

鉆井工人初級讀本

第一分冊

石油工业出版社

內 容 提 要

在石油工业大跃进的情况下，为了迅速满足全国大规模的培训钻井工人的需要，我社将以分册的形式出版“钻井工人初级读本”，全书分七册出版。

本书重点介绍旋转钻井的基本知识和技术。第一分册介绍石油地质的基本知识和钻井的基本知识；第二分册介绍钻井设备和工具；第三分册介绍泥浆的基本知识；第四分册介绍钻井前的准备工作、钻井工艺和漏失钻井；第五分册介绍轻便钻井的设备与工艺；第六分册介绍取心、测井、固井、完井和试油；第七分册介绍钻井事故的防止方法、钻井的安全技术和劳动组织。

本书是为了配合短期培训钻井工人所出的教材。内容浅显、文字通俗、并尽量采用立体实物图，适合于小学文化程度的钻井工人学习使用；同时附有复习思考题与参考书名，对教学有很大帮助。此外，此书还可供司钻、副司钻和一般钻井工人学习和参考。

統一書号：T15037·404

钻 井 工 人 初 級 讀 本 第 一 分 冊

石油工业出版社編輯出版（社址：北京六鋪炕石油工業部內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第065號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本·印張 $\frac{5}{8}$ ·12千字·印1—5,000册

1958年7月北京第1版第1次印刷

定价(10)0.12元

出 版 說 明

我国社会主义建設正在大躍進，石油工业也正在以空前未有的速度飞躍发展。在这种新的形势下，技术革命高潮开始到来，各方面对于石油工业技术的培訓教材的需要也感到日益迫切。

为了初步解决現場培訓鉆井工人的需要，我們参考了石油工业系統各單位过去編印的講義和現有書籍，編写了“鉆井工人初級讀本”。这个讀本的編写工作，是在很短的时间內完成的，因此只能以分册的形式陸續出版。由于時間倉促，加以我們水平有限，因而这个讀本在很大程度上还帶有講義的性質，暫作为試用本。希望各單位在实际教学中經常給予补充和修正，以便我們今后能修訂正式出版。

應該說明，这个“鉆井工人初級讀本”，只适用于培訓四、五級以下的操作大、中、小型鉆机的鉆井工人。至于培訓高級鉆井技工（包括司鉆、副司鉆）的教材，我社正在組織編写中，將在今后陸續出版。

石 油 工 业 出 版 社

1 9 5 8 年 6 月

目 录

出版說明

第一章 石油地質的基本知識	1
第一节 岩 石	1
第二节 石油和天然氣矿藏的形成	4
第三节 鑽井中的地質录井工作	6
复習思考題	8
教学参考資料	8
第二章 鉆井的基本知識	9
第一节 鑽井的用途	9
第二节 井的分类	10
第三节 鑽井技术的發展	11
第四节 我国石油鑽井的發展历史	16
复習思考題	18
教学参考資料	18

第一章 石油地質的基本知識

第一节 岩 石

我們居住的地球从开始形成到現在，大約有几十万万年了。最初的地球並不是像現在这个样子，而是一个溫度很高的球体，以后逐漸变冷，地球表面才逐漸形成一层硬壳，叫做地壳。地壳的厚度大約有20—60公里。

地壳是由各种岩石組成的。按照岩石形成的原因，可以把岩石分成三大类：火成岩、沉积岩和变質岩。

火成岩又叫岩漿岩，是地壳內部岩漿冷凝所形成的岩石。在地壳內部，溫度很高，岩石都被熔化了，叫做岩漿。岩漿侵入到上面的地壳里或噴出地面，經冷却后便凝固成为火成岩。火成岩一般比較致密坚硬，也比較重。常見的火成岩有花崗石、玄武岩、正長岩等。

沉积岩也叫水成岩，是地面的岩石被破坏以后又重新堆积而形成的。岩石受着风吹雨打、溫度变化和生物活动的影响，逐漸被破坏，在风力、水力的作用下，被搬运到低窪的地方堆积起来，經過压紧和胶結之后，就变成沉积岩。这种沉积岩叫做碎屑沉积岩。通常我們把碎屑沉积岩按照碎屑顆粒的大小分成以下几种：顆粒最大的叫做礫石，由礫石压紧胶結形成的岩石叫礫岩；顆粒較小的叫砂，由砂粒压紧胶結形成的岩石叫砂岩；顆粒最細的叫粘土，由粘土压紧胶結形成的岩石叫泥岩。

除了碎屑沉积岩外，还有化学沉积岩和生物沉积岩。例

如石灰岩便是由化学作用和生物作用形成的，而煤、油頁岩等都是由生物作用形成的沉积岩。

变質岩是原来的火成岩或沉积岩在高压、高温的影响下，改变了成份和結構，形成了一种变了質的岩石，例如由石灰岩变成大理岩。

石油勘探的經驗証明，世界上絕大多數的石油是在沉积岩中發現的，因而沉积岩對我們石油勘探工作來說，有着十分密切的关系。

沉积岩有两个最大的特点：一个是它的成层性質，沉积岩既然是一层一层堆积起来的，因而从外表上就能看出一层一层的，叫做层理；另一个特点是沉积岩一般都有細小的孔隙，石油和天然气便藏在这些孔隙中。

沉积岩在最初堆积时，是一层一层水平地鋪着的，但这种情况並不是永远不变的。地球内部經常有一种作用使岩层变成弯曲的形狀，这种現象叫做褶皱。按照褶皱的形狀，可以分为以下三种：

背斜褶皱 形狀如图1—1，岩层向上弯曲。在背斜褶皱中，如果長和寬的比例不超过 3:1，褶皱的形狀好像一个馒头，叫做穹窿。

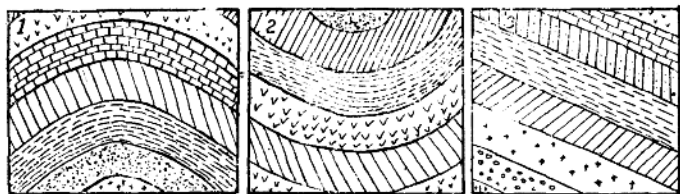


圖 1 褶皱的类型

1—背斜；2—向斜；3 單斜。

向斜褶皱 形状如图1—2，岩层向下弯曲。

單斜层 形状如图1—3，岩层只是向着一个方向傾斜。

这样說来，好像問題很簡單了，凡是隆起成山的地方都是背斜，低凹的地方都是向斜。其实也不然，有时从地表看来是低窪的地方，却是背斜；地表隆起成山的地方，却是向斜（图2）。碰到这种情况，就需要进行一系列的地質工作，有时还需要通过钻井来探明地下的構造。

岩层发生了明显的錯开叫做断层，如图3所示。两块断裂的岩层之間所夾的平面叫做断层面，断层面以上的岩层叫做上盤，断层面以下的岩层叫做下盤。断层常常將褶皱复杂化，为了了解断层面上下盤岩层錯开的情况，也往往要通过一系列的地質和钻井工作。

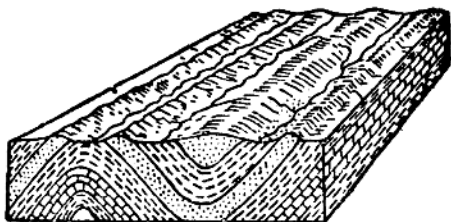


圖2 从地表上看不出来的背斜和向斜

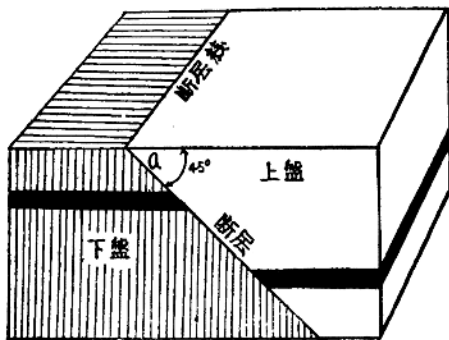


圖3 断层

岩石的坚硬程度跟钻井有很密切的关系。通常我們把地

层中的岩石按硬度分成以下几等：

松软 主要是粘土层和泥岩层。在这种岩石中钻井时，钻进的速度较高。这类岩层遇水后容易发胀，容易造成钻头泥包和发生卡钻。

中硬 如泥质砂岩、石膏层、砂质灰岩等。

硬 如砂岩、頁岩、石灰岩等。在这类地层中钻井时，虽然钻进速度不如软岩层高，但只要使用钻头适当，泥浆配置合理，是可以很顺利地钻进，不致发生井壁坍塌的。

坚硬 如硬砂岩、白云岩、含燧石的石灰岩等。在这类地层钻井时，钻进的速度较低。

极硬 如各种火成岩。在这类地层钻井，钻进的速度最低。极硬地层还可以分成几个等级，由于石油钻井不常遇到这种地层，因而不多介绍了。

除了这五类地层外，还有一些特殊地层，例如流砂层、石灰岩溶洞地层、煤层、软硬不均匀的地层等。

对于各种硬度的地层，要选择合适的钻头和泥浆钻进，并采取相应的技术措施。关于这一点，我们在后面讲钻井技术时还要具体地谈到。

第二节 石油和天然气矿藏的形成

石油和天然气是怎样生成的？这个问题到现在还没有一个最后肯定的答案。但是，根据多数科学家的意见，石油和天然气是由古代动物和植物的遗体生成的。在古代的海湾和大的内陆湖泊中，生长着大量的水生生物，这些生物死了以后，便随着泥砂一齐沉到水底。地面的生物死了之后，它们的遗体也随着泥砂被水冲到海湾和湖泊的水底堆积起来。这

些生物遗体被上面新搬运来的沉积物盖住，在缺乏氧气的环
境下，经过种种变化，就逐渐破坏、分解，变成石油和天然
气。

石油和天然气生成时是分散的，必须在一个适当的地方
聚集起来，才能形成有工业价值的油、气矿藏。石油和天然
气是怎样聚集起来的呢？大家知道，石油和天然气都是能流
动的，都比水轻。在水的压力的推动下，石油和天然气就会
沿着岩层的孔隙或缝隙移动，直到遇到了适当的地方，石油
和天然气就聚集起来，形成油、气藏。

哪些地方适合形成油、气藏呢？前面说过，所谓油、气
藏，并不是地下面有
个大洞，里头装满了
石油和天然气，石油
和天然气是聚集在岩
石的孔隙和缝隙中
的。懂得了这个道
理，就可以明白，要
形成油、气藏，储存
石油和天然气的岩层
必须要有较多的孔隙
和缝隙，一般砂层、
砂岩层和石灰岩层是
比较合适的储油(气)
层。除了储油(气)
层外，在它的上面
还要有不渗透的岩层

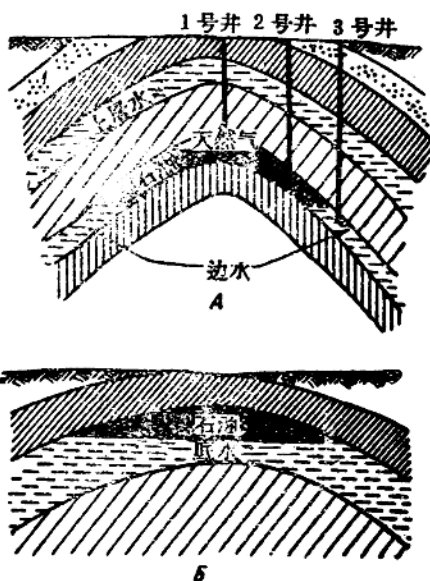


圖 4 背斜油、气藏

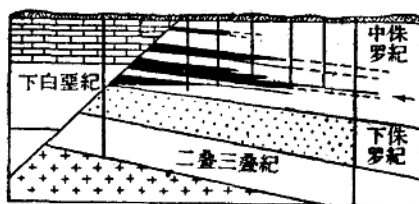


圖5 斷層封閉的油、氣藏

作蓋層，下面有不滲透的岩層作底層。一般粘土層、頁岩層都是比較合適的蓋層和底層。

石油和天然氣礦藏的形成主要受兩種因素的限制。一種因素是構造因素，主要是構造因素限制而形成的油、氣藏叫構造油、氣藏。最典型的構造油、氣藏是背斜油、氣藏，如圖4所示。還有因斷層封閉而形成的油、氣藏，如圖5所示。

另外一種因素是岩性因素。所謂岩性因素，就是在地層中某些地方的岩石性質適于儲油，而另外一些岩石的性質則不適于儲油，石油聚集在這些適宜儲油的岩層中，被不適宜儲油的岩層包圍，形成油藏。這種主要受岩性因素限制而形成的油藏叫岩性油藏。常見的岩性油藏有砂岩透鏡體油藏（石油聚集在兩頭小、中間大的砂岩層中，也叫扁豆狀油藏），還有帶狀油藏（石油聚集在古代河床沉積中，象一條帶子）。

第三節 鉆井中的地質錄井工作

在石油勘探工作中，鉆井的目的不管是直接的，或是間接的，都是為了找油，因此，在鉆井過程中取得準確的地質資料是最重要的任務，不然，就不可能根據完整可靠的資料作出關於這個構造的評價。我們應該真正理解到，鉆井的目的是為了找油，並不是為了鉆井而鉆井，這是每一個鉆井工

作者必須明确，並且应当在工作中努力貫徹的。

鉆井过程中資料的收集工作叫做錄井工作。錄井工作主要有以下几項：

岩屑錄井 鉆井过程中岩石被鉆头磨碎或頓碎，取出地面（旋轉鉆井的岩屑是用泥漿循环帶到地面，頓鉆鉆井的岩屑是用撈砂筒撈出的），这种岩屑叫做砂样。通过对砂样的分析，可以了解岩石性質、地层变化和油、气显示。岩屑錄井受到一些客观条件限制，因而有很多缺点。例如当井較深时，岩屑上返的时间加長，准确性受到影响，当井壁坍塌时，掉落的岩石顆粒也同岩屑一同返出，这也影响錄井工作的准确性。因此岩屑錄井的資料只能配合其他資料一併使用。

岩心錄井 鉆井中用取心鉆头將岩层切割成圓柱狀取出，这种方法比岩屑錄井要可靠得多。通过对岩心的研究，可以了解岩层的性質、油、气显示、地层的层系、傾角、断层面位置、儲油层的物理性質，等等。但取岩心要影响鉆井速度，因此，只能在必要的地方取岩心，在不影响获得地質資料的情况下，要儘量少取心。在这个問題上，鉆井人員同地質人員要很好地合作，既要滿足地質方面的要求，又要提高鉆井速度，降低成本。

鉆时錄井 鉆时錄井是記錄鉆头每鉆进 1 公尺所需的时间。有时也記錄每小时所鉆进的公尺数，叫做鉆速錄井，它們的作用是同样的。將鉆进每 1 公尺所需的时间按井的深度繪成曲綫，就可以知道岩层的軟硬与岩层分界綫，以便于同其他資料对比。

电測錄井 电測錄井是利用井下电測的方法了解地层

次、深度和含油、气、水情况。在电测过程中还同时测量井斜、井径和井温，研究岩层剖面和满足固井、射孔及试油工作的需要。

泥浆录井 钻井中通过泥浆循环情况的研究和分析，也可以取得一些地质资料。例如当钻开油、气层时，返出的泥浆有油、气显示，泥浆比重降低，粘度增加；当钻进石膏层时，失水量增高；钻入泥岩时泥浆变稠等。

除了以上讲的方法外，还有取油、气、水样和井壁取心等。各种录井方法都有它们的特点，只有将各种录井资料综合研究，才能比较全面和正确地了解地下地质情况。

复 习 思 考 题

1. 沉积岩是怎样生成的？它同石油有什么关系？
2. 岩石的硬度分哪几种？它同钻井有什么关系？
3. 石油钻井的目的是什么？为什么要注意在钻井中搜集地质资料？
4. 钻井中主要有哪些地质录井工作？

教 学 参 考 资 料

1. 石油工业技术讲座——地质勘探，石油工业出版社编辑出版。
2. 普通地质与石油地质，苏联И.Г.彼尔米扬阔夫等著，石油工业出版社出版。
3. 钻头与地层及施工条件的配合，载“石油工业先进经

驗——鉆井”中，石油工業出版社出版。

4. 普通地質學和石油地質學講義，新疆石油管理局地質調查處編印。

5. 鉆井工程講義，玉門礦務局鉆井公司編印。

第二章 鑽井的基本知識

利用設備和工具在地層中鉆一個一定深度的圓柱形的孔眼，這種工作叫做鉆井。井的圓孔叫做井眼，井的最上部叫做井口，底部叫井底，井眼周圍圓筒形的側壁叫做井壁，井眼的直徑叫做井徑，從井口到井底的整個部分叫做井身，井身的長度叫做井深。

第一節 鉆井的用途

鉆井在國民經濟中的用途極為廣泛。地下埋藏着各種礦物，通過鉆井可以探明這些礦物埋藏的地方和分布的情況以了解礦藏的儲量。在開采礦藏時，如果是進行坑道開采，還要利用鉆井把輸送新鮮空氣的通風管接到坑道里。已經開采完的地方，可以通過井眼進行充填。

在建築工程中鉆井的用途也很大。修築工廠廠房、鐵路橋樑和水力工程的攔河壩時，也都要進行鉆探，了解地層的地質情況，選擇合適的地基和壩址，以保證工程質量。在修建攔河壩時，如果地層可能會滲透，還必須利用鉆井將水泥漿或瀝青灌注到地層中防止滲漏。

在地面水源缺乏的地區，可以利用鉆井汲取地下水來供

給工农业生产和居民生活的需要。当地层中埋藏着岩盐时，还可以利用钻井来汲取盐滷。

钻井在石油工业中的用途极为重要。石油和天然气矿藏，需要依靠钻井来探明；已探明的油、气矿藏，要从钻成的井眼中开采；当油层压力降低时，为了保持油层压力，提高油田的采收率，还需要通过钻井，將水或气体从井眼里灌注到油田中去。

第二节 井 的 分 类

井的分类方法很多，通常有以下几种分类：

按照钻井的方向，可以分为垂直井、斜向井与水平井。垂直井是由地面垂直地往下钻；斜向井也叫定向井，是由地面按一定的角度往下钻；水平井是在矿井的巷道中向水平的方向钻。通常钻井最多的是垂直井。

按照钻井的性质，可以把钻井分为油井（钻探或开采石油）、气井（钻探或开采天然气）、水井（汲取工农业或生活用水）、盐井（汲取盐滷），等等。

在石油钻井中，通常按照钻井的目的將钻井分成以下几类：

地質預探井 钻地質預探井的目的，不是直接用来发现油、气藏，而是用来帮助地面地質調查和地球物理勘探工作，进一步了解地下地質情况。按照具体任务的不同，地質預探井又可分为制图井、構造井、基准井与参数井等。在近代冲积层复盖較厚的地区，为了了解复盖层下面岩层的情况，就需要钻数十到数百公尺的浅井（深度按复盖层厚度具体决定），这种井叫制图井，其目的就是通过钻井所获的岩

心繪制地質圖。構造井的目的是探明構造，提供下一步鉆探井所需的地質資料。基準井是在還沒有鉆過探井的地區，為了了解地下地質情況而鉆的深井。參數井是在新地區為了研究岩層的性質而鉆的井。

探井 探井的目的便是發現並探明油、氣藏。按照具體任務的不同，探井又可分為預探井、詳探井與探邊井等。預探井是在經過地質調查、地球物理勘探和地質預探鉆井等一系列工作後，在已查明的構造上証實有無油、氣藏存在。詳探井是為了進一步探明已証實的油、氣藏而鉆的井。探邊井是在油、氣藏內為了探明邊界、確定油、氣藏範圍和儲量而鉆的井。

生產井 生產井是為了開采石油和天然氣而鉆的井。有一種生產井是直接從井中采油、采氣的，就叫油井、氣井。探井產油或產氣移交生產後，也就變成了生產井。另外一種生產井雖然不直接從井里采油、采氣，但也是為生產服務的，如注水井和注氣井。

第三節 鉆井技術的發展

鉆井的技術雖然複雜，但基本上還是可以用一句話來表示，就是把地下的岩石打一個眼兒。根據這個最基本的要求，我們可以發現，不論用什麼方法，鉆井總是包括以下的三個項目：

第一項：破碎岩石——就是想辦法把地下的岩石弄碎；

第二項：取出岩屑——就是把弄碎了的岩石從井眼里取出來，好繼續往下打井；

第三項：巩固井壁——就是想辦法保護井壁，不讓井壁

的岩石坍下来，以便順利完成鉆井任务。

鉆井技术的发展，实际上就是这三項主要操作过程的不断改进。

最早的时候，打井是用拿拿着鋤头、鉄鍬和鎬，一下一下地往地下挖，碰上坚硬的岩石，就只好用鉆子一下一下地凿。用这种方法打井，不但很慢，而且人在井底下工作，也很危險。以后，古代的劳动人民就发明了另外一种方法，就是把鉆子（鉆头）繫在竹繩子上，地面上安着一个木架子，架子上安一块木板，用人力在木板上踩，踩一下，木板向上一抬，再一松脚，木板往下一落，繫在竹繩子下面的鉄鉆就往井底一頓，把岩石弄碎。隔一定时候以后，放一个撈砂筒下去把鉆碎的岩石撈上来，再往下鉆。一口井鉆完后，把竹子或木材制的套管放下去，防止井壁坍塌。

这种鉆井方法經過进一步的改善，用机器代替人力，用鋼絲繩代替竹繩，就成为近代的机械繩式頓鉆。图 6 是繩式頓鉆的示意图。动力机带动傳动輪 7，傳动輪便通过曲拐带动游樑 8 上下摆动，游樑的摆动又带动悬在鋼絲繩底下的鉆头在井底頓击岩石，頓碎了的岩屑則由撈砂筒滾筒 6 通过天車 1，用鋼絲繩將撈砂筒 4 放到井底撈取。鉆完的井眼則下鋼絲繩制套管固井。

用这种方法鉆井虽然比用人力快，但鉆头总是一下一下地頓击岩石，鉆井速度的进一步提高便很困难；同时每鉆一定深度，就得下撈砂筒撈一次砂，更影响鉆井速度。因此，这种鉆井方法現在已經逐漸被旋轉鉆井法代替了。

旋轉鉆井法是用鉆头在井底旋轉，破坏岩石；同时用循环泥漿的办法，將岩屑帶到地面。按照带动鉆头旋轉的发动

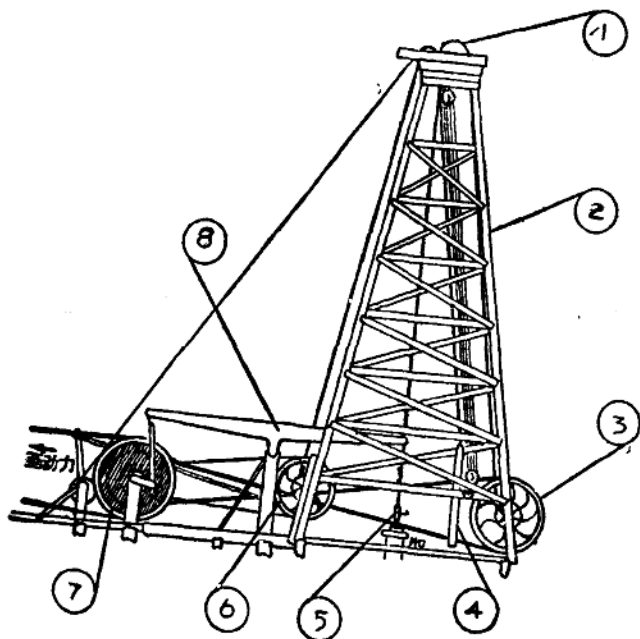


圖 6 繩式頓鑽

1—天車；2—井架；3—鋼絲繩滾筒；4—撈砂筒；5—牛頭；6—撈砂筒滾筒；7—傳動輪；8—游繩。

机裝置的位置不同，旋轉鑽井法又可以分为轉盤鑽井法和使用井底发动机的鑽井法两种：

采用轉盤鑽井法时，鉆头是由地面的动力机通过轉盤傳动裝置的带动在井底旋轉的。轉盤鑽井法的工作程序如图7所示(其中名称以后第三章中还要詳細介紹)：鉆头在井底，用絲扣將鉆头和鉆筴連接，鉆筴同上面管壁較薄的鉆桿連接，鉆桿和鉆桿之間用接头連接。整个鉆桿柱的最上部是方鉆