

橡胶沥青应用技术

交通运输部科学研究院

陈景 研究员

2010.3

目 录

1. 背景
2. 橡胶沥青国内外发展现状
3. 橡胶沥青的特点
4. 橡胶沥青原材料技术要求
5. 橡胶沥青混合料的配合比设计
6. 橡胶沥青混合料的施工工艺
7. 橡胶沥青的工程应用

1、背景

1月15日，全国交通运输工作会议在北京隆重召开，国务院副总理张德江出席会议并做了重要讲话。

交通运输系统要深入贯彻落实科学发展观，加快调整结构、转变发展方式，建设“**畅通、高效、安全、绿色**”的交通运输体系。

李盛霖部长也强调：优化调整运输结构，转变发展方式。

要加快发展现代交通运输业，加快三个转变。

由主要依靠增加物质资源消耗向科技进步、行业创新、从业人员素质提高和**资源节约、环境友好**转变。

部党组按照科学发展观的要求，于2007正式启动了“材料节约与循环利用专项行动计划”。

降低资源消耗，保护环境，为交通建设资源的高效利用和循环使用提供示范。

交通部办公厅文件

厅科教字〔2007〕141号

关于组织实施材料节约和循环利用专项行动计划的通知

吉林、贵州、福建、湖北省交通厅及有关企业事业单位：

为贯彻落实全国交通工作会议精神，加快资源节约型、环境友好型交通建设，充分发挥科技的引领和支撑作用，促进交通增长方式的转变，我部将组织实施“材料节约与循环利用专项行动计划”，现将有关事项通知如下：

一、实施行动计划的目的

以技术创新为支撑，产、学、研相结合，依托交通建设工程，着力攻克材料节约与循环利用的关键技术，取得具有自主知识产权的研究成果；通过新技术的集成应用，新材料的推广使用，降低资源消耗，保护环境，为交通建设资源的高效利用和循环使用提供示范。

二、行动计划的主要任务

重点研究和推广高等级路面再生技术、废旧橡胶粉筑路应用技术、聚合物改性水泥混凝土技术、机制砂混凝土技术。通过开展示范工程、编制设计施工技术指南、举办技术交流会或培训班、制作技术宣传片等形式，促进材料节约与循环利用技术的有效推广与应用，并取得示范效应。行动计划在两年内完成，具体实施目标见附件。

三、行动计划的组织

行动计划由部科教司牵头组织，部公路司、规划司、体法司协助配合。部公路科学研究院，吉林、贵州、福建、湖北等省交通厅及有关企业事业单位组成行动计划实施组，针对相关技术进行推广实施，包括进度安排、质量控制等。委托公路研究所负责与各实施单位的联系及有关工作。各承担单位应按照任务分工，加强组织，强化管理，狠抓落实，保证质量，确保专项行动计划按时完成。

附件：材料节约与循环利用专项行动计划实施目标

二〇〇七年六月十五日

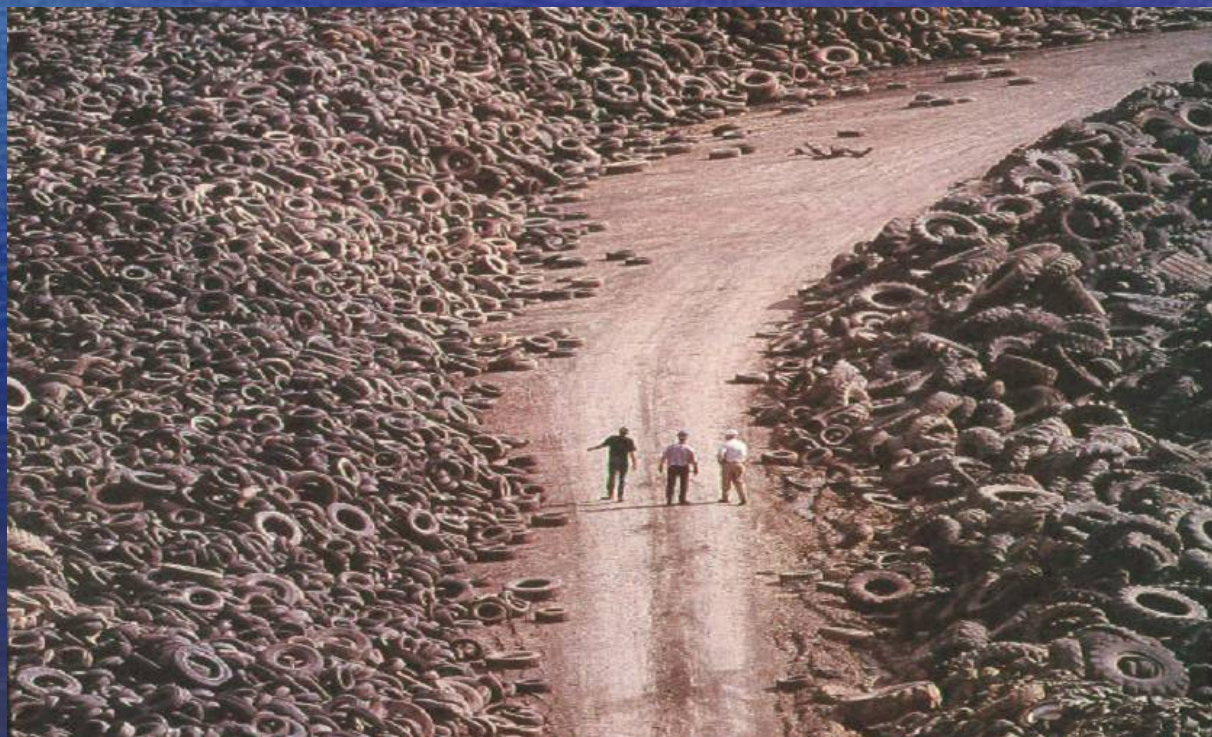
沥青路面再生技术、
水泥混凝土路面再生技术、
废旧橡胶粉筑路应用技术
等六项技术专项行动计划的
重点。

---橡胶沥青技术

我国已经连续几年用于公路建设的投资超过3000多亿，在刚刚过去的2009年，全国新开工高速公路建设项目111个、建设里程1.2万公里，计划总投资更是达到了7000亿元。

截止到2009年底，全国通车的高速公路里程已经超过6万5千公里，2010年开工建设的高速公路达1.6万公里。我国用不到二十年的时间走完了发达国家半个多世纪的发展历程。

◆ 废旧轮胎污染：我国的汽车工业发展迅速，2005年全国汽车保有量为3300万辆，废旧轮胎产生量约为1.2亿条，并以每年12%的速度增加，到2010年将达到2.21亿条。



- ◆ 废轮胎作为固体废弃物已造成严重的社会环境问题。
- ◆ 传统处理方式：堆放、填埋、焚烧。问题：污染环境、占用土地资源、滋生蚊虫、传播疾病。
- ◆ 目前处理方式：生产胶粉：国家政策鼓励推广（占10%）。再生胎：脱硫工艺污染大、能耗高，被国家限制（占90%）。土法炼油：污染严重，国家严令禁止。



2、橡胶沥青国内外发展现状

橡胶沥青

英文AR : Asphalt Rubber缩写

美国ASTM D8-88:

- 向基质沥青加入15%以上的橡胶粉粒
- 180°C以上的温度下共炼反应45分钟
- 基质沥青与橡胶粉充分熔胀而形成了一种新的胶结料
- 胶结料具有较强的硫化橡胶特性。

橡胶沥青有多种形式:

- 橡胶粉+沥青
- 橡胶粉（改性）+沥青
- 橡胶粉+沥青+添加剂（芳香烃油分）
- 橡胶粉+沥青+天然橡胶
- 橡胶粉+沥青+聚合物（如：SBS、PE）
（橡胶改性沥青，Rubber Modified Asphalt）

橡胶沥青在国外的应用

美国：始于60年代，国家推动，多个州制定了规范，应用橡胶沥青最多。

- 美国通过了1991年联邦地表协调联运效率法案（ISTEA）1038条款（要求在路面工程中逐步增加回收橡胶的用量），同时，大多数州启动了相关立法程序，极大地促进了废旧轮胎在道路工程中的利用，橡胶粉路用研究进入了新的阶段。

橡胶沥青在国外的应用

美国特点:

- 推荐采用的方法是湿法工艺,
- 集料的级配采用间断级配和开级配, 一般不采用密实级配混合料。
- 橡胶粉的掺量为沥青质量的5%~25%。
- 橡胶沥青的应用类型包括热拌沥青混合料、稀浆封层和应力吸收层等。

橡胶沥青在国外的应用

南非：

拥有一整套橡胶沥青相关的技术体系。南非60%以上的道路沥青使用橡胶沥青，而且根据他们的经验，认为对于重载交通环境，橡胶沥青路面比较有利。

橡胶沥青在国外的应用

法国：

截止到1995年，橡胶沥青开级配路面累积已经摊铺了超过100万平方米。

法国的实践表明：采用橡胶沥青铺筑的多孔性路面，比普通多孔性路面在保持排水性能、抵抗重交通、抗剪切和不良气候影响等方面有明显的优势。

橡胶沥青在国外的应用

瑞典、日本等还将废旧轮胎橡胶颗粒用于防冻路面。

其他：加拿大、比利时、奥地利、澳大利亚、印度、葡萄牙、西班牙、巴西等。

我国橡胶沥青的发展历程

- 在上世纪七十年代末八十年代初，也开展了一些橡胶沥青的研究，并运用于一些实体工程。
- 早期研究以“干法”为主，采用连续级配，与橡胶沥青特性不适应，路用性能不理想，未能推广应用。
- 由于橡胶粉加工工艺落后，加工的橡胶粉颗粒比较粗，成本也较高，直到九十年代初关于这方面的研究几乎一直停滞不前。

我国橡胶沥青的发展历程

- 近几年来，橡胶沥青日益引起国内工程界关注，研究、应用力度加大，取得了不少技术进步。
- 2001~2003年，交通部公路科学研究所与同济大学、山东省交通科学研究所等单位合作承担了交通部交通建设科技项目“废旧橡胶粉用于筑路的技术研究”。
- 国内其他的科研单位如北京市政设计研究院、北京市路政局、天津市公路局、重庆交通科研设计院等也进行了橡胶沥青的相关研究。

我国橡胶沥青的发展历程

- 交通运输部“材料节约与循环利用专项行动计划”推广项目系列指南之三“橡胶沥青及混合料设计施工技术指南”
- “北京市废胎胶粉沥青及混合料设计施工技术指南”2006-12-15
- “天津市废轮胎胶粉改性沥青路面技术规范”2006-2-28
- 江苏省高指“橡胶沥青路面施工指导意见”2006-9-10

3、橡胶沥青的特点

优点:

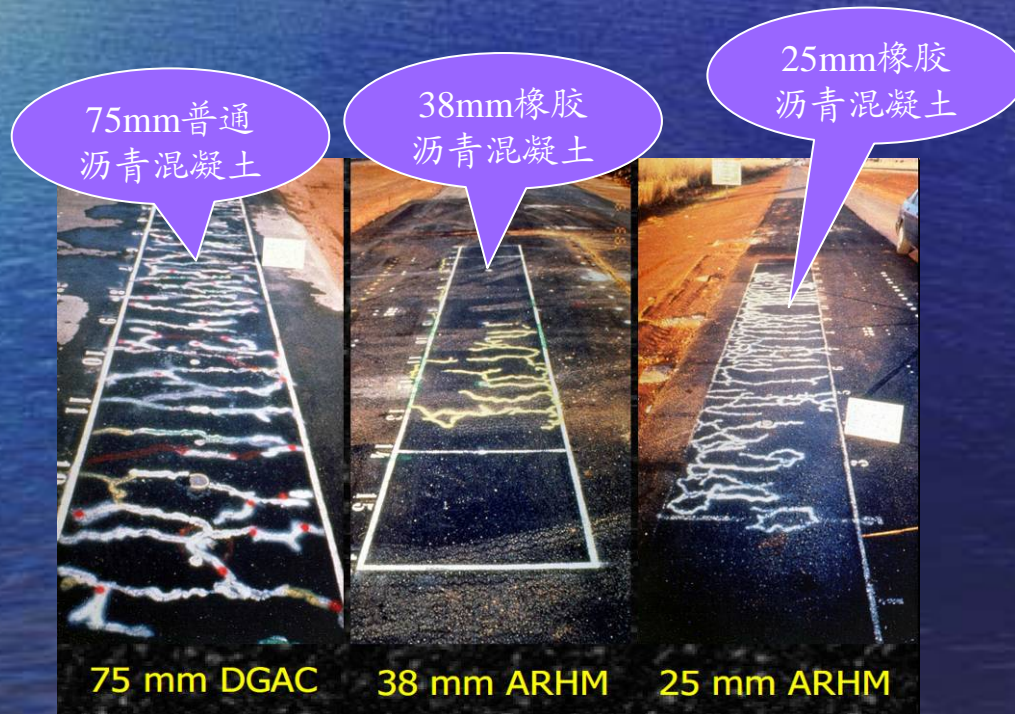
- 在沥青中掺加了废胎胶粉，有较大的弹性和弹性恢复性能；

延缓反射裂缝



- 提高了沥青胶结料的稠度，提高了沥青混合料的抗车辙性能。
- 降低了沥青路面的温度敏感性，在低温性能不降低的情况下改善了抗疲劳开裂的性能，提高了路面的耐久性；
- 有较高粘度，混合料油膜较厚而不易析漏或泛油，提高了路面的抗老化性能；

1993年在加利福尼亚伯克莱国家实验室，由加州交通运输部及南非科学与工业研究委员会共同主持试验



优点:

- 降低噪音，与水泥路面及其它改性沥青比较、橡胶沥青在降噪音方面功效显著；

美国一些州使用橡胶沥青路面的减噪效果（与一般沥青砼比较）

州	城市	年份	减噪效果
亚利桑那	Phoenix	1990	10dB
	Tucson	1989	6.7dB
加利福尼亚	Sacramento	1993	7.7 ~ 5.1dB
	Orange	1992	3 ~ 5dB
	Los Angeles	1991	3 ~ 7dB
	San Diego	1998	项目正在进行
德克萨斯	San Antonio	1992	未提供数据
俄勒根	Corvallis	1994	未提供数据

优点:

- 在相同的使用效果前提下，使用橡胶沥青可减薄沥青混凝土面层的厚度；

优点:

- 开级配或间断级配橡胶沥青路面防滑功能高、减低溅水、改善视野、大大提高道路安全。在美国德州的一项测试，使用了橡胶沥青以后，同期交通意外伤亡数目减低了一半！

缺点:

- 橡胶沥青不适用于小型工程施工。这主要是因为，橡胶沥青的生产以及生产设备费用较高；
- 施工对温度要求高，橡胶沥青及其混合料施工时，温度要求更加严格；
- 橡胶沥青施工时，气味较大，如果是封闭环境施工，需进行防护；
- 施工质量控制很关键。

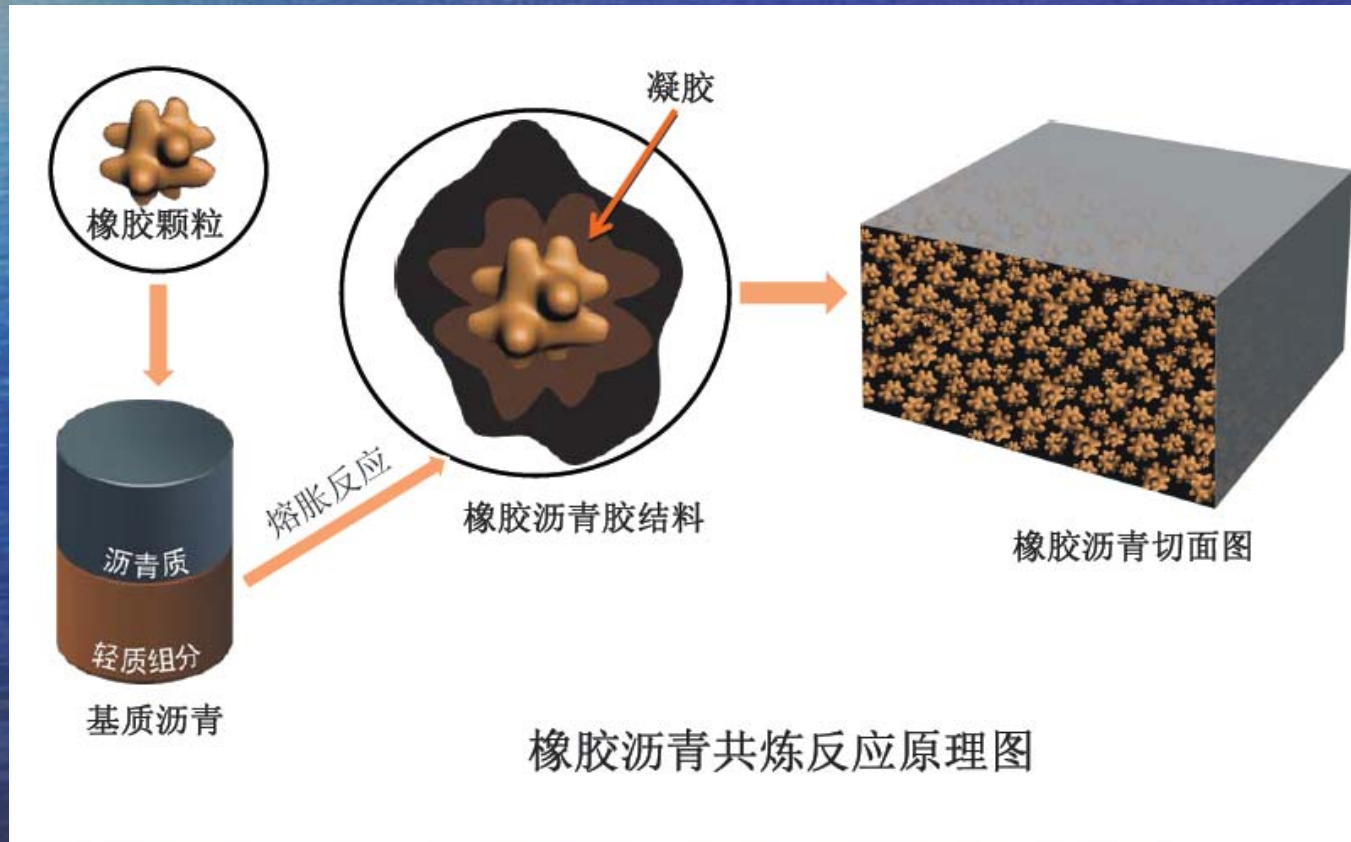
缺点:

- 由于橡胶沥青级配较粗、胶结料较稠，橡胶沥青混合料难以进行手工作业；
- 橡胶沥青的使用时间的限制。如果橡胶沥青生产后超过**48**小时还未使用，就不能使用了；
- 使用条件的限制。在温度较低或降雨时不易进行橡胶沥青及其混合料的施工。

4、橡胶沥青原材料技术要求

胶粉

- 路用废胎胶粉应选用常温研磨粉碎的轮胎胶粉，且宜选择斜交胎胶粉或天然胶含量较高的胶粉，并应满足相应物理、化学指标。



胶粉技术要求

- 物理指标：
相对密度 $1.10 \sim 1.30$
含水量、纤维含量 $< 1\%$
金属含量 $< 0.05\%$
- 化学指标：
灰分含量 $\leq 8\%$
丙酮抽出油 $\leq 22\%$
炭黑含量 $\geq 28\%$
橡胶烃含量 $\geq 42\%$

胶粉

- 在保证易于碾压成型，且满足使用性能要求的前提下，应尽量选用较粗的废胎胶粉。无论是干拌工艺还是湿拌工艺，宜选择20~80目之间的路用废胎胶粉。

橡胶沥青技术要求

项目	寒区 ^③	温区 ^④	热区 ^⑤
基质沥青	110#、90# ⑥	90#、70# ^⑥	70#、50# ^⑥
180℃旋转黏度 (Pa·s) ^②	1.0~3.0	2.0~4.0	2.5~5.0
25℃针入度 (0.1mm)	60~100	40~80	30~70
软化点 (℃)	>50	>58	>65
弹性恢复 (%)	>50	>55	>60
5℃延度 (cm)	>10	>10	>5

- 以粘度指标为核心，兼顾现行的沥青指标体系；
- Brookfield 黏度；
- 分区的适应性和相对性；
- 老化指标的取消；
- 粘度的高低应考虑施工的和易性。

5、橡胶沥青混合料的配合比设计

橡胶沥青混凝土配合比设计与其他类型的沥青混合料基本相同。使用马歇尔击实法确定沥青混合料的配合比。国内外研究表明，橡胶沥青混合料优选的级配是断级配或开级配。

- **两种断级配橡胶沥青混合料**

- 亚里桑那、加州、佛罗里达州，**AR-AC13A**

- **减少2.36mm以下的用量，严格控制0.075mm用量；**

- 德州，**AR-AC13B**

- **按照SMA的思路，增加粗集料用量，2.36~4.75mm间断，橡胶沥青构成玛蹄脂。**

国内外橡胶沥青混合料级配对比

筛孔mm		19	16	12.5/ 13.2	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
亚利桑那州		100	~	80~ 100	65~80	~	28~42	14~22	~	~	~	~	0~ 2.5
加利福尼亚州	断	100	~	90~ 100	83~87	~	33~37	18~22	8~ 12	~	~	~	2~7
	开	100	~	95~ 100	78~89	~	29~37	7~18	0~ 10	~	~	~	0~3
澳大利亚	14型	100	~	90~ 100	65~75	40~50	30~40	12~25	10~19	7~15	5~10	4~8	3~5
南非	连续	100	~	84~ 96	70~84	~	45~63	29~47	19~33	13~25	10~18	6~13	4~ 10
	半开	100	~	70~ 100	50~82	~	16~38	8~22	4~ 15	3~10	3~8	2~6	1~4

国内外橡胶沥青混合料级配对比

筛孔mm		19	16	12.5/ 13.2	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
中国指南	13型 密级配		100	95~ 100	62~71	~	25~35	20~28	15~23	12~19	10~15	8~ 12	6~ 10
中国指南	13型 开级配		100	95~ 100	52~64	~	15~25	10~19	6~15	4~11	2~9	2~7	1~ 5

马歇尔设计指标(指南建议)

指标	密级配混合料	开级配型混合料
马歇尔击实次数 (次)	75	75
稳定度 (流值为3mm)	>8KN	>5kN
设计空隙率 (%)	3~5	18~24
沥青饱和度 (%)	70~85	—

- 马歇尔击实试验方法, (旋转压实)
- 宜采用设计空隙率确定最佳油石比, 同时其他指标应满足设计要求。

动稳定度指标(指南建议)

交通量等级	层位	上面层	中面层	下面层
轻交通	动稳定度 (次/mm)	2000	1200	800
	相对变形 (%)	15	15	20
中等交通	动稳定度 (次/mm)	2500	1500	1000
	相对变形 (%)	10	10	15
重载交通	动稳定度 (次/mm)	3000	2000	1500
	相对变形 (%)	5	10	10
特重交通	动稳定度 (次/mm)	4000	2500	2000
	相对变形 (%)	3	5	10

水稳定性指标(指南建议)

气候条件和指标	相应于下列气候分区的技术要求 (%)			
年降雨量 (mm) 及气候分区	> 1000	500~1000	250~500	< 250
	潮湿区	湿润区	半干区	干旱区
T 0709	浸水马歇尔试验残留稳定度 (%), 不小于			
指标	85		80	
T 0729	冻融劈裂强度比值 (%), 不小于			
指标	80		75	

低温性能指标(指南建议)

气候条件与技术指标	相应于下列气候分区所要求的破坏应变 ($\mu \varepsilon$)			
年极端最低气温 ($^{\circ}\text{C}$)	< -37.0	-21.5~37.0	-9.0~-21.5	> -9.0
气候分区	冬严寒区	冬寒区	冬冷区	冬温区
指标	3000	2800	2500	

- 当橡胶沥青混凝土作为抗滑表层时，其构造深度不小于0.65mm，渗水系数不大于100mL/min。
- 橡胶沥青混凝土的线膨胀量不大于1%。

6、橡胶沥青混合料的施工工艺

橡胶沥青的生产工艺

- “干法”生产的橡胶沥青
- “湿法”生产的橡胶沥青
- “沥青库混合法”生产的橡胶沥青

“干法”：

“干法”生产橡胶沥青是先将橡胶粉与集料混合，然后再加入沥青进行拌和，该方法是将橡胶粉可看作是集料的一部分，但一般橡胶粉的掺量都不能太高。

该用法较少。

“湿法”：

“湿法”是先将一定量的橡胶粉与沥青进行混合，在高温下进行反应而形成的具有一定性质的混合物，是目前应用得最广泛的橡胶沥青生产方法。

湿法橡胶沥青



“沥青库混合法”：

“沥青库混合法”是指废胶粉在炼油厂或沥青库与热沥青进行混融，然后配送到沥青混凝土搅拌站或施工现场。“沥青库混合法”其实也可作为“湿法”生产的一种，但其废橡胶粉用量一般都不超过10%，橡胶粉用量较低，与橡胶沥青（“湿法”生产）相比粘度较低，胶粉需要进行活化处理。

沥青库混合法



湿法橡胶沥青



沥青库混合法

- 储存稳定性好
- 弹性活化橡胶沥青改性剂能与沥青和其他复合改性剂完全融合，形成良好的协同效应
- 弹性性能好
- 粘附力增强
- 粘度低，便于施工

拌和温度

类型	石料加热温度 (°C)	沥青温度 (°C)	出料温度 (°C)	废弃温度 (°C)
湿拌法	180~200	175~195	>180	210
干拌法	190~210	155~165	>180	210

- 当橡胶沥青粘度大于 $2.5\text{Pa} \cdot \text{s}$ 时，橡胶沥青的加热温度应再提高 $5\sim 10^\circ\text{C}$ 。

摊铺、碾压

- 橡胶沥青路面施工的最低气温应不低于 15°C ，寒冷季节遇大风降温，不能保证迅速压实时不得铺筑橡胶沥青混合料。
- 对高等级道路，橡胶沥青混合料的松铺系数应通过试验路段的试铺、试压确定。

- 橡胶沥青混凝土的初压温度一般不宜低于 155°C ，复压温度不宜低于 135°C ，终压的结束温度不宜低于 90°C 。当混合料的摊铺厚度大于 80mm 时，初压温度不宜低于 150°C 。
- 橡胶沥青混合料宜采用重型胶轮压路机初压 $2\sim 3$ 遍，提高混合料碾压的密实性。

橡胶沥青具有很多优点，但是如果配合比设计或者施工控制不好，也易引起病害！

密级配的橡胶沥青混凝土还不如普通混凝土



7、橡胶沥青的工程应用

桥面防水粘结层
水泥路面“白改黑”
抗车辙型沥青混凝土
低噪音沥青混凝土
排水沥青混凝土

.....



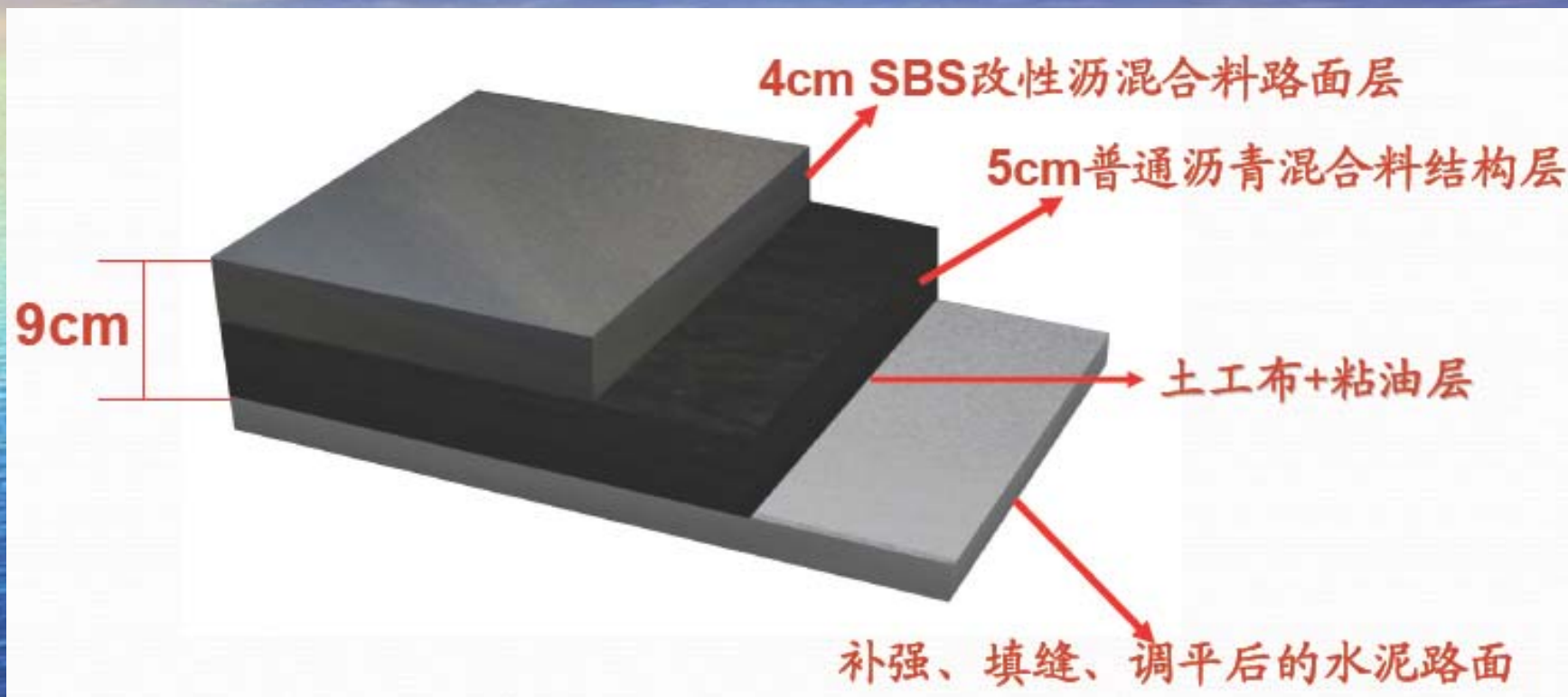
2006年上海浦东高科东路橡胶沥青SMA摊铺现场

橡胶沥青应力吸收层（SAMI）的应用

水泥路面加铺方案对比：

- 传统“5+4”技术方案
- 橡胶沥青“白+黑”技术方案

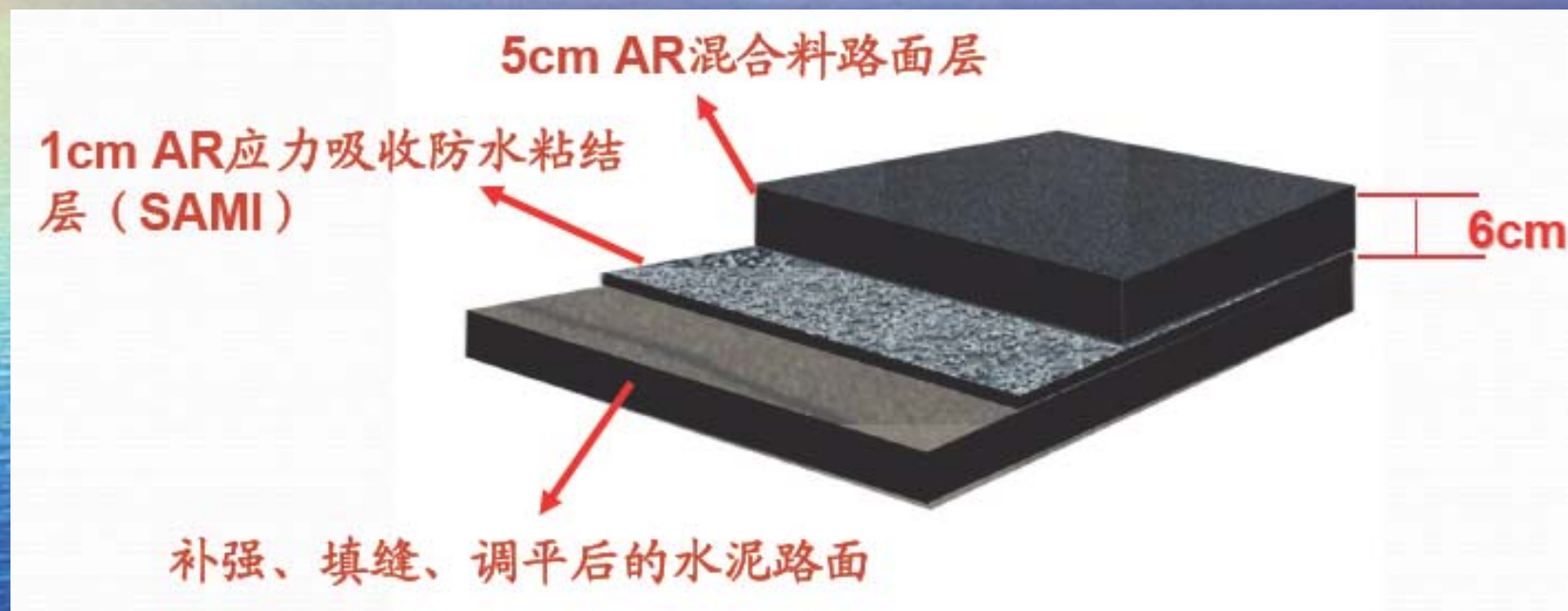
传统“5+4”加罩方案



传统“白+黑”道路常见病害



“白+黑” 橡胶沥青超薄罩面方案

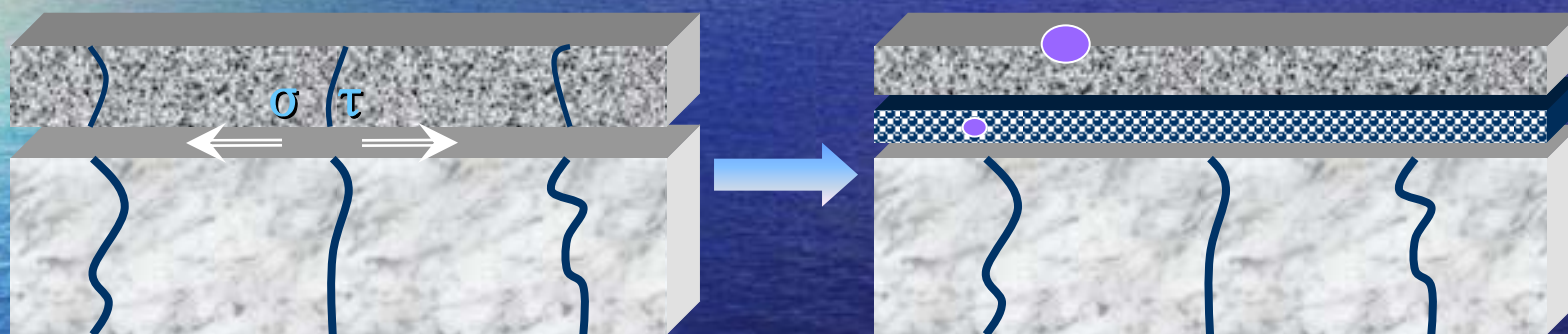


橡胶沥青应力吸收层（SAMI）

- 这种由橡胶沥青胶结料、单粒径集料组成的应力吸收薄膜夹层对减缓反射裂缝的产生与扩展有明显的效果，可使半刚性基层或旧路面裂缝处相对位移产生的应力传到罩面层时大为减少，降低应力强度因子，从而达到延缓反射裂缝产生的目的。

橡胶沥青应力吸收层

橡胶沥青应力吸收层



直接加铺：
产生反射裂缝

可改善层间应力状态
延缓反射裂缝的发生
避免推移、坑槽现象的产生

橡胶沥青应力吸收层（SAMI）的优点

- 防水
- 提高层间粘结力
- 应力吸收

施工质量控制要点

- (1) 生产设备
- (2) 预拌石料
- (3) 沥青洒布量
- (4) 碎石撒布
- (5) 碾压

(1) 生产设备

- 橡胶沥青应力吸收层SAMI施工需要配备专用橡胶沥青的生产设备。
- 施工中采用特殊的沥青撒布车。

(2) 预拌石料

- 为保证撒布的石料与橡胶沥青的充分粘结, 石料需预先采用热沥青(0.4~0.6%)进行预拌。
- 最低撒布温度不低于120℃。

(3) 沥青洒布量

- 橡胶沥青用量 $2\sim 3\text{kg}/\text{m}^2$ ，沥青洒布量要严格控制，不宜多也不宜少。沥青纵向衔接应与已洒布部分重叠10cm左右。

(4) 碎石撒布

- 施工过程中，必须保证碎石能铺满，不漏“黑”（沥青），不散失为度，对于局部碎石撒铺量不足的地方，应人工补足，碾压后将多余的碎石清扫掉。

(5) 碾压

- 施工中为了确保碾压的温度，要求胶轮紧随碎石撒布车后面碾压，距离不能超过5米，碾压遍数2~3遍为宜。

注意事项

- 施工时，气温和路面温度不易低于 13°C
- 路面应洁净、干燥
- 应注意风速，风速应不能影响到工程的施工
- 雨天和即将下雨的天气不能进行橡胶沥青碎石封层的施工

橡胶沥青应力吸收层的施工工艺和质量控制是关键

- 1、橡胶沥青应力吸收层可以遏制、延缓老路面的反射裂缝。
- 2、旧路面的处理情况直接影响裂缝反射。
- 3、施工工艺和细节非常重要，直接影响应力吸收层作用的发挥。

本人参编的标准、规范、指南：

- 《公路沥青路面施工技术规范》
- 《公路沥青和沥青混合料试验规程》
- 《公路工程集料试验规程》
- 《公路路基路面现场测试规程》
- 《公路沥青玛碲脂碎石SMA路面施工技术指南》

主要研究方向

- 道路结构设计方法研究：半刚性基层、柔性路面、组合式基层、永久性路面、“白+黑”、钢桥面铺装、机场跑道铺装.....
- 道路工程材料性能与应用技术研究：SMA、OGFC、ATB、温拌沥青、橡胶沥青、沥青路面再生.....
- 公路养护技术及材料研究
- 公路工程技术咨询
- 公路工程检测

谢谢!

交通运输部科学研究院
道路结构与材料研究中心

陈景 副主任/研究员

电话: 135 0124 6685
010-5827 8611

电子邮箱: cjtransport@163.com