

多级嵌挤骨架密实型沥青混合料施工技术 规范

Technical specifications for construction of aggregate skeleton dense asphalt
mixtures

2024 - 09 - 03 发布

2024 - 10 - 03 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 1

 4.1 一般规定 2

 4.2 沥青胶结料 2

 4.3 集料 2

 4.4 填料 3

5 配合比设计 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 矿料级配设计 3

 5.3 混合料技术要求 4

 5.4 目标配合比设计 5

 5.5 生产配合比设计 6

 5.6 生产配合比验证 7

6 施工 7

 6.1 一般规定 7

 6.2 拌和 8

 6.3 运输 9

 6.4 摊铺 10

 6.5 碾压 10

7 质量管理和检查验收 10

 7.1 一般规定 10

 7.2 施工过程中质量管理与检查 11

 7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收 13

附录 A（规范性） 多级嵌挤骨架密实型沥青混合料的矿料级配设计方法 15

 A.1 一般规定 15

 A.2 沥青混合料的矿料级配表征方法 15

 A.3 沥青混合料级配控制参数 16

 A.4 设计步骤 16

 A.5 级配嵌挤状态检验 18

附录 B（规范性） 集料松散、捣实、振实状态密度及空隙率试验方法 20

 B.1 试验仪器和设备 20

 B.2 试验准备 20

 B.3 试验步骤 20

 B.4 计算 21

前 言

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

本文件代替DB37/T 1723—2010《多级嵌挤骨架密实型沥青混合料技术规范》，与DB37/T 1723—2010相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 删除了“符号及代号”（见2010年版的第2章）；
- b) 更改了沥青胶结料技术要求的表述（见4.2，2010年版的3.5）；
- c) 更改了压碎值、软石含量、亚甲蓝、棱角性（间隙率法）、细集料规格技术指标要求，增加了高温压碎值技术指标要求（见4.3.1、4.3.4，2010年版的3.2.3、3.3.5）；
- d) 删除了天然砂的技术要求（见2010年版的3.3.1、3.3.3）；
- e) 增加了水泥做为填料的使用要求（见4.4.3）；
- f) 将“混合料组成设计”更改为“配合比设计”；（见第5章，2010年版的第4章）；
- g) 更改了沥青混合料的工程设计级配范围（见5.2.1，2010年版的4.2.1）；
- h) 增加了级配控制筛孔和级配控制参数相关内容（见5.2.2）；
- i) 将按照公路技术等级确定各技术标准的原则，更改为按照交通荷载等级确定各技术标准的原则（见5.3.1、5.3.3，2010年版的3.3.5、4.3.1）；
- j) 增加了多级嵌挤骨架密实型沥青混合料骨架判断指标及AC-10的技术要求（见5.3.1）；
- k) 增加了混合料短期老化的技术要求（见5.3.2）；
- l) 更改了性能验证动稳定度、低温抗裂性要求，增加了渗水要求（见5.3.3，2010年版的4.4.1、4.4.2、4.4.3）；
- m) 增加了生产配合比设备、筛网尺寸、冷料仓标定、生产配合比调试相关要求（见5.5.1、5.5.2、5.5.3、5.5.4、5.5.5、5.5.7、5.5.8）；
- n) 增加了生产配合比验证目的表述（见5.6.1），更改了汉堡车辙试验技术标准（见5.6.2，2010年版的4.5.3）；
- o) 将“SDM施工工艺”更改为“施工”；（见第6章，2010年版的第5章）；
- p) 删除了“拌和厂要求”、“水泥混凝土桥面SDM铺装的压实和成型”相关内容（见2010年版的5.2、5.7）；
- q) 增加了沥青混合料施工温度相关要求（见6.1.4）；
- r) 增加了沥青拌和机温度精度及称量精度的要求（见6.2.1）；
- s) 更改了拌和机逐盘打印配置及拌和时间的表述（见6.2.3、6.2.4，2010年版的5.3.3、5.3.7）；
- t) 增加了沥青混合料三次装料法和五次装料法的要求、运输车测温保温要求、防水粘结层保护要求（见6.3.1、6.3.2、6.3.3、6.3.5）；
- u) 增加了一台摊铺机整幅摊铺要求、摊铺机参数要求、防离析措施等内容（见6.4.1、6.4.2、6.4.3、6.4.6、6.4.7）；
- v) 更改了混合料摊铺控制速度、螺旋布料器料位高度等要求（见6.4.4、6.4.5，2010年版的5.5.2、5.5.3）；
- w) 更改了混合料碾压设备配备要求和参考碾压工艺（见6.5.1、6.5.2，2010年版的5.6.1、5.6.4），增加了振荡压路机的要求（见6.5.3）；
- x) 增加了施工过程中汉堡检测要求、沥青路面压实度双控指标要求、混合料取样位置的要求，更改了渗水指标要求（见7.2.3、7.2.4，2010年版的6.4.5）；
- y) 更改了多级嵌挤骨架密实型沥青混合料矿料级配设计方法（见附录A，2010年版的附录A）；

z) 删除了多级嵌挤密级配设计方法算例、热拌沥青混合料配合比设计实例、热拌沥青混合料试件汉堡车辙标准试验方法（见 2010 年版的附录 C、附录 D、附录 E）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2010 年首次发布为 DB37/T 1723—2010；

——本次为第一次修订。

多级嵌挤骨架密实型沥青混合料施工技术规范

1 范围

本文件规定了多级嵌挤骨架密实型沥青混合料的材料、配合比设计、施工、质量管理和检查验收。本文件适用于各等级道路的新建、改扩建及养护沥青路面工程。

2 规范性引用文件

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

- JTG 3432—2024 公路工程集料试验规程
- JTG 3450—2019 公路路基路面现场测试规程
- JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG/T F20—2015 公路路面基层施工技术细则
- JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- DB37/T 1722—2024 公路工程高性能沥青混合料技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多级嵌挤骨架密实型沥青混合料 aggregate skeleton dense asphalt mixture
粗集料形成骨架结构，集料逐级依次填充形成多级嵌挤的骨架密实型沥青混合料。

3.2

半筛筛孔 half sieve
集料公称最大粒径0.5倍的相近筛孔尺寸。

3.3

首控筛孔 primary control sieve
形成骨架嵌挤结构的第一级筛孔分界点，为集料公称最大粒径0.22倍的相近筛孔尺寸。

3.4

次控筛孔 secondary control sieve
形成嵌挤的第二级分界点，为首控筛孔（3.3）0.22倍的相近筛孔尺寸。

3.5

三控筛孔 tertiary control sieve
形成嵌挤的第三级分界点，为次控筛孔（3.4）0.22倍的相近筛孔尺寸。

4 材料

4 一般规定

- 4.1.1 沥青路面使用的各种材料运至现场后应取样进行质量检验，经评定合格后方可使用。
- 4.1.2 沥青路面集料的选择应经过认真的料源调查，在满足使用性能要求的前提下尽可能就地取材。
- 4.1.3 不同料源、品种、规格的集料不应混杂堆放，严格控制材料的变异性。堆放集料成品的场地应进行硬化并保证排水通畅，粗、细集料均应采取严格的防雨、防晒等措施。
- 4.1.4 为保证混合料性能的稳定，原则上同一规格的集料在配合比设计和生产过程中不可随意更换，若确需更换的应重新进行原材料检验及配合比设计。
- 4.1.5 沥青路面集料优选棱角性良好的粗、细集料。

4.2 沥青胶结料

沥青胶结料技术要求应符合JTG F40的有关规定。

4.3 集料

4.3.1 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙，其技术要求应符合表 1 的规定，除此之外，还应符合 JTG F40 的有关规定。

表1 沥青混合料用粗集料技术要求

项目	技术要求		试验方法
	表面层	其他层次	
石料压碎值	≤24%	≤26%	JTG 3432—2024 T0316
石料高温压碎值	≤26%	≤28%	DB37/T 1722—2024 附录C
洛杉矶磨耗损失	≤28%	≤30%	JTG 3432—2024 T0317
表观相对密度 ^a	≥2.60%	≥2.50%	JTG 3432—2024 T0304
吸水率 ^a	≤2.0%	≤3.0%	JTG 3432—2024 T0304
坚固性 ^b	≤12%	≤12%	JTG 3432—2024 T0314
针片状颗粒含量（混合料） ^c	≤15%	≤18%	JTG 3432—2024 T0312
其中粒径大于 9.5 mm	≤12%	≤15%	
其中粒径小于 9.5 mm	≤18%	≤20%	
水洗法小于 0.075 mm 颗粒含量	≤1%	≤1%	JTG 3432—2024 T0310
软石含量	≤3%	≤5%	JTG 3432—2024 T0320
^a 多孔玄武岩的表观相对密度可放宽至 2.45，吸水率可放宽至 3%；钢渣的吸水率可放宽至 3%。			
^b 坚固性试验可根据需要进行。			
^c 对 S14 即 3~5 规格的粗集料，针片状颗粒含量可不予要求。			

- 4.3.2 细集料宜采用机制砂，当采用反击式或锤式破碎机生产的硬质岩集料经过筛选的小于 2.36 mm 部分具有较好的棱角性，可以作为机制砂使用。
- 4.3.3 机制砂应采用质地坚硬、洁净、无软弱颗粒及未风化的石灰岩等碱性基或中性基的岩石加工，不应采用泥岩、页岩、板岩等岩石加工机制砂。加工设备宜采用立式冲击破碎机并配备振动筛和干式除尘设备。
- 4.3.4 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其规格应符合表 2 的规定，技

术要求应符合表 3 的规定。

表2 沥青混合料用细集料规格

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

表3 沥青混合料用细集料技术要求

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

4.4 填料

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

5 配合比设计

5.1 一般规定

- 5.1.1 沥青混合料应按照“目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证”三阶段配合比设计流程进行。
- 5.1.2 沥青混合料应采用马歇尔设计方法进行设计，也可按高性能沥青混合料设计方法按照 DB37/T 1722 进行设计，并采用马歇尔设计方法进行验证。

5.2 矿料级配设计

- 5.2.1 沥青混合料矿料级配应符合工程设计级配范围，宜采用表 4 所推荐的工程设计级配范围进行设计，当使用棱角性或硬度特殊的集料时，应按照附录 A 的方法进行单独设计。

表4 沥青混合料工程设计级配范围

级配类型	通过下列筛孔（mm）的质量百分率												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-10	—	—	—	—	100%	90%~100%	54%~66%	33%~45%	22%~33%	14%~24%	8%~16%	5%~11%	4%~8%
AC-13 ^a	—	—	100%	95%~100	88%~98%	70%~81%	40%~53%	26%~38%	18%~28%	12%~20%	8%~14%	5%~10%	3%~7%
AC-20	—	100%	90%~100%	80%~92%	69%~83%	53%~67%	32%~45%	21%~32%	14%~23%	9%~17%	6%~12%	4%~9%	3%~7%
AC-25	100%	90%~100%	74%~87%	66%~80%	58%~72%	46%~61%	26%~39%	17%~27%	11%~20%	8%~15%	6%~11%	4%~8%	3%~6%
^a 根据工程实际，AC-13公称最大粒径处级配范围进行了适当调整。													

5.2.2 沥青混合料级配控制筛孔划分应符合表 5 的规定，级配控制参数技术要求应符合表 6 的规定。

表5 沥青混合料级配控制筛孔划分

级配类型	公称最大粒径 NMPS mm	半筛筛孔 NMPS/2 mm	首控筛孔 PCS mm	次控筛孔 SCS mm	三控筛孔 TCS mm
AC-10	9.5	4.75	2.36	0.6	0.15
AC-13	13.2	6.6 ^a	2.36	0.6	0.15
AC-20	19	9.5	4.75	1.18	0.3
AC-25	26.5	13.2	4.75	1.18	0.3
^a 标准筛中没有6.6 mm筛孔尺寸，其通过率采用内插法确定。					

表6 沥青混合料级配控制参数技术要求

级配类型	级配控制参数 ^a		
	[CA]比	[FA _c]比	[FA _r]比
AC-10	0.40~0.70	0.35~0.6	0.35~0.6
AC-13	0.45~0.75		
AC-20	0.50~0.80		
AC-25	0.70~1.00		
^a 当混合料级配控制参数超出要求范围时，经验证路用性能满足要求，指标可适当放宽。			

5.3 混合料技术要求

5.3.1 沥青混合料采用马歇尔方法进行配合比设计时，其技术要求应符合表 7 的规定。

表7 沥青混合料马歇尔方法设计技术要求

试验指标		单位	重交通及以上交通	中等交通	轻交通	试验方法	
击实次数（双面）		次	75			JTG E20—2011 T0702	
试件尺寸		mm	Φ 101.6×63.5				
空隙率 VV		—	4%~6%	3%~6%		JTG E20—2011 T0705	
稳定度 MS		kN	≥8	≥8	≥5	JTG E20—2011 T0709	
流值 FL ^a		mm	1.5~4	2~4	2~4.5		
粗集料骨架间隙率 VCA _{mix}		—	≤VCA _{松散}			附录 A	
矿料间隙率 VMA ^b	设计空隙率	—	相应于以下级配类型的 VMA 及VFA 技术要求			JTG E20—2011 T0705	
			AC-10	AC-13	AC-20		AC-25
	3%	—	≥14%	≥13%	≥12%		≥11%
	4%		≥15%	≥14%	≥13%		≥12%
	5%		≥16%	≥15%	≥14%		≥13%
	6%		≥17%	≥16%	≥15%		≥14%
沥青饱和度 VFA		—	70%~85%	65%~75%	55%~70%		
^a 对于改性沥青混合料，马歇尔试验的流值可适当放宽。							
^b 当设计空隙率不是整数时，由内插法确定要求的VMA最小值。							

5.3.2 在成型沥青混合料试件时，均应在沥青混合料拌和之后进行短期老化，在成型温度±5℃条件下放置 2 h±5 min。

5.3.3 对用于中等及以上交通等级公称最大粒径等于或小于 19 mm 的沥青混合料应在配合比的基础上进行高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性及渗水检验，其技术要求应符合表 8 的规定，对于轻交通可参照执行。

表8 多级嵌挤骨架密实型沥青混合料性能技术要求

性能项目	技术指标	单位	技术要求		试验方法
			普通沥青混合料	改性沥青混合料	
高温稳定性	动稳定度要求 ^a	次/mm	≥1 200	≥3 200	JTG E20—2011 T0719
水稳定性	冻融劈裂试验残留强度比	—	≥75%	≥80%	JTG E20—2011 T0729
低温抗裂性	低温破坏应变	μ ε	≥2 000	≥2 500	JTG E20—2011 T0725
渗水	渗水系数 ^b	mL/min	≤120	≤120	JTG E20—2011 T0730
^a 对公称最大粒径不小于26.5 mm的混合料进行车辙试验时，应制作与设计结构层厚度一致的车辙板进行试验；车辙试验不应采用二次加热的混合料，试验应检验其密度是否符合试验规程的要求；特殊情况下，如钢桥面铺装、重载车特别多或纵坡较大的长距离上坡路段、厂矿专用道路，可酌情提高动稳定度的要求。 ^b 渗水试验为利用室内轮碾成型的沥青混合料试件，脱模架起进行渗水检验。					

5.4 目标配合比设计

5.4.1 目标配合比应按照 JTG F40—2004 中热拌沥青混合料设计方法进行设计，其中矿料级配应按照

附录 A 进行设计。

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

5.5 生产配合比设计

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

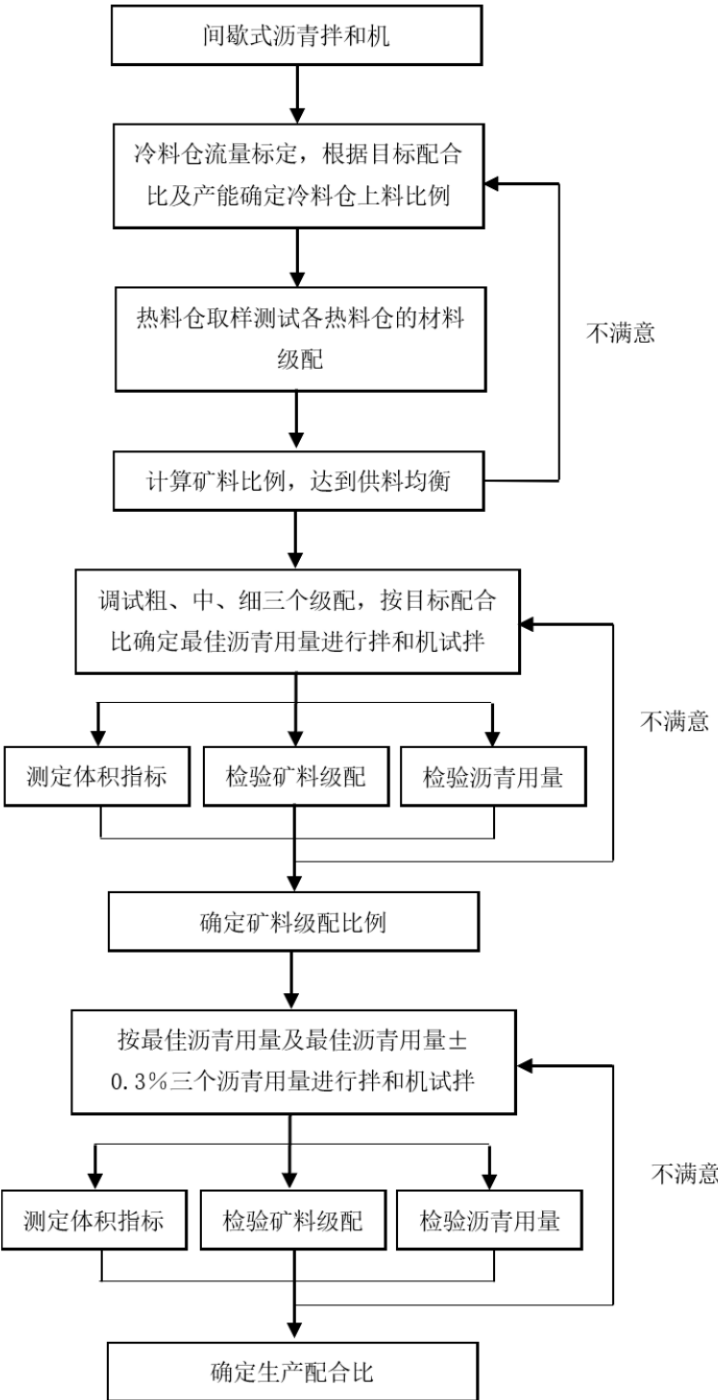


图1 生产配合比设计流程图

- 5.5.2 间歇式拌和机各层振动筛筛网尺寸应与沥青混合料类型相匹配，振动筛筛分效率不应低于 85%，在选择振动筛筛网尺寸时，宜考虑减少生产中换筛频率，同时确保各料仓材料百分数尽量均衡，使各料仓不溢料，并能够控制关键筛孔。
- 5.5.3 间歇式拌和机应按目标配合比设定冷料比例，并经冷料仓流量标定得出集料供料曲线，确保热料仓供料均衡。
- 5.5.4 间歇式拌和机热料仓取样，应按额定生产率的 80%以上进行上料，同时调整拌和机的工作状态，使其达到稳定，一般抛料不少于 5 盘。
- 5.5.5 间歇式拌和机应按规定方法取样测试各热料仓的材料级配，分别调试粗细不同的三个级配比例，按目标配合比确定的最佳沥青用量进行拌和机试拌，取具有代表性的试样进行室内试验，检验沥青混合料体积参数、矿料级配、沥青用量等指标是否满足要求，确定各热料仓级配比例。
- 5.5.6 按目标配合比确定的最佳沥青用量 OAC 、 $OAC \pm 0.3\%$ 进行拌和机试拌，取具有代表性的试样进行室内试验，检验沥青混合料体积参数、矿料级配、沥青用量等指标是否满足要求，综合确定生产配合比。
- 5.5.7 生产配合比设计确定的最佳沥青用量与目标配合比设计的结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。
- 5.5.8 每次拌和机试拌后应再次对热料仓进行取样筛分，分析各热料仓筛分结果变异性是否在可控范围内，偏差较大时及时查找原因予以消除。
- 5.5.9 当生产配合比设计结果与目标配合比设计结果出现较大差异，或对生产配合比有疑义时，应重新进行性能验证。

5.6 生产配合比验证

- 5.6.1 生产配合比验证应按生产配合比设计结果进行拌和机试拌、铺筑试验段，并取样进行马歇尔试验，同时对铺筑试验段进行路面检测，由此确定生产用的标准配合比。
- 5.6.2 试验段铺筑后，应从现场钻取混合料芯样进行汉堡轮辙试验，检验沥青混合料高温稳定性及水稳定性能，其技术要求应符合表 9 规定。

表9 汉堡车辙试验技术要求

混合料类型	碾压温度 ℃	碾压次数 次	最大车辙深度 mm	剥落点	试验方法
普通沥青混合料	50	10 000	≤ 10	不出现剥落	DB37/T 1722—2024 附录G
改性沥青混合料		20 000	≤ 8	拐点	

- 5.6.3 确定施工级配允许波动范围，根据标准配合比及 7.2.3 中各筛孔的允许波动范围，制定施工过程中的级配控制范围，用以检查沥青混合料的生产质量。
- 5.6.4 经设计确定的标准配合比在施工过程中不应随意变更。生产过程中应加强对热料仓材料级配和沥青混合料级配跟踪检测，根据筛分情况及时进行热料仓比例的微调，以确保级配在允许波动范围内。

6 施工

6.1 一般规定

- 6.1.1 沥青路面不应在气温低于 10℃以及雨天、路面潮湿的情况下施工，其技术要求应符合 JTG F40 的有关规定。
- 6.1.2 沥青混合料施工前应配备满足施工要求的拌和设备、摊铺机、压路机、运料车等生产设备，并保证其处于良好的工作状态。

- 6.1.3 沥青路面应根据试验段确定标准配合比、机械设备参数、施工温度、摊铺碾压工艺等。
- 6.1.4 沥青胶结料加热温度、混合料施工温度应根据不同沥青胶结料种类、沥青粘度、气候条件、地面温度、风速及铺装层厚度等合理确定，可按照表 10 的范围选择，并根据实际情况确定使用高值或低值。当表中温度与实际情况不符时，应作适当调整。

表10 沥青混合料施工温度表

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

6.2 拌和

- 6.2.1 沥青混合料拌和机应配置有自动温度控制系统和精确称量系统，其中温度精度与称量精度应符合表 11 规定。

表11 沥青拌和机温度精度与称量精度要求

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

- 6.2.2 沥青混合料拌和机各系统传感器应进行定期检定，周期不少于每年 1 次，拌和设备重新安装后应进行重新标定。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。

- 6.2.3 沥青混合料拌和机应配置计算机控制系统，在拌和过程中可逐盘采集、记录并打印材料用量，配比、温度、拌和时间、产量等参数。
- 6.2.4 沥青混合料的拌和时间应根据拌和机型号、沥青混合料类型、搅拌器的充盈率等因素试拌确定。混合料每盘生产周期不宜少于 45 s，其中干拌时间宜不少于 5 s，湿拌时间宜不少于 35 s，改性沥青混合料的干拌和湿拌时间宜分别延长不少于 5 s。混合料拌和应均匀一致，无花白料、无结团成块或粗细集料分离现象。

6.3 运输

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

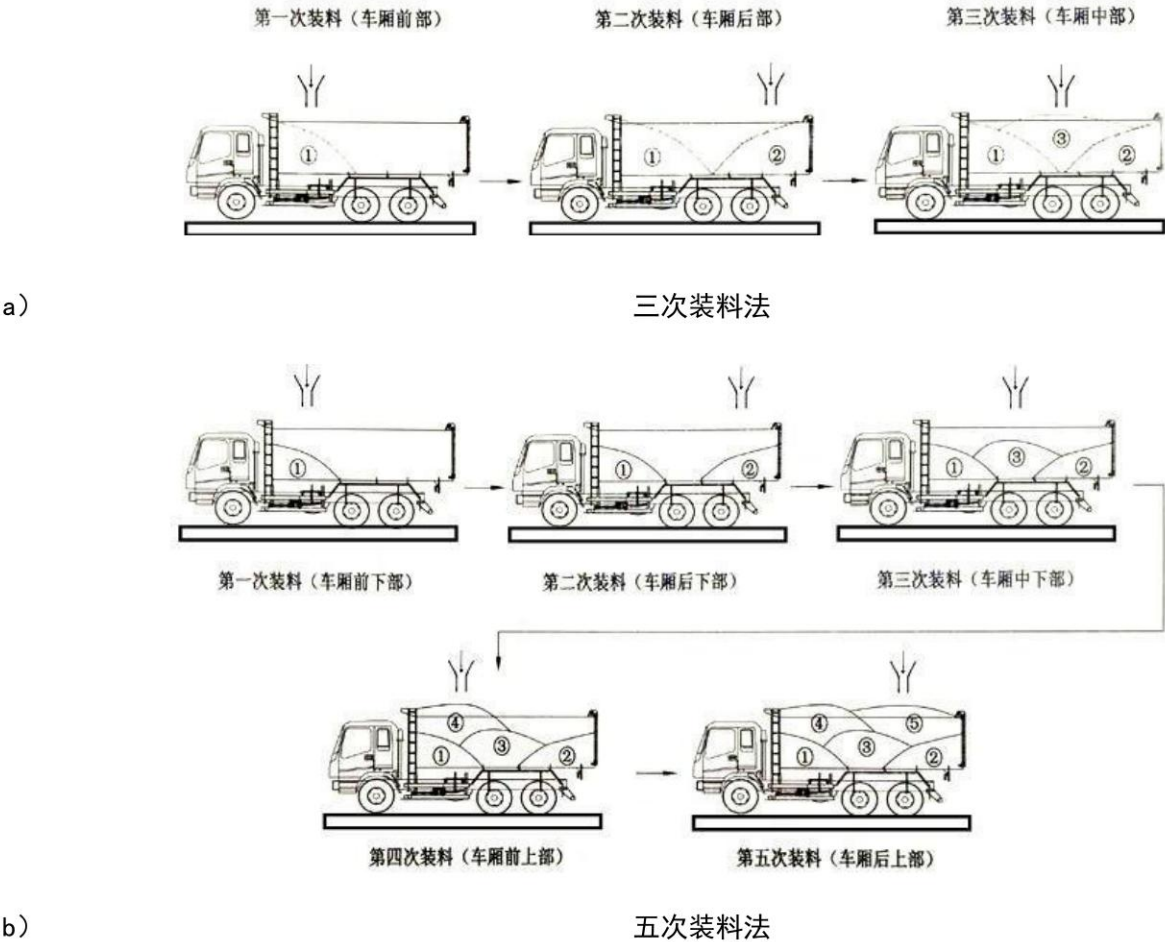


图2 混合料装料顺序示意图

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

6.4 摊铺

- 6.4.1 沥青路面摊铺时摊铺宽度不宜过大，当摊铺宽度超过 9 m 时，宜采用两台同型号、同使用年限的摊铺机联合摊铺，以防止粒料离析和温度离析。经试验路验证，也可采用 1 台大功率摊铺机整幅摊铺。
- 6.4.2 联合摊铺时，前后两台摊铺机的距离不应超过 10 m，同时应重叠 20 cm~40 cm 的宽度，并避开车道轮迹带，上下层的搭接位置宜错开 200 mm 以上。
- 6.4.3 混合料摊铺机应充分预热熨平板后开始作业，熨平板温度不低于 100 ℃，不高于 150 ℃。同时摊铺机应具有夯锤和熨平板的振动装置，以提高路面初始压实度，初始压实度宜不低于 85%。
- 6.4.4 混合料的摊铺应保持合理的速度，根据拌和机的拌和能力和现场压实能力进行合理调整，一般控制在 1 m/min~3 m/min 范围内，做到缓慢、均匀、连续不间断的摊铺。
- 6.4.5 摊铺机应调整到最佳工作状态，调整好螺旋布料器两端的自动料位器，并使料门开度、刮料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配，螺旋布料器中料的位置应高于螺旋布料器的高度。
- 6.4.6 混合料摊铺时可采取将螺旋布料器驱动箱叶片反装、螺旋支撑处安装变螺旋角叶片等方式，减少纵向带状离析；在布料仓挡料板下方增加调节挡板，避免大粒径混合料流向底部，减少竖向离析。
- 6.4.7 摊铺过程中应少收拢料斗，当需要收拢料斗时，应在刮板上尚有 10 cm 以上厚度混合料时收拢料斗，且应与车辆指挥人员相互配合，使料斗复位时下一辆料车及时开始卸料，做到连续摊铺不停机且防止收拢料斗造成的粗细集料离析。
- 6.4.8 混合料摊铺过程中应有专人检查摊铺效果，对发现的质量问题及时处理。
- 6.4.9 摊铺过程中不应用柴油等溶液清理施工工具，可采用植物油溶液或火烧的方法清理。

6.5 碾压

- 6.5.1 沥青混合料碾压应配备足够数量的双钢轮振动压路机和胶轮压路机，双钢轮振动压路机总质量不应低于 13 t，胶轮压路机总质量不应低于 26 t。
- 6.5.2 压路机数量、组合方式及碾压工艺应根据混合料类型、摊铺厚度、摊铺宽度等合理确定，宜采用碾压工艺如下。
 - 碾压工艺一：初压采用双钢轮压路机，紧跟摊铺机以高频低幅模式，振动压实为 3 遍~4 遍，初压第一遍采用前静后振的碾压方式，第二遍后均采用振动碾压方式进行压实，洒水装置进行间断洒水，保证不粘轮即可；复压采用胶轮压路机，紧跟初压后进行，需全幅碾压，碾压段落不宜过长，且复压段落不应与未完成初压的段落重合，压实不少于 4 遍；终压采用双钢轮压路机进行赶光 1 遍~2 遍。
 - 碾压工艺二：初压采用胶轮压路机，紧跟摊铺机稳压 1 遍~2 遍；复压首先采用双钢轮压路机，紧跟初压后进行，以高频低幅模式，振动压实为 3 遍~4 遍，再采用胶轮压路机，稳压 2 遍~3 遍，复压需全幅碾压，碾压段落不宜过长，且复压段落不应与未完成初压的段落重合；终压采用双钢轮压路机进行赶光 1 遍~2 遍。
- 6.5.3 为提高表面层和桥面铺装的压实效果，双钢轮压路机中宜至少 1 台为振荡压路机。
- 6.5.4 混合料在冷却到一定温度以下用振动方式容易造成集料压碎，在试验段铺筑时应确定此温度，在此温度以下不应再用振动碾压。
- 6.5.5 碾压应在混合料摊铺后及时进行，不可在未碾压完成的路面上停机等候。

7 质量管理和检查验收

7.1 一般规定

- 7.1.1 质量管理的方针是保证施工质量达到规定的质量标准，确保施工质量的均匀与稳定，其技术要

求应符合 JTG F40 的有关规定。

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

7.2 施工过程中质量管理与检查

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

7.2.2 施工过程中材料质量检查项目和频率应符合表 12 的规定。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数应按相关试验规程的规定执行，并以平均值评价是否合格。未列表中的材料的检查项目和频度按材料质量要求确定。

表12 施工过程中材料质量检查的项目和频度

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

7.2.3 沥青混合料拌和厂生产过程应按表 13 规定的项目和频率检查沥青混合料产品的质量，如实计算产品的合格率。单点检查评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验的要求。

表13 施工质量管理技术要求

检查项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观		随时	观察集料粗细、均匀性、离析、油石比、色泽、冒烟、有无花白料、油团等各种现象	目测
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印，按JTG 3450—2019 T0981人工检测
		逐盘测量记录，每天取平均值评定	符合设计要求	传感器自动检测、显示并打印
矿料级配	0.075 mm	逐盘在线监测	±1.5%	计算机采集数据计算
	≤2.36 mm		±4%	
	≤4.75 mm		±5%	
	0.075 mm	逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±1%	JTG F40—2004 附录G总量检验
	≤2.36 mm		±2%	
	≤4.75 mm		±2%	
	0.075 mm	每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以2个试样的平均值评定	±1.5%	JTG E20—2011 T0725抽提筛分与标准级配比较的差
	≤2.36 mm		±4%	
	≤4.75 mm		±5%	
沥青用量		逐盘在线监测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	±0.1%	JTG F40—2004 附录F总量检验
		每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以2个试样的平均值评定	±0.2%	JTG E20—2011 T0722 JTG E20—2011 T0735
空隙率、矿料间隙率		每台拌和机每天上午、下午各一次或每1 000 t检测一次，以4~6个试件的平均值评定	±1%	JTG E20—2011 T0702
稳定度、流值			符合设计	JTG E20—2011 T0705 JTG E20—2011 T0709
冻融劈裂残留强度比		必要时	符合设计	JTG E20—2011 T0729
车辙试验			符合设计	JTG E20—2011 T0719

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

7.2.5 沥青路面铺筑过程中应随时对铺筑质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许差应符合表 14

的规定。

表14 沥青路面压实检测技术要求

检查项目		检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
外观		随时	表面平整密实、不应有明显轮迹、裂缝、推挤、油盯、油包等缺陷，且无明显离析；接缝应紧密平整、顺直、无跳车		目测
接缝		逐条缝检测评定	3 mm	5 mm	JTG 3450—2019 T0931
施工温度	摊铺温度	逐车检测	符合6.1.4技术要求		JTG 3450—2019 T0981
	碾压温度	随时			
厚度	每一层次	随时，厚度50 mm以下 厚度50 mm以上	设计值的5% 设计值的8%	设计值的8% 设计值的10%	施工时插入法量测 松铺厚度及压实厚度
	总厚度	每2 000 m ² 一点单点评定	设计值的-5%	设计值的-8%	JTG 3450—2019
	上面层	每2 000 m ² 一点单点评定	设计值的-10%	设计值的-10%	T0912
压实度		每2 000 m ² 检查1组逐个试件 评定并计算平均值	≥实验室标准密度的98% ≥理论最大相对密度的93%		JTG 3450—2019 T0924 JTG 3450—2019 T0922
空隙率		每2 000 m ² 检查1组逐个试件 评定并计算平均值	均值：4%~6% 极值：≥3%且≤7%		JTG E20—2011 T0705
平整度(最大间隙)	上面层	随时，接缝处单杆评定，正常段连续10尺平均值评定	3 mm	5 mm	JTG 3450—2019 T0931
	中下面层		5 mm	7 mm	
平整度(标准差)	上面层	连续测定	1.2 mm	2.5 mm	JTG 3450—2019 T0932
	中面层		1.5 mm	2.8 mm	
	下面层		1.8 mm	3.0 mm	
宽度	有侧石	检测每个断面	±20 mm		JTG 3450—2019 T0911
	无侧石		不小于设计值		
纵断面高程		检测每个断面	±10 mm	±15 mm	
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	
沥青层面 渗水	上面层	每1 km不少于5点，每点3处 取平均值	80 mL/min		JTG 3450—2019 T0971
	中面层		150 mL/min		
	下面层		200 mL/min		
汉堡轮辙试验		必要时	符合5.6.2技术要求		DB37/T 1722— 2024附录G
注1：压实度评定的试验方法为钻芯法，当采用核子密度仪等无损检测时，每13个测点的平均值做为1个测点进行评定。					
注2：路面压实按压实度和空隙率双控，其一检测不合格即不合格。					
注3：渗水系数的测定应在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定，以平均值评定，计算的合格率不小于90%。					

7.3 交工验收阶段的工程质量检查与验收

交工验收阶段的工程质量检查与验收，应符合JTG F80/1的规定。

附 录 A
(规范性)

多级嵌挤骨架密实型沥青混合料的矿料级配设计方法

A.1 一般规定

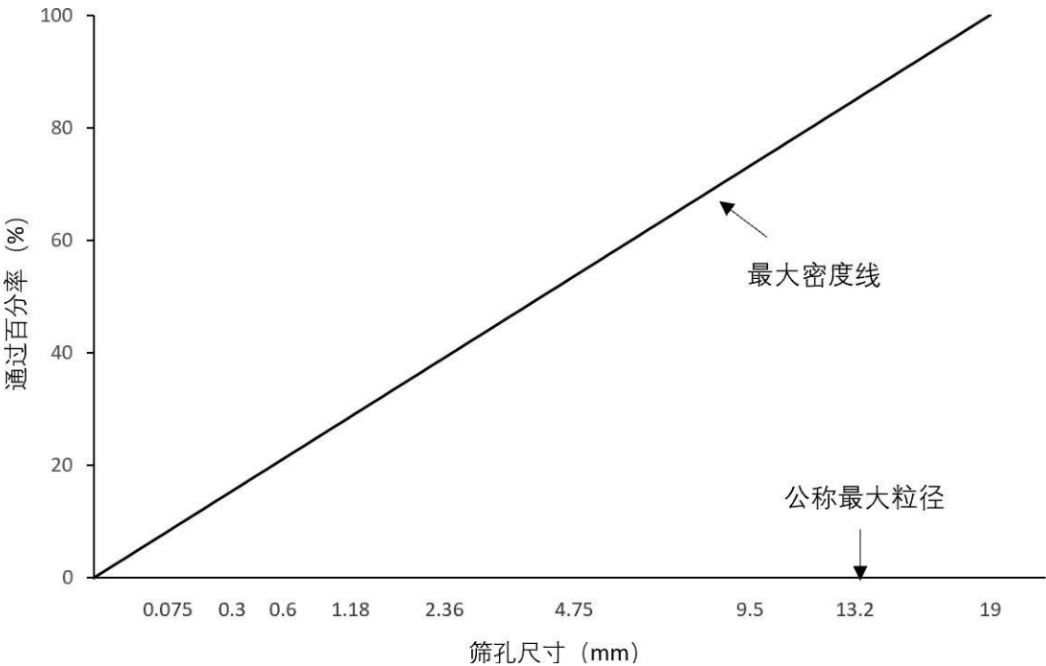
- A.1.1 本方法适用于多级嵌挤骨架密实型沥青混合料进行矿料级配组成设计，当缺少实际工程矿料级配经验时，可以按照该方法根据材料的实际特性进行矿料级配设计。
- A.1.2 在矿料级配设计中，嵌挤状态的设计是前提，在嵌挤状态设计完成后再按级配控制参数对级配进行限定，以保证达到第二级和三级的嵌挤以及对粗集料离析因素的限制。在确定了两个嵌挤条件以后就可以进行混合料设计。

A.2 沥青混合料的矿料级配表征方法

- A.2.1 沥青混合料级配曲线采用半指数坐标，其各筛孔对应的横坐标按表A.1确定，并以原点与集料最大粒径100%的点连线做为混合料最大密度线，（见图A.1）。

表A.1 各筛孔对应的横坐标

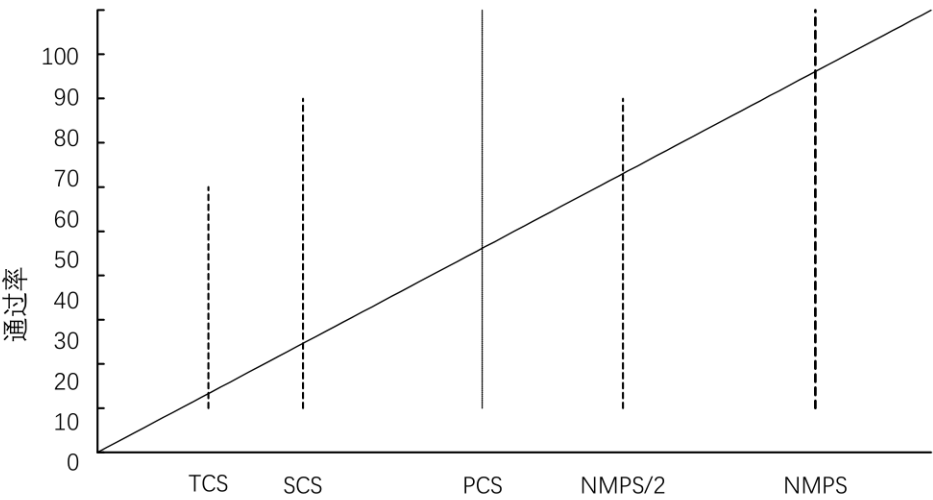
筛孔 (d _i) mm	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
横坐标 (x)	0.312	0.426	0.582	0.795	1.077	1.472	2.016
筛孔 (d _i) mm	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5
横坐标 (x)	2.745	3.193	3.482	3.762	4.370	4.723	5.109



图A.1 最大密度线级配曲线图

A.3 沥青混合料级配控制参数

A.3.1 沥青混合料将集料划分为粗、细集料，其分界点称为关键控制筛孔或首控筛孔，为进一步对粗集料进行约束并保证细集料形成第二级和第三级的嵌挤填充作用，将级配曲线进行了分段划分（见图A.2）。



图A.2 级配曲线分段控制点分布

A.3.2 按公式（A.1）～公式（A.3）计算级配控制参数[CA]比、[FA_c]比、[FA_f]比，通过调整级配参数值对混合料性能及细集料的嵌挤进行约束和控制。

$$[CA]比 = \frac{P_{NMPS} - P_{PCS}}{\frac{100\% - P_{NMPS}}{2}} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$[FA_c]比 = \frac{P_{SCS}}{P_{PCS}} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$[FA_f]比 = \frac{P_{TCS}}{P_{SCS}} \dots\dots\dots (A.3)$$

- 式中：
- [CA]比 ——粗集料比，用于控制粗集料组成结构的级配控制参数；
 - [FA_c]比 ——细集料粗料比，用于控制细集料中粗料部分比例的级配控制参数；
 - [FA_f]比 ——细集料细料比，用于控制细集料中细料部分比例的级配控制参数；
 - P_{NMPS/2} ——合成级配中半筛筛孔的通过率，%；
 - P_{PCS} ——合成级配中关键（或首控）筛孔的通过率，%；
 - P_{SCS} ——合成级配中次控筛筛孔的通过率，%；
 - P_{TCS} ——合成级配中三控筛孔的通过率，%；

A.4 设计步骤

A.4.1 根据混合料类型确定最大公称粒径，按关键筛孔划分粗细集料，分别测定各档集料的单料级配、表观相对密度、毛体积相对密度、吸水率等物理指标。

A.4.2 按照附录B试验方法分别测定每档粗、细集料的松散密度和捣实密度，并根据干涉系数 α ，按公式（A.4）计算各档粗集料选择密度 ρ_{CA}^i

$$\rho_{CA}^i = \rho_{CA, \text{松散}}^i \times \alpha \quad (\text{A.4})$$

式中：

α ——选择密度干涉系数，通常嵌挤级配干涉系数在0.95~1.05之间；

$\rho_{CA, \text{松散}}^i$ ——矿料中各档粗集料的松散密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）。

A.4.3 根据同类工程经验分别赋予粗集料CA和细集料FA体积百分比一个初始值，各档粗集料或细集料合计值应分别为100%。

A.4.4 根据同类工程经验或以预估沥青用量所计算的粉胶比，对0.075 mm通过率取值进行预估，赋予0.075 mm通过率一个初始值。

A.4.5 根据粗集料的比例及选择密度，按公式（A.5）、公式（A.6）计算单位体积每cm³各档粗集料的质量 M_i （g）及粗集料合计质量 M （g）：

$$M_i = CA'_i \times \rho_{CA}^i \quad (\text{A.5})$$

$$M = M_1 + M_2 + \cdots + M_i \quad (\text{A.6})$$

式中：

CA'_i ——赋予矿料中各档粗集料CA的质量百分比初始值，合计为100%。

A.4.6 按公式（A.7）计算各档粗集料贡献的空隙体积VAC：

$$VAC = \sum_1^i \left[1 - \frac{\rho_{CA}^i}{\gamma_{CA}^i} \times CA'_i \right] \quad (\text{A.7})$$

式中：

γ_{CA}^i ——矿料中各档粗集料的毛体积相对密度。

注：水的密度按1.000 g/cm³取值，此时集料毛体积相对密度等于毛体积密度。

A.4.7 按公式（A.8）、公式（A.9）计算填充粗集料全部空隙体积所需要各档细集料的单位质量 N_i （g）及总合计质量 N （g）：

$$N_i = VAC \times FA'_i \times \rho_{FA, \text{捣实}}^i \quad (\text{A.8})$$

$$N = N_1 + N_2 + \cdots + N_i \quad (\text{A.9})$$

式中：

FA'_i ——赋予矿料中各档细集料FA的质量百分比初始值，合计为100%；

$\rho_{FA, \text{捣实}}^i$ ——矿料中各档细集料的捣实密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）。

A.4.8 按公式（A.10）、公式（A.11）计算各档粗、细集料的混合质量百分比 CA_i 和 FA_i ：

$$CA_i = \frac{M_i}{(M+N)} \quad (\text{A.10})$$

◆

$$FA_i = \frac{N_i}{(M+N)} \quad (\text{A.11})$$

◆

A.4.9 以关键筛孔做为粗、细集料分界点，按公式（A.12）、公式（A.13）分别计算粗集料中所含细集

料部分及细集料中所含粗集料部分的质量百分比 $CA_{<PCS}^i$ 和 $FA_{>PCS}^i$ ，按公式（A. 14）、（A. 15）分别计算修正后的粗、细集料百分比 $CA_{修正1}^i$ 和 $FA_{修正1}^i$ ：

DB37/T 1723—2024

$$CA_{<PCS}^i = \frac{CA_i \times P_{CA, PCS}^i}{100} \dots\dots\dots (A. 12)$$

$$FA_{>PCS}^i = \frac{FA_i \times (1 - P_{FA, PCS}^i)}{100} \dots\dots\dots (A. 13)$$

$$CA_{修正1}^i = CA_i + CA_{<PCS}^i - \frac{CA_i \times \sum FA_{>PCS}^i}{\sum CA_i} \dots\dots\dots (A. 14)$$

$$FA_{修正1}^i = FA_i + FA_{>PCS}^i - \frac{FA_i \times \sum CA_{<PCS}^i}{\sum FA_i} \dots\dots\dots (A. 15)$$

式中：

$CA_{<PCS}^i$ ——矿料中各档粗集料中小于关键筛孔通过率所含集料的质量百分比，%；

$P_{CA, PCS}^i$ ——矿料中各档粗集料关键筛孔通过率，%；

$FA_{>PCS}^i$ ——矿料中各档细集料中大于关键筛孔通过率所含集料的质量百分比，%；

$P_{FA, PCS}^i$ ——矿料中各档细集料关键筛孔通过率，%；

$CA_{修正1}^i$ ——混合粗细集料中第一次修正后各档粗集料质量百分比，%；

$FA_{修正1}^i$ ——混合粗细集料中第一次修正后各档细集料质量百分比，%。

A. 4. 10 根据初拟定的0.075 mm通过率赋予值，按公式（A. 16）～公式（A. 18）计算填料的质量百分比MF：

$$CA_{<0.075mm}^i = CA_{修正1}^i \times P_{CA, 0.075mm}^i \dots\dots\dots (A. 16)$$

$$FA_{<0.075mm}^i = FA_{修正1}^i \times P_{FA, 0.075mm}^i \dots\dots\dots (A. 17)$$

$$MF = \frac{P_{0.075mm, 设计} - \sum CA_{<0.075mm}^i - \sum FA_{<0.075mm}^i}{P_{0.075mm, 填料}} \dots\dots\dots (A. 18)$$

式中：

$CA_{<0.075mm}^i$ ——矿料中各档粗集料<0.075 mm筛孔所含集料的质量百分比，%；

$FA_{<0.075mm}^i$ ——矿料中各档细集料<0.075 mm筛孔所含集料的质量百分比，%；

$P_{0.075mm, 设计}$ ——初拟定的0.075 mm通过率赋予值，%；

$P_{0.075mm, 填料}$ ——填料中0.075 mm通过率，%。

A. 4. 11 对细集料部分进行再次修正，按公式（A. 19）计算细集料部分的质量百分比 $FA_{修正2}^i$

$$FA_{修正2}^i = FA_{修正1}^i - \frac{FA_{修正1}^i \times MF}{\sum FA_{修正1}^i} \dots\dots\dots (A. 19)$$

注：矿料中各档粗集料0.075 mm通过率很小，无需对粗集料质量百分比进行修正。

A. 4. 12 确定修正后各档粗集料、细集料、填料的质量百分比： $CA_{修正1}^i$ 、 $FA_{修正2}^i$ 、MF，为便于工程应用，通常对计算所得的级配进行取整，但矿料比例合计仍为100%。

A. 4. 13 对合成级配进行检验，计算所得[CA]比、[FA_c]比、[FA_f]比等级配参数，调整粗集料之间的比例，使[CA]比达到要求；调整细集料之间的比例，使[FA_c]比、[FA_f]比达到要求。

A. 4. 14 将设计出的矿料级配作为初选矿料级配之一，根据使用的具体要求再调整出粗、细两条级配曲线作进行马歇尔试验或旋转压实试验，计算体积指标，优选出确定级配，再进行最佳沥青用量设计。

A. 5 级配嵌挤状态检验

A. 5. 1 对初选级配混合料进行嵌挤状态分析，检验粗集料组成是否满足所设计的骨架状态，通过沥青混合料试件中粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} 与混合矿料中粗集料松散状态下间隙率 $VCA_{松散}$ 比较。

A. 5. 2 将合成的矿料级配按关键筛孔筛除细集料部分，按公式（A. 20）计算粗集料骨架合成毛体积相对密度 γ_{ca} ：

$$\gamma_{ca} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \dots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \dots\dots\dots (A. 20)$$

A. 5. 3 按公式（A. 21）计算粗集料松散状态下的间隙率 $VCA_{松散}$ ：

$$VCA_{松散} = \left(1 - \frac{\gamma_{松散}}{\gamma_{ca}} \right) \times 100 \dots\dots\dots (A. 21)$$

式中：
 $\gamma_{松散}$ ——混合料筛去关键筛孔以下细集料部分，矿料中剩余粗集料松散相对密度。

A. 5. 4 按公式（A. 22）计算沥青混合料试件粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} ：

γ_f

P_{ca}

$$VCA_{mix} = 100 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{ca}} \times P_{ca} \dots\dots\dots (A. 22)$$

式中：
 γ_f ——沥青混合料试件的毛体积相对密度；
 P_{ca} ——矿料中所有粗集料质量占沥青混合料总质量的百分比，%。

A. 5. 5 根据计算的粗集料骨架间隙率 $VCA_{松散}$ 、 VCA_{mix} ，多级嵌挤骨架密实性沥青混合料要求 $VCA_{mix} \leq VCA_{松散}$ 。

附 录 B
(规范性)

集料松散、捣实、振实状态密度及空隙率试验方法

B.1 试验仪器和设备

- B.1.1 天平或台秤：感量不大于称量的0.1%。
- B.1.2 容量筒：适用于集料松散、捣实、振实状态密度测定的容量筒，其规格要求应符合表B.1的规定。

表B.1 容量筒的规格要求

集料公称最大粒径 mm	容量筒容积 L	容量筒规格 mm			容壁厚度 mm
		内径	净高	底厚	
≤4.75	3	155±2	160±2	5.0	2.5
9.5~26.5	10	205±2	305±2	5.0	2.5

- B.1.3 平头铁锹。
- B.1.4 烘箱：能控温105℃±5℃。
- B.1.5 捣棒：直径16mm、长600mm、一端为圆头的钢棒。

B.2 试验准备

按照JTG 3432—2024 T0301的方法取样、缩分，质量应满足试验要求，在105℃±5℃的烘箱中烘干，也可以摊在清洁的地面上风干，拌匀后分成两份备用。

B.3 试验步骤

B.3.1 松散密度

取试样一份置于平整干净的水泥地（或铁板）上，用平头铲铲起试样，使平头铲齐口至集料最上面距离保持为50mm，让集料自由落入容量筒中，装满容量筒后，双手横端捣棒推除筒口表面的颗粒，同时转动捣棒，相对集料而言捣棒应向上转动，以合适的颗粒填入凹陷空隙，使表面稍凸起部分和凹陷部分体积大致相等，称取试样和容量筒总质量（ m_2 ）。

B.3.2 捣实密度

按松散密度试验步骤，将试样装入符合要求规格的容量筒中，达到容量筒1/3的高度，用捣棒由边至中捣实25次，捣棒捣实深度为集料总厚度；再向容量筒中装入1/3高度的试样，用捣棒均匀的捣实25次，捣实深度约至下层的表面；然后重复上一步骤，使集料略高于容量筒口，以B.3.1的方法推平集料，称取试样和容量筒总质量（ m_2 ）。

B.3.3 振实密度

按堆积密度试验步骤，将装满试样的容量筒放在振动台上，振动3min，或者将试件分三层装入容量筒：装完一层后，在筒底垫放一根直径为25mm的圆钢筋，将筒按住，左右交替颠击底面各25下；然后装入第二层，用同样的方法颠实（但筒底所垫钢筋的方向应与第一层放置方向垂直）；然后再装入第

三层，如法颠实。待三层式样装填完毕后，加料填到试样超出容量筒口，用钢筋沿筒口边缘滚转，刮下

高出筒口的颗粒，用合适的颗粒填平凹处，使表面稍凸出部分和凹陷部分的体积大致相等，取出试样和容量筒总质量（ m_2 ）。

B.3.4 容量筒容积的标定

用水装满容量筒，擦干筒外壁的水份，称取容量筒与水的总质量（ m_w ），并按水的密度对容量筒的容积做校正。

B.4 计算

B.4.1 按公式（B.1）计算容量筒的容积：

$$V = \frac{m_w - m_1}{\rho_T} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：
 V ——容量筒的容积，单位为立方厘米（ cm^3 ）；
 m_1 ——容量筒的质量，单位为克（ g ）；
 m_w ——容量筒与水的总质量，单位为克（ g ）；
 ρ_T ——试验温度 T 时水的密度，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）。

B.4.2 按公式（B.2）分别计算松散状态下集料密度、捣实状态下集料密度、振实状态下集料密度，精确至 $0.001 \text{ g}/\text{cm}^3$ ：

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：
 ρ ——与各种状态相对应的堆积密度，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）；
 m_1 ——容量筒的质量，单位为克（ g ）；
 m_2 ——容量筒与水的总质量，单位为克（ g ）；
 V ——容量筒的容积，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）。

B.4.3 按公式（B.3）分别计算松散状态下集料骨架间隙率、捣实状态下集料骨架间隙率、振实状态下集料骨架间隙率，精确至 0.01% ：

$$VCA = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_b}\right) \times 100 \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：
 VCA ——与各种状态相对应的集料骨架间隙率，%；
 ρ_b ——集料的毛体积密度，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）。
