



豎井井筒 吊挂井壁施工法

陆宝云 薛荣海 张景俊 刘连双 编

煤炭工业出版社

內 容 提 要

吊挂井壁施工法是先进的凿井施工方法之一，在我国开凿平頂山、峰峰等深河采用的結果都很好。本書所介紹的就是平頂山一號井副井采用这种方法通过表土的施工經驗，其中并作了一些理論上的分析，可供建井工程技術人員參考。

985

鑿井井筒吊挂井壁施工法

陸家雲 蘇榮海 張景俊 劉連双編

煤炭工業出版社出版（社址：北京東黃城根煤礦工業部）
北京市書刊出版業營業許可證出字第084號

煤炭工業出版社印刷廠排印 新華書店發行

開本787×1092公厘 $\frac{1}{32}$ 印張1 $\frac{3}{4}$ 插圖2 字數34,000

1959年3月北京第一版 1959年3月北京第一次印刷

統一書號：15035·674 印數：0,001—8,000冊 定價：0.25元

引 言

- 一、一般概況与采用吊挂井壁法施工的动机和措施…… 3
- 二、吊挂井壁設計部分…… 6
- 三、吊挂井壁施工部分…… 30
- 四、吊挂井壁实际技术經濟指标…… 53
- 五、結束語…… 54

引 言

我国工农业生产正在以最大規模和最高速度飞跃发展，煤炭工业将在不太长的時間內，在产量上和技术上走在世界产煤国家的最前列。这就要求以最高速度来建設新井。采用新的施工方法是达到这种要求的技术措施。吊挂井壁施工法就是符合这种要求的施工方法。它的特点是一次成井，取消了普通施工方法所用的临时鎖口框和临时支架，因而速度快，效率高，成本低，工作安全。

这种方法在苏联采用已表明具有許多优越性，我国在开灤、峰峰、平頂山采用取得了良好效果，本書即根据平頂山一号副井施工經驗編写的。

一、一般概况与采用吊掛井壁法施工的 动机和措施

1. 一般概况

(1)地質資料(图1)。表土层厚1.2公尺, 1.2—24.7公尺为黄土卵石层。24.7—30.1公尺为风化岩层。30.1—40.0公尺为砂頁岩。

表土层許用地耐压力($\sigma_{\text{容}}$)=3.5公斤/公分², 天然坡角39—40°(卵石夾粘土)。

(2)設計院普通方法施工方案。

副井淨直径 $D_{\text{井}}$ =6.5公尺, 掘进直径 $D_{\text{掘}}$ =7.5公尺, 壁厚 500 公厘, 井筒内装备为双罐籠提升, 內設有梯子間和管子間。

井頸为双层鋼筋, 且有三个洞口: 通风道口, 后期热风道口及管子道洞口。

井頸所用鋼筋(包括风洞框架配筋)。一种鋼筋直径大于10公厘, CT-5, 极限应力 σ_s =3500公斤/公分²。另一种鋼筋直径小于10公厘, CT-3, σ_s =2500公斤/公分²。

井頸口标高 ± 0.00 公尺至 -3.5公尺一段因其井架埋筒螺栓位置未定, 不能捣固混凝土, 先砌临时鎖口。但热风道框架 -3.5公尺一部分, 必先搞好混凝土。井頸壁厚 500公厘, 第一个壁基标高为 -15.5公尺。

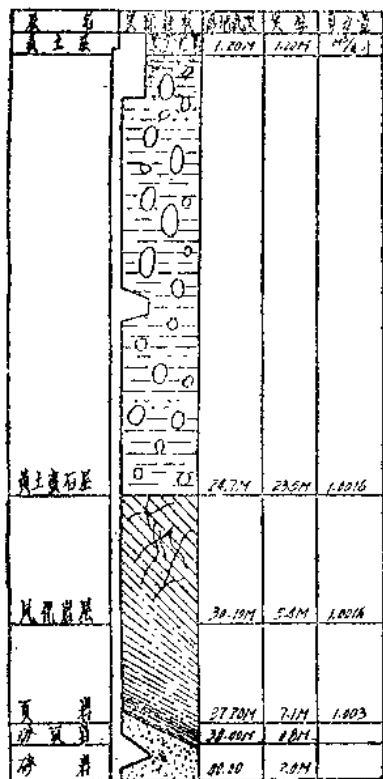


图 1 地质柱状图

2. 采用吊挂井壁法施工的动机与措施

(1) 动机：根据本井筒的地质资料及平顶山2、3、4、5号地质情况，一般表土层厚，为不稳定的卵石夹粘土；尤其是平顶山五号井表土层厚达56公尺，皆为钙质粘土层和夹

黃土的卵石层，其中夾黃泥的卵石层极易被水冲刷掉而留下純卵石。在这种地質条件下施工，一不小心就会造成片帮。卵石向下片帮，背板也随着下滑，不仅施工困难，安全难以保証，而且处理片帮事故所花費的时间較长，会大大影响建井速度。根据以上情况，必須改变施工方法，即是在絕對安全可靠又能保証井頸質量的条件下，采用由上向下掘一段砌一段，一次成井的吊挂井壁法来通过厚表土层。

吊挂井壁施工法是一个先进的施工方法，特别是在易片帮的厚表土层采用此法，有着很多的优越性。因为它是一次成井，不需要临时支架；工序简单而灵活；可以节省表土施工前的准备工作（木鎖口框，井圈挂鈎，背板等）；而且施工絕對安全可靠。另一方面，我們也希望从吊挂井壁法施工中取得經驗，替平頂山——祖國新型的煤炭工业基地創造表土施工的良好条件。因为平頂山一般表土层厚而不穩定（表土厚数十公尺至一百多公尺），利用普通方法施工很困难。但在社会主义建設中，平頂山将要建設数十对大型现代化的矿井。因此，我矿首先試用吊挂井壁法施工，对以后平頂山矿区表土施工有着极其重要的意义。同时，这一施工法的試驗成功，也为祖國其它各地区的矿建奠定吊挂井壁先进施工法的良好基础。

(2)措施：采用吊挂井壁法施工，必須在不影响原設計院普通方法設計的强度条件下进行施工。我們根据設計院普通法施工的图又重新做了适合吊挂，又能保証原設計的强度的施工图(图2, a, 图2, b, 图3, 图4)。經总工程师批准后进行破土施工。至于井頸各洞口和預留梁窩等問題，

凡是普通方法能办到的，吊挂井壁法同样能办到。

二、吊掛井壁設計部分

根据原始資料，井頸有三个洞口，并設有双层鋼筋，在采用吊挂井壁法时作如下的考虑：首先吊挂井壁的实质是向下棚一段，砌一段的方法，因而施工时应先考虑到下边吊挂全部重量应由上边的鎖口盘来支承。鎖口盘的形式可参看表土施工图(图2, a)。

1. 吊挂井頸(井壁)鎖口盤計算

(1) 鎖口盘寬度的決定(鎖口盘主要承担鎖口以上全洋灰砖及井蓋和設備的重量，以及下边全部吊挂井壁之自重，井壁与岩帮之摩擦力可忽略不計)。

根据公式

$$b = \frac{(P + Q) \cdot \cos \beta}{[\sigma_{\text{容}}]}$$

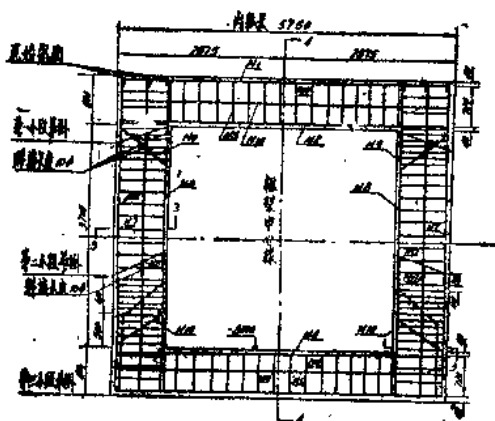
式中 b ——鎖口盘之寬度；

P ——沿圓周1公尺长度吊挂井壁之重量($=h \cdot d \cdot 1 \cdot \gamma$)；

h ——为井頸吊挂高度11.8公尺(不包括壁基和鎖口上边洋灰砖在內)；

d ——井壁厚度0.5公尺；

1 ——井筒砌体1公尺周长；



3-3 剖面图

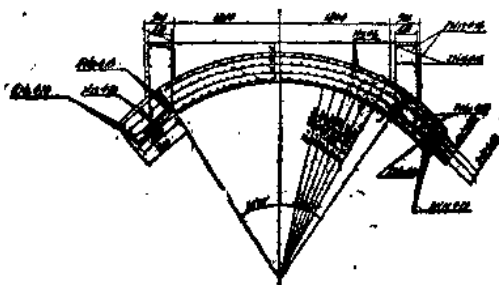
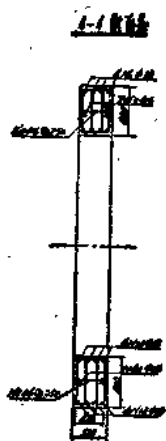
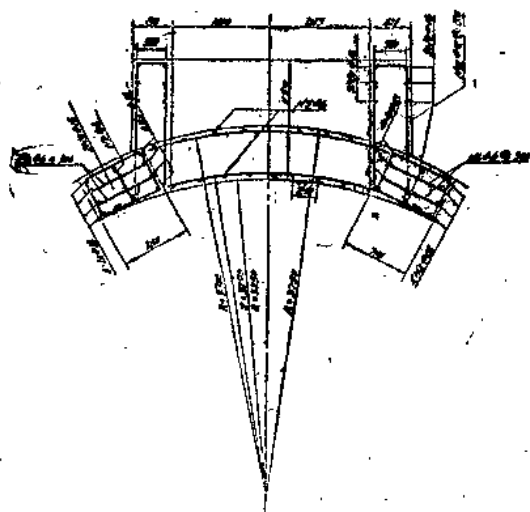
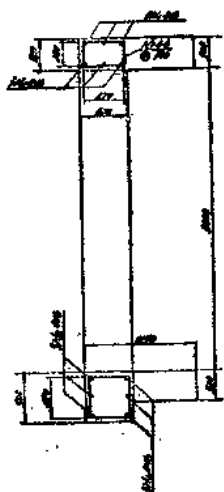


图 B 风洞口框架结构图



1-1 剖面图



2-2 剖面图

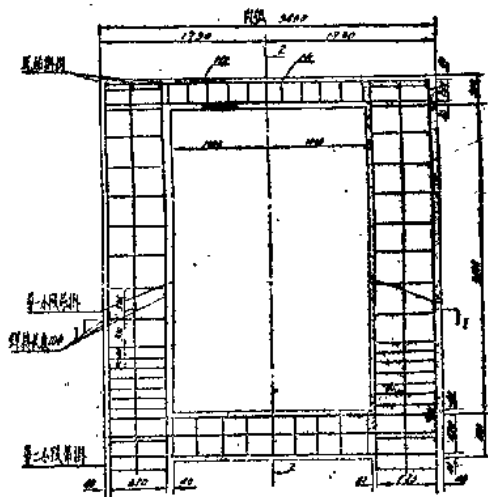


图 4 热风管洞口框架配筋图

γ ——为混凝土之容重，2.6吨/公尺³（考虑时用机械捣固之钢筋混凝土容重，故 γ 较大）；

Q ——锁口盘以上垒洋灰砖及回填土和井盖设备等荷重，9.35吨；

$[\sigma_{cm}]$ ——锁口盘下边表土容许耐压力（为了安全取3.2公斤/公分²）；

β ——锁口盘的倾斜角度，22°。

(2) 锁口盘高度的决定（根据混凝土之抗剪要求）

$$h_0 = \frac{[\sigma_{cm}] \cdot b}{[\tau] \cdot \cos \beta}$$

式中 h_0 ——锁口盘之高度；

$[\tau]$ ——混凝土之抗剪许用应力，根据锁口盘的工作情况在12天以内要承担第一个壁基以上的全部重量，即混凝土之抗剪容许应力

$$[\tau] = \frac{R_{cp}}{K} = \frac{12.6}{3.5} = 3.6 \text{ 公斤/公分}^2$$

式中 R_{cp} ——混凝土在12天之抗剪极限强度；

K ——混凝土抗剪安全系数（为了安全取3.5）。

吊挂锁口盘形式和规格如图

5。

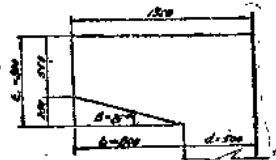


图5 吊挂锁口盘形式和规格

2. 吊挂鋼筋計算，布筋和合理吊挂

小段高度的確定

(1) 吊挂鋼筋計算

吊挂井壁法的理論依據，主要是依靠吊挂鋼筋的作用來承擔井壁之自重。根據所用鋼筋之屈服極限強度除以安全係數，即得鋼筋之容許應力 $[\sigma]$ ，就可得出吊挂鋼筋所需之總截面積 $F_{a(0.6m)}$ 。

1) 吊挂鋼筋之總截面積

據公式

$$F_{a(0.6m)} = \frac{P_{0.6m}}{[\sigma]}$$

式中 $F_{a(0.6m)}$ ——鋼筋的總截面積 (公分²)；

$P_{0.6m}$ ——吊挂井壁之自重(計算時未考慮摩擦力)；

$[\sigma]$ ——鋼筋之容許應力 ($= \frac{\sigma_k}{K} = \frac{3500}{2} = 1750$ 公斤/公分²)；

σ_k ——鋼筋之極限應力，井頸原設計院用 CT-5， $\phi > 10$ 公厘， $\sigma_k = 3500$ 公斤/公分²；

K ——安全係數，在井頸部分 K 取 2。根據以往蘇聯專家建議，吊挂井壁鋼筋安全係數取 2 較為合理。

2) 所需吊挂鋼筋之根數

據公式

$$n = \frac{F_{a(0.6m)}}{F_a}$$

式中 n ——吊挂鋼筋之根數；

F_a ——每根吊挂鋼筋之截面積（ γ 筋規格，直徑大小根據具體情況確定， γ 井頸部分原設計井頸全部為 $\phi 12$ 公厘的CT-5，故在吊挂鋼筋設計時，為了不改變原設計的条件，亦採用CT-5， $\phi 12$ 公厘，其 $F_a = 1.13$ 公分²）。

3) 減筋理論及計算

由於井壁之全部重量由吊挂鋼筋來承擔，那麼隨着向下吊挂，井壁之自重亦隨之減小，因而吊挂鋼筋之截面積（根數）要逐漸減少，這樣才能符合節約鋼筋的經濟原則。

減筋計算亦用前公式，每向下吊挂一段減筋截面積。

$$F_{a(\text{小段})} = \frac{P(\text{小段})}{[\sigma]}$$

式中 $F_{a(\text{小段})}$ ——每小段應減筋截面積（公分²）；

$P(\text{小段})$ ——小段減輕井壁重量（公斤）；

$[\sigma]$ ——鋼筋之容許應力（公斤/公分²）。

每小段減筋根數

$$n' = \frac{F_{a(\text{小段})}}{F_a}$$

F_a ——所用每根鋼筋之截面積，公分²；

n' ——每小段減筋根數。

求得每小段應減筋截面積和根數後，就可求得每小段

該用合理的吊挂鋼筋之截面积和根数。不过在井頸部分原設計院設計規定的双层鋼筋仍按原設計不进行減筋，因为減了鋼筋就会影响井頸强度。至于单层吊挂鋼筋設計院未規定有鋼筋的部分，全部根据上述理由进行減筋。以上計算所得鋼筋皆列于-15.5公尺以上鋼筋用量一覽表內，亦可參閱圖2a, 2b。至于各洞口配筋照原設計，只不过把普通法改為适于吊挂即可（參閱圖3, 圖4）。

(2) 合理小段吊挂高度的确定原則

1) 便于井頸部分和各洞口連接和一般井筒部分的施工方便。

2) 减小鋼筋接头，節約鋼筋，減少鋼筋搭接长度，采用焊接。

3) 以表土的地質，水文地質情况，表土的稳定性为根据。

4) 尽量使小段段高增长，减少井壁接头。

5) 便于預留梁窩。

6) 根据吊挂井壁之特点，鋼筋与混凝土的拉動抵抗强度（凝結力）等为原則。

在-15.5公尺第一个壁基以上小段高度： $\pm 0.00 \sim -4.3$ 公尺 ~ -6.55 公尺 ~ -8.8 公尺 ~ -10.6 公尺 ~ -12.2 公尺 ~ -13.9 公尺 ~ -15.5 公尺（壁基）。可參閱圖2a。

(3) 吊挂鋼筋布置

1) 井頸双层鋼筋布置，在不改变原設計的条件下进行。井頸-8.8公尺以上在井壁厚度方向分两层，并在圓周方向均匀分布。內外两层，各留出65公厘的保护层。

橫向雙層鋼筋按原設計院設計，每 300 公厘上下間距設一橫筋。

2) 單層鋼筋—8.8 公尺以下（原設計未規定有鋼筋），這只是為了吊掛要求而設的。但為了便於施工，故採用單層鋼筋（在雙層下邊，改為單層筋），亦為均勻分布（預留梁窩處例外），目的是為了受力均衡。單層筋布置在井壁的中心。

橫筋每一小段布一層，目的在使所有吊掛豎向鋼筋，能保持一定的位置，一定間距和垂直，這樣才不致於因搗固混凝土而使鋼筋位置走動，其次是為了增加一部分鋼筋與混凝土的凝結力和增加井壁一部分強度。

8) 吊掛鋼筋間距

$$\text{雙層} \begin{cases} \text{① 內圈間距 } a = \frac{\pi D_{內}}{n} \\ \text{② 外圈間距 } a' = \frac{\pi D_{外}}{n'} \end{cases}$$

式中 a, a' ——各為內外圈吊掛鋼筋之間距，公厘；

$D_{內}, D_{外}$ ——各為內外圈吊掛鋼筋沿此直徑布置的直徑；

n, n' ——各為內外圈鋼筋之根數。

③ 橫筋每 300 公厘一層；

$$\text{單層} \begin{cases} \text{① 間距 } a'' = \frac{\pi D_{單}}{n''} \\ \text{② 橫筋每一小段吊掛高度內設一層} \end{cases}$$

式中 a'' ——單層吊掛鋼筋之間距，公厘；

$D_{單}$ ——單筋沿此直徑 $D_{單}$ 均勻分布；

n'' ——单筋根数。

4) 钢筋形式及布置简图。井颈锁口盘之钢筋形式及布置 (图 6 甲)。

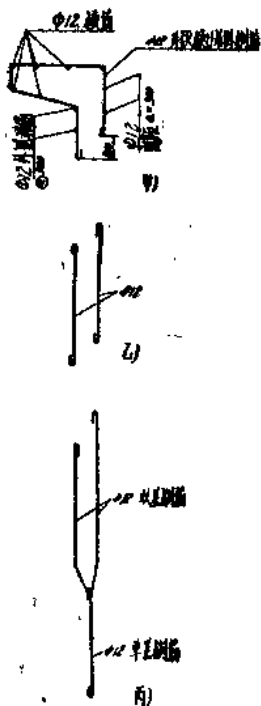


图 6 吊挂钢筋形式

一般双层钢筋如图 6 乙，加工好的带两钩头的钢筋挂到上边锁口盘钢筋，然后再布上横筋，同图 6 甲。

由双层钢筋下边合为单层钢筋吊挂形式如图 6 丙，下边单层钢筋挂到双层钢筋上，以及单层钢筋继续向上挂即可。

(4) 井颈部分各风洞框架的 CT-5, $\phi 20$ 公厘的钢筋接头和一般部分双层钢筋，单层钢筋和锁口盘钢筋形式与接头。

根据吊挂井壁之特点，向下掘一段砌一段，为了不降低原设计钢筋之强度，在钢筋接头上采用如下的措施。

CT-5 螺纹钢筋 $\phi = 16-20$ 公厘时，采用焊接。其搭接长度为 8 倍等量直径 ($d_{s.w}$)。但为了考虑地下施工的特点，不象地表那么方便，故实际采用焊接长度为 $10d_{s.w}$ (搭接长度)。如果采用一般搭接，当受拉钢筋等量直径 $d_{s.w} > 18$ 公厘时，其搭接长度为 $60d_{s.w}$ 。当

$d_{\text{or}} = 20$ 公厘，則搭接長度 $l = 60 d_{\text{or}} = 60 \times 20 = 1200$ 公厘 $= 1.2$ 公尺。這樣對吊掛井壁來講，施工非常不方便，而且也不太可能，因為要留出與下一小段搭接的鋼筋頭 1.2 公尺，就要預留 1.2 公尺長鋼筋，埋入泥中。因此，我們採用的焊接長度為 10 倍等量直徑，只需留出 200 公厘鋼筋頭就可以了。

焊接如圖 7 所示。

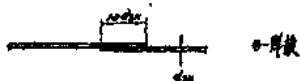


圖 7 鋼筋焊接



圖 8 鋼筋搭接

一般雙層鋼筋 $\phi 12$ 公厘搭接如圖 8 所示，這樣不僅能達到吊掛井壁起掛鉤的作用，同時也滿足井頸原設計的強度要求。

根據上表鋼筋消耗用量計算結果，和原設計院設計比較，得出由於採用吊掛井壁法而多消耗的鋼筋量如下：

雙層鋼筋部分多消耗 $\phi 12$ 公厘的鋼筋 240 公斤。

單層吊掛鋼筋多消耗 327.91 公斤。

合計多消耗 567.91 公斤（在 -15.5 公尺以上）。

這說明井頸部分原設計普通方法有雙層鋼筋，而現在利用原設計普通方法的鋼筋來進行吊掛井壁法施工，在鋼筋消耗上很少，這是很有利的條件。