



中华人民共和国国家标准

GB/T 31387—2015

活性粉末混凝土

Reactive powder concrete

2015-02-04 发布

2015-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类、性能等级及标记	2
5 原材料	3
6 配合比设计	4
7 制备与运输	6
8 养护	7
9 试验方法	8
10 检验规则	9
附录 A（规范性附录） 活性粉末混凝土用钢纤维性能检验方法	10

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中华人民共和国住房和城乡建设部提出。

本标准由全国混凝土标准化技术委员会(SAC/TC 458)归口。

本标准负责起草单位:清华大学。

本标准参加起草单位:北京交通大学、北京惠诚基业工程技术有限责任公司、湖南大学、拉法基瑞安(北京)技术服务有限公司、中国建筑科学研究院、中铁十二局集团建筑安装工程有限公司、北京建筑大学、北京市建筑工程研究院有限责任公司。

本标准起草人:阎培渝、安明喆、都清、黄政宇、王边、周永祥、黄直久、宋少民、贺奎、季文玉、王强、王中军、尹会军、唐振中。

活性粉末混凝土

1 范围

本标准规定了活性粉末混凝土的术语和定义,分类、性能等级及标记,原材料,配合比设计,制备与运输,养护,试验方法,检验规则。

本标准适用于现场浇筑或工厂化预制的活性粉末混凝土。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰

GB 8076 混凝土外加剂

GB/T 18046 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉

GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维

GB/T 26408 混凝土搅拌运输车

GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰

GB/T 28293 钢铁渣粉

GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准

GB/T 50081 普通混凝土力学性能试验方法标准

GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB 50164 混凝土质量控制标准

GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范

JC/T 874 水泥用硅质原料化学分析方法

JGJ 52 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准

JGJ 63 混凝土用水标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

活性粉末混凝土 reactive powder concrete;RPC

以水泥和矿物掺合料等活性粉末材料、细骨料、外加剂、高强度微细钢纤维和/或有机合成纤维、水等原料生产的超高强增韧混凝土。

4 分类、性能等级及标记

4.1 分类

活性粉末混凝土可分为两类：用于现场浇筑的活性粉末混凝土（代号为 RC）和用于工厂化预制制品的活性粉末混凝土（代号为 RP）。

4.2 性能等级

4.2.1 活性粉末混凝土的力学性能等级应符合表 1 的规定。

表 1 活性粉末混凝土力学性能等级

等级	抗压强度/MPa	抗折强度 ^a /MPa	弹性模量/GPa
RPC100	≥100	≥12	≥40
RPC120	≥120	≥14	≥40
RPC140	≥140	≥18	≥40
RPC160	≥160	≥22	≥40
RPC180	≥180	≥24	≥40
^a 当对于混凝土的韧性或延性有特殊要求时，混凝土的等级可由抗折强度决定，抗压强度不应低于 100 MPa。			

4.2.2 活性粉末混凝土的耐久性能应符合表 2 的规定。

表 2 活性粉末混凝土的耐久性能

抗冻性(快冻法)	抗氯离子渗透性(电量法) ^a /C	抗硫酸盐侵蚀性
≥F500	Q≤100	≥KS120
^a 采用电量法测试活性粉末混凝土的抗氯离子渗透性时，试件不应掺加钢纤维等导电介质。		

4.3 标记

4.3.1 活性粉末混凝土应按下列顺序标记：

- a) 力学性能等级代号；
- b) 制品或现浇品代号；
- c) 本标准号。

4.3.2 标记示例如下：

示例 1：

用于混凝土制品生产的活性粉末混凝土，力学性能等级为 RPC140，标记为：

RPC140-RP-GB/T 31387

示例 2：

现场浇筑用的活性粉末混凝土，力学性能等级为 RPC100，标记为：

RPC100-RC-GB/T 31387

5 原材料

5.1 胶凝材料

5.1.1 水泥应符合 GB 175 的规定。宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

5.1.2 粉煤灰应符合 GB/T 1596 的规定,粒化高炉矿渣粉应符合 GB/T 18046 的规定,硅灰应符合 GB/T 27690 的规定,钢铁渣粉应符合 GB/T 28293 的规定。宜采用 I 级粉煤灰、S95 及以上等级的粒化高炉矿渣粉和 G85 及以上等级的钢铁渣粉。当采用其他矿物掺合料时,应通过试验进行验证,确定活性粉末混凝土性能满足工程应用要求后方可使用。

5.2 骨料

5.2.1 RPC120 以上等级的活性粉末混凝土所用骨料宜为单粒级石英砂和石英粉,性能指标应符合表 3 的规定。石英砂应分为粗粒径砂(1.25 mm~0.63 mm)、中粒径砂(0.63 mm~0.315 mm)和细粒径砂(0.315 mm~0.16 mm)三个粒级。不同粒级石英砂的超粒径颗粒含量限制值应符合表 4 的规定。石英粉中公称粒径小于 0.16 mm 的颗粒的比例应大于 95%。

表 3 石英砂和石英粉的技术指标

%

项目	技术指标
二氧化硅含量	≥97
氯离子含量	≤0.02
硫化物及硫酸盐含量	≤0.50
云母含量	≤0.50

表 4 不同粒级石英砂的超粒径颗粒含量

%

粒级要求	1.25 mm~0.63 mm 粒级		0.63 mm~0.315 mm 粒级		0.315 mm~0.16 mm 粒级	
	≥1.25 mm	<0.63 mm	≥0.63 mm	<0.315 mm	≥0.315 mm	<0.16 mm
超粒径颗粒含量	≤5	≤10	≤5	≤10	≤5	≤5

5.2.2 石英砂和石英粉的筛分试验应符合 JGJ 52 的规定;石英砂和石英粉的二氧化硅含量检验应符合 JC/T 874 的规定;石英砂和石英粉的氯离子含量、硫化物及硫酸盐含量、云母含量检验方法应符合 JGJ 52 的规定。

5.2.3 RPC120 及以下等级的活性粉末混凝土可选用级配 II 区的中砂。砂中公称粒径大于 5 mm 的颗粒含量应小于 1%。天然砂的含泥量、泥块含量应符合表 5 的要求;人工砂的亚甲蓝试验结果(MB 值)应小于 1.4,石粉含量应符合表 6 的要求。砂的性能应符合 JGJ 52 的规定。

表 5 天然砂的含泥量和泥块含量

%

项 目	含 泥 量	泥块含量
指标	≤0.5	0

表 6 人工砂的石粉含量

亚甲蓝 MB 值	石粉含量
$MB > 1.0$	$\leq 5.0\%$
$1.0 \leq MB \leq 1.4$	$\leq 2.0\%$

5.3 外加剂

5.3.1 减水剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。宜选用高性能减水剂,减水剂的减水率宜大于 30%。

5.3.2 掺用改善活性粉末混凝土性能的其他外加剂时,其性能应符合国家现行相关标准的规定,且应通过试验确认活性粉末混凝土性能满足工程应用要求。

5.4 纤维

5.4.1 钢纤维应采用高强度微细纤维,其性能指标应符合表 7 的规定。钢纤维的性能检验应符合附录 A 的规定。

表 7 钢纤维的性能指标

项 目	性能指标
抗拉强度/MPa	$\geq 2\,000$
长度(12 mm~16 mm 纤维比例) ^a /%	≥ 96
直径(0.18 mm~0.22 mm 纤维比例) ^b /%	≥ 90
形状合格率/%	≥ 96
杂质含量/%	≤ 1.0
^a 50 根试样的长度平均值应在 12 mm~16 mm 范围内。 ^b 50 根试样的直径平均值应在 0.18 mm~0.22 mm 范围内。	

5.4.2 活性粉末混凝土中掺加的有机合成纤维应符合 GB/T 21120 的规定,并通过试验确认活性粉末混凝土性能达到本标准的要求和设计要求。

5.5 拌合用水

拌合用水应符合 JGJ 63 的规定。

6 配合比设计

6.1 一般规定

6.1.1 活性粉末混凝土配合比设计应考虑结构形式特点、施工工艺以及环境作用等因素。应根据混凝土工作性能、强度、耐久性以及其他必要性能要求计算初始配合比。设计配合比应经试配、调整,得出满足工作性要求的基准配合比,并经强度等技术指标复核后确定。

6.1.2 活性粉末混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。

6.1.3 当需要改善活性粉末混凝土的密实性时,宜增加粉体材料用量;当需要改善拌合物的黏聚性和

流动性时,宜调整减水剂的掺量。

6.2 配合比设计

6.2.1 活性粉末混凝土的配制强度应按式(1)计算:

$$f_{cu,0} \geq 1.1f_{cu,k} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$f_{cu,0}$ ——活性粉末混凝土的配制强度,单位为兆帕(MPa);

$f_{cu,k}$ ——要求的活性粉末混凝土的力学性能等级对应的立方体抗压强度等级值,单位为兆帕(MPa)。

6.2.2 活性粉末混凝土的水胶比、胶凝材料用量和钢纤维掺量宜符合表 8 的规定。掺加有机合成纤维时,其掺量不宜大于 1.5 kg/m³。

表 8 活性粉末混凝土的水胶比、胶凝材料用量和钢纤维掺量

等级	水胶比	胶凝材料用量/ (kg/m ³)	钢纤维掺量 (体积分数)/%
RPC100	≤0.22	≤850	≥0.7
RPC120	≤0.20	≤900	≥1.2
RPC140	≤0.18	≤950	≥1.7
RPC160	≤0.16	≤1 000	≥2.0
RPC180	≤0.14	≤1 000	≥2.5

6.2.3 硅灰用量不宜小于胶凝材料用量的 10%,水泥用量不宜小于胶凝材料用量的 50%。

6.2.4 骨料体积的计算应为混凝土总体积减去水、胶凝材料和钢纤维的体积,以及含气量得到。骨料的总用量应由骨料体积乘以骨料的密度得到。

6.2.5 骨料各个粒级的相对比例宜遵循最密实堆积理论,并经过试配,确认拌合物的工作性满足要求后确定。必要时可掺加适量石英粉,改善硬化混凝土的密实性。

6.2.6 活性粉末混凝土试配、配合比调整与确定应符合下列规定:

- 活性粉末混凝土试配时应采用工程实际使用的原材料,每盘混凝土的最小搅拌量不宜小于 15 L;
- 试配时,首先应进行试拌,检查拌合物工作性。当试拌所得拌合物的工作性不能满足要求时,应在水胶比不变、胶凝材料用量和外加剂用量合理的原则下,调整胶凝材料用量、外加剂用量或不同粒级砂的体积分数等,直到符合要求为止。根据试拌结果提出活性粉末混凝土强度试验用的基准配合比;
- 活性粉末混凝土强度试验时应至少采用 3 个不同的配合比。当采用不同的配合比时,其中一个应为 6.2.6 中 b)确定的基准配合比,另外两个配合比的水胶比宜较基准配合比分别增加和减少 0.01;用水量与基准配合比相同,砂的体积分数可分别增加和减少 1%;
- 制作活性粉末混凝土强度试件时,应验证拌合物工作性能是否达到设计要求,并以该结果代表相应配合比的活性粉末混凝土拌合物性能指标;
- 活性粉末混凝土强度试验时每种配合比应至少制作一组(3 块)试件,按规定的条件养护到要求的龄期试压。如有耐久性要求时,还应制作相应的试件并检测相应的指标;
- 根据试配结果对基准配合比进行调整,确定的配合比为设计配合比;
- 对于应用条件特殊的工程,宜对确定的设计配合比进行模拟试验。

7 制备与运输

7.1 一般规定

- 7.1.1 活性粉末混凝土可采用集中搅拌或现场搅拌方式生产。
- 7.1.2 活性粉末混凝土可在工厂将各种干燥的固体原料预拌为固态混合物,运输到施工现场,加水与液体组分拌制成拌合物。预拌与运输应保证混合物不离析。
- 7.1.3 活性粉末混凝土的搅拌、运输、浇筑及构件静停应在 10℃ 以上的环境中完成。

7.2 原材料储存

- 7.2.1 水泥应按品种、强度等级和生产厂家分别标识和贮存。贮存的水泥用于生产时的温度不宜高于 60℃。不得使用受潮、结块及污染的水泥。不应使用贮存期超过 3 个月的水泥。
- 7.2.2 粒状骨料堆场应为能排水的硬质地面,并应有防尘和遮雨设施。石英粉应分别标识和贮存,并应防潮、防雨。不同品种、规格的骨料应分别贮存,避免混杂或污染。
- 7.2.3 外加剂应按品种和生产厂家分别标识和贮存。粉状外加剂应防止受潮结块,如有结块,应进行检验,合格者应经粉碎至全部通过 600 μm 筛孔后方可使用。液态外加剂应贮存在密闭容器内,并应防晒和防冻。如有沉淀等异常现象,应经检验合格后方可使用。
- 7.2.4 矿物掺合料应按品种、质量等级和产地分别标识和贮存,不应与水泥等其他粉状料混杂,并应防潮、防雨。
- 7.2.5 纤维应按品种、规格和生产厂家分别标识和贮存,并应防潮、防锈。

7.3 计量

- 7.3.1 固体原材料应按质量计量,水和液体外加剂可按体积计量。
- 7.3.2 原材料计量应采用电子计量设备。计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书,并应定期校验。混凝土生产单位每月应至少自检一次。每一工作班开始前,应对计量设备进行零点校准。
- 7.3.3 原材料的计量允许偏差不应大于表 9 规定的范围,并应每班检查 1 次。

表 9 混凝土原材料计量允许偏差 %

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料	纤维
每盘计量允许偏差	±2	±3	±1	±1	±2	±1
累计计量允许偏差 ^a	±1	±2	±1	±1	±1	±1
^a 累计计量允许偏差是指每一运输车中各盘混凝土的每种材料计量和的偏差。						

7.4 搅拌

- 7.4.1 活性粉末混凝土搅拌应使用强制式搅拌机。
- 7.4.2 搅拌应保证活性粉末混凝土拌合物质量均匀;同一盘混凝土的匀质性应符合 GB 50164 的规定。
- 7.4.3 搅拌时的投料顺序宜为骨料、钢纤维、水泥、矿物掺合料,干料先预搅拌 4 min,加水和外加剂后再搅拌 4 min 以上;或投入固态混合物,加水和外加剂后再搅拌 4 min 以上。混凝土搅拌机的下料装置上应有防止钢纤维结团的装置。
- 7.4.4 活性粉末混凝土拌合物的出机工作性应根据施工方式与运输距离而定。

7.5 运输与浇筑

7.5.1 混凝土搅拌运输车应符合 GB/T 26408 的规定。对于寒冷、严寒或炎热的气候情况,混凝土搅拌运输车的搅拌罐应有保温或隔热措施。运输车在运输时应保证活性粉末混凝土拌合物均匀并不产生分层、离析。翻斗车应仅限用于运送坍落度小于 80 mm 的活性粉末混凝土拌合物。

7.5.2 混凝土搅拌运输车在装料前应将搅拌罐内积水排尽,装料后严禁向搅拌罐内的活性粉末混凝土加水。

7.5.3 活性粉末混凝土拌合物从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的时间不宜长于 90 min,如需延长运送时间,应采取有效技术措施,并通过试验验证。当采用翻斗车运输时,运输时间不宜长于 45 min。活性粉末混凝土拌合物的运输应保证混凝土浇筑的连续性。

7.5.4 RC 类活性粉末混凝土应采用分层浇筑,每层的厚度不应大于 300 mm,层间不应出现冷缝。

7.5.5 RP 类活性粉末混凝土应采用平板振捣器或模外振捣器振捣成型。浇筑和成型过程中应保证活性粉末混凝土密实、纤维分布均匀以及构件的整体性,避免出现拌合物离析、分层以及纤维裸露出构件表面。

7.5.6 在浇筑活性粉末混凝土过程中,应随机抽样制作同条件试件。同条件试件应在与结构或构件相同的环境条件中成型与养护。

8 养护

8.1 RC 类活性粉末混凝土的养护制度

浇筑完成后,应尽早覆盖,保湿养护 7 d 以上。RC 类活性粉末混凝土在同条件养护试件的抗压强度达到 20 MPa 后拆模。养护时环境平均气温宜高于 10 ℃,当环境平均气温低于 10 ℃或最低气温低于 5 ℃时,应按冬季施工过程处理,采取保温措施。

8.2 RP 类活性粉末混凝土的养护制度

成型后应进行蒸汽养护,养护过程分为两种方式:

- a) 静停、初养、终养及自然养护;
- b) 静停、升温养护及自然养护。蒸汽养护温度控制宜采用自动控制系统。

8.2.1 养护方式 1

8.2.1.1 静停

RP 类活性粉末混凝土成型后应进行静停。静停时的环境温度应在 10 ℃以上、相对湿度 60% 以上,静停时间不应少于 6 h。

8.2.1.2 初养

静停完毕的活性粉末混凝土构件应进行蒸汽养护,升温速度不应大于 12 ℃/h,升温至 40 ℃后,保持恒温(40 ℃±3 ℃)24 h 或直至同条件养护试件的抗压强度达到 40 MPa。再以不超过 15 ℃/h 的降温速度降至构件表面温度与环境温度之差不大于 20 ℃的温度范围内。初养过程的环境相对湿度应保持在 70% 以上。

8.2.1.3 拆模

活性粉末混凝土构件应在初养结束后拆模。拆模时构件表面温度与环境温度之差不应大于 20 ℃。

8.2.1.4 终养

拆模后的活性粉末混凝土构件应再次进行蒸汽养护,升温速度不应大于 $12\text{ }^{\circ}\text{C/h}$,升温至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,保持恒温($70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)48 h 以上,或直至同条件养护试件的抗压强度达到设计值。再以不超过 $15\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 的降温速度降至构件表面温度与环境温度之差不大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内,并控制降温过程中混凝土表面不应快速出现裂缝(纹)。养护结束后,撤除保温设施。终养过程的环境相对湿度应保持在 95% 以上。

8.2.1.5 自然养护

活性粉末混凝土构件终养结束后应进行自然养护,自然养护时的环境平均气温宜高于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$,构件表面应保持湿润不少于 7 d。当环境平均气温低于 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或最低气温低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,应按冬期施工处理,采取保温措施。

8.2.2 养护方式 2



8.2.2.1 静停

与 8.2.1.1 相同。

8.2.2.2 升温养护

静停完毕的活性粉末混凝土构件应进行蒸汽养护,升温速度不应大于 $12\text{ }^{\circ}\text{C/h}$,升温至 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 后,保持恒温($70\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$)72 h 或直至同条件养护试件的抗压强度达到设计值。再以不超过 $15\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 的降温速度降至构件表面温度与环境温度之差不大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内。升温养护过程的环境相对湿度应保持在 95% 以上。升温养护结束后可拆模。拆模时构件表面温度与环境温度之差不应大于 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.2.3 自然养护

与 8.2.1.5 相同。

9 试验方法

9.1 活性粉末混凝土拌合物的取样应符合下列规定:

- 活性粉末混凝土工程施工中的取样应符合 GB 50204 的有关规定;
- 浇筑成型的活性粉末混凝土施工现场拌合物取样应从同一次搅拌或同一车运送的活性粉末混凝土中取出,取样量不应小于试样需要量的 1.5 倍,且不宜小于 20 L。

9.2 活性粉末混凝土试件的制作时,应将拌合物一次性装入试模,并略高出试模上口。在振动台上振动 30 s 或持续到活性粉末混凝土拌合物表面出浆为止,刮去多余的拌合物并用抹刀抹平。棱柱体及小梁试件应采用卧式成型,小梁试件应首先在试模中部装料。

9.3 活性粉末混凝土的力学性能的试验应符合 GB/T 50081 的规定,并应符合下列规定:

- 抗压强度试验应采用 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 100\text{ mm}$ 立方体试件,加载速率应为 $1.2\text{ MPa/s}\sim 1.4\text{ MPa/s}$;
- 抗折强度试验应采用 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ 棱柱体试件,加载速率应为 $0.08\text{ MPa/s}\sim 0.1\text{ MPa/s}$;
- 弹性模量试验应采用 $100\text{ mm}\times 100\text{ mm}\times 300\text{ mm}$ 棱柱体试件,加载速率应为 $1.2\text{ MPa/s}\sim 1.4\text{ MPa/s}$;
- 抗压强度与抗折强度试验值均不应乘以尺寸换算系数。

- 9.4 活性粉末混凝土拌合物的坍落度、扩展度、含气量和表观密度的试验应符合 GB/T 50080 的规定。
- 9.5 活性粉末混凝土的长期性能和耐久性能的试验应符合 GB/T 50082 的规定。
- 9.6 其他检验项目的试验方法应符合国家现行有关标准的规定。

10 检验规则

10.1 一般规定

10.1.1 活性粉末混凝土质量检验分为出厂检验和交货检验。出厂检验的取样和试验工作应由供方承担；交货检验的取样和试验工作应由需方承担，当需方不具备试验与人员的技术资质时，供需双方可协商确定和委托有检验资质的单位承担。

10.1.2 交货检验检测活性粉末混凝土的立方体抗压强度和棱柱体抗折强度。试验结果应在试验检验龄期后 5 个工作日内或协议约定的时间内书面通知供方。

10.1.3 活性粉末混凝土质量验收应以交货检验结果作为依据。

10.2 检验

10.2.1 活性粉末混凝土的性能应分批进行检验评定。一个检验批的混凝土应由力学性能等级相同、试验龄期相同、生产工艺条件和配合比基本相同的混凝土组成。

10.2.2 活性粉末混凝土的抗压强度与抗折强度每 50 m³ 检验一次。批量不到 50 m³，按 50 m³ 计算。每班次应至少检验一次，每次检验应至少留置两组试件。试件应在浇筑地点随机取样制作。

10.2.3 活性粉末混凝土的弹性模量、电通量、抗渗性、抗冻性、抗硫酸盐侵蚀性等，在确定施工配合比时，应使用实际生产所用原材料，在实验室内拌制混凝土，制作试样，按设计要求的性能项目检验一组。在原材料或配合比发生重大变化时应再次检验上述项目。

10.2.4 RP 类活性粉末混凝土试件应采用 8.2.2 规定的条件养护，在成型后 7 d 时进行试验。RC 类活性粉末混凝土应采用标准条件（环境温度 20 ℃±2 ℃，相对湿度大于 95%）养护的试件，在成型后 28 d 时进行试验。

10.3 评定

活性粉末混凝土的力学性能检验结果符合表 1 规定者为合格，对活性粉末混凝土有耐久性要求时，其检验结果符合表 2 规定者为合格。

附录 A (规范性附录)

活性粉末混凝土用钢纤维性能检验方法

A.1 钢纤维形状与尺寸检验

A.1.1 钢纤维形状合格率的检验

每批次钢纤维中应用感量 0.1 g 的天平称取 1 000 g 钢纤维,从中随机取 50 根钢纤维,肉眼逐根检查其形状。记录钢纤维形状呈弯曲和其他形状等的纤维根数 N_f 。

钢纤维形状合格率应按式(A.1)计算,计算结果精确至 0.1%。

$$P_f = \frac{50 - N_f}{50} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

P_f ——形状合格率,%;

N_f ——形状不符合要求的纤维根数,单位为根。

A.1.2 钢纤维长度和直径合格率的检验

每批次钢纤维中应用感量 0.1 g 的天平称取 1 000 g,从中随机取 50 根钢纤维,用游标卡尺(分辨率 0.01 mm)逐根测量其长度,用千分尺(分辨率 0.001 mm)测量其直径。记录长度不在 12 mm~16 mm 范围内的钢纤维根数,以及直径不在 0.18 mm~0.22 mm 范围内的钢纤维根数。

钢纤维长度和直径合格率应按式(A.2)和式(A.3)计算,计算结果精确至 0.1%。

$$P_l = \frac{50 - N_l}{50} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$P_d = \frac{50 - N_d}{50} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

P_l ——长度合格率,%;

N_l ——长度不在 12 mm~16 mm 范围内的钢纤维根数,单位为根;

P_d ——直径合格率,%;

N_d ——直径不在 0.18 mm~0.22 mm 范围内的钢纤维根数,单位为根。

A.2 杂质含量检验

每批次钢纤维中应用感量 0.01 g 的天平称取 500 g 钢纤维两份,分别对每份样品用肉眼观察钢纤维的表面是否污染。用人工挑拣出粘连的钢纤维束、锈蚀钢纤维以及其他杂质,并用感量 0.01 g 的天平称重。杂质含量应按式(A.4)计算,计算结果精确至 0.1%。两次结果的平均值作为评定结果。

$$w = \frac{m}{500} \times 100 \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

w ——杂质含量,%;

m ——杂质质量,单位为克(g)。

A.3 抗拉强度试验

A.3.1 钢纤维抗拉强度应采用切断前的钢丝进行试验。每批次钢纤维应随机取 600 mm 长的钢丝 5 根。

A.3.2 采用分辨率为 0.001 mm 千分尺,应在试样的断面相互垂直方向测量试样的截面直径,取平均值计算圆形钢纤维的截面积 A (单位为 mm^2),计算时应保留到小数点后 4 位。

A.3.3 极限拉伸荷载 $P_{\max}$ 应采用量程为 100 N ~ 200 N 的电子拉力试验机,加载速度应为 $(1 \pm 0.2) \text{ mm/min}$ 。

A.3.4 钢纤维的抗拉强度应按式(A.5)计算

$$f_u = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

f_u ——钢纤维抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

$P_{\max}$ ——钢纤维极限拉伸荷载,单位为牛顿(N);

A ——钢纤维截面面积,单位为平方毫米(mm^2)。

A.3.5 5 根试样抗拉强度测定值的算术平均值应作为评定结果,精确至 0.1 MPa。如 5 个测定值中有一个超出平均值的 $\pm 10\%$,应剔除该值,再以剩下 4 个测定值的平均值作为抗拉强度评定结果。如果这 4 个测定值中再有超过它们的平均值 $\pm 10\%$ 的,则该组试验结果作废。单根试样的抗拉强度不应低于 2 000 MPa。