



中国工程建设标准化协会标准

钢纤维混凝土结构设计与施工规程

**SPECIFICATION FOR DESIGN AND
CONSTRUCTION OF STEEL FIBER
REINFORCED CONCRETE STRUCTURES**



1992 北京

中国工程建设标准化协会标准
钢纤维混凝土结构设计与施工规程

CECS 38 : 92

主编单位：大 连 理 工 大 学

哈尔滨建筑工程学院

批准单位：中国工程建设标准化协会

批准日期：1 9 9 2 年 6 月 4 日

前 言

本规程系根据中国工程建设标准化协会(88)建标字第10号通知,由大连理工大学和哈尔滨建筑工程学院主编,并有12个单位参加共同组成编制组。

编制组自1988年12月开始,对国内十年来的科研和工程应用成果进行了调查总结。同时开展了十余项专题试验研究,借鉴了国外有关规范和研究应用成果,并广泛征求全国有关单位和专家的意见,经过反复修改,最后由全国钢筋混凝土标准技术委员会审查定稿。

本规程共分九章和二附录。主要内容有:材料、基本设计规定、无筋和钢筋钢纤维混凝土构件承载力极限状态计算、钢筋钢纤维混凝土构件正常使用极限状态验算、结构构造规定、钢纤维混凝土的配制浇筑及检验、喷射纤维混凝土工程设计与施工,以及一些常用的工程和构件的设计与施工。这些常用的工程和构件有:公路路面、机场道面、道桥桥面、工业建筑地面、刚性防水屋面、叠合式受弯构件、铁路轨枕、局部增强预制桩和抗震框架节点。由于钢纤维混凝土应用领域较广,涉及不同专业的混凝土结构设计规范,本规程在编制时特别注意便于与不同专业规范协调使用的原则。

本规程采用《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》GBJ83—85规定的符号、计量单位和基本术语,在与各专业混凝土结构设计与施工规范配套使用时,应注意其对应和换算关系。

为了提高规程质量,请各单位在应用本规程的过程中,注意总结经验和积累资料。如发现需修改和补充之处,请将意见和有关资料寄大连理工大学土木系(邮码116024),以便今后修订。

中国工程建设标准化协会

1992年6月4日

目 录

主要符号

第一章 总则	1
第二章 材料	3
第一节 钢纤维	3
第二节 钢纤维混凝土	3
第三节 钢筋	6
第三章 基本设计规定	7
第四章 承载力极限状态计算	9
第一节 无筋钢纤维混凝土结构构件计算	9
(I) 一般规定	9
(II) 受压构件计算	9
(III) 受弯构件计算	9
(IV) 局部受压计算	10
第二节 钢筋钢纤维混凝土构件正截面	
承载力计算	11
(I) 一般规定	11
(II) 正截面受弯承载力计算	12
(III) 正截面受压承载力计算	13
第三节 钢筋钢纤维混凝土构件受剪	
承载力计算	13
第四节 钢筋钢纤维混凝土板受冲切	
承载力计算	15
第五节 钢筋钢纤维混凝土构件局部受压	
承载力计算	16
第五章 钢筋钢纤维混凝土构件正常使用	

极限状态验算	17
第一节 抗裂验算	17
第二节 裂缝宽度验算	17
第三节 变形验算	18
第六章 钢筋钢纤维混凝土结构的构造	
规定	19
第七章 钢纤维混凝土的配制、浇筑	
及检验	20
第一节 一般规定	20
第二节 原材料	20
第三节 配合比设计	21
第四节 搅拌	24
第五节 运输、浇筑和养护	25
第六节 质量检验	26
第八章 钢纤维混凝土结构工程的设计	
与施工	27
第一节 公路路面和机场道面	27
第二节 公路和城市道路桥面	29
第三节 工业建筑地面	30
第四节 刚性防水屋面	31
第五节 叠合式受弯构件	32
(I) 一般规定	32
(II) 承载力计算	32
(III) 钢筋应力及裂缝宽度验算	33
(IV) 变形验算	34
第六节 铁路轨枕	34
第七节 局部增强预制桩	36
第八节 抗震框架节点	37
第九章 喷射钢纤维混凝土结构工程的设计	
与施工	41

工程建设标准全文信息系统

第一节 一般规定	41
第二节 喷射钢纤维混凝土支护设计	41
第三节 喷射钢纤维混凝土结构工程施工	42
第四节 喷射钢纤维混凝土修补加固工程	43
附录一 钢纤维混凝土用钢纤维的技术 要求	45
附录二 本规程用词说明	47
附加说明	48

主要符号

材料性能

C20、CF20——表示立方体强度标准值为 20N/mm^2 的混凝土、钢纤维混凝土强度等级；

f_{tc} ——钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值；

f_{tcm} ——钢纤维混凝土弯曲抗压强度设计值；

f_{tk} 、 f_t ——钢纤维混凝土抗压强度标准值、设计值；

f_{tk} 、 f_t ——根据钢纤维混凝土强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范确定的抗拉强度标准值、设计值；

f_{ftm} ——钢纤维混凝土抗折强度设计值；

f_{tm} ——同强度等级素混凝土抗折强度设计值；

f_{ftm}^f ——钢纤维混凝土抗折疲劳强度设计值；

f_{tth} ——钢筋钢纤维混凝土构件受拉区等效矩形应力图形的弯曲抗拉强度设计值；

f_y 、 f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值。

作用和作用效应

N ——轴向力设计值；

N_{tu} ——钢筋钢纤维混凝土受压构件轴向承载力设计值；

N_{tu} ——钢纤维混凝土局部受压承载力设计值；

N_{lu} ——根据钢纤维混凝土强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范计算的局部受压承载力设计值；

- N_{fpu} ——钢筋钢纤维混凝土板局部受冲切承载力设计值；
- N_{pu} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范计算的钢筋混凝土板局部受冲切承载力设计值；
- M_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土构件正截面受弯承载力设计值；
- M_{cr} ——钢筋钢纤维混凝土构件正截面抗裂弯矩值；
- M_c ——根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范计算的钢筋混凝土构件正截面抗裂弯矩值；
- V_{fcs} ——钢筋钢纤维混凝土构件斜截面上由钢纤维混凝土和箍筋共同承担的剪力设计值；
- V_c ——根据钢纤维混凝土轴心抗压强度，按现行有关混凝土结构设计规范计算的构件斜截面上主要由混凝土所承担的受剪承载力设计值；
- V_s ——按现行有关混凝土结构设计规范计算的构件斜截面上主要由箍筋所承担的受剪承载力设计值；
- V_{fju} ——钢纤维混凝土抗震框架节点受剪承载力设计值；
- σ_{ss} ——叠合式受弯构件在荷载短期效应组合下纵向受拉钢筋应力；
- w_{fmax} ——考虑裂缝宽度不均匀性和荷载长期效应影响，钢筋钢纤维混凝土构件的最大裂缝宽度；
- w_{max} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范规定计算的钢筋混凝土构件最大裂缝宽度；
- B_{fs} ——荷载短期效应组合作用下，钢筋钢纤维混凝土受弯构件的短期刚度；
- B_s ——根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行有关混凝土结构设计规范规定计算的荷载短期效应组合作用下钢筋混凝土构件的短期刚度。

几 何 参 数

- α_s 、 α'_s ——纵向受拉非预应力钢筋合力点，受压钢筋合力点至截面近边的距离；
- b ——矩形截面宽度，T形、I形截面腹板宽度；
- b_c ——柱截面宽度；
- b_j ——节点水平截面宽度；
- c ——混凝土保护层厚度；
- d ——钢筋直径；
- d_t ——钢纤维直径或等效直径；
- e ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点的距离；
- h_c ——柱截面高度；工业建筑地面普通混凝土层厚度；
- h_o ——截面有效高度；
- h_j ——节点水平截面高度；
- h_{ot} ——公路路面或机场道面钢纤维混凝土加厚层厚度；
- h_{at} ——假定在原路面或道面的基层上面，修筑等效的素混凝土单层板所需厚度，其抗折强度用加厚层钢纤维混凝土抗折强度设计值；
- h_{dc} ——假定在原路面或道面的基层上面，修筑等效的素混凝土单层板所需厚度，其抗折强度用原道面混凝土抗折强度设计值；
- h_c ——原有水泥混凝土路面或道面厚度；
- h_t ——钢纤维混凝土路面或工业建筑地面厚度；
- l_t ——钢纤维长度；
- l_a ——钢筋混凝土构件纵向钢筋锚固长度；
- l_{ta} ——钢筋钢纤维混凝土构件纵向钢筋锚固长度；
- l_{taE} ——抗震节点内梁纵向钢筋锚固长度；
- s ——沿构件轴线方向上螺旋筋或箍筋的间距；
- x_t ——等效矩形应力图形受拉区高度；
- x ——等效矩形应力图形受压区高度；

- A_s 、 A_c ——纵向受拉钢筋、受压钢筋截面积；
 A_{sv} ——箍筋截面积。

计算系数及其它

- α_t ——钢纤维对钢纤维混凝土抗拉强度的影响系数；
 α_{tm} ——钢纤维对钢纤维混凝土抗折强度的影响系数；
 β_1 ——钢纤维对钢纤维混凝土构件局部受压承载力的影响系数；
 β_{tb} ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件受拉区钢纤维混凝土抗拉作用的影响系数；
 β_v ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件斜截面上混凝土抗剪能力的影响系数；
 β_p ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力的影响系数；
 β_{cr} ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土梁抗裂弯矩的影响系数；
 β_{cw} ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土构件裂缝宽度的影响系数；
 β_B ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土受弯构件短期刚度的影响系数；
 β_c ——钢纤维对叠合式受弯构件纵向钢筋受拉应力的影响系数；
 λ_t ——钢纤维含量特征参数；
 ξ ——相对受压区高度；
 ξ_b ——相对界限受压区高度；
 η_h ——梁对节点的约束影响系数；
 ρ_f ——钢纤维体积率；
 VB ——维勃稠度值；
 W/C ——混凝土拌合物的水灰比。

第一章 总 则

第 1.0.1 条 为了在钢纤维混凝土结构设计与施工中贯彻国家的技术经济政策，做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量，特制定本规程。

第 1.0.2 条 钢纤维混凝土适用于对抗拉、抗剪、抗折强度和抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震、抗爆等项性能要求较高的结构工程或其局部部位。

本规程适用于采用圆直型、熔抽型、剪切型钢纤维和普通混凝土制作的钢纤维混凝土结构的设计与施工；采用其它类型钢纤维制作钢纤维混凝土结构时，其设计与施工应根据专门的试验或技术论证进行。

本规程不适用于采用耐热混凝土及轻质混凝土制作的钢纤维混凝土结构的设计和施工。

- 注：① 钢纤维混凝土系指将短的、不连续的钢纤维均匀乱向地分散于混凝土中所组成的复合材料；
- ② 钢纤维混凝土结构可分为无筋钢纤维混凝土结构、钢筋钢纤维混凝土结构和预应力钢纤维混凝土结构。

第 1.0.3 条 本规程只对钢纤维混凝土结构不同于混凝土结构设计与施工的专门要求做出规定。在按本规程进行钢纤维混凝土结构设计和施工时，尚应依据结构所属工程类别分别符合下列各现行有关的混凝土结构设计与施工规范：

国家标准《混凝土结构设计规范》**GBJ10—89** 和现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》；

交通部标准《港口工程技术规范：混凝土和钢筋混凝土设计》**JTJ220—87** 和《混凝土和钢筋混凝土施工》**JTJ221—87**；

原水电部标准《水工钢筋混凝土结构设计规范》**SDJ20—78**

和《水工混凝土施工规范》**SDJ207—82**；

交通部标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》**JTJ023—85**和《公路桥涵施工技术规范》；

国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》**GBJ86—85**；

其它现行有关公路水泥混凝土路面和机场道面、工业建筑地面、刚性防水屋面、铁路轨枕和预制桩的国家标准或行业标准。

第二章 材 料

第一节 钢 纤 维

第 2.1.1 条 配制钢纤维混凝土所用的钢纤维应符合本规程附录 1 规定的技术要求。

第 2.1.2 条 钢纤维混凝土结构对钢纤维几何参数的要求宜符合表 2.1.2 的规定。

钢纤维几何参数采用范围 表 2.1.2

钢纤维混凝土结构类别	长 度 (mm)	直径 (等效直径) (mm)	长径比
一般浇筑成型的结构	25~50	0.3~0.8	40~100
抗震框架节点	40~50	0.4~0.8	50~100
铁路轨枕	20~30	0.3~0.6	50~70
喷射钢纤维混凝土	20~25	0.3~0.5	40~60

注：① 钢纤维的等效直径是指非圆形截面按面积相等的原则换算成圆形截面的直径；

② 钢纤维的长径比是指长度对直径（或等效直径）的比值，计算精确到个位数。

第二节 钢 纤 维 混 凝 土

第 2.2.1 条 钢纤维混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值按现行有关的混凝土结构设计规范的规定采用。

注：① 当按现行行业标准《港口工程技术规范：混凝土和钢筋混凝土设计》、

《水工钢筋混凝土结构设计规范》和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》设计时，可按规范的规定确定钢纤维混凝土的标号。

- ② 钢纤维混凝土强度等级和标号间的换算关系可按现行国家标准《混凝土结构设计规范》附录一的规定采用。

第 2.2.2 条 钢纤维混凝土的强度等级不宜低于 **CF20**，并应满足结构设计对强度等级与抗拉强度的要求或对强度等级与抗折强度的要求。

钢纤维混凝土采用的粗骨料粒径不宜大于 **20mm** 和钢纤维长度的 **2/3**。

钢纤维混凝土的钢纤维体积率不应小于 **0.5%**，且应符合表 **2.2.2** 的规定。

钢纤维体积率采用范围 表 2.2.2

钢纤维混凝土结构类别	钢纤维体积率 (%)
一般浇筑成型的结构	0.5~2.0
局部受压构件、桥面、预制桩桩顶桩尖	1.0~1.5
铁路轨枕、刚性防水屋面	0.8~1.2
喷射钢纤维混凝土	1.0~1.5

注：钢纤维体积率系指 1m^3 钢纤维混凝土中钢纤维所占体积百分数。

第 2.2.3 条 钢纤维混凝土强度标准值与设计值可按下列规定采用：

一、钢纤维混凝土轴心抗压强度和弯曲抗压强度的标准值与设计值，可根据钢纤维混凝土强度等级（或标号）按现行有关的混凝土结构设计规范的规定采用。

二、钢纤维混凝土抗拉强度的标准值和设计值可分别按下列公式确定：

$$f_{fk} = f_{tk}(1 + \alpha_1 \lambda_f) \quad (2.2.3 - 1)$$

$$f_k = f_t(1 + \alpha_2 \lambda_f) \quad 2.2.3 - 2)$$

$$\lambda_f = \rho_f l_f / d_f \quad (2.2.3 - 3)$$

式中 f_{ftk} 、 f_{ft} ——钢纤维混凝土抗拉强度标准值、设计值；
 f_{ukf} ——根据钢纤维混凝土强度等级（或标号）按现行有关混凝土结构设计规范确定的抗拉强度标准值、设计值；
 λ_f ——钢纤维含量特征参数；
 ρ_f ——钢纤维体积率；
 l_f ——钢纤维长度；
 d_f ——钢纤维直径（或等效直径）；
 α_f ——钢纤维对抗拉强度的影响系数，宜通过试验确定，当钢纤维混凝土强度等级为 CF20~CF40 时，可按表 2.2.3 采用。

三、钢纤维混凝土抗折强度设计值可按下式确定：

$$f_{ftm} = f_{tm}(1 + \alpha_{tm}\lambda_f) \quad (2.2.3 - 4)$$

式中 f_{ftm} ——钢纤维混凝土抗折强度设计值；
 f_{tm} ——同强度等级素混凝土抗折强度设计值，按现行有关水泥混凝土路面或机场道面设计规范的规定采用。
 α_{tm} ——钢纤维对抗折强度的影响系数，宜通过试验确定，当 $f_{tm} < 6.0 \text{N/mm}^2$ 时，可按表 2.2.3 采用。

钢纤维对抗拉强度、抗折强度的影响系数 表 2.2.3

钢纤维品种规格	熔抽型 ($l_f < 35\text{mm}$)、圆直型	熔抽型 ($l_f \geq 35\text{mm}$)、剪切型
α_f	0.36	0.47
α_{tm}	0.52	0.73

- 注：① 同强度等级素混凝土抗折强度系指与钢纤维混凝土具有相同的配合材料、水灰比和相近稠度（单位用水量和砂率可适当调整）的素混凝土的抗折强度；
 ② 两端弯钩、波形或其它异形的剪切型钢纤维，其强度影响系数将大于表中数值，宜通过试验确定。

第 2.2.4 条 钢纤维混凝土抗折疲劳强度设计值可按式确定：

$$f_{fm}^i = f_{fm}(0.944 - 0.077lg N_e + 0.12\lambda_f) \quad (2.2.4)$$

式中 f_{fm}^i ——钢纤维混凝土抗折疲劳强度设计值；

f_{fm} ——钢纤维混凝土抗折强度设计值，按 2.2.3 条确定；

N_e ——设计使用年限内，路面或机场道面所经受的设计疲劳荷载循环次数，应按现行有关规范的规定确定。

第 2.2.5 条 钢纤维混凝土的受压和受拉弹性模量以及剪变模量应根据钢纤维混凝土的强度等级（或标号）按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

钢纤维混凝土的抗折弹性模量，可根据同强度等级素混凝土抗折强度设计值按现行有关水泥混凝土路面或道面设计规范的规定采用。

钢纤维混凝土的泊松比和线膨胀系数可取与普通混凝土相同值，按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

第 2.2.6 条 在特殊环境条件下对钢纤维混凝土抗冻标号、抗渗标号、耐冲刷性、耐腐蚀性等的要求可按现行有关的混凝土结构设计规范的规定采用。

钢纤维混凝土抗冻标号、抗渗标号、耐冲刷性和耐腐蚀性等项性能应通过专门试验或技术论证确定。

第三节 钢 筋

第 2.3.1 条 钢筋钢纤维混凝土结构所用钢筋应符合现行有关混凝土结构设计规范的规定。

第三章 基本设计规定

第 3.0.1 条 钢纤维混凝土结构的设计方法、可靠度和极限状态表达方式，应依据结构所属工程类别分别符合现行各有关混凝土结构设计规范的规定。

第 3.0.2 条 结构构件承载力极限状态和正常使用极限状态的计算和验算要求，安全系数，变形、裂缝宽度和应力的规定限值，以及裂缝控制等级均应符合现行有关混凝土结构设计规范的规定。

第 3.0.3 条 结构构件的承载力设计应采用下列极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (3.0.3 - 1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数；

S ——内力组合设计值；

R ——承载力设计值。

$\gamma_0 S$ 应按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用；本规程只规定承载力设计值 R 的计算方法。依据不同的工程应用条件，结构承载力设计值 R 应分别采用下列设计表达式：

一、对于公路路面机场道面，工业建筑地面和其它无筋钢纤维混凝土构件正截面承载力计算：

$$R = R(f_t, \alpha_k, \dots) \quad (3.0.3 - 2)$$

式中 $R(\cdot)$ ——构件承载力函数，按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用；

f_t ——钢纤维混凝土的强度设计值，按第 2.2.3 条和第 2.2.4 条采用；

α_k ——几何参数标准值。

二、对于第一款以外的其它构件各项承载力计算：

$$R = R_t(f_c, f_s, \alpha_k, \beta_t, \lambda_t, \dots) \quad (3.0.3 - 3)$$

式中 $R_t(\cdot)$ ——以现行有关混凝土结构设计规范的规定为基础，并考虑钢纤维影响的钢纤维混凝土构件承载力函数；

f_c ——根据钢纤维混凝土强度等级（或标号）按现行有关混凝土结构设计规范确定的混凝土强度设计值；

f_s ——钢筋强度设计值，按现行有关混凝土结构规范的规定采用；

β_t ——钢纤维对构件承载力的影响系数。

- 注：① 采用现行国家标准《混凝土结构设计规范》时，依据不同受力情况，内力设计值可表示为 N 、 M 、 V 等，并为已乘 γ_s 后的值。
- ② 采用现行行业标准《港口工程技术规范：混凝土和钢筋混凝土设计》和《水工钢筋混凝土结构设计规范》时， γ_s 依据不同受力情况可表示为 K_N 、 K_M 、 K_Q 等；
- ③ 采用现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》时， γ_s 依据不同受力情况可表示为 N_j 、 M_j 、 Q_j 等；
- ④ 本规程中承载力设计值 R 依据不同受力情况分别表示为 N_{tu} 、 M_{tu} 、 V_{tu} 等。

第 3.0.4 条 钢筋钢纤维混凝土结构构件正常使用极限状态下的抗裂、裂缝宽度、变形和叠合式受弯构件钢筋应力的计算，应依据钢纤维混凝土的强度等级采用现行有关混凝土结构的规定，按普通钢筋混凝土构件计算，并引入考虑钢纤维影响的修正系数。

第四章 承载能力极限状态计算

第一节 无筋钢纤维混凝土结构构件计算

(I) 一般规定

第 4.1.1 条 无筋钢纤维混凝土结构构件的设计原则，荷载规定及安全系数与纵向弯曲系数的取值，均应符合现行有关混凝土结构设计规范关于素混凝土结构构件的规定。

注：钢筋钢纤维混凝土构件的配筋率小于现行有关混凝土结构设计规范规定的钢筋混凝土构件最小配筋率时，应按无筋钢纤维混凝土构件计算。

第 4.1.2 条 按钢纤维混凝土抗拉强度设计的无筋钢纤维混凝土构件的适用范围，可按现行有关混凝土结构设计规范关于素混凝土结构构件的规定确定。

(II) 受压构件计算

第 4.1.3 条 无筋钢纤维混凝土受压构件的受压承载力，当设计不考虑受拉区钢纤维混凝土参与工作时，应按现行有关混凝土结构设计规范关于素混凝土的规定计算。

第 4.1.4 条 不允许开裂的无筋钢纤维混凝土偏心受压构件的受压承载力，应按现行有关混凝土结构设计规范关于素混凝土构件的规定计算，计算时将素混凝土抗拉强度设计值用钢纤维混凝土抗拉强度设计值代替。

(III) 受弯构件计算

第 4.1.5 条 无筋钢纤维混凝土受弯构件的受弯承载力应按现行有关混凝土结构设计规范关于素混凝土构件的规定计算；计算时将素

混凝土抗拉强度设计值用钢纤维混凝土抗拉强度设计值代替。

(IV) 局部受压计算

第 4.1.6 条 无筋钢纤维混凝土局部受压承载力设计值应按下列式计算：

$$N_{fu} = N_{iu}(1 + \beta\lambda_f) \quad (4.1.6)$$

- 式中 N_{fu} —— 钢纤维混凝土构件局部受压承载力设计值；
 N_{iu} —— 根据钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值按现行混凝土结构设计规范关于素混凝土构件规定计算的局部受压承载力设计值；
 β —— 钢纤维对构件局部受压承载力的影响系数，宜通过试验确定。当钢纤维混凝土强度等级为 CF20~CF40 时，可取 $\beta=0.34$ 。

第 4.1.7 条 采用钢纤维对混凝土构件作局部受压增强时，

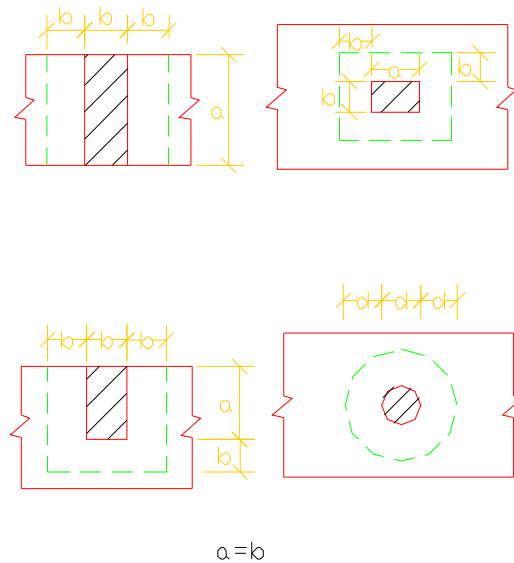


图 4.1.7 局部受压区钢纤维配置范围

(注：图中虚线为钢纤维最小配置范围)

钢纤维的配置范围应符合下列规定：

- 一、配置区的平面范围应不小于局部受压的计算底面积，一般情况下可按图 4.1.7 取用；
- 二、配置区的高度应不小于配置区的最小边长加 80mm；
- 三、三边临空和角部的局部受压区不宜采用钢纤维增强。

第二节 钢筋钢纤维混凝土构件正截面承载力计算

(I) 一般规定

第 4.2.1 条 钢筋钢纤维混凝土受弯构件和大偏心受压构件正截面承载力计算，除应按第 4.2.2 条考虑钢纤维混凝土的抗拉作用外，尚应符合现行有关混凝土结构设计规范的规定。

钢筋钢纤维混凝土轴心受压和小偏心受压构件承载力计算应符合现行有关混凝土结构设计规范的规定。

钢筋钢纤维混凝土轴心受拉和偏心受拉构件承载力宜通过专门试验确定；当无试验资料时，可不考虑钢纤维混凝土抗拉强度，按现行有关混凝土结构设计规范的规定计算。

第 4.2.2 条 受弯构件和大偏心受压构件截面受拉区钢纤维混凝土应力图形可简化为等效矩形应力图。等效矩形应力图受拉区高度可按下式计算：

$$x_t = h - 1.25x \quad (4.2.2 - 1)$$

式中 x_t ——等效矩形应力图受拉区高度；

h ——截面高度；

x ——等效受压区高度。

等效矩形应力图的抗拉强度可按下式计算：

$$f_{tb} = f_t \beta_{tb} \lambda_t \quad (4.2.2 - 2)$$

当 $\lambda_t > 1.2$ 时，取 $\lambda_t = 1.2$

式中 f_{tb} ——等效矩形应力图的抗拉强度；

β_{tb} ——钢纤维对受拉区钢纤维混凝土抗拉能力的影响系数，宜通过试验确定，当钢纤维混凝土的强度等级

为 CF20~CF40 时, 可取 $\beta_{fb}=1.30$ 。

(II) 正截面受弯承载力计算

第 4.2.3 条 矩形截面受弯构件正截面承载力应按下式计算 (图 4.2.3):

$$M_{fu} = f_{tcm}bx(h_o-x/2) + f'_yA'_s(h_o-a'_s) - f_{fb}bx_t(x_t/2-a_s) \quad (4.2.3-1)$$

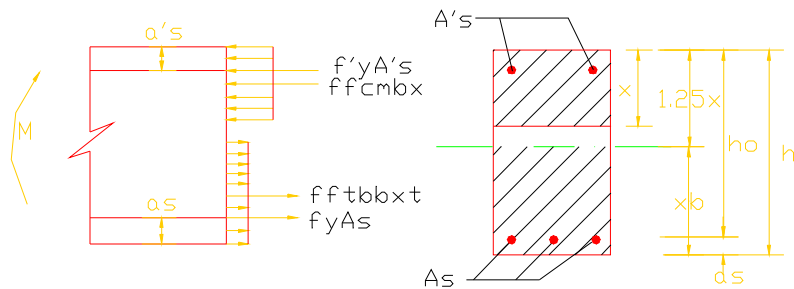


图 4.2.3 矩形截面受弯构件正截面强度计算简图

受压区高度 x 应按下式计算:

$$f_{tcm}bx = f_yA_s - f'_yA'_s + f_{fb}bx_t \quad (4.2.3-2)$$

式中 M_{fu} ——钢筋钢纤维混凝土构件正截面受弯承载力设计值;

f_{tcm} ——钢纤维混凝土弯曲抗压强度设计值, 按第 2.2.3 条采用;

f_y 、 f'_y ——纵向钢筋受拉、受压强度设计值, 按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用;

A_s 、 A'_s ——纵向受拉、受压钢筋截面积;

b ——矩形截面宽度;

h_o ——矩形截面有效高度;

a_s 、 a'_s ——受拉、受压钢筋合力点至受拉、受压边缘距离;

混凝土受压区的高度尚应符合下列要求：

$$X \leq \xi_b h_0 \quad (4.2.3-3)$$

$$x \geq 2a_s \quad (4.2.3-4)$$

式中 ξ_b ——相对界限受压区高度，按现行有关混凝土结构设计规范确定。

(Ⅲ) 正截面受压承载力计算

第 4.2.4 条 矩形截面偏心受压构件，当 $\xi \leq \xi_b$ 时为大偏心受压构件，当 $\xi > \xi_b$ 时为小偏心受压构件；此处，相对受压区高度 $\xi = x/h_0$ 。

矩形截面大偏心受压构件正截面承载力设计值应按下列公式计算（图 4.2.4）：

$$N_{fu} = f_{cm}bx + f'_y A'_s - f_y A_s - f_{tb}bx_t \quad (4.2.4-1)$$

$$N_{fu}e = f_{cm}bx(h_0 - x/2) + f'_y A'_s(h_0 - a'_s) - f_{tb}bx_t(x_t/2 - a_s) \quad (4.2.4-2)$$

式中 N_{fu} ——纵向承载力设计值；

e ——纵向力作用点与受拉钢筋合力作用点之间的距离。

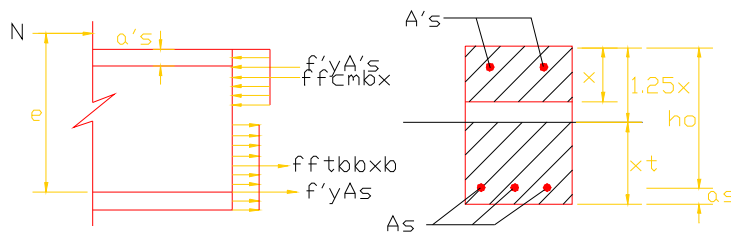


图 4.2.4 矩形截面大偏心受压构件正截面计算简图

第三节 钢筋钢纤维混凝土构件受剪承载力计算

第 4.3.1 条 矩形、T 形、I 形截面受弯构件的斜截面受剪

承载力的计算位置和计算方法应按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。计算时斜截面上混凝土和箍筋所承受的受剪承载力设计值 V_{cs} (或 Q_{sh}) 应以钢纤维混凝土和箍筋所承受的受剪承载力设计值 V_{fcs} 代替, V_{fcs} 可按下式计算:

$$V_{fcs} = V_c(1 + \beta_v \lambda_f) + V_s \quad (4.3.1)$$

式中 V_c ——根据钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值, 按现行有关混凝土结构设计规范规定的 V_{cs} 计算公式第一项计算的, 主要由混凝土承担的受剪承载力设计值;

V_s ——按现行有关混凝土结构设计规范规定的 V_{cs} 计算公式的第二项计算的, 主要由箍筋承担的受剪承载力设计值;

β_v ——钢纤维对斜截面上混凝土抗剪能力的影响系数, 宜通过试验确定。当无试验资料且混凝土强度等级为 **CF20~CF40** 时, 可取 $\beta_v=0.90$ 。

第 4.3.2 条 矩形、**T** 形、**I** 形截面受弯构件, 其受剪截面应符合下列条件:

$$V \leq \zeta_{v1} f_{tc} b h_0 (1 + 0.15 \lambda_f) \quad (4.3.2)$$

当 $\lambda_f > 1.2$ 时, 取 $\lambda_f = 1.2$

式中 V ——剪力设计值;

ζ_{v1} ——计算系数, 按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

b ——矩形截面宽度, **T** 形、**I** 形截面腹板宽度。

注: 当采用现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定时, ζ_{v1} 取值应为:

当 $\frac{h_w}{b} \leq 4$ 时, $\zeta_{v1} = 0.25$;

当 $\frac{h_w}{b} \geq 6$ 时, $\zeta_{v1} = 0.20$;

当 $4 < \frac{h_w}{b} < 6$ 时, 按线性内插法取用

式中 h_w ——截面腹板高度。

当采用其它现行有关规范的规定时, ζ_{v1} 可用类似的方法, 按相应的规定取用。

第 4.3.3 条 矩形、T 形、I 形截面受弯构件，其受剪截面符合下列要求时，可不进行受剪承载力计算，按现行有关混凝土结构设计规范的规定配置构造箍筋：

$$V \leq \zeta_{v2} \leq \zeta_{v2} f_{tc} b h_0 (1 + \beta_v \lambda_f) \quad (4.3.3)$$

式中 ζ_{v2} ——计算系数，按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用。

注：当采用现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定时， ζ_{v2} 取值应为：

当构件承受均布荷载时， $\zeta_{v2}=0.07$ ；

当为承受集中荷载的矩形截面独立梁时， $\zeta_{v2}=\frac{0.2}{\lambda+1.5}$

式中 λ ——计算截面的剪跨比。

当采用其它现行有关混凝土结构设计规范的规定时， ζ_{v2} 可用类似的方法按相应的规定取用。

第四节 钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力计算

第 4.4.1 条 在局部荷载或集中反力作用下不配置箍筋或弯起钢筋的钢筋钢纤维混凝土板，其受冲切承载力应按下式计算：

$$N_{fpu} = N_{pu} (1 + \beta_p \lambda_f) \quad (4.4.1)$$

当 $\lambda_f > 1.2$ 时，取 $\lambda_f = 1.2$

式中 N_{fpu} ——钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力设计值；

N_{pu} ——按现行有关混凝土结构设计规范计算的钢筋混凝土板受冲切承载力设计值，其中混凝土的抗拉强度设计值可根据钢纤维混凝土的强度等级按相应规范的规定采用；

β_p ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土板受冲切承载力的影响系数，宜通过试验确定；当钢纤维混凝土强度等级为 CF20~CF40 时，可取 $\beta_p=0.50$ 。

第 4.4.2 条 用钢纤维对钢筋混凝土板进行抗冲切局部增强时，钢纤维在板内的配置范围应超过冲切破坏锥体斜面线的一倍板厚（图 4.4.2）。

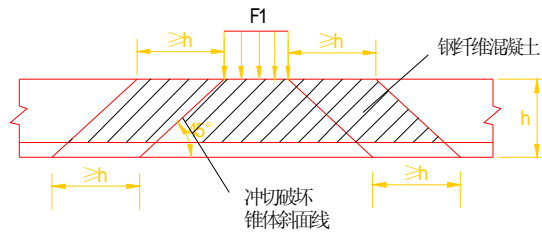


图 4.4.2 钢纤维在板内抗冲切增强配置范围

第五节 钢筋钢纤维混凝土构件局部受压承载力计算

第 4.5.1 条 配置间接钢筋的钢纤维混凝土结构构件，当其间接钢筋的配置范围和构造要求符合现行有关混凝土结构设计规范的规定时，其局部受压承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_{f/u} = N_{iu}(1 + \beta_1 \lambda_f) \quad (4.5.1)$$

式中 $N_{f/u}$ ——钢筋钢纤维混凝土局部受压承载力设计值；

N_{iu} ——根据钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值按现行有关混凝土结构设计规范规定计算的局部受压承载力设计值；

β_1 ——钢纤维对钢筋钢纤维混凝土局部受压承载力的影响系数，可按第 4.1.6 条的规定采用。

第 4.5.2 条 配置间接钢筋的钢纤维混凝土构件，其局部受压区的截面尺寸应符合下列要求：

$$F_l \leq 1.5\beta_f f_{tc} A_{ln}(1 + 0.15\lambda_f) \quad (4.5.2)$$

当 λ_f 时，取 $\lambda_f = 1.2$

式中 F_l ——局部作用压力，按现行有关规范的规定采用；

A_{ln} ——局部受压净面积。

第 4.5.3 条 采用钢纤维混凝土对钢筋混凝土构件作局部受压增强时，钢纤维混凝土的配置范围和高度可按第 4.1.7 条采用。

第五章 钢筋钢纤维混凝土构件正常使用极限状态验算

第一节 抗裂验算

第 5.1.1 条 钢筋钢纤维混凝土受弯构件抗裂弯矩应按下式计算：

$$M_{\text{fcr}} = M_{\text{cr}}(1 + \beta_{\text{cr}}\lambda_{\text{f}}) \quad (5.1.1)$$

式中 M_{fcr} ——钢筋钢纤维混凝土受弯构件抗裂弯矩；

M_{cr} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，采用现行有关水工、港工混凝土结构设计规范的规定，按普通钢筋混凝土构件计算的抗裂弯矩；

β_{cr} ——钢纤维对构件抗裂的影响系数，宜通过试验确定，对于强度等级为 **CF20~CF40** 的钢纤维混凝土，可取 $\beta_{\text{cr}}=0.60$ 。

第二节 裂缝宽度验算

第 5.2.1 条 钢筋钢纤维混凝土受弯构件和大偏心受压构件，按荷载短期效应组合，并考虑裂缝宽度不均匀性和荷载长期效应组合影响，其最大裂缝宽度可按下列公式计算：

$$w_{\text{fmax}} = w_{\text{max}}(1 - \beta_{\text{cw}}\lambda_{\text{f}}) \quad (5.2.1)$$

式中 w_{fmax} ——钢筋钢纤维混凝土受弯构件计算最大裂缝宽度；

w_{max} ——根据钢纤维混凝土的强度等级，采用现行有关混凝土结构设计规范的规定，按钢筋混凝土构件计算的最大裂缝宽度；

β_{cw} ——钢纤维对构件裂缝宽度的影响系数，宜通过试

验确定，当钢纤维混凝土强度等级为 **CF20**~**CF40** 时，可取 $\beta_{cw}=0.35$ 。

第三节 变 形 验 算

第 5.3.1 条 使用阶段受拉区出现裂缝的钢筋钢纤维混凝土受弯构件的短期刚度应按下式计算：

$$B_{fs} = B_s(1 + \beta_B \lambda_t) \quad (5.3.1)$$

式中 B_{fs} ——荷载短期效应组合作用下钢筋钢纤维混凝土受弯构件的短期刚度；

B_s ——根据钢纤维混凝土的强度等级，采用现行有关混凝土结构设计规范规定，按钢筋混凝土构件计算的短期刚度；

β_B ——钢纤维对构件刚度的影响系数，宜通过试验确定，当钢纤维混凝土强度等级为 **CF20**~**CF40** 时，可取 $\beta_B=0.35$

第 5.3.2 条 钢筋钢纤维混凝土受弯构件挠度验算规定和长期刚度计算方法应按现行有关混凝土结构设计规范的规定采用，计算中应将钢筋混凝土构件短期刚度 B_s 以第 5.3.1 条规定计算的短期刚度 B_{fs} 代替。

第六章 钢筋钢纤维混凝土结构的构造规定

第 6.0.1 条 钢筋钢纤维混凝土结构的一般构造要求和梁、板、柱、预埋件、预制构件接头及吊环等的构造要求除按第 6.0.2 条的规定执行外，其它均应符合现行有关混凝土结构设计规范的规定。

第 6.0.2 条 当按现行国家标准《混凝土结构设计规范》进行结构设计时，钢筋在钢纤维混凝土中的锚固长度，延伸长度和非焊接搭接长度要求应符合下列规定：

一、当计算中充分利用纵向受拉钢筋强度时，受拉钢筋的锚固长度：

对于 I 级钢筋和冷拔低碳钢丝可取为：

$$l_{\text{ta}} = l_{\text{a}} \quad (6.0.2 - 1)$$

对于月牙纹 II 级和 III 级钢筋可取为：

$$l_{\text{ta}} = l_{\text{a}}(1 - 0.25\lambda_{\text{f}}) \quad (6.0.2 - 2)$$

当 $\lambda_{\text{f}} > 1.0$ 时，取 $\lambda_{\text{f}} = 1.0$

式中 l_{ta} ——钢筋在钢纤维混凝土中的锚固长度；

l_{a} ——钢筋在混凝土中的锚固长度，根据钢纤维混凝土的强度等级，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定采用。

二、纵向受拉钢筋和受压钢筋在跨中截断时，其延伸长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定采用，其中 l_{a} 可用 l_{ta} 代替。

三、非预应力受拉和受压钢筋允许的非焊接搭接条件和搭接长度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定采用，其中 l_{a} 可用 l_{ta} 代替。

注：当采用现行有关水工、港工和公路桥涵混凝土结构设计规范进行结构设计时，钢筋在钢纤维混凝土中的锚固长度、延伸长度和非焊接搭接长度仍按相应规范的规定确定。

第七章 钢纤维混凝土的配制、 浇筑及检验

第一节 一般规定

第 7.1.1 条 浇筑钢纤维混凝土结构工程施工除应符合本章规定外，尚应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》或其它有关行业的混凝土工程施工及验收规范的规定。

第 7.1.2 条 在进行配合比设计和质量检验时，钢纤维混凝土性能的测试方法应符合现行中国工程建设标准化协会标准《钢纤维混凝土试验方法》的规定。

第二节 原材料

第 7.2.1 条 钢纤维混凝土所用钢纤维的质量应符合附录一的规定，钢纤维的几何参数应按第 2.1.2 条采用。

第 7.2.2 条 拌制钢纤维混凝土不得采用海水、海砂，严禁掺加氯盐。

钢纤维混凝土采用的粗骨料的粒径应符合第 2.2.2 条的规定。

钢纤维混凝土所用水泥、水、骨料、外加剂、混合材料、钢筋以及其它材料，除应符合上述规定外，尚应符合现行有关规范中关于混凝土和钢筋混凝土所用原材料的规定。

第 7.2.3 条 拌制钢纤维混凝土宜选用优质减水剂，对抗冻性有要求的钢纤维混凝土宜选用引气型减水剂。外加剂的性能应符合现行标准《混凝土外加剂应用规程》的规定，并经试验验证后方可采用。

第 7.2.4 条 采用硅酸盐水泥拌制的钢纤维混凝土，可掺用

混合材料。混合材料性能应符合现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》和《用于水泥中的火山灰质混合材料》的规定，其掺量应通过试验确定。

第三节 配合比设计

第 7.3.1 条 钢纤维混凝土的配合比设计，应满足结构设计要求的抗压强度与抗拉强度或抗压强度与抗折强度，以及施工要求的和易性，在某些条件下还应满足对抗冻性，抗渗性，耐冲刷性或耐腐蚀性等项的要求。

第 7.3.2 条 本节只对钢纤维混凝土配合比设计的专门要求做出规定，本节未做具体规定的事项应按现行标准《普通混凝土配合比设计技术规程》及其它有关专业规范的规定执行。

第 7.3.3 条 钢纤维混凝土配合比设计应采用试验—计算法，并按下述步骤进行：

一、根据强度标准值或设计值以及施工配制强度提高系数，确定试配抗压强度与抗拉强度或试配抗压强度与抗折强度。

二、根据试配抗压强度计算水灰比。

三、根据试配抗拉强度或抗折强度，按第二章的规定计算或通过已有资料确定钢纤维体积率。

四、根据施工要求的稠度通过试验或已有资料确定单位体积用水量，如掺用外加剂时应考虑外加剂的影响。

五、通过试验或有关资料确定合理砂率。

六、按绝对体积法或假定质量密度法计算材料用量，确定试配配合比。

七、按试配配合比进行拌合物性能试验，调整单位体积用水量和砂率，确定强度试验用基准配合比。

八、根据强度试验结果调整水灰比和钢纤维体积率，确定施工配合比。

第 7.3.4 条 钢纤维混凝土的施工配制抗压强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》及其它现行有关规范关于

普通混凝土施工配制强度的规定采用，抗拉强度或抗折强度的施工配制强度提高系数，可取用抗压强度施工配制强度提高系数。

第 7.3.5 条 钢纤维混凝土的水灰比宜选用 0.45~0.50，对于以耐久性为主要要求的钢纤维混凝土，不得大于 0.50。

钢纤维混凝土每立方米的水泥用量宜为 360~400kg；当钢纤维体积率较大时，水泥用量可适当增加，但不应大于 500kg。

第 7.3.6 条 钢纤维混凝土的钢纤维体积率可根据抗拉强度或抗折强度的配制要求，按第 2.2.3 条计算，或根据已有资料并通过试配强度试验确定。

第 7.3.7 条 钢纤维混凝土单位体积用水量，可通过试验或根据已有经验确定；也可根据材料品种规格、钢纤维体积率、水灰比和稠度参照表 7.3.7-1 或表 7.3.7-2 选用。

当掺用外加剂或混合材料时，其掺量或单位用水量应通过试验确定。

半干硬性钢纤维混凝土单位体积用水量选用表 表 7.3.7-1

拌合料条件	维勃稠度 (S)	单位体积用水量 (kg)
$\rho_f=1.0\%$ 碎石最大粒径 10~15mm $w/c=0.4\sim 0.5$ 中砂	10	195
	15	182
	20	175
	25	170
	30	166

- 注：① 碎石最大粒径为 20mm 时，单位体积用水量相应减少 5kg；
 ② 粗骨料为卵石时，单位体积用水量相应减少 10kg；
 ③ 钢纤维体积率每增减 0.5%，单位体积用水量相应增减 8kg。

塑性钢纤维混凝土单位体积用水量选用表 表 7.3.7—2

拌合料条件	骨料品种	骨料最大粒径(mm)	单位体积用水量(kg)
$l_f/d_f=50$ $\rho_f=0.5\%$ 塌落度=20mm $W/C=0.50\sim 0.60$ 中砂	碎石	10~15	235
		20	220
	卵石	10~15	225
		20	205

注：① 塌落度变化范围为 10~50mm 时，每增减 10mm，单位用水量相应增减 7kg；
 ② 钢纤维体积率每增减 0.5%，单位体积用水量相应增减 8kg；
 ③ 钢纤维长径比每增减 10，单位体积用水量相应增减 10kg。

第 7.3.8 条 钢纤维混凝土的砂率可通过试验或根据已有经验确定，也可根据钢纤维混凝土所用材料的品种规格、钢纤维体积率、水灰比等，参照表 7.3.8 选用。

钢纤维混凝土砂率选用值(%) 表 7.3.8

拌合料条件	最大粒径 20mm 的碎石	最大粒径 20mm 的卵石
$l_f/d_f=50$ $\rho_f=1.0\%$ $W/C=0.50$ 砂细度模数=3.0	50	45
l_f/d_f 增减 10 ρ_f 增减 0.5% W/C 增减 0.1 砂细度模数增减 0.1	±5 ±3 ±2 ±1	±3 ±3 ±2 ±1

第 7.3.9 条 钢纤维混凝土的稠度可参照同类工程对普通混凝土所要求的稠度确定，其塌落度值可比相应普通混凝土要求值小 20mm，其维勃稠度值与相应普通混凝土要求值相同。

钢纤维混凝土试配配合比确定后，应进行拌合物性能试验，检查其稠度、粘聚性、保水性是否满足施工要求，若不满足则应

在保持水灰比和钢纤维体积率不变的条件下，调整单位体积用水量或砂率直到满足要求为止，并据此确定用于强度试验的基准配合比。

第 7.3.10 条 钢纤维混凝土配合比的强度试验，应根据工程要求分别进行抗压强度与抗拉强度或抗压强度与抗折强度试验。

每种强度试验至少应采用三种不同配合比：其中一种为基准配合比，当进行抗压强度试验时，另外两种配合比的水灰比应比基准配合比分别减少和增加 0.05；当进行抗拉强度或抗折强度试验时，另外两种配合比的钢纤维体积率应比其基准配合比分别减少和增加 0.2%。改变水灰比或钢纤维体积率时，单位体积用水量应保持不变，可通过调整砂率来保持拌合物的稠度不变。

制作钢纤维混凝土试块时，当应测定其拌合物的稠度、粘聚性、保水性和质量密度。

根据测得水灰比与抗压强度的关系，可求出试配抗压强度对应的水灰比；根据钢纤维体积率与抗拉强度或抗折强度的关系，可求出试配抗拉强度或抗折强度对应的钢纤维体积率。据此可参照现行标准《普通混凝土配合比技术规程》确定施工配合比。

第四节 搅 拌

第 7.4.1 条 钢纤维混凝土施工宜采用机械搅拌。当钢纤维体积率较高，拌合物稠度较大时，搅拌机一次搅拌量不宜大于其额定搅拌量的 80%。

第 7.4.2 条 搅拌钢纤维混凝土的各种材料的重量，应按施工配合比和一次搅拌量计算确定，其称量偏差不得超过表 7.4.2 的规定。

材料称量的允许偏差 表 7.4.2

材料名称	钢纤维	水泥、混合材	粗细骨料	水	外加剂
允许偏差 (%)	±2	±2	±3	±1	±2

第 7.4.3 条 钢纤维混凝土搅拌的投料次序和方法应以搅拌过程中钢纤维不产生结团和保证一定的生产率为原则，并通过试拌或根据经验确定。宜优先采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌而后加水湿拌的方法；也可采用先投放水泥、粗细骨料和水，在拌合过程中分散加入钢纤维的方法。必要时可采用钢纤维分散机布料。

第 7.4.4 条 钢纤维混凝土的搅拌时间应通过现场搅拌试验确定，并应较普通混凝土规定的搅拌时间延长 1~2min。采用先干拌后加水的搅拌方式时，干拌时间不宜少于 1.5min。

第 7.4.5 条 对于零星工程，采用人工搅拌时，应遵守下列规定：

- 一、在平滑的铁板上或其它不渗水的平板上搅拌；
- 二、宜先将水泥和砂干拌均匀，再加石子继续干拌，边拌边分散加入钢纤维，干料混合均匀后加水搅拌，直至均匀为止。

第五节 运输、浇筑和养护

第 7.5.1 条 钢纤维混凝土的运输可采用与普通混凝土相同的运输规定；应缩短运输时间，运输过程应避免拌合物离析。如产生离析应作二次搅拌。所用的运输器械应易于卸料。

第 7.5.2 条 钢纤维混凝土的浇筑方法应保证钢纤维分布的均匀性和结构的连续性，在一个规定连续浇筑的区域内，浇筑施工过程不得中断。拌合料从搅拌机卸出到浇筑完毕所需时间不宜超过 30min。在浇筑过程中严禁因拌合料干涩而加水。

第 7.5.3 条 钢纤维混凝土应采用机械振捣，不得采用人工插捣，所采用的振捣机械和振捣方法除应保证混凝土密实外，尚应保证钢纤维分布均匀。

第 7.5.4 条 公路路面、机场道面和桥面的钢纤维混凝土应按下列步骤振捣和整平；

- 一、用平板式振捣器振捣密实，然后用振动梁振捣整平；
- 二、用表面带凸棱的金属圆滚将竖起的钢纤维和位于表面的

石子和钢纤维压下去，然后用金属圆滚将表面滚压平整。待钢纤维混凝土表面无泌水时用金属抹刀抹平，经修整的表面不得裸露钢纤维，也不应留有浮浆。

三、抹平的表面应在初凝前做拉毛处理。拉毛时不得带出钢纤维，拉毛工具可使用刷子和压滚，不得使用木刮板、粗布路刷和竹扫帚。

第 7.5.5 条 结构构件的浇筑振捣应注意避免钢纤维露出构件表面，宜将模板的尖角和棱角修成圆角。必要时可采用附着式振捣器进行模外振动，此时模板设计应考虑由此引起的附加应力。

第 7.5.6 条 钢纤维混凝土可采用与普通混凝土相同的养护方法，特殊工程和构件的养护应符合第八章的有关规定。

第六节 质量检验

第 7.6.1 条 钢纤维混凝土的质量检验，除应对原材料、配合比、施工的主要环节按现行有关混凝土结构工程施工与验收规范的规定执行外，尚应补充下列检验项目：

一、按附录一的规定对钢纤维进行质量检验；

二、钢纤维的称量每一工作班至少检验二次；同时，应采用水洗法在浇筑地点取样检验钢纤维体积率，每一工作班至少二次；水洗法检验钢纤维体积率的误差不应超过配合比要求的钢纤维体积率的 $\pm 15\%$ 。

第 7.6.2 条 检验钢纤维混凝土质量，应依据工程要求分别进行抗压强度与抗拉强度或抗压强度与抗折强度试验，如有特殊要求时尚应做抗冻、抗渗等性能试验。

钢纤维混凝土强度检验的试件制作、数量以及对强度的评定方法应参照现行有关混凝土工程施工验收规范及国家标准《混凝土强度检验评定标准》的规定执行。

第八章 钢纤维混凝土结构工程 设计与施工

第一节 公路路面和机场道面

第 8.1.1 条 钢纤维混凝土公路路面和机场道面的设计与施工除应遵守本节规定外，尚应符合现行有关规范关于水泥混凝土路面和道面设计与施工的规定。

第 8.1.2 条 各级交通量下的钢纤维混凝土路面板和各级机场钢纤维混凝土道面板的初估厚度，可分别按现行有关规范规定的水泥混凝土路面板和道面板初估厚度的 50~60% 选用。

钢纤维混凝土路面板和道面板的厚度不宜小于 100mm。

第 8.1.3 条 路面和道面设计采用的钢纤维混凝土抗折强度和抗折疲劳强度设计值应按本规程第二章的规定确定。设计疲劳循环次数应根据设计使用年限内的汽车标准轴载或设计飞机的累计重复作用次数确定。

第 8.1.4 条 钢纤维混凝土路面板和道面板厚度应按设计荷载作用下的疲劳应力不超过设计使用年限内钢纤维混凝土的疲劳强度设计值的要求确定，其允许误差分别不得超过 ±5% 和 ±2%。

第 8.1.5 条 按影响图法设计机场道面板时，道面板的厚度应按荷载应力不超过钢纤维混凝土抗折容许应力值确定，其允许误差不得超过 ±5%。

钢纤维混凝土抗折容许应力值应按下式确定：

$$[\sigma_{tm}] = f_{tm} / K_a \quad (8.1.5)$$

式中 $[\sigma_{tm}]$ —— 钢纤维混凝土抗折容许应力值；

f_{tm} —— 钢纤维混凝土抗折强度设计值，按 2.2.3 条采

用；

K_a ——安全系数，对停机坪、滑行道和跑道端部， $K_a=1.5\sim 1.8$ ；对跑道中部和高速出口滑行道， $K_a=1.3\sim 1.5$ 。

第 8.1.6 条 钢纤维混凝土路面板和道面板的横向缩缝间距（即板长）应根据当地气候条件、板厚、钢纤维体积率按经验和已有资料确定，宜在 $5\sim 15\text{m}$ 间选取，最大不宜超过 20m 。

第 8.1.7 条 在原有水泥混凝土路面和道面上铺筑钢纤维混凝土加厚层，宜采用隔离式或直接式，其厚度可按下式确定：

$$h_{ot} = K_o \sqrt[n]{h_{at}^n - c \left(\frac{h_{at}}{h_{dc}} h_e \right)^n} \quad (8.1.7)$$

式中 h_{ot} ——钢纤维混凝土加厚层厚度；

h_{at} ——假定在原路面或道面的地基（土基连同基层）上，修筑等效的素混凝土单层板所需厚度，其抗折强度用加厚层钢纤维混凝土的抗折强度；

h_{dc} ——假定在原路面或道面的地基（土基连同基层）上，修筑等效素混凝土单层板所需厚度，其抗折强度用原有路面或道面混凝土的抗折强度；

h_e ——原有水泥混凝土路面板或道面板厚度；

c ——原有路面或道面状况系数，当原路面或道面基本完好时， $c=1$ ，有少量损坏时， $c=0.75$ ，破坏严重时 $c=0.35$ ；

n ——指数，当采用隔离式， $n=2$ ，采用直接式， $n=1.4$ 。

K_o ——折减系数，对于机场道面， $K_o=0.75$ ，对于公路路面， $K_o=h_t/h_{dc}$ ；这里 h_t 为假定在原有路面的地基（土基连同基层）上，修筑等效的单层钢纤维混凝土板所需厚度。

第 8.1.8 条 直接式钢纤维混凝土路面或道面加厚层的接缝

应与原路面或道面的接缝相重合。若原有横向缩缝间距小于 4.5m 时，则加厚层内可间隔取消一条横向缩缝。原有的纵向缩缝可被加厚层复盖。纵向工作缝应与原有的纵向工作缝相对应。

隔离式加厚层路面或道面的接缝可不必与原有路面或道面的接缝相对应。

第二节 公路和城市道路桥面

第 8.2.1 条 对于简支、连续体系结构和轻型拱式结构的公路桥面和城市道路桥面，当采用钢纤维混凝土时可按本节规定设计；对于重型拱式桥梁，其钢纤维混凝土桥面铺装层在填充料上，宜按本章第一节公路路面的规定设计。

第 8.2.2 条 桥面用钢纤维混凝土除应满足第二章和第七章的有关规定外，尚应满足下列要求：

- 一、强度等级不低于 **CF30**；
- 二、采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其标号不低于 **425**；
- 三、水泥用量不少于 **360kg/m³**。

第 8.2.3 条 钢纤维混凝土桥面铺装层厚度应根据当地气候条件、桥面的使用条件、桥梁结构对桥面的要求和钢纤维混凝土的性能并参考已有工程资料或当地经验确定，宜在 **80~90mm** 间选取。有特殊需要时可适当减薄，但不宜小于 **60mm**。

第 8.2.4 条 钢纤维混凝土桥面层内配制的钢筋网应较相应普通混凝土桥面层内配置的钢筋网数量减少，宜采用直径 **8mm**，间距 **200mm** 的钢筋网，保护层厚度宜取 **35mm**。

对于小跨径的桥面或当地确有工程经验时，可取消钢纤维混凝土桥面层内的钢筋网。

第 8.2.5 条 桥面层分缝应符合以下规定：

一、采用矩形分块，纵缝和横缝应为垂直相交，纵缝两侧的横缝不得互相错位。

二、纵缝的间距由桥面宽度确定，但不应大于 **15m**。单向

坡三车道或小于三车道的桥面可不设纵缝。

三、横缝分为缩缝和胀缝。横向缩缝间距应依据当地气候条件、钢纤维的性能和体积率、桥面长度等因素确定，宜在 10~15m 间选取，最长不得超过 20m。胀缝间距可取缩缝间距的 2 倍，胀缝宽度宜取 5~8mm。

第 8.2.6 条 钢纤维混凝土桥面施工应符合第七章以及其它现行有关规范的规定。

第三节 工业建筑地面

第 8.3.1 条 本节规定适用于以钢纤维混凝土修筑的垫层兼面层的工业建筑地面设计；本节未作具体规定的事项，可按现行标准《工业建筑地面设计规范》的规定执行。

第 8.3.2 条 钢纤维混凝土工业建筑地面适用于下列情况：

一、受机械磨损或重物冲击严重，对抗裂、抗冲击韧性和耐磨性要求较高的地段；

二、受热冲击或在热环境作用下，对抗裂、抗剥蚀性能和耐热循环性能要求较高的地段；

三、对超重型地面，用钢筋混凝土地面不能满足设计要求的地段；

四、其它有特殊设计要求需要采用钢纤维混凝土地面的情况。

第 8.3.3 条 缩缝为平头缝构造的钢纤维混凝土垫层兼面层的厚度，可按下列公式计算：

$$h = \sqrt{\frac{3KM}{f_t}} \quad (8.3.3)$$

式中 KM ——单位板宽上的弯矩设计值，按现行标准《工业建筑地面设计规范》的规定计算；

f_t ——钢纤维混凝土抗拉强度设计值，按第 2.2.3 条采用。

第 8.3.4 条 缩缝为平头缝构造的钢纤维混凝土垫层兼面层，当板边加肋且板肋尺寸符合现行标准《工业建筑地面设计规范》的构造规定时，板厚可按公式 (8.3.3) 计算，但不宜大于 100mm。

第 8.3.5 条 缩缝为平头缝构造的钢纤维混凝土垫层兼面层，在垫层下铺设灰土等地基加强层并同时符合下列条件时：

一、折减前垫层兼面层厚度，不大于 130mm；

二、地基加强层的厚度大于垫层厚度。

其厚度可乘以折减系数 0.75，但不得小于 50mm。

第 8.3.6 条 缩缝为企口缝构造的钢纤维混凝土垫层兼面层，其构造符合现行标准《工业建筑地面设计规范》的构造规定时，垫层厚度可按下列规定确定：

一、当单位宽度上的弯矩设计值由平头缝构造的角隅弯矩确定时，按公式 (8.3.3) 求出的厚度乘以折减系数 0.8；

二、当单位宽度上的弯矩设计值由平头缝构造的板中弯矩确定时，垫层厚度按公式 (8.3.3) 确定。

第四节 刚性防水屋面

第 8.4.1 条 本节规定适用于铺设在保温或不保温混凝土屋盖找平层上的钢纤维混凝土防水层的设计与施工。

钢纤维混凝土防水层的施工除应遵守本节的规定外，尚应符合现行国家标准《屋面工程施工及验收规范》第二章第四节细石混凝土屋面的规定。

第 8.4.2 条 刚性防水屋面宜采用钢纤维补偿收缩混凝土，防水层与找平层之间可不设隔离层，当采用一般的钢纤维混凝土时，应设置隔离层。

钢纤维混凝土防水层的厚度不宜小于 30mm。

第 8.4.3 条 防水层所用钢纤维混凝土应符合下列规定：

一、应采用标号不低于 425 的普通硅酸盐水泥或早强型硅酸盐水泥；

二、水灰比宜取 0.45~0.50，粗骨料粒径不得大于 10mm；

三、钢纤维规格、性能、掺量应符合第二章和附录一的规定；

四、宜采用优质中砂，砂率在 40~50% 的范围内选定；

五、钢纤维补偿收缩混凝土中膨胀剂的掺量，应根据膨胀剂种类、环境温度、水泥品种及膨胀率的要求通过试验确定，并应与钢纤维掺量匹配。

不做隔离层时，钢纤维补偿收缩混凝土的膨胀率不宜小于 0.02%。

第 8.4.4 条 钢纤维混凝土防水层的纵、横缝应垂直相交，其间距不宜大于 10m。

分格缝应在混凝土干燥后用油膏嵌封。

第 8.4.5 条 浇筑钢纤维混凝土时，应采用表面振动器振实，并在表面泛浆后抹平，收水后随即再次压光。在一个分缝区域内必须连续浇筑，严禁中断。浇筑后应及时养护，保持湿润。

钢纤维补偿收缩混凝土应采用蓄水养护或用蓄水性良好的材料覆盖淋水养护，养护时间不得少于 14 昼夜。

第五节 叠合式受弯构件

(I) 一般规定

第 8.5.1 条 钢纤维混凝土叠合式受弯构件系指预制构件采用钢筋钢纤维混凝土，叠合层采用钢筋钢纤维混凝土或钢筋混凝土的叠合式受弯构件。本节规定适用于预制构件高度不小于 0.4 倍叠合构件高度的叠合式受弯构件的设计，其设计尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》的有关规定。

(II) 承载力计算

第 8.5.2 条 预制构件和叠合构件正截面受弯承载力设计值应按下列规定计算：

一、预制构件正截面弯承载力设计值应按第 4.2.3 条计算；

二、叠合层采用钢筋钢纤维混凝土的叠合构件其正截面受弯承载力设计值应按第 4.2.3 条计算，其中正弯矩区的钢纤维混凝土等效拉应力应按预制构件的钢纤维混凝土有关参数计算；负弯矩区的钢纤维混凝土等效拉应力应按叠合层的钢纤维混凝土有关参数计算；

三、叠合层采用钢筋混凝土的叠合构件，其正弯矩区段正截面受弯承载力应按下列规定计算：

(一) 当 $x_1 \leq h_1$ 时 (h_1 为预制构件截面高度)，应按第 4.2.3 条计算，其中 f_{fcm} 应以叠合层混凝土的 f_{cm} 代替；

(二) 当 $x_1 > h_1$ 时，仍应按第 4.2.3 条计算，其中 x_1 应以 h_1 代替， f_{fcm} 应以叠合层混凝土的 f_{cm} 代替。

四、叠合层采用钢筋混凝土的叠合构件负弯矩区正截面受弯承载力设计值应按钢筋混凝土叠合构件计算。

第 8.5.3 条 预制构件和叠合构件斜截面承载力按 4.3.1 条和第 4.3.2 条计算，构件斜截面上钢纤维混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{fcs} 分别按叠合构件和预制构件进行计算；对叠合构件的受剪承载力设计值，取叠合层和预制构件中较低的混凝土强度等级或钢纤维混凝土强度等级和钢纤维含量特征参数进行计算，且不低于预制构件的受剪承载力设计值。

(Ⅲ) 钢筋应力及裂缝宽度验算

第 8.5.4 条 钢筋钢纤维混凝土叠合式受弯构件在荷载的短期效应组合下，其纵向受拉钢筋的应力应符合下列要求：

$$\sigma_{\text{ss}} = (1 + \beta_c \lambda_f) \leq 0.9 f_y \quad (8.5.4)$$

式中 σ_{ss} ——按现行国家标准《混凝土结构设计规范》第七章第五节规定计算的纵向受拉钢筋应力；

β_c ——钢纤维对叠合构件钢筋应力的影响系数，宜通过试验确定。当无试验资料时，可取 $\beta_c = 0.20$ 。

第 8.5.5 条 钢筋钢纤维混凝土叠合构件，考虑裂缝宽度不

均匀性和荷载长期效应组合影响，其最大裂缝宽度可按第 5.2.1 条计算，其中钢筋混凝土构件最大裂缝宽度应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》第 7.5.11 条计算。

(IV) 变形验算

第 8.5.6 条 叠合式受弯构件的挠度验算应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》第七章第五节的规定验算，其中预制构件、叠合构件第二阶段的短期刚度 B_{s1} 、 B_{s2} 应采用钢筋钢纤维混凝土预制构件和叠合构件第二阶段的短期刚度 B_{fs1} 、 B_{fs2} 代替。 B_{fs1} 、 B_{fs2} 应按下列规定采用：

一、正弯矩区段内预制构件和叠合构件第二阶段的短期刚度按下列公式计算：

$$B_{fs1} = B_{s1}(1 + \beta_{B1}\lambda_f) \quad (8.5.6-1)$$

$$B_{fs2} = B_{s2}(1 + \beta_{B2}\lambda_f) \quad (8.5.6-2)$$

式中 β_{B1} ——钢纤维对预制构件短期刚度的影响系数，宜通过试验确定，当无试验资料时可取 $\beta_{B1}=0.25$ ；

β_{B2} ——钢纤维对叠合构件第二阶段短期刚度的影响系数，宜通过试验确定，当无试验资料时，可取 $\beta_{B2}=0.35$ 。

二、叠合层采用钢筋混凝土时，负弯矩区段内叠合构件第二阶段的短期刚度可按钢筋混凝土叠合构件计算。

第六节 铁路轨枕

第 8.6.1 条 预应力钢纤维混凝土轨枕适用于铁路钢轨接头两侧和曲线半径 $R \leq 350m$ 的线路地段。

第 8.6.2 条 预应力钢纤维混凝土铁路轨枕的设计与构造应符合铁道部标准《Ⅰ型轨枕标准图》，且应以强度等级不低于设计要求的钢纤维混凝土代替设计要求的混凝土。

第 8.6.3 条 预应力钢纤维混凝土轨枕所用原材料应符合下列规定：

一、钢纤维宜采用剪切型，其规格、质量和体积率应符合第二章和附录一的要求；

二、钢纤维混凝土配合比应通过试验确定，水泥用量不得超过 $500\text{kg}/\text{m}^3$ ，砂率宜为 35~50%；

三、预应力钢筋、箍筋、预留孔螺旋筋的配置应符合《Ⅱ型轨枕标准图》的规定。

第 8.6.4 条 预应力钢纤维混凝土轨枕的生产工艺应符合下列规定：

一、钢纤维混凝土的搅拌宜采用强制式搅拌机，钢纤维在搅拌过程中经分散设备均匀撒入混凝土中，搅拌时间 2~3min；

二、预应力钢纤维混凝土轨枕应在确保振动密实的振动台上振捣，采用普振和加荷振动两步进行，普振时间不得少于 3min，加荷振动不得少于 2min，加荷振动的荷载压力不应小于 $3\text{kN}/\text{m}^2$ ；

三、应采用蒸气养护，其养护制度为：室温静停 2h，升温速度 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ ，达蒸养温度 80°C 后停气降温，降温速度不得大于 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ 出坑前轨枕表面温度与坑外环境温度之差不得大于 40°C 。

第 8.6.5 条 预应力钢纤维混凝土铁路轨枕应按下列规定进行生产检验：

一、按现行标准《钢纤维混凝土试验方法》进行钢纤维混凝土抗压强度、抗拉强度检验；

二、按铁道部标准《预应力混凝土轨枕静载抗裂试验方法》进行轨枕静载抗裂强度检验，轨下截面静载抗裂荷载应大于 230kN，中间截面静载抗裂荷载应大于 180kN；

三、按铁道部标准《预应力混凝土轨枕疲劳试验方法》进行轨枕疲劳强度检验，疲劳荷载的上限值：轨下截面为 200kN，中间截面为 150kN，循环特征值 $\rho=0.2$ ；

四、进行轨枕外观及外形尺寸检验。

上列各项检验的抽样标准和检验结果评定方法可按铁道部标准《Ⅱ型预应力混凝土轨枕技术条件》的规定采用。

第七节 局部增强预制桩

第 8.7.1 条 钢纤维混凝土局部增强预制桩系指将钢筋混凝土或预应力混凝土预制桩的桩顶、桩尖的设计和构造作适当变更，采用钢纤维对桩顶、桩尖局部增强。

第 8.7.2 条 局部增强的预制桩的长度、截面尺寸、配筋、吊装内力、沉桩应力、强度计算及抗裂验算等均应符合现行标准《建筑地基基础设计规范》及《港口工程技术规范：桩基》的规定。

第 8.7.3 条 预制桩的桩顶和桩尖可按下列规定设计：

一、桩顶钢纤维增强范围，自顶面向内算起的长度可取为桩径或桩截面宽度的 1.2~1.4 倍。局部增强后，其钢筋网罩和衬护钢板可取消，其钢筋网片可酌情减少；对硬土地基用桩，可设 2~3 片，对软土地基用桩可设 1~2 片；

二、桩尖钢纤维增强范围，自桩尖端头向桩内算起的长度可取为桩径或桩截面宽度的 1.6~1.8 倍。局部增强后，其钢筋网片、螺旋筋和桩靴均可取消；

三、桩顶、桩尖局部增强范围内的箍筋间距可取为 100mm。

第 8.7.4 条 局部增强用钢纤维混凝土的强度等级，应不低于预制桩设计要求的混凝土强度等级。

第 8.7.5 条 钢纤维混凝土局部增强预制桩应按下列步骤进行浇筑：

一、将钢筋笼放入模内就位，用临时模板将桩顶、桩身与桩尖两种混凝土的界面分开；

二、先浇灌桩顶部位钢纤维混凝土，用插入式振捣器振捣密实；接着灌入桩身部位混凝土并将桩顶与桩身间临时分界模板拔出，用振捣器将混凝土振捣密实；然后灌入桩尖部位钢纤维混凝土，并将桩身与桩尖间临时分界模板拔出，用振捣器振捣密实；最后用抹刀将表面抹平。

三、浇筑过程应连续进行，严禁中断，且不得快速脱模。

第八节 抗震框架节点

第 8.8.1 条 对于一、二级抗震等级的现浇框架节点，设计需配较多箍筋时，可改用钢筋钢纤维混凝土框架节点。

第 8.8.2 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点的抗震设计除应满足本节规定外，尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》和《混凝土结构设计规范》的规定。

第 8.8.3 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点剪力设计值 V_j 的计算，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定进行。

第 8.8.4 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点受剪的水平截面应符合下列条件：

$$V_j \leq \frac{1}{RE} [0.30\eta_{fc}b_jh_j(1 + 0.17\lambda_e)] \quad (8.8.4)$$

当 $\lambda_e > 1.2$ 时，取 $\lambda_e = 1.2$ 。

式中 V_j —— 框架节点的剪力设计值；

b_j 、 h_j —— 框架节点水平截面的宽度和高度；

f_{fc} —— 钢纤维混凝土轴心抗压强度设计值；

η —— 梁对节点的约束影响系数；

RE —— 承载力抗震调整系数。

b_j 、 h_j 、 η 、 RE 的取值均应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》的规定。

第 8.8.5 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点受剪承载力设计值，应按下式计算：

$$V_{fu} = \frac{1}{RE} \{ \eta_j [0.1f_{fc}b_jh_j(1 + \beta_j\lambda_e) + 0.1N] + \frac{f_{yv}A_{sv}}{s}(h_o - \alpha'_s) \} \quad (8.8.5)$$

式中 V_{fu} —— 钢筋钢纤维混凝土框架节点受剪承载力设计值；

N —— 考虑地震作用组合的节点上柱底部的轴向压力设计值。

计值, 当 $N > 0.5f_{tc}b_c h_c$ 时, 取 $N = 0.5f_{tc}b_c h_c$,
 b_c 、 h_c 为上柱底截面宽度和高度。

- f_{yv} ——箍筋的抗拉强度设计值;
- A_{sv} ——配置在同一截面内沿剪力方向的箍筋全部截面面积;
- s ——节点核心区箍筋间距;
- β_1 ——钢纤维对节点受剪承载力的影响系数, 当 $\eta_1 = 1.0$ 时取 $\beta_1 = 1.10$; 当 $\eta_1 = 1.5$ 时取 $\beta_1 = 0.75$, 其中 η_1 为梁对节点的约束影响系数。

第 8.8.6 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点的钢纤维含量特征参数 λ_f 不应小于表 8.8.6 的规定。

节点最小钢纤维含量特征参数 表 8.8.6

框架抗震等级	$\frac{N}{f_{tc}A}$		
	<0.4	0.4~0.6	>0.6
一	0.5	0.8	1.0
二	0.5	0.6	0.8

第 8.8.7 条 框架节点中钢纤维混凝土进入相邻梁和柱中的范围应不小于 50mm, 并不宜大于 100mm (图 8.8.7)。

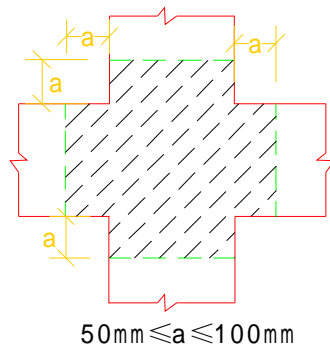


图 8.8.7 钢纤维在节点区的配置范围

第 8.8.8 条 钢筋钢纤维混凝土框架节点的箍筋应符合表 8.8.8 规定的构造要求。

节点配箍构造要求 表 8.8.8

框架抗震等级	最小体积配箍率 (%)		箍筋最小	箍筋最大
	$\frac{N}{f_{tc}A} \leq 0.6$	$\frac{N}{f_{tc}A} > 0.6$		
			直径	间距
一	0.4	0.6	8	150
二	0.3	0.4	8	200

第 8.8.9 条 框架梁的纵向钢筋伸入钢筋钢纤维混凝土节点的总长度 l_{faE} 应按下列式确定：

$$l_{faE} \geq l_{fa} + \Delta l \quad (8.8.9)$$

式中 Δl ——抗震要求的附加锚固长度，对一级抗震等级， $\Delta l = 10d$ ；对二级抗震等级， $\Delta l = 5d$ ， d 为纵筋直径。

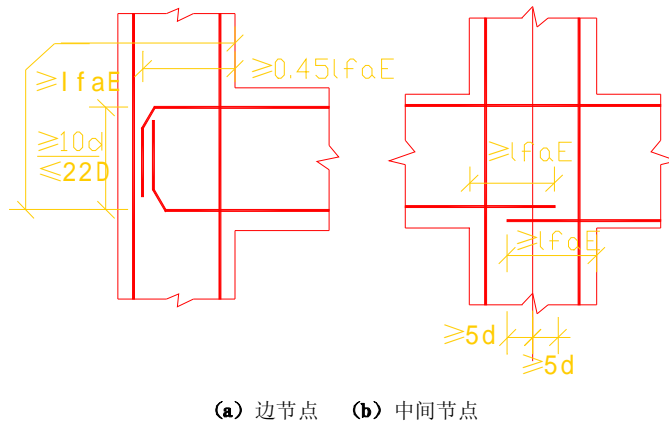


图 8.8.9 梁的纵筋在框架节点内锚固

框架梁纵向钢筋应伸过边节点中心线，当钢筋在节点内水平锚固长度不够时，应伸至对面柱边再向下弯折，弯折前水平锚固长度不应小于 l_{aE} ，弯折后的垂直锚固长度不应小于 $10d$ ，但也不宜大于 $22d$ （图 8.8.9-a）。

框架梁上部纵向钢筋应贯穿中间节点，梁的下部钢筋伸入中间节点的总长度也不应小于 l_{aE} ，并伸过中心线 $5d$ （图 8.8.9-b）。

第九章 喷射钢纤维混凝土结构 工程的设计与施工

第一节 一般规定

第 9.1.1 条 本章规定适用于矿山井巷、交通隧道、军事工程、地下硐室等工程的喷射钢纤维混凝土支护，以及采用喷射钢纤维混凝土对地面建筑和桥涵工程修补、加固的设计与施工。

第 9.1.2 条 本章未作具体规定的事项，应按现行国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》的规定执行。

第二节 喷射钢纤维混凝土支护设计

第 9.2.1 条 隧道、斜井、竖井及硐室采用喷射钢纤维混凝土支护时，除支护类型和参数应按《锚杆喷射混凝土支护技术规范》的规定采用外，尚应根据喷射钢纤维混凝土特点进行下列修改：

一、喷射钢纤维混凝土支护厚度可取普通喷射混凝土设计支护厚度的 70~75%，但不宜小于 50mm；

二、按普通喷射混凝土支护设计需设置钢筋网，在改用喷射钢纤维混凝土支护时，其钢筋网数量可酌情减少，但网格最大间距不宜超过 500mm。当小跨径支护或确有工程经验时，也可取消钢筋网。

第 9.2.2 条 当围岩变形压力大，需要采用二次支护时，其初期支护宜采用喷射钢纤维混凝土。

第 9.2.3 条 喷射钢纤维混凝土的强度等级不应低于 CF20，其强度设计值应按第二章的规定采用。钢纤维的规格质量应符合第二章的规定。

第三节 喷射钢纤维混凝土结构工程施工

第 9.3.1 条 喷射钢纤维混凝土的原材料除应符合本规程第七章和其它现行有关规范的规定外，尚应符合下列规定：

- 一、水泥标号不得低于 425 号；
- 二、粗骨料最大粒径不应大于 15mm。

第 9.3.2 条 喷射钢纤维混凝土的配合比应符合下列规定：

- 一、水泥与砂石的重量比为 1 : 3~1 : 4；
- 二、砂率不宜小于 50%；
- 三、水灰比为 0.4~0.45；

四、支护的实际钢纤维体积率宜取用 1.0~1.5%，确定配合比应考虑回弹率的影响；

- 五、速凝剂掺量通过试验确定。

第 9.3.3 条 干混合料的搅拌、运输、存放应符合下列规定：

- 一、各种材料称量允许偏差应符合第七章的规定；

二、混合料搅拌时，应采用分散设备将钢纤维均匀撒入混合料中，也可将钢纤维与其它混合料分居撒入；搅拌好的混合料中钢纤维不得结团，拌合时间宜为 2~3min；

三、速凝剂应在喷射前均匀掺入混合料中，掺速凝剂后的混合料存放时间不得超过 30min；

四、混合料在运输、存放过程中，严防雨淋、滴水、受潮，在装入喷射机前应过筛；

五、混合料宜随拌随用，使用普通硅酸盐水泥的混合料存放时间不应超过 2h，使用快硬硫铝酸盐水泥的混合料存放时间不得超过 30min。

第 9.3.4 条 钢纤维混凝土的喷射作业除与喷射混凝土相同作业外，尚应采取下列作业：

- 一、在受喷围岩明显凹凸不平处，应先用喷射混凝土填平补齐，然后再喷射钢纤维混凝土；

二、在喷射钢纤维混凝土表面，应再喷敷厚度 **10mm** 的水泥砂浆。

上述混凝土和水泥砂浆的强度等级不应低于喷射钢纤维混凝土的强度等级。

第 9.3.5 条 喷射钢纤维混凝土强度的试验方法应按《钢纤维混凝土试验方法》的规定执行，试样的制作方法以及喷射钢纤维混凝土与围岩粘结强度的试验方法应按《锚杆喷射混凝土支护技术规范》的规定执行。

第四节 喷射钢纤维混凝土修补加固工程

第 9.4.1 条 喷射钢纤维混凝土适用于下列情况的地上建筑和桥涵工程的混凝土结构或砌体结构修补与加固：

一、设计不周或建筑物使用功能改变造成的结构截面尺寸或配筋不足；

二、施工不良造成的混凝土缺陷和质量不符合要求；

三、意外事故造成的结构性或非结构性损坏；

四、耐久性失效产生的混凝土或砌体的表层或局部损坏；

五、超负荷、超年限运行需要加固的结构。

第 9.4.2 条 喷射钢纤维混凝土修补加固工程的设计应符合下列规定：

一、修补加固后构件的承载力计算应考虑新增钢纤维混凝土和受力钢筋与原结构协同工作，按本规程第四章并参照现行中国工程建设标准化协会标准《混凝土结构加固技术规范》第四章的规定计算。

二、修补加固的喷射钢纤维混凝土厚度（包括面层砂浆厚度）不宜小于 **50mm**。

三、增补的受力钢筋和箍筋应符合现行有关混凝土结构设计规范的构造要求，其设置方式可参照现行标准《混凝土结构加固技术规范》第四章的规定采用。

四、对于大体积混凝土或砌体墩式结构及支护结构的加固，

应参照现行有关混凝土结构设计规范或现行国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》的规定设置锚杆和构造钢筋。

第 9.4.3 条 喷射钢纤维混凝土修补加固工程的施工除应符合本章第三节的规定外，尚应符合下列规定：

一、将构件混凝土损坏或缺陷部分清除直到深入坚硬层**50mm**，用压力水冲洗干净，然后进行喷射作业；

二、在进行工程加固中遇有混凝土表面光滑时，应先进行凿毛处理，用压力水冲洗干净，然后进行喷射作业；或者先用压力水冲洗干净，然后涂抹界面剂，再进行喷射作业；

三、增设的受力钢筋、箍筋、锚杆和构造钢筋应在喷射作业前布置、焊接或粘固、新增受力钢筋施焊前，宜对受加固构件采取卸荷或支顶措施。

附录一 钢纤维混凝土用钢纤维的技术要求

(一) 钢纤维的类型可按附表 1 的规定划分。

类型号	类型名称	截面形状	长度方向形状
I	圆直型	圆 形	直
II	熔抽型	月牙形	直
III	剪切型	矩 形	直、扭曲或两端带钩

(二) 钢纤维的形状尺寸及其偏差应满足下列规定：

1. 钢纤维长度可分为 20、25、30、35、40、45、50mm 各种不同规格。
2. 钢纤维截面的直径或等效直径应在 0.3 到 0.8mm 的范围内。
3. 钢纤维长度偏差不应超过长度公称值的±5%。每 3t 产品随机取样 100 根，长度偏差按下式计算：

$$\delta_l = \frac{\sum_{i=1}^{100} l_i}{100} - l_f \quad (\text{附 1.2 - 1})$$

- 式中 δ_l ——钢纤维长度偏差值；
 l_i ——每根受检钢纤维实测长度；
 l_f ——钢纤维长度公称值。

4. 钢纤维的重量偏差不应超过按尺寸公称值计算重量的

±15%。每3t产品随机取样100根，钢纤维重量偏差按下式计算：

$$\delta_w = W^o - W^c \quad (\text{附 1.2 - 2})$$

式中 δ_w ——钢纤维重量偏差值；

W^o ——100根钢纤维实测重量；

W^c ——按钢纤维形状尺寸公称值计算的100根钢纤维理论重量。

(三) 钢纤维的抗拉强度不应低于380N/mm²，其抗拉强度按下式计算：

$$f_{st} = \frac{F_{max}}{A_{st}} \quad (\text{附 1.3})$$

式中 f_{st} ——钢纤维抗拉强度；

F_{max} ——一根钢纤维抗拉试验的最大拉伸荷载；

A_{st} ——钢纤维截面公称面积。

(四) 钢纤维表面不得粘有油污和其它妨碍钢纤维与水泥浆粘结的杂质。钢纤维内含有的因加工不良造成的粘连片、表面锈蚀纤维、铁屑及杂质的总重量不应超过钢纤维重量的1%。每3t随机取样5kg，用人工挑拣粘连片，锈蚀纤维、铁屑及杂质并称重计算。

附录二 本规程用词说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示很严格，非这样作不可的：

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作的：

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作的：

正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其它有关标准、规范执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定（或要求）”。非必须按所指定的标准、规范或其它规定执行时，写法为“可参照……”。

附加说明

本规程主编单位、参加单位和 主要起草人员名单

主编单位：大连理工大学、哈尔滨建筑工程学院。

参加单位：空军工程学院、空军工程设计研究局、铁道部科学研究院、东南大学、武汉工业大学、北京科技大学、马鞍山矿山研究院、浙江省水利水电科学研究所、黑龙江省庆安钢铁厂、张家口市四方台铁合金厂、杭州东岳钢纤维厂、浙江省嘉兴钢纤维厂。

主要起草人：赵国藩、黄承逵、樊承谋、赵景海、章文纲、王璋水、孙 伟、张春漪、徐蕴贤、彭少民、金芷生、吴淑华、程铁生、卢良浩、李启棣、林长青、庞 、陈荣生。