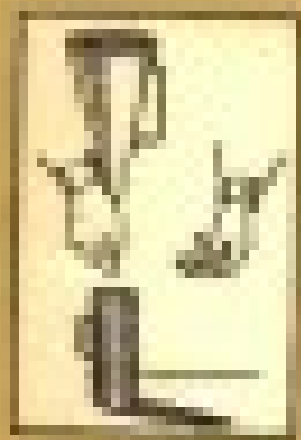


泥漿負謨本

石油工业出版社



泥塑貴族本

西華工業出版社

內 容 提 要

这一本小册子是根据苏联勃·斯·費拉托夫所著的鑽井工程第七章編譯过来的。內容全面地講述了泥浆的概念，在井場的使用与处理方法等。对于粘土結構，泥浆处理原理和如何选择泥浆作了簡要而鮮明的講述，概念清楚正确。值得我們泥浆技术工作者詳細閱讀并可作为其他鑽井工作者学习参考之用。

統一書号：15037·516

泥 漿 員 讀 本

石油工业出版社編輯出版(社址：北京六部坑石油工业部內)

北京市書刊出版业营业許可証出字第083号

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 1/32开本·印张 1 3/4·36千字·印1-10,000册

1958年10月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.25元

目 录

第一节	泥浆的功用	1
第二节	清水洗井	2
第三节	泥浆的性能	3
第四节	比重	7
第五节	粘度	8
第六节	失水量	10
第七节	含砂量的测定	13
第八节	稳定性	14
第九节	静切力	16
第十节	在井场上进行泥浆性能的测定	18
第十一节	泥浆处理原理	20
第十二节	电解质化学药剂	23
第十三节	护胶体化学药剂	28
第十四节	石油的使用	34
第十五节	泥浆的加重	35
第十六节	泥浆和化学药剂的配制方法	38
第十七节	泥浆材料, 化学药剂和加重剂	43
第十八节	泥浆处理规则	44
第十九节	清砂和除气	46
第二十节	提高泥浆作业效率并节省材料的措施	52

第一节 泥浆的功用

泥浆是鑽井过程中最重要的要素之一，它不仅决定着鑽速，并且是能否达到設計井深的决定性条件。泥浆是用来不断地清除井內岩屑，冷却和潤滑鑽头，并且在使用渦輪鑽时是带动渦輪鑽具的动力。

鑽井时，我們会遇到各种不同的岩层。有时是坚硬稳定的岩层；有时是破碎容易向井內坍塌的，被水溶解或在水中膨涨到比原来体积大十倍的松散岩层；也有孔隙、裂縫岩层和渗透岩层；有时还会遇到巨大的地下洞穴。岩层中的孔隙、裂縫和洞穴都充满了液体或气体，这些液体和气体的压力变化范围很大，可由一个大气压到数百个大气压。

灌注井內直接与岩层接触的泥浆必須要保証鑽井时井壁的坚固性。因此泥浆的性質应该合乎下列的要求：

1. 在松软、不坚固的岩层中，用加压的方法，象塗水泥一样，在井壁上形成一层坚韧而薄的泥餅。用来加固井壁。

2. 無論在高或低的地层压力情况下都要防止地层和井內的液体互相窜扰。漏失地层会消耗大量泥浆，并且在可采油、气层处发生渗漏时，更会降低油气井的产量。地层水和气侵入井內，就会稀释和破坏泥浆，有时会发生井噴現象。

为了防止井噴的发生，井內泥浆柱必須具有足够的柱压来压制較高的地层压力，同时，在低的地层压力情况下，泥浆应造成牢固泥餅以堵住漏失。

3. 泥浆应避免溶解岩屑和引起岩层的膨涨。此外，还应避免对缸套，拉杆，泵活塞，渦輪，鑽杆及其接头等等的磨損和

腐蝕；更應避免對橡皮部件的影響。泥漿應該是穩定的，它的性能要能不因溶解的岩層和礦化水的化學作用以及由於深井的高溫而惡化。同時，必須保證有可能在井內進行電測。製造泥漿的原料應是最便宜的，能就地取材和易于得到的。

所謂泥漿就是把細小的粘土微粒懸浮在水中。它可以滿足大多數要求。根據鑽進的條件，採用各種物質來處理泥漿，可使泥漿性能起很大的變化以適應不同的鑽進條件。

第二節 清水洗井

使用泥漿也有不利的方面。首先，當其他條件都相同時，任何泥漿中所含的固體物愈多，鑽速降低的愈大。例如，有兩口具有同樣設備的井，一口井在鑽進時使用清水洗井，另一口使用泥漿，鑽同一岩層。當鑽壓，轉數和泵量都一樣時，則第一口井的鑽速要比後一口井大15—20%。其次用清水鑽井時，泵的容積係數比用泥漿時的係數大，並且排出的水量較大，壓力損失也較小，因此，可以用直徑較大的活塞和缸套，泵量就可能比用洗漿時增大。所有這一切都促使渦輪鑽具的效能大大增加。在地面上清除水內岩屑比清除泥漿內岩屑的效果更為良好，使渦輪鑽具和水泵零件的磨損也大大地減少了。當然，由於不再使用和運送粘土及其他材料，更會大大地降低了鑽井的成本。一般的說來鑽堅硬穩定的岩層時，應用清水鑽井，而不用泥漿。此時必須使用泵量大的泥漿泵（泵量50—60公升/秒），只有在鑽軟地層不宜用清水時，才須改用質量適宜的泥漿。

第三节 泥浆的性能

泥浆含有不同的顆粒，所以不同于一般溶液，如食盐或糖的水溶液。一般說来，泥浆中泥土顆粒的大小是很不相同的。但是，即使是最小的粘土顆粒也要比溶于水中食盐或糖的顆粒大許多倍。

粘土是一种結晶体，它的化学成份和它的平板状結晶构造与云母非常相似。它們的區別就在于粘土的每个薄片状晶粒都非常小，甚至在高倍显微鏡下也看不見它。粘土的天然結構就是一

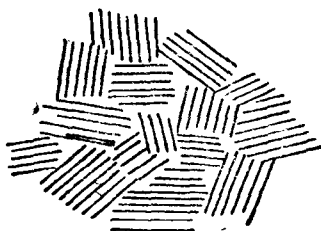


图1 粘土結構示意图

堆排列不規則的薄片状晶粒，就如混乱置放的一副紙牌（参看图1）。每个薄片状晶粒是由矽（Si），鋁（Al），氧（O）原子以及与氢原子結合的氧原子（氢氧根）的平面层体所构成。这些平面体由于彼此之間的化学亲合力紧密地結合在一起。除此之外，每个薄片状晶粒的表面上还有几层金屬原子，其中包括鈉（Na），鈣（Ca），鎂（Mg），有时尚有其它某些金屬。这些位于表面的原子与晶体的基本单位，借电子的吸引力，很牢固的結合着。金屬原子本身带有多余的正电荷，而粘土晶体的表面带有負电荷。这些带有不平衡电荷的原子或原子群称为离子，以便区别于普通的原子。普通原子所带的正电荷和負电荷数目相等时，电荷作用互相平衡。

粘土顆粒表面的这种結構，說明粘土具有溶解于水和可

配制泥浆的性能。問題在于水的分子也具有不平衡的电荷，每个水的分子都是由两个氢原子和一个氧原子化合而成，它的分子式是(H_2O)。虽然水分子内正电荷和负电荷总数相等，但是它们的分布却不平衡。因此，氧原子就带有多余的负电荷，而氢原子就带有多余的正电荷，由于同性电相斥，异性电相吸的结果，在純水中个别分子就这样排列起来：某些分子带有正电荷的一端轉向其它分子带有负电荷的一端。但是这种分子正常的排列只有在固体状态中形成，当水冻结成冰时，才真正有这样排列。当水不断地产生分子的热运动时，它们的方向不同，彼此相撞；由于冲击而又改变方向，这样它们的正常排列就不断地遭到破坏。

当把粘土加入水中时，水分子就把自己带有负电荷的一端轉向粘土薄片状晶体表面的正电荷离子，同时把这些离子包围起来，如图 2 所示。此时一部份离子离开了表面，这些离开的离子 5 被几层水分子 2 所包围，在粘土颗粒周围，形成了好象云状物的东西。水分子把自己带有正电荷的一端对向粘土表面，而占据那些离去离子的地位。然后又有几层水分子增添到这层排列得很整齐的水分子上面；并在粘土表面附近形成一层水分子的薄膜 6。该薄膜是冰结构，其中包括与本身水薄膜一起离开粘土晶体面的金属离子，层与层之间的吸引力改变着水的性质，使它产生弹性。靠近粘土晶体表面的那些层 6 变得象冰一样。所谓“结合水”的强度随距表面距离之增加逐渐减少和变为普通水 7。

水分子向粘土中重迭在一起的薄片状晶体层里渗透，就使它们分开，并且在它们之间也形成和上述相同的现象。这也就说明为什么粘土在水中膨胀。此时粘土各晶体薄片之间

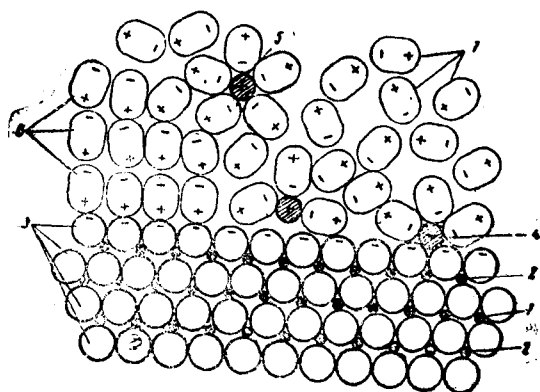


图 2 粘土与水的关系示意图

- 1—铝原子； 2—硅原子； 3—氢氧根原子(OH)；
4—在粘土表面上的离子； 5—在水分子间的离子；
6—水分子层； 7—自由水。

的凝聚大大地减低。搅拌或击碎水中膨胀的粘土，就可使晶体薄片完全分离，得到很好的泥浆。

各种粘土在纯水中膨胀和溶解的性能各有不同，这些性能主要决定于粘土的晶体结构和晶体表面离子的性质。根据结晶结构，粘土可分为高岭土、膨润土等。高岭土在水中很少膨胀和不易溶解，它经常用来制造砖瓦或陶器，膨润土相反，它在水中膨胀得很利害（某些膨润土的膨胀比原来体积可增大到十倍），并在水中溶解成最小的晶体薄片。

根据晶体表面上不同的离子，粘土可分为钠粘土及钙粘土。钠粘土的离子基本上是钠离子，而钙粘土中离子主要是钙和镁的离子。钠粘土在水中膨胀和溶解要比钙粘土容易得多，这是因为钙离子比钠离子小，而它的电荷比钠却大一倍，因此，它们把粘土片状晶体彼此紧密地结合着，并且水分子不

容易把它們相互分开。

鈉膨潤土是用来調配泥浆的最好材料。配制 1 立方公尺的泥浆只需 60—100 公斤就可以得到品質优良的泥浆。然而这种土并不是各处都有，通常鑽井时是使用鈣粘土泥浆。根据它的晶体結構来看，它是膨潤土，高岭土和某些粘土矿物的混合物。除此以外，或多或少的会包含一些雜質（砂，頁岩，石膏，炭狀物等等。）配制 1 立方公尺泥浆需要 200—800 公斤或更多的这种粘土。这种粘土在水中不会全部溶解成单个的薄片狀晶体。很大部份的固体物仍然是以大小不等的顆粒保留在泥浆內。

四周水分子的热运动也传給粘土顆粒；由于水分子的冲击，它們轉动，改变位置和互相撞击。但是結合水薄膜的强度和表面上帶有正电荷离子的“云狀物”間的排斥力都阻碍着顆粒互相接近。如果結合水薄膜在各方面都均匀地把粘土顆粒包围起来，使粘土顆粒虽在它們能够重新粘結的距离上也不能相互接近，然而事实上，在片狀晶体的各个平面上，水薄膜的厚度較大；但在其各平面的棱角处，水薄膜就变薄。因此，粘土顆粒在它們平面相撞之后重又分离，但它們側面棱角处相撞之后就可能粘合。愈来愈多的顆粒向已經聚合的顆粒联合起来，在泥浆中逐漸形成一种蜂窝狀，中間具有空隙的网状物，每个网孔內都包含着水，使泥浆凝結变成类似一种不很坚固的胶結物不易流动，只要加以搖蕩或攪拌，使顆粒間的联系遭到破坏，又重新变为流动的液体。

泥浆在靜止状态时凝結，攪动时又变为流动液体的性質称为触变性。不同的泥浆具有不同程度的触变性。用膨潤土配制的泥浆具有最大的触变性。

第四节 比重

物体单位体积的重量与同体积水的重量之比称为该物体的比重。它以若干克/立方公分来计量，用希腊字母 γ 来代表。淡水的比重等于 1 克/立方公分。通常泥浆的比重大于 1 克/立方公分，经过（加重）处理后，可以达到 2.0—2.2 克/立方公分。泥浆比重愈大，给井壁的压力也愈大。这个压力也决定于井的深度，其方程式如下：

$$P = \frac{H\gamma}{10}$$

P = 泥浆于 H 公尺深处，对井壁的压力，以大气压表示。

例：井深 1800 公尺时，比重 1.2 克/立方公分的泥浆给井壁多大压力？

$$P = \frac{1800 \times 1.2}{10} = 216 \text{ 大气压}$$

AF—I 型(图 8) 泥浆比重计是一种测定泥浆比重的仪器。量测时将浮尺 1 从泥浆杯 2 上卸下，容器内注满泥浆，然后把浮尺重新装置上去。应注意莫使空气存留于容器内。然后擦净仪器外部的泥浆，把泥浆杯沉入盛有淡水的容器内。尺标 3 上，与水面相接触的刻度就是盛于泥浆杯 2 内的泥浆比重。浮尺上部有两条尺标，一条用于测定 1 克/立方公分至 1.8 克/立方公分的比重，另一条用于测定 1.7 克/立方公分至 2.5 克/立方公分的比重。测定普通或稍微加重的泥浆时，使用第一种尺标，不将坠子 5 扭下。测定特别加重的泥浆时，必须把坠子扭下，使用第二种尺标。

新的仪器在使用前必须经过校验。校验时将泥浆杯 2 内注满清水，放在水中，如属准确的仪器，它的尺标应指在 1 克/



图3 AG-1型泥
浆比重計

- 1—浮尺；
- 2—泥浆杯；
- 3—尺标；
- 4—环线；
- 5—塞子。

立方公分的刻度上（即仪器沉入水中到环线4的地方。）如果仪器多沉下几度的話，則應該把这几度記下来，当測定泥浆比重时把它从指示的刻度数目內減去。如果仪器未沉到环线，則應該选择一个适当的重物放入浮尺里面，使仪器正好沉到环线处。每次量測后都必須用水把仪器洗淨，經常保持清潔，此外，还应保护它不受到撞击，因为浮尺和容器都是用极易被压皺的薄鉄皮所制成。

第五节 粘 度

造成液体流动阻力的內摩擦力称为粘度。內摩擦力大的液体称为粘滯液体。例如重油、柏油等。內摩擦力小的液体称为流动的或粘滯性小的液体。例如水、汽油等。也正如鑽井的泥浆比重一样，在某些情況下，必須用粘度高的泥浆，因而要設法使其增大；在一般正常情況下，高粘度的液体是不适宜的甚至是有害的，所以，我們應該使用低粘度的泥浆。

一般粘度大的泥浆，給泥浆泵的工作带来困难，降低容积系数增加泵压，渦輪鑽工作容易不正常等現象。更重要的是，粘度过大的泥浆在地面上造成清砂除气的最大困难。泥浆中

所含固体物愈多，固体物的顆粒愈細小其粘度就愈大。泥浆的化学处理和溶于水中的岩石及地层水內的无机盐对粘度都有很大的影响。通常泥浆粘度在鑽井过程自然地增加着，特别是在鑽进粘土层时增加得更厉害。有时不得不加水或（在不可能加水的情况下）进行化学处理以降低粘度。

在鑽低压、多孔地层时，粘度大的泥浆可以防止发生漏失，因此，需要特意的提高粘度。

測定粘度大小的仪器称为粘度計。图4是一种标准野外粘度計(СПБ-5)。使用这种仪器的方法如下：把可拆卸的、特备的篩网装于漏斗上；通过篩网，将欲測定的泥浆轮流地自量筒的两部份泥浆700立方公分分别注入漏斗

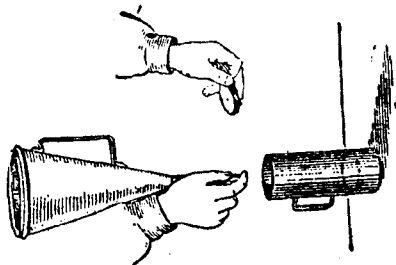


图4 СПБ-5型粘度計

內。此量筒被一横隔板分为上下两部份，上部容量是500立方公分，下部容量是200立方公分。注入泥浆时要用右手食指堵住管子出口。注滿后放开手指，同时用跑表記下時間。当泥浆流滿500立方公分的量筒时，停住跑表記下所需的秒数。然后再把泥浆由量筒重新注入漏斗內，重复測定，以防止因触变性很强的錯誤測定，直到最后的二次測定得到相近的結果为止。

每次使用后必須将漏斗，量筒和篩网用清水洗净。禁止用金屬絲来通粘度計的漏斗管，产生对它的磨損降低測定的准确性。管子的直径应该是5公厘。

应时时检查粘度計，測定清水流过的時間。精确儀器的清水秒数應該是 15 秒。如果水流过時間大于或小于这个数值，則應該更換漏斗管咀。

泥浆的正常粘度应在 18~25 秒之間；加重泥浆的粘度約在 30—70 秒。为了防止泥浆漏失所使用粘度很大的泥浆，一般常不能由漏斗內流出。

第六节 失水量

当泥浆柱压大于地层压力时，液体会被迫流入地层中去，此种現象称为失水。这时只有水分子和溶于水中物質的分子（无机盐和化学加剂）才能通过岩层的孔隙发生漏失，粘土顆粒則不能通过。并留积在井壁上，借泥浆本身的压力形成坚固的泥餅，堵住孔隙，阻止水繼續漏失。因此，随時間的增长水的分离速度也就越加减低。

泥餅的性質决定着失水量的大小。用难于在水中扩散、質量不好的粘土泥浆，就会造成厚而松軟的、顆粒之間有很多空隙的泥餅。通过这些空隙水仍可以繼續流过。用質量优良、顆粒非常細小的膨潤土配制的泥浆时，則会形成很薄而致密、坚韧、水几乎渗透不过去的泥餅。在这种情况下，失水可以是很小的。

泥餅的特征除厚度以外，还有粘着性和压缩性。在某些情况下，即使是粘結于井壁上的薄泥餅对在井內起下和旋轉的鑽具会造成很大的摩擦力。粘着性大的泥餅对定向鑽井尤其不利，因为这时要有一部分鑽杆要靠在井壁上。

实验証明，普通泥浆压力差增加时，失水量也增加；经过

某些化学藥剂处理过的泥浆，压力差增加时，失水量反而降低。这是因为，压力差增加时，泥餅更形紧縮，使顆粒之間的空隙减小，水流速度低，失水量减小。

失水量对于鑽多孔隙的，松軟的以及破碎岩层时，具有重要的意义。失水量大的泥浆在上述岩层的井壁上会形成厚而松軟的泥餅。这些泥餅使井眼变小，造成阻塞和卡鑽，有时水渗入井壁岩层中，使岩石膨胀和塌陷。只有降低泥浆失水量才能消灭这种事故。因此，在大多数場合下处理泥浆时，首先要注意失水量的大小。同时，使处理后的其他性能适合于鑽井的要求(例如粘度不应过高等)。

在井場測定失水量可采用 BM-6 型仪器 (如图 5 所示)。将 120 立方公分泥浆試样注入滤罐 5。罐底上面放一个有密而小的孔眼薄鋼篩片 7，便于分离液体流出。专用的滤紙 6 放在它上面。滤紙与吸墨紙相似，不能使用其他报纸代替。活塞 16 和加压环 14 能使外壳 2 造成泥浆的加压，这个压力应等于 1 大气压。活塞压力通过机油传给泥浆，机油注于活塞下面量筒 1 內。根据活塞进入量筒的程度，就可測知水自泥浆內流出的体积。量筒 1 上刻有标綫 17 便于計量。标尺 15 的刻度是立方公分，固定在外壳 2 上。外壳割开的一面，放一页化学玻璃，便讀出量筒的标綫。滤罐底盖 13 上有底盖凡尔，底盖凡尔由調整螺絲 11 和上面装有橡皮衬垫的鋼盘 9 所組成。这个底盖瓦尔的作用是防止測定前，裝置和調整机器时水由泥浆內流出。

測定失水量的准备工作如下：拆开仪器，将机油，污垢，灰尘洗淨，把活塞，量筒及滤罐零件放在桌上。必須特別注意，不要使活塞上和量筒內部留有細砂，灰尘和泥浆残渣。然后

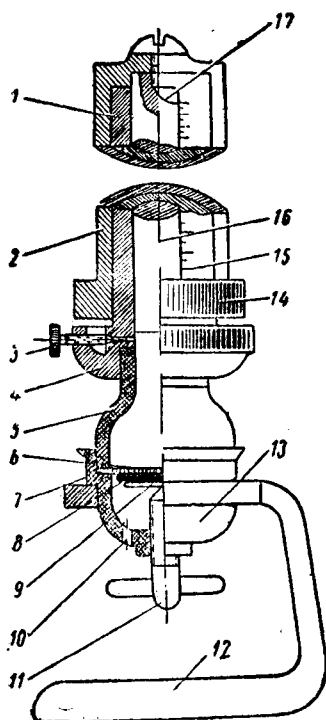


图5 BM-6型失水量测定仪

- 1—量筒； 2—外壳； 3—针帽；
4—底盘； 5—滤罐； 6—滤纸；
7—筛片； 8—橡皮垫圈； 9—钢
盘； 10—流口； 11—调整螺丝；
12—支座； 13—底盖； 14—加
压环； 15—标尺； 16—活塞；
17—标线。

将1页圆滤纸片用水湿润后放在滤罐筛片上，再把一页干滤纸放在湿滤纸上面，除去多余水份。把筛片放入滤罐，必须使其严密楔合。将底座凡尔的钢盘9置于筛板上，用手扭紧滤罐底盖13的螺丝，然后扭紧底座凡尔调整螺丝11。泥浆试样通过罐口注入滤罐，使浆面低于罐缘3—4公厘，洗净罐外泥浆污迹。使滤罐保持垂直，将量筒上在上部螺丝处。事前要大致检查一下量筒下部的垫圈8是否完整。将滤罐及量筒放在支座12上，扭紧针帽3，并小心地把机油注入量筒，使油不超过距量筒上缘1公分处。量筒放于活塞处，打开针形门后用手旋转仪器外壳2，使多余机油流入底盘4，直到标线在量筒上大约接近标尺刻度的零度时，稍候片刻，检查当底座凡

尔关闭时有无由于漏水，而活塞下沉的现象。漏水现象经常发生在量筒与滤罐接合的地方，或者底座凡尔和滤罐底盖的

螺絲扭得不緊的地方。這些漏水現象必須消除。

此後便可開始測定。準確記下量筒標綫所指標尺15上的刻度。扭開底座凡爾1—2轉，同時注意時間。30分鐘後，記下量筒標綫停于標尺的度数上。進行測定時要時時用加壓環上的圓板將活塞旋動。但不可將活塞壓下或提起。讀記標尺刻度時，視線必須水平地看量筒刻度，否則會產生誤差。第一次與第二次標尺上讀数的差也就是30分內若干立方公分的失水量。

測定結束後，扭開針形門，自量筒內放出機油，然後將活塞自量筒內取出，扭開量筒，將機油自底盘傾出，注還油桶內。傾出濾罐內泥漿後，將濾罐拆開。小心地將帶有泥餅的濾紙自篩片上取下，用水以細流沖洗除去浮上面的泥漿，并置于平桌上。用鋼尺一端切開泥餅，測量泥餅厚度（公厘）。同樣將泥餅厚度記錄下來。仔細清洗儀器，擦乾，擦淨，并將活塞擦機油後，把儀器裝配好。天氣特別冷時，應該在值班房內進行測定工作。BM-6型儀器一次測定失水量的限度可達40立方公分。

在正常鑽進的條件下，泥漿正常失水量是（30分鐘內，以下同此）25立方公分。為了防止卡鑽或坍塌事故，有時用化學處理的方法降低泥漿失水量到5—6立方公分，更好的可以到2—3立方公分。泥漿失水量高于25—30立方公分者，則認為是劣質泥漿，在松軟有孔隙的岩層內鑽進易引起事故。在堅實沒有孔隙的岩層內鑽進時，泥漿失水量對鑽進影響不大。

第七節 含砂量的測定

井內卡鑽的可能性，決定于泥漿內砂子的數量，這些砂子有岩屑和粘土顆粒等等。由硬岩石構成的此類砂子會增快泵