

泡沫温拌沥青混合料施工技术规范

Technical specification for construction of foamed warm asphalt mixture

2021 - 09 - 30 发布

2021 - 10 - 30 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 2

 4.1 一般规定 2

 4.2 沥青 2

 4.3 集料 3

 4.4 矿粉 4

 4.5 水 5

5 配合比设计 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 设计要求 5

6 施工 6

 6.1 一般规定 6

 6.2 施工准备 6

 6.3 拌和 7

 6.4 运输 8

 6.5 摊铺及碾压 8

 6.6 接缝及开放交通 9

 6.7 施工质量控制 9

7 质量检验 11

 7.1 一般规定 11

 7.2 实测项目 12

 7.3 外观质量 13

附录 A（规范性） 泡沫沥青及混合料的室内制备方法 14

附录 B（规范性） 沥青发泡效果试验方法 17

附录 C（规范性） 基于拌合电流的泡沫温拌沥青混合料施工和易性试验方法 18

附录 D（规范性） 泡沫沥青粘度变化率试验方法 20

前 言

本标准按照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。

请注意本标准中的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由浙江省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：金华市公路与运输管理中心、河海大学、江苏路易达工程科技有限公司。

本标准主要起草人：邹晓勇、于新、吴闻秀、李宁、胡永林、董夫强、方向征、傅顺康、曹正道、陈学军、司晶晶、张标、张阳、宋栩微、虞浩、陈晨、卞加前、李伟、王钰莹、徐子淇、余永飞。

泡沫温拌沥青混合料施工技术规范

1 范围

本标准规定了泡沫温拌沥青混合料的材料、配合比设计、施工及质量检验等技术要求。
本标准适用于公路工程中泡沫温拌沥青混合料的设计、施工及质量检验。

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标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

JTG E20—2011 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 E60—2019 公路路基路面现场测试规程
JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范
JTG F80/1—2017 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JTG/T 5521—2019 公路沥青路面再生技术规范
DB33/T 896—2013 高等级公路沥青路面设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

泡沫沥青 foamed asphalt

将热沥青和水在专用的发泡装置内混合、膨胀，形成含有大量均匀分散气泡的沥青材料。

[来源：JTG/T 5521—2019，2.1.12]

3.2

泡沫沥青粘度变化率 viscosity change rate of foamed asphalt

沥青发泡后粘度的变化量与发泡前的粘度比值。

3.3

泡沫温拌沥青混合料 foamed warm asphalt mixture

泡沫沥青作为胶结料，并使用温拌施工工艺，与同类型热拌沥青混合料相比，可降低20℃及以上的出料温度、摊铺温度，达到集料均匀拌和的目的，并能保证沥青路面路用性能的混合料。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 各种材料运至现场后应按 JTG F40 规定取样进行质量检验，经检测合格后方可使用，不应以供应商提供的检测报告或商检报告替代现场检测。

4.1.2 集料粒径规格以方孔筛为准，不同料源、品种、规格的集料应分区隔离堆放，不应混杂。各种集料和矿粉的存放应采取防雨和场地硬化等措施。

4.2 沥青

发泡沥青宜采用A级70号道路石油沥青和SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯聚合物）改性沥青，其技术要求应符合表1和表2规定。

表1 A 级 70 号道路石油沥青技术要求

技术指标		单位	技术要求		试验方法
			高速公路及一级公路	二级及以下公路	
针入度（25℃，100g，5s）		0.1mm	60~80	60~80	JTG E20—2011 T 0604
延度（5cm/min，15℃），≥		cm	100	100	JTG E20—2011 T 0605
延度（5cm/min，10℃），≥		cm	20	20	
软化点（环球法），≥		℃	46	46	JTG E20—2011 T 0606
溶解度（三氯乙烯），≥		%	99.5	99.5	JTG E20—2011 T 0607
针入度指数 PI		—	-1.3~+1.0	-1.5~+1.0	JTG E20—2011 T 0604
薄膜加热试验 163℃，5h	质量变化，≤	%	±0.6	±0.8	JTG E20—2011 T 0609 或 T 0610
薄膜加热试验 163℃，5h	针入度比（25℃），≥	%	65	61	JTG E20—2011 T 0604
	残留延度（10℃），≥	cm	6	6	JTG E20—2011 T 0605
闪点（COC），≥		℃	260	260	JTG E20—2011 T 0611
蜡含量（蒸馏法），≥		%	2	2.2	JTG E20—2011 T 0615
密度（15℃），≥		g/cm ³	1.01	—	JTG E20—2011 T 0603
动力粘度（60℃），≥		Pa·s	180	180	JTG E20—2011 T 0620

表2 SBS 改性沥青技术要求

技术指标		单位	技术要求		试验方法
			高速公路及一级公路	二级及以下公路	
针入度（25℃，100g，5s）		0.1mm	40~70	40~70	JTG E20—2011 T 0604

表2 SBS改性沥青技术要求(续)

技术指标		单位	技术要求		试验方法
			高速公路及一级公路	二级及以下公路	
针入度指数 PI		—	−0.2~1.0	−0.2~1.0	JTG E20—2011 T 0604
延度 (5cm/min, 5℃), ≥		cm	25	20	JTG E20—2011 T 0605
软化点 (环球法), ≥		℃	70	60	JTG E20—2011 T 0606
运动粘度 (135℃), ≥		Pa·s	3	3	JTG E20—2011 T 0625 或 T 0619
闪点 (COC), ≥		℃	245	245	JTG E20—2011 T 0611
溶解度 (三氯乙烯), ≥		%	99	99	JTG E20—2011 T 0607
贮存稳定性离析, 48h 软化点差, ≤		℃	2.5	2.5	JTG E20—2011 T 0661
弹性恢复 (25℃), ≥		%	80	75	JTG E20—2011 T 0662
旋转薄膜加热 试验后	质量变化, ≤	%	±0.5	±0.5	JTG E20—2011 T 0609 或 T 0610
旋转薄膜加热 试验后	针入度比 (25℃), ≥	%	65	65	JTG E20—2011 T 0604
	延度 (5cm/min, 5℃), ≥	cm	15	15	JTG E20—2011 T 0605

4.3 集料

4.3.1 粗集料

应采用石质坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质、近正方体、有棱角的碎石, 粒径大于 2.36mm, 面层碎石应采用反击式破碎机, 以及规定的除尘、整形加工工艺进行轧制, 严格限制集料的针片状颗粒含量和含泥量。高速公路及一级公路的上面层宜采用玄武岩或辉绿岩等符合要求的集料, 中下面层宜采用石灰岩等碱性集料。粗集料的技术要求应符合表3 规定。

表3 粗集料技术要求

技术指标	单位	技术要求			试验方法
		高速公路及一级公路		二级及以下公路	
		上面层	其他层次		
石料压碎值，≤	%	20	24	30	JTG E42—2005 T 0316
洛杉矶磨耗损失，≤	%	28	28	35	JTG E42—2005 T 0317
表观相对密度，≤	—	2.6	2.6	2.45	JTG E42—2005 T 0304
吸水率，≤	%	2.0	2.0	2.0	JTG E42—2005 T 0304
坚固性，≤	%	12	12	—	JTG E42—2005 T 0314

表3 粗集料技术要求（续）

技术指标	单位	技术要求			试验方法
		高速公路及一级公路		二级及以下公路	
		上面层	其他层次		
针片状颗粒含量（混合料），≤ 其中 4.75mm~13.2mm，≤ 13.2mm 以上，≤	% % %	12 15 10	15 18 12	20 — —	JTG E42—2005 T 0312
水洗法<0.075mm 颗粒含量 粒径大于 4.75mm，≤ 粒径在 2.36mm~4.75mm 之间，≤	% %	0.8 2.0	1.0 2.0	1.0 2.0	JTG E42—2005 T 0310
软石含量，≤	%	2.5	3.5	5	JTG E42—2005 T 0320
对沥青的黏附性，≥	—	5 级	4 级	4 级	JTG E20—2011 T 0616、T 0663
石料磨光值（PSV），≥	—	42	—	—	JTG E42—2005 T 0321
方解石含量，≤	%	10	15	—	—

4.3.2 细集料

沥青面层细集料应采用坚硬、洁净、干燥、无风化、无杂质并有合适颗粒级配的 100%破碎机制砂组成，粒径小于等于 2.36mm。细集料优先选用石灰岩石质，当条件限制时可采用玄武岩、辉绿岩等其他基性岩石，不应选用酸性岩质岩石，不应采用石屑，不应采用山下脚料。细集料的技术要求应符合表 4 规定。

表4 细集料技术要求

技术指标	单位	技术要求		试验方法
		高速公路及一级公路	二级及以下公路	
表观相对密度，≥	—	2.60	2.45	JTG E42—2005 T 0328
坚固性（大于 0.3mm 部分），≤	%	12	—	JTG E42—2005 T 0340
含泥量（小于 0.075mm 的含量），≤	%	3	5	JTG E42—2005 T 0333
砂当量，≥	%	60	50	JTG E42—2005 T 0334
亚甲蓝值，≤	g/kg	5	—	JTG E42—2005 T 0349
棱角性（流动时间），≥	s	30	—	JTG E42—2005 T 0345

4.4 矿粉

矿粉要求采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料磨制的矿粉，原石料中的泥土等杂质应除净。矿粉应干燥、洁净、无结块，不应使用回收粉尘，其技术要求应符合表 5 要求。

表5 矿粉技术要求

技术指标		单位	技术要求		试验方法
			高速公路及一级公路	二级及以下公路	
表观相对密度， $\geq$		—	2.60	2.45	JTG E42—2005 T 0352
含水量， $\leq$		%	1	1	JTG E42—2005 T 0103 烘干法
粒度范围	$<0.6\text{mm}$	%	100	100	JTG E42—2005 T 0351
	$<0.15\text{mm}$		90~100	90~100	
	$<0.075\text{mm}$		75~100	70~100	
外观		—	无团粒结块	—	视检
亲水系数， $<$		—	1		JTG E42—2005 T 0353
塑性指数， $<$		%	4		JTG E42—2005 T 0354
加热安定性		—	实测记录		JTG E42—2005 T 0355

4.5 水

生产泡沫沥青用水宜采用人或牲畜饮用水。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 高速公路、一级公路用泡沫温拌沥青混合料配合比设计应在借鉴以往同类材料的配合比设计经验基础上进行目标配合比设计、生产配合比设计、生产配合比验证。二级及以下公路可按上述要求进行泡沫温拌沥青混合料配合比设计，也可直接应用成功经验。

5.1.2 对于选定的沥青，按照附录 A 中 A.3 规定的方法，评价沥青是否可以发泡，并确定泡沫沥青的最佳发泡用水量。

5.2 设计要求

5.2.1 目标配合比设计

5.2.1.1 根据所设计的泡沫温拌沥青混合料混合料类型和本文件对材料的要求，选用符合要求的材料，进行配合比设计。

5.2.1.2 当沥青满足发泡效果标准时，对未发泡状态沥青按照 JTG F40 规定的热拌沥青混合料配合比设计方法进行矿料级配和最佳沥青用量的确定，其沥青用量即为泡沫温拌沥青混合料的最佳沥青用量。

5.2.1.3 采用 Superpave 混合料设计方法设计时，设计成果应用马歇尔试验方法进行试验和设计检验。泡沫温拌沥青混合料马歇尔试验结果应符合 JTG F40—2004 中 5.3 的相关要求。

5.2.1.4 在最佳发泡用水量下，按照附录 A 中 A.3 规定的方法制备泡沫沥青，根据 5.2.1.2 确定的矿料级配和最佳沥青用量，按附录 A 中 A.4 制备泡沫温拌沥青混合料。

5.2.1.5 泡沫温拌沥青混合料应在配合比设计的基础上按 JTG F40 要求进行抗车辙性能、水稳定性、低温抗裂性能等路用性能的检验，不符合要求的泡沫温拌沥青混合料，应更换材料或重新进行配合比设计。

5.2.2 生产配合比设计

对间歇式拌和机，首先应按规定方法取样测试各热料仓的材料级配，确定各热料仓的配合比，供拌和机控制室使用；然后选择适宜的筛孔尺寸和安装角度，宜使各热料仓的供料大体平衡；最后选取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC、 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌，通过室内试验及从拌和机取样试验综合确定生产配合比的最佳沥青用量，由此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 $\pm 0.2\%$ 。

5.2.3 生产配合比验证

5.2.3.1 生产配合比验证阶段。拌和机按生产配合比结果进行试拌试验段铺设，长度宜不小于 200m，并取样进行马歇尔试验，同时从试验段上钻取芯样以测量空隙率，由此确定生产用的标准配合比。标准配合比的矿料合成级配中避免在 0.3mm~0.6mm 处出现“驼峰”。对确定的标准配合比，应按 5.2.1.5 规定进行路用性能检验。

5.2.3.2 确定施工级配允许波动范围。根据 JTG F40 中规定的标准配合比及质量管理要求中各筛孔的允许波动范围，制订施工用的级配控制范围，用以检查泡沫温拌沥青混合料的生产质量。

5.2.3.3 经三阶段配合比设计确定的标准配合比在施工过程中不应随意变更。生产过程中应加强跟踪检测，严格控制进场材料的质量，如遇材料发生变化应重新进行配合比设计，使泡沫温拌沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工单位应制定完善的施工组织设计，包括工料机的选择、调配和保障措施、施工流程，施工工艺，进度和质量控制要求等全过程施工组织生产要求。

6.1.2 泡沫温拌沥青混合料路面不应在气温低于 5℃ 或在雨天、路面潮湿的情况下施工。

6.1.3 泡沫温拌沥青混合料路面面层施工的准备工作、施工现场管理、质量管理与验收，应按照本文件相关规定执行。本文件未规定的技术内容应符合 JTG F40 的相关要求。

6.1.4 正式施工前应根据试验路段确定的沥青混合料拌和工艺要求试拌并进行试铺，试铺长度宜不小于 200m。试铺主要验证施工设备、施工流程、施工工艺和质量控制措施等，形成试铺路段作业报告，经监理单位核准后，指导正式施工。

6.2 施工准备

6.2.1 施工人员准备

施工单位在正式施工前施工人员准备，应按生产规模、生产工艺流程等要求配置生产班组、岗位工人、质量安全管理人員等，并进行施工作业技术交底，以明确生产工艺、质量控制要点。

6.2.2 施工材料准备

6.2.2.1 施工前应检查各种材料的来源和质量。对经招标程序购进的沥青、集料等重要材料，供货单位必须提交最新检测的正式试验报告。从国外进口的材料应提供该批次材料的船运单。对首次使用的集料，应检查生产的生产条件、加工机械、覆盖层的清理情况。所有材料应按规定取样检测，经质量认可后方可订货。材料试样的取样数量与频度按 JTG E20 的规定进行。

6.2.2.2 各种材料都应在施工前以“批”为单位进行检查，不符合本文件要求的材料不得进场。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的沥青为一“批”。

6.2.2.3 工程开始前，应对材料的存放场地、防雨和排水措施进行检查确认，不符本文件要求时材料不准许进场。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，不符要求的材料不准许使用。

6.2.2.4 使用成品改性沥青的工程，应要求供应商提供所使用的改性剂型号、基质沥青的质量检测报告。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。

6.2.3 生产设备调试

6.2.3.1 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、传感器计量精度等进行认真检查、标定，并得到监理的认可。

6.2.3.2 泡沫沥青现场生产时应采用与拌和设备配套的专用发泡设备。泡沫沥青生产设备应包括供水系统、发泡系统、热沥青添加系统及控制系统。发泡设备应能高效、稳定的生产出满足要求的泡沫沥青，能准确定量设定沥青、用水量的比例、流量、定时、压力等参数。水的供给量以沥青泵流量为参照，按照附录 A 中 A.3 规定调试到最佳用水量。

6.2.4 泡沫沥青现场试制

6.2.4.1 根据试验路段批准的最佳沥青用量和最佳发泡用水量设定拌和设备 and 发泡设备的各项参数，并试制泡沫沥青。

6.2.4.2 现场拌和时的沥青发泡水温为常温，A 级 70 号道路石油沥青发泡时的加热温度宜控制在 $150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，SBS 改性沥青发泡时的加热温度宜控制在 $165^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.4.3 应按附录 B 要求，对现场制备的发泡沥青效果进行检测，根据结果对发泡用水量和沥青加热温度进行调整和优化，使泡沫沥青技术要求符合附录 A 中表 A.1 和 A.2 规定。

6.2.5 下卧层处理

铺筑泡沫温拌沥青混合料路面前，应检查下卧层的质量，不符要求的应按设计要求修复。下卧层应洁净、干燥。

6.3 拌和

6.3.1 应根据试验路段确定拌和工艺和拌和时间进行泡沫温拌沥青混合料拌和，每盘泡沫温拌沥青混合料的拌和时间不宜少于 45s，其中干拌时间不少于 5s~10s，SBS 改性沥青和 SMA（沥青马蹄脂）混合料拌和时间应适当延长。拌和的沥青混合料以沥青均匀裹覆集料为度，应均匀一致、无花白料、无结团成块或严重的粗细料分离现象。

6.3.2 泡沫温拌沥青混合料的施工和易性试验应按附录 C 规定执行。70 号道路石油沥青和 SBS 改性沥青泡沫温拌沥青混合料拌和温度应符合表 6 规定。

表6 泡沫温拌沥青混合料拌和温度

工 序	单 位	A 级 70 号道路石油沥青	SBS 改性沥青
沥青发泡时加热温度	℃	145~155	160~170
集料加热温度	℃	140~150	150~160
沥青混合料出料温度	℃	120~140	130~150
混合料贮存温度	℃	贮料过程中温度降低不超过 10	

6.4 运输

- 6.4.1 运料车的运力应稍有富余。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，宜等待的运料车多于 5 辆后开始摊铺。
- 6.4.2 运料车每次使用前后应清扫干净，在车厢板上涂一薄层防止沥青粘结的隔离剂或防粘剂，但不应有余液积聚在车厢底部。从拌和机向运料车上装料时，应多次移动汽车位置，平衡装料，以减少混合料离析。运料车应有保温、防雨、防污染措施。
- 6.4.3 泡沫温拌沥青混合料在摊铺地点凭运料单接收，若泡沫温拌沥青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。
- 6.4.4 摊铺过程中运料车应在摊铺机前 100mm~300mm 处停住，根据摊铺宽度，厚度，估算泡沫温拌沥青混合料用量，间隔停放。由摊铺机推动前进开始缓缓卸料，避免撞击摊铺机。运料车每次卸料应倒净，尤其是对改性沥青或 SMA 混合料，如有剩余，应及时清除，防止结硬。
- 6.4.5 泡沫温拌沥青混合料在运输、等候过程中，如发现有沥青结合料沿车厢板滴漏时，应采取相应措施。

6.5 摊铺及碾压

- 6.5.1 泡沫温拌沥青混合料的摊铺和初压温度宜比热拌沥青混合料降低 20℃以上。A 级 70 号道路石油沥青和 SBS 改性沥青制备的泡沫温拌沥青混合料的最低施工温度宜符合表 7 规定。

表7 泡沫温拌沥青混合料的最低施工温度

施工工序		单位	A 级 70 号道路石油沥青	SBS 改性沥青
摊铺温度	正常施工，不小于	℃	110	125
	低温施工，不小于	℃	125	135
初压温度	正常施工，不小于	℃	105	120
	低温施工，不小于	℃	115	125
碾压终了温度	钢轮压路机，不小于	℃	70	80
	轮胎压路机，不小于	℃	80	90
	振动压路机，不小于	℃	70	90
注：正常施工是指在气温高于 10℃条件下进行的泡沫温拌混合料的施工；低温施工是指气温低于 10℃、高于 5℃条件下进行的泡沫温拌混合料的施工。				

- 6.5.2 摊铺机的摊铺速度应根据施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度确定，普通沥青混合料宜按 2m/min~4m/min（改性沥青混合料及 SMA 混合料的摊铺速度宜放慢至 1m/min~3m/min），具体摊铺速度应根据试验路段批准的作业报告的确定速度摊铺。

6.5.3 摊铺机开工前应提前 0.5h~1.0h 预热熨平板不低于 100℃。铺筑过程中应选择熨平板的振捣或夯锤压实装置具有适宜的振动频率和振幅，以提高路面的初始压实度。熨平板加宽连接应仔细调节至摊铺的泡沫温拌沥青混合料没有明显的离析痕迹。

6.5.4 根据试铺试验路段确定的压路机组合方式及碾压步骤。高速公路铺筑双车道沥青路面的压路机数量应满足现场施工要求，初压和复压均不宜少于两台；初压应在混合料不产生推移、开裂等情况下进行。

6.5.5 泡沫温拌沥青混合料摊铺及碾压成型的其他要求应符合 JTG F40—2004 中 5.6 和 5.7 对热拌沥青混合料的要求。

6.6 接缝及开放交通

6.6.1 泡沫温拌沥青混合料路面的接缝，应符合 JTG F40—2004 中 5.8 对热拌沥青混凝土路面的要求。

6.6.2 泡沫温拌沥青混合料路面应待摊铺层完全自然冷却，混合料表面温度低于 50℃ 后，方可开放交通。

6.7 施工质量控制

6.7.1 泡沫温拌沥青混合料生产过程中，应按本文件规定的检查项目与频度，对各种原材料进行抽样试验，其质量应符合第 4 章规定的技术要求。集料的每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数应按 JTG E42 的规定执行。

6.7.2 施工时泡沫沥青粘度变化率的检测频度应符合表 8 要求。

表8 施工过程中泡沫沥青粘度变化率检查频度

材料	检查项目	检查频度	平行试验次数或一次试验的试样数	试验方法
泡沫沥青	粘度变化率	随时	3	附录 D

6.7.3 每一批次沥青发泡前，应对沥青加热温度进行仔细核查。泡沫温拌沥青混合料正式拌和前，应通过发泡设备的发泡检验喷口进行泡沫沥青发泡效果和泡沫沥青性能的检查。

6.7.4 泡沫温拌沥青混合料的现场取样和成型应连续进行，料温下降到失去工作性后不允许重新加热再成型。取样量应不少于试验需要量的 3 倍，样品温度应符合附录 A 表 A.2 的要求。

6.7.5 取样成型试件进行马歇尔试验，测定空隙率、稳定度、流值，计算合格率。对 VMA（矿料间隙率）、VFA（有效沥青饱和度）指标可只作记录。

6.7.6 泡沫温拌沥青混合料应重视施工温度、矿料级配和油石比控制，控制标准的检查频率和质量要求应符合表 9 要求。

表9 泡沫温拌沥青混合料检查频率和质量要求

检验项目	检查频率	质量要求或允许偏差 ^a	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、油团等现象	目测

表9 泡沫温拌沥青混合料检查频率和质量要求（续）

检验项目		检查频率	质量要求或允许偏差	试验方法
拌和温度	沥青、集料加热温度	逐盘检测评定	符合表6要求	传感器自动检测
	混合料出厂温度	逐盘检测评定	符合表6要求	传感器自动检测
		逐车检测评定	符合表6要求	出厂时逐车按 JTG E60—2019 T0981 人工检测
矿料级配与生产设计标准级配的差值（筛孔）（%）	0.075mm	逐盘在线监测	± 2 （ ± 2 ）	计算机采集数据计算
	≤ 2.36 mm		± 5 （ ± 4 ）	
	≥ 4.75 mm		± 6 （ ± 5 ）	
	0.075mm	逐盘检查，每天汇总1次取平均值评定	± 1	总量检验 按 JTG F40—2004 附录 G
	≤ 2.36 mm		± 2	
	≥ 4.75 mm		± 2	
矿料级配与生产设计标准级配的差值（筛孔）（%）	0.075mm	每天上、下午各1次	± 2 （ ± 2 ）	拌和厂取， 抽提后矿料筛分
	≤ 2.36 mm		± 5 （ ± 3 ）	
	≥ 4.75 mm		± 6 （ ± 4 ）	
油石比（与设计标准配合比的差）（%）		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	动态质量管理 按 JTG F40—2004 附录 F
		每天上、下午各1次，以两个试件的平均值评定	± 0.3	拌和厂取样， 抽提试验检测
马歇尔试验：空隙率、稳定度、流值		每天上、下午各1次，以4~6个试件的平均值评定	符合 JTG F40—2004 的规定	拌和厂取样， 室内成型试验
浸水马歇尔试验		必要时（试件数同马歇尔试验）	符合 JTG F40—2004 的规定	JTG E20—2011 T0702、T0709
车辙试验		必要时（以3个试件的平均值评定）	符合 JTG F40—2004 的规定	JTG E20—2011 T 0719
注：质量要求或允许偏差栏目中括号内指标是对SMA的要求。				

6.7.7 路面铺筑过程中应随时对铺筑质量进行评定，质量检验的内容、频率、允许差应符合表10规定。

表10 泡沫温拌沥青混合料路面施工过程中工程质量的控制标准

检验项目		检查频率及单点检查评价方法	单位	质量要求或允许偏差		试验方法
				高速公路及一级公路	二级及以下公路	
外观		随时	—	表面平整密实，不应有明显轮迹、裂缝、推挤、油汀、油包等缺陷，无明显离析		目测
接缝		随时	—	紧密平整、顺直、无跳车		目测
		逐条缝检测评定	mm	3	5	JTG E60—2019 T 0931
施工温度	摊铺温度	逐车检测评定	—	符合表7要求		JTG E60—2019 T 0981

表 10 泡沫温拌沥青混合料路面施工过程中工程质量的控制标准（续）

检验项目		检查频度及单点检查评价方法	单位	质量要求或允许偏差 ^a		试验方法
				高速公路及一级公路	二级及以下公路	
	碾压温度	随时	—	符合表 7 要求		插入式温度计实测
厚度	每一层次	随时，厚度 50mm 以下—厚度 50mm 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
	每一层次	1 个台班区段的平均值 厚度 50mm 以下 厚度 50mm 以上	mm	—3 —5	— —	按 JTG F40—2004 附录 G 总量检验
厚度	总厚度	每 2000m ² 一点单点评定	%	设计值的—5	设计值的—8	JTG E60—2019 T 0912
	表面层	每 2000m ² 一点单点评定		设计值的—10	设计值的—10	
压实度		每 2000m ² 检查 1 组 逐个试件评定计算平均值	%	实验室标准密度的 97（98） 最大理论密度的 93（94） 试验段密度的 99（99）		JTG E60—2019 T 0924、T 0922 JTG F40—2004 附录 E
平整度 （最大间隙）	上面层	随时，接缝处单杆评定	mm	3	5	JTG E60—2019 T 0931
	中下面层	随时，接缝处单杆评定	mm	5	7	JTG E60—2019 T 0931
平整度 （标准差）	上面层	连续测定	mm	1.0	2.5	JTG E60—2019 T 0932
	中面层	连续测定	mm	1.2	2.8	
	下面层	连续测定	mm	1.6	3.0	
	基层	连续测定	mm	2.4	3.5	
宽度	有侧石	检测每个断面	mm	±20	±20	JTG E60—2019 T 0911
	无侧石	检测每个断面	—	不小于设计宽度		JTG E60—2019 T 0911
纵断面高程		检测每个断面	mm	±10	±15	JTG E60—2019 T 0911
横坡度		检测每个断面	%	±0.3	±0.5	JTG E60—2019 T 0911
抗滑性能	横向力系数 SFC ₆₀ ，不小于	全线连续检测	—	54	满足设计要求	用横向力系数测试车，在 60km/h±1km/h 车速下测得的横向力系数
抗滑性能	构造深度，不小于	每 200m 测 1 处	mm	0.55	满足设计要求	用铺砂法测定
渗水系数，不大于	上面层，不小于	每 1km 不少于 5 点， 每点 3 处取平均值	mL/min	60	120	高速公路及一级公路 使用改进型渗水仪，着地环状宽度 35mm
	中下面层，不小于		mL/min	90	200	

注：压实度指标中括号内是对 SMA 路面的要求。

7 质量检验

7.1 一般规定

7.1.1 基层质量应满足设计要求，表面应干燥、清洁、无浮土。

7.1.2 应严格控制泡沫温拌沥青混合料拌和的加热温度和用水量。拌和后的沥青混合料应均匀、无花白、无粗细料分离和结团成块现象。

7.1.3 应按规定要求控制碾压工艺，严格控制摊铺和碾压温度。

7.2 实测项目

泡沫温拌沥青混合料面层实测项目及应符合表11规定。

表11 泡沫温拌沥青混合料路面实测项目

检查项目		单位	规定值或允许偏差 ^a		检查方法和频率
			高速及一级公路	二级及以下公路	
压实度 ^a △，不小于		%	试验标准密度的96（98） 最大理论密度的92（94） 试验段密度的98（99）		按JTG F80/1—2017 附录B检查每200mm测1点。核子（无核）密度仪每200mm测1处，每处5点
平整度	不大于	mm	1.2	2.5	平整度仪：全线每车道连续检测，按100mm计算IRI或s
	IRI，不大于	m/km	2.0	4.2	
弯沉值（0.01mm）		—	不大于设计验收弯沉值		按JTG F80/1—2017附录J检查
渗水系数	上面层，不大于	mL/min	60	120	渗水试验仪：每200mm测1处
	中下面层，不大于		90	200	
摩擦系数，不小于		—	54	满足设计要求	对面层用横向力系数测试车，在60km/h±1km/h车速下测得的横向力系数
构造深度，不小于		mm	0.55	满足设计要求	铺砂法：每200m测1处
厚度 ^b △	代表值	mm	总厚度：-5%H 上面层：-10%h	H≤60mm：-5 H>60mm：-8%H	按JTG F80/1—2017附录H检查，每200m测1处
厚度 ^b △	合格值		总厚度：-10%H 上面层：-20%h	H≤60mm：-10 H>60mm：-15%H	按JTG F80/1—2017附录H检查，每200m测1处
中线平面偏位		mm	20	30	全站仪：每200m测2处
纵断高程		mm	±15	±20	水准仪：每200m测2处
宽度	有侧石	mm	±20	±30	丈量：每200m测4个断面
	无侧石	—	不小于设计值		
横坡		%	±0.3	±0.5	水准仪：每200m测2个断面
矿料级配△		—	满足生产配合比要求		JTG E20—2011 T 0725，每台班1次
沥青含量△		—	满足生产配合比要求		JTG E20—2011 T 0722，T0721，T0735， 每台班1次
马歇尔稳定度		—	满足生产配合比要求		JTG E20—2011 T 0709，每台班1次
注：△为关键项目，表示对结构安全、耐久性和主要使用功能起决定性作用的检查项目。					
^a 表内压实度，高速公路、一级公路应选用2个标准评定，以合格率低作为评定结果；其他公路选用1个标准进行评定。括号内是对SMA路面的要求。					
^b 表列沥青层厚度仅规定允许偏差。H为沥青层总厚度，h为沥青上面层厚度。					

7.3 外观质量检验

- 7.3.1 表面裂缝、松散、推挤、碾压轮迹、油丁、泛油、离析的累计长度不应超过 50m。
- 7.3.2 搭接处烫缝应无枯焦。
- 7.3.3 路面无积水。

附 录 A
(规范性)
泡沫沥青及混合料的室内制备方法

A.1 一般规定

- A.1.1 本方法规定了泡沫沥青及泡沫温拌沥青混合料制备方法，以供在试验室开展沥青及混合料的试验。
- A.1.2 沥青发泡最佳用水量确定后，方可进行泡沫温拌沥青混合料的生产。
- A.1.3 每次配制的材料质量应当符合拌和锅的容积要求，材料应直接采用生产现场所用材料。

A.2 试验设备

A.2.1 沥青发泡设备

采用沥青发泡试验机，喷射泡沫沥青的速率为 (100 ± 5) g/s，标定完沥青喷射量后，再根据沥青流量标定用水量。

A.2.2 钢桶、量尺与秒表

- A.2.2.1 钢桶直径为275mm，容积为20L。
- A.2.2.2 使用随机附带的量尺，或使用精度高于该量尺的其他量尺。
- A.2.2.3 秒表精度不低于0.1s。

A.3 泡沫沥青室内制备及效果评价

A.3.1 泡沫沥青室内制备

- A.3.1.1 试验室加工时应采用室内泡沫沥青发泡设备。
- A.3.1.2 标定沥青的喷射流量，并设置计时器，使每次沥青的喷射量为 $500\text{g} \pm 10\text{g}$ 。
- A.3.1.3 设定水流量控制计，达到需要的加入量，发泡水温为常温。
- A.3.1.4 通过试验机泵送循环的沥青应加热至适宜的发泡加热温度。其中A级70号道路石油沥青的加热温度宜控制在 $150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、SBS改性沥青的加热温度宜控制在 $165^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，并在开始试验前至少维持5分钟。其他改性沥青发泡时的加热温度应根据不同的沥青类型通过试验确定。当运距过长时，应经过试验调整泡沫沥青的加热温度，避免因运距造成的温度偏差，导致泡沫沥青混合料在碾压过程中，无法成型，从而导致工程质量不能保证。
- A.3.1.5 将泡沫沥青喷射至钢桶里，钢桶的温度保持在 75°C 。

A.3.2 泡沫沥青发泡效果评价

按照附录B的试验方法得出泡沫沥青发泡效果的评价指标膨胀率和半衰期，A级70号道路石油沥青和SBS改性沥青的膨胀率和半衰期应符合表A.1的要求。

表A.1 泡沫沥青发泡效果技术要求

指标	单位	A 级 70 号道路石油沥青	SBS 改性沥青	试验方法
试验温度	℃	150	165	—
膨胀率，不小于	%	14	10	附录 B
半衰期，不小于	s	10	30	附录 B

A.3.3 最佳发泡用水量的确定

泡沫沥青的最佳发泡用水量的确定应根据沥青类型、沥青加热温度通过试验确定。试验主要包括不同发泡用水量时泡沫沥青的粘度变化率和泡沫沥青混合料拌合电流值。泡沫沥青粘度变化率绝对标准值应符合表A.2规定。在粘度变化率绝对标准值满足A.2规定的前提下，拌合电流值最小时的用水量即为最佳发泡用水量。

试验时A级70号道路石油沥青的发泡用水量宜在1%~2%范围内确定，SBS改性沥青的发泡用水量宜在2%~4%范围内确定。粘度变化率试验方法见附录D。泡沫沥青混合拌合电流值根据附录C的C3.3~C3.6步骤测定。

表A.2 泡沫沥青粘度变化率绝对值标准

指标	单位	A 级 70 号道路石油沥青	SBS 改性沥青
试验温度	℃	120	130
粘度变化率绝对值，≥	%	10	30

A.3.4 泡沫沥青养护条件

泡沫沥青技术性能试验时，其养护条件为：将制备的泡沫沥青置入容器内放入保温箱，道路石油沥青在 120℃下保温 2.5h，SBS 改性沥青在 130℃下保温 2.5h。

A.4 泡沫温拌沥青混合料的制备

- A.4.1 将拌和机与发泡设备对接，以便泡沫沥青直接喷入拌和锅中。
- A.4.2 根据需要的室内试验目标配合比所需的最佳沥青用量、最佳发泡用水量及发泡设备的喷出流量，设定好发泡设备的各项参数。
- A.4.3 泡沫温拌沥青混合料室内试验温度应根据具体沥青类型确定，通常比热拌沥青混合料的低 20℃~50℃。混合料拌和温度可根据泡沫温拌沥青混合料拌和电流值的试验方法确定，见附录C，A级 70号道路石油泡沫温拌沥青混合料和SBS改性泡沫沥青混合料的室内试验温度可参考表A.3执行。集料加热温度应比拌和温度高15℃，加热后的石料放入预热好的拌和锅中进行干拌。

表A.3 泡沫温拌沥青混合料室内试验温度

项目	单位	A 级 70 号道路石油泡沫温拌沥青混合料	SBS 改性泡沫温拌沥青混合料
拌和温度	℃	120~135	130~145
成型温度	℃	120~130	130~140

- A. 4. 4 在喷射泡沫沥青前，集料干拌10s，喷射泡沫沥青后持续拌和90s，再加入矿粉持续拌和90s。
- A. 4. 5 将拌制好的泡沫温拌沥青混合料，在对应击实温度下养护2. 5h后，以备后续的试件成型。

附 录 B
(规范性)
沥青发泡效果试验方法

B.1 一般规定

- B.1.1 本方法适用于使用室内沥青发泡装置确定泡沫沥青的膨胀率和半衰期。
- B.1.2 沥青发泡试验宜在常温条件下进行。
- B.1.3 沥青发泡时的水温为常温。
- B.1.4 发泡试验用过的沥青，不应重新发泡使用。

B.2 试验设备

B.2.1 沥青发泡设备

采用沥青发泡试验机，喷射泡沫沥青的速率为 $100\text{g/s} \pm 5\text{g/s}$ ，标定完沥青喷射量后，再根据沥青流量标定用水量。

B.2.2 钢桶、量尺与秒表

- B.2.2.1 钢桶直径为275mm，容积为20L。
- B.2.2.2 使用随机附带的量尺，或使用精度高于该量尺的其他量尺。
- B.2.2.3 秒表精度不低于0.1s。

B.3 沥青发泡效果试验

- B.3.1 按照附录A中A.3.1规定的步骤制备泡沫沥青。
- B.3.2 将泡沫沥青喷射到加热至 75°C 的钢桶里，在喷射结束后，沥青体积膨胀到最大的瞬间按下秒表，开始记录时间。
- B.3.3 用标尺（与275mm直径钢桶和500g沥青标定过），测量桶内泡沫沥青的最大高度，并作为泡沫沥青的膨胀率记录。
- B.3.4 使用秒表测量泡沫衰落至最大体积一半所持续的时间（精确到0.1s），并作为泡沫沥青的半衰期记录。
- B.3.5 重复三次试验，当平行试验结果与其平均值误差不超过10%时，取其平均值作为试验结果；否则应重新试验。

附录 C

(规范性)

基于拌合电流的泡沫温拌沥青混合料施工和易性试验方法

C.1 一般规定

C.1.1 本试验适用于测定沥青混合料拌和时电机工作电流值，以评价沥青混合料施工和易性。

C.1.2 试验时配制的材料量应符合拌和锅的容积要求。

C.1.3 同一拌和设备，不同沥青混合料的拌和电流值相同时，认为其施工和易性相同。

C.1.4 根据该方法，对比热拌沥青混合料与泡沫温拌沥青混合料的拌和电流值，可确定泡沫温拌沥青混合料的适宜拌和温度。

C.2 试验设备

C.2.1 沥青混合料拌和设备。

C.2.2 电流测量设备：量程宜为30A，精度宜为1.5级，或根据沥青混合料拌和设备工作实际电流选取相应量程设备。

C.2.3 烘箱：有自动温度控制器，控温的准确度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

C.2.4 温度计：分度值 0.1°C ，宜采用有金属插杆的插入式数显温度计，金属插杆的长度不小于150mm，量程 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

C.2.5 台称、天平或电子秤：称量矿料的分度值不大于0.5g，称量沥青的分度值不大于0.1g。

C.3 基于拌合电流值的泡沫温拌和易性试验

C.3.1 将电流测量仪器串联到拌和设备主机线上，试验前应进行设备调试。

C.3.2 热拌沥青混合料拌和电流值的测定时，热拌沥青混合料的拌和温度可参考JTG F40，当采用道路石油沥青时热拌混合料拌和温度可为 160°C ，采用SBS改性沥青时热拌混合料拌和温度可为 170°C 。

C.3.3 根据确定的沥青混合料类型，将各种规格的集料置于 $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重（一般不少于4h~6h）。

C.3.4 将沥青混合料拌和机提前预热至设定的拌和温度。

C.3.5 将烘干分级的粗集料、细集料，按设计级配要求称其质量，在一金属盘中混合均匀，矿粉单独放置，然后置烘箱中加热至沥青拌和温度以上约 15°C 备用。一般按一组5kg计算。

C.3.6 将粗集料、细集料加热至设定温度置于拌和机中，干拌20s；然后加入需要数量的沥青，开动拌和机一边搅拌一边使拌和叶片插入混合料中拌和1.5min；暂停拌和，加入热矿粉，继续拌和1.5min至混合料均匀为止。测量热拌沥青混合料拌和均匀后的电流值，每隔10s记录一次数据，测量时间为3min；数据读取完毕保留该批热拌沥青混合料，并开展后续的试验。记录拌和时电流的平均值作为本次拌和试验电流值。

C.3.7 按附录A中A.3和A.4对沥青进行发泡，制备泡沫温拌沥青混合料。按照C.3.3～C.3.6步骤，测定150℃的泡沫温拌沥青混合料拌和电流值。测试完后，泡沫沥青混合料不移除，继续进行后续温度的试验。

C.3.8 150℃下拌和电流值测试完毕后，升起搅拌桨，测量泡沫温拌沥青混合料内部温度，混合料降温至140℃时，重复以上C.3.3～C.3.6步骤，测量140℃拌和时的电流值。

C.3.9 按照以上步骤分别进行130℃、120℃、110℃下的泡沫温拌沥青混合料拌和试验，并绘制泡沫温拌沥青混合料110℃～150℃温度下拌和电流值的曲线，对照相应温度下热拌沥青混合料的拌和电流值。

C.3.10 重复三次试验，当三次平行试验结果与其平均值误差不超过10%时，取平均值作为泡沫温拌沥青混合料与热拌沥青混合料拌和电流值；否则应重新试验。

C.3.11 根据试验结果，按照式（C.1）计算泡沫温拌沥青混合料的施工和易性指数。

$$\bar{I} = \frac{I_a}{I_b} \times 100\% \quad \text{..... (C.1)}$$

式中：

$\bar{I}$ —泡沫温拌沥青混合料料的施工和易性指数；

I_a —泡沫温拌沥青混合料不同温度时的拌和电流值；

I_b —相应温度下热拌沥青混合料的拌和电流值，采用A级70号道路石油沥青时温度为160℃，采用SBS改性沥青时温度为170℃。

C.3.12 当泡沫温拌沥青混合料施工和易性指数 $\bar{I} \in [0.9, 1.1]$ ，则认为某温度下泡沫温拌沥青混合料施工和易性与热拌沥青混合料的施工和易性相同。该温度也即为泡沫温拌沥青混合料适宜拌和温度。

附 录 D
(规范性)
泡沫沥青粘度变化率试验方法

D.1 一般规定

- D.1.1 本方法适用于采用布洛克菲尔德粘度计测定沥青发泡前后的粘度。
- D.1.2 采用专用的沥青室内发泡设备,进行沥青发泡性能试验。
- D.1.3 沥青发泡试验宜在常温条件下进行。
- D.1.4 发泡试验用过的沥青,不应重新发泡使用。

D.2 试验设备

- D.2.1 沥青发泡设备:采用沥青发泡试验机,喷射泡沫沥青的速率为 (100 ± 5) g/s,标定完沥青喷射量后,再根据沥青流量标定用水量。
- D.2.2 布洛克菲尔德粘度计:转子规格有21、27、28、29号四种转子;转子速度有5 r/min、10 r/min、20 r/min和50 r/min四档;盛样筒容积为20mL。
- D.2.3 烘箱:有自动温度控制器,控温的准确度为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。
- D.2.4 标准温度计:分度值 0.1°C 。
- D.2.5 秒表:精度不低于0.1s。

D.3 泡沫沥青粘度变化率试验

- D.3.1 按照附录A.3.1规定制备泡沫沥青。
- D.3.2 按转子型号所要求的体积向粘度计的盛样筒中添加沥青,加入沥青后的液面应符合不同型号转子的规定要求,试样体积应与标定的标准体积一致。
- D.3.3 将转子与盛样筒一起置于已控温至试验温度的烘箱中保温,维持1.5h。
- D.3.4 取出转子和盛样筒安装在粘度计上,降低粘度计转子高度,使转子插进盛样筒的沥青液面中,至规定的高度。
- D.3.5 将泡沫沥青保温,道路石油沥青的控制温度宜为 120°C ,改性沥青的控制温度宜为 130°C 。
- D.3.6 按仪器的要求选择转子速率,开动布洛克菲尔德粘度计,观察读数,扭矩读数应在10~98%范围内,否则应更换转子或降低转子转速后重新试验。在整个测量粘度过程中,不应改变设定的转速。
- D.3.7 观测发泡后沥青的粘度变化,每隔1min读数一次,待6min后,每隔3 min读数一次,记录沥青的粘度数值至稳定,取稳定数值为该温度下粘度。
- D.3.8 重复三次试验,当平行试验结果与其平均值误差不超过10%时,取其平均值作为试验结果;否则应重新试验。

D. 3.9 根据试验结果，按照式（D. 1）计算泡沫沥青的粘度变化率。

$$v = \frac{\mu'_T - \mu_T}{\mu_T} \times 100\% \dots\dots\dots (D. 1)$$

式中：
v—特定温度*T* 下的粘度变化率；
 μ'_T —发泡后沥青在特定温度*T* 下粘度；
 μ_T —未发泡前沥青在特定温度*T* 下粘度。
