

石油勘探地下地质学

[美国] J. D. 哈翁 等 编
L. W. 累娄

中国工业出版社

目 录

第一部分 井下岩屑、岩心和流体的分析化验	1
第一章 岩屑的观察.....	1
第二章 薄片分析.....	22
第三章 不溶解残余矿物分析.....	28
第四章 各种岩石学分析方法.....	34
第五章 差热分析.....	48
第六章 电子显微镜分析.....	55
第七章 X-射线分析法.....	58
第八章 热发光分析.....	73
第九章 微古生物分析.....	86
第十章 岩心分析.....	105
第十一章 油田水分析.....	114
第二部分 测井方法及解释	122
第十二章 电测井.....	122
第十三章 放射性测井.....	155
第十四章 井径与井温测井.....	163
第十五章 泥浆与岩屑录井.....	168
第十六章 钻时录井.....	174
第十七章 倾斜测量.....	182
第十八章 渗透率测井.....	185
第十九章 连续声速测井.....	193
第二十章 磁性测井.....	202
第三部分 地下地层及构造的解释	209
第二十一章 地层对比.....	209
第二十二章 地下地质图和图解法.....	217

第一部分 井下岩屑、岩心和流体的分析化驗

第一章 岩屑的观察

J.W. 勞

引 言

許多年以前，石油地质工作者的主要任务是用平板仪测量和寻找地面地质构造以及丈量地层剖面。如果在邻近地区开始钻井，是很粗糙的取样观察，目的是为了估計目的层的深度。若干井钻完了，尙未得出有关这个地区的地质评价。也缺乏有代表性的样品留下来供日后研究，思想上很少或沒有认为地下地质工作是石油勘探工作的主要工具。

目前，大部分地区的石油地质工作者，主要是地下地质工作者，已把井下的岩屑和岩心作为地下地质资料的主要来源。由于钻井操作的改进，使得岩屑录井的质量大为改善，这就提高了对地下地质方法的重视程度；地质显微镜下观察在寻找新油、气田的工作中占据了重要的地位。地面地质工作仍居于一个重要的位置，但已經成为更受人重视的地下地质研究的一种补充工作。

人們在岩屑研究工作中，經常面对着两个問題，即工作的质量和生产的数量。在石油地质工作中这两个因素根据勘探程序的需要，应保持适当的平衡，根据勘探活动和石油地质概念的发展，在某一个时期可以侧重于某一方面。地下地质工作者在应用其地质知識方面，必須具有高度的灵活性，使这門科学不断发展。为适应当前工作的需要，显微镜下观察比过去日益显得重要，这种方法在仪器的限度內可以保持要求的精度，并可在較短的时间內进行大量的观察分析。

本章的目的，为了提供初学显微镜下观察者以必要的工作方法，这种方法在石油地质方面已有很多年成功应用的經驗。用双目显微镜来鑑定岩屑的岩性，是目前石油地质部門的經常工作。

旋轉鑽井的岩屑

用旋轉钻井机钻井时，泥浆从钻杆內泵入，通过钻头上的水眼，从钻杆外面的环形空間返出地面。井底岩石被钻头破碎成小块的岩屑，随着泥浆返出地面，經過采集冲洗，裝入口袋內以供日后的分析。

如果泥浆粘度或其它性能不符合要求，在携带岩屑的过程中，就会有上部岩屑混合在泥浆內。泥浆另一种作用是在钻井操作过程中防止井壁塌陷和产生洞穴。泥浆中的固体顆粒物质，由于泥浆柱的側压力，而在具有孔隙性和渗透性的地层井壁上堆积起来，形成一层薄泥餅，起到防止井壁塌陷的作用。当泥浆性能不好，不能形成一层坚固的泥餅层时，松软的地层就会大量吸收泥浆中的水分，使地层膨胀、松散并脫落到向上流动的泥浆中

去，这些井壁上垮塌的地层和从井底上返的新鲜岩屑，混在一起返出到地面，在地面上泥浆流经一连串的泥浆槽，使泥浆中所夹带的岩块沉在槽底，泥浆仍被泵入到井内。有时候泥浆池内的泥浆要加以喷射搅拌，为的是使一些固体颗粒重新浮悬在泥浆内，这时候就有一部分岩屑混入，被泵重新注入到井内，老的岩屑就和井底新的岩屑混合在一起，重新出现在下一次的砂样内。

在井底地带被切碎的岩屑大小为 $1/8 \sim 5/8$ 吋，正常情况下成片状。岩屑的大小取决于岩石的性质，钻头的类型和锐度、钻速、钻压等，除非岩石特别松软，如白垩或某种泥岩，一般岩屑是带有稜角的。任一种岩性的岩屑，其大小也是比较一致的。与井底返出的新鲜岩屑相反，上部地层塌陷所形成的岩块比较大，有达到2吋直径的，因为塌陷一般发生在松软地层内，岩块的四周带圆形。在循环过的松软岩屑一般外形也比较圆，但如塌陷的是比较坚硬的岩石，就不易与新鲜的岩屑相区别。

岩 样 的 深 度

当岩样从地面采集后，在岩样袋上要记录一个深度，这个深度或者从钻台面开始计量，或者从转盘面开始计量。当井比较浅时，记录的深度与实际从地层切下岩屑的深度出入很小；但当井比较深时，由于钻速和泥浆循环速度的改变，井深的误差就会愈来愈大。下面有两个例子可以说明钻速所造成的滞后。

1. 假定在井深6,500呎处，需要30分钟的时间使岩屑从井底上返到地面，而被采集，这时钻速为每小时20呎。因此当岩块从井底上返到达地面时，钻头的位置已在6,510呎。采集岩样的口袋上所记的深度为6,510呎，而采集岩样的实际深度则为6,500呎，这种情况下其滞后为10呎。

2. 在6,510呎处遇到了坚硬地层，钻速降为4呎/时。当钻头钻至6,512呎时，岩屑始上返地面，因此时间滞后为2呎。

从上述例子可以清楚地看出，除非所钻入的地层岩性是非常均一的，否则，仅用时间滞后来校正取样深度仍是不够的，为了使滞后校正正确无误，必须掌握钻速和泥浆循环速度。这两项数据都能从钻井记录中取得，由于用显微镜观察的分析化验人员不能经常地掌握这方面的资料，所以在鉴定岩样时，在岩性剖面图上仍用砂样口袋上的深度，虽然明知深度的滞后是存在的，待日后取得钻井方面有关资料后，再在岩性剖面图上的一些主要地层单元的顶部深度进行校正。

有时候，当某些砂样出现时，特别是观察到有油、气显示的岩屑时，证实这包砂样的实际深度就很重要。这时候可以将钻头略为上提，离开井底，但仍保持钻杆的旋转和泥浆的循环。这样，原来在泥浆内的岩屑不断带出地面，因为井没有继续加深，所以最后返出到地面的岩屑，代表了沉在井底的岩屑。当钻头重新下到底并重新钻进时，首先返出的岩屑，代表井底地带或稍下一点的岩屑。这时候要在岩样袋上标明是“循环30分钟”或“循环1小时”字样的样品。

当更换钻头时，需要停止泥浆循环，并起钻，这个操作过程需要几小时的时间，装上新钻头后，再下钻。每起下钻一次，井内就会增加一些垮塌的岩块，所以对于显微镜观察工作者来说，最好将钻井时的情况注明在剖面图上，以便当岩样内出现一些不寻常的矿物时，能够得到正确的解释。

頓钻钻井的岩屑

頓钻的钻具包括一个圆柱形的钻头（其末端为凿刀状），一个滑动的鋼圈，一根几尺长、比钻头直径略細的钻铤，和一根悬挂这套钻具的鋼絲繩。鋼絲繩的另一端与钻机上沉重的游梁相接触。游梁用动力带动后作上下的垂直运动，可以将钻头提起数呎然后又摔到井底。凿刀状的钻头就可以将坚硬的岩石切碎。在鋼絲上装有一个轉矩杆，使钻具每冲击一次，略为轉变一个方向。

岩屑用捞砂筒取出，吊筒由 10~30 呎长的鋼管做成，底部有一个重力操作的閘門，钻工操作捞砂筒的悬繩时即自动启閉。

当钻井开始时，先用吊筒向井內倒入一桶水，然后用钻头按上面的描述进行冲击。当井底加深数呎，軟地层形成一层薄的泥浆时，就将捞砂筒下入井內，捞出井底的岩屑和泥浆。在地面收集捞出的泥浆，装入小盒內，将岩屑冲洗干净，干燥后装入口袋內，記下井底的深度。

頓钻的岩屑經常比旋轉钻的岩屑細，因为大块的岩屑不断被钻头切成小块。

旋轉钻井时可以很少或不下套管就可钻入很大深度。頓钻钻井则要經常检查防止造成井壁塌陷，由于这个原因，旋轉钻井的砂样內經常混有上部塌落的岩块。頓钻井內发生的塌落，使岩块在井底和新鲜的岩屑混在一起，很难加以区别。

頓钻钻井时岩样的深度比較正确，因为没有時間滞后的問題；但又因为岩屑太細，也会造成解释上的困难。

砂样的鑑定

显微镜观察工作者对于所取得的砂样，經常面临着两个問題：一是砂样的深度位置，一是区别地层岩屑和塌落岩屑的問題。判断地层的岩屑还没有很好的方法，但为了避免出現明显的錯誤，提出以下几点建議：

1. 在砂样中出現特別引人注目大块岩屑，不論是稜角的或圓角的，都是塌陷的岩块。岩块的形状并不能表示塌陷，特別大块的通常才能表示塌陷。如果从井底取得岩块，就可以作为一些細粒岩性的代表样品。
2. 将砂样所鑑别的岩性与电测图或放射性测井图相对比，特別对于鑑定剖面內的砂岩、頁岩和蒸发岩极有帮助。
3. 在可能的条件下，通过地面地层剖面的观察、邻井資料的研究，以熟悉区域内地层的岩性特征。
4. 通过对井內上部地层的研究，考虑砂样中塌落岩屑的可能性，比較容易产生塌落的地层有頁岩、硬石膏、裂隙性石灰岩、脆性砂岩和燧石碎块等。
5. 当怀疑有塌落物存在时，检查上部剖面內相似地层的岩性描述，并将上、下的砂样进行对比观察。

砂样鑑定的准备工作

有时候，装在口袋內的砂样是不适应于进行显微镜下观察的，因此，在鑑定前，显微镜工作者必須加以适当处理。先将粗粒与細粒分开，其处理的方法是：将砂样倒入簸箕

內，略放傾斜，在一端輕輕敲擊，使砂樣逐漸堆積到簸箕的一端，粗粒砂樣都在上部，而細粒砂樣都在下部；這時再將簸箕的傾斜方向倒換一下，突然敲几下，粗粒岩屑就滾到簸箕的另一端，而留下了細砂子在這一端。全部或大部分的粗粒砂樣可能是上部地層塌落的，將細粒的砂樣收集起來，供鏡下觀察之用，這樣的處理過程只需幾秒鐘時間。

砂樣有時被鑽頭上刮下的鋼屑所污染，有時鋼屑成為砂樣中的主要組成物，使得岩屑的鑑定工作發生困難。要除去這些鋼屑，可以將砂樣平鋪在盤子內，砂樣上面蓋一張紙，然後用一小塊磁鐵在紙上移動，鋼屑就緊緊貼在紙上，然後將磁鐵和紙同時移去，將磁鐵取走後，鋼屑就從紙上全部掉落。

當不適當的沖洗砂樣時，很細的泥粒、粉狀的石灰岩、或干固的泥漿在岩屑上面形成一層細的塵土，使得砂樣在鏡下不能進行正確的鑑定。這時必須重新沖洗砂樣，在一般情況下，用沖洗法是不太有效的。最好將砂樣放在電扇的前面吹，先粗略的鑑定一下砂樣內細粒的組成成分，然後在電扇下放一張大紙（如報紙），在電扇前面用手掌擦動砂樣，使砂樣通過氣流慢慢掉落到報紙上，細粒的塵土就被吹走。

當砂樣灰塵很多時，可將砂樣全部浸入水中進行鑑定。這種方法，在微古生物鑑定工作中經常應用。它用在岩性鑑定方面也有好處。

用一黑色塑料的凹底盤子（直徑約3~4吋，深1/2吋），將砂樣均勻的散布在盤底，注入足夠的水以浸沒砂樣。

這種處理方法的好處是：1.可以消除砂樣面上的污染物和細塵土；2.岩屑的微細結構可以看得清楚；3.顏色鮮明。其不利之處是：1.工作很費時間，也很污穢；2.岩樣重新包裝前要加以干燥；3.灰色頁岩的色調加深，較淺的色調不易區別；4.濕的岩屑取出時不能進行酸反應試驗，當砂樣剛從井口取出時，在現場用浸水法處理最好，濕的岩屑如果不浸在水裡，往往不易進行分析。

顯微鏡的放大倍數

雙目顯微鏡的放大倍數約從6倍到90倍，多數石油公司常用的儀器不超過36倍。用通常的雙管日光燈照射，最大的有效倍數為18倍，大部分的觀察工作是在6~12倍下進行的。高倍顯微鏡只能用在縮小視野和適當的照射條件下，如果工作的條件時常改變，就不可能有固定的解釋和作圖方法，因此一開始就要設計好儀器的放大和照明條件，然後努力去滿足這些條件。

在9倍的組合放大鏡下，直徑為0.05毫米的顆粒可以清楚的看到。高倍顯微鏡用來詳細的觀察岩性，除非有特殊的理由，一般要避免使用高倍鏡子。

用低倍放大鏡觀察岩樣的好處如下：1.視野大；2.不費眼力；3.砂樣的光照較高；4.焦點的深度較大。

光 照

將砂樣試驗的結果繪到剖面圖上時，需要在剖面紙條上有適當的光照，作圖時費的眼力比顯微鏡下觀察要大，因此必須配備適當的燈光。

雙管的日光燈，是低倍顯微鏡常配的燈光。這類燈有很多型號，最適用的一種彎曲的台燈，放在顯微鏡桌子的後面，當目光離開鏡台注視剖面圖時，光線不會被顯微鏡阻

表 1-1

墨水——黑、紅和藍色(防水)	顏色鉛筆:	
鉛筆——2H、4H和8H	顏色	號碼 ^①
鋼筆——享脫 104 号	黃色	867
鋼筆擦布	藍色	845
橡皮——淺紅色、珍珠色、鮮紅色	紅色	866
繪圖模板——如图 1-1 所示	綠色	848
美術用的混合木炭筆(1/4吋直徑, 6吋長)	綠色	888
砂紙——0 至 1 号, 用來削尖木炭筆	桔黃色	862
磁鐵——小的馬蹄鐵	棕色	813
小刀	棕色	853
鋼針	紫色	844
鑷子——鋼制		
盛酸盤——玻璃	合成透明胶水	
划綫尺	胶水稀釋剂	
丹尼松布面尺(1 1/2 吋或 2 吋)	美術用平刷——1/2 吋	
1/2 毫米方格紙, 可用普通毫米方格紙照相縮制, 貼在簸箕的底部	簸箕——用金屬片制, 如图 1-2 所示	

① 號碼中, 第一个字代表鉛筆的形狀, 后面二字代表顏色的編号, 如 767、867 和 967 号都是同一种顏色。

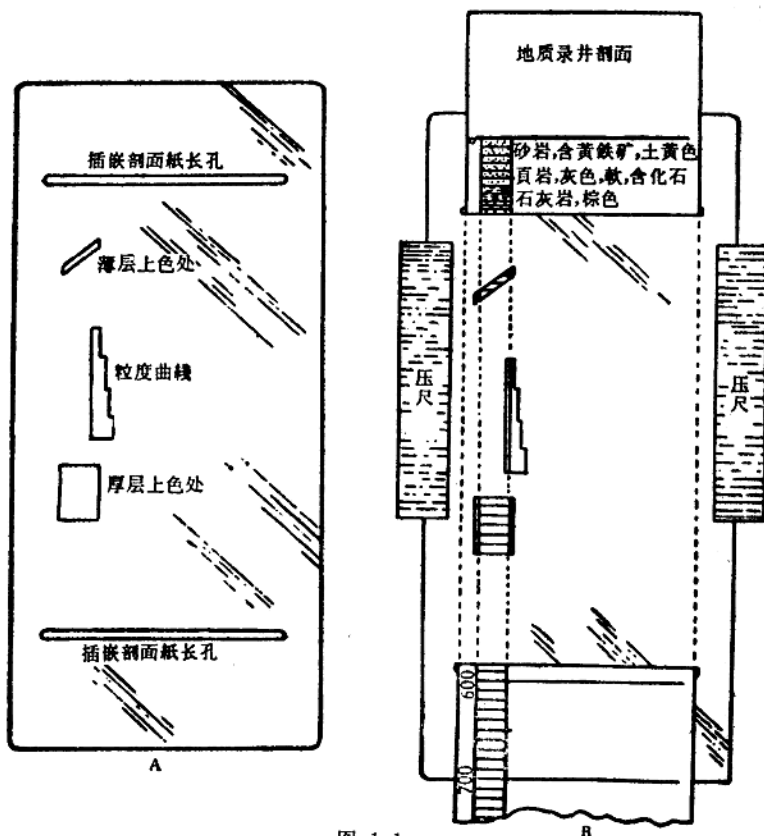


图 1-1

A—繪圖模板, 賽璐珞板(醋酸纖維), 厚 0.015~0.020 吋, 用小刀刻出各種窗口, 以便填繪各種圖款;
B—將條帶紙嵌入繪圖模板后, 用尺壓在桌面上

擋，这种日光灯灯管长18吋，对显微镜和剖面图可以同时照到。灯的前面有一块狭的挡板，以保护眼睛，使不受光射的直接照射。当一支萤光管发出蓝白色另一支发出肉色——如平常所说的日光灯时，这样的光线色调最好。淡灰色的岩样在蓝白色光线下将被冲淡，单独在日光灯下时呈一黄色的外壳。

有许多种类的聚焦台灯，适合于砂样鑑定工作用，这时候繪制剖面图要配备另外的灯光。

材料和辅助用具

在砂样鑑定工作中，常用的材料和辅助用具如表1-1所示：

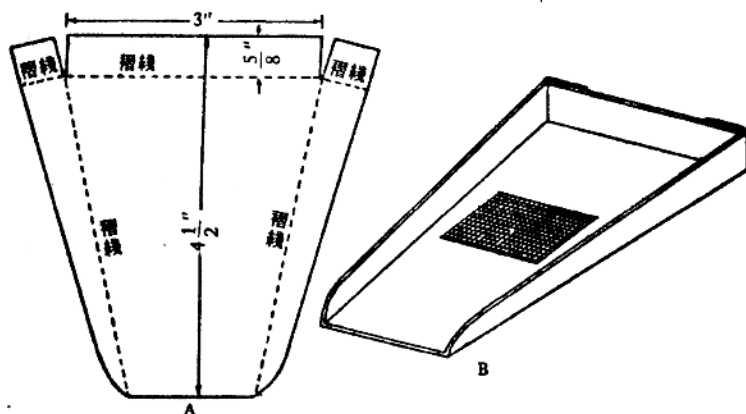


图 1-2

A—用薄金属片制成簸箕设计图，用以处理砂样，以便作显微镜下观察用；

B—已制成的簸箕上面贴有0.5毫米方格纸用来计量砂样的大小

砂 样 的 鑑 定

正确的鑑定砂样并描述其岩性，是地下地质工作的基础。砂样在显微镜下进行观察是可靠的，在镜下观察有时可以得出不同的解释，但我们要求实际工作者经常进行正确的解释。应用镜下所提供的这些资料，就可以得出正确的结论。鑑定砂样所用的仪器和工具都是普通的，不是珍贵的，工作的精确度主要依靠人的努力。地质工作者在观察砂样时，要用沉积岩石学方面的知識，经常向自己提出问题：这类岩石如何形成，以及它们为什么形成？造成这类岩石的物理的、化学的和生物的条件如何？从井下取得的岩屑中可以得到很多答案。一个地质工作者、显微镜工作者不仅要具有实验室的操作经验，并且要具有地质方面思考能力和应用能力，但必须始终是一个地质工作者，要完成地质工作任务，而显微镜不过是他的一种工具，他应用这种工具如同应用其他工具一样，具有这方面的专长，岩样鑑定不是最终的目的，而是达到目的的一个工作步骤。

繪制岩性剖面图的方法，每个人和每家公司都不一样，有些经常用的方法从某种理由来讲并不好，本文所介绍的方法，也不能认为是最好的，但经过多年的应用，大家认为比较满意。

岩屑的鑑定

粗粒碎屑岩类 (繪圖時填成黃色)

这类碎屑岩包括砾石、砾岩、砂子与砂岩，顆粒直径包括 0.1 毫米以上的所有大顆粒岩石。描述这一类碎屑岩的特征如下：

1. 顆粒大小。通过篩析确定各級粒径岩石的重量百分比。
2. 顆粒形状。砂粒具有各种各样不同的形状，簡要的分类有以下五种 (图 1-3)：
 - 1) 尖角形——表面呈介壳状，边角尖锐；
 - 2) 稜角形——表面平，边角薄而尖，呈銳角或直角；
 - 3) 半稜角形——表面平，边部較圓；
 - 4) 半圓形——表面圓，边角寬而較圓；
 - 5) 圓球形——表面全凸出，几乎呈球状。



图 1-3 砂粒形状的五种类型

3. 光泽。砂粒表面的光泽反映顆粒在沉积前后的环境。下面几种是常見的类型：
 - 1) 包裹状——顆粒表面被氧化鉄、碳酸鈣、硫化物、泥质或黄鉄矿等物质所包裹或沾污；
 - 2) 麻点状——顆粒表面有不透明的溶解物的麻点；
 - 3) 白霜状——顆粒受到很深的侵蚀，表面呈半透明的白霜状；
 - 4) 絲光状——顆粒表面受到輕微的侵蚀和磨擦；
 - 5) 油脂状——赤鉄矿和磁鉄矿的顆粒經常有这种油脂光泽；
 - 6) 玻璃状——呈玻璃状光泽。
4. 坚硬程度。表示岩石对敲击的抵抗力。分为致密、坚硬、中硬、軟、很軟、脆性等。
5. 胶結程度。研究岩石的胶結程度，对油砂来讲特別重要。一般砂岩顆粒間的胶結物有方解石、白云石、硫化物、氧化鉄、硅质、泥质等。
6. 少量組成矿物。沉积物內的少量組成矿物，說明了砂岩的沉积来源、沉积环境和运移过程。砂岩內常見的少量組成矿物有黑云母、白云母、海綠石、黄鉄矿、重晶石、菱鉄矿、燧石、煤、瀝青以及各种硬质的非金属矿物。
7. 顏色。砂岩的顏色是由其組成顆粒、胶結物顏色或岩块被污染而引起的。石英砂子暴露日久，表面常沾着一层顏色；在地层剖面上，顏色是識別岩层的一个重要标志。
8. 結構。砂岩具有各种各样的組織結構，如微細层理結構、层状結構、裂縫結構及結核状結構等。
9. 分选。砂岩的分选程度，对儲油层的孔隙率和渗透率影响很大，因此要观察砂岩表

面的粗細程度、顆粒的排列和分布。

細粒碎屑岩類 (繪圖時用岩石的本色)

細粒碎屑岩類指粉砂岩、泥岩、頁岩等，其最大粒徑為 0.1 毫米。其岩性主要特征如下：

1. 顏色。粉砂岩、泥岩和頁岩在地下剖面中的顏色，對於進行地層對比和研究沉積環境非常有用。泥岩和頁岩顏色的深淺，指示了沉積盆地中的相對位置。在盆地的岸邊和淺水中，泥岩呈淺紅色、紅色和綠色；在深水中，泥岩呈綠色、灰色、深灰色和黑色。這是一般的分布規律，在特殊情況下，也可能有所不同。

2. 組成。細粒碎屑岩類的化學和礦物組成，需要試驗室內進行分析鑑定。在現場用簡單的方法鑑定，蒙脫石、伊利石、高嶺石、方解石、白云石、氧化鐵、硫化物、硫酸鹽類、磷酸鹽類與氧化硅。

3. 少量組成礦物。在細粒碎屑岩類中的少量組成礦物與粗粒碎屑岩類中基本相同。通過認識這些礦物，可以推斷當初沉積時的某些條件。在細粒碎屑岩類中，生物化石是比較豐富的，特別是在泥岩和頁岩中。生物化石在地質剖面中具有很重要的作用。

4. 光澤。泥岩和頁岩的光澤有以下幾種：土狀、樹脂狀、蠟狀、皂狀、油脂狀、絲光狀、絨狀、烟垢狀等。

5. 結構。粉砂岩、泥岩、頁岩通常具有塊狀、團塊狀、板狀、微細層理狀、百頁狀、劈裂狀、鱗片狀、節理狀和裂隙狀。有些地區，裂隙狀頁岩可作為儲油層。

6. 硬度。有些泥岩干後呈松散狀，有些呈海綿狀，有些堅實，有些性脆，有些呈板狀。

7. 包裹體。粉砂岩、泥岩和頁岩中，常夾有被流水沖刷和破碎後的岩石碎塊，如泥岩塊、石灰岩塊等；有些也夾有石膏、硬石膏、燧石、氧化鐵、結核等，含有重晶石、黃鐵礦小片，鱗狀和結核狀的塊體，固體瀝青和煤等顆粒。這些都稱為包裹體。

碳酸鹽岩類 (繪圖時用天藍色)

碳酸鹽岩類的種類也很繁多，從極為非均質到極為均質的，有些碳酸鹽岩石，由碳酸鹽岩顆粒和碎屑所組成，如同砂岩和砾岩的沉積條件一樣。但是大多數的碳酸鹽岩石是由比較均質的化學岩組成，可以分為石灰岩和白云岩兩大類。用冷稀鹽酸（1 分鹽酸加 7 分水）置於小杯內，投入樣品，根據不同的反應，可以進行次一級的分類：

石灰岩：投入酸液中後劇烈冒泡；可以清楚的聽到泡沫的反應；樣品逐漸漂浮到酸液的表面。

白云質石灰岩：平靜而緩和的冒泡，樣品稍稍離開小杯底部， CO_2 小珠連續不斷的從酸液中冒出。

白云岩：投入酸液中後不起泡，沒有很快的反應，只有一些很緩慢的 CO_2 小珠，呈綫狀升到酸液的表面。純粹的白云岩在鹽酸中幾乎是不溶解的；孔隙度和滲透率很高的白云岩，由於與酸液的接觸面積大，所以反應情況與石灰岩比較相近。

不純石灰岩：開始時反應很強烈，以後逐漸減弱。

鈣質頁岩與砂岩：投入酸液時反應也很強烈，只能根據不溶解殘余礦物來識別。

另有一种染色法，用来鉴别石灰岩与白云岩。将0.24克苏木精(Haematoxylin)与1.6克氯化铝加22克水，煮沸后冷却，加入少量过氧化氢，过滤后，将溶液置于暗色玻璃瓶内，将试验的岩石样品浸入这种溶液几秒钟，迅速用清水漂洗，如果是石灰岩，会呈现深紫色；白云岩则没有反应。

颗粒大小：碳酸盐岩颗粒大小的变化很大，并且出现在很短的纵向和横向范围内。碳酸盐岩类颗粒的大小，可以推断岩石的沉积来源。有时由石灰岩碎块、介壳、微古生物、鲕状结核、藻类残骸所组成；有时属于化学沉积颗粒或结晶。由于碳酸盐岩石不易分解成单独的颗粒，所以颗粒大小的测量，一般用网状的方格测量，分为以下各种等级：

颗粒特征：属于鲕状灰岩的颗粒又可分为球形的、梭子形的、椭圆形的、不规则的和扁平形的；属于碎屑状灰岩的颗粒又可分为尖角形、稜角形、半稜角形、半圆形和圆球形等；碎屑状灰岩根据不同的来源，又可分为珊瑚灰岩、介壳灰岩或碎屑灰岩等。

结构：碳酸盐岩石的结构分类如下表：

表 1-2 颗粒大小分类

类 别	直 径
粗 粒	> 2 毫米
中 粒	2~0.25 毫米
细 粒	0.25~0.05 毫米
极 细	< 0.05 毫米

构造：碳酸盐岩石的构造包括缝合构造、裂缝构造、微裂缝构造、纹层构造、板状构造、波状构造、结核状构造、螺旋构造和角砾状构造。上述各种构造特征，都是呈现为微细型的。

颜色：石灰岩和白云岩的一般颜色是灰色、白色、土黄色和棕色。少数具有红色、桔黄色、绿色、紫色和黑色。这些杂色可以出现各种混合类型：如条带状的、斑点状的和杂色的，红色与桔黄色。斑点与杂色经常出现在大型构造隆起部分，红色、绿色与桔黄色也经常出现在不整合侵蚀面上，以及受到地下水循环的氧化带。

包裹体：石膏与硬石膏经常在石灰岩内呈孤立的小块体出现。其成因可能是化学置换作用，也可能是与主岩同时沉积的包裹体。燧石也经常出现在石灰岩内出现。

表 1-3 结构分类

结 构	孔 隙 类 型
1) 斜方结构——纯粹的白云岩，中粒至粗粒，斜方体结晶	多孔型，晶簇状孔隙
2) 糖粒结构——方解石白云岩呈糖粒状（近似于斜方结构，结晶形态不完全，易碎）	填隙型，管状至洞穴状孔隙 管状至洞穴状孔隙
3) 微糖粒结构——白云质石灰岩呈非常细的糖粒状，非常易碎	针尖状至管状、虫状孔隙
4) 粒状结构——石灰岩或白云质石灰岩，肉眼不能见到结晶，但具有一定的粒状结构，部分呈白垩状	稀疏针状孔隙，接近裂隙状孔隙 经常无孔隙性
5) 次结晶结构——纯白云岩呈玻璃状或树脂状结构	间粒状或隔绝的针状孔隙
6) 板状结构——某一种白云岩呈粗结晶，不等粒结构	填隙型至隔绝的针状孔隙
7) 鲕状结构——球形，颗粒光滑内部具同心圆结构	
8) 假鲕状结构——圆形碎屑状颗粒，外形像鲕状结构	

蒸发岩类（绘图时用黑色线条）

蒸发岩类主要指硬石膏、石膏、岩盐、其他氯化盐和硫酸盐类。肉眼不易区分石膏和硬石膏，两者经常相互混合，或间互成层出现。根据以下的方法可以区别这两者的岩性。

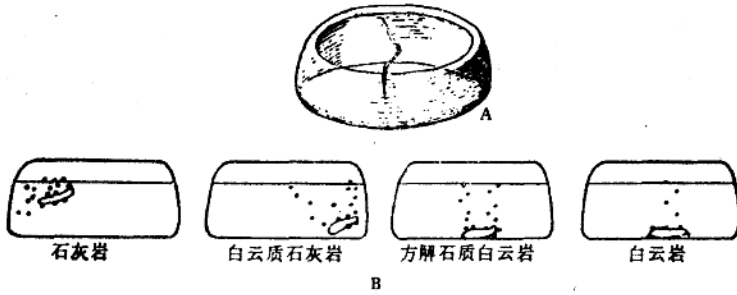


图 1-4 碳酸盐类岩石的酸处理

A—用作酸处理的玻璃钵； B—石灰岩与白云岩的各种反应特点

硬石膏虽然具有发育的解理，但经常呈非晶质出现，其硬度比石膏大，不能用手指甲刻划，具有半透明的珠光光泽；而石膏常呈纤维状结晶，玻璃光泽或半玻璃光泽，任何石膏都能用手指刻划。硬石膏性脆，而石膏呈海绵状。岩盐很容易识别，用口尝其味，能溶解于水，具有正方形劈理。当岩盐呈微细结晶颗粒时，也易与重晶石混淆鉴别，但重晶石呈柱状劈理，不溶解于水，也不溶解于冷的或热的盐酸内，并且比重大。

蒸发岩类中有某些钾盐和钠盐，可以用定量化学分析方法加以鉴别。

钻井过程中，硬石膏与某种钻井液接触后会迅速变成石膏，同时体积胀大，并从岩屑中易发现大量带有孔洞的硬石膏。

样品试验时的注意之点

前面已提到，样品处理者可能碰到各种情况，会引导到错误的结论，有时候即使有经验的工作者，也在所难免。本节的目的，是提出下列注意之点，以防止错误的出现：

1. 钻井过程中经常要使用水泥：如下套管固井时，为了防止泥浆在高渗透层中大量漏失，要用水泥封堵，以及在落物事故井中，进行打捞或磨碎落物等操作时，因此经常有水泥块混在砂样内。水泥块很像白垩质的石灰岩，在盐酸中的反应与石灰岩相同，很多录井工作者会一时判断错误，因此必须将钻井记录，根据上述操作加以校正。水泥的粉末撒在黑色的镜片上时，是均匀的分布的；而石灰岩的粉末，很难做到这一点。

2. 钻井用的泥浆中有许多添加剂，如粘土、氧化铁、重晶石、膨润石以及其他矿物。当砂样未经洗净时，干固后的泥浆如同地层内的物质一样，有时候井壁本身有造浆作用，因此在冲洗的砂样内，也会带有少量外来物质；赤铁矿有时使砂样染成红色。因此，录井工作者要根据钻井时所使用的泥浆材料进行校正。

3. 在钻井过程中碰到泥浆大量漏失时，要使用各种堵漏剂，在冲洗砂样时不会全部冲掉，有时候误认为岩石内的矿物组成，如玻璃纸片会误认为透明石膏或白云母。用火柴点燃时，玻璃纸是容易燃烧的。

4. 钻具上的机油也能污染砂样，轻质的机油很难与地层内的原油相区别。最好将砂样劈开，外来的油膜仅仅能污染砂样的表面，原油在砂样的内部可以看到。

5. 石灰岩和白云岩的石华表面，有时很像黑色的油膜，与在裂缝层面中出现的原油很难区别。用火柴燃点时，就可将它们加以区别。

6. 井眼上部的塌陷和带出井口的岩屑重新被循环带入井内，是显微镜工作者所碰到

的最困難的問題。前面已提到過上部塌陷物質所帶來的麻煩；另一方面，砂樣鑑定工作者對於這個問題過於敏感，也帶來同樣的危險，使得造成這樣一種傾向：凡是剖面圖上部所描述過的砂樣，都認為是上部塌陷的地層，這樣也不對。最好在懷疑時，將岩層與上部的懷疑層剖面直接進行對比，這樣，在文字描述中不易看出的差別，在砂樣直接比較時，就很容易加以辨認。

7. 砂樣要在比較均勻的光照條件下，進行鏡下放大觀察。

8. 經常檢查鹽酸的濃度，使用的鹽酸必須是稀釋的。

9. 在砂樣錄井工作中，經常碰到有砂樣缺失的井段（小到几呎，大到几百呎），因為錄井工作者的習慣是每隔一定的間隔（例如 10 呎）進行一次取樣並加以描述，並在砂樣口袋上直接記下未加校正的深度，有時候砂樣缺失的井段未加注意，繪到記錄剖面上時，其位置就偏在上部，當上墨以後，就造成嚴重的錯誤，因此，在描述和繪制剖面草圖時，必須核對每包砂樣的深度。

10. 當砂樣出現岩性上的改變時，要立即進行樣品試驗，並與上面所試驗過的樣品逐段對照。當剛鑽開一個新層的頂部時，新岩樣的數量是很少的，再觀察上一個樣品，然後確定主要地層單元的頂部位置；以後的几包砂樣，就可以很清楚的幫助確定上一個砂樣的鑑定結果。有些顯微鏡工作者同時使用几架顯微鏡，可以預先看出岩性的依次變化，這是很好的經驗。

11. 很好的應用電測曲線、鑽時曲線和其他資料。只顧砂樣分析，而不參考這些資料是不對的。相反的，應當用這些資料來補充砂樣鑑定的不足。砂樣的剖面建立，尽可能的要依靠從砂樣得來的資料，不要直接從曲線上來得到解釋資料。

現場砂樣的各種試驗方法

1. 硬度 對岩層的硬度試驗，一般用鋼針、銅針或刀片做工具，將岩層碎片夾在顯微鏡台上，對光以後，用鋼針在所要試驗的顆粒上輕輕擦試，如在鋼針尖端出現鋼屑而未留下擦痕，則其硬度大於 6 度或接近 6 度，石英、長石和其他硅酸鹽類岩石，屬於這種硬度的範圍；如果礦物的硬度略小於 6 度，礦物僅留下擦痕，而未見到鋼屑。下一步即用黃銅針做試驗，當岩石未留下擦痕，其硬度為 3~4 度；如黃銅針使礦物留下擦痕，則改用指甲試驗。指甲硬度約為 2½ 度，石膏容易被指甲刻劃，而硬石膏則不能。仔細的使用這些簡易的方法，可以比較正確的判斷硬度在 1~6 度之間的礦物。

2. 溶解度 前面已提到用稀鹽酸可以簡單的鑑別石灰岩和白云岩。當氣泡停止以後，可以將殘留物在清水中漂洗，置於吸水紙上，放到低倍顯微鏡下觀察，某些鹽類可以被水所溶解，重晶石的細小顆粒與硬石膏很相似，但放在鹽酸內煮沸時，硬石膏慢慢溶解，而重晶石則不溶解。用氯化鋇溶液滴定時，如溶液內有硫酸鹽類（石膏），即產生很濃的白色沉澱。

3. 燃燒 在砂岩和頁岩內常夾有瀝青、硬石膏和煤等碎屑。用鑷子將這類固體碳氫化合物或固體碳化物置於火焰上，然後移開聞其氣味，碳氫化合物和煤氣味有很大差別。煤燃燒後成為粉末狀的灰，碳氫化合物燃燒成黑色塊狀或海綿狀物體。

4. 含油試驗 1) 如果現場有螢光燈設備，對岩石中的可疑油迹進行螢光鑑定是最簡便可靠的方法。如樣品是干的，看不出有油迹，則將樣品浸在四氯化碳溶液中數分鐘，

再进行螢光試驗。某些岩石矿物，对紫外光也可以产生螢光显示，但必須根据螢光反映的顏色不同来加以区别。2) 用丙酮和蒸餾水作試剂，可以仔細的試驗出溶解的碳氢化合物。将可疑的含油样品破碎成火柴头大小，吹去粉末状小块，置于試管中，倒入丙酮約半管，搖盪数分钟。过滤并倒入另一洁淨試管，加入数滴蒸餾水，加以搖盪直到混合为止。如有碳氢化合物存在，即使是极微量的，溶液也会呈乳状液；乳油程度愈深，表示含油量愈高。如乳油程度极微，难以用肉眼識別时，可在这两根試管的后面衬上一张暗黑色的紙，可以将另一盛有丙酮的試管互相对比。3) 四氯化碳是鑒別岩样含油性的常用試剂。将可疑的含油样品置于表玻璃內，加入足够的四氯化碳溶液，用玻璃棍以攪动帮助其溶解（禁止用火柴棍）。如溶液出現棕黄色，即証明含油；如顏色不明显，可待四氯化碳揮发完毕后，将表玻璃置于显微镜下观察，如玻璃上残余带色的圈圈，表示为含油；如有油膜，表示明显含油；如有微小油珠存在，表示含油性更显著。

对于一些不渗透的石灰岩和白云岩，溶剂不能深入岩石内部以溶解油质，可将岩石样品搗碎后盛于清洁碟子內，注入稀盐酸。当作用停止后，在显微镜下观察残酸液，如岩石中有一定的含油量，则在酸液表面聚有一层油膜。

5. 特殊試驗 1) 用两小块偏光塑料胶体，一块置于普通低倍双目显微镜下的光綫进入处，另一块置于目鏡与岩石薄片之間，代替岩石偏光显微镜，用以进行岩石薄片鑒定。2) 将砂岩搗碎后，用磁铁可将其中所含的磁铁矿全部吸附取出，将其余岩样加热。冷却后，其中赤铁矿暂时获得磁性，趁这时用磁铁又可将其中所含赤铁矿全部吸附取出。

6. 簡易的染色試驗 有几种簡易的染色試驗，用来鑒別几种主要的粘土矿物，如伊利石、蒙脫石和高岭石。

1) 用粉紅色的联苯胺化盐酸 (Benzidine hydrochloride) 作为試剂，对高岭石染色时，顏色不变；对膨潤土和伊利石染色时，顏色变为蓝色。当粘土內含有一些杂质，如石膏等，对試驗結果会有一定影响。

2) 用25毫升硝基苯与0.1克紫罗蓝色结晶，配成一种鮮紫色溶液，将粘土放在浓盐酸內煮30分钟以上，用蒸餾水漂洗，再在清水中放置2~3倍時間，然后在105°C温度下进行干燥，滴入上述溶液。高岭石吸收后呈現紫色，伊利石轉变为深綠色。蒙脫石开始呈現綠色，后轉变为草綠色或桔黄色。

資料的記錄

砂样的描述

砂样的描述必須有一定的格式，描述时先写下岩石的名称，然后按照一定的順序描述其不同岩性，以便于不同的岩石单元进行对比。

例如：

砂岩——0.1毫米，稜角状，致密，含云母，浅黄色；

砂岩——0.5~0.9毫米，圓粒状，脆性，含海綠石，紅色；

石灰岩——0.5毫米，鲕状，含泥质，紧密，深灰色；

白云岩——0.2毫米，菱形，含砂(0.1毫米)棕色；

頁岩——棕紅色，易裂，含鈣，含云母；

頁岩——深灰色，大塊狀，粉砂質，含黑雲母，含黃鐵礦。

根據顯微鏡下的觀察進行描述。

繪制解釋剖面圖

對於如何繪制剖面，有些不同的做法。有人將鑑定砂樣和作圖同時進行；有人鑑定砂樣時先作筆記，然後再繪圖。每種方法各有其好處，如先作觀察描述筆記，可以多打幾分記錄，然後根據記錄繪制剖面。

從顯微鏡觀察工作者來講，最好是邊觀察、邊作剖面圖。對砂樣顏色的描述，不必花太多的時間。將岩樣在剖面上直接摩擦幾下就可以顯出顏色，相似岩性的細微變化從剖面上不易區別，而只能從文字描述上看出來。在顯微鏡工作者面前，最好將這口井已經進行過錄井描述的部分放在前面，會對下部井段的鑑定帶來莫大的好處，特別在砂樣中發現有上部塌陷的岩層時，只要一看上部的剖面圖，就可以知道塌陷的位置。

前面已經講過，在條帶狀的剖面上描述岩性格式，因為條帶的寬度只有3吋，所以描述時尽可能用縮寫字母，在本章後面附有一張簡寫字母表，繪制剖面圖時，可以用標準的黑綫符號，也可以上彩色。黑白剖面圖的唯一好處，是可以進行照像復制。彩色剖面比較清楚，比較形象化，也容易繪制，目前已在石油工業內普遍推廣，雖然各公司用的圖例各不相同。

各種不同的顏色符號，各有專門的含義。本章內所採用的圖例其原理是簡單明了的，並適用於表示各種混合岩性。例如，所有碳酸鹽類地層都用天藍色；岩性特別致密的石灰岩或白雲岩，在同樣的顏色上加深藍色斜綫；所有粗粒碎屑岩類地層的基本顏色為鮮黃色，所有蒸發岩類（非碳酸鹽類）用黑綫條表示；頁岩（泥岩）用岩石的實際顏色表示；粉砂岩和雜砂岩用岩石的自然色和鮮黃色間互斜綫表示。

主要岩層內的微小結構，用從右到左45度的斜綫和表示其岩性的顏色表示。例如某種砂質和鈣質頁岩就用黃色和藍色的條帶繪在頁岩的本色上。

伴生礦物，例如雲母和黃鐵礦等，用各該礦物的符號表示，符號用黑色墨水寫上。

當石灰岩具有不常見的顏色時，如紅色、淺紅色或桔黃色等，則在藍色的基本色上加岩石本色的斜條（斜條自左上方到右下方）。斜條帶上彩色，而不用黑綫條划邊綫，以免與岩石的微小組成的符號混淆，如紅色石灰岩與紅色泥質石灰岩。斑點狀石灰岩用顏色點子表示；斑塊狀石灰岩，用顏色斑塊表示。

白雲岩的符號是深藍色的從右到左的斜條，其背景的顏色為淺藍色，或用岩石的顏色表示。對蒸發岩也用同樣方法，在相應的帶色背景上，用黑綫符號表示。

顏色的應用

在過去的15年內，作者試驗用大量的顏色鉛筆、蠟筆和其他各種色彩，繪制地質圖件和剖面。為了增加色相，試驗加入各種添加劑。

有兩種類型的顏色鉛筆，一種是蠟質的或防水的，另一種是不能拭去的或溶解於水的。應當用不能拭去的一類。

當不同的顏色要混合成為中間色時，第一種顏色要上的淺一些，以便再上第二種顏色，在混合色中往往先用到的圖上的顏色是主要的，例如，先上藍色，後上紅色，結果成為

青紫色；先上紅，后上藍，結果成为紅紫色。

显微鏡工作者应对各种顏色的混合色进行試驗，能很快的在紙上配出表面的顏色；在有了配色的經驗之后，繪剖面图就可以节省時間。上面所提到的常用的9种顏色鉛笔，加上2~3种硬度的鉛笔，就可以在剖面图上配成各种所需要的顏色。

繪图的模板

用賽璐珞片制成的繪图模板，如图1-1所示，模板根据繪制者的需要自行刻制，先在賽璐珞片上划出綫条，用刀片刻划，略加弯曲，即沿刻綫破裂，其破开边缘再用砂紙輕輕磨光，将长条的剖面图紙嵌入到賽璐珞模板中。如前面的图1-1，放在繪图桌的适当位置，再用压尺紧紧压住，使繪图时剖面紙不会移动。

在模板上部的斜口子是为用鉛笔或墨水填繪岩石的微細結構。同时通过这个斜口填顏色，其下的梯状开口处是为繪制粒度剖面。

再下面一个方形的窗口，用来填繪均匀厚层的岩性顏色，如灰色頁岩，虽然，伴生矿物的墨水綫条經常是徒手繪的，但在模板上仍应整齐繪出綫条。

在长条剖面图上填繪岩石微細結構的斜口子切过40呎厚度的剖面，45度斜綫便于复制，不需用量角器。

粒度图

在剖面中表示碎屑岩类和碳酸盐类的平均顆粒大小的称为粒度图。分为粗粒、中粒、細粒或最細粒等四級。在上色岩性剖面图的右側有四条互相平行的鉛笔綫，每綫間距为1/30吋，最靠近剖面的間距代表最細粒級，离剖面最远的間距代表粗粒級。砂样鑑定后，就用灰色的鉛笔填繪，从剖面的边部开始描述，在工作开始前先用鋼尺将四条粒度基綫繪好。当有些井段不需填繪粒度图时，就将基綫擦去。利用繪图模板依次填繪粒度图，不需要用另外的尺子，所作出的粒度图如图1-5A所示。

剖面的描述

前面已經提到剖面描述时的次序，书写时用黑色防水墨水，任何类型的鋼笔都可用，一般希望用硬而細的笔尖。为了便于清楚的識別，岩石的名称和簡写必須用正楷，而岩性的描述用斜体。这样在单行中描述两个以上岩性时就比較清楚。

細鋼笔上所用的墨水要比較稀，用蒸餾水調配，并滴入一些阿摩尼亚水。擦拭鋼笔时用一块潮湿的海綿，比用布对笔尖的损伤少。

孔隙率

岩石孔隙率的估計数，繪在条带状剖面图的最右边。图例有各种式样，有用点子、圓圈和不規則的图形等，作者采用自右边向左的距离表示孔隙率的大小。先用鉛笔繪成互相平行的綫，即表示孔隙率数值的基綫，然后如同粒度图那样，用鉛笔填繪（见图1-5A）。

取心井段

油井內的取心井段十分重要，取心时所得到的砂样往往不如正規的岩屑，在取心井段

仍用岩層的资料填繪剖面是不可靠的，应当直接用岩心填繪剖面更好一些。

在带色的柱状剖面图的左側，用黑綫描繪出取心井段的位置（图1-5A）。

套管位置

当井內已下入套管后，在套管鞋以上的井段內，不可能再产生地层的塌陷現象，岩層直接从套管鞋以下取得，由于这个原因，套管鞋的位置必須在图上表示（如图1-5B），在套管鞋位置处注明套管的直径。

图 头

条带状的剖面图（或打字记录），要写上有关这口油井的固定数据，下面是一个完整图头的提綱：

- 井位：州、乡、鎮和分区
- 钻井公司和油矿
- 构造名称
- 海拔高度
- 井深
- 钻井类型：旋轉钻或頓钻等
- 开钻及完钻日期
- 日产量（油和氣）
- 开采层位

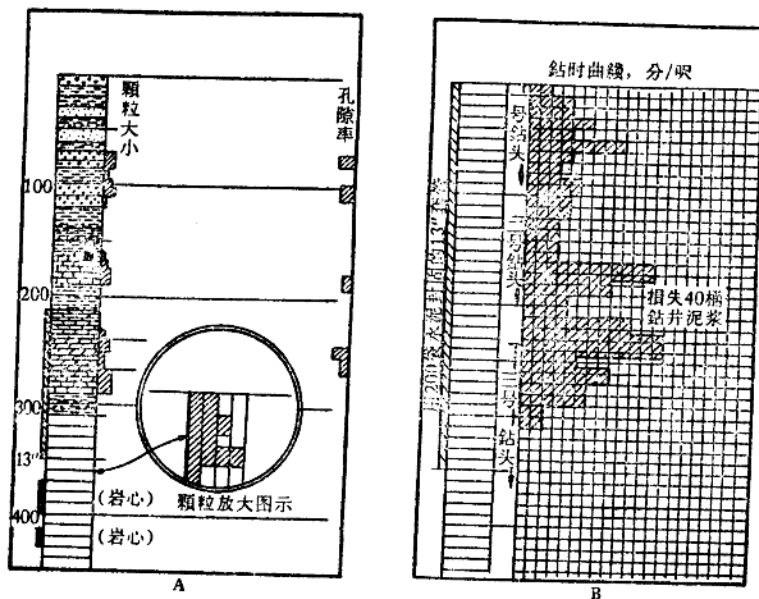


图 1-5

A—岩性剖面图，其上有图头、粒度图、孔隙率图（右边部），取心和套管位置在剖面的左边；

B—钻时剖面用分/呎表示，同时有钻头记录、套管鞋位置和泥浆漏失位置等