

### 温拌沥青混合料施工技术指南

Guideline of warm mix asphalt for pavement construction

2009-03-26 发布

2009-05-01 实施

河北省质量技术监督局 发布

## 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 分类 .....	2
5 材料 .....	2
6 温拌沥青混合料设计 .....	5
8 试验方法 .....	10
9 检验规则 .....	11
附 录 A（规范性附录）表面活性型温拌技术温拌剂技术要求 .....	13
附 录 B（规范性附录）表面活性型温拌沥青混合料设计方法 .....	14
附 录 C（规范性附录）表面活性型温拌技术沥青混合料拌和技术要求 .....	15
附 录 D（规范性附录）表面活性温拌添加剂的检测方法 .....	16
附 录 E（资料性附录）条文说明 .....	18

## 前 言

近年来，温拌沥青混合料技术在国外许多国家取得成功应用，应用范围逐渐增长。我省从2006年引进该技术，并且在多条公路上进行了试验与应用，取得了良好的社会和经济效益。为了更好的规范和指导温拌沥青混合料的设计及施工，保证采用温拌技术施工的沥青路面质量，编制组在总结现有应用及研究成果的基础上，参考国内外有关成果，编制了本指南。

本指南是根据近几年的研究成果及国内外的有关资料及工程实践经验编制的，但是，由于本技术在我国的应用时间较短，许多问题还需要进一步的研究和总结经验，希望各单位在使用过程中发现问题或提出修改意见及建议，请及时与编写单位联系（地址：河北省石家庄振岗路120号，邮编：050091，电话：0311-83992580，E-mail：qingkaiwang@sina.com）以便修订时研用。

本标准由河北省交通厅提出并归口。

本标准附录A、附录B、附录C、附录D为规范性附录，附录E为资料性附录。

本标准起草单位：河北省道路结构与材料工程技术研究中心。

本标准主要起草人：王庆凯、杜群乐、李彦伟、黄文元、赵永祯、焦永顺、白军华、刘桂君、赵宝平、邹卫红、陶卓辉。

本标准首次发布。

# 温拌沥青混合料施工技术指南

## 1 范围

本规范规定了温拌沥青混合料的分类、技术要求、试验方法、贮存、运输、摊铺、碾压和施工质量验收标准。除本规范已有规定外，应遵照《公路沥青路面施工技术规范》（JTGF40）的规定执行。

本规范适用于采用温拌沥青混合料施工的新改建公路沥青路面，因其有害气体低排放和改善压实的技术特点，特别适用于如下情况：低温条件下沥青路面施工、长大隧道沥青路面施工、超薄沥青路面施工、穿过人口密集城镇沥青路面施工、废轮胎橡胶沥青路面施工。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规范。

JTGF 40 公路沥青路面施工技术规范

JTJ 052 公路工程沥青及沥青混合料试验规程

JTGE 42 公路工程集料试验规程

JTGF 80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

### 3.1

沥青混合料操作温度 **working temperature of asphalt mixture**

指沥青混合料的拌和温度、摊铺温度和碾压实温度。

### 3.2

温拌添加剂 **warm mix additive**

通过物理或化学作用，对实现沥青混合料温拌产生实质性作用的添加剂。

### 3.3

温拌沥青混合料 **warm mix asphalt (WMA)**

通过添加剂和工艺作用，能够在明显较低温度条件下（通常比同类型热拌沥青混合料施工操作温度下降30～60℃）实现沥青路面施工的沥青混合料。

### 3.4

正常施工 **normal construction**

在气温高于10℃条件下进行的温拌混合料施工称为正常施工。

### 3.5

低温施工 **cold season construction**

在气温低于10℃条件下进行的温拌混合料施工称为低温施工。

### 3.6

温拌界定温度 **warm mix threshold temperature**

温拌界定温度是判断热拌沥青混合料和温拌沥青混合料的主要依据。出料温度低于“温拌界定温度”的材料被认可为温拌沥青混合料，出料温度高于“温拌界定温度”，被认定为热拌沥青混合料。“温拌界定温度”区分正常施工和低温施工两种。

### 3.7

#### 表面活性型温拌技术 surfactant based WMA technology

表面活性添加剂水溶液与热沥青在拌和过程中共同作用，借助拌和过程实现均匀分散。表面活性剂富集于残留微量水和沥青的界面，暂时性在胶结料内部形成结构性水膜。由于水膜作用不受温度影响，温度下降时，水膜润滑作用能够很大程度抵消沥青粘度增大的作用，从而实现温拌。在压实完成后，表面活性剂会向石料与沥青界面转移，具有一定的抗剥落效果。

## 4 分类

4.1 温拌沥青混合料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 按所用集料粒径不同温拌沥青混合料分为粗粒式、中粒式、细粒式三种规格。

## 5 材料

### 5.1 温拌添加剂

温拌添加剂的技术要求，按照温拌技术的种类应满足其相应的技术要求。表面活性型温拌添加剂的技术要求见附录A 规定。

### 5.2 沥青

5.2.1 沥青技术指标满足表 5.2.1-1、表 5.2.1-2 的技术要求。

表 5.2.1-1 道路石油沥青技术要求

指标	单位	等级	沥青标号					试验方法
			110号	90号	70号	50号	30号	
针入度(25 ,5s,100g)	0.1mm		100 ~ 120	80 ~ 100	60 ~ 80	40 ~ 60	20 ~ 40	T 0604
针入度指数PI		A	-1.5 ~ +1.0					T 0604
		B	-1.8 ~ +1.0					
软化点(R&B) 不小于		A	43	45	46	49	55	T 0606
		B	42	43	44	46	53	
		C	41	42	43	45	50	
60 动力粘度 不小于	Pa.s	A	120	160	180	200	260	T 0620
10 延度 不小于	cm	A	40	20	20	15	10	T 0605
		B	30	15	15	10	8	
15 延度 不小于	cm	A/B	100			80	50	
		C	60	50	40	30	20	
蜡含量(蒸馏法) 不大于	%	A	2.2					T 0615
		B	3.0					
		C	4.5					
闪点, 不小于			230	245	260			T 0611
溶解度, 不小于	%	99.5						T 0607
密度(15 )	g/cm <sup>3</sup>	实测记录						T 0603

表5.2.1-1 (续)

指标	单位	等级	沥青标号					沥青标号
			110号	90号	70号	50号	30号	
TFOT (或RTFOT)后								
质量变化不大于	%		±0.8					
残留针入度比 不小于	%	A	48	57	61	63	65	T 0604
		B	45	54	58	60	62	
		C	40	50	54	58	60	
残留延度(10 ) 不小于	cm	A	12	8	6	4	-	T 0605
		B	10	6	4	2	-	
残留延度(15 ) 不小于	cm	C	40	20	15	10	-	T 0605

表5.2.1-2 SBS改性沥青技术要求

指 标		单位	技 术 指 标		试 验 方 法
			I-C	I-D	
针入度 (100 g, 5 s, 25 )		0.1 mm	60 ~ 80	40 ~ 60	T 0604
针入度指数PI		—	实测	实测	T 0604
5 延度		cm	≥30	≥20	T 0605
软化点			≥65	≥70	T 0606
135 运动粘度		Pa·s	≥2.5	≥2.5	T 0625
闪点			≥230	≥230	T 0611
溶解度		%	≥99	≥99	T 0607
贮存稳定性 离析	顶部、底部软化点差		≥2.5	≥2.5	T 0661
	顶部、底部软化点平均值 与原样沥青软化点差		≥8.0	≥8.0	—
弹性恢复 (25 )		%	≥80	≥80	T 0662
RTFOT 后残留物	质量变化	%	±0.4	±0.4	T 0609
	针入度比	%	≥65	≥65	T 0604
	5 延度	cm	≥20	≥15	T 0605

5.2.2 若选用天然沥青、橡胶沥青等高粘度胶结料，应满足其相应标准的技术要求。

### 5.3 集料

#### 5.3.1 粗集料

生产温拌沥青混合料时，不宜采用多孔性或内部吸水性强的集料。

表5.3.1 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
			表面层	其他层次		
石料压碎值	不大于	%	22	25	30	T 0316
洛杉矶磨耗损失	不大于	%	28	30	35	T 0317
表观相对密度	不小于	t/m³	2.60	2.50	2.45	T 0304

表5.3.1 (续)

指标	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法
		表面层	其他层次		
吸水率 不大于	%	1.0	1.0	3.0	T 0304
坚固性 不大于	%	12	12	-	T 0314
针片状颗粒含量 (混合料) 不大于	%	15	18	20	T 0312
其中粒径大于9.5 mm 不大于	%	12	15	-	
其中粒径小于9.5 mm 不大于	%	18	20	-	
水洗法<0.075 mm颗粒含量 不大于	%	1	1	1	T 0310
软石含量 不大于	%	3	5	5	T 0320
粗集料的磨光值 PSV 不小于		42	-	-	T 0321
粗集料与沥青的粘附性 不小于		5	4	4	T 0616

## 5.3.2 细集料

- a) 不宜采用多孔性或内部吸水性强的细集料。细集料料堆需搭建遮雨棚。
- b) 沥青路面细集料可以采用机制砂、洁净的天然砂、石屑等。
- c) 高速公路和一级公路沥青混合料中细集料宜采用机制砂。当使用天然砂时，天然砂的用量不应超过矿料总量的10%，天然砂级配应满足表5.3.2-1要求。

表5.3.2-1 天然砂级配要求

方孔筛 mm	通过各筛孔的质量百分率%		
	粗 砂	中 砂	细 砂
9.5	100	100	100
4.75	90 ~ 100	90 ~ 100	90 ~ 100
2.36	65 ~ 95	75 ~ 90	85 ~ 100
1.18	35 ~ 65	50 ~ 90	75 ~ 100
0.6	15 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 84
0.3	5 ~ 20	8 ~ 30	15 ~ 45
0.15	0 ~ 10	0 ~ 10	0 ~ 10
0.075	0 ~ 5	0 ~ 5	0 ~ 5

- d) 石屑应清洁、干净，不得含有泥土杂质，石屑的级配应满足表5.3.2-2的级配范围要求。
- e) 高速公路和一级公路的沥青混合料，宜将0 mm ~ 3 mm细集料和3 mm ~ 5 mm粗集料组合使用。0 mm ~ 5 mm细集料可在沥青稳定碎石及其它等级公路中使用。

表5.3.2-2 机制砂或石屑级配范围要求

规格	通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
0 ~ 5 mm	100	90 ~ 100	60 ~ 90	40 ~ 75	20 ~ 55	7 ~ 40	4 ~ 20	0 ~ 10
0 ~ 3 mm		100	80 ~ 100	50 ~ 80	25 ~ 50	10 ~ 30	4 ~ 15	0 ~ 8

- f) 机制砂必须采用专用的制砂机生产，并采用优质的碱性石料为原料，其级配应符合表5.3.2-2中0 mm ~ 3 mm规格的要求。

g) 细集料应该满足表5.3.2-3的技术要求。细集料的洁净程度，天然砂以小于0.075 mm含量的百分数表示，石屑和机制砂以砂当量（适用于0 mm～4.75 mm）或亚甲蓝值（适用于0 mm～2.36 mm或0 mm～0.15 mm）表示。

表5.3.2-3 沥青混合料用细集料质量要求

项 目	单位	高速公路、 一级公路	其它等级公路	试验方法
表观相对密度 不小于	t/m <sup>3</sup>	2.50	2.45	T 0328
坚固性(>0.3 mm部分) 不小于	%	12	-	T 0340
含泥量(小于0.075 mm的含量) 不大于	%	3	5	T 0333
砂当量 不小于	%	65	55	T 0334
亚甲蓝值 不大于	g/kg	25	-	T 0346
棱角性(流动时间) 不小于	S	30	-	T 0345

## 5.4 填料

5.4.1 填料必须采用洁净的碱性石料磨细的矿粉，允许同时掺加约1%～2%的消石灰粉替代部分填料。采用表面活性型温拌技术时，一般不需要添加抗剥落剂。

5.4.2 矿粉应干燥、洁净、无结块，其质量应符合表5.4.2要求。

表 5.4.2 矿粉的质量要求

指 标	单位	技术要求	试验方法
表观密度	t/m <sup>3</sup>	≥2.50	T 0352
含水量	%	≤1	T 0103
粒度范围 < 0.6 mm < 0.15 mm < 0.075 mm	%	100 90～100 75～100	T 0351
外观	—	无团粒结块	目测
亲水系数	—	≤1	T 0353
塑性指数	—	<4	T 0354
加热安定性	—	实测记录	T 0355

## 5.5 纤维

5.5.1 在沥青混合料中掺加的纤维稳定剂宜选用木质素纤维、矿物纤维、有机纤维等。

5.5.2 纤维应在 200 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。温拌条件下沥青的流动性下降，过多纤维对工作性不利，根据沥青混合料设计的结果，可酌情减少用量。

## 6 温拌沥青混合料设计

6.1 温拌沥青混合料矿料级配见表 6.1.1～6.1.8 的要求。



表 6.1.1 密级配沥青混合料矿料级配范围

筛孔直径 mm	级配类型				
	AC-25	AC-20	AC-16	AC-13	AC-10
31.5	100				
26.5	95 ~ 100	100			
19	75 ~ 90	95 ~ 100	100		
16	65 ~ 83	80 ~ 92	95 ~ 100	100	
13.2	55 ~ 75	68 ~ 80	78 ~ 92	95 ~ 100	100
9.5	48 ~ 60	58 ~ 70	65 ~ 78	72 ~ 85	90 ~ 100
4.75	33 ~ 45	38 ~ 50	40 ~ 52	42 ~ 56	45 ~ 75
2.36	22 ~ 34	25 ~ 35	28 ~ 38	28 ~ 38	30 ~ 58
1.18	12 ~ 25	16 ~ 25	19 ~ 26	20 ~ 28	20 ~ 44
0.6	10 ~ 20	10 ~ 20	11 ~ 21	12 ~ 22	13 ~ 32
0.3	6 ~ 15	7 ~ 15	8 ~ 16	8 ~ 17	9 ~ 23
0.15	5 ~ 10	5 ~ 11	6 ~ 12	7 ~ 12	6 ~ 16
0.075	3 ~ 7	4 ~ 8	4 ~ 8	4 ~ 8	4 ~ 8

表 6.1.2 沥青玛蹄脂碎石 (SMA) 混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)											
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
中粒式	SMA-20	100	90 ~ 100	72 ~ 92	62 ~ 82	40 ~ 55	18 ~ 30	13 ~ 22	12 ~ 20	10 ~ 16	9 ~ 14	8 ~ 13	8 ~ 12
	SMA-16		100	90 ~ 100	65 ~ 85	45 ~ 65	20 ~ 32	15 ~ 24	14 ~ 22	12 ~ 18	10 ~ 15	9 ~ 14	8 ~ 12
细粒式	SMA-13			100	90 ~ 100	50 ~ 75	20 ~ 34	15 ~ 26	14 ~ 24	12 ~ 20	10 ~ 16	9 ~ 15	8 ~ 12
	SMA-10				100	90 ~ 100	28 ~ 60	20 ~ 32	14 ~ 26	12 ~ 22	10 ~ 18	9 ~ 16	8 ~ 13

表 6.1.3 开级配排水式磨耗层混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)										
		19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
中粒式	OGFC-16	100	90~100	70~90	45~70	12~30	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
	OGFC-13		100	90~100	60~80	12~30	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
细粒式	OGFC-10			100	90~100	50~70	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6

表 6.1.4 密级配沥青碎石混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)														
		53	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
特粗式	ATB-40	100	90 ~ 100	75 ~ 92	65 ~ 85	49 ~ 71	43 ~ 63	37 ~ 57	30 ~ 50	20 ~ 40	15 ~ 32	10 ~ 25	8 ~ 18	5 ~ 14	3 ~ 10	2 ~ 6
	ATB-30		100	90 ~ 100	70 ~ 90	53 ~ 72	44 ~ 66	39 ~ 60	31 ~ 51	20 ~ 40	15 ~ 32	10 ~ 25	8 ~ 18	5 ~ 14	3 ~ 10	2 ~ 6
粗粒式	ATB-25			100	90 ~ 100	60 ~ 80	48 ~ 68	42 ~ 62	32 ~ 52	20 ~ 40	15 ~ 32	10 ~ 25	8 ~ 18	5 ~ 14	3 ~ 10	2 ~ 6

表 6.1.5 半开级配沥青碎石混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)											
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
中粒式	AM-20	100	90~100	60~85	50~75	40~65	15~40	5~22	2~16	1~12	0~10	0~8	0~5
	AM-16		100	90~100	60~85	45~68	18~40	6~25	3~18	1~14	0~10	0~8	0~5
细粒式	AM-13			100	90~100	50~80	20~45	8~28	4~20	2~16	0~10	0~8	0~6
	AM-10				100	90~100	35~65	10~35	5~22	2~16	0~12	0~9	0~6

表 6.1.6 开级配沥青碎石混合料矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)														
		53	37.5	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
特粗式	ATPB-40	100	70~100	65~90	55~85	43~75	32~70	20~65	12~50	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3
	ATPB-30		100	80~100	70~95	53~85	36~80	26~75	14~60	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3
粗粒式	ATPB-25			100	80~100	60~100	45~90	30~82	16~70	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3	0~3

表 6.1.7 SAC 系列矿料级配

级配类型	通过下列筛孔的质量(%)												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SAC 30-1	100	89.6	72.5	65.0	57.5	46.6	30	21.5	15	11	8	5.5	4
SAC 30-2	100	90.9	75.5	68.7	61.7	51.4	35	24.3	16.9	11.9	8.3	5.7	4
SAC 30-3	100	92.0	78.3	72	65.6	56	40	27.1	18.5	12.7	8.6	5.9	4
SAC 25-1		100	79.2	70.2	61.4	48.7	30	21.5	15	11	8	5.5	4
SAC 25-2		100	81.6	73.5	65.3	53.4	35	24.3	16.9	11.9	8.3	5.7	4
SAC 25-3		100	83.7	76.4	69.0	57.9	40	27.1	18.5	12.7	8.6	5.9	4
SAC 20-1			100	86.1	72.9	54.8	30	22.2	16.4	12.3	9.1	6.7	5
SAC 20-2			100	87.8	75.9	59.2	35	25.2	18.2	13.3	9.6	6.9	5
SAC 20-3			100	89.2	78.6	63.2	40	28.2	19.9	14.2	10	7.1	5
SAC 16-1				100	82.6	59.6	30	22.9	17.5	13.4	10.3	7.8	6
SAC 16-2				100	84.7	63.7	35	26.0	19.4	14.5	10.8	8.1	6
SAC 16-3				100	86.5	67.5	40	29.0	21.2	15.5	11.3	8.2	6
SAC 13-1					100	67.9	30	24.0	19.2	15.5	12.4	10.0	8
SAC 13-2					100	71.3	35	27.3	21.3	16.8	13.1	10.2	8
SAC 13-3					100	74.5	40	30.5	23.3	17.9	13.7	10.5	8
SAC 10-1						100	30	24.0	19.2	15.5	12.4	10.0	8
SAC 10-2						100	35	27.3	21.3	16.8	13.1	10.2	8
SAC 10-3						100	40	30.5	23.3	17.9	13.7	10.5	8

表 6.1.8 UTAC 10矿料级配

筛孔(mm)	9.5	6.7	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
UTAC-10	100	80~100	38~52	25~35	19~29	15~23	12~18	8~12	4~8

## 6.2 温拌沥青混合料设计指标

6.2.1 可采用马歇尔方法、GTM 方法、Superpave 方法设计温拌沥青混合料，设计指标应遵循相应设计方法的技术要求。温拌沥青混合料的设计方法见附录 B。

6.2.2 高速公路和一级公路性能要求见表6.2.2。二级及二级以下公路性能标准按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF 40) 执行。

表 6.2.2 高速公路和一级公路温拌沥青混合料性能技术要求

试验项目	密级配沥青混合料		技术要求	试验方法
动稳定度 (次/mm)	GTM 法	普通沥青混合料	$\geq 1500$	T 0719
		改性沥青混合料	$\geq 3600$	
	马歇尔法	普通沥青混合料	$\geq 1000$	
		改性沥青混合料	$\geq 2800$	
	改性沥青SMA		$\geq 3600$	
浸水马歇尔试验残留稳定度比 (%)	普通沥青混合料		$\geq 80$	T 0709
	改性沥青混合料		$\geq 85$	
冻融劈裂试验残留强度比 (%)	普通沥青混合料		$\geq 75$	T 0729
	改性沥青混合料		$\geq 80$	
破坏应变 $\mu\epsilon$	普通沥青混合料		$\geq 2000$	T 0715
	改性沥青		$\geq 2800$	
渗水系数 (ml/min)	表面层采用连续密级配混合料渗水系数不大于60 ml/min， SMA 不大于80 ml/min			T 0730

## 7 温拌沥青混合料生产和施工

## 7.1 温拌沥青混合料的生产

7.1.1 温拌沥青混合料生产的工艺流程，遵从不同技术类型的要求。

7.1.2 温拌添加剂添加设备需具备准时、足量、自动化添加的功能，应采用相应的配套专用设备。

7.1.3 基于表面活性型温拌技术的沥青混合料的拌和见附录 C。

## 7.2 温拌沥青混合料的运输

7.2.1 温拌沥青混合料的运输要求，参见 JTGF 40 及河北省的其它补充规定。

7.2.2 温拌沥青混合料的降温速度相对较慢，在铺筑试验段的基础上，混合料的运输距离和运输时间，可以在热拌沥青混合料的基础上适当放宽。

## 7.3 温拌沥青混合料的摊铺及碾压

7.3.1 摊铺机熨平板需提前半小时预热，坚决避免摊铺面因过薄而出现拉带裂纹。在改性沥青或者较低气温施工时，应尽量避免在摊铺面进行人工补料等操作。温拌沥青混合料的粗细料离析和温度离析明显下降时，可以不采用转运车。

7.3.2 根据混合料的级配类型，选择合理的压路机组合方式及碾压要求，以达到最佳碾压效果。

a) 摊铺宽度不超过6 m 时需要配置2台钢轮压路机,1台轮胎压路机;摊铺宽度超过6 m 时,采用2~4台钢轮压路机、2台轮胎压路机。针对不同气候特征,推荐碾压机械组合见表7.3.2-1、7.3.2-2、7.3.2-3。具体的碾压组合根据试验段试铺情况确定。

表 7.3.2-1 正常施工的碾压组合

压路机类型	初压 (遍数)		复压 (遍数)		终压 (遍数)	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮压路机	2~3 (振动)	3(振动)	3~5(振动)	5	2~3(静压)	3
胶轮压路机	-	-	4-5	6		

表 7.3.2-2 低温施工的碾压组合

组合类型	初压 (遍数)		复压 (遍数)		终压 (遍数)	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢先型	1(钢轮振压)		5~6(轮胎)	7	2~3(钢轮静压)	3
胶先型	2~3(轮胎)	3	2~3(钢轮振压)	3	2~3(钢轮静压)	3

b) 气候条件不利因素较多时,胶轮压路机进行初压有助于保证压实效果,但是,为了避免轮迹,需尽早安排钢轮振动压路机压实。

表 7.3.2-3 橡胶改性沥青混合料及 SMA 施工的碾压组合

组合类型	初压 (遍数)		复压 (遍数)		终压 (遍数)	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮	2~3(钢轮静压)	3	4(钢轮振压)	5	1~2(钢轮静压)	3
胶轮	--	--	3~4(轮胎)	4		

c) 温拌沥青混合料在碾压作用下,沥青胶浆的挤出效应与热拌时有显著的不同,在复压阶段可以采用轮胎压路机部分替代钢轮振动压路机碾压。

### 7.3.3 温拌沥青混合料的施工温度

a) 在混合料生产过程中,沥青加热温度与热拌沥青混合料控制温度相同。

b) 宜根据 135 及 175 条件下的粘度-温度曲线,先确定热拌沥青混合料的施工温度,在此基础上,温拌沥青混合料施工温度应至少降低 30 。在试验路的基础上,降低幅度最大不超过 60 。缺乏粘温曲线数据时,可参照表 7.3.3-1、7.3.3-2、7.3.3-3 规定的范围选择施工温度。

表 7.3.3 -1 温拌石油沥青混合料的施工温度范围

施工工序		石油沥青标号			
		50号	70号	90号	110号
沥青加热温度 ( )		150~170	145~165	140~160	135~155
集料加热温度 ( )		115~140	110~135	105~130	100~125
出料温度 ( )		115~125	110~120	105~115	100~110
到场温度,不低于 ( )	正常施工	110	105	100	95
	低温施工	125	115	110	105
摊铺温度,不低于 ( )	正常施工	105	100	95	90
	低温施工	120	110	105	100
开始碾压温度,不低于 ( )	正常施工	100	95	90	85
	低温施工	110	105	100	95
混合料贮料仓贮存温度 ( )		贮存过程中温度降低不超过10			

表7.3.3-1 (续)

施工工序	石油沥青标号			
	50号	70号	90号	110号
正常施工温拌界定温度( )	140	135	130	125
低温施工温拌界定温度( )	150	145	140	135

表 7.3.3-2 温拌SBS 改性沥青混合料的施工温度范围

工 序	SBS I-C	SBS I-D
沥青加热温度	160 ~ 170	160 ~ 170
集料加热温度	120 ~ 160	
沥青混合料出料温度	120 ~ 140	125 ~ 145
SMA出料温度	125 ~ 145	130 ~ 150
混合料贮料仓贮存温度	拌和出料后降低不超过10	
摊铺温度, 不低于	115	120
初压温度, 不低于	110	115
碾压终了温度( ) 不低于	65	65
正常施工温拌界定温度	150 (SMA为155)	
低温施工温拌界定温度	160	

表7.3.3-3 温拌橡胶沥青混合料施工温度范围

施工条件	正常施工	低温施工
矿料加热温度( )	130 ~ 145	135 ~ 145
沥青加热温度( )	175 ~ 195	175 ~ 195
沥青混合料出料温度( )	130 ~ 150	140 ~ 160
温拌界定温度( )	150	160
混合料摊铺温度( ) 不低于	125	135
开始碾压温度( )	120	130
碾压终了温度( ) 不低于	75	75

c) 温拌沥青混合料沥青路面的最低施工温度见表7.3.3-4的规定。3 cm厚的薄面层、2.5 cm以下的超薄面层不适合于低温施工, 寒冷季节遇大风降温天气不得进行混合料施工。每天施工开始阶段宜采用较高温度的混合料。

表 7.3.3-4 温拌沥青混合料适宜施工温度条件和最低摊铺温度( )

下卧层表面温度 ( )	相应于下列不同摊铺层厚度的最低摊铺温度					
	普通沥青混合料			改性沥青混合料		
	40 ~ 50 mm	50 ~ 80 mm	>80 mm	40 ~ 50 mm	50 ~ 80 mm	>80 mm
2 ~ 6	不允许	115	110	不允许	不允许	不允许
6 ~ 10	120	112	105	130	125	120
10 ~ 15	115	110	103	120	115	115

## 8 试验方法

## 8.1 集料

粗集料、细集料和矿粉各指标的试验方法均按照 JTGE 42 进行。

## 8.2 沥青及沥青混合料

沥青及沥青混合料各指标的试验方法均按照 JTJ 052 进行。

## 9 检验规则

## 9.1 检验形式

产品检验包括原材料检验和产品出厂检验。

## 9.2 原材料检验

## 9.2.1 沥青

参照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF 40) 的规定执行

## 9.2.2 集料

参照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF 40) 的规定执行

## 9.2.3 矿粉

参照现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF 40) 的规定执行

## 9.2.4 温拌添加剂

温拌添加剂以 20 t 为一批, 不足 20 t 也作为一批, 每批检测 pH 值、胺值和固含量, 并查验厂商合格证和质检报告。

## 9.2.5 纤维

对沥青混合料根据设计要求确定是否掺加纤维。纤维每次为一批, 查验合格证、检验报告。

## 9.3 沥青混合料检验

温拌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, 温度应在允许出料温度范围内。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 8 cm, 恒温 1 h~2 h 后进行成型试验。沥青混合料检验频度和质量要求见表 9.3.1。

表 9.3.1 沥青混合料检验频度和质量要求

项 目		检验频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	
			高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	其它等级公路与城市道路
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	
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐车检测评定	符合本规范规定	
	混合料出厂温度	逐车检测评定	符合本规范规定	
		逐盘测量记录, 每天取平均值评定	符合本规范规定	
矿料级配(筛孔)	0.075 mm	逐盘在线检测	±2% (2%)	-
	≤2.36 mm		±5% (4%)	-
	≤4.75 mm		±6% (5%)	-
	0.075 mm	逐盘检查, 每天汇总 1 次取平均值评定	±1%	-
	≤2.36 mm		±2%	-
	≤4.75 mm		±2%	-

表 9.3.1 (续)

项 目		检验频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	
			高速公路、一级公路、城市快速路、主干路	其它等级公路与城市道路
	0.075 mm	每台拌和机每天1~2次,以2个试样的平均值评定	±2% (2%)	±2%
	≤2.36 mm		±5% (3%)	±6%
	≤4.75 mm		±6% (4%)	±7%
沥青用量 (油石比)		逐盘在线检测	±0.3%	-
		逐盘检查,每天汇总1次取平均值评定	±0.1%	-
		每台拌和机每天1~2次,以2个试样的平均值评定	±0.3%	±0.4%
马歇尔试验: 空隙率、稳定度、流值		每台拌和机每天1~2次,以4~6个试件的平均值评定	符合本规范规定	
浸水马歇尔试验		必要时 (试件数同马歇尔试验)	符合本规范规定	
车辙试验		必要时 (以3个试件的平均值评定)	符合本规范规定	

注: 括号内的数字是对SMA的要求。

#### 9.4 施工过程中的质量控制标准

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、允许差应符合表9.4.1的规定。

表 9.4.1 温拌沥青混合料路面施工过程中的质量检验评定标准

项目		检查频度	质量要求或允许差
外观		随时	表面平整,无油斑、离析、轮迹
接缝		随时	紧密、平整、顺直、无跳车
施工温度		随时	符合规范规定
压实度		1组/2 000 m <sup>2</sup> —组	实验室标准密度的97% (98%) 最大理论密度的93% (94%)
厚度	中、底面层	每/2 000 m <sup>2</sup> —点单点评定	-4 mm
	上面层	每/2 000 m <sup>2</sup> —点单点评定	设计值的-10%
	总厚度	每/2 000 m <sup>2</sup> —点单点评定	设计值的-5%
平整度标准差		每车道连续检测	中、下面层为1.6,上面层为1.2
宽度		2处/100 m	不小于设计宽
纵断面高程		3处/100 m	±10 mm
横坡度		3处/100 m	±0.3%
渗水系数		1次/200 m/车道	中下面层120 ml/min,上面层60 ml/min (80 ml/min)
上面层摩擦系数 (摆值)		1处/200 m	符合设计
上面层构造深度		1处/200 m	符合设计

注1: 括号中数值是对 SMA 的要求。

注2: 对于厚度小于3 cm的超薄面层或磨耗层、厚度小于4 cm的 SMA 表面层,钻孔试样表面形状改变,难以准确测定密度,可免于钻孔取样,严格控制碾压工艺。

附录 A  
(规范性附录)

表面活性型温拌技术温拌剂技术要求

A.1 添加剂分为 F 型和 H 型两种，见表 A.1，控制添加剂 pH 值、胺值和固含量在规定范围内。为确保添加剂的有效性和经济性，添加剂必须在密闭容器中避光保存。使用前添加剂溶液必须保持均匀状态，没有悬浮物和沉淀物。有关添加剂的胺值和固含量的检测方法，详见规范附录 D。

表 A.1 表面活性型添加剂技术标准

类型	pH值	胺值 (mg/g)	固含量 (%)
F型	$7.5 \pm 1$	170 ~ 230	设计值
H型	$9.5 \pm 1$	400 ~ 560	设计值

A.2 在固含量和胺值均合格的情况下，温拌添加剂设计固含量计算公式如下：

$$R_d = \frac{P_r}{P_a} \bullet 100 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$P_r$ ——活性成分残留量（相对沥青用量），一般在 0.45 ~ 0.7 范围内，%；

$R_d$ ——设计添加剂固含量，%；

$P_a$ ——温拌添加剂与沥青的比例，一般推荐 5%。提高温拌添加剂的添加比例意味着引入更多水，对改善混合料拌和和碾压有一定效果，但最高比例不宜超过 1:9。



## 附录 B

## (规范性附录)

## 表面活性型温拌沥青混合料设计方法

## B.1 一般规定

B.1.1 温拌沥青混合料可采用马歇尔方法、GTM 方法和 Superpave 方法设计。除本方法另有规定外，应遵照设计方法相应的混合料设计规范执行。马歇尔方法按 JTG F40，采用 GTM 方法时，参照河北省《旋转压实剪切实验法(GTM)沥青混合料设计与施工技术规范》(DB 13/T 978—2008) 执行。。

B.1.2 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，动稳定度、水稳性等性能指标是判断沥青混合料的关键指标。

## B.2 混合料的室内制备

表面活性型温拌混合料拌和程序如下：

B.2.1 石料加热：加热温度一般比出料温度高 10～20℃，加热好的石料（或和纤维）放入预热好的拌合锅干拌。

B.2.2 用拌铲将干拌后的石料拉成一斜面，露出拌锅底部；

B.2.3 热沥青（温度与热拌同）倒入露出来的拌锅底部；

B.2.4 采用 50 ml 烧杯，充分润湿后，按照比例称量添加剂（室内试验一般采用与沥青的质量比为 1:9）；

B.2.5 搅拌桨下降，降到正好可以将烧杯/纸杯探入的位置，将添加剂倒在沥青液面上，尽量避免倒在石料上；

B.2.6 降下搅拌桨，开始搅拌，搅拌时间约为 1 分钟～1.5 分钟；

B.2.7 略微升起搅拌桨，倒入矿粉（不加热），再次搅拌（一般不超过 1 分钟）。

B.2.8 出料时，出料温度一般比同型号的热拌混合料低 30℃ 以上；

## B.3 混合料的成型方法

B.3.1 混合料在设定的击实温度（一般比同型号的热拌混合料低 30℃ 以上）条件下恒温 2 小时后成型。

B.3.2 成型方法宜采用具有搓揉作用的旋转压实机或 GTM。

## B.4 确定最佳沥青用量

最佳沥青用量的确定方法，见相关方法的规定。通常情况下，在确定最佳沥青用量后，宜对该沥青用量下温拌沥青混合料和热拌沥青混合料的体积参数进行复核试验。在同样配比条件下，两者的空隙率差异一般不得超过 0.5%。

## 附录 C

## (规范性附录)

## 表面活性型温拌技术沥青混合料拌和技术要求

- C.1 沥青混合料拌和楼需加装温拌剂自动添加装置，优先采用专用配套设备。
- C.2 温拌剂在沥青开始喷洒后延时 3 秒左右喷入，喷入时间基本与沥青喷洒时间相同，温拌剂喷洒扇面需与沥青喷洒扇面基本重叠。
- C.3 为了尽快排除拌和过程产生的水汽，拌和锅需打开孔径不小于 30 cm 的排气口。排气口的设置高度稍大于混合料拌合区高度，以便气体顺利排出。
- C.4 为避免粉料被蒸汽带出，温拌混合料拌和采用矿粉后加法，温拌剂喷洒完毕后水汽基本散失，约 6 秒后再添加矿粉。
- C.5 温拌沥青混合料生产时，可掺加消石灰粉代替部分矿粉。
- C.6 生产添加纤维的沥青混合料时，纤维必须在混合料中充分分散，拌和均匀。拌和机应配备同步添加装置，松散的絮状纤维可以在喷入沥青的同时或稍候采用风送设备喷入拌和锅，拌和时间宜延长 5 s 以上。颗粒状纤维可在粗集料投入的同时自动加入。

## 附录 D

## (规范性附录)

## 表面活性温拌添加剂的检测方法

温拌添加剂是沥青混合料实现温拌施工的关键要素,在混合料拌合过程中,它可以在胶结料内部形成特殊的润滑结构,在不影响沥青对石料裹附的前提下,确保混合料可以在较低的温度下被压实。为了确保温拌添加剂的活性和效果,宜按照以下方法完成各项测试:

## D.1 pH值的测定

pH 值是指添加剂溶液的酸碱度,它是一个表面活性剂活性特性指标。测试方法如下:

- D.1.1 宜使用带有温度补偿功能的 pH 计, pH 计在使用前必须经过标定,确保酸度计工作正常。
- D.1.2 温拌添加剂取样时应先充分搅拌,以确保取样均匀。
- D.1.3 测试酸值时确保温拌添加剂样品的温度在  $25 \pm 0.5$ , 并在测试过程中保持适度搅拌。
- D.1.4 由于添加剂的缓释效应, pH 计读数如果能稳定保持 0.5 分钟即可取为最终的酸值结果。

## D.2 固含量的测定

固含量指添加剂去除可挥发成分后的含量,表征有效成分在混合料的最终残留量。测试方法如下:

- D.2.1 常温下称取  $20 \text{ g} \pm 0.02 \text{ g}$  温拌添加剂,放入洁净的 1 000 ml 烧杯中,记录浓缩液与烧杯的总质量为  $M_1$ 。
  - D.2.2 将盛有浓缩液的烧杯在  $110^\circ\text{C}$  烘箱中放置 5 小时后取出,待冷却至室温后记录其总质量为  $M_2$ 。
- 固含量 R 的计算公式为:

$$R = \frac{(20 - M_1 + M_2)}{20} \cdot 100 \quad \dots\dots\dots (\text{D.1})$$

式中:

- R——固含量, %;
- $M_1$ ——浓缩液与烧杯的总质量;
- $M_2$ ——烧杯与固体质量。

## D.3 胺值的测定

胺值是表面活性添加剂常用特定(活性)成分性指标,通过检测胺值,可以用于添加剂活性的初步确认。测试仪器和方法如下:

- D.3.1 化学试剂和设备如下:
  - D.3.1.1 异丙醇
  - D.3.1.2 0.5 摩尔/升的 标准盐酸溶液
  - D.3.1.3 天平,精确度 0.001 g
  - D.3.1.4 烧杯, 250 毫升
  - D.3.1.5 磁力搅拌器
  - D.3.1.6 50 毫升滴定管,精确度 0.1 ml
  - D.3.1.7 蒸馏水
  - D.3.1.8 精密式 pH 计

## D.3.2 样品测试步骤如下：

1. 加入 28 ~ 30 克左右的添加剂样品到烧杯中，同时记录实际重量，精确度为 0.001 g。
2. 继续往烧杯里加入 90 g $\pm$ 3 g 异丙醇的水溶液（异丙醇：蒸馏水 重量比=75：25）。
3. 放入磁力搅拌转子，将烧杯放置于磁力搅拌器上，搅拌至充分溶解。
4. 用 pH=7 和 pH=4 的标准溶液，标定 pH 计。
5. 往滴定管里（50 毫升，精度 0.1 ml）加入 0.5 摩尔/升标准盐酸，并记录体积。
6. 将 pH 电极头放入溶液中。
7. 缓慢的往烧杯里滴定加入 0.5 摩尔/升标准盐酸，同时观测 pH 计显示读数。
8. 当读数接近 7.5 时，逐滴地加入标准盐酸，直到使 pH 值达到 7.5 并保持稳定，记下此时滴管的刻度；继续加入盐酸，当读数接近 3.5 时，逐滴地加入标准盐酸，直到使 pH 值稳定在 3.48 ~ 3.52 之间。
9. 记录终点的滴管读数。滴定 pH 值为 7.5 时的读数减去结束时读数为标准盐酸的用量。用以下的公式计算胺值。

## D.3.3 胺值计算公式

$$\text{胺值} = \frac{V_a \times N \times 56.1}{S_a \times R} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中：

胺值单位：mg/g；

$N$ ——盐酸标准溶液的摩尔浓度，mol/L；

$V_a$ ——滴定消耗的盐酸体积，mL；

$S_a$ ——实际添加的添加剂样品量，g。

附录 E  
(资料性附录)  
条文说明

### E.3 术语和定义

E.3.2 温拌沥青混合料主要是一个工艺性技术,降低沥青路面施工操作温度是该技术的主要目的,而最大限度减轻其对沥青路面材料物理、化学性状的影响,是降低操作温度的前提。因此,选择温拌沥青混合料技术有两个原则:第一,混合料操作温度下降 30℃ 以上仍能达到目标压实效果;第二,混合料设计体系不涉及重大的材料调整、方法改变,竣工的沥青路面能全部够达到沥青路面路用性能要求。

E.3.3 沥青混合料只有在一定的温度范围内才具备施工工作性。碾压需要一定时间才能完成。因此,摊铺面温度的下降速度,决定了混合料是否有足够的时间来完成压实。摊铺层的厚度、摊铺温度与气温(直接的反映为下卧层的温度)的差异是决定摊铺面温度下降速率的主要因素。因此,JTGF 40 以厚度和下卧层的表面温度为依据,规定了普通沥青和改性沥青混合料的最低摊铺温度(参见表 3-1)。JTGF 40 规范中并没有包括厚度 4 cm 以下薄层和 2.5 cm 以下超薄磨耗层,<5 cm 实际上主要指 4 cm~5 cm。对于高等级沥青路面,4 cm~5 cm 的改性沥青面层通常规定在 10℃ 以下不宜施工。表 3-1 中“不允许”的厚度和下卧层表面温度组合以外的条件下进行的温拌混合料施工,称为正常施工。另外,由于风力是另一个显著影响摊铺面降温速度的因素,一般规定,寒冷季节遇大风降温天气不得进行混合料摊铺施工。

表 3-1 热拌沥青混合料的最低摊铺温度和条件

下卧层表面 温度(℃)	相应于下列不同摊铺层厚度的最低摊铺温度					
	普通沥青混合料			改性沥青混合料或 SMA 沥青混合料		
	<50 mm	50~80 mm	>80 mm	<50 mm	50~80 mm	>80 mm
<5	不允许	不允许	140	不允许	不允许	不允许
5~10	不允许	140	135	不允许	不允许	不允许
10~15	145	138	132	165	155	150

E.3.4 温拌沥青混合料的操作温度下降以后,由于与环境温度差异缩小,在同等条件下,摊铺面温度下降速度显著低于热拌沥青混合料,有效压实时间相应延长,这一特性使得温拌沥青混合料具有更低温度条件下施工的可能性。在包括河北省在内的全国 40 个、全球过 200 个项目的实践经验基础上,普遍认为温拌沥青混合料可以适应比热拌混合料低 10℃ 的外界温度条件,(相关规定见表 7.3.3-4)。有一些在表 7.3.3-4 允许的条件范围外的应用也取得了成功的应用。温拌混合料用于低温施工,实际可使得沥青路面施工季节适当延长。

E.3.7 近几年来,全球温拌技术进入快速发展迅速,新技术层出不穷。截止到 2007 年底,已经进入应用或初步应用阶段的温拌技术已经超过 10 种。按照工作机理,温拌技术可以归入三大主要技术类型。

沥青发泡型:该方法的基本原理是在混合料拌和过程中或者沥青进入拌和锅/筒之前导入水,诱发沥青发泡,通过发泡形成的沥青膜结构来实现较低温度下对集料的裹覆,同时降低沥青混合料操作温度。代表性的技术有 Aspha-Min、WAM-Foam、LEA 和 Astec 绿色双滚筒等。按照发泡方法的不同,又可分为拌和过程细微发泡和拌和前机械发泡两种类型。发泡工艺实现降低施工温度一般都较为成功,但单纯的发泡,沥青与石料的粘附力通常不能令人满意。

胶结料降粘型:热拌沥青混合料的施工工作性取决于沥青的高温粘度,而其抗变形能力与沥青在夏季路面使用温度条件下的粘度相关。添加有机类添加剂,使得沥青高温粘度下降,但同时夏季温度下粘

度不变化，甚至提高，可以说是温拌最朴素的技术思路。该技术路线最具代表性的是 SASOBIT 和 REDISET。降粘技术路线最大的问题是降粘添加剂用量的矛盾。控制用量，则很难达到好的降温效果，但用量增大，虽然能够取得较好好的温拌效果，但对胶结料材料性质改变过大，往往产生意想不到的副作用。

表面活性型：这一技术路线的代表性产品是 Evotherm。Evotherm 是目前在国内温拌应用依托的主要技术平台。2005 年以来，交通部公路科学研究院、辽宁省交通科学研究所、东南大学、同济大学等先后展开了各类温拌技术对比试验研究。他们最终实施的试验路项目和应用技术的开发，均主要采用了表面活性型技术平台。目前，国内和河北省的绝大多数温拌技术应用，也主要是基于表面活性型技术，我国总的温拌项目数量已经有超过 40 个，全球项目数量超过 200 个，其中相当一部分项目规模已经使用了超过 1 万吨沥青混合料。

#### E.4 分类和用途

E.4.1.3 温拌混合料的应用，已经覆盖了绝大多数沥青混合料的应用领域，各种胶结料类型、级配类型、不同的石料类型均有所涉及。由于温拌沥青混合料在有害物低排放、低温施工、较低操作温度等方面的优势，其特别适合的应用场合和技术结合点如下：

超薄磨耗层：正常气候的薄层施工，与低温气候下施工一般路面的降温速度相当，热拌工艺保证压实有一定困难，温拌混合料与环境温度差异减少，降温速度降低，获得更多有效碾压时间，保证了超薄磨耗层的有效实施。

（长大）隧道沥青路面：无烟尘操作，将免去或降低施工的通风成本，改善工人施工操作环境；环境改善后，有效的过程质量控制成为可能；温拌沥青技术适应隧道路表温度低的压实工况，适应潮湿施工作业环境，采用表面活性型的添加剂一定程度上还有助于抵抗潮湿路面工况。

橡胶沥青混合料：温拌与（废）轮胎橡胶沥青技术结合可实现降温幅度约 50℃，很大程度上解决了橡胶沥青施工中轮胎气味重，烟气大的问题；较低的操作温度会明显延长橡胶沥青路面施工季节；减轻老化将有利于保持橡胶沥青路面抗裂、耐久的特性；表面活性型添加剂在一定程度上还将改善橡胶沥青与石料粘附性。橡胶沥青应采用现场湿拌法进行加工。

#### E.5 材料

E.5.2.2 通常情况下，采用天然沥青和橡胶沥青等新型材料时，在目前都还没有国家或行业标准的情况下，优先采用本省或国内临近省市出台的地方标准。在尚没有地方标准的情况下，允许参考国外发达国家的相关技术标准。在没有相关类型材料实体工程承包经验的承包商，以及缺少支持相关实体项目技术服务的情况下，宜首先安排试验路或科研项目，循序渐进地推进新材料与温拌技术结合的工作。

E.5.3 热力学计算结果表明，在温拌石料加热温度下，空隙内部水蒸发速度为热拌石料加热条件下的 80% 左右。

E.5.4.1 抗剥落添加剂优先采用熟石灰粉。在采用含水添加剂（表面活性型）或工艺（发泡型）时，由于水的存在会造成水泥水化结硬，堵塞粉料添加口，不应采用水泥代替部分矿粉。采用表面活性型添加剂时，添加剂本身具有增强粘结力作用，一般不需要再添加抗剥落剂。

E.5.5.2 温拌条件下沥青的流动性显著降低，稳定沥青需要的纤维量相应减少。另一方面，当采用有机纤维时，随着纤维品种的不同，在温拌条件下的热熔变化与热拌条件相比可能会有明显的不同，这也会影响纤维吸附沥青和加劲的作用。总之，温拌沥青混合料添加纤维时，纤维用量宜低于热拌沥青混合料的用量，一般情况下，可能会减半使用，应根据具体试验特别是析漏和动稳定度来确定。

## E.6 温拌沥青混合料设计

E.6.1 SMA 级配范围与热拌相同。与热拌相比，由于油膜自身粘度上升，对纤维等稳定材料的需求降低。

开级配、半开级配范围与热拌相同。温拌技术的采用会使油膜稳定性增加、级配纵向分布更均匀。在满足基本性能要求的基础上，可适度降低对沥青的粘度要求。

SAC 的级配范围与热拌相同。温拌技术的采用将显著提高 SAC 混合料在施工过程中的级配稳定性。温拌密实型超薄磨耗层，一般采用间断级配，推荐采用表 6.1.8 的级配。

## E.7 温拌沥青混合料生产和施工

E.7.2.2 混合料出料温度与环境温度差异减小后，混合料降温的速度会明显减缓。在多个建设拌合楼困难的温拌项目中，实际的混合料运输距离超过了 100 km，最长的一个 SMA 运距达到 145 km。温拌技术用于长运距项目混合料工艺，可以提高单个拌合楼的辐射半径，而如果拌合楼辐射半径增加一倍，单位面积的拌合楼数量将减少 3/4。温拌沥青混合料在长运距的运用，对于养护工程具有重要意义。

E.7.3.2 揉搓和振动作用对温拌沥青混合料的压实至关重要。在钢轮压路机吨位足够而且能够调整振动频率和幅度的情况下，全钢轮碾压队列可以完成温拌混合料的压实（初压高幅低频，复压低幅高频）。轮胎压路机参与压实对于提高上部密实度有明显好处。由于不用过度担心提胶浆胶和混合料侧移变形，轮胎压路机参与温拌沥青混合料可以有全新的组合，即采用轮胎压路机先行模式或轮胎压路机紧跟钢轮初压的模式：轮胎压路机直接或钢轮初压仅一遍后行驶上摊铺面，轮胎压路机承担初压和复压的一部分，但复压的后一部分由（低幅高频）振动压路机承担，以便充分消除轮迹。轮胎压路机先行型组合对于低温施工、骨架密实型结构具有突出的意义。

E.7.3.3 普通沥青混合料的出料温度与水的沸点相差不远，通过引入更多的水，有可能在混合料内部形成更有效的水膜润滑结构，因而达到更大的降低操作温度的结果。在普通沥青混合料的进一步实践经验积累的基础上，表 7.3.3-1 所列的最低操作温度的值还有可能被突破。

SBS 的空间网络结构和 SMA 所含的纤维加劲作用，都将增加混合料温拌的难度。SBS 改性沥青、SMA 把这些困难叠加在一起，是本规范涉及的混合料中工作性最困难的一种，操作温度降低幅度在 30 ~ 40，相关温度设置也较单纯 SBS 改性沥青混合料有所提高。橡胶沥青尽管粘度比 SBS 改性沥青大，但胶结料是自由沥青和橡胶颗粒的两相混合物，温拌的难度并不提高。

## E.9 检验规则

E.9.3 多数温拌工艺是不可逆的。当混合料冷却后，即使再加热到温拌的温度，也不再具有温拌的工作性。为确保在温拌混合料状态完成成型，规定了较大的样本取样，同时，规定了降温超过 20 废弃的原则。即使如此，运送和分样过程中，不可避免会产生温度离析，需要在成型前先做恒温条件处理。在恒温过程中，需要保证混合料有一定的厚度，避免在恒温过程中润滑结构过度损失。对于无法保证如上条件的样品，应采用热拌温度条件成型标准密度试件。

### 附录 A 表面活性型温拌技术温拌剂技术要求

表面活性添加剂的主要成分是表面活性成分和水，有时，为了激活活性成分，或者适应某些特定石料，需要对添加剂加入少量的盐酸或 NaOH 进行调酸或调碱。在不恰当的储存条件下，添加剂可能会发生物理和化学的变化。物理的变化是指水分或盐酸散失，会造成 pH 值和固含量的变化。化学的变化是表面活性成分发生氧化或光化学反应，活性失效，体现为胺值发生显著变化。为了避免添加剂发生物理和化学变化，添加剂储存需密闭避光。胺值/pH 值/固含量并不是保证温拌活性的充分条件。混合料施工操作温度是否在温拌范围以及性能是否满足规定要求是特定表面活性类添加剂温拌效力的最终判据。

表面活性成分和水是实现温拌必不可少的两个条件。表面活性成分需要具有活性,同时还有足够的量,才能够有效实现润滑结构的构成。碾压完毕后,表面活性成分转移到石料表面,形成的化学结合作用,有效弥补温拌时沥青对石料浸润下降造成的粘附力下降。综合效力和成本因素,温拌表面活性成分的用量范围要达到沥青用量的 0.45~0.7% (润滑结构仅在沥青内形成和发挥作用)。为了达到温拌效果,活性成分的量必须保证,实践表明,活性成分用量不能低于沥青用量的 0.45%。在经验不足的情况下,选择 2~3 个用量进行比选。适当提高活性成分用量,可以改善温拌效果和混合料抗水损坏能力。

在拌和过程中,添加剂中大部分水会被蒸发,残留在沥青混合料内水的含量会影响温拌效果,在同等条件下,残留水量增加会进一步帮助压实。对于不同的应用场合,表面活性成分残留量一般差别不大,有时会通过引入不同的水量,以满足不同的压实要求。常用的  $P_a$  为 5:95, 7:93 和 10:90。拌合楼最常用的是 5:95。由于实验室拌合设备拌和功率相对较弱,拌和时间长,室内添加剂  $P_a$  一般采用 10:90。在添加剂掺加比例和活性成分残留量确定的情况下,按照 A.2 公式计算添加剂设计固含量。

添加剂大部分成分会在拌和过程中挥发,活性成分残留量也较低,故不计入胶结料用量。

添加剂单独与石料接触是没有作用的。因此,添加剂注入方式、注入方向和注入时机的选择非常重要。注入方式和方向要适应沥青的注入方式和方向,确保添加剂投放方向与范围与沥青基本重叠。添加剂注入相对于沥青注入时间适当延后,也是为了确保添加剂与沥青共同作用。但延后时间不宜过长,避免沥青与石料接触后温度下降过多,而影响其与温拌添加剂的作用效果。

由于表面活性型温拌添加剂本身具有抗剥落效力,通常不需要添加其它抗剥落成分。

#### 附录 B 温拌沥青混合料设计方法

B.1.2 同热拌沥青混合料相比,温拌工艺温度明显下降后,沥青老化会明显减轻。抽提试验表明,同样配比的情况下,温拌沥青混合料抽提物的针入度分级可能比热拌高 1~2 个等级。因此,温拌沥青混合料的马氏稳定度一般较热拌的偏低 (可达 10%)。因此,不宜将马氏稳定度作为控制性指标。但采用温拌工艺后,性能指标特别是动稳定度和水稳定性指标要求不应降低。

B.4 确定最佳沥青用量的方法,应遵循混合料设计方法相应的程序。温拌工艺的标准之一是在配比和体积参数方面最大限度接近热拌工艺要求。因此,在目标配合比初步确定的阶段,进行相应的热拌沥青混合料校验是必要的。校验的方法是采用目标配比进行热拌试件成型,测试体积参数,空隙率差异以不超过 0.5% 为宜。