

9221 95

20571

铁路给排水构筑物
设计与计算丛书

SHUI CHI



水池

中国铁道出版社

铁路给排水构筑物设计与计算丛书

水 池

铁道部第一勘测设计院 编

中 国 铁 道 出 版 社

1981年·北京

前 言

本书着重介绍中、小型水池的设计与计算。其中，对以钢筋混凝土材料为主的圆形(包括旋转壳组合的壳体结构)、矩形水池的主要计算方法及理论，是在广泛收集资料的基础上编写的。对于组合壳体及矩形水池，编入了一些较新的计算方法(如用形变法解结点内力的简化算法，整体矩形水池的弯矩分配法、差分法等)；对矩形水池中双向板的跨中弯矩叠加方法进行了探讨，并提出了较为合理的计算方法。此外还编入了不同材料(钢丝网水泥、砖石)、不同形式(装配式预应力钢筋混凝土)水池的特点和计算方法(这些水池的内力计算与钢筋混凝土水池相同)。

为了满足需要，本书附有圆形水池、矩形水池及装配式预应力水池等较完整的水池算例，以供参考。

本书在编写过程中，曾得到铁道部第二、三、四设计院，上海市政工程设计院，湖北给排水设计院，兰州市政工程设计院，同济大学，湖南大学等兄弟单位的大力协助，提供了许多宝贵资料，在此特致以谢意。

本书由第一勘测设计院李军、凌毓秀、钱孔椿、何立达、陈莉同志和兰州铁道学院给排水系尉希成同志参加编写。由何立达、袁彪同志审定。

希望读者批评指正。

编 者

一九八〇年八月

目 录

第一章 概述	1
第一节 选材和形式	1
第二节 水池各部构件形式	2
第三节 水池的保温和防腐要求	4
第四节 水池的附属设备	5
第二章 圆形水池计算	7
第一节 概述	7
第二节 设计内容及计算界限的一般划分	8
第三节 荷载的计算与组合	9
第四节 平顶平底圆水池计算	14
第五节 旋转壳组合水池的内力计算	47
第六节 截面选择	86
第七节 算例	91
第三章 矩形水池计算	150
第一节 概述	150
第二节 板的一般知识	151
第三节 一般池的计算	174
第四节 深池计算	209
第五节 浅池计算	214
第六节 多室水池计算	219
第七节 矩形水池顶板与底板的计算	222
第八节 截面选择	225
第九节 算例	242
第四章 钢筋混凝土水池的构造要求	294
第一节 一般规定	294
第二节 钢筋混凝土构件的构造要求	296

第三节	水池顶盖和底板的构造	302
第四节	连接构造	308
第五章	钢丝网水泥水池	311
第一节	概述	311
第二节	材料	312
第三节	钢丝网水泥的力学性能	314
第四节	强度计算公式和构造特点	320
第五节	算例	326
第六章	装配式预应力钢筋混凝土圆形水池	332
第一节	概述	332
第二节	结构形式	339
第三节	装配式电热后张法预应力水池计算	345
第四节	算例	360
第七章	砖石水池	393
第一节	概述	393
第二节	砖石材料	394
第三节	结构特点	407
第四节	强度计算	410
第五节	算例	414
附录		421
一、	有关说明	421
二、	圆柱壳内力计算公式及有关系数	422
三、	圆锥壳(球壳)内力计算公式及有关系数	561
四、	圆形板内力计算公式及有关系数	615
五、	矩形板内力计算公式	621
六、	受弯构件裂缝宽度计算	674
七、	板弯矩配筋(200号混凝土、I级钢筋)	680
	主要参考文献	691

第一章 概 述

第一节 选材和形式

一、选 材

水池可用钢、钢筋混凝土、钢丝网水泥或砖石等材料修建。

钢水池的特点是轻型、构造简单、施工方便、防渗性能好。但由于耗钢量大，且不宜埋于地下，因此使用受到一定限制。

钢筋混凝土水池使用甚广，其主要优点是，便于就地取材，与钢水池比较，可节省钢材；耐久性好，一般不需要特殊的维护，维修费用少；整体性好，适宜于地震区；与砖石结构比较，防水性能好。但消耗木料较多，施工受季节性影响大。随着构件的标准化、统一化，生产的工厂化，特别是装配式预应力结构的发展，上述问题已逐渐获得改进，因而也更加扩大了钢筋混凝土结构的应用范围。

钢丝网水泥结构与钢筋混凝土结构比较，有弹性好，抗拉强度和抗渗能力高，成型方便、施工简单，节约钢、木材等优点。但由于构件薄，有受压易变形失稳，对施工工艺要求高等缺点。

砖石结构可以节约木材和钢材，施工方法简单、易于上马，适用于中、小型水池。其缺点是强度较低，抗渗性能差，对地基的不均匀沉陷，地震作用及温度引起的伸缩作用等，都比较敏感，易开裂。

设计时，对于水池结构的选材应视具体条件而定。原则上应在保证结构安全使用的前提下，尽量作到因地制宜，就

地取材，方便施工和节约三材。

二、形 式

常用水池的平面形状有圆形和矩形两种。矩形水池视工艺要求又有单室和多室之分。以内力分布和经济比较而言，最有利的形式是圆形水池。但从适应地形特点及布置紧凑、占地面积小等方面考虑，则采用矩形水池有利。对净、软水、污水处理结构的几何尺寸及平面形状则由工艺要求决定。

水池按其使用条件的不同，又有有顶盖和无顶盖之分。清水池一般均有顶盖，用于水处理的水池一般不设顶盖。

水池按建造位置分，有地下式、半地下式和地上式三种。考虑抗震、防寒等因素，以半地下式或地下式的最常用。

第二节 水池各部构件形式

水池由顶盖、支座环梁（对组合壳体结构的结点处需设环梁）、池壁、柱、底板及基础等部分组成，其结构形式及构造尺寸，视水池的容量而异。

一、水池主要尺寸的确定

水池的主要尺寸由工艺要求、总平面布置及技术经济条件确定。普通钢筋混凝土水池的高度一般为3.5~6.0米。容量在500米³以下的，常用高度为3.5米；容量大于500米³的，高度用4.0~4.5米。高度确定以后，则可由容量算出平面尺寸。池壁厚度根据结构计算确定，一般圆形水池不小于10厘米，矩形水池不小于12厘米。装配式预应力水池、砖石水池及钢丝网水泥水池的池壁厚度，应根据不同结构要求确定。

二、水池各部构件的形式

(一) 顶盖：顶盖形式一般可分为球形壳（锥壳）与平顶两大类。平顶又可分为梁板式和无梁楼盖式。从工程实践中可知，壳顶虽较平顶节省材料，但施工技术复杂，费用较大，其总造价与平顶的接近。因此，除了大型圆水池采用壳顶外，一般中、小型水池多用平顶。

平顶的型式视水池的平面形状、结构形式的不同，可采用矩形板、圆形板、有一个中心柱的圆板及无梁楼盖等。无梁楼盖与梁式板比较，前者无论从受力、用材、施工技术的简便以及工艺条件等各个方面均较优越，因此近年来已被广泛采用。

(二) 支座环梁：由组合壳体组成的给、排水构筑物在其连接处常设置有环梁，用以承受环向推力。这种环梁的形式如图 1—1 所示。其截面尺寸除参照一般梁的要求外，还应考虑组合壳体结点内力的计算要求。

(三) 池壁

池壁有等厚截面与变厚截面之分。等厚截面用于中、小型水池。较大容量的水池为节省材料可设计为变厚池壁。变厚池壁的形式通常由顶至底呈直线变化，外壁垂直，内壁倾斜，壁厚变化率以 $1/15 \sim 1/20$ 为宜。

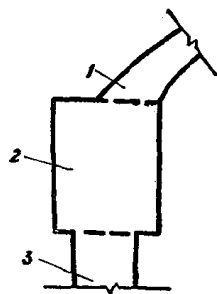


图 1—1

1) 球壳顶盖；2) 环梁；
3) 池壁。

(四) 底板

平顶平底水池的底板形式随顶盖形式而定，有无柱与有柱之分。有特殊要求的水处理水池，底板多呈锥形。

底板按受力条件和地基情况分，有整体式和铺砌式（或分离式）两种。整体式底板用于有地下水或地基软弱地区（地基承载力 $10 \leq [R] < 15$ 吨/米²），须经计算决定钢筋。铺砌式底板用于无地下水且地基承载力较大（ $[R] \geq 15$ 吨/米²）的地区，只采用构造配筋即可。采用分离式底板时，必须采取可靠的防水措施。

第三节 水池的保温和防腐要求

建于寒冷地区的清水池，为防止冻裂，必须采取防寒保温措施。一般采用覆土保温。覆土厚度应视室外计算温度确定。池顶覆土厚度除满足保温要求外，还须满足抗浮要求。

采用覆土保温，虽然方便简单，但在覆土厚度大时，可能造成经济上的不合理。此时应采用炉碴等轻型保温材料，其厚度应根据热工计算确定。

用于水处理的水池，其防寒措施由工艺要求确定。有的要求建于室内，有的则因水温本身较高而不需防寒保温，应视具体条件区别对待。

水池在施工过程中的保温：为防止由于施工中养生保温不好而导致池壁发生龟裂现象，水池在覆土前均应重视保温措施。

水池的防水、防腐要求：水池类构筑物除强度、抗裂满足要求外，还必须保证严密不漏水。因此，除钢丝网水泥水池外，其他各种材料和型式的水池内部均应采取防水措施。防水层一般用1:2水泥砂浆抹面，厚20毫米。

贮存有侵蚀性液体或建于有地下水地区的水池，凡与液体接触部分应采取防腐措施。贮存侵蚀性液体的水池内部，应视其侵蚀程度采用涂抹沥青或其他防腐涂料或衬砌瓷砖等相应的防腐措施。建于有地下水地区的水池外部，一般采用

涂抹沥青层以防腐蝕。涂抹高度一般应高出地下水位以上300毫米。

第四节 水池的附属设备

水池的附属设备有检修孔、通风孔、水位传示装置、铁梯、集水坑及各种管道等。

一、检 修 孔

检修孔直径一般为1000毫米，最小不少于700毫米。高度视覆土厚度而定，一般要求高出覆土面200毫米。材料多采用钢筋混凝土，可与顶盖现浇或预制而成。容量小的水池设一个检查孔；大于300米³的水池宜设两个。其在顶盖上的位置可沿周边任意布置，当设两个时，最好在顶盖两端相对设置。在寒冷地区，检查孔内应设防寒木盖，一般多用木料制作，其上放置保温材料。

二、通 风 管

通风管直径一般采用200毫米，设两个，分别高出覆土面700毫米及1200毫米，这样可获得良好的通风效果。通风管可用金属管和非金属管。

三、水位传示装置

水位传示装置常用的有浮漂水尺和水位传示仪。浮漂水尺需在顶盖上预留直径100毫米的圆孔。水位传示仪（如电动水位计等）应根据安装设备的要求在顶盖上预留相应的孔洞。水位传示装置用以观察池内水位，因此要求设于水波平静的位置。

四、铁 梯

水池的升降设备一般均采用铁梯（或铁蹬）。铁梯由角钢焊制而成，用于水位较深而经常上下的情况。铁蹬由 $\phi 16$ 圆钢嵌入池壁而成，是一种最简易的升降设备。升降设备位置视检修孔的位置而定。

五、集 水 坑

集水坑的平面形状有矩形和圆形两种，其深度一般采用1000毫米。集水坑的平面尺寸视管道直径及布置要求而定，一般采用800~1200毫米。材料与底板相同，多用钢筋混凝土。为防止漏水，要求与底板整体浇注。为了连接性好，水池池壁及底板之钢筋应伸入坑内不得截断。集水坑的位置和个数由工艺布置决定。如设两个集水坑，则要求其平面尺寸的一边（矩形的指某一边长，圆形的指直径）不超过柱间净距（扣除柱帽宽度的尺寸）。

为利于排水，底板应作成向集水坑方向不小于5‰的排水坡度。

六、各 种 管 道

水池常设的管道有进水管、出水管、排溢水管。穿墙管在施工池壁时，一般应预埋卡轮套管或预留孔，并在管道穿越处作适当的加固措施。

第二章 圆形水池计算

第一节 概 述

圆形水池通常是由单个或数个旋转壳体所组成。它具有良好的受力条件，能充分发挥材料的性能。厚度虽较薄，但能承受较大的荷载。同时，由于壳体质轻，易于采用装配式预应力钢筋混凝土或钢丝网水泥等结构，因而它还具有：节约建筑材料、加速施工进度、保证使用效果等方面的优越性。因此，壳体在给、排水工程结构中得到广泛的应用。

圆形水池根据其不同的用途、容积和形状，一般由圆柱壳、圆锥壳、球壳、圆板和多支柱支承的圆板以及环梁等构件组成。

目前铁路上常见的结构形式有平顶平底圆形水池和由旋转壳组合而成的圆形水池。

本章着重介绍圆形水池各部的荷载计算和内力计算，包括单元构件的内力计算和结点处的内力计算。有关构件的构造要求和形式，见本书第四章。关于池壁的内力计算，将着重介绍等截面的圆柱形壳体法，并简要介绍变截面的弹性地基梁法。对于圆锥形池壁的内力计算，只附计算图表。关于顶、底板的内力计算，将介绍弹性圆板、无梁式多支柱圆板、球壳及闭口锥壳的内力计算，并附有简化计算公式和内力系数图表。

关于结点处的内力计算，将介绍弯矩分配法、形变法和力法。

第二节 设计内容及计算界限的一般划分

一、设计内容

(一) 水池结构计算, 包括强度、抗裂验算。为了保证水池的正常使用, 除要求有足够的强度外, 还必须保证严密不漏水, 因此要作抗裂检算。水池池壁沿水平方向作用有轴向拉力时, 属中心受拉构件, 一般规定, 不允许出现裂缝, 故应作抗裂度检算。池壁竖向及顶、底板, 均属受弯构件, 应作限制裂缝宽度验算。

(二) 地基承载力检算: 应按池内满水、池外有土的荷载情况, 计算水池对地基的最大压力 R ,

$$R = \frac{G}{F} \leq [R]$$

式中 G ——水池总重 (包括池顶活载, 覆土重、水重、水池自重及垫层重);

F ——水池底板面积;

$[R]$ ——地基允许承载力。

(三) 抗浮验算: 建于有地下水地区的水池应作抗浮验算。视水池结构形式的不同, 有整体抗浮和局部抗浮两种验算。

整体抗浮验算适用于无支柱的水池:

$$K_f = \frac{G}{B} \geq 1.1$$

式中 K_f ——抗浮安全系数, 取 1.1;

G ——空池时的水池总重 (不包括垫层重);

B ——总浮力,

$$B = F \cdot \gamma_s \cdot H_s$$

其中 γ_s ——水容重, 1000 公斤/米³;

H_s ——水池底板底面以上地下水位高度(米)。

局部抗浮验算：有支柱的水池除作整体抗浮验算外，还要作局部抗浮验算。

$$K_f = \frac{G'}{\gamma_s H_s} \geq 1.1$$

式中 G' ——柱间区格范围内单位面积上的水池重量（计算见算例）。

当整体抗浮或局部抗浮不能满足要求时，均应采取抗浮措施。对半地下或地下式的封闭水池，可增大覆土厚度的办法来解决。对开口式水池，可扩大底板突出池壁以外的宽度，以增加填土重量的方法达到抗浮的目的。用于抗浮验算的覆土容重，采用1.4~1.6吨/米³。

二、计算界限的一般划分

以水池池壁高度 H 与弹性特征值 S ($S = 0.76\sqrt{Rh}$) 的比值 $\frac{H}{S}$ 区分（式中 R 为水池半径、 h 为池壁厚度）

$\frac{H}{S} \leq 1$ ，按竖直单向（竖向受力构件）计算池壁内力；

$\frac{H}{S} \geq 15$ ，按水平单向（环向受力构件）计算池壁内力；

$1 < \frac{H}{S} < 15$ ，按双向（竖向与环向）受力计算。

第三节 荷载的计算与组合

一、荷载分类

荷载可根据不同的特征进行分类。根据荷载作用时间的长短，可分为恒载及活载。根据荷载作用的性质，可分为静载或动载。根据荷载的分布规律，可分为均布荷载、非均布

荷载和集中荷载。

恒载：长期作用在结构上不变的荷载，如水池各部构件的自重、粉刷抹面（防水层）重、顶盖上的覆土重和池壁所受的土压力等，均属恒载（亦称静载）。

活载：在施工和运营过程中可能有变动的荷载，如人群、临时堆放的材料重量、可移动的物品及工具、雪载和池壁所承受的水压力等均属活载。

动载：火车或汽车荷载。

均布荷载：分为均布面荷载和均布线荷载两种。

均布面荷载：如水池顶盖的自重、顶盖上的覆土重等。

均布线荷载：沿结构物轴线均匀分布的荷载，如澄清池的池壁自重均匀地作用在锥壳顶面的周边上的荷载。

非均布荷载：如作用于水池壁板上的水压力、土压力，属非均布荷载。

集中荷载：仅作用于结构物某一部位的荷载，当作用面积很小时，可视为集中荷载。

二、荷载组合

水池内力计算的最不利荷载组合应考虑以下几种情况：

第一种荷载组合：池内满水、池外无土，一般出现在水池试水阶段。

第二种荷载组合：池内无水、池外有土。

除上述两种荷载组合外，当为整体封闭式水池而池壁两端的结点按弹性连接考虑时，池内有水、池外有土的荷载组合，有可能控制上部环拉力，影响池壁上部的环向配筋。此时，还应计算这种荷载组合的环拉力。

三、荷 载 计 算

(一) 活荷载: 顶盖活荷载常取150公斤/米², 走道板活荷载可取250公斤/米²。

(二) 水荷载(见图 2—1)

$$g = \gamma_s \cdot H \quad \text{公斤/米}^2$$

式中 H ——池壁高度。

(三) 土荷载 (见图 2—2); 指作用于池壁外侧的土压力。

1. 无地下水 (见图 2—2

a)

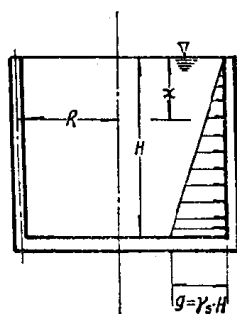


图 2—1

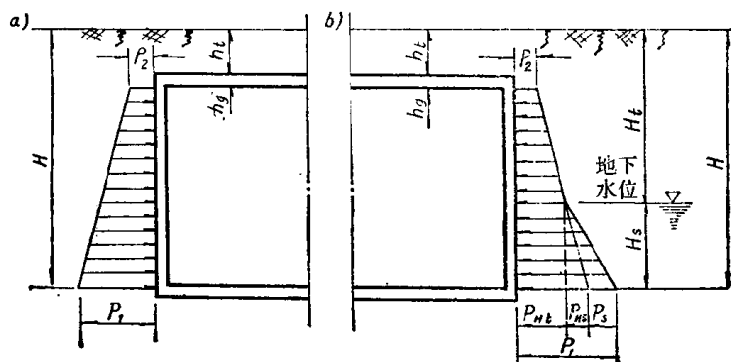


图 2—2

a) 无地下水

b) 有地下水

$$P_2 = [q_h + \gamma_s (h_t + h_g)] \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2-1)$$

式中 q_h ——活荷载;

γ_s ——土壤容重;

ϕ ——土壤内摩擦角。

$$P_1 = [q_k + \gamma_s H] \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) \quad (2-2)$$

2. 有地下水 (见图 2-2b)

$$P_1 = [q_k + \gamma_s H_1 + (\gamma_s - m) \cdot H_s] \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) + \gamma_s \cdot H_s \quad (2-3)$$

式中 m 为每单位松散粒体的体积内颗粒所占的体积, 通常采用 0.7。

(四) 车辆 (火车或汽车) 荷载对池壁产生的侧压力: 当水池建在公路或铁路附近时, 应按侧压力分布角的传播范围, 确定是否考虑动荷载。

1. 火车荷载 (见图 2-3)

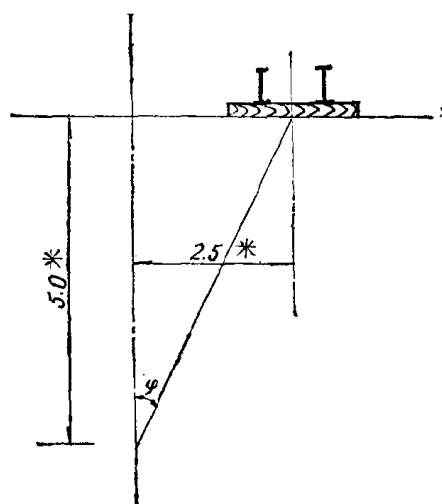


图 2-3

根据铁路桥涵规范规定: 列车荷载的压力分布角 $\phi = \operatorname{arctg} \frac{1}{2}$, 即荷载在轨底平面横向分布宽度 2.5 米与路基的竖直线成正切为 0.5 的角度向外分布。

铁路列车竖向活载, 应采用中华人民共和国铁路标准活