

ICS XX.XX

P XX

备案号

DB XX

安 徽 省 地 方 标 准

DB XX/T XXXX-2014

排水抗裂型沥青混合料设计及施工技术规范

Technical Specifications for Design and Construction of Porous and

Anti-cracking Asphalt Mixture

(征求意见稿)

2014-XX-XX 发布

2014-XX-XX 实施

安徽省交通运输厅

安徽省质量技术监督局 发布

目 录

1 范围	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 材料	3
5 配合比设计.....	6
6 路面结构设计.....	8
7 PAM 施工工艺.....	10
8 施工质量管理和检查验收.....	13
附录 A 混合料设计步骤.....	17
附录 B 真空密封法测定压实沥青混合料毛体积密度试验方法	20
附录 C 沥青混合料抗裂性能试验方法试.....	24
附录 D 车辆分类方法.....	26
附录 E 热拌沥青混合料试件汉堡车辙标准试验方法	28
条文说明.....	31

前 言

排水抗裂型沥青混合料（Porous and Anti-cracking Asphalt Mixture，简称 PAM）是通过持续科研攻关和实体工程验证开发的新型功能类混合料，具有良好的排水、抗反射裂缝、高温抗车辙及抗疲劳性能，在安徽省半刚性基层沥青路面养护、改扩建及新建工程中得到了大面积的应用，实践证明，PAM 既能发挥半刚性基层强度与经济性的优势，又能克服其易开裂、抗水损害性能差的缺陷，极大提高了路面的质量和使用寿命。

为规范安徽省应用单位对 PAM 的设计、施工、质量管理与验收，保证工程质量，制定本规范。

本标准依据 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则第 1 部分：标准的结构和编写》要求编写。

本标准由安徽省交通运输厅提出并归口。

本标准主要起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、山东省交通科学研究所、安徽省交通规划设计研究院

本标准主要起草人：

1 范围

1.0.1 本规程规定了排水抗裂型沥青混合料材料与结构的设计方法、指标、技术要求、施工工艺、质量控制以及验收方法和标准。

1.0.2 本规程排水抗裂型沥青混合料作为沥青面层与下承载层（原老路面结构或新建结构）的过渡层，适用于各种养护、改扩建及新建沥青路面工程。

1.0.3 采用排水抗裂型沥青混合料作为路面结构层时，必须进行路肩排水与下封层防水设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 F40-2004	公路沥青路面施工技术规范
JTJ 034-2000	公路工程基层施工技术规范
JTJ 052-2000	公路工程沥青及沥青混合料试验规程
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 F80/1-2004	公路工程质量检验评定标准(第一册土建工程)
JTG H20-2007	公路技术状况评定标准
JTG H10-2009	公路养护技术规范
JTG H30-2004	公路养护安全作业规程
JTJ 073.2-2001	公路沥青路面养护技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.0.1 沥青结合料 Asphalt binder, Asphalt cement

在沥青混合料中起胶结作用的沥青类材料（含添加的外掺剂、改性剂等）的总称。

3.0.2 改性沥青 Modified bitumen（英），Modified asphalt cement（美）

掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或者其他填料等外掺剂（改性剂），或采取对沥青轻度氧化加工等措施，使沥青或沥青混合料的性能得以改善而制成的沥青结合料。

3.0.3 橡胶沥青

指橡胶粉与沥青(有的掺加一定比例的添加剂)按一定比例拌和而得到的产物，其中橡胶粉的掺量不小于 15%(内掺)或 17.6%(外掺)，又称沥青橡胶。

3.0.4 沥青混合料 Bituminous mixtures（英），Asphalt mixtures（美）

由矿料与沥青结合料拌和而成的混合料的总称。

3.0.5 排水抗裂型沥青混合料 Porous and Anti-cracking Asphalt Mixture

指沥青混合料最大公称粒径不小于 19mm，铺筑厚度不小于 6cm，空隙率介于 12%~18% 之间，能够将水分自由排出路面结构，抗裂性能满足一定指标要求的沥青混合料。

3.0.6 半开级配沥青混合料 **Semi-open-graded bituminous paving mixtures**

由适当比例的粗集料、细集料及少量填料（或不加填料）与沥青结合料拌和而成，压实成型试件的空隙率在 6%~12% 以上的半开式沥青碎石混合料。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 PAM 使用的各种材料运至现场后必须取样进行质量检验，结果合格后方可使用，不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

4.1.2 PAM 使用的集料选择必须经过认真的料源调查，确定料源应尽可能因地制宜，就地取材，质量符合使用要求，石料开采必须注意环境保护，防止破坏生态平衡。

4.1.3 集料粒径规格以方孔筛为准。不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放，严格控制材料的变异性。

4.1.4 任何材料进入施工现场时都应登记，签发材料验收单。

4.2 沥青

4.2.1 PAM 应采用粘度较高的沥青作为结合料，可以采用橡胶沥青、SBS 改性沥青、橡胶改性沥青或其他改性沥青，当采用基质沥青时宜添加纤维稳定剂。

4.2.2 橡胶沥青所用基质沥青一般为 70 号道路石油沥青，橡胶粉采用斜交胎胶粉或子午胎胶粉，富含 $25 \pm 2\%$ 天然橡胶成分，细度不小于 30 目，橡胶沥青及橡胶改性沥青的质量应符合表 4.2.2-1 规定的技术要求：

表 4.2.2-1 橡胶沥青技术要求

检测项目	温区	试验方法
175~190℃ 旋转黏度	1.5~4.0	T 0625
针入度 (100g, 25℃, 5℃), 0.01mm	30~60	T 0604
弹性恢复, %	>60	T 0662
软化点, °C	>56	T 0606

注：

1.本技术指标只适用于橡胶沥青，不用于评价橡胶改性沥青。

2.旋转黏度采用 SC4-27 号转子，采用 20rads/min 转速，50% 扭矩内插获得。

4.2.3 制造改性沥青的基质沥青应与改性剂有良好的配伍性，其质量应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 4.2.1-2 中道路石油沥青 A 级技术要求，SBS 改性沥青及其他改性沥青应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 表 4.6.2 中 I-D 技术要求。供应商在提供改性沥青的质量报告时应提供基质沥青的质量检验报告或沥青样品。

4.2.4 改性沥青宜在固定工厂或在现场设厂集中制作，也可在拌和厂现场边制作边使用。

4.2.5 现场制作改性沥青时宜随配随用，需作短时间保存时，或运送到附近的工地时，使用前必须搅拌均匀，在不发生离析的状态下使用。改性沥青制作设备必须设有随机采集样品的取样口，采集的试样宜立即在现场灌模。

4.2.6 工厂制作的成品改性沥青到达施工现场后存贮在改性沥青罐中，改性沥青罐中必须加搅拌设备并进行搅拌，使用前改性沥青必须搅拌均匀。在施工过程中应定期取样检验产品质量，发现离析等质量不符合要求的改性沥青不得使用。

4.2.7 PAM 设计时宜根据下承层病害类型及严重程度、路段交通量状况确定结合料类型，裂缝病害严重、抗裂要求较高及重载交通路段，宜优先采用橡胶沥青或橡胶改性沥青、SBS 改性沥青，其他等级道路可选择普通道路石油沥青。

4.3 粗集料

4.3.1 PAM 用粗集料指轧制的坚硬岩石。粗集料必须由具有生产许可证的采石场机械化生产或施工单位自行加工。

4.3.2 粗集料应该洁净、干燥、表面粗糙，质量应符合表 4.3.2 的规定。当单一规格集料的质量指标达不到表中要求，而按照沥青混合料中各种规格粗集料的比例计算的质量指标符合要求时，工程上允许使用。对受热易变质的集料，宜采用经拌和机烘干后的集料进行检验。

表 4.3.2 粗集料质量技术要求

指 标	单位	高速公路及一级公路	其他等级公路	试验方法
石料压碎值 不大于	%	23	26	T 0316
洛杉矶磨耗损失 不大于	%	25	30	T 0317
表观密度（视密度） 不小于	t/m ³	2.60	2.45	T 0304
吸水率 不大于	%	2.0	3.0	T 0304
坚固性 不大于	%	12	—	T 0314
与沥青的粘附性 不小于	—	5 级	4 级	T0616
针片状颗粒含量 不大于		15	20	T 0312
其中粒径大于 9.5mm 不大于	%	12	—	
其中粒径小于 9.5mm 不大于		18	—	
水洗法<0.075mm 颗粒含量不大于	%	1	1	T 0310
软石含量 不大于	%	1	5	T 0320

注：坚固性试验可根据需要进行。

4.3.3 粗集料的粒径规格应按《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）表 4.8.3 的规定生产和使用。

4.3.4 采石场在生产过程中必须清除覆盖层及泥土夹层。生产碎石用的原石不得含有土块、杂物，集料成品不得堆放在泥土地上。

4.3.5 当粗集料与沥青的粘附性不满足要求时，应当采用必要的措施进行处理，使混合料水稳定性检验达到要求。

4.4 细集料

4.4.1 PAM 用细集料包括石屑、机制砂和天然砂。采用反击式或锤式破碎机生产的硬质岩集料经过筛选的小于 2.36mm 的部分具有较好的棱角性，可以作为机制砂使用。PAM 宜采用机制砂。细集料必须由具有生产许可证的采石场或采砂场生产。

4.4.2 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配，其质量应符合表 4.4.2 的规定。细集料的洁净程度以砂当量（适用于 0~4.75mm）或亚甲蓝值（适用于 0~0.15mm）表示。

表 4.4.2 细集料质量要求

项目	单位	高速公路、一级公路	其他等级公路	试验方法
表观密度（视密度） 不小于	t/m ³	2.50	2.45	T0328、T0329
坚固性（>0.3mm 部分） 不小于	%	12	—	T0340
砂当量 不小于	%	65	60	T0334
亚甲蓝值 不小于	g/kg	25	—	T0349
塑性指数 不大于	%	4	4	T0118、T0119
棱角性（流动时间） 不小于	s	30	30	T0345
棱角性（间隙率） 不小于	%	42	42	T0344

注：坚固性试验可根据需要进行，棱角性可选用流动时间法或间隙率法中的一种。

4.4.3 石屑是采石场破碎石料时通过 4.75mm 或 2.36mm 的筛下部分，采石场在生产石屑的过程中应加设水洗或强风抽吸设备，杜绝覆盖层或夹层的泥土混入石屑中。石屑生产规格应

符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)表 4.9.4 的要求。

4.4.4 机制砂宜采用专用的制砂机制造,并选用优质石料生产,其级配应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)表 4.9.4 中 S16 的要求。

4.5 填料

4.5.1 PAM 采用的填料为干燥消石灰粉或生石灰粉,石灰粉应干燥、洁净,能自由地从粉仓中流出,其质量应满足《公路路面基层施工技术规范》(JTJ 034-2000)表 4.2.2 中 III 级钙质消石灰粉或生石灰粉技术要求,并同时满足表 4.5.1 要求。

表 4.5.1 填料技术要求

项目	单位	高速公路、 一级公路	其他等级公路	试验方法
表观密度 不小于	t/m ³	2.50	2.45	T0352
含水量 不大于	%	1	1	T0103 烘干法
粒度范围	<0.6mm	100	100	T0351
	<0.15mm	90-100	90-100	
	<0.075mm	75-100	70-100	
外观	--	无团粒结块		--

5 配合比设计

5.1 配合比设计原则

5.1.1 沥青混合料宜在对同类公路使用情况调查研究的基础上，充分借鉴成功经验，选用符合要求的材料，进行配合比设计。

5.1.2 PAM 不同于 ATB 与 ATPB，配比设计时应充分考虑 PAM 的特殊性；PAM 为单一粒径骨架空隙结构，其作为沥青面层与下承载层的过渡层（柔性基层）兼有排水、抗裂功能，配合比设计时必须综合考虑其所处的层位与主要功能。

5.2 矿料级配

PAM 级配为半开级配，最大公称粒径不小于 19mm。PAM 没有固定级配曲线，其级配与原材料的性能有关，可按表 5.2.1 选用级配范围，也可按附录 A 进行级配设计。

表 5.2.1 PAM 推荐级配范围

筛孔	52	37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
PAM-20	100	100	100	100	60-95	32-62	22-46	6-29	6-18	3-15	2-10	1-7	1-6	1-4
PAM-25	100	100	100	70-98	50-85	32-62	20-45	6-29	6-18	3-15	2-10	1-7	1-6	1-4
PAM-30	100	100	90-100	70-95	40-76	28-58	19-39	6-29	6-18	3-15	2-10	1-7	1-6	1-4
PAM-35	100	75-98	67-96	50-80	25-60	15-40	10-35	6-25	6-18	3-15	2-10	1-7	1-6	1-4

5.3 混合料设计

5.3.1 成型方法

PAM 设计应采用大型马歇尔成型方法或 Superpave 旋转压实仪（SGC）成型方法，具体成型参数见表 5.3.1、表 5.3.2。

表 5.3.1 大型马歇尔击实仪成型参数

参数	技术要求	偏差要求
试件直径(mm)	152.4	±0.2
试件标准高度(mm)	95.3	±2.5
锤重(g)	10210	±10
落锤高度(mm)	457.2	±2.5
击实次数（次，双面）	112	—

表 5.3.2 Superpave 旋转压实仪成型参数

参数	技术要求
轴向压实荷载（KPa）	600
初始压实次数（次）	8
设计压实次数（次）	100
最终压实次数（次）	160

5.3.2 体积指标测定

1. 试件毛体积相对密度的测定采用实测法和体积法，实测法采用自动真空密封设备实测试件体积，体积法为通过量测试件的直径与高度计算试件的体积。

2. 自动真空密封法是目前测定大空隙沥青混合料试件密度的标准方法，测试方法见附录 B；体积法可作为施工过程质量控制与验收采用方法。

3. 目标配比设计时应采用自动真空密封法，并对两种测试方法进行详细比较，确定两种

测试方法的关系，为工程质量控制提供依据。

4.理论最大相对密度应采用集料有效密度进行计算，计算方法参考《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40-2004）附录 B。

5.3.3 最佳沥青含量确定

PAM 最佳沥青用量确定采用沥青膜厚度、设计空隙率并综合析漏与飞散试验方法确定，大型马歇尔设计方法配合比设计技术标准满足表 5.3.3 规定，采用其他方法时应进行大型马歇尔试验验证，混合料设计方法与步骤参见附录 A。

表 5.3.3 大型马歇尔设计方法设计技术标准

试验指标	单位	技术标准	试验方法
公称最大粒径	mm	等于或大于 19mm	—
马歇尔试件尺寸	mm	φ 152.4mm×95.3mm	T0702
击实次数（双面）	次	112	T0702
空隙率 VV	%	12~18	T0708、附录 B
沥青膜厚度	μ m	>12	附录 A
谢伦堡沥青析漏试验的结 合料损失	%	不大于 0.2	T0732
肯塔堡飞散试验的混合料 损失或浸水飞散试验	%	不大于 20	T0733
参考沥青用量	%	3-3.5	—

5.4 性能检验

5.4.1 高温稳定性试验

PAM 应进行高温稳定性检验，高温稳定性检验可采用车辙试验，试验方法为《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTJ 052-2000）中 T0719-1993，评价指标为动稳定度（DS），要求 DS 值不小于 2600 次/mm，PAM 混合料的最大公称粒径不小于 26.5mm 时，车辙试件厚度应不小于 8cm。

5.4.2 抗裂性能试验

对抗裂要求高的工程宜按照附录 C 的方法进行抗裂性能评价，25℃条件下 PAM 混合料抗裂加载次数指标不应低于 300 次。

6 路面结构设计

6.1 结构层设计

6.1.1 排水抗裂型路面结构由沥青面层（磨耗层）、排水抗裂型沥青混合料层、路面结构下承层等多层结构组成。新建路面结构下承层包括基层、底基层、垫层等多层结构组成。养护维修或改建工程下承层为原路面结构（直接加铺）或原路面结构铣刨后剩余的部分结构层（铣刨补强后加铺）组成。排水抗裂型沥青混合料层与下承层间应当设置下封层。

6.1.2 下承层应具有良好的承载能力，养护维修或改建工程下承层不满足设计承载力要求时，必须进行补强处理。

6.1.3 沥青面层类型应与公路等级、使用要求、交通条件相适应，沥青面层宜选用密级配的材料。

6.1.4 养护维修或改建工程路面结构设计要进行必要的路况调查和病害处治后，进行加铺设计。

6.1.5 原有路面的路况调查根据中华人民共和国行业标准《公路沥青路面设计规范》中关于改建路面设计的调查内容进行，应重点调查各路段路面损坏的层位（或深度）、各层顶面的刚度（弯沉、当量回弹模量）及各层材料的性状（病害描述、材料类型、强度、级配、沥青含量、含水量、塑性指数等）。

6.1.6 下承层应根据病害类型和程度选择采用挖补、注浆、开 V 型槽填沥青胶砂、热沥青（或乳化沥青）灌封等方法处理病害后再进行结构补强和加铺。

6.2 推荐结构形式

6.2.1 排水抗裂型路面常用结构厚度推荐见表 6.2.1。

表 6.2.1 路面常用结构厚度

交通荷载等级	极重	特重	重	中等	轻
设计使用年限内设计车道累计大型客车和货车交通量($\times 10^6$, 辆)	≥ 20.0	20.0~9.0	9.0~5.0	5.0~1.5	< 1.5
沥青面层厚度(cm)	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 10	≥ 4
排水抗裂层厚度(cm)	≥ 12	≥ 12	≥ 8	≥ 8	≥ 8
下承层强度 E0(MPa)	≥ 850	≥ 700	≥ 550	≥ 400	≥ 250

注：大型客车和货车为附录 D 中表 D.1.2 所列的 2 类~11 类车。

6.3 路面结构参数及验算

6.3.1 新建道路路基顶面回弹模量应符合表 6.3.1 规定。不满足要求时，应采取改变填料、增设粒料类或无机结合料类路基改善层，或在填料中掺入石灰或水泥等措施提高路基顶面回弹模量。

表 6.3.1 路基顶面回弹模量要求 (MPa)

交通荷载等级	极重	特重	重、中等	轻交通
回弹模量，不小于	120	90	60	40

6.3.2 在进行结构验算前，应按照相关规范对 PCA 沥青混合料的模量进行测试。没有试验条件的，可参考推荐值。改性沥青 PCA 静态模量推荐值为 (900~1000) Mpa，动态模量推荐值为 (6000~7000) MPa。普通沥青加纤维 PCA 模量推荐值为改性沥青 PCA 推荐值的 0.5~0.7 倍。

6.3.3 路面结构参数测试方法及结构验算分析按照中华人民共和国行业标准《公路沥青路面设计规范》执行。

6.4 排水设计

6.4.1 PAM 结构兼有排水层功能，应根据《公路排水设计规范》排水技术要求进行排水能力

验证。

6.4.2 PAM 结构下封层宜采用单层沥青表处方法，沥青结合料应采用热沥青或改性沥青，沥青洒布量为 $(1.2\sim 1.5\text{kg}/\text{m}^2)$ ，然后洒布沥青用量为 $(0.3\sim 0.5)\%$ 的预拌 $(5\sim 10\text{mm})$ 碎石，洒布量为 $(6\sim 8)\text{kg}/\text{m}^2$ 。在新建半刚性基层上设置下封层时，透层油不宜省略。

6.4.3 采用 PAM 作为基层时应对路肩进行特殊设计，可以采用碎石路肩或在硬路肩设置排水渗沟，使渗入路面结构的水能够顺利排出。

6.4.4 路面养护维修工程中对单车道进行维修采用 PAM 作为柔性基层时，应在 PAM 底部设置排水管，可采用边部打孔的形式，排水管间距宜为 $(20\sim 30)\text{m}$ ，并在竖曲线底部进行加密至间距 $(10\sim 15)\text{m}$ 。

7 PAM 施工工艺

7.1 准备工作

7.1.1 PAM 施工前, 应保证其下承层清洁、平整度、强度满足要求, 不符合要求的不得铺筑 PAM 层。

7.1.2 PAM 直接用于旧沥青路面加铺层时, 应对原沥青路面表面出现的裂缝、坑槽、松散、沉陷等病害按养护技术规范进行处理, 达到要求, 保证处理质量。

7.1.3 PAM 直接用于旧水泥路面加铺时, 应对原水泥路面出现的板角断裂、裂缝、坑洞、脱空、唧泥、沉陷、错台等病害进行处理。

7.2 拌合厂要求

7.2.1 拌和厂的设置必须符合国家有关环境保护、消防、安全等规定。

7.2.2 拌和厂与施工现场距离应充分考虑交通、气候等不利因素, 确保混合料的温度满足要求, 且不致因颠簸造成混合料离析。

7.2.3 拌和厂应具有完备的排水设施。各种集料必须分隔贮存, 细集料应设防雨顶棚, 料场及场内道路应硬化处理, 严禁泥土污染集料。

7.3 PAM 的拌制

7.3.1 PAM 宜采用间歇式拌合机。

7.3.2 PAM 拌合机设备的各种传感器必须定期检定, 周期不少于每年一次。冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。

7.3.3 拌合机必须配备计算机进行逐盘打印且具有二级除尘装置, 二级除尘以后的回收粉不得采用。

7.3.4 PAM 在生产前必须对生产配合比进行严格调试。根据目标确定的配合比应首先进行热料仓振动筛的设置, 然后进行热料仓筛分调试生产初试级配, 根据抽提筛分结果确定采用生产级配, 最后再确定最佳沥青用量。

7.3.5 沥青结合料加热温度、混合料的出场温度、废弃温度应根据不同沥青种类合理确定。

7.3.6 拌和时间由试拌确定, 一般应采用 45s 以上的拌合时间。所有颗粒必须全部覆裹沥青结合料, 并以混合料拌和均匀为度。拌制好的混合料应均匀一致、无花白料、无结团成块或严重粗细集料分离现象。

7.4 PAM 的运输

7.4.1 PAM 混合料宜采用较大吨位运料车运输, 但不得超载运输, 运输过程中不得急刹车、急弯掉头, 不得造成封层、透层的损伤。

7.4.2 运料车的运力应稍有富裕, 施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。对高速公路、一级公路, 宜待等候的运料车多于 5 辆后开始摊铺。

7.4.3 运料车每次使用前后必须清扫干净, 在车厢板上涂一薄层隔离剂或防粘剂, 防止沥青粘结, 但不得有余液积聚在车厢底部。

7.4.4 拌合机向运料车装料时要求料车做到前后移动分多堆装车, 平衡装料, 以减少混合料离析。

7.4.5 运料车运输混合料宜用苫布覆盖保温、防雨、防污染。

7.4.6 运料车进入摊铺现场时, 轮胎上不得沾有泥土等可能污染路面的脏物, 否则应冲洗轮胎后进入工程现场。

7.4.7 PAM 混合料在摊铺地点凭运料单接收, 若混合料不符合施工温度要求, 或已经结成团块、已遭雨淋的不得铺筑。

7.4.8 摊铺过程中运料车在摊铺机前 100~300mm 处停住, 空挡等待, 由摊铺机推动前进开始缓缓卸料, 避免撞击摊铺机。

7.4.9 PAM 混合料在运输、等候过程中，如发现有沥青混合料沿车厢板滴漏时，应采取措施予以避免。

7.5 PAM 的摊铺

7.5.1 PAM 作为单粒径集中，且粒径较大的沥青混合料，在摊铺时要一次铺筑，不宜分层摊铺。

7.5.2 摊铺厚度的增大，必须对摊铺机做调整，混合料的摊铺应保持合理的速度，根据拌和站的拌和能力进行合理调整，一般不得大于 2m/min，做到缓慢、均匀、不间断的摊铺。

7.5.3 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、链板送料器的速度和螺旋布料器的转速相匹配。布料器中料的位置应以略高于螺旋布料器 2/3 为度，同时螺旋布料器的转速不宜太快，避免摊铺层出现离析现象。

7.5.4 当采用两台摊铺机时，应保证两台摊铺机的规格及型号相同，摊铺机螺旋布料器对接处加装反向叶片及防离析挡板，料斗两侧的挡板与末端的间距应尽量缩小，以不卡住集料为宜（约 10cm），防止过大造成离析。

7.5.5 要注意摊铺机料斗的操作方法，减小粗细集料的离析，摊铺机料斗应在刮板尚未露出约有 10cm 的热料时收拢，基本上是在运输车刚退出时进行，而且应该做到在料斗两翼刚复位时下一辆料车开始卸料，做到连续供料避免粗集料集中。

7.5.6 混合料的摊铺厚度应为设计层厚乘以松铺系数，摊铺前应确定观测点来验证松铺系数，每一工程大面积开工以前都应铺筑试验段，以确定各项参数。根据经验，混合料的松铺系数一般在 1.18-1.20 之间。

7.6 PAM 的压实及成型

7.6.1 PAM 的压实是保证质量的重要环节，应选择合理的压路机组合方式和碾压步骤。

7.6.2 由于 PAM 是一种完整的粗骨料骨架结构，施工时既要保证粗骨料的骨架结构又要防止由于过碾而导致骨架棱角的破坏。

7.6.3 为达到良好的压实效果，必须使用大吨位的双钢轮振动压路机和较大吨位的胶轮压路机。对于一台 3000 型拌合站，基本配备如表 7.6.3：

表 7.6.3 基本设备配备

设备类型	吨位	数量
双钢轮振动压路机	11-13 吨	2 台
胶轮压路机	26-30 吨	2 台
钢轮压路机	7-11 吨	1 台

7.6.4 初压时压路机应紧跟摊铺机，初压温度应根据沥青结合料确定，并在压实过程中不得急转弯，振动压路机应尽可能减少洒水量，保持合理的压实速度。

7.6.5 为保证压实过程中不出现沾轮现象，振动压路机水箱中应加入少量的洗衣粉类表面活性剂。胶轮压路机不得洒水，可以在压实过程中适量喷洒或涂抹隔离剂并以不粘轮为原则。

7.6.6 可以采用的压实工艺有两种，具体压实工艺如下：

1、两台双钢轮振动压路机，初压第一遍前进静压，后退振动；第二遍前进后退均为碾压。压实速度宜为 1.5-2km/h，为防止过分振动振碎粗骨料，压路机宜采用高频低幅进行压实，相邻碾压带轮迹重合为 20cm 左右。洒水装置进行间断洒水，只要保证不粘轮即可。振动过后，胶轮压路机再碾压 1-2 遍，随后即可以进行赶光。赶光可采用 7-11 吨钢轮压路机，速度可控制在 3-4km/h。

2、胶轮压路机紧跟摊铺机进行跟踪碾压，在胶轮压路机压实一遍后，使得混合料的骨架结构变得紧密，稳定了混合料，此后再用振动压路机同工艺一压实两遍后，再用胶轮静压一遍，最后赶光。

7.6.7 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。

7.6.8 由于 PAM 混合料空隙率较大，表面粗糙，在重车通行下表面容易发生松散，因此在施工完成以后应尽量避免非施工必须通过的车辆驶入，或在尽可能短的时间内铺筑沥青面层。

7.6.9 每一个工程项目开始之前，应修筑一试验段，来检验混合料体积性质是否满意和评价摊铺与压实技术。这个试验段必须用计划中的相同施工技术，在相同的混合料温度下摊铺与压实。

7.7 其他

未尽事宜参照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）执行。

8 施工质量管理和检查验收

8.1 一般规定

8.1.1 PAM 沥青路面施工必须根据全面质量管理的要求，建立健全有效的质量保证体系，进行全过程质量控制，对各工序的施工质量进行检查评定，确保达到规定的质量标准，确保施工质量稳定性。

8.1.2 除施工企业进行自检外，工程监理应按有关规定进行质量检查与认可，政府质量监督部门及工程建设单位应对工程质量进行监督。

8.1.3 本规程规定的技术要求是 PAM 施工质量管理和交工验收的依据。

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 PAM 沥青路面施工应加强过程质量控制，实行动态质量管理。施工质量管理与检查验收应包括工程施工前、施工过程中质量管理与质量控制，以及各施工工序间的检查及工程交工后的质量检查验收。

8.2 施工前的材料与设备检查

8.2.1 施工前必须检查各种材料的来源和质量。对经招标程序购进的沥青、集料等重要原材料，供货单位必须提供最新检测的正式试验报告。从国外进口的材料应提供该批材料的船运单。对首次使用的集料，应检查生产单位的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况。所有材料都应按规定取样检测，经质量认可后方可订货。

8.2.2 各种材料都必须在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本规程技术要求材料不得进场。对各种矿料是以同一料源、同一次购入并运至生产现场的相同规格材料为一“批”；对沥青是指从同一来源、同一次购入且储入同一沥青罐的同一规格沥青为一“批”。

8.2.3 工程开始前，必须对材料的存放场地、防雨和排水措施进行确认，不符合本规程要求材料不得进场。进场的各种材料的来源、品种、质量应与招标及提供的样品一致，不符合要求的材料严禁使用。

8.2.4 使用成品改性沥青时，应要求供应商提供所使用改性剂型号和基质沥青的质量检验报告，必要时应对基质沥青进行取样检测。使用现场改性沥青的工程，应对试生产的改性沥青进行检测，质量不合格的不可使用。

8.2.5 施工前应对沥青拌合楼、摊铺机、压路机等各种施工机械和设备进行调试，对机械设备的配套情况、技术性能、传感器计量精度进行认真检查、标定，并得到监理的认可。

8.2.6 正式开工前，各种原材料的试验结果，及据此进行的目标配合比设计和生产配合比设计结果，应在规定的期限内向业主及监理提出正式报告，待取得正式认可后，方可使用。

8.3 试验段铺筑

8.3.1 PAM 施工前应铺筑试验段。

8.3.2 试验段的长度应根据试验目的确定，通常应等沥青混合料级配与油石比达到设计要求时制定，铺筑长度宜为 100~200m。

8.3.3 PAM 试验段铺筑分试拌及试铺两个阶段，应包括下列试验内容：

1. 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。
2. 通过试拌确定拌和机的操作工艺。
3. 通过试铺确定摊铺、压实工艺，确定松铺系数等。
4. 验证沥青混合料生产配合比设计，提出生产用的标准配合比和最佳沥青用量。
5. 建立用钻芯法与精密水准仪高程法等无破损检测路面密度的对比关系。确定压实度、空隙率的标准检测方法。
6. 其他项目。

8.3.4 试验路铺筑阶段，对确定的标准配合比，应采用汉堡轮辙试验对现场所取芯样进行高温稳定性和水稳定性能的综合检验，试验方法按附录 E 进行，试验结果满足表 8.3.4 要求。试验方法按附录 E 进行。

表 8.3.4 汉堡轮辙试验技术标准

沥青结合料类型	剥落点	碾压以下次数时，轮辙深度不高于 12.7 mm	试验温度
基质沥青	碾压 10000 次时不出现	10000	50℃
改性沥青	剥落拐点	20000	

8.3.5 试验段铺筑应由有关各方共同参加，及时商定有关事项，明确试验结论。铺筑结束后，施工单位应就各项试验内容提出完整的试验路施工、检测报告，取得业主或监理的批复。

8.4 施工过程中的质量管理与检查

8.4.1 PAM 结构层施工必须在得到开工令后方可开工。

8.4.2 PAM 结构层施工中应抓好材料质量、施工温度、摊铺碾压机械、施工工艺等关键环节，保证压实度，切忌片面追求平整度而降低压实度。

8.4.3 施工过程应以施工单位自检与监理抽检相结合，施工过程中检测的原始数据必须真实，不得丢弃。

8.4.4 施工过程中材料质量检查项目和频率应符合表 8.4.4 中的要求。每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数必须按相关试验规程的规定执行，并以平均值评价是否合格。

表 8.4.4 施工过程中材料质量检查的内容和要求

材料	检查项目	检查频率	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
	颗粒组成部分（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	随时	2
	砂当量	必要时	2
	含水量	必要时	2
	松方单位重	必要时	2
石灰粉	外观	随时	—
	含水量	必要时	2
改性沥青	针入度	每天 1 次	3
	软化点	每天 1 次	2
	离析试验	每周 1 次	2
	低温延度	必要时	3
	弹性恢复	必要时	3
	显微镜观察（对现场改性沥青）	随时	—

8.4.5 沥青混合料拌合厂必须按以下步骤对 PAM 生产过程控制，并按表 8.4.5 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。

1. 随时目测各种材料的质量和均匀性，目测混合料拌合是否均匀、有无花白料、油石比是否合理，检查集料和混合料的离析情况。

2. 检查控制室拌和机各项参数的设定值、控制屏的显示值，核对计算机采集和打印记录

的数据与显示值是否一致。

3.检测混合料的材料加热温度、混合料出厂温度，取样抽提、筛分检测混合料的矿料级配、油石比。抽提筛分应至少检查 0.075mm、4.75mm、9.5mm、公称最大粒径及中间粒径等 5 个筛孔的通过率。

4.取样进行密度试验，确定每日测定压实度的标准密度，密度测定可以用实测法和体积法。施工和验收过程中的压实度检验不得采用配合比设计时的标准密度，应按以下方法逐日检测确定：

a.以试验室试验密度作为标准密度，即沥青拌合厂每天取样 1-2 次实测或计算的试件密度，取平均值作为该批混合料铺筑段压实度的标准密度。其试件成型温度与路面初压温度一致。

b.以每天实测矿料密度计算得到的理论最大相对密度作为标准密度。

c.可根据需要选用试验室标准密度、理论最大相对密度中的 1-2 种作为钻芯法检测评定的标准密度，同时必须在报告中注明选用何种方法确定标准密度。

表 8.4.5 PAM 施工过程中检验频率与要求

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	
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐锅检测评定	符合规定	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	符合规定	传感器自动检测、显示并打印，按 T0981 人工检测
		逐锅测量记录，每天取平均值评定	符合规定	传感器自动检测、显示并打印
矿料级配	0.075mm	逐锅在线监测	±1%	计算机采集数据计算
	4.75、9.5mm		±5%	
	>9.5mm		±6%	
	0.075mm	逐锅检查，每天汇总 1 次取平均值评定	±1%	总量检验
	4.75、9.5mm		±2%	
	>9.5mm		±3%	
	0.075mm	每台拌和机每 500~1000 吨 1 次，以 2 个试拌样的平均值评定	±1%	T0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	4.75、9.5mm		±4%	
	>9.5mm		±5%	
沥青用量（油石比）		逐锅在线监测	±0.3%	计算机采集数据计算
		逐锅检查，每天汇总 1 次取平均值评定	±0.15%	总量检验
		每台拌和机每 500~1000 吨 1 次，以 2 个试样的平均值评定	±0.2%	抽提 T0722、T0721
压实度	每 2km ² 检查 1 组	试验室标准密度的 98% 试验段密度的 99%	T0924、T0922	

空隙率	每 2km ² 检查 1 组	±2%	T0924、T0922
析漏试验	每台拌和机每天 1-2 次	0.2%	T0732
飞散试验	需要时	20%	T0733

8.4.6 PAM 结构层铺筑过程中必须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 8.4.6 的规定。

表 8.4.6 PAM 施工过程中质量评定标准

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	
厚度	每一层次	厚度 50mm 以上	设计值的 8%	设计值的 10%	施工时插入改锥量测松铺厚度及压实厚度
	总厚度	每 2000m ² 一点	设计值的-5%	设计值的-8%	T 0912
压实度		每 2000m ² 检查 1 组逐个试件评定并计算平均值	试验室标准密度的 98% 试验段密度的 99%		T 0924、T 0922 评定方法见规范
空隙率		同压实度标准	设计要求		本规程要求
平整度(最大间隙)	随时, 单杆(接缝)或连续 10 尺的平均值评定(正常段)		5mm	7mm	T 0931
平整度(标准差)	连续测定		2.4mm	3.0mm	T 0932
宽度	检测每个断面		不小于设计宽度	不小于设计宽度	T 0911
纵断面高程		检测每个断面	±10mm	±10mm	T 0911
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	T 0911

8.5 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按照《公路工程质量检验与评定标准 土建分册》(JTGF80/1—2004)执行。

附录 A 混合料设计步骤

A.1 一般规定

本方法步骤仅适用于 PAM 混合料设计。本附录中未给出的计算公式参见《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)。

A.2 设计步骤

A.2.1 原材料试验

首先对原材料进行筛分,筛分均采用水筛法,在筛分同时对原材料物理指标进行测试,主要包括各种集料的视密度、毛体积密度、吸水率、松散密度、捣实密度与振实密度以及石灰粉视密度。

A.2.2 级配设计

混合料级配可以根据表 5.2.1 进行选择,也可以以下方法进行设计,根据各集料密度参数,在级配设计程序中分别输入相应的参数,并根据设计结果对设计参数进行调整。

本级配设计方法采用体积填充的方法通过线性规划求解混合料的级配组成。设计过程中需要输入的原始数据和条件数据主要有:期望空隙率、粉胶比要求范围、粗集料松散密度、沥青密度与最大公称尺寸。设计的一般过程如下:

- (1)根据测定的最粗一级集料的松散嵌挤密度和毛体积密度确定最粗一级矿料的用量;
- (2)根据矿料的最大粒径和空隙率要求计算有效沥青含量:

$$VEA = 13.261 \times (S / 2.54)^{-0.187} + 0.57 \times (VV - 5) - VV$$

式中: VEA—体积上有效沥青含量 (%);

S—最大粒径 (cm)

VV—空隙率 (%)

- (3)根据吸水率估算吸收沥青含量;

(4)根据粉胶比的约束和矿料总和为 100% 的约束,通过线性规划计算程序对设计的沥青矿料级配进行循环调配,直至满意为止。

- (5)以计算的有效沥青和吸收沥青之和作为设计沥青含量进行性能试验。

设计时采用规划求解方法需要输入的原始参数见表 A.2.1。

表 A.2.1 线性规划求解输入原始参数

输入参数				
期望空隙率	粉胶比范围	最大档集料松散重	沥青比重	最大粒径
(%)		(g/cm ³)		(cm)
18	0.6~1.2	1.647	1.03	3.8100

级配设计时通常将粗细集料分开来分别设计,尤其是粗集料的总量和各级粒径集料的比例对于 PAM 沥青混合料的骨架作用无疑是十分重要的。级配设计与调整通常需要借助计算机程序来完成。

A.2.3 大型马歇尔试验

在确定级配以后就可以进行混合料成型试验,以确定最佳沥青含量。根据 PAM 设计的经验,可以选定三个沥青含量,一般为 2.5%、3.0%与 3.5%。成型试件的密度测定可以采用计算法与 CoreLok 法,混合料的最大理论密度采用计算法,计算采用各集料的密度为有效密度,集料有效密度与最大理论密度的计算公式详细见《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)。根据实测或计算得到的密度数据可以计算出成型试件的空隙率。

A.2.4 沥青膜厚度计算

沥青膜厚度可以通过沥青含量与集料表面积来计算,沥青含量应当采用有效沥青含量,

集料表面积的计算可根据美国 AI 给出的经验公式估算，公式如下：

$$AREA = 0.41 + 0.0041 P_{4.75} + 0.0082 P_{2.36} + 0.0164 P_{1.18} + 0.0287 P_{0.6} + 0.0614 P_{0.3} + 0.1229 P_{0.15} + 0.3277 P_{0.075} (m^2 / kg)$$

式中：

P_i 分别为 I 级筛孔的通过率(%)。

A.2.5 析漏与飞散

析漏试验和飞散试验是确定透水性沥青混合料最佳沥青用量的两项必不可少的试验。通过析漏试验可以确定保证沥青不产生流淌的最大沥青用量；通过飞散试验可以确定透水性沥青混合料不发生严重飞散的最小沥青用量。析漏与飞散试验具体方法与步骤详见《公路工程沥青与沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)。

A.2.6 最佳沥青用量确定

首先根据析漏与飞散试验确定 PAM 的最小与最大沥青用量；通过沥青膜厚度要求可以确定最小沥青用量，然后通过空隙率要求确定沥青用量的范围。最终得到的最佳沥青用量是一个范围，可以取平均值也可以综合考虑经济因素确定最终的最佳沥青用量，分析如图 A.2.1。

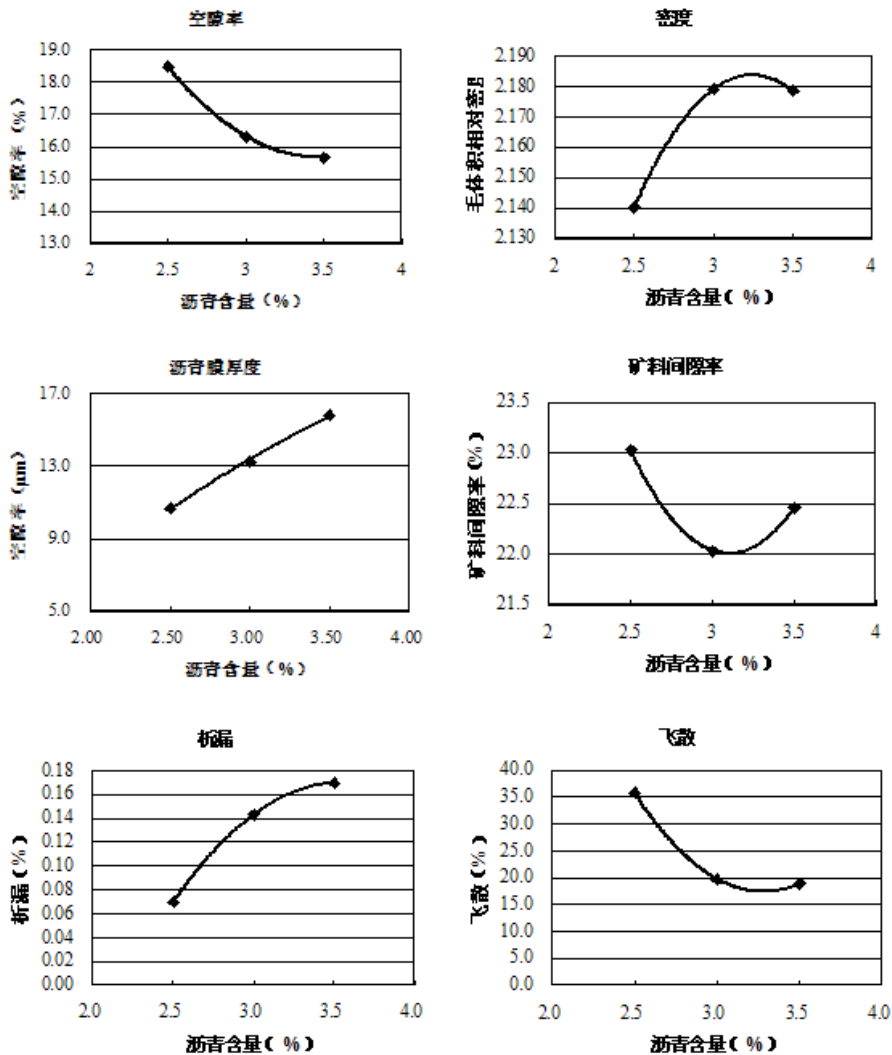


图 A.2.1 PAM 混合料设计分析图

A.3 性能检验

PAM 的性能检验主要包括高温性能和抗裂性能。

附录 B 真空密封法测定压实沥青混合料毛体积密度试验方法

B.1 适用范围

B.1.1 本法为沥青混合料压实试件的毛体积相对密度的测定方法。

B.1.2 本方法适用于开口和（或）内部连通空隙或吸水率大于 2% 的沥青混合料。

B.1.3 压实沥青混合料毛体积相对密度可用于沥青混合料单位质量的计算。

B.1.4 本试验以国际单位为准。

B.1.5 本标准可能包含危险材料、操作和设备。本方法并不能强调关于使用时的所有安全问题。在使用本方法之前，使用者有责任进行合适的安全和健康实践，并确定其使用的规则限制。

B.3 试件

B.3.1 试件可采用室内成型的沥青混合料或取自路面，混合料可以是面层、磨耗层、联结层、找平层或者沥青稳定基层。

B.3.2 试件尺寸一对试件尺寸有如下建议：（1）对圆柱或圆形试件的直径、或切割试件的边长不得小于集料最大粒径的四倍；（2）试件厚度不小于集料最大粒径的 1~1.5 倍。

B.3.3 取自路面的试件宜用钻芯机钻取，采用金刚石或金刚砂钻筒或采用其他合适的方法。

B.3.4 在试件钻取过程中需要避免试样的变形、扭曲、开裂等损坏，钻取后的试样应置于安全及清凉处。

B.3.5 钻取后的试样须避免与其他封层、粘层、基层、底基层材料、土、纸张及金属箔等材料混放在一起。

B.3.6 如果需要，可借助切割机等设备将试件从其他路面结构层中分离出来，参差不齐的试件边缘或者尖锐的集料可能会刺破塑料袋，如果装样袋内放不下试样，则须对试件末端或突出部位进行切割修整以便放入袋后能够包裹好试件。

B.4 设备

B.4.1 装样袋切割工具一刀、剪刀或其他类似剪切工具以便将装样袋迅速剖开。

B.4.2 天平—最大称量满足要求，最低感量要求能达到试样质量的千分之一或更高，天平需要带有悬挂及托盘装置，以便当试件置于悬挂于托盘中心下面的托盘时可以对它称重。

B.4.3 塑料袋—通常采用两种规格的大、小型号塑料袋，小型袋子最小开口尺寸 235mm、最大开口尺寸 260mm，袋重小于 35g；大型袋子的最小开口尺寸 375mm、最大开口尺寸 394mm，袋重 35g 或以上。袋子需要用塑料材料制成且不粘附沥青膜，具备较好的防刺破能力且能耐受高达 70℃ 的试件温度，防水及密封性能良好，袋子最小厚度 0.100mm，最大厚度 0.152mm，制造商需要提供袋子的表观相对密度或与袋子质量有关的表观相对密度的回归公式，以及每批袋子的样本质量，参见制造商的建议以确保对袋子的正常使用。

B.4.4 试件滑动平台—水平、光滑的平台需要置于真空室内以便保证不同高度的试件通过密封条进行密封，平台应该可以移动且尺寸适当以便于进入真空室，保证试件的光滑端面可以较容易地沿光滑平台滑入，与光滑端面相对的试件的另一面需要铺衬一个软垫以免撕破塑料袋，平台要大小合适，以便既能完全托住试件，又能在密封过程中可以移动。

B.4.5 悬挂装置—需要采用最小规格的悬挂细丝以便最大限度地减少对不同浸入深度所可能带来的影响，悬挂装置需要满足能在试件全部浸入溶液中时能对试件质量进行有效称量。

B.4.6 温度计—测量范围从 10~50℃，分度值为 0.1℃。

B.4.7 真空室—需要一个真空泵，真空泵应具备在 60s 内使封闭空腔内的气压达到 5mm 汞柱气压。真空室必须满足密封 350mm 长、150mm 宽和 150mm 高的试件，真空室内需放有具有足够长度的密封条，以便对大小型号的袋子进行密封，根据厂家建议或者袋子成分设定加热温度，设备具备自动密封塑料袋功能，采用某种控制方式将袋中空气抽至真空室，以便

确保袋子贴紧试件，需要对真空抽气和操作进行标定，以便在真空操作完成后 80~160s 内真空室恢复到大气压。真空系统需要具备控制真空室门开闭的插销装置。

B.4.8 真空表（标定过的）—将标定过的真空表放入自动真空密封设备中，以校验真空性能及密封效果，其精度最小测量范围为 10 到 0mm 汞柱，且最低感量为 1mm 汞柱。

B.4.9 水浴—可将悬挂于天平下面的试件浸入水中，且具备水位溢流孔以保持恒定的水位高度，并须附加一个加热器和循环装置。当称量试件质量时热循环装置不应使用。

注：

推荐容器内采用缓冲材料以降低袋子被刺穿的可能，需要采用夹子将水下的袋子固定并保证袋子边缘与水浴边缘不接触，水浴在视线位置有助于避免袋子被撕破和便于观测。

B.5 操作步骤

B.5.1 空气中试件初始质量—将试件置于室温 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ 环境中，称取原始质量记作 E，试样必须处于表干状态，表面无潮湿或水珠溢出，如果试样表面潮湿，在室温环境下用风扇吹干。对于仲裁试验，需将试件干燥至恒定质量时为止。室内刚成型不久的试件由于没有接触潮湿环境，故不再要求干燥。但由于其内部温度较高，可能需要较长的冷却时间。当实验成型的 3000~6000g 试件，置于室温下用风扇降温两小时后，可以认为已达到室温平衡状态。对于较小的试件，其降温时间可适当越短，不同降温措施没有明显差异。

注：

1.当试样置于 $52\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内进行干燥时，若质量波动不超过 0.05%，即认为是质量恒定。当试样被浸水饱和时，首先置于 $52\pm 3^{\circ}\text{C}$ 的烘箱内放置一夜，然后间隔两小时分别测定试样质量；

2.某些操作步骤可参照 T166 进行。

B.5.2 密封试样—根据试样选择适当型号的袋子，直径 100mm 和 150mm，厚度小于等于 50mm 的试件通常采用小袋子。

1.按照制造说明设置密封条加热温度。

2.取一包装袋装入试件，将试件最光滑的一面置于底部，这些操作是在真空室内进行，用一只手在滑动平台上打开袋子，用另一只手将试件放入袋内，袋子密封处距试件保留 25mm 的距离。

3.如有必要，填料板可以在试件放入前提前放入或者取出，抓住袋子未密封端两侧轻轻地推到密封条上方，袋口重叠至少 25mm。

4.在关闭真空室前，检查沿着密封条是否袋口有褶皱。

5.真空泵的指示灯变红，并且真空室外部的真空表开始转动，数字式仪表读数显示了真空状态，这一过程袋子通常会膨胀。

6.一旦密封后，减压阀打开，环绕在袋中试件周围的空气将会逸出到真空室中。

7.将密封盖打开，从真空室内小心将密封的试件取出，轻拉袋子的任何部位，看看是否松弛，松弛区域表明密封不严，对此需要重新从 5.1 节开始，换用一个新袋子并重新开始进行初始质量的称量。

B.5.3 密封试件质量—将试件从真空室内取出后，置于天平上快速称重并记录其质量为 B。

B.5.4 密封试件的水中质量—将密封试件放于 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的水中快速称重，须注意将试件及袋子全部浸入水中，可借助回形针将袋子固定于水下并且使袋子不要接触箱边，测得水中重，记为 C。

注：

将密封盖从密封状态打开到将试件放入水浴中的时间不得超过 1 分钟，以减少袋子泄漏的可能性。

B.5.5 检查—将密封试件从水浴中取出，并且小心取走袋子，称取质量记为 D，将袋子取走

前小心拍走袋上附着的水分使袋子成半干状态，称取试件的空中重记做 E，并与初始质量相对比，如果质量损失小于 0.08%，或者增重不超过 0.04%，即可通过检查，质量损失或增加可能是由于袋子泄露的原因，如果检查不通过，须将袋子移走，并且重新按 5.1 节的步骤开始试验。

B.5.6 干试件质量—试件的干质量 A 通常按照以下操作步骤最后进行称量，对于仲裁试验，跳过本节，直接用 A 等于 E。

1.将已知质量的试件置于已知质量的一个大的平底干燥的盘子中，如果试件不重复使用，将盘子和试件置于 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，如果试件需要重复使用，须将试件放于平盘中，按照注 2 的方法干燥至质量恒定，并跳过 5.6.2 节。

2.将试样置于烘箱中直到混合料被烘散至沥青-细集料颗粒不大于 6.4mm (1/4 英寸)，将分散后的试样置于 $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，干燥至质量恒定，当置于该温度的烘箱中进一步烘干时，两小时间隔内质量改变不超过 0.05% 时即认为是质量恒定。

3.将试样冷却至室温 $25\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，称量试样和盘重，然后减去盘重，并记录干燥质量为 A。

B.5.7 塑料袋相对密度—根据厂家提供的公式计算袋子相对密度，或者给出整批货物的相对密度，记做 F，精确到 0.001。

B.6 计算

B.6.1 按照下面公式计算试件毛体积相对密度，重复测定该值并精确至 0.001。

$$G_{mb} = \frac{A}{(B-C) - \left[\frac{B-E}{F} \right]}$$

式中：

G_{mb} —试件的毛体积相对密度。

B.6.2 按照下面公式计算试件密度，重复测定该值并精确至 0.001。

$$\rho = G_{mb}(\gamma)$$

式中：

ρ —试件密度，单位 g/cm^3 ，

γ — 25°C 的水的密度，($0.997\text{g}/\text{cm}^3$)

B.7 校验

B.7.1 系统校验

1.真空设施每三个月校验一次，设备维修或者搬动重新安装后都要进行校验。

2.对真空表的校验需要采用可放入真空室的绝对真空计量，来校验密封设备的设定真空设定的读数。

3.将计量表放入真空室内，读取并记录所达到的最大真空度，如果读数为 10mm 汞柱或低于此值，该自动真空密封设备将不得使用。

B.8 精密度

B.8.1 通过本试验测得的毛体积相对密度精密度要求见表 B.8.1。

表 B.8.1 毛体积相对密度的可接受性要求

试验类型	标准差	两个结果可接受的范围
单个操作者精密度	0.0124	0.035
多个试验室精密度	0.0135	0.038

注：

精度估计来自“采用 Corelok 真空密封设备测定毛体积相对密度”报告，FHWA 的统筹基金研究项目报告，报告号 FHWA-1F-02-044，NCAT 报告编号 02-11。

B.8.2 表中第二列所给出的标准差对按照第一列类型进行试验来说是合适的，第三列的数字为进行两次合格的平行试验所要求的不宜超过的数值。

附录 C 沥青混合料抗裂性能试验方法

C1 适用范围

C1.1 测定标准条件下沥青混合料抗疲劳和抗裂性能，以裂缝贯穿试件所需加载次数表示。

C2 设备

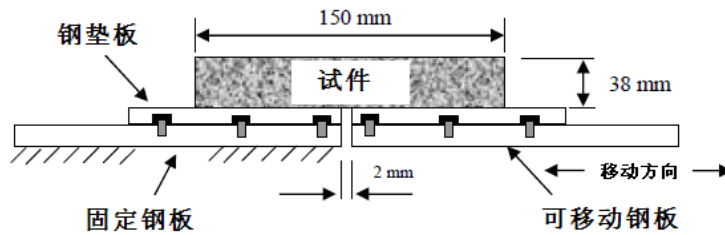
C2.1 测试系统：由试验设备和测量系统组成，必要时配备控温箱。

C2.1.1 试验设备：机械测试设备是由电机带动一个能提供正弦波位移荷载的变速箱进行驱动。试验设备需具有能施加周期为 2s 到 10s，最大荷载为 22.24kN 的荷载的能力。

C2.1.2 控温箱：控温箱可以控制试件达到所需温度。控温箱可控温度范围为 0 到 25℃，误差为± 0.5℃。

C2.1.3 位移测量系统：本系统全程电脑控制；能够测量和记录试件加载过程中试件的水平应变。本系统应能够测量整个实验过程中施加的荷载情况并由此得出分辨率为 0.5%时的变形量。

C2.1.4 承载试件底座：该底座的尺寸长 300mm，宽 150mm，厚 13mm，试验时将试样胶粘于该底座板上。如图 C2.1.4 所示底座板上刻有一定间距的凹槽。应当使用淬火钢、镀钢或高强度阳极氧化铝来制作该底座。



C2.1.4 抗裂试验设备示意图

C2.2 SGC(旋转压实仪)：用来成型实验室试件的旋转压实仪以及相关设备。

C3 试验试件

C3.1 尺寸：试验试件为经旋转压实或者野外钻孔试件切割成长 150mm、宽 76mm、高 38mm 的试件。

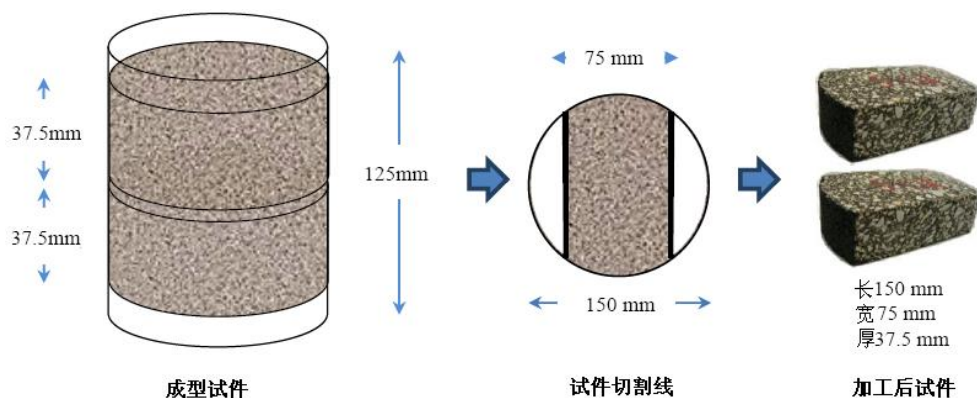
C3.2 旋转压实试件：准备直径为 150mm，高为 127±5mm，空隙率与现场压实后目标空隙率要求一致的试件。

C3.3 也可采用直径为 150mm 现场钻芯试件。

C3.4 切割：如图 C3.4-1、C3.4-2 所示。



C3.4-1 切割标记模具



C3.4-2 从旋转压实试件切割试验试件示意

C3.5 空隙率：试验最终试件的空隙率与现场压实后目标空隙率要求一致。舍弃与目标空隙率相差大于0.5%的试件

C3.6 重复试验：试验试件的个数取决于所需试验结果的准确度，每种混合料要求至少三个试件。

C3.7 试件保存：试件用聚乙烯膜包裹后可在5—25℃条件下保存。

C3.8 切后试件被环氧树脂粘结于钢垫板上，两块板各粘试件长度的一半，然后在试件顶部放置4.5kg或者更重的金属块，确保能粘接牢固。胶粘后的试件需要在25℃条件下放置4小时，以使粘结剂获得足够的强度。

C4 试验程序

C4.1 设定抗裂试验温度为25℃，荷载位移为0.63mm。

C4.2 将胶粘于钢垫板上的试件放在环境箱中，使其达到指定温度。通过中间装有温度传感器的虚拟试样可以确定试件何时达到试验温度。试验在室温条件下（25℃）进行。

C4.3 将粘有试件的钢垫板用螺丝固定到抗裂试验机固定和移动钢板上，确保钢垫板与抗裂试验机可移动钢板能同步移动。

C4.4 如图C4.4所示，施加周期为10s，最大位移为0.63mm的正弦波循环荷载，直到试件破坏。

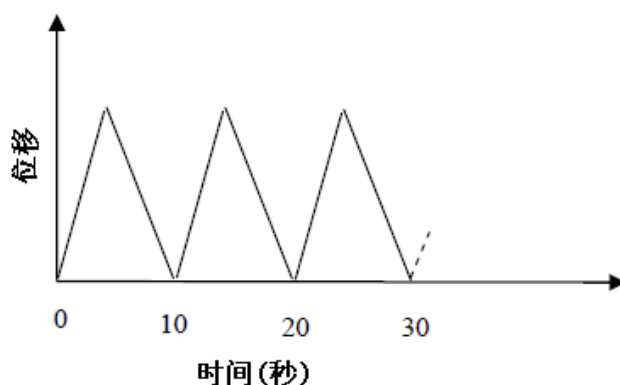


图 C4.4 加载模式

C5 报告

C5.1 报告包括所有的试件信息，包括混合料类型、试件储存条件、试件制作和试验的日期、试件的体积指标、试验温度、开口宽度以及试件破坏加载次数 N。

附录 D 车辆分类方法

D.1 车型分类





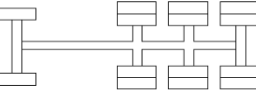


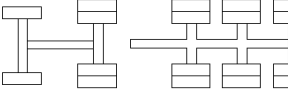
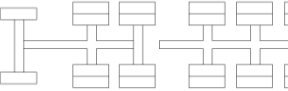
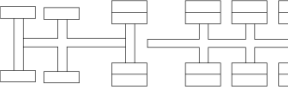
D.1.1 车辆轴型应根据表 D.1.1 规定按轮组和轴组类型分为 7 类。

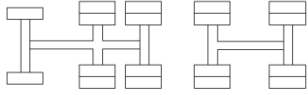
表 D.1.1 轴型分类

编号	轴型说明	编号	轴型说明
1	单轴（每侧单轮胎）	5	双联轴（每侧双轮胎）
2	单轴（每侧双轮胎）	6	三联轴（每侧单轮胎）
3	双联轴（每侧单轮胎）	7	三联轴（每侧双轮胎）
4	双联轴（每侧各一单轮胎、双轮胎）		

D.1.2 车辆类型应按表 D.1.2 所列轴型组合分为 11 类。

表 D.1.2 车辆类型分类

编号	说明	主要车型及图示		其他车型
1 类	2 轴 4 轮车辆	11 型车		
2 类	2 轴 6 轮及以上客车	12 型客车		15 型客车
3 类	2 轴 6 轮整体式货车	12 型货车		
4 类	3 轴整体式货车 （非双前轴）	15 型		
5 类	4 轴及以上整体式货车 （非双前轴）	17 型		
6 类	双前轴整体式货车	112 型 115 型		117 型
7 类	4 轴及以下半挂货车 （非双前轴）	125 型		122 型
8 类	5 轴半挂货车 （非双前轴）	127 型 155 型		
9 类	6 轴及以上半挂货车 （非双前轴）	157 型		
10 类	双前轴半挂式货车	1127 型		1122 型 1125 型 1155 型

编号	说明	主要车型及图示		其他车型
				1157 型
11 类	全挂货车	1522 型 1222 型		

附录 E 热拌沥青混合料试件汉堡车辙标准试验方法

E.1 适用范围

E.1.1 该试验方法系沥青混合料试件车辙与水敏感性的试验方法，主要仪器为汉堡车辙仪。

E.1.2 该试验描述了浸水条件下，沥青混合料试件在一来回滚动钢轮的碾压过程，主要提供了试件在移动、集中荷载下的永久变形的信息。试件成型有专门仪器，试件要制作成板块状；也可以用旋转压实仪进行试件成型现；现场大尺寸（255mm 或 300mm 的直径尺寸）的取芯样，及板状试件的切割件也可以进行该试验。

E.1.3 由于集料结构的软弱，结合料劲度不高，或水损害的原因，热拌沥青混合料容易发生早期损害，该试验主要用来评判混合料早期损害的敏感性。试验可获得车辙深度与试件破坏时的试验轮碾压次数。

E.1.4 由于试件是在一定温度的水环境中进行加载试验的，所以该试验可以对混合料的水稳定性进行评价。

E.1.5 本标准可能涉及到一些危险材料、操作与设备。故而本标准并不可能对所有涉及该试验的安全性问题进行声明。在操作使用之前，本标准使用者要具有适当的安全与健康习惯，并清楚相关规章制度。

E.2 用途与意义

用来进行热拌沥青混合料试件的高温稳定性及水敏感性试验。

E.3 方法简介

将实验室成型好的 HMA 试件，板块状试件的切割件，或路面压实后的取芯样，放在来回式钢轮下面进行荷载试验。试件浸在一定控温的水浴环境中，温度一般控制在 40~50℃ 之间，或者控制在结合料使用的特定温度。试验测出试件在钢轮荷载条件下的变形行为。

E.4 仪器

汉堡轮辙仪—能够运转直径为 203.2mm、宽度为 47mm 的钢轮，电控仪器。钢轮荷载为 $705 \pm 4.5\text{N}$ 。钢轮在试件表面往复滚动，随时间进行正弦加荷。试验轮每分钟通过试件次数约为 50 次，运行从试件中心通过，最大速度可以达到 0.305m/s。

温度控制系统—用来控制水浴温度，控温范围 25~70℃，控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。水浴槽内有机循环系统，用来稳定试件箱内温度。

压痕测量系统—用来测量试验轮产生的轮辙深度的位移传感器装置，最小分辨率 0.01mm，测量区间 0~20mm。传感器锚固在仪器上，可对板块状试件上轮迹中心点的压痕深度进行测量，最少的情况下，试验轮通过试件 400 次时，即测量一次压痕深度。该系统必须能够在不停试验轮的情况下测量出车辙深度，且测量必须参考试件的通过轮次。

轮次计数器—一种非接触式螺线管，用来统计试件表面试验轮的碾压次数。考虑到试件车辙深度是通过轮次的函数，计数器出来的信号是轮迹测量数值的两倍。

试件固定系统—采用不锈钢盘，牢固安装在轮辙仪上，在试验过程以防止试件滑动，即使滑动，也只能在 0.5mm 位移内发生。考虑到水浴在各个方向的自由流通，系统要让试件悬置起来，并且系统设计成为能够保证试件各个边部具有最小 20mm 的自由水流空间。

天平—最大称量上限 12000g，精确到 0.1g；

烘箱—用来加热集料与沥青结合料；

另配备料盘、料勺、刮刀等；

E.5 试件制作

试验用试件数—每次试验需要准备两个试件，试件可以是平板状，也可以是圆柱体。

E.5.1 热拌沥青混合料的拌制、成型

混合料配合比按照现场目标配合比进行。

试件压实成型：试验室可制作板状件，也可以利用旋转压实仪制作柱状试件。

平板试件的制作：利用线性捏合压实仪（Linear Kneading Compactor）进行试件成型，试件长 320mm、宽 260mm。厚度一般在 38mm 到 100mm 之间。平板试件厚度最小应该为混合料最大公称粒径的两倍。压实后，试件放置在干净的平面上，冷却至室温。

旋转压实仪：利用旋转压实仪进行试件制作。试件厚度在 38mm 到 100mm 之间，即可试验用；试件厚度最小应该为集料最大公称粒径的 2 倍。试验需要两个直径 150mm 的混合料试件。取出试件后，放在干净的平台，冷却至室温。

E.5.2 现场生产的热拌沥青混合料—松散混合料

试件成型：平板状试件、旋转压实试件均可。

平板试件的制作：利用线性捏合压实仪（Linear Kneading Compactor）进行试件成型，试件长 320mm、宽 260mm。厚度一般在 38mm 到 100mm 之间。平板试件厚度最小应该为混合料最大公称粒径的两倍。压实后，试件放置在干净的平面上，冷却至室温。

旋转压实仪：利用旋转压实仪进行试件制作。试件厚度在 38mm 到 100mm 之间，即可试验用；试件厚度最小应该为集料最大公称粒径的 2 倍。试验需要两个直径 150mm 的混合料试件。取出试件后，放在干净的平台，冷却至室温。

E.5.3 现场热拌沥青混合料—现场压实（取芯样/板状件）

取芯：从沥青混合料现场路面取芯，获得芯样或平板状试件。现场芯样直径为 250mm。现场板状件采用湿锯方法取芯，切割区域长度为 320mm、宽为 260mm，试件厚度在 38mm 到 100mm 之间，现场芯样或板状件的高度通常为 38mm，但也需要调整高度以适应样品固定系统的尺寸。

E.6 空隙率的控制

按照 T0705 试验规程，测量 HMA 试件的毛体积相对密度。

按照 T0711 试验规程，测量沥青混合料的最大理论密度。

对试验室压实试件，推荐的空隙率为现场压实后现的目标空隙率。现场试件就在其测出的空隙率条件下进行试验。

E.7 试验过程

E.7.1 试件安装：用熟石膏将试件紧紧安装在样品嵌盘里。石膏浆按照石膏与水 1: 1 的比例进行制作。石膏浆作为填充剂，倒入试件与嵌盘之间的缝隙中，与试件等高。试件下面的石膏浆层厚度不能超过 2mm；石膏的凝结时间最少应保证一个小时。假如试验使用了其他固结材料，它应该能够承受 890N 的荷载，而不破裂。

E.7.2 选择试验温度：根据在用规范选择试验温度。

E.7.3 关闭泄水阀，往车辙仪槽内注入热水，直至浮标浮到水平位置。水温可能发生变化，必要时要进行调整。

水温达到试验温度 30 分钟后，将钢轮放下，压住试件。确保微控制 LVDT 传感器读数在 10mm 到 18mm 之间。调整 LVDT 高度时，松掉 LVDT 的紧固螺丝，上下滑动 LVDT 到合适的高度，再将螺丝拧紧。

E.7.4 开始试验

车辙仪停止条件：当钢轮碾压 20000 次时，车辙仪停下；当 LVDT 形变量（从微控单元读数，而非操作屏幕）为 40.90mm 或更大时，车辙仪也停止。

E.7.5 关掉机器及电源，打开水浴箱下面的泄水阀门，放水。提起钢轮，取下车辙试件和隔板。

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

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

E.8 数据处理

E.8.1 对车辙深度—碾压次数作图。图 E.8.1 即为汉堡车辙仪生成的典型图。从该图上，可以得到如下信息：

1. 曲线第一稳态区间的斜率与截距；
2. 曲线第二稳态区间的斜率与截距。

E.8.2 计算

下面所有的试验参数都用“碾压次数”来表达。

剥落拐点 (SIP) = (第二区截距—第一区截距) / (第一区斜率—第二区斜率)

其中：破坏车辙深度是指试验中最大允许车辙深度。

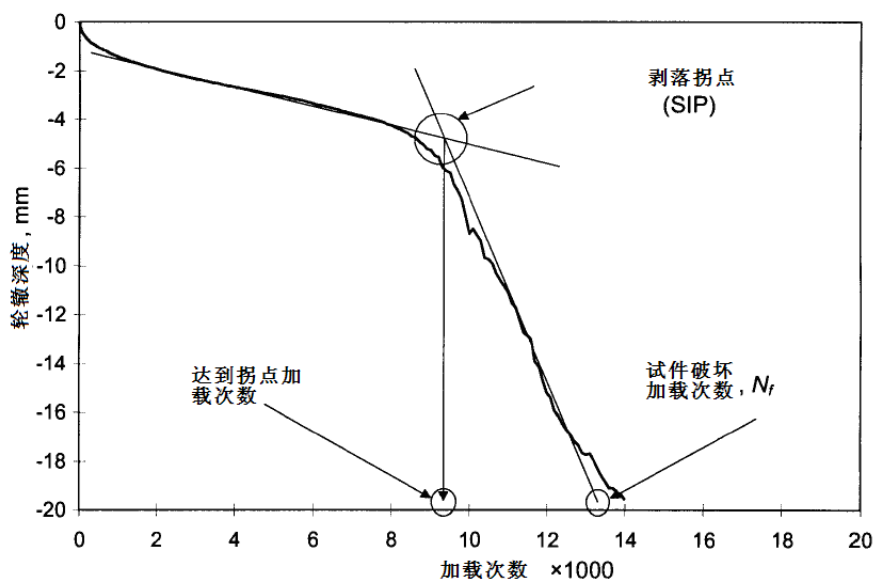


图 E.8.1 汉堡车辙典型曲线图

E.9 报告

报告要包括如下参数：

HMA 制作 (现场或实验室)；试件压实方法与类型 (板状件或旋转压实件)；最大压痕时的碾压次数；最大压痕深度；试验温度；混合料试件空隙率 (若混合料中含有抗剥落剂，注明剥落剂类别与含量)；蠕变线斜率 (Creep slope)；剥落线斜率 (Stripping slope)；剥落拐点。

排水抗裂型沥青混合料设计与施工技术规范

条文说明

为使各单位在使用本规范时，正确理解条文的意义，便于根据实际情况灵活运用，按本规范的条款顺序对某些条款作必要的条文说明。

1 范围

1.0.1 PAM 作为一种新型沥青混合料，其技术指标、配合比设计、施工工艺以及质量控制标准都与常规沥青混合料有很大的差别，安徽省交通控股集团有限公司、安徽省交通规划设计研究院及山东省交通科学研究所在对安徽省试验路跟踪观测与实践中逐步调整的基础上经过多年研究，并经大面实体工程验证，最终提出的一整套技术参数。

1.0.3 PAM 作为路面结构层其兼有排出渗入路面结构内部水分的作用，水分主要通过边坡排出，因此路肩必须能够迅速将水分排出；另外，PAM 应用于新建或旧路补强时，其下承层一般为半刚性基层或旧路面，因此必须防止水分的继续下渗而造成下承层的破坏，使水分通过 PAM 层排出。

2 规范性引用文件

PAM 作为热拌沥青混合料的一种，材料试验方法、混合料的指标计算（除本规程规定外）、施工工艺、质量检验、结构设计等还涉及多项交通行业相关标准与国家标准，因此在采用本规程时如遇到本规程未提及的相关要求应参照相关行业标准与国家标准。

3 术语和定义

3.03 本标准所提橡胶沥青是狭义概念，专指废胎胶粉与沥青拌和的产物。

传统 PAM 沥青结合料采用 SBS 改性沥青、普通沥青或者多级改性沥青（MAC），安徽省交通控股集团有限公司、安徽省交通规划设计研究院及山东省交通科学研究所等单位通过大量课题研究和工程实践表明，橡胶沥青结合料在沥青混合料抗裂和抗疲劳方面表现出优良性能，将橡胶沥青作为 PAM 结合料无疑具有巨大潜力：

将橡胶沥青的性能优势与 PAM 混合料的结构优势相结合，可以说是“强强联合”，一方面，充分利用橡胶沥青粘附性强、弹性恢复性能好、低温抗裂性能突出的特点，可以显著提高 PAM 的高温性能、低温性能、水稳性能及应力吸收能力。另一方面，利用 PAM 混合料的骨架空隙结构，不仅可以提高抗车辙能力，而且可以快速排出路面结构内部自由水，消散和吸收基层反射应力，消除或延缓半刚性基层反射裂缝的产生，防止水损坏的发生。第三，由于橡胶沥青与 PAM 混合料结构设计理念相结合，混合料综合性能得到提高，通过采用中粒式混合料，可适度减薄路面结构层，使得路面结构在满足使用性能条件下更加经济合理。

此外，采用橡胶沥青或橡胶粉改性沥青结合料有望同步实现工程、经济、环保和社会效益，不仅提高路面性能，延长路面的使用寿命，降低工程造价，而且促进废旧轮胎的增值利用，减小“黑色污染”带来的巨大环境压力，节约资源与节能减排。

3.0.5 排水抗裂型沥青混合料（Porous and Anti-cracking Asphalt Mixes，以下简称 PAM）是指沥青混合料最大公称粒径不小于 19mm，铺筑厚度不小于 6cm，空隙率介于 12%~18%之间，能够将水分自由排出路面结构，抗裂性能满足一定指标要求的沥青混合料，PAM 通常用作路面结构中的基层，或轻交通道路的下面层。

PAM 是针对影响和决定路面结构性能优劣的关键技术--传统路面材料尤其是基层与面层间的过渡层存在种类匮乏、综合性能不适宜的技术瓶颈，以及制约和影响高速公路路面使用寿命的关键技术--传统路面结构组合存在难以克服的各结构层性能不协调、易出现反射裂缝和水损坏等病害的技术难题，开发的新型高性能“单粒径骨架连通空隙结构”混合料。PAM 既能发挥原半刚性基层强度高、造价低的优点，又具有良好的透水性、抗车辙、抗反射裂缝和抗疲劳等综合性能，是路面材料领域中一项重大技术突破。

从级配设计角度考虑，PAM 应当是一种新型的沥青混合料，通常由较大粒径（25mm-62mm）的单粒径集料形成骨架由一定量的细集料形成填充而组成的骨架型沥青混合料。PAM 有着良好的排水效果，通常为半开级配（空隙率为 12-18%）。它不同于一般的

沥青处治碎石(ATPB)基层,也不同于密级配大粒径沥青混合料(ATB)。沥青处治碎石(ATPB)粗集料形成了骨架嵌挤,其基本上没有细集料填充,因此空隙率很大一般大于 18%,具有非常好的透水效果,但由于没有细集料填充空隙率过大其模量较低而且耐久性较差。密级配大粒径沥青混合料(ATB)具有良好的骨架结构,空隙率一般在 3-6%,因此其不具有排水性能。PAM 级配经过严格设计,其形成了单一粒径骨架嵌挤,并且采用少量细集料进行填充,提高混合料模量与耐久性,在满足排水要求的前提下降低混合料空隙率,其空隙率一般为 13-18%,因此其既具有良好的排水性能又具较高模量与耐久性。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 原材料是保证沥青混合料的最基本条件,原材料的性质、加工工艺直接影响沥青混合料级配设计与混合料性能,因此必须对所采用原材料进行详细调查并进行相关检验,为配合比设计、质量控制指标、施工工艺提供最基础的数据。原材料的稳定性是影响沥青混合料性能与质量控制的另一重要因素,必须保证施工过程中原材料的稳定性尽量减少其变异,施工过程加强原材料抽检,同时必须保证同一规格材料为同一料源,为混合料的稳定性提供基础的保证。

4.2 沥青

4.2.1 为了保证 PAM 的耐久性,混合料需要比较厚的沥青膜,但同时必须防止混合料的析漏,因此应当采用粘度较高的沥青结合料。橡胶沥青、SBS 改性沥青和其他改性沥青结合料具有很高的粘度,可以在不析漏的情况下能够保证沥青膜厚度。

当采用其他沥青结合料时,由于粘度的不足,沥青膜厚度与析漏量两个要求不能够同时满足,因此需要添加适量纤维稳定剂(通常为沥青混合料质量的 1.5%左右)来提高沥青用量增加沥青膜厚度,但需要认识到此时计算的沥青膜厚度并没有考虑到纤维稳定剂的吸收沥青(目前尚无法进行计算)。

4.3 粗集料

4.3.1 PAM 中粗集料起到骨架作用,粗集料的质量和其物理性能严重地影响着混合料的使用性能,因此混合料中粗集料应使用轧制的坚硬岩石。砾石存在较多的光滑面,破碎以后难以保证其具有良好的棱角性,而 PAM 对粗集料的棱角性较普通沥青混合料要高,因此规定不采用破碎砾石。

4.3.2 PAM 属于骨架空隙结构,集料的压碎值决定压实路面的稳定性,因此本标准规定集料压碎值应高于《公路沥青路面施工技术规范》(F40-2004)相关技术要求,粗集料与沥青应有良好的粘结力,根据目前高速公路水损害出现的频率较高,而且 PAM 为透水沥青混合料兼有排水功能,沥青路面渗入的水分可能会在 PAM 内部长期存在,因此对抗剥落的要求较普通沥青混合料高。鉴于此要求粗集料与沥青的粘结力为 5 级,小于 5 级时应当采取抗剥落措施,以保证混合料达到抗剥落性要求,未列出指标应满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)中对热拌沥青混合料集料的要求。

4.4 细集料

4.4.1 细集料包括机制砂、石屑和天然砂。采用反击式或锤式破碎机生产的硬质岩集料经过筛选的小于 2.36mm 的部分具有较好的棱角性,可以作为机制砂使用。但必须明确石屑与机制砂是有本质区别的,机制砂是由制砂机生产的细集料,粗糙、洁净、棱角性好,应推广应用。而石屑是石料破碎过程中表面剥落或撞下的棱角、细粉,它虽然棱角性好、与沥青的粘附性好(石灰岩质),但粉尘含量很多、强度偏低、扁片含量及碎土比例很大,且施工性能差、不易压实。因此,国外大都限制石屑的采用,而推广机制砂。天然砂棱角性较差、与沥青的粘附性也较差,对沥青高温稳定性与水稳定性都有较大的影响。PAM 为骨架空隙结构,对所采用的集料棱角性要求较高,并且对抗剥落性能也有很高的要求,因此不推荐采用天然

砂作为细集料。

4.4.2 细集料应当洁净、具有良好的棱角性。针对细集料的洁净指标，给出了砂当量与亚甲蓝试验两种方法，分别针对不同规格的细集料，并且为了更严格控制细集料中粘土的含量将砂当量指标提高。

砂当量指标可以从一定程度上反映出细集料洁净程度，但是对细集料中石粉，粘土等区分程度较低。砂当量指标是测定细集料中石粉和泥土含量的综合反映指标，不能直接反映细集料中真正的泥土含量。

粘土对亚甲蓝的吸附作用很强，亚甲蓝值试验可以反映出细集料中粘土含量的大小。亚甲蓝指标对粘土含量敏感度高，在粘土含量的控制方面比砂当量更适用。

在《公路沥青路面施工技术规范》中，规定沥青混合料 0-2.36mm 细集料亚甲蓝指标应 $\leq 25\text{g/kg}$ 。大量工程试验数据显示这是不合适的，该数值太大，没有实际控制意义。综合项目试验结果及国内相关研究可知，0-2.36mm 细集料亚甲蓝值 $\leq 2.5\text{g/kg}$ ，0.15mm 以下细集料测试亚甲蓝值 $\leq 25\text{g/kg}$ 应该是合适的，因此本标准对该值做了相应的标准说明。

关于细集料的棱角性，美国 Superpave 采用间隙率法，欧洲一些国家采用流动时间法，目前在国内外两种方法都有采用，因此本标准给出了两种方法的指标要求，检验时可任选其中一种。

4.5 填料

由于 PAM 为透水混合料，填充料的添加量比较少，一般为 1%，为了提高沥青混合料的抗水损害能力，规定填充料采用干燥消石灰粉或生石灰粉。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 PAM 是一种全新的沥青混合料，其级配设计与材质、材料特性等有较大的关系，因此必须针对所采用的材质、材料特性、加工工艺等进行相关调查，借鉴成功的经验。

5.1.2 PAM 作为结构层还兼有防止反射裂缝、排水功能，因此必须针对其所处层位，分析其主要发挥的功能，是以防止反射裂缝为主还是以排水为主，其所处层位受力特点对高温稳定性的要求等，有具体针对性进行混合料设计。

5.2 矿料级配

对沥青稳定基层混合料的级配国外做了大量的研究，都提出了自己的级配范围，但各不统一。PAM 作为一种排水基层，一方面由于颗粒较粗，另一方面由于其面临的状况不如面层沥青混合料苛刻，因此其级配并没有严格理论意义上的标准设计方法，一般情况下是根据经验选择级配和沥青用量。PAM 基层需要有排水功能，要求空隙率比较大，因此采用连续密级配式不合适的，而应当考虑连续开级配(或半开级配)和断级配。为达到大的空隙率要求，混合料中粗集料的比例就要求很大，对于断级配在试验室条件下可能会得到很好的结果，但是施工时离析现象十分严重，因此采用的也很少，各国主要研究的还是连续开级配或半开级配。

PAM 没有固定的级配范围与级配曲线，一般情况下根据原材料性质以及所发挥的主要功能，通过线性规划进行设计。为方便施工时进行混合料级配设计与质量控制，本标准制订了级配范围供设计时采用，但并不表明此范围适用于任何原材料种类。表中给出的级配范围较宽，在施工设计时应充分考虑原材料性能、结构层所处层位、功能要求以及地理、气候、交通等条件，并根据成功经验进行级配控制范围的优化。

5.3 混合料设计

5.3.1 我国多年以来一直采用标准马歇尔试验进行沥青混合料的设计和研发，由于 PAM 最大公称粒径较大（通常 $>19\text{mm}$ ），现行沥青混合料试验规程对于大于 26.5mm 的粗粒式沥青混合料，可以采用替代法。由于采用小粒径石料代替大粒径石料的方法会改变原有的级配规律，

造成试验的系统误差。根据目前国内外对成型方法的研究基础,可以采用的方法有大型马歇尔法、振动成型法和旋转压实仪体积法设计等,但是到目前为止都尚无完善的设计体系。马歇尔方法在我国应用比较普遍,也比较容易接受,但是由于大沥青沥青混合料粗骨料相对更多、骨架结构形成较好,如果采用大型马歇尔法则必定会造成大量石料被击碎,从而影响了试验的准确性,另外也不如旋转压实仪能够更好的模拟现场压实情况。旋转压实仪被 SHRP 选作用来高级路面的设计与评价,我国有部分研究机构已经引进,但是由于其价格昂贵,设计理念比较新颖,国内施工单位根本不具备条件。振动成型法只是在国内少数研究机构 and 高校中采用,设备都是自己加工没有统一的规定和标准,而且关于振动成型的方法还处于研究阶段。根据课题研究成型方法要根据现有条件可以采用大马歇尔法与旋转压实仪法,考虑目前施工单位配备旋转压实仪困难很大,现场仍以大马歇尔法为准,但在设计时应对比两种方法进行对比。大马歇尔与标准马歇尔击实参数对比见表 5.3.1。

表 5.3.1 大马歇尔与标准马歇尔击实参数表

参数	标准马歇尔	大马歇尔
试件直径(mm)	101.6	152.4
试件标准高度(mm)	63.5	95.25
锤重(kg)	4.53	10.2
落锤高度(mm)	457	457
击实次数	75	112
每次单位表面功(N.m/mm ²)	0.0025037	0.0025055

关于大马歇尔的标准击实次数国内外都进行了相关研究,美国国家沥青技术中心 Kandhal 教授在报告中指出,击实次数由 75 次增加为 115 次,会导致粗集料被击碎。我国对此也进行了大量研究,通过采用不同次数的击实试验比较试件破碎与空隙率情况,典型数据见表 5.3.2,由表中可以看出击实次数小于 112 次时,随击实次数的增加,空隙率不断减小,密度不断增加。在该过程中集料颗粒之间的距离不断减小,沥青混合料处于压密的过程。击实次数大于 112 次时,由于沥青混合料已达到最佳的密实状态,再施加外界压实功,相当于给沥青混合料施加了外部挠动,同时,击实功过大,石料部分被压碎,导致空隙率增大,密度减小。因此,击实次数 112 次可作为大型马歇尔击实成型的标准击实次数。

表 5.3.2 马歇尔击实次数与空隙率的关系

击实次数(次)	75	97	112	127
毛体积密度(g/cm ³)	2.078	2.141	2.198	2.195
空隙率(%)	19.9	17.5	15.3	15.4

对 Superpave 旋转压实仪法成型,根据交通量的要求,按重交通量要求选取初始压实次数为 8 次,设计压实次数选择为 20、50、75 与 100 次。考虑到路面的实际受力情况,以及目前所采用的重型压路机,压实轴向荷载仍采用为 600KPa。结果分析表明随压实次数的增加试件的密度一直在增加,但增加的幅度逐渐减小,这说明混合料已经逐渐被压实,这也说明对重载交通采用 100 次作为设计压实次数是正确可行的。

表 5.3.3 旋转压实仪压实次数与空隙率的关系

压实次数(次)	20	50	75	100
毛体积密度(g/cm ³)	2.043	2.101	2.152	2.163
空隙率(%)	21.2	19.0	17.3	16.6

通过研究表明两种成型方法有一定的差别,两种成型方法得到试件的密度与空隙率对比数据见表 5.3.4,在表中密度的测试采用真空密封法实测得到。可以看出,大马歇尔法试件

密度较旋转压实小，即马歇尔空隙率比旋转压实法大，其差值比较稳定，基本上在 1.1-1.4%，由此也可以看出旋转压实仪的压实功要比马歇尔法大。另外马歇尔是对混合料进行击实，对于大粒径沥青混合料粗集料比例大，混合料中粗集料形成完整骨架，比较难以击实，而旋转压实仪通过搓揉作用改变集料在混合料中的排列，能够达到较高的密度。根据上面对两种成型方法的分析，可以看出采用哪种方法都是可行的，但需要对两种方法作出对比以便于施工中的控制，或在设计中采用不同的控制指标。考虑目前我国工程实际情况与施工单位水平，仍以大马歇尔法设计为主。

表 5.3.4 两种成型方法空隙率指标比较

沥青用量(%)	3.0	3.5	4.0
Marshall 密度(g/cm ³)	2.182	2.195	2.204
SGC 密度(g/cm ³)	2.209	2.233	2.240
最大相对密度(g/cm ³)	2.615	2.594	2.574
Marshall 空隙率(%)	16.6	15.3	14.4
SGC 空隙率(%)	15.5	13.9	13.0

5.3.2 排水性沥青混合料的主要体积指标就是空隙率，其空隙率要满足排水要求，一般为 12-18% 或 18% 以上。空隙率的测定主要是成型试件密度的测定，由于空隙率较大采用常规的测定方法将难以进行，试件存在较大连通空隙，直接采用蜡封法蜡将进入试件内部，从而影响了密度的测试。密度的测定通常采用实测法和体积法。早期采用的实测法为二次封蜡法，即首先采用橡皮泥将试件表面大空隙填平，然后称重，将橡皮泥填充的体积作为试件的体积，然后进行封蜡测定水中重，通过计算就可以测定试件的密度；体积法为直接采用游标卡尺测量试件的直径和高度计算试件的体积，然后根据试件的重量可以直接计算试件的密度。两种方法都存在一定的缺陷，体积法比较简单直接，但是由于试件表面侧面都并不是十分规则，而且由于粗集料含量大边角容易破损，直接造成计算体积的不准确，误差较大；实测法相对来讲误差较小，但也存在一定的人为误差，特别是在封橡皮泥时不同的人对表面空隙掌握的尺度不一样，另外测定起来也比较繁琐。目前国际上对于空隙率较大混合料密度测定比较先进的方法是真空密封法进行实测，Corelok 设备是真空密封法的典型设备。Corelok 是美国 InstroTek 测量仪器设备公司生产的一种专门用于测量沥青混合料及其砂石原材料密度的自动真空封装设备，是目前沥青及沥青混合料密度测试最先进的测试仪器，被美国 NCAT（美国国家沥青中心）指定为专用密度测试设备，在美国已经得到广泛应用。与其他沥青混合料密度测试设备比较，其特点为：对试样形状无要求、多功能、全自动、快速、准确及再现性好等。Corelok 能准确测试大空隙率沥青混合料的密度，如 OGFC、PAM、透水性路面沥青混合料等，是传统的测试方法无法匹及的。

根据对三种密度测试方法的对比研究（见图 5.3.5）可得到一些结论：三种密度中二次封蜡法密度最大，体积法密度最小，CoreLok 法居中；CoreLok 法密度变化较为平缓，而体积法与二次封蜡法密度变化较大，从另一方面反映了这两种方法误差较大，受人为因素的影响较大，相对而言 CoreLok 法较为准确；这三种方法的变化较大并没有一定的相关性，当然由于试件较少还不能完全认定。综合分析在设计时采用 CoreLok 法密度较为合适，但是受仪器的限制目前国内还比较少，因此在施工现场宜采用体积法，在配合比设计时应对比 CoreLok 法找出其关系。

密度的测定还包括理论最大相对密度的测定，理论最大相对密度可以采用真空实测法和计算法，按照《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）规定，对于普通沥青混合料可以采用实测法，对于改性沥青混合料由于比较难以分散应采用计算法。对 PAM 一般采用改性沥青粘度较大或添加纤维稳定剂，难以分散，因此采用计算法。计算法采用集料有效相对密度，有效相对密度宜直接由矿料的合成毛体积相对密度与合成表观相对密度计算确定，

其中沥青吸收系数 C 值根据材料的吸水率求得，材料的合成吸水率实测或通过计算得到，具体可参见《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)。

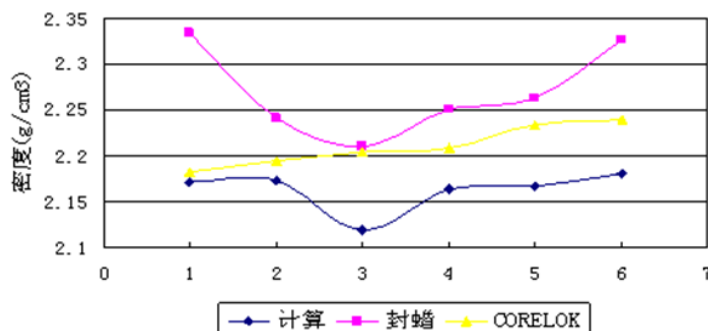


图 5.3.5 三种测试方法密度比较

5.3.3 纵观国内外对排水性大孔隙沥青混合料最佳沥青用量确定的方法，主要都是经验方法。根据课题研究，最佳沥青含量的确定可以综合采用沥青膜厚度、设计空隙率以及析漏与飞散试验方法确定。由于 PAM 具有排水功能，其空隙中有自由水的存在，为了满足水稳定性的要求使得混合料具有更好的耐久性，那么混合料应当具有足够的沥青膜厚度。综合密级配沥青混凝土以及 SMA 混合料的水稳定性研究，以及课题研究，对 PAM 要求沥青膜厚度为 12 μ m。

析漏试验和飞散试验是确定透水性沥青混合料最佳沥青用量的两项必不可少的试验。通过析漏试验可以确定保证沥青不产生流淌的最大沥青用量；通过飞散试验可以确定透水性沥青混合料不发生严重飞散的最小沥青用量。根据这两个沥青用量就可以确定透水性沥青混合料的沥青用量范围，在此范围内再参考设计试件体积指标与沥青膜要求的结果，选择合适的沥青用量作为最佳沥青用量。

为了保证沥青不产生流淌，对于 PAM 由于最大粒径较大，考虑施工中的离析等因素，对 PAM 要求析漏质量损失不大于 0.2%；为了保证混合料不发生松散，飞散试验的质量损失不能大于 20%。

5.4 性能检验

5.4.1 高温稳定性试验

PAM 为单一粒径骨架嵌挤型混合料，9.5mm 以上粗集料比例在 70% 左右，形成了完整的骨架嵌挤，因此具有良好的高温稳定性，研究表明设计更合理的 PAM 是解决重载交通下高温车辙问题最经济有效的途径之一。

评价混合料高温稳定性的试验方法有多种，通常我国采用的方法是动稳定度试验，即车辙试验。沥青混合料车辙试验是试件在规定温度及荷载条件下，测定试验轮往返行走所形成的车辙变形速率，以变形稳定期内每产生 1mm 变形的行走次数即动稳定度表示。车辙试验最大的特点是能够充分模拟沥青路面上车轮行驶的实际情况，在用于试验研究时，还可以改变温度、荷载、试件尺寸、成型条件等因素，以较好的模拟路面的实际情况。

由于 PAM 粒径较大，一般情况下最大粒径可达到 37.5mm，因此传统的 5cm 车辙试件厚度已不适用。对于 PAM 应有最小压实厚度，当车辙试件厚度小于该厚度时粗集料之间不能形成良好的骨架结构，集料之间不能互相嵌挤，此时的试验数据不能反映真实情况。根据混合料压实厚度应为最大公称粒径的 3-4 倍原则，通过大量的试验验证，表明对于最大公称粒径不小于 26.5mm 的 PAM 车辙试验最小应采用 8cm 厚度，试验温度采用现行规范中规定的 60 $^{\circ}$ C。

5.4.2 抗裂性能检验

抗裂性能是排水抗裂型混合料的一个关键指标,对于对抗裂要求高的道路宜进行抗裂性能的检验。

抗裂试验是一种简单、快速、有效的检测沥青混合料抗裂性能的实验室方法,成为 Overlay Tester (简称 OT 试验)。该试验是由 Lytton 等在 20 世纪 70 年代设计的,用来模拟裂缝的张开与闭合的试验方法,而这两个行为正是导致裂缝产生和扩展的动力。后来, Fujie Zhou 等将其改进,用来作为预测和评价沥青面混合料的抗裂性能的可靠简便的试验方法。该方法目前主要应用在美国,由美国德克萨斯州交通委员会 (TxDOT) 制定了试验标准,近年来在全世界范围内逐步推广。

关于 OT 试验的评价指标,德克萨斯州交通部 (TxDOT) 的 Teax Overay Tester Project 认为沥青混合料 OT 试验 25℃ 条件下小于 300 个循环时,沥青混合料抗裂性能比较差。

沥青路面的裂缝包含裂缝的发生和裂缝的扩展两个阶段。传统的测试沥青混合料的抗裂性能方法比如弯曲疲劳试验,时通过控制恒定的应力或应变施加作用,但它只能考察疲劳开裂的发生,无法将裂缝的扩展阶段包含在内。而现在应用广泛的有限元方法,仅仅只能考察已存在裂缝的基础上,裂缝的扩展行为,没有包含裂缝的发生过程。OT 试验中试件的开裂过程则包含这两个阶段,使得试验结果更全面,与路面中沥青混合料的实际表现相关性更好。

6 路面结构设计

6.1 结构层设计

6.1.1 新建排水抗裂路面结构主要指在半刚性基层上增加排水抗裂层的沥青路面结构,以防止半刚性基层的反射裂缝。养护维修或改建工程当沥青面层病害比较少,承载力满足要求时,可以在原路面结构上直接加铺;当沥青层病害较严重或受到标高限制时可铣刨部分结构层,如铣刨掉沥青表面层、或铣刨至上基层后再加铺排水抗裂结构。在排水抗裂层下设置封层主要是为了排出结构内部的水,防止水渗入下承载层结构。

6.1.2 新建工程下承载能力通过结构组合实现;养护维修或改建工程下承层不满足设计承载力要求时,在原结构进行病害处治后,可通过加铺半刚性基层或沥青层等结构层,使加铺后的下承层满足承载力要求。

6.1.5 对原路面进行开挖,一是可以进一步了解路面结构的情况;二是通过承载板或落锤式弯沉仪 FWD 测试,确定路面不同铣刨深度的回弹模量,以便进行结构设计;此外,测试坑挖出的材料,还可以用于材料的室内分析与设计。对于划分的每个路段必须至少一处进行开挖。开挖可以选择在该路段具有代表性的行车道位置。

6.2 推荐结构形式

6.2.1 车辆类型分类和交通荷载等级是借鉴交通运输部西部交通科技项目“基于多指标的沥青路面设计方法研究”的研究成果,在编制的行业标准《公路沥青路面设计规范》也将采用同样的车辆分类和交通等级划分方法。

在没有经验的情况下,可参考推荐的路面常用结构厚度进行结构组合设计,同时应考虑结构层厚度与混合料公称粒径的匹配问题,以及合理的施工厚度,如果同种材料厚度较大,超过单层施工厚度要求,应考虑进行双层或多层施工。

表 6.2.1 下承层强度要求,主要指养护维修或改扩建工程,原路面或铣刨后剩余路面结构做为下承层的强度要求。新建路面结构还应由土基顶面回弹模量的最小要求,见表 6.3.1。

6.3 路面结构参数及验算

6.3.2 由于目前新的规范在编制当中,老的规范还在应用。本规范推荐两套参数分别适用于新旧规范。其中现行规范(2006 年版)参数是采用静态模量测试方法。在编规范采用动态模量的测试方法。

6.3.3 路面结构参数测试方法及结构验算分析按照中华人民共和国行业标准《公路沥青路面

设计规范》执行，新建工程按照新建工程验算分析方法，养护及改扩建工程，按照改建补强罩面验算分析方法。注意采用不同版本规范时，应采用对应的参数和验算分析模型。

6.4 排水设计

6.4.3 传统结构深入路面结构内部的水分无法及时排除，在路面结构内部积聚最终造成路面结构的破坏或加速路面结构的破坏是目前沥青路面结构经常出现的破坏形式，PAM 的一项重要功能就是快速排除深入路面结构内部的水分，或者是由于连通空隙的存在不会造成水分的积聚。PAM 中水分的排除主要是通过路肩排出，因此必须对路肩进行特殊设计。当采用排水盲沟设计时，盲沟中填充料采用水泥稳定单粒径碎石，碎石以上用表面层沥青混合料并与表面层厚度一样一并铺筑。横向排水管与路边泄水槽相连接，使路面内部的水份从泄水槽排出，避免路基冲刷。

7 PAM 施工工艺

7.1 准备工作

7.1.1 检查下承层时应包括下封层的施工质量

7.1.2 原路面严重的破坏将是加铺层结构的软弱点，如不进行处理将会时加铺后的结构存在内部缺陷，从而造成结构内部的进一步破坏。挖补处采用密级配沥青混凝土回填压实，修补以后还需要进行承载力调查。

7.1.3 当对水泥路面进行病害处理时，裂缝严重呈现面板破碎路面、板边板角破碎与坑洞现象应进行挖除，然后采用水泥混凝土或密级配沥青混凝土进行回填压实，对于板底脱空、唧泥与沉陷部分应采用压浆处理。

7.2 拌合厂要求

7.2.2 由于 PAM 大量应用于旧路改造中，一般情况下对旧路交通采取的措施是半封闭，因此必须考虑由于交通半封闭造成的交通堵塞时间。另外，由于旧路破坏严重以及新建公路中施工便道的不平整会造成混合料的颠簸离析，这都是应当考虑的因素。

7.2.3 料堆应有硬化的倾斜铺面，并且有足够的排水系统以帮助从料堆中排水。装载机驾驶员应从有太阳的倾斜面对上取料，并避免使用料堆底部的集料。粗集料应避免使用刚刚破碎的新鲜集料，新集料应放置一周以上才能使用，以防止沥青混合料的剥离发生。

7.3 PAM 的拌制

7.3.1 国际上通用间歇式和连续式两类拌合设备，但间歇式拌合机更适合我国目前国情。这主要是因为我国目前使用的材料品种较杂、变异性大，而且多数是小料场，材料规格不合理等因素。当然，当原材料质量稳定、均匀一致、规格分类合理时，采用连续式拌合机更能提高生产效率。

7.3.2 冷料仓转速与流量关系曲线的标定是必须的，因为保证冷料仓的供料比例是确保生产配合比稳定与供料平衡的先决条件。工程中经常出现拌合站操作人员根据操作室冷料仓转速旋钮就确定了冷料比例，这是不对的，因为材料的棱角性、松装密度、含水量等指标都是影响冷料供料比例的因素。

7.3.3 由于 PAM 填料要求采用石灰粉，因此回收粉不允许采用。

7.3.4 生产配合比调试是保证混合料质量的关键环节，生产配合比调试必须要考虑取样误差、拌合站系统误差、计量偏差等因素多次调整。

7.3.5 温度是沥青混合料的重要参数，必须重视，对基质沥青温度的确定可以采用粘温关系曲线，改性沥青可参考成功经验或根据供应商提供进行验证确定。因为 PAM 混合料中细颗粒成分较少，在干燥筒中容易过热，拌合时会促使沥青老化，故应对拌合温度进行严格控制

7.4 PAM 运输

7.4.4 PAM 粗集料含量较高容易造成离析，因此必须从各个环节进行保证，多次移动运输车

辆分多堆装料是从运输环节减少混合料离析的有效手段之一。

关于离析控制,所谓离析是指混合料中的粗集料与细集料分离开来,呈现出粗细集料在某一部局局部集中的现象。离析是 PAM 在生产施工中应当预防和注意的最常见问题。沥青混合料中主要发现三种离析:随机离析、纵向离析和运输离析。

(1) 随机离析

随机离析通常是因为料场对粗集料的堆积不当或冷料进料过程中有问题。在堆料时粗集料容易沿料堆向下滚落到料堆底部,在送向冷料斗之前,必须用前端装载机将集料拌和均匀。如果没有重新拌和,粗集料会被装载机集中地放在一个冷料斗中,这会根据拌和楼的生产方式,明显地改变混合料中集料的级配。

(2) 纵向离析

仅发生在摊铺机一侧连续的离析,通常是由于卡车在由拌和楼或储料仓不正确的装料引起。如果混合料不能卸载在卡车底的中间位置,最粗的颗粒就可能滚到一侧并沿边上堆积。当混合料装进摊铺机漏斗时,离析的混合料将会置于道路的另一侧,这样就会在摊铺机一侧纵向出现离析的粗纹理区。

(3) 运输离析

PAM 运输离析发生在卡车运送混合料到摊铺机的过程中。当运输道路不平整时,极易发生离析现象。通常卡车在拌和楼装料过程就是这种离析发生的地点。在卡车装料过程中,为避免装料和运输离析,最好移动卡车位置,将混合料在卡车中装成前、后、中三小堆,减少集料滚动的距离。

减少离析的途径可采取以下主要措施:

集料堆积和运输

分层堆积集料(尤其是粗集料)可以减少随机离析问题。在料场场地容许的情况下,尽可能减少料堆的高度。如果粗集料在料堆底部发生了离析,应当用前端装载机将料重新拌和后,才能送到冷料斗中。加强料堆卸料和装料的管理,是减少随机离析的关键。

(2) 汽车装卸料

防止因汽车装载而形成的离析,在装载过程中,应至少分三次装载,第一次靠近汽车的前部,第二次靠近汽车的尾部,第三次在汽车的中部,通过这种方法基本上能消除因装载形成的离析。如果每拌一盘料就进行装载,通过滑模在汽车的上方移动,可对汽车进行均匀装载,它比分三次装载的效果还要好。另外,当汽车内的混合料进入摊铺机时,应使混合料作为一个整体进入摊铺机的料斗,这样可以避免因汽车卸载时引起的离析。

(3) 摊铺机铺筑作业

在摊铺过程中保持摊铺机料斗至少半满,只有在必要时才收起料斗,料斗的收起能消除料床上的料沟,能使下一车的料能作为一个整体卸在摊铺机的料斗里,这样会明显减少离析程度。在汽车卸载在摊铺机上时,卸载速度应尽可能的快,当摊铺机的料很满时,混合料就从汽车的底部运走,这样就减少了材料的滚动,一定程度上减少了离析。尽可能保证摊铺机进行连续作业,不要停顿。调整摊铺机的摊铺速度使之与拌合厂的供料速度一致。

(4) 保证摊铺厚度

根据对 PAM 离析的研究,摊铺厚度对混合料离析有很大影响,当摊铺厚度变厚时可以明显减少离析程度,因此在摊铺过程中应注意检查摊铺的厚度,保证混合料的最小摊铺厚度。

7.5 PAM 摊铺

7.5.1 PAM 的设计厚度一般情况下最为 8~12cm,按照以往传统密级配混合料的施工经验是不可以一次性摊铺的。但是根据相关研究,混合料铺筑厚度至少为最大公称尺寸的 3 倍,如 PAM-25 其最大公称尺寸为 26.5mm,这样最小铺筑厚度应为 7.95cm,根据研究如果采用两层摊铺,在铺第二层时会对第一层造成很大的破坏;另外由于 PAM 的设计级配为骨架空隙

结构，同时也为了避免更多的粗骨料破碎和混合料的严重离析，所以应采取一次摊铺。所有的实体工程表明，采用一层摊铺压实，完全满足施工和质量技术要求。

7.6 PAM 的压实及成型

7.6.2 PAM 属于单一粒径骨架嵌挤结构，大于 9.5mm 粒径一般占 70% 以上，因此容易压实，但是由于没有细集料的填充也容易造成粗集料的压碎，在施工过程中应严格控制压实温度与压实遍数。

7.6.3 给出的压路机基本配备仅针对于采用一台 3000 型拌合站式，当拌合能力增大时压实设备也应相应增加。

7.6.4 PAM 的铺筑厚度较大，转弯很容易产生推移与拥包，这将对压实质量、平整度造成很大的影响，因此应严格控制压路机的转弯。

7.6.6 列出的两种压实工艺是目前工程中经常采用的压实工艺，但并不局限于此两种工艺。当有数据表明或经试验段验证采用其他压实工艺也能很好满足要求时，也可以采用经验证的工艺。

8 质量控制

8.1 一般规定

8.1.1 施工质量的管理与检查验收在国外通常称为“质量控制/质量保证”（简称为 QC/QA），是工程项目保证质量的手段，在国外已普遍采用，在我国还处于试用阶段。

8.3 铺筑试验段

8.3.3 在试验段实施时可以定点采用精密水准仪观察每压一遍后高程变化情况，当高程不再变化或变化非常小时可以认为已经完成压实，当高程突然急剧下降时，可以及时察看是否集料出现了大量破碎，并记录每一时刻的压实遍数，等试验管完成以后与芯样进行对比建立对比关系，确定合理的压实工艺，在大面积施工中通过严格控制压实遍数控制压实度与集料的破碎。

8.3.4 汉堡轮辙试验是目前评价沥青混合料高温性能更为科学、条件更为苛刻的试验方法，其可以采用压实成型板式试件也可以采用圆形试件或现场芯样，目前在美国与欧洲得到大量应用。汉堡轮辙试验仪可用于测定压实沥青混合料的水稳定性及高温稳定性。试验的基本过程是，使一定重量和规格的钢轮在沥青混合料的表面上来回滚过 20000 次，通过测量沥青混合料的轮辙深度和变形曲线的特征判断沥青混合料的水稳定性和抗车辙性能。沥青混合料一般浸在 45℃ 或 50℃ 的水中。与传统的轮辙试验仪器相比，如常用的车辙试验仪，汉堡轮辙试验是目前测试沥青混合料水敏感性和高温稳定性最苛刻的试验设备。汉堡轮辙试验结果与沥青混合料的现场性能具有良好的相关性，能通过汉堡轮辙试验检验标准的沥青混合料一般都具有优良的路用性能。

汉堡轮辙试验的评价指标有轮辙深度（rutting depth）、蠕变线（rutting slope）、剥落拐点（stripping inflection point）、剥落线（stripping slope）等（图 E8.2）。目前汉堡轮辙试验尚无统一的检验标准。根据国外的研究报告和试验评定指标，当拐点小于 10000 次时认为沥青混合料水稳定性和抗高温变形性能较差。此外，国外基于对密级配沥青路面水损害与汉堡轮辙试验结果的相关性研究结果，指出在碾压 10000 次时最大变形深度不应超过 4mm，在碾压 20000 次时最大变形深度不应超过 10mm；但是对于大空隙沥青混合料目前还没有相关的研究，考虑到开级配混合料空隙率较大且大部分空隙为连通空隙，在 45℃ 水长时间作用浸泡下，混合料的高温稳定性在一定程度上会受到影响，特别是结合料不加稳定剂的情况，当结合料中加入稳定剂如纤维以后会改善混合料在高温水中浸泡的稳定性。根据国外对改性沥青混合料汉堡轮辙试验的研究并结合课题研究提出了汉堡轮辙试验要求，当然关于透水性沥青混合料汉堡试验标准问题国内外还在继续相关研究。因此提出当采用汉堡轮辙试验检验高温稳定性时，要求试验水温为 45-50℃，20000 次条件时车辙深度不大于 12.7mm，并且汉堡

轮辙试验曲线不允许出现拐点。

8.4 施工过程中的质量管理与检查

8.4.5 对于 PAM 现场压实度应采用空隙率与压实度双指标进行控制，从路面取芯样以实测法或体积法进行测试，混合料理论最大相对密度应采用计算法，另外还需要通过压实遍数来进行压实控制。由于现场压实与室内击实存在差别以及现场沥青封层和石屑的上浮造成混合料底部比较密实也影响了空隙率，在空隙率测试时应予以考虑；另外，考虑空隙率测定方法的不同在正式实施时还可以进行调整；压实度的控制与普通沥青混合料相同，不应小于 98%。现场芯样的检验频率按照规范要求进行，或根据招标文件要求进行。

拌合站控制室要逐盘打印沥青及各种矿料的用量和拌合温度，同时由质检人员检验混合料出厂温度、摊铺温度和碾压温度，并对混合料进行目测检验有无花白料、严重离析现象等。每天结束后，用拌和站打印的各料数量，以总量控制，以各仓用量及各仓级配计算平均施工级配、油石比和抽提结果相比较。

另外对于混合料质量控制，以每天分别从拌合站和摊铺现场取样进行抽提和筛分试验，每天至少两次，每次取样不少于 4kg。由于 PAM 的级配是根据粗集料的骨架和体积状态以及细集料的填充状态，通过实际计算而得到，级配范围随着原材料的体积性质而有所变化，但是为了便于对施工质量的控制，通过对国内外许多资料的查询在级配控制时采用对重点筛孔进行重点控制，主要为 0.075、4.75、9.5、13.2、26.5、31.5 各级必须满足范围要求，根据重点筛孔偏差范围可以制定相应施工控制范围要求，其余筛孔允许有一点超出施工级配要求范围，沥青含量允许偏差为 $\pm 0.2\%$ 。另外还需要对拌合站进行逐盘与总量检验。

混合料的级配曲线以抽提筛分结果为准，由于拌合站热料仓取样偏差比较大，不以热料仓筛分根据比例计算为控制要求。混合料在取样时应尽量避免离析，可以多取一些然后进行四分。

8.4.6 本条给出了 PAM 的质量评定标准，由于 PAM 结构层主要是作为基层来进行使用，因此其评定标准参考了基层的评定标准。

附录 A 混合料设计步骤

A.2 设计步骤

A.2.2 级配设计方法除采用线性规划方法以外，还可以采用调整后的多级嵌挤设计方法，其中嵌挤状态的设计是前提，PAM 在级配上基本上属于大粒径骨架嵌挤。由于空隙率较大属于半开级配，因此在贝雷法设计时不需要考虑第二级和第三级填充。在进行混合料级配设计时首先应当测定各种集料的密度指标，主要有松散、捣实与振实密度、毛体积相对密度与表观相对密度。应用粗骨料骨架嵌挤方法进行混合料级配设计时，应当遵循以下过程：

(1) 粗细集料的划分

粗细集料的区分动态地根据最大公称尺寸 (NMPS) 的 0.22 倍所对应的相近尺寸的筛孔孔径作为粗细集料的分界点。例如，最大公称尺寸为 37.5mm 混合料对应 9.5mm 的筛孔孔径，然后将粗细集料的分界点作为第一个控制筛孔 (PCS)。首先确定细集料含量，细集料含量确定的基本原则是：

细集料的体积 \leq 粗集料空隙率的体积

粗集料的体积 + 细集料的体积 = 单位体积

(2) 粗细集料体积特征

粗集料、细集料以松散、捣实与振实密度来确定混合料的体积特征，细集料在混合料中属于松散状态，粗集料在混合料中术与骨架结构而且基本上属于单一粒径骨架嵌挤，在压实过程中嵌挤更加紧密，因此粗集料的状态至少应该为振实状态。合理的选择粗、细集料的体积状态对级配设计有着很大的影响。

(3) 集料粒径的约束

进一步对粗集料的不同粒径进行约束,考虑各种集料的比例,主要是从集料的离析和压实方面进行考虑。

(4) 级配计算

将试验数据输入到计算机中并进行适当的调整,计算出各种原材料的用量并在 0.45 次访级配曲线图上绘出相应的级配曲线。在调整过程中需要综合考虑集料的相关因素,选定适宜的集料密度取值、粗集料之间的合理搭配、细集料之间的合理搭配、矿粉的含量等。

一般情况下,采用程序进行级配计算,程序计算出的各种集料用量比例不一定完全适合,需要人工进行相应的调整。

国内外的研究表明,对于大粒径沥青混合料的设计,必须使粗骨料能充分形成石-石接触的骨架特征,粗集料之间实现互相嵌挤。SMA 中对评价粗集料能否实现嵌挤结构已有关键性评价指标,即在压实状态下沥青混合料中粗集料(4.75mm 以上集料)的骨架间隙率 VCA_{mix} 必须等于或小于没有其他集料、结合料存在时粗集料集合体在捣实状态下的间隙率 VCA_{DRC} 。如果做不到这一点,表明粗集料的嵌挤作用就不能形成。

按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058-2000)中 T-0304 的方法测定各集料的密度。测定在捣实状态下,粗集料骨架间隙率 VCA_{DRC} 按《公路工程集料试验规程》(JTJ 058-2000)中 T-0309 的捣实方法,测定粗集料的松方相对密度 ρ_s ,按下式计算捣实状态下粗集料骨架间隙率 VCA_{DRC} 。

$$VCA_{DRC} = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho_{ca}}\right) \times 100\%$$

式中: ρ_{ca} ——粗集料的合成毛体积相对密度, g/cm^3 ;

ρ_s ——粗集料捣实相对密度, g/cm^3 。

选择适当的油石比制作马歇尔试件,测定沥青混合料的毛体积相对密度 ρ_{mb} ,按下式计算 VCA_{mix} 。

$$VCA_{mix} = \left(1 - \frac{\rho_{mb}}{\rho_{ca}} \times P_{ca}\right) \times 100$$

式中: P_{ca} ——沥青混合料中粗集料的比例,即大于 4.75mm 的颗粒含量, %;

ρ_{mb} ——沥青混合料毛体积相对密度, g/cm^3 ;

另外,根据国外相关研究判排水抗裂沥青混合料的骨架结构,还需要判定其石-石接触度,其计算公式如下。

$$SSC = 100 \rho_{cm} / \rho_s$$

式中: SSC—石石接触度百分数

ρ_s —粗集料捣实相对密度, g/cm^3 。

ρ_{cm} --混合料中粗集料密度

$$\rho_{cm} = \rho_{mb} \times P_{ca}$$

ρ_{mb} --混合料的毛体积密度, g/cm^3 。

根据相关研究认为当 $SSC > 90\%$ 时,混合料为紧排骨架结构。