

ICS 93.160

P 59

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 805—2020

水工纤维混凝土应用技术规范

Technical specification for fiber reinforced
hydraulic concrete

2020 - 11 - 30 发布

2021 - 02 - 28 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水工建筑物水泥灌浆
施工技术规范》等 7 项水利行业标准的公告

2020 年第 23 号

中华人民共和国水利部批准《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL/T 62—2020) 等 7 项为水利行业标准, 现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工建筑物水泥灌浆施工技术规范	SL/T 62—2020	SL 62—2014	2020.11.30	2021.2.28
2	水利水电工程压力钢管设计规范	SL/T 281—2020	SL 281—2003	2020.11.30	2021.2.28
3	水利水电工程钻探规程	SL/T 291—2020	SL 291—2003	2020.11.30	2021.2.28
4	水利水电工程地质测绘规程	SL/T 299—2020	SL 299—2004	2020.11.30	2021.2.28
5	水工混凝土试验规程	SL/T 352—2020	SL 352—2006	2020.11.30	2021.2.28
6	水工纤维混凝土应用技术规范	SL/T 805—2020		2020.11.30	2021.2.28
7	水利水电工程水泵基本技术条件	SL/T 806—2020		2020.11.30	2021.2.28

水利部

2020 年 11 月 30 日

前 言

根据水利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，编制本标准。

本标准共 7 章、3 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。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利工程建设司

本标准解释单位：水利部水利工程建设司

本标准主编单位：南京水利科学研究院

本标准参编单位：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

河北致泰钢纤维制造有限公司

深圳市维特耐新材料有限公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：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 林英男 柏 晗 王宏君

本标准审查会议负责人：何定恩

本标准体例格式审查人：章思洁

本标准在执行过程中，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国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	3
2.1	术语	3
2.2	符号	4
3	原材料	5
3.1	钢纤维	5
3.2	合成纤维	6
3.3	其他原材料	7
4	配合比设计	8
4.1	一般规定	8
4.2	配制强度	9
4.3	配合比计算、试拌、调整与确定	10
5	水工纤维混凝土性能	13
5.1	拌和物性能	13
5.2	力学性能	13
5.3	变形性能	14
5.4	耐久性能	14
6	水工纤维混凝土施工	16
6.1	一般规定	16
6.2	拌和	16
6.3	运输、浇筑与养护	16
7	水工纤维混凝土质量检验	18
7.1	原材料质量检验	18
7.2	拌和物及浇筑质量检验	18
7.3	混凝土质量检验	19
附录 A	水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值计算	20

附录 B 水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值计算	21
附录 C 水工纤维混凝土早期抗裂性对比试验	22
标准用词说明	24
条文说明	25

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

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，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于采用钢纤维、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、试验方法、施工、质量检验。

1.0.3 本标准主要引用下列标准

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 200 中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥

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、砂浆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 35159 喷射混凝土用速凝剂

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 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准

GB 50086 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范

GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范

GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范

SL 191 水工混凝土结构设计规范

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 654 水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范

SL 677 水工混凝土施工规范

DL/T 5207 水工建筑物抗冲磨防空蚀混凝土技术规范

DL/T 5721 水工喷射混凝土试验规程

JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规程

JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程

JGJ/T 221 纤维混凝土应用技术规程

JG/T 472 钢纤维混凝土

JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范

JTS/T 236 水运工程混凝土试验检测技术规范

YB/T 151 混凝土用钢纤维

1.0.4 水工纤维混凝土应用技术除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 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。

2.1.2 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。

2.1.3 合成纤维 synthetic fiber

以合成高分子化合物为原料，经挤出、拉伸和改性等工艺制成的纤维。

2.1.4 单丝纤维 monofilament fiber

由合成纤维基材经截面呈圆形或异形的喷丝头细孔压出，经后处理所制成的当量直径在 $5\sim 100\mu\text{m}$ 的单丝和束状单丝纤维。

2.1.5 膜裂网状纤维 fibrillated fiber

由有机熔体经挤出裂膜和高倍拉伸取向后制成相互牵连的网状纤维束。

2.1.6 粗纤维 macro fiber

由合成纤维基材经成形制成的当量直径大于 $100\mu\text{m}$ 的纤维。其中包括单根纤维和由多根细纤维粘结成束状的纤维。

2.1.7 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。

2.1.8 长径比 aspect ratio

纤维的长度与直径或当量直径的比值。

2.1.9 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

- A_{cr} ——试件裂缝的名义总面积；
- A_{fcr} ——纤维砂浆试件裂缝面积；
- A_{mcr} ——对比用基准试件裂缝面积；
- d_f ——钢纤维直径或当量直径；
- $f_{cu,s}$ —— n 组试件的强度平均值；
- $f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度；
- $f_{cu,k}$ ——水工纤维混凝土立方体抗压强度标准值；
- $f_{cu,o}$ ——水工纤维混凝土配制强度；
- f_{tk} ——水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值；
- f_{tm} ——水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值；
- f_{st} ——钢纤维抗拉强度；
- f_{tk} ——同强度等级混凝土轴心抗拉强度标准值；
- f_{tm} ——同强度等级混凝土弯拉强度标准值；
- l_f ——钢纤维长度；
- L_i ——第 i 条裂缝的长度；
- t ——概率度系数；
- $W_{i,max}$ ——第 i 条裂缝名义最大宽度；
- α_f ——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；
- Δ ——水工纤维混凝土配合比校正系数；
- η ——裂缝降低系数；
- $\rho_{c,c}$ ——水工纤维混凝土拌和物表观密度计算值；
- $\rho_{c,t}$ ——水工纤维混凝土拌和物表观密度实测值；
- ρ_f ——钢纤维在混凝土中的掺量；
- Σ ——水工纤维混凝土强度标准差。

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等。

3.1.2 钢纤维的形状可为平直形或异形。

3.1.3 钢纤维的长度宜为 12~60mm、直径宜为 0.2~0.9mm、长径比宜为 30~80。

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
400 级	$700 > f_{st} \geq 400$
700 级	$1000 > f_{st} \geq 700$
1000 级	$1300 > f_{st} \geq 1000$
1300 级	$1700 > f_{st} \geq 1300$
1700 级	$f_{st} \geq 1700$

3.1.5 钢纤维的尺寸偏差、弯折性能、抗拉强度等的检验方法应符合 YB/T 151 的规定。

3.1.6 钢纤维弯折性能的合格率不应低于 90%，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，钢纤维尺寸偏差的合格率不应低于 90%，异形钢纤维形状合格率不应低于 85%。

3.1.7 样本平均根数与标称根数的允许误差应为 ±10%。

3.1.8 钢纤维杂质含量不应超过钢纤维质量的 1.0%。

3.1.9 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的有害物质。

3.2 合成纤维

3.2.1 水工合成纤维混凝土可采用聚丙烯纤维、聚丙烯腈纤维、聚酰胺纤维、聚乙烯醇纤维和聚甲醛纤维等。

3.2.2 合成纤维的长度宜为 3~65mm，直径宜为 5~100 μm ，其中粗纤维的直径宜大于 100 μm 。

3.2.3 合成纤维的性能应符合表 3.2.3 的规定。

表 3.2.3 合成纤维性能

项 目		合成纤维用途	
		防裂抗裂	增韧
单丝纤维 膜裂网状纤维	断裂强度/MPa	≥ 350	≥ 500
	初始模量/MPa	$\geq 3.0 \times 10^3$	$\geq 5.0 \times 10^3$
	断裂伸长率/%	≤ 40	≤ 30
	耐碱性能（极限拉力保持率）/%	≥ 95.0	
粗纤维	断裂强度/MPa	—	≥ 400
	初始模量/MPa	—	$\geq 5.0 \times 10^3$
	断裂伸长率/%	—	≤ 30
	耐碱性能（极限拉力保持率）/%	≥ 95.0	

3.2.4 掺合成纤维混凝土的分散性相对误差、混凝土裂缝降低系数、混凝土抗压强度比、韧性指数和抗冲击次数比等性能应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 掺合成纤维混凝土的性能

项 目	合成纤维用途	
	防裂抗裂	增韧
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 合成纤维的长度和当量直径偏差应在其相对量的 10% 以内。

3.2.6 合成纤维的含水率不得大于 2.0%。

3.2.7 单丝合成纤维的密度、熔点和吸水率宜经试验确定；当无试验条件时，可按 JGJ/T 221 的规定选用。

3.2.8 合成纤维断裂强度、初始模量、断裂伸长率、耐碱性能，以及掺合成纤维混凝土的分散性相对误差、裂缝降低系数、抗压强度比、韧性指数和抗冲击次数比性能试验方法应符合 GB/T 21120 的规定。

3.3 其他原材料

3.3.1 水工纤维混凝土应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、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、普通硅酸盐水泥的技术要求应符合 GB 175 的规定，中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥的技术要求应符合 GB/T 200 的规定。

3.3.2 粗、细骨料应符合 SL 677 的规定。水工纤维混凝土宜采用级配良好的天然砂或人工砂；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骨料。

3.3.3 粉煤灰、矿渣粉、石灰石粉等掺合料应分别符合 GB/T 1596、GB/T 18046 和 GB/T 30190 的规定。磷渣粉、硅灰、钢渣粉、沸石粉等掺合料应符合 GB/T 51003 的规定。其他新型掺合料的使用应通过试验论证。

3.3.4 外加剂应符合 GB 8076 和 GB 50119 的规定。速凝剂应符合 GB/T 35159 的规定，并宜采用无碱速凝剂。水工钢纤维混凝土不应使用含氯盐的外加剂。

3.3.5 拌和用水应符合 SL 677 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可采用绝对体积法或假定质量法。采用绝对体积法进行配合比设计时可按 SL 352 的相关要求执行，采用假定质量法进行配合比设计时可按 JGJ 55 的相关要求执行。

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拌和物性能、力学性能和耐久性能等的设计要求。

4.1.4 水工纤维混凝土的最大水胶比应按照工程所处气候分区以及具体施工部位确定，除应满足强度要求外，还应符合 SL 654 的规定。

4.1.5 水工纤维混凝土的最小胶凝材料用量宜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，水工抗冲磨混凝土的最小胶凝材料用量还应符合表 4.1.5 的规定，水工喷射钢纤维混凝土的胶凝材料用量不宜小于 $380\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 4.1.5 水工抗冲磨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 纤维的掺量、矿物掺合料掺量和外加剂掺量应通过试验确定。

4.1.7 钢纤维的规格应符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7 钢纤维规格

使用部位	长度 /mm	直径（当量直径） /mm	长径比
一般混凝土结构	20~60	0.3~0.9	30~80
水工隧洞（道）地下工程支护、衬砌 等喷射混凝土结构，闸门支承结构、孔 口、牛腿等高应力混凝土结构	20~35	0.3~0.8	30~80
压力钢管回填等自密实混凝土结构	30~35	0.3~0.6	50~70
对抗冲磨、防空蚀、抗疲劳、抗裂、 抗震有较高要求的混凝土结构	12~60	0.2~0.9	50~80

4.1.8 合成纤维的规格应符合表 4.1.8 的规定。

表 4.1.8 合成纤维规格

外形	长度/mm		直径（当量直径） /μm
	用于砂浆	用于混凝土	
单丝纤维	3~20	12~40	5~100
膜裂网状纤维	5~20	15~40	—
粗纤维	—	12~65	>100

4.2 配制强度

4.2.1 水工纤维混凝土的配制强度应符合下列规定：

1 设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按式（4.2.1-1）计算：

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

式中 $f_{cu,0}$ ——水工纤维混凝土配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——水工纤维混凝土立方体抗压强度标准值，MPa；

t ——概率度系数，依据保证率 P 选定， $P=80\%$ 时，

$t=0.840$ ； $P=95\%$ 时， $t=1.645$ ；

σ ——水工纤维混凝土强度标准差，MPa。

2 设计强度等级大于等于 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 1~3 个月的同一品种、同一强度等级混凝土的强度资料时，水工纤维混凝土强度标准差 σ 应按式 (4.2.2) 计算：

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

式中 σ ——混凝土强度标准差；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度，MPa；

$f_{cu,a}$ —— n 组试件的强度平均值，MPa；

n ——试件组数， $n \geq 30$ 。

对于抗压强度标准值不大于 25MPa 的混凝土：当 σ 计算值小于 3.5MPa 时， σ 应取 3.5MPa。

对于抗压强度标准值不小于 30MPa 的混凝土：当 σ 计算值小于 4.5MPa 时， σ 应取 4.5MPa。

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

抗压强度标准值/MPa	<20	20~25	30~35	40~45	≥ 50
混凝土强度标准差 σ /MPa	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

4.3 配合比计算、试拌、调整与确定

4.3.1 水工纤维混凝土配合比计算时采用绝对体积法。

4.3.2 水工钢纤维混凝土的水胶比应按 4.1.4 条的规定执行；

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应大于 0.45。

4.3.3 水工钢纤维混凝土的胶凝材料用量应符合表 4.1.5 的要求。

4.3.4 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。

4.3.5 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。

4.3.6 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。

4.3.7 水工纤维混凝土的坍落度应满足设计要求；当坍落度不满足要求时，应通过试拌调整。

4.3.8 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，应保持水胶比不变，调整砂率、单位用水量和外加剂掺量，以保证混凝土和易性；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 0.50% 时，砂率可增加 3%~5%，单位用水量可增加 4~9kg，胶凝材料用量应随单位用水量相应增加，外加剂掺量也可适当提高。

2 掺钢纤维的喷射混凝土的砂率宜增大 3%~5%；在保持水胶比不变的情况下，单位用水量宜随砂率的增大而增加，或调整外加剂掺量。

3 对于合成纤维体积率为 0.05%~0.10% 的混凝土，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，可适当调整外加剂用量或胶凝材料用量，但不应增大水胶比。

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

4.3.10 经试拌、调整确定配合比后，应按以下规定对配合比进行校正：

1 当混凝土拌和物表观密度实测值与计算值之差的绝对值超过计算值的 2% 时，应按本条第 2 款中的校正系数对试拌、调整确定的配合比中的每项原材料用量进行校正。

2 水工纤维混凝土配合比校正系数应按式 (4.3.10) 计算：

$$\delta = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \quad (4.3.10)$$

式中 δ ——水工纤维混凝土配合比校正系数；

$\rho_{c,t}$ ——水工纤维混凝土拌和物表观密度实测值， kg/m^3 ；

$\rho_{c,c}$ ——水工纤维混凝土拌和物表观密度计算值， kg/m^3 ，由每立方米混凝土拌和物的质量计算而来。

4.3.11 对校正后的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；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 拌和物性能

5.1.1 水工纤维混凝土拌和物应具有良好的和易性，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 SL 352 的规定执行。

5.1.2 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 JGJ/T 10 的规定。

5.1.3 水工纤维混凝土拌和物中氯离子最大含量应符合表 5.1.3 的规定，其含量的测试方法可按 JTS/T 236 的规定执行。

表 5.1.3 水工纤维混凝土拌和物氯离子最大含量 %

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：氯离子含量指占胶凝材料用量的质量百分比。			

5.1.4 水工纤维混凝土拌和物中单位体积纤维含量可按 GB/T 35843 的规定执行。

5.2 力学性能

5.2.1 水工纤维混凝土的立方体抗压强度性能试验可按 SL 352 的规定执行。

5.2.2 水工钢纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、轴心抗拉强度、极限拉伸值和轴拉弹性模量应符合设计要求，其

试验方法可按 SL 352 的相关要求执行。

5.2.3 喷射钢纤维混凝土的力学性能应符合 GB 50086 的要求。

5.2.4 水工钢纤维混凝土的轴心抗拉强度标准值和弯拉强度标准值应分别符合本规范附录 A、附录 B 的规定。

5.2.5 水工合成纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、轴心抗拉强度、极限拉伸值和轴拉弹性模量应符合设计要求，其试验方法可按 SL 352 的相关要求执行。

5.2.6 水工纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、和轴心抗拉强度标准值可按 SL 191 的相关规定执行。

5.2.7 水工纤维混凝土的弯曲韧性指数和弯曲初裂强度应经试验确定，其试验方法可按 DL/T 5721 的规定执行。

5.3 变形性能

5.3.1 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，水工纤维混凝土的干缩、自生体积变形和徐变试验方法应符合 SL 352 的规定。

5.3.2 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 GB/T 50082 的规定执行。

5.3.3 对早龄期收缩裂缝有控制要求的水工纤维混凝土，或对纤维的阻裂效果有要求时，应进行水工纤维混凝土的早龄期抗裂性对比试验，其试验方法应按附录 C 执行。

5.4 耐久性能

5.4.1 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 SL 352 的规定执行。

5.4.2 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，水工纤维混凝土的氯离子扩散系数、抗硫酸盐侵蚀等级应满足设计要求。水工纤维混凝土抗硫

酸盐侵蚀试验方法可按 GB/T 50082 的规定执行；水工钢纤维混凝土的氯离子扩散系数试验可按 JG/T 472 的规定执行。

5.4.3 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 SL 352 的规定执行。

5.4.4 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 DL/T 5207 的规定执行。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

6 水工纤维混凝土施工

6.1 一般规定

6.1.1 水工纤维混凝土拌和设备正式投入生产前，应对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。

6.1.2 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 水工纤维混凝土的拌和工艺应能使纤维在拌和物中分散均匀，宜先干拌后湿拌。必要时可分散布料。

6.2.3 水工纤维混凝土宜适当延长拌和时间。

6.2.4 水工纤维混凝土原材料的计量允许偏差应符合表6.2.4的规定。

表 6.2.4 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	称量允许偏差	原材料类型	称量允许偏差
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 选用的运输设备应考虑混凝土在运输过程中的泄漏、离析和泌水等问题，并应避免温度变化和坍落度变化过大。

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 采用泵送工艺时，宜选用功率较大的设备；采用喷射工艺时，应采用湿喷法。

6.3.4 对外观质量有要求的部位，宜对外露纤维进行处理。

6.3.5 水工纤维混凝土的养护应按 SL 677 的相关要求执行。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，宜延长养护时间。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

7 水工纤维混凝土质量检验

7.1 原材料质量检验

7.1.1 用于同一工程的同品种、同规格钢纤维，应按每 20t 为一个检验批，不足 20t 按一个检验批计。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。钢纤维抽检项目应包括：纤维外观、尺寸、抗拉强度、弯折性能和杂质含量。

7.1.2 用于同一工程的同品种、同规格合成纤维，每批次均应进行检验；应按每 10t 为一个检验批，不足 10t 按一个检验批计。不同批次或非连续供应的不足一个检验批量的合成纤维应作为一个检验批。合成纤维抽检项目应包括：纤维外观、尺寸、断裂强度、初始模量、断裂伸长率和耐碱性能。

7.1.3 水工纤维混凝土的原材料进场时，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，经检验合格后方可使用。

7.1.4 水泥、骨料、掺合料、外加剂和拌和用水等其他原材料的质量检验应按 SL 677 的有关规定执行。

7.2 拌和物及浇筑质量检验

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定校准，必要时随机核查。

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 应不少于 2 次。

7.2.3 水工纤维混凝土拌和物的离析和泌水检验应在浇筑地点取样，每班次应不少于 2 次。

7.2.4 水工纤维混凝土拌和物的含气量和坍落度等拌和物常规性能检验应按 SL 677 的有关要求执行。

7.2.5 水工纤维混凝土应进行纤维含量检验，应在浇筑地点取样，每班次或每 8h 检验 1 次，纤维体含量检验方法应参照 GB/T 35843 进行。

7.2.6 水工纤维混凝土的浇筑质量检验应按 SL 632 的有关规定执行。

7.3 混凝土质量检验

7.3.1 水工纤维混凝土质量检验以设计龄期抗压强度为主；常态纤维混凝土以 150mm 立方体试件在标准养护条件下的抗压强度为准，喷射纤维混凝土以从完成标养的大板试件切割加工而成的 100mm 立方体为准。

7.3.2 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或运输车厢内取样制作。可在浇筑地点取一定数量的试件进行比较。

7.3.3 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 对于结构混凝土，每 100m^3 应取样 1 组混凝土进行 28d 龄期抗压强度检验，每 200m^3 应取样 1 组混凝土进行设计龄期抗压强度检验。

2 对于大体积混凝土，每 500m^3 应取样 1 组混凝土进行 28d 龄期抗压强度检验，每 1000m^3 应取样 1 组混凝土进行设计龄期抗压强度检验。

3 对于喷射混凝土，每 $50\sim 100\text{m}^3$ 或小于 50m^3 的独立工程，取样不得少于 1 组进行设计龄期抗压强度检验。

4 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。

7.3.4 水工纤维混凝土的抗拉强度、抗冻、抗渗、韧性、抗冲击性和抗冲磨等性能应满足设计要求，可根据设计要求进行检验。

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:

$$f_{tk} = f_{tk} (1 + \alpha_1 \rho_l l_f / d_f) \quad (\text{A.0.1})$$

式中 f_{tk} ——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 GB 50010 采用;
 α_1 ——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_l ——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.0.2 取值采用。

表 A.0.2 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_1
冷拉钢丝切断型	端钩形	C20~C45	0.76
		C50~C80	1.03
薄板剪切型	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
	异形	C20~C45	0.52
		C50~C80	0.62

附录 B 水工钢纤维混凝土弯拉强度 标准值计算

B.0.1 水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值可按式 (B.0.1) 计算:

$$f_{\text{ftm}} = f_{\text{tm}}(1 + \alpha_{\text{tm}}\rho_l l_f / d_f) \quad (\text{B.0.1})$$

式中 f_{ftm} ——水工钢纤维混凝土弯拉强度标准值, MPa;

f_{tm} ——同强度等级混凝土弯拉强度标准值, MPa, 可按 JTG D 40 采用;

α_{tm} ——钢纤维对水工钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数, 宜通过试验确定;

ρ_l ——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。

B.0.2 在无试验条件情况下, 钢纤维对水工钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数, 可按表 B.0.2 取值采用。

表 B.0.2 钢纤维对水工钢纤维混凝土弯拉强度的影响系数

钢纤维品种	纤维外形	混凝土强度等级	影响系数 α_{tm}
冷拉钢丝切断型	端钩形	C20~C45	1.13
		C50~C80	1.25
薄板剪切型	平直形	C20~C45	0.68
		C50~C80	0.75
	异形	C20~C45	0.79
		C50~C80	0.93
钢绞线削型	端钩形	C20~C45	0.92
		C50~C80	1.10
低合金钢熔抽型	大头形	C20~C45	0.73
		C50~C80	0.91
	异形	C20~C45	0.73
		C50~C80	0.91

附录 C 水工纤维混凝土早期 抗裂性对比试验

C.0.1 本方法规定了纤维对混凝土早期裂缝限制效果的对比试验。

C.0.2 试验条件应满足温度 $(20 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $(60 \pm 5)\%$ 。

C.0.3 仪器应满足下列主要技术要求：

- 1 电风扇，风速 0.5m/s 。
- 2 读数显微镜：分度值 0.01mm 。
- 3 钢卷尺：分度值 1mm 。

C.0.4 纤维砂浆和砂浆的试件为 $600\text{mm} \times 600\text{mm} \times 20\text{mm}$ 的平面薄板，模具边框用高 20mm 的等肢角钢制作。边框内设直径 6mm 间距 60mm 的单排栓钉，栓钉长度为 100mm ，模具见图 C.0.4。

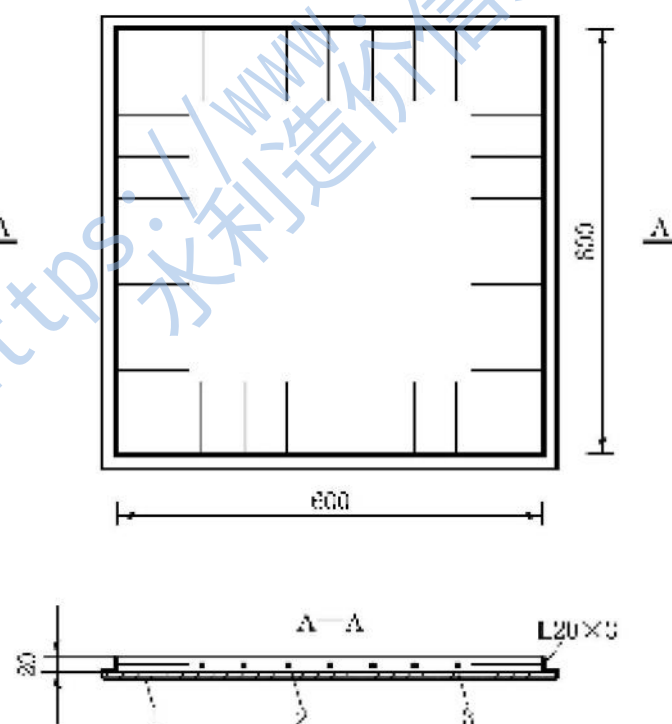


图 C.0.4 早期抗裂性对比试验模具

1—底板；2— $\phi 6$ 栓钉；3—聚乙烯薄膜。

C.0.5 试验用配合比,纤维砂浆基体配合比为水泥:砂:水=1:1.5:0.5。

C.0.6 同时成型纤维砂浆试件和对比用的基体砂浆试件1组,每组各1个试件,每次试验做2组试件。

C.0.7 试件浇筑、振实、抹平后在试验条件下用塑料薄膜覆盖2h。

C.0.8 试件成型2h后取下塑料薄膜,每组试件(1个纤维砂浆试件,1个对比试件)中的每个试件各用1台电风扇吹试件表面,风向平行试件表面,风速0.5m/s。成型后24h观察裂缝数量、宽度和长度。

C.0.9 裂缝以肉眼可见裂缝为准,用钢卷尺测量其长度。可近似取裂缝两端直线距离为裂缝长度;当裂缝出现明显弯折时,可以折线长度之和代表裂缝长度。

C.0.10 用读数显微镜测量裂缝宽度,可取裂缝中点附近的宽度代表该裂缝的名义最大宽度。

C.0.11 应按公式(C.0.11)规定计算裂缝总面积:

$$A_{cr} = \sum_{i=1}^n W_{i, \max} l_i \quad (\text{C.0.11})$$

式中 A_{cr} ——试件裂缝的名义总面积。对纤维砂浆试件记为

A_{fer} ,对比用基准试件记为 A_{mcr} , mm^2 ;

$W_{i, \max}$ ——第*i*条裂缝名义最大宽度,mm;

l_i ——第*i*条裂缝的长度,mm。

C.0.12 裂缝降低系数按公式(C.0.12)计算:

$$\eta = \frac{A_{mcr} - A_{fer}}{A_{mcr}} \quad (\text{C.0.12})$$

式中 A_{mcr} ——对比用基准试件裂缝面积, mm^2 ;

A_{fer} ——纤维砂浆试件裂缝面积, mm^2 ;

η ——裂缝降低系数, %。

C.0.13 应以两组试件测得的裂缝降低系数平均值代表早期抗裂性对比试验结果。

标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

中华人民共和国水利行业标准

水工纤维混凝土应用技术规范

SL/T 805—2020

条 文 说 明

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

目 次

1	总则	27
2	术语和符号	28
2.1	术语	28
3	原材料	29
3.1	钢纤维	29
3.2	合成纤维	30
3.3	其他原材料	31
4	配合比设计	32
4.1	一般规定	32
4.2	配制强度	33
4.3	配合比计算、试拌、调整与确定	33
5	水工纤维混凝土性能	36
5.1	拌和物性能	36
5.2	力学性能	36
5.3	变形性能	37
5.4	耐久性能	38
6	水工纤维混凝土施工	39
6.2	拌和	39
6.3	运输、浇筑与养护	39
7	水工纤维混凝土质量检验	40
7.1	原材料质量检验	40
7.2	拌和物及浇筑质量检验	40
7.3	混凝土质量检验	41

1 总 则

1.0.1 纤维混凝土技术在我国建筑工程领域使用较多，随着我国水利水电行业的发展，该技术在水利水电行业中也逐步得到应用，但目前行业中关于水工纤维混凝土的技术文件尚不是很完善，无法为纤维混凝土在水利水电工程中广泛应用提供技术依据，因此，有必要制定本标准。

1.0.2 水工纤维混凝土的应用与普通纤维混凝土相比有共性，但也有特殊性，例如水工纤维混凝土骨料粒径较大、掺合料掺量较高等。本标准旨在指导纤维混凝土在水利水电工程应用过程中的原材料选择、配合比设计、混凝土性能及其试验、混凝土施工、质量检验，保障水工纤维混凝土工程质量。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.7 本条对钢纤维、合成纤维的当量直径进行了定义。其他标准中采用的纤维等效直径的含义与本标准中的当量直径相同。

2.1.8 本条对钢纤维、合成纤维的长径比进行了定义。合成纤维长径比决定了纤维在混凝土中的破坏机制，钢纤维在混凝土中的作用机制也与其长径比有重要关系。

2.1.9 本条对钢纤维、合成纤维的在混凝土中的掺量进行了定义。纤维掺量常用于水工纤维混凝土配合比设计，也是水工纤维混凝土中纤维含量的表示方法之一。

3 原 材 料

3.1 钢 纤 维

3.1.1 水工钢纤维混凝土用钢纤维的材质主要有碳钢、低合金钢和不锈钢。按生产工艺分类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 5 大类，该五类钢纤维为目前国内外广泛采用的类型。

3.1.2 钢纤维的形状可分为平直形和异形两大类，其中异形钢纤维又可分为压痕形、波形、端钩形、大头形和不规则麻面形等。水工钢纤维混凝土基体破坏时，钢纤维以从基体中拔出居多、而非拉断，异性或表面粗糙的钢纤维品种具有更好的粘结性能；另外，钢纤维的形状还影响其在水工混凝土拌和物中的分散效果和拌和物的流动性，异性或表面粗糙的钢纤维会降低水工混凝土拌和物的流动性。

3.1.3 钢纤维的几何参数主要包括长度、（当量）直径和长径比，几何参数对钢纤维的增强、增韧效果有较大影响。水工钢纤维混凝土应用时，需要根据水利水电工程中的不同使用部位，对增强、增韧效果的要求，对钢纤维混凝土的几何参数进行选择，以达到相对最佳效果。

3.1.4 目前广泛使用的钢纤维，按其抗拉强度主要分为 400 级、700 级、1000 级、1300 级和 1700 级 5 个等级，其中抗拉强度不小于 1000 级的钢纤维即可称为高强度钢纤维。钢纤维抗拉强度等级的选用应考虑基体混凝土的强度等级因素，已有研究表明，当采用高强度混凝土和低抗拉强度等级钢纤维配制纤维混凝土时，纤维混凝土断裂时会产生较多钢纤维被拉断的现象，增强、增韧效果不理想。

3.1.6 钢纤维弯折性能合格率可保障钢纤维材质本身的质量，弯折性能合格率大于等于 90% 的钢纤维产品在纤维混凝土拌制

过程中可有效避免钢纤维产品脆断现象的发生。钢纤维尺寸偏差合格率、异性钢纤维形状合格率可保障钢纤维产品的生产控制质量。

3.1.7~3.1.9 样本平均根数与标称根数的允许误差用于控制钢纤维产品生产质量；钢纤维中含有杂质会影响水工钢纤维混凝土的性能，另外，表面油污等会影响钢纤维与混凝土的粘结强度。

3.2 合成纤维

3.2.1 本条对合成纤维的材质进行了分类，其中给出的按不同材质分类的合成纤维均为适用于水工纤维混凝土的纤维品种。另外，合成纤维从产品外观分类主要包括单丝纤维、膜裂网状纤维和粗纤维等，因粗纤维与单丝纤维之间存在一定的差异，因此，本条将粗纤维作为合成纤维的一类品种列出。合成纤维按用途可分为防裂抗裂纤维、增韧纤维，另外，还有专门用于砂浆的防裂抗裂纤维。

3.2.2 长度和直径是合成纤维的两个几何参数，几何参数对合成纤维的增强、增韧效果有较大影响；本条列出了目前使用较广泛的合成纤维产品几何参数范围。

3.2.3 本条列出了常用合成纤维的性能。合成纤维的抗拉强度性能直接影响其对水工混凝土的增强、增韧效果，是合成纤维的重要技术指标；合成纤维的弹性模量性能对硬化水工混凝土的强度影响较小，但对改善水工混凝土的早期抗裂性有重要影响；水工混凝土为碱性环境，合成纤维的耐碱性能也是其重要技术指标之一。

3.2.4 掺入水工混凝土中的合成纤维应易分散，不会对混凝土强度产生负面影响。另外，水工合成纤维混凝土的抗裂、增韧、抗冲击、耐久性等性能需根据工程不同使用部位的设计要求，通过混凝土对比试验确定。

3.2.5~3.2.6 本条对合成纤维的长度与当量直径偏差，含水率进行了规定，以保证产品质量。

3.2.7 单丝合成纤维主要性能参数应由试验确定，在无试验条件时，可按相关现行规范选用。

3.2.8 本条规定了合成纤维主要性能以及掺合成纤维水工混凝土的主要性能试验方法。

3.3 其他原材料

3.3.1 水工纤维混凝土用水泥品种的选择主要取决于工程对混凝土工作性、强度、增强、增韧效果等的要求，普通水工混凝土所用水泥一般均可用于水工纤维混凝土。水工混凝土掺合料用量较大，因此可优先采用不含混合材料或混合材料含量较少的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，这也有利于防止钢纤维的锈蚀。

3.3.2 天然砂和人工砂均可用于水工纤维混凝土，宜采用级配良好的细骨料是因为细骨料级配差会影响混凝土单位用水量和胶材用量，导致混凝土拌和物离析、泌水。

3.3.3 水工混凝土中常用矿物掺合料以粉煤灰为主，鉴于其他一些矿物掺合料，如矿渣粉、石灰石粉、磷渣粉、硅灰、钢渣粉、沸石粉等，同样具有较好的水化活性或改善拌和物黏聚性、保水性等优点，也可适量采用。但水工纤维混凝土采用矿物掺合料的品质需满足相应现行技术标准的要求。

3.3.4 含氯盐外加剂会导致钢纤维的锈蚀，因此，水工钢纤维混凝土不得使用含氯盐的外加剂；高碱含量的速凝剂对混凝土的耐久性会产生不利影响，另外，高碱含量外加剂对合成纤维本身也存在影响，因此，宜采用无碱速凝剂产品。

4 配合比设计

4.1 一般规定

4.1.2、4.1.3 水工纤维混凝土强度等级采用按照标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体标准试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的立方体抗压强度确定。不仅应满足混凝土强度的要求，同时也应满足拌和物性能、耐久性等要求。

4.1.4 水工纤维混凝土配合比设计时的最大水胶比的选择应按工程所处地理位置及施工部位确定；除应满足混凝土强度要求外，还应满足 SL 654《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范》中的耐久性要求，建议取两者中较小值。

4.1.5 水工纤维混凝土中的最小胶材用量可保障混凝土具有较好的拌和物性能、硬化性能和耐久性能；喷射钢纤维混凝土的胶材总量不宜太少，否则施工性能不易保证，进而影响其硬化性能；对于有抗冲磨要求的结构，其混凝土的最小胶材用量还应满足表 4.1.5 的规定。表内对于低水胶比情况下的最小胶凝材料用量经工程试验论证是合理的；我国建于 20 世纪 90 年代的某水电站表孔消力池是整个枢纽中重要的泄洪消能设施，其底板最小厚度为 7m、表层抗冲磨混凝土厚度为 1m。由于表层混凝土与基础混凝土结合不良，底板伸缩缝止水失效，在表孔高速水流作用下，使抗冲层（1m 厚）与基础混凝土脱开。采用钢纤维混凝土方案进行了电站消力池底板修复工程室内试验和现场修复工作，在水胶比为 0.35 情况下，单方混凝土中水泥加粉煤灰总胶凝材料用量为 $357\text{kg}/\text{m}^3$ ，钢纤维材料用量 $40\text{kg}/\text{m}^3$ ，钢纤维混凝土的各项性能指标优良，实施底板修复后，电站消力池运行良好。因此，在水胶比小于等于 0.45 情况下，最小胶凝材料用量 $360\text{kg}/\text{m}^3$ 基本合理。对于面板混凝土而言，强度等级 C25、

C30 最为常见，胶凝材料一般在 $280\sim 300\text{kg}/\text{m}^3$ ，严寒地区抗冻要求高的面板混凝土胶凝材料用量会超过 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4.1.6 纤维的掺量需通过试验确定；矿物掺合料和外加剂对改善水工纤维混凝土的性能具有重要意义，但其掺加量以满足纤维混凝土设计和施工要求为原则，经试验确定较优掺量，否则反而会影响水工纤维混凝土的拌和物性能以及硬化混凝土性能。

4.1.7 常用钢纤维长度一般为 $20\sim 60\text{mm}$ ，但在抗冲磨、抗疲劳、抗震、抗裂要求较高的混凝土结构，超短钢纤维的应用在解决普通钢纤维超过一定掺量后的结团、离析等问题的同时，还能显著的提高纤维混凝土的强度、改变破坏形态、提高抗冲击韧性。超短钢纤维的长度一般在 $5\sim 15\text{mm}$ ，直径 0.5mm 左右。

4.2 配制强度

4.2.1 水工纤维混凝土的配制强度是在满足一定保证率的情况下达到设计要求的强度等级值。对于设计强度等级大于等于 C60 的高强混凝土，传统的计算公式已经不能满足要求，强度标准差已不适用于配制强度计算，公式 (4.2.1-2) 已在公路、桥涵、建筑工程中长期应用，工程实体效果检验表明应用效果良好。

4.2.2 本条给出了水工纤维混凝土强度标准差取值，当有足够的混凝土强度资料时，混凝土强度标准差宜按照统计方法计算取得；当无足够的混凝土强度资料时，可按表 4.2.2 取值，表中取值与目前实际控制水平的标准差比较，是偏于安全的。

4.3 配合比计算、试拌、调整与确定

4.3.1 水工纤维混凝土的配合比计算可按照 SL 352《水工混凝土试验规程》的规定，采用绝对体积法先进行未掺加纤维混凝土配合比的计算。在配合比设计参数选择时，在未掺加纤维混凝土配合比计算结果的基础上，按纤维体积率计算纤维在水工混凝土中的用量。

4.3.2、4.3.3 水工纤维混凝土的最大水胶比与最小水泥（或总

胶材)用量是为了满足混凝土的强度、耐久性等满足工程要求,配合比参数选择时水胶比、水泥用量通过试验确定,但原则上不超过本条规定的限值。

4.3.4 纤维的掺入对水工混凝土配合比参数中的单位用水量、砂率有较大影响,为了保障掺入纤维的水工混凝土拌和物的和易性、以及硬化后的力学、耐久性等性能,可在未掺加纤维水工混凝土单位用水量、砂率的基础上适当增加用水量和含砂量,但单位用水量、砂率的最终取值需要在试拌过程中调整确定。

4.3.5、4.3.6 给出了钢纤维、合成纤维掺入水工混凝土时的纤维体积率限值或范围,由于不同工程对纤维混凝土的技术要求不同,纤维产品之间也存在品种、生产工艺、性能等差异,水工纤维混凝土配合比设计参数中的纤维体积率需要在试拌过程中调整确定。

4.3.7 坍落度是水工纤维混凝土拌和物的主要性能之一,由于纤维的掺入,水工纤维混凝土的坍落度可比未掺纤维的普通水工混凝土适当降低,但仍应能满足施工要求。当水工纤维混凝土的坍落度不能满足要求时,通过调整外加剂掺量或者单位用水量的方式进行。

4.3.8 本条规定了水工纤维混凝土的试拌流程。试拌过程中首先调整混凝土拌和物。在计算配合比的基础上,尽量保持水胶比不变,采用适当的胶凝材料用量,通过调整外加剂用量和砂率,使水工纤维混凝土拌和物的坍落度和和易性等性能满足施工要求,提出试拌配合比。

4.3.9 在水工纤维混凝土配合比试拌的基础上,可按现行 SL 352 的规定进行水工纤维混凝土强度试验,以对配合比进行调整。因为无论是计算配合比还是试拌配合比,都不能保证混凝土配制强度是否满足要求,混凝土强度试验的目的是取得能够满足配制强度要求的、胶凝材料用量经济合理的配合比。

4.3.10 本条规定了水工纤维混凝土配合比校正的方法。在水工纤维混凝土配合比计算、混凝土试拌和配合比调整过程中,通过

配合比校正，可使依据配合比计算的混凝土生产方量更为准确。

4.3.11 对于经性能试验、且性能能满足设计要求的水工纤维混凝土设计配合比，宜进行生产性验证，试生产试验是确定施工配合比的重要环节。

<https://www.slzjxx.com>
水利造价信息网

5 水工纤维混凝土性能

5.1 拌和物性能

5.1.1、5.1.2 水工纤维混凝土需具有良好的和易性，避免纤维聚团；对于有泵送施工要求的水工纤维混凝土，其入泵坍落度不大于 180mm，在满足泵送施工要求的前提下，较小的入泵坍落度有利于硬化混凝土的耐久性能；水工纤维混凝土的可泵性能需符合 JGJ/T 10《混凝土泵送施工技术规程》的相关规定。

5.1.2 本条给出了水工纤维混凝土拌和物中氯离子含量的规定。本条氯离子含量测试方法按 JTS/T 236《水运工程混凝土试验检测技术规范》的规定进行，该方法测定的是混凝土中一定质量的砂浆试样放入蒸馏水形成悬浮液后的氯离子含量，因此，该氯离子含量为水溶性氯离子含量；被测试样为砂浆，水溶性氯离子含量是占胶凝材料用量的质量百分比。钢纤维混凝土中的氯离子含量需要严格控制，减少氯离子对钢纤维的锈蚀；合成纤维混凝土中氯离子含量的控制要求按普通水工混凝土执行。

5.1.3 水工纤维混凝土拌和物纤维含量可从一定程度上反映纤维在混凝土的分散效果，该性能试验可按 GB/T 35843《纤维增强混凝土及其制品的纤维含量试验方法》的有关规定执行。

5.2 力学性能

5.2.2 水工钢纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量，轴心抗拉强度、轴拉弹性模量均应符合设计要求；其试验方法与普通混凝土基本无差别，均可分别按 SL 352 的相关规定执行。

5.2.3 喷射混凝土的力学性能要求较高，其力学性能应满足 GB 50086《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》中对其力学强度、抗弯强度等的要求。

5.2.4 本条给出了水工钢纤维混凝土轴心抗拉强度标准值、弯

拉强度标准值的计算方法，由于钢纤维的增强、增韧效应，水工钢纤维混凝土的轴拉强度、弯拉强度与普通水工混凝土有一定差异，其标准值的计算应分别按本规范附录 A、附录 B 执行。

5.2.5 本条对水工合成纤维混凝土的轴心抗压强度、静力抗压弹性模量、抗拉强度、轴拉弹性模量的要求及其试验方法进行了规定。水工合成纤维混凝土的轴压、轴拉性能应符合设计要求，其性能试验方法与普通混凝土基本一致，可按 SL 352 的相关规定执行。

5.2.6 水工纤维混凝土的轴压强度及弹性模量，轴拉强度及弹性模量的标准值按 SL 191《水工混凝土结构设计规范》采用是安全的。

5.2.7 纤维混凝土的韧性是它和普通混凝土差异最大的性能，普通混凝土在一定变形出现裂缝后丧失了大部分的抗拉性能，而纤维混凝土在远超于普通混凝土数倍变形后，仍可以承受和保证较高的抗拉性能，水工纤维混凝土的弯曲韧性试验方法可按 DL/T 5721《水工喷射混凝土试验规程》的相关规定执行。

5.3 变形性能

5.3.1 水工纤维混凝土的干缩、自生体积变形、徐变等变形性能应能满足设计要求，且这些变形性能属于长期性能，其试验方法应按 SL 352 的相关规定进行。

5.3.2 成型后至拆模前这段时间内混凝土的收缩特性对硬化后混凝土的性能有重要影响，而纤维的掺入对水工混凝土早龄期变形特性影响较大。因此，对于早龄期收缩变形有技术要求的水工纤维混凝土，应对其 3d 龄期内的收缩变形进行测试，测试方法可按 GB/T 50082《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》的相关规定进行。

5.3.3 早龄期收缩变形会引起裂缝，影响混凝土后期性能，因此，宜进行水工纤维混凝土早龄期抗裂性试验，该方法还能对纤维本身的阻裂效果进行对比，具体试验方法应按本规范附录 C

执行。

5.4 耐久性能

5.4.1~5.4.2 水工纤维混凝土的抗冻、抗渗、抗碳化等常规耐久性能与普通水工混凝土相同，可按照 SL 352 的相关规定进行。对于处于氯盐、硫酸盐环境中的水工纤维混凝土，应进行专门的抗腐（侵）蚀设计，并分别按照 GB/T 50082 的规定进行抗氯离子渗透、抗硫酸盐侵蚀性能检验。

5.4.3 ~5.4.4 抗冲磨防空蚀性能是水工纤维混凝土较特殊的耐久性能之一，纤维的掺入能改善水工混凝土的抗冲磨防空蚀性能；抗冲磨性能试验方法可按 SL 352 执行、防空蚀性能试验方法可按 DL/T 5207《水工建筑物抗冲磨防空蚀混凝土技术规范》执行。

6 水工纤维混凝土施工

6.2 拌 和

6.2.2 水工纤维混凝土拌和过程中需保证纤维的均匀分散，宜先将纤维和骨料先进行干拌，将纤维打散，然后在再加入水泥、掺合料、水等其他材料进行湿拌。

6.2.3 当钢纤维体积率超过 1.5% 或者合成纤维体积率超过 0.2% 时，由于纤维的掺入量较大，其拌制时间宜再适当延长拌和，以增加纤维的分散效果，保证混凝土质量。

6.2.4 本条规定了水工纤维混凝土原材料的计量允许偏差，按表 6.2.4 规定的计量允许偏差可较好地保证纤维混凝土质量。

6.3 运输、浇筑与养护

6.3.1 水工纤维混凝土拌和物需具有较好的稳定性，在运输过程中避免离析、分层。相对而言，由于钢纤维材质密度较大，水工钢纤维混凝土更易出现离析、分层，在运输过程中更要该加强注意。

6.3.2 水工纤维混凝土的浇筑应保证连续，中途不得中断。采用加水解决混凝土拌和物和易性不足会严重影响混凝土的后期性能，必须禁止。

6.3.3 水工纤维混凝土泵送过程中的管壁摩擦阻力一般大于普通泵送混凝土，因此，泵送施工水工纤维混凝土所用泵的功率应比普通泵送混凝土大。采用湿喷工艺时，应采用湿喷法进行。

6.3.5 水工纤维混凝土与普通水工混凝土一样，浇筑成型后需加强养护。阳光暴晒会导致混凝土表面水分蒸发过快，仓面积水会影响混凝土的后期性能，故需避免暴晒和仓面积水。

7 水工纤维混凝土质量检验

7.1 原材料质量检验

7.1.1 钢纤维的出厂检验一般以 5t 或小于 5t 为一个批量，但进场质量检验批量可根据使用量适当增大，但同一工程的同品种和同规格钢纤维最大检验批量不应超过 20t。

7.1.2 同一工程的同品种和同规格合成纤维最大检验批量取 10t，大致对应了 1 万 m^3 混凝土的合成纤维用量。

7.1.4 对于水泥、掺合料、外加剂、拌和用水等其他原材料，其质量检验要求与普通混凝土相比无特殊性，按 SL 677《水工混凝土施工规范》的相关规定执行即可。

7.2 拌和物及浇筑质量检验

7.2.1 精准计量是保证水工纤维混凝土质量的重要措施之一。因此，水工纤维混凝土的拌制系统的计量器具应定期检验校正。

7.2.2 在水工纤维混凝土拌制生产过程中，要求定期对混凝土原材料的配料称量、拌和时间等进行检查，如发现问题应立即处理。

7.2.4 水工纤维混凝土的抗冻性能在一定程度上取决于混凝土拌和物的含气量，因此在混凝土拌制生产过程中，含气量是现场质量控制的重要内容之一，本条对拌和物含气量的检验频次及其允许偏差进行了规定。

7.2.5 纤维的含量影响水工钢纤维混凝土的各项性能，本条对纤维含量检验的取样地点、检验频次、检验方法进行了规定。

7.2.6 为保证水工纤维混凝土的浇筑质量，应按照 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》的要求对水工纤维混凝土的浇筑质量进行检验。

7.3 混凝土质量检验

7.3.1 SL 191 将立方体抗压强度标准值作为其他力学性能指标的基本代表值，在现场混凝土施工中，均以 150mm 立方体试件的抗压强度作为主要控制指标。对于一般水工纤维混凝土而言，应以 150mm 立方体试件的抗压强度作为主要控制指标；对于掺用纤维的喷射混凝土而言，由于其性能要求、施工方法等的特殊性，其抗压强度应从喷射大板上切取的 100mm 立方体为准。

7.3.2 考虑到水工纤维混凝土施工输送距离、输送设备种类较多等特点，取样时以机口取样为主。浇筑地点取样可按机口取样数量的 10% 以内控制。

7.3.3 水工纤维混凝土的取样频次是保证预期检验效果的重要因素，本条根据水工纤维混凝土的使用部位、浇筑方量等特点，从结构混凝土、大体积混凝土、喷射混凝土三个层次分别规定了取样的频次，以保证混凝土质量。

7.3.4 水工纤维混凝土抗冻、抗渗耐久性的要求指标，以及抗拉、韧性、抗冲击性、抗冲磨等反映水工纤维混凝土性能特征的重要指标在设计中要予以保证，在施工过程中进行检验也是必要的。