

CECS 104:99

中国工程建设标准化协会标准

# 高强混凝土结构技术规程

**Technical Specification for**
**High-Strength Concrete Structures**

中国建筑资讯网 WWW.CHINAEC.COM

1999 北京

中国工程建设标准化协会标准

# 高强混凝土结构技术规程

**CECS 104:99**

主 编 单 位:中国土木工程学会高强与高性能混凝土委员会
批 准 单 位:中国工程建设标准化协会
批 准 日 期:1999 年 6 月 30 日

中国建筑资讯网 WWW.CINOFEC.COM

1999 北 京

# 前　　言

为了对高强混凝土结构设计和施工的技术要求作出配套的规定，以促进其进一步发展，根据中国工程建设标准化协会(96)建标字第31号文的要求，由中国土木工程学会高强与高性能混凝土委员会组织清华大学、中国建筑科学研究院、东南大学、铁道部科学研究院、中国建筑工程总公司、上海建筑材料工程公司、北京城建集团建筑科学研究所、北京城建集团总公司构件厂、北京市建筑设计研究院等单位，共同编制了本规程。

本规程是在中国土木工程学会高强与高性能混凝土委员会编写的《高强混凝土结构设计施工指南》HSCC93-1、2的基础上，经修订补充而成。国家自然科学基金委员会和建设部等单位联合资助的两个重点科研项目对编制本规程有很大帮助。本规程经广泛征求专家的意见后，召开审查会议定稿。

现批准《高强混凝土结构技术规程》，编号为CECS104：99，推荐给工程建设设计、施工单位使用。本规程由清华大学土木工程系(北京海淀区，邮编：100084)负责解释。在本规程实施过程中，如发现有需要修改和补充之处，请及时将意见和资料寄交解释单位，以便今后修订。

**主 编 单 位**：中国土木工程学会高强与高性能混凝土委员会

**主要起草人**：陈肇元　蔡绍怀　朱金铨　庄崖屏　钱稼茹
蒋永生　叶列平　吴佩刚　臧宣武　冯乃谦
覃维祖

中国工程建设标准化协会

1999年6月

# 目　　次


1　总则 …… (1)
2　主要符号 …… (2)
3　混凝土结构材料计算指标 …… (4)
4　混凝土结构基本设计规定 …… (6)
5　混凝土结构承载能力极限状态计算 …… (7)
5.1　正截面承载力计算 …… (7)
5.2　斜截面承载力计算 …… (10)
5.3　扭曲截面承载力和受冲切承载力计算 …… (13)
5.4　局部受压承载力计算 …… (14)
6　混凝土结构正常使用极限状态验算 …… (16)
7　混凝土结构构造 …… (18)
8　混凝土结构构件设计 …… (20)
9　混凝土结构抗震设计 …… (22)
10　钢管混凝土柱设计和施工 …… (26)
10.1　一般规定 …… (26)
10.2　承载力计算 …… (26)
10.3　局部受压计算 …… (30)
10.4　变形计算 …… (32)
10.5　节点构造 …… (33)
10.6　施工质量要求 …… (38)
11　钢骨混凝土构件设计 …… (39)
12　混凝土施工 …… (42)
12.1　混凝土原材料 …… (42)
12.2　混凝土配合比 …… (44)
12.3　混凝土拌制 …… (45)


中国建筑设计网 WWW.SINOES.COM

12.4 混凝土运输与浇筑 …… (46)
12.5 混凝土泵送施工 …… (47)
12.6 混凝土养护 …… (49)
12.7 混凝土质量检查 …… (49)
附录 A 配制高强混凝土用粉煤灰的性能要求及需水量比试验方法 …… (51)
附录 B 高效减水剂与水泥相容性检测方法 …… (53)
附录 C 高强混凝土工作性检测方法 …… (55)
附录 D 本规程用词说明 …… (58)

WWW.SINOREC.COM
中国建筑资讯网

# 1 总　　则

**1.0.1** 为在我国推广应用现代高强混凝土技术，并在高强混凝土结构设计和施工中做到技术先进、安全可靠、经济合理、保证质量，特制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于工业与民用房屋和一般构筑物中采用高强混凝土的钢筋混凝土和预应力混凝土承重结构的设计与施工。其中，高强混凝土为采用水泥、砂、石、高效减水剂等外加剂和粉煤灰、超细矿渣、硅灰等矿物掺合料，以常规工艺配制的C50～C80级混凝土。

**1.0.3** 本规程的结构设计部分根据国家标准《建筑结构设计统一标准》GBJ68-84规定的原则制订；符号和术语采用国家标准《建筑结构设计术语和符号标准》GB/T 50083-97的规定。

**1.0.4** 除本规程已作规定者外，设计高强混凝土结构时必须同时遵循《混凝土结构设计规范》GBJ10-89的其它规定；设计地震区的高强混凝土结构时必须同时遵循《建筑抗震设计规范》GBJ11-89的其它规定；设计钢管高强混凝土柱时必须同时遵循《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28:90的其他规定；设计钢骨高强混凝土构件时，必须同时遵循《钢骨混凝土结构设计规程》YB9082-97的其他规定。

**1.0.5** 除本规程已作规定者外，高强混凝土结构施工时，尚应遵守现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204-92的规定。

中国建筑标准设计网 WWW.JSTOAEC.COM

# 2 主要符号

**2.0.1** 混凝土结构

$E_c$——混凝土弹性模量；

$E_s$——钢筋弹性模量；

C60——表示立方体抗压强度标准值为 60N/mm$^2$ 的混凝土强度等级；

$f_{cu}$——边长为 150mm 立方体的混凝土抗压强度；

$f_{cu,10}$——边长为 100mm 立方体的混凝土抗压强度；

$f_{ck}$、$f_c$——混凝土的轴心抗压强度标准值、设计值；

$f_{tk}$、$f_t$——混凝土的轴心抗拉强度标准值、设计值；

$f_y$、$f_y'$——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

$f_{py}$、$f_{py}'$——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值；

$N_{p0}$——混凝土法向预应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；

$V$——剪力设计值；

$V_{cs}$——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；

$\sigma_{ss}$——按荷载的短期效应组合计算的纵向受拉钢筋应力或等效应力；

$\sigma_{p0}$——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力；

$w_{max}$——考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应组合影响的最大裂缝宽度；

$b$——矩形截面宽度，T 型、I 形截面的腹板宽度；

$d$——钢筋直径；

$c$——混凝土保护层厚度；

$e_0$——轴向力对截面重心的偏心距；

$h$——截面高度；

中国建筑资讯网 WWW.SINOAEC.COM

$h_0$——截面有效高度；

$s$——沿构件轴线方向横向钢筋的间距；

$x$——混凝土受压区高度；

$A_s$、$A_s'$——受拉区、受区压纵向非预应力钢筋的截面面积；

$A_{sv}$、$A_{sh}$——同一截面内各肢竖向、水平箍筋的全部截面面积；

$A_l$——混凝土局部受压面积；

$\beta$——与受压区混凝土计算高度有关的系数；

$\gamma$——受拉区混凝土塑性影响系数；

$\lambda$——计算截面的剪跨比；

$\rho$——纵向受拉钢筋配筋率；

$\theta$——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数；

$\psi$——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数。

**2.0.2** 钢管混凝土柱

$A_a$——钢管的横截面面积；

$A_c$——钢管内混凝土的横截面面积；

$A_l$——局部受压面积；

$d$——钢管的外直径；

$E_a$——钢材弹性模量；

$e_0$——柱较大弯矩端的轴向压力对柱截面重心轴或压强重心轴的偏心距；

$f_y$——钢材屈服强度；

$l$——钢管混凝土柱或构件的长度；

$l_e$——钢管混凝土柱或构件的等效计算长度；

$N$——轴向力设计值；

$N_0$——钢管混凝土轴心受压短柱的承载力设计值；

$N_u$——构件的轴向受压承载力设计值；

$r_c$——钢管的内半径；

$t$——钢管的壁厚；

$\theta$——钢管混凝土的套箍指标。

中国建筑结构网 WWW.CHINAJG.COM

# 3 混凝土结构材料计算指标

**3.0.1** 高强混凝土强度标准值应按表 3.0.1 的规定采用。

表 3.0.1 高强混凝土强度标准值(N/mm²)

| 强度种类 | 符号 | 强度等级 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
| 轴心抗压 | $f_{ck}$ | 32.0 | 35.0 | 38.0 | 41.0 | 44.0 | 47.0 | 50.0 |
| 抗拉 | $f_{tk}$ | 2.65 | 2.75 | 2.85 | 2.90 | 3.00 | 3.05 | 3.10 |

**3.0.2** 高强混凝土强度设计值应按表 3.0.2 的规定采用。高强混凝土的弯曲抗压强度设计值取等于轴心抗压强度设计值。

表 3.0.2 高强混凝土强度设计值(N/mm²)

| 强度种类 | 符号 | 强度等级 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
| 轴心抗压 | $f_c$ | 23.5 | 26.0 | 28.0 | 30.5 | 32.5 | 35.0 | 37.0 |
| 抗拉 | $f_t$ | 1.95 | 2.05 | 2.10 | 2.15 | 2.20 | 2.25 | 2.30 |

注:1 计算现场浇筑的钢筋混凝土轴心受压和偏心受压构件时,如截面的长边或直径小于 300mm,则表中强度设计值应乘以系数 0.8。

2 离心混凝土的强度设计值另行规定。

**3.0.3** 高强混凝土受压或受拉时的弹性模量 $E_c$ 应按表 3.0.3 的规定采用。

中国建筑资讯网 WWW.SINOFEC.COM

表 3.0.3　高强混凝土弹性模量 $E_c$（$\times 10^4 N/mm^2$）

| 强度等级 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 弹性模量 | 3.45 | 3.55 | 3.60 | 3.65 | 3.75 | 3.80 | 3.90 |

注：1　高强混凝土的弹性模量与所用粗骨料种类、砂率及引气剂有关，对于重要工程应按实测平均值的 0.95 倍取用。

2　对于采用引气剂和有较高砂率的泵送混凝土，当无实测数据时，表中 $E_c$ 值应乘折减系数 0.90～0.95。

3　表中数值不适用于自密实混凝土和砂率大于 0.44 的混凝土。

**3.0.4**　高强混凝土的疲劳强度设计值应按表 3.0.2 的规定值乘以疲劳强度修正系数 $\gamma_p$ 确定，其中 $\gamma_p$ 可按《混凝土结构设计规范》GBJ 10—89 的规定采用。对于经常受潮的构件，$\gamma_p$ 应乘折减系数 0.8。高强混凝土的疲劳变形模量 $E_c^f$ 应按表 3.0.3 中弹性模量 $E_c$ 规定值的 0.47 倍采用。

**3.0.5**　高强混凝土的剪变模量 $G_c$，可按表 3.0.3 中弹性模量 $E_c$ 规定值的 0.4 倍采用。高强混凝土的线膨胀系数和泊松比可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 的规定采用。

**3.0.6**　高强混凝土用钢筋宜采用较高强度级别的钢筋，预应力钢筋宜优先采用高强度碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋；非预应力受力钢筋宜采用Ⅱ级～Ⅳ级钢筋。钢筋的强度与弹性模量设计值应按《混凝土结构设计规范》GBJ 10-89 的规定采用。

中国建筑设计院 WWW.CINADC.COM

# 4 混凝土结构基本设计规定

**4.0.1** 高强混凝土结构的基本设计规定应按《混凝土结构设计规范》GBJ 10-89 第三章的规定执行。高强混凝土承重结构必须配置钢筋，对重要工程中的梁、柱构件，其主要受力部位宜设计成约束混凝土。在高强混凝土梁、柱计算中，可考虑混凝土徐变较小的有利因素。

**4.0.2** 高强混凝土超静定结构构件的内力计算，可按《钢筋混凝土连续梁和框架考虑内力重分布设计规程》CECS51：93 的规定考虑非弹性变形产生的塑性内力重分布，但最大弯矩截面上受压区混凝土相对计算高度的上限值应取 $\beta/0.8$，$\beta$ 值应按表 5.1.1 确定。

**4.0.3** 施加预应力时，在满足锚固区局部承压抗裂所要求的强度条件下，经计算确定的混凝土立方体抗压强度可低于混凝土强度设计值的 75%，但不宜低于 70%。

**4.0.4** 预应力构件因混凝土收缩、徐变引起的预应力损失，当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 3.4.11 条所列公式计算时，式中的常数 220 可乘以折减系数 $\sqrt{\frac{28}{f_c}}$（当该值大于 1 时，取等于 1），$f_c$ 为混凝土抗压强度设计值，按表 3.0.2 的规定采用。

中国建筑结构网 WWW.SIHOFEI.COM

# 5 混凝土结构承载能力极限状态计算

## 5.1 正截面承载力计算

**5.1.1** 混凝土结构构件的正截面承载力应按下列基本假定计算：

1 截面应变保持平面；

2 不考虑混凝土抗拉强度；

3 对矩形、T形、I形、环形和圆形截面，可将受压区混凝土的应力图形简化为等效矩形，其高度 $x$ 取按平截面假定计算的中和轴高度乘以表5.1.1规定的系数 $\beta_1$。矩形应力图的应力值取与轴心抗压强度设计值 $f_c$ 相等，非均匀受压混凝土的极限应变 $\varepsilon_{cu}$ 对C50～C80混凝土均取0.003；

4 钢筋应力取钢筋应变与弹性模量的乘积，但不得大于强度设计值。受拉钢筋的极限应变 $\varepsilon_{su}$ 取0.01。

表5.1.1 混凝土受压区高度系数 $\beta$

| 强度等级 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ 值 | 0.80 | 0.78 | 0.75 | 0.73 | 0.70 | 0.68 | 0.65 |

**5.1.2** 受拉钢筋和受压区混凝土同时达到强度设计值时的相对界限受压区高度，应按下列公式计算：

对有屈服点的热轧钢筋和冷拉钢筋

$$\xi_b = \frac{\beta}{1+\dfrac{f_s-\sigma_{p0}}{0.003E_s}} \tag{5.1.2-1}$$

对无屈服点的热处理钢筋、钢丝和钢绞线

中国建筑标准网 WWW.INONEC.COM

$$\xi_b = \frac{\beta}{1.67 + \frac{f_s - \sigma_{p0}}{0.003 E_s}}$$

式中

$\xi_b$——相对界限受压区高度，$\xi_b = \frac{x_b}{h_0}$

$h_0$——截面的有效高度；

$x_b$——界限受压区高度；

$f_s$——纵向钢筋的抗拉强度设计值，对普通钢筋取 $f_y$，对预应力钢筋取 $f_{py}$；$f_y$、$f_{py}$ 值应按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 表 2.2.3-1、2 的规定取用；

$E_s$——钢筋弹性模量；

$\sigma_{p0}$——受拉区纵向预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时预应力钢筋的应力。

注：在截面受拉区内配有不同种类或不同预应力值钢筋的受弯构件，其相对界限受压区高度应分别计算，并取其较小值。

**5.1.3** 钢筋应力可根据截面应变保持平面的假定，按下列公式计算：

对普通钢筋

$$\sigma_{si} = E_s \varepsilon_{cu} \left( \frac{\beta}{x / h_{0i}} - 1 \right) \qquad (5.1.3\text{-}1)$$

对预应力钢筋

$$\sigma_{pi} = E_s \varepsilon_{cu} \left( \frac{\beta}{x / h_{0i}} - 1 \right) + \sigma_{poi} \qquad (5.1.3\text{-}2)$$

此时，钢筋应力应符合下列条件：

$$-f_y' \leq \sigma_{si} \leq f_y \qquad (5.1.3\text{-}3)$$

当 $\sigma_{si}$ 为拉应力且其值大于 $f_y$ 时取 $\sigma_{si} = f_y$；当 $\sigma_{si}$ 为压应力且其绝对值大于 $f_y$ 时，取 $\sigma_{si} = -f_y'$。

$$\sigma_{poi} - f_{py}' \leq \sigma_{pi} \leq f_{py} \qquad (5.1.3\text{-}3)$$

当 $\sigma_{pi}$ 为拉应力且其值大于 $f_{py}$ 时，取 $\sigma_{pi} = f_{py}$；当 $\sigma_{pi}$ 为压应力

中国建筑设计网 WWW.CHINAJZSJW.COM

且其绝对值大于($\sigma_{poi}-f_{py}'$)的绝对值时,取 $\sigma_{pi}=\sigma_{poi}-f_{py}'$。

式中 $h_{0i}$——第 i 层纵向钢筋截面重心至混凝土受压区边缘的距离;

$x$——混凝土受压区等效矩形应力图的高度;

$\sigma_{si}$、$\sigma_{pi}$——第 i 层纵向的普通钢筋、预应力钢筋的应力,正值代表拉应力,负值代表压应力;

$f_y'$、$f_{py}'$——纵向的普通钢筋、预应力钢筋的抗压强度设计值,按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 表 2.2.3-1、2 的规定取用;

$\sigma_{poi}$——第 i 层纵向预应力钢筋截面重心处混凝土法向应力等于零时预应力钢筋的应力,按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 3.4.5 条所列公式确定;

$\varepsilon_{cu}$——非均匀受压时混凝土的极限应变,对高强混凝土取 0.003。

注:在高强混凝土构件正截面承载力计算中,钢筋应力不宜采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.1.4 条的近似公式确定。

**5.1.4** 当采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式计算正截面受弯承载力时,应取混凝土弯曲抗压强度设计值 $f_{cm}=f_c$,并应按本规程公式(5.1.2-1)和(5.1.2-2)计算相对界限受压区高度 $\xi_b$;此外,对 T 形、I 形和倒 L 形截面,受压翼缘宽度的计算值应按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.1.7 条确定的数值予以折减,对 C50～C65 混凝土乘折减系数 0.95,对 C70～C80 混凝土乘折减系数 0.9。

**5.1.5** 当采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(4.1.14)计算配置螺旋式或焊接环式间接钢筋的轴心受压构件时,式中考虑间接钢筋对承载力影响的 $2f_y A_{sso}$ 项应改为 $\alpha f_y A_{sso}$。其中,$\alpha$ 为与混凝土强度等级有关的系数,对 C50 混凝土取 2.0,对 C80 混凝土取 1.7,对 C50～C80 之间的混凝土可按线性内插值确定。

中国建筑设计院 WWW.SINOARCH.COM

**5.1.6** 在计算轴向压力作用下的截面承载力时，应假定轴向压力对截面最不利主轴有一附加偏心距 $e_a$。$e_a$ 应取不小于 20mm 和 1/30 偏心方向的截面尺寸两者中的较大值。

**5.1.7** 当采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式计算轴压和偏压构件的正截面承载力时，除应满足本规程第 5.1.4 条对受弯截面的规定外，尚应取附加偏心距 $e_a$，并考虑长细比对偏心距的影响。偏压构件中的纵向钢筋应力应按本规程公式(5.1.3 一 1)和(5.1.3-2)确定。

注：①在计算矩形截面对称配筋小偏心受压构件的钢筋截面面积时，所采用的截面相对受压区高度应按本规程第 5.1.1 条～5.1.3 条的规定确定，不宜采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.1.4 条的近似计算公式。

②对沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的矩形、T 形或 I 形截面偏心受压构件，可采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.1.17 条的近似公式(计算时 $f_{cm}$ 应取 $f_c$)初步确定钢筋面积，然后应按本规程第 5.1.1 条～5.1.3 条的规定进行强度校核。

③对沿周边均匀配置纵向钢筋的环形和圆形截面偏心受压构件，可采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.1.18 条和第 4.1.19 条的近似公式(计算时 $f_{cm}$ 应取 $f_c$)进行正截面强度设计和校核。但当配有Ⅲ级以上钢筋时，应按本规程第 5.1.1 条～5.1.3 条的规定进行强度校核。

**5.1.8** 对截面具有两个互相垂直对称轴的双向偏心受压构件，其正截面承载力可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(4.1.22)计算。此时，式中的 $N_{ux}$ 和 $N_{uy}$ 值应按本规程第 5.1.7 条的规定计算。

**5.1.9** 当采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式计算大偏心受拉构件的正截面承载力时，式中的混凝土弯曲抗压强度设计值 $f_{cm}$ 应取 $f_c$。

## 5.2 斜截面承载力计算

**5.2.1** 对矩形、T 形和 I 形截面的受弯构件，受剪截面应符合下列

中国建筑标准设计网 WWW.SBZOAE.COM

条件：

当$\frac{h_w}{b}\leqslant 4$时，　　$V\leqslant 0.25 f_c \alpha_c b h_0$　　(5.2.1—1)

当$\frac{h_w}{b}\geqslant 6$时，　　$V\leqslant 0.2 f_c \alpha_c b h_0$　　(5.2.1—2)

当$4\leqslant\frac{h_w}{b}<6$时，公式中的系数按直线内插法确定。

式中　$V$——剪力设计值；

$b$——矩形截面的宽度，T形或I形截面的腹板宽度；

$h_w$——截面的腹板高度。矩形截面取有效高度 $h_0$；T形截面取有效高度减去翼缘高度；I形截面取腹板净高。

$\alpha_c$——与混凝土强度等级有关的折减系数，$\alpha_c=\sqrt{\frac{23.5}{f_c}}$，或按表5.2.1的规定采用。

表5.2.1　混凝土强度等级折减系数 $\alpha_c$

| 强度等级 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha_c$值 | 1.0 | 0.95 | 0.92 | 0.88 | 0.84 | 0.82 | 0.79 |

**5.2.2**　对矩形、T形和I形截面的一般受弯构件，斜截面的计算位置应按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89第4.2.2条确定。当仅配有箍筋时，斜截面的受剪承载力应按下列公式计算：

$$V\leqslant V_{cs}+V_p \qquad (5.2.2\text{-}1)$$

$$V_{cs}=0.07 f_c \alpha_c \alpha_1 \alpha_h b h_0+1.5 f_{yv}\frac{A_{sv}}{s}h_0 \qquad (5.2.2.\text{-}2)$$

$$V_p=0.05 N_{po} \qquad (5.2.2\text{-}3)$$

式中　$V$——构件计算斜截面上的最大剪力设计值；

$V_{cs}$——构件计算斜截面上混凝土和箍筋受剪承载力设计

中国建筑信息网 WWW.SINAEC.COM

值；

$V_p$——由预应力所提高的构件受剪承载力设计值；

$A_{sv}$——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积，$A_{sv}=nA_{sv1}$，其中 $n$ 为同一截面内箍筋的肢数，$A_{sv1}$ 为单肢箍筋的截面面积；

$s$——沿构件长度方向上箍筋的间距；

$f_{yv}$——箍筋抗拉强度设计值，采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 表 2.2.3-1、2 的规定值，取值上限为 340N/mm²；

$N_{po}$——计算截面上混凝土法向预应力等于零时预应力钢筋和非预应力钢筋的合力，按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 3.4.18 条的规定计算；当 $N_{po}>0.3f_cA_0$ 时，取 $N_{po}=0.3f_cA_0$，其中 $A_0$ 为构件的换算截面面积；

$\alpha_1$——考虑广义剪跨比的折减系数，按表 5.2.2 的规定采用；

$\alpha_h$——考虑截面高度 $h$ 的折减系数，取 $\alpha_h=(\frac{800}{h})^{\frac{1}{4}}$，其中 $h$ 以 mm 计。当 $h\leqslant 800$mm 时，取 $\alpha_h=1$。

对集中荷载作用下的矩形截面独立梁（包括作用有多种荷载，且其中集中荷载对支座截面或节点边缘所产生的剪力值占总剪力值的 75% 以上的情况），当采用本规程公式（5.2.2-1）时，$V_{cs}$ 应按下列公式计算：

$$V_{cs}=\frac{0.2}{\lambda+1.5}f_c\alpha_c\alpha_h bh_0+1.25f_{yv}\frac{A_{sv}}{s}h_0 \qquad (5.2.2\text{-}4)$$

式中 $\lambda$——计算截面的剪跨比，可取 $\lambda=\frac{a}{h_0}$，$a$ 为计算截面至支座截面或节点边缘的距离，计算截面取集中荷载作用点处的截面；当 $\lambda<1.4$ 时取 $\lambda=1.4$，当 $\lambda$

中国建筑资讯网 WWW.CNJIANZHU.COM

>3 时取 $\lambda=3$；计算截面至支座之间的箍筋应均匀配置。

注：计算板的斜截面受剪承载力时，公式(5.2.2-2)和(5.2.2-4)的折减系数 $\alpha_1$ 和 $\alpha_h$ 取为1。

表 5.2.2 折减系数 $\alpha_1$

| 跨高比 $l/h$ | ≤9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | ≥15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha_1$ | 1 | 0.95 | 0.9 | 0.85 | 0.8 | 0.75 | 0.7 |

**5.2.3** 对矩形、T形和I形截面的一般受弯构件，当符合下列要求时：

$$V\leqslant 0.07 f_c \alpha_c \alpha_1 \alpha_h bh_0 + 0.05 N_{po} \qquad (5.2.3\text{-}1)$$

以及对符合第5.2.2条规定的集中荷载作用下矩形截面独立梁，当符合下列要求时：

$$V\leqslant \frac{0.2}{\lambda+1.5} f_c \alpha_c \alpha_h bh_0 + 0.05 N_{po} \qquad (5.2.3\text{-}2)$$

均可不进行斜截面受剪承载力计算，而仅需按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第7.2.6条、第7.2.7条、第7.2.9条和本规程第8.0.1条的规定，按构造要求配置箍筋。

**5.2.4** 当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第4.2.4条和第4.2.7条所列公式计算配有箍筋和弯起钢筋的受弯构件以及受拉边倾斜的受弯构件时，式中的 $V_{cs}$ 应按本规程公式(5.2.2-2)或(5.2.2-4)确定。

**5.2.5** 当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第4.2.10～第4.2.13条所列公式计算矩形截面的偏心受压和偏心受拉构件时，公式中的 $0.25 f_c bh_0$ 项应改为 $0.25 f_c \alpha_c bh_0$，$\frac{0.2}{\lambda+1.5} f_c bh_0$ 项应改为 $\frac{0.2}{\lambda+1.5} f_c \alpha_c bh_0$。

## 5.3 扭曲截面承载力和受冲切承载力计算

**5.3.1** 当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(4.3.1-1)检验

剪力和扭矩共同作用下的截面条件时，式中的 $0.25f_c$ 项应乘以折减系数 $\alpha_c$；当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 4.3.6 条和第 4.3.8 条所列公式计算剪扭构件受剪承载力时，式中 $0.07(1.5-\beta_1)f_c bh_0$ 项和 $0.035f_c bh_0$ 项应乘系数 $\alpha_c\alpha_1\alpha_h$，$\frac{0.2}{\lambda+1.5}(1.5-\beta_1)f_c bh_0$ 项和 $\frac{0.1}{\lambda+1.5}f_c bh_0$ 项应乘系数 $\alpha_c\alpha_h$。

**5.3.2** 受局部荷载或集中反力冲切作用的板宜配置箍筋或弯起钢筋等腹筋。如必须采用抗冲切的无腹筋板，当按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(4.4.1)计算其受冲切承载力时，所采用的混凝土抗拉强度设计值不得大于 $2.2N/mm^2$。

注：如有可靠的试验依据，可不受此限制。

## 5.4 局部受压承载力计算

**5.4.1** 高强混凝土局部受压时宜配置方格网式或螺旋式间接钢筋。间接钢筋所包围的混凝土核芯面积 $A_{cor}$ 应大于局部受压面积 $A_l$，其体积配筋率 $\rho_v$ 不应小于 $0.15f_c/f_y$。配置间接钢筋的高强混凝土局部受压承载力应按下列公式计算：

$$F_l \leqslant (\eta\beta f_c + 2\rho_v\beta_{cor}f_y)A_{ln} \qquad (5.4.1)$$

式中 $F_l$——作用于局部受压面上的局部荷载或局部压力设计值；

$f_c$——高强混凝土的轴心抗压强度设计值；

$\eta$——高强混凝土局部受压强度修正系数，按表 5.4.1 的规定采用。

其余符号意义与《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(4.5.1)和(4.5.2)中相同。

中国建筑设计院 WWW.SNJZSJ.COM

表 5.4.1　高强混凝土局部受压强度修正系数 $\eta$

| 强度等级 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\eta$ | 0.93 | 0.90 | 0.87 | 0.83 | 0.80 | 0.77 | 0.73 |

注：当 $\eta\beta<1$ 时，应取 $\eta\beta=1$。

**5.4.2**　配置间接钢筋的高强混凝土局部受压区的截面尺寸应符合下列要求：

$$F_{ls}\leqslant 1.15\,\eta\beta f_c A_{ln} \qquad (5.4.2)$$

式中　$F_{ls}$——短期效应组合下，作用于局部受压面上的局部荷载或局部压力的代表值。

其余符号意义和取值同第 5.4.1 条。

当局部受压区设置有预应力孔道时，公式(5.4.2)右端应乘以孔道折减系数 0.9。

**5.4.3**　高强素混凝土构件的局部受压承载力应按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 中有关素混凝土的公式(附 2.5－1，2.5－2)计算，且公式中混凝土局部受压强度提高系数应乘以修正系数 $\eta$，其取值按本规程表 5.4.1 的规定。素混凝土的轴心抗压强度设计值 $f_{cc}$，按本规程表 3.0.2 规定的 $f_c$ 值乘以系数 0.95 确定。

中国建筑学术网 www.cnki.com

# 6 混凝土结构正常使用极限状态验算

**6.0.1** 高强混凝土应按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第五章的规定作抗裂验算，但需作下列修正：

1 截面抵抗矩塑性系数 $\gamma_m$，对矩形截面和翼缘位于受压区的T形截面取 1.55，对其它形状截面取 $0.7\gamma_m+0.3$，式中 $\gamma_m$ 为《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 附录六规定的塑性系数值。上述 $\gamma_m$ 值需另乘系数 $k$ 以考虑截面高度的影响：当 $400<h<1500$mm 时，$k=(0.7+\frac{120}{h})$；$1500<h<3000$mm 时，$k=(0.9-8h\times10^{-5})$，$h$ 的单位为 mm。

2 对采用高强度钢筋（碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线和热处理钢筋）的预应力高强混凝土构件，当按一般要求不出现裂缝的构件采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(5.1.1-2)、(5.1.1-3)进行正截面抗裂验算时，混凝土拉应力限制系数 $\alpha_{ct}$ 可按表 6.0.1 的规定采用。

表 6.0.1 采用高强钢筋时混凝土拉应力限制系数 $\alpha_{ct}$

| 结构构件工作条件 | | $\alpha_{ct}$ |
|---|---|---|
| 室内正常环境 | 一般构件 | 0.8 |
| | 屋面梁、托梁 | 0.8 |
| | 中级工作制吊车梁 | 0.5 |
| | 屋架、托架 | 0.5 |
| | 重级工作制吊车梁 | 0 |
| 露天或室内高湿度环境 | | 0 |

**6.0.2** 当采用高强钢筋作部分预应力高强混凝土构件时，在正常环境条件下按荷载的短期效应组合并考虑长期效应组合影响求得

中国建筑信息网 WWW.CHINAJEC.COM

的最大裂缝宽度限值可取 0.1mm。

**6.0.3** 受弯构件的挠度可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(5.3.2)计算，其中考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数 $\theta$ 可按下列规定采用：

1 钢筋混凝土受弯构件

当 $\rho'=0$ 时，$\theta=1.85\sim1.65$

当 $\rho'=\rho$ 时，$\theta=1.55\sim1.45$

对强度等级较低的 C50 混凝土，$\theta$ 取高限；对强度等级较高的 C80 混凝土，$\theta$ 取低限。当 $\rho'$ 为中间数值时，$\theta$ 按直线内插法取值。此处，$\rho'$ 为截面纵向受压钢筋配筋率，$\rho$ 为截面纵向受拉钢筋配筋率。对翼缘位于受拉区的 T 形截面，$\theta$ 值应增加 20%。

2 预应力混凝土受弯构件

对使用阶段不允许开裂的构件，$\theta=1.75$；

对使用阶段允许开裂的构件，$\theta=1.60$。

3 预应力混凝土受弯构件在使用阶段的预加应力反拱值，可采用结构力学方法按刚度 $E_c I_o$ 进行计算。通常可按预应力引起的弯矩图采用弯矩面积法求得，并考虑预压应力长期作用的影响。此时，计算得出的预加应力反拱值应乘以增大系数 1.8；在计算中，预应力钢筋的应力应扣除全部预应力损失。

**6.0.4** 矩形、T 形、倒 T 形和 I 形截面的高强混凝土受拉、受弯和偏心受压构件以及预应力高强混凝土轴心受拉和受弯构件，当允许出现裂缝，并考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应组合的影响时，其最大裂缝宽度 $\omega_{max}$ 可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(5.2.2-1)计算，但公式中的 $0.1\frac{d}{\rho_{te}}$ 项应改为 $0.08\frac{d}{\rho_{te}}$；公式中钢筋直径 $d$ 取为：

1 对于有粘结预应力高强混凝土构件，当 $A_s\geqslant A_p$ 时，$d$ 为非预应力钢筋的直径；当 $A_s<A_p$ 时，$d$ 为预应力钢筋的直径；

2 对于无粘结预应力高强混凝土构件，$d$ 为非预应力钢筋的直径。

# 7 混凝土结构构造

**7.0.1** 混凝土构件中纵向受力钢筋的配筋百分率不应小于表7.0.1规定的数值。

表7.0.1 纵向受力钢筋的最小配筋百分率(%)

| 分类 | 混凝土强度等级 | |
|---|---|---|
| | C50～C65 | C70～C80 |
| 轴心受压构件的全部受压钢筋 | 0.8 | 1.0 |
| 偏心受压及偏心受拉构件的受压钢筋 | 0.4 | 0.5 |
| 受弯构件,偏心受压构件的受拉钢筋 | | |
| Ⅱ级 | 0.28 | 0.33 |
| Ⅲ级 | 0.24 | 0.28 |
| Ⅳ级 | 0.20 | 0.20 |

注:墙板类构件中受压钢筋的最小配筋百分率可低于表中数值,但宜不低于表中数值的50%。

**7.0.2** 混凝土受弯构件纵向拉筋的配筋百分率不宜大于表7.0.2规定的数值;混凝土受压构件纵向压筋的配筋百分率不宜大于8%。

表7.0.2 纵向拉筋的最大配筋百分率(%)

| 钢筋等级 | 混凝土强度等级 | |
|---|---|---|
| | C50～C65 | C70～C80 |
| Ⅱ级 | 4.0 | 5.0 |
| Ⅲ级 | 3.2 | 4.0 |
| Ⅳ级 | 1.8 | 2.3 |

中国建筑标准网(WWW.SINOAEC.COM)

**7.0.3** 受弯构件最大受力截面每侧各 1.5 倍截面高度的范围内应加强受压钢筋和加密箍筋，压筋配筋率不宜低于 0.8%；箍筋的体积含箍特征值不宜低于 0.06；箍筋间距不宜大于梁高的 1/4，也不大于压筋直径的 8 倍和 150mm；箍筋必须为封闭式。当采用绑扎骨架时，末端应做成不小于 135°弯钩，弯钩端头平直段长度不应小于箍筋直径的 5 倍和 50mm。

**7.0.4** 压弯构件(不含墙板类构件)最大受力截面每侧各 1.5 倍截面高度的范围内应加密箍筋，其体积含箍特征值应符合以下要求：

当轴压比≤0.2 时，体积含箍特征值不小于 0.06；

当轴压比≥0.6 时，体积含箍特征值不小于 0.16；

当轴压比为 0.2～0.6 时，可按线性内插法确定最小体积含箍特征值。

压筋配筋率和箍筋间距尚应符合本规程第 7.0.3 条的规定。

**7.0.5** 高强混凝土柱的箍筋宜采用复合箍型式。高强混凝土构件的箍筋宜采用等级较高的钢筋。

中国建筑资讯网 WWW.SINOARCH.COM

# 8 混凝土结构构件设计

**8.0.1** 梁中箍筋的间距应符合表 8.0.1 的规定。当斜截面上最大剪力 $V>0.07 f_c \alpha_c \alpha_1 \alpha_h b h_0+0.05 N_{po}$ 时，梁中箍筋配筋率 $\rho_{sv}$（$\rho_{sv}=\frac{A_{sv}}{bs}$）尚不应小于 $0.03 \frac{f_c}{f_{yv}}$。当梁中配有计算需要的纵向受压钢筋时，箍筋间距以及梁中纵向钢筋搭接长度范围内的箍筋间距尚应符合《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 7.2.7 条的规定。

注：当箍筋强度设计值大于 340N/mm² 时，取 340 $N/mm^2$。

表 8.0.1 梁中箍筋的最大间距(mm)

| 梁 高(mm) | $V>0.07 f_c \alpha_c \alpha_1 \alpha_h b h_0+0.05 N_{po}$ | $V\leqslant 0.07 f_c \alpha_c \alpha_1 \alpha_h b h_0+0.05 N_{po}$ |
|---|---|---|
| $150<h\leqslant 300$ | 150 | 200 |
| $300<h\leqslant 500$ | 200 | 250 |
| $500<h\leqslant 800$ | 250 | 300 |
| $h>800$ | 300 | 400 |

注：构件按约束混凝土设计时，箍筋间距应符合本规定第 7.0.3 条的规定。

**8.0.2** 高度大于 700mm 的梁，应沿梁高两侧设置直径不小于 10mm 的腰筋，腰筋的间距 $s_v$ 不宜大于梁宽 $b$ 和 300mm，且配筋率 $\frac{A_v}{bs_v}$ 不小于 0.2%，其中 $A_v$ 为同一高度位置上腰筋的截面面积之和。当梁与现浇板相连时，在与板相连部分可不设腰筋。

**8.0.3** 当采用《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 第 8.6.4～8.6.6、8.6.8 条的规定计算高强混凝土剪力墙受剪截面条件及斜截面受剪承载力时，公式中含有混凝土轴心抗压强度设计值 $f_c$ 的项均应乘以本规程表 5.2.1 规定的折减系数 $\alpha_c$。

中国建筑资讯网 www.sinoce.com

**8.0.4** 高强混凝土剪力墙配筋除应符合《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 第 7.4.9～7.4.12 条的规定外，其水平和竖向分布钢筋的配筋率 $\rho_{sh}$ 和 $\rho_{sv}$ 均不应小于 $0.025\frac{f_c}{f_{yv}}$，也不应小于 0.2%。对于剪力墙的加强部位，水平和竖向分布钢筋的最小配筋率均不应小于 $0.03\frac{f_c}{f_{yv}}$，也不应小于 0.3%。

注：当分布钢筋强度设计值大于 340N/mm² 时，取 340 N/mm²。

**8.0.5** 高强混凝土叠合式受弯构件、深梁和牛腿的设计宜有专门的试验资料作为依据。当无相应的试验数据时，可参照《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 有关条文进行设计。此时，叠合式受弯构件的正截面和斜截面承载力可按本规程第 5.1.1、5.1.2、5.1.4、5.2.1～5.2.4 条的规定设计；叠合面受剪承载力可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(7.5.5—1)计算，其中 $f_c$ 项应乘以本规程表 5.2.1 规定的折减系数 $\alpha_c$。深梁受剪截面条件和斜截面受剪承载力可按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 公式(7.6.5)、(7.6.6)计算，其中 $f_c$ 项也应乘以折减系数 $\alpha_c$；深梁纵向钢筋的最小配筋百分率宜按本规程第 7.0.1 条确定，水平和竖向分布钢筋的配筋百分率宜分别不小于 0.25%和 0.20%，且其配筋特征值宜分别不小于 0.02 和 0.015。

中国建筑标准网 www.CSAC.com

# 9 混凝土结构抗震设计

**9.0.1** 钢筋混凝土抗震柱设计时取用的混凝土强度等级一般不宜超过 C80。对于设防烈度为 8 度的钢筋混凝土结构，抗震柱的混凝土强度等级不宜高于 C70，9 度时不宜高于 C60。

注：采用钢管混凝土、钢骨混凝土、配筋纤维混凝土或经过试验验证的特殊构造措施时，混凝土强度等级不受限制。

**9.0.2** 框架梁端纵向受拉钢筋的配筋率不宜大于 3.0%（Ⅱ级钢筋）和 2.6%（Ⅲ级钢筋），且混凝土截面受压区高度和有效高度之比，对一级抗震等级不应大于 $0.31\beta$，对二、三级抗震等级不应大于 $0.44\beta$，$\beta$ 值按本规程表 5.1.1 的规定采用。

**9.0.3** 高强混凝土结构构件进行抗震验算时，其截面承载力设计值应除以承载力抗震调整系数 $\gamma_{RE}$，$\gamma_{RE}$ 值按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 表 8.1.3 的规定采用。

**9.0.4** 高强混凝土结构构件正截面承载力的抗震验算，应符合本规程第 5.1 节的规定。

**9.0.5** 按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 有关公式进行高强混凝土框架梁、柱、框架节点、核芯区、抗震墙和连系梁受剪截面尺寸的抗震验算时，公式中含有 $f_c$ 的项应乘以考虑混凝土强度等级的折减系数 $\alpha_c$，$\alpha_c$ 值应按本规程表 5.2.1 的规定采用；构件截面的剪压比限值可取与普通混凝土结构构件相同。

**9.0.6** 按《混凝土结构设计规范》GBJ10-89 有关公式进行高强混凝土矩形、T 形和 I 形截面的一般框架梁和抗震墙的连系梁，或进行柱、抗震墙和集中荷载作用的框架梁（包括有多种荷载，且其中集中荷载对节点边缘产生的剪力值占总剪力值的 75% 以上的情况），或框架节点核芯区的斜截面受剪承载力验算时，公式中含有 $f_c$ 的项应分别乘以 $\alpha_c\alpha_l\alpha_h$，或 $\alpha_c\alpha_h$，或 $\alpha_c$。$\alpha_l$ 和 $\alpha_h$ 应按本规程

第 5.2.1、5.2.2 条的规定采用。

**9.0.7** 对地震区高强混凝土框架结构中剪跨比大于 2 的柱，其轴压比不宜大于表 9.0.7 的规定。

表 9.0.7 框架结构柱轴压比限值

| 混凝土强度等级 | 结构抗震等级 | | |
|---|---|---|---|
| | 一级 | 二级 | 三级 |
| C50～C60 | 0.70 | 0.80 | 0.90 |
| C65～C80 | 0.65 | 0.75 | 0.85 |

注：1 轴压比指考虑水平地震作用效应组合的柱轴压力设计值与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比值。

2 框架-抗震墙结构的框架柱轴压比限值，一级可取表中值加 0.10，二级可取表中值加 0.05，三级宜与表中值相同。

3 首层或地面以上两层框支抗震墙结构的框支层柱轴压比限值宜取表中值减 0.10。

4 剪跨比不大于 2 且不小于 1.5 的框架结构柱轴压比限值宜取表中值减 0.10；当框架-抗震墙结构的框架柱剪跨比不大于 2 且不小于 1.5 时，其轴压比限值对一级可取表中值，二级可取表中值减 0.05，三级可取表中值减 0.10；框支层柱剪跨比不大于 2 且不小于 1.5 时，其轴压比限值可取表中值减 0.15。

5 变形能力要求较高和Ⅳ类场地上的高层建筑的轴压比限值应适当减小。

**9.0.8** 高强混凝土柱纵向钢筋的总配筋率应不小于表 9.0.8 的规定。

中国建筑标准设计网 www.CSJNOAEC.COM

表 9.0.8　柱纵向钢筋最小总配筋率(%)

| 类　　别 | 抗震等级 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 一级 | 二级 | 三级 | 四级 |
| 中柱、边柱 | 1.2 | 1.0 | 0.9 | 0.8 |
| 角柱、框支柱 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |

注：对Ⅳ类场地上较高的建筑，表中数值应增加 0.1。

**9.0.9**　高强混凝土柱箍筋加密区的配箍特征值 $\lambda_v$ 和体积配箍率 $\rho_v$ 宜不小于表 9.0.9 的规定值，且二者应同时满足。箍筋宜采用复合箍或螺旋箍，不宜采用普通箍。当采用螺旋箍时，若柱轴压比不大于 0.6，则 $\lambda_v$ 和 $\rho_v$ 表中值分别减小 0.02 和 0.2 采用，但分别不宜小于 0.08 和 0.6；若柱轴压比大于 0.6，则 $\lambda_v$ 和 $\rho_v$ 可较表中值分别减小 0.03 和 0.3 采用。

表 9.0.9　柱箍筋加密区的箍筋最小体积配箍特征值和最小体积配箍率

| 抗震等级 | | 轴压比 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ≤0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | ≥0.65 |
| 一 | $\lambda_v$ | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.21 | 0.25 |
| | $\rho_v$(%) | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.7 | 2.0 |
| 二 | $\lambda_v$ | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.21 |
| | $\rho_v$(%) | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.7 |
| 三 | $\lambda_v$ | 0.08 | 0.10 | 0.12 | 0.15 | 0.18 |
| | $\rho_v$(%) | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 |

注：1　$\lambda_v = \rho_v \dfrac{f_{yv}}{f_c}$，当箍筋屈服强度设计值 $f_{yv}$ 大于 420N/mm² 时，取 420N/mm²。

中国建筑设计网 WWW.JSNORMS.COM

2 计算复合箍的箍筋体积配箍率时，应扣除重叠部份的箍筋体积。

3 当柱的承载力计算值大于设计需要值20%以上时，表中数值可降低一级采用，但三级时不应降低。

**9.0.10** 高强混凝土抗震墙墙板中竖向和横向分布钢筋的配筋，均应符合表9.0.10的要求；对于Ⅳ类场地上较高的建筑，表9.0.10的数值宜提高一级采用。

表9.0.10 抗震墙水平和竖向分布钢筋的最小配筋率(%)

| 抗震等级 | 墙体部位 | |
|---|---|---|
| | 一般部位 | 加强部位 |
| 一级 | 0.3 | 0.35 |
| 二级 | 0.25 | 0.30 |
| 三级 | 0.20 | 0.30 |

**9.0.11** 对一级及二级高强混凝土抗震墙，按组合轴压力设计值及组合弯矩设计值求得的截面混凝土相对受压区高度分别不宜大于0.35和0.45。

**9.0.12** 抗震墙应设置约束边缘构件，包括端柱、暗柱和翼墙等。应按截面混凝土相对受压区的高度，确定约束边缘构件沿墙肢的长度及其箍筋配置。

**9.0.13** 对于整浇的框架梁板柱节点，在计算梁端上部钢筋受拉的抗弯承载力时，可考虑每一梁侧6倍板厚宽度范围内板的上下钢筋参与受弯工作，但这些钢筋必须有足够的锚固长度。

**9.0.14** 高强混凝土框架结构(包括填充墙框架结构)、框架-剪力墙结构在罕遇地震作用下的层间弹塑性位移角的限值[$\theta_p$]可分别取1/60和1/100；对框架结构，当柱轴压比小于0.40时可提高10%，当轴压比小于0.30时可提高20%。

WWW.SINOSEC.COM

# 10 钢管混凝土柱设计和施工

## 10.1 一般规定

**10.1.1** 钢管混凝土柱是指在圆形钢管内填灌高强混凝土而形成的组合柱。其设计与施工，除本规程规定者外，应遵守《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28:90 的有关规定。

**10.1.2** 钢管高强混凝土柱应满足下列要求：

1 钢管壁厚 $t$ 不宜小于 8mm；

2 钢管外径与壁厚的比值 $d/t$ 应限制在 $90(\frac{235}{f_y})\sim 20$ 之间，此处 $f_y$ 为钢材屈服强度（或屈服点）：对 3 号钢（Q235），取 $f_y=235\text{N/mm}^2$；对 16Mn（Q345）钢，取 $f_y=345\text{N/mm}^2$；对 15MnV 钢，取 $f_y=390\text{N/mm}^2$；

3 套箍指标 $\theta$ 应不小于 0.5；

4 柱的长径比 $l/d$ 应不大于 20；

5 轴向压力偏心率 $e_0/r_c$ 应不大于 1。

其中，符号说明见第 10.2.2 条和 10.2.3 条。

**10.1.3** 钢管可采用直缝焊接管、螺旋形缝焊接管和无缝钢管。焊接必须采用对接焊缝，且达到焊缝强度不低于管材强度的要求。焊缝质量（包括直缝、环缝和螺旋形缝）应符合《钢结构工程施工及验收规范》GB50205-95 一级焊缝的标准。现场安装分段接头处的受压环焊缝，应符合二级焊缝的标准。

## 10.2 承载力计算

**10.2.1** 钢管高强混凝土柱的轴向受压承载力应满足下列要求：

中国建筑标准设计网 WWW.SJHOUEC.COM

$$N \leqslant N_u \tag{10.2.1-1}$$

式中 $N$——轴向压力设计值；

$N_u$——钢管高强混凝土柱的承载力设计值。

**10.2.2** 钢管高强混凝土柱的承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_u = \varphi_1 \varphi_e N_0 \tag{10.2.2-1}$$

1 当 $\theta \leqslant \xi$ 时，

$$N_0 = A_c f_c (1 + \alpha\theta) \tag{10.2.2-2}$$

2 当 $\theta > \xi$ 时，

$$N_0 = A_c f_c (1 + \sqrt{\theta} + \theta) \tag{10.2.2-3}$$

$$\theta = f_a A_a / A_c f_c \tag{10.2.2-4}$$

且均应满足下列条件：

$$\varphi_1 \varphi_e \leqslant \varphi_0 \tag{10.2.2-5}$$

表 10.2.2 系数 $\alpha$、$\xi$ 值

| 混凝土等级 | C50 | C55 | C60 | C65 | C70 | C75 | C80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | 2.00 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.80 | 1.75 | 1.70 |
| $\xi$ | 1.00 | 1.11 | 1.23 | 1.38 | 1.56 | 1.78 | 2.04 |

式中 $N_0$——钢管高强混凝土轴心受压短柱的承载力设计值；

$\theta$——钢管高强混凝土套箍指标；

$\alpha$、$\xi$——与混凝土强度等级有关的系数，按本规程表 10.2.2 的规定取值，$\xi = \dfrac{1}{(\alpha - 1)^2}$

$f_c$——高强混凝土的抗压强度设计值，按本规程表 3.0.2 的规定采用；

$A_c$——核芯混凝土的横截面面积；

中国建筑资讯网 WWW.51QAEC.COM

$f_a$——钢管的抗拉、抗压强度设计值，按《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28：90 表 2.1.3 的规定采用；

$A_a$——钢管的横截面面积；

$\varphi_l$——考虑长细比影响的承载力折减系数，按第 10.2.4 条的规定确定；

$\varphi_e$——考虑偏心率影响的承载力折减系数，按第 10.2.3 条的规定确定；

$\varphi_0$——按轴心受压柱考虑时的 $\varphi_l$ 值。

**10.2.3** 钢管高强混凝土柱考虑偏心影响的承载力折减系数 $\varphi_e$，应按下列公式计算：

$$\varphi_e=\frac{1}{1+1.85\dfrac{e_0}{\gamma_c}} \tag{10.2.3-1}$$

$$e_0=\frac{M_2}{N} \tag{10.2.3-2}$$

式中 $e_0$——偏心距；

$\gamma_c$——核芯混凝土横截面的半径；

$M_2$——柱端弯矩设计值的较大者；

$N$——轴向力设计值。

**10.2.4** 钢管高强混凝土柱考虑长细比影响的承载力折减系数 $\varphi_l$，应按下列公式计算：

1 当 $l_e/d>4$ 时：

$$\varphi_l=1-0.115\sqrt{l_e/d-4} \tag{10.2.4-1}$$

2 当 $l_e/d\leqslant 4$ 时：

$$\varphi_l=1 \tag{10.2.4-2}$$

式中 $d$——钢管外径；

$l_e$——柱的等效计算长度，按第 10.2.5 条的规定确定。

中国建筑标准网 WWW.SJHOAEC.COM

**10.2.5** 柱的等效计算长度应按下列公式计算：

$$l_e = \mu k l \qquad (10.2.5\text{-}1)$$

式中 $l$——柱的实际长度；

$\mu$——考虑柱端约束条件的计算长度系数，根据梁柱刚度的比值，按《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28:90 附录一确定；

$k$——考虑柱身弯矩分布梯度影响的等效长度系数，按第 10.2.6 条的规定确定。

**10.2.6** 钢管高强混凝土柱考虑柱身弯矩分布梯度影响的等效长度系数，应按下列公式计算：

1 轴心受压柱和杆件(图 10.2.6a)：

$$k = 1 \qquad (10.2.6\text{-}1)$$

2 无侧移框架柱(图 10.2.6b、c)：

$$k = 0.5 + 0.3\beta + 0.2\beta^2 \qquad (10.2.6\text{-}2)$$

3 有侧移框架柱(图 10.2.6d)和悬臂柱(图 10.2.6e、f)：

$$k = 1 - 0.625\, e_o / \gamma_c \qquad (10.2.6\text{-}3)$$

当 k 小于 0.5 时，取 0.5。

当悬臂柱自由端有力矩 $M_1$ 作用时(图 10.2.6f)，

$$k = \frac{1 + \beta_1}{2} \qquad (10.2.6\text{-}4)$$

并与公式(10.2.6-3)比较，取其中较大者。

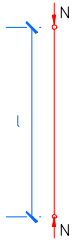
式中 $\beta$——柱两端弯矩设计值中较小者与较大者的比值，$\beta = M_1 / M_2$，其中 $|M_1| \leqslant |M_2|$，单曲压弯时 $\beta$ 取正值，双曲压弯时 $\beta$ 取负值；

$\beta_1$——悬臂柱自由端力矩设计值 $M_1$ 与嵌固端弯矩设计值 $M_2$ 的比值，当 $\beta$ 为负值(双曲压弯)时，按反弯点分割的高度为 $l_2$ 的悬臂柱计算。

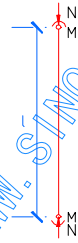
中国建筑结构网 WWW.SINEE.COM

注：1 无侧移框架系指框架中设有支撑架、剪力墙、电梯井等支撑结构，且其抗侧移刚度不小于框架抗侧移刚度的 5 倍者。有侧移框架系指框架中未设上述支撑结构或支撑结构的抗侧移刚度小于框架抗侧移刚度的 5 倍者。

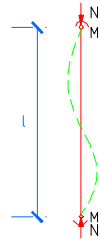
2 嵌固端系指相交于柱的横梁的线刚度与柱的线刚度的比值不小于 4 者，或柱基础的长和宽均不小于柱直径的 4 倍者。



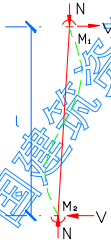

(a)轴心受压



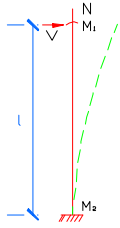

(b) 无侧移单曲受压



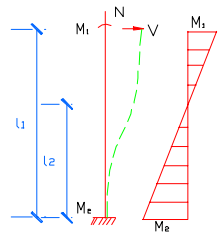

(c) 无侧移双曲受压




(d) 有侧移双曲受压




(e) 悬臂柱单曲受压




(f) 悬臂柱双曲受压

图 10.2.6 柱的计算简图

## 10.3 局部受压计算

**10.3.1** 钢管混凝土柱的局部受压应满足下列要求：

$$N_l \leqslant N_{ul} \tag{10.3.1}$$

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑资讯网

式中　$N_1$——局部作用的轴向压力设计值；

$N_{ul}$——钢管混凝土柱的局部受压承载力设计值。

**10.3.2**　钢管混凝土柱在中央部位受压时(图 10.3.2)，局部受压承载力设计值应按下列公式计算：

$$N_{ul}=N_0\sqrt{\frac{A_l}{A_c}} \tag{10.3.2}$$

式中　$N_0$——局部受压区钢管混凝土轴心受压短柱的承载力设计值；

$A_l$——局部受压面积；

$A_c$——钢管内核芯混凝土的横截面面积。

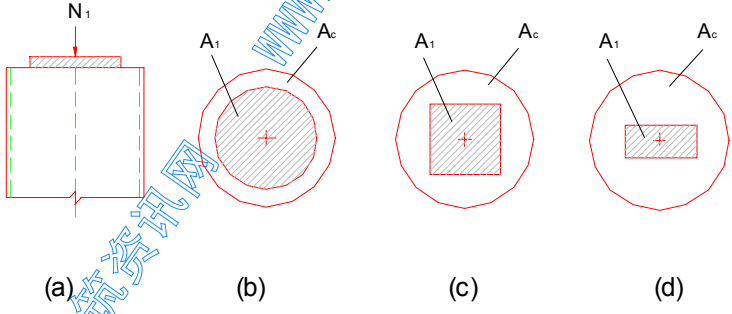



图 10.3.2　中央部位局部受压

**10.3.3** 钢管混凝土柱在组合界面附近受压时(图 10.3.3)，局部受压承载力设计值应按下列公式计算：

1　当 $A_l/A_c\geqslant 1/3$ 时，

$$N_{ul}=(N_0-N')\,\omega\cdot\sqrt{\frac{A_l}{A_c}} \tag{10.3.3-1}$$

2　当 $A_l/A_c<1/3$ 时，

$$N_{ul}=(N_0-N')\,\omega\cdot\sqrt{3}\cdot\frac{A_l}{A_c} \tag{10.3.3-2}$$

式中　$N'$——非局部作用的轴向压力设计值；

中国建筑资讯网 WWW.SJNOAEC.COM

$\omega$——考虑局压应力分布状况的系数，当局压应力为均匀分布时，取 $\omega=1.0$；当局压应力为非均匀分布时（例如，与钢管内壁焊接的柔性抗剪连接件），取 $\omega=0.75$。

当局部受压承载力不足时，可将局压区段（等于钢管直径的1.5倍）管壁加厚，予以补强。

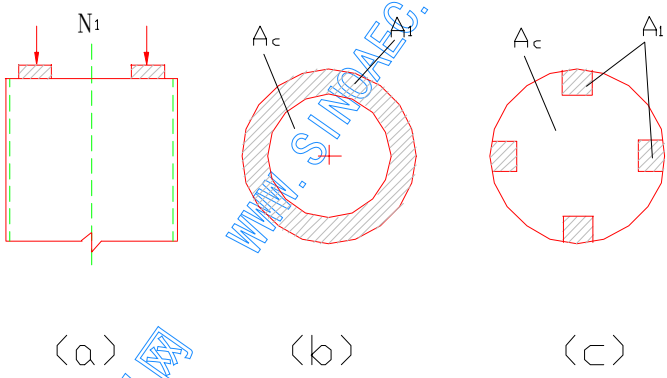



图 10.3.3　组合界面附近局部受压

## 10.4　变形计算

**10.4.1**　钢管高强混凝土结构的变形，可按一般结构力学方法计算。

**10.4.2**　在正常使用极限状态下，钢管高强混凝土构件的刚度可按下列规定采用：

1　压缩刚度：

$$(EA)_e = E_a A_a + E_c A_c \qquad (10.4.2\text{—}1)$$

2　弯曲刚度：

$$(EI)_e = E_a I_a + 0.6 E_c I_c \qquad (10.4.2\text{-}2)$$

式中　$A_a$、$I_a$——钢管横截面的面积和对重心轴的惯性矩；

$A_c$、$I_c$——钢管内混凝土横截面的面积和对重心轴的惯性矩；

WWW.SINOAEC.COM 中国建筑资讯网

$E_a$、$E_c$——钢材和高强混凝土的弹性模量，后者按本规程表3.0.3的规定采用。

## 10.5 节点构造

**10.5.1** 钢管高强混凝土结构的节点应做到构造简单，整体性好，传力明确，安全可靠，节约材料和施工方便。

**10.5.2** 梁(板)柱节点处的竖向剪力应通过钢牛腿传递给钢管，不考虑混凝土与钢管壁间的粘结力。钢牛腿的腹板承担全部剪力$V$，因剪力而引起的弯矩$M=V_e$，由牛腿的上下翼缘板来平衡。为防止牛腿对钢管壁产生局部撕裂，可采取以下构造措施：

1 将牛腿穿入管心，并将腹板焊牢于对面的钢管壁上。为方便浇灌混凝土，翼缘板宽度可在穿过钢管壁至少50mm以后逐渐减窄(图10.5.2—1a)。穿心牛腿与钢管壁相连接的焊缝，必须满足本规程第10.1.3条的要求。

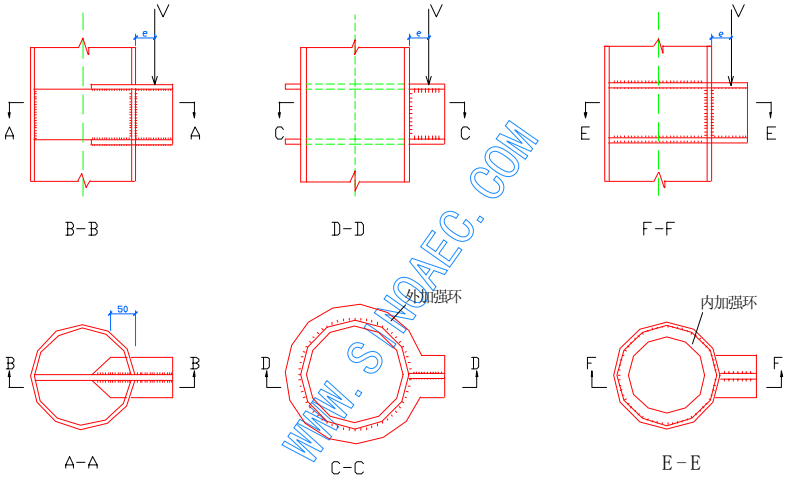
2 当钢牛腿不穿入管心时，应将其上下翼缘板扩展成加强环。该环可视具体情况做成外加强环，即环形牛腿(图10.5.2-1b)或内加强环(图10.5.2-1c)。加强环与钢管壁之间必须用坡口满焊。在计算加强环的强度时，应将其视为独立环带，不考虑相邻管壁共同工作，以免削弱钢管的套箍作用。

牛腿位置可根据柱子和梁的具体情况合理布置(图10.5.2-2)。

加强环的外形，可视具体情况作成圆形或方形，上下加强环的尺寸也可有差异。

**10.5.3** 梁(板)柱节点处作用于钢管上的纵向剪力通过钢管与核芯混凝土界面的粘结力和抗剪连接件的局部承压力传递给核芯混凝土。钢管与核芯混凝土界面的抗剪粘结强度可按表10.5.3的规定采用。

中国建筑标准设计网 www.1000e.com




(a)穿心牛腿　(b)不穿心牛腿带外加强环　(c)不穿心牛腿带内加强环

图 10.5.2—1　牛腿构造

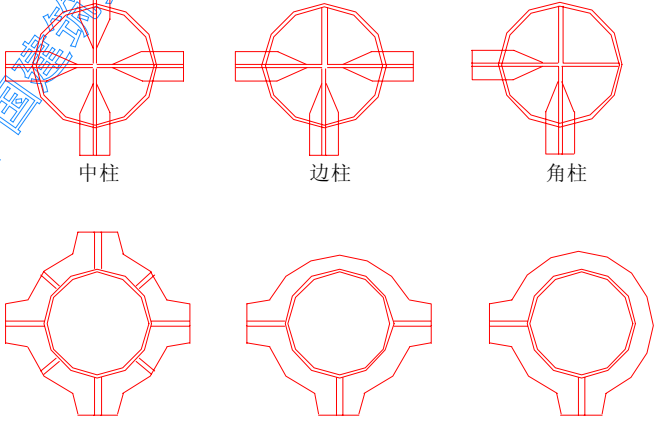



图 10.5.2 — 2 牛腿布置

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑设计网

表 10.5.3　钢管与核芯混凝土界面的抗剪粘结强度 $\tau_0$(N/mm²)

| 混凝土强度等级 | C50 | C60 | C70 | C80 |
|---|---|---|---|---|
| $\tau_0$ 值 | 0.45 | 0.50 | 0.55 | 0.60 |

第 10.5.2 条所述的穿心牛腿、内加强环及设置于钢管分段处的环形隔板均兼具抗剪连接件的功能。此外，焊接于钢管内壁的钢筋环和内衬管段也可作为抗剪连接件(图 10.5.3)。

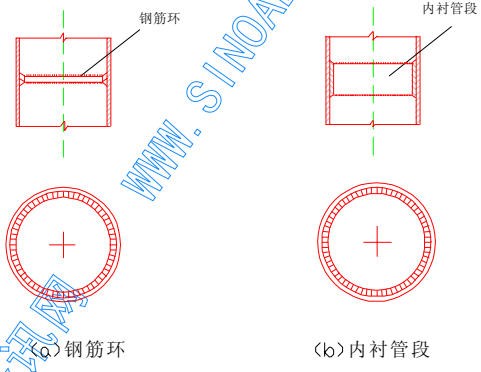



图 10.5.3　抗剪连接件

**10.5.4**　梁(板)柱节点处梁(板)中弯矩的传递可采用下列构造措施：

1　对于钢梁和预制混凝土梁，可采用钢加强环与钢梁的上下翼缘焊接或与混凝土梁的上下纵筋焊接(图 10.5.4—1)。

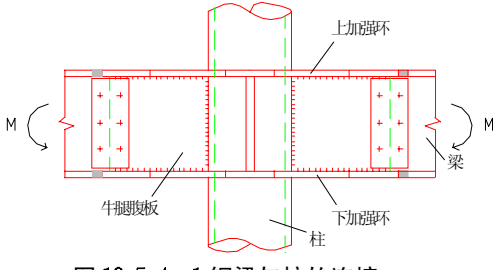



图 10.5.4—1 钢梁与柱的连接

中国建筑资讯网 WWW.SINOAEC.COM

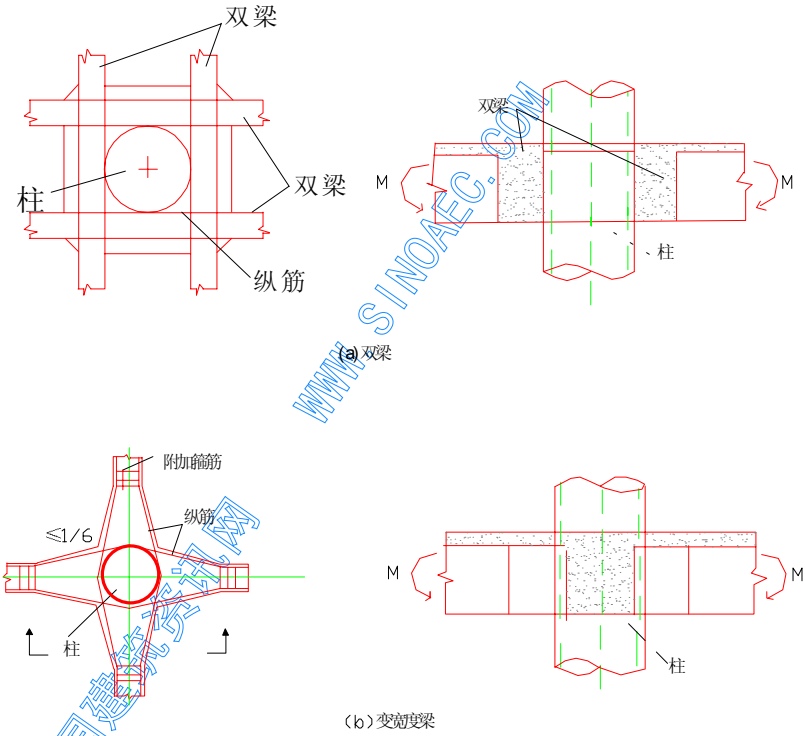



图 10.5.4—2　混凝土梁与柱的连接

2　对于现浇混凝土梁(板),为避免钢筋穿过钢管,可根据具体情况采用平行双梁或变宽度梁,使钢筋从钢管侧面通过或绕过(图 10.5.4—2)。变宽度梁端绕筋的斜度应不大于 1/6,并应在开始变宽度处增设附加箍筋将纵向钢筋包住。

3　对于现浇混凝土梁(板),如施工条件允许,可根据具体情况在钢管上开孔,将纵筋穿过钢管或直接锚入核芯混凝土内。在钢管开孔的区段,应采用内衬管段或外套管段与柱钢管紧贴焊牢予以补强(图 10.5.4—3)。衬(套)管壁厚度 $t_1$ 应不小于柱钢管壁

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑设计院

厚度 $t$，穿筋孔的环向净距 $s$ 应不小于孔的长径 $b$，衬(套)管端面至孔的净距 $\omega$ 应不小于孔长径 $b$ 的 2.5 倍。

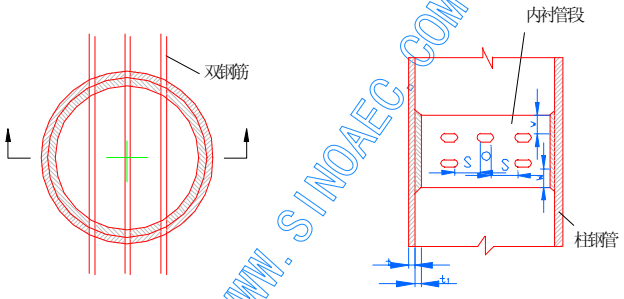



图 10.5.4—3　混凝土梁中钢筋穿过柱钢管的连接

**10.5.5**　钢管高强混凝土柱必须设置柱脚板，其构造与端承式空心钢管柱的柱脚板相同。在地震区尚应按抗拔力不小于钢管极限抗拉承载力的原则设置柱脚锚固螺栓(图 10.5.5a)，或将钢管混凝土柱插入基础结构适当深度，并采取适当构造措施将钢管予以锚固(图 10.5.5b)。应验算基础结构与钢管混凝土柱连接处的局部受压强度。

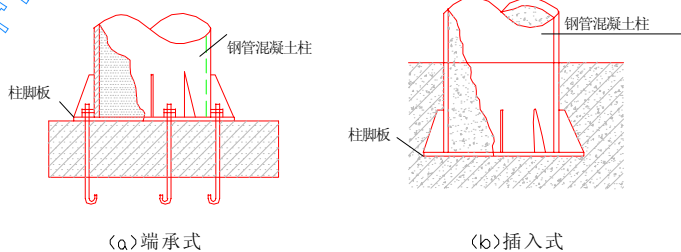



图 10.5.5　柱脚构造

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑标准设计

## 10.6 施工质量要求

**10.6.1** 《钢管混凝土结构设计与施工规程》CECS28:90 中第 7.2.5 条表 7.2.5 第 3 栏“管端不平度”的允许值应改为$\frac{f}{d}=1/500$和 $f\leqslant 3mm$。

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑资讯网

# 11　钢骨混凝土构件设计

**11.0.1**　钢骨高强混凝土梁、柱的受弯和受剪承载力，可参照行业标准《钢骨混凝土结构设计规程》YB9082—97 的规定，按钢筋高强混凝土与钢骨两部分承载力之和，采用叠加方法设计计算。其中，钢筋高强混凝土部分应按本规程对钢筋高强混凝土构件的规定进行设计计算。

**11.0.2**　钢骨高强混凝土梁、柱构件纵向钢筋的最小配筋率应满足本规程第 7.0.1 条的要求。钢骨的含量不宜小于 3%，也不宜大于 15%。钢骨板材的厚度与宽厚比应满足 YB9082—97 的要求。

有关钢筋混凝土配筋的构造要求尚应符合 YB9082—97 的有关规定。

**11.0.3**　钢骨高强混凝土梁的箍筋直径和间距应符合表 11.0.3 的要求，且箍筋间距不应大于梁高的 1/2。对有抗震设防要求的结构，在距梁端 1.5 倍梁高的范围内箍筋间距应加密；当梁净跨小于梁截面高度的 4 倍时，沿梁全跨箍筋均应加密配置。

表　1.0.3　梁中箍筋的直径和间距(mm)

| 抗震等级 | 箍筋直径 | 箍筋间距 | 加密区箍筋间距 |
|---|---|---|---|
| 一级 | ≥10 | ≤150 | ≥100 |
| 二级 | ≥8 | ≤200 | ≤100 |
| 三级 | ≥8 | ≤250 | ≤150 |
| 四级，非抗震 | ≥8 | ≤250 | — |

**11.0.4**　钢骨高强混凝土柱中箍筋的体积配箍率不应小于 0.8%，箍筋的直径和间距应符合表 11.0.4 的要求，且箍筋间距不应大于柱宽度的 1/2。对有抗震设防要求的结构，在距柱上下端 1.5 倍截

中国建筑标准网 WWW.SINOSTD.COM

面高度的范围内箍筋间距应加密；当柱净高小于柱截面高度的 4 倍时，沿柱全高箍筋均应加密配置。

表 11.0.4　柱中箍筋的直径和间距(mm)

| 抗震等级 | 箍筋直径 | 箍筋间距 | 加密区箍筋间距 |
|---|---|---|---|
| 一级 | ≥12 | ≤150 | ≤100 |
| 二级 | ≥12 | ≤200 | ≤150 |
| 三级 | ≥10 | ≤200 | ≤150 |
| 四级，非抗震 | ≥8 | ≤200 | — |

**11.0.5**　考虑地震作用组合时，钢骨高强混凝土框架柱承受的轴压力设计值应满足 YB9082—97 公式(6.3.14)的限值要求，但轴压力限值系数应按表 11.0.5 取值。

表　11.0.5　轴压力限值系数

| 混凝土强度等级 | 抗震等级 | | |
|---|---|---|---|
| | 一级 | 二级 | 三级 |
| C50～C60 | 0.6 | 0.7 | 0.8 |
| C65～C80 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |

**11.0.6**　钢骨高强混凝土柱的偏心距增大系数可按 YB9082－97 第 6.3.8 条的规定计算，但该条公式(6.3.8－2)中 $0.4f_cA_c$ 项应改为 $0.5\beta f_cA_c$，β 按本规程表 5.1.1 取值。

**11.0.7**　在钢骨高强混凝土剪力墙中，钢筋混凝土腹板的竖向和水平分布筋的面积配筋率、直径和间距应符合表 11.0.7 的要求。对有抗震设防要求的结构，在剪力墙底部高度为 1 倍墙截面高度的范围内水平分布筋间距应加密。

表 11.0.7　剪力墙腹板竖向、水平分布筋的直径和间距(mm)

中国建筑资讯网 WWW.SINOAEC.COM

| 抗震等级 | 面积<br>配筋率 | 直径 | 间距<br>（双排） | 加密区水平<br>分布筋间距 |
|---|---|---|---|---|
| 一级 | ≥0.3% | ≥10 | ≤150 | ≤100 |
| 二级 | ≥0.3% | ≥10 | ≤200 | ≤150 |
| 三级 | ≥0.25% | ≥8 | ≤200 | ≤150 |
| 四级，非抗震 | ≥0.25% | ≥8 | ≤250 | — |

**11.0.8** 在钢骨高强混凝土剪力墙中，钢筋混凝土腹板的受剪承载力可按 YB9082—97 第 6.4.10 条计算，但该条公式中的 $f_c$ 应改为 $\alpha_c \alpha_h f_c$，$\alpha_c$ 和 $\alpha_h$ 应按本规程第 5.2.1 条和第 5.2.2 条确定。

**11.0.9** 钢骨高强混凝土梁柱节点的受剪承载力可按 YB9082—97 第 7.1.9 条计算，但该条公式中的 $f_c$ 应改为 $\alpha_c f_c$，$\alpha_c$ 应按本规程第 5.2.1 条确定。

中国建筑资讯网 WWW.CHINAEC.COM

# 12 混凝土施工

## 12.1 混凝土原材料

**12.1.1** 配制高强混凝土宜选用标号不低于525号的硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。对于C50混凝土，必要时也可采用425号硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。

对立窑生产的水泥宜根据其质量稳定性，慎重选用。

**12.1.2** 细骨料宜选用质地坚硬、级配良好的河砂或人工砂，其细度模数不宜小于2.6，含泥量不应大于1.5%。配制C70及以上等级混凝土时，细骨料含泥量不应大于1.0%，且不容许有泥块存在，必要时应冲洗后使用。

细骨料的其他质量指标应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52—92的规定。

**12.1.3** 粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等碎石或碎卵石。骨料母体岩石的立方体抗压强度应比所配制的混凝土强度高20%以上。仅当有可靠依据时，方可采用卵石配制。

粗骨料颗粒中，针片状颗粒含量不宜大于5%，不得混入风化颗粒，含泥量不应大于1%。配制C80及其以上等级混凝土时，含泥量不应大于0.5%。当泥为非粘土质石粉时，允许含量可适当放宽。

粗骨料的最大粒径不宜大于25mm。配制C80及其以上等级的混凝土时，粗骨料最大粒径不宜大于20mm。粗骨料宜采用二级级配。

粗骨料的其他质量指标应符合《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JCJ53—92的规定。

中国建筑信息网 WWW.SINOFEC.COM

**12.1.4** 配制高强混凝土的矿物掺合料可选用粉煤灰、磨细矿渣、磨细天然沸石岩和硅粉等。

1 粉煤灰

用作高强混凝土掺合料的粉煤灰一般应选用Ⅰ级灰。对强度等级较低的高强混凝土，通过试验也可选用Ⅱ级灰。粉煤灰的性能宜符合附录A的要求，应尽可能选用需水量比小且烧失量低的粉煤灰。

2 磨细矿渣

用作高强混凝土掺合料的磨细矿渣应符合下列质量要求：

比表面积：宜大于 $4000cm^2/g$；

需水量比宜不大于105%；

烧失量宜不大于5%。

3 磨细天然沸石岩

用作高强混凝土掺合料的天然沸石岩，应选用斜发沸石或丝光沸石，不宜选用方沸石、十字沸石及菱沸石。

磨细天然沸石粉应符合下列质量要求：

铵离子净交换量不小于110meq/100g(斜发沸石)或120meq/100g(丝光沸石)；

细度0.08mm方孔筛余不大于10%；

抗压强度比不大于90%。

4 硅粉

用作高强混凝土掺合料的硅粉应符合下列质量要求：

二氧化硅含量不小于85%；

比表面积(BET-$N_2$ 吸收法)不小于 $180000cm^2/g$；

密度约 $2200kg/m^3$；

平均粒径0.1～0.2 $\mu m$。

**12.1.5** 配制高强混凝土的外加剂，其质量应符合《混凝土外加剂》GB/T8076—97及《混凝土泵送剂》JC473—92的规定。外加剂应经质量检测并试配后选定。

WWW.SNAEC.COM 中国建筑设计网

**12.1.6** 拌制高强混凝土的水，其质量应符合《混凝土拌合用水标准》JGJ63—89 的规定。

**12.1.7** 为防止发生破坏性碱骨料反应，当结构处于潮湿环境且骨料有碱活性时，每立方米混凝土拌合物(包括外加剂)的含碱总量($NaO+0.658K_2O$)不宜大于 3kg，超过时应采取抑制措施。

**12.1.8** 为防止钢筋锈蚀，钢筋混凝土中的氯盐含量(以氯离子重量计)不得大于水泥重量的 0.2%；当结构处于潮湿或有腐蚀性离子的环境时，氯盐含量应小于水泥用量的 0.1%；对于预应力混凝土，氯盐含量应小于水泥重量的 0.06%。

**12.1.9** 混凝土各种原材料的运输、储存、保管和发放，均应有严格的管理制度，防止误装、互混和变质。

## 12.2 混凝土配合比

**12.2.1** 高强混凝土的配合比，应根据施工工艺要求的拌合物工作性和结构设计要求的强度，充分考虑施工运输和环境温度等条件进行设计，通过试配并经现场试验确认满足要求后方可正式使用。高强混凝土的配合比应有利于减少温度收缩、干燥收缩、自生收缩引起的体积变形，避免早期开裂。对处于有侵蚀性作用介质环境的结构物，所用高强混凝土的配合比应考虑耐久性的要求。

**12.2.2** 混凝土的配制强度必须大于设计要求的强度标准值，以满足强度保证率的要求。超出的数值应根据混凝土强度标准差确定。当缺乏可靠的强度统计数据时，C50 和 C60 混凝土的配制强度应不低于强度等级值的 1.15 倍；C70 和 C80 混凝土的配制强度应不低于强度等级值的 1.12 倍。

**12.2.3** 配制高强混凝土所用的水胶比(水与胶结料的重量比)宜采用 0.25～0.42。强度等级愈高，水胶比应愈低。

**12.2.4** 配制 C50 和 C60 高强混凝土所用的水泥量不宜大于 450kg/m³，水泥与掺合料的胶结材料总量不宜大于 550kg/m³。配制 C70 和 C80 高强混凝土所用的水泥量不宜大于 500kg/m³，水泥

与掺合料的胶结材料总量不宜大于 600kg/m³。配制高强混凝土所用高效减水剂的品种和掺量，应通过与水泥的相容性试验(附录B)选定。

粉煤灰掺量不宜大于胶结材料总量的30%，磨细矿渣不宜大于50%，天然沸石岩粉不宜大于10%，硅粉不宜大于10%。宜使用复合掺合料，其掺量不宜大于胶结材料总量的50%。

**12.2.5** 混凝土的砂率宜为28%～34%。当采用泵送工艺时，可为34%～44%。

**12.2.6** 高效减水剂掺量宜为胶结材料总量的0.4%～1.5%。为提高拌合物的工作性和减少混凝土坍落度在运输、浇筑过程中的损失，可采用复合缓凝高效减水剂、载体流化剂，或滞水后掺、多次添加等方法。

## 12.3 混凝土拌制

**12.3.1** 拌制高强混凝土不得使用自落式搅拌机。

**12.3.2** 混凝土原材料均按重量计量，计量的允许偏差为：水泥和掺合料±1%，粗、细骨料±2%，水和化学外加剂±1%。

**12.3.3** 配制高强混凝土必须准确控制用水量。砂、石中的含水量应及时测定，并按测定值调整用水量和砂、石用量。高强混凝土的配料和拌合应采用自动计量装置。当需要手工操作时，应严格控制拌合物出机时的均匀性和稳定性。

严禁在拌合物出机后加水，必要时可适当添加高效减水剂。

**12.3.4** 高效减水剂可采用粉剂或水剂，并宜采用后掺法。当采用水剂时，应在混凝土用水量中扣除溶液用水量；当采用粉剂时，应适当延长搅拌时间(不少于30s)。

高效减水剂的选择与使用，应有专业人员指导。

**12.3.5** 拌制高强混凝土可参照图12.3.5所示的投料顺序。

中国建筑标准设计网 WWW.SBNAEC.COM

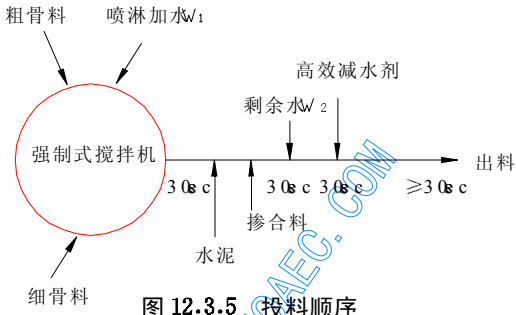



图 12.3.5　投料顺序

## 12.4　混凝土运输与浇筑

**12.4.1**　长距离运输拌合物应使用混凝土搅拌车，短距离运输可利用现场的一般运送设备。装料前，应清除运输车内积水。

**12.4.2**　混凝土自由倾落的高度不应大于 3m。当拌合物水胶比偏低且外加掺合料后有较好粘聚性时，在不出现分层离析的条件下允许增加自由倾落高度，但不应大于 6m。

**12.4.3**　浇筑高强混凝土必须采用振捣器捣实。一般情况下宜采用高频振捣器，且垂直点振，不得平拉。当混凝土拌合物的坍落度低于 120mm 时，应加密振点。

**12.4.4**　不同强度等级混凝土现浇构件相连接时，两种混凝土的接缝应设置在低强度等级的构件中，并离开高强度等级构件一段距离(图 12.4.4)。

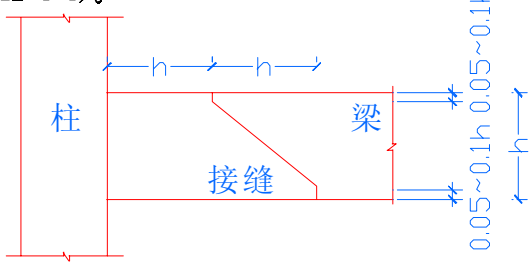



图 12.4.4　不同强度等级混凝土的梁柱施工接缝

注：柱的混凝土强度等级高于梁

中国建筑学会 WWW.SJNAEC.COM

**12.4.5** 当接缝两侧的混凝土强度等级不同且分先后施工时，可沿预定的接缝位置设置孔径 5×5mm 的固定筛网，先浇筑高强度等级混凝土，后浇筑低强度等级混凝土。

**12.4.6** 当接缝两侧的混凝土强度等级不同且同时浇筑时，可沿预定的接缝位置设置隔板，且随着两侧混凝土浇入逐渐提升隔板并同时将混凝土振捣密实；也可沿预定的接缝位置设置胶囊，充气后在其两侧同时浇入混凝土，待混凝土浇完后排气取出胶囊，同时将混凝土振捣密实。

## 12.5 混凝土泵送施工

**12.5.1** 泵送的高强混凝土宜采用集中预拌混凝土，也可在现场设搅拌站供应，不得采用手工搅拌。高强混凝土泵送施工时，应根据施工进度，加强组织计划和现场联络调度，确保连续均匀供料。

**12.5.2** 混凝土泵或泵车的选型，应根据单位时间内的最大排料量和最大泵送距离确定。混凝土泵或泵车的最大排料量与平均排料量的关系如下：

$$Q_m = Q_p \cdot E_t = \alpha \cdot Q_{max} \cdot E_t \qquad (12.5.2)$$

式中 $Q_m$——混凝土泵或泵车的平均排料量($m^3/h$)；

$Q_p$——混凝土泵或泵车的实际排料量($m^3/h$)；

$Q_{max}$——混凝土泵或泵车的最大排料量($m^3/h$)；

$\alpha$——反映泵送距离对排料量影响的条件系数，按表 12.5.2 取值；

$E_t$——作业效率系数，一般取 0.4～0.8。

中国建筑标准设计网 www.SINOAEC.com

表 12.5.2　条件系数 $\alpha$

| 换算水平泵送距离(m) | $\alpha$ |
|---|---|
| 0～49 | 1.0 |
| 50～99 | 0.9～0.8 |
| 100～149 | 0.8～0.7 |
| 150～179 | 0.7～0.6 |
| 180～199 | 0.6～0.5 |
| 200～249 | 0.5～0.4 |

注：1　表中数值适用于排料量为 40m³/h 的混凝土泵。对排料量为 60～90m³/h 的泵，当换算水平泵送距离大于 150m 时，表中 $\alpha$ 值增加 0.1。

2　换算水平泵送距离按《泵送混凝土施工技术规程》JGJ/T10—95 的规定计算。

**12.5.3**　泵送高强混凝土时，输送管路的起始水平管段长度不应小于 15m。除出口处采用软管外，输送管路的其他部分均不宜采用软管，也不宜采用锥形管。输送管路应采用支架、吊具等加以固定，不应与模板或钢筋直接接触。在高温或低温环境下，输送管路应分别用湿帘或保温材料覆盖。

**12.5.4**　搅拌运输车到达泵送现场后，应高速旋转 20～30s 后再将混凝土拌合物喂入受料斗。在泵送过程中，受料斗内的混凝土拌合物不应排空，而应保持淹没叶片。

**12.5.5**　混凝土开始泵送时应保持慢速运转，以观察泵压(不宜大于 20MPa)及各部分情况，待确认工作正常后再以常速泵送。

**12.5.6**　当向下泵送混凝土时，管路与垂线的夹角不宜小于 12°，以防混凝土因自由下落形成空段而引起阻塞。

**12.5.7**　现场搅拌的混凝土应在出机后 60min 内泵送完毕。集中预拌的混凝土应在其 1/2 初凝时间内入泵，并在初凝前浇筑完毕。

**12.5.8**　混凝土应保持连续泵送，必要时可降低泵送速度以维持连续性。如停泵超过 15min，应每隔 4～5min 开泵一次，正转和反转两个冲程，同时开动料斗搅拌器，防止斗中混凝土离析。如停泵超过 45min，宜将管中混凝土清除，并清洗泵机。

中国建筑标准设计网 WWW.CINAEC.COM

**12.5.9** 泵送高强混凝土的坍落度宜为 120～200mm。泵送高强混凝土的工作性可按附录 C 的规定，采用扩展度及粘性指标评定。

**12.5.10** 在冬期拌制泵送高强混凝土时，应制定相应的施工措施，以保证混凝土拌合物入模温度高于 10℃。

**12.5.11** 高强混凝土泵送施工的其他要求，可按照《混凝土泵送施工技术规程》JCJ/T10—95 的规定执行。

## 12.6 混凝土养护

**12.6.1** 高强混凝土浇筑完毕后，必须立即覆盖养护或立即喷洒或涂刷养护剂，以保持混凝土表面湿润。养护日期不少于 7d。

**12.6.2** 为保证混凝土质量，防止混凝土开裂，高强混凝土的入模温度应根据环境状况和构件所受的内、外约束程度加以限制。养护期间混凝土的内部最高温度不宜高于 75℃，并应采取措施使混凝土内部与表面的温度差小于 25℃。

## 12.7 混凝土质量检查

**12.7.1** 在高强混凝土配制与施工前，设计、生产和施工各方必须共同制定书面文件，规定质量控制和质量保证实施细则，并明确专人监督施行。

**12.7.2** 在高强混凝土施工前，施工单位必须对混凝土的原材料及所配制混凝土的性能提出报告（含试验数据），待监理单位认可后方可施工。

**12.7.3** 高强混凝土的质量检查及验收，可按照《混凝土结构工程施工及验收规范》GB50204—92 的有关规定执行。

**12.7.4** 测定高强混凝土抗压强度的试件，应尽可能采用边长 150mm 的标准立方体。当采用边长 100mm 的立方体试件时，其抗压强度 $f_{cu,10}$ 应乘以表 12.7.4 规定的折算系数 $k$，以调整为边长 150mm 标准试件的抗压强度。

网盾建筑设计院 www.SHDJZ.com

表 12.7.4　混凝土立方体抗压强度折算系数 $k$

| $f_{cu,10}$ (N/mm²) | $k$ | $f_{cu,10}$ (N/mm²) | $k$ |
|---|---|---|---|
| ≤55 | 0.95 | 76～85 | 0.92 |
| 56～65 | 0.94 | 86～95 | 0.91 |
| 66～75 | 0.93 | >96 | 0.90 |

**12.7.5**　对于大尺寸的高强混凝土结构构件，应监测施工过程中混凝土内的温度变化，并采取措施防止混凝土开裂及水化热造成的其他有害影响。

**12.7.6**　高强混凝土的强度检验评定，可按《混凝土强度检验评定标准》GBJ107—87 的有关规定执行。

对于重要工程，应同时抽取多组标准立方体试件，分别进行标准养护、密封下的同温养护(养护温度随结构构件内部实测温度变化)和密封下的标准温度(20±3℃)养护，以对实际结构中的混凝土强度作出正确评估。

中国建筑资讯网 www.CHINAJZ.COM

# 附录 A　配制高强混凝土用粉煤灰的性能要求及需水量比试验方法

**A.0.1**　当粉煤灰用作矿物掺合料配制高强混凝土时，其性能宜符合表 A.0.1 的要求。

表 A.0.1　粉煤灰的性能要求

| 混凝土强度等级 | 含水量 | 需水量比 | 烧失量 | 三氧化硫 | 细度（45μm 方孔筛余） |
|---|---|---|---|---|---|
| C50～C60 | ≤1% | ≤100% | ≤3% | ≤3% | ≤15% |
| C70 | ≤1% | ≤95% | ≤2% | ≤3% | ≤12% |
| C80 | ≤1% | ≤90% | ≤1% | ≤3% | ≤10% |

**A.0.2**　需水量比是评定高强混凝土用粉煤灰的主要质量指标，其测定方法如下：

1　仪器设备

1）胶砂搅拌机；

2）跳桌；

3）截锥形圆模，上口内径 70±0.5mm，下口内径 100±0.5mm，高度 60±0.5mm；

4）捣棒，直径 20mm、长约 200mm 的金属棒；

5）卡尺，量程 200～300mm。

2　试验步骤：

1）称取试验样品，粉煤灰 90g、硅酸盐水泥 210g、标准砂 750g；称取对比样品，硅酸盐水泥 300g、标准砂 750g。在称取的 2 份样品中加入适量的水，分别进行拌合。

2）将用湿布擦过的截锥形圆模放置在跳桌中心，然后将

中国建筑标准网 WWW.SINOAEC.COM

拌合好的胶砂分两次装入截锥形圆模内。第一次装至 2/3 模高，用捣棒自边缘至中心均匀插捣 15 次；第二次装至高出圆模约 20mm，插捣 10 次，每次插捣至下层表面，然后将多余胶砂刮去抹平。清除落在跳桌上的砂浆。

3)将圆模垂直向上轻轻提起，以 1 次/s 的速度摇动跳桌手轮 30 次；然后用卡尺量测胶砂底部扩散后的直径，以相互垂直的两个直径的平均值作为测定值。如测定值在 130±5mm 范围内，则所加入的水量，即为胶砂的用水量。如测定结果不符合规定的胶砂流动度，则应调整用水量，直至胶砂流动度符合要求为止。

3　试验结果处理：

$$\rho w(\%) = G_2 / G_1 \times 100$$

式中　$\rho w$——需水量比(%)；

$G_1$——水泥胶砂需水量(ml)；

$G_2$——粉煤灰胶砂需水量(ml)。

中国建筑资讯网 CHINA SINOFEO.COM

# 附录 B　高效减水剂与水泥相容性检测方法

**B.0.1**　本方法适用于在试验室内比较高效减水剂与不同水泥的相容性。当使用矿物掺合料时，本方法也可用于比较高效减水剂与不同混合胶凝材料的相容性。

**B.0.2**　本方法参照《混凝土外加剂匀质性试验方法》GB8077－87规定的净浆流动度试验方法。

**B.0.3**　高效减水剂与水泥相容性的检测方法如下：

1　仪器设备

1)水泥净浆搅拌机；

2)截锥形圆模：上口内径 20mm，下口内径 40mm，高度 60mm，内壁光滑无接缝，为金属或有机玻璃制品；

3)玻璃板(200mm×200mm，5 块)；

4)钢直尺(至少 200mm)；

5)刮刀。

2　试验步骤

1)润湿水平放置的玻璃板和截锥圆模、搅拌锅及叶片；

2)称取水泥 1000g，倒入搅拌锅内；

3)将 10g 粉状高效减水剂溶入 300ml 水中(如高效减水剂为液体，则其固体含量也为 10g，在溶入水中时需扣除液体减水剂所含水量)，开动搅拌机搅匀，并在 15s 内倒入搅拌锅；

4)水泥加水后搅拌 3min，迅速注入截锥形圆模并用刮刀刮平，然后垂直提起圆模使其在玻璃板上流动，待停止后量取两个相互垂直方向的最大直径，取平均值作为其流动度；

5)继续搅拌余下的水泥浆，至加水后 10min、20min、30min 和 60min，分别取样按上述方法测定相应时间的流动度。

中国建材检验网 WWW.SITOAES.COM

3　结果分析

1)绘制流动度随时间变化的曲线。取高效减水剂与不同水泥组合,得到相应的流动度—时间曲线,从中得到比较结果;

2)需注明所用高效减水剂和水泥的品种、标号、生产厂;如果水灰比(水胶比)或高效减水剂掺量与本规定不符,也应注明。

WWW.SINOAEC.COM
中国建筑资讯网

# 附录 C　高强混凝土工作性检测方法

**C.0.1**　在试验室或现场检测高强混凝土的工作性(可泵性),宜采用下列方法:

1　用坍落度筒测定拌合物的坍落度 $S$、扩展度 $D$;

2　用倒置的坍落度筒测定筒内拌合物自由下落的排空时间 $t_s$;

3　用 L 型流动仪测定拌合物的流速 $v$。

在一般情况下,宜同时测定 $S$、$D$、$t_s$ 或 $S$、$D$、$v$ 三个指标,对混凝土拌合物的工作性进行综合评定或对不同拌合物的工作性作相对比较。

**C.0.2**　用坍落度筒测定高强混凝土的坍落度和扩散度时,可参照《普通混凝土拌合物性能试验方法》GBJ80 一 85 的规定。拌合物粗骨料的粒径不应大于 25mm,坍落度不应小于 140mm。具体试验方法如下:

1　仪器设备

1)强制式混凝土搅拌机;

2)坍落度筒、捣棒、抹刀(与普通混凝土坍落度试验相同);

3)测定坍落度的配套工具及底板。

2　试验步骤

1)拌合物的总需用量为 30L(不少于 25L);

2)测定高强混凝土拌合物的坍落度 $S$,以 mm 计;

3)测定拌合物的扩展度 $D$,取两个垂直方向的平均值,以 mm 计,并记录坍落度筒提起到扩展稳定的时间。

**C.0.3**　用倒置的坍落度筒测定筒内拌合物自由下落的排空时

中国建筑学会 WWW.SIHOEC.COM

间，适用于坍落度不小于 140mm 的拌合物。粗骨料的粒径不应大于 25mm。具体试验方法如下：

1　仪器设备

同 C.0.2 的规定。另需设置专门的支架，将坍落度筒倒置于支架上，小口朝下，距底板 500mm。筒底（小口）处装一可抽出的底板，同时配备秒表。

2　试验步骤

将拌合物分三次装入筒内，每次插捣 15 下，将上口抹平，快速抽出底板，测定拌合物自筒内流出至排空的时间 $t_s$。

3　结果分析

如 $t_s$ 在 5～25s 范围内且扩展度 $D$ 大于 500mm，则可认为工作性（可泵性）良好；如 $t_s$ 小于 5s 或大于 25s，应适当调整配合比或采取其他措施。

**C.0.4**　用 L 型流动仪测定流速，适用于坍落度不小于 140mm 的拌合物。粗骨料的粒径不大于 25mm。具体试验方法如下：

1　仪器设备

1）强制式混凝土搅拌机；

2）L 型流动仪（图 C.0.4），为有机玻璃或金属制品；

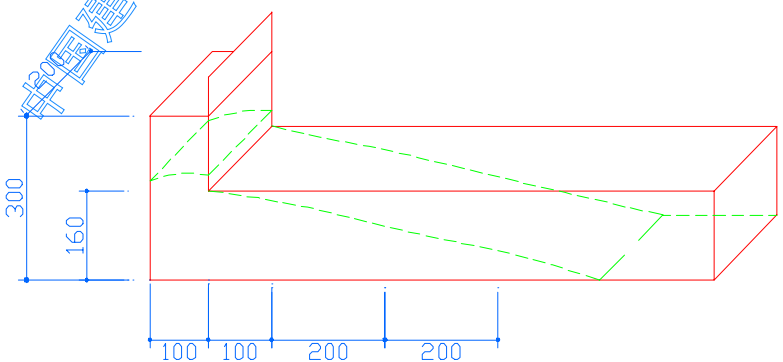



图 C.0.4　L 型流动仪

3）捣棒、抹刀（与坍落度试验用相同）；

中国建筑标准网 WWW.SINOJEC.COM

4)秒表(最少可计 4 点)。

2　试验步骤

1)将 L 型流动仪底面水平放置,并适当湿润其内侧;

2)将混凝土拌合物沿上缘倒入 L 型流动仪高端一侧的容器中,装满后用捣棒插捣 15 次(如拌合物流动性较大而能自行充满时,可免去插捣),然后用抹刀抹平;

3)上提隔板使拌合物流出,当流至 50mm、100mm、300mm 和 500mm 远处(图 C.0.4 中 A、B、C、D 点)时,分别按下秒表(如拌合物流不到所测距离,就免去相应点计时),记录时间。

3　结果分析

计算拌合物流速(以 mm/s 计):

$$v_1=\frac{100-50}{t_1};\ v_2=\frac{300-100}{t_2};\ v_3=\frac{500-300}{t_3};$$

式中 $t_1$、$t_2$ 和 $t_3$ 分别为拌合物从图中 A 至 B、B 至 C、C 至 D 的通过时间(s)。根据不同需要,可选择任一 $v$ 值表示试验结果(如拌合物较粘稠,面只能测得 $v_1$ 时,则以 $v_1$ 表示结果;如拌合物流动性较大,则以 $v_2$ 或 $v_3$ 表示结果)。

试验时如发现有明显的离析和泌水现象,应改变混凝土的配合比,重新进行试验。

中国标准出版社 WWW.SINOSTEC.COM

# 附录 D　本规程用词说明

**D.0.1**　为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程序不同的用词说明如下：

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”或“可”；
   反面词采用“不宜”。

**D.0.2**　条文中指定应按其它有关标准执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中国建筑学会标准 WWW.SINOEC.COM