

〔苏联〕Г.Д. 艾拉彼田著

探水钻井经验

席嘉珍译

中国工业出版社

探水钻井经验

〔苏联〕Г·Э·艾拉彼田著

席嘉珍译 崔福魁校

中国工业出版社

本书主要講述水井的鑽進經驗。內容包括點水井的設備，鑽進工藝和抽水設備的裝置，濾水器的結構和使用方法，矯正鑽孔彎曲的工具和測斜方法，事故的預防和處理，以及複雜地層的鑽進經驗和泥漿在鑽水井中的使用方法。特別是泥漿使用經驗是一項十分寶貴的經驗。書中所講述的經驗都是作者從多年從事鐵路運輸供水井的鑽探工作中總結出來的，材料非常具體實際，對鑽探工作人員有很大的參考價值。

本書適於水井鑽探、工程及水文地質鑽探人員參考。

Г.Э.АЙРАПЕТЯН

ОПЫТ БУРЕНИЯ СКВАЖИН НА ВОДУ

Госгеолтехиздат Москва 1957

* * *
探水钻井經驗

席嘉珍譯

*
地質部地質書刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地質部院內）

中國工業出版社出版（北京修羅閣路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第110號）

中國工業出版社第四印刷廠印刷

新華書店北京發行所發行·各地新華書店經售

*
開本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印張 $2^{1/4}$ ·字數48,000

1962年11月北京第一版·1963年7月北京第二次印刷

印數792—1,604·定價（9—4）0.25元

*
統一書號：15165·2020（地質-201）

前 言

写这本书的时候，作者不打算撰写和发表探水钻井方面的巨著，也没有企图对钻进工艺问题作一般的概述，特别对水井施工问题更不打算作什么科学理论上的总结。

作者多年来，从事铁路运输供水井的钻进工作，在工作中积累了一些经验。作者觉得，这些经验对于从事这方面工作的专业人员是有一定益处的。作者认为，其中有益的是探水钻井中的泥浆使用经验；防止和消除事故的方法；过滤器的结构和使用方法；预防和测定钻井弯曲的工具；在一定条件（包括复杂的地质条件）下的钻进方法和实际工作中的其他经验等。

鉴于目前尚没有介绍用迴转方法钻探水井的书籍，而现有钻井方法又各有不同，作者认为把自己在实践中的全部经验交流出来是适宜的。

本书中叙述了经过实践的钻井方法，因此作者觉得，这本书对水井钻进人员是有所补益的。

读者如能提出批评和建议，作者将不胜感谢。

目 录

前 言

探水鑽井的设备	1
对泥浆质量的基本要求	3
探水迴轉鑽井工艺	8
鑽井抽水设备的裝置	11
鑽井垂直度的保証条件	13
湧水井的鑽进	16
迴轉鑽进时的特种工作	18
探水井滤水器的安装工作	27
鑽井的砂堵及其消除方法	40
事故的預防和处理	53
水井設計	58
关于探水鑽井时安全工作和观察机械的几点建議	66

探水鑽井的設備

運輸業中的取水井用兩種方法鑽進：（1）迴轉鑽進，（2）鋼繩沖擊鑽進。

沖擊鑽井使用帶22馬力石油發動機的普津諾夫式鑽機、YKC-22鑽機和 YKC-20鑽機。這些鑽機和發動機是大家熟悉的。

迴轉鑽進機械化程度較高，能夠快速鑽進較深的水井，所以目前被廣泛應用。

在運輸業中，探水迴轉鑽井主要利用 PA-400 移動式鑽進設備，其全部設備都裝在兩台履帶拖車上。PA-400 鑽機原來是為石油工業製造的，而在探水鑽井中也是最適用的並能滿足各種技術要求。

一台拖車（圖1）上裝着絞車、轉盤和M-17-УТ3 無壓縮機的四沖程 65 馬力的發動機並帶有傳動裝置。另一台拖車（圖2）上裝着兩部НГ-4泥漿泵，各自排量15升/秒，最大泵壓30大氣壓；發動機（型號同前）、變速箱、泥漿攪拌機和傳動裝置。裝設 3×4 復滑車時鑽機的起重量為28噸。

每台拖車上的全部設備不超過11噸。

鑽進鐵路運輸用的水井時，常常要把鑽進設備從一個車站運往另一個車站。沿鐵路用敞車運輸並不困難。但是要把這些設備，譬如PA-400 鑽機，從火車站運往鑽進地點往往是很困難的。

配備專門的拖拉機運送 PA-400 鑽機是不合適的，因為這時拖拉機必將長期的閑置。用人力搬移極為繁重，有時是不可能的。所有這一切都迫使對鑽機的結構加以改進以便保

証自动运行。为此目的，采用了 ЧТЗ-65 履带式拖拉机的运行部分。在每台钻机的传动装置上都安着一个传动鏈輪，通过鏈輪和高氏鏈条由钻机传动运行部分的中軸。

第一批 PA-400 自动钻机在1948年由莫斯科水运机械修配厂制成，牌号为РБ-400/ТВС。

两台拖車运行部分的試驗表明，РБ-400/ТВС 自动钻机

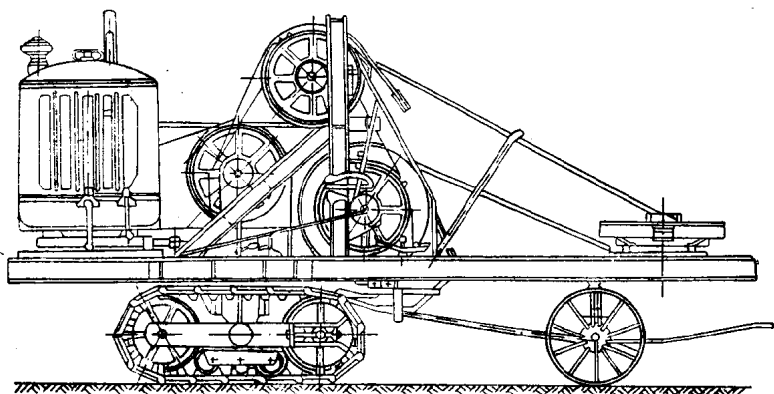


图 1 PA-400鑽机的轉盘拖車

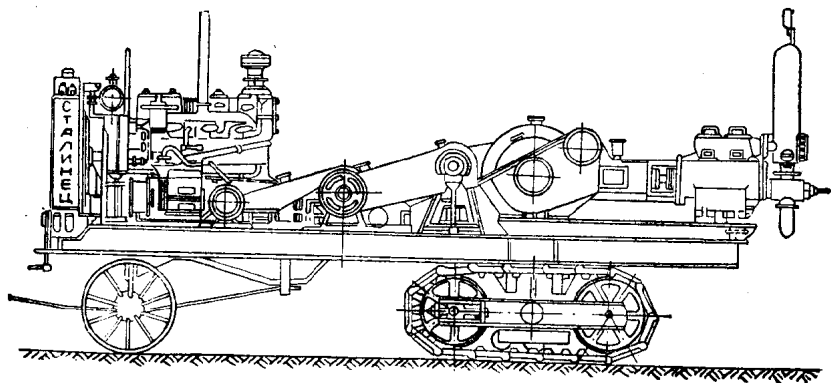


图 2 PA-400型鑽机的冲洗泵拖車

前进运动的速度为每小时 4 公里，后退速度每小时 2 公里。拖車的軸承不会发热。前进时几乎能就地轉动任何角度；后退时在半径 15 米的条件下可轉动任何角度。这說明刹車仅仅在前进时起作用。为了減小后退时的弯轉半径，在一条履帶下装置卡塞。

利用木板把 PB-400/TBC 鉆机装到散車上，木板与水平面夹角为 $20-25^{\circ}$ 。

PA-400 鉆机的改装使鉆机从这一地到另一地的运输工作大为簡便和經濟，并且大大減少了与此相关的停工時間。实践证明，PA-400 鉆机，构造虽然陈旧，但对鉆进深达 400 米，开孔直径达 $21\frac{3}{4}$ " 的水井还是最适用的。

对泥浆质量的基本要求

鉴于铁路运输中廻轉鉆井往往要在彼此相距很远的車站进行，必須在每个施工地点寻找和采用本地粘土配制泥浆。

粘土不一，因而泥浆性能各异，須对泥浆質量提出要求以便保証井壁的暂时加固和迅速洗壁。探水鉆井用的泥浆应在正常粘度的条件下滿足下列要求：有胶性（即粘土顆粒处在悬浮状态），不含砂，适合所鉆岩石粒度測定成份的比重。

泥浆清除孔底的鉆粉并将其携至地面，破碎岩石时冷却鉆头，泥固井壁并使其稳定。当循环中断时，分散在胶性泥浆中的鉆粉被保持在悬浮状态而不沉落井底。因此循环中断时鉆具不致被沉降井底的鉆粉卡埋。

含水砂层，正如鉆进实践表明，平均厚度为 10—50 米，需要 8—30 小时才能鉆穿。在这样短的时间中，循环于井中

的、比重为 1.25—1.3 的胶性泥浆不能深渗入井壁，而只能造成薄的泥皮。随后，使用比重为 1.1—1.15 的泥浆再冲洗井身时，此泥皮将从井壁上脱落。

表 1 中列举出不同岩石中使用的泥浆比重。

表 1

岩 石 名 称	比 重
干砂层	1.15—1.18
含无用水的砂层	1.15—1.18
含水砂层(可采水层)	1.25—1.3
软白垩	1.2
带微裂隙的石灰岩	1.2—1.3
块状石灰岩	1.2

送入井内的泥浆含有砂屑使泥浆携带岩粉的能力降低，而砂屑颗粒的研磨性又导致泥浆泵、钻杆和胶管的迅速磨损。

运输业中探水钻井时测定下列泥浆性能：胶体性、含砂量、比重和粘度。

胶体性的测定

我們已經指出，在胶性泥浆中粘土颗粒处在悬浮状态。泥浆的胶体性通常根据其中的沉淀水确定。测定时使用刻度量筒或試管。胶体性是用沉淀水占原始泥浆柱高度的百分数表示。

测定沉淀水宜用下列方法：往量筒内注入 100 立方厘米泥浆。静置 24 小时后测量沉淀出来的水柱。取注入泥浆量为 100%，得出昼夜沉淀水的百分数。如果泥浆之上有 10 立方厘米清水，那末胶体性就是 10%。

正常泥浆的沉淀水应不大于 4 %。

含砂量的测定

循环在井中的泥浆将钻进过程中被破碎的岩石颗粒携至地表。

用李森科量杯测定泥浆含砂量 (%)。李森科量杯是一个刻度 500 厘米³、上部带塞子的器皿。

往量杯中注入试验泥浆 50 厘米³，然后补加至总容积 500 厘米³ 的清水。摇匀然后把量杯直放在三脚架上。过一分钟后，根据量杯下部的刻度读出沉淀的砂量。所得的数字乘以 2，这样，即得到 100 厘米³ 泥浆所含的砂量。正常泥浆所含粗砂粒应不超过 5 %。

比重的测定

测定泥浆比重时最常用的是米哈依洛夫比重计 (图 3)。它可测定比重 1.6 克/厘米³ 以下的泥浆。比重计由带盖子 2 的圆筒 1 和上部带有刻度 4 的浮筒 3 组成。浮筒焊在圆筒底上。刻度的范围是从 1 到 1.5 克/厘米³，每到 0.02 克/厘米³ 有一刻印。

测量比重时先用清水洗净比重计，然后开着盖子小心地沉入泥浆中，直到泥浆注满圆筒为止。然后在泥浆里把比重计的盖子上紧，将其提出，仔细加以冲洗，再放入盛清水的容器中。水面达到的刻度，就表示泥浆的比重。测量完毕应从比重计中倒出泥浆并冲洗洁净。每次测定应检查整个比重计。圆筒中装满清水时比重计刻度读数应该是“1.0”。与“1.0”不重合时应修理。

泥浆的正常比重列于表 1。

粘 度 的 测 定

測定泥浆粘度采用СПВ-5标准野外粘度計(图4)。粘度計由带手把的漏斗1及其下的細管2构成。細管长100毫米,直径5毫米。漏斗高300毫米,錐体上直径150毫米,下直径5毫米。粘度計的附件还有带手把的量筒3和带滤网的器皿4。量筒內用隔板分成两部分,其容积分别为200和500厘米³。500厘米³水从粘度計中流出的时间为15秒,此数即称为水的粘度。

泥浆粘度用下述方法測定:用水冲洗漏斗和量筒,把滤网容器放到漏斗上以便阻止砂粒和泥块进入漏斗中。用手指堵住漏斗下孔,先用量筒往其中灌入200厘米³,然后再灌500厘米³的泥浆。随后把量筒放到漏斗下面,使500厘米³那部分在上方。放开漏斗下孔,同时开动秒表,泥浆流滿量筒的秒数就是它的粘度。

水井正常(不复杂)钻进所用泥浆应有下列性能:胶性不大于4%,含砂量不大于5%,粘度18—22秒(СПВ-5粘度計)。这时泥浆比重应在1.1—1.3克/厘米³范围内。

泥 浆 的 淨 化

泥浆和其他所有冲洗液一样,应该清除从井中携出的岩粉。如果不采取措施淨化泥浆,則岩粉将在相当短的时间内聚集起来不适宜钻进使用。注入井中的泥浆含有岩屑将降低其携带岩粉的能力,并引起钻具、首先是泥浆泵的过早磨损。

淨化泥浆最常用的是循环槽和沉淀池系統(图5)。

从井1流出的泥浆通过装在地上的沉淀池2,3和循环槽4。槽子是木質的,直角断面,尺寸为:寬40—50厘米,高35—

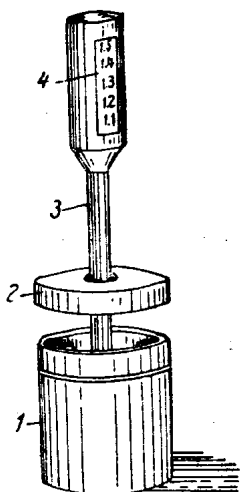


图 3 米哈依洛夫比重計

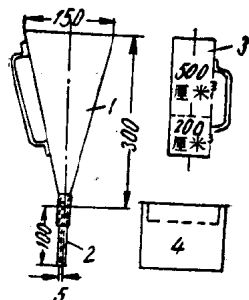


图 4 CIB-5 粘度計

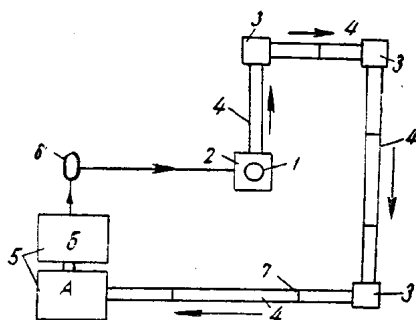


图 5 循环系統图示

40厘米，长3—6米，槽子傾斜度为1:100。槽中有隔板7，高20—25厘米，与泥浆流动方向的夹角为 60° 。沉淀池尺寸为 $1 \times 1 \times 1$ 米。在沉淀池和循环槽中泥浆經常改变流动方向和速度，从而使砂子沉淀，必須定期清除沉淀池和循环槽

中的沉淀物。泥浆从沉淀池和循环槽流入水源箱5A，在这里最后沉掉砂屑，再流入与5A連通的水源箱5B。泥浆泵6把淨化的泥浆从水源箱5B重新排注井中。水源箱是木質的，直角断面，尺寸为 $1.5 \times 2.5 \times 2.5$ 米，水源箱象沉淀池和循环槽一样位于地面。

在运输业中迴轉钻进深达200—300米的水井，用上述方法淨化泥浆是完全适用的。

探水迴轉钻井工艺

钻进松散岩石

具有各种成份的砂层在大多数情况下都是松软疏散的，这些砂层可能是：1) 干燥的；2) 含无用水的；3) 含有用水的。

在干砂层和含无用水的砂层中钻进时采用魚尾钻头，用泥浆冲洗井底。干砂层和含无用水的砂层必須同下方的含有用水的砂层利用套管隔离，套管外空間用水泥胶結。钻进上述岩层时必须使泥浆尽量深地渗入井壁，造成穩固的泥皮，阻止井壁的破坏，阻止水从岩层进入井中。

实践表明，在这种砂层中钻进应该用比重1.15—1.18的泥浆冲洗。如果砂层中飽含浓矿化水，則应往泥浆中添加水玻璃（硅酸鈉），每一立方米泥浆中加水玻璃20—30公斤。水玻璃同溶解盐类相互作用，构成固体物質。

钻进含有用水的砂层时也使用魚尾钻头，用泥浆冲洗井底。含有用水的砂层应该用网状过滤器隔开，此时应避免泥浆渗入井壁深处，因为在井壁上形成胶結性的泥皮将給以后的钻井洗泥工作造成障碍，使过滤器堵塞，从而使从岩层流入

井中的水減少 大大地降低水井的出水量。泥浆的胶体性越高，渗入井壁的深度就越小。因此，钻进含有用水的砂层时应该用比重大（1.25—1.3）、胶体性和粘度高的泥浆洗井。

把网状过滤器下入即将钻完的水井之前，用比重1.15的稀泥浆完全更换比重大的稠泥浆。这样就能防止泥浆堵塞过滤器，并且在抽水試驗时促使井眼的快速洗泥。

用上述方法钻进时砂层出水量最大。

在塑性岩层中钻进

粘土是塑性岩层的典型代表。迴轉钻进粘土层是使用魚尾钻头进行的。如果粘土紧靠地表而厚度很大并适于制造泥浆，那末即可使用清水钻进。钻头剝掉的粘土屑同透入井底的水接触，借助迴轉的钻具搅拌即成泥浆。钻头进尺速度取决于粘土的致密性、钻具給予井底的压力和钻具轉数。

钻头进尺的过程超过粘土轉化为泥浆的过程是不可以的，因为那样将使粘土在井底附近聚集。由于钻头的迴轉，粘土屑将逐渐聚集起来，并在钻头上下造成泥塞。泥塞常常积长很大，糊住钻具，进尺困难。这时由井內提出钻具将使钻头上的泥塞压实，使冲洗液循环中断。钻井将陷于事故状态。钻进粘土时，为了避免在钻头上造成泥塞和因之而发生的事故，应将钻具悬起，切削細薄粘土屑。

钻头上形成泥塞使冲洗液从井底向井口流动发生困难并使水压升高，因此，在钻进致密的粘土时应注意泥浆泵压力表讀数的变化。

当压力表上指示的压力升高时，应该用上下提动钻具和往泥浆里加清水的方法消除钻头上的泥塞。

在含水石灰岩中钻进

在钻进連續大裂隙的含水石灰岩时，冲洗液常全部漏失到裂隙中去，而井中的冲洗液面就停留在含水层的靜水位上。在这种情况下使用泥浆是不必要的，甚至是有害的，因为粘土将使含水层被淤塞。所以，钻进时用清水洗井。剝掉的岩石颗粒被牙輪钻头捣碎，并被水携往含水层的裂隙中。在冲洗液全部漏失的石灰岩中钻进的井眼几乎都是多水的。

穿过大裂隙之后，常常在致密的石灰岩中钻进。钻到10—15米时水就不能把钻掉的岩粉冲到裂隙中去了[●]。这些岩粉将在井底积聚起来，妨碍正常钻进。如果，这时把钻具从井底提起一根方钻杆的长度，随后再下放时，钻头就相差3—5米不到井底。因为处在悬浮状态的岩粉迅速沉淀并同大粒岩粉一起形成砂塞阻挡钻头下降。繼續钻进就可能使钻具陷埋。因此，必須定期停钻检查，是否在孔底形成砂塞。发现砂塞时应迅速采取措施予以消除。

清除井底岩粉有三种方法

(1) 原来用一个泵冲洗钻井，应再开动备用泵。把大量清水送往井底，增大井筒中水的流速，从而把沉淀井底的岩粉冲起而接近裂隙；

(2) 常用高比重的($\gamma=1.3$)、携带能力大的泥浆作冲洗液。泥浆从井底向上流动，漏入裂隙，把所有岩粉带入裂隙，这样就消除了形成的砂塞；

(3) 清除井底岩粉也可以使用抽筒，但这是件繁重的工作，要耗費許多時間。

● 这是說明钻井直径大，水泵排量不足。

钻进微裂隙的石灰岩时应使用高比重(1.25—1.3)和高粘度的泥浆冲洗,因为用稀泥浆或清水时将有一部分冲洗液漏往裂隙中,很容易根据沉淀池中冲洗液面的降低发现漏失现象。随着钻井的加深,冲洗液的漏失将加剧,最后,到一定时间,冲洗液全部漏入被钻开的裂隙中去。牙轮钻头刮取下来的石灰岩颗粒将被冲洗液带入裂隙中,带入距离因颗粒尺寸而异。这些颗粒填入裂隙,塞紧、并把裂隙完全堵严。这些裂隙吸收冲洗液即发生困难,有时会完全停止;冲洗液的循环便得恢复。尽管被钻穿的石灰岩是蓄水的,但这些井最后却可能无水。这即说明抽水试验不能冲出挤在含水石灰岩裂隙中的岩粉。由于裂隙被堵塞,出水量非常之小。地层的真正蓄水性被歪曲了;抽水试验时单位时间出水量很低。

显然,当钻进微裂隙的石灰岩时,冲洗液的漏失开始是不严重的,随后逐渐加剧,直到使有碍钻进的岩粉全部漏失。这时在整个钻井过程中几乎没有岩粉被携出地面。

在泥浆部分漏失的情况下,不能往泥浆中加水,因为这样会使泥浆漏失加剧;相反,应该提高泥浆的粘度和胶体性,以恢复正常的循环。泥浆从井底向井口流动把岩粉携至地表。钻进終了用清水洗井,用抽筒提水并强力进行抽水将裂隙和缝隙中的泥浆排除,恢复出水。

钻井抽水设备的装置

終井时,每口钻井都要装设抽水设备。根据计算动水位同地面的距离选择抽水设备。动水位不深时,在钻井上装设带水平轴的离心泵。

在动水位低于卧式离心泵吸水下限时,在钻井上装设下

列抽水设备中的一种。

拉杆水泵，主要用于小量抽水，在运输业中几乎不用。

两种立式深井离心泵：

(1) 电动机传动的水泵，电动机装在井口，水泵带有长轴；

(2) 带沉没式电动机的水泵，电动机和水泵装在一起。

目前，运输业中，终井和抽水试验时，在大多数情况下都装设井口电动机传动的立式深井泵。这种水泵可以正常使用多年。最常用的是ATH-8、ATH-10和ATH-14型水泵，这是一套同一型式的深井泵，其传动橡皮轴承用水滑润。

ATH型泵的规格如表2所示。

表 2

	泵 型				
	ATH-8	ATH-10	ATH-12	ATH-14	ATH-16
最小吸水管直径(吋)	8	10	12	14	16
宜用的吸水管直径(吋)	10	12	14	16	18
排水量(立方米/小时)	30	70	120	200	400
扬程, 米水柱	90	100	100	100	100
工作轮数目	20	13	7	6	5
电动机功率(瓩)	20	40	60	105	175
转数(转/分)	1460	1470	1450	1450	1460
整体重量(公斤)	3375	5525	7550	10100	12800

近年来，开始应用更完善的带沉没电动机的水泵。最简单的深井抽水装置是空气抽水装置，它用空气压缩机带动，但效率较低。钻井中心线偏离垂线对拉杆水泵、带沉没电动机的水泵和空气抽水装置没有影响；但是，为了使配有井口电动机的离心泵正常工作，必须严格地使泵轴垂直、泵壳深