝土路面破坏现象的出现, 经专家组研究决定中面层变更为 SBS 改性, 动稳定度达到了 3 000 次/mm 左右。在我国目前交通荷载的情况下, 笔者建议高速

表 6 技术指标

检测项目	试验值	规定值
粘度(恩格拉粘度 E <sub>25</sub> )/s	5	1~ 10
筛上剩余量/%	0	0.3
与矿料的粘附性、裹覆面积	2/3	2/3
电荷	(+)	(+)
蒸发残留物含量/%	55	50
破乳速度	快裂	快裂
蒸发残留物性质	针入度/(0.1 mm)	99
	延度(25℃)/cm	117
	软化点/	59.5
贮存稳定度 1 d/%	0.1	1
贮存稳定度 5 d/%	0.6	1

公路上慎用 AC-13I 级配结构, 因为在实践中, 在不改性情况下多次调整级配、油石比, 都无法使 AC-13I 混合料动稳定度指标突破 800 次/mm。

2 配合比设计

日本排水性沥青混凝土路面混合料配合比设计以经验为主, 一般不进行详细的理论分析和研究。配合比设计应首先确定目标空隙率。经验证明, 空隙率低于 15% 起不到排水作用, 高于 25% 容易引起混合料松散, 发生早期破坏。日本排水性路面的空隙率, 严寒冰冻地区按 17% 控制, 一般地区按 20% 控制。较为成熟的经验配合比为: (5~ 15 mm) 碎石 砂 矿粉= 85 10 5, 最佳油石比 5%。在此基础上, 控制 2.36 mm 筛孔通过率在中央级配附近以 ± 3% 左右相差暂定 3 个级配, 并按矿料表面粘附的沥青膜厚 14 μm, 用经验公式计算暂定沥青用量, 然后将成型试件进行马歇尔试验, 确定空隙率是否与目标空隙率一致。必要时对集料级配再做适当调整, 例如当混合料的级配组成难于保证必要的空隙率时, 应将通过 2.36 mm 筛孔和通过 4.75 mm 筛孔的矿料重量差尽量减小。其次通过混合料沥青流淌试验(最大沥青用量)和马歇尔试件飞散试验(最少沥青用量)进行沥青用量检验。取流淌试验和飞散试验两者之间适当的沥青用量作为最佳沥青用量。最后用排水性混合料性能验证。用以上方法确定的矿料级配和最佳沥青用量进行沥青混合料的马歇尔试验、水稳定性试验、车辙试验、流淌试验、飞散试验及冻融劈裂试验等。试验结果应满足混合料技术指标要求, 以

此为配合比设计。

经验公式:

暂定沥青含量(相对于骨料) = 假定膜厚(14  $\mu\text{m}$ )  $\times$   
骨料表面积

骨料表面积 =  $(2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14d + 0.3e + 0.6f + 1.6g) / 48.74$

式中:  $a, b, c, d, e, f, g$  为累积通过质量百分率, 其与筛孔及尺寸关系如表 7 所示。

表 7 筛孔尺寸与累积通过质量百分率的关系

筛孔尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
筛分累积通过质量百分率/%	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	$f$	$g$
系数	0.02	0.04	0.08	0.14	0.3	0.6	1.6

## 2.1 矿料级配

根据各种矿料的筛分结果和排水性路面混合料的级配要求, 进行混合料矿料的含量计算, 矿料合成级配结果见表 8。

表 8 矿料合成级配

筛孔尺寸 mm	矿料级配(通过质量百分率%)					设计级配 范围/%	合成级配 范围/%
	10~15 mm 碎石	5~10 mm 碎石	砂	矿粉	水泥		
	66	20	9	3	2		
16	100					100	100
13.2	88.4	100				90~100	92.3
9.5	29.1	84.5	100			47~68	50.1
4.75	0.8	6.9	100			11~35	15.9
2.36	0	0.9	97.8			10~20	14.0
1.18			84.8			9~17	12.6
0.6			68.1	100		7~15	11.1
0.3			12.1	98.6	100	6~12	10.1
0.15			5.2	93.9	98.7	4~10	5.3
0.075			2.5	84.7	92.8	3~7	4.6

## 2.2 最佳沥青用量的确定

TPS 改性沥青混合料分别采用 4%、4.5%、5.0%、5.5%、6% 等 5 种油石比进行流淌试验和谢伦堡飞散试验, 试验结果见表 9。根据流淌试验结果确定最大沥青用量(油石比)  $OA C_{\max} = 5.2\%$ , 根据谢伦堡飞散试验结果确定最小沥青用量(油石比)  $OA C_{\min} = 4.8\%$ 。最佳沥青用量为(油石比)  $OA C = 5.0\%$ , 见表 9。

表 9 排水性沥青混合料流淌与飞散试验结果

油石比/%	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
流淌试验质量损失率/%	1.85	2.01	4.02	8.25	11.22
飞散试验质量损失率/%	22.32	15.12	10.12	8.25	7.03

室内马歇尔试验要点如下。

(1) 温度控制。矿料加热温度 190, 沥青加热温度 150~170, 混合料拌和温度 180, 试件击实温度 150~160。

添加方式:  $\frac{\text{矿料} + \text{矿粉} + \text{TPS 拌和 } 150 \text{ s}}{\text{一块加}}$  加

沥青——拌和 150 s

(2) 马歇尔试件两面各击 50 次。

(3) 马歇尔试件密度检测采用体积法。

(4) 做试件密度试验时, 试件放入水中须敲打, 排出气体。

(5) 计算理论密度时, 原材料视密度是指表观相对密度。

(6) 生产施工中, 每天制作马歇尔试件, 每组需分 2 次取样, 因存放时间长, 试样会出现流淌现象而导致混合料油石比变小, 马歇尔试验数据失真。

## 2.3 排水性混合料性能试验

按照确定的矿料级配和沥青用量, 进行排水性沥青混合料的路用性能指标检验, 试验结果见表 10。

表 10 路用性能指标检验结果

检测项目	试验值	规定值
油石比/%	5	——
混合料理论密度/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.538	——
马歇尔试件视密度/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	2.040	——
空隙率/%	19.5	20 $\pm$ 1
连续空隙率/%	14.5	14
马歇尔稳定度/kN	6.23	5
流值/(0.1 mm)	27.4	20~40
车辙试验	动稳定度/(次/mm)	6436
	最终变形/mm	1.46
残留稳定度/%		90.2
冻融劈裂强度比/%		82.3

## 2.4 生产配合比验证

根据热仓矿料的筛分结果和排水性路面混合料的级配要求进行混合料热仓矿料的含量计算, 然后按照确定的矿料级配和最佳沥青用量, 进行排水性沥青混合料的各项路用性能检验, 合格后进行生产施工, 否则进行热仓配比调整。

### 3 施工组织

由于 OGFC 沥青混凝土路面是一种新型结构,国内应用很少,现行规范尚无施工指南,也无成熟的施工经验可采用,我部只有边全套引进日本技术,边积累经验;同时,参照 SMA 路面施工技术和工艺,经过西安绕南拌和场及临渭高速公路 2 次试验段的铺筑,验证其生产配合比及施工工艺,取得了大量的技术参数,积累了一些经验和教训,掌握了 OGFC 路面施工中存在的的技术性问题。

#### 3.1 施工方案

采用沥青拌和楼拌制混合料,自卸汽车运输,2 台摊铺机阶梯状铺筑,3 台双钢轮压路机,1 台胶轮压路机碾压成型的总体施工方案。

#### 3.2 主要设备投入

MAP-320 间歇式沥青拌和设备 1 套,ABG-423 摊铺机 2 台,自重 10 t 的 DD-110 双钢轮压路机 2 台,18 t 的 CC722 双钢轮压路机 1 台,20 t 的 YL-220 胶轮压路机 1 台,20 t 的自卸汽车 15 辆,MSK-13 型木质素(颗粒)加料设备 2 台。

#### 3.3 设备调试

影响沥青混凝土面层施工进度的关键是沥青混合料拌和楼和摊铺机的正常运转。因此在施工前,对所有设备进行全面检查,包括拌和楼、添加剂设备计量系统。因 OGFC 混合料细骨料用量少,骨料易热,我部在施工前对拌和楼干燥箱、鼓风机、引风机的开度、喷油直径做了相应调整,对添加剂设备计量进行标定,连接与拌缸搭接管道,进行喷气压力调试。

### 4 工艺控制

#### 4.1 拌和

##### (1) 温度控制

由于 OGFC 混合料使用的粗骨料较多、细骨料较少,骨料易热,骨料温度控制较难。因此需对喷燃器的燃料供给严加控制,或者采取提高细骨料供给量或仪表显示值与实测值误差调整的对策。通过前 2 次试铺工作,发现 OGFC 混合料因产量低,细骨料用量少,导致温度难以控制。我部虽对拌和楼干燥筒的供油装置及引风机开度进行了调整,但仍需通过增加细骨料降低骨料加热温度。经我部反复测量发现,实测骨料温度一般较仪表显示温度高 25~30。

混合料温度过高,易产生沥青的流淌,温度过低则施工作业困难,因此施工中温度控制尤为重要。本施工环节的温度控制如下:矿料加热温度 190~

200,沥青加热温度 150~170,混合料出场温度  $180 \pm 5$ 。由于粗骨料散热快,应随拌和、随放料,检测温度时车厢内混合料顶堆上的温度与料堆下的温度相差不应超过 3~5。

##### (2) 存放时间

由于 OGFC 混合料细骨料少,散热快,不能象普通沥青混合料那样较长时间贮存,长时间存放会出现沥青流淌现象,并会使混合料表面结硬壳。

##### (3) 拌和周期

OGFC 混合料拌和时间参数为:骨料、改性剂同时进拌锅干拌 10 s,然后加入沥青和矿粉,并湿拌 40 s 出锅。拌和出的混合料应均匀,无离析、花白、结块等现象,整个一个拌和循环约为 75 s 左右。因此较之生产密级配沥青混合料,沥青拌和设备的生产能力将降至 60% 左右。另由于 OGFC 为间接级配,粗骨料用量较多,对计量等待时间,热仓的贮存量也相应进行调整。

##### (4) 添加工艺

外掺剂添加方法一般分人工、机械投入 2 种方式。对于少量的试验段,人工通过拌和机的预留入口按用量整袋投入热仓即可;对于大面积的施工,应采用与拌和机配套的添加设备通过风压投入热仓。我部开始采用 1 台机械投料,发现机械故障率较高,投料时间过长(22 s)。然后采用 2 台投料机并机使用,虽然投料时间缩短至 10 s 左右,符合要求,但仍有机械故障。主要因投料机与拌缸连接管道弯角大,每次仍会有一小部分改性剂颗粒吹不净,累积出现堵塞。鉴于此情,我部对沥青拌和楼进行局部改造,在拌锅上部焊加 1 个漏斗仓人工投料,并设计自动信号报警系统、电视摄像监控系统,使 TPS 改性剂添加时间缩短为 3 s,确保了改性剂的时效性、准确性。因此我部认为改性剂的添加方法在投料设备完好的情况下及满足改性剂生产厂家对投料的时间要求时采用机械投料,管道宜采用软性材料直线连结。否则,为谨慎起见,宜人工进行投料,相比而言成本低、准确性高(摄像镜头监控)。

##### (5) 拌和工艺

OGFC 排水性路面采用骨料改性,TPS 改性剂直接投入拌锅,即混合料改性是一种物理溶解反应。其形式不同于我们经常看到的沥青改性,沥青改性的不外乎工厂化改性或现场改性,即用改性好的沥青拌制改性沥青混合料。

#### 4.2 运输

(1) 应具备足够的大吨位运输车辆, 满足施工要求。

(2) OGFC 混合料粘性较大, 运输车底部须涂较多的油水混合物。

(3) 为使 OGFC 混合料保持高温, 摊铺温度不低于 160 , 运输车使用双层篷布用以保温。

(4) 运输车辆到达现场后卸料, 均由专人指挥, 料车卸料时, 在距摊铺机 10~30 cm 左右以空挡停车, 由摊铺机迎上推动前进。

#### 4.3 摊铺

(1) 摊铺机摊铺前, 必须先预热 40 min 左右, 使熨平板温度达以 100 以上, 方可摊铺。

(2) 采用 2 台摊铺机梯队联合摊铺, 靠边缘的摊铺机走在前面, 两外侧采用超声波移动式平衡梁找平, 另一台摊铺机紧紧跟后, 相隔 3~5 m, 中间重叠 10~15 cm, 内侧采用纵波仪在已铺面上走“雪橇”, 外侧采用移动式平衡梁找平。

(3) OGFC 混合料产量低, 摊铺机速度较慢, 一般控制在 1.0~2.0 m/min, 使拌和设备的生产能力与摊铺速度相适应, 保证摊铺过程的匀速、缓慢连续不间断。

(4) OGFC 混合料粗骨料多, 应调整好振捣和振动级数, 以确保足够的初始密实度, 且振不碎集料。我部摊铺机调试后, 振捣和振动级数均为 5 级。

(5) 摊铺过程中, 设专人检查铺筑厚度及均匀度, 发现局部拖痕等问题应及时处理, 同时调整摊铺工艺, 改善摊铺效果。

(6) 由于 OGFC 混合料属于间断级配, 粗骨料粒径单一, 因此比其他级配混合料易摊铺, 表面均匀、外观效果好, 不易出现离析。

#### 4.4 碾压

(1) 由于 OGFC 路面与 SMA 路面级配要求相近, 其压实工艺也就相近。初压、复压阶段须采用刚性碾压, 因为橡胶轮变形大, 它与路面接触时局部呈封闭状态, 当轮胎驶离路面时易导致热的沥青结合料被上吸堵塞路面空隙, 同时刚轮压路机碾压过程中均不开振动, 其为保持路面有 18%~22% 的空隙。终压阶段采用胶轮压路机, 其起稳固混合料与消除轮迹作用。

(2) 程序。初压采用 DD-110 压路机, 各静压 2 遍, 速度控制在 1.5~2.0 km/h, 紧跟摊铺机进行, 初压温度一般控制为 150~160 。复压采用 CC722 压路机, 静压 2 遍, 速度为 2.0 km/h 左右, 复压紧

跟初压进行, 两段的界限一般重叠 3~5 m。终压采用 YL20 胶轮压路机, 碾压 1~2 遍, 终压必须在路表温度降至 55 左右时进行, 否则出现粘轮现象。我部在胶轮压路机上安装了自动测温装置, 有效地控制了终压温度。

(3) 松铺系数。由于 OGFC 混合料路面的空隙率须保持在 18%~22% 之间, 其碾压机械吨位、遍数、碾压温度一定要控制好; 否则, 很容易出现压实超密现象, 松铺系数测不准, 路面厚度不足。我部施工初期, 经常出现: 路面钻芯密实度过百; 路面空隙率不足, 每天拌出混合料总量与现场摊铺长度不符; 亏料、厚度不足 5 cm。究其原因, 检查各环节温度, 马歇尔室内标准密度, 碾压遍数, 最后断定为 CC722 型压路机吨位大, 碾压遍数多, 因此碾压工艺从最初初压 DD-110 型压路机各 2 遍, 复压 CC722 型压路机的 4 遍调整为 2 遍, 但稍不注意环节控制, 仍有压实度超百现象。笔者认为这与 CC722 型压路机吨位大有关, 若今后施工同类型路面, 初压、复压应选择 8~10 t 左右钢轮压路机, 符合日本《排水性铺装技术指南》的要求。

通过多次试验检测松铺系数为 1.08 左右。

#### 4.5 施工缝处理

(1) 纵向施工缝。对 2 台摊铺机成梯队联合摊铺而成的纵向接缝, 采用斜接缝处理, 摊铺时调整 2 台摊铺机距离在 3~5 m 左右, 将纵缝以热接缝形式在最后作跨接缝碾压, 以消除缝迹。

(2) 横向施工缝。横向施工缝采用平接缝, 摊铺结束末端预埋同路面厚度的钢模板, 宜宽度窄, 碾压结束后, 取出模板, 将模板外的混合料清理干净, 在断面上可涂少量粘层沥青。个别施工缝下雨天表面有径流现象, 分析原因可能是接缝时为保平整度, 碾压过密、空隙率变小引起。

#### 4.6 交通管制

施工结束后, 须在 12 h 后方可开放交通。由于该结构路面抗剪切性能差, 严禁重载车辆急转弯或急刹车。路面搓起现象, 在施工期间多次发生, 这也是该结构路面致命要害之一。该结构路面是否适用于重载交通或弯道大、纵坡大的路段有待实践检验。

### 5 试验检测

每天对铺筑路面进行各项技术指标的检测工作, 总结经验, 找出问题, 为下一步施工提供指导。

(1) 室内指标, 结果见表 11。

表 11

检测项目	试验值	规定值
标准密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.058	实测
油石比/%	5.06	5.0
空隙率/%	20.4	20±1
稳定度/kN	6.10	5.0
流值/(0.1mm)	34	20~40
动稳定度/(次/mm)	6310	5000
流淌试验质量损失率/%	4.2	5
飞散试验质量损失率/%	12.07	15
冻融劈裂强度比/%	82.7	80

马歇尔标准密度, 相比其他级配密度小, 仅 2.0 g/cm<sup>3</sup> 左右。室内空隙率均满足 OGFC 配合比空隙率设计要求。试样马歇尔稳定度比室内马歇尔稳定度高, 比密级配混合料低。动稳定度数值均可达到 5000 次/mm 以上。若混合料中 TPS 改性剂漏加或少加, 混合料动稳定度性能直线衰减, 有时比密级配混合料都差, 可见 TPS 改性剂在 OGFC 混合料中起决定性作用。流淌、飞散试验均满足 OGFC 配合比设计要求。

(2) 路面指标, 见表 12。

表 12

检测项目	试验值	规定值
透水量/(ml/15s)	1586	900
空隙率/%	19.6	20±1
压实度/%	99.2	98
厚度/cm	4.9	4.6
摩擦系数(BPN)	51	45
平整度/mm	0.65	0.8

OGFC 路面的首要作用就是排水功能, 所以, 透水量不成问题。排水功能包括两部分: 一是排水层内部的存水功能; 二是连通空隙的排水功能。计算表明, 如果单位长度路面上 1 d 的降水量在 0.16 m<sup>3</sup> 以下或降雨强度在 10 mm 以下, 那么不通过路表径流就能够使雨水及时从空隙排走。

由于存在压实过密现象, 个别点出现空隙率低于 18% 的现象。该结构易压实, 没有出现过压实度不够或空隙率超过 22% 的情况。

机械碾压工艺确定合理, 施工温度控制好, 松铺系数准确, 路面厚度应保证。

该路面构造深度大, 摩擦系数值却不高, 是因

集料表面有较厚油膜, 导致 BPN 值小。路面耐久性、强度主要靠这层厚油膜起作用, 可见油石比一定要准, 路面使用性能才能保证。

路面平整度主要靠施工过程中各个环节控制。

## 6 结语

由于 OGFC 路面在国内尚处于试验性阶段, 大面积铺筑还是头一次, 没有现成的规范技术指导, 只有边施工、边摸索、边积累经验, 获得了一些经验和教训, 逐步认识和掌握了 OGFC 路面施工的技术和工艺。

(1) 原材料加工难。由于 OGFC 路面粗骨料粒径单一, 数量比例大, 10~15 mm 规格间隔小, 山场加工产量低, 需提前考虑加工问题。

(2) 配合比设计难。为保证设计空隙率要求, 级配中 2.36 mm 筛孔通过量 ±3% 3 个级配选定后要反复调整级配, 马歇尔试验才能达到空隙率要求和得出合适的沥青用量。

(3) 温度控制难。OGFC 路面粗骨料多、易热, 温度很难控制, 必须考虑拌和楼喷油装置或增加细集料或找温度差等对策。混合料出场温度 (180±5) 范围狭窄, 难掌握。

(4) 拌和时间长, 产量低, 摊铺速度慢, 且混合料不可长时间储存, 各环节要很好协调。

(5) 空隙率难保证。压路机械吨位, 碾压遍数, 碾压温度控制要严, 否则易出现压实超密现象。

(6) 造价高。每吨 TPS 改性剂 4 万元, 是同厚度同平方密级配混合料的 3 倍成本。

(7) 空隙大, 沥青老化快, 使用年限短。国外 OGFC 路面设计年限一般为 4~7 年。

(8) 抗剪切性能差。该结构路面不易铺筑在弯道大、纵坡大或重载交通地段, 宜用于小车专用线或旅游线。

(9) 养护难。粉尘污物易堵塞空隙, 需用专用的高压冲洗和吸尘设备。

(10) 局限性。铺筑 OGFC 路面应根据当地的地理环境及气候条件, 有条件地推广应用, 不宜应用在风沙大、降雨少的地区。排水性路面的最大问题是: 路面本身的磨损和环境中粉尘污物对空隙的堵塞, 排水功能随时间降低直至丧失排水功能。

(11) 在 OGFC 排水性路面的中面层设计时, 不仅要考虑封水问题, 同时还要考虑强度问题。

文章编号: 0451- 0712(2004)01- 0028- 05

中图分类号: U 418. 52

文献标识码: B

# 洛三高速公路失稳风化安山岩路堑边坡加固方案及稳定性分析

姬同庚

(河南省交通规划勘察设计院 郑州市 450052)

**摘 要:** 根据河南省洛(阳)三(门峡)高速公路 K97+ 900~ K98+ 500 路段高陡风化安山岩路堑边坡失稳的具体情况, 设计采用了预应力锚杆、抗滑锚杆桩、挡土墙、喷射混凝土及中高压注浆的复合加固方式。根据各种加固结构的不同属性, 采用数值计算的方法, 对加固后路堑边坡的整体稳定性以及加固结构的承载性能进行了模拟分析。分析结果表明, 加固后的坡体稳定性较好, 设计中所施加的 150 kN 的预应力值也比较合理, 同时各种加固结构组成了一个有机整体, 从而使坡体的整体稳定性得到了有效控制。

**关键词:** 路堑边坡; 滑移; 稳定性分析; 加固; 数值模型

洛(阳)三(门峡)高速公路 K97+ 900~ K98+ 500 路段位于三门峡市东南山区, 由于安山岩风化较严重, 山体的整体稳定性较差, 在路堑开挖过程中, 这一路段边坡的坡体发生了规模较大的滑移。在边坡顶部地表有一系列张裂缝产生, 裂缝最大宽度 30 cm 左右, 坡顶最远的裂缝距离已滑塌的边坡边缘 12 m, 远远超过了一般理论计算所能预计的滑动范围。其中南侧坡体沿断层面下滑 8 m 左右, 该断层走向与路线呈 55° 夹角, 滑落体为碎石土, 呈楔形漏斗式; 边坡中部坡体沿平行于线路方向开裂和滑动, 滑坡体长度约 150~ 200 m, 宽度 5~ 8 m, 主要是表土层和风化碎裂安山岩, 该滑坡体依附在尚未达到边坡开挖坡度的坡面上。为确保施工的正常进行, 洛阳~ 三门峡高速公路建设前线指挥部、河南省交通规划勘察设计院和北京科技大学成立了课题组, 针对路堑边坡滑移的具体情况进行了一系列的研究, 并在此基础上做出了这一路段边坡的加固方案设计。边坡滑塌状况如图 1 所示。



图 1 边坡滑塌状况照片

## 1 加固方案设计

课题组在借鉴国内外同类型边坡加固方案的基础上, 考虑到该路堑边坡滑塌的特殊性, 最终确定了以预应力锚杆技术结合高压注浆工艺确保边坡整体稳定性, 以抗滑锚杆桩结合高压注浆工艺确保边坡局部稳定性的综合加固方案。该方案通过高压注浆浆液的渗透、劈裂和挤压等作用增加被加固岩土体

收稿日期: 2003- 09- 01

总之, 排水性沥青混凝土路面是对半个世纪以来传统型路面结构的巨大挑战。其从设计理论研究到施工中的原材料质量要求、配合比设计、工艺控制、路面使用性能等方面有别于其他路面结构, 其优

越的抗滑、降噪、减少水雾及抗车辙的能力是其他混凝土路面无法比拟的。因此, 从技术创新和可持续发展角度来看讲, 排水性沥青混凝土路面在我国具有一定的发展前景。