

173150



譯文選輯

提高注水泥質量

15

14

石油工业出版社

內 容 提 要

本書收集了十六篇苏联以及其他国家有关注水泥問題的資料。

書中介紹了如何提高注水泥質量，在复杂情况下的固井經驗，双級注水泥的一般情况，加砂水泥、加石膏粘土或加粘土水泥等固井經驗，高温高压对水泥的机械物理性質影響，气井的注水泥工作，以及深井注水泥等。

統一書号：15037·349

譯 文 选 輯

提 高 注 水 泥 質 量

石油工业出版社出版（地址：北京六鋪戶石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可証出字第068號

北京市印刷一厂排印 新华書店发行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 印張3 $\frac{1}{2}$ * 82千字 * 印1—1,000册

1958年4月北京第1版第1次印刷

定价(11)0.80元

目 录

提高注水泥工作質量的途徑	1
泥漿对固井質量的影响	11
保証地層隔离工作的質量	18
复杂情况下的固井經驗	27
消除固井工作中的复杂情况	32
气井內地層隔离、固井及注水泥工作	36
深井注水泥的几个問題	41
高温与高压对水泥的机械物理性質的影响	46
阿塞拜疆苏維埃社会主义共和国石油工業部場矿中在 高温井內注水泥的經驗	55
机械化攪拌水泥对固井質量的影响	60
应用砂質水泥固井	66
膠質水泥的使用問題	75
韃靼石油联合局采用石膏-粘土水泥和粘土水泥固井 的經驗	81
格罗茲內石油联合局注水泥工作实况	85
在苏联及其他国家中进行双級注水泥工作的情况	92
离心法注水泥	103

提高注水泥工作質量的途徑

Н.Я. 烏疆斯基

在油井建設的整個週期中,注水泥过程是一个結尾工作,它的質量好坏涉及到油井今后的工作。

注水泥的成效决定于井身狀況,泥漿性能,井身結構和套管下部裝置,套管密封度,水泥質量以及水泥与井壁接合的緊密度。

为了順利的將套管下到預計深度,在選擇井身結構时留出較大的管外空間是允許的。但是,井徑与套管外徑之差数过大时,就会使鑽速降低,增加財力和物力的消耗,并且对注水泥工作会起不良影响。

决定井徑和所下套管直徑的最合理差数的研究,尙未进行过。实际經驗証明,这个差数应不大于 $3\frac{3}{4}''$ 和不少于 $2\frac{3}{4}''$ 。为了使水泥漿在管外空間的上升速度大于1.2 公尺/秒,以便充分的替出泥漿,这样的間隙是必須的。

要使水泥漿在管外空間得到这样大的上升速度,已具备了全部条件。例如,借助于 ЦА-1.68/150 型和 ЦА-4.10/300 型水泥車,就可以把水泥漿以这种速度泵到管外空間去。

在選擇井身結構时还应預先估計到,在水泥返回高度的井段內,不能用各种尺寸不同的鑽头来鑽进;否則,在过渡到大直徑的地方,水泥漿的流速將會減少,这对于固井工作的質量会起不良的影响。

在鑽井进程中,應該把鑽下的岩屑充分的从井眼中清洗

掉，为此，必須使用振動篩，傳送帶式泥漿篩或旋轉式泥漿篩。

入井泥漿的含砂量，不應超過 4%，並且，必須估計出在一分鐘內沉淀在雷森科沉淀池中所有岩屑的數量。

為了防止不穩固岩石的崩落和形成妨礙水泥漿在管外空間填充的洞穴，泥漿要用化學處理過的。

除此以外，為了防止井內不穩固岩石的塌陷，起鑽時要不斷地往井內灌泥漿，因為泥漿液柱靜壓力的降低，會引起洞穴的形成。

管外空間中的水泥返回高度，由地質師來決定，根據這個高度，再計算出在水灰比為 0.5 時所需的水泥用量。

在大多數場合下，所需的水泥用量是用理論計算方法算出環形空間的體積來決定的，沒有考慮井眼實際斷面的情況。

在計算注水泥所需的水泥用量時，要根據井徑曲綫圖，否則，對注水泥時需用的干水泥量估計過低。

在許多場合下，無論是在對較長的表層套管或技術套管進行注水泥時，水泥返回高度顯得過高，耗費了更多的水泥。因此，關於水泥的返回高度，應該根據每一口井的具體情況單獨來決定。

從前在鑽完井井進行了電測和其他工作以後，為了使水泥和井壁更好的膠結起見，在水泥漿返回高度內，進行划眼，但不超過 500 公尺。

划眼是在均勻送鑽的條件下，以不超過 15 公尺/時的速度來進行的。此時，泥漿的性能要和最後一次鑽進行程的泥漿性能相同。

由于采用化学处理的泥漿和广泛使用鑽井时开大泵量的渦輪鑽井方法，使得用旋轉鑽划眼的速度提高了一倍^①，在渦輪鑽井时，使用化学处理过的泥漿，可以允許在水泥漿返回高度的井段內不进行划眼。

关于拟定水泥和井壁牢固膠結的措施問題，應該列入研究機構的計劃中去，首先是全苏石油鑽井科学研究所应注意这个問題。

根据1951年 R. P. Moscrep 在海牙召开的第三次国际石油會議上所作的报告“油井注水泥”一文中的材料，在美国使用泥漿刷来清除井壁上的泥餅，現从报告中摘录有关这个問題的片断：

泥漿刷的主要作用是清除井壁上的泥餅，用上下活动或旋轉管柱的方法来清除或刮去在鑽井过程中因泥漿失水而形成的，往后要变厚的致密或粘滯性的物質。在注水泥的时候，最好能清除掉由于滲濾作用重新形成的泥餅，使得水泥漿在井內上升的同时能够和井壁保持紧密的接触。

泥漿刷次要的，但同时也是重要的作用是攪拌和造成水泥漿的渦流运动，使得在水泥漿中不致于形成溝槽，并且，使水泥漿沿着所有管外空間均匀分佈，甚至在某种程度上也能均匀分佈在那些泥餅刷的刷刺及不到的孔穴中。

1952年“世界石油”雜誌中所載的 J. B. 毛根“注水泥前泥餅的清除”一文中曾經指出，为了防止水泥漿被侵污，減少水泥漿在管外空間的竄槽分佈，以及改善水泥和岩石的膠結程度起見，必須把泥餅从井壁上清除掉。

① 此处指渦輪鑽井后用旋轉鑽划眼而言。——編輯

泥餅可以用酸處理來清除。處理時，在注酸前先注入几立方公尺的清水；注酸後，再注入清水，這就可以防止酸和水泥漿的相互作用，注酸前注入的清水，把環形空間中的泥漿擠掉，部分地剝掉泥餅，使酸和泥漿不能相互起作用。

由此可見，清除井壁泥餅和在管外空間造成水泥漿渦流的問題，在國外也引起了注意。

然而，我們在這方面研究出來的方法還沒有得到廣泛的應用。

在油井注水泥過程中，水泥漿在管外空間，是沿着環形斷面，以層流的方式流動着的，因為這種液流的最大流速，常常不超過0.6—0.8公尺/秒。

正如阿塞拜疆采油研究所在實驗室進行的實驗和實際經驗證明的那樣，水泥漿流速不高時，不會把所有的環形斷面填滿，泥漿不能被水泥漿充分替出，並在管外空間留下被泥漿充滿的溝槽，在試油過程中地層水就能透過它們侵入井內。

由於水泥漿在環形斷面上分佈不均，即使在嚴格遵守油井注水泥操作規程時，也不能保證每次注水泥工作的成效。

為此，我們建議重視离心法注水泥（詳細情況見本書103頁）。

為了使下入井中的套管能位於井眼的中心，在可能的條件下盡量使用找中器。

阿塞拜疆采油研究所和格羅茲內石油研究所設計的找中器，被認為是最合理的，但既沒有集中生產，也不在地方上製造。

使用找中器的問題也沒有得到充分的研究，尚不能決定

在什么地方装找中器最为合适；其数量多少；是否需要在找中器不动时，旋轉套管；找中器的直径和井径差数应为多少；是否需要把找中器装到油气层顶部或在水泥返回高度内装找中器。

在油井注水泥之前，泥漿的靜切力值 θ 和研究的結果不相符。

水泥漿在管外空間的流速，不能每次都达到所要求的数值。

水泥漿与泥漿比重的差数，可以永远保持不低于0.5克/公分³，用重泥漿鑽的井例外，那时不仅有水泥漿的比重 γ_{H} 等于泥漿的比重 $\gamma_{\text{r.p}}$ 的情况，并且可能 $\gamma_{\text{r.p}} > \gamma_{\text{H}}$ ，这是因为在現場工作中，完全没有采用油井加重水泥的緣故。

不遵守水泥漿与泥漿的比重差，在用重泥漿鑽进的井中，是套管注水泥失敗的原因。

近来，套管柱的底部裝置沒有进行过任何重大的改变。照例，套管柱底部裝有帶着使液流从套管中流出的中心孔眼的鑄鉄引鞋(也有例外的情况，有时可以用坚硬的木料做成的木質引鞋)，長度0.3—0.5公尺，壁厚15—19公厘，底部帶有內斜稜的套管鞋，長度1.5公尺的套管短节，其上部裝一个回压凡尔和一个用鑄鉄做成的，厚15—18公厘的擋圈。

套管柱底部裝置的所有联結部分及由套管鞋算起，最初的8—10套管接箍連接部分，固紧后要加焊。

無論是套管柱底部裝置也好，套管引鞋的構造也好，都不能促使油井注水泥获得成功。

关于套管坐在井底的問題，是值得研究的。下套管时是否需要試探井底；是否可以先在悬空的状态下注好水泥，然

后把套管柱坐于井底；或者把套管柱坐于井底，而通过套管短节的孔眼注水泥。

必須确定出：在套管柱坐于井底时，可以加多大負荷；套管注水泥后，为了裝井口而去掉負荷的合理性問題，也还没有研究过。在某些情況下，把卡瓦从套管上取掉，使套管受本身的重量作用而往下沉落，可能会使套管外的水泥受到破坏，結果在管外空間就会引起水、气显示，油气外冒等等。

無論在下套管过程中，或者在下套管以后，泥漿循环時間过長，也会影响到注水泥的質量。实际情况表明，洗井時間越短，注水泥成功的机会也就越多。在下套管过程中，如有遇阻和其他不正常的現象，最好(如果这样做会有帮助)限制在短時間內冲洗。下完套管，确信循环已經恢复，且泵入井內和返出井口的泥漿具有相同的性質，以及泵压已經达到計算数值之后，應該立即进行注水泥。

在指出上面一些直接影响注水泥工作質量問題的同时，还必须对水泥的狀況，以及在各种不同条件下注水泥时，保証供給特种水泥的問題予以注意。

早在1936—1940年期間，由于阿塞拜疆采油研究所、阿塞拜疆石油管理局，以及巴庫的沃洛夫斯基水泥工厂工作人員的努力，已經研究出了几种特种水泥，并取得了广泛的应用。例如，井温高于 75° 的油井水泥；由普通油井水泥和磁鉄矿石加重剂組成的，于重泥漿鑽过的井中注水泥用的加重水泥；纖維質水泥，这种水泥，由普通油井水泥和含有2—3%（以重量計）的磨碎細纖維（1—3公厘）的混合物組成，在遇有渗透性很大的油气層的場合下和防止漏失的場合下来采

用是很有效；此外，還有砂質水泥，由普通油井水泥及石英砂的混合物組成。

東方石油管理局設計院研究出一種砂質水泥的配方。這種水泥比是按ГОСТ 1581-42標準生產的普通油井水泥來，其抵抗硫磺水侵蝕作用的抗鹽性比較強，在東方地區鑽井時採用這種水泥表明：在採用砂質水泥注井的油井中，水泥石不會由於腐蝕作用而很快被破壞。近來為了提高水泥石凝固過程和防止泥漿漏失，開始成功的使用一種由普通油井水泥和石膏-鋁矾土水泥或鋁矾土水泥的混合物。

為了在高溫井中(達 150°)延長水泥漿的初凝時間，阿塞拜疆采油研究所和格羅茲內石油研究所進行對熱井水泥添加各種不同加料的探討工作。

我們建議以換算為乾燥物質時以數量計為0.5—3%的CCB，或它與各種不同比例(0.1—3%)的淀粉的混合物作為緩凝劑。

儘管石油工業部研究所已經研究出相當多種特種水泥。使用這些水泥大大改善了注水泥工作的狀況，製造特種水泥和把這些水泥供給鑽井處的情況，是非常不能令人滿意的。

膠質水泥是一種由普通油井水泥和2—5%粉狀膨潤土在工廠中混合的產品，在美國得到了廣泛的使用。最近四年以來為了在深井中(1500—4500公尺)注水泥，成功地使用一種含8—12%膨潤土的膠質水泥，注水泥時的井底溫度在 30° — 120° 之間。膠質水泥的使用使水灰比有了增大(至0.7—0.8)，并大大的增加了水泥漿的排量(按容積算)，从而使水泥的耗費量減少了15—25%。此外，使用膠質水泥會改善注水泥的條件，保證較好的注滿管外空間，它具有較小的透水性，較

小的收縮性和較小的失水現象，并能保證水泥具有高塑性，这在注水泥时是特別重要的。

含 8—12% 膨潤土的膠質水泥應該具有下列的性能：水泥漿比重 1.5—1.7，按 API 的标准失水量在 30 分鐘內接近 100 公分³，水泥的抗拉强度为 14—17.5 公斤/公分²。

在加入为数不多的膨潤土时，水泥漿的比重为 1.75，采用木質磺酸鈣（与水泥漿之比为 0.25—0.75%）作为緩凝剂。含膨潤土和木質磺酸鈣的水泥称为改良水泥。在某些場合下水泥和粉狀膨潤土直接在井上用水泥攪拌机进行干混合，膠質水泥成功地用于注表層套管，技术和采油套管的場合，并且也可以做水泥塞。

与采用膠質水泥的同时还采用一种收縮率很小的水泥，这种水泥在工厂中研磨时加入膨脹性好的成分。

为了在永久性冻结的地区往套管中注水泥，采用石膏質水泥，或者在水泥中加入鈣与鈉之鹽酸鹽类（至 10%）。

近来广泛使用加入一种普磁蘭（пудцолан）类的硅藻土类（火山凝灰岩）加料的水泥，商名叫皮空特（пиконд）。在波特蘭水泥中加入这种加料后，可以降低水化作用和滲透率，提高水泥的强度，使它具有抗硫酸鹽性，降低溶質的潤湿性。此外，也可使用一种含 2% 的膨潤土，按比例为 2:48:50 的波特蘭水泥，和普磁蘭的混合物。不仅可以采用天然的，同时也使用人工制成的普磁蘭。在参考書中指出，普磁蘭大大的改善了水泥的性質并显著地降低了注水泥失敗的次數。

在用化学处理剂来处理泥漿的情況下，大大的延長了水泥漿的凝結時間（达 36 小时），或者是水泥根本不凝結。对水泥緩凝影响最大的是橡树單宁，木質磺酸鈣，羧基甲基纖維

素，丹宁酸剂和淀粉。

在化学处理过的泥漿侵入水泥的場合下，为了防止水泥的緩凝現象的發生可以加木炭。

在国外，为了防止泥漿的大量漏失，广泛使用了膠質水泥，在泥漿中加入2—4%的纖維質和塑性物質。

在法国，深井注水泥时采用一种以冶金爐渣为主要原料而制成的水泥(80—90%爐渣，5—15%的水泥燒結塊和5%的石膏)。

保証給予鑽井企業特种水泥也是改善注水泥工作質量的因素之一。

在科学研究工作的基础上，为了改善注水泥工作的質量，石油工業部決定將水泥漿固結時間从48—72小时減少到16—24小时，建議在泵入水泥漿之前，使用清水和在注水泥时活动套管柱。CMH-20型水泥攪拌器已經設計好并投入生产，这种攪拌器可使攪拌水泥的过程机械化。

結 論

为了改善注水泥工作的質量必須注意下列几点：

1. 在水泥返回的井段內，不应把井眼鑽成阶梯形；
2. 在井身結構中規定井眼直徑和套管直徑差为 $2\frac{3}{4}''$ — $3\frac{3}{4}''$ ；
3. 在水泥返回高度的井段內，用化学处理过的泥漿鑽进；泥漿比重差应不超过0.02克/公分³，而注水泥前的靜切力不超过20—25毫克/公分²；
4. 在所有的井場上裝置机械淨化設備，泥漿的含砂量不超过4%；

5. 在液流返回速度不低于1.2公尺/秒和用化学处理过的泥漿鑽水泥返回高度的井段时，取消划眼(在30分鐘內失水量不超过10公分的条件下)；

6. 下套管井段鑽完后，用井徑仪測量井眼容积。注水泥所用之干水泥量应由井徑仪所測出之环狀空間容积來确定，各种耗損量不多于5%；

7. 油井注水泥时一定要用CMH-20型水泥攪拌車进行；

8. 油層套管注水泥时，管外空間的水泥漿返回速度应在1.5—2公尺/秒之間；

9. 用双木塞法注水泥(上木塞和下木塞)；

10. 苏联建筑材料工業部必須在品种上和数量上保証供給苏联石油工業部所需之特种水泥；

11. 建議在远离水泥厂的地区配备球磨設備；

12. 加速批准油井注水泥的各项規程；

13. 責成技术管理局在全苏石油鑽井研究所成立固井和油井注水泥實驗室，并委託新成立的實驗室以及在烏發石油研究所、东部石油管理局設計院、格罗茲內石油研究所和阿塞拜疆采油研究所里类似的實驗室研究提高油井注水泥質量的措施；

14. 改善注水泥前，在現場上对水泥質量的檢查工作，必須在各鑽井处和石油技术材料供应总局的各个接收站装备起具有所需仪器的實驗室，并从受过中等技术教育的人才中培养專門干部；

15. 責成石油仪器制造設計局加速研究出在固井工作过程中計量压力和輸入井中的液体容积的仪器。

(姚拓、邱觀峯譯自 *Повышение качества цементирования скважин*)

泥漿对固井質量的影响

A. A. 李森夫斯基

油井大修处的实际工作証明，在压力下將水泥漿挤至由于注水泥質量不好而使上層水穿入的环形空間后，用溫度計測出的水泥面往往高出 150—200 公尺，或更多。

这就說明，在很多情况下，注水泥后，在水泥凝固井段，仍留有积存泥漿的溝槽。固井前的井身准备工作，不是在鑽生产層时才开始，而必須从开鑽时就开始。

判断固井質量不高的象征如下：

1. 由井內起出的鑽具公母接头上面有泥包；
2. 由于泥漿淨化不良，泥漿池为鑽屑所污；
3. 起鑽时井內有遇卡現象，下鑽时鑽过地層要划眼。井身不潔时，固井質量不可能好。

在梯阶式井眼井徑較大处往往沉淀着岩屑，因而井身污染特別严重。

用質量不好的泥漿鑽井，或用油溶解卡而产生洞穴，也会弄污井身。

在井壁上形成的泥餅，对固井質量也有影响。厚泥餅对正常的下套管操作有妨碍。在 1948 年以前，西石油山沒有采用化学处理剂处理泥漿。当 30 分鐘內泥漿失水量为 60—100cc 时，泥餅厚度为 10—12 公厘。泥餅的剝切强度为 800—1200 克/公分²，用当地粘土所配制的泥漿的泥餅强度，比搬土泥漿泥餅的强度高 19 倍。下 2200 公尺的套管到結有这种

泥餅的井中，需要三晝夜的工夫，而且几乎每接一根套管时都要进行長時間的洗井。

套管接箍刮下井壁泥餅的結果，使下套管工作減慢，而且会在套管柱上产生泥包。在这种情况下，要想使固井質量良好是困难的。

改用化学处理剂处理泥漿后，消除了那些由于泥漿質量不高而引起的复杂情况，改善了水泥塊和地層的結合。

假如沒有采取正确的措施以清除泥漿中的岩屑，即使泥漿質量很好，30分鐘的失水量只有2—3cc，也会弄污井身而产生厚的泥餅。为了弄清楚何謂正确的泥漿淨化工作，讓我們来分析一下岩屑的成分。

对 60 个硬地層（石灰岩、沙岩、白云岩及其他）岩屑的試样进行分析的結果指出：由井內帶出的岩屑，沉淀在泥漿槽內者，佔总岩屑的46—48%。当泵的排量为 45 公升/秒时，岩屑的平均組成部分如下：0.25公厘为8.6%；0.25—1公厘为44.7%；1—2公厘为23.2%；2—6公厘为20.3%和6—10公厘为3.1%。

假如所鑽地層的平均孔隙度为30%，則对硬地層來說，有22—24%的岩屑进入泥漿中，即有 $\frac{1}{4}$ 岩屑（体积比）进入到泥漿中去了。

阿塞拜疆采油科学研究所的試驗确定，在岩屑的直徑大于篩孔最小边的条件下用震动式泥漿篩可以完全除掉泥漿中的岩屑。即：假如所用泥漿篩篩孔为 1.0×2.3 ，清除的岩屑大于1公厘。

这样，泥漿篩就完全不能去掉0.25—1公厘的53.3%的岩屑，即有 $\frac{1}{2}$ 以上的岩屑應該在泥漿槽中沉淀，一部分进

入泥漿池中。

1954年波利拉夫鑽井處考查淨化系統的結果認為：儘管裝有泥漿篩，泥漿池每月仍需清理一次。這是因為：直到現在，還有許多人認為用泥漿篩來淨化泥漿是不可能實現的，而且忘記了還在1935年，阿塞拜疆采油科學研究所就已作出了必須聯合淨化泥漿的結論。用泥漿篩清除大的不能通過篩子的顆粒，而用泥漿槽清除小的顆粒。

大家都知道，固井質量的好壞是與泥漿是否完全從套管外壁和井壁之間的環形空間中替出有關。

下入井內的套管柱，一般說來是偏心的。如果套管柱上沒有裝找中器，則套管與井壁的距离，在最好的情況下，是由接箍的厚度來決定。

當套管柱處於偏心位置時，在套管與井壁之間，就產生狹的縫。為了保證固井的質量，必須將此狹縫中的泥漿替出來。用靜切力和觸變系數表示的泥漿結構性愈高，則泥漿愈難被水泥漿替出來。泥漿的觸變系數 α 是10分鐘後的靜切力與1分鐘後靜切力之比，即：

$$\alpha = \frac{\theta_{10}}{\theta_1}$$

大家都知道，泥漿和水泥漿相混以後，會使泥漿很快的變稠，所以，水泥漿和泥漿的分界面是由很稠的泥漿所組成的。要由上述縫中將泥漿替出來是困難的。溫度同樣影響到泥漿的變稠，增加它的結構性。

分析實際資料的結果指出，水泥漿替入環形空間的速度愈高，愈容易將泥漿替出去，套管與井壁間狹縫中停留的泥漿就愈少。所以，替入水泥漿的速度不應低於1.2公尺/秒。

最近在一些地区的水泥漿返回速度达 2.0 公尺/秒(格罗茲內石油联合管理局。切里坎石油联合管理局等)。假如套管外壁距井壁的距离 $\Delta r = 0$ ，則即使替入水泥漿的速度达到 2 公尺/秒，也不可能完全將泥漿替走。

在很多地区，边水都是沿着套管与井壁之間积有泥漿的溝槽穿入生产層的。为了保証固井質量，在很多地区，例如奥捷克苏埃特矿場，在深 3500 公尺的井中，套管下端裝有大量的找中器(20个)。当替水泥漿速度高时，这个措施促使固井質量的提高。

但是并不是在所有的鑽井情况下，套管柱上都可以裝找中器。例如当套管和井眼的間隙很小时，就不能裝在从前的格罗茲內矿务局，好長的時間內采取了一項措施，就是在水泥漿替入环形空間时，經常的上下活动套管 3—5 公尺(在替水泥过程中不少于 3—4 次)。采用这个方法，就可能在地质条件非常复杂的情况下得到良好的固井質量。

在替水泥期間上下活动套管，可以消除泥漿替不出去的情况。

在 3—4 次提放套管的过程中，泥漿或者由于結構性能被破坏而流动，或者被水泥漿替走。

保証完全替走泥漿的第二个非常重要的因素，就是水泥漿比重和泥漿比重的关系。当泥漿比重和水泥漿比重相等时，不可能保証固井質量良好。

如果鑽具靠在井眼一边，則在进行起下鑽操作时，会在井壁上形成鍵槽，泥漿就可能积存在槽中或洞穴中。因为洞穴基本上是在粘土層产生，这样就丧失了隔离油層与油層或者油層与水層的作用。