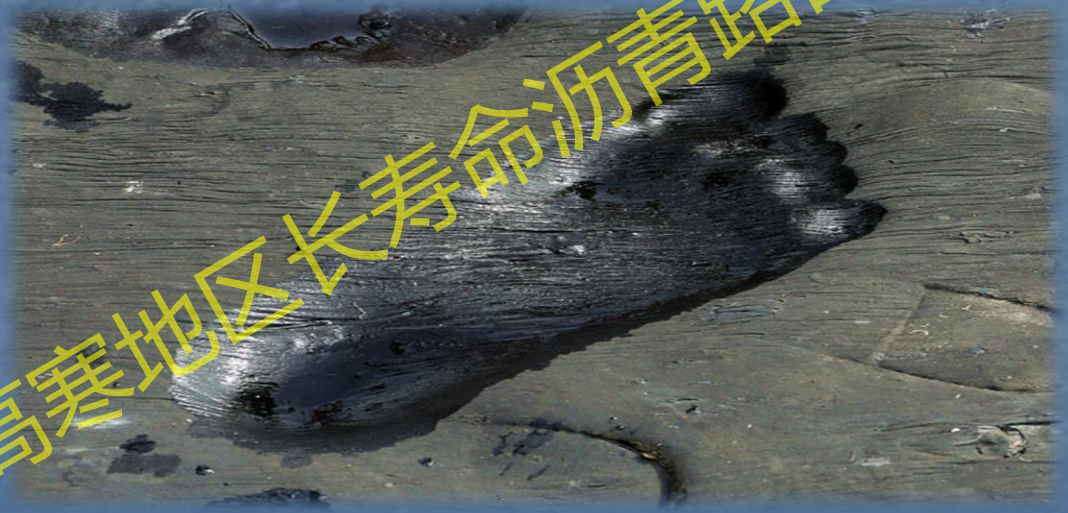
交通运输部公路科学研究院
RESEARCH INSTITUTE OF HIGHWAY MINISTRY OF TRANSPORT

天然沥青及其在路面工程中的应用

报告人：黄颂昌

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

第一部分　什么是天然沥青

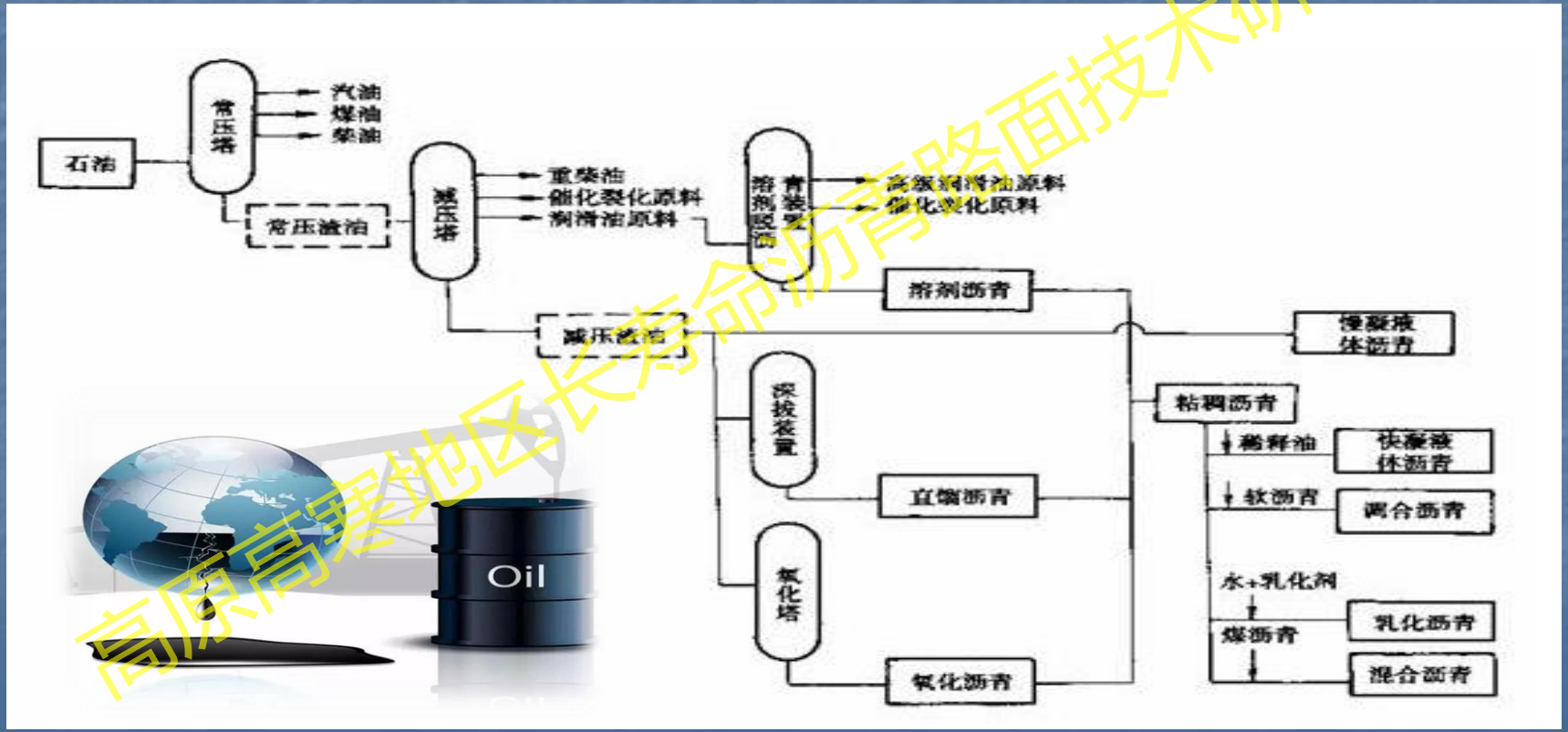


高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

沥青
- 天然沥青
- 石油沥青
- 焦油沥青

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

石油沥青的炼制工艺图



高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

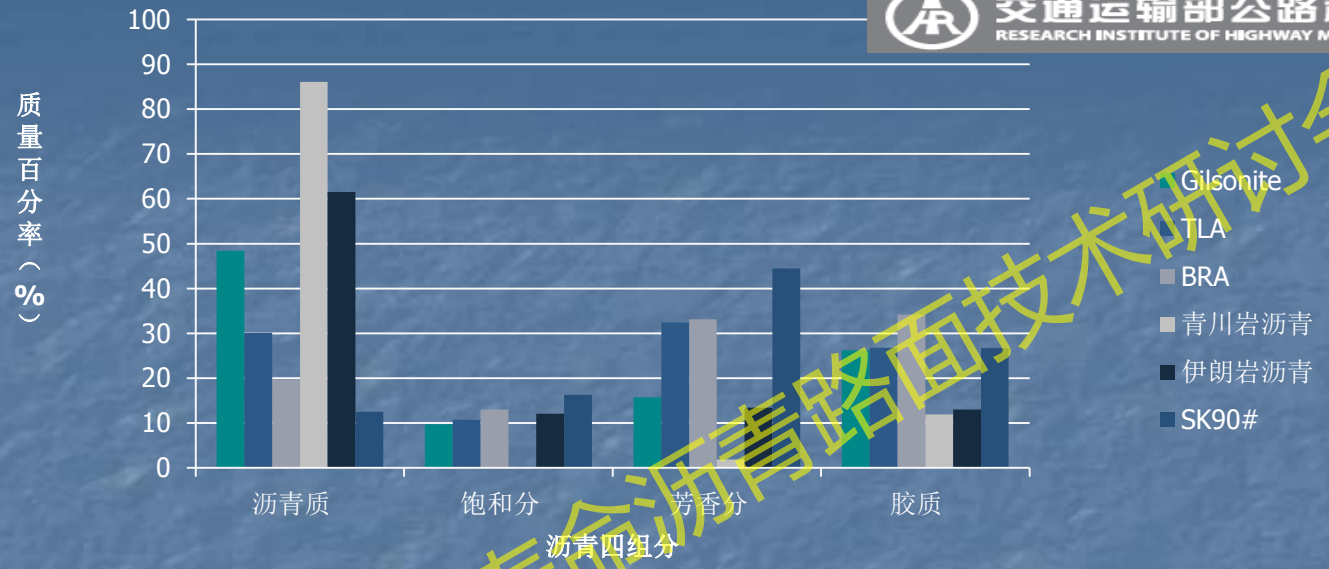
天然沥青是石油在自然界长期受地壳作用并与空气、水等接触逐渐变化而形成的，是以天然形态存在的石油沥青，其中常混有一定比例的矿物质。

按形成的环境可分为湖沥青、岩沥青、海底沥青。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

- 19世纪70年代以前，我们人类修路用的沥青全部为天然沥青。1872年,华盛顿市把用石灰石粉、砂、以及掺有湖沥青和石油残渣的施工法与过去岩沥青路面施工方法进行比较比较，证明两者都能适应当时的交通要求，这也是石油渣油首次应用于路面。
- 20世纪以后，随着炼油工艺的进步，石油沥青以其相对低廉的价格、充足的产量、及便于施工的优点，逐渐取代天然沥青成为路面铺筑的主要材料。
- 现在天然沥青更多的被应用于油墨、油漆的原料及屋面防水材料、以及沥青混合料的添加剂等领域。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会



天然沥青种类	沥青质%	饱和分%	芳香分	胶质%
SK90#	12.5	16.3	44.5	26.7
伊朗岩沥青	61.5	12.1	13.4	13.0
北美岩沥青	48.4	9.7	15.7	26.2
特立尼达湖沥青	30.1	10.7	32.4	26.8
印尼布敦岩沥青	19.7	13.0	33.1	34.2
青川岩沥青	86.1	0.1	1.9	11.9

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

石油沥青			天然沥青
6-15%	沥青质	↕	20-60%
6-15%	饱和分	↓	0-12%
32-60%	芳香分	↓	10-35%
19-39%	胶质		10-35%

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青种类	灰分含量（燃烧法900℃±10℃）			沥青含量%（溶剂法,三氯乙烯）
	批次1	批次2	批次3	
伊朗岩沥青	7.8	8.2	36.3	45.7
北美岩沥青	2.2	2.3	0.9	94.9
特立尼达湖沥青	36.5	33.9	37.4	65.2
印尼布敦岩沥青	50	49.7	49.5	22.4
青川岩沥青	32.3	31.8	29.8	57.8

不同产地，不同批次的天然沥青沥青含量区别大

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

与石油沥青相比天然沥青具有以下特点

1、分子量大、轻组分含量低；

2、蜡含量几乎为零；

3、含矿物质；

4、杂原子官能团多；

5、常温条件下开采及运输。

- 低针入度、高软化点；
- 可挥发性成分少；
- 与集料裹附性佳；
- 矿物质易离析分离；
- 常温开采及运输，能耗低。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青-是一种绿色环保材料:

1、可再生利用；

2、常温开采运输，减少碳排放；

3、轻组分含量低、施工时烟气排放少，对空气影响小；

4、稳定、抗老化能力佳，能延长路面使用寿命，降低维护保养成本；

5、提升路面的高温稳定性、抗水损性能、耐久性，延长路面服务期限。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

昵图网 www.nipic.com
By:lfytongtong No:20150518102855589000

第二部分 天然沥青种类及应用

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青主要产地

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青种类	产地	状态描述
伊朗岩沥青	伊朗	黑褐色岩块固体，粉末，松脆易碎，质地酥松
北美岩沥青 Gilsonite	美国犹他州	黑色块状、粉末
特立尼达湖沥青 TLA	拉丁美洲加勒比海的东南端特立尼达和多巴哥小岛	黑色块状、膏状胶体
布敦岩沥青 BRA	印度尼西亚布敦岛	黑褐色岩块状、粉末
青川岩沥青	四川青川县	黑色块状固体、粉末，有光泽

特立尼达湖沥青（Trinidad Lake Asphalt 简称TLA）

特立尼达沥青湖位于中美洲加勒比海南特立尼达和多巴哥共和国，沥青储量1000-1500万吨。

TLA是我国应用最广的一类天然沥青，在国内100个重点工程中被作为改性剂使用，通常掺量为结合料的25%-30%，用于桥面铺装时掺加50 % -70%。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表一　特立尼达湖沥青质量技术要求

检验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度 25℃	0.1mm	0～5	T 0604
软化点 TR&B，不小于	℃	90	T 0606
灰分	%	33～38	T 0614
25℃密度	g/cm3	1.3～1.5	T 0603
TFOT 后残留针入度比，不小于	%	50	T 0604

TLA 改性沥青质量技术要求（JTG F40-2004）

检测项目	单位	针入度等级				试验方法
		TAM-30	TAM-50	TAM-70	TAM-90	
针入度25℃,100g,5s	0.1mm	20-40	40-60	60-80	80-100	T0604
粘度135℃，不大于	Pa•s	4.0	3.8	2.7	2.1	T0625 T0619
闪点，不小于	℃	240				T0611
溶解度（三氯乙烯）	%	77-90				T0607
灰分	%	7.5-19.5				T0614
TFOT后残留针入度比25℃，不小于	%	58	55	52	47	T0604 T0610

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

英国 TLA改性沥青技术要求（BS-3690）

检测项目	单位	针入度等级		
		35	50	70
针入度25℃	0.1mm	28-42	40-60	60-80
溶解度（三氯乙烯）	%	75-79		
灰分	%	16-19		
TFOT后残留物				
针入度比 25℃，不小于	%	20		
质量损失	%	0.5		

美国TLA改性沥青要求（ASTM D 5710-95)

检测项目		单位	针入度等级			
			TAM1	TAM2	TAM3	TAM4
针入度25℃,100g,5s		0.1mm	40-55	60-75	80-100	120-150
粘度135℃		mm^2/s	≥385	≥275	≥215	≥175
延度（25℃，5 cm/min）		cm	≥100	≥100	≥100	≥100
闪点		℃	＞232			
溶解度（三氯乙烯）		%	77-90			
密度（25℃，）		g/cm^3	实测记录			
软化点		%				
RTFOT 后	无机质（灰分）	%	7.5-19.5			
	针入度比	%	＞55	＞52	＞47	＞42
	延度（25℃）	cm	50	50	75	100

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

北美岩沥青(Gilsonite)

products

Gilsonite IN Foundry

Physical Sand properties with Gilsonite resin are equal or superior to sea coal at significantly lower additive levels.

Gilsonite IN Road Construction

Gilsonite, Hard Asphalt or Hard Asphaltum is used as a performance-enhancing agent for asphalt mixes.

Gilsonite IN Oil&Gas

Gilsonite is used in drilling mud fluids and oil well cementing.

Gilsonite IN Ink & Paints

Gilsonite Resin is widely used as the primary carbon black wetting agent for black news inks.

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

Gilsonite道路用沥青产品型号

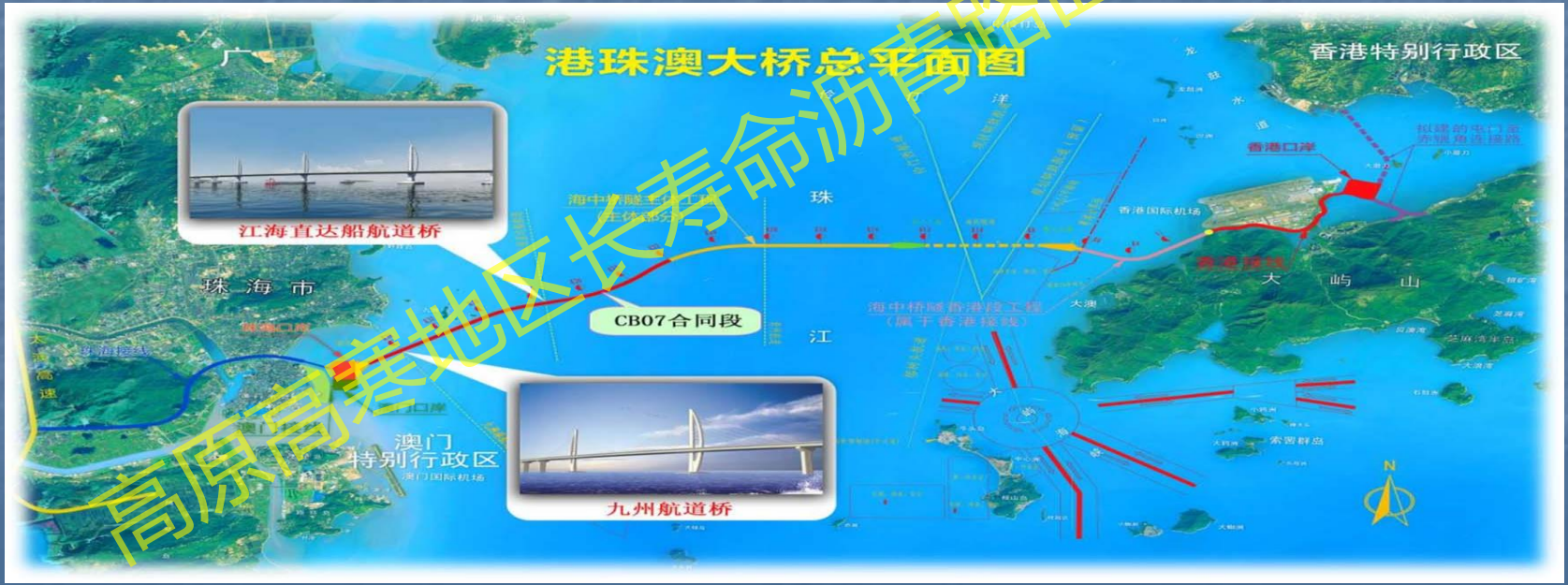
型号	单位	CH-108R	CH-109P	CH-110A
颜色	--	黑色	黑色	黑色
软化点	℃	195-215	185-205	165-185
灰分	%	12-16	＜10	＜3（不超过5）
含水率	%	＜1.5	＜1.5	＜1.5
针入度	0.1mm	0-2	0-2	0-2
闪点	℃	316	316	316
氮含量	%	3	3	3
硫含量	%	3-6	3-6	3-6
相对密度	--	1.04	1.04	1.04

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

应用：TLA在港珠澳大桥的应用

钢桥面铺装：TLA湖沥青（70%）+ A-70#沥青（30%）

水泥砼桥面铺装：SBS+TLA（15-20%）



高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

港珠澳大桥的TLA技术指标

检测项目	试验方法	设计要求	检测结果
25℃密度（g/cm³）	ASTM D70	1.3~1.5	1.4
软化点（℃）	ASTM D36	≥90	95.5
针入度（25℃,0.1mm）	ASTM D5	0~5	0
灰分含量（%）	ASTM D2415	33~38	36.2
三氯乙烯溶解度（%）	ASTM D2172B	/	55
RTFOT 163℃质量损失（%）	ASTM D6	/	0.19

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

TLA 技术要求

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度	0.1mm	0~5	T0604
软化点	℃	≥90	T0606
灰分	%	33~38	T0605
密度	g/cm^3	1.3~1.5	T0611

MGA 用混合沥青技术要求（TLA）

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度	0.1mm	10~20	T0604
软化点	℃	≥65	T0606
溶解度（三氯乙烯）	cm	≥66	T0605
RTFOT质量变化	Pa.s	-1.0~+1.0	T0625
总矿物含量	%	20~30	T0662

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

GA 用改性沥青技术要求（SBS+TLA）

试验项目	单位	技术要求	试验方法
针入度	0.1mm	10~40	T0604
软化点	℃	≥85	T0606
延度（10℃）	cm	≥20	T0605
运动粘度（135℃）	Pa.s	≥3.0	T0625
弹性恢复（25℃）	%	≥75	T0662
闪点	℃	≥280	T0611
TFOT或RTFOT			
质量变化	%	-1.0~+1.0	T0610,0609
针入度比	%	≥70	T0604
延度（10℃）	cm	≥10	T0606

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

应用：2002年北京是二环路改造工程

（水泥路面加铺沥青混合料：4cmSMA(SBS+TLA）+4cmAC16（TLA）

表 2　不同掺配比例湖沥青改性沥青检测结果

项目		试验值				标准	
		90#	25:75	30:70	35:65	min	max
针入度 (25℃,100g,5s)/ 0.1mm		86.0	40.0	39.4	30.6	40	55
粘 度 (135℃)/ (mm²/s)		450	610	680	765	385	–
延 度 (25℃,5mm/min)/cm		>150	87.2	64.1	60.4	100	–
软化点/℃		45.0	51.1	54.0	55.6	–	–
薄膜烘箱试验 (163℃,5h)	延度(25℃)/cm	>150	62.0	65.3	38.9	50	–
	灰分/%	0	8.1	9.3	11.5	7.5	19.5
	针入度比(25℃)/%	59.3	73.2	74.1	66.7	55	–

表 3　"湖沥青+SBS"改性沥青检测结果

项目	湖沥青+SBS 掺配比例					技术要求
	4.5:100	25:3:72	25:4:71	30:3:67	30:4:66	
针入度(25 ℃)/0.1 mm	–	30.7	30.6	29.8	29.8	>30
针入度指数 (PI)	–	-1.4	-0.82	-0.97	-0.97	–
T_{800} / ℃	–	53.0	56.4	55.9	56.1	–
$T_{1.2}$ / ℃	–	-3.7	-5.8	-5.1	-4.7	–
塑性范围 /℃	–	56.7	62.2	61.0	60.8	–
延 度(25 ℃)/cm	–	64.2	60.0	71.1	63.0	>60
延度(10 ℃)/cm	–	12.7	20.3	12.2	16.7	–
软化点($T_{R\&B}$)/ ℃	–	59.8	61.2	60.0	63.6	>60
粘度(135 ℃)/pa·s	–	1.19	2.14	1.41	2.37	<3
闪点 / ℃	–	288	293	298	295	>230
弹性恢复(25 ℃)/ %	–	61	83.0	52.0	72.3	>60
薄膜烘箱试验	质量损失 /%	0.4	0.36	0.45	0.45	<1.0
	针入度比 /%	99.0	98.0	71.1	98.3	>55
	延度(25 ℃)/ cm	65.1	56.1	52.7	58.9	>50
	延度(10 ℃)/ cm	10.0	11.4	7.3	10.8	–

高寒高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

AC 沥青混合料(TLA)

项目		单位	实测值						技术要求
			AC-20I			AC-16I			
湖沥青掺量		%	0	25	30	0	25	30	--
动稳定度（60℃）		次/mm	1402	4183	4215	1436	4233	4420	≥1000（未） ≥3000（改）
低温弯曲（-10℃）	破坏应力	MPa	--	7.21	6.72	--	7.22	6.87	--
	破坏应变	με	--	2226	2090	--	2397	2287	≥2000
	破坏劲度	MPa	--	3234	3196	--	3008	3007	--
TSR		%	80.6	81.0	88.5	81.5	80.7	86.3	≥75
残留稳定度		%	86.5	88.8	92.0	89.1	89.6	92.7	≥80

SMA-13沥青混合料(TLA+SBS)

项目	单位	实验值	规范要求
动稳定度（60℃）	次/mm	4359	≥3000
低温弯曲破坏应变(-10℃)	με	2388	≥2000
TSR	%	85.5	≥75
残留稳定度	%	80.2	≥80

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

应用：2009云梧高速（BRA）

表 2　布敦岩沥青（BRA）技术性能试验结果

项 目	试验结果	印尼国家标准
天然沥青含量，%	26 ± 1	≥18
灰分含量，%	73 ~ 75	
密度（15℃）/（g · cm^{-3}）	1.62	≥1.7
闪点/℃	300	≥230
含水量，%	≤1	≤2
矿物质最大颗粒/ mm	1.18	≤2

表 6　AC－13C 型沥青混合料路用性能试验结果

项 目	基质沥青	布敦岩改性沥青	指标
动稳定度/（次 · mm^{-1}）	2 317.2	5 273.5	
残留稳定度（浸水 48 h），%	95.86	111.71	≥85
冻融劈裂强度比，%	84.13	97.36	≥80
破坏应变/με	2 305.39	3 026.37	

表 7　岩沥青改性沥青混合料应用路面试验方案

项 目	结构 1		结构 2		结构 3	
	材料类型	厚度/cm	材料类型	厚度/cm	材料类型	厚度/cm
上面层	SBSAC－13	4	25% AC－13	4	30% AC－13	4
中面层	25% AC－20	6	25% AC－20	6	AC－20	6
下面层	AC－25	8	AC－25	8	AC－25	8

注：原路面上面层采用 SBSI－D 型改性沥青，中下面层采用 AH－50 号沥青。AC－沥青混合料；25% AC－掺 25% 岩沥青改性沥青混合料；30% AC－掺 30% 岩沥青改性沥青混合料；SBSAC－指 SBS 改性沥青混合料。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

应用省份：

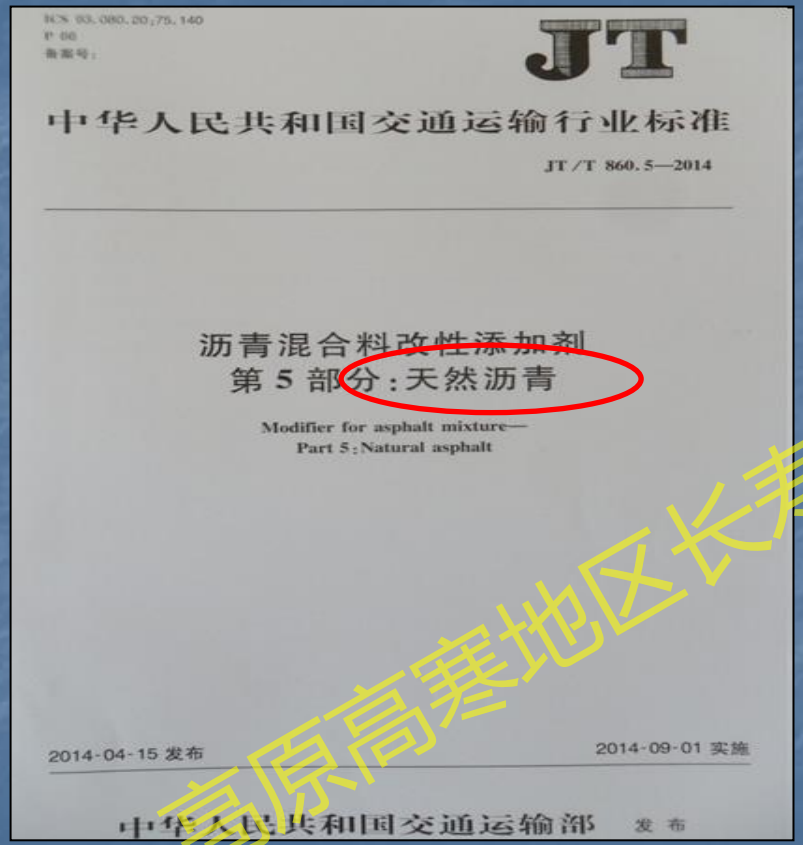
北京　　二环、三环、机场高速、首都机场跑道、长安街等
河北
山东
安徽
四川
广东
福建
湖南
湖北
河南
吉林等

近二十个省市

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

第三部分 天然沥青应用方式

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会



ICS 93.080.20;75.140
P 66
备案号：

JT

中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 860.5—2014

沥青混合料改性添加剂
第 5 部分：天然沥青

Modifier for asphalt mixture—
Part 5: Natural asphalt

2014-04-15 发布　　2014-09-01 实施

中华人民共和国交通运输部　发布

干法工艺：

将天然沥青直接投入混合料拌和锅生产沥青混合料。

湿法工艺：

将天然沥青与基质沥青均匀混溶制成天然改性沥青，然后拌制沥青混合料。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表 1　岩沥青的相关技术要求

类别	指标		单位	技术要求				
				新疆岩沥青	青川岩沥青	印尼布敦岩沥青（BRA）	伊朗岩沥青	北美岩沥青（Gilsonite）
岩沥青	颜色		—	黑色粉末	黑色粉末	黑色、褐色粉末	黑色粉末	黑色粉末
	灰分		%	≤5	≤15	≤80	≤30	≤2
	含水率		%	≤2				
	粒度范围	4.75mm	%	100				
		2.36mm		95～100				
		1.18mm		>80				
添加岩沥青后改性沥青	软化点（比原沥青提高值）不小于		℃	5				
	运动黏度（135℃）		Pa·s	不大于原基质沥青				
	TFOT（或RTFOT）后残留物	质量变化	%	不大于原基质沥青				
		针入度比（25℃）	%	不小于原基质沥青				
添加岩沥青后改性沥青混合料	马歇尔试验稳定度		kN	≥8				
	流值		mm	1.5～4.0				
	残留稳定度		%	≥85				
	冻融劈裂强度比		%	≥80				
	动稳定度		次/mm	≥3 000				

注 1：本表仅列出了我国道路工程上常用的几种岩沥青，如有其他种类，可参照本表技术体系进行要求。
注 2：本表参数适用于各种密级配沥青混合料，本表外其他指标可参照相关规范或设计文件执行。
注 3：试验根据项目情况采用 A 级 70 号或 90 号沥青为基质沥青。

◆未对低温性能作要求

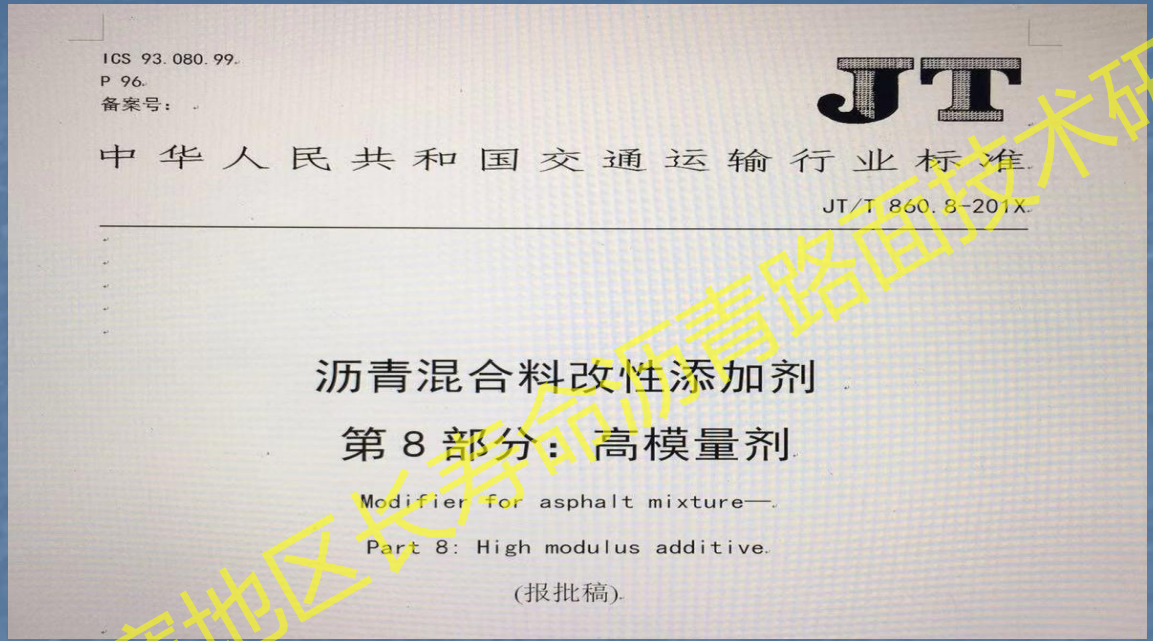
高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表2 湖沥青的相关技术要求

类别	指标		单位	技术要求
湖沥青	灰分		%	≤38
	含水率		%	≤2
	软化点 $T_{R\&B}$		℃	≥90
添加湖沥青后改性沥青	运动黏度(135℃)		Pa·s	不大于原基质沥青
	TFOT(或RT-FOT)后残留物	质量变化	%	不大于原基质沥青
		针入度比(25℃)	%	不小于原基质沥青
添加湖沥青后改性沥青混合料	马歇尔试验稳定度		kN	≥8
	流值		mm	1.5～4.0
	残留稳定度		%	≥85
	冻融劈裂强度比		%	≥80
	动稳定度		次/mm	≥2 000
	低温弯曲破坏应变		με	≥2 800

注1:本表参数适用于各种AC、SMA、SUPPAVE等密级配沥青混合料。
注2:试验根据项目情况采用A级70号或90号沥青为基质沥青。
注3:湖沥青动稳定度在达不到设计或规范要求时,可采取复合改性技术措施。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会



ICS 93.080.99
P 96
备案号：

JT

中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 860.8-201X

沥青混合料改性添加剂

第8部分：高模量剂

Modifier for asphalt mixture—

Part 8: High modulus additive

(报批稿)

高模量剂包括：聚烯烃类和微粒化天然沥青类

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表 2 微粒化天然沥青高模量剂性能要求

项目		技术要求
灰分偏差[1]， %		≤±5
含水率， %		≤2
粒径，μm	D_{av}[2]	≤5
	D_{90}[2]	≤12
老化后的质量变化，%		≤±1

注 1：灰分偏差是实测灰分含量与目标灰分含量的差值；

注 2：D_{av} 是指颗粒的平均粒径；D_{90} 是指颗粒的 90%分位粒径。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表 4　掺加微粒化天然沥青材料的沥青结合料性能要求

项目		技术要求						
		I			II		III	
气候分区		-37.0～-21.5			-21.5～-9.0		>-9.0	
		冬寒区			冬冷区		冬温区	
		1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4	2-4
针入度（100g，5s，25℃），0.1mm		25-40			20-35		15-25	
软化点 $T_{R\&B}$，℃		≥55			≥60		≥65	
延度（25℃，5cm/min），cm		≥35			≥25		≥15	
表观粘度（175℃），Pa.s		≤3.0						
闪点（COC），℃		≥230						
弹性恢复（25℃），%		≥60			≥55		≥50	
离析（软化点差），℃		≤2.5						
相对密度（25℃）		实测						
老化后残留物	质量变化，%	≤±0.5						
	针入度比（25℃），%	≥65						
	延度（25℃），cm	≥15			≥10		≥8	

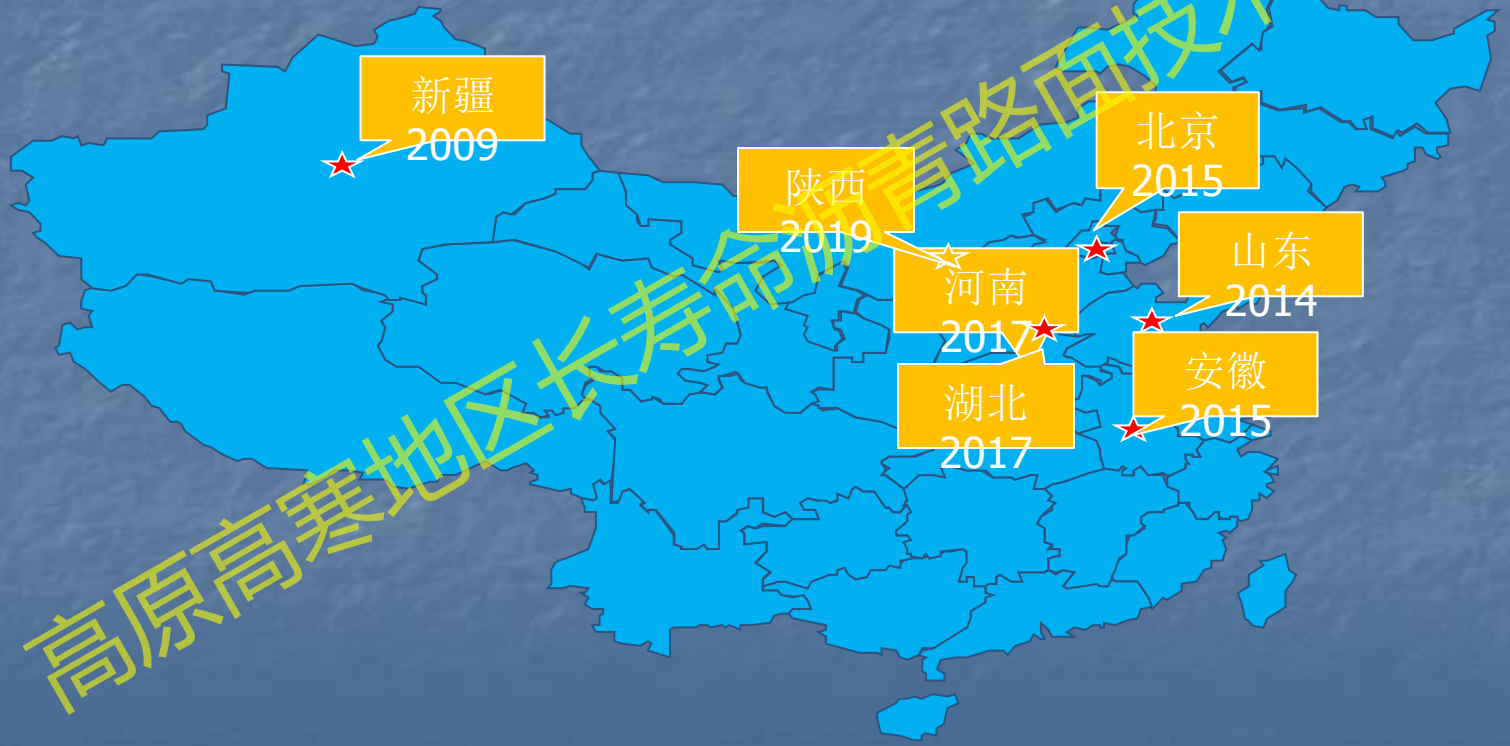
高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

表 B.1 掺加高模量剂的沥青混合料性能要求

项 目		技术要求
空隙率，%		2~4
动态模量（20℃，10Hz），MPa		≥13000
疲劳失效应变（15℃，10Hz，@10^6次），με		≥130
车辙试验动稳定度（60℃，0.7MPa），次/mm		≥4000
低温弯曲破坏应变（-10℃，50mm/min），με	气候分区:1-3，2-3，1-4，2-4	≥2000
	气候分区:1-2，2-2,3-2	≥2300
	气候分区:1-1，2-1	≥2600
冻融劈裂残留强度比，%		≥80

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

近年来，随着天然沥青应用逐年增加，许多省份陆续出台天然沥青地方标准



高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

交通部：JT/T 860.5-2014
《沥青混合料改性添加剂 第5部分：天然沥青》
山东：DB37/T 2536-2014《岩沥青路用技术要求》

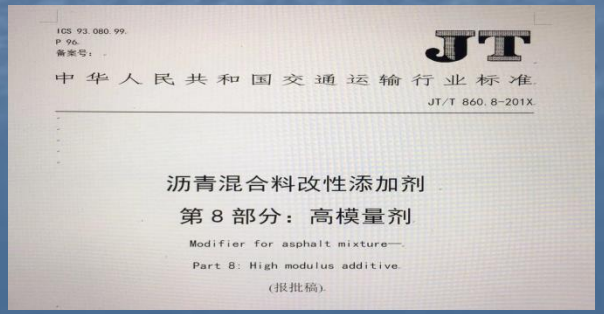
河南 ：DB 41/T1466-2017《岩沥青改性沥青混合料施工技术规范》

2009 2014 2015 2017

新疆
DB65/T 3044-2009
《天然沥青》

北京：DB11/T 1169-2015
《岩沥青改性沥青路面施工技术规范》
安徽：DB34/T 2323-2015
《道路用布敦岩沥青》

沥青路面施工规范
JTG F40-2004


ICS 93.080.99
P 96
备案号：
JT
中华人民共和国交通运输行业标准
JT/T 860.8-201X
沥青混合料改性添加剂
第8部分：高模量剂
Modifier for asphalt mixture—
Part 8: High modulus additive
(报批稿)

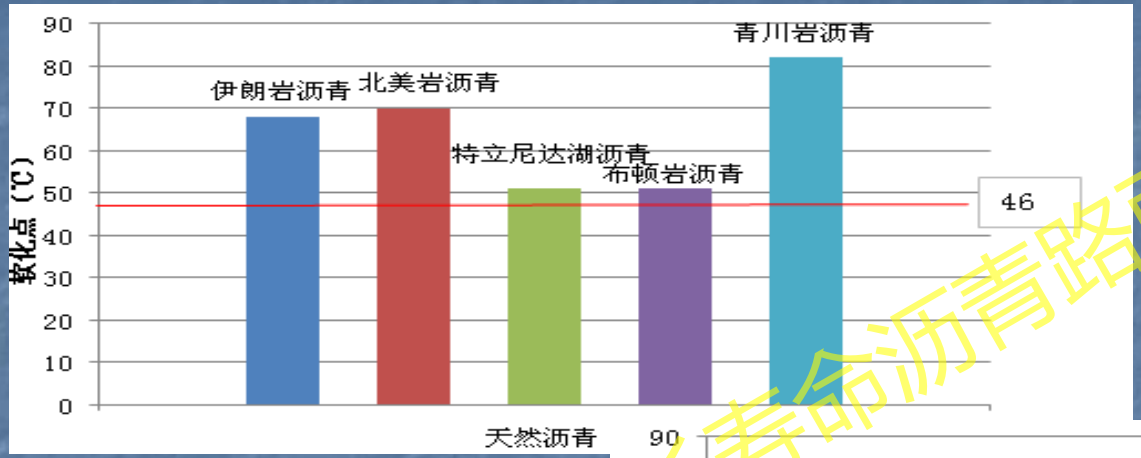
高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

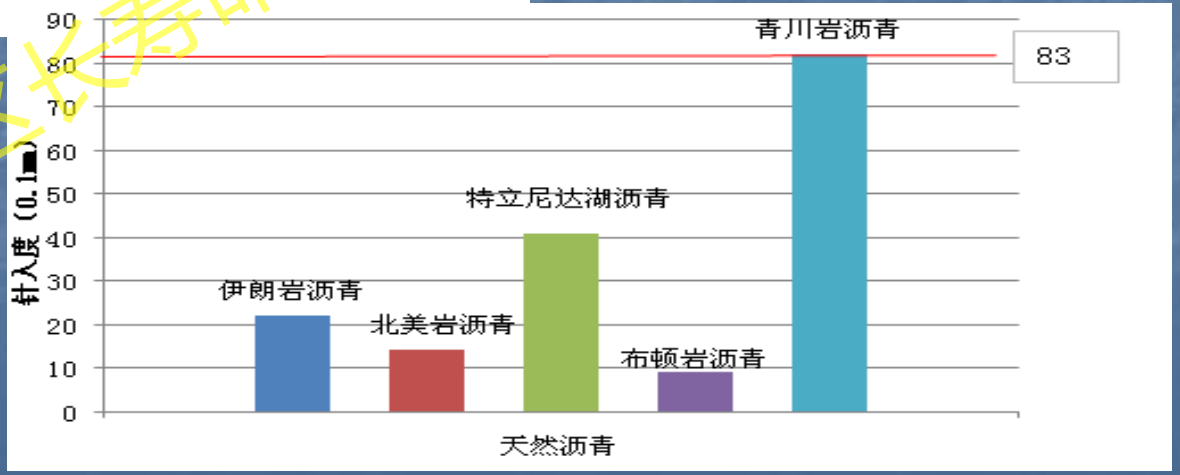
影响天然沥青改性效果的因素：

- 天然沥青的种类（沥青含量、四组分构成等）
- 天然沥青的掺量
- 天然沥青的粒径
- 基质沥青的性能

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

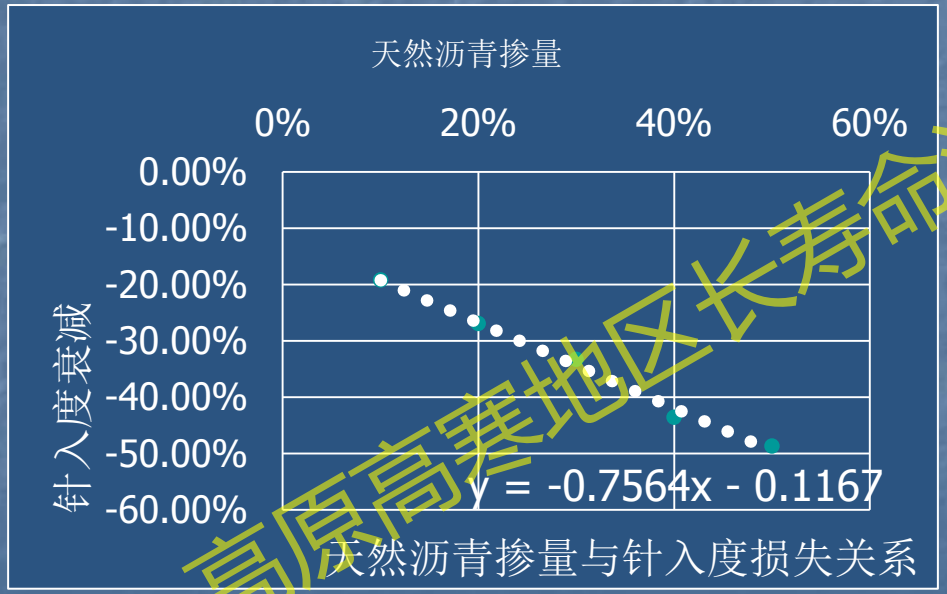
天然沥青的种类（20%掺量）



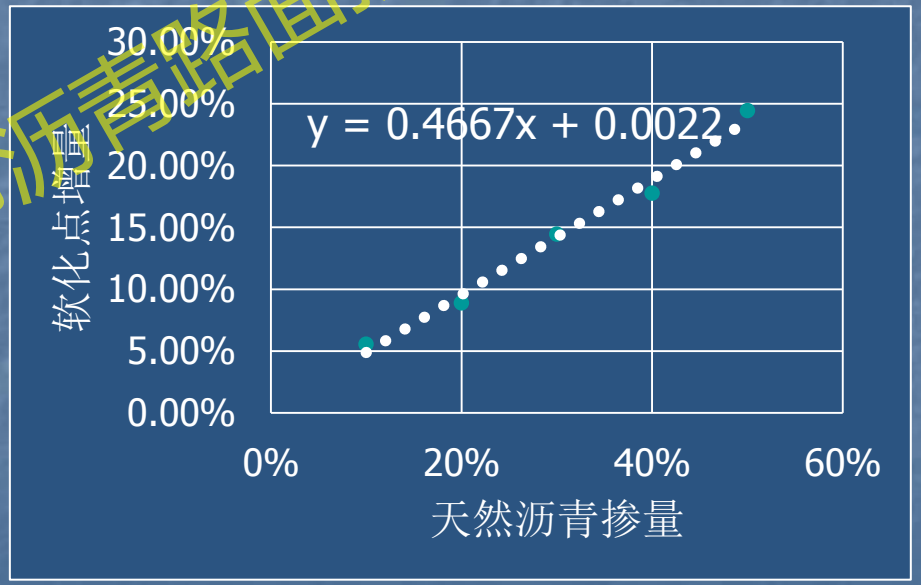


高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青掺量与针入度降低关系



天然沥青掺量与软化点增量关系

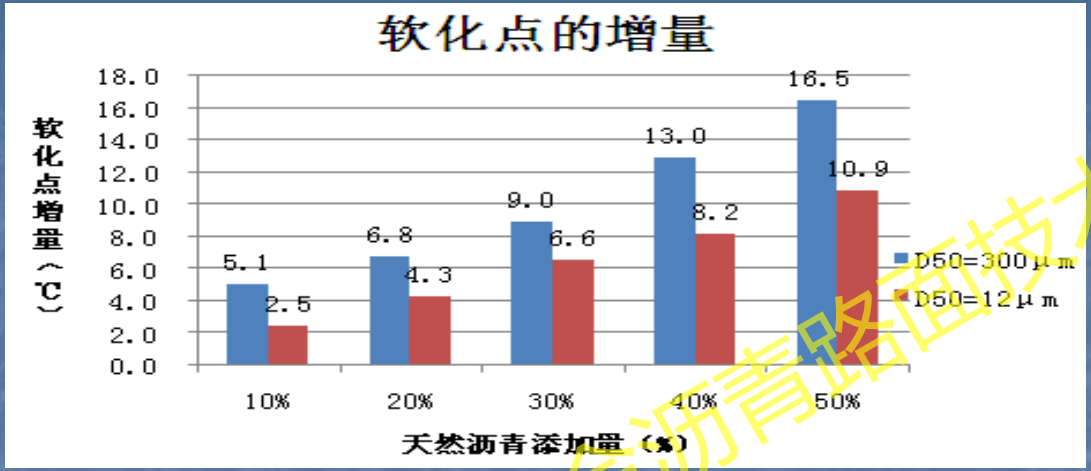


高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

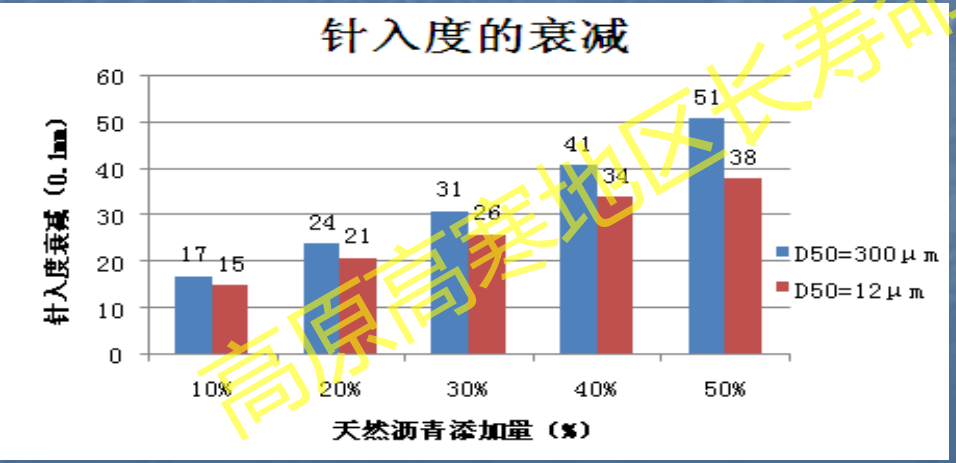
天然沥青颗粒粒径对性能的影响

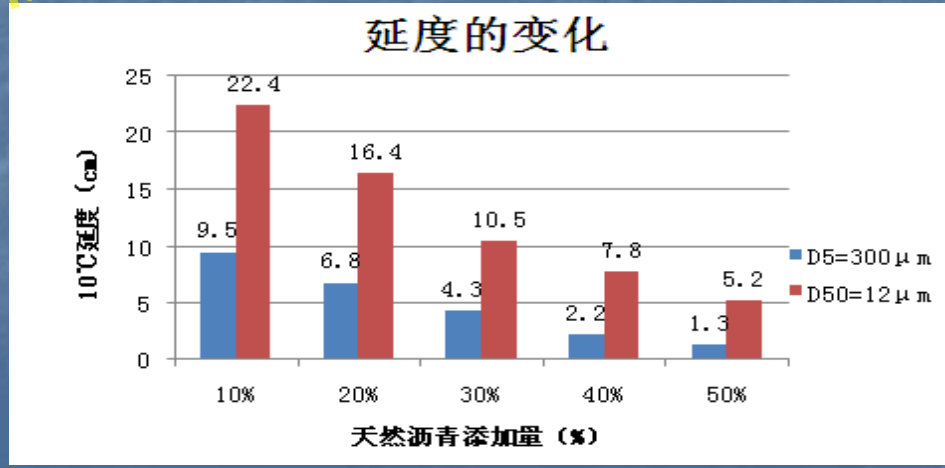
项目	比例	软化点	针入度	10延度	离析状况
基质沥青		45	78	100	0
D50=300μm	10%	50.05	61	9.5	1.0
	20%	51.80	54	6.8	离析
	30%	53.95	47	4.3	离析
	40%	57.95	37	2.2	离析
	50%	61.45	27	1.3	离析
D50=12μm	10%	47.45	63	22.4	0.9
	20%	49.3	57	16.4	-0.3
	30%	51.6	52	10.5	-0.3
	40%	53.2	44	7.8	-0.4
	50%	55.9	40	5.2	-0.4

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会



软化点增量5℃？





高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

天然沥青通常具有以下特性：

- 天然沥青软化点高，用其改性可以显著提高沥青混合料的高温稳定性；
- 天然沥青含有氮、氧、硫等杂物，可提高沥青路面的抗老化和抗水损坏能力，耐候性好；
- 天然沥青用于改性沥青或改性沥青混合料工艺简单，施工方便；
- 与SBS等聚合物改性沥青相比，因天然沥青是石油基的固体，与沥青同宗同族，相容性好，改性后的沥青性质更为稳定。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

总结：

天然沥青应用中存在的问题：

- 天然沥青原料的稳定性（均一性）差；
- 天然沥青的粒径对性能影响较大，但并未引起重视；
- 天然沥青中所含矿物质存在离析沉淀等问题；
- 天然沥青对混合料低温抗裂性能有不利影响。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

全国性的标准规范制修订情况：

- 修订中的“沥青路面施工规范” JTG F40 将纳入更多的天然沥青应用的相关内容；
- 中国公路学会正在组织编制多部全国性的有关天然沥青的应用技术指南。

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

请提宝贵意见

谢谢！

高原高寒地区长寿命沥青路面技术研讨会

手机：13601328998
Email：sc.huang@rioh.cn