

矿井井筒 装配式 铸铁井壁

徐 璜 著

煤炭工业出版社

矿井井筒装配式鑄鉄井壁

苏联 Л.В.卡普蘭著

刘夢麟 胡 敏譯

蔣蕤秋校訂

煤炭工業出版社

內 容 提 要

本書敘述了以特殊法開鑿的礦井井筒中用作永久井壁的幾種裝配式井壁的型式。

書中詳盡地研究了近代的蘇聯鑄鐵筒片的結構，以及將它按各種直徑而裝配成永久井壁的方法，並研究了塊塊的結構。

書中提出了如何確定外荷載的建議；研究了荷載的不均勻性以及由蘇聯的工程師們所研究成功的在彈性介質內環圈的靜力計算方法。

本書可供煤炭工業設計及施工機構的工程技術人員參考。

ЧУГУННЫЕ ТЮБИНГИ И РАМНЫЕ БЛОКИ ДЛЯ ШАХТНЫХ СТЕПОВ

蘇聯 Л.В. КАПЛАН 著

根據蘇聯國立煤礦技術書籍出版社 УГЛЕТЕХНИЗДАТ
1952年莫斯科修訂第一版譯

514

礦井井筒裝配式鑄鐵井壁

劉夢麟 胡貳譯

蔣純秋校訂

*

煤炭工業出版社出版（地址：北京東長安街煤炭工業部，
北京市印刷出版業營業許可證出字第084號）

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

*

開本73.7×109.2公分1/32 * 印張13 1/2 * 插頁3 * 字數32,000

1957年3月北京第1版

1957年3月北京第1次印刷

統一書號：15055·505 印數：0,901--2,559冊 定價：(11)1.00元

目 录

緒 論	3
一、永久井壁	4
用特殊方法开鑿井筒时对于井壁結構的要求	6
二、鑄鉄筒片	17
鑄鉄井壁的类型	18
大量制造的筒片的特性	22
結構的主要構件	23
建造井壁时筒片的改制	27
制造筒片的技术规范	32
三、壳塊	36
A. 鋼骨架的壳塊	36
B. 鑄鉄骨架的壳塊	62
四、壁座	69
五、井壁与岩層之間空隙的填塞	71
六、井筒设备的架設	73
七、經濟指标	76
八、計算圓形橫截面井筒井壁的主要前提	79
A. 外荷載	80
B. 荷載分佈性質的影响	90
B. 周圍岩層的彈性抵抗	96
Г. 矿井井壁的穩定性	105
Д. 結論	125

緒 論

在党第十九次代表大会关于 1951—1955 年發展苏联第五个五年计划的指示中，最显著的要点之一就是發展煤炭工業。拟定了以現有矿井的改建，以及在苏联的各个地区建設新的矿井和露天矿来提高煤的开采量。新建的工程，应当在土建工程和井建工程的工業化施工方法以及繁重操作过程机械化的基础上于短期內完工。

經驗指出，在矿井建設中，井筒开鑿是最繁重最費时的的工作。因此，显然地，矿井建設人員就应当把注意力放在用最新的开鑿方法和型式最完善的永久井壁来提高井筒的开鑿速度上。

新矿井的建設工作往往因水文地質条件而复杂化。假如說，一些煤田是經過了几十年的开采之后才將水排尽的話，那么，在新煤田中有許多岩体是含水的。在那些含水而往往又不稳定的岩層中开鑿井筒是一个非常复杂的过程。含水岩層在許多情况下使得完全不可能用普通开鑿法开鑿井筒，而必須采用某种特殊的方法。

由于近年来技术上的改进，特殊开鑿法得到了相当广泛的利用。

由于在不良的矿山地質条件下开鑿和支护井筒所引起的技术上的困难，促使人們創造了永久井壁的新型結構和井壁的防水方法。

本書敘述了用特殊方法开鑿井筒时所采用的几种永久井壁的类型式。

一、永久井壁

以特殊方法开鑿的井筒，其永久井壁可以采用整体混凝土、鋼筋混凝土、磚、木以及由混凝土磚和各种大型砌塊(由天然的或人造的材料制成)、鑄鐵筒片^①和鋼筒片所構成的裝配式結構。

井筒的井壁应当适应于所采用的开鑿方法，而且要使施工不会發生特殊的困难。井壁材料的選擇还取决于所开鑿的岩層的坚硬性和穩定性、矿井的服务年限以及所备有的材料。

目前采用木井壁和塊石井壁的已經很少了。

为了保証不透水，最好是采用金屬結構，如鑄鐵井壁和鋼井壁。整体混凝土或鋼筋混凝土的井壁或多或少是具有不透水性的，只有当所穿鑿的岩層含水不多、沒有很厚的流砂或淤泥沉积層时才能采用。

在复杂的地質及水文地質条件下开鑿井筒时，勢必要采用特殊的方法，在这种条件下采用裝配式結構的井壁就具有無可爭辯的优越性。

裝配式結構的主要优点在于：它是在井筒以外，如制造厂、車間或者工地上进行制造的，这样就可以保証产品具有較高的質量。

此外，裝配式井壁还有一个相当重要的优点——它具备了快速安裝的可能性，而且这种井壁在安裝后立刻就有承受全部計算荷載的能力。

① “筒片”(Тюбинг)，这是最近介紹到我国来的一种預制構件，譯名很多，未趨一致，如邱賓克、邱賓筒、弧形塊等。因其为組成“筒”体的“片”狀物，故試譯为“筒片”，似較确切。——譯者

以人工砌成的混凝土磚(一种混凝土砌塊,其最大重量为25—35公斤)井壁是一种形式最簡單的裝配式結構。混凝土磚的重量較輕,这使得它不可能以任何机械化的方法在井筒中壘成井壁。此外,这种結構的整体性較差,縫隙很多,因而不能保証必要的防水性。因此,近年来已开始采用各种材料的大型砌塊来作为井筒的支护,如:混凝土砌塊、鋼筋混凝土砌塊以及在金屬骨架內填以混凝土的砌塊(壳塊)。最后,如鑄鉄筒片及鋼筒片是作为井筒支护的裝配式結構中較为合适的型式之一。但是在服务年限較短的井筒中,由于这种筒片的价格昂貴而且耗用的金屬也較多,所以它的应用很受限制。

采用何种結構的裝配式井壁取决于矿井井筒橫截面的形狀。

圓形的結構是最好的一种,这种結構是由同一类型的、可以互換的構件所組成的。

从生产技术的观点上来看,最合适的井筒截面是与提升容器及其他設備的矩形外形相类似的截面;但是,使得井筒截面不能完全被利用的圓形截面的某些不經濟性,完全被它的优点所补偿了。圓形截面的井筒:

a)在靜力作用下是最有利的截面;

б)与矩形或橢圓形截面相比,它能促使井壁的材料得到更合理的使用;

в)能采用最合适及最簡單的临时井壁結構,簡化施工;

г)在用裝配式井壁时,有可能利用同一类型、可互換的構件組成井圈。

下面所敘述的是圓形截面的井筒。

我們將較詳尽地研究作为永久井壁用的各种不同直徑的鑄鉄筒片、用于內徑为4.6公尺井筒的由鑄鉄及鋼骨架所構成的

壳塊，并順便闡明一下用在特殊开鑿法中的几种其他型式的井壁的优缺点。矿井特种建筑公司用鋼骨架的壳塊支护了莫斯科近郊煤田以鑽井法开鑿的几个井筒，而鑄鉄骨架的壳塊則作为一項正准备付諸实现的設計而提出。在苏联各煤田的許多井筒內，都已經用所列举的那种鑄鉄筒片来支护了。

在“技术經濟指标”一节里，对鑄鉄筒片、壳塊、鋼筋混凝土筒片、混凝土磚、整体鋼筋混凝土及素混凝土的井壁作了比較。

用特殊方法开鑿井筒时对于井壁結構的要求

特殊鑿井法提出了几个要求，在含水岩体中开鑿的井筒，其永久井壁应当滿足这些要求。

a)一般要求

强度。井壁的应力应当符合于技术规范及規程中所規定的标准。

在設計井壁时，应当考虑構築井壁所用材料的性質，并适当地將这些材料安排到結構中去。例如，鑄鉄及混凝土的抗拉强度較弱，但承受压力則較好。在井壁中是可能产生弯矩的。在这种情况下，应当使截面的形狀具有最大的抵抗力矩，或是选择适当的材料以增加井壁的抗弯强度。

从强度的观点上来看，在所研究的几种井壁結構中，用于矿井建筑的实际工作中較好的材料就是鑄鉄与混凝土。它們在任何一种特殊开鑿法中都能适用。

耐久性。井壁的服务年限应当被認為是矿井的整个工作时期。用于永久井壁的大量基建投資，通常在生产过程中是可以得到补偿的，因为井壁的維護費用將縮減至最小限度。在每一

种个别情形，从价格方面作技术經濟比較，能够幫助找出合理的解答。

鑄鐵筒片是最耐久的井壁。但是，前面所述及的其他类型的井壁結構（整体混凝土、鋼筋混凝土、混凝土磚及鋼筋混凝土筒片）也都能完全滿足耐久性的要求。

不透水性。特殊开鑿法主要是当所穿过的岩層含水量大的时候采用。作用在井壁上的水压力系由地下水的靜水位所确定的，在新的、未經开采过的地区，地下水的靜水位有时可达地表面。在較为良好的情况下，任何一种特殊开鑿法都可在建井期內使水不流入井筒，然而当井筒开鑿好以后，滲水現象就会重新恢复（用注漿法則例外）。实际上，井筒在矿井的整个生产期內应当是繼續不断地工作的。

因此，不透水性就成为对于任何一种永久井壁的基本要求之一。

由鑄鐵筒片組成的井壁能够滿足不透水性的要求。这种材料本身是不透水的，而各个弧瓦^①間或者环圈間的接縫以及螺栓孔（水可以从这里滲入井筒里面）都被牢实地填塞起来。

鋼的及鑄鐵骨架的壳塊，就其不透水性來說是不如鑄鐵筒片，因为充填在金屬壳框中的混凝土，一般說来是透水的。不过，当壳塊制造精密时，混凝土以震搗器搗实，这样此一缺陷可大为減少。壳塊中的接縫可以鋸接起来（当用鋼骨架时）或者用普通方法將縫嵌填（当用鑄鐵骨架时）。至于螺栓孔的防水問題，則和鑄鐵筒片一样处理。

經驗指出，甚至在井筒整个直徑被鑽通而沉壁下放时（即“整个截面的鑽井法”——譯者），壳塊仍能滿足不透水的要求。

① “弧瓦”（Сормент），即圓弧的一段，井壁一切預制構件都成弧形，故弧瓦是井壁一切預制構件的統稱。——譯者

鋼筋混凝土筒片在不透水性方面和壳塊相似，但关于其接縫的防水問題仍未得到解决。

鋼筋混凝土和混凝土的透水程度与構築井壁材料的滲水性相同。倘若在井筒內澆灌混凝土时利用震搗器，并且随后又向井帮噴射水泥漿，那么它的不透水性可大为提高。

应当提出，近年来苏联專家們在为获得不透水的混凝土問題上作了研究，而且目前已取得了成果。

混凝土磚的井壁有許多以砂漿砌合起来的接縫。这种井壁从不透水性的观点上看来是不够令人滿意的，并且不宜用于含水量大的岩層中。

必須特別指出，对于在不稳定的岩層中开鑿的井筒來說，它的永久井壁的不透水性条件还另有一个相当重要的意义。当水由縫隙或其他不紧密的地方滲入井筒时，它还夾帶着細砂及粘土进来。久而久之，岩石之被冲入井筒会达到危險的程度，而在直接靠近井壁的周圍会形成大的空穴，它使岩石的稳定性遭到破坏，引起岩石移动和湧水冲击井壁等現象。此外，当少量的砂子、粘土及鹽母由壳塊与混凝土磚之間不紧密的縫隙以及由筒片的螺栓孔里透过的时候，或在其他类型的井壁中由細縫和裂縫里透过的时候，那会使井壁随着这些縫隙及孔眼的扩大而逐渐遭到损坏。这种現象可能是具有蔓延性的，在这种情况下，永久井壁开始受到严重的破坏。

抗侵蝕性。普通的灰口鑄鉄能很好地抵抗侵蝕。多年来在地下的結構物中采用这种材料的結果已經完全証明了这一点：不必顧慮鑄鉄会被侵蝕。如所周知，鉀矿矿井的井筒是处在侵蝕性环境的不利条件下，而在大多数情况下，它的井壁是用鑄鉄筒片来做的。

虽然鋼在很大的程度上比鑄鉄易于腐蝕，但是，鋼骨架的

壳塊在抵抗侵蝕方面还是可靠的。

井壁在建造以后的承載能力。在这一方面裝配式結構比整体的鋼筋混凝土及混凝土砌体更为优越。

鑄鉄筒片、壳塊及鋼筋混凝土筒片在裝配之后立刻能承受全部的計算荷載。裝配式井壁这种可貴的性質，同时它具有可垂掛性^①，正是每当被开鑿部分需要立刻加固的严重情况下所要求的，这是上述几种井壁之所以被采用的决定性的因素。

裝配的簡易性和准确度。任何一种井壁結構都应当保証能够准确地裝配，这是使井壁柱体保持垂直的必要条件，相隣的兩個环圈或者整体式井壁相隣的区段間，在安裝或者砌筑时，其垂直軸綫間即使有不大的偏角亦能引起柱体的下部对上部产生很大的偏斜。当井壁輪廓尺寸的余量不大时，这种偏斜將使提升容器不能准确地安置在井筒中，而会引起很大的困难。因此，井壁結構本身应当保証在裝配和安裝时簡便并且不会产生偏斜的可能。

当裝配式結構構件的完全可以互换成为制造这些構件的必要条件时，成批制造的結構須达到最高的准确度。鑄鉄筒片、壳塊及鋼筋混凝土筒片更能滿足所有的这些要求。

混凝土磚砌筑的准确度，以及澆灌的鋼筋混凝土和素混凝土井壁的建造准确度，与施工中砌筑和澆灌質量的良好与否则有特殊的关係。

垂掛或楔住^②时的拉断强度。在开鑿矿井井筒的过程中，井壁往往是从上往下进行建筑。

① 从上往下建造井壁时，下一層的裝配式構件可垂掛在上一層的構件上，逐步地向下延接。——譯者

② 用沉壁法修筑井壁的过程中，有时井壁柱体会与周圍的岩石挤紧，这种現象謂之井壁被楔住。当井壁柱体在上部被楔住时，則井壁柱体的下部处于垂掛状态，这时在井壁柱体中产生了拉应力。——譯者

这种支护方法具有下述的优点：

1. 在开鑿期內，被开鑿部分处于不支护状态的时间比从下往上支护时的时间要短。永久井壁建成后，周圍岩層向井筒內的移动就可終止。

2. 消除了水流或流砂突然穿透井帮的威胁。若工作面已被水流突破，井帮在已筑好的永久井壁的保护下可不致崩塌。

3. 在無支护的岩壁高度不大时，冻结的岩石在井壁建成之前还来不及解冻，这样就避免了石塊的剝落和脫落。

4. 用冻结法开鑿时，可大大地减少岩石移动和由于流砂和 水流所引起的冻结管破裂的危險。

5. 不需要临时支护，相应地节省了时间和材料。

6. 减少了流入井筒的水量。

除了这些优点以外，从上往下的支护方法也有缺点，可綜述如下：

1. 在延深和筑壁的頻繁交替上所耗費的时间（每延深 1—2 公尺就支护一次），比从下往上支护时更多，后者每隔 10—15 公尺或进尺更多时才交替一次。

2. 从上往下筑壁时，装配和安裝工作極為繁重而复杂，因此，用这种筑壁方法时，安裝的准确度以及井壁的質量常常是比較低的。

3. 当垂掛的时候，井壁与岩層間的空隙用砂漿充填，这不如从下往上支护的时候用捣实的混凝土充填来得牢固（參見“井壁与岩層之間空隙的填塞”一章）。

各种井壁結構在垂掛时的断裂强度是不同的。鑄鉄筒片井壁能够承受 20—25 个环圈的重量的重量。壳塊、以及鋼筋混凝土筒片能承受 10—15 个环圈，整体鋼筋混凝土井壁則根据配筋率而不同，由 20—25 公尺或者更多。混凝土磚以及素混凝土井

壁不能承受垂掛力。由此可見，当井壁从上往下建造时筒片以及整体鋼筋混凝土井壁更能够滿足垂掛的要求。

6) 特殊的要求

用特殊方法来开鑿矿井井筒是由于困难的水文地質条件所引起的。在許多情况下，不得不在水流量多、岩層压力大、岩層起伏等条件下进行工作。

含水的岩層是最大的困难之一，在开鑿井筒时必须克服这个困难。由于井筒深度的增加，以及由于开拓新的、尚未充分排水的煤田，这种困难就更为加大。

在开鑿的时候，軟的或松軟的、含水的及不稳定的岩層都具有移动性。在稳定的、但有裂縫及喀斯特的岩層里，时常發生較大的、具有高水头的水流，这种水流完全否定了采用一般开鑿法的可能性。

最近几十年来(特別是在几个斯大林五年計劃的年代里)，由于苏联專家們所获得的技术上的改进，在采用下列的特殊开鑿法方面积累了很多的經驗：鑽井法、冻结法、填塞法(注漿法)以及在压缩空气下用固定隔板或沉箱进行的开鑿法。因为这些特殊开鑿法中的任何一种方法都要求采用一定类型的永久井壁，所以应该簡短地講述一下由于这些开鑿方法所引起的特殊要求。

整个截面的鑽井法。鑽井法是全面机械化的开鑿方法中最有效的方法之一。鑽鑿工人的人数可以大大地減少，而且可用工作条件优越的地面劳动来代替井下劳动。

鑽井法可用在稳定的岩層中，也可以用在不稳定的岩層中。在任何情形下都可以采用具有密封底板的下沉柱体作为永久井壁，此密封底板一直下沉到已經鑽鑿好的而且充滿了泥漿

的井筒的全部深度。

井壁的組合和安裝的整個過程应当在井口附近的地面上進行。

在柱體內部裝灌泥漿或水作為沉墜物，以使得井壁下沉并調整其位置。很明显，為了使井壁懸浮，必須在任何時間，使沉壁與沉墜物的總重，等于泥漿作用在沉壁底部的向上的靜水壓力，即：

$$G + P = Q, \quad (1)$$

式中 G ——井壁與底板的重量；

P ——沉墜物的重量；

Q ——作用在柱體底部的泥漿的向上靜水壓力。

在井壁裝配完竣及下沉到設計標高時，就在井壁與岩層之間的空隙內以及柱體的底板下面灌注水泥砂漿或其他砂漿。然後，便把沉墜物從柱體內取出。

在這種情況下，對永久井壁還有下述附帶的要求。沉壁的不透水性應當能夠防止井壁周圍空隙內的泥漿或水滲透到柱體里來，這樣使井壁直到沉至設計標高時為止，總是受到浮力。

當計算井壁的強度時，應當考慮到由於外力，以及當柱體沉放時，由於安裝荷載的作用，而在橫向和豎向產生壓應力及彎曲應力的可能性。

還必須考慮到當填塞井壁與岩層之間的空隙時所增加的壓力。

不管外界氣溫怎樣，井壁都應當能夠輕便而迅速地在井筒內裝配起來。

井壁上應有穿透的孔洞，以便檢查井壁與岩層之間空隙填塞的情況。

對於用鑽井法開鑿的井筒來說，最好是用上述類型的井

壁，如鑄鐵筒片、壳塊、整體的鋼筋混凝土等。至于其他类型的井壁——鋼筋混凝土筒片、混凝土磚以及素混凝土井壁則都不宜使用。

冻结岩石法。用冻结岩石法开鑿井筒时，对于作为永久井壁的材料提出了特殊的要求——在低温时施工的可能性。在冻结岩石法中，整體的混凝土或鋼筋混凝土井壁之所以很少采用是因为怀疑到它能否及时地凝固及硬化，以及它是否能在井壁开始承受外来荷載以前即达到足够的强度。

混凝土冬季施工法是企圖使混凝土在低温的环境里澆灌成結構物的时候，能在它未曾冰冻之前即行硬化。这时，当澆灌后的混凝土温度降低到 0° 时，它应当已經获得了为該种混凝土标号所要求的强度。在冰冻状态下，混凝土的强度是得不到增加的。因此，在井筒的冻结区域内澆灌混凝土井壁时，混凝土应在冰冻之前就具有設計的强度。

目前，在用冻结岩石法开鑿的井筒中，仅在个别的情况下采用混凝土井壁。这种經驗正在进行研究，然而，当冻结区内澆灌混凝土和解冻的結果未明了之前，这种經驗暫不作广泛的推荐。

在井筒冻结区里，澆灌混凝土的最簡單而最容易办到的方法是“暖瓶法”，即將混凝土的混合料加热，接着將混凝土澆在保温層中。为了这个目的，于澆灌混凝土之前，在冻结土壤的边側上敷以絕热層，以防止混凝土的热量大量散失，而使得混凝土在冰冻之前硬化。

当在混凝土內使用高标号水泥及早强剂时，这种方法的成效更大。混凝土电热法以及其他各种冬季澆灌混凝土的方法亦同样能用。

因为岩石解冻不經常是均匀的，井壁的个别部分可能承受

單側的壓力，而有時則承受集中壓力或動力荷載，井壁的這種荷載是無法估計到的。因此，在井筒開鑿及支護完畢以後，需讓已開鑿的岩石在周密的觀察下進行自然解凍或人工解凍。解凍應當沿着井筒的周圍逐漸而緩慢地均勻進行。以上兩點具有非常重要的意義。人工解凍岩層時，若使受凍的柱體急速地受熱是危險的，因為在這種情況下會削弱凍結的井幫，使得在某些地方發生塌裂，並成為水和岩層驟然產生壓力荷載的原因。此外，當凍結柱體中的管道膨脹的時候，溫度的巨大變化會使凍結管破裂而鹽水將流到岩層中去。

另一方面，當溫度差達到 40° 時，人工解凍法會引起岩石膨脹而可能對井壁起有害的影響，因此，要求均勻地沿着井筒的周界將其外圍的岩層逐漸而緩慢地解凍，從維護永久井壁的完整及順利地完成井筒開鑿的觀點看來，這是特別重要的。所有的收尾工作如：最後擰緊螺栓、嵌縫及壓注砂漿（它使井壁不透水）等均應當在解凍全部完畢後進行。

成功地解決採用混凝土的問題，將能夠放棄採用由鑄鐵筒片所組成的價格昂貴的永久井壁。同一理由，由混凝土磚砌成的井壁暫時還不宜在以凍結岩石法開鑿的井筒中使用。同時，澆灌大體積的混凝土能放出大量的熱量，並根據熱量的大小而給混凝土在凍結以前的凝固造成條件；當用砂漿砌築混凝土磚的時候，所放出的熱量就不夠了；由於這個緣故，砂漿在冰凍以前還來不及硬化，等到凍土柱體解凍時砂漿可能被沖走。因此，井壁的強度與不透水性將被破壞。

因此，只有在凍結的礦井井筒內澆灌混凝土井壁的可能性被充分檢驗後，才准許在岩石凍結的條件下使用整體鋼筋混凝土、混凝土及混凝土磚。

對於用凍結岩石法開鑿的井筒，目前還應該認為鑄鐵筒片