

公路工程高性能沥青混合料施工技术规范

Technical specifications for construction of superior performing asphalt mixtures in
highway engineering

2024 - 09 - 03 发布

2024 - 10 - 03 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 1

 4.1 一般规定 1

 4.2 沥青胶结料 2

 4.3 集料 4

 4.4 填料 5

5 配合比设计 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 矿料级配设计 6

 5.3 混合料技术要求 6

 5.4 目标配合比设计 7

 5.5 生产配合比设计 8

 5.6 生产配合比验证 9

6 施工 9

 6.1 一般规定 9

 6.2 拌和 10

 6.3 运输 11

 6.4 摊铺 11

 6.5 碾压 12

7 质量管理和检查验收 12

 7.1 一般规定 12

 7.2 施工过程中质量管理与检查 13

 7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收 15

附录 A（规范性） 根据 LTPP 模型计算沥青路面设计温度的方法 17

 A.1 一般规定 17

 A.2 沥青路面设计温度确定方法 17

附录 B（规范性） 沥青多重应力蠕变恢复试验 (MSCR) 方法 18

 B.1 试验仪器和设备 18

 B.2 试验准备 18

 B.3 试验步骤 18

 B.4 计算 19

 B.5 报告 19

附录 C（规范性） 粗集料高温压碎值试验方法 21

 C.1 试验仪器和设备 21

C.2 试验准备 21

C.3 试验步骤 21

C.4 计算 21

附录 D（规范性） 初选沥青胶结料用量计算方法 22

附录 E（规范性） 沥青混合料抗水损害标准试验方法 24

 E.1 试验仪器和设备 24

 E.2 试验准备 24

 E.3 试验步骤 24

 E.4 计算 25

 E.5 报告 26

附录 F（规范性） 高性能沥青混合料配合比设计方法 27

 F.1 一般规定 27

 F.2 材料选择 27

 F.3 初选矿料级配 27

 F.4 确定沥青胶结料用量设计 29

 F.5 配合比性能验证 29

 F.6 配合比设计报告 29

附录 G（规范性） 沥青混合料汉堡车辙标准试验方法 30

 G.1 试验仪器和设备 30

 G.2 试验准备 30

 G.3 试验步骤 30

 G.4 计算 31

 G.5 报告 32

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DB37/T 1722—2010《山东省公路工程高性能沥青混合料技术规范》，与DB37/T 1722—2010相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了“符号及代号”（见2010年版的第2章）；
- b) 将按照标准轴载等级确定各技术标准的原则，更改为按照交通荷载等级确定各技术标准的原则（见4.2.3、5.3.1，2010年版的3.5.1、4.3.1）；
- c) 增加了沥青胶结料性能等级选择要求、基于MSCR试验的沥青胶结料性能技术要求等内容（见4.2.1、4.2.4）；
- d) 更改了压碎值、软石含量、亚甲蓝、棱角性（间隙率法）、机制砂规格技术指标要求，增加了高温压碎值技术指标要求（见4.3.1、4.3.4，2010年版的3.2.2、3.3.5）；
- e) 删除了天然砂的技术要求（见2010年版的3.3.1、3.3.3）；
- f) 增加了水泥做为填料的使用要求（见4.4.3）；
- g) 将“Sup 沥青混合料组成设计”更改为“配合比设计”（见第5章，2010年版的第4章）；
- h) 增加了级配控制点中关键筛孔的技术要求（见5.2.2）；
- i) 更改了混合料沥青饱和度技术要求，删除了马歇尔成型方法对比技术标准（见5.3.1，2010年版的4.3.1）；
- j) 增加了混合料短期老化的技术要求（见5.3.4）；
- k) 增加了PG82等级混合料性能技术要求，更改了性能验证动稳定度、低温抗裂性要求，增加了渗水要求（见5.3.4，2010年版的4.3.2）；
- l) 增加了生产配合比设备、筛网尺寸、冷料仓标定、生产配合比调试相关要求（见5.5.1、5.5.2、5.5.3、5.5.4、5.5.5、5.5.7、5.5.8）；
- m) 增加了生产配合比验证目的表述（见5.6.1），更改了汉堡轮辙试验技术标准（见5.6.2，2010年版的4.4.3）；
- n) 将“Sup 沥青混合料施工工艺”更改为“施工”（见第6章，2010年版的第5章）；
- o) 删除了“拌和厂要求”、“水泥混凝土桥面 Sup 沥青混合料铺装的压实和成型”相关内容（见2010年版的5.2、5.7）；
- p) 增加了沥青混合料施工温度相关要求（见6.1.4）；
- q) 增加了沥青拌和机温度精度及称量精度的要求（见6.2.1）；
- r) 更改了拌和站逐盘打印配置及拌和时间的表述（见6.2.3、6.2.4，2010年版的5.3.3、5.3.6）；
- s) 增加了沥青混合料三次装料法和五次装料法的要求、运输车测温保温要求、防水粘结层保护要求（见6.3.1、6.3.2、6.3.3、6.3.5）；
- t) 增加了一台摊铺机整幅摊铺要求、摊铺机参数要求、防离析措施等内容（见6.4.1、6.4.2、6.4.3、6.4.6、6.4.7）；
- u) 更改了混合料摊铺控制速度、螺旋布料器料位高度等要求（见6.4.4、6.4.5，2010年版的5.5.2、5.5.3）；
- v) 更改了混合料碾压设备配备要求和参考碾压工艺（见6.5.1、6.5.2，2010年版的5.6.2、5.6.5），增加了振荡压路机的要求（见6.5.3）；
- w) 增加了施工过程中汉堡检测要求、沥青路面压实度双控指标要求、混合料取样位置的要求，更改了渗水指标要求（见7.2.3、7.2.4，2010年版的6.4.6）；

x) 增加了“根据 LTPP 模型计算沥青路面设计温度的方法”、“沥青多重应力蠕变恢复试验 (MSCR) 方法”、“粗集料高温压碎值试验方法”、“初选沥青胶结料用量计算方法”(见附录 A、附录 B、附录 C、附录 D)，删除了“用旋转压实仪压实制备和测定热拌沥青混合料试件和密度标准试验方法”(见 2010 年版的附录 B)；

y) 增加了沥青混合料汉堡车辙标准试验方法中有效变形点选择方法(见附录 G)。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件及其所代替文件的历史次版本发布情况为：

——2010 年首次发布为 DB37/T 1722—2010；

——本次为第一次修订。

公路工程高性能沥青混合料施工技术规范

1 范围

本文件规定了高性能沥青混合料的材料、配合比设计、施工、质量管理和检查验收。本文件适用于各等级道路的新建、改扩建及养护沥青路面工程。

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。

JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTG/T F20—2015 公路路面基层施工技术细则

JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG 3432—2024 公路工程集料试验规程

JTG 3450—2019 公路路基路面现场测试规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高性能沥青混合料 superior performing asphalt mixture

根据交通等级、行车速度和气候条件等因素选择沥青PG等级与矿料，采用旋转压实仪成型试件，分析混合料的体积性质，通过性能验证试验，确定混合料的级配和沥青用量，所设计的沥青混合料。

3.2

高温设计温度 design high temperature

路面结构特定位置处，满足可靠度要求的实测或计算最高服役温度，其中表面层距路表20 mm处和其它结构层层顶处满足特定要求的服役温度。

3.3

低温设计温度 design low temperature

路面结构特定位置处，满足可靠度要求的实测或计算最低服役温度，特定位置为设计结构层的层顶处。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 沥青路面使用的各种材料运至现场后应取样进行质量检验，经评定合格后方可使用。

4.1.2 沥青路面集料的选择应经过认真的料源调查，在满足使用性能要求的前提下尽可能就地取材。

4.1.3 不同料源、品种、规格的集料不应混杂堆放，严格控制材料的变异性。堆放集料成品的场地应进行硬化并保证排水通畅，粗、细集料均应采取严格的防雨、防晒等措施。

4.1.4 为保证混合料性能的稳定，原则上同一规格的集料在配合比设计和生产过程中不可随意更换，若确需更换的应重新进行原材料检验及配合比设计。

4.2 沥青胶结料

4.2.1 沥青路面应根据工程项目所在地气候、交通荷载等级、混合料类型及其所在结构层中的层位，结合当地使用经验，经技术论证后选择满足性能等级(PG)要求的沥青胶结料。

4.2.2 各地应实测当地典型沥青路面结构温度场，建立路面高温、低温预估模型，以确定本地区典型沥青路面结构的高温设计温度和低温设计温度，也可根据可靠度按附录 A 所述方法计算确定。

4.2.3 在气候条件计算得到的性能等级的基础上，根据不同交通条件，按表 1 对沥青胶结料高温性能等级进行跳级调整。

表1 沥青胶结料等级根据交通速度和交通量变化调整表

设计交通荷载等级	调整沥青胶结料PG等级		
	停滞交通 (小于20 km/h)	慢速交通 (20 km/h~60 km/h)	标准交通 (大于60 km/h)
轻交通	1	—	—
中等交通	2	1	—
重交通及以上交通	2	2	1
注：根据表中等级数（1 级相当于 6 ℃），增加高温等级，低温等级不变。			

4.2.4 沥青胶结料宜采用道路石油沥青或改性沥青，其技术要求应符合表 2 的规定，有条件的可参照表 3 的规定，除此之外，还应符合 JTG F40 的有关规定。

表2 沥青胶结料性能技术要求

性能等级	PG64			PG70			PG76			PG82			试验方法
平均7天路面最高设计温度（℃）	<64			<70			<76			<82			—
路面低温设计温度（℃）	>-16	>-22	>-28	>-16	>-22	>-28	>-16	>-22	>-28	>-16	>-22	>-28	—
原样沥青胶结料													—
闪点(℃)	≥230												JTG E20—2011 T0611
黏度 ^a ≤3 Pa•s，试验温度(℃)	135												JTG E20—2011 T0625
G [*] /sin δ ^b ≥1.00 kPa，试验温度 @10rad/s，（℃）	64			70			76			82			JTG E20—2011 T0628
旋转薄膜烘箱残留物													JTG E20—2011 T0610

表 2 沥青胶结料性能技术要求（续）

性能等级	PG64			PG70			PG76			PG82			试验方法
质量变化	≤1.00%			—									
$G^*/\sin \delta \geq 2.20 \text{ kPa}$ ，试验温度 @10 rad/s，(℃)	64			70			76			82			JTG E20—2011 T0628
平均7天路面最高设计温度 (℃)	<64			<70			<76			<82			—
路面低温设计温度 (℃)	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	—
压力老化容器残留物													—
PAV老化温度，(℃)	100			100			100			100			JTG E20—2011 T0630
$G^*\sin \delta^b \leq 5000 \text{ kPa}$ ，试验温度 @10rad/s，(℃)	28	25	22	31	28	25	34	31	28	37	34	31	JTG E20—2011 T0628
$S \leq 300 \text{ MPa}$ ，m值≥0.300，试验 温度@60s，(℃)	-6	-12	-18	-6	-12	-18	-6	-12	-18	-6	-12	-18	JTG E20—2011 T0627
^a 如果供应商能保证在拌和温度时有足够的泵送能力和满足所有安全标准的情况下，业主可以取消此要求。 ^b $G^*/\sin \delta$ 为高温温度劲度， $G^*\sin \delta$ 为中等温度劲度。													

表3 基于 MSCR 试验的沥青胶结料性能技术要求^a

性能等级	PG64			PG70			PG76			PG82			试验方法
平均7天路面最高设计温度（℃）	<64			<70			<76			<82			—
路面低温设计温度（℃）	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	> -16	> -22	> -28	—
原样沥青胶结料													—
闪点(℃)	≥230												JTG E20—2011 T0611
黏度 ^b ≤3Pa•s，试验温度(℃)	135												JTG E20—2011 T0625
G*/sin δ ^c ≥1.00 kPa，试验温度@10 rad/s，(℃)	64			70			76			82			JTG E20—2011 T0628
旋转薄膜烘箱残留物													JTG E20—2011 T0610
质量变化	≤1.00%												—
“S” J _{nr3.2} ≤4.5kPa ⁻¹ ，J _{nr diff} ≤75%， 试验温度(℃)	64			70			76			82			附录B
“H” J _{nr3.2} ≤2.0kPa ⁻¹ ，J _{nr diff} ≤75%， 试验温度(℃)	64			70			76			82			
“V” J _{nr3.2} ≤1.0kPa ⁻¹ ，J _{nr diff} ≤75%， 试验温度(℃)	64			70			76			82			
“E” J _{nr3.2} ≤0.5kPa ⁻¹ ，J _{nr diff} ≤75%， 试验温度(℃)	64			70			76			82			

表 3 基于 MSCR 试验的沥青胶结料性能技术要求^a（续）

性能等级	PG64			PG70			PG76			PG82			试验方法
压力老化容器残留物													—
PAV老化温度，(℃)	100			100			100			100			JTG E20—2011 T0630
“S ^d ” G* sin δ ^d ≤5000 kPa，试验温度@10 rad/s，(℃)	28	25	22	31	28	25	34	31	28	37	34	31	JTG E20—2011 T0628
“S ^d ”，“V ^d ”，“E ^d ” G* sin δ ^c ≤6000 kPa，试验温度@10 rad/s，(℃)	28	25	22	31	28	25	34	31	28	37	34	31	
S ≤300 MPa，m值 ≥0.300，试验温度@60s，(℃)	-6	-12	-18	-6	-12	-18	-6	-12	-18	-6	-12	-18	JTG E20—2011 T0627
^a 根据最高路面环境温度确定的性能等级进行 RHF0 残留物的 MSCR 试验，要求较低 J_{nr} 值时的等级跳跃情况下，在环境温度下进行测试。 ^b 如果供应商能保证在拌和温度时有足够的泵送能力和满足所有安全标准的情况下，业主可以取消此要求。 ^c G*/sin δ 为高温温度劲度，G* sin δ 为中等温度劲度。 ^d S 交通等级为轻交通或中等交通，且设计速度大于 60 km/h；H 交通等级为重交通，或设计速度为 20 km/h~60 km/h；V 交通等级为特重或极重交通，或设计速度小于 20 km/h；E 交通等级为特重或极重交通，且设计速度小于 20 km/h。													

4.3 集料

4.3.1 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙，其技术要求应符合表 4 的规定，除此之外，还应符合 JTG F40 的有关规定。

表4 沥青混合料用粗集料技术要求

项目	技术要求		试验方法
	表面层	其他层次	
石料压碎值	≤24%	≤26%	JTG 3432—2024 T0316
石料高温压碎值	≤26%	≤28%	附录 C
洛杉矶磨耗损失	≤28%	≤30%	JTG 3432—2024 T0317
表观相对密度 ^a	≥2.60	≥2.50	JTG 3432—2024 T0304
吸水率 ^a	≤2.0%	≤3.0%	JTG 3432—2024 T0304
坚固性 ^b	≤12%	≤12%	JTG 3432—2024 T0314
针片状颗粒含量（混合料） ^c	≤15%	≤18%	JTG 3432—2024 T0312
其中粒径大于 9.5 mm	≤12%	≤15%	
其中粒径小于 9.5 mm	≤18%	≤20%	
水洗法<0.075 mm 颗粒含量	≤1%	≤1%	JTG 3432—2024 T0310
软石含量	≤3%	≤5%	JTG 3432—2024 T0320
^a 多孔玄武岩的表观相对密度可放宽至 2.45，吸水率可放宽至 3%；钢渣的吸水率可放宽至 3%。 ^b 坚固性试验可根据需要进行。 ^c 对 S14 即 3~5 规格的粗集料，针片状颗粒含量可不予要求。			

- 4.3.2 细集料宜采用机制砂，当采用反击式或锤式破碎机生产的硬质岩集料经过筛选的小于 2.36mm 部分具有较好的棱角性，可以作为机制砂使用。
- 4.3.3 机制砂应采用质地坚硬、洁净、无软弱颗粒及未风化的石灰岩等碱性基或中性基的岩石加工，不应采用泥岩、页岩、板岩等岩石加工机制砂。加工设备宜采用立式冲击破碎机并配备振动筛和干式除尘设备。
- 4.3.4 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其规格应符合表 5 的规定，技术要求应符合表 6 的规定。

表5 沥青混合料用细集料规格

项目	通过下列筛孔的质量百分率						
筛孔尺寸 mm	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率	100%	80%~95%	50%~80%	25%~60%	8%~45%	6%~25%	6%~12%

表6 沥青混合料用细集料技术要求

项目	单位	技术要求	试验方法
表观相对密度	—	≥2.50	JTG 3432—2024 T0328
坚固性 ^a （大于 0.3 mm 部分）	—	≤12%	JTG 3432—2024 T0340
砂当量 ^b	—	≥65%	JTG 3432—2024 T0334
亚甲蓝值 ^b	g/kg	≤2.5	JTG 3432—2024 T0349
棱角性（流动时间法）	s	≥30	JTG 3432—2024 T0345
棱角性（间隙率法）	—	≥45%	JTG 3432—2024 T0344
^a 坚固性试验可根据需要进行。			
^b 细集料洁净程度采用砂当量和亚甲蓝评价，其中之一检验合格即评价为合格。对于亚甲蓝指标应筛分出 0 mm~2.36 mm 规格进行检验。			

4.4 填料

- 4.4.1 矿粉应采用石灰岩或强基性岩浆岩等憎水性石料经磨细得到，原石料中的泥土杂质应除净。矿粉应干燥、洁净，能自由的从矿粉仓流出，其技术要求应符合 JTG F40 的有关规定。
- 4.4.2 沥青路面填料不应使用回收粉。
- 4.4.3 为提高混合料的水稳定性，可在填料中掺加石灰或水泥，其掺量宜为沥青混合料总质量的 1.3%±0.3%。其中石灰应不低于 JTG/T F20—2015 规定的III级技术要求，水泥宜采用道路普通硅酸盐水泥，不应采用超早强或超磨细水泥，具体掺量由沥青混合料水稳定性试验确定。

5 配合比设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 沥青混合料应按照“目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证”三阶段配合比设计流程进行。

5.1.2 沥青混合料配合比设计包括四个步骤：材料选择、初选矿料级配、确定沥青胶结料用量、性能验证。

5.1.3 沥青混合料表面层集料公称最大粒径尺寸宜为 4.75 mm～19.0 mm，表面层以下的各层混合料集料公称最大尺寸宜不大于 37.5 mm。

5.2 矿料级配设计

5.2.1 沥青混合料级配分为粗型级配和细型级配，级配类型划分应符合表 7 的规定。

表7 级配类型划分要求

公称最大粒径 mm		37.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75
主要控制筛孔 mm		9.5	4.75	4.75	2.36	2.36	1.18
粗型级配	主要控制筛孔通过率	<47%	<40%	<47%	<39%	<47%	<40%
细型级配		≥47%	≥40%	≥47%	≥39%	≥47%	≥40%

5.2.2 沥青混合料矿料级配宜选择“S 型”曲线，设计时应充分考虑施工和易性，符合表 8 的规定。

表8 矿料级配控制点技术要求

筛孔尺寸 mm	以下公称最大粒径的控制点筛孔通过率											
	37.5 mm		26.5 mm		19.0 mm		13.2 mm		9.5 mm		4.75 mm	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
53.0	100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37.5	90%	100%	100%	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.5	—	90%	90%	100%	100%	—	—	—	—	—	—	—
19.0	—	—	—	90%	90%	100%	100%	—	—	—	—	—
13.2	—	—	—	—	—	90%	90%	100%	100%	—	100%	—
9.5	30%	58%	—	—	—	—	—	90%	90%	100%	95%	100%
4.75	—	—	27%	55%	31%	59%	—	—	—	90%	90%	100%
2.36	15%	41%	19%	45%	23%	49%	28%	58%	32%	67%	—	—
1.18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30%	55%
0.075	0%	6%	1%	7%	2%	8%	2%	10%	2%	10%	6%	13%

5.3 混合料技术要求

5.3.1 高性能沥青混合料应采用旋转压实仪进行成型，混合料技术要求应符合表 9 的规定。

表9 高性能沥青混合料设计技术要求

试验指标		单位	特重、极重交通		中等、重交通		轻交通		试验方法
旋 转 压 实 次数	N _{初始}	次	9		8		7		JTG E20—2011 T0736
	N _{设计}	次	125		100		75		
	N _{最大}	次	205		160		115		
空隙 率 VV ^b	N _{初始}	—	≥11.0%		≥11.0%		≥9.5%		JTG E20—2011 T0705
	N _{设计}	—	4.0%		4.0%		4.0%		
	N _{最大}	—	≥2.0%		≥2.0%		≥2.0%		
粉胶比 FB ^{ab}		—	0.6~1.2						
矿料间隙率 VMA	—	相应于以下公称最大粒径的 VMA 及 VFA 技术要求							
		37.5 mm	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	9.5 mm	4.75 mm		
		≥11.0%	≥12.0%	≥13.0%	≥14.0%	≥15.0%	≥16.0%		
沥青饱和度 VFA		—	64%~69%	67%~71%	69%~73%	71%~75%	73%~76%	63%~78%	
a 如果级配为粗型级配, 则粉胶比可以增加至 0.8~1.6。									
b 公称最大粒径 4.75 mm 的混合料, 空隙率为 4%~6%, 粉胶比为 1.0~2.0。									

- 5.3.2 沥青混合料初始沥青胶结料用量应根据工程所在地实践经验或附录 D 所述方法确定。
- 5.3.3 成型沥青混合料试件时, 均应在沥青混合料拌和之后进行短期老化, 在成型温度±5℃条件下放置 2 h±5 min。
- 5.3.4 对用于中等及以上交通等级公称最大粒径等于或小于 19 mm 的沥青混合料应在配合比的基础上进行高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性及渗水检验, 其技术要求应符合表 10 的规定, 对于轻交通可参照执行。

表10 高性能沥青混合料性能技术要求

技术性能	技术指标	单位	技术要求				试验方法
			PG64	PG70	PG76	PG82	
高温稳定性	动稳定度要求 ^a	次/mm	≥1 200	≥3 200		≥4 000	JTG E20—2011 T0719
水稳定性	间接抗拉强度比	—	≥80%	≥80%		≥80%	附录 E
低温抗裂性	低温破坏应变	μ ε	≥2 000	≥2 500		≥2 000	JTG E20—2011 T0725
渗水	渗水系数 ^b	mL/min	≤120	≤120		≤120	JTG E20—2011 T0730
^a 对公称最大粒径不小于26.5 mm的混合料进行车辙试验时, 应制作与设计结构层厚度一致的车辙板进行试验; 车辙试验不应采用二次加热的混合料, 试验应检验其密度是否符合试验规程的要求; 特殊情况下, 如钢桥面铺装、重载车特别多或纵坡较大的长距离上坡路段、厂矿专用道路, 可酌情提高动稳定度的要求。							
^b 渗水试验为利用室内轮碾成型的沥青混合料试件, 脱模架起进行渗水检验。							

5.4 目标配合比设计

5.4.1 目标配合比按附录 F 方法进行设计。

5.4.2 目标配合比确定后，工地实验室应根据进场原材料规格进行级配复核及关键性能指标验证。

5.5 生产配合比设计

5.5.1 生产配合比设计应采用拌和机进行设计，其中间歇式拌和机宜按图 1 步骤进行，连续式拌和机可省略此步骤。

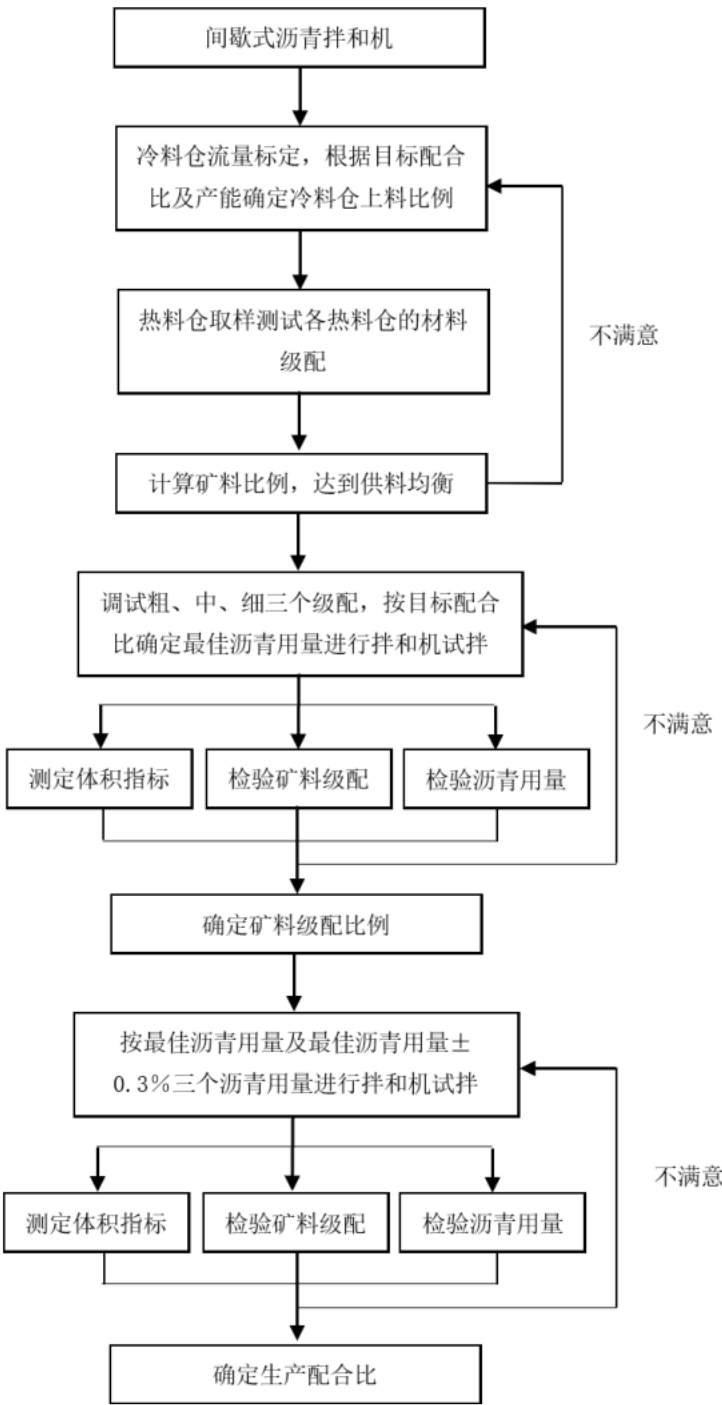


图1 生产配合比设计流程图

5.5.2 间歇式拌和机各层振动筛筛网尺寸应与沥青混合料类型相匹配，振动筛筛分效率应不低于 85%，

在选择振动筛筛网尺寸时，宜考虑减少生产中换筛频率，同时确保各料仓材料百分数尽量均衡，使各料仓不溢料，并能够控制关键筛孔。

5.5.3 间歇式拌和机应按目标配合比设定冷料比例，并经冷料仓流量标定得出集料供料曲线，确保热料仓供料均衡。

5.5.4 间歇式拌和机热料仓取样，应按额定生产率的 80%以上进行上料，同时调整拌和机的工作状态，使其达到稳定，一般抛料不少于 5 盘。

5.5.5 间歇式拌和机应按规定方法取样测试各热料仓的材料级配，分别调试粗细不同的三个级配比例，按目标配合比确定的最佳沥青用量进行拌和机试拌，取具有代表性的试样进行室内试验，检验沥青混合料体积参数、矿料级配、沥青用量等指标是否满足要求，确定各热料仓级配比例。

5.5.6 按目标配合比确定的最佳沥青用量 OAC、OAC±0.3%进行拌和机试拌，取具有代表性的试样进行室内试验，检验沥青混合料体积参数、矿料级配、沥青用量等指标是否满足要求，综合确定生产配合比。

5.5.7 生产配合比设计确定的最佳沥青用量与目标配合比设计的结果的差值不宜大于±0.2%。

5.5.8 每次拌和机试拌后应再次对热料仓进行取样筛分，分析各热料仓筛分结果变异性是否在可控范围内，偏差较大时及时查找原因予以消除。

5.5.9 当生产配合比设计结果与目标配合比设计结果出现较大差异，或对生产配合比有疑义时，应重新进行性能验证。

5.6 生产配合比验证

5.6.1 生产配合比验证应按生产配合比设计结果进行拌和机试拌、铺筑试验段，并取样进行马歇尔试验，同时对铺筑试验段进行路面检测，由此确定生产用的标准配合比。

5.6.2 试验段铺筑后，应从现场钻取混合料芯样进行汉堡轮辙试验，检验沥青混合料高温稳定性及水稳定性能，其技术要求应符合表 11 规定。

表11 汉堡车辙试验技术要求

沥青胶结料 PG 等级	碾压温度 ℃	碾压次数 次	最大车辙深度 mm	剥落点	试验方法
PG64	50	10 000	≤10	不出现剥落拐 点	附录 G
PG70、PG76		20 000	≤8		
PG82		20 000	≤5		

5.6.3 确定施工级配允许波动范围，根据标准配合比及 7.2.3 中各筛孔的允许波动范围，制定施工过程中的级配控制范围，用以检查沥青混合料的生产质量。

5.6.4 经设计确定的标准配合比在施工过程中不应随意变更。生产过程中应加强对热料仓材料级配和沥青混合料级配跟踪检测，根据筛分情况及时进行热料仓比例的微调，以确保级配在允许波动范围内。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 沥青路面不应在气温低于 10℃以及雨天、路面潮湿的情况下施工，其技术要求应符合 JTG F40 的有关规定。

6.1.2 沥青混合料施工前应配备满足施工要求的拌和设备、摊铺机、压路机、运料车等生产设备，并保证其处于良好的工作状态。

- 6.1.3 沥青路面应根据试验段确定标准配合比、机械设备参数、施工温度、摊铺碾压工艺等。
- 6.1.4 沥青胶结料加热温度、混合料施工温度应根据不同沥青胶结料种类、沥青粘度、气候条件、地面温度、风速及铺装层厚度等合理确定，可参照表 12 的范围选择，并根据实际情况确定使用高值或低值。当表中温度与实际情况不符时，应作适当调整。

表12 沥青混合料施工温度表

施工工序	单位	PG64	PG70、PG76	PG82
沥青加热温度	℃	150~160	165~175	175~190
矿料加热温度		160~180	185~200	190~210
混合料出厂温度		150~160	170~185	175~190
混合料废弃温度		低于 140，高于 170	低于 160，高于 195	低于 160，高于 195
混合料贮存温度		贮存过程中温度降低不超过 10		
运输到现场温度		不低于 150	不低于 170	不低于 175
摊铺温度		不低于 145	不低于 165	不低于 170
初压温度		不低于 140	不低于 160	不低于 165
终压温度		不低于 80	不低于 110	不低于 115
开放交通温度		不高于 50	不高于 50	不高于 50

6.2 拌和

- 6.2.1 沥青混合料拌和机应配置有自动温度控制系统和精确称量系统，其中温度精度与称量精度应符合表 13 规定。

表13 沥青拌和机温度精度与称量精度要求

性能指标	允许偏差
热骨料温度稳定精度	±9 ℃
成品料温度稳定精度	±5 ℃
温度计计量精度	±3 ℃
静态骨料计量精度	±0.4%
静态粉料计量精度	±0.2%
静态沥青计量精度	±0.2%
动态骨料计量精度	±2.5%
动态粉料计量精度	±2%
动态沥青计量精度	±1.5%

- 6.2.2 沥青混合料拌和机各系统传感器应进行定期检定，周期不少于每年 1 次，拌和设备重新安装后应进行重新标定。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。
- 6.2.3 沥青混合料拌和机应配置计算机控制系统，在拌和过程中可逐盘采集、记录并打印材料用量、配比、温度、拌和时间、产量等参数。
- 6.2.4 沥青混合料的拌和时间应根据拌和机型号、沥青混合料类型、搅拌器的充盈率等因素试拌确定。间歇式拌和机每盘生产周期不宜少于 45 s，其中干拌时间宜不少于 5 s，湿拌时间宜不少于 35 s，改性沥青混合料的干拌和湿拌时间宜分别延长不少于 5 s。混合料拌和应均匀一致，无花白料、无结团成块或粗细集料分离现象。

6.3 运输

6.3.1 沥青混合料在装料过程中，应尽可能降低放料口与车厢底板的距离，并且根据车辆大小采用前、后、中三次装料法或前、后、中、前、后五次装料法，混合料装料顺序如图 2 所示。

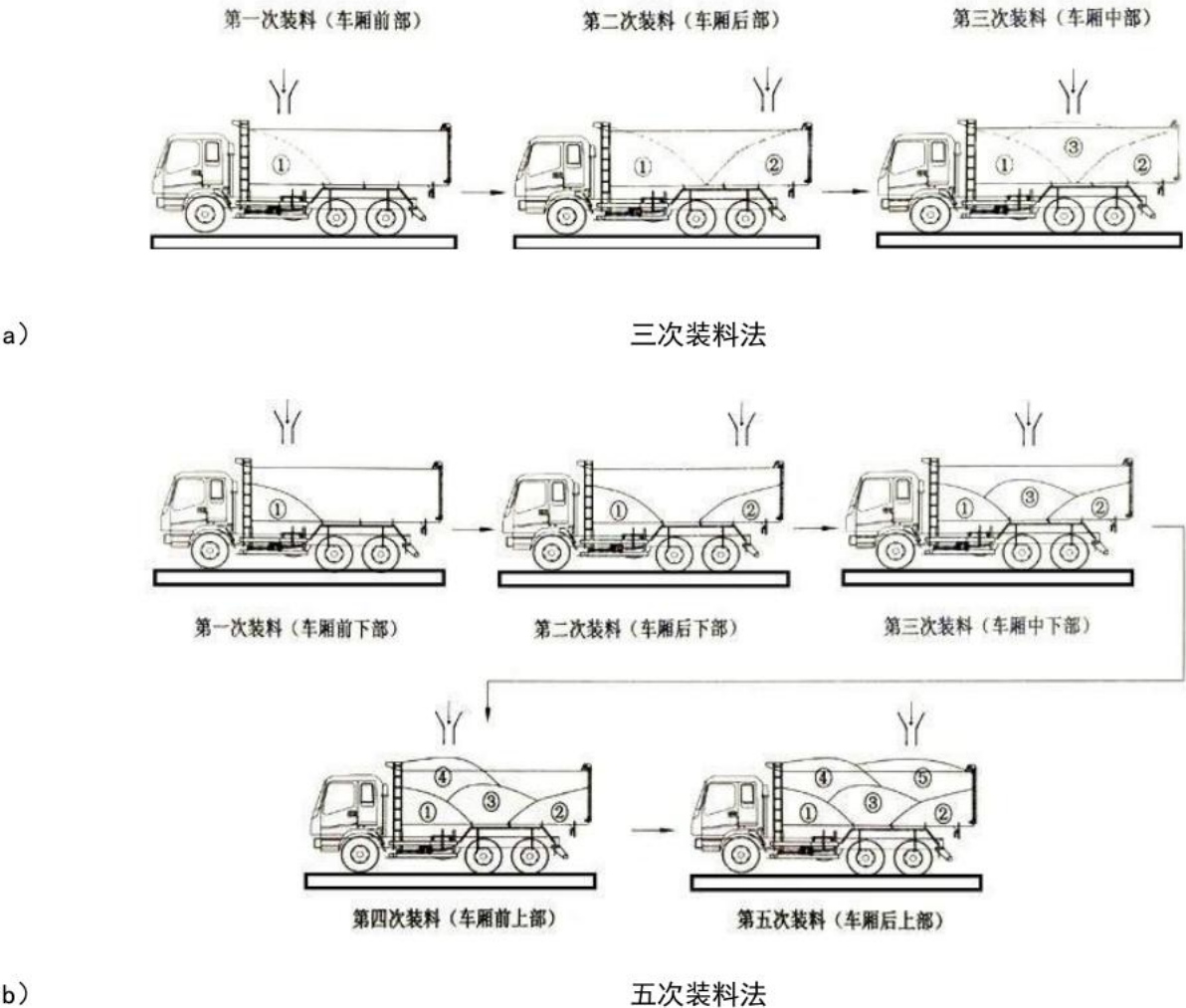


图2 混合料装料顺序示意图

- 6.3.2 运输车侧面中部应设专用温度检测孔，孔口距车箱底面宜 30 cm，应采用数显插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。
- 6.3.3 运输车的侧挡板和后挡板应采取棉被或防火棉等保温措施，运输过程中混合料顶部应用苫布覆盖保温、防雨、防污染。
- 6.3.4 运输车辆进入摊铺现场时，应有专门人员指挥，缓慢、有序地驶入施工路段。宜在进入施工路段之前，安排专人清洗运输车辆的轮胎，防止杂物污染施工路段。
- 6.3.5 施工路段设有防水黏结层时，施工车辆应倒行、缓慢进入施工现场，不应调头或急刹车，出现粘轮现象时，应立即停车，处理干净后，方可继续行驶。

6.4 摊铺

6.4.1 沥青路面摊铺时摊铺宽度不宜过大，当摊铺宽度超过 9 m 时，宜采用两台同型号、同使用年限的摊铺机联合摊铺，以防止粒料离析和温度离析。经试验路验证，也可采用 1 台大功率摊铺机整幅摊铺。

6.4.2 联合摊铺时，前后两台摊铺机的距离不应超过 10 m，同时应重叠 20 cm~40 cm 的宽度，并避开车道轮迹带，上下层的搭接位置宜错开 200 mm 以上。

6.4.3 混合料摊铺机应充分预热熨平板后开始作业，熨平板温度不低于 100 ℃，不高于 150 ℃。同时摊铺机应具有夯锤和熨平板的振动装置，以提高路面初始压实度，初始压实度宜不低于 85%。

6.4.4 混合料的摊铺应保持合理的速度，根据拌和机的拌和能力和现场压实能力进行合理调整，一般控制在 1 m/min~3 m/min 范围内，做到缓慢、均匀、连续不间断的摊铺。

6.4.5 摊铺机应调整到最佳工作状态，调整好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、刮料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配，螺旋布料器中料的位置应高于螺旋布料器的高度。

6.4.6 混合料摊铺时可采取将螺旋布料器驱动箱叶片反装、螺旋支撑处安装变螺旋角叶片等方式，减少纵向带状离析；在布料仓挡料板下方增加调节挡板，避免大粒径混合料流向底部，减少竖向离析。

6.4.7 摊铺过程中应少收拢料斗，当需要收拢料斗时，应在刮板上尚有 10 cm 以上厚度混合料时收拢料斗，且应与车辆指挥人员相互配合，使料斗复位时下一辆料车及时开始卸料，做到连续摊铺不停机且防止收拢料斗造成的粗细集料离析。

6.4.8 混合料摊铺过程中应有专人检查摊铺效果，对发现的质量问题及时处理。

6.4.9 摊铺过程中不应用柴油等溶液清理施工工具，可采用植物油溶液或火烧的方法清理。

6.5 碾压

6.5.1 沥青混合料碾压应配备足够数量的双钢轮振动压路机和胶轮压路机，双钢轮振动压路机总质量不应低于 13 t，胶轮压路机总质量不应低于 26 t。

6.5.2 压路机数量、组合方式及碾压工艺应根据混合料类型、摊铺厚度、摊铺宽度等合理确定，宜采用碾压工艺如下。

——碾压工艺一：初压采用双钢轮压路机，紧跟摊铺机以高频低幅模式，振动压实为 3 遍~4 遍，初压第一遍采用前静后振的碾压方式，第二遍后均采用振动碾压方式进行压实，洒水装置进行间断洒水，保证不粘轮即可；复压采用胶轮压路机，紧跟初压后进行，需全幅碾压，碾压段落不宜过长，且复压段落不应与未完成初压的段落重合，压实不少于 4 遍；终压采用双钢轮压路机进行赶光 1 遍~2 遍。

——碾压工艺二：初压采用胶轮压路机，紧跟摊铺机稳压 1 遍~2 遍；复压首先采用双钢轮压路机，紧跟初压后进行，以高频低幅模式，振动压实为 3 遍~4 遍，再采用胶轮压路机，稳压 2 遍~3 遍，复压需全幅碾压，碾压段落不宜过长，且复压段落不应与未完成初压的段落重合；终压采用双钢轮压路机进行赶光 1 遍~2 遍。

6.5.3 为提高表面层和桥面铺装的压实效果，双钢轮压路机中宜至少 1 台为振荡压路机。

6.5.4 混合料在冷却到一定温度以下用振动方式容易造成集料压碎，在试验段铺筑时应确定此温度，在此温度以下不应再用振动碾压。

6.5.5 碾压应在混合料摊铺后及时进行，不可在未碾压完成的路面上停机等候。

7 质量管理和检查验收

7.1 一般规定

7.1.1 质量管理的方针是保证施工质量达到规定的质量标准，确保施工质量的均匀与稳定，其技术要求应符合 JTG F40 的有关规定。

7.1.2 质量管理各个工艺流程均应建立可量化、可操作、可验证的控制指标体系。核心的质量评价指标宜按概率统计的原理，确定具有一定保证率或可靠度的评定指标体系。

7.2 施工过程中质量管理与检查

7.2.1 施工过程中应严格控制材料质量、施工温度、摊铺碾压机械、施工工艺等关键环节，保证压实度，不应片面追求平整度而降低压实度。

7.2.2 施工过程中材料质量检查项目和频率应符合表 14 的规定。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数应按相关试验规程的规定执行，并以平均值评价是否合格。未列入表中的材料的检查项目和频度按材料质量要求确定。

表14 施工过程中材料质量检查的项目和频度

材料类型	检查项目	检查频度	平行试验次数或一次试验的试样数
粗集料	外观（石料品种，含泥量等）	随时	—
	针片状颗粒含量	随时	3
	颗粒组成（筛分）	必要时	2
	压碎值	必要时	2
	洛杉矶磨耗损失	必要时	2
	含水量	必要时	2
细集料	颗粒组成（筛分）	随时	2
	砂当量	必要时	2
	亚甲蓝值	必要时	2
	含水量	必要时	2
	松方单位重	必要时	2
填料	外观	随时	—
	小于0.075 mm含量	必要时	2
	含水量	必要时	2
石油沥青	PG等级	必要时	2
	针入度（含老化后）	1次/2 d~3 d	3
	软化点（含老化后）	1次/2 d~3 d	2
	延度（含老化后）	1次/2 d~3 d	3
	含蜡量	必要时	2~3
改性沥青	针入度（含老化后）	1次/1 d	3
	软化点（含老化后）	1次/1 d	2
	离析试验（对成品改性沥青）	1次/7 d	2
	PG等级	必要时	2
	低温延度（含老化后）	必要时	3
	弹性恢复	必要时	3
	显微镜观察（现场改性沥青）	随时	—
注：“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况由业主及监理确定；“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据需要商定的检查频度。			

7.2.3 沥青混合料拌和厂生产过程应按表 15 规定的项目和频率检查沥青混合料产品的质量，如实计算

产品的合格率。单点检查评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验的要求。

表15 施工质量管理技术要求

检查项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象	目测
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印，按JTG 3450—2019 T0981人工检测
		逐盘测量记录，每天取平均值评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印
矿料级配	0.075 mm	逐盘在线监测	±1.5%	计算机采集数据计算
	≤2.36 mm		±4%	
	≤4.75 mm		±5%	
	0.075 mm	逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±1%	JTG F40—2004 附录G总量检验
	≤2.36 mm		±2%	
	≤4.75 mm		±2%	
	0.075 mm	每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以2个试样的平均值评定	±1.5%	JTG E20—2011 T0725抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36 mm		±4%	
	≤4.75 mm		±5%	
沥青用量		逐盘在线监测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±0.1%	JTG F40—2004 附录F总量检验
		每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以2个试样的平均值评定	±0.2%	JTG E20—2011 T0722 JTG E20—2011 T0735
空隙率、矿料间隙率		每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以4个~6个试件的平均值评定	±1%	JTG E20—2011 T0736 JTG E20—2011 T0705
间接抗拉强度比		必要时	符合设计	附录E
车辙试验			符合设计	JTG E20—2011 T0719

7.2.4 沥青混合料取样位置一旦确定，在施工过程中应保持一致。可固定从如下某一确定位置进行取样：沥青混合料拌和厂、沥青混合料运输车、施工现场从摊铺机螺旋布料器中取松散沥青混合料、施工现场从摊铺机后方取摊铺松散沥青混合料。

7.2.5 沥青路面铺筑过程中应随时对铺筑质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许差应符合表 16 的规定。

表16 沥青路面压实检测技术要求

检查项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
外观		随时	表面平整密实、不应有明显轮迹、裂缝、推挤、油疔、油包等缺陷，且无明显离析；接缝应紧密平整、顺直、无跳车		目测
接缝		逐条缝检测评定	3 mm	5 mm	JTG 3450—2019 T0931
施工温度	摊铺温度	逐车检测	符合6.1.4技术要求		JTG 3450—2019 T0981
	碾压温度	随时			
厚度	每一层次	随时，厚度50 mm以下 厚度50 mm以上	设计值的5% 设计值的8%	设计值的8% 设计值的10%	施工时插入法量测 松铺厚度及压实厚度
	总厚度	每2 000 m ² 一点单点评定	设计值的-5%	设计值的-8%	JTG 3450—2019 T0912
	上面层	每2 000 m ² 一点单点评定	设计值的-10%	设计值的-10%	
压实度		每2000m ² 检查1组逐个试件 评定并计算平均值	≥实验室标准密度的98% ≥理论最大相对密度的93%		JTG 3450—2019 T0924 JTG 3450—2019 T0922
空隙率		每2 000 m ² 检查1组逐个试件 评定并计算平均值	均值：4%~6% 极值：≥3%且≤7%		JTG E20—2011 T0705
平整度 (最大间隙)	上面层	随时，接缝处单杆评定，正常段连续10尺平均值评定	3 mm	5 mm	JTG 3450—2019 T0931
	中下面层		5 mm	7 mm	
平整度 (标准差)	上面层	连续测定	1.2 mm	2.5 mm	JTG 3450—2019 T0932
	中面层		1.5 mm	2.8 mm	
	下面层		1.8 mm	3.0 mm	
宽度	有侧石	检测每个断面	±20 mm		JTG 3450—2019 T0911
	无侧石		不小于设计值		
纵断面高程		检测每个断面	±10 mm	±15 mm	
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	
渗水系数	上面层	每1km不少于5点，每点3处 取平均值	80 mL/min		JTG 3450—2019 T0971
	中面层		150 mL/min		
	下面层		200 mL/min		
汉堡轮辙试验		必要时	符合5.6.2技术要求		附录G
注1：压实度评定的试验方法为钻芯法，当采用核子密度仪等无损检测时，每13个测点的平均值做为1个测点进行评定。					
注2：路面压实按压实度和空隙率双控，其一检测不合格即不合格。					
注3：渗水系数的测定应在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定，以平均值评定，计算的合格率不小于90%。					

7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收

交工验收阶段的工程质量检查与验收，应符合JTG F80/1的规定。

附录 A
(规范性)

根据 LTPP 模型计算沥青路面设计温度的方法

A.1 一般规定

采用LTPP温度模型确定沥青路面各层位的高温设计温度和低温设计温度，表面层高温设计温度为路表下20 mm处温度，低温设计温度为路表温度，其它层位路面设计温度为该层层顶温度，通过本方法获取设计温度，供选择适宜的沥青性能等级。

A.2 沥青路面设计温度确定方法

- A.2.1 收集工程沿线近30年来每天的日最高气温和最低气温数据；
- A.2.2 计算每年连续7 d最高温度，并计算30年的年连续7 d最高气温平均值 T_{airh} 和标准方差 σ_{airh} ；
- A.2.3 计算每年极端最低温度，并计算30年的年极端最低气温的平均值 T_{airl} 和标准方差 σ_{airl} ；
- A.2.4 根据公式 (A.1) 确定沥青路面高温设计温度：

$$T_{pavh} = 54.32 + 0.78T_{airh} - 0.0025Lat^2 - 15.41\log_{10}(H + 25) + Z(9 + 0.6\sigma_{airh}^2)^{0.5} + \Delta \cdots (A.1)$$

式中：

- T_{pavh} ——路面某深度处的最高温度，单位为摄氏度 (°C)；
- T_{airh} ——30年内连续7 d最高温度平均值，单位为摄氏度 (°C)；
- Lat ——工程项目所在纬度，单位为度 (°)；
- H ——距路表的深度，单位为毫米 (mm)；
- Z ——根据标准正太分布表，由可靠度确定Z值，宜根据公路等级确定可靠度，其中一级公路及高速公路为98%， $Z=2.055$ ；其它等级公路为84%， $Z=0.955$ ；
- σ_{airh} ——30年内连续7 d最高气温的标准差；
- Δ ——模型温度误差，根据各地情况可取值-3.5 °C~3.5 °C。

- A.2.5 根据公式 (A.2) 确定沥青路面低温设计温度：

$$T_{pavl} = -1.56 + 0.72T_{airl} - 0.004Lat^2 + 6.26\log_{10}(H + 25) - Z(4.4 + 0.52\sigma_{airl}^2)^{1/2} + \Delta \cdots (A.2)$$

式中：

- T_{pavl} ——路面某深度处的最低温度，单位为摄氏度 (°C)；
- T_{airl} ——30年内连续7d最高温度平均值，单位为摄氏度 (°C)；
- Lat ——工程项目所在纬度，单位为度 (°)；
- H ——距路表的深度，单位为毫米 (mm)；
- Z ——根据标准正太分布表，由可靠度确定Z值，宜根据公路等级确定可靠度，其中一级公路及高速公路为98%， $Z=2.055$ ；其它等级公路为84%， $Z=0.955$ ；
- σ_{airl} ——30年内连续7 d最高气温的标准差；
- Δ ——模型温度误差，根据各地情况可取值-3.5 °C~3.5 °C。

- A.2.6 根据计算沥青路面高温设计温度和低温设计温度确定初始沥青性能等级，用PG H-L表示，其中：H表示高温性能等级，-L表示低温性能等级，各等级间隔为6 °C，分别向高温方向或低温方向取整。

附录 B

(规范性)

沥青多重应力蠕变恢复试验 (MSCR) 方法

B.1 试验仪器和设备

本方法所需设备按JTG E20—2011中T0628方法要求配置。

B.2 试验准备

B.2.1 设置流变仪平行金属板间隙, 使用清洁布进行清洁。注意不要触动板的轴。

B.2.2 加载试样前, 设定板间隙为 $1\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$, 上下两个板的标称温度应相同。

注: 橡胶沥青试验时板间隙设置为 $2\text{ mm} \pm 0.05\text{ mm}$ 。

B.2.3 根据JTG E20—2011中T0602方法准备沥青样品, 可采用以下两种样品制备方法。

a) 将沥青倒入模具中, 为避免样品连续加热, 可同时制备几个试验样品。试验前将模具存放在环境温度下, 试验应在样品制备 7 d 内完成。为减少样品制备对试验结果的影响, 建议在试验前 24 h 制备样品。在试验前, 如有必要, 将样品放入冰箱 (约 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 中使其变硬, 从模具中取出时样品应无变形。为避免物理硬化, 样品在冰箱中存放的时间一般为 10 min, 不应超过 30 min。从模具中取出沥青样品, 擦去脱模剂, 放置到干燥洁净的试验板上。

b) 将沥青直接倒在金属板上, 使其具有适合于所选测量的几何形状。

B.2.4 设置间隙并修整样品: 样品放置到流变仪中, 将流变仪设为选定的间隙 $\pm 0.05\text{ mm}$ 。用热刮刀修剪多余的沥青。修剪后, 将试验板升高或降低至设定的试验间隙 ($\pm 0.05\text{ mm}$)。若沥青试样未覆盖整个测量板, 将其取下重新准备流变仪板并准备新试样。

B.3 试验步骤

B.3.1 调整完成平行试验板试验间隙后, 将试件温度设置为试验温度 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, 沥青试件至少在 15 min 内达到热平衡。

注: 对于老化后的沥青, 试验前进行 1 min 的应力松弛; 对于原样沥青, 无此步骤。

B.3.2 在选定试验温度下, 选后施加两个恒定蠕变应力 (0.1 kPa 和 3.2 kPa) 进行蠕变恢复试验, 蠕变应力加载持续 1 s 后卸载至零应力恢复 9 s, 计为 1 个蠕变恢复循环。试验总计 30 个蠕变恢复循环: 在 0.1 kPa 蠕变应力水平下进行 20 个蠕变恢复循环, 然后 3.2 kPa 蠕变应力水平下进行 10 个蠕变恢复循环。其中 0.1 kPa 蠕变应力水平下所施加的前 10 个蠕变恢复循环的目的是对样品进行预加载, 相关试验数据不用于评价指标计算。试验过程中 30 个蠕变恢复循环应连续实施完成, 完成两阶段蠕变恢复试验所需的总时间为 300 s。

B.3.3 蠕变恢复循环加载过程中, 蠕变阶段至少以 0.1 s 的频率记录剪切应力和剪切应变, 恢复阶段的数据采集频率至少为 0.45 s 。在每个蠕变恢复循环周期中, 在第 1 s 时记录峰值应变数据, 第 10 s 时记录恢复后的应变数值。如果流变仪没有在此指定时间准确记录峰值应变和恢复后应变, 则使用此指定时间之前记录的应变数据通过外推法确定第 1 s 和 10 s 的应变值, 蠕变阶段时间偏差不应超过 0.1 s , 恢复阶段时间偏差不应超过 0.5 s 。

B.3.4 针对 0.1 kPa 应力水平的后 10 个蠕变恢复循环和 3.2 kPa 应力水平下的 10 个蠕变恢复循环, 应记录并分析以下信息:

——一个蠕变阶段开始时的初始应变记为 ε_0 ;

- 蠕变阶段结束时（即每个循环开始 1 s 后）的应变记为 ε_c ；
- 蠕变阶段的应变变化值，可通过 $\varepsilon_1 = \varepsilon_c - \varepsilon_0$ 计算得到；
- 恢复阶段结束时（即每个循环开始 10s 后）的应变记为 ε_r ；
- 整个蠕变恢复阶段的应变变化值，可通过 $\varepsilon_{10} = \varepsilon_r - \varepsilon_0$ 计算得到。

B.4 计算

B.4.1 使用B.3.4中记录和分析结果，按以下公式分别计算0.1 kPa和3.2 kPa蠕变应力水平下的平均恢复率：

- a) 针对 0.1 kPa 蠕变应力水平下的后 10 个蠕变恢复循环，每个蠕变恢复循环的恢复率计算公式如下：

$$R(0.1, N) = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_{10}) \times 100}{\varepsilon_1}, N = 11 \sim 20 \dots\dots\dots (B.1)$$

- b) 针对 3.2 kPa 蠕变应力水平下的 10 个蠕变恢复循环，每个蠕变恢复循环的恢复率计算公式如下：

$$R(3.2, N) = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_{10}) \times 100}{\varepsilon_1}, N = 1 \sim 10 \dots\dots\dots (B.2)$$

- c) 计算 0.1 kPa 蠕变应力水平下的恢复率：

$$R_{0.1} = \frac{SUM[R(0.1, N), N = 11 \sim 20]}{10} \dots\dots\dots (B.3)$$

- d) 计算 3.2 kPa 蠕变应力水平下的恢复率：

$$R_{3.2} = \frac{SUM[R(3.2, N), N = 1 \sim 10]}{10} \dots\dots\dots (B.4)$$

B.4.2 使用B.3.4中记录和分析结果，按以下公式分别计算0.1 kPa和3.2 kPa蠕变应力水平下的不可恢复蠕变柔量：

- a) 针对 0.1 kPa 蠕变应力水平下的后 10 个蠕变恢复循环，每个蠕变恢复循环的不可恢复蠕变柔量计算公式如下：

$$J_{nr}(0.1, N) = \frac{\varepsilon_{10}}{0.1}, N = 11 \sim 20 \dots\dots\dots (B.5)$$



- b) 针对 3.2 kPa 蠕变应力水平下的 10 个蠕变恢复循环，每个蠕变恢复循环的不可恢复蠕变柔量计算公式如下：

$$J_{nr}(3.2, N) = \frac{\varepsilon_{10}}{3.2}, N = 1 \sim 10 \dots\dots\dots (B.6)$$



- c) 计算 0.1 kPa 蠕变应力水平下的不可恢复蠕变柔量：

$$J_{nr0.1} = \frac{SUM[J_{nr}(0.1, N)]}{10}, N = 11 \sim 20 \dots\dots\dots (B.7)$$

- d) 计算 3.2 kPa 蠕变应力水平下的不可恢复蠕变柔量：

$$J_{nr3.2} = \frac{SUM[J_{nr}(3.2, N)]}{10}, N = 1 \sim 10 \dots\dots\dots (B.8)$$

- e) 计算 0.1 kPa 和 3.2 kPa 蠕变应力水平下的不可恢复蠕变柔量的差异率：

$$J_{nr dif} \diamond \diamond$$

$$= \frac{[I_{nr3.2} - I_{nr0.1}] \times 100}{J_{nr0.1}} \dots\dots\dots (B. 9)$$

B. 5 报告

DB37/T 1722—2024

B.5.1 每个试验报告应包含以下内容：

- PG 分级和试验温度，精度为 0.1 °C；
- 在 0.1 kPa 应力水平下的平均恢复率 $R_{0.1}$ （%）；
- 在 3.2 kPa 应力水平下的平均恢复率 $R_{3.2}$ （%）；
- 在 0.1 kPa 应力水平下的不可恢复蠕变柔量 $J_{nr0.1}$ ，保留两位有效数字（ kPa^{-1} ）；
- 在 3.2 kPa 应力水平下的不可恢复蠕变柔量 $J_{nr3.2}$ ，保留两位有效数字（ kPa^{-1} ）；
- 在 0.1 kPa 和 3.2 kPa 应力水平下的不可恢复蠕变柔量差异率 $J_{nr\text{diff}}$ ，精确至 0.1%；

B.5.2 报告所用试验材料名称、规格、来源及试验仪器的型号。

附 录 C
(规范性)
粗集料高温压碎值试验方法

C.1 试验仪器和设备

本方法所需设备按JTG 3432—2024中T0316方法要求配置。

C.2 试验准备

C.2.1 将烘箱调至规定温度。

C.2.2 采用风干石料，用13.2 mm和9.5 mm的标准筛过筛，取9.5 mm~13.2 mm的试样3 kg，供试验用。如过于潮湿需加热烘干时，烘箱温度不应超过100 °C，烘干时间不超过4 h，冷却至室温称重。

C.2.3 每次试验的石料数量应满足在夯击后石料在试筒内的深度为100 mm。在金属筒中确定石料数量的方法按JTG 3432—2024中的T0316方法。

C.3 试验步骤

C.3.1 将上面所得试样分3次(每次数量大体相同)均匀装入试筒中，每次均将试样表面整平，并用金属棒按上步骤夯击25次，最上层表面应仔细整平。

C.3.2 将装有试样的压碎值试验仪和压柱一起放入190 °C±2 °C的烘箱内保温2 h。

C.3.3 压柱放入试筒内石料面上，注意使压柱摆平，勿楔挤试筒侧壁。

C.3.4 将装有试样的试筒连同压柱一起放到压力机上，均匀地施加荷载，在10 min左右的时间内达到总荷载400 kN，稳压5 s，然后卸载。

C.3.5 将试筒从压力机上取下，注意试样从190 °C的烘箱中取出到压力机卸载的全过程操作时间不应超过15 min。

C.3.6 将试筒内的试样取出，注意不要进一步击碎试样。

C.3.7 冷却至室温后，用2.36 mm标准筛筛分经压碎的全部试样，直到在1 min内无明显的筛出物为止，称取通过2.36 mm的试样质量。

C.4 计算

计算公式按JTG 3432—2024中的T0316方法计算。

附录 D
(规范性)

初选沥青胶结料用量计算方法

- D.1 对每个试拌矿料级配计算初始试拌胶结料含量。
- D.2 按公式 (D.1)、公式 (D.2) 分别计算每个试拌矿料级配的合成毛体积相对密度和合成表观相对密度：

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

$$\gamma_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

γ_{sb} ——矿料合成毛体积相对密度；

γ_{sa} ——矿料合成表观相对密度；

$P_1、P_2、\dots、P_n$ ——各种矿料占矿料总质量的百分比，其和为100%；

$\gamma_1、\gamma_2、\dots、\gamma_n$ ——各种矿料的毛体积相对密度，细集料、矿粉等采用表观相对密度；

$\gamma'_1、\gamma'_2、\dots、\gamma'_n$ ——各种矿料的表观相对密度。

- D.3 按公式 (D.3)、公式 (D.4)、公式 (D.5) 计算每个试拌混合料合成有效相对密度：

$$\omega_x = \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} + \frac{1}{\gamma_{sa}} \right) \times 100 \dots\dots\dots (D.3)$$

$$C = 0.033\omega_x^2 - 0.2936\omega_x + 0.9339 \dots\dots\dots (D.4)$$

$$\gamma_{se} = C \times \gamma_{sa} + (1 - C) \times \gamma_{sb} \dots\dots\dots (D.5)$$

式中：

γ_{se} ——矿料合成有效相对密度；

C ——沥青吸收系数；

ω_x ——合成矿料的吸水率，%。

注：高性能沥青混合料设计系统包含压实前的混合料短期老化过程，此过程允许集料吸收更多沥青，因此，沥青混合料有效相对密度接近于表观相对密度，也可根据设计者经验，将C值按0.8计算，吸水性集料可能要求值接近0.6或0.5。

- D.4 按公式 (D.6)、公式 (D.7) 估算吸收胶结料的体积：

$$V_{ba} = W_s \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} - \frac{1}{\gamma_{se}} \right) \dots\dots\dots (D.6)$$

$$W_s = \frac{P_s(1-VV)}{\frac{P_b}{\gamma_b} + \frac{P_s}{\gamma_{se}}} \dots\dots\dots (D.7)$$

式中：

V_{ba} ——集料吸收胶结料的体积，单位为立方厘米 (cm³)

W_s ——1 cm³混合料中集料质量，单位为克（g）；

DB37/T 1722—2024

P_b ——胶结料质量百分率，十进制表示，假定为0.05；

P_s ——集料质量百分率，十进制表示，假定为0.95；

γ_b ——胶结料相对密度；

VV ——空隙率，假定为4%。

D.5 按公式（D.8）估算有效沥青体积：

$$V_{be} = 0.176 - [0.0675 \log(S_n)] \dots\dots\dots (D.8)$$

式中：

V_{be} ——有效胶结料体积，单位为立方厘米（ cm^3 ）；

S_n ——试拌混合物中公称最大集料尺寸，单位为毫米（mm）。

D.6 按公式（D.9）估计试拌级配的初始胶结料含量：

$$P_{bi} = 100 \times \frac{\gamma_b (V_{be} + V_{ba})}{\left(\gamma_b (V_{be} + V_{ba}) + W_s \right)} \dots\dots\dots (D.9)$$

式中：

P_{bi} ——估计的初始胶结料用量，占混合料总质量的百分比，%。

附录 E

(规范性)

沥青混合料抗水损害标准试验方法

E.1 试验仪器和设备

E.1.1 本方法所需设备按JTG E20—2011中T0729方法要求配置。

E.1.2 本方法所需压条：上下各一根，试件直径为100 mm时，压条宽度为12.7 mm，试件直径为150 mm时，压条宽度为19.05 mm。压条的长度应超过试件的厚度。压条应通过研磨形成具有适当曲率半径的圆边。

E.2 试验准备

E.2.1 试验室拌和成型试件。

a) 每一次试验至少要准备 6 个试件，一半在常规条件下测试，另一半在饱水冻融条件下测试。

注：另需要两个附加的试件用于建立相应的压实方法，如3.1.5所述以及4.4的真空饱水水平。

b) 试件尺寸直径为 100 mm、高度为 $63.5 \text{ mm} \pm 2.5 \text{ mm}$ 或者直径为 150 mm、高度为 $95 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ ，如果集料尺寸大于 26.5 mm，应使用直径 150 mm 的试件。

c) 混合料试样一次应准备成型 3 个或 1 个试件的用量，如果一次准备多个试件用量，在置于烘箱前需将混合料按单个试件质量分成若干份。

d) 混合料拌和后置于面积不小于 $129 \text{ cm}^2 \sim 484 \text{ cm}^2$ ，深度约 2.5 cm 的盘子中，在室温下冷却 $2 \text{ h} \pm 0.5 \text{ h}$ ，然后将混合料放置在 $60 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘箱中养生 $16 \text{ h} \pm 1 \text{ h}$ ，如果烘箱架子没有网眼，盘子底部应保证有空气流通。

e) 养生后将混合料放置在压实温度 $\pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$ 的烘箱中 $2 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ ，按照 JTG E20—2011 中 T0736 方法，通过调整旋转压实次数，将混合料空隙率调整为 $7\% \pm 0.5\%$ 。

注：提高了空隙率试件存在潜在的不稳定性，每个试件脱模前要充分冷却和稳定。

f) 脱模后将试件放置在室温下冷却 $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ 。

E.2.2 对于拌和机拌和成型的试件，无需老化阶段，按JTG E20—2011中T0701方法取样后，再按E.2.1中e)步骤成型试件，脱膜后放置室温 $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ 。

E.2.3 对于沥青路面现场芯样试件，当路面厚度小于或等于63.5mm时，应采用100mm直径芯样，否则可选择使用100 mm和150 mm直径芯样。在取芯后使用切割或者其它方式分离芯样和下层的联结，在室温保存至干燥即可。

E.3 试验步骤

E.3.1 按照JTG E20—2011 T0705方法测定试件直径D、高度t、体积V、试件毛体积相对密度 γ_f 、空隙率VV等各项物理指标。

注：试件的体积V以 cm^3 或饱和面干质量减去水中质量来表示。

E.3.2 将试件分成两组，每组至少3个试件，以使两组试件的空隙率大致相等。

E.3.3 将两组试件分别在两侧通过圆心画上对称的十字标记，并将第一组试件放置在室温下保存备用。

E.3.4 将第二组试件放置在真空容器中，容器应高于有孔隔板至少25 mm，加室温水到容器中，淹没试件表面至少25 mm，在真空度13 kPa~67 kPa条件下保持5 min~10 min，然后打开阀门，恢复常压，让试件在水中保持约5 min~10 min。

E.3.5 测量试件真空饱水后试件的饱和面干质量，按公式（E.1）计算试件吸收的水的体积 J' ：

$$J' = B' - A \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：
 J' ——试件吸收水的体积，单位为立方厘米（ cm^3 ）；
 B' ——真空饱水后饱和面干质量，单位为克（ g ）；
 A ——干燥试件的质量，单位为克（ g ）。

E.3.6 按公式（E.2）、公式（E.3）计算试件的饱水率 S' ：

$$B' = \frac{100(B'-A)}{V_a} \dots\dots\dots (E.2)$$

$$V_a = \frac{VV \times V}{100} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：
 S' ——试件饱水率，%；
 B' ——真空饱水后饱和面干质量，单位为克（ g ）；
 A ——干燥试件质量，单位为克（ g ）；
 V_a ——试件空隙体积，单位为立方厘米（ cm^3 ）；
 VV ——试件空隙率，单位为克（ g ）；
 V ——试件体积，单位为立方厘米（ cm^3 ）。

E.3.7 试件饱水率要求70%~80%，如果饱水率低于70%，应重新按E.3.4进行，并采用更高的真空或者更长时间；如果饱水率超过80%，试件被破坏，应废弃，重新选择试件按E.3.4进行，并减少真空度或者时间。

E.3.8 将真空饱水后的试件放入塑料袋中，加入10 mL±0.5 mL的水，扎紧袋口，将试件放入恒温冰箱（或家用冰箱的冷冻室），冷冻温度为-18℃±3℃，保持16 h。

E.3.9 将试件取出后，立即放入60℃±1℃的恒温水槽中，水面应高于试件表面至少2.5 cm，撤去塑料袋，保温24 h±1 h。

E.3.10 将第一组用塑料膜包裹试件或将试件置于厚实、防水的塑料袋中和第二组试件全部浸入温度为25℃±0.5℃的恒温水槽中，水面应高于试件表面2.5 cm，浸泡2 h±10 min，水温高时可适当加入冷水或冰块调节，应在15 min内达到25℃±0.5℃。

E.3.11 从25℃±0.5℃水浴中拿出试件，测得试件的高度 t ，将试件放在两个钢条之间，随后将试件和钢条放在试验机的两块承载板之间，以50 mm/min的恒定速度加载。

E.3.12 记录仪器上显示的最大压力，继续加载，出现竖向裂缝时停止试验，取出试件，检查内表面是否有裂缝或破碎集料的迹象，目测评价水损坏程度（0~5级，5级为最严重），并予以记录。

E.4 计算

E.4.1 按公式（E.4）计算试件的间接抗拉强度 S_t ：

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

式中：
 S_t ——试件间接抗拉强度，单位为千帕（ kPa ）；

P ——最大荷载，单位为牛（N）；

DB37/T 1722—2024

t ——试件高度，单位为毫米（mm）；
 D ——试件直径，单位为毫米（mm）。

E. 4. 2 按公式（E. 5）计算两组试件的间接抗拉强度比TSR：

$$TSR = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \dots\dots\dots (E. 5)$$

式中：
 TSR ——沥青混合料间接抗拉强度比，%；
 S_1 ——未冻融循环的第一组试件间接抗拉强度平均值，单位为千帕（kPa）；
 S_2 ——冻融循环的第二组试件间接抗拉强度平均值，单位为千帕（kPa）；

E. 5 报告

E. 5. 1 每个试验温度下，一组试验的有效试件温度不应少于3个，取其平均值做为试验结果。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做为试验结果，当试件数目n为3、4、5、6时，k值分别为1. 15、1. 46、1. 67、1. 82。

E. 5. 2 试验结果均应注明试件尺寸、试件的空隙率、成型方法、试验温度、加载速率等。

附录 F
(规范性)
高性能沥青混合料配合比设计方法

F.1 一般规定

- F.1.1 本方法适用于高性能沥青混合料目标配合比设计，生产配合比设计、生产配合比验证阶段可参照执行。
- F.1.2 高性能沥青混合料配合比设计采用体积设计方法，试验方法应遵照JTG E20—2011执行。
- F.1.3 普通沥青胶结料的拌和温度及压实温度应在135℃及175℃条件下测定粘度-温度曲线来确定；改性沥青胶结料的拌和温度和压实温度应在普通沥青的基础上提高15℃~25℃。
- F.1.4 在成型沥青混合料试件时，均应在沥青混合料拌和之后进行短期老化，在成型温度±5℃条件下放置2h±5min。

F.2 材料选择

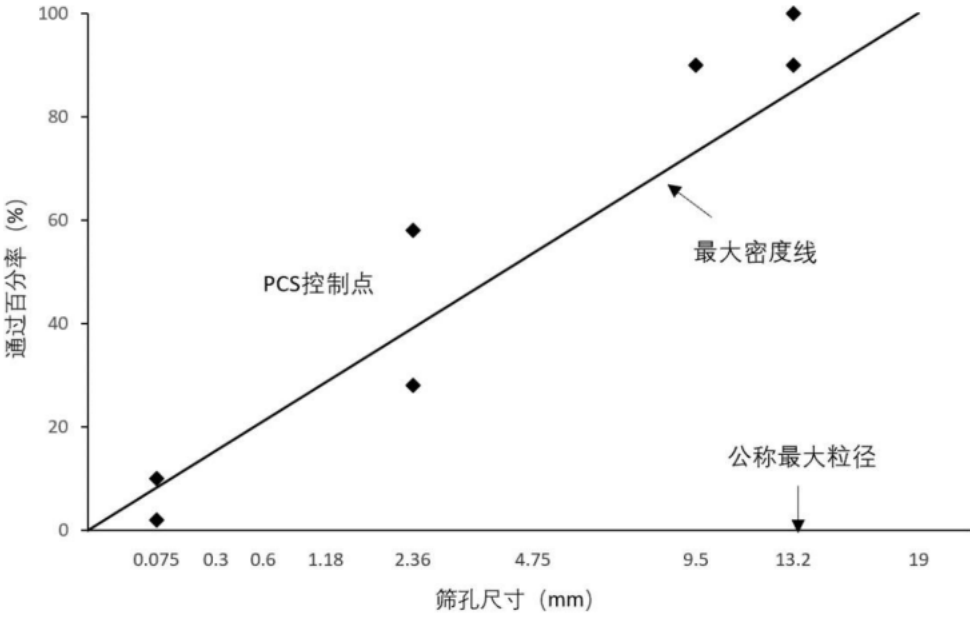
- F.2.1 配合比设计所用材料应符合项目所在地环境和交通条件要求，其技术要求应符合第四章的有关规定。
- F.2.2 配合比设计所用各种材料应与工程实际使用材料一致，取样应具有代表性。

F.3 初选矿料级配

- F.3.1 矿料级配曲线采用半指数坐标，其中各筛孔对应的横坐标按表F.1确定，并以原点与集料最大粒径100%的点连线做为混合料最大密度线，并分别标注主要控制筛孔和级配控制点，（见图F.1）。

表F.1 各筛孔对应的横坐标

筛孔di mm	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
横坐标x	0.312	0.426	0.582	0.795	1.077	1.472	2.016
筛孔di mm	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5
横坐标x	2.745	3.193	3.482	3.762	4.370	4.723	5.109



图F.1 公称最大粒径 13.2 mm 级配曲线图示例

F.3.2 根据交通荷载等级、工程性质、气候条件、材料品质及条件大体相当的工程使用情况，初选3个或3个以上的级配，同时根据以往工程经验或附录D方法确定初选沥青胶结料用量 P_b 。

F.3.3 按照交通荷载等级确定旋转压实次数 $N_{\text{设计}}$ ，旋转压实法成型各初选级配试件，每个级配至少压实2个试件。旋转压实成型试件过程中记录每个旋转次数时的试件高度，参照JTG E20—2011-T0705试验方法测定成型试件的毛体积相对密度 γ_f 、理论最大相对密度 γ_t ，并计算空隙率VV、矿料间隙率VMA、沥青饱和度VFA、粉胶比FB等参数。

F.3.4 估算每个压实试件在设计空隙率4%时的体积指标。

- a) 按公式 (F.1) 确定每个初选级配混合料在 $N_{\text{设计}}$ 旋转压实次数时的空隙率与设计空隙率 4%之差 ΔVV ：

$$\Delta VV = 4.0 - VV \dots\dots\dots (F.1)$$

式中：
VV——混合料在旋转压实次数为 $N_{\text{设计}}$ 时的空隙率，%。

- b) 按公式 (F.2) 估算将每个初选级配调整到设计空隙率 4%时的沥青胶结料用量 $P_{b(\text{设计})}$ ：

$$P_{b(\text{设计})} = P_b - 0.4(\Delta VV) \dots\dots\dots (F.2)$$

- c) 按公式 (F.3)、公式 (F.4) 估算每个初选级配调整到设计空隙率 4%时的矿料间隙率 $VMA_{(\text{设计})}$ ：

$$\text{如果 } VV > 4.0, \text{ 则 } VMA_{(\text{设计})} = WMA + 0.2(\Delta VV) \dots\dots\dots (F.3)$$

$$\text{如果 } VV < 4.0, \text{ 则 } VMA_{(\text{设计})} = WMA + 0.1(\Delta VV) \dots\dots\dots (F.4)$$

- d) 按公式 (F.5) 估算在设计空隙率 4%时，每个试件在 $N_{\text{初始}}$ 旋转压实次数时的空隙率 $VV_{\text{初始}(\text{设计})}$ ：

$$VV_{\text{初始}(\text{设计})} = 100 - 100 \times \frac{\gamma_f h_{\text{设计}}}{\gamma_t h_{\text{初始}}} + \Delta VV \dots\dots\dots (F.5)$$

式中：

- γ_t ——沥青混合料理论最大相对密度；
 γ_f ——在N设计旋转压实次数时试件毛体积相对密度；
 $h_{设计}$ ——在N设计旋转压实次数时试件的高度，单位为毫米（mm）；
 $h_{初始}$ ——在N初始旋转压实次数时试件的高度，单位为毫米（mm）；
e) 按公式（F.6）、公式（F.7）分别估算在设计空隙率 4%时，有效沥青胶结料含量 $P_{be(设计)}$ 和粉胶比 $FB_{(设计)}$ ：

$$P_{be(设计)} = P_{b(设计)} - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \dots\dots\dots (F.6)$$

$$FB_{(设计)} = \frac{P_{0.075}}{P} \dots\dots\dots (F.7)$$



$b_{(设计)}$

F.3.5 根据估算沥青用量下各初选级配体积指标，与表9体积指标要求进行比较，选择满足体积指标最优的级配做为设计矿料级配。

F.4 确定沥青胶结料用量设计

F.4.1 根据确定的设计矿料级配，分别选择沥青胶结料用量为 $P_{b(设计)}$ 、 $P_{b(设计)} \pm 0.5\%$ 、 $P_{b(设计)} + 1\%$ 四种沥青胶结料用量，各成型1组试件，每组试件不少于2个。

F.4.2 旋转压实法成型不同沥青胶结料用量的试件，记录每个旋转次数时的试件高度，测定成型试件的毛体积相对密度 γ_f 、理论最大相对密度 γ_t ，并计算空隙率VV、矿料间隙率VMA、沥青饱和度VFA、粉胶比FB等参数，并按公式（F.8）计算 $N_{初始}$ 旋转压实次数下的空隙率 $VV_{初始}$ ：

$$VV_{初始} = \frac{\gamma_f h_{设计}}{\gamma_t h_{初始}} \times 100 \dots\dots\dots (F.8)$$

F.4.3 以沥青胶结料用量为横坐标，以各项体积指标为纵坐标，将试验结果绘制出光滑的回归趋势线。用图解法或内插法确定 $N_{设计}$ 的空隙率为目标空隙率相应的沥青用量，即为设计沥青用量。设计沥青用量条件下 $N_{设计}$ 旋转压实次数相对应的空隙率VV、矿料间隙率VMA、沥青饱和度VFA、粉胶比FB及 $N_{初始}$ 旋转压实次数下的空隙率 $VV_{初始}$ 等参数，应符合表9相关体积指标要求。

F.4.4 根据设计矿料级配和设计沥青用量，成型一组旋转压实试件，不少于2个，此时旋转压实次数调整为 $N_{最大}$ ，记录每个旋转次数时的试件高度，测定成型试件的毛体积相对密度 γ_f 、理论最大相对密度 γ_t ，并计算 $N_{最大}$ 旋转压实次数下空隙率VV，应符合表9体积指标相关要求，必要时计算 $N_{初始}$ 及 $N_{设计}$ 条件下的空隙率 $VV_{初始}$ 、 $VV_{设计}$ 、粉胶比FB、有效沥青膜厚度等参数。

F.4.5 当F.4.3或F.4.4中出现体积指标无法满足要求时，需要调整级配重新进行配合比设计。

F.5 配合比性能验证

在配合比设计的基础上按本文件要求进行各种性能检验，不符合要求时应更换材料或重新进行配合比设计。

F.6 配合比设计报告

配合比设计报告应包括材料品质选择与原材料质量试验结果、初选矿料级配设计、沥青胶结料用量设计及各项体积指标、配合比性能检验结果等，试验报告的矿料级配曲线应按规定的方法绘制，同时应附明各试验方法、制件方法、温度等试验条件。

附录 G

(规范性)

沥青混合料汉堡车辙标准试验方法

G.1 试验仪器和设备

G.1.1 汉堡车辙仪：包含可移动的电动钢轮，钢轮直径为203.2 mm，宽度为47 mm，轮载大小为705 N±4.5 N。车轮在试件上进行往复式运动，其位置随时间正弦变化。每分钟应在试件上通过52次±2次，通过试件中点时的最大速度应为0.305 m/s±0.02 m/s。

G.1.2 温度控制系统：水浴温度范围为25℃～70℃，精度不低于±1℃，试验水槽应具有机械循环系统，以维持水槽内温度恒定。

G.1.3 水浴进、排水系统：由进水口、排水口、水位控制系统（水浮子）组成，能够对水浴中水位进行自动控制，避免在试验过程中因高温蒸发（尤其是夏季）造成的水位下降，影响试验过程。

G.1.4 车辙深度测量系统：用来测量试验轮产生的轮辙深度的位移传感器装置，测量最小量程为20 mm，精度为0.15 mm，能够在不停机的情况下至少每20次采集一次车辙深度。系统应至少在沿轨道长度的以下11点位置采集车辙深度：-114 mm、-91 mm、-69 mm、-46 mm、-23 mm、0 mm、+23 mm、+46 mm、+69 mm、+91 mm、+114 mm，其中零点为轨道的中点。

G.1.5 试验轮碾压次数计数器：由非接触式电磁阀记录每次试验轮通过试件的次数。结合计数器的信号与轮迹带车辙深度的测量值，建立车辙深度与碾压次数的关系函数。

G.1.6 沥青混合料试件安装系统：安装系统应包括两个高密度聚乙烯模具，放置在不锈钢托盘中以固定样品。安装系统应能使试件悬浮在水中，使试验槽内水流自由循环，且所有侧面上至少预留20 mm空间以便水流自由循环。

G.1.7 天平：感量12 000 g，精确至0.1 g。

G.1.8 其他：橡皮锤、胶皮手套、刮刀等。

G.2 试验准备

G.2.1 每次试验应至少准备两个试件，矩形板或圆柱形。

G.2.2 试验室成型圆柱形试件应采用旋转压实仪成型，矩形板试件应采用轮碾法成型，试件压实后应在干净的平面上冷却至室温；现场钻芯取样或切割矩形板均应采用湿锯切割。

G.2.3 沥青混合料矩形试件尺寸为：长300 mm、宽300 mm、厚度为40 mm～100 mm之间，圆柱形试件需两个直径为150 mm芯样、厚度为40 mm～100 mm之间；试件厚度最小应为集料最大公称粒径的2倍。试件尺寸均应调整至样品固定系统的尺寸，其中圆柱形试件应沿着相同弦线使用湿锯进行切割，使试件与模具拼接到一起时，切割边缘之间的空隙不大于7.5 mm。

注：安装试件时，应使试件表面与模具表面保持在同一平面上，如太高则应进行切割，反之则应在下方垫高（建议使用石膏材料进行支撑）。在模具正中心的水平位置，校准轮载至705 N±4.5 N，高度的微小变化会显著影响轮载的大小。

G.2.4 确定试件的毛体积相对密度及混合料最大相对密度，对于试验室成型试件，推荐空隙率为7.0%±1%，现场取样试件应实测其空隙率。

G.3 试验步骤

G.3.1 安装试件时，用熟石膏将试件紧紧安装在样品嵌盘里。石膏浆按照石膏与水1:1的比例进行制作，石膏浆作为填充剂，倒入试件与嵌盘之间的缝隙中，石膏的凝结时间最少应保证1 h。如果试样厚度与安装托盘高度相同时，试件下面的石膏浆层厚度不能超过2 mm；如果试样厚度小于安装托盘高度时，应在试样下方用铝板、高密度聚乙烯板或其他适合材料（至少应承受890 N的荷载而不开裂）垫高，确保试样的顶面与安装托盘的顶部齐平，并防止试样在安装托盘中晃动。

G.3.2 将装有待测试件的安装托盘放入试验设备中，手动拧紧螺栓。

G.3.3 启动试验设备、计算机及通信软件，输入试验参数，包含：试件名称、试验水浴温度、碾压轮往返频率、碾压次数、允许的最大车辙深度等试验参数，设置延迟30 min启动，对试件进行保温处理。

G.3.4 选取自动模式试验。

G.3.5 试件保温完成后将试件轮降低至与试件接触，在开始试验前，试验轮与试件接触时间不应超过5 min。

G.3.6 确保位移传感器读数在10 mm到18 mm之间。调整位移传感器高度时，松掉位移传感器的紧固螺丝，上下滑动LVDT到合适的高度，再将螺丝拧紧。每个钢轮的位移传感器（LVDT）在测试开始时自动归零（测试开始时软件显示为零）。

G.3.7 车辙仪在试验轮碾压达到设定的碾压次数或达到设定最大车辙深度时自动停止。

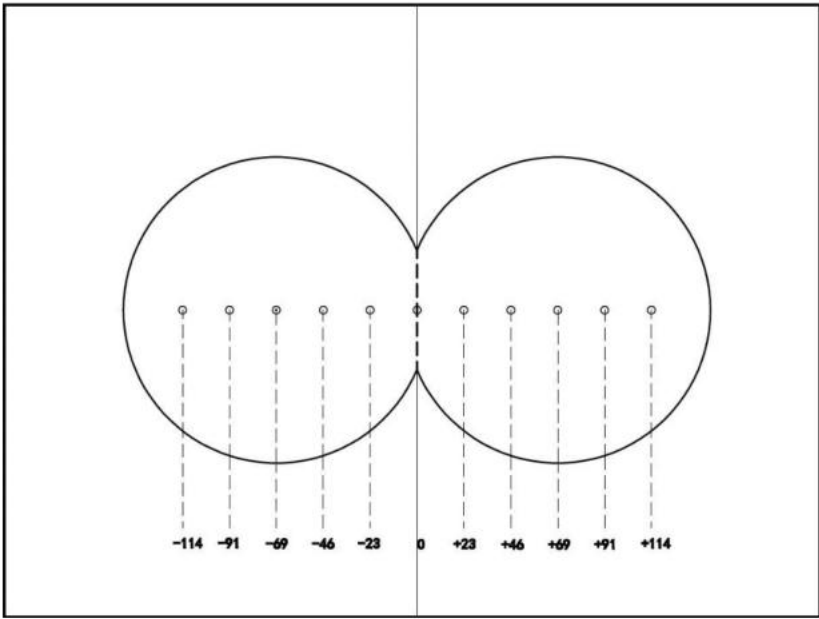
G.3.8 试验结束，保存数据，升起试验轮，打开水浴槽下方的排水阀，排干槽中水，取出安装托盘和车辙试件。

G.3.9 用水和抹布或厂商推荐的方法，清洁水浴箱、加热线圈、试验轮、温度探针。用吸尘器除掉沉积在水浴箱底部的细小颗粒。每次试验后都要清理过滤装置和隔板。

G.3.10 每次试验后转下试验轮，以确保每次试验，不是试验轮表面的同一位置接触到试件。旋转可保证整个试验轮的均匀磨损。试验应使钢轮在试件表面进行平滑运动。

G.4 计算

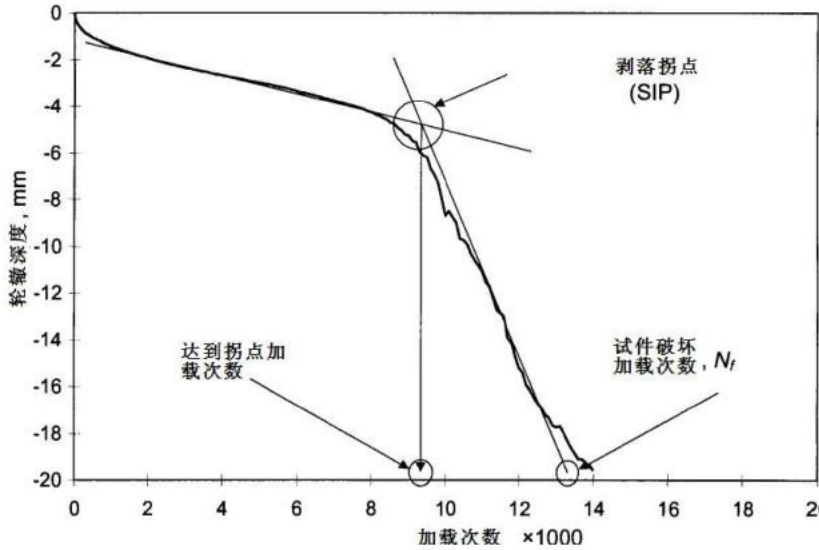
G.4.1 位移传感器在碾压轨迹上可间隔均匀采集11个点数据，如图G.1所示，矩形板式试件计算最大车辙深度应剔除末端点，采用剩余点-69 mm、-46 mm、-23 mm、0 mm、+23 mm、+46 mm、+69 mm处数值；圆形试件最大车辙深度应剔除末端点及中间点，采用剩余点-69 mm、-46 mm、+46 mm、+69 mm处数值，分别计算各点车辙深度与平均值的差值，当差值大于标准差的k倍时，该点应予舍弃，以其余点车辙深度的平均值作为试验结果，并绘制各点碾压次数与车辙深度变形曲线。



图G.1 汉堡车辙试验轮迹及采集点分布

G.4.2 分析车辙深度变形曲线（见图G.2），获取曲线第一稳态部分的斜率和截距，曲线第二稳态部分的斜率与截距，按公式（G.1）计算剥离拐点SIP：

剥离拐点(SIP) =
$$\frac{\text{第二稳态截距}-\text{第一稳态截距}}{\text{第一稳态斜率}-\text{第二稳态斜率}} \dots\dots\dots (G.1)$$



图G.2 汉堡车辙试验典型曲线图

G.5 报告

试验报告应注明混合料的来源、压实方法、试验温度、试件空隙率、使用抗剥落剂的种类及数量、最大深度碾压次数、车辙最大深度、蠕变斜率、剥离拐点等。