

井巷工程施工手册
第十九篇
第二十篇

井巷工程施工手册

第十九篇 沉井法施工

第二十篇 帷幕法施工

0088

煤炭工业出版社

井巷工程施工手册

第十九篇 沉井法施工

第二十篇 帷幕法施工

《井巷工程施工手册》编写组

煤炭工业出版社

总 审 校: 沈季良、崔云龙

第 十 九 篇

主编单位: 江苏丰沛矿区建设指挥部

参加单位: 江苏省煤矿研究所、中国矿业学院、煤炭工业部兖州煤矿设计院、江苏省煤矿设计院、山东省金乡县菜园煤矿

审 校: 巴肇伦、卓鑫然

编 写: 卓鑫然、巴肇伦、朱士嘉、朱岳权、张继明、王中兴

第 二 十 篇

主编单位: 鹤岗矿务局

参加单位: 阜新矿业学院

审 校: 沈 俭、刘铮敏

编 写: 沈 俭、刘铮敏、舒英杰、石维明

2006/4/1

井 巷 工 程 施 工 手 册

第十九篇 沉井法施工

第二十篇 帷幕法施工

《井巷工程施工手册》编写组

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本787×1092¹/₁₆ 印张 12

字数 283千字 印数1—10,000

1980年 8 月第 1 版 1980年 8 月第 1 次印刷

书号15035·2304 定价1.30元

出 版 说 明

建国三十年来，煤炭工业取得了巨大的成就。煤炭基本建设正以前所未有的速度向前发展。为了总结和推广煤矿基本建设战线广大群众创造的新技术、新工艺、新材料、新设备和先进经验，向从事矿山井巷施工人员提供必要的技术资料，以适应新时期总任务对高速发展煤炭工业的要求，我们编辑出版了《井巷工程施工手册》。

《井巷工程施工手册》是一本反映井巷工程施工技术的工具书。它主要供有一定专业基础知识和实践经验的、在现场直接组织与指挥施工的工程技术人员查阅使用。也可供有关专业的院校师生和科研人员参考。

《井巷工程施工手册》是根据党和国家的有关方针政策和大量的生产实践经验，本着科学性、先进性和实用性的原则编写的。在内容上，主要包括井巷工程常用技术资料与工程材料；地质、测量与矿图；机电设备与设施；普通与特殊施工方法和凿井工艺；灾害的预防与处理；施工组织与管理等部分，共分二十篇。在资料的取舍上，以目前新技术为主，兼顾一般常用施工技术，注意介绍国内外有发展方向的先进技术；以井巷施工为主，兼有部分设计、计算、基本原理和部分土建、安装方面的内容。表达形式着重于条理化、图表化，力求做到简明、实用、查阅方便。

《井巷工程施工手册》在煤炭部党组领导下，由部基本建设局、科技局、设计管理局、技术委员会、科技情报研究所共同负责组织。参加编写的有施工、科研、设计、大专院校等约四十个单位，一百余人。同时，开滦、梅田矿务局等许多单位和有关人员参加了审稿或提供了资料。冶金部、一机部、铁道部等有关单位对《手册》的编写工作给予了热情支持。对于各单位的大力支持与帮助，特致谢意。

《井巷工程施工手册》篇幅较大，为了早日与广大读者见面，广泛征求意见，先出单行本，以后再按普通法施工和特殊法施工出合订本。

目 录

第十九篇 沉井法施工

第一章 沉井法及其适用条件	19-2
第一节 沉井法的适用条件	19-4
第二节 淹水沉井施工主要顺序	19-5
第三节 沉井施工的地面布置	19-6
第二章 沉井结构设计	19-7
第一节 沉井井壁结构设计	19-7
第二节 沉井刃脚结构与设计	19-15
第三节 沉井构造要求	19-22
第四节 套井结构与设计	19-23
第五节 沉井井壁计算示例	19-25
第六节 沉井结构设计常用表格	19-31
第三章 沉井刃脚与井壁施工	19-35
第一节 沉井刃脚施工	19-35
第二节 沉井井壁施工	19-40
第三节 套井施工	19-46
第四章 沉井掘进与下沉	19-47
第一节 水枪掘进	19-47
第二节 钻机掘进	19-55
第三节 抓斗掘进	19-64
第四节 人工掘进	19-68
第五节 沉井常见故障及处理方法	19-68
第五章 沉井排渣	19-70
第一节 压气排渣	19-70
第二节 水力排渣	19-78
第三节 排渣的处理	19-79
第六章 提吊设施	19-81
第一节 简易扒杆	19-81
第二节 桅杆动臂起重机	19-83
第三节 锚桩	19-90
第四节 金属井架	19-93
第七章 减少沉井侧面阻力的方法	19-95
第一节 壁后泥浆减阻	19-96
第二节 壁后压气减阻	19-104
第三节 壁后河卵石减阻	19-110
第八章 防偏与纠偏	19-113

第一节	沉井偏斜原因的分析	19-113
第二节	防偏措施	19-114
第三节	纠偏措施	19-118
第四节	沉井施工的偏差与测量	19-125
第九章	注浆固井	19-132
第一节	封底	19-132
第二节	壁后注浆	19-136
第三节	沉井刃脚基座	19-138

第二十篇 帷幕法施工

第一章	概述	20-2
第一节	混凝土帷幕凿井法实质及工艺过程	20-2
第二节	混凝土帷幕凿井法特点及适用条件	20-3
第二章	混凝土帷幕设计	20-5
第一节	设计基本依据	20-5
第二节	混凝土帷幕深度的确定	20-5
第三节	混凝土帷幕厚度的确定	20-6
第四节	造孔时容许的最大偏斜率	20-8
第五节	混凝土帷幕中心线半径的确定	20-8
第六节	钻头直径与帷幕有效厚度之间的关系	20-9
第七节	混凝土帷幕槽孔段数的划分	20-11
第八节	套砌井壁及壁座设置	20-11
第九节	斜井井筒混凝土帷幕的设计	20-12
第三章	槽孔的施工	20-15
第一节	造孔机械	20-15
第二节	造孔工具	20-21
第三节	槽孔施工准备工作	20-23
第四节	槽孔施工工艺	20-24
第五节	槽孔施工的验测	20-28
第四章	泥浆	20-31
第五章	泥浆下灌注混凝土	20-33
第一节	混凝土配合比	20-33
第二节	灌注混凝土用具	20-35
第三节	导管的设置	20-38
第四节	混凝土搅拌机台数的确定	20-39
第五节	混凝土的输送	20-40
第六节	灌注混凝土的准备工作与操作要点	20-40
第七节	混凝土灌注事故的预防与处理	20-42
第六章	混凝土帷幕接头的施工	20-45
第一节	钻凿式接头	20-45
第二节	预留式接头	20-45
第七章	井筒的开挖、套壁与补强	20-47
第一节	井筒的开挖与套壁	20-47
第二节	帷幕的补强和事故处理	20-48

第十九篇

沉井法施工

第十九篇 沉井法施工

第一章 沉井法及其适用条件

沉井法是在不稳定含水地层中开凿井筒的一种特殊施工方法。凡是预先制作好沉井刃

表 19-1-1 国内外部分

国别	矿井名称	套 井						沉						
		外径 (米)	内径 (米)	壁厚 (米)	井深 (米)	施工方法	重 率 (吨/米 ²)	偏斜 (%)	外径 (米)	内 径 (米)	壁 厚 (米)	井深 (米)	刃脚高 (米)	沉井方法
中 国	卧牛山副井	—	—	—	—	—	—	—	8.1	6.8	0.65	17.47	—	普通沉井
	烈山风井	—	—	—	—	—	—	—	3.1	2.8	0.15	41.3	—	震动沉井
	黄县风井	8.2	7.4	0.4	4.0	大开挖	—	—	5.1	4.5	0.3	28.3	2.66	淹水沉井
	大屯主井	11.4	10.8	0.3	3.0	同 上	—	—	9.2	8.0	0.6	82.0	5.0	同 上
	小张墅主井	11.0	9.4	钢木	4.5	同 上	—	—	7.6	6.0	0.8	52.6	3.0	同 上
	大刘庄主井	11.4	9.8	0.8	16.5	淹水沉井	—	—	8.25	6.25	1.0	63.0	2.6	同 上
	东庞北风井	10.0	8.8	0.6	29.7	短段掘砌	—	—	7.2	5.2	1.0	83.13	3.0	不淹水沉井
	东高都副井	—	—	—	—	—	—	—	5.0	3.6	0.7	23.0	0.8	同 上
	岱河东风井	8.8	7.6	0.6	10.4	普通沉井	—	—	6.2	5.0	0.6	41.3	1.7	淹水沉井
	菜园副井	11.0	10.0	0.5	11.0	短段掘砌	—	—	8.0	6.0~6.3	1.0~0.85	103.0	3.2	同 上
	单家村副井	11.9	10.7	0.6	13.2	短段掘砌	—	—	8.7	6.5	1.1	180.0	3.2	同 上
	马坡主井	9.5	8.6	0.45	25.5	淹水沉井	—	—	7.4	5.2~6.6	1.1~0.4	94.5	2.6	同 上
日 本	南新开	11.8	11.0	0.4	15.2	抓斗掘进	1.0	4.0	8.2	6.0	1.1	85.54	—	淹水沉井
	新 港	14.1	12.8	0.65	12.3	同 上	1.5	0.27	9.4	7.0	1.2	101.7	—	同 上
	初 岛	14.4	13.0	0.7	23.33	同 上	1.6	0.91	9.6	7.0~7.4	1.3~1.1	130.6	—	同 上
	港 冲	14.1	12.8	0.65	15.21	同 上	1.5	0.38	8.9	6.5~6.9	1.2~1.0	156.92	—	同 上
	日铁有明一井	15.1	13.7	0.7	21.45	同 上	1.6~2.1	0.19	10.5	7.9~8.5	1.3~0.98	148.98	—	同 上
	有明二井	15.1	13.7	0.7	17.45	同 上	1.6~2.1	0.31	10.5	7.9~8.5	1.3~1.0	148.98	—	同 上
	有明三井	14.4	13.0	0.7	24.6	同 上	1.6~2.1	0.43	9.8	7.0~7.8	1.4~1.0	200.3	—	同 上
第三人工岛	13.6	11.8	0.9	38.5	同 上	2.0	0.11	8.8	6.0~6.89	1.4~1.02	183.07	3.07	同 上	
苏 联	契柳斯京捷夫	8.3	7.5	0.4	16.3	抓斗掘进	—	—	7.1	6.5	0.3	31.0	1.0	淹水沉井

脚和一段井筒，并在其掩护下边掘进边下沉，井壁随井筒下沉相应接高的，均称为沉井法施工。

由于沉井法具有工艺简单，需用设备少，易于上马，成本较低和劳动条件好等优点，因而在煤矿、铁道、城建与海港等工业部门，采用较为广泛。

我国煤炭工业使用沉井法施工建成的井筒，已有 100 多个，仅次于冻结法，在特殊凿井法中占第二位。

国内外部分煤矿井筒采用沉井法施工的技术特征，见表19-1-1。

煤矿沉井技术特征

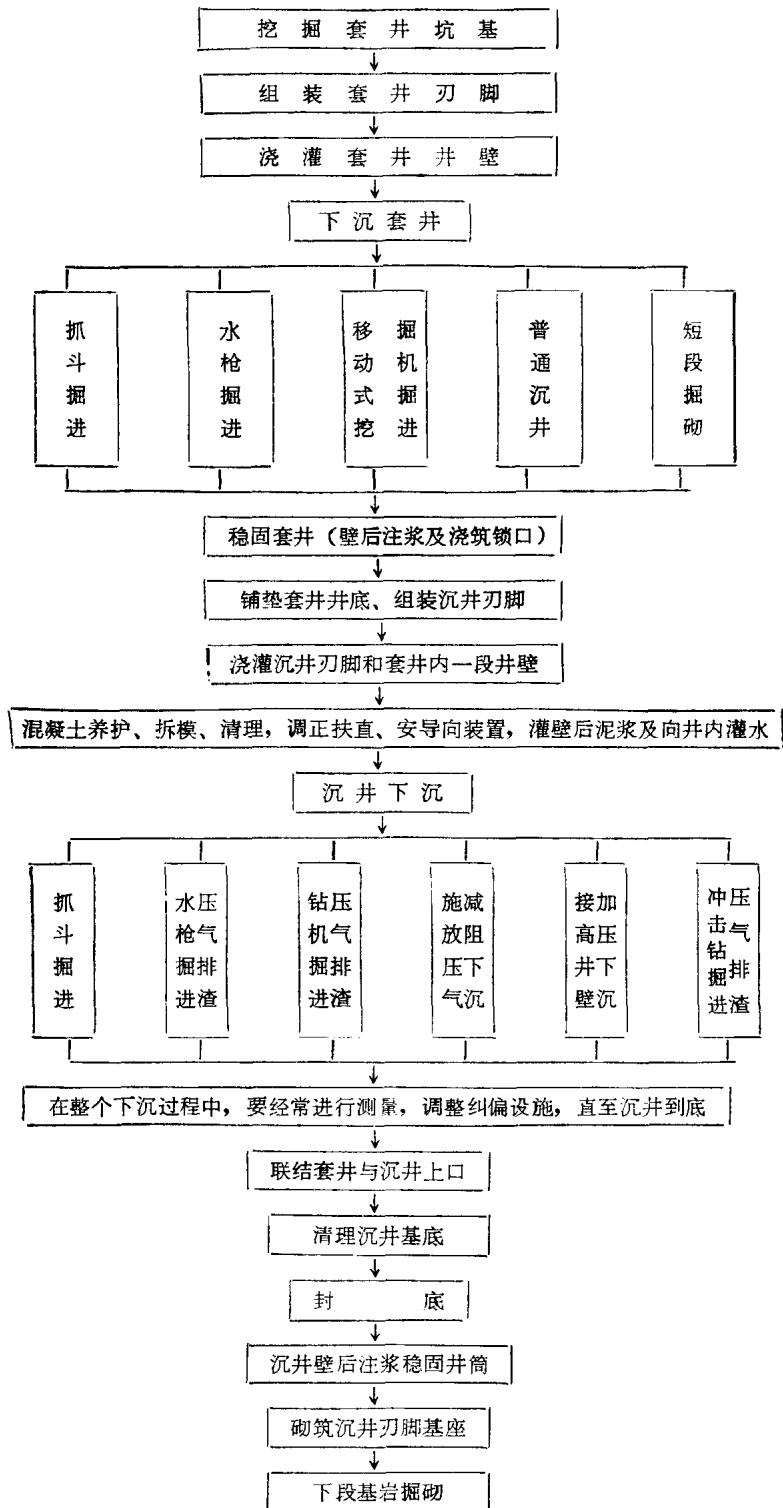
井						施 工 期
掘进方式	减阻方法	提吊方式	井壁结构与施工	重 率 (吨/米 ²)	偏斜 (%)	
人工挖掘	—	掘进木井架	料石井壁	1.33	2.43	1958
人工挖掘及喷射泵	震动机震动	龙门吊车	预制钢筋混凝土井筒		1.42	1958.8.13~9.16
抓斗掘进	壁后触变泥浆	金属扒杆	现浇钢筋混凝土井壁，木制滑动模板	0.78	2.7	1969.2~1969.10
水枪掘进压气排渣	同 上	金属扒杆龙门架	预制钢筋混凝土大砌块，井口组装浇筑砌缝	1.4	1.2	1970.2~1971.10
同 上	同 上	金属扒杆	现浇钢筋混凝土井壁，金属滑动模板	1.71	0.67	1972.5~1972.10
同 上	同 上	同 上	现浇钢筋混凝土，预制混凝土模板	2.2	0.4	1973.9~1974.5
人工掘进吊桶提升	同 上	掘进钢井架	现浇钢筋混凝土，金属滑动模板	2.19	0.38	1974.12~1975.6
同 上	壁后河卵石	简易木塔架	钢筋混凝土与料石混合现浇井壁	1.05	0.52	1975.5~1975.7
钻机掘进压气排渣	壁后触变泥浆	掘进钢井架	现浇钢筋混凝土井壁，金属滑动模板	1.35	2.5	1975.12~1976.6
水枪掘进压气排渣	同 上	简易木三脚架	现浇钢筋混凝土井壁，预制混凝土模板	2.2	0.87	1976.6~1976.12
抓斗取石	同 上	简易木四脚架	现浇钢筋混凝土井壁，木制固定模板	2.23		1978.9~1979.7
钻机掘进压气排渣	壁后施放压气	掘进钢井架	现浇钢筋混凝土井壁，金属液	2.18	1.8	1977.9~1979.7
水枪掘进抓斗掘进			压滑动模板			
抓斗掘进	壁后施放压气	起重 机	现浇钢筋混凝土井壁，金属固定模板	2~3.2	0.36	1944.4~1946.5
同 上	同 上	同 上	同 上	2.4~3.4	0.25	1948.5~1949.12
同 上	同 上	同 上	现浇钢筋混凝土变内径井壁，金属固定模板	2.6~3.6	0.66	1952.5~1953.9
抓斗掘进钢钎冲捣	同 上	桅杆起重 机	同 上	2.4~3.4	0.6	1954.7~1955.12
抓斗掘进钢钎冲捣	同 上	同 上	同 上	2.6~4.5	0.13	
同 上	同 上	同 上	同 上	2.6~4.5	0.11	
同 上	同 上	同 上	同 上	2.5~4.8	0.1	1964.1~1967.1
钻机掘进压气排渣	同 上	桅杆起重 机	同 上	2.63~3.42	0.31	1971.2~1972.1
抓斗掘进	壁后触变泥浆 加压下沉	起重 机	外壁为钢板，内壁为钢筋混凝土	0.75		

第一节 沉井法的适用条件

表 19-1-2 沉井法的分类及其适用条件

类别	方法特征	适用条件	优点	缺点
不 淹 水 沉 井	普通沉井 井筒内不灌水，一般用人工掘进，吊桶提升，水泵排水，自重下沉；沉井壁后不放置减少侧面摩擦阻力的介质	1. 井筒涌水量 $<30\text{米}^3/\text{小时}$ ，且无承压水 2. 沉井穿过流砂层的厚度一般 <1 米左右，且无细粉砂层 3. 沉井深度一般 <30 米左右	1. 需用设备极为简单 2. 工艺简便，容易操作 3. 准备期短，易上马 4. 工期短，成本低 5. 井壁质量好	1. 适用条件受限制 2. 因井内不灌水，井内外压力不平衡，容易引起涌砂冒泥，地面塌陷，安全性较差
	壁后泥浆沉井 井筒内不灌水，一般用人工掘进，吊桶提升，水泵排水，自重下沉；沉井壁后设环形空间并灌注触变泥浆，以减少侧面摩擦阻力	1. 井筒涌水量 $<30\text{米}^3/\text{小时}$ 且无承压水 2. 沉井穿过流砂层的厚度 <1 米左右，且无细粉砂层 3. 沉井深度一般 <50 米左右		
	壁后河卵石沉井 井筒内不灌水，一般用人工掘进、吊桶提升、水泵排水、自重下沉；沉井壁后环形空间放置河卵石（粒径为 $10\sim30$ 毫米），以便滤水和减少侧面摩擦阻力	1. 井筒涌水量 $<100\text{米}^3/\text{小时}$ ，且无承压水 2. 沉井穿过流砂层的厚度 <1 米左右，且无饱和细粉砂层 3. 沉井深度 <40 米左右		
	震动沉井 震动机通过联结盘和预制的长段钢筋混凝土井壁联成一整体的震动体系，在震动机所产生的震动力的作用下，使沉井井壁周围土壤产生液化现象，从而减小了侧面阻力，加大了下沉深度；在砂层中破土用喷射泵或空气吸泥机，粘土层用人工挖掘	1. 井筒涌水量 $<100\text{米}^3/\text{小时}$ ，且无承压水 2. 井筒穿过流砂层厚度不限 3. 沉井穿过砾卵石层或砂姜层等硬土层时不适用 4. 沉井深度以往没有超过 41.3 米	1. 井壁较薄且在地面整体预制，质量好 2. 下沉速度快 3. 成本较低	1. 适用条件与下沉深度受限制 2. 需用大型震动机，井壁强度要求高，耗钢材多 3. 易涌砂冒泥
淹 水 沉 井	壁后泥浆淹水沉井 井筒内灌满水，一般用水枪掘进压气排渣，自重下沉；利用预先作好的套井，来防止和纠正沉井的偏斜；沉井壁后环形空间灌注触变泥浆减少侧面摩擦阻力	1. 井筒涌水量和沉井穿过流砂层的厚度不限 2. 沉井深度较深（目前我国记录已达 180 米） 3. 沉井穿过砂姜、钙结核、密实粘土层或砾、卵石层时需要提高水枪压力或辅以抓斗取石	1. 需用设备简单，易上马 2. 工艺简易 3. 工人不下井，作业安全 4. 成本较低 5. 井壁质量较好	1. 深沉井不易准确掌握掘进部位，进度不易控制 2. 目前沉井通过厚的砂姜层、钙结核硬粘土层时，掘进较困难，效率不高 3. 如何保证井筒不偏有待提高 4. 井壁一般较厚 5. 泥浆护壁的可靠性以及如何恢复井壁与土层的固着力有待改进。而壁后压气沉井需高压空气压缩机
	壁后压气淹水沉井 井筒内灌满水，一般用抓斗或筒易磨盘钻机掘进，压气排渣自重下沉；利用预先作好的套井来防止和纠正沉井的偏斜；通过预埋在井壁内的竖、环形管道与壁后气套联接，施放压气在沉井外壁周围形成气幕，从而减少侧面摩擦阻力	1. 沉井井筒涌水量和穿过的流砂层厚度不受限制 2. 沉井深度较深，（日本已达 200.3 米） 3. 沉井穿过砾、卵石层时，需要辅以抓斗取石	1. 钻机破土效果较好 2. 壁后压气系统机动灵活，易于控制，可靠性较高 3. 劳动条件好，作业安全 4. 井壁与土层的固着力容易恢复	

第二节 淹水沉井施工主要顺序



第三节 沉井施工的地面布置

淹水沉井施工工艺，包括八个方面，即：掘进系统，分别有水枪、钻机或抓斗掘进；排渣系统；压气系统，分别有压气排渣或壁后压气；补给水系统，包括水源井；提吊系统，分别有简易扒杆、木塔架、桅杆动臂起重机与凿井井架；井壁施工系统，包括模板、材料堆放及上料系统；注浆系统，分别有壁后泥浆或注浆固井；防偏与纠偏工作以及相应

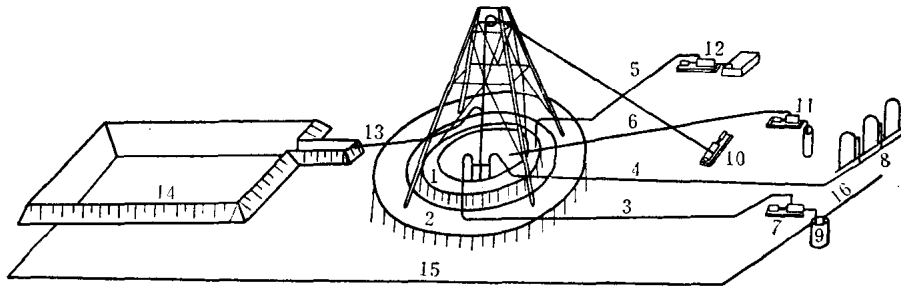


图 19-1-1 蔡园煤矿沉井地面工艺系统布置示意

1—沉井；2—套井；3—供水管；4—压风管；5—注浆管；6—补水管；7—高压水泵；8—压风机；9—循环水池；10—绞车；11—补水泵；12—泥浆泵；13—排渣管；14—沉淀池；15—循环水沟；16—水源井补水管

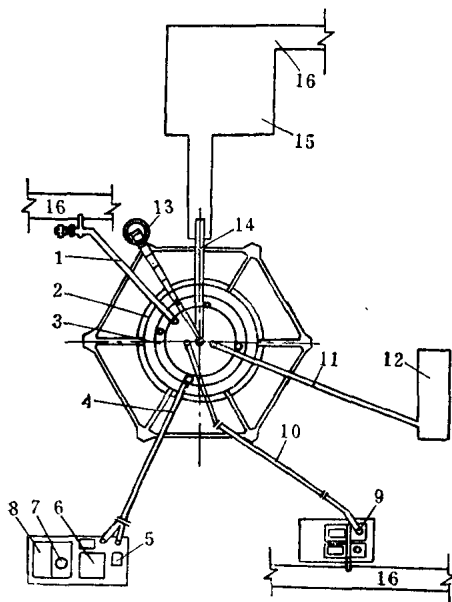


图 19-1-2 大刘庄煤矿沉井地面工艺系统布置示意

1—补水管；2—套井；3—沉井；4—触变泥浆供浆管；5—拌浆池；6—搅拌机；7—泥浆池；8—泥浆泵；9—高压水泵；10—供水管；11—压风管；12—压风机；13—扒杆；14—排渣管；15—沉淀池；16—循环水沟

的机电维修等等。为了使各个工艺系统在施工过程中，有机的配合，互不干扰，在布置临时施工工艺场地时，除应遵守一般布置原则外，尚需注意以下几点：

1. 沉井施工与基岩段井筒施工的设施布置，应统筹考虑，做到布局合理、使用方便、变动少、管线短。

2. 设备与建筑物应尽量布置在离井筒中心20米以外的地方，免受地面塌陷的影响。个别结构物需要布置在井口附近的，应加固其基础。

3. 沉淀池和循环水池应布置在广场低洼处，沉淀池的溢流水应能通过水沟流到循环水池。

4. 水源井应选择在井筒降水漏斗之外。

图19-1-1与图19-1-2，为两个沉井施工场地布置示意图，供参考。

第二章 沉井结构设计

第一节 沉井井壁结构设计

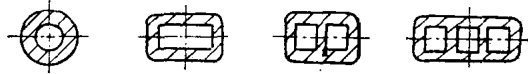
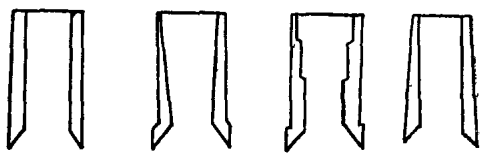
沉井主要是靠井壁的自重来克服正面阻力和侧面阻力而下沉的，沉井井壁就是井筒的永久井壁。因此，要求沉井井壁不仅要有足够的强度，能够承受永久荷载与施工荷载，而且还要有一定的重量，以便满足沉井下沉的需要。

一、沉井结构设计的主要依据

1. 矿井设计提供的井筒平面布置图；
2. 沿井筒中心线的完整地层柱状图；
3. 井筒所穿过的含水层（组）数量，含水层（组）的埋藏条件，静止水位，水头压力，含水性质，含水层与地表水的水力联系状况；
4. 井筒所穿过岩（土）层的物理力学性质，埋藏条件；
5. 基岩段的施工方法，地面临时建筑物和施工工艺系统布置图，以及永久工业广场地面布置图等。

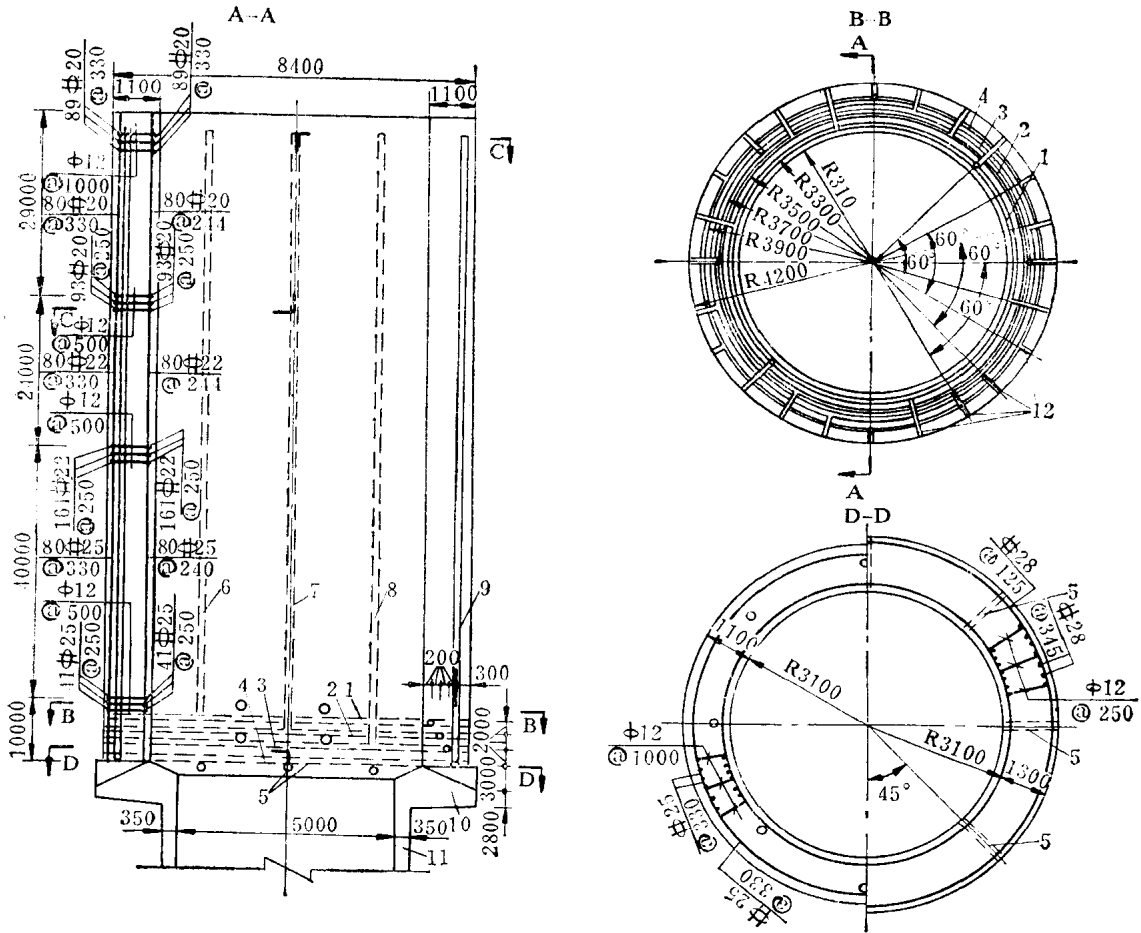
二、沉井的结构型式

表 19-2-1 沉井结构型式分类

类 别	形 状	图 示
按平面形状分	1. 圆形 2. 矩形 3. 双孔矩形 } (斜井用) 4. 多孔矩形	 (1) (2) (3) (4)
按竖直剖面形状分	1. 内外等径 2. 外等径内变径 3. 外变径内等径	 (1) a)倒锥形 b)台阶形 (3)
	1. 钢筋混凝土 2. 素混凝土	

续表

名 称	规 格	单 位	数 量				合 计
螺 纹 钢	φ	直径(毫米)	Φ20	Φ22	Φ25	Φ28	
		长度(米)	13630	11288	10036	1244	



图中竖直方向与水平方向比例不一致

图 19-2-1 钢筋混凝土井壁结构

- 1—第一层环形触变泥浆管；2—第二层环形触变泥浆管；3—第三层环形触变泥浆管；4—第四层环形触变泥浆管；5—壁后注浆预埋钢管；6—第一层竖向触变泥浆管；7—第二层竖向触变泥浆管；8—第三层竖向触变泥浆管；9—第四层竖向触变泥浆管；10—沉井刃脚基座；11—基岩段井壁；12—触变泥浆出浆管

图19-2-1示某矿钢筋混凝土井壁结构，其需用的材料见表19-2-2。

表 19-2-2 某矿钢筋混凝土井壁材料汇总表

名 称	规 格	单 位	数 量	合 计
混 凝 土 体 积	200号	(米 ³)	2268	
	300号	(米 ³)	355	
焊 接 钢 管 (预埋注浆管)	直径70毫米	长度(米)	380	2.6
		重量(吨)	2.6	
塑料管(触变泥浆管)	直径50~70毫米	长度(米)	950	
圆 钢	t _s	直径(毫米)	φ12	5.9
		长度(米)	6682	
		重量(吨)	5.9	

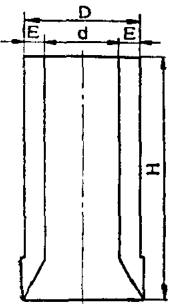
续表

名称	规格	单位	数 量				合 计
螺 纹 钢	I ₆	直径(毫米)	Φ20	Φ22	Φ25	Φ28	112.3
		长度(米)	13630	11288	10036	1244	
		重量(吨)	33.8	33.7	38.7	6.1	
钢 板	厚10毫米	面积(米 ²)	56.8				4.5
		重量(吨)	4.5				
钢 轨	基座24(公斤/米)	长度(米)	24(公斤/米)64		43(公斤/米)27		2.9
	刃尖43(公斤/米)	重量(吨)	1.6		1.3		
角 钢	80×80×10(毫米)	长度(米)	184				2.2
		重量(吨)	2.2				

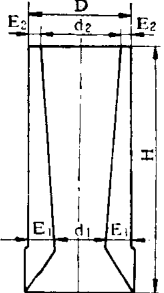
三、圆形沉井井筒尺寸的确定

本章仅介绍单孔圆形内外等径和外等径内变径型式的沉井结构设计。圆形沉井井筒尺寸的确定见表19-2-3。

表 19-2-3 圆形沉井井筒尺寸的确定

图 示	计算项目	计 算 公 式	符 号 意 义	说 明
 <p>等内径井筒</p>	沉井 直 径	等内径井筒 内直径 $d = d_0 + H \cdot \Delta$ 外直径 $D = d + 2E$	H —沉井刃脚尖至套井地 坪的垂直深度,米; d —沉井井筒的内直径, 米; d_0 —设计要求的井筒内 直径,米; Δ —沉井井筒允许偏斜 率,浅沉井一般为 0.5~0.8%;深沉井 一般为0.3~0.5%; D —沉井井筒的外直径, 米; E —沉井井壁厚度,米; d_1 —变内径沉井井筒下 口内直径,米; E_1 —变内径沉井井筒下 口井壁厚度,米; E_2 —变内径沉井井筒上 口井壁厚度,米; d_2 —变内径沉井井筒上 口内直径,米; P —井筒某一计算深度 处单位面积上的侧 压力,公斤/厘米 ² ; R_0 —混凝土设计轴心抗 压强度(见表19-2- 24),公斤/厘米 ² ;	1.沉井应穿过所有流 砂层,刃脚插入风化基 岩或不透水的粘土层中, 以便封底堵水,待注浆 固井后能用普通方法进 行下段井筒施工 2.沉井井筒内径的确定, 应根据技术设计需要 的有效净直径和沉井 的偏斜率计算 3.变内径井筒,井壁 自下而上由厚变薄,净 径自下而上由小变大。 其优点:重心下降、沉降 较稳,利于破土与防偏 4.变内径沉井下口的 内直径不得小于井筒设 计的净直径 5.按混凝土轴心受压 允许强度计算井壁厚度 的公式,适用于素混凝 土或仅有构造配筋的井 壁。若为钢筋混凝土井 壁,在确定井壁厚度时, 钢筋用量还没有算出, 可根据经验估算出环向 钢筋,或者按最小配筋 率代入
	变内径井筒	下口内 直径 $d_1 = d_0 + H \cdot \Delta - (E_1 - E_2)$ 外直径 $D = d_1 + 2E_1$ 上口内 直径 $d_2 = D - 2E_2$		
	按强度计算 井壁厚度	混 凝 土 井 壁 $E = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{(R_0)}{(R_0) - \sqrt{3}P}} - 1 \right)$ 钢 筋 混 凝 土 井 壁 $E = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{(R_Z)}{(R_Z) - \sqrt{3}P}} - 1 \right)$ $(R_Z) = \frac{R_0 + \mu R_g}{K}$		

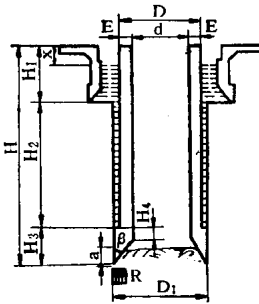
续表

图 示	计算项目	计 算 公 式	符 号 意 义	说 明
 <p>变内径井筒</p>	按重率计算井壁厚度	$E = \frac{W}{\gamma}$ $W = \frac{G}{S}$	<p>$(R_o) = R_o / K$ 混凝土设计轴心抗压允许强度, 公斤/厘米²;</p> <p>K—混凝土或钢筋混凝土井壁结构强度安全系数(见表19-2-22、23);</p> <p>(R_z)—钢筋混凝土复合强度, 公斤/厘米²;</p> <p>μ—配筋率(见表19-2-9);</p> <p>R_g—钢筋设计标准强度, 公斤/厘米²;</p> <p>W—沉井下沉设计需要的重率, $W = 2 \sim 2.6$ 吨/米². 沉井较浅, 砂层多, 取小值; 沉井较深砂层少, 取大值;</p> <p>γ—钢筋混凝土的容重, $\gamma = 2.5$, 吨/米³;</p> <p>G—沉井井筒自重, 吨;</p> <p>S—井筒外围面积, 米²</p>	<p>6. 按重率计算与按强度计算出的井壁厚度对比, 取较大值进行下沉条件验算</p> <p>7. 加大井壁厚度, 有利于下沉, 但井壁厚度超过一定范围, 将导致技术经济上的不合理, 沉井井壁厚度一般小于1.4米</p>

四、按下沉条件验算井壁厚度

沉井主要靠自重下沉, 而沉井自重又取决于井壁结构的厚度, 因此, 应按表19-2-4验算沉井的井壁厚度。

表 19-2-4 沉井井壁厚度验算

图 示	验 算 公 式	符 号 意 义
 <p>沉井下沉计算</p>	$G > KT$	<p>G—沉井总重, 吨;</p> <p>K—下沉系数, 一般取 $K = 1.15$;</p>
	$G = G_1 + G_2 + G_3$	<p>T—总阻力, 吨;</p> <p>G_1—刃脚自重, 吨;</p> <p>G_2—沉井井筒自重, 吨;</p> <p>G_3—触变泥浆重, 吨;</p>
	$G_1 = \frac{\pi \gamma_1}{4} (H_3 - H_4) \left[D_1^2 - \frac{1}{3} (d^2 + D_1^2 + dD_1) \right] + \frac{\pi \gamma_1}{4} \cdot H_4 (D_1^2 - d^2)$	<p>γ_1—钢筋混凝土浮容重, $\gamma_1 = 1.5$ 吨/米³;</p> <p>H_3—刃脚高, 米;</p> <p>H_4—刃脚根部至台阶高, 米;</p> <p>D_1—刃脚外直径, 米;</p>
	$G_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) (H - H_3) \gamma_1$ <p>(适用于等内径井筒)</p>	<p>d—沉井井壁内直径, 米;</p> <p>D—沉井井壁外直径, 米;</p> <p>H—沉井总深度, 米;</p>
$G_2 = \frac{\pi}{4} (H - H_3) \left[D^2 - \frac{1}{3} (d_2^2 + d_1^2 + d_2 \cdot d_1) \right] \gamma_1$ <p>(适用于变内径井筒)</p>	<p>d_2—变内径井筒上口内直径, 米;</p> <p>d_1—变内径井筒下口内直径, 米;</p> <p>γ_2—触变泥浆容重, $\gamma_2 = 1.1$ 吨/米³</p>	

续表

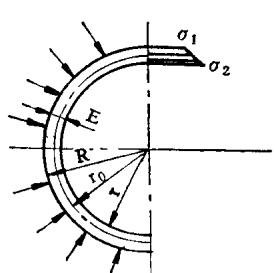
图 示	验 算 公 式	符 号 意 义
	$G_s = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D^2)(H_2 + H_1 - x)\gamma_2$	H_1 —套井总深度, 米; H_2 —套井刃脚尖以下至沉井刃脚台阶井壁高度, 米; x —触变泥浆液面至套井口高度, 米;
	$T = T_1 + T_2 + N$	T_1 —刃脚外壁与土层间的侧面阻力, 吨; T_2 —井壁外侧与触变泥浆(或壁后压气)的摩阻力, 吨;
	$T_1 = \pi D_1 H_s f$	N —沉井正面阻力, 吨; f —井壁与土壤直接接触之间的单位摩阻力, 见表19-2-5;
	$T_2 = \pi D(H_2 + H_1 - x) f_2$	f_2 —井壁与泥浆(或壁后压气)间单位摩擦力。沉井深度 < 50米时, 取0.3~0.5吨/米 ² ; 沉井深度100米左右时, 取0.8~1吨/米 ² 。壁后压气沉井 $f_2 = 1$ 吨/米;
	$N = \pi \cdot a \operatorname{tg} \beta (D_1 - a \operatorname{tg} \beta) R$	a —刃脚插入土层深度, 一般为1~2米; β —刃脚尖夹角, $\beta = 25 \sim 30^\circ$; R —土壤极限抗压强度, 粘土层一般取25~50吨/米 ²

表 19-2-5 土壤对井壁单位面积摩阻力参考值

土壤类别	软 土	砂 类 土	卵 石	粘 性 土
摩阻力(吨/米 ²)	1~1.8	1.2~2.5	1.5~3.0	2.5~5.0

五、沉井井壁设计荷重及内力

表 19-2-6 沉井井壁设计荷重及内力

计算项目	图 示	计 算 公 式	符 号 意 义
均布外压及圆环内边缘的环向压应力	 <p>按厚壁圆环计算图</p>	$P = 1.3H$ $\sigma_2 = \frac{\sqrt{3}PR^2}{2Er_0}$	P —井筒某一计算深度处单位面积上的侧压力, 吨/米 ² ; H —从计算深度处起始到地下水的高度, 米; σ_2 —圆环内边缘的环向压应力, 吨/米 ² ; R —圆环截面外半径, 米; r_0 —圆环中心线到截面中心的半径, 米; E —井壁厚度, 米;