

ICS 号

CCS 号

# 团 体 标 准

T/GHTS XXXXX-XXXX  
代替的团体标准编号

---

## 抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料路面 施工技术指南

Design Guide for Freeze-thaw Damage Asphalt Mixtures with Snow

Thaw Resistant Agents

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

---

## 前 言

我国冬季常使用融雪剂进行除冰化雪作业，但由于融雪剂种类繁多、组成成分复杂（包含氯离子、醋酸根离子、钙镁乙酸根和醇类有机物等），各组分对道面的影响不同，造成的病害类型也多样，致使我国沥青道路在使用中频繁的养护维修，严重缩短了其服役使用年限。

目前，《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40-2004）中有评价沥青混合料水稳定性的指标，如残留稳定度、残留强度比等。其对应规范 JTG E20-2011 中的试验方法如马歇尔稳定度试验和冻融劈裂试验，都仅反映了沥青混合料抗水损害性能，而按此标准设计的沥青混合料在融雪剂侵蚀下极易出现耐久性破坏。近年来，长寿命沥青路面一直是国内研究的重要课题之一，盐蚀冻融循环作用下沥青混合料的耐久性问题也日益受到关注。而现有的技术标准或试验规程都难以反映沥青混合料抗融雪剂冻融损伤能力，此外，现有的沥青混合料设计方法也难以满足我国铺筑长寿命路面的需求，因此需要更先进、更可靠的抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料路面施工技术指南来完善我国现有沥青道面施工设计规范。

本施工技术指南的制定是根据团队近几年的研究成果，结合国内外的有关资料及工程实践经验编制而成。通过复合改性技术实现了沥青混合料经不同种类融雪剂多次、反复冻融侵蚀后，其冻融劈裂抗拉强度比较普通沥青混合料显著提升。

本施工技术指南主要对抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料的原材料选择、材料改性方法、级配范围、施工配合比设计、施工工艺、质量控制以及相关试验方法做了详细规定。填补了我国在实际工程应用中缺少相应沥青混合料施工设计指南的空白，促进了抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料在我国寒冷地区公路建设中的推广和应用，为我国公路建设品质提升做出了进一步的贡献。

鉴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，敬请各单位在使用过程中及时发现问题或提出修改建议，并寄送北京建筑大学（地址:北京市西城区展览馆路 1 号，邮政编码:100044）。

主 编 单 位:北京建筑大学

## 目录

1 总则 .....	4
2 规范性引用文件 .....	4
3 术语符号 .....	5
4 范围 .....	6
5 材料 .....	6
5.1 一般规定 .....	6
5.2 集料及填料 .....	6
5.3 基质沥青 .....	7
5.4 改性剂 .....	10
6 面层设计 .....	11
6.1 沥青混合料改性方法 .....	11
6.2 级配范围 .....	12
6.3 施工配合比设计 .....	12
7 施工 .....	15
7.1 施工准备 .....	15
7.2 橡胶粉改性沥青的制备 .....	16
7.3 改性沥青混合料的制备 .....	16
7.4 改性沥青混合料的运输 .....	18
7.5 改性沥青混合料的摊铺与压实 .....	18
7.6 开放交通及其他 .....	19
8 质量控制和检验 .....	20
8.1 质量控制及验收标准 .....	20
8.2 材料的储存 .....	22
8.3 机具检验 .....	22
8.4 外观质量要求 .....	22
附录 A: 修正沥青混合料冻融劈裂试验方法 .....	23

## 1 总则

1.0.1 冬季我国道路常使用融雪剂进行除冰化雪作业，为提升沥青混凝土路面抗融雪剂冻融损伤能力，防止道路产生耐久性破坏，延长道路使用寿命，而制定本施工技术指南。

1.0.2 本规程规定了抗融雪剂冻融损伤型沥青道面的原材料性质、材料改性方法、施工配合比设计、施工技术以及施工质量检查与验收要求。

1.0.3 应采用符合本指南的原材料、施工配合比、施工工艺和质量标准与控制规定。在满足工程技术标准要求的前提下，应优先选用经济合理的当地材料。

1.0.4 抗融雪剂冻融损伤型沥青路面施工必须有施工组织设计,并保证合理的施工工期，避免雨天或路面潮湿条件下施工。质量保障应贯穿施工全过程，加强各工序质量控制与管理，避免沥青层在施工和运输过程被污染，保证工程质量。

1.0.5 沥青道面施工过程必须满足国家环保方面相关规定，应注重节约用地，降低能源和材料消耗。

1.0.6 应建立健全安全生产管理制度及应急预案，严格执行安全操作规程，保障施工人员的职业健康和施工安全。

1.0.7 进行沥青路面试验检测的实验室应取得相应的资质，试验人员需持证上岗，试验设备应定期检测且符合相关规定。

1.0.8 抗融雪剂冻融损伤型沥青路面施工除应符合本技术指南外，尚应符合国家颁布的现行有关标准、规范的规定。各地区或单位可根据具体情况，制订相应的技术指南，但技术要求不宜低于本规范的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本指南的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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）适用于本指南。

JTG E20 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》

JTG E42 《公路工程集料试验规程》

JTG F40 《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》

DB22/T 2980-2019 《橡胶粉改性沥青及其混合料应用技术规范》

上海市工程建设规范 《橡胶沥青路面技术规范》

四川新筑路业发展有限公司 《橡胶沥青混凝土生产及路面施工技术指南》

CJJ/T 273-2019 《橡胶沥青路面技术标准》

### 3 术语符号

#### 3.0.1 冻融循环(cycle of freezing and thawing; freezing and thawing cycle):

作为一种温度变化的具体形式，对结构体的物理力学性质有着强烈的影响。温度在 0℃ 以上的时间较长，使结构体表面的冰霜融化成水滴，水分将沿着结构表面的孔隙或毛细孔通路向结构内部渗透；当温度降低到 0℃ 以下时，其中的水分结成冰，产生膨胀，膨胀应力较大时，结构出现裂缝。结构件表面和内部所含水分的冻结和融化的交替出现，称为冻融循环。

#### 3.0.2 冻融损伤 (freeze-thaw damage; damage caused by freeze-thaw cycle):

是指侵入材料内部的液体在反复冻结和融化过程中对材料造成的破坏作用。当材料孔隙内的水结冰时，体积增大，对孔壁产生压力而使孔壁破坏开裂。当冰融化后，结构体表面的水分会沿着开裂产生的裂缝再次渗入更多水分，达到冰点时再次结冰，材料会受到更大的冻胀压力造成裂缝再扩张，这样反复的作用就称之为冻融损伤。

**3.0.3 湿法工艺 (wet process)：**将橡胶粉和沥青加工成橡胶沥青后,再与矿料拌和成橡胶沥青混合料的生产工艺。

**3.0.4 橡胶粉 (crumb rubber)：**经过粉碎加工而制成的具有一定标准规格的橡胶粉末状材料。

**3.0.5 橡胶粉改性沥青 (crumb rubber modified asphalt)：**将橡胶粉作为沥青改性剂，按一定比例添加到基质沥青中，经高温反应并在外加稳定剂的作用下而成的沥青产品。

**3.0.6 稳定剂 (stabilizing agent):**为提升橡胶粉改性沥青的稳定性及技术性能，在橡胶粉改性沥青加工过程添加的一种助剂材料。

**3.0.7 抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料 (Snow thaw resistant freeze-thaw damage asphalt mixture)：**是指以提高沥青混合料抵抗融雪剂冻融损伤性能为目的，通过一系列改性手段所设计制成的沥青混合料。下文均简称为“改性沥青”。

混合料”。

## 4 范围

本指南适用于我国北方或南方二级和二级以下冬季频繁铺洒融雪剂沥青路面新建或改建工程的设计与施工,对于高速公路及一级公路本设计指南虽也有相应规定,但鉴于此指南应用时间较短,有些问题还需要在实践中去发现并采取进一步的研究和总结,故仅供参考使用。

## 5 材料

### 5.1 一般规定

5.1.1 沥青路面使用的各种材料运至现场后必须取样进行质量检验,经评定合格方可使用,不得以供应商提供的检测报告或商检报告代替现场检测。

5.1.2 沥青路面集料的选择必须经过认真的料源调查,确定料源应尽可能就地取材。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。

5.1.3 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。

### 5.2 集料及填料

5.2.1 沥青层用粗集料包括碎石、破碎砾石、筛选砾石、钢渣、矿渣等,但高速公路和一级公路不得使用筛选砾石和矿渣。粗集料必须由具有生产许可证的采石场生产或施工单位自行加工。

5.2.2 粗集料应具有足够的强度和耐磨性,且与沥青粘附性好;其质量应符合表 5-1 的规定。当单一规格集料的质量指标达不到表中要求,而按照集料配比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 5-1 粗集料质量技术要求

项 目	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	%	26	28	30	T0316
洛杉矶磨耗损失,不大于	%	28	30	35	T0317
表观相对密度,不小于	--	2.60	2.50	2.45	T0304
吸水率,不大于	%	2.0	3.0	3.0	T0304
坚固性,不大于	%	12	12	--	T0314
针片状颗粒含量(混合	%	15	18	20	T0312

料), 不大于					
水洗法<0.075mm 颗粒含量, 不大于	%	1	1	1	T0320
软石含量, 不大于	%	3	5	5	T0320

5.2.3 细集料应选用洁净、干燥、无风化、无杂质且有适当的颗粒级配的材料。细集料的洁净程度, 天然砂以小于 0.075mm 含量的百分数表示, 石屑和机制砂以砂当量 (适用于 0mm~4.75mm) 或亚甲蓝值(适用 0mm~2.36mm 或 0mm~0.15mm)表示。其质量应符合表 5-2 的规定:

表 5-2 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
表观相对密度, 不小于	--	2.5	2.45	T0328
坚固性 (>0.3mm 部分), 不小于	%	12	--	T0340
含泥量 (小于 0.075mm 的含量), 不大于	%	3	5	T0333
砂当量, 不小于	%	60	50	T0334
亚甲蓝值, 不大于	g/kg	25	--	T0349
棱角性 (流动时间), 不小于	s	30	--	T0345

5.2.4 填料必须采用石灰岩或岩浆岩中的强基性岩石等憎水性石料经磨细得到的填料。矿粉应干燥、洁净, 其质量应符合表 5-3 的要求:

表 5-3 填料质量要求

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, 不小于	t/m <sup>3</sup>	2.5	2.45	T0352
含水量, 不大于	%	1	1	T0103 烘干法
粒度范围	<0.075mm	%	100	T0351
	<0.6mm	%	90~100	
	<0.15mm	%	75~100	
外观	-	无团粒结块	-	
亲水系数	-	<1	-	T0353
塑性指数	%	<4	-	T0354
加热安定性	-	实测记录	-	T0355

### 5.3 基质沥青

5.3.1 改性沥青所使用的基质沥青应符合 GB/T15180 的规定。其沥青的选择采用符合 JTGF40-2004 规范“道路石油沥青要求”规定的“70#~110#”A 级沥青表 5-4 的要求。研究表明, 基质沥青品种不同, 改性沥青品质也不同, 基质沥青的配伍性对橡胶沥青的性能有一定影响, 实际工程中,应根据当地气候及交通等情况,同时结合配伍性选择基质沥青。

表 5-4 道路石油沥青技术要求

指标	单位	等级	沥青标号														试验方法 <sup>(1)</sup>	
			160号 <sup>(4)</sup>	130号 <sup>(4)</sup>	110号	90号			70号 <sup>(3)(5)</sup>			50号	30号 <sup>(4)</sup>					
针入度 (25℃, 5s, 100g)	d mm		140~200	120~140	100~120	80~100			60~80			40~60	20~40	T 0604				
针入度指数 PI <sup>(2)</sup>		A	-1.5~+1.0														T0604	
		B	-1.8~+1.0															
软化点 (R&B) 不小于 T0606		A	38	40	43	45		44	46	46		49	55	T0606				
		B	36	39	42	43		42	44	43		46	53					
		C	35	37	41	42			43			45	50					
60℃动力粘度 <sup>(2)</sup> 不小于	Pa.s	A	-	60	120	160		140	180	160		200	260	T0620				
10℃延度 <sup>(2)</sup> 不小于	cm	A	50	50	40	45	30	20	30	20	20	15	25	20	15	15	10	T0605
		B	30	30	30	30	20	15	20	15	15	10	20	15	10	10	8	
15℃延度 不小于	cm	A、B	100														T0605	
		C	80	80	60	50			40			30	20					
蜡含量(蒸馏法) 不大于	%	A	2.2														T0615	
		B	3.0															
		C	4.5															
闪点不小于	℃		230			245			260				T0611					
溶解度 不小于	%		99.5														T0607	



密度 (15°C)	g/cm <sup>3</sup>		实测记录							T0603
TFOT (或 RTFOT) 后 <sup>(5)</sup>										
质量变化 不大于	%		±0.8							T0610 或 T0609
残留针入度 比 不小于	%	A	48	54	55	57	61	63	65	T0604
		B	45	50	52	54	58	60	62	
		C	40	45	48	50	54	58	60	
残留延度 (10°C) 不小于	cm	A	12	12	10	8	6	4	--	T0605
		B	10	10	8	6	4	2	--	
残留延度 (15°C) 不小于		C	40	35	30	20	15	10	--	T0605

注：①试验方法按照现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ052)规定的方法执行。用于仲裁试验求取PI时的5个温度的针入度关系的相关系数不得小于0.997。

②经建设单位同意，表中PI值、60°C动力粘度、10°C延度可作为选择性指标，也可不作为施工质量检验指标。

③70号沥青可根据需要要求供应商提供针入度范围为60~70或70~80的沥青，50号沥青可要求提供针入度范围为40~50或50~60的沥青。

④30号沥青仅适用于沥青稳定基层。130号和160号沥青除寒冷地区可直接在中低级公路上直接应用外，通常用作乳化沥青、稀释沥青、改性沥青的基质沥青。

⑤老化试验以TFOT为准，也可以RTFOT代替。

## 5.4 改性剂

5.4.1 橡胶粉经检测符合表 5-5 技术要求后准许使用。橡胶粉必须干燥、无污染，在与沥青和骨料的拌和中能自由流动而不产生泡沫。橡胶粉颗粒规格应符合相应的通过率要求（宜在 30 目~50 目范围内），筛分时应采用水筛法进行试验。

表 5-5 橡胶粉技术要求

检测项目	单位	技术指标	试验方法
相对密度	g/cm <sup>3</sup>	1.05~1.3	GB/T 533
含水量	%	<1	GB/T 5757
金属含量	%	<0.03	GB/T 9874
纤维含量	%	<0.5	
灰分含量	%	≤8	GB/T 4498
天然橡胶含量	%	≥25	GB/T 13249
丙酮抽出物	%	≤20	GB/T 3516
炭黑含量	%	≥28	GB/T 14837
橡胶烃含量	%	≥42	GB/T 14837

5.4.2 生产的橡胶粉改性沥青应满足表 5-6 技术要求，若使用成品橡胶沥青，也必须满足表 5-6 技术要求。

表 5-6 橡胶粉改性沥青技术要求

检测项目	技术指标	试验方法
旋转粘度，177℃，Pa.s	1.5~4.0	T0625
针入度 (25℃,100g,5s), (0.1mm)	55~75	T0604
软化点，(℃)	≥54	T0606
5℃延度 (cm)	≥16	T0605
弹性恢复，25℃，(%)	≥60	T0662
贮存稳定性离析，48h 软化点 差 (℃)	≤6	T0661
薄膜烘箱试验 (163℃，5h) 后残留物		
质量变化 (%)	≤±1	T 0610
针入度比 (%)	≥60	T 0604
5℃延度 (cm)	≥11	T 0605

5.4.3 消石灰必须保持干燥、洁净、无风化、无杂质。

5.4.4 选用的纤维应满足 5-7 各项技术要求。

表 5-7 纤维技术要求

	检测项目	性能指标				检验方法
		GB/T 21120-2007	JT/T 525-2004	CECS 38:2004	公联公司	
1	外观、手感及洁净度	色泽均匀；表面白亮、无污染；手感柔软且无未牵引丝；				目测、手试
2	安全性能	无 毒				GB/T 17219-1998
3	密度 g/cm <sup>3</sup> , ±0.01	-	0.91			FZ/T 01057.9
4	当量直径及偏差 μm, ±10%	5~100	20~50	18~65	20~50 (100 ± 50)	GB/T 10685
5	长度及偏差 mm, ±10%	6~40(15~40)	6~30	4~19	12~19(≤砗平均粒径)	GB/T 14336 (GB/T 6673)
6	抗拉(断裂)强度 MPa	≥ 450	≥ 350 (≥400)	276~ 650	≥ 450	GB/T 21120-2007 附录 A
7	弹性(初始)模量 MPa	≥ 3000	≥ 3500	≥ 3790	≥ 4000	
8	断裂延伸(伸长)率 %	≤ 30	8~30 (≥ 6)	15~18	15~30 (≥ 6)	GB/T 21120-2007 附录 A
9	极限拉力保持率(耐碱性能) ≥	95%	99%	-	99%	GB/T 21120-2007 附录 B
10	韧性指数(I5) ≥	3	-	-	3	CECS 13-2009
11	抗拉强度 MPa	-	-	-	≥500	GB/T 3916
12	断裂伸长率 %	-	-	-	≥15 (8)	GB/T 3916
13	耐热性 210(177)°C2h	-	-	-	体积无变化	JT/T 534-2004

5.4.5 橡胶粉改性沥青生产中可根据实际情况考虑掺加稳定剂，关于稳定剂的类型及掺量可根据原材料性能指标以及实际工程需求等合理确定。掺加目的是防止橡胶粉改性沥青在热储存时橡胶粉发生离析，且能提高橡胶粉改性沥青的性能。

## 6 面层设计

### 6.1 沥青混合料改性方法

6.1.1 使用橡胶粉-消石灰复合改性法对沥青混合料进行改性，旨在解决沥青混合料经盐蚀冻融循环后性能下降超过预期的问题。橡胶粉改性剂主要在高温稳定性维度对沥青进行改性，消石灰改性剂主要在水稳定性维度对沥青混合料进行

改性。利用“湿法”工艺制备橡胶沥青，生产工艺如图 6-1 所示。消石灰改性方式为直接处理集料表面，在进行沥青混合料生产前需将最佳质量比例的消石灰与集料均匀拌和。

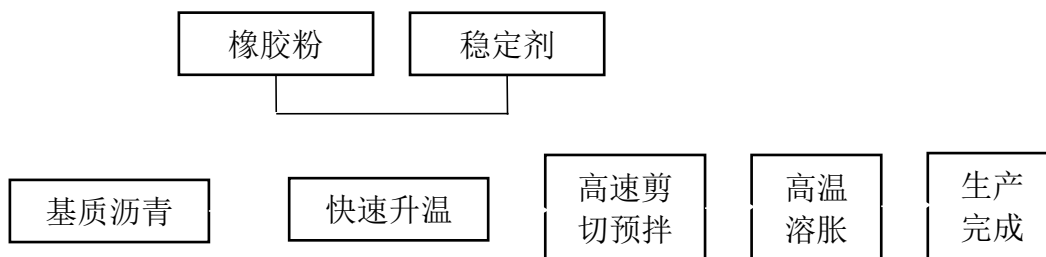


图 6-1 橡胶粉改性沥青生产工艺

6.1.2 再使用一种符合表 5-7 技术要求的纤维外掺剂来增强沥青混合料的抗融雪剂冻融损伤能力，本指南推荐使用聚丙烯纤维对沥青混合料进行改性。

6.1.3 建议橡胶粉掺量为 16%~25%，消石灰掺量为 2%~3%，纤维掺量为 0.25%~0.35%，可适当调整，具体的最佳掺量需依照工程实际情况而定，满足沥青混合料相应技术要求即可。

## 6.2 级配范围

抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料由粗细集料、填料、橡胶粉改性沥青、消石灰改性剂、聚丙烯纤维组成。其级配范围可参考表 6-1 的推荐范围。

表 6-1 矿料级配推荐范围

类型	通过下列筛孔 (mm) 的百分比 (%)											
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
细粒式 AC-10	--	--	--	100	90~100	45~75	30~58	20~44	13~32	9~32	6~16	4~8
细粒式 AC-13	--	--	100	90~100	70~85	42~68	28~50	15~38	10~28	7~20	4~12	3~8
中粒式 AC-16	--	100	90~100	76~92	60~80	38~62	20~48	13~36	9~25	7~18	4~12	3~8

## 6.3 施工配合比设计

6.3.1 改性沥青混合料配合比设计采用马歇尔试验配合比设计方法，改性沥青混合料技术要求应符合表 6-2 的规定，并具有良好的施工性能。

表 6-2 改性沥青混合料马歇尔试验技术标准

试验项目	单位	技术指标
击实次数	次	75
试件尺寸	Mm	Φ101.6x63.5
孔隙率 VV	%	2.5±1.0
矿料间隙率 VMA	%	≥12
稳定度 MS	kN	≥8
流值	mm	2~4
渗水系数	ml/min	≤90

6.3.2 高速公路、一级公路铺建的抗融雪剂冻融损伤型沥青路面若使用公称最大粒径等于或小于 19mm 的密级配改性沥青混合料时，需在配合比设计的基础上按下列步骤进行性能检验，不符合要求的改性沥青混合料，必须重新进行设计。二级及二级以下公路也应参照下列技术要求执行。

(1) 须在规定的试验条件下进行车辙试验，并符合表 6-3 的要求。

表 6-3 改性沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

气候条件与 技术指标	相应于下列气候分区所要求的动稳定度（次/mm）									试验方法
	>30				20~30				<20	
七月平均最 高气温（℃）	1.夏炎热区				2.夏热区				3.夏凉区	
及气候分区	1-1	1-2	1-3	1-4	2-1	2-2	2-3	2-4	3-2	
改性沥青混 合料，不小于	3600		4000		3400	3600			3200	T 0719

(2) 须按附录 A 修正沥青混合料冻融劈裂试验方法检验改性沥青混合料的水稳定性，并符合表 6-4 的要求。达不到要求时须调整最佳沥青用量后再次试验。

表 6-4 改性沥青混合料水稳定性检验技术要求

气候条件与技术指标	相应于下列气候分区的技术要求 (%)				试验方法
	>1000	500~1000	250~500	<250	
年降雨量 (mm) 及气候分区	1.潮湿区	2.湿润区	3.半干区	4.干旱区	
冻融劈裂试验的残留强度比 (%), 不小于	80		75		附录 A
5 次冻融循环后, 冻融劈裂试验的残留强度比 (%), 不小于	70		65		附录 A

(3) 须对改性沥青混合料在规定条件下进行弯曲试验, 测定其破坏应变, 且必须符合表 6-5 的要求。达不到要求时须重新调整配合比后再次试验。

表 6-5 改性沥青混合料低温弯曲试验破坏应变 ( $\mu\epsilon$ ) 技术要求

气候条件与技术指标	相应于下列气候分区所要求的破坏应变 ( $\mu\epsilon$ )										试验方法
	<-37.0		-21.5~-37.0			-9.0~-21.5		>-9.0			
年极端最低气温(°C)及气候分区	1.冬严寒区		2.冬寒区			3.冬冷区		4.冬温区			
	-1-1	2-1	1-2	2-2	3-2	1-3	2-3	1-4	2-4		
改性沥青混合料, 不小于	3200		3000			2700					T0715

6.3.3 高速公路、一级公路抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料的配合比设计应在调查以往同类材料的配合比设计经验和使用效果的基础上, 按以下的步骤进行。

(1) 目标配合比设计阶段。用工程实际使用的材料按《公路沥青路面施工技术规范》JTGF40-2004 中的方法, 优选矿料级配、确定最佳沥青用量、确定改性剂最佳用量, 符合配合比设计技术标注和配合比设计检验要求, 以此作为目标配合比, 供拌和机确定各冷料仓的供料比例、进料速度及试拌使用。

(2) 生产配合比设计阶段。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。同时选取适宜的筛孔尺寸和安装角度, 尽量使各热料仓的供料大体平衡。并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实验和试拌, 通过室内试验及从拌合机取

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和目标配合比设计的结构差值不宜大于 0.2%。

(3) 生产配合比验证阶段。拌合机按生产配合比结果进行试拌、铺筑实验路段，并取样进行马歇尔试验，同时从路上钻芯取样观察空隙率的大小，由此确定生产用的标准配合比。对确定的标准配合比，宜再次进行车辙试验、水稳定性检验和低温弯曲试验。

6.3.4 确定施工级配允许波动范围。根据标准配合比及质量管理要求中各筛孔的允许波动范围，制定施工用的级配控制范围，用以检查沥青混合料的生产质量。

6.3.5 经设计确定的标准配合比在施工过程中不得随意变更。生产过程中加强跟踪检测，严格控制进场材料的质量，如遇材料发生变化并经过检测改性沥青混合料的矿料级配、马歇尔技术指标不符合要求时，应该及时调整配合比，使改性沥青混合料的质量符合要求并保持相对稳定，必要时重新进行配合比设计。

## 7 施工

### 7.1 施工准备

7.1.1 改性沥青混合料铺装前，应严格检查需要铺筑路段的清洁程度，对有污染物的部位应提前处理。

7.1.2 对于小部分的坑槽清理应将待修补的坑槽内及四周的碎石、废渣清理干净，坑槽内不得存有泥浆等杂物，无积水，被修补的坑槽应有整齐的切边，废渣的清除要见到固体坚固面为止，要求坑槽铣刨或挖除深度不小于 3cm。

7.1.3 改性沥青混合料原材料包括集料、沥青、改性剂等，施工前对各类材料进行相关检测并保证符合质量要求。

7.1.4 原材料的施工准备，除了将材料准备齐全外还要进行试拌和，观察改性沥青混合料的拌和状态，微调各种改性剂的添加量。

7.1.5 检查施工时所需要的拌和、运输、摊铺、压实等设备，保证其在施工时正常工作。

7.1.6 若采用人工小批量拌和需要检查计量设备的精准性。

7.1.7 若采用机械拌和应检查设备是否能正常工作，保证改性剂能均匀的混合在沥青和沥青混合料当中,以及计量的准确，改性剂用量允许误差 $\pm 1\%$ 。

## 7.2 橡胶粉改性沥青的制备

7.2.1 建议橡胶粉改性沥青生产设备必须包含：自动化全程控制系统（电脑控制）、快速升温系统（短时间内把基质沥青从 160℃提升到 190℃）、连续式自动精确配比上料系统(精确度 0.5%)、高速剪切预拌系统（3500r/min）、熔胀搅拌反应储存系统(必须底部卧式搅拌)、管道泵送系统等；推荐小时产量在 15 吨以上，以满足 3000 型以上拌和楼的生产需求。按照以下步骤生产橡胶粉改性沥青：

（1）首先是把基质沥青通过快速升温系统从 160℃升温到 190℃，必须在短时间内完成，时间太长会导致沥青老化，而沥青低于 190℃则与橡胶粉熔胀的均匀性降低；

（2）橡胶粉与升温后的基质沥青必须经过准确的配比（最好由电脑控制），必要时考虑添加稳定剂，再同时送入到高速剪切预拌系统进行均匀预拌,转速必须达到 3500 转/分钟，否则不能充分熔胀而影响质量；

（3）把经过高速剪切预拌的橡胶粉改性沥青输送到熔胀反应系统（必须带卧式搅拌与快速升温系统，决对不能用竖式搅拌方式，否则熔胀后的胶粉会大量沉淀）进行充分熔胀反应。反应时间不少于 45 分钟。

（4）橡胶粉改性沥青中橡胶粉的掺量应通过实验室试验确定。生产好的橡胶粉改性沥青使用前应进行搅拌并快速测定其旋转粘度符合要求后方可使用。

## 7.3 改性沥青混合料的制备

7.3.1 生产工艺：

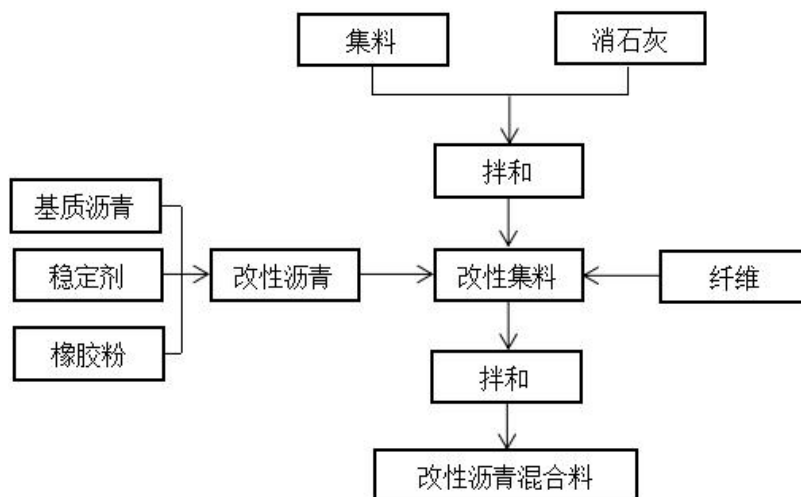


图 7-1 改性沥青混合料生产工艺



7.3.2 抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料宜采用间歇式拌和机进行拌和，以确保混合料的质量。间歇式拌和机应符合下列要求：

(1) 总拌和能力满足施工进度要求。拌和机除尘设备完好，能达到环保要求。

(2) 冷料仓的数量满足配合比需要，通常不宜少于 5~6 个。具有添加纤维、消石灰等外掺剂的设备。

7.3.3 集料与沥青混合料取样应符合现行试验规程的要求。从改性沥青混合料运料车上取样时必须在设置取样台分几处采集一定深度下的样品。

7.3.4 改性沥青混合料的生产温度应符合表 7-1 的要求。烘干集料的残余含水量不得大于 1%。每天开始几盘集料应提高加热温度，并干拌几锅集料废弃，再正式加改性沥青拌和混合料。

表 7-1 改性沥青混合料正常施工温度范围（℃）

工序	抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料
橡胶粉改性沥青现场制作温度	188~200
集料加热温度	180~195
拌和温度	175~185
出料温度	170~180
改性沥青混合料贮存温度，不低于	165
摊铺温度，不低于	160
初压开始温度，不低于	155
复压温度，不低于	140
碾压终了的表面温度，不低于	100
开放交通时的路表温度，不高于	50

7.3.5 拌和机的矿粉仓应配备振动装置以防止矿粉起拱。宜增加粉料仓用于添加消石灰和矿粉等外掺剂，也可由专用管线和螺旋升送器直接加入拌和锅，外掺剂与矿粉混合使用时需注意其可能因密度不同而产生离析。

7.3.6 拌和机必须有二级除尘装置，经级除尘部分可直接回收使用，二级除尘部分可进入回收粉仓使用(或废弃)。对因除尘造成的粉料损失应补充等量的新矿粉。

7.3.7 改性沥青混合料拌和时间根据具体情况经试拌确定,以橡胶粉改性沥青均匀裹覆集料为度。间歇式拌和机每盘的生产周期不宜少于 55s(其中干拌时间不少于 5- 10%),时间可适当延长。

7.3.8 间歇式拌和机宜备有保温性能好的成品储料仓,贮存过程中改性沥青混合料温度不得低于 165℃,且不能有沥青滴漏。改性沥青混合料的贮存时间不宜超过 24h。

7.3.9 拌和过程中纤维必须在改性沥青混合料中充分分散,拌和均匀。拌和机应配备同步添加投料装置,松散的絮状纤维可在喷入沥青的同时或稍后采用风送设备喷入拌和锅,拌和时间宜延长 5s 以上。颗粒纤维可在粗集料投入的同时自动加入,经 5~ 10%的干拌后,再投入矿粉。工程量很小时也可分装成塑料小包或由人工量取直接投入拌和锅。

## 7.4 改性沥青混合料的运输

7.4.1 采用数字显示插入式热电偶温度计检测沥青混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔,孔口距车箱底面约 300mm。

7.4.2 拌和楼向运料车卸料时,汽车应前后移动三次装料,以减少粗集料的离析现象。

7.4.3 沥青混合料运输车的运量应较拌和能力和摊铺速度有所富余,根据工程规模摊铺机前方应有 3~5 辆运料车等候卸料。

7.4.4 运料车必须有良好的篷布覆盖设施,覆盖物应足够长,使车尾部混合料亦能得到有效覆盖,而不是短短一截只覆盖前部、后面大部裸露。卸料过程中继续覆盖,直到卸料结束取走篷布,以达到最佳保温效果。

7.4.5 连续摊铺过程中,运料车在摊铺机前 10~30cm 处停住,不得撞击摊铺机。卸料过程中运料车应挂空档,靠摊铺机推动前进,卸料时最好能派专人指挥运输汽车,同时也应加强对摊铺现场的管理,避免撞击现象的出现。

## 7.5 改性沥青混合料的摊铺与压实

7.5.1 改性沥青混合料的摊铺应按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40)的有关规定进行施工。

7.5.2 摊铺机摊铺速度应根据拌和楼的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度,按 1~3m/min 予以调整选择,做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。不应

任意以快速摊铺几分钟,然后再停下来等下一车料。

7.5.3 小部分的摊铺可采用人工摊铺,大面积施工可采用机械摊铺。

7.5.4 摊铺过程中施工人员不得进入踩踏。

7.5.5 为避免碾压时混合料推挤产生拥包,碾压时应将驱动轮朝向摊铺机;碾压路线及方向不应突然改变;压路机起动、停止必须减速缓行,不准刹车制动。压路机折回不应处在同一横断面上。

7.5.6 改性沥青混凝土施工碾压工艺建议采用双钢轮振动压路机,压实工艺分为初压、复压和终压。初压采用两台压路机静压一遍,振动碾压 3 遍,复压采用两台压路机振动碾压 3 遍,终压采用一台压路机以静压方式碾压 1~2 遍以消除轮迹。

7.5.7 初压应紧跟摊铺机进行碾压,随摊铺机逐步推进.复压、终压应分清段落,设置明显标志,便于司机辨认。对松铺厚度、碾压顺序、压路机组合、碾压遍数、碾压速度及碾压温度应设专岗管理和检查,使面层做到既不漏压也不超压。

7.5.8 在应急小坑槽应用中,可直接利用路上行驶车辆自燃碾压成型。

7.5.9 在有超高的路段或上下坡路段施工时,应从低到高进行碾压。

7.5.10 在部分摊铺机无法摊铺的部位,应随摊铺机采用人工摊铺,可采用平板夯或小型压路机进行压实。

7.5.10 摊铺过程中的温度范围按表 7-1 范围进行。

## 7.6 开放交通及其他

7.6.1 抗融雪剂冻融损伤型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。需要提早开放交通时,可洒水冷却降低混合料温度。

7.6.2 抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料路面的开放交通及其它要求,按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)对改性沥青混合料的相关规定执行。

## 8 质量控制和检验

### 8.1 质量控制及验收标准

8.1.1施工前和施工过程中应检测各种材料的来源和质量,检测结果应符合本技术规范、JTG E42及JTG F20的相关要求,不符合本规范要求的原材料不得进场。

8.1.2各种原材料的检测项目、检测频率及试验方法见表8-1。

表 8-1 施工过程中材料质量检查的项目与频率

材料	检查项目	检查频度	试验规程规定的平行试验次数或一次试验的试样数
粗集料	针片状颗粒含量	随时	2
	颗粒组成(筛分)	随时	2
	表 5-1 所列的全部技术参数	每周 1 次	3
细集料	颗粒组成(筛分)	随时	2
	砂当量	必要时	2
	亚甲兰值	必要时	2
	表 5-2 所列的全部技术参数	每周 1 次	3
矿粉	外观	随时	—
	<0.075mm 含量	必要时	2
	表 5-3 所列的全部技术参数	每周 1 次	2
基质沥青	表 5-4 所列的全部技术参数	每周 1 次	3
橡胶粉	天然橡胶含量	随时	2
	橡胶烃含量	随时	2
	表 5-5 所列的全部技术参数	每周 1 次	3
聚丙烯纤维	抗拉(断裂)强度 MPa	随时	2
	断裂延伸(伸长)率 %	随时	2
	表 5-6 所列的全部技术参数	每周 1 次	3
消石灰	是否干燥	随时	3
	有无杂质	随时	3
橡胶粉改性沥青	针入度 (25°C,100g,5s), (0.1mm)	每车	—
	软化点, (°C)	每车	—
	5°C延度 (cm)	每车	—
	弹性恢复	每车	—
	离析	每车	—

8.1.3沥青拌和厂必须按表8-2规定的项目和频度对改性沥青混合料生产过程进行质量控制,如实计算产品的合格率。单点检验评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验的要求。

表8-2改性沥青混合料生产过程质量控制

项目		检查频度及单点 检验评价方法	质量要求及允许偏差	试验方法
改性沥青混合料 外观		随时	观察集料粗细、均匀性、 离析、有无花白料等现 象	目测
拌合温度		逐车检查	符合本指南要求	传感器自动检测、显 示并打印
矿 料 级 配	0.075mm	每日1次取2个试 样筛分的平均值	±2%	T0725
	0.075~4.75mm		±4%	
	≥4.75mm		±5%	
马歇尔试验: 空隙率,稳定度、流 值		每天1次,以3个试 件的平均值评定	符合本指南要求	T0702、T0709 JTG F40-2004的附 录B、附录C
冻融劈裂试验		每15天1次	符合本指南要求	本指南附录A
车辙试验		必要时(以3个试 件的平均值评定)	符合本指南要求	T0719
弯曲试验		必要时,(以3个试 件的平均值评定)	符合本指南要求	T0715
油石比		每日1次	±0.3%	燃烧法或纸迹法

8.1.4施工过程中质量控制标准见表8-3。

表8-3 施工过程中工程质量控制标准

项目		检测频率	质量要求或允许偏差	检测方法
拌和 温度	沥青、集料 加热温度	逐盘检测评定	符合本指南要求	数字显示插入式热 电偶温度计
	出料温度	每车		
施工 温度	摊铺温度	每车	符合本指南要求	温度计
	碾压温度	随时		
厚度		每500平方米1点单 点评定	不低于设计厚度的 8%	插入法量测
平整度		每200m, 2点	6 mm	3米直尺: 每200米 测2处 X10尺

续表8-3 施工过程中工程质量控制标准

项 目	检测频率	质量要求或允许偏差	检测方法
压实度	每 3000m <sup>2</sup> 检测 1 组逐个试件评定并计算平均值	最大理论密度的 93%	T0705
渗水系数	每 200m 测一处	90ml/min	T0932

8.1.5 抗融雪剂冻融损伤型沥青混合料竣工验收标准见表 8-4。

表 8-4 竣工验收标准

检查项目	质量要求或允许偏差		试验方法和频度
厚度	代表值	不低于设计厚度 10%	《公路工程质量检验评定标准》 (JTG F80/1—2017) 附录
	合格值	不低于设计厚度 15%	
渗水系数	90ml/min		每 200m 测一处 T0971
平整度	6 mm		3 米直尺：每 200 米测 2 处 X10 尺 T0932

## 8.2 材料的储存

8.2.1 矿料应放置在通风良好、排水良好、有顶盖的仓库中。

8.2.2 不同粒径的矿料应按照不同的规格堆放、并插设明显标志牌。

8.2.3 沥青及沥青添加剂存放时应避免雨淋、日晒、远离火源。

## 8.3 机具检验

8.3.1 施工前要对称量机具进行检验，保证计量准确。

8.3.2 施工前需要对施工的所有机械进行检验，保证其处于良好的待命状态。

## 8.4 外观质量要求

8.4.1 表面平整、密实、无松散、无轮迹。

8.4.2 接缝密实、平顺。

8.4.3 摊铺范围外无流出的混合料。

## 附录 A：修正沥青混合料冻融劈裂试验方法

### A.1 目的及适用范围

A.1.1 本方法对沥青混合料进行冻融循环的条件做了相应规定，适用于模拟改性沥青混合料道面在融雪剂侵蚀作用下，经多次冻融循环后真实的冻融损伤情况。通过测定改性沥青混合料试件在受到融雪剂溶液冻融损伤前后劈裂破坏的强度比，以评价改性沥青混合料抗融雪剂冻融破坏的性能。

A.1.2 本方法采用马歇尔击实法成型的圆柱体试件，击实次数为双面各 50 次，集料公称最大粒径不得大于 26.5mm。

### A.2 仪器设备

#### A.2.1 配制融雪剂溶液所用仪器

药匙、烧杯、玻璃棒、胶头滴管、电子天平（称量量程不小于 500g,精确度不小于 0.01g）

#### A.2.2 改进试验所用仪器

敞口试件盒:应采用不锈钢材质，试件盒的长度应至少为 300mm 士 2mm，宽度至少为 300mm 士 2mm，高度至少为 200mm±2mm。

#### A.2.3 沥青混合料冻融劈裂试验所用仪器设备

参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20—2011）中 T0729 部分。

### A.3 试件要求

参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20—2011）中 T0729 部分。

### A.4 试验修正方法

对于第二组试件的处理：

A.4.1 选用不同种类的融雪剂配制成一定浓度的溶液；

A.4.2 将成型的第二组试件置于一定浓度的融雪剂溶液中按 JTG E20—2011 规程中 T 0717 标准饱水试验方法真空饱水 15min，后放入装有相同浓度融雪剂溶液的敞口试件盒中静置 30min；

A.4.3 取出试件放入塑料袋中，滴入约 10mL 相同浓度的融雪剂溶液，扎紧

袋口,置于 $-18^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ 恒温冰箱 16h;

A.4.4 取出试件后,立即放入已置于恒温水槽中保温为 $60^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、含有相同浓度融雪剂溶液的敞口试件盒中,撤去塑料袋,保温 24h,此为一个冻融循环。需进行 5 次冻融循环;

A.4.5 冻融循环结束后,将第一组与第二组全部试件浸入已置于恒温水槽中的、温度为 $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 且含有相同浓度融雪剂溶液的敞口试件盒中,不少于 2h,水高时可适当加入冷水或冰块调节。保温时试件之间的距离不少于 10mm。

后续试验及第一组试件的处理方法参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)中 T 0729 部分进行即可。

## A.5 计算

参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)中 T 0729 部分。

## A.6 报告

参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)中 T 0729 部分。