

文章编号: 1002-0268 (2003) 03-0057-04

沥青混凝土路面结构在中短隧道中的应用初探

刘炳辉

(龙岩漳龙高速公路指挥部, 福建 龙岩 364000)

摘要: 以漳龙高速公路的东家畲隧道和如山头隧道的路面工程实例为依据, 分述公路隧道水泥混凝土路面与沥青混凝土路面的差异。同时探讨隧道沥青混凝土路面的施工工艺和设计方法, 在中短隧道中以沥青混凝土结构代替水泥混凝土结构, 使隧道路面与其两端的路面完美结合, 形成良好的行车环境, 从而提高行车的舒适性与安全性。

关键词: 高速公路隧道; 沥青混凝土路面; 施工工艺

中图分类号: U459.2

文献标识码: A

Discussion on Asphalt Concrete Pavement Structure of Zhanglong Expressway

LIU Bing-hui

(Headquarters of Zhanglong Expressway, Fujian Longyan 364000, China)

Abstract: This article analyzes the differences between concrete pavement and asphalt concrete pavement, construction technology and design methodology of tunnel asphalt pavement by taking Dongjiashu Tunnels and Rushantou Tunnels on Zhanglong Expressway as example. The short tunnel asphalt concrete structure instead of cement concrete structure is effective in coalescing both ends of road pavement, improving comfortable drive and safety.

Key words: Expressway tunnel; Asphalt concrete pavement; Construction technology

0 引言

根据传统设计方法, 在福建省高速公路上的隧道路面多采用水泥混凝土路面, 而其他路面多采用沥青混凝土路面, 由于两种路面的颜色反差很大, 在中短隧道多的路段中行车, 对驾驶员的眼睛刺激很大。同时由于路面结构不同, 其路表的磨擦系数存在着明显差异, 尤其是下雨天气, 路面水经汽车轮胎被带进隧道路面, 此时水泥路面的表面磨擦系数明显降低。经检测, 隧道水泥混凝土路面受潮后, 其磨擦系数由 80 减少到 32, 是原来的 40%, 是沥青混凝土路面结构的 25%, 所以, 汽车在高速行驶状态下, 很容易在刚进入隧道时打滑, 因方向盘失去控制而引起车祸。漳龙高速公路自 2002 年 1 月 20 日开通运营至今

的短短 3 个月中, 在如山头隧道已连续发生近 20 起交通事故。

福建省漳龙高速公路东家畲隧道全长 205m, 如山头隧道全长 350m, 设计为山岭重丘区高速公路 M 型双线隧道, 其中东家畲隧道采用沥青混凝土路面铺装结构, 如山头隧道采用水泥混凝土路面结构。两隧道两端均与桥梁相连接, 是典型的桥隧桥连接形式, 其所处位置如图 1 所示。

1 隧道路槽以下部分防排水设计

公路隧道设计、施工规范并没有很明确地要求必须在路槽下设置排水设施。由于漳龙高速公路在已通车 6 座隧道中, 均出现纵横缝处冒水现象, 所以东家畲隧道与如山头隧道在路槽以下部分, 设计了如图 2

所示的地下防排水设施，保证了隧道路面的干燥，为在其上面铺设沥青混凝土路面提供了良好的基础。

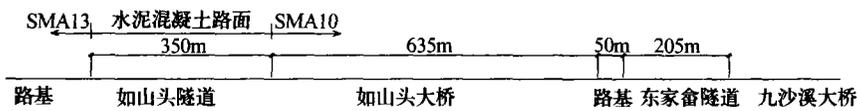


图1 隧道与接线位置示意图

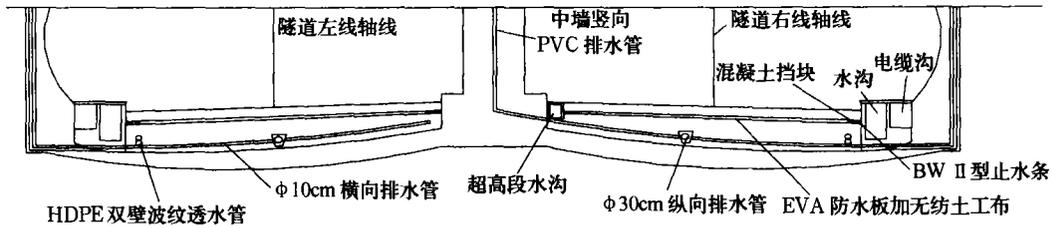


图2 东家畲与如山头隧道路槽以下排水系统设置图

2 如山头隧道水泥混凝土路面

2.1 路面结构形式

水泥混凝土设计强度 $R_{折} = 5.0\text{MPa}$ ，结构厚度为30cm，下设15cm厚10#贫混凝土，按常规设计，在伸缩缝及胀缝处设置了传力杆及角隅钢筋，如图3。

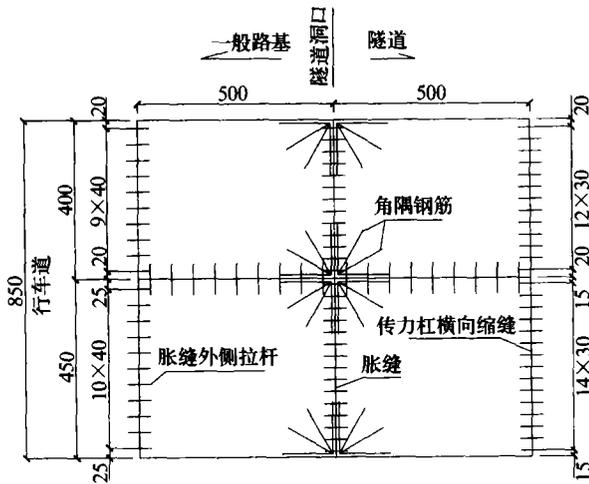


图3 水泥混凝土路面传力杆及角隅钢筋布置示意图

2.2 施工工艺流程

采用强制式混凝土搅拌机拌和，机械振捣，三滚轴水泥混凝土路面整平机整平提浆，养护，刻纹等常规施工工艺。

3 东家畲隧道沥青混凝土路面

3.1 隧道路面结构

漳龙高速公路漳州和溪至龙岩新祠段沥青路面工程，全长24km，为福建省交通厅科研项目，课题主要任务为：

- a. 用 Superpave 规范对沥青评价的方法——PG 性

能评价，选择设计改性沥青等级为 PG76-22 级，并在现场改性；

b. 中下面层采用 Superpave 沥青混合料结构的 ACS20 及 ACS16、ACS13 来提高沥青混合料的路用性能；

c. 上面层采用 PG76-22 级改性沥青 SMA 结构；

d. 在东家畲隧道试验进行改性沥青混凝土路面铺装。

由于课题提出较迟，为了给课题研究提供合适场所，经研究决定，为满足隧道净空要求，将东家畲隧道水泥混凝土路面的标高降低沥青路面结构所需的结构厚度，并在其上面铺筑沥青混凝土表层（为方便施工及确保路面平整度，该表层厚度应与接线路面上两层的结构厚度相一致），承重层依然是水泥混凝土结构。东家畲隧道路面结构形式如图4所示。

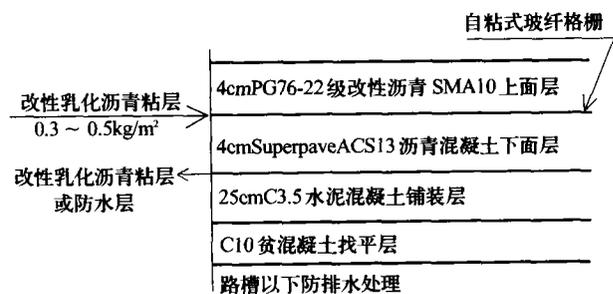


图4 东家畲隧道沥青路面结构设置示意图

3.2 4cm厚 Superpave ACS13 沥青混凝土下面层

3.2.1 沥青胶结材料

由于隧道路面养护困难，故设计时均选用优质沥青混合料及优质改性沥青（尽管依设计采用未改性沥青及普通沥青混凝土结构能满足设计要求）。隧道路面中采用的改性沥青，其性能为 PG76-22 级，经检测添加 6% SBS 现场改性的各项指标如表 1 和表 2。

改性沥青常规指标试验结果 表 1

指标	试验结果	ID 级要求
原样改性沥青		
针入度, 25℃ (0.1mm)	46	≥ 40
PI 值	+ 1.0	+ 0.2
延度, 5℃ (cm)	42.6	≥ 20
软化点 (℃)	95.0	≥ 60
软化点差 (℃)	5.0	≤ 2.5
弹性恢复, 25℃ (%)	99.8	≥ 70
比重	1.037	
TFOT 后残留物		
质量损失 (%)	0.02	≤ 1.0
针入度比, 25℃ (%)	84.8	≥ 65
延度, 5℃ (cm)	38.8	≥ 15

改性沥青 Superpave 性能试验结果 表 2

性能指标	试验温度	实验结果	标准
原样改性沥青			
闪点 (℃)		340	≥ 230
运动粘度 135℃ (Pa·s)		2.95	≤ 3
动态剪切, $G^*/\sin\delta$, kPa	76℃	2.48	≥ 1.0
	82℃	1.93	
RTFOT 后残留物 (163℃)			
质量损失 %		0.02	≤ 1
动态剪切, $G^*/\sin\delta$, kPa	76℃	3.35	≥ 2.2
	82℃	2.15	
PAV 后残留物 (100℃)			
动态剪切, $G^*/\sin\delta$, kPa	31℃	1390	≤ 5000
	28℃	2070	
蠕变劲度 S, MPa	- 12℃	117	≤ 300
		0.320	
蠕变速率 m 值	- 18℃	525	≥ 0.3
		0.217	

3.2.2 集料

采用优质辉绿岩轧制的粗细集料, 视比重接近 3.0, 洛杉矶磨耗率为 11.2%, 压碎值为 7.9%。按

沥青路面技术规范要求, 其中针片状小于 15%, 天然砂为石英质中砂, 分级集料的级配组成及特性见表 3。

分级集料的级配组成 表 3

集料类型	10~20mm	5~10mm	0~5mm	砂	
19.0mm	100	100	100	100	
16.0mm	90.0	100	100	100	
13.2mm	60.0	100	100	100	
9.5mm	20.6	96.8	100	100	
4.75mm	9.1	13.7	100	98.2	
通过下列筛孔百分率 (%)	2.36mm	7.0	2.1	58.3	88.2
	1.18mm	3.4	1.5	35.1	63.4
	0.6mm			27.8	40.9
	0.3mm			19.5	12.0
	0.15mm			16.5	3.0
	0.075mm			8.2	0.7
G_{sb}	2.920	2.885	2.847	2.534	
G_{sa}	2.968	2.974	2.938	2.634	
吸水率 (%)	0.56	1.05	1.09	1.50	
砂当量					
针片状颗粒含量	8.3	7.5			
粗集料棱角性、一个以上破裂面 (%)	100.0	100.0			
粗集料棱角性、二个以上破裂面 (%)	100.0	100.0			

3.2.3 填料

采用石灰岩矿粉作填料。填料粒径很细, 100% 通过 0.075mm 筛孔。

3.2.4 混合料级配抽提结果及马歇尔评价

混合料级配抽提结果及马歇尔评价见表 4、表 5。

混合料级配抽提结果

表 4

	筛 孔											沥青含量
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
设计配合比	100	97.0	88.0	75.3	48.3	32.6	22.1	15.7	9.6	7.5	5.1	4.6
生产配合比	100	97.1	88.4	76.2	49.7	32.0	22.1	14.9	10.7	7.3	5.1	4.6
级配范围	100	92~100	83~90	70.3~80.3	43.5~53.3	29.6~35.6	19.1~25.0	12.7~18.0	7~12.6	4.5~10.5	4.1~6.1	4.3~4.9

混合料马歇尔评价

表 5

	毛体积相对密度	空隙率 (%)	粒料间空隙率 VMA (%)	饱和度 VFA (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.01mm)
实测	2.525	4.7	14.8	68.3	17.35	37.4
标准		4.1~6.1	≥ 14.5	60~70		

3.3 防反射裂缝自粘式玻纤格栅技术要求及施工要求

若让水泥混凝土路面的纵横缝反射到沥青面层, 势必引起沥青结构层的破坏。为了解决反射问题, 一般采用加铺玻纤格栅或加铺特维雷拉土工布的方法。东家畲隧道采用于上下层沥青混凝土之间加铺自粘式玻纤格栅的方法, 即在下层沥青混凝土完工后, 在水泥混凝土路面纵横缝上加铺一道 1.5m 宽的自粘式玻纤格栅, 其技术指标要求见表 6, 粘贴位置如图 5 示。

GLASGRID 8502 玻纤格栅技术指标要求 表 6

技术指标	要求
抗拉强度(kN/m)	横向 ≥ 200 纵向 ≥ 100
单位面积重(g/m ²)	≥ 560
宽度·长度(m)	1.5 × 20
网孔(mm)	12.5 × 12.5
粘贴性	自粘式, 轮胎压路机碾压后易激活自粘

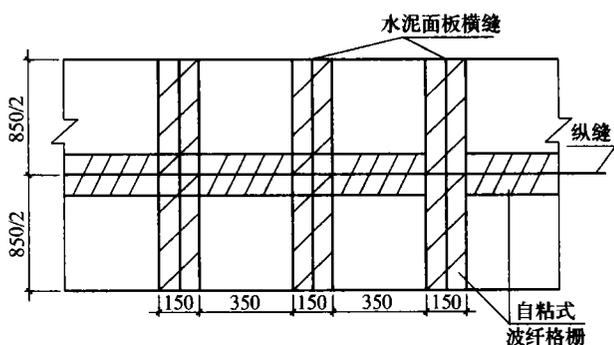


图 5 自粘式玻纤格栅粘贴示意图

3.4 4cm 厚 SMA10 沥青混凝土上面层

3.4.1 沥青胶结材料——PG76-22 级改性沥青

3.4.2 SMA10 混合料级配 (如表 7)

SMA10 混合料级配组成 表 7

序号	集料规格	比例	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1	5~10	71	100	97.4	13.0	0.4					
2	0~5	10	100	100	100	73.5	46.9	32.3	26.1	18.5	10.4
3	砂	10	100	100	98.6	88.5	63.1	41.8	17.0	5.4	2.0
4	填料	9	100	100	100	100	100	100	100	100	100
合成级配 (%)			100	98.2	38.1	25.2	20.0	16.4	13.3	11.4	9.7
级配范围 (%)			100	100	90~100	30~50	20~30	14~22	13~19	/	8~12
G_{su}			2.866								
G_{sb}			2.836								
吸水率 (%)			0.60								
G_{sc}			2.861								

设计沥青含量 6.2%; 木质素添加量为混合料用量的 3.5‰。

4 工后指标对比 (如表 8)

对比项目	工后指标对比表 表 8			
	路面类型			
	如山头隧道水泥混凝土路面		东家畲隧道沥青混凝土路面	
	实测平均值	规范值	实测平均值	规范值
路面结构厚度(cm)	≥30	不小于设计值	≥8	不小于设计值
表面构造深度(mm)	0.8	0.8	1.4	1.2
表面摩擦系数(bpn)	32	/	60	≥45
路面平整度(mm)	1.2	1.5	0.9	1.2
整修	已全面凿毛		未整修	
车祸发生次数	20		0	

5 隧道沥青铺装层设计方案建议

隧道沥青铺装由于其行车舒适性及低噪音等特性,国内应用不多。我省在漳龙高速公路东家畲隧道已铺筑 205m 的沥青混凝土试验段(双洞 410m),很值得谋求探讨。由于东家畲隧道没有对隧道沥青路面铺装进行整体结构设计,仅是在水泥混凝土路面的基础上加沥青铺装层,并不是真正意义上的复合式路面,存在着结构设计不合理的缺点,建议对隧道路面进行认真的设计,其内容包括:

- 切实做好隧道防排水设计,同时重视路面防水路槽以下的防排水设计;
- 路面结构层可以采用级配碎石层 + 水泥稳定碎石基层 + 煤油沥青透层 + 热沥青预拌碎石防水层 + 4cm 改性沥青 SuperpaveACS 下面层 + 4cm SMA10 改性沥青混凝土上面层,基层结构层厚度依设计计算而定。已施工的工程证明,理论及经验上完全可行;
- 改性沥青等级应依交通量及环境因素定;
- 隧道沥青路面铺装主要考虑防落水损害及基层防裂缝设计,以及改性沥青混合料设计,建议设定课题,以便设计、施工、评价形式规范体系;
- 在隧道内使用沥青混凝土面层,应对防火进行特殊设计。

参考文献:

[1] 中华人民共和国交通部. 公路隧道设计规范(JTJ026-90)[S]. 人民交通出版社,1990.
 [2] 中华人民共和国交通部. 公路沥青路面施工技术规范(JTJ032-94)[S]. 人民交通出版社,1994.