

# JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T 3682—2026

## 公路路面纤维材料应用技术规范

Technical Specifications for Paving Fiber Applications in  
Highway Pavements

2026-06-03 发布

2026-08-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

## 前 言

根据《交通运输部关于下达 2022 年度公路工程行业标准制修订项目计划的通知》（交公路函〔2022〕238 号）的要求，由交通运输部公路科学研究院承担《公路路面纤维材料应用技术规范》（以下简称“本规范”）的制定工作。

编制组针对纤维材料已广泛应用于公路路面工程但其工程应用亟待规范和提升的现状，通过国内外调研和工程验证，在充分总结吸纳近年来全国公路路面纤维材料应用方面的研究成果和成功经验的基础上，完成本规范的编制工作。

本规范包括 10 章和 7 个附录：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 纤维材料、5 沥青路面、6 水泥混凝土路面、7 无机结合料稳定基层、8 微表处、9 封层、10 其他应用，附录 A 木质纤维材料试验方法、附录 B 玄武岩纤维材料试验方法、附录 C 玻璃纤维材料试验方法、附录 D 聚合物纤维材料试验方法、附录 E 钢纤维材料试验方法、附录 F 纤维合成材料试验方法、附录 G 纤维用量试验方法。

本规范由徐剑负责起草第 1、2、3、8 章和附录 A，严二虎、刘英负责起草第 4 章及附录 B，沙爱民、刘状壮、胡力群、蒋玮负责起草第 5 章及附录 C，覃炳贤、陈强负责起草第 6 章及附录 D，黄学文、高学华负责起草第 7 章及附录 E，荣兴、钟祺负责起草第 9 章及附录 F，林志平、陈键灵、陈智威负责起草第 10 章及附录 G。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：严二虎（地址：北京市海淀区西土城路 8 号，交通运输部公路科学研究院，邮编：100088；电话及传真：010-62079576；电子邮箱：eh.yan@rioh.cn），以便下次修订时参考。

**主 编 单 位：**交通运输部公路科学研究院

**参 编 单 位：**长安大学

安徽省交通控股集团有限公司

山东省路桥集团有限公司

中交一公局集团有限公司

福建省高速公路集团有限公司

广西北部湾投资集团有限公司

华纤科学技术（深圳）集团有限公司

**主 编：**徐 剑

**主要参编人员：**严二虎 沙爱民 黄学文 荣 兴 刘 英 钟 祺

林志平 覃炳贤 刘状壮 高学华 胡力群 蒋 玮  
陈 强 陈键灵 陈智威

主 审：王 林

参与审查人员：于 光 薛忠军 侯 芸 薛 成 张 蓉 杨丽英  
何 光 季 节 阎宗岭 曾俊铖 吴有铭 于海臣  
董雨明

参 加 人 员：马 庆 何玉柒 龚 演 周震宇 王 凯 王 杰  
邬惠娟 王玉果 罗恺彦 李东钊 曾靖翔 林志明  
姜 博 夏惠森 武 强 徐 磊 谢亭亭 焦俊滔

交通运输部信息公告  
浏览专用

## 目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	纤维材料	7
4.1	一般规定	7
4.2	木质纤维	8
4.3	玄武岩纤维	8
4.4	玻璃纤维	10
4.5	聚合物纤维	11
4.6	钢纤维	12
4.7	纤维布	13
4.8	格栅	15
4.9	复合格栅	18
5	沥青路面	19
5.1	一般规定	19
5.2	材料	19
5.3	配合比设计	19
5.4	施工	22
5.5	施工质量控制	23
6	水泥混凝土路面	26
6.1	一般规定	26
6.2	材料	26
6.3	配合比设计	27
6.4	施工	27
6.5	施工质量控制	29
7	无机结合料稳定基层	31
7.1	一般规定	31
7.2	材料	31
7.3	配合比设计	31
7.4	施工	33

7.5	施工质量控制	33
<b>8</b>	<b>微表处</b>	<b>34</b>
8.1	一般规定	34
8.2	材料	34
8.3	配合比设计	35
8.4	施工	35
8.5	施工质量控制	36
<b>9</b>	<b>封层</b>	<b>37</b>
9.1	一般规定	37
9.2	材料	37
9.3	材料撒(洒)布量设计	39
9.4	施工	40
9.5	施工质量控制	44
<b>10</b>	<b>其他应用</b>	<b>47</b>
10.1	一般规定	47
10.2	材料	48
10.3	功能层设计	48
10.4	施工	51
10.5	施工质量控制	54
附录 A	木质纤维材料试验方法	57
附录 B	玄武岩纤维材料试验方法	76
附录 C	玻璃纤维材料试验方法	91
附录 D	聚合物纤维材料试验方法	101
附录 E	钢纤维材料试验方法	105
附录 F	纤维合成材料试验方法	111
附录 G	纤维用量试验方法	115
	本规范用词用语说明	117

# 1 总则

**1.0.1** 为规范公路路面纤维材料应用，提高公路路面工程纤维材料应用技术水平，保证工程质量，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于各等级公路路面工程纤维材料应用中的材料选择、配合比设计、施工与质量控制。

**1.0.3** 公路路面工程纤维材料应用应遵循因地制宜、安全耐久、经济适用、低碳环保的原则，并应遵守安全操作和环境保护的规定。

**1.0.4** 本规范未规定的新型纤维材料，应用前应进行试验研究、工程检验和充分论证。

**1.0.5** 公路路面工程纤维材料应用除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 路用纤维 paving fiber

应用于公路路面工程的木质纤维、矿物纤维、聚合物纤维、钢纤维等纤维材料的总称，本规范中简称纤维。

### 2.0.2 木质纤维 wood fiber

采用天然木材或以木材为原料的回收品等，经化学或机械加工而成的植物基有机纤维。

### 2.0.3 矿物纤维 mineral fiber

从纤维状结构的矿物岩石中获得的以二氧化硅等氧化物为主要成分的无机纤维，主要有玄武岩纤维、玻璃纤维等。

### 2.0.4 玄武岩纤维 basalt fiber

以玄武岩矿石为主材，经高温熔融、拉丝等工艺加工形成的絮状纤维、束状短切纤维、玄武岩粗纤维或束状长纤维无捻粗纱等。

### 2.0.5 玻璃纤维 glass fiber

以石英砂等矿石为原料，经高温熔制、拉丝、络纱、织布等工艺制造成的连续长丝纤维或切断成一定长度的短切纤维。

### 2.0.6 聚合物纤维 synthetic fiber

以合成高分子化合物为原料制成的有机化学纤维，也称合成纤维。

### 2.0.7 钢纤维 steel fiber

以冷拉钢丝切断、冷轧带钢剪切、钢锭铣削或钢丝削刮或钢水快速冷凝法等制成长径比为 30 ~ 100 的纤维。

### 2.0.8 路用纤维布 paving fabric

应用于公路路面工程，以聚合物纤维或聚合物纤维与玻璃纤维混合纤维为原料，生产而成的无纺土工织物，或在其底面再采用玻璃纤维长丝束进行加筋而成的土工织物，

本规范中简称纤维布。

#### **2.0.9 路用格栅 paving grid**

应用于公路路面工程，以聚酯纤维、聚乙烯醇纤维、玄武岩纤维、玻璃纤维或碳纤维等为主要原料，经特殊处理、涂覆高熔点弹性聚合物或聚合物改性沥青加工而成的平面网状结构，本规范中简称格栅。

#### **2.0.10 路用复合格栅 paving composite grid**

应用于公路路面工程，通过缝合、粘贴或层压等工艺将格栅与纤维布结合形成的制品，本规范中简称复合格栅。

交通运输部信息公开  
浏览专用

### 3 基本规定

**3.0.1** 公路路面纤维材料,适用于各等级公路路面工程,用于沥青混凝土、水泥混凝土、无机结合料稳定材料、碎石封层、微表处和复合封层的原材料,或直接用作路面功能层。

**3.0.2** 应根据路面结构或材料的抗裂、抗疲劳、抗拉、抗弯、抗冲击、抗渗等性能需求,可按表 3.0.2 规定的适用范围选用合适的纤维材料。

表 3.0.2 纤维材料适用范围

应用场景		纤维材料									钢纤维
		木质纤维	矿物纤维		聚合物纤维						
			玄武岩纤维	玻璃纤维	聚丙烯纤维	聚酯纤维	聚酰胺纤维	聚丙烯腈纤维	聚乙烯醇纤维	芳纶纤维	
沥青路面	SMA	√	√	×	×	△	△	×	×	△	×
	PAC	√	√	×	×	△	△	△	×	△	
	AC	△	√	△	△	√	√	√	△	√	
水泥混凝土路面		×	√	△	√	×	√	√	√	√	√
无机结合料稳定基层		×	√	√	√	×	√	√	√	√	×
微表处		×	√	√	√	√	√	√	△	△	×
封层		×	√	√	√	√	√	√	△	△	×
复合封层		×	√	√	√	√	√	√	△	△	×

注:√-适用;△-可用;×-不适用。

**3.0.3** 根据功能层需求、施工条件,可按表 3.0.3 规定的适用范围选用合适的纤维合成材料类型及规格。

表 3.0.3 纤维布、格栅、复合格栅用作功能层的适用范围

序号	功能需求	施工条件	材料类型、规格
1	防(封)水、应力消散	车道满铺	纤维布 I类聚酯玻纤布
2	加筋增强	窄条铺设或车道满铺	格栅
3	防(封)水、应力消散、 加筋增强	窄条铺设或车道满铺	复合格栅 II、III类聚酯玻纤布

## 条文说明

纤维合成材料包括纤维布、格栅和复合格栅，主要用作功能层，其主要发挥三大基本功能：

(1) 防（封）水。纤维布浸渍沥青后形成致密防（封）水层，隔绝水、空气渗透进入下层结构，由此减缓沥青路面沥青氧化老化，抑制脆性开裂。防（封）水层可减少路表水下渗，防止沥青混合料沥青剥离、动水压力产生的冲刷和唧浆，同时提升结构抗冻性，延缓低温冰冻（冻胀、冰夹层、冻融循环）带来的结构损坏。对于冻敏性路基，防（封）水层可间接提升结构整体承载能力。

(2) 应力消散。纤维布浸渍沥青后，形成沥青-纤维布构造。沥青具有黏弹性特性，在交通荷载、下承层结构变形、温度形变作用下产生应力，产生延迟弹性变形和黏性变形，使其内部发生流动行为。下承层裂缝开合产生的拉应力，沥青-纤维布构造内通过流动变形大幅予以消解，裂缝变形难以向上传递或传递应力被显著削弱，使加铺面层不会出现超出其抗拉极限的拉应力，该效应称为裂缝尖端应力钝化。同时依靠沥青自身黏结性能，其沥青-纤维布构造与既有路面、新铺沥青面层黏结形成牢固整体。纤维布可作为沥青储存载体，相比纯沥青洒布，能够形成厚度更大、均匀性更好的自由沥青层。同时，纤维布可提升沥青-纤维布构造整体黏度，既避免加铺沥青混合料出现泛油滑移，又可保证构造顺利完成应力消散、延缓反射裂缝扩展。

(3) 加筋增强。沥青路面结构可通过格栅实现增强，前提是格栅能牢固锚固于混合料内部，承受结构拉应力，其应满足两项前提条件：格栅应布设于结构受拉区域；依靠可靠的黏结、嵌锁界面，实现沥青面层与格栅之间的应力传递。沥青混合料与格栅间的传力机理包括：黏附作用，通过格栅表面构造以及专用涂层（如沥青涂层）实现黏结，原理类似钢筋混凝土带肋钢筋的界面黏结；嵌锁锚固作用，通过格栅横向筋带形成机械嵌固，纵、横筋的连接形式与节点构造决定可传递荷载大小，原理类似钢筋网焊接横筋的锚固形式。沥青混合料向格栅传递荷载，可通过黏附力或黏层油黏结力的纵向加筋，或通过集料嵌锁效应将集料嵌锁在格栅网孔内的横向加筋来实现。

纤维布功能层，具有防（封）水、应力消散功能，其不具备加筋增强功能，无法直接提升既有路面结构承载力，但依托自身防（封）水作用，可间接改善路面抗冻性能与整体承载能力。

格栅具有加筋增强功能，其无法直接提升既有路面结构的承载力，但是可以阻断或延缓反射裂缝向上发展，保持新铺面层结构承载力，延缓新加铺面层裂缝萌生与扩展。格栅加筋效果受材料力学性能、埋设层位、温度梯度等边界条件影响。格栅本身不具备防（封）水和应力消散作用。

采用复合格栅时，防（封）水、应力消解、加筋增强作用可同步叠加发挥。加筋埋设位置、既有路面破损状态、新铺沥青面层厚度，以及复合格栅体系内各原材料的协同作用，共同决定最终的功能组合效果。

**3.0.4** 纤维材料应按相关要求运输、存储。

**3.0.5** 纤维应用应计量准确、分散均匀，宜采用自动化、专业化设备施工；纤维布、格栅、复合格栅应铺设平整、紧密贴合、固定牢固。

交通运输部信息公开  
浏览专用

## 4 纤维材料

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 纤维材料应按类型、规格进行加工、储存、使用和质量控制。

**4.1.2** 纤维材料加工、使用应符合环保要求，不得使用石棉纤维等危害环境和健康的纤维材料。

**4.1.3** 纤维材料应在室内或有棚盖的地方垫高离地、密封、避光储存，防止雨淋受潮、腐蚀或光照老化。已经受潮的纤维材料不得使用。

#### 条文说明

储存时纤维材料的包装不得开封，需要保持密封。纤维材料受潮或紫外线照射会引发诸多问题，纤维受潮会影响分散，也会影响其与混合料的黏结。聚合物纤维及纤维布、格栅和复合格栅等纤维合成材料，受潮会影响与沥青路面黏结，而紫外线仅需数周就会损坏纤维材料。

**4.1.4** 纤维合成材料的储存温度宜不超过 60℃。自黏结式材料宜不超过 50℃、低温宜不低于 0℃，其卷筒应垂直存放，以保持卷筒形状，同时避免材料粘贴。

#### 条文说明

带有黏结剂材料的卷筒，堆叠存放时会粘贴在一起，影响铺设时自由展开。卷筒内芯尺寸和材质，需能够保证纤维合成材料储存和铺设时不断裂、端部不碎裂、不变形下垂。卷筒内芯标准直径一般为 100mm 或 75mm，厚度一般不小于 19mm；材质一般采用光滑的 PVC 管材等硬质材料；采用纸板等软质材料，需要试验证明其可用性。

**4.1.5** 长纤维无捻粗纱卷轴式纤维盘应紧密、规则地卷绕成圆筒状，方便退绕。

## 4.2 木质纤维

4.2.1 木质纤维应外观均匀、干燥、易分散，且具有良好的耐热性。

4.2.2 絮状木质纤维的技术要求应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 絮状木质纤维技术要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	0.15mm 质量通过率 (%)	60~80	本规范附录 A 第 A.1 节
2	灰分含量 (%)	18±5	本规范附录 A 第 A.2 节
3	pH 值	6.5~8.5	本规范附录 A 第 A.3 节
4	吸油率 (倍)	5~9	本规范附录 A 第 A.4 节
5	含水率 (%)	≤5	本规范附录 A 第 A.5 节
6	质量损失 (210℃, 1h) (%)	≤6, 且无燃烧	本规范附录 A 第 A.6 节
7	木质纤维含量 (%)	≥85	本规范附录 A 第 A.7 节
8	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	实测	本规范附录 A 第 A.8 节

4.2.3 沥青造粒剂类粒状木质纤维的技术要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 沥青造粒剂类粒状木质纤维的技术要求

序号	项目	技术要求	试验方法
1	颗粒直径 (mm)	3~8	本规范附录 A 第 A.10 节
2	颗粒长度 (mm)	≤16	本规范附录 A 第 A.10 节
3	原纤维颗粒通过率 (%)	≤8	本规范附录 A 第 A.11 节
4	质量通过率增加值 (%)	≤12	本规范附录 A 第 A.11 节
5	造粒剂	含量 (%)	3~20
6		旋转黏度 (135℃) (mPa·s)	≥80
7	灰分含量 (%)	17±5	本规范附录 A 第 A.2 节
8	含水率 (%)	≤5	本规范附录 A 第 A.5 节
9	质量损失 (210℃, 1h) (%)	≤6, 且无燃烧	本规范附录 A 第 A.6 节
10	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	实测	本规范附录 A 第 A.8 节
11	热萃取后的 木质纤维	吸油率 (倍)	4~8
12		木质纤维含量 (%)	≥85

## 4.3 玄武岩纤维

4.3.1 玄武岩纤维应外观均匀、色泽一致、无杂质。

4.3.2 絮状玄武岩纤维表面应经阳离子浸润剂处理，其技术要求应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 絮状玄武岩纤维的技术要求

序号	项目	技术性能	试验方法
1	平均长度 (mm)	≤6	本规范附录 B 第 B.1 节
2	平均直径 (μm)	≤5	本规范附录 B 第 B.1 节
3	渣球含量 (0.15mm) (%)	≤15	本规范附录 B 第 B.2 节
4	0.15mm 质量通过率 (%)	60 ± 10	本规范附录 B 第 B.3 节
5	0.15mm 通过率增加值 (%)	≤22	本规范附录 B 第 B.4 节
6	吸油率 (倍)	≥2.0	本规范附录 B 第 B.5 节
7	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	≥2.600	本规范附录 B 第 B.6 节
8	含水率 (%)	≤1.0	本规范附录 B 第 B.7 节
9	絮状纤维团质量百分率 (%)	≤20	本规范附录 B 第 B.8 节

4.3.3 短切玄武岩纤维表面应进行亲油或亲水浸润处理，宜粗化表面处理，其技术要求应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 短切玄武岩纤维技术要求

序号	项目		技术要求		试验方法
			I	II	
1	长度	公称长度 (mm)	6、9、12、 15、18、24	6、9、12、 15、18、24	本规范附录 B 第 B.1 节
2		偏差 (%)	±10	±10	
3	单丝直径	公称直径 (μm)	9~17	9~25	本规范附录 B 第 B.1 节
4		偏差 (%)	±10	±10	
5	断裂强度 (MPa)		≥1 050	≥1 500	本规范附录 B 第 B.9 节
6	初始模量 (GPa)		≥35	≥70	
7	断裂伸长率 (%)		≤3.1	≤3.1	
8	耐热残留断裂强度比 (%)		≥85 <sup>a</sup>	—	本规范附录 B 第 B.10 节
9	耐碱残留断裂强度比 (%)		≥75 <sup>b</sup>	≥75	
10	可燃物含量 (%)		≤1.5	≤1.5	本规范附录 B 第 B.11 节
11	吸油率 (倍)		≥0.5	—	本规范附录 B 第 B.5 节
12	密度 (g/cm <sup>3</sup> )		≥2.60	≥2.60	本规范附录 B 第 B.6 节
13	含水率 (%)		≤0.2	≤0.2	本规范附录 B 第 B.7 节
14	表面浸润处理		亲油	亲水	—

注：<sup>a</sup>对于微表处等常温拌和可不作要求。

<sup>b</sup>对于沥青混合料用纤维，一般不检验耐碱性。但当其用于具有含碱环境条件时，如沥青混合料掺加水泥、消石灰等含碱填料时，应检验耐碱性。

4.3.4 玄武岩长纤维无捻粗纱的技术要求应符合表 4.3.3 中 I 类纤维的规定，但对长度和单丝直径指标不予要求。按本规范附录 B.12 检测短切率、分散率，均应不小于 95%；按附录 B.13 检测硬挺度，宜为 80~200mm。

注：当纤维易分散时，硬挺度可不作要求。

#### 4.4 玻璃纤维

4.4.1 玻璃纤维应外观均匀、色泽一致，无原丝团，无污渍、杂质、毛羽等缺陷。

4.4.2 玻璃长纤维无捻粗纱的技术要求应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 玻璃长纤维无捻粗纱技术要求

序号	项目	技术要求		试验方法
		I	II	
1	原材料	无硼无碱 ECR 或无碱 E 类玻璃	耐碱 ARG 类玻璃	—
2	碱金属氧化物含量 (%)	≤0.8 (ECR 类为 1.2)	—	GB/T 1549
3	二氧化锆含量 (%)	—	≥16	
4	直径 (μm)	10~14	10~14	本规范附录 C 第 C.1 节
5	线密度 <sup>a</sup> (tex)	2 500~4 800	2 500~4 800	本规范附录 C 第 C.2 节
6	含水率 (%)	≤0.2	≤0.5	本规范附录 C 第 C.3 节
7	可燃物含量 (%)	≤2	≤3	本规范附录 C 第 C.4 节
8	断裂强度 (MPa)	≥1 000	≥1 000	本规范附录 C 第 C.5 节
9	耐碱残留断裂强度 (MPa)	—	≥250	本规范附录 C 第 C.7 节
10	硬挺度 <sup>a</sup> (mm)	100~200	100~200	本规范附录 C 第 C.10 节
11	短切率 (%)	≥95	≥95	本规范附录 C 第 C.8 节
12	分散率 (%)	≥95	≥95	本规范附录 C 第 C.8 节
13	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.68±0.3	2.68±0.3	本规范附录 C 第 C.9 节

注：<sup>a</sup>当纤维易分散时，线密度和硬挺度可不作要求。

4.4.3 短切玻璃纤维技术要求应符合表 4.4.3 的规定。

表 4.4.3 短切玻璃纤维技术要求

序号	项目		技术要求	试验方法
			III	
1	长度	公称长度 (mm)	12~50	本规范附录 C 第 C.1 节
		偏差 (%)	±10	
2	直径	公称直径 (μm)	8~30	
		偏差 (%)	±20	
3	原材料		耐碱 ARG 类玻璃	—

续表 4.4.3

序号	项目	技术要求	试验方法
		Ⅲ	
4	二氧化锆含量 (%)	≥16	GB/T 1549
5	含水率 (%)	≤0.5	本规范附录 C 第 C.3 节
6	可燃物含量 (%)	≤3	本规范附录 C 第 C.4 节
7	断裂强度 (MPa)	≥700	本规范附录 C 第 C.5 节
8	初始模量 (GPa)	≥70	本规范附录 C 第 C.6 节
9	耐碱残留断裂强度 (MPa)	分散型: ≥250 集束型: ≥350	本规范附录 C 第 C.7 节

**4.4.4** 玻璃纤维表面应采用增强型浸润剂处理。用于沥青混合料的玻璃纤维，其表面应经亲油浸润剂处理；用于水泥混凝土或无机稳定材料的玻璃纤维，其表面应经亲水浸润剂处理。

## 4.5 聚合物纤维

**4.5.1** 聚合物纤维应颜色单一、无色差，手感柔软，无污染、无杂质、无牵伸丝；短切纤维，切口均匀，其中聚丙烯腈纤维切口为腰果形截面；聚丙烯网状纤维应开网均匀、规则，每 10mm 长度至少一个连接点，且为网状结构。

**4.5.2** 短切聚合物纤维的技术要求应符合表 4.5.2-1 的规定，其中水泥混凝土及无机稳定材料用聚合物纤维的尺寸规格应符合表 4.5.2-2 的规定，沥青混合料用聚合物纤维的尺寸规格应符合表 4.5.2-3 的规定。

表 4.5.2-1 短切聚合物纤维技术要求

项目	聚丙烯纤维			聚酰胺纤维	聚酯纤维	聚丙烯腈纤维	聚乙烯醇纤维	芳纶纤维	试验方法
	单丝	网裂	粗						
断裂强度 (MPa)	≥450	≥400	≥350	≥500	≥500	≥600	≥1 200	≥2 600	本规范附录 D 第 D.1 节
初始模量 (GPa)	≥3	≥3	≥3	≥4	≥9	≥12	≥25	≥70	
断裂伸长率 (%)	≤40	≤40	≤40	≤40	≤40	≤20	≤10	≤5	
耐碱残留断裂强度比 <sup>a</sup> (%)	≥98	≥98	≥98	≥98	≥95	≥95	≥95	≥95	本规范附录 D 第 D.2 节
含水率 (%)	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	本规范附录 D 第 D.3 节
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.91 ± 0.01			1.13 ~ 1.16	1.355 ~ 1.400	1.18 ± 0.01	1.26 ~ 1.30	1.43 ~ 1.46	本规范附录 D 第 D.4 节
熔点 <sup>b</sup> (°C)	≥160	≥160	≥160	≥215	≥246	≥220	≥215	—	GB/T 16582

注：<sup>a</sup>对于沥青混合料用纤维，一般不检验耐碱性。但当其用于具有含碱环境条件时，如沥青混合料掺加水泥、消石灰等含碱填料时，应检验耐碱性。

<sup>b</sup>对于水泥混凝土、无机稳定材料或沥青混合料冷拌施工时，熔点可不作要求。

表 4.5.2-2 水泥混凝土及无机稳定材料用聚合物纤维尺寸规格

项目		聚丙烯纤维			聚酰胺纤维	聚丙烯腈纤维	聚乙烯醇纤维	芳纶纤维	试验方法
		单丝	网裂	粗纤维					
长度	公称长度 (mm)	12 ~ 40	15 ~ 40	20 ~ 60	12 ~ 40	12 ~ 40	12 ~ 40	12 ~ 40	本规范附录 D 第 D.5 节
	偏差 (%)	± 10							
直径	公称直径 (μm)	25 ~ 50	100 ~ 180	600 ~ 1 200	20 ~ 25	12 ~ 20	12 ~ 18	8 ~ 15	本规范附录 D 第 D.5 节
	偏差 (%)	± 10							
长径比	公称长径比			30 ~ 100					本规范附录 D 第 D.5 节
	偏差 (%)			± 10					

表 4.5.2-3 沥青混合料用聚合物纤维尺寸规格

项目		聚丙烯纤维		聚酰胺纤维	聚酯纤维	聚丙烯腈纤维	聚乙烯醇纤维	芳纶纤维	试验方法
		单丝	网裂						
长度	公称长度 (mm)	5 ~ 38	5 ~ 38	5 ~ 38	5 ~ 38	5 ~ 38	12 ~ 38	12 ~ 38	本规范附录 D 第 D.5 节
	偏差 (%)	± 10							
直径	公称直径 (μm)	15 ~ 30	50 ~ 100	15 ~ 25	15 ~ 25	10 ~ 20	10 ~ 20	8 ~ 15	本规范附录 D 第 D.5 节
	偏差 (%)	± 10							

4.5.3 聚合物长纤维无捻粗纱的技术要求应符合表 4.5.2-1 的规定。直径宜满足表 4.5.2-2 或表 4.5.2-3 的要求。按本规范附录 D.6 检测短切率、分散率，均应不小于 90%；按本规范附录 D.7 检测硬挺度，宜不小于 80mm。

注：当纤维易分散时，硬挺度可不作要求。

## 4.6 钢纤维

4.6.1 钢纤维可采用低碳钢、合金结构钢或不锈钢材质。按生产工艺可分为冷拉钢丝切断型、薄板剪切型、钢锭铣削型、钢丝削刮型和熔抽型等。按形状可分为平直形和异形。

4.6.2 钢纤维规格应符合表 4.6.2 的规定。

表 4.6.2 钢纤维规格

项目		以下钢纤维规格的技术要求			试验方法
		I	II	III	
长度	公称长度 (mm)	6 ~ 25	25 ~ 50	30 ~ 120	本规范附录 E 第 E.1 节
	偏差 (%)	±10			
直径	公称直径 (mm)	0.1 ~ 0.25	0.3 ~ 0.9	0.3 ~ 1.2	本规范附录 E 第 E.1 节
	偏差 (%)	±10			
长径比	公称长径比	60 ~ 120	30 ~ 100	60 ~ 100	本规范附录 E 第 E.1 节
	偏差 (%)	±10			
形状合格率, 不小于 (%)		90 (85) <sup>a</sup>			本规范附录 E 第 E.2 节
抗拉强度等级		2 000 级	600 ~ 1 000 级	600 ~ 1 000 级	本规范附录 E 第 E.5 节

注:<sup>a</sup> ( ) 内为异形钢纤维要求。

**4.6.3** 钢纤维表面应干燥清洁, 表面无污染、锈蚀、杂质, 无结团、黏结连片, 其技术要求应符合表 4.6.3 的规定。

表 4.6.3 钢纤维技术要求

项目	2 000 级	1 000 级	600 级	试验方法
抗拉强度 <sup>a</sup> (MPa)	≥2 000	≥1 000	≥600	本规范附录 E 第 E.5 节
弯曲性能合格率 (%)	≥90	≥90	≥90	本规范附录 E 第 E.4 节
杂质含量 (%)	≤0.1	≤0.1	≤0.1	本规范附录 E 第 E.3 节

注:<sup>a</sup> 抗拉强度可采用钢纤维, 或钢纤维的母材进行测定。

## 4.7 纤维布

**4.7.1** 聚丙烯、聚酯纤维布的聚合物纤维含量应不少于 95%, 其纤维布质量应符合表 4.7.1 的规定, 外观质量应符合现行《公路工程土工合成材料 第 2 部分: 土工织物》(JT/T 1432.2) 的规定。

表 4.7.1 聚丙烯、聚酯纤维布技术要求

序号	项目	技术要求			试验方法
		I	II	III	
1	单位面积质量 (g/m <sup>2</sup> )	130	150	170	JTG 3460 T 1111
2	单位面积质量偏差率 (%)	±5	±5	±5	JTG 3460 T 1111
3	纵横向断裂强度 (kN/m)	≥10.0	≥14.0	≥16.0	JTG 3460 T 1121
4	纵横向断裂伸长率 (%)	≥50	≥50	≥50	JTG 3460 T 1121
5	CBR 顶破强力 (kN)	≥1.7	≥2.0	≥2.4	JTG 3460 T 1126

续表 4.7.1

序号	项目	技术要求			试验方法
		I	II	III	
6	纵横向梯形撕裂强力 (N)	≥250	≥350	≥400	JTG 3460 T 1125
7	厚度 (mm)	1.2~1.6	1.4~1.8	1.5~2.0	JTG 3460 T 1112
8	沥青浸润量 (L/m <sup>2</sup> )	≥0.9	≥1.0	≥1.1	本规范附录 F 第 F.1 节
9	高温收缩率 <sup>a</sup> (%)	≤2.5	≤2.5	≤2.5	本规范附录 F 第 F.2 节
10	熔点 (°C)	≥160 (240) <sup>b</sup>	≥160 (240) <sup>b</sup>	≥160 (240) <sup>b</sup>	GB/T 16582
11	抗紫外线强度保持率 <sup>c</sup> (%)	≥80	≥80	≥80	JTG 3460 T 1164 <sup>c</sup>
12	抗酸碱强度保持率 (%)	≥85	≥85	≥85	JTG 3460 T 1162

注：<sup>a</sup>仅检验聚丙烯纤维布。非热态条件下施工，或不加铺热拌混合料时，可不予要求。

<sup>b</sup>( ) 内值为聚酯纤维布熔点要求。

<sup>c</sup>光源选用 UVB-313 型灯管，老化时间为 96h。断裂强度按 JTG 3460 T 1121 法测定。

### 条文说明

聚丙烯或聚酯纤维布一般采用针刺或缝合等机械固结；一般不采用纯热熔黏结或化学黏合剂固结，以避免影响纤维布对沥青结合料的吸附。纤维布外观完整，无油斑、褶皱，一面烧毛压光或热定型压光，另一面为有绒毛面。

聚丙烯纤维布耐酸碱性、与沥青亲油性好，铺设时与下承层热黏结性能好，应用最为广泛；其缺点是材料耐高温性能稍差。对于聚丙烯纤维布，若黏层油温度高于 121℃，容易产生收缩、灼伤等热损坏，温度更高时甚至出现融化；因此，可以 121℃ 作为聚丙烯纤维布可铺设的最高温度。但是一旦聚丙烯纤维布吸收沥青，在高于 121℃、甚至高于其熔点温度条件下，由于沥青绝热作用而不会产生收缩、融化；但是若温度高于 180℃，会容易产生变软、强度降低、局部灼伤，撒布碎石封层或加铺沥青混合料时容易被刺破。因此，聚丙烯纤维布之上洒布沥青温度或摊铺沥青混合料温度应不大于 180℃；否则应进行工程试验验证其可用性。

聚酯纤维布耐高温性能好，而耐碱性、亲油性以及与沥青路面热黏结性能较差，不宜用于碱性条件，其加铺路面层后需通过工程试验验证再生利用可行性。聚酯纤维布高温收缩温度约为 204℃，其铺设时可不考虑高温收缩等热损伤问题；聚酯纤维布浸润沥青后，若其上摊铺混合料温度高于 200℃，仍然会容易产生变软、强度降低、局部灼伤、易刺破的情况。因此，聚酯纤维布之上洒布沥青或摊铺沥青混合料温度应不大于 200℃；否则应进行工程试验验证其可用性。

**4.7.2** 聚酯玻纤布中聚酯纤维、玻璃纤维含量合计应不少于 95%；玻璃纤维应为耐碱 ARG 类玻璃纤维，或无硼无碱 ECR 或无碱 E 类玻璃纤维。其质量应符合表 4.7.2 的

规定，外观质量应符合现行《公路工程土工合成材料 第2部分：土工织物》（JT/T 1432.2）的规定。

表 4.7.2 聚酯玻纤布技术要求

序号	项目	技术要求			试验方法
		I <sup>a</sup>	II <sup>a</sup>	III <sup>a</sup>	
1	单位面积质量 (g/m <sup>2</sup> )	135	300	450	JTG 3460 T 1111
2	单位面积质量偏差率 (%)	±5	±5	±5	JTG 3460 T 1111
3	纵横向断裂强度 (kN/m)	≥5	≥60	≥80	JT/T 1432.2
4	纵横向断裂伸长率 (%)	≤5	≤10	≤10	JT/T 1432.2
5	熔点 (°C)	≥205	≥205	≥205	GB/T 16582
6	沥青浸润量 (L/m <sup>2</sup> )	≥0.5			本规范附录 F 第 F.1 节
7	抗紫外线强度保持率 (%)	≥80	≥80	≥80	JTG 3460 T 1164 <sup>b</sup>
8	抗酸碱强度保持率 (%)	≥80	≥80	≥80	JTG 3460 T 1162

注：<sup>a</sup> I类无需加筋；II类采用玻璃纤维长丝束在底面单向加筋，断裂强度仅测定加筋方向值；III类采用玻璃纤维长丝束在底面长度、宽度进行双向加筋。

<sup>b</sup>选用 UVB-313 型灯管，老化时间为 96h。断裂强度按 JT/T 1432.2 法测定。

### 条文说明

聚酯玻纤布通常由湿法成型的非织造材料制成，该材料包含随机分散的玻璃纤维和聚酯纤维，并通过树脂黏结体系黏结在一起。聚酯玻纤布外观应完整，无油斑、褶皱，不得双面烧毛压光或热定型压光。

**4.7.3** 纤维布的长度应不超过标称值 ±1m 与标称值 × (1 ±0.5%) 的较小值，宽度不超过标称值 ±50mm 与标称值 × (1 ±0.5%) 的较小值。

### 条文说明

纤维布卷材宽度一般为 2.5 ~ 5.5m，常见宽度为 3.8m。纤维布卷材常见长度为 110m。

## 4.8 格栅

**4.8.1** 格栅表面应涂覆高熔点弹性聚合物或聚合物改性沥青，材料色泽应均匀，无明显油污。外观应无损伤、无破裂。网孔大小、形状应均匀。

**4.8.2** 聚合物纤维格栅质量应符合表 4.8.2 的规定。

表 4.8.2 聚合物纤维格栅技术要求

序号	项目	聚酯格栅		聚乙烯醇格栅		试验方法
		I	II	I	II	
1	格栅原材料	聚酯纤维纱线		聚乙烯醇纤维纱线		—
2	涂覆材料	弹性聚合物或聚合物改性沥青， 与沥青具有较好的相容性				—
3	加筋材料熔点 (°C)	≥240		≥200		GB/T 16582
4	涂覆材料熔点 (°C)	≥185		≥185		
5	纵横向标称抗拉强度 (kN/m)	≥50-50	≥100-100	≥50-50	≥100-100	JTG 3460 T 1123
6	纵横向标称伸长率 (%)	≤12		≤6		JTG 3460 T 1123
7	抗紫外线强度保持率 (%)	≥80				JTG 3460 T 1164 <sup>a</sup>
8	抗酸碱强度保持率 (%)	≥80				JTG 3460 T 1162
9	纵横向标称内孔尺寸 (mm)	15-15、20-20、25-25、30-30 或 40-40				JTG 3460 T 1114 <sup>b</sup>
10	纵横向内孔尺寸偏差 (%)	±10				
11	开孔面积率 (%)	≥60				

注：<sup>a</sup>选用 UVB-313 型灯管，老化时间为 96h。抗拉强度按照 JTG 3460 T 1123 法测定。

<sup>b</sup>开孔面积率为开口总面积与格栅面积的百分比。

4.8.3 无机纤维格栅质量应符合表 4.8.3 的规定。

表 4.8.3 无机纤维格栅技术要求

序号	项目	玄武岩纤维格栅			玻璃纤维格栅			碳纤维格栅	试验方法
		I	II	III	I	II	III	III	
1	格栅原材料	玄武岩纤维无捻粗纱			耐碱 ARG 类玻璃纤维， 无碱 ECR 或无碱 E 类玻璃纤维无捻粗纱			碳纤维，或 碳纤维与 E 类玻璃纤维 复合纤维	—
2	涂覆材料	弹性聚合物或聚合物改性沥青， 与沥青具有较好的相容性							—
3	加筋材料熔点 (°C)	>300							GB/T 16582
4	涂覆材料熔点 (°C)	≥220							

续表 4.8.3

序号	项目	玄武岩纤维格栅			玻璃纤维格栅			碳纤维格栅	试验方法
		I	II	III	I	II	III	III	
5	纵横向标称抗拉强度 (kN/m)	≥50-50	≥100-100	≥100-200	≥50-50	≥100-100	≥100-200	≥100-200	JTG 3460 T 1123
6	纵横向标称伸长率 (%)	≤4			≤5			≤3	JTG 3460 T 1123
7	抗紫外线强度保持率 (%)	≥80							JTG 3460 T 1164 <sup>a</sup>
8	抗酸碱强度保持率 (%)	≥80							JTG 3460 T 1162
9	纵横向标称内孔尺寸 (mm)	15-15、20-20、25-25、30-30 或 40-40							JTG 3460 T 1114 <sup>b</sup>
10	纵横向内孔尺寸偏差 (%)	±10							
11	开孔面积率 (%)	I、II类: ≥60; III类: ≥50							

注：<sup>a</sup>选用 UVB-313 型灯管，老化时间为 96h。抗拉强度按照 JTG 3460 T 1123 法测定。

<sup>b</sup>开孔面积率为开口总面积与格栅面积的百分比。

#### 4.8.4 格栅宜采用下列三种方式处理以提高铺设施工性能：

1 带纤维布辅衬格栅：缝合、粘贴或层压单位面积质量约 40 ~ 60g/m<sup>2</sup>的聚丙烯或聚酯纤维布，粘贴在热洒黏层油上。

2 压敏粘贴式格栅：涂覆压敏性黏结材料，通过压力粘贴在路面上，黏结材料软化点宜不低于 95℃。

3 热熔粘贴式格栅：涂覆多层热塑性（如沥青）涂层或带热塑性（如沥青）薄膜辅衬，通过热源熔融粘贴在路面上或者加铺热拌沥青混合料时熔融粘贴在路面上。

注：路用格栅不得直接采用土工格栅。路用格栅与土工格栅最大区别在于路用格栅浸渍弹性聚合物或聚合物改性沥青涂层，具有非常好的沥青相容性，这是路用格栅良好施工性能的重要保障。

粘贴式格栅，堆放时容易黏结，影响铺设时自由展开；气温较低时，热熔粘贴式格栅与下承层黏结性能难以保障；同时这些格栅需要黏层油用量较低，比较硬，当既有路面平整度较差时不容易与下承层紧密贴合安装。

带纤维布辅衬的格栅，按纤维布辅衬单位面积质量，可分为 15 ~ 40g/m<sup>2</sup>、40 ~ 60g/m<sup>2</sup>、80 ~ 100g/m<sup>2</sup>三档。随着辅衬的单位面积质量增加，黏层油用量是增加的，铺设施工性更高，同时防（封）水和应力消散作用也是增加的，但是材料单价也是增加

的。纤维布辅衬,其中 $15\sim 40\text{g}/\text{m}^2$ ,黏层油用量较低,铺设施工性比较差,应用较少; $80\sim 100\text{g}/\text{m}^2$ ,各方面性能最佳,但是其趋向于归类为复合格栅,应用也非常有限; $40\sim 60\text{g}/\text{m}^2$ 应用最为广泛。当辅衬单位面积质量小于 $80\text{g}/\text{m}^2$ 时,其浸润沥青用量比较低,仅具有较弱的应力消散功能,且不具备防(封)水功能。

当采用纤维布辅衬时,应按表4.7.1检验单位面积质量偏差率、熔点、高温收缩率、紫外线强度保持率和抗酸碱强度保持率,同时应实测沥青浸润量。

**4.8.5** 格栅的长度、宽度尺寸应不超过标称值 $\times (1\pm 0.5\%)$ 。

#### 条文说明

格栅常见宽度为 $1.5\sim 4\text{m}$ ,长度为 $45\sim 150\text{m}$ 。宽度较小的格栅需要更多的铺设次数,通常完成安装的耗时也更长,同时有更多的搭接。但是宽度较小的格栅铺设时褶皱可能更少。格栅的宽度取决于卷绕工艺、格栅孔径、涂覆类型。

#### 4.9 复合格栅

**4.9.1** 复合格栅中的格栅应满足表4.8.2或表4.8.3的要求,其纤维布基材可为聚丙烯或聚酯纤维布,其质量应满足表4.7.1中Ⅰ类或Ⅱ类纤维布的要求。

注:复合格栅,根据所采用的格栅规格,分为Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ类。复合格栅中的纤维布,用于提高其施工性能,一般采用Ⅰ类聚丙烯、聚酯纤维布;对于反复冻融、膨胀土、软黏土等路基段,也可采用Ⅱ类纤维布。

**4.9.2** 复合格栅的长度、宽度尺寸应不超过标称值 $\times (1\pm 0.5\%)$ 。

## 5 沥青路面

### 5.1 一般规定

5.1.1 热拌、温拌、冷拌及冷补沥青混合料可根据工程需要和要求掺加纤维材料。

5.1.2 应采取措施保证纤维沥青混合料中纤维分散均匀、性能稳定，并应通过试验确定纤维沥青混合料的拌和温度等关键工序参数。

5.1.3 沥青混合料的材料、配合比设计、施工和质量控制除了本规范规定之外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的有关规定。

### 5.2 材料

5.2.1 沥青混合料用纤维类型、规格的选择应符合下列规定：

- 1 热拌沥青混合料应选用亲油耐高温的纤维材料。
- 2 间断级配沥青混合料宜选择吸油、稳定作用较好的絮状、粒状木质纤维或絮状玄武岩纤维；也可采用短切束状玄武岩纤维或聚合物纤维，与木质纤维按一定质量掺配混合使用。
- 3 连续级配沥青混合料宜选择短切聚合物纤维或短切玄武岩纤维，也可采用其两种或两种以上纤维掺配混合使用。
- 4 使用聚乙烯醇纤维时，应进行混合料水敏感性评价，必要时采取抗剥落措施；使用聚丙烯纤维时，混合料拌和温度宜不大于 150℃。
- 5 短切纤维长度应与沥青混合料的公称最大粒径相匹配。在满足施工性能的条件下，宜选择长径比大的纤维。纤维长度宜不小于公称最大粒径的 1/2；对于玄武岩纤维、芳纶纤维或芳纶纤维组成的混合纤维，其长度宜为公称最大粒径的 1 倍。

5.2.2 纤维材料技术要求应符合本规范第 4 章的规定。不同纤维掺配使用时，各纤维应分别满足本规范第 4 章的相关要求。

### 5.3 配合比设计

5.3.1 应根据工程项目气候条件、交通荷载等级和结构层位的结构、功能要求，选

择纤维类型和规格。

**5.3.2** 应根据气候条件、交通荷载等级和层位结构、功能要求等，结合工程实践确定沥青混合料工程设计级配范围，进行配合比设计。

**5.3.3** 纤维沥青混合料应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 规定的要求进行配合比设计，并进行三阶段配合比设计。

**5.3.4** 纤维沥青混合料可采用马歇尔法或旋转压实法进行配合比设计，并应符合下列规定：

1 室内拌制沥青混合料时，可根据混合料类型、纤维类型和掺加量，延长拌和时间 5 ~ 10s。

2 成型沥青混合料试件时，均应在沥青混合料拌和之后进行短期老化：在成型温度  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  条件下短期老化 2h  $\pm$  5min。

3 沥青混合料纤维掺量（质量百分比）可按表 5.3.4-1 取值。

**表 5.3.4-1 沥青混合料纤维掺量推荐值（单位：%）**

级配类型	芳纶纤维	芳纶纤维、聚丙烯纤维的混合纤维	聚酯纤维、聚丙烯腈纤维等聚合物纤维	短切玄武岩纤维	絮状玄武岩纤维	絮状木质纤维	粒状木质纤维
连续级配混合料	0.0175	0.05	0.1~0.3	0.1~0.3	0.1~0.3	—	—
间断级配混合料	—	—	—	—	0.4~0.5	0.3~0.4	0.35~0.45

4 SMA 沥青混合料配合比指标应符合表 5.3.4-2 的规定。

**表 5.3.4-2 SMA 沥青混合料配合比技术要求**

项目	单位	技术要求			试验方法	
		重及以上交通		中等及以下交通 <sup>a</sup>		
		夏炎热区	夏热区和夏凉区			
击实次数（双面）	次	50	50	50	JTG 3410 T 0702	
设计空隙率	%	3~4	3~4	3~4	JTG 3410 T 0705	
矿料间隙率，不小于	絮状木质纤维	%	16.5	17.0	17.0	JTG 3410 T 0705
	粒状木质纤维或掺加木质纤维的混合纤维		16	16.5	16.5	
	絮状玄武岩纤维		15.5	16.0	16.0	

续表 5.3.4-2

项目		单位	技术要求			试验方法
			重及以上交通		中等及以下交通 <sup>a</sup>	
			夏炎热区	夏热区和夏凉区		
沥青饱和度	絮状木质纤维	%	74 ~ 85	75 ~ 85	75 ~ 85	JTG 3410 T 0705
	粒状木质纤维或掺加木质纤维的混合纤维		73 ~ 83	74 ~ 85	74 ~ 85	
	絮状玄武岩纤维		72 ~ 83	73 ~ 83	73 ~ 83	
沥青析漏损失, 不大于	絮状木质纤维	%	0.1	0.1	0.2	JTG 3410 T 0732
	粒状木质纤维或掺加木质纤维的混合纤维		0.2	0.2	0.3	
	絮状玄武岩纤维		0.3	0.3	0.3	

注：<sup>a</sup>中等交通的长大纵坡路段可按重交通设计。

5 PAC 沥青混合料析漏指标应符合表 5.3.4-3 的规定。

表 5.3.4-3 PAC 沥青混合料析漏技术要求

项目		技术要求		试验方法
		PAC	PAC <sub>AR</sub>	
击实次数（双面）（次）		50	50	JTG 3410 T 0702
沥青析漏损失（%）	不掺加纤维	≤0.8	≤0.5	JTG 3410 T 0732
	絮状木质纤维	≤0.3	≤0.3	
	粒状木质纤维或木质纤维与玄武岩纤维复配	≤0.4	≤0.4	
	絮状玄武岩纤维	≤0.5	≤0.5	

6 纤维密级配沥青混合料，在初选配合比基础上，可选择 3 个纤维长度、3 个纤维含量（质量百分比），按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中 T 0744 试验方法测定 25℃ 条件下抗裂性能，选择柔性指数最高的 1 组配比作为拟定的目标配合比。

注：对于初始模量 ≥25GPa 的纤维，如玄武岩短切纤维、聚乙烯醇纤维、芳纶纤维等，其纤维沥青混合料，可按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中 T 0744 进行试验，T 0747 方法计算断裂韧性，选择断裂韧性最高的 1 组配比作为拟定的目标配合比。

**5.3.5** 应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG 40)的相关要求进行纤维沥青混合料路用性能检验。连续密级配纤维沥青混合料应按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410)中 T 0744 试验方法检验 25℃ 条件下抗裂性能。与未掺加纤维沥青混合料相比,掺加纤维后的沥青混合料柔性指数提高应不小于 30%。

注:对于纤维沥青混合料,可按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410)中 T 0744 进行试验,按 T 0747 方法计算断裂韧性。与未掺加纤维沥青混合料相比,掺加纤维后的沥青混合料断裂韧性提高应不小于 30%。对于初始模量 $\geq 25\text{GPa}$ 的纤维,如玄武岩短切纤维、聚乙烯醇纤维、芳纶纤维等,断裂韧性指标提高更加明显;对于初始模量小于 25GPa 的纤维,则柔性指数提高更加明显。

**5.3.6** 纤维沥青混合料相关体积指标的确定应符合下列规定:

1 矿料用量应按式 (5.3.6-1) 计算,精确至 0.1%。

$$P_s = 100 - P_b - P_{ad} \quad (5.3.6-1)$$

式中:  $P_b$ ——沥青用量,沥青结合料质量占沥青混合料总质量的百分比(%);

$P_{ad}$ ——纤维的掺量,即纤维质量占沥青混合料总质量的百分比(%).

2 合成有效相对密度应按式 (5.3.6-2) 计算:

$$\gamma_{se} = \frac{100 - P_b - P_{ad}}{100 - \frac{P_b}{\gamma_b} - \frac{P_{ad}}{\gamma_{ad}}} \quad (5.3.6-2)$$

式中:  $\gamma_{se}$ ——矿料的合成有效相对密度,无量纲;

$\gamma_t$ ——理论最大相对密度,无量纲;

$\gamma_b$ ——沥青 25℃ 时相对密度,无量纲;

$\gamma_{ad}$ ——纤维 25℃ 时相对密度,无量纲。

## 5.4 施工

**5.4.1** 在拌和纤维沥青混合料时,应在喷洒沥青前将纤维投送入拌和缸中,纤维与粗细集料、填料应经过适当的干拌;纤维完全喷入后,纯干拌 $\geq 5\text{s}$ ,再喷入沥青进行湿拌。应根据混合料类型、纤维类型和掺量,适当延长混合料拌和时间,至纤维充分分散。

**5.4.2** 应根据混合料类型、纤维类型和拌和楼的实际情况确定纤维投放方式,并满足下列要求:

1 纤维宜采用专用设备进行分散、投送,投送设备应在使用前进行标定并满足称量精度要求。

2 粒状木质纤维、束状玄武岩纤维、芳纶纤维或芳纶混合纤维等,可配备高于拌

和机投料口的纤维储罐，采用风送投送设备将纤维吹入纤维储罐中；纤维投送时，宜自动称量、落入拌和缸中，并与集料同步、联动投料添加，避免风吹送氧气进入拌和缸中影响混合料的拌和质量。应通过质量控制纤维添加量，添加精度控制在  $\pm 5\%$ 。

3 短切纤维、絮状纤维，可采用纤维分散、称重、投送一体式全自动添加装置进行添加，并与集料同步、联动投料添加到拌和缸中，避免风吹送氧气进入拌和缸中影响混合料的拌和质量。应通过质量控制纤维添加量，添加精度控制在  $-5\% \sim +10\%$ 。

4 压密的絮状木质纤维、絮状玄武岩纤维，可采用分散、风送投送一体机。可采用吹送时间或体积来控制纤维添加量，添加精度控制在  $\pm 10\%$ 。

5 投送系统应配备记录、显示每盘料投送纤维用量的装置，并能够计算累计用量。投送系统与拌和系统联动，当纤维不能投放或添加量不够时，系统应能够自动报警。

6 在纤维分散、投放过程中，不得进行纤维切割而造成纤维长度变短。

7 应用规模较小的工程可通过人工方式将纤维通过观察孔等直接投入拌和缸中。

**5.4.3** 纤维沥青混合料应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 的相关规定进行摊铺、压实。对于摊铺后的路面，应持续观测摊铺效果；纤维结团、纤维分散不充分，出现结块或油斑等情况时，应及时进行清除，并查找原因。

## 5.5 施工质量控制

**5.5.1** 施工前应制定工程项目质量计划，规定质量检查项目、检验频率、取样方法、试验方法、评定标准等。

**5.5.2** 应按下列规定进行纤维材料检查：

1 应提前检查拟定的纤维材料的来源和质量，宜委托第三方送样检验并提交检验报告。

2 进场的纤维材料，其来源、品种、规格型号、质量应与设计的材料及样品一致。

3 纤维材料进场前应以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求材料不得进场。同一品种、规格型号、来源的连续进场的材料宜按表 5.5.2-1 数量进行组批。在开始进场时组批等级为 B 级，生产过程中应根据前序连续 6 次检查结果进行动态调整：0 次不合格，为 A 级；1 次及以上不合格，为 B 级。

表 5.5.2-1 材料组批数量

材料类型	材料组批的最大数量 <sup>a</sup>	
	A 级	B 级
纤维材料	100t	50t

注：<sup>a</sup> 当数量低于表中数量 20% 时，可不组批；当数量不低于表中数量 20% 时，按实际数量为一批。当小规模施工时，可直接按 B 级进行组批，不再进行动态调整。

4 纤维进场的质量检查项目与频率应符合表 5.5.2-2 的规定。未列入表中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

表 5.5.2-2 木质纤维、玄武岩纤维和聚合物纤维进场质量检查项目与频率

检查项目	不同纤维的检查频率				
	絮状木质纤维	粒状木质纤维	絮状玄武岩纤维	束状玄武岩纤维	聚合物纤维
外观	1 次/批	1 次/批	1 次/批	1 次/批	1 次/批
纤维长度、直径、长径比	1 次/批	1 次/批	1 次/批	1 次/批	1 次/批
含水率	1 次/批	1 次/批	1 次/批	1 次/批	
0.15mm 通过率	1 次/批	1 次/批	1 次/批		
木质纤维含量	1 次/批	1 次/批			
颗粒直径和长度		1 次/批			
渣球含量			1 次/5 批		
卷曲纤维含量				1 次/批	1 次/批
密度	1 次/5 批	1 次/5 批	1 次/5 批	1 次/5 批	1 次/5 批
吸油率	1 次/5 批	1 次/5 批	1 次/5 批	1 次/5 批	
灰分含量	1 次/5 批	1 次/5 批			
絮状纤维团质量百分率			1 次/5 批		
全项指标 <sup>a</sup>	1~2 次/项目				

注：<sup>a</sup> 全项指标不少于本规范中规定的所有必检指标，全项指标应包括设计文件中规定的全项指标。当所有进场量不足 3 批次时，可不检全项指标；当所有进场量达到 3~10 个批次时，可检 1 次全项指标；当所有进场量超过 10 个批次时，可检 2 次全项指标。全项指标应由施工单位抽检委托第三方送样检验，并提交检验报告。

5 正式开工前，应完成纤维材料试验及据此进行的目标配合比、生产配合比和生产配合比验证，形成正式报告，经批准后方可使用。

**5.5.3 施工过程中，应对纤维进行抽样检测，保证其质量符合本规范规定的技术要求。纤维材料质量检查项目与频率可按表 5.5.3 执行。未列入表 5.5.3 中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。**

表 5.5.3 施工过程中纤维材料质量检查项目与频率

检查项目	频率
外观	随时 <sup>a</sup>
含水率 <sup>b</sup>	1 次/2d
其他指标	必要时 <sup>a</sup>

注：“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况在质量计划中确定的频率；“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据质量计划中确定的频率。

<sup>b</sup>原包装袋装未拆分的纤维可降低频率。

**5.5.4 纤维沥青混合料生产过程中质量管理与检查应符合下列规定：**

- 1 应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 规定的混合料数量组批要求抽样进行检查。
- 2 应根据纤维混合料类型按要求确定取样位置，并在施工过程中保持一致。
- 3 纤维混合料生产过程中质量尚应符合表 5.5.4 的规定。

**表 5.5.4 纤维混合料生产过程中质量管理与检查要求**

检查项目	检查频率及方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	纤维无结块、结团	感官检查
纤维用量	1 次/批	≥生产配合比的 60%	本规范附录 G 第 G.1 节
	在线逐盘采集、 计算单点评定	生产配合比 ±10%	纤维投送机或拌和箱 采集数据计算
	在线逐盘采集、 总量检验，1 次/d	生产配合比 ±5%	纤维投送机或拌和箱 采集数据计算
纤维混合料抗裂性能 <sup>a</sup>	不少于 1 次/项目	满足设计要求	JTG 3410 T 0744

注：<sup>a</sup> 仅测定连续级配纤维沥青混合料。可取沥青、填料及拌和楼热料仓各档粗、细集料，按生产配合比室内拌制沥青混合料成型试件进行试验。

**5.5.5 纤维沥青路面应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 进行质量检查。**

## 6 水泥混凝土路面

### 6.1 一般规定

6.1.1 一般路基段、收费广场、服务区的水泥混凝土路面、水泥混凝土桥面、隧道道面以及性能要求较高的刚性基层，可根据工程需要和要求使用纤维材料。

6.1.2 应采取措施保证纤维水泥混凝土中纤维分散均匀、性能稳定。

6.1.3 纤维水泥混凝土的配合比设计应满足其弯拉强度、工作性、耐久性要求，兼顾经济性。

6.1.4 水泥混凝土的材料、配合比设计、施工和质量控制除应符合本规范规定外，尚应符合现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)的有关规定。超高性能混凝土的材料、配合比设计、施工和质量控制可参考相关技术标准。

### 6.2 材料

6.2.1 水泥混凝土用纤维类型、规格的选择应符合下列规定：

- 1 应选用亲水、耐酸、无碱或耐碱的纤维材料。
- 2 提高抗拉、抗弯等力学性能时，宜选用钢纤维；一般钢纤维混凝土，可选择Ⅱ类钢纤维，对于超高性能混凝土宜选择Ⅰ类钢纤维，对于层布式钢纤维混凝土路面，可选择Ⅲ类钢纤维。当水泥混凝土用于表面层时，不得使用钢丝切断型钢纤维。
- 3 提高抗渗、抗冲击等性能时，宜选用短切聚合物纤维、短切玄武岩纤维、短切玻璃纤维。
- 4 不宜选择聚酯纤维。
- 5 短切纤维长度应与水泥混凝土的公称最大粒径匹配，在满足施工性能的基础上宜选择长径比大的纤维。纤维长度应不小于公称最大粒径的1/2；对于玄武岩纤维、芳纶纤维、聚丙烯粗纤维或芳纶纤维的混合纤维，其长度宜为公称最大粒径的1倍；对于钢纤维，其长度宜为混合料公称最大粒径的1/2~1倍。

6.2.2 纤维材料质量应满足本规范第4章的要求。不同纤维掺配使用时，各纤维应

分别满足本规范第4章的相关要求。

### 6.3 配合比设计

**6.3.1** 纤维混凝土配合比设计应包括目标配合比设计、施工配合比设计两个阶段，并应符合下列规定：

- 1 目标配合比应确定混凝土的水泥、集料用量、水灰（胶）比、外加剂掺量和纤维掺量。
- 2 施工配合比应通过拌和楼试拌确定拌和机参数。

**6.3.2** 纤维水泥混凝土应按现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG/T F30）的规定进行配合比设计，同时应符合下列规定：

- 1 纤维混凝土的钢纤维体积率宜不小于0.4%；层布式钢纤维混凝土等特殊路面的钢纤维体积率上限可提高为1.5%。
- 2 聚丙烯单丝纤维或网裂纤维体积率宜为0.06%~0.30%；芳纶纤维、玻璃纤维的体积率可根据工程经验确定。
- 3 当控制干缩、温缩等早期开裂时，可取纤维体积率范围的中值偏下；当改善抗疲劳性能、提高韧性时，可取纤维体积率范围的中值偏上。纤维长径比大时，宜取低值；反之宜取高值。
- 4 对于纤维体积率不大于0.10%的聚合物纤维混凝土，可按计算配合比进行试配和调整；当纤维体积率大于0.10%时，可适当提高外加剂、胶凝材料的用量，但不得降低水胶比。对于掺加增韧合成纤维的混凝土，配合比应相应调整，砂率和用水量等宜取下限值。
- 5 钢纤维混凝土用于桥面铺装、桥面板时，弯拉强度标准宜不低于5.5MPa，钢纤维体积率宜不小于0.6%；受弯拉作用的钢纤维混凝土桥面板，钢纤维体积率宜不小于0.75%。

### 6.4 施工

**6.4.1** 纤维混凝土拌和和运输应符合下列规定：

- 1 拌和楼（机）一次搅拌量宜不大于额定容量的80%~90%；拌和掺量0.4%以上的纤维混凝土时，宜不大于80%。
- 2 纤维混凝土拌和时，宜先进行纤维、水泥、粗细集料干拌，再加水湿拌；也可先投放水泥、粗细集料和水，在拌和过程中分散加入纤维。纤维混凝土的纯搅拌时间应比普通水泥混凝土规定的纯搅拌时间延长15~30s。采用先干拌后加水的搅拌方式时，干拌时间宜不少于60s，加水 and 外加剂搅拌90~120s。应通过试拌确定拌和最佳参数，确保纤维分散均匀、不结团。

3 纤维宜采用专用设备进行分散、计量和自动投放。应用规模较小的工程可采用人工投放。

4 有条件时，纤维水泥混凝土宜采用混凝土搅拌运输车运输。

5 纤维混凝土拌合物从出料到运输、铺筑完毕的允许最长时间宜符合表 6.4.1 的规定。在浇筑和摊铺过程中可喷雾防止表面水分蒸发，但不得因拌合物干涩而加水。

表 6.4.1 纤维混凝土拌合物从出料到运输、铺筑完成允许最长时间

气温 <sup>a</sup> (°C)	允许最长时间 <sup>b</sup> (h)	
	滑模摊铺	三辊轴机组或小型机具摊铺
5~9	1.5	1.20
10~19	1.25	1.0
20~29	1.0	0.75
30~35	0.75	0.40

注：<sup>a</sup>指施工时日间平均气温。

<sup>b</sup>使用缓凝剂时，时间数值可增加 0.3h。

#### 6.4.2 纤维水泥混凝土路面摊铺应符合下列规定：

1 纤维混凝土的最佳工作性及允许范围、坍落度及最大单位用水量应与所选定的摊铺方式相适应。

2 所采用的机械布料与摊铺方式，应保证面板内纤维分布的均匀性、连续性，在一块面板内的浇筑和摊铺不应中断。

3 松铺厚度应通过试铺确定。拌合物坍落度相同时，纤维混凝土松铺厚度宜比相同机械施工方式的普通混凝土路面松铺厚度高约 10mm。

4 控制浇筑速度和混凝土自由下落高度，避免拌合物出现离析、分层或纤维裸露等现象。浇筑倾落的自由高度应不超过 1.5m，当倾落高度大于 1.5m 时，应加串筒、斜槽、溜管等工具辅助施工。

5 纤维混凝土振捣时间应比普通混凝土振捣时间略延长 10~20s，以确保混凝土内部气泡充分排出和纤维分布均匀。在振捣过程中，应加强对振捣效果的检查。

6 振捣时宜采用平板式振捣器振捣，当浇筑厚度超过 10cm 时也可采用插入式振捣器振捣。所采用的振捣机械和振捣方式除应保证纤维混凝土密实性与平整度外，尚应保证纤维在混凝土中分布的均匀性。在钢纤维混凝土施工时，应将混凝土拌和物中纤维压入或揉搓进表面砂浆层之内；整平后的面层表面不得裸露直立、上翘的钢纤维，发现钢纤维结团应立即剔除。

7 采用滑模摊铺机摊铺时，振捣棒组的振捣频率宜不低于 10 000r/min，振捣棒组底缘应严格控制在面板表面位置，不应将振捣棒组插入纤维混凝土内部振捣。

8 采用三辊轴机组摊铺时，不应将振捣棒组插入纤维混凝土内部振捣，也不应使用人工插捣；可采用大功率平板式振捣器振捣密实，再采用振动梁压实整平。振动梁底面应设凸棱以利表层纤维和粗集料压入，然后用三辊轴整平机将表面滚压平整，再用 3m 以上刮尺刮板或抹刀纵横向精平表面。

**6.4.3** 纤维混凝土面层宏观抗滑构造应使用刻槽方式制作，微观抗滑纹理可使用拖麻袋等软拉方式制作，软拉制作微观抗滑纹理时不应拖出纤维或留下纤维拖行的棱槽。

**6.4.4** 纤维混凝土路面板横向伸缩缝间距应根据当地气候条件、路面板厚度、纤维掺量和已有资料及工程经验确定，可比同条件普通混凝土路面横向缩缝间距延长，但宜不超过 15m。

**6.4.5** 纤维水泥混凝土施工完成并经质量检查合格后，应及时采取喷洒养生剂、覆盖塑料薄膜等方式养生。在特殊季节施工时，根据实际情况采取必要的保温、保湿或降温措施。

## 6.5 施工质量控制

### 6.5.1 施工前纤维混合料拌和物检查应符合下列规定：

1 应提前检查拟定的纤维材料的来源和质量，宜委托第三方送样检验并提交检验报告。必要时可进一步了解纤维生产单位的生产条件、加工装备和质量管理等情况。

2 进场的纤维材料，其来源、品种、规格型号、质量应与拟定的材料及样品一致。

3 纤维材料进场前以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求材料不得进场。同一品种、规格型号、来源的连续进场的材料宜按表 5.5.2-1 数量进行组批。在开始进场时组批等级为 B 级，生产过程中应根据前序连续 6 次检查结果进行动态调整：0 次不合格，为 A 级；1 次及以上不合格，为 B 级。

4 纤维进场的质量控制项目与频率宜满足表 5.5.2-2 和表 6.5.1 的规定。未列入表 6.5.1 中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

**表 6.5.1 玻璃纤维、钢纤维进场质量检查项目与频率**

检查项目	不同纤维的检查频率		
	水泥混凝土用玻璃短切纤维	沥青混合料用玻璃纤维	钢纤维
外观	1 次/车或 1 次/批	1 次/车或 1 次/批	1 次/批
长度	1 次/批		1 次/批
直径	1 次/批	1 次/批	1 次/批
含水率	1 次/批	1 次/批	
短切率		1 次/5 批	
分散率		1 次/5 批	
全项指标 <sup>a</sup>	1~2 次/项目	1~2 次/项目	

注：<sup>a</sup> 全项指标不少于本规范中规定的所有必检指标，全项指标应包括设计文件中规定全项指标。当所有进场量不足 3 批次时，可不检全项指标；当所有进场量达到 3~10 个批次时，可检 1 次全项指标；当所有进场量超过 10 个批次时，可检 2 次全项指标。全项指标应由工程单位抽检委托第三方送样检验，并提交检验报告。

5 正式开工前,应完成纤维材料试验及据此进行的目标配合比、生产配合比和生产配合比验证,形成正式报告,经批准后方可使用。

**6.5.2** 施工过程中,应对纤维进行抽样检测,保证其质量符合本规范规定的技术要求。纤维材料质量检查项目与频率可按表 5.5.3 执行。未列入表 5.5.3 中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

**6.5.3** 纤维混合料生产过程中,应按下列要求进行质量管理与检查:

- 1 应按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)规定进行组批、抽样检查。
- 2 应根据纤维混合料类型,按要求确定取样位置,并在施工过程中保持一致。
- 3 纤维混合料生产过程中质量尚应符合表 6.5.3 的规定。

表 6.5.3 纤维混合料生产过程中质量管理与检查要求

检查项目	检查频率及方法	质量要求或允许偏差	试验方法
混合料外观	随时	纤维无结块、结团	感官检查
纤维用量	1 次/批	$\geq$ 生产配合比的 80%	本规范附录 G 第 G.3 节
	总量检验, 1 次/d	生产配合比 $\pm 5\%$	纤维投送机计量或计量当天纤维消耗总质量

**6.5.4** 纤维水泥混凝土路面应按现行《公路水泥混凝土路面施工技术细则》(JTG/T F30)进行质量检查。

## 7 无机结合料稳定基层

### 7.1 一般规定

7.1.1 纤维无机结合料稳定材料可用于基层或底基层。

7.1.2 纤维无机结合料稳定基层混合料在满足设计强度的基础上应控制水泥用量。

7.1.3 在拌和、运输和摊铺过程中，应采取措施防止纤维无机结合料稳定材料出现离析，对摊铺后明显离析的混合料应铲除重铺。

7.1.4 纤维无机结合料稳定基层的材料、配合比设计、施工和质量控制除应符合本规范规定外，尚应符合现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）的有关规定。

### 7.2 材料

7.2.1 无机结合料稳定基层用纤维类型、规格的选择应符合下列规定：

- 1 应选用亲水、耐酸、无碱或耐碱的纤维材料。
- 2 宜选用短切玄武岩纤维、短切聚合物纤维和短切玻璃纤维。
- 3 不宜选择聚酯纤维。

4 短切纤维长度应与无机结合料的公称最大粒径相匹配。在满足施工性能的基础上宜选择长径比大的纤维，纤维的长度应不小于公称最大粒径的 1/2；对于玄武岩纤维、芳纶纤维、聚丙烯粗纤维或芳纶纤维组成的混合纤维，其长度宜为公称最大粒径的 1 倍。

7.2.2 纤维材料质量应满足本规范第 4 章的规定。

### 7.3 配合比设计

7.3.1 纤维无机结合料稳定基层混合料配合比设计应包括原材料检验、目标配合比设计、生产配合比设计和施工参数确定等四部分。

**7.3.2** 应根据公路等级、交通荷载等级、结构形式、材料类型等因素确定材料技术要求。

**7.3.3** 目标配合比设计应包括下列技术内容：

- 1 根据交通荷载等级选择强度设计值；
- 2 选择矿料级配；
- 3 确定胶结料掺配比例，纤维的种类、尺寸及掺量；
- 4 验证混合料相关的设计及施工技术指标。

**7.3.4** 确定混合料最大干密度指标时可采用重型击实方法，也可采用振动压实法。

**7.3.5** 目标配合比设计应符合下列规定：

- 1 应根据当地材料特点、交通荷载等级，选择合适的混合料配合比设计强度。
- 2 选定目标级配曲线后，应对各档材料进行多次筛分，确定其平均筛分级配及变异系数，并按 2 倍标准差计算出各档材料筛分级配的波动范围。
- 3 在目标配合比设计中，应选择不少于 3 个水泥剂量，分别确定混合料的最佳含水率和最大干密度。
- 4 应根据试验确定的最佳含水率、最大干密度及压实度要求成型标准试件，验证不同水泥剂量条件下混合料性能，确定满足设计要求的最佳水泥剂量。
- 5 宜选择混合料公称最大粒径  $1/2$  及其  $\pm 6\text{mm}$  的 3 个纤维长度，同时按照表 7.3.5 中纤维掺量范围拟定三个纤维用量（体积率），按最佳水泥剂量、最佳含水率、最大干密度及结构层位相应压实度条件成型试件，测定 7d 干缩率，选择干缩率最低的一组配合比作为拟定的目标配合比。与未掺加纤维试件相比，掺加纤维后试件的干缩率降低宜不小于 20%。

表 7.3.5 纤维无机稳定碎石的纤维用量（体积率）范围

纤维类型	体积率 (%)
玄武岩纤维	0.045 ~ 0.12
聚丙烯粗纤维	0.10 ~ 0.25
聚丙烯单丝纤维或网裂纤维	0.08 ~ 0.16
聚乙烯醇纤维	0.06 ~ 0.10
聚丙烯腈纤维	0.06 ~ 0.11
芳纶纤维	0.02 ~ 0.05
芳纶纤维和聚丙烯纤维的混合纤维（质量比为 1:2 ~ 1:4）	0.05 ~ 0.1

注：控制干缩、温缩等早期开裂时可取中值偏下，改善抗疲劳性能、提高韧性时可取中值偏上。纤维长径比越大，取低值，反之取高值。

6 应根据各档集料平均筛分曲线进行目标级配的合成，得到混合料的合成级配。应根据合成级配进行混合料重型击实试验和 7d 龄期无侧限抗压强度试验，验证混合料

性能。

7 应根据已确定的各档材料使用比例和各档材料级配的波动范围，计算实际生产中混合料的级配波动范围，并针对这个波动范围的上、下限验证性能。

**7.3.6** 目标配合比设计完成后，应调试拌和机，进行生产配合比设计，使拌制的纤维混合料符合配合比设计要求。

**7.3.7** 水泥剂量、含水率和最大干密度等混合料生产参数的确定应符合下列规定：

- 1 实际生产采用的水泥剂量宜比室内试验确定的剂量增加 0.2% ~ 0.5%。
- 2 应结合施工过程的运距及气候条件对混合料含水率进行调整。
- 3 最大干密度应以最终合成级配试验结果为标准。

## 7.4 施工

**7.4.1** 拌和设备的集料仓宜不少于 5 个，料斗口应安装钢筋网盖；拌缸长度宜不小于 5m，宜采用两级拌和的生产工艺，也可采用间歇式拌和生产工艺。

**7.4.2** 聚合物纤维宜采用专用设备进行分散和投送。纤维拆分袋装、分散机充分分散后，应立即通过螺旋器等连续匀速投入拌和机中。分散与投送应不改变纤维有效长度。

**7.4.3** 现场易于分散的聚丙烯粗纤维、玄武岩纤维、芳纶纤维，可在拆分袋装后直接通过螺旋器等连续匀速投入拌和机中。

**7.4.4** 小规模施工时可通过人工将纤维均匀投放到集料输送带上，使纤维随集料一起进入拌和机。

**7.4.5** 应在一般无机结合料稳定混合料拌和经验基础上适当增加拌和时间，持续观察纤维在混合料中分散的均匀性，确保拌和均匀。

## 7.5 施工质量控制

**7.5.1** 应按本规范第 6.5 节的规定进行原材料、拌和混合料的质量控制。

**7.5.2** 纤维无机结合料稳定基层应按现行《公路路面基层施工技术细则》（JTG/T F20）进行质量检查。

## 8 微表处

### 8.1 一般规定

8.1.1 纤维微表处可用于各等级公路路面预防养护工程。

8.1.2 纤维微表处按矿料级配可分为 MS-2、MS-3 和 MS-4 三种类型。

8.1.3 纤维微表处施工及养生期内的气温应不低于 10℃。

8.1.4 纤维微表处不得在雨天，或路面过湿与积水条件下施工。施工中遇雨或施工后混合料尚未成型遇雨时，应在雨后将无法正常成型的材料铲除。

8.1.5 纤维微表处的材料、配合比设计、施工和质量控制除应符合本章规定外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142-01) 的规定。

### 8.2 材料

8.2.1 微表处用纤维类型、规格的选择应符合下列规定：

- 1 应选用亲油耐酸耐碱的纤维材料。
- 2 宜选用玻璃纤维、玄武岩纤维、聚合物纤维。
- 3 玻璃长纤维无捻粗纱宜采用Ⅱ类；当微表处中未掺加水泥或消石灰时，可采用Ⅰ类。
- 4 宜采用长纤维无捻粗纱，或相应长纤维无捻粗纱进行预切的短切纤维。

8.2.2 纤维材料质量应满足本规范第 4 章的规定。

8.2.3 长纤维无捻粗纱现场短切或预切，长度宜为  $6\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、 $9\text{mm} \pm 1\text{mm}$  或  $12\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 。当路面裂缝较多或用于车辙修补时纤维长度可选择 12mm，其他情况纤维长度宜选择 6mm、9mm。

8.2.4 纤维按本规范附录 A 检测的短切率和分散率应不小于 85%。

### 8.3 配合比设计

**8.3.1** 应根据工程经验和技術经济性综合确定最佳纤维用量，可按下列方法确定最佳纤维用量：

1 在 0.1% ~ 0.3% 纤维用量范围内，按 0.05% 的间隔选择 5 个纤维用量，与改性乳化沥青、矿料、水泥和适量的水混合制备湿轮磨耗、轮辙变形试验用试样。改性乳化沥青用量可取 10%，水量通过拌和确定，水泥用量通过拌和试验、破乳时间试验、黏聚力试验综合确定。

2 进行湿轮磨耗试验和轮辙变形试验，以纤维用量为横坐标，以浸水 1h 湿轮磨耗值、轮辙变形试验的宽度变化率为纵坐标，将试验结果绘制成圆滑曲线，取 1h 湿轮磨耗值和轮辙变形试验的宽度变化率曲线最低点对应的纤维用量（图 8.3.1 中  $P_1$  和  $P_2$ ），取两者平均值作为最佳纤维用量，记为  $P_f$ 。

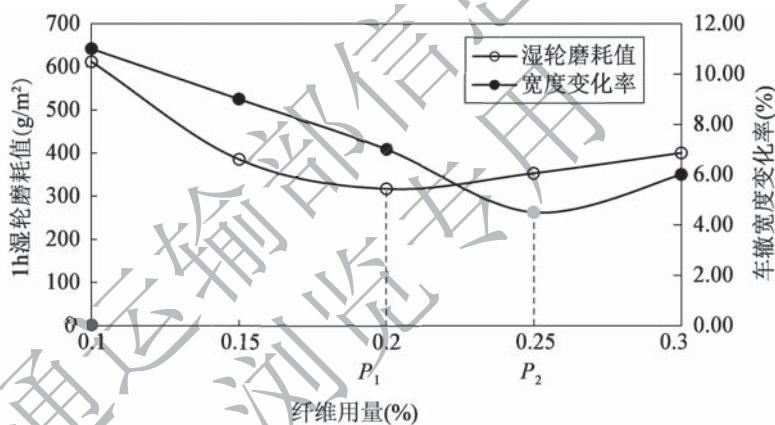


图 8.3.1 确定稀浆混合料纤维用量曲线

**8.3.2** 应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142-01) 的方法确定混合料最佳配合比。

**8.3.3** 纤维微表处混合料性能应满足现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)、《公路沥青路面预防养护技术规范》(JTG/T 5142-01) 中 A 级微表处技术要求。

### 8.4 施工

**8.4.1** 纤维微表处施工宜使用专用摊铺车。专用摊铺车应配备纤维存储和投放装置，具备纤维存储、剪切、计量、输送等功能。纤维添加装置宜具备纤维与集料用量同步增减功能。纤维封层摊铺车尾部可加装二次抹平装置。

**8.4.2** 纤维微表处施工前，应按摊铺车使用说明对摊铺车计量系统进行标定。当原材料改变和配合比发生较大变化时，应对摊铺车计量系统重新进行标定。

**8.4.3** 应铺筑长度不小于 200m 的试验段，根据试验段情况在设计配合比基础上确定生产配合比和施工工艺。通过试验段确定的生产配合比和施工工艺，施工过程中不得随意更改。

**8.4.4** 宜采用连续式摊铺车，提高施工效率。

**8.4.5** 纤维应在摊铺过程中边切割边投入拌和箱中，纤维投放应与集料投放同步。

**8.4.6** 使用没有纤维添加装置的微表处摊铺车进行纤维微表处施工时，应事先将纤维与矿料掺配均匀，然后按一般的微表处施工方法进行施工。

## 8.5 施工质量控制

**8.5.1** 施工前应制定工程项目质量计划，规定质量检查项目、检验频率、取样方法、试验方法等。

**8.5.2** 施工前应按本规范第 5.5.2 条的规定进行纤维材料检查。

**8.5.3** 施工前应对材料洒（撒）布车、施工辅助车辆、器具配套情况及性能等进行检查。

**8.5.4** 施工过程应按本规范第 5.5.3 条的规定进行纤维抽样检测。

**8.5.5** 纤维微表处施工过程中纤维掺量应按表 8.5.5 的规定进行检查。

表 8.5.5 纤维微表处施工过程中质量管理与检查要求

检查项目	检查频率 及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
纤维掺量	1 次/10 000m <sup>2</sup>	生产配合比 ±10%	T 0982 受样盘法
	总量检查, 1 次/d	生产配合比 ±5%	采用拌和箱数据 按 JTG/T 3640 进行总量检验

## 9 封层

### 9.1 一般规定

9.1.1 纤维封层可包括纤维碎石封层、纤维布碎石封层和复合封层。纤维封层可用于各等级公路路面结构层间功能层，以及二级及二级以下公路的路面预防养护工程。

9.1.2 封层施工时，下承层应整洁、干燥、无积水，且气温和路面温度应不低于10℃。当现场出现降水、强风、大雾天气，或天气预报24h内出现降水时，不得施工。

9.1.3 采用纤维封层+微表处的复合封层，纤维封层和微表处应符合本规范的有关规定。纤维封层完全成型并将多余的松散集料清除后，方可进行微表处施工。

9.1.4 封层的材料、材料撒（洒）布量设计、施工和质量控制除应符合本章规定外，尚应符合现行《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）的规定。

### 9.2 材料

9.2.1 纤维碎石封层用纤维、沥青的选择应符合下列规定：

- 1 应选用亲油耐酸的纤维材料。
- 2 宜选用Ⅰ类玻璃纤维；当下承层为水泥混凝土或无机结合料稳定等具有含碱环境条件或加铺沥青混合料掺加水泥、消石灰填料时，宜采用Ⅱ类玻璃纤维。
- 3 纤维形态应为长纤维无捻粗纱，或相应长纤维无捻粗纱进行预切的短切纤维。长纤维无捻粗纱现场短切或预切，长度宜为 $60\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 。当路面开裂较重时，可切割成长度 $60\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 和 $90\text{mm} \pm 3\text{mm}$ 的混合纤维，质量比为1:1。
- 4 纤维碎石封层应采用喷洒型改性乳化沥青。

9.2.2 纤维布碎石封层用纤维布、沥青的选择应符合下列规定：

- 1 应根据路面状况、交通荷载等级选择纤维布类型和型号。
- 2 当纤维布碎石封层用作面层时，宜选用聚丙烯、聚酯纤维布或Ⅰ类聚酯玻纤布。当集料公称最大粒径为19mm（规格为D20/6或D20/10）或路面开裂严重时，宜选择Ⅱ类聚丙烯、聚酯纤维布或Ⅰ类聚酯玻纤布；对于反复冻融、膨胀土、软黏土等路基

段,宜选择Ⅲ类聚丙烯、聚酯纤维布或Ⅰ类聚酯玻纤布;当集料公称最大粒径 $\leq 13.2\text{mm}$ 时,宜选择Ⅰ类聚丙烯、聚酯纤维布。

3 当纤维布碎石封层用于层间功能层时,对于路面开裂严重的,宜选择Ⅲ类聚丙烯、聚酯纤维布或Ⅰ类聚酯玻纤布;其他条件可选择Ⅱ类聚丙烯、聚酯纤维布或Ⅰ类聚酯玻纤布。

4 纤维布的宽度应合理,布设以减少纵向搭接为原则。

5 纤维布碎石封层黏层油应采用道路石油沥青或改性沥青,沥青结合料类型可按纤维布使用说明选用,也可按表 9.2.2 选用。

表 9.2.2 纤维布浸润沥青结合料类型

温度分区	路表最高温度 $T_{\text{HP}}^{\text{a}}$ (°C)	施工时气温 (°C)			
		<22	22~27	27~32	$\geq 32$
A	>65	70 号 90/150-45	70 号 90/150-45	50 号 或满足 PG 70 低标号沥青、 改性沥青 或满足 PG 76 改性沥青	PG 76 改性沥青 或 PG 70 低标号 沥青、改性沥青 或 50 号
B	60~65	70 号、90 号 90/150-45	70 号 90/150-45		
C	<60	90 号、110 号 90/150-45	70 号、90 号 90/150-45		

注:<sup>a</sup> 路表最高温度按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 计算。

### 条文说明

纤维布、复合格栅,黏层油优先采用热沥青,可以采用工程应用的基质沥青。若其铺设时气温较高时,一般选择低标号道路石油沥青或改性沥青;黏层油一般不采用乳化沥青,乳化沥青破乳、后期水分蒸发影响施工进度,残留水分会蒸发易产生鼓包,影响耐久性;黏层油一般不采用高黏橡胶沥青或高弹沥青,影响沥青对纤维布的浸润效果;黏层油禁止采用稀释沥青或含稀释剂的乳化沥青。对于反复冻融、膨胀土、软黏土等路基段,或变形、开裂突出的路段,一般采用高标号改性沥青 90/150-45。

#### 9.2.3 纤维碎石封层或纤维布碎石封层的集料的选择应符合下列的规定:

1 可采用单层式、双层式或嵌入式,单层式集料规格宜为 C13 或 C10,双层式集料规格宜为 D13/6、D20/6 或 D20/10,嵌入式集料规格宜为 R13/6 或 R10/6。

2 当纤维碎石封层、纤维布碎石封层用于层间功能层时,应采用单层式,且集料规格应不大于其上加铺沥青面层的沥青混合料公称最大粒径。

3 纤维碎石封层或纤维布碎石封层集料规格可按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 中碎石封层的要求确定。

#### 9.2.4 纤维复合封层材料应满足下列要求:

1 纤维复合封层中碎石封层,应按层间功能层进行设计和施工,宜采用改性乳化

沥青或热沥青的单层碎石封层，集料规格宜采用 C20 或 C13；当路面裂缝较多时，可采用改性沥青碎石封层、橡胶沥青碎石封层，或者纤维碎石封层和纤维布碎石封层，此时集料规格宜采用 C13 或 C10。

2 纤维复合封层中的微表处，可采用普通微表处或纤维微表处，可采用单层或双层式，微表处矿料级配规格宜为 MS-4、MS-3 或 MS-2。

### 9.3 材料撒（洒）布量设计

#### 9.3.1 纤维碎石封层材料撒（洒）布量设计应满足下列要求：

1 纤维用量宜为  $60 \sim 80\text{g}/\text{m}^2$ 。当既有路面裂缝较多或采用 13mm 规格碎石封层时，宜采用高值，否则可采用低值。

2 应按式 (9.3.1) 计算纤维影响量  $P_{ax}$ ，精确至  $0.01\text{L}/\text{m}^2$ 。

$$P_{ax} = 0.1 \times \frac{P_{xw}}{30} \quad (9.3.1)$$

式中： $P_{ax}$ ——纤维影响量 ( $\text{L}/\text{m}^2$ )；

$P_{xw}$ ——玻璃纤维用量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )。

3 将纤维影响量  $P_{ax}$ ，加上按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 设计的沥青用量，得到纤维碎石封层的总沥青用量。

4 施工时第 1 层和第 2 层的沥青洒布量分别为总沥青用量的 50%。

5 纤维碎石封层集料撒布量确定方法与碎石封层集料撒布量确定方法相同，可按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 计算确定。

#### 9.3.2 纤维布碎石封层材料撒（洒）布量设计应满足下列要求：

1 应按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40) 计算单层碎石封层的理论沥青用量，记为  $P_{sa0}$ ；或双层碎石封层的理论沥青用量，记为  $P_{sa01}$  和  $P_{sa02}$ ；沥青路面表面纹理影响量  $P_{st}$  以及路面吸收影响量  $P_{pa}$ 。

2 应按本规范附录 F.1 方法测定纤维布沥青浸润量，记为  $P_{ra}$ 。当无实测纤维布沥青浸润量数据时，可按以往工程数据选定，I 类、II 类和 III 类聚丙烯、聚酯纤维布可分别取值  $0.9 \sim 1.2\text{L}/\text{m}^2$ 、 $1.0 \sim 1.3\text{L}/\text{m}^2$  和  $1.1 \sim 1.4\text{L}/\text{m}^2$ 。

3 按式 (9.3.2-1) 确定黏层沥青用量  $P_{ta}$ ，精确至  $0.1\text{L}/\text{m}^2$ 。当计算的黏层沥青用量低于  $0.5\text{L}/\text{m}^2$  时，取  $0.5\text{L}/\text{m}^2$ ；大于  $0.9\text{L}/\text{m}^2$  时，取  $0.9\text{L}/\text{m}^2$ 。

$$P_{ta} = P_{st} + P_{pa} + k_{ra} \times P_{ra} \quad (9.3.2-1)$$

式中： $P_{ta}$ ——纤维布碎石封层的黏层沥青用量 ( $\text{L}/\text{m}^2$ )。

$k_{ra}$ ——调整系数，取  $0.4 \sim 0.45$ 。

4 对于单层碎石封层，应考虑纤维布沥青浸润量，按式 (9.3.2-2) 计算碎石封层最佳沥青洒布量  $P_{sa}$ ，精确至  $0.1\text{L}/\text{m}^2$ 。

$$P_{sa} = P_{sa0} + P_{st} + P_{pa} + P_{ra} - P_{ta} \quad (9.3.2-2)$$

注：纤维布碎石封层热沥青分2次喷洒，第一次喷洒应控制在 $0.5 \sim 0.9\text{L}/\text{m}^2$ ，确保能够使纤维布与下承层良好黏结，但不至于在后续施工过程中纤维布自由沥青溢出影响其上碾压等后续施工；在撒碎石封层集料之前，再进行第二次热沥青喷洒。

5 对于双层碎石封层，应考虑纤维布沥青浸润量，按式(9.3.2-3)计算第1层碎石封层的最佳沥青洒布量 $P_{sa1}$ ；取 $P_{sa02}$ 为第2层碎石封层的最佳沥青洒布量 $P_{sa2}$ ，精确至 $0.1\text{L}/\text{m}^2$ 。

$$P_{sa1} = P_{sa01} + P_{st} + P_{pa} + P_{ra} - P_{ta} \quad (9.3.2-3)$$

注：对于纤维布双层碎石封层，热沥青分3次喷洒。

6 纤维布碎石封层集料撒布量确定方法与碎石封层集料撒布量确定方法相同，可按现行《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)计算确定。

## 9.4 施工

### 9.4.1 碎石封层的施工设备及其配置应符合下列规定：

1 同步法施工纤维碎石封层应配备沥青纤维碎石同步封层车，异步法施工纤维碎石封层应配备沥青纤维同步洒布车和集料撒布车。沥青撒布车应配备单喷头手动喷洒装置，且配有截止阀。

2 纤维布碎石封层，同步法施工碎石封层应配备沥青碎石同步封层车，异步法施工碎石封层应配备沥青洒布车和集料撒布车。沥青撒布车还应配备单喷头手动喷洒装置，且配有截止阀。

3 应配备足够数量的胶轮压路机，吨位宜为 $5 \sim 26\text{t}$ 。

4 纤维布碎石封层施工，应配备专用张拉装置。

5 带长柄的硬毛刷或刮板，用于整平纤维布；剪刀或美工刀，用于裁切纤维布；毛刷，用于搭接处补涂黏层油；电动链锯，用于切割纤维布卷材。

### 条文说明

纤维布张拉装置，有多种安装方式：安装在沥青洒布车尾部；安装在压路机前部；安装在装载机前部；安装在拖拉机或皮卡车前部。早期纤维布张拉装置，多安装在沥青洒布车尾部，这种方式，一方面不便于检查黏层油洒布效果，同时沥青洒布后，立即铺设聚丙烯纤维布，高温条件下容易导致纤维布收缩、灼伤等热损伤。张拉装置安装在胶轮压路机前部或装载机前部，是目前最常见的方式；当然，也可安装在拖拉机或皮卡车

前部。

聚丙烯、聚酯纤维布铺设用张拉设备，其与聚酯玻纤布铺设用张拉设备有所不同。对于前者，其具有较高延展性，因此需要施加较大的张拉力，使纤维布绷紧、拉伸至最大程度，减少铺设过程中褶皱，因此采用斜刷和张拉杆，此时铺设速度也比较快。对于后者，刚度大、延展性较低，仅需要很小的张力、在自由无阻力或近似无阻力的条件下自由展开，因此一般采用直刷，同时采用无拉伸的滚筒系统代替张拉杆。聚酯玻纤布也可以采用张拉杆张拉设备铺设，此时可以不施加张力，或者施加非常微小张力铺设。

相对而言，聚酯玻纤布的安装难度是最大的，容易产生褶皱；其次是格栅，不容易与路面紧密贴合；再其次为复合格栅；聚酯纤维布较容易安装，而聚丙烯纤维布最容易安装，与路面贴合最为紧密。

**9.4.2** 施工前应对各类材料洒（撒）布车进行标定。每次使用前应对循环泵和喷嘴进行检查，确保循环泵正常运转，喷嘴无堵塞现象，管道无污染、畅通；确认是否采用滤网。

**9.4.3** 纤维合成材料铺设采用专业人员作业。正式施工前应进行施工人员专业培训，同时铺筑试验段，单车道长度宜不小于100m。通过试铺确定、优化材料用量，检验施工工艺。

**9.4.4** 纤维碎石封层应按下列要求进行施工：

1 纤维碎石封层宜采用同步法施工，也可采用异步法施工。各工序紧密衔接，确保黏层油洒布、纤维切割撒布、沥青洒布、集料撒布和碾压速度匹配。异步法施工时，沥青结合料、纤维洒（撒）布后5min内开始撒布集料覆盖，撒布集料后2min内应完成初压。

2 改性乳化沥青喷洒宜为70~85℃。集料不得预裹覆沥青。应提前一天检查集料含水率；若集料表面干燥应洒适量水至集料表面湿润，但不应有自由水或水膜。撒布时集料温度应不低于5℃。

3 撒布集料后应使用胶轮压路机紧跟缓慢碾压4遍，压路机碾压速度应不超过6km/h，且应在15min内完成。

注：乳化沥青碎石封层应在乳化沥青破乳之前完成碾压。

4 纵向接缝宜采用湿接缝，撒布搭接宽度宜为100~200mm。对于同步施工工艺，当无法采用湿接缝时，可搭接100~150mm。

5 横向接缝应设置成对接缝。当纤维碎石封层用于层间功能层时，横向接缝可搭接100~200mm，应顺着摊铺碾压方向搭接。

#### 9.4.5 纤维布碎石封层按下列要求进行施工:

1 喷洒热沥青黏层,黏层油喷洒两侧宽度均宜超出纤维布铺设宽度约 75mm。目测黏层油喷洒量过多的,应清除多余的沥青。

2 喷洒黏层油后,应紧跟铺设纤维布、碾压,再铺设碎石封层,应依序连续施工。纤维布铺设时,应控制热沥青黏层处于合适的温度范围。

注:若铺设纤维布时热沥青黏层温度过低,例如低于 50℃,通过碾压难以使得沥青上浮充分浸润纤维布,且纤维布容易褶皱、不贴合。若热沥青黏层温度过高,铺设纤维布后热沥青会快速被浸润,后续碾压等施工时易泛油、黏轮;对于聚丙烯纤维布,高温铺设还容易产生热损伤,温度更高甚至出现融化。因此,对于聚丙烯纤维布,需要监测喷洒热沥青的表面温度,可以 121℃ 来确定纤维布的铺设延迟最小时间,一般气温条件下,在黏层油喷洒后延迟 30~120s 铺设纤维布;若气温过高(大于 38℃)、路表温度过高(大于 60℃),宜暂停纤维布铺设;当大风、低温时,沥青洒布后会迅速降温,宜紧跟沥青洒布之后立即铺设纤维布。聚酯纤维布铺设时可不考虑高温收缩等热损伤问题。

3 纤维布应满铺行车道;纤维布采用专用张拉设备或专业人员手工铺设,有绒毛面向下,压光面向上;专用刷刷平、去除气泡。张拉设备应提供足够张力,以消除纤维布褶皱;纤维布重叠大于 2 倍的褶皱应切割或划开后铺平;重叠尺寸超过 25mm 的纤维布应予以剪除。纤维布多次纵向铺设时,可先一次喷洒黏层油然后分次铺设纤维布,最后一次洒沥青、撒集料铺筑碎石封层,减少搭接处沥青和集料的搭接堆积。

注:纤维布铺设面积小于 500m<sup>2</sup> 或宽度小于 2m 时,可采用手工铺设。手工铺设时,一般需 6~9 名人员:2~3 人负责展开纤维布,以确保其平整竖直;3~5 人负责涂刷纤维布;需要 1~2 人进行其他工序,比如收集包装袋、芯材,搭接和褶皱处裁剪、刷黏层油、抹平等。

纤维布采用专用张拉设备铺设的,质量更有保障。设备铺设时,往往需要 3~4 名人员:1 名为张拉设备驾驶员;2~3 人负责卷材装载、扫边,收集包装袋、芯材,搭接和褶皱处裁剪、刷黏层油、抹平等,还有 1 人兼纤维布运送车的驾驶员。

手工铺设和设备铺设时,纤维布在芯轴上卷绕方向不同。手工铺设时,务必让纤维布从卷筒上正面展开时压光面朝上;否则,手工铺设时必须将纤维布举离地面行走,增加劳动强度。张拉设备铺设时,应将纤维布反向卷绕在芯轴上;铺设时纤维布从卷筒背面展开,然后绕过张拉杆下方和上方,以此改变纤维布的面位,使压光面朝上、有绒毛面朝下,并增加更多张力;否则产生的张力会偏小,易出现褶皱。

对于聚酯玻纤布,有可能有铺设面,也有可能没有铺设面。

铺设纤维布时,随时检查纤维布卷筒是否变形下垂,必要时采用直径略小于卷筒芯轴的钢管或铝管进行加固。

4 铺设纤维布后，应尽快采用胶轮压路机适当稳压贴合，直至黏层油从底部上升直至浸润纤维布接近饱和但不黏轮，可见纤维布从灰色变成深褐色或黑色。若沥青浸润纤维布至饱和、表面泛油、被运输车辆等带起，可撒适量干燥的 S13、S14 集料或水洗砂，撒布量一般为  $0.7 \sim 3\text{kg}/\text{m}^2$ ，防止黏轮、撕裂、分层，并在施工碎石封层之前清除浮动颗粒；同时调整黏层油喷洒与纤维布铺设的间距，待温度适当降低后再铺设纤维布，或延后碾压。

注：小面积施工时，也可以采用长柄硬毛刷代替胶轮压路机作业，使纤维布与下承层充分贴合。

5 纤维布横向接缝应采取对接，可不搭接；纵向可搭接  $50 \sim 100\text{mm}$ ，应将路拱高的一侧搭接在路拱低的一侧。搭接处上、下纤维布之间人工补洒黏层油，以浸透上下两层纤维布为度，将黏层油刮平、再刷平纤维布。弯道半径过小不便于张拉设备铺设时，专业人员手工裁剪呈斜角或扇形、各块对接铺设、按压到位，使其与曲线贴合。

6 纤维布碎石封层用作层间功能层时，横向接缝宜搭接  $100 \sim 150\text{mm}$ ，应顺着摊铺碾压方向搭接。当弯道半径过小不便于张拉设备铺设时，专业人员手工裁剪呈斜角或扇形、各块重叠拼接铺设、按压到位，使其与曲线贴合，并适当搭接。搭接处上、下纤维布之间人工补洒黏层油、刷涂和充分按压。

7 采用同步法或异步法，紧跟纤维布碾压后铺筑碎石封层。

注：铺设纤维布的表面比较光滑，施工车辆临时通过时应限速  $30\text{km}/\text{h}$ ，且不得随意转弯、停车、启动；任何破损之处，需要重铺。

8 碎石封层施工时，对于聚丙烯纤维布、聚酯纤维布表面，应控制热沥青喷洒相应温度不高于  $180^\circ\text{C}$ 、 $200^\circ\text{C}$ 。

#### 9.4.6 开放交通及交通管控应符合下列规定：

1 封层在开放交通初期车速宜不超过  $20\text{km}/\text{h}$ 。开放交通前或开放交通初期，应适时清除表面多余的浮动集料。

2 使用乳化沥青时，应待乳化沥青完全破乳、水分蒸发并基本成型后方可开放交通。使用热沥青时，碾压结束后可开放交通，并通过开放交通补充压实，成型稳定。

3 纤维碎石封层、纤维布碎石封层用作层间功能层时，在其完成施工后宜封闭交通，禁止行人与车辆进入，并尽快铺筑沥青面层。铺筑沥青面层之前应采用真空清扫车真空吸尘等方式轻扫、移除松散材料。

9.4.7 纤维复合封层应分别施工碎石封层和微表处，在碎石封层层间功能层充分养生和凝结后，应尽快铺筑微表处。铺筑微表处之前，应将松散碎石清扫干净。

## 9.5 施工质量控制

**9.5.1** 施工前应制定工程项目质量计划，规定质量检查项目、检验频率、取样方法、试验方法等。

**9.5.2** 施工前纤维材料检查应符合下列规定：

1 应提前检查拟定的纤维材料的来源和质量，宜委托第三方送样检验并提交检验报告。

2 进场的纤维、纤维布材料，其来源、品种、规格型号、质量应与设计的材料及样品一致。

3 纤维、纤维布材料进场前应以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求材料不得进场。同一品种、规格型号、来源的连续进场的材料宜按表 9.5.2-1 数量进行组批。在开始进场时组批等级为 B 级，生产过程中应根据前序连续 6 次检查结果进行动态调整：0 次不合格，为 A 级；1 次及以上不合格，为 B 级。

**表 9.5.2-1 材料组批数量**

材料类型	材料组批的最大数量 <sup>a</sup>			
	封层		层间功能层	
	A 级	B 级	A 级	B 级
纤维	100t	50t	50t	25t
纤维布	5 000m 或 50 卷	2 000m 或 20 卷	2 000m 或 20 卷	1 000m 或 10 卷

注：<sup>a</sup>若数量低于表中数量，当低于 20% 时，可不组批；当不低于 20% 时，按实际数量为一批。当小规模施工时，可直接按 B 级进行组批，不再进行动态调整。

4 纤维、纤维布进场的质量检查项目与频率宜符合表 9.5.2-2 和表 9.5.2-3 的规定。未列入表 9.5.2-2 和表 9.5.2-3 中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

**表 9.5.2-2 玻璃纤维进场质量检查项目与频率**

检查项目	检查频率
外观	1 次/车或 1 次/批
长度	1 次/批
直径	1 次/批
含水率	1 次/批
短切率	1 次/批
分散率	1 次/批
全项指标 <sup>a</sup>	1 ~ 2 次/项目

注：<sup>a</sup>全项指标不少于本规范中规定的所有必检指标，全项指标应包括设计文件中规定的全项指标。当所有进场量不足 3 批次时，可不检全项指标；当所有进场量达到 3 ~ 10 个批次时，可检 1 次全项指标；当所有进场量超过 10 个批次时，可检 2 次全项指标。全项指标应由工程单位抽检委托第三方送样检验，并提交检验报告。

表 9.5.2-3 纤维布进场质量检查项目与频率

检查项目	纤维布检查频率
外观	1次/车或1次/批
单位面积质量	1次/批
沥青浸润量	1次/批
宽度	1次/批
全项指标 <sup>a</sup>	1~2次/项目

注：<sup>a</sup>全项指标不少于本规范中规定的所有必检指标，全项指标应包括设计文件中规定的全项指标。当所有进场量不足3批次时，可不检全项指标；当所有进场量达到3~10个批次时，可检1次全项指标；当所有进场量超过10个批次时，可检2次全项指标。全项指标应由工程单位抽检委托第三方送样检验，并提交检验报告。

5 正式开工前，应完成纤维材料试验及据此进行的目标配合比、生产配合比和生产配合比验证，形成正式报告，经批准后方可使用。

**9.5.3** 施工前应对材料洒（撒）布车、施工辅助车辆、机具配套情况及性能等进行检查，保证设备与车辆处于良好状态。

**9.5.4** 施工过程中，应对纤维材料进行抽样检测，保证其质量符合本规范规定的技术要求。纤维材料质量检查项目与频率可按表9.5.4执行。未列入表9.5.4中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

表 9.5.4 施工过程中纤维材料质量检查项目与频率

检查项目	纤维	纤维布
外观	随时 <sup>a</sup>	随时 <sup>a</sup>
含水率 <sup>b</sup>	1/2d	—
短切率 <sup>c</sup>	1/2d 或必要时	
分散率 <sup>c</sup>	1/2d 或必要时	
其他指标	必要时 <sup>a</sup>	质量计划中规定

注：<sup>a</sup>“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况在质量计划中确定的频率；  
“必要时”是指施工各方任何一个部门对其质量发生怀疑，提出需要检查时，或是根据质量计划中确定的频率。

<sup>b</sup>袋装可降低频率。

<sup>c</sup>限聚丙烯纤维等从打散机打散后取样，或纤维微表处、纤维封层用长纤维无捻粗纱，在现场短切后取样进行检查。

**9.5.5** 封层施工过程中质量管理与检查应符合表9.5.5的规定。

表 9.5.5 封层施工过程中质量管理与检查要求

检查项目	检查频率 及单点检验评价方法	质量要求或允许偏差	试验方法
纤维撒布量	1 次/10 000m <sup>2</sup>	生产配合比 $\pm 10\%$	T 0982 受样盘法
	总量检查, 1 次/d	生产配合比 $\pm 5\%$	计算每天纤维总量 按 JTG F40 进行 总量检验
纤维撒布均匀性	全线连续	纤维均匀分散, 无团聚	目测

**9.5.6** 纤维布碎石封层施工过程中, 应检验纤维布下方黏层油的洒布量, 保证满足设计要求。纤维布碎石封层在铺设纤维布后, 应对纤维布铺设的外观质量进行检查, 应顺直平整、拼接完整, 无露白、无重叠, 无表面泛油、无带起等现象。

## 10 其他应用

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 纤维布、格栅、复合格栅可用于防（封）水、应力消散、加筋增强等功能的层间功能层。

**10.1.2** 纤维布、格栅的层间功能层上加铺沥青面层厚度应不小于40mm，复合格栅的层间功能层上加铺沥青面层厚度应不小于50mm。当设置纤维合成材料的层间功能层后，可不再设置黏层。

注：纤维布上可加铺碎石封层作为双层层间功能层，此时加铺沥青面层厚度应不小于50mm；纤维布上也可以加铺碎石封层、稀浆封层、微表处，直接作为表面层。但格栅和复合格栅层上不宜再铺设碎石封层、稀浆封层和微表处作为双层层间功能层。

#### 条文说明

纤维合成材料功能层在路面结构中通过形成沥青膜、扩散拉应力来实现防（封）水、应力消散和加筋增强。对于新建、改扩建工程，沥青路面层底拉应力最大，因此纤维布、格栅、复合格栅功能层以设置在基层顶面效果最佳，对于延缓半刚性基层、旧水泥混凝土板反射裂缝非常有效，此时为了保证沥青路面整体强度，达到设计寿命，国际上要求这些功能层之上加铺沥青面层最小厚度不小于70~100mm，此时加铺面层厚度根据结构设计最终确定。

但是，对于养护工程，由于既有路面内部存在老化、裂缝等损伤，加铺沥青面层的底部也将产生较大拉应力，因此纤维合成材料也广泛在既有路面加铺沥青路面底部用作功能层。功能层有一定的厚度，如加铺的热拌沥青混合料厚度太薄会影响平整度，同时对功能层加热效应也有限，不利于功能层与下承层紧密贴合，因此国际上从可施工性出发，规定了加铺面层的最小厚度。

对于超薄磨耗层罩面，例如25mm以上超薄磨耗层，国际上已有研究，有成功案例，也有很多失败的案例，总体而言还缺乏足够工程实践验证数据。如果超薄磨耗层厚度小于25mm，由于摊铺热沥青混合料的温度损失过速，对功能层加热有限，更难保障

功能层与下承层、加铺层的充分黏结。

目前国际上,纤维布上加铺碎石封层、稀浆封层、微表处作为表面层已有大量成功工程实践。

**10.1.3** 纤维合成材料功能层施工时,下承层应整洁、干燥、无积水;坑洞、开裂、接缝、沉降变形、隆起等局部病害,应预先修补整平;路面平整度不满足要求的,应填补,或铣刨,或设置调平层。

**10.1.4** 当气温和路面温度低于 $10^{\circ}\text{C}$ ,或现场出现降水、强风、大雾天气,或天气预报24h内出现降水时,不得进行功能层及后续沥青路面施工。

注:若沥青混合料摊铺温度低于 $135^{\circ}\text{C}$ ,功能层及后续沥青路面施工时的气温和下承层温度宜不低于 $15^{\circ}\text{C}$ ,同时进行层间剪切强度试验检验满足要求。

**10.1.5** 除了本规范规定之外,纤维合成材料层间功能层的材料、材料设计、施工和质量控制应符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40)的规定。

## 10.2 材料

**10.2.1** 层间功能层用纤维合成材料应符合本规范第4章的要求。

## 10.3 功能层设计

**10.3.1** 根据功能需求和施工条件等,按下列规定选择纤维合成材料类型、规格:

1 对于新建、改扩建工程,可按表3.0.3的要求选择材料,宜设置在层底拉应力最大的层位,一般为下面层底部、基层顶面。

2 对于既有沥青路面工程的病害处治、加铺或拼宽的,可根据病害类型、功能需求、交通荷载、施工条件,结合表3.0.3和表10.3.1确定,一般设置在最底层加铺层的底部,或设置在调平层的表面。

表 10.3.1 病害处治、加铺、拼宽工程层间功能层适用范围

裂缝类型	施工条件	I、II、III类聚丙烯、聚酯纤维布	I类聚酯玻纤布	II、III类聚酯玻纤布	I类格栅	II、III类格栅	I类复合格栅	II、III类复合格栅
非荷载性中、轻度网裂	车道满铺	√	√	△	△	△	√	△

续表 10.3.1

裂缝类型	施工条件	I、II、III 聚丙烯、 聚酯纤维布	I类聚酯 玻纤布	II、III类 聚酯玻 纤布	I类 格栅	II、III类 格栅	I类复合 格栅	II、III类 复合格栅
非荷载性中度 以上网裂	车道满铺	√ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	△ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	△ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	△ <sup>d</sup>
网裂, 伴随 不均匀沉降、 平整度差	车道满铺	×	×	△ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>	√ <sup>d</sup>
温度开裂 (缝宽 < 6mm)	窄条铺设 或车道满铺	△	√	√ <sup>b</sup>	√	√	√	√
温度开裂 (缝宽 6 ~ 12mm)	窄条铺设	×	△ <sup>b</sup>	√ <sup>b</sup>	√ <sup>a</sup>	√	√ <sup>a</sup>	√
温度开裂 (缝宽 12 ~ 25mm)	窄条铺设	×	×	△ <sup>b</sup>	△ <sup>a,d</sup>	√ <sup>d</sup>	△ <sup>a</sup>	√
纵向裂缝、块裂 (宽度小于 6mm)	窄条铺设 或车道满铺	△	△	√	√	△	√	△
纵向裂缝、块裂 (宽度 6 ~ 12mm)	窄条铺设	×	△ <sup>b</sup>	√	√	√	√	√
纵向裂缝、块裂 (宽度 12 ~ 25mm)	窄条铺设	×	×	√ <sup>b</sup>	√ <sup>a,d</sup>	√ <sup>d</sup>	√ <sup>b</sup>	√
反射裂缝 (半刚性基层、 沥青层底疲劳)	窄条铺设 或车道满铺	△	△	△ <sup>d</sup>	√ <sup>a,d</sup>	√ <sup>c,d</sup>	√ <sup>a</sup>	√ <sup>c</sup>
反射裂缝 (水泥 混凝土板接缝)	窄条铺设 或车道满铺	△ <sup>b</sup>	△ <sup>b</sup>	△ <sup>b</sup>	√ <sup>a,d</sup>	√ <sup>c,d</sup>	√ <sup>a</sup>	√ <sup>c</sup>
车道拼宽	窄条铺设	×	×	×	√ <sup>a</sup>	√	√ <sup>a</sup>	√
路表水进入结构 内部或反复冻融	车道满铺	√	√	√	×	×	√	√

注: 表中, √-适用; △-可用; ×-不适用。

<sup>a</sup>限中等及以下交通荷载、非寒区。

<sup>b</sup>限中等及以下交通荷载。

<sup>c</sup>中等及以上交通宜选用III类。

<sup>d</sup>宜先设置调平层。

注：设置纤维合成材料功能层时，大部分工况下仅对既有路面裂缝灌缝、坑槽修补，或平整度较差路段进行找平或设置调平层，而不需要大面积开挖、铣刨等深层位处理，可按照表 10.3.1 选择适应方案设置功能层，直接加铺沥青路面。

若对局部病害进行铣刨、开挖等深层处理回填的，可采用各方案进行连续路段的车道满铺，再加铺沥青面层。此时适用于各等级交通荷载。

3 对于既有混凝土板加铺沥青路面的，可采用带纤维布辅衬的格栅或复合格栅功能层；若中等及以下交通荷载，也可采用车道满铺的纤维布功能层。

### 条文说明

旧混凝土板上直接铺设格栅时，一般设置调平层；旧混凝土板块脱空等具有竖向位移隐患的，需要予以处治。

4 对于新铺无机结合料稳定基层因干缩、温缩产生开裂的，在进行灌缝处理后，可采用纤维布或复合格栅功能层，进行车道满铺。

5 若路面平整度大于 4mm 或旧路面铣刨的，不得直接铺设无机纤维格栅或聚乙烯醇纤维格栅；若路面平整度大于 6mm 或旧路面铣刨纹理（峰谷）深度大于 9.5mm 的，不宜直接铺设聚酯玻纤布、各类格栅和复合格栅；若路面平整度大于 10mm 的，不宜直接铺设各类纤维布。平整度不满足要求的，应先进行填补，或铣刨、微表处等局部找平，或设置调平层，再铺设各类功能层。

### 条文说明

路面平整度差的，铺设纤维合成材料，无法与既有路面、铣刨面良好贴合，层间黏结强度低，特别是粘贴式无机纤维格栅和聚乙烯醇纤维格栅，延展性低，可施工性能非常差；路面平整度差的，各类格栅、复合格栅，在压路机、行车荷载作用下纤维合成材料强度会快速衰减，聚酯纤维格栅强度衰减可达 30%，而玻璃纤维格栅强度衰减可达 90%。因此，对于平整度不满足要求的，需先填补、找平，或设置调平层。调平层可采用 2.5~5cm 密级配沥青混合料。

6 对于聚酯玻纤布或玻璃纤维格栅和复合格栅，可选用耐碱 ARG 类玻璃纤维、无碱 ECR 或无碱 E 类玻璃纤维的纤维布或格栅和复合格栅；当与水泥混凝土或水泥稳定材料类直接接触时，应选用耐碱 ARG 类玻璃纤维的纤维布或格栅和复合格栅。

7 当摊铺热拌沥青混合料温度超过 180℃、200℃ 时，相应条件下不宜采用聚丙烯纤维布、聚酯纤维布，以及带有其材料辅衬的格栅和复合格栅。

8 气候越寒冷、冻融越严重，应选择沥青浸润量更高的纤维布规格；旧路面病害越严重、交通荷载越重，应选择强度更高的格栅、复合格栅规格。

9 纤维合成材料的宽度应合理，以减少纵向搭接为原则。对于窄条铺设时，应确

定裁割成条状尺寸，宽度宜不小于1m；对于拼宽工程，宽度宜不小于1.5m。

**10.3.2** 格栅、复合格栅开孔应为矩形，内孔尺寸应不小于加铺混合料最大粒径，且宜不小于混合料公称最大粒径的1.4倍。

#### 条文说明

格栅、复合格栅内孔尺寸需要与加铺的混合料粒径相匹配，确保混合料能穿过网孔，与下承层形成嵌锁咬合，避免出现“架空”或分层，保障加铺面层的整体性和抗剪性能。本规范规定格栅、复合格栅内孔尺寸为15mm、20mm、25mm、35mm和40mm等5个规格，适用的最佳混合料公称最大粒径为9.5mm、13.2mm、16mm、19mm和26.5mm。其中15mm内孔尺寸也适用于公称最大粒径小于9.5mm的混合料。

**10.3.3** 纤维布、带纤维布辅衬格栅和复合格栅功能层的黏层油（或浸用沥青）类型可按纤维合成材料产品使用说明或按表9.2.2选用。粘贴式格栅功能层的黏层油类型和用量可按产品使用说明选用。纤维布、格栅（带纤维布辅衬）、复合格栅，宜按本规范附录F.1方法测定纤维布的沥青浸润量，再加上常规黏层油用量，作为功能层黏层油总用量，且根据现场试验段进行调整。

#### 条文说明

常规黏层油用量，可依据《公路沥青路面施工技术规范》（JTG F40）按下承层的状况确定。对于纤维布、带纤维布辅衬的格栅和复合格栅，黏层油用量首先应充分浸润纤维布，整体形成一层应力吸收、防渗的膜，其用量约为纤维布的沥青浸润量；同时还有一定富余，用于将纤维合成材料与加铺层和下承层牢固黏结，其用量约等于常规黏层油用量。不同材料，浸润所需沥青用量差异较大，例如带纤维布辅衬的格栅，由于纤维布用量低，需要浸润沥青量比纤维布、带纤维布基材复合格栅要低得多；同样条件下，聚酯玻纤布浸润沥青用量比其他纤维布要低很多；纤维布单位面积质量越高，浸润沥青用量越高。

**10.3.4** 纤维布、格栅、复合格栅不宜用于长大纵坡（纵坡大于10%）、小半径弯道（半径小于60m）、平交口、环道、地下水位高等特殊路段。

## 10.4 施工

**10.4.1** 施工设备配备应符合下列规定：

- 1 纤维布、格栅、复合格栅铺设采用专用张拉设备。
- 2 碾压宜选用总重5~26t的胶轮压路机。

- 3 沥青喷洒应采用专用洒布机。
- 4 带长柄的硬毛刷或刮板,剪刀或美工刀,毛刷,电动链锯等。

### 条文说明

格栅、复合格栅,比聚酯纤维布的刚度大、延展性低,一般采用直刷,采用无拉伸的滚筒系统代替张拉杆,除保持其材料铺设平整、笔直、均匀之外的张紧外,不施加额外的张拉力,以避免铺设时阻止材料无阻力地自由展开。格栅、复合格栅也可以采用带张拉杆的张拉设备铺设,此时可以不施加张力,或者施加非常微小张力铺设;若采用定位杆,则其应该能够滚动,而不是让材料从其上方滑过。格栅、复合格栅需要采用较慢的铺设速度。

**10.4.2** 首次施工前,应对洒(撒)布机进行标定。每次使用前应对循环泵和喷嘴进行检查,确保循环泵正常运转,喷嘴无堵塞现象,管道无污染、畅通;确认是否采用滤网。

**10.4.3** 纤维合成材料铺设采用专业人员作业。正式施工前应进行施工人员专业培训,同时铺筑试验段,单车道长度宜不小于100m。

1 对于压敏粘贴式格栅,按本规范附录 F.3 检验格栅与路面黏结力,黏结力应不小于90N;否则,不允许后续功能层施工。

2 完成沥青混合料加铺层施工后,按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410)中 T 0772 方法检验层间剪切强度,应不低于0.55MPa;否则,不允许功能层施工。

**10.4.4** 纤维布层间功能层的施工应符合下列规定:

1 除了如下规定外,纤维布层间功能层可按本规范第9.4.5条中要求喷洒黏层油、铺设纤维布。

注:纤维合成材料末端应切割平整,且不得通过胶水等固定在卷材的芯轴上。如果材料末端固定在芯轴上,其铺设时材料末端无法从芯轴上脱落而导致张拉设备剧烈颠簸,芯轴损坏或跌落。

2 如果沥青浸润纤维布至饱和、表面泛油、被运输车辆等带起,可在加铺沥青面层时,在施工车辆轮胎前方撒适量热拌沥青混合料覆盖、防护。

注:如果因为气温过高等导致纤维布表面泛油、被运输车辆等带起、黏轮等现象,不得降低黏层油用量。应按表9.2.2选择合适的黏层油沥青标号;高温时段施工时,喷洒的黏层热沥青降温缓慢,可以适当延长纤维布铺设的延时;同时撒热拌混合料予以覆

盖、防护。如果查明原因为局部黏层油洒过量，应控制黏层油均匀洒布，同时撒集料、水洗砂，吸除过量黏层油；摊铺沥青路面时清除松散颗粒。

3 聚酯玻纤布采用窄条铺设时，应裁割成条状，骑缝或拼宽处顶面铺设，每侧宽度相同。

4 纵向接缝宜搭接 50 ~ 100mm，应将路拱高的一侧搭接在路拱低的一侧。横向接缝宜搭接 100 ~ 150mm，应顺着摊铺碾压方向搭接。搭接处上、下纤维布之间人工补洒黏层油。

#### 10.4.5 格栅、复合格栅层间功能层施工应符合下列要求：

1 按照要求喷洒黏层油，黏层油喷洒两侧宽度均超出格栅和复合格栅铺设宽度约 75mm。对于粘贴式格栅，可不喷洒黏层油。

2 采用专用张拉设备或专业人员手工铺设格栅或复合格栅，专用刷刷平、去除气泡。格栅有黏结面或辅衬面朝下，复合格栅则有纤维布基材的一面朝下。采用张拉设备施工时，可不施加张力，或施加轻微张力至（复合）格栅平整、顺直。若铺设时有阻力而无法自由展开，会影响铺设质量，应检查材料是否有黏结等情况。格栅或复合格栅厚度的 2 倍褶皱应切割或划开后铺平；重叠尺寸超过 25mm 的应予以剪除。

注：格栅、复合格栅铺设面积小于 500m<sup>2</sup> 或宽度小于 2m 时，可采用手工铺设。设备铺设和手工铺设时，其在芯轴上卷绕方向不同。手工铺设时，务必让格栅、复合格栅从卷筒上正面展开时铺设面朝上；否则，手工铺设时必须将卷筒举离地面行走，增加劳动强度。设备铺设时，应将格栅、复合格栅反向卷绕在芯轴上；铺设时其从卷筒背面展开，以此改变铺设面位，使铺设面朝上。

带聚丙烯纤维布辅衬的格栅或聚丙烯纤维布基材的复合格栅，其在热沥青黏层油喷洒后，按第 9.4.5 条要求，设定一定延迟时间后铺设。随时检查卷筒是否变形下垂，必要时采用直径略小于卷筒芯轴的钢管或铝管进行加固。

3 当窄条铺设时，应裁割成条状，骑缝或拼宽处顶面铺设，每侧宽度相同。

4 格栅、复合格栅纵向接缝宜搭接 25 ~ 50mm，应将路拱高的一侧搭接在路拱低的一侧；若加铺沥青面层厚度 < 60mm，对于 II、III 类格栅纵向接缝可对接。格栅横向接缝可对接；复合格栅或加铺沥青面层厚度 ≥ 70mm 的格栅，宜搭接 75 ~ 150mm，此时应顺着摊铺碾压方向搭接。搭接处上、下复合格栅之间人工补洒黏层油。

注：不建议使用表面硬化钉等固定纤维合成材料。这是一种过时的做法，不仅没有任何益处，还会后续造成材料损坏，同时影响其铣刨再生。

5 当弯道半径过小不便于张拉设备铺设时，专业人员手工裁剪呈斜角或扇形、各

块重叠拼接铺设、按压到位，使其与曲线贴合，并左右搭接 25 ~ 75mm。搭接处上、下复合格栅之间人工补洒黏层油、刷涂和充分按压。

6 铺设的格栅、复合格栅，应与下承层紧贴平整，宜采用胶轮压路机压 1 ~ 3 遍。必要时，在施工沥青面层时在施工车辆轮胎前方撒适量热拌沥青混合料覆盖、防护，避免格栅、复合格栅黏轮、被运输车辆等带起、撕裂、分层。

注：小面积施工时，也可以采用长柄硬毛刷代替胶轮压路机作业，使格栅、复合格栅与下承层紧密贴合。

如果因为气温过高等导致纤维合成材料表面泛油、被运输车辆等带起、黏轮等现象，不得降低黏层油用量。应按表 9.2.2 选择合适的黏层油沥青标号；高温时段施工时，喷洒的粘层热沥青降温缓慢，可以适当延长材料铺设的延时；同时撒热拌混合料予以覆盖。如果查明原因为局部黏层油洒过量，应控制黏层油均匀洒布，同时撒适量干燥的集料、水洗砂，吸除过量黏层油；摊铺沥青路面之前清除松散颗粒。

**10.4.6** 层间功能层完成施工后应封闭交通，禁止行人与车辆进入。同时应紧跟摊铺沥青面层，防止纤维合成材料长时间受阳光暴晒或雨水淋湿。层间功能层铺设面积宜不超过当天沥青路面可摊铺面积，加铺层摊铺延迟时间应不超过 48h。

注：裸露的纤维布、格栅、复合格栅，会沾染灰尘，吸收雨水、大量露水或雾气中的水分，甚至遭受雨淋，还可能因蒸汽鼓包和沥青剥离而影响路面性能；同时长时间在阳光下暴晒，聚合物材料会加速老化。纤维复合材料功能层表面比较光滑，行车会存在安全隐患。紧跟功能层施工后摊铺沥青路面层，热拌沥青混合料产生的热量会将黏层油向上吸附、充分浸润纤维合成材料，增强路面性能。因此，铺设纤维合成材料的功能层，宜在当天完成沥青面层加铺，加铺摊铺延迟时间宜不超过 24h。

铺设纤维布、格栅、复合格栅的表面，施工车辆临时通过时应限速 30km/h，且不得随意转弯、停车、启动；任何破损之处，需要重铺。

**10.4.7** 摊铺热拌沥青混合料后，应及时碾压成型。为避免功能层发生滑移、破损，摊铺机及其他车辆转弯应平缓，且尽量减少转弯次数。

## 10.5 施工质量控制

**10.5.1** 施工前应制定工程项目质量计划，规定质量检查项目、检验频率、取样方法、试验方法、评定标准等。

**10.5.2** 施工前纤维材料检查应符合下列规定：

- 1 应提前检查拟定的纤维材料的来源和质量，宜委托第三方送样检验并提交检验

报告。

2 进场纤维材料的来源、品种、规格型号、质量应与设计的材料及样品一致。

3 纤维合成材料进场前以“批”为单位进行检查，不符合本规范技术要求材料不得进场。同一品种、规格型号、来源的连续进场的材料宜按表 10.5.2-1 数量进行组批。在开始进场时组批等级为 B 级，生产过程中根据前序连续 6 次检查结果进行动态调整：0 次不合格，为 A 级；1 次及以上不合格，为 B 级。

表 10.5.2-1 纤维合成材料组批数量

材料类型	材料组批的最大数量 <sup>a</sup>	
	A 级	B 级
纤维布、格栅和复合格栅	2 000m 或 20 卷	1 000m 或 10 卷

注：<sup>a</sup>若数量低于表中数量，当低于 20% 时，可不组批；当不低于 20% 时，按实际数量为一批。当小规模施工时，可直接按 B 级进行组批，不再进行动态调整。

4 纤维合成材料进场的质量检查项目与频率应符合表 10.5.2-2 的规定。未列入表中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

表 10.5.2-2 纤维合成材料进场质量检查项目与频率

检查项目	纤维布检查频率	格栅和复合格栅检查频率
外观	1 次/车或 1 次/批	1 次/车或 1 次/批
单位面积质量	1 次/批	1 次/批
收缩率	1 次/批	1 次/批
沥青浸润量	1 次/批	1 次/批
宽度	1 次/批	1 次/批
纵横向内孔尺寸	—	1 次/批
全项指标	1~2 次/项目	1~2 次/项目

注：<sup>a</sup>全项指标不少于本规范中规定的所有必检指标，全项指标应包括设计文件中规定的全项指标。当所有进场量不足 3 批次时，可不检全项指标；当所有进场量达到 3~10 个批次时，可检 1 次全项指标；当所有进场量超过 10 个批次时，可检 2 次全项指标。全项指标应由工程单位抽检委托第三方送样检验，并提交检验报告。

5 正式开工前，应完成材料试验及据此进行的试铺验证，形成正式报告，经批准后方可使用。

**10.5.3** 施工前应对黏层油洒布车、施工辅助车辆、机具配套情况及性能等进行检查，保证设备与车辆处于良好状态。

**10.5.4** 施工过程，应对纤维合成材料进行抽样检测，保证其质量符合本规范规定的技术要求。纤维合成材料质量检查项目与频率可按表 10.5.4 执行。未列入表 10.5.4 中的材料检查项目和频率应在质量计划中确定。

表 10.5.4 施工过程中纤维合成材料质量检查项目与频率

检查项目	纤维布	格栅和复合格栅
外观	随时 <sup>a</sup>	随时 <sup>a</sup>
黏结力	—	1 000m (限压敏粘贴式格栅)
剪切强度	1 处/5km, 每处 2 点, 取平均评定	
其他指标	质量计划中规定	

注：“随时”是指需要经常检查的项目，其检查频度可根据材料来源及质量波动情况在质量计划中确定的频率。

**10.5.5** 施工过程中应检验黏层油的洒布量；检验铺设的纤维合成材料外观，是否顺直平整、拼接完整，无露白、褶皱、波浪、鼓包，无表面泛油、无带起情况。

## 附录 A 木质纤维材料试验方法

### A.1 木质纤维冲气筛分析试验方法

#### A.1.1 适用范围

本方法适用于冲气筛分析法测定絮状木质纤维的0.15mm质量通过率。

#### A.1.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 冲气筛分析仪：负压可调，试验时最大负压可达3 500Pa，负压显示精度1Pa。
- 2 冲气筛：方孔筛，直径200mm，筛网尺寸为0.15mm。
- 3 电子天平：量程1 000g，感量为0.01g。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410—2025)中T 0602的2.1要求。
- 5 瓷盘、毛刷、秒表。

#### A.1.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 在5个以上不同位置取大致等量样品组成1份 $5\text{g} \pm 0.10\text{g}$ 纤维试样，共取2份；将试样放入瓷盘中，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱中烘干2h以上，在干燥器中冷却至室温。
- 2 轻叩冲气筛，并用毛刷将筛上清理干净；将筛子放到天平上清零，将烘干试样放入筛子上称量 $m_0$ ，精确至0.01g。
- 3 将装有试样的冲气筛安装到筛分仪上，盖好筛盖，接通电源，设定负压3 000Pa和筛分时间10min，开动仪器进行筛分。持续筛分10min，注意负压稳定在 $3\ 000\text{Pa} \pm 300\text{Pa}$ ，喷嘴旋转速度为 $20\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ 。
- 4 筛分结束后，减量法称量筛上纤维质量 $m_1$ ，精确至0.01g。

#### A.1.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 试样0.15mm质量通过率按式(A.1.4)计算，精确至0.1。

$$P_{0.15} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.1.4})$$

式中： $P_{0.15}$ ——试样纤维 0.15mm 质量通过率 (%)；

$m_1$ ——筛分后 0.15mm 筛上纤维质量 (g)；

$m_0$ ——筛分前纤维试样质量 (g)。

2 同一样品测定两次，取算术平均值作为 0.15mm 质量通过率试验结果，精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 4.0% 时，试验结果无效。

## A.2 木质纤维灰分含量试验方法

### A.2.1 适用范围

本方法适用于测定木质纤维的灰分。

### A.2.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

1 高温炉：封闭式高温炉，可恒温  $620^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ 。

2 电子天平：感量为 0.001g。

3 坩埚：碗型陶瓷坩埚，上部内径约 155mm，高度约 55mm，容积约为 650mL。

4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。

5 打散机：四刀片刀头的料理机，转速约 20 000 ~ 30 000r/min，容积为 200 ~ 300mL。

6 干燥器：内装合适的干燥剂。

### A.2.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $2.5\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样，共取 2 份；将试样放入瓷盘中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干 2h 以上，在干燥器中冷却；按同样方法将坩埚烘干、冷却。

2 将高温炉预热至  $620^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ 。

3 将坩埚在天平上称量质量  $m_2$ ，精确至 0.001g。

4 将坩埚在天平上清零，将烘干纤维试样放入坩埚上称量质量  $m_0$ ，精确至 0.001g。

5 将坩埚（含纤维）置于高温炉中， $620^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$  加热至质量恒重（指每间隔 1h 前后两次称量质量差不大于试样总质量的 0.1%，本规范下列同），加热不少于 2h。

6 取出坩埚（含纤维灰分），放入干燥器中冷却（不少于 30min）。将坩埚（含纤维灰分）放到天平上称量质量  $m_1$ ，精确至 0.001g。

7 对于粒状木质纤维，应按四份法一次取  $10\text{g} \pm 1\text{g}$  试样打散  $15\text{s} \pm 2\text{s}$ ， $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干 2h、在干燥器中冷却后，取 2 份  $2.5\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样，按以上 1 ~ 6 步骤进行试验。

#### A.2.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

- 1 纤维灰分含量按式 (A.2.4) 计算, 精确至 0.1。

$$A_c = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.2.4})$$

式中:  $A_c$ ——纤维灰分含量 (%);

$m_0$ ——纤维试样质量 (g);

$m_1$ ——坩埚 (含纤维灰分) 质量 (g);

$m_2$ ——坩埚质量 (g)。

- 2 同一样品测定两次, 取算术平均值作为灰分含量试验结果, 精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 1.0% 时, 试验结果无效。

### A.3 木质纤维 pH 值试验方法

#### A.3.1 适用范围

本方法适用于测定水中木质纤维悬浮液的 pH。

#### A.3.2 试验仪器与材料

##### A.3.2.1 试验仪器及要求如下:

- 1 250mL 烧杯;
- 2 电子天平: 感量 0.01g;
- 3 玻璃棒;
- 4 pH 计: 精度 0.01;
- 5 干燥器: 内装合适的干燥剂。

##### A.3.2.2 试验材料为蒸馏水或去离子水。

#### A.3.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成一份  $5.00\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样, 共取 2 份; 将试样放入瓷盘中, 在  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  烘箱中烘干 2h 以上, 在干燥器中冷却。
- 2 将烘干的纤维放入盛有 100mL 蒸馏水的烧杯中, 用玻璃棒充分搅拌, 静置 30min。
- 3 用 pH 计测纤维悬浮液的 pH 值, 精确至 0.01。

#### A.3.4 试验数据处理

同一样品测定两次, 取算术平均值为 pH 值试验结果, 精确至 0.1。

## A.4 木质纤维吸油率试验方法

### A.4.1 适用范围

本方法适用于测定絮状木质纤维的吸油率，也适用于测定除去造粒剂后粒状木质纤维的吸油率。

### A.4.2 试验仪器与材料

#### A.4.2.1 试验仪器及要求如下：

- 1 纤维吸油率测定仪：试样筛，含筛子和筛底，筛网为 0.5mm；振动频率为 240 次/min，振幅 32mm。
- 2 电子天平：感量 0.01g。
- 3 烧杯：容积大于 200mL，若干。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，可恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。
- 5 干燥器：内装合适的干燥剂。
- 6 收集容器、玻璃棒。
- 7 打散机：四刀片刀头的料理机，转速约 20 000 ~ 30 000r/min，容积为 200 ~ 300mL。

#### A.4.2.2 试验材料为煤油。

### A.4.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $5.00\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样，共取 2 份；将试样放入瓷盘中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ （聚合物纤维为  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）烘箱中烘干 2h 以上，在干燥器中冷却。
- 2 将烧杯放到天平上清零；将烘干试样放到烧杯中称量质量  $m_1$ ，精确至 0.01g。
- 3 向烧杯中倒入适量煤油没过纤维顶面约 2cm，然后静置 5min 以上。
- 4 轻叩、毛刷等清理干净试样筛，称量质量  $m_2$ ，精确至 0.01g。
- 5 将试样筛放在收集容器上方，将烧杯中的混合物轻轻倒入试样筛中，并用煤油将烧杯中纤维冲洗干净，并仔细倒入试样筛中；操作过程中不要扰动试样筛。
- 6 将试样筛（含吸有煤油的纤维）在纤维吸油率测定仪上安装好；启动测定仪，经 10min 振筛后自动停机。
- 7 取下试样筛，称取试样筛和吸有煤油的纤维质量  $m_3$ ，精确至 0.01g。
- 8 对于粒状木质纤维，采用四份法取 3 份  $5.5\text{g} \pm 0.1\text{g}$  粒状木质纤维，按本规范附

录 A 第 A.12 节方法热萃取除去造粒剂，并烘干、冷却；将除去造粒剂的纤维混合拌匀，一次性取  $10.0\text{g} \pm 0.1\text{g}$  试样，打散机打散  $15\text{s} \pm 2\text{s}$ ；称取  $5.0\text{g} \pm 0.1\text{g}$  纤维试样 2 份，按以上 1~7 步骤试验。

#### A.4.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 纤维吸油率按式 (A.4.4) 计算，精确至 0.1。

$$O_A = \frac{m_3 - m_2 - m_1}{m_1} \quad (\text{A.4.4})$$

式中： $O_A$ ——纤维吸油率（倍）；

$m_1$ ——纤维试样质量（g）；

$m_2$ ——试样筛质量（g）；

$m_3$ ——试样筛、吸有煤油的纤维合计质量（g）。

- 2 同一样品测定两次，取平均值作为吸油率试验结果，精确至 0.1 倍。当两次测定值的差值大于 1.0 时，试验结果无效。

### A.5 木质纤维含水率试验方法

#### A.5.1 适用范围

本方法适用于烘干法测定木质纤维含水率。

#### A.5.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。
- 2 电子天平：感量 0.001g。
- 3 坩埚：碗型陶瓷坩埚，上部内径约 155mm，高度约 55mm，容积约为 650mL。
- 4 干燥器：内装合适的干燥剂。

#### A.5.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 将烘箱预热至  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。
- 2 将坩埚放在天平上称量质量  $m_2$ ，精确至 0.001g。
- 3 打开密封的样品，在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $10.0\text{g} \pm 0.1\text{g}$  纤维试样，共取 2 份；对于粒状木质纤维，按四份法取 2 份  $10.0\text{g} \pm 0.1\text{g}$  纤维试样。

注：纤维样品一般从未拆封包装中取样，所取样品采取不少于两层密封包装。也可直接取一件未拆封包装的材料作为样品。

- 4 将坩埚放在天平上清零，立即将试样放入坩埚后称量质量  $m_0$ ，精确至 0.001g。
- 5 将坩埚（含纤维）置于烘箱中， $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  加热至恒重，不少于 2h。
- 6 取出坩埚（含干燥纤维），放入干燥器中冷却。冷却后放到天平上称量坩埚（含干燥纤维）质量  $m_1$ ，精确至 0.001g。

#### A.5.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 纤维含水率按式 (A.5.4) 计算，精确至 0.1。

$$W_c = \frac{m_0 - m_1 + m_2}{m_1 - m_2} \times 100 \quad (\text{A.5.4})$$

式中： $W_c$ ——纤维含水率（%）；

$m_0$ ——纤维试样质量（g）；

$m_1$ ——坩埚（含干燥纤维）质量（g）；

$m_2$ ——坩埚质量（g）。

- 2 同一样品测定两次，取算术平均值作为试验结果，精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 0.5% 时，试验结果为无效。

### A.6 木质纤维耐热质量损失试验方法

#### A.6.1 适用范围

本方法适用于测定木质纤维耐热质量损失。

#### A.6.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 烘箱：鼓风干燥箱，可恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $210^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ；在预热状态下，开门将纤维放入后，烘箱能够在 4min 内恢复到设定温度；同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。

- 2 电子天平：感量 0.001g。

- 3 坩埚：碗型陶瓷坩埚，上部内径约 155mm，高度约 55mm，容积约为 650mL。

- 4 干燥器：内装合适的干燥剂。

#### A.6.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $10\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样，共取 2

份；对于粒状木质纤维，按四份法取 2 份  $10\text{g} \pm 0.10\text{g}$  纤维试样。将纤维试样移入坩埚中，置于已预热至  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  的烘箱中烘干 2h，在干燥器中冷却（至少 30min）。

2 将烘箱预热至  $210^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 。

3 将干燥坩埚在天平上称量，精确至  $0.001\text{g}$ ，记为  $m_2$ 。

4 将坩埚放在天平上清零，将试样放入坩埚后称量质量  $m_0$ ，精确至  $0.001\text{g}$ 。

5 将坩埚（含纤维）置于烘箱中， $210^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  加热  $1\text{h} \pm 1\text{min}$ 。加热完成后观察纤维是否有燃烧现象。

6 取出坩埚（含干燥纤维），放入干燥器中冷却。将坩埚（含纤维）放到天平上称量质量  $m_1$ ，精确至  $0.001\text{g}$ 。

#### A.6.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

1 质量损失按式（A.6.4）计算，精确至 0.1。

$$A_c = \frac{m_0 - m_1 + m_2}{m_0} \times 100 \quad (\text{A.6.4})$$

式中： $A_c$ ——质量损失（%）；

$m_0$ ——纤维试样质量（g）；

$m_1$ ——坩埚（含干燥纤维）质量（g）；

$m_2$ ——坩埚质量（g）。

2 同一样品测定两次，取算术平均值作为质量损失试验结果，精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 0.5% 时，试验结果为无效。

3 记录试验过程中纤维是否有燃烧现象。如果有燃烧情况，则该纤维耐热性评定为不合格。

### A.7 木质纤维含量试验方法

#### A.7.1 适用范围

本方法适用于测定木质纤维中针叶木和阔叶木的纤维含量。

#### A.7.2 试验仪器与材料

##### A.7.2.1 试验仪器及要求如下：

1 纤维图像分析仪：

1) 专用分析软件：能够实现多功能纤维分析测量，对于  $0.2\text{mm}$  以上的纤维，成像系统的采集效率应 100% 有效。测量长度分辨率  $0.01\text{mm}$ ，宽度分辨率为  $0.01\mu\text{m}$ 。

2) 显微镜：放大倍数达 40 ~ 400 倍，带有孔径光阑的阿贝聚光镜。

3) 彩色数码摄像机：500 万像素以上的 CCD。

- 4) 摄配鏡：放大倍数为 0.5 倍。
- 5) 照明装置：反射光 LED。
- 2 滴管：长约 100mm，内径为 5 ~ 8mm，一端粗细平滑但不封闭，另一端套一个橡胶囊，管上刻有 0.5mL、1.0mL 的刻度。
- 3 移液管：5mL、15mL。
- 4 显微镜载玻片、盖玻片。
- 5 分散器：用于分散样品的低速搅拌器。
- 6 棕色试剂瓶、小烧杯、滤纸。
- 7 玻璃棒、解剖针、镊子。

#### A.7.2.2 试验材料如下：

- 1 蒸馏水或去离子水。
- 2 氯化锌 ( $ZnCl_2$ )：分析纯试剂。
- 3 碘化钾 (KI)：分析纯试剂。
- 4 碘 ( $I_2$ )：分析纯试剂。

#### A.7.3 赫兹伯格 (Herzberg) 染色剂配制

按下列要求进行赫兹伯格 (Herzberg) 染色剂配制：

1 将 20g 氯化锌 ( $ZnCl_2$ ) 加入到 10mL 蒸馏水或去离子水中，加热直至剩余溶质不再溶解，得到饱和氯化锌溶液。冷却溶液至室温后储存于棕色试剂瓶中备用。

2 称取 2.1g 碘化钾 (KI) 和 0.1g 碘 ( $I_2$ )，用移液管逐滴加入 5mL 蒸馏水或去离子水，边加水边搅拌均匀，得到碘溶液。碘在水中应完全溶解；若有碘残留而未被溶解，可能是水加入的速度太快，溶液应废弃。

3 在搅拌状态下，用移液管将配制好的碘溶液徐徐加入到氯化锌溶液中，于暗处静置 6h 以上；待所有沉淀物沉降后，缓慢倒出上层清液至棕色滴瓶中，并在滴瓶中加入 1~2 粒碘片，得到赫兹伯格 (Herzberg) 染色剂。染色剂不用时应在黑暗处保存，有效期为两个月。

4 新染色剂在使用前，应用已知纤维检查。棉纤维应呈酒红色，如呈浅蓝色，则说明氯化锌溶液浓度太高，应加入很少量的蒸馏水或去离子水进行稀释。化学浆纤维应呈蓝色至浅蓝紫色，如呈淡红色，说明氯化锌浓度太低，应加入少量氯化锌结晶片进行调整。

#### A.7.4 试样制备

按下列要求进行试样制备：

1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 1g 试样，放入小烧杯中，加蒸馏水或去离子水不断地搅拌，使纤维在水中分散。试样在水中难以分散时，则可以煮沸几分钟，并不断搅拌，使纤维在水中充分分散。

2 在小烧杯中加蒸馏水或去离子水进一步稀释纤维浓度至 0.01% ~ 0.05%，搅拌均匀。用滴管取约 1.0mL 悬浮液滴置于载玻片上，用解剖针使纤维均匀分散。将载玻片放入 50 ~ 60℃ 的烘箱中干燥，并室温冷却。

3 纤维试样冷却后，加入 2 ~ 3 滴染色剂进行纤维染色。

4 染色 1 ~ 2min 后，盖上盖玻片，避免气泡存在，用滤纸吸去多余的染色剂，试样即可供观察分析。

5 由于赫兹伯格（Herzberg）染色剂具有一定的膨润作用，时间长了易使纤维变形和褪色而影响测定结果，因此纤维载玻片宜现做现用。

6 纤维也可不进行染色，但当进行仲裁或争议时应进行试样染色。第 A.7.4 条第 2 款步骤中，待纤维均匀分散后盖上盖玻片，在烘箱中 50 ~ 60℃ 干燥、室温冷却后备用。

7 共制作 5 块纤维载玻片。

8 对于粒状木质纤维，应按本规范附录 A 第 A.12 节方法热萃取除去造粒剂后进行试验。

#### A.7.5 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

1 将纤维载玻片置于显微镜下，借助于载物台移动纤维载玻片，通过目镜观察寻找代表性视野，选择合适放大倍数，拍摄形成纤维静态图片。观察纤维染色后的颜色可选择 100 ~ 200 倍数；观察纤维纵向形态特征可选择 400 ~ 800 倍数。

2 按照表 A.7.5，通过纤维静态图片的纵向形态特征和染色情况来逐根鉴别纤维种类；当纤维不进行染色时，可仅根据纤维纵向形态特征进行鉴别。

表 A.7.5 纤维类型识别标准

纤维类型	染色后纤维颜色	纵向形状特征
化学针叶木纤维	蓝色、浅蓝色	宽带状、断口锯齿状
化学阔叶木纤维	蓝色、浅蓝色	两端逐渐缩小成针状
化学机械针叶木纤维	暗蓝色、暗黄色、 混杂蓝色和黄色	宽带状、断口锯齿状
化学机械阔叶木纤维	暗蓝色、暗黄色、 混杂蓝色和黄色	两端逐渐缩小成针状
机械针叶木纤维	黄色	宽带状、断口锯齿状
机械阔叶木纤维	黄色	两端逐渐缩小成针状
棉等破布纤维	酒红色	长带状

3 化学浆纤维呈现蓝色，其蓝色深浅程度取决于制浆过程和脱木素程度，脱木素不完全的纤维呈现黄色。染色剂得到的颜色是不稳定的，化学浆纤维的蓝色会逐渐变深，机械浆纤维的黄色会逐渐呈现灰色调。

4 每个载玻片可选定多个不重叠的视野拍摄相应的静态图片,使有效纤维总根数为40~50根;5个纤维载玻片的有效纤维总根数为200~250根。长度小于0.2mm细小纤维或杂质,或不清晰纤维均为无效纤维,但应计入纵裂较大的纤维碎片。统计可识别的针叶木纤维、阔叶木纤维的根数以及有效纤维总根数。

5 对于同一纤维静态图片,应由2人单独进行识别,分别统计、计算。

#### A.7.6 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

1 木质纤维含量按式(A.7.6)计算,计算结果取整。

$$F_c = \frac{N_1}{N_0} \times 100 \quad (\text{A.7.6})$$

式中:  $F_c$ ——木质纤维的含量(%);

$N_1$ ——识别的针叶木纤维和阔叶木纤维的根数之和;

$N_0$ ——识别的纤维总根数。

2 取两人测定值的算术平均值作为木质纤维含量试验结果,精确至1%。当两个测定值的差值大于4%时,试验结果为无效。

### A.8 木质纤维密度试验方法

#### A.8.1 适用范围

本方法适用于测定木质纤维密度。

#### A.8.2 试验仪器与材料

##### A.8.2.1 试验仪器及要求如下:

- 1 分析天平:感量0.1mg。
- 2 水平跨架:可将浸没容器支放在水平面板上。
- 3 温度计:量程0~30℃,最小分度为0.1℃。
- 4 比重瓶:当浸渍液不是水时,用来测定浸渍液的密度。带侧臂式溢流毛细管。比重瓶应配备分度值为1℃,范围为0~30℃的温度计。
- 5 恒温水浴,温度控制精度23℃±0.5℃。
- 6 干燥和抽真空装置。

##### A.8.2.2 试验材料及要求如下:

- 1 浸没液体:新鲜的蒸馏水或去矿物质水。如果蒸馏水或去矿物质水无法充分浸润样品,则可以在水中洒几滴润湿剂。
- 2 其他浸没液体:当本条第1款中浸没液体会影响纤维时,则可选煤油中蒸馏出

的窄馏分。

### A. 8.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $3\text{g} \pm 0.5\text{g}$  纤维试样，共取 3 份；对于粒状木质纤维，按四份法取 3 份  $3\text{g} \pm 0.5\text{g}$  纤维试样；将纤维试样在  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ （聚合物纤维为  $60^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ）烘箱内烘干 2h，在干燥器中冷却到室温待用。

2 称取干燥比重瓶质量  $m_1$ ，将试样放入比重瓶中称量试样质量  $m_2$ 。

3 将  $23^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$  浸没液体注入比重瓶至试样完全浸没，将比重瓶放在干燥器中抽真空，去除气泡；停止抽真空，将  $23^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$  浸没液体继续注满比重瓶，擦净比重瓶外壁上的水，称量比重瓶 + 液体 + 试样质量  $m_3$ 。

4 清空比重瓶中水、烘干后，注满  $23^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$  浸没液体，将比重瓶放在干燥器中抽真空，去除气泡；停止抽真空，擦净比重瓶外壁上的水，称量比重瓶 + 浸没液体质量  $m_4$ 。

5 如果浸没液体不是水，则按照本条第 4 款方法注满新鲜的蒸馏水或去矿物质水，称量比重瓶 + 水质量  $m_5$ 。

### A. 8.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

1 浸没液体密度，对于水，直接取  $0.9975\text{g}/\text{cm}^3$ ；对于非水液体，浸没液体密度按式 (A. 8.4-1) 计算，精确至 0.001。

$$\rho_1 = \frac{m_4 - m_1}{m_5 - m_1} \times 0.9975 \quad (\text{A. 8.4-1})$$

式中： $\rho_1$ ——浸没液体的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$m_1$ ——比重瓶空中质量 (g)；

$m_5$ ——比重瓶 + 水质量 (g)；

$m_4$ ——比重瓶 + 液体质量 (g)。

2 纤维密度按式 (A. 8.4-2) 计算，精确至 0.001。

$$\rho = \frac{m_2}{m_3 - m_4} \rho_1 \quad (\text{A. 8.4-2})$$

式中： $\rho$ ——纤维密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$m_2$ ——纤维样品空中质量 (g)；

$m_3$ ——比重瓶 + 液体 + 试样质量 (g)。

3 同一样品测定三次，取算术平均值作为密度试验结果，精确至  $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

## A. 9 木质纤维长度和直径试验方法

### A. 9.1 适用范围

本方法适用于图像分析法测定木质纤维的长度和直径。

注：对于木质纤维实际测定的是纤维宽度，工程上习惯称为直径。

## A.9.2 试验仪器与材料

### A.9.2.1 试验仪器及要求如下：

- 1 纤维图像分析仪：应符合本规范附录第 A.7.2 条第 1 款的规定。
- 2 滴管：长约 100mm，内径为 5~8mm，一端粗细平滑但不封闭，另一端套一个橡胶囊，管上刻有 0.5mL、1.0mL 的刻度。
- 3 移液管：5mL、15mL 各若干个。
- 4 显微镜载玻片、盖玻片。
- 5 分散器：用于分散样品的低速搅拌器。
- 6 棕色试剂瓶、小烧杯、解剖针、镊子、滤纸。
- 7 玻璃棒。
- 8 钢直尺：量程 150cm，分度值为 1mm。
- 9 常闭镊子：钳口宽度不大于 0.5mm。
- 10 塑料管：长度约 10mm，直径约 30mm。
- 11 一次性塑料杯、玻璃板、双面胶。

### A.9.2.2 试验材料为蒸馏水或去离子水。

### A.9.3 纤维试样制备

按本规范附录 A 第 A.7.4 条制作 5 块纤维载玻片，可不进行染色。

### A.9.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 置纤维载玻片于显微镜下。调整焦距使单纤维成像清晰，利用载物台缓慢移动纤维载玻片，通过目镜观察寻找代表性纤维的视野，选择合适的放大倍数，拍摄成静态图片。
- 2 每个载玻片可选定多个不重叠的视野拍摄相应静态图片，使有效纤维总根数为 40~50 根；5 个纤维载玻片的有效纤维总根数为 200~250 根。长度小于 0.2mm 细小纤维或杂质，纵裂较大的纤维碎片，重叠或不清晰纤维均为无效纤维。
- 3 测定纤维长度时，在静态图片中选定待测纤维，沿纤维走向，用鼠标在显示屏上点击单根纤维，把纤维细分成多段直线段，计算机自动描绘纤维骨架结构，并计算纤维长度  $L_i$ 。
- 4 测定纤维直径时，在静态图片中选定待测纤维，用鼠标在显示屏上点击纤维宽度方向两个边缘点，计算机计算距离即为纤维直径  $d_i$ 。
- 5 测定纤维最大长度时，调低放大倍数，利用载物台缓慢移动纤维载玻片，通过

目镜观察全部载玻片上纤维，寻找其中认为最长的3根纤维，选择合适的放大倍数，拍摄形成静态图片后按步骤3测定选定纤维的长度；按同样方法测定所有纤维载玻片，取所有测定值的算术平均值为纤维最大长度  $L_{\max}$ 。

### A. 9.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 纤维平均长度  $L$  按式 (A. 9. 5-1) 计算，精确至 0. 1。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (\text{A. 9. 5-1})$$

式中： $L$ ——纤维的平均长度 (mm)；

$L_i$ ——第  $i$  根纤维的长度 (mm)；

$n$ ——测量的纤维总根数。

- 2 纤维平均直径  $d$  按式 (A. 9. 5-2) 计算，精确至 0. 1。

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (\text{A. 9. 5-2})$$

式中： $d$ ——纤维的平均直径 ( $\mu\text{m}$ )；

$d_i$ ——第  $i$  根纤维的直径 ( $\mu\text{m}$ )。

## A. 10 粒状木质纤维颗粒长度和直径试验方法

### A. 10.1 适用范围

本方法适用于测定粒状木质纤维的长度和直径。

### A. 10.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 游标卡尺：量程 500mm，分度值 0. 02mm；
- 2 瓷盘。

### A. 10.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 按四份法取约 200g 粒状木质纤维试样，放到瓷盘中。
- 2 从瓷盘中挑选出 10 粒最长纤维颗粒。
- 3 用游标卡尺逐粒测量纤维颗粒长度和颗粒直径，精确至 0. 1mm。

#### A. 10.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

- 1 纤维颗粒平均长度  $L$  按式 (A. 10.4-1) 计算, 精确至 0.1。

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n} \quad (\text{A. 10.4-1})$$

式中:  $L$ ——纤维颗粒长度 (mm);

$L_i$ ——单粒纤维长度 (mm);

$n$ ——测量的粒状纤维总粒数。

- 2 纤维颗粒平均直径  $d$  按式 (A. 10.4-2) 计算, 精确至 0.1。

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (\text{A. 10.4-2})$$

式中:  $d$ ——纤维颗粒直径 (mm);

$d_i$ ——单粒纤维直径 (mm)。

#### A. 11 粒状木质纤维筛分和磨损试验方法

##### A. 11.1 适用范围

本方法适用于筛分法测定粒状木质纤维的原粒状纤维质量通过率和直径, 也适用于筛分法测定粒状木质纤维研磨前后的质量通过率增加值。

##### A. 11.2 试验仪器

试验仪器及要求如下:

- 1 纤维磨耗机: 磨耗机由研磨系统、振筛系统、控制系统和电机系统组成 (图 A. 11.2-1), 研磨系统、振筛系统要求如下:

- 1) 振筛系统: 2.8mm 筛孔, 频率为 50Hz, 振幅 2mm。

- 2) 研磨系统: 由进料口、出料口、研磨室、研磨轮等组成 (图 A. 11.2-2)。研磨轮宽度 4mm, 直径 280mm, 与研磨室内径之间有 10mm 的间隙, 与研磨室两侧壁有 48mm 间距。研磨轮上需要有卷曲, 长度 50mm, 宽度 15mm, 与研磨轮旋转平面夹角 30°。研磨轮转速为 450 ~ 550r/min。

- 3 电子天平: 感量 0.1g。

- 4 烘箱: 鼓风干燥箱, 能够恒温 105℃ ± 5℃, 同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。

- 5 干燥器: 内装合适的干燥剂。

- 6 浅瓷盘。

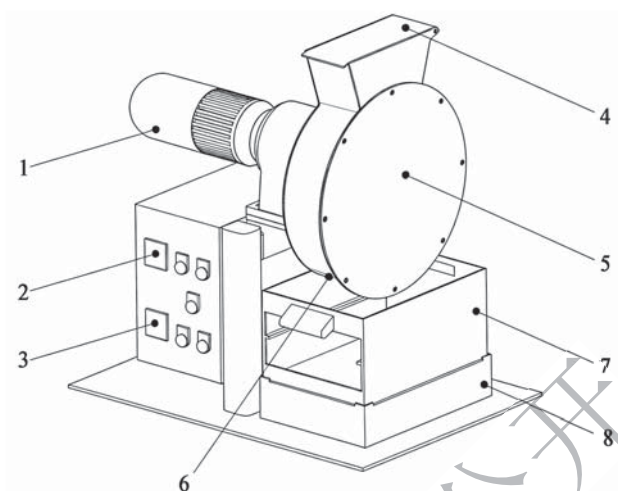


图 A. 11. 2-1 纤维磨耗机结构示意图

1-电机；2-磨耗控制；3-振筛控制；4-进料口；5-磨耗室；6-出料口；7-矩形筛子；8-振筛器

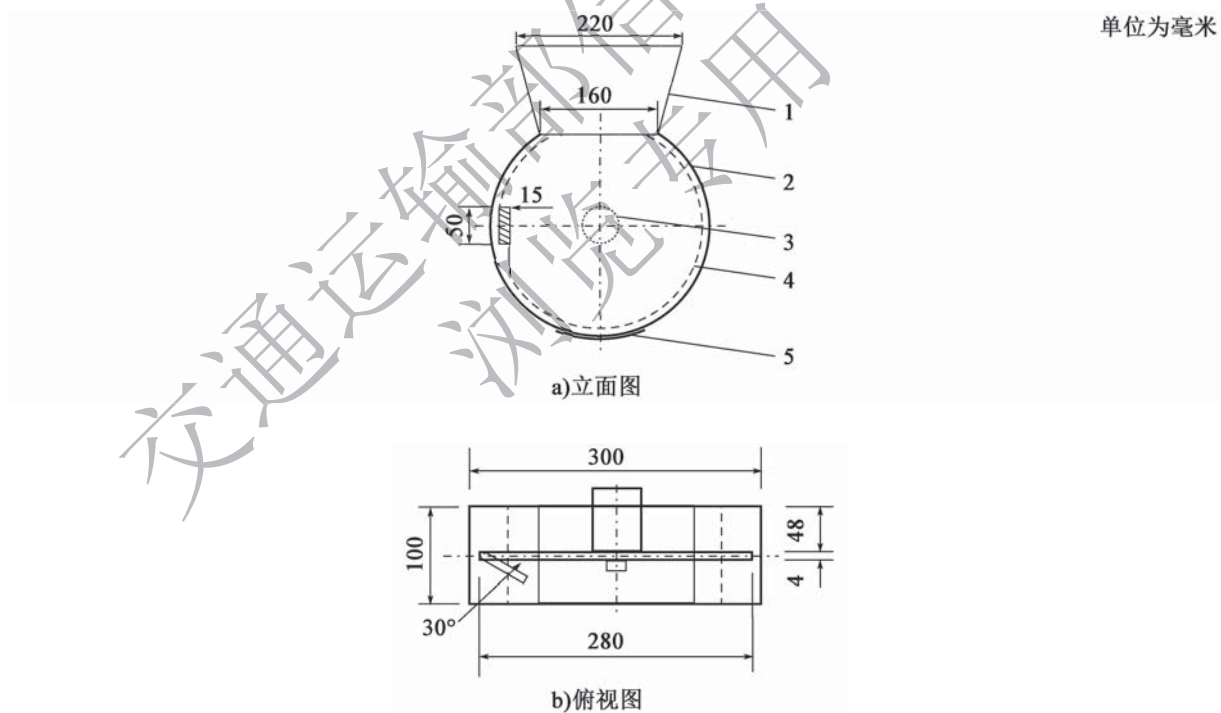


图 A. 11. 2-2 研磨系统结构示意图

注：1-进料口；2-研磨室；3-传动轴；4-研磨轮；5-出料口

### A. 11. 3 试验步骤

#### A. 11. 3. 1 原粒状纤维筛分试验步骤如下：

- 1 按四份法取 4 份  $100\text{g} \pm 5\text{g}$  纤维；放入瓷盘中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干 2h，

在干燥器中冷却 (至少 30min)。

2 将瓷盘放在天平上清零, 取 1 份干燥纤维放在瓷盘上称量质量  $m_0$ , 精确至 0.1g。

3 将筛子放到研磨机振筛器上, 开动振筛器、振筛 2min。

4 将筛上纤维移到瓷盘中, 减量法称量纤维质量  $m_1$ , 精确至 0.1g。

5 按以上 2~4 步骤, 平行测定 2 份试样。

#### A. 11. 3. 2 粒状纤维磨耗及再次筛分试验步骤如下:

1 将瓷盘放在天平上清零, 取 1 份干燥纤维放在瓷盘上称量质量  $m_2$ , 精确至 0.1g。

2 关闭研磨机出料口, 将纤维从进料口移入磨耗室, 关闭进料口, 开启研磨机研磨 6s。

3 打开研磨机出料口, 将全部纤维移到瓷盘中; 按 A. 11. 3. 1 中 2~4 步骤进行筛分, 并称量磨耗后筛上纤维质量  $m_3$ 。

4 按照以上 1~3 步骤, 平行测定 2 份试样。

#### A. 11. 4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

1 原粒状纤维质量通过率按式 (A. 11. 4-1) 计算, 精确至 0.1。

$$P'_0 = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{A. 11. 4-1})$$

式中:  $P'_0$ ——原粒状纤维质量通过率 (%) ;

$m_0$ ——纤维试样质量 (g) ;

$m_1$ ——2.8mm 筛上纤维质量 (g)。

2 同一样品平行测定 2 次, 取算术平均值作为原粒状纤维质量通过率, 记为  $P_0$ , 精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 2.0% 时, 试验结果为无效。

3 磨耗后粒状纤维质量通过率按式 (A. 11. 4-2) 计算, 精确至 0.1。

$$P'_1 = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \times 100 \quad (\text{A. 11. 4-2})$$

式中:  $P'_1$ ——试样磨耗后纤维质量通过率 (%) ;

$m_2$ ——纤维试样总质量 (g) ;

$m_3$ ——磨耗后 2.8mm 筛上纤维质量 (g)。

4 同一样品平行测定 2 次, 取算术平均值作为磨耗后粒状纤维质量通过率, 记为  $P_1$ , 精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 2.0% 时, 试验结果为无效。

5 磨耗后质量通过率增加值按式 (A. 11. 4-3) 计算, 精确至 0.1。

$$W = P_1 - P_0 \quad (\text{A. 11. 4-3})$$

式中： $W$ ——磨损后质量通过率增加值（%）；

$P_1$ ——磨损后粒状纤维质量通过率平均值（%）；

$P_0$ ——原粒状纤维质量通过率平均值（%）。

## A. 12 粒状木质纤维造粒剂含量及黏度试验方法

### A. 12.1 适用范围

本方法适用于热萃取法测定粒状木质纤维造粒剂含量，同时也适用于收集粒状木质纤维热萃取的造粒剂（试样热萃取残留物），测定其黏度。

### A. 12.2 试验仪器与材料

#### A. 12.2.1 试验仪器及要求如下：

1 全自动索式热萃取仪：一体式金属浴加热；应同时具有加热萃取、淋洗、溶剂回收功能；具有计时和时间控制的循环系统；冷却水全自动控制。热萃取高温可达300℃；溶剂杯容积150mL。

注：也可采用其他萃取仪。

2 蒸馏烧瓶，溶剂不小于500mL。

3 可调温电热炉。

4 锥形烧瓶：150mL，若干。

5 冷凝管、牛角管、烧杯和长柄镊子。

6 分析天平：感量0.1mg。

7 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温105℃±5℃，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中T 0602的2.1要求。

8 干燥器：内装合适的干燥剂。

9 过滤筒：200目金属过滤网，也可以采用滤纸筒或滤纸代替。

10 旋转黏度计。

11 烧杯：玻璃烧杯，容积约2000mL。

#### A. 12.2.2 试验材料为热萃取溶剂甲苯。

### A. 12.3 试验步骤

#### A. 12.3.1 造粒剂含量测定试验步骤如下：

1 按四份法取 2 份  $5.5\text{g} \pm 0.1\text{g}$  粒状木质纤维, 装入瓷盘中 (不应打散)。将瓷盘 (含纤维) 在  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  烘箱中烘干 2h, 在干燥器中冷却。

2 将滤纸筒清理干净, 放到分析天平上清零; 将 1 份干燥试样移入滤纸筒中称量质量  $m_1$ , 精确至  $0.1\text{mg}$ 。

3 热萃取仪安装好后, 将装有试样的滤纸筒置于萃取容器内, 也可以将滤纸包裹纤维颗粒置于萃取容器内, 注意萃取过程中不要散开。将 100mL 甲苯溶剂注入溶剂杯中。

4 按照热萃取仪操作要求, 打开电源, 设定萃取温度 (一般为  $220^\circ\text{C}$ )、回流速度等参数, 进行加热、萃取。萃取时加热温度不能过高, 以溶剂刚沸腾、回流速度不低于 0.5 次/min 为宜。汇流时间视试样中造粒剂含量而定, 应不低于 2h, 萃取至溶剂变为无色 (黑色或褐色消失) 为止。

5 萃取结束后, 用长柄镊子取出滤纸筒 (或滤纸包裹纤维); 将滤纸筒 (或滤纸包裹纤维) 放到  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  烘箱中烘干 2h 以上, 在干燥器中冷却。

6 冷却、干燥后的滤纸筒放到分析天平上, 减量法称量纤维质量  $m_2$ , 精确至  $0.1\text{mg}$ 。

#### A. 12.3.2 造粒剂旋转粘度测定试验步骤如下:

1 取适量粒状木质纤维放入烧杯中 (不应打散), 注入甲苯浸没纤维; 用保鲜膜等将整个烧杯密封, 浸泡 12h 以上; 浸泡过程中可进行适当搅拌。完成浸泡之后, 采用 200 目金属过滤网 (或滤纸筒、滤纸) 过滤, 将滤液移入蒸馏瓶中。

2 将盛有试样的蒸馏瓶放到电热套中, 用原溶剂瓶做接受容器, 将冷凝管、牛角管等将蒸馏瓶、接受容器等连接, 接好水管; 调整电热套温度, 使溶剂快速蒸发、且无飞溅; 持续蒸馏至所有溶剂被蒸发。

3 按照以上步骤, 多次蒸馏得到不少于 20g 造粒剂 (试样热萃取残留物); 观察记录造粒剂颜色, 应为黑色或褐色。将烘箱预加热到  $135^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ; 将造粒剂移到广口瓶中, 放入烘箱, 鼓风、干燥  $5\text{h} \pm 10\text{min}$ ; 再将广口瓶中造粒剂移到旋转粘度计盛样筒中。

4 按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0625 方法测定造粒剂的旋转黏度。

#### A. 12.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

1 试样造粒剂含量按式 (A. 12.4) 计算, 精确至 0.1。

$$B_c = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (\text{A. 12.4})$$

式中:  $B_c$ ——试样造粒剂含量 (%);

$m_1$ ——干燥纤维试样质量 (g)；

$m_2$ ——热萃取后干燥纤维质量 (g)。

2 同一样品，测定两次造粒剂含量，取算术平均值作为试验结果，精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 1.0% 时，试验结果为无效。

3 同一样品的造粒剂旋转黏度，取连续 3 次读数的算术平均值作为试验结果，精确至  $1\text{mPa} \cdot \text{s}$ 。

交通运输部信息公开  
浏览专用

## 附录 B 玄武岩纤维材料试验方法

### B.1 玄武岩纤维长度和直径试验方法

#### B.1.1 适用范围

本方法适用于测定玄武岩纤维的长度和直径。

#### B.1.2 试验仪器与材料

试验仪器与材料及要求应符合本规范附录第 A.9.2 条的规定，同时增加可恒温 530 ~ 570℃ 的高温炉。

#### B.1.3 纤维试样制备

##### B.1.3.1 絮状玄武岩纤维试样制备（测定长度与直径）如下：

在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 5g 纤维试样，在 530 ~ 570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂。冷却至室温后，按本规范附录 A 第 A.7.4 条制作 5 块纤维载玻片，但不进行染色。

注：仅测定纤维长度时，可以不进行高温灼烧。

##### B.1.3.2 束状玄武岩纤维试样制备（测定长度）如下：

在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 200 根纤维试样（注意同一束纤维中仅可取一根纤维，不应取多根纤维），再随机选取 25 根纤维试样。

##### B.1.3.3 束状玄武岩纤维试样制备（测定直径）如下：

在 5 个以上不同位置取大致等量纤维组成约 5g 纤维试样，在 530 ~ 570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂。冷却至室温后，按本规范附录 A 第 A.7.4 条制作 3 块纤维载玻片，但不进行染色。

##### B.1.3.4 玄武岩长纤维无捻粗纱试样制备（测定直径）如下：

随机绕取 2 根粗纱，在不同位置共裁剪 10 段长度不大于 3mm 纤维，在 530 ~ 570℃ 的温度下灼烧 30min 去除浸润剂。冷却至室温后，按本规范附录 A 第 A.7.4 条制作 5

块纤维载玻片，但不进行染色。

#### B.1.4 试验步骤

**B.1.4.1** 絮状玄武岩纤维的长度、直径，以及束状玄武岩纤维直径、玄武岩无捻粗纱纤维直径，按本规范附录 A 第 A.9.4 条规定的方法进行测定。

**B.1.4.2** 束状玄武岩纤维长度的试验步骤如下：

- 1 取出一根纤维，用两把镊子分别夹持纤维的两端，保证纤维的两端在镊子的钳口以外刚好被看到。
- 2 将一侧镊子钳口处外露出的纤维同钢直尺的零刻度线处对齐。
- 3 将另一侧镊子沿钢直尺使纤维拉直（拉直时不要用力过猛）至卷曲刚好消失，当刚好能看到纤维端所对准的钢直尺的刻度即为该纤维的长度，精确至 0.5mm。
- 4 重复以上试验，测定 25 根纤维长度。
- 5 如果一束纤维切口整齐，也可以看成一根纤维，按照以上方法进行测量，为一个测定值。

#### B.1.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 玄武岩纤维平均长度和平均直径应按本规范附录 A 第 A.9.5 条规定计算。
- 2 束状玄武岩纤维长度偏差率按式 (B.1.5-1) 计算，精确至 0.1。

$$C_L = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\text{B.1.5-1})$$

式中： $C_L$ ——纤维长度偏差率（%）；  
 $L_0$ ——纤维公称长度（mm）。

- 3 束状玄武岩纤维直径偏差率按式 (B.1.5-2) 计算，精确至 0.1。

$$C_d = \frac{d - d_0}{d_0} \times 100 \quad (\text{B.1.5-2})$$

式中： $C_d$ ——纤维直径偏差率（%）；  
 $d_0$ ——纤维公称直径（ $\mu\text{m}$ ）。

## B.2 玄武岩纤维渣球含量试验方法

### B.2.1 适用范围

本方法适用于测定絮状玄武岩纤维的渣球含量。

### B.2.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 冲气筛分析仪：负压可调，试验时最大负压可达 3 500Pa，负压显示精度 1Pa。
- 2 冲气筛：直径 200mm，方孔筛，筛网尺寸 0.15mm。
- 3 电子天平：感量 0.01g。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。
- 5 瓷盘、平底盘、毛刷、秒表。
- 6 研磨棒：一头直径 5 ~ 10cm 的金属棒。

### B.2.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $8\text{g} \pm 0.50\text{g}$  纤维试样，共取 3 份；将试样放入瓷盘中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干 2h 以上，在干燥器中冷却后放入瓷盘上称量  $m_0$ ，精确至 0.01g；按附录 A 第 A.1.3 条试验方法，筛分析 10min 后收集筛上纤维，移到平底盘中。
- 2 手工将纤维和渣球进行分离，分别收集分离的渣球和纤维，将渣球移入瓷盘。
- 3 用研磨棒缓慢研磨平底盘中分离出的纤维 5min，然后再次手工分离纤维和渣球，将收集的渣球并入步骤 2 的瓷盘中。
- 4 重复步骤 3，直到渣球含量变化小于干燥纤维总质量的 0.1%。称量渣球质量  $m_1$ ，精确至 0.01g。

### B.2.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 渣球含量按式 (B.2.4) 计算，精确至 0.1。

$$S_{0.15} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{B.2.4})$$

式中： $S_{0.15}$ ——渣球含量 (%)；

$m_0$ ——烘干纤维总质量 (g)；

$m_1$ ——0.15mm 筛上纤维分离出的渣球质量 (g)。

- 2 同一样品测定三次，取算术平均值作为渣球含量试验结果，精确至 0.1%。

## B.3 玄武岩纤维冲气筛分析试验方法

### B.3.1 适用范围

本方法适用于冲气筛分法测定絮状玄武岩纤维的 0.15mm 质量通过率。

### B.3.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 冲气筛分析仪：负压可调，试验时最大负压可达 3 500Pa，负压显示精度 1Pa。
- 2 冲气筛：方孔筛，直径 200mm，筛网 0.15mm。
- 3 电子天平：量程 1 000g，感量 0.01g。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中 T 0602 的 2.1 要求。
- 5 瓷盘、毛刷、秒表。

### B.3.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量纤维组成 1 份  $8\text{g} \pm 0.10\text{g}$  试样，共取 2 份；将试样放入瓷盘中，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱中烘干 2h 以上，在干燥器中冷却至室温。
- 2 按本规范附录 A 第 A.1.3 条方法进行筛分试验。

### A.3.4 试验数据处理

按本规范附录 A 第 A.1.4 条方法计算 0.15mm 质量通过率。

## B.4 玄武岩纤维高温磨耗试验方法

### B.4.1 适用范围

本方法适用于测定絮状玄武岩纤维的高温磨耗后 0.15mm 通过率增加值。

### B.4.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 冲气筛分析仪：负压可调，试验时最大负压可达 3 500Pa，负压显示精度 1Pa。
- 2 冲气筛：直径 200mm，方孔筛，筛网 0.15mm。
- 3 天平：精度不小于 0.01g。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $210^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中 T 0602 的 2.1 要求。
- 5 微型狄法尔试验仪：应符合现行《公路工程集料试验规程》（JTG 3432）的 T 0363 中规定。
- 6 10 ~ 20 倍放大镜。

### B.4.3 试验步骤

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量纤维组成 1 份  $8\text{g} \pm 0.5\text{g}$  试样，共取 4 份；将每

份试样放入  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱内烘干 2h。

2 取其中 2 份试样, 在干燥器中冷却到室温; 称取干燥试样质量后按附录 A 第 A.1 节试验方法进行筛分析, 计算 0.15mm 通过率, 取平均值作为试验结果, 记为  $P_0$ 。

3 取另外 2 份试样, 在  $210^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  高温烘箱内继续加热 1h。将热的试样放入微型狄法尔试筒中, 加 1 250g 钢球, 设定转速  $100\text{r}/\text{min} \pm 5\text{r}/\text{min}$ , 磨耗 10min。收集研磨后纤维试样, 在干燥器中冷却到室温。按附录 A 第 A.1 节试验方法进行筛分析, 计算 0.15mm 通过率, 取平均值作为试验结果, 记为  $P_1$ 。

#### B.4.4 试验数据处理

高温、磨耗后 0.15mm 通过率增加值  $\Delta P$  按式 (B.4.4) 计算, 精确至 0.1。

$$\Delta P = P_1 - P_0 \quad (\text{B.4.4})$$

式中:  $\Delta P$ ——0.15mm 通过率增加值 (%) ;

$P_0$ ——未经高温、磨耗处理的纤维 0.15mm 通过率 (%) ;

$P_1$ ——经高温、磨耗处理后的纤维 0.15mm 通过率 (%) 。

#### B.5 玄武岩纤维吸油率试验方法

按本规范附录 A 第 A.4 节的方法进行试验。

#### B.6 玄武岩纤维密度试验方法

按本规范附录 A 第 A.8 节的方法进行试验。

#### B.7 玄武岩纤维含水率试验方法

按本规范附录 A 第 A.5 节的方法进行试验。

#### B.8 絮状玄武岩纤维团含量试验方法

##### B.8.1 适用范围

本方法适用于测定絮状玄武岩纤维的纤维团含量。

##### B.8.2 试验仪器

试验仪器及要求如下:

- 1 天平: 感量 0.1g。
- 2 标准筛: 方孔筛, 直径为 9.5mm。
- 3 摇筛机。

##### B.8.3 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 1 份  $100\text{g} \pm 1\text{g}$  试样，共取 3 份。将试样在  $105^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  烘箱内烘干，在干燥器中冷却到室温待用。
- 2 称取干燥纤维质量  $M_0$ ，精确至  $0.1\text{g}$ 。
- 3 将  $9.5\text{mm}$  筛和筛底组成套筛，将试样放入顶筛上，盖上筛盖；将套筛放到摇筛机上振筛  $5\text{min}$ 。
- 4 取出筛子，减量法称取  $9.5\text{mm}$  筛上纤维质量  $M_1$ 。

#### B.8.4 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 纤维团质量百分率  $P_{9.5}$  按式 (B.8.4) 计算，精确至  $0.1$ 。

$$P_{9.5} = \frac{M_1}{M_0} \times 100 \quad (\text{B.8.4})$$

式中： $P_{9.5}$ ——絮状纤维团质量含量 (%)；

$M_0$ ——干燥纤维总质量 (g)；

$M_1$ —— $9.5\text{mm}$  筛上纤维质量 (g)。

- 2 同一样品测定三次，取算术平均值作为絮状纤维团质量含量试验结果，精确至  $0.1\%$ 。

### B.9 玄武岩纤维拉伸试验方法

#### B.9.1 适用范围

本方法适用于拉伸法测定束状玄武岩纤维的断裂强度、断裂伸长率和初始模量。

#### B.9.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 电子拉伸试验机，要求如下：
  - 1) 负荷测量：量程能适应试样最大荷载要求，误差应不大于  $0.1\%$ ；分辨率为  $0.001\text{N}$ 。
  - 2) 伸长测量：量程  $0 \sim 100\text{mm}$ ，误差应不大于  $0.05\text{mm}$ ，分辨率  $1\%$ 。
  - 3) 采样频率不小于  $1\text{kHz}$ 。
  - 4) 夹持器：采用平板式夹持器，下夹持器下降速度连续可调；隔距  $2 \sim 20\text{mm}$  连续可调，示值误差应不大于  $0.2\text{mm}$ ；下夹持器动程  $0 \sim 100\text{mm}$ 。
  - 5) 能够记录、显示负荷—伸长量曲线。
- 2 烘箱：鼓风干燥箱，能够控温  $\pm 5^\circ\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。

### B.9.3 试样准备

按下列要求准备试样：

- 1 在5个以上不同位置取大致等量样品组成约3g试样，在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 烘箱内烘干2h，然后在干燥器中冷却至室温备用。
- 2 束状玄武岩纤维需分离出单根纤维后进行试验。
- 3 取分离后的单根纤维，随机抽取50根为一组试样。

### B.9.4 试验参数设定

#### B.9.4.1 拉伸速度参数设定：

- 1 当试样的平均断裂伸长率小于8%时，拉伸速度为每分钟50%名义隔距长度。
- 2 当试样的平均断裂伸长率8%~50%时，拉伸速度为每分钟100%名义隔距长度。
- 3 当试样的平均断裂伸长率大于50%时，拉伸速度为每分钟200%名义隔距长度。

#### B.9.4.2 名义隔距长度参数设定：

- 1 当纤维的名义长度小于6mm时，名义隔距长度采用2mm。
- 2 当纤维的名义长度为6~10mm时，名义隔距长度采用3mm。
- 3 当纤维的名义长度为10~19mm时，名义隔距长度采用5mm。
- 4 当纤维的名义长度大于19mm时，名义隔距长度采用10mm。

#### B.9.4.3 预张力参数设定：

根据纤维线密度，按 $0.03 \sim 0.07 \text{cN/dtex}$ 计算确定预张力，其中纤维线密度由厂家给定，或按本规范附录C第C.2节测定。

### B.9.5 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 检查钳口，确保钳口对正、平行，以保证试验时施加荷载不产生偏移。
- 2 选择合适的张力夹，随机夹取一根纤维的一端，另一端在上夹持器中夹紧后放手，让张力夹自由下垂，以保证纤维沿轴向伸直，再夹紧下夹持器。
- 3 在试样夹入夹持器时施加预张力，施加的预张力能够消除纤维卷曲又能够避免纤维产生伸长，不要用手触摸夹具之间的试样。
- 4 开始拉伸试验，直到试样被拉断，记录断裂时荷载和断裂伸长值；试验时应防止夹具夹持处打滑或夹伤纤维。
- 5 移动夹具回到零位，取下断裂的纤维试样。
- 6 按本规范附录B第B.1节方法测定断裂纤维直径。
- 7 在拉伸试验时仔细观察纤维断裂情况：当纤维断裂在钳口上（纤维断裂时看不

出断裂端)或在夹持器中滑移的数量超过 10%，应检查和调试夹持器，重新试验；若不超过 10%，则纤维断在钳口上或在夹持器中滑移的试样结果予以剔除。

### B.9.6 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 单根纤维断裂强度按式 (B.9.6-1) 计算，精确至 0.01。

$$\sigma_i = \frac{4F_i}{\pi D_i^2} \quad (\text{B.9.6-1})$$

式中： $\sigma_i$ ——第  $i$  根纤维的断裂强度 (MPa)；

$F_i$ ——第  $i$  根纤维断裂时荷载 (N)；

$D_i$ ——第  $i$  根纤维的直径 (mm)。

- 2 断裂强度按式 (B.9.6-2) 计算，精确至 0.01。

$$\sigma_t = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i}{n} \quad (\text{B.9.6-2})$$

式中： $\sigma_i$ ——纤维的断裂强度 (MPa)；

$n$ ——测定的纤维根数。

- 3 单根纤维断裂伸长率按式 (B.9.6-3) 计算，精确至 0.1。

$$\varepsilon_i = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100 \quad (\text{B.9.6-3})$$

式中： $\varepsilon_i$ ——第  $i$  根纤维断裂伸长率 (%)；

$L_i$ ——夹持器的断后隔距 (mm)；

$L_0$ ——夹持器的原始隔距 (mm)。

- 4 纤维断裂伸长率按式 (B.9.6-4) 计算，精确至 0.1。

$$\varepsilon_t = \frac{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i}{n} \quad (\text{B.9.6-4})$$

式中： $\varepsilon_t$ ——纤维断裂伸长率 (%)。

- 5 纤维断裂强度保留率按式 (B.9.6-5) 计算，精确至 0.1。

$$P = \frac{\sigma_{\text{后}}}{\sigma_{\text{前}}} \times 100\% \quad (\text{B.9.6-5})$$

式中： $P$ ——纤维断裂强度保留率 (%)；

$\sigma_{\text{前}}$ ——原纤维的断裂强度 (MPa)；

$\sigma_{\text{后}}$ ——210℃加热 1h 后纤维的断裂强度 (MPa)。

- 6 单根纤维的初始模量由图 B.9.6 的方法按式 (B.9.6-6) 计算，精确至 0.1。

$$E_i = \frac{4(F_b - F_a)}{\pi(OB - OA)D_i^2} \quad (\text{B.9.6-6})$$

式中： $E_i$ ——单根纤维的初始模量 (MPa)；  
 $F_a$ ——单根纤维伸长到 A 点对应的荷载 (N)；  
 $F_b$ ——切线上横坐标 B 点对应的荷载 (N)；  
 $OA$ ——单根纤维在 A 点的位移量 (mm)；  
 $OB$ ——单根纤维在 B 点的位移量 (mm)。

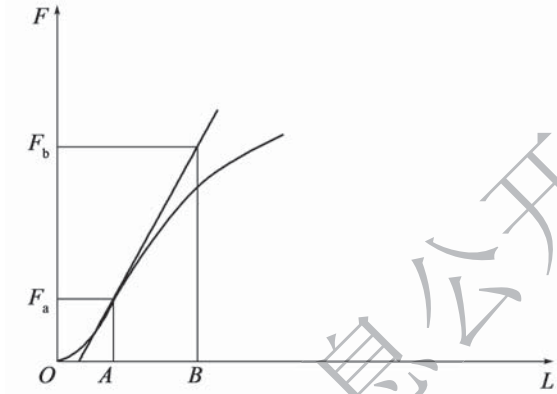


图 B.9.6 由荷载-伸长量曲线确定初始模量的示意图

7 纤维初始模量按式 (B.9.6-7) 计算, 精确至 1。

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (\text{B.9.6-7})$$

式中： $E$ ——纤维初始模量 (MPa)。

8 纤维直径、断裂强度、断裂伸长率、初始模量的标准差和变异系数按式 (B.9.6-8)、式 (B.9.6-9) 计算, 精确至 0.1。

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (\text{B.9.6-8})$$

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (\text{B.9.6-9})$$

式中： $S$ ——标准差；

$X_i$ ——单根纤维的测定值；

$\bar{X}$ ——测定平均值；

$C_v$ ——变异系数。

9 当断裂强度、断裂伸长率、初始模量的测定值任何一项的变异系数大于 30% 时, 该组试验结果无效, 应重新试验。

## B.10 玄武岩纤维残留断裂强度比试验方法

### B.10.1 适用范围

本试验适用于束状玄武岩纤维耐热性试验, 测定高温加热后残留断裂比评价纤维的

耐热性能；也适用于玄武岩纤维耐碱性试验，测定碱溶液浸泡后残留断裂比评价纤维的耐碱性能。

## B. 10.2 试验仪器与材料

### B. 10.2.1 试验仪器及要求如下：

- 1 电子拉伸试验机：应符合本规范附录 B 第 B. 9. 2 条的规定。
- 2 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 、 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  和  $210^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG 3410）中 T 0602 的 2. 1 要求。
- 3 恒温水浴：能有效控制温度在  $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 不锈钢烧杯：250mL，带盖。
- 5 不锈钢丝网：丝网孔径 0. 01mm，丝网的形状直径与不锈钢烧杯的内径等同，直径外沿有约 3mm 的向上折边，以保证与烧杯壁密贴。
- 6 天平：最大称量不小于 500g，感量 0. 01g。

### B. 10.2.2 试验材料及要求如下：

- 1 氢氧化钠：分析纯。
- 2 氢氧化钠浸泡液（1mol/L）：称取 40g 氢氧化钠（精确至 0. 01g），溶解于 1 000mL 水中。
- 3 酚酞指示剂：1% 乙醇溶液，称取酚酞 1g，加无水乙醇（分析纯）100mL。

## B. 10.3 试样准备

### B. 10.3.1 耐热性试验测定残留断裂强度的试样准备如下：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 6g 试样，再分成 2 份，每份约 3g。
- 2 取一份试样，记为 1 号试样，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ （聚合物纤维、玻璃纤维为  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）烘箱内烘干 2h，然后在干燥器中冷却至室温，用于原样纤维断裂强度和断裂伸长率试验备用。
- 3 取另一份试样，记为 2 号试样，将纤维置于  $210^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱内加热 1h 后，然后在干燥器中冷却至室温，用于热老化后纤维断裂强度和断裂伸长率试验备用。
- 4 束状矿物纤维需分离出单根纤维后进行试验。

### B. 10.3.2 耐碱性试验测定残留断裂强度的试样准备如下：

- 1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 6g 试样，再分成 2 份，每份约 3g；
- 2 将 2 份试样，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ （聚合物纤维、玻璃纤维为  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）烘箱内烘干 2h，然后在干燥器中冷却至室温备用。

3 用洗净的 250mL 不锈钢烧杯加 150mL、1mol/L 氢氧化钠浸泡液，烧杯加盖在  $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  恒温水浴中预热约 1h，使容器和浸泡液的温度达到平衡。

4 取出 1 份试样，记为 2 号试样，置于预先在  $80^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  恒温水浴中预热的 250mL 不锈钢烧杯和 1mol/L 氢氧化钠浸泡液中，加不锈钢丝网至液面下约 25mm，不使纤维上浮在液面上，烧杯加盖后在上述水浴中恒温  $6\text{h} \pm 10\text{min}$ 。

5 取出后用快速滤纸滤出纤维，用纯净水洗净（洗液用酚酞检验之）后，在  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ （聚合物纤维、玻璃纤维为  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ）烘箱内烘干 2h，然后在干燥器中冷却至室温备用。

6 未进行碱溶液处理的试样，记为 1 号试样。

#### B. 10.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 从每份试样，取分离后的单根纤维，随机抽取 50 根进行试验。
- 2 按本规范附录 B 第 B.9 节方法测定单根纤维的断裂强度。

#### B. 10.5 试验数据处理

纤维残留断裂强度比按式 (B. 10.5) 计算，精确至 0.1。

$$\alpha = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_{11}} \times 100 \quad (\text{B. 10.5})$$

式中： $\alpha$ ——纤维残留断裂强度比 (%)；

$\sigma_{11}$ ——第 1 组未经处理纤维的断裂强度平均值 (MPa)；

$\sigma_{12}$ ——第 2 组经热或碱溶液处理纤维的断裂强度平均值 (MPa)。

### B. 11 玄武岩纤维可燃物含量试验方法

#### B. 11.1 适用范围

本方法适用于测定玄武岩纤维可燃物含量。

#### B. 11.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 高温炉：封闭式高温炉，可恒温  $620^{\circ}\text{C} \pm 30^{\circ}\text{C}$ 。
- 2 电子天平：感量 0.1mg。
- 3 坩埚：碗型陶瓷坩埚，上部内径约 155mm，高度约 55mm，容积约为 650mL。
- 4 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。
- 5 干燥器：内装合适的干燥剂。
- 6 剪切工具：剪刀等。

**B. 11.3 纤维试样制备****B. 11.3.1 玄武岩短切纤维试样制备要求如下：**

在 5 个以上不同位置取大致等量样品，组成质量不少于 5g 纤维试样。

**B. 11.3.2 玄武岩纤维长丝无捻粗纱试样制备要求如下：**

随机绕取若干根粗纱，质量不少于 5g。

**B. 11.4 试验步骤**

按本规范附录 A 中 A.2 进行试验。

**B. 11.5 试验数据处理**

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 纤维可燃物含量按式 (B. 11.5) 计算，精确至 0.1。

$$R_c = \left( 1 - \frac{m_1 - m_2}{m_0} \right) \times 100 \quad (\text{B. 11.5})$$

式中： $R_c$ ——纤维可燃物含量 (%)；

$m_0$ ——纤维试样质量 (g)；

$m_1$ ——坩埚 (含纤维灰分) 质量 (g)；

$m_2$ ——坩埚质量 (g)。

- 2 同一样品测定两次，取算术平均值作为可燃物含量试验结果，精确至 0.1%。当两次测定值的差值大于 1.0% 时，试验结果为无效。

**B. 12 玄武岩纤维短切率和分散率试验方法****B. 12.1 适用范围**

本方法适用于测定束状玄武岩纤维或玄武岩纤维无捻粗纱的短切率和分散率。

**B. 12.2 试验仪器**

试验仪器及要求如下：

- 1 电子天平：分析天平，最大称量 200g，感量 0.1mg。分析天平宜采用防静电涂层玻璃防风罩。

- 2 检查板：黑色，300mm × 500mm。

- 3 短切机 (必要时)、镊子、纸筒等。

### B. 12.3 无捻粗纱取样和试样准备

#### B. 12.3.1 无捻粗纱

1 从束状长纤维无捻粗纱卷轴式纤维盘上引出足够长度的纤维粗纱，缠绕在一纸筒上，在温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $50\% \pm 10\%$  条件下调湿不少于 4h。

2 从纸筒外层把粗纱引出，穿入短切机中，短切成目标长度（根据实际工程应用确定），离切刀约 500mm 的下方，用检查板接取需要的短切原丝，检查板在下边移动，以便能在短切纤维下落的区域均匀接收约 5g 的试样。试样不少于 2 份。

#### B. 12.3.2 无捻粗纱现场短切而成的纤维

1 根据现场实际情况，在施工稳定后，从 3 个不同部位或间隔 3 次以上，取约 100g 短切纤维样品。

2 从样品 5 个不同位置取短切纤维约 5g 试样。试样不少于 2 份。

注：本方法主要适用于检验无捻粗纱现场切短后的质量。

### B. 12.4 短切纤维取样和试样准备

随机从 5 个以上不同位置取约 100g 样品，再从样品的 5 个不同位置取短切纤维约 5g 试样，取 2 份试样。

### B. 12.5 试验步骤

#### B. 12.5.1 短切率试验步骤如下：

1 称取试样的质量（记为  $m_0$ ），用镊子挑出未切断的纤维，称取剩余纤维的质量（记为  $m_1$ ）。

2 同一样品测量 2 次。

#### B. 12.5.2 无捻粗纱的分散率试验步骤如下：

1 称取接收试样的质量（记为  $m_2$ ），用镊子挑出成团或黏在一起不能分束的分散不良的短切纤维，称取剩余纤维的质量（记为  $m_3$ ）。

2 同一样品测量 2 次。

### B. 12.6 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

1 按式 (B. 12.6-1) 计算试样的短切率，精确至 0.1。

$$P_d = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (\text{B. 12.6-1})$$

式中： $P_d$ ——试样的短切率（%）；

$m_1$ ——挑出未切断的纤维后剩余纤维质量（g）；

$m_0$ ——试样的质量（g）。

2 取 2 个试样测定值平均值作为样品的短切率，精确至 1%。

3 按式（B. 12. 6-2）计算试样的分散率，精确至 0. 1。

$$P_f = \frac{m_3}{m_2} \times 100 \quad (\text{B. 12. 6-2})$$

式中： $P_f$ ——试样的分散率（%）；

$m_3$ ——挑出未分散充分的纤维后剩余纤维质量（g）；

$m_2$ ——试样的质量（g）。

4 取 2 个试样测定值平均值作为样品的分散率，精确至 1%。

## B. 13 玄武岩纤维硬挺度试验方法

### B. 13. 1 适用范围

本方法适用于测定玄武岩纤维无捻粗纱的硬挺度。

### B. 13. 2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

1 无捻粗纱硬挺度仪：由圆形截面的不锈钢制成的钩子构成悬挂点，在悬挂点下方 60mm 处有一滑动标尺，见图 B. 13. 2。

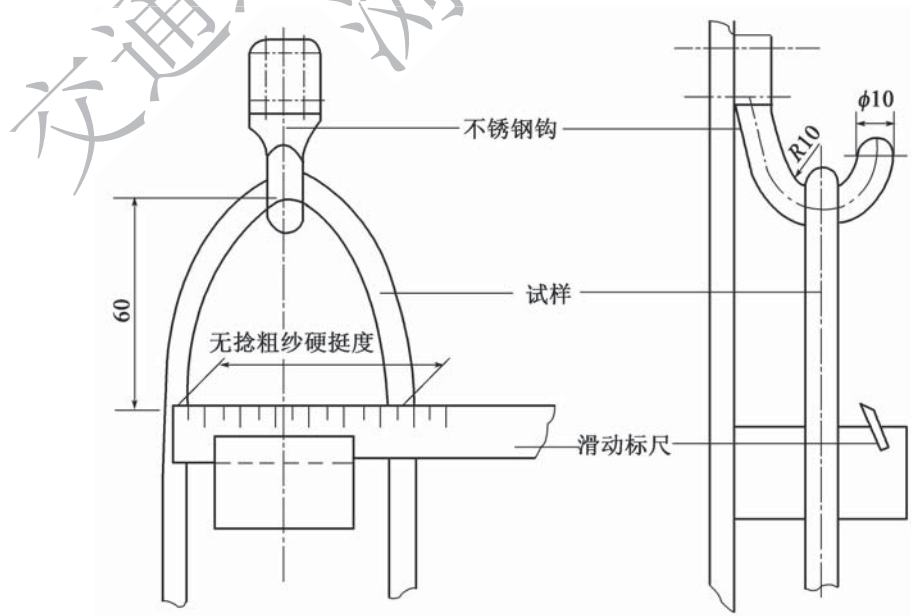


图 B. 13. 2 无捻粗纱硬挺度仪（尺寸单位：mm）

2 温度计：0 ~ 50℃，分度值 0. 5℃。

### B.13.3 试样准备

按下列要求准备试样:

- 1 从长纤维无捻粗纱卷轴式纤维盘上引出足够长度的纤维粗纱,在温度  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度  $50\% \pm 10\%$  条件下调湿不少于 16h。
- 2 从粗纱上裁剪 5 束长度为  $500\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纤维束。

### B.13.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

- 1 将试样中点悬挂在捻粗纱硬挺度仪的钩子上,静置  $30\text{s} \pm 5\text{s}$ 。
- 2 站在钩子左侧试样端部的正对面(以避免任何视差),将滑动标尺的零点对准无捻粗纱的中心。
- 3 站在钩子右侧试样端部的正对面(以避免任何视差),读出无捻粗纱垂端中心之间的距离。
- 4 只能在悬挂的试样中心和滑动标尺顶部的交叉点上读取数值,这个交叉点距钩子顶部 60mm。
- 5 按同样方法测试 4 个试样。

### B.13.5 试验数据处理

以 5 个试样的算术平均值作为样品试验结果,精确至 1mm。

## 附录 C 玻璃纤维材料试验方法

### C.1 玻璃纤维长度和直径试验方法

#### C.1.1 适用范围

本方法适用于测定玻璃纤维的长度和直径。

注：玻璃纤维截面一般为非圆形，因此测定的直径为当量直径，习惯也称为直径。

#### C.1.2 试验仪器与材料

试验仪器及要求应符合本规范附录 B 第 B.1 节的规定，同时增加如下试验仪器与材料：

- 1 抛光机、砂纸（100~800目）、抛光布。
- 2 浸液：等体积的甘油和蒸馏水混合物。
- 3 包裹树脂：快速固化的聚酯或环氧树脂。
- 4 脱模剂：硅脂等。

#### C.1.3 纤维试样制备

##### C.1.3.1 玻璃短切纤维试样制备（测定长度）要求如下：

在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成 200 根纤维试样（注意同一束纤维中仅可取一根纤维，不应取多根纤维），再随机选取 25 根纤维试样。

##### C.1.3.2 玻璃短切纤维试样制备（测定直径）要求如下：

1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 100 根纤维（注意同一束纤维中仅可分离出一根纤维，不应取多根纤维），在 530~570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂。冷却至室温后，再随机选取 50 根纤维试样。

2 在玻璃板上粘贴 40mm×40mm 的双面胶带。

3 在塑料管内涂覆脱模剂，以方便树脂块从管内取出；将塑料管的一端粘贴到玻璃板上的双面胶带上。

4 在一次性塑料杯中配制树脂。

5 玻璃板水平放置,逐根将纤维粘树脂,垂直放入管内,并垂直立于玻璃板上;把树脂缓慢注入塑料管内,在室温下固化,如果树脂固化不充分,可在烘箱中加热固化。

6 将固化的树脂从管中取出,用抛光机将树脂中垂直于纤维轴向的一面抛光,先用 100~150 目的砂纸打磨,再逐渐换用更细颗粒的砂纸继续抛光(至 800 目),最后用抛光布抛光。

### C.1.3.3 玻璃纤维长丝无捻粗纱试样准备(测定直径)如下:

随机绕取 2 根粗纱,在不同位置裁剪 10 段长度不大于 3mm 纤维,在 530~570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂。冷却至室温后,按 C.1.3.2 方法制样。

### C.1.4 试验步骤

#### C.1.4.1 纤维长度的试验步骤如下:

应按本规范附录 B 中 B.1.4.2 的方法进行测定。

#### C.1.4.2 纤维当量直径的试验步骤如下:

1 将试样置于载物台上,试样抛光表面朝上;调整焦距使单丝成像清晰,利用载物台缓慢移动纤维载玻片,通过目镜观察寻找代表性纤维的视野,选择合适的放大倍数,拍摄形成静态图片。

2 按在静态图片中逐根选择单根纤维,用鼠标沿纤维横截面轮廓线点击、计算机自动描绘纤维横截面曲面,由软件计算横截面面积  $s_i$ 。

### C.1.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

- 1 按本规范附录 A 第 A.9 节计算纤维平均长度  $L$ 。
- 2 按本规范附录 B 第 B.1 节计算纤维长度偏差率。
- 3 单根纤维的直径按式 (C.1.5) 计算,精确至 0.1。

$$d_i = 2 \sqrt{\frac{s_i}{\pi}} \quad (\text{C.1.5})$$

式中:  $d_i$ ——第  $i$  根纤维的直径 ( $\mu\text{m}$ );

$s_i$ ——第  $i$  根纤维的横截面面积 ( $\mu\text{m}^2$ )。

- 4 按本规范附录 A.9 计算纤维平均直径  $d$ 。
- 5 按本规范附录 B 第 B.1 节计算纤维直径偏差率。

## C.2 玻璃纤维线密度试验方法

### C.2.1 适用范围

本方法适用于测定玻璃纤维线密度。

### C.2.2 试验仪器与材料

试验仪器及要求如下：

- 1 高温炉：可恒温 530 ~ 570℃。
- 2 游标卡尺：量程 500mm，分度值 0.02mm。
- 3 钢卷尺：量程 5m，分度值 1mm。
- 4 天平：分析天平，感量 0.1mg。

### C.2.3 试样准备

按下列要求准备试样：

1 玻璃长纤维无捻粗纱，裁剪总长度不小于 3m 纱线纤维束。在 530 ~ 570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂，冷却至室温后备用。

2 短切玻璃纤维，不同位置随机取样，总长度宜不小于 3m 纤维束。在 530 ~ 570℃ 的温度下灼烧 20min 去除浸润剂，冷却至室温后备用。

### C.2.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 测定纤维束的长度并求和，记为  $L_z$ 。
- 2 用天平称量纤维束的总重量，记为  $m_z$ 。

### C.2.5 试验数据处理

纤维的线密度按式 (C.2.5) 计算，精确至 0.1：

$$T_1 = \frac{m_z}{L_z \times 10^6} \quad (\text{C.2.5})$$

式中： $T_1$ ——纤维（束）的线密度（tex）；

$m_z$ ——纤维的总质量（g）；

$L_z$ ——纤维的总长度（mm）。

## C.3 玻璃纤维含水率试验方法

按本规范附录 A 第 A.5 节的方法进行试验。

## C.4 玻璃纤维可燃物含量试验方法

按本规范附录 B 第 B.11 节的方法进行试验。

## C.5 玻璃纤维断裂强度试验方法

### C.5.1 适用范围

适用范围如下：

1 本方法适用于测定玻璃纤维无捻粗纱或长度不小于 300mm 玻璃短切纤维的断裂强度。

2 当纤维长度小于 300mm 时，宜按本规范附录 B 第 B.9 节方法测定断裂强度，经协商也可由供应商提供不小于 300mm 同批次同质纤维按本方法进行测定。

### C.5.2 试验仪器与材料

#### C.5.2.1 试验仪器及要求如下：

1 电子拉伸试验机：试验时的最大荷载应处于试验机量程的 20% ~ 80% 范围内；具有荷载和位移速率调节和控制功能，能够自动采集数据，采样误差不超过 1%，采样频率不低于 1.0kHz。

2 夹具：应保证试件的轴线与拉伸试验机的作用力同轴，接触试件的夹具表面必须使试件能够夹持牢固、不滑动，并避免试件出现划痕及其他损伤。

3 模具：刚性材质，形状结构见图 C.5.2。

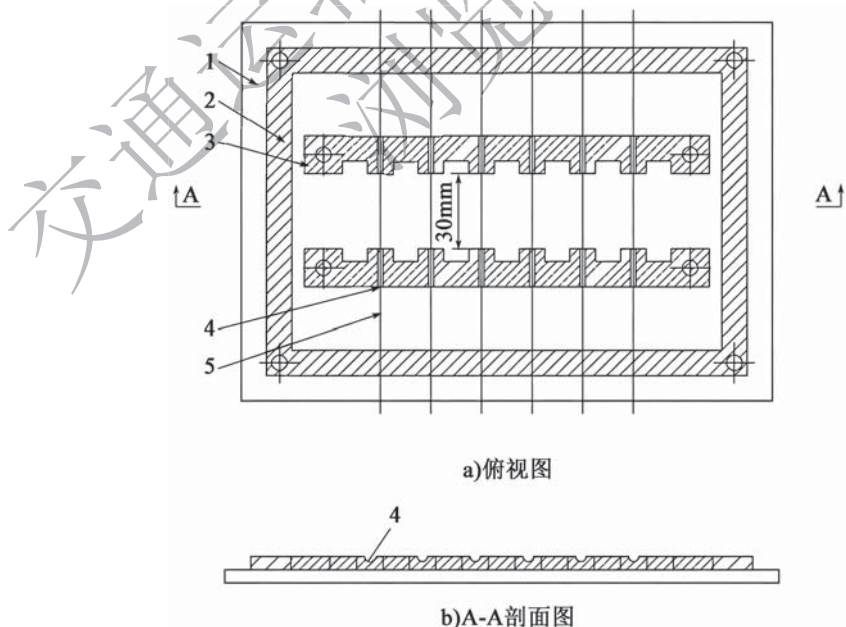


图 C.5.2 制作试样的模具示意图

1-底座；2-框架；3-横梁；4-凹槽；5-耐碱玻璃纤维束

4 游标卡尺：量程 500mm，分度值 0.02mm。

5 天平：感量 0.01g。

**C.5.2.2 试验材料及要求如下：**

- 1 环氧树脂：可适当添加增稠剂及色料。
- 2 其他：润滑油、纱线、双面胶带、单面胶带等。

**C.5.3 试样准备**

按下列要求准备试样：

- 1 随机抽取短切玻璃纤维 22 束，裁剪成  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纤维束，或随机取一段玻璃纤维无捻粗纱，裁剪成 22 束长度为  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纱线纤维束。
- 2 在底座上涂覆润滑油，将框架和底横梁固定在底座上，并在框架四周粘上双面胶带。
- 3 将玻璃纤维束摆放在底横梁的凹槽内并将纤维束端部粘在框架的双面胶带上。用 2 根纱线沿横梁内侧、垂直于玻璃纤维束的方向粘在框架的双面胶带上。在框架上再粘上一层单面胶带。
- 4 取出框架，将环氧树脂均匀涂覆于 2 根纱线和框架内侧之间的玻璃纤维束上。
- 5 移除 2 根纱线，将带有玻璃纤维束的框架置于常温下至少 12h，待环氧树脂干燥硬化后，分别取下玻璃纤维束。
- 6 每次抗拉强度试验制作 12 个玻璃纤维束试样。

**C.5.4 试验步骤**

按下列试验步骤进行操作：

- 1 取其余 10 束未涂覆环氧树脂的玻璃纤维，按本规范附录 C 第 C.2 节测定线密度。
- 2 将试样的环氧树脂涂覆端夹持在拉伸试验机的夹具中，启动拉伸试验机，以  $5\text{mm}/\text{min}$  的速率加载，直至试样断裂。
- 3 记录每个试样断裂时的最大载荷，记为  $F_i$ 。

**C.5.5 试验数据处理**

按下列要求对试验数据进行处理：

- 1 按本规范附录 C 中 C.2.5 计算纤维的线密度。
- 2 单束玻璃纤维的断裂强度按式 (C.5.5-1) 计算，精确至 0.1：

$$\sigma_i = \frac{F_i \times \rho}{T_i \times 10^3} \quad (\text{C.5.5-1})$$

式中： $\sigma_i$ ——第  $i$  束纤维的断裂强度 (MPa)；

$F_i$ ——第  $i$  束纤维断裂时的最大载荷 (N)；

$\rho$ ——纤维的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$T_i$ ——纤维 (束) 的线密度 (tex)。

3 玻璃纤维的断裂强度、标准偏差及变异系数分别按式 (C.5.5-2)、式 (C.5.5-3) 和式 (C.5.5-4) 计算:

$$\sigma_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad (\text{C.5.5-2})$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\sigma_i - \sigma_t)^2} \quad (\text{C.5.5-3})$$

$$C_v = \frac{S}{\sigma_t} \times 100\% \quad (\text{C.5.5-4})$$

式中:  $\sigma_t$ ——纤维的断裂强度 (MPa);

$\sigma_i$ ——第  $i$  束纤维的断裂强度 (MPa);

$S$ ——标准差, 无量纲;

$C_v$ ——变异系数;

$n$ ——有效试样个数。

4 试验的有效试样不少于 10 个, 结果保留 1 位小数。试验结果的变异系数应不超过 15%。若变异系数超过 15%, 本次试验无效, 应重做试验。

5 有效试样是指在试验过程中, 玻璃纤维束在待测纤维部分发生断裂; 无效试样是指在试验过程中, 玻璃纤维束在非待测纤维部分发生断裂 (如在夹具内断裂), 以及在断裂前夹具中的玻璃纤维束在夹具内打滑或与环氧树脂分离。

## C.6 玻璃纤维初始模量试验方法

### C.6.1 适用范围

适用范围如下:

1 本方法适用于测定玻璃纤维无捻粗纱或长度不小于 300mm 玻璃短切纤维的初始模量。

2 当纤维长度小于 300mm 时, 宜按本规范附录 B 第 B.9 节方法测定初始模量, 经协商也可由供应商提供不小于 300mm 同批次同质纤维按本方法进行测定。

### C.6.2 试验仪器与材料

#### C.6.2.1 试验仪器及要求如下:

1 拉伸试验机和夹具: 应符合本规范附录 C 第 C.5 节的规定。

2 引伸计: 有效长度 50mm, 误差不超过 0.05mm, 分辨率 1%; 带有可连续记录伸长量的装置; 足够轻, 在试件上产生的附加应力可忽略不计; 移动部件的惯性应足够低, 不会对“荷载-伸长曲线”产生影响。

3 游标卡尺: 量程 500mm, 分度值 0.02mm。

4 天平: 感量 0.01g。

**C. 6. 2. 2** 试验材料采用环氧树脂，可适当添加增稠剂及色料。

### C. 6. 3 试样准备

按下列要求准备试样：

1 随机抽取短切玻璃纤维 22 束，裁剪成  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纤维束，或随机取一段玻璃纤维无捻粗纱，裁剪成 22 束长度为  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纱线纤维束。

2 取 10 束纤维，放置在温度为  $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度为  $(50 \pm 10)\%$  的标准环境中至少 16h。

3 将环氧树脂均匀涂覆在纤维束上，在常温下放置至少 12h，待环氧树脂干燥硬化。

### C. 6. 4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

1 将涂覆环氧树脂的纤维束夹持在拉伸试验机的夹具中，启动拉伸试验机，施加低于预计断裂荷载 10% 的预张力，以保证校正拉直纤维束。

2 安放引伸计，保证引伸计在试样上不产生滑动，且不损伤试样。

3 以  $5\text{mm}/\text{min}$  的速率加载，至拉伸荷载达到预计断裂荷载  $2/3$  时移开引伸计，继续加载至试样断裂。

4 取其余 10 束未涂覆环氧树脂的玻璃纤维，按本规范附录 C 第 C. 2 节测定线密度。

### C. 6. 5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

1 按本规范附录 C 第 C. 2. 5 节计算纤维的线密度。

2 单束耐碱玻璃纤维的初始模量按式 (C. 6. 5-1) 计算，精确至 0. 1：

$$E_i = \frac{F_i \times \rho}{T_l \times 10^3} \times \frac{L_0}{\Delta L_i} \quad (\text{C. 6. 5-1})$$

式中： $E_i$ ——第  $i$  束纤维的初始模量 (MPa)；

$F_i$ ——第  $i$  束纤维对应于  $\Delta L_i$  的荷载 (N)；

$\rho$ ——纤维的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )；

$T_l$ ——纤维 (束) 的线密度 (tex)；

$L_0$ ——引伸计的有效长度 (mm)；

$\Delta L_i$ ——力  $F_i$  下引伸计的伸长量 (mm)。

3 耐碱玻璃纤维的平均初始模量按式 (C. 6. 5-2) 计算，精确至 0. 1：

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (\text{C. 6. 5-2})$$

式中： $E$ ——纤维的平均初始模量 (MPa)；  
 $E_i$ ——第  $i$  束纤维的初始模量 (MPa)；  
 $n$ ——有效试样个数。

4 试验的有效试样不少于 5 个，初始模量试验结果精确至  $0.1 \times 10^3$  MPa。

5 有效试样是指试验时，试样中间所有耐碱玻璃纤维同时断裂或破裂（最终断裂前部分纤维已经断裂）；无效试样是指试验时，试样中间以外部分发生断裂，或断裂前夹具中的耐碱玻璃纤维束与环氧树脂分裂，导致“荷载-伸长曲线”不连续。

## C.7 玻璃纤维残留断裂强度试验方法

### C.7.1 适用范围

适用范围如下：

1 本方法适用于测定玻璃纤维无捻粗纱或长度不小于 300mm 玻璃短切纤维耐碱性试验的残留强度。

2 当纤维长度小于 300mm 时，宜按本规范附录 B 第 B.9 节方法测定耐碱性试验的残留强度，经协商也可由供应商提供不小于 300mm 同批次同质纤维按本方法进行测定。

### C.7.2 试验仪器与材料

#### C.7.2.1 试验仪器及要求如下：

- 1 拉伸试验机、夹具及记录仪器：应符合本规范附录 C 第 C.5 节的规定。
- 2 高低温恒温水浴：温控范围  $5 \sim 100^\circ\text{C}$ ，恒温精度  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。
- 3 行星式水泥胶砂搅拌机。
- 4 振动台：振幅  $0.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ ，频率  $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$ 。
- 5 模具：刚性材质，形状结构见图 C.7.2。
- 6 游标卡尺：量程 500mm，分度值 0.02mm。
- 7 天平：感量 0.1g 与 0.01g 各一台。
- 8 其他：抹刀等。

#### C.7.2.2 试验材料及要求如下：

- 1 环氧树脂：可适当添加增稠剂及色料。
- 2 水泥：符合现行《通用硅酸盐水泥》(GB 175) 规定的 P. O 42.5 或 P. O 42.5R 水泥。
- 3 砂：符合现行《建筑用砂》(GB/T 14684) 规定、粒径小于 1mm 的河砂。
- 4 水：符合现行《混凝土用水标准》(JGJ 63) 的要求。
- 5 其他：润滑油、纱线、双面胶带、单面胶带、硅酮密封胶等。

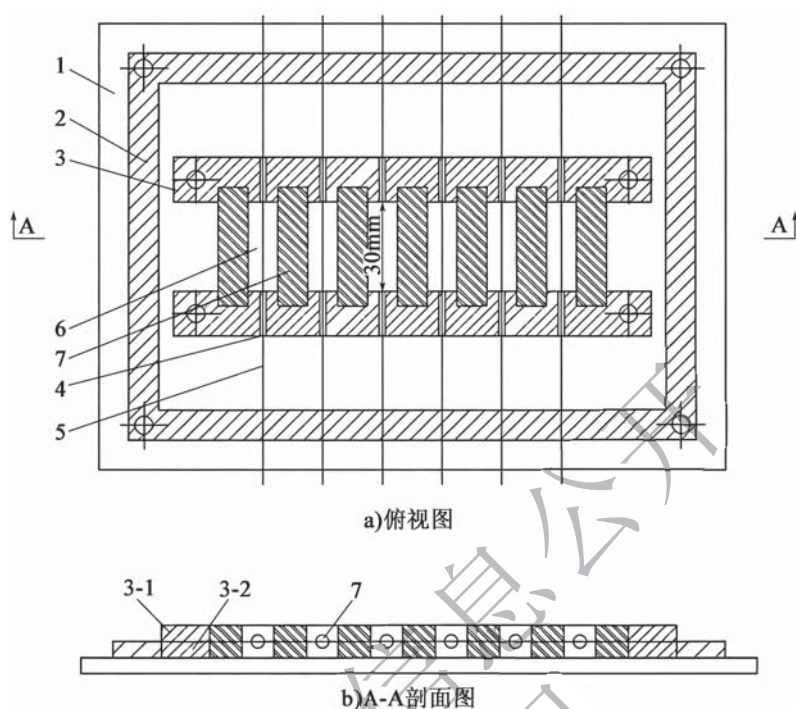


图 C.7.2 制作耐碱残留强度试样的模具示意图

1-底座；2-框架；3-横梁；3-1-顶横梁；3-2-底横梁；4-凹槽；5-耐碱玻璃纤维束；6-浇注槽（30mm × 10mm × 10mm）；7-模具块

### C.7.3 试样准备

按下列要求准备试样：

1 随机抽取短切玻璃纤维 22 束，裁剪成  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纤维束，或随机取一段玻璃纤维无捻粗纱，裁剪成 22 束长度为  $300\text{mm} \pm 5\text{mm}$  纱线纤维束。

2 在底座上涂覆润滑油，将框架和底横梁固定在底座上，并在框架四周粘上双面胶带。将玻璃纤维束摆放在底横梁的凹槽内并将纤维束端部粘在框架的双面胶带上。用 2 根纱线沿横梁内侧、垂直于玻璃纤维束的方向粘在框架的双面胶带上。在框架上再粘上一层单面胶带。

3 取出框架，将环氧树脂均匀涂覆于 2 根纱线和框架内侧之间的玻璃纤维束上。移除 2 根纱线，将带有玻璃纤维束的框架置于常温下至少 12h，待环氧树脂干燥硬化。将模具块、横梁、底座均匀涂覆润滑油。

4 将底横梁、框架依次安装到底座上，确保玻璃纤维束放置在底横梁的沟槽内，然后安装并扣紧顶横梁，同时放置好模具块，并在试块槽内裸露的玻璃纤维束两端涂上硅酮密封胶，待硅酮密封胶干燥硬化。

5 用水泥胶砂搅拌机拌和砂浆 2 ~ 3L，水泥胶砂中水泥、砂和水按重量计的比例为 75:25:32。

注：可以根据实际配合情况适当调整比例，调整范围控制在  $\pm 10\%$ 。

6 向试块槽内均匀填注水泥砂浆,将模具放置于振实台上振动至少 20s,消除可能出现的气泡,并用抹刀去除多余砂浆。

7 将整个模具放置在室温下 1h,然后置于 20℃ 的高低温恒温水浴中 23h。

8 取出模具,拆除框架、横梁及模具块,取下试样。成型后的玻璃纤维束试样见图 C.7.3。

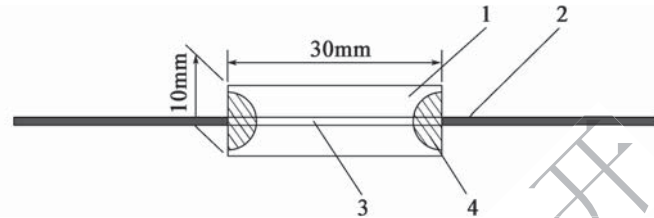


图 C.7.3 耐碱残留强度试样示意图

1-水泥胶砂块; 2-耐碱玻璃纤维束涂覆环氧树脂的部分; 3-耐碱玻璃纤维束的测试部分; 4-硅酮密封胶

#### C.7.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

1 玻璃纤维试样放入 80℃ 的高低温恒温水浴中浸泡  $96\text{h} \pm 1\text{h}$ ,取出试样,冷却至室温。按本规范附录 C 第 C.5 节测定断裂强度。试样从高低温恒温水浴中取出到完成抗拉强度测试应不超过 4h。

2 取其余 10 束未涂覆环氧树脂的玻璃纤维,按本规范附录 C 第 C.2 节测定纤维线密度。

#### C.7.5 试验数据处理

按本规范附录 C 第 C.5 节计算断裂强度,记为玻璃纤维耐碱残留断裂强度。

#### C.8 玻璃纤维短切率和分散率试验方法

按本规范附录 B 第 B.12 节的方法进行试验。

#### C.9 玻璃纤维密度试验方法

按本规范附录 A 第 A.8 节的方法进行试验。

#### C.10 玻璃纤维硬挺度试验方法

按本规范附录 B 第 B.13 节的方法进行试验。

## 附录 D 聚合物纤维材料试验方法

### D.1 聚合物纤维拉伸试验方法

#### D.1.1 适用范围

适用范围如下：

1 本方法适用于聚合物单丝、膜裂纤维的拉伸试验，测定断裂强度、断裂伸长率和初始模量。

2 聚合物粗纤维应按《化学纤维 长丝拉伸性能试验方法》（GB/T 14344）的规定测定断裂强度、断裂伸长率和初始模量。

#### D.1.2 试验仪器

试验仪器及要求应符合本规范附录 B 第 B.9 节的规定。

#### D.1.3 试样准备

按下列要求准备试样：

1 在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 3g 试样，在  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱内烘干 2h，然后在干燥器中冷却至室温备用。

2 单丝和膜裂网状聚合物纤维需分离出单根纤维后进行试验。

3 取分离后的单根纤维，随机抽取 50 根为一组试样。

#### D.1.4 试验参数设定

试验参数设定如下：

1 拉伸速度参数和名义隔距长度参数设定应符合本规范附录 B 第 B.9 节的规定。

2 根据纤维线密度，按下列推荐值计算确定预张力，其中纤维线密度由厂家给定，或按本规范附录 C 第 C.2 节测定（聚合物纤维不需要灼烧）：

- 1) 聚酯纤维， $0.15 \sim 0.2\text{cN/dtex}$ ；
- 2) 聚丙烯纤维， $0.07 \sim 0.13\text{cN/dtex}$ ；
- 3) 聚丙烯腈纤维， $0.07 \sim 0.13\text{cN/dtex}$ ；
- 4) 芳纶纤维， $0.05 \sim 0.08\text{cN/dtex}$ ；
- 5) 聚乙烯醇纤维， $0.07 \sim 0.10\text{cN/dtex}$ 。

### D.1.5 试验步骤

按本规范附录 B 第 B.9 节试验步骤进行试验,同时按本规范附录 D 第 D.5 节方法测定断裂纤维直径;对于膜裂网状纤维,应测定对应的单根纤维直径。

### D.1.6 试验数据处理

应按本规范附录 B 第 B.9 节的规定进行试验数据处理。

## D.2 聚合物纤维残留断裂强度比试验方法

### D.2.1 适用范围

适用范围如下:

- 1 本试验适用于聚合物纤维耐热性试验,测定高温加热后残留断裂强度比评价纤维的耐热性能。
- 2 本试验也适用于聚合物纤维耐碱性试验,测定碱溶液浸泡后残留断裂比评价纤维的耐碱性能。

### D.2.2 试验仪器与材料

试验仪器、材料及其要求应符合本规范附录 B 第 B.10 节的规定。

### D.2.3 试样准备

#### D.2.3.1 耐热性试验测定残留断裂强度的试样准备如下:

按本规范附录 B 中 B.10.3.1 进行试验准备,其中采用  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干温度代替  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干温度;同时单丝和膜裂网状聚合物纤维需分离出单根纤维后进行试验。

#### D.2.3.2 耐碱性试验测定残留断裂强度的试样准备如下:

按本规范附录 B 中 B.10.3.2 进行试验准备,其中采用  $60^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干温度代替  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  烘箱烘干温度;同时单丝和膜裂网状聚合物纤维需分离出单根纤维后进行试验。

### D.2.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

- 1 从每份试样,取分离后的单根纤维,随机抽取 50 根进行试验。
- 2 按本规范附录 D 第 D.1 节方法测定单根纤维的断裂强度。

### D.2.5 试验数据处理

应按本规范附录 B 第 B.10 节的规定进行试验数据处理。

### D.3 聚合物纤维含水率试验方法

按本规范附录 A 第 A.5 节的方法进行试验。

### D.4 聚合物纤维密度试验方法

按本规范附录 A 第 A.8 节的方法进行试验。

### D.5 聚合物纤维长度和直径试验方法

#### D.5.1 适用范围

本方法适用于测定聚合物纤维长度和直径。

注：聚丙烯腈纤维、聚丙烯粗纤维截面一般为非圆形，因此测定的直径为当量直径，习惯也称为直径。

#### D.5.2 试验仪器与材料

试验仪器与材料及其要求应符合本规范附录 C 第 C.1 节的规定。

#### D.5.3 纤维试样制备

##### D.5.3.1 聚合物短切纤维试样制备（测定长度）如下：

应按附录 C 中 C.1.3.1 规定的方法制备试样。

##### D.5.3.2 圆形截面聚合物短切纤维试样制备（测定直径）如下：

在 5 个以上不同位置取大致等量样品组成约 5g 纤维试样，按本规范附录 A 第 A.7.4 条制作 3 块纤维载玻片，但不进行染色。

##### D.5.3.3 异形截面聚合物短切纤维试样制备（测定当量直径）如下：

对于聚丙烯腈、聚丙烯粗纤维等异形截面纤维，应按附录 C 中 C.1.3.2 规定的方法制备试样，但样品无需高温灼烧。

##### D.5.3.4 圆形截面聚合物无捻粗纱试样制备（测定直径）如下：

随机绕取 2 根粗纱，在不同位置裁剪 10 段长度不大于 3mm 纤维，再按 D.5.3.2 规定的方法制备试样。

#### D.5.3.5 异形截面聚合物无捻粗纱试样制备 (测定直径) 如下:

对于聚丙烯腈、聚丙烯粗纤维等异形截面纤维无捻粗纱, 随机绕取 2 根粗纱, 在不同位置裁剪 10 段长度不大于 3mm 纤维, 再按 D.5.3.3 规定的方法制备试样。

#### D.5.4 试验步骤

##### D.5.4.1 圆形截面聚合物纤维直径的试验步骤如下:

1 置纤维载玻片于显微镜下。调整焦距使单纤维成像清晰, 利用载物台缓慢移动纤维载玻片, 通过目镜观察寻找代表性纤维的视野, 选择合适的放大倍数, 拍摄成静态图片。

2 每个载玻片可选定多个不重叠的视野拍摄相应静态图片, 应包含试样中每根纤维, 同时避免重复测定同一根纤维。

3 在静态图片中选定待测纤维, 用鼠标在显示屏上点击纤维宽度方向两个边缘点, 计算机计算距离即为纤维直径  $d_i$ 。

##### D.5.4.2 纤维长度的试验步骤如下:

应按本规范附录 B 中 B.1.4.2 方法进行测定。

##### D.5.4.3 异形截面纤维当量直径的试验步骤如下:

应按本规范附录 C 中 C.1.4.2 方法进行测定。

#### D.5.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

- 1 按本规范附录 A 第 A.9.5 条计算纤维平均长度  $L$ , 精确至 0.1mm。
- 2 按本规范附录 B 第 B.1.5 条计算纤维长度偏差率。
- 3 对于异形截面纤维按本规范附录 C 第 C.1.5 条计算单根纤维直径, 对于圆形截面纤维则为实测纤维直径。
- 4 按本规范附录 A 第 A.9.5 条计算纤维平均直径  $d$ , 精确至 0.1 $\mu\text{m}$ 。
- 5 按本规范附录 B 第 B.1.5 条计算纤维直径偏差。
- 6 按式 (D.5.5) 计算纤维长径比, 精确至 0.1。

$$\lambda = \frac{L}{d} \times 1000 \quad (\text{D.5.5})$$

式中:  $\lambda$ ——纤维长径比。

#### D.6 聚合物纤维短切率和分散率试验方法

按本规范附录 B 第 B.12 节的方法进行试验。

#### D.7 聚合物纤维硬挺度试验方法

按本规范附录 B 第 B.13 节的方法进行试验。

## 附录 E 钢纤维材料试验方法

### E.1 钢纤维长度和直径试验方法

#### E.1.1 适用范围

本方法适用于测定钢纤维的长度和直径，计算长径比。

#### E.1.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 游标卡尺：量程 500mm，分度值 0.02mm；
- 2 天平：分析天平，感量 0.1mg。

#### E.1.3 试样准备

在 10 个以上不同位置取大致等量样品组成约 100 根纤维试样。

#### E.1.4 试验步骤

##### E.1.4.1 纤维长度测定步骤如下：

- 1 对于形状规则的平直形钢纤维，用游标卡尺量测其长度。
- 2 对于异形钢纤维，用游标卡尺量测钢纤维的名义长度（两端点的距离，即投影长度）和实际曲线长度。

##### E.1.4.2 纤维直径测定步骤如下：

- 1 对于圆形截面钢纤维，用游标卡尺测量钢纤维中间截面的直径，在横截面相互垂直的方向各测量一次计算其平均值。
- 2 对于矩形截面钢纤维，用游标卡尺测量中间截面边长，按面积相等原则计算其当量直径。
- 3 对于非圆形不规则截面钢纤维，每根用电子天平称重，用游标卡尺测量钢纤维的实际曲线长度值，或截取中间直线段用电子天平称重，用游标卡尺测量截取的直线段长度值，根据体积等效原则计算其当量直径。

### E.1.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

- 1 按本规范附录 A 第 A.9.5 条计算纤维平均长度  $L$ , 精确至 0.1mm。
- 2 按本规范附录 B 第 B.1.5 条计算纤维长度偏差率。
- 3 按下列要求计算纤维平均直径:
  - 1) 圆形截面钢纤维, 计算所有纤维实测直径平均值, 精确至 0.1mm;
  - 2) 矩形截面纤维, 按式 (E.1.5-1) 计算各纤维的直径, 再计算所有纤维直径平均值, 精确至 0.1mm。

$$d_i = \sqrt{\pi \times ab} \quad (\text{E.1.5-1})$$

式中:  $d_i$ ——第  $i$  根纤维的直径 (mm);

$a$ 、 $b$ ——第  $i$  根纤维的矩形边长测定值 (mm)。

- 3) 非规则截面纤维, 按式 (E.1.5-2) 计算各纤维的直径, 再计算所有纤维直径平均值, 精确至 0.1。

$$d_i = 1.13 \sqrt{\frac{m_i}{L_i \rho}} \quad (\text{E.1.5-2})$$

式中:  $m_i$ ——第  $i$  根纤维的实测质量 (mg);

$L_i$ ——第  $i$  根纤维长度 (mm);

$\rho$ ——钢纤维密度, 取  $7.85 \text{mg/mm}^3$ 。

- 4 按本规范附录 B 第 B.1.5 条计算纤维直径偏差。
- 5 按本规范附录 D 第 D.5.5 条计算纤维长径比, 精确至 0.1。
- 6 按式 (E.1.5-3) 计算纤维长径比的偏差, 精确至 0.1。

$$C_\lambda = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} \times 100 \quad (\text{E.1.5-3})$$

式中:  $C_\lambda$ ——纤维长径比偏差率 (%);

$\lambda_0$ ——纤维公称长径比。

## E.2 钢纤维形状合格率试验方法

### E.2.1 适用范围

本方法适用于测定钢纤维的形状合格率。

### E.2.2 试样准备

在 10 个以上不同位置取大致等量样品组成约 100 根纤维试样。

### E.2.3 试验步骤

采用目测法进行检验, 对照钢纤维产品形状模板图, 逐根检查钢纤维的形状符合度, 判断是否存在端钩、单边成形或明显不符合出厂形状规定的情况。

**E. 2.4 试验数据处理**

按式 (E. 2. 4) 计算纤维形状合格率, 精确至 0. 1。

$$P_p = \frac{N_p}{N_0} \times 100 \quad (\text{E. 2. 4})$$

式中:  $P_p$ ——纤维形状合格率 (%) ;

$N_p$ ——形状合格纤维根数;

$N_0$ ——试验用纤维总根数。

**E. 3 钢纤维杂质含量试验方法****E. 3.1 适用范围**

本方法适用于测定钢纤维的杂质含量。

**E. 3.2 试验仪器**

试验仪器及要求如下:

1 天平: 感量 1g。

2 分析天平: 感量 0. 1mg。

**E. 3.3 试样准备**

在 10 个以上不同位置取大致等量样品组成约 2. 5kg 纤维试样。

**E. 3.4 试验步骤**

人工挑选黏结连片污染和严重锈蚀的钢纤维及其他杂质, 称量杂质总质量。

**E. 3.5 试验数据处理**

按式 (E. 3. 5) 计算纤维杂质含量, 精确至 0. 1。

$$P_d = \frac{m_d}{m_0} \times 100 \quad (\text{E. 3. 5})$$

式中:  $P_d$ ——纤维杂质含量 (%) ;

$m_d$ ——纤维中杂质质量 (mg) ;

$m_0$ ——试验用纤维总质量 (mg)。

**E. 4 钢纤维弯曲合格率试验方法****E. 4.1 适用范围**

本方法适用于测定钢纤维弯曲合格率。

#### E.4.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 天平：分析天平，感量 0.1mg。
- 2 金属棒：直径 3mm 的金属棒。

#### E.4.3 试样准备

在 10 个以上不同位置取大致等量样品组成约 20 根纤维试样。

#### E.4.4 试验步骤

将钢纤维围绕直径 3mm 金属棒向最易弯折方向弯折 90°，检查是否出现弯折断裂情况。逐根检查钢纤维的弯折性能。

#### E.4.5 试验数据处理

按式 (E.4.5) 计算纤维弯曲性能合格率，取整。

$$P_w = \frac{N_w}{N_0} \times 100 \quad (\text{E.4.5})$$

式中： $P_w$ ——纤维弯曲性能合格率 (%)；

$N_w$ ——弯曲性能合格纤维根数；

$N_0$ ——试验用纤维总根数。

### E.5 钢纤维抗拉强度试验方法

#### E.5.1 适用范围

本方法适用于测定钢纤维抗拉强度。

#### E.5.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 电子拉伸试验机：应符合本规范附录 C 第 C.6.2 条的规定。
- 2 专用夹具系统：拉伸试验机配用的夹具系统应保证钢纤维试件的轴线与试验机的作用力同轴，接触试件的夹具表面应使试件能够夹持牢固、不滑动，并避免试件出现划痕及其他损伤。端头形状不规则的纤维，宜采用图 E.5.2 所示的连接装置。

#### E.5.3 试样准备

按下列要求准备试样：

- 1 等截面钢纤维，从不同位置取 10 根试样。
- 2 非等截面钢纤维，从不同位置取 30 根试样，每 10 根分为 1 组。

3 当采用钢丝、钢板为原料制作钢纤维时，允许以母材做抗拉强度试验。所取母材应为切断成型，且为最后一道工序前的母材。采用母材做试验时，取样数为 5 个。

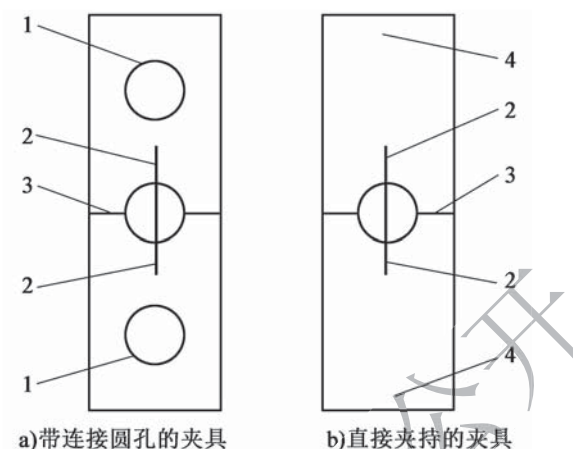


图 E.5.2 钢纤维拉伸试验连接装置示意图

1-圆孔，与拉力机连接；2-试样，用黏结剂固定；3-上下分离缝；4-拉伸机夹持处

#### E.5.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

1 圆形和矩形截面直形试样可直接安装到试验机夹具上，上下夹口应分别离试样中点 1.5 ~ 2mm。端头带弯钩的圆形和矩形截面试样可采用钳工方法将端头调直，但不应影响被夹持部分以外的试验段。

2 端头形状不规则的试样难于直接夹持，宜采用连接装置连接。先用黏结剂将试样黏结在连接板中线，然后用螺栓与加载装置相连，或直接夹在试验机夹头上。试样中点应与连接板中点重合，其轴线偏移应不大于 0.6mm。试样与连接板的黏结应保证在测试过程中试样不发生滑移。

3 按本规范附录 E 第 E.1 节的方法测定钢纤维的直径。

4 调整加载速率进行拉伸试验，使试样在约 30s 断裂。拉伸速率宜为  $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ 。

#### E.5.5 试验数据处理

按下列要求对试验数据进行处理：

1 按本规范附录 E 第 E.1.5 条计算纤维的直径，按式 (E.5.5-1) 计算纤维的截面积。

$$A_i = \frac{\pi}{4} d_i^2 \quad (\text{E.5.5-1})$$

式中： $A_i$ ——第  $i$  根纤维的截面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$d_i$ ——第  $i$  根纤维的直径 ( $\text{mm}$ )。

2 按式 (E. 5. 5-2) 计算单根纤维抗拉强度, 取整。

$$f_{sfi} = \frac{F_{\max}}{A_i} \quad (\text{E. 5. 5-2})$$

式中:  $f_{sfi}$ ——第  $i$  根纤维抗拉强度 (MPa);

$F_{\max}$ ——拉伸试验得到的最大荷载 (N)。

3 按式 (E. 5. 5-3) 计算纤维抗拉强度, 取整。

$$f_{sf} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{sfi}}{n} \quad (\text{E. 5. 5-3})$$

式中:  $f_{sf}$ ——纤维抗拉强度 (MPa)。

4 非等截面钢纤维, 分别计算出每组 10 个试样抗拉强度的算术值, 再计算出 3 组抗拉强度的算术平均值, 作为该次检验试样的抗拉强度值。若 3 组 3 个平均值中最大值或最小值与中间值的相对误差大于 15%, 则取中间值作为试验结果; 若最大值和最小值与中间值之差均大于 15%, 则该试验无效。

## 附录 F 纤维合成材料试验方法

### F.1 纤维布沥青浸润量试验方法

#### F.1.1 适用范围

本方法适用于测定纤维布沥青浸润量。

#### F.1.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 电子天平：量程 1 000g，感量 0.01g。
- 2 烘箱：鼓风干燥箱，能够恒温  $135^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0602 的 2.1 要求。
- 3 支架：高度不小于 250mm。
- 4 秒表：或计时器，分度值 0.1s，最大计时允许误差  $\pm 0.10\text{s/h}$ 。
- 5 温度计：0~50℃，分度值 0.1℃；0~200℃，分度值为 1℃。
- 6 剪刀、钢直尺、长尾夹、金属盘等。

#### F.1.3 试样准备

按下列要求准备试样：

- 1 按现行《公路工程土工合成材料试验规程》(JTG 3460) 中 T 1101 方法进行取样和试样准备。
- 2 取代表样品后，沿长度方向和宽度方向分别截取 100mm × 200mm 试样 4 个。

#### F.1.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 取 90 号道路石油沥青加热融化，在烘箱中  $135^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  加盖恒温。沥青不得多次加热。
- 2 称量试样质量，用 1~2 个长尾夹夹住试样一端（短边），放入热沥青中浸没  $30\text{min} \pm 1\text{min}$ 。取出试样，将其在烘箱中  $135^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  竖直悬挂在支架上、静置  $30\text{min} \pm 1\text{min}$ ；再取 1~2 个长尾夹夹住试样底端，拆除顶端的长尾夹，换一个方向再将试样在烘箱中  $135^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  竖直悬挂、静置  $30\text{min} \pm 1\text{min}$ 。
- 3 将试样从烘箱中取出，室温下冷却不少于 30min。拆除夹子，将试样边缘滴漏

多余沥青剪除。称量试样和吸收沥青的质量。

4 当用于具体工程时,可选择实际沥青结合料,采用实际施工时温度条件进行试验,此时应在报告中予以注明。

### F.1.5 数据处理

按下列要求对试验数据进行处理:

1 按式 (F.1.5) 计算试样沥青浸润量,精确至  $0.01\text{L}/\text{m}^2$ 。

$$P_{ra} = \frac{m_1 - m_0}{A_g \rho_b} \quad (\text{F.1.5})$$

式中:  $P_{ra}$ ——试样的沥青浸润量 ( $\text{L}/\text{m}^2$ );

$m_1$ ——纤维布和吸收沥青的质量 (g);

$m_0$ ——纤维布的质量 (g);

$A_g$ ——纤维布试样面积 ( $\text{m}^2$ );

$\rho_b$ ——试验用沥青  $15^\circ\text{C}$  密度 ( $\text{g}/\text{L}$ )。

2 取 8 个试样测定值平均值作为纤维布的沥青浸润量,精确至  $0.1\text{L}/\text{m}^2$ 。

## F.2 纤维布收缩率试验方法

### F.2.1 适用范围

本方法适用于测定聚丙烯纤维布高温条件下浸泡在沥青中面积收缩率。

### F.2.2 试验仪器

试验仪器及要求如下:

1 钢直尺:分度值不大于  $1\text{mm}$ 。

2 烘箱:鼓风干燥箱,能够控温  $135^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$ ,同时应满足现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410)中 T 0602 的 2.1 要求。

3 温度计:  $0 \sim 50^\circ\text{C}$ ,分度值  $0.1^\circ\text{C}$ ;  $0 \sim 200^\circ\text{C}$ ,分度值为  $1^\circ\text{C}$ 。

4 秒表:或计时器,分度值  $0.1\text{s}$ ,最大计时允许误差  $\pm 0.10\text{s}/\text{h}$ 。

5 电子天平:量程  $1\,000\text{g}$ ,感量  $0.01\text{g}$ 。

6 支架:高度不小于  $250\text{mm}$ 。

7 剪刀、长尾夹、金属盘等。

### F.2.3 试样准备

1 按《公路工程土工合成材料试验规程》(JTG 3460—2026)中 T 1101 方法进行取样和试样准备。

2 取代表样品后,沿长度方向和宽度方向分别截取  $100\text{mm} \times 200\text{mm}$  试样 4 个。

### F.2.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作：

- 1 将试样平放在试验台上，除去张力，在每份试样上沿宽度和长度方向上，以大致相等的间距标出至少 4 个标记，但第一个和最后一个标记不得标在距试样两端小于试样长度五分之一处。测量每一标记处的长度和宽度。
- 2 将各试样按本规范附录 F 第 F.1.4 条试验方法进行测试。
- 3 按本规范附录 F 第 F.2.4 条第 1 款方法，测量沥青浸润后的试样长度和宽度。
- 4 本试验与本规范附录 F 第 F.1 节试验，可用同一试样测定 2 项试验指标。

### F.2.5 数据处理

- 1 按式 (F.2.5-1) 计算单个试样的收缩率，精确至 0.1。

$$\beta_i = \frac{l_{i1} \times w_{i1}}{l_{i0} \times w_{i0}} \times 100\% \quad (\text{F.2.5-1})$$

式中： $\beta_i$ ——试样的收缩率；

$l_{i1}$ ——浸润试验后第  $i$  个试样的长度，取 4 个位置测量的平均值 (mm)；

$l_{i0}$ ——第  $i$  个试样原始的长度，取 4 个位置测量的平均值 (mm)；

$w_{i1}$ ——浸润试验后第  $i$  个试样的宽度，取 4 个位置测量的平均值 (mm)；

$w_{i0}$ ——第  $i$  个试样原始的宽度，取 4 个位置测量的平均值 (mm)。

- 2 按式 (F.2.5-2) 计算样品的收缩率，精确至 0.5。

$$\beta = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} \quad (\text{F.2.5-2})$$

式中： $\beta$ ——样品的收缩率；

$n$ ——测定的试样数量。

## F.3 格栅与路面黏结力试验方法

### F.3.1 适用范围

本方法适用于测定压敏粘贴式格栅与路面黏结力。

### F.3.2 试验仪器

试验仪器及要求如下：

- 1 钢直尺：分度值不大于 1mm。
- 2 弹簧测力计：量程不小于 100N，应进行 90N 示值标定。
- 3 剪刀。

### F.3.3 试样准备

试验准备如下:

- 1 按现行《公路工程土工合成材料试验规程》(JTG 3460)中 T 1101 方法,在工程现场从格栅卷筒中取样。
- 2 取代表样品后,裁取 1 个  $1\text{m} \times 1\text{m}$  矩形试样。

### F.3.4 试验步骤

按下列试验步骤进行操作:

- 1 选择一处代表性路面,按照正常施工条件,将  $1\text{m} \times 1\text{m}$  试样铺设在路面上,采用胶轮压路机碾压等压平、固定。
- 2 将弹簧测力计的钩子插入铺设格栅中勾住最中间的条带,垂直向上匀速提拉弹簧测力计,直至格栅与路面开始分离。
- 3 记录最大拉力读数,记为格栅与路面的黏结力。

## 附录 G 纤维用量试验方法

### G.1 适用范围

本方法适用于工程现场测定纤维混合物中纤维用量。

### G.2 纤维沥青混合物（含纤维微表处）的纤维用量测定

**G.2.1** 按现行《公路工程沥青及沥青混合物试验规程》（JTG 3410）中 T 0701 方法从拌和楼或运料车或摊铺现场取松散的纤维沥青混合物试样，或从摊铺箱取摊铺的纤维微表处混合物试样，或从撒布车下方采用受样盘法接取纤维碎石封层混合物试样。共取 2 份试样。

**G.2.2** 按现行《公路工程沥青及沥青混合物试验规程》（JTG 3410）中 T 0722 抽提法，将试样进行烘干，并称取干燥试样质量。

**G.2.3** 按现行《公路工程沥青及沥青混合物试验规程》（JTG 3410）中 T 0722 抽提法，分离沥青及稀释溶剂后，抽提得到矿料和滤液中分离的粉料，人工在筛面上分离、收集纤维，称取干燥纤维质量。

**G.2.4** 对于纤维沥青混合物、纤维微表处，计算干燥纤维质量与干燥试样质量的百分比，记为试样的纤维用量。取 2 个试样的算术平均值作为实测的纤维用量，精确至 0.1%。

### G.3 纤维碎石封层混合物的纤维用量测定

**G.3.1** 按现行《公路工程沥青及沥青混合物试验规程》（JTG 3410）中 T 0701 方法，从洒（撒）布车下方采用受样盘法，接取纤维碎石封层混合物试样（同步法施工工艺）或纤维沥青混合物试样（异步法施工工艺）。共取 2 份试样。

**G.3.2** 按现行《公路工程沥青及沥青混合物试验规程》（JTG 3410）中 T 0722 抽提法，将试样进行烘干，并称取干燥试样质量。

**G. 3.3** 按现行《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG 3410) 中 T 0722 抽提法, 分离沥青及稀释溶剂后, 抽提得到矿料, 人工在筛面上分离、收集纤维, 称取干燥纤维质量。

**G. 3.4** 计算干燥纤维质量与受样盘面积的比值, 记为试样的纤维用量。取 2 个试样的算术平均值作为实测的纤维用量, 精确至  $1\text{g}/\text{m}^2$ 。

#### **G. 4 水泥混凝土和无机稳定材料的纤维用量测定**

**G. 4.1** 从拌和机或运料车或摊铺现场取松散的纤维混合料试样。共取 4 份试样, 每份质量约 1 200g。

**G. 4.2** 取 2 份试样质量, 烘干后称取干燥质量, 计算含水率。

**G. 4.3** 称取另外 2 份试样湿重, 然后分别通过 0.075mm、4.75mm (或 9.5mm) 筛用水冲洗, 人工在筛面上分离、收集纤维, 烘干后称量纤维质量。

**G. 4.4** 计算干燥纤维质量与通过含水率修正后的干燥试样质量的百分比, 记为试样的纤维用量。取 2 个试样的算术平均值作为实测的纤维用量, 精确至 1%。

## 本规范用词用语说明

1 本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 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用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表达与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定”。
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，应表述为“应符合现行《×××××》(×××)的有关规定”或“应按现行《×××××》(×××)的有关规定执行”。
- 3) 当引用本规范中的其他规定时，应表达为“应符合本规范第×章的有关规定”“应符合本规范第×.×节的有关规定”“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。