

ICS 93.080  
CCS E 43

DB 14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 676—2025  
代替 DB 14/T 676—2012

## 嵌挤密实型沥青混合料组成设计规程

Technical Specifications for Design of Asphalt Mixture of Dense Built-in  
Structure

2025 - 04 - 10 发布

2025 - 07 - 10 实施

山西省市场监督管理局 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 材料 .....	2
5 沥青混合料设计要求 .....	3
6 配合比设计 .....	6
附录 A（规范性） PG 性能分级 .....	11
附录 B（规范性） 嵌挤密实型沥青混合料适宜的路面结构类型和路面结构层次 .....	16
附录 C（规范性） 贝雷法计算示例 .....	17
附录 D（规范性） 沥青混合料成型和指标计算 .....	23
附录 E（规范性） CEI、TDI 计算 .....	27
附录 F（规范性） 半圆弯曲试验（SCB） .....	29
附录 G（规范性） 低温弯曲应变能密度试验及计算 .....	34
附录 H（规范性） 沥青混合料水稳定性试验 .....	36
附录 I（规范性） 钢渣沥青混合料膨胀量试验 .....	40
参考文献 .....	41

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替DB 14/T 676-2012《嵌挤密实型沥青混合料组成设计规程》，与DB 14/T 676-2012相比主要技术内容变化如下：

- 修改了范围（见1）；
- 增加了“规范性引用文件”（见2）；
- 修改了“术语和定义”（见3）；
- 修改了沥青（见4.1）；
- 增加了胶粉-SBS复合改性沥青质量技术要求（见4.1.2）；
- 增加了道路用钢渣技术要求（见4.2.2）；
- 增加了ARAC-13、ARAC-16、ARAC-20沥青混合料技术要求（见5.1、5.2）；
- 修改了沥青混合料空隙率技术要求（见5.2.1表7，2012年版5.2.1表6）；
- 修改了沥青混合料有效沥青饱和度技术要求（见5.2.1表7，2012年版5.2.1表6）；
- 增加了钢渣沥青混合料膨胀量技术要求（见5.2.2表8）；
- 增加了沥青混合料断裂能技术要求（见5.2.2表8）；
- 修改了PG性能分级标准（见附录A，2012年版附录A）；
- 增加了半圆弯曲（SCB）试验方法（见附录F）；
- 增加了钢渣沥青混合料膨胀量试验方法（见附录I）。

本文件由山西省交通运输厅提出并实施监督。

山西省市场监督管理局对本文件的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通建设工程质量检测中心（有限公司），山西交通科学研究院集团有限公司。

本文件主要起草人：李文良，陈梦、卢鹏、王小龙、马力、路宪法、李晶、宿静、史文秀、张晓、赵翔宇、任晋磊、杨尉明、李成刚、李建树、高斌垒、郑彪、杜光、张子良、王望春。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2012年11月26日首次发布；
- 本次为第一次修订。

# 嵌挤密实型沥青混合料组成设计规程

## 1 范围

本文件规定了嵌挤密实型沥青混合料的材料、沥青混合料和配合比设计方法的要求。  
本文件适用于各级公路沥青路面嵌挤密实型沥青混合料的组成设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 5085.3 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB/T 24175 钢渣稳定性试验方法
- JTG 3432 公路工程集料试验规程
- JTG D50 公路沥青路面设计规范
- JTG E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- YB/T 4328 钢渣中游离氧化钙含量测定方法
- DB14/T 160 公路改性沥青路面施工技术规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 术语和定义

#### 3.1.1

##### 嵌挤密实型沥青混合料

按照嵌挤原则设计，含有足够的粗集料并经沥青胶浆和细集料填充空隙形成的稳定结构。

#### 3.1.2

##### 密级配大粒径沥青混合料

密级配大粒径沥青混合料(Large-Stone Asphalt Mixes, 以LSAM表示), 指矿料的最大粒径在25 mm~63 mm之间的热拌热铺密级配沥青混合料。

#### 3.1.3

##### 压实能量指数

压实能量指数(以CEI表示)表征混合料在摊铺、碾压阶段的可压实性, 为初始压实次数 $M_{ni}=8$ 至密实度93%的旋转密实曲线面积。

#### 3.1.4

##### 密实能量指数

密实能量指数（以TDI表示）表征开放交通后混合料在交通荷载下的抗压密变形能力，为密实度93%至设计密实度 $N_{des}$ （95%）时旋转密实曲线下的面积。

### 3.2 符号和缩略语

下列符号及代号适用于本文件。

AC：密级配沥青混凝土混合料，分为粗型和细型。

ARAC：橡胶沥青混合料（Asphalt Rubber Aggregate Concrete）简称。

LSAM：密级配大粒径沥青混合料（Large-Stone Asphalt Mixes）简称。

LTPP：路面长期使用性能（Long Time Pavement Performance）简称。

$N$ ：设计使用年限内设计车道上的当量设计轴载累计作用次数，次。

PG：美国沥青路用性能分级（Performance Graded）简称。

SGC：沥青混合料旋转压实试验机（Superpave Gyrotory Compactor）简称。

$[CA']$ ：级配空隙率和抗离析水平控制参数，控制粗集料组成结构。

$[FA_c']$ ：级配空隙率控制参数，控制 $\leq 2.36$  mm集料含量。

$[FA_f']$ ：级配空隙率控制参数，控制 $\leq 0.6$  mm集料含量。

$N_{ini}$ ：初始旋转压实次数，次。

$N_{des}$ ：设计旋转压实次数，次。

$N_{max}$ ：最大旋转压实次数，次。

$G_{mm@N_{初始}}$ ： $N_{初始}$ 次数时旋转压实试验的沥青混合料压实度。

DA：有效沥青膜厚度， $\mu m$ 。

FB：粉胶比。

## 4 材料

### 4.1 沥青

4.1.1 沥青应符合 JTG F40 和 PG 性能分级要求，见附录 A。

4.1.2 胶粉-SBS 复合改性沥青技术要求应符合表 1 规定。

表1 胶粉-SBS 复合改性沥青质量技术要求

项 目	胶粉-SBS 复合改性沥青	试验方法
软化点 $T_{R&B}$ °C	$\geq 70$	T 0606
针入度 (25 °C, 100 g, 5 s) 0.1 mm	40~70	T 0604
180 °C 旋转粘度 Pa·s	1.0~2.5	T 0625
延度 (5 °C, 5 cm/min) cm	$> 20$	T 0605
180 °C 离析软化点差 <sup>°</sup> °C	$< 3.0$	T 0661
弹性恢复 (25 °C) %	$> 80$	T 0662

表1 胶粉-SBS复合改性沥青质量技术要求（续）

项 目		胶粉-SBS 复合改性沥青	试验方法
RTFOT (180 °C, 75 min)	残留延度比(5 °C, 5 cm/min) <sup>b</sup> %	≥60	T 0610, T 0605
<sup>a</sup> 胶粉-SBS 复合改性沥青离析试验温度采用 180 °C ± 5 °C; <sup>b</sup> 沥青旋转薄膜加热试验 (RTFOT), 胶粉-SBS 复合改性沥青试样预热和保持温度为 180 °C ± 0.5 °C, 计算试样残留物延度/原试样延度比。			

4.1.3 嵌挤密实型沥青混合料用沥青 PG 高温等级应不低于 PG 64。

## 4.2 矿料

4.2.1 矿料由粗集料、细集料、填料组成，应符合：

- 石屑是石料场加工粗集料时通过 4.75 mm 或 2.36 mm 的筛下部分，除应符合 JTG F40 中相关规定外，尚应符合表 2 中 S15'、S16' 的要求。
- 机制砂选用优质碱性石料生产，除应符合 JTG F40 中相关规定外，尚应符合表 2 中 S16' 的要求。
- 填料应采用洁净的 10 mm 以上石灰岩碎石磨细石粉，除应符合 JTG F40 中相关规定外，尚应符合表 3 的要求；其它填料技术要求见 JTG F40 或 DB 14/T 160。
- 未提到的矿料规格、质量技术要求见 JTG F40 或 DB 14/T 160 的相关规定。

表2 沥青混合料用机制砂和石屑规格要求

规格	公称粒径 mm	水洗法通过各筛孔的质量百分率/%							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15'	0~5	100	90~100	60~90	40~75	30~55	14~40	2~20	0~7
S16'	0~3	—	100	80~100	50~80	35~60	25~45	0~25	0~10

表3 矿粉规格要求

粒度范围	通过率/%	试验方法
<0.6 mm	100	T 0351
<0.15 mm	90~100	
<0.075 mm	85~100	

4.2.2 道路用钢渣稳定性应符合表 4 的要求；道路用钢渣的放射性要求应符合 GB 6566 的相关规定，道路用钢渣的浸出毒性要求应符合 GB 5085.3 的相关规定。

表4 道路用钢渣稳定性要求

项 目	钢渣	试验方法
10 d 浸水膨胀率/%	≤1.5	GB/T 24175
f-CaO 含量/%	≤2.0	YB/T 4328

## 5 沥青混合料设计要求

5.1 矿料级配

5.1.1 嵌挤密实型沥青混合料包括 AC、ARAC、LSAM 等，其矿料级配应符合表 5 嵌挤密实型沥青混合料设计控制关键点的要求，适宜的路面结构类型和路面结构层次见附录 B。

表5 嵌挤密实型沥青混合料设计控制关键点

级配 类型		下列筛孔的通过率/% (方孔筛, mm)													
		37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13	上控制点					100	100	73	46						8
	下控制点					100	90					17	12	8	5
ARAC-13 <sup>a</sup>	上控制点					100	100	70	40						
	下控制点					100	85					13	9	7	5
AC-16	上控制点				100	100		73	46						8
	下控制点				100	90						17	12	8	5
ARAC-16	上控制点				100	100		65	40						8
	下控制点				100	90						13	9	7	5
LSAM-20 <sup>b</sup> AC-20	上控制点		100		100			55	40						8
	下控制点		100		90							16	12	8	5
ARAC-20	上控制点		100		100			50	35						6
	下控制点		100		90							12	8	6	4
LSAM-25 细型	上控制点	100		100				46	34						7
	下控制点	100		90								13	10	7	4
LSAM-25 <sup>c</sup> 粗型	上控制点	100		100	73			46	34						7
	下控制点	100		90								13	10	7	4

<sup>a</sup> 胶粉-SBS 复合改性沥青混合料采用 ARAC 控制点；  
<sup>b</sup> LSAM-25 粗型也适用于胶粉-SBS 复合改性沥青。

5.1.2 嵌挤密实型沥青混合料矿料级配按附录 C 计算，应符合表 6 合成级配检验技术要求。

表6 合成级配检验技术要求

混合料类型	技术要求		
	$[CA']$	$[FA_c']$	$[FA_f']$
AC-13 AC-16 LSAM-20 AC-20	-	0.50~0.68	0.50~0.68

表6 合成级配检验技术要求（续）

混合料类型	技术要求		
	$[CA']$	$[FA_c']$	$[FA_f']$
ARAC-13 ARAC-16 ARAC-20	-	0.40~0.58	0.40~0.58
LSAM-25	$\geq 1.8$	0.50~0.68	0.50~0.68

<sup>a</sup>  $[CA'] = \frac{P_{19}-P_{9.5}}{100-P_{19}}$ ;  $[FA_c'] = \frac{P_{2.36}}{P_{9.5}}$ ;  $[FA_f'] = \frac{P_{0.6}}{P_{2.36}}$ ;  $P$ 为各筛孔对应通过百分率。

## 5.2 技术要求

### 5.2.1 沥青混合料设计要求

5.2.1.1 嵌挤密实型沥青混合料宜采用旋转压实法成型试件，按附录D计算配合比设计技术指标应符合表7的技术要求。

表7 嵌挤密实型沥青混合料配合比设计技术要求

Gmm@N (最大理论密度) %			矿料间隙率 VMA %		有效沥青 饱和度 VFA %	有效沥青 膜厚度 DA $\mu\text{m}$	粉胶比 FB	密实能量 指数 CEI <sup>a</sup>	交通密实 指数 TDI <sup>a</sup>
$N_{ini}=8$	$N_{des}=100$	$N_{max}=160$							
$\leq 89$	95	$\leq 98$	AC-13、AC-16	14~16	60~75	$\geq 7$	1.0~1.6	选用 较小值	选用 较大值
			LSAM-20 或 AC-20	12~14					
			ARAC-13	$\geq 14$	70~85				
			ARAC-20	$\geq 12$					
			LSAM-25	11~13					

<sup>a</sup> CEI和TDI计算参见附录E。

5.2.1.2 嵌挤密实型沥青混合料采用马歇尔设计时，空隙率按照5%设计，应符合表7中矿料间隙率VMA、有效沥青饱和度VFA、有效沥青膜厚度DA、粉胶比FB的要求。

### 5.2.2 配合比验证技术要求

嵌挤密实型沥青混合料应符合表8的技术要求。

表8 沥青混合料配合比验证技术要求

技术指标	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试验验证 (最佳沥青用量时)	/	符合 JTG F40 或 DB14/T 160 相关技术要求	JTG E20 T 0702 T 0704 T 0709

表8 沥青混合料配合比验证技术要求（续）

技术指标		单位	技术要求				试验方法
高温稳定性检验	动稳定度	次/mm	符合 JTG F40 或 DB14/T 160 相关技术要求				T 0719
低温抗裂性能检验	断裂能	J/m <sup>2</sup>	PG 低温等级	22	28	34	附录 F
			试验温度 ℃	-12	-18	-24	
			≥650				
低温抗裂性能检验	弯曲应变能密度	kPa	PG 低 温等级	22	28	34	附录 G
			试验温度 ℃	-12	-18	-24	
			≥6				
水稳定性检验	干湿间接抗拉强度比	%	≥80				附录 H
渗水性能检验	渗水系数	ml/min	符合 JTG F40 或 DB14/T 160 相关技术要求				T 0730
钢渣沥青混合料膨胀量（80 ℃±1 ℃，72 h）		%	≤1.5				附录 I

## 6 配合比设计

### 6.1 配合比设计阶段

嵌挤密实型沥青混合料的配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段，确定沥青混合料的材料品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量。

### 6.2 目标配合比设计

#### 6.2.1 一般规定

- 6.2.1.1 混合料拌和应采用小型沥青混合料拌和机进行。
- 6.2.1.2 目标配合比设计从工程实际使用的材料中取代表性样品。

#### 6.2.2 目标配合比设计流程

目标配合比设计流程见图1。

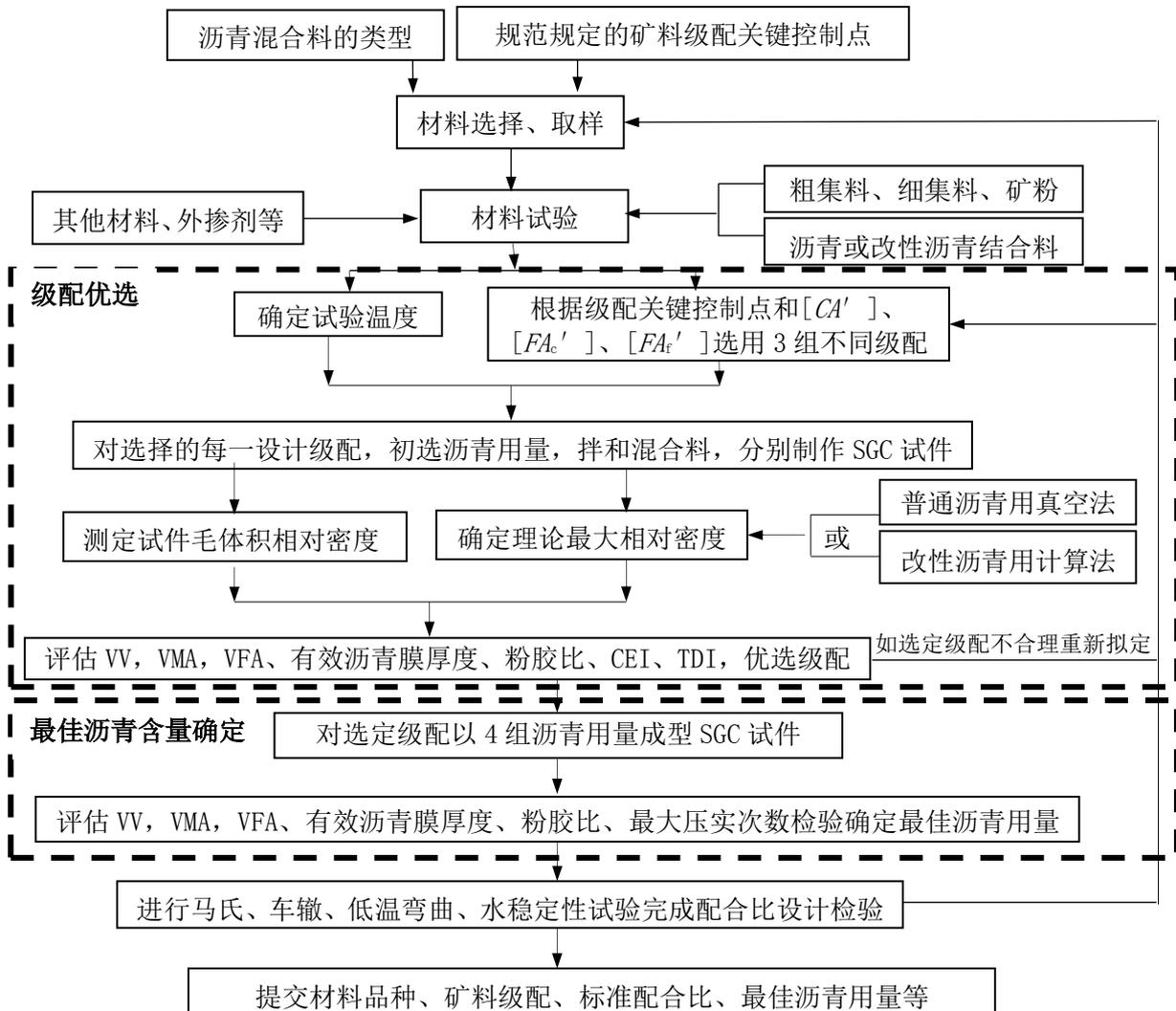


图1 目标配合比设计流程

6.2.3 级配优选

- 6.2.3.1 宜在工程设计级配范围内按表 5 计算 3 组粗细不同的沥青混合料配合比，绘制级配曲线。
- 6.2.3.2 如有地方经验可循，可据表 5 初步拟定级配，然后按表 6、表 7 调整确定级配。
- 6.2.3.3 采用式 1 确定拟定级配混合料空隙率为 5%时 ( $N_{设计}$  时 95% $G_{mm}$ ) 的预估胶结料含量。

$$P_{b_{预估}} = P_{bi} - (0.4 \times (5 - VV)) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- $P_{b_{预估}}$ ——预估沥青用量，%；
- $P_{bi}$ ——初始试拌沥青用量，%；
- $VV$ —— $N_{设计}$  次数下的空隙率，%。

6.2.3.4 为拟定级配沥青混合料，按预估的沥青用量，依据 JTG E20 中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法（SGC 方法）”制作 SGC 试件，每级配试件至少 2 个，控制压实成型试件高度在 115 mm ± 5 mm 范围。

6.2.3.5 另需准备预估沥青含量试样用于确定最大理论相对密度，试件的准备和试验方法与附录 D 相同；改性沥青混合料采用计算法确定最大理论相对密度。

6.2.3.6 依据表 7，在  $P_{b\text{预估}}$  条件下（即各级配沥青混合料达到 5%空隙率条件时）按附录 D 和附录 E 计算并评估  $N_{\text{初始}}$  时压实度  $G_{\text{mm}}@N_{\text{初始}}$ （见式 2）和  $N_{\text{设计}}$  次数时的矿料间隙率  $VMA$ （见式 3）、饱和度  $VFA$ （见式 4）、有效沥青膜厚度  $DA$ （见 JTG F40）、粉胶比  $FB$ （见式 5），以及密实能量指数  $CEI$  和交通密实指数  $TDI$ （见附录 E），按表 6、表 7 优选级配。

$$G_{\text{mm 预估}}@N_{\text{初始}} = G_{\text{mm 试验}}@N_{\text{初始}} - (5 - VV) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$G_{\text{mm 预估}}@N_{\text{初始}}$ ——换算为 5%空隙率条件下  $N_{\text{初始}}$  次数时的压实度  $G_{\text{mm}}@N_{\text{初始}}$ ，%。

$$VMA_{\text{预估}} = VMA_{\text{初始}} + C \times (5 - VV) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$VMA_{\text{预估}}$ ——换算为 5%空隙率条件时试件矿料间隙率，%；

$VMA$  ——试拌试验试件矿料间隙率，%；

$C$ ——如果  $VV$  大于 4.0%， $C=0.2$ ；如果  $VV$  小于 4.0%， $C=0.1$ 。

$$VFA_{\text{预估}} = 100\% \times \frac{(VMA_{\text{预估}} - 5.0)}{VMA_{\text{预估}}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$VFA_{\text{预估}}$ ——换算为 5%空隙率条件时试件饱和度，%；

$$FB = \frac{P_{0.075}}{P_{be\text{预估}}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$FB$ ——粉胶比，沥青混合料的矿料中 0.075 mm 筛孔通过率与有效沥青用量的比值，无量纲；

$P_{0.075}$ ——矿料级配中 0.075 mm 的通过率（水洗法），%；

$P_{be}$ ——有效沥青用量，%。

6.2.3.7 当拟定级配反复调整不能满意时，宜重新调整级配或更换材料设计。

## 6.2.4 最佳沥青用量确定

### 6.2.4.1 试件成型

选定设计集料结构后，依据 JTG E20 中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法（SGC 方法）”，按预估沥青含量、预估沥青含量 ± 0.5%、预估沥青含量 + 1.0% 制作 SGC 试件，每组试件至少 2 个，控制压实成型试件高度在 115 mm ± 5 mm 范围。

另需准备预估沥青含量-0.5%试样用于确定最大理论相对密度，试件的准备和试验方法与附录D相同；改性沥青混合料采用算法确定最大理论相对密度。

### 6.2.4.2 体积特性和力学特性评价

依据每个试拌沥青用量的设计旋转次数 ( $N_{设计}$ )，以沥青用量为横坐标，以  $VV$ 、 $VMA$ 、 $VFA$ 、 $FB$ 、 $G_{mm}@N_{初始}$  为纵坐标，绘制SGC试验结果（见图2）。设计最佳沥青含量建立在  $VV$  为5.0%条件下，在此条件下评估沥青混合料体积特性和力学特性，验证其是否满足表7技术要求。若试验结果未能满足体积特性和力学特性要求，应重新拟定沥青混合料级配组成再次试验。

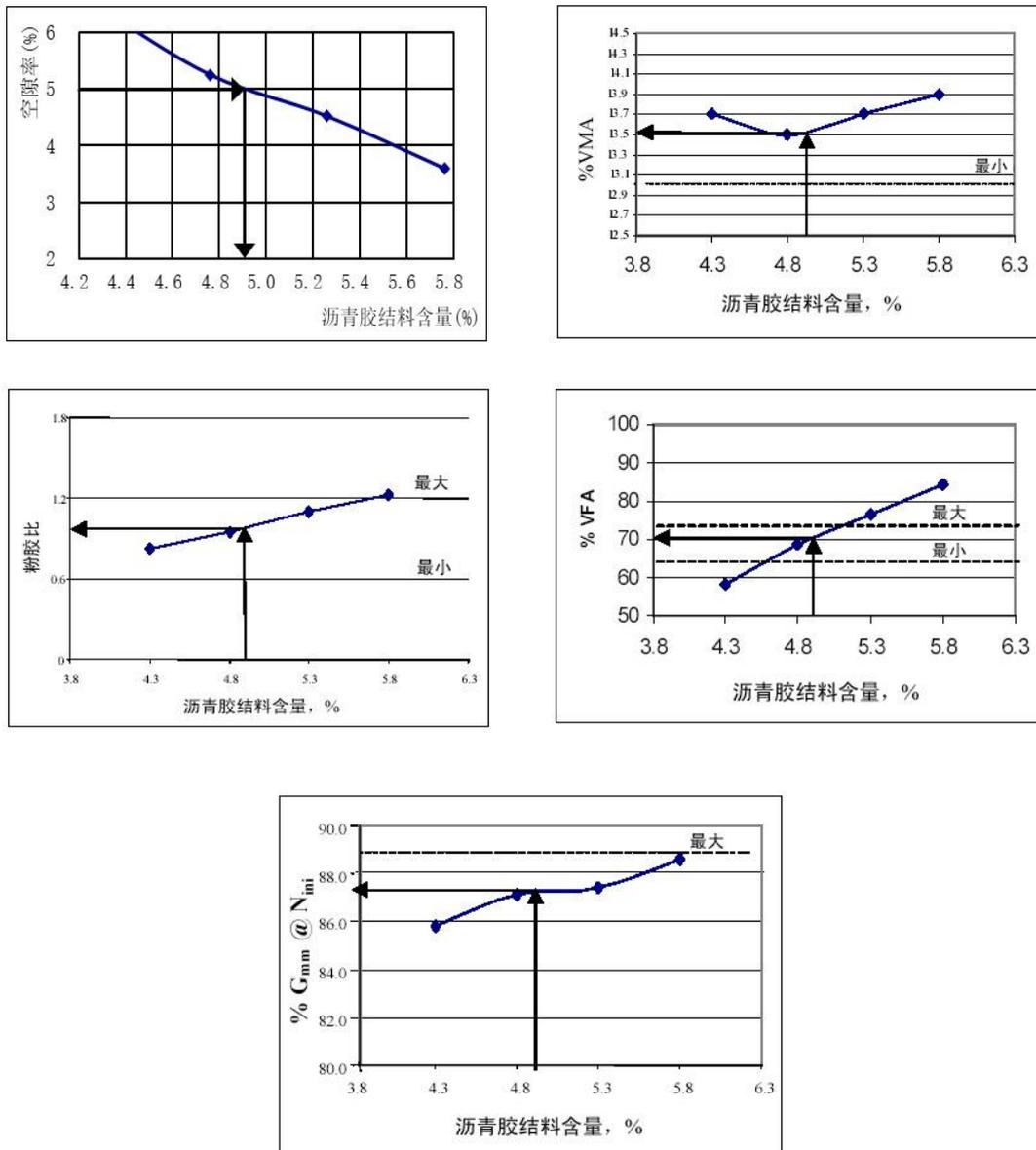


图2 SGC 试验结果示例

### 6.2.5 目标配合比检验

6.2.5.1 用于高速公路和一级公路的密级配沥青混合料，需在配合比设计的基础上进行各种使用性能的检验，不符合要求的沥青混合料，应更换材料或重新进行配合比设计。其它等级公路的沥青混合料可参照此要求执行。

6.2.5.2 配合比设计检验按计算确定的设计最佳沥青用量在规定条件下进行。

6.2.5.3 马歇尔试验验证。按规定方法以最佳沥青用量进行马歇尔试验，应符合表 8 的要求。

6.2.5.4 高温稳定性检验。按规定方法进行车辙试验，动稳定度应符合表 8 的要求。

6.2.5.5 低温抗裂性能检验。优先采用半圆弯曲试验（SCB）并按照附录 F 方法计算断裂能，应在相应结构层路面设计低温条件下符合表 8 的要求；不具备条件时可采用沥青混合料低温弯曲试验，按照附录 G 方法计算低温弯曲应变能密度，应在相应结构层路面设计低温条件下符合表 8 的要求。

6.2.5.6 水稳定性检验。按附录 H 方法进行水稳定性试验，干湿间接拉伸强度比应符合表 8 的要求。

6.2.5.7 渗水性能检验。按规定方法利用轮碾机成型的车辙试件进行渗水试验，检验的渗水系数应符合 JTG F40 或 DB14/T 160 的相关要求。

6.2.5.8 钢渣沥青混合料膨胀量检验。按附录 I 方法进行钢渣沥青混合料膨胀量试验，应符合表 8 的要求。

### 6.3 生产配合比设计及验证

#### 6.3.1 生产配合比设计阶段

根据目标配合比试验的冷料仓供料比例试拌，测试拌和机各热料仓的材料级配，确定适宜的筛孔尺寸、安装角度和各热料仓的配合比，尽量达到供料均衡。并对由生产配合比确定的矿质混合料取目标配合比设计的最佳沥青用量、最佳沥青用量 $\pm 0.3\%$ 进行马歇尔试验、车辙试验，满足 JTG F40 或 DB14/T 160 技术要求，确定生产配合比的最佳沥青用量，由此确定的最佳沥青用量与目标配合比设计结果的差值不宜超出 $\pm 0.2\%$ 范围。

#### 6.3.2 生产配合比验证阶段

按拌和机生产配合比结果试拌、试铺试验段，并在现场取样进行马歇尔试验、车辙试验、水稳定性试验及其它施工过程控制指标检验，最终确认生产用的标准配合比，用以作为生产控制和质量检测的依据。

### 6.4 配合比设计报告

配合比设计报告应包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择与原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量，以及其他各项配合比设计技术指标要求和检验结果等。

### 6.5 经设计确定的标准配合比在施工过程中不应随意变更

生产中若材料变化或经抽检材料级配、马歇尔技术指标、车辙试验技术指标及其他相关施工过程控制指标不符合要求时，应及时调整配合比，使沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定，必要时重新进行配合比设计。

附录 A  
(规范性)  
PG 性能分级

A.1 沥青的选择根据工程建设所在区域的路面设计温度、交通量和交通速度进行。

A.1.1 应查询工程建设区域不少于20年温度信息。

A.1.2 采用连续7天最热气温，按照式(A.1)换算路面设计基础计算高温；采用年最低极端气温，按照式(A.2)换算路面设计基础计算低温。

$$T(pav) = 54.32 + 0.78T(air) - 0.0025Lat^2 - 15.14\log_{10}^{H+25} + z(9 + 0.6\sigma_{air}^2)^{1/2} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$T(pav) = -1.56 + 0.72T(air) - 0.004Lat^2 + 6.26\log_{10}(H + 25) - z(4.4 + 0.52\sigma_{air}^2)^{1/2} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$T(pav)$ ——表层以下位置路面温度，℃；

$T(air)$ ——空气高温或低温，℃；

$Lat$ ——项目所在地的地理纬度，°；

$H$ ——路表以下深度，mm；

$\sigma_{air}$ ——最热7天平均气温或极端最低气温标准差，℃；

$z$ ——保证率系数，当保证率为98%时， $z = 2.055$ 。

注：PG分级按照当地的7 d最高平均气温、年极端最低气温、道路等级、交通荷载作用速度调整，规范将沥青分为7个高温等级和7个低温等级，高温从46℃~82℃，低温从-10℃~-46℃，每6℃为一级，超出上述等级的也可按6℃延伸。

A.1.3 具有50%可靠度的路面高温设计温度  $T_{max \text{ at } 50\%}$  和低温设计温度  $T_{min \text{ at } 50\%}$  以相应结构层表面下20 mm处计算。

A.1.4 当路面高温设计温度和低温设计温度的可靠度取98%时，路面高温设计温度和低温设计温度按照式(A.3)和式(A.4)计算。

$$T_{max \text{ at } 98\%} = T_{max \text{ at } 50\%} + 2 \times \sigma_{High Temp} \dots\dots\dots (A.3)$$

$$T_{min \text{ at } 98\%} = T_{min \text{ at } 50\%} - 2 \times \sigma_{Low Temp} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

$T_{max}$ ——20年以上年连续7天路面平均最高温度的平均值，℃；

$T_{min}$ ——20年以上年路面最低极端温度的平均值，℃；

$\sigma_{High Temp}$ ——20年以上连续7d平均最高气温的标准差，℃；

$\sigma_{Low Temp}$ ——20年以上年最低极端气温标准差，℃。

A.1.5 根据路面高温设计温度和低温设计温度，按照表A.1确定路面气温所要求的沥青PG等级。

A.1.6 根据交通量的大小和交通速度，按照表A.2调整要求的沥青PG等级。

表A.1 沥青性能等级规范 AASHTO M320—21

性能等级	PG58					PG64						PG70						试验方法
	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40	
平均7天最高路面设计温度 <sup>a</sup> ℃	<58					<64						<70						
最低路面设计温度(>) <sup>a</sup> ℃	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
原样沥青																		-
闪点温度/℃	≥230																	T 0611
粘度 <sup>b</sup> / (Pa·s) (试验温度为135℃时)	≤3.0																	T 0625
动态剪切 <sup>c</sup> /℃ (应变约10 rad/s时, G*/sin δ ≥1.00 kPa)	58					64						70						T 0628
旋转薄膜烘箱残留物																		T 0610
质量改变/%	≤1.00																	T 0610
动态剪切/℃ (应变约10 rad/s时, G*/sin δ <sup>d</sup> ≥2.20 kPa)	58					64						70						T 0628
压力老化容器残留物																		T 0630
PAV老化温度/℃	100 (110)					100 (110)						110 (100)						-
动态剪切/℃ (应变约10 rad/s时, G* <sup>e</sup> sin δ <sup>d</sup> ≤6000 kPa, δ ≥42°)	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16	34	31	28	25	22	19	T 0628
蠕变劲度 <sup>f</sup> /℃ (试验时间为60 s时, S<300 MPa且m≥0.3)	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	T 0627
直接拉伸 <sup>f</sup> /℃ (试验拉伸速度为1.0 mm/min 时, 破坏应变≥1.0%)	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30	T 0629

表A.1 沥青性能等级规范AASHTO M320—21 (续)

性能等级	PG76					PG82					试验方法
	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34	
平均7天最高路面设计温度 <sup>a</sup> /°C	<76					<82					
最低路面设计温度(>) <sup>a</sup> °C	-10	-16	-22	-28	-34	-10	-16	-22	-28	-34	
原样沥青											-
闪点温度/°C	≥230										T 0611
粘度 <sup>b</sup> /(Pa·s) (试验温度为135 °C时)	≤3.0										T 0625
动态剪切 <sup>c</sup> /°C (应变约10 rad/s时, $G^*/\sin \delta \geq 1.00$ kPa)	76					82					T 0628
旋转薄膜烘箱残留物											T 0610
质量改变/%	≤1.00										T 0610
动态剪切/°C (应变约10 rad/s时, $G^*/\sin \delta^d \geq 2.20$ kPa)	76					82					T 0628
压力老化容器残留物											T 0630
PAV老化温度/°C	110(100)					110(100)					-
动态剪切/°C (应变约10 rad/s时, $G^*\sin \delta^d \leq 6000$ kPa, $\delta \geq 42^\circ$ )	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28	T 0628
蠕变劲度 <sup>f</sup> /°C (试验时间为60 s时, $S < 300$ MPa 且 $m \geq 0.3$ )	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24	T 0627
直接拉伸 <sup>f</sup> /°C (试验拉伸速度为1.0 mm/min时, 破坏应变≥1.0%)	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24	T 0629

表A.1 沥青性能等级规范AASHTO M320—21 (续)

性能等级	PG76					PG82					试验方法
	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34	
<p><sup>a</sup>路面设计温度从气温、交通量条件转换而得；</p> <p><sup>b</sup>如证实沥青在拌和温度范围有足够的泵送能力并具备安全性，可不采用该技术要求；</p> <p><sup>c</sup>非改性沥青的粘度测量也可用试验温度时的 <math>G^*/\sin \delta</math> 来代替；</p> <p><sup>d</sup>车辙因子 <math>G^*/\sin \delta</math> 为高温劲度检验指标，疲劳因子 <math>G^*\sin \delta</math> 为中等温度劲度检验指标；如果 <math>G^*\sin \delta \leq 5000</math> kPa，<math>\delta</math> 不作要求；如果 <math>5000 \text{ kPa} &lt; G^*\sin \delta \leq 6000</math> kPa，要求 <math>\delta \geq 42^\circ</math>；</p> <p><sup>e</sup>PAV 老化温度为模拟气候条件温度，从 90 °C，100 °C 和 110 °C 中选择，PG58 及以上等级为 100 °C，在沙漠气候条件下，PG76 及以上等级为 110 °C；由于沥青 PG 等级调整或需要使用延度更好的沥青时，PG76 及以上等级老化温度也可指定为 100 °C；</p> <p><sup>f</sup>如果蠕变劲度低于 300 MPa，不再进行直接拉伸试验；如果蠕变劲度在 300 MPa~600 MPa 之间且 <math>m \geq 0.3</math>，以直接拉伸试验得到的破坏应变作为低温性能要求的技术指标。</p>											

表A.2 交通量和交通荷载速率对高温 PG 等级的调整

设计车道累计大型客车和 货车交通量 $N_e^a$ / (次)	沥青 PG 等级调整		
	交通荷载速率		
	<20 km/h	20 km/h~70 km/h	>70km/h
轻交通荷载等级 $N_e < 4 \times 10^6$	1	-	-
中交通荷载等级 $4 \times 10^6 \leq N_e < 8 \times 10^6$	1	1	—
重交通荷载等级 $8 \times 10^6 \leq N_e < 19 \times 10^6$	2	1	1
特重交通荷载等级 $19 \times 10^6 \leq N_e < 50 \times 10^6$	2	2	1
极重交通荷载等级 $N_e \geq 50 \times 10^6$	3	3	2

<sup>a</sup> 设计车道累计大型客车和货车交通量  $N_e$ 按 JTG D50 计算;  
<sup>b</sup> 交通量和交通荷载速率仅调整深度少于 100 mm 结构层的沥青 PG 高温等级;  
<sup>c</sup> 1 个调整等级为 6 °C。

## A.2 PG 性能分级选择计算示例。

A.2.1 某双向4车道沥青路面高速公路，设计参数如下，计算该工程表面层沥青需要的PG性能分级。

- 设计车道累计大型客车和货车交通量  $N_e$  为  $1.41 \times 10^7$  次，含较多 20 km/h~70 km/h 交通荷载；
- 近 20 年平均连续 7 天最高温度为 33 °C，标准差为 2 °C；
- 近 20 年平均极端最低极端气温为 -21 °C，标准差为 3 °C。

A.2.2 路面设计温度以表面以下 20 mm 处计算。

$$T_{(pav,高温)} = 54.32 + 0.78T(air) - 0.0025Lat^2 - 15.14 \log_{10}(H + 25) + z(9 + 0.61\sigma_{air}^2)^{1/2} = 61.8$$

°C

$$T_{(pav,低温)} = -1.56 + 0.72T(air) - 0.004Lat^2 + 6.26 \log_{10}(H + 25) - z(4.4 + 0.52\sigma_{air}^2)^{1/2} =$$

-19.7 °C

A.2.3 考虑可靠度调整路面设计温度调整。

$$T_{\max at 98\%} = T_{\max at 50\%} + 2 \times \sigma_{High Temp} = 61.8 + 2 \times 2 = 65.8 \text{ °C}$$

$$T_{\min at 98\%} = T_{\min at 50\%} - 2 \times \sigma_{Low Temp} = -19.7 - 2 \times 3 = -25.7 \text{ °C}$$

由上计算，可知：

低可靠度（50%）时：PG58-22（设计高温64°C，设计低温-22 °C）

高可靠度（98%）时：PG64-28（设计高温70°C，设计低温-28 °C）

A.2.4 根据表A.1选择表面层沥青PG性能分级。根据表A.2交通量和20 km/h~70 km/h交通速度需增加1个PG高温等级，因此该公路采用高可靠度表面层沥青需要的PG性能等级确定为：PG76-28。

附 录 B  
(规范性)

嵌挤密实型沥青混合料适宜的路面结构类型和路面结构层次

表B.1 嵌挤密实型沥青混合料适宜的路面结构类型和路面结构层次

结构层	厚度/cm	三层式	双层式
上面层	4	AC-13	AC-13
		SMA-13	SMA-13
		ARAC-13	ARAC-13
	5	AC-16	AC-16
		SMA-16	SMA-16
		ARAC-16	ARAC-16
中面层	8~10	LSAM-25、LSAM-20	—
下面层	6~8	LSAM-20	LSAM-20
		AC-20	AC-20
		ARAC-20	ARAC-20

附 录 C  
(规范性)  
贝雷法计算示例

C.1 目的与适用范围

C.1.1 贝雷法用于计算矿质混合料组成结构

C.1.2 各材料密度试验及计算依据JTG E42。

C.2 步骤

C.2.1 测定各粗集料的松装密度、干捣密度及各细集料的干捣密度，确定粗集料的选取密度 $\rho_{CA^i}$  (g/cm<sup>3</sup>)，见式C.1。初拟各粗集料组成比例，并由粗集料选取密度计算各档粗集料用量 $CA^i$  (g)。

$$\rho_{CA^i} = \rho_{CA^i, \text{松装}} \times k \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

$\rho_{CA^i}$ ——各档粗集料选取密度，g/cm<sup>3</sup>；

$\rho_{CA^i, \text{松装}}$ ——各档粗集料堆积密度，g/cm<sup>3</sup>；

$k$ ——根据实验选用，由 $k$ 确定的选取密度 $\rho_{CA^i}$ 介于各档粗集料的堆积密度和干捣实密度之间。

C.2.2 按式C.2计算合成粗集料在选取密度下的空隙体积 $VCA$ 。

$$VCA = \sum_1^i \left[ 1 - \frac{\rho_{CA^i}}{\rho_{i, \text{粗}}} \right] \times P_{i, \text{粗}} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

$VCA$ ——合成粗集料在选取密度下的空隙体积，cm<sup>3</sup>；

$\rho_{i, \text{粗}}$ ——各档粗集料毛体积密度，g/cm<sup>3</sup>；

$P_{i, \text{粗}}$ ——各档粗集料组成比例，%。

C.2.3 按式C.3，用细集料的干捣密度确定填充粗集料空隙所需的细集料含量。

$$FA = VCA \times \rho_{FA, \text{干捣}} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

$FA$ ——细集料用量，g；

$\rho_{FA, \text{干捣}}$ ——细集料干捣实密度，g/cm<sup>3</sup>。

C. 2. 4 利用粗、细集料各组分的密度，确定矿质混合料的总质量，若各档集料密度相差不大，可用质量比代替体积比。

C. 2. 5 按式C. 4、C. 5、C. 6、C. 7，根据粗集料中所含的部分细集料以及细集料中所含的部分粗集料 $CA^i_{\leq 4.75mm}$ ，分别修正得到粗集料百分比 $P_{CA^i修正1, \%}$ 和细集料质量百分比 $P_{FA修正1, \%}$ 。

$$CA^i_{\leq 4.75mm} = P_{CA^i, \%} \times P_{CA^i, 4.75mm} \dots\dots\dots (C. 4)$$

式中：

$CA^i_{\leq 4.75mm}$ ——各档粗集料中 $\leq 4.75$  mm含量，%；

$P_{CA^i, \%}$ ——各档粗集料占总合成集料的比例，%；

$P_{CA^i, 4.75mm}$ ——各档粗集料4.75 mm筛孔通过率，%。

$$FA_{\geq 4.75mm} = P_{FA, \%} \times (1 - P_{FA, 4.75mm}) \dots\dots\dots (C. 5)$$

式中：

$FA_{\geq 4.75mm}$ ——细集料中 $\geq 4.75$  mm集料含量，%；

$P_{FA, \%}$ ——细集料占总合成集料的比例，%；

$P_{FA, 4.75mm}$ ——细集料中 $\geq 4.75$  mm筛孔通过率，%。

$$P_{CA^i修正1, \%} = P_{CA^i, \%} + CA^i_{\leq 4.75mm} \frac{P_{CA^i, \%} \times FA_{\geq 4.75mm}}{\sum P_{CA^i, \%}} \dots\dots\dots (C. 6)$$

式中：

$P_{CA^i修正1, \%}$ ——修正后的各档粗集料含量，%。

$$P_{FA修正1, \%} = P_{FA, \%} + FA_{\geq 4.75mm} - \sum CA^i_{\leq 4.75mm} \dots\dots\dots (C. 7)$$

式中：

$P_{FA修正1, \%}$ ——修正后的细集料含量，%。

C. 2. 6 若使用矿质填料，按式C. 8、C. 9、C. 10、C. 11计算和调整得到填料部分的百分含量 $P_{MF, \%}$ 和细集料部分的百分含量 $P_{FA修正2, \%}$ 。

$$CA^i_{\leq 0.075mm} = CA^i_{修正1} \times P_{CA^i, 0.075mm} \dots\dots\dots (C. 8)$$

式中：

$CA^i_{\leq 0.075mm}$ ——各档粗集料中 $\leq 0.075$  mm含量，%；

$P_{CA^i, 0.075mm}$ ——各档粗集料0.075 mm筛孔通过率，%。

$$FA_{\leq 0.075\text{mm}} = FA_{\text{修正1}} \times P_{FA,0.075\text{mm}} \dots\dots\dots (C. 9)$$

式中:

$FA_{\leq 0.075\text{mm}}$ ——细集料中 $\leq 0.075$  mm含量, %;

$P_{FA,0.075\text{mm}}$ ——细集料0.075 mm筛孔通过率, %。

$$P_{MF,\%} = \frac{P_{0.075,\text{设计}} - \sum CA_{\leq 0.075\text{mm}}^i - FA_{\leq 0.075\text{mm}}}{P_{0.075,\text{填料}}} \dots\dots\dots (C. 10)$$

式中:

$P_{MF,\%}$ ——矿粉含量, %;

$P_{0.075,\text{设计}}$ ——初拟级配0.075 mm筛孔通过率, %;

$P_{0.075,\text{填料}}$ ——填料0.075 mm筛孔通过率, %。

$$P_{FA_{\text{修正2}},\%} = P_{FA_{\text{修正1}},\%} - P_{MF,\%} \dots\dots\dots (C. 11)$$

式中:

$P_{FA_{\text{修正2}},\%}$ ——再次修正后的细集料含量, %。

C. 2. 7 确定经修正后各集料最终的质量百分含量。

C. 2. 8 合成级配的分析。

矿料组成确定以后,通过新的 $[CA']$ 比、 $[FA_c']$ 比、 $[FA_f']$ 比对集料的结构特性进行分析、评价和调整。

C. 2. 9 借鉴Superpave级配选择思想,对确定的级配曲线命名为1#,以级配结构—性能设计原则上下调整得到较粗和较细2种级配,分别命名为2#和3#。

C. 3 LSAM-25 矿质集料结构—性能设计分析示例

C. 3. 1 使用材料

$[CA^{1\#}]$ : 10-25 mm石灰岩碎石

$[CA^{2\#}]$ : 10-20 mm石灰岩碎石

$[CA^{3\#}]$ : 5-10 mm石灰岩碎石

$[FA]$ : 0-3 mm机制砂

$[MF]$ : 石灰岩磨细矿粉

各种材料满足相关规范集料技术要求和填料材料要求。

C. 3. 2 初拟设计集料结构

初拟LSAM-25级配，设计密度取为松装密度的115%， $P_{0.075, 设计}$ 为5.1%（初拟合成级配0.075 mm筛孔通过率），三种粗料[CA<sup>1#</sup>]、[CA<sup>2#</sup>]、[CA<sup>3#</sup>]按体积比28.2：60.6：11.3组成。具体各档料级配组成如见表C.1，密度数值见表C.2。

表C.1 集料级配组成

级配 类型	下列筛孔的通过率(%) (方孔筛)													
	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
10-25mm	100	98.4	76.5	6.1	3.4	1.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
10-20mm	100	100	100	96.0	74.8	45.6	11.0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
5-10mm	100	100	100	100	100	100	99.7	3.4	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
0-3mm	100	100	100	100	100	100	100	97.4	85.1	56.5	35.1	18.6	10.9	4.0
矿粉	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	94.2

表C.2 各档料密度值

技术指标	粗料[CA <sup>1#</sup> ]	粗料[CA <sup>2#</sup> ]	粗料[CA <sup>3#</sup> ]	细料[FA]	填料[MF]
毛体积密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.715	2.669	2.669		
视密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.765	2.745	2.746	2.752	2.777
松装密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.450	1.455	1.440		
干捣密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.527	1.543	1.538	1.891	

### C.3.3 初步计算粗细料组成比例

设计密度取为松装密度的115%，[CA<sup>1#</sup>]、[CA<sup>2#</sup>]、[CA<sup>3#</sup>]按照28.2：60.6：11.3混合后，每cm<sup>3</sup>单位体积内各粗料质量为：

$$CA^{1\#}: 1.450 \times 115\% \times 28.2\% = 0.470 \text{ g}$$

$$CA^{2\#}: 1.455 \times 115\% \times 60.6\% = 1.013 \text{ g}$$

$$CA^{3\#}: 1.440 \times 115\% \times 11.3\% = 0.187 \text{ g}$$

由式(F.2)计算粗集料间隙率：

$$VCA = \left(1 - \frac{1.450 \times 115\%}{2.715}\right) \times 28.2\% + \left(1 - \frac{1.455 \times 115\%}{2.669}\right) \times 60.6\% + \left(1 - \frac{1.440 \times 115\%}{2.669}\right) \times 11.3\% = 0.378$$

假定上述空隙完全由细料按干捣密度填充，所需细料量为：

$$FA = 0.378 \times 1.891 = 0.714 \text{ g}$$

则单位体积粗、细料总量为：

$$CA^{1\#} + CA^{2\#} + CA^{3\#} + FA = 0.470 + 1.013 + 0.187 + 0.714 = 2.383 \text{ g}$$

粗细料初步组成为：

$$P_{CA1\#, \%} = \frac{CA1\#}{\text{粗、细集料总量}} = 0.470/2.383 = 19.7\%$$

$$P_{CA2\#, \%} = 1.013/2.383 = 42.5\%$$

$$P_{CA3\#, \%} = 0.187/2.383 = 7.8\%$$

$$P_{FA, \%} = 0.714/2.383 = 30.0\%$$

#### C.3.4 考虑粗料中含细料和细料中含粗料对组成比例进行调整

设定粗细料划分界限[PCS]筛孔应为4.75 mm，则粗料中所含细料为：

$$CA1\#_{\leq 4.75\text{mm}} = 19.7\% \times 0.3\% = 0.05\% \quad (P_{4.75} = 0.3\%)$$

$$CA2\#_{\leq 4.75\text{mm}} = 42.5\% \times 0.4\% = 0.17\% \quad (P_{4.75} = 0.4\%)$$

$$CA3\#_{\leq 4.75\text{mm}} = 7.8\% \times 3.4\% = 0.09\% \quad (P_{4.75} = 3.4\%)$$

粗集料中含4.75 mm以下总量：

$$CA1\#_{\leq 4.75\text{mm}} + CA2\#_{\leq 4.75\text{mm}} + CA3\#_{\leq 4.75\text{mm}} = 0.05\% + 0.17\% + 0.09\% = 0.31\%$$

细料中所含粗料为：

$$FA_{\geq 4.75\text{mm}} = 30.0\% \times (1 - 97.5\%) = 0.76\% \quad (P_{4.75} = 97.5\%)$$

对粗料调整为：

$$P_{CA1\# \text{修正}, \%} = 19.7\% + 0.05\% - \frac{19.7\% \times 0.76\%}{19.7\% + 42.5\% + 7.8\%} = 19.5\%$$

$$P_{CA2\# \text{修正}, \%} = 42.5\% + 0.17\% - \frac{42.5\% \times 0.76\%}{19.7\% + 42.5\% + 7.8\%} = 42.2\%$$

$$P_{CA3\# \text{修正}, \%} = 7.8\% + 0.09\% - \frac{7.8\% \times 0.76\%}{19.7\% + 42.5\% + 7.8\%} = 7.8\%$$

对细料调整为：

$$FA: P_{FA \text{修正}, \%} = 30.0\% + 0.76\% - 0.31\% = 30.4\%$$

#### C.3.5 考虑0.075mm通过率对集料比例进行调整

合成集料中含0.075mm以下料为：

$$CA1\#_{\leq 0.075\text{mm}}: 19.5\% \times 0.3\% = 0.0\% \quad (P_{0.075} = 0.3\%)$$

$$CA2\#_{\leq 0.075\text{mm}}: 42.2\% \times 0.4\% = 0.2\% \quad (P_{0.075} = 0.4\%)$$

$$CA3\#_{\leq 0.075\text{mm}}: 7.8\% \times 1.1\% = 0.1\% \quad (P_{0.075} = 1.1\%)$$

$$FA_{\leq 0.075\text{mm}}: 30.4\% \times 4.8\% = 1.5\% \quad (P_{0.075} = 4.8\%)$$

所需填料为:

$$P_{MF,\%} = \frac{5.3\% - 0.0\% - 0.2\% - 0.1\% - 1.5\%}{94.2\%} = 3.7\%$$

因填料 $MF$ 中不含2.36mm以上部分,所以粗料不需调整,细料调整为:

$$P_{FA_{\text{修正}2,\%}} = 30.4\% - 3.7\% = 26.7\%$$

最后计算的各档料比例为:

$$P_{CA1\#,\%} : P_{CA2\#,\%} : P_{CA3\#,\%} : P_{FA,\%} : P_{MF,\%} = 19.5\% : 42.2\% : 7.8\% : 26.7\% : 3.7\%$$

据此将LSAM-25最终级配拟定为: 10-25 mm : 10-20 mm : 5-10 mm : 0-3 mm : 矿粉 = 19 : 42 : 8 : 27 : 4。

## 附录 D

(规范性)

## 沥青混合料成型和指标计算

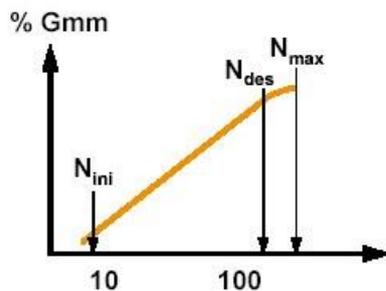
## D.1 沥青混合料成型试验

D.1.1 用于体积设计,热拌沥青混合料在规定压实温度下短期老化2小时;用于路用性能试验,普通沥青混合料应在135℃温度下短期老化4小时,改性沥青混合料应在相应碾压温度下短期老化4小时。短期老化期间,松散混合试样要求以厚度 $21\text{ kg/m}^2\sim 22\text{ kg/m}^2$ 铺开,每小时翻拌1次,以保证老化一致。压实试模和基板在使用前要放置于相应试验温度下烘箱内30 min~40 min。

D.1.2 分别制作3组级配的SGC试件,每种级配至少压实2个试样,控制压实试样高度在 $115\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ 范围内,按照JTG E20中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法(SGC方法)”成型混合料试件。试拌沥青含量也可以相似材料的经验为基础预估。

D.1.3 依据JTG E20中“T 0711 沥青混合料理论最大相对密度试验(真空法)”测定普通沥青混合料理论最大相对密度;改性沥青混合料采用计算法确定理论最大相对密度。

D.1.4 初始压实、设计压实和最大压实度次数为: $N_{\text{初始}}=8$ 次, $N_{\text{设计}}=100$ 次, $N_{\text{最大}}=160$ 次,在压实过程中采集高度数据,绘制旋转压实曲线。



图D.1 旋转压实曲线

D.1.5 普通沥青结合料的拌合温度选择旋转黏度为 $0.170\text{ Pa}\cdot\text{s}\pm 0.02\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 时的试验温度,压实温度选择旋转黏度为 $0.280\text{ Pa}\cdot\text{s}\pm 0.03\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 时的试验温度,老化温度选择135℃;改性沥青通常在高粘度情况下拌合和压实,拌和、老化和压实温度要求可比基质沥青混合料提高 $10\text{℃}\sim 20\text{℃}$ ,以达到压实度要求且改性沥青老化性能符合要求为宜。

## D.2 压实混合料评估

## D.2.1 计算公式。

D.2.1.1 当合成集料是由分开的粗集料,细集料及矿质填料组成时,合成集料毛体积相对密度按式 D.1 计算。

$$\gamma_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_N}{\gamma_N}} \dots \dots \dots (D.1)$$

式中:

$\gamma_{sb}$ ——合成集料的毛体积相对密度, 无量纲;

$P_1, P_2 \cdots P_n$ ——各集料质量百分数, %;

$\gamma_1, \gamma_2 \cdots \gamma_n$ ——为各集料的毛体积相对密度, 无量纲;

注: 矿质细集料、填料的毛体积相对密度难于确定, 采用表观相对密度替代。

D. 2. 1. 2 当合成集料有效相对密度 $\gamma_{se}$ 基于混合料最大理论相对密度 $\gamma_t$ 和除吸收沥青以外的集料颗粒中所有空隙计算时, 按式 D. 2 计算。

$$\gamma_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm} - P_b}{\gamma_t} + \frac{P_b}{\gamma_b}} \dots\dots\dots (D. 2)$$

式中:

$\gamma_{se}$ ——合成集料的有效相对密度, 无量纲;

$\gamma_t$ ——沥青混合料理论最大相对密度, 无量纲;

$P_{mm}$ ——总松散混合料质量百分比, 取100, %;

$P_b$ ——沥青含量, 为总混合料质量的百分数, %;

$\gamma_b$ ——沥青相对密度, 无量纲。

D. 2. 1. 3 选定集料时, 各沥青含量下理论最大相对密度 $\gamma_t$ 由计算或测试得到的合成集料有效相对密度 $\gamma_{se}$ 按式 D. 3 计算。

$$\gamma_t = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{\gamma_{se}} + \frac{P_b}{\gamma_b}} \dots\dots\dots (D. 3)$$

式中:

$\gamma_t$ ——沥青混合料理论最大相对密度, 无量纲;

$P_{mm}$ ——混合料质量的百分数, 取100, %;

$P_s$ ——集料含量, 混合料总质量的百分数, %;

$\gamma_b$ ——沥青含量, 混合料总质量的百分数, %;

$\gamma_{se}$ ——集料的有效相对密度, 无量纲;

$\gamma_b$ ——沥青的相对密度, 无量纲。

D. 2. 1. 4 合成集料吸收沥青 $P_{ba}$ 通过式 D. 4 计算。

$$P_{ba} = 100 \times \frac{\gamma_{se} - \gamma_{sb}}{\gamma_{se} \gamma_{sb}} \times \gamma_b \dots\dots\dots (D. 4)$$

式中:

$P_{ba}$ ——吸收的沥青、集料质量的百分数, %;

$\gamma_{se}$ ——集料的有效相对密度, 无量纲;

$\gamma_{sb}$ ——集料的毛体积相对密度，无量纲；

$\gamma_b$ ——沥青的相对密度，无量纲。

D. 2. 1. 5 沥青混合料的有效沥青含量 $P_{be}$ （保留并裹敷在集料颗粒上的沥青含量）按式 D. 5 计算。

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \dots\dots\dots (D. 5)$$

式中：

$P_{be}$ ——有效沥青含量，混合料总质量的百分数，%；

$P_b$ ——沥青含量，混合料总质量的百分数，%；

$P_{ba}$ ——吸收的沥青，集料质量的百分数，%；

$P_s$ ——集料含量，混合料总质量的百分数，%。

D. 2. 1. 6 矿料间隙 $VMA$ 按式 D. 6 计算。

$$VMA = 100 - \frac{\gamma_f \times P_s}{\gamma_{sb}} \dots\dots\dots (D. 6)$$

式中：

$VMA$ ——矿质集料中的间隙（毛体积百分比），%；

$\gamma_{sb}$ ——矿料的合成毛体积相对密度，无量纲；

$\gamma_f$ ——压实混合料的毛体积相对密度，无量纲；

$P_s$ ——集料含量，混合料总质量的百分数，%。

D. 2. 1. 7 压实沥青混合料 $VV$ 按式 D. 7 确定。

$$V = 100 \times \frac{\gamma_t - \gamma_f}{\gamma_t} \dots\dots\dots (D. 7)$$

式中：

$VV$ ——压实混合料的空隙率，总体积的百分数，%；

$\gamma_t$ ——路面沥青混合料的理论最大相对密度，无量纲；

$\gamma_f$ ——压实混合料的毛体积相对密度，无量纲。

D. 2. 1. 8 沥青混合料有效沥青饱和度 $VFA$ 按式 D. 8 确定。

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VV}{VMA} \dots\dots\dots (D. 8)$$

式中：

$VFA$ ——压实混合料的有效沥青饱和度， $VMA$ 的百分数，%；

$VMA$ ——压实混合料的矿料间隙率，毛体积百分数，%；

$VV$ ——压实混合料的空隙率，总体积的百分数，%。

D. 2. 1. 9 按式 D. 9 计算集料的比表面积 $SA$ ，按式 D. 10 估算沥青混合料的沥青膜有效厚度 $DA$ 。各种集料粒径的表面积系数 $FA_i$ 按表 D. 1 采用。

$$SA = \sum(P_i \times FA_i) \dots\dots\dots (D. 9)$$

$$DA = \frac{P_{be}}{\gamma_b \times SA} \times 10 \dots\dots\dots (D. 10)$$

式中：

$SA$ ——集料的比表面积， $m^2/kg$ ；

$P_i$ ——各种粒径的通过百分率，%；

$FA_i$ ——相应于各种粒径的集料的表面积系数，如表E. 1所列；

$DA$ ——有效沥青膜厚度， $\mu m$ ；

$P_{be}$ ——有效沥青含量，%；

$\gamma_b$ ——沥青的相对密度(25℃/25℃)，无量纲。

表D. 1 集料的表面积系数计算示例

筛孔尺寸/mm	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	集料比表面积总和 SA/( $m^2/kg$ )
表面积系数 $FA_i$	0.0041	—	—	—	0.0041	0.0082	0.0164	0.0287	0.0614	0.1229	0.3277	
通过百分率 $P_i/\%$	100	92	85	76	60	42	32	23	16	12	6	
比表面 $FA_i \times P_i$ ( $m^2/kg$ )	0.41	—	—	—	0.25	0.34	0.52	0.66	0.98	1.47	1.97	6.60
注：各种公称最大粒径混合料中大于4.75 mm尺寸集料的表面积系数 $FA_i$ 均取0.0041，且只计算一次，4.75 mm以下部分的 $FA_i$ 如表B. 6. 9所示。该例的 $SA=6.60 m^2/kg$ 。若混合料的有效沥青含量为4.65%，沥青的相对密度1.03，则沥青膜厚度为 $DA=4.65/(1.03 \times 6.60) \times 10=6.83 \mu m$ 。												

附录 E  
(规范性)  
CEI、TDI 计算

### E.1 目的与适用范围

E.1.1 本方法适用于测定沥青混合料在规定温度范围内旋转压实成型试件的可压实性。

E.1.2 本方法适用于依据JTG E20中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法(SGC方法)”成型的SGC试件,相应计算见附录D。

E.1.3 CEI和TDI为回归得到的网络线下面积。CEI:由 $M_{ini}=8$ 至密实度93%的密实曲线面积,反映混合料在摊铺、碾压阶段的可压实性,宜小;TDI:由密实度93%至设计密实度 $\%N_{des}$ (95%)时密实曲线下的面积,表征通车后抗交通荷载密实能力,宜大。

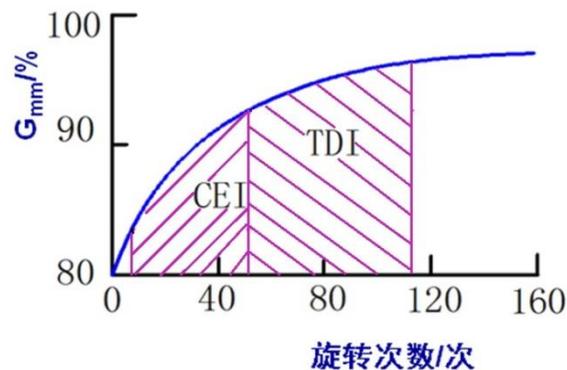


图 E.1 CEI 和 TDI

### E.2 CEI、TDI 计算

成型沥青混合料SGC试件得到旋转压实曲线后,按式E.1、E.2计算CEI、TDI,保留为整数。

$$CEI = \int_{x_8}^{x@93\%} f(x) dx \dots\dots\dots (E.1)$$

$$TDI = \int_{x@93\%}^{x@95\%} f(x) dx \dots\dots\dots (E.2)$$

式中:

$f(x)$ ——旋转压实曲线函数,通过积分求得,无量纲;

$x$ ——旋转压实次数,次。

### E.3 报告

E.3.1 以测定值的平均值作为试验结果。

E.3.2 试验结果应注明试件尺寸、试验温度和老化时间。

### E.4 CEI、TDI 计算示例

图E.2为某压实试件压实度与旋转压实曲线，回归为对数曲线，通过积分计算得到CEI与TDI。

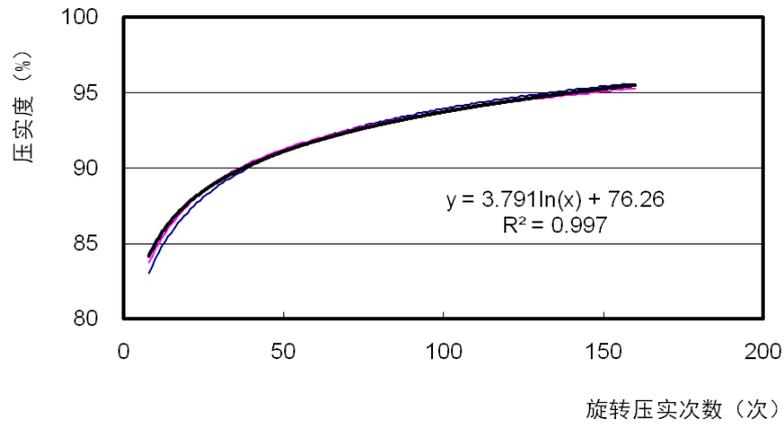


图 E. 2 压实度与旋转压实次数曲线

$$CEI = \int_{x_8}^{x@93\%} f(x) dx = \int_8^{@93\%} 3.791(\ln(x) + 76.26) dx = 6577$$

$$TDI = \int_{x@93\%}^{x@95\%} f(x) dx = \int_{x@93\%}^{@95\%} 3.791(\ln(x) + 76.26) dx = 9561$$



F. 2. 4 试样变形测量装置：由一个CMOD量规和两个LLD量规组成，量程不低于为1 mm，分辨率不低于0.0005 mm。CMOD量规通过刀刃连接到粘在SCB试样底部的两个量规点上（见图F. 2和图F. 3）。两个LLD量规连接到粘在试样前后两侧的量规点以及两个U形参考系上的相应量规点。

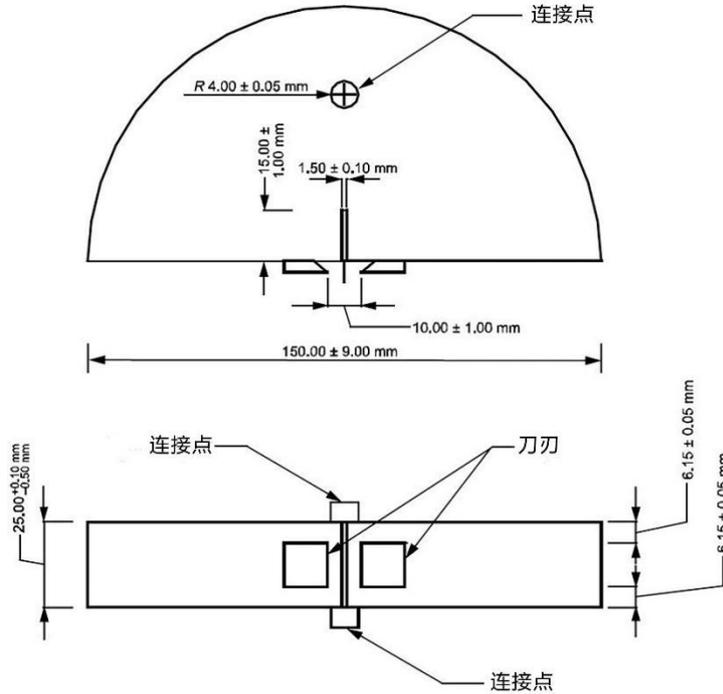


图 F. 2 连接点位置

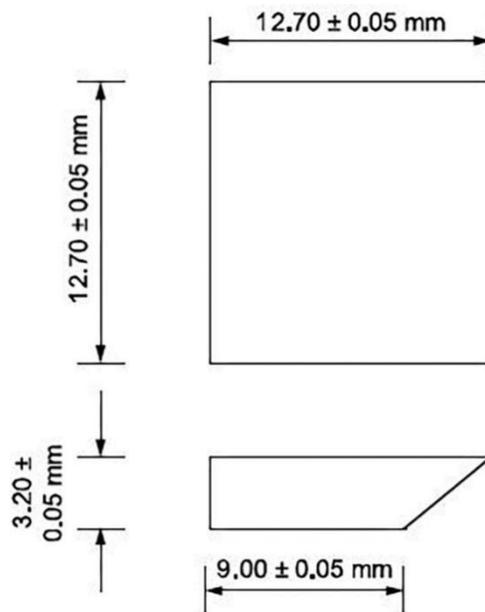


图 F. 3 CMOD 刀刃

### F. 3 试件制作

F. 3. 1 按沥青混合料配合比制作SGC试件或大马歇尔试件，每试验温度试件数量不少于3个；依据JTG E20中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法（SGC方法）”制备SGC试件，高度应符合115 mm±5

mm要求；依据JTG E20中“T 0702 沥青混合料试件制作方法（击实法）”制备标准大马歇尔试件，高度应符合 $95.3\text{ mm}\pm 2.5\text{ mm}$ 要求；也可在沥青拌合站或者现场取热沥青混合料制备上述试件。

F.3.2 从每个 $115\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ 高的SGC试件或 $95.3\text{ mm}\pm 2.5\text{ mm}$ 的大马歇尔试件中心，获得一个 $24.7\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 厚的圆柱形切片试样（见图F.4）。将切片切成两个相同的“半圆形试件”，然后沿每一半的对称轴切一个切口，切口长度为 $15\text{ mm}\pm 0.5\text{ mm}$ ，宽度不超过 $1.5\text{ mm}$ （见图F.2）。如需进行多个测试温度试验，尽量从SGC试件或大马歇尔试件切取多个 $24.7\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 厚的标准试件，尽可能靠近试件中间切取制样。

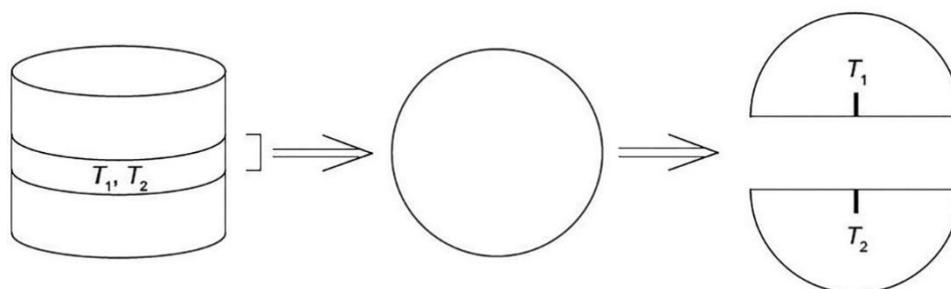


图 F.4 试件切割制样

F.3.3 也可从沥青路面现场钻芯取样，切割为直径 $150\text{ mm}$ 、厚度 $24.7\text{ mm}\pm 2\text{ mm}$ 的标准试件。

F.3.4 切取SCB试样时，应切割路面芯样的顶部和底部，须保证试样基面切割平整，以确保试样具有平行面。

#### F.4 试件的指标测定和分组

F.4.1 按照附录D规定对老化和加热的混合料样品测定理论最大相对密度。

F.4.2 按照T 0708方法测定SGC试件（或大马歇尔试件、芯样）的毛体积密度，计算空隙率 $VV$ 。

F.4.3 用游标卡尺对SGC试件（或大马歇尔试件、芯样）沿直径方向精确测定3个断面，在高度方向精确测定4处，精确到 $0.5\text{ mm}$ ，并记录平均值。

F.4.4 测量半圆试件两面的缺口长度，并记录平均值，精确至 $0.5\text{ mm}$ 。

F.4.5 将半圆试件分为2份，平均空隙率大致相等；使用2个试验温度进行试验：PG低温等级 $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；PG低温等级 $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

#### F.5 试验

F.5.1 将低温恒温箱调节为试验温度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，在当前试验温度下半圆试件保温不少于 $2\text{ h}\pm 0.5\text{ h}$ 。

F.5.2 半圆试件完成保温后，将试件放置在试验夹具上，并将LLD和CMOD量规连接到试样上。

F.5.3 以 $0.05\text{ mm/s}$ 的位移速率对半圆试件施加 $0.3\text{ kN}\pm 0.02\text{ kN}$ 的接触载荷；然后以 $0.005\text{ mm/s}$ 的位移速率对半圆试件施加 $0.6\text{ kN}\pm 0.02\text{ kN}$ 的载荷。重复施加3个加载循环以确保加载轴和试样之间紧密接触。

F.5.4 开始测试，测量并记录半圆试件两侧的荷载、CMOD和LLD。当以 $0.001\text{ mm/s}$ 的位移速率使半圆试件达到 $1\text{ kN}\pm 0.1\text{ kN}$ 的初始载荷后，系统切换为CMOD控制，保持 $0.0005\text{ mm/s}$ 的位移速率对该半圆试件施加荷载。

F.5.5 当半圆试件荷载降低至0.5 kN以下或达到CMOD量规范范围限制时，试验停止。

F.6 计算

F.6.1 断裂能 ( $G_f$ ) 是通过将断裂功 (断裂荷载—位移曲线P-u下的面积) 除以测试前半圆试件 (SC B) 的切口部位连接面积 (半圆试件的切口部位连接长度和试件厚度的乘积) 来计算, 见式F.1。

$$G_f = \frac{W_f}{A_{lig}} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

$G_f$ ——断裂能, J/m<sup>2</sup>;

$W_f$ ——断裂功, J;

$$W_f = \int P du \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

$P$ ——荷载, N;

$u$ ——荷载对应竖向位移, m;

$A_{lig}$ ——切口连接面积, m<sup>2</sup>;

$$A_{lig} = (r - a) \times t \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

$r$ ——试件半径, m;

$a$ ——试件断口长度, m;

$t$ ——试件厚度, m;

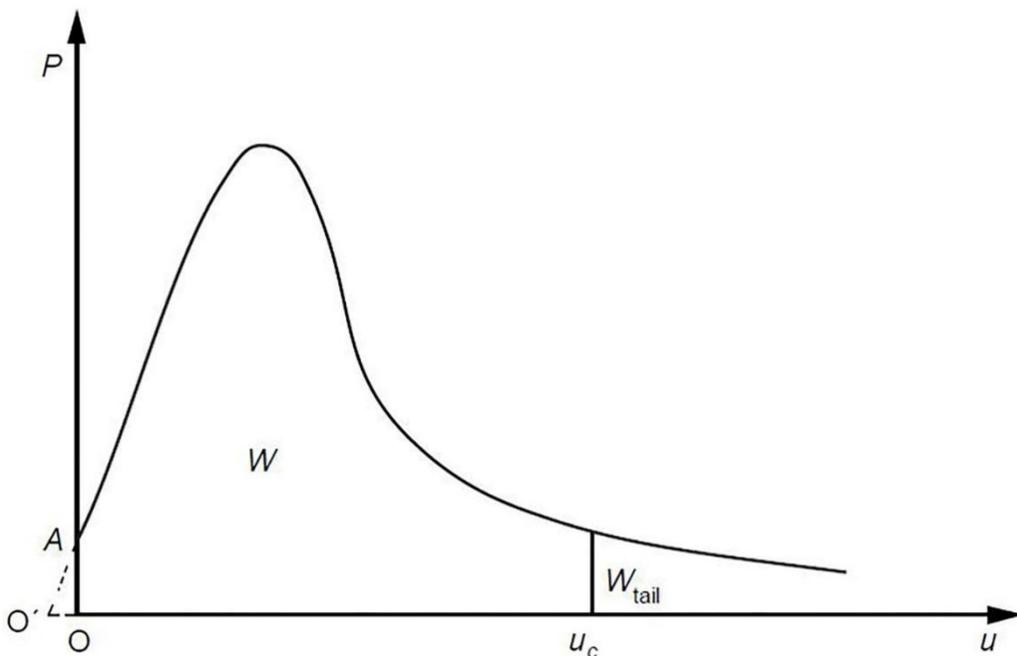


图 F.5 荷载位移曲线

$$W = \text{area} = \sum_{i=1}^n (u_{i+1} - u_i) \times P_i + \frac{1}{2} \times (u_{i+1} - u_i) \times (P_{i+1} - P_i) \dots\dots\dots (F.4)$$

式中:

$P_i$ ——第  $i$  个施加荷载, N;

$P_{i+1}$ ——第  $i+1$  个施加荷载, N;

$u_i$ ——第  $i$  个LLD竖向位移, m;

$u_{i+1}$ ——第  $i+1$  个LLD竖向位移, m。

F. 6. 2 曲线外推尾部下的面积使用以下方法计算。

a) 系数  $c$  是在峰值荷载 60% 时 P-u 试验曲线时通过式 F. 5 计算获得的。

$$P = \frac{c}{u^2} \dots\dots\dots (F. 5)$$

式中:

b) 将 P-u 曲线外推到  $P=0$ , 按式 F. 6 计算尾部面积。

$$W_{tail} = \int_{u_c}^{\infty} P d(u) = \int_{u_c}^{\infty} \frac{c}{u^2} d(u) = \frac{c}{u_c} \dots\dots\dots (F. 6)$$

式中:

$W_{tail}$ ——P-u 试验曲线尾部面积,  $m^2$ ;

$u$ ——积分变量, 与对应荷载竖向位移值相等, m;

$u_c$ ——试验停止时的对应荷载竖向位移值, m;

F. 6. 3 计算断裂能, 即  $W$  和  $W_{tail}$  之和。

$$W_f = W + W_{tail} \dots\dots\dots (F. 7)$$

## F. 7 报告

F. 7. 1 SGC 试件 (或大马歇尔试件、芯样) 的相对密度精确到 0. 001。

F. 7. 2 SGC 试件 (或大马歇尔试件、芯样) 的空隙率精确到 0. 1%。

F. 7. 3 试验温度精确到 0. 2  $^{\circ}C$ 。

F. 7. 4 所采集峰值荷载精确到 0. 1 kN。

F. 7. 5 峰值荷载采集时间精确到 0. 1 s。

F. 7. 6  $u_c$  (测试停止时的 LLD 位移值) 精确到 0. 001 mm。

F. 7. 7 所计算断裂能精确到 1  $J/m^2$ 。

附录 G  
(规范性)

低温弯曲应变能密度试验及计算

G.1 目的与适用范围

G.1.1 本方法适用于测定沥青混合料的低温抗裂性能。本方法所测得的低温弯曲应变能密度可用于评价沥青混合料材料性能，也可作为沥青混合料设计、沥青路面设计和评价分析的参数。

G.1.2 本试验依据JTG E20中“T 0715 沥青混合料弯曲试验”方法进行，适用于试验室制备长250 mm±2 mm、宽40 mm±2.0 mm、高40 mm±2.0 mm的沥青混合料棱柱体小梁，且沥青混合料的最大公称粒径不大于37.5 mm。

G.2 低温弯曲应变能密度计算

G.2.1 按照JTG E20中T 0715方法完成试验后，将图T 0715-1中的荷载—变形曲线按该图所示方法延长与横坐标相交作为曲线原点，修正得到新的应力—应变曲线。

沥青混合料低温弯曲试验的荷载—变形曲线如图G.1。

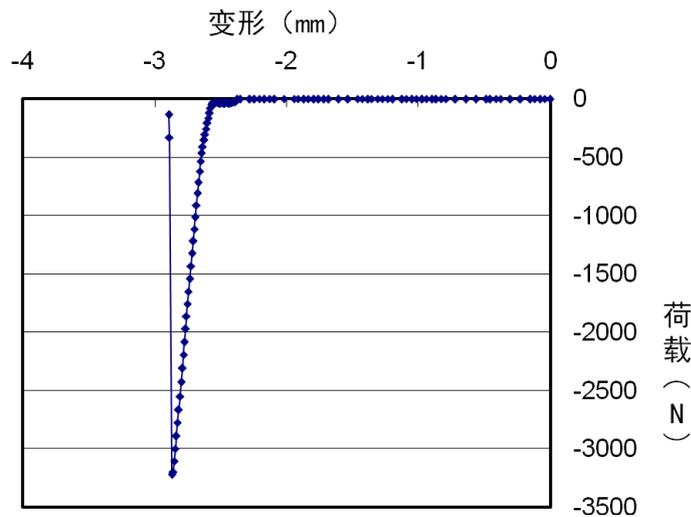


图 G.1 弯曲试验应力应变曲线示意图

图G.2为修正得到的沥青混合料梁弯曲试件应力—应变曲线图：

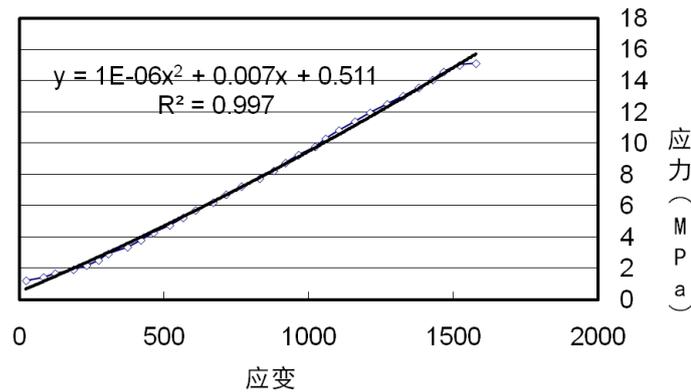


图 G.2 沥青混合料梁弯曲应力应变曲线图

G.2.2 对修正得到的应力—应变关系曲线按二次抛物线回归，求得应力达到最大值曲线下方的包络面积，即为沥青混合料的弯曲应变能密度的临界值 $M_B$ ，见式G.1。

$$M_B = \int_0^i f(\sigma_i) d\varepsilon \dots\dots\dots (G.1)$$

式中：

$M_B$ ——弯曲应变能密度，kPa；

$f(\sigma)$ ——应力函数，通过积分求得，kPa；

$\varepsilon$ ——应变，无量纲。

### G.3 报告

G.3.1 当一组测定值中某个数据与平均值之差大于标准差的k倍时，该测定值应予舍弃，并以其余测定值的平均值作为试验结果。当试验数目n为3、4、5、6时，k值分别为1.15、1.46、1.67、1.82。

G.3.2 试验结果保留均应注明试件尺寸、成型方法、试验温度及加载速率。

### G.4 计算示例

依据T 0715方法对图G.1荷载—变形曲线修正得到图G.2应力—应变曲线，回归得到曲线公式为：

$$\sigma = 0.000001\varepsilon^2 + 0.007\varepsilon + 0.511$$

通过积分计算初始至破坏时曲线下面积：

$$\text{弯曲应变能密度} = \int_0^{1579} (0.000001\varepsilon^2 + 0.007\varepsilon + 0.511) d\varepsilon = 11.875 \times 10^{-3} \text{kPa}$$

**附录 H**  
**(规范性)**  
**沥青混合料水稳定性试验**

**H.1 目的与适用范围**

H.1.1 该试验方法包括试件的成型、压实混合料的饱和和冻融循环加速水损坏，测定混合料试件在受到水损害前后劈裂破坏的干湿间接拉伸强度比，以评价沥青混合料的长期水敏感性、液体抗剥落剂的效果、粉状矿料添加剂的效果（如消石灰或水泥）。

H.1.2 该方法可以用来测试室内拌和、压实的沥青混合料水稳定性，以及现场拌和、取样压实的沥青混合料水稳定性。

H.1.3 该方法使用国际单位。

**H.2 仪器设备**

H.2.1 用来制备试样的设备：旋转压实机、钻芯机、烘箱。

H.2.2 恒温水槽：用于试件保温，保持温度在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内。

H.2.3 恒温冰箱：能保持温度在 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰箱。

H.2.4 试验机：能够准确控制竖向变形速率 $50\text{ mm/min}$ 的材料试验机，试验机负荷应满足最大测定荷载不超过其量程的80%且不小于其量程的20%的要求。

H.2.5 金属加载压条：上下各一根。试件直径为 $100\text{ mm}$ 时，压条宽度为 $12.7\text{ mm}$ ；直径为 $150\text{ mm}$ 时，压条宽度为 $19.05\text{ mm}$ 。

H.2.6 其他：真空负压装置；装试件的塑料膜；天平； $10\text{ ml}$ 的量筒；面积 $48400\text{ mm}^2\sim 64500\text{ mm}^2$ 、深度约 $25\text{ mm}$ 的盘子。

**H.3 室内试件的制备**

H.3.1 每1次试验至少要准备8个试件。2个试件用于确定标准压实次数和真空饱水水平，其余6个分为2组，1组在干燥条件下测试，另1组在饱水冻融条件下测试。

H.3.2 试件尺寸为：直径 $100\text{ mm}$ ，高度 $63.5\text{ mm}\pm 2.5\text{ mm}$ ；或直径 $150\text{ mm}$ ，高度 $95\text{ mm}\pm 5\text{ mm}$ 。后者适用于公称最大粒径大于 $26.5\text{ mm}$ 的沥青混合料。

H.3.3 拌和后，将沥青混合料放入面积不小于 $48400\text{ mm}^2\sim 64500\text{ mm}^2$ 、深度约 $25\text{ mm}$ 的盘子中，在室温下冷却 $2\text{ h}\pm 0.5\text{ h}$ ，而后放置于温度为 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中老化 $16\text{ h}\pm 1\text{ h}$ 。如果烘箱架子没有网眼，盒子底部应保证有空气流通。

H.3.4 老化后，混合料在压实温度 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中放置 $120\text{ min}\pm 10\text{ min}$ 之后，按照T 0736方法压实混合料，控制空隙率 $7\%\pm 1\%$ ，通过调整旋转次数实现，具体压实次数由试验确定。为确保评价沥青混合料空隙率的稳定性，试件冷应却一段时间后脱模。

H.3.5 脱模之后，试件在室温保存 $24\text{ h}\pm 3\text{ h}$ 。

**H.4 现场取样室内压实试件的制备**

H. 4. 1 每1次试验至少要准备8个试件。2个试件用于确定标准压实次数和真空饱水水平，其余6个分为2组，1组在干燥条件下测试，另1组在饱水冻融条件下测试。

H. 4. 2 试件尺寸为直径100 mm，高度63.5 mm±2.5 mm，或者直径150 mm，高度95 mm±5 mm，后者适用于集料最大公称粒径大于26.5 mm的混合料。

H. 4. 3 将现场取回的混合料放置在烘箱中，在压实温度±3 ℃环境下，按T 0736方法压实混合料，控制空隙率7%±1%，通过调整旋转压实次数实现，具体压实次数由试验确定。

H. 4. 4 脱模之后，试件要在室温保存24 h±3 h。

## H. 5 试件的指标测定和分组

H. 5. 1 按照附录D规定对老化和加热的混合料样品测定理论最大相对密度。

H. 5. 2 测定每一个试件的厚度和直径。

H. 5. 3 按照T 0708方法测定毛体积密度，计算空隙率 $VV$ 。

H. 5. 4 将试件分为2份，平均空隙率大致相等。

对经过饱水，冻融循环一次的试件按照式H. 1计算空隙体积：

$$V_a = \frac{VV \times E}{100} \dots\dots\dots (H. 1)$$

式中：

$V_a$ ——空隙体积， $\text{cm}^3$ ；

$VV$ ——空隙率，%；

$E$ ——试件体积， $\text{cm}^3$ 。

## H. 6 试件准备

H. 6. 1 试验前将一组干燥试件在室温下保存备用。

H. 6. 2 第二组试件按H. 6. 3经饱水冻融后，放入25 ℃±0.5 ℃水浴中保温120 min±10 min，水应超过试件表面25 mm以上。之后取出试件按H. 7进行试验。

H. 6. 3 冻融试件的养生条件。

H. 6. 3. 1 确定干燥试件质量  $A$  (g)。

H. 6. 3. 2 将试件放入真空容器中，加水（室温）至超过试件表面 25 mm 以上，在 0. 013 MPa~0. 067 MPa 真空下浸水 10 min~15 min 后恢复常压，保持 5 min~10 min。

H. 6. 3. 3 确定饱和面干试件的质量  $B$  (g)。

H. 6. 3. 4 按式 H. 2 计算吸收水的体积 ( $J$ )。

$$J = (B - A) / \gamma_{\text{水}} \dots\dots\dots (H. 2)$$

式中：

$J$ ——吸收水的体积， $\text{cm}^3$ ；

$B$ ——真空饱水后的饱和面干质量，g；

$A$ ——干燥试件质量，g；

$\gamma_{\text{水}}$ ——25℃时水的密度，g/cm<sup>3</sup>，取0.9971 g/cm<sup>3</sup>。

H. 6. 3. 5 按式 H. 3 确定饱水率  $S$  (%)。

$$S = \frac{100J}{V_a} \dots\dots\dots (H. 3)$$

式中：

$S$ ——饱水率，%，应在70%~80%范围内。

H. 6. 3. 6 如果饱水率  $S$  低于 70%，重新按 H. 6. 3. 2 进行，并采用更高的真空压力或者时间；如果  $S$  超过 80%，废弃该试件，取其他试件减少真空压力或者饱水时间再次试验。

H. 6. 3. 7 将真空饱水的试件用塑料膜裹好，放入防水塑料袋中，加 10 ml ± 0.5 ml 水后密封，放置于 -18 ℃ 冰箱里至少 16h。

H. 6. 3. 8 将试件从冰箱中取出并除去塑料袋和薄膜，立即放置于 60 ℃ ± 1 ℃ 水浴中养生 ± 1 h，水面必须高于试件表面 25 mm 以上。

H. 6. 3. 9 在 60 ℃ ± 1 ℃ 水浴中养生 24 h ± 1 h 后，再将试件放置于 25 ℃ ± 0.5 ℃ 水浴中浸泡 120 min ± 10 min（水温要在 15 min 内达到 25 ℃ ± 0.5 ℃），水面须高于试件表面 25 mm 以上。之后取出试件按 H. 7 进行试验。

## H. 7 试验

H. 7. 1 在 25 ℃ ± 0.5 ℃ 进行干燥和冻融条件试件的间接抗拉强度试验。

H. 7. 2 从 25 ℃ ± 0.5 ℃ 水浴中拿出试件，测定试件高度，放置在金属压力环之间，以 50 mm/min 速率均匀加载，须保证沿直径方向施加压力。

H. 7. 3 记录试验最大压力，直至有竖向裂缝出现。取出试件，沿裂缝分开，观察水损坏程度。

## H. 8 计算

H. 8. 1 按式 H. 4 计算试件间接抗拉强度  $S_t$  (kPa)。

$$S_t = \frac{2000P}{\pi t D} \dots\dots\dots (H. 4)$$

式中：

$S_t$ ——抗拉强度，kPa；

$P$ ——最大压力，N；

$t$ ——试件高度，mm；

$D$ ——试件直径，mm。

H. 8. 2 按式 H. 5 计算干湿间接抗拉强度比  $TSR$ 。

$$TSR = \frac{S_2}{S_1} \dots\dots\dots (H. 5)$$

式中：

$TSR$ ——干湿间接抗拉强度比，%；

$S_1$ ——干燥试件平均间接抗拉强度，kPa；

$S_2$ ——冻融条件下试件平均间接抗拉强度，kPa。

## H.9 报告

试验结果提供每组试件个数、每组试件平均空隙率、每组试件平均间接抗拉强度 $S_1$ 和 $S_2$ 、干湿间接抗拉强度比 $TSR$ ，并附加试件破损程度、裂缝或者集料破碎情况描述。

**附 录 I**  
**(规范性)**  
**钢渣沥青混合料膨胀量试验**

**1.1 实验步骤**

1.1.1 按使用钢渣的沥青混合料生产配合比制作SGC试件或标准马歇尔试件，数量不少于3个；依据JT G E20中“T 0736 沥青混合料旋转压实试件制作方法（SGC方法）”制备SGC试件，高度应符合115 mm ±5 mm要求；依据JTG E20中“T 0702 沥青混合料试件制作方法（击实法）”制备标准马歇尔试件，高度应符合63.5 mm±1.3 mm要求；也可在沥青拌合站或者现场取热沥青混合料制备上述试件。

1.1.2 用游标卡尺在直径方向精确测定3个断面，在高度方向精确测定4处，精确到0.1 mm，计算试件体积 $V_1$ 。

1.1.3 将恒温水浴设置为80 °C±1 °C，待温度达到后将制作好的SGC试件或标准马歇尔试件或沥青现场芯样放入其中浸泡养生72 h，水面超过试件顶面不低于2 cm。

1.1.4 将完成养生的SGC试件或标准马歇尔试件或沥青现场芯样取出冷却至室温，立即观察有无裂缝或鼓包，并按1.1.2方法测定试件体积 $V_2$ 。

**1.2 钢渣沥青混合料膨胀量计算**

钢渣膨胀量按式 I.1 计算。

$$C_2 = 100 \times \frac{V_2 - V_1}{V_1} \dots\dots\dots (I.1)$$

式中：

$C_2$ ——钢渣沥青混合料的膨胀量，保留到0.1%；

$V_1$ ——浸泡养生前试件体积，保留到0.1 mm<sup>3</sup>；

$V_2$ ——浸泡养生后试件体积，保留到0.1 mm<sup>3</sup>。

**1.3 报告**

钢渣沥青混合料膨胀量取3个试件的平均值作为试验结果。报告应说明钢渣沥青混合料试件有无裂缝及鼓包等情况。

参 考 文 献

- [1] AASHTO M323 Standard Specification for Superpave Volumetric Mix Design.
  - [2] AASHTO M320 Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder.
  - [3] AASHTO T283 Standard Method of Test for Resistance of Compacted Bituminous Mixture to Moisture.
  - [4] AASHTO TP 105 Standard Method of Test for Determining the Fracture Energy of Asphalt Mixtures Using the Semicircular Bend Geometry (SCB).
-