

ICS 93.080.20

P66

备案号: 47166-2015

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 2798-2015

高性能沥青路面施工技术规范

Standard Specification for Superpave Construction

2015 - 09 - 10 发布

2015 - 11 - 10 实施

江苏省质量技术监督局 发布

前 言

自1995年开始，江苏省交通科学研究院引进、吸收了美国高性能沥青路面技术（即指Superpave技术），推广里程超过15000km，高性能沥青路面已经成为我国高速公路/干线公路典型路面结构之一，为了更好地规范和指导高性能沥青路面的设计、施工，使这一技术得到更加有效的推广应用，进一步提升我省沥青路面质量，特制定本规范。

在总结已有研究成果和应用经验的基础上，结合江苏地区的实际情况及美国 Superpave 技术最新研究成果，制订了本技术规范，供沥青路面管理、设计、施工、监理及科研等工作使用。

本标准按GB/T1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》的规定编制。

本标准由江苏省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：江苏省交通科学研究院股份有限公司。

本标准主要起草人：贾渝、潘友强、韦武举、李强、叶勤、胡兴国、纵瑾瑜等。

附录A、G为资料性附录，附录B-F为规范性附录。

目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 符号及代号.....	3
5 材料.....	4
6 高性能沥青混合料体积设计	10
7 高性能沥青路面施工.....	12
8 质量管理和检查.....	15
附录 A 江苏省省气象资料统计（1961年-2000年）	18
附录 B M320-10 沥青胶结料性能分级标准规范	18
附录 C M323-13Superpave 混合料体积设计标准.....	28
附录 D R35-12 热拌沥青混合料（HMA） Superpave 体积设计标准实践	37
附录 E T312-12 用 Superpave 旋转压实仪制备和测定热拌沥青混合料（HMA）试件和密度	51
附录 F R42-06(2011)热拌沥青混合料（HMA）质量保证标准实践	61
附录 G 高性能沥青混合料中美主要试验规范对照	73
条文说明.....	79

高性能沥青路面施工技术规范

1 范围

本标准规定了高性能沥青路面施工技术规范术语和定义、符号及代号、材料、高性能沥青混合料体积设计、高性能沥青路面施工、质量管理和检查。

本标准适用于高等级公路、一般公路及市政道路高性能沥青路面新建或改建的设计、施工和养护。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而构成本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修定版均适用于本规范；然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否使用这些文件的最新版本，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

JTT 724-2008 旋转压实仪行业标准

JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范

JTG E42—2005 公路工程集料试验规程

JTG D50—2006 公路沥青路面设计规范

JTG E40—2007 公路土工试验规程

JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

AASHTO M320 沥青胶结料性能分级标准规范

AASHTO M323 Superpave 混合料体积设计标准规范

AASHTO R42 热拌沥青混合料(HMA)质量控制标准实践

AASHTO R35 热拌沥青混合料(HMA)的 Superpave 体积设计标准实践

AASHTO T304 细集料未压实空隙率

AASHTO T283 压实热拌沥青混合料(HMA)抗水损害性能

AASHTO T312 用 Superpave 旋转压实仪制备和测定热拌沥青混合料(HMA)试件和密度

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本规范。

3.1

沥青胶结料 Asphalt Binder

石油残留物添加或未添加非颗粒状有机改性剂生产的沥青基胶结料总称。

3.2

高性能沥青路面体系 Superpave

美国 SHRP 计划的重要研究成果,包括胶结料性能规范、混合料设计及性能预测三个部分, Superior Performing Asphalt Pavements 之缩略语。

3.3

高性能沥青混合料 Superior Asphalt Mixtures

采用旋转压实仪成型混合料试件,采用 Superpave 体积设计,满足高性能沥青混合料体积指标和性能要求的混合料总称。

3.4

热拌沥青混合料(HMA) Hot-mix Asphalt

热拌沥青混合料的总称。

3.5

温拌沥青混合料 (WMA) Warm-mix Asphalt

通过一定的技术措施,使沥青能在相对较低的温度下进行拌和及施工,同时保持其不低于热拌沥青混合料(HMA)的使用性能的沥青混合料的总称。

3.6

密级配沥青混合料 Dense-graded Asphalt Mixtures

集料尺寸从小到大连续均匀分布,级配良好,与沥青胶结料拌制的混合料。

3.7

再生沥青混合料 Reclaimed Asphalt Pavement, 简称 RAP

原路面回收或处理过的含有沥青胶结料和集料的材料。

3.8

集料筛孔尺寸 Mesh Size of Aggregate

我国规范规定高性能沥青混合料筛孔尺寸选择依次为:50 mm、37.5 mm、26.5 mm、19 mm、13.2 mm、9.5 mm、4.75 mm、2.36 mm、1.18 mm 和 0.075mm。

3.9

集料公称最大粒径 Nominal Maximum Size of Aggregate

第一次筛余大于 10%的上一级筛孔尺寸。

3.10

集料最大粒径 Maximum Size of Aggregate

集料公称最大粒径的上一级筛孔尺寸。

3.11

主要控制点筛孔 Primary Control Sieve

不同公称最大粒径混合料的粗细级配的分界点的筛孔尺寸,级配在主要控制点下方通过时称为粗级配沥青混合料,反之,称为细级配沥青混合料。

3.12

当量轴次 Equivalent Single Axle Loads (ESALs)

按弯沉等效或拉应力等效的原则,将不同车型、不同轴载作用次数换算为与标准轴载相当的轴载作用次数。

3.13

蠕变和恢复 Creep and Recovery

在标准的流变试验中,试件在固定时间内承受一个恒定的荷载作用所发生的变形,称为蠕变;并在固定的时间内荷载为零时试件变形的恢复,称为恢复。

3.14

不可恢复的蠕变柔量 Nonrecoverable Creep Compliance

试件在蠕变和恢复后的残余应变除以作用的应力。

3.15

沥青混合料短期条件 Mixture Short-term Condition

用于模拟施工压实等阶段发生的热拌沥青混合料(HMA)老化和胶结料吸收的影响。

3.16

沥青混合料长期条件 Mixture Long-term Condition

用于模拟发生在路面使用阶段发生的热拌沥青混合料（HMA）老化的影响。

4 符号及代号

表 1 符号及代号

编号	符号或代号	意义
4.1	V_a	压实沥青混合料的空隙率，air voids 之略语。
4.2	VMA	压实沥青混合料的矿料间隙率，void in mineral aggregate 之略语。
4.3	V_{ba}	吸收到集料内的沥青胶结料体积，absorbed binder volume 代号。
4.4	V_{be}	有效沥青体积，effective binder volume 代号。
4.5	P_b	沥青胶结料用量，binder content 代号。
4.6	P_{be}	有效沥青胶结料用量，effective binder content 代号。
4.7	VFA	压实沥青混合料饱和度（有效胶结料体积除以 VMA），voids filled with asphalt 之略语。
4.8	VCA	粗集料骨架间隙率，Percent Air Voids in Coarse Aggregate 之略语。
4.9	VCA_{mix}	压实沥青混合料的粗集料骨架间隙率，Voids in Coarse Aggregate of Asphalt Mix 之略语。
4.10	VCA_{DRC}	捣实状态下的粗集料松装间隙率，Voids in Coarse Aggregate 之略语。
4.11	$P_{0.075}/P_{be}$	粉胶比，dust-to-ratio 代号。
4.12	PG	沥青路用性能分级规范，Performance Graded 之略语。
4.13	SGC	沥青混合料旋转压实仪，Superpave Gyrotory Compactor 之略语。
4.14	FN	沥青混合料流动次数，Flow Number 之略语。
4.15	MSCR	多应力重复蠕变恢复，Multiple Stress Creep Recovery 之略语。
4.16	J_{nr}	不可恢复蠕变柔量。
4.17	$J_{nr0.1}$	在应力 0.1kPa 时的不可恢复蠕变柔量。
4.18	$J_{nr3.2}$	在应力 3.2kPa 时的不可恢复蠕变柔量。
4.19	$J_{nr diff}$	应力 3.2kPa 和应力 0.1kPa 时不可恢复蠕变柔量差的百分比。
4.20	NCHRP	美国公路合作研究计划，National Cooperative Highway Research Program 之略语。
4.21	TRB	美国运输研究委员会，Transportation Research Board 之略语。
4.22	AMPT	沥青混合料性能试验机，Asphalt Mixture Performance Tester 之略语。
4.23	AASHTO	美国国家高速公路和交通运输协会，American Association of State Highway and Transportation Officials 之略语。

5 材料

5.1 一般规定

5.1.1 高性能沥青路面材料的选择必须经过认真的料源调查，质量符合使用要求，确定料源应尽可能

能就地取材。

5.1.2 高性能沥青路面使用的各种材料运至现场后必须取样进行质量检验，经评定合格方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

5.1.3 石料开采必须注意环境保护，防止破坏生态平衡。不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放。

5.2 沥青胶结料

5.2.1 高性能沥青路面应根据工程项目现场气候和交通荷载条件选择满足要求的沥青胶结料。

5.2.2 高性能沥青路面胶结料应依据工程项目连续 7 天平均最高气温和最低气温选择。江苏省省气象资料统计可参考附录 G。

5.2.3 推荐的江苏省沥青胶结料性能等级要求见表 3~表 5，道路石油沥青的选择一般参考表 3 的技术要求，有条件的可以参考表 4 的技术要求，改性沥青的选择参考表 5 的技术要求。

表 3 沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58			PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<58			<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料															
闪点温度, T48, 最小 °C	230														
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135														
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	58			64				70				76			
旋转薄膜烘箱残留物 (T 240)															
质量变化 ^e , 最大, %	1.00														
动态剪切,T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa; 试验温度@10rad/s, °C	58			64				70				76			
压力老化容器残留物 (R28)															
PAV 老化温度 °C ^f	100			100				100				100			
动态剪切,T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa; 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	13	28	25	22	34	31	28	22	37	34	31	22
蠕变劲度, T313, ^g S, 最大 300MPa m 值, 最小 0.300 试验温度@60s, °C	-6	-12	-18	-30	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18
直接拉伸, T314, ^g 破坏应力, 最小 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	-6	-12	-18	-30	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;

e. 无论是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58-××及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70-××及以上, PAV 老化温度为 110°C;

g. 如果蠕变劲度小于300MPa, 不需要进行直接拉伸试验。如果蠕变劲度在300~600MPa 之间, 可用直接拉伸的破坏应变用来代替, 两种情况下, m 值都必须满足要求。

表 4 沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58			PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	58			<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料															
闪点温度, T48, 最小, °C	230														
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135														
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	64			70				76				82			
旋转薄膜烘箱残留物 (T 240)															
质量变化 ^e , 最大, %	1.00														
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa 试验温度@10rad/s, °C	64			70				76				82			
压力老化容器残留物 (R28)															
PAV 老化温度, °C ^f	100			100				100				100			
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	31	28	25	22	34	31	28	22	37	34	31	22
临界低温开裂温度, R49 ^g R49 决定了临界开裂温度, 试验温度, °C	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;

e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58-××及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70-××及以上, PAV 老化温度为 110°C;

g. 为了验证等级, 最少要做三个温度: T313 试验温度, 试验温度减 6°C, T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号, 也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力, 如果破坏应力超过诱发热应力, 沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。

表5 沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58				PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	34	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<58				<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C ^a	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料																
闪点温度, T48, 最小°C	230															
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度, °C	135															
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d , 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	58				64				70				76			
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																
质量变化 ^e , 最大, %	1.00															
MSCR, TP70 ^k 标准交通量 “S” 等级 ^h J _{nr3.2} , 最大 4.0 J _{nr diff} , 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
MSCR, TP70 ^k 重载交通 “H” 等级 ⁱ J _{nr3.2} 最大 2.0 J _{nr diff} 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
MSCR, TP70 ^k 超重载交通 “V” 等级 ^j J _{nr3.2} 最大 1.0 J _{nr diff} 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
PAV 老化容器残留物 (R28)																
PAV 老化温度, °C ^f	100				100				100 (110)				100 (110)			
动态剪切, T315 “S” 等级 G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	16	31	28	25	22	34	31	28	25	37	34	31	28

动态剪切, T315 “H&V”等级 $G^*/\sin\delta$, ^d 最大 6000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	16	31	28	25	22	34	31	28	25	37	34	31	28
蠕变劲度, T313 ^e S, 最大 300MPa m 值, 最小 0.300 试验温度@60s, °C	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18
直接拉伸, T314 ^e 破坏应力, 最小 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;

e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58- $\times\times$ 及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70- $\times\times$ 及以上, PAV 老化温度为 110°C;

g. 为了验证等级, 最少要做三个温度: T313 试验温度, 试验温度减 6°C, T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号, 也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力, 如果破坏应力超过诱发热应力, 沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。

h. 大多数典型情况下, 标准等级“S”适用于交通量 $<10 \times 10^6$ ESALs;

i. 大多数典型情况下, 重载等级“H”适用于交通量 $10 \times 10^6 \sim 30 \times 10^6$ ESALs;

j. 大多数典型情况下, 超重载等级“V”适用于交通量 $>30 \times 10^6$ ESALs;

k. RTFO 残留物 MSCR 试验应依据路面最高温度进行 PG 等级, 在环境温度测试的最低 J_{nr} 为等级拐点。

5.2.4 考虑工程项目预期的交通状况，根据表 6 调整沥青胶结料高温等级。

表 6 根据速度和交通量调整胶结料的 PG 等级

设计 ESALs ^a (百万)	调整胶结料 PG 等级 ^b		
	行车速度		
	停滞交通 ^c	慢速交通 ^d	标准交通 ^e
<0.3	- ^f	-	-
0.3~3	2	1	-
3~10	2	1	-
10~30	2	1	- ^f
≥30	2	1	1

注：a. 本规范所有 ESALs 值均引自 AASHTO 标准，美国路面结构设计 ESALs 采用 80kN 为标准轴载，我国道路设计采用 100kN 为标准轴载，根据公路沥青路面设计规范（JTG D50-2006）规定：当采用柔性基层时，国内设计的 ESALs 值乘以 2.20；对于半刚性基层路面，国内设计的 ESALs 值乘以 2.64。

b. 根据表示等级数（1 级相当于 6℃），增加高温等级，低温等级不变。

c. 标准交通——平均速度大于 70km/h。

d. 慢速交通——平均速度 20~70km/h。

e. 停滞交通——平均速度小于 20km/h。

f. 应考虑增加一个高温等级。

5.2.5 考虑高性能沥青路面中使用再生沥青混合料（RAP），胶结料等级可依据 RAP 掺加比例参照表 7 调整。

表 7 高性能沥青混合料使用 RAP 时新沥青胶结料等级选择指南

新沥青胶结料等级	RAP (%)
胶结料选择没有改变	<15
选择比原样沥青软一个等级(例如,通常使用 PG64-22, 那么应选择 PG58-28)	15~25
依据附录 B 中关于 RAP 使用方法确定	>25

5.3 集料

5.3.1 高性能沥青路面集料在满足国内规范技术要求的基础上还应满足表 8 的技术要求。

5.3.2 粗集料破碎面：按 ASTM 标准 D5821 测试，粗集料破碎面百分率要求满足表 8 的技术要求。

5.3.3 细集料棱角性：按 AASHTO 标准 T304 方法 A 测试，细集料未压实空隙率应满足表 8 的技术要求。

5.3.4 砂当量：按 AASHTO 标准 T176 测试，砂当量应满足表 8 的技术要求。

5.3.5 扁平-细长颗粒：按 ASTM 标准 D4791 测试，采用大于 4.75mm 的粗集料进行试验。集料用 5:1 比例规定测量集料颗粒长度（最长尺寸）和厚度（最小尺寸）之比。集料扁平-细长颗粒应满足表 8 的技术要求。

5.3.6 当混合料使用 RAP 时，RAP 中的集料应用溶剂抽提法或燃烧炉法取得。从 RAP 中回收的集料应做筛分、粗集料棱角性、细集料棱角性和扁平-细长颗粒含量的试验，RAP 集料的砂当量试验可以不做，但其他集料试验仍要求做。

表 8 高性能沥青路面集料技术要求

设计 ESALs (10 ⁶) ^a	粗集料破碎面 ^c (%)最小		细集料未压实空隙率(%)最小		砂当量(%) 最小	扁平 and 细长颗粒含量 ^c , (%)最大
	≤100mm	>100mm	≤100mm	>100mm		
<0.3	55/—	—/—	—	— ^d	40	—
0.3~3	75/—	50/—	40	40 ^e	40	10
3~10	85/80 ^b	60/—	45	40	45	10
10~30	95/90	80/75	45	40	45	10

≥30	100/100	100/100	45	45	50	10
-----	---------	---------	----	----	----	----

注：a. 本规范所有 ESALs 值均引自 AASHTO 标准，美国道路设计 ESALs 采用 80kN 为标准轴载，而我国道路设计采用 100kN 为标准轴载，根据公路沥青路面设计规范 (JTG D50-2006) 规定：当采用柔性基层时，国内设计的 ESALs 值乘以 2.20；对于半刚性基层路面，国内设计的 ESALs 值乘以 2.64。

b. 85/80 表示 85% 的粗集料有一个破碎面和 80% 的粗集料有两个破碎面。

c. 该指标不适用于集料的公称最大粒径 4.75mm 混合料。

d. 设计交通量 $<0.3 \times 10^6$ ESALs，公称最大粒径 4.75mm 的混合料，最小未压实空隙率为 40。

e. 设计交通量 $\geq 0.3 \times 10^6$ ESALs，公称最大粒径 4.75mm 的混合料，最小未压实空隙率为 45。

6 高性能沥青混合料体积设计

6.1 一般规定

6.1.1 高性能沥青混合料体积设计包括四个步骤：材料选择、设计集料级配、选择胶结料含量、评价水敏感性。

6.1.2 非特别指定，本标准热拌沥青混合料 (HMA) 均指密级配的热拌沥青混合料 (HMA)。

6.1.3 高性能沥青混合料配合比设计采用旋转压实试件体积设计方法。旋转压实仪成型试件时，要依据表 9 选择压实次数。

表 9 高性能沥青混合料旋转压实次数表

设计 ESALs (10^6) ^注	压实参数		
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}
<0.3	6	50	75
0.3~3	7	75	115
3~30	8	100	160
≥30	9	125	205

注：本规范所有 ESALs 值均引自 AASHTO 标准，美国道路设计 ESALs 采用 80kN 为标准轴载，而我国道路设计采用 100kN 为标准轴载，根据公路沥青路面设计规范 (JTG D50-2006) 规定：当采用柔性基层时，国内设计的 ESALs 值乘以 2.20；对于半刚性基层路面，国内设计的 ESALs 值乘以 2.64。

6.1.4 高性能沥青路面表面层混合料集料的公称最大粒径为 4.75mm、9.5mm、13.2mm 和 19.0mm，对于表面层以下的各层集料的公称最大粒径宜采用 13.2mm、19.0mm 和 26.5mm。对于密级配沥青混合料的压实厚度宜采用 3~5 倍公称最大粒径 (细的密级配) 或者 4~5 倍公称最大粒径 (粗的密级配)。

6.1.5 高性能沥青混合料体积设计适用于目标配合比设计、生产配合比设计及试拌验证阶段。

6.2 体积设计

6.2.1 材料选择：胶结料、集料和 RAP 料的选择满足项目现场的环境和交通要求，测定所有使用集料的毛体积相对密度和胶结料相对密度。

6.2.2 设计集料级配：至少设计 3 个粗细不同的级配。对于每个试拌级配，确定一个初始试算胶结料含量，按试验方法 T312 要求至少旋转成型 2 个试件。在试算级配中选择体积指标要求最符合 M323 的作为设计集料级配，体积指标参数包括：N_{设计} 时的 V_a 、VMA、VFA、粉胶比和 N_{初始} 时的相对密度，并估算设计胶结料用量。

6.2.3 设计胶结料含量选择：按试验方法 AASHTO T312 要求设计集料级配，采用估算的设计胶结料含量及其 $\pm 0.5\%$ 、 $\pm 1.0\%$ 含量分别压实至少 2 个试件，选择 N_{设计} 的条件下， V_a 、VMA、VFA、粉胶比和 N_{初始}、N_{最大} 时相对密度要求符合 M323 的作为设计胶结料含量。

6.2.4 评价水敏感性：在设计胶结料含量下评价集料结构的水敏感性，按照 R30 热拌沥青混合料 (HMA) 条件进行试验，并按试验方法 T312 压实试件至空隙率为 $(7.0 \pm 0.5)\%$ 并用试验方法 T283 进行评价，设计应满足规范 M323 劈裂抗拉强度比的要求。

6.3 目标配合比设计

6.3.1 高性能沥青混合料目标配合比设计步骤有：(1) 初选试拌沥青混合料级配；(2) 计算确定初始

胶结料用量；(3) 旋转压实成型混合料试件；(4) 混合料体积指标测试；(5) 确定设计胶结料用量；(6) 评价混合料性能；(7) 编写配合比设计报告。

6.3.2 级配要求：高性能沥青混合料的矿料级配应根据不同的级配类型选择确定，密级配沥青混合料级配满足表 10 的技术要求。密级配沥青混合料必须在控制点之内，尽量避开限制区。高性能沥青混合料（密级配）按表 11 主要控制点通过率将级配分成粗级配和细级配。

表 10 高性能沥青混合料（密级配）的矿料级配控制点通过率（%）

筛孔尺寸 (mm)	37.5mm		26.5mm		19.0mm		13.2mm		9.5mm		4.75mm	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
50.0	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37.5	90	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.0	—	—	—	90	90	100	100	—	—	—	—	—
13.2	—	—	—	—	—	90	90	100	100	—	100	—
9.5	—	—	—	—	—	—	—	90	90	100	95	100
4.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	90	90	100
2.36	15	41	19	45	23	49	28	58	32	67	—	—
1.18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	60
0.075	0	6	1	7	2	8	2	10	2	10	6	12

表 11 高性能沥青混合料（密级配）粗细级配分界点

项目	主要控制筛孔的控制点通过率（通过百分率,%）				
集料的公称最大粒径（mm）	37.5	26.5	19.0	13.2	9.5
主要控制筛孔（mm）	9.5	4.75	4.75	2.36	2.36
PCS 控制点（通过百分率 %）	47	40	47	39	47

6.3.3 级配设计：在级配要求的范围内至少选择 3 个粗细不同的试拌级配。对于每个试拌级配，确定一个初始预估胶结料含量，旋转成型至少 2 个试件。根据相应试算级配的体积指标与规定的体积设计要求来选择经济合理的设计级配及预估胶结料含量。

6.3.4 高性能沥青混合料旋转压实成型：配合比设计过程中需要将松散混合料在压实温度条件下放置 2h 模拟短期老化。混合料拌和温度：对于未老化过的道路石油沥青对应于动力黏度为 (0.17 ± 0.02) Pa·s 的温度；对于改性沥青，参照供应商的建议。混合料压实温度：对于未老化过的道路石油沥青对应于动力黏度为 (0.28 ± 0.03) Pa·s 的温度，对于改性沥青，参照供应商的建议。

6.3.5 高性能沥青混合料（密级配）对应的体积性质满足表 12 的设计要求。

表 12 高性能沥青混合料（密级配）体积性质设计要求

设计 ESALs ^注 (10 ⁶)	要求密度 (最大相对密度, %)			矿料间隙率 (VMA) (%) 最小						沥青 填隙率 (VFA) ^a (%) 范围 最小	粉-胶比 范围 ^b
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}	公称最大粒径, mm							
				37.0	26.5	19.0	13.2	9.5	4.75		
<0.3	≤91.5	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	70~80 ^{c,d}	0.6~1.2
0.3~3	≤90.5	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~78 ^e	0.6~1.2
3~10	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^{d,e,f}	0.6~1.2
10~30	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^{d,e,f}	0.6~1.2
≥30	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^f	0.6~1.2

注：本规范所有 ESALs 值均引自 AASHTO 标准，美国道路设计 ESALs 采用 80kN 为标准轴载，而我国道路设计采用 100kN 为标准轴载，根据公路沥青路面设计规范 (JTG D50-2006) 规定：当采用柔性基层时，国内设计的 ESALs 值

乘以 2.20；对于半刚性基层路面，国内设计的 ESALs 值乘以 2.64。

- a. 公称最大粒径 37.5mm 混合料，所有交通量水平的 VFA 最小为 64%。
- b. 公称最大粒径 4.75mm 的混合料，粉胶比为 0.9~2.0，设计交通量 $< 3 \times 10^6$ ESALs。粉胶比为 1.5~2.0，设计交通量 $\geq 3 \times 10^6$ ESALs。
- c. 公称最大粒径 4.75mm 的混合料，相对密度（最为最大理论相对密度的百分比）94%~96%。
- d. 公称最大粒径 25.0mm 混合料，交通量 $< 0.3 \times 10^6$ ESALs，VFA 最小为 67%。最大公称尺寸 4.75mm 的混合料，VFA 67%~79%。
- e. 公称最大粒径 4.75mm 的混合料，设计交通量 $> 0.3 \times 10^6$ ESALs，VFA 66%~79%。
- f. 公称最大粒径 9.5mm 混合料，设计交通量 $\geq 3 \times 10^6$ ESALs，VFA 为 73%~76%。

6.3.6 对于高性能沥青混合料（密级配）采用预估设计胶结料含量及 $\pm 0.5\%$ 和 $\pm 1.0\%$ 的预估设计胶结料含量分别旋转成型至少 2 个试件，取设计空隙率为 4% 时对应的胶结料用量作为设计胶结料用量，并验证初始压实次数、最大压实次数对应的体积指标。

6.3.7 水敏感性验证：参照 AASHTO T283 试验，对混合料的水稳定性进行检验，试件空隙率控制在 $(7.0 \pm 0.5)\%$ ，要求劈裂强度比 $TSR \geq 80\%$ ，否则应重新设计或者掺加抗剥落剂。

6.4 生产配合比设计

6.4.1 高性能沥青混合料生产配合比流程应参照目标配合比设计结果和设计流程进行。

6.4.2 生产配合比设计采用拌合楼热料仓二次筛分后的热料，根据热料仓筛分结果，通过计算，使热料仓骨料的合成级配接近目标配合比设计级配，确定各热料仓矿料和矿粉的用料比例。

6.4.3 取目标配合比沥青用量及其 $\pm 0.3\%$ ，用小型拌和机拌制沥青混合料进行旋转压实试验，检验沥青混合料体积性质及空隙率，选择满足各项体积指标且空隙率为 4% 的沥青用量作为生产配合比设计的沥青用量。设计生产配合比与目标配合比允许调整范围参照表 14 的要求，否则应重新进行体积设计。

表 14 设计生产配合比与目标配合比允许调整范围

混合料控制指标	调整范围 (%)
沥青胶结料含量 (P_b)	± 0.4
$\geq 0.15\text{mm}$ 筛孔通过率	± 4.0
0.075mm 筛孔通过率	± 1.5
矿料间歇率 (VMA)	± 1.0
矿料填隙率 (VFA)	± 5.0

6.5 试拌验证

依照生产配合比结果采用拌和楼试拌。取试拌制备的沥青混合料进行旋转压实，检验体积指标，并进行沥青含量和集料级配检验。试拌试件满足设计要求时可用于指导正式施工，否则应重新进行生产配合比设计。

7 高性能沥青路面施工

7.1 一般规定

7.1.1 高性能沥青混合料施工包括施工准备、试验段铺筑及沥青混合料拌合、运输、摊铺、碾压等过程。

7.1.2 高性能沥青路面施工应按照附录 E AASHTO R42 热拌沥青混合料 (HMA) 质量保证标准实践的要求执行，业主制定质量保证 (QA) 计划，承包商制定质量控制 (QC) 计划，承包商的质量控制 (QC) 计划必须由业主审批。

7.1.3 高性能沥青路面施工时，外部环境温度应达到 JTG F40-2004《公路沥青路面施工技术规范》要求的最低温度，施工机械和人员配置满足施工组织要求。

7.1.4 高性能沥青路面施工工艺与常规热拌混合料(HMA)基本相同,并不增加额外的施工控制环节。

7.2 施工准备

7.2.1 施工准备包括基层、下封层、下面层、中面层的检查及施工设备、人员、实验室仪器的检验等。

7.2.2 施工前准备阶段应由业主或业主委托具有资质的第三方对参加施工的承包商、监理和业主的试验室进行比对试验,以确保试验结果正确有效。

7.2.3 高性能沥青路面施工前,应对基层和下封层进行检查,当质量符合要求时,方可开始施工。

7.2.3.1 检查下封层的完整性和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,以不能整层被撕开为合格。

7.2.3.2 对下封层表面浮动矿料应清除,表面杂物亦清扫干净。灰尘应提前冲洗,风吹干净。

7.2.4 对下面层和中面层进行全面检查和处理

7.2.4.1 级配离析的检查和处理。对下面层和中面层严重级配离析的路段应划分出处理范围,将离析的面层铣刨后用同类型沥青混合料修补。

7.2.4.2 渗水的检查和处理。对下面层和中面层渗水系数超过标准的路段,划出应处理的范围,用喷洒沥青再生剂或防水剂等方法提高面层抗渗水性能。面层渗水情况除用渗水仪检查外,也可在雨后进行观察确定。

7.3 铺筑试验段

7.3.1 沥青各面层施工开工前,应先做试验段。试验段宜选在主线直线段,长度不少于300m。

7.3.2 试验段施工需要决定的内容

7.3.2.1 根据各种机械的施工能力相匹配的原则,确定适宜的施工机械、机械数量与组合方式。

7.3.2.2 通过试铺确定:(1)确定拌合温度,检验沥青混合料施工性能,评价是否利于摊铺和压实,要求混合料不离析、不结块;(2)摊铺机的操作方式——摊铺温度、摊铺速度、初步振捣夯实的方法和强度、自动找平方式等;(3)压实机具的选择、组合,压实顺序,碾压温度,碾压速度及遍数(至少应有两种确保压实度符合要求的碾压方案);(4)施工缝处理方法;(5)各种沥青面层的松铺系数。

7.3.2.3 确定施工产量及作业段的长度,修订施工组织计划。

7.3.2.4 全面检查材料及施工质量是否符合要求。

7.3.2.5 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。

7.3.3 试验段的铺筑,按本规范的规定操作。在铺筑过程中,检查施工工艺、技术措施是否符合要求,并记录试验和检测结果,对出现的问题提出改进措施。各层试铺,力争一次铺筑成功,使试铺段成为生产路段路面的组成部分,否则予以铲除。

7.3.4 试验段的质量检查频率应根据需要比生产路段路面施工时适当增加(一般增加一倍,保证每种碾压组合的试验段压实度、渗水系数等检查项目不小于10点)。试验段施工结束后,经检测各项技术指标均符合规定时,施工单位提出试验段总结报告。

7.4 高性能沥青混合料的施工温度

7.4.1 高性能沥青路面应在较高的温度条件下施工,当气温或下卧层表面温度低于10℃时不得铺筑,施工温度应根据沥青种类、气候条件(气温、风速)及路面层的厚度、下卧层温度、拌和厂与工地现场距离确定。

7.5 高性能沥青混合料的拌和

7.5.1 沥青混合料的矿料级配应符合目标配合比设计及生产配合比设计的要求。

7.5.2 沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌和,拌和机应有防止矿粉飞扬散失的密封性能及除尘设备,并有检测拌和温度的装置和自动打印装置。

7.5.3 沥青混合料拌和时间以混合料拌和均匀、所有矿料颗粒全部裹覆沥青胶结料为度。

7.5.4 拌和厂拌制的混合料应均匀一致、无花白料、无结团块或严重的粗细料分离现象，不符合要求不得使用。

7.5.5 混合料不得在储料仓中储存过夜。

7.6 高性能沥青混合料的运输

7.6.1 检测沥青混合料的出厂温度和到场温度，测试方法和温度要求应符合 JTG F40-2004 的相关要求。

7.6.2 运料车装载沥青混合料时，为减少沥青混合料级配离析，应尽量缩短出料口至车厢的下料距离，且运料车不应停放在一个位置上等料，应按照前后中的次序三次装料。

7.6.3 拌和厂一般在运料车上检测沥青混合料出料温度，如温度超标，应废弃，不得运往前场摊铺。为了防止沥青混合料运输过程中温度下降过快，运料车应采取保温措施。

7.6.4 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力及摊铺速度有所富余，开始摊铺前到场运料车数量不能少于5辆。

7.6.5 运料车卸料时不得碰撞摊铺机。运料车卸料时，应尽可能减少料斗顶升次数，注意运料车之间的衔接，前一辆运料车卸完后，后一车要及时跟上，减少粗料在摊铺机料斗中集中，减小沥青混合料的集料离析。

7.7 高性能沥青混合料的摊铺

7.7.1 沥青混合料的摊铺宜采用两台以上摊铺机成梯队作业，相邻两幅的摊铺应有 3~5cm 的摊铺重叠。高性能沥青混合料宜采用高温碾压，要求尽可能缩短相邻两台摊铺机距离。

7.7.2 高性能沥青混合料的松铺系数应根据试验路段或以往的实践经验确定，松铺系数一般在 1.15~1.3 之间。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度及路拱、横坡。

7.7.3 高性能沥青混合料摊铺速度必须均匀、连续不断，摊铺过程中不得随意停顿。摊铺速度应根据拌和机产量、施工机械配套情况和摊铺厚度、宽度确定，可按 2~6m/min 予以调整，改性沥青混合料摊铺速度可适当放慢到 1~3m/min。在摊铺过程中，摊铺机螺旋布料器应均匀转动。

7.7.4 高性能沥青混合料摊铺层应均匀一致，不应出现条带状离析、块状离析、接缝离析等级配离析和温度离析等现象。

7.8 高性能沥青混合料的碾压

7.8.1 压实是高性能沥青路面施工中最重要的一环。与常规混合料相比，高性能沥青混合料属于骨架嵌挤型级配，混合料骨架性强、较难压实，须在较高温时碾压，这是高性能沥青路面施工与常规沥青混合料施工最大的区别。

7.8.2 高性能沥青混合料碾压应做到“紧跟、高温、慢压”。

7.8.3 高性能沥青路面压实机械应采用双钢轮振动压路机、大吨位轮胎压路机。

7.9 接缝的处理

7.9.1 沥青路面的施工必须接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。上下层的纵缝应错开 150mm（热接缝）或 300-400mm（冷接缝）以上。相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位 1m 以上。接缝施工应用 3m 直尺检查，确保平整度符合要求。

7.9.2 纵向施工缝。当采用两台摊铺机梯队摊铺产生的纵向接缝，应采用松铺斜接缝，以热接缝形式做一次跨接缝碾压。如果两台摊铺机相隔距离较长，先摊铺层应留下 100-200mm 宽暂不碾压，作为后续摊铺的基准面，并跨缝一次碾压密实。

7.9.3 斜接缝的搭接长度与层厚有关，宜为 0.4-0.8m。搭接处应洒少量沥青，混合料中的粗集料颗粒应予剔除，并补上细料，搭接平整，充分压实。

7.9.4 平接缝宜趁尚未冷透时用凿岩机或人工垂直刨除端部层厚不足的部分，使工作缝成直角连接。

7.10 开放交通

7.10.1 高性能沥青路面应待摊铺层完全自然冷却到周围地面温度时（宜隔夜），才可开放交通。

7.10.2 当摊铺时遇雨或下层潮湿时，严禁进行摊铺工作，对未经压实即遭雨淋的沥青混合料应全部清除。

8 质量管理和检查

8.1 一般规定

8.1.1 参与高性能沥青路面施工的业主、监理和施工单位的试验室首先应进行比对试验。

8.1.2 高性能沥青路面施工应根据全面质量管理的要求，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，达到规定的质量标准，确保施工质量的稳定性。

8.1.3 高速公路、一级公路沥青路面应加强施工过程质量检查，实行动态质量管理。

8.1.4 所有与工程建设有关的原始记录、试验检测及计算数据、汇总表格，必须如实记录和保存。对已经采取措施进行返工和补救的项目，可在原记录和数据上注明，但不得销毁。

8.1.5 本标准规定的技术要求是工程施工质量管理和交工验收的依据。

8.2 施工过程中的质量管理和检查

8.2.1 高性能沥青混合料的施工质量检查技术标准应符合表 15 的要求。

表 15 沥青路面各面层层施工阶段的质量检查标准

项目	检查频度	质量要求 或允许差	试验方法
外观	随时	无油斑、离析、轮迹	日测
接缝	随时	紧密、平整、顺直、无跳车	日测、三米直尺
矿料级配, 与生产设计标准级配的差 (%)	0.075mm	逐盘在线检测	计算机采集数据计算
	≥0.15mm		
	0.075mm	逐盘检查, 每天汇总 1 次, 取平均值评定	按总量检验
	≥0.15mm		
	0.075mm	每台拌和机每天上、下午各 1 次	拌和厂取样, 用抽取后的矿料筛分
	≥0.15mm		
沥青含量, 与生产设计的差 (%)	逐盘在线检测	±4.0	计算机采集数据计算
	逐机检查, 每天汇总 1 次, 取平均值	±0.3	按总量检验
	每日每机上、下午各 1 次	±0.1	拌和厂取样, 离心法抽提
旋转压实	空隙率 (%)	上下午各一次	拌和厂取样, 室内成型试验
	VMA (%)	上下午各一次	
压实度 (%)	每层 1 次/200m/车道	生产配合比 VMA ±1	理论密度 93-97
厚度 (mm) 不超过	1 次/200m/车道	现场钻孔试验	钻孔检查并铺筑时随时插入量取, 每日用混合料数量校核
平整度 (mm) 不大于	每车道连续检测	下面层为 1.4, 中面层为 1.0, 上面层为 0.8	用连续式平整度仪检测
宽度	2 处/100m	不小于设计宽	用尺量
纵断面高度 (mm)	3 处/100m	±5	用水准仪或全站仪
横坡度 (%)	3 处/100m	±0.3	用水准仪检测
中线平面偏位 (mm)	4 处/200m	±20	用经纬仪检测
渗水系数 (ml/min) 不大于	与压实度相同	中、上面层 50, 下面层 50	改进型渗水仪
上面层摩擦系数 (BPN) 不小于	1 处/200m	54	T0964
上面层构造深度 (mm) 不小于	1 处/200m	0.55	T0961

注: 本检评标准只适用于高性能沥青路面密级配混合料。

附录 A
 (资料性附录)
 江苏省省气象资料统计

江苏省部分气象站气象资料 (基于 1961~2000 气象资料)

站 名	经 度	纬 度	气 温			
			最低气温 (°C)		最高气温 (°C)	
			平均值	标准差	平均值	标准差
赣榆	119.12	34.83	-12	3	33	2
盱眙	118.52	32.98	-11	3	35	2
淮阴(清江)	119.03	33.60	-11	3	34	2
射阳	120.25	33.77	-10	2	34	2
南京	118.80	32.00	-10	2	35	1
高邮	119.45	32.80	-10	2	34	1
东台	120.32	32.87	-9	2	34	1
南通	120.85	32.02	-8	2	34	1
吕泗	121.60	32.07	-7	2	34	1
常州	119.93	31.77	-8	2	35	1
溧阳	119.48	31.43	-9	3	35	1
吴县东山	120.43	31.07	-6	2	35	1
徐州	117.15	34.28	-12	3	35	1

附录 B
(规范性附录)
M320-10 沥青胶结料性能分级标准规范

B.1 适用范围

B.1.1 本规范适用于沥青胶结料性能分级，分级设计与平均 7d 路面最高设计温度和路面最低设计温度有关。本规范包含表 B.1、表 B.2 和表 B.3。如果没有表格进行特别说明，默认参考表格为表 B.1。

B.1.2 表 B.2 与 R49 一并适用于根据 T313 和 T314 试验步骤决定临界低温开裂温度。

注 1.——黏稠沥青以 60℃黏度分级，见《沥青胶结料黏度分级规范》(M226)。

注 2.——《沥青胶结料性能的分级和验证》(R29) 指南提供了关于沥青胶结料性能分级的测定方法的资料。

注 3.——用多应力蠕变恢复 (MSCR) 指定沥青胶结料性能分级，见 (MP19)。

B.2 规范性文件

B.2.1 AASHTO 标准

- M226 沥青胶结料黏度分级规范
- M323 Superpave 混合料体积设计标准规范
- MP19 用多应力蠕变恢复 (MSCR) 沥青胶结料性能分级
- R28 用压力老化容器 (PAV) 加速沥青胶结料老化
- R29 沥青胶结料性能的分级和验证
- R35 热拌沥青混合料 (HMA) 的 Superpave 体积设计
- R49 测定沥青胶结料低温性能分级 (PG)
- T40 沥青材料取样
- T44 沥青材料溶解度
- T48 克利夫兰开口杯闪点和燃点
- T55 蒸馏法测定石油产品和沥青材料水分
- T240 加热和空气对沥青旋转膜的影响 (旋转薄膜烘箱试验)
- T313 弯曲梁流变仪 (BBR) 测定沥青胶结料弯曲蠕变劲度
- T314 直接拉伸 (DT) 测定沥青胶结料断裂性质
- T315 用动态剪切流变仪 (DSR) 测定沥青胶结料的流变性质
- T316 用旋转黏度计测定沥青胶结料的黏度

B.2.2 ASTM 标准

- D8 道路和路面中与材料有关的名词术语
- D5546 通过离心分离机测试沥青在甲苯中的溶解度

B.3 名词术语

B.3.1 定义

B.3.1.1 有关沥青胶结料通用术语定义见 ASTM D8。

B.3.1.2 沥青胶结料 (asphalt binder) ——石油渣油提炼的沥青基胶结料，添加或未添加非颗粒状有机改性剂。

B.4 订购信息

B.4.1 按本规范订购时，包括采购订单应符合沥青胶结料性能等级和表格的要求 (如，表 B.1 M320，

PG52-16; 表 B.2 M320, PG64-34), 如果没有表格进行特别说明, 默认参考表格为表 B.1。

B. 4. 2 沥青胶结料等级根据 M323 和 R35 规定的方法进行选择。

B. 5 材料和制造

B. 5. 1 沥青胶结料采用原油经过合适的方法炼制, 可添加或不添加改性剂。

B. 5. 2 改性剂可以是任何适合生产的有机材料, 可用于原样和再生状态。改性剂溶解、分散在沥青中或与沥青反应, 增强沥青的性能。

B. 5. 3 沥青胶结料应是均匀、无水和无害的材料, 加热到 175℃不会产生泡沫。

B. 5. 4 根据 T44 或 ASTM D5546 测定沥青胶结料溶解度应至少达到 99%。

B. 5. 5 本规范不适用于含有任何纤维或大于 250μm 固体颗粒的沥青胶结料。

B. 5. 6 沥青胶结料等级应满足表 B.1 或表 B.2 的要求。

B. 6 取样

B. 6. 1 按 T40 方法进行材料取样。

B. 7 试验方法

B. 7. 1 在 B.5.3、B.5.4 和 B.5.6 中列出的性质要根据下列试验方法确定: R28、T44 或 ASTM D5546、T48、T55、T240、T313、T314、T315 和 T316。

B. 8 检查和认证

B. 8. 1 材料的检查和认证应符合采购者和销售者之间的协议, 销售商应给采购商提供认证的沥青胶结料等级的材料处治和贮存方法, 特别要求将此作为采购合同的一部分。

B. 9 拒收和复审

B. 9. 1 对任何不满足本规范要求的试验结果, 要按采购订单中的要求, 重新进行试验以确定结果一致性或根据采购商和销售商之间的协商来解决。

B. 10 关键词

B. 10. 1 沥青胶结料; 黏稠沥青; 直接拉伸; 闪点; 改性剂; 性能规范; 压力老化; 流变学。

表 B.1 沥青胶结料性能等级规范

性能等级	PG46			PG52						PG58					PG64						
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<46			<52						<58					<64						
最低路面设计温度, °C	>- 34	>- 40	>- 46	>- 10	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40	>- 46	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40	>- 10	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40
原样胶结料																					
闪点温度, T48, 最小 °C	230																				
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135																				
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	46			52						58					64						
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																					
质量变化 ^e , 最大, %	1.00																				
动态剪切, T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa; 试验温度@10rad/s, °C	46			52						58					64						
压力老化容器残留物 (R28)																					
PAV 老化温度 °C ^f	90			90						100					100						
动态剪切, T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa; 试验温度@10rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
蠕变劲度, T313, ^g S, 最大 300MPa m 值, 最小 0.300 试验温度@60s, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30
直接拉伸, T314, ^g 破坏应力, 最小 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;

e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上，使用三个温度之一：90℃、100℃和 110℃，通常对于 PG58-××及以上，使用 100℃以上。然而对于沙漠气候，PG70-××及以上，PAV 老化温度为 110℃；

g. 如果蠕变劲度小于300MPa，不需要进行直接拉伸试验。如果蠕变劲度在300~600MPa 之间，可用直接拉伸的破坏应变用来代替，两种情况下，m 值都必须满足要求。

表 B.1 沥青胶结料性能等级规范(延续)

性能等级	PG70						PG76					PG82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
平均 7d 最高路面设计温度 ^a , °C	<70						<76					<82				
最低路面设计温度 ^a , °C	>10	>16	>22	>28	>34	>40	>10	>16	>22	>28	>34	>10	>16	>22	>28	>34
原样胶结料																
闪点温度, T48: 最小 °C	230															
黏度, T316: ^b 最大, 3Pa·s, 试验温度 °C	135															
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ ^d , 最小, 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	70						76					82				
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																
质量变化 ^e , 最大, %	1.00															
动态剪切, T315 G*/sinδ ^d , 最小, 2.20kPa 试验温度@10rad/s, °C	70						76					82				
压力老化容器残留物 (R28)																
PAV 老化温度, °C ^f	100 (110)						100 (110)					100 (110)				
动态剪切, T315 G*/sinδ ^d , 最大, 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
蠕变劲度, T313 ^g : S, 最大, 300.0MPa, m 值最小, 0.300 试验温度@60s, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24
直接拉伸, T314 ^g : 破坏应变, 最小, 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

- 注：a. 路面温度根据气温来估计，可用 LTPPBind 软件计算，也可由业主规定，或根据 M323、R35 提供的方法；
- b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和，这个要求经慎重考虑后可放弃；
- c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制，原样沥青胶结料粘度测量，可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替，此试验温度时沥青是牛顿流体；
- d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度， $G^* \sin\delta$ =中等温度劲度；
- e. 不管是质量增加还是质量减少，质量变化应小于1.00%；
- f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上，使用三个温度之一：90℃、100℃和 110℃，通常对于 PG58-××及以上，使用 100℃以上。然而对于沙漠气候，PG70-××及以上，PAV 老化温度为 110℃；
- g. 如果蠕变劲度小于 300MPa，不需要进行直接拉伸试验。如果蠕变劲度在 300~600MPa 之间，可用直接拉伸的破坏应变用来代替，两种情况下，m 值都必须满足要求。

表 B.2 沥青胶结料性能等级规范

性能等级	PG46			PG52						PG58					PG64						
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	40
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<46			<52						<58					<64						
最低路面设计温度, °C	>- 34	>- 40	>- 46	>- 10	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40	>- 46	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40	>- 10	>- 16	>- 22	>- 28	>- 34	>- 40
原样胶结料																					
闪点温度, T48, 最小, °C	230																				
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135																				
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	46			52						58					64						
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																					
质量变化 ^e , 最大, %	1.00																				
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa 试验温度@10rad/s, °C	46			52						58					64						
压力老化容器残留物 (R28)																					
PAV 老化温度, °C ^f	90			90						100					100						
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7	25	22	19	16	13	31	28	25	22	19	16
临界低温开裂温度, R49 ^g R49 决定了临界开裂温度, 试验温度, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	-30

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBind 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和，这个要求经慎重考虑后可放弃；

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制，原样沥青胶结料粘度测量，可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替，此试验温度时沥青是牛顿流体；

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度， $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度；

e. 不管是质量增加还是质量减少，质量变化应小于1.00%；

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上，使用三个温度之一：90℃、100℃和 110℃，通常对于 PG58-××及以上，使用 100℃以上。然而对于沙漠气候，PG70-××及以上，PAV 老化温度为 110℃；

g. 为了验证等级，最少要做三个温度：T313 试验温度，试验温度减 6℃，T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号，也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力，如果破坏应力超过诱发热应力，沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。

表 B.2 沥青胶结料性能等级规范（延续）

性能等级	PG70						PG76					PG82				
	10	16	22	28	34	40	10	16	22	28	34	10	16	22	28	34
平均 7d 最高路面设计温度 ^a , °C	<70						<76					<82				
最低路面设计温度 ^a , °C	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34
原样胶结料																
闪点温度, T48: 最小 °C	230															
黏度, T316: ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135															
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ ^d , 最小, 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	70						76					82				
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																
质量变化 ^e , 最大, %	1.00															
动态剪切, T315 G*/sinδ ^d , 最小, 2.20kPa 试验温度@10rad/s, °C	70						76					82				
压力老化容器残留物 (R28)																
PAV 老化温度, °C ^f	100 (110)						100 (110)					100 (110)				
动态剪切, T315 G*/sinδ ^d , 最大, 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	34	31	28	25	22	19	37	34	31	28	25	40	37	34	31	28
临界低温开裂温度, R49 ^g R49 决定了临界开裂温度, 试验温度, °C	0	-6	-12	-18	-24	-30	0	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	-24

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制，原样沥青胶结料粘度测量，可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替，此试验温度时沥青是牛顿流体；

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度， $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度；

e. 不管是质量增加还是质量减少，质量变化应小于1.00%；

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上，使用三个温度之一：90℃、100℃和 110℃，通常对于 PG58-××及以上，使用 100℃以上。然而对于沙漠气候，PG70-××及以上，PAV 老化温度为 110℃；

g. 为了验证等级，最少要做三个温度：T313 试验温度，试验温度减 6℃，T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号，也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力，如果破坏应力超过诱发热应力，沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。

附录 C
(规范性附录)

M323-13 Superpave 混合料体积设计标准规范

C.1 适用范围

C.1.1 本规范适用于使用集料和混合料的性质生产热拌沥青混合料(HMA)工地配合比的 Superpave 混合料体积设计。

C.1.2 本标准规定了 Superpave 混合料体积设计的胶结料、集料和 HMA 的最低质量要求。

C.1.3 本标准可能包含危险材料、操作和设备。本标准并不能强调关于使用时的所有安全问题。在使用本标准之前,使用者有责任采取合适的安全和健康准则,并确定其在监管限制之前可以正常使用。

C.2 规范性文件

C.2.1 AASHTO 标准

- M320 沥青胶结料性能分级规范
- R28 用压力老化容器(PAV)加速沥青胶结料的老化
- R35 热拌沥青混合料(HMA) Superpave 体积设计
- R59 用阿布森法回收沥青
- T11 水洗法测定矿物集料中粒径小于 0.075mm 的集料含量
- T27 粗集料和细集料筛分
- T164 从铺路热拌沥青混合料(HMA)中定量抽提沥青
- T176 用砂当量试验确定级配集料和土中的塑性细料
- T240 热和空气对移动沥青膜的影响(旋转薄膜加热试验)
- T283 测定压实热拌沥青混合料(HMA)的抗水损害性能
- T304 细集料未压实空隙率
- T308 用燃烧法确定热拌沥青混合料(HMA)的沥青含量
- T312 用 Superpave 旋转压实机制备热拌沥青混合料(HMA)试件并测定其密度
- T313 弯曲梁流变仪(BBR)测量沥青胶结料的弯曲蠕变劲度
- T315 用动态剪切流变仪(DSR)测定沥青胶结料的流变性质
- T319 从沥青混合料中定量抽提和回收沥青胶结料
- T335 测定粗集料破碎率

C.2.2 ASTM 标准

- D4791 粗集料中扁平颗粒、细长颗粒及扁平 and 细长颗粒含量
- D5821 确定粗集料破碎集料含量百分率

C.2.3 沥青协会(AI)出版物

MS-2 沥青混凝土和其他热拌类型混合料设计方法

C. 2. 4 美国沥青路面协会 (NAPA) 出版物

IS128 HMA 路面混合料类型选择指南

C. 2. 5 其他参考资料

LTPP 沥青混凝土路面季节温度模型软件, LTPPBind 最新版本, <http://ltp-pp-products.com/OtherProducts.asp>

NCHRP 报告 452: Superpave 混合料设计方法中应用回收沥青混合料 (RAP) 的建议: 技术手册。NCHRP 项目 9-12, TRB. Washington, DC. 2001。

C. 3 名词术语

C. 3. 1 设计 ESALs——80kN 设计当量单轴荷载作用次数

C. 3. 1. 1 讨论——设计 ESALs 是期望设计车道在 20 年内的预期交通量水平, 对于路面设计寿命大于或小于 20 年, 采用本标准时设计 ESALs 均为 20 年。

C. 3. 2 空隙率 (V_a) ——压实沥青混合料中裹覆沥青的集料之间的空隙总体积, 表示为空隙总体积占压实混合料毛体积的百分比。

C. 3. 3 矿料间隙率 (VMA) ——压实铺路混合料中集料颗粒间空隙的体积, 包括空隙和有效胶结料体积, 表示为占试件总体积的百分率^{注1}。

注 1——该术语由沥青协会 (AI) 手册 MS-2 “沥青混凝土和其他热拌类型混合料设计方法” 定义。

C. 3. 4 沥青填隙率 (VFA) ——VMA 中填入胶结料的百分率 (有效胶结料体积除以 VMA)。

C. 3. 5 粉—胶比 ($P_{0.075}/P_{be}$) ——通过 0.075mm 的集料 ($P_{0.075}$) 质量和有效胶结料含量 (P_{be}) 质量百分比。

C. 3. 6 公称最大集料尺寸——第一个筛余大于 10% 的筛子尺寸的上一个筛子的尺寸^{注2}。

C. 3. 7 最大集料尺寸——大于公称最大集料尺寸的上一级筛子尺寸^{注2}。

注 2——C.3.6 和 C.3.7 的定义只应用于 Superpave 混合料, 与其他 AASHTO 标准中的定义不同。

C. 3. 8 回收沥青混合料 (RAP) ——替代和/或处理过含有沥青胶结料和集料的路面材料。

C. 3. 9 主要控制点筛孔 (PCS) ——不同公称最大集料尺寸粗和细级配混合料的分界点。

C. 3. 10 试剂等级溶剂——溶剂达到化学纯净度且符合美国化学学会分析试剂建立的试剂级的规范, 此溶剂用于从混合料提取沥青胶结料。

C. 4 意义和应用

本标准可用于在 Superpave 混合料体积设计时选择和评价材料。

C. 5 胶结料要求

C.5.1 胶结料应是性能等级 (PG) 胶结料, 满足 M320 的要求, 适合于路面工程项目现场气候和交通荷载条件的要求, 或满足合同中规定的要求。

C.5.1.1 确定铺路项目工地路面下 20mm 处 7d 最高路面温度年平均值和标准差, 确定 1d 路面最低路面温度, 这些温度可以使用 LPTPPBind 软件确定或由业主提供。如果使用 LTPPBind3.1 软件, 当确定胶结料等级时, 要在软件中选择高温和低温模型。通常没有现场数据, 可用邻近气象站的代表性数据。

C.5.1.2 针对高温和低温性能要求, 选择设计可靠度, 设计可靠度由业主建立。

注 3——材料的初始投资成本和后续维护成本也许会影响设计可靠度的选择。

C.5.1.3 用确定的路面温度数据, 选择满足设计可靠度要求的最低等级 PG 胶结料。

C.5.2 如果要保证交通速度 and 设计 ESALs, 考虑到项目地点预期的交通状况, 根据表 C.1 通过调整高温等级来实现。

表 C.1 根据速度和交通量调整胶结料的 PG 等级

设计 ESALs ^b (百万)	调整胶结料 PG 等级 ^a		
	交通加荷速率		
	标准交通 ^c	慢速交通 ^d	停滞交通 ^e
<0.3	-	-	- ^f
0.3~3	-	1	2
3~10	-	1	2
10~30	- ^f	1	2
≥30	1	1	2

注: a. 根据表示等级数 (1 级相当于 6°C), 增加高温等级, 低温等级不变。

b. 设计的 ESALs 是设计车道 20 年预估的累计当量轴荷载次数, 不管实际道路的设计寿命多少, 均以 20 年的 ESALs 并以此选择合适的 N_{设计} 水平。

c. 标准交通——平均交通速度大于 70km/h。

d. 慢速交通——平均交通速度 20~70km/h。

e. 停滞交通——平均交通速度小于 20km/h。

f. 应考虑增加一个高温等级。

注 4——从实际出发, 应避免使用性能等级大于 PG82-XX, 当要求调整高温等级导致需要大于 PG82 时, 应仍规定 PG82-XX 和可以增加设计 ESALs 1 个等级 (如 10~30 ×10⁶ 增加到 ≥30×10⁶)。

C.5.3 如果混合料中使用 RAP, 可根据规定的混合料的干重百分比或胶结料替代百分比。从 RAP 中回收沥青胶结料取代原样沥青混合料中的胶结料作为胶结料的替代品。

C.5.3.1 混合料的干重百分比——如果业主选择由混合料的干重百分比进行 RAP 调整, 按 C.5.1.3 和 C.5.2 中胶结料选择的等级, 根据表 C.2 来调整, 以考虑 RAP 的数量和劲度, 制定混合料图表的方法在附录 C1 中给出。

注 5——NCHRP 项目 9-12 研究表明高劲度 RAP (回收后 PG88-4) 对混合沥青胶结料的低温性质比中等和低劲度 RAP (PG82-16 和 PG82-22) 有较大的影响。因此建议表 C.2 中 RAP 极限值根据回收 RAP 胶结料的低温劲度可以进行调整。

表 C.2 回收沥青路面 (RAP) 混合料胶结料等级选择指南

推荐沥青胶结料等级	RAP 百分率
胶结料选择没有改变	<15
选择比原样沥青软一个等级例如,通常使用 PG64-22, 那么应选择 PG58-28)	15~25
依据 RAP 材料使用方法确定	>25

C.5.3.2 胶结料替代百分比——如果业主选择使用胶结料替代百分比方法,回收胶结料和混合料中总胶结料的比率决定胶结料替代百分比。需要完整的当地或区域之间的评价,决定 RAP 允许最大量或最小原样胶结料百分比。

注 6 ——如果回收胶结料性能不可取得时,应尽量选择有代表性的料堆。RAP 样品可以从不同地点有代表性的料堆中取得,通过评价以决定 RAP 胶结料的多样百分比对于典型的原样 PG 胶结料的影响。

C.6 混合集料要求

C.6.1 尺寸要求

C.6.1.1 公称最大尺寸——对于热拌沥青混合料 (HMA) 表面层混合料公称最大集料尺寸 4.75~19.0mm,对于表面层以下的各层公称最大集料尺寸不得大于 37.5mm。

注 7——关于适宜公称最大集料尺寸混合料的选择指南,见 NAPA 的 IS128。

C.6.1.2 级配控制点——当用 T11 和 T27 试验时混合料集料应符合表 C.3 规定的级配要求。

表 C.3 集料级配控制点

筛孔尺寸 (mm)	最大公称尺寸—控制点 (通过百分率)											
	37.5mm		25.0mm		19.0mm		12.5mm		9.5mm		4.75mm	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大	最小	最大
50.0	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37.5	90	100	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19.0	—	—	—	90	90	100	100	—	—	—	—	—
12.5	—	—	—	—	—	90	90	100	100	—	100	—
9.5	—	—	—	—	—	—	—	90	90	100	95	100
4.75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	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

C.6.1.3 级配分类——混合料级配分成粗级配和细级配,当级配主要控制筛孔 (PCS) 的通过率小于表 C.4 (也见图 C.1) 主要控制点通过率时,定义为粗级配,所有其他级配为细级配。

表 C.4 级配分类

公称最大集料尺寸混合料的主要控制筛孔 (PCS) 的控制点 (通过百分率 %)					
公称最大集料尺寸 (mm)	37.5	25.0	19.0	12.5	9.5
主要控制筛孔 (mm)	9.5	4.75	4.75	2.36	2.36
PCS 控制点 (通过百分率)	47	40	47	39	47

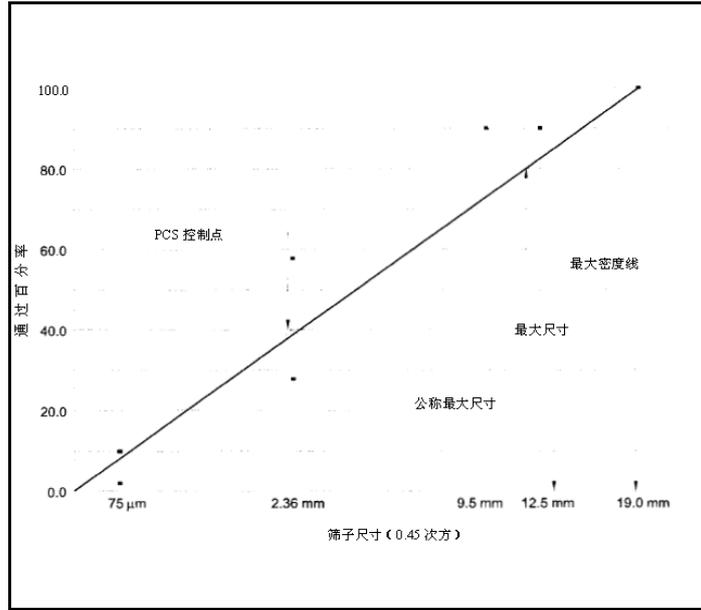


图 C.1 公称最大集料尺寸 12.5mm 的 Superpave 级配控制点

C.6.2 粗集料破碎面要求——按 T335 测试粗集料时,破碎面百分率要求满足表 C.5 规定的技术要求。

C.6.3 细集料棱角性要求——按 T304 方法 A 测试细集料时,细集料未压实空隙率应满足表 C.5 规定的技术要求。

C.6.4 砂当量要求——按 T176 测试集料时,砂当量(黏土含量)应满足表 C.5 规定的技术要求。

C.6.5 扁平—细长颗粒要求——按 D4791 测试时,集料扁平-细长颗粒应满足表 C.5 规定的技术要求,包括除去集料通过 9.5mm 的筛孔且留在 4.75mm 的特例集料用 5:1 比例规定测量集料颗粒长度(最长尺寸)和厚度(最小尺寸)之比。

C.6.6 当混合料使用 RAP 时, RAP 集料应用溶剂抽提法(T164)或如业主规定用燃烧炉抽提法(T308),从 RAP 中抽提出来的 RAP 集料应做筛分、粗集料棱角性、细集料棱角性和扁平—细长颗粒的试验, RAP 集料的砂当量试验可以不做,但其他集料试验仍要求做。

表 C.5 Superpave 集料统一性质要求

设计 ESALs ^a 10 ⁶ 次	粗集料破碎面 ^c (%) 最小		细集料未压实空隙率 (%) 最小		砂当量 (%) 最小	扁平 和 细长颗粒含量 ^c , (%) 最大
	≤100mm	>100mm	≤100mm	>100mm		
<0.3	55/—	—/—	—	— ^d	40	—
0.3~3	75/—	50/—	40	40 ^e	40	10
3~10	85/80 ^b	60/—	45	40	45	10
10~30	95/90	80/75	45	40	45	10
≥30	100/100	100/100	45	45	50	10

注: a. ESALs 为预期的设计车道 20 年间累计当量单轴荷载作用次数,不管实际设计寿命多长,用 20 年的 ESALs 确定相应的 N_{设计}。

b. 85/80 表示 85%的粗集料有一个破碎面和 80%的粗集料有两个破碎面。

- c. 该指标不适用于公称最大尺寸 4.75mm 混合料。
 d. 设计交通量 $<0.3 \times 10^6$ ESALs, 公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, 最小未压缩空隙率为 40。
 e. 设计交通量 $\geq 0.3 \times 10^6$ ESALs, 公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, 最小未压缩空隙率为 45。

注 8——如果有不到 25% 的施工层厚度在路面以下 100mm, 则在混合料设计时将施工层定义为小于 100mm。

C.7 HMA 设计要求

C.7.1 HMA 中的胶结料和集料应满足 C.5 和 C.6 的设计要求。

C.7.2 当用 T312 压实时, HMA 设计应满足表 C.6 规定的相对密度, VMA、VFA 和粉-胶比要求, 初始、设计和最大旋转压实次数在 R35 中规定。

表 C.6 Superpave HMA 设计要求

设计 ESALs ^a (10 ⁶)	要求密度 (最大相对密度, %)			矿料间隙率 (VMA) (%) 最小						沥青 填隙率 (VFA) ^b (%) 范围 最小	粉胶比 范围 ^c
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}	最大公称尺寸, mm							
				37.0	25.0	19.0	12.5	9.5	4.75		
<0.3	≤91.5	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	70~80 ^{d,e}	0.6~1.2
0.3~3	≤90.5	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~78 ^f	0.6~1.2
3~10	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^{e,f,g}	0.6~1.2
10~30	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^{e,f,g}	0.6~1.2
≥30	≤89.0	96.0	≤98.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	65~75 ^g	0.6~1.2

注: a. 设计的 ESALs 是 20 年设计车道预期的当量累计单轴荷载作用次数, 而不管实际设计寿命是多少年, 采用 20 年设计的 ESALs 来选择相应的 N_{设计} 次数。

b. 公称最大尺寸 37.5mm 混合料, 所有交通量水平的 VFA 最小为 64%。

c. 公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, 设计交通量 $<3 \times 10^6$ ESALs, 粉胶比为 0.9~2.0; 设计交通量 $\geq 3 \times 10^6$ ESALs, 粉胶比为 1.5~2.0。

d. 公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, 相对密度 (应为最大理论相对密度的百分比) 94%~96%。

e. 公称最大尺寸 25.0mm 混合料, 交通量 $<0.3 \times 10^6$ ESALs, VFA 最小为 67%。公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, VFA 67%~79%。

f. 公称最大尺寸 4.75mm 的混合料, 设计交通量 $>0.3 \times 10^6$ ESALs, VFA 66%~79%。

g. 对于公称最大尺寸 9.5mm 混合料, 设计交通量是 $\geq 3 \times 10^6$ ESALs, VFA 为 73%~76%。

注 9——如果集料级配从按表 4 规定的 PCS 控制点的下方通过, 可以根据业主的意见, 粉胶比范围可以从 0.6~1.2 增加到 0.8~1.6。

注 10——混合料 VMA 超过最小值的 2%, 可能会导致发亮和车辙, 除非对较高 VMA 混合料有成熟的经验, 否则应要避免混合料 VMA 大于最小值的 2%。

C.7.3 HMA 设计, 当按 T312 压实时, 空隙率在 (7.0 ± 0.5) % 范围内, 按 T283 试验时, 其最小抗拉强度比为 0.80。

附录 B1 制定胶结料图表的方法 (非指令性附录)

C1.1 可通过已知胶结料的最终等级, 回收的 RAP 胶结料物理性质 (和临界温度) 和已知原始沥青胶结料的物理性质 (和临界温度) 或混合料中 RAP 的百分率进行 RAP 胶结料的

配。

C1.2 确定 RAP 胶结料的物理性质和临界温度。

C1.2.1 用 T319^{注 C1.1} 和合适的溶剂回收 RAP 胶结料。至少需要 50g 回收的 RAP 胶结料进行试验。其中，用 M320 进行性能分级的测试时，旋转黏度、闪点和质量变化等试验不要求。

注 C1.1——当按业主要求用 T319 进行试验是一种较好的方法，也可以使用 R59，NCHRP 9-12 研究表明 R59 可能影响胶结料性质。

C1.2.2 对回收 RAP 胶结料进行原样沥青动态剪切流变仪（DSR）试验来确定临界高温温度 T_C （临界高温温度），基于原样沥青 DSR 的 $G^*/\sin\delta=1.0$ kPa，临界高温温度计算如下。

C1.2.2.1 确定劲度-温度曲线的斜率。

$$\alpha = \Delta \log(G^*/\sin\delta) / \Delta T \quad (C1.1)$$

C1.2.2.2 用下列公式确定 T_C （临界高温温度），精确到 0.1℃。

$$T_C (\text{临界高温温度}) = \frac{\log(1.00) - \log(G_1)}{\alpha} + T_1 \quad (C1.2)$$

式中：

G_1 ——在规定 T_1 时 $G^*/\sin\delta$ 的值；

α ——由公式（C1.1）确定的斜率。

注 C1.2——虽然可以选择任何温度（ T_1 ）和相应的劲度（ G_1 ），但建议使用与 $G^*/\sin\delta$ 接近的标准（1.00kPa）以减少外延误差。

C1.2.3 对剩余的沥青进行薄膜烘箱（RTFO）老化。

C1.2.4 用 RTFO 老化后回收胶结料进行 RTFO DSR 试验，确定临界高温温度（在 RTFO DSR 试验）计算临界高温温度（RTFO DSR）。

C1.2.4.1 确定劲度——温度曲线的斜率。

$$\alpha = \Delta \log(G^*/\sin\delta) / \Delta T \quad (C1.3)$$

C1.2.4.2 用下列公式确定根据 RTFO DSR 的 T_C （临界高温温度）精确到 0.1℃

$$T_C (\text{临界高温温度}) = \left[\frac{\log(2.20) - \log(G_1)}{\alpha} \right] + T_1 \quad (C1.4)$$

式中： G_1 ——在规定温度 T_1 时的 $G^*/\sin\delta$ ；值

α ——如公式（C1.3）确定的斜率。

注 C1.3——显然可以选择任何温度（ T_1 ）和相应的劲度（ G_1 ），但建议使用与 $G^*/\sin\delta$ 接近的标准（2.20kPa）以减少外延误差。

C1.2.5 用原样 DSR 和 RTFO DSR 两者中较低的临界温度，就是回收 RAP 胶结料临界高温温度。回收 RAP 胶结料的高温性能等级根据这一临界高温温度确定。

C1.2.6 用 RTFO 老化回收的 RAP 胶结料进行中等温度 DSR 试验来确定临界中等温度 T_C （临界中等温度），就像 RAP 胶结料用压力老化容器（PAV）老化一样。

C1.2.6.1 确定劲度—温度曲线的斜率：

$$\alpha = \Delta \log(G^*/\sin\delta) / \Delta T \quad (C1.5)$$

C1.2.6.2 用下列公式确定 T_C （临界中等温度），精确到 0.1℃。

$$T_C (\text{临界中等温度}) = \left[\frac{\log(5000) - \log(G_1)}{\alpha} \right] + T_1 \quad (\text{C1.6})$$

式中:

G_1 ——在规定温度 T_1 时的 $G^*/\sin\delta$ 值;

α ——如公式 (C1.5) 确定的斜率。

注 C1.4——虽然可以选择任何温度 (T_1) 和相应的劲度, 但建议使用与 $G^*/\sin\delta$ 接近的标准 (5000kPa) 以减少外延误差。

C1.2.7 将 RTFO 老化回收的 RAP 胶结料进行 BBR 试验, 根据弯曲梁流变仪测定的 (BBR) 劲度或 m 值, 确定临界低温温度 $T_C(S)$ 或 $T_C(m)$ 。

C1.2.7.1 确定劲度-温度曲线的斜率:

$$\alpha = \Delta \log(S) / \Delta T \quad (\text{C1.7})$$

C1.2.7.2 用下列公式确定临界低温温度 $T_C(S)$, 精确到 0.1℃:

$$T_C(S) = \left[\frac{\log(300) - \log(S_1)}{\alpha} \right] + T_1 \quad (\text{C1.8})$$

式中:

S_1 ——在规定温度 T_1 下的 S 值;

α ——公式 (7) 中确定的 α 值。

注 C1.5——虽然可以选择任何温度 (T_1) 和相应的劲度 (S_1), 但建议使用与 S_1 接近的标准 (300 kPa) 以减少外延误差。

C1.2.7.3 确定 m -值-温度曲线的斜率。

$$\alpha = \Delta m \text{ 值} / \Delta T \quad (\text{C1.9})$$

C1.2.7.4 用下列公式确定 $T_C(m)$, 精确到 0.1℃。

$$T_C(m) = \left(\frac{0.300 - m_1}{\alpha} \right) + T_1 \quad (\text{C1.10})$$

式中:

m_1 ——在规定温度 T_1 时的 m 值;

α ——公式 (C1.9) 确定的斜率。

注 C1.6——虽然可以选择任何温度 (T_1) 和相应的 m 值 (m_1), 但建议使用与 m 值接近的标准 (0.300) 以减少外延误差。

C1.2.7.5 选择两个低温临界温度 $T_C(S)$ 或 $T_C(m)$, 较高的温度作为回收沥青胶结料低温临界温度 T_C , 根据这单个低温临界温度确定回收 RAP 胶结料的低温性能等级。

C1.2.8 一旦回收 RAP 胶结料的物理性质和临界温度已知, 就可进行与已知 RAP 百分比或已知新的胶结料等级进行掺配。

C1.3 与已知 RAP 百分比的掺配。

C1.3.1 如果已知要求最终掺配胶结料的等级和要求的 RAP 百分率和回收 RAP 胶结料的性质, 那么就可以确定合适的新的胶结料等级所要求的性质。

C1.3.1.1 用下列公式确定新的沥青胶结料的高温温度、中等温度和低温性质的临界温度:

$$T_{\text{新的}} = \frac{T_{\text{掺配}} - (\% \text{RAP} \times T_{\text{RAP}})}{(1 - \% \text{RAP})} \quad (\text{C1.11})$$

式中：

$T_{\text{新的}}$ ——新的沥青胶结料（高温、中等温度或低温）临界温度；

$T_{\text{掺配}}$ ——掺配沥青胶结料（最终要求的）（高温、中等温度或低温）的临界温度。

$\% \text{RAP}$ ——用十进位小数表示的 RAP 百分率；

T_{RAP} ——回收 RAP 胶结料临界温度（高温、中等温度或低温）；

C1.3.1.2 用公式（C1.11）中可以确定需要的新的沥青胶结料的临界高温、临界中等温度或临界低温的性质。

C1.4 与已知新的胶结料的掺配

C1.4.1 如果已知最终掺配胶结料的等级、新的沥青胶结料等级和回收 RAP 的性质，可以确定允许的 RAP 百分率。

C1.4.1.1 用下列公式确定允许的 RAP 百分率：

$$\text{RAP} (\%) = \frac{T_{\text{掺配}} - T_{\text{新鲜}}}{T_{\text{RAP}} - T_{\text{新鲜}}} \quad (\text{C1.12})$$

式中：

$T_{\text{新鲜}}$ ——新的沥青胶结料的临界温度（高温、中等温度或低温）；

$T_{\text{掺配}}$ ——掺配沥青胶结料的临界温度（高温、中等温度或低温）；

T_{RAP} ——回收 RAP 胶结料的临界温度（高温、中等温度或低温）。

C1.4.1.2 用公式（C1.12）分别在临界高温、临界中等温度或临界低温中来确定满足所有温度的允许 RAP 百分率。

附录 C2 评价 RAP 料堆的方法

C2.1 这个附录的目的是测定在某一地理区域内 RAP 沥青胶结料的典型性质，以确定 RAP 的合适百分比，当随地理区域改变而变化时，原样胶结料的性质。

C2.2 RAP 料堆地点应在整个地理区域内选择。区域选择参照考虑气候带和材料来源。料堆地点的数量也许决定于选择的地理区域的大小，气候的多样性和其他一些因素。

C2.3 评价回收 RAP 胶结料的物理性质，先应取样和测试料堆。样品需足够大量以提供足够的回收沥青胶结料完成性能分级。

C2.4 含改性聚合物胶结料的 RAP 需单独储存，其沥青胶结料应该单独评估。

C2.5 溶剂法抽提 RAP 样品，获取回收胶结料样品。应采用试剂等级溶剂以减少因萃取过程而改变回收胶结料的性质的可能性。

C2.6 测定 RAP 胶结料的物理性质和临界温度，见附录 C.B1。

C2.7 某些情况下，回收胶结料的高温 DSR 等级也许高于 DSR 设备的温度范围。在这些情况下，应采用设备的高温极限：-3，-9 和-15 度进行胶结料试验。绘制 log 温度和 log 胶结料性质图，得出胶结料满足项目要求的温度。所有的胶结料分级需测试以提供实际连续的

RAP 胶结料的等级。

C2.8 进行地理区域内料堆中 RAP 胶结料等级的分布的研究。从温度分布中，计算平均高温和低温等级。平均低温等级加上 2 个标准偏差给出了这个区域内 RAP 胶结料的温度等级的 96%置信度。

C2.9 采集许多每个等级具代表性的沥青胶结料样品。测定每个胶结料的连续高温和低温等级。平均低温等级加上 2 个标准偏差给出了原样胶结料的高温 and 低温等级的 96%置信度。在混合料中使用最高或 96%可信度的连续低温等级。

C2.10 用附录 B1.4 于混合分析中测定加在原样沥青胶结料中的 RAP 胶结料最大允许百分比，以满足依据 LTPPBind 3.1 软件需要的温度等级。

注 C2.1——例如，指定 PG××-22，但是 RAP 混合物产生 PG××-16 也许根据 LTPPBind 3.1 软件给出 98%的可信度。大多数情况，小于 98%的可信度也被接受因只显示了很少的温差。

C2.11 在一典型地理区域内 RAP 料堆中的沥青胶结料评价允许 RAP 中沥青胶结料的代替，根据 RAP 和原样胶结料的性质。这允许了以不改变原样胶结料的等级为前提的测定最大沥青胶结料的代替限制。也建立了最大沥青胶结料代替用量与低一温度等级的原样胶结料使用。这些可以被用于在特定地理区域内作为设计标准。在回收性质具多样性的区域，建立一个通用的 RAP 百分比使用也许不适当。在这些情况下，分析应建立在项目基础上。

附录 D
(规范性附录)

R35-12 热拌沥青混合料 (HMA) Superpave 体积设计标准实践

D.1 适用范围

D.1.1 本标准适用于混合料设计评价,即用集料和混合料的性质设计热拌沥青混合料 (HMA) 工地配合比。混合料设计建立在热拌沥青混合料 (HMA) 的体积性质,也就是空隙率、矿料间隙率 (VMA) 和沥青填隙率 (VFA) 的基础上。

D.1.2 本标准也可用于使用 T320 和 T322 混合料分析和性能预测的初步材料选择的起点。

D.1.3 特殊混合料设计应依据附录 D2 温拌沥青 (WMA) 的体积设计方法综合考虑。

D.1.4 本标准可能包含危险材料、操作和设备。本标准并不能强调关于使用时的所有安全问题。在使用本标准之前,使用者有责任采用合适的安全和健康准则,并确定其在监管限制之前可以正常使用。

D.2 规范性文件

D.2.1 AASHTO 标准

- M320 沥青胶结料性能分级规范
- M323 Superpave 混合料体积设计规范
- PP60 采用 SGC 制备圆柱形性能试件
- R30 热拌沥青混合料 (HMA) 的测试环境
- T2 集料取样
- T11 水洗法测定矿物集料中粒径小于 0.075mm 的集料含量
- T27 细集料和粗集料的筛分
- T84 细集料的相对密度和吸水率
- T85 粗集料的相对密度和吸水率
- T100 土的相对密度
- T166 用饱和面干方法测定压实沥青混合料的毛体积密度
- T195 测定沥青混合料的集料涂层程度
- T209 热拌沥青混合料 (HMA) 理论最大相对密度
- T228 半固体沥青材料相对密度
- T248 集料样品缩分到试验尺寸
- T275 用蜡封法测压实沥青混合料毛体积相对密度

- T283 压实热拌沥青混合料 (HMA) 抗水损害性能
- T312 用 Superpave 旋转压实仪制备热拌沥青混合料 (HMA) 试件并测定其密度
- T320 用 Superpave 剪切试验机 (SST) 测定沥青混合料永久剪切应变与劲度
- T322 用间接拉伸试验 (DT) 测定热拌沥青混合料 (HMA) 蠕变柔量和强度

D.2.2 沥青协会 (AI) 出版物

SP-2 Superpave 混合料设计规范

D.2.3 其他参考规范

LTPP 沥青混凝土路面季节温度模型, LTPPBind 最新版本, <http://ltp-products.com/OtherProducts.asp>

NCHRP 报告 567: Superpave 体积设计要求。

D.3 术语

D.3.1 HMA (hot-mix asphalt) ——热拌沥青混合料。

D.3.2 设计 ESALs——80kN 设计当量单轴荷载作用次数。

D.3.2.1 讨论——设计 ESALs 是 20 年间设计车道预期的项目交通量水平, 对于路面设计寿命大于或小于 20 年, 本标准均使用 20 年的设计 ESALs。

D.3.3 空隙率 (air voids) (V_a) ——压实沥青混合料中裹覆沥青的集料之间的空隙总体积, 表示为空隙总体积占压实混合料毛体积的百分比。

注 1——术语定义见沥青协会手册 SP-2 Superpave 混合料设计规范。

D.3.4 矿料间隙率 (void in mineral aggregate) (VMA) ——压实沥青混合料中集料颗粒间空隙的体积, 包括空隙和有效沥青体积, 表示为占试件总体积的百分率。

D.3.5 吸收胶结料体积 (absorbed binder volume) (V_{ba}) ——吸入到集料内的胶结料的体积 (等于用毛体积相对密度和有效相对密度计算的集料体积之差)。

D.3.6 胶结料含量 (binder content) (P_b) ——胶结料质量占总的包括胶结料和集料质量的混合料质量的百分数。

D.3.7 有效胶结料体积 (effective binder volume) (V_{be}) ——没有吸收到集料内部的胶结料体积。

D.3.8 沥青填隙率 (voids filled with asphalt) (VFA) ——VMA 中填入沥青的百分率 (有效胶结料体积除以 VMA)。

D.3.9 粉胶比 (dust-to-ratio) ($P_{0.075}/P_{be}$) ——通过 75 μ m (No.200) 筛 $P_{0.075}$ 和有效胶结料含量 (P_{be}) 的质量之比。

D.3.10 公称最大集料尺寸 (nominal maximum aggregate size) ——第一次筛余大于 10% 的筛子的上一级筛子尺寸。

D. 3. 11 最大集料尺寸(maximum aggregate size)——公称最大集料尺寸的上一级筛子尺寸。

注2——D.3.10和D.3.11的定义只适用于 Superpave 混合料,与 AASHTO 其他标准的定义不同。

D. 3. 12 回收沥青混合料(reclaimed asphalt pavement) (RAP) ——移除的或处理过的含有沥青胶结料和集料的材料。

D. 3. 13 主要控制点尺寸(Primary control sieve)(PCS) ——对于不同公称最大集料尺寸用来区分粗细级配混合料的尺寸。

D. 4 方法概要

D. 4. 1 材料选择——胶结料、集料和 RAP 料堆的选择要满足项目所在地的环境和交通的要求。测定所有使用混合集料的毛体积密度和胶结料相对密度。

注3——如果使用 RAP, RAP 集料的毛体积密度可以通过测量 RAP 混合料的最大相对密度(G_{mm})和假定的 RAP 集料沥青吸收来反算,当然如果可以比较有把握的假定沥青吸收,也可根据业主的经验用毛体积密度代替 RAP 集料有效相对密度。有效相对密度的使用可能会导致计算混合集料毛体积密度和以后 VMA 计算的误差。因此业主应根据当地集料的使用经验来调整 VMA 的要求,以考虑这种可能的误差。

D. 4. 2 设计集料结构——建议至少从选择的料堆混合 3 个级配,对于每个试拌级配,确定一个初始试算胶结量含量,按 T312 要求至少压实两个试件,根据对试算级配符合 M323 关于在 $N_{设计}$ 时的 V_a 、VMA、VFA、粉胶比和 $N_{初始}$ 时的相对密度的要求来选择设计集料结构和估计设计胶结料用量。

注4——对于特定的集料混合料如果有以前 Superpave 混合料设计经验,可以不必要选择 3 个试拌混合物。

D. 4. 3 设计胶结料含量选择——按 T312 用估计的设计胶结料含量和估计的设计胶结料含量的 $\pm 0.5\%$ 和 $+1.0\%$ 时,压实多个试件,根据对 M323 关于在 $N_{设计}$ 时的 V_a 、VMA、VFA、粉胶比和 $N_{初始}$ 、 $N_{最大}$ 时的相对密度的要求来选择设计胶结料用量。

D. 4. 4 评价水敏感性——在设计胶结料含量下评价集料结构的水敏感性,按照 R30 热拌沥青混合料(HMA)进行条件,并按 T312 压实试件直到空隙率为 $(7.0 \pm 0.5)\%$ 并用 T283 进行评价,设计应满足 M323 抗拉强度比的要求。

D. 5 意义与应用

本标准阐述的方法用于生产满足 Superpave HMA 混合料体积设计要求的热拌沥青混合料。

D. 6 准备试拌级配

D. 6. 1 按 M323 要求选择胶结料。

D. 6. 2 按 T228 确定胶结料相对密度。

D. 6. 3 按 T2 从项目建议的集料料堆获取集料样品。

注 5—每个料堆通常含有一个已知的集料部分，大多数工程用 3~5 个料堆来产生满足工地配合比和 M323 的混合级配。

D. 6. 4 按 T248 缩分集料样品到按 T27 规定的尺寸样品。

D. 6. 5 按 T11 和 T27 对每个集料进行水洗和分级。

D. 6. 6 分别按 T85 和 T84 测定每个粗集料和细集料部分的毛体积密度和视密度，按 T100 测定矿物填料的相对密度。

D. 6. 7 计算混合集料部分：

$$P=Aa+Bb+Cc+\dots\dots (D.1)$$

式中：

P——混合集料 A、B、C 等通过某一给定尺寸材料的通过百分率；

A、B、C……—集料 A、B、C……某一给定尺寸材料的通过百分率；

a、b、c……—集料 A、B、C……的比例，用于掺配，总数=1.00。

D. 6. 8 准备至少 3 个试拌混合级配，将每个试拌混合级配点在 0.45 次方级配分析图上，确认每个混合级配满足 M323 级配控制（见附录 C 中表 D.3）的要求，级配控制根据 4 个控制筛尺寸，最大集料尺寸，公称最大集料尺寸，4.75mm 或 2.36mm 筛子尺寸以及 0.075mm 筛子尺寸，3 个可接受试拌混合物级配示例图 D.1。

D. 6. 9 按 T248 将每个试拌混合物制备一个试件，进行附录 B 中 D.6 规定的质量试验并确保试拌混合物的集料满足 M323 规定的最低质量要求。

注 6——设计者可对每个料堆进行质量试验而不是只用试拌混合集料进行试验，从每个料堆的试验结果可用来估计一个给定材料混合的结果。

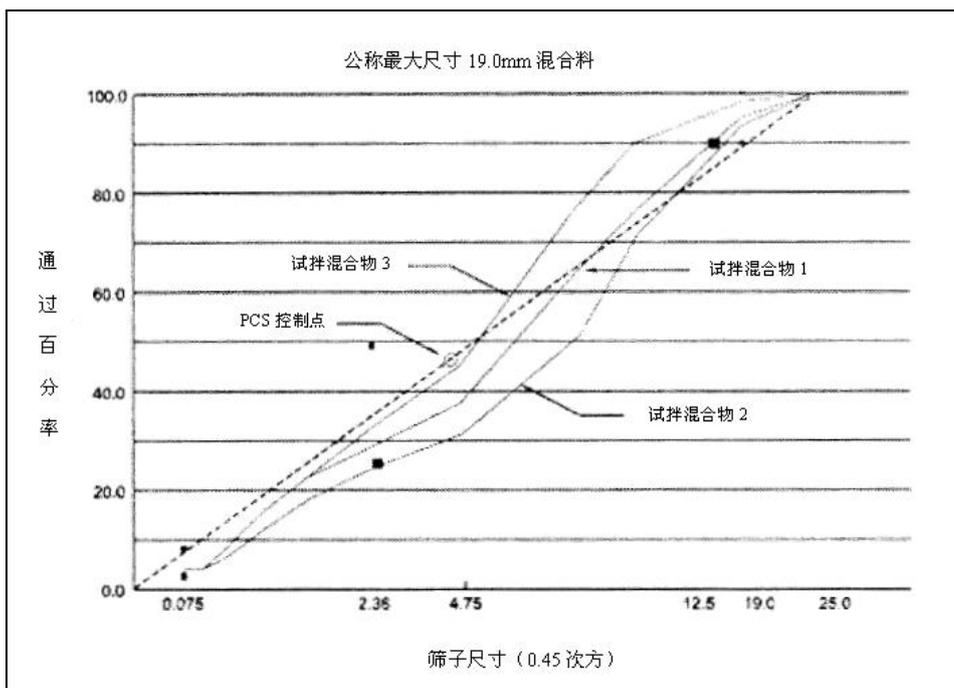


图 D. 1 三种试拌混合物级配评价（示例）

D.7 确定每个试拌集料级配的初始胶结料含量

设计者可用他们对材料的经验,也可用附录 A1 的方法来确定每个试拌集料混合级配的初始胶结料含量。

注 7——当使用 RAP 时,初始胶结料含量应减少一个数量,即 RAP 已有的胶结料含量。

D.8 压实每个试拌级配试件

D.8.1 对每个已被选择试拌集料混合级配,用初始胶结料含量准备多个平行试件,根据项目的设计 ESALs 从表 D.1 确定旋转压实次数。

注 8——至少需要二个平行试件,如果要求可准备 3 个或更多试件,一般来说对每个试件要求高度在 110~120mm 之间,对集料毛体积相对密度在 2.55~2.70g/cm³ 之间的集料来说,4500~4700g 集料就够了。

D.8.2 按 R30 条件混合,按 T312 压实试件到设计 N_{设计} 旋转压实次数,在每次旋转后记录试件高度,精确到 0.1mm。

D.8.3 按 T166 或 T275 测定压实试件的毛体积密度 (G_{mb})。

表 D.1 Superpave 旋转压实功

设计 ESALs ^a (10 ⁶)	压实参数			典型道路应用 ^b
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}	
<0.3	6	50	75	轻交通道路,如地方道路、县、区道路和禁止载货车通行的市区道路。 交通量是地方交通性质,不属于地区性、州级和州际性质。旅游区道路可属于此类。
0.3<3	7	75	115	主要是集散道路和进入街道的道路,中等交通市区道路和大部分县、区道路也包括在内。
3<30	8	100	160	包括双车道、多车道、部分封闭和全封闭的进城道路,中等到高交通量的市区道路、许多州道、国道和某些边远地区的州际公路。
≥30	9	125	205	包括大部分城市和边远地区的美国州际公路。如载货车辆称重站和载货车辆专用道等专用道路。

注: a. 设计的 ESAL 是 20 年期设计车道预期的当量累计单轴荷载作用次数,不管设计寿命是多少年,按设计 ESALs 进行设计。

b. 典型道路应用的定义见“公路与城市道路几何设计政策”, AASHTO, 1994。

注 9——根据业主规定,路面表面到设计层顶面≥100mm 和估计的交通量≥0.3×10⁶ ESALs,降低一个交通量等级,除非摊铺前混合料会遭受主线施工交通的影响。如果施工层厚度小于 25% 的厚度在路面 100mm 内,从混合料设计来说可考虑在 100mm 以下。

注 10——当估计的设计交通量在 3 百万 ESALs 和 <10×10⁶ ESALs 之间,业主可以规定 N_{初始} 为 7, N_{设计} 为 75 和 N_{最大} 为 115。

D.8.4 分别对已经拌和及与压实试件条件相同的各个试拌混合料的代表性试样按 T209 测定最大相对密度 (G_{mm})。

注 11——每个试拌混合料的最大相对密度至少取两个试件的平均值。

D.9 评价试拌压实混合料

D.9.1 按 M323 测定试拌混合料的体积性质。

D.9.2 用公式 (D.2) 和 (D.3) 计算每个试拌混合料在 $N_{\text{设计}}$ 时的 V_a 和 VMA。

$$V_a = 100 \times \left[1 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \right] \quad (\text{D.2})$$

$$\text{VMA} = 100 \times \left(1 - \frac{G_{mb} P_s}{G_{sb}} \right) \quad (\text{D.3})$$

式中： G_{mb} ——脱膜试件的毛体积密度；

G_{mm} ——混合料理论最大密度；

P_s ——混合料中集料百分率；

G_{sb} ——混合集料毛体积密度。

注 12——虽然初始胶结料含量是在空隙率为 4.0% 情况下估计的，压实试件实际空隙率不可能正好为 4.0%，因此需要变化胶结料含量以获得 4.0% 的空隙率，以及要估计由于胶结料含量的变化引起的 VMA 的变化。这些计算可使每个试拌集料级配 VMA 和 VFA 的评价都在一个相同的 4.0% 的空隙率条件下进行。

D.9.3 对每个压实试件预估在 4.0% 空隙率下的体积性质。

D.9.3.1 用公式 (D.4) 确定每个试拌混合物在 $N_{\text{设计}}$ 时的空隙率与设计 4.0% 空隙率的差 ΔV_a

$$\Delta V_a = 4.0 - V_a \quad (\text{D.4})$$

式中： V_a ——试拌混合物在 $N_{\text{设计}}$ 时的空隙率

D.9.3.2 用公式 (D.5) 估计需要将空隙率改变到 4.0% 的胶结料含量 (ΔP_b)

$$\Delta P_b = -0.4 (\Delta V_a) \quad (\text{D.5})$$

D.9.3.3 用公式 (D.6) 或 (D.7) 预估由 D.9.3.1 确定的每个试拌级配由空隙率 (ΔV_a) 引起的 VMA 的变化 (ΔVMA)。

$$\text{如果 } V_a > 4.0, \text{ 则 } \Delta \text{VMA} = 0.2(\Delta V_a); \quad (\text{D.6})$$

$$\text{如果 } V_a < 4.0, \text{ 则 } \Delta \text{VMA} = 0.1(\Delta V_a); \quad (\text{D.7})$$

注 13——胶结料含量的变化影响 VMA 是通过压实试件的毛体积密度 (G_{mb}) 的变化而引起的。

D.9.3.4 用公式 (D.8) 计算每个试拌级配 $N_{\text{设计}}$ 和 4.0% 空隙率时的 VMA。

$$\text{VMA}_{\text{design}} = \text{VMA}_{\text{trial}} + \Delta \text{VMA} \quad (\text{D.8})$$

式中：

VMA_{设计} ——在设计空隙率 4.0% 时估计的 VMA；

VMA_{初始} ——在初始胶结料含量时估计的 VMA。

D.9.3.5 用公式 (D.4) 确定的 ΔV_a 和公式 (D.9) 预估设计空隙率已经调整到 4.0% 在 N_{设计} 时每个试件 N_{初始} 相对密度：

$$\% G_{mm_{设计}} = 100 \times \left(\frac{G_{mb} h_d}{G_{mm} h_i} \right) - \Delta V_a \quad (D.9)$$

式中：

$\% G_{mm_{设计}}$ ——在调整的设计的胶结料含量为 N_{初始} 时的相对密度；

h_d ——Superpave 旋转压实仪获得 N_{设计} 旋转次数后试件的高度，mm；

h_i ——Superpave 旋转压实仪获得 N_{初始} 旋转次数后试件的高度，mm。

D.9.3.6 用公式 (D.10) 和 (D.11) 和 (D.12) 计算有效胶结料百分率 ($P_{be_{est}}$) 和计算粉胶比 ($P_{0.075}/P_{be}$)

$$G_{se} = \frac{100 - P}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (D.10)$$

$$P_{be_{eff}} = -(P_s \times G_b) \frac{(G_{se} - G_{sb})}{(G_{se} \times G_{sb})} + P_{be_{est}} \quad (D.11)$$

式中：

$P_{be_{est}}$ ——估计有效胶结料含量

G_s ——集料含量

P_b ——胶结料相对密度

G_{se} ——集料有效相对密度

G_{sb} ——混合集料毛体积相对密度

$P_{be_{est}}$ 估计的胶结料含量

$$P_{0.075} / P_{be} = \frac{P_{0.075}}{P_{be_{est}}} \quad (D.12)$$

式中：

$P_{0.075}$ ——0.075mm 筛通过百分率

D.9.3.7 在调整后的胶结料含量下，对各个试拌混合级配的估计的体积性质并且与 M323 规定的指标进行比较，选择满足体积性质最好的试拌级配。

注 14 ——表 D.2 给出了从 3 个试拌级配中选择设计集料结构的例子。

注 15 ——许多试拌级配会不满足 VMA 的要求，一般说来，如果 VMA 满足， $\% G_{mm_{设计}}$ 标准就能达到。

D.12.1 给出了调整 VMA 的方法。

注 16 ——如果选择的试拌级配包括了整个级配控制范围，那么唯一的解决方案就是调整集料生产或换

新的料源，不满足要求的集料不可能生产出合格的混合料，不予使用，应使用能产生更强结构的另一种材料来代替一个或几个料堆，例如，采石场石料可代替破碎砾石，破碎细集料可代替天然细集料。

表 D.2 设计集料结构的选择（示例）

试拌混合料（19.0公称最大集料尺寸）				
20年项目设计 ESALs=500万				
体积性质	1	2	3	
在初始胶结料含量				标准
P_b （试拌）	4.4	4.4	4.4	
% G_{mm} 设计（试拌）	88.3	88.0	87.3	
% G_{mm} 初始（试拌）	95.6	94.9	94.5	
N 设计时 V_a	4.4	5.1	5.5	4.0
VMA 初始	13.0	13.6	14.1	
调整到设计胶结料含量（ N 设计时 $V_a=4.0\%$ ）				
ΔV_a	-0.4	-1.1	-1.5	
ΔP_b	0.2	0.4	0.6	
ΔVMA	-0.1	-0.2	-0.3	
在预估设计胶结料含量（ N 设计时 $V_a=4.0\%$ ）				
预估的 P_b （设计）	4.6	4.8	5.0	
VMA （设计）	12.9	13.4	13.8	≥ 13.0
% G_{mm} 初始（设计）	88.7	89.1	88.5	≤ 89.0

注：1.表的上部代表各个试拌级配在初始胶结料含量时测量的密度和体积性质。

2.没有一个试件的空隙率正好在 4.0%，因此，按第 9 节叙述的方法必须用来（1）估计在 $V_a=4.0\%$ 时的设计胶结料的含量；（2）获得在这估计的胶结料含量时调整的 VMA 和相对密度值。

3.表的中间部分代表每个试拌级配空隙率调整到 4.0%后产生的胶结料含量的变化（ ΔP_b ）和 VMA 和（ ΔVMA ）的变化。

4.用估计设计胶结料含量时的 VMA 和密度与最后一列标准相比较，试拌 1 号级配与要求 >13.0 相比，没有足够的 VMA （12.9）；试拌 2 号级配超过了 N 初始时相对密度的标准（89.5%与要求 ≤ 89.0 ）。在本例中试拌 3 号级配满足相对密度和 VMA 的要求，选择作为设计集料结构。

D.10 选择设计胶结料含量

D.10.1 对选择的设计集料结构在下列 4 个胶结料含量时准备平行试件：

- （1）预估的设计胶结料含量 P_b （设计）；
- （2） P_b （设计）减 0.5% ；
- （3） P_b （设计）加 0.5% ；
- （4） P_b （设计）加 1.0% 。

D.10.1.1 使用 D.8.1 确定的旋转压实次数。

D. 10.2 按 R30 条件混合料，并按 T312 压实到 $N_{\text{设计}}$ 旋转压实次数，在每次旋转压实以后，记录试件高度，精确到 0.1mm。

D. 10.3 按 T166 或 T275 测定每个压实试件的毛体积密度。

D. 10.4 对已经拌和与压实试件相同条件情况的各个试拌混合料的代表性试样，按 T209 测定最大相对密度 (G_{mm})。

D. 10.5 用下列步骤确定能在 $N_{\text{设计}}$ 次数时，产生目标空隙率为 4.0% 的设计胶结料用量。

D. 10.5.1 用公式 (D.2)、(D.3) 和 (D.13) 计算 $N_{\text{设计}}$ 时 V_a 、VMA 和 VFA:

$$VFA = 100 \times \left(\frac{VMA - V_a}{VMA} \right) \quad (D.13)$$

D. 10.5.2 用公式 (D.14) 计算粉胶比:

$$P_{0.075} / P_{be} = \frac{P_{0.075}}{P_{be}} \quad (D.14)$$

式中:

P_{be} ——有效胶结料含量。

D. 10.5.3 用公式 (D.15) 得出四种混合料中每个在 $N_{\text{初始}}$ ($\%G_{\text{mm初始}}$) 时试件的平均修正相对密度。

$$\%G_{\text{mm初始}} = 100 \times \left(\frac{G_{mb} h_d}{G_{\text{mm}} h_i} \right) \quad (D.15)$$

D. 10.5.4 画出在 $N_{\text{设计}}$ 时平行试件平均的 V_a 、VMA、VFA 以及相对密度与胶结料含量的关系图。

注 17——所有图由 Superpave 软件自动生成，图 D.2 是一个样品的数据和图。

D. 10.5.5 用图解或数学内插法 (图 D.2)，确定目标空隙率等于 4.0% 的胶结料用量，精确到 0.1%，这就是 $N_{\text{设计}}$ 时的设计胶结料含量。

D. 10.5.6 通过内插，验证在设计胶结料含量时的体积性质是否满足 M323 规定的要求。

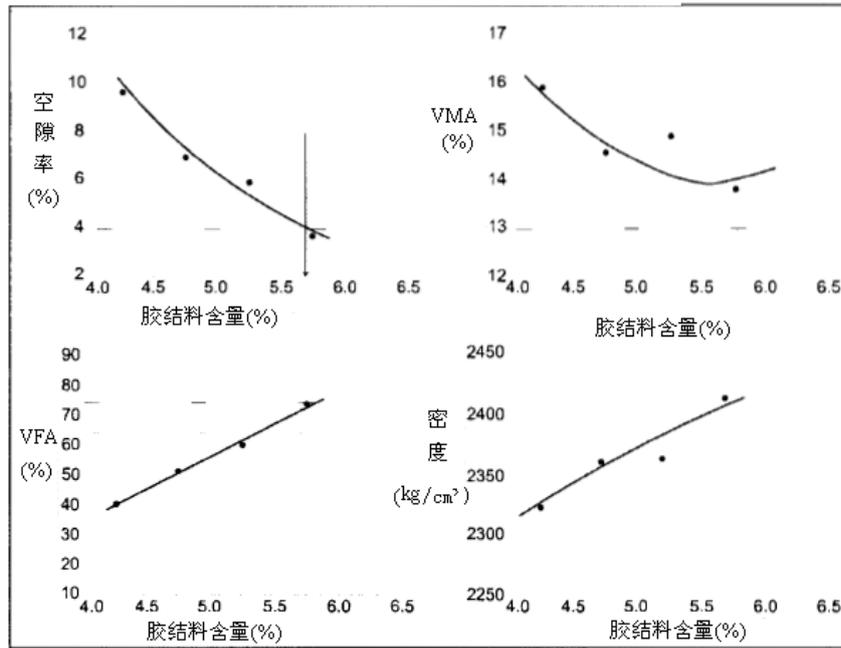
D. 10.6 比较计算 $N_{\text{初始}}$ 的相对密度与最大相对密度的比。如需要时可通过内插，内插可通过下列方法完成。

D. 10.6.1 在 X 轴上点出各个混合料测量的最大相对密度百分率 $\%G_{\text{mm}}$ ，在 Y 轴上为旋转次数的对数 (图 D.3)。

D. 10.6.2 检验空隙率对应的胶结料含量的图，确定空隙率为 4.0% 和最接近较低胶结料含量对应的空隙率之差，确定接近较低胶结料含量的空隙率和它的数据点，不一定最符合，空隙率差定为 ΔV_a 。

D. 10.6.3 用公式 (D.4) 确定在 $N_{\text{初始}}$ ($\%G_{\text{mm初始}}$) 时试件修正的平均最大相对密度，确认

在 $\%G_{\text{mm初始}}$ 在设计胶结料含量时满足 M323 的设计要求。

图 D.2 N_{设计}时体积设计数据示例表 D.3 在 N_{设计}时平均 V_a、VMA、VFA 和相对密度

P _b (%)	V _a (%)	VMA (%)	VFA (%)	N _{设计} 时 (kg/m ³)
4.3	9.5	15.9	40.3	2320
4.8	7.0	14.7	52.4	2366
5.3	6.0	14.9	59.5	2372
5.8	3.7	13.9	73.5	2412

注：1. 在本例中，估计的设计胶结料含量为 4.8%，设计集料结构（公称最大尺寸为 19.0mm）的最小 VMA 要求是 13%，VFA 的要求是 65%~75%。

2. 进入空隙率和胶结料含量图，空隙率 4.0% 时胶结料含量为 5.7%，定义为设计胶结料含量。

3. 进入 VMA 与胶结料含量和 VFA 与胶结料含量的关系图，确定胶结料含量为 5.7% 时的混合料的 VMA 和 VFA 是否满足要求。

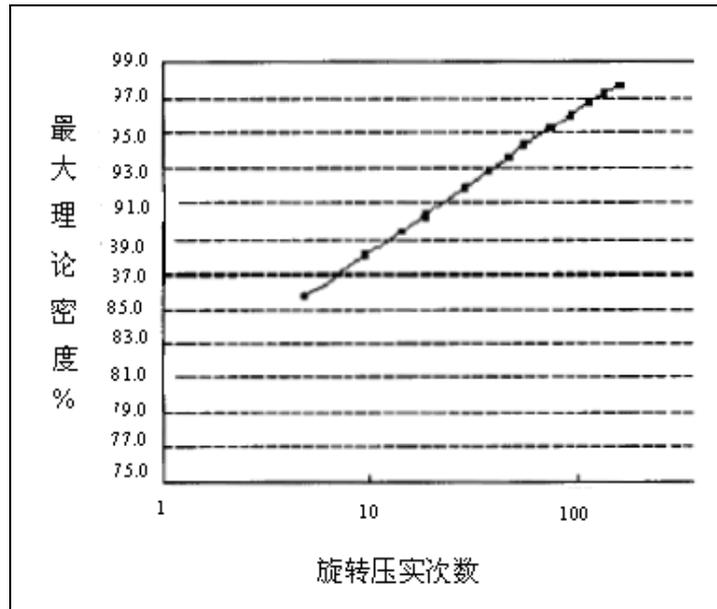


图 D.3 压实曲线示例

D. 10.7 用设计集料结果和设计胶结料含量准备平行试件, 确认在 $\%G_{mm_{最大}}$ 满足 M323 设计要求。

D. 10.7.1 按 R30 条件混合料, 按 T312 试件压实到最大旋转次数 $N_{最大}$ 。

D. 10.7.2 用公式 (D.16) 确定在 $N_{最大}$ 时平均试件相对密度, $\%G_{mm_{最大}}$, 确认 $\%G_{mm_{最大}}$ 满足 M323 体积要求。

$$\%G_{mm_{最大}} = 100 \times \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \quad (D.16)$$

式中:

$\%G_{mm_{最大}}$ ——在设计胶结料含量时 $N_{最大}$ 次数时的相对密度。

D. 11 评价水敏感性

D. 11.1 用设计集料结构和设计胶结料含量制备 6 个混合料试件(如果需要冻融试验则需要 9 个试件), 按 R30 条件混合料、按 T312 将试件压实到试件空隙率为 $(7.0 \pm 0.5)\%$ 。

D. 11.2 用 T283 试验方法测试试件和计算抗拉强度比。

D. 11.3 如果抗拉强度比按 M323 要求小于 0.80, 要求采取补救措施如使用抗剥落剂来改善混合料水敏感性, 当使用了抗剥落剂, 重新试验混合料以保证符合 0.80 的最低要求。

D. 12 调整混合料以满足性质要求

D. 12.1 调整 VMA——如果要求改变设计集料骨架来满足规定的 VMA, 有 3 种可能的选择: (1) 改变级配; (2) 减少小于 0.075mm 部分; 或改变表面纹理和/或一个或多个集料部

分的形状。

注 18——如果试拌级配分析包括了级配控制区所有部分，那么不应选择改变级配。

注 19——减少混合料中 0.075mm 筛的通过率，一般会增加 VMA，如果 0.075mm 筛通过率已经很低，这种方法不可行。

注 20——这种选择要求进一步处治现有材料或改变料源。

D. 12.2 调整 VFA——如果 VMA 满足要求，那么 VFA 范围的低值在 4.0% 空隙率时总是能满足要求。如果超过 VFA 的上限，则 VMA 肯定在最小要求值以上。如果这样，那需重新设计混合料以降低 VMA，措施包括：（1）改变级配，靠近最大密度线；（2）如果在规范控制点范围内有可能的话，增加小于 0.075mm 部分；（3）通过加入具有较好装填特性的材料，如用较少的扁平 and 细长集料颗粒来改变集料的纹理和形状。

D. 12.3 调整抗拉强度比——抗拉强度比增加可以通过：（1）在胶结料中添加化学抗剥落剂以增加黏附防止水的浸入；（2）在混合料中添加消石灰。

D. 13 报告

D. 13.1 报告应包括项目编号、交通量水平和混合料设计编号。

D. 13.2 报告应含有设计集料结构资料，包括集料来源、集料类型、要求的质量特性和级配。

D. 13.3 报告应含有设计胶结料资料，包括胶结料来源和性能等级。

D. 13.4 报告应含有关于 HMA 的资料，包括混合料中胶结料含量、相对密度、初始设计和最大旋转压实次数，以及 VMA、VFA、 V_{be} 、 V_{ba} 和 V_a 和粉胶比。

D. 13.5 报告应含有间接抗拉强度比的资料。

D. 14 关键词

HMA 混合料设计 Superpave 混合料体积设计

附录 D1 每个试拌混合料级配初始胶结料含量计算（非强制性信息）

D1.1 提供使用在 C.6.6 中各个集料的相对密度资料，计算每个试拌集料混合物的毛体积和视相对密度，如公式 D1.1 和 D1.2 所示：

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (D1.1)$$

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (D1.2)$$

式中：

G_{sb} ——混合集料的毛体积密度；

G_{sa} ——混合集料的视体积密度；

P_1, P_2, \dots, P_n ——集料 1, 2, …, n 的质量通过率；

G_1, G_2, \dots, G_n ——集料 1, 2, …, n 的毛体积密度（公式 D1.1）或视体积密度（公式 D1.2）。

D1.2 用公式 D1.3 估算试拌混合集料有效密度：

$$G_{se} = G_{sb} + 0.8(G_{sa} - G_{sb}) \quad (D1.3)$$

式中：

G_{se} ——混合集料的有效密度；

G_{sb} ——混合集料的毛体积密度；

G_{sa} ——混合集料的视体积密度。

注 D1——系数 0.8，可以根据设计者的经验变化。吸水性集料可能要求值接近 0.6 或 0.5。

注 C2——Superpave 混合料设计体系包括所有试件在压实前的混合条件步骤；这个条件通常允许胶结料完成吸收。因此，与其他设计方法相反，Superpave 混合料的有效密度接近视密度，而其他方法通常在毛体积和视密度之间。

D1.3 用公式 D1.4 和 D1.5 估计吸收胶结料的体积：

$$V_{ba} = W_s \left(\frac{1}{G_{sb}} - \frac{1}{G_{se}} \right) \quad (D1.4)$$

式中：

W_s —— 1cm^3 混合料中集料质量，由下式计算：

$$W_s = \frac{P_s(1 - V_a)}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{P_s}{G_{se}}} \quad (D1.5)$$

式中：

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；

G_b ——胶结料相对密度；

V_a ——空隙率，假定 1cm^3 混合料中 0.04cm^3 。

注 C3——这个估计计算胶结料吸入集料的体积 V_{ba} ，然后，对于试算，计算在 4.0% 目标空隙率时的胶结料用量。

D1.4 用公式 D1.6 估算有效沥青体积:

$$V_{be} = 0.176 - [0.0675 \log(S_n)] \quad (D1.6)$$

式中:

V_{be} ——有效胶结料体积, cm^3 ;

S_n ——试拌混合物中公称最大集料尺寸, mm。

注 C4——这个回归公式来自经验关系:

(1) VMA 和 V_{be} , 当 $V_a=4.0\%$ 时, $V_{be}=VMA-V_a=VMA-4.0$;

(2) M323 中 VMA 和公称最大集料尺寸的关系。

D1.5 对于混合级配用公式 22 计算估计初始胶结料含量 (P_{bi})

$$P_{bi} = 100 \times \left(\frac{G_b(V_{be} + V_{ba})}{(G_b(V_{be} + V_{ba})) + W_s} \right) \quad (D1.7)$$

式中:

P_{bi} ——估计的初始计算胶结料用量, 总混合料的百分率。

附录 D2 温拌沥青特殊的混合物设计考虑和应用实践 (略)

附录 E

(规范性附录)

T312-12 用 Superpave 旋转压实仪制备和测定热拌沥青混合料 (HMA) 试件
和密度标准试验方法

E.1 适用范围

E.1.1 本标准适用于 Superpave 旋转压实机压实热拌沥青混合料 (HMA) 圆柱试件。

E.1.2 本标准可能包含危险材料、操作和设备。本标准并不能强调关于使用时的所有安全问题。在使用本标准之前,使用者有责任采用合适的安全和健康准则,并确定其在监管限制之前可以正常使用。

E.2 规范性文件

E.2.1 AASHTO 标准

M231 用于材料试验的称重设备

R30 热拌沥青混合料 (HMA) 的测试环境

R35 热拌沥青混合料 (HMA) 的 Superpave 体积设计

R47 缩分热拌沥青混合料 (HMA) 至测试尺寸

T166 用饱和面干 (G_{mb}) 测定压实沥青混合料的毛体积密度

T168 沥青混合料取样

T209 热拌沥青混合料 (HMA) 理论最大相对密度

T275 利用蜡封法测定压实沥青混合料的毛体积密度

T316 利用旋转黏度计测定沥青胶结料的黏度

T344 利用模拟荷载测试旋转压实仪的内部角

E.2.2 其他标准

ANSI/ASME B89.1.6, 用标准环测定合格的纯内部直径

ASME B46.1, 表面纹理 (表面粗(糙)度, 波纹和波纹方向)

E.3 意义与应用

E.3.1 本标准用于制备试件并测定 HMA 力学和体积性质。当通过正确施工方法在实际路面上铺筑时,试件模拟混合料实际摊铺中密度、集料排列和结构特性。

E.3.2 本试验方法也可用于在试件压实过程中监测试件的密度,这可用在 HMA 生产过程中的现场控制。

E.4 设备

E.4.1 Superpave 旋转压实机——电子—液压或电子—机械压实机,具有如 E.4.3 描述的有一个压杆和压头。压杆垂直于压实机的底板,在压实过程中压杆应作用并保持 (600 ± 8) kPa

垂直于试件圆柱轴的压力。根据 T344 确定压实机能够倾斜试模平均内部角为 (20.2 ± 0.35) mrad (1.16 ± 0.02) 且在试件压实过程中压实机应以每分钟 (30.0 ± 0.5) 旋转次旋转试模。

注 1——对于 150mm 直径的试件，这个计算应力相当于总共 (10600 ± 10) N。

E. 4. 1. 1 试件高度测量和记录装置——试件压实过程中，要监测试件密度，要求有一个连续测量和记录试件每一次旋转高度的装置，精确到 0.1mm。

E. 4. 1. 2 系统应包括一个打印机，能打印试验资料，如每次旋转的高度。除了打印机，系统可包括一台计算机和相应的软件来采集和报告数据。

E. 4. 2 试模——试模为钢制，壁厚至少 7.5mm。洛氏硬度至少 C48，试模内侧初始光洁度至少应有 1.60um 均方差 (rms) 或者光滑度满足 ASME B46.1。新生产的试模内直径应为 149.90~150.00mm。使用中的模具内直径不能超过 150.2mm。模具高度至少 250mm。根据附录 A 测定模具的内部直径和高度。

注 2——用于校验 rms 值为 1.60um 的表面比较仪为 GAR Electroforming, Danbury, Connecticut。

E. 4. 3 压头和试模底座——压头和试模底座由钢制成，洛氏硬度至少 C48。压头应垂直于压杆中心轴。试模底座的板面应是平而且与顶面平行，所有压头和压板面（推出试件的面）应平整，光洁度满足 E.4.2 要求，压板直径为 149.50~149.75mm。

E. 4. 4 温度计——嵌入的玻璃温度计或盘式金属指针温度计用于测量集料、胶结料和 HMA 的温度，范围 10-232℃。

E. 4. 5 称——符合 M231 G5 等级要求，测量集料、胶结料和 HMA 的质量。

E. 4. 6 烘箱——电子控制 ± 3 ℃，用于加热集料、胶结料和 HMA，烘箱能具有保持根据 R30 规定的混合料条件温度。

E. 4. 7 其他设备——加热集料的平底金属盘，计量集料的勺子、容器（格栅状的罐、烧瓶、加热沥青的容器），大的拌和铲子或小的泥刀，绝热设备的手套，纸垫、机械拌和锅（可选项），由压实仪制造商推荐的润滑材料。

E. 4. 8 维护——除了由制造商推荐的常规维护外，检验 Superpave 旋转压实机的机械部件的磨损，按制造商推荐进行维修。

E. 5 危险

当在处理热的材料和压实试件时，应遵照标准安全注意事项，穿防护衣。

E. 6 标准化

E. 6. 1 需要定期进行标定校验的项目包括压杆压力，旋转角，旋转频率，LVDT（或其他用于连续记录试件高度的工具）和烘箱温度。也要求对试模和压板直径以及试模内部光洁度进行校验。当使用了计算机和软件时，用专门设计的程序定期校验数据处理系统的输出。标定的校验、系统的标准化和质量检查由制造商或其他提供这种服务的单位或试验室内人员进行。校验频率应遵循制造商的建议。

E. 6. 2 旋转角可以指内部旋转角（试模的倾斜即旋转模具的底板表面的倾斜）。内部旋转角的标定根据 T344 进行验证。

E.7 仪器准备

E.7.1 当 HMA 已准备好可以放入模子之前，立刻打开压实机的主电源，按制造商推荐的时间要求预热机器。

E.7.2 验证机器是否正确设定了角度、压力和旋转次数。

E.7.3 根据制造商的指示，润滑任何需要的轴承表面。

E.7.4 当需要监测试件高度时，要求增加下列准备工作。当 HMA 已准备好放入试模之前，立刻打开测量和记录试件高度的设备，检验读数的单位为 mm 以及记录设备已准备好。如果使用计算机来记录高度，输入试件的表头信息。

E.8 HMA 混合料准备

E.8.1 实验室制备

E.8.1.1 在单独盘内称量各尺寸集料，混合为需要的质量。根据最终的试样每盘集料质量是可变的。如果要求目标空隙率，用作 Superpave 混合料分析和性能的试件，每盘集料质量将调整到一定数量，使其能混合出已知体积下的密度。如果试件用于测定体积性质，每盘集料质量将调整到一定数量，使其在规定的旋转次数下，能制备出直径 150mm，高 (115 ± 5) mm 的试件。

注3——需先做一个初始试件，以达到要求的高度，一般来说对于混合集料毛体积密度分别为 2.550~2.700 的集料来说，要达到这个高度要求有 4500~4700g 集料就可以了。

E.8.1.2 将集料和胶结料罐放入烘箱，加热至拌和温度。

E.8.1.2.1 拌和温度范围定义为，对于没有老化过的胶结料用 AASHTO T316 方法测定的动力黏度为 (0.17 ± 0.02) Pa/s。

注4——改性沥青可能不遵守这个等黏温度的要求来确定拌和温度和压实温度，应使用生产商的建议。

E.8.1.3 将加热的集料放入拌和锅进行干拌，在干拌集料中形成一个凹坑，称要求数量的胶结料加入混合物立刻开始拌和。

E.8.1.4 尽可能快地将集料和胶结料彻底拌和，使沥青均匀分布在热拌沥青混合料(HMA)上。作为选择，可使用机械拌和。

E.8.1.5 混合料拌和完成后，按 R30 要求进行混合料条件。

E.8.1.6 在压实开始之前，将试模和压板放入要求的压实温度烘箱中至少 30min (在按 R30 进行混合料条件的时期)

E.8.1.7 遵照 R30 规定的混合料条件时间，如果混合料在压实温度，立刻按 E.9 压实方法进行压实。如果混合料压实温度不同于 R30 温度条件，将混合料放入另一个在压实温度的烘箱中一个短暂时间 (最多 30min) 以达到压实温度。

E.8.1.7.1 压实温度是由按 T316 测定的未老化胶结料的动力黏度为 (0.28 ± 0.03) Pa/s 的温度范围的中值。

E.8.2 拌和厂制备

E.8.2.1 将试模和压板放入要求的压实温度烘箱中 (见 E.8.1.7.1)。

E.8.2.2 用 AASHTO T168 获取试样。

E.8.2.3 用 AASHTO R47 缩分至试样试验尺寸。

E.8.2.4 将试样放置在盘中达到一定的厚度。

E.8.2.5 将热拌沥青混合料 (HMA) 要在压实温度下仔细均匀加热后放入试模。

E.9 压实方法

- E. 9.1 达到压实温度的时候，将加热的试模、底板和上板（如要求的话）从烘箱中取出，将底板和纸垫放在试模底部。
- E. 9.2 将混合料一次倒入试模，要小心避免混合料在试模中离析，所有混合料倒入试模后，将另一纸垫和上压板（如果要求的话）放在大致平整的材料上面。
- E. 9.3 将装有材料的试模放入压实机内，对中并压实。
- E. 9.4 对试件施加（600 ±8）kPa 的压力。
- E. 9.5 对试模部件作用（20.2 ±0.35）mrad（1.16 °±0.02 °）平均内部角，然后开始旋转压实。
- E. 9.6 让压实一直进行到根据 R35 规定的旋转次数，停止旋转压实。
- E. 9.7 根据 SGC 生产商规定的步骤依次撤去试模部件的角度，去除压力，缩回荷载压头（一些 SGCs 设备上能够按步骤自动完成）。将试模移出压实机（需要的话），然后脱模。

注 5——角度撤消后不再需要进行另外的压实，除非另一个参照 T312 的标准另有规定。脱模试件可能不是正圆柱体，试件可能需要切割以满足特定性能试验的要求。

注 6——对大多数 HMA 来说，试件在压实后立刻脱模。然而，对某些试件来说可能需要试模在风扇前冷却 5~10min 再脱模，以保证不损伤试件。

- E. 9.8 移去试件上下纸垫。

注 7——重新使用模具之前，将其放入烘箱至少 5 分钟。多个模具的使用将加快压实过程。

E. 10 密度试验

- E. 10.1 按照 T209 用相同试样测定松散混合料的最大相对密度（ G_{mm} ）。相同试样应与压实混合料试件进行相同程度的条件。
- E. 10.2 根据 T166 或 T275 测定压实试件的毛体积密度（ G_{mb} ）。
- E. 10.3 当监测试件高度时，记录每次旋转后的试件高度，精确到 0.1mm。

E. 11 密度计算

- E. 11.1 用下列公式计算在压实过程中任一点的未修正密度（ $\%G_{mmux}$ ）。

$$\%G_{mmux} = \frac{W_m}{V_{mx} G_{mm} G_m} \times 100 \quad (E.1)$$

式中：

$\%G_{mmux}$ ——压实过程中每一点未修正相对密度，表达为最大相对密度的百分比；

W_m ——试件质量，g；

G_{mm} ——混合料理论最大相对密度；

G_m ——水的单位重， $1g/cm^3$ ；

X ——旋转次数；

V_{mx} ——试件体积， cm^3 ，任何时刻这一点根据试件高度（ h_x ）和直径（ d ）（用 mm 作为直径与高度测量的单位）可以用下式计算：

$$V_{\text{mx}} = \frac{\pi d^2 h_x}{4 \times 1000} \quad (\text{E.2})$$

注 8——这一公式给出的体积为立方厘米，可以直接与相对密度比较。

E. 11.2 在毛体积密度试验 (G_{mb}) 完成以后，确定压实过程中任一点的相对密度 ($\%G_{\text{mmx}}$)，如下式所示：

$$\%G_{\text{mmx}} = \frac{G_{\text{m}} h_{\text{m}}}{G_{\text{mm}} h_x} \times 100 \quad (\text{E.3})$$

式中：

$\%G_{\text{mmx}}$ ——修正的相对密度，表达为理论最大密度的百分比；

G_{mb} ——脱模试件的毛体积密度；

h_{m} ——脱模试件的高度，mm；

h_x ——X 次旋转后试件的高度。

E. 12 报告

E. 12.1 在压实报告中应报告下列信息（如果可行的话）

E. 12.1.1 项目名称；

E. 12.1.2 试验日期；

E. 12.1.3 试验开始时间；

E. 12.1.4 试件编号；

E. 12.1.5 试件胶结料含量，精确到 0.1%；

E. 12.1.6 试模平均直径 (d)，精确到 1.0mm；

E. 12.1.7 试件质量 (W_{m})，精确到 0.1g；

E. 12.1.8 按 T209 测定的试件的最大相对密度 (G_{mm})，精确到 0.001；

E. 12.1.9 按 T166 或 T275 测定的试件毛体积密度 (G_{mb})，精确到 0.001；

E. 12.1.10 每次旋转后的试件高度 (h_x)，精确到 0.1mm；

E. 12.1.11 相对密度 ($\%G_{\text{mm}}$)，表达为理论最大相对密度的百分比 (G_{mm})，精确到 0.1%；

E. 12.1.12 旋转角，精确到 0.2mrad (0.01°) 和用于验证旋转角的方法。

E. 13 精密度和偏差

E. 13.1 精密度

E. 13.2 单个操作者试验精密度——表 E.1 中显示了集料吸水率小于 1.5% 的混合料，在 $N_{\text{初始}}$ 和 $N_{\text{设计}}$ 旋转次数时的相对密度的单个操作者标准偏差 (1s 极限)。同一操作者在相同设备上对相同材料进行正确试验的两次结果，如果超过表 E.1 规定的单个操作者大于 2s 的极限，这个结果认为是不可信的。

E. 13.3 多个试验室的精密度——表 E.1 中显示了集料吸水率小于 1.5% 的混合料，在 $N_{\text{初始}}$

和 $N_{\text{设计}}$ 旋转次数时的相对密度的多个试验室标准偏差 (1s 极限)。多个操作者在不同设备上对相同材料进行正确试验的两次结果, 如果超过表 E.1 规定的多个操作者大于 d2s 的极限, 这个结果认为是不可信的。

表 E.1—精确度评价^注

		1s 极限 相对密度 (%)	d2s 极限 相对密度 (%)
单个操作者精 密度	最大公称集料尺寸 12.5mm	0.3	0.9
	最大公称集料尺寸 19.0mm	0.5	1.4
多个试验室精 密度	最大公称集料尺寸 12.5mm	0.6	1.7
	最大公称集料尺寸 19.0mm	0.6	1.7

注: 根据 NCHRP 研究报告 9-26 的试验室间的研究, 150mm 试件空隙率 4-5%, 包括 26 个试验室, 两种材料 (12.5mm 和 19.0mm 混合料) 和三个平行试件, 按 T312-04 方法压实, 旋转角用方法 A 外部角验证。

E. 13.4 偏差——因为没有材料具有一个可用的可接受的相关数据, 这一部分没有相关信息。

E. 14 关键词

E. 14.1 压实; 密度; 旋转。

附录 E1 评价 Superpave 旋转压实仪 (SGC) 模具

E1.1 范围

E1.1.1 这一附录用于评价符合 D.4.2 和 D.4.3 部分要求的模具。包括模具内径和底板直径的测定以及关键表面情况肉眼检查。这一检查的最小频率为 12 个月或操作 80 个小时后。

E1.2 设备

E1.2.1 三点内孔计——精确度为 0.0025mm (0.0001 英寸)。

E1.2.2 校准主环——使用和模具直径相同的公称尺寸的校准主环用于设定每一个系列测量仪基准。对于 150mm 尺寸的模子采用 150mm ANSI/ASME B89.1.1 等级 Z (0.00635mm/0.00025 英寸) 的标准。主环的标定频率不应该少于 36 个月, 精确度为 0.001mm (0.00004 英寸)。

E1.2.3 长度测量仪器 (卡规或千分尺) ——合适的范围和精确度 0.025mm (0.001 英寸)。长度测定仪器应每年标准化一次。

E1.3 测定旋转压实模具内径的步骤

E1.3.1 进行模具的肉眼检查:

E1.3.1.1 确定模具完全干净并且有唯一的系列编码或者其他的识别符号。允许模具达到 18-28°C (64-82°F) 温度。

注 D1.1——这一温度范围可以用红外线测温仪进行确定。

E1.3.1.2 模具孔没有残留物和深的槽。模具孔应具有可接受的表面光洁度。检查模具任意

可见的表面。

注 E1.2——禁止在燃烧炉中清洗 SGC 模具。过度的加热可能会使模具变软或变的不圆和难于修理。

E1.3.2 标准化孔计——三点孔计使用前应用校准主环标准化。

E1.3.2.1 应使孔计和标定的主环达到 18-28℃ (64-82°F) 温度。

E1.3.2.2 将主环放置于平面上。在不接触表面的情况下将孔计放入主环。保证接触点在主环内径上。在一些孔计上这些操作需要旋转一个调节旋钮以扩展接触点；其他孔计类型可能还有其他可替换的操作。（见图 E1.1）当扩展孔计接触点时，在孔计的上部用一个小的圆周运动使接触点与主环孔排列在一起。由于孔计接触到主环，直到接触位置碰到环孔为止圆周运动将减少。这一约束应该被固定但不是很紧。

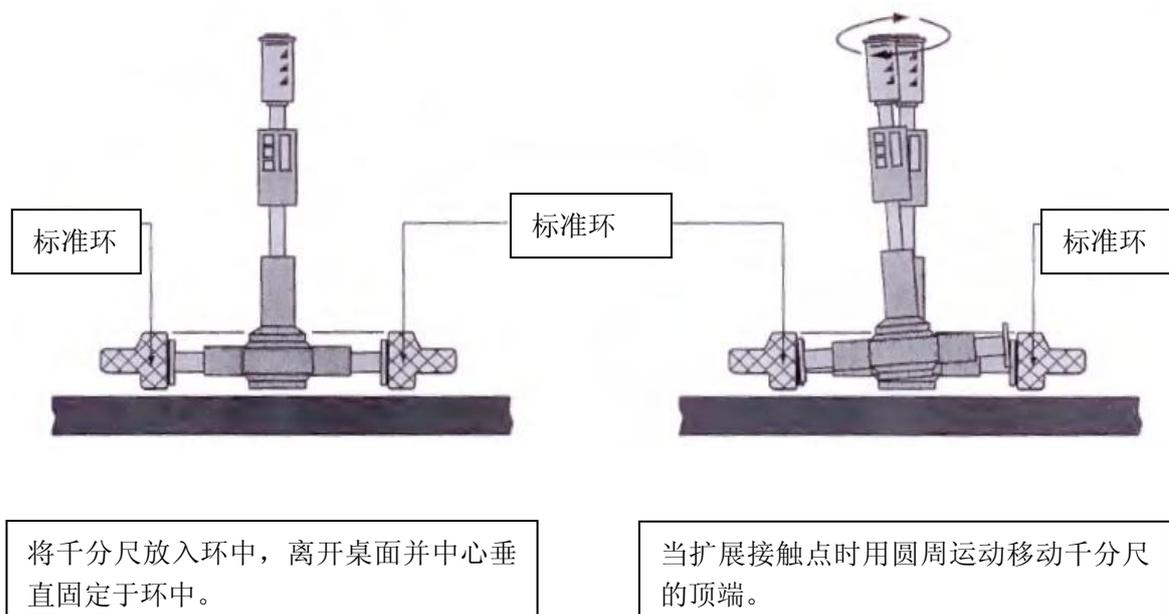


图 E1.1——使用有校准主环的三点孔计技术

注 E1.3——当固定与孔表面的接触点时，图 A3.1 中描述的施加于孔计顶端的圆周运动是必需的，用以消除未对准的错误。

E1.3.2.3 重设孔计为零。对于没有电子重设功能的机械孔计，确认孔计读数在 0.0025mm (0.0001 英尺)。通过从主环上缩回接触点来释放孔计。如果机械孔计不能正确读数，孔计的测量需要另外一个补偿用来弥补偏差（标准中的错误），或者孔计需要重新被校准。

E1.3.3 确认测量的旋转方向。将模具放在一个平面上使孔垂直。在模具的顶部做一个标记以确认测量的旋转方向。

E1.3.4 测量

E1.3.4.1 应沿着轴线在三个位置（高度）测量模具的内径。三个位置标明 1、2 和 3。第一个测量位置（高度）应距离模具的顶端 50mm。第二个测点应在一个可见的磨耗区域大约距离模具低端 100mm（顶端或底端），根据磨耗区域确定。第三个高度大约 50mm 距离底端也就是与第一个测量点位置相反的地方。

直径应在每一个高度测量三次，最终得到 9 个直径测量数据。每个数据的标记号对应的

高度为 1、2 或 3，对应孔计圆周方向的为 A、B 或 C。每一个高度上，标记为 A 的应有三个接触点中的一个与 A3.5 中所做的标记一致，标记为 B 的应从标记点旋转 90 度，标记为 C 的应从标记点旋转 180 度。

为了达到很好的精确性和一致性，每一个孔的测量都应使用相同的确定方法和 E1.3.4.2 孔计标准化中使用的技术。

记录每次测量数据精确到 0.0025mm (0.0001 英尺)。如果孔计测量精确度允许的话可以精确到 0.001mm。

E1.3.4.2. 将孔计放到第一个测量点的位置使其中的一个接触点与 A3.5.中所做的标记一致。得到测量结果记为“1A”。

E1.3.4.3 释放孔计；旋转 90 度得到这个点的测量值，记录为“1B”。

E1.3.4.4 再旋转孔计 90 度（与 1A 成 180 度）得到在同一高度的第三个读数，记为“1C”。

注 E1.4——图 E1.2 标明的是每一个测量点孔计在模具中的位置。在这一图中磨损区域是模具的上部。注意不要把孔计的探针放到磨损区域的斜边上。

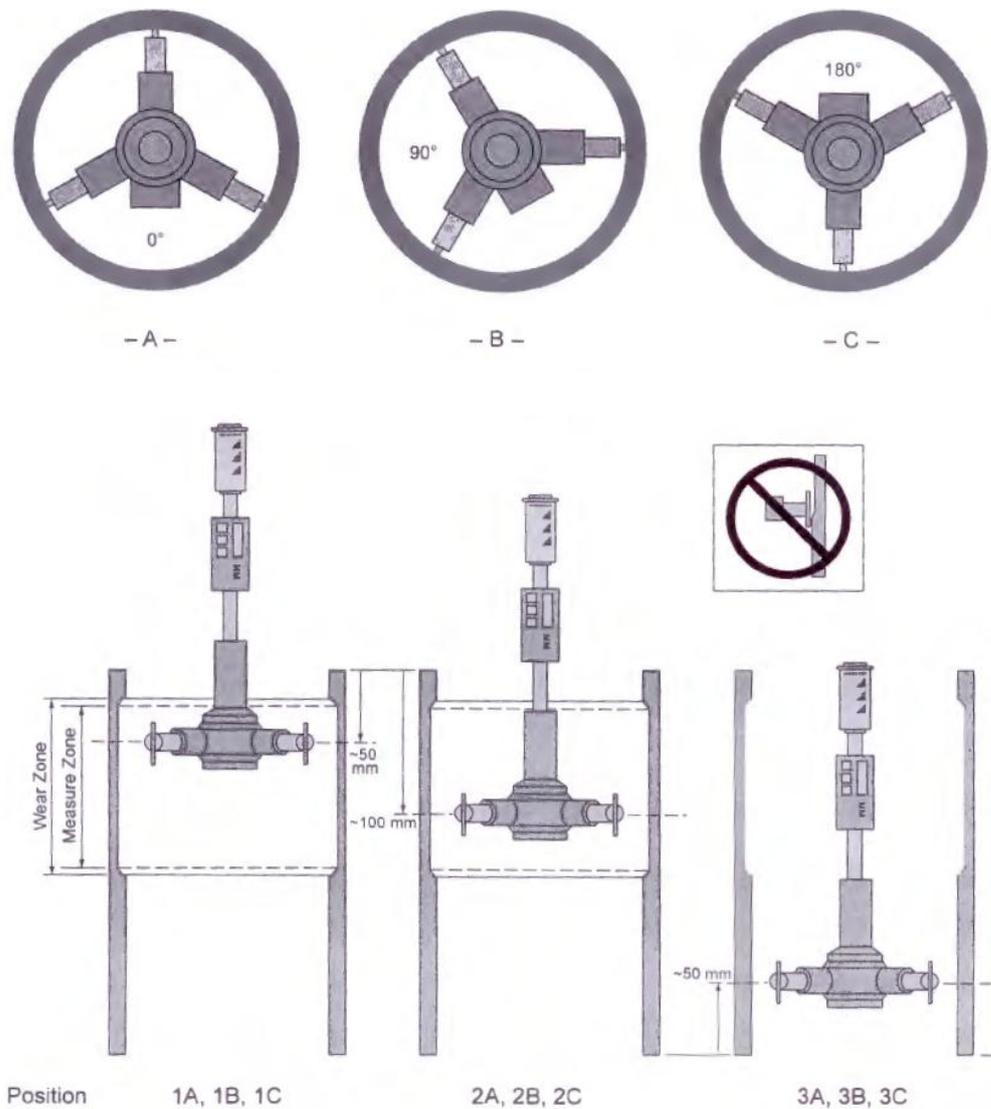


图 E1.2——模具孔中孔计的测量位置

E1.3.4.5 释放孔计，将其放置于第二个高度测量位置。对于第二个和第三个高度重复 E1.3.4 到 E1.3.4.3 记录读数，标记为“2A”、“2B”和“2C”以及“3A”、“3B”和“3C”。

E1.3.4.6 每一个单独孔的测量应对照于特定的范围并给予通过/不通过的等级划分。

E1.4 测定 Superpave 旋转压实仪模具底板外径的步骤

E1.4.1 对模具底板进行外观检查

E1.4.1.1 确认底板是完全干净并被标记。允许底板和外部测量仪器（卡钳或千分尺）能达到 18-28℃（64-82°F）。

E1.4.1.2 底板没有残留物。接触混合料的表面应是平的。集料造成的较小的磨损痕迹是可以被接受的。与 SGC 框架或压实杆接触的表面应没有突起的毛刺，因为这可能导致底板在旋转的过程中不稳定。衬 SGC 的底板可以在一边有小的凹陷（沥青混合料的反面），但这会引起摇摆。

E1.4.2 通过在不同点测量确定底板的最大直径。在这个点上做一个可移动的标记。记录最大直径精确到 0.0025mm（0.0001 英尺）。标记为“A”。

E1.4.2.1 测量与最大直径成 90 度角的直径，记录为“B”。

E1.4.2.2 每一个直径的测量应对照于特定的范围并给予通过/不通过的等级划分。

E1.5 计算

E1.5.1 对于能够直接测量数据的仪器不需计算。

E1.5.2 对于那些直径的测量是主环尺寸测量的附加部分的仪器，计算每次测量的模具直径

$$\text{测量值} = M + D \quad (\text{E1.5.1})$$

其中：

M=主环直径（mm）

D=仪器读数（mm）（保留正或负的符号）

注 D1.5——若“D”的读数是负的，表明模具直径小于主环，正的读数表明模具大于主环。

E1.5.3 测量值是英尺的应转换并在报告中记录为毫米（mm）：

$$\text{毫米} = \text{英尺} \times 25.40 \quad (\text{E1.5.2})$$

E1.6 检查报告

E1.6.1 记录并报告以下信息：

E1.6.1.1 评价者的名字；

E1.6.1.2 时间；

E1.6.1.3 模具的所有者；

E1.6.1.4 评价的地点；

E1.6.1.5 Superpave 旋转压实仪模具；

- E1.6.1.6 孔计信息（生产者和模型）；
- E1.6.1.7 主环信息（直径精确至 0.001mm，校准证明的编码和校准日期）；
- E1.6.1.8 长度测量仪器的信息（模具、系列编码、范围和校准日期）；
- E1.6.1.9 模具和底板的确认——模具的确认（系列编码或其他可辨识的记号）以及底板的确认（系列编码或其他可辨识的记号）；
- E1.6.1.10 模具的每个内部直径的测量值应精确至 0.0025mm 以及对应的通过/不通过等级；
- E1.6.1.11 底板的每个外部直径的测量值应精确至 0.025mm 以及对应的通过/不通过等级。

附录 F
(规范性附录)

R42-06(2011) 热拌沥青混合料 (HMA) 质量保证标准实践

F.1 概述

F.1.1 本标准目的在于有效控制热拌沥青混合料 (HMA) 的生产和摊铺。

F.1.2 本标准可能包含危险材料、操作和设备。本标准并不能强调关于使用时的所有安全问题。在使用本标准之前,使用者有责任采用合适的安全和健康准则,并确定其在监管限制之前可以正常使用。

F.2 适用范围

F.2.1 本标准提供了热拌沥青混合料 (HMA) 路面的控制、验证和验收必要的质量保证计划。

F.2.1.1 本标准为承包商提供建立了有关热拌沥青混合料 (HMA) 生产和摊铺质量控制计划框架的最低要求和活动。这些要求包括对重要材料 and 生产符合规范必要的视察和试验清单。现场质量控制的主要方法应用了 Superpave 旋转压实机和混合料体积性质的评价。

F.2.1.2 本标准也提供了业主建立验收要求来评估和验收 HMA 项目的框架。

F.2.2 本标准使用 SI 制单位。

F.3 规范性文件

F.3.1 AASHTO 标准

- M320 性能等级沥青胶结料规范
- M323 Superpave 混合料体积设计规范
- R9 公路施工取样验收计划
- R10 用于公路施工中有关质量和统计术语
- R18 施工材料试验室建立和推广管理体系
- R26 供应商沥青胶结料性能等级资质认证
- R30 热拌沥青混合料 (MHA) 混合条件
- R35 热拌沥青混合料 Superpave 体积设计方法
- T2 集料取样
- T27 细集料和粗集料筛分
- T30 抽提集料的筛分
- T40 沥青材料取样
- T164 热拌沥青混合料 (HMA) 中沥青的定量抽提
- T165 水对压实沥青混合料黏结的影响 (已废除)

T166 用饱和面干 (G_{mb}) 测定压实热拌沥青混合料 (HMA) 的毛体积密度

T168 沥青混合料取样

T176 用砂当量试验测定级配集料和土的塑性细料

T209 热拌沥青混合料 (HMA) 的最大相对密度和密度

T248 缩分集料试样到试验尺寸

T255 烘干法测集料总的蒸发水含量

T283 压实热拌沥青混合料 (HMA) 的抗水损害性能

T287 核子法测沥青混合料中的沥青用量

T304 细集料未压实空隙率

T308 燃烧法测定热拌沥青混合料 (HMA) 沥青胶结料含量

T312 用 Superpave 旋转压实机准备和测定 HMA 试件和密度

F.3.2 ASTM 标准

C702 缩分现场集料样品到试样大小

D8 有关道路和路面的材料术语

D2950 核子法现场测定沥青混合料密度

D3665 施工材料随机取样

D3666 业主试验和监督道路与铺路材料的最低要求

D4791 粗集料的扁平、细长和扁平和细长颗粒

D5361 试验室试验的压实沥青混合料取样

D5821 测定粗集料破碎面百分比

E29 在规范中试验数据有效数字的确定

E105 材料概率取样

E122 能表征一个路段或一个过程特征平均值且计算具有一定精度的样本大小

E141 基于概率取样结果基础上的数据验收

F.4 术语

F.4.1 除非另有规定, 本标准使用的术语根据 R10。

F.4.2 热拌沥青混合料 (HMA), 从拌和厂生产的集料和胶结料的混合物。

F.4.3 混合料设计配合比 (DMF) —— 在开始生产前, 在试验室设计通过设计筛子尺寸百分率和体积性质的混合料单点目标值。

F.4.4 混合料生产配合比 (JMF) —— 由承包商为了生产质量控制, 在初步生产过程使用

后建立的通过设计筛子尺寸百分率和体积性质的单点目标值。

F. 4. 5 沥青胶结料性能等级 (PGAB)——由石油渣油生产的沥青基胶结料, 可加也可不加非颗粒有机改性剂, 用温度与性能来分级的沥青胶结料。

F. 4. 6 质量保证 (QA)——是提供产品符合业主计划和规范的所有必要的有计划内的和系统的活动, 它包括质量控制 (QC) 和验收两个不同的功能。

F. 4. 7 质量控制 (QC)——生产的产品质量是在控制状态的所有有计划的和系统的活动。

F. 4. 8 质量控制计划——项目特定的计划, 如取样、试验、标定、QC 监督、施工控制、摊铺计划、过程平衡和总的作业的具体方法。

F. 4. 9 验收——为通过取样、试验和试验结果评价生产的材料和施工作业是否符合业主的计划和规范。

F. 4. 10 独立保证项目 (IAP)——在验收过程中, 在项目级或系统级基础上, 由业主制定的评价使用的人员和设备的项目。

F. 4. 11 业主——为交通部门或道路拥有者。

F. 4. 12 许多有关 HMA 定义参见 ASTM D8。

F. 4. 13 用于其他标准的基础术语如本标准定义。

F. 4. 14 用于数学表达的术语是通用于标准实践中的定义, 每一节包含的唯一术语在每一节开始叙述时说明。

F. 5 内容概要

本标准提供了应用在 HMA 生产、摊铺和验收中的 QC 和验收的最低要求, 它与其他适用标准一起来完成这个任务, 根据不同业主的需要允许裁剪要求。

F. 6 意义与应用

F. 6. 1 热拌沥青路面质量不能试验或检查。它必须建立在一整套适当地设计的 QC 和验收计划的基础上。承包商应有一个正确设计的质量控制计划, 而业主应有一个正确设计的质量保证计划。计划的设计与应用是 HMA 路面能成功地生产、摊铺和保证性能的一个重要步骤。

F. 6. 2 本标准用于帮助完成 F.6.2.1 和 F.6.2.2 节的任务。

F. 6. 2. 1 承包商 QC 计划的推广应用。

F. 6. 2. 2 业主验收计划的推广应用。

F. 6. 3 符合本实践的 QC 和验收计划可应用于 HMA 路面施工项目。如果合同文件和上述两个计划不一致, 以合同文件为准。

F. 7 设备

F. 7. 1 试验室要求

F. 7. 1. 1 在 HMA 设计和试验区域, 试验室要配备个人安全设备或遵循职业安全与健康署 (OSHA) 关于工作的要求。

F. 7. 1. 2 根据参考文件，配备要求的设备。

F. 7. 1. 3 根据项目规范，配备需要控制 HMA 生产和摊铺质量的其他试验室设备。

F. 7. 2 现场要求

F. 7. 2. 1 个人安全设备按现场单位组织或 OSHA 要求。

F. 7. 2. 2 本实践提供了参考文件中列的现场设备一览表。

F. 7. 2. 3 根据项目规范，配备需要控制 HMA 生产和摊铺质量的其他现场设备。

F. 7. 3 依据 F.7.1 和 F.7.2 要求的设备应配备足够的数量以保证使用的材料和产品能显示满足 HMA 规范要求，不得造成生产和摊铺过程的延迟。

F. 7. 4 除非另有规定，业主要求用于验证和验收的其他设备由业主提供。

F. 8 标准化

F. 8. 1 业主和承包商的试验室工作应满意地参与 AASHTO 基准材料试验室技术熟练程度样品项目和由 AMRL 视察。具有相同要求的非 AASHTO 资质项目也可以使用。没有包括在 AMRL 的视察和试验的项目，应使用 R18 和 ASTM D3666 要求进行。

F. 8. 1. 1 所有设备应该标定，标定的校验应符合 AASHTO、ASTM 或业主标准建立的周期。

F. 8. 2 取样和试验人员应通过业主制定方法确认，包括获得样品、处理样品、监理、试验设备操作和试验设备校验。

F. 8. 3 用 ASTM D2950 核子密度仪或业主批准的其他体系的的标定要进行校验。

F. 8. 4 在施工期间，显示关于设备、人员和 QC 要求符合性的记录应随时提供给业主审查。

F. 9 HMA 项目的职责和功能

F. 9. 1 业主

F. 9. 1. 1 业主应审阅和批准由承包商建议的 HMA 混合料体积设计和评估承包商 QC 计划的足够性，应规定一个合理的审阅时间。业主或业主代表负责所有验收试验。

F. 9. 2 承包商

F. 9. 2. 1 承包商应负责根据 M323、R35 和 T312 设计 DMF，并递交业主批准。承包商应负责在处理、混合、拌和和摊铺作业所有材料的质量控制 (QC)。另外，当承包商的验收项目是根据业主按 F.14.5 的要求制定时，承包商的试验可用于验收。

F. 10 取样

F. 10. 1 初始生产试件

F. 10. 1. 1 承包商和业主应按 T168 方法和包含在 12.3 节的应用方法以及附录 XI 对工厂生产材料获取 HMA 样品。试件应按 T248 或 ASTM C702 缩分到试验大小，应建立烘箱条件或试件重新加热的方法。

F. 10. 1. 2 承包商和业主应按 F.12.3 节和附录 C2 的方法在试铺段选择取样位置，这些位置用于现场密度试验。

F. 10. 2 混合料生产试件

F. 10. 2. 1 承包商应按 T168 获取试件用于质量控制 (QC)，并按 F.13.3 用分层随机取样计

划确定段落大小和按 C1 或 ASTM D3665 确定取样位置。试件应按 T248 或 ASTM C702 缩分到试验大小。

F. 10. 2. 2 业主应用分层随机取样计划,按 T168 获取样品用于验收,按 F.13.3 确定段落大小和按 A-1 或 ASTM D3665 确定取样位置。样品应按 T248 或 ASTM C702 缩减到试验样品大小。

F. 10. 3 现场取芯或试验的样品位置

F. 10. 3. 1 业主代表应按 F.13.3 确定的段落大小和 XI 确定的取样位置,选择现场样品位置。当需要岩芯时,按 ASTM D5361 取样。

注 1——附录 XI 有一个随机表,ASTM D3665 除了包含了一个随机表外,也包括了一个使用指南。R9 和 ASTM E105、E122 和 E141 包含了有关取样实践的附加信息。

F. 11 材料要求

F. 11. 1 沥青胶结料性能等级

F. 11. 1. 1 PGAB 应满足 M320 要求。

F. 11. 1. 2 所有供应商的 PGAB 质量控制应按 R26 或业主批准的其他程序进行。

F. 11. 2 集料

业主应制定一个试验计划以保证集料满足规范要求。承包商的 QC 计划至少应包括建议的处理方法、运输、堆料和工厂装载操作的讨论。

F. 12 配合比 (DMF) 的现场调整

F. 12. 1 摘要

在初始生产段落生产中开始进行初步调整以保证工厂生产的 HMA 将满足设计要求。

承包商应负责 HMA 拌和厂的作业和 HMA 的生产在 DMF 的极限范围如表 F.1 所示。表 F.1 的极限范围可用于控制 DMF 的标准差,承包商也可以宣布 JMF 时使用。取得的 JMF 应满足 M323 的要求。

表 F. 1 初始生产允许 DMF 调整范围

HMA 的组成性质	调整范围 (%)
沥青胶结料含量 (P_b)	± 0.4
级配大于或通过 0.150mm 筛	± 0.0
级配通过 0.075mm 筛	± 0.5
矿料间歇率 (VMA)	± 0.0
矿料填隙率 (VFA)	± 0.0

F. 12. 2 初始生产段落

F. 12. 2. 1 合同要求每一种混合料生产开始,应有一个初始生产段落来评价 DMF。根据混合料类型,按表 F.2 分成 4 个子段落,测量子段落混合料性质并与 DMF 比较。如果子段落中任何一个空隙率超过 $\pm 2.0\%$ 或有两个子段落空隙率超过 1.5% ,应停止生产,并按 F.9.2 设计新的 DMF。如果任何一个子段落的 DMF 的沥青胶结料用量超过表 F.1 范围,应停止生产,应按 F.9.2 制设计新 DMF。如果它与 DMF 的差,除了胶结料用量以外的任何性质超过 2 倍表 1 的范围或任何两个子段落超过表 F.1 范围,应停止生产,并按 F.9.2 设计新的 DMF。

表 F.2 初始生产段落和子段落

公称最大尺寸 (mm)	子段落 (Tons)	段落 (tons)
4.75	300	1200
9.5	400	1600
12.5	500	2000
19.0	500	2000
25.0	500	2000
37.5	500	2000

F. 12. 2. 2 段落中最后的试样的试验结果应在表 F.1 范围内。初始生产段落结束，承包商宣布生产配合比，这个段落应以付款系数为 1.0 验收。对于材料生产超出 F.12.2.1 节允许范围要求，业主要确定材料是否还留在现场。初始生产段落结束，承包商宣布生产配合比，只允许有一个初始生产段落。

F. 12. 2 初始生产段落样品

F. 12. 3. 1 承包商应按 F.10 方法要求对每个子段落获取一个厂拌 HMA 样品，样品应从整平板后面或拌和厂载货车辆上取样，由于评价标准是建立在现场测量的基础上，建议 QC 试验应在道路试样上完成。

注 2—如果验收试验是一直在道路试样上进行，那么建立在 HMA 拌和厂载货车辆上取样基础上的 QC 试验应研究一个合适的相关系数。

F. 12. 3. 1. 1 按 T164 和 T30 或 T308 或 T287 和 T30（冷料）测定 HMA 的沥青胶结料含量和混合料集料级配。

F. 12. 3. 1. 2 按 T209 确定 HMA 试样的最大相对密度。

F. 12. 3. 1. 3 按 312 压实 HMA 试样。

F. 12. 3. 1. 4 按 T166 方法 A 测定毛体积密度 G_{mb} 。

F. 12. 3. 1. 5 按 R35 测定在 N_{ini} 和 N_{des} 旋转次数时的空隙率。

F. 12. 3. 1. 6 按 R35 确定 VMA 和 VFA。

F. 12. 3 建立控制图

F. 12. 3. 1 需要一个过程控制图以确定生产过程是否受控。绘制单个数据点和动态平均值图。单个数据点表示变异性，动态平均表示与目标值的符合性。控制图应符合附录 X2 的要求。

F. 12. 3. 2 当一个 HMA 初始生产段落已经生产，承包商应按照附录 X3 要求，用生产配合比的单点目标值建立初始控制图。

F. 12. 3. 3 控制图用图的方式表示一个连续的控制过程，它们包括对某些材料性质要求达到的目标值和验收的上下极限范围。当测量值点在控制图上，它应该落在控制极限范围以内。对于控制图上点的这些值可以进行混合料调整。

F. 12. 3. 4 控制极限是建立在统计概念基础上的，假定所述的材料服从正态分布。一般来说，上下控制极限（UCL 和 LCD）是建立在 $\pm 2s$ （警告控制极限）和 $\pm 3s$ （动作控制极限）基础上，这里“s”是表 X3.1 所列的典型的工业界标准偏差。

F. 12. 4 HMA 试铺段

F. 12. 4. 1 承包商应在初始生产段落期间摊铺和压实试铺段，以确定设备和计划的过程能满意的摊铺和压实。

F. 12. 4. 2 HMA 试铺段的最终压实厚度应是路面横断面所要求的厚度。

F. 12. 4. 3 试铺段长度至少为 150m。

F. 12. 4. 4 压实完成后，按附录 X1 所选择的位置取芯，按 T166 测定岩芯的密度。

F. 12. 4. 5 当平均岩芯密度满足或超过合同规范的密度，试铺段可以验收。业主应规定试铺段的允许数量限制。

F. 12. 4. 6 业主应确定一个最小密度（例如 T209 中 91.0% 的最大相对密度）在这最小密度以上，试铺段可以验收并且付款系数为 1.0%。对于 HMA 密度小于这个最小密度的路段，业主应确定是否铲除或保留。

F. 13 质量控制体系

F. 13. 1 一般要求

F. 13. 1. 1 承包商应提供和保持一个 QC 体系，无论是承包商还是供应商或分包商对其制造的和生产的所有材料和产品都要满足规范要求并提供一个合理的保证。承包商应对重要产品进行监督和试验以符合 HMA 设计要求。承包商的 QC 方法监督和试验应以书面形式包括在 QC 计划之中（附录 A-III），这个计划应由业主批准并在整个合同期进行审查。

F. 13. 1. 2 承包商的 QC 计划应建立在确定工地配合比的 HMA 的允许差的基础上，试验应按 10 节统计、随机取样的试样基础上进行。

F. 13. 1. 3 典型的 QC HMA 性质包括沥青胶结料用量、最大相对密度、空隙率、VMA、VFA 和混合级配中关键筛子的通过百分率。HMA 的目标值应是生产配合比的值。12.2 制定的生产配合比的值是控制值。在某些情况下，业主可能要求其他性质，如 HMA 含水量或集料毛体积密度。

F. 13. 1. 4 QC 应对单个子段落和段落的试样进行试验。

F. 13. 1. 5 根据业主要求，承包商应记录沥青胶结料、集料、纤维（如果要求的话）的数量，以及生产的 HMA 数量和生产的温度。

F. 13. 2 质量控制组成

QC 计划应是具体合同要求制定的，陈述承包商建议如何控制项目的材料、设备和操作。业主应规定对于 QC 计划的最低要求信息，如人员、工厂操作、HMA 运输、摊铺与压实作业。

F. 13. 3 质量控制段落和子段落

F. 13. 3. 1 QC 计划应表明初始生产和生产时的段落和子段落的大小。

F. 13. 3. 2 生产段落根据摊铺在路上的混合料数量来决定。建议段落按公称最大尺寸 19.0mm 或更大混合料设计和公称最大集料尺寸 12.5mm 或更小混合料设计来划分。段落进一步划分成相等的子段落，对于 19.0mm 或更大混合料设计，子段落不应超过 1000t，或对于 12.5mm 或更小混合料设计，子段落不应超过 600t。通常 4 个或更多的子段落构成一个段落。部分 100t 或更少的子段落应加入前一个子段落。对于部分段落大于 100t 可构成一个完整的子段落。对于验收来说，含有单个子段落的段落可与前一个段落合并进行验收。

F. 13. 3. 3 任何一个子段落，如果延迟超过 4 个日历天，应宣布一个部分子段落，当生产恢复时，开始一个新的子段落。

F. 13. 4 质量控制试验室

HMA 生产者应提供和保持一个试验室供 QC 试验。试验室应具有必要的空间、设备和必需品以进行试验。试验室设备必须满足试验方法所明确的所需要取样和试验的要求。业主

有权视察所有的 QC 试验。

F. 13.5 试验设备标定

承包商的试验设备应按附录 AIII-2 和 R18 进行适当的标定和校验和维护。

F. 13.6 工厂操作的质量控制

F. 13.6.1 承包商应设计试验用取样和样品缩分方法，取样位置和样品大小。取样应在每个子段落进行，取样位置应按附录 A-I 随机取样。承包商也可单独选择随机数，也可与业主位置相同，但样品不能分样。如果承包商试验用作验收，取样要求应按 14.5 进行。

F. 13.6.2 承包商应利用 QC 图显示关键筛子通过率、沥青胶结料含量、最大相对密度、空隙率、VMA 和 VFA 的结果，以判断 HMA 生产过程中变异性。同时在同一图上应标明目标值、警告极限范围和动作极限范围。

F. 13.7 现场操作的质量控制

承包商应控制 HMA 摊铺和压实过程以保证在项目规范允许范围以内，关于现场操作的 QC 细节详见附录 A-III。

F. 13.8 文件

F. 13.8.1 承包商应对所有试验保持足够的记录，这些记录应表明试验结果和必要的改正措施的性质。承包商 QC 操作和试验的所有图表和记录文件都要为业主所在工程中或工程完成后所利用。承包商至少在工程完成的三年内，以文件形式保存这些试验结果。

F. 13.8.2 不同材料和混合料试验性质应以图形式或根据业主所制定的其他合适的方法保存。

F. 13.8.3 如果按附录 A-III.4.4 或 A-III.5.5 终止生产，应以文件形式说明解决方案。

F. 14 HMA 验收方法

F. 14.1 一般要求

F. 14.1.1 HMA 的验收取样和试验包括一系列 HMA 子段落的分层随机取样。验收试样的目的是验证产品满足合同规范。

F. 14.1.2 业主用 10 的方法获得每一个子段落的一个试样。

F. 14.1.3 验收的混合料性质一般包括胶结料用量、空隙率、VMA 和业主规定的其他要求。这些混合料的性质的目标值应来自 JMF。验收试验也包括现场密度。验收试验根据从 QC 相同子段落的独立试样。段落和子段落应根据输送到道路上的混合料数量而定。

F. 14.1.4 验收方法应建立在统计基础上评价 HMA 验收的方法。建议的统计基础上的方法应使用标准差的符合规范极限范围百分率 (PWL)，见附录 A—IV。

F. 14.2 混合料性质的验收（空隙率、VMA、沥青含量）

F. 14.2.1 取样点：业主代表应按 F.10.2 分层随机取样方法获取验收试样。试样应从整平板后还没有开始碾压的混合料采集。

注 3——如果有整平板后和载货车辆上试样的相关系数，那么也可以拌和厂载货车辆上取样。

F. 14.2.2 试样数量：按 F.10.2.每个子段落一个试样。

F. 14.2.3 段落大小：段落按公称最大集料尺寸 19.0mm 或更大混合料和公称最大集料尺寸 12.5mm 或更小混合料两种情况，对于 19.0mm 或更大混合料段落进一步再分成相等子段落

不超过 1000t, 而对于 12.5 NMA5 或更小不超过 600t。通常一个段落分成 4 个或更多的段落。部分段落大于 100t 可以构成一个完整段落, 含有单个子段落的段落可以与前一个段落结合起来用于验收目的。

F. 14. 3 现场密度、最大相对密度百分率的验收 (%G_{mm})

F. 14. 3. 1 取样点: 业主代表应按 F.10.3 决定分层随机验收取样位置, 位置应在碾压作业完成之后决定。

F. 14. 3. 2 试验数量: 按 F.10.3.1 要求每个样本要求有两个岩芯试样或两个非破坏性现场试验。

F. 14. 3. 3 段落大小: 段落和子段落大小应与按 F.14.2.3 HMA 段落和子段落大小规定一样。

F. 14. 3. 4 验收试验: 按 ASTM D5361 在每个位置获取岩芯试样并送到试验室准备试验。对每个子段落的混合料测定理论最大相对密度, 对于每个岩芯按照 T166 测定毛体积密度并计算与理论最大相对密度的百分比。也可以用 ASTM D 2950 标定过的核子密度仪测定每一个位置的毛体积密度用于计算与最大相对密度的百分比。

F. 14. 4 验收过程

F. 14. 4. 1 业主可决定混合料性质和现场密度质量极限范围。

F. 14. 4. 2 平整度也是一个重要的验收性质, 业主应选择测量平整度的方法(如滚动直尺, 轻型或高速平整度仪)同时制定特定的验收标准。

F. 14. 4. 3 业主也可用主观测量, 如离析来确定 HMA 的验收标准, 业主可增加某些不是统计基础上的标准。

F. 14. 5 承包商试验用于验收决定

F. 14. 5. 1 当业主已经按 F.14.1.5 制定了验收项目, 包括使用第三方对承包商试验结果的验证和统计评价时, 允许使用承包商的试验作为项目验收, 承包商和业主取样位置独立选择。

F. 14. 5. 2 承包商应保持一个验收试验项目, 包括使用合格的试验室和合格的试验人员, 建立材料取样频率和试验方法和报告的方法程序。承包商验收样品应取自业主取样的同一地点。

F. 14. 5. 3 业主应建立一个验证取样和试验项目, 包括由合格试验室和合格试验人员在相同生产周期、数量和地区等与承包商试验相同的取样地点进行材料试验。

F. 14. 5. 4 业主应建立一个比较承包商验收和业主验证试验的统计方法, 验证承包商的验收试验结果, 如比较平均值和标准差。

F. 14. 5. 5 业主应按 F.15 建立一个纠纷解决体系以解决承包商验收和业主验证之间出现的纠纷。

F. 14. 5. 6 业主独立的保证项目应包括承包商的试验室和人员资质的评估。

F. 14. 6 付款系数

业主应根据在选择的验收方法的基础上制定付款系数表、付款公式或付款曲线。

F. 14. 7 文件

F. 14. 7. 1 业主保存所有验收试验的足够记录, 记录应表明试验结果和验收决定。

F. 14. 7. 2 当承包商试验结果用于验收时, 在工程期间试验结果应以适当的表格方式或按照业主的其他要求递交给业主。

F. 15 纠纷裁决

F. 15.1 当试验结果不满足要求的规范极限范围范围时,业主应制定一个确认试验结果、关于备份样品、解决差异的方法。

F. 15.1.1 差异的定义通常是指报告的分样样品的试验标准差。业主应使用 AASHTO 或 ASTM 试验方法来确定试验室间的允许结果范围,其他有价值的方法包括比较验收和验证试验结果的平均值和变异性的统计试验。

F. 15.1.2 规范应表明备份试样的试验方法,这些试样应与原始试样同时获取。

F. 15.1.3 纠纷裁决过程应强调提出请求的时间、谁来进行备份试样试验以及这些重新试验的值如何用于解决纠纷。

F. 16 关键词

验收计划; 验收试验; 承包商验收控制图; 热拌沥青混合料 (HMA); 极限范围百分率; 质量保证; 质量控制; 分层随机取样; Superpave。

附录 F1 A-I 分层随机取样 (指令性文件) (略)

附录 F2 统计控制图 (略)

附录 F3 热拌沥青混合料 (HMA) 质量控制 (QC) 要求

F3.1 范围

本附录提供了承包商对 HMA 质量控制活动的细节。

F3.2 试验设备标定

设备标定或验证文件应包括:

F3.2.1 进行标定或检验的人员姓名。

F3.2.2 使用的标定设备标识。例如,标准质量,压力环和温度计等。

F3.2.3 最后依次标定或检验的日期。

F3.2.4 使用的标定方法的参考文件。

F3.2.5 显示标定或检验结果的记录。

F3.3 材料取样与试验

F3.3.1 在每个子段落中进行随机取样,对每一个混合料设计都应规定 QC 试验的试验方法和最小频率。试验结果应按 ASTM E 29 的修约方法进行修约。

F3.3.2 混合集料。按 T27 每个子段落的级配至少随机取一个试样并试验。确定混合集料级配的方法应由承包商说明。

F3.3.2.1 间歇式拌和厂。混合集料级配应计算每个热料仓的混合级配。

F3.3.2.2 连续式拌和厂。混合集料级配应由冷料输送带上集料试样确定。试样含水量应按 T255 测定。

F3.3.3 再生材料。每 1000t 再生沥青材料至少应取一个试样,按 T164 或 T308 测定胶结

料用量，按 T30 测级配，T255 测含水量。如果有与 T164 的标定系数，沥青胶结料含量可由 T308 测定。

F3.3.4 热拌沥青混合料，至少获取样品进行混合料的沥青胶结料用量、空隙率和 VMA 测定。标准采样。试样应按 T248 或 ASTM C702 方法 B 缩分成试验尺寸大小。将试样放入到加热的试模中，按 T312 N 设计，压实并按 T166 测定毛体积密度。如果混合料要重新加热到压实温度，那么混合料应放在密闭容器中，烘箱温度和在烘箱内的时间应根据业主规定，以防止沥青吸收和最大相对密度的明显变化。最大相对密度按 T209 测定，按 T255 测定含水量，按 T164 或 T308 测定胶结料用量，按 T30 测定级配。集料统一性质，粗集料棱角性按 ASTM D5821 测定，细集料棱性按 T304 测定，扁平细长颗粒按 ASTM D4791、砂当量 T176 测定。也可以用 T287 测定胶结料用量，但这种情况下用 T27 测定冷料输送混合集料级配。

F3.4 控制图

F3.4.1 承包商应使用控制图来判断 HMA 生产过程中的变异性，包括重要的筛子尺寸，沥青胶结料用量，最大相对密度，毛体积密度，空隙率和 VMA。进行试验的结果都应记录在控制图上的同一天的记录上，控制图用于确定 HMA 生产是否受控。

F3.4.2 目标值和警告和极限，根据生产配合比混合料性质计算并绘在控制图上，确定警告极限用的典型工业界混合料性质的标准差见表 F3.1。

表 F3.1 热拌沥青混合料性质工业界*典型的标准差
(混合料组成和旋转压实性质和现场密度)*

混合料组成性质	抽提	核子仪	燃烧炉	冷料
沥青胶结料用量 (Pb)	±0.25	±0.18	±0.13	-
级配, 4.75mm 或更大级配通过率	±3	-	-	±3
2.36~0.15mm 通过率	±2	-	-	±2
0.075mm 通过率	±0.7	-	-	±0.7
最大相对密度 Gmm	±0.015			
旋转压实混合料性质				
空隙率	±1.0			
矿料间隙率 (VMA)	±1.0			
沥青填充率 (VFA)	±5			
毛体积密度 (G _{mb})	±0.022w			
现场密度				
现场密度 (%G _{mm})	±1.4			

注：* 业主可以制定自己的标准来代替工业界的标准差。

** NCHRP 9-7 没有集料从燃烧炉得到的级配的标准差，但是，估计标准差与冷料给进或溶剂抽提、集料的标准差相同。

F3.4.3 单个试验结果和当前 5 个试验结果的动态平均值应点在图上，5 个连续的单个试验结果点在目标值的两侧显示混合料组成变化。如果发生了混合料组成变化，必须调整这些组成发生变化，承包商应选择变化目标值而不是调整混合料性质回到目标值。

F3.5 现场作业

F3.5.1 承包商应利用标准的非破坏设备和方法来估计现场密度。根据附录 E2 制定最大理论密度的 QC 图，目标值应设立在试铺段达到的平均密度。LCL 应设在目标值下 0.8%，但不得低于合同规范值。

F3.5.2 对于现场密度 QC 目标。根据附录 E 建立全段落和子段落。

F3.5.3 单个现场密度和最当前的 5 个试验结果的动态平均应点在图上，如果 5 个连续单个试验点在目标值的一侧，可以判断压实作业失去控制，承包商应调整操作使受控。

F3.5.4 单个现场密度和最当前的 5 个试验结果的动态平均应点在图上，如果 5 个连续单个试验点在目标值的一侧，可以判断压实作业失去控制，承包商应调整操作使受控。

F3.5.5 当有一个动态平均试验点落在 LCL 外，可以认为摊铺和压实过程不满意，承包商应终止生产。在重新开始生产之前。承包商应向业主提供不满意的密度试验结果的原因并按 12.5 建立新的试铺段。

F3.5.6 对于现场现场密度的 QC，段落和子段落应按附录 E 确定。每个子段落的现场取样或试验位置应符合附录 E1 要求。承包商应利用标准的工业界使用的无损检测设备和方法，正确地估计现场密度。

F3.6 质量控制计划

承包商应制定特定的 QC 计划。承包商应根据操作情况变化要求作出相应的变化计划，不应是能复盖所有情况的通用计划。这个计划是根据合同并应包括下列内容：

F3.6.1 人员包括管理人员和拌和厂和现场技术人员。

F3.6.2 厂拌操作包括料堆管理、材料输送系统、HMA 贮存和载货车辆装载方法、材料和修整产品取样和试验方法。

F3.6.3 HMA 运输包括载货车辆类型、隔离剂、篷布和载货车辆卸载方法。

F3.6.4 现场操作包括材料转运设备或料堆装载载货车辆的使用、摊铺机设置，如摊铺速度、横坡和纵坡控制和整平板伸长。

F3.6.5 压实操作包括压路机类型和数量、压路机设置，如振幅、频率或轮胎气压和压路机速度。

附录 F4 用标准差计算热拌沥青混合物（HMA）的符合规范极限范围百分比（PWL）（略）

附录 F5 热拌沥青混合物（HMA）施工规范质量保证（QA）示例（略）

附录 G

(规范性附录)

高性能沥青混合料中美主要试验规范对照

表 G.1 高性能沥青混合料中美主要试验规范方法对照

序号	编号	中文题目	英文题目	对应中国规范
G.1	M226	沥青胶结料黏度分级规范	Standard Method of Test for Viscosity-Graded Asphalt Cement	
G.2	M320	沥青胶结料性能分级规范	Standard Method of Test for Performance-Graded Asphalt Binder	
G.3	M323	Superpave 混合料体积设计标准规范	Standard Method of Test for Superpave Volumetric Mix Design	
G.4	MP19	用多应力蠕变恢复 (MSCR) 沥青胶结料性能分级	Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery(MSCR) Test	
G.5	R28	用压力老化容器 (PAV) 加速沥青胶结料老化	Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel(PAV)	T0630
G.6	R29	沥青胶结料性能的分级和验证	Standard Practice for Grading or Verifying the Performance Grade(PG) of an Asphalt Binder	
G.7	R30	热拌沥青混合料 (HMA) 的条件	Standard Practice for Mixture Conditioning of Hot Mix Asphalt(HMA)	
G.8	R35	热拌沥青混合料 (HMA) 的 Superpave 体积设计	Standard Practice for Superpave Design for Hot Mix Asphalt(HMA)	
G.9	R42	制定热拌沥青混合料 (HMA) 质量保证体系	Standard Practice for Developing a Quality Assurance Plan for Hot Mix Asphalt(HMA)	
G.10	R46	SMA 设计方法	Standard Practice for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA)	
G.11	R47	缩分热拌沥青混合料 (HMA) 至测试尺寸	Standard Recommended Practice for Reducing Samples of Hot Mix Asphalt (HMA) to Testing Size	
G.12	R49	测定沥青胶结料低温性能分级 (PG)	Standard Practice for Determination of Low-Temperature Performance Grade(PG) of Asphalt Binders	
G.13	R59	用阿布森法回收沥青	Standard Practice for Recovery of Asphalt Binder from Solution by Abson Method	T0726
G.14	T2	集料取样	Standard Method of Test for Sampling of Aggregates	T0301
G.15	T11	水洗法测定矿物集料中粒径小于 0.075mm 的集料含量	Standard Method of Test for Materials Finer Than 75- μ m(NO.200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing	T0303 T0327

表 G.1 高性能沥青混合料中美主要试验规范方法对照 (续)

G.16	T27	细集料和粗集料的筛分	Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates	T0302 T0327
G.17	T40	沥青材料取样	Standard Method of Test for Sampling Bituminous Materials	T0601
G.18	T44	沥青材料溶解度	Standard Method of Test for Solubility of Bituminous Materials	T0607
G.19	T48	克利夫兰开口杯闪点和燃点	Standard Method of Test for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup	T0611
G.20	T55	蒸馏法测定石油产品和沥青材料水分	Standard Method of Test for Water in Petroleum Products and Bituminous Materials by Distillation	T0612
G.21	T84	细集料的相对密度和吸水率	Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregates	T0330
G.22	T85	粗集料的相对密度和吸水率	Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregates	T0304
G.23	T100	土的相对密度	Standard Method of Test for Specific Gravity of Soils	
G.24	T164	从热拌沥青混合料(HMA)中定量抽提沥青	Standard Method of Test for Quantitative Extraction of Asphalt Binder from Hot Mix Asphalt(HMA)	
G.25	T166	用饱和面干 (G_{mb}) 测定压实沥青混合料的毛体积密度	Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity of Compacted (G_{mb}) Hot Mix Asphalt(HMA) Using Saturated Surface-Dry Specimens	T0705
G.26	T168	沥青混合料取样	Standard Method of Test for Sampling Bituminous Paving Mixtures	T0701
G.27	T176	用砂当量试验确定集料和土中的塑性细料	Standard Method of Test for Plastic Fines in Graded Aggregates and Soils by Use of the Sand Equivalent Test	T0334
G.28	T209	热拌沥青混合料 (HMA) 理论最大相对密度	Standard Method of Test for Theoretical Maximum Specific Gravity(G_{mm}) and Density of Hot Mix Asphalt(HMA)	T0711
G.29	T228	半固体沥青材料相对密度	Standard Method of Test for Specific Gravity of Semi-Solid Asphalt Materials	T0603
G.30	T240	热和空气对移动沥青膜的影响 (旋转薄膜加热试验)	Standard Method of Test for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt Binder(Rolling Thin-Film Oven Test)	T0610
G.31	T248	集料样品缩分到试验尺寸	Standard Method of Test for Reducing Samples of Aggregates to Testing Size	T0301
G.32	T275	用蜡封法测定压实沥青混合料的毛体积相对密度	Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity of Compacted Hot Mix Asphalt(HMA) Using Paraffin-Coated Specimens	T0707

表 G.1 高性能沥青混合料中美主要试验规范方法对照 (续)

G.33	T283	压实热拌沥青混合料 (HMA) 抗水损害性能	Standard Method of Test for Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt(HMA) to Moisture-Induced Damage	
G.34	T304	细集料未压实空隙率	Standard Method of Test for Uncompacted Void Content of Fine Aggregates	T0344
G.35	T308	用燃烧法确定热拌沥青混合料 (HMA) 的沥青含量	Standard Method of Test for Determining the Asphalt Binder Content of Hot Mix Asphalt(HMA) by the Ignition Method	T0735
G.36	T312	用 Superpave 旋转压实机制备热拌沥青混合料 (HMA) 试件并测定其密度	Standard Method of Test for Preparing and Determining the Density of Hot Mix Asphalt(HMA) Specimens by Means of the Superpave Gyrotory Compactor	T0736
G.37	T313	弯曲梁流变仪 (BBR) 测定沥青胶结料弯曲蠕变劲度	Standard Method of Test for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer(BBR)	T0627
G.38	T314	直接拉伸 (DT) 测定沥青胶结料断裂性质	Standard Method of Test for Determining the Fracture Properties of Asphalt Binder in Direct Tension(DT)	T0629
G.39	T315	用动态剪切流变仪 (DSR) 测定沥青胶结料的流变性质	Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer(DSR)	T0628
G.40	T316	用旋转黏度计测定沥青胶结料的黏度	Standard Method of Test for Viscosity Determination of Asphalt Binder Using Rotational Viscometer	T0625
G.41	T319	从沥青混合料中定量抽提和回收沥青胶结料	Standard Method of Test for Quantitative Extraction of and Recovery of Asphalt Binder from Asphalt Mixtures(HMA)	T0727
G.42	T320	用 Superpave 剪切试验机 (SST) 测定沥青混合料永久剪切应变与劲度	Standard Method of Test for Determining the Permanent Shear Strain and Stiffness of Asphalt Mixtures Using the Superpave Shear Tester(SST)	
G.43	T322	用间接拉伸试验 (DT) 测定热拌沥青混合料(HMA) 蠕变柔量和强度	Standard Method of Test for Determining the Creep Compliance and Strength of Hot Mix Asphalt(HMA) Using the Indirect Tensile Test Device	
G.44	T324	汉堡车辙仪试验方法	Standard Method of Test for Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt(HMA)	
G.45	T331	采用自动真空包装机测试压实热拌沥青混合料的毛体积密度	Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity and Density of Compacted Hot Mix Asphalt(HMA) Using Automatic Vacuum Sealing	

表 G.1 高性能沥青混合料中美主要试验规范方法对照 (续)

G.46	T340	采用 APA 测试压实沥青混合料的车辙性能	Standard Method of Test for Determining Rutting Susceptibility of Compacted Hot Mix Asphalt(HMA) Using the Asphalt Pavement Analyzer(APA)	
G.47	T344	利用模拟荷载测试旋转压实仪的内部角	Standard Method of Test for Evaluation of Superpave Gyratory Compactor(SGC) Internal Angle of Gyration Using Simulated Loading	JTT 724
G.48	TP70	采用 DSR 测试沥青胶结料的 MSCR 试验	Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)	
G.49	PP60	采用 SGC 制备圆柱形性能试件	Standard Practice for Preparation of Cylindrical Performance Test Specimens Using the Superpave Gyratory Compactor (SGC)	
G.51	PP61	使用沥青混合料性能试验机 (AMPT) 来分析热拌沥青混合料动态模量主曲线	Standard Practice for Developing Dynamic Modulus Master Curves for Hot Mix Asphalt (HMA) Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT)	

DB32/T 2798-2015

DB32

江苏省地方标准

DB32/T 2798-2015

高性能沥青路面施工技术规范

条文说明

2015-09-10 发布

2015-11-10 实施

江苏省质量技术监督局 发布

目 录

1 范围.....	80
3 术语和定义.....	80
4 符号和代号.....	80
5 材料.....	80
6 高性能沥青混合料体积设计.....	87
7 高性能沥青路面施工.....	88

1 范围

为了正确表述美国 Superpave 的实践，本规范的条文多参照美国规范，可能与国内现行的有关标准、规范不符合，高性能沥青路面施工规范还应符合我国公路沥青路面施工技术规范（JTJ F40-2004）及其他本规范中列出的规范性文件的规定。

3 术语和定义

3.10 集料筛孔尺寸——由于我国筛孔尺寸有 2 个特殊筛孔：16mm 和 31.5mm，Superpave 是没有的，即使使用国内的密级配沥青混合料 AC，那么 AC13 的最大集料尺寸也应该是 19mm，而不是 16mm，因为在 0.45 次级配图中，0 点和 100%通过的最大集料尺寸的连线称为最大密度线，而与 16mm 100%通过的点的连线不是最大密度线。同理，公称最大集料尺寸 26.5mm 的最大集料尺寸是 37.5mm，不是 31.5mm。国内的条文说明中没有。

3.12 本标准中的设计当量轴次采用美国标准，以 AASHTO 标准 80KN 为当量轴载，设计车道设计年限为 20 年，对于路面设计寿命小于或等于 20 年，设计年限均取 20 年。国内沥青路面设计当量轴次以 100KN 为当量轴载，因此，当采用我国标准计算的累计当量轴次，当采用柔性基层时，国内设计的 ESALs 值乘以 2.20；对于半刚性基层路面，国内设计的 ESALs 值乘以 2.64。

4 符号和代号

Superpave 体积设计中牵涉到的术语表示法： X_{12} ；

其中 X 代表意义：

G—相对密度；

M—质量；

V—体积；

P—百分率。

数字 1 代表意义：

b—胶结料；

s—集料；

a—空气；

m—混合料。

数字 2 代表意义：

a—视；

b—毛；

e—有效；

a—吸收；

m—最大。

例如： G_{se} —集料有效相对密度；

G_{mm} —混合料最大相对密度；

P_b —胶结料百分率；

P_{be} —有效胶结料百分率；

M_m —混合料质量；

V_{ba} —吸收胶结料体积。

5 材料

5.2 沥青胶结料

5.2.1 在美国, 业主在选取胶结料等级时主要是建立在环境条件(历史的温度资料)、交通量情况以及期望的可靠度的基础上, 大多数业主在合同里都指定胶结料的等级。如果设计者有选取胶结料的需要, 有个程序软件可以采用, 即 LTPP Bind 软件, 由美国联邦公路局 Turner Fairbanks 公路研究中心 LTPP 项目组研制, 并且可以在该中心获取。

(<http://ltp-pproducts.com/OtherProducts.asp>)

5.2.2 Superpave 软件提供了美国和加拿大超过 7000 个的气象站的数据库, 允许使用者根据特定的项目位置选择胶结料等级, 对于气象站每年的观测记录, 已经确定一年中最热的七天, 并且已计算了七天中最高温度的平均值。对获取数据的年份, 七天最高温度的平均值及其标准偏差可以计算出来。同样地, 每年中温度最低的那一天已确定, 其平均值和标准偏差可以计算出来。以上气象资料观测已超过 20 年。本规范借鉴国外的思路, 为了更好与实际结合, 提出了表 1 的气象资料供参考。

表 1 江苏省部分气象站气象资料(基于 1961~2000 气象资料)

站名	经度	纬度	气温			
			最低气温		最高气温	
			平均值	标准差	平均值	标准差
赣榆	119.12	34.83	-12	3	33	2
盱眙	118.52	32.98	-11	3	35	2
淮阴(清江)	119.03	33.60	-11	3	34	2
射阳	120.25	33.77	-10	2	34	2
南京	118.80	32.00	-10	2	35	1
高邮	119.45	32.80	-10	2	34	1
东台	120.32	32.87	-9	2	34	1
南通	120.85	32.02	-8	2	34	1
吕泗	121.60	32.07	-7	2	34	1
常州	119.93	31.77	-8	2	35	1
溧阳	119.48	31.43	-9	3	35	1
吴县东山	120.43	31.07	-6	2	35	1
徐州	117.15	34.28	-12	3	35	1

表 1 是江苏省部分气象站气象资料(基于 1961-2000 气象资料), 由原科氏中国沥青公司出资委托江苏省交科所联系江苏省气象应用研究所, 根据当时 SHRP-A648A 的公式计算。当时计算了全国 600 多个一级气象站的气象资料, 后来 LTPPBind 根据美国季节监测项目(SMP)的成果开发的, 修正了过去的高低气温转化成路面不同深度的温度公式, 并引入了可靠度概念。

5.2.3 最新美国沥青胶结料性能规范为 M320-10, 只有两个表格, 即如下的表 2 和表 3, 而原先 M320-09 有三个表格, 即如下的表 2、表 3 和表 4, 表 2 的高温指标为 $G^*/\sin\delta$, 低温指标为蠕变劲度 S 和蠕变劲度斜率 m ; 表 3 的高温指标仍为 $G^*/\sin\delta$, 但低温指标改成了临界低温开裂温度, 由 AASHTO R49 确定; 而表 4 的高温指标变成了不可恢复的蠕变柔量 J_{ir} , 由 TP70 多应力重复蠕变恢复试验(MSCR)确定, 由于 TP70 仍是暂行标准, 尚未正式投票通过, 不能进入 AASHTO M320 正式标准中, 因为程序问题, M320-10 又恢复到两个表格, 即表 2、表 3, 表 4 参考了暂行沥青胶结料性能规范 MP19-13 的最新版本。

表 2 江苏省沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58			PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<58			<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料															
闪点温度, T48, 最小 °C	230														
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135														
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	58			64				70				76			
旋转薄膜烘箱残留物 (T 240)															
质量变化 ^e , 最大, %	1.00														
动态剪切, T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa; 试验温度@10rad/s, °C	58			64				70				76			
压力老化容器残留物 (R28)															
PAV 老化温度 °C ^f	100			100				100				100			
动态剪切, T315 ^c : G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa; 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	13	28	25	22	34	31	28	22	37	34	31	22
蠕变劲度, T313, ^g S, 最大 300MPa m 值, 最小 0.300 试验温度@60s, °C	-6	-12	-18	-30	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18
直接拉伸, T314, ^g 破坏应力, 最小 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	-6	-12	-18	-30	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBIND 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 G*/sinδ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. G*/sinδ=高温劲度, G* sinδ=中等温度劲度;

e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58-××及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70-××及以上, PAV 老化温度为 110°C;

g. 如果蠕变劲度小于300MPa，不需要进行直接拉伸试验。如果蠕变劲度在300~600MPa 之间，可用直接拉伸的破坏应变用来代替，两种情况下，m 值都必须满足要求。

表3 江苏省沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58			PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	58			<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料															
闪点温度, T48, 最小, °C	230														
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度 °C	135														
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	64			70				76				82			
旋转薄膜烘箱残留物 (T 240)															
质量变化 ^e , 最大, %	1.00														
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最小 2.20kPa 试验温度@10rad/s, °C	64			70				76				82			
压力老化容器残留物 (R28)															
PAV 老化温度, °C ^f	100			100				100				100			
动态剪切, T315 G*/sinδ, ^d 最大 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	31	28	25	22	34	31	28	22	37	34	31	22
临界低温开裂温度, R49 ^g R49 决定了临界开裂温度, 试验温度, °C	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBind 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;

b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;

c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;

d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;

e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;

f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58-××及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70-××及以上, PAV 老化温度为 110°C;

g. 为了验证等级, 最少要做三个温度: T313 试验温度, 试验温度减 6°C, T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号, 也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力, 如果破坏应力超过诱发热应力, 沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。

表4 江苏省沥青胶结料性能要求

性能等级	PG58				PG64				PG70				PG76			
	16	22	28	34	10	16	22	28	10	16	22	28	10	16	22	28
平均7d 最高路面设计温度, °C ^a	<58				<64				<70				<76			
最低路面设计温度, °C ^a	>-16	>-22	>-28	>-34	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28	>-10	>-16	>-22	>-28
原样胶结料																
闪点温度, T48, 最小°C	230															
黏度, T316 ^b 最大 3Pa·s, 试验温度, °C	135															
动态剪切, T315 ^c G*/sinδ, ^d , 最小 1.00kPa 试验温度@10rad/s, °C	58				64				70				76			
旋转薄膜烘箱残留物 (T240)																
质量变化 ^e , 最大, %	1.00															
MSCR, TP70 ^k 标准交通量 “S” 等级 ^h J _{nr3.2} , 最大 4.0 J _{nrdiff} , 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
MSCR, TP70 ^k 重载交通 “H” 等级 ⁱ J _{nr3.2} 最大 2.0 J _{nrdiff} 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
MSCR, TP70 ^k 超重载交通 “V” 等级 ^j J _{nr3.2} 最大 1.0 J _{nrdiff} 最大 75% 试验温度@10rad/sec, °C	58				64				70				76			
PAV 老化容器残留物 (R28)																
PAV 老化温度, °C ^f	100				100				100 (110)				100 (110)			

动态剪切,T315 “S”等级 $G^*/\sin\delta$, ^d 最大 5000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	16	31	28	25	22	34	31	28	25	37	34	31	28
动态剪切,T315 “H&V”等级 $G^*/\sin\delta$, ^d 最大 6000kPa 试验温度@10rad/s, °C	25	22	19	16	31	28	25	22	34	31	28	25	37	34	31	28
蠕变劲度, T313 ^e S, 最大 300MPa m 值, 最小 0.300 试验温度@60s, °C	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18
直接拉伸, T314 ^e 破坏应力, 最小 1.0% 试验温度@1.0mm/min, °C	-6	-12	-18	-24	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18	0	-6	-12	-18

- 注: a. 路面温度根据气温来估计, 可用 LTPPBind 软件计算, 也可由业主规定, 或根据 M323、R35 提供的方法;
- b. 如果供应商能保证沥青胶结料在各种应用条件下能泵送和拌和, 这个要求经慎重考虑后可放弃;
- c. 对于非改性沥青胶结料生产的质量控制, 原样沥青胶结料粘度测量, 可用试验温度时的 $G^*/\sin\delta$ 来代替, 此试验温度时沥青是牛顿流体;
- d. $G^*/\sin\delta$ =高温劲度, $G^*\sin\delta$ =中等温度劲度;
- e. 不管是质量增加还是质量减少, 质量变化应小于1.00%;
- f. PAV 老化温度建立在气候条件基础上, 使用三个温度之一: 90°C、100°C和 110°C, 通常对于 PG58-××及以上, 使用 100°C以上。然而对于沙漠气候, PG70-××及以上, PAV 老化温度为 110°C;
- g. 为了验证等级, 最少要做三个温度: T313 试验温度, 试验温度减 6°C, T314 试验温度。如果最初的 2 个测试温度 300MPa 没有加括号, 也许有必要测试 T313 其他温度。比较 T314 中的破坏应力和 R49 中计算出的诱发热应力, 如果破坏应力超过诱发热应力, 沥青胶结料在规范温度这项中视为通过。
- h. 大多数典型情况下, 标准等级“S”适用于交通量 $<10 \times 10^6$ ESALs;
- i. 大多数典型情况下, 重载等级“H”适用于交通量 $10 \times 10^6 \sim 30 \times 10^6$ ESALs;
- j. 大多数典型情况下, 超重载等级“V”适用于交通量 $>30 \times 10^6$ ESALs;
- k. RTFO 残留物 MSCR 试验应依据路面最高温度进行 PG 等级, 在环境温度测试的最低 J_{nr} 为等级拐点。

5.2.5 表5为回收沥青混合料(RAP)胶结料等级选择指南,使用的是RAP占整个混合料的重量百分比,当高掺量RAP使用时,要特别注意RAP中胶结料的性质对含有RAP混合料的影响,所以表5为建议使用胶结料质量百分比,这是下一阶段RAP应用的方向,目前尚无具体建议。

表5 高性能沥青混合料使用RAP材料时新沥青胶结料等级选择指南

新沥青胶结料等级	RAP (%)
胶结料选择没有改变	<0.25
依据附录B中关于RAP材料使用方法确定	>0.25

5.3 集料

原Superpave对于集料的规范有两种要求,一种是强制性的共同认同的特性,包括粗集料破碎面、细集料棱角性、砂当量和扁平-细长颗粒含量四个;另一种是料源特性,不同地方可以提出不同的要求,如洛杉矶磨耗、硫酸钠坚固性等。通过多年实践,这些标准都已达到共同一致的特性。

从指标上看,高性能沥青混合料集料要求比我国的要求低很多,问题是这些低指标集料的沥青混合料能不能符合我们混合料的性能要求,如果满足,我们就没有必要制定那么高的指标要求,如果不能满足,那么问题是指标应如何确定,根据现实的经济、环境、技术情况,也就是说大多数条件下,人们可以经济地获取,不是指标越高,质量越好。

5.3.2 粗集料破碎面指砾石经破碎机破碎后,具有要求数量(一个或两个)破碎面的粗集料占粗集料总量的比例,以百分率表示。

5.3.3 细集料棱角性试验:天然砂、机制砂和石屑用于沥青混合料时,使用性能有很大的区别。天然砂经过风化,搬运,一般较坚硬,圆形形状,施工和易性好,但粘附性差,天然砂用量多时,对车辙性能不利,因此在沥青混合料中经常要限制天然砂数量,一般范围10—20%。石屑是集料破碎时的副产品,强度低,也应限制用量。机制砂是专门轧制的,棱角性、强度都好,但费用高。不是所有的天然砂的棱角性都小于机制砂,所以应该用试验来测定棱角性。AASHTO T304中规定了三种方法A、B、C,而我国试验建议采用试验方法C,AASHTO M323中棱角性试验值是采用T304中方法A得出的,两种方法测得棱角性值是不一样的,当使用Superpave技术进行设计时,应采用T304中的方法A。

5.3.6 当混合料使用RAP材料时,RAP中的集料在江苏省主要以溶剂抽提法为主,燃烧炉法应用相对较少。溶剂抽提法获得RAP集料的砂当量试验结果一般较高,均能满足要求。目前部颁JTG F41-2008《公路沥青路面再生技术规范》中提出砂当量应大于55,并提出针对RAP中取得的集料应做筛分、针片状含量、压碎值和棱角性的检测。其中砂当量要求比本规范中表6要求严格。

表6 高性能沥青路面集料性能要求

设计 ESALs (10 ⁶) ^a	粗集料破碎面 ^c (%) 最小		细集料未压实空隙率(%) 最小		砂当量 (%) 最小	扁平 and 细长颗粒含量 ^c , (%) 最大
	≤100mm	>100mm	≤100mm	>100mm		
<0.3	55/—	—/—	—	— ^d	40	—
0.3~3	75/—	50/—	40	40 ^e	40	10
3~10	85/80 ^b	60/—	45	40	45	10
10~30	95/90	80/75	45	40	45	10
≥30	100/100	100/100	45	45	50	10

注: a. 本标准所有ESALs值均引自美国标准。美国道路设计ESALs采用80kN为标准轴载,而我国道路设计采用100kN为标准轴载,根据公路沥青路面设计规范(JTG D50-2006)规定:当采用柔性基层时,国内设计的ESALs值约是美国ESALs的0.455;但对于半刚性基层路面时,国内设计的ESALs值约是美国ESALs的0.379。另,

b. 85/80表示85%的粗集料有一个破碎面和80%的粗集料有两个破碎面。

c. 该指标不适用于集料的公称最大粒径4.75mm混合料。

d. 设计交通量<0.3×10⁶ ESALs,公称最大粒径4.75mm的混合料,最小未压实空隙率为40。

e. 设计交通量 $\geq 0.3 \times 10^6$ ESALs, 公称最大粒径 4.75mm 的混合料, 最小未压实空隙率为 45。

6 高性能沥青混合料体积设计

6.2 体积设计

6.2.2 控制点——为级配必须通过的范围, 设在公称最大集料尺寸、中等集料尺寸 (4.75mm 或 2.36mm) 以及最小集料尺寸 (0.075mm) 处, 控制点值依据公称最大集料尺寸大小而变化。限制区——最大密度线附近, 在中等尺寸 (4.75mm 或 2.36mm) 和 0.3mm 之间, 通常建议级配不要在这个区域内通过。从限制区下部通过的级配常称作“驼峰级配”。研究表明: 驼峰级配会引起混合料变软, 施工较难压实, 导致混合料抗永久变形能力下降, 此外这种混合料对沥青含量非常敏感。

6.2.4 根据 R30, 混合料体积指标设计时要求松散沥青混合料在压实温度条件下老化 2 小时, 这是为了模拟沥青被充分吸收到集料中, 而在性能测试过程中, 为了与以前的性能试验数据条件一致, 一般采用 135℃ 老化 4h。

6.2.5 规定初始压实次数下的压实度 < 89%: 这是因为压实太快的混合料可能是软弱混合料, 在交通荷载作用下可能会不稳定。规定最大压实次数下的压实度 < 98%: 这是因为现场密度应该永远不会超过实验室最大旋转压实次数时的空隙率, 否则混合料在现场可能会被交通荷载过度压密, 导致很小的空隙率, 从而易产生车辙。

6.2.6 性能检验: 当设计轴次大于 300 万次时, 需要对高性能沥青混合料进行高温性能检验 (不开展疲劳试验和低温性能试验验证), 建议根据试验室条件选择以下合适的方法。具体试验指标和门槛值, 本规范暂不作规定, 待相关课题完成后再定。

- (1) 沥青混合料性能试验 (AASHTO TP 79)
- (2) Superpave 剪切试验 (AASHTO T320)
- (3) 汉堡车辙试验 (AASHTO T324)
- (4) 沥青混合料车辙分析仪 (AASHTO T340)

高性能沥青混合料性能推荐检验指标见表 11 所示。

表 11 高性能沥青混合料性能推荐检验指标

交通量/ESALs (10^6)	Flow Number/次	汉堡车辙对应用 12.5mm 的荷载次数/次	沥青混合料车辙分析仪 (APA) 车辙深度 mm
<3	—		
3~10	>53	<10000	<5
10~30	>190	<15000	<4
≥ 30	>740	<20000	<3
试验方法	TP 79	T324	T340

6.3 生产配合比设计

6.3.3 表 12 提出了高性能沥青混合料 (密级配) 最低 VMA 值, 当进行混合料体积设计时, 混合料的 VMA 至少要比最小值高 0.5~1.0%, 这是因为拌合楼拌合时功率大, 对集料的棱角性磨损大, VMA 会降低, 如果室内设计阶段达不到 VMA 最小值+0.5%的技术要求, 需要重新进行混合料体积设计。

表 12 设计生产配合比与体积设计配合比允许调整范围

混合料控制指标	调整范围 (%)
沥青胶结料含量 (P_b)	± 0.4
$\geq 0.15\text{mm}$ 筛孔通过率	± 4.0
0.075mm 筛孔通过率	± 1.5
矿料间隙率 (VMA)	± 1.0
矿料填隙率 (VFA)	± 5.0

7 高性能沥青路面施工

7.2 施工准备

在项目开始前,应组织所有的业主、监理、施工和第三方单位对试验室的人员和设备进行能力验证。由业主委托有关单位按照中国合格评定国家认可委员会制定的 CNAS-RL02 能力验证规则组织比对试验,执行单位按照 CNAS-GL03 能力验证样品均匀性和稳定性评价指南进行样品准备并分发各参加单位,试验结果提交给执行单位,并按 CNAS-GL03 能力验证结果的统计处理和评价指南分析数据处理,把试验结果发给参加单位。

参加单位采用匿名方式,只会知道自己的结果,而所有其它单位的试验结果都是保密的。

参加单位根据试验报告进行整改,直至试验结果合格为止,整改报告需提交给业主。

7.4.1 高性能沥青路面施工温度

高性能沥青路面体积设计时首先要用沥青的等粘温度来确定拌和温度和压实温度,即拌和温度对应的粘度范围为 $(0.17 \pm 0.02) \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 和压实温度对应的粘度范围为 $(0.28 \pm 0.03) \text{ Pa} \cdot \text{s}$,这是在体积设计阶段时的拌和温度和压实温度,不是施工时的拌和和压实温度。

施工时的压实温度应同于实验室的压实温度,这时的沥青具有一定的稠度有利于压实。施工时的拌和温度要根据压实温度倒推到拌和楼的拌和温度,根据气温、风速、下卧层温度、摊铺层厚度来决定。

7.9 接缝处理

随着扩建工程的增加,不封闭交通的单幅施工越来越多,如何正确进行冷热接缝的压实十分重要,美国一些州已把纵向接缝的密度作为路面施工的验收指标之一。

将已铺层上的 50-100mm 混合料推向新铺混合料,将压路机的大部分在新铺层上,压路机小部分 100-150mm 在已铺层上行走,或者碾压时由边向中碾压,留下 100-150mm,再跨缝压实,如图 1 所示。

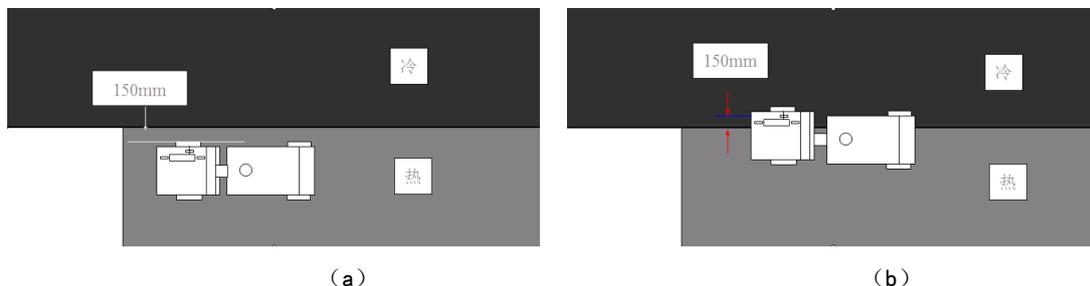


图 1 纵向接缝压实次序

9 附录

本规范中的附录为与 Superpave 技术相关的美国 AASHTO 规范翻译稿,有些附录中的附录并未完全列出,仅列出与本规范相关的内容,若需要,请查看相关规范内容。