

第三章 沥青材料

§ 3-1 石油沥青的生产工艺

§ 3-2 石油沥青的组成和结构

§ 3-3 石油沥青的技术性质和技术标准

§ 3-4 其他沥青材料

总体思路:

组成结构 → 技术性质 (标准) → 检测方法

沥青材料是由一些极其复杂的高分子的碳氢化合物和这些碳氢化合物的非金属（氧、硫、氮）的衍生物所组成的**混合物**

沥青路面用的沥青**结合料**，主要有两大类：

一类来源于石油系统，或天然存在或经人工提炼而得到，
称为“**地沥青**”——Asphalt

另一类为各种有机物干馏的焦油，经再加工而得，
称为“**焦油沥青**”——Tar

地沥青：天然沥青

（石油在天然条件下，在长时间的地球物理因素的作用下最后形成的产物）

石油沥青（石油经各种炼制加工工艺后得到的产品）

焦油沥青：煤沥青（煤焦油经再加工后得到的沥青）

木沥青

页岩沥青

§ 3-1 石油沥青的生产工艺

一、石油沥青的基属分类

二、沥青的生产工艺

石油沥青的分类

P143-144 (王宝民)

一、石油沥青的基属分类

石油是炼制石油沥青的原料

石油沥青的性质不仅与产源有关，
而且与制造沥青的石油基属有关。

如：大连西太（进口中东原油）

目前的原油分类按：关键馏分特性
含硫量

原油基属分类：环烷基原油（最好）
中间基原油（其次）
石蜡基原油（蜡对沥青的低温性能有明显的影响）

石油沥青基属分类：石蜡基沥青
中间基沥青
环烷基沥青

关键馏分的基属分类指标

	石蜡基	中间基	环烷基
第一关键馏分	相对密度 $\rho_4^{20} < 0.8207$ ($K^{10} > 11.9$)	相对密度 $\rho_4^{20} = 0.8207 \sim 0.8506$ ($K = 11.5 \sim 11.9$)	相对密度 $\rho_4^{20} > 0.8506$ ($K < 11.5$)
第二关键馏分	$\rho_4^{20} < 0.8721$ ($K > 12.2$)	$\rho_4^{20} = 0.8721 \sim 0.9302$ ($K = 11.5 \sim 12.2$)	$\rho_4^{20} > 0.9302$ ($K < 11.5$)

常压下蒸得250-275的馏分称为“第一关键馏分”

5.33kPa压力下减压蒸馏，取得275-300的馏分称为“第二关键馏分”

原油按关键馏分
基属的分类

第一关键馏分基属

	石蜡基	中间基	环烷基
第二关键馏分基属	石蜡基 (P)	中间-石蜡基 (M-P)	—
	中间-石蜡基 (P-M)	中间基 (M)	环烷-中间基 (N-M)
	—	中间-环烷基 (M-N)	环烷基 (N)

(石油基属-----七类)

(见P138-严)表4-1、4-2

§ 3-1石油沥青的生产工艺

几种典型原油的分类命名示例

含硫量 (质量%)	第一关键馏分 相对密度	第二关键馏分 相对密度	关键馏分 特性分类	<u>原油分类命名</u>
0.11%	0.814% (K=12.0)	0.850% (K=12.5)	石蜡基	低硫石蜡基
0.83%	0.832% (K=11.8)	0.881% (K=12.0)	中间基	含硫中间基
0.14%	0.860% (K=11.4)	0.887% (K=12.0)	环烷中间基	低硫环烷中间基
2.03%	0.891% (K=10.7)	0.936% (K=11.4)	环烷基	含硫环烷基

0.5为界(低硫;含硫)

结论: 环烷基石油是生产沥青最好的原油

(见P138_严)表4-3

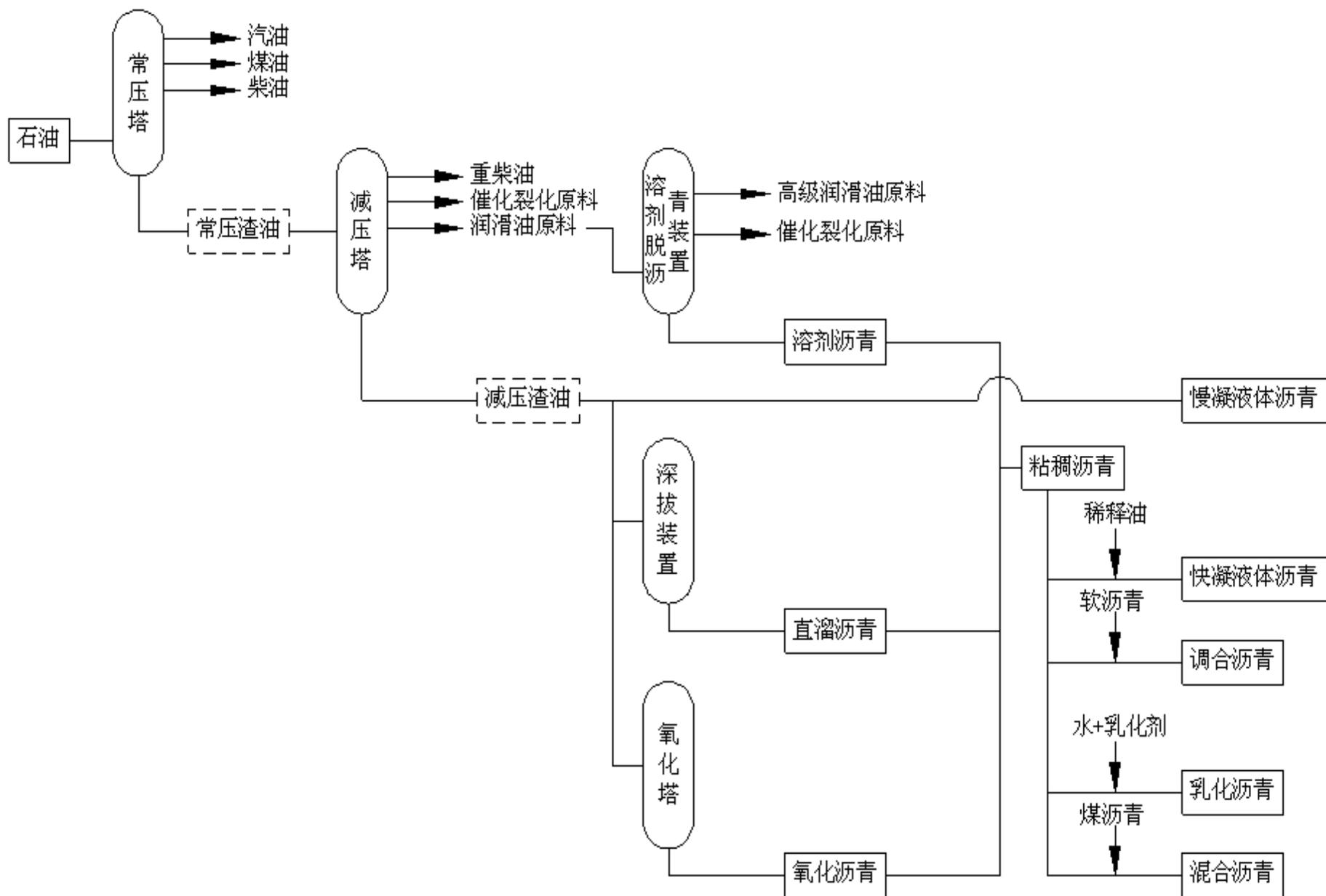
§ 3-1石油沥青的生产工艺

二、沥青的生产工艺

石油经各种不同的炼制工艺，
可得到不同品种的石油沥青。

常规工艺有：直馏沥青 Straight asphalt
蒸汽精制沥青 Steam refined asphalt
氧化沥青 Oxidized asphalt
溶剂沥青 Solvent asphalt

例：蒸馏法生产沥青的工艺示意图（见P139-严）（见P145王宝民）



§ 3-1 石油沥青的生产工艺

§ 3-2石油沥青的组成和结构

一、石油沥青的**元素组成**

二、石油沥青的**化学组分**

三、石油沥青的**胶体结构**

一、石油沥青的元素组成

石油沥青是由复杂的高分子碳氢化合物和它们的非金属衍生物组成的混合物

构成沥青的元素以碳氢为主体

沥青的通式可以写为：碳含量为80%—87%

氢含量为10%—15%

氧硫氮含量少于3%—5%

通式： $C_nH_{2n+a}O_bS_cN_d$

一、石油沥青的元素组成 (续)

例: 几种沥青的分子量、元素组成和碳氢比

(见P140表4—4严)

石油沥青的分子量、元素组成和碳氢比

序号	沥青标号	油源工艺		分子量 M_w	元素组成 (质量, %)					碳氢比 原子比 C/H	平均分子式
		油源基属	加工工艺		碳 (C)	氢 (H)	氧 (O)	硫 (S)	氮 (N)		
1	A-60	低硫石蜡基	丙烷脱	955	86.10	11.00	1.78	0.38	0.74	0.657	$C_{68.5}H_{104.2}O_{1.1}S_{0.1}N_{0.5}$
2	A-60	含硫中间基	氧化	1020	84.50	10.60	1.68	2.51	0.71	0.669	$C_{71.8}H_{107.3}O_{1.1}S_{0.8}N_{0.5}$
3	A-60	含硫 中间环烷基	氧化	1142	84.10	10.50	1.24	3.12	1.04	0.672	$C_{80.0}H_{119.0}O_{0.9}S_{1.1}N_{0.8}$
4	A-60	含硫环烷基	氧化	1300	81.90	9.60	1.50	6.47	0.53	0.716	$C_{88.6}H_{123.8}O_{1.2}S_{2.0}N_{0.5}$

一、石油沥青的元素组成 (续)

不同产地的沥青的碳、氢元素所占的百分比相近，难以从数量上加以区分。

由于沥青化学组成结构复杂，从沥青的元素分析结果看，不能找到元素组成与其路用性能间的直接关系。只能从碳氢比和平均分子式间接地了解沥青组成结构的概貌。

近代对沥青元素组成数据应用有：

- ① 相对密度
- ② 平均分子式
- ③ 核磁共振波谱

用以进行沥青的化学结构分析。

二、石油沥青的化学组分

由于沥青化学组成结构的复杂性，分析技术的限制，要将沥青分离为纯粹的化合物单体，存在许多困难，故按**化学组分**分析。

1、**化学组分分析定义**

利用沥青在不同有机溶剂中的**选择性溶解**或在不同吸附剂上的**选择性吸附**，而将沥青分离为几个**化学性质比较接近**而又与其**胶体结构性质**、**流变学性质**和**路用性质**有一定联系的几个组，这些组就称为**沥青的组分**。

沥青组分的分析方法：
溶剂法
溶剂-吸附法
色谱分析法

二、石油沥青的化学组分 (续)

2、沥青五组分分析法 (色谱分析法) (见P143表4-8_严)

- ①沥青质: 不溶于正庚烷而溶于苯的组分。
(可溶于正庚烷的组分为软沥青质)
- ②饱和分: 可溶于正庚烷, 吸于谱柱上, 能为正庚烷洗释的组分。
- ③芳香分: 经上述处理后, 能为苯所洗释的组分。
- ④胶质分: 经上述处理后, 能为苯-乙醇所洗释的组分。
- ⑤蜡: 饱和分和芳香分中以丁酮-苯为脱蜡溶剂,
在-20℃下冷冻分离出的固态烷烃。

(见P143表4-8严) 化学组分与技术性质的关系

石油沥青化学组分 (色层分析法)

序号	沥青标号	油源工艺		化学组成 (质量, %)					沥青技术性质		
		油源	工艺	饱和分 (S)	芳香分 (A _r)	胶质 (R)	沥青质 (A _t)	蜡 (P)	针入度 P _{25℃, 100g5a} (1/10mm)	软化点 T _{R&B} (℃)	延度 D _{25℃, 5cm/min} (cm)
1	A-60	低硫石蜡基	半氧化	7.50	22.70	56.7	0.3	12.8	64.5	51.8	12.6
2	A-60	低硫石蜡基	丙烷脱	1.30	25.60	63.9	0.2	9.0	62.0	48.3	58.8
3	A-60	含硫环烷-中间基	氧化	10.80	26.10	48.0	10.0	5.1	44.5	51.0	69.3
4	A-60	含硫环烷基	氧化	8.10	41.60	28.4	20.0	1.9	43.0	51.3	100+

沥青的含蜡量

蜡对沥青性能的影响，现有研究认为：沥青中蜡的存在：

在高温时会使沥青容易发软，导致沥青高温稳定性降低，出现车辙或流淌；
相反，在低温时会使沥青变得脆硬，导致低温抗裂性降低；

此外，蜡会使沥青与石料粘附性降低，在有水的条件下，
会使路面石子产生剥落现象，造成路面破坏；

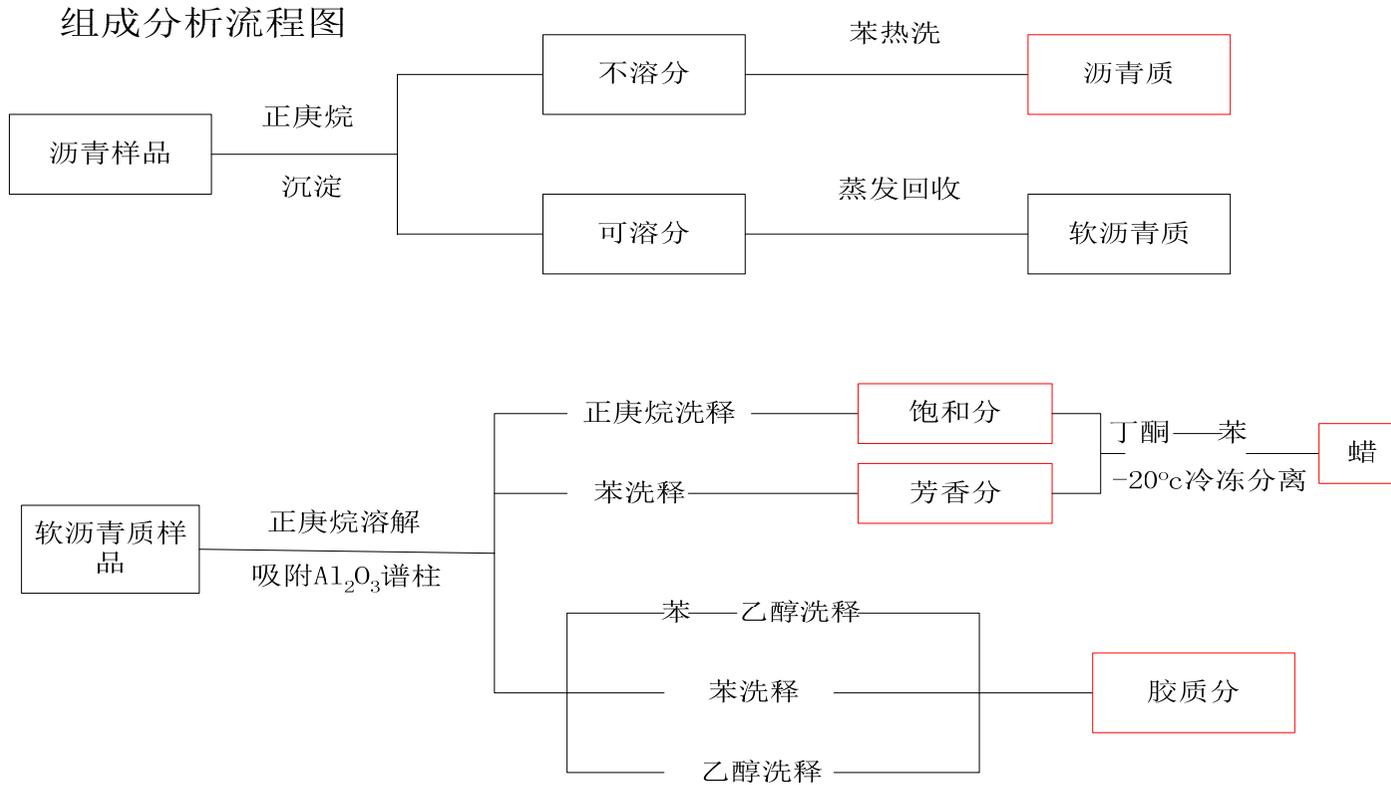
更严重的是，
含蜡沥青会使沥青路面的抗滑性降低，影响路面的行车安全。

对于沥青含蜡量的限制，由于世界各国测定方法不同，
所以限制值也不一致，其范围为2%~4%。

我国标准规定，重交通量道路石油沥青的
含蜡量（蒸馏法）不大于3%

二、石油沥青的化学组分 (续)

3、组分分析流程图



二、石油沥青的化学组分 (续)

4、化学组分对沥青性质的影响

①轻质油分（芳香分，饱和分，蜡）

一般为液体，温度的敏感性强，影响粘结力。

轻质油分多时，粘结力小（即强度小），影响感温性。

②胶质分（亦称树脂）

一般为塑性，微有弹性，影响沥青的变形能力。

③地沥青质

一般为固体，有很大的弹性，对沥青的影响是粘结力，感温性不易受温度作用。

组分试验



§ 3-2石油沥青的组成和结构

组分试验



§ 3-2石油沥青的组成和结构

组分试验



§ 3-2 石油沥青的组成和结构

二、石油沥青的化学组分 (续)

(从另一角度看)

沥青 (分散相)

地沥青质-分散相

轻质油分-分散介质

例: ①糖水 (分子溶液): 糖为分散相, 水为分散介质

②石灰+水→氢氧化钙 (离子溶液)



三、石油沥青的胶体结构

石油沥青是以分子量很大的**固态超细微粒**的**沥青质**为中心，在其周围吸附了中间过渡性的**胶质（树脂）**，使**沥青质**作为分散相能很好地分散在液态的油分介质之中。

沥青质是核心，**树脂组分**吸附在其表面，逐渐向外扩散，形成**沥青质**的核溶于油分介质中，这就构成了**沥青胶体结构单元**，即**胶团**。

根据沥青中各组分的含量及性质（沥青的流变特性）可分为：

溶胶结构沥青（sol）

溶-凝胶结构沥青（sol-gel）

凝胶结构沥青（gel）

三、石油沥青的胶体结构（续）

①溶胶结构沥青

常温下是液体或流体，感温性很强；

低温时是流体或塑性体；

高温时是牛顿液体

性能：强度小，弹性很小，适用于液体沥青。

粘结力指标用**粘度**，也称为粘滞度级沥青。

沥青质含量不多，分子量也比较小，又由于树脂的作用，

沥青质可以完全胶溶在油分介质中。胶团之间没有吸引力。

这样的沥青具有**牛顿液体**的性质（即剪应力和剪应变成线形关系）。

对温度的变化很敏感，

液体沥青多属于此种结构。

三、石油沥青的胶体结构（续）

②溶-凝胶结构沥青

常温下是塑性或硬塑性；

低温下是硬塑或固体；

高温下是液体或牛顿体。

性能：强度高、感温性能小，弹性大，多数的粘稠沥青（路用的）

粘结力指标用针入度

也称为针入度级沥青，变形能力好。

沥青质含量适当增多，分子量也较大，并有较多的树脂作为保护物质，所形成的胶团之间有一定的吸引力。

常温时，变形的最初阶段表现弹性效应，

但变形增加一定程度时表现为牛顿液体的状态。

三、石油沥青的胶体结构（续）

③凝胶结构沥青

常温下硬塑或固体；
低温下固体或玻璃体；

性能：粘结力高，感温性能差，弹性大，变形能力差。

沥青质含量增大，沥青质未能被树脂很好的胶溶分散，
则胶团就会互相连结，形成三维网状结构，呈现明显的弹性效应。

氧化沥青多属于凝胶型结构，具有较低的温度敏感性，
但低温变形能力较差。

三、石油沥青的胶体结构（续）

近年来随着高分子溶液研究的不断深入，有的学者已抛弃胶体结构的学说，转而采用高分子溶液理论来进行研究。

该理论认为：

沥青是以高分子量的沥青质为溶质；

以低分子量的软沥青质（树脂和油分）为溶剂的高分子溶液。

沥青含量很小，沥青质和软沥青质溶解度参数很小时能形成稳定的真溶液。

沥青含量相对增加，分子量很高，沥青质与软沥青质溶解度参数很小，则形成沉淀型的凝胶。

溶凝胶型结构介于两者之间。

三、石油沥青的胶体结构 (续)

沥青胶体结构与沥青的技术性质有密切的关系:

根据针入度指数 (PI值) 的大小确定沥青的胶体结构

$$PI < -2$$

溶胶结构沥青

$$PI = -2 \text{ --- } 2$$

溶-凝胶结构沥青

$$PI > 2$$

凝胶结构沥青

沥青感温性指标

PI值怎么算?

§ 3-2石油沥青的组成和结构

石油沥青的化学组分

化学组分分析定义：**组成结构** → 技术性质 (标准) → 检测方法

利用沥青在不同有机溶剂中的**选择性溶解**或
在不同吸附剂上的**选择性吸附**

将沥青分离为几个**化学性质**比较接近
而又与其**胶体结构性质**
流变学性质
路用性质

有一定联系的几个组，这些组就称为**沥青的组分**。

沥青材料是由一些极其复杂的高分子的**碳氢化合物**
和这些**碳氢化合物**的非金属（氧、硫、氮）的
衍生物所组成的**混合物**

化学组分与技术性质的关系

环烷基石油 是生产沥青最好的原油

原油质量、生产工艺的不同

石油沥青化学组分 (色层分析法)

最终其使用性能的不同

序号	沥青标号	油源工艺		化学组成 (质量, %)					沥青技术性质		
		油源	工艺	饱和分 (S)	芳香分 (A _r)	胶质 (R)	沥青质 (A _t)	蜡 (P)	针入度 P _{25℃, 100g5a} (1/10mm)	软化点 T _{R&B} (℃)	延度 D _{25℃, 5cm/min} (cm)
1	A-60	低硫石蜡基	半氧化	7.50	22.70	56.7	0.3	12.8	64.5	51.8	12.6
2	A-60	低硫石蜡基	丙烷脱	1.30	25.60	63.9	0.2	9.0	62.0	48.3	58.8
3	A-60	含硫环烷-中间基	氧化	10.80	26.10	48.0	10.0	5.1	44.5	51.0	69.3
4	A-60	含硫环烷基	氧化	8.10	41.60	28.4	20.0	1.9	43.0	51.3	100+

相同沥青的标号

决定沥青组成与结构的不同

§ 3 重点

应用:

沥青的三大指标

❖评价粘稠石油沥青路用性能最常用的经验指标，通称“三大指标”。

针入度——粘滞性（确定沥青标号）

延度——塑性（低温抗裂性）

软化点——感温性（高温稳定性）

针入度试验

(Penetration test)

- 该法是沥青材料在规定温度条件下，以规定质量的标准针经过规定时间贯入沥青试样的深度（以1/10为单位计）。
- 针入度试验常用条件为5℃、15℃、25℃和35℃等，但标准针质量和贯入时间均为100g和5s。
- 针入度值愈大，表示沥青愈软（稠度愈小）。实质上，针入度是测定沥青稠度的一种指标。通常稠度高的沥青，其粘度亦高。

针入度试验 (续)

(Penetration test)

实验条件以：PT、m、t表示。

其中 P为针入度，

T为试验温度，

m为标准针（包括连杆及砝码）的质量，

t为贯入时间。

我国现行试验法 (JTJ 052 T 0604-93) 规定：

常用的试验条件为：P 25 °C 、 100g、 5s

软化点试验

(Softening point)

该法是沥青试样注于内径为18.9mm的铜环中，环上置一重3.5g的钢球，在规定的加热速度（5℃/min）下进行加热，沥青试样逐渐软化，直至在钢球荷重作用下，使沥青产生25.4mm挠度时的温度，称为软化点。

软化点既是反映沥青材料热稳定性的一个指标，也是沥青粘度的一种量度。

根据已有研究认为：

沥青在软化点时的粘度约为1200Pa·s。

或相对于针入度值800（1/10mm）。

据此，可以认为：软化点是一种人为的“等粘温度”。

沥青三大指标试验

延度试验

(Ductility)

- 该法是将沥青试样制成8字形标准试件（最小断面 1cm^2 ），
在规定拉伸速度和规定温度下拉断时的长度（以cm计）称为延度。
- 沥青的延性是沥青受到外力的拉伸作用时，
所能承受的塑性变形的总能力。
通常是用延度作为条件延性指标来表征

沥青延度的试验温度与拉伸速率可根据要求采用，通常采用的
试验温度为 25°C 、 15°C 、 10°C 或 5°C ；
拉伸速度为 $5 \pm 0.25\text{cm/min}$ 。

延度试验 (续) (Ductility)

我国现行规范规定:

对**中**、**轻**交通量道路石油沥青,

试验温度 $T=25^{\circ}\text{C}$,

拉伸速度 $v=5 \pm 0.25\text{cm}/\text{min}$ 下的延度;

对**重**交通量道路石油沥青,

试验温度 $T=15^{\circ}\text{C}$,

拉伸速度 $v=5 \pm 0.25\text{cm}/\text{min}$ 下的延度。

沥青的三大指标

针入度是在规定温度下测定沥青的**条件粘度**

软化点是沥青达到规定条件粘度时的**温度（等粘温度）**

延度与沥青的流变特性、胶体结构和
化学组分等有密切的关系

沥青试样准备

- ① 恒温烘箱中（烘箱温度 80°C 左右）加热至沥青全部熔化。
- ② 盛样器皿在有石棉垫的炉具上缓慢加热。目的：脱水（即无泡沫）
注：加热时间不超过30min
沥青温度不超过 100°C
- ③ 沥青通过0.6mm的滤筛，目的：过滤（去杂质）
注：盛样器皿要干净，干燥
数量要满足一批试验项目所需的量并有富余。
- ④ 沥青一次灌入各项试验的模具中。
注：反复加热的次数不得超过两次；
灌模剩余的沥青不得重复使用。

(三大指标的) 试验方法

实验报告要求写的
试验方法

针入度

①针入度仪：标准针的连杆无明显摩擦
垂直运动
精度准确至0.1mm

②标准针：不锈钢制成，硬度为54~60
针的表面粗糙度为 $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$
针与柄的总质量为 $2.5 \pm 0.05\text{g}$

③盛样皿：试样皿内径 $55 \pm 1\text{mm}$ ，内部深度 $35 \pm 1\text{mm}$ （针入度 < 200 时用）
内径 $70 \pm 1\text{mm}$ ，内部深度 $45 \pm 1\text{mm}$ （大试样皿，针入度在 $200 \sim 350$ 时用）

实验题目
实验目的
实验设备
实验方法
原始数据
试验结果
收获与体会

试验方法

针入度 (续)

④样品准备: 在 $15 \sim 30^{\circ}\text{C}$ 空气中冷却 小试样皿 $1.0 \sim 1.5\text{h}$
大试样皿 $1.5 \sim 2.0\text{h}$

在规定试验温度 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的恒温水浴中恒温

小试样皿 $1.5 \sim 2\text{h}$

大试样皿 $2 \sim 2.5\text{h}$

⑤开始试验: 试验温度 $25^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$
求5秒内贯入试样深度, 即针入度值 ($1/10\text{mm}$)

注: 同一试样平行试验至少3次, 各测点间距离不应小于 10mm ,
每一次测定针必须干净。

试验结果必须在允许偏差范围内, 否则试验重做。

试验方法

延度

- ①延度仪：试件浸没于水中，试验过程中无明显振动。
保持规定的试验温度（25℃，15℃，10℃，5℃）
规定的拉伸速度5cm/min，使试件拉足。
- ②试模：八字模，由黄铜制成
由两个端模和两个侧模所组成
金属板，由黄铜或不锈钢制成，表面粗糙度0.2 μm
- ③样品准备：甘油滑石粉拌和的隔离剂涂在金属板和铜模的内侧面
八字模在金属板上组装好
沥青样品从模的一端至另一端往返注入
试样略高出模具
注：两个端模不涂隔离剂（为何？）

试验方法

延度 (续)

③样品准备: 试件在15 ~ 30℃空气中冷却30 ~ 40min
在试验温度的水浴中保持30min

用热刀刮平 (沥青面与模面齐平), 自模的中间刮向两边
试样连同金属板再浸入水浴中1 ~ 1.5h

④开始试验: 确定延度仪的拉伸速度, 试验温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
试件从金属板上取下, 模具两端套在滑板及槽端上, 去掉侧模
水面距试件表面不小于25mm
求试件拉断时指针所指标尺上的读数, 即为试样的延度 (cm)

试验方法

软化点

①环与球软化点仪：双环结构，由钢球，试样环，定位环，试验架，烧杯组成

钢球→直径9.53mm，质量 $3.5 \pm 0.05\text{g}$ ，由钢制成

试样环→内径19.8mm（上内径），15.9mm（下内径）

定位环→使钢球定位于试样环中央

试验架→由两个连接杆，三层平行金属板组成

中层板与下层板之间的距离为25.4mm

烧杯→容积为800~1000ml，直径不小于86mm

高度不小于120mm，无嘴高型烧杯

②样品准备：试样环放在涂有隔离剂的金属板上或玻璃板上
试样注入试样环内，略高出环面
试样在15~30℃空气中冷却30min
用热刀刮平（沥青面与环面齐平）
恒温水浴 $5 \pm 0.5\text{℃}$ ，保持15min

试验方法

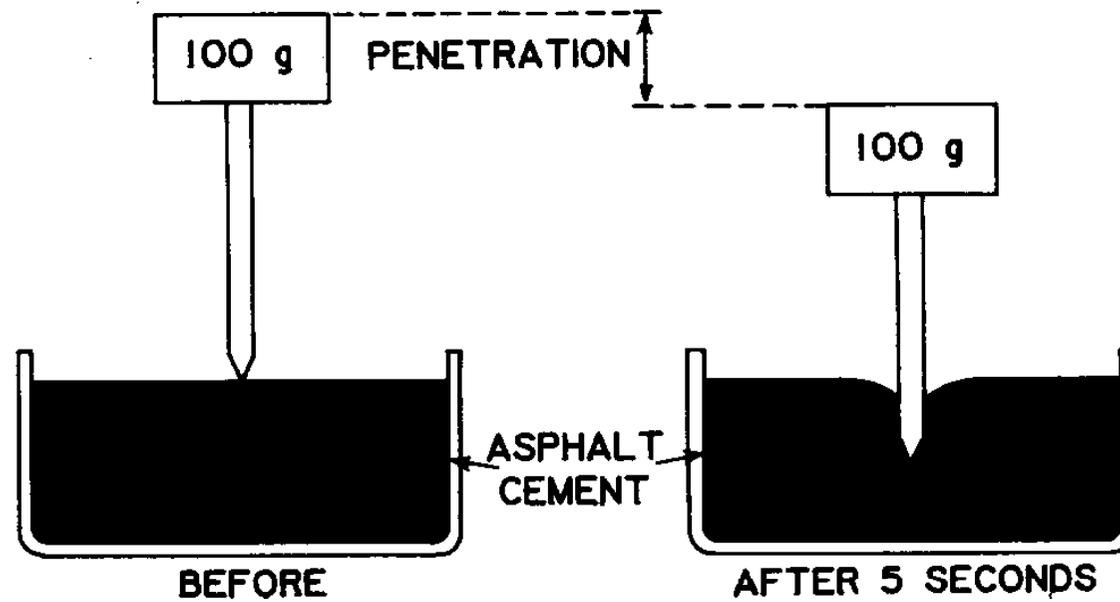
软化点 (续)

- ③开始试验：烧杯内5℃的蒸馏水，
放置试样环，套上钢球定位环，整个环架放入烧杯内，
调整水面（水面至液面指示线）
环架上任何部分均不得有气泡
垂直插入温度计，至试样环下面齐平

求水温以 $5 \pm 0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ 速度上升，试样受热软化下坠至
与下层底板表面接触时的温度，即为试样的软化点(℃)

注：取平行测定两个结果的算术平均值为测定结果

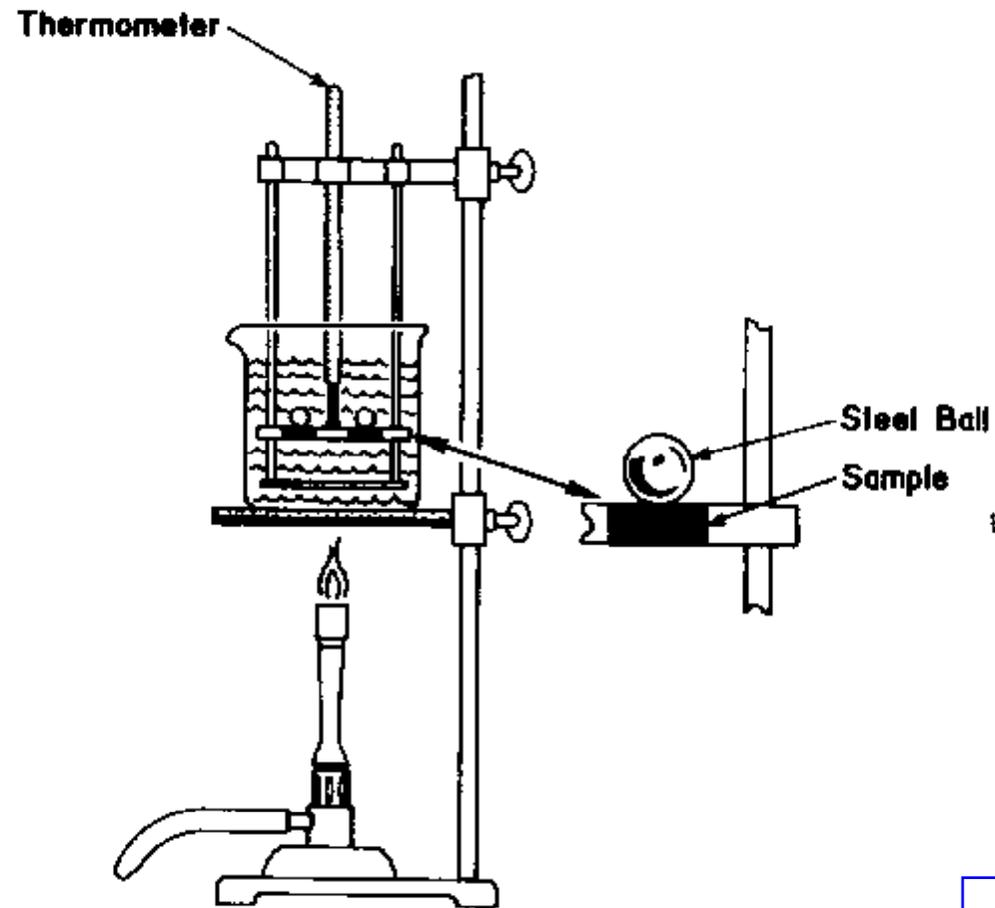
Penetration



沥青针入度试验记录表

试样编号				试样名称			
试验次数	试验温度	试验时间	试验荷载	指针读数			平均针入度
	(℃)	(s)	(N)				Pen (0.1mm)
1							
2							
3							

Softening Point

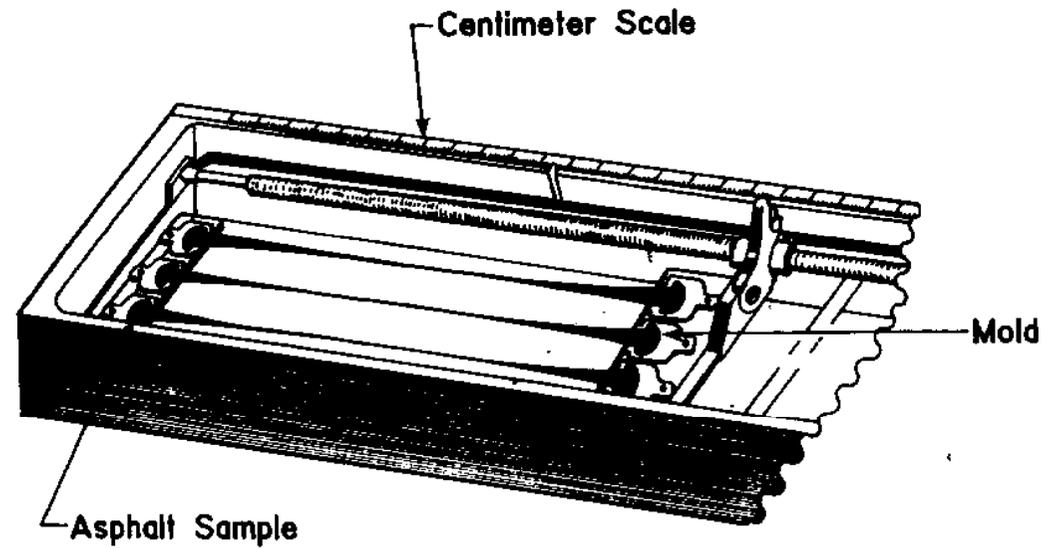


沥青三大指标试验

沥青软化点试验记录表

试样编号																	试样名称				
试验次数	室内温度 ℃	烧杯内液体种类	开始加热时间 s	开始加热液体温度 ℃	烧杯中液体在下列各分钟末温度上升记录(℃)															试样下垂与下底层板接触时的温度 ℃	软化点 ℃
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1																					
2																					

Ductility



沥青延度试验记录表

试样编号		试样名称			
试验温度	延伸速度	延度 D (cm)			
T_0 (°C)	v (m/min)	试件 1	试件 2	试件 3	平均值



沥青延度测定仪

沥青三大指标试验

沥青的三大指标

(试验准备时间)

针入度

空中冷却1---1.5小时

恒温水浴1.5---2小时

软化点

空中冷却30min

刮平后恒温水浴15min

延度

空中冷却30---40min

恒温水浴30min

刮平后恒温水浴1---1.5小时

§ 3-3石油沥青的技术性质和技术标准

一、石油沥青的评价方法

二、石油沥青的技术性质

三、石油沥青的技术标准

一、石油沥青的评价方法

传统评价方法有：

1. 沥青的分级指标---用针入度和60度粘度测定法
2. 沥青的高温稳定性指标---软化点和60度粘度测定
3. 沥青的低温抗裂性指标---用脆点和延度测定
4. 沥青的抗老化性能指标---用旋转薄膜烘箱测定
5. 沥青的综合指标---用蜡含量, 密度, 溶解度,
针入度指数测定

指标：某一材料的客观性能的定量反映。

一、石油沥青的评价方法

性能测试方法的一般过程:

1. 试样采取
2. 试验方法
3. 试验数据整理
4. 资料分析
5. 试验精密度

测量结果的重复性
测量仪器的重复性
测量结果的复现性

重复性试验:

在短期内, 在**同一**试验室, 由**同一个**试验人员, 采用**同一**仪器, 对**同一个**试样, 完成**两次**以上的试验操作, 所得的试验结果之间的误差。

复现性试验:

在**两个以上**不同的试验室, 由**各自**的试验人员, 采用**各自**的仪器, 对**同一个**试样, 按**相同的**试验方法, 分别完成试验操作, 所得的试验结果之间的误差。

研究材料总体思路:

组成结构→技术性质(标准)→检测方法

性能(性质)→定性 (定义:客观的科学描述)

指标→定量 (定义:某一材料的客观性能的定量反映)

标准→符合某工程要求的材料性质指标值;
或某工程材料的等级划分依据。

石油沥青的技术性质

技术性质汇总 (教材P147---162页)

(一) 物理性质

(二) 粘滞性(粘结性)

(三) 延性和脆性

(四) 流变特性

(五) 粘附性

(六) 耐久性

(七) 安全性

P47-62 (李立寒四版)

1. 沥青的物理性质

密度

体膨胀系数

介电常数

2. 沥青的路用性能

粘滞性

低温性能

感温性

粘附性

耐久性

粘弹性

P149-155 (王宝民)

1. 物理常数

密度

热胀系数

介电常数

2. 粘滞性

3. 温度敏感性

软化点

脆点

针入度指数

4. 塑性

5. 黏附性

6. 大气稳定性

7. 施工安全性

二、石油沥青的技术性质

(教材P147---162页)

(一) 物理性质

1. 密度---粘稠沥青密度在 $0.96-1.04\text{kg/m}^3$
2. 热胀系数---路面开裂
3. 介电常数---与沥青使用的耐久性和沥青路面的抗滑性有关

二、石油沥青的技术性质（续）

（二）粘滞性（粘结性）

沥青材料在外力作用下，沥青粒子产生相互位移的抵抗变形能力。

因沥青作为胶结材料，把松散的矿质材料胶结为整体。故粘结性是沥青材料最为重要的性质。

沥青的粘性通常用粘度

二、石油沥青的技术性质（续）

粘度的大小既不依赖于剪应力,也不依赖于剪切速度。

粘度的大小可以用数值来比较。

粘度越大的液体:

1. 流动所需的力就越大;
2. 流动时产生的内部抵抗也就越大;
3. 取消外力后流动停止的也就越快。

例如:

食用油的粘度大约是水的一百多倍;
常温下沥青的粘度比水大得多的多

二、石油沥青的技术性质（续）

粘度的测定方法:

1. 标准粘度计法

规定温度, 规定流孔, 流出一定体积所需的时间.

2. 针入度法

标准针, 规定温度, 规定时间内贯入的深度.

3. 软化点

等粘温度

(软化点时的粘度相当于针入度值8001/10mm)

条件粘度的测定方法:

1. 标准粘度计法

规定温度, 规定流孔, 流出一定体积所需的时间.

2. 针入度法

标准针, 规定温度, 规定时间内贯入的深度.

3. 软化点

等粘温度(软化点时的粘度相当于针入度值8001/10mm)

绝对粘度的测定方法:

毛细管法——测**运动粘度**

真空减压毛细管法——测**动力粘度**

二、石油沥青的技术性质 (续)

(三) 延性和脆性 (沥青的低温性能)

1. 沥青的延性---受外力拉伸作用,所能承受的塑性变形的总能力.

用延度指标表示

(延度指标: 温度一定,拉伸速度一定,记拉断时的距离.)

2. 脆性---沥青材料在低温下,受到瞬时荷载时,表现为脆性破坏.

用弗拉斯脆点表示

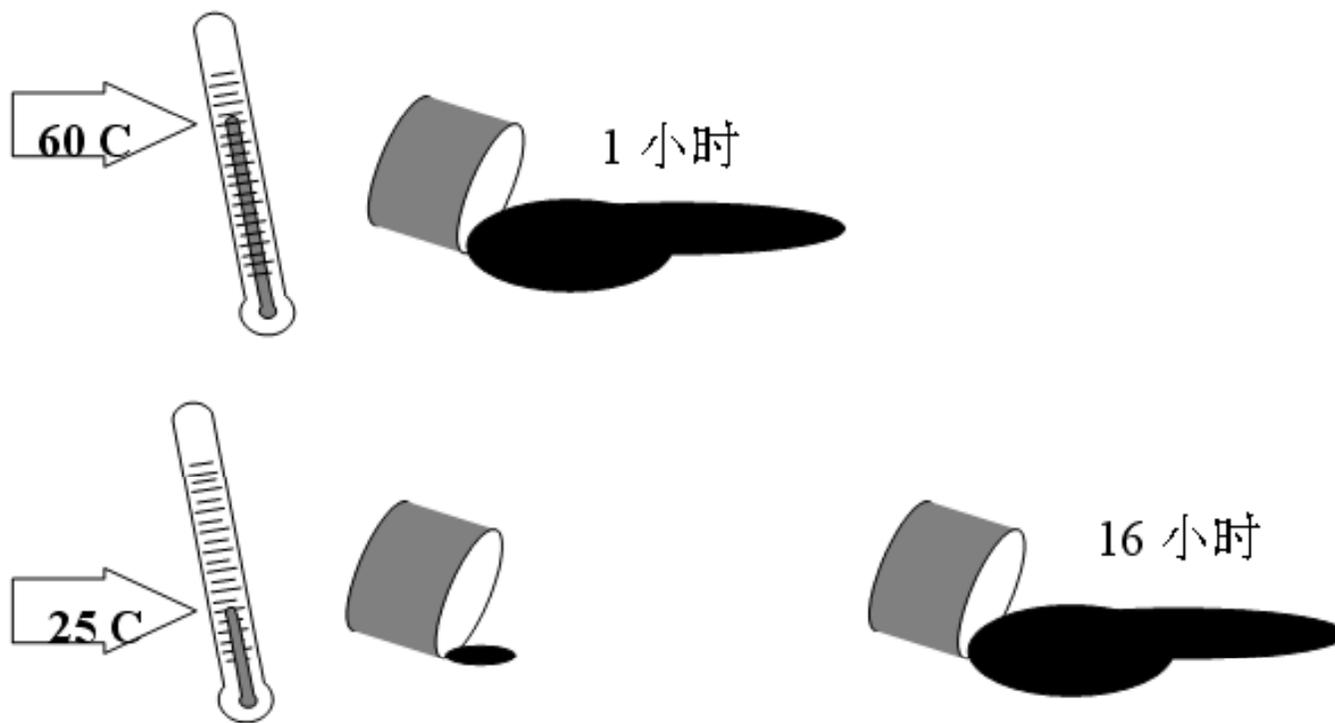
(弗拉斯脆点: 温度降低速度一定,记规定弯曲条件下,产生断裂时的温度.)

二、石油沥青的技术性质（续）

（四）流变特性（沥青的感温性、粘弹性）

- 根据应力、应变和时间来研究物质流动和变形的构成与发展的一般规律的科学
- 沥青材料是具有流变特性的典型材料，它的流动和变形不仅与应力有关，而且与时间和温度有关

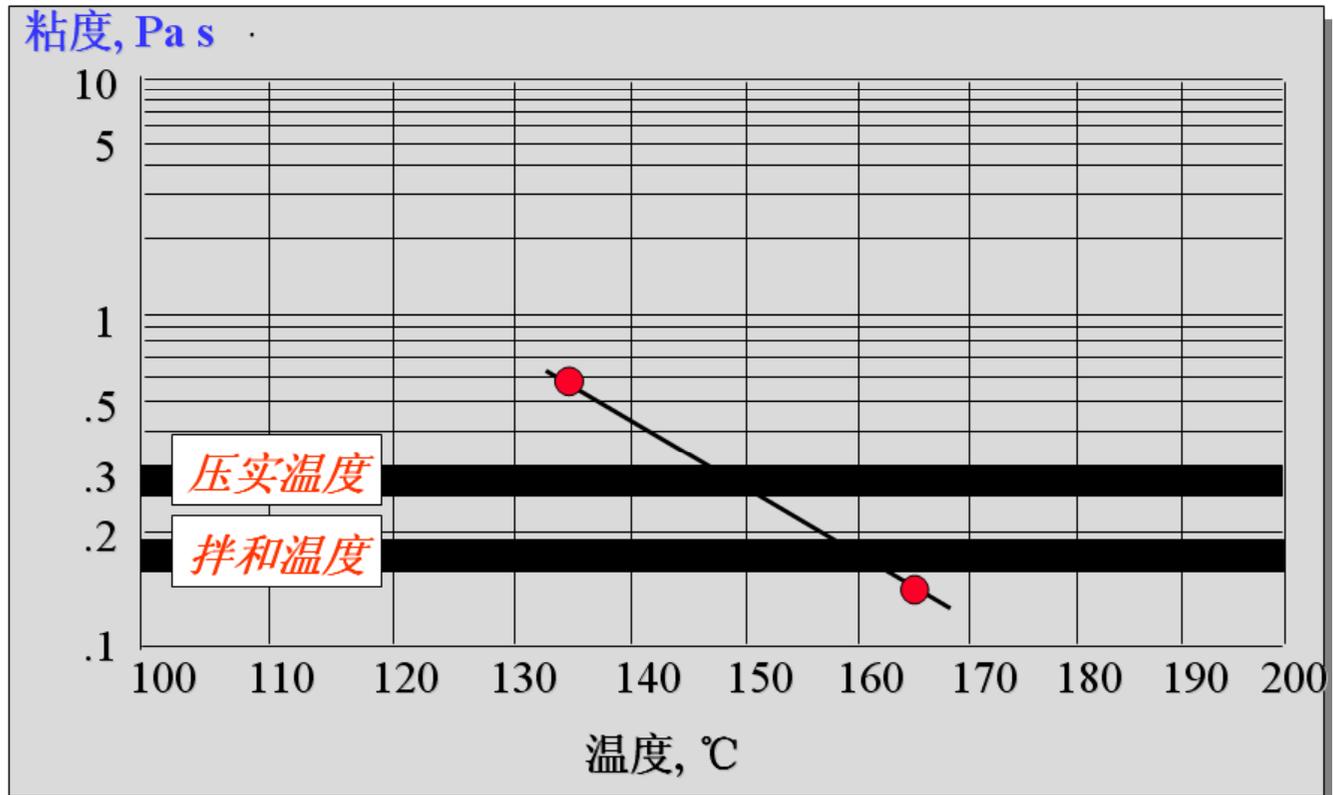
时间 - 温度等效原理 (Time-Temperature Superposition Principle)



二、石油沥青的技术性质（续）

流变特性包括:

1. 感温性---用粘度随温度而变化的行为表示
即粘---温关系 (见P54-57)
2. 感时性--- 沥青材料的时间感应性
用针入度和贯入时间的关系表示
3. 粘弹性--- (见严家及P158图4-23)
弹性区---弹性模量
粘性区---粘度
粘弹性区---劲度 (P60公式2-28)



按粘 - 温关系确定的拌和和压实温度（用于基质沥青）
不一定适用于改性沥青。
对于改性沥青，应按材料供应商的建议确定拌和、压实温度。

二、石油沥青的技术性质（续）

沥青材料是一种典型的粘弹性材料,粘弹行为可通过蠕变来描述.

蠕变实验: 输入恒定的应力,响应是试件的应变.

在沥青试件上施加拉应力并保持不变,
其应变随时间而增加,这种现象称为蠕变.

松弛实验: 输入恒定的应变,响应是松弛应力.

在保持应变不变的情况下,应力随时间的
增加而逐渐减弱(衰减),这种现象称为应力松弛.

二、石油沥青的技术性质（续）

（五）粘附性

沥青与集料的粘附作用,是一个复杂的物理化学过程.

沥青与集料的粘附性直接影响沥青路面的使用质量和耐久性.

评价方法: 静态浸水法
水煮法
光电分光光度法

见李立寒P57（图2-22）

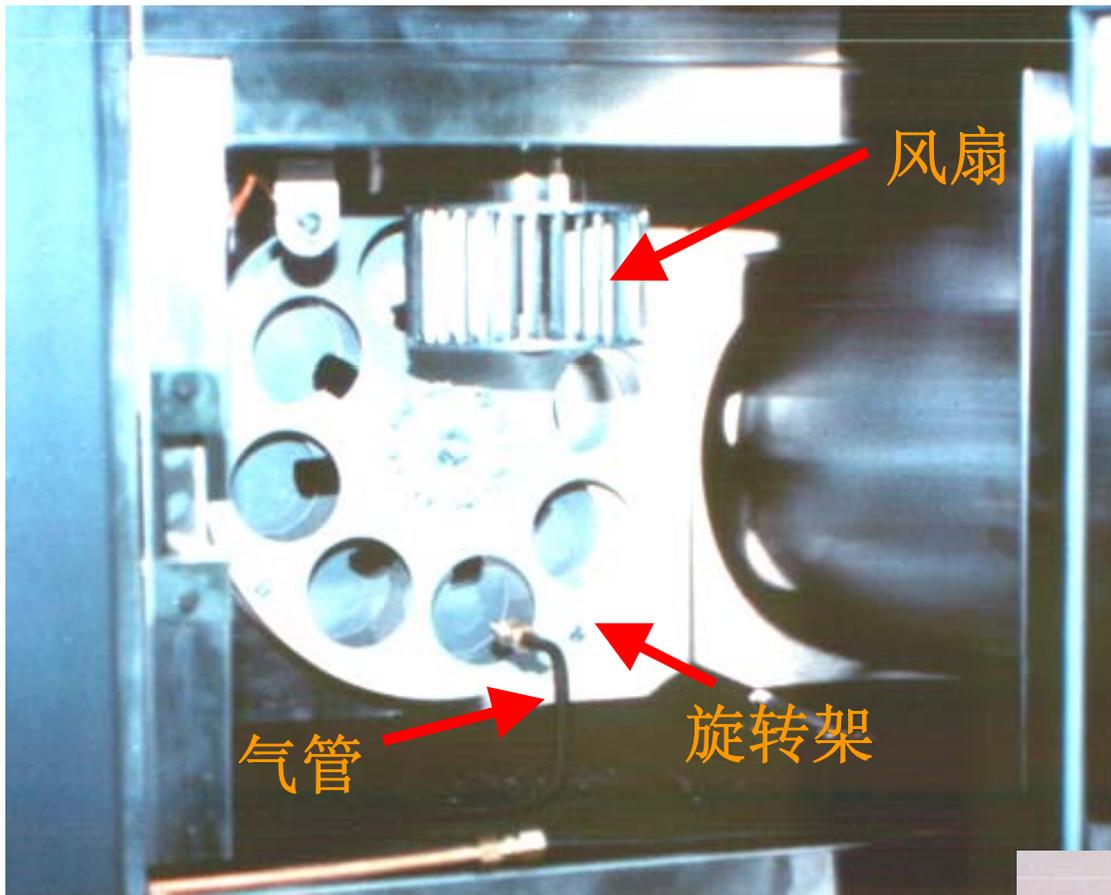
二、石油沥青的技术性质（续）

（六）耐久性（沥青的耐久性）

路用沥青材料在储运, 加热, 与集料拌和, 施工和长期使用过程中, 受自然因素和交通荷载各种因素的作用, 使沥青发生一系列的物理和化学变化(如: 蒸发, 脱氢, 氧化等), 沥青逐渐变硬变脆, 改变原有的粘度和低温性能, 这种变化称为沥青的老化.

评价方法: 室内加速老化试验
蒸发损失试验
薄膜烘箱试验
旋转薄膜烘箱试验

见李立寒P59 (图2-23、24、25)

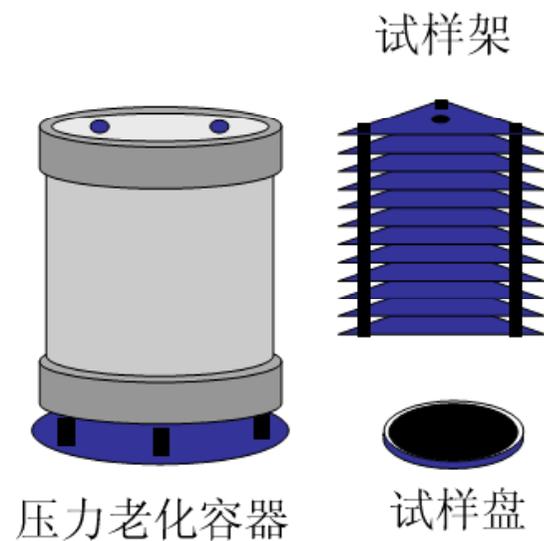
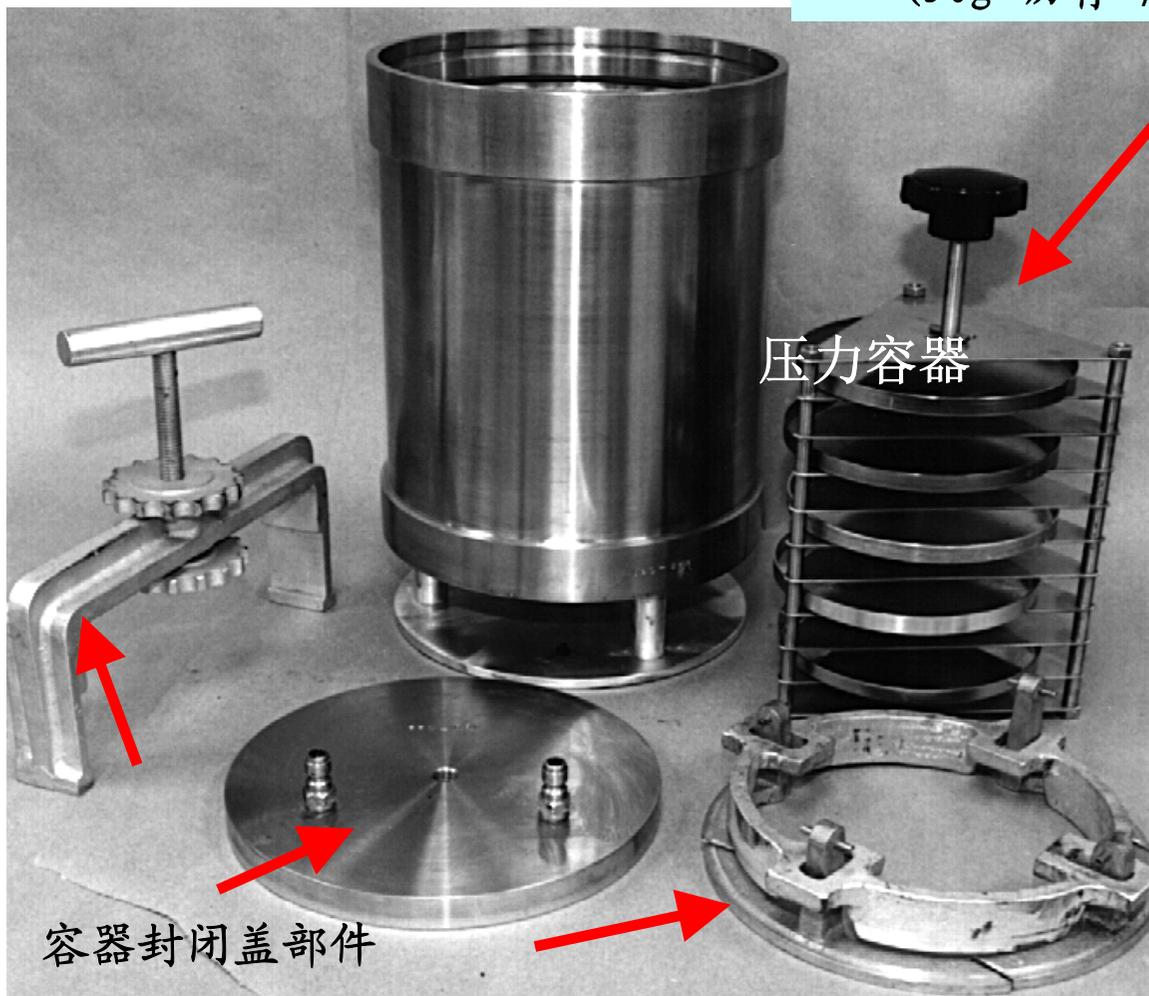


试验前后 试样瓶

考虑施工过程中的老化

压力老化容器

试样架
(50g 沥青 / 盘)



长期使用过程中的老化

压力老化仪



二、石油沥青的技术性质（续）

(七) 安全性

材料在使用时必须加热，当加热至一定温度时，
挥发的油分蒸发与周围空气组成混合气体，
此混合气体遇火焰易发生闪火。
若继续加热极易燃烧。

评价指标:

闪点---沥青加热闪火的温度

燃点---沥青加热燃烧的温度

二、石油沥青的技术性质 (续)

技术性质汇总 (教材P147---162页)

(一) 物理性质

P47-62 (李立寒四版)

(二) 粘滞性(粘结性)

1. 沥青的物理性质

(三) 延性和脆性

密度

P149-155 (王宝民)

(四) 流变特性

体膨胀系数

1. 物理常数

(五) 粘附性

介电常数

密度

(六) 耐久性

2. 沥青的路用性能

热胀系数

(七) 安全性

粘滞性

介电常数

低温性能

2. 粘滞性

感温性

3. 温度敏感性

粘附性

软化点

耐久性

脆点

粘弹性

针入度指数

4. 塑性

5. 黏附性

6. 大气稳定性

7. 施工安全性

评价指标各不相同

指标如何测定，在实验课上去完成。

§ 3-3石油沥青的技术性质和技术标准

三、石油沥青的技术标准

“**重**交通量道路石油沥青的技术要求”中
8个指标归类：（见P164表4-15 严）（见P63表2-5 李立寒）

第一类为沥青的路用性能

（针入度、延度、软化点、薄膜烘箱、密度）

第二类为沥青成分的控制指标

（溶解度、含蜡量）

第三类为沥青的工艺性质

（闪点）

§ 3-4其他沥青材料

- 一、改性沥青 (见工程高聚物材料)
- 二、再生沥青
- 三、乳化沥青

§ 3-4其他沥青材料

二、再生沥青

沥青混凝土路面一般设计年限为15年，通常使用年限仅为10年左右。

如：沈大高速公路

80年代末新建，1990年全线通车；12年后改扩建。

沥青材料的老化是个自然规律，不可避免。

由于沥青材料在路面中受到各总自然因素（氧、光、热、水等）的作用，
随时间而产生“不可逆的”化学组成结构、物理力学性能的变化。

路面需要养护——维护、翻修

二、再生沥青（续）

路面更新时，产生的废旧沥青混合料，存在：

堆放占用场地；

浪费大量不可再生的石油、石料资源；

破坏生态环境（因为沥青混合料不可降解）。

再生沥青定义：指已经老化的沥青，经掺加再生剂后使其恢复到原来（甚至超过原来）性能的一种沥青。

废旧沥青的再生属于废物的重新利用，必须考虑所采用再生剂的成本。

中国正处在高速公路发展阶段，建设、养护管理并存！

§ 3-4其他沥青材料

三、乳化沥青

有发展前途的路面维修养护材料——乳化沥青 (P169-177 自学)

乳化沥青由沥青、乳化剂、稳定剂、水所组成

常用于：常温沥青混合料
稀浆封层沥青混合料

优点：冷态施工，节约能源；
 便利施工，节约沥青；
 保护环境，保障健康。