

高疲劳性能高模量沥青混合料设计与施工 技术规范

Technical specification for the design and construction of asphalt mixtures with high
fatigue life and high modulus

2021-01-25 发布

2021-02-25 实施

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽省交通控股集团有限公司提出。

本文件由安徽省交通运输厅归口。

本文件起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、交通运输部公路科学研究院、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司。

本文件主要起草人：黄学文、车承志、严二虎、罗向阳、黄义爻、何金武、周震宇、刘德胜、王凯、徐俊、赵福利、徐川、陈玉宏、郑伟峰、丁蔚、陈亮、高军、陈小龙。

高疲劳性能高模量沥青混合料设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了高疲劳性能高模量沥青混合料的材料、沥青混合料设计、沥青混合料施工和质量检验。本文件适用于公路沥青路面工程中高疲劳性能高模量沥青混合料的设计、施工及质量检验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法

GB/T 1633 热塑性塑料软化温度 (VST) 的测定

GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率 (MFR) 和熔体体积流动速率 (MVR) 的测定 第1部分：标准方法

GB/T 17037.4 塑料 热塑性塑料材料注塑试样的制备 第4部分：模塑收缩率的测定

JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3450 公路路基路面现场测试规程

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 E51 公路工程无机结合料稳定材料试验规程

JTG F40 公路沥青路面施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低标号道路石油沥青 paving grade asphalt of low penetration

25℃条件下的针入度不大于 45 (0.1 mm) 的道路石油沥青。

3.2

高模量剂 high modulus additive

以聚烯烃类高分子聚合物为主要成分，经过一定的工艺制备成均匀的颗粒状材料。

3.3

微粒化岩沥青改性沥青 modified asphalt with micronized rock asphalt

岩沥青材料经研磨等加工工艺得到的平均粒径小于 5 μm 的粉状，掺入道路石油沥青中混合、剪切得到的改性沥青成品。

3.4

高疲劳性能高模量沥青混合料 asphalt mixture of high fatigue life and high modulus

一种在 100 万疲劳次数作用下 (15℃、10 Hz) 的失效应变不小于 130 με，动态压缩模量 (20℃、10 Hz) 不小于 13000 MPa 的沥青混合料。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

C_{CaCO_3} —— 碳酸钙含量；

τ_{SBT} —— 层间剪切强度；

HFM —— 高疲劳性能高模量沥青混合料。

5 材料

5.1 沥青结合料

5.1.1 沥青结合料类型

根据工程交通荷载、气候和工程实际条件，按表1 选择合适沥青结合料类型。

表1 HFM 沥青结合料类型选择

结合料类型	适用条件	混合料类型	
		HFM-20	HFM-16
低标号沥青	各交通荷载等级， 其中 20号适合于冬温区和冬冷区，15号适合于冬温区，25号适合于冬寒区。	20号 15号	20号 15号 25号
高模量剂+低标号沥青	特重及以上交通、长大纵坡等特殊路段。	高模量剂+35号 高模量剂+25号	高模量剂+35号 高模量剂+25号
微粒化岩沥青 改性沥青	特重及以上交通、长大纵坡等特殊路段； 其中 I 型适合于冬寒区，II 型适合于冬冷区，III 型适合于冬温区	I II III	I II III

5.1.2 低标号道路石油沥青

低标号道路石油沥青应符合表2 的技术要求。

表2 低标号道路石油沥青技术要求

项 目	单位	技术要求				试验方法
		35号	25号	20号	15号	
针入度(25℃, 5s, 100g)	0.1mm	30-45	20-30	15-25	10-20	JTG E20 T 0604
针入度指数 PI	-	-1.5~+1.0				JTG E20 T 0604
软化点(T_{RB})，不小于	℃	52	57	59	63	JTG E20 T 0606
动力黏度(60℃)，不小于	Pa·s	500	750	1500	2000	JTG E20 T 0620
延度(25℃, 5cm/min)，不小于	cm	50	40	30	20	JTG E20 T 0605

表2 (续)

项 目	单位	技术要求				试验方法
		35号	25号	20号	15号	
蜡含量(蒸馏法), 不大于	%	2.2				JTG E20 T 0615
闪点(COC), 不小于	℃	260				JTG E20 T 0611
溶解度(三氯乙烯), 不小于	%	99.0				JTG E20 T 0607
相对密度(25℃)	-	实测				JTG E20 T 0603
TFOT (或 RTFOT)后						JTG E20 T 0609
质量变化, 不大于	%	±0.5	±0.3	±0.3	±0.3	或 JTG E20 T 0610
针入度比(25℃, 5s, 100g), 不小于	%	65	67	67	67	JTG E20 T 0604

5.1.3 微粒化岩沥青改性沥青

HFM 沥青混合料用的微粒化岩沥青改性沥青结合料技术要求见表3。

表3 微粒化岩沥青改性沥青技术要求

项 目	单位	技术要求			试验方法	
		I	II	III		
针入度(25℃, 5s, 100g)	0.1mm	25-40	20-35	15-25	JTG E20 T 0604	
软化点(T_{RBD}), 不小于	℃	55	60	65	JTG E20 T 0606	
延度(25℃, 5cm/min), 不小于	cm	35	25	15	JTG E20 T 0605	
表观黏度(175℃), 不大于	Pa·s	3.0			JTG E20 T 0625	
闪点(COC), 不小于	℃	230			JTG E20 T 0611	
弹性恢复(25℃), 不小于	%	60	55	50	JTG E20 T 0662	
离析(48 h 软化点差), 不大于	℃	2.5			JTG E20 T 0661	
相对密度(25℃)	-	实测			JTG E20 T 0603	
老化后 残留物	质量变化, 不大于	%	±0.5			JTG E20 T 0609 或 JTG E20 T 0610
	针入度比(25℃, 5s, 100g), 不小于	%	65			JTG E20 T 0604
	延度(25℃, 5cm/min), 不小于	cm	15	10	8	JTG E20 T 0605

5.1.4 高模量剂

5.1.4.1 高模量剂其性能应符合表4的规定。

表4 高模量剂技术要求

项 目	单位	技术要求	试验方法
熔体质量流动速率(190℃, 2.16kg), 不小于	g/10min	1.5	GB/T 3682.1 ¹
灰分含量, 不大于	%	30	JTG E20 T 0614
密度	g/cm ³	实测	GB/T 1033.1 ²
单个颗粒质量, 不大于	g	0.03	称量法 ³

表4 (续)

项 目	单 位	技术要求	试验方法
收缩率, 不大于	纵向	%	1.2
	横向	%	0
维卡软化温度, 不小于	B ₅₀ 法	°C	35
注1: 采用热塑性塑料熔体流动速率的质量测量方法。 注2: 采用非泡沫塑料密度的液体比重瓶法。 注3: 缩分出两组样品, 每组不少于 10 颗; 采用感量为 0.001 g 的电子天平, 称量每组样品质量, 计算每组单个颗粒质量, 准确至 0.001 g; 取两组单个颗粒质量的算数术平均值作为试验结果。 注4: 采用热塑性塑料材料注塑试样的制备中模塑收缩率的测定方法。			

5.1.4.2 在最佳掺量条件下, 高模量剂与实际工程应用的低标号道路石油沥青掺配后的沥青结合料其性能应符合表5的规定。

表5 掺加高模量剂的沥青结合料性能要求

项 目	单 位	技术要求	试验方法
软化点增加值, 不小于	°C	10	JTG E20 T 0606
延度 (25°C, 5cm/min), 不小于	cm	10	JTG E20 T 0605
表观黏度 (135°C), 不大于	Pa·s	3.0	JTG E20 T 0625
注: 高模量剂的最佳掺量由供货商提供, 一般为沥青质量的 5%~9%。			

5.2 集料

5.2.1 粗集料

5.2.1.1 粗集料应采用反击破机械加工生产。

5.2.1.2 粗集料应洁净、干燥、表面粗糙, 符合 JTG F40 中粗集料的技术要求。

5.2.2 细集料

5.2.2.1 细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质, 并有适当的颗粒级配。

5.2.2.2 细集料应符合 JTG F40 中细集料的技术要求。

5.3 填料

5.3.1 矿粉

5.3.1.1 矿粉应采用石灰岩岩石作为母料。

5.3.1.2 矿粉应干燥、洁净、无结块, 质量应符合表6的技术要求。

表6 矿粉技术要求

项 目	单 位	技术要求	试验方法
外观	-	无团粒结块	目测
表观相对密度, 不小于	-	2.50	JTG E42 T 0352
含水率, 不大于	%	1	JTG 3430 T 0103

表6 (续)

项 目	单 位	技术要求	试验方法
通过百分率			
0.6 mm	%	100	JTG E42 T 0351
0.15 mm	%	90~100	
0.075 mm	%	75~100	
亲水系数, 不大于	-	1	JTG E42 T 0353
亚甲基蓝值			
0~0.15 mm, 不大于	g/kg	7	JTG E42 T 0349
加热安定性	-	颜色无明显变化	JTG E42 T 0355
碳酸钙含量, 不小于	%	70	应参照附录A 的规定执行

5.3.2 消石灰

5.3.2.1 对于酸性集料或粘附性等级达不到设计要求时, 可掺加消石灰粉替代部分矿粉。

5.3.2.2 消石灰应满足表7技术要求, 宜在矿粉加工时按比例与矿粉预拌均匀后一起使用。

5.3.2.3 消石灰掺加量宜为沥青混合料总质量的 1%~2%, 具体掺量由沥青混合料水稳定性试验确定。

表7 消石灰技术要求

项 目	单 位	技术要求	试验方法
有效氧化钙加氧化镁含量, 不小于	%	90	JTG E51 T 0813
通过百分率			
0.6 mm	%	96~100	JTG E42 T 0351
0.075 mm	%	80~100	
未消化残渣含量, 不大于	%	7	JTG E51 T 0815
含水率, 不大于	%	3	JTG 3430 T 0103

6 沥青混合料设计

6.1 HFM 沥青混合料设计流程

6.1.1 沥青混合料设计的流程如图1所示。

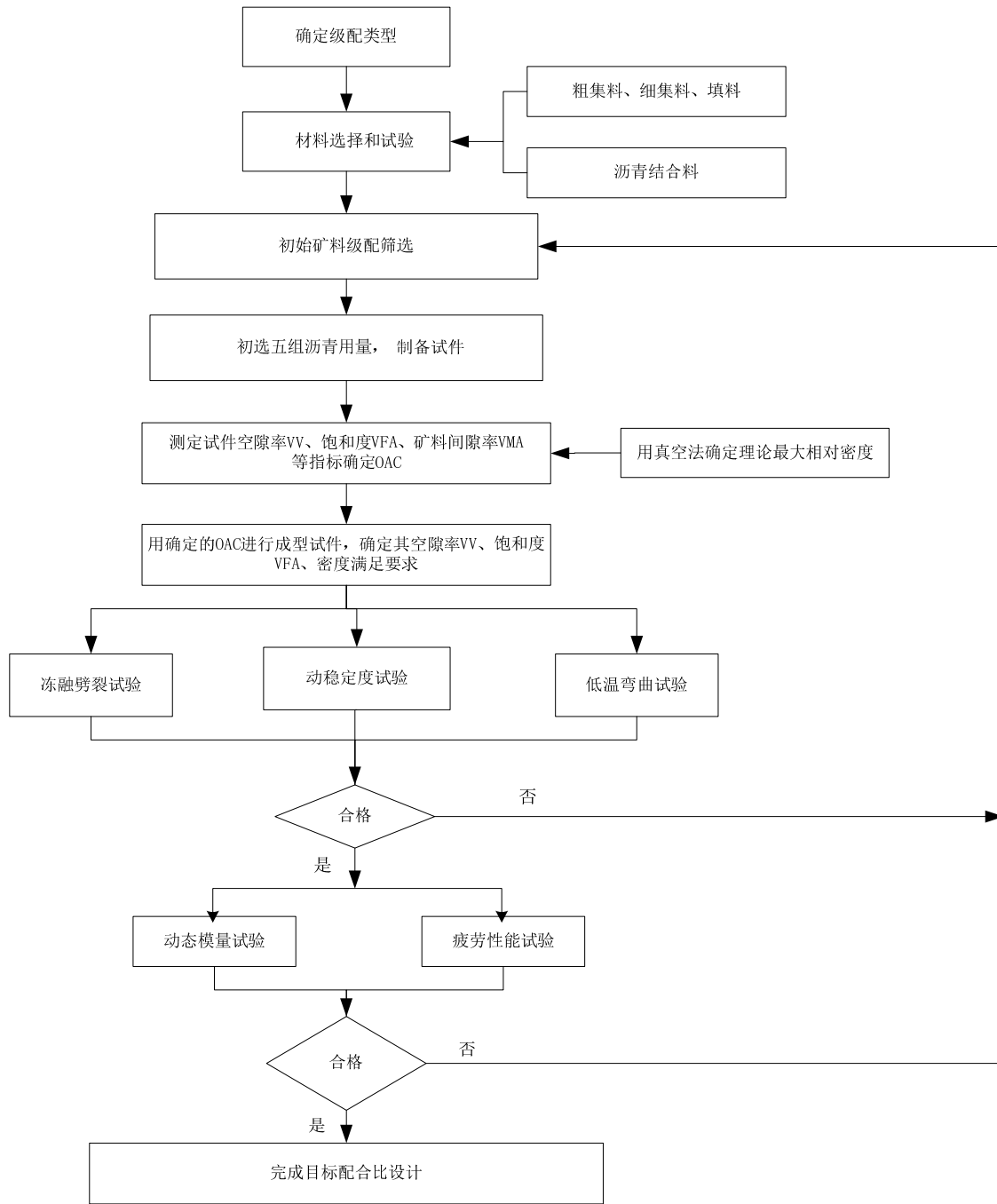


图 1 HFM 沥青混合料设计流程

6.2 HFM 沥青混合料矿料级配

HFM沥青混合料设计时宜采用表8 所示工程设计级配范围。

表8 HFM 沥青混合料试验用工程设计矿料级配范围

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
HFM-20	100	90-100	76-92	68-86	54-77	35-59	20-41	15-31	11-24	9-20	7-14	5-9
HFM-16	-	100	90-100	79-93	63-80	37-58	23-45	17-34	13-26	11-20	8-14	5-10

6.3 HFM 沥青混合料配合比设计要求

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 HFM 沥青混合料的配合比设计可根据工程情况，选择马歇尔法或旋转压实法进行设计。

6.3.1.2 按照 JTG F40 进行目标配合比、生产配合比和生产配合比验证三阶段检验。

6.3.1.3 对于低标号沥青或掺加高模量剂的 HFM 沥青混合料的初始油石比可取 5.2%~5.6%，对于微粒化岩沥青的 HFM 沥青混合料的初始油石比可取 5.6%~5.8%。

6.3.2 马歇尔法配合比设计

6.3.2.1 按照 JTG F40 附录 B 方法进行配合比设计。

6.3.2.2 HFM 沥青混合料马歇尔法配合比设计应满足表 9 和 10 技术要求。

表9 HFM 沥青混合料马歇尔法配合比技术要求

项 目	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法
击实次数（双面）	次	75	JTG E20 T 0702
试件尺寸	mm	Φ101.6×63.5	JTG E20 T 0702
空隙率VV	%	1~4	JTG E20 T 0705
稳定度MS，不小于	kN	15	JTG E20 T 0709
流值FL	mm	1.5~4.5	JTG E20 T 0709
矿料间隙率VMA，不小于	%	见表10	JTG E20 T 0705
沥青饱和度VFA	%	75~90	JTG E20 T 0705

表10 HFM 沥青混合料 VMA 技术要求

设计空隙率 VV， %	VMA 技术要求，不小于，%	
	HFM-16	HFM-20
1	11	10.5
2	12	11.5
3	13	12.5
4	14	13.5

注：其他空隙率 VMA 可按空隙率插值。

6.3.3 旋转压实法配合比设计

6.3.3.1 按照 JTG F40 附录 B 方法进行配合比设计。

6.3.3.2 HFM 沥青混合料旋转压实法配合比设计应满足表 11 技术要求，同时 VMA 指标应满足表 10 要求。

表11 HFM 沥青混合料旋转压实法配合比技术要求

项 目	单 位	技 术 要 求	试 验 方 法
旋转压实次数 ¹	次	50	JTG E20 T 0736
试件尺寸	mm	Φ150×115	JTG E20 T 0736 ¹
空隙率 VV	%	1~3	JTG E20 T 0705
矿料间隙率 VMA，不小于	%	见表10	JTG E20 T 0705
沥青饱和度 VFA	%	75~90	JTG E20 T 0705

注1：旋转压实仪有效内旋转角为 $1.16^{\circ} \pm 0.02^{\circ}$ 。

6.3.4 沥青混合料路用性能检验

HFM沥青混合料路用性能应满足表12 的技术要求。

表12 HFM 沥青混合料路用性能技术要求

项 目		单 位	技术要求	试验方法
冻融劈裂残留强度比，不小于		%	80	JTG E20 T 0729
动稳定度（60℃，0.7MPa）		次/mm	4000	JTG E20 T 0719
低温弯曲破坏应变 （-10℃，50mm/min）， 不小于	气候分区：1-3，2-3，1-4，2-4	$\mu\epsilon$	2000	JTG E20 T 0715
	气候分区：1-2，2-2，3-2	$\mu\epsilon$	2300	
	气候分区：1-1，2-1	$\mu\epsilon$	2600	
动态模量（20℃，10Hz），不小于		MPa	13000	JTG E20 T 0738
疲劳失效应变（15℃，10Hz，@10 ⁶ 次），不小于		$\mu\epsilon$	130	JTG E20 T 0739

7 沥青混合料施工

7.1 施工准备

7.1.1 铺筑 HFM 沥青混合料前，应进行下承层的质量、表面状况检查，不符合要求的不得进行施工。

7.1.2 HFM 沥青混合料的下承层为沥青结构层时，应洒布粘层油。当下承层为无机结合料稳定类基层或粒料类时应洒布透层油。粘层油及透层油的规格和质量应符合 JTG F40 的要求。

7.2 沥青混合料的拌制

7.2.1 沥青混合料应在沥青拌和厂采用拌和机械拌制。

7.2.2 HFM 沥青混合料应根据结合料类型确定各阶段的施工温度。

- a) 对于低标号沥青 HFM 沥青混合料可以采用沥青结合料的黏度-温度曲线来确定施工温度。缺乏黏度-温度曲线数据时，各阶段施工温度可参照表 13 选择。

表13 低标号沥青 HFM 沥青混合料的施工温度

施工工序	以下道路石油沥青标号的施工温度要求，℃				
	15号	20号	25号	35号	
沥青加热温度	170-180	170-180	165-175	160-170	
集料加热温度	集料加热温度比沥青温度高10~20				
混合料出厂温度	165-185	165-185	160-180	155-175	
混合料贮存温度	贮料过程中温度降低不超过10				
混合料废弃温度，高于	200	200	195	195	
运输到现场温度 ¹ ，不低于	170	165	160	155	
摊铺温度 ¹ ，不低于	正常施工	155	155	150	145
	低温施工	165	165	160	155
初压温度 ^{1,2} ，不低于	正常施工	150	150	145	140
	低温施工	175	175	170	155

表 13 (续)

施工工序		以下道路石油沥青标号的施工温度要求, °C			
		15号	20号	25号	35号
终压温度 ^{1、2} , 不低于	钢轮压路机	165	160	160	90
	轮胎压路机	95	90	90	95
开放交通温度 ^{1、2} , 不高于		50	50	50	50
<p>注1: 沥青混合料的施工温度宜采用有金属插杆的插入式数显温度计测量。表面温度可采用表面接触式温度计测定。当采用红外线温度计测量表面温度时, 应进行标定。</p> <p>注2: 初压温度为混合料内部温度; 终压温度为混合料表面温度; 开放交通温度为路表温度。</p>					

- b) 微粒化岩沥青 HFM 沥青混合料施工温度根据试验确定, 一般应符合表 14 的要求。不同气候环境及不同铺筑厚度的沥青路面施工温度可能略有差异, 以试验段试铺确定的温度为最终施工温度。

表14 微粒化岩沥青 HFM 沥青混合料施工温度

施工工序	施工温度要求, °C
沥青加热温度	170-190
集料加热温度	集料加热温度比沥青温度高10~20
混合料出厂温度	175-190
混合料贮存温度	降低不超过10
混合料废弃温度, 高于	200
摊铺温度, 不低于	160
初压开始温度, 不低于	155
复压最低温度, 不低于	130
碾压终了温度, 不低于	110
开放交通温度, 不高于	50
注: 同表13 注1。	

- c) 掺加高模量剂 HFM 沥青混合料施工温度, 可在相应低标号沥青基础上, 增加 5°C~10°C。

7.2.3 HFM 沥青混合料的拌和时间应根据具体情况经试拌确定, 以沥青均匀裹覆集料为度。对于低标号沥青或微粒化岩沥青的 HFM 沥青混合料按 JTG F40 要求进行拌制。

7.2.4 对于掺加高模量剂的 HFM 沥青混合料, 高模量剂应与集料同时投入拌缸进行干拌, 然后依次投入矿粉等填料、沥青结合料, 并搅拌均匀。拌和机每盘的生产周期不宜少于 60 s, 其中加入沥青后搅拌时间不少于 30 s。

7.2.5 HFM 沥青混合料拌制的其他要求, 应符合 JTG F40 中对热拌沥青混合料拌制的要求。

7.3 运输

7.3.1 沥青混合料宜采用不少于 15 吨的专用自卸式运料车运输。

7.3.2 运料车每次使用前应清扫干净, 装料前在车厢板上涂一薄层防止沥青粘结的隔离剂或防粘剂, 但不得有余液积聚在车厢底部。

7.3.3 拌和机向运料车装卸混合料的位置, 应设立标识牌, 指引运料车挪动位置, 平衡装料防止离析。运料车运输混合料时应用苫布或棉被覆盖保温, 必要时采用双层保温措施。

7.3.4 为保证连续摊铺施工的需要，运料车的运力应稍有富余，施工过程中摊铺机前方应有运料车等候。摊铺机开工前宜待等候的运料车不少于3辆，且不多于5辆。

7.4 摊铺

7.4.1 摊铺机开工前应提前0.5~1h预热熨平板不低于110℃。铺筑过程中摊铺机的熨平板和夯锤应开启“双振”模式，同时选择适宜的振动频率与振幅，以提高路面的初始压实度。熨平板加宽连接应仔细调整至摊铺的混合料没有明显的离析痕迹。

7.4.2 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。HFM 沥青混合料摊铺速度宜控制在1.0 m/min~3.0 m/min。

7.4.3 HFM 沥青混合料的松铺系数应通过试验段确定。

7.5 碾压和成型

7.5.1 沥青路面碾压应配备足够数量的钢轮和胶轮压路机，经试验段总结后选择合理的压路机组合方式，确定初压、复压、终压成型的碾压步骤及速度、遍数，以达到最佳碾压效果。

7.5.2 HFM 沥青混合料的碾压工艺应符合表15的规定。

表15 HFM 沥青混合料的碾压工艺

碾压阶段	压路机类型	碾压遍数	碾压速度	碾压区间长度
初压	13 t 及以上双钢轮压路机	前静后振 2 遍	2 km/h~3 km/h	20 m~30 m
复压	30 t 及以上胶轮压路机	3 遍~6 遍	3 km/h~5 km/h	40 m~60 m
终压	13 t 及以上双钢轮压路机	1 遍~2 遍	4 km/h~6 km/h	--

7.5.3 压路机不应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，不应停放各种机械设备或车辆，不应散落矿料、油料等杂物。

7.5.4 压实成型的沥青路面应符合压实度及平整度的要求，注重总结施工工艺，提升压实效率和平整度控制水平。

7.5.5 为保证面层边部施工压实度、厚度等，路缘石应提前安装固定，或采用钢模稳固支撑作业，防止坍塌。

7.6 开放交通

7.6.1 HFM 沥青混合料路面应在摊铺完成后自然冷却，待混合料表面温度低于50℃后方可开放交通。

7.6.2 铺筑好的沥青路面应加强交通管制，做好成品保护，防止污染。

8 质量检验

8.1 原材料检验

8.1.1 HFM 沥青混合料生产过程中，必须按照 JTG F40 规定的检查项目与频度，对各种原材料进行抽样试验，其质量应符合本文件或相关规定。

8.1.2 每个检查项目的平行试验次数或一次试验的试样数必须按相关试验规程的规定执行，并以平均值或相关规定统计值评价是否合格。

8.2 HFM 沥青混合料施工过程中质量检验

HFM 沥青混合料生产过程中应按表16 规定的项目和频度检验混合料产品的质量。单点检验评价方法应符合相关试验规程的试样平行试验要求。

表16 HFM 沥青混合料的检验频度和质量要求

项 目	检查频度及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	级配无离析、色泽均匀,无冒烟、花白料、油团等缺陷	目测
拌和温度	沥青、集料的加热温度	逐盘检测评定	符合本文件规定
	混合料出厂温度	逐车检测评定 逐盘测量记录,每天取平均值评定	符合本文件规定 符合本文件规定
矿料级配(筛孔)	0.075 mm	逐盘在线检测	±1%
	≤2.36 mm		±4%
	≥4.75 mm		±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%
	0.075 mm	每台拌和机每天 1~2 次,以 2 个试样的平均值评定	±1%
	≤2.36 mm		±3%
≥4.75 mm	±4%		
沥青用量(油石比)	逐盘在线监测	±0.1%	计算机采集数据计算
	逐盘检查,每天汇总 1 次取平均值评定	±0.1%	JTG F40 附录J 总量检验
	每台拌和机每天 1~2 次,以 2 个试样的平均值评定	±0.2%	JTG E20 T 0722 或 JTG E20 T 0735 ¹
马歇尔试验:VV、VMA、VFA、稳定性与流值	每台拌和机每天 1~2 次,以 4~6 个试件的平均值评定	符合本文件规定	JTG E20 T 0702 或 JTG E20 T 0709
旋转压实试验:VV、VMA 与 VFA	每台拌和机每天 1~2 次,以 4~6 个试件的平均值评定	符合本文件规定	JTG E20 T 0736
冻融劈裂试验 ²	每 10000 t 为一批,超过 5000 t 不足10000 t 时按一批	符合本文件规定	JTG E20 T 0729
车辙试验 ³		符合本文件规定	JTG E20 T 0719
低温弯曲试验 ³		符合本文件规定	JTG E20 T 0715
动态模量试验 ³	每个项目施工过程中不少于 1 次	符合本文件规定	JTG E20 T 0738
疲劳性能试验 ³		符合本文件规定	JTG E20 T 0739
<p>注1:当采用JTG E20 T 0735 燃烧炉法试验时,需每 3~5 d 采用 T 0722 离心抽提法进行校核。</p> <p>注2:可直接取拌和楼拌制沥青混合料成型试件进行试验,但应避免进行混合料二次加热。</p> <p>注3:应取沥青、填料及拌和楼热料仓各档粗、细集料,按照生产配合比室内拌制沥青混合料成型试件,不得采用拌和楼拌制的热沥青混合料进行试验。</p>			

8.3 HFM 沥青路面质量检验

HFM 沥青混合料铺筑过程应随时对铺筑质量进行评定，质量检查的内容、频度、允许偏差应符合表 17 的规定。

表17 HFM 沥青混合料路面质量检查频率和质量要求

项 目		检查频度及 单点检验评价方法	质量要求或允许偏差		试验方法
			高速公路、一级公路	其他等级公路	
外观		全线	表面平整密实，无明显轮迹、裂缝、推挤、油疔、油包、离析等缺陷；接缝应紧密平整、顺直、无跳车。		目测
施工 温度	摊铺温度	逐车检测评定	符合本文件规定		JTG 3450 T 0981
	碾压温度	随时	符合本文件规定		JTG 3450 T 0981
厚度	每一层次	随时 厚度不大于 50 mm 厚度大于 50 mm	设计值的 5% 设计值的 8%	设计值的 8% 设计值的 10%	施工时插入法量测 松铺厚度及压实厚 度
	每一层次	1 个台班区段的平均值 厚度不大于 50 mm 厚度大于 50 mm	-3 mm -5 mm	—	JTG F40 附录J 总量 检验
压实度 ¹		每 2000 m ² 检查 1 组，不少于 3 个试件，逐个试件进行评定	理论最大相对密度 95%		JTG 3450 T 0924 JTG E20 T 0705
		每 2000 m ² 检查 1 组，不少于 5 个单点，逐个单点进行评定 ²	理论最大相对密度 95%		JTG 3450 T 0922 JTG 3450 T 0925
接缝平整度 (最大间隙)		逐条缝检测评定	3 mm	5 mm	JTG 3450 T 0931
平整度 (标准 差)	中面层	连续测定	1.5 mm	2.8 mm	JTG 3450 T 0932
	下面层	连续测定	1.8 mm	4.0 mm	
	基层	连续测定	2.4 mm	4.5 mm	
宽度	有侧石	检测每个断面	±20 mm	±20 mm	JTG 3450 T 0911
	无侧石	检测每个断面	不小于设计宽度	不小于设计宽度	
纵断面高程		检测每个断面	±10 mm	±15 mm	JTG 3450 T 0911
横坡度		检测每个断面	±0.3%	±0.5%	JTG 3450 T 0911
渗水系数		每 1 km 不少于 5 处，每处 3 点取平均值	不大于 50 mL/min		JTG 3450 T 0971
层间粘结强度		每 2 km 1 处，每处 2 点取平 均值	≥0.6 MPa		应按照附录B 的规 定执行
路面均匀性 ³		不小于 4 次/天	温度差不大于 15℃； 相对密度差不大于 0.05		JTG 3450 T 0981 JTG 3450 T 0922 JTG 3450 T 0925

注1: 沥青路面压实度, 宜优先选用密度仪方法进行压实度控制, 或者钻芯法和密度仪法相结合方法进行。试验段及施工初期, 可采用钻芯法检验; 施工稳定后, 宜采用密度仪法检验。用密度仪法检验时, 路面温度应与其密度标定时路面温度一致。当采用钻芯法时, 相关质量方宜协商共同见证钻芯检查, 避免重复钻芯。当压实度测点位置位于无侧限路肩或横向接缝 30 cm 范围内, 压实度可降低 1%。

注2: 1) 每个车道 20 m 一点连续测定, 取相邻 5 个测点的平均值作为一个单点评定值。

2) 在铺筑试验路时, 应建立钻芯法和密度仪法的密度转换公式: 选择不少于 7 个点, 其中不少于 2 个测定点位于路肩边缘 5~30 cm 处; 在选定点做好标记, 采用密度仪测定各点的沥青路面毛体积相对密度, 每点可变化两个方向测定 2 次(对于无核密度仪可测定 3~4 个方向取平均值, 即每旋转 120° 或 90°), 取平均值作为该点的毛体积相对密度; 在每个标记点, 钻芯法测定毛体积相对密度。根据各点试验结果, 建立两种方法的密度转换公式。

3) 每生产 1~2 天, 或必要时, 应选定不少于 2 点进行钻芯法和密度仪法毛体积相当密度校核, 当两者的差值满足 ± 0.015 时为合格, 否则按照上述 2) 中方法重新建立密度转换公式。

注3: 路面均匀性按照如下方法进行评价:

1) 每个生产日, 随机选择一辆料车, 待其完成摊铺完成且未压实前, 采用红外摄像仪测定摊铺机正后方区域内的温度场, 计算最大温度差。

2) 选择一段已经碾压成型的路面, 待其温度低于密度仪工作温度时, 采用密度仪法沿车道纵向、横向每 1.5 m 连续测定 20 个点, 计算最大密度之差。测定位置不宜位于无侧限边缘或横向接缝 60 cm 范围内。温度离析处也应进行检验。

3) 当路面均匀性不满足要求时, 应停止施工查找原因, 并采取有效措施直至路面均匀性达到要求, 方可正常施工。

附 录 A
(规范性)
填料碳酸钙含量试验方法

A.1 适用范围

本方法适用于测定石灰岩类矿粉的碳酸钙含量。

A.2 仪器与材料

- A.2.1 高温电炉：能够加热并恒温在 $950^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ 。
- A.2.2 铂坩埚：内部釉完整，表面光滑；带盖，容量 30 mL。
- A.2.3 蒸发皿：瓷蒸发皿，容量 150~200 mL。
- A.2.4 玻璃容量器皿：250 mL 容量瓶、150 mL 烧杯、300 mL 烧杯，以及滴定管、移液管等若干。
- A.2.5 烘箱：鼓风干燥箱，恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- A.2.6 天平：称量不小于 500 g，感量不大于 0.01 g；分析天平，称量不小于 100 g，感量不大于 0.1 mg。
- A.2.7 干燥器：内装变色硅胶。
- A.2.8 滤纸：快速定量滤纸。
- A.2.9 电炉和蒸汽水浴。
- A.2.10 试验用水：蒸馏水或去离子水。
- A.2.11 化学试剂：均为分析纯。
- A.2.12 其他：胶头擦棒、细玻璃棒、刷子、表面皿、平头玻璃棒、玻璃三角架等。

A.3 试验准备

A.3.1 试样准备

将样品缩分至 $10 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ 子样一份， $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的烘干至恒重，放入干燥器中冷却至室温。试验时缩分 0.5 g 试样两份。

A.3.2 无水碳酸钠 (Na_2CO_3)

将无水碳酸钠用玛瑙研钵研细至粉末状，储存于密封瓶中。

A.3.3 盐酸(1+1)、盐酸(3+97)

按照 1:1 和 3:97 的体积比分别将高浓度盐酸分析纯溶解到水中得到的盐酸水溶液。

A.3.4 硫酸(1+4)

按照 1:4 的体积比分别将高浓度硫酸分析纯溶解到水中得到的硫酸水溶液。

A.3.5 焦硫酸钾 ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$)

将焦硫酸钾在蒸发皿中加热熔化，加热至无气泡产生，冷却后压碎、储存于密封瓶中。

A.3.6 三乙醇胺溶液(1+2)

按照 1:2 体积比将三乙醇胺分析纯溶解到水中得到的三乙醇胺溶液。

A.3.7 钙黄绿素-甲基百里香酚蓝-酚酞混合指示剂(简称 CMP混合指示剂)

称取 1.00 g 钙黄绿素、1.00 g 甲基百里香酚蓝、0.20 g 酚酞与 50 g 的 105℃~110℃烘干硝酸钾(KNO₃)粉末,混合研细,保存在磨口瓶中。

A.3.8 氢氧化钾溶液(200 g/L)

将 200 g 氢氧化钾(KOH)溶于水中,加水稀释至 1 L,储存于塑料瓶中。

A.3.9 碳酸钙标准溶液

称取 0.6 g 的 105℃~110℃烘干 2 h 的碳酸钙(CaCO₃, 基准试剂)粉末,置于 300 mL 烧杯中,加入 100 mL 水;盖上表面皿,沿杯口慢慢加入 6 mL 盐酸(1+1),搅拌至碳酸钙全部溶解,加热煮沸并煮沸 1 min~2 min。冷却至室温后,移入 250 mL 容量瓶中,用水稀释至刻度,摇匀。

A.3.10 EDTA 标准滴定溶液的配制

称取 5.6 g EDTA(乙二胺四乙酸二钠, C₁₀H₁₄N₂O₈Na₂·2H₂O)置于烧杯中,加入 200 mL 水,加热溶解,加水稀释至 1 L,摇匀,必要时过滤后使用。

A.3.11 EDTA 标准滴定溶液浓度的标定

吸取 25.00 mL 碳酸钙标准溶液放入 300 mL 烧杯中,加水稀释至 200 mL 水,加入适量的 CMP 混合指示剂,在搅拌下加入氢氧化钾溶液至出现绿色荧光后再过量 2 mL~3 mL,用 EDTA 标准滴定溶液滴定至绿色荧光消失并呈现红色(V₁)。

A.4 试验步骤

A.4.1 取一份试样,称取质量(m₂)后置于铂坩埚中,盖上坩埚盖,并留有缝隙,在 950~1000℃下灼烧 5 min,取出坩埚冷却。加入 0.30~0.32 g 已磨细的无水碳酸钠,用细玻璃棒压碎块状物并搅拌均匀,把黏附在玻璃棒上的颗粒全部刷回坩埚内,再将坩埚置于 950~1000℃下灼烧 10 min,取出坩埚冷却。

A.4.2 将烧结块移入 150~200 mL 瓷蒸发皿中,加入少量水润湿,盖上表面皿,从皿口慢慢加入 5 mL 盐酸及 2~3 滴硝酸,待反应停止后取下表面皿,用平头玻璃棒压碎块状物使其充分分解,用热盐酸(1+1)清洗坩埚数次,洗液合并于蒸发皿中。将蒸发皿置于蒸汽水浴上,皿上放一玻璃三角架,再盖上表面皿。蒸发至糊状后,加入 1 g 氯化铵,搅匀,在蒸汽水浴上蒸发至干后继续蒸发 10~15 min,期间搅拌并压碎大颗粒。

A.4.3 取下蒸发皿,加入 10 mL~20 mL 热盐酸,搅拌使可溶性盐类溶解。立即用中速定量滤纸过滤,用胶头擦棒和滤纸片擦洗玻璃棒及蒸发皿,用热的盐酸(3+97)洗涤沉淀 3 次,然后用热水洗涤沉淀 10~12 次,滤液及洗液收集于 250 mL 容量瓶中。

A.4.4 在沉淀上加入 3 滴硫酸(1+4),然后将沉淀连同滤纸一并移入铂坩埚中,盖上坩埚盖,并留有缝隙,在电炉上灰化完全后,放入 950℃~1000℃的高温炉内灼烧 1 h,取出坩埚,置于干燥器中冷却至室温,称量,反复灼烧直至恒重。向坩埚中慢慢加入数滴水润湿沉淀,加入 3 滴硫酸(1+4)和 10 mL 氢氟酸,放入通风橱内的电炉上低温加热,蒸发至干,升高温度继续加热至三氧化硫白烟冒尽。将坩埚放入 950℃~1000℃的高温炉内灼烧 30 min 以上,取出坩埚,置于干燥器中冷却至室温,称量,反复灼烧直至恒重。

A. 4. 5 向按 A. 4. 4 经过氢氟酸处理后得到的残渣中加入 0. 5~1 g 焦硫酸钾, 加热至暗红, 熔融至杂质被分解。熔块用热水和 3~5 mL 盐酸(1+1)转移到 150 mL 烧杯中, 加热微沸使熔块全部溶解, 冷却后, 将溶液合并入按 A. 4. 3 得到的滤液和洗液中, 用水稀释至刻度, 摇匀。

A. 4. 6 从 A. 4. 5 溶液中吸取 25. 00 mL 溶液放入 300 mL 烧杯中, 加水稀释至约 200 mL。加入 5 mL 三乙醇胺溶液(1+2)及适量的 CMP 混合指示剂, 在搅拌下加入氢氧化钾溶液至出现绿色荧光后再过量 5~8 mL, 用 EDTA 标准滴定溶液滴定至绿色荧光完全消失并呈现红色(V₃)。

A. 5 结果整理

A. 5. 1 EDTA 标准滴定溶液的浓度按式(A. 1)计算, 准确至 mol/L:

$$C_{EDTA} = \frac{m_1 \times 1000}{100.09 \times 10 \times (V_1 - V_2)} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中:

C_{EDTA} ——EDTA 标准滴定溶液的浓度, mol/L;

m_1 ——按 3. 9 配制碳酸钙标准溶液的碳酸钙的质量, g;

V_1 ——滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

V_2 ——空白试验滴定时消耗 EDTA 标准滴定溶液的体积, mL;

100. 09 ——CaCO₃ 的摩尔质量, g/mol;

10 ——全部碳酸钙标准溶液与所分取溶液的体积比。

A. 5. 2 试样的碳酸钙含量按式(A. 2)计算, 准确至 0. 1%:

$$C_{CaCO_3} = \frac{C_{EDTA} \times 56.08 \times (V_3 - V_4) \times 10 \times 1.7848}{m_2 \times 1000} \times 100 \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中:

C_{CaCO_3} ——碳酸钙含量, %;

56. 08 ——CaO的摩尔质量, g/mol;

V_3 ——试样溶液滴定时消耗EDTA标准滴定溶液的体积, mL;

V_4 ——空白试验消耗EDTA标准滴定溶液的体积, mL;

m_2 ——试样的质量, g;

10 ——全部试样溶液与所分取试样溶液的体积比;

1. 7848——CaCO₃ 和 CaO 摩尔质量比。

A. 5. 3 取两份试样的碳酸钙含量平均值作为试验结果, 准确至 0. 1%。

A. 6 允许误差

碳酸钙含量重复性试验允许误差为 0. 5%。

A. 7 报告

A. 7. 1 试验项目名称和执行标准。

A. 7. 2 样品的编号、名称、产地和规格。

A. 7. 3 接样日期、样品描述。

A. 7. 4 试验日期、样品缩分方法。

A. 7.5 主要仪器设备的名称、型号及编号。

A. 7.6 碳酸钙含量试验结果。

A. 7.7 要说明的其他内容。

附录 B
(规范性)

沥青路面层间粘结强度试验方法

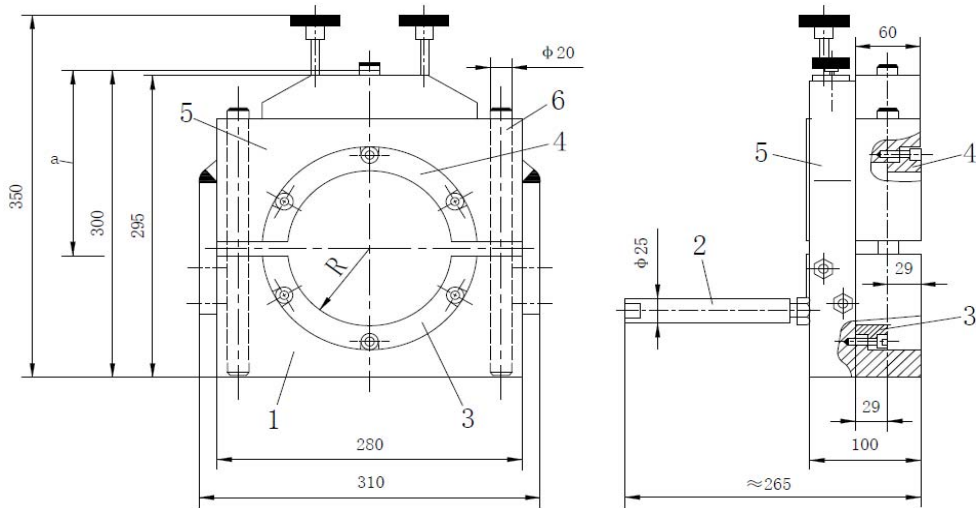
B.1 目的与适用范围

本方法适用于使用现场钻芯试件测定沥青路面层间粘结强度，以评价沥青路面层间粘结质量。

B.2 仪器与材料

B.2.1 压力机：可匀速施加压力，无明显振动和偏心，加载速率 $50 \text{ mm/min} \pm 2 \text{ mm/min}$ ，最大位移不小于 7 mm ，最大荷载不小于 35 kN 。压力机配备数据记录仪，记录荷载和位移。

B.2.2 剪切仪：如图B.1所示，剪切环的直径应在试件直径的 $0 \sim +2 \text{ mm}$ 范围内，且上下剪切环的垂直间距应小于 5 mm 。

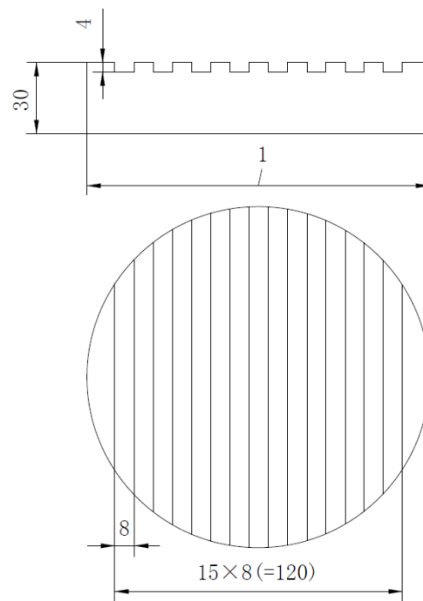


图中：

- 1——上压头；
- 2——试件固定支撑部件；
- 3——下剪切环；
- 4——上剪切环；
- 5——上压头；
- 6——倒杆。

图B.1 剪切仪结构示意图（尺寸单位：mm）

B.2.3 扩展试模：铝或其他金属制成，当试件高度不够时可将扩展试模粘结到试件表面用以辅助试验，如图B.2所示。



图B.2 扩展试模表面刻槽示意图（尺寸单位：mm）

B.2.4 温度计：分度值 0.5℃。

B.2.5 量尺：钢尺，游标卡尺等。

B.2.6 秒表：精确到 1 s。

B.2.7 水平仪：检验试件表面是否垂直。

B.2.8 黏结剂：将压头、试模等粘结在测试路面或试件表面，如快凝性环氧树脂等。

B.2.9 钻芯机：直径为 150 mm。

B.2.10 其他：恒温箱、刮刀等。

B.3 试验准备

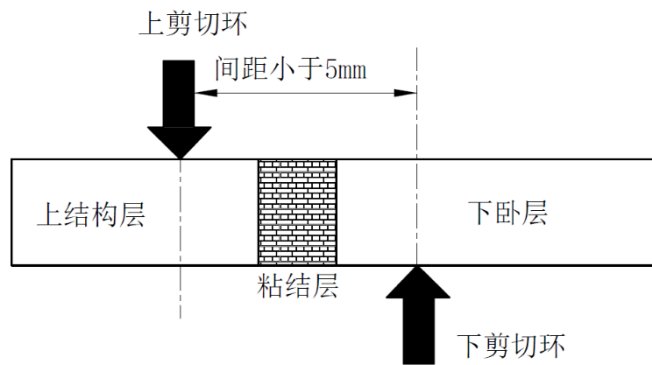
B.3.1 采用钻芯机现场钻取直径为 150 mm±2 mm 的芯样，需要钻透下卧层，获取完整芯样且侧面应光滑、平整。

B.3.2 钻取试件要求上结构层厚度不小于 20 mm，下卧层厚度不小于 50 mm。当试件厚度不够时，可以采用扩展试模，此时将试件清洗干燥 24 h 后。在高度不够的一端采用粘结剂将扩展试模刻槽的一面粘结到试件上。

B.3.3 试件保温：采用游标卡尺测量试件直径，准确至 0.1 mm。将试件(必要时连同扩展试模)置于恒温箱 20℃±1℃中保温4h后继续进行试验。当选择其他温度时，应在报告中注明。

B.4 试验步骤

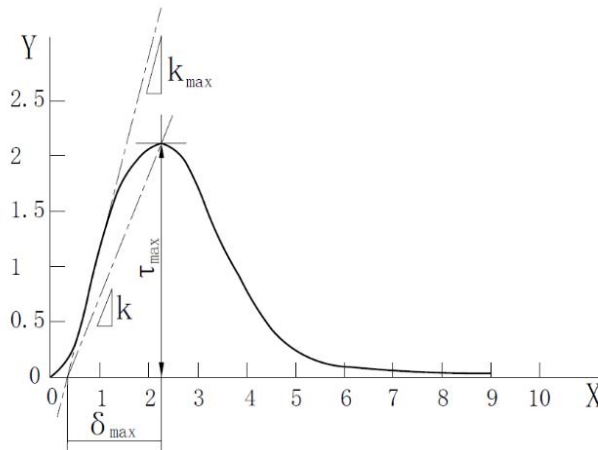
B.4.1 选择合适的剪切环，将上压头和剪切环取出，将试件安装到下剪切环上，再放入上压头和上剪切环。调整试件位置，使粘结层位于上下剪切环的垂直间距之间，且上下剪切环的中间垂直间距应小于 5 mm。如图B.3 所示，同时调整上剪切环，使得上剪切环正好接触到试件表面。



图B.3 直接剪切试验间距要求示意图

B.4.2 扣紧试件固定支撑部件，启动压力机，开始进行上下压头加压，加载速度为 50 mm/min±2 mm/min。

B.4.3 当压力出现峰值之后，停止试验，记录最大压力值及对应的位移，压力值准确至 0.1 kN，位移准确至 0.1 mm，并绘制位移-荷载曲线。如图 B.4 所示，试件从温控箱拿出到完成试验，时间不应超过 2 min。



图B.4 直接剪切试验位移-荷载曲线示意图

B.4.4 观测断裂面，并详细记录。

B.4.5 对于同一位置，平行试验不得少于 3 次。

B.5 计算

B.5.1 按式(B.1)计算黏层油的层间剪切强度，准确至 0.1 MPa。

$$\tau_{SBT} = \frac{4 \times F}{3.14 \times D^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

τ_{SBT} ——层间剪切强度 (MPa)；

F ——最大压力值 (kN)；

D ——试件直径 (mm)。

B.6 允许误差

试验结果的允许误差不超过平均值的 20%。

B.7 报告

B.7.1 试验项目名称和执行标准。

B.7.2 样品的编号、名称、产地和规格。

B.7.3 接样日期、样品描述。

B.7.4 试验日期、仪器设备的名称、型号及编号。

B.7.5 报告应记录以下内容：

- d) 单个试件的剪切强度及平均值；
- e) 试件直径、环槽内径，测试温度，剪切速率等。

B.7.6 观察断面破坏状况，判断破坏发生的位置：

- a) 在上结构层；
- b) 部分在上结构层，部分在粘结层(混合位置)；
- c) 在粘结层；
- d) 部分在粘结层，部分在下卧层(混合位置)；
- e) 断裂在下卧层；
- f) 断裂部分或全部在粘结剂位置。

如果是混合位置，则需要大致评估每个位置断面面积百分比，准确至 10%。同时，观察记录断裂平面的状况，如光滑，平面，粗糙，不规则等。
