

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ/T 192 - 2012

备案号 J 1471 - 2012

盾构可切削混凝土配筋技术规程

Technical specification for shield-cutable concrete reinforcement

2012 - 10 - 29 发布

2013 - 03 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

盾构可切削混凝土配筋技术规程

Technical specification for shield - cuttable concrete reinforcement

CJJ/T 192 - 2012

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 3 年 3 月 1 日

中国建筑工业出版社

2012 北 京

中华人民共和国行业标准
盾构可切削混凝土配筋技术规程
Technical specification for shield-cuttable concrete reinforcement
CJJ/T 192 - 2012

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:1½ 字数:35 千字
2013 年 2 月第一版 2013 年 2 月第一次印刷

定价:10.00 元

统一书号:15112·23640

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址:<http://www.cabp.com.cn>

网上书店:<http://www.china-building.com.cn>

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1505 号

住房和城乡建设部关于发布行业标准 《盾构可切削混凝土配筋技术规程》的公告

现批准《盾构可切削混凝土配筋技术规程》为行业标准，编号为 CJJ/T 192 - 2012，自 2013 年 3 月 1 日起实施。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2012 年 10 月 29 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准、规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2008]102号)的要求,标准编制组在广泛调查研究以及大量试验结果统计分析的基础上,结合现场应用效果,认真总结实践经验,参考有关国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制本规程。

本规程的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.材料;4.设计;5.施工;6.验收。

本规程由住房和城乡建设部负责管理,由深圳市海川实业股份有限公司负责具体技术内容解释。在执行过程中,如有意见和建议请寄送深圳市海川实业股份有限公司(地址:深圳市福田区车公庙天安数码城F3.8栋CD座八楼,邮编:518040)。

本 规 程 主 编 单 位:深圳市海川实业股份有限公司
中铁二院工程集团有限责任公司

本 规 程 参 编 单 位:西南交通大学
成都地铁有限责任公司
深圳市地铁集团有限公司
上海市隧道工程轨道交通设计研究院
广州地铁设计研究院有限公司
上海启鹏工程材料科技有限公司

本规程主要起草人员:何唯平 牟 锐 李志业 马文义
陈湘生 申伟强 罗世培 林 刚
郭 俊 张志强 李 明 贺 晶
杨志豪 史海欧 刘树亚 王 建
黄永衡 张 杰 李志南 贺春宁
白国东 师晓权 李化云 周佳媚

本规程主要审查人员：张易谦 赵 军 杜文库 张起森
韩一波 黄钟晖 任庆铨 金 明
任国青 秦建设 裴利华

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	材料	6
4	设计	8
4.1	一般规定	8
4.2	承载力极限状态计算	9
4.3	变形计算	16
4.4	构造规定	16
5	施工	17
5.1	一般规定	17
5.2	玻璃纤维筋笼的制作和吊装	17
5.3	筋笼的就位和浇筑混凝土	18
5.4	盾构切削玻璃纤维筋混凝土的要求	18
6	验收	19
	本规程用词说明	20
	引用标准名录	21
	附：条文说明	23

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Materials	6
4	Designs	8
4.1	General Requirement	8
4.2	Computation of Bearing Capacity to Limiting Condition	9
4.3	Computation of Deformation	16
4.4	Constructional Rule	16
5	Construction	17
5.1	General Requirement	17
5.2	Fabrication and Hoisting for GFRP Rebar Cage	17
5.3	Emplacement and Cast Concrete for GFRP Rebar Cage	18
5.4	Construction Requirement for Shield-cuttable GFRP Concrete	18
6	Acceptance	19
	Explanation of Wording in This Specification	20
	List of Quoted Standards	21
	Addition; Explanation of Provisions	23

1 总 则

1.0.1 为统一盾构可切削玻璃纤维筋混凝土配筋的技术和质量验收标准，确保工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于盾构可切削玻璃纤维筋混凝土临时结构配筋工程的设计、施工和质量验收。

1.0.3 盾构可切削玻璃纤维筋混凝土配筋工程的设计、施工和质量验收除应符合本规程外，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 盾构 shield

盾构掘进机的简称,是在钢壳体保护下完成隧道掘进、拼装作业、由主机和后配套组成的机电一体化设备。

2.1.2 工作井 working shaft

盾构组装、拆卸、调头、吊运管片和出渣土等使用的工作竖井,包括盾构始发工作井、盾构接收工作井等。

2.1.3 盾构始发 shield launching

盾构开始掘进的施工过程。

2.1.4 盾构接收 shield arrival

盾构到达接收位置的施工过程。

2.1.5 玻璃纤维筋 glass fibre reinforced plastics (GFRP) rebar

由含碱量小于1%的无碱玻璃纤维(E-Glass)无捻粗纱或者高强玻璃纤维(S)无捻粗纱和树脂基体(环氧树脂、乙烯基树脂)、固化剂等材料,通过成型固化工艺复合而成的筋材。简称GFRP筋。

2.1.6 玻璃纤维筋混凝土结构 GFRP reinforced concrete structure

配置受力玻璃纤维筋的增强混凝土结构。

2.2 符 号

2.2.1 材料性能:

C_E ——工作环境影响系数;

E_c ——混凝土弹性模量;

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量;

E_s ——钢筋的弹性模量；
 f_b ——玻璃纤维筋弯曲部位抗拉强度设计值；
 f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；
 f_{cr} ——混凝土开裂模量；
 f_{fb} ——玻璃纤维箍筋弯曲段抗拉强度设计值；
 f_{fu} ——玻璃纤维筋的抗拉强度设计值；
 f_k ——玻璃纤维筋的抗拉强度标准值；
 f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；
 f_u ——玻璃纤维筋的抗拉强度；
 f_v ——玻璃纤维筋的剪切强度；
 ϵ ——玻璃纤维筋极限拉应变；
 ϵ_{cu} ——混凝土极限压应变；
 ϵ_{fu} ——玻璃纤维筋极限拉应变设计值；
 τ ——玻璃纤维筋与混凝土、水泥砂浆的平均粘结强度。

2.2.2 作用和作用效应：

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的玻璃纤维筋结构构件应力、变形等的限值；
 F_u ——玻璃纤维筋的抗拉承载力；
 M ——弯矩设计值；
 M_a ——梁变形计算最大弯矩；
 M_{cr} ——开裂弯矩；
 N ——轴向压力设计值；
 R ——结构构件的抗力设计值；
 $R_f(\cdot)$ ——玻璃纤维筋混凝土结构构件的抗力函数；
 S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值；
 V ——玻璃纤维筋混凝土构件斜截面最大剪力设计值；
 V_{fc} ——玻璃纤维筋混凝土构件中混凝土的受剪承载力设计值；
 V_{fv} ——玻璃纤维混凝土构件中玻璃纤维筋的受剪承载力设计值；

Y ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值；

σ_{fi} ——第 i 层纵向玻璃纤维筋的应力。

2.2.3 几何参数：

A ——圆形截面面积；

A_0 ——构件换算有效截面面积；

A_f ——纵向受拉玻璃纤维筋的截面面积；

A_{fv} ——配置在同一截面内玻璃纤维箍筋各肢的全部截面面积；

a ——纵向受拉玻璃纤维筋合力点至界面近边缘的距离；

b ——截面宽度；

d ——玻璃纤维筋的名义直径；

d_b ——玻璃纤维筋的等效直径；

e ——轴向压力作用点至纵向受拉纤维筋合力的距离；

e_0 ——轴向压力对截面重心的偏心距；

e_a ——附加偏心距；

h_0 ——梁截面有效高度，纵向受拉玻璃纤维筋合力点至截面受压边缘的距离；

I_{cr} ——开裂截面换算惯性矩；

I_e ——梁截面有效惯性矩；

I_g ——梁截面惯性矩；

h_{0i} ——第 i 层纵向玻璃纤维筋截面重心至受压边缘的距离；

r ——圆形截面的半径；

r_b ——玻璃纤维箍筋的弯曲半径；

r_s ——纵向玻璃纤维筋重心所在圆周的半径；

s ——沿构件长度方向的箍筋间距；

x ——等效受压区高度；

x_b ——界限受压区高度；

y_t ——梁截面中和轴到玻璃纤维筋的距离；

ξ ——相对受压区高度；

ξ_b ——相对界限受压区高度。

2.2.4 计算系数及其他:

K —— 设计弯矩调整系数;

α —— 对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与 2π 的比值;

α_b —— 界限受压圆心角;

α_c —— 玻璃纤维筋对混凝土抗剪能力的影响系数;

α_d —— 粘结强度系数;

α_t —— 纵向受拉玻璃纤维筋与全部纵向玻璃纤维筋截面面积的比值;

α_1 、 β_1 —— 变异系数;

β_h —— 与玻璃纤维筋弹性模量及混凝土的粘结性能有关的系数;

β_{h_1} —— 截面高度影响系数;

γ_0 —— 结构重要性系数;

η —— 偏心受压构件轴向压力偏心距增大系数;

μ —— 修正系数;

ρ_f —— 梁截面配筋率;

ρ_{fb} —— 纵向受拉玻璃纤维筋的平衡配筋率;

φ —— 构件稳定系数。

3 材 料

3.0.1 玻璃纤维筋的螺纹杆体表面质地应均匀，无气泡和裂纹，其螺纹牙形、牙距应整齐，不应有损伤。

3.0.2 玻璃纤维筋中树脂基体应使用乙烯基和环氧树脂体系或乙烯基树脂和环氧树脂混合树脂，产品物理和耐久性应满足使用要求，树脂基体的原料聚合物不应含有任何聚酯成分。

3.0.3 玻璃纤维筋规格应符合表 3.0.3 的要求。

表 3.0.3 玻璃纤维筋规格

公称直径 (mm)	平均外径 (mm)	允许偏差 (mm)	杆体弯曲度 (mm/m)
10	10.0	± 0.2	≤ 3
12	12.0		
14	14.0		
16	16.0		
18	18.0		
20	20.0	± 0.3	≤ 4
22	22.0		
25	25.0		
28	28.0		
30	30.0	± 0.4	≤ 5
32	32.0		
34	34.0		
36	36.0		

3.0.4 玻璃纤维筋的密度应在 $1.9\text{g}/\text{cm}^3 \sim 2.2\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3.0.5 玻璃纤维筋力学性能指标应符合表 3.0.5 的要求。

表 3.0.5 玻璃纤维筋力学性能指标

公称直径 d (mm)	抗拉强度标准值 f_k (MPa)	剪切强度 f_v (MPa)	极限拉应变 ϵ (%)	弹性模量 E_t (GPa)
$D < 16\text{mm}$	≥ 600	≥ 110	≥ 1.2	≥ 40
$16\text{mm} \leq d < 25\text{mm}$	≥ 550			
$25\text{mm} \leq d < 34\text{mm}$	≥ 500			
$D \geq 34\text{mm}$	≥ 450			

注：玻璃纤维筋抗拉强度标准值保证率在 95% 以上。

3.0.6 玻璃纤维筋抗拉强度设计值应按下列公式计算：

$$f_{fu} = C_E f_k \quad (3.0.6-1)$$

$$\epsilon_{fu} = C_E \epsilon \quad (3.0.6-2)$$

式中： f_{fu} ——玻璃纤维筋的抗拉强度设计值 (MPa)；

f_k ——玻璃纤维筋的抗拉强度标准值 (MPa)；

C_E ——工作环境影响系数，工作环境在室内取值 0.8，工作环境在室外取值 0.7；

ϵ ——玻璃纤维筋极限拉应变；

ϵ_{fu} ——玻璃纤维筋极限拉应变设计值。

4 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.1 玻璃纤维筋混凝土结构设计方法应采用概率理论为基础的极限状态设计法,采用分项系数的设计表达式进行设计。

4.1.2 玻璃纤维筋混凝土结构构件承载能力极限状态设计应按下列公式计算:

$$\gamma_0 S \leqslant R \quad (4.1.2-1)$$

$$R = R_l(f_{tu}, f_c, \dots) \quad (4.1.2-2)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数:对安全等级为一级的结构构件,不小于1.1;对安全等级为二级的结构构件,不小于1.0;对安全等级为三级的结构构件,不小于0.9;结构安全等级根据相关设计文件确定;

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值(MPa);

R ——结构构件的抗力设计值(MPa);

$R_l(\cdot)$ ——玻璃纤维筋混凝土结构构件的抗力函数;

f_{tu} ——玻璃纤维筋抗拉强度设计值(MPa),根据本规程第3.0.5条和式(3.0.6-1)条取值;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值(MPa),按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010取值。

4.1.3 对正常使用极限状态,玻璃纤维筋混凝土结构构件的结构应力、变形等验算应符合下式要求:

$$Y \leqslant C \quad (4.1.3)$$

式中: Y ——正常使用极限状态荷载组合的效应设计值;

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的玻璃纤维筋混凝土结构构件应力、变形等的限值。

4.2 承载能力极限状态计算

4.2.1 正截面承载力的计算应符合下列规定：

1 正截面承载力应按下列基本假定进行计算：

- 1) 截面应变保持平面；
- 2) 不考虑混凝土的抗拉强度；
- 3) 不考虑玻璃纤维筋的抗压强度；
- 4) 混凝土和玻璃纤维筋粘结良好。

2 正截面纵向受拉玻璃纤维筋配筋率应按下式计算：

$$\rho_f = \frac{A_f}{A_0} \quad (4.2.1-1)$$

式中： ρ_f ——玻璃纤维筋配筋率（%）；

A_f ——纵向受拉玻璃纤维筋截面面积（mm²）；

A_0 ——构件换算有效截面面积（mm²）。

3 纵向受拉玻璃纤维筋的平衡配筋率（简称平衡配筋率）应按下式计算：

$$\rho_{fb} = \alpha_1 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_{fu}} \cdot \frac{\epsilon_{cu}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{fu}} \quad (4.2.1-2)$$

式中： ρ_{fb} ——纵向受拉玻璃纤维筋的平衡配筋率（%）；

α_1 、 β_1 ——系数，分别取 0.92 和 0.85；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值（MPa），应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值；

f_{fu} ——玻璃纤维筋抗拉强度设计值（MPa），应根据本规程式（3.0.6-1）计算；

ϵ_{cu} ——混凝土极限压应变，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值；

ϵ_{fu} ——玻璃纤维筋极限拉应变设计值，应根据本规程式（3.0.6-2）计算。

4 相对界限受压区高度应按下式计算：

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{0.002}{\epsilon_{cu}} + \frac{f_{fu}}{E_f \epsilon_{cu}}} \quad (4.2.1-3)$$

$$\xi_b = x_b/h_0 \quad (4.2.1-4)$$

式中: ξ_b ——相对界限受压区高度 (mm);

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量 (MPa);

x_b ——界限受压区高度 (mm);

h_0 ——截面有效高度 (mm); 纵向受拉玻璃纤维筋合力点至截面受压边缘的距离。

5 受弯构件、偏心受压构件正截面受压区混凝土的应力图形宜简化为等效矩形应力图。矩形应力图的受压区高度 (x) 等于按截面应变保持平面假定所确定的中和轴高度 (x_c) 乘以系数 β_1 , β_1 取 0.85; 矩形应力图的应力值取为混凝土轴心抗压强度设计值 (f_c) 乘以系数 α_1 , α_1 取 0.92。

4.2.2 正截面受弯承载力计算应符合下列规定。

1 矩形截面玻璃纤维筋混凝土受弯构件正截面承载力 (图 4.2.2-1) 应按下列式计算:

$$\text{弯矩设计值: } M \leq A_f f_{fu} \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (4.2.2-1)$$

$$\text{等效受压区高度: } x = \frac{A_f f_{fu}}{\alpha_1 f_c b} \quad (4.2.2-2)$$

混凝土受压区高度应符合下列条件:

$$x \geq \xi_b h_0 \quad (4.2.2-3)$$

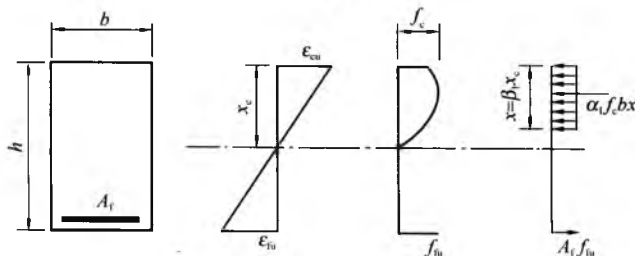


图 4.2.2-1 矩形截面受弯构件正截面承载力计算图示

式中: M ——弯矩设计值 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);

A_f ——纵向受拉玻璃纤维筋的截面面积 (mm^2);

f_{fu} ——玻璃纤维筋抗拉强度设计值 (MPa);

h_0 ——截面有效高度; 纵向受拉玻璃纤维筋合力点至截面受压边缘的距离 (mm);

x ——等效受压区高度 (mm);

b ——截面宽度 (mm);

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa);

α_1 、 β_1 ——系数, 分别取 0.92 和 0.85。

2 沿周边均匀配置纵向玻璃纤维筋的圆形截面玻璃纤维筋混凝土受弯构件正截面承载力 (图 4.2.2-2) 应按下式计算:

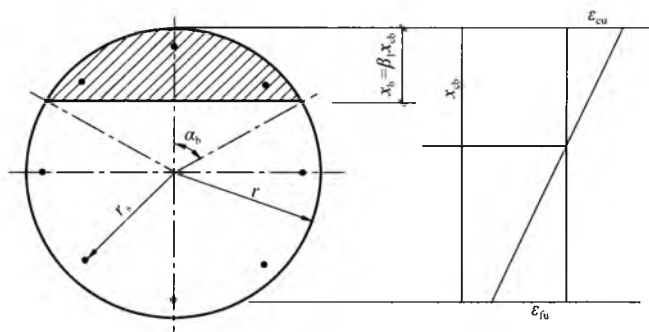


图 4.2.2-2 沿圆周均匀配置的圆形截面受弯构件正截面承载力计算图示

$$\alpha_1 \alpha_1 f_c A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} \right) = \alpha_1 f_{fu} A_f \quad (4.2.2-4)$$

$$KM \leq \frac{2}{3} \alpha_1 f_c A r \frac{\sin^3 \pi\alpha}{\pi} + f_{fu} A_f r_s \frac{\sin \pi\alpha_1}{\pi} \quad (4.2.2-5)$$

$$\alpha_1 = 1.25 - 2\alpha \quad (4.2.2-6)$$

$$\alpha_1 = \arccos \left[r - \beta_1 \frac{r + r_s}{1 + \frac{f_{fu}}{\epsilon_{cu} E_f}} \right] \quad (4.2.2-7)$$

式中: A ——圆形截面面积 (mm^2);

A_f ——纵向受拉玻璃纤维筋的截面面积 (mm^2);

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量 (MPa);

r ——圆形截面的半径 (mm);

r_s ——纵向玻璃纤维筋重心所在圆周的半径 (mm);

α ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与 2π 的比值 (%);

α_t ——纵向受拉玻璃纤维筋与全部纵向玻璃纤维筋截面面积的比值, 当 $\alpha > 0.625$ 时, 取 $\alpha_t = 0$;

K ——设计弯矩调整系数, 取 1.4;

α_b ——界限受压圆心角。

4.2.3 正截面受压承载力计算应符合下列规定。

1 玻璃纤维筋混凝土轴心受压构件正截面承载力应按下式计算:

$$N \leqslant 0.9\varphi \cdot f_c A \quad (4.2.3-1)$$

式中: N ——轴向压力设计值 (N);

φ ——构件稳定系数, 可根据表 4.2.3 取用;

A ——构件截面面积 (mm^2)。

表 4.2.3 纤维筋混凝土构件的稳定系数 (φ)

l_0/b	<2	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
l_0/i	<7	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	76	83	90	97	104
φ	1.0	0.81	0.79	0.77	0.74	0.69	0.66	0.62	0.58	0.55	0.51	0.48	0.44	0.41	0.38	0.36

注: 1 表中 l_0 为构件的计算长度, 根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010-2010 中的第 6.2.20 条计算;

2 在计算 l_0/b 时, b 的取值分别是对偏心受压构件, 取弯矩作用平面的截面高度; 对轴心受压构件, 取截面短边尺寸; i 为截面的最小回转半径。

2 矩形截面玻璃纤维筋混凝土偏心受压构件正截面承载力应按下式计算:

$$N \leqslant \alpha_1 f_c b x - A_s \sigma_f \quad (4.2.3-2)$$

$$Ne \leqslant \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (4.2.3-3)$$

$$e = \eta e_i + \frac{h}{2} - a \quad (4.2.3-4)$$

$$e_i = e_0 + e_a \quad (4.2.3-5)$$

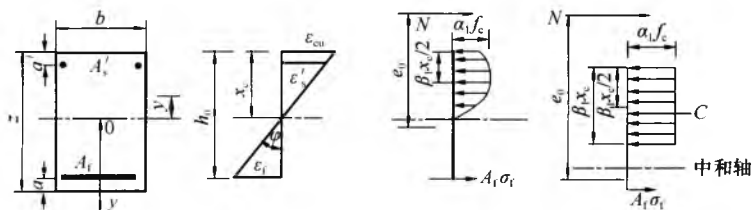


图 4.2.3 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算图示

3 正截面受压承载力计算还应符合下列规定：

- 1) 构件的相对受压区高度应按下列公式计算：

$$\xi = x/h_0 > \xi_b \quad (4.2.3-6)$$

- 2) 纵向受拉玻璃纤维筋应力应按下列公式计算：

$$\sigma_{fi} = E_i \varepsilon_{cu} \left(\frac{\beta_1 h_{0i}}{x} - 1 \right) \quad (4.2.3-7)$$

$$\text{或} \quad \sigma_{fi} = \frac{f_{ti}}{\xi_b - \beta_1} \left(\frac{x}{h_{0i}} - \beta_1 \right) \quad (4.2.3-8)$$

式中： σ_{fi} ——第 i 层纵向玻璃纤维筋的应力 (MPa)；

N ——轴向压力设计值 (N)；

f_c ——混凝土强度设计值 (MPa)；

b ——截面宽度 (mm)；

x ——等效受压区高度 (mm)；

f_{ti} ——玻璃纤维筋抗拉强度设计值 (MPa)；

A_t ——纵向受拉玻璃纤维筋的截面面积 (mm²)；

e ——轴向压力作用点至纵向受拉纤维筋合力的距离 (mm)；

h_0 ——截面有效高度；纵向受拉玻璃纤维筋合力点至截面受压边缘的距离 (mm)；

ξ ——相对受压区高度 (mm)；

ξ_b ——相对界限受压区高度 (mm)；

a ——纵向受拉玻璃纤维筋合力点至界面近边缘的距离 (mm);

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量 (MPa);

ϵ_{cu} ——混凝土极限压应变 (MPa);

η ——偏心受压构件轴向压力偏心距增大系数, 应根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 取值;

e_0 ——轴向压力对截面重心的偏心距 (mm): $e_0 = M/N$, 其中 M 为弯矩设计值 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);

e_a ——附加偏心距, 取 45mm 和偏心方向截面大尺寸的 $1/13.6$ 两者中的较大值;

α_1, β_1 ——系数, 分别取 0.92 和 0.85;

h_{0i} ——第 i 层纵向玻璃纤维筋截面重心至受压边缘的距离 (mm)。

4 圆形截面玻璃纤维筋混凝土偏心受压构件正截面承载力应按下列公式计算:

$$N \leq \alpha_1 f_c A \left(1 - \frac{\sin 2\pi\alpha}{2\pi\alpha} \right) - \alpha_1 f_{lu} A_f \quad (4.2.3-9)$$

$$KM \leq \frac{2}{3} \alpha_1 f_c A r \frac{\sin^3 \pi\alpha}{\pi} + f_{lu} A_f r_s \frac{\sin \pi\alpha_1}{\pi} \quad (4.2.3-10)$$

$$\alpha_1 = 1.25 - 2\alpha \quad (4.2.3-11)$$

$$\alpha_b = \arccos \left[r - \beta_1 \frac{r + r_s}{1 + \frac{f_{lu}}{\epsilon_{cu} E_f}} \right] \quad (4.2.3-12)$$

式中: N ——轴向压力设计值 (N);

M ——弯矩设计值 ($\text{kN} \cdot \text{m}$);

A ——圆形截面面积 (mm^2);

A_f ——纵向受拉玻璃纤维筋的截面面积 (mm^2);

r ——圆形截面的半径 (mm);

r_s ——纵向玻璃纤维筋重心所在圆周的半径 (mm);

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量 (MPa);

α ——对应于受压区混凝土截面面积的圆心角 (rad) 与 2π 的比值 (%);

α_t ——纵向受拉玻璃纤维筋与全部纵向玻璃纤维筋截面面积的比值, 当 $\alpha > 0.625$ 时, 取 $\alpha_t = 0$;

α_b ——界限受压圆心角;

K ——设计弯矩调整系数, 取 1.4。

注: 本条适用于截面内纵向玻璃纤维筋数量不少于 8 根的情况; 且 $\alpha > \alpha_b$ 。

4.2.4 斜截面承载力计算应符合下列规定:

1 玻璃纤维筋混凝土斜截面受剪承载力应按下列式计算:

$$V \leq V_{fc} + V_{fv} \quad (4.2.4-1)$$

2 当构件为矩形截面时应按下列公式计算:

$$V_{fc} = 0.7\alpha_c f_t b h_0 \quad (4.2.4-2)$$

$$V_{fv} = 1.25 f_{fb} \frac{A_{fv}}{s} h_0 \quad (4.2.4-3)$$

3 当构件为圆形截面时应按下列公式计算:

$$V_{fc} = 1.98\alpha_c f_t r^2 \quad (4.2.4-4)$$

$$V_{fv} = 1.25 f_{fb} \frac{A_{fv}}{s} h_0 \quad (4.2.4-5)$$

$$f_{fb} = \left(0.05 \frac{r_b}{d} + 0.3 \right) f_{tu} \leq f_{tu} \quad (4.2.4-6)$$

式中: V ——玻璃纤维筋混凝土构件斜截面最大剪力设计值 (N);

α_c ——玻璃纤维筋对混凝土抗剪能力的影响系数:

当剪跨比 ≥ 0.7 , 且受剪截面满足 $V_{fc} \leq 0.169 f_c b h_0$ 时, $\alpha_c = 0.67$; 当剪跨比 ≤ 0.5 , 且受剪截面满足 $V_{fc} \leq 0.25 f_c b h_0$ 时, $\alpha_c = 1.0$; 剪跨比为中间值时, α_c 采用内插值;

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值 (MPa);

V_{fc} —— 玻璃纤维筋混凝土构件中混凝土的受剪承载力设计值 (N);

V_{fv} —— 玻璃纤维混凝土构件中玻璃纤维筋的受剪承载力设计值 (N);

A_{fv} —— 配置在同一截面内玻璃纤维箍筋各肢的全部截面面积 (mm^2);

s —— 沿构件长度方向的箍筋间距 (mm);

f_{fb} —— 玻璃纤维箍筋弯曲段抗拉强度设计值 (MPa);

f_{fu} —— 玻璃纤维筋抗拉强度设计值 (MPa);

r_b —— 玻璃纤维箍筋的弯曲半径 (mm);

d —— 玻璃纤维筋的名义直径 (mm)。

4.3 变 形 计 算

4.3.1 正常使用极限状态的挠度, 宜根据构件的实际刚度和荷载情况, 按结构力学方法进行计算。

4.4 构 造 规 定

4.4.1 玻璃纤维筋在混凝土中应用时, 玻璃纤维筋混凝土保护层厚度不应小于筋材直径, 一般主筋的保护层厚度不应小于 50mm。

4.4.2 玻璃纤维筋的锚固长度和搭接长度不宜小于现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的同直径热轧带肋钢筋锚固长度和搭接长度的 1.25 倍, 且不应小于 40 倍的筋材直径。

4.4.3 矩形截面玻璃纤维筋混凝土受弯构件破坏模式应设计为混凝土受压破坏模式, 受力筋配筋率应不小于平衡配筋率的 1.4 倍。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

- 5.1.1 施工前应编制施工组织设计。
- 5.1.2 施工现场的玻璃纤维筋应水平放置，在室外存放时应避免暴晒，杆体端部不应沾染油污。
- 5.1.3 玻璃纤维筋装卸和运输过程中不应抛掷和撞击。
- 5.1.4 施工前应核对产品质量保证书、检验报告，并应验收品种、规格和数量。
- 5.1.5 玻璃纤维筋搬运、制作、安装以及施工过程中，宜避免其与皮肤的直接接触。

5.2 玻璃纤维筋笼的制作和吊装

- 5.2.1 在筋笼的制作过程中，筋材搭接应布置在盾构机刀盘外1m以上的范围，且搭接过程中同一断面搭接应错开50%，其中纵向受拉玻璃纤维筋与钢筋或玻璃纤维筋与玻璃纤维筋之间的搭接应采用钢制U形卡固定。U形卡应与筋材直径相适应，每根筋材连接端的U形卡数量不应少于2个。U形卡应符合现行国家标准《钢丝绳夹》GB/T 5976的要求。
- 5.2.2 其他部位间的玻璃纤维筋与钢筋、玻璃纤维筋与玻璃纤维筋之间的搭接应采用绑丝或尼龙绳进行绑扎，绑扎应牢靠。
- 5.2.3 筋笼制作过程中应采取增加玻璃纤维筋筋笼刚度的保护措施。筋笼两侧宜采用工字钢包边。筋笼内部宜采用玻璃纤维筋桁架或后期可去除的钢筋桁架。
- 5.2.4 当筋笼存在两个以上的搭接部位，且需吊装才能将筋笼放置到位时，吊装的方式宜采用从上向下（沿高度方向）的三吊点方式起吊，吊点应布置在钢筋之上，严禁将吊点固定在玻璃纤

维筋上。

5.2.5 临时钢架应在筋笼进入槽（孔）前方便地拆除，拆除过程中不应损坏玻璃纤维筋。

5.2.6 筋笼应经试吊后方可正式起吊。

5.3 筋笼的就位和浇筑混凝土

5.3.1 筋笼放入槽（孔）前应核对玻璃纤维筋的布置位置，钢筋等硬质金属构件不得伸入盾构切削范围。

5.3.2 应在玻璃纤维筋笼底部安装配重，下放时应缓慢轻放，遇到障碍时应及时处理，不得强行下放筋笼。

5.3.3 筋笼上应安装牢固的保护层垫块。

5.3.4 混凝土浇筑的溜筒应轻缓匀速提拉，不得冲撞筋笼。

5.4 盾构切削玻璃纤维筋混凝土的要求

5.4.1 盾构始发和接收前，应根据工程地质、水文地质、周边环境等条件提前进行降水和洞门加固等辅助措施。

5.4.2 当盾构切削玻璃纤维筋混凝土时，应根据现场实际情况控制合适的转速和推力等掘进参数。

5.4.3 当采用泥水盾构时，应及时、定期反循环冲洗泥浆泵。

6 验 收

6.0.1 玻璃纤维筋混凝土围护结构的制作要求应符合国家现行标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等相关要求。

6.0.2 玻璃纤维筋笼的整体构造应符合设计要求。

6.0.3 玻璃纤维筋笼等构造验收应按国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的规定执行。

本规程用词说明

1 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用语说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

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做的：

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，首先应这样做的：

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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 3 《钢丝绳夹》GB/T 5976
- 4 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 5 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120

中华人民共和国行业标准

盾构可切削混凝土配筋技术规程

CJJ/T 192 - 2012

条文说明

制 订 说 明

《盾构可切削混凝土配筋技术规程》CJJ/T 192 - 2012 经住房和城乡建设部 2012 年 10 月 29 日以第 1505 号公告批准、发布。

本规程制订过程中，在大量调查分析基础上，开展了玻璃纤维筋基本力学性能、玻璃纤维筋构件力学性能的系统试验研究以及实体工程技术应用研究，参考国内外相关技术标准，结合我国实际情况，确定了盾构可切削玻璃纤维筋混凝土构件合理破坏模式及恰当的设计参数，建立了可切削玻璃纤维筋混凝土构件配筋的设计方法，并对其在工程中的应用作了具体要求和规定。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《盾构可切削混凝土配筋技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，但是本规程条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

1 总则	26
3 材料	27
4 设计	29
4.1 一般规定	29
4.2 承载能力极限状态计算	29
4.3 变形计算	30
4.4 构造规定	31
5 施工	33
5.1 一般规定	33
5.2 玻璃纤维筋笼的制作和吊装	33
5.3 筋笼的就位和浇筑混凝土	34
5.4 盾构切削玻璃纤维筋混凝土的要求	34
6 验收	35

1 总 则

1.0.1 编制本规程的目的是加强盾构可切削混凝土配筋技术有关应用的安全可靠性，统一此新技术在盾构直接穿越围护结构工程中的设计、施工以及质量验收标准。

1.0.2 考虑到施工的实际情况，盾构机宜满足可切削混凝土的强度在 30MPa 以上的工况条件。

1.0.3 由于盾构可切削混凝土配筋技术在国内应用还属于新技术，并且主要涉及盾构穿越围护结构使用，本规程主要对不同于钢筋混凝土结构的部分作出规定，未涉及的部分应与国家现行标准《建筑结构荷载规范》GB 50009、《混凝土结构设计规范》GB 50010、《盾构法隧道施工与验收规范》GB 50446、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等相关规范、规程一致。

3 材 料

3.0.1 材料中如果含有气泡等物质，会造成筋材局部应力集中，影响筋材强度以及使用耐久性，而规则的螺纹间距可以保证与混凝土产生较好的粘结。筋材的表面形状对于其与混凝土等粘结材料的粘结强度有很大的影响，筋材表面的形式目前有螺纹形式、表面包裹石英砂等等。研究表明：一般 GFRP 螺纹与混凝土等粘结材料的粘结强度约为钢筋与混凝土粘结强度的 80% 左右，同时全螺纹形式结构与混凝土的粘结效果最好，其次为表面喷涂石英砂的形式结构，表面光滑的 GFRP 形式结构粘结效果最差。

3.0.2 根据使用经验以及国内外有关资料进行规定。

考虑产品物理和耐久性使用的要求，本规程对于树脂基体进行了规定。结合 ACI 440.6M Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer Bar Materials for Concrete Reinforcement（水泥混凝土用碳或玻璃纤维增强复合材料筋规程）以及国内外使用玻璃纤维筋的情况，研究表明由聚酯树脂作为基体制作的玻璃纤维筋难以满足混凝土的使用需要。

当使用不饱和树脂（邻苯树脂、间苯树脂）生产玻璃纤维筋时，由于碱性环境的侵蚀，研究表明玻璃纤维筋的力学性能会出现明显的劣化，比如放置在碱性液体中一个月左右，抗拉强度可能下降幅度达到 30% 以上，施工使用中宜注意这一问题的出现。

3.0.3 说明材料的外形尺寸，保证材料具有与传统钢筋材料一样的规格，可以正常使用。

3.0.4 表明材料的重量，体现轻质高强的作用。一般讲纤维增强复合材料的筋材中的纤维体积含量在 60%~70% 之间，据此可以推算大致的材料密度。

3.0.5 玻璃纤维筋材料的基本性能规定了玻璃纤维筋的抗拉强

度设计值、剪切强度、弹性模量和极限拉应变等几项指标，其中所有力学指标均根据大量的试验结果予以确认。玻璃纤维筋的抗拉强度离散性较大，因此玻璃纤维筋抗拉强度标准值主要是生产厂家在高样本条件（不低于 25 组样本）下自行控制的质量标准，施工检测时只要求材料抗拉强度不低于抗拉强度标准值即可。

玻璃纤维材料会在不同的化学环境中（包括酸、碱）发生性能的劣化，当需要进行玻璃纤维筋抵抗化学介质试验时，研究人员可参考《玻璃纤维增强热固性塑料耐化学介质性能试验方法》GB/T 3857 - 2005 的要求执行。这种劣化随着温度的升高而加剧，暴露于环境中的构件，采用玻璃纤维筋进行混凝土构件增强时，强度标准值应乘以相应的工作环境影晌系数，作为设计强度。

4 设 计

4.1 一 般 规 定

4.1.3 盾构可切削玻璃纤维筋混凝土结构作为一种临时结构，可不进行裂缝验算和耐久性设计；但结构的应力、变形验算等应满足现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等相关规范、规程的要求。

4.2 承载能力极限状态计算

4.2.1

1 弯曲试验表明：在构件破坏之前，玻璃纤维筋混凝土结构截面的平均应变基本符合平截面假定；拉伸试验表明：虽然玻璃纤维筋为脆性材料，但在破坏之前仍表现出良好的线性关系；粘结锚固试验表明：玻璃纤维筋与混凝土之间可形成良好的粘结；轴心受压试验表明：玻璃纤维筋混凝土结构破坏前，玻璃纤维筋能承担部分压力，但比例较小，偏于安全考虑，本规程暂不考虑玻璃纤维筋的受压承载能力。试验表明：玻璃纤维筋混凝土结构混凝土受压应力-应变关系可按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 取用，玻璃纤维筋受拉应力等于应变与其弹性模量的乘积，但绝对值不大于强度设计值，极限拉应变值按本技术规程第 3.0.5 条取用。

2 将混凝土受压区应力图形简化成等效的矩形应力图为国内外钢筋混凝土设计规范的通用做法，国内外试验表明，该法也适用于玻璃纤维筋混凝土结构构件。

3 参考美国规范 ACI 440.1R-03：

$$\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{f_c}{f_{tu}} \cdot \frac{E_f \epsilon_{cu}}{E_f \epsilon_{cu} + f_{tu}} \quad (1)$$

式中: β_1 ——混凝土强度折减系数 ($f_c \leq 27.6\text{MPa}$ 时取 0.85; $f_c > 27.6\text{MPa}$ 时, 此系数每 6.9MPa 折减 0.05, 但最小取值 0.65)。

4 公式 (4.2.1-3) 是根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 中, 无屈服点钢筋的计算公式 (6.2.7-2) 采用的。

4.2.2 正截面受弯承载力计算应符合以下规定。

1 由于不考虑玻璃纤维筋的抗压强度, 因此公式 (4.2.2-1) 中只有混凝土受压和玻璃纤维筋受拉两种荷载效应。

2 设计弯矩调整系数的确定是根据试验结果及其对比分析后, 由统计数据得到在同等安全度的条件下, 钢筋与玻璃纤维筋圆梁承载力比值为 1.35 到 1.40 之间, 因此, 本规程确定设计弯矩调整系数为 1.4。

4.2.3

1 表 4.2.3 中的构件稳定系数 φ 是由正截面轴心受压试验结果得出的, 相当于相同强度等级素混凝土柱的稳定系数乘以 0.81。

2 经试验验证, 同等条件下钢筋构件与玻璃纤维筋构件承载力比值为 1.3~1.4, 因此本规程确定设计弯矩修正系数为 1.4。

4.2.4 α_c 根据试验结果统计分析得出。另外公式 (4.2.4-3) 中的系数 1.98, 是根据《混凝土结构设计规范》GB 50010 第 6.3.15 条文中的描述计算得到的, 即构件的截面宽度和截面有效高度应分别以 $1.76r$ 和 $1.6r$ 代替, 此处 r 为圆形截面的半径, 经过计算所得到的箍筋截面面积应作为圆形箍筋的截面面积。

4.3 变形计算

4.3.1 玻璃纤维筋混凝土结构挠度的计算由于目前的研究成果有限, 对于连续墙结构, 可以参考下列公式进行估算。

玻璃纤维筋混凝土受弯构件截面刚度按下列公式计算:

$$M_{cr} = \frac{f_{cr} I_g}{y_t} \quad (2)$$

$$f_{cr} = 0.62 \sqrt{f_c} \quad (3)$$

当 $\frac{M_{cr}}{M_a} \geq 1.0$ 时, 梁受弯截面刚度取截面惯性矩 I_g ;

当 $\frac{M_{cr}}{M_a} < 1.0$ 时, 梁受弯截面刚度取开裂惯性矩 I_{cr}

$$I_{cr} = \frac{bh_0^3}{3} \cdot k^3 + n_f A_f h_0^2 (1 - k)^2 \quad (4)$$

$$k = \sqrt{2\rho_f n_f + (\rho_f n_f)^2} - \rho_f n_f \quad (5)$$

$$n_f = \frac{E_f}{E_c} \quad (6)$$

式中: M_{cr} ——梁开裂弯矩 ($N \cdot m$);

M_a ——梁变形计算最大弯矩 ($N \cdot m$);

I_g ——梁截面惯性矩 (mm^4);

f_{cr} ——混凝土开裂模量 (GPa);

f_c ——混凝土立方抗压强度 (MPa);

y_t ——截面形心轴到受拉面距离 (mm);

I_{cr} ——梁开裂截面惯性矩 (mm^4);

b ——梁截面宽度 (mm);

h_0 ——梁截面有效高度 (mm);

A_f ——玻璃纤维筋的截面面积 (mm^2);

ρ_f ——梁截面配筋率;

E_f ——玻璃纤维筋的弹性模量 (GPa);

E_c ——混凝土弹性模量 (GPa)。

对于围护桩结构, 需要构件的截面宽度和截面有效高度应分别以 $1.76r$ 和 $1.6r$ 代替, 此处 r 为圆形截面的半径。

4.4 构造规定

4.4.1 本条根据国内实际情况, 同时参考 ACI 4406M-08

Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer Bar Materials for Concrete Reinforcement 中相应条款规定。

4.4.3 国内外试验表明：当 $\rho_f > 1.4\rho_{fb}$ 时，玻璃纤维筋结构构件破坏形态为混凝土压碎；当 $\rho_f < \rho_{fb}$ 时，玻璃纤维筋结构构件破坏形态为玻璃纤维筋拉断；当 $\rho_{fb} < \rho_f < 1.4\rho_{fb}$ 时，玻璃纤维筋结构构件破坏可能为混凝土受压，也可能为玻璃纤维筋拉断。由于玻璃纤维筋离散性较大，且脆性也较混凝土大，因此玻璃纤维筋混凝土结构应设计为混凝土压碎的破坏形态。

5 施 工

5.1 一 般 规 定

5.1.1 为了保证安全，施工前进行必要的施工组织设计是必要的。

5.1.2 玻璃纤维筋是纤维增强复合材料，虽然有资料证明玻璃纤维筋的抗紫外线的能力比较优秀，强光照射 1000 小时强度保持在 81% 左右，但是在正常的工程使用过程中还是建议避光保存。

5.2 玻璃纤维筋笼的制作和吊装

5.2.1 由于玻璃纤维筋不能焊接，所以筋材之间的搭接稳固性对于结构以及吊装施工十分重要。根据国内各城市的使用经验，纵向受力主筋之间的搭接采用两个以上合适的钢制 U 形卡是安全可靠的。此外盾构刀盘直径加一米的范围内不得有钢筋等金属结构件，用以保证盾构机的顺利穿越。

5.2.3 根据国内各城市的使用经验：由于玻璃纤维筋的弹性模量仅为钢筋弹性模量的 21% 左右，筋笼制成后刚度较普通钢筋笼会有较大的差异，如果不在筋笼制作过程中采用一些增强筋笼刚度的措施，会造成筋笼吊装过程中变形过大的问题，存在一定的安全隐患，因此本条就此问题进行了规定，希望引起施工单位的重视。

5.2.4 玻璃纤维筋笼的吊装根据已有的工程经验表明，一般的连续墙、围护桩高度超过 20m，由于盾构需要直接穿越筋笼的“薄弱”区域，在很多情况下筋笼制作可能存在两处以上的搭接，起吊过程也表明仅仅采用两个吊点较难控制筋笼在起吊过程中的变形，本规程结合实际工程经验给出这样的要求，当然不排除施

工单位在安全措施到位的情况下，结合自身的实际情况采用合适的吊装技术。此外玻璃纤维筋属于“脆性材料”，而且具有正交各向异性的特点，剪切强度、弯曲韧性不如钢筋，因此要求吊点不能直接布置在玻璃纤维筋上。

5.3 筋笼的就位和浇筑混凝土

5.3.1 盾构切削区域如有钢筋等硬质金属构件，可能导致盾构在直接穿越的过程中发生较大的刀具磨损、甚至刀盘损坏的情况，本规程要求盾构不得直接穿越此种混凝土结构。

5.3.2 由于玻璃纤维筋的密度仅为钢筋的 25%，玻璃纤维筋笼在安装时容易产生上浮现象，为了更安全的使其就位，通常在玻璃纤维筋笼底部增加配重以抵抗上浮。

5.4 盾构切削玻璃纤维筋混凝土的要求

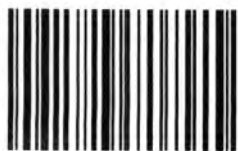
5.4.1 盾构机切削玻璃纤维筋混凝土的刀具配置与切削素混凝土的刀具配置相同即可。

5.4.2 参考《盾构法隧道施工与验收规范》GB 50446 - 2008 编写。此外盾构始发和接收时，应根据工程地质、水文地质、周边环境等条件和各施工单位以往经验综合考虑进行掘进参数的设定。

6 验 收

6.0.1 由于盾构可切削混凝土配筋技术仅仅是盾构工作井围护结构工程的一个分项工作，因此有关的混凝土结构要求与现行规范是一致的。

6.0.2 筋笼制作过程中，玻璃纤维筋与钢筋之间、玻璃纤维筋与玻璃纤维筋之间的搭接是保证结构安全、成功起吊定位的关键因素，根据编制组的实践经验搭接长度控制在 $40d$ 以上是必要的。



1 5 1 1 2 2 3 6 4 0



统一书号：15112 · 23640
定 价： 10.00 元