

ICS ××.×××

P ××

备案号: ××××-××××

SL

中华人民共和国水利行业标准

SLXXX—201X

水工纤维混凝土应用技术规范

Technical specification for hydraulic fiber concrete

征求意见稿

请将你们发现的有关专利的内容和支持性文件随意见一并返回

201×—××—××发布

201×—××—××实施

中华人民共和国水利部发布

前言

根据水利部水利行业技术标准制修订计划，按照 SL 1-2014《水利技术标准编写规定》的要求，制定本规范。

本规范共 7 章、4 个附录，主要内容有：

- 总则；
- 术语和符号；
- 原材料；
- 配合比设计；
- 水工纤维混凝土性能；
- 水工纤维混凝土施工；
- 水工纤维混凝土质量检验；

本规范为全文推荐。

本规范批准部门：中华人民共和国水利部

本规范主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本规范解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本规范主编单位：南京水利科学研究院

本规范参编单位：长江水利委员会长江科学院

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

中国水利水电第八工程局有限公司

中国水利水电科学研究院

江苏苏博特新材料股份有限公司

上海贝卡尔特-二钢有限公司

河北致泰钢纤维制造有限公司

本规范出版、发行单位：中国水利水电出版社

本规范主要起草人：刘伟宝 陆采荣 杨华全 戈雪良 李新宇 梅国兴 雷 振 王 珩 刘加平

杨 虎 计 涛 陈 波 刘建忠 张运淑 柏 晗 王宏君

本规范审查会议负责人：

本规范体例格式审查人：

在本规范执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部水利水电规划设计总院（通信地址：北京西城区六铺炕北小街 2-1 号 邮政编码：100120；电话：010-63206726；电子邮箱：jsbz@giwp.org.cn），以供今后修订时参考。

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	2
3 原材料	4
3.1 钢纤维	4
3.2 合成纤维	5
3.3 其他原材料	6
4 配合比设计	7
4.1 一般规定	7
4.2 配制强度确定	7
4.3 配合比计算、试拌、调整与确定	8
5 水工纤维混凝土性能	10
5.1 一般规定	10
5.2 拌和物性能	10
5.3 力学性能	10
5.4 变形性能	11
5.5 耐久性能	11
6 水工纤维混凝土施工	12
6.1 一般规定	12
6.2 拌和	12
6.3 运输、浇筑与养护	13
7 水工纤维混凝土质量检验	14
7.1 原材料质量检验	14
7.2 拌和物质量检验	14
7.3 浇筑质量检验	15
7.4 硬化混凝土质量检验	15
附录 A 水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值计算	16
附录 B 水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值计算	17
附录 C 水工纤维混凝土抗空蚀试验方法	18
附录 D 水工钢纤维混凝土拌和物中钢纤维体积率检验方法	20
标准用词说明	21
条 文 说 明	22

1 总则

1.0.1 为规范纤维混凝土在水利工程中的应用，做到技术先进、安全可靠、经济合理，保障工程质量，特制定本规范。

1.0.2 本规范适用于采用钢纤维、合成纤维的水工纤维混凝土的原材料要求、配合比设计、性能要求及其试验方法、施工和质量检验。

1.0.3 引用标准

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB 200 中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥低热矿渣硅酸盐水泥

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 30190 石灰石粉混凝土

GB/T 35843 纤维增强混凝土及其制品的纤维含量试验方法

GB 50010 混凝土结构设计规范

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/T 50107 混凝土强度检验评定标准

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB/T 50476 混凝土结构耐久性设计规范

GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范

SL 352 水工混凝土试验规程

SL 632 水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-混凝土工程

SL 677 水工混凝土施工规范

JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程

JGJ 63 混凝土用水标准

JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准

JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程

JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范

JC 477 喷射混凝土用速凝剂

JTJ 270 水运工程混凝土试验规程

CECS 13 纤维混凝土试验方法标准

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 钢纤维 steel fiber

由钢材切断、薄钢片切削、钢锭铣削或由熔钢抽取等方法制成的纤维。

2.1.2 合成纤维 synthetic fiber

以合成高分子化合物为原料，经挤出、拉伸、改性等工艺制成的纤维。

2.1.3 聚丙烯纤维 polypropylene fiber

由聚丙烯树脂经熔融挤压法纺丝制成的纤维。

2.1.4 聚丙烯腈纤维 polyacrylonitrile fiber

由丙烯腈单体合成或与其它单体共聚后再经纺丝制成的纤维。

2.1.5 聚酰胺纤维 polyamide fiber

由聚酰胺树脂经熔融纺丝制成的纤维。

2.1.6 聚乙烯醇纤维 polyamide fiber

以聚乙烯醇为主要原材料制成的纤维。

2.1.7 聚甲醛纤维 polyoxymethylene fiber

以聚甲醛树脂为主要原材料，经熔融、喷丝、拉伸、后处理、短切等工序制成的纤维。

2.1.8 纤维混凝土 fiber reinforced concrete

掺加钢纤维或合成纤维作为增强材料的混凝土。

2.1.9 当量直径 equivalent diameter

非圆形截面的纤维，按截面积相等原则换算成圆形截面的直径。

2.1.10 纤维长径比 aspect ratio of fiber

纤维的长度与直径或当量直径的比值。

2.1.11 纤维掺量 dosage of fiber

纤维在混凝土中所占的体积分数或质量分数。

2.2 符号

d_f ——钢纤维直径或当量直径；

l_f ——钢纤维长度；

$f_{cu,o}$ ——水工纤维混凝土配制强度；

$f_{cu,k}$ ——水工纤维混凝土立方体抗压强度标准值；

f_{ftk} ——水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值；

f_{ftm} ——水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值；

V_{sf} ——钢纤维体积率；

σ —— 水工纤维混凝土强度标准差；

δ —— 水工纤维混凝土配合比校正系数；

ρ_f ——钢纤维在混凝土中的掺入体积率；

ρ_{sf} ——钢纤维质量密度；

α_t ——钢纤维对水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数；

α_{tm} ——钢纤维对水工钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数。

3 原材料

3.1 钢纤维

3.1.1 水工钢纤维混凝土可采用碳钢纤维、低合金钢纤维或不锈钢纤维。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。

3.1.2 钢纤维的形状可为直型或异形，异形钢纤维包括压痕形、波形、端钩形、大头形和不规则麻面形等。

3.1.3 钢纤维的几何参数应符合表 3.1.3 的规定。

表3.1.3 钢纤维几何参数

使用部位	长度 (mm)	直径(当量直径) (mm)	长径比
一般浇筑使用的钢纤维混凝土结构	20~60	0.3~0.9	30~80
水工隧洞（道）地下工程支护、衬砌等喷射钢纤维混凝土结构	20~35	0.3~0.8	30~80
压力钢管回填等自密实钢纤维混凝土结构	30~35	0.3~0.6	50~70
闸门及其支承结构、孔口、牛腿等高应力结构	20~35	0.3~0.8	30~80
抗冲磨、防空蚀有较高要求的泄水消能结构	12~60	0.2~0.9	50~80
对抗裂、抗震、抗疲劳性能有特殊要求的结构	35~60	0.3~0.9	50~80

3.1.4 钢纤维抗拉强度等级及其抗拉强度应符合表 3.1.4 的规定。

表3.1.4 钢纤维抗拉强度等级

钢纤维抗拉强度等级	抗拉强度(MPa)
380级	$600 > f_{sf} \geq 380$
600级	$1000 > f_{sf} \geq 600$
1000级	$1300 > f_{sf} \geq 1000$
1300级	$1700 > f_{sf} \geq 1300$
1700级	$f_{sf} \geq 1700$

3.1.5 钢纤维弯折性能的合格率不应低于 90%。

3.1.6 钢纤维应能经受一次向最易弯折方向的 90° 弯折而不发生折断。

3.1.7 钢纤维尺寸偏差的合格率不应低于 90%。

3.1.8 异形钢纤维形状合格率不应低于 85%。

3.1.9 样本平均根数与标称根数的允许误差应为 $\pm 10\%$ 。

3.1.10 钢纤维杂质含量不应超过钢纤维质量的 1.0%。

3.1.11 钢纤维表面不应有油污以及其他影响钢纤维与混凝土粘结性能有害物质。

3.1.12 钢纤维抗拉强度、弯折性能、尺寸偏差、异形钢纤维形状、钢纤维根数误差、钢纤维杂质含量的检验方法应符合《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的规定。

3.2 合成纤维

3.2.1 水工混凝土可采用的合成纤维包括聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、聚酰胺纤维、聚乙烯醇纤维、聚甲醛纤维等。

3.2.2 合成纤维按外形粗细分为单丝纤维、膜裂网状纤维和粗纤维等；按用途可分为防裂抗裂纤维和增韧纤维；合成纤维应无毒。

3.2.3 用于水工混凝土的合成纤维的规格宜符合表 3.2.3 的规定。

表3.2.3 合成纤维规格

外形	公称长度(mm)		当量直径(μm)
	用于砂浆	用于混凝土	
单丝纤维	3~20	4~40	5~100
膜裂网状纤维	5~20	15~40	-
粗纤维	-	10~65	>100

3.2.4 合成纤维的性能应符合表 3.2.4 的规定。

表3.2.4 合成纤维性能

项目		用于混凝土的合成纤维	
		防裂抗裂纤维	增韧纤维
单丝纤维 膜裂网状纤维	断裂强度 (MPa) , $\geq$	350	500
	初始模量 (MPa) , $\geq$	3.0×10^3	5.0×10^3
	断裂伸长率 (%) , $\leq$	40	30
	耐碱性能(极限拉力保持率)(%) , $\geq$	95.0	
粗纤维	断裂强度 (MPa) , $\geq$	/	400
	初始模量 (MPa) , $\geq$	/	5.0×10^3
	断裂伸长率 (%) , $\leq$	/	30

	耐碱性能(极限拉力保持率)(%)， ≥	95.0	
分散性相对误差(%)		-10~+ 10	
混凝土裂缝降低系数(%)， ≥		55	
混凝土抗压强度比(%)， ≥		90	
韧性指数(I ₅)， ≥		-	3
抗冲击次数比， ≥		1.5	3.0

3.2.5 单丝合成纤维的主要性能参数宜经试验确定；当无试验条件时，可按照《纤维混凝土应用技术规程》JGJ/T 221 的规定选用。

3.2.6 合成纤维主要性能的试验方法应符合《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》GB/T 21120 的规定。

3.3 其他原材料

3.3.1 水工纤维混凝土可根据工程实际特点选用水泥品种，大体积水工纤维混凝土宜优先选用中热硅酸盐水泥或低热硅酸盐水泥。普通硅酸盐水泥的混合材宜为粉煤灰或矿渣。硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的技术要求应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定，中热硅酸盐水泥或低热硅酸盐水泥的技术要求应符合《中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥》GB 200 的规定。

3.3.2 粗细骨料应符合《水工混凝土施工规范》SL 677 的规定。水工纤维混凝土宜采用级配Ⅱ区天然砂或人工砂；粗骨料宜选用连续级配且级配合理、粒形良好、质地均匀坚固的洁净天然骨料或人工碎石，其最大公称粒径不宜大于纤维长度的 3/4 且不大于 40mm。水工钢纤维混凝土不得使用海砂。喷射、自密实等钢纤维混凝土的粗骨料最大粒径宜通过试验确定。

3.3.3 粉煤灰、矿渣粉、石灰石粉等掺合料应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596、《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046、《石灰石粉混凝土》GB/T 30190 的规定。磷渣粉、硅灰、钢渣粉、沸石粉等掺合料应符合《矿物掺合料应用技术规范》GB/T 51003 的规定。其它新型掺合料的使用应通过试验论证。

3.3.4 外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定。速凝剂应符合现行行业标准《喷射混凝土用速凝剂》JC 477 的规定，并宜采用低碱速凝剂。水工钢纤维混凝土不得使用含氯盐的外加剂。

3.3.5 拌和用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.1 水工纤维混凝土的配合比设计宜采用绝对体积法进行。

4.1.2 水工纤维混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。

4.1.3 水工纤维混凝土配合比设计应满足混凝土试配强度的要求，并应满足混凝土拌和物性能、力学性能和耐久性能的设计要求。

4.1.4 水工纤维混凝土的最大水胶比除应满足强度要求外，还应符合《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定，并取两者中较小值。

4.1.5 水工纤维混凝土的最小胶凝材料用量应符合表 4.1.5 的规定，或根据工程实际最大骨料粒径、级配等情况，通过试验论证确定；水工钢纤维喷射混凝土的胶凝材料用量不宜小于 380kg/m³。

表4.1.5 水工纤维混凝土的最小胶凝材料用量

最大水胶比	最小胶凝材料用量(kg/m ³)	
	钢纤维混凝土	合成纤维混凝土
0.60	-	280
0.55	340	300
0.50	360	320
≤0.45	360	340

4.1.6 矿物掺合料掺量和外加剂掺量应通过试验确定，并应满足水工纤维混凝土强度和耐久性能的设计要求以及施工要求。

4.2 配制强度确定

4.2.1 水工纤维混凝土的配制强度应符合以下规定：

- 1 设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按式 4.2.1-1 计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.2.1-1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——水工纤维混凝土的配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——水工纤维混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

σ ——水工纤维混凝土的强度标准差（MPa）。

- 2 设计强度等级大于或等于 C60 时，配制强度应按式 4.2.1-2 计算：

$$f_{cu,0} = 1.15f_{cu,k} \quad (4.2.1-2)$$

4.2.2 水工纤维混凝土强度标准差的取值应符合以下规定：

1 当具有近 1 个月~3 个月的同一品种、同一强度等级混凝土的强度资料时，强度标准差 σ 应按式 4.2.2 计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm f_{cu}^2}{n-1}} \quad (4.2.2)$$

式中： σ ——混凝土强度标准差；
 $f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度（MPa）；
 mf_{cu} ——n 组试件的强度平均值（MPa）；
n——试件组数，n 值应大于或者等于 30。

对于强度等级不大于 C30 的混凝土：当 σ 计算值不小于 3.0MPa 时，应按式（4.2.2）计算结果取值；当 σ 计算值小于 3.0MPa 时， σ 应取 3.0MPa。对于强度等级大于 C30 且小于 C60 的混凝土：当 σ 计算值不小于 4.0MPa 时，应按式（4.2.2）计算结果取值；当 σ 计算值小于 4.0MPa 时， σ 应取 4.0MPa。

2 当无近期同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时，水工纤维混凝土强度标准差可按表 4.2.2 的规定取值。

表4.2.2 水工纤维混凝土强度标准差(MPa)

混凝土强度标准差	≤C20	C20~C45	C45~C55
σ	4.0	5.0	6.0

4.3 配合比计算、试拌、调整与确定

- 4.3.1 未掺加纤维时水工混凝土的配合比计算按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定进行。
- 4.3.2 每立方米混凝土中纤维用量应按质量计算；在配合比设计参数选择时，可用纤维体积率表示。
- 4.3.3 水工钢纤维混凝土的水胶比按 4.1.4 的规定执行；以耐久性为主要技术要求的水工钢纤维混凝土的水胶比不得大于 0.45。
- 4.3.4 水工钢纤维混凝土的水泥用量（或胶凝材料总量）按 4.1.5 执行。
- 4.3.5 水工钢纤维混凝土的单位用水量和砂率，应在未掺加钢纤维水工混凝土单位用水量和砂率的基础上，考虑钢纤维掺入的影响确定。
- 4.3.6 普通钢纤维水工混凝土的纤维体积率不宜小于 0.35%，当采用抗拉强度不低于 1000MPa 的高强异形钢纤维时，钢纤维体积率不宜小于 0.25%。对于用于高应力区局部增强部位的水工钢纤维混凝土，其钢纤维体积率不宜小于 1.00%；对用于抗冲磨、防空蚀区增强部位的水工钢纤维混凝土，其钢纤维体积率不宜小于 0.50%。钢纤维体积率的确定最终宜通过试验论证确定。
- 4.3.7 水工合成纤维混凝土试配时，可不考虑纤维对水工混凝土抗压强度的影响，根据《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定确定配合比。水工合成纤维混凝土的纤维体积率宜在 0.05%~0.30%范围内选取；也可根据工程特殊技术要求通过试验论证确定。

4.3.8 水工纤维混凝土的坍落度要求可比普通水工混凝土相应要求适当降低；当坍落度不满足要求时，可调整外加剂掺量或在保持水胶比不变的条件下适当增加单位用水量。

4.3.9 水工纤维混凝土的配合比应根据纤维掺量按下列规定进行试拌：

1 对于水工钢纤维混凝土，应保持水胶比不降低，适当提高砂率、用水量和外加剂用量；对于钢纤维长径比为 35~55 的钢纤维混凝土，钢纤维体积率增加 0.5% 时，砂率可增加 3%~5%，用水量可增加 4kg~7kg，胶凝材料用量应随用水量相应增加，外加剂用量应随胶凝材料用量相应增加，外加剂掺量也可适当提高；当钢纤维体积率较高或混凝土强度等级不低于 C50 时，其砂率和用水量等宜取给出范围的上限值。喷射钢纤维混凝土的砂率宜大于 50%。

2 对于纤维体积率为 0.05%~0.10% 的水工合成纤维混凝土，可按计算配合比进行试拌和调整；当纤维体积率大于 0.10% 时，可适当提高外加剂用量或（和）胶凝材料用量，但水胶比不得降低。

3 对于掺加增韧合成纤维的水工混凝土，配合比调整可按本条第 1 款进行，砂率和用水量等宜取给出范围的下限值。

4.3.10 在配合比试拌的基础上，水工纤维混凝土配合比应按《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定进行混凝土强度试验并进行配合比调整。

4.3.11 当试拌、调整确定配合比后，应对配合比按以下规定进行校正：

1 水工纤维混凝土配合比校正系数按式 4.3.13 计算：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (4.3.13)$$

式中： δ ——水工纤维混凝土配合比校正系数；

$\rho_{c,t}$ ——水工纤维混凝土拌合物表观密度实测值（kg/m³）；

$\rho_{c,c}$ ——水工纤维混凝土拌合物表观密度计算值（kg/m³）。

2 按校正系数对试拌、调整确定的配合比中的每项原材料用量进行校正。

4.3.12 对校正后的水工纤维混凝土配合比进行性能试验，所有性能均满足设计要求的，可确定为设计配合比；水工纤维混凝土设计配合比确定后，宜进行生产适应性验证。

5 水工纤维混凝土性能

5.1 一般规定

5.1.1 本章主要对水工纤维混凝土的特殊性能及其试验方法的规定。

5.1.2 水工纤维混凝土的拌和物、力学、变形、耐久、热学等常规性能及其试验方法可按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定执行。

5.2 拌和物性能

5.2.1 水工纤维混凝土拌和物应具有良好的和易性，不得离析、泌水或纤维聚团，并应满足设计和施工要求；水工纤维混凝土拌和物的坍落度、含气量、泌水率、凝结时间等性能试验可按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定执行。

5.2.2 水工泵送纤维混凝土拌和物在满足施工要求的条件下，入泵坍落度不宜大于 180mm；其可泵性应符合《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的规定。

5.2.3 水工自密实纤维混凝土拌和物在满足施工要求的条件下，应对拌和物的流动性、流动速率、均匀性、间隙通过能力、填充能力以及抗离析抗分层性能进行测试，相关性能测试方法可参照《纤维混凝土试验方法标准》CECS 13 的规定执行。

5.2.4 水工纤维混凝土拌和物中水溶性氯离子最大含量应符合表 5.2.4 的规定。水工纤维混凝土拌和物中水溶性氯离子含量的测试方法可按照《水运工程混凝土试验规程》JTJ 270 的规定执行。

表5.2.4 水工纤维混凝土拌和物中水溶性氯离子最大含量（%）

环境条件	钢纤维混凝土	配钢筋的合成纤维混凝土	预应力钢筋纤维混凝土
干燥或有防潮措施的环境	0.30	0.30	0.06
潮湿但不含氯离子的环境	0.10	0.20	
潮湿并含有氯离子的环境	0.06	0.10	
除冰盐等腐蚀环境	0.06	0.06	

注：水溶性氯离子含量指占水泥用量的质量百分比。

5.2.5 水工纤维混凝土拌和物中单位体积纤维含量的测试可参照《纤维增强混凝土及其制品的纤维含量试验方法》GB/T 35843 的规定执行。

5.3 力学性能

5.3.1 水工纤维混凝土抗压强度的合格评定应符合《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的规定；水工纤维混凝土的立方体抗压强度性能试验可按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定执行。

5.3.2 水工钢纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、轴拉弹性模量标准值可按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定采用。

5.3.3 水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值应符合本规范附录 A 的规定。水工钢纤维混凝土的轴心抗拉强度可采用劈裂抗拉强度乘以 0.85 确定；水工钢纤维混凝土劈裂抗拉强度应满足设计要求，其试验方法可按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定执行

5.3.4 水工钢纤维混凝土的弯拉强度标准值应符合本规范附录 B 的规定。水工钢纤维混凝土弯拉强度试验方法可按《水工混凝土试验方法》SL 352 混凝土抗弯强度的规定执行。

5.3.5 水工合成纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、轴拉弹性模量以及轴心抗拉强度标准值可按《混凝土结构设计规范》GB 50010 的相关规定采用。

5.3.6 纤维体积率大于 0.15%的水工合成纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、轴拉弹性模量以及轴心抗拉强度标准值应经试验确定，相关试验测试方法可按《水工混凝土试验方法》SL 352 的相关规定执行。

5.4 变形性能

5.4.1 水工纤维混凝土的干缩、自生体积变形以及徐变性能应符合设计要求。水工纤维混凝土的收缩、自生体积变形、徐变试验方法应符合《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定。

5.4.2 对早龄期收缩变形有技术要求的水工纤维混凝土，应对 3d 以内的收缩变形进行试验，其试验方法可按照 CECS 13 的规定执行。

5.4.3 对早龄期收缩裂缝有控制要求的水工纤维混凝土，或对纤维本身的阻裂效果有比选要求时，应进行水工纤维混凝土的早龄期抗裂性能对比试验，其试验方法可按照 CECS 13 的规定执行。

5.5 耐久性能

5.5.1 水工纤维混凝土的抗冻、抗渗、抗碳化等常规耐久性能应符合设计要求，抗冻、抗渗、抗碳化耐久性试验方法可按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定执行。

5.5.2 在氯盐、硫酸盐等侵蚀环境中应用的水工纤维混凝土，应对相应的抗侵蚀性能进行设计，水工纤维混凝土的抗氯离子渗透系数、抗硫酸盐侵蚀等级应满足设计要求。水工纤维混凝土抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀性能试验方法可按照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定执行。

5.5.3 对抗冲磨性能有设计要求的水工纤维混凝土，其抗冲磨性能应满足设计要求；抗冲磨性能试验方法可按照《水工混凝土试验方法》SL 352 的规定执行。

5.5.4 对抗空蚀性能有设计要求的水工纤维混凝土，其抗空蚀性能应满足设计要求；抗空蚀性能试验方法可按照附录 C 的规定执行。

6 水工纤维混凝土施工

6.1 一般规定

6.1.1 水工纤维混凝土施工前应对混凝土拌和、运输、浇筑等设备进行检查，确保设备完好。

6.1.2 水工纤维混凝土拌和设备正式投入生产前，应按经批准的施工配合比进行纤维混凝土生产性试验，确定最佳投料顺序及拌和时间。

6.1.3 水工纤维混凝土运输和浇筑设备，应与运输条件、混凝土级配、拌和能力、运输能力、浇筑强度、混凝土温度控制要求、仓面具体情况等相适应。

6.2 拌和

6.2.1 水工纤维混凝土宜采用强制式机械拌和设备制备，一次拌和量不宜大于机械搅拌设备额定搅拌量的 80%。

6.2.2 水工钢纤维混凝土的拌和工艺应能使钢纤维在拌和物中分散均匀，不产生结团，宜先将钢纤维和粗、细骨料投入拌和设备干拌 30s~60s，然后加水泥、掺合料、水等其他混凝土原材料进行拌制；水工钢纤维混凝土的拌和时间应通过现场搅拌试验确定，并应比普通水工混凝土规定的拌和时间延长 1~2min。

6.2.3 水工合成纤维混凝土的拌和工艺应能使合成纤维在拌和物中分散均匀，不产生结团，宜先将合成纤维和粗、细骨料投入拌和设备干拌 30s~60s，然后加水泥、掺合料、水等其他混凝土原材料进行拌制，必要时可采用纤维分散机布料；水工合成纤维混凝土的拌和时间应通过现场搅拌试验确定，并应比普通水工混凝土规定的拌和时间延长 40~60s。

6.2.4 当水工纤维混凝土中钢纤维体积率超过 1.5%或合成纤维体积率超过 0.20%时，水工纤维混凝土的拌和时间宜在 6.2.2、6.2.3 规定拌和时间的基础上再适当延长。

6.2.5 水工纤维混凝土原材料计量宜采用电子计量仪器；每盘水工纤维混凝土原材料的计量允许偏差应符合表 6.2.5 的规定。

表6.2.5 水工纤维混凝土原材料计量允许偏差（按质量计，%）

原材料类型	计量允许偏差	原材料类型	计量允许偏差
钢纤维	±1%	粗、细骨料	±2%
合成纤维	±1%	拌和用水	±1 %
水泥和矿物掺合料	±1%	外加剂	±1%

6.3 运输、浇筑与养护

6.3.1 水工纤维混凝土的运输设备应使混凝土在运输过程中不发生泄漏、分离、漏浆、严重泌水，并减少温度回升和坍落度损失。

6.3.2 水工纤维混凝土的浇筑方式应保证纤维的分布均匀性和结构的连续性，在规定连续浇筑区域内，浇筑施工不得中断，浇筑过程中不得加水。

6.3.3 水工纤维混凝土应采用机械振捣，所采用的振捣机械和振捣方法除应保证混凝土密实性外，尚应保证纤维分布均匀。用于泵送施工的水工纤维混凝土，所用泵的功率需比普通泵送混凝土大 20%；用于喷射施工的水工纤维混凝土，宜采用湿喷工艺。

6.3.4 水工纤维混凝土浇筑成型后，应及时覆盖和养护；混凝土浇筑完毕初凝前，应避免仓面积水、阳光曝晒；混凝土初凝后可采用洒水或流水方式养护；养护应连续进行，养护期间混凝土表面应始终保持湿润。

6.3.5 水工纤维混凝土的养护时间应按设计要求执行，不宜少于 28d。对于重要部位或利用后期强度的水工纤维混凝土以及其他有特殊要求的部位可延长养护时间。

6.3.6 采用蒸汽养护前，水工纤维混凝土构件静置时间不宜少于 2h，养护升温速度不宜大于 $25^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，恒温温度不宜大于 65°C ，降温速度不宜大于 $20^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

6.3.7 水工纤维混凝土采用养护剂养护时，养护剂性能应符合《水泥混凝土养护剂》JC 901 的有关要求。养护剂在混凝土表面湿润且无水迹时开始喷涂，夏季使用应避免阳光直射。

7 水工纤维混凝土质量检验

7.1 原材料质量检验

7.1.1 水工纤维混凝土的原材料应经检验合格后方可使用。原材料进场时，应按规定提供出厂检验报告、产品合格证、说明书等质量证明文件；原材料进场后，应开展进场检验；水工纤维混凝土在施工过程中，应对原材料进行抽检。

7.1.2 水工纤维混凝土原材料的检验规则应符合下列规定：

- 1 水泥、砂石骨料、矿物掺合料、外加剂、拌和用水等原材料的检验批设置、检测参数等应符合《水工混凝土施工规范》SL677 的规定。
- 2 钢纤维应成批检验，每批应为相同材质、尺寸和技术规格的同一品种产品，以每 5t 或小于 5t 的一次供货作为一个批量。钢纤维的进场质量检验批量可根据使用量适当增大，但同一工程使用的同品种、同规格钢纤维最大检验批量不应超过 20t。不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的钢纤维应作为一个检验批。钢纤维抽检项目包括：抗拉强度、弯折性能、尺寸偏差和杂质含量。
- 3 用于同一工程的同品种、同规格合成纤维，应按每 50t 为一个检验批，不足 50t 也按一个检验批计。合成纤维抽检项目包括：断裂强度、初始模量、断裂伸长率、耐碱性能，增韧纤维还应抽检韧性指数和抗冲击次数比。

7.1.3 不同批次或非连续供应的水工纤维混凝土原材料，在不足一个检验批情况下，应按同品种、同规格材料每批次检验一次。

7.1.4 水工纤维混凝土原材料性能应符合本规范第 3 章的相关规定。

7.2 拌和物质量检验

7.2.1 水工纤维混凝土拌和制备系统的计量器具应定期检验校正，必要时随时抽检。

7.2.2 水工纤维混凝土拌和生产过程中，应对各种原材料的配料称量、混凝土拌和时间进行检查、记录，每班次或每 8h 不少于 2 次。

7.2.3 水工纤维混凝土拌和物的坍落度、离析、泌水、黏稠性、保水性检验应在搅拌地点和浇筑地点分别取样，每班次不少于 2 次；水工纤维混凝土拌和物的凝结时间应在搅拌地点取样，凝结时间应每 24h 检验 1 次；水工纤维混凝土拌和物的坍落度经时损失应每 24h 检验 1 次。

7.2.4 有含气量控制要求的水工纤维混凝土，应每 4h 对拌和物含气量进行检验，含气量的允许偏差为 1.0%。

7.2.5 水工钢纤维混凝土还应进行钢纤维的体积率检验，应在浇筑地点取样，每班次或每 8h 检验 1 次，水工钢纤维混凝土拌和物体积率检验方法应符合本规范附录 D 的规定。

7.2.6 水工纤维混凝土拌和物性能应满足设计要求。

7.3 浇筑质量检验

7.3.1 水工纤维混凝土浇筑前，应按照《水利水电工程单元工程施工质量验收评定规范-混凝土工程》SL 632 的要求对基础面、模板、钢筋、预埋件等进行验收评定，验收合格并取得开仓证后才可进行浇筑。

7.3.2 水工纤维混凝土拌和物入仓后，应观察其均匀性与和易性，发现异常及时处理。

7.3.3 水工纤维混凝土浇筑时，应配备专人在仓内检查并对施工过程中出现的问题及处理方案进行记录。

7.3.4 水工纤维混凝土拆模后，应对其外观进行检查，存在裂缝、蜂窝麻面、错台、模板走样等质量问题或缺陷时应及时检查处理。

7.4 硬化混凝土质量检验

7.4.1 现场水工纤维混凝土质量检验以抗压强度为主，并以 150mm 立方体试件、标准养护条件下的抗压强度为准。

7.4.2 水工纤维混凝土试件取样以机口取样为主，每组混凝土试件应在同一储料斗内取样制作。浇筑地点可取一定数量的试件进行比较。

7.4.3 水工纤维混凝土强度等级检验混凝土试件取样数量应符合下列规定：

1 用于大体积混凝土结构时，28d 龄期每 500m³ 取样 1 组混凝土进行抗压强度检验，设计龄期每 1000m³ 取样 1 组混凝土进行抗压强度检验。

2 用于普通结构混凝土时，28d 龄期每 100m³ 取样 1 组混凝土进行抗压强度检验，设计龄期每 200m³ 取样 1 组混凝土进行抗压强度检验。

3 每一浇筑块混凝土方量不足以上规定量时，也应取样成型 1 组混凝土试件用于抗压强度检验。

7.4.4 水工纤维混凝土的弯拉强度检验应符合 SL 352 的有关规定。

7.4.5 水工纤维混凝土抗拉强度检验：28d 龄期每 2000m³ 取样 1 组，设计龄期大于 28d 时，每 3000m³ 取样 1 组。

7.4.6 水工纤维混凝土抗冻、抗渗等耐久性能检验评定应符合现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定。

7.4.7 水工纤维混凝土的力学性能和耐久性能应能满足设计要求。

附录 A 水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值计算

A. 0.1 水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值可按式A. 0. 1计算：

$$f_{ftk} = f_{tk}(1 + \alpha_t \rho_f l_f / d_f) \quad (A.0.1)$$

式中： f_{ftk} ——水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值（MPa）；

f_{tk} ——同强度等级混凝土轴心抗拉强度标准值（MPa），可按《混凝土结构设计规范》GB 50010 采用；

α_t ——钢纤维对水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数，宜通过试验确定；

ρ_f ——钢纤维在混凝土中的掺入体积率（%）；

l_f ——钢纤维长度（mm）；

d_f ——钢纤维直径或当量直径（mm）。

A. 0.2 在无试验条件情况下，钢纤维对水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数，可按表A. 0. 1取值采用。

表A.0.1 钢纤维对水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度的影响系数

钢纤维品种	纤维外形	混凝土强度等级	影响系数 α_t
高强钢丝切断型	端钩形	C20~C45	0.76
		C50~C80	1.03
钢板剪切型	平直形	C20~C45	0.42
		C50~C80	0.46
	异形	C20~C45	0.55
		C50~C80	0.63
钢锭铣削型	端钩形	C20~C45	0.70
		C50~C80	0.84
低合金钢熔抽型	大头形	C20~C45	0.52
		C50~C80	0.62
	异性	C20~C45	0.52
		C50~C80	0.62

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695144022030011310>