



中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3132—2002

石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范

Design specification for reinforced concrete
tanks in petrochemical industry

2003-02-09 发布

2003-05-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 基本设计规定	1
4 材料	4
4.1 混凝土	4
4.2 钢材	4
4.3 外加剂	5
5 作用及作用效应组合	5
5.1 一般规定	5
5.2 永久作用	5
5.3 可变作用	6
5.4 地震作用	7
5.5 效应组合	9
6 静力计算	11
6.1 一般规定	11
6.2 矩形水池的静力计算	14
6.3 圆形水池的静力计算	17
6.4 矩形水池壁面温(湿)差作用的内力计算	18
7 抗裂及裂缝宽度验算	19
7.1 抗裂验算	19
7.2 裂缝宽度验算	20
8 抗浮稳定设计	21
8.1 一般规定	21
8.2 抗浮稳定验算	21
9 构造要求	23
9.1 一般构造要求	23
9.2 变形缝构造	25
9.3 抗震构造措施	26
附录 A (资料性附录) 双向板在非齐顶水(土)压力作用下的弯矩系数	27
附录 B (资料性附录) 壁面温(湿)差作用下的弯矩系数	28
用词说明	29
附 条文说明	31

前 言

本规范是根据中国石化[2000]建标字 090 号文的通知，由中国石化洛阳石油化工工程公司主编的。

本规范共分九章和两个资料性附录，主要内容包括：范围、基本设计规定、材料、作用及作用效应组合、静力计算、抗裂及裂缝宽度验算、抗浮稳定设计及构造要求等。由中国石化集团公司工程建设管理部组织审定。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范在实施过程中，如发现需要修改补充之处，请将意见和有关资料提供给主编单位（地址：河南省洛阳市七里河 063 信箱，邮政编码：471003），以便今后修订时参考。本标准由主编单位负责解释。

本规范主编单位：中国石化集团洛阳石油化工工程公司

参 加 编 制 单 位：中国石油天然气集团大庆石油化工设计院

主 要 起 草 人：于文章 邓润辉 冯迪 李立昌

石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范

1 范围

本规范适用于石油化工企业中现浇钢筋混凝土水池的结构设计（顶盖可采用预制），非贮液池及地下式、半地下式泵房的结构设计可参照执行。

本规范不适用于装配式钢筋混凝土水池，预应力混凝土水池及沉井类结构设计。

本规范不涉及水池地基处理方面的内容，建造于软弱土、湿陷性黄土及膨胀土等特殊土层上的水池，其地基处理应执行现行有关地基处理技术规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规范，然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其新版本适用于本规范。

GB 50010 混凝土结构设计规范

GB 50046 工业建筑防腐蚀设计规范

GB 50191 构筑物抗震设计规范

GB 8076 混凝土外加剂

GBJ 119 混凝土外加剂应用技术规范

JGJ 52 普通混凝土用砂质量标准及验收方法

JGJ 53 普通混凝土用碎石或卵石质量标准及验收方法

JC 476 混凝土膨胀剂

3 基本设计规定

3.1 水池按其埋置情况分为全埋式、地下式、半地下式、地面式和架空式五种，其划分方法应符合下列规定：

- a) 全埋式指池顶的顶面标高位于地面以下，且顶部有覆土的水池；
- b) 地下式指池顶标高与地面一致，或高出地面高度不超过 300mm 的水池；
- c) 半地下式指池壁高度一半及一半以上位于地面以下的水池；
- d) 地面式指池壁高度一半以上位于地面以上的水池；
- e) 架空式指池底板与地面脱开，用柱基或条基架空的水池。

3.2 不设缝的单格矩形水池，按池壁长度与高度的比值划分为深壁池、浅壁池和双向板壁池三种，其划分方法应符合表 1 规定。

3.3 水池的防水等级按围护结构允许渗漏水量划分为四级，划分标准应符合表 2 规定。贮液池均应进行闭水试验，并应达到表 2 规定的防水等级渗漏标准。

表 1 单格无缝矩形水池分类

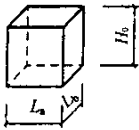
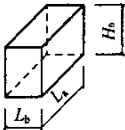
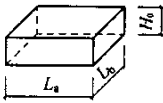
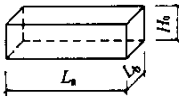
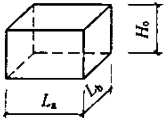
边界条件	深 壁 池		浅 壁 池		双向板壁池
	双向深壁池	单向深壁池	双向浅壁池	单向浅壁池	
顶边自由	$L_a/H_0 < 0.5$	$L_b/H_0 < 0.5$	$L_a/H_0 > 3$	$L_a/H_0 > 3$	$3 \geq L_a/H_0 \geq 0.5$
三边支承	$L_b/H_0 < 0.5$	$3 \geq L_a/H_0 \geq 0.5$	$L_b/H_0 > 3$	$3 \geq L_b/H_0 \geq 0.5$	$3 \geq L_b/H_0 \geq 0.5$
四边支承	$L_a/H_0 < 0.5$	$L_b/H_0 < 0.5$	$L_a/H_0 > 2$	$L_a/H_0 > 2$	$2 \geq L_a/H_0 \geq 0.5$
	$L_b/H_0 < 0.5$	$2 \geq L_a/H_0 \geq 0.5$	$L_b/H_0 > 2$	$2 \geq L_b/H_0 \geq 0.5$	$2 \geq L_b/H_0 \geq 0.5$
简 图					
注：表中 L_a 为长向池壁计算长度， L_b 为短向池壁计算长度， H_0 为池壁计算高度。					

表 2 水池防水等级渗漏标准

防 水 等 级	渗 漏 标 准
一 级	不允许渗水，围护结构无湿渍
二 级	不允许漏水，围护结构有少量湿渍，湿渍总面积不应大于维护结构总面积的 0.6%
三 级	有少量漏水点，任意 100m ² 防水面积上的漏水点数不超过 7 处，不得有线流和漏泥砂，整个工程平均漏水量 $< 0.5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
四 级	有漏水点，不得有线流和漏泥砂，整个工程平均漏水量 $< 2\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$

3.4 石油化工常用水池的防水等级，宜按表 3 规定采用（设有附加防水层时，可降低一级防水等级，但不低于四级）。当工艺有规定时，按工艺规定采用。

表 3 石油化工水池防水等级

防水等级	水 池 名 称
一 级	无
二 级	地下式、半地下式泵房
三 级	架空式水池、大型设备井池、有侵蚀介质作用的污水类池如事故池、调节池、中和池等
四 级	贮焦池、沉淀池、沥青池、隔油池、撇沫池、浮选池、曝气池、沉砂池、反应池、澄清池、气浮池、过滤池、清水池、雨水池、冷却水池、消防水池等

3.5 石油化工常用水池混凝土的抗渗等级应符合表 4 的规定。

表 4 水池混凝土的抗渗等级

I_w	$I_w < 10$		$I_w \geq 10$	
水池防水等级	二、三级	四级	二、三级	四级
混凝土抗渗等级 (S_i)	S_6	S_4	S_8	S_6
注 1: 表中 I_w 为最大作用水头与池壁 (或底板) 厚度之比值;				
注 2: 表中 S_i 为混凝土抗渗等级, 系指龄期为 28 天的混凝土试件, 施加 $i \times 0.1 \text{ MPa}$ 水压后所满足的不渗水指标。				

3.6 建于寒冷地区的地面式、架空式或半地下式水池的池壁及顶盖, 宜设置外保温设施。当池壁外露时, 在最冷月月平均气温低于 -5°C 的地区, 水池壁板及顶板混凝土的抗冻等级应符合表 5 的规定。

表 5 水池混凝土抗冻等级

最冷月月平均气温	混凝土抗冻等级 (D_i)
低于 -15°C	$\geq D150$
$-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$	$\geq D100$
注 1: 表中 D_i 为混凝土的抗冻等级, 系指龄期 28 天的混凝土试件, 在吸水饱和后, 以抗压强度降低不超过 25%, 且重量损失不超过 5% 时, 所能承受的最大冻融循环次数;	
注 2: 融循环次数系指一年内气温从 5°C 以上降至 -5°C 以下, 再回升至 5°C 以上的交替次数。	

- 3.7 水池混凝土的环境温度不得高于 80°C 。
- 3.8 当水池内介质的酸碱度 (pH 值) 低于 6 或其它介质组分对钢筋混凝土产生强、中、弱等级腐蚀时, 应按现行《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 的有关规定或进行专门试验采取防腐措施。当介质温度超过 40°C 时, 尚应考虑温度对防腐层材料的影响。
- 3.9 当现浇矩形钢筋混凝土水池的长度和宽度尺寸超过表 6 的规定时, 应设置适应温 (湿) 度变化作用的伸缩缝。

表 6 现浇矩形钢筋混凝土水池伸缩缝最大间距 m

混凝土种类	砂土或粘性土地基			岩石或碎石土地基		
	地面式水池	地下式水池 或有保温措施	半地下式水池	地面式水池	地下式水池 或有保温措施	半地下式水池
普通防水混凝土	20	30	25	15	20	17
补偿收缩混凝土	30	45	40	25	35	30
注: 当普通防水混凝土水池设有后浇带或补偿收缩混凝土水池设有膨胀混凝土加强带时, 伸缩缝的间距可根据工程经验确定, 不受表列数值限制。						

- 3.10 石油化工常用水池的结构安全等级为二级, 结构重要性系数取 1.0。按现行《构筑物抗震设计规范》GB 50191 中规定的丙类构筑物进行抗震设计。
- 3.11 水池地基的沉降应能满足正常生产要求, 一般情况下, 地基的最大沉降值不宜大于 300mm。

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 水池混凝土可采用普通防水混凝土或补偿收缩混凝土。

4.1.2 水池混凝土的砂率宜为 35%~40%，灰砂比宜为 1:2~1:2.5，水灰比宜小于 0.5（有抗冻要求时应小于 0.5），坍落度不宜大于 50mm（掺外加剂或采用泵送混凝土时不受此限制）。

4.1.3 当采用补偿收缩混凝土时，其性能应通过试验确定，并应满足现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 中规定的补偿收缩混凝土性能的要求。

4.1.4 水池受力构件混凝土的强度等级不应低于 C25；当要求混凝土的抗冻等级大于、等于 D150 时，混凝土的强度等级不应低于 C30。

4.1.5 水池混凝土中使用活性骨料时，其碱含量应符合表 7 规定的限值。

表 7 混凝土中最大碱含量限值 kg/m³

工作环境	防水等级	
	四级	二、三级
干燥环境	不限	不限
潮湿环境	3.5	3.0
含碱环境	3.0	采用非活性骨料

4.1.6 水池混凝土中水泥材料的选用应符合下列规定：

- a) 当水池混凝土不受侵蚀性介质和冻融作用时，可选用普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥；
- b) 当水池混凝土受冻融作用时，宜优先选用普通硅酸盐水泥，不得使用火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥；
- c) 当混凝土中掺用硫铝酸钙类膨胀剂（明矾石膨胀剂除外）、氧化钙类膨胀剂时，宜选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，如选用其它类水泥应通过试验确定；
- d) 当混凝土中掺用明矾石膨胀剂时，宜选用普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥，如选用其它类水泥应通过试验确定；
- e) 每立方米混凝土中的水泥含量不应少于 300kg。水泥中的总碱量应不大于 0.6%。

4.1.7 水池混凝土中的细骨料和粗骨料除应符合现行《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ 52 和《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ 53 的规定外，尚应符合下列要求：

- a) 细骨料宜选用中砂，其最大粒径不得超过 5mm，含泥量和云母含量不应大于 3%（按重量比）；
- b) 粗骨料应采用颗粒致密坚硬的卵石或碎石，最大粒径不应大于结构最小尺寸的 1/4，且不得大于钢筋最小净距的 1/2，并不得大于 40mm，针片状颗粒含量不应大于 15%，含泥量不应大于 1%（按重量比），吸水率不应大于 1.5%。

4.2 钢材

4.2.1 钢筋宜采用 HRB 400、HRB 335、HPB 235 级钢筋；钢材宜采用 Q 235 类。

4.2.2 直径大于 10mm 的受力钢筋和承受温度应力的钢筋宜采用 HRB 400、HRB 335 级钢筋。

4.2.3 长期处于中等和强腐蚀介质浸蚀下的钢构件，应有可靠的防护措施。

4.3 外加剂

4.3.1 水池混凝土中掺用外加剂时，应符合现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 中的有关规定。所用外加剂品种及质量标准尚应符合现行《混凝土外加剂》GB 8076 及各种外加剂的相关标准中的有关规定。

4.3.2 补偿收缩混凝土中膨胀剂的掺入量应通过试验确定，混凝土膨胀剂应达到《混凝土膨胀剂》JC 476 中规定的性能指标要求。当水池混凝土中采用活性骨料时，不应采用总碱量大于 0.75% 的膨胀剂。

4.3.3 水池混凝土中不得使用氯盐及含氯盐的防冻剂、复合早强剂及早强减水剂等。混凝土中最大氯离子含量不应超过水泥用量的 0.2%。

5 作用及作用效应组合

5.1 一般规定

5.1.1 水池结构上的作用分为下列三类：

- a) 永久作用：结构自重、土的竖向压力、土的侧向压力、池内水压力、池内物料压力、设备及管线重等；
- b) 可变作用：顶盖活荷载、设备操作荷载、安装检修荷载、地面堆积荷载、风荷载、雪荷载、地下水压力（包括侧压力、浮托力）、温（湿）度变化作用等；
- c) 地震作用。

5.1.2 进行水池结构计算时，可不考虑风荷载作用。

5.1.3 全埋式、地下式水池和有保温设施的半地下式、地面式及架空式水池，可不考虑壁面温（湿）度变化的作用。

5.1.4 无保温设施的半地下式、地面式及架空式的圆形水池和按本规范第 3.9 条规定设置了永久伸缩缝的半地下式、地面式的矩形水池，可不计算温（湿）度变化对壁板中面的作用。

5.1.5 水池不考虑竖向地震作用。下列情况下，水池可不进行水平地震作用下的截面抗震验算，但应满足抗震构造要求。

- a) 设防烈度为 6 度和 7 度时的各种水池；
- b) 设防烈度为 8 度时的全埋式、地下式和半地下式水池；
- c) 设防烈度为 8 度时的地面式圆形水池。

5.2 永久作用

5.2.1 水池结构上的永久作用标准值应按下列规定计算：

- a) 结构自重标准值，按构件尺寸与相应材料的重度计算；
- b) 水池顶盖覆土的竖向土压力标准值，按覆土厚度与相应填土的重度计算，并乘以竖向土压力系数。当顶盖长宽比小于 10 时，竖向土压力系数取 1.0；大于 10 时，取 1.2；
- c) 侧向土压力标准值：地下水位以上部分，按回填土的重度计算主动土压力；地下水位以下部分，按回填土的浮重度计算主动土压力；

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 1/3。

对粘性土可取 1/4~1/3，堆放焦炭可取 1/3；

- d) 池内水压力标准值，按设计水位高度的静水压力计算（对机械表面曝气池，设计水位应按池顶计算）；
- e) 设备及管线重的标准值，按实际重量采用；
- f) 转动设备重的标准值，按设备转动部分重量标准值乘以动力系数后的垂直静态作用计算；动力系数取值：对离心泵及电机类设备取 2.0，对刮泥机类设备取 1.2。

5.2.2 各种永久作用的重度及其分项系数，应按表 8 规定取值。

表 8 永久作用的重度及分项系数

作用名称	重度, kN/m ³	分项系数	备注
结构自重: 钢筋混凝土 素混凝土 砂浆	25 23 20	1.20	当作用对结构有利时, 分项系数取 1.0
顶盖竖向覆土压力	18	1.27	
侧向土压力: 地下水以上部分 地下水以下部分	18 10	1.27	
池内水压力: 一般水池 污水池	10 10.0~10.8	1.27	
贮焦池内焦炭	8	1.20	
设备、管线重	按实际	1.10	
转动设备重	按 5.2.1 条第 f 项计算	1.20	

5.3 可变作用

5.3.1 可变作用的标准值、分项系数、准永久值系数，应按表 9 规定取值。

表 9 可变作用标准值、分项系数、准永久值系数

作用名称	标准值，kN/m²	分项系数	准永久值系数
不上人顶盖活荷载	0.7	1.4	0
上人顶盖活荷载	1.5	1.4	0.4
设备操作平台活荷载	2.0	1.4	0.5
顶盖上安装检修荷载	3.5	1.4	0
地面堆积荷载	10.0	1.3	0.5
地下水（侧压力、浮力）	—	1.27	0.7
温（湿）度变化作用	按 5.3.2 条，5.3.3 条计算	1.4	1.0

5.3.2 暴露在大 气中的水池壁板的壁面温差应按下式计算：

$$\Delta t_1 = \frac{h/\lambda_c}{1/\beta_c + h/\lambda_c} (T_N - T_A) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Δt_1 —— 池壁板内外侧壁面温差，℃；
- h —— 池壁板厚度，m；
- λ_c —— 混凝土导热系数，按表 10 取值；
- β_c —— 混凝土与空气间的热交换系数，按表 10 取值；
- T_N —— 池壁板内侧水的计算温度（℃），可按年最冷月月平均介质温度采用；
- T_A —— 池壁板外侧的大气温度（℃），可按当地年最冷月月平均温度采用。

表 10 混凝土的热工系数

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	1×10^{-5} (1/℃)
导热系数 λ_c	两侧表面与空气接触	1.55 (w/m·k)
	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)

- 5.3.3 暴露在大 气中的池壁湿度当量温差（ Δt_2 ）可取 10℃ 计算。
- 5.3.4 计算池壁板面温（湿）度变化作用时，取壁面温差与湿度当量温差中的较大者（ Δt ）计算。

5.4 地震作用

5.4.1 矩形地面式水池单位宽度池壁沿高度的水平地震作用标准值按下式计算：

$$F_{Eqk} = 0.45\alpha_{max}\gamma_1q\sin\frac{\pi Z}{2H_0} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- F_{Eqk} —— 单位宽度池壁沿高度的水平地震作用标准值，kN/m²。（见图 1）；
- α_{max} —— 水平地震作用影响系数最大值，8 度时取 0.5，9 度时取 1.0；
- q —— 池壁沿高度单位面积重力荷载标准值，kN/m²；
- Z —— 计算截面距池壁底端的高度，m；
- γ_1 —— 第 1 振型参与系数，对等厚度池壁一般取 1.27。

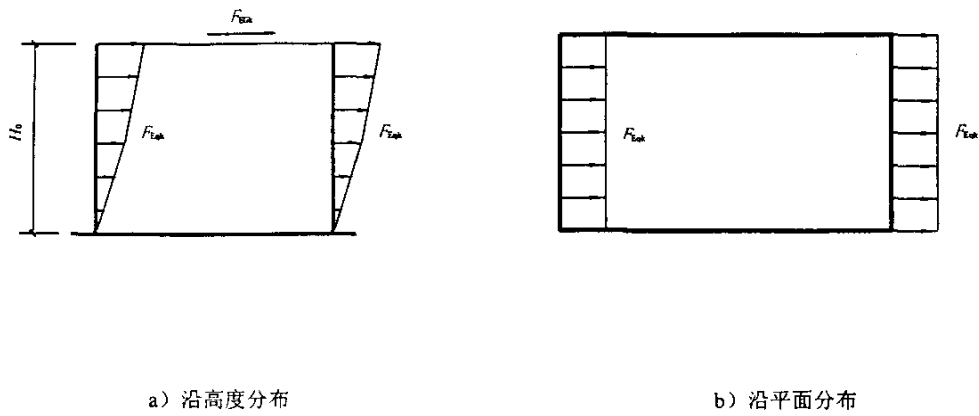


图 1 地面式水池池壁地震作用分布

5.4.2 矩形地面式水池顶盖的水平地震作用标准值按下式计算：

$$F_{EGk} = 0.45\alpha_{\max}\gamma_1G_{eq} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

F_{EGk} ——水池顶盖的水平地震作用标准值，kN。（见图 1）；

G_{eq} ——水池顶盖的全部等效重力荷载，kN。

5.4.3 地震作用时矩形水池的动水压力标准值及其沿水平地震作用方向的合力标准值，按下列公式计算：

$$F_w = 0.2\alpha_{\max}\gamma_wH_0f_w \dots\dots\dots (4)$$

$$P_w = 0.4\alpha_{\max}\gamma_wL_bH_0^2f_w \dots\dots\dots (5)$$

式中：

F_w ——水池动水压力标准值，kN/m²；

P_w ——动水压力沿水平地震方向的合力标准值，kN。（见图 2）；

L_a 、 L_b ——分别为沿水平地震方向和垂直于地震方向的池壁计算长度，m；

γ_w ——水的重度，kN/m³；

f_w ——水池的动水压力系数，按表 11 取值。

表 11 地面式水池动水压力系数

L_a/H_0	0.5	1.0	1.5	2.0	≥ 3.0
f_w	0.3	0.48	0.59	0.64	0.69

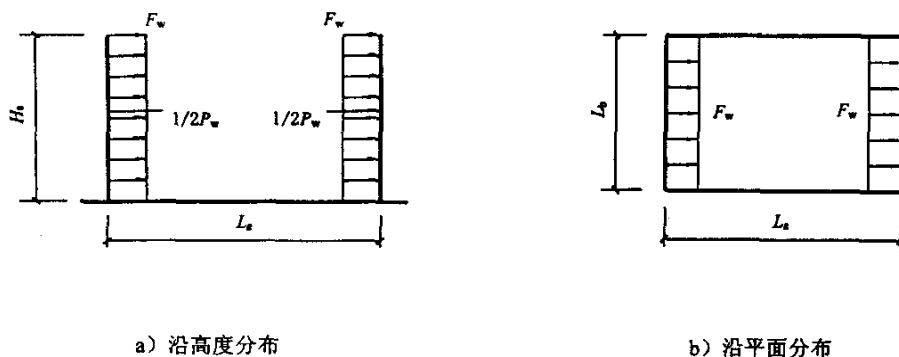


图 2 矩形水池动水压力分布

5.5 效应组合

5.5.1 对结构构件作强度计算时,应采用下列极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

γ_0 —— 结构重要性系数, 取 1.0;

S —— 作用效应组合的设计值;

R —— 构件承载力设计值, 按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定采用。

5.5.2 对结构构件作抗震验算时,应采用下列极限状态设计表达式:

$$S \leq R/\gamma_{\text{RE}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, 取 0.85。

5.5.3 水池按承载力极限状态设计时,作用效应基本组合设计值可按下式简化计算:

$$S = \sum_i^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \psi \sum_j^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

S_{Gik} —— 按第 i 个永久作用标准值计算的作用效应;

γ_{Gi} ——第 i 个永久作用分项系数, 按表 8 取值;

S_{0ik} ——按第 j 个可变作用标准值计算的作用效应;

 γ_{0j} ——第 j 个可变作用分项系数, 按表 9 取值;

ψ ——可变作用的组合系数，一般取 0.9，当只有一个可变作用时，取 1.0。

5.5.4 水池按承载力极限状态设计时,地震作用效应组合设计值可按式计算:

$$S_E = \sum_1^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_{Ek} S_{Ek} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- S_E ——地震作用效应组合的设计值；
- γ_{Ek} ——水平地震作用分项系数，取 1.3；
- S_{Ek} ——按水平地震作用标准值计算的水平地震作用效应。

5.5.5 水池按正常使用极限状态设计时，当构件截面处于轴心受拉或小偏心受拉状态时，应按不出现裂缝控制，取作用效应的标准组合，按下式计算：

$$S_s = \sum_1^m S_{Gik} + \psi \sum_1^n S_{Qjk} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

S_s ——作用效应标准组合的设计值。

5.5.6 水池按正常使用极限状态设计时，当构件截面处于受弯、大偏心受压或大偏心受拉状态时，应按裂缝宽度控制，取作用效应的准永久组合，按下式计算：

$$S_l = \sum_1^m S_{Gik} + \sum_1^n \psi_{qj} S_{Qjk} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- S_l ——作用效应准永久组合的设计值；
- ψ_{qj} ——第 j 个可变作用的准永久值系数，按表 9 取值。

5.5.7 水池结构的作用效应组合，应按表 12 规定采用。

表 12 作用组合表

设计阶段	水池种类	工 况	结构自重	顶盖活荷	竖向土压	顶盖保温	池外土压	池内水压	池外水压	地面堆载	温差作用	地震作用
闭水试验	各种水池	池内贮水 池外无土	√	—	—	—	—	√	—	—	—	—
正常使用	全埋式水池	池内贮水	√	√	√	—	√	√	√	√	—	—
		池内无水	√	√	√	—	√	—	√	√	—	—
	地下式水池	池内贮水	√	√	—	—	√	√	√	√	—	—
		池内无水	√	√	—	—	√	—	√	√	—	—
	有保温半地下水池	池内贮水	√	√	—	√	√	√	√	√	—	—
		池内无水	√	√	—	√	√	—	√	√	—	—
	无保温半地下水池	池内贮水	√	√	—	—	√	√	√	√	√	—
		池内无水	√	√	—	—	√	—	√	√	√	—

表 12 (续) 作用组合表

设计阶段	水池种类	工 况	结构自重	顶盖活荷	竖向土压	顶盖保温	池外土压	池内水压	池外水压	地面堆载	温差作用	地震作用
正常 使用	有保温地面式水池	池内贮水	√	√	—	√	—	√	—	—	—	—
	无保温地面式水池	池内贮水	√	√	—	—	—	√	—	—	√	—
	有保温架空式水池	池内贮水	√	√	—	√	—	√	—	—	—	—
	无保温架空式水池	池内贮水	√	√	—	—	—	√	—	—	√	—
地震		池内贮水	√	—	—	√	√	√	—	—	—	√
注 1: 当地下式、半地下式、地面式和架空式水池无顶盖时, 组合中取消顶盖活荷载和顶盖保温重。 注 2: 对有盖的地下式、半地下式、地面式和架空式水池, 当顶盖上有设备时, 活荷载应取操作平台活荷载。 注 3: 计算顶盖构件时, 顶盖活荷载应考虑施工安装或检修荷载。 注 4: 当雪荷载大于顶盖活荷载时, 组合中以前者代替后者。												

6 静力计算

6.1 一般规定

6.1.1 水池结构的计算简图可按下列规定确定:

- a) 敞口水池顶端无约束时, 应为自由端;
- b) 顶盖为预制板搁置于池壁顶端, 无其它连接措施时, 池壁顶端应视为自由端;
- c) 当顶盖与池壁整体浇筑, 且采用连续配筋时, 池壁顶端应按弹性固定; 当采用分离式配筋且设有抗剪钢筋时, 池壁顶端可按铰支承;
- d) 当池壁顶端走道板的厚度不小于 200mm, 宽厚比不大于 5, 其横向水平支承构件 (板或梁) 的间距与池壁计算高度的比值小于 2, 且走道板满足横向受力要求时, 走道板可作为池壁的支承构件, 按下列条件取为弹性固定支承或不动铰支承 (见图 3):
 - 1) 在满足构造要求情况下, 走道板可作为池壁顶端的弹性固定支承, 该弹性固定支承的反力系数可按下式计算:

$$\alpha_T = \frac{b}{b + (1/128)m^4(H_0/n_g)} \dots\dots\dots (12)$$

$$n_g = \frac{I_L}{I_H} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- α_T —— 弹性固定支承反力系数;
- m —— 走道板水平向计算跨度 (L) 与池壁计算高度 (H_0) 的比值;
- b —— 池壁计算宽度, 可取 $b=1m$;
- n_g —— 走道板横截面惯性矩 (I_L) 与池壁截面惯性矩 (I_H) 的比值。

- 2) 在满足构造要求情况下, 当符合下式要求时, 走道板可视为池壁顶端的不动铰支承;

$$n_g \geq 0.25m^4 \frac{H_0}{b} \dots\dots\dots (14)$$

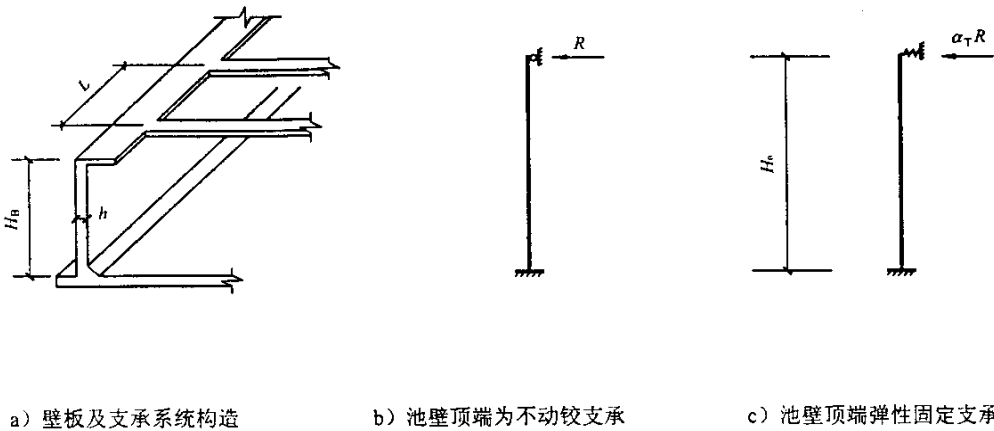


图 3 走道板作为池壁支承构件示意图

- e) 当满足下列要求时，水池底板可作为壁板的固定支承：
- 1) 底板厚度应为壁板厚度的 1.2~1.5 倍（根据地基情况选用，弱者选小值，强者选大值），并须将底板外挑，外挑宽度不宜小于 250mm；
 - 2) 当采用刚性条基时，底板应满足图 4 的构造要求；

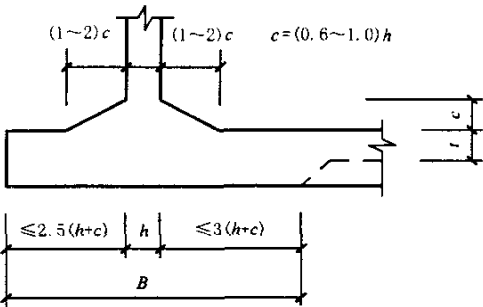


图 4 刚性条基构造

f) 水池相邻壁板之间可按互为固定支承；池壁可作为中间隔板的固定支承，中间隔板一般作为池壁的铰支承。

6.1.2 水池壁板水平向的计算长度，应符合下列规定：

- a) 矩形水池池壁水平向的计算长度，按两端池壁的中心线之间的距离计算；当池壁为变截面时，按池壁平均厚度的中心线计算；
- b) 圆形水池池壁的计算半径，按自圆心至池壁中心线的距离计算；当池壁为变截面时，按池壁平均厚度的中心线计算。

6.1.3 水池壁板计算高度,应符合下列规定:

- 当计算简图为池壁下端固定、上端自由时,取净高度;
- 当池壁与顶板、底板整体浇筑,计算简图为下端固定、上端铰支(或弹性固定)时,取净高加顶板厚度的一半;
- 当计算简图为池壁上下端均为弹性固定时,取净高加顶板和底板厚度各一半。

6.1.4 矩形水池的壁板,在侧向荷载作用下,单向或双向受力的区分条件,应按表 13 确定。

表 13 矩形水池壁板在侧向荷载作用下单、双向受力区分条件

壁板的边界条件	L_0/H_0	壁板的受力条件
四边支承	$L_0/H_0 < 0.5$	底部 $H = 2L_0$ 部分按双向计算, $H = 2L_0$ 处可视为自由端 $H > 2L_0$ 部分按水平向单向计算
	$0.5 \leq L_0/H_0 \leq 2$	按双向计算
	$L_0/H_0 > 2$	按竖向单向计算,水平向角隅处负弯矩按 6.2.3 条计算
三边支承、顶端自由	$L_0/H_0 < 0.5$	底部 $H = 2L_0$ 部分按双向计算, $H = 2L_0$ 处可视为自由端 $H > 2L_0$ 部分按水平向单向计算
	$0.5 \leq L_0/H_0 \leq 3$	按双向计算
	$L_0/H_0 > 3$	按竖向单向计算,水平向角隅处负弯矩按 6.2.3 条计算
注:表中 L_0 为壁板的计算长度; H_0 为壁板的计算高度。		

6.1.5 圆形水池的壁板在侧向荷载作用下的受力条件,应按表 14 确定。

表 14 圆形水池壁板在侧向荷载作用下的受力条件

H_0/s	壁板的受力条件
$H_0/s \leq 1$	按竖向单向受力板计算
$1 < H_0/s \leq 15$	按圆柱壳计算环向及竖向内力
$H_0/s > 15$	当顶端为自由端时, $H_0/s > 15$ 以上部分的圆柱壳按无约束的自由圆柱壳计算其薄膜内力
注:表中 s 为圆柱壳的弹性特征系数。	

6.1.6 圆柱壳的弹性特征系数,可按下列式计算:

$$s = 0.76\sqrt{Rh} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

R —— 圆柱壳的计算半径, m;

h —— 壁板厚度, m。

6.2 矩形水池的静力计算

6.2.1 单格双向浅壁池的壁板，可按下端固定、上端自由（或铰支）的竖向单向板计算。

6.2.2 单格单向浅壁池的壁板，可按下列方法计算：

- a) 对长方向的壁板，按下端固定、上端自由（或铰支）的竖向单向板计算，也可顺短边方向截取单位截条，按平面框架计算（见图 5）；
- b) 对短方向壁板，可按上端自由的三边支承板或上端铰支的四边支承板计算。

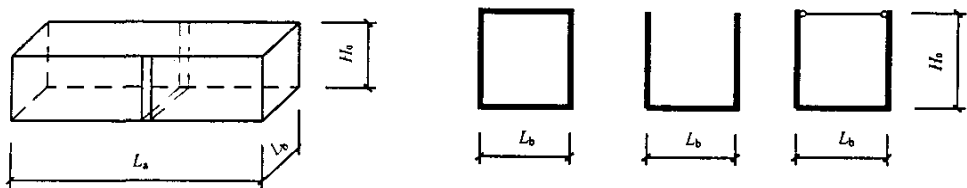


图 5 单格单向浅壁池按框架计算简图

6.2.3 当按竖向单向板进行壁板计算时，壁板的水平角隅处应按下式计算其局部负弯矩（见图 6）。

$$M_{jx} = m_j PH_0^2 \dots\dots\dots (16)$$

式中：

- M_{jx} ——壁板水平向角隅处局部负弯矩，kN·m/m；
- m_j ——角隅处最大水平向弯矩系数，按表 15 取值；
- P ——均布荷载强度或三角形荷载的最大强度，kN/m²。

表 15 角隅处最大水平向弯矩系数 m_j

荷载类别	池壁上端支承条件	池壁厚度	m_j
均布荷载	自 由	$h_1=h_2$	-0.426
		$h_1=1.50h_2$	-0.218
	铰 支	$h_1=h_2$	-0.076
		$h_1=1.50h_2$	-0.072
三角形荷载	自 由	$h_1=h_2$	-0.104
		$h_1=1.50h_2$	-0.054
	铰 支	$h_1=h_2$	-0.035
		$h_1=1.50h_2$	-0.032

注：表中 h_1 、 h_2 分别为池壁底端和顶端的厚度。

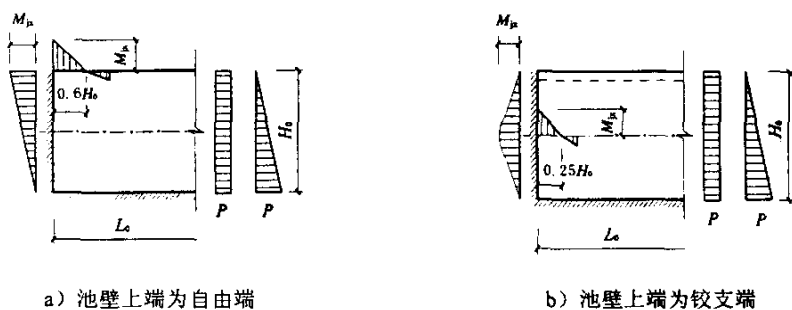


图 6 池壁板水平向角隅处的局部负弯矩

6.2.4 单格双向深壁池的壁板，当顶部为自由端或铰支承时，可按下列方法计算：

- 壁板的竖向弯矩：从底板向上取 $H_2=2L_0$ 高度范围内，按三边固定顶端自由的双向受力板计算（ L_0 为水池短边计算长度）；
- 壁板的水平向弯矩：从池顶向下取 $H_1=H_0-H_2$ 高度范围，沿壁板竖向截取单位段，按水平封闭框架计算（图 7）。

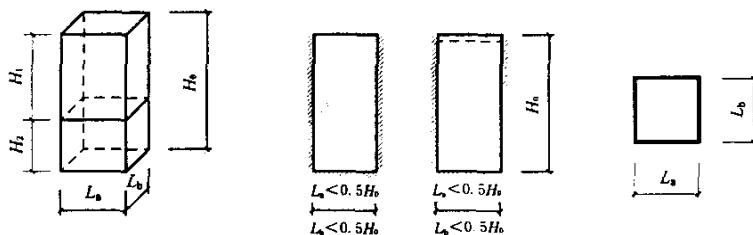
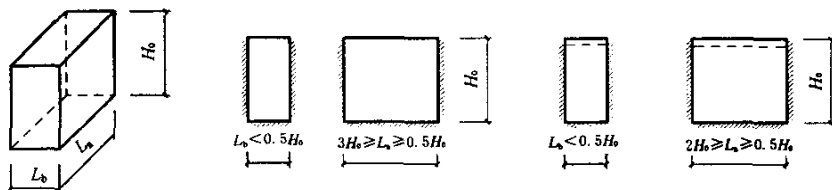


图 7 单格双向深壁池计算简图

6.2.5 单格单向深壁池的壁板，当顶部为自由端或铰支承时，可按下列方法计算（图 8）：

- 对短方向的壁板，按 6.2.4 条计算；
- 对长方向的壁板，一般按上端自由（或铰支），其它三边固定的双向受力板计算；
当为三边支承板且 $L_a/L_0 > 3$ 或为四边支承板且 $L_a/L_0 > 2$ 时，可按竖向单向板计算，并按按 6.2.3 条计算水平向角隅处的局部负弯矩。



a) 顶端自由的三边支承板 b) 顶端铰支的四边支承板

图 8 单格单向深壁池计算简图

6.2.6 单格双向板壁池的壁板，可按下列方法计算：

- a) 按不同支承条件的三边支承或四边支承板计算；
- b) 当水池垂直的两侧池壁均按双向板计算时，其水平向支座弯矩（固端弯矩）的不平衡部分，应按两侧池壁的线刚度比进行一次性分配，并对每边的水平向支座及跨中弯矩进行调整。垂直向的弯矩不进行调整。
- c) 当池壁承受非齐顶水（土）压力时，三边固定、顶端自由（或铰支）的双向受力板的弯矩，可按下列公式计算（见图 9）：

$$M_x = m_x PL_0^2 \dots\dots\dots (17)$$

$$M'_x = m'_x PL_0^2 \dots\dots\dots (18)$$

$$M_y = m_y PH_0^2 \dots\dots\dots (19)$$

$$M'_y = m'_y PH_0^2 \dots\dots\dots (20)$$

式中：

- M_x —— 三边固定、顶端自由（或铰支）的双向板的水平向跨中弯矩，kN·m/m；
- M'_x —— 三边固定、顶端自由（或铰支）的双向板的水平向支座弯矩，kN·m/m；
- M_y —— 三边固定、顶端自由（或铰支）的双向板的竖向跨中弯矩，kN·m/m；
- M'_y —— 三边固定、顶端自由（或铰支）的双向板的竖向支座弯矩，kN·m/m；

$m_x、m'_x、m_y、m'_y$ —— 弯矩系数，按附录 A 采用；
 λ —— 池内水位高度与池壁计算高度的比值。

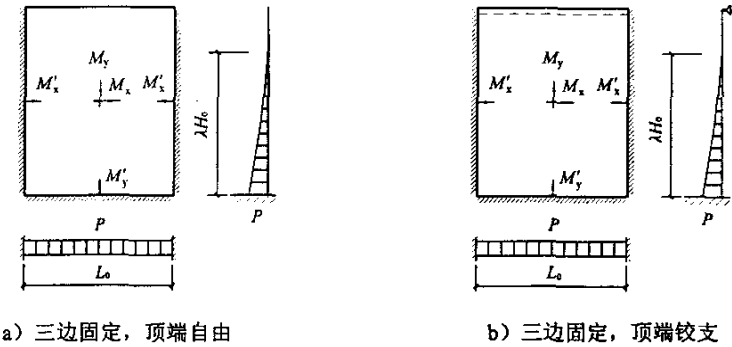


图 9 双向板承受非齐顶水（土）压力计算简图

- 6.2.7 矩形多格水池可根据使用条件参照以上方法进行计算，并应考虑间隔贮水的工况。
- 6.2.8 当矩形水池底板满足刚性板条件时，可按刚性底板计算，否则宜按弹性地基板计算。
- 6.2.9 水池底板按刚性条基设计时，应符合下列规定：
 - a) 当底板下地基土的承载力特征值 $f_a \geq 130\text{kPa}$ 时，或当 $f_a \geq 100\text{kPa}$ 且池底板位于最高地下水位以上时，可设计成刚性条基，其构造应符合图 4 的规定；

b) 刚性条基以外的底板, 应按下列规定设计:

- 1) 当最高地下水位低于底板底面时, 条基与底板可采用整浇式, 也可采用分离式, 如采用分离式, 应在接缝部位采取止水措施, 底板可按构造设计和配筋;
- 2) 当最高地下水位高于水池底板时, 条基与底板应整体浇筑, 并应进行在地下水浮托作用下的底板强度计算。

6.2.10 当水池采用刚性条基且池壁按顶部自由的单向板设计时, 应按“池内有水、池外无土”或“池内无水、池外有土”两种工况进行条基的地基承载力验算, 条基的地基反力可按直线分布, 并应满足抗倾覆要求, 抗倾覆安全系数取 1.5。

当刚性条基与底板采用分离式且池壁按顶端自由的单向板设计时, 尚应满足抗滑移要求, 抗滑移安全系数取 1.3。

6.2.11 当池内设有立柱, 且水池的底板及顶盖为整体浇筑的无梁板结构时, 可按等代框架法进行内力分析。

6.3 圆形水池的静力计算

6.3.1 圆形水池的壁板应按表 14 确定的受力条件进行内力计算。

6.3.2 当圆形水池的底板为平板时, 可按下列方法计算:

- a) 当底板满足刚性板的条件时, 可按刚性圆板计算, 否则宜按弹性地基上的圆板计算;
- b) 按刚性环形条基设计时, 当水池底板位于最高地下水位以下时, 条基和底板应整体浇筑, 底板可假定为嵌固(或铰支)于条基上的圆板, 进行在地下水浮力作用下的强度计算。

6.3.3 周边铰支的钢筋混凝土圆板, 承受均布荷载时的弯矩可按下列公式计算:

$$M_r = \frac{19}{96}(1-\rho^2)qR^2 \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$M_t = \frac{1}{96}(19-9\rho^2)qR^2 \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

M_r ——任意截面的径向弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$;

M_t ——任意截面的切向弯矩, $\text{kN} \cdot \text{m}/\text{m}$;

q ——均布荷载, kN/m^2 ;

ρ ——任意截面计算半径与圆板计算半径的比值;

R ——圆板的计算半径。

6.3.4 周边固定的钢筋混凝土圆板, 承受均布荷载时的弯矩可按下列公式计算:

$$M_r = \frac{1}{96}(7-19\rho^2)qR^2 \quad \dots\dots\dots (23)$$

$$M_t = \frac{1}{96}(7-9\rho^2)qR^2 \quad \dots\dots\dots (24)$$

6.3.5 当圆形水池的底板为锥形板时, 可按圆锥壳进行内力分析。

6.4 矩形水池壁面温（湿）差作用的内力计算

6.4.1 单向受力壁板在壁面温（湿）差的作用下，应按下列公式进行内力计算（见图 10）：

a) 当壁板两端固定时：

$$M_{\Delta t} = \frac{\alpha_c \Delta t E_c h^2}{12} \eta_s \dots\dots\dots (25)$$

式中：

α_c —— 混凝土线膨胀系数（1/℃），按表 10 取值；

E_c —— 混凝土弹性模量，kN/m²；

$M_{\Delta t}$ —— 壁面温（湿）差作用所引起的弯矩标准值，kN·m/m；

h —— 壁板厚度，m；

η_s —— 折减系数，按 0.65 取用；

Δt —— 池壁板内外侧壁面温（湿）差，℃。

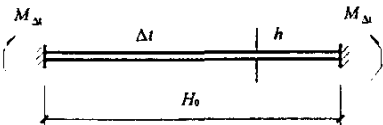
b) 当壁板的一端为固定，另一端为铰支时：

$$M_{\Delta t} = \frac{\alpha_c \Delta t E_c h^2}{8} \left(\frac{x}{H_0} \right) \eta_s \dots\dots\dots (26)$$

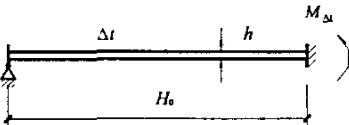
式中：

x —— 计算截面至铰支端的距离，m；

H_0 —— 池壁计算高度，m。



a) 壁板两端固定支承



b) 壁板一端固定，另一端铰支承

图 10 单向受力壁板在温（湿）差作用下内力计算简图

6.4.2 双向受力壁板在温（湿）差作用下，应按下列公式进行内力计算：

a) 当壁板为四边固定支承时（见图 11）：

$$M_{\Delta t} = \frac{\alpha_c \Delta t E_c h^2}{12(1-\mu_c)} \eta_s \dots\dots\dots (27)$$

式中：

μ_c —— 混凝土泊松比。

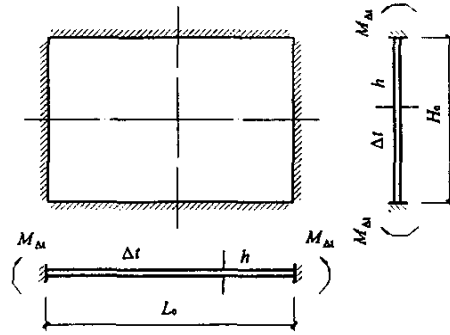


图 11 四边固定的双向受力板在温（湿）差作用下内力计算简图

b) 当壁板为四边铰支或三边固定上端铰支承（或自由端）时：

$$M_{xt} = k_{xt} \alpha_c \Delta t E_c h^2 \quad \dots\dots\dots (28)$$

$$M_{yt} = k_{yt} \alpha_c \Delta t E_c h^2 \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中：

M_{xt} 、 M_{yt} ——池壁温（湿）差所引起的池壁 X、Y 方向的弯矩标准值， $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ ；

k_{xt} 、 k_{yt} ——壁板在 X、Y 方向的弯矩系数，按附录 B 取用。

7 抗裂及裂缝宽度验算

7.1 抗裂验算

7.1.1 当构件处于轴心受拉状态时，应按下式进行抗裂验算：

$$\frac{N_s}{A_n + 2\alpha_E A_s} \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中：

N_s ——作用效应标准组合下，构件计算截面上的纵向拉力，N；

A_n ——混凝土的净截面面积， mm^2 ；

A_s ——验算截面内的纵向受拉钢筋的截面面积， mm^2 ；

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；

α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数，可取 0.87；

f_{tk} ——混凝土轴心抗拉强度标准值， N/mm^2 。

7.1.2 当构件处于小偏心受拉状态时，应按下式进行抗裂验算：

$$N_s \left(\frac{e_0}{\gamma_m W_0} + \frac{1}{A_0} \right) \leq \alpha_{ct} f_{tk} \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中：

e_0 ——构件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, mm^3 ;

A_0 —— 构件换算截面面积, mm^2 ;

γ_m —— 截面抵抗矩塑性系数, 对矩形截面取 1.75。

7.2 裂缝宽度验算

7.2.1 当构件截面处于受弯、大偏心受压或大偏心受拉状态时, 最大裂缝宽度可按下列公式计算:

$$w_{\max} = 1.8\phi \frac{\sigma_{ls}}{E_s} \left(1.5c + 0.1 \frac{d}{\rho_{te}} \right) (1 + \alpha_1) \nu \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$\phi = 1.1 - \frac{0.65f_{tk}}{\rho_{te}\sigma_{ls}\alpha_2} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{te}} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

$w_{\max}$ —— 水池构件的最大裂缝宽度, mm ;

ϕ —— 裂缝间受拉钢筋应变不均匀系数, 当 $\phi < 0.4$ 时取 0.4; 当 $\phi > 1.0$ 时取 1.0;

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, 当 $\rho_{te} < 0.01$ 时, 取 $\rho_{te} = 0.01$;

E_s —— 钢筋弹性模量;

A_s —— 受拉钢筋截面面积 (mm^2), 对偏心受拉构件应取偏心力一侧的钢筋截面面积;

A_{te} —— 有效受拉混凝土截面面积 (mm^2), 对矩形截面 $A_{te} = 0.5bh$, b 为截面计算宽度取 1000mm, h 为截面计算高度;

α_1 —— 系数, 对受弯、大偏心受压构件取 $\alpha_1 = 0$; 对大偏心受拉构件取 $\alpha_1 = 0.28 \left(\frac{1}{1 + \frac{2e_0}{h_0}} \right)$;

c —— 最外层纵向受拉钢筋的混凝土净保护层厚度, mm ;

ν —— 纵向受拉钢筋表面特征系数, 变形钢筋取 0.7; 光面钢筋取 1.0;

d —— 受拉钢筋直径, mm ;

α_2 —— 系数, 对受弯构件取 $\alpha_2 = 1.0$;

对大偏心受压构件取 $\alpha_2 = 1 - 0.2 \frac{h_0}{e_0}$;

对大偏心受拉构件取 $\alpha_2 = 1 + 0.35 \frac{h_0}{e_0}$;

σ_{ls} —— 按作用效应准永久组合计算的截面处纵向受拉钢筋应力 (N/mm^2), 按 7.2.2 条计算;

h_0 —— 计算截面的有效高度。

7.2.2 对受弯、大偏心受压、大偏心受拉构件, 其计算截面纵向受拉钢筋的应力 (σ_{ls}) 可按下列公式计算:

a) 受弯构件纵向受拉钢筋的应力:

$$\sigma_{is} = \frac{M_L}{0.87A_s h_0} \dots\dots\dots (35)$$

b) 大偏心受压构件纵向受拉钢筋的应力:

$$\sigma_{is} = \frac{M_L - 0.35N_L(h_0 - 0.3e_0)}{0.87A_s h_0} \dots\dots\dots (36)$$

c) 大偏心受拉构件纵向受拉钢筋的应力:

$$\sigma_{is} = \frac{M_L + 0.5N_L(h_0 - a')}{A_s(h_0 - a')} \dots\dots\dots (37)$$

式中:

- M_L —— 作用效应准永久组合下, 计算截面处的弯矩, N·mm;
- N_L —— 作用效应准永久组合下, 计算截面上的纵向力, N;
- a' —— 位于偏心力一侧的钢筋至截面近侧边缘的距离, mm.

7.2.3 钢筋混凝土水池构件最大裂缝宽度 (w_{max}) 应符合下列规定:

- a) 防水等级为四级的水池 $w_{max} \leq 0.25\text{mm}$;
- b) 防水等级为二级和三级的水池 $w_{max} \leq 0.20\text{mm}$.

8 抗浮稳定设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 当全埋式、地下式及半地下式水池承受地下水浮力时, 应进行水池结构的整体抗浮稳定验算; 当水池内设有立柱、隔墙等支承结构时, 还应验算其支承区域内的局部抗浮稳定性。
- 8.1.2 计算抗浮力时, 不应计入下列作用: 池内贮水重、上部设备重、池内物料重及池壁与土之间的摩擦力。
- 8.1.3 计算抗浮力时, 池顶覆土的重度宜取 16kN/m^3 ; 池底板外挑部分上部填土的重度宜取 18kN/m^3 , 且不应考虑其扩散角的影响。
- 8.1.4 各种工况下水池结构抗浮稳定安全系数应按表 16 规定取值。

表 16 抗浮稳定安全系数

抗 浮 内 容	水 池 类 别	验 算 部 位	安全系数 K_s (K_{sn})
整体抗浮稳定	所有	整体	1.05
局部抗浮稳定	贮液池	池内局部区格或局部单元	1.15
		边端单元	1.05
	非贮液池	池内局部区格或局部单元	1.27
		边端单元	1.15

8.2 抗浮稳定验算

- 8.2.1 水池结构应按下列规定进行整体抗浮稳定验算。

a) 水池结构的整体抗浮稳定性应满足下式要求：

$$\frac{G_k}{Q_f} \geq K_s, \dots\dots\dots (38)$$

式中：

- G_k ——水池整体抗浮力标准值，kN；
- Q_f ——作用于水池底板（或平衡层）底面上的浮力标准值，kN；
- K_s ——整体抗浮稳定安全系数，按表 16 规定取用。

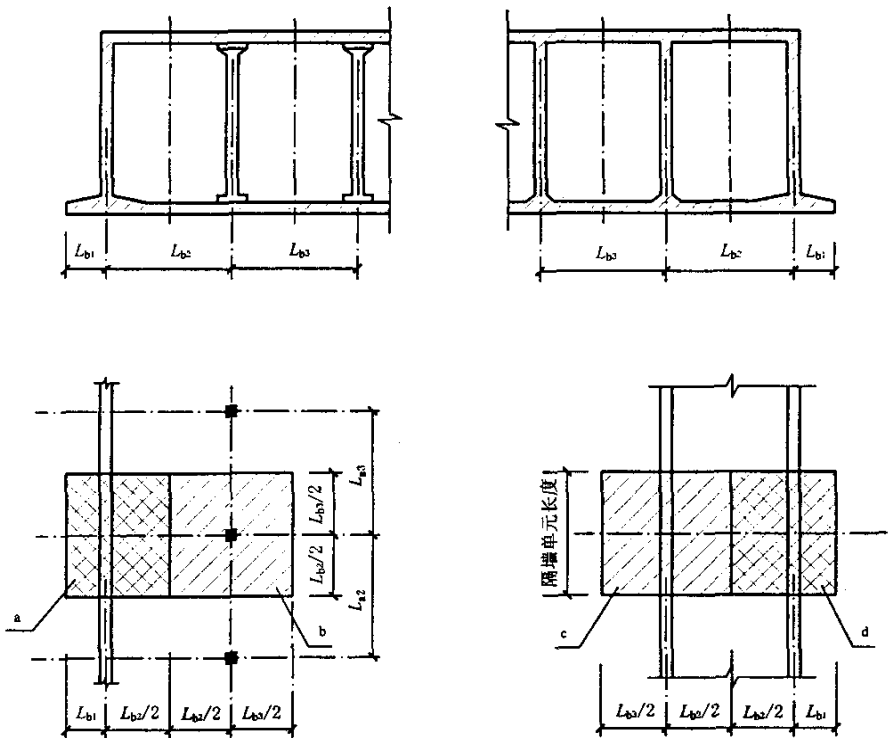
b) 作用于水池底板（或平衡层）底面上的浮力按下式计算：

$$Q_f = \gamma_w H_d A \dots\dots\dots (39)$$

式中：

- γ_w ——水的重度，kN/m³；
- H_d ——最高地下水位距水池底板（或平衡层）底面的距离，m；
- A ——水池底板（或平衡层）底面的面积，m²。

8.2.2 设有中间立柱或隔墙等支承构件的水池，局部区格或局部单元（见图 12）的抗浮稳定性应满足下式要求：



- a 边墙区格；
- b 中间区格；
- c 中间隔墙单元；
- d 边墙单元。

图 12 局部区格局部单元抗浮

$$\frac{G_n}{\gamma_w H_d A_n} \geq K_{sn} \dots\dots\dots (40)$$

式中：

- G_n ——局部区格或局部单元面积上抗浮力的标准值，kN；
- A_n ——局部区格或局部单元承受地下水浮力的面积， m^2 ；
- K_{sn} ——局部抗浮稳定安全系数，按表 16 规定取值。

8.2.3 当水池的整体或局部抗浮稳定不能满足时，应采取抗浮措施，以确保水池结构的抗浮稳定性。

9 构造要求

9.1 一般构造要求

9.1.1 现浇钢筋混凝土水池的壁板、中间隔板及底板的厚度不宜小于 200mm；顶板的厚度不宜小于 150mm；当底板采用条基时，中间部位底板厚度不宜小于 150mm；当壁板或顶板采用梁（柱）板式结构时，板的厚度不宜小于 100mm。

9.1.2 水池混凝土的受力钢筋保护层厚度应符合表 17 的规定。当有抹面或设有防腐层时，表中防腐层厚度可减 10mm。

表 17 水池混凝土钢筋保护层厚度

构件类别	工作条件	保护层厚度, mm
顶板、壁板	与土、水接触	30
	与污水接触	35
梁、柱	与土、水接触	35
	与污水接触	40
底板	有垫层的下层钢筋	40
	无垫层的下层钢筋	70

9.1.3 敞口水池壁板的顶端宜按下列构造要求设计：

- a) 敞口水池壁板的顶端宜设置水平向加强筋，每侧三根，间距不大于 150mm，加强筋的直径不宜小于池壁水平向受力钢筋，且不宜小于 16mm，见图 13 a)；
- b) 当敞口矩形水池的边长大于 20m 时，池壁顶端宜加设暗梁，见图 13 b)；
- c) 当敞口矩形水池的边长大于 30m，且水池高度大于 3m 时，池壁顶端宜加肋梁，见图 13 c)。

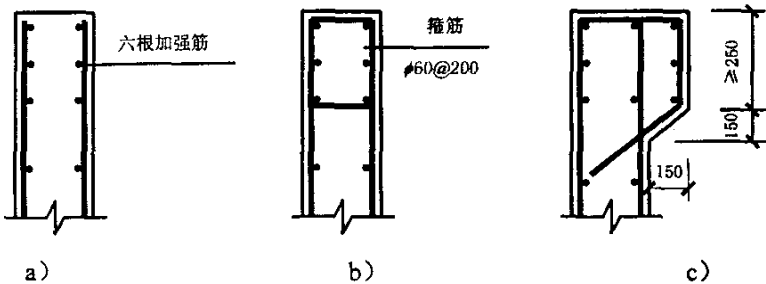


图 13 敞口水池池壁顶端构造

9.1.4 水池壁板与底板的连接处宜设置腋角，腋角高度宜为 $(0.6\sim1.0)h$ (h ——壁板厚度) 且不小于 150mm，腋角的高宽比宜为 1:1~1:2，腋角内应配置斜向钢筋。

9.1.5 钢筋混凝土水池的配筋应符合下列构造要求：

- a) 受力钢筋宜采用 HRB 400、HRB 335 级钢筋，直径不宜小于 10mm，每米宽度内不宜少于 4 根，也不宜多于 10 根；
- b) 抵抗温度应力的钢筋应采用 HRB 400、HRB 335 级钢筋，直径不应小于 10mm，间距不应大于 150mm；无保温设施的半地下式水池的地面上下各 500mm 范围内的水平向钢筋宜加密，间距不宜大于 100mm；
- c) 受力钢筋的最小配筋率应符合表 18 的规定：

表 18 受力钢筋最小配筋率 (%)

分 类		混凝土强度等级≤C35
受压构件	全部纵向钢筋	0.6
	一侧纵向钢筋	0.2
受弯、偏心受拉、轴心受拉构件每一侧的受拉钢筋		0.25 和 $45 f_t/f_y$ 中的较大者
注 1：当采用 HRB 400 级钢筋时，受压构件全部纵向钢筋的最小配筋率，应按表中规定减小 0.1。		
注 2：表中 f_t 和 f_y 分别为混凝土和钢筋的抗拉强度设计值。		

- d) 当采用构造配筋时，厚度小于或等于 500mm 的构件，其内、外侧构造配筋的配筋率均不宜小于 0.15%；
- e) 受拉钢筋的最小锚固长度 (L_a) 应符合表 19 的规定，水池转角处的钢筋伸入相邻池壁的锚固长度应从池壁内侧算起；

表 19 受拉钢筋最小锚固长度 L_a mm

钢 筋 种 类	混 凝 土 强 度 等 级			任何情况最小 L_a mm
	C20	C25	$\geq$ C30	
HPB235	30 <i>d</i>	30 <i>d</i>	25 <i>d</i>	$\geq$ 250
HRB 335	40 <i>d</i>	35 <i>d</i>	30 <i>d</i>	
HRB 400	45 <i>d</i>	40 <i>d</i>	35 <i>d</i>	
注: <i>d</i> 为受拉钢筋直径, 当 <i>d</i> 大于 25mm 时, L_a 应乘以修正系数 1.1。				

- f) 受力钢筋的接头宜优先采用焊接接头，当采用搭接绑扎接头时，同一连接区段内的接头面积不应超过 50%，且搭接长度应不小于 $1.4L_a$ 。

9.1.6 水池的壁板和底板上不得使用贯穿性埋件，埋件尾部距另一侧混凝土表面距离不应小于 100mm。

9.1.7 当管线穿过池壁时，宜设计成刚性防水套管或柔性防水套管的结构形式，一般情况下不宜采用

直埋，当采用直埋时，应设置止水环。

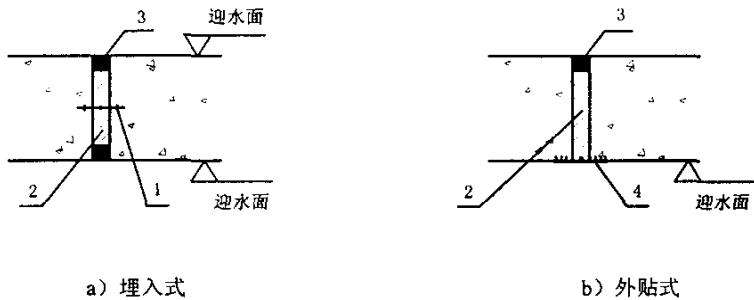
9.1.8 在水池壁板上开孔时，应符合下列构造要求：

- a) 孔径小于或等于 300mm 时，板内钢筋不切断绕过孔口配置，另在开孔处板的内外侧各增设一根 $\Phi 12$ 环筋加强；
- b) 孔径（或矩形孔边长）大于 300mm 且小于 800mm 时，板内钢筋在孔口处切断，另配加强筋，加强筋的截面面积不应小于被切断钢筋的 75%；矩形孔口的四角尚应加设斜筋，圆形孔口尚应加设环筋及幅射筋；
- c) 孔径（或矩形孔边长）大于或等于 800mm 时，应在开孔的周边设置肋梁，并配置加强筋；当开孔直径（或边长尺寸）超过板跨 1/4 时，加强筋需通过计算确定。

9.2 变形缝构造

9.2.1 水池变形缝的宽度按计算确定，一般情况下，伸缩缝的宽度不应小于 20mm，沉降缝、抗震缝的宽度不应小于 30mm，水池的伸缩缝、沉降缝应做成贯通式的。

9.2.2 水池变形缝可由止水带、填缝板和密封料三部分构成，止水带可采用埋入式和外贴式两种（见图 14）。



- 1——埋入式止水带；
- 2——填缝板；
- 3——密封料；
- 4——外贴式止水带。

图 14 变形缝构造

9.2.3 变形缝中的止水带宜选用橡胶止水带或塑料止水带；填缝板宜选用具有适应变形功能的板材，如闭孔型聚乙烯泡沫塑料板或纤维板等；密封料宜选用具有适应变形功能，与混凝土表面粘结牢固，且具有在环境介质中不老化、不变质的柔性材料，如聚硫密封膏等。材料性能，规格尺寸，选用要求，应符合《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》CECS117 的有关规定。

9.2.4 变形缝处附加钢筋构造，可参照图 15 的形式配置。

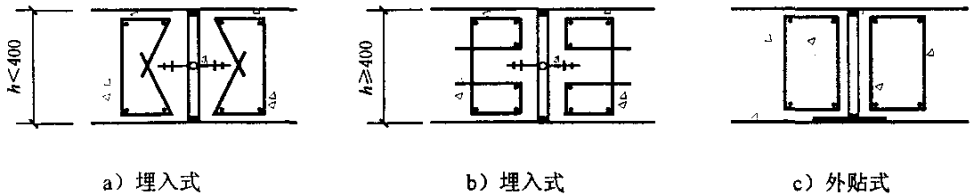


图 15 变形缝处附加钢筋示意

9.2.5 变形缝中的止水带距构件混凝土表面的距离不应小于止水带宽度的 1/2，当构件的厚度不能满足要求时，宜将变形缝两侧构件局部加厚。

9.3 抗震构造措施

9.3.1 设防烈度为 6 度及其以上地区的钢筋混凝土水池，均应满足相应的抗震构造要求。

9.3.2 当现浇钢筋混凝土水池采用预制顶盖时，应符合下列抗震构造要求：

- a) 预制板在池壁上的搁置长度不应小于 200mm；板缝内应配置不少于 1 根 $\Phi 6$ 钢筋，用 M10 水泥砂浆灌缝；
- b) 预制板与梁的连接应采用预埋件焊接，每块板至少焊三个角；
- c) 当设防烈度为 8 度、9 度时，预制板与池壁也应采取埋件焊接；
- d) 当设防烈度为 9 度时，宜在预制板顶面铺设连续钢筋网，整浇一层厚度不小于 50mm 的细石混凝土。

9.3.3 当水池采用整浇顶板时，顶板与池壁之间应采用连续式配筋。

9.3.4 当设防烈度为 8 度、9 度时，池内立柱的配筋率为：8 度时不宜少于 0.6%；9 度时不宜少于 0.8%。立柱上下端 1/6 净高度范围内的箍筋应加密，间距不大于 100mm。立柱顶端与顶盖构件之间应有可靠连接。

9.3.5 设防烈度为 6 度及其以上地区的钢筋混凝土水池，受拉钢筋的锚固长度应在表 19 规定的基础上再增加 $5d$ ，当设防烈度为 8 度、9 度时，池壁转角处内、外层水平钢筋的配筋率均不应少于 0.3%，钢筋伸入两侧池壁内的长度不应小于 1000mm。

附录 A
(资料性附录)

双向板在非齐顶水(土)压力作用下的弯矩系数

表 A.1 三边固定、顶端自由双向板在非齐顶水(土)压力作用下的弯矩系数 (m_x 、 m_x' 、 m_y 、 m_y')

L_0/H_0	0.50		0.75		1.00		1.50		2.00		3.00	
λ	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3
m_x	+0.0072	+0.0152	+0.0043	+0.0137	+0.0016	+0.0072	+0.0006	+0.0035	+0.0004	+0.0023	+0.0001	+0.0000
m_x'	-0.0160	-0.0336	-0.0115	-0.0295	-0.0050	-0.0165	-0.0019	-0.0084	-0.0010	-0.0052	-0.0004	-0.0030
m_y	+0.0016	+0.0029	+0.0029	+0.0050	+0.0033	+0.0075	+0.0030	+0.0109	+0.0025	+0.0104	+0.0016	+0.0065
m_y'	-0.0058	-0.0093	-0.0078	-0.0158	-0.0101	-0.0235	-0.0127	-0.0359	-0.0144	-0.0461	-0.0166	-0.0608

注: 表中 λ 为水(土)压力高度与壁板计算高度 H_0 之比值。

表 A.2 三边固定、顶端铰支承双向板在非齐顶水(土)压力作用下的弯矩系数 (m_x 、 m_x' 、 m_y 、 m_y')

L_0/H_0	0.50		0.75		1.00		1.50		2.00		3.00	
λ	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3	1/3	2/3
m_x	+0.0072	+0.0152	+0.0043	+0.0137	+0.0016	+0.0070	+0.0005	+0.0028	+0.0004	+0.0013	+0.0001	+0.0005
m_x'	-0.0160	-0.0336	-0.0115	-0.0295	-0.0050	-0.0163	-0.0018	-0.0078	-0.0009	-0.0040	-0.0003	-0.0014
m_y	+0.0016	+0.0029	+0.0029	+0.0050	+0.0033	+0.0078	+0.0032	+0.0125	+0.0030	+0.0145	+0.0029	+0.0154
m_y'	-0.0058	-0.0093	-0.0078	-0.0158	-0.0101	-0.0234	-0.0124	-0.0335	-0.0133	-0.0380	-0.0136	-0.0402

附录 B
(资料性附录)
壁面温(湿)差作用下的弯矩系数

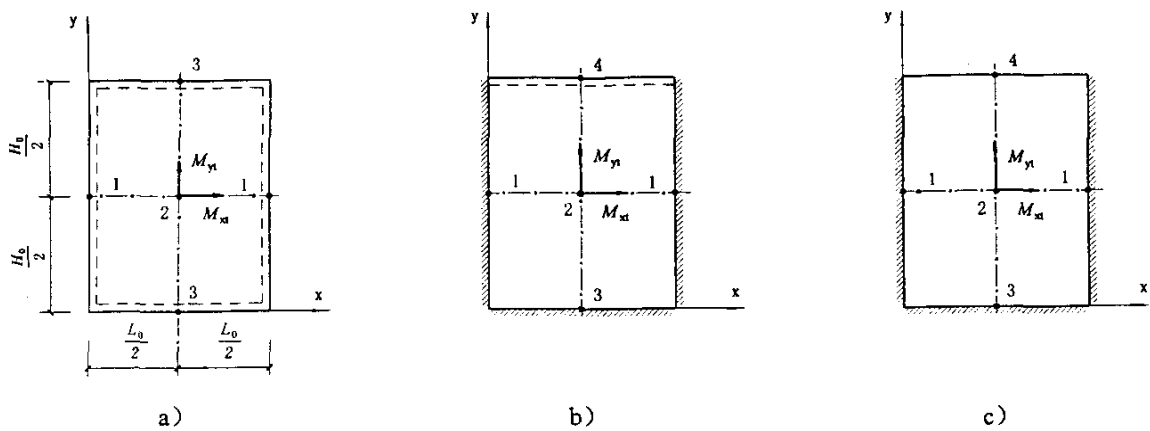


表 B.1 温(湿)差作用下的弯矩系数 k_{xt} 、 k_{yt}

点位	简图号	系数 k	L_0/H_0								
			0.5	0.75	1	1.25	1.50	1.75	2	2.50	3
1	a)	k_{xt}	0								—
		k_{yt}	0.054								—
	b)	k_{xt}	0.068	0.074	0.080	0.084	0.087	0.086	0.086	—	—
		k_{yt}	0.064	0.065	0.066	0.066	0.066	0.066	0.066	—	—
	c)	k_{xt}	0.066	0.069	0.071	0.070	0.065	0.065	0.064	0.060	0.057
		k_{yt}	0.064	0.064	0.063	0.062	0.063	0.061	0.061	0.059	0.058
2	a)	k_{xt}	0.048	0.038	0.027	0.019	0.013	0.009	0.006	—	—
		k_{yt}	0.006	0.017	0.027	0.035	0.041	0.045	0.048	—	—
	b)	k_{xt}	0.063	0.060	0.058	0.056	0.055	0.057	0.059	—	—
		k_{yt}	0.065	0.065	0.062	0.060	0.057	0.054	0.051	—	—
	c)	k_{xt}	0.062	0.060	0.060	0.061	0.062	0.063	0.064	0.064	0.063
		k_{yt}	0.063	0.059	0.055	0.050	0.045	0.041	0.037	0.030	0.023
3	a)	k_{xt}	0.054								—
		k_{yt}	0								—
	b)	k_{xt}	0.063	0.064	0.064	0.065	0.066	0.066	0.066	—	—
		k_{yt}	0.065	0.066	0.071	0.076	0.084	0.087	0.091	—	—
	c)	k_{xt}	0.063	0.063	0.063	0.064	0.064	0.063	0.063	0.061	0.059
		k_{yt}	0.063	0.065	0.068	0.071	0.071	0.066	0.062	0.049	0.036
4	b)	k_{xt}	0.054								
		k_{yt}	0								
	c)	k_{xt}	0.062	0.065	0.067	0.069	0.070	0.072	0.073	0.072	0.070
		k_{yt}	0								

用 词 说 明

对本规范条文中要求执行严格程度不同的用词，说明如下：

（一）表示很严格，非这样做不可的用词

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

（二）表示严格，在正常情况下应这样做的用词

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

（三）表示允许稍有选择，在条件许可时，首先应这样做的用词

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范

SH/T 3132—2002

条文说明

2003 北 京

目 次

1 范围.....35

3 基本设计规定.....35

4 材料.....38

5 作用及作用效应组合.....40

6 静力计算.....41

7 抗裂及裂缝宽度验算.....45

8 抗浮稳定设计.....46

9 构造要求.....47

石油化工钢筋混凝土水池结构设计规范

1 范围

在石化行业中,绝大部分采用现浇钢筋混凝土水池。由于预制壁板装配整体式水池的接缝处易形成渗漏点,在工程中已较少使用。近年来在石化行业中也出现过为数不多的无粘结预应力混凝土水池,因其施工难度较大,使用效果也不甚理想,因而难以大量推广应用。

目前由中国标准化协会组织编制的《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138,已将普通钢筋混凝土水池、预应力混凝土水池和沉井分别编制。

鉴于以上情况,本标准的使用范围限制为:石油化工企业常见的现浇钢筋混凝土水池。当然,顶盖还是可以采用预制板的。

建造于软弱土、湿陷性黄土及膨胀土等特殊土层上的水池,其地基处理均可执行现行《建筑地基处理技术规范》JGJ 79,《混凝土水池软土地基处理规范》CECS 86及其他相关规范,所以本标准不涉及水池地基处理方面的内容。

3 基本设计规定

3.1 不同埋置情况下的水池,其荷载取值、结构计算及构造要求均有所不同。本规范按埋置情况将水池划分为五种类型,并给出了明确定义,以使执行过程中统一。

3.2 按池壁的长高比将水池划分为深壁池、浅壁池和双向板壁池,基本反应了各种水池壁板的受力情况,也和本规范第6章静力计算部分相呼应。有些资料中将浅壁池称为“长壁池”;将双向板壁池称为“一般壁池”,比较起来,还是目前用的称谓直观形象。

3.3 水池防水等级及渗漏标准的划分,参照了现行《地下工程防水技术规范》GB 50108的划分方法。

3.4 石油化工企业常见水池的防水等级是按其重要性、介质腐蚀程度及防水要求划分的。考虑到同样是污水处理的某水池,炼油企业与化工企业其介质的腐蚀程度会有较大差别的具体情况,条文用词使用了“宜”,并明确规定:“当工艺有规定时,按工艺规定采用”,给设计者留有余地。

3.5 本规范对水池混凝土抗渗等级的划分,除考虑最大水压头与池壁(或底板)厚度的比值外,还与水池的防水等级挂了钩,这与现行《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069(以下简称“水池国标”)相比虽有差别,但未降低标准,且更具合理性。

3.6 对建在寒冷地区水池混凝土的抗冻等级规定与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138一致。

3.7 在常温下,由于自身的密实性,混凝土均具有一定的抗渗性能,而当混凝土用于具有一定温度的工作环境时,其抗渗能力将随着温度的提高而降低,且温度越高抗渗能力降低越显著,当温度超过250℃时,混凝土几乎失去了抗渗能力。见表I的试验资料。

掺硫铝酸钙膨胀剂的补偿收缩混凝土中含有 $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$,考虑到长期处于80℃以上环境中失去结晶水的可能,为安全起见,规定了长期环境温度不能超过80℃。(见现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119及其条文说明)。

本规范所指的环境温度，除使用时介质温度外，还包括闭水试验时的水温。

表 I 不同温度下防水混凝土抗渗性能

温 度, °C	抗 渗 压 力, MPa
常温	1.8
100	1.1
150	0.8
200	0.7
250	0.6
300	0.4

注：本资料来源于现行《地下工程防水技术规范》GB 50108 条文说明。

3.8 现行《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046—95 规定：“常温下，腐蚀性水对建筑材料的腐蚀等级，应根据腐蚀介质的类别、介质组分指标确定。”常见的腐蚀水介质组分氢离子指数 pH 值，对钢筋混凝土的腐蚀等级如表 II 规定。

表 II 腐蚀性水对建筑材料的腐蚀等级

介 质 组 分	指 标	对钢筋混凝土腐蚀等级
氢离子指数 pH 值	1~3	强
	3~4.5	中
	4.5~6	弱

其它腐蚀性介质如：硫酸根离子、氯离子、铵离子等对钢筋混凝土的腐蚀等级见该规范表 3.1.5。

腐蚀性水对建筑材料的腐蚀性等级的划分都是按常温介质划定的，在温度大于 40℃的介质作用下各类溶液的腐蚀性会发生不同变化，有些腐蚀程度会提高。在实践中，曾出现过温度对防腐层产生破坏的工程实例。某厂 PTA 装置污水处理场的事故调节池，长宽高尺寸为 72m×48m×6.8m，长方向设有一道伸缩缝，属无保温的地面式水池，内壁及底板采用花岗岩块材防腐层。该水池在施工及闭水试验阶段均未出现开裂及渗漏现象，但在使用 3 个月后，发现水池短边方向开始出现开裂渗漏。经检查发现：水池内的介质温度达到 60℃~70℃，防腐块材的嵌缝料已在高温下软化破坏，池壁直接接触到了介质水，系因壁面温差过大而造成的开裂。当遇到上述情况时，高温对防腐层的影响必须引起重视。

3.9 表 6 中对普通防水混凝土现浇矩形水池伸缩最大间距的规定与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 一致。各单位提供的工程实例不少已经突破了表中规定，而且大都取得了成功，见表 III。

通过对上述工程实例的分析，得出以下结论可供设计人员参考借鉴。

- a) 建造在季节温差和昼夜温差较小，雨量多湿度大的南方地区及沿海地区的水池，伸缩缝最大距离可在规范基础上再加长 5m~10m；
- b) 设置后浇带的水池，伸缩缝的间距也可根据工程经验适当加长，但后浇带只能削减施工期间温（湿）差作用的影响，不能解决长期使用过程中季节温（湿）差和壁面温（湿）差作用，因而只能适当加长伸缩缝的间距而不能替代伸缩缝；
- c) 建造在少雨、蒸发量大、温（湿）差大的干旱地区的水池，应严格按照规范要求设置伸缩缝，同时还应在设计、施工、使用过程中采取措施防止开裂渗漏；

表III 工 程 实 例

序号	水池名称	平剖面尺寸及 伸缩缝设置	水池种类	砼强度等级及 抗渗等级	池壁厚度及 水平向配筋	最大温度区段及超 过规范规定的长度	渗漏情况及原因分析	建造 地点	实例 提供单位
1	焦化装置 消防水池	58.4m×10.5m×6m 长向中部设伸缩缝	无保温, 半地下式水池	C25 S8	300 mm~450mm Φ14@150	292m +4.2m	无	上海	北京院
2	污水处理 生化池	90m×60m×6m 长向设 两道、短向设一道伸缩缝	有保温, 地面式水池	C25 掺 12%膨胀剂 S6	400mm Φ12@200	30m —	隔墙根部水平向裂缝, 两侧未同时试水	大庆	北京院
3	污水处理 沉淀池	41.3m×28.5m×4.5m 沿长向设一道伸缩缝	无保温, 地面式水池	C25 S6	250 mm~450mm Φ12@200	28.5m +8.5m	无	南京	南化院
4	污水处理 生化曝气池	49.2m×32.1m×6.2m 长向设一道伸缩缝	无保温, 地面式水池	C25 S6	300mm	32.1m +12.1m	伸缩缝下部一处渗水, 属施工质量问题	南京	金陵院
5	污水处理 后浮选池	24m×23.5m×3.7m 无缝	无保温, 地面式水池	C25 S6	250mm	24m +4m	无	南京	金陵院
6	原油库 消防水池	42m×23m×4.6m 无缝	地下式水池 (覆土)	C25 S6	250mm Φ10@150	42m +12m	无	大连	洛阳院
7	污水处理 生化好氧池	49.9m×45×6m 两向各设两道后浇带	无保温, 半地下式水池	C25 S6	350mm Φ10@100	49.9m +24.9m	无	茂名	洛阳院
8	污水处理 隔油池	26m×10m×3.3m 无缝	无保温, 地面式水池	C25 掺 11%膨胀剂 S6	250mm Φ10@150	26m —	无	南京	扬子院
9	污水处理 生化池	48.8m×29.8m×5.3m 长向设一道后浇带	无保温, 地面式水池	C25 S6	400mm Φ10@100	48.8m (29.8m) +28.8m (9.8m)	开裂渗漏严重, 温度应力产生	库尔勒	华东院
10	污水处理 事故调节池	72m×48m×6.8m 长向设 一道伸缩缝, 池内块材防腐	无保温, 地面式水池	掺 10%膨胀剂 C25 S8	400mm~700mm Φ14@100	48m +15m	施工、试水均无开裂渗漏, 使用了3个月后短方向开 裂, 介质温度 60℃~70℃	洛阳	洛阳院
11	污水处理 曝气池	52m×39m×5.8m 长向设 一道膨胀砼加强带	无保温, 半地下式水池	掺 10%膨胀剂 C25 S6	300mm~700mm Φ14@100	52m (39m) +12m (-1m)	无	洛阳	洛阳院

d) 对地下式、半地下式或有保温设施的水池，当顶部的露天构件（现浇顶板、走道板、排水沟等）的变形缝间距取与池壁和底板一致时，其配筋构造应予以加强，如采用双向连续配筋，单侧纵向配筋率不宜小于 0.25%等，以抵抗温度应力。

表 6 中对掺膨胀剂的补偿收缩混凝土现浇矩形水池伸缩缝最大间距的规定，是通过温度应力计算，工程实例及参考有关资料制定的。由于这方面的工程实例不多，有待实践进一步验证。

3.10 本条规定的结构安全等级与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 一致。
3.11 水池结构对地基承载力要求不高，地基沉降量也不会太大，条文所规定的水池地基最大允许沉降值，与现行《混凝土水池软弱地基处理设计规范》CECS 86 中一致。

4 材料

4.1 混凝土

4.1.1 普通防水混凝土系指在常温下，通过自身的密实性来达到抗渗要求的混凝土，一般不另设防水层。补偿收缩混凝土定义为：在有约束的条件下由于掺膨胀剂的作用，能产生 $0.2\text{N/mm}^2 \sim 0.7\text{N/mm}^2$ 自应力的混凝土（参见现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 之附录一）。
4.1.2 防水混凝土的强度及抗渗能力，主要是通过自身的密实性来达到的，一般不另设防水层。而混凝土自身的强度及抗渗能力又与它的材料选择（如：品种、用量、粒径、级配等）和配比（如：砂率、灰砂比、水灰比、坍落度等）密不可分。表 IV 和表 V 分别给出了含气量、水灰比对混凝土强度的影响以及不同砂率、灰砂比对混凝土抗渗性能的影响资料。该资料来源于《地下工程防水技术规范》GBJ 108—87 条文说明。

表 IV 含气量、水灰比和抗压强度的关系

含气量 %	水灰比 0.5		水灰比 0.6		水灰比 0.7	
	28 天强度 MPa	降低率 %	28 天强度 MPa	降低率 %	28 天强度 MPa	降低率 %
0	49.6	0	39.8	0	33.2	0
3	45.2	9	36.2	9	28.6	14
5	42.0	15	33.6	16	25.6	23
7	39.2	21	31.0	22	22.6	32

表 V 不同砂率、灰砂比的防水混凝土抗渗性能

水灰比 (重量比)	砂率 %	水浆用量 kg/m^3	坍落度 cm	抗压强度 MPa	抗渗能力 MPa
1:1.0	28.5	500	16	26.5	0.4
1:1.5	34.2	417	12	26.4	0.8
1:2.0	37.4	357	7	24.3	1.0
1:2.5	39.4	312	4	25.3	1.0
1:3.0	41.0	278	2.5	22.2	0.6

以上资料表明,为提高水池混凝土的抗渗性能,对其砂率、灰砂比、坍落度等提出明确要求是完全必要的。条文中的具体规定是参照现行《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《普通混凝土配比设计规程》JGJ/T 55 等编写的。

4.1.3 在现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 中规定了补偿收缩混凝土的性能,是以限制条件下的膨胀率和干缩率来表示的。如果膨胀混凝土的抗压强度较低,有可能出现自身限制不足的崩裂现象,因此还规定了其抗压强度的要求(见表VI)。

表VI 补偿收缩混凝土的性能

项 目	纵向限制膨胀率 (10^{-4})	纵向限制干缩率 (10^{-4})	抗压强度, N/mm ²
龄期	14 天	6 个月	28 天
性能指标	>1.5	<4.5	>20

还必须指出,在设计中对补偿收缩混凝土的施工提出明确要求是保证其性能不可确少的条件,归纳起来有以下几方面:

- 应采用机械搅拌,搅拌时间应比普通混凝土延长 30s,且不应少于 3min;
- 混凝土从搅拌机卸出到入模的延续时间:当采用搅拌车运输时,不宜超过 90min;采用其它运输设备时,不宜超过 60min;
- 应采用机械振捣,并确保其密实性;
- 混凝土初凝后即应开始养护,并应在潮湿状态下养护 14d 以上,采用蒸气养护时,温度不宜高于 80℃;
- 拆模后应及时覆盖,不得受阳光直射,在日最低气温低于 5℃时,应采取保护措施。

4.1.5 对水池混凝土中碱含量的限制规定是参照现行《混凝土含碱量限制标准》CECS 53 制定的,目的是减少碱—集料反应对混凝土结构的破坏作用。这里指的混凝土碱含量系指混凝土中等当量氧化钠含量,等当量氧化钠含量指氧化钠与 0.658 倍的氧化钾之和。

4.1.6 介质侵蚀、冻融作用、外加剂性能等,对水泥品种选择都有不同限制,本条规定是参照现行《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 及《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 中的有关规定编写的。

4.1.7 对粗、细骨料的规定是参照现行《普通混凝土配合比设计规程》JGJ/T 55 及其它相关资料编写的。目的是加强混凝土的密实性,保证质量,提高抗渗能力。

4.3 外加剂

4.3.1 我国针对混凝土外加剂的品种、分类、性能、使用等均制定有标准(规范),如现行《混凝土外加剂》GB 8076、《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 以及建材行业标准《混凝土膨胀剂》JC 476 等。水池混凝土中掺用外加剂时,应符合相关的标准(规范)要求。

4.3.2 膨胀剂的品种较多,其性能指标必须满足现行《混凝土膨胀剂》JC 476 中的规定。现行《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ 119 中对常用的膨胀剂掺入量的选用范围只能作为参考,工程中,当膨胀剂的品种确定后,应根据使用、施工条件、混凝土原材料情况等通过试验确定具体掺入量,以确保补偿收缩混凝土的性能。

混凝土中的碱主要来源于水泥和外加剂。当混凝土中使用活性骨料时,本标准通过对水泥和外加剂中总碱量的限制,可以确保混凝土碱含量的限值,从而减少碱——集料反应对混凝土结构的破坏作用。对膨胀剂中总碱量的限值,来自现行《混凝土膨胀剂》JC 476 有关规定。

4.3.3 氯盐或含氯盐的外加剂有促进水泥硬化作用,从而影响膨胀剂的正常水化速度(特别是对硫酸钙类、氧化钙类)。同时,强度形成过快对膨胀剂有限制作用,从而降低了膨胀率。超过一定数量的氯盐对钢筋还有腐蚀作用,因此要限制使用,《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 也有此规定。对混凝土中最大氯离子含量的限制,来自《混凝土结构设计规范》GB 50010—2002 第 3.4.2 条。

5 作用及作用效应组合

5.1 一般规定

5.1.2 水池属于低矮形构筑物,风荷载对其作用不大,以往工程设计中基本上不予考虑。《给水排水工程构筑物结构设计规范》GB 50069 也规定:“对于贮液池、水处理构筑物、地下构筑物等可不计算风荷载效应”。

5.1.5 查阅了几本相关规范,关于水池可不进行水平地震作用下的截面抗震验算的条件规定不尽相同。例如:

——《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》TJ 32—78 规定为:

- a) 设计烈度为 7 度的地面式及地下式水池,不包括各种形式构架支承的水池;
- b) 设计烈度为 8 度的地下式钢筋混凝土圆形水池;
- c) 设计烈度为 8 度的地下式,平面长宽比小于 1.5 无变形缝构造的混凝土有盖水池。

——《构筑物抗震设计规范》GB 50191—93 中的浓缩池规定为:

- a) 7 度时的地面式浓缩池;
- b) 7 度和 8 度时的半地下式浓缩池。

——《石油化工企业横流式机械通风冷却塔结构设计规范》SH 3080—1997 规定为:7 度及 8 度,池深小于 2.5m 的地下式水池。

综合以上情况,并考虑以下因素,经技术委员会讨论,确定了现在规定的验算条件。

- a) 目前各石化设计单位在水池计算中基本未进行截面抗震验算;
- b) 水池平面尺寸大,但高度低,地震作用对结构影响不大,反而对地基的破坏可能更敏感;
- c) 水池地震作用计算较复杂,应尽可能缩小抗震验算范围,多采取抗震构造措施。

5.2 永久作用

5.2.1~5.2.2 所规定的各项永久作用取值及其分项系数,与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 一致。

5.3 可变作用

5.3.1 所规定的各项可变作用取值及其准永久值系数,与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 基本一致,唯地面堆积荷载的分项系数,因荷载标准值 $\geq 4\text{kN/m}^2$,参照现行《建筑结构荷载规范》GB 50009 取 1.3。

5.4 地震作用

5.4.1~5.4.3 下列几本规范中规定有水池水平地震作用的计算方法:

- a) 《室外给水排水和煤气热力工程抗震设计规范》TJ 32—78;
- b) 《构筑物抗震设计规范》GB 50191—93 中的浓缩池部分;
- c) 《石油化工企业横流式机械通风冷却塔结构设计规范》SH 3080—1997。

其中 a) 是按 TJ 11—78 抗震规范编写的, 且到目前为止尚未按现行抗震规范修订, 不宜使用。b) 是针对锥形底的圆形水池编写的, 也不适合。c) 中地面式矩形水池地震作用的计算方法是按现行抗震规范编写的, 而且又经本行业技术委员会讨论通过, 所以本规范采用了 c) 的计算方法。

考虑到石化企业建在设防烈度为 9 度地区的可能性极小, 因此本规范未给出地面式圆形水池地震作用计算公式。规范中给出的水平地震作用标准值的计算公式, 均是按剪切变形为前提推导出来的, 其中式 (2) 中的第 1 振型参与系数 γ_1 , 当池壁为不等厚时, 可按下式计算:

$$\gamma_1 = \frac{\int_0^{H_0} \sin \frac{\pi z}{2H_0} dz + G_{eq}}{\int_0^{H_0} \sin^2 \left(\frac{\pi z}{2H_0} \right) dz + G_{eq}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

H_0 —— 池壁计算高度, m;

Z —— 计算截面距池壁底面的高度, m;

G_{eq} —— 水池顶部的全部等效重力荷载, N。

水平地震作用影响系数的最大值 (α_{max}), 是按现行《构筑物抗震设计规范》GB 50191 中抗震计算水准 B 取值的。

5.5 效应组合

5.5.1~5.5.6 条文中所列的效应组合表达式符合现行《建筑结构荷载规范》GB 50009 及现行《构筑物抗震设计规范》GB 50191 规定的原则, 也与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 一致, 由于水池结构设计时可不考虑风荷载作用, 式 (8) 采用了现行《建筑结构荷载规范》GB 50009 中的简化计算式。

考虑到地震作用的偶然性, 及其与可变作用组合的机率极小的情况, 在地震组合表达式中略去了可变作用。

5.5.7 表 12 列出了不同设计阶段, 各类水池, 在不同工况下的作用效应组合, 一目了然, 便于设计者使用。

6 静力计算

6.1 一般规定

6.1.1 条文中对水池结构计算简图的规定, 需要说明以下几点:

- a) 顶盖与壁板整体浇筑时, 一般情况下宜采用连续式配筋, 当为留施工缝方便而采用分离式配筋时, 只有加设抗剪钢筋时 (一般为 $\Phi 16@300$), 池壁顶端才能按铰支承, 否则应视为自由端。
- b) 工程中常遇到池壁高度达 6m 以上的浅壁池, 如果按竖向单向板计算时, 底部弯矩会很大。若想利用池壁顶部的走道板作为支承构件时 (变上部自由端为铰支端), 必须满足条文中有关规定: 应设置水平向撑杆 (梁或板), 撑杆间距与池壁的刚度有关, 若按式 (14) 计算, 撑杆间距与池壁高度的比值一般应小于 2;

- 此时走道板已变成水平向多跨受力构件，因此规定板厚不宜小于 200mm，宽厚比不宜大于 5，并规定走道板应满足水平向受力要求；
- 为确保底板对壁板的嵌固作用，条文中对底板厚度、外挑长度及按条基设计时的尺寸构造均作了具体规定。

以上规定与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 中的相关部分基本一致，并参考有关资料加以补充。

6.1.5 圆形水池池壁在侧向荷载作用下的受力条件（表14），与《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 一致。在石油化工企业常用圆形水池中，多数属 $H_B/S \leq 1$ 范围；极少数在 $1 \leq H_B/S \leq 15$ 范围，基本不存在 $H_B/S > 15$ 的情况。关于圆柱壳内力的计算方法及相关图表，可查阅《给水排水工程结构设计手册》。

6.2 矩形水池的静力计算

6.2.1~6.2.2 按竖向单向板计算池壁时，当计算高度（ H_0 ）超过 5m 时，可设计成扶壁式结构，必要时还可加设横向肋梁。扶壁间距一般取 $(1/2 \sim 1/3) H_0$ ，扶壁厚度可取 300 mm~400mm，取中到中两侧各 1/2 板跨作为一个计算单元。

对于平面长宽比大于 3 的长型水池，当短边的计算长度不超过 12m 时，也可设计成由扶壁和底梁所组成的平面框架结构进行内力计算，此时壁板和底板均可视其平面边长的比例，按单向或双向连续板计算。

6.2.3 按竖向单向板计算池壁时，设计者往往忽略了壁板水平角隅处的局部负弯矩，本条中规定了明确的计算方法。

6.2.4~6.2.5 条文中规定的深壁池壁板的计算方法为工程中常用的简化计算方法。本节中给出的其它类水池的计算方法，也都是工程中常用的简化计算方法，多年的工程实践证明完全满足使用要求。当然，有条件时也可采用空间分析，则计算结果会更精确。鉴于以上情况，本节的用词多采用“宜”或“可”，属于推荐性的。

6.2.6 当水池垂直两侧的壁板均按双向板计算时，会出现两侧水平向支座弯矩（固端弯矩）不平衡情况，本条规定了按池壁的线刚度进行一次性分配及弯矩调整的原则。

本条还规定了双向受力壁板在非齐顶水作用下的内力计算方法，非齐顶水实际上指的是设计水位，一律按满水计算壁板显然是偏于保守的，闭水试验时的水位高度也仅要求至设计水位。但对机械表面曝气池，因考虑操作时水波动的影响，故设计水位应按池顶计算。

6.2.7 在闭水试验阶段和使用阶段，对多格水池均可能出现间隔贮水的工况，不考虑此工况，对水池的中间隔板及底板可能是不安全的。

6.2.8 关于水池刚性底板的判断条件，在我国早期的《建筑地基基础设计规范》的资料汇编中曾推荐使用下列方法（美国混凝土学会（ACI）也推荐用这一方法）。

当矩形水池底板短方向计算跨度（ L_0 ）满足下列条件时，可按刚性底板计算：

$$L_0 < 1.75 / \beta \dots\dots\dots (II)$$

公式中的 β 为混凝土板的弹性特征系数，可按下式计算：

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3K(1-\mu_c^2)}{\varphi_{ps}E_c t^3}} \dots\dots\dots (III)$$

式中：

- β —— 弹性特征系数，1/mm；
- K —— 地基基床反力系数，当缺乏试验资料时，可按表Ⅶ采用；
- μ_c —— 混凝土泊松比，取 1/6；
- E_c —— 混凝土弹性模量，N/mm²；
- ϕ_{ps} —— 考虑混凝土徐变和收缩对钢筋混凝土结构刚度降低系数，取 0.75；
- t —— 水池底板厚度，mm。

表Ⅶ 地基基床反力系数 K

土 的 类 型	岩土名称及性状	$K (\times 10^3 \text{N/mm}^2)$
软弱土	流动砂土、软化粘性土、新填土	0.1~0.5
	流塑粘性土、淤泥及淤泥质土、有机质土	0.5~1.0
中粘土和中硬土	软塑粘性土	1.0~2.0
	可塑粘性土	2.0~4.0
	粉土	1.0~3.0
	松散或稍密砂土	1.0~1.5
	中密砂土	1.5~2.5
	密实砂土	2.5~4.0
	稍密碎石土	1.5~2.5
	中密碎石土	2.5~4.0
	黄土及黄土状粉质粘土	4.0~5.0
坚硬土	硬塑粘土	4.0~10.0
	密实碎石土	5.0~10.0
	极密实强夯加固土	10.0~20.0
	软质岩、中等风化或强风化硬质岩	20.0~100
	微风化硬质岩	100~1500
注：本表数值未考虑混凝土垫层的作用。		

假定水池混凝土强度等级为 C25，按上述条件计算出的水池混凝土刚性底板的允许最大跨度及厚跨比列于表Ⅷ，可供设计参考。

圆形水池的底板也可按上述条件判断是否为刚性圆板。在确定板跨 L_0 时，可将圆形板按中心轴等惯性矩换算为正方形板跨采用。

表Ⅷ 混凝土刚性底板允许最大跨度及厚跨比

基床系数 K N/mm^3	板 厚, mm												
	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800
0.01	2 700	3 200	3 700	4 100	4 600	5 000	5 400	5 800	6 200	6 700	6 900	7 500	7 700
	1/14	1/13	1/12	1/12	1/12	1/11	1/11	1/11	1/11	1/10	1/10	1/10	1/10
0.02	2 300	2 700	3 100	3 500	3 800	4 200	4 500	4 900	5 200	5 500	5 800	6 100	6 400
	1/12	1/11	1/10	1/10	1/10	1/10	1/9	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8
0.03	2 100	2 400	2 800	3 100	3 500	3 800	4 100	4 400	4 700	5 000	5 300	5 600	5 800
	1/11	1/10	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/8	1/7	1/7
0.04	1 900	2 300	2 600	2 900	3 200	3 500	3 800	4 100	4 400	4 600	4 900	5 200	5 400
	1/10	1/9	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	1/8	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
0.05	1 800	2 100	2 500	2 800	3 000	3 300	3 600	3 900	4 100	4 400	4 600	4 900	5 100
	1/9	1/9	1/8	1/8	1/8	1/8	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7
0.06	1 700	2 000	2 300	2 600	2 900	3 200	3 400	3 700	3 900	4 200	4 400	4 700	4 900
	1/9	1/8	1/8	1/8	1/8	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/6	1/6	1/6
注 1: 表中分子数为允许最大跨度, 分母为厚跨比。 注 2: 本表系按混凝土强度等级为 C25 制定的。													

在实际工程中,对于跨度(或直径)较大且中间不设隔板的水池,是很难满足上述条件的,除非将底板设计的非常厚。若按弹性地基板设计,《给水排水工程结构设计手册》中给出了三种假定下的计算方法,即:地基反力直线分布假定,文克尔双参数假定及半无限弹性体假定。这些方法计算较复杂,且其中的参数难以取准,致使三种方法的计算结果会有明显差别而难于判断。因此,在设计中,对较大跨度(或直径)的水池,建议设计为刚性条基,不仅受力明确,且经济效益明显。

6.2.9~6.2.10 中国标准化协会组织编制的《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138中对刚性条基的使用条件规定为“当地基承载力较高,且池底板位于最高地下水位以上时,池壁基础可按独立基础设计”。本规范对“承载力较高”给予量化,但未突破该规程条文说明中所明确的范围($f_a \geq 100\text{kPa}$)。

本规范条文中还规定:当底板位于最高地下水位以下时,使用刚性条基的地基承载力应为 $f_a \geq 130\text{kPa}$,且同时规定:此时不能采用分离式底板,并应进行在地下水浮力作用下的底板强度验算(有人称此为局部抗浮验算)。工程中曾有过因忽视这一验算而造成底板拱起开裂破坏的实例。

6.2.11 对于三跨以上且柱距相等的多跨无梁板结构,可按经验系数法确定其内力。等代框架计算单元的确定、弯距分配系数的取值、配筋计算等,可参考的资料较多,本规范不再详细列出。

6.4 壁面温(湿)差作用下的内力计算

6.4.1~6.4.2 由于受气候条件、施工条件以及结构自身的约束和边界条件等因素的影响,使水池温度应力的计算变得十分复杂,尤其是各项计算数据的选取有待进一步积累和确定。目前采用的温度应力计算理论仍偏于近似范畴。在工程设计中,除应根据具体情况作应力计算外,更需要采取综合性措施,以防水池在温(湿)差作用下产生开裂、渗漏。

- a) 采取合理的结构布置及围护措施,如加强结构整体刚度,采取保温防冻设施等,以减少温(湿)差对结构的影响;
- b) 采取适宜的施工工艺,如选择合理的施工季节,延长养护期及提高养护质量等,以增加结构抵抗温(湿)度变形的能力;
- c) 混凝土的合理选材和恰当配比,如选择低水化热、低收缩的水泥和骨料,恰当的水灰比等,是增强自身的密实性和抗裂性的有效措施;
- d) 合理设置矩形水池伸缩缝,除遵守有关规范规定外,尚应结合当地的实践经验;
- e) 截面的配筋应尽量采用直径较细而间距较密的设计原则,当采用Ⅱ级钢筋时,温度应力的构造配筋率不宜小于0.25%;
- f) 必须保证伸缩缝构造的防渗质量;
- g) 水池施工完后应抓紧闭水试验,及时覆土回填,不应长期空池,并应在施工中加强临时防护措施,特别是冬季的防冻措施等。

7 抗裂及裂缝宽度验算

7.2 裂缝宽度验算

7.2.1 本条规定的最大裂缝宽度的计算方法来自《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138附录一。这一方法与我们以往按现行《混凝土结构设计规范》GB 50010中的计算方法有所不同,而且计算结果也比后者偏小。

现行《混凝土结构设计规范》GB 50010 的构件裂缝宽度的计算方法是建立在梁系结构基础上的，而水池壁板则属于板系结构。北京市政工程设计院曾与湖南大学合作对这类板系结构的抗裂进行过大量的试验工作，现在的计算方法就是采用在此基础上分析推导出来的，更符合板的受力状态，因而计算结果也更符合实际。

7.2.2 条文对水池构件最大裂缝宽度限制的规定，采用按石油化工企业水池的防水等级划分方法更具合理性。

8 水池结构抗浮稳定设计

8.1 一般规定

8.1.1~8.1.6 水池因抗浮稳定性不能满足而导致浮起、倾斜、开裂等破坏的情况在工程中不乏实例，《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 中对水池结构的抗浮只提出了原则规定，考虑到抗浮稳定设计容易被忽视的情况，本规范将它单列一章。

抗浮稳定属承载力极限状态设计范畴，但采用的是安全系数法，且抗浮力取用了标准值，极易混淆概念，为此，本规范根据相关资料，详细规定了设计原则，荷载取值，计算公式等，并补充了局部抗浮稳定安全系数。

8.2 抗浮稳定验算

8.2.1~8.2.2 为方便和统一计算，本规范参考有关资料给出了整体抗浮和局部抗浮稳定计算公式。在进行抗浮稳定验算时，还应考虑水池施工阶段可能出现的不利工况。

8.2.3 当水池的整体或局部抗浮稳定不能满足时，下列措施是工程中常见的且较实用的方法，可参考使用。

- a) 改变水池的埋深，尽量浅埋，以减小地下水浮力；
- b) 采用加固地基的方法，将池底部一定厚度的土层加固成超压密难透水或不透水层，以减小或消除地下水浮力；
- c) 利用池内贮水抗浮，即在抗浮稳定验算时，计入池内一定量的贮水荷载，但应有以下安全措施做保证：
 - 1) 宜选择枯水季节施工，否则应采取临时降排水措施，施工完池内应立即贮水；
 - 2) 应得到使用单位的认可，在水池使用过程中不得出现空池状态，检修应选择低水位季节进行；
- d) 增加结构自重抗浮，如增加池壁、顶板或底板的厚度；
- e) 增加结构配重抗浮，如增加全埋式水池的覆土厚度，增加底板外挑长度，在水池底板上部设毛石、砂或混凝土垫层等；
- f) 在水池底板下部增设毛石混凝土平衡层抗浮；
- g) 用锚杆或锚桩将底板与地基连在一起，利用其抗拔力抗浮；
- h) 在池底垫层下部铺设反滤层，并在适当部位设置盲沟或渗流管，用以降排地下水抗浮，此种方法在国外经常使用。

9 构造要求

9.1 一般构造要求

9.1.1~9.1.2 条文中规定的受力构件的最小厚度及钢筋保护层厚度，是根据水池构件的特点确定的，主要为保证施工质量及构件使用的耐久性。

9.1.3~9.1.4 敞口水池壁板的顶端是一薄弱部位，而底部则是受力较大部位，工程设计中这些部位均采取过加强措施，本条规定将这两部分的构造统一且具体化了。《给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程》CECS 138 中也有类似规定。对于小型水池，壁板顶部设置的加强筋直径也可适当减小，但不宜小于 12mm。

9.1.5 本条参照相关资料并综合工程经验，将水池的配筋包括：钢筋品种、直径、间距、配筋率、受拉筋锚固长度以及接头等构造作了具体而详细的规定。其中半地下式水池地面上下各 500mm 范围内水平向钢筋加密的规定系针对此处池壁温度变化大易产生开裂而规定的。

9.1.6 对壁板和底板上埋件形式及尺寸的规定，是为保证水池构件的抗渗能力。

9.1.7 管线穿越池壁的三种构造形式，在以往工程中均有使用。从目前来看，使用直埋的形式很少，只有当管线直径很小，使用过程中不存在拆换可能性时，才采用直埋形式，此时必须加设止水环。采用柔性防水套管的形式有替代刚性防水套管的趋势，特别是当管线受有振动或埋管部位地基可能产生不均匀沉降，以及池壁防水要求高的情况下，更宜采用柔性防水套管的构造形式。

9.1.8 池壁开孔部位的加强构造规定是工程中常用的。

9.2 变形缝构造

9.2.1~9.2.3 条文中规定的变形缝具体构造是参照现行《给水排水工程混凝土构筑物变形缝设计规程》CECS 117 编写的。所推荐使用的材料：橡胶止水带、塑料止水带、闭孔型聚乙烯泡沫塑料板及聚硫密封膏等的物理力学性能及规格尺寸选用可参照该规程，本规范不再详细列出。

9.3 抗震构造要求

9.3.1~9.3.5 在未查阅到近期有关资料的情况下，条文仍是按《给水排水工程结构设计手册》中有关水池抗震构造部分及其它相关资料，并结合工程实践编写的。