



浙大城市學院  
HANGZHOU CITY UNIVERSITY

# 城市道路养护新材料

陈松强 副研究员  
浙大城市学院  
13009700235  
2023.5.26

- ◆ 1 半柔性路面材料-重载路面解决方案
- ◆ 2 高性能液体沥青混合料-路面养护材料（低碳、便捷）
- ◆ 3 旧路面注浆加固材料-提升旧路承载能力
- ◆ 4 其他新型材料-超薄罩面、再生雾封层

- ◆ 1 半柔性路面材料-重载路面解决方案
- ◆ 2 高性能液体沥青混合料-路面养护材料（低碳、便捷）
- ◆ 3 旧路面注浆加固材料-提升旧路承载能力
- ◆ 4 其他新型材料-超薄罩面、再生雾封层

## ■ 重车荷载数据

采集重载车荷重数据，工程车为四轴荷载，共计300组数据，现场实测最大荷载为90t，最小荷载为62.8t。从表中可以看出，相比于我国沥青路面设计规范中采用的BZZ-100标准荷载的0.7MPa，重载交通对沥青路面所产生的胎压要大60%~120%。从数据可以看出，重载交通所产生的路面接地压力最大可达1.53MPa，其对路面的破坏影响巨大。在后续的分析中，重载车的接地压力取1.5MPa。

吨数	60~65	70~75	70~75	75~80	80~85	85~90
数量（辆）	5	52	73	85	58	27
荷载谱	0.02	0.17	0.24	0.28	0.19	0.09
平均胎压（MPa）	1.09	1.18	1.27	1.36	1.44	1.53
相比与标准荷载增量（%）	56	69	81	94	106	119

## ■ 重载路面病害

从2022年5月20号完工通车至今三月有余，第二车道（重载车专用道）出现较为严重的车辙（如图所示）。由于通车时间很短，同时近期没有较为严重的降雨天气，路面整体结构包括路基并不会产生严重的破坏问题。左幅的第一和第三车道路面状况没有任何问题，第二车道出现较为严重的车辙，右幅（对向车道）的三个车道路面状况也没任何问题（右幅有空载下的工程车通过），说明第二车道产生严重车辙病害在于重载和近期的高温天气。



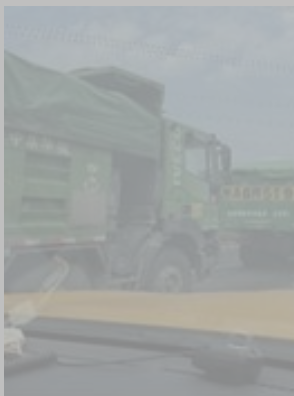
# 1 重载路面病害

## ■ 重载路面

临平区225县  
马蹄脂碎石混合  
图 2 2所示)；  
脂+沥青粘层+12  
从2022年5月  
重的车辙(如图  
路面整体结构包括  
有任何问题，第  
也没任何问题(  
重载和近期的高



-13沥青  
粘层(如  
沥青马蹄  
况较为严  
天气，路  
面状况没  
路面状况  
病害在于



# 半柔性复合混凝土介绍



大空隙沥青混合料



半柔性灌浆料



复合混凝土



### ■ 灌浆料性能要求

日本道路公团《半柔性面层施工要领》推荐的流动度为9~13s，《半柔性混合料用水泥基灌浆材料》和重庆交通大学《半柔性路面应用技术指南》规定的流动度为为10~14s。中国工程建设标准化协会标准《道路灌注式半柔性路面技术规程》D51-01-2019提出的灌浆料指标如表所示。

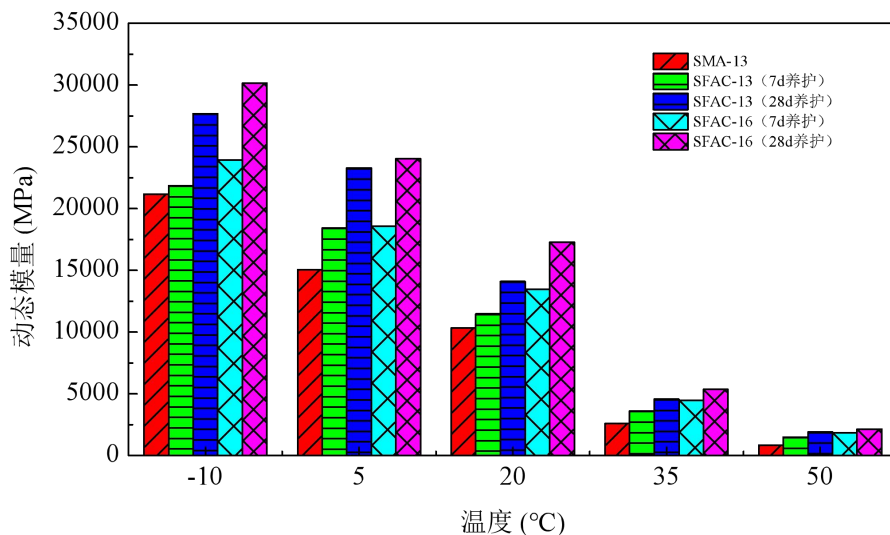
技术指标		单位	技术要求	
外观		—	无明显离析、分层等现象	
流动度	初始	s	10~14	
凝结时间	初凝	h	不小于灌浆料施工所需时间	
强度	抗压	7d	MPa	10~30
	抗折	7d	MPa	>2



## ■ 动态模量

在我国《公路沥青路面设计规范》JTG D50-2017中采用动态弹性模量取代原来的回弹模量，作为沥青混合料的主要设计参数，从而形成了新的公路沥青路面设计体系。因此，本部分主要分析不同温度、不同加载频率下半柔性复合混凝土及SMA-13的动态模量参数。

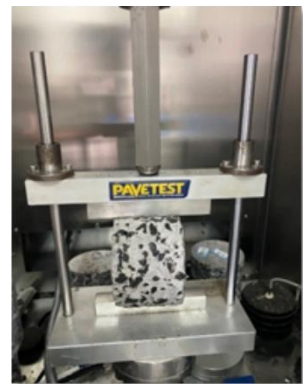
随着养护龄期的增加，半柔性复合混凝土的动态模量值也在不断增加。相同的加载频率下，半柔性复合混凝土的动态模量值要大于SMA-13。在沥青路面结构设计时，考虑公路上汽车的行车速度，采用10Hz下动态模量作为设计参数，将各温度下10Hz的动态模量值绘制成图像如图所示，从图中可以看出，任何温度下，半柔性复合混凝土的动态模量值都要大于SMA-13，说明半柔性复合混凝土比SMA-13具有更好的承载的能力。



## ■ 劈裂强度

劈裂强度是沥青混合料抗裂性能重要的评价参数，是城市沥青路面结构验算时重要的材料参数之一。由于半柔性灌浆材料中含有水泥等与龄期相关材料，随着养护龄期的增加，劈裂强度逐渐增加，其中SFAC-16混合料的劈裂强度要略大于SFAC-13混合料；当试验温度为15°C时，养护7d的半柔性复合混凝土的劈裂强度与SMA-13的劈裂强度相当，养护28d的半柔性复合混凝土的劈裂强度要比SMA-13的劈裂强度大近10%~20%；当试验温度为50°C时，半柔性复合混凝土的抗裂性能要远大于SMA-13，其中养护7d的试件抗裂性能要比SMA-13大140%~220%，其中养护28d的试件抗裂性能要比SMA-13大180%~250%，说明半柔性复合混凝土具有很好的高温抗裂性能。

温度	SMA-13	SFAC-13		SFAC-16	
		7d	28d	7d	28d
15°C	1.52	1.57	1.68	1.58	1.87
50°C	0.15	0.36	0.43	0.48	0.53

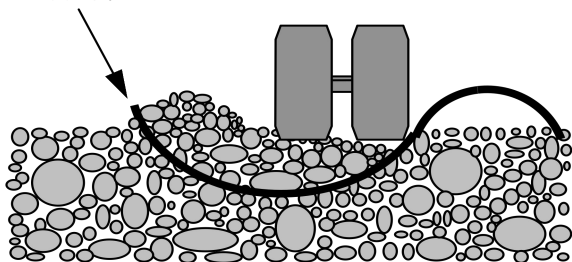


## ■ 贯入强度

沥青混合料是一种典型的黏弹性材料，温度敏感性高。在交通量增大、轴重增加及渠化交通等环境影响下，易出现严重的早期损坏，其中车辙病害约占沥青路面早期病害的70%。

混合料类型	养护天数	极限荷载 (kN)					贯入应力 (MPa)	贯入强度 (MPa)
		1	2	3	4	平均值		
SMA-13	—	1.60	2.25	2.11	1.74	1.92	3.02	1.03
SFAC-13	7d	2.15	2.68	2.41	2.82	2.52	3.94	1.34
	28d	3.09	2.27	3.12	2.72	2.80	4.39	1.49
SFAC-16	7d	2.37	2.78	2.94	2.53	2.66	4.16	1.42
	28d	2.80	3.20	2.84	3.41	3.06	4.80	1.63

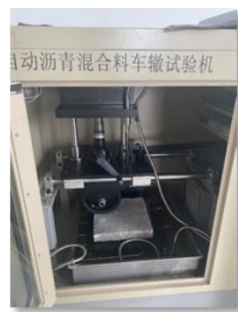
车辙形成的剪切面



## ■ 高温性能

半柔性复合混凝土的动稳定度数据计算结果如表所示，从表中可以看出由于SFAC-16的空隙率要略大于SFAC-13，灌注的水泥基灌浆料较多，SFAC-16的动稳定度要略大于SFAC-13，同时可以看出半柔性复合混凝土动稳定度是SMA-13的3~4倍，远远高于《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中热拌沥青混合料动稳定3000次/mm以上的技术要求，表明半柔性复合混凝土具有优越的高温抗变形能力。

变形量	混合料类型		
	SMA-13	SFAC-13	SFAC-16
45min (mm)	3.782	2.937	3.524
60min (mm)	3.875	2.965	3.548
变形量 (mm)	0.093	0.028	0.024
动稳定度 (次)	6780	24500	26500



## ■ 低温性能分析

从表中可以看出，由于低温状态下，沥青材料也呈纯弹性体，SMA-13与SFAC-13和SFAC-16半柔性复合混凝土的低温弯拉强度强度接近，而SMA-13的弯拉应变要远大于SFAC-13和SFAC-16，通过查阅相关文献，半柔性复合混凝土的低温弯拉应变普遍小于2000，考虑到半柔性复合混凝土主要应用于南方高温地区，同时在《道路灌注式半柔性路面技术规程》也未对半柔性复合混凝土低温性能做相关要求。因此，认为所开发的半柔性复合混凝土满足低温使用性能。

试件类型	低温弯拉强度 (MPa)	最大弯拉应变 ( $\mu\epsilon$ )	弯曲劲度模量 (MPa)
SMA-13	8.4	3642	2306
SFAC-13	8.2	1716	4800
SFAC-16	9.1	1889	4791

## ■ 水稳定性分析

从表中可以看出浸水48h后半柔性复合混凝土的稳定度要远大于SMA-13，同时半柔性复合混凝土的残留稳定度要远大于SMA-13，说明半柔性复合混凝土的水稳定性要强于SMA-13。从前述分析可知，半柔性灌浆料几乎灌满基体沥青混合料的全部空隙，即使灌注率没达到100%，但剩余空隙几乎都是闭口空隙，水无法进入其中，因此水稳定性较强。

混合料	稳定度 (kN)		残留稳定度 (%)
	MS <sub>1</sub>	MS <sub>2</sub>	
SMA-13	6.7	5.9	87.8
SFAC-13	16.8	16.6	98.8
SFAC-16	22.4	21.8	97.3

## ■ 性能总结

通过上述研究结果，相比于SMA-13沥青混合料，半柔性复合混凝土性能比较如表，从表中可以看出，除了低温性能意外，半柔性复合混凝土具有优异的设计参数及抗裂、抗变形及水稳定性。

性能	相比与SMA-13
抗压回弹模量	20°C下（1.5~1.7倍）
	50°C下（2倍）
动态模量	20°C下（1.4~1.7倍）
劈裂强度（抗裂）	15°C下（1.2倍）
	50°C下（3倍）
贯入强度（抗剪切）	1.5倍
高温性能（抗变形）	4倍
低温性能	0.5倍
水稳定性	1.1倍

## ■ 半柔性路面结构组合

采用半柔性复合混凝土做面层时，在常温状态下可减少20%的路表最大拉应变，20~50%的永久变形量和提高30~70%的基层疲劳寿命，在高温状态下可减少50%的路表最大拉应变，以及提高30%~149%基层疲劳寿命。说明半柔性复合混凝土非常适用于重载交通的路面结构。

	公交车专用道、常用交叉口或重载车通行量不大的道路		重载车专用道、施工区附近的道路	
	主干路	次干路	主干路	次干路
面层	5cm SFAC-13半柔性复合混凝土	5cm SFAC-13半柔性复合混凝土	5cm SFAC-13半柔性复合混凝土	5cm SFAC-13半柔性复合混凝土
	6cm中粒式性沥青混凝土	—	6cm SFAC-16半柔性复合混凝土	—
	7cm粗粒式沥青混凝土	8cm粗粒式沥青混凝土	7cm粗粒式沥青混凝土	8cm SFAC-16半柔性复合混凝土
基层	20cm水泥稳定碎石	20cm水泥稳定碎石	20cm水泥稳定碎石	20cm水泥稳定碎石
	16cm水泥稳定碎石	20cm水泥稳定碎石	16cm水泥稳定碎石	20cm水泥稳定碎石
	16cm水泥稳定碎石	—	16cm水泥稳定碎石	—
垫层	≥15cm 级配碎石	≥15cm 级配碎石	≥15cm 级配碎石	≥15cm 级配碎石

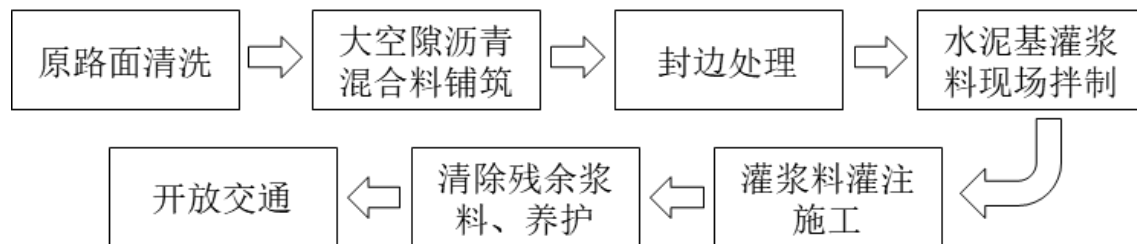


## ■ 施工工艺

**基体沥青混合料施工：**基体沥青混合料碾压时采用11~13t的双钢轮压路机静压，一般不采用胶轮压路机和大吨位的钢轮压路机，同时施工过程中不采用振动碾压。

**灌浆料灌注：**灌浆料施工应在基体沥青混合料路面温度低于50℃且为干燥状态时进行。灌注前应对灌浆料进行流动度检测，满足本规程要求方可进行灌注施工。采用橡胶刮板辅助将浆料反复在混合料表面摊铺，并采用不大于4t的小型振动压路机或平板振动器振动有浆料的路表。基体沥青混合料表面的开口空隙充满灌浆料、不再产生气泡且不形成漫流时，停止灌注。

**清除残余浆料、养护剂开放交通：**对于路表面抗滑性能的处理，在灌浆料初凝到终凝时段内采用粗毛刷垂直车辆行进方向扫刷；也可在灌浆料初凝前，在路表面喷洒缓凝剂，并在灌浆料终凝以前将表面的灌浆料冲洗干净。4小时后可开放交通，并在7天内禁止重载车辆通行。



## ■ 经济性评价

相比于SMA-13，采用半柔性复合混凝土做上面层可以提高0.5倍的使用寿命，采用半柔性复合混凝土做上、中/下面层可以提高1倍的使用寿命。江苏苏博特公司陈明在南京市江宁区车流量大、重载较多的诚信大道市政道路铺筑半柔性复合混凝土（原路面铣刨加铺5cm上面层），通车3年后，路面无明显车辙，且承载能力良好，因此，他指出半柔性路面的使用寿命一般能达到6年以上，而采用SMA-13的加铺使用寿命为2年。从辽宁新发展公路科技养护公司的半柔性复合混凝土应用调查看，其在沈山高速重载主线段加铺了5cm的半柔性复合混凝土，同时在临近车道加铺了5cm的高模量沥青混凝土，经过一年的使用后，高模量路段产生了3cm~4.5cm的车辙，而半柔性复合混凝土路段产生了0.8cm~1.2cm的车辙；说明半柔性复合混凝土实际的应用效果比理论计算结果更好。

从市面上了解到半柔性复合混凝土路面的造价在40元/m<sup>2</sup>，而半柔性复合混凝土的使用寿命是SMA-13的两倍，计算结果如表所示，使用寿命取至文献中的加铺使用寿命，从表中可以看出，半柔性路面的平均年造价低于SMA-13，具有良好的经济和社会效益。

半柔性复合混凝土路面与SMA-13造价分析

材料名称	造价（元/m <sup>2</sup> ）	使用寿命（年）	平均每年造价（元/m <sup>2</sup> ）
半柔性路面材料	40	4	10
SMA-13	24	2	12

- ◆ 1 半柔性路面材料-重载路面解决方案
- ◆ 2 高性能液体沥青混合料-路面养护材料（低碳、便捷）
- ◆ 3 旧路面注浆加固材料-提升旧路承载能力
- ◆ 4 其他新型材料-超薄罩面、再生雾封层

## ■ 研究背景

### 发展趋势

道路  
建造



道路  
管养

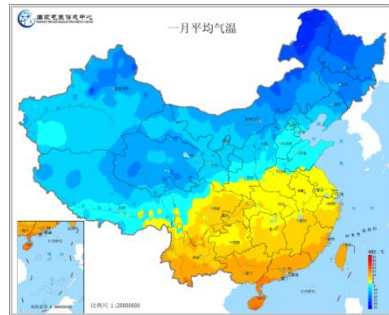


政策  
引导

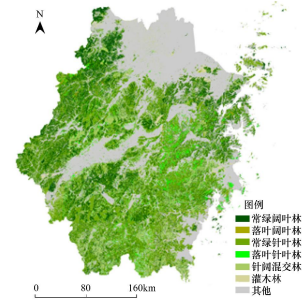


绿色、  
环保、  
可持续

施工  
环境



我国一月平均气温分布



我省林区分布

地区  
限制

- 养护体量小、拌合站费用高
- 现场热再生体量小，间歇性拌合、养护质量差
- 采购的冷补料价格高，效果不理想

## ■ 研究背景

### ➤ 热拌沥青混合料



- 污染大
- 设备成本高
- 使用地点与季节受限

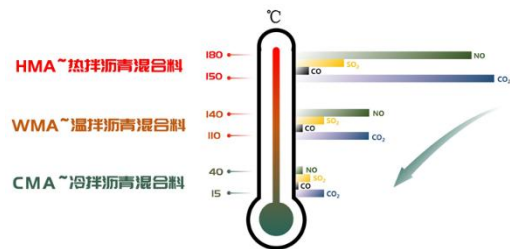
### ➤ 冷拌冷铺沥青混合料



常温拌合

常温摊铺

广泛适用



- 能源消耗低
- 环境污染小
- 适用温度范围广
- 不受设备限制
- 便于储存运输
- .....

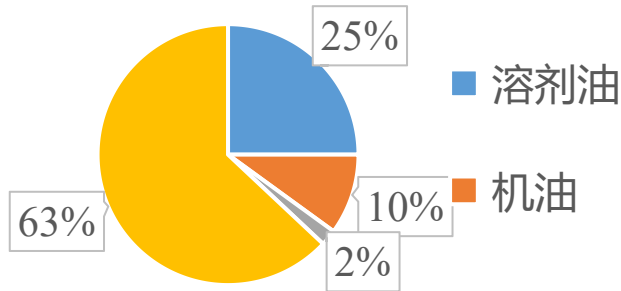
## 2 液体沥青材料组成设计

**液体沥青**是用柴油、煤油、汽油等与沥青同源的有机溶剂将基质沥青稀释而成的沥青产品。



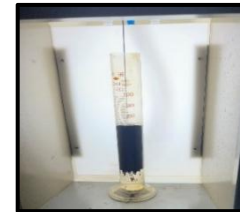
基质沥青  
+  
稀释剂  
+  
添加剂

组成比例



### 液体沥青技术指标

指标项目	单位	结果
馏分含量 (360°C)	%	16.2
沥青含水率	%	0
残留沥青针入度 (25°C、100g、5s)	0.1mm	165.6
残留沥青延度 (25°C、5cm/min)	cm	>100
标准粘度 (25°C、5mm)	s	28.15



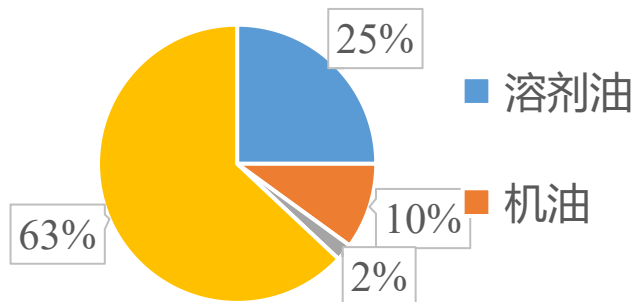
# 3 液体沥青混合料路用性能评价

**液体沥青**是用柴油、煤油、汽油等与沥青同源的有机溶剂将基质沥青稀释而成的沥青产品。



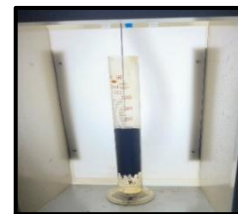
基质沥青  
+  
稀释剂  
+  
添加剂

组成比例



## 液体沥青技术指标

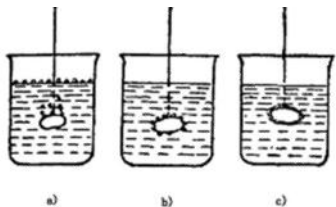
指标项目	单位	结果
馏分含量 (360°C)	%	16.2
沥青含水率	%	0
残留沥青针入度 (25°C、100g、5s)	0.1mm	165.6
残留沥青延度 (25°C、5cm/min)	cm	>100
标准粘度 (25°C、5mm)	s	28.15



# 3 液体沥青混合料路用性能评价

## 粘附性

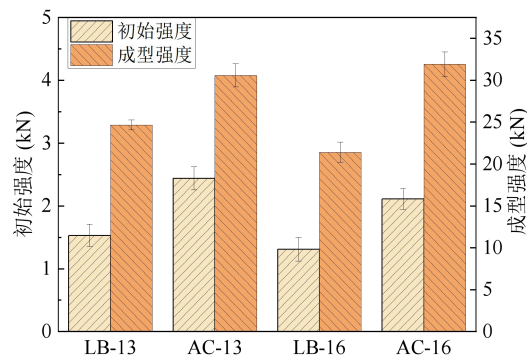
采用**水煮法**进行粘附性能评价，经过水煮后，少部分沥青膜有所移动，但是剥离面积较小，评定**粘附性等级为4级**（小部分沥青膜发生剥落，裹附厚度不均匀，剥离面积百分率 < 10%）



## 初始强度和成型强度

**初始强度**：双面各击实50次成型的试件脱模后于13°C水浴箱中保温60 min后测定的马歇尔稳定度。

**成型强度**：双面击实25次，连同试模在110°C烘箱中侧置中养生24h，取出后再双面击实25次，再连同试模在室温中竖置8h以上，制成的马歇尔试件脱模后在25°C恒温水槽中保温60min后测定的马歇尔稳定度。



- **初始强度 << 成型强度**
- **LB型级配 < AC型级配**





# 3 液体沥青混合料路用性能评价

## 高温稳定性

关于液体沥青混合料高温稳定性的评价方法各不相同，目前我国主流的测试是**高温车辙试验**。因此，采用此方法评价液体沥青混合料高温稳定性，评价指标是动稳定度。

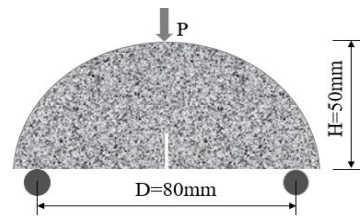
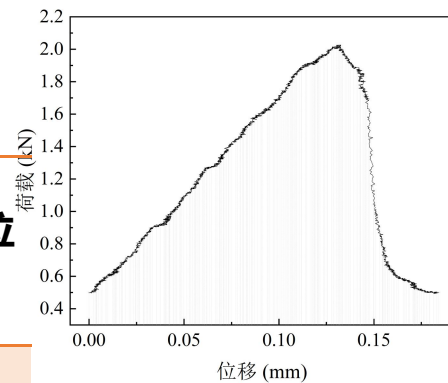
类型	DS(次)
LB-16	822.5
AC-16	482.2

## 低温抗裂性

**半圆弯曲试验 (SCB)** 来评价液体沥青混合料的抗拉强度，研究认为这种试验受力方法与路面结构真实受力相吻合，更具有真实性。

级配	断裂能 (J/m <sup>2</sup> )	峰值荷载 (kN)	峰值荷载对应位移 (mm)
AC-16	557.4	2.72	0.386
LB-16	224.7	1.72	0.137

### 韧性断裂



# 3 液体沥青混合料路用性能评价

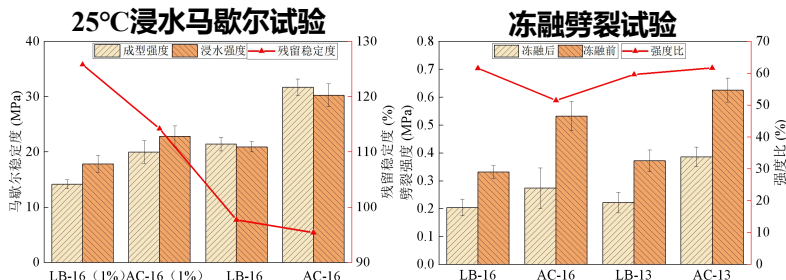
## 水稳定性

## 抗疲劳性

水稳定性  
评价方法

浸水马歇尔试验

冻融劈裂试验



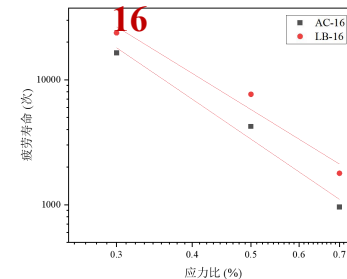
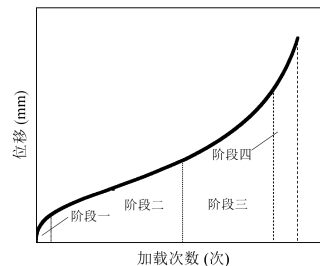
水稳定性  
早期强度  
薄弱环节

劈裂试验 主要是早期性能差

类型	初始劈裂强度 (MPa)	成型劈裂强度 (MPa)
LB-16	0.003	0.451
AC-	0.024	0.692



劈裂疲劳试验 — LB-16疲劳寿命高于AC-

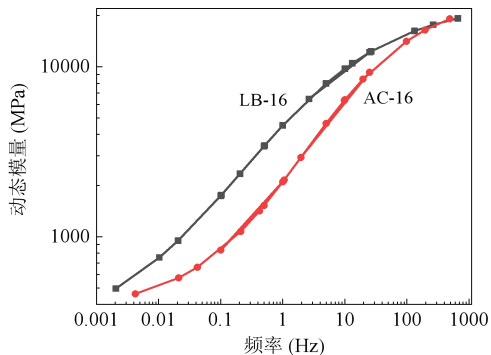


加载中位移变化曲线图

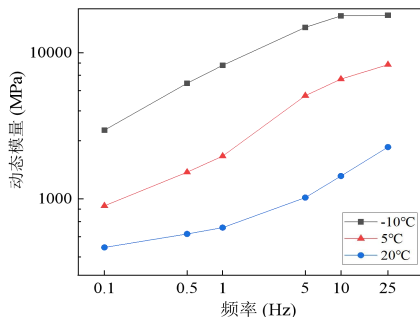
线性疲劳方程

# 3 液体沥青混合料路用性能评价

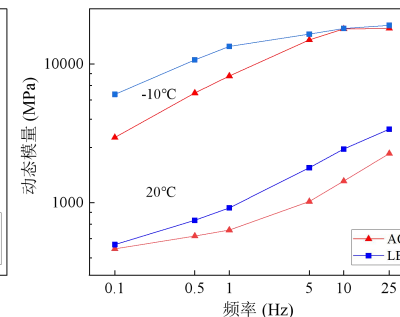
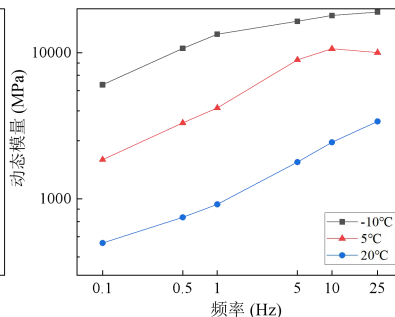
## 动态模量



两种级配5°C下的动态模量主曲线



AC-16 (左) LB-16 (右) 动态模量



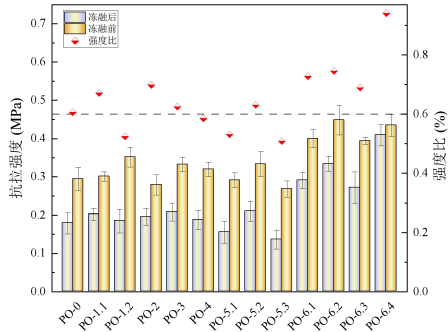
-10°C和20°C下的动态模量

- 通过Sigmoid函数模型构建液体沥青混合料主曲线，**拟合度均在0.9以上**
- 在低频（高温）段**LB级配**液体沥青混合料动态模量高于AC级配，**更不易产生变形**。在高频（低温）段，两种级配动态模量基本一致
- 在10Hz荷载作用下拟合出的动态模量**LB-16：2686MPa，AC-16：2188MPa**，LB级配动态模量明显高于AC级配

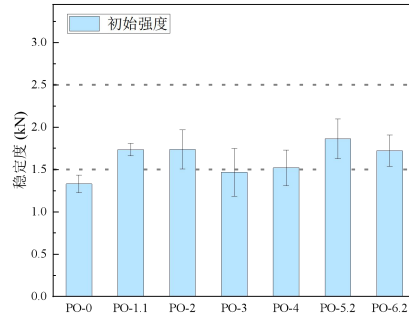
# 3 液体沥青混合料路用性能评价

## ➤ 改性方案试验结果对比

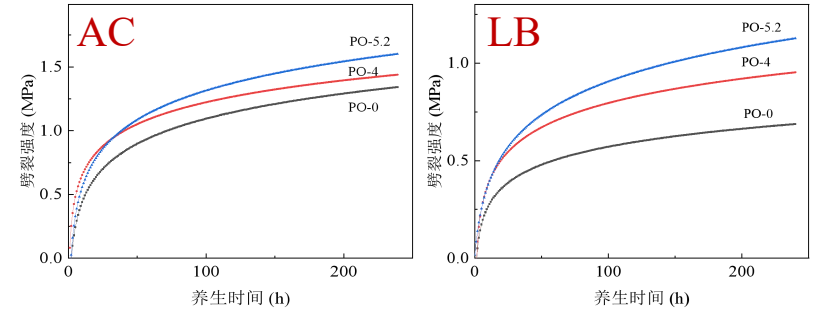
### 水稳定性



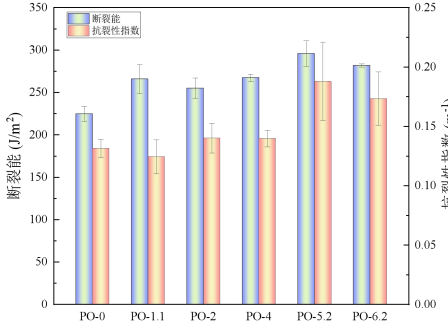
### 初始强度



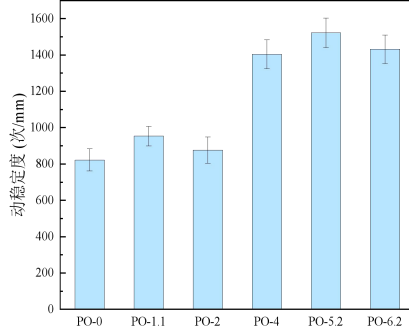
### 强度增长速率



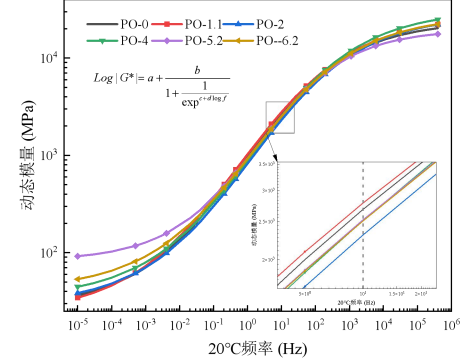
### 低温抗裂性



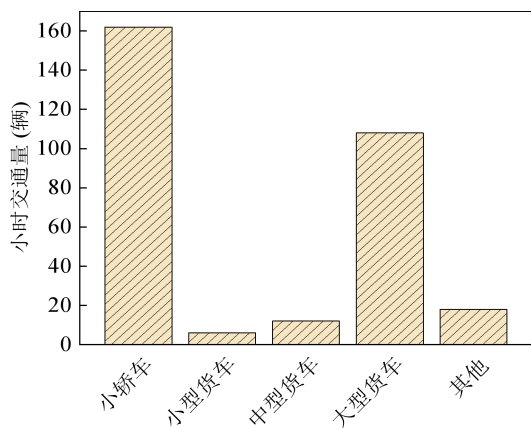
### 高温稳定性



### 动态模量



# 4 液体沥青混合料试验路铺筑与性能分析

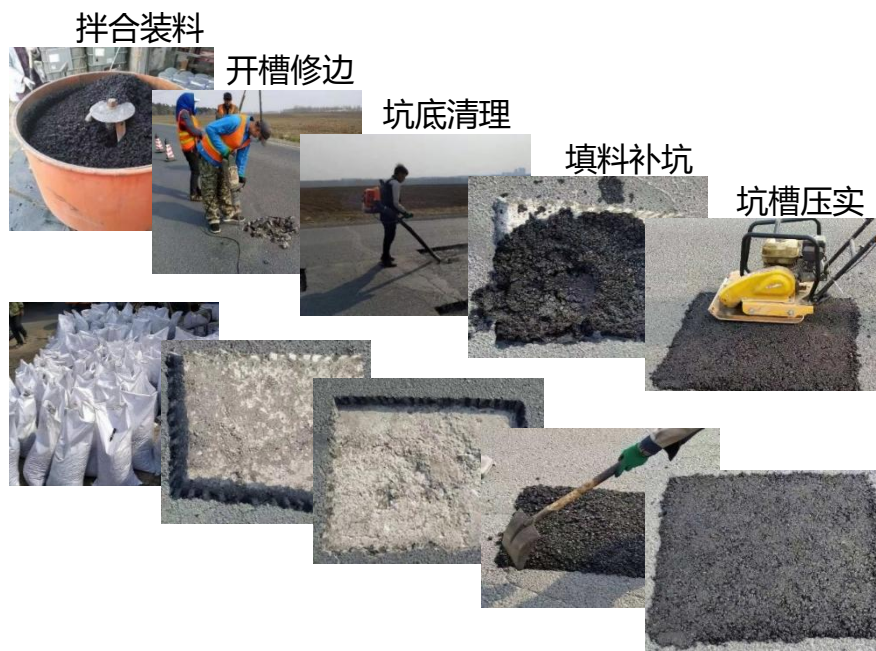


- 大货车多
- 车速快
- 超载严重

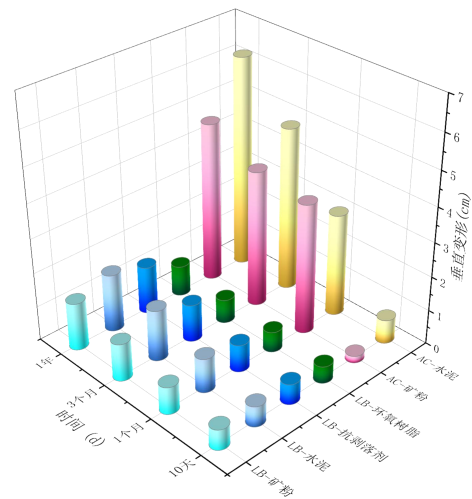
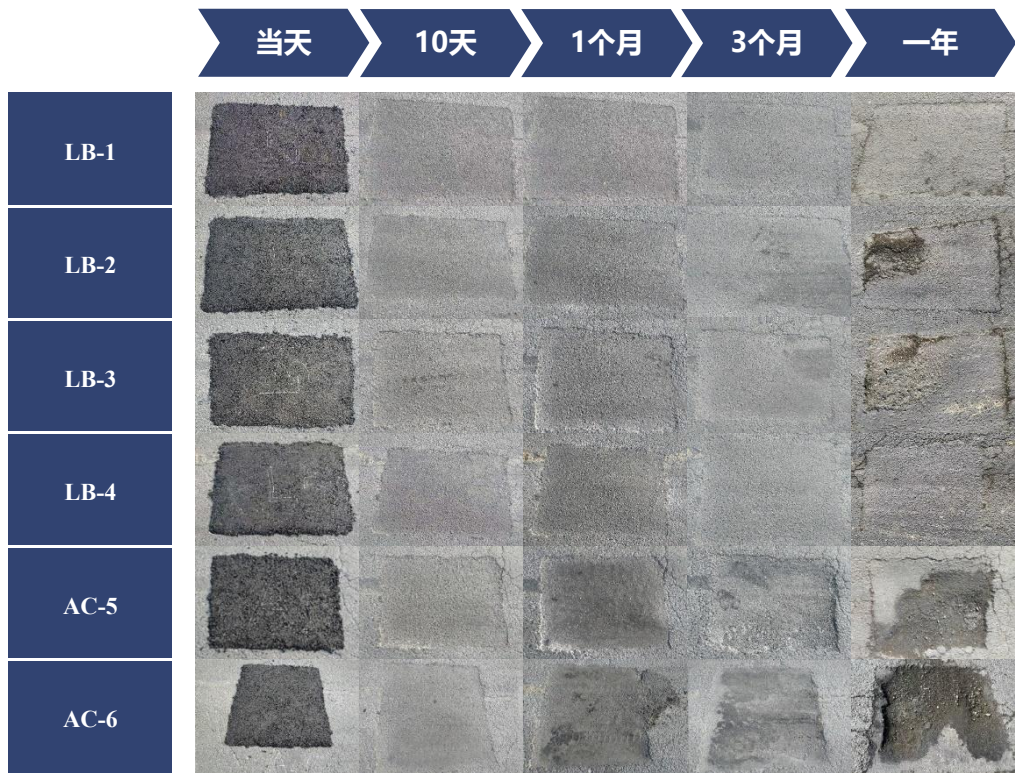


**路面损坏严重**

原来是**水泥混凝土路面**，后期进行“白改黑”**加铺沥青混凝土路面**，加铺厚度7-10cm。



# 4 液体沥青混合料试验路铺筑与性能分析



修补位置坑槽深度测量

- 性能验证过程中，LB级配修补-添加改性剂的使用性能最好。一年过程中修补位置表面集料无明显脱落，无车辙现象出现。
- 室内试验各项性能AC级配优于LB级配，但实际工程中**LB级配液体沥青混合料路用效果更优。**



## 环境效益分析

生命周期方法  
(LCA)



各阶段碳排放统计结果

混合料 类型	原材料		混合料		摊铺	碾压	合计
	生产	运输	拌合	运输			
LB-16 (液体沥青)	13803.75	18342.99	4486.48	2630.27	79.16	10.38	39353.04
AC-16 (液体沥青)	17120.67	17163.56	4641.86	2714.81	79.16	10.38	41730.45
AC-16 (90#沥青)	12446.88	17748.39	13647.35	2735.95	79.16	10.38	46668.11

- AC级配热拌沥青混合料>AC级配液体沥青混合料>LB级配液体沥青混合料；
- 总排放量AC级配液体沥青混合料与热拌沥青混合料相比降低了10.6%，**LB级配液体混合料相比降低了15.7%**；
- 沥青混合料生产过程中集料、沥青等材料加热为气体排放主导影响因素，属于高能耗、高排放关键节点，冷拌技术能够充分体现其优势，液体沥青混合料具有**显著节能减排效果**。

- ◆ 1 半柔性路面材料-重载路面解决方案
- ◆ 2 高性能液体沥青混合料-路面养护材料（低碳、便捷）
- ◆ 3 旧路面注浆加固材料-提升旧路结构承载能力
- ◆ 4 其他新型材料-超薄罩面、再生雾封层



# 1 技术背景



下陷

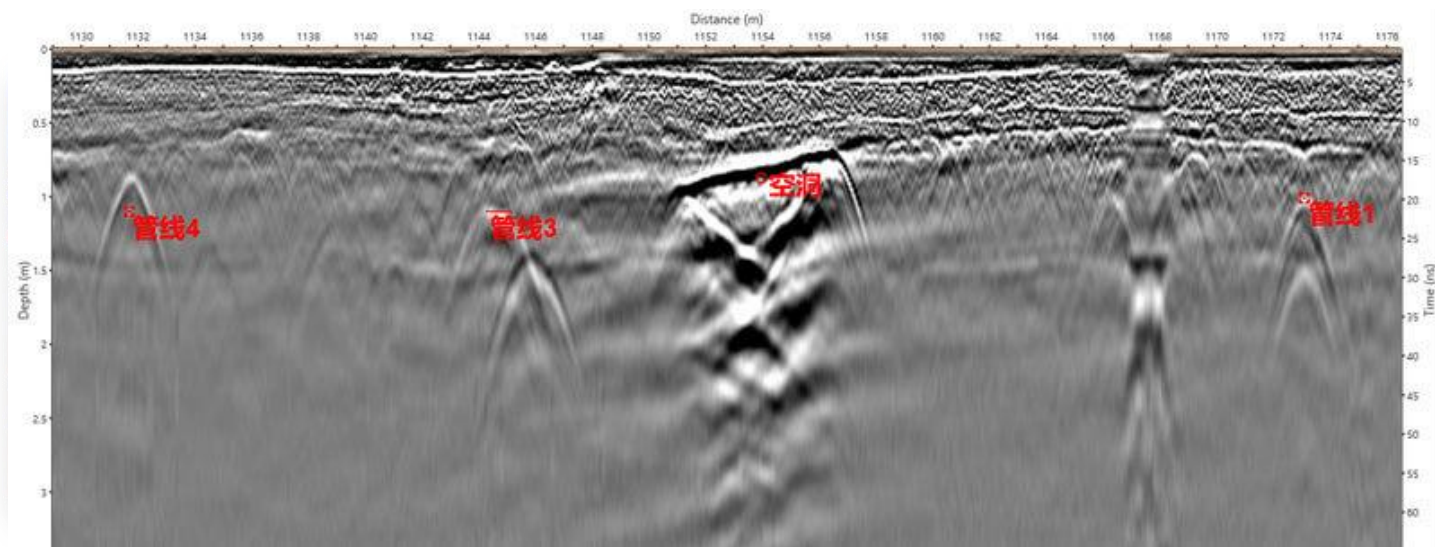


反射裂缝



承载能力不足

基层、路基破坏



如何开展沥青路面养护?

### □ 注浆加固材料

- 注浆材料能够渗透注入到碎石的缝隙中，浆液通过化学胶结，离子交换、惰性充填和挤密压密作用把原来碎石胶结成一整体，形成一个结构新、强度大、防水性能高和化学稳定性良好的“结石体”，从而达到加固路基、提高道路承载力的目的； ◆ **细度好，填隙效果好**
- 浆液流动性较好，注浆材料在压力下具有较好的保水性能及体积稳定性； ◆ **流动性好**
- 考虑到道路交通压力的要求，注浆材料需要具有满足快速开放交通的早期强度，后期强度继续增长等特点。 ◆ **早期强度高**
- 经采用这种注浆材料注浆加固后道路基层致密，缺损或薄弱部分得到了补强，承载能力得到提高。该材料除了自身强度高、流动度大、可注性好之外，还具有良好的黏结性，特别是对于各类碱性材料其黏结性能更为突出。  
◆ **适用范围广**

## 2 注浆加固材料

### □ 注浆加固材料性能

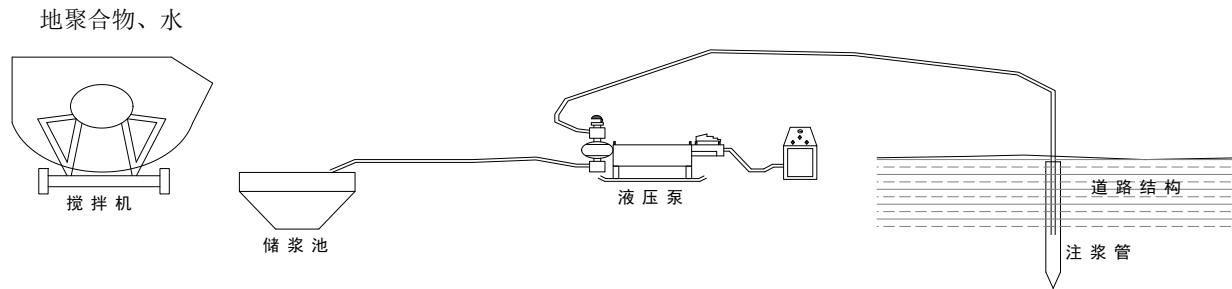
性能指标	泌水率 (%)		膨胀率 (%)		抗压强度 (MPa)					
	3小时	24小时	3小时	24小时	3小时	6小时	1天	3天	7天	28天
标准要求	≤0.40	≤0.40	≥0.01	≥0.01	—	—	≥10	—	≥20.0	≥40.0
注浆加固材料	0	0	0.2	0.3	—	—	15.0		26.6	45.5

# 3 注浆加固施工工艺

## □ 施工工艺步骤如下：

管线交底（摸清管线位置）→ 孔位布置 → 钻孔 → 清孔 → 埋注浆管 → 管口周围密封 → 浆料拌制 → 路基注浆 → 冒浆孔封堵 → 拔管基层注浆（步骤同上） → 养护 → 开放交通 → 交工验收。

### 地聚合物注浆示意图

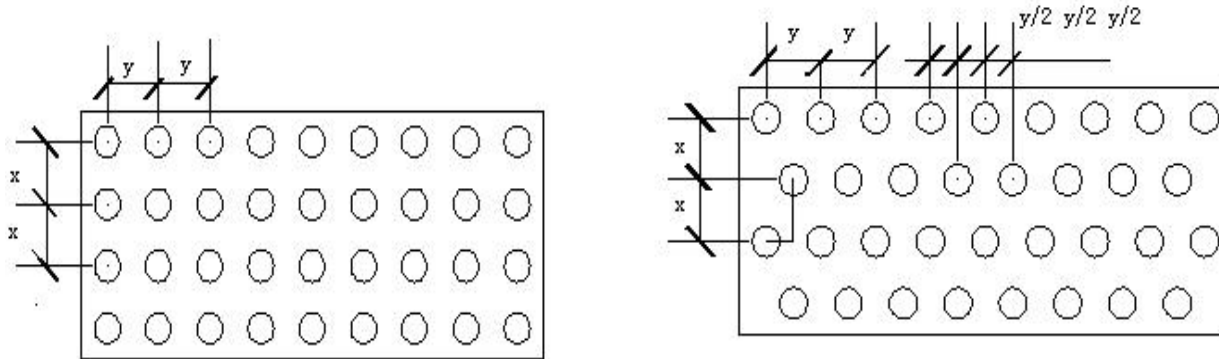


# 3 注浆加固施工工艺

## □ 孔位布置：

**原则：** 1) 应能使被加固土体在平面和深度范围内连成一个整体。 2)

当路面下铺设地下管线时，注浆孔位或注浆深度应视地下管线位置及埋深情况予以避让，注浆加固不得对原有地下管线造成不利影响。



## □ 注浆加固深度：

- **基层加固深度：**应穿透路面基层，达到基层底面以下**10cm**为宜
- **基层加固深度：**应深入路床顶面以下至少**80cm**，且下部土路基性状不良时，注浆深度应进一步加深
- **现场**还参考三渣基层损坏情况和钻孔取样时见湿土、见水或透水孔来确定注浆深度

## □ 注浆压力：

- **基层：**压力控制在**0.3~1.0MPa**，注浆最大压力超过**1.0MPa**时，应立即暂停注浆，**15min**后再次注浆，如果仍然超过**1.0MPa**，则此次注浆结束。
- **路基：**压力控制在**0.5~1.5MPa**，注浆最大压力超过**1.5MPa**时，应立即暂停注浆，**15min**后再次注浆，如果仍然超过**1.5MPa**，则此次注浆结束。

## 4 注浆加固适用范围及优势

- **道路养护：**路基和基层补强加固
- **拓建道路：**新旧车道拼接处加固，预防不均匀沉降产生纵缝
- **高架匝道：**治理不均匀沉降
- **桥接坡加固：**有效治理及延缓桥头跳车
- **混凝土板底脱空：**微膨胀加固板底脱空，延长使用寿命

## □ 技术优势

### 道路养护微创技术—输液式加固高效养护道路



### 技术优势

- 养护与预养护：该成套技术可用于道路常规养护，公路升级改造、预防性养护
- 契合行业发展：节能环保，利用固废，契合十二五规划“绿色养护”

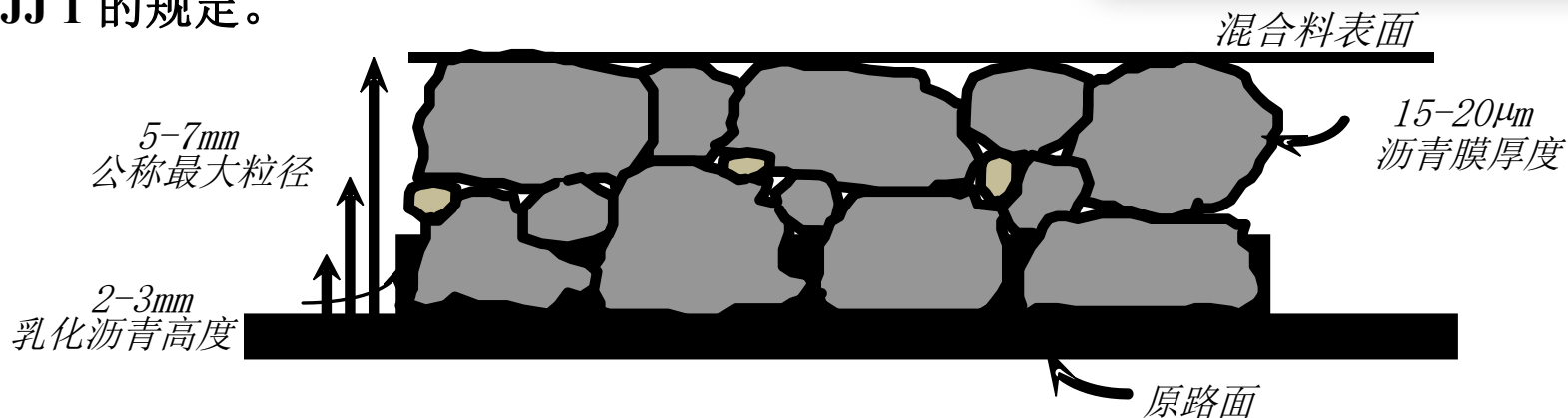


- ◆ 1 半柔性路面材料-重载路面解决方案
- ◆ 2 高性能液体沥青混合料-路面养护材料（低碳、便捷）
- ◆ 3 旧路面注浆加固材料-提升旧路结构承载能力
- ◆ 4 其他新型材料-超薄罩面、再生雾封层

超薄罩面层是一项应用广泛的预防性养护技术，它是在原路面上洒布一层粘层油，再在其上加铺一层沥青混合料面层，厚度在3.0cm以下。

薄层热拌沥青混凝土罩面应符合下列规定：

- 沥青混合料宜采用改性沥青、高黏度改性沥青或橡胶粉改性沥青，厚度不宜超过 30mm；
- 薄层沥青罩面施工时气温不得低于10C，雨天、路面潮湿或大风等情况下严禁施工，并应符合现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的规定。



适用于路面结构强度较高，路表出现破损的路面

再生雾封层是采用专用设备将（改性）乳化沥青、道路处治剂、沥青再生剂等乳剂型或油剂型雾封层材料直接喷洒在道路表面的一种预防性养护技术。雾封层可以填封道路表面微小裂缝和表面空隙，起到防水和抑制松散的作用，可防止路面材料进一步老化。

再生雾封层宜用于城镇快速路和主干路的上封层，并应符合下列规定：

- 含砂) 雾封层宜采用专用喷洒设备施工。施工前应清除路面的灰尘、砂土及其他杂物等，施工时路面温度应大于或等于 $15^{\circ}\text{C}$ ，环境湿度宜小于或等于80%，下雨前和下雨过程中不得进行雾封层施工。
- 采用(含砂)雾封层预防性养护措施应检测路面抗滑性能，施用雾封层后路面抗滑性能应满足本规范中B级及以上要求。(含砂)雾封层喷洒完毕后路面应封闭养护，待雾封层干涸后方可开放交通。



适用于路面结构完好，表层颜色较浅、轻微裂缝（高架桥）



谢谢

恳请各位批评指正