

第一章 沥青与沥青混合料概论

§ 1-1 沥青材料在路面工程中的作用与地位

§ 1-2 沥青材料的流变性 (粘弹性)

(沥青材料的理论基础)

§ 1-3 粘弹性理论在路面工程中的应用概述

§ 1-1 沥青材料在路面工程中的作用与地位

一、建筑材料

二、材料的**路用性能**（性质）

三、材料总体思路

一、建筑材料

砂石材料

石灰和水泥

水泥砼和砂浆

沥青材料（三大指标）

粘滞性→针入度

塑性→延度

感温性→软化点

沥青混合料

建筑钢材和木材

《道路建筑材料》

- 是研究道路与桥梁建筑用各种材料的组成、性能和应用的一门课程。
 - a. 明确建筑材料与路桥工程的关系
 - b. 了解道路建筑材料的研究对象
 - c. 掌握道路建筑材料的研究内容
 - d. 了解并逐步掌握道路建筑材料的检验方法技术标准

a. 明确建筑材料与路桥工程的关系

1. 道路建筑材料是道路、桥梁等工程结构物的物质基础。
材料质量好坏，直接影响结构物的质量。
2. 材料的使用与工程造价密切相关。
道路材料费用通常在道路工程总造价中约占60%。
故合理选材，对降低工程造价具有十分重要的经济意义。
3. 新材料的出现和使用，导致工程建筑设计、工艺的新突破。
由此材料是促进道路与桥梁工程技术发展的重要基础。

b. 了解道路建筑材料的研究对象

- 原材料

1. 砂石材料
2. 胶结料类—水泥、沥青
3. 钢材和木材—用作混凝土工程的拱架和模板
4. 高聚物材料—改善沥青混合料或水泥混合料性能

- 混合料

1. 水泥混凝土及砂浆
2. 沥青混合料
3. 无机结合料稳定材料
4. 碎（砾）石混合料

c. 掌握建筑材料的研究内容

- 道路建筑材料的基本组成与结构
- 道路建筑材料的基本技术性能
- 混合料的组成设计方法

道路建筑材料的基本组成与结构



有何区别？

- 充分了解和认识材料的基本组成结构及其与材料技术性能的关系，是合理选择、正确使用材料、改善材料性能、研发新材料的基础。

材料的组成结构：

1. 化学组成
2. 矿物组成
3. 结构组成

§ 1-1 沥青材料在路面工程中的作用与地位

沥青混凝土路面材料

“路面材料是路面结构中的材料”



- 沥青与
- 砂石材料



d. 道路建筑材料的性能检测与技术标准

性能检测:

- 试验室原材料与混合料的性能测定
- 实验室模拟结构物的性能测定
- 现场足尺结构物的性能测定

标准是根据一定时期的技术水平制定的。

故随着技术的发展和材料性能要求的不断提高,对标准会进一步修订。

如: 针入度级、粘度级、PG级

技术标准:

定义: 是有关部门根据材料自身固有特性, 结合研究条件和工程特点, 对材料的规格、质量标准、技术指标及相关的试验方法所做出的详尽而明确的规定。

分为: 国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

检验什么是指标问题

怎么检验是方法问题

§ 1-1 沥青材料在路面工程中的作用与地位

道路与桥梁建筑物的特点

既受到车辆荷载的复杂力系作用；
又受到各种复杂的自然因素的恶劣影响。

故材料→重要基础

材料应具有一定的技术性能，而对这些性能的检验必须通过适当的测试手段进行。

材料性质的检验

实验室室内检验（试验）

施工现场的实地检验（检测）

二、材料的路用性能（性质）

力学性质：是指材料抵抗车辆荷载复杂力系综合作用的能力
模量、强度（规范用指标）

弯、拉、压、剪等试验反映材料的力学性质
磨耗、磨光、冲击等试验反映材料的性能

物理性质：测定材料的物理参数，了解材料的内部组成结构。
指标：密度、孔隙率、含水量

化学性质：材料抵抗各种周围环境对其化学作用的性能。
如：气温的交替变化，日光中的紫外线，空气中的氧、水等。

工艺性质：指材料适合于按一定工艺要求加工的性能。
指标：闪点、离析、和易性

经济性质：

以上五点，相互联系，相互制约。
研究材料性能时，几方面性能统一考虑。

三、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。

国标: GBXXX

部标: JTJ XXX—XX

如: 某人的体重65Kg, 身高170cm (指标)
当兵要求65Kg, 175cm (标准)

国际: ASTM (美)

American Society of Testing Material (美国试验材料协会)

沥青材料的流变性 (粘

(沥青材料的理论基础)

一、粘弹性基本概念

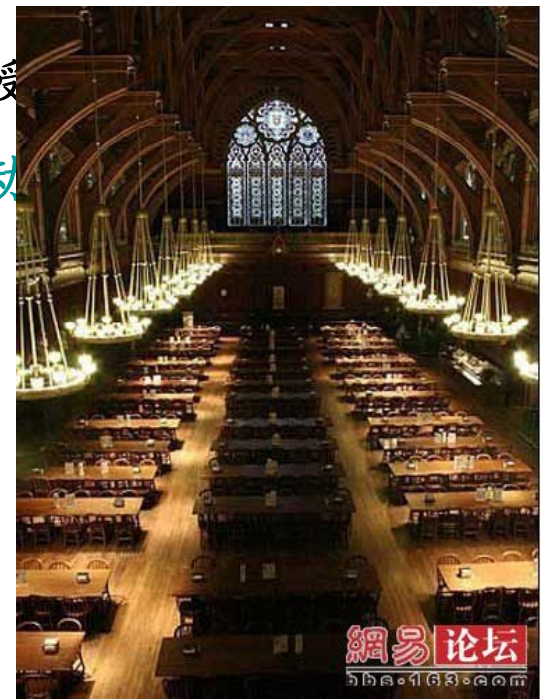
二、粘弹性简单的力学模型

流变学是英国学者宾汉姆 (E. C. Bingham) 教授

流变学定义: 关于变形 (Deformation) 和流动

根据流变学观点, 对物体的物理力学性质归纳为:

1. 万物皆流
2. 流体与固体无明确的界线
3. 物体的弹性、粘性、塑性集于一体



一、粘弹性基本概念

理论力学： 物体为刚性，无变形

材料力学： 物体遵守虎克定律

弹性力学： 物体遵守虎克定律

流体力学： 理想流体力学：

牛顿流体力学： 剪应力与剪变率具有
线性比例关系

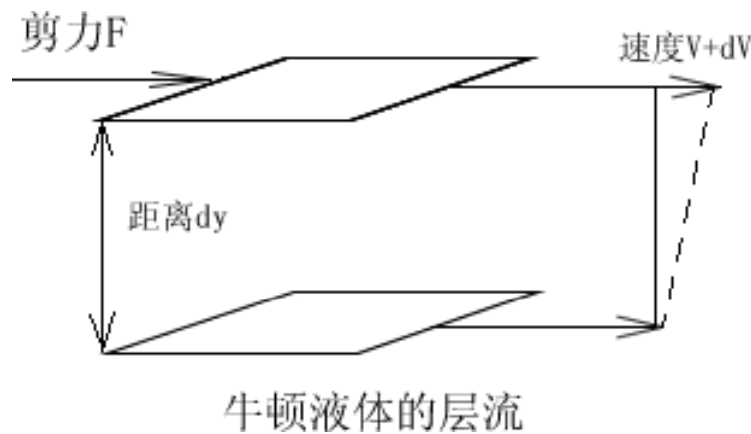
非牛顿流体力学： 不服从剪应力与
剪变率间的
简单线性关系

粘弹性基本概念

研究对象	学科名称	本构方程
无粘性流体	理想流体力学	$\tau = 0$
粘性流	牛顿流体力学	$\tau = \eta \cdot D$
非线性粘性流	非牛顿流体力学	$\tau^m = \eta \cdot \dot{\epsilon}$
粘弹性流体	流变学	$\tau = f(\epsilon, t)$
粘弹性固体	流变学	
弹性体	弹性力学	$\tau = G \cdot \epsilon$
刚性	理论力学	$\epsilon = 0$

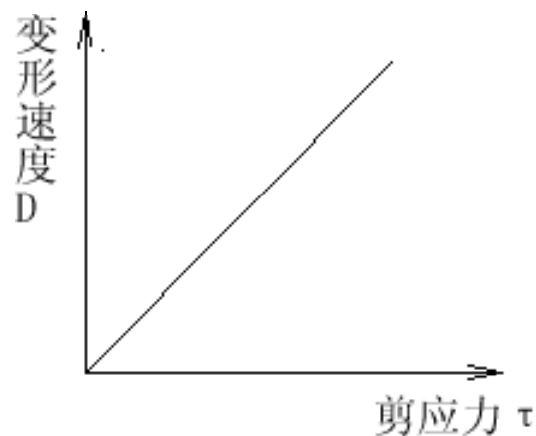
牛顿流体力学

液体在一定外力作用下表现为层流，各层间以一定的相对速度流动。



面积为 A ，相距为 dy 的两个平行平面以速度差 dv 相对移动时，两个平面之间将产生内部抵抗。这种内部抵抗所产生的阻力

（既剪应力 $\tau=F/A$ ）与剪变率（ $D=dv/dy$ ）之间具有线性的比例关系。则牛顿定律描述为：



$$\frac{\tau}{D} = \eta \quad (\text{粘滞系数或黏度})$$

$$D = \frac{\tau}{\eta} = \phi \times S \quad (\text{粘度倒数}\phi\text{称为流动度})$$

牛顿液体的流动曲线

牛顿流体力学 (续)

∴剪应力 ($\tau = F/A$) 的量纲为Pa,

剪变率 ($D = dv/dy$) 的量纲为1/S。

$$\frac{\tau}{D} = \eta \quad D = \frac{\tau}{\eta} = \phi \times S$$

∴粘度的量纲为PaS。

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 { 流动所需的力就越大;
流动时产生的内部抵抗也就越大;
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。

沥青的粘度 (viscosity of bitumen)

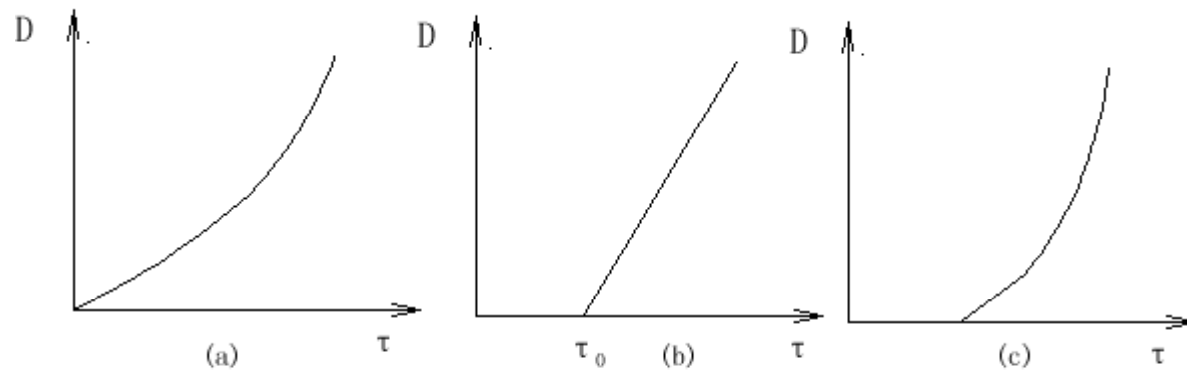
沥青试样在规定的条件下流动时形成的抵抗力或内部阻力

的量度, 也称粘滞度

非牛顿流体力学

具有流动性而其流动特性不服从牛顿定律的流体。

也就是说不服从牛顿定律中剪应力与剪变率之间的简单线性关系



非牛顿流体的流动曲线

图：为**准**粘性液体的流动变形，

曲线上某一点切线斜率为表观粘度，表观粘度依赖于

剪变率，与时间 t 有关，记为 $\eta(t)$ 。

一、粘弹性基本概念

- ① **变形**—指材料（一般为固体）在外力和荷载作用下体积和形状的变化。
- ② **流动**—外力作用下材料的变形随时间无限发展。

流变学基本公理——所有的材料都处于流动状态。

流变学是一门现象科学

流动不可恢复性是所有流动液体的特点。
流变学定义：关于变形和流动的科学

流动：不可恢复性

弹性变形：可以完全回复

粘弹性：受力后变形随时间发展；取消外力，变形可完全或部分回复

弹性与粘性的根本区别.....

塑性

变形能否回复

(三大力学、弹性力学、流体力学、塑性力学、断裂力学、...)

一、粘弹性基本概念（续）

牛顿液体的流动变形具有不可逆特性。
变形不可回复是所有流动液体的特性。

所以说变形能否回复
是物体表现弹性与粘性的根本区别

对于沥青主要特性是非牛顿流体力学

对于沥青混合料主要特性是粘弹性材料力学

沥青材料的流变学
是研究沥青流动和变形的一门科学。
实际上是研究沥青材料的弹性、粘性
及流动变形的科学。

沥青及沥青混合料表现了弹性变形与流动变形
综合的力学行为特点。

粘弹性基本概念

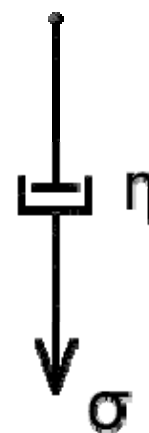
研究对象	学科名称	本构方程
无粘性流体	理想流体力学	$\tau = 0$
粘性流	牛顿流体力学	$\tau = \eta \cdot D$
非线性粘性流	非牛顿流体力学	$\tau^m = \eta \cdot \dot{\epsilon}$
粘弹性流体	流变学	$\tau = f(\epsilon, t)$
粘弹性固体	流变学	
弹性体	弹性力学	$\tau = G \cdot \epsilon$
刚性	理论力学	$\epsilon = 0$

二、粘弹性简单的力学模型

弹簧代表弹性材料（虎克定律）
（变形瞬间发生）



粘壶代表粘性材料（牛顿定律）
（加力后需要一段时间才发生变形）



A. 麦克斯韦尔 (Maxwell) 模型

串联元件

特点:

- ① 各元件应力相等
- ② 总应变为各元件应变之和

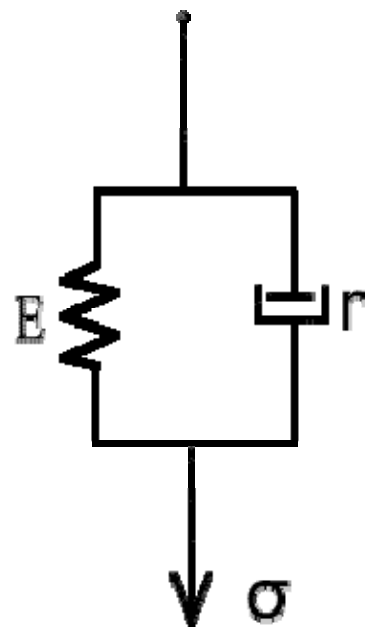


B. 开尔文(Kelvin)模型

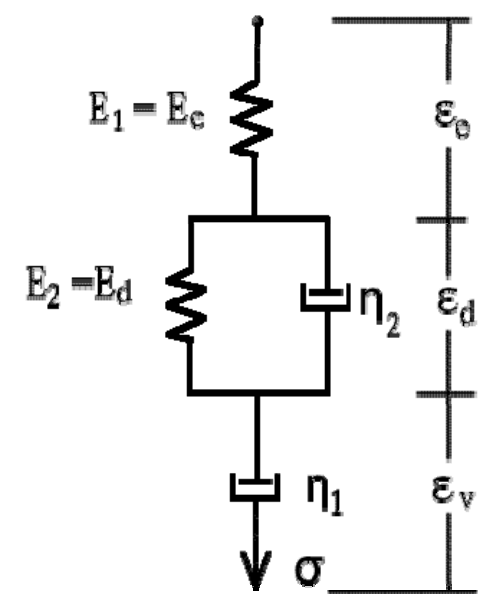
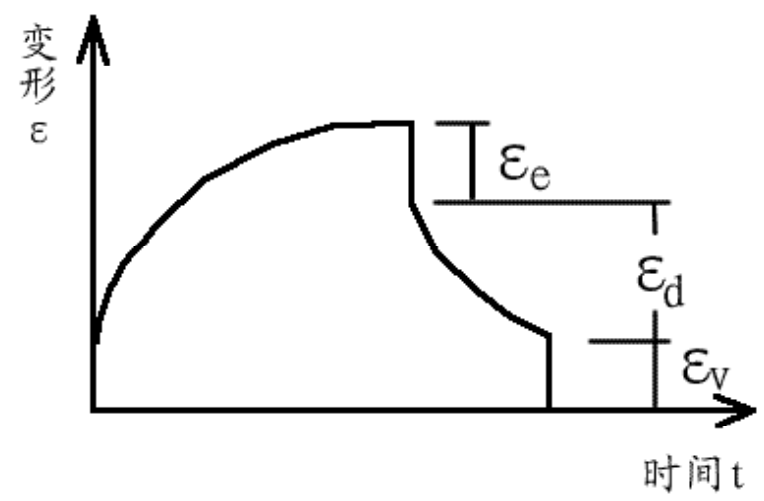
并联元件

特点:

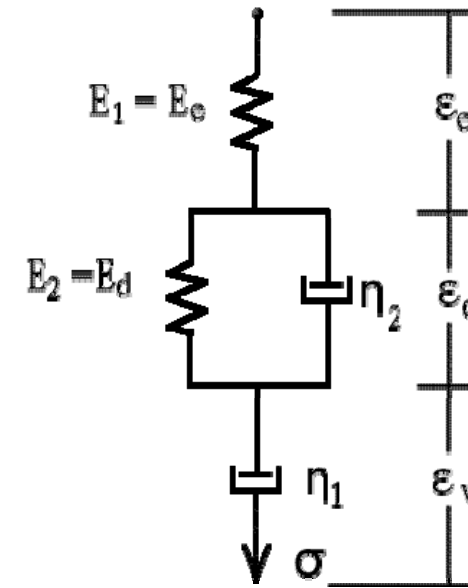
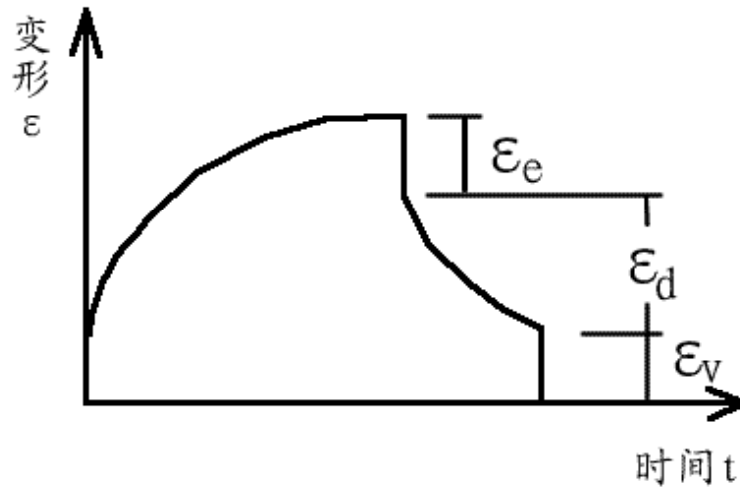
- ①各元件截面应变相等
- ②总应力为各元件应力之和



C. 四元素模型



C. 四元素模型



A. 麦克斯韦尔 (Maxwell) 模型 (串联元件)



B. 开尔文 (Kelvin) 模型 (并联元件)

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

荷载作用下，

发生于路面结构内的应力、应变和位移量，

不仅同荷载状况有关，

而且还取决于路面材料的应力、应变特性。

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

由于沥青混合料中所含沥青具有依赖于
温度和加荷时间的粘——弹性性状

沥青混合料在荷载作用下的变形
也具有随温度和荷载作用时间而变化的特性。

材料特性与工作环境决定：

沥青

在低温时，
混合料基本属于弹性体；
在常温时，
应变为弹——粘性体；
在高温时，
变为弹——粘——塑性体。

因为沥青在一定的温度条件下具有单纯的流动变形特性

所以路面工程中利用这种依赖于温度的流动特性实现沥青混合料的拌和与摊铺碾压

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

沥青材料的粘滞度受温度影响很大，
温度对沥青混合料的性状也有较大的影响。

当其他条件相同时，同一材料在高温和低温时的
应变变量（反映在模量上）可相差几十倍。

高温像水一样流淌

低温像石头一样坚硬

常温像橡皮泥、软陶、粘土一样好玩

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

反映**沥青**和**沥青混合料**在给定的温度和加荷条件下的
应力-应变关系的参数

称为**劲度S**

劲度：沥青的劲度模量简称劲度

劲度模量：沥青混合料的劲度模量简称劲度模量

劲度S (t加荷时间; T温度)

两个重要指标: S_b S_m

E 模量概念?

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

固体在荷载作用下发生弹性变形；
而液体则随荷载作用时间延续而流动；

兼具流动与弹性变形特性的是粘弹性材料，
它的全部力学行为是温度与时间函数。

沥青路面工作的温度范围，高达60℃，低到-40℃。
车速60公里/小时沥青面层受荷载作用时间仅0.02秒；
但在寒冷地区，低温收缩应力作用时间可长达10秒。

正是因为变形与流动并存，因此需要为解决
高温稳定性与低温抗裂性矛盾等工程引入了粘弹理论。

§ 1-3粘弹性理论在路面工程中的应用概述

粘弹理论的研究对象——粘温关系

蠕变、松弛等粘弹性质（蠕变、松弛的概念在沥青材料中再讲解）
随温度、时间变化对于工程问题更为重要。

例：炎夏，长时间驻足于沥青路面可留下足印，
这是材料随时间延续产生的流动；

但一辆满载的重型车疾驶过后沥青路面却无丝毫轮痕，
这是材料在短时间荷载作用下表现出来的弹性。

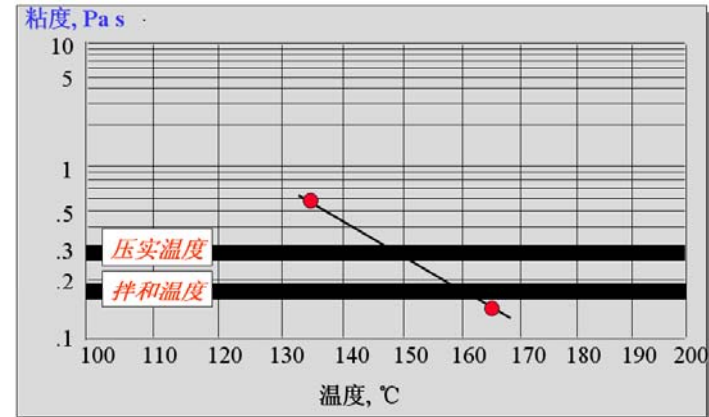
流变特性包括:

1. 感温性---用粘度随温度而变化的行为表示
即粘---温关系

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P158图4-23)
弹性区---弹性模量
粘性区---粘度
粘弹性区---劲度

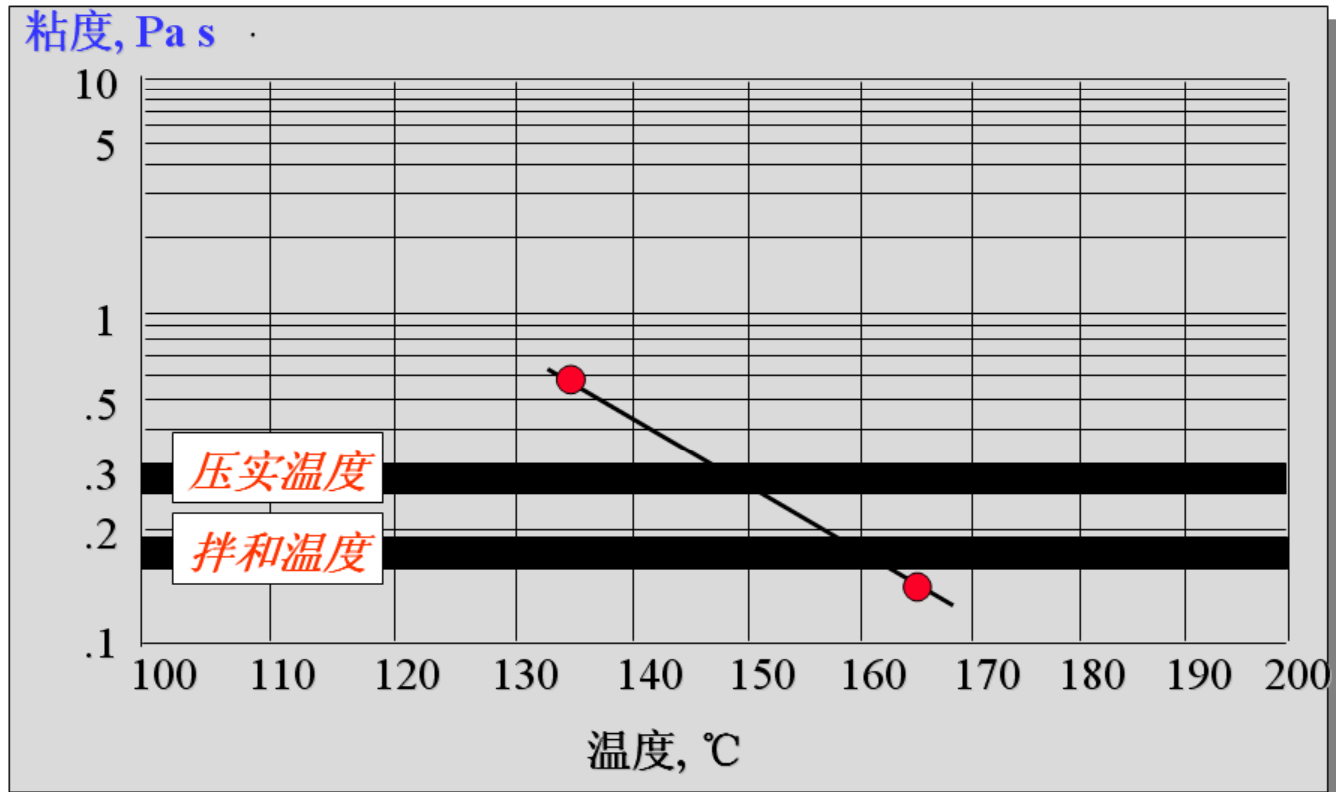
按粘-温关系确定的拌和和压实温度



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.



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。

热拌沥青混合料的施工温度(°C)

施·工·工·序		石油沥青的标号			
		50号	70号	90号	110号
··沥青加热温度		160~170	155~165	150~160	145~155
矿料加热温度	间隙式拌和机	集料加热温度比沥青温度高 10~30			
	连续式拌和机	矿料加热温度比沥青温度高 5~10			
··沥青混合料出料温度		150~170	145~165	140~160	135~155
·混合料贮料仓贮存温度		贮料过程中温度降低不超过 10			
··混合料废弃温度····高于		200	195	190	185
··运输到现场温度····不低于		150	145	140	135
混合料摊铺温度 不低于	正常施工	140	135	130	125
	低温施工	160	150	140	135
开始碾压的混合料内 部温度, ····不低于	正常施工	135	130	125	120
	低温施工	150	145	135	130
碾压终了的表面温 度·····不低于	钢轮压路机	80	70	65	60
	轮胎压路机	85	80	75	70
	振动压路机	75	70	60	55
··开放交通的路表温度···不高于		50	50	50	45



材料设计是一方面！但施工质量如何保证？

全温过程控制



温度 过高？

过底？

