

# 胶粉改性沥青混凝土在路面设计中的应用

王新岐

(天津市市政工程设计研究院,天津市 300051)

**摘要:**该文以胶粉改性沥青混合料为研究对象,参照国内外既有研究成果,通过大量的室内外试验,进一步分析胶粉改性沥青混合料的路用性能,并在此基础上,通过铺筑天津快速路胶粉改性沥青实验路,对胶粉改性沥青混合料施工工艺进行分析,提出影响胶粉改性沥青混合料性能的技术指标,为胶粉改性沥青的进一步推广提供技术支持。

**关键词:**废轮胎胶粉;废轮胎胶粉改性沥青混合料;废轮胎胶粉改性沥青路面;天津市

**中图分类号:**U416.217 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-7716(2007)03-0099-05

## 0 前言

随着汽车工业的迅猛发展,废旧轮胎的数量也在逐年增加。目前,我国每年废旧轮胎退役量达140万t以上,并且以每年15%左右的速度在递增。废旧轮胎储存需要占用大量土地,废弃既浪费资源,又污染环境。解决因废旧轮胎大量堆积而造成的黑色污染和土地占用,保护环境,缓解国家资源短缺的压力,已迫在眉睫。

国内外研究表明,用胶粉改性沥青铺设的道路,与普通路面相比,可延长使用寿命1~3倍,降低噪音50%~70%,能大大提高路面的耐热、耐寒性(80℃高温不软,-35℃低温不裂),增强防滑性,进而缩短刹车制动距离,提高安全系数。

国外用胶粉改性沥青铺设道路已有30年以上历史,美国至今已有1.1万km的高等级公路采

用了胶粉改性沥青。1994年起,我国首都机场高速公路、广佛高速公路、成渝高速公路和上海虹桥机场跑道、柳州机场跑道等工程均引进了奥地利胶粉改性沥青专利技术,效果很好。目前,国产胶粉改性沥青应用在江西、四川、辽宁、天津、广东、云南、江苏等省市,取得了很好的效果。

为了更好地推广胶粉改性沥青在天津道路路面中的使用,本文结合天津海泰环保科技发展有限公司生产的胶粉改性沥青,通过室内外试验,对胶粉改性沥青混凝土路用性能及施工工艺进行分析,与SBS改性沥青路用性能进行对比,进一步论证胶粉改性沥青的应用前景,对其技术指标进行分析,以便为其大面积应用积累经验。

## 1 胶粉改性沥青及其性能研究

橡胶类改性沥青,通常称为橡胶沥青,其中使用最多的是丁苯橡胶(SBR)和氯丁橡胶(CR)。废轮胎胶粉改性沥青作为橡胶沥青的一种,其对道路沥青路面的改善机理基本相同,但由于胶粉中

收稿日期:2006-09-18

作者简介:王新岐(1968-),男,陕西安塞人,高级工程师,院副总工程师,从事道路设计研究工作。

考虑采用轻轨或地铁等公交方式。这样将减少城市纵向主干道上的交通量,市内主干道可以承担部分纵向过境量,并减少了与横向过境交通的冲突。

(6)合理布设城市桥梁。河谷型城市的桥梁不仅担负着跨越江河、连接两岸交通的重任,而且在体现河谷型城市环境个性、组织城市空间环境和城市活动等方面发挥着不可替代的作用。合理布设城市桥梁可以为过境交通提供过更多通道。

## 5 结论

河谷型城市在中国,甚至世界的城市发展过程中占有一定的地位。由于其特殊地形条件的限制和城市发展阶段、城市性质的影响,其交通问题要比同等条件平原型城市出现的早,且较为严

重。而导致河谷型城市交通堵塞的主要原因是:河谷型城市过境交通与城市内部交通没有从根本上分离。本文从河谷性城市交通问题形成的源点出发,提出了一些解决河谷型城市过境交通的方法,对河谷性城市的交通规划和组织具有很好的指导意义。

## 参考文献

- [1]杨永春,赵鹏军.中国西部河谷型城市职能分类初探[J].经济地理,2000.
- [2]杨永春.中国河谷型城市研究[J].地域研究与开发,1999.
- [3]清华大学,兰州交通大学,兰州市规划局.兰州市城市交通规划2001版[Z].2001.
- [4]邵春福.交通规划原理[M].中国铁道出版社,2004.
- [5]王伟,徐吉谦,杨涛,等.城市交通规划[M].东南大学出版社,1999.

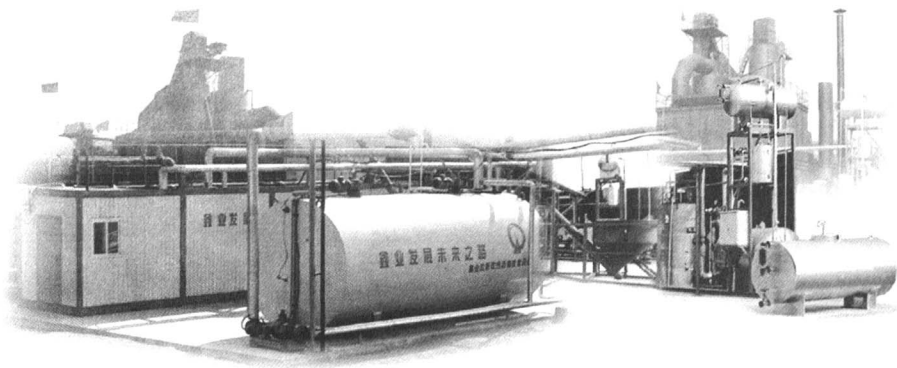


图 1 天津海泰环保科技发展有限公司胶粉改性沥青加工设备

表 1 胶粉改性沥青与 SBS 改性沥青性能指标对照表

检验项目	胶粉改性沥青			SBS 改性沥青	
	I 型	II 型	III 型	I-C	I-D
175℃运动粘度(Pa.s)	1-4	1-4	1-4	—	—
针入度(25℃,100 g,5 s,0.1 mm)	60~80	50~65	40~60	60~80	30~60
针入度指数, ≥	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	0
延度(5 cm/min, 5℃), ≥	30	20	10	30	20
软化点(环球法,℃), ≥	55	60	55	55	60
闪点(℃), ≥	230	230	230	230	230
OFT 后 残留物	质量损失(%), ≤	1	1	1	1
	25℃ 针入度比(%), ≥	60	65	60	65
	延度(5℃), ≥	20	10	20	15
离析,软化点差(℃), ≤	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
25℃ 弹性恢复(%), ≥	75	75	70	65	70

炭黑、橡胶烃等的存在,胶粉改性沥青具有其他橡胶沥青所无法拥有的功能。

天津海泰环保科技发展有限公司采用专用设备(见图 1)结合天津市气候及交通特点,生产出胶粉改性沥青,其与 SBS 改性沥青有关性能指标的对比结果见表 1。

从表 1 可看出,胶粉改性沥青的性能指标基本接近 SBS 改性沥青的有关技术标准,有些指标甚至超过 SBS 改性沥青。为了进一步验证胶粉改性沥青的路用性能,结合室内外试验,并铺筑试验路对胶粉改性沥青混合料路用性能进行研究。

2 胶粉改性沥青混合料路面路用性能及设计指标

橡胶粉在沥青混合料中的作用比较复杂,可简化为两个方面,一是作为填充料,填充矿料结构中的空隙;二是与沥青发生一定的反应,吸收沥青中的轻质油分,增加沥青的粘度。无论是干拌工艺(现场拌和)还是湿拌工艺(一般为厂拌)这两方面的作用都

存在,只是程度不同而已。因此,分析胶粉掺入后沥青混合料的性能改善需考虑物理填充、化学反应。

下面通过室内试验验证胶粉改性沥青的高温稳定性、低温抗裂性、抗水损害能力、抗滑性能等方面要求,分析胶粉对于沥青混合料性能的作用。

2.1 胶粉改性沥青高温稳定性能

胶粉填充使混合料更加密实,增加了混合料的内摩擦角,增加了沥青的粘度,有利于提高混合料的粘聚力,因此,可以认为橡胶粉掺加到沥青混合料中,对其高温稳定性的改善是有利的。表 2 给出干拌法胶粉改性沥青混合料车辙试验结果,表 3 给出采用湿拌法胶粉改性沥青混合料车辙试验结果。

表 2 干拌法胶粉改性沥青混合料车辙试验结果

橡胶目数	掺加剂量(%)	动稳定度(次/mm)	相对变形(%)
80 目	0%	586	6.73
	10%	2 085	3.28
	20%	3 020	2.08
	30%	3 564	2.07
120 目	10%	1 260	3.44
	20%	3 111	1.97
	30%	5 025	1.53

表 3 湿拌法胶粉改性沥青混合料车辙试验结果

混合料类型	动稳定度(次/mm)	相对变形(%)
20%橡胶粉干拌	3 842	3.43
15%橡胶粉湿拌	2 413	4.94
10%橡胶粉湿拌	1 722	5.94
5%橡胶粉湿拌	820	9.44

从表 2、表 3 可看出:无论是干拌还是湿拌,随着橡胶粉掺加剂量的提高,混合料的高温稳定性逐渐提高。综合经济指标,沥青混合料用橡胶粉一般可选择 30~80 目的规格,为了达到良好的高温性能,橡胶粉的掺量不宜低于 20%(外掺)。

结合车辙试验分析,根据橡胶粉与沥青的作用机理,橡胶粉会吸收沥青中的轻质油分,导致沥青老化进程加快,为避免这种不利影响,充分发挥橡胶粉混合料的高温性能,建议干拌法生产的混合料用于中、下面层,表面层混合料可采用湿拌法。

2.2 胶粉改性沥青低温性能

胶粉中含有大量的天然胶和合成胶,这些成分与沥青拌和后大大改善沥青混合料的低温抗裂性能。在 2001 年度的交通部西部科技项目“废旧橡胶粉用于筑路的技术研究”课题中,采用美国 SUPERPAVE 设计方法提出的低温约束冻断试验(TSRST)对橡胶粉沥青混合料的低温性能进行了试验分析(试验数据引用,见表 4),从表中可看出,橡胶粉沥青混合料的低温性能十分优越,甚至超过常用的 SMA 和 SUPERPAVE 混合料。

表 4 橡胶粉沥青混合料低温约束试验结果(干拌)

混合料类型	沥青	平均破断温度(℃)	平均破断应力(MPa)
SAC10+40 目	AH-70	-33.3	4.1
SAC10+80 目	AH-70	-34.1	4.5
SAC10+120 目	AH-70	-31.3	3.3
SAC10	SBS 改性沥青	-30.0	3.5
SMA10	SBS 改性沥青	-30.3	3.1
SUP9.5	SBS 改性沥青	31.9	3.7

3 废轮胎胶粉改性沥青混合料实验路段的铺筑及测试

为了进一步探讨胶粉改性沥青路面使用效果,验证胶粉改性沥青的技术指标,2005 年 10 月在大沽南路柳林桥两侧辅道铺筑胶粉改性沥青路面,辅道各宽 11 m,实验段全长 2.6 km,面层采用 4 cm 胶粉改性沥青,石料采用玄武岩。以下为混合料目标配合比设计:

(1)原材料性能试验。

基质沥青采用 AH-70 号,胶粉改性沥青采用天津海泰环保科技发展有限公司产胶粉改性沥青,对其有关指标进行测试,胶粉改性沥青的“SHRP”沥青胶结料性能分级为 PG76-28。表 5 为部分试样检测结果与 SBS 改性沥青技术指标的对照情况。

表 5 辅道实验路胶粉改性沥青技术指标试验结果表

试验项目	I-C 级改性沥青	试验结果
针入度 (25℃,100g,5s)(0.1mm)	60~80	63
延度 (5cm/min,5℃)(cm)	≥30	20.2
软化点 (环球法)(℃)	≥55	57.2
闪点 (COC)(℃)	≥230	282
密度 (15℃)(g/cm³)	实测	1.057
离析,软化点差 (℃)	≤2.5	0.5
弹性恢复 (25℃)(%)	≥65	74
质量损失 (%)	≤1.0	-0.38
旋转薄膜加热 针入度比 (%)	≥60	73
试验 163℃85min 延度 (5℃)(cm)	≥20	11.6

胶粉改性沥青混合料目标配合比设计试验所用矿料为玄武岩,产地为张家口;矿粉为石灰岩磨制矿粉,产地为蓟县。依据 JTG F40-2004 中关于高等级公路沥青面层粗集料、细集料和矿粉的技术要求,分别对矿料进行了试验分析。

(2)配合比设计及验证。

根据不同规格矿料的筛分结果,通过计算机试算确定初试矿料级配。初试配合比的合成级配曲线见图 2,材料配比如下:

10 mm~15 mm:5 mm~10 m:3 mm~5 mm: 0 mm~3 mm:矿粉 =43:26:9:14:8。

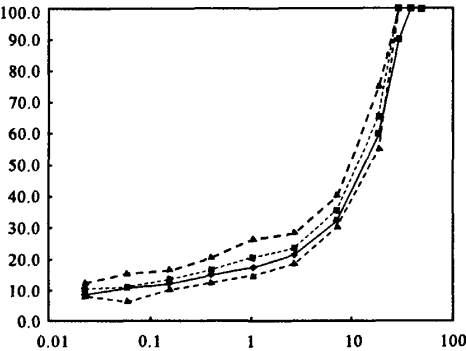


图 2 密实型胶粉沥青混合料级配曲线图

根据沥青析漏试验的反弯点作为最大沥青用量,以飞散试验的反弯点作为最少沥青用量,在此范围内,考虑现场条件等因素后,决定最佳沥青用量。

根据胶粉改性沥青混合料级配的特殊性,按 4.4%、4.7%、5.0%、5.3%、5.6% 多种不同的油石比在 170℃ 成型温度下,以两面各击实 75 次制作马歇尔试件,测定混合料的毛体积相对密度、空隙率、马歇尔稳定度和流值。马歇尔试验结果见表 6。

表 6 马歇尔试验结果一览表

油石比 (%)	毛体积 相对密度 (g/cm <sup>3</sup> )	空隙率 (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.1 mm)	最大理论 密度 (g/cm <sup>3</sup> )	沥青饱和 度 (%)
4.4	2.415	5.8	11.6	26	2.565	62.9
4.7	2.421	5.2	11.8	26.8	2.554	67.0
5.0	2.429	4.5	12.4	26.8	2.543	71.5
5.3	2.436	3.8	13.6	28.7	2.532	75.8
5.6	2.430	3.6	12.4	30.0	2.522	77.5
技术要求	实测	3~5	≥6	20~50	-	-

由表 6 可求出:

$$a_1=5.30, a_2=5.30, a_3=5.30, OAC_1=(5.30+5.30+5.30)/3=5.30, OAC_2=(4.90+5.60)/3=5.25, OAC=(5.30+5.25)/2=5.30$$

选定目标配合比后,进行最佳油石比时的胶粉改性沥青混合料残留稳定度和动稳定度检验。另外考虑到胶粉改性沥青混合料的特殊性,相应补充了部分检验试验内容,检验结果见表 7、表 8、表 9。

表 7 胶粉改性沥青混合料配合比设计检验

检验项目	技术要求	试验结果
沥青析漏损失 (%)	≤0.2	0.01
混合料飞散损失 (%)	≤10	5.0
动稳定度 DS (次/mm)	>3 000	6 629
残留稳定度 (%)	>80	80.9

表 8 沥青混合料弯曲试验结果汇总表

最佳油石比 (%)	弯曲试验破坏应变(μ ε)	
	试验结果	规范要求(μ ε)
53	2 083.3	2 000

表 9 冻融劈裂试验结果

最佳油石比 (%)	无条件劈裂强度 (MPa)	条件劈裂强度 (MPa)	TSR (%)	要求 (%)
5.3	0.80	0.65	812	≥80

目标配合比设计结果为:10 mm~15 mm:5 mm~10 mm:3 mm~5 mm:0 mm~3 mm:矿粉=43:26:9:14:8,最佳油石比为 5.3%。

依据目标配合比对料场的原材料取样筛分,反复调整冷料仓的进料比例,达到供料均衡后,从拌和机热料仓取样、筛分,确定各热料仓的材料比例,并取目标配合比设计的最佳油石比 5.0±

0.3 为标准,以 4.4%、4.7%、5.0%、5.3%、5.6% 五种油石比在 170℃ 成型条件下进行马歇尔试验。试验结果见表 10。

表 10 马歇尔试验结果一览表

油石比 (%)	空隙率 (%)	稳定度 (kN)	流值 (0.1mm)	最大理论 密度(g/cm <sup>3</sup> )	沥青饱 和度 (%)
4.4	5.6	13.3	20.2	2.469	59.3
4.7	4.8	13.7	26.1	2.479	64.7
5.0	4.0	15.3	27.6	2.49	70.5
5.3	3.7	14.6	31.2	2.486	73.2
5.6	3.6	14.3	33.4	2.48	75.0
技术要求	3~5	≥6	20~50	-	-

4 废轮胎胶粉改性沥青混合料试验路使用效果评价

除顺驰桥 G 线辅道实验路、柳林桥两侧辅道实验路外,采用胶粉改性沥青先后在唐津高速公路工程、104 国道等工程中成功铺设了总长近 20 km 的实验路段。在实验路段的铺设过程中,有关检测数据表明胶粉改性沥青的品质符合交通部相关技术规范的要求。并在研究过程中体会到胶粉改性沥青的几大优势:

(1) 环保优势

从环保角度讲,胶粉改性沥青混合料的原材料——胶粉本身就是对废旧轮胎的回收利用。生产胶粉改性沥青可以大量消化胶粉,从而为胶粉生产行业找到最佳的下游出口。胶粉改性沥青高粘结力可以抑制路面剥离,从而减少行车时扬起的烟尘,改善空气环境;高粘结力的胶粉改性沥青可以铺筑透水型路面,这种路面可以使雨后的积水通过地面径流和向下渗透两种方式排泻,同时可以大面积减少沥青路面裂缝的数量(见图 3、图 4)。

(2) 胶粉改性沥青技术经济分析。

胶粉改性沥青除显著的环保效果外,在造价上与 SBS 相比有显著优势(见表 11)。

表 11 各种胶粉改性沥青性价比分析表(参考 2004 年市场价格)

指标	普通沥青	SBS 改性沥青	胶粉改性沥青
市场价(元/t)	4 000	5 340~5 400	5 850
铺设用量(厚度)	90 mm	90 mm	55 mm
降噪效果	差	较好	好
刹车距离	较长	短	短
抗高、低温能力	弱	强	强
使用寿命	较短	长	长
维护费用	高	较高	低

从表 11 可看出每吨橡胶粉改性沥青比 SB8 改性沥青节约材料费 11%,如果采用干拌法的施



图 3 普通沥青路面与胶粉改性沥青路面雨后对比

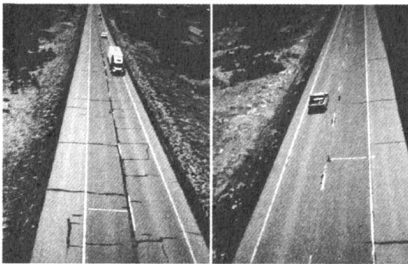


图 4 普通沥青路面与胶粉改性沥青路面性能对比

工, 由于节省了改性沥青加工过程中的燃料费和相关设备费用(每吨改性沥青加工费为 200 元), 材料费还可以节约 7% 左右。如果我国每年有 1/3 的改性沥青采用用橡胶粉改性沥青, 即 30 万 t (按 2005 年用量计算), 可为国家每年节约费用 1 亿元。

(3) 天津市胶粉改性沥青路面降噪效果分析

对使用胶粉改性沥青路面进行噪声测试, 结果表明, 胶粉改性沥青路面可以有效降低交通噪声, 从而明显改善道路两侧居民的居住环境。表 12 为对采用胶粉改性沥青路面的噪声测试结果。其测量现场方圆 500 m 内, 无任何建筑物或其他(电灯杆除外)高出地面的物体, 无任何明显噪声声源。测量过程中两条道路各测量 4 次, 取噪声最大者为最后测量结果。

表 12 不同沥青路面噪声测试结果

试验路	测点位置(cm)	声级范围 dB(A)	沥青类型
海泰华科一路	距路边侧石 30	67.0~73.1	胶粉改性沥青面层
海泰南北大街	距路边侧石 30	75.3~78.4	普通沥青面层

由表 12 中数据可看出, 各种胶粉改性沥青路面噪声水平与测试的速度有关, 速度越高噪声越大。在相同车速条件下, 不同路面车辆所产生的噪声是不同的, 采用胶粉改性沥青路面, 车辆噪声明显下降, 下降 5~8 dB。

5 结论与建议

本文在总结国内外已有的研究成果的基础上, 结合天津市气候、交通、材料特点对胶粉改性沥青路用性能进行研究, 通过室内外试验, 铺筑实验路验证了胶粉改性沥青的使用性能。

本文的研究结果表明, 胶粉用于沥青混凝土路面, 不仅解决了废旧轮胎带来的社会问题, 是一个社会公益明显的环保项目, 而且对于道路建设来说, 可以大量节约建设投资, 为解决当前路面存在的一些问题找到合理的技术途径, 为使用者提供耐久、平整、舒适、安静、环保的道路。该项技术具有显著的环保效益和明显的社会效益, 应用前景良好。

在试验路段的铺设过程中, 我们总结了丰富的试验数据, 从而使胶粉改性沥青的路面应用有了数据的支持, 为今后在天津市乃至全国高等级沥青路面中大面积推广该技术提供了充分的理论和实践依据。

参考文献

[1] JTJ 036-1998, 公路改性沥青路面施工技术规范[S].  
[2] JTG F40-2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].  
[3] JTJ 058-2000, 公路工程集料试验规程[S].  
[4] JTJ 059-1995, 公路路基路面现场测试规程[S].  
[5] JTJ 014-1997, 公路沥青路面设计规范[S].  
[6] JTJ 034-2000, 公路路面基层施工技术规范[S].  
[7] JTJ 052-2000, 公路工程沥青混合料试验规程[S].  
[8] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京: 交通部出版社, 1993.  
[9] 吕伟民. 沥青混合料设计原理与方法[M]. 上海: 同济大学出版社, 2001.  
[10] 王旭东, 等. 橡胶粉在沥青混凝土中的应用[J]. 西安公路交通大学学报, 2001(4).  
[11] 沈金安. 改性沥青及 SMA 路面[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

欢 迎 来 稿

欢迎订阅《城市道桥与防洪》杂志