ICS 93.080.20
CCS P66

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB 32/T 1087—XXXX
代替DB32/T 1087—2008

高速公路沥青路面施工技术规范

Technical specification for construction
of expressway asphalt pavements

2022－09－06 发布　　2022－10－06 实施

江苏省市场监督管理局　　发 布

目　　次

前言 VI
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 2
4　符号和缩略语 5
5　总体要求 6
6　基层、底基层 6
6.1　一般规定 6
6.2　抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层 6
6.3　密级配沥青碎石混合料基层 12
6.4　级配碎石底基层 13
6.5　质量管理和检查验收 15
7　下封层、粘层 18
7.1　下封层 18
7.2　粘层 19
7.3　质量管理和检查验收 20
8　水泥混凝土桥面防水粘结层 20
8.1　一般规定 20
8.2　材料要求 21
8.3　施工准备 21
8.4　施工 21
8.5　质量管理和检查验收 22
9　面层 22
9.1　一般规定 22
9.2　材料要求 23
9.3　沥青混合料技术要求 27
9.4　沥青混合料配合比设计 29
9.5　下承层的检查与处理 31
9.6　机械与试验仪器 32
9.7　首件工程 32
9.8　施工 33
9.9　其他沥青混合料 36
9.10　质量管理和检查验收 40
10　改扩建工程 42
10.1　一般规定 42
10.2　材料要求 42

10.3 旧路面的处理 42
10.4 新旧路面铺筑及拼接 43
11 施工信息自动采集与预警 46
11.1 一般规定 46
11.2 数据采集与传输 46
11.3 数据分析与预警处理 48
附录 A（规范性） 施工机械 49
附录 B（规范性） 质量检测仪器 52
附录 C（资料性） ATB-25 沥青碎石混合料目标配合比设计实例 55
附录 D（规范性） 不粘轮试验规程 59
附录 E（规范性） AC-S 沥青混合料要求 61
附录 F（规范性） 公路沥青 60℃旋转粘度试验规程 62
附录 G（规范性） 多应力蠕变恢复（MSCR）试验方法检测规程 64
附录 H（资料性） 玄武岩高温抗剥落性能试验规程 68
附录 I（规范性） 粗集料高温压碎值试验规程 70
附录 J（规范性） 液体材料渗透性试验规程 72
附录 K（资料性） SMA-13S 沥青混合料目标配合比设计实例 74
附录 L（资料性） Superpave20 沥青混合料目标配合比设计实例 78
附录 M（规范性） 地推式直剪试验检测规程 84
参考文献 85

图 C.1 混合料密度及体积指标与油石比关系曲线 57
图 D.1 粘轮测试仪示意图 59
图 F.1 布洛克菲尔德粘度计示意图 62
图 G.1 动态剪切流变仪基本原理示意图 64
图 K.1 级配曲线图 75
图 L.1 设计级配曲线 80
图 M.1 地推式直剪试验装置示意图 84

表 1 水泥质量要求 7
表 2 集料备料规格 7
表 3 粗集料技术要求 7
表 4 细集料技术要求 7
表 5 抗裂嵌挤型（低剂量）水泥稳定碎石混合料级配范围 9
表 6 密级配沥青碎石混合料级配范围 12
表 7 密级配沥青碎石混合料大马歇尔试验设计要求 12
表 8 级配碎石底基层用集料质量技术要求 13
表 9 级配碎石级配组成范围 13

表 10 水泥、集料的质量标准 15
表 11 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层质量控制标准 16
表 12 级配碎石底基层施工过程中质量检查标准 17
表 13 SBS 改性乳化沥青技术要求 18
表 14 集料级配范围 19
表 15 不粘轮乳化沥青技术要求 20
表 16 下封层质量检查项目及质量标准 20
表 17 水泥混凝土桥面防水粘结层的检验标准 22
表 18 70 号道路石油沥青技术要求 23
表 19 SBS 改性沥青技术要求 23
表 20 面层用粗集料技术要求 24
表 21 粗集料供料品种控制筛孔尺寸 25
表 22 面层用细集料规格 25
表 23 面层用细集料技术要求 25
表 24 面层用矿粉的技术要求 26
表 25 抗剥落剂技术要求 26
表 26 封水剂技术要求 27
表 27 SMA-13S 沥青混合料马歇尔试验设计技术要求 27
表 28 SMA-13S 沥青混合料配合比检验技术要求 27
表 29 Superpave20 沥青混合料配合比设计及验证试验技术要求 28
表 30 Superpave25 沥青混合料配合比设计及验证试验技术要求 28
表 31 SMA-13S 沥青混合料级配范围 29
表 32 Superpave 沥青混合料级配控制点和限制区界限 29
表 33 沥青混合料施工温度 33
表 34 Superpave 混合料碾压速度 34
表 35 SMA-13S 混合料碾压速度 35
表 36 高模量剂质量技术要求 36
表 37 HMM 级配范围 36
表 38 HMM 配合比设计检验技术要求 36
表 39 HMM 的施工温度 37
表 40 建议施工碾压方案 38
表 41 岩沥青质量技术要求 38
表 42 RAC-20 级配范围 38
表 43 RAC-20 马歇尔试验设计及检验要求 38
表 44 RAC-20 的施工温度 40
表 45 建议施工碾压方案 40
表 46 沥青路面各面层施工阶段的质量检查标准 40
表 47 界面剂技术要求 44
表 48 基层、底基层拼接缝施工质量控制要求 44
表 49 面层拼接缝施工质量控制要求 45
表 50 改性沥青生产指标及采集频率 46
表 51 沥青运输指标及采集频率 46
表 52 沥青试验检测指标及采集频率 46

表 53　沥青混合料拌和生产指标及采集频率.....47
表 54　沥青混合料运输指标及采集频率 47
表 55　沥青混合料摊铺指标及采集频率 47
表 56　沥青混合料压实指标及采集频率 48
表 A.1　底基层、基层施工机械设备配置 49
表 A.2　SMA-13S 上面层施工机械设备配置.....49
表 A.3　Superpave 面层施工机械设备配置.....50
表 A.4　HMM 面层施工机械设备配置.....50
表 A.5　RAC 面层施工机械设备配置.....50
表 A.6　下封层施工机械设备配置 51
表 A.7　桥面防水粘结层施工机械设备配置 51
表 B.1　基层、底基层质量检测仪器配置 52
表 B.2　沥青面层质量检测仪器配置 52
表 B.3　下封层质量检测仪器配置 53
表 B.4　桥面防水粘结层质量检测仪器配置 54
表 C.1　各种集料筛分结果 55
表 C.2　各级配各种集料组成 55
表 C.3　混合料级配表 55
表 C.4　各级配的大马歇尔试验结果 55
表 C.5　各级配混合料 SSC 试验结果 56
表 C.6　设计级配不同油石比时大马歇尔试验结果.....57
表 C.7　设计级配各项指标 57
表 C.8　水稳定性试验结果 58
表 C.9　动稳定度试验结果 58
表 C.10　无侧限抗压强度试验结果（20℃） 58
表 E.1　AC-20S、AC-25S 沥青混合料级配组成.....61
表 G.1　控制和数据采集系统精度要求 64
表 H.1　沥青混合料试样数量 68
表 H.2　沥青混合料试样数量 68
表 K.1　各种集料的筛分结果 74
表 K.2　集料密度试验结果 74
表 K.3　SMA-13S 沥青混合料三种级配的设计组成结果.....74
表 K.4　VCA_{DRC} 测试结果.....75
表 K.5　初试级配的体积分析 75
表 K.6　马歇尔试验结果 75
表 K.7　析漏试验结果 76
表 K.8　飞散试验结果 76
表 K.9　浸水马歇尔试验结果 76
表 K.10　车辙试验动稳定度 76
表 K.11　小梁弯曲试验结果 77
表 K.12　级配及最佳油石比 77
表 L.1　集料相对密度试验结果表 78
表 L.2　集料筛分结果表 78

表 L.3　级配组成表 78
表 L.4　三种试验级配旋转压实试验结果汇总表 79
表 L.5　三种级配估算沥青用量试验结果评价表 79
表 L.6　设计级配四种沥青用量试验结果汇总表 80
表 L.7　四种沥青用量沥青混合料体积性质 81
表 L.8　设计沥青用量验证试验结果表 81
表 L.9　沥青混合料体积性质表 81
表 L.10　沥青混合料马歇尔试验结果 82
表 L.11　车辙试验动稳定度试验结果 82
表 L.12　浸水马歇尔稳定度试验结果 82
表 L.13　冻融劈裂试验结果 82
表 L.14　小梁弯曲试验结果 83
表 L.15　级配及设计油石比 83

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DB32/T 1087—2008《江苏省高速公路沥青路面施工技术规范》，与DB32/T 1087—2008相比除了编辑性修改外，主要技术变化如下：

a) 更改了部分术语（见第 3 章，2008 年版的第 3 章）；
b) 更改了部分符号（见第 4 章，2008 年版的第 4 章）；
c) 更改了底基层、基层（见第 6 章，2008 年版的第 6 章、第 7 章）；
d) 删除了石灰粉煤灰稳定土底基层（见 2008 年版的 6.2）；
e) 更改了抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层（见 6.2，2008 年版的 6.4、7.2）；
f) 删除了石灰粉煤灰碎石基层、底基层（见 2008 年版的 6.4、7.3）；
g) 删除了路面透层（见 2008 年版的 8.1）；
h) 更改了路面下封层、粘层技术要求（见 7.1、7.2,2008 年版的 8.2、8.3）；
i) 更改了水泥混凝土桥面防水粘结层（见第 8 章，2008 年版的第 9 章）
j) 更改了面层材料、沥青混合料技术要求（见 9.2、9.3，2008 年版的 10.2、10.3）；
k) 删除了面层中 AC/AK 沥青混合料相关要求（见 2008 年版的第 10 章）；
l) 增加了高模量沥青混合料、岩沥青混合料技术要求（见 9.9）；
m) 更改了新旧路面基层、面层拼接方法（见 10.3、10.4，2008 年版的 11.3、11.4）；
n) 增加了施工信息自动采集与预警（见第 11 章）；
o) 更改了“施工机械”、“质量检测仪器”、“热拌沥青混合料马歇尔试验设计方法”、“沥青混合料 Superpave 配合比设计方法”、“ATB 沥青碎石混合料的配合比设计”（见附录 A、附录 B、附录 K、附录 L、附录 C，2008 年版的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D）；
p) 删除了“施工质量动态管理方法”（见 2008 年版附录 E）；
q) 增加了“不粘轮试验规程”、“AC-S 沥青混合料要求”、“公路沥青 60℃旋转粘度试验规程”、“多应力蠕变恢复（MSCR）试验方法检测规程”、“玄武岩高温抗剥落性能试验规程”、“粗集料高温压碎值试验规程”、“液体材料渗透性试验规程”、“地推式直剪试验检测规程”（见附录 D、附录 E、附录 F、附录 G、附录 H、附录 I、附录 J、附录 M）。

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。

本文件由江苏省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：江苏省交通工程建设局、江苏中路工程技术研究院有限公司、中路交科科技股份有限公司。

本文件主要起草人：蒋振雄、刘世同、潘卫育、张志祥、杜骋、金光来、刘朝晖、邵学富、陆宇、李一鹤、杨光昊、张孝胜、王祥波、蔡文龙、臧国帅、刘海婷、曹阳、张志超、余雪娟、吴德磊、王兆鑫、陈兆南、马仕亮、王罡。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2008 年首次发布为 DB32/T 1087—2008；

——本次为第一次修订。

高速公路沥青路面施工技术规范

1 范围

本文件规定了高速公路沥青路面底基层、基层、下封层、粘层、水泥混凝土桥面防水粘结层、面层等施工技术要求，改扩建工程、施工信息自动采集与预警等要求。

本文件适用于高速公路新建、改扩建沥青路面等工程，其他等级公路可参照执行。

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/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率（MFR）和熔体体积流动速率（MVR）的测定 第1部分：标准方法

GB/T 5210 色漆和清漆拉开法附着力试验

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO法)

GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法(DSC) 第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定

JCT 975 道桥用防水涂料

JGJ 63 混凝土用水标准

JT/T 533 沥青路面用纤维

JT/T 798 路用废胎胶粉橡胶沥青

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

JTG 5142 公路沥青路面养护技术规范

JTG 5421 公路沥青路面养护设计规范

JTG/T 5521 公路沥青路面再生技术规范

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 E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

JTG E41 公路工程岩石试验规程

JTG E42 公路工程集料试验规程

JTG E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则

JTG F40 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

DB32/T 2285 水泥混凝土桥面水性环氧沥青防水粘结层施工技术规范

DB32/T 3821 公路养护工程排水沥青路面技术规范

DB32/T 4340-2022 沥青红外光谱法相似度识别与SBS含量试验检测规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基层 base

直接位于沥青路面面层下的主要承重层。

[来源：JTG/T F20—2015，2.0.1，有修改]

3.2

底基层 subbase

在沥青路面基层下铺装的次要承重层。

[来源：JTG/T F20—2015，2.0.2，有修改]

3.3

抗裂嵌挤型水泥稳定碎石 cement stabilized material with crack resistance and interlock characteristics

通过混合料合成级配的控制，形成骨架嵌挤结构的水泥稳定碎石混合料。

[来源：DB32/T 3311—2017，3.3]

3.4

抗裂嵌挤型低剂量水泥稳定碎石 low-dose cement stabilized material with crack resistance and interlock characteristics

采用较低剂量（一般小于 3%）的水泥，通过混合料合成级配的控制，形成骨架嵌挤结构的水泥稳定碎石混合料。

3.5

级配碎石 graded crushed stone

各档粒径的碎石和石屑按一定比例混合,级配满足一定要求且塑性指数和承载比均符合规定要求的混合料。

[来源：JTG/T F20—2015，2.0.7]

3.6

松铺系数 coefficient of loose paving material

材料的松铺厚度与达到规定压实度的压实厚度之比值。

[来源：JTG/T F20—2015，2.0.10]

3.7

集料 aggregate

在混合料中起骨架和填充作用的粒料，包括碎石、石屑、砂等。

[来源：JTG E42—2005，2.1.1]

3.8

填料 filler

在沥青混合料中起填充作用的粒径小于0.075mm的矿物质粉末。通常是石灰石等碱性石料加工磨细得到的矿粉，水泥、消石灰、粉煤灰等矿物质有时也可作为填料使用。

[来源：JTG E42—2005，2.1.9]

3.9

聚合物纤维 polymer fiber

以合成高分子聚合物为原料制成的化学纤维。

[来源：JT/T 533—2020，3.3]

3.10

集料最大粒径　maximum size of aggregate

指集料的100%都要求通过的最小的标准筛筛孔尺寸。

[来源：JTG E42—2005，2.1.27]

3.11

集料的公称最大粒径　nominal maximum size of aggregate

指集料有少量不通过（一般容许筛余不超过10%）的最小标准筛筛孔尺寸。通常比集料最大粒径小一个粒级。

[来源：JTG E42—2005，2.1.28]

3.12

沥青结合料　Asphalt binder，Asphalt cement

在沥青混合料中起胶结作用的沥青类材料（含添加的外掺剂、改性剂等）的总称。

[来源：JTG F40—2004，2.1.1]

3.13

乳化沥青　emulsified bitumen（英），asphalt emulsion，emulsified asphalt（美）

石油沥青（或煤沥青）与水在乳化剂、稳定剂的作用下经乳化加工制得的均匀的沥青产品，也称沥青乳液。

[来源：JTG F40—2004，2.1.2]

3.14

改性沥青　modified bitumen（英），　modified asphalt（美）

掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或者其他材料等外掺剂（改性剂）制成的沥青结合料，从而使沥青或沥青混合料的性能得以改善。

[来源：JTG F40—2004，2.1.4]

3.15

改性乳化沥青　modified emulsified bitumen（英），　modified asphalt emulsion（美）

在制作乳化沥青的过程中同时加入聚合物胶乳，或将聚合物胶乳与乳化沥青成品混合，或对聚合物改性沥青进行乳化加工得到的乳化沥青产品。

[来源：JTG F40—2004，2.1.5]

3.16

不粘轮乳化沥青　non-stick wheel emulsified asphalt

由特种沥青与乳化剂、改性剂、稳定剂等制备而成的，具有较强粘结性能及抵抗施工机械轮胎、履带等损伤性能的粘层材料。

3.17

粘（黏）层　tack coat

路面结构中起粘结作用的功能层。

[来源：JTG D50—2017，2.1.9]

3.18

封层　seal coat

路面结构中用以阻止水下渗的功能层。

[来源：JTG D50—2017，2.1.8]

3.19

桥面防水粘结层 bridge deck waterproof bonding layer

设在桥面水泥混凝土铺装层与沥青铺装层之间，起防水和粘结作用的薄层。

3.20

傅立叶变换红外光谱 fourier transform infrared spectroscopy

FTIR

一种通过获得固体,液体或气体的红外线吸收光谱和放射光谱。

注：可用于评价沥青相似度与测定改性沥青中SBS含量。

3.21

沥青旋转粘度 asphalt rotational viscosity

采用布洛克菲尔德粘度计测定沥青试样流动时形成的抵抗力或内部阻力度量。

3.22

多应力蠕变恢复 multiple stress creep recovery

MSCR

沥青试样经过不同应力水平下力的一定周期作用后，沥青的应变恢复率。

3.23

封水剂 sealing agent

用于封堵沥青路面表面空隙及微裂缝，以提高沥青路面密水性的材料。

3.24

沥青混合料 bituminous mixtures（英），asphalt mixtures（美）

由矿料与沥青结合料拌和而成的混合料的总称。按材料组成及结构分为连续级配、间断级配混合料。按矿料级配组成及空隙率大小分为密级配、半开级配、开级配混合料。按公称最大粒径的大小可分为特粗式（公称最大粒径等于或大于31.5mm）、粗粒式（公称最大粒径26.5mm）、中粒式（公称最大粒径16mm或19mm）、细粒式（公称最大粒径9.5mm或13.2mm）、砂粒式（公称最大粒径小于9.5mm）沥青混合料。

[来源：JTG F40—2004，2.1.12]

3.25

沥青玛蹄脂碎石混合料 stone mastic asphalt（英），stone matrix asphalt（美）

由沥青胶结料与少量的纤维稳定剂、细集料以及较多量的填料（矿粉）组成的沥青玛蹄脂，填充于间断级配的粗集料骨架间隙，组成一体形成的沥青混合料，简称SMA。

[来源：JTG F40—2004，2.1.18]

3.26

密级配沥青碎石混合料（沥青稳定碎石基层） dense-graded asphalt gravel mixture（asphalt treated base）

ATB

由矿料和沥青组成的有一定级配要求的密级配沥青处治碎石混合料。

3.27

高模量沥青混合料 high modulus mixture

HMM

采用硬质沥青、硬质沥青颗粒或高模量剂等作为添加剂与沥青、集料拌和成型,具有设计空隙率小、高模量、抗车辙、密水等特点，用于路面抗车辙层的混合料。

3.28

岩沥青混合料 rock asphalt mixture

RAC

采用天然岩沥青作为添加剂与沥青、集料拌和成型，具有抗车辙性能好、强度高等特点，用于路面抗车辙层的混合料。

4 符号和缩略语

下列符号适用于本文件。

C： 集料的沥青吸收系数

P_a： 沥青混合料的油石比

P_b： 沥青混合料中的沥青用量

P_{be}： 沥青混合料中的有效沥青用量

γ_b： 沥青的相对密度

γ_{sa}： 沥青混合料中合成矿料的表观相对密度

γ_{sb}： 沥青混合料中合成矿料的毛体积相对密度

γ_{se}： 沥青混合料中合成矿料的有效相对密度

γ_t： 沥青混合料的最大理论相对密度

下列缩略语适用于本文件。

AC-S： 适用于江苏省高速公路的密级配沥青混合料

ATB： 密级配沥青碎石混合料

CBR： 加州承载比

DP： 沥青混合料的粉胶比（0.075mm 通过率与有效沥青含量的比值）

DS： 动稳定度

FL： 马歇尔试验的流值

FTIR： 傅立叶变换红外光谱

HMM： 高模量沥青混合料

MS： 马歇尔稳定度

MSCR： 多应力蠕变恢复

OAC： 最佳沥青用量

OGFC： 开级配抗滑表层

PG： 美国沥青胶结料路用性能分级规范

PI： 沥青胶结料针入度指数

RAC： 岩沥青混合料

RTFOT/TFOT：旋转薄膜加热（薄膜加热）试验

SBS： 苯乙烯—丁二烯—苯乙烯嵌段共聚物

SGC： 旋转压实试验机

SMA-S： 适用于江苏省高速公路的沥青玛蹄脂碎石混合料

Superpave™： 美国公路战略研究计划

TSR： 冻融劈裂试验强度比

VCA： 粗集料骨架间隙率
VCA_{DRC}： 捣实状态下的粗集料松装间隙率
VCA_{mix}： 压实沥青混合料的粗集料骨架间隙率
VFA： 压实沥青混合料中的沥青饱和度
VMA： 压实沥青混合料的矿料间隙率
VV： 压实沥青混合料的空隙率

5 总体要求

5.1 应结合本地实际选择高速公路沥青路面合适的结构和材料，鼓励采用经试验和实践检验的新技术、新材料、新设备、新工艺。
5.2 应执行国家环境和生态保护、安全生产的相关规定。
5.3 应编制施工组织设计方案。
5.4 试验检测的试验室和试验人员应取得相应的资质，仪器设备应检定合格。

6 基层、底基层

6.1 一般规定

6.1.1 高速公路沥青路面基层宜采用抗裂嵌挤型水泥稳定碎石。
6.1.2 根据工程实际情况和各类基层的适用条件，可选择其他的基层类型，如密级配沥青碎石基层、开级配沥青碎石基层等。
6.1.3 可采用双层连铺或整层一次性全厚度摊铺施工。

注1：双层连铺是指在施工完下基层适当长度后，即刻施工上基层的一种施工方式。

注2：整层一次性全厚度摊铺是指采用大功率摊铺机一次性摊铺两层基层，并碾压成型至基层设计厚度的一种施工方式。

6.1.4 高速公路沥青路面底基层宜采用抗裂嵌挤型低剂量水泥稳定碎石，可采用厂拌水泥再生碎石、级配碎石等。
6.1.5 厂拌水泥再生碎石底基层，应按照 JTG/T 5521 的有关规定执行。
6.1.6 应控制基层、底基层厚度和高程，其横坡应与面层一致。基层、底基层表面高出设计标高部分应铣刨处理；局部标高低于验收标准，应铣刨重铺。

6.2 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 高速公路沥青路面基层、底基层采用抗裂嵌挤型水泥稳定碎石结构时，应采用集中厂拌工艺，单层压实厚度宜为 18cm～20cm。
6.2.1.2 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料采用干质量配合比计算，以集料 100，水泥剂量外加的外比表示。
6.2.1.3 宜在气温较高的季节组织施工。施工期的日最低气温应在 5℃以上，在有冰冻的地区，应在第一次重冰冻到来的 15d～30d 之前完成施工。

注：重冰冻的标准一般指气温达到-3℃～-5℃。

6.2.1.4　应尽可能缩短从加水拌和到碾压终了的延迟时间，延迟时间不应超过水泥的初凝时间。
6.2.1.5　雨季施工时，应避免抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料遭雨淋。
6.2.1.6　应采取有效措施,防止抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层在施工中出现离析和开裂现象，对已经出现的离析和开裂应进行处理。

6.2.2　材料要求

6.2.2.1　水泥

6.2.2.1.1　普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥都可用于拌和抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料，宜采用强度等级不低于 42.5 级的缓凝水泥，水泥初凝、终凝时间应符合表 1 规定，其他指标应符合 JTG E30 与 GB/T 1346 的规定。
6.2.2.1.2　采用散装水泥，安定性应检测合格后入罐使用，水泥温度应不高于 50℃。

表1　水泥质量要求

项次	检测项目	技术要求	试验方法
1	初凝时间	＞3h	GB/T 1346
2	终凝时间	＞6h 且＜10h	

6.2.2.2　集料

6.2.2.2.1　集料的最大粒径为 31.5mm，4.75mm 及以上为粗集料、4.75mm 以下为细集料。宜按四种及以上规格备料，备料规格应符合表 2 的规定。

表2　集料备料规格

项次	粒径规格/mm					
1	四档集料	13.2～31.5	4.75～13.2	2.36～4.75	0～2.36	—
2	五档集料	19.0～31.5	9.5～19.0	4.75～9.5	2.36～4.75	0～2.36

6.2.2.2.2　粗集料的技术要求应符合表 3 的规定，细集料的技术要求应符合表 4 的规定；粗、细集料规格应符合 JTG/T F20 相关规定。

表3　粗集料技术要求

项次	检验项目	技术要求		试验方法
		基层	底基层	
1	压碎值	≤26%	≤30%	JTG E42，T0316
2	针片状颗粒含量	≤15%		JTG E42，T0312
3	软石含量	≤5%		JTG E42，T0320
4	小于 0.075mm 颗粒含量	≤2%		JTG E42，T0310

表4　细集料技术要求

项次	检验项目	技术要求	试验方法
1	液限	＜28%	JTG 3430，T0118
2	塑性指数	＜9	JTG 3430，T0118

表4 （续）

项次	检验项目	技术要求	试验方法
3	硫酸盐含量	≤0.25%	JTG E42，T0341
4	有机质含量	＜2%	JTG E42，T0336
5	小于 1.18mm 颗粒含量（2.36mm～4.75mm 规格）	≤5%	JTG E42，T0333
6	小于 0.075mm 颗粒含量（0～2.36mm 规格）	≤15%	JTG E42，T0333
7	颗粒分析	符合JTG/T F20细集料规格要求	JTG E42，T0327

6.2.2.3 水

饮用水可直接作为拌和与养生用水。非饮用水技术要求应符合 JGJ 63 的规定。

6.2.3 机械与试验仪器

应配备齐全的施工机械和试验仪器，开工前应进行保养和试机工作，主要施工机械和试验仪器配备应符合附录 A 和附录 B 要求。

6.2.4 配合比设计

6.2.4.1 一般规定

6.2.4.1.1 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料配合比设计，分为目标配合比设计与生产配合比设计。

6.2.4.1.2 根据规定的材料指标要求，通过试验选取合适的集料和水泥；确定合理的集料配合比例、最佳水泥剂量、混合料的最佳含水量和相应的最大干密度。

6.2.4.1.3 为减少基层裂缝，应做到三个限制：在满足设计强度的基础上限制水泥用量；同时限制细集料用量；根据施工时气候条件限制含水量。施工中水泥剂量宜不大于 4.2%，合成集料级配中 0.075mm 以下颗粒含量宜不大于 4%。

6.2.4.1.4 各项试验应按 JTG E51 规定进行。

6.2.4.1.5 基层采用抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料时，应符合下列规定：

a) 推荐水泥剂量为 3.2%～4.2%；
b) 级配应符合表 5 混合料级配要求或施工图设计要求；
c) 采用静压成型进行 7 天无侧限抗压强度试验，强度代表值不应小于 3.0MPa 或满足施工图设计要求；采用振动成型强度代表值满足施工图设计要求。

6.2.4.1.6 底基层采用抗裂嵌挤型低剂量水泥稳定碎石混合料时，应符合下列规定：

a) 水泥剂量宜控制在 1.8%～2.8%范围内；
b) 级配应符合表 5 或施工图设计要求；
c) 采用静压成型进行 7 天无侧限抗压强度试验，强度代表值宜为 1.5MPa～3.0MPa 或满足施工图设计要求，采用振动成型强度代表值满足施工图设计要求。

6.2.4.2 目标配合比设计

6.2.4.2.1 选择不少于 3 条级配曲线对比分析，优选一条作为目标级配曲线。取工地实际使用的集料，分别进行水洗筛分，按颗粒组成进行计算，确定各种集料的组成比例。混合料级配应符合表 5 的规定，且 4.75mm、2.36mm、0.075mm 的通过量应接近级配范围的下限。

表5　抗裂嵌挤型（低剂量）水泥稳定碎石混合料级配范围

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19	9.5	4.75	2.36	0.6	0.075
通过率/%	100	95～100	68～86	44～62	27～42	18～30	8～15	0～4.5

6.2.4.2.2　取工地使用的水泥，按不同水泥剂量分组试验。一般水泥剂量按 1.5%～4.5%范围，分别取 5 种比例制备混合料，采用振动压实法和重型击实法分别确定各组混合料的最佳含水量和最大干密度。目标配合比应进行对比试验，确定最大干密度的转换系数，转换系数一般为 1.02～1.03。

6.2.4.2.3　根据确定的最佳含水量，拌和抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料，采用振动压实法确定最大干密度，按压实标准（振动压实法确定的最大干密度的 98%）分别采用振动成型法和静压法制备混合料试件，在标准条件下养护 6d，浸水 1d 后取出，进行无侧限抗压强度试验。

6.2.4.2.4　试件室内试验结果抗压强度的代表值按公式（1）计算：

$$R_{ft} = \bar{R}\ (1 - Z_{\alpha}\, C_V) \cdots\cdots (1)$$

式中：

R_{ft}—抗压强度代表值，单位为兆帕（MPa）；

$\bar{R}$—该组试件抗压强度的平均值，单位为兆帕（MPa）；

Z_{α}—保证率系数，高速公路保证率 95%，此时 Z_{α}＝1.645；

C_v—试验结果的偏差系数（以小数计）。

6.2.4.2.5　强度数据处理时，宜按 3 倍标准差的标准剔除异常值，且同一组试验样本异常值剔除应不多于 2 个，当去除值多于 2 个时，应重新进行试验。

6.2.4.3　生产配合比设计

6.2.4.3.1　生产配合比级配应接近目标配合比级配。

6.2.4.3.2　对拌和机进行调试和标定，确定合理的生产参数。拌和机的调试和标定应包括水泥剂量、料斗称量精度和拌和机加水量的标定等，并应符合下列规定：

a)　绘制不少于 5 个点的水泥剂量标定曲线；

b)　按各档材料的比例关系，设定相应的称量参数，调整拌和设备各个料仓的进料速度；

c)　按设定好的施工参数进行试拌，并取样、试验，验证生产级配。通过混合料中实际含水率的测定，确定施工过程中水流量计的设定范围。通过混合料中实际水泥剂量的测定，确定施工过程中水泥计量称的相关技术参数。

6.2.5　施工准备

6.2.5.1　料场及材料准备

6.2.5.1.1　料场场地应硬化处理，设置隔墙、排水沟。粗、细集料应放置于大棚内，不应露天堆放。

6.2.5.1.2　路面基层、底基层正式施工前，材料储量应至少满足 5 天～7 天连续施工的需要。

6.2.5.2　下承层的检查

6.2.5.2.1　下承层外形检查内容包括高程、中线偏位、宽度、横坡度、平整度以及表面松散。

6.2.5.2.2　下承层沉降速率应连续两个月小于 5mm/月。

6.2.5.3 施工前要求

6.2.5.3.1 应清除下承层作业面表面的浮土、积水等。

6.2.5.3.2 摊铺前进行测量放样，直线段宜每 10m 设一个中桩，平曲线段每 5m 设一个中桩，在两侧路肩外缘设置指示桩，根据松铺系数计算松铺厚度，确定控制线高度，设置控制线。控制线钢丝的拉力应不小于 800N。

6.2.5.3.3 下层水泥稳定碎石混合料施工结束 7 天或可取出完整芯样后即可进行上层的施工。两层施工应加强层间粘结处理，间隔不宜长于 30 天。

6.2.6 首件工程

6.2.6.1 正式开工之前，应进行首件工程施工。首件工程应选择在验收合格的主线下承层上进行，首件工程长度宜为 300m～400m，可采用两种不同的碾压方案进行试铺，每种方案试铺 150m～200m。

6.2.6.2 原材料和混合料应符合要求，根据试铺段确定施工机械组合和施工方法，试铺段各检测结果符合规定后，编写试铺总结，经批准后作为申报正常路段开工依据。

6.2.6.3 经检验合格的试铺段作为正常路段的一部分。若不符合要求，经采取补救措施后仍无法满足使用功能的路段应铣刨重铺。

6.2.6.4 首件工程应确定以下内容：

a) 调试拌和机，测量其计量的准确性；
b) 调整拌和产量，保证混合料均匀性；
c) 检查混合料含水量、集料级配、水泥剂量、7 天无侧限抗压强度；
d) 确定合适的松铺厚度和松铺系数；
e) 确定速度、摊铺厚度控制方式、梯队作业时摊铺机间距等；
f) 含水量的调整和控制方法；
g) 压路机的选择和组合，压实的顺序、速度和遍数；
h) 拌和、运输、摊铺和碾压的协调和配合；
i) 确定作业段的合适长度；
j) 首件工程的检验方法和标准见表 11，其中检验频率应是表中规定的 2 倍～3 倍。

6.2.7 施工

6.2.7.1 拌和

6.2.7.1.1 每日拌和前，应检查场内集料的含水量，计算当天的施工配合比，外加水与天然含水量的总和应比最佳含水量略高。不应以提高水泥用量的方式提高基层、底基层强度。

6.2.7.1.2 每日拌和之后，按规定取混合料试样检查级配和水泥剂量；随时在线检查配比、含水量是否变化。高温作业时，早晚与中午的含水量应有区别，并按温度变化及时调整。

6.2.7.1.3 拌和机出料应配备带活门漏斗的料仓，成品混合料先装入料仓内，由漏斗出料装车运输，装车时车辆应至少分“前、后、中”三次装料。

6.2.7.2 运输

6.2.7.2.1 在每日开工前，应检查运输车完好情况，装料前应将车厢清洗干净，运输车辆数量应满足拌和、运输与摊铺需要。

6.2.7.2.2 运输车上的混合料应覆盖，如预计混合料到碾压完成最终的延迟时间超过水泥初凝时间，

应予以废弃。

6.2.7.3 摊铺

6.2.7.3.1 摊铺底基层前应将路基洒水湿润；摊铺基层前，应均匀喷洒水泥净浆，按水泥质量计宜不少于 1.0kg/m^2～1.5kg/m^2。洒布长度宜在摊铺机前 30m～40m。
6.2.7.3.2 每日摊铺前应检查摊铺机运转情况。
6.2.7.3.3 应控制基层、底基层厚度和高程，使路拱横坡度满足设计要求。
6.2.7.3.4 摊铺机应连续摊铺，不应停机待料，摊铺机的摊铺速度宜在 1m/min 左右。
6.2.7.3.5 基层混合料摊铺宜采用两台摊铺机梯队作业，速度、摊铺厚度、松铺系数、路拱坡度、摊铺平整度、振动频率等应一致，两机摊铺接缝应平整。
6.2.7.3.6 摊铺机的螺旋布料器料位应大于 2/3。
6.2.7.3.7 在摊铺机后面应设专人消除离析现象，铲除局部粗集料集中部位，并用新拌混合料填补。

6.2.7.4 碾压

6.2.7.4.1 可选择双钢轮压路机稳压 2 遍～3 遍，单钢轮压路机振压 4 遍～5 遍，25t 以上轮胎压路机碾压 2 遍～3 遍。
6.2.7.4.2 压路机应紧跟碾压，碾压长度宜为 50m～80m，在显著位置设置分界标志。
6.2.7.4.3 应遵循试铺路段确定的程序与工艺。稳压应充分，振压不起浪、不推移。碾压完成后用灌砂法检测压实度，压实度控制所用的标准密度应采用振动击实最大干密度。
6.2.7.4.4 压路机碾压时应重叠 1/3 轮宽。
6.2.7.4.5 压路机倒车应自然停车，换挡应轻且平顺，不应拉动下承层。在第一遍初步稳压时，倒车后应原路返回，换挡位置应在已压好的段落上，在未碾压的一头换挡倒车位置错开，宜成齿状，出现个别拥包时，应铲平处理。
6.2.7.4.6 压路机碾压时的行驶速度，前 2 遍为 1.5km/h～1.7km/h，以后各遍应为 1.8km/h～2.2km/h。
6.2.7.4.7 压路机停车应错开，相隔间距不小于 3m，应停在已碾压好的路段上。
6.2.7.4.8 不应压路机在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。
6.2.7.4.9 宜在水泥初凝前及试验确定的延迟时间内，达到要求的压实度，同时没有明显的轮迹。
6.2.7.4.10 边缘应采用型钢模板或方木支撑，且牢固稳定，宜有不小于 100mm 的超宽，模板高度宜小于压实层厚 10mm 以上。边缘在摊铺和初压后各灌洒一遍水泥净浆。
6.2.7.4.11 应避免碾压时出现推移和弹簧现象。

6.2.7.5 接缝处理

6.2.7.5.1 两台摊铺机梯队施工时的纵向接缝应采用斜接缝，压路机跨缝碾压时一次碾压密实。
6.2.7.5.2 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料摊铺时，应连续作业，如因故中断时间超过 2h，则应设横缝，每天收工之后，第二天开工的接头断面也应设置横缝。
6.2.7.5.3 横缝应与路面车道中心线垂直设置，接缝断面应是竖向平面。
6.2.7.5.4 压路机碾压完毕，沿端头斜面开到下承层上停放，第二天将压路机沿斜面开到前一天施工的路基上，用三米直尺纵向放在接缝处，定出基层面离开三米直尺的点作为接缝位置，沿横向断面挖除坡下部分混合料，清理干净后，摊铺机从接缝处起步摊铺。
6.2.7.5.5 压路机沿接缝横向碾压，由前一天压实层逐渐推向新铺层，碾压完毕再正常碾压。
6.2.7.5.6 碾压完毕，接缝处纵向平整度应符合设计要求。

6.2.7.6 养生及交通管制

6.2.7.6.1 碾压完毕，经质量检查合格后，立即开始养生。

6.2.7.6.2 宜采用土工布覆盖养生，先人工将土工布覆盖在碾压完成的抗裂嵌挤型水泥稳定碎石混合料层顶面，洒水车洒水养生。在 7 天内应保持基层处于湿润状态，14d～28d 内正常养护（每天洒水 1 次～2 次，具体由天气情况而定）。

6.2.7.6.3 用洒水车洒水养生时，洒水车应在对面半幅行驶，喷头应用喷雾式，不应使用高压式喷管，整个养生期间应始终保持基层、底基层表面湿润。

6.2.7.6.4 养生期间应封闭交通。

6.3 密级配沥青碎石混合料基层

6.3.1 一般规定

6.3.1.1 基层采用密级配沥青碎石混合料（ATB）时，压实厚度宜为 8cm～12cm。

6.3.1.2 沥青碎石基层与下承层之间应设置下封层。

6.3.1.3 施工过程中，应采取技术措施防止离析。

6.3.2 配合比设计

6.3.2.1 密级配沥青碎石混合料基层的集料、沥青等原材料的技术要求应符合高速公路沥青路面下面层材料的规定。

表6 密级配沥青碎石混合料级配范围

筛孔尺寸/mm	37.5	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
ATB-30，通过率/%	100	90～100	70～90	53～72	44～66	39～60	31～51	20～40	15～32	10～25	8～18	5～14	3～10	2～6
ATB-25，通过率/%	—	100	90～100	60～80	48～68	42～62	32～52	20～40	15～32	10～25	8～18	5～14	3～10	2～6

表7 密级配沥青碎石混合料大马歇尔试验设计要求

项目	技术要求			试验方法
马歇尔试件击数	双面击各112次			JTG E20，T0702
空隙率	3%～6%			JTG E20，T0705
矿料间隙率	设计空隙率	ATB-25	ATB-30	JTG E20，T0705
	4%	12%	11.5%	
	5%	13%	12.5%	
	6%	14%	13.5%	
粗集料嵌挤度	不小于80%			附录C
饱和度	55%～70%			JTG E20，T0705
稳定度	不小于15kN			JTG E20，T0709
流值	40～80（0.1mm）			
浸水马歇尔残留稳定度	不小于75%			

6.3.2.2 密级配沥青碎石混合料配合比设计宜采用大马歇尔试件的体积设计方法进行，有条件的地方也可采用旋转压实成型按体积法设计。

6.3.2.3　密级配沥青碎石混合料的级配范围应符合表 6 的规定，大马歇尔试验技术要求应符合表 7 的规定。

6.3.2.4　密级配沥青碎石混合料应按照目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合验证三个阶段进行混合料配合比设计，配合比设计实例见附录 C。

6.3.3　施工

6.3.3.1　密级配沥青碎石混合料基层的试拌、试铺、运输、摊铺、碾压等各项工艺的要求参照第 9 章规定执行。

6.4　级配碎石底基层

6.4.1　一般规定

6.4.1.1　高速公路沥青路面底基层采用级配碎石时，压实厚度宜为 15cm～20cm。

6.4.1.2　级配碎石底基层应采用集中厂拌法施工，采用摊铺机摊铺。

6.4.2　材料要求

6.4.2.1　级配碎石应采用石质坚硬、清洁、不含风化颗粒的集料。应控制针片状颗粒含量。

6.4.2.2　级配碎石底基层用集料质量应符合表 8 的规定。

表8　级配碎石底基层用集料质量技术要求

集料类型	检验项目	技术要求	试验方法
粗集料	石料压碎值	≤28%	JTG E42，T0316
	针片状颗粒含量	≤15%	JTG E42，T0312
	水洗法<0.075mm 颗粒含量	≤1%	JTG E42，T0310
	软石含量	≤5%	JTG E42，T0320
细集料	细集料水洗法<0.075mm 颗粒含量	≤15%	JTG E42，T0333
	液限	＜28%	JTG 3430，T0118
	塑性指数	＜6	JTG 3430，T0118

6.4.3　配合比设计

6.4.3.1　一般要求

级配碎石级配应符合表9规定，底基层级配碎石CBR值应大于80％。

表9　级配碎石级配组成范围

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
连续型，通过率/%	100	90～100	75～95	66～88	59～82	46～71	30～55	18～40	13～32	9～25	6～20	3～13	0～7
骨架密实型，通过率/%	100	85～95	66～80	44～56	37～48	31～41	28～38	18～28	12～20	8～14	5～11	3～9	0～6

6.4.3.2　级配碎石组成设计步骤

6.4.3.2.1　按实际使用的集料，分别进行筛分，按颗粒组成进行计算，在表 9 规定的范围内按 4.75mm 筛孔的通过率调配出粗、中、细三种级配。

6.4.3.2.2　对每种级配选取 5 个含水量进行重型击实试验，确定级配碎石的最佳含水量及最大干密度。
6.4.3.2.3　在最佳含水量下成型试件，进行级配碎石浸水 4d 的 CBR 试验。在满足 CBR 值要求的级配中，选取 CBR 值最大者作为设计级配。

6.4.4　首件工程

级配碎石底基层首件工程质量检查结果应符合表12的规定，其检查频率应是标准中规定频率的2倍～3倍。

6.4.5　施工

6.4.5.1　一般要求

6.4.5.1.1　清除作业面表面的浮土、积水等。
6.4.5.1.2　开始摊铺的前一天进行测量放样，按摊铺机宽度与传感器间距，做出标记，设置导向控制线支架。根据松铺厚度，确定导向控制线高度，挂好导向控制线。控制线钢丝的拉力应不小于 800N。

6.4.5.2　拌和

6.4.5.2.1　正式施工前，材料储量应至少满足 5d～7d 连续施工的需要。
6.4.5.2.2　每天开始拌和前，应检查场内各处集料的含水量，计算当天的外加水量。外加水与天然含水量的总和要比最佳含水量略高。根据天气情况，拌和含水量应适当调整。潮湿天气宜提高 0.5%～1%，气温高、干燥天气宜提高 1%～2%，不应超过最佳含水量的 2%。
6.4.5.2.3　每天开始拌和时，要取样检查出料是否符合设计的配合比，正式生产期间，每 1h～2h 检查一次拌和情况，检测其配比、含水量。高温作业时，早晚与中午的含水量要有区别，根据温度变化调整。
6.4.5.2.4　拌和机出料应配备带活门漏斗的料仓，成品混合料先装入料仓内，由漏斗出料装车运输，装车时车辆应至少分“前、后、中”三次装料。

6.4.5.3　运输

6.4.5.3.1　运输车辆在每日开工前，应检查运输车完好情况，装料前应将车厢清洗干净，运输车辆数量应满足拌和、运输与摊铺需求。
6.4.5.3.2　运输车上的混合料应覆盖。

6.4.5.4　摊铺

6.4.5.4.1　摊铺底基层前应将路基洒水湿润。
6.4.5.4.2　每日摊铺前应检查摊铺机运转情况。
6.4.5.4.3　摊铺机应连续摊铺不应停机待料，摊铺机的摊铺速度宜在 1m/min 左右。
6.4.5.4.4　混合料摊铺宜采用两台摊铺机梯队作业，速度、摊铺厚度、松铺系数、路拱坡度、摊铺平整度、振动频率等应一致，两机摊铺接缝应平整。
6.4.5.4.5　摊铺机的螺旋布料器料位应大于 2/3。
6.4.5.4.6　在摊铺机后面应设专人消除离析现象，铲除局部粗集料集中部位，并用新拌混合料填补。

6.4.5.5　碾压

6.4.5.5.1　每台摊铺机后面，应紧跟压路机进行碾压，碾压长度宜为 50m～80m，在显著位置设置分界

标志。

6.4.5.5.2　应遵循试铺路段确定的程序与工艺。稳压应充分，振压不起浪、不推移。碾压完成后用灌砂法检测压实度，压实度控制所用的标准密度应采用振动击实最大干密度。

6.4.5.5.3　压路机碾压时应重叠 1/3 轮宽。

6.4.5.5.4　压路机倒车应自然停车，换挡应轻且平顺，不应拉动下承层。在第一遍初步稳压时，倒车后应原路返回，换挡位置应在已压好的段落上，在未碾压的一头换挡倒车位置错开，宜成齿状，出现个别拥包时，应铲平处理。

6.4.5.5.5　压路机碾压时的行驶速度，前 2 遍为 1.5km/h～1.7km/h，以后各遍应为 1.8km/h～2.2km/h。

6.4.5.5.6　压路机停车应错开，相隔间距不小于 3m，应停在已碾压好的路段上。

6.4.5.5.7　压路机不应在已完成的或正在碾压的路段上调头和急刹车。

6.4.5.5.8　应有 100mm 的超宽，确保底基层边缘压实度符合要求；用型钢模板或方木支撑时，也应有一定超宽。

6.4.5.5.9　应避免碾压时出现推移和弹簧现象。

6.4.5.5.10　两侧边缘处应多压 2～3 遍。

6.4.5.5.11　现场发现含水量不足时，可适当洒水。

6.4.5.6　接缝处理

应采取措施，保证接缝处平整密实。

6.4.5.7　养生

碾压完毕后，禁止车辆通行。如果过冬，应采取措施，防止发生冻坏。

6.5　质量管理和检查验收

6.5.1　抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层

6.5.1.1　质量管理

6.5.1.1.1　水泥、集料质量检测项目及频率应符合表 10 的规定。

表10　水泥、集料的质量标准

项次	材料类型	检查项目	检查频率	试验方法
1	水泥	细度	每300t检测1次	GB/T 1346 GB/T 17671
2		安定性		
3		初凝时间		
4		终凝时间		
5	粗集料	压碎值	每2000t为一批，不足2000t按一批计	JTG E42，T0316
6		针片状颗粒含量		JTG E42，T0312
7		软石含量		JTG E42，T0320
8		小于0.075mm颗粒含量		JTG E42，T0310
9	细集料	液限	每1500t为一批，不足1500t按一批计	JTG 3430，T0118
10		塑性指数		JTG 3430，T0118
11		硫酸盐含量		JTG E42，T0341

表10 （续）

项次	材料类型	检查项目	检查频率	试验方法
12	细集料	有机质含量	每1500t为一批，不足1500t按一批计	JTG E42，T0336
13		小于1.18mm 颗粒含量（2.36mm～4.75mm规格）		JTG E42，T0333
14		小于0.075mm 颗粒含量（0～2.36mm规格）		JTG E42，T0333
15		颗粒分析		JTG E42，T0327

6.5.1.1.2 混合料级配检验在拌和机运输皮带上取样，抗压强度检验在料车上取样。

6.5.1.1.3 水泥剂量的测定用料应在拌和机拌和后取样，宜在 10 分钟之内送到工地试验室进行滴定试验。

6.5.1.1.4 水泥用量除用滴定法检测水泥剂量要求外，还应进行总量控制检测。记录每天的实际水泥用量、集料用量和实际工程量，计算分析实际配合比和生产配合比的一致性。

6.5.1.1.5 碾压结束后进行压实度检查，对于小于规定值的测点应立即进行复压，直到测点全部符合要求为止。

6.5.1.1.6 施工过程中压实度检测所采用的最大干密度应每天做一次试验，与生产配合比确定的最大干密度差值进行验证。当差值不大于 0.02g/cm^{3}时，仍采用生产配合比确定的最大干密度；当差值大于 0.02g/cm^{3}时，应分析原因，论证后取值。

6.5.1.1.7 施工过程中对水泥、钻取芯样进行留样。

6.5.1.1.8 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石 7 天龄期应能取出完整的芯样（试件不松散、不断裂；取芯时上下两层应联结）。特殊材料和特殊季节施工，应按试铺总结确定时间进行取芯。

6.5.1.1.9 对于双向四车道，检查频率应符合表 11 的规定。对于双向六车道、双向八车道，平整度、纵横高程、厚度的检查频率，按照车道数比例增加。

6.5.1.1.10 计算压实度的最大干密度值宜采用振动压实法获得，条件不具备时，采用重型击实法得到的最大干密度可按目标配合比确定的系数进行转换。

6.5.1.1.11 基层、底基层的质量标准应符合表 11 的规定。

表11 抗裂嵌挤型水泥稳定碎石基层、底基层质量控制标准

项次	检查项目		规定值或容许误差		检查频率	检查方法	备注
			基层	底基层			
1	级配		规定级配范围		1次/2000m^2	JTG E42，T0302	拌和后取样
2	水泥剂量		±0.5%		6个以上样品/2000m^2	JTG E51，T0809	拌和后取样
3	含水量		最佳含水量的0～+1%		1次/2000m^2	JTG E51，T0801	拌和后取样或现场取样
4	强度		符合设计要求（MPa）		1组试件（2000m^{2}或每工作班）	JTG E51，T0805	7天无侧限抗压强度
5	压实度	代表值	≥98%	≥96%	2处/200m/车道	JTG 3450，T0921	采用振动击实标准（或重型击实密度×转换系数）
		极值	≥94%	≥92%			
6	平整度		≤8mm	≤12mm	2处/200m×5尺	JTG 3450，T0931	平整、无起伏
7	纵横高程		+5mm，-10mm	+5mm，-15mm	2个断面/200m	JTG 3450，T0911	平整顺适
8	厚度	代表值	-8mm	-10mm	2点/200m	JTG 3450，T0912	均匀一致
		合格值	-10mm	-25mm			

表11 （续）

项次	检查项目	规定值或容许误差		检查频率	检查方法	备注
		基层	底基层			
9	宽度	符合设计要求（mm）		4点/200m	JTG 3450，T0911	边缘线整齐，顺适，无曲折
10	横坡	±0.3%		2个断面/200m	JTG 3450，T0911	—
11	外观质量	① 表面平整密实，无浮石，弹簧现象； ② 无明显压路机轮迹； ③ 表面连续离析不应超过10m，累计离析不应超过50m。				

6.5.1.2 检查验收

6.5.1.2.1 交工检查验收判定基层、底基层质量是否合格时，以 1km 长的路段（双幅）为评定单位。检查施工原始记录，对检查内容进行初步判定。

6.5.1.2.2 进行随机抽样检查。检查项目、频率和质量标准应符合 JTG F80/1 的规定。

6.5.2 密级配沥青碎石混合料基层

密级配沥青碎石混合料的质量管理方法及检查验收评定标准，可参照 9.9 及 JTG F80/1 有关质量管理和检测验收的规定。

6.5.3 级配碎石底基层

6.5.3.1 质量管理

质量管理包括所用材料和混合料的试验、铺筑试铺段、工序检查、施工过程中的质量管理和检查。级配碎石底基层施工过程中质量标准和检查频率应符合表12的规定。

表12 级配碎石底基层施工过程中质量检查标准

检查项目	质量要求		检查规定	
	要求值或容许误差	质量要求	频率[a]	检查方法
压实度[b]	不小于98%	—	4处/200m/层	JTG 3450，T0921
平整度	不大于12mm	平整顺滑	1处/100m	JTG 3450，T0931
纵横高程	+5mm，-15mm	—	1断面/20m	JTG 3450，T0911
厚度	代表值-10mm 合格值-25mm	均匀一致	1处/100m/车道	JTG 3450，T0912
宽度	不小于设计值	边缘顺直	1处/40m	JTG 3450，T0911
离析情况	基本无离析	基本无离析	随时	目测
横坡	±0.3%	—	3断面/100m	JTG 3450，T0911
CBR	不小于80%	—	1组/3000m^2	JTG 3430，T0134
含水量	+2%，-1%	最佳含水量	1组/2000m^2	JTG E51，T0801
级配	在规定范围内		1组/2000m^2	JTG E42，T0302
弯沉	实测	贝克曼梁法	1处/20m	JTG 3450，T0951
外观要求	表面平整密实，无坑洼松散、弹簧现象。无压路机碾压轮迹			

表12 （续）

检查项目	质量要求		检查规定	
	要求值或容许误差	质量要求	频率[a]	检查方法
[a] 检测频率除注明者外，系指双车道单幅； [b] 压实度检查应在碾压结束后立即进行。				

6.5.3.2 检查验收

6.5.3.2.1 判定路面结构层质量是否合格时，以 1km 长的路段（双幅）为评定单位。检查施工原始记录，对施工质量做初步判定。

6.5.3.2.2 验收采取随机抽样检查。抽样检查项目、频率和质量标准应符合 JTG F80/1 的规定。

7 下封层、粘层

7.1 下封层

7.1.1 一般规定

7.1.1.1 高速公路沥青路面应铺设下封层。下封层一般可采用 SBS 改性乳化沥青单层表处结构，按层铺法施工，也可采用热喷 SBS 改性沥青或橡胶沥青表处等结构。SBS 改性沥青技术要求应符合表 19 的规定，橡胶沥青技术要求应符合 JT/T 798 的规定。

7.1.1.2 沥青下封层宜在高温季节施工，不宜裸露过冬。

7.1.2 材料要求

7.1.2.1 沥青

沥青表处下封层用SBS改性乳化沥青应符合表13的规定。

表13 SBS 改性乳化沥青技术要求

检验项目		技术要求	试验方法
破乳速度		慢裂（下封层） 快裂（粘层）	JTG E20，T0658
粒子电荷		阳离子	JTG E20，T0653
道路沥青标准粘度计（$C_{25,3}$）		10s～25s	JTG E20，T0621
恩格拉粘度（E_{25}）		1～10	JTG E20，T0622
筛上剩余量（1.18mm筛）		≤0.1%	JTG E20，T0652
与矿料的粘附性，裹覆面积		≥2/3	JTG E20，T0654
蒸发残留物性质	残留物含量	≥53%（下封层） ＞50%（粘层）	JTG E20，T0651
	针入度（25℃，100g，5s）	80～130（0.1mm）	JTG E20，T0604
	延度（5cm/min，5℃）	≥30cm	JTG E20，T0605
	软化点（环球法）	≥50℃	JTG E20，T0606
	弹性恢复（25℃，1h）	≥60%（粘层）	JTG E20，T0662

表13 （续）

检验项目		技术要求	试验方法
蒸发残留物性质	动力粘度（60℃）	≥500Pa·s	JTG E20，T0625
贮存稳定性	1天	≤1%	JTG E20，T0655
	5天	≤5%	JTG E20，T0655

7.1.2.2 集料

集料应采用石灰岩碎石，规格为S14（3mm～5mm）。水洗法筛分级配范围应符合表14的规定。

表14 集料级配范围

筛孔尺寸/mm	9.5	4.75	2.36	0.6
S14，通过率/%	100	90～100	0～15	0～3

7.1.3 施工

7.1.3.1 基层表面的清扫与冲洗

半刚性基层正常养生7d后可施工下封层。基层表面应全面清扫，使表面集料颗粒部分外露，孔隙中没有泥浆等杂物。

7.1.3.2 喷洒乳化沥青及撒布集料

下封层施工应在基层表面干燥后进行。宜采用同步碎石封层车喷洒乳化沥青、撒布集料，乳化沥青数量按纯沥青0.9kg/m^2～1.1kg/m^2计，集料数量按5m^3/1000m^2～6m^3/1000m^2计。

7.1.3.3 碾压

集料撒布后采用轮胎压路机均匀碾压3遍，每次碾压重叠1/3轮宽，碾压要求两侧到边。碾压顺序由路肩侧到中分带侧依次碾压。

7.1.3.4 养生

碾压完毕后封闭交通，自然养生7d后方可允许工程车通行和进行上层施工。

7.2 粘层

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 高速公路各沥青面层之间应喷洒粘层材料。
7.2.1.2 气温低于 10℃或路面潮湿时不应施工粘层。
7.2.1.3 粘层应在面层施工前 2d～3d 喷洒。粘层喷洒后，摊铺沥青面层前，不应让运料车以外的其它车辆和行人通行。

7.2.2 材料要求

粘层采用SBS改性乳化沥青，应符合表13的规定；粘层采用不粘轮乳化沥青，应符合表15的规定。

表15　不粘轮乳化沥青技术要求

检验项目		技术要求	试验方法
破乳速度		快裂/中裂	JTG E20，T0658
粒子电荷		阳离子	JTG E20，T0653
恩格拉粘度（E_{25}）		1～30	JTG E20，T0622
筛上剩余量（1.18mm筛）		≤0.2%	JTG E20，T0652
蒸发残留物性质	残留物含量	≥50%	JTG E20，T0651
	针入度（25℃，100g，5s）	≤40（0.1mm）	JTG E20，T0604
	软化点（环球法）	≥65℃	JTG E20，T0606
	动力黏度（60℃）	≥5000Pa s	JTG E20，T0625
	溶解度（三氯乙烯）	≥97.5%	JTG E20，T0607
拉拔强度	25℃	≥1.2MPa	DB32/T 2285 A.12
	40℃	≥0.7MPa	
贮存稳定性	1天	≤1%	JTG E20，T0655
	5天	≤5%	JTG E20，T0655
不粘轮试验	60℃	不粘轮	附录D

7.2.3　施工

7.2.3.1　喷洒粘层材料之前需对下层沥青层表面进行清扫或清洗。

7.2.3.2　沥青层清扫、清洗风干后，用智能型沥青洒布车喷洒粘层材料。采用 SBS 改性乳化沥青时，喷洒数量折算成纯沥青为 0.2kg/m^2～0.3kg/m^2；采用不粘轮乳化沥青时，喷洒数量折算成纯沥青为 0.15kg/m^2～0.3kg/m^2。

7.2.3.3　喷洒的粘层材料应成雾状，在路面全宽度内均匀分布成薄层，不应漏洒，不应堆积。喷洒不足处要补洒，喷洒过量处应予刮除。

7.3　质量管理和检查验收

下封层质量管理和检查验收应符合表 16 的规定。

表16　下封层质量检查项目及质量标准

检查项目	检查频率	质量要求或容许误差	试验方法
沥青量	每半天1次	在规定范围内	称定面积收取的沥青量
集料量	每半天1次	在规定范围内	用集料总量与撒布面积算得
渗水试验	1处/1000m^2	渗水量<5mL/min	JTG 3450，T0971
刹车试验	1 处/2000m^2（仅试铺段做刹车试验）	沥青层不破裂	7 天后用轴载6t的汽车以50km/h车速急刹
外观检查	随时全面检查	外观均匀一致，用硬物刮开下封层观察，与基层表面牢固粘结，不起皮，无油包和基层外露等现象。	

8　水泥混凝土桥面防水粘结层

8.1　一般规定

8.1.1 桥面防水粘结层应具备防水和加强层间粘结的功能，同时能抵抗施工机械的作用和环境的影响。桥头搭板粘结层应与桥面防水粘结层同时施工，技术要求与桥面防水粘结层相同。
8.1.2 桥面防水粘结层施工前，水泥混凝土表面应采取措施清除浮浆，去除突出部位。
8.1.3 铺设防水粘结层前应确保混凝土干燥、洁净。
8.1.4 气温低于10℃、雨天或五级风以上天气均不应施工桥面防水粘结层。

8.2 材料要求

8.2.1 防水粘结材料

8.2.1.1 防水粘结材料宜采用热喷SBS改性沥青、水性环氧沥青等。
8.2.1.2 桥面防水粘结层用热喷 SBS 改性沥青应符合表 19 的规定，水性环氧沥青的技术要求应符合DB32／T 2285的规定。

8.2.2 集料

桥面防水粘结层采用热喷SBS改性沥青时，需撒布规格为4.75mm～9.5mm或9.5mm～13.2mm的预裹附碎石。

8.3 施工准备

桥面防水粘结层施工前应作好桥面水泥混凝土铺装层的检查，包括以下几个方面：
——表面平整，凹凸高差宜不大于5mm；
——桥面水泥混凝土铺装层混凝土强度应达到设计强度；
——桥面水泥混凝土铺装层表面应牢固、结实、无浮浆，无钢筋、骨料等尖锐突出物；
——桥面水泥混凝土铺装层应表面干燥。

8.4 施工

8.4.1 桥面水泥混凝土铺装层的检查与处理

8.4.1.1 宜采用抛丸、精铣刨等方式处理桥面水泥混凝土铺装层，抛丸处置后构造深度应不小于0.45mm。
8.4.1.2 在抛丸、铣刨之前检测横向平整度，每10m一个断面，采用三米直尺横向连续测量，每尺最大间隙允许值小于5mm，且最大值不应出现在顺桥向同一直线上。
8.4.1.3 目测横向平整度较差的位置，应加密检测。

8.4.2 洒布胶结料

8.4.2.1 防水粘结层材料洒布前在现场应先通过人工刷涂一定面积试验块，检测在当时当地的气温、湿度、地面温度、日照、横坡、纵坡、混凝土桥面的缝隙率、吸水性等现场条件下，确定桥面防水粘结层材料的用量、洒布方法和干燥时间，如桥面坡度较大，为防止流淌，应分层洒布，试验块确定的洒布量为智能洒布车喷洒提供依据。
8.4.2.2 热喷SBS改性沥青的用量宜为1.0kg/m^2±0.1kg/m^2，沥青洒布温度应≥170℃。
8.4.2.3 水性环氧沥青防水粘结层材料用量宜为0.7kg/m^2～0.9kg/m^2。

8.4.3 撒布集料

对于热喷SBS改性沥青桥面防水粘结层，宜采用同步碎石封层车撒布预裹附碎石，撒布量宜为6 kg/m^2～7kg/m^2，以80%面积覆盖为度。

8.4.4 碾压

集料撒布后即用轮胎压路机均匀碾压3遍，每次碾压重叠1/3轮宽，碾压要求两侧到边，确保有效压实宽度。碾压顺序由路肩侧到中分带侧依次碾压。

8.4.5 养生

8.4.5.1 桥面防水粘结层施工完毕后养生时间应大于 24h，防水粘结层实干后，方可进行沥青铺装层的施工，铺筑桥面铺装层前应封闭交通。

8.4.5.2 防水粘结层采用水性环氧沥青时，沥青混合料摊铺温度应不低于 170℃。

8.5 质量管理和检查验收

8.5.1 防水粘结层施工完成后，应采取保护措施，不应再凿眼、打洞，施工完毕应及时清理现场。

8.5.2 施工单位在施工过程中应自检，随时进行外观检查，发现喷涂不达标，应立即查找原因，采取改进措施后再恢复施工，对喷涂不达标的部分应及时修补。

8.5.3 桥面防水粘结层的检查标准、试验方法及检查频率应符合表 17 的规定。

表17 水泥混凝土桥面防水粘结层的检验标准

检查项目	试验条件	技术标准	检查频率
撒（洒）布量	现场采用托盘收集沥青和集料后称量	满足设计要求	2000m^2/组（每组3个点，取平均值），每座桥至少1组
行车检验	运料车停车、起步及摊铺机行走	无粘轮破坏	试验段检验
外观	目测	均匀、无起泡，集料无堆积现象	全桥
水性环氧沥青强度检测	DB32/T 2285 A.12	常温（25℃）≥1.2MPa 高温（≥40℃）≥0.7MPa	100m^2/组（每组3个点，取平均值），每座桥至少2组

9 面层

9.1 一般规定

9.1.1 路面面层不应在低于 10℃气温、雨天、路面潮湿情况下施工，大风天气下施工宜设置风挡以降低温度损失速率。

9.1.2 上面层宜采用沥青玛蹄脂碎石混合料（SMA-S）或其他抗滑表层；其他层位根据功能需要选择相应沥青混合料，如 Superpave、HMM、RAC 等。

9.1.3 采用密级配沥青混合料（AC-S）时可参考附录 E 和 JTG F40 中相关规定。

9.1.4 混合料公称最大粒径应与层厚相适应，各层的压实厚度宜不小于集料公称最大粒径的 3 倍。

9.1.5 各层沥青混合料应满足所在层位的性能需求，且便于施工，不易离析。各层施工间隔时间应尽量缩短，宜连续施工并联结成为整体。

9.1.6 沥青面层施工全过程应采用信息化施工管控技术进行质量控制。

9.2 材料要求

9.2.1 沥青

9.2.1.1 高速公路面层采用的 70 号道路石油沥青，应符合表 18 的规定。

表18 70 号道路石油沥青技术要求

项次	类别	检验项目		技术要求	试验方法
1	控制类	针入度（25℃，100g，5s）		60～80（0.1mm）	JTG E20，T0604
2		延度（5cm/min，10℃）		≥20cm	JTG E20，T0605
3		软化点（环球法）		≥46℃	JTG E20，T0606
4		RTFOT试验后	质量损失	≤0.6%	JTG E20，T0610
5			针入度比（25℃）	≥65%	JTG E20，T0604
6			延度（5cm/min，10℃）	≥6cm	JTG E20，T0605
7		60℃旋转粘度		≥180Pa·s	附录F
8		溶解度（三氯乙烯）		≥99.5%	JTG E20，T0607
9		闪点（COC）		≥260℃	JTG E20，T0611
10		蜡含量（蒸馏法）		≤2%	JTG E20，T0615
11		PG分级		PG64-22	JTG E20，T0627 、T0628、T0630
12	实测类	密度（15℃）		≥1.01g/cm^3	JTG E20，T0603
13		针入度指数PI（5℃、15℃、25℃）[a]		-1.3～+1.0	JTG E20，T0604
14		RTFOT前后60℃旋转粘度的变化（后/前）[b]		实测	附录F
15		红外光谱相似度		≥98%	DB32/T 4340-2022

[a] 针入度指数 PI 为实测类指数，当其超过（-1.3～+1.0）的范围时，应进行复检。复检仍超过此范围，则应对混合料性能进行检验；

[b] RTFOT 前后 60℃旋转粘度的变化（后/前），记录 RTFOT 前后 60℃旋转粘度及两者比例。

9.2.1.2 高速公路面层采用的 SBS 改性沥青，应符合表 19 的规定。

表19 SBS 改性沥青技术要求

项次	类别	检验项目		技术要求	试验方法
1	控制类	针入度（25℃，100g，5s）[a]		40～70（0.1mm）	JTG E20，T0604
2		延度（5cm/min，5℃）[a]		≥25cm	JTG E20，T0605
3		软化点（环球法）[a]		≥70℃	JTG E20，T0606
4		60℃旋转粘度[b]		≥20000Pa·s	附录F
5		135℃运动粘度[a]		≤3Pa·s	JTG E20，T0625
6		弹性恢复[a]		≥80%	JTG E20，T0662
7		离析，软化点差		≤2.5℃	JTG E20，T0661
8		RTFOT试验后	质量损失	±0.5%	JTG E20，T0610
9			针入度比（25℃）	≥65%	JTG E20，T0604
10			延度（5cm/min，5℃）	≥15cm	JTG E20，T0605

表19 （续）

项次	类别	检验项目		技术要求	试验方法
11	控制类	溶解度（三氯乙烯）		≥99%	JTG E20，T0607
12		闪点（COC）		≥245℃	JTG E20，T0611
13		PG分级		PG76-22	JTG E20，T0627 、T0628、T0630
14	实测类	密度（15℃）		实测（g/cm³）	JTG E20，T0603
15		针入度指数PI（15℃、25℃、30℃）[c]		-0.2～+1.0	JTG E20，T0604
16		RTFOT试验[a]	软化点差（后-前）	-10℃～5℃	JTG E20，T0606
17			弹性恢复差	≥-10%	JTG E20，T0662
18			多应力蠕变恢复（MSCR）	$J_{nr3.2}$≤0.5	附录G
19		粘韧性（25℃）	粘韧性	实测（N·m）	JTG E20，T0624
20			最大荷载	实测（N）	
21		红外光谱	基质沥青变化情况，红外光谱相似度	≥98%	DB32/T 4340-2022
22			SBS掺量检测	≥设定掺量值-0.2%	

[a] 改性沥青质量应重点关注指标为:针入度25℃、延度5℃、软化点、运动粘度135℃、弹性恢复25℃、软化点差（后-前）、弹性恢复差、多应力蠕变恢复（MSCR）；

[b] 60℃旋转粘度检测记录具体数值；

[c] 针入度指数PI为实测类指标，当其超过规定范围时，应进行复检。复检仍超过此范围，则应对混合料性能进行检验。

9.2.2 粗集料

9.2.2.1 粗集料应采用石质坚硬、清洁、不含风化颗粒、近立方体颗粒的碎石，粒径大于2.36mm。下面层和中面层采用石灰岩等碱性石料，上面层采用玄武岩或辉绿岩等石料，在选择上面层石料时应进行光斑试验（见DB32/T 3821附录C）及高温抗剥落试验（见附录H）。应采用反击式破碎机轧制的碎石，控制针片状颗粒含量。粗集料技术要求应符合表20的规定。

表20 面层用粗集料技术要求

项次	检查项目	技术要求		检查方法
		中、下面层	上面层	
1	压碎值	≤24%	≤20%	JTG E42，T0316
2	高温压碎值	—	≤24%	附录I
3	表观相对密度	≥2.6	≥2.6	JTG E42，T0304
4	吸水率	≤2.0%	≤2.0%	
5	对沥青的粘附性	≥4 级	5 级（加抗剥落剂后）	JTG E42，T0616
6	针片状颗粒含量（游标卡尺法）[a]	≤15%	≤12%	JTG E42，T0312
7	水洗法＜0.075mm颗粒含量	≤1%	1#:≤0.6%，2#:≤0.8%，3#:≤1.0%	JTG E42，T0302
8	洛杉矶磨耗损失	≤28%	≤28%	JTG E42，T0317
9	坚固性	≤12%	≤12%	JTG E42，T0314
10	软弱颗粒含量	≤3%	≤3%	JTG E42，T0320

表20 （续）

项次	检查项目	技术要求		检查方法
		中、下面层	上面层	
11	上面层石料磨光值	—	≥42BPN	JTG E42，T0321
12	抗压强度	—	≥120MPa	JTG E41，T0221
[a] 粗集料应重点关注指标为针片状含量。				

9.2.2.2 粗集料的规格尺寸应符合表 21 的规定。

表21 粗集料供料品种控制筛孔尺寸

单位为毫米

集料品种	下面层	中面层	上面层
1#料	13.2～31.5	13.2～26.5	9.5～16.0
2#料	9.5～13.2	9.5～13.2	4.75～9.5
3#料	4.75～9.5	4.75～9.5	2.36～4.75
4#料	2.36～4.75	2.36～4.75	—

9.2.3 细集料

9.2.3.1 细集料采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有适当级配的人工轧制的机制砂，石质宜与粗集料相同，禁用采料场的下脚料。

9.2.3.2 细集料的尺寸规格应符合表 22 的规定，技术要求应符合表 23 的规定。

表22 面层用细集料规格

筛孔尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S16，通过率/%	100	80～100	50～80	25～60	8～45	0～25	0～15

表23 面层用细集料技术要求

项次	检查项目	技术要求		检查方法
		中、下面层	上面层	
1	表观相对密度	≥2.5	≥2.6	JTG E42，T0328
2	砂当量[a]	≥60%	≥60%	JTG E42，T0334
3	亚甲蓝值	≤25g/kg	≤25g/kg	JTG E42，T0349
4	水洗法<0.075mm颗粒含量[a]	≤15%（宜≤12.5%）	≤15%（宜≤12.5%）	JTG E42，T0327
5	坚固性（>0.3mm部分）	—	≤12%	JTG E42，T0340
6	棱角性（流动时间）	≥30s		JTG E42，T0345
[a] 细集料应重点关注指标为砂当量、0.075mm 颗粒含量。				

9.2.4 填料

宜采用石灰岩碱性石料磨细得到的矿粉。矿粉应干燥、清洁，技术要求应符合表24的规定。宜采用拌和楼现场加工方式制备矿粉。拌和机回收的粉料不应用于拌和沥青混合料。

表24　面层用矿粉的技术要求

项次	检查项目		技术要求	检查方法
1	表观相对密度		≥2.50	JTG E42，T0352
2	含水量		≤1%	JTG 3430，T0103
3	粒度范围	<0.6mm	100%	JTG E42，T0351
		<0.15mm	90%～100%	
		<0.075mm	85%～100%	
4	外观		无团粒结块	目测
5	亲水系数		<1	JTG E42，T0353
6	塑性指数		<4%	JTG E42，T0354
7	酸碱度（pH值）		7～10	pH试纸或pH剂测定

9.2.5　抗剥落剂

抗剥落剂宜采用非胺类化合物，不易挥发、无明显刺激性气味，有较强抗老化性能，与沥青配伍性能良好。抗剥落剂技术要求应符合表25的规定。

表25　抗剥落剂技术要求

项次	检查项目			技术要求	检查方法
1	密度			与沥青密度相当或接近（0.95～1.05g/cm^3）	JTG E20，T0603
2	pH值			>7	pH试纸或pH值仪
3	凝固点			以常温下液态为宜，凝固点以<0℃为佳，常温下为固态的抗剥落剂应加强路用性能评价，各项指标均满足要求后再使用	—
4	水分及挥发性物质含量			≤10%	JTG E20，T0612
5	气味			使用中无明显外散刺激性气味	—
6	外观			色泽均匀、液态抗剥落剂无分层、斑点等异常状况	自然光下，目测法
7	路用性能	沥青与玄武岩、辉绿岩集料粘附性		5级	JTG E20，T0663
8		浸水残留稳定度		>85%	
9		AASHTO T283试验		建设单位委托检验	—
10	添加抗剥落剂后改性沥青[a]	黏附性	老化前	≥4	JTG E20，T0616
			老化后	≥3	
			老化前后比较	≤1	
			添加抗剥落剂前后	≥1	
11		残留稳定度	普通沥青	≥80%	JTG E20，T0734
			改性沥青	≥85%	
12		冻融劈裂强度比	普通沥青	≥80%	JTG E20，T0729
			改性沥青	≥85%	
注：AASHTO T283试验:美国国家公路与运输协会压实沥青混合料水损坏检查方法。					
[a] 添加抗剥落剂后沥青和沥青混合料其他指标参照 JTG D50 中相应的技术要求。					

9.2.6 稳定剂

SMA-13S沥青混合料的稳定剂采用木质素絮状纤维，按沥青混合料总质量的0.3%～0.4%掺入混合料中。木质素絮状纤维的技术性质应符合JT/T 533的规定。

9.2.7 封水剂

封水剂技术要求应符合表 26 的规定。

表26 封水剂技术要求

检验项目	技术要求	试验方法
不挥发份含量	≥40%	JTG E20，T0651
恩格拉粘度（E_{25}）	8～50	JTG E20，T0622
手触干燥时间	≤2h	GB/T 16777
渗透深度	≥10mm	附录J

9.3 沥青混合料技术要求

9.3.1 SBS 改性沥青混合料 SMA-13S 配合比设计及检验，应符合表 27、表 28 的规定。

表27 SMA-13S 沥青混合料马歇尔试验设计技术要求

检验项目	技术要求	试验方法
马歇尔试件击实次数	双面各75次	JTG E20，T0702
空隙率	3.0%～4.5%	JTG E20，T0705
矿料间隙率	≥16.5%	JTG E20，T0705
粗集料骨架间隙率	≤VCA_{DRC}	JTG E20，T0705
沥青饱和度	75%～85%	JTG E20，T0705
稳定度	≥6.0kN	JTG E20，T0709
流值	20～50（0.1mm）	JTG E20，T0709

表28 SMA-13S 沥青混合料配合比检验技术要求

检验项目		技术要求	试验方法
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失		≤0.1%	JTG E20，T0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失（20℃）		≤15%	JTG E20，T0733
车辙试验	60℃动稳定度	≥3000次/mm	JTG E20，T0719
	70℃动稳定度	实测（次/mm）[a]	JTG E20，T0719
水稳定性	残留稳定度	≥85%	JTG E20，T0709
	冻融劈裂试验残留强度比	≥80%	JTG E20，T0729
		实测（%）[b]	JTG E20，T0729
小梁低温抗裂试验的弯曲破坏应变		≥2000με	JTG E20，T0715
渗水系数		≤20mL/min	JTG E20，T0730
构造深度		0.7mm～1.1mm	JTG E20，T0731

表28 （续）

检验项目	技术要求	试验方法
[a] 70℃动稳定度实测指标记录 5000 次加载深度； [b] 试验高温温度采用 70℃。		

9.3.2 SBS 改性沥青混合料 Superpave20 配合比设计阶段的设计体积指标、马歇尔试验检验结果及设计配合比检验结果应符合表 29 的规定。

表29 Superpave20 沥青混合料配合比设计及验证试验技术要求

检验项目			技术要求	试验方法
旋转压实试件	压实度		$N_{初始}$≤89% $N_{设计}$=96% $N_{最大}$≤98%	JTG E20，T0736
	矿料骨架间隙率		≥13%	JTG E20，T0705
	沥青饱和度		60%～70%	JTG E20，T0705
	粉胶比DP[a]		0.6～1.2	JTG E20，T0705
马歇尔试件	击实次数		双面各75次	JTG E20，T0702
	稳定度		≥8kN	JTG E20，T0709
	流值		20～50（0.1mm）	
	空隙率		4.0%～6.0%	JTG E20，T0705
	沥青饱和度		60%～70%	JTG E20，T0705
	矿料骨架间隙率		≥13%	JTG E20，T0705
配合比检验	水稳定性	残留稳定度	≥85%	JTG E20，T0709
		AASHTO T283	≥80%	—
		冻融劈裂试验残留强度比	≥80%	JTG E20，T0729
			实测（%）[b]	JTG E20，T0729
	车辙试验	60℃动稳定度	≥3000次/mm	JTG E20，T0719
		70℃动稳定度	实测（次/mm）[c]	JTG E20，T0719
	小梁低温抗裂试验的弯曲破坏应变		≥2000 με	JTG E20，T0715
[a] 当采用粗级配时，粉胶比取值 0.8～1.6； [b] 试验高温温度采用 70℃； [c] 70℃动稳定度试验记录 5000 次加载车辙深度。				

9.3.3 70 号道路石油沥青混合料 Superpave25 配合比设计阶段的设计体积指标、马歇尔试验检验结果及设计配合比检验结果应符合表 30 的规定。

表30 Superpave25 沥青混合料配合比设计及验证试验技术要求

检验项目		技术要求	试验方法
旋转压实试件	压实度	$N_{初始}$≤89% $N_{设计}$=96% $N_{最大}$≤98%	JTG E20，T0736
	矿料骨架间隙率	≥12%	JTG E20，T0705

表30 （续）

检验项目			技术要求	试验方法
旋转压实试件	沥青饱和度		65%～75%	JTG E20，T0705
	粉胶比DP[a]		0.6～1.2	JTG E20，T0705
马歇尔试件	击实次数		双面各75次	JTG E20，T0702
	稳定度		≥8kN	JTG E20，T0709
	流值		20～40（0.1mm）	
	空隙率		4.0%～6.0%	JTG E20，T0705
	沥青饱和度		60%～70%	JTG E20，T0705
	矿料骨架间隙率		≥12%	JTG E20，T0705
配合比检验	水稳定性	残留稳定度	≥85%	JTG E20，T0709
		AASHTO T283	≥80%	—
	车辙试验	60℃动稳定度	≥1000次/mm	JTG E20，T0719
[a] 当采用粗级配时，粉胶比取值 0.8～1.6。				

9.4 沥青混合料配合比设计

9.4.1 一般规定

9.4.1.1 设计方法。SMA-13S 沥青混合料配合比设计由马歇尔试验设计和沥青混合料性能检验两部分组成。Superpave 沥青混合料设计由旋转压实仪试验设计和混合料性能检验两部分组成。

9.4.1.2 设计内容。沥青混合料配合比设计包括原材料的试验选用、级配组成计算、沥青最佳用量的确定以及混合料性能验证等四项。

9.4.1.3 设计阶段。沥青混合料配合比设计分目标配合比设计、生产配合比设计和生产配合比验证三个阶段。

9.4.1.4 同一拌和厂使用两台以上拌和机，如果使用相同品种的集料，可使用同一目标配合比，但每台拌和机应独立进行生产配合比设计。

9.4.1.5 如果集料产地、品种等发生变化，应重新进行目标配合比及生产配合比设计。

表31 SMA-13S 沥青混合料级配范围

筛孔尺寸/mm	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SMA-13S，通过率/%	100	90～100	50～75	22～32	16～27	14～24	12～20	10～16	9～13	8～12

表32 Superpave 沥青混合料级配控制点和限制区界限

筛孔尺寸/mm	Superpave25				Superpave20			
	控制点/%		限制区/%		控制点/%		限制区%	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
25	90	100						
19.0		90			90	100		
13.2						90		
9.5								

表32 （续）

筛孔尺寸/mm	Superpave25				Superpave20			
	控制点/%		限制区/%		控制点/%		限制区%	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
4.75			39.5	39.5				
2.36	19	45	26.8	30.8	23	49	34.6	34.6
1.18			18.1	24.1			22.3	28.3
0.6			13.6	17.6			16.7	20.7
0.3			11.4	11.4			13.7	13.7
0.15								
0.075	1	7			2	8		

9.4.2 级配要求

SMA-13S 沥青混合料级配应符合表 31 的规定。Superpave 沥青混合料级配应符合表 32 的规定。

9.4.3 原材料技术要求

按 9.2 的规定对各种原材料进行试验检测，选定技术性能符合规定的原材料。

9.4.4 配合比设计

9.4.4.1 目标配合比设计

9.4.4.1.1 SMA-13S 沥青混合料目标配合比设计。目标配合比设计步骤参照 JTG F40 中 SMA 沥青混合料配合比设计相关规定,设计实例见附录 K。

9.4.4.1.2 Superpave 沥青混合料目标配合比设计，应符合下列规定：

a) 目标配合比设计首先应根据 Superpave20 沥青混合料、Superpave25 沥青混合料级配要求，初选粗中细三个级配，计算各级配的沥青用量，用旋转压实仪成型试件，计算各级配的沥青用量。初选的三个级配中至少有 2 个级配其沥青混合料的体积性质指标应满足表 29、表 30 的规定。根据经验从上述 2 个级配中选择一个作为目标级配，按计算沥青用量，计算沥青用量的±0.5%、+1%分别成型四组试件确定最佳沥青用量；
b) 用 Superpave 方法设计的沥青混合料应采用马歇尔试验方法检验，其最佳沥青用量的马歇尔体积指标应满足表 29、表 30 的规定；
c) 按目标配合比制备沥青混合料试件，进行性能验证，结果应符合表 29、表 30 的规定，设计实例见附录 L；
d) SBS 改性沥青混合料理论最大相对密度采用计算法获得；
e) 道路石油沥青混合料理论最大相对密度采用真空法实测获得。

9.4.4.2 生产配合比设计

9.4.4.2.1 确定各热料仓集料和矿粉的用量

应从二次筛分后进入各热料仓的集料取样进行筛分，通过计算，使合成矿质混合料的级配与目标配合比相吻合，并符合9.4.2的规定，以确定各热料仓集料和矿粉的用料比例，供拌和机控制室使用。同时调整冷料仓进料比例，以达到供料均衡。

9.4.4.2.2 确定最佳沥青用量

根据计算的矿质混合料配比，SMA-13S沥青混合料、Superpave-20沥青混合料、Superpave-25沥青混合料取目标配合比设计的最佳沥青用量OAC、OAC±0.3%3个沥青用量，用试验室的小型拌和机拌和沥青混合料进行试验，按目标配合比设计方法选定最佳沥青用量。生产配合比确定的最佳沥青用量与目标配合比确定的最佳沥青用量之差应不超过0.2个百分点，如超出此规定，应分析原因，重新进行生产配合比设计，并进行混合料性能检验。

9.4.4.2.3 沥青混合料性能验证

按生产配合比制备沥青混合料试件，SMA-13S沥青混合料进行沥青析漏试验和残留稳定度检验，结果应符合表28的规定；Superpave沥青混合料进行残留稳定度检验，结果应符合表29、表30的规定。

9.4.4.3 生产配合比验证

9.4.4.3.1 采用生产配合比进行试拌，设置拌和机各项参数，如矿料加热温度、沥青加热温度、冷料仓进料比例及进料速度。

9.4.4.3.2 试拌的沥青混合料应进行马歇尔试验，以及沥青含量、筛分试验，混合料级配与生产配合比的差值应符合表 36 规定。

9.4.4.3.3 试拌 Superpave 沥青混合料的 0.075mm、2.36mm、4.75mm 及公称最大粒径筛孔的通过率应接近生产配合比级配值，并避免在 0.3mm～0.6mm 处出现驼峰。

9.4.4.3.4 通过试拌决定：

a) 拌和机的操作方式：上料速度、拌和数量、拌和时间和拌和温度；
b) 验证配合比设计，确定矿料配合比和油石比；
c) 絮状木质纤维添加方式和计量检验。

9.4.4.3.5 试拌的沥青混合料各项技术指标经检验合格，进行试验段施工。

9.5 下承层的检查与处理

9.5.1 沥青下封层的检查与清扫

9.5.1.1 检查下封层的完整性及与基层表面的粘结性。对局部基层外露和下封层两侧宽度不足部分应按下封层施工要求进行补铺；对已成型的下封层，用硬物刺破后应与基层表面相粘结，以不被整层撕开为合格。

9.5.1.2 下封层表面应洁净干燥，浮动集料及杂物应清扫至路面以外。

9.5.1.3 路面基层沉降检查。基层顶面沉降速率连续两个月内宜小于 3mm/月，可铺筑下面层。

9.5.2 下面层和中面层的检查与处理

9.5.2.1 级配离析的检查与处理。对下面层和中面层严重级配离析的路段应确定处理范围，铣刨后用同类型沥青混合料修补。

9.5.2.2 渗水的检查与处理。对下面层和中面层渗水系数超过标准的路段应确定处理范围，应喷洒封水剂。面层渗水情况除用渗水仪检查外，也可在雨后目测确定。

9.5.3 沥青面层的清扫、粘层的喷洒和桥面接缝处理

9.5.3.1 铺筑中面层和上面层之前，应对下面层和中面层表面进行清扫，对泥土污染无法扫除干净的表面，应冲洗后晾干；对油污染处，应局部凿除面层，用相同沥青混合料修补。

9.5.3.2 面层清扫、清洗风干后，在下面层和中面层表面均应喷洒粘层，粘层的施工按照 7.2.3 的规定进行。

9.5.3.3 对于水泥混凝土桥面，除按照本文件规定处理外，在铺筑沥青混合料铺装层前，应检查桥面防水粘结层的完整性，必要时应补洒防水粘结层；同时将防水粘结层表面浮动集料清扫至桥面以外。

9.5.3.4 桥面沥青混合料铺装应与路面中面层和上面层同时施工。应将桥面接缝内杂物清理干净，填塞碎石并捣实后，铺装厚度不小于 4cm 的沥青混合料，碾压密实，缝面标高应与水泥混凝土调平层一致。此项工作应在喷洒桥面防水粘结层之前完成。

9.6 机械与试验仪器

应配备齐全的施工机械和试验仪器，开工前应进行保养和试机工作，主要施工机械和试验仪器配备应符合附录 A 和附录 B 要求。

9.7 首件工程

9.7.1 一般规定

9.7.1.1 沥青各面层施工开工前，应做首件工程。宜选在主线直线段，长度不少于 300m。

9.7.1.2 确定施工机械配置、施工工艺、施工组织管理。

9.7.1.3 按生产能力确定施工机械配置，如机械数量与组合方式。

9.7.1.4 确定施工工艺：

a) 摊铺温度、摊铺速度、振捣夯实的强度、自动找平方式；
b) 压实机械的组合、压实顺序、碾压温度、碾压速度及遍数；
c) 施工缝处理方法；
d) 松铺系数。

9.7.1.5 确定施工产量及作业段的长度，修订施工组织计划。

9.7.1.6 检查材料及施工质量是否符合规定。

9.7.1.7 确定施工组织及管理体系、质保体系、人员、机械设备、检测设备、通讯及指挥方式。

9.7.2 首件工程的质量检测评定

9.7.2.1 施工单位对每种碾压方案的钻芯取样不少于 10 个，渗水系数测点不少于 20 个。

注：渗水系数应采用网格法检测，每种碾压方案选5个断面，每一断面测5点，分别为两台摊铺机接缝、摊铺机中部和距离路面边缘50cm处。

9.7.2.2 监理单位与施工单位对每种碾压方案共同钻芯取样，独立进行试验，渗水系数测点不少于 10 点。

9.7.2.3 技术服务单位与现场管理机构试验室对每种碾压方案共同钻芯取样不少于 5 个，独立进行试验。

9.7.2.4 施工单位、监理单位、技术服务单位及现场管理机构试验室均应计算首件工程的各热料仓比例，验证生产配合比。

9.7.2.5 试铺结束后，经检测各项技术指标均符合规定时，施工单位提交首件工程总结报告。

9.7.2.6　首件工程经检验合格，作为正常路段的一部分，若不符合要求，经采取补救措施后仍无法满足质量要求的应铲除重铺。

9.8　施工

9.8.1　拌和

9.8.1.1　应控制沥青和集料的加热温度以及沥青混合料的出厂温度，集料温度应比沥青温度高 10℃～15℃，沥青混合料在储料仓储存的温度下降不应超过 10℃。普通沥青混合料的施工温度宜根据 135℃及 175℃条件下测定的粘度-温度曲线确定，改性沥青混合料参考供应商提供的施工温度。条件不具备时，可参照表 33 选择，并根据实际情况适当调整。

表33　沥青混合料施工温度

单位为摄氏度

工序	普通沥青混合料	改性沥青混合料	
	Superpave25	Superpave20	SMA-13S
沥青加热温度	160～170	165～175	165～175
混合料出厂温度	150～165，超过190废除	170～185，超过190废除	170～185，超过190废除
混合料运输到现场温度	不低于145	不低于165	不低于165
摊铺温度[a]	正常施工不低于135，低温施工不低于150	不低于160	不低于160
初压温度[a]	正常施工不低于130，低温施工不低145	不低于150	不低于150
复压温度[a]	—	不低于130	不低于130
碾压终了温度[a]	不低于70	不低于90	不低于110
[a] 沥青混合料的摊铺温度、初压温度、复压温度和碾压终了温度均指铺层中部的温度。			

9.8.1.2　沥青混合料室内成型前，应对沥青混合料进行短期老化处理，方法为沥青混合料在烘箱中加热 2h，烘箱温度设定为混合料击实成型温度。对于在储存仓中存储时间超过 2h 的混合料，可不再进行短期老化处理。

9.8.1.3　拌和机控制室要逐盘打印沥青及各种集料的用量和拌和温度，随时在线检查级配和沥青用量，并定期对拌和楼的计量和测温进行校核。

9.8.1.4　拌和时间由试拌确定。应使所有集料均匀裹覆沥青。Superpave 沥青混合料拌和总时间宜 50s～60s，其中加矿料干拌时间 10s，加沥青湿拌时间 40s。SMA-13S 沥青混合料拌和总时间宜 60s～70s，其中加矿料干拌时间 10s，加沥青和纤维湿拌时间 40s。

9.8.1.5　目测检查混合料的均匀性，及时分析花白料、冒青烟和离析等异常现象。

9.8.1.6　SMA-13S 沥青混合料絮状木质纤维应在混合料中充分分散，拌和均匀。

9.8.1.7　混合料不应在热储料仓中长时间储存，以不发生沥青析漏为度。

9.8.1.8　应随时检查沥青泵、管道、计量器，避免堵塞。

9.8.1.9　每台拌和机每天上午、下午各取一组混合料试样做马歇尔试验、旋转压实试验和抽提筛分试验，检验沥青用量、级配和沥青混合料体积指标，每 5 个生产日应进行一次残留稳定度试验。

9.8.1.10　每天施工结束后，根据拌和机打印的各料数量，进行总量控制；以各仓用量及各仓集料和矿粉筛分结果计算平均施工级配、沥青用量，与生产配合比进行校核；以每天产量计算平均厚度，与设计厚度进行校核。

9.8.2　运输

9.8.2.1　采用插入式数显温度计或水银温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度应大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱底面约 300mm。
9.8.2.2　拌和机或储料仓向运料车放料时，料车应“前、后、中”移动，分堆装料。
9.8.2.3　沥青混合料运输车的运输能力应大于拌和能力和摊铺要求，摊铺机前方应有不少于 5 辆运料车等候卸料。
9.8.2.4　运料车进入摊铺现场时，轮胎上不应粘有泥土等污染物。
9.8.2.5　运料车应采用厚篷布覆盖等保温措施。
9.8.2.6　摊铺过程中，运料车不应撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档，靠摊铺机推动前进。
9.8.2.7　桥面施工时，运输车辆不应在桥面上掉头、紧急制动。

9.8.3　摊铺

9.8.3.1　摊铺应均匀、缓慢、连续不间断，摊铺速度应根据摊铺厚度、摊铺宽度确定，宜控制在 2m/min～3m/min。桥面铺装的摊铺速度应不大于面层的 80%，且不大于 2m/min。
9.8.3.2　摊铺前熨平板应预热至不低于 100℃。熨平板应拼接紧密，不应存有缝隙。夯锤振级应采用中强夯等级，使铺面的初始压实度不小于 85%。
9.8.3.3　下面层摊铺厚度宜采用钢丝引导的高程控制方式，钢丝为扭绕式，直径不小于 6mm，钢丝拉力大于 800N，每 5 米设一钢丝支架。摊铺机梯队作业时，靠中央分隔带侧为前台摊铺机，左侧架设钢丝，摊铺机上安装横坡仪控制摊铺层横坡；后面摊铺机右侧架设钢丝，左侧在摊铺好的层面上走“雪撬”。中面层和上面层宜采用非接触式平衡梁控制方式。摊铺层的纵向接缝应采用斜接缝，后台摊铺机跨缝 5cm～10cm 摊铺。两台摊铺机距离不应超过 10m。
9.8.3.4　混合料未压实前，施工人员不应进入。在特殊情况下（如局部离析），可在现场主管人员指导下人工修补或更换混合料，缺陷较严重时应铲除，并改进摊铺工艺。
9.8.3.5　调整螺旋布料器两端的自动料位器，使料门开度、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。螺旋布料器内混合料料位应大于 2/3 且在全宽范围内一致。
9.8.3.6　随时检测松铺厚度是否符合规定，发现异常应立即调整。
9.8.3.7　摊铺面层混合料前应设置中央分隔带路缘石，路肩侧应设置钢模板。近中央分隔带路缘石处应适量多摊些混合料，加强路缘石边缘处沥青混合料的压实。
9.8.3.8　应缩短料车更换的间隔时间，摊铺机料斗刮板不应露出，避免摊铺过程中拢料。
9.8.3.9　遇雨时，立即停止摊铺，并清除未压实的混合料。料车上遭受雨淋的混合料应废弃。

9.8.4　碾压

9.8.4.1　按首件工程确定的压路机组合方式及工艺进行碾压。初压应采用振动钢轮压路机；Superpave 沥青混合料复压采用轮胎压路机，SMA-13S 沥青混合料复压采用振动钢轮压路机；终压采用钢轮压路机。
9.8.4.2　压路机速度应缓慢均匀，应符合表 34、表 35 的规定。

表34　Superpave 混合料碾压速度

单位为千米每小时

压路机类型	初压速度		复压速度		终压速度	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
振动钢轮压路机	1.5～2	3	—	—	—	—

表34　（续）

压路机类型	初压速度		复压速度		终压速度	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
轮胎压路机	—	—	3.5～4.5	8	—	—
振动钢轮压路机	—	—	—	—	2～3（静压）	5（静压）

表35　SMA-13S 混合料碾压速度

单位为千米每小时

压路机类型	初压速度	复压速度	终压速度
振动钢轮压路机	2～4	4～5	2.5～5（静压）

9.8.4.3　碾压时应将驱动轮朝向摊铺机，碾压路线及方向不应突然改变，压路机起动、停止应减速缓行，不应刹车制动。压路机折回应呈阶梯状，不应处在同一横断面上。

9.8.4.4　当天碾压的沥青层，不应停放压路机或其它车辆，不应有混合料、油料和杂物等散落。

9.8.4.5　初压、复压、终压段落宜设置明显标志。对松铺厚度、碾压工艺应设专岗管理和检查，应不漏压、不超压。桥面沥青铺装层的压实功适当增加。

9.8.4.6　SMA-13S 路面宜采用振动钢轮压路机或钢轮压路机碾压。振动压路机应遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则。发现 SMA-13S 沥青混合料高温碾压有推拥现象，应复查其级配是否合适。如发现沥青玛蹄脂上浮、集料压碎、棱角磨光等应停止碾压。

9.8.4.7　在初压和复压过程中，宜采用同类压路机并列成梯队压实，不宜采用首尾相接的纵列方式。初压段的长度宜控制在 20m～30m，复压段长度宜控制在 30m～50m。

9.8.4.8　采用振动碾压改性沥青 SMA-13S 路面时，压路机轮迹的重叠宽度不应超过 20cm，当采用静压时，压路机的轮迹应重叠 1/3～1/4 碾压宽度。

9.8.4.9　宜采用隔离剂防止压路机粘轮，不应使用柴油、机油等作为隔离剂，轮胎压路机宜配备自动喷洒隔离剂装置。

9.8.4.10　应对松铺厚度、碾压顺序、碾压遍数、碾压速度及碾压温度进行检查。

9.8.4.11　压实完成 12h 后且表面温度低于 50℃，施工车辆可通行。

9.8.5　接缝处理

9.8.5.1　纵向施工缝

9.8.5.1.1　摊铺机梯队摊铺时，应在前部已摊铺混合料部分留下 10cm～20cm 宽暂不碾压作为后高程基准面，并有 5cm～10cm 左右的摊铺层重叠，以热接缝形式在最后作跨接缝碾压以消除缝迹。

9.8.5.1.2　应消除螺旋布料器两端部位的粗集料集中现象，避免出现接缝部位条带状离析。

9.8.5.1.3　上下层的纵缝应错开不少于 15cm。

9.8.5.1.4　两台摊铺机前后距离应尽量缩短，使接缝两边混合料碾压时温度差尽量减小。

9.8.5.1.5　在接缝位置可适当增加碾压遍数。

9.8.5.1.6　增加接缝部位压实度和渗水系数的检测频率，对产生明显离析、压实度不合格、渗水系数严重超标的段落或部位应挖除重铺。

9.8.5.2　横向施工缝

9.8.5.2.1　全部采用平接缝。用三米直尺沿纵向位置，在摊铺段端部的直尺呈悬臂状，以摊铺层与直尺脱离接触处定出接缝位置，采用人工凿除或锯缝机割齐后铲除，并清理干净。继续摊铺时在切缝处涂

上少量粘层沥青，摊铺机熨平板从接缝处起步摊铺。碾压时用钢轮压路机进行横向压实，从先铺路面上跨缝逐渐移向新铺面层。

9.8.5.2.2　横向施工缝应远离桥梁伸缩缝 20m 以外，不应设在伸缩缝处，以确保伸缩缝两边路表的平顺。

9.8.5.2.3　上下层的横缝应错开 1m 以上。

9.9　其他沥青混合料

9.9.1　高模量沥青混合料（HMM）

9.9.1.1　HMM 多用于抗车辙层，如中面层。

9.9.1.2　SBS 改性沥青、粗集料、细集料、矿粉应符合表 19、表 20、表 23、表 24 的规定。

9.9.1.3　高模量剂的技术性质应符合表 36 的规定。

表36　高模量剂质量技术要求

检测项目	技术要求	试验方法
外观	球形或椭球形均匀颗粒	目测
粒径	≤4.75mm	JTG E42，T0327
密度	1.0g/cm^3～1.1g/cm^3	JTG E20，T0603
软化点	110℃～140℃	JTG E20，T0606
熔点	110℃～150℃	GB/T 19466.3
熔融指数	≥100（140℃，2.16kg）/（g/10min）	GB/T 3682.1

9.9.1.4　HMM 级配应符合表 37 规定的设计级配范围。

表37　HMM 级配范围

筛孔尺寸/mm	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
HMM-13，通过率/%	—	—	90～100	—	40～60	25～38	—	—	—	—	6～8
HMM-20，通过率/%	90～100	—	—	—	40～60	25～38	—	—	—	—	6～8

9.9.1.5　HMM 中高模量剂掺量宜为集料质量的 1%～2%，配合比设计采用旋转压实试验方法，设计配合比检验应符合表 38 的规定。

表38　HMM 配合比设计检验技术要求

试验项目		技术要求	试验方法
空隙率		1%～4%	JTG E20，T0705
冻融劈裂强度比TSR		≥80%	JTG E20，T0729
60℃车辙动稳定度		≥8000次/mm	JTG E20，T0719
70℃车辙动稳定度		≥3000次/mm	JTG E20，T0719
小梁低温抗裂试验的弯曲破坏应变		≥1800με	JTG E20，T0715
动态模量[a]	15℃、10Hz	≥14000 MPa	JTG E20，T0738
	45℃、10Hz	≥2000 MPa	JTG E20，T0738
[a] 提出了两个温度下的动态模量指标，只需要满足其中任意一个条件即可。			

9.9.1.6　目标配合比设计，应符合以下规定：

a) 确定各集料的组成比例。从施工现场分别取各类集料进行筛分，用计算机或图解计算各集料的用量；
b) HMM 室内成型压实次数为 80 次，拌和温度为 160℃，成型温度为 150℃；
c) 初选粗中细三个级配，计算各级配的沥青用量，用旋转压实仪成型试件，求出各级配的沥青用量,以初选的三个级配中至少有一个级配其沥青混合料的体积性质指标应符合表 39 的规定；
d) 沥青用量按照公式（2）计算：

$$P_{b（HMM）}=\frac{m_1+m_2}{m_3} \quad (2)$$

式中：

$P_{b（HMM）}$——高模量沥青混合料沥青用量，单位为百分率（%）；

m_1——改性沥青的质量，单位为克（g）；

m_2——高模量剂的质量，单位为克（g）；

m_3——沥青混合料的质量，单位为克（g）。

e) 按配合比制备沥青混合料试件进行性能验证，结果应符合表 39 的规定。

9.9.1.7 生产配合比设计。确定各种热料仓集料和矿粉的用量。应从二次筛分后进入各热料仓的集料取样进行筛分，根据筛分结果，通过计算，使混合料的级配接近目标配合比，以确定各热料仓集料和矿粉的用料比例，供拌和机控制室使用。取热筛分料进行目标设计沥青用量+0.2%的旋转压实试验，确定最终生产配合比。同时采用冻融劈裂试验进行抗水损害性能验证。

9.9.1.8 生产配合比验证。采用生产配合比进行试拌、试铺。取试铺用的沥青混合料进行旋转压实空隙率和沥青含量、筛分试验，检验生产配合比合成级配，由此确定正常生产用的配合比。

9.9.1.9 拌和应符合下列规定：

a) 应控制沥青和集料的加热温度以及沥青混合料的出厂温度。集料温度应比沥青高 20℃，热混合料成品在贮料仓储存后，其温度下降不应超过 10℃。高模量沥青混合料 HMM 的施工温度控制范围见表 39；
b) 拌和机控制室要逐盘打印沥青及各种集料的用量和拌和温度，并定期对拌和楼的计量和测温进行校核；没有材料用量和温度自动记录装置的拌和机不应使用；

表39 HMM 的施工温度

单位为摄氏度

工序	HMM
沥青加热温度	165～175
混合料出厂温度	175～185，超过195废弃
混合料运输到现场温度	不低于170
摊铺温度	不低于165
初压温度	不低于155低于，145作为废料
复压温度	不低于130
碾压终了温度	不低于100

c) 高模量剂的添加。根据每锅搅拌量确定高模量剂单次投料量，采用专用投料系统进行投料，应增加分散装置或者在进料口处设置筛网，剔除结块的高模量剂；

d) 拌和时间由试拌确定，且所有集料颗粒全部裹覆沥青，并以沥青混合料拌和均匀为度。先将高模量剂与集料进行干拌，宜干拌时间 15 秒，然后加入改性沥青进行拌和，拌和时间约 40 秒。

9.9.1.10 HMM 运输、摊铺、接缝处理可参考 Superpave20 相关技术要求。

9.9.1.11 建议碾压组合方案见表 40。

表40 建议施工碾压方案

碾压顺序	压路机型号	碾压类型	碾压遍数	碾压速度/（km/h）
初压	振动钢轮压路机	前静后振	1～2	1.5～2
复压	轮胎压路机	静压	2～4	3.5～4.5
终压	振动钢轮压路机	静压	1～2	2～3

9.9.2 岩沥青混合料（RAC）

9.9.2.1 RAC 多用于抗车辙层，如中面层。

9.9.2.2 SBS 改性沥青、粗集料、细集料、矿粉应符合表 19、表 20、表 23、表 24 的规定。

9.9.2.3 岩沥青的质量技术要求应满足表 41 的规定。

表41 岩沥青质量技术要求

检测项目		技术要求	试验方法
沥青含量		≥30%	JTG E20，T0614
密度		≥1g/cm^3	JTG E20，T0603
灰分		40%～60%	JTG E20，T0614
含水量		≤3%	JTG E42，T0332
粒度范围	4.75mm	100%	JTG E42，T0327
	2.36mm	95%～100%	
	1.18mm	＞80%	
	0.075mm	实测	

9.9.2.4 RAC-20 级配应符合表 42 规定的设计级配范围。

表42 RAC-20 级配范围

筛孔尺寸/mm	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
RAC-20,通过率/%	100	90～100	78～92	62～80	50～72	26～56	16～44	12～33	8～24	5～17	4～13	3～7

9.9.2.5 RAC-20 中岩沥青掺量宜为集料质量的 3%，配合比设计及检验应符合表 43 的规定。

表43 RAC-20 马歇尔试验设计及检验要求

试验项目	技术要求	试验方法
马歇尔试件击实次数	75次	JTG E20，T0702
空隙率VV	4～6%	JTG E20，T0705
沥青饱和度VFA	60%～75%	JTG E20，T0705
稳定度	8.0kN	JTG E20，T0709

试验项目	技术要求	试验方法
流值	15-40（0.1mm）	JTG E20，T0709

表43 （续）

试验项目	技术要求	试验方法
残留马歇尔稳定度	≥85%	JTG E20，T0709
冻融劈裂试验残留强度比TSR	≥80%	JTG E20，T0729
动稳定度	≥6000次/mm	JTG E20，T0719
小梁低温抗裂试验的弯曲破坏应变	≥2000με	JTG E20，T0715

9.9.2.6 目标配合比设计。目标配合比设计参照 JTG F40 中热拌沥青混合料设计方法。沥青用量按式（3）计算，天然沥青含量按抽提结果执行。

$$P_{b（RAC）}=\frac{m_1+m_2\times\omega}{m_3} \quad (3)$$

式中：

$P_{b（RAC）}$——岩沥青混合料沥青用量，单位为百分率（%）；

m_1——改性沥青质量，单位为克（g）；

m_2——岩沥青质量，单位为克（g）；

ω——天然沥青含量，单位为百分率（%）；

m_3——沥青混合料的质量，单位为克（g）。

9.9.2.7 生产配合比设计，应符合下列规定：

a) 确定各热料仓集料和矿粉的用量。应从二次筛分后进入各热料仓的集料取样进行筛分，根据筛分结果，通过计算，使混合料的级配接近目标配合比，以确定各热料仓集料和矿粉的用料比例，供拌和机控制室使用；

b) 确定最佳沥青用量。取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 和 OAC±0.3%、OAC±0.5%六个沥青用量，取以上计算的矿质混合料，用试验室的小型拌和机拌和沥青混合料进行马歇尔试验，按目标配合比设计方法绘图分析，得出 OAC_1 和 OAC_2 后综合确定生产配合比的最佳沥青用量 OAC。按以上方法确定的 OAC 可能与目标配合比的 OAC 不一致，如相差不超过 0.2%，应按生产配合比确定的 OAC 进行试拌和试铺，或分析确定试拌试铺用沥青用量；如相差超过 0.2%，应找出原因，进一步试验分析后确定试拌试铺用沥青用量；

c) 残留稳定度检验。按以上生产配合比，用室内小型拌和机拌和沥青混合料，做浸水 48 小时马歇尔试验，检验残留稳定度，应满足表 43 的规定。

9.9.2.8 生产配合比验证。用生产配合比进行试拌，沥青混合料的技术指标合格后铺筑试铺段。取试铺用的沥青混合料进行马歇尔试验检验和沥青含量、筛分试验，检验标准配合比合成级配中，至少应包括 0.075mm、2.36mm、4.75mm 及公称最大粒径筛孔的通过率接近目标配合比级配值，并避免在 0.3mm～0.6mm 处出现驼峰。由此确定正常生产用的配合比。

9.9.2.9 拌和应符合下列规定：

a) 应控制沥青和集料的加热温度以及沥青混合料的出厂温度。集料温度应比沥青高 10～15℃，热混合料成品在贮料仓储存后，其温度下降不应超过 10℃。沥青混合料的施工温度控制范围见表 44；

b) 拌和机控制室要逐盘打印沥青及各种集料的用量和拌和温度，并定期对拌和楼的计量和测温进行校核；没有材料用量和温度自动记录装置的拌和机不应使用；

表44　RAC-20 的施工温度

单位为摄氏度

工序	RAC-20
沥青加热温度	165～175
混合料出厂温度	175～185，　超过190者废弃
混合料运输到现场温度	不低于170
摊铺温度	不低于165
初压温度	不低于155
复压温度	不低于135
碾压终了温度	不低于100

c)　岩沥青的添加。根据每锅搅拌量确定岩沥青单次投料量，应采用专用投料系统进行投料应增加分散装置或者在进料口处设置筛网，剔除结块的岩沥青材料；

d)　拌和时间由试拌确定。应使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料，并以沥青混合料拌和均匀为度。为了保证岩沥青在混合料中分散均匀，岩沥青应加入拌缸后与热料干拌 10s～15s，再进行热沥青拌和。

9.9.2.10　RAC 热拌沥青混合料运输、摊铺、压实、接缝处理可参考 Superpave20 相关技术要求。

9.9.2.11　建议碾压组合方案见表 45。

表45　建议施工碾压方案

碾压顺序	压路机型号	碾压类型	碾压遍数	碾压速度/（km/h）
初压	振动钢轮压路机	前静后振	1	1.5～2
复压	轮胎压路机	静压	6～8	3.5～4.5
终压	振动钢轮压路机	静压	2	3～4

9.10　质量管理和检查验收

9.10.1　一般要求

9.10.1.1　沥青面层施工应建立健全有效的质量保证体系，对施工各工序的质量进行检查评定。

9.10.1.2　与沥青面层施工有关的原始记录、试验检测结果、计算数据、汇总表格，应记录和保存。对已采取措施进行返工补救的项目，可在原始记录和数据上注明，不应销毁。

9.10.2　质量管理

9.10.2.1　沥青面层施工质量检查方法、检查频率和质量标准应符合表 46 的规定。

表46　沥青路面各面层施工阶段的质量检查标准

项目	检查频度（四车道）	质量要求或允许差	试验方法
外观	随时	无油斑、离析、轮迹	目测
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	目测、三米直尺

项目	检查频度（四车道）	质量要求或允许差	试验方法
施工温度	每车料一次	符合表33规定	JTG 3450，T0981

表46 （续）

项目		检查频度（四车道）	质量要求或允许差	试验方法
级配，与生产设计标准级配的差	0.075mm	逐盘在线检测	±2%	计算机采集数据计算
	≤2.36mm		±5%（4%）[a]	
	≥4.75mm		±6%（5%）	
	0.075mm	逐机检查，每天汇总1 次，取平均值评定	±1%	总量检验
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
	0.075mm	每台拌和机每天上、下午各1次	±2%	JTG 3450，T0725
	≤2.36mm		±4%（3%）	
	≥4.75mm		±5%（4%）	
沥青用量，与生产设计的差		逐盘在线检测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐机检查，每天汇总1 次，取平均值评定	±0.1%	总量检验
		每日每机上、下午各1 次	-0.1%，+0.2%	JTG 3450，T0722
旋转压实[b]	空隙率	上下午各一次	生产配合比空隙率±1%	拌和厂取样，室内试验
	VMA	上下午各一次	生产配合比VMA±1%	
马歇尔试验	稳定度	每日每机上、下午各1 次	不小于8.0（6.0）kN	JTG 3450，T0709
	流值		中、上面层为20～50（0.1mm），下面层为20～40（0.1mm）	
	空隙率		SMA为满足设计要求；Superpave为生产配合比±1%	
压实度		每层1次/200m/车道	不小于 98%（马歇尔密度），93%～97%（94%～96.5%）（最大理论密度），不小于97%（旋转压实密度）	JTG 3450，T0924
厚度		1次/200m/车道	相比设计值不低于4mm	JTG 3450，T0912
上面层车辙试验		必要时	不小于3000次/mm	JTG E20，T0719
平整度不大于		每车道连续检测	下面层为1.4mm，中面层为1.0mm，上面层为0.8mm	JTG 3450，T0932
宽度		2处/100m	不小于设计值	JTG 3450，T0911
纵断面高度		3处/100m	±15mm	JTG 3450，T0911
横坡度		3处/100m	±0.3%	JTG 3450，T0911
中线平面偏位		4点/200m	±20mm	JTG 3450，T0911
渗水系数不大于		1次/200m/车道	中、上面层 50mL/min，下面层 60mL/min	JTG 3450，T0971
上面层摩擦系数		1处/200m	符合设计要求	JTG 3450，T0964

上面层构造深度			JTG 3450，T0961
[a] 对于相同的项目，括号内为SMA-S的技术要求； [b] 仅对Superpave混合料要求进行旋转压实试验。			

9.10.2.2 渗水试验中、下面层合格率应不小于80%，上面层合格率应不小于90%。当合格率不满足要求时应加倍频率检测，如此时渗水系数检测结果仍然不能满足要求，应对该段路面进行处理。

9.10.2.3 施工过程中应加强对路面离析的检测，发现问题及时分析解决。离析检测结果应符合：构造深度的大值与平均值之比不应超过1.5。

9.10.2.4 施工过程中应检查色泽、油膜厚度、表面空隙等路面外观，发现路面局部渗水、严重离析或压实度不足时，应采取补救措施。

9.10.2.5 SMA-13S路面施工过程中如发现油斑或局部泛油时，应检查配合比是否偏离设计，拌和是否均匀，纤维、矿粉结团等情况，严重者应铲除，并调整配合比。

9.10.2.6 在桥面铺装过程中应评定桥面防水粘结层的效果。

9.10.2.7 HMM主要检测指标按照9.9执行,压实度采用双控指标，室内旋转标准密度的压实度应不小于99%，最大理论密度压实度为95%～99%，实测空隙率应在1%～4%最佳。

9.10.2.8 RAC主要检测指标按照9.9执行；压实度采用双控指标，要求马歇尔标准密度的压实度不小于98%，最大理论密度在压实度为93%～97%，面层实测空隙率应在3%～7%范围内。

9.10.3 检查验收

9.10.3.1 完工后，施工单位应将全线1km～3km作为一个评定路段，按照JTG F80/1的要求，对沥青面层进行全线自检，计算合格率。

10 改扩建工程

10.1 一般规定

10.1.1 改扩建路面工程可参照JTG 5421对老路进行使用状态评价，并分析老路养护历史对实际路况检测指标的影响，掌握路面的实际状态。

10.1.2 改扩建路面工程应采用取芯、探地雷达、连续式激光弯沉等方法对老路结构内部病害进行检测与评价。

10.1.3 旧路面维修补强参照JTG 5142和施工图设计要求实施。

10.1.4 病害路段铣刨后宜采用沥青混合料或抗裂嵌挤型水泥稳定碎石分层铺筑。

10.2 材料要求

材料要求同新建路面。

10.3 旧路面的处理

10.3.1 处理的原则

10.3.1.1 路面病害处理分连续病害的整体性处治和零星病害的局部处治两部分。

10.3.1.2 连续病害处治,在裂缝、车辙等病害发生密集的路段进行路面整体性处理，根据病害的严重程度，整段落铣刨至某一结构层后加铺。

10.3.1.3　对于路面整体状况较好，但局部存在零星病害（横向裂缝、纵向裂缝、龟裂、网裂、沉陷、坑槽、唧浆等）的路段，根据病害类型和病害严重程度，采取针对性的局部处治方案。
10.3.1.4　对各分段间距小于 20m 路段，为提高路面铣刨回铺效率采用连续铣刨回铺方式。各分段最短长度应大于 50m，当长度小于 50m 时，可与临近分段合并，连续铣刨回铺。
10.3.1.5　当路面弯沉评分低于 70 或路面存在连续网裂、沉陷、唧浆等连续性结构类病害，应进行连续铣刨处理，并根据结构内部病害发生的实际位置，确定处治层位，必要时处治到基层。
10.3.1.6　当横向裂缝间距＜15m 或车辙深度＞15mm，应进行连续铣刨处理；当 10mm<车辙深度<15mm，可采用拉毛处理。
10.3.1.7　零星病害处治应采用局部挖补的方式进行铣刨回铺处理，铣刨时应设置好台阶，铣刨层位根据病害实际深度确定。
10.3.1.8　老路结构内部病害处治时宜采取新型施工技术，如裂缝及结构内部病害的微创注浆等工艺，最大程度利用老路面结构。

10.3.2　面层处理材料

沥青面层采用和新铺路面同样的材料，罩面层和新路一并铺筑。

10.3.3　基层处理材料

处理长度小于 100m 的路段宜用下面层沥青混合料分层填筑，其厚度最小为 6cm，最大为 10cm；长度大于 100m 的路段，宜采用抗裂嵌挤型水泥稳定碎石补强，最小压实厚度为 15cm，最大压实厚度为 20cm，基层用抗裂嵌挤型水泥稳定碎石处理时厚度不能满足最小压实厚度要求时，仍采用下面层沥青混合料分层填筑处理。

10.3.4　处理段纵横向拼接

10.3.4.1　纵向分层拼接台阶，拼接宽度应不小于 15cm；横向分层拼接台阶，拼接宽度应不小于 2.0m。
10.3.4.2　铺装材料宜采用新路基层或面层材料进行回填，铺装厚度应满足材料公称最大粒径对应的厚度适宜范围。
10.3.4.3　面层台阶高度宜不超过 15cm，基层台阶高度宜不超过 40cm。

10.4　新旧路面铺筑及拼接

10.4.1　一般规定

10.4.1.1　新旧路面拼缝宜避开轮迹带，并靠近车道分界标线位置。
10.4.1.2　新旧路面拼接应采用台阶搭接方式，台阶宽度应不小于 15cm，面层台阶高度宜不超过 15cm，基层台阶高度宜不超过 40cm。
10.4.1.3　改扩建施工中，面层、基层、底基层的施工技术要求、检查项目、检查频率及试验方法应按照新建路面的要求执行。

10.4.2　底基层铺筑

10.4.2.1　底基层施工前，应根据路床评价结果，对薄弱位置进行旧路肩下路床加固，加固可采用低剂量抗裂嵌挤型水泥稳定碎石等措施。
10.4.2.2　底基层可采用厂拌水泥再生碎石，根据旧路面层、基层铣刨材料的数量进行配合比设计。

10.4.2.3　底基层标高控制。以硬路肩边缘的设计标高减去底基层以上结构厚度作为底基层的外侧标高，并作为钢丝基准面的控制标高。

10.4.3　基层铺筑

10.4.3.1　碾压应遵循路边向路中、先轻后重、先静后振原则，优先将纵向拼接缝 50cm 范围外的水稳料碾压密实，然后压路机分次对接缝 50cm 范围内水稳料进行碾压，逐次将新铺料不断向接缝处推挤，从而使接缝处嵌挤密实。

10.4.3.2　摊铺机前应对台阶下部进行人工布料，摊铺机应对搭接处的离析、缺料进行处理，搭接部位应比正常摊铺面略高，初压结束后将挤压到台阶处的粗料人工剔除，同时利用细料进行补料，以保证接缝处饱满。

10.4.4　基层、底基层拼接缝加固

10.4.4.1　基层顶面拼缝位置可设置防裂加固类材料，铺设宽度宜为 2.0m。加固类材料宜沿新老基层拼接缝两边各 1m 纵向连续铺设，应有一定的搭接长度，防裂材料与基层的粘结宜采用热沥青。

10.4.4.2　基层、底基层拼接缝界面喷涂用粘结材料宜选用界面剂和水泥浆两种。

10.4.4.3　界面剂组分为树脂成分 A：树脂成分 B：水泥=1：3：6，树脂组分为水性环氧树脂，水泥为 PO42.5 普通硅酸盐水泥，喷涂量宜为 2kg/m^2～4kg/m^2，界面剂技术要求应符合表 47 的规定。

表47　界面剂技术要求

检测项目	技术指标	检测方法
拉拔强度	≥1.5MPa	GB/T 5210
拉伸粘结强度	≥0.4MPa	JCT 975

10.4.4.4　喷涂用水泥浆的水灰比宜为 0.3～0.4，并适当添加缓凝剂，净水泥用量宜采用 1kg/m^2～1.5kg/m^2。

10.4.4.5　基层、底基层拼接缝在新抗裂嵌挤型水泥稳定碎石摊铺后且压实前宜在接缝顶面区域灌浆。灌浆所用材料高渗透性水泥浆，水灰比宜为 0.8～1.0，灌浆量宜采用 4kg/m^2～6kg/m^2，水泥为 PO42.5 普通硅酸盐水泥。

10.4.4.6　宜采用自动喷涂设备进行界面剂或水泥浆的喷涂以及灌浆，如条件不满足，可用滚筒刷、量杯等设备人工作业。

10.4.4.7　原工作面处理：接缝面不发生啃边、松动、粒料脱落等现象，并清扫干净。

10.4.4.8　浆液拌和：将原材料按照配比要求称量并拌和均匀，水泥浆应保证施工过程中的均匀性，防止离析。

10.4.4.9　喷涂界面剂或水泥浆：采用自动喷涂设备或人工喷涂方式喷涂界面剂或水泥浆，喷涂作业应尽量跟水稳碎石同步施工，两者相隔时间不应超过 2h。

10.4.4.10　灌浆：待水稳碎石摊铺后且压实前，采用量杯或自动喷洒设备进行灌浆，灌浆范围以接缝区域为主，并向新摊铺水稳一侧覆盖 20cm 范围。

10.4.4.11　质量控制：界面粘结材料和灌浆材料应喷洒均匀，施工单位在施工过程中应自检，随时进行外观检查，发现洒布达不到要求，应立即查找原因，采取改进措施后再恢复施工，对洒布量达不到要求的部分应及时修补。施工后 7d 养生期满，应跨缝取芯，并对芯样开展直剪试验，剪切强度应符合表 48 的规定。

表48　基层、底基层拼接缝施工质量控制要求

检测项目	技术要求	试验方法	检测频率
喷洒量	见10.4.3.3	单位面积称重法	每天一次或每500m一次
外观	均匀、无漏洒	目测	所有喷涂面

表48 （续）

检测项目	技术要求	试验方法	检测频率
剪切强度	剪切强度≥0.40MPa	附录M	200m一个点，每个点3处取平均值判定

10.4.5 沥青面层铺筑

10.4.5.1 拼接标高控制。下面层外侧以硬路肩边缘标高减去中上面层厚度作为拼接下面层顶标高；中面层外侧以硬路肩设计标高减去上面层厚度作为中面层外侧顶标高；桥头调坡段需按设计高程控制。

10.4.5.2 施工中应控制摊铺机两侧的离析，摊铺时拼接处宜采用人工填补细料，拼缝处料位略高于正常路段，以保证拼缝处的施工质量。

10.4.5.3 跨缝碾压前应清理老路侧撒落的混合料，以确保接缝处的碾压质量和平整度。

10.4.5.4 碾压时压路机应先轻后重，由边向中，初压至拼接部位时预留 50cm 不碾压，复压时专门指定一台“拼缝碾压”压路机，按照 10cm 左右宽度逐渐向新旧路面拼缝处进行振动推挤碾压，拼接缝跨缝碾压不少于 6 遍。

10.4.5.5 终压结束后，安排专人对面层拼接缝处灌注乳化沥青 进行封水处理，保证接缝处无水分进入层间。

10.4.6 面层拼接接缝的处理

10.4.6.1 纵向拼接缝处中面层顶、中面层间及下面层顶拼接缝外 0.5m 范围内应涂抹封水剂。

10.4.6.2 在沥青路面纵向拼接缝处 0.5m 范围内涂抹封水剂后进行渗水检测，检测频率为 1 次/200 米，渗水系数应满足表 36 的规定。

10.4.6.3 面层拼接缝界面喷涂用粘结材料为热沥青，材料要求与上中面层所用 SBS 改性沥青相同；

10.4.6.4 热沥青喷涂量宜采用 0.8kg/m^2～1.2kg/m^2。

10.4.6.5 施工时应采用自动热沥青喷涂设备，要求热沥青喷嘴与接缝竖向界面存在一定的角度，方便热沥青均匀喷洒至整个接缝界面。

10.4.6.6 接缝面不发生啃边、松动、粒料脱落等现象，并清扫干净，保证施工前界面处于干燥状态。

10.4.6.7 施工前以及施工过程中应保证沥青的温度稳定，且不应低于 170℃。

10.4.6.8 沥青喷涂前须对设备进行认真检查，确保喷涂设备工作正常，喷涂量满足设计要求，并做到洒布均匀、不留死角。

10.4.6.9 喷涂过程中应保持匀速行驶，避免漏喷或局部喷涂过量，对于局部漏喷或未喷到部位，应进行人工补涂 SBS 改性沥青以达到要求的喷涂量。

10.4.6.10 热沥青应喷洒均匀，施工单位在施工过程中应自检，随时进行外观检查，发现洒布量达不到要求，应立即查找原因，采取改进措施后再恢复施工，对喷涂量达不到要求的部分应及时修补。施工后应跨缝取芯，并对芯样开展直剪试验，剪切强度应满足表 49 的规定。

表49 面层拼接缝施工质量控制要求

检测项目	技术要求	试验方法	检测频率
喷洒量	见10.4.4.4	单位面积称重法	每天一次或每500m一次

检测项目	技术要求	试验方法	检测频率
外观	均匀、无漏洒	目测	所有喷涂面
剪切强度	剪切强度≥0.15MPa（试验温度25℃）	附录M	200m一个点，每个点3处取平均值判定

11 施工信息自动采集与预警

11.1 一般规定

11.1.1 沥青路面施工信息化管理应涵盖沥青路面施工全过程，包括沥青生产、运输，混合料拌和、运输、摊铺及碾压，沥青及成品路面质量检测等。

11.1.2 施工全过程应配备自动采集设备。

11.1.3 沥青路面施工全过程信息化管控数据应上传至路面质量数据中心。

11.1.4 需对沥青生产、运输，混合料的拌和、运输、摊铺、碾压等过程中的波动情况设置分级预警。

11.2 数据采集与传输

11.2.1 改性沥青生产

关键指标及采集频率应符合表 50 的规定。

表50 改性沥青生产指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	发育温度	逐批次采集
2	液位	实时采集
3	发育时间	逐批次采集
4	材料比例（聚合物与道路石油沥青的比例，如SBS掺量）	逐批次采集
5	生产图像	实时采集

11.2.2 沥青运输

关键指标及采集频率应符合表51的规定。

表51 沥青运输指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	运输重量	按车次实时采集
2	车辆行驶位置	
3	车辆行驶速度	按车次实时采集
4	车辆运输轨迹	

11.2.3 沥青试验检测

关键指标及采集频率应符合表52的规定。

表52 沥青试验检测指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	软化点	逐样品采集
2	针入度	
3	延度	

表52 （续）

序号	关键指标	采集频率
4	红外光谱	逐样品采集

11.2.4 沥青混合料拌和生产

关键指标及采集频率应符合表53的规定。

表53 沥青混合料拌和生产指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	油石比	逐盘采集
2	各材料用量	
3	混合料级配	
4	沥青加热温度	
5	集料加热温度	
6	拌和时间	
7	混合料出料温度	

11.2.5 沥青混合料运输

关键指标及采集频率应符合表54的规定。

表54 沥青混合料运输指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	开始装料时间	逐盘采集
2	结束装料时间	
3	开始卸料时间	
4	结束卸料时间	
5	运输轨迹	1Hz

11.2.6 沥青混合料摊铺

关键指标及采集频率应符合表55的规定。

表55 沥青混合料摊铺指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	摊铺位置	最低采集频率0.2Hz
2	摊铺速度	

序号	关键指标	采集频率
3	摊铺温度	

11.2.7 沥青混合料压实

关键指标及采集频率应符合表56的规定。

表56 沥青混合料压实指标及采集频率

序号	关键指标	采集频率
1	压实位置	最低采集频率3Hz
2	压实速度	
3	压实温度	
4	压实遍数	最低采集频率5次/m^2

11.3 数据分析与预警处理

11.3.1 数据处理过程应做到实时分析、实时反馈、实时预警。

11.3.2 预警等级划分，按照不同指标、不同程度的阈值范围归属不同等级，并根据等级推送预警消息至信息化系统对应用户。

11.3.3 预警等级分为初级预警、中级预警和高级预警。

11.3.4 初级预警对象为施工及监理驻场现场人员；中级预警对象为总监、项目经理、总工、副总监、专业监理工程师及技术服务人员；高级预警对象为现场管理机构及现场管理机构试验室主任。初级预警对象可接收初、中、高级预警信息，中级预警对象可接收中级和高级预警信息。

附 录 A
（规范性）
施工机械

A.1 一般规定

应配备齐全的施工机械和配件，开工前应进行保养和试机工作，确保在施工期间不发生有碍施工进度和工程质量的机械故障。

A.2 基层、底基层施工机械

抗裂嵌挤型水泥稳定碎石施工按单幅分层梯队摊铺作业，对于四车道高速公路，施工机械配备应符合表A.1的规定。对于四车道以上高速公路，机械设备应适当增加。

表A.1 底基层、基层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	四车道施工时配备的机械数量
1	振动搅拌机（产量大于500t/h）	1台
2	水泥罐仓（配有水泥破拱器和除尘装置）	2个
3	摊铺机（型号及磨损程度宜相同）	2～3台
4	单钢轮振动压路机（20t以上）	≥3台
5	双钢轮振动压路机（12t以上）	1～2台
6	胶轮压路机（25t以上）	2～3台
7	装载机	≥2台
8	自卸汽车	≥15辆
9	洒水车	≥2辆

A.3 沥青面层施工机械

沥青面层应采用单幅全宽机械化连续摊铺作业，对于四车道高速公路，应实施摊铺机梯队作业，主要施工机械应符合表A.2～A.5的规定，对于四车道以上高速公路，机械设备应适当增加。

表A.2 SMA-13S 上面层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	四车道施工时配备的机械数量
1	间歇式沥青拌和机[a]	1台
2	沥青混合料摊铺机	2～3台
3	双钢轮振动压路机（12t 及以上）	5台
4	小型振动压路机	1台
5	非接触式平衡梁装置	2～3套
6	自卸汽车（20t 及以上）	20辆
[a] 4000 型及以上，配备 80t 及以上热储料仓、二级除尘装置和絮状木质纤维添加装置，进料仓不少于 5 个，矿粉仓应配备振动装置。		

表A.3　Superpave 面层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	四车道施工时配备的机械数量
1	间歇式沥青拌和机[a]	1台
2	沥青混合料摊铺机	2～3台
3	双钢轮振动压路机（12t 及以上）	3台
4	轮胎压路机（25t及以上）	4台
5	小型振动压路机	1台
6	非接触式平衡梁装置	2～3套（Superpave20）
7	自卸汽车（20t 及以上）	20辆
[a] 4000 型及以上，配备 80t 及以上热储料仓、二级除尘装置，进料仓不少于 5 个，矿粉仓应配备振动装置。		

表A.4　HMM 面层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	四车道施工时配备的机械数量
1	间歇式沥青拌和机[a]	1台
2	沥青混合料摊铺机	2～3台
3	双钢轮振动压路机（12t 及以上）	3台
4	轮胎压路机（25t及以上）	2台
5	小型振动压路机	1台
6	非接触式平衡梁装置	2～3套
7	自卸汽车（20t 及以上）	20辆
[a] 4000 型及以上，配备 80t 及以上热储料仓、二级除尘装置和高模量剂添加装置，进料仓不少于 5 个，矿粉仓应配备振动装置。		

表A.5　RAC 面层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	四车道施工时配备的机械数量
1	间歇式沥青拌和机[a]	1台
2	沥青混合料摊铺机	2～3台
3	双钢轮振动压路机（12t 及以上）	3台
4	轮胎压路机（25t及以上）	4台
5	小型振动压路机	1台
6	非接触式平衡梁装置	2～3套
7	自卸汽车（20t 及以上）	20辆
[a] 4000 型及以上，配备 80t 及以上热储料仓、二级除尘装置和岩沥青添加装置，进料仓不少于 5 个，矿粉仓应配备振动装置。		

A.4　下封层施工机械

下封层施工机械应符合表A.6的规定。

表A.6　下封层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	数量
1	同步碎石封层车	1辆
2	轮胎压路机	1台
3	洒水车	1辆
4	装载机	1台
5	鼓风机	1台

A.5　桥面防水粘结层施工机械

桥面防水粘结层施工机械应符合表A.7的规定。

表A.7　桥面防水粘结层施工机械设备配置

项次	机械设备名称	数量
1	同步碎石封层车	1辆
2	洒水车	1辆
3	抛丸机	1台
4	精铣刨机	1台
5	鼓风机	1台

附 录 B
（规范性）
质量检测仪器

B.1 一般规定

应配备性能良好、精度符合规定的试验仪器。

B.2 基层、底基层质量检测仪器

基层、底基层质量检测仪器应符合表B.1的规定。

表B.1 基层、底基层质量检测仪器配置

项次	试验仪器	数量	备注
1	水泥胶砂强度测定仪	1台	ISO 法
2	水泥凝结时间测定仪	1台	—
3	安定性检验仪	1台	—
4	水泥剂量测定设备	1套	—
5	振动搅拌试验机	1台	—
6	振动压实成型设备	1台	
7	重型击实仪	1台	宜采用振动成型仪
8	抗压试件制备与抗压强度测定设备	1套	
9	脱模器	1台	—
10	标准养护室	1间	—
11	灌砂筒等压实度测定设备	1套	—
12	标准筛	1套	—
13	土壤液、塑限联合测定仪	1台	方孔
14	压碎值测定仪器	1台	—
15	针片状测定仪器	1台	—
16	取芯机	1台	—
17	3 米直尺	1件	—

B.3 沥青面层质量检测仪器

沥青面层质量检测仪器应符合表B.2的规定。

表B.2 沥青面层质量检测仪器配置

项次	试验仪器	数量	备注
1	针入度仪	1 台	可自动采集数据，具备数据上传功能
2	延度仪	1 台	
3	软化点仪	1 台	
4	沥青红外光谱分析仪	1 台	
5	旋转薄膜烘箱	1 台	—

表 B.2 （续）

项次	试验仪器	数量	备注
6	旋转压实仪	1 台	—
7	马歇尔稳定度试验仪	1 台	—
8	马歇尔试件击实仪	1台	—
9	试验室用沥青混合料拌和机	1台	—
10	脱模器	1套	—
11	试模	12个	—
12	沥青混合料离心抽提仪	1台	配离心加速沉淀仪
13	燃烧炉	1台	—
14	集料压碎值试验仪	1台	—
15	砂当量仪	1台	—
16	标准筛	1套	方孔
17	饱和面干试模	1套	—
18	恒温水浴	1台	—
19	烘箱	2台	—
20	水银温度计	2支	二等标准
21	插入式数显温度计	2个	—
22	路面取芯机	1台	—
23	路面弯沉仪	1台	—
24	路面平整度仪	1台	—
25	渗水仪	1台	—

B.4 下封层质量检测仪器

下封层质量检测仪器应符合表B.3的规定。

表B.3 下封层质量检测仪器配置

项次	试验仪器	数量	备注
1	针入度仪	1台	可自动采集数据，具备数据上传功能
2	延度仪	1台	
3	软化点仪	1台	
4	标准筛	1套	方孔筛
5	粘度仪	1台	
6	渗水仪	1台	

B.5 桥面防水粘结层质量检测仪器

桥面防水粘结层质量检测仪器应符合表B.4的规定。

表B.4　桥面防水粘结层质量检测仪器配置

项次	试验仪器	数量	备注
1	针入度仪	1台	可自动采集数据，具备数据上传功能
2	延度仪	1台	
3	软化点仪	1台	
4	标准筛	1套	方孔筛
5	粘度仪	1台	
6	渗水仪	1台	

附 录 C
（资料性）
ATB-25 沥青碎石混合料目标配合比设计实例

C.1 原材料的选择

所用道路石油沥青、石灰岩集料及矿粉各项指标均符合本文件的要求可以用于目标配合比设计。各种集料的筛分结果见表C.1。

表 C.1 各种集料筛分结果

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#料，通过率/%	98.9	72.8	14.8	3.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2#料，通过率/%	100	100	70.6	40.9	16.1	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3#料，通过率/%	100	100	100	100	100	75.1	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4#料，通过率/%	100	100	100	100	100	100	99.0	69.4	52.9	36.5	23.7	17.8	13.0

C.2 级配的计算

根据本文件的级配范围，计算得到三种级配的各集料组成及其级配如表C.2、表C.3。

表 C.2 各级配各种集料组成

级配类型	1#/%	2#/%	3#/%	4#/%
级配1	30	30	7	33
级配2	30	35	5	30
级配3	25	30	10	35

表 C.3 混合料级配表

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配1，通过率/%	100	99.7	83.0	56.7	46.0	38.6	33.0	23.0	17.5	12.1	7.8	5.9	4.3
级配2，通过率/%	100	99.7	81.6	53.8	41.8	34.2	30.0	20.9	15.9	11.0	7.1	5.3	3.9
级配3，通过率/%	100	99.7	84.4	61.0	50.8	42.9	35.0	24.4	18.6	12.8	8.3	6.2	4.6

C.3 马歇尔试验

按设计的级配，分别对各试验级配成型油石比为3.5%的试件，按JTG E20中大马歇尔试验方法进行试验，测定混合料各项指标。试验结果见表C.4。

表 C.4 各级配的大马歇尔试验结果

级配	油石比/%	稳定度/kN	流值/(0.1mm)	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	毛体积相对密度	理论相对密度
级配1	3.5	26.4	70.7	4.94	12.97	61.92	2.425	2.551
级配2	3.5	28.9	56.2	5.13	13.15	60.97	2.421	2.552
级配3	3.5	26.7	62.2	5.63	13.62	58.66	2.413	2.557
要求		不小于 18	40～80	3～6	不小于12.5	60～70	—	—

C.4 设计级配的选择

测定13.2mm以上集料的松方密度，并按照公式（C.1）和公式（C.2）计算各级配混合料中13.2mm以上颗粒的密度，按照公式（C.3）计算混合料的SSC，结果如表C.5。

$$\rho_{ca}=\frac{m_2-m_1}{V} \quad \text{(C.1)}$$

式中：

ρ_{ca}——粗集料的捣实密度，单位为克每立方厘米（g/cm^3）；

m_1——干捣容器质量，单位为克（g）；

m_2——粗集料和干捣容器总质量，单位为克（g）；

V——干捣容器体积，单位为立方厘米（cm^3）。

$$\rho_{cm}=\rho_{mb}\times\frac{100-P_b}{100}\times\frac{P_{ca}}{100} \quad \text{(C.2)}$$

式中：

ρ_{cm}——沥青混合料中粗集料密度，单位为克每立方厘米（g/cm^3）；

ρ_{mb}——沥青混合料试件毛体积密度，单位为克每立方厘米（g/cm^3）；

P_b——沥青用量，单位为百分率（%）；

P_{ca}——粗集料占矿料的比例，单位为百分率（%）。

$$SSC=\left(\frac{\rho_{cm}}{\rho_{ca}}\right)\times 100 \quad \text{(C.3)}$$

式中：

SSC——粗集料嵌挤程度，单位为百分率（%）；

ρ_{cm}——沥青混合料中粗集料密度，单位为克每立方厘米（g/cm^3）；

ρ_{ca}——粗集料的捣实密度，单位为克每立方厘米（g/cm^3）。

表 C.5 各级配混合料 SSC 试验结果

级 配	粗集料捣实松方密度/（g/cm^3）	沥青用量/%	混合料毛体积密度/（g/cm^3）	粗集料百分率/%	混合料中粗集料密度/（g/cm^3）	SSC/%
级配1	1.560	3.38	2.425	54.0	1.265	81.1
级配2	1.574	3.38	2.421	58.2	1.361	86.6
级配3	1.593	3.38	2.413	49.2	1.147	72.0

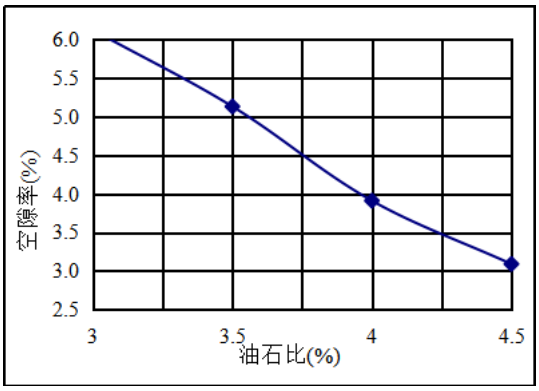
从上表可以看出，级配1、级配2均可满足SSC大于80%的要求，选取级配2为设计级配。

C.5 最佳油石比的确定

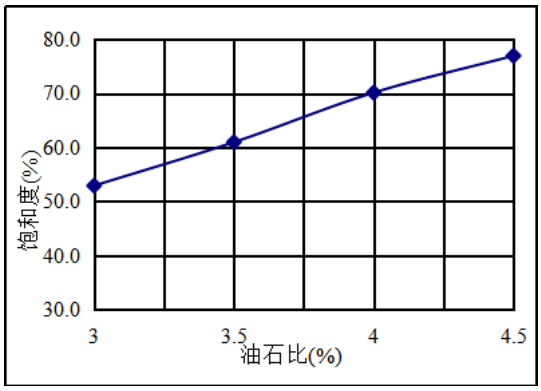
按照设计级配，分别成型油石比3.0%、3.5%、4.0%、4.5%的试件，进行大马歇尔试验，测定混合料的空隙率、稳定度及流值等指标，试验结果见表C.6及图C.1。

表 C.6　设计级配不同油石比时大马歇尔试验结果

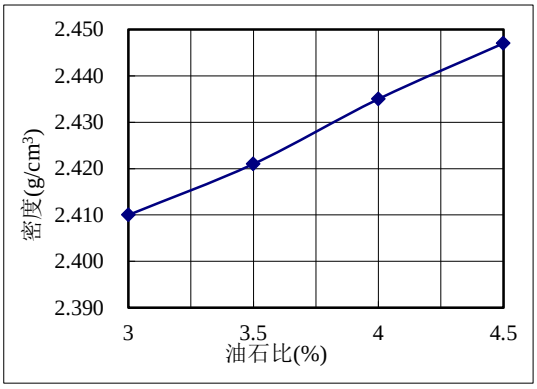
油石比/%	稳定度/kN	流值/（0.1mm）	空隙率/%	矿料间隙率/%	饱和度/%	毛体积相对密度	理论相对密度	SSC/%
3.0	26.5	66.6	6.12	12.99	52.92	2.410	2.567	86.5
3.5	28.9	56.2	5.13	13.15	60.97	2.421	2.552	86.5
4.0	27.0	69.4	3.91	13.08	70.13	2.435	2.534	86.6
4.5	31.8	90.7	3.09	13.41	76.96	2.447	2.525	86.6
要求	不小于18	40～80	3～6	不小于12.5	60～70	—	—	大于80



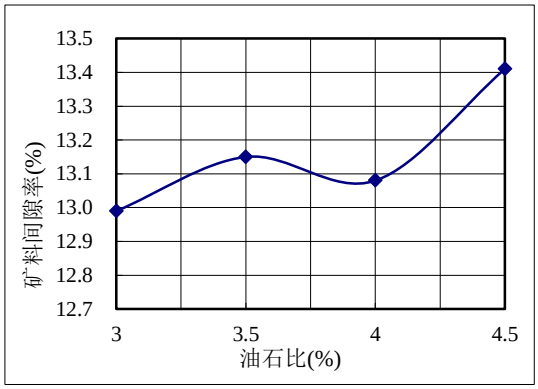
a）空隙率与油石比的关系



b）饱和度与油石比的关系



c）密度与油石比的关系



d）矿料间隙率与油石比的关系

图 C.1　混合料密度及体积指标与油石比关系曲线

采用5%的空隙率作为设计空隙率，根据图表查值得出设计空隙率对应的油石比为3.6%。采用3.6%油石比击实成型大马歇尔试件，测定试件马歇尔各项指标，试验结果如表C.7。

表 C.7　设计级配各项指标

级配	设计空隙率/%	最佳油石比/%	饱和度/%	矿料间隙率/%	稳定度/kN	流值/(0.1mm)
设计级配	5.0	3.6	63.1	13.1	27.58	64.38

C.6　目标配合比设计的性能验证

根据上述设计结果，分别对设计级配进行了水稳定性试验、车辙试验、无侧限抗压强度试验。试验结果见表C.8至表C.10所示。

表 C.8　水稳定性试验结果

混合料类型	马歇尔稳定度/kN	浸水马歇尔稳定度/kN	残留稳定度S_0/%	要求/%
ATB-25	23.8	23.4	98.32	不小于75

表 C.9　动稳定度试验结果

级配类型	油石比/%	动稳定度/（次/mm）				
		1	2	3	平均	要求
ATB-25	3.6	3150	2625	2333	2702	—

表 C.10　无侧限抗压强度试验结果（20℃）

级配类型	油石比/%	动稳定度/（次/mm）							
		1	2	3	4	5	7	平均	要求
ATB-25	3.6	4.47	5.55	7.13	5.15	4.87	5.44	5.44	不小于3.0

C.7　目标配合比设计结果

根据取样的集料、矿粉、沥青等原材料，按照本文件进行目标配合比设计，得到的最佳油石比为 3.6%。对设计混合料的性能检验表明，其各项性能指标满足要求。本次目标配合比设计可用于工地生产配合比设计。

附　录　D
（规范性）
不粘轮试验规程

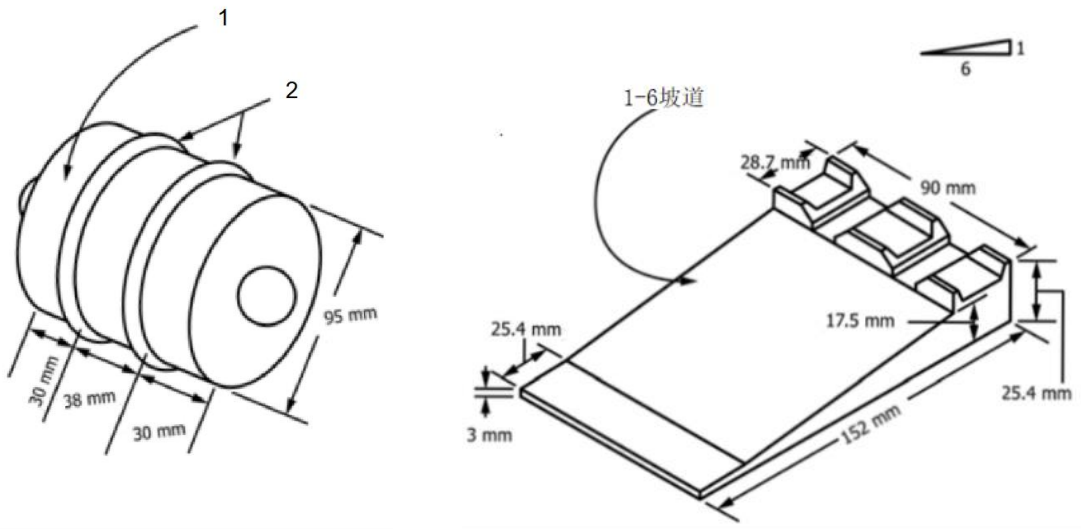
D.1　一般规定

D.1.1　本方法适用于不粘轮乳化沥青粘层室内的不粘轮特性评估。

D.1.2　不粘轮试验应在指定温度条件下进行。

D.2　仪器设备

D.2.1　粘轮测试仪由带有两个O型橡胶圈的钢轮和一个坡道组成，如图D.1所示。带有O型橡胶圈的钢轮组件总重量为5386±28g，钢轮和坡道的详细尺寸要求见图D.1。可更换的O型圈应由合成橡胶或类似橡胶的材料制成，其外径104mm，内径85mm，横截面直径9.5mm。



a)钢轮示意图　　b)坡道示意图

标引序号说明：

1——测试仪轮；

2——橡胶圈。

图 D.1　粘轮测试仪示意图

D.2.2　环境箱的温度控制精度为试验温度±0.5℃，温控范围：0～150℃。

D.3　试验准备

D.3.1　参照现JTG E20，采用车辙成型仪成型AC-20或Superpave20沥青混合料车辙板，尺寸为：长300mm，宽300mm，厚度50mm。

D.3.2　同一试验条件下，试件个数不宜少于2个。

D.4　试验步骤

D.4.1　将沥青车辙板表面清理干净，确保其表面无油污、水分等。

D.4.2　将不粘轮乳化沥青均匀地涂布于沥青车辙板表面，涂布量应为0.45kg/m^2±0.05kg/m^2。

D.4.3　将车辙板放入60℃烘箱内进行养生，时间宜为6h。

D.4.4　将粘轮测试仪上的两个橡胶圈擦拭干净，确保橡胶圈洁净。

D.4.5　将车辙板与测试仪的斜坡端部对接，松开测试仪，滚过车辙板表面。

D.4.6　目测橡胶圈是否粘有沥青，同一试件滚压3次，有2次不粘轮则判定为不粘轮。

D.5　分析报告

报告每次试验的粘轮情况。

附 录 E
（规范性）
AC-S 沥青混合料要求

E.1 AC-20S 沥青混合料和 AC-25S 沥青混合料是基于江苏省工程实践提出的连续密级配沥青混合料。

E.2 与 JTG F40 规定的 AC 混合料相比主要区别为级配范围不同，AC-20S 混合料和 AC-25S 混合料级配范围应符合表 E.1 的规定。

表 E.1 AC-20S、AC-25S 沥青混合料级配组成

筛孔尺寸/mm	31.5	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-20S，通过率/%	/	100	90～100	78～94	65～85	54～74	35～55	23～39	14～28	9～20	6～15	4～11	3～7
AC-25S，通过率/%	100	90～100	74～92	66～84	56～76	44～64	28～48	20～38	13～28	9～20	6～14	4～10	3～7

E.3 AC-20S 沥青混合料、AC-25S 沥青混合料技术指标、配合比设计及施工各阶段控制要求，可参考 JTG F40 中热拌沥青混合料路面相关规定。

附　录　F
（规范性）
公路沥青 60℃旋转粘度试验规程

F.1　仪器设备

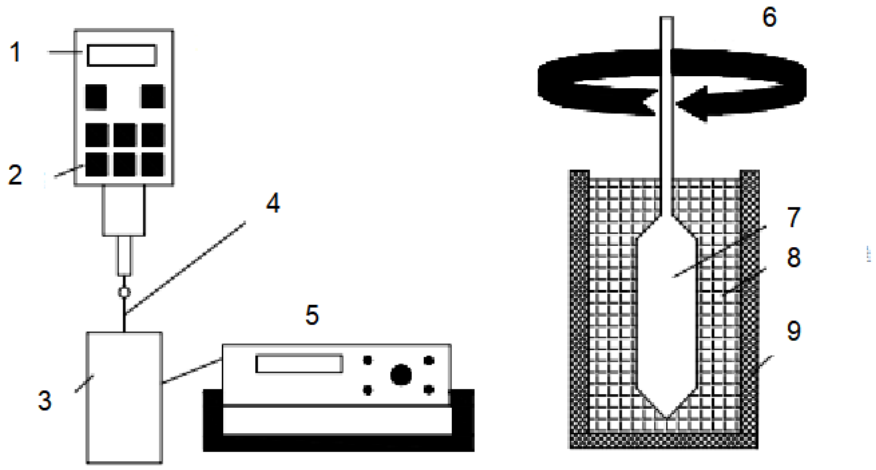
F.1.1　布洛克菲尔德粘度计（如图F.1）应具有直接显示粘度、扭矩、剪切应力、剪变率、转速和试验温度等信息的功能，主要包括以下部分：

——RV 型标准高温粘度测量系统：量程应满足被测道路石油沥青、基质沥青、改性沥青粘度的要求；

——转子：针对道路石油沥青和基质沥青测定应选择 27 号转子，针对 SBS 改性沥青测定应选择 7 号转子；

——自动温度控温系统：包括恒温室、恒温控制器、盛样筒（为试管形状）、温度传感器等；

——数据采集和显示系统、绘图记录设备等。



a）布洛克菲尔德粘度计组成示意图　　b)恒温室示意图

标引序号说明：

1——数字读数；

2——控制键；

3——恒温室；

4——纺锤形轴加长杆；

5——恒温控制器；

6——扭矩；

7——纺锤形椎；

8——沥青试样；

9——盛样筒。

图F.1　布洛克菲尔德粘度计示意图

F.1.2　烘箱应具有自动温度控制器，控温的准确度为±1℃。

F.1.3　标准温度计的分度值为0.1℃。

F.1.4　秒表的分度值为0.1s。

F.2 试验步骤

F.2.1 仪器安装时应调至水平，使用前应检查仪器的水准器气泡是否对中。开启粘度计恒温控制器电源，设定温度控制系统至60℃，其控温准确度应在使用前标定。

F.2.2 按JTG E20中T0602的方法准备沥青试样，分装在盛样容器中。

F.2.3 适当搅拌沥青盛样容器，按转子型号所要求的体积向粘度计的盛样筒中添加沥青试样，根据试样的密度换算成质量。加入沥青试样后的液面应符合不同型号转子的规定要求，试样体积应与系统标定时的标准体积一致。

F.2.4 针对道路石油沥青和基质沥青，将转子与盛样筒一起置于145℃±2℃的烘箱中保温20min～30min。针对SBS改性沥青，将转子与盛样筒一起置于170℃±2℃的烘箱中保温20min～30min。应注意去除盛样筒沥青中的气泡。

F.2.5 取出转子和装有沥青的盛样筒，安装在粘度计上，降低粘度计，使转子插进盛样筒的沥青液面中，至规定的高度。转子和装有沥青的盛样筒一起在已控温至60℃温度的RV型标准高温粘度测量系统的恒温室中保温，维持1.5h。

F.2.6 预先估计沥青粘度，当估计的沥青粘度小于40000Pa•s时，调整转子速率，观察扭矩读数，扭矩读数应在10%～98%范围内，同时应尽量控制扭矩靠近50%时，设定转子速率，并在整个测量粘度过程中，不改变设定的转速。当估计的沥青粘度大于等于40000Pa•s时，采用0.01RPM（r/min）的固定转速进行粘度的测量。仪器在测定前是否需要归零，可按操作说明书规定进行。

F.2.7 观测粘度变化，每间隔3min读取一次结果，当相邻两个结果的差值不大于平均值的0.5%时，判定结果稳定，并将平均值作为测定值，记为η，即为试样的粘度。对于检测结果超过设备初始量程的，要求连接电脑，提供具体检测结果。

F.3 试验报告

同一种试样应至少试验2次，当两次测定结果符合重复性试验允许误差要求时，取其平均值作为测定值。

F.4 试验允许误差

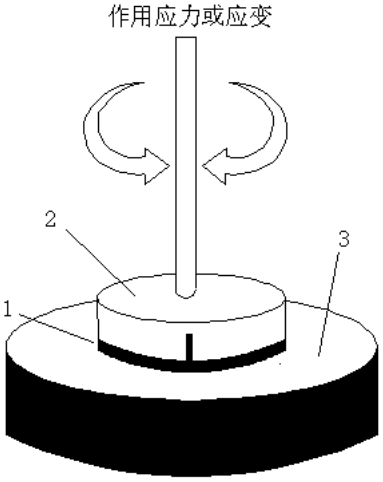
F.4.1 针对道路石油沥青和基质沥青，重复性试验的允许误差为平均值的3.5%，再现性试验的允许误差为平均值的14.5%。

F.4.2 针对SBS改性沥青，重复性试验的允许误差为平均值的7%，再现性试验的允许误差为平均值的14.5%。

附 录 G
（规范性）
多应力蠕变恢复（MSCR）试验方法检测规程

G.1 仪器设备

G.1.1 动态剪切流变仪的试验系统应由金属振荡板、金属固定板、环境室、加载设备、控制和数据采集系统组成，具体如图G.1所示。



标引序号说明：
1——沥青；
2——金属振荡板；
3——金属固定板。

图G.1 动态剪切流变仪基本原理示意图

G.1.2 试验系统应符合下列基本技术要求：

——金属振荡板：表面光滑，直径为25mm±0.05mm；
——环境室：用来控制试验时试件的温度，通过加热或冷却维持一个恒定的试件环境。环境室中加热或冷却试件的介质应为不影响沥青性质的液体或气体；
——温度控制器：在5℃～85℃温度范围内可将试件温度控制在试验温度±0.1℃内；
——加载设备：加载方式采用应力控制荷载，且能在0.03s内达到所设定的应力值；
——控制和数据采集系统：可记录温度、频率、偏转角和扭矩，其精度要求应满足表G.1规定；
——温度传感器：精确至±0.1℃。

表G.1 控制和数据采集系统精度要求

测定值	精度	测定值	精度
温度	0.1℃	扭矩	10mN·m
频率	1%	偏转角度	100μrad

G.1.3 试件修整器：刮刀或刀片，用于修整试件。

G.2 试验步骤

G.2.1 试验准备

试验前应按照下列要求做好准备工作：

a) 按照 JTG E20 中 T0610 的方法准备经旋转薄膜烘箱后的老化沥青试样；
b) 加热沥青至足够流动状态，用来浇注试件，改性沥青加热温度不超过 163℃，在加热过程中给样品加盖，并适当进行搅拌以保证样品的均匀性和赶走气泡；
c) 将直径为 25mm±0.05mm 的试验板固定于试验机上，对试验板表面进行清洁，安装沥青试件，移动试验板挤压两个试验板间的试件，使板间隙为 1mm+0.05mm；
d) 加热试件修整器，修整周边多余的沥青；
e) 将试验板间隙调整为 1mm。

G.2.2 试验过程

a) 将试件温度升到试验温度±0.1℃，并根据沥青 PG 高温等级的标准确定试验的温度（如当沥青 PG 高温等级为 76 时，试验温度为 76℃），将温度控制器设定到所需要的试验温度±0.1℃，试件恒温应至少 10min。
b) 在应力控制方式下进行重复蠕变加载试验。分两个应力阶段进行试验，第一级应力阶段采用的控制应力为 0.1kPa，第二级应力阶段采用的控制应力为 3.2kPa。
c) 当温度达到试验温度时，设备自动以选择的应力值进行试验：
   1) 试验采用重复加载的方式，共加载 30 个循环，其中在应力水平 0.1kPa 条件下，第一次加载 10 个循环，用于调节试样，不需记录数据，第二次加载 10 个循环，记录数据，在应力水平 3.2kPa 条件下，第三次加载 10 个循环，记录数据。记录的数据用于计算不可恢复蠕变柔量和蠕变恢复率。记录和计算均由数据采集系统完成；
   2) 每个循环的加载过程为，在恒定应力下加载 1s，随后在零应力下恢复 9s；
   3) 每个循环的数据记录过程为，在恒定应力加载阶段，应力和应变应每 0.1s 记录一次，在零应力恢复阶段，应力和应变应至少每 0.45s 记录一次。
d) 试件制备和修整结束后，应立即进行试验。在多个温度下进行试验时，从试件加热到整个试验结束应在 4h 内。

G.2.3 分析和计算

G.2.3.1 每个循环蠕变部分开始时的初始应变值，表示为“$\in_0$”。

G.2.3.2 每个周期蠕变部分结束时（即 1s 之后）的应变值，表示为“$\in_c$”。

G.2.3.3 每个周期（$\in_1$）蠕变部分结束时（即 1s 之后）的调整应变值，应按照公式（G.1）计算。

G.2.3.4 每个周期恢复部分结束时（即 10s 之后）的应变值，表示为“$\in_r$”。

$$\in_1=\in_c-\in_0 \quad \text{(G.1)}$$

G.2.3.5 每个周期（$\in_{10}$）恢复部分结束时（即 10s 之后）调整应变值，应按照公式（G.2）计算。

$$\in_{10}=\in_{r}-\in_{0} \quad \text{(G.2)}$$

G.2.3.6 对于最后 10 个周期，0.1kPa 蠕变应力水平下的 N 从 1 到 10 的恢复率，应按照公式（G.3）计算。

$$\in_{r}(0.1,N)=\frac{(\in_{1}-\in_{10})\times 100}{\in_{1}} \quad \text{(G.3)}$$

G.2.3.7 对于 10 个循环的每个循环，3.2kPa 蠕变应力水平下的 N 从 1 到 10 的恢复率，应按照公式（G.4）计算。

$$\in_{r}(3.2,N)=\frac{(\in_{1}-\in_{10})\times 100}{\in_{1}} \quad \text{(G.4)}$$

G.2.3.8 0.1kPa 下恢复率的平均值，应按照公式（G.5）计算：

$$R_{0.1}=\frac{SUM[\in_{r}(0.1,N)]}{10} \quad \text{(G.5)}$$

式中：

N——111～1020。

G.2.3.9 3.2kPa 下恢复率的平均值，应按照公式（G.6）计算：

$$R_{3.2}=\frac{SUM[\in_{r}(3.2,N)]}{10}\ \text{for} \geq 1\sim 10 \quad \text{(G.6)}$$

式中：

N——1～10。

G.2.3.10 0.1kPa 下不可恢复的蠕变柔量，应按照公式（G.7）计算。

$$J_{nr}(0.1,N)=\frac{\in_{10}}{0.1} \quad \text{(G.7)}$$

G.2.3.11 3.2kPa 下不可恢复的蠕变柔量，应按照公式（G.8）计算。

$$J_{nr}(0.1,N)=\frac{\in_{10}}{3.2} \quad \text{(G.8)}$$

G.2.3.12 0.1kPa 下不可恢复蠕变柔量的平均值，应按照公式（G.9）计算：

$$J_{nr0.1}=\frac{SUM[J_{nr}(0.1,N)]}{10} \quad \text{(G.9)}$$

式中：

N——11～20。

G.2.3.13 3.2kPa 下不可恢复蠕变柔量的平均值，应按照公式（G.10）计算：

$$J_{nr3.2}=\frac{SUM[J_{nr}(3.2,N)]}{10} \quad \text{(G.10)}$$

式中：

N——1～10。

G.2.3.14　0.1 kPa 和 3.2 kPa 之间不可恢复蠕变柔量的百分比差异，应按照公式（G.11）计算。

$$J_{\mathrm{nrdiff}} = \frac{[J_{nr3.2} - J_{nr0.1}] \times 100}{J_{nr0.1}} \quad \text{(G.11)}$$

G.3　分析报告

试验报告及其数据精度应符合下列要求：

——试验材料名称、规格、来源及试验仪器的型号；

——试验间隙：精确至 1 μm；

——沥青的 PG 等级和试验温度：精确至 0.1℃；

——单次循环加载过程中的加载时长、卸载时长：精确至 0.1s；

——30 次循环加载的总时长：精确至 0.1s；

——0.1kPa 下的蠕变恢复率 $R_{0.1}$：单位为%，取 2 位有效数字；

——3.2kPa 下的蠕变恢复率 $R_{3.2}$：单位为%，取 2 位有效数字；

——0.1kPa 下的不可恢复蠕变柔量 $J_{nr0.1}$：单位为 kPa^{-1}，取 3 位有效数字；

——3.2kPa 下的不可恢复蠕变柔量 $J_{nr3.2}$：单位为 kPa^{-1}，取 3 位有效数字。

附 录 H
（资料性）
玄武岩高温抗剥落性能试验规程

H.1 仪器设备

H.1.1 烘箱应具有自动温度控制器，控温的准确度为±1℃。

H.1.2 洛杉矶磨耗试验仪。

H.1.3 天平（称量结果精度为1%）。

H.1.4 其他：铁盘、4.75mm方孔筛。

H.2 试验步骤

H.2.1 按以下几种方法获取沥青混合料试样，试样数量宜不少于表H.1的规定。

表 H.1 沥青混合料试样数量

公称最大粒径/mm	试样最小质量/g	公称最大粒径/mm	试样最小质量/g
9.5	1000	26.5	2500
13.2、16	1500	31.5	3000
19	2000	37.5	3500

H.2.2 将各种规格的矿料置105℃±5℃的烘箱中烘干至恒重（一般不少于4h～6h）。

H.2.3 将烘干分级的粗、细集料，按设计级配要求称其质量，在一金属盘中混合均匀，矿粉单独放入小盆里；然后置烘箱中加热至沥青拌和温度以上15℃（采用石油沥青时通常为163℃；采用改性沥青时通常需180℃）备用；将沥青试样用烘箱加热至规定的沥青混合料拌和温度。拌和温度应符合表H.2的规定。

表 H.2 沥青混合料试样数量

沥青结合料种类	拌和温度/℃
石油沥青	140～160
改性沥青	160～175

H.2.4 将沥青混合料拌和机提前预热至拌和温度。

H.2.5 将加热的粗细集料置于拌和机中，用小铲适当混合；然后加入需要数量的沥青，开动拌和机一边搅拌一边使拌和叶片插入混合料中拌和1min～1.5min；暂停拌和，加入加热的矿粉，继续拌和至均匀为止，并使沥青混合料在要求的拌和温度范围内。标准总拌和时间为3min。

H.2.6 将拌和好的沥青混合料放入平底盘中，并用小铲适当拌和，使其分布均匀；然后置于180℃±5℃的烘箱内，保温时间为300min±10min。

H.2.7 保温时间结束后，立即取出装有试样的平底盘，并用25℃的洁净水冲洗试样至室温。在平底盘中加25℃的洁净水至沥青混合料完全浸没，放置常温下静置，浸水时间为300min±10min。

H.2.8 浸水时间结束后，立即倾倒平底盘中水，并置于50℃的烘箱中烘干至恒重（指每间隔1h前后两次称量质量差不大于试样总质量的0.1%）。

H.2.9　将沥青混合料团块仔细分散，粗集料不破碎，细集料团块分散到小于6.4mm。若混合料坚硬时可用烘箱适当加热后再分散（采用石油沥青时通常为60℃；采用改性沥青时通常为80℃），分散时不应用铁锤打碎。

H.2.10　将分散后冷却至室温的沥青混合料试样倒入洛杉矶试验机中，盖紧盖子。

H.2.11　开动洛杉矶试验机，以30r/min～33r/min的速度旋转300转。

H.2.12　打开试验机盖子，取出试验样品。

H.2.13　将样品通过4.75mm标准筛，取大于4.75mm的沥青混合料进行水洗，并置于50℃的烘箱中烘干至恒重，称取干燥后的混合料质量m_1，准确至0.1g。

H.2.14　仔细观察集料颗粒表面沥青膜的裹覆面积，将沥青膜裹覆面积占集料颗粒总表面积不足2/3的混合料颗粒挑出，称取其质量m_2，准确至0.1g。

H.2.15　玄武岩高温抗剥落率按公式（H.1）计算：

$$\Delta S = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad \text{(H.1)}$$

式中：

ΔS——玄武岩高温抗剥落率，单位为（%）；

m_1——水洗后大于4.75mm沥青混合料质量，单位为克（g）；

m_2——沥青膜裹覆面积不足2/3的沥青混合料质量，单位为克（g）。

H.2.16　试验至少平行两次，取平均值作为试验结果。

H.3　分析报告

报告每次试验的沥青混合料剥落率。

附 录 I
（规范性）
粗集料高温压碎值试验规程

I.1 仪器设备

I.1.1 天平：称量10kg，感量不大于1g。

I.1.2 压力机：量程不大于2000kN，应能在10min内达到400kN，示值相对误差小于2%。

I.1.3 秒表：分度值为0.1s。

I.1.4 烘箱：应具有自动温度控制器，能控温在105℃±5℃、190℃±2℃。

I.1.5 集料压碎值试验仪：试筒、压柱和底板应符合JTG E42表T0316-1中规定的尺寸。

I.1.6 金属棒、金属筒、标准筛：金属棒、金属筒、标准筛应符合JTG E42中T0316第2章的规定

I.2 试验准备

I.2.1 集料用13.2mm和9.5mm的标准筛过筛，取9.5mm～13.2mm的试样置于105℃±5℃烘箱中烘干至恒重，冷却至室温后缩分为三份，各3000g。

I.2.2 每次试验的集料数量应满足按下述方法夯击后集料在试筒内的深度为100mm。在金属筒中确定集料质量的方法如下：

a) 将试样分 3 次（每次数量大体相同）均匀装入金属筒中，每次均将试样表面整平；
b) 用金属棒的半球面端从集料表面上均匀捣实 25 次；
c) 用金属棒作为直刮刀将最上层表面整平；
d) 称取金属筒中试样质量（m_0），准确至 1g；
e) 以相同质量的试样进行高温压碎值的平行试验；
f) 将烘箱加热并保持至 190℃。

I.3 试验步骤

I.3.1 将试筒安放在底板上组成试模。

I.3.2 将要求质量的试样分3次（每次数量大体相同）均匀装入试模中，每次均应将试样表面整平，用金属棒的半球面端从集料表面上均匀捣实25次。最上层表面应整平。

I.3.3 将装有试样的试模和压柱一起放入190℃的烘箱内保温2h。

I.3.4 保温结束后，从烘箱中取出装有试样的试模和压柱，并将压柱放入试模内集料表面上。使压柱摆平，不应楔挤试筒侧壁。

I.3.5 将装有试样的试模连同压柱一起放到压力机上，开动压力机，均匀地施加荷载，在10min时达到总荷载400kN，稳压5s，然后卸荷。

I.3.6 将试模从压力机上取下，装有试样的试模从190℃的烘箱中取出到压力机卸荷的全过程操作时间不应超过15min。

I.3.7 冷却至室温，将试筒内的试样取出。不应进一步击碎试样。

I.3.8 用2.36mm标准筛筛分经压碎的全部试样，可分几次筛分，均应筛到在1min内无明显的筛出物为止。

I.3.9　称取2.36mm标准筛的全部筛余量（m_1），准确至1g。

I.3.10　粗集料高温压碎值，应按照公式（I.1）计算，精确至0.1%；

$$Q_g = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad \text{(I.1)}$$

式中：

Q_g——粗集料高温压碎值，单位为百分率（%）；

m_0——试验前试样质量，单位为克（g）；

m_2——试验后2.36mm筛的全部筛余量，单位为克（g）。

I.3.11　以3个试样平行试验结果的算术平均值作为高温压碎值的测定值，精确至1%。

I.4　分析报告

报告每次试验的高温压碎值。

附 录 J
（规范性）
液体材料渗透性试验规程

J.1 一般规定

J.1.1 本方法适用于液体类材料在室内和现场评估材料渗透性。

J.1.2 渗透性试验应在常温条件下进行。

J.2 试验设备

J.2.1 量杯

容积250mL、截面积3056mm^{2}的标准装砂容器。

J.2.2 电子天平

感量0.01g，最大量程2kg的可调节水平的称重设备。

J.2.3 标准砂

0.3mm～0.6mm单粒径的ISO标准砂。

J.3 试验步骤

J.3.1 试验准备

试验准备应符合以下要求：

a) 将装砂容器的四壁以及底部涂一层较薄的石蜡；
b) 称取 280g 标准砂装入容器中，轻轻弹实，保证容器内砂样水平，高度在 54mm±0.5mm；
c) 按照比例配制 80g 液体材料。

J.3.2 试验过程

试验过程应符合以下要求：

a) 在距离量杯口 3cm 高度处，向砂样中心缓缓倒入 80g 液体材料。
b) 常温静置 8h 后，除去容器，轻轻刷去并收集未凝结的标准砂，采用天平称量未凝结砂样质量 M，精确到 0.01g。
c) 平行试验不少于 3 次，当平行试验结果与其平均值误差不超过 15%时，取其平均值作为试验结果；否则应重新试验。
d) 采用渗透深度 H 表示，按照公式（J.1）进行计算，以试验平均值作为最终试验评价结果，单位为毫米（mm）。

$$H = 54 - \frac{M}{3056\rho} \quad \text{(J.1)}$$

式中：

M——未凝结砂样质量，单位为克（g）；

ρ——砂样的堆积密度实测。

J.4 分析报告

报告每次试验的液体材料的渗透深度。

附 录 K
（资料性）
SMA-13S 沥青混合料目标配合比设计实例

K.1 原材料检验

K.1.1 所用SBS改性沥青、玄武岩集料、石灰岩填料、木质素纤维和抗剥落剂各项指标均符合本规范的要求，可以用于目标配合比设计。

K.1.2 粗集料、细集料、矿粉的筛分结果和相对密度试验结果列于表K.1和表K.2。

表 K.1 各种集料的筛分结果

筛孔尺寸（mm）	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#料，通过率（%）	100	80.6	13.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2#料，通过率（%）	100	100	88.5	1.8	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3#料，通过率（%）	100	100	100	79.5	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
4#料，通过率（%）	100	100	100	100	80.3	50.4	28.8	16.0	10.2	6.6
矿粉，通过率（%）	100	100	100	100	100	100	100	100	93.0	78.4

表 K.2 集料密度试验结果

材料名称	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率(%)
1#料	3.044	2.974	0.78
2#料	3.058	2.968	1.00
3#料	3.069	2.958	1.22
4#料	3.028	2.910	1.36
矿粉	2.671	—	—
沥青相对密度	1.026		

K.2 级配组成计算

K.2.1 依据设计要求，根据集料的筛分结果首先初选出粗、中、细三种级配（级配A、级配B、级配C），4.75mm筛孔通过率分别为23.8%、27.8%和30.8%，三种级配设计组成见表K.3；按油石比为6.0%，分别制作马歇尔试件，得出试件的体积指标，并分别测定三种级配的VCA_{DRC}，在满足VCA_{mix}小于VCA_{DRC}和VMA不小于16.5%的基础上确定设计级配，测试结果见表K.4和表K.5。

表 K.3 SMA-13S 沥青混合料三种级配的设计组成结果

筛孔尺寸（mm）	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配A(42：34：5：9：10)，通过率%	100	91.9	59.7	23.8	17.4	14.7	12.8	11.6	10.4	8.6
级配B(39：33：5：13：10)，通过率%	100	92.4	62.4	27.8	20.6	16.8	13.9	12.3	10.8	8.9
级配C(38：31：5：16：10)，通过率%	100	92.6	63.5	30.8	23.0	18.3	14.8	12.8	11.1	9.1

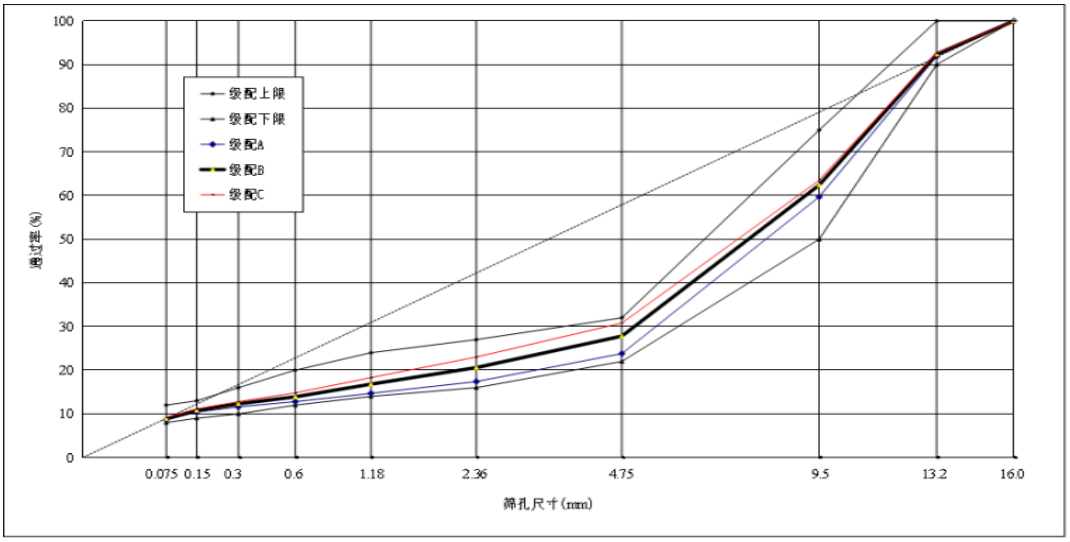
表 K.4　VCA_{DRC}测试结果

级配类型	松容重/(g/cm³)	4.75mm通过率/%	粗集料毛体积密度/（g/cm³）	粗集料骨架间隙率/%
级配A	1.74	23.8	2.970	41.4
级配B	1.69	27.8	2.970	43.1
级配C	1.66	30.8	2.970	44.1

表 K.5　初试级配的体积分析

级配类型	油石比/%	计算理论最大相对密度	毛体积相对密度	空隙率/%	VMA/%	VFA/%	粗集料骨架间隙率/%
级配A	6.0	2.682	2.557	4.7	17.7	73.7	38.3
级配B	6.0	2.680	2.572	4.0	17.2	76.5	41.2
级配C	6.0	2.679	2.592	3.2	16.5	80.3	43.2
要求	/	/	/	3.0～4.5	≥16.5	75～85	≤VCA_{DRC}

K.2.2　由表K.4和表K.5可知，级配B和级配C体积指标满足要求，根据经验，取级配B为设计级配，SMA-13S设计级配曲线图见图K.1。



图K.1　级配曲线图

K.3　马歇尔稳定度试验

按设计级配B称取集料，采用3种油石比拌和SMA-13S沥青混合料，采用双面击实75次成型马歇尔试件，进行马歇尔稳定度试验，试验结果列于表K.6。

表 K.6　马歇尔试验结果

级配类型	油石比/%	稳定度/kN	流值/（0.1mm）	空隙率/%	VMA/%	VCA_{mix}/%	VFA/%	毛体积相对密度	计算最大理论相对密度
SMA-13S	5.7	12.35	34.8	4.9	17.3	41.3	71.5	2.560	2.693
	6.0	11.08	36.3	4.0	17.2	41.2	76.5	2.572	2.680
	6.3	9.14	39.1	3.0	16.9	41.0	82.4	2.589	2.668
要求		≥6.0	20～50	3.0～4.5	≥16.5	≤VCA_{DRC}	75～85	/	/

K.4 最佳油石比的确定

根据SMA-13S沥青混合料设计要求和实际工程情况，本次设计中空隙率为4.0%时，油石比为6.1%，且其它指标（VMA、VCA、稳定度、饱和度等）均满足设计要求，故确定6.1%为最佳油石比。

K.5 配合比设计检验

K.5.1 谢伦堡析漏试验。试验条件：试验温度185℃±2℃，保温1h后进行析漏试验，结果表K.7。

表K.7 析漏试验结果

单位为百分率

级配类型	油石比	析漏1	析漏2	析漏3	平均	要求
SMA-13S	6.0	0.040	0.050	0.080	0.057	≤0.1

K.5.2 肯特堡飞散试验。试验条件：将成型的马歇尔试件（双面击实50次）在20±0.5℃水温下浸泡20小时，然后采用洛杉矶磨耗试验机旋转300次进行飞散试验,结果见表K.8。

表K.8 飞散试验结果

单位为百分率

级配类型	油石比	飞散率1	飞散率2	飞散率3	飞散率4	平均	要求
SMA-13S	6.0	7.15	6.03	8.58	7.10	7.21	≤15

K.5.3 抗水损害试验。为了检验沥青混合料的抗水损害性能，分别进行了最佳油石比下的SMA-13S沥青混合料的浸水马歇尔试验，试验结果见表K.9。

表K.9 浸水马歇尔试验结果

级配类型	非条件		条件		TSR/%	要求/%
	空隙率/%	劈裂强度/MPa	空隙率/%	劈裂强度/MPa		
SMA-13S	5.3	1.0812	4.8	0.8650	83.2	≥80
	4.7	0.9331	5.2	0.9027		
	5.5	1.0452	4.9	0.8226		
	5.3	1.0031	5.1	0.7891		
平均值	5.2	1.0156	5.0	0.8448		

K.5.4 动稳定度试验。试验条件：在60±1℃，0.7±0.05MPa条件下进行车辙试验，检验高温稳定性，动稳定度试验结果列于表K.10。

表K.10 车辙试验动稳定度

级配类型	油石比/%	动稳定度/（次/mm）					变异系数/%	
		1	2	3	平均	要求	实测值	要求
SMA-13S	6.0	6774	7241	6364	6793	≥3000	6.5	≤20

K.5.5 低温抗裂性能。在温度-10℃，速率50mm/min的条件下进行低温弯曲试验以检验沥青混合料的低温性能。试验结果如表K.11所示。

表 K.11　小梁弯曲试验结果

级配类型	最大荷载/kN	跨中挠度/mm	抗弯拉强度/MPa	劲度模量/MPa	破坏应变/με	要求/με
1	0.987	0.452	7.84	3371	2326	≥2000
2	1.068	0.431	8.40	3689	2276	
3	1.349	0.483	9.41	3518	2673	
4	1.042	0.465	9.09	3744	2427	
5	0.928	0.442	7.71	3314	2327	
6	1.121	0.461	8.37	3334	2510	
7	1.083	0.456	8.47	3495	2423	
平均	0.987	0.452	7.84	3371	2326	

K.6　配合比设计报告

通过混合料级配调试和相关检验试验，表明所设计的SMA-13S沥青混合料的抗水损害性能、高温稳定性能均满足本文件要求，可用于SMA-13S沥青混合料生产配合比设计。级配及最佳油石比见表K.12。

表 K.12　级配及最佳油石比

级配类型	下列各种集料所占比例/%					油石比/%
	1#	2#	3#	4#	矿粉	
SMA-13S	39.0	33.0	5.0	13.0	10.0	6.0

附 录 L
（资料性）
Superpave20 沥青混合料目标配合比设计实例

L.1 原材料检验

L.1.1 所用SBS改性沥青、石灰岩集料、石灰岩填料经检验各项指标均符合本文件的要求，可以用于目标配合比设计。其中，集料相对密度结果列于表L.1。

表 L.1 集料相对密度试验结果表

材料名称	表观相对密度	毛体积相对密度	吸水率/%
1#料	2.709	2.681	0.38
2#料	2.718	2.683	0.48
3#料	2.770	2.703	0.89
4#料	2.704	2.617	1.23
矿粉	2.680	—	—
沥青相对密度	1.029		

L.1.2 粗集料、细集料和填料水洗法筛分结果列于表L.2。

表 L.2 集料筛分结果表

筛孔尺寸/mm	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
1#料，通过率/%	100	70.3	5.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2#料，通过率/%	100	100	99.4	81.7	10.4	1.2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3#料，通过率/%	100	100	100	100	67.1	2.6	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2
4#料，通过率/%	100	100	100	100	100	81.3	45.0	26.7	11.4	9.2	7.9
矿粉，通过率/%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95.1	83.2

L.2 级配的选择

L.2.1 依据Superpave设计的一般方法，在选择集料结构时，首先调试选出粗、中、细三个级配，各合成级配通过百分率列于表L.3。

表 L.3 级配组成表

筛孔尺寸/mm	通过率/%		
	级配A	级配B	级配C
26.5	100.0	100.0	100.0
19	91.1	92.0	92.6
13.2	71.3	74.2	76.1
9.5	63.3	66.5	68.8
4.75	34.9	38.5	42.3
2.36	23.0	25.4	28.7
1.18	13.5	14.9	16.7

表 L.3 （续）

筛孔尺寸/mm	通过率/%		
	级配A	级配B	级配C
0.6	8.9	9.7	10.8
0.3	5.1	5.4	5.9
0.15	4.5	4.7	5.1
0.075	3.9	4.1	4.4

L.2.2 根据设计经验拟用4.3%的初始沥青用量，采用旋转压实仪成型试件，设定旋转压实仪的单位压力为0.6MPa。初始沥青用量下各级配旋转压实试验结果汇总于表L.4。

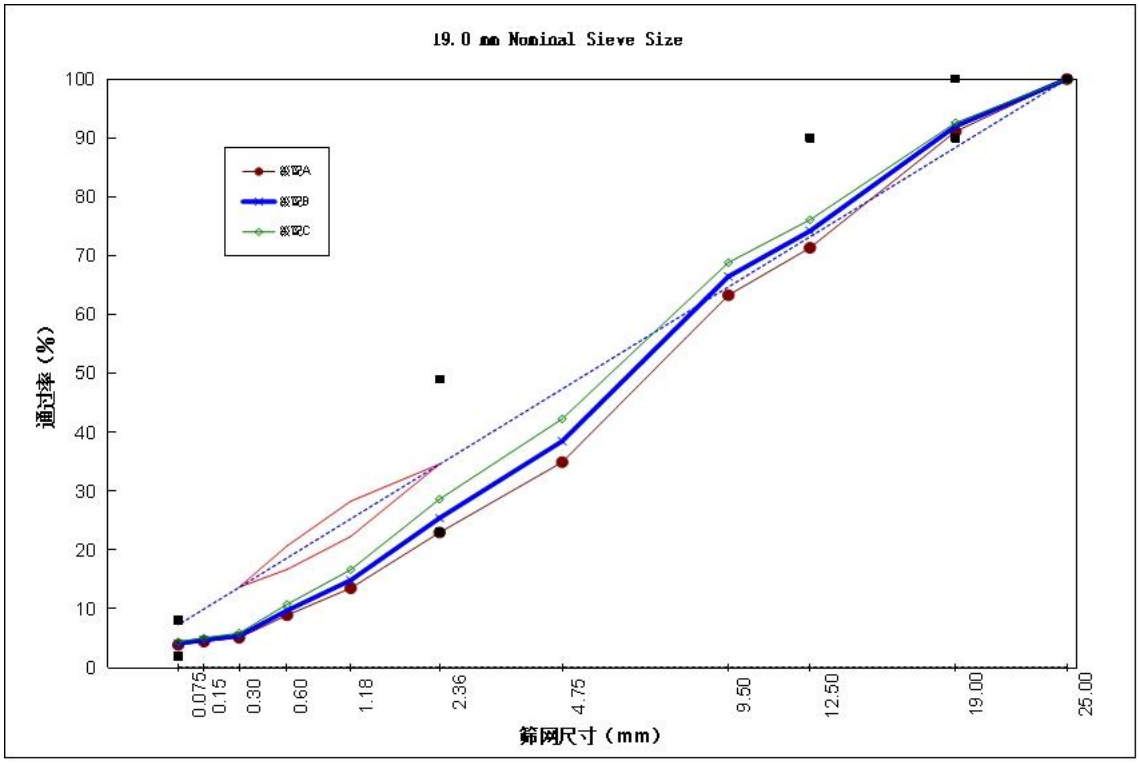
表 L.4 三种试验级配旋转压实试验结果汇总表

级配	计算理论最大相对密度	试件编号	高度/mm		空气中重/g	水中重/g	表干重/g	毛体积相对密度	初始次数压实度/%	初始次数压实度/%
			8次	100次						
级配A	2.526	1	132.1	116.7	4813.6	2815.9	4824.2	2.397	84.9	95.2
		2	132.3	117.0	4815.2	2810.6	4826.0	2.389		
		3	132.4	117.1	4806.8	2804.3	4817.3	2.388		
		4	132.0	116.8	4803.1	2806.8	4814.5	2.392		
级配B	2.525	1	130.7	115.7	4801.2	2823.2	4809.6	2.417	85.3	96.0
		2	130.9	115.9	4803.9	2818.4	4811.1	2.411		
		3	130.7	115.6	4809.3	2820.8	4817.8	2.408		
		4	131.0	115.9	4804.5	2827.9	4812.3	2.421		
级配C	2.524	1	129.2	114.6	4795.9	2840.2	4802.5	2.444	86.1	96.9
		2	129.6	114.2	4813.4	2842.3	4819.7	2.434		
		3	129.4	114.6	4815.8	2846.7	4822.3	2.438		
		4	129.5	114.3	4806.3	2849.3	4813.4	2.447		

表 L.5 三种级配估算沥青用量试验结果评价表

级配	4%空隙率时沥青用量/%	4%空隙率时沥青用量/%	VFA/%（设计次数）	粉胶比F/A	初始次数压实度/%
A	4.62	13.7	65.0	0.95	84.9
B	4.31	13.0	69.1	1.09	85.3
C	3.94	12.1	74.4	1.30	86.1
Superpave标准		≥13.0	65～75	0.6～1.2	≤89

L.2.3 表L.6为三种级配估算沥青用量试验结果评价表。依据评价指标，可以得出级配3满足Superpave设计要求，本次选择级配3为设计级配。级配曲线绘于图L.1。



图L.1　设计级配曲线

L.3　确定最佳沥青用量

设计级配确定后，由表L.5根据实际设计经验，取P_b为4.3%，四个沥青用量分别为：3.8%、4.3%、4.8%、5.3%。在进行确定选择级配沥青用量的试验时，压次数设定在N设计=100次。设计级配四种沥青用量混合料试件试验结果列于表L.6和表L.7；根据表L.7中，3.8%、4.3%、4.8%、5.3%四个沥青用量的体积性质，得到设计沥青用量为4.3%及其对应的体积性质。

表L.6　设计级配四种沥青用量试验结果汇总表

级配	计算理论最大相对密度	试件编号	高度/mm		空气中重/g	水中重/g	表干重/g	毛体积相对密度	初始次数压实度/%	初始次数压实度/%
			8次	100次						
3.8	2.545	1	131.6	116.5	4815.3	2821.8	4827.6	2.401	83.9	94.6
		2	131.9	116.9	4809.1	2815.4	4821.8	2.397		
		3	131.8	116.7	4805.4	2808.5	4816.9	2.393		
		4	131.9	116.8	4812.8	2819.3	4824.2	2.401		
4.3	2.525	1	130.4	115.2	4807.6	2828.4	4815.9	2.419	85.1	96.
		2	130.7	115.5	4802.7	2815.7	4811.2	2.407		
		3	130.4	115.4	4805.4	2820.7	4814.6	2.410		
		4	130.6	115.2	4811.5	2831.9	4820.8	2.419		
4.8	2.506	1	129.1	113.9	4798.3	2825.3	4805.9	2.423	85.9	97.0

表L.6 （续）

级配	计算理论最大相对密度	试件编号	高度/mm		空气中重/g	水中重/g	表干重/g	毛体积相对密度	初始次数压实度/%	初始次数压实度/%
			8次	100次						
4.8	2.506	2	129.3	114.3	4800.7	2820.6	4807.9	2.416		
		3	129.0	114.2	4812.5	2835.7	4819.2	2.426		
		4	129.2	114.0	4806.7	2828.9	4813.9	2.422		
5.3	2.488	1	127.7	112.6	4810.5	2843.9	4815.9	2.439	87.1	98.1
		2	128.1	112.9	4815.2	2835.6	4820.3	2.426		
		3	127.8	112.7	4802.4	2830.2	4808.1	2.428		
		4	128.1	113.0	4801.9	2832.1	4807.6	2.431		

表L.7 四种沥青用量沥青混合料体积性质

沥青用量/%	设计压实次数时			粉胶比F/A	初始次数压实度/%
	压实度/%（设计次数）	VMA/%	VFA/%		
3.8	94.6	13.1	58.8	1.26	83.9
4.3	96.0	13.0	69.1	1.09	85.1
4.8	97.0	13.2	77.0	0.96	85.9
5.3	98.1	13.3	85.8	0.86	87.1
Superpave标准		≥13.0	65～75	0.6～1.2	≤89

L.4 设计检验

采用设计沥青用量4.3%拌和混合料成型试件，采用沥青用量4.3%成型试件，验证4.3%的沥青用量在压实次数设定在N最大时对应的体积性质指标（本次$N_{最大}$=160次），结果列表于L.8。

表L.8 设计沥青用量验证试验结果表

沥青用量/%	设计压实次数时			粉胶比F/A	初始次数压实度/%	最大压实度/%
	压实度/%（设计次数）	VMA/%	VFA/%			
4.3	96.0	13.0	69.1	1.09	97.1	97.1
Superpave标准		≥13.0	65～75	0.6～1.2*	≤89	≤98

L.5 设计结果

通过以上试验和分析，级配B为设计级配，配合比为1#料：2#料：3#料：4#料：矿粉=27.0%：36.0%：7.0%：28.0%：2.0%。其对应的混合料特性如表L.9所示。

表L.9 沥青混合料体积性质表

沥青混合料特性	设计结果	Superpave标准
VV	4.0%	4.0
VMA	13.0%	≥13.0
VFA	69.1%	65～75

表 L.9 （续）

沥青混合料特性	设计结果	Superpave标准
DP	1.09	0.6～1.2
Gmm（最初）	85.1%	≤89
Gmm（最大）	97.1%	≤98

L.6 马歇尔试验

按照设计级配和沥青用量，进行马歇尔击实试验并进行路用性能验证，试验结果见表L.10～表L.14。

表 L.10 沥青混合料马歇尔试验结果

技术指标	技术要求	试验结果
击实次数	正反75次	正反75次
稳定度/kN	≥8.0	12.06
流值/（0.1mm）	20～50	32.2
毛体积相对密度	实测值	2.398
空隙率/%	4.0～6.0	5.0
间隙率/%	≥13.0	13.9
饱和度/%	60～70	63.8

表 L.11 车辙试验动稳定度试验结果

级配类型	沥青用量/%	动稳定度/（次/mm）					变异系数/%	
		1	2	3	平均	要求	实测值	要求
Superpave20	4.2	12600	14651	12115	13122	≥3000	10.3	≤20

表 L.12 浸水马歇尔稳定度试验结果

级配类型	非条件			条件			劈裂强度比TSR/%	要求/%
	空隙率/%	稳定度/kN	流值/（0.1mm）	空隙率/%	稳定度/kN	流值/（0.1mm）		
Superpave20	5.3	12.43	32.4	4.9	9.95	37.6	87.3	≥85
	5.0	11.67	36.3	5.1	10.68	39.2		
	5.2	12.06	34.1	4.9	10.93	35.3		
平均值	5.2	12.05	34.3	5.0	10.52	37.4		

表 L.13 冻融劈裂试验结果

级配类型	非条件		条件		劈裂强度比TSR/%	要求/%
	空隙率/%	劈裂强度/MPa	空隙率/%	劈裂强度/MPa		
Superpave20	6.4	0.9772	6.1	0.8182	83.3	≥80
	6.3	1.0459	6.3	0.8323		
	6.6	0.9909	6.5	0.8956		
	6.3	0.9519	6.5	0.7568		
平均值	6.4	0.9915	6.4	0.8257		

表 L.14　小梁弯曲试验结果

级配类型	最大荷载/kN	跨中挠度/mm	抗弯拉强度/MPa	劲度模量/MPa	破坏应变/με	要求/με
1	1.234	0.472	9.34	3738	2499	≥2000
2	1.085	0.435	8.10	3419	2369	
3	1.167	0.515	9.97	3741	2665	
4	1.022	0.428	8.76	3889	2253	
5	1.146	0.482	8.62	3303	2610	
6	0.987	0.409	7.86	3682	2135	
平均	1.107	0.457	8.78	3629	2422	

L.7　目标配合比设计结果

根据取样的集料、矿粉、沥青等原材料，按照本文件进行室内配合比设计，得到的最佳沥青用量为4.3%，见表L.15。通过混合料级配调试和相关路用性能验证试验，表明所设计的Superpave20改性沥青混合料的抗水损害性能、高温稳定性能和低温抗裂性能均满足技术要求。本次目标配合比设计可用于工地生产配合比设计。

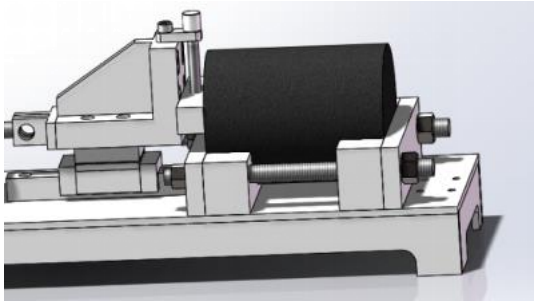
表 L.15　级配及设计油石比

混合料类型	下列各种集料所占比例/%					沥青用量/%
	1#	2#	3#	4#	矿粉	
Superpave20	22.0	39.0	5.0	32.0	2.0	4.2

附 录 M
（规范性）
地推式直剪试验检测规程

M.1 仪器设备

M.1.1 地推式直剪试验装置包括控制采集系统、主机、夹具和加热保温系统，仪器示意图如图M.1所示。



图M.1 地推式直剪试验装置示意图

M.2 试验步骤

M.2.1 现场取芯：对于现场改扩建工程新老基层面层拼接部位取芯，沿着新老基层或面层拼接部位，跨缝取芯，直径为10cm或15cm，确保一半是老路基层或面层，一半是新路基层或面层，拼缝位于中间，将取出的芯样两面切割平整，高度在6～20cm即可。

M.2.2 安装试件并保温：将不同方式的试件安装对应的试件夹具中，打开保温箱，设定要求的温度（0～100℃），保温4～6小时。

M.2.3 加载试验：打开加载系统，调节压头高度，使得压头高度与拼接面一致，然后调节加载速率，当压头与试件接触后，记录位移和力值，直至试件发生剪切破坏，此时记录最大力值F。

M.2.4 试验结果处理：剪切强度按式（M.1）计算：

$$\tau = \frac{F}{S} \qquad \text{(M.1)}$$

式中：

τ——剪切强度，单位为兆帕（MPa）；

F——破坏荷载，单位为牛（N）；

S——破坏面积，单位为平方厘米（cm^2）。

M.3 分析报告

报告每次试验的剪切强度。

参 考 文 献

[1] JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
[2] JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册土建工程