

山东省工程建设标准



DB37/T 5022-2014

J 12818-2014

温拌沥青混合料施工技术规范

Technical specification for construction of warm
asphalt mixtures

2014-09-16 发布

2014-11-01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省质量技术监督局

联合发布

山东省工程建设标准

温拌沥青混合料施工技术规范

Technical specification for construction of warm asphalt mixtures

DB37/T 5022-2014

住房和城乡建设部备案号：J 12818-2014

主编单位：济南黄河路桥工程公司

山 东 建 筑 大 学

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省质量技术监督局

施行日期：2014年11月1日

2014 济 南

前 言

为规范温拌沥青混合料技术在山东省城镇道路沥青路面建设领域的应用,规程编制组经广泛调查研究,认真总结国内外关于温拌沥青混合料技术的科研成果和大量设计、施工的实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本规程。

本规程主要技术内容是:1. 总则;2. 术语和符号;3. 材料;4. 配合比设计;5. 施工;6. 质量检验与验收。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理,由济南黄河路桥工程公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送济南黄河路桥工程公司(地址:济南市市中区十六里河镇兴济河小区3区8号楼,邮编:250000)。

本规程主编单位:济南黄河路桥工程公司

山东建筑大学

本规程参编单位:济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司

山东顺河路桥工程有限公司

本规程主要起草人:张明生 任瑞波 丁建勇 王立志

王国军 邵玉振 庞吉莲 徐 强

王 鹏 王光文 耿立涛 董文洁

赵秋红 马士玉 王金宝 杨 刚

本规程主要审查人:丁尚辉 孙 杰 商庆森 王保群
申全军 王 伟 王传凯 齐立新
张惠勤 董光彬

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	材料	3
3.1	一般规定	3
3.2	沥青	3
3.3	粗集料	5
3.4	细集料	6
3.5	填料	8
3.6	纤维稳定剂	9
3.7	温拌添加剂	9
4	配合比设计	11
4.1	一般规定	11
4.2	级配设计范围	11
4.3	配合比设计标准	15
4.4	配合比设计与验证	20
5	施 工	23
5.1	一般规定	23
5.2	施工温度	23
5.3	拌和	25
5.4	运输	25
5.5	摊铺	26
5.6	压实及成型	27
5.7	接缝	28
5.8	开放交通	30
6	质量检验与验收	31

6.1	检验标准	31
6.2	验收	34
附录A	WAC 类沥青混合料设计方法	35
A.1	一般规定	35
A.2	确定工程设计级配范围	37
A.3	材料的选择与准备	37
A.4	温拌剂掺量确定	37
A.5	矿料级配设计	37
A.6	马歇尔试验	39
A.7	最佳沥青用量	40
A.8	配合比设计检验与报告	44
附录B	WSMA 类沥青混合料设计方法	45
B.1	一般规定	45
B.2	矿料级配设计	45
B.3	最佳沥青用量	47
B.4	配合比设计检验与报告	47
附录C	WOGFC 混合料设计方法	48
C.1	一般规定	48
C.2	材料选择	48
C.3	确定矿料级配和沥青用量	49
附录D	WISPM 混合料设计方法	50
D.1	一般规定	50
D.2	材料选择	50
D.3	确定矿料级配和沥青用量	50
D.4	渗水试验	51
附录E	表面活性类温拌剂检测	55
E.1	pH 值的测定	55
E.2	胺值的测定	55
E.3	固含量测定	56
本规程用词说明		57
引用标准名录		58
条文说明		59

1 总 则

1.0.1 为规范温拌沥青混合料的设计、施工、质量检验与验收,更好地推广和应用温拌技术、保证工程质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级城镇道路沥青路面的建设和养护工程。

1.0.3 温拌沥青混合料的拌和及摊铺施工中必须符合国家环境和生态保护的规定,并采取必要的安全措施。

1.0.4 温拌沥青混合料的设计和施工除应符合本规程外,尚应遵守国家现行有关标准的规定。

2 术语符号

2.1 术 语

2.1.1 温拌沥青混合料 Warm Mix Asphalt

在基本不改变沥青混合料的配合比及施工工艺的前提下,通过一定的技术措施,使沥青混合料施工温度降低 30℃ 以上,延长施工季节,且能达到热拌沥青混合料路用性能要求的沥青混合料的统称。

2.1.2 温拌添加剂 Warm Mix Additive

指通过物理或化学作用,降低沥青混合料施工温度,实现温拌工艺的添加材料。

2.1.3 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称为正常施工。

2.1.4 低温施工 Cold Season Construction

在气温介于 0℃ ~ 10℃ 条件下进行的温拌沥青混合料施工称为低温施工。

2.2 符 号

WMA —— 温拌沥青混合料, Warm Mix Asphalt 的略语

WAC —— 温拌连续密级配沥青混凝土

WSMA —— 温拌沥青马蹄脂碎石混合料

WATB —— 温拌连续密级配沥青稳定碎石

WOGFC —— 温拌大空隙开级配排水式沥青磨耗层

WLSPM —— 温拌大粒径透水性沥青混合料

3 材 料

3.1 一般规定

3.1.1 温拌沥青混合料使用的各种材料在运至现场后必须取样进行质量检验,经评定合格后方可使用。

3.1.2 温拌沥青混合料所用集料,必须经过认真的料源调查,采用的集料必须符合本规程的相关要求。

3.1.3 集料粒径应以方孔筛为准。不同料源、品种、规格的集料不得混杂堆放。

3.2 沥 青

3.2.1 温拌沥青混合料所使用的道路石油沥青宜为 70 号 A 级,有特殊设计时可以采用 50 号或 90 号 A 级,其质量应符合表 3.2.1 规定的技术要求。

表 3.2.1 道路石油沥青技术要求

指 标	单位	技术要求			试验方法
		50 号	70 号	90 号	
针入度(25℃,100g,5s)	0.1mm	40 ~ 60	60 ~ 80	80 ~ 100	T 0604
针入度指数 PI	-	- 1.5 ~ + 1.0			T 0604
软化点(R&B)	℃	≥49	≥46	≥45	T 0606
60℃动力黏度	Pa · s	≥200	≥180	≥160	T 0620
10℃延度	cm	≥15	≥20		T 0605
15℃延度	cm	≥80	≥100		
蜡含量(蒸馏法)	%	≤2.2			T 0615
闪点	℃	≥260		≥245	T 0611
溶解度	%	≥99.5			T 0607
密度(15℃)	g/cm ³	实测记录			T 0603

指 标	单位	技术要求			试验方法
		50 号	70 号	90 号	
TFOT 或 RTFOT 后					T 0610
质量变化	%	≤ ± 0.8			或 T 0609
残留针入度比(25℃)	%	≥63	≥61	≥57	T 0604
残留延度(10℃)	cm	≥4	≥6	≥8	T 0605

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

3.2.2 用于温拌沥青混合料的改性沥青可采用高分子聚合物、天然沥青以及其他改性材料制备,常用的 SBS 聚合物改性沥青和稳定型橡胶改性沥青符合表 3.2.2 的技术要求。

表 3.2.2 常用改性沥青技术要求

指 标	单位	技术要求		试验方法
		SBS I-D	稳定型橡胶 改性沥青	
针入度(25℃,100g,5s)	0.1mm	40 ~ 60	60 ~ 80	T 0604
针入度指数 PI	/	≥ 0		T 0604
软化点(R&B)	℃	≥ 60	≥ 55	T 0606
5℃延度,5cm/min	cm	≥ 20	≥ 8	T 0605
135℃运动黏度	Pa · s	≤ 3	≤ 8	T 0625
175℃运动黏度	Pa · s	/	≤ 2	
闪点	℃	≥ 230		T 0611
溶解度	%	≥ 99	/	T 0607
弹性恢复 25℃	%	≥ 75	≥ 70	T 0615
贮存稳定性离析,48h 软化点差	℃	≤ 2.5	≤ 7	T 0661
TFOT 或 RTFOT 后				T 0610
质量变化	%	$\leq \pm 1.0$		或 T 0609
针入度比 25℃	%	≥ 65	≥ 70	T 0604
延度 5℃	cm	≥ 15	≥ 5	T 0605

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

3.2.3 当温拌沥青混合料采用天然改性等其他高黏度沥青时,技术要求宜根据其品种参照相关标准执行。

3.2.4 直接用于生产混合料的温拌沥青应符合以下规定:

- 1 含有温拌添加剂;
- 2 用其拌制的温拌沥青混合料应符合本规程有关的混合料技术要求。

3.3 粗集料

3.3.1 温拌沥青混合料所使用的粗集料应为碎石。

3.3.2 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙,其质量应符合表 3.3.2 的技术要求。当单一规格集料的质量指标达不到表中要求,而按照集料配合比得到矿料混合料的质量指标符合要求时,工程上允许使用。

表 3.3.2 温拌沥青混合料用粗集料质量技术要求

指 标		单位	快速路主干路		其他等级 城市道路	试验方法
			表面层	其他层次		
石料压碎值		%	≤26	≤28	≤30	T 0316
洛杉矶磨耗值		%	≤28	≤30	≤35	T 0317
表观相对密度		/	≥2.60	≥2.50	≥2.45	T 0304
吸水率		%	≤2.0	≤3.0	≤3.0	
坚固性		%	≤12	≤12	/	T 0314
针片状 含量	混合料	%	≤15	≤18	≤20	T 0312
	其中粒径大于 9.5mm		≤12	≤15	/	
	其中粒径小于 9.5mm		≤18	≤20	/	
水洗法 <0.075mm 颗粒含量		%	≤1	≤1	≤1	T 0310
软石含量		%	≤3	≤5	≤5	T 0320
与沥青的粘附性		级	≥4	≥4	≥4	T 0616
磨光值(表面层)		/	≥40	/	/	T 0321

注:表中试验方法按照《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.3.3 粗集料与沥青的黏附性应符合表 3.3.2 的要求。当集料黏附性不满足要求时,可在混合矿料中掺加消石灰、水泥,或使用饱和石灰水处理后的集料,必要时可同时在沥青中掺加耐热、耐水、长期性能好的抗剥落剂,也可采用改性沥青的措施,使沥青混合料的水稳定性检验达到要求。掺加外加剂的剂量由沥青混合料的水稳定性检验确定。

3.3.4 粗集料的粒径规格应按表 3.3.4 的规格生产和使用。不符合规格要求的粗集料与其他矿料按照配合比掺配得到的混合料满足要求时允许使用。

表 3.3.4 温拌沥青混合料用粗集料规格

规格 名称	公称粒径 (mm)	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)								
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	0.6
S6	15~30	100	90~100	/	/	0~15	/	0~5	/	/
S7	10~30	100	90~100	/	/	/	0~15	0~5	/	/
S8	10~25	/	100	90~100	/	0~15	/	0~5	/	/
S9	10~20	/	/	100	90~100	/	0~15	0~5	/	/
S10	10~15	/	/	/	100	90~100	0~15	0~5	/	/
S12	5~10	/	/	/	/	100	90~100	0~15	0~5	/
S13	3~10	/	/	/	/	100	90~100	40~70	0~20	0~5
S14	3~5	/	/	/	/	/	100	90~100	0~15	0~3

3.4 细集料

3.4.1 温拌沥青混合料用细集料包括机制砂、石屑、天然砂。

3.4.2 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 3.4.2 的规定。细集料的洁净程度,对于天然砂以小于 0.075mm 含量的百分数限定,对于石屑和机制砂以砂当量(适用于 0~4.75mm)或亚甲蓝值(适用于 0~2.36mm 或 0~0.15mm)表示。

表 3.4.2 温拌沥青混合料用细集料质量技术要求

指 标	单位	技术要求		试验方法
		快速 主干路	其他等级 城市道路	
表观相对密度	/	≥2.50	≥2.45	T 0328
坚固性(>0.3mm 部分)	%	≤12	/	T 0340
含泥量(<0.075mm 的含量)	%	≤3	≤5	T 0333
砂当量	%	≥60	≥50	T 0334
亚甲蓝	g/kg	≤2.5	/	T 0349
棱角性(流动时间)	s	≥30	/	T 0345

注:表中试验方法按照《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.4.3 天然砂可采用河砂,通常宜采用粗、中砂,其规格应符合表 3.4.3 的要求。砂的含泥量超过规定时应水洗后使用。温拌沥青混合料中天然砂的掺量不宜超过矿料总量的 15%,WSMA 和 WOGFC 混合料不宜使用天然砂。

表 3.4.3 温拌沥青混合料用天然砂规格要求

筛孔尺寸(mm)	通过下列筛孔(mm)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

3.4.4 细集料中石屑宜满足表 3.4.4 中的规格要求,机制砂宜采用专用的制砂机制造,并选用优质石料生产,其级配应符合表

3.4.4中 S16 的要求。快速路和主干道的温拌沥青混合料宜将 S14 与 S16 组合使用,S15 在其他等级沥青路面中使用。

表 3.4.4 温拌沥青混合料用机制砂或石屑规格

规格	公称粒径 (mm)	水洗法通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)							
		9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
S15	0 ~ 5	100	90 ~ 100	60 ~ 90	40 ~ 75	20 ~ 55	7 ~ 40	2 ~ 20	0 ~ 10
S16	0 ~ 3	/	100	80 ~ 100	50 ~ 80	25 ~ 60	8 ~ 45	0 ~ 25	0 ~ 15

3.5 填 料

3.5.1 温拌沥青混合料所用填料宜采用石灰岩等憎水性石料经磨细得到的矿粉;WLSPM 混合料的填料为 III 级钙质消石灰粉或生石灰粉。矿粉或石灰粉应干燥、洁净,能自由地从矿粉仓流出,其质量应符合表 3.5.1 的要求。石灰粉对亲水系数、塑性指数和加热安定性不做要求。

表 3.5.1 温拌沥青混合料用填料质量技术要求

项 目		单位	快速路 主干道	其他 等级道路	试验方法
表观密度		t/m ³	≥2.50	≥2.45	T 0352
含水量		%	≤1	≤1	T 0103 烘干法
粒度范围	<0.6mm	%	100	100	T 0351
	<0.15mm		90 ~ 100	90 ~ 100	
	<0.075mm		75 ~ 100	70 ~ 100	
外观		/	无团粒结块	/	
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

注:表中试验方法 T 0103 按照《公路土工试验规程》JTG E40 执行,其余按照《公路工程集料试验规程》JTG E42 执行。

3.5.2 用于快速路和主干道的温拌沥青混合料不得将拌和机除

尘装置产生的粉尘作为填料回收使用,其他等级道路拌和机产生的粉尘可作为填料的一部分进行回收,但每盘用量不得超过填料总量的 25%。

3.6 纤维稳定剂

3.6.1 温拌沥青混合料宜选用木质素纤维、矿物纤维等作为纤维稳定剂,其中木质素纤维的质量应符合表 3.6.1 的技术要求。

表 3.6.1 木质素纤维质量技术要求

项 目	单位	指 标	试验方法
纤维长度	mm	≤ 6	水溶液用显微镜观测
灰分含量	%	18 ± 5	高温 590℃ ~600℃ 燃烧后测定残留物
pH 值	/	7.5 ± 1.0	水溶液用 pH 试纸或 pH 计测定
吸油率	/	不小于纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量
含水率 (以质量计)	%	≤ 5	105℃ 烘箱烘 2h 后冷却称量

3.6.2 纤维应在拌和温度下不变质、不发脆,在混合料拌和过程中必须能充分分散均匀,使用纤维必须符合环保要求。

3.6.3 纤维应存放在室内或有棚盖的地方,松散纤维在运输及使用过程中应避免受潮,不结团。

3.6.4 纤维的掺加比例以沥青混合料总量的质量百分率计算,具体用量可通过试验确定。

3.7 温拌添加剂

3.7.1 温拌添加剂可采用高分子聚合物、表面活性剂、有机降黏剂以及其他能够降低沥青混合料施工温度的材料,其中表面活性剂类添加剂应符合表 3.7.1 的技术要求。

表 3.7.1 表面活性类添加剂技术要求

技术指标	单位	溶液性	沥青添加型	试验方法
pH 值	/	8.5 ~ 10.5	10.5 ~ 12.5	本规程 附录 E
胺值	mg/g	400 ~ 560	510 ~ 610	
固含量	%	≥设计值	/	

3.7.2 温拌添加剂的加入应使得沥青混合料的拌和及碾压温度降低 30℃ 以上,其性能应能满足同类热拌沥青混合料的技术要求。

3.7.3 温拌添加剂在制备、储存及使用过程中应符合施工安全和环保的要求,不得产生额外的有毒有害气体。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 温拌沥青混合料适用于各种类型及规格的混合料设计与施工,并符合表 4.1.1 的要求。集料公称最大粒径应与压实层厚度相匹配。

表 4.1.1 温拌沥青混合料类型与规格

混合料 类型	密级配			开级配		公称 最大 粒径 (mm)	最大 粒径 (mm)
	连续级配		间断级配	排水式沥 青磨耗层	大粒径 透水性 沥青混合料		
	沥青 混凝土	沥青稳定 碎石	沥青玛蹄 脂碎石				
特粗式	/	WATB-40	/	/	/	37.5	53
粗粒式	/	WATB-30	/	/	WLSPM-30	31.5	37.5
	WAC-25	WATB-25	/	/	WLSPM-25	26.5	31.5
中粒式	WAC-20	/	WSMA-20	/	/	19	26.5
	WAC-16	/	WSMA-16	WOGFC-16	/	16	19
细粒式	WAC-13	/	WSMA-13	WOGFC-13	/	13.2	16
	WAC-10	/	WSMA-10	WOGFC-10	/	9.5	13.2
砂粒式	WAC-5	/	WSMA-5	/	/	4.75	9.5

4.1.2 温拌沥青混合料应满足所应用层的功能要求。各层宜连续施工并使之联结成为一个整体。

4.1.3 温拌沥青混合料设计应根据混合料组成特点和温拌工艺选择适宜的成型方法和温度,并与施工碾压工艺相匹配。

4.2 级配设计范围

4.2.1 温拌沥青混合料的矿料级配宜根据道路等级、使用场合以及交通条件等来选取。

4.2.2 温拌沥青混合料的矿料级配应符合工程规定的设计级配,应符合表 4.2.2-2 ~ 表 4.2.2-6 的范围要求。对于连续密级配沥青混凝土 WAC 宜根据条件选用粗型(C 型)或细型(F 型)级配,关键筛孔通过率要求符合表 4.2.2-1 的要求。

表 4.2.2-1 粗型和细型 WAC 关键筛孔通过率

混合料 类型	公称最 大粒径 (mm)	关键性 筛孔 (mm)	粗型(C)		细型(F)	
			符号	关键筛孔 通过率(%)	符号	关键筛孔 通过率(%)
WAC-25	26.5	4.75	WAC-25C	<40	WAC-25F	>40
WAC-20	19	4.75	WAC-20C	<45	WAC-20F	>45
WAC-16	16	2.36	WAC-16C	<38	WAC-16F	>38
WAC-13	13.2	2.36	WAC-13C	<40	WAC-13F	>40
WAC-10	9.5	2.36	WAC-10C	<45	WAC-10F	>45

表 4.2.2-2 WAC 矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)										
		31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3
粗粒式	WAC-25	100	90~100	75~90	65~83	57~76	45~65	24~52	16~42	12~33	8~24	5~17
	中粒式		100	90~100	78~92	62~80	50~72	26~56	16~44	12~33	8~24	5~17
细粒式	WAC-16			100	90~100	76~92	60~80	34~62	20~48	13~36	9~26	7~18
	WAC-13				100	90~100	68~85	38~68	24~50	15~38	10~28	7~20
砂粒式	WAC-10					100	90~100	45~75	30~58	20~44	13~32	9~23
	WAC-5						100	90~100	55~75	35~55	20~40	12~28

表 4.2.2-3 WATB 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
特粗式	WATB-40	100	90~100	75~92	65~85	49~71	43~63	37~57	30~50	20~40	15~32	10~25
	WATB-30		100	90~100	70~90	53~72	44~66	39~60	31~51	20~40	15~32	10~25
粗粒式	WATB-25			100	90~100	60~80	48~68	42~62	32~52	20~40	15~32	10~25
	WATB-20											

表 4.2.2-4 WSMA 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
中粒式	WSMA-20	100	90~100	72~92	62~82	40~55	18~30	13~22	12~20	10~16	9~14	8~13
	WSMA-16		100	90~100	65~85	45~65	20~32	15~24	14~22	12~18	10~15	9~14
细粒式	WSMA-13			100	90~100	50~75	20~34	15~26	14~24	12~20	10~16	9~15
	WSMA-10				100	90~100	28~60	20~32	14~26	12~22	10~18	9~16
砂粒式	WSMA-5					100	90~100	28~65	22~36	18~28	15~22	13~18

表 4.2.2-5 WOGFC 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	WOGFC-16	100	90~100	70~90	45~70	12~30	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
	WOGFC-13		100	90~100	60~80	12~30	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6
细粒式	WOGFC-10			100	90~100	50~70	10~22	6~18	4~15	3~12	3~8	2~6

表 4.2.2-6 WLSPM 矿料级配范围

级配类型		通过下列筛孔 (mm) 的质量百分率 (%)										
		37.5	31.5	26.5	19	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3
特粗式	WLSPM-30	100	90~100	70~95	40~76	28~58	19~39	6~29	6~18	3~15	2~10	1~7
	WLSPM-25	100	100	70~98	50~85	32~62	20~45	6~29	6~18	3~15	2~10	1~7

4.3 配合比设计标准

4.3.1 温拌沥青混合料应在同类道路配合比设计和使用情况调查基础上,选用符合要求的材料,进行配合比设计。

4.3.2 本规程主要采用马歇尔试验配合比设计方法,室内试件制作温度宜符合表 4.3.2 的要求。采用天然改性等其他高黏度沥青时宜在热拌温度基础上降温不低于 30℃ 进行控制。

表 4.3.2 温拌沥青混合料室内试件制作温度(℃)

成型工序	50 号沥青	70 号沥青	90 号沥青	SBS I-D	稳定型橡胶改性沥青
沥青加热温度	160 ~ 170	155 ~ 165	150 ~ 160	155 ~ 175	170 ~ 180
矿料加热温度	135 ~ 145	130 ~ 140	125 ~ 135	150 ~ 155	160 ~ 165
混合料拌和温度	125 ~ 135	120 ~ 130	115 ~ 125	140 ~ 145	150 ~ 155
混合料成型温度	≥125	≥120	≥115	≥140	≥150

注:温拌 SMA 混合料的室内试件制作温度应视纤维品种和数量、矿粉用量的不同,在改性沥青混合料的基础上作适当提高。

4.3.3 马歇尔试验技术要求应符合表 4.3.3-1 ~ 表 4.3.3-5 的规定,并有良好的施工性能。当采用其他方法设计沥青混合料时,应按本规程的规定进行马歇尔试验及各项配合比设计检验,并报告不同设计方法的试验结果。

表 4.3.3-1 WAC 马歇尔试验技术标准

试验指标		单位	城市快速路、主干道		次干道、支路	行人道路
			中、轻交通	重载交通		
击实次数(双面)		次	75		50	50
试件尺寸		mm	$\phi 101.6 \times 63.5$			
空隙率 VV	≤90mm	%	3 ~ 5	4 ~ 6	3 ~ 6	2 ~ 4
	>90mm		3 ~ 6		3 ~ 6	—
马歇尔稳定度 MS		kN	≥8		≥5	≥3
流值 FL		mm	2 ~ 4	1.5 ~ 4	2 ~ 4.5	2 ~ 5

试验指标		单位	城市快速路、主干道		次干道、支路	行人道路	
			中、轻交通	重载交通			
矿料 间隙率 VMA (%)	设计空隙率 (%)	相应于以下公称最大粒径 (mm) 的最小 VMA 和 VFA 的技术要求 (%)					
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75
	2	≥10	≥11	≥11.5	≥12	≥13	≥15
	3	≥11	≥12	≥12.5	≥13	≥14	≥16
	4	≥12	≥13	≥13.5	≥14	≥15	≥17
	5	≥13	≥14	≥14.5	≥15	≥16	≥18
	6	≥14	≥15	≥15.5	≥16	≥17	≥19
沥青饱和度 VFA (%)		55 ~ 70	65 ~ 75			70 ~ 85	

注：1 本表适用于公称最大粒径不大于 26.5mm 的连续密级配沥青混凝土；

2 当设计空隙率不是整数时，由内插确定要求的 VMA 最小值；

3 对改性沥青混合料，马歇尔试验的流值可以适当放宽。

表 4.3.3-2 WATB 马歇尔试验技术标准

试验指标		单位	WATB-25	WATB-30	WATB-40
马歇尔试件尺寸		mm	φ101.6 ×63.5	φ152.4 ×95.3	
击实次数（双面）		次	75	112	
空隙率 VV		%	3 ~ 6		
马歇尔稳定度		kN	≥7.5	≥15	
流值 FL		mm	1.5 ~ 4	实测	
沥青饱和度 VFA		%	55 ~ 70		
对应于设计空隙率的矿料间隙率（%）	4	%	≥12	≥11.5	≥11
	5		≥13	≥12.5	≥12
	6		≥14	≥13.5	≥13

表 4.3.3-3 WSMA 马歇尔试验技术标准

试验项目及指标	单位	技术要求	试验方法
击实次数(双面)	次	75	T0702
试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$	T0702
空隙率 VV	%	3 ~ 4	T0705
矿料间隙率 VMA	%	≥ 17	T0705
粗集料骨架间隙率 VCA_{mix}	%	$\leq VCA_{DRC}$	T0705
沥青饱和度 VFA	%	75 ~ 85	T0705
马歇尔稳定度	kN	≥ 6.0	T0709
谢伦堡沥青析漏试验结合料损失	%	≤ 0.1	T0732
肯塔堡飞散试验混合料损失或浸水飞散试验	%	≤ 15	T0733

- 注：1 表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行；
- 2 对高温稳定性要求较高的重载交通路段，设计空隙率允许放宽至 4.5%，VMA 允许放宽至 16.5%（WSMA-16）或 16%（WSMA-20），VFA 允许放宽至 70%。
- 3 试验粗集料骨架间隙率 VCA 的关键性筛孔，对 SMA-20、SMA-16 是指 4.75mm，对 SMA-13、SMA-10 是指 2.36mm。
- 4 稳定度难以达到要求时，容许放宽到 5.0kN（非改性）或 5.5kN（改性），但动稳定度检验必须合格。

表 4.3.3-4 WOGFC 混合料马歇尔试验技术标准

试验项目	单位	技术要求	试验方法
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 101.6 \times 63.5$	T 0702
马歇尔试件击实次数（双面）	次	50	T 0702
空隙率	%	18 ~ 25	T 0708
马歇尔稳定度	kN	≥ 3.5	T 0709
析漏损失	%	< 0.3	T 0732
肯塔堡飞散损失	%	< 20	T 0733

注：表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

表 4.3.3-5 WLSPM 混合料马歇尔试验技术标准

试验指标	单位	技术标准	试验方法
马歇尔试件尺寸	mm	$\phi 152.4\text{mm} \times 95.3\text{mm}$	T0702
击实次数(双面)	次	112	T0702
空隙率 VV	%	13~18	T0708
沥青膜厚度	μm	>12	本规程附录 D
谢伦堡沥青析漏试验的结合料损失	%	≤ 0.2	T0732
肯塔堡飞散试验的混合料损失 或浸水飞散试验	%	≤ 20	T0733

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

4.3.4 对用于城市快速路、主干道的公称最大粒径等于或小于 19mm 的密级配沥青混凝土混合料(WAC)、沥青玛蹄脂碎石混合料(WSMA)和开级配排水式抗滑磨损层混合料(WOGFC),应在配合比设计的基础上按下列步骤进行各种使用性能检验。不符合要求的沥青混合料,必须更换材料或重新进行配合比设计。其余等级道路参照此要求执行。

1 必须在规定的试验条件下(60℃、0.7MPa)进行车辙试验,并符合表 4.3.4-1 的要求。

表 4.3.4-1 温拌沥青混合料车辙试验动稳定度技术要求

混合料类型	要求的动稳定度(次/mm)	试验方法
温拌普通沥青混合料	≥ 1000	T 0719
温拌改性沥青混合料	≥ 2800	
WSMA 混合料(改性)	≥ 3000	
WOGFC 混合料	≥ 1500 (一般交通) ≥ 3000 (重载交通)	
WLSPM 混合料	≥ 2600	

注:1 表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行;

2 在特殊情况下,如钢桥面铺装、重载车较多或长纵坡爬坡路段、厂矿专用道路,可酌情提高动稳定度的要求;

3 为满足重载车要求,在配合比设计时采取减小最佳沥青用量的技术措施时,可适

当提高试验温度或增加试验荷载进行试验,同时增加试件的碾压成型密度和施工压实度要求;

- 4 车辙试验不得采用二次加热的混合料,试验必须检验其密度是否符合试验规程的要求;
- 5 WLSPM 混合料车辙试验采用 8cm 厚度板式试件进行检测。其他类型混合料如需对公称最大粒径等于和大于 26.5mm 的混合料进行车辙试验,可适当增加试件的厚度,但不宜作为评定合格与否的依据。

2 必须在规定的试验条件下进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验以检验温拌沥青混合料的水稳定性,并符合表 4.3.4-2 的要求。

表 4.3.4-2 温拌沥青混合料水稳定性检验技术要求

试验项目与混合料类型		单位	技术要求	试验方法
浸水马歇尔试验残留稳定度	普通沥青混合料	%	≥ 80	T 0709
	改性沥青混合料		≥ 85	
	WSMA(改性)		≥ 80	
冻融劈裂试验的残留强度比	普通沥青混合料	%	≥ 75	T 0729
	改性沥青混合料		≥ 80	
	WSMA(改性)		≥ 80	

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

3 宜对密级配沥青混合料在规定的条件下(-10°C , 50mm/min)进行弯曲试验,测定破坏强度、破坏应变以及劲度模量,并根据应力-应变曲线综合评价温拌沥青混合料的低温抗裂性能。其中破坏应变值不宜小于表 4.3.4-3 的要求。

表 4.3.4-3 温拌沥青混合料低温弯曲试验破坏应变技术要求

混合料类型	要求的破坏应变($\mu\epsilon$)	试验方法
普通沥青混合料	≥ 2000	T 0715
改性沥青混合料	≥ 2500	

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

4 宜利用轮碾成型的车辙板试件,脱模架起进行渗水试验,

其渗水系数应符合表 4.3.4-4 的要求。

表 4.3.4-4 温拌沥青混合料试件渗水系数技术要求

混合料类型	单位	渗水系数要求	试验方法
WAC	mL/min	≤ 120	T 0730
WSMA	mL/min	≤ 80	
WOGFC	mL/min	实测	
WISPM	cm/s	≥ 0.01	本规程附录 D

注:表中试验方法按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

4.4 配合比设计与验证

4.4.1 配合比设计需根据级配类型及其组成特点选择合适的设计方法,具体方法与热拌沥青混合料设计方法相同,见附录 A ~ D。

4.4.2 温拌沥青混合料设计应按以下步骤,确定矿料级配、沥青用量和施工控制参数。

1 目标配合比设计阶段。用工程实际使用的材料按本规程附录 A 的方法,优选矿料级配、确定最佳沥青用量,并符合配合比设计技术标准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 生产配合比阶段。应按照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。同时选择适合的振动筛尺寸和安装角度,尽量使各热料仓的供料大体平衡。取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 和 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌,通过室内试验与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结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

3 生产配合比验证阶段。拌和机按照生产配合比结果进行试拌、铺筑试验段,根据试验目的确定路段长度,一般为 100m ~ 200m,宜选择在正线上铺筑。

4.4.3 温拌沥青混合料路面试验段铺筑应包括下列试验项目:

- 1 按生产配合比结果进行试拌,并取样进行马歇尔试验。
- 2 检验各种施工机械的类型、数量及组合方式是否匹配。
- 3 通过试拌确定拌和机的操作工艺,考察计算机打印装置的可信度。

- 4 通过试铺确定摊铺、压实工艺,确定松铺系数等。

- 5 从试验路段上钻取芯样测定空隙率的大小,验证温拌沥青混合料生产配合比设计,结合本规程第 4.4.2 条提出生产用的标准配合比和最佳沥青用量。对确定的标准配合比,宜再次进行车辙试验和水稳定性检验。

- 6 钻孔法检验沥青路面压实度水平;当采用核子密度仪时,应建立用钻孔法与核子密度仪无破损检测路面密度的对比关系,确定压实度的标准检测方法。核子仪等无破损检测应在碾压成型后热态测定,取 13 个点的平均值为 1 组数据,一个试验段的数据应不少于 3 组。钻孔法应在第 2 天或第 3 天以后测定,钻孔数不少于 12 个。

- 7 检测试验段的渗水系数。

4.4.4 最终确定的温拌沥青混合料配合比应符合本规程关于各项路用性能的技术检验。不符合本规程技术要求的,应更换材料或重新进行配合比设计。

4.4.5 通过各项检验的配合比设计结果应出具配合比设计报告,内容包括工程设计级配范围选择说明、材料品种选择、原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量,以及各项体积指标、配合比设计检验结果等。报告中矿料级配曲线应按照规定的方法绘制。

4.4.6 应确定施工级配允许波动范围。应根据配合比设计结果及有关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,用以检查沥青混合料的生产质量。

4.4.7 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。

4.4.8 经过设计确定的标准配合比在施工过程中不得随意变更。

生产过程中应加强跟踪检测,严格控制进场材料质量,当遇到材料发生变化并经检测温拌沥青混合料的矿料级配、马歇尔技术指标不符合要求时,应及时调整配合比,使温拌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。

4.4.9 次干道及以下等级道路温拌沥青混合料的配合比设计可按照相同步骤进行。当材料与道路等级完全相同时,可借鉴成功的经验。

5 施 工

5.1 一般规定

5.1.1 温拌沥青混合料生产与施工应在热拌沥青混合料设备的基础上增加温拌剂添加装置。

5.1.2 铺筑温拌沥青混合料面层之前,应保证下承层清洁、干燥,平整度和强度应满足要求,不符合要求的不得铺筑温拌沥青混合料面层。

5.2 施工温度

5.2.1 温拌沥青混合料的施工温度可在同类热拌沥青混合料施工温度基础上降低 $30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$,可按表 5.2.1-1~表 5.2.1-3 的范围选择,并根据实际情况确定使用高值或低值,每天施工开始阶段宜采用高限温度。

表 5.2.1-1 温拌石油沥青混合料的施工温度范围($^{\circ}\text{C}$)

施工工序	50 号		70 号		90 号	
	正常施工	低温施工	正常施工	低温施工	正常施工	低温施工
沥青加热温度	160 ~ 170		155 ~ 165		150 ~ 160	
集料加热温度	125 ~ 150					
出料温度	125 ~ 145		120 ~ 140		115 ~ 135	
运输到现场温度	≥115	≥130	≥110	≥125	≥105	≥120
摊铺温度	≥110	≥125	≥105	≥120	≥100	≥115
初压温度	≥105	≥120	≥100	≥115	≥95	≥110
终压温度	≥70					
开放交通温度	≤50					

表 5.2.1-2 温拌 SBS 沥青混合料施工温度范围(℃)

施工工序	SBS I-D			
	普通混合料		SMA	
	正常施工	低温施工	正常施工	低温施工
沥青加热温度	160 ~ 170			
集料加热温度	150 ~ 180			
出料温度	145 ~ 160		155 ~ 170	
运输到现场温度	≥135	≥150	≥145	≥160
摊铺温度	≥130	≥145	≥140	≥155
初压温度	≥125	≥140	≥135	≥150
终压温度	≥70			
开放交通温度	≤50			

表 5.2.1-3 温拌橡胶改性沥青混合料施工温度范围(℃)

施工工序	稳定型橡胶改性沥青			
	普通混合料		SMA	
	正常施工	低温施工	正常施工	低温施工
沥青加热温度	180 ~ 190			
集料加热温度	155 ~ 185			
出料温度	150 ~ 165		160 ~ 175	
运输到现场温度	≥140	≥155	≥150	≥165
摊铺温度	≥135	≥150	≥145	≥160
初压温度	≥130	≥145	≥140	≥155
终压温度	≥70			
开放交通温度	≤50			

5.2.2 铺筑厚度不大于 3cm 的面层或地面温度低于 0℃ 不适合低温施工,寒冷季节遇大风降温天气不得进行温拌混合料施工。

5.3 拌 和

5.3.1 温拌沥青混合料宜采用间歇式拌和机拌制,并应符合以下要求:

- 1 总拌和能力满足施工进度要求,须有二级除尘装置。
- 2 冷料仓的数量满足配合比需要,通常不宜少于 5 个,且应具有添加温拌剂的设备。
- 3 冷料供料装置需经标定得出集料供料曲线。
- 4 振动筛规格应与矿料规格相匹配,最大筛孔宜略大于混合料的最大粒径,其余筛孔的设置应考虑混合料的级配稳定,并尽量使热料仓大体均衡,不同级配混合料必须配置不同的筛孔组合。
- 5 宜备有保温性能好的成品储料仓,贮存过程中混合料温度下降不得大于 10℃,且不得有沥青滴漏。
- 6 拌和设备上各种传感器必须定期检定,周期不应少于每年一次。
- 7 应配备计算机设备,拌和过程中逐盘采集并打印各个传感器测定的材料用量和沥青混合料拌和量、拌和温度等各种参数。
- 8 拌和机的矿粉仓应配备振动装置。

5.3.2 温拌沥青混合料的生产温度宜符合本规程表 5.2.1 的要求。每天开始几盘集料应提高加热温度,并干拌几锅集料废弃,再正式加沥青、温拌添加剂拌和沥青混合料。

5.3.3 温拌添加剂应由专门管道及送料器直接加入拌和锅。

5.3.4 温拌沥青混合料出厂时应逐车检测沥青混合料的重量和温度,记录出厂时间,签发运料单。

5.4 运 输

5.4.1 温拌沥青混合料宜采用运输能力与摊铺设备相匹配的运料车,运输车辆的总运力比搅拌能力或摊铺能力有所富余。不得在已喷洒透层、封层的路面上紧急制动、急弯掉头。施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。

5.4.2 运料车每次使用前后必须清扫干净,并应在车厢板上涂一薄层防止沥青黏结的隔离剂或防黏结剂,但不得有余液积聚在车厢底部。当从拌和机向运料车上装料时,应按前、后、中的顺序来回挪动汽车位置平衡装料。

5.4.3 温拌沥青混合料出厂时,应有保温、防雨、防污染措施。

5.4.4 运料车到工地后,应由专人逐车检测温度,检测结果应满足本规程表 5.2.1 的要求。

5.5 摊 铺

5.5.1 温拌沥青混合料应采用履带式摊铺机摊铺。摊铺机的受料斗应涂刷薄层隔离剂或防黏结剂。

5.5.2 铺筑快速路、主干道沥青混合料层时,宜采用两台或更多台的摊铺机前后错开 10m ~ 20m,呈梯队方式同步摊铺,两幅之间应有 30mm ~ 60mm 宽度的搭接,并躲开车道轮迹带,上下层的搭接位置宜错开 200mm 以上。

5.5.3 摊铺机开工前应提前 0.5h ~ 1h 预热熨平板至 120℃ 以上。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。熨平板加宽连接应仔细调节至摊铺的混合料无明显的离析痕迹。

5.5.4 摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺,不得随意变换速度或中途停顿,以提高平整度,减少混合料的离析。摊铺速度宜控制在 2 m/min ~ 3 m/min。当发现混合料出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时,应分析原因,予以消除。

5.5.5 摊铺机应采用自动找平方式,下面层宜采用钢丝绳引导的高程控制方式,中面层和表面层宜采用平衡梁自动找平的控制方式。

5.5.6 温拌沥青混合料的松铺系数应根据试验段确定。摊铺过程中应随时检查摊铺层厚度、路拱及横坡。

5.5.7 摊铺机的螺旋布料器应相应于摊铺速度调整到一个稳定的速度均衡地转动,两侧应保持有不少于 2/3 高度的混合料。

5.6 压实及成型

5.6.1 压实设备宜满足下列要求：

1 温拌沥青混合料路面施工配备的压路机数量应与摊铺能力相匹配。

2 选择合理的压路机组合方式即初压、复压、终压(包括成型)的碾压步骤。宜采用双钢轮压路机初压,胶轮压路机或双钢轮压路机随后复压,双钢轮压路机终压收光,采用小型振动压路机碾压左右路缘石或边角位置。

3 中、下面层宜采用 25t 以上胶轮压路机和钢轮压路机联合作业方式。

5.6.2 压路机的碾压速度符合表 5.6.2 的要求。压路机的碾压路线及碾压方向不应突然改变而导致混合料推移,碾压区的长度应大体稳定,两端的折返位置应随摊铺机前进而推进,横向不得在相同的断面上。

表 5.6.2 压路机碾压速度(km/h)与方式

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢轮压路机	2~3	3	3~4 (SMA)	4.5	3~5	5
	振动		振动		静压	
胶轮压路机	—		3~4	4	—	

5.6.3 混合料的碾压温度应符合本规程 5.2.1 的要求,并应根据混合料种类、压路机类型、气温、层厚等情况经试压确定。应在不产生严重推移和裂缝的前提下,在高温条件下进行初压、复压、终压,不得在低温状况下作反复碾压以及振动碾压。具体碾压工艺应符合下列要求：

1 压路机应紧跟摊铺机进行碾压,做到“紧跟、有序、慢压、高频、低幅”,应尽量保证沥青混合料应在高温条件下完成碾压。碾

压速度应均匀,起动、停止必须减速缓慢进行,不得随便调头。

2 初压应紧跟摊铺机后碾压,并保持较短的初压区长度,以尽快使表面压实,减少热量散失。可采用钢轮压路机振动压实1~2遍,从外侧向中心碾压。初压后应检查平整度、路拱,有严重缺陷时进行修整乃至返工。

3 复压应紧接在初压后进行,为防止压路机黏附混合料,应在高温状态下碾压。密级配沥青混凝土的复压宜优先采用重型胶轮压路机进行揉搓碾压。采用胶轮和钢轮压路机联合作业时,每一台压路机应作全幅碾压。对路面边缘、加宽及港湾式公交车停靠站点等大型压路机难于碾压的部位,宜采用小型振动压路机或振动夯板作补充碾压。

4 终压应紧接在复压后进行,当经复压后已无明显轮迹时可免去终压。需要终压时可选用双钢轮压路机或已经关闭振动的振动压路机碾压不宜少于2遍,至无明显轮迹为止。

5.6.4 SMA 沥青路面不宜采用胶轮压路机碾压。OGFC 路面宜采用小于12t的双钢轮压路机碾压。

5.6.5 碾压轮在碾压过程中应保持清洁,如有混合料沾轮应立即清除。对钢轮可涂刷隔离剂或防黏结剂,但严禁刷柴油。

5.6.6 压路机不得在未碾压成型路段上转向、调头、加水或停留。在当天成型的路面上,不得停放各种机械设备或车辆,不得散落矿料、油料等杂物。

5.7 接 缝

5.7.1 沥青路面的施工必须接缝紧密、连接平顺,不得产生明显的接缝离析。上下层的纵向热接缝应错开150mm以上,冷接缝应错开300mm~400mm。相邻两幅及上下层的横向接缝均应错位1m以上。接缝施工应用3m直尺检查,确保平整度符合要求。

5.7.2 温拌沥青混合料路面纵向接缝处施工应符合下列要求:

1 摊铺时采用梯队作业的纵缝应采用热接缝,将已铺部分留下100mm~200mm宽暂不碾压,作为后续部分的基准面,然后作

跨缝碾压消除缝迹。

2 当半幅施工或因特殊原因而产生纵向冷接缝时,宜加设挡板或加设切刀切齐,也可在混合料尚未完全冷却前用镐刨除边缘留下毛茬,但不宜在冷却后采用切割机作纵向切缝。加铺另半幅前应涂洒少量沥青,重叠在已铺层上 50mm ~ 100mm,再铲走铺在前半幅上面的混合料,碾压时由边向中碾压留下 100mm ~ 150mm,再跨缝挤紧压实。或者先在已压实路面上行走碾压新铺层 150mm 左右,然后压实新铺部分。

5.7.3 快速路和主干道的表面层横向接缝应采用垂直的平接缝,中面层和下面层可采用自然碾压的斜接缝,沥青层较厚时也可作阶梯形接缝(见图 5.7.3)。其他等级道路的各层均可采用斜接缝。

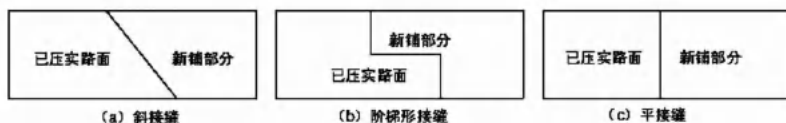


图 5.7.3 横向接缝的几种形式

5.7.4 斜接缝的搭接长度宜为 0.4m ~ 0.8m。搭接处应洒少量沥青,混合料中的粗集料颗粒应予剔除,并补上细料,搭接平整,充分压实。阶梯形接缝的台阶经铣刨而成,并洒粘层沥青,搭接长度不宜小于 3m。

5.7.5 平接缝宜趁尚未冷透时用凿岩机或人工垂直刨除端部层厚不足的部分,使工作缝成直角连接。当采用切割机制作平接缝时,宜在铺设当天混合料冷却但尚未结硬时进行。刨除或切割不得损伤下层路面。切割时留下的泥水必须冲洗干净,待干燥后涂刷粘层油。铺筑新混合料接头应使接茬软化,压路机先进行横向碾压,再纵向碾压成为一体,充分压实,连接平顺。

5.8 开放交通

5.8.1 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。

5.8.2 铺筑好的沥青层应严格控制交通,做好保护,保持整洁,不得造成污染;严禁在沥青层上堆放土、杂物,或制作水泥砂浆。

6 质量检验与验收

6.1 检验标准

主控项目

6.1.1 原材料质量检验应符合下列规定:

1 道路石油沥青的品种、标号应符合国家现行有关标准和本规程第3章的有关规定。

检查数量:按同一生产厂家、同一品种、同一标号、同一批号连续进场的沥青(石油沥青每100t为1批,改性沥青每50t为1批)每批次抽检1次。

检验方法:查出厂合格证、检验报告,并进场复检。

2 温拌沥青混合料所选用的粗集料、细集料、填料、纤维稳定剂、温拌添加剂等的质量及规格应符合本规程第3章的有关规定。

检查数量:按不同品种产品进场批次和产品抽样检验方案确定。

检验方法:观察、核查检验报告并进场复检。

6.1.2 沥青混合料质量检验应符合表6.1.2中的规定。

表 6.1.2 沥青混合料质量检验

项 目		允许偏差		检查数量	检验方法
		城市快速路、主干路	其他等级道路		
拌和温度	沥青、集料的加热温度	符合本规程规定		逐盘检测评定	传感器自动检测、显示并打印
	混合料出厂温度	符合本规程规定		逐车检测评定	传感器自动检测、显示并打印,出厂时逐车按 T 0981 人工检测
				逐盘测量记录,每天取平均值评定	传感器自动检测、显示并打印

项 目		允许偏差		检查数量	检验方法
		城市快速路、主干路	其他等级道路		
矿料级配 (筛孔)	0.075mm	$\pm 2\%$	—	逐盘在线检测	计算机采集数据计算
	$\leq 2.36\text{mm}$	$\pm 5\%$	—		
	$\geq 4.75\text{mm}$	$\pm 6\%$			
	0.075mm	$\pm 1\%$	—	逐盘检查,每天汇总 1 次取平均值评定	总量检验
	$\leq 2.36\text{mm}$	$\pm 2\%$	—		
	$\geq 4.75\text{mm}$	$\pm 2\%$	—		
	0.075mm	$\pm 2\%$	$\pm 2\%$	每台拌和机每天 1~2 次,以 2 个试样的平均值评定	T 0725 抽提筛分与标准级配比较的差
	$\leq 2.36\text{mm}$	$\pm 5\%$	$\pm 6\%$		
	$\geq 4.75\text{mm}$	$\pm 6\%$	$\pm 7\%$		
沥青用量 (油石比)		$\pm 0.3\%$	—	逐盘在线监测	计算机采集数据计算
		$\pm 0.1\%$	—	逐盘检查,每天汇总 1 次取平均值评定	总量检验
		$\pm 0.3\%$	$\pm 0.4\%$	每台拌和机每天 1~2 次,以 2 个试样的平均值评定	抽提 T 0722、T0721
马歇尔试验:空隙率、稳定度、流值		符合本规程规定		每台拌和机每天 1~2 次,以 4~6 个试件的平均值评定	本规程附录 C
浸水马歇尔试验		符合本规程规定		必要时(以 4~6 个试件的平均值评定)	T 0702、T 0709
车辙试验		符合本规程规定		必要时(以 3 个试件的平均值评定)	T 0719

注:表中试验方法 T 0981 按照《公路路基路面现场测试规程》JTG E60 执行,其余按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 执行。

6.1.3 温拌沥青混合料面层质量检验应符合下列规定:

1 沥青混合料面层压实度,对城市快速路、主干道不应小于96%;对次干道及以下道路不得小于95%。

检查数量:每1000m²测1点。

检验方法:取芯检测。

2 每一层次及面层总厚度应符合设计规定,允许偏差为+10 ~ -5mm。

检查数量:每1000m²测1点。

检验方法:钻孔取芯,用钢尺量。

3 弯沉值,不应大于设计规定。

检查数量:每车道、每20m,测一点。

检验方法:弯沉仪检测。

一般项目

6.1.4 表面应平整、坚实,接缝紧密,无枯焦;不应有明显轮迹、推挤裂缝、脱落、烂边、油斑、掉渣等现象,不得污染其它构筑物。面层与路缘石、平石及其它构筑物应接顺,不得有积水现象。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

6.1.5 温拌沥青混合料面层允许偏差应符合表6.1.5的规定。

表 6.1.5 温拌沥青混合料面层允许偏差

项 目		允许偏差		检验频率				检验方法
				范围	点数			
纵断高程(mm)		±15		20m	1			用水准仪测量
中线偏位(mm)		≤20		100m	1			用经纬仪测量
平整度 (mm)	标准差 σ 值	快速路、主干道	1.5	100m	路宽 (m)	< 9	1	用测平仪检测
			2.4			9 ~ 15	2	
		次干路、支路	> 15			3		
	最大 间隙	次干路、支路	5	20m	路宽 (m)	< 9	1	用3m直尺和塞尺连续量取两尺,取最大值
						9 ~ 15	2	
						> 15	3	

项 目		允许偏差	检验频率			检验方法	
			范围	点数			
宽度 (mm)		不小于设计值	40m	1		用钢尺量	
横坡		±0.3% 且不反坡	20m	路宽 (m)	< 9	2	用水准仪测量
					9 ~ 15	4	
					> 15	6	
井框与路面高差 (mm)		≤5	每座	1		十字法,用直尺、塞尺量取最大值	
抗滑	摩擦 系数	符合设计要求	200m	1		摆式仪	
	构造 深度	符合设计要求	200m	全线连续		横向力系数车	
沥青层表面上的 渗水系数		200mL/min	200m	3		T 0971	

注:1 测平仪为全线每车道连续检测每 100m 计算标准差 σ ; 无测平时可采用 3m 直尺检测。平整度、抗滑性能也可采用自动检测设备进行检测。

2 中面层、底面层仅进行中线偏位、平整度、宽度、横坡的检测。

3 渗水系数适用于公称最大粒径等于或小于 19mm 的沥青混合料,应在铺筑成型后未遭行车污染的情况下测定,且仅适用于要求密水的密级配沥青混合料。

4 表中试验方法 T 0971 按照《公路路基路面现场测试规程》JTG E60 执行。

6.2 验 收

6.2.1 工程竣工验收时,温拌沥青混合料面层的验收应按现行行业标准《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 相关规定执行。

6.2.2 工程竣工验收时,面层为分部工程,沥青混合料面层作为子分部工程,温拌沥青混合料面层作为分项工程。

附录 A WAC 类沥青混合料设计方法

A.1 一般规定

A.1.1 本方法适用于连续密级配沥青混凝土类温拌沥青混合料。

A.1.2 温拌沥青混合料设计与热拌沥青混合料类似,其配合比设计应通过目标配合比设计、生产配合比设计以及生产配合比验证三个阶段,确定沥青混合料的材料品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量。本规程采用马歇尔试验及各项配合比设计检验。混合料的拌和必须采用小型沥青混合料拌和机。

A.1.3 温拌沥青混合料目标配合比设计宜按照图 A.1.3 流程执行。

A.1.4 生产配合比设计可参照本方法规定的步骤进行。

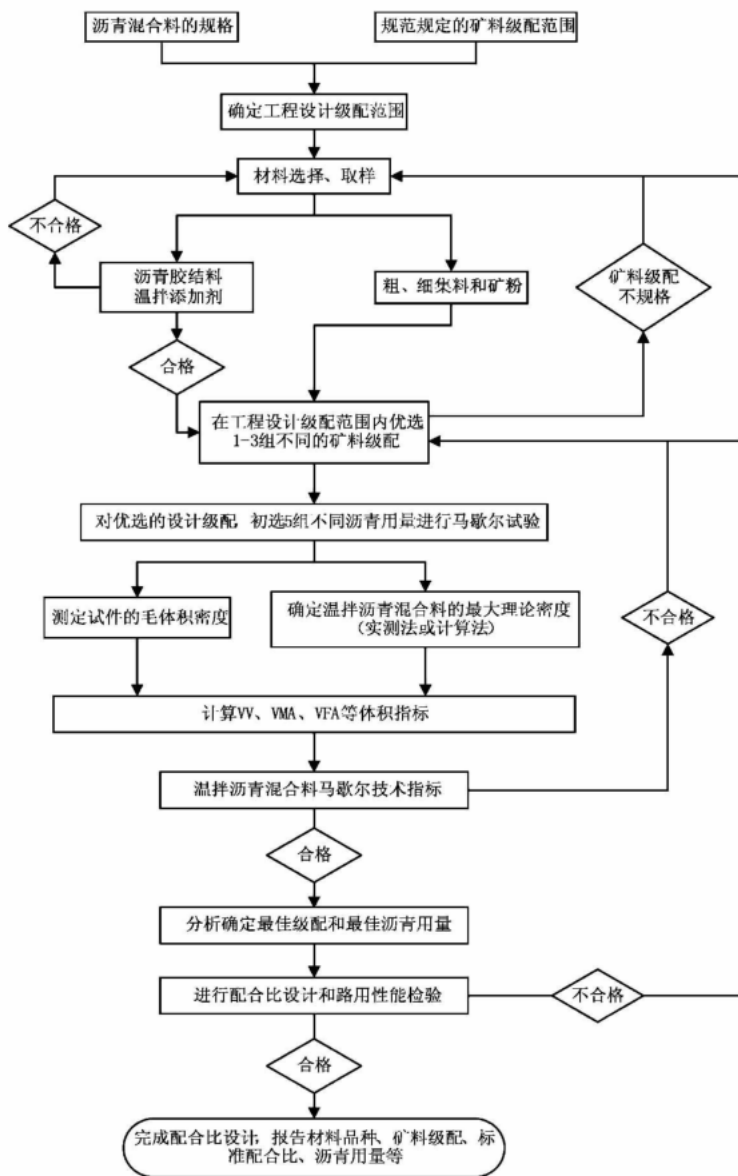


图 A.1.3 温拌沥青混合料配合比设计流程图

A.2 确定工程设计级配范围

A.2.1 沥青路面工程的混合料设计级配范围由工程设计文件或招标文件规定,密级配沥青混合料的设计级配宜在本规程 4.2.2 规定的级配范围内,根据道路等级、工程性质、气候条件、交通条件、材料品种等因素通过研究后调整确定。

A.2.2 按照本规程中表 4.2.2 推荐的设计级配范围,调整工程设计级配取值区间,确保温拌沥青混合料路面满足耐久、稳定、密水、抗滑等要求,并考虑施工性能,使沥青混合料容易摊铺和压实,避免造成严重的离析。

A.3 材料的选择与准备

A.3.1 配合比设计的各种矿料必须从工程实际使用的材料中取代表性样品。进行生产配合比设计时,取样至少应在干拌 5 次以后进行。

A.3.2 配合比设计所用的各种材料必须符合气候和交通条件的需要。当单一规格的集料某项指标不合格,但不同粒径规格的料按级配组成的集料混合料指标能符合规范要求时,允许使用。

A.4 温拌剂掺量确定

A.4.1 温拌沥青混合料的施工温度应根据沥青及混合料类型、气候条件、铺装层厚度等因素,结合其他施工现场条件综合确定。

A.4.2 温拌剂掺量根据不同工艺推荐值,结合室内试验结果确定。

A.5 矿料级配设计

A.5.1 矿料配合比设计宜借助电子计算机的电子表格进行试配设计。

A.5.2 矿料级配曲线按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》T 0725 方法绘制,可参考 Superpave 方法中控制点、限制区的概念

进行辅助调整。以原点与通过集料最大粒径 100% 的点连线作为沥青混合料的最大密度线。

A.5.3 在工程设计级配范围内计算 1~3 组粗细不同的配合比, 绘制设计级配曲线, 分别位于工程设计级配范围的上方、中值及下方。设计合成级配不得有太多的锯齿形交错, 且在 0.3~0.6mm 范围内不出现“驼峰”。当反复调整不能满足范围要求时, 应更换材料重新设计。

A.6 马歇尔试验

A.6.1 配合比设计马歇尔试验技术标准按本规程第 4 章的要求执行。

A.6.2 矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 按照公式 (A.6.2) 计算。

$$\gamma_{sb} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (\text{A.6.2})$$

式中, $P_1, P_2, \dots, P_n$ ——各级矿料成分的配合比, 其和为 100;

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ ——各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的毛体积相对密度。

A.6.3 矿料的合成表观相对密度 γ_{sa} 按照公式 (A.6.3) 计算。

$$\gamma_{sa} = \frac{100}{\frac{P_1}{\gamma'_1} + \frac{P_2}{\gamma'_2} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma'_n}} \quad (\text{A.6.3})$$

式中, $\gamma'_1, \gamma'_2, \dots, \gamma'_n$ ——各级矿料按照相应的物理常数测定方法得到的表观相对密度。

A.6.4 矿料的合成有效相对密度按照公式 (A.6.4-1 ~ A.6.4-3) 计算。

$$\gamma_{se} = C \times \gamma_{sa} + (1 - C) \times \gamma_{sb} \quad (\text{A.6.4-1})$$

$$C = 0.033\omega_x^2 - 0.2936\omega_x + 0.9339 \quad (\text{A.6.4-2})$$

$$\omega_x = \left(\frac{1}{\gamma_{sb}} - \frac{1}{\gamma_{sa}} \right) \times 100 \quad (\text{A.6.4-3})$$

式中, γ_{se} ——合成矿料的有效相对密度;

C ——合成矿料的沥青吸收系数,可由矿料的合成吸水率 ω_x 按照公式(A.6.4-2)计算;

ω_x ——合成矿料的吸水率,按照公式(A.6.4-3)计算;

γ_{sb} ——矿料的合成毛体积相对密度,按照公式(A.6.2)计算;

γ_{sa} ——矿料的合成表观相对密度,按照公式(A.6.3)计算。

A.6.5 使用普通沥青的温拌混合料最大理论相对密度采用实测法确定,试验方法遵照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中的相关要求执行。使用改性沥青的温拌混合料在用计算法确定最大理论相对密度,按照公式(A.6.5)进行计算:

$$\gamma_{ti} = \frac{100}{\frac{P_{si}}{\gamma_{se}} + \frac{P_{bi}}{\gamma_b}} \quad (\text{A.6.5})$$

式中, γ_{ti} ——相对于计算沥青用量 P_{bi} 时温拌沥青混合料的最大理论相对密度,无量纲;

P_{si} ——沥青混合料中矿料质量百分比,以全部矿料质量占沥青与矿料总质量的百分比表示, %;

P_{bi} ——沥青混合料中沥青含量百分比(即沥青用量),以沥青质量占沥青与全部矿料总质量的百分比表示, $P_{si} + P_{bi} = 100$, %;

γ_b ——沥青的相对密度,无量纲。

A.6.6 温拌沥青混合料试件的空隙率 VV、矿料间隙率 VMA、有效沥青饱和度 VFA 等体积指标按照公式(A.6.6-1 ~ A.6.6-3)计算,进行体积组成分析。

$$VV = \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_s} \right) \times 100 \quad (\text{A.6.6-1})$$

$$\text{VMA} = \left(1 - \frac{\gamma_t}{\gamma_{sb}} \times \frac{P_s}{100} \right) \times 100 \quad (\text{A. 6. 6} - 2)$$

$$\text{VFA} = \frac{\text{VMA} - \text{VV}}{\text{VMA}} \times 100 \quad (\text{A. 6. 6} - 3)$$

式中, VV——试件的空隙率, %;

VMA——试件的矿料间隙率, %;

VFA——试件的有效沥青饱和度(有效沥青含量占 VMA 的体积比例), %;

γ_t ——测定的试件毛体积相对密度, 无量纲;

P_s ——各种矿料占沥青混合料总质量的百分比, 即 $P_s = 100 - P_b, \%$;

A. 6. 7 进行温拌沥青混合料的马歇尔试验, 测定马歇尔稳定度及流值。

A. 7 最佳沥青用量

A. 7. 1 以沥青用量(或油石比)为横坐标, 以马歇尔试验的各项指标为纵坐标, 将试验结果绘制成曲线图。

A. 7. 2 根据曲线图的变化趋势, 按照以下方法确定温拌沥青混合料的最佳沥青用量:

1 在空隙率 - 沥青用量曲线图中, 以期设计空隙率对应的沥青用量作为设计用量, 如图 A. 7. 2 - 1 所示。

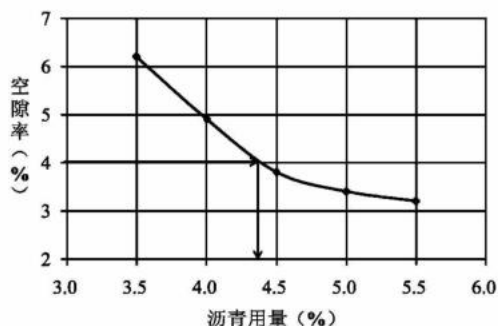


图 A.7.2-1 确定设计用量

2 在矿料间隙率 - 沥青用量曲线图中,设计用量下的矿料间隙率应大于配合比设计要求中马歇尔试验技术标准的最小值,同时该沥青用量宜处于 VMA 凹形曲线中最小值的贫油侧,如图 A.7.2-2 所示。

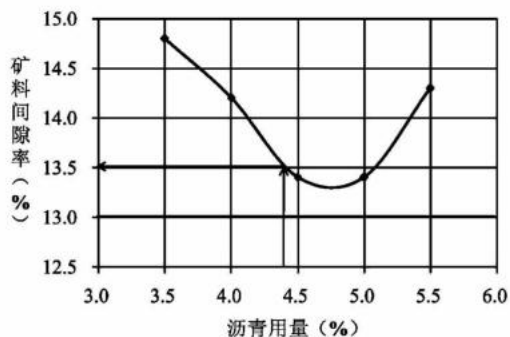


图 A.7.2-2 检验矿料间隙率指标

3 在沥青饱和度 - 沥青用量曲线图中,设计用量下混合料的沥青饱和度 VFA 应介于配合比设计中马歇尔试验技术标准范围之内,如图 A.7.2-3 所示。

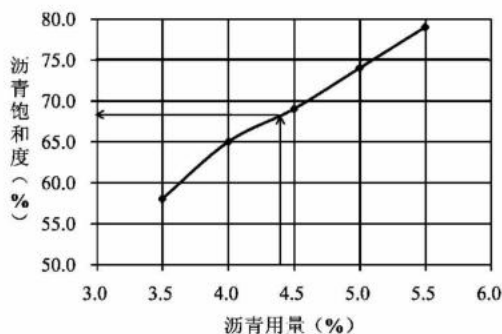


图 A.7.2-3 检验沥青饱和度指标

4 设计沥青用量下混合料的马歇尔稳定度 kN 和流值 FL 应满足本规范要求。

5 若经以上 2~4 款检验得到的混合料矿料间隙率 VMA 、沥青饱和度 VFA 、马歇尔稳定度 kN 和流值 FL 均满足马歇尔技术指标时,设计用量即可确定为最佳沥青用量 OAC ;不能同时满足马歇尔技术指标时,应调整级配或沥青用量后重新进行马歇尔试验。

A.7.3 根据工程实际情况、交通状况以及气候条件,可适当调整最佳沥青用量 OAC ,并报告不同沥青用量条件下的各项试验结果。

A.7.4 温拌沥青混合料中沥青胶结料被集料吸收的比例及有效沥青含量按照公式(A.7.4-1)和(A.7.4-2)计算。

$$P_{ba} = \frac{\gamma_{se} - \gamma_{sb}}{\gamma_{se} \times \gamma_{sb}} \times \gamma_b \times 100 \quad (A.7.4-1)$$

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (A.7.4-2)$$

式中 P_{ba} ——温拌沥青混合料中被集料吸收的沥青结合料比例,%;

P_{be} ——温拌沥青混合料中的有效沥青含量,%;

γ_{sb} ——矿料的合成毛体积相对密度,按本规程式(A.6.2)

P_b ——沥青含量,%;

有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按公式 (A.7.4-3) 及公式 (A.7.4-4) 计算。

$$V_{be} = \frac{\gamma_f \times P_{be}}{\gamma_b} \quad (\text{A.7.4-3})$$

$$V_g = 100 - (V_{be} + VV) \quad (\text{A.7.4-4})$$

A.7.5 检查最佳沥青用量时的粉胶比和有效沥青膜厚度。

1 按照公式 (A.7.5-1) 计算沥青混合料的粉胶比, 宜符合 0.6 ~ 1.6 的范围要求。对常用的公称最大粒径为 13.2mm ~ 19mm 的密级配沥青混合料, 粉胶比宜控制在 0.8 ~ 1.2 范围内。

$$FB = \frac{P_{0.075}}{P_{be}} \quad (\text{A.7.5-1})$$

式中 FB ——粉胶比, 沥青混合料的矿料中 0.075mm 通过率与有效沥青含量的比值, 无量纲;

$P_{0.075}$ ——矿料级配中 0.075mm 的通过率(水洗法), %;

P_{be} ——有效沥青含量, %。

2 按照公式 (A.7.5-2) 的方法计算集料的比表面积, 按照公式 (A.7.5-3) 估算沥青膜有效厚度。各种集料粒径的表面积系数按本规程表 A.7.5 采用。

$$SA = \sum (P_i \times FA_i) \quad (\text{A.7.5-2})$$

$$DA = \frac{P_{ae}}{\gamma_b \times SA} \times 10 \quad (\text{A.7.5-3})$$

式中 SA ——集料的比表面积, m^2/kg ;

P_i ——各种粒径的通过百分率, %;

FA_i ——相应于各种粒径的集料的表面积系数, 如表 A.7.5 所列;

DA ——沥青膜有效厚度, μm ;

P_{ae} ——有效油石比, 即 $P_{ae} = \frac{m_e}{m_s} \times 100 = \frac{P_{be}}{P_s} \times 100, \%$ 。

表 A.7.5 集料的表面积系数计算

筛孔尺寸(mm)	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	集料比 表面积 总和 SA (m ² /kg)
表面积 系数 FA_i	0.0041	—	—	—	—	0.0041	0.0082	0.0164	0.0287	0.0614	0.1229	0.3277	
通过 百分率 P_i (%)	100	96.9	86.9	77.8	64.5	42.5	26.5	18.8	14.1	9.8	7.3	6.2	
比表面 $FA_i \times P_i$ (m ² /kg)	0.41	—	—	—	—	0.17	0.22	0.31	0.40	0.60	0.90	2.03	5.045

A.8 配合比设计检验与报告

A.8.1 沥青混合料配合比设计的性能检验主要包括高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性等。配合比设计检验应符合本规程的相关技术要求,不符合要求的应更换材料重新进行配合比设计。

A.8.2 配合比设计报告应包括工程设计级配范围说明、材料品种选择与原材料质量试验结果、矿料级配、最佳沥青用量,以及各项体积指标、配合比设计检验结果等。试验报告的矿料级配曲线应按规定的方法绘制。

A.8.3 当按照 A.7.3 调整沥青用量作为最佳沥青用量时,应报告不同沥青用量下的各项试验结果,并提出对施工压实工艺的技术要求。

附录 B WSMA 类沥青混合料设计方法

B.1 一般规定

B.1.1 除本方法另有规定外,应遵照附录 A 温拌沥青混合料配合比设计方法的规定执行。

B.1.2 WSMA 混合料的配合比设计采用马歇尔试件的体积设计方法进行,马歇尔试验的稳定度和流值并不作为配合比设计接受或者否决的唯一指标。

B.1.3 对用于配合比设计的各种材料及温拌剂均按附录 A 规定选择,其质量必须符合本规程规定的技术要求。

B.2 矿料级配设计

B.2.1 设计初试级配

1 WSMA 路面的工程设计级配范围宜直接采用本规程 4.2.2-4 规定的矿料级配范围。公称最大粒径等于或小于 9.5mm 的 WSMA 混合料,以 2.36mm 作为粗集料骨架的分界筛孔,公称最大粒径等于或大于 13.2mm 的 WSMA 混合料以 4.75mm 作为粗集料骨架的分界筛孔。

2 在工程设计级配范围内,调整各种矿料比例,设计 3 组不同粗细的初试级配,3 组级配的粗集料骨架分界筛孔的通过率处于级配范围的中值,中值 $\pm 3\%$ 附近,矿粉数量均为 10% 左右。

B.2.2 按附录 A 的方法计算矿料的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 、合成表观相对密度 γ_{sa} 、有效相对密度 γ_{sc} 。

B.2.3 把每个合成级配中小于粗集料骨架分界筛孔的集料筛除,按《公路工程集料试验规程》JTG E42 中 T 0309 的规定,用捣实法测定粗集料骨架的自然堆积密度 γ_s ,按式 (B.2.3) 计算粗集料骨架混合料的合成毛体积相对密度 γ_{CA} 。

$$\gamma_{CA} = \frac{P_1 + P_2 + \cdots + P_n}{\frac{P_1}{\gamma_1} + \frac{P_2}{\gamma_2} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma_n}} \quad (\text{B.2.3})$$

式中 P_1, P_2, P_n ——粗集料骨架部分各种集料在全部矿料级配混合料中的配比；

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_n$ ——各种粗集料相应的毛体积相对密度。

B.2.4 按式(B.2.4)计算各组初试级配的自然堆积状态下的粗集料松装间隙率 VCA_{DRC}

$$VCA_{DRC} = \left(1 - \frac{\gamma_s}{\gamma_{CA}}\right) \times 100 \quad (\text{B.2.4})$$

式中 VCA_{DRC} ——粗集料骨架的松装间隙率(%)；

γ_{CA} ——粗集料骨架的毛体积相对密度；

γ_s ——粗集料骨架的松方毛体积相对密度。

B.2.5 预估 WSMA 混合料的适宜油石比 P_a , 作为马歇尔试件的初试油石比。

B.2.6 按式(B.2.6)的方法计算不同沥青用量条件下 WSMA 混合料的最大相对密度, 其中纤维部分的比例不得忽略。

$$\gamma_x = \frac{100 + P_a + P_x}{\frac{100}{\gamma_{se}} + \frac{P_a}{\gamma_a} + \frac{P_x}{\gamma_x}} \quad (\text{B.2.6})$$

式中 γ_{se} ——矿料的有效相对密度；

P_a ——沥青混合料的油石比, %；

γ_b ——沥青的相对密度(25℃/25℃), 无量纲；

P_x ——纤维用量, 以矿料质量的百分数计, %；

γ_x ——纤维稳定剂的密度, 由供货商提供或由比重瓶实测得到。

B.2.7 按式(B.2.7)计算 WSMA 马歇尔混合料时间中的粗集料骨架间隙率 VCA_{mix} , 试件的集料各项体积指标空隙率 VV 、集料间隙率 VMA 、沥青饱和度 VFA 按附录 A 的方法计算。

$$VCA_{mix} = \left(1 - \frac{\gamma_f}{\gamma_{CA}} \times P_{CA}\right) \times 100 \quad (\text{B.2.7})$$

式中 P_{CA} ——沥青混合料中粗集料的比例,即大于分界筛孔的颗粒含量(%);

γ_{CA} ——粗集料骨架部分的平均毛体积相对密度,由式 B.2.3 确定;

γ_f ——沥青混合料试件的毛体积相对密度,由表干法测定。

B.2.8 根据马歇尔试验结果选择设计级配时,必须符合 $VCA_{mix} < VCA_{DRC}$,且 VMA 满足本规程的要求,当有 1 组以上的级配同时符合要求时,以粗集料骨架分界筛孔集料通过率大且 VMA 较大的级配为设计级配。

B.3 最佳沥青用量

B.3.1 根据所选择的设计级配,和初试油石比试验的空隙率结果,以 0.2% ~ 0.4% 作为间隔,调整 3 个不同的油石比,制作马歇尔试件,计算空隙率等各项体积指标。一组试件数不宜少于 4 ~ 6 个。

B.3.2 进行马歇尔稳定度试验,检验稳定度和流值是否符合本规程规定的技术要求。

B.3.3 根据期望的设计空隙率,确定油石比,作为最佳油石比 OAC。所设计的 WSMA 混合料应符合本规程条文 4.3.3 - 3 规定的各项技术标准。

B.3.4 如初试油石比的混合料体积指标恰好符合设计要求时,可以省去此步骤,但宜进行一次复核。

B.4 配合比设计检验与报告

B.4.1 除附录 A 规定项目外,WSMA 混合料的配合比设计还必须进行谢伦堡析漏试验及肯塔堡飞散试验。配合比设计检验应符合本规程表 4.3.3 - 3 中的技术要求,不符合要求的必须重新进行配合比设计。

B.4.2 配合比设计结束后,按照本规程 A.8 的要求出具配合比设计报告。

附录 C WOGFC 混合料设计方法

C.1 一般规定

C.1.1 除本方法外,应遵照附录 A 温拌沥青混合料配合比设计方法的规定执行。

C.1.2 WOGFC 混合料的配合比设计采用马歇尔试件的体积设计方法进行,并以空隙率作为配合比设计主要指标。配合比设计指标应符合本规程的技术标准。

C.1.3 WOGFC 混合料配合比设计完成后必须在设计沥青用量下进行析漏试验及飞散试验,并对混合料进行高温稳定性、水稳定性等进行检验。配合比设计检验应符合本规范的技术要求。

C.2 材料选择

C.2.1 用于 WOGFC 混合料的粗集料、细集料以及石粉的质量应符合本规程对表面层材料的技术要求,同时宜掺加消石灰、纤维等添加剂。

C.2.2 WOGFC 宜采用高黏改性沥青,其质量应符合表 C.2.2 的技术要求。当实践证明采用普通改性沥青或纤维稳定剂后能符合当地条件时允许使用。

C.2.2 高黏改性沥青的技术要求

试验项目	单位	技术要求
针入度(25℃,100g,5s)	0.1mm	≥40
软化点($T_{R\&B}$)	℃	≥80
延度(15℃)	cm	≥50
闪点	℃	≥260
薄膜加热试验(TFOT)后的质量变化	%	0.6
黏韧性(25℃)	N·m	≥20

试验项目	单位	技术要求
韧性(25℃)	N·m	≥15
60℃黏度	Pa·s	≥20000

C.3 确定矿料级配和沥青用量

C.3.1 在充分参考同类工程的成功经验基础上,在本规程表 4.2.2-5 的级配范围内试配 3 组不同 2.36mm 筛孔通过率的矿料级配作为初选级配。

C.3.2 对每一组初选矿料级配,按式(C.3.2-1)计算集料的表面积。根据希望的沥青膜厚度,按式(C.3.2-2)计算每一组混合料的初试沥青用量 P_b 。通常情况下,WOFGC 的沥青膜厚度 h 宜为 14 μm 。

$$A = (2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14d + 0.3e + 0.6f + 1.6g)/8.74 \quad (\text{C.3.2-1})$$

$$P_b = h \times A \quad (\text{C.3.2-2})$$

式中 A ——集料总的表面积。

a, b, c, d, e, f, g 分别代表 4.75mm、2.36mm、1.18mm、0.6mm、0.3mm、0.15mm、0.075mm 筛孔的通过百分率, %。

C.3.3 制作马歇尔试件,击实次数为双面 50 次。用 Corelok 法或体积法测定试件的空隙率,绘制 2.36mm 通过率与空隙率的关系曲线。根据期望的空隙率确定混合料的矿料级配,并再次按 C.3.2 的方法计算初始沥青用量。

C.3.4 以确定的矿料级配和初始沥青用量拌和沥青混合料,分别进行马歇尔试验、谢伦堡析漏试验、肯塔堡飞散试验、车辙试验,各项指标应符合本规程表 4.3.3-4 的技术要求,其空隙率与期望空隙率的差值不宜超过 $\pm 1\%$ 。如果不符合要求,应重新调整沥青用量拌和沥青混合料进行试验,直至符合要求为止。

C.3.5 如各项指标均符合要求,即配合比设计完成,出具配合比设计报告。

附录 D WLSPM 混合料设计方法

D.1 一般规定

D.1.1 本方法仅适用于 WLSPM 混合料设计。

D.1.2 WLSPM 混合料配合比设计采用大型马歇尔试验的体积设计方法进行,并以空隙率作为配合比设计主要指标。

D.1.3 WLSPM 混合料配合比设计完成后必须在设计沥青用量下进行袭漏试验及飞散试验,并对混合料高稳定性、渗透性能进行检验。配合比设计检验应符合本规程的技术要求。

D.2 材料选择

D.2.1 用于 WLSPM 混合料的粗集料、细集料以及石粉的质量应符合本规程对沥青混合料的技术要求。

D.2.2 胶结料采用高黏改性沥青,或以 SBS 改性沥青、基质沥青与纤维稳定剂配合使用。

D.3 确定矿料级配和沥青用量

D.3.1 在充分参考同类工程的成功经验基础上,在本规程表 4.2.2-5 的级配范围内初选级配。

D.3.2 在确定级配后进行大型马歇尔试验。根据经验选定三个沥青含量,分别测定成型试件的密度,并计算试件的空隙率,根据空隙率结果确定级配和沥青用量。密度测定方法可以采用体积法或 Corelok 法,混合料的最大理论密度采用计算法,计算方法同 WAC 类沥青混合料相同。

D.3.3 通过有效沥青含量与集料表面积计算沥青膜厚度,按照式(D.3.3)计算混合料中集料的比表面积。

$$A = 0.41 + 0.041P_{4.75} + 0.0082P_{2.36} + 0.0164P_{1.18} + 0.0287P_{0.6} \\ + 0.0614P_{0.3} + 0.0614P_{0.3} + 0.1229P_{0.15} + 0.3277P_{0.075} \\ (D.3.3)$$

式中 A ——集料总的表面积, m^2/kg ;

P_i ——各个筛孔的通过率, %。

D.3.4 在确定的级配和沥青用量下进行谢伦堡析漏试验、肯塔堡飞散试验、车辙试验和渗水试验, 各项指标应符合本规程表 4.3.3-5 的技术要求。如果不符合, 应重新调整级配或沥青用量拌和沥青混合料进行试验, 直至符合要求为止。

D.4 渗水试验

D.4.1 试剂: 纯净、未充气的自来水。

D.4.2 试件可采用实验室马歇尔击实或旋转压实成型试件、现场钻孔取芯试件。当采用取芯试件时, 应用锯子将不同层混合料分开, 用锯子去掉影响试验结果的任何附属物; 用水彻底清洗试样, 去掉锯试块时留下的任何松散的或粘附于试块表面的杂质。

D.4.3 采用体积法或实测法测定试件毛体积密度。

D.4.4 用游标卡尺测量并记录试件高度和直径精确度不低于 0.05mm。单个试件的高度和直径应分别量三个方向。三个方向的测量结果不应有 5mm 的误差。试件直径不小于 150mm, 也不大于 152.4mm。

D.4.5 试件饱水:

1. 将试件平放在真空箱中, 往真空箱中注常温水, 真空箱中的水要高出试件 25mm。

2. 去掉水中气泡, 逐渐加真空直到真空箱中残余压力为 $525 \pm 2mm$ 汞柱, 保存该真空度 $5 \pm 1min$ 。

3. 真空到达规定时间后, 逐渐增加空气压力直至常压。

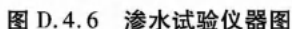
4. 让试件在真空箱中静置 5min, 此后可以立即着手做试验或迅速将试件转移至另一装满水的容器中浸没, 等待试验。

D.4.6 渗水仪安装:

注意:为了保证距离测量的准确性口盖弹簧一定要完全压牢,因此仪器充分安装非常重要。

2. 用直尺从下水头刻度处沿量筒壁量 63.1cm 并作标记,该标记将作为上水头计时刻度。为了帮助测定沥青混合料更宽范围内的渗水系数,也可标记其它的“上”水头计时刻度(比如以 10cm 为间距)。

注意:如果渗水仪量筒已经有厂商标定计时刻度,则验证厂商是否标记在适当的位置。上述渗水仪安装将产生大约 8 至 12 的水力坡降(取决于试件厚度)。应用其它水力坡降的试验应作达西定律有效性验证。



D.4.7 试验过程:

1. 将渗水仪试样筒从支座上卸下。
 2. 将渗水仪压力管接至空气泵真空插座。用空气泵施加真空去除掉柔性薄膜和密封筒圆筒间残留空气并将橡胶膜叠至圆筒内壁,这将有助于装载试件。
 3. 打开控流阀,往排放管中注水直到底座锥形口注满水为止。
 4. 对于实验室压实试件要涂一薄层凡士林油至试件壁使得橡胶膜和试件达到满意的密封程度。这一操作应使用抹刀或相似的设备。密封剂只能涂于试件壁上。将试件从充水的真空容器中取出,擦拭至饱和面干状态并将凡士林油涂于试件壁,然后将试件迅速置于底座之上。对于现场芯样,将试件从充水真空容器中取出擦拭至饱和面干状态,迅速将试件置于渗水仪底座之上。
 5. 迅速安装渗水仪并保证所有接口和夹具拧紧。
 6. 将压力管从真空插座上取出并连接到压力插座上。
 7. 施加额定压强 $96.5 \pm 7.0 \text{ kPa}$ 。
- 注意:可能存在密封不牢或橡胶膜穿孔的情况,注意额定压力的波动。特别注意确保额定压力在试验过程中保持不变。
8. 往渗水仪量筒注水直至排放管满为止。注意注水时尽量减少掺入气泡。
 9. 关闭控流阀。
 10. 仔细摇晃渗水仪让残留气泡排出,反复操作直至残留气泡完全排出为止。
 11. 重新往排放管注水直至满为止。
 12. 打开渗水仪控流阀开始让水流动。当水的弯月面底部到达上计时刻度(h_1)时,开始用计时装置计时。继续让水流动直到水平面到达下计时刻度为止(h_2)。一旦水平面到达下计时刻度立即停止计时,关闭控流阀,记录花费时间,精确到秒。
 13. 饱和试件可能需要测试几回,因此需要重复步骤 10 ~ 12。当四次连续测量值与其平均值之差低于 10%,试件被认为充分饱

和。一旦证实试件饱和后,最后一次测量数据应作记录,将其作为随后计算渗流系数之用。

注意:如果在第一回试验中试验时间接近 30 分钟水平面还未能达到下计时刻度,则试验在 30 分钟时停止,并记录此时水平面刻度。遇此类情况应再做一次试验,记录 30 分钟时水平面的刻度,将两次试验的平均值作为渗水系数之用。

14. 测量并记录试验系统中水的温度,精确到 0.5°C 。

15. 当试件达到饱和并且得到证实后,记录最后一次试验结果。释放渗水仪的压力,移去盖帽和试件。将留在橡胶膜上的密封剂擦拭干净。

D.4.8 计算

1. 渗水系数 k 按照式(D.4.8-1)进行计算:

$$k = \frac{al}{At} \ln\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (\text{D.4.8-1})$$

式中 k ——渗水系数, cm/s ;

a ——量筒内径面积, cm^2 ;

l ——试件厚, cm ;

A ——试件横截面积, cm^2 ;

t ——水头上、下计时刻度之间时间差, s ;

h_1 ——时间 t_1 时刻水头高度, cm ;

h_2 ——时间 t_2 时刻水头高度, cm 。

2. 修正渗水系数至 20°C 时 k_{20} , 将计算结果 k 乘以试验水温相对 20°C 水温的黏滞率 R_T , R_T 可查得, 按式(D.4.8-2)计算:

$$k_{20} = R_T k \quad (\text{D.4.8-2})$$

附录 E 表面活性类温拌剂检测

E.1 pH 值的测定

E.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, 确保工作正常。

E.1.2 温拌添加剂取样时应先充分搅拌, 以确保取样均匀。

E.1.3 测试酸值时确保温拌添加剂样品的温度在 $25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 并在测试过程中保持适度搅拌。

E.1.4 由于添加剂的缓释效应, pH 计读数如果能稳定保持 30s 以上即可取为最终的 pH 值结果。

E.2 胺值的测定

E.2.1 化学试剂和设备如下:

- 1 异丙醇
- 2 0.5 mol/L 的标准盐酸溶液
- 3 天平, 精确度 0.001 g
- 4 烧杯, 250 mL
- 5 磁力搅拌器
- 6 50 mL 滴定管, 精确度 0.1 mL
- 7 蒸馏水
- 8 精密式 pH 计

E.2.2 样品测试步骤如下:

1 加入 28 ~ 30 g 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 $90 \text{ g} \pm 3 \text{ g}$ 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 mL,精度 0.1 mL)加入 0.5 mol/L 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 mol/L 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。

E.2.3 胺值计算按照式(E.2.3)进行:

$$\text{胺值} = \frac{V_a \times N \times 56.1}{S_a \times R} \quad (\text{E.2.3})$$

式中 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质量, g。

E.3 固含量测定

E.3.1 常温下称取温拌添加剂质量 m , 约 $20\text{g} \pm 0.02\text{g}$, 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 。

E.3.2 将盛有浓缩液的烧杯在 110°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 按照式(E.3.2)进行计算:

$$R = \frac{(m - m_1 + m_2)}{m} \times 100 \quad (\text{E.3.2})$$

式中 R ——固含量, %;

m ——添加剂的质量, $20\text{g} \pm 0.02\text{g}$;

m_1 ——浓缩液与烧杯的总质量, g;

m_2 ——烧杯与固体质量, g。

本规程用词说明

1 为方便在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 本规程条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- | | | |
|---|--------------------|---------|
| 1 | 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》 | JTG E20 |
| 2 | 《公路工程集料试验规程》 | JTG E42 |
| 3 | 《公路沥青路面施工技术规范》 | JTG F40 |
| 4 | 《公路沥青路面设计规范》 | JTG D50 |
| 5 | 《城镇道路工程施工与质量验收规范》 | CJJ 1 |

山东省工程建设标准

温拌沥青混合料施工技术规范

DB37/T 5022 – 2014

J 12818 – 2014

条文说明

目 次

1	总 则	61
2	术语和符号	63
2.1	术语	63
2.2	符号	63
3	材 料	66
3.1	一般规定	66
3.2	沥青	66
3.7	温拌剂	67
4	配合比设计	71
4.2	级配设计范围	71
4.3	配合比设计标准	71
4.4	配合比设计与验证	72
5	施 工	74
5.2	施工温度	74
5.3	拌和	74
5.4	运输	75
5.6	压实及成型	75
6	质量检验与验收	77
6.1	检验标准	77
附录A	WAC 类沥青混合料设计方法	79
A.5	矿料级配设计	79
A.6	马歇尔试验	80
A.7	最佳沥青用量	82

1 总 则

1.0.1 温拌沥青混合料(WMA)技术起源于欧洲。Harrison 和 Christodoulaki 于 2000 年第一届国际沥青路面会议上第一次提出 WMA,同年在巴塞罗纳第二届欧洲沥青国际会议上,WMA 得到了大规模的宣传和介绍。

目前用于沥青路面建设、养护的沥青混合料主要有两类:热拌沥青混合料和冷拌(常温)沥青混合料。热拌沥青混合料主要是指沥青与矿料在 $150^{\circ}\text{C} \sim 185^{\circ}\text{C}$ 的高温状况下拌和的混合料,在这种状态下,不仅容易造成沥青的过热老化、消耗大量的能源,而且在生产和施工的过程中还会排放出大量的废气和粉尘,其中的挥发性有机化合物和二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、二氧化碳等气体对臭氧层有一定的破坏作用,不仅造成环境污染,而且对操作工人的身体造成一定影响。冷拌沥青混合料是指以乳化沥青或稀释沥青与矿料在常温($10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$)状态下拌和、铺筑的混合料,该种沥青混合料尽管在环保、能耗等方面有很大优势,但由于其路用性能与热拌沥青混合料相比还有较大差距,因此只能用于沥青路面的养护、低交通量路面、中重交通量路面的下面层和基层。鉴于此,更多研究者希望结合这两种混合料的优点,既保持热拌沥青混合料性能良好的特点又具有环保、节能等方面优势,而温拌沥青混合料的概念就是在这样的背景下提出的。

就目前的认识及应用情况,国际上对温拌混合料的定义是:一类拌和温度介于热拌沥青混合($150^{\circ}\text{C} \sim 185^{\circ}\text{C}$)和冷拌($10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$)沥青混合料之间,性能达到(或接近)热拌沥青混合料的新型沥青混合料,其拌和温度针对普通沥青而言是 $110^{\circ}\text{C} \sim 130^{\circ}\text{C}$,若采用改性沥青为胶结料,温度还需要提高一些。主流的温拌技术主要有三类:第一类是沥青发泡技术,通过少量的水或者发泡剂注入热沥青中,在水蒸气作用下形成膨胀腔,短时间内降低沥青的

粘度;第二类是有机添加剂技术,通过添加降粘剂显著降低改性沥青的粘度同时起到润滑的作用;第三类是表面活性技术,通过表面活性剂的作用,在拌和过程中使沥青之间形成结构性水膜,改善沥青对集料的润滑作用,降低集料与沥青微观界面间的摩阻力,实现低温下拌和及压实。

山东省内已先后在济南西客站片区道路等多项实际工程中应用了温拌混合料技术,涉及了 AC、SMA 以及 LSPM 等类型混合料和 70 号沥青、SBS 改性沥青等多种沥青种类,积累了大量的数据和工程经验,为编写温拌沥青混合料施工技术规程奠定了技术基础。

1.0.2 本规程规定了温拌沥青混合料对原材料、配合比设计、路面施工工艺及质量等方面的要求等,并不包括沥青路面结构设计等方面的内容。有关沥青路面结构设计等方面的内容,仍应按照现行《公路沥青路面设计规范》的规定执行。因为温拌沥青混合料技术只是在添加材料、混合料设计方法及混合料拌和工艺等方面的创新,温拌沥青混合料和热沥青混合料的路用性能基本相同。因此温拌沥青混合料的应用除应遵照本规程的专门规定外,其他的要求和热拌沥青混合料一样,仍应按现行《公路沥青路面设计规范》和《公路沥青路面施工技术规范》的有关规定执行。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 温拌沥青混合料的定义相对比较模糊,一般是指拌和温度介于热拌沥青混合(150℃~185℃)和冷拌(10℃~40℃)沥青混合料之间,性能达到(或接近)热拌沥青混合料的新型沥青混合料,其拌和温度针对普通沥青而言是110℃~130℃,若采用改性沥青为胶结料,温度还需要提高一些。一般基于表面活性平台的温拌技术可使沥青混合料施工温度降低30℃~40℃,甚至降低60℃,若采用其他技术的温拌可能降温幅度略小。

沥青混合料实现降温施工的同时,也实现了在较低环境温度下施工的可行性,打破了原规范中气温低于10℃的不得铺筑沥青混合料路面的限制。

正如本条文说明1.0.1中所说,达到降温拌和的技术主要有三大类,有添加剂类,也有发泡沥青技术。因此在这里我们只说是通过一定技术手段降低施工温度,而不单指使用温拌添加剂。所有可以实现降温拌和及铺筑的技术手段,只要满足同类热拌沥青混合料路用性能要求的,都可以称为温拌技术,所生产的沥青混合料也就可以称为温拌沥青混合料。

2.2 符 号

大粒径透水性沥青混合料(Large Stone Porous asphalt Mixes,以下简称LSPM)是指公称最大粒径大于26.5mm,具有一定空隙率能够将水分自由排出路面结构的沥青混合料,LSPM通常用作路面结构中的基层。这种混合料的提出是来自美国一些州的经验,美国中西部的一些州对应用了三十多年以上而运营状况相对良好的一些典型路面进行了相关的调查,发现许多成功的路面其基层采用的是较大粒径的单粒径嵌挤型沥青混合料如灌入式沥青基

层。因此提出以单粒径形成嵌挤为条件进行混合料的设计,从而形成开级配大粒径透水性沥青混合料(LSPM)。美国 NCHRP 联合攻关项目对大粒径沥青混合料也进行了相关研究,最终得到了研究报告 NCHRP Report 386,但是研究报告主要是针对于大量实体工程的调查而且偏重于密级配大粒径沥青混合料,而且 NCHRP Report 386 对 LSPM 材料与结构设计并没有进行系统的研究。我们在国外研究的基础上从 2001 年开始进行了大量的研究和应用,并对其级配与各项技术指标进行研究,使其更符合我国具体情况,根据研究结果与使用状况提出了本设计与施工指南,更好地指导工程实践。

LSPM 的设计采用了新的理念,从级配设计角度考虑,LSPM 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。LSPM 设计为半开级配或者开级配。由于 LSPM 有着良好的排水效果,通常为半开级配(空隙率为 13% - 18%)。它不同于一般的沥青处治碎石混合料(ATPB)基层,也不同于密级配沥青稳定碎石混合料(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。密级配沥青稳定碎石混合料(ATB)也具有好的骨架结构,空隙率一般在 3 - 6%,因此其不具有排水性能。LSPM 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的空隙率,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。

研究和应用表明 LSPM 具有以下优点:

(1)级配良好的 LSPM 可以抵抗较大的塑性和剪切变形,承受重载交通的作用,具有较好的抗车辙能力,提高了沥青路面的高温稳定性;特别是对于低速、重车路段,需要的持荷时间较长时,设计良好的 LSPM 与传统的沥青混凝土相比,显示出十分明显的抗永

久变形能力;

(2)LSPM 有着良好的排水功能,可以兼有路面排水层的功能。

(3)由于 LSPM 有着较大的粒径和较大的空隙,它可以有效地减少反射裂缝。

(4)大粒径集料的增多和矿粉用量的减少,减少比表面积,减少了沥青总用量,从而降低工程造价。

(5)与通常的半刚性基层相比,提高了工程施工速度,减少了设备投入。

(6)在大修改建工程中,可大大缩短封闭交通时间,社会效益显著。

3 材 料

3.1 一般规定

3.1.1 在沥青路面建设中,材料起着至关重要的作用。有些新建道路之所以出现早期破坏,材料质量差或不稳定是其中重要的原因,也是目前道路建设中特别突出的问题,如含泥量大、粉尘多、针片状含量高、级配不规格等,经常不能达到要求,或经常出现大的波动导致原设计方案不适用而造成损失。国内集料多半取自社会料场,企业、个体矿山破碎厂并存,各料场质量、规格参差不齐。因此,材料的进场一定要严格把关,以试验数据为准,严格控制质量,防止因使用不符合要求的材料而出现工程质量问题。

材料的取样,对检测结果、材料设计具有重要的影响,甚至高于试验操作及仪器误差的影响水平,取样的科学性、公正性和代表性,直接决定了检测结果的准确度,影响到材料设计的合理性,进而影响到各项措施的制定和实施,最终影响工程质量。因此,本规程中原材料取样的位置和方法应严格按照国家现行有关试验规程的要求。沥青样品的取样按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》JTG E20 中 T 0601 沥青取样法的规定执行;矿料粗集料样品的取样按照《公路工程集料试验规程》JTG E42 中 T 0301 粗集料取样法的规定执行,细集料样品的取样参照粗集料方法执行。

3.2 沥 青

3.2.1 山东省城镇道路沥青路面主要使用 70 号道路石油沥青,但某些特殊设计,如强调沥青路面高温性能时可以使用 50 号沥青,强调低温性能时也可以使用 90 号沥青,因此本规程中同时将原规程中 50 号、70 号和 90 号道路石油沥青引入,其中 70 号和 90 号技术指标执行沥青路面使用性能气候分区中 1-3-2 的要求。

3.2.2 直接在拌和环节发生作用的温拌剂或温拌工艺,所使用的

沥青胶结料与热拌沥青混合料的技术要求一致,按照《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 执行。

近年来,橡胶改性沥青在城镇道路沥青路面中应用越来越多,国外和国内部分地区使用的废轮胎胶粉改性沥青,是在重交沥青中掺加废旧轮胎橡胶粉在高温的环境下,通过搅拌、溶胀和剪切作用下而形成的胶结复合材料,该产品热稳定性差,容易离析,一般热储存不能超过 4 小时,只能现场生产,无法工厂化批量生产和远距离运输。山东建筑大学研发的稳定型橡胶改性沥青,是在重交沥青中掺加废旧轮胎橡胶粉,在高温的环境下,通过搅拌、溶胀、研磨和添加外加剂作用下,而形成的胶结复合材料,该产品区别于橡胶改性沥青最大特点,便是热稳定性好,不离析、不沉淀,一般热储存可达到一个月,可进行工厂化批量生产和远距离运输。近年来在山东、福建、吉林等十几个省份的应用中取得了非常好的使用效果,并于 2012 年编写实施福建省工程建设地方标准《稳定型橡胶改性沥青路面施工技术规范》。

3.2.4 本条款所提及的温拌沥青,一般是指将温拌成分直接加入到沥青中,做成成品的温拌沥青,可以直接进行降温拌和的产品,目前也有了一定程度的应用。但是不同工艺下温拌沥青的技术指标差异较大,本规程不对温拌沥青设置指标限制,而是要求能够降温拌和施工的情况下,还要满足本规程对温拌沥青混合料提出的各项路用性能要求,以此来规范温拌沥青的使用。

3.7 温拌剂

3.7.1 目前国际上采用的温拌技术途径主要有以下几种:

1 发泡沥青降黏技术

发泡沥青技术是通过少量的水或者发泡剂喷洒进热沥青中,在水蒸气作用下形成膨胀腔,短时间内降低沥青的粘度。拥有该项技术的产品有德国 Hubbard 的 Aspha-min、美国 PQ 的 Advera、瑞典 Nynas 的 LT Asphalt、Shell 的 WAM-Foam 技术。前三种均为沸石发泡技术,产品为高含水率的人工合成沸石,沥青混合料拌和

时,在温度介于 100 ~ 200℃ 时这种沸石中的水分会随着时间的延长而慢慢释放出来,释放出来的水会在沥青中膨胀产生一种泡沫,这种微小泡沫会使得分子孔隙更小,从而产生连续的发泡反应。液相结合料中的发泡反应起到润滑剂的作用,使混合料在低温下具有可工作性,进而使沥青可以在较低的温度下充分裹覆集料,降低混合料拌和温度。Aspha - Min 的推荐掺量是混合料体积的 0.3%,拌和温度可降低 12℃ 左右。WAM - Foam 是在拌和过程中,首先将软沥青在 110℃ 左右加入,并拌和使其充分覆盖在集料表面;再将硬沥青通过泡沫产生器生产泡沫沥青的形式加入其中拌和均匀。泡沫硬沥青和软沥青结合在一起共同形成所要求的沥青性能,第一步拌和中保证软沥青对集料的充分覆盖,以其隔绝水分与集料表面的接触,从而确保混合料具有良好的路用性能。WAM - Foam 是 Shell 的一项专利技术,对该技术推荐掺加量以及温度降低情况,壳牌公司一直没有明确的说明。

发泡沥青降粘技术的原理是通过载体或者直接引入的水分。与热熔状的沥青接触产生大量的蒸汽,造成沥青体积膨胀形成泡沫沥青。沥青和易性增加使其可以在较低的温度下充分包裹集料,从而实现混合料在较低的温度下进行拌和以及压实。该技术的主要影响因素有:添加的水量、添加水的方式和沥青的温度。其典型代表分别是 WAM - Form 技术和 Aspha - min 技术,其主要原理都是利用水来发泡沥青,降低沥青的粘度,提高其工作性。

2 有机添加剂降黏技术

有机添加剂技术,是通过添加降黏剂显著降低改性沥青的粘度。从微观角度分析:降黏剂分子可形成强的氢键,具有渗透、分散作用,降黏剂进入胶质和沥青质片状分子之间,部分拆散平面重叠堆砌而成的聚集体。有降黏剂分子与部分胶质沥青质片状分子间形成新的氢键,打破了原来的聚集状态,形成片状分子无规则堆砌、结构比较松散、有序程度较低、空间延伸度较小的新的聚集体,而未参与新聚集体形成的剩余胶质与沥青质仍以原来的状态存在。因此降黏剂的加入改善了胶质与沥青质的聚集,增加了沥青

胶束的分散度,因而在沥青混合料拌和过程中降低了沥青的黏度。有机降黏主要通过渗透、分散作用降低沥青 100℃ 以上的黏度特性,从而实现沥青混合料的温拌。拥有该项技术为依托的产品主要有 Sasobit 蜡、AsphaltanB 酯化物、SEAM 硫磺强化剂及 SLA - 603 减黏减阻剂。Sasobit 蜡是南非 Formerly Scumann Sasol 公司的产品,化合物的混合物,长链脂肪族烃类物质,熔点在 100℃ 左右,可完全融解在温度表现状态为薄片或粉末状,为细结晶体,化学本质是一种窄分布的合成饱和碳氢高于 115℃ 的沥青中,降低沥青的高温黏度,使拌和温度降低 7 ~ 12℃。Sasobit 在温度低于其熔点时以网状的晶格结构存在于沥青中,因此增加沥青的稳定性,提高路用温度范围内的抗车辙性能。其建议添加混合料质量的 3%,最大不应超过 4%,以免对胶结料的低温性能产生不良影响。Asphaltan B 是德国 Romonta - GmbHdorf 公司的产品,以粒状存在,是褐煤蜡与高分子烃的混合物,系触变有机添加剂。建议添加量 2 ~ 14%,可直接加入拌锅生产温拌沥青混合料也可加到沥青中生产温拌沥青。但施工温度到底能降低多少还没有明确的介绍。而 SEAM 硫磺强化剂本身是一种改性沥青技术;SLA - 603 减黏减阻剂其熔点通常在 100℃ 左右,在沥青中掺加 4% 或 5% 后,可使沥青混合料的拌和与压实温度下降 12℃ 左右。

3 基于表面活性平台的温拌技术

表面活性剂(surfactant),是指加入少量能使其溶液体系的界面状态发生明显变化的物质。具有固定的亲水亲油基团,在溶液的表面能定向排列。表面活性剂的分子结构具有两亲性:一端为亲水基团,另一端为憎水基团;亲水基团常为极性基团,如羧酸、磺酸、硫酸、氨基或胺基及其盐,羟基、酰胺基、醚键等也可作为极性亲水基团;而憎水基团常为非极性烃链,如 8 个碳原子以上烃链。表面活性剂分为离子型表面活性剂(包括阳离子表面活性剂与阴离子表面活性剂)、非离子型表面活性剂、两性表面活性剂、复配表面活性剂、其他表面活性剂等。

表面活性技术,通过表面活性剂的作用,在拌和过程中使沥青

之间形成结构性水膜,改善沥青对集料的润滑作用,降低集料与沥青微观界面间的摩阻力,实现低温下拌和及压实。该项技术不改变沥青本身的技术特性,仅在沥青与集料拌和过程加入表面活性剂从而改变沥青的工作特性,因此对沥青混合料的路用性能不造成影响。该技术的主要拥有公司是美国 Meadwestvaco(美德维实伟克)公司的 Evotherm 技术,其产品为 DAT 皂液,棕黄色液体,该技术可实现降温 30℃。

我国研究人员也对上述多种技术进行了对比研究。通过对比上述三种主流技术发现:Aspha - Min 降温幅度有限,温度过低其性能已无法与热拌沥青相匹敌,掺量过大可能对沥青混合料的低温和水稳定性造成负面影响。WAM - Foam 技术需要特殊发泡设备,技术细节为各方单独拥有,其更为详细的技术细节还处于保密阶段,而自行开发难以克服成本高、生产复杂的缺点。有机蜡降粘温拌技术掺量有限,掺量过大使沥青低温性能受损,掺量过小降温幅度不明显,且多为专利技术,技术细节保密,开发技术成本较高。基于表面活性平台的温拌技术则相对比较开放,降温幅度通常可达到 30℃ 以上,且其技术本身不对沥青混合料的路用性能造成损伤,从而使该技术成为众多温拌技术的研究热点之一。

山东建筑大学自主研发的 APTL 温拌剂,分为油溶性和水溶性两种,都是基于表面活性平台的温拌技术。通过加入高效表面活性剂,能够降低沥青与集料表面的界面张力和界面能,实现沥青混合料的温拌。目前该技术已在黑龙江、内蒙、新疆、北京、山东、山西、河南、江苏、上海、福建等 10 余省市的几十项工程中成功应用,并收到了非常好的使用效果。

此外的表面活性类工艺多源于国外技术,技术环节保密性强,应用成本高,不利于温拌技术的广泛推广。

4 配合比设计

4.2 级配设计范围

4.2.2 温拌沥青混合料的优势在于不改变热拌沥青混合料的级配状况和沥青用量,只是降低混合料的拌和及施工温度,以利于这种环保型的施工技术得到更大的推广。因此,在温拌沥青混合料矿料级配设计时,可完全按照热拌沥青混合料的设计经验,采用相同的级配设计范围要求。

近年来 SMA-5 混合料开始应用在超薄磨耗层、钢桥桥面铺装等领域,我国《公路沥青路面施工技术规范》F40-2004 中原本没有 SMA-5 的级配类型,本规范参考美国 SMA-5 级配设计以及编写单位的实际工程应用经验,增加 SMA-5 的矿料级配范围。

4.3 配合比设计标准

4.3.2 温拌沥青混合料的配合比设计可直接参照热拌沥青混合料的配合比设计,采用马歇尔击实法,以山东建筑大学 APTL 表面活性温拌技术为例介绍室内制备温拌沥青混合料的流程如下:

- 1 集料加热:加热温度一般比出料温度高 $10^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$,加热好的石料放入预热好的拌和锅干拌;
- 2 将干拌后的石料拉成一斜面,露出拌锅底部;
- 3 热沥青(温度与热拌同)倒入露出来的拌锅底;
- 4 配制 APTL 温拌剂稀释液,确定 APTL 温拌剂浓缩液的参量及温拌剂稀释液在沥青中参量;
- 5 搅拌桨下降,降到正好可以将烧杯探入的位置,将 APTL 温拌剂倒在沥青液面上,尽量避免倒在石料上,如图 4.3.2 所示;
- 6 降下搅拌桨,开始搅拌,搅拌时间约为 $1 \sim 1.5\text{min}$;
- 7 略微升起搅拌桨,倒入矿粉(不加热),再次搅拌(一般不超过 1min);

8 按照设定温度出料。

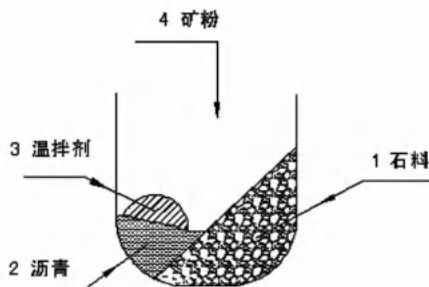


图 4.3.2 APTL 温拌剂添加方式示意图

不同温拌技术中,混合料的拌制有所区别,具体工程中应以各自的工艺特点,合理设计拌制流程。

4.3.3 ~ 4.3.4 各类型温拌沥青混合料配合比设计技术指标按照同类热拌沥青混合料执行。各种温拌工艺的工作原理不同,因此对各项路用性能指标影响效果不一,但都应满足热拌沥青混合料对路用性能的要求。

4.4 配合比设计与验证

4.4.2 沥青混合料的配合比设计是道路建设中十分重要的工作,是本规范的核心内容之一。配合比设计满足本规程的要求只是一个最低的标准,并不代表是最优的设计。好的设计应该具有良好的使用性能、施工操作性,并且经得起实践的考验。抗车辙沥青混合料的配合比设计,应该遵循现行规范关于热拌沥青混合料设计的目标配合比、生产配合比以及试拌试铺验证的三个阶段,确定矿料级配及最佳沥青用量。三个阶段各自解决配合比设计中的不同问题,缺一不可。在大量工程实践中发现,严格按照该流程进行设计时,可以很好的将设计结果、拌和站稳定性以及施工机械进行有效联合,保证较好的施工质量。

1 目标配合比设计阶段。此阶段用于确定原材料进行混合

料设计时各自用量,并验证设计结果的各项路用性能。使用工程实际使用的材料按附录 C 的方法,优选矿料级配、确定最佳沥青用量,验证符合配合比设计技术标准和检验要求后,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 生产配合比阶段。此阶段用于得出实际生产时各档热仓料的掺配比例,并标定拌和站各个计量参数是否准确,实际上是配合比设计中最为重要的阶段。按照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。同时选择适合的振动筛尺寸和安装角度,尽量使各热料仓的供料大体平衡。取目标配合比设计的最佳沥青用量 OAC 和 $OAC \pm 0.3\%$ 等 3 个沥青用量进行马歇尔试验和试拌,通过室内试验与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结果的差值不宜大于 $\pm 0.2\%$ 。

3 生产配合比验证阶段。在此阶段,总结拌和、运输、摊铺和碾压过程中出现的问题,将目标配比、生产配比以及施工机械之间的配套衔接进行调整。

5 施 工

5.2 施工温度

5.2.1 温拌沥青混合料的施工温度控制需要根据沥青标号、气候条件、铺装层厚度等因素确定。不同的沥青品种、不同的气候条件、不同的环境温度均对温拌沥青混合料路面的压实度造成影响较大,在条件允许的情况下,最好通过室内试验确定。

1 正常环境下温拌拌和温度控制

在施工气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 时,或者长隧道沥青路面铺装时,温拌沥青混合料施工温度较热拌沥青混合料大大降低,可参考规程中推荐值。在拌和过程中,由于矿粉、温拌剂均为常温添加,会带走相当一部分热料,因此设定的集料加热温度应比出料温度高 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。生产中应根据拌和设备的不同,结合实际操作经验进行温度控制调整,但必须以最终满足沥青混合料的出料温度为准。

2 低温环境下温拌拌和温度控制

在气温低于 10°C 的低温或者大风等不利环境条件下进行温拌沥青施工时,可适当提高温拌混合料的出料温度,达到或者接近同类型热拌沥青混合料的正常出料温度,以获得更长的碾压温度区间,便于施工碾压施工组织,保证压实。

温拌沥青混合料的出料温度控制应根据施工当天的气温条件、风速状况、运输距离、施工组织水平以及到场等待时间进行灵活调整,无实际工程应用经验时应向温拌技术工程师咨询确定相关环节的控制温度。生产中应根据拌和设备的不同,结合实际操作经验进行温度控制调整,但必须以最终满足沥青混合料的出料温度为准。

5.3 拌 和

5.3.1 拌和设备上各传感器的实时工作状态直接影响着沥青混

合料的拌和参数,在现行质量控制体系中,材料用量和沥青混合料拌和量、拌和温度等各种参数的汇总、打印机分析成为一种生产质量的总量控制手段。每个台班结束时打印出一个台班的统计量,并按照沥青路面质量过程控制及总量检验方法进行温拌沥青混合料生产质量及铺筑厚度的总量检验。总量检验的数据有异常波动时,应停止生产,分析原因。

5.3.3 采用的温拌沥青混合料技术种类的不同,其温拌添加剂的状态(如:颗粒状、粉末状、胶体状、液态等)是不一样的,因此添加的工艺和方法也不同。

对于 APTL 温拌技术,目前一般采用的添加剂为表面活性剂的浓缩液(液态),添加方法为在沥青混合料拌和过程中直接将温拌添加剂喷淋到拌和设备的拌和缸中。因此必需在沥青混合料拌和设备上安装浓缩液的喷淋装置,浓缩液喷淋装置的计量应正确,浓缩液喷淋的计量和是否正常喷淋宜在拌和设备的控制台上在线显示,以保证添加剂的足量和正常添加,发现问题可及时采取措施。

对于工程量小、不方便安装自动添加设备的情况,也可以根据温拌技术类型,将温拌剂分装成塑料小包或人工量取添加。具体的最佳添加时机应由不同技术类型确定。

5.4 运 输

5.4.1 一般情况下,摊铺机前方有充足的两车等候能保证路面铺筑联系,避免因混合料到场不及时造成的摊铺机等候、混合料降温结块以及多余纵向接缝的出现。快速路和主干道等候的运料车多于 5 辆时开始摊铺,其他等级道路不少于 4 辆。

5.6 压实及成型

5.6.5 压路机黏轮现象应当引起足够的重视,一旦出现黏轮,会对路面外观产生极大的影响,很难修复,并且影响压实效果。但防止黏轮的措施应适当,当采用向碾压轮喷水(可添加少量表面活性

剂)的方式时,必须严格控制喷水量且成雾状,不得漫流,以防混合料降温过快。胶轮压路机开始碾压阶段,可适当烘烤、涂刷少量隔离剂或防黏剂,也可少量喷水,并先到高温区碾压使胶轮尽快升温,之后停止洒水。

6 质量检验与验收

6.1 检验标准

6.1.1 原材料质量控制是保证沥青路面建设质量的第一个,也是最重要的一个环节。保证质量要注意三个环节:首先是招标及订货关。供货单位必须提出各种材料的质量检测报告。然后是进货关。供货单位供应的材料有可能违背投标时的承诺,进货时必须重新检验,尤其是砂石料的来源较杂,必须以“批”为单位进行控制,施工单位和监理都必须下功夫。现在不少工程单位在采石场派驻监理和材料员,对生产供应的材料进行监督,是个好办法。第三是使用及保管关。有的材料本来是不错的,可是拌和厂在进货时对堆放场地、堆料顺序马马虎虎,场地和运输路线没有硬化,不同材料之间没有隔离,使用时相互混杂,或者在装载机装料时将泥土混入材料,把本来不错的材料弄得很脏。还有像桶装沥青经常是无序堆放,上面不加盖毡布,导致雨水从桶口漏入。所以,材料进场后的存贮、堆放、管理情况都必须重视。

6.1.2 温拌沥青混合料生产的质量要控制矿料级配、油石比、拌和温度。沥青混合料产品质量检验,包括取样抽提、筛分,马歇尔试验等。根据近年来的实际情况及国外规范的变化,对矿料级配允许波动幅度进行了调整。拌和厂对沥青混合料的体积指标的检验必须与配合比设计时采用完全相同的条件和试验方法。因为空隙率受试件毛体积密度和最大理论密度的影响,而它们都与测试条件有关。由于马歇尔试验的成型温度对体积指标、标准密度影响很大,必须严格按配合比设计相同的温度进行。

施工质量管理的基本目的是“达到规定的质量标准,确保施工质量的稳定性”。但往往大家都注重于达到规范要求,而对质量稳定不重视,其实,保持稳定、减小变异性才是最主要的目的。沥青路面之所以会造成局部的早期损坏,就是因为有局部的原因,而最

主要的就是变异性。所以,我们在整个施工质量管理过程中,都必须抓住减小变异性这个关键。

近年来,各国对施工质量的“过程控制”及“动态质量管理”十分重视,它是在连续的生产线上及时发现不合格的工序和单元,防止它流入下一个工序和单元,这样可以保证最后的产品是合格品。“过程控制”首先是工艺控制,即所采用的施工工艺不致产生不合格产品。同时需要提供一种可靠的施工过程中的检测方式,以降低承包商生产的混合料和铺筑的路面产品被拒收的风险。

附录 A WAC 类沥青混合料设计方法

A.5 矿料级配设计

A.5.2 矿料级配曲线按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20) T0725 的方法绘制(图 A-1),并可以参考 Superpave 方法中控制点、限制区的概念进行辅助调整级配。以原点与通过集料最大粒径 100% 的点连线作为沥青混合料的最大密度线(见表 A-1,计算示例见表 A-2)。

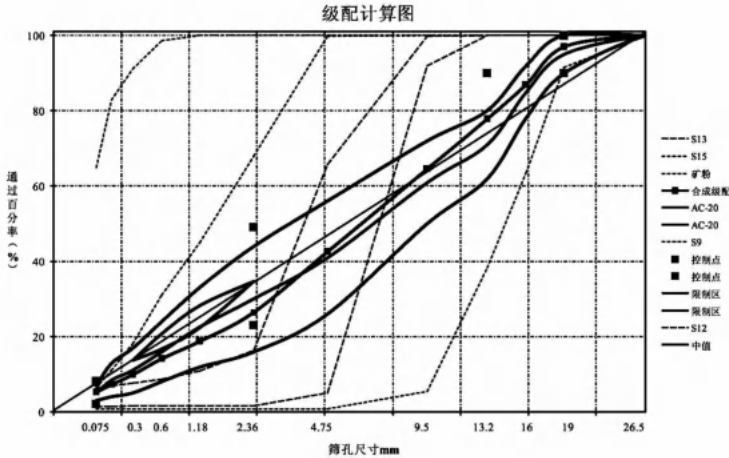


图 A-1 矿料级配曲线示例

表 A-1 泰勒曲线的横坐标

d_i	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
$X = d_i^{0.45}$	0.312	0.426	0.582	0.795	1.077	1.472	2.016	2.754
d_i	13.2	16	19	26.5	31.5	37.5	53	63
$X = d_i^{0.45}$	3.193	3.482	3.762	4.370	4.723	5.109	5.969	6.452

表 A-2 矿料级配设计计算表示例

筛孔 (%)	S9 (%)	S12 (%)	S13 (%)	S15 (%)	矿粉 (%)	合成 级配	工程设计级配范围		
							中值	下限	上限
26.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
19	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	96.9	95.0	90.0	100.0
16	63.6	100.0	100.0	100.0	100.0	86.9	85.0	78.0	92.0
13.2	38.3	100.0	100.0	100.0	100.0	77.8	71.0	62.0	80.0
9.5	5.5	92.0	99.9	100.0	100.0	64.5	61.0	50.0	72.0
4.75	0.9	5.1	65.8	99.8	100.0	42.5	41.0	26.0	56.0
2.36	0.9	1.6	16.4	68.0	100.0	26.5	30.0	16.0	44.0
1.18	0.9	1.5	11.0	45.0	100.0	18.8	22.5	12.0	33.0
0.6	0.9	1.5	8.8	31.0	98.7	14.1	16.0	8.0	24.0
0.3	0.9	1.5	7.6	18.1	91.1	9.8	11.0	5.0	17.0
0.15	0.9	1.5	6.8	11.0	82.9	7.3	8.5	4.0	13.0
0.075	0.8	1.4	6.3	6.4	64.9	5.2	5.0	3.0	7.0
配合比	36	19	11	31	3	100	~	~	~

在工程设计级配范围内计算 1~3 组粗细不同的配合比,绘制设计级配曲线,分别位于工程设计级配范围的上方、中值及下方。设计合成级配不得有太多的锯齿形交错,且在 0.3mm~0.6mm 范围内不出现“驼峰”。当反复调整不能满足范围要求时,应更换材料重新设计。

A.6 马歇尔试验

A.6.2 按照公式(A.6.2)进行合成毛体积相对密度 γ_{sb} 的计算,例如其中各档矿料比例 $P_1 = 36\%$, $P_2 = 19\%$, $P_3 = 11\%$, $P_4 = 31\%$, $P_5 = 3\%$,各档矿料毛体积相对密度 $\gamma_1 = 2.702$, $\gamma_2 = 2.716$, $\gamma_3 = 2.638$, $\gamma_4 = 2.698$, $\gamma_5 = 2.709$,于是得到:

$$\gamma_{ab} = \frac{100}{\frac{36}{2.702} + \frac{19}{2.716} + \frac{11}{2.638} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} = 2.696$$

A.6.3 按照公式(A.6.3)进行合成表观相对密度的计算,例如其中各档矿料比例 $P_1 = 36\%$, $P_2 = 19\%$, $P_3 = 11\%$, $P_4 = 31\%$, $P_5 = 3\%$,各档矿料表观相对密度 $\gamma'_1 = 2.735$, $\gamma'_2 = 2.758$, $\gamma'_3 = 2.697$, $\gamma'_4 = 2.698$, $\gamma'_5 = 2.709$,于是得到:

$$\gamma_{ab} = \frac{100}{\frac{36}{2.735} + \frac{19}{2.758} + \frac{11}{2.697} + \frac{31}{2.698} + \frac{3}{2.709}} = 2.696$$

A.6.4 按照公式(A.6.4-1)进行合成有效相对密度 γ_{se} 的计算,代入本条文说明上述步骤中计算得到的合成毛体积相对密度 γ_{sb} 、合成表观相对密度 γ_{sa} ,得到:

$$\gamma_{se} = 0.830 \times 2.723 + (1 - 0.830) \times 2.696 = 2.718$$

$$C = 0.033 \times 0.367^2 - 0.2936 \times 0.367 + 0.9339 = 0.830$$

$$\omega_x = \left(\frac{1}{2.696} - \frac{1}{2.723} \right) \times 100 = 0.367$$

A.6.5 当采用计算法确定温拌沥青混合料最大理论相对密度时,如温拌沥青混合料沥青含量 P_{bi} 为 4.5%,沥青胶结料的相对密度 γ_b 为 1.024,代入本条文说明 A.6.4 中计算得到的合成有效相对密度可以得到:

$$\gamma_{ti} = \frac{100}{\frac{95.5}{2.718} + \frac{4.5}{1.024}} = 2.530$$

A.6.6 抗车辙沥青混合料试件的空隙率 VV、矿料间隙率 VMA、有效沥青饱和度 VFA 等体积指标按照公式(A.6.6-1 ~ A.6.6-3)计算,例如标准试件的毛体积相对密度 γ_f 为 2.428,代入本条文说明中计算得到的最大理论相对密度,得到

$$VV = \left(1 - \frac{2.428}{2.530} \right) \times 100 = 4\%$$

$$\text{VMA} = \left(1 - \frac{2.428}{2.696} \times \frac{95.5}{100}\right) \times 100 = 14.0\%$$

$$\text{VFA} = \frac{14.0 - 4.0}{14.0} \times 100 = 71.3\%$$

A.7 最佳沥青用量

A.7.2 在以往的马歇尔设计方法中,以 OAC_1 和 OAC_2 的平均值作为最佳沥青用量,其中 OAC_1 为密度最大值、稳定度最大值、目标空隙率(或中值)、沥青饱和度范围中值所对应沥青用量的平均值, OAC_2 为满足除矿料间隙率外其他指标沥青用量范围中值。大量试验表明,对所选试验沥青用量范围内,密度和稳定度经常不能出现峰值。这种情况在工程中十分常见,说明不是单纯试验误差造成。这种情况下以目标空隙率所对应沥青用量为 OAC_1 来计算。

在 Superpave 设计法中,直接以目标空隙率(4%)所对应的沥青用量作为设计用量,检验此沥青用量下其它体积参数能否满足设计要求。该方法简单易行、数据明确,已经越来越多的应用到配合比设计实际工作中。

A.7.4 温拌沥青混合料中沥青胶结料被集料吸收的比例及有效沥青含量按照公式(A.7.4-1)和(A.7.4-2)计算,例如已知矿料的合成有效相对密度 γ_{se} 为 2.718,合成毛体积相对密度 γ_{sb} 为 2.696,沥青胶结料的相对密度 γ_b 为 1.024,各档矿料占沥青混合料总质量的百分率之和 P_s 为 95.5%,可以得到:

$$P_{ba} = \frac{2.718 - 2.696}{2.718 \times 2.696} \times 1.024 \times 100 = 0.307\%$$

$$P_{be} = 4.5 - \frac{0.307}{100} \times 95.5 = 4.21\%$$

有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按公式

(A.7.4-3)及公式(A.7.4-4)计算。

有效沥青的体积百分率 V_{be} 及矿料的体积百分率 V_g 可按公式(C.3.4-3)及公式(C.3.4-4)计算。

$$V_{be} = \frac{2.428 \times 4.21}{1.024} = 10.0\%$$

$$V_g = 100 - (10.0 + 4.0) = 86\%$$

A.7.5 检查最佳沥青用量时的粉胶比和有效沥青膜厚度。

1. 按照公式(A.7.5-1)计算沥青混合料的粉胶比,已知有效沥青含量 P_{be} 为 4.21%,可以得到:

$$FB = \frac{5.2}{4.21} = 1.24$$

2. 按照公式(A.7.5-2)的方法计算集料的比表面积,按照公式(A.7.5-3)估算沥青膜有效厚度可以得到:

$$P_{ae} = \frac{4.21}{95.5} \times 100 = 4.4$$

$$DA = \frac{4.4}{1.024 \times 5.045} \times 10 = 8.517 \mu\text{m}$$

FA_i —相应于各种粒径的集料的表面积系数,如表 A-3 所列;

表 A-3 集料的表面积系数

筛孔尺寸 (mm)	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
表面积 系数 FA_i	0.0041	—	—	—	—	0.0041	0.0082	0.0164	0.0287	0.0614	0.1229	0.3277

沥青膜有效厚度,概念的本质应该是有效沥青的体积除以矿料总的表面积。因此就有:

$$DA = \frac{V_{\text{有效}}}{S_{\text{集料}}} = \frac{\frac{m_{\text{有效}}}{\gamma_b \times \rho_w}}{m_{\text{集料}} \times SA} = \frac{m_{\text{有效}}}{m_{\text{集料}}} \times \frac{1}{\gamma_b \times \rho_w \times SA}$$

其中 γ_b' 是沥青的相对密度, 实际密度 $\gamma_b = \gamma_b' \times \rho_w$ 。这时就可以看出上式等号右边第一项实际上就是有效沥青油石比的概念。将进一步将各项单位计算写入公式, 有:

$$\begin{aligned}
 DA &= \frac{m_{\text{有效}}(\text{g})}{m_{\text{集料}}(\text{g})} \times \frac{1}{\gamma_b' \times \rho_w(\text{g/cm}^3) \times SA(\text{m}^2/\text{kg})} \\
 &= \frac{P_{ae}}{100} \times \frac{1}{\gamma_b \times \rho_w \times SA} \times \frac{\text{cm}^3 \times \text{kg}}{\text{g} \times \text{m}^2} \\
 &= \frac{P_{ae}}{\gamma_b \times SA} \times \frac{1}{100} \times \frac{10^{12} \times \mu\text{m}^3 \times 10^3 \times \text{g}}{\text{g} \times 10^{12} \times \mu\text{m}^2} \\
 &= \frac{P_{ae}}{\gamma_b \times SA} \times 10
 \end{aligned}$$

可见, 原沥青路面施工规范中沥青膜有效厚度的计算是错误, 应采用有效油石比 P_{ae} 来进行计算, 在本规程中应予以改正。



统一书号：155160 · 438

定 价： **25.00** 元