

董庄豎井 用料石沉井法 穿过流沙层 的 经 验

江苏省煤炭工业局 基本建設局編

煤炭工业出版社

内 容 提 要

这本小册子介绍徐州董庄竖井采用料石沉井法穿过流沙层的先进经验。这种特殊施工方法的优点是速度快、成本低、设备简单、材料消耗少。

书中具体介绍了施工的地质条件，施工方案的合理选择，施工程序和技术组织措施，并总结了经验教训，最后对施工中的若干关键问题作了进一步研究和探讨，文后还附有详细施工图。

本书可供矿井施工人员参考。

1409

董庄竖井用料石沉井法穿过流沙层的经验

江苏省煤炭工业局基本建设局编

*

煤炭工业出版社出版(社址：北京东长安街煤炭工业部)

北京市书刊出版业营业许可证出字第084号

煤炭工业出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

开本 787×1092 公厘 $\frac{1}{32}$ 印张 $1 \frac{1}{4}$ 字数 25,000

1960年1月北京第1版 1960年1月北京第1次印刷

统一书号：15035·1058 印数：0,001—3,000册 定价：0.15元

我局第二建井工程处全体职工，高举总路线红旗，反右倾，鼓干劲，大搞群众运动，进一步开展了增产节约运动，以实际行动响应党的号召，大胆使用一种料石沉井法，并在董庄一号井副井施工中试验获得成功。

料石沉井法的特点是：利用沉井的体重，克服沙土的阻力，使料石沉井沉到预定深度，并在料石井筒的底部连接钢筋混凝土刃脚，这是为了减少料石井筒下沉时正面所受的阻力和切开土层而设置的构件。董庄副井表土层厚30米，在表土层下2.00米处有厚9.75米的流沙层，流沙含水，考虑必须使用特殊施工法掘井。根据情况，如采用震动沉井或冻解法，是较稳妥可靠的。但是，全体职工在党的正确领导下，对当前材料设备条件的客观可能性，做了充分研究，开展了群众性的技术鸣放，最后统一了思想，确定采用料石沉井法施工，充分发挥了革命的创造性与积极性，终于以17天的时间沉井沉入表土15.10米，进入坚硬砂土层内3.85米，安全通过9.75米厚的流沙层，争取了时间，降低了成本，为表土层的特殊施工，创造了一条新的途径。

一、基本情况

1.井筒特征：副井净径5.0米，荒径表土层部分6.2米，基岩部分5.8米，深度232.5米，为单层罐笼井。

2.水文地质情况：董庄煤田表土层为第四纪冲积层，

厚約30米，由黃土砂質粘土和砂江所組成，硬度2~3級，穩定水位1.8米，見水深度0.5米，由上而下。

第一層：為粉砂黃土，含砂量多，厚1.8米，含水飽和時能形成流動性砂土。

第二層：為灰綠色砂質粘土，厚度9.234米，含砂量多，松散，遇水極易流動，容易塌陷，最大涌水量為23.4米³/時。

第三層：為砂質粘土，厚度0.5米，含砂量較少，有一定粘性和流動性。

第四層：為粘土，厚度0.8米灰綠色，不透水呈粒狀，粘性特別強，組織細密，不易流動和塌陷，下部含少量眾砂江塊，涌水量28.82米³/時。

第五層：為粘土砂江，黃褐色，厚度14.736米，上部多含砂江塊，砂江塊直徑0.02~0.20厘米。

二、施工方案的選擇

根據地質條件的複雜性，對各種施工方案進行了比較，如表1所列。

關於方案的經濟比較(以料石沉井1米為100%時)：

料石沉井法：100%

震動沉井法：300.6%

板樁法：400.8%

凍結法：500.1%

預注漿法：600.12%

從水文地質情況，各方案優缺點比較，及各方案經濟

表 1

序 号	五 种 方 案	优 点	缺 点
1	震动沉井法	1. 在厚表土中可以代替普通打井法与冻结法。 2. 采用此法大部分施工在地面而改善了施工条件与安全。 3. 施工过程机械化此法进一步可与水力掘进与水力提升相结合。 4. 沉井速度较快。	1. 准备工作时间较长。 2. 使用钢铁材与大型设备多, 来源有问题。 3. 这种方法是利用震动机的偏心锤转动所产生的, 直离心力强迫井筒下沉。如混凝土井筒构件受震动力过大能产生破裂。如垂直力不平衡在震动时易偏斜。
2	冻结法	1. 冻结法打井是通过表土层的一个安全可靠的施工方法。 2. 对深而厚的流沙层控制有一定的效果。	1. 工作程序复杂, 如冻结孔鑽进, “冻结”井筒开掘等所需时间长, 成本高, 设备种类多, 材料耗量, 在目前的设备材料可靠性上有一定的困难, 用钢材较多。 2. 井下工作面, 气温较低, 对工作人员的身体保护措施尚待进一步改进。
3	板桩法	1. 在过流砂层时可以遮断流砂进入井筒。 2. 一次打入, 工序简便, 准备时间短。 3. 在表土层底部流砂层, 采用此法较好。	1. 消耗大量的木材, 不能回收。 2. 在打桩时如发生木板裂断桩时极难处理。 3. 井筒断面关系在设备上有所浪费。 4. 此法开掘竖井一般说速度慢。 5. 直接于地面15米以下不能使用。
4	预注浆法	1. 根据地質情况, 在地面好安排。 2. 对涌水量大的能起一定封水作用。	1. 消耗材料多, 成本高。 2. 如地質情况不能较詳的鑽底, 极易造成施工浪费。
5	料石沉井法	1. 成本低, 时间短, 设备简单, 不浪费材料。 2. 操作方法简化, 只一次工序, 工作安全。 3. 保证质量。	1. 地質结构不均衡, 有硬有软, 井筒不平行移动时极易偏斜。

比較，是可以采用料石沉井法施工的。如：

1. 技术的合理性，从水文地质情况中了解到距地表16米以上的砂江层，松软密致，块度直径0.02~0.2厘米范围内比較均衡，是可杜絕或減輕沉井偏斜的，井口相距38.80米的主井已下掘165米，很可能降低副井水位，减少冲积层的涌水，这对流沙上翻現象可以减少些，力量会小些，对沉井有利。

2. 经济合理性，从上面比較中可見料石沉井法最为经济。并且采用此方案时，現場有現有設備，設備比較簡易。因此，采用料石沉井法，技术方面合理，又符合国家多快好省的方針，并且本处对料石沉井有一定經驗，故最后确定料石沉井。

三、技术組織措施

1. 劳动組織(表2)：

表 2

人 类	工 种	井下工				井上工				机电工				总計					
		掘	信	看	把	造	信	推	机	电	絞	水							
		进	号	水	班	門	号	車	电	絞	水	班							
別	数	进	号	窝	鉤	計	門	号	車	計	修	修	車	泵	計				
每小班出勤人数		10	1	1	1	14	2	1	4	1	8	2	2	2	1	1	8	30	
每天出勤人数		30	3	3	3	3	42	6	3	12	8	24	6	6	6	3	3	24	90

施工干部配备：队长1人，技术員1人。施工劳动組織是綜合工作队，这种組織形式是：有什么活就干什么活

的混合工种，推行井巷、机电、运输混合作业，施行大班制，統由一个队长领导。

2. 有关輔助作业:

(1) 掘进井架: 采用人字木架，装卸簡易，移动輕便。

1) 井架圓木安全直径的驗算:

提升最大，重量 $G=1.5$ 吨 $=1500$ 公斤， $(\sigma)=60$ 公斤/厘米²。

从木井架斜腿所需的直径 $D=12$ 厘米，实际采用 $D=18$ 厘米。

解: $F_1 = GS \times 60 = 1290$ 公斤

$F_2 = GCQ \times 60 = 750$ 公斤

$$(\sigma) = \frac{F_1}{F_2} - \frac{M}{W}$$

$$M = 150 \times 750 = 112500 \text{ 公斤/厘米}^2$$

$$60 = \frac{1290}{\frac{D_2}{4}} + \frac{112500}{\frac{D_4}{32}}$$

$$60 = \frac{164}{D_1} + \frac{1146000}{D_4}$$

$$60D^4 - 164D^2 - 1146000 = 0$$

$$-D^4 - 2.73D^2 - 19100 = 0$$

$$D^2 = \frac{+2.73 \pm \sqrt{745 + 76400}}{2} = \frac{+2.73 \pm 276.4}{2}$$

在此取正值

$$D^2 = \frac{279.1}{2} = 139.5$$

$$D = \sqrt{139.5} = 12 \text{ 厘米}$$

2) 井架的高度:

封口盘距地表高2.40米。

吊桶全高150米。

吊桶底距倒矸台0.5米。

倒矸台高1.50米。

吊桶梁距天輪2.0米。

天輪半径0.3米。

共計使用高度为8.20米取9.0米柱长取12米。

(2) 提升工作, 沉井直径6.7米掘井量很大, 为抓紧時間搶运流沙, 必須加快提升, 故采用双鉤提絞, 吊桶容量为0.4米³。

1) 提升鋼絲繩的終端荷重:

0.4米³吊桶自重为 $Q_1 = 280$ 公斤。

流沙容重 $= 1.4$ 吨/米³。

每桶流沙容重 $Q_2 = 0.4 \text{ 米}^3 \times 1.4 \text{ 吨/米}^3 = 560$ 公斤。

鉤头重量 $Q_3 = 30$ 公斤。

鋼絲繩終点負荷: $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 280 + 560 + 30 = 870$ 公斤。

2) 提升鋼絲繩的安全系数:

現使用的繩径为15毫米拉断力 $T = (0.03 \sim 0.05) \times D^2 = 12.375$ 公斤。

单位长度重量 $W = 0.00365 \times D^2 = 0.82$ 公斤/米。

鋼絲繩安全系数

$$M = \frac{T}{Q + H} = \frac{12.375}{870 + 0.82 \times 80} = 13 \text{ 倍}$$

根据規程規定，提升的鋼絲繩安全系数 $M = 7.5$ 倍。

3) 絞車的驗算：

一般表土阶段提升速度，最大值为 0.6 米/秒，传动比为 0.75 ，故絞車功率 = $\frac{(870 + 0.82 \times 80) \times 0.6}{102 \times 0.75} \times 1.5 = 11$ 瓩。

現有 11.4 瓩絞車 2 台适用，但注意提升速度要小于 0.6 米/秒，保証減速传动功率为 0.75 。

4) 絞車中心与提升中心綫之距离 = $0.7 \times 9 \times 0.2 + 3.5 = 10$ 米。

考虑到 8.4 米的沉坑，会因地表下沉而坍塌，故使絞車与提升中心綫加大为 15 米。

5) 提升能力的驗算：

$$\begin{aligned} \text{每米掘进工程量} &= \frac{35.2 \text{ 米}^3 + (35.2 \times 0.5)}{0.4} \\ &= 132 \text{ 吊桶} \end{aligned}$$

吊桶容量 = 0.4 米^3

提升长度 = 30 米

$$\text{每小时提升能力} = \frac{3600 \text{ 秒} \times 2}{252 \text{ 秒}} = 27 \text{ 吊桶}$$

长度30米

繩速0.4米/秒

翻轉120秒/次

每班提升能力 = 5 小时 $\times$ 27 = 135吊桶 (每班按5小时
淨提升能可掘 1 米以上)。

(3) 排水工作:

1) 人工排水: 当沉坑掘到1.5米处初見地下水, 即在沉坑中心, 掘一小井, 用水桶剖水, 后来涌水渐大至2吨时, 曾使用往复式压气泵排水。

2) 吊桶排水: 沉井初期采用 2 个吊桶, 在提升泥沙时, 将水提出。

3) 离心水泵排水: 随着掘进深度的增加, 涌水逐步加大, 則使8K~1220KM臥泵排水吊挂 2 台, 1 台使用, 1 台备用, 当掘进13米时涌水达22吨/小时。

(4) 通风工作: 采取自然通风, 因为沉井深度不超过 20 米。

(5) 压气工作: 在流沙中不用压气, 当沉入沙江层时使用风鎬掘进。

(6) 运输工作: 采用0.6米³形矿井运输, 軌距 600 毫米。

3. 解决关键问题的措施:

(1) 防止偏斜与正偏斜的措施:

1) 加大沉井井筒直径: 考虑到地层的松散流动, 水平受力不均, 是会产生偏斜的, 故設計 5.0 米的井筒, 加大为5.40米的沉井, 允許歪斜差为 200 毫米 (因为二号风井

在沉井施工时下沉21米，曾偏斜250毫米左右）。

2) 安装导向装置：在沉井井壁外，装有槽铁制成的导向圈三套，内径7.025米，圈距800毫米，用18公斤/米鋼軌14根，每根长4.0米作导向鋼軌，并用6根鋼絲繩作导向地錨繩，用此法可使沉井下沉时循导前进不致偏斜。

3) 当沉井沉到含水的砂江层时，是引起偏斜的关键时期，此时我们从排水、操作、下沉等方法从领导到工人和技术人员等方面全力以赴，具体安排。

4) 在掘井中务使井底成漏斗形，使井筒均衡下沉，当井筒有偏斜时，先掘较硬处，使之调正。

5) 确保排水，使工作面正常工作，这是保证不偏斜的关键问题，因此工作面挂2台泵，一台使用，一台备用。

6) 在两脚上部1.5米处安装3根偏鋼梁，如井筒偏斜时在横梁适当的部位下加木垛，增大正面阻力，来纠正偏斜。

(2) 井底涌沙的防止和处理：

1) 采取速战速决的方法，加快掘进加快沉井速度，克制流沙的活动机会。

2) 在沉井壁后充填爐灰，使爐灰随井筒渐渐沉至两脚遮断流砂渗出沙内含水。

3) 当沉井沉到11米时，两脚下曾有流沙翻出，即时出装爐灰麻包堵塞，暂停工作約2小时，待流沙稳定，积水渗出后，又繼續下掘，采用此法也控制了涌沙。

4. 安全措施：

(1) 井壁内架设临时井圈和悬有軟梯，以防坏泵和停

电时人員迅速上井。

(2) 封口盘及盖門，每班詳加检查，以防物体墜落。

(3) 井口工作人員及高空作业者必須帶安全帶。

(4) 井上井下必須經常备有矿灯六盞，以防停电事故。

四、施工程序

1. 施工前的准备工作

今年八月六日召开了有关干部會議，在会上經過了討論和研究，确定了施工方案，紧跟着向工人进行了技术交底，并展开了鳴放辯論，工人提出了关键性的措施13条，分配任务后，便开始了紧张的筹备工作，采取多平行作业。包括以下內容：

(1) 施工組織設計和預算的編制。

(2) 加工：有两角骨架、模板、井圈、鋼筋、溜槽、井盖門、木梁、井架等。

(3) 备料：有水泥、料石等建筑材料和工字鋼、扁鉄等鋼鉄材料。

(4) 測量：測量人員根据井筒中心座标，进行井口位置的标定，埋設十字綫标桩。

(5) 平广场：在井口附近进行了場地的平整。

(6) 施工組織机构和工作制度的建立。

2. 挖沉坑和降低水位的超前小井

副井净径5米，沉井部分壁厚为0.65米，估計在沉井过程中，有偏斜和移动的产生，故考虑多作400毫米，使

沉井改井径为5.4米。

(1) 沉坑的挖掘:

沉坑的尺寸: 坑径为8.5米, 深度为2.6米。

沉坑的作用: 首先在其内按设导向装置, 便于导向; 其次考虑到立模板、树两角、砌壁等程序的操作方便; 再次起到增加沉井的深度。

施工情况: 用普通方法掘进, 初用人力挖掘至2米深时用人力转抛法, 并挂18号井圈三道(圈距为700毫米), 后背背板(50×150×200毫米), 在其后用草袋等充填, 然后支撑顶柱(50×70×600毫米)。在掘到1.5米处, 开始见到渗水, 在2米深度水量较大, 掘至2.6米停止掘进, 挂最后一道圈(距第三道圈为500毫米), 此时曾有小型片帮, 所以背板是用人工打入流沙层中, 起板桩作用。因此掘进停止, 这就是没有达到设计深度的原因。

(2) 挖降低水位的超前小井:

在掘进到1.5米以后, 由于工作面有涌水, 给工作造成困难, 为了保证工作面的良好条件, 所以要挖降低水位的超前小井。初用1.5米的圆木组成的方形小井, 约1米深, 后改为深1.3米高1.3米的四周鑽有圆孔的铁质小沉箱。

3. 制做沉箱(刃脚)

(1) 两脚尺寸: 是根据过去的施工经验和一些参考数字确定的。

(2) 沉箱(刃脚)的结构: 由钢轨圈、扁铁、钢箱等不同物结挂而成。

(3)施工: 当挖掘沉井和超前小井工作停止后, 便开始沉箱的施工。

由于工作面泥濘, 操作困难, 为使以下工程施工便利, 在工作面沿井筒四周鋪爐灰, 成环形, 距超前小井±米, 厚200毫米, 它起到滤水作用, 使工作面不会有泥漿涌上, 然后在上鋪两层弧形板(或用背板代替), 上下交錯。跟着便找井筒中心綫, 用淨长2.7米圓木找准, 在墊板上画綫。沿綫放內模板, 用螺絲連紧, 貼着內模放刃脚骨架, 分四段用“千不拉”檐下放, 待四段下毕, 找准, 用螺絲联結成整体, 沿其斜面放斜模板; 同时放16根挂鈎(俗謂生根卡子, 是考虑到沉井之后用)在縫隙的地方用黃泥严抹。接着放外模板, 同样用螺絲連紧, 在里面綁扎鋼筋。再分別立内外第二层模板, 上下左右均用螺絲固定, 并在外模板外用木槓打紧固定, 在內模板內用杉篙(撐木)撐紧, 不讓走动, 跟着在井口用人工攪, 分三組向里面澆灌140号混凝土, 同时也分三組搗固, 搗固一定要細致, 保証質量。在澆灌有1.1米深时, 在其內等距的放置22根 $6 \times 75 \times 3500$ 毫米的扁鉄拉紧(它主要起受拉作用), 然后繼續澆灌混凝土直到完毕(在从此时到拆模板前, 要不断进行养护, 保証沉箱的質量)。最后在沉箱上面砌有达2.2米深的料石井壁(具体施工情况在下面介紹)。

4. 安装表土掘进设备

(1) 封口盘:

结构: 由工字鋼梁、木梁、蓋門、木板等构成。

安設：首先測出四個鋼梁基礎的位置，然後用道木墊成（ $1.2 \times 1.3 \times 1.8$ 米）木梁基礎四個，再將 20 號 = 11 米的工字梁四根（每兩根合為一根梁）放在木梁上，在設（ $230 \times 230 \times 600$ 毫米）木梁五根，用 U 型卡子緊之後便在上面木板用釘子釘緊，與其同時按井蓋門。按裝一定要保證封口盤緊密牢固，考慮到鋼梁短距井口近，受地表塌陷的影響大，所以把工字鋼梁接長，用 $260 \times 300 \times 4000$ 毫米木梁四根，用 U 形卡子將其卡緊，也支在木梁上。

（2）木井架：

結構：由 12 根圓木主要綁扎而成的四腳木井架。

按設：首先測出井架四個基礎位置，井架分兩組放在地上綁扎之後，通過人力和絞車立起，兩面均用鋼絲繩拉緊，不允許移動，鋼絲繩的另一端拴在道木上，埋入 1.5 米深的地下。然後在井架上端上四根 3 米長的圓木，成四方形，起連接固定作用。最後再將四個基礎找正固定。

5. 導向裝置

結構：由井圈、鋼軌、地錨鋼絲繩等組成。

施工：在導向裝置之前，先將固定外模板的木梁取走，拆去外模板，放導向圈三道，中間用頂撐住，再將導向鋼軌插入導向圈與井壁之間，并用 18 號鉛絲在鑽好的孔眼內穿入與導向圈纏繞數圈固定在一起，導向圈的四周用木梁墊緊，使導向圈固定同時用鋼絲繩下分四角在導向圈上，而分別吊在鋼梁上。還在井口 10 米以外地方，等距挖深為 1.5 米的地錨坑 6 個，坑內埋入其一端，另一端則分兩股分別拴在沉坑挂圈的最底圈和導向圈的最上圈。這樣

使导向装置上下左右前后均固定起来，不得有移动，才真正起到导向作用。

6. 沉井

(1) 沉井的规格质量:

沉井的井壁厚为 650 毫米，井壁由双层料石构成（料石有 $200 \times 200 \times 300$ 毫米和 $200 \times 200 \times 600$ 毫米），料石之间用 100 号砂江充填 15~20 毫米，中间夹有 22 根扁铁拉条，壁后抹灰厚为 20~35 毫米，目的是为了在沉井过程中由于壁厚而光滑减少阻力。

(2) 施工情况:

第一井壁砌筑为 2.2 米，在砌筑过程中，每圈放 $200 \times 200 \times 600$ 毫米的长料石 18 块，同时注意到整体养护。

第一阶段井壁砌完后立刻作沉，是在井口封盘，井架等下掘设施安装妥善后才拆模沉井的。根据经验历经 8 天左右的时间可以达到设计强度的 60%，这就是说可以沉井了。最后等分平均的抽出垫板，由井筒的自重则开始下沉，但此时所遇流沙的正面阻力阻止了下沉。

为了减少阻力使井筒下沉，便开始了掘进工作，随着掘进，井筒便下沉。在掘进中采取先中心后四周成台阶式下掘方法，使工作面始终保持漏斗形。

前后掘五段掘四次，最后一段进入砂江 200 毫米，由于侧压大于自重，即使掘至正面阻力为零也不下沉了，井筒下沉工作至此告一段落。

7. 生根打壁座

沉井进入流沙层内 200 毫米沉不下去时，为了使整个

井筒稳定，不致偏斜而移动，应该速战速决，首先把刃角补起来，作第一次生根的准备。

然后下掘2.2米，在掘进时如图所示的方式，保留一块砂江A，起暂时承托作用，在以后砌筑过程中，再慢慢的一点一点掘出。砌筑是先打1米的混凝土壁圈，然后上面砌筑1.2米高的单层料石，壁后充填300毫米，这段井径为5.2米。

再掘3.8米掘上来，净径为5.0米至井颈已深砂江7.15米已经斜成原设计尺寸，并且相当稳定，不会继续发生偏斜、平移及涌沙现象。

井上便可进行一些收尾工作，拆沉坑内的木垛，拆下地锚钢丝绳，卸下导向圈和导向圈钢轨，回收起来。打松沉坑背板，将背板、井圈纵向加固钢轨，一总回收。

再将沉坑填到设计标高水平，再将原封口盘下放到地面（作以后掘进的封口盘）。自重沉井施工法工程到此全部结束。

五、經驗教訓

1. 經驗

(1) 政治挂帅是完成任务的根本保证。我处职工在党的领导下，通过八届八中全会文件的学习，从上到下统一了思想，提高了政治觉悟，鼓足干劲，为完成沉井工作而共同努力。

(2) 以技术革新和技术革命为中心，充分发动群众，依靠群众，献计献策，开展鸣放，半月内开了七次会议，