

ICS 93.080.20
P66
备案号：51478-2016

DB32

江 苏 省 地 方 标 准

DB32/T 3133-2016

泡沫温拌沥青混凝土路面施工技术规范

Standard Specification for Construction of foamed warm asphalt concrete
pavement

2016-09-20 发布

2016-11-20 实施

江苏省质量技术监督局 发布

泡沫温拌沥青混合料施工技术规范

1 范围

本规范规定了泡沫温拌沥青混合料的分类、技术要求、试验方法、施工工艺和施工验收标准。本规范未涉及的内容，尚应符合国家颁布的有关标准、规范的规定。

本规范适用于采用泡沫温拌沥青混合料施工的新、改建公路沥青路面，因其具有减少有害气体排放和改善压实的技术特点，特别适用于如下情况：薄层罩面、热再生沥青路面、低温条件下沥青路面、长大隧道沥青路面、穿过人口密集城镇沥青路面等特定条件下的沥青路面施工。

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 E20 公路工程沥青及沥青混合料试验规程
- JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
- JTG F41 公路沥青路面再生技术规范
- JTG E42 公路工程集料试验规程

3 术语和定义

3.1

沥青结合料 asphalt binder, asphalt cement

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。

3.2

改性沥青 modified asphalt cement

通过掺加树脂、高分子聚合物、天然沥青、磨细的橡胶粉或者其他材料等外掺剂（改性剂），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。

3.3

泡沫温拌沥青 foamed warm mix asphalt

通过专门的沥青发泡设备，向高温道路石油沥青或改性沥青中加入少量的水，使其产生泡沫，形成一种膨胀状态，并用于温拌沥青混合料中的沥青。

3.4

膨胀率 expansion ratio

指沥青在发泡状态下的最大体积与发泡前的体积之比。

3.5

半衰期 half life

指泡沫温拌沥青从最大体积衰减到最大体积一半时所需的时间。

3.6

粘度变化率 viscosity change rate

沥青发泡前后粘度的变化量与发泡前的粘度比值。

3.7

泡沫温拌沥青混合料 foamed warm asphalt mixture

使用泡沫温拌沥青作为结合料，在比同类型热拌沥青混合料出料、摊铺温度降低的条件下，采用一定的工艺与集料均匀拌和后仍然能够保证沥青路面证路用性能的混合料。

3.8

回收沥青路面材料 recycled asphalt pavement (RAP)

采用铣刨、开挖等方式从沥青路面上获得的旧路面材料。

3.9

泡沫温拌再生沥青混合料 foamed warm recycle asphalt mixture

含有回收沥青路面材料（RAP）的泡沫温拌沥青混合料。

3.10

正常施工 normal construction

在气温高于 10℃ 条件下进行的温拌沥青混合料施工。

3.11

低温施工 low temperature construction

在气温低于 10℃ 条件下进行的温拌沥青混合料施工。

3.12

旧沥青 asphalt in RAP

也称作回收沥青，指回收沥青路面材料（RAP）中所含有的已经老化的沥青。

3.13

旧沥青含量 asphalt Content of RAP

旧沥青占干燥回收沥青路面材料（RAP）总质量的百分比。

3.14

施工和易性 workability

沥青混合料在拌和、运输、摊铺和碾压各工序易于施工操作并能获得质量均匀，成型密实的混合料的性能

4 分类标准

4.1 按矿料级配分类

泡沫温拌沥青混合料按矿料级配分为密级配沥青混合料、半开级配沥青混合料、开级配沥青混合料。

4.2 按集料粒径分类

泡沫温拌沥青混合料分为粗粒式、中粒式和细粒式三种规格。

4.3 按沥青类型分类

泡沫温拌沥青混合料分为道路石油沥青泡沫温拌沥青混合料、泡沫温拌改性沥青混合料。

5 材料

5.1 沥青

5.1.1 发泡的沥青可采用道路石油沥青和改性沥青。

5.1.2 用于泡沫温拌的沥青技术指标及适用范围应符合 JTG F40 的要求。

5.2 集料

5.2.1 粗集料

5.2.1.1 生产泡沫温拌沥青混合料时，粗集料的吸水率不应大于 2%，不宜采用多孔性或内部吸水性强的集料，

5.2.1.2 粗集料技术指标应符合 JTG F40 的要求。

5.2.2 细集料

5.2.2.1 高速公路和一级公路的沥青混合料，细集料应采用机制砂；其他等级公路的沥青混合料，细集料也可选用洁净的天然砂、石屑等。

5.2.2.2 细集料的技术指标应符合 JTG F40 要求。

5.2.2.3 石屑应清洁、干净，不得含有泥土杂质，级配应满足 JTG F40 要求。

5.2.2.4 机制砂应采用碱性石料为原料，使用专用的制砂机生产，其级配应满足 JTG F40 规范要求。

5.3 填料

5.3.1 填料应采用洁净的碱性石料磨细的矿粉，可同时掺加消石灰粉或水泥替代部分填料，其用量宜为矿料总量的 1%~2%。

5.3.2 矿粉应干燥、洁净、无结块，其质量应符合 JTG F40 要求。

5.4 纤维

5.5.1 在泡沫温拌沥青混合料中掺加的纤维稳定剂可采用木质素纤维、矿物纤维等。

5.5.2 纤维应在 250℃的干拌温度条件下不变质，不发脆，使用纤维必须符合环保要求，不危害身体健康。纤维必须在温拌拌和条件下能充分分散均匀，避免采用在高温条件下才能分散的纤维。

5.5.3 纤维的技术指标应符合 JTG F40 要求。

5.5 水

人或牲畜的饮用水均可作为泡沫温拌沥青的发泡用水。

5.6 回收沥青路面材料 (RAP)

5.6.1 厂拌再生时，回收沥青路面材料必须经过预处理后方可使用。预处理方法参考《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41-2008) 的规定。

5.6.2 厂拌再生时经过预处理的回收沥青路面材料应按照表 1 的各项技术指标进行检测，并满足要求。

表 1 回收沥青路面材料检测项目与质量要求

材料	检测项目	技术要求	试验方法
回收沥青路面材料（RAP）	含水率	实测	JTG F41 附录 A
	RAP 级配	实测	
	沥青含量	实测	
	砂当量（%）	>55	
RAP 中的沥青	针入度（0.1mm）	>20	JTG E20
	60℃粘度	实测	
	软化点	实测	
	15℃延度	实测	
RAP 中的粗集料	针片状颗粒含量、压碎值	实测	JTG E42
RAP 中的细集料	棱角性	实测	

6 泡沫温拌沥青的加工

- 6.1.1 试验室加工时应采用室内泡沫温拌沥青发泡设备。现场加工时应在拌和楼加装专用的泡沫温拌沥青发泡设备。
- 6.1.2 泡沫温拌沥青在室内加工时，道路石油沥青发泡时的加热温度宜控制在 150℃，SBS 改性沥青发泡时的加热温度宜控制在 165℃。其他改性沥青发泡时加热温度应根据不同的沥青类型通过试验确定。
- 6.1.3 泡沫温拌沥青加工时的发泡水温为常温。
- 6.1.4 泡沫温拌沥青发泡效果的评价指标为膨胀率和半衰期，泡沫温拌沥青的发泡效果评价时入如图 1 所示，应采用 1%的用水量，在适宜发泡加热温度通过试验确定，具体试验方法按照附录 A 的步骤进行。道路石油沥青和 SBS 改性沥青的膨胀率和半衰期宜符合表 2 的要求。

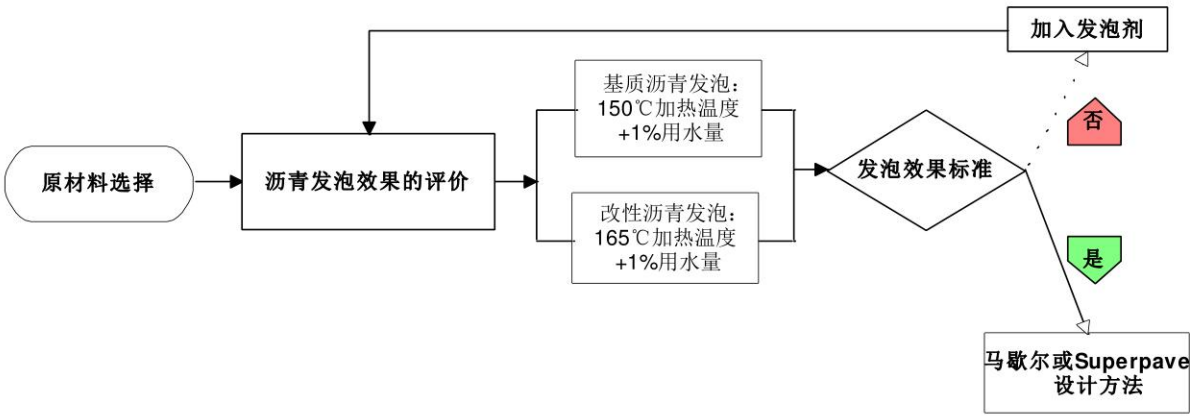


图 1 沥青发泡效果评价流程

表 2 泡沫温拌沥青发泡效果评价指标及标准

指标	道路石油沥青	SBS 改性沥青
试验温度（℃）	150℃	165℃
膨胀率	≥14	≥10
半衰期（s）	≥10	≥30

- 6.1.5 泡沫温拌沥青发泡效果不满足要求时可采用合适的发泡剂。
- 6.1.6 道路石油沥青的发泡用水量宜控制在 1%~2%范围，SBS 改性沥青的发泡用水量宜控制在 2%~4%范围。

泡沫温拌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温拌沥青的粘度变化率、泡沫温拌沥青混合料施工和易性、泡沫温拌沥青混合料的黏附性能。最佳用水量确定试验流程如图 2 所示。

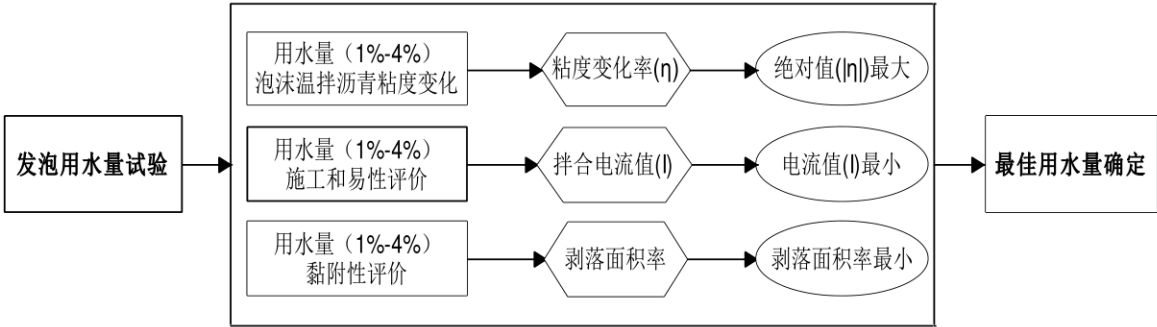


图 2 最佳用水量确定的试验流程

粘度变化率试验方法，详见本规范附录 B；施工和易性试验方法，详见本规范附录 C；集料与泡沫温拌沥青的黏附性能试验，应按照本规范 6.1.8 将泡沫温拌沥青养生后，再按照《公路工程集料试验规程》（JTG E20）沥青与粗集料的粘附性试验方法（T0616~1993）进行，并应满足 JTG F40 粗集料与沥青的粘附性要求。

当一定用水量下的泡沫温拌沥青粘度变化率绝对值达到最大、拌和电流值、剥落面积率达到最小值时，该用水量即为最佳发泡用水量。

当一定用水量下的泡沫温拌沥青粘度变化率绝对值、拌和电流值、剥落面积率，难以同时达到最（大）小值时，可优先采用拌和电流值和剥落面积率两种指标同时达到最小值的用水量作为最佳发泡用水量；当拌和电流值和剥落面积率两种指标也难以同时达到最小值时，可直接将拌合电流值最小的用水量作为最佳发泡用水量。

- 6.1.7 不同用水量时沥青发泡前后的粘度变化率应在其适宜拌和温度下通过试验确定。道路石油沥青和 SBS 改性沥青在最佳用水量时发泡前后粘度变化率宜符合表 3 的要求。

表 3 粘度变化率绝对值标准

指标	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

6.1.8 最佳用水量时发泡 2.5h 后的泡沫温拌沥青技术性能应符合沥青未发泡时的技术性能要求。泡沫温拌沥青技术性能试验时，其养护条件为：将制备的泡沫温拌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。

7 泡沫温拌沥青混合料设计

7.1 泡沫温拌沥青混合料设计流程

7.1.1 泡沫温拌沥青混合料设计的流程如图 2 所示。

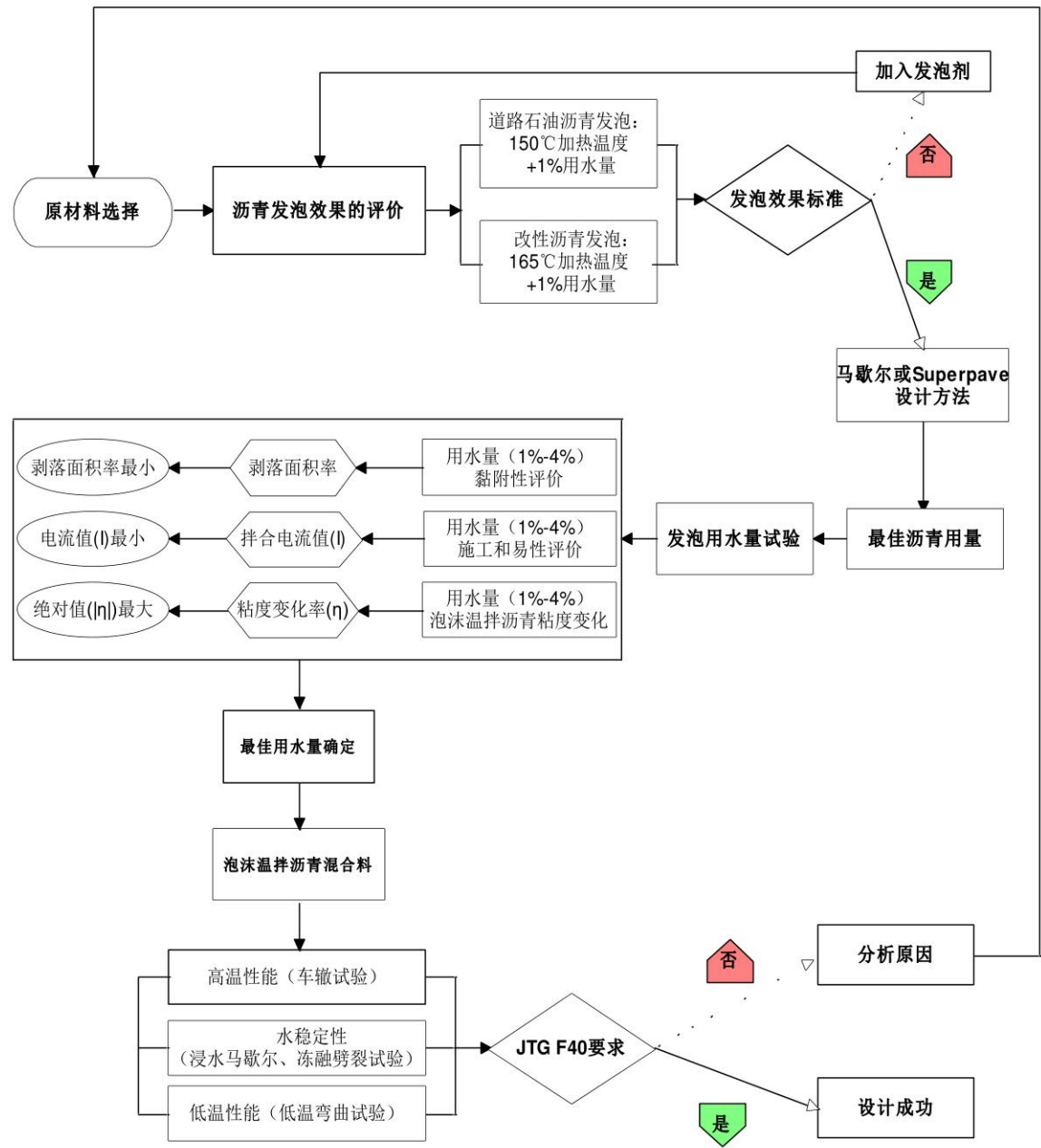


图 3 泡沫温拌沥青混合料设计流程

7.1.2 泡沫温拌沥青混合料设计时，需首先对未发泡沥青对应的热拌沥青混合料设计，热拌沥青混合

料设计应按照 JTG F40 规定的马歇尔混合料设计方法进行。条件允许的可采用 Superpave 设计方法，但设计的热拌沥青混合料应按 JTG F40 规定进行马歇尔试验检验，马歇尔试验结果应符合附录 D 中沥青混合料马歇尔试验的技术要求。

7.1.3 根据马歇尔设计方法或 Superpave 设计方法，确定热拌沥青混合料的矿料级配和最佳沥青用量即为泡沫温拌沥青混合料的矿料级配和最佳沥青用量。

7.1.4 采用 Superpave 方法设计热拌沥青混合料时，矿料级配应符合附录 D 控制点的规定。

7.1.5 泡沫温拌热再生沥青混合料的设计按照图 3 执行。其中热拌再生混合料的设计，应按照 JTG F41 有关规定执行。

7.1.6 泡沫温拌热再生进行沥青的发泡试验时，发泡所用的沥青应为热再生沥青混合料设计时所确定的新沥青，其最佳用水量应按照本规范 6.1.6、6.1.7、6.1.8 确定。

7.1.7 采用马歇尔试验配合比设计方法，热拌沥青混合料技术要求应符合 JTG F40 的规定，热拌再生沥青混合料的技术要求应符合 JTG F41 的规定，并具有良好的施工性能。

7.1.8 泡沫温拌沥青混合料室内试件制备方法按照附录 E 执行。

7.1.9 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 30℃~50℃。道路石油沥青和 SBS 改性沥青的室内试验温度可参考表 4 执行。

表 4 泡沫温拌沥青混合料室内试验温度

项目	道路石油沥青	SBS 改性沥青
拌和温度	120℃~135℃	130℃~145℃
成型温度	120℃~130℃	130℃~140℃

7.2 泡沫温拌沥青混合料矿料级配

7.2.1 泡沫温拌沥青混合料采用的矿料级配范围应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料级配的要求。

7.2.2 泡沫温拌再生沥青混合料采用的矿料级配范围应符合 JTG F41 对热拌再生沥青混合料级配的要求。

7.2.3 采用马歇尔方法设计的泡沫温拌沥青混合料体积指标应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料体积指标的要求。泡沫温拌沥青混合料的技术要求应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料的规定。

7.2.4 采用 Superpave 设计方法的泡沫温拌沥青混合料体积指标及马歇尔性能制备应符合附录 D 的规定，但设计的热拌沥青混合料应按 JTG F40 规定进行马歇尔试验检验，马歇尔试验结果应符合附录 D 中沥青混合料马歇尔试验的技术要求。

7.2.5 泡沫温拌再生沥青混合料的体积指标应符合本规范泡沫温拌沥青混合料的规定和 F41 的要求。

7.3 泡沫温拌沥青混合料性能

7.3.1 泡沫温拌沥青混合料的性能应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料的性能要求。

7.3.2 泡沫温拌再生沥青混合料的性能应符合 JTG F41 对热拌再生沥青混合料的性能要求。

8 泡沫温拌沥青混合料施工

8.1 泡沫温拌沥青的生产设备

8.1.1 泡沫温拌沥青现场生产时应采用与拌和设备配套的专用发泡设备。

8.1.2 泡沫温拌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。

8.1.3 发泡设备应能高效、稳定的生产出满足要求的泡沫温拌沥青，能准确定量设定沥青和用水量的

比例、流量、定时、压力等参数。

8.1.4 在施工之前,预设置泡沫温拌沥青生产设备的工作参数,试制泡沫温拌沥青,并对其性能评价,确定泡沫温拌生产设备的工作参数。

8.2 回收沥青路面材料的回收与处理

8.2.1 回收沥青路面材料的回收按照 JTG F41 对沥青路面厂拌热再生的规定执行。

8.2.2 回收沥青路面材料的预处理与堆放按照 JTG F41 对沥青路面厂拌热再生的规定执行。

8.3 泡沫温拌沥青混合料的拌制

8.3.1 根据确定的最佳沥青用量和最佳用水量设定拌和设备及发泡设备的各项参数。

8.3.2 现场拌和时的沥青发泡水温为常温。

8.3.3 泡沫温拌沥青在现场加工时,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。道路石油沥青发泡时的加热温度宜控制在 145℃~155℃范围,SBS 改性沥青发泡时的加热温度宜控制在 160℃~170℃范围。

8.3.4 进行泡沫温拌再生混合料生产时,拌和设备必须具备回收沥青路面材料的配料装置和计量装置。间歇式拌和设备应增加回收沥青路面材料的烘干加热系统。回收路面材料的料仓数量应不少于 2 个,料仓内回收材料的含水量应小于 3%。

8.3.5 泡沫温拌沥青混合料的现场拌制温度,根据实践经验确定。通常宜较热拌沥青混合料的拌和温度降低 30℃~50℃。拌和温度的确定可根据泡沫温拌沥青混合料拌和电流值的试验方法确定,详见本规范附录 C。道路石油沥青和 SBS 改性沥青的现场拌制温度,可参考表 5 执行。

表 5 泡沫温拌沥青混合料拌和温度

工 序	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℃
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℃	

8.3.6 当采用泡沫温拌再生技术时,再生混合料的拌制温度应以 RAP 材料高掺量利用、再生混合料拌和均匀、施工和易性良好为原则,宜较泡沫温拌沥青混合料施工温度高 5℃~10℃,或通过室内试验确定。

8.3.7 泡沫温拌沥青混合料的拌和时间不宜少于 30s (湿拌时间),其中干拌时间不少于 5~10s,拌和的沥青混合料应均匀一致、无花白料、无结团成块或严重的粗细料分离现象,不符合要求时不得使用。

8.3.8 泡沫温拌再生沥青混合料的拌和时间一般较普通泡沫温拌沥青混合料延长 15s 左右,其中干拌时间一般较普通泡沫温拌沥青混合料延长 5~10s。

8.3.9 泡沫温拌沥青混合料拌制的其他要求,应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料拌制的要求。

8.3.10 泡沫温拌再生沥青混合料拌制的其他要求,应符合 JTG F41 对热拌再生沥青混合料拌制的要求。

8.4 运输

8.4.1 泡沫温拌沥青混合料运输时,应符合 JTG F40 热拌沥青混合料运输的要求。

8.4.2 泡沫温拌再生沥青混合料运输时,应符合按照 JTG F41 热拌再生沥青混合料运输的要求。

8.5 摊铺及碾压

- 8.5.1 泡沫温拌沥青混合料摊铺及碾压的要求,应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料的要求。
- 8.5.2 泡沫温拌再生沥青混合料摊铺及碾压的要求,应符合 JTG F41 对热拌再生沥青混合料的要求。
- 8.5.3 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 30℃~50℃。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可按照表 6 规定。

表 6 泡沫温拌沥青混合料的施工温度范围

施工工序		道路石油沥青	SBS 改性沥青
摊铺温度	正常施工	$\geq 105^{\circ}\text{C}$	$\geq 120^{\circ}\text{C}$
	低温施工	$\geq 120^{\circ}\text{C}$	$\geq 130^{\circ}\text{C}$
碾压温度	正常施工	$\geq 100^{\circ}\text{C}$	$\geq 115^{\circ}\text{C}$
	低温施工	$\geq 110^{\circ}\text{C}$	$\geq 120^{\circ}\text{C}$

- 8.5.4 每天开工时宜采用较高温度的混合料进行施工。寒冷季节遇大风、降温天气,不能保证迅速压实实时不宜进行施工。
- 8.5.5 泡沫温拌再生沥青混合料的施工温度宜较泡沫温拌沥青混合料施工温度高 5℃~10℃或根据经验现场施工确定。

8.7 养生和开放交通

- 8.7.1 泡沫温拌沥青混合料路面的养生和开放交通,应符合 JTG F40 对热拌沥青混合料路面的要求。
- 8.7.2 泡沫温拌再生沥青混合料的养生和开放交通,应符合 JTG F41 对热拌再生沥青混合料路面的要求。

9 施工质量与检查验收

9.1 检验形式

产品检验包括原材料检验和沥青混合料出厂检验。

9.2 原材料检验

- 9.2.1 粗集料、细集料、矿粉、纤维和水等原材料各指标的试验方法,应按照 JTG E42 要求进行。
- 9.2.2 回收沥青路面材料(RAP)中的粗、细集料各指标的试验方法,应按照 JTG F41 要求进行。
- 9.2.3 泡沫温拌沥青性能试验时,应在其混合料对应压实温度下养护 2.5h 后,按照 JTG E20 要求进行。
- 9.2.4 泡沫温拌沥青混合料性能试验时,应在对应压实温度下养护 2.5h 后,按照 JTG E20 要求进行。
- 9.2.5 泡沫温拌再生沥青混合料各指标的试验方法,应在对应压实温度下养护 2.5h 后,按照 JTG F41 的要求进行。

9.3 泡沫温拌沥青混合料质量管理与检查

- 9.3.1 泡沫温拌沥青混合料生产过程中,应按本规范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 JTG F40 和本规范规定的技术要求。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。
- 9.3.2 泡沫温拌再生沥青混合料生产过程中,必须对回收沥青路面材料的按表 7 进行检查。泡沫

温拌再生沥青混合料生产过程的其他检查项目按照本规范和 JTG F40 进行。

表 7 施工过程中 RAP 质量

材料	检查项目	检查频度	要求
RAP	RAP 级配	每天 1 次	符合设计要求
	RAP 的含水率/%	每天 1 次	<3

9.3.3 施工时对发泡 2.5h 后的泡沫温拌沥青性能,按照 JTG F40 对沥青原材料的检测项目与频度进行,保证生产的泡沫温拌沥青满足要求。

9.3.4 施工时泡沫温拌沥青粘度变化率的检测频度按照表 8 执行。

表 8 施工过程中泡沫温拌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
泡沫温拌沥青	粘度变化率	随时	3

9.3.5 每一批次沥青在与泡沫温拌沥青设备连接前,都需对温度进行仔细核查。正式拌和时,应通过发泡设备的发泡检验喷口进行温拌沥青发泡效果和泡沫温拌沥青性能的检查。

9.3.6 泡沫温拌沥青混合料的现场取样和成型必须连续进行,料温下降到失去工作性后不允许重新加热再成型。一般要求取样量要至少为试验需要量的 3 倍,取样时立即测温,温度应在符合表 5 的要求。样品运送途中要注意保温,料温下降超过 20℃的混合料,不允许使用。取回的样品,立即放入恒温箱,样品堆积厚度,不低于 8cm,恒温 1h~2h 后进行成型试验。泡沫温拌沥青混合料的检验频度和质量应符合表 9 的要求。

表 9 泡沫温拌沥青混合料检查频度和质量要求

检验项目		检查频率	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、集料加热温度	逐盘检测评定	符合表 5 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 5 要求	传感器自动检测
		逐车检测评定	符合表 5 要求	出厂时逐车按 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
	≤2.36mm		±5% (4%)	
	≥4.75mm		±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
	≤2.36mm		±2%	
	≥4.75mm		±2%	
	0.075mm	每天上、下午各 1 次	±2% (2%)	拌和厂取样,抽提后矿料筛分
	≤2.36mm		±5% (3%)	
	≥4.75mm		±6% (4%)	

油石比 (与设计标准配合比的差)	逐盘在线监测	$\pm 0.3\%$	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	$\pm 0.1\%$	总量检验
	每天上、下午各 1 次, 以两个 试件的平均值评定	$\pm 0.3\%$	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 中对热 拌沥青混合料的规定	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 中对热 拌沥青混合料的规定	T0702、T0709
车辙试验	必要时 (以 3 个试件的平均值 评定)	符合 JTG F40 中对热 拌沥青混合料的规定	T0719
注: 泡沫温拌沥青混合料的取样应符合试验规程的要求; 括号内是对 SMA 的要求。			

9.3.7 泡沫温拌再生沥青混合料的检验频度按照表 9 执行, 但其拌合温度宜较泡沫温拌沥青混合料高 $5^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。

9.4 泡沫温拌沥青路面质量控制标准

9.4.1 泡沫温拌沥青混合料路面铺筑过程中必须随时对铺筑质量进行评定, 质量检验的内容、频度、允许差应符合 JTG F40 的规定。

9.4.2 泡沫温拌再生沥青混合料路面铺筑过程中必须随时对铺筑质量进行评定, 质量检验的内容、频度、允许差应符合 JTG F41 的规定。

附录 A
(规范性附录)
沥青发泡效果试验方法

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于使用室内沥青发泡装置确定泡沫温拌沥青的膨胀率和半衰期。

A.1.2 沥青发泡试验宜在常温条件下进行。

A.1.3 沥青发泡时的水温为常温。

A.1.4 发泡试验用过的沥青，禁止重新发泡使用。

A.1.5 现场施工可参考本方法对沥青发泡性能进行检验。

A.2 试验设备

A.2.1 沥青发泡设备

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

A.2.2 钢桶、量尺与秒表

- a) 钢桶直径为 275mm，容积为 20 升；
- b) 使用随机附带的量尺，或使用精度高于该量尺的其他量尺；
- c) 秒表精度不低于 0.1s。

A.3 试验步骤

- a) 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 $500 \pm 10 \text{g}$ 。
- b) 设定水流量控制计，达到需要的加入量（1%用水量）。
- c) 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。其中道路石油沥青 150℃、SBS 改性沥青 165℃，并在开始试验前至少维持 5 分钟。
- d) 将泡沫温拌沥青喷射到加热至 75℃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。
- e) 使用标尺（与 275mm 直径钢桶和 500g 沥青标定过），测量桶内泡沫温拌沥青的最大高度，并作为泡沫温拌沥青的膨胀率记录。
- f) 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），并作为泡沫温拌沥青的半衰期记录。
- g) 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。
- h) 根据试验结果，评价发泡效果是否满足要求。

附录 B
(规范性附录)
泡沫温拌沥青粘度变化率试验方法

B.1 一般规定

B.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，现场施工过程中的泡沫温拌沥青粘度变化率试验可参考本方法。

B.1.2 应采用专用的沥青室内发泡设备，进行沥青发泡性能试验。

B.1.3 沥青发泡试验宜在常温条件下进行。

B.1.4 发泡试验用过的沥青，禁止重新发泡试验。

B.2 试验设备

B.2.1 沥青发泡设备

室内试验采用沥青发泡试验机，喷射泡沫温拌沥青的速率大约 $100 \pm 5 \text{ g/s}$ 。接收泡沫温拌沥青的钢桶直径与测量膨胀体积的量尺，应与 500g 沥青的喷射量相对应，标定完沥青喷射量后，再根据沥青流量标定用水量。

B.2.2 布洛克菲尔德粘度计。

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

B.2.4 标准温度计：分度值 0.1°C 。

B.2.5 秒表：精度不低于 0.1s。

B.3 试验步骤

- a) 通过试验机泵送循环的沥青应加热至需要的温度，并在开始试验前至少维持 5 分钟。
- b) 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 $500 \pm 10 \text{ g}$ 。
- c) 设定水流量控制计，达到需要的加入量。
- d) 将泡沫温拌沥青喷射至钢桶里，钢桶的温度保持在 75°C 。
- e) 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。
- f) 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。
- g) 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。
- h) 将泡沫温拌沥青保温，其中道路石油沥青的控制温度可为 120°C 、改性沥青的控制温度可为 130°C 。
- i) 按仪器说明书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，必须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，不得改变设定的转速。
- j) 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。
- k) 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。

1) 根据试验结果, 按照式 (B.1) 计算泡沫温拌沥青的粘度变化率。

$$v = \frac{\mu'_T - \mu_T}{\mu_T} \times 100\% \quad (\text{B.1})$$

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。

附录 C
(规范性附录)

基于拌和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.1.5 可参考本方法,对沥青混合料施工和易性进行试验。
- C.1.6 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施工和易性,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:用于称量矿料的感量不大于 0.5g,用于称量沥青的感量不大于 0.1g。

C.3 试验步骤

- a) 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。
- b) 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) 根据确定的沥青混合料类型,将各种规格的集料置于 $105^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重(一般不少于 4h~6h)。
- d) 将沥青混合料拌和机提前预热至设定的拌和温度。
- e) 将烘干分级的粗、细集料,按设计级配要求称其质量,在一金属盘中混合均匀,矿粉单独放入小盆里,然后置烘箱中加热至沥青拌和温度以上约 15°C 备用。一般按一组 5kg 计算。
- f) 将粗、细集料加热至要求温度置于拌和机中,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。
- g) 对沥青进行发泡,制备泡沫温拌沥青混合料。按照 (b)~(f) 步骤,测定 160°C 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。
- h) 160°C 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,至混合料降温至温度至 150°C 时,重复以上 (b)~(f) 步骤,测量 150°C 拌和时的电流值。

i) 按照步骤(f)分别进行 140℃、130℃、120℃、110℃下的泡沫温拌沥青混合料拌和试验,并测量各温度下的拌和电流值。

j) 绘制泡沫温拌沥青混合料 110℃~160℃温度下拌和电流值的曲线,对照 160℃下热拌沥青混合料的拌和电流值。

k) 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。

l) 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 —热拌沥青混合料 160℃时的拌和电流值。

m) 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
(规范性附录)
Superpave 设计方法与技术指标

D.1 Superpave 沥青混合料的设计采用旋转压实仪成型试件,依据沥青混合料初始、设计和最大旋转压实次数时的密实度以及在设计压实次数时的空隙率、矿料间隙率、沥青填隙率、填料与有效沥青之比进行沥青混合料的组成设计。

D.2 Superpave 在沥青混合料组成设计时首先依据集料的性质进行级配组成设计,然后再进行油石比的选择。集料级配控制点界限、技术指标、混合料马歇尔技术指标分别见表 D.1~表 D.9。

表 D.1 Superpave-25 设计集料级配控制点界限

控制点 (通过率%)	筛孔尺寸 (mm)			
	25	19	2.36	0.075
最小	90	—	19	1
最大	100	90	45	7

表 D.2 Superpave-25 技术要求

沥青混合料 类型	压实度 (%)			矿料间隙率 (%)	饱和度 (%)	粉胶比
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}			
Superpave-25	≤89	96	≤98	≥12	55~70	0.6~1.2*

表 D.3 Superpave-25 混合料马歇尔技术要求

沥青混合料	空隙率	稳定度	流值	饱和度	矿料间隙率	残留稳定度	冻融劈裂强度比
Superpave-25	4~6	8.0	15~40	55~70	≥12	≥80 (85*)	≥75 (80*)

注*: 为改性沥青混合料的要求。

表 D.4 Superpave-20 设计集料级配控制点界限

控制点 (通过率%)	筛孔尺寸 (mm)			
	19	13.2	2.36	0.075
最小	90	—	23	2
最大	100	90	49	8

表 D.5 Superpave-20 技术指标表

沥青混合料类 型	压实度 (%)			矿料间隙率 (%)	饱和度 (%)	粉胶比	残留强度比 (%)
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}				
Superpave-20	≤89	96	≤98	≥13	65~75	0.6~1.2*	≥80

表 D.6 Superpave-20 混合料马歇尔技术指标表

沥青混合料	空隙	稳定度	流值	饱和度	矿料间隙	残留稳定度	冻融劈裂强度比
Superpave-20	4~6	8.0	15~40	65~75	≥ 13	≥ 80 (85*)	75 (80*)
注*: 为改性沥青混合料的要求。							

表 D.7 Superpave13 设计集料级配控制点界限

控制点 (通过率%)	筛孔尺寸 (mm)		
	13.2	2.36	0.075
最小	90	28	2
最大	100	58	10

表 D.8 Superpave-13 技术指标表

沥青混合料 类型	压实度 (%)			矿料间隙率 (%)	饱和度 (%)	粉胶比
	N _{初始}	N _{设计}	N _{最大}			
Superpave-13	≤ 89	96	≤ 98	≥ 14	65~75	0.6~1.2*

表 D.9 Superpave-13 混合料马歇尔技术指标表

沥青混合料	空隙率	稳定度	流值	饱和度	矿料间隙	残留稳定度	冻融劈裂强度比
Superpave-13	4~6	8.0	20~40	65~75	≥ 14	≥ 80 (85*)	75 (80*)
注*: 为改性沥青混合料的要求。							

附录 E
(规范性附录)
泡沫温拌沥青混合料试件制备方法

E.1 一般规定

- E.1.1 本方法规定了泡沫温拌沥青混合料试件制备方法,以供在试验室开展沥青混合料的后续试验。
- E.1.2 根据对应的热拌沥青混合料类型,按照 JTG F40 规定的马歇尔混合料设计方法进行配合比设计,
- E.1.3 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。
- E.1.4 每次配制的材料质量应当符合拌和锅的容积要求。
- E.1.5 马歇尔试验的稳定度和流值,仅作为配合比设计的参考性指标,高温性能、低温性能和水稳定性是判断沥青混合料性能的关键指标。

E.2 泡沫温拌混合料的室内生产

泡沫温拌沥青混合料的拌和步骤如下:

- a) 将拌和机与发泡设备对接,以便泡沫温拌沥青直接喷入拌和锅中。
- b) 根据需要的最佳沥青用量、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。
- c) 集料加热温度比拌和温度应高 15℃,加热后的石料(纤维)放入预热好的拌和锅进行干拌。
- d) 在喷射泡沫温拌沥青前,集料干拌 20s,喷射泡沫温拌沥青后持续拌和 90s,再进入矿粉持续拌和 90s。
- e) 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。

E.3 泡沫温拌混合料的成型方法

- E.3.1 泡沫温拌混合料养护结束后,在规定的成型温度下(应比同型号的热拌沥青混合料低 30℃ 以上)成型。
- E.3.2 成型方法采用马歇尔击实方法成型,条件允许时,可采用具有揉搓作用的旋转压实成型。