

目 录

第一章 钻井地质	1
第一节 地质录井	3
第二节 完井阶段的地质工作与油井完成	36
第三节 井身剖面的建立与油气水层的综合解释	39
第四节 钻井地质录井资料的综合整理	47
第五节 钻井地质设计	56
第二章 试油、气地质	66
第一节 试油地质	66
* 第二节 中途测试	96
第三节 试气地质	105
第三章 采油地质	129
第一节 采油资料的录取	129
第二节 油、水井地质管理	137
第三节 年度采油计划和配产配注方案的编制	153
* 第四节 井下技术作业地质管理	157
第四章 油气田地层对比	163
第一节 油气田地层对比依据	163
第二节 地层对比	172
第三节 碎屑岩油层对比	180
第四节 油层特性研究	192
* 第五节 碳酸盐岩油层对比与裂缝性渗透层的研究	202
第五章 油气储层研究	211
第一节 储层的类型及分布特征	211
第二节 储层非均质性研究	215
第三节 储层的孔隙性和渗透性	218
第四节 储层孔隙结构特征的研究	226
第六章 油气田地下构造研究	239
第一节 断层研究	240
* 第二节 同生构造研究	252
第三节 油气田地质剖面图的编制	258
第四节 油气田地下构造图的编制	264
第七章 油田水	273
第一节 地下水的存在形式及分类	273
第二节 油田水特性	278

第三节	油田水的形成及分类	286
第四节	油田水的垂直分带及平面上的变化	293
第八章	油气储层的压力与温度	300
第一节	油气储层压力	300
第二节	油气储层的温度	329
第九章	储量计算	335
第一节	储量计算的意义及工业油气流标准	335
第二节	储量的分类及分级	336
第三节	石油储量计算	341
第四节	天然气储量计算	369
附录 I	钻井地质生产实习指导书	382
附录 II	采油地质实习指导书	404
主要参考书	423

第一章 钻井地质

钻井地质是指在钻井时，从事调查和收集井下有关地质资料，研究和认识井下地层、构造、油气水分布及油层物性等的地质工作。其主要内容有：作出钻井地质设计及地质预告并配合工程上做好钻井设计；各项地质录井资料的收集；配合测井人员进行油、气、水层的解释；收集与地质有关的工程资料；完井后综合分析研究各项录井资料，绘制完井地质图件，编写完井地质总结报告及试油意见书。所以钻井地质工作是油、气田勘探工作的重要组成部分，是继地面地质调查和地球物理勘探进一步指出含油、气的有利地区及有利构造之后必不可少的一项工作。

地质录井就是在钻井过程中，应用专用的设备和一定的工作方法，取全取准直接和间接反映地下地质情况的各项资料数据的工作。

一口井的录井工作质量不仅直接影响到能否迅速搞清本井地下地层、构造及含油气情况，而且关系到对整个“圈闭”地质情况的认识，含油、气远景的评价和油气田开发方案的设计等重要问题。因此，钻井地质录井工作在整个油、气田勘探与开发过程中是很重要的，必须认真、过细地做好这项工作。

为了搞好录井工作，在开钻（或录井）前必须做好以下准备：

一、认真消化本井的地质设计书，明确该井的地质任务和要求

井队地质负责人收到地质设计书后，必须首先了解井位情况，明确该井的地质任务、钻探目的、录井要求、完井原则和完井方法，然后收集地层、构造、油、气、水等有关资料和图幅。在消化资料的基础上，编制地层预告图，如图 1-1，并负责向井队全体人员交底。

在地质值班房内除必须备有地质设计书、地层预告图、邻井柱状剖面图、过井横剖面图、构造图外，还应备有岩谱、色谱、排量换算表，钻具容积换算表，捞样时间换算盘，荧光含量比较样板等。

二、收集与录井有关的工程数据

与录井资料有关的工程数据包括：补心高度，泥浆池容积，表层套管数据等，这些都必须在钻前（或二次开钻前）收集好。

(1) 补心高度 转盘面至地面的距离叫补心高度。转盘面就是补心面。实际丈量补心高度是在井架和钻机安装完毕后，从转盘补心顶面用钢卷尺自然下垂丈量到井架底座的底面的长度，如图 1-2。

补心高度是全部录井资料中第一个基本数据。钻井剖面的深度，电测的深度，下套管、油管的深度，射孔的深度等均以补心面作为计算深度的起点。

(2) 泥浆池容积 要丈量好泥浆池的长、宽、高，求出单位高度的容积（米³/厘米）。最好立有深度标尺，以便在发生井漏或井涌时容易计算。

(3) 表层套管数据 表层套管是油层套管和采油树固定的基础。有关表层套管的主要数据有：直径、总长、下入深度，联入或套入。

$$\text{套管总长} = \text{套管串长度} + \text{套管鞋长度}$$

表层套管下入深度，即表层套管鞋深，它经常是电测时校正电缆的尺度。

套管鞋深度 = 套管总长度 + 联入

联入是联顶节方人的简称，转盘面以下的联顶节长度就是联入。在现场丈量联入的方法，是在下套管之前丈量联顶节长度，固井时再丈量转盘面以上出露部分的长度，二者相减得出联入。

有时没有准备联顶节，这时就把最后一根套管座落在井口转盘上，固井后再用气焊割去一段。最后一根套管在转盘面以上部分的长度称为“套余”，如图 1-3。

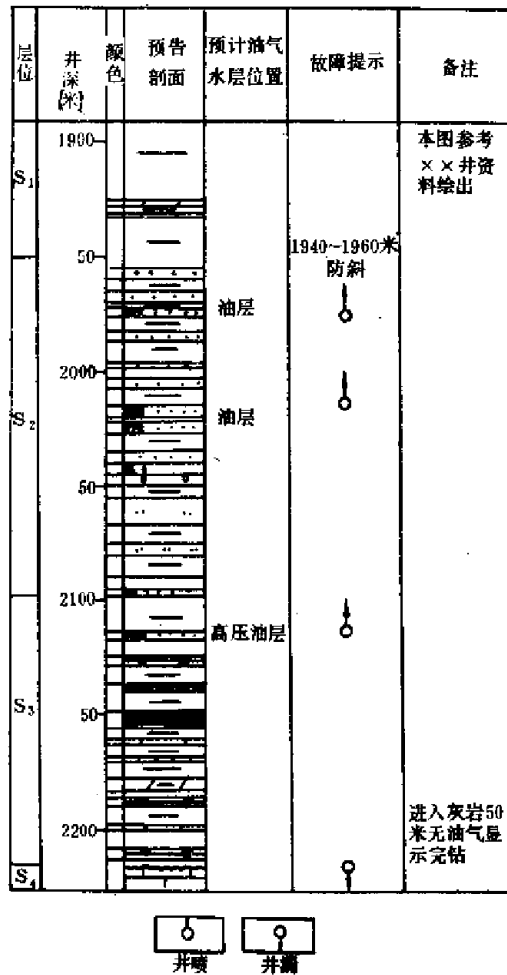


图 1-1 X 井地质预告图

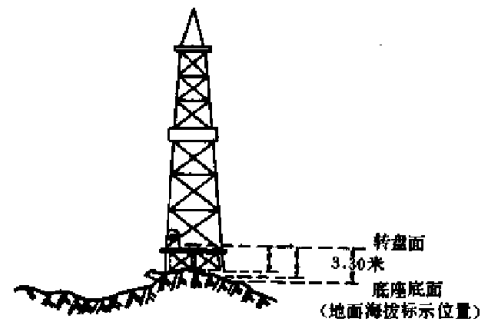


图 1-2 补心高的丈量

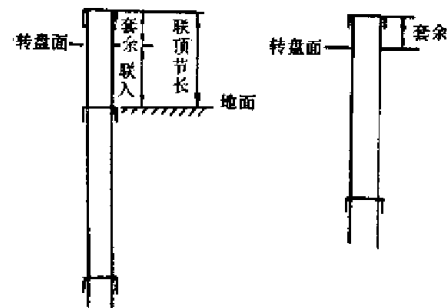


图 1-3 套余与联入

三、其它准备工作

(1) 检查方钻杆刻度 在方钻杆吊上钻台之前，应检查方钻杆的整米记号是否清楚准确。如果不清楚或改用新方钻杆时，应在方钻杆一个面上每隔一米用扁铲打印一个记号，如 1、2、3……（表示 1 米，2 米，3 米……），用来丈量方人和计算井深。

(2) 安装梯形水门 梯形水门应安装在第一个沉砂池后面 5~6 米处，如果距离井口太近，岩屑沉淀不好，泥浆流动不稳定，影响流量测量的准确性；如距井口太远，又不易及时

掌握排量变化。

(3) 检查架空槽坡度和泥浆振动筛 如果有气测录井项目时，架空槽坡度要求在 $1^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 之内。坡度小，岩屑在槽上沉积太厚；坡度大，影响脱气器内泥浆脱气。检查振动筛安装是否平稳，筛布是否完好。

(4) 检查记录钻时装置 如果采用简易半自动记录钻时装置，安装好后，要检查设备的灵活性和准确性。用方入校正即可，误差不能超过 0.1 米。

(5) 用品、用具 检查照明条件是否充分；准备泥浆槽取样档板，取样锹、盆，晒(烘)样台(箱)，岩心盒，粒度管、放大镜，双目立体显微镜，荧光灯，油、气、水取样瓶，滤纸，荧光对比系列，盐酸，氯仿，试管等；以及简易水分析的各种用品，接心铁皮盒，岩心劈刀，各种标签及有关文具，制图纸张、工具等。

第一节 地质录井

一、钻时录井

所谓钻时录井，就是用钻穿单位厚度岩层所需要的时间来判断井下岩层性质的工作。一般把钻头每钻进一米，地层所需的纯钻进时间称为钻时，通常以“分/米”表示。钻时录井就是要收集与整理不同深度的钻时资料，并编绘成曲线，用于判断岩性、划分渗透层段以及地层对比。

(一) 钻时录井的原则和关键

1. 钻时录井的原则要求 一般根据不同的井别和不同勘探程度的地质要求，决定录井井段和间距。在新探区第一口井(参数井或预探井)，从井口到井底均需记录钻时值，非目的层每 2~5 米一个钻时点；目的层每一米一个钻时点(碳酸盐岩地层是 0.5~1 米一个钻时点)。评价井要求目的层以上一百米开始录井，录井间距同预探井目的层段的要求。在复杂地区(如断块油田等)开发井，在原则上也要按一般评价井的要求进行录井。

2. 钻时录井的关键 在钻时录井时，地质人员首先要掌握井深。由此，正确计算井深，准确丈量方入是个关键。所谓方入，是指方钻杆进入补心面以下的长度。它与井深的关系用下式表达：

$$a = c + b$$

式中 a ——井深，米；

b ——到底方入，米；

c ——钻具总长，米。

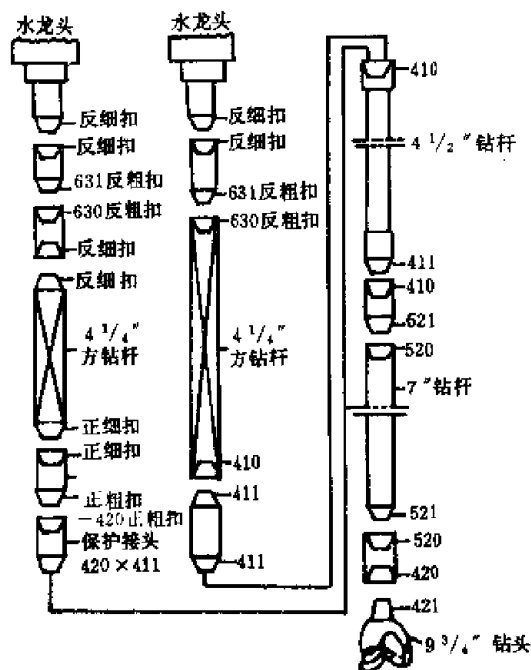


图 1-4 钻具组合示意图

(1-1)

钻具是钻头、钻铤、钻杆和各种接头的总称（图 1-4），钻具总长是钻具组合的累计长度。由于钻具是各个部分组合衔接起来下井的，所以不暴露在外表的部分都不计入钻具长度以内，如图 1-5 所示。

现场为便于记录，一般将方入分为以下二种：

到底方入：指钻头到达井底时的方入（图 1-6）。如果接单根，还需计算接完单根后的新到底方入。

整米方入：指钻时录井时要记录井深为整米数时的方入。

现举例说明各种方入的计算方法。

例 1：已知井深 501 米，钻具总长为 495.12 米，求划眼后的到底方入？

依 (1-1) 式移项，得：

$$b = a - c \quad (1-2)$$

将已知值代入，得：

$$b = 501 - 495.12 = 5.88 \text{ 米}$$

即当划眼后方入为 5.88 米开始打钻时，才能继续记钻时。

例 2：已知井下钻具总长为 495.12 米，方钻杆打完长度为 12.75 米，接入新单根长为 9.03 米，求接单根后的到底方入？

打完方钻杆时井深 = $495.12 + 12.75 = 507.87$ 米

接单根后钻具总长 = 原钻具总长 + 新单根长
 $= 495.12 + 9.03 = 504.15$ 米

到底方入 = $507.87 - 504.15 = 3.72$ 米

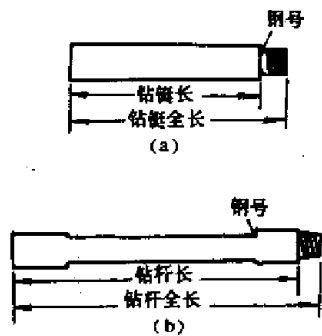


图 1-5 钻杆、钻铤长度图

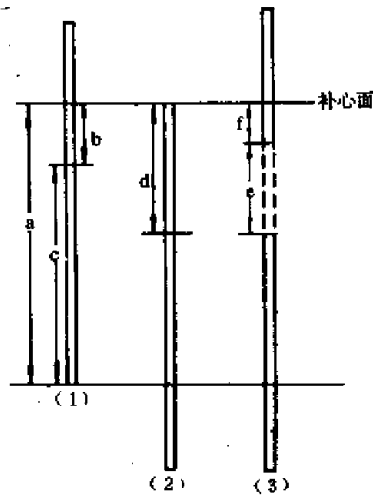


图 1-6 方入表示图

(1) 一井深为 a 时到底方入为 b ，钻具总长为 c ；

(2) 方钻杆打完，方钻杆长度为 d ；

(3) 接新单根后的新到底方入为 f ，新单根长度为 e

到底方入还可用方钻杆打完长度减去新接单根长度求得，两种方法可以互相校核。如例 2，到底方入 = $12.75 - 9.03 = 3.72$ 米。

例 3: 已知井深为 499.5 米, 井下钻具总长为 495.12 米, 设计井深 500 米开始录井, 求开始记录钻时的整米方入及方钻杆 (长 12.75 米) 打完后接入新单根 (长 9.03 米) 时的下一整米方入?

$$\begin{aligned}\text{开始录井时整米方入} &= \text{整米井深} - \text{钻具总长} \\ &= 500 - 495.12 = 4.88 \text{ 米}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{接单根时的井深} &= \text{井下钻具总长} + \text{方钻杆打完长} \\ &= 495.12 + 12.75 = 507.87 \text{ 米}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{接单根后钻具总长} &= \text{原钻具总长} + \text{单根长} \\ &= 495.12 + 9.03 = 504.15 \text{ 米}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{接单根后下一整米方入} &= \text{下一整米井深} - \text{钻具总长} \\ &= 508 - 504.15 = 3.85 \text{ 米}\end{aligned}$$

接单根后下一整米方入, 还可应用接单根后的到底方入加上接单根前的井深至下一整米的余数, 即:

$$\text{接单根后的到底方入} = 12.75 - 9.03 = 3.72 \text{ 米}$$

$$\text{接单根后的整米方入} = 3.72 + (1 - 0.87) = 3.85 \text{ 米}$$

为了使方入、井深准确, 现场必须建立严格的钻具管理制度, 要有完善而准确的钻具记录卡和钻具卡片, 详细记录替换钻具和倒换钻具的情况, 做到长度、编号、钢印三对口, 地质、气测、工程三对口。

在准确计算井深及到底方入、整米方入的基础上, 进行钻时记录。如例题 3, 由方入 4.88 米到 5.88 米所用的时间, 即为井深 500 米到 501 米的钻进时间, 即钻时, 单位为分/米。如果在方入 4.88 米到 5.88 米之间, 有起下钻或维修设备而中止钻进一段时间 (简称中停), 则应扣去此一段时间才为纯钻进时间。生产现场常是按一定的格式进行记录和计算 (参看《钻井地质实习指导书》)。

(二) 记录钻时的方法

目前现场记录钻时有自动方法和人工方法。自动记录是附在气测车上或自动综合录井仪上, 可以从那里得到钻时资料。但是目前大多数还是采用人工方法记录。人工方法有两种: 一种是米尺划线法, 即在方钻杆上整米划线, 记录相邻两线进入钻盘面的时间, 二者之差为钻时, 此种方法很落后, 日趋淘汰; 另一种方法是目前普遍采用的固定标尺法或者叫半自动记录钻时法。虽然此种方法尚未定型, 但各种不同的装置其原理均大同小异。如图 1-7 就是其中一种。它是从井架二层平台向值班室引两条钢丝绳, 一为死绳, 其一端与二层平台井架固定, 另一端与值班室地板固定; 另一根为活绳, 与死绳平行, 依靠深度标记附在死绳上 (图 1-8), 可沿死绳上下移动。活绳的一端通过井架二层平台上的滑轮, 拴在水龙头上; 另一端固定在值班室的死绳端。活绳比死绳长十几米, 稍长于方钻杆长度。活绳上每隔一米作一标记。由于活绳一端拴在水龙头上, 故正常钻进中, 当方钻杆不断向下移动时, 便带动水龙头及活绳向下移动, 值班室的深度记号也相应地向上移动, 即可记录钻时。

当接单根或起钻时, 水龙头上提, 深度记号因自重沿死绳下滑而回到记录室。此外, 在记录室紧贴死绳立一标尺, 其长度为 1 米, 刻度至厘米, 以便记钻时时, 标出整米方入用。或者如图 1-9 所示, 死绳上端固定在天车附近, 下端固定在记录台旁; 活绳一端固定在水龙头上, 另一端不固定, 但需视方钻杆长度采用 12~14 个链条片, 按一米一个间距固定在活绳上, 又以钢环套在死绳上, 可以上下滑动。链条片自下而上分别写上 0, 1, 2, ……

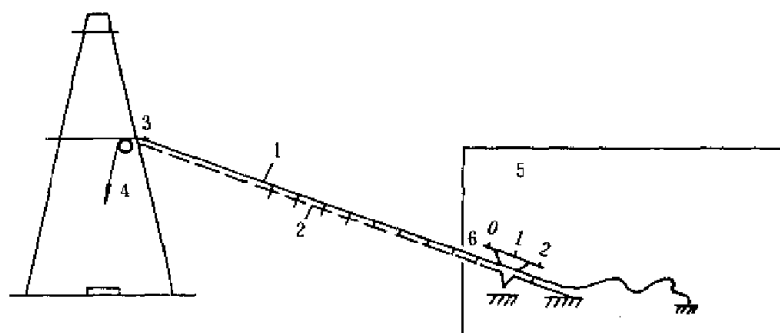


图 1-7 记录钻时装置 (一)

1—活绳；2—死绳；3—定滑轮；4—接水龙头；5—值班室；6—标尺

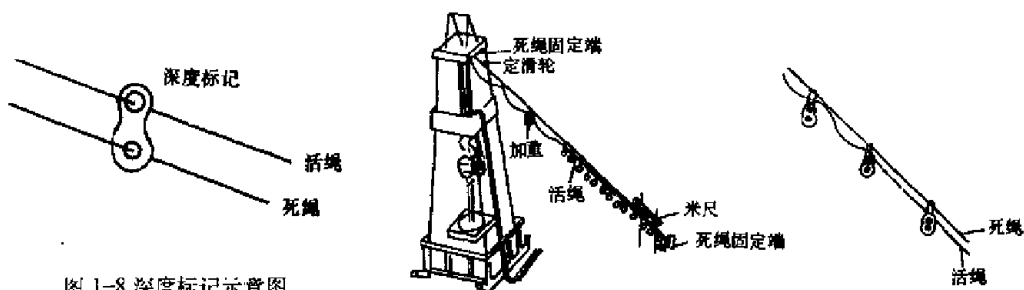


图 1-8 深度标记示意图

图 1-9 记录钻时装置 (二)

14. 当分别处于米尺下端“0”位时，方人正好为 0, 1, 2, ……米。

另一种装置如图 1-10，其特点是不需要死绳，增加两个定滑轮和一套滚筒。滚筒周长一般一米左右，当钻具随方钻杆提升或下放十多米时，滚筒大约也旋转十多转，这是滚筒上重锤只不过升降 1~2 米。

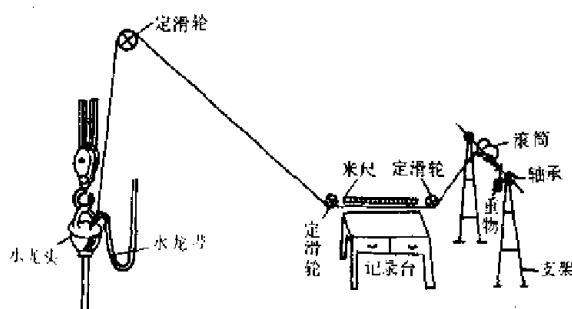


图 1-10 记录钻时装置 (三)

(三) 影响钻时的因素及钻时录井应观察的现象

1. 影响钻时的因素 一般说来，钻时的大小取决于岩石的可钻性，不同岩层的软硬程度不同，抵抗钻头破碎的能力也不同，致密坚硬的岩石，钻进慢，钻时很大；相反，疏松渗透性的砂层、成岩作用差的表层砂土、生物碎屑灰岩及煤层等钻进快，钻时小。因此，钻时录井资料在一定程度上可以反映所钻地层的岩性，并可划分地层及指出渗透层的位置。特别是对碳酸盐岩类地层及裂缝性的油气藏，钻时录井尤为重要。

岩性是影响钻时的主要因素，但不是唯一因素，其它如钻井技术措施、钻井液的性能及钻井方式等，均对钻时有一定的影响。

(1) 钻井技术措施的影响 钻井技术措施指钻压、转速、排量。一般说来钻井措施适当则进尺快，反之，则进尺慢。比如，钻压超过岩石的抗压强度的临界值时，钻速随钻压成直线增长，但钻压过大，刮刀钻头刀片吃入过深，旋转扭矩增大，就会整断刀片，扭断钻杆；若是牙轮钻头时，压坏牙轮轴，使牙轮脱落或破碎，造成井下事故甚至把井打斜。转速，在一定范围内，钻速随 \sqrt{n} （ n 代表转速）值增大而增大，但超过350~400转/分钟，钻速增长就不够明显了。这是由于转速过高，牙轮接触岩石的时间过短所造成的。同时，转速越高，消耗功率越大，旋转扭应力也越大；钻头轴承及牙轮磨损也厉害，会引起钻具折断，钻头早期磨损。排量，在通常的情况下，排量越大，破坏岩石效率高。过高则相反。目前一般采用小排量，低转速，高钻头水马力提高钻速较快。

(2) 钻井液的影响 一般相对密度小、粘度小的钻井液，比相对密度大，粘度高的钻井液钻时小。因为相对密度小，井底静液柱压力低，有利于破坏井底地层岩石；粘度小，流动阻力小，钻速高。另外，钻井液中，固相含量每降低1%，钻头进尺可提高27%，钻速可提高10%。

(3) 钻头类型和使用情况的影响 不同类型钻头破碎岩石方式不同，钻时的大小也有差异。刮刀钻头钻软地层时钻时小，钻硬地层则钻时大；用牙轮钻头钻脆硬地层时钻时小，钻软塑地层时钻时反而较大。新钻头进尺快。钻头使用中期进尺最快，钻时相应要小。

(4) 钻井方式和司钻技术的影响 涡轮钻比转盘钻钻速快，高压喷射最快。司钻送钻均匀，钻时就能反映岩性变化；否则，就忽高忽低，另外，影响钻时的因素还有很多，如泥包钻头、牙轮卡死、断刮刀片，掉牙轮，钻具刺漏，方补心卡方钻杆等。

尽管影响钻时的因素甚多，但是只要认真工作，仔细收集和分析影响钻时的各种因素，在一般情况下，钻时录井可以作为一项反映地下岩性变化的参考资料。尤其是未获得电测资料时，钻时资料就更为重要。

2. 钻时录井应观察的现象 钻时录井除记录钻时和分析上述影响因素外，还应收集放空、跳钻、蹩钻等资料。

(1) 放空 所谓放空是指“没有时间”的进尺。即当钻到地下大的溶洞或裂缝破碎带时，钻时极快甚至有钻具下落、指重表悬重增加的现象称为放空。发生放空时，应详细记录放空起止井深，放空数据，放空前后及放空过程中的经历和有无油气显示，有无漏失情况等。

(2) 跳钻、蹩钻 当钻至软硬不同的薄互层时，以及钻到岩石中特殊的含有物和结构时（如含有铁锰质结核、燧石结核及其它大砾石等），在钻进中往往出现跳、蹩钻等不平稳现象。有时钻至裂缝发育井段，也发生跳、蹩钻，应将发生这些现象的井深及情况如实记录下来。

(四) 钻时曲线的绘制与应用

1. 钻时曲线的绘制方法 绘制钻时曲线时，以纵坐标代表井深，横坐标代表钻时，将每个钻时点按纵、横比例尺点在图上，连接各点即成钻时曲线（图1-11）。纵比例尺一般采用1:500，以便与标准电测曲线对比和岩屑归位。横比例尺通常采用1厘米代表10或20分钟。

为了便于解释，在曲线旁边还应有符号或文字，将接单根、起下钻换钻头、划眼、跳钻、蹩钻、溜钻、卡钻、磨钻、取心等标在相应的深度上。

2. 钻时曲线的应用 钻时曲线主要用于岩性解释、岩屑归位；进行地层对比。

(1) 判断岩性 在钻进中，当其它条件不变时，钻时变化反映了新岩层的出现，可以定性判断岩性。特别是有时因井漏或泥浆性能不好而捞取不到岩屑，用钻时曲线可以推断漏取岩屑井段的岩性。在取心收获率低时，利用钻时曲线和岩屑，可以推断未取上岩心井段的岩性。

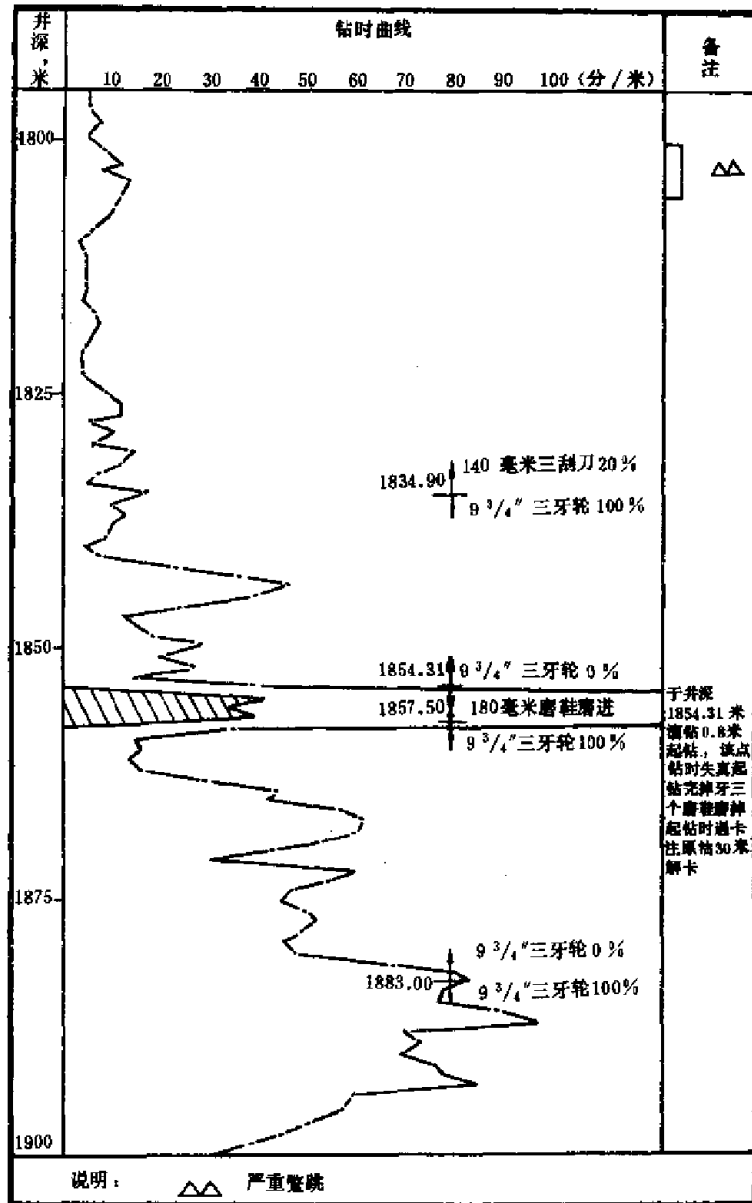


图 1-11 钻时曲线

(2) 用于岩屑的初步定层归位 岩层顶界因为新成分的出现和岩屑百分比的变化较明显，所以较易卡准；而岩层底界往往在岩屑百分比变化中显示不清，而钻时的变化常常有显

示。在岩屑混杂代表性不好的井段或薄层交互的井段，钻时的变化往往可以提示在岩屑中寻找新成分。

(3) 确定井下渗透层段 在砂泥岩剖面的地区，由于油、气层常是疏松的砂岩层，钻时较低，所以利用钻时可以卡分砂岩井段。一般钻时越低，砂层越疏松，渗透性亦越好。对碳酸盐岩剖面来说，钻时变化是发现缝缝洞洞最及时的一项录井资料，与其它录井资料配合，可以帮助判断是否钻遇缝缝洞洞及其发育程度，从而确定井下渗透层段。

(4) 结合岩屑可以分层对比 钻时曲线与岩屑资料相配合，可以及时提供所钻地层的岩性、深度和厚度，从而可以建立地下地层剖面。尤其是在无电测资料或尚未电测的井段，钻时曲线常常是地层划分和对比的依据。

另外，钻时录井还可以协助工程上进行时效分析和选择钻头及采用合理的钻井措施，以便提高钻井速度。

二、岩心录井

在钻井过程中，应用专门的取心工具如（图 1-12）和（图 1-13），将地下的岩层切割成圆柱状取出地面，这种取出地面的地下岩石称为岩心。对取出的岩心进行整理编录、描述、归位、对比研究和采样化验等工作叫岩心录井。

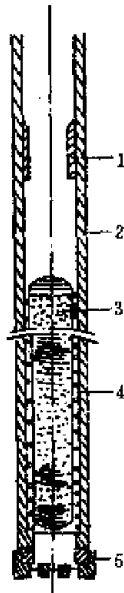


图 1-12 单筒式取心钻具结构示意图

1—接头；2—岩心筒，3—岩心；

4—卡心的石子；5—钻头

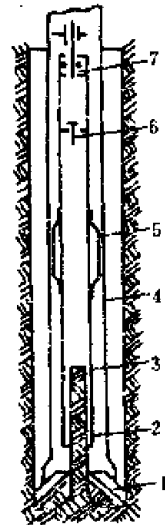


图 1-13 双筒式取心工具结构示意图

1—取心钻头；2—岩心抓；3—内岩心筒，

4—外岩心筒；5—扶正器；6—回压凡尔；7—悬挂轴承

岩心是了解地下地层岩性、构造、油层物理性质、含油气情况方面最直观、最可靠、内容最丰富的资料。它是对油田进行地质研究、储量计算和开发设计的基本依据之一。但是由于取心工艺复杂，速度慢，成本高，因此在一般情况下，都是代以其它录井方法。岩心录井只用于关键井的关键井段上，如油层、断层、地层分界、特殊岩性段等。

（一）确定取心井段的原则及取心目的

1. 在区域勘探过程中参数井的主要任务是了解勘探地区的地层层序、岩性、厚度以及生油条件，生、储、盖层组合情况，并为物探解释提供参数。因此，为取得生、储油层岩性资

料，参数井应间断进行取心。取心进尺不少于总进尺的3%。预探井主要目的是在一个圈闭上侦察含油、气情况，要求在可能的油气层段及有油气显示的层段取心。取心进尺不得少于钻井进尺总和的1%。取出的岩心数量要满足计算“控制储量”所需的各项物性分析的需要。

2.在油田详探中“评价井”主要任务是落实地质储量。为提供计算“探明储量”参数，评价井中应有一定数量井在油层部位全部取心，以便了解油层厚度和含油情况，取得油层物性参数和“四性”（即岩性、物性、电性、含油性）关系等开发基础数据。取心井数不少于评价井数的三分之一。

3.为了了解地层的特殊岩性、接触关系和标准层，适当地取心加以验证。

4.根据特殊的地质任务，拟定相应的取心井段和取心方法。如：为了解油水过渡带的厚度，油水分布规律及控制油、水分布因素，在油水过渡带取心；注水开发的油田，为观察油层水洗特征，油层非均质性与水洗程度，在注水检查井中油层井段取心；为求得油层原始含油饱和度，用油基泥浆取心及密闭取心；为了解断层破碎带厚度、岩性特征，断层对油层的影响及其封隔程度，在断层处取心等。

5.区域勘探井经常在完钻时井底取心，以确定完钻井底地层。

（二）取心时的地质工作

1.卡好取心层位及取心深度 根据地质设计提出的取心层位及预计深度，认真进行钻时、岩屑录井，加强地层对比。在接近预计取心层位时进行对比电测，以保证卡准取心层位。做到既不钻过取心层位，又防止在目的层以上过多的占用取心进尺（一般不得超过10米）。

在地层变化大，不易卡准取心层时，经有关业务部门研究同意，可揭开日的层顶部后取心，但揭开厚度不得超过2米。要求地质上加强观察，见到钻时明显变化及时通知司钻停钻循环泥浆，待岩屑随泥浆返出井口观察后再定。这样钻钻停停直到见到油砂后，确定取心为止。

2.严格钻具管理精心选择割心位置 每次下钻取心前，应配合工程上计算好钻具、方入，一般到底方入要求在一米以上，方余要大于取心内筒长度1米以上或大于预计该次取心的进尺数1米以上。

每次取心进尺数应小于取心内筒长度1米以上，若井下有余心，余心长加进尺数应小于取心内筒长度1米以上。

每次下钻到底，必须校对方入。目的是校核计算结果，判断井底有无余心。若发现有出入，应立即查明原因，并采取相应措施。严禁原因不明，盲目打钻。连续取心数次后进行扩眼时，要严格掌握好方入，扩眼不能超过原取心底界深度。

合理选择割心位置，对提高岩心收获率是行之有效的措施。一般选择在泥岩或泥质粉砂岩这类相对致密的井段割心，若取心正处在厚层砂质岩当中，可选择相对钻时较大的部位进行割心。在确定割心位置的基础上，算准割心方入。为此，每次取心，地质人员必须根据附近钻井录井资料，作出每筒岩心的地层预告，卡准割心层位。

3.配合工程上进行每次取心的分析 要准确地记录每次取心的钻压、转数、排量和钻时的变化，割心方法和显示情况，起下钻退阻情况等，以供分析研究。

（三）岩心整理和编录

1.岩心出筒 当起钻完，盖好井口后，首先丈量岩心筒底空，接着卸掉分水接头丈量顶空。丈量顶底空的目的是为了更确切地了解岩心在井下的深度与层位，便于在恢复岩心剖面

时判断岩心所处深度。另一方面，根据底空也可以提供有无余心的资料。岩心出筒必须有专人指挥，专人负责出心，防止将岩心位置倒乱。并注意观察油气显示，记录冒油、气的情况，及内筒流出泥浆的含油、气情况。

2.岩心丈量 岩心出筒后，按出筒顺序依次排列，用清水洗净（含油岩心不能用水洗，只须刮去或擦去泥饼及污物）。对好茬口划线一次丈量，标出半米及整米记号，如图 1-14 所示，丈量时要读至厘米，并要去掉假岩心（如上部掉块或泥饼）。根据丈量结果，计算岩心收获率。

$$\text{岩心收获率} = \frac{\text{实际取心长度, 米}}{\text{钻进取心进尺, 米}} \times 100\%$$



图 1-14 岩心丈量示意图

3.岩心的选样 岩心取出后，重要的工作之一是选取作为分析化验与鉴定之用的样品。因为岩心是最可靠的第一性资料，它在岩性鉴定、古生物（包括微体化石）的鉴定、物性与含油性的分析等方面，均有重要意义。所以，应积极配合有关部门（如实验室采样人员或科研人员）做好样品的采集工作。某些分析项目，还贵在及时。例如，含油性分析，由于岩心中的轻质组分在岩心出筒后将迅速挥发，含水部分将会随着水分的蒸发而在岩心表面结上“盐霜”。因此，在分析时必然会产生误差。所以，应在岩心出筒后，立即取样。如因某种原因不能及时取样，还应把岩心表面用石蜡暂时封住，以减少挥发，而后在短时间内进行补取。

具体的选样要求与选样方法，参看实习指导书。

4.岩心的编录 将选样后留存的岩心，自上而下，从左到右，依次放入岩心盒内进行编号。编号的密度，原则上每 20 厘米一个，岩心磨损严重者应加密。在每块岩心柱上涂以 2 × 3 厘米的长方形白漆，待漆干后，用绘图墨汁按“ $5\frac{10}{15}$ ”格式进行编号。“5”代表取心次数，“15”代表该次取心的总块数，“10”代表本块的所编号数。对破碎岩心（如泥页岩、石膏）、易潮解的岩心（如盐岩）及疏松的砂岩，要用塑料袋装好，再进行编号。

每次取心均用隔板挡上，以便区别。隔板上贴上岩心标签，标签内容有：构造名称、井号、取心起止深度、岩心层位、取心次数及岩心块数，格式如下：

岩 心 标 签

构造名称	齐 40 块
井 号	齐 45 井
井 深, 米	950~960.50
层 位	E _{SL}
取心编号	$5\frac{1}{15} \sim 5\frac{15}{15}$

对装岩心的岩心盒，也要依次编号。格式如图 1-15。

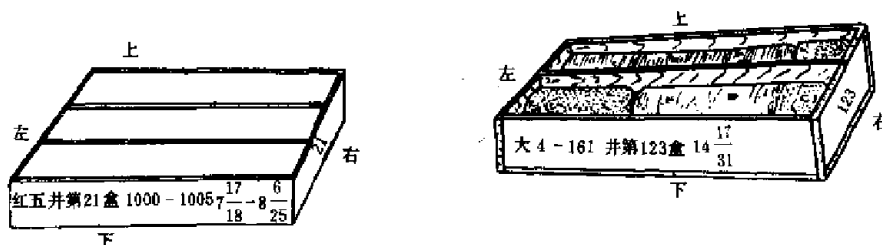


图 1-15 岩心盒编号

以上岩心的整理、编录，现场上一般要求在岩心出筒后三小时内完成。

(四) 岩心描述

现场要求岩心描述在岩心整理后十小时内完成。岩心描述步骤如下：

1. 描述前的准备工作 检查岩心顺序是否正确。通常可根据以下几种特征来判断。

(1) 根据岩心顶底面的形状特征，如顶部常具“和尚头”，底部常有岩心抓的痕迹；

(2) 根据岩心断面及磨面特征判断；

(3) 根据岩性、条带、结核、团块、特殊含有物、层理类型，以及岩心柱表面的刻痕等判断。

检查了岩心顺序正确无误之后，还要检查岩心编号、长度及岩心卡片上的数据。将泥质粉砂岩以上粒级的所有岩心沿同一轴面劈开，泥岩也应适当的劈开，以便对新鲜面进行全面的观察，使描述的结果更符合实际。

2. 岩心描述分段原则 凡岩心长度在 10 厘米以上，颜色、成分、结构、构造、含油、气及灰质等情况有变化者均分段描述。同一岩性冲刷面或切割面、两筒岩心接触处严重磨损面上不足 10 厘米的特殊岩性和油砂，也需分段描述。对一般砂泥岩、盐岩薄互层可分层定名，分段描述，小于 0.05 米的不同岩性可作条带或薄层处理，不一定分出来。

在分段的基础上，描述时英厘量分段的长度，并与累积长度进行核对。对岩心磨损面及破碎情况也应予以表示。通常以“w”表示磨损面，以“△”，“△△”，“△△△”分别表示岩心的破碎程度为“轻微”，“中等”与“严重”。

3. 岩心描述 总的原则是描述要真实，实事求是，能看到什么或能鉴定出什么就描什么，对特殊沉积现象和构造现象、缝缝洞洞分布状况、罕见的化石等，均要素描或照相。

具体的描述内容，与野外地面露头的描述相似，所不同的是增加含油性的描述。关于各类岩石的岩性定名，它们的结构、构造的详细分类和描述，在《沉积岩石学》和《普通岩石学》中都已讲述；在本课程的实习指导书中，还要提及。这里，仅对含油岩心的观察与试验，非碎屑岩储集层缝缝洞洞的统计，野外或矿场对碳酸盐岩定名的简易试验、进行介绍。

(1) 含油岩心的观察 对岩心含油性的观察，首先要确定含油产状。所谓含油产状，一般指油在岩石内纵向、横向上的变化。观察含油产状时，须将岩心劈开，在未被泥浆侵入的新鲜面上观察岩心的含油情况与岩石的结构、构造的关系。描述时可用斑点状、斑块状、条带状、不均匀块状、沿微细层理面均匀、充满等词语表达。其次，对含油饱满程度的描述，一般可分三级：

含油饱满：颗粒间孔隙被原油充满达到饱和状态。岩心呈棕褐色或黑褐色，新鲜面上油

汪汪的，出筒时原油外渗、染手、油脂感强。

含油较饱满：颗粒孔隙被原油均匀充填，但未达到饱满状态，颗粒颜色稍浅，新鲜面上原油均匀分布，没有外渗现象，捻碎后可染手，油脂感较强；

含油不饱满：颗粒孔隙的一部分或不同程度地被原油充填，未达饱和状态，颜色呈浅棕褐色或浅棕色，新鲜面上发干或具含水迹象，油脂感弱。

(2) 含油岩心的试验 为进一步判断油、水层，须作各项含油试验。

a. 氯仿（或四氯化碳）沉降试验：依据不互溶的液态物质界面具有表面张力的原理，取定量含油岩样（1克）研成粉末，放入试管内加入5毫升氯仿溶剂，摇匀静置一段时间，然后观察管内发生的变化。若油砂含水，由于表面张力，就会使水聚集并粘着一定量的砂粒，聚集程度与含水量成正比。因此，根据试管内所呈现的不同状态可定性地了解岩石的含油情况。

分散状：岩样砂粒很快地散开沉下，原油迅速地溶解在氯仿中，成为均匀分散状，通常是油层特征；

絮状：砂粒不能迅速散开，石油在氯仿中溶解速度较慢，或呈棉絮状或烟雾状，通常是氧化稠油或油水同层的特征；

凝集状：砂粒缓慢散开或部分散开，原油在氯仿中溶解缓慢，呈凝集状，通常是油水同层或含油水层的特征；

凝块状：砂粒不散开，呈凝块状，为含油水层。

b. 丙酮试验：将岩样粉碎，放入试管中，加入两倍于岩样体积的丙酮，摇匀后加入与丙酮体积等量的蒸馏水。若含油，则溶液混浊，若无油则保持透明。

c. 红滤纸试验：根据滤纸吸水较强，红色会被水冲淡的原理，将红滤纸夹于剖开的岩心中，八小时后观察，退色程度及退色面积愈大，则反映含水量愈多。

d. 滴水试验：先将岩心劈开，看新鲜面上含油部分是否发灰（含水时呈灰色），及有无水外渗。然后，进行滴水试验，用滴瓶取一滴水，滴在含油岩心的新鲜面上，观察水的渗入速度和停止渗入后所呈现的状态，如图1-16所示，一般分为五级。

一级：滴水立即渗入；

二级：滴水10分钟渗入，水滴呈波纹状；

三级：滴水10分钟，水滴呈透镜状，浸润角小于60度；

四级：滴水10分钟，水滴呈馒头状（半圆），浸润角60~90度；

五级：滴水10分钟内，形状不变，呈珠状或卵形，浸润角大于90度。

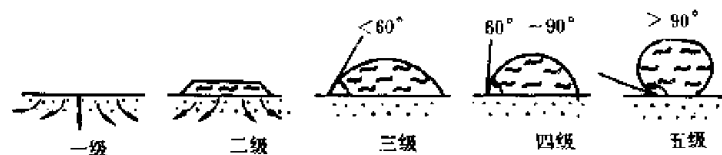


图1-16 滴水试验

因为油和水是互不溶解的，所以，含油岩心中含水多时滴水试验结果为一、二级，即具渗透性；含油多时，为三、四级，最好为五级，即微渗、缓渗或不渗。

综合上述情况，进行含油性定级（表1-1）。

表 1-1 含油级别的划分和描述内容

定名	含油面积占岩石总面积百分比	含油饱满程度	颜色	油脂感	味	滴水试验
饱含油 (油砂)	>95	含油饱满, 均匀, 颗粒之间充满原油, 颗粒表面被原油糊满, 局部可见不含油的斑块、团块和条带等	棕、棕褐、深棕、深褐、黑褐色, 看不到岩石本色	油脂感强可染手	原油芳香味浓, 刺鼻	呈圆珠状, 不渗人
含油	70~95	含油较饱满, 较均匀, 含有较多的不含油的斑块、条带	棕、浅棕、黄棕色, 不含油部分见岩石本色	油脂感较强, 手捻后可染色	原油芳香味较浓	呈圆珠状不渗人
油浸	40~70	含油不饱满, 油浸呈条带状、斑块状, 不均匀分布	浅棕、黄灰、棕灰色, 含油部分不见岩石本色	油脂感弱, 一般不染手	原油芳香味淡	含油部分滴水呈馒头状
油斑	5~40	含油不饱满, 不均匀, 多呈斑块、条带状含油	多呈岩石本色, 以灰色为主	无油脂感不染手	原油味很淡	含油部分滴水呈馒头状或缓渗
油迹	<5	含油极不均匀, 肉眼难以发现含油显示, 用有机溶剂溶解后, 可见棕黄、黄色	为岩石本色	无油脂感不染手	能嗅到原油味	滴水缓渗或渗人
荧光	无法估计	荧光系列对比在 7 级以上	为岩石本色或微带黄色	无油脂感不染手	一般闻不到, 个别有原油味	渗人或呈馒头状

(3) 非碎屑岩储集层缝缝洞洞统计 对非碎屑岩储集层, 除基本岩性、含油性描述外, 要进行缝缝洞洞的描述和统计。内容有缝洞分布面积、大小规模、缝面特征、填充情况(充填程度, 填充物的性质和结晶状况)、缝与洞、缝与缝的相互关系以及缝洞与岩石性质、结构、构造之间的关系, 与含油、气之间的关系, 并在此基础上, 进行有依据的成因推断。对缝洞发育程度要有数量统计。

$$\text{裂缝面密度} = \frac{\text{分段岩心表面积上裂缝长度的总和}}{\text{分段岩心表面积}}, \text{厘米} / \text{厘米}^2$$

对开启缝进行裂缝率计算:

$$\text{裂缝率} = \frac{\text{分段岩心表面积上开启缝面积总和}}{\text{分段岩心表面积}} \times 100\%$$

目前现场多用裂缝线密度统计, 统计时, 必须对好断口, 划好中心线, 只能选择一个统计的面统计。根据裂缝发育程度, 产状, 充填情况分段统计。分段不宜太细, 每段可以是一块岩心或几块岩心(之间不得有磨光面)。

$$\text{裂缝线密度} = \frac{\text{裂缝条数}}{\text{分段岩心长度}}, \text{条} / \text{米}$$

$$\text{开启程度} = \frac{\text{张开缝条数}}{\text{裂缝总条数}} \times 100\%$$

对洞洞的统计:

$$\text{洞洞面密度} = \frac{\text{分段岩心表面积上洞洞总数}}{\text{分段岩心表面积}}, \text{个/厘米}^2$$

$$\text{孔洞率} = \frac{\text{分段岩心表面积上孔洞面积总和}}{\text{分段岩心表面积}} \times 100\%$$

$$\text{洞洞连通程度} = \frac{\text{连通洞洞个数}}{\text{洞洞总数}} \times 100\%$$

目前, 现场多用洞洞密度统计:

$$\text{洞洞密度} = \frac{\text{洞洞个数}}{\text{岩心分段长度}}, \text{个/米}$$

在含油特征的描述上, 非碎屑岩储集层含油级别划分为以下四级:

含油: 张性缝洞发育, 50%以上缝洞都含油, 且较饱满;

油斑: 含油缝洞占 10~50%, 且不饱满, 在裂缝面上有不含油的斑块;

油迹: 含油缝洞在 10%以下, 在裂缝面上呈斑块分布。

荧光: 仅在紫外光照射下有含油荧光显示, 看不到油迹。

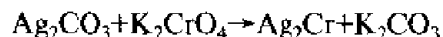
(4) 碳酸盐岩简易分析 碳酸盐岩地层在现场难以定名, 有时需要辅以简易分析, 才能得到较正确的结果。这里介绍几种简易分析方法。

三氯化铁染色法: 用 10%浓度的 FeCl_3 作试液, 将所试岩样放入试杯中, 加入数滴 FeCl_3 , (以能浸润岩屑为原则) 搅拌样品, 作用半分钟左右后, 用水冲洗干净, 进行观察。如为石灰岩, 则变为浅黄褐色, 且接触试液后放出气泡; 若为白云岩则不着色, 不起泡。淡黄褐色为 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 颜色, 若岩石本身与此色相近时, 染色不明显, 不易区分, 则用下法进一步分析。

硫化铵染色法: 将三氯化铁作用后的岩屑冲洗后, 加入 10%浓度的 $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ 溶液, 作用几秒钟, 石灰岩被染成黑色, 白云岩不变色。此法只能适用于浅色岩石。

硝酸银和铬酸钾染色法: 用 10%浓度的硝酸银及 20%浓度 K_2CrO_4 作试液, 将试样放入试杯中, 加入能以浸湿样品的 AgNO_3 , 作用半分钟左右, 用清水冲洗 2~3 次, 立即滴入 2~3 滴的 K_2CrO_4 进行观察, 石灰岩染色为红色, 白云岩则不染色。

原理: $2\text{CaCO}_3 + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3 + 2\text{CaNO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$



红色为 Ag_2CrO_4 颜色。染色结果明显, 为较好的一种方法。

用上述染色法鉴定石灰岩及白云岩效果良好。但白云质石灰岩或石灰质白云岩就较难区别, 只有用染色的着色程度互相对照比较而定。白云质灰岩染色不如灰岩深, 而含灰质白云岩则微具染色。

应该指出, 作染色法试验时, 最重要的是试液与试样的作用时间, 时间过长, 过短都会使染色结果受到影响。应该很好的掌握作用时间, 同时作到所有试验作用时间的统一。所用试液浓度必须统一, 冲洗用水必须洁净, 才能得到正确的结果。

在碳酸盐岩地层中, 一般含有不同程度的石膏质。当肉眼不易鉴别石膏时, 可采用氯化钡鉴定法。其方法是: 把试样捣碎成粉末, 置于烧杯中, 加入盐酸, 加热溶解, 然后倒出杯