

铁路给排水构筑物
设计与计算丛书

大口井与泵井

中国铁道出版社

86.6382
821338

分

铁路给排水构筑物设计与计算丛书

大口井与泵井

铁道部第二勘测设计院 编

中 国 铁 道 出 版 社

1982年·北京

内 容 简 介

铁路给排水构筑物设计与计算丛书是供从事给排水工程的技术人员进行给排水构筑物设计参考用的。这套丛书分为《水池》《水塔》《大口井与泵井》等册。本册主要介绍大口井与泵井结构设计的要求和内力分析计算,并附有较详细的计算算例。

铁路给排水构筑物设计与计算丛书

大口井与泵井

铁道部第二勘测设计院编

中国铁道出版社出版

责任编辑 李云国

封面设计 王毓平

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{2}$ 印张: 13.5 字数: 309 千

1982年3月第1版 1982年3月第1次印刷

印数: 0001—4,000册 定价: 1.65 元

前 言

为了帮助从事给水排水工程的技术人员进行大口井、泵井的设计，我们组织编写了这本参考书。

本书着重于实用，所介绍的结构计算方法为目前常用的方法，希望通过本书的学习，使读者能够基本上掌握大口井、泵井的设计原理、计算方法，可以进行一般的大口井、泵井设计。

本书在编写过程中，得到上海市政工程设计院、成都市政工程设计院、长春给排水设计院、湖北给排水设计院、铁道部专业设计院、铁道部第一、三勘测设计院等单位的大力支持和协助，提供了宝贵资料，在此表示感谢。

本书由我院站场处卢泳强、王亨震同志执笔，赵伯贤、王光天同志审定。

铁道部第二勘测设计院

目 录

第一章 概 述	1
第二章 大口井	4
第一节 类型及构造	4
一、类 型	4
二、构 造	5
第二节 设计计算	10
一、基本资料	10
二、下沉计算	10
三、内力计算	12
第三节 附属设备	38
一、检修平台	38
二、升降设备	39
三、检修人孔	40
四、通气管	41
五、水管穿过井壁的处理	43
第四节 抗震措施	44
第三章 泵井	45
第一节 类型及构造	45
一、类型	45
二、构造	47
第二节 给水泵井计算	50
一、基本资料	50
二、开挖法施工的泵井	51
三、沉井法施工的泵井	105
第三节 污水泵井计算	125
一、一般说明及假定	125
二、内力计算	126
三、强度计算	172

四、抗裂度和裂缝宽度验算	174
第四节 稳定计算	180
一、抗浮方法及验算	180
二、抗倾、抗滑验算	188
第五节 附属设备	192
一、梁和平台	192
二、升降设备	214
三、通风设备	218
四、门窗	219
五、格栅	220
六、管道穿过井壁的处理	221
七、避雷针	222
八、栈桥	224
第六节 防水及抗震措施	255
一、防水	255
二、抗震	259
第四章 算 例	261
第一节 钢筋无砂混凝土大口井	261
第二节 砖造大口井	276
第三节 岸边式钢筋混凝土给水泵井	278
第四节 江心式钢筋混凝土给水泵井	308
第五节 石砌栈桥桥墩	359
第六节 石砌埋置式栈桥桥台	385
附录一、钢筋混凝土结构设计的有关数据	413
附录二、砖石砌体设计的有关数据	415
附录三、混凝土及砖石砌体的容许应力	420
附录四、钢筋的计算截面面积及理论重量	423
主要参考资料	424

第一章 概 述

大口井是一种集取浅层地下水或河床潜流水的构筑物，具有构造简单、产水量稳定等优点，已被广泛采用。辐射井是由大口井和径向辐射管组成，是大口井的改型。

泵井有给水泵井和污水泵井二种，分合建和分建二类。当抽水机械间与集水井（或污水集水池）合建时，称为合建式；分建时，称为分建式。铁路常用的给水泵井一般采用分建式，污水泵井采用合建式。

大口井和泵井，一般采用钢筋混凝土和砖石等材料建造。大口井进水部分可采用无砂混凝土。

设计大口井或泵井时，应考虑当地的地质与水文地质条件、井径、深度及邻近建筑物、施工方法、施工机具和工期等因素。

当井的入土深度较浅，地下水位不高，且对邻近建筑物无不良影响，或为岩石地层时，可采用开挖法。开挖法施工可均匀回填，井筒厚度较薄，但土方量大，并需有足够的抽水设备及较大的抽水费用，一般用于泵井。开挖法有垂直开挖和大开槽两种，前者多用于岩石地层中，后者则在土质地层中采用。

当井径大于3米，入土深度大于6米或土质松软，地下水位较高，采用开挖法对邻近建筑物有不良影响时，宜用沉井法施工。

当开挖法和沉井法都有采用的可能时，应作经济比较后决定取舍。

沉井法与开挖法比较，有不少优点，例如：只在井筒内

挖土且不需回填，土方量少；对邻近建筑物一般无影响；不需要支撑；下沉深度可达数十米等。沉井法的缺点是当下沉中遇到埋于土中的障碍物（如大石块、树根）时，排除较为困难，因此，必须具有足够准确的地质资料，判明土层确无难以排除的障碍物时，方可采用沉井方案。

沉井法又分不排水下沉和排水下沉两种。

不排水下沉适用于地下水水位高，涌水量大，土质松散或流砂严重之处。但当下沉遇到障碍物时，需要潜水员配合施工。

排水开挖下沉适用于涌水量不大，不发生流沙的土层。排水开挖下沉具有下沉均匀，不需要挖土机械；能直接观察井内情况，遇有障碍可及时进行处理；井筒一旦发生偏斜，处理也比较容易；沉井沉至设计标高后，能及时清洗刃脚、封底等优点，在铁路给排水工程中已被广泛采用。但是，当抽水降低水位时，在可能引起沉井附近构筑物基础下沉的地方，不能采用这种施工方法。

沉井下沉可依靠井筒自重，若自重不足以克服土对井筒的摩擦力，可外加重量强迫下沉。自重下沉需有较厚的井壁，加重下沉则可使井壁减薄和避免井筒下部发生悬吊而出现纵向断裂。若沉井系一次连续下沉，采用加重下沉较为经济。若沉井系分段多次下沉，即浇（砌）筑一段下沉一段，则用加重下沉，施工就较麻烦。

加重下沉的外加重量，一般可就地取材，如土、石等。有条件时，可用钢轨、钢锭等金属材料。所加重量，不可超过井筒材料的抗压强度。

井筒高在10米以内，可采用一次连续下沉。井筒高大于10米时，一般分段浇（砌）筑分段下沉。

为减少下沉深度和土对井筒的摩擦力，沉井施工一般都

开挖基坑。基坑深度以挖至地下水位以上0.5米处为宜，但一般不超过3米。这种方法，对无砂混凝土井壁进水的大口井来说，还可避免井壁进水孔被上层土层中的细颗粒泥土所堵塞。

浇筑沉井刃脚前，基坑底面应根据土质情况作必要的处理。若刃脚下土的承载力较高，可仅作铺砂浇水夯实的无垫架法施工。这对井筒结构计算无影响。若刃脚下土的承载力较低，通常采用刃脚下设置垫架或垫木的垫架法施工。这种方法使井壁产生相应的内力。当泵井直径在8米以内时，不会影响结构安全，因此不需作验算。

沉井下沉时应随时检查，如有偏斜应及时纠正，以免发生严重倾斜后引起井筒开裂。

采用沉井法施工时，对于大口井，仅需保证井筒在下沉中的强度。对于泵井，则除此以外，还应满足运营使用中的强度及防水、抗浮的要求。江心式泵井，除以上要求外，还应满足抗倾覆、抗滑动的要求。

铁路泵井一般直径不大，隔墙多在沉井沉至设计标高后浇筑，所以下沉中不考虑隔墙的重量及其对井筒内力的影响。

第二章 大口井

第一节 类型及构造

一、类 型

(一) 按建筑材料分

大口井按建筑材料分，有钢筋混凝土、砖、石、无砂混凝土及无砂混凝土与钢筋混凝土相结合等。

当大口井直径大于5米，深度大于14米，或位于流砂地层，下沉中易发生倾斜时，宜采用整体性好的钢筋混凝土或钢筋无砂混凝土造。铁路沿线的生活用水井直径小（一般井径为2米左右），深度较浅（一般为6米左右），一般可采用砖、石砌筑。

(二) 按进水形式分

大口井按进水的形式分，有井壁进水，井底进水和井壁、井底同时进水等三种。

井底进水时，井底设有反滤层。井壁进水时，井壁设有进水孔，内填滤料或采用无砂混凝土井壁。

(三) 按剖面形式分

大口井按剖面形式分，有圆筒形、截头圆锥形、阶梯圆筒形三种，如图2—1所示。

圆筒形具有下沉稳定，不易倾斜，井筒周围的土壤不易坍塌及便于接筑井筒等优点，但下沉时摩擦力大。

截头圆锥形具有下沉时摩擦力小的优点，但井筒周围的土壤容易坍塌，下沉稳定性差，易发生倾斜而不易纠正，并

且接筑井筒也较困难，因而很少采用。

阶梯圆筒形因具有圆筒形和截头圆锥形的优点而被广泛采用。

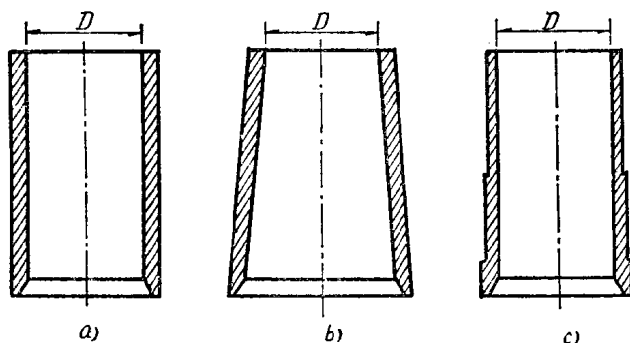


图 2—1 大口井剖面型式

a) 圆筒形；b) 截头圆锥形；c) 阶梯圆筒形。

二、构 造

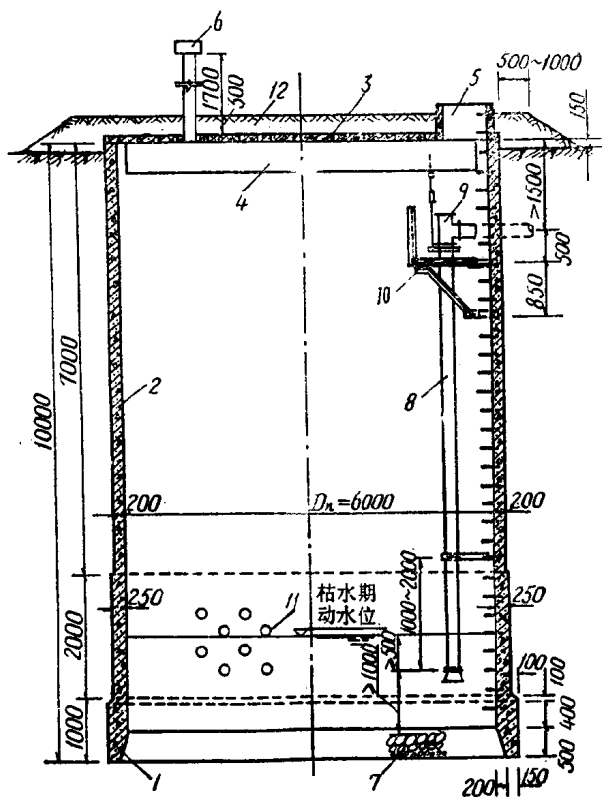
大口井一般由顶盖、井筒、刀脚和进水部分组成。顶盖设有检修人孔和通气管，顶盖填土厚视气温而定，一般为 0.3~0.7 米，如图 2—2 所示。

顶盖一般采用钢筋混凝土平顶，顶盖有整体式和装配式两种形式。前者整体性好，施工较麻烦，且耗木材。后者则构件可预制，安装方便，工期短，用得较多。

整体式顶盖采用 150 号钢筋混凝土浇筑，装配式顶盖采用 200 号钢筋混凝土造。

装配式平顶由钢筋混凝土盖板和梁组成。井的内径 3~4 米时，一般可设梁一根；内径大于 4 米时，可设梁两根或多根；内径小于 3 米时，可不设梁。

平顶盖板系由多块预制平板组成，搁置在井筒和梁上。梁和板应设有吊环，以方便吊装。



(单位: 毫米)

图 2-2 大口井构造

- 1 — 刃脚; 2 — 筒壁; 3 — 井盖; 4 — 混凝土梁;
 5 — 检修孔; 6 — 通气孔; 7 — 反滤层; 8 — 吸水管;
 9 — 水上足阀; 10 — 检修平台; 11 — 进水孔; 12 — 顶盖
 上填土。

井筒厚度一般根据井筒在下沉中克服土对井筒的摩擦力决定, 因此施工方法对井筒厚度有直接影响。若采取减少摩擦力的措施, 可减薄井筒的厚度。减少摩擦力一般有以下几种方法:

(1) 挖沉结合

即开挖法与沉井法相结合，在高出地下水位 0.5 米以上部分采用开挖法，以下用沉井法，以减少下沉深度，相应减少摩擦力。

（2）润滑表面

1）井筒外壁涂抹水泥砂浆。

2）在井筒周围缝隙中，围以草席或灌砂、炉灰，亦有灌触变泥浆的。

触变泥浆是一种膨润土泥浆，被压灌入井筒与土壤之间的空隙中，形成一层隔离层，不仅可维护井的周围土壤的稳定，不使发生坍塌，还可大大减少摩擦力。

（3）射水下沉

在外壁周围均匀布置若干个喷嘴，用高压泵供水冲刷外壁周围土壤，使沉井下沉。此法用于砂质土最为适宜。

此外，若采用加重下沉，井筒厚度亦较自重下沉时为薄。

采用排水下沉时，可免除浮力所损失的部分重量，因此，井筒较薄。

钢筋混凝土井筒厚度不小于 20 厘米。

铁路沿线小型生活用水井，当直径在 2 米以内，井深不大于 6 米时，一般采用开挖法施工，采用砖、石砌筑，若回填均匀，一般不作计算，砖筒厚度采用 24 厘米，石砌井筒厚度采用 30 厘米即可。

钢筋混凝土井筒的标号不应低于 150 号。若用砖、石砌筑，砖的标号宜用 100 号，至少不应低于 75 号；料石必须是未经风化、组织致密、标号 200~300 号。砌筑用的水泥砂浆标号应不低于 50 号。

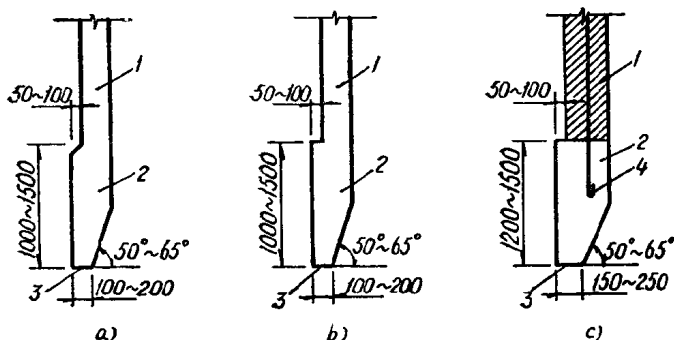
砖沉井设竖向镇杆，沿圆周均匀分布，其直径不小于 12 毫米，下端预埋于刃脚内，顶端以螺帽或钢筋混凝土圈梁固定。

根据施工经验，沉井发生开裂，一般多从刃脚开始。若刃脚开裂，上部井筒可能随之而裂，尤其是砖、石造沉井情况更是如此。所以，刃脚是沉井的重要部件，其构造须具有如下条件：

1. 下部有一定的支承面积的踏面，当下沉过于迅速时，足以制止；
2. 切入土中部分，当遇到障碍物时，能抵抗剪力、弯矩和局部压应力而不损坏。

刃脚应采用钢筋混凝土造，根据土层的坚硬程度设置必要的切刃。

铁路大口井常用的刃脚剖面形式如图 2—3 示。



(单位：毫米)

图 2—3 刃脚剖面

1 —— 井筒； 2 —— 刃脚； 3 —— 踏面； 4 —— 镇杆。

刃脚踏面宽度由井筒厚度和土的性质而定。钢筋混凝土沉井的刃脚（图 2—3 a、b）一般为 100~200 毫米。软土取较大值。井筒厚时也可采用 250 毫米。砖石沉井井筒一般较厚，其钢筋混凝土刃脚踏面宽度可为 150~250 毫米（图 2—3 c）。

刃脚的宽度和高度，直接影响下沉过程中的摩擦力的大小和稳定性。凸出过宽而高度小则相对稳定性差，反之，则减少摩擦力的效果不显著。所以，须与井高和井筒厚度相配合。在井径4~6米时，凸出宽度一般为50~100毫米。井径较大时，可适当加大至150毫米。采用触变泥浆法施工时，凸出宽度有采用200毫米的。凸出部分的高度，钢筋混凝土沉井一般为1.0~1.5米，砖石沉井宜取1.2~1.5米。

刃脚斜面与水平面的夹角，一般采用50~65°。

刃脚底部直接切入土层，必须十分坚固，一般应设切刃以策安全。根据土层的坚硬程度相应采取如下措施：

1. 一般匀质硬土，可用2~3根直径25毫米Ⅰ级钢筋（3号钢）或直径18毫米Ⅱ级钢筋（16锰）加强刃脚底部（图2—4 a）；
2. 非匀质硬土，可用10号或12号角钢加固（图2—4 b）；
3. 土层特硬或夹有漂石，则用角钢与钢板焊成切刃（图2—4 c）。角钢与钢板的规格，根据土层坚硬程度而定。

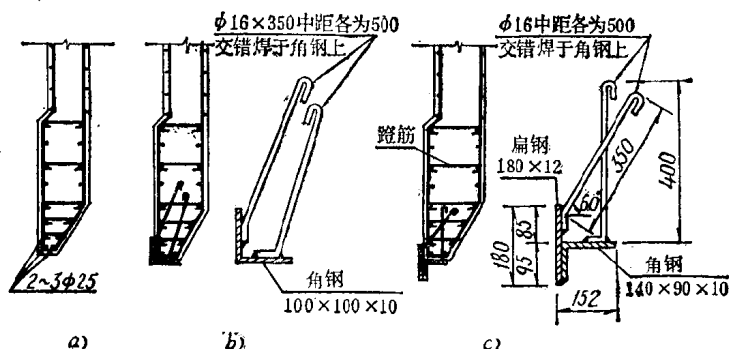


图2—4 切刃构造（单位：毫米）

第二节 设计计算

一、基本资料

(一) 地形资料

比例尺为1:500的地形平面图（包括水下地形）及比例尺为1:200的河床横断面图。

(二) 地质、水文地质资料及抽水试验综合成果图

1. 地下水的丰、枯水位（枯水量保证率 95% 时的水位），常水位及施工水位。

2. 地质柱状图。

3. 土的物理力学性质指标。包括土的分类，颗粒组成，含水量，饱和度容重，内摩擦角、孔隙率及水的侵蚀性等。

(三) 气象资料

当地气温、冰冻深度及积雪厚度等。

(四) 工艺布置提供的资料

井的内径尺寸，井底标高，反滤层总厚度，进水方式，进水孔形状、位置及尺寸；穿墙管管径及位置等。

(五) 其他方面的资料

如当地建筑材料的供应情况；施工设备及技术水平等。

二、下沉计算

(一) 摩擦力图形及摩擦力

土壤对沉井的摩擦力，其图形假设如图 2—5 所示。

对于阶梯圆筒形沉井，刃脚部分的单位摩擦力取全值，刃脚上缘取半值，以上按直线变化逐渐减少至地面为零。

土对井筒的摩擦力可按下列公式计算：

$$T = U_1 h f_0 + U_2 (H_t - h) \frac{f_0}{4} \text{ (吨)} \quad (2-1)$$

式中 U_1 ——刃脚外围周长
(米)；

h ——刃脚高度
(米)；

U_2 ——井筒外围周
长(米)；

H_t ——井筒入土深度
(米)；

f_0 ——单位摩擦力，
与井筒材料、

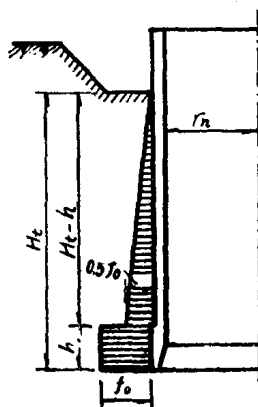


图 2-5 单位摩擦力

土质有关，应采用试验资料，如无试验资料，可参照表 2-1 所列的数据选用。

单位摩擦力 f_0 。(吨/米²)

表 2-1

土 名	f_0 值	土 名	f_0 值
粘性土	2.5~5.0	砂砾石	1.5~2.0
砂类土	1.2~2.5	软 土	1.0~1.2
砂卵石	1.8~3.0	泥浆套	0.3~0.5

(二) 下沉计算

井筒下沉应满足下列公式的要求：

$$K = \frac{G - B + W}{T} \geq 1.15 \quad (2-2)$$

式中 K ——下沉系数；