

中华人民共和国国家标准

给水排水工程构筑物结构设计规范

Structural design code for special structures of water
supply and waste water engineering

GB 50069—2002

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：2003年3月1日

中华人民共和国建设部 公 告

第 91 号

建设部关于发布国家标准 《给水排水工程构筑物结构设计规范》的公告

现批准《给水排水工程构筑物结构设计规范》为国家标准，编号为 GB 50069—2002，自 2003 年 3 月 1 日起实施。其中，第 3.0.1、3.0.2、3.0.5、3.0.6、3.0.7、3.0.9、4.3.3、5.2.1、5.2.3、5.3.1、5.3.2、5.3.3、5.3.4、6.1.3、6.3.1、6.3.4 条为强制性条文，必须严格执行。原《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84 中的相应内容同

时废止。

本规范由建设部标准定额研究所组织中国建筑工程出版社出版发行。

中华人民共和国建设部
二〇〇二年十一月二十六日

前 言

本规范根据建设部（92）建标字第 16 号文的要求，对原规范《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84 作了修订。由北京市规划委员会为主编部门，北京市市政工程设计研究总院为主编单位，会同有关设计单位共同完成。原规范颁布实施至今已 15 年，在工程实践中效果良好。这次修订主要是由于下列两方面的原因：

（一）结构设计理论模式和方法有重要改进

GBJ 69—84 属于通用设计规范，各类结构（混凝土、砌体等）的截面设计均应遵循本规范的要求。我国于 1984 年发布《建筑结构设计统一标准》GBJ 68—84（修订版为《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001）后，1992 年又颁发了《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92。在这两本标准中，规定了结构设计均采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，替代原规范采用的单一安全系数极限状态设计方法，据此，有关结构设计的各种标准、规范均作了修订，例如《混凝土结构设计规范》、《砌体

结构设计规范》等。因此，《给水排水工程结构设计规范》GBJ 69—84 也必须进行修订，以与相关的标准、规范协调一致。

（二）原规范 GBJ 69—84 内容过于综合，不利于促进技术进步

原规范 GBJ 69—84 为了适应当时的急需，在内容上力求能概括给水排水工程的各种结构，不仅列入了水池、沉井、水塔等构筑物，还包括各种不同材料的管道结构。这样处理虽然满足了当时的工程应用，但从长远来看不利于发展，不利于促进技术进步。我国实行改革开放以来，通过交流和引进国外先进技术，在科学技术领域有了长足进步，这就需要对原标准、规范不断进行修订或增补。由于原规范的内容过于综合，往往造成不能及时将行之有效的先进技术反映进去，从而降低了它应有的指导作用。在这次修订 GBJ 69—84 时，原则上是尽量减少综合性，以利于及时更新和完善。为此将原规范分割为以下两部分，共 10 本标准：

1. 国家标准

- (1) 《给水排水工程构筑物结构设计规范》;
- (2) 《给水排水工程管道结构设计规范》。

2. 中国工程建设标准化协会标准

- (1) 《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》;
- (2) 《给水排水工程水塔结构设计规程》;
- (3) 《给水排水工程钢筋混凝土沉井结构设计规程》;
- (4) 《给水排水工程埋地钢管管道结构设计规程》;
- (5) 《给水排水工程埋地铸铁管管道结构设计规程》;
- (6) 《给水排水工程埋地预制混凝土圆形管管道结构设计规程》;
- (7) 《给水排水工程埋地管芯缠丝预应力混凝土管和预应力钢筒混凝土管管道结构设计规程》;
- (8) 《给水排水工程埋地矩形管管道结构设计规程》。

本规范主要是针对给水排水工程构筑物结构设计中的一些共性要求作出规定,包括适用范围、主要符号、材料性能要求、各种作用的标准值、作用的分项系数和组合系数、承载能力和正常使用极限状态,以

及构造要求等。这些共性规定将在协会标准中得到遵循,贯彻实施。

本规范由建设部负责管理和对强制性条文的解释,由北京市市政工程设计研究总院负责对具体技术内容的解释。请各单位在执行本规范过程中,注意总结经验和积累资料,随时将发现的问题和意见寄交北京市市政工程设计研究总院(100045),以供今后修订时参考。

本规范编制单位和主要起草人名单

主编单位:北京市市政工程设计研究总院

参编单位:中国市政工程中南设计研究院、中国市政工程西北设计研究院、中国市政工程西南设计研究院、中国市政工程东北设计研究院、上海市市政工程设计研究院、天津市市政工程设计研究院、湖南大学、铁道部专业设计院。

主要起草人:沈世杰、刘雨生(以下按姓氏笔画排列)

王文贤、王憬山、冯龙度、
刘健行、苏发怀、陈世江、
沈宜强、宋绍先、钟启承、
郭天木、葛春辉、翟荣申、
潘家多

目 次

1 总则	5—5—5	5.3 正常使用极限状态验算规定	5—5—10
2 主要符号	5—5—5	6 基本构造要求	5—5—11
3 材料	5—5—5	6.1 一般规定	5—5—11
4 结构上的作用	5—5—6	6.2 变形缝和施工缝	5—5—12
4.1 作用分类和作用代表值	5—5—6	6.3 钢筋和埋件	5—5—12
4.2 永久作用标准值	5—5—7	6.4 开孔处加固	5—5—12
4.3 可变作用标准值、准永久值系数	5—5—8	附录 A 钢筋混凝土矩形截面处于受	
5 基本设计规定	5—5—9	弯或大偏心受拉（压）状态	
5.1 一般规定	5—5—9	时的最大裂缝宽度计算	5—5—13
5.2 承载力极限状态计算规定	5—5—10	附录 B 本规范用词说明	5—5—13

1 总 则

1.0.1 为了在给水处理工程构筑物结构设计中贯彻执行国家的技术经济政策,达到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城镇公用设施和工业企业中一般给水排水工程构筑物的结构设计;不适用于工业企业中具有特殊要求的给水排水工程构筑物的结构设计。

1.0.3 贮水或水处理构筑物、地下构筑物,一般宜采用钢筋混凝土结构;当容量较小且安全等级低于二级时,可采用砖石结构。

在最冷月平均气温低于 -3°C 的地区,外露的贮水或水处理构筑物不得采用砖砌结构。

1.0.4 本规范系根据国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001和《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92规定的原则制定。

1.0.5 按本规范设计时,对于一般荷载的确定、构件截面计算和地基基础设计等,应按现行有关标准的规定执行。对于建造在地震区、湿陷性黄土或膨胀土等地区的给水排水工程构筑物的结构设计,尚应符合现行有关标准的规定。

2 主要符号

2.0.1 作用和作用效应

$F_{ep,k}$ 、 $F'_{ep,k}$ ——地下水位以上、以下的侧向土压力标准值;

$F_{dw,k}$ ——流水压力标准值;

$q_{fw,k}$ ——地下水的浮托力标准值;

F_{lk} ——冰压力标准值;

f_l ——冰的极限抗压强度;

f_{lm} ——冰的极限弯曲抗压强度;

S ——作用效应组合设计值;

w_{max} ——钢筋混凝土构件的最大裂缝宽度;

γ_s ——回填土的重力密度;

γ_0 ——原状土的重力密度。

2.0.2 材料性能

F_i ——混凝土的抗冻等级;

S_i ——混凝土的抗渗等级;

α_c ——混凝土的线膨胀系数;

β_c ——混凝土的热交换系数;

λ_c ——混凝土的导热系数。

2.0.3 几何参数

A_n ——构件的混凝土净截面面积;

A_0 ——构件的换算截面面积;

A_s ——钢筋混凝土构件的受拉区纵向钢筋

截面面积;

e_0 ——纵向轴力对截面重心的偏心距;

H_s ——覆土高度;

t_l ——冰厚;

W_0 ——构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

Z_w ——自地面至地下水位距离。

2.0.4 计算系数及其他

K_a ——主动土压力系数;

K_f ——水流力系数;

K_s ——设计稳定性抗力系数;

m_p ——取水头部迎水流面的体型系数;

n_d ——淹没深度影响系数;

n_s ——竖向土压力系数;

T_a ——壁板外侧的大气温度;

T_m ——壁板内侧介质的计算温度;

Δt ——壁板的内、外侧壁面温差;

α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数;

α_E ——钢筋的弹性模量与混凝土弹性模量的比值;

γ ——受拉区混凝土的塑性影响系数;

η_{fw} ——地下水浮托力折减系数;

ν ——受拉钢筋表面形状系数;

ϕ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数;

ϕ_c ——可变作用的组合值系数;

ϕ_q ——可变作用的准永久值系数。

3 材 料

3.0.1 贮水或水处理构筑物、地下构筑物的混凝土强度等级不应低于C25。

3.0.2 混凝土、钢筋的设计指标应按《混凝土结构设计规范》GB 50010的规定采用;砖石砌体的设计指标应按《砌体结构设计规范》GB 50003的规定采用;钢材、钢铸件的设计指标应按《钢结构设计规范》GB 50017的规定采用。

3.0.3 钢筋混凝土构筑物的抗渗,宜以混凝土本身的密实性满足抗渗要求。构筑物混凝土的抗渗等级要求应按表3.0.3采用。

混凝土的抗渗等级,应根据试验确定。相应混凝土的骨料应选择良好级配;水灰比不应大于0.50。

表 3.0.3 混凝土抗渗等级 S_i 的规定

最大作用水头与混凝土壁、板厚度之比 i_w	抗渗等级 S_i
<10	S4
$10 \sim 30$	S6
>30	S8

注:抗渗等级 S_i 的定义系指龄期为28d的混凝土试件,施加 $i \times 0.1\text{MPa}$ 水压后满足不渗水指标。

3.0.4 贮水或水处理构筑物、地下构筑物的混凝土，当满足抗渗要求时，一般可不作其他抗渗、防腐处理；对接触侵蚀性介质的混凝土，应按现行的有关规范或进行专门试验确定防腐措施。

3.0.5 贮水或水处理构筑物、地下构筑物的混凝土，其含碱量最大限值应符合《混凝土碱含量限值标准》CECS 53 的规定。

3.0.6 最冷月平均气温低于-3℃的地区，外露的钢筋混凝土构筑物的混凝土应具有良好的抗冻性能，并按表 3.0.6 的要求采用。混凝土的抗冻等级应进行试验确定。

表 3.0.6 混凝土抗冻等级 Fi 的规定

气候条件	结构类别	地表水取水头部		其他
	工作条件	冻融循环总次数		地表水取水头部的 水位涨落区以上部 位及外露的水池等
		≥100	<100	
最冷月平均气温低 于 -10℃		F300	F250	F200
最冷月平均气温在 3 -- -10℃		F250	F200	F150

注：1 混凝土抗冻等级 F_i 系指龄期为 28d 的混凝土试件，在进行相应要求冻融循环总次数 i 次作用后，其强度降低不大于 25%，重量损失不超过 5%；

2 气温应根据连续 5 年以上的实测资料，统计其平均值确定；

3 冻融循环总次数系指一年内气温从 +3℃ 以上降至 -3℃ 以下，然后回升至 +3℃ 以上的交替次数；对于地表水取水头部，尚应考虑一年中月平均气温低于 -3℃ 期间，因水位涨落而产生的冻融交替次数，此时水位每涨落一次应按一次冻融计算。

3.0.7 贮水或水处理构筑物、地下构筑物的混凝土，不得采用氯盐作为防冻、早强的掺合料。

3.0.8 在混凝土配制中采用外加剂时，应符合《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 的规定。并应根据试验鉴定，确定其适用性及相应的掺合量。

3.0.9 混凝土用水泥宜采用普通硅酸盐水泥；当考虑冻融作用时，不得采用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥；受侵蚀介质影响的混凝土，应根据侵蚀性质选用。

3.0.10 混凝土热工系数，可按表 3.0.10 采用。

表 3.0.10 混凝土热工系数

系数名称	工作条件	系 数 值
线膨胀系数 α_c	温度在 0~100℃ 范围内	$1 \times 10^{-5} (1/^\circ\text{C})$
导热系数 λ_c	构件两侧表面与空气接触	1.55 [W/(m·K)]
	构件一侧表面与空气接触，另一侧表面与水接触	2.03 [W/(m·K)]
热交换系数 β_c	冬季混凝土表面与空气之间	23.26 [W/(m ² ·K)]
	夏季混凝土表面与空气之间	17.44 [W/(m ² ·K)]

3.0.11 贮水或水处理构筑物、地下构筑物的砖石砌体材料，应符合下列要求：

- 1 砖应采用普通粘土机制砖，其强度等级不应低于 MU10；
- 2 石材强度等级不应低于 MU30；
- 3 砌筑砂浆应采用水泥砂浆，并不应低于 M10。

4 结构上的作用

4.1 作用分类和作用代表值

4.1.1 结构上的作用可分为三类：永久作用、可变作用和偶然作用。

4.1.2 永久作用应包括：结构和永久设备的自重、土的竖向压力和侧向压力、构筑物内部的盛水压力、结构的预加应力、地基的不均匀沉降。

4.1.3 可变作用应包括：楼面和屋面上的活荷载、吊车荷载、雪荷载、风荷载、地表或地下水的压力（侧压力、浮托力）、流水压力、融冰压力、结构构件的温、湿度变化作用。

4.1.4 偶然作用，系指在使用期间不一定出现，但发生时其值很大且持续时间较短，例如高压容器的爆炸力等，应根据工程实际情况确定需要计入的偶然发生的作用。

4.1.5 结构设计时，对不同的作用应采用不同的代表值：对永久作用，应采用标准值作为代表值；对可变作用，应根据设计要求采用标准值、组合值或准永久值作为代表值。

作用的标准值，应为设计采用的基本代表值。

4.1.6 当结构承受两种或两种以上可变作用时，在承载能力极限状态设计或正常使用极限状态按短期效应标准组合设计中，对可变作用应取其标准值和组合值作为代表值。

可变作用组合值，应为可变作用标准值乘以作用组合系数。

4.1.7 当正常使用极限状态按长期效应准永久组合设计时,对可变作用应采用准永久值作为代表值。

可变作用准永久值,应为可变作用的标准值乘以作用的准永久值系数。

4.1.8 使结构或构件产生不可忽略的加速度的作用,应按动态作用考虑,一般可将动态作用简化为静态作用乘以动力系数后按静态作用计算。

4.2 永久作用标准值

4.2.1 结构自重的标准值,可按结构构件的设计尺寸与相应材料单位体积的自重计算确定。对常用材料和构件,其自重可按现行《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

永久性设备的自重标准值、可按该设备的样本提供的数据采用。

4.2.2 直接支承轴流泵电动机、机械表面曝气设备的梁系,设备转动部分的自重及由其传递的轴向力应乘以动力系数后作为标准值。动力系数可取 2.0。

4.2.3 作用在地下构筑物上竖向土压力标准值,应按下列式计算:

$$F_{sv,k} = n_s \gamma_s H_s \quad (4.2.3)$$

式中 $F_{sv,k}$ ——竖向土压力 (kN/m²);

n_s ——竖向土压力系数,一般可取 1.0,当构筑物的平面尺寸长宽比大于 10 时, n_s 宜取 1.2;

γ_s ——回填土的重力密度 (kN/m³);可按 18kN/m³ 采用;

H_s ——地下构筑物顶板上的覆土高度 (m)。

4.2.4 作用在开槽施工地下构筑物上的侧向土压力标准值,应按下列规定确定 (图 4.2.4):

1 应按主动土压力计算;

2 当地面平整、构筑物位于地下水位以上部分的主动土压力标准值可按下列式计算 (图 4.2.4):

$$F_{ep,k} = K_a \gamma_s z \quad (4.2.4-1)$$

构筑物位于地下水位以下部分的侧壁上的压力应为主动土压力与地下水静水压力之和,此时主动土压力标准值可按下列式计算 (图 4.2.4):

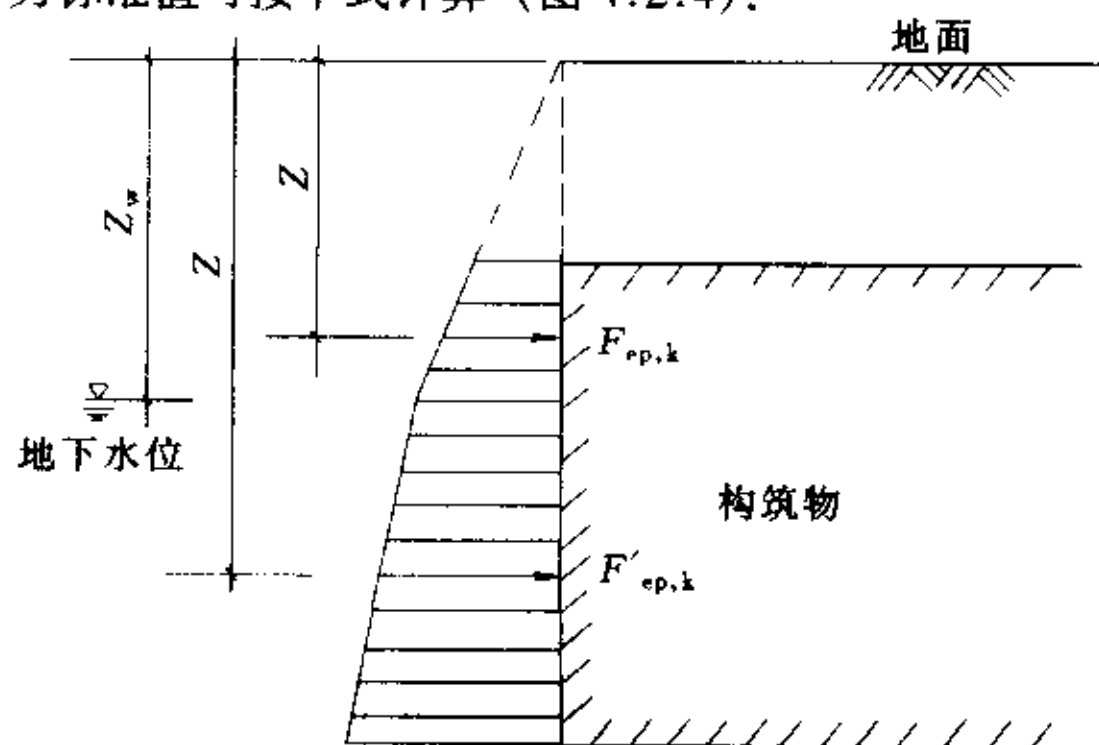


图 4.2.4 侧壁上的主动土压力分布图

$$F'_{ep,k} = K_a [\gamma_s z_w + \gamma'_s (z - z_w)] \quad (4.2.4-2)$$

上列式中 $F_{ep,k}$ ——地下水位以上的主动土压力 (kN/m²);

$F'_{ep,k}$ ——地下水位以下的主动土压力 (kN/m²);

K_a ——主动土压力系数,应根据土的抗剪强度确定,当缺乏试验资料时,对砂类土或粉土可取 $\frac{1}{3}$;

对粘性土可取 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$;

z ——自地面至计算截面处的深度 (m);

z_w ——自地面至地下水位距离 (m);

γ'_s ——地下水位以下回填土的有效重度 (kN/m³),可按 10kN/m³ 采用。

4.2.5 作用在沉井构筑物侧壁上的主动土压力标准值,可按公式 4.2.4-1 或 4.2.4-2 计算,此时应取 $\gamma_s = \gamma_{so}$ 。位于多层土层中的侧壁上的主动土压力标准值,可按下列式计算:

$$F_{epn,k} = K_{an} \left[\sum_{i=1}^{n-1} \gamma_{soi} h_i + \gamma_{son} \left(z_n - \sum_{i=1}^{n-1} h_i \right) \right] \quad (4.2.5)$$

式中 $F_{epn,k}$ ——第 n 层土层中,距地面 z_n 深度处侧壁上的主动土压力 (kN/m²);

γ_{soi} —— i 层土的天然状态重度 (kN/m³);当位于地下水位以下时应取有效重度;

γ_{son} ——第 n 层土的天然状态重度 (kN/m³);当位于地下水位以下时应取有效重度;

h_i —— i 层土层的厚度 (m);

z_n ——自地面至计算截面处的深度 (m);

K_{an} ——第 n 层土的主动土压力系数。

4.2.6 构筑物内的水压力应按设计水位的静水压力计算,对给水处理构筑物,水的重度标准值,可取 10kN/m³ 采用;对污水处理构筑物,水的重度标准值,可取 10~10.8kN/m³ 采用。

注:机械表面曝气池内的设计水位,应计入水面波动的影响。

4.2.7 施加在结构构件上的预加应力标准值,应按预应力钢筋的张拉控制应力值扣除相应张拉工艺的各项应力损失采用。张拉控制应力值应按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定。

注:当对构件作承载能力极限状态计算,预加应力为不利作用时,由钢筋松弛和混凝土收缩、徐变引起的应力损失不应扣除。

4.2.8 地基不均匀沉降引起的永久作用标准值,其沉降量及沉降差应按现行《建筑地基基础设计规范》

GB 50007 的有关规定计算确定。

4.3 可变作用标准值、准永久值系数

4.3.1 构筑物楼面和屋面的活荷载及其准永久值系数，应按表 4.3.1 采用。

表 4.3.1 构筑物楼面和屋面的活荷载及其准永久值系数 ψ_q

项序	构筑物部位	活荷载标准值 (kN/m ²)	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面、贮水或水处理构筑物的顶盖	0.7	0.0
2	上人屋面或顶盖	2.0	0.4
3	操作平台或泵房等楼面	2.0	0.5
4	楼梯或走道板	2.0	0.4
5	操作平台、楼梯的栏杆	水平向 1.0kN/m	0.0

注：1 对水池顶盖，尚应根据施工或运行条件验算施工机械设备荷载或运输车辆荷载；
2 对操作平台、泵房等楼面，尚应根据实际情况验算设备、运输工具、堆放物料等局部集中荷载；
3 对预制楼梯踏步，尚应按集中活荷载标准值 1.5kN 验算。

4.3.2 吊车荷载、雪荷载、风荷载的标准值及其准永久值系数，应按《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定采用。

确定水塔风荷载标准值时，整体计算的风载体型系数 μ_s 应按下列规定采用：

- 1 倒锥形水箱的风载体型系数应为 +0.7；
- 2 圆柱形水箱或支筒的风载体型系数应为 +0.7；
- 3 钢筋混凝土构架式支承结构的梁、柱的风载体型系数应为 +1.3。

4.3.3 地表水或地下水对构筑物的作用标准值应按下列规定采用：

- 1 构筑物侧壁上的水压力，应按静水压力计算；
- 2 水压力标准值的相应设计水位，应根据勘察部门和水文部门提供的数据采用：可能出现的最高和最低水位，对地表水位宜按 1% 频率统计分析确定；对地下水位应综合考虑近期内变化及构筑物设计基准期内可能的发展趋势确定。

3 水压力标准值的相应设计水位，应根据对结构的作用效应确定取最低水位或最高水位。当取最低水位时，相应的准永久值系数对地表水可取常年洪水位与最高水位的比值，对地下水可取平均水位与最高水位的比值。

4 地表水或地下水对结构作用的浮托力，其标准值应按最高水位确定，并按下式计算：

$$q_{fw,k} = \gamma_w h_w \eta_{fw} \quad (4.3.3)$$

式中 $q_{fw,k}$ ——构筑物基础底面上的浮托力标准值 (kN/m²)；

γ_w ——水的重度 (kN/m³)；可按 10kN/m³ 采用；

h_w ——地表水或地下水的最高水位至基础底面 (不包括垫层) 计算部位的距离 (m)；

η_{fw} ——浮托力折减系数，对非岩质地基应取 1.0；对岩石地基应按其破碎程度确定，当基底设置滑动层时，应取 1.0。

注：1 当构筑物基底位于地表滞水层内，又无排除上层滞水措施时，基础底面上的浮托力仍应按式 4.3.3 计算确定。

2 当构筑物两侧水位不等时，基础底面上的浮托力可按沿基底直线变化计算。

4.3.4 作用在取水构筑物头部上的流水压力标准值，

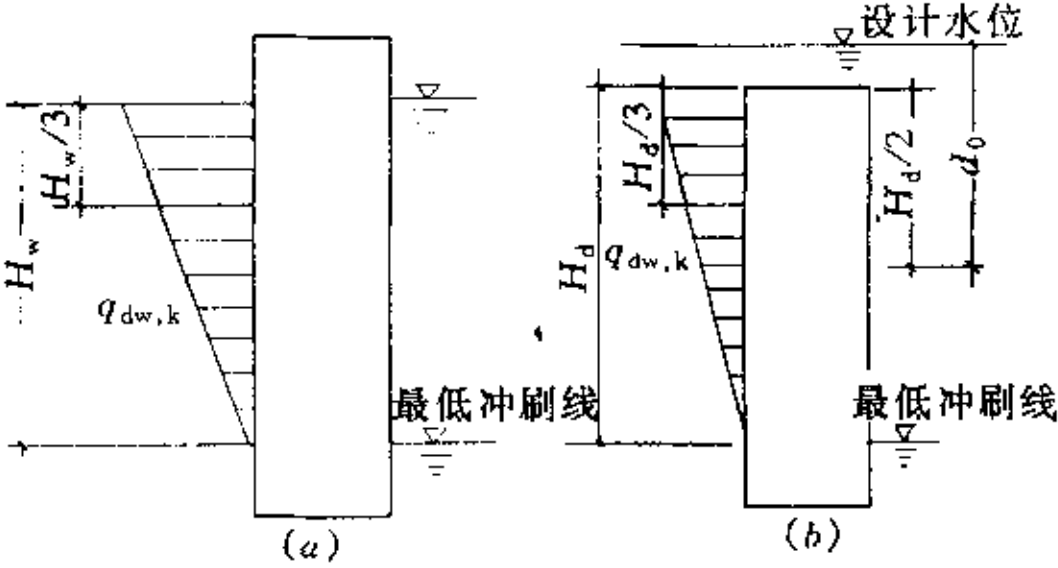


图 4.3.4 作用在取水头部上的流水压力图
(a) 非淹没式；(b) 淹没式

应根据设计水位按下式计算确定 (图 4.3.4)：

$$F_{dw,k} = n_d K_f \frac{\gamma_w v_w^2}{2g} A \quad (4.3.4)$$

式中 $F_{dw,k}$ ——头部上的流水压力标准值 (kN)；

n_d ——淹没深度影响系数，可按表 4.3.4-1 采用；对于非淹没式取水头部应为 1.0；

K_f ——作用在取水头部上的水流力系数，可按表 4.3.4-2 采用；

v_w ——水流的平均速度 (m/s)；

g ——重力加速度 (m/s²)；

A ——头部的阻水面积 (m²)，应计算至最低冲刷线处。

表 4.3.4-1 淹没深度影响系数 n_d

$\frac{d_0}{H_d}$	0.50	1.00	1.50	2.00	2.25	2.50	3.00	3.50	4.00	5.00	≥ 6.00
n_d	0.70	0.89	0.96	0.99	1.00	0.99	0.99	0.97	0.95	0.88	0.84

注：表中 d_0 为取水头部中心至水面的距离； H_d 为取水头部最低冲刷线以上的高度。

表 4.3.4-2 取水头部上的水动力系数 K_f

头部体型	方形	矩形	圆形	尖端形	长圆形
K_f	1.47	1.28	0.78	0.69	0.59

流水压力的准永久值系数，应按 4.3.3 中 3 的规定确定。

4.3.5 河道内融流冰块作用在取水头部上的压力，其标准值可按下列规定确定：

1 作用在具有竖直边缘头部上的融冰压力，可按下列式计算：

$$F_{ik} = m_b f_1 b t_1 \quad (4.3.5-1)$$

2 作用在具有倾斜破冰棱的头部上的融冰压力，可按下列式计算：

$$F_{iv,k} = f_{iw} b t_1^2 \quad (4.3.5-2)$$

$$F_{lh,k} = f_{iw} b t_1^2 \tan \theta \quad (4.3.5-3)$$

式中 F_{ik} ——竖直边缘头部上的融冰压力标准值 (kN)；

m_b ——取水头部迎水流面的体型系数，方形时为 1.0；圆形时为 0.9；尖端形时应按表 4.3.5 采用；

f_1 ——冰的极限抗压强度 (kN/m²)，当初融冰水位时可按 750kN/m² 采用；

t_1 ——冰厚 (m)，应按实际情况确定；

$F_{iv,k}$ ——竖向冰压力标准值 (kN)；

$F_{lh,k}$ ——水平向冰压力标准值 (kN)；

b ——取水头部在设计流冰水位线上的宽度 (m)；

f_{iw} ——冰的弯曲抗压极限强度 (kN/m²)，可按 $0.7f_1$ 采用；

θ ——破冰棱对水平线的倾角 (°)。

表 4.3.5 尖端形取水头部体型系数 m_b

尖端形取水头部迎水流向角度	45°	60°	75°	90°	120°
m_b	0.60	0.65	0.69	0.73	0.81

3 融冰压力的准永久值系数 ψ_q ，对东北地区和新疆北部地区可取 $\psi_q = 0.5$ ；对其他地区可取 $\psi_q = 0$ 。

4.3.6 贮水或水处理构筑物的温度变化作用（包括湿度变化的当量温差）标准值，可按下列规定确定：

1 暴露在大气中的构筑物壁板的壁面温差，应按下列式计算：

$$\Delta t = \frac{\frac{h}{\lambda_i}}{\frac{1}{\beta_i} + \frac{h}{\lambda_i}} (T_m - T_a) \quad (4.3.6)$$

式中 Δt ——壁板的内、外侧壁面温差 (°C)；

h ——壁板的厚度 (m)；

λ_i —— i 材质的壁板的导热系数 [W/(m·K)]；

β_i —— i 材质壁板与空气间的热交换系数 [W/(m²·K)]；

T_m ——壁板内侧介质的计算温度 (°C)；可按年最低月的平均水温采用；

T_a ——壁板外侧的大气温度 (°C)；可按当地年最低月的统计平均温度采用。

2 暴露在大气中的构筑物壁板的壁面湿度当量温差 Δt ，应按 10°C 采用。

3 温度、湿度变化作用的准永久值系数 ψ_q 宜取 1.0 计算。

注：1 对地下构筑物或设有保温措施的构筑物，一般可不计算温度、湿度变化作用；

2 暴露在大气中有圆形构筑物和符合本规范有关伸缩变形缝构造要求的矩形构筑物壁板，一般可不计算温、湿度变化对壁板中面的作用。

5 基本设计规定

5.1 一般规定

5.1.1 本规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法，以可靠指标度量结构构件的可靠度；按承载能力极限状态计算时，除对结构整体稳定验算外均采用以分项系数的设计表达式进行设计。

5.1.2 本规范采用的极限状态设计方法，对结构设计应计算下列两类极限状态：

1 承载能力极限状态：应包括对结构构件的承载力（包括压曲失稳）计算、结构整体失稳（滑移及倾覆、上浮）验算。

2 正常使用极限状态：应包括对需要控制变形的结构构件的变形验算，使用上要求不出现裂缝的抗裂度验算，使用上需要限制裂缝宽度的验算等。

5.1.3 结构内力分析，均应按弹性体系计算，不考虑由非弹性变形所产生的塑性内力重分布。

5.1.4 结构构件的截面承载力计算，应按我国现行设计规范《混凝土结构设计规范》GB 50010 或《砌体结构设计规范》GB 50003、《钢结构设计规范》GB 50017 的规定执行。

5.1.5 构筑物的地基计算（承载力、变形、稳定），应按我国现行设计规范《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定执行。

5.1.6 结构构件按承载能力极限状态进行强度计算时，结构上的各项作用均应采用作用设计值。

作用设计值,应为作用分项系数与作用代表值的乘积。

5.1.7 结构构件按正常使用极限状态验算时,结构上的各项作用均采用作用代表值。

5.1.8 对构筑物进行结构设计时,根据《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 的规定,应按结构破坏可能产生的后果的严重性确定安全等级,按二级执行。对重要工程的关键构筑物,其安全等级可提高一级执行,但应报有关主管部门批准或业主认可。

5.2 承载力极限状态计算规定

5.2.1 对结构构件作强度计算时,应采用下列极限状态计算表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.2.1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,对安全等级为一、二、三级的结构构件,应分别取 1.1、1.0、0.9;

S ——作用效应的基本组合设计值;
 R ——结构构件抗力的设计值,应按《混凝土结构设计规范》GB 50010、《砌体结构设计规范》GB 50003、《钢结构设计规范》GB 50017 的规定确定。

5.2.2 作用效应的基本组合设计值,应按下列规定确定:

1 对于贮水池、水处理构筑物、地下构筑物等可不计算风荷载效应,其作用效应的基本组合设计值,应按下列式计算:

$$S = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} C_{Gi} G_{ik} + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} C_{Qj} Q_{jk} \quad (5.2.2-1)$$

式中 C_{ik} ——第 i 个永久作用的标准值;
 C_{Gi} ——第 i 个永久作用的作用效应系数;
 γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数,当作用效应对结构不利时,对结构和设备自重应取 1.2,其他永久作用应取 1.27;当作用效应对结构有利时,均应取 1.0;
 Q_{jk} ——第 j 个可变作用的标准值;
 C_{Qj} ——第 j 个可变作用的作用效应系数;
 γ_{Q1}, γ_{Qj} ——第 1 个和第 j 个可变作用的分项系数,对地表水或地下水的作用应作为第一可变作用取 1.27,对其他可变作用应取 1.40;
 ψ_c ——可变作用的组合值系数,可取 0.90 计算。

2 对水塔等构筑物,应计入风荷载效应,当进行整体分析时,其作用效应的基本组合设计值,应按下列式计算:

$$S = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot C_{Gi} \cdot G_{ik} + 1.4 (G_{Qk} \cdot Q_{1k} + 0.6 \sum_{j=2}^n C_{Qj} \cdot Q_{jk}) \quad (5.2.2-2)$$

式中 C_{Q1}, Q_{1k} ——第一可变作用的作用效应系数、作用标准值,第一可变作用应为风荷载。

5.2.3 构筑物在基本组合作用下的设计稳定性抗力系数 K_s 不应小于表 5.2.3 的规定。验算时,抵抗力应只计入永久作用,可变作用和侧壁上的摩擦力不应计入;抵抗力和滑动、倾覆力均采用标准值。

表 5.2.3 构筑物的设计稳定性抗力系数 K_s

失稳特征	设计稳定性抗力系数 K_s
沿基底或沿齿墙底面连同齿墙间土体滑动	1.30
沿地基内深层滑动(圆弧面滑动)	1.20
倾覆	1.50
上浮	1.05

5.2.4 对挡土(水)墙、水塔等构筑物基底的地基反力,可按直线分布计算。基底边缘的最小压力,不宜出现负值(拉力)。

5.3 正常使用极限状态验算规定

5.3.1 对正常使用极限状态,结构构件应分别按作用短期效应的标准组合或长期效应的准永久组合进行验算,并应保证满足变形、抗裂度、裂缝开展宽度、应力等计算值不超过相应的规定限值。

5.3.2 对混凝土贮水或水质净化处理等构筑物,当在组合作用下,构件截面处于轴心受拉或小偏心受拉(全面处于受拉)状态时,应按不出现裂缝控制;并应取作用短期效应的标准组合进行验算。

5.3.3 对钢筋混凝土贮水或水质净化处理等构筑物,当在组合作用下,构件截面处于受弯或大偏心受压、受拉状态时,应按限制裂缝宽度控制;并应取作用长期效应的准永久组合进行验算。

5.3.4 钢筋混凝土构筑物构件的最大裂缝宽度限值,应符合表 5.3.4 的规定。

表 5.3.4 钢筋混凝土构筑物构件的最大裂缝宽度限值 w_{max}

类别	部位及环境条件	w_{max} (mm)
水处理构筑物、水池、水塔	清水池、给水水质净化处理构筑物	0.25
	污水处理构筑物、水塔的水柜	0.20
泵房	贮水间、格栅间	0.20
	其他地面以下部分	0.25
取水头部	常水位以下部分	0.25
	常水位以上湿度变化部分	0.20
注:沉井结构的施工阶段最大裂缝宽度限值可取 0.25mm。		

5.3.5 电机层楼面的支承梁应按作用的长期效应的准永久组合进行变形计算，其允许挠度应符合下式要求：

$$w_v \leq \frac{l_0}{750} \quad (5.3.5)$$

式中 w_v ——支承梁的允许挠度 (cm)；
 l_0 ——支承梁的计算跨度 (cm)。

5.3.6 对于正常使用极限状态，作用效应的标准组合设计值 S_s 和作用效应的准永久组合设计值 S_d ，应分别按下列公式确定：

1 标准组合

$$S_s = \sum_{i=1}^m G_{Gi} \cdot G_{ik} + G_{Q1} \cdot Q_{1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n C_{Qj} \cdot Q_{jk} \quad (5.3.6-1)$$

对水塔等构筑物，当计入风荷载时可取 $\psi_c = 0.6$ ；当不计入风荷载时，应为

$$S_s = \sum_{i=1}^m G_{Gi} \cdot G_{ik} + \sum_{j=1}^n C_{Qj} \cdot Q_{jk} \quad (5.3.6-2)$$

2 准永久组合

$$S_d = \sum_{i=1}^m G_{Gi} \cdot G_{ik} + \sum_{j=1}^n C_{Qj} \cdot \psi_{Qj} \cdot Q_{jk} \quad (5.3.6-3)$$

式中 ψ_{Qj} ——第 j 个可变作用的准永久值系数。

5.3.7 对钢筋混凝土构筑物，当其构件在标准组合作用下处于轴心受拉或小偏心受拉的受力状态时，应按下列公式进行抗裂度验算：

1 对轴心受拉构件应满足：

$$\frac{N_k}{A_0} \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad (5.3.7-1)$$

式中 N_k ——构件在标准组合作用下计算截面上的纵向力 (N)；

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm²)，应按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用；

A_0 ——计算截面的换算截面面积 (mm²)；

α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数，可取 0.87。

2 对偏心受拉构件应满足：

$$N_k \left(\frac{e_0}{\gamma W_0} + \frac{1}{A_0} \right) \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad (5.3.7-2)$$

式中 e_0 ——纵向力对截面重心的偏心距 (mm)；

W_0 ——构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩 (mm³)；

γ ——截面抵抗矩塑性系数，对矩形截面为 1.75。

5.3.8 对于预应力混凝土结构的抗裂验算，应满足下式要求：

$$\alpha_{cp} \sigma_{sk} - \sigma_{pc} \leq 0 \quad (5.3.8)$$

式中 σ_{sk} ——在标准组合作用下，计算截面的边缘法向应力 (N/mm²)；

σ_{pc} ——扣除全部预应力损失后，计算截面上的预压应力 (N/mm²)；

α_{cp} ——预压效应系数，对现浇混凝土结构可取 1.15；对预制拼装结构可取 1.25。

5.3.9 钢筋混凝土构筑物的各部位构件，在准永久组合作用下处于受弯、大偏心受压或大偏心受拉状态时，其可能出现的最大裂缝宽度可按附录 A 计算确定，并应符合 5.3.4 的要求。

6 基本构造要求

6.1 一般规定

6.1.1 贮水或水处理构筑物一般宜按地下式建造；当按地面式建造时，严寒地区宜设置保温设施。

6.1.2 钢筋混凝土贮水或水处理构筑物，除水槽和水塔等高架贮水池外，其壁、底板厚度均不宜小于 20cm。

6.1.3 构筑物各部位构件内，受力钢筋的混凝土保护层最小厚度 (从钢筋的外缘处起)，应符合表 6.1.3 的规定。

表 6.1.3 钢筋的混凝土保护层最小厚度 (mm)

构件类别	工作条件	保护层最小厚度
墙、板、壳	与水、土接触或高湿度	30
	与污水接触或受水气影响	35
梁、柱	与水、土接触或高湿度	35
	与污水接触或受水气影响	40
基础、底板	有垫层的下层筋	40
	无垫层的下层筋	70

注：1 墙、板、壳内的分布筋的混凝土净保护层最小厚度不应小于 20mm；梁、柱内箍筋的混凝土净保护层最小厚度不应小于 25mm；
 2 表列保护层厚度系按混凝土等级不低于 C25 给出，当采用混凝土等级低于 C25 时，保护层厚度尚应增加 5mm；
 3 不与水、土接触或不受水气影响的构件，其钢筋的混凝土保护层的最小厚度，应按现行的《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定采用；
 4 当构筑物位于沿海环境，受盐雾侵蚀显著时，构件的最外层钢筋的混凝土最小保护层厚度不应少于 45mm；
 5 当构筑物的构件外表设有水泥砂浆抹面或其他涂料等质量确有保证的保护措施时，表列要求的钢筋的混凝土保护层厚度可酌量减小，但不得低于处于正常环境的要求。

6.1.4 钢筋混凝土墙（壁）的拐角及与顶、底板的交接处，宜设置腋角。腋角的边宽不应小于 150mm，并应配置构造钢筋，一般可按墙或顶、底板截面内受力钢筋的 50% 采用。

6.2 变形缝和施工缝

6.2.1 大型矩形构筑物的长度、宽度较大时，应设置适应温度变化作用的伸缩缝。伸缩缝的间距可按表 6.2.1 的规定采用。

表 6.2.1 矩形构筑物的伸缩缝最大间距（m）

结构类别		地基类别		工作条件	
		岩 基		土 基	
		露天	地下式或有保温措施	露天	地下式或有保温措施
砌体	砖	30		40	
	石	10		15	
现浇混凝土		5	8	8	15
钢筋混 凝土	装配整体式	20	30	30	40
	现浇	15	20	20	30
注：1 对于地下式或有保温措施的构筑物，应考虑施工条件及温度、湿度环境等因素，外露时间较长时，应按露天条件设置伸缩缝； 2 当有经验时，例如在混凝土中施加可靠的外加剂或浇筑混凝土时设置后浇带，减少其收缩变形，此时构筑物的伸缩缝间距可根据经验确定，不受表列数值限制。					

6.2.2 当构筑物的地基土有显著变化或承受的荷载差别较大时，应设置沉降缝加以分割。

6.2.3 构筑物的伸缩缝或沉降缝应做成贯通式，在同一剖面上连同基础或底板断开。伸缩缝的缝宽不宜小于 20mm；沉降缝的缝宽不应小于 30mm。

6.2.4 钢筋混凝土构筑物的伸缩缝和沉降缝的构造，应符合下列要求：

1 缝处的防水构造应由止水板材、填缝材料和嵌缝材料组成；

2 止水板材宜采用橡胶或塑料止水带，止水带与构件混凝土表面的距离不宜小于止水带埋入混凝土内的长度，当构件的厚度较小时，宜在缝的端部局部加厚，并宜在加厚截面的突缘外侧设置可压缩性板材；

3 填缝材料应采用具有适应变形功能的板材；

4 嵌缝材料应采用具有适应变形功能、与混凝土表面粘结牢固的柔性材料，并具有在环境介质中不老化、不变质的性能。

6.2.5 位于岩石地基上的构筑物，其底板与地基间应设置可滑动层构造。

6.2.6 混凝土或钢筋混凝土构筑物的施工缝设置，

应符合下列要求：

1 施工缝宜设置在构件受力较小的截面处；

2 施工缝处应有可靠的措施保证先后浇筑的混凝土间良好固结，必要时宜加设止水构造。

6.3 钢筋和埋件

6.3.1 钢筋混凝土构筑物的各部位构件的受力钢筋，应符合下列规定：

1 受力钢筋的最小配筋百分率，应符合现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定；

2 受力钢筋宜采用直径较小的钢筋配置；每米宽度的墙、板内，受力钢筋不宜少于 4 根，且不超过 10 根。

6.3.2 现浇钢筋混凝土矩形构筑物的各构件的水平向构造钢筋，应符合下列规定：

1 当构件的截面厚度小于、等于 50cm 时，其里、外侧构造钢筋的配筋百分率均不应小于 0.15%。

2 当构件的截面厚度大于 50cm 时，其里、外侧均可按截面厚度 50cm 配置 0.15% 构造钢筋。

6.3.3 钢筋混凝土墙（壁）的拐角处的钢筋，应有足够的长度锚入相邻的墙（壁）内；锚固长度应自墙（壁）的内侧表面起算。

6.3.4 钢筋的接头应符合下列要求：

1 对具有抗裂性要求的构件（处于轴心受拉或小偏心受拉状态），其受力钢筋不应采用非焊接的搭接接头；

2 受力钢筋的接头应优先采用焊接接头，非焊接的搭接接头应设置在构件受力较小处；

3 受力钢筋的接头位置，应按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定相互错开；如必要时，同一截面处的绑扎钢筋的搭接接头面积百分率可加大到 50%，相应的搭接长度应增加 30%。

6.3.5 钢筋混凝土构筑物各部位构件上的预埋件，其锚筋面积及构造要求，除应按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定外，尚应符合下列要求：

1 预埋件的锚板厚度应附加腐蚀裕度；

2 预埋件的外露部分，必须作可靠的防腐保护。

6.4 开孔处加固

6.4.1 钢筋混凝土构筑物的开孔处，应按下列规定采取加强措施：

1 当开孔的直径或宽度大于 300mm 但不超过 1000mm 时，孔口的每侧沿受力钢筋方向应配置加强钢筋，其钢筋截面积不应小于开孔切断的受力钢筋截面积的 75%；对矩形孔口的四周尚应加设斜筋；对圆形孔口尚应加设环筋。

2 当开孔的直径或宽度大于 1000mm 时，宜对孔口四周加设肋梁；当开孔的直径或宽度大于构筑物

壁、板计算跨度的 $\frac{1}{4}$ 时,宜对孔口设置边梁。梁内配筋应按计算确定。

6.4.2 砖砌体的开孔处,应按下列规定采取加强措施:

1 砖砌体的开孔处宜采用砌筑砖券加强。砖券厚度,对直径小于1000mm的孔口,不应小于120mm;对直径大于1000mm的孔口,不应小于240mm。

2 石砌体的开孔处,宜采用局部浇筑混凝土加强。

附录 A 钢筋混凝土矩形截面处于受弯或大偏心受拉(压)状态时的最大裂缝宽度计算

A.0.1 受弯、大偏心受拉或受压构件的最大裂缝宽度,可按下列公式计算:

$$w_{\max} = 1.8\psi \frac{\sigma_{sq}}{E_s} \left(1.5c + 0.11 \frac{d}{\rho_{te}} \right) (1 + \alpha_1) \cdot \nu \quad (\text{A.0.1-1})$$

$$\psi = 1.1 - \frac{0.65 f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{sq} \alpha_2} \quad (\text{A.0.1-2})$$

式中 w_{\max} ——最大裂缝宽度 (mm);

ψ ——裂缝间受拉钢筋应变不均匀系数,当 $\psi < 0.4$ 时,应取0.4;当 $\psi > 1.0$ 时,应取1.0;

σ_{sq} ——按长期效应准永久组合作用计算的截面纵向受拉钢筋应力 (N/mm²);

E_s ——钢筋的弹性模量 (N/mm²);

c ——最外层纵向受拉钢筋的混凝土净保护层厚度 (mm);

d ——纵向受拉钢筋直径 (mm);当采用不同直径的钢筋时,应取 $d = \frac{4A_s}{u}$; u 为纵向受拉钢筋截面的总周长 (mm);

ρ_{te} ——以有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率,即 $\rho_{te} = \frac{A_s}{0.5bh}$; b 为截面计算宽度, h 为截面计算高度; A_s 为受拉钢筋的截面面积 (mm²),对偏心受拉构件应取偏心力一侧的钢筋截面面积;

α_1 ——系数,对受弯、大偏心受压构件可取 $\alpha_1 = 0$;对大偏心受拉构件可取 $\alpha_1 =$

$$0.28 \left[\frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h_0}} \right];$$

ν ——纵向受拉钢筋表面特征系数,对光面

钢筋应取1.0;对变形钢筋应取0.7;

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm²);

α_2 ——系数,对受弯构件可取 $\alpha_2 = 1.0$;对大

偏心受压构件可取 $\alpha_2 = 1 - 0.2 \frac{h_0}{e_0}$;对

大偏心受拉构件可取 $\alpha_2 = 1 + 0.35 \frac{h_0}{e_0}$ 。

A.0.2 受弯、大偏心受压、大偏心受拉构件的计算截面纵向受拉钢筋应力 σ_{sq} ,可按下列公式计算:

1 受弯构件的纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q}{0.87 A_s h_0} \quad (\text{A.0.2-1})$$

式中 M_q ——在长期效应准永久组合作用下,计算截面处的弯矩 (N-mm);

h_0 ——计算截面的有效高度 (mm)。

2 大偏心受压构件的纵向受拉钢筋应力

$$\sigma_{sq} = \frac{M_q - 0.35 N_q (h_0 - 0.3e_0)}{0.87 A_s h_0} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中 N_q ——在长期效应准永久组合作用下,计算截面上的纵向力 (N);

e_0 ——纵向力对截面重心的偏心距 (mm)。

3 大偏心受拉构件的纵向钢筋应力

$$\sigma_{ls} = \frac{M_q + 0.5 N_q (h_0 - a')}{A_s (h_0 - a')} \quad (\text{A.0.2-3})$$

式中 a' ——位于偏心力一侧的钢筋至截面近侧边缘的距离 (mm)。

附录 B 本规范用词说明

B.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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”。

B.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……规定”。