

沥青路面养护工程 耐久性技术与应用

柳 浩

北京市政路桥建材集团有限公司 总工程师

北京市市政路桥绿色建材工程技术研究中心 主任

公路交通节能环保技术及装备交通运输行业研发中心 主任

2020年5月28日

目 录

一、背景

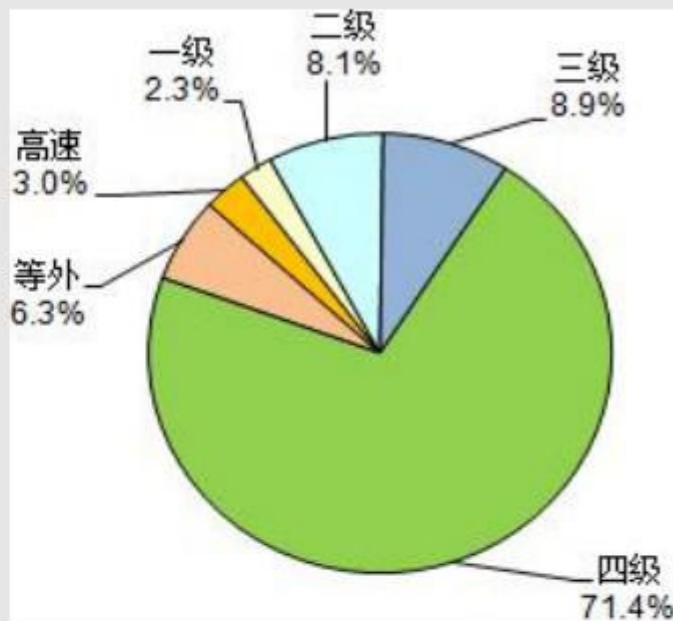
二、路面调查、检测与分析

三、路面结构与材料设计

四、混合料生产与路面施工

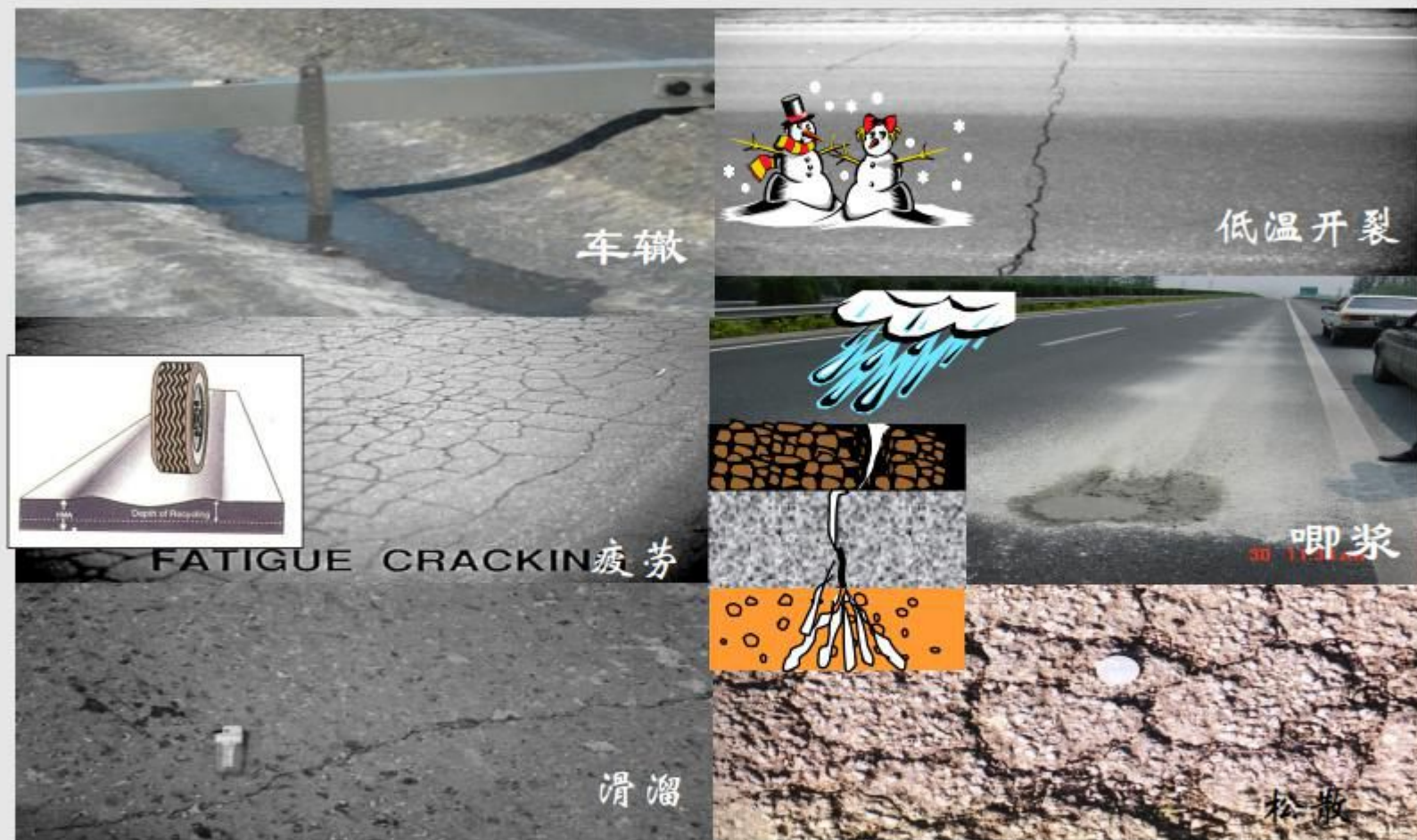
五、小结

一、背景



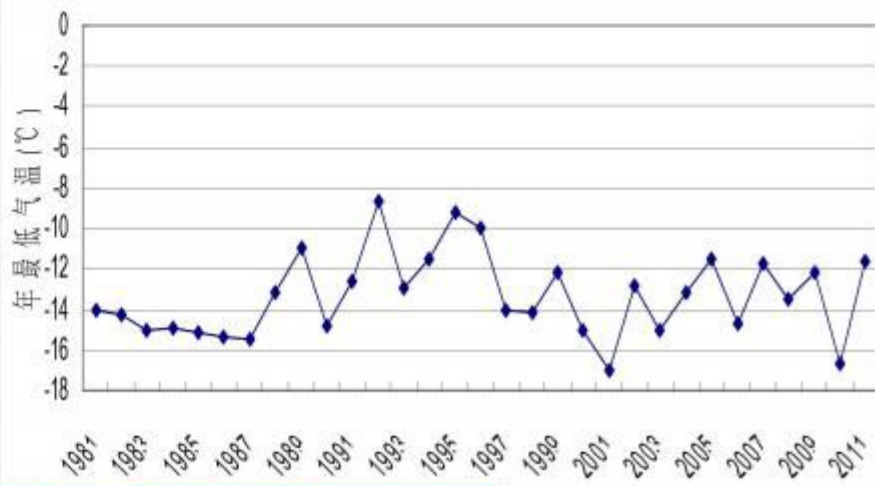
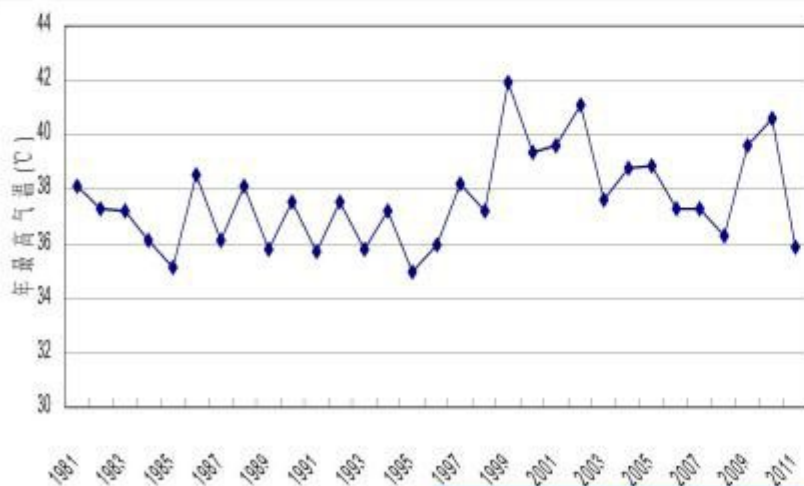
- 改革开放40年来，中国公路建设突飞猛进，1978年，全国公路通车总里程89万公里，公路密度9.27公里/百平方公里。
- 2019年末全国公路总里程501.25万公里，公路密度52.21公里/百平方公里。
- 高速公路里程14.96万公里，居世界第一。
- 公路养护里程495.31万公里，占公路总里程98.8%。

一、背景



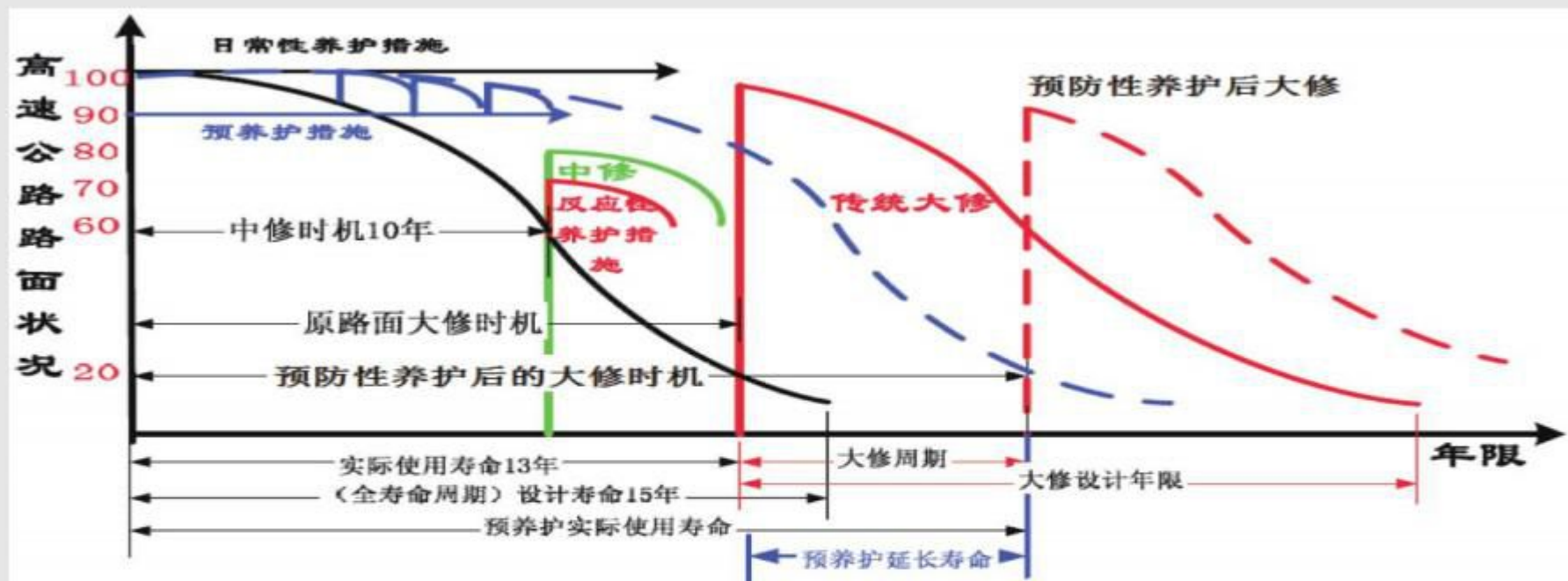
- 沥青路面应具备抵抗交通荷载和环境因素造成的破坏
- 我国的沥青路面早期破坏严重，需要提高耐久性

一、背景



气候及交通荷载

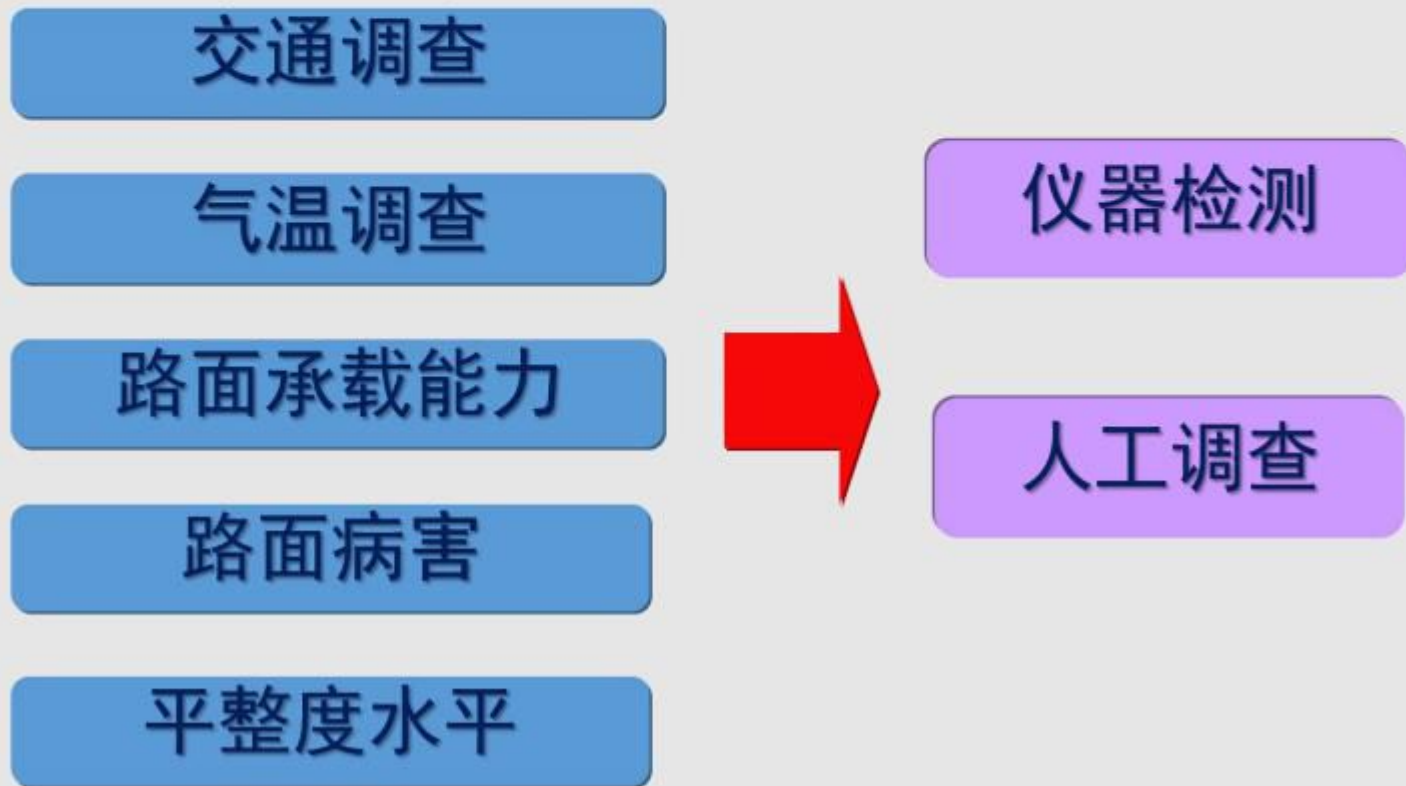
一、背景



沥青路面大修工程流程

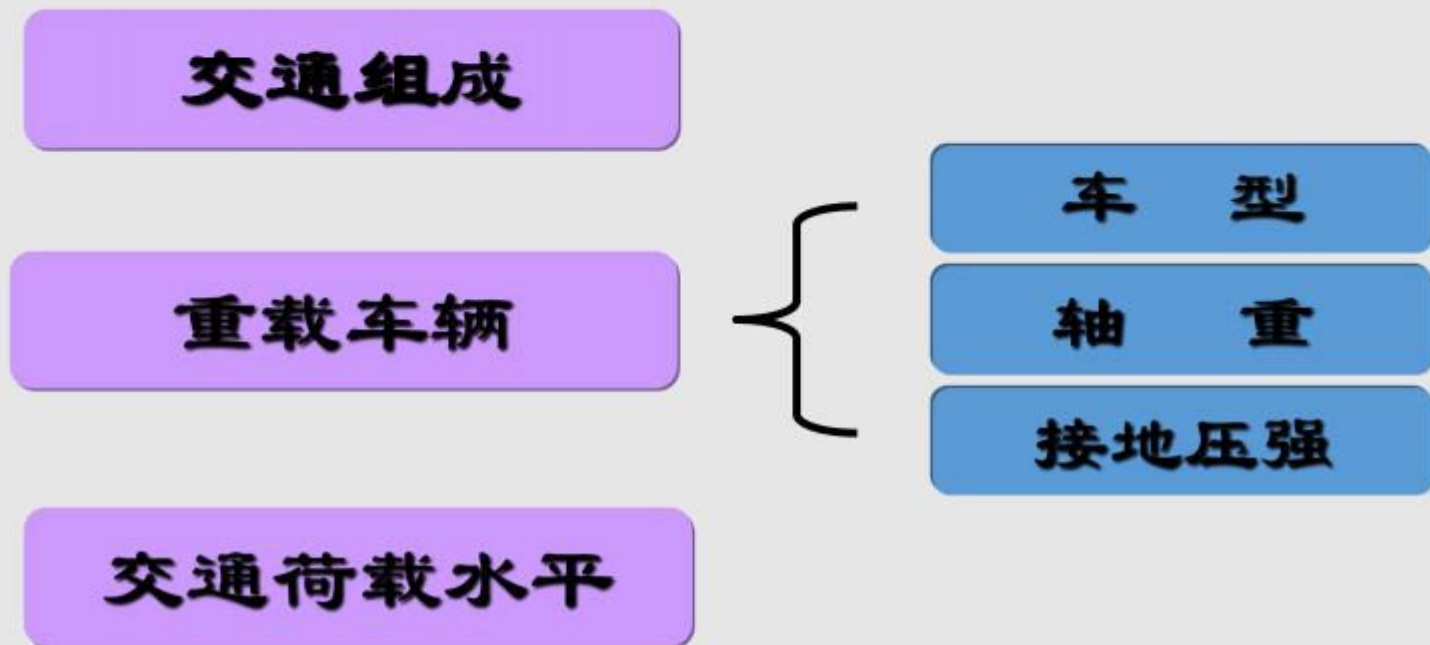
二、路面调查、检测与分析

- ◆ 为全面掌握沥青路面的使用状况，提出针对性的结构与材料设计，需要进行全面调查与检测；
- ◆ 路况调查与检测内容：

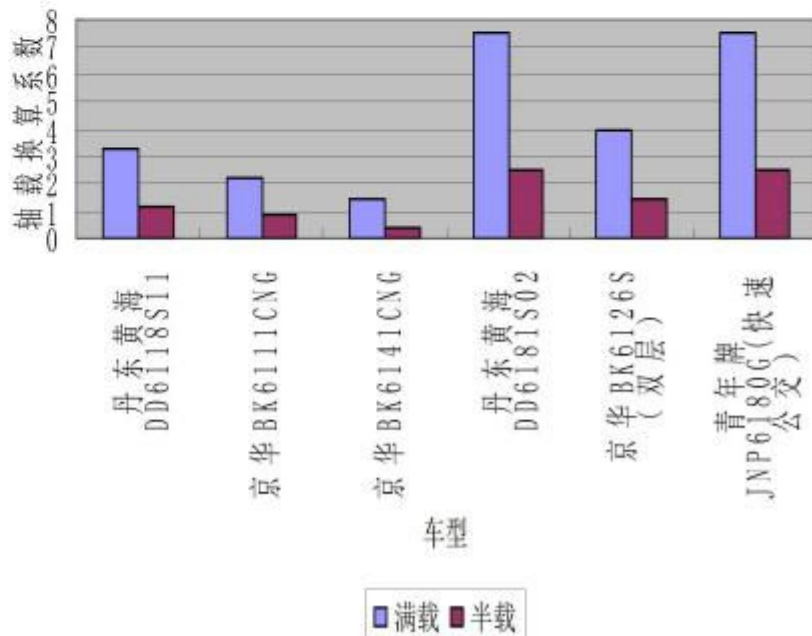
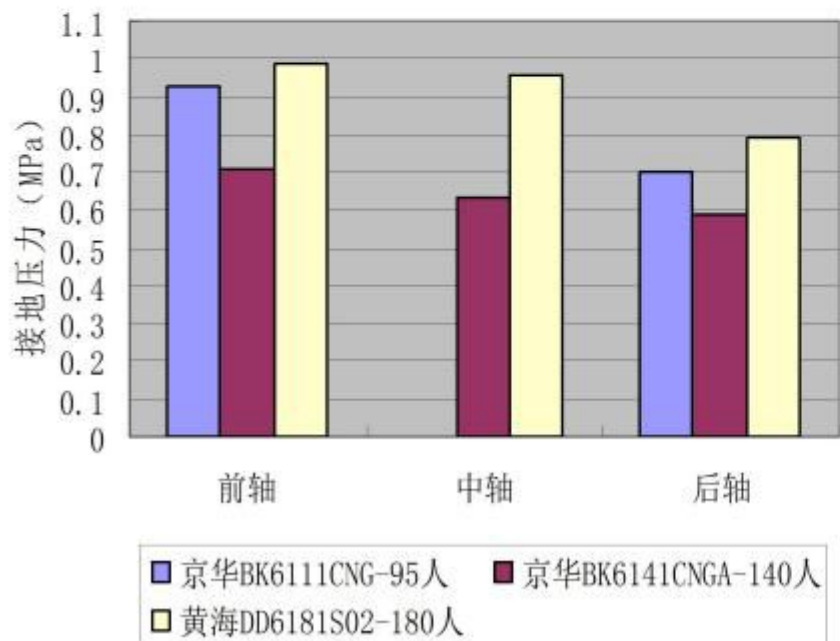


二、路面调查、检测与分析

- 交通量调查；
- 重载车辆种类、数量、运行情况；
- 对轴载进行检测：车辆轴重、接地压强等。



二、路面调查、检测与分析



二、路面调查、检测与分析

车辙试验结果

轮压大小(Mpa)	0.7	1.1	1.5
动稳定度(次/mm)	3500	1800	807
总变形(mm)	2.86	5.21	6.23

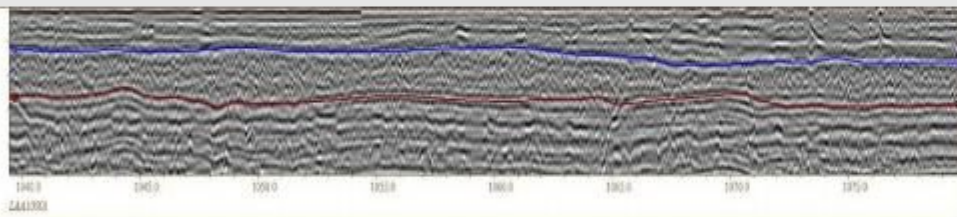
二、路面调查、检测与分析

• 承载能力调查

• 弯沉调查

• 雷达检测

• 钻芯取样



8cm细粒式
4cm中粒式
4cm沥青贯入式
混凝土基层较完整
沥青层与基层粘结较差



5cm细粒式
6cm中粒式
9cm中粒式
未取出基层
上部已松散
两层中粒式之间粘结较差



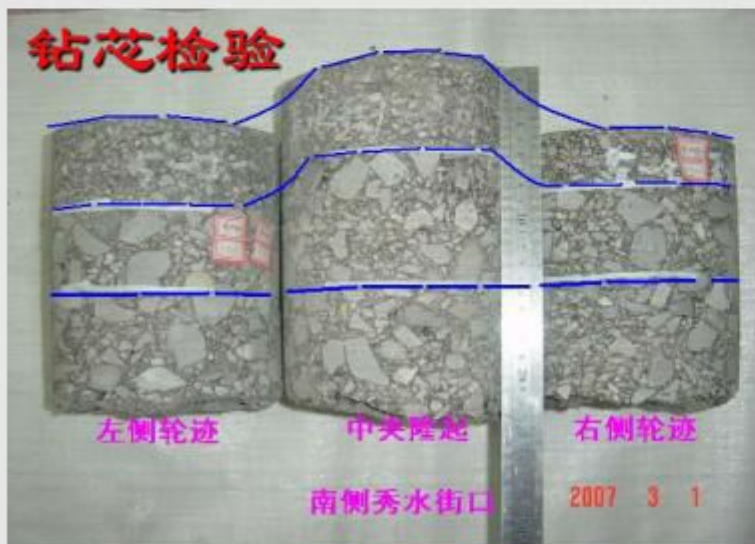
路面结构层检测

二、路面调查、检测与分析

取芯检测



二、路面调查、检测与分析



车辙病害调查

二、路面调查、检测与分析



裂缝上下贯通



中面层松散

裂缝调查

二、路面调查、检测与分析

□ 结构因素

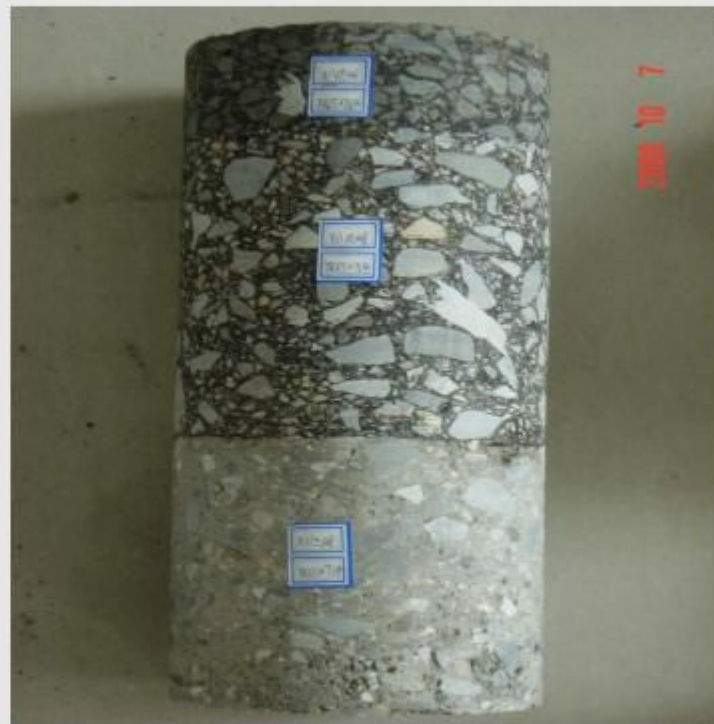
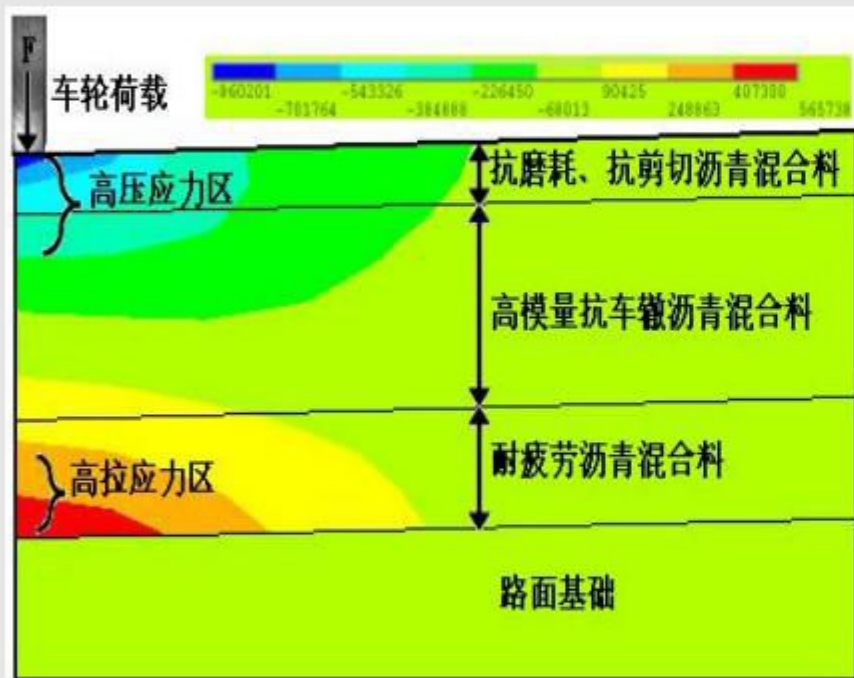
- 中下面层模量偏低
- 沥青混合料的公称最大粒径与结构层厚度不匹配
- 层间粘结不好

□ 材料因素

- 原材料：中下面层采用的沥青偏软，多采用90#沥青
- 混合料级配：中下面层多采用悬浮密实型沥青混合料
- 混合料的高温、低温性能要求偏低

沥青混合料类型	AC (SMA13 OGFC13)	AC (SMA16 OGFC16)	AC20	AC25	AC30
公称最大粒径 (mm)	13.2	16	19	26.5	31.5
2.5~3倍公称最大粒径的最小厚度 (mm)	33~40	40~48	48~57	66~80	79~95
设计厚度 (mm)	25~30	30~40	40~50	50~70	50~70

三、路面结构与材料设计



- 针对沥青路面结构不同层次应力状态和功能的不同，将路面结构设计成不同的功能层，适应路面结构不同区域应力状态和功能要求，选择相应的沥青混合料。

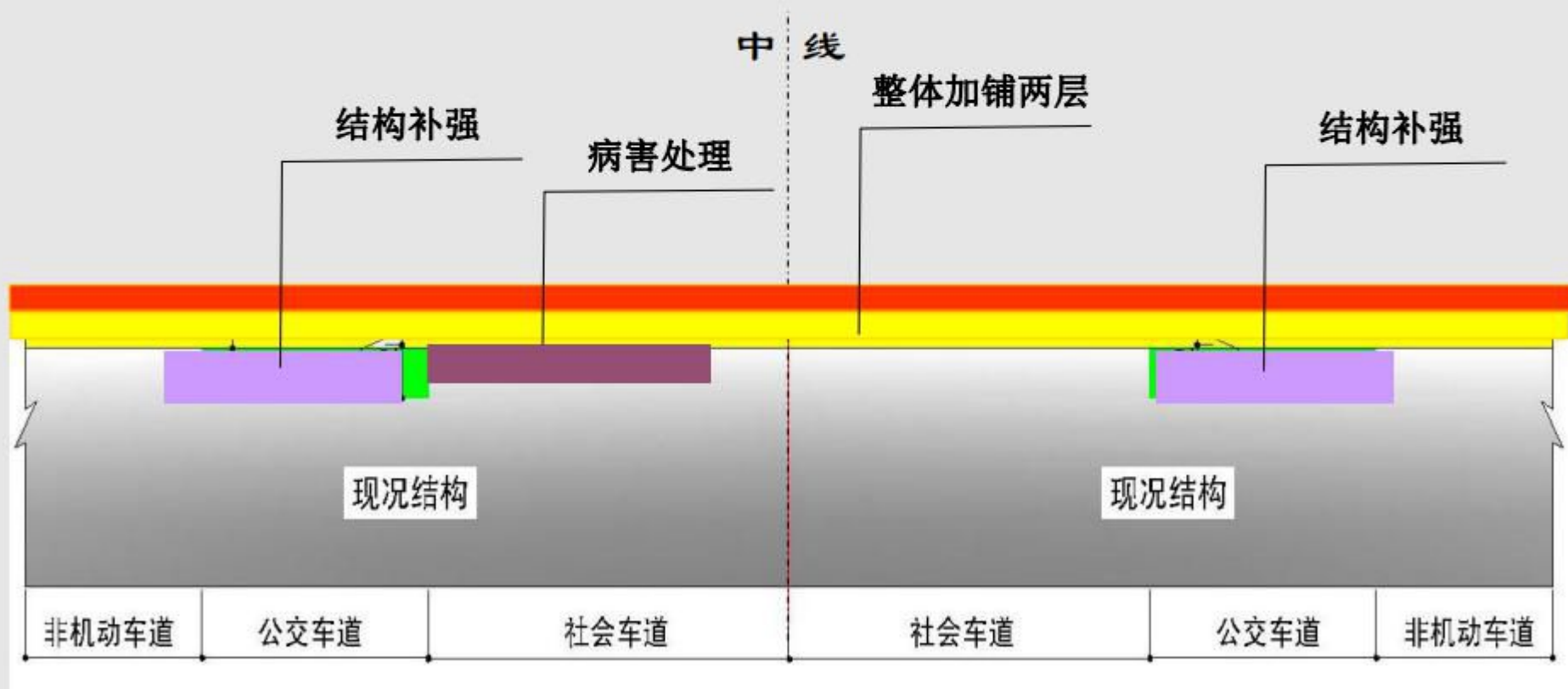
二、路面调查、检测与分析

- 检测结论与建议

- 荷载情况：重载？
- 结构类型及强度：半刚性？柔性？是否需要补强？
- 主要病害：车辙？裂缝？水损坏？
- 养护目标：改善承载能力？抗车辙、抗裂？
- 结构设计建议：
 - 结构层及厚度；
 - 抗车辙
 - 抗裂
 - 提高耐久性

三、路面结构与材料设计

路面结构加铺示意图



三、路面结构与材料设计

材料性能指标要求

性能指标	高温性能		低温性能		水稳定性	
	动稳定度 (次/mm)	备 注	冻断温度 (℃)	极限应变	冻融TSR	残留稳定度
表面层	> 2,800	70℃, 1.0MPa	低于-20	> 2,500	> 85%	> 85%
下面层	> 3,000	特殊路段, 70℃, 1.0MPa	低于-15	> 2,000	> 80%	> 80%
	> 5,000	60℃, 0.7MPa				
补强层	> 3,000	60℃, 0.7MPa	—	> 2,000	> 75%	> 75%

三、路面结构与材料设计

结构功能及材料组合

结构层位	主要结构功能	备选材料类型
表面层	表面平整、抗滑、耐久； 抗车辙、低温抗裂、密水性好。	SMA-13（SBS和湖沥青 双改性、SBS改性）
下面层	抗车辙、低温抗裂、 密水性好，调平。	AC-16/20 （SBS、70#+PR、70#+岩沥青）
补强层	抗车辙、抗疲劳， 提高结构承载能力。	ATB-25（30#、70#+抗车辙）
粘 层	层间粘结、防水、缓解应力。	SBS改性乳化沥青粘层油、 环氧沥青防水粘结层、 橡胶沥青防水粘结层。

三、路面结构与材料设计

沥青的性能

道路石油沥青技术要求

表 4.2.1-1

指标	单位	等级	沥青标号																试验方法 [1]		
			160号 ^[4]	130号 ^[4]	110号			90号					70号 ^[4]					50号		30号 ^[4]	
针入度(25℃,5s,100g)	dmm		140~200	120~140	100~120			80~100					60~80					40~60	20~40	T 0604	
适用的气候分区 ^[6]			注[4]	注[4]	2-1	2-2	3-2	1-1	1-2	1-3	2-2	2-3	1-3	1-4	2-2	2-3	2-4	1-4	注[4]	附录 A ^[5]	
针入度指数 PI ^[2]		A	-1.5~+1.0																T 0604		
		B	-1.8~+1.0																		
软化点(R&B) 不小于	℃	A	38	40	43			45			44		46		45		49	55	T 0606		
		B	36	39	42			43			42		44		43		46	53			
		C	35	37	41			42					43				45	50			
60℃动力粘度 ^[2] 不小于	Pa.s	A	-	60	120			160			140		180		160		200	260	T 0620		
10℃延度 ^[2] 不小于	cm	A	50	50	40			45	30	20	30	20	20	15	25	20	15	15	10	T 0605	
		B	30	30	30			30	20	15	20	15	15	10	20	15	10	10	8		
15℃延度 不小于	cm	A、B	100																80	50	
		C	80	80	60			50			40					30	20				
蜡含量(蒸馏法) 不大于	%	A	2.2																T 0615		
		B	3.0																		
		C	4.5																		
闪点 不小于	℃		230				245				260								T 0611		
溶解度 不小于	%		99.5																T 0607		
密度(15℃)	g/cm ³		实测记录																T 0603		
TFOT (或 RIFOT)后 ^[1]																				T 0610 或 T 0609	
质量变化 不大于	%		±0.8																		
残留针入度比 不小于	%	A	48	54	55			57					61					63	65	T 0604	
		B	45	50	52			54					58					60	62		
		C	40	45	48			50					54					58	60		
残留延度(10℃) 不小于	cm	A	12	12	10			8					6					4	—	T 0605	
		B	10	10	8			6					4					2	—		
残留延度(15℃) 不小于	cm	C	40	35	30			20					15					10	—	T 0605	

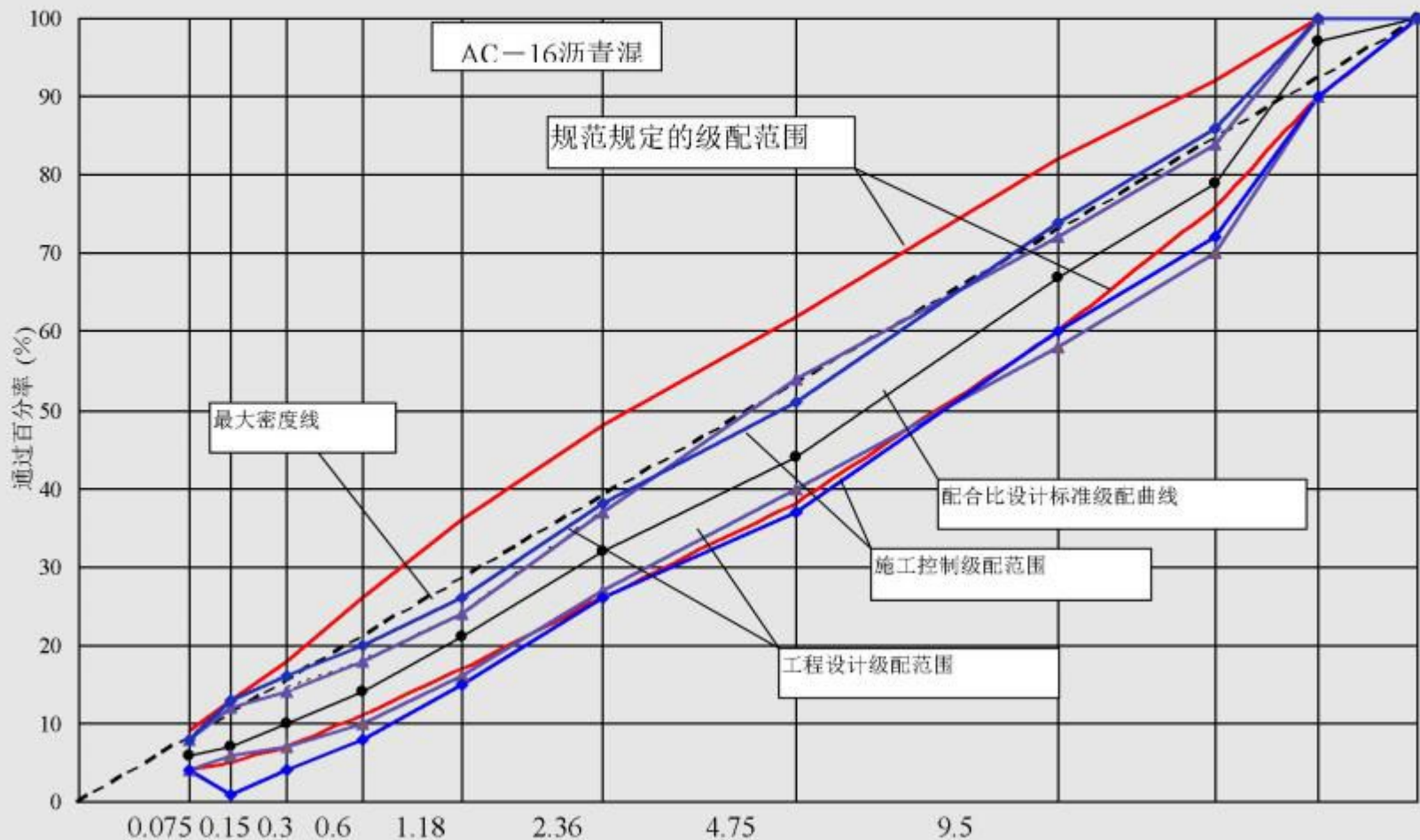
三、路面结构与材料设计

低标号沥青性能

项目	单位	90#	70#	50#	30#	15#
针入度25℃	0.1mm	89.8	60.3	44.0	26.9	14
针入度指数PI	-	-1.48	-1.38	-0.93	-0.4	-0.2
软化点(R & B)	℃	47.3	48.1	54.1	66.7	68
10℃延度	cm	>120	30.4	1.5	0	0
15℃延度	cm	>150	>100	86.1	14	2
闪点	℃	249	271	281	290	297
薄膜烘箱试验TFOT						
质量变化	%	0.65	-0.29	0.02	-0.29	0.02
残留针入度比	%	57.1	74.0	79.8	74	93
残留延度(10℃)	cm	8.2	8.4	1.2	0	0

三、路面结构与材料设计

矿料级配范围的研究



三、路面结构与材料设计

路用性能研究项目-试验方法

试验属性	试 验 项 目	
规范试验	马歇尔试验、车辙试验、冻融劈裂试验	
深度 度 试 验 研 究	力学性能	动、静态模量试验和强度 (20、40 °C)
	高温性能	高温 (70 °C) 超载 (1.0MPa) 抗车辙试验及 结构 (厚度8cm) 车辙试验、 APA、多轮车辙试验
	低温性能	冻断试验、低温弯曲试验
	疲劳性能	Cooper疲劳性能试验
	长期性能	现场足尺试验ALF



路面结构与材料设计

—高温超载抗车辙性能—足尺结构车辙

SBS改性SMA + PR-AC-16



SMA-13 (单改) + AC-16 (70# + PR)

SBS改性SMA + SBS改性AC-16



湖沥青+SBS改性SMA + PR-AC-16



SMA-13 (双改) + AC-16 (70# + PR)

湖沥青+SBS改性SMA + SBS改性AC-16



SMA-13 (双改) + AC-16 (SBS 改)

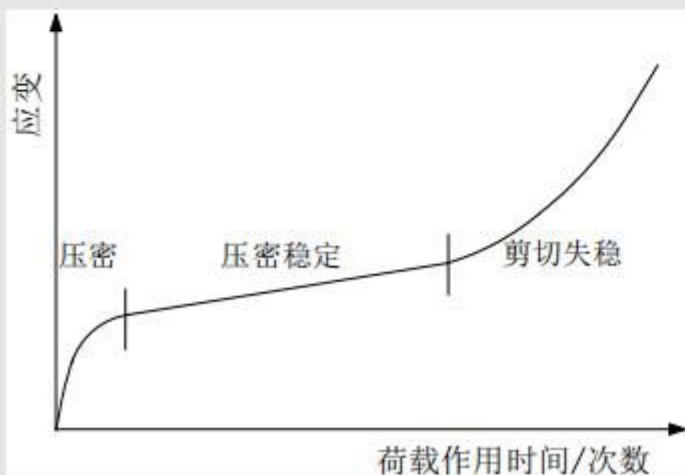
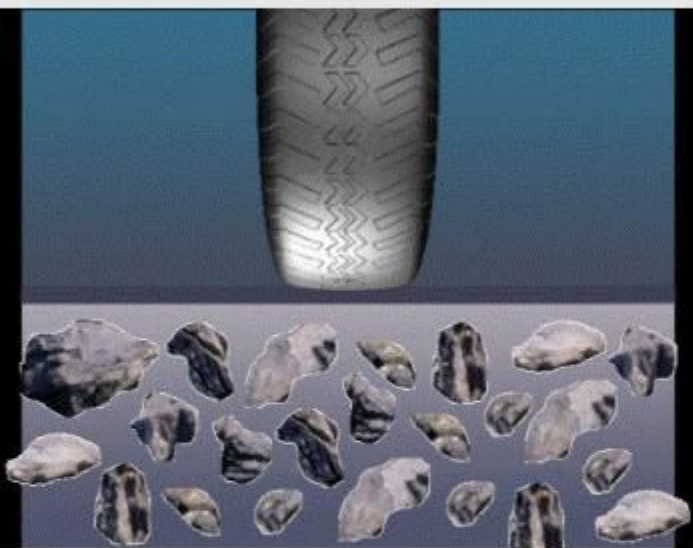
三、路面结构与材料设计

高性能乳化沥青透层油和粘层油



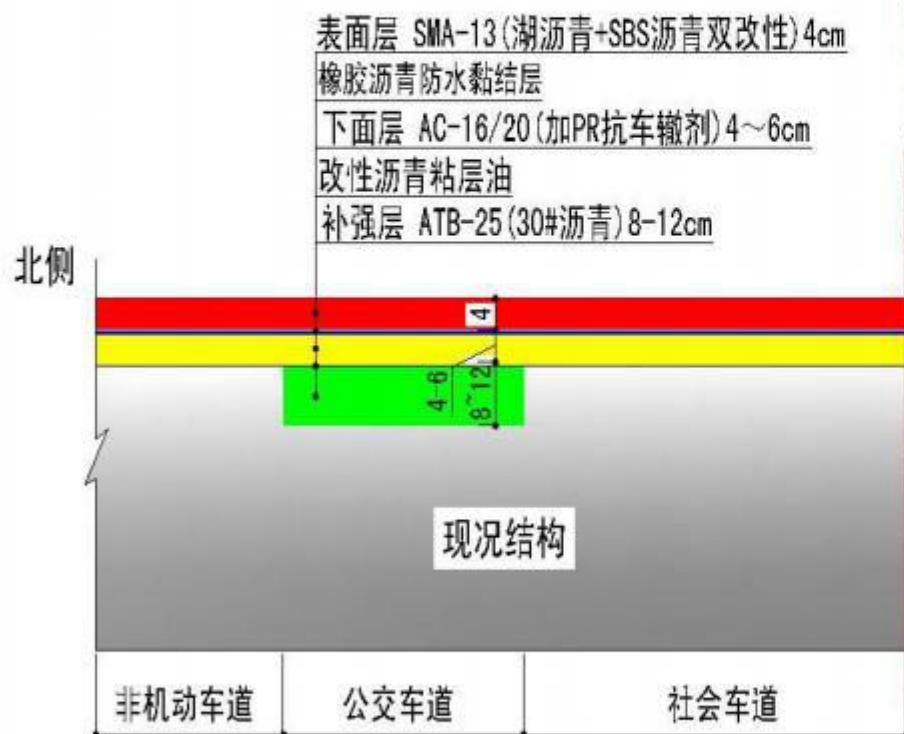
三、路面结构与材料设计

—解决路面车辙



- 从材料的角度提高沥青混合料的抗车辙性能：
 - 新材料的开发：采用改性沥青或抗车辙剂
 - 沥青混合料级配设计的研究，从悬浮密实型发展到骨架密实结构：采用改性沥青 SMA 或抗车辙沥青混合料KAC
 - 提高高温稳定性指标的试验条件及标准
 - 试验温度：70℃；荷载：1.0MPa
 - 提高沥青混合料的动稳定度指标：
- 车辙的产生除了混合料本身的原因之外，还与路面的结构直接相关
- 结构-材料一体化设计

三、路面结构与材料设计



三、路面结构与材料设计

4cm	SMA-13	抗滑磨耗层
6cm	AC-20	沥青中面层
8cm	AC25	沥青底面层
14cm	LSPM25	上基层
12cm	二灰碎石	下基层
29cm	二灰土	底基层



LSPM 特点:

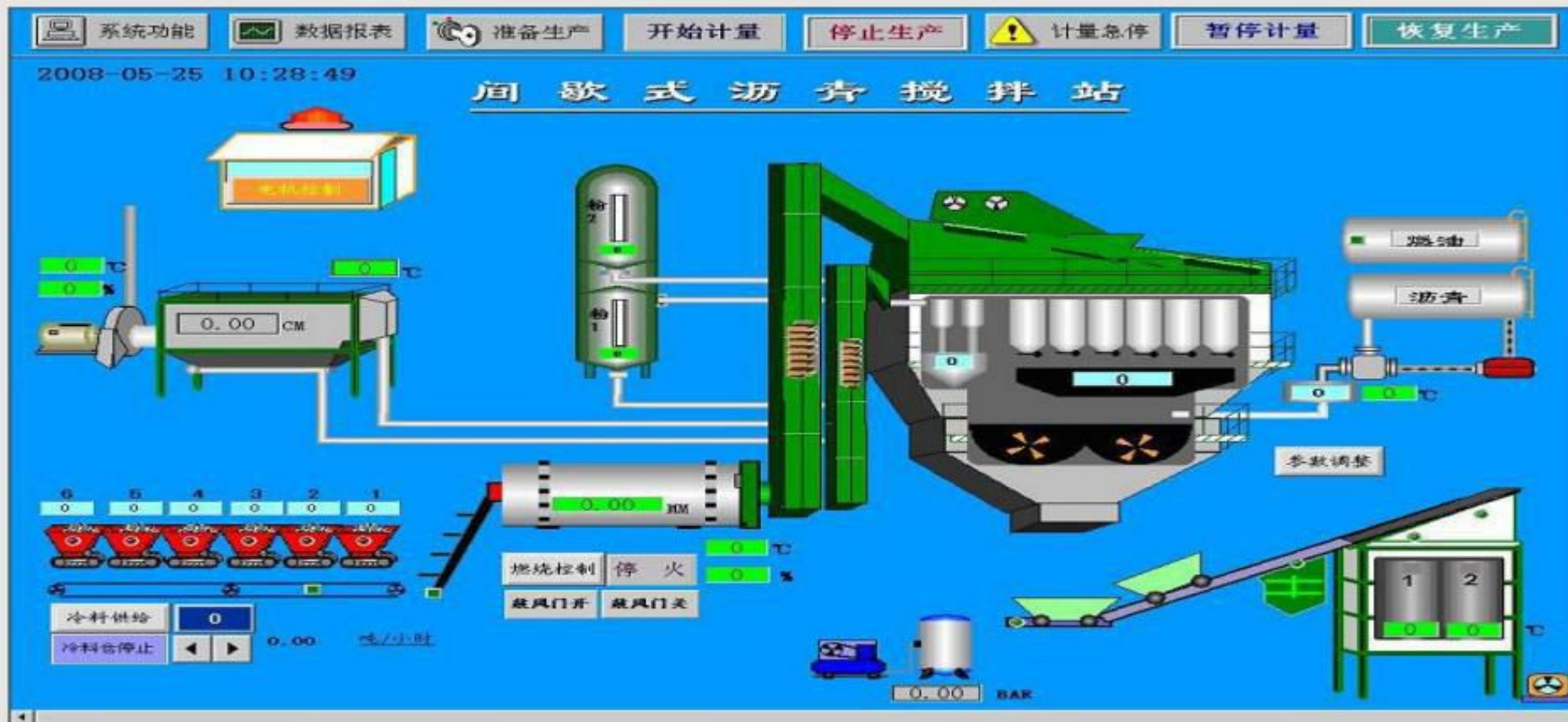
- 1、排除沥青路面内部积水、提高路面抗车辙能力;
- 2、施工速度可以加快, 基层不需要养生时间;
- 3、可以较好地解决反射裂缝问题, 减缓反射裂缝的发生;
- 4、采用高粘度改性沥青和纤维, 造价相对较高。

四、工程管理与施工

- ◆提高认识，要以高标准、高起点要求；
- ◆各环节要精心组织、统筹安排；
- ◆加强原材料和混合料的生产管理和控制；
- ◆制定各环节质量控制措施，尤其要确保新工艺、新材料质量。

目 录

1.总则	1
2.主路路面结构层	2
2.1 补强下面层	2
2.1.1 材料技术要求	2
2.1.2 施工工艺要求	7
2.1.3 施工质量管理与验收	19
2.2 中、上面层	20
2.2.1 原材料	21
2.2.2 沥青混合料	23
2.2.3 施工工艺	27
2.2.4 质量管理与检查验收	34
3.辅路路面结构层	41
3.1 温拌沥青混合料	41
3.1.1 材料	41
3.1.2 温拌混合料一般要求	43
3.1.3 配合比设计	43
3.1.4 温拌沥青混合料的拌制和运输	45
3.1.5 温拌沥青混合料摊铺及压实成型	45
3.1.6 施工质量管理与检查验收	46
附录：表面活性温拌添加剂检测方法	48
3.2 橡胶沥青混合料	50
3.2.1 原材料	50
3.2.2 配合比设计	54
3.2.3 施工工艺	59
3.2.4 施工质量管理与验收	65
3.3 布袋岩沥青混合料	67
3.3.1 材料	67
3.3.2、施工机械设备	69
3.3.3、试验检测仪器	69
3.3.4、配合比设计	69
3.3.5、施工	71
3.3.6、质量控制与管理	73
3.4 煤矸石沥青混合料	75
3.4.1 材料	75
3.4.2 配合比设计	76
3.4.3 施工工艺	78
3.4.4 施工质量管理与验收	81
3.5 钢渣沥青混合料	81
3.5.1 材料	81
3.5.2 配合比设计	84
3.5.3 施工工艺	87
3.5.4 施工质量管理与验收	89



- 配合比的稳定性
- 拌合温度：普通道路沥青、改性沥青（SBS、橡胶粉、湖沥青）
- 拌和时间：沥青、外加剂（抗车辙剂、纤维、岩沥青）、AC和SMA

四、工程管理与施工

◆实施全面质量管理：

- ◆原材料定期抽检
- ◆沥青混合料的定期抽检
- ◆性能指标变化动态分析
- ◆绘制动态质量管理图
- ◆在线监测、过程控制
- ◆逐日控制、总量检验

四、工程管理与施工

◆ 旧路面沥青混凝土铣刨后的处理：

- ◆ 旧桥面沥青铺装层铣刨时，应控制用水量，如果喷洒较多的水，影响防水层与下承层的粘结。
- ◆ 采用专用清扫车进行清扫
- ◆ 面积不大或局部采用人工清扫



四、工程管理与施工

铁创工艺与开放交通



四、工程管理与施工

➤ 橡胶沥青防水粘结层技术及工艺要求

- 橡胶沥青采用90#或70#沥青和废胎胶粉加工而成，性能满足规范要求；
- 橡胶沥青洒铺采用专用撒布车，洒布温度 $190-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，洒布量为 $2.2\pm 0.1\text{ kg/m}^2$ ；
- 洒布单一粒径的预拌碎石，规格为 $13.2-16\text{ mm}$ 或 $9.5-13.2\text{ mm}$ ，洒布量 $12\pm 1\text{ kg/m}^2$ ，用重型胶轮碾压 $1\sim 2$ 遍成型。

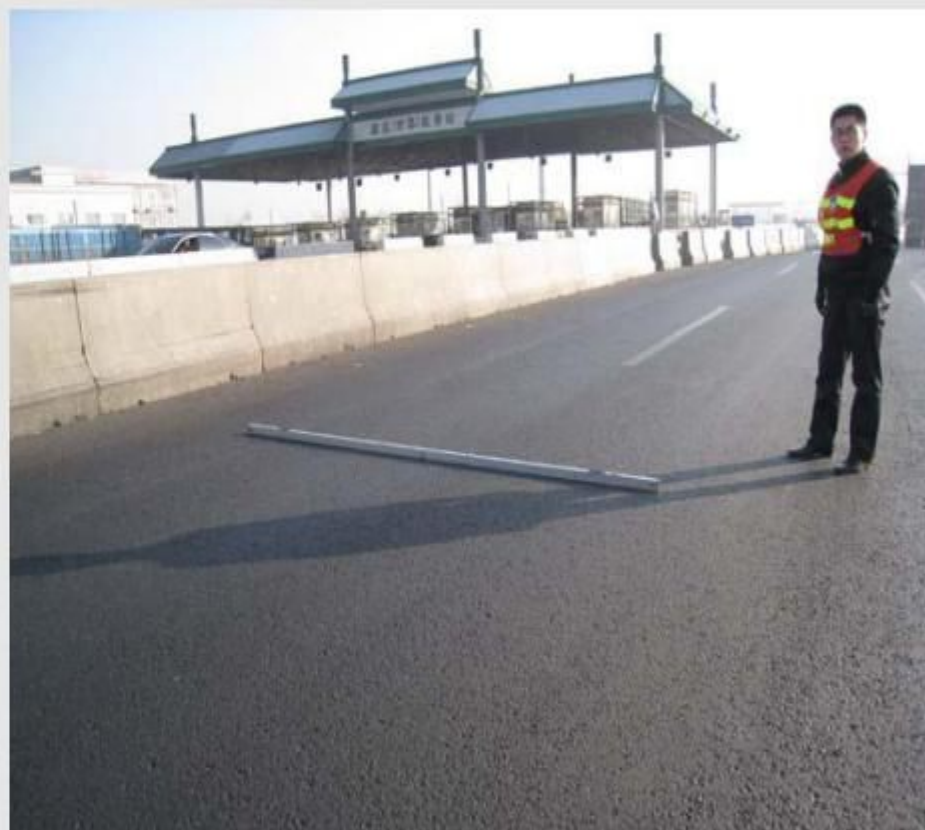


四、工程管理与施工

八达岭高速公路路面大修

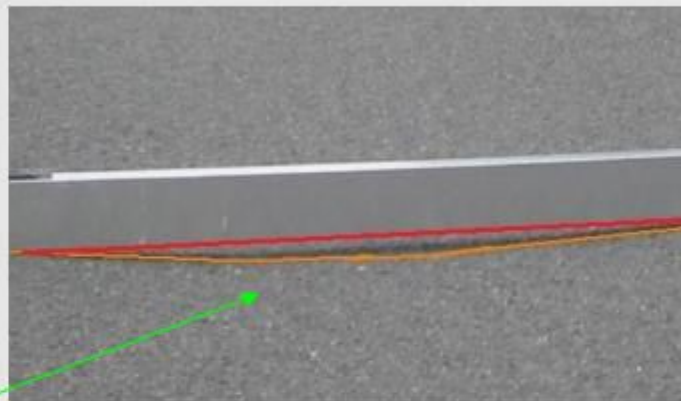


大修前路面损坏



大修后路面状况

四、工程管理与施工



◆ 111国道大修工程:经过10年的高温、重载作用,没有出现明显的车辙。

六、小结

- ◆路面状况的检测与数据分析是道路大修工程的基础。
- ◆路面的使用性能主要由各结构层的主要功能决定的。在进行结构设计时，应根据各结构层的功能选择沥青混合料，再根据所选择的沥青混合料的最大公称粒径确定结构层厚度。
- ◆路面结构与材料设计是统一的。确定了沥青路面各层所用的沥青混合料类型后，应该以混合料所承担的主要功能来进行沥青混合料材料设计。

六、小结

- ◆结构设计 and 材料设计是保证沥青路面性能的根本，只有经过科学、合理的结构设计和材料设计才能保证路面的使用性能。
- ◆在重载、超载、长大纵坡及桥面铺装等特殊路段，应进行单独的结构和材料设计。
- ◆施工工艺是连接设计和应用的桥梁，是保证路面性能的重要环节，只有经过严格规范的施工，并进行各环节的质量控制，才能实现设计的目标，保证大修道路的使用寿命

感谢聆听！

联系方式:柳浩 13601263961

邮箱: 1329387609@qq.com

