
第7章 沥青及沥青混合料

Chapter7 Bitumen and Bituminous Mixture

第7章 沥青及沥青混合料

本章知识点

【知识点】 石油沥青的组分与结构特点，沥青的粘滞性、塑性、温度敏感性和大气稳定性表征与测定方法，常用石油沥青的技术标准与选用，沥青的掺配和改性沥青的种类与用途，沥青混合料种类及其对组成材料的质量要求，沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性、耐久性、水稳定性、抗滑性、施工和易性及其技术指标要求，沥青混合料的配合比设计过程与方法。

【重点】 石油沥青组分、结构与技术性质的关系，建筑石油沥青和道路石油沥青的技术标准与应用，常用改性沥青的用途，沥青混合料的主要技术性质、性能指标与配合比设计。

【难点】 石油沥青组分、结构对技术性质的影响，沥青混合料配合比设计原理和方法。

第7章 沥青及沥青混合料

Chapter7 Bitumen and Bituminous Mixture

7.1 沥青材料

7.1 Bitumen materials

7.1 沥青材料 bitumen materials

沥青是高分子碳氢化合物及其非金属（氧、氮、硫等）衍生物组成的复杂混合物，常用作防水、防渗、防潮及防腐蚀材料，在建筑、道路和桥梁等土木工程中应用广泛。



屋面沥青防水卷材



沥青混凝土道路路面



桥梁沥青路面

按产源不同，沥青的种类分为石油沥青、煤沥青、页岩沥青和天然沥青，常用的主要是石油沥青。



石油沥青



煤沥青



页岩沥青



天然沥青

7.1.1 石油沥青的组分与结构

1. 石油沥青的组分

石油沥青(**petrobitumen**)是石油原油经蒸馏等工艺提炼出各种轻质油及润滑油之后的残留物（或再经过加工而得到的产品），在常温下呈黑色或黑褐色的固体、半固体或粘性液体状态。



固体沥青



半固体沥青



液体沥青

7.1.1 石油沥青的组分与结构

石油沥青是石油产品中相对分子量最大、组成及结构最复杂的部分，混合物中除主要的碳、氢元素外，还有氧、硫、氮和一些微量金属元素。一般采用选择性溶解等方法，将石油沥青分离为化学成分及物理力学性质接近的几个组分。三组分分析法是将石油沥青分离为油分、树脂和地沥青质三个组分，

石油沥青的组分及组分性状见表8-1。

石油沥青组分及组分性状 表 8-1

组分名称	平均分子量	组分含量 (%)	组分密度 (g/cm ³)	外观特性
油分	200~700	45~60	0.7~1.0	淡黄色至红褐色油状液体
树脂	800~3000	15~30	1.0~1.1	黄色至黑褐色粘稠状半固体
地沥青质	1000~5000	10~30	>1.0	深褐色至黑色固体微粒

7.1.1 石油沥青的组分与结构

石油沥青三组分

石油沥青 { 油分
树脂
地沥青质



7.1.1 石油沥青的组分与结构

石油沥青组分与性质的关系

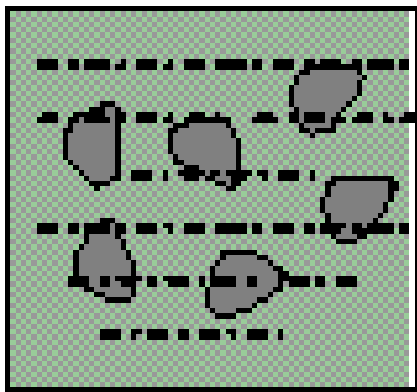
组分及自身特性		组分与性质的关系
油分	能溶于石油醚、二硫化碳、三氯甲烷、苯、四氯化碳、丙酮等大部分有机溶剂，但不溶于酒精，在170℃较长时间加热可挥发，具有光学活性，常出现荧光。油分在一定条件下可以转化为树脂和地沥青质	油分赋予沥青以流动性，油分含量的多少直接影响石油沥青的柔软性、抗裂性及施工难度
树脂	中性树脂 占绝大部分，能溶于三氯甲烷、汽油、苯等有机溶剂，但在酒精和丙酮中难以溶解或溶解度很低	赋予沥青以良好的粘结性、塑性和可流动性，其含量增加，沥青的粘聚力和延伸性增加。沥青中的树脂使石油沥青具有良好的塑性和粘结性
	酸性树脂 含量较少，占15%~30%，是沥青中活性最大的部分，能改善沥青对矿质材料的浸润性，特别是提高与碳酸盐类岩石的粘附性，可增加沥青的可乳化性	
地沥青质	能溶于三氯甲烷和二硫化碳，但不溶于酒精，其染色力和对光的敏感性强，感光后不能溶解，加热不熔化而碳化	决定沥青的温度敏感性、粘性以及沥青的硬度、软化点等。含量越多，沥青的软化点越高，粘性越大，硬脆性越明显

7.1.1 石油沥青的组分与结构

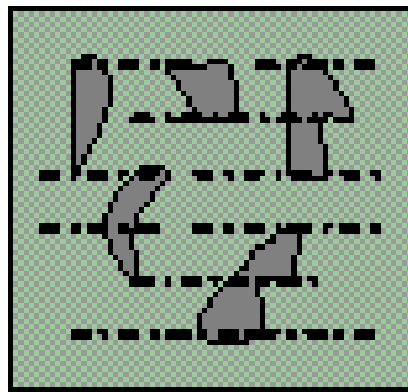
2. 石油沥青的结构

石油沥青三组分中的油分和树脂可互相溶解，树脂能浸润地沥青质，并在地沥青质的超细颗粒表面形成树脂薄膜。因此，石油沥青的结构是以地沥青质为核心，在其周围吸附部分树脂和油分而形成胶团，无数胶团分散在油分中所形成的**胶体结构**。

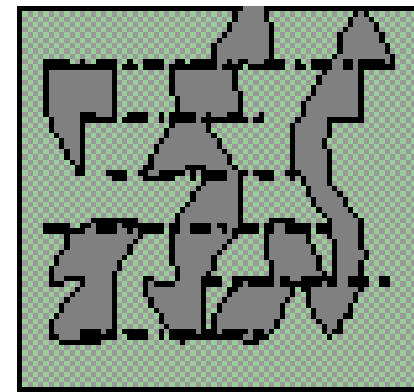
根据石油沥青中各组分的化学组成和相对含量的不同，可形成溶胶型、凝胶型、溶胶-凝胶型三种不同的胶体结构。



溶胶型



凝胶型



溶胶-凝胶型

7.1.1 石油沥青的组分与结构

石油沥青的胶体结构类型、特征及沥青的性能特点 表 8-2

胶体结构类型及结构特征		沥青性能特点
溶胶型	沥青中沥青质的分子量较低，含量较少，具有一定数量的胶质，形成的胶团能够完全胶溶且分散在芳香分和饱和分的介质中，此时胶团相距较远，它们之间的吸引力很小，甚至没有吸引力，胶团可在分散介质粘度许可范围内自由运动	流动性和塑性较好，开裂后自行愈合能力和低温时变形能力较强，但温度稳定性差，温度过高会发生流淌现象
凝胶型	沥青中沥青质含量高，并有相当数量芳香度较高的胶质形成胶团，胶体中胶团浓度很大，它们之间的吸引力增强，胶团之间的距离很近，形成空间网络结构	弹性和粘性较高，温度敏感型较小，流动性和塑性较差，开裂后自行愈合能力较差，工程性能上高温稳定性较好，但低温变形能力较差
溶胶—凝胶型	沥青中沥青质含量适当（15%~25%），并有较多数量芳香度较高的胶质，形成的胶团数量较多，胶体中胶团浓度增加，胶团之间的距离相对靠近，它们之间具有一定的吸引力，它是一种介乎溶胶与凝胶之间的结构	高温时具有较低的感温性，低温时又具有较强的变形能力

石油沥青三组分分析中，三组分不包括（ ）。

- ☒ A 蜡
- ☐ B 油分
- ☐ C 树脂
- ☐ D 地沥青质

与石油沥青相比,煤沥青的优点有()。

- ☐ A 温度稳定性较好
- ☐ B 大气稳定性较好
- ☒ C 防腐性能较好
- ☐ D 塑性较好
- ☒ E 与矿料表面粘附性较好

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

1. 防水性 water repellency

基于沥青材料的憎水性和致密的内部胶体结构，与矿物材料表面具有很好的粘结力，能够紧密粘附于矿物材料表面，同时还具有一定的塑性，适应材料与结构的和抗变形能力较强，石油沥青广泛应用于防水和抗渗等土木工程。



7.1.2 石油沥青的主要技术性质

2. 粘滞性 *glutinousness*

粘滞性（简称粘性）是指石油沥青内部阻碍其相对流动的一种特性，它反映了石油沥青在外力作用下抵抗变形的能力。

石油沥青的粘滞性用**粘度**来表示，粘度是划分沥青牌号的主要技术指标。绝对粘度的测定方法较为复杂，工程上常采用相对粘度来表示。根据沥青的种类与状态，相对粘度的测量方法有：

针入度法和粘度计法。



沥青针入度仪

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

3. 塑性 plasticity

塑性是指石油沥青在外力作用下产生变形而不破坏，除去外力后仍保持其形状的性质。

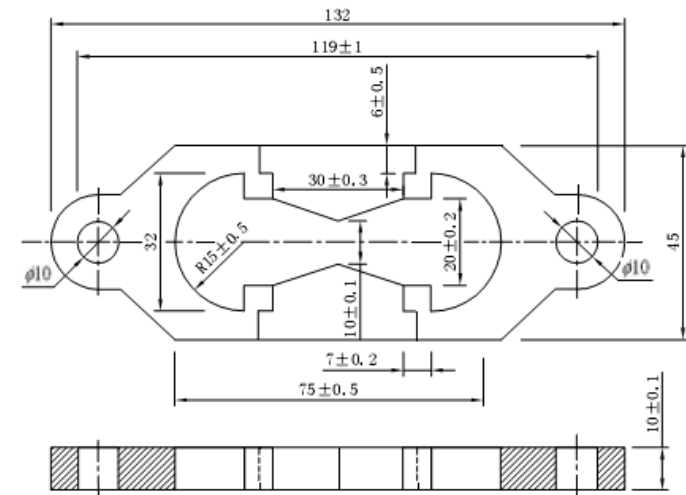
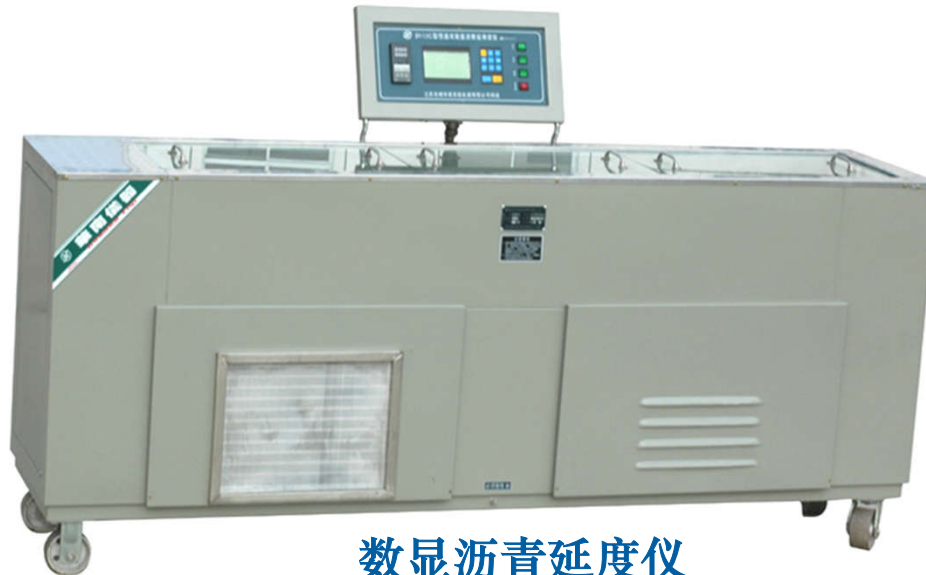
沥青的塑性主要取决于组分中树脂的含量大小、温度的高低和沥青膜层的厚薄。树脂含量越高，塑性越好；温度升高，塑性变好；沥青膜层越厚，塑性越好。

在常温下，塑性良好的沥青对裂缝具有自愈合能力。将沥青制成柔性防水材料，也正是基于其良好的塑性。

沥青具有良好的塑性，也表现出其对冲击振动荷载有一定的吸收能力，将沥青作为道路路面材料也是基于沥青良好的塑性。

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

石油沥青的塑性用沥青延度仪测得的延度（ductility）（伸长度）来表示。延度值越大，塑性越好。



沥青试模

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

4. 温度敏感性 temperature sensibility

温度敏感性是指沥青原有粘滞性和塑性随温度升降而发生变化的性能。



高温流淌现象

在相同的温度变化范围内，各种石油沥青的粘滞性和塑性变化的幅度不相同，工程中沥青随温度变化而产生的粘滞性及塑性变化幅度应较小，即温度敏感性较小，以免沥青在高温下流淌和在低温下脆裂。

7.1.2 石油沥青的主要技术性质



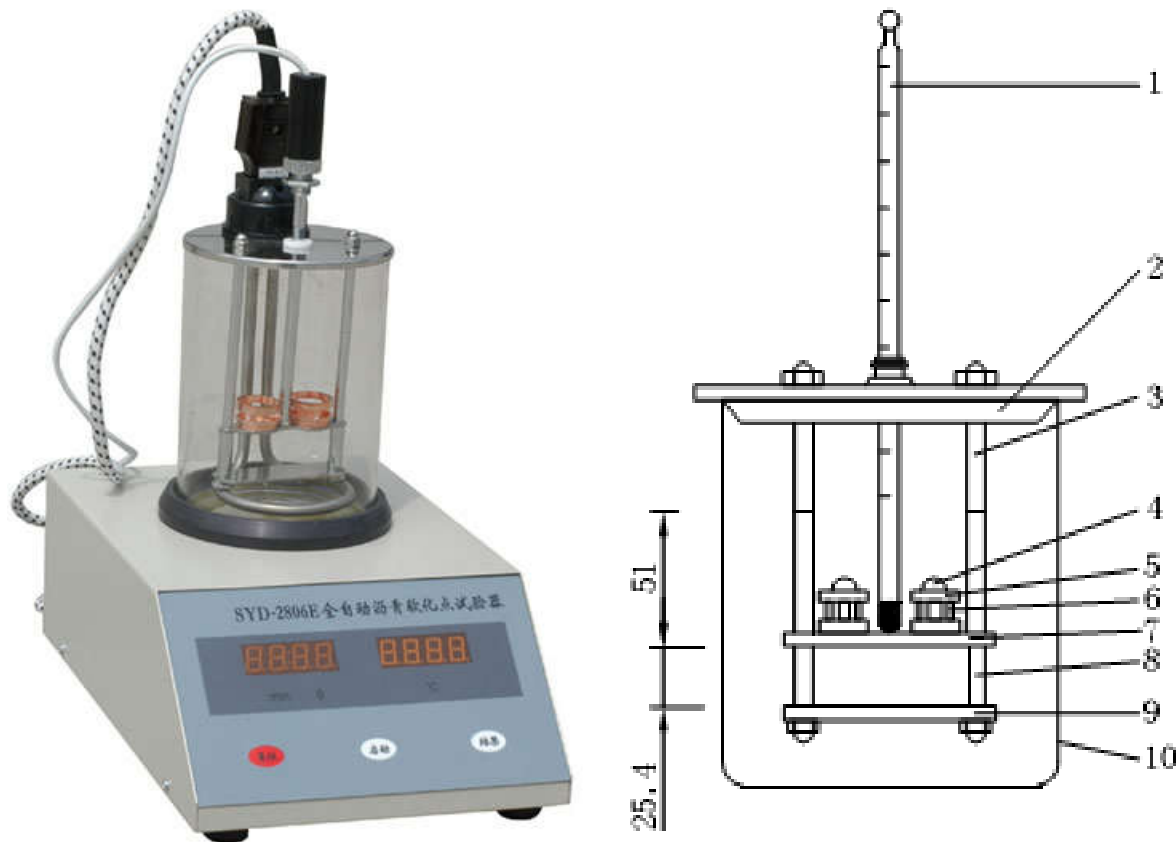
低温脆裂现象

温度敏感性小的沥青，在使用过程中其性能的稳定性较高，对提高工程质量和延长使用寿命都十分有利。

由于石油沥青属于非晶态热塑性材料，所以沥青没有固定的熔点。沥青的温度敏感性与其组分中的地沥青质含量有关，如果地沥青质含量高，在一定程度上就能够减少温度敏感性。

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

沥青的温度敏感性常用**软化点**来表示。软化点越高，沥青的温度敏感性越小。



沥青软化点测定仪

1—温度计；2—上承板；3—枢轴；4—钢球；5—环套；6—环；7—中承板；8—支承座；9—下承板；10—烧杯

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

5. 大气稳定性 atmospheric stability

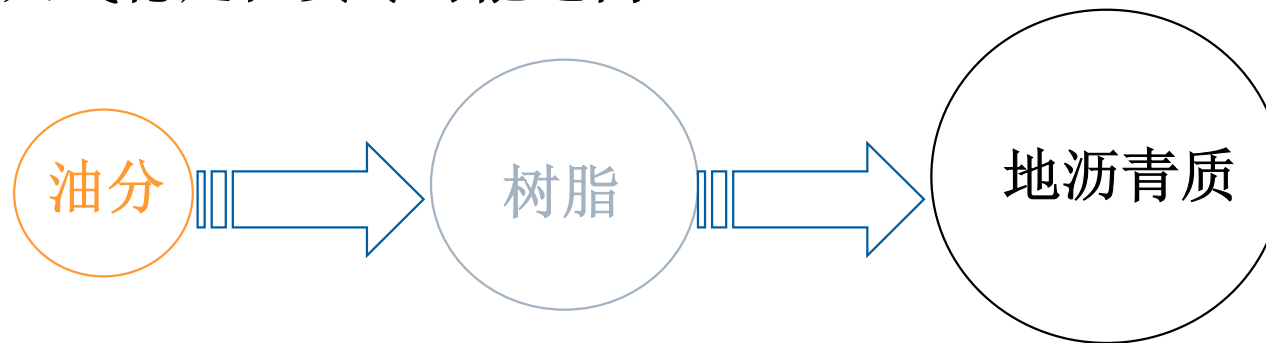
大气稳定性是指石油沥青在阳光辐射、热量、氧气、潮湿等综合因素长期作用下抵抗老化的性能。



沥青路面的老化脆裂

7.1.2 石油沥青的主要技术性质

石油沥青老化的原因主要是在室外综合因素作用下，沥青的轻量组分（油分、树脂）递变为大分子量的地沥青质组分，使得沥青的塑性降低，脆性增大，从而发生脆裂。显然，工程中要求沥青的大气稳定性要尽可能地高。



石油沥青的大气稳定性常用重量蒸发损失率和蒸发后针入度比来评定。重量蒸发损失率越小和蒸发后针入度比越大，则沥青的大气稳定性越高，抗老化能力越强。

(岩土2002年考题)针入度值表示石油沥青的()。

- ☐ A 强度
- ☒ B 粘性
- ☐ C 温度敏感性
- ☐ D 塑性

石油沥青的粘性用（ ）表示。

- ☒ A 针入度
- ☐ B 延度
- ☐ C 软化点
- ☐ D 溶解度

(造价2001年考题)在石油沥青的主要技术指标中,用延度表示其特性的指标是()。

- ☐ A 粘度
- ☒ B 塑性
- ☐ C 温度稳定性
- ☐ D 大气稳定性

(造价1997年考题)沥青耐热度用以下()指标测定。

- ☒ A 软化点($^{\circ}\text{C}$)
- ☐ B 针入度(1/10 mm)
- ☐ C 延伸度(cm)
- ☐ D 沉入量(cm)

同一品种的石油沥青,牌号越小,则()。

- ☐ A 粘性越小,塑性越好,软化点越低
- ☐ B 粘性越大,塑性越好,软化点越低
- ☐ C 粘性越小,塑性越好,软化点越高
- ☒ D 粘性越大,塑性越差,软化点越高

7.1.3 石油沥青的技术标准与选用

按用途不同，石油沥青分为建筑石油沥青、道路石油沥青和普通石油沥青三种。

1. 建筑石油沥青

建筑石油沥青按针入度值划为10号、30号、40号三个标号。每个标号还应保证相应的延度、软化点、溶解度、蒸发损失、蒸发后针入度比、闪点等技术指标。

建筑石油沥青的针入度较小（粘性较大），软化点较高（耐热性较好），但延度较小（塑性较差），主要用于屋面及地下防水、沟槽防水与防腐、管道防腐蚀等工程，还可用于制作油毡、油纸、防水涂料和沥青玛蹄脂等建筑材料。

7.1.3 石油沥青的技术标准与选用

建筑石油沥青的技术标准见表8-3。

建筑石油沥青技术标准 (GB/T494-1998)

表 8-3

技术指标项目	质量指标		
	10号	30号	40号
针入度 (25°C, 100g, 5s), (1/10mm)	10~25	26~35	36~50
延度(25°C, 5cm/min), (cm) , \geq	1.5	2.5	3.5
软化点 (环球法) , (°C)	95	75	60
溶解度 (三氯乙烯, 四氯化碳, 苯) , (%) , \geq	99.5		
蒸发损失 (160°C, 5h), (%) , \leq	1		
蒸发后针入度比 (%) , \geq	65		
闪点 (开口) (°C) , \geq	230		

7.1.3 石油沥青的技术标准与选用

2. 道路石油沥青

按照道路的交通量，道路石油沥青分为重交通道路石油沥青和中、轻交通道路石油沥青，技术标准分别见表8-4、8-5。

道路石油沥青的标号较多，应根据地区的气候条件、施工季节温度、路面类型以及施工方法等情况按有关标准选用。

道路石油沥青种类及用途

种类	标号划分	主要用途
重交通道路石油沥青	AH-50、AH-70、AH-90、AH-110、AH-130（五个标号）	主要用于高速公路、一级公路路面、机场道面及重要的城市道路路面等工程
中、轻交通道路石油沥青	A-200、A-180、A-140、A-100、A-60（五个标号）	主要用于一般的道路路面、车间地面等工程

建筑石油沥青的选用

请比较下列A、B两种建筑石油沥青的针入度、延度及软化点测定值。
若于南方夏季炎热地区屋面选用何种沥青较合适，请讨论。

两种建筑石油沥青的针入度、延度及软化点测定值

编号	针入度/0.01mm (25℃, 100g, 5s)	延度/cm (25℃, 5cm/min)	软化点 环球法 /℃
A	30	5	72
B	22	2.5	101



讨论

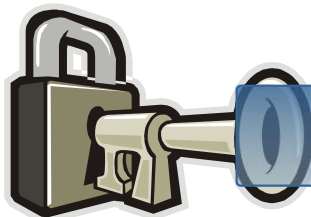
宜用B石油沥青。一般屋面用沥青应比当地屋面可能达到的最高温度高出 $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，亦即比当地最高温度高出 50°C 左右。南方炎热地区气温相当高，A沥青软化点较低，难以满足要求，夏季易流淌。可选B，但B沥青延伸度较小，在严寒地区不宜使用，否则易出现脆裂现象。

沥青长时间加热与保温

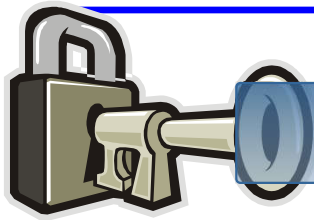


现象

某施工队熬制石油沥青准备做地下防水，由于沥青碎块的平均尺寸为20 cm，工程量较大，因此加热的时间较长，保温的时间亦较长。施工后发现其效果不够理想，特别是沥青的塑性明显下降。



原因分析



原因分析

沥青与其他有机物类同，与空气接触会逐渐氧化，沥青中的极性含氧基团逐渐联结成高分子的胶团，形成更大更复杂的分子，使沥青硬化，降低柔韧性。温度越高，时间越长，氧化越快。当温度在 100°C 以上时，每增加 10°C ，氧化率约提高1倍，且使一些组分蒸发。为此，熬制沥青应先将其破碎为10 cm以下的碎块，缩短熬制时间，且熬好后尽可能于8 h内用完。若用不完，应与新熬材料混合使用，必要时作性能检查。

7.1.4 沥青的掺配与改性

1. 沥青的掺配

在实际工程中，当一种标号的沥青不能满足工程要求时，需要用不同标号的沥青进行掺配。为了不使掺配后的沥青胶体结构破坏，应选用表面张力相近和化学性质相似的沥青进行掺配。

试验证明，同产源的沥青（同属石油沥青或同属于煤沥青）容易保证掺配后沥青胶体结构的均匀性。

7.1.4 沥青的掺配与改性

当采用两种标号沥青掺配时，每种沥青的配合量按下列公式计算：

$$Q_1 = \frac{T_2 - T}{T_2 - T_1} \times 100\% \quad (8-1)$$

$$Q_2 = 100 - Q_1 \quad (8-2)$$

式中 Q_1 ——较软沥青用量 (%) ；

Q_2 ——较硬沥青用量 (%) ；

T ——掺配后的沥青软化点 (°C) ；

T_1 ——较软沥青软化点 (°C) ；

T_2 ——较硬沥青软化点 (°C) 。

7.1.4 沥青的掺配与改性

【例题8-1】某工程需用软化点为85℃的石油沥青，现只有软化点分别为95℃和45℃的10号及60号石油沥青，如何掺配才能满足该工程要求？

【解】按照式（8-1）和式（8-2），估算两种沥青的用量：

$$\text{60号石油沥青用量为: } \frac{95 - 85}{95 - 45} \times 100\% = 20\%$$

$$\text{10号石油沥青用量为: } 100 - 20 = 80\%$$

即以20%的60号石油沥青和80%的10号石油掺配，根据估算的掺配比例和在其邻近的比例（5% ~ 10%）进行试配，测定掺配后沥青的软化点，然后绘制“掺配比—软化点”曲线，即可从曲线上确定所要求的比例。同样可采用针入度指标按上法进行估算及试配。

如果用三个标号的沥青掺配，可先算出两种沥青的配比，再与第三种沥青进行配比计算，然后再试配。

7.1.4 沥青的掺配与改性

10号石油沥青用量为： $100-20=80\%$

即以20%的60号石油沥青和80%的10号石油掺配，根据估算的掺配比例和在其邻近的比例（5% ~ 10%）进行试配，测定掺配后沥青的软化点，然后绘制“掺配比—软化点”曲线，即可从曲线上确定所要求的比例。同样可采用针入度指标按上法进行估算及试配。

如果用三个标号的沥青掺配，可先算出两种沥青的配比，再与第三种沥青进行配比计算，然后再试配。

7.1.4 沥青的掺配与改性

2. 改性石油沥青

在有些情况下，石油沥青的技术性质还不能满足实际工程的使用要求，有时还对石油沥青提出了较为苛刻的性能要求，如：

在低温条件下石油沥青应具有良好的弹性和塑性；
在高温条件下石油沥青应有足够的强度和稳定性；
在加工使用过程中石油沥青应具有较好的变形适应性和耐久性等。

在沥青中掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、磨细橡胶粉、天然沥青等改性外掺剂制成沥青结合料，从而使石油沥青的性能得以改善。

7.1.4 沥青的掺配与改性

(1) 橡胶改性沥青

橡胶作为沥青的改性材料，它与沥青具有较好的混溶性，并能使沥青具有橡胶的很多优点，如高温变形小，低温柔性好。



橡胶改性沥青

7.1.4 沥青的掺配与改性

橡胶改性沥青的种类、生产方法与性能用途

表 8-6

橡胶改性 沥青种类	生产方法	性能的改善与用途
氯丁橡胶 改性沥青	先将氯丁橡胶溶于一定的溶剂形成溶液，然后掺入沥青中经混合均匀而成（溶剂法）；或将橡胶和石油沥青分别制成乳液，再混合均匀而成（水乳法）	沥青的气密性、低温柔性、耐化学腐蚀性和耐候性均大大改善。主要用于路面的稀浆封层、制作密封材料和涂料等
丁基橡胶 改性沥青	与氯丁橡胶改性沥青的生产方法基本相同	具有优异的耐分解性、较好的低温抗裂性和耐热性，多用于道路路面工程和制作密封材料、涂料等
再生橡胶 改性沥青	先将废旧橡胶加工成1.5mm以下的颗粒，然后与沥青混合，经加热搅拌脱硫而成，废旧橡胶掺量一般为3%~15%	沥青的气密性、低温柔性、耐候性和耐光热性能均大大改善，可制成卷材、片材、密封材料、胶粘剂和涂料等

7.1.4 沥青的掺配与改性

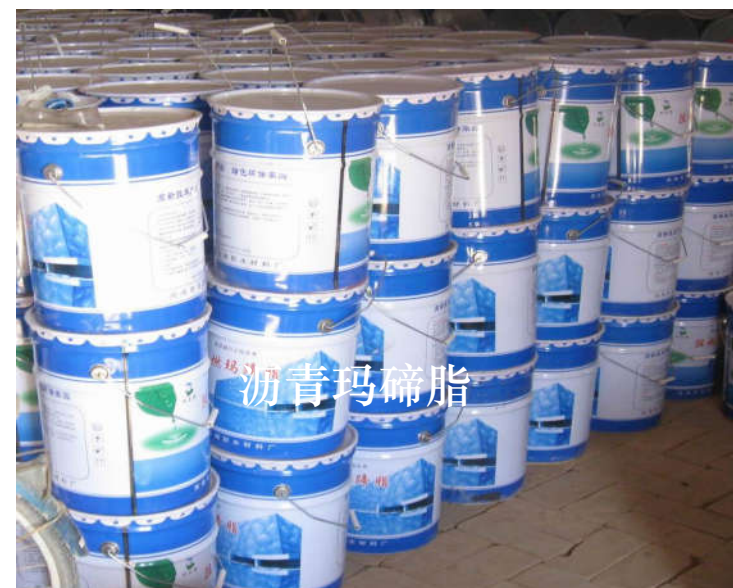
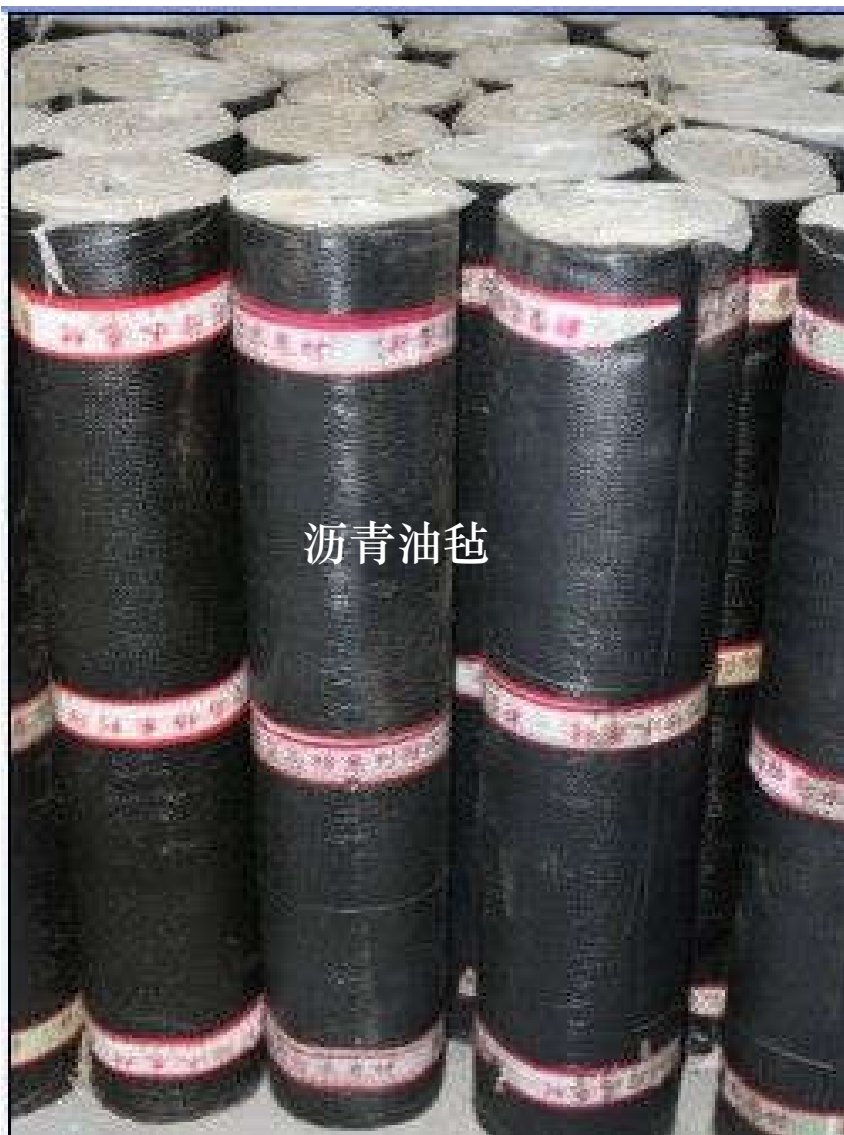
(2) 树脂改性沥青

树脂改性沥青的种类、生产方法与性能用途

表 8-7

树脂改性 沥青种类	生产方法	性能的改善与用途
古马隆树脂 改性沥青	将沥青加热熔化脱水，在温度150~160℃条件下，把古马隆树脂放入熔化的沥青中，不断搅拌并将温度升至185~190℃，保持一定时间，使之混合均匀即可	沥青的耐寒性、耐热性和不透气的性能有一定改进，粘性改进较为明显。主要用于生产密封材料、防水卷材和防水涂料等
聚乙烯树脂 改性沥青	在沥青中掺入5%~10%的低密度聚乙烯，采用胶体磨法或高速剪切法即可制得。一般认为，聚乙烯树脂与多脂沥青的相容性较好，沥青的改性效果较好	沥青的耐寒性、粘结性和不透气的性能有一定改进，耐高温性和耐疲劳性改进较为明显。主要用于生产防水卷材、防水涂料和密封材料等

7.1.4 沥青的掺配与改性



形式多样的改性沥青

(建筑2000年考题)下列石油沥青特性中,()
不是划分石油沥青牌号的主要依据。

- ☐ A 针入度
- ☒ B 粘性
- ☐ C 延度
- ☐ D 软化点

某工程需用软化点为 85°C 的石油沥青,现有10号及60号两种,其软化点分别为 95°C 和 45°C ,则()。

- ☒ A 60号用量20%,10号用量80%
- ☐ B 60号用量80%,10号用量20%
- ☐ C 60号用量50%,10号用量50%
- ☐ D 60号用量60%,10号用量10%

【例】沥青的掺配

某工程需用软化点为85°C的石油沥青，现有10号及60号石油沥青，其软化点分别为95°C和45°C，试估算如何掺配才能满足工程需要？

【解】按公式估算掺配用量：

$$60 \text{ 号石油沥青用量 (\%)} = \frac{95^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}}{95^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}} \times 100 = 20$$

$$10 \text{ 号石油沥青用量 (\%)} = 100 - 20 = 80$$

即以20%的60号石油沥青和80%的10号石油掺配进行试配。

第7章 沥青及沥青混合料

Chapter7 Bitumen and Bituminous Mixture

7.2 沥青混合料

7.1 Bituminous Mixtures

7.2 沥青混合料

沥青混合料是由沥青结合料与矿料拌和而成的混合料的总称，是以**沥青为胶结料**，将级配符合要求的矿料（粗细集料和填料）按一定比例混合，在适当温度下经拌和、摊铺、碾压而成的具有良好力学、耐磨和抗滑性能的路面材料。



热拌沥青混合料厂



沥青混合料的分类办法和种类

表 8-8

分类依据	沥青混合料种类
集料最大粒径	砂粒式沥青混合料
	细粒式沥青混合料
	中粒式沥青混合料
	粗粒式沥青混合料
	特粗式沥青碎石混合料
矿料级配	密级配沥青混合料
	半开级配沥青混合料
	开级配沥青混合料
	间断级配沥青混合料
施工条件	热拌热铺沥青混合料
	热拌冷铺沥青混合料
	冷拌冷铺沥青混合料

7.2.1 沥青混合料组成材料的质量要求与选用

1. 沥青胶结料

配制沥青混合料时，应根据交通量、气候条件、施工方法、沥青面层类型、材料来源等情况综合考虑并选用沥青胶结材料。道路石油沥青是的主要的沥青胶结料，有时也选用煤沥青配制沥青混合料，选用改性沥青时应经试验论证取得经验后使用。

常用沥青胶结料的标号选用见表8-9。

2. 粗集料

沥青混合料用粗集料是经轧碎与筛分加工而成的粒径大于2.36mm的碎石、破碎砾石、筛选砾石和矿渣等集料。

7.2.1 沥青混合料组成材料的质量要求与选用

粗集料应清洁、干燥、无风化、无杂质，并具有足够的强度和耐磨性。一般选用强度高、表面粗糙、富有棱角、颗粒形状接近于立方形的粗集料。粗集料质量技术要求见表8-10。

对于高速公路和一级公路沥青路面表面层（或磨耗层）的粗集料还应符合磨光值与粘附性要求（见表8-11）。

当磨光值高的岩石集料缺乏时，可将硬质碎石料与质地较软的碎石料按一定比例配合使用，混合后的粗集料应满足磨光值的要求。当粗集料与沥青粘附性不符合要求时，可采取在混合料中掺加消石灰、水泥、抗剥落剂等措施，使沥青混合料的稳定性满足要求。

7.2.1 沥青混合料组成材料的质量要求与选用

3. 细集料

用于配制沥青混合料的细集料包括天然砂、机制砂和石屑，其粒径比水泥混凝土的细集料要求更细（0.075~2.36mm）。

细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有合理的颗粒级配。将石屑全部或部分代替砂拌制沥青混合料的做法在我国甚为普遍，这样可充分利用碎石场下脚料，降低工程造价。由于石屑大部分为石料破碎过程中表面剥落或撞下的棱角，强度很低且扁片含量较大，会影响沥青混合料质量，在使用过程中也易进一步压碎细粒化，因此用于高速公路和一级公路沥青混凝土面层及抗滑表层的石屑用量不宜超砂的用量。

沥青混合料用细集料质量要求见表 8-12。

7.2.1 沥青混合料组成材料的质量要求与选用

4. 填料

填料是指在沥青混合料中起填充作用的粒径小于0.075mm 的矿物粉末。矿粉应采用石灰岩或岩浆岩中强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的矿粉，原石料中的泥土杂质应除净。

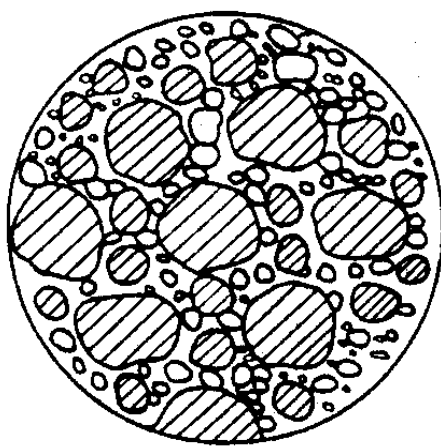
矿粉应干燥、洁净，能自由地从矿粉仓中流出。拌和机的粉尘可作为矿粉的一部分回收使用，但每盘用量不得超过填料总量的25%，掺有粉尘填料的塑性指数不得大于4%。当选用粉煤灰作填料时，用量不得超过填料总量的50%，烧失量应小于12%，与矿粉混合后的塑性指数应小于4%，其余质量要求与矿粉相同。

高速公路和一级公路的沥青面层不宜采用粉煤灰作填料。

7.2.2 沥青混合料的结构与强度

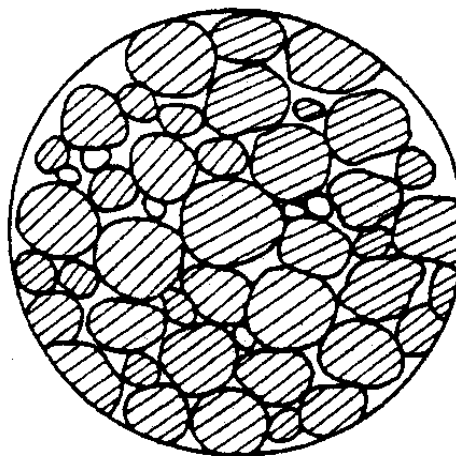
1. 沥青混合料的结构

根据沥青混合料所用粗、细集料的比例不同，沥青混合料的结构有悬浮密实结构、骨架空隙结构和骨架密实结构三种形式，见图8-1。



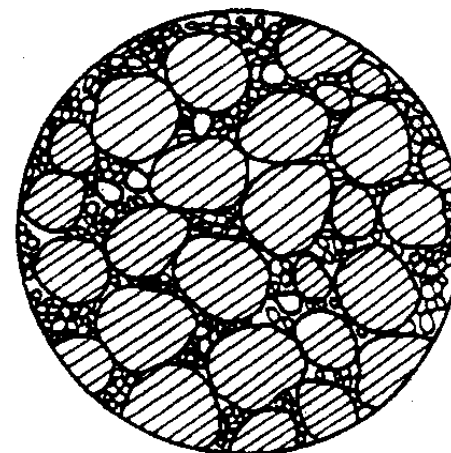
(a)

(a) 悬浮密实结构；



(b)

(b) 骨架空隙结构；



(c)

(c) 骨架密实结构

图8-1 沥青混合料的组成结构

7.2.2 沥青混合料的结构与强度

不同结构形式的沥青混合料有不同的性能特点，沥青混合料结构形式与性能特点见表8-13。

沥青混合料结构形式与性能特点 表 8-13

结构形式	结构特点	沥青混合料性能特点
悬浮密实结构	连续密级配的沥青混合料。细集料的数量较多，粗集料被细集料挤开，以悬浮状态位于细集料之间，不能直接形成骨架	高温稳定性较差，密实度较高，不易发生粗细集料离析，便于施工
骨架空隙结构	连续开级配的沥青混合料。细集料的数量较少，粗集料之间不仅紧密相连，而且有更多的空隙	高温稳定性较好，强度较高，易发生粗细集料离析，路面面层下须做下封层
骨架密实结构	间断密级配的沥青混合料。它是以上两种结构的有机组合，既有一定数量的粗集料形成骨架结构，又有足够的细集料填充到粗集料之间的空隙中	高温稳定性、密实度、强度均较高

7.2.2 沥青混合料的结构与强度

2. 沥青混合料的强度及影响因素

根据沥青混合料的结构特点，沥青混合料的强度由沥青与集料间的结合力、集料颗粒间的内摩擦力两方面构成，并取决于沥青混合料的抗剪强度。试验表明，在一定环境温度条件下，沥青混合料的抗剪强度与沥青混合料的内摩擦力和粘聚力有关。沥青混合料用作路面材料产生破坏的原因，主要是由于夏季高温时沥青混合料的抗剪强度不足和冬季低温时的变形能力不够引起的。

影响沥青混合料强度的因素主要有：

- (1) 集料的形状与级配；
- (2) 沥青的粘度与用量；
- (3) 矿粉的品种与用量。

7.2.3 沥青混合料技术性质

1. 高温稳定性 high-temperature stability

高温稳定性是指沥青混合料在高温条件和在长期交通荷载作用下，不产生过大累积塑性变形的性能。



沥青混合料在夏季高温下使用时，因沥青粘度降低而软化，使沥青混合料在交通荷载作用下产生塑性变形，出现车辙、波浪和泛油等现象，影响行车安全与舒适。

沥青混合料在交通荷载作用下产生塑性变形（车辙）

7.2.3 沥青混合料技术性质

沥青混合料必须在高温使用条件下具有足够的强度和刚度，即良好的高温稳定性。沥青混合料的高温稳定性主要取决于沥青胶结料的用量与粘度、矿料的级配与形态等因素。

提高沥青混合料高温稳定性的措施：主要是从提高沥青混合料的抗剪强度和减少塑性变形两个方面考虑。

(1) 适当减少沥青用量	可使矿料颗粒更多地以结构沥青的形式相联结，沥青混合料的粘聚力和内摩阻力会有所增大，高温稳定性将有所提高
(2) 选用级配良好的矿料	易使沥青混合料形成粘聚力和内摩阻力较大的骨架密实结构，增强沥青混合料的抗剪变形能力，从而使沥青混合料的高温稳定性得到提高

7.2.3 沥青混合料技术性质

通常采用高温强度与稳定性作为主要技术指标来评价沥青混合料的高温稳定性，测试评定方法有马歇尔试验法、无侧限抗压强度实验法和史密斯三轴试验法。



马歇尔试验仪

7.2.3 沥青混合料技术性质

2. 低温抗裂性 low-temperature crack resistance

沥青混合料不仅应具有高温稳定性，同时还应具有低温抗裂性，以保证沥青混合料路面在冬季低温使用时不产生裂缝。

低温抗裂性是指沥青混合料在低温条件下能保持一定的柔韧性，而不出现脆化、缩裂和温度疲劳等现象的性能。



脆化、缩裂和温度疲劳等现象

7.2.3 沥青混合料技术性质

沥青混合料属于粘-弹-塑性材料，其性质与温度变化有较大关系。当温度较低时，沥青混合料变形能力降低，在外部荷载产生的应力和低温引起的材料收缩应力共同作用下，沥青混合料路面可能会发生低温裂缝。

沥青混合料在低温条件下因变形能力下降引起的低温脆化，一般用不同温度下的弯拉破坏试验来评定；因材料本身抗拉强度不足造成的低温缩裂，采用低温收缩试验（线收缩系数）来评定；温度疲劳则用低频疲劳试验来评定。

选用低温塑性好、体积收缩率小的沥青或改性沥青，有利于提高沥青混合料的低温抗裂性。

7.2.3 沥青混合料技术性质

3. 耐久性 durability

沥青混合料的耐久性是指其在外界各种因素（如阳光、空气、水、车辆荷载等）长期作用下不破坏的性能。

沥青混合料的耐久性取决于沥青与矿料的性质、沥青混合料的组成与结构等因素。沥青的抗老化性能越好、矿料越坚硬和抗风化能力越强，沥青混合料的耐久性越好。减小沥青混合料的空隙率，可防止水的渗入和日光紫外线对沥青的老化作用，但是在沥青混合料中一般应残留一定量的空隙，以缓解夏季沥青混合料的膨胀性影响作用。

沥青混合料耐久性采用马歇尔试验测得的空隙率、沥青饱和度和残留稳定度等指标来评价。

7.2.3 沥青混合料技术性质

4. 水稳定性 water stability

沥青混合料路面在雨雪充沛地区的使用过程中常出现网裂、掉粒、松散及坑槽等水损害现象，它是沥青路面早期损坏的主要类型之一，不仅影响路表的功能和路面的正常使用，而且直接降低其耐久性。因此，沥青混合料应具有良好的水稳定性。

提高沥青混合料水稳定性的措施	(1) 有掺加抗剥离剂
	(2) 加强路面排水设计
	(3) 选用粗糙洁净的碱性集料
	(4) 选用与集料粘附性好的沥青或改性沥青
	(5) 优化沥青混合料配合比设计
	(6) 加强施工质量控制、提高路面压实度、严禁雨天施工等。

7.2.3 沥青混合料技术性质

5. 抗滑性 skid resistance

随着高速公路的发展和车辆行驶速度的增加，对沥青混合料路面的抗滑性提出了更高的要求。抗滑性用路面构造深度、路面抗滑值以及摩擦系数来评定。其值越大，路面的抗滑性越好。

沥青混合料抗滑性的影响因素及效果

影响因素	过程与效果
表面状况	质地坚硬、具有棱角、粒径较大的粗集料，可提高沥青混合料路面的抗滑性，如高速公路通常采用玄武岩。为节省投资，也可采用玄武岩与石灰岩混合使用的方法，使路面在使用一段时间以后，虽然石灰岩集料被磨平，但玄武岩集料却相对突出，仍然可以保证路面具有良好的抗滑性
混合料的级配及宏观构造	
沥青用量	当沥青用量偏多时，路面的抗滑性会明显降低

7.2.3 沥青混合料技术性质

6. 施工和易性 workability

沥青混合料的施工和易性是指沥青混合料在施工过程中易于拌和、摊铺和碾压施工的性能。

影响沥青混合料施工和易性的主要因素有：

- (1) 矿料级配；
- (2) 沥青品种与用量；
- (3) 环境温度；
- (4) 搅拌工艺等。

其中矿料的级配对沥青混合料施工和易性影响较为显著。

（结构2001年考题）沥青中掺入一定量的磨细矿物填充料能提高沥青的（ ）。

- ☐ A 弹性和延性
- ☐ B 耐寒性和不透气性
- ☒ C 粘结力和耐热性
- ☐ D 强度和密实度

7.2.4 沥青混合料技术性能指标

评价沥青混合料技术性能的主要指标有稳定度、残留稳定度、流值、空隙率和饱和度等。

评价指标	指标含义
稳定度	指沥青混合料马歇尔试验测得的试件达到破坏时所能承受的最大荷载
流值	对应于最大荷载时试件的竖向变形量
空隙率	指压实的沥青混合料中空隙体积占沥青混合料总体积的百分率
饱和度	指压实的沥青混合料中沥青体积占矿料以外体积的百分率
残留稳定度	指沥青混合料浸水后的稳定度与标准稳定度的百分比

不同类型和用途的沥青混合料技术性能指标要求见表8-14。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

沥青混合料配合比设计就是通过合理选择沥青混合料的各组成材料并确定其比例关系，使沥青混合料既满足技术指标要求，又符合经济性原则。

热拌沥青混合料广泛应用于各种等级道路的面层，其配合比设计包括实验室目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段。

1. 目标配合比设计

在实验室进行的目标配合比设计分为矿料组成设计和沥青最佳用量确定两部分内容。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

(1) 矿料组成设计

矿料组成设计是将各种矿料（粗集料、细集料、矿粉）按一定比例混合，使合成的级配符合预定要求，加入沥青后，形成满足工程要求的沥青混合料。可采用推荐的矿料级配范围来确定矿料的组成，并按下列步骤进行。

①确定沥青混合料类型

根据道路等级、路成类型及所处的结构层次等条件，沥青混合料类型按表8-16选择确定。

②确定矿料级配范围

根据已经确定的沥青混合料类型，查表8-17确定所需矿料的级配范围。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

③检测组成材料的原始数据

根据现场取样，对各矿料进行筛分试验，分别绘制出各矿料的筛分曲线，同时测出各矿料的表观密度。

④计算矿料配合比

根据各组成材料的筛分析试验结果，利用计算机软件（如MS-Excel）或图解法计算出符合级配要求范围的各矿料用量比例。

(2) 沥青最佳用量确定

沥青最佳用量的确定目前一般采用马歇尔试验法。

① 制作马歇尔试件

按照所确定的矿料配合比，计算各种矿料用量。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

② 测定计算试件的密度等相关指标

根据集料吸水率大小和沥青混合料的类型，选择合适的方法测量试件的密度，并计算空隙率、沥青饱和度、矿料间隙率等物理指标和分析体积组成。

③ 进行马歇尔试验

按马歇尔试验方法，测定马歇尔稳定度和流值两个力学指标。

④ 确定最佳沥青用量

以沥青用量为横坐标，以实测的密度、空隙率、饱和度、稳定度、流值为纵坐标，将实验结果绘制成沥青用量与各项指标的关系曲线，如图8-2所示。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

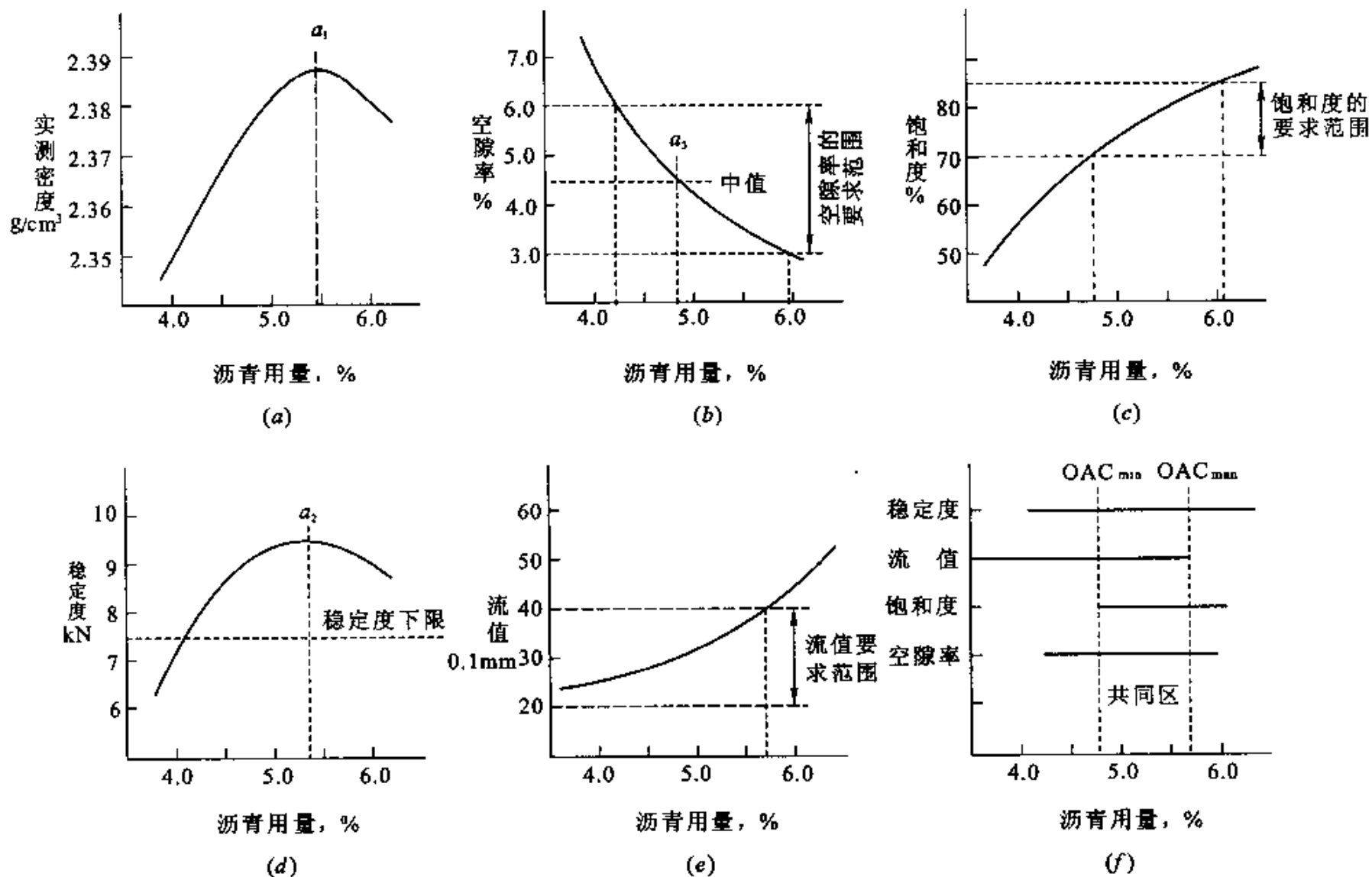


图8-2 沥青用量与马歇尔试验指标关系

7.2.5 沥青混合料配合比设计

从图8-2中取相应于密度最大值的沥青用量 a_1 、相应于稳定度最大值的沥青用量 a_2 和相应于规定空隙率范围中值的沥青用量 a_3 ，以三者平均值作为最佳沥青用量的初始值 OAC_1 ，即：

$$OAC_1 = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$$

根据表8-14中的沥青混合料技术指标范围，确定各关系曲线上沥青用量的范围，取各沥青用量范围的共同部分，即为沥青最佳用量范围 $OAC_{\min} \sim OAC_{\max}$ ，求中值 OAC_2 。

$$OAC_2 = \frac{OAC_{\min} + OAC_{\max}}{2}$$

7.2.5 沥青混合料配合比设计

按最佳沥青用量初始值 OAC_1 ，在图8-2中取相应的各项指标值，当各项指标值均符合表8-14中的各项技术指标标准时，以 OAC_1 和 OAC_2 的中值为最佳沥青用量 OAC 。如果不能满足表8-14中的规定，应重新进行级配调整和计算，直至各项技术指标均符合要求。

2. 生产配合比设计

在进行沥青混合料生产时，由于现场的实际情况与实验室的条件存在差异，筛分和拌制沥青混合料的设备与方法也不尽相同（如实验室采用的是冷料筛分，而生产时采用的是热料筛分），因此，在实验室目标配合比的基础上应进行生产配合比设计。

7.2.5 沥青混合料配合比设计

对间歇式拌和机，应从两次筛分后进入各热料仓的材料中取样，并进行筛分，确定各热料仓的材料比例，使所组成的级配与目标配合比设计的级配一致或接近。同时，应反复调整冷料仓进料比例，使供料均衡，并取目标配合比设计的最佳沥青用量。对最佳沥青用量及其 $\pm 0.3\%$ 最佳沥青用量的三个沥青用量进行马歇尔试验，以确定生产配合比的最佳沥青用量，供试铺使用。

3. 生产配合比验证

生产配合比确定以后，还需要铺试验路段，并用拌和的沥青混合料进行马歇尔试验，同时钻取芯样，以检验生产配合比。如符合标准要求，则整个配合比设计完成，由此确定生产用的标准配合比，作为生产的控制依据和质量验收标准。

7.2.5 沥青混合料配合比设计



本章结束