

文章编号: 0451-0712(2006)12-0168-03

中图分类号: U414.750.1

文献标识码: B

# 不同石料 SMA 沥青混合料高温性能评价

李 智, 张肖宁, 徐 伟

(华南理工大学交通学院 广州市 510640)

**摘 要:** 沥青玛碲脂碎石(SMA)混合料主要采用玄武岩、辉绿岩等优质石料,对于优质石料匮乏地区,为降低 SMA 造价,探索利用成本低廉的花岗岩或石灰岩配置 SMA 的可行性,具有十分重要的意义。本文选择玄武岩、辉绿岩、花岗岩、石灰岩等 4 种石料,以 SMA 沥青混合料抗高温稳定性为切入点,采用规范车辙和多轮车辙仪(RLWT)试验方法,进行对比研究。

**关键词:** 沥青玛碲脂碎石; 高温性能; 多轮车辙仪

SMA 是密实嵌挤型沥青混合料,具有优良的抗高温稳定性<sup>[1,2]</sup>。SMA 对石料的质量要求十分严格,如较高的粘附性、强度,获得规格形状碎石的复杂加工工艺,细集料使用机制砂等,致使其造价过于昂贵,大面积应用受到限制。在我国, SMA 主要采用性能优异的玄武岩和辉绿岩,一些地区缺乏玄武岩和辉绿岩(如华南地区),远距离外购成本很高。

近年来,我国部分经济发达地区,道路交通呈现交通量大,重载车辆比例高的特点,致使许多沥青路面频频发生车辙等早期破坏现象。鉴于 SMA 优良的抗高温性能、水稳定性和疲劳性能,无论是新建路面,还是原路面养护和旧路加铺<sup>[3,4]</sup>,使用 SMA 沥青混合料解决重载交通条件下的车辙等病害,都是十分理想的选择。在满足工程技术要求的条件下,降低 SMA 造价是工程技术者面临的重要难题。石料占 SMA 材料质量的 90% 以上,尝试使用价格低廉、分布广泛的花岗岩和石灰岩配置 SMA 具有十分重要的工程意义。

为此,本文选择了玄武岩、辉绿岩、花岗岩、石灰岩等 4 种不同石料,以 SMA 沥青混合料抗高温稳定性为切入点,采用不同试验方法,进行对比研究。

## 1 试验方法

众所周知,评价沥青混合料高温性能的试验方法很多<sup>[5]</sup>,其中车辙试验被认为最符合路面行车荷载作用的效果。沥青路面车辙的试验方法包括英国

运输与道路研究试验所(TRRL)的车辙试验方法、法国道桥研究中心(LCPC)的试验方法、美国 SHRP 计划研究成果沥青路面分析仪(APA)等,本文选择了有代表性的我国规范车辙试验法(与 TRRL 相似)和近些年出现的小型、便捷的加速车辙试验 RLWT(Rotary Loaded Wheel Tester or Rutmeter)法。

### 1.1 规范车辙试验

该试验为评价沥青混合料高温性能的规范试验方法,车辙试验使用动稳定度(DS)指标来评价沥青混合料的抗高温性能。该方法模拟路面行车荷载作用效果。

规范车辙试验:其试验条件为将已成型的 30 cm × 30 cm × 5 cm 的方板试件,在 60℃ 环境,0.7 MPa 压力的橡胶轮胎往复作用。判定条件为,试验时间 1 h,评价第 45 min 到第 60 min 时间段内单位变形量所承受的轮胎往复作用次数(次/mm)。

### 1.2 RLWT

RLWT 车辙仪是美国 CPN 公司开发(所以又称其为 CPN 车辙仪或 CPN)<sup>[6,7]</sup>,在 20 世纪 90 年代末开始在用的,目前主要应用于科研领域。该车辙仪可以对直径 100 mm 及 150 mm 的芯样进行车辙试验评价,CPN 车辙仪使用的是单向旋转加载轮,即在驱动旋转大轮边缘设置 10 个小橡胶轮,每个从动小轮的轴载为 125 N,接触压强为 0.69 MPa,最大车辙测试深度为 6.35 mm,RLWT 车辙仪试件受力模式见图 1。RLWT 车辙仪检验沥青混合料抗车辙能

力指标是在指定加载次数( $N$ )下产生的累计变形深度( $d$ ),或指定的累计变形深度所需加载次数,为表述方便本文定义  $RN$  为每 mm 累计变形所需的加载次数。该方法特点为设备轻便,操作简单,可实现干湿两种环境下的车辙试验。该方法为模拟车载(或与水耦合)作用效果的加速试验。

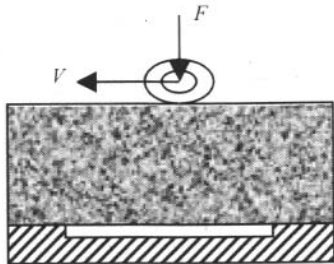


图1 RLWT 车辙仪试件受力模式

试验采用轮碾车辙板试件的取芯试件,尺寸为高 5 cm,直径 100 mm。本文采用湿法 RLWT 试验,即试件在 60°水浴下放置 3 h,再进行此水浴环境下的多轮车辙试验,目的是模拟评价路面在高温多雨季节的抗高温性能。试验判定条件,当累计车辙深度(变形量)大于 6.35 mm 时,或累计作用试验轮次达到 6 000 次时,试验结束。

2 试验方案设计

石灰岩、玄武岩、辉绿岩与沥青的粘附性较好,花岗岩较差;玄武岩、辉绿岩、花岗岩的强度较好,石灰岩较差。针对 4 种石料,在材料组成设计中,不仅要了解单一品种石料设计的混合料抗高温性能,也

希望获得由强度好的石料品种粗集料与粘附性好的石料品种细集料组合能否具有互补效果。为此,设计了 8 种配合比,见表 1。

表1 材料组合

细集料	粗集料			
	玄武岩	辉绿岩	花岗岩	石灰岩
玄武岩	✓(方案1)	—	—	—
辉绿岩	—	✓(方案2)	✓(方案8)	—
花岗岩	—	—	✓(方案3)	—
石灰岩	✓(方案5)	✓(方案6)	✓(方案7)	✓(方案4)

注:✓为试验组合方案,—为非试验组合。

沥青混合料路面现场压实度对其路用性能影响很大,压不密实的区域现场空隙率大,易发生车辙及水害等路面破坏。因此,对上述 8 种不同材料组合的 SMA 沥青混合料,进行 RLWT 试验时,在按照标准压实功(2 次往复+12 次往复)成型车辙板试件的基础上,增加了 80%压实功(2 次往复+9 次往复)成型试件的试验水平,模拟路面压实不理想的效果。

3 试验及结果分析

3.1 配合比设计

本文 SMA 沥青混合料选择工程中常用的 SMA-13,配合比设计试验中,沥青采用 SBS 改性沥青(I-D),性能分级为 PG76-22,部分国标指标检验结果见表 2。4 种石料部分检验结果见表 3。矿粉为石灰岩矿粉,纤维为进口木质素纤维。

表2 SBS 改性沥青(I-D)检验结果

指标	针入度	PI	5℃延度	软化点	闪点	溶解度	稳定性(软化点差)	弹性回复	表观粘度		薄膜加热试验		
									135℃	165℃	质量损失	5℃延度	针入度比
单位	0.1 mm	—	cm	℃	℃	%	℃	%	Pa·s		%	cm	%
结果	56	0.46	34.5	85.4	295	99.9	0.8	82.0	2.70	0.62	0.02	29.5	90.9

表3 石料检验结果

指标	压碎值	磨耗值	视密度	吸水率	粘附性/级		针片状	软石含量	磨光值 PSV	坚固性	冲击值
单位	%		g/cm³	%	与 A-70	与改性沥青	%		—	%	
玄武岩	10.8	15.7	2.682	1.23	4+	5	2.1	1.4	48.6	2.5	6.5
辉绿岩	8.8	8.1	2.728	0.71	4	5	3.1	0.3	46.3	4.5	4.9
花岗岩	15.3	15.8	2.684	0.45	3	4	3.0	0.4	42.5	5.8	6.3
石灰岩	22.5	24.5	2.834	0.58	5	5	3.1	1.1	40.5	6.2	15.9

利用以上原材料,根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)SMA 沥青混合料设计方法

进行马歇尔试验,确定最佳沥青用量,部分试验结果见表 4。

表 4    8 种 SMA 沥青混合料最佳油石比设计部分试验结果

SMA 类型	关键筛孔通过率/%		设计空隙率/%	VMA/%	VFA/%	稳定度/kN	流值/mm	最佳油石比/%
	2.36 mm	4.75 mm						
方案 1	20.9	28.2	4.262	16.64	74.4	8.92	3.67	6.3
方案 2	20.1	28.0	4.103	17.02	75.5	9.12	3.62	6.2
方案 3	18.6	24.2	4.290	16.78	74.4	6.79	2.75	5.8
方案 4	20.8	26.6	4.134	16.60	75.1	9.50	3.60	6.0
方案 5	20.3	27.8	4.039	16.66	75.8	8.99	3.27	6.3
方案 6	19.7	29.5	3.983	16.95	76.5	7.55	3.17	6.2
方案 7	20.8	26.6	4.185	16.51	74.6	7.05	2.62	6.0
方案 8	21.7	25.9	4.115	16.68	75.3	7.34	3.29	6.0

3.2    试验结果及分析

对 8 种 SMA 沥青混合料按照其各自最佳油石比成型标准压实功试件以及 80%压实功试件,分别

进行规范车辙试验和 RLWT 试验,试验结果见表 5 及表 6。

表 5    规范车辙试验结果

SMA 类型	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6	方案 7	方案 8
车辙试验结果/(次/mm)	7 436	7 711	5 734	4 277	6 182	7 068	6 348	5 648

表 6    RLWT 试验结果

SMA 混合料组成	方案 1		方案 2		方案 3		方案 4	
	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm
标准压实功	6 000	2.160	6 000	1.208	4 250	5.880	6 000	3.296
80%压实功	6 000	3.225	6 000	2.835	2 075	6.424	4 675	5.264
SMA 混合料组成	方案 5		方案 6		方案 7		方案 8	
	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm	作用次数 次	变形量 mm
标准压实功	6 000	2.153	6 000	3.051	6 000	5.480	6 000	4.430
80%压实功	6 000	6.424	6 000	3.563	4 400	6.134	4 875	6.048

(1)方案 1~8 的 SMA 沥青混合料均能够达到规范车辙指标要求,辉绿岩粗集料、玄武岩粗集料方案效果最好,花岗岩粗集料方案也能够获得理想的抗车辙性能,这应主要得益于各石料自身良好的抗压碎性能。单一石灰岩材料方案结果相对较差,主要是由于石料颗粒抗压碎的能力较差的原因,这一点通过试验试件切面得到反映,试件切面显示内部粗颗粒被压碎的情况比较严重。因此,良好的石料强度是获得混合料抗高温性能的基本条件。

(2)对于 RLWT 试验,标准压实功试件结果显示,辉绿岩粗集料、玄武岩粗集料方案普遍好于花岗岩粗集料方案,单一玄武岩和单一辉绿岩结果最理想。单一石灰岩方案结果也优于花岗岩粗集料方案。显然,要让 SMA 沥青路面在行车荷载以及水的耦合作用下

具有良好的抗高温性能,仅有很高的石料抗压强是不够的,沥青与石料间还应具有良好的粘结性能。

(3)在 RLWT 试验中,80%压实功试验水平的试验结果与标准压实功试验水平的比较可以看出,玄武岩粗集料、辉绿岩粗集料方案影响较小,花岗岩粗集料方案影响较大。说明粘附性较差的石料对应的沥青混合料,在压实效果不佳的情况下,更容易发生路面车辙病害。而纯石灰岩方案之所以影响也很大,更多是因为其试件内部粗集料颗粒破碎较多,造成内部缺陷,容易被水侵害。

(4)采用方案 5~8 时不同石料的混合方案,其中,方案 7 与方案 8 的 RLWT 试验结果显示,利用花岗岩粗集料的强度以及石灰岩(或辉绿岩)细集料的粘附性配置的 SMA 沥青混合料,并未获得明显的性

文章编号:0451-0712(2006)12-0171-05

中图分类号:U414.18

文献标识码:A

# 粉煤灰与聚丙烯纤维复合道路 高性能混凝土性能研究

平树江<sup>1</sup>, 黄 昊<sup>2</sup>, 申爱琴<sup>2</sup>, 贾 玉<sup>2</sup>

(1. 山东省滨州市公路管理局 滨州市 256603; 2. 长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室 西安市 710064)

**摘 要:** 与普通道路混凝土相比,道路高性能混凝土对原材料的要求更为严格,配合比设计也有其特殊要求。掺加粉煤灰和聚丙烯纤维的道路高性能混凝土虽不能大幅度提高强度,但可显著改善路面的路用性能,试验结果表明其磨耗量可降低 60% 以上,疲劳寿命可提高 2 倍以上。

**关键词:** 道路高性能混凝土; 粉煤灰; 聚丙烯纤维; 原材料; 配合比; 路用性能

道路混凝土实用性能决定其工作环境要比其他一些混凝土建筑物更为复杂,随着当今重载、超载车辆的急剧增加,混凝土路面损坏日益加剧,除力学性能要满足设计要求外,其耐久性问题日益突出,研制开发新型的混凝土路面材料刻不容缓。道路高性能混凝土(High-Performance Road Concrete, 简写 HPRC)不仅具有优异的物理力学性能和耐久性,而且还具有良好的工作性。因此,采用道路高性能混凝土来修建或更新修补高速公路等的混凝土路面,具

有重大技术、经济意义。

高性能混凝土概念的提出至今也只有 10 多年的时间,它是伴随着高强混凝土而问世的。1993 年美国混凝土协会定义高性能混凝土是这样一类混凝土,它需要满足特定性能和匀质性要求,其“高性能”包括:易浇捣而不离析、长期力学性能良好、强度高、异常坚硬、高体积稳定性或在严酷环境中使用寿命长。各国对高性能混凝土的要求有所不同,但新拌混凝土的工作性、硬化混凝土的强度和耐久性,这三

收稿日期:2006-06-01

能互补效果。

## 4 结论

本文针对 4 种不同石料配制的 8 种 SMA 沥青混合料,从混合料抗高温稳定性的角度,采用规范车辙和 RLWT 试验方法,进行了对比试验研究。结果表明,辉绿岩、玄武岩以及由其粗集料构成的 SMA-13 沥青混合料,抗车辙性能更好,这其中又以纯辉绿岩、玄武岩石料混合料结果最好。花岗岩粗集料方案也能够获得理想的抵抗行车荷载作用的能力,但抵抗车载和水的耦合作用能力较差。虽然石灰岩的粘附性非常好,但强度较差会造成混合料内部颗粒破碎,纯石灰岩方案较难适应重载交通要求。显然,若要推广花岗岩粗集料方案 SMA 沥青混合料的应用,有必要进一步开展其抗水损害方面的研究。

## 参考文献:

- [1] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社, 1999.
- [2] 申爱琴,等. 高速公路 SMA 混合料高温稳定性及影响因素[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2006, (1).
- [3] 张肖宁,王绍怀,等. 广州市北环高速公路加铺层试验段研究[J]. 中外公路, 2002, (2).
- [4] 刘朝晖,等. 维修罩面工程 SMA 配合比设计[J]. 公路, 2006, (1).
- [5] 沈金安. 沥青及沥青混合料的路用性能[M]. 北京:人民交通出版社, 2001.
- [6] 徐伟,张肖宁,等. 应用 RLWT 车辙仪评价沥青路面抗车辙性能[J]. 公路交通科技, 2005, (1).
- [7] Powell R B. Laboratory Performance Testing for The Ncat Pavement Test Track[J]. Washington, D. C. : In Transportation Research Record 2003 - 002331, TRB, National Research Council, 2003, (10).