

石油地质勘探技术培训教材

油层评价技术方法和发展

李德生 讲授

勘探培训中心教材编写组审校

石油工业部勘探培训中心

一九八二年一月



00283762

前

为了提高广大石油地质技术干部的业务水平,石油工业部地质勘探司组织了“教材编写组”,负责编写出版《石油地质勘探技术培训教材》。

随着科学技术的发展,在石油地质勘探技术领域内,存在着补充和更新有关科学知识的问题。本教材就是针对上述问题而编写的。它可作为现场地质技术干部的培训课本,对于从事石油地质勘探的教学、科研人员,也具有一定的参考价值。

本教材共六册。第一册包括油区岩相古地理、构造地质及石油地质学进展;第二册为地震勘探原理及资料解释;第三册为地球物理测井方法原理及测井地层分析与油气评价;第四册为试油工艺技术;第五册为石油地质实验新技术;第六册为油层评价。教材内容的选择,力求展示新理论、新方法及新工艺,并从基本原理和基本方法入手,照顾学科的系统性,着重于阐述该学科研究发展的近况和前景,以提供读者用新的概念和手段开展油气勘探工作。与其他教材相比,本教材更注重于现场的地质应用,希望能解决工作中遇到的理论和方法问题。

这套教材曾在石油工业部地质勘探司举办的石油地质勘探进修班试用过,并在广泛征求了各方面意见的基础上,进行了认真的修改和补充。

教材编写组的成员有:郝石生(主编)、胡朝元、李德生、吴崇筠、张恺、张万选、冯石、张一伟、赵激林、陆基孟、钟国森、尚作源、曾文冲、朱恩灵、尚慧云、郭舜玲及陈丽华等。教材编写组的编辑有:袁幼庸、鲁晶、俞天佑、王雪吾、饶钦祖、王汉生同志。吕志强同志清绘了部份插图。李平山同志在组织编辑出版教材方面做了许多工作。

陆邦干、王曰才、王鸿勋等同志对有关教材进行了审校。北京石油勘探开发科学研究院情报室、绘图室协助了教材的誊写及绘图工作。

海洋石油勘探局、华北石油管理局对教材的印刷出版给予了大力支持。华东石油学院、北京石油勘探开发科学研究院、新疆石油管理局、大港油田指挥部、胜利油田会战指挥部、地球物理勘探局、管道局设计院对教材的编写和出版也给予了大力协助,谨致深切的谢意。

由于教材编写组成员分散各地,且都以业余撰写为主;加以时间仓促,水平有限,不足和谬误之处难免,敬请读者批评指正。

书中作者姓名,按编写顺序排列。



石油工业部地质勘探司

1981年8月



200418280

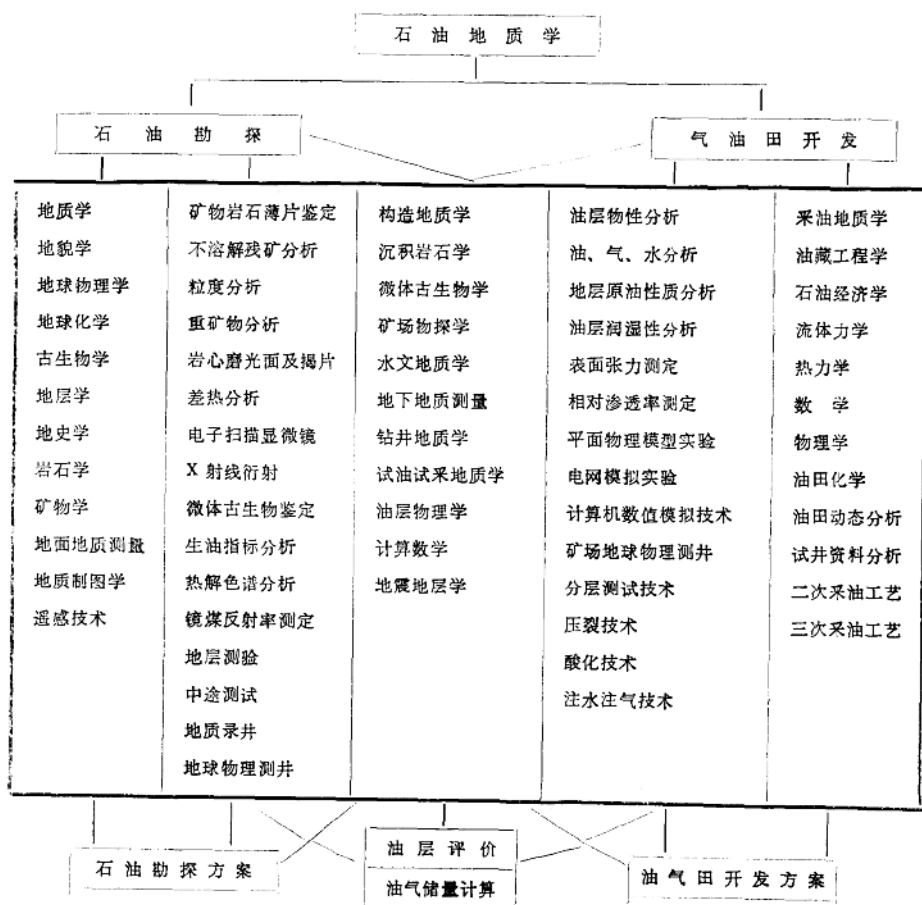
目 录

一、油层评价的任务.....	1
二、油层评价研究.....	2
1. 资料项目.....	2
2. 录井资料.....	2
(1) 泥浆录井资料.....	3
(2) 钻时录井资料.....	3
(3) 岩屑录井资料.....	3
(4) 岩心录井资料.....	3
(5) 分析化验资料.....	5
3. 测井资料.....	10
4. 油层对比与油层研究.....	16
(1) 岩性、储油物性、含油性与电性关系的研究.....	16
(2) 油层对比研究.....	17
(3) 碎屑岩储层的油砂体与沉积相研究.....	19
(4) 碳酸盐岩储层的研究.....	24
三、我国陆上油气田油层评价实例分析.....	29
1. 老君庙油田.....	29
2. 克拉玛依油田.....	31
3. 大庆油田.....	35
4. 胜坨油田.....	37
5. 任丘油田.....	40
四、海上油气田油层评价实例分析.....	43
1. 挪威埃科菲斯克油田.....	43
2. 澳大利亚哈利布特油田.....	46
3. 英国布伦特油田.....	48
五、结束语.....	51
主要参考文献	

一、油层评价的任务

石油地质学是应用地质学的一个分支学科。这是一门在大量实践基础上发展起来的科学，根据石油地质的推论和建议，世界上每年要化费巨大的资金，钻凿几万口探井和开发井。每一口井的前提和结论对石油地质工作都是一次严格的检验。这种实践和认识的过程，一直在向前发展。但是由于地质学所研究的对象，其时间的延续极长（经常以百万年作为单位），岩石的类型和经历的变动很多，范围和体积又很大，不象其他可以进行严格的重复性试验的科学那样，在相同的条件下可以再现。各种专业分支发展得愈多，愈快，石油地质学所面临的综合方法和推理研究日益显示其重要性。

下表是油层评价在石油地质学这门分支学科中的位置和作用：



近年来由于海上油气田的开发需要的投资大成本高，油层评价工作的重要性更加突出。

二、油层评价研究

1. 资料项目

开采石油和天然气与其他矿产不同。固体矿产的开采，通过坑道和工作面，可以直接对矿床的产状和矿质进行观测和采样。油气层深埋在地下，浅的几百米，深的几千米。一切有关油气藏的地质、物理和化学信息，通过一个直径仅几吋的井筒传递到地面。根据这些直接或间接的石油地质信息，我们加以综合分析后，用来认识地下油气藏的各种特点，进行油层评价，并制定开发方案。但是通过地层和仪器传递到地面的各种信息都是零星的，也不是经常的，有时还容易受到干扰。因此我们一方面有加以“综合研究”的必要，另一方面还要“去粗取精，去伪存真”，使我们对地下油气藏的认识尽可能地符合客观规律。使油气田开发获得较好的经济效果。

1960年大庆油田会战初期提出的取全取准二十项资料七十二项数据要求，就是为油层评价研究取得基础性资料（表1）。

表 1 油层评价资料项目表（20项资料72项数据）

资 料 项 目	数 据 内 容
(一) 录井资料	(1)砂样录井 (2)钻时录井 (3)泥浆录井 (4)气测录井
(二) 测井资料	(5)标准电测 (6)横向测井 (7)放射性测井 (8)微电极测井 (9)井径测井 (10)井温测井 (11)井斜测井 (12)井内流体测井
(三) 岩心资料	(13)钻井取心 (14)井壁取心
(四) 储油层岩性	(15)薄片鉴定 (16)粒度分析 (17)碳酸盐含量 (18)岩心含盐量
(五) 地层对比资料	(19)油层总厚度 (20)油层有效厚度 (21)最好油层厚度 (22)最大单层厚度
(六) 含油饱和度	(23)原始含油饱和度 (24)残余油饱和度
(七) 孔隙度	(25)总孔隙度 (26)有效孔隙度
(八) 渗透率	(27)空气渗透率 (28)有效渗透率
(九) 油层温度	(29)油层温度 (30)地温梯度
(十) 地层压力	(31)原始地层压力 (32)静止压力
(十一) 饱和压力	(33)饱和压力
(十二) 流动压力	(34)流动压力
(十三) 井口压力	(35)油管压力 (36)套管压力
(十四) 油气比	(37)油气比
(十五) 原油性质	地层条件下: (38)原油粘度 (39)原始油气比 (40)体积系数 (41)压缩系数 (42)原油比重 地面条件下: (43)原油比重 (44)原油粘度 (45)凝固点 (46)含蜡量 (47)腊熔点 (48)含水率 (49)含砂量 (50)馏份
(十六) 天然气性质	(51)天然气比重 (52)粘度 (53)组份分析
(十七) 地层水性质	(54)矿化度 (55)成分 (56)比重 (57)机械杂质 (58)含铁量
(十八) 产量	(59)产油量 (60)产气量 (61)产水量 (62)注水井吸水量
(十九) 含油面积和油水边界	(63)含油面积 (64)油水边界
(二十) 粘土夹层	(65)粘土性质 (66)夹层厚度 (67)夹层分布范围 (68)有机碳 (69)有机氮 (70)还原系数 (71)沥青含量 (72)沥青性质

2. 录井资料

油层评价方法是用来研究钻开地层的层位、岩性、成份和储集层内所含流体的物理、化学性质和流量。通过录井工作首先确定含油气层的位置和油、气、水的显示，然后进行各种

矿场地球物理测井和定性、定量解释,最后确定油气藏的范围大小,类型和储量。每口井都希望通过各种录井和测井工作提供尽可能多的地下地质资料,不论这口井是产油井或是产水井。特别是探井和资料井,要按照上节的资料项目要求收集所有的证据。并采集和保存岩心、岩屑、井内流体样品供分析研究之用。

(1) 泥浆录井资料

全世界油田钻井经验证明泥浆是保证旋转钻井成功十分重要的一个因素。其主要作用如下: a. 当钻开软地层或多裂缝地层时,井壁经常有垮塌的趋势,泥浆产生的液压可以防止井壁垮塌,在井壁上所产生的泥饼可以防止失水,帮助固结松软的地层。b. 当钻开高压渗透性地层时,加重泥浆可以防止井喷,使油气层顺利投产。c. 钻井过程中经常冷却和清洁钻头,并润滑钻具。d. 泥浆液柱可减轻大钩上对钻杆和套管的重量负荷。e. 对第三系松软地层,从钻头喷出的高压泥浆可以帮助切削井底地层。f. 停钻时泥浆胶状溶液的悬浮力使岩屑不致沉淀在井底造成卡钻。

在泥浆录井过程中要经常注意泥浆中出现的油气显示。在光线反射下,原油在泥浆面常呈现一种暗色的薄膜。在波长为2000埃*以下的紫外光下,微量的油迹呈现出荧光。与已知浓度的油样作比色试验可以适当的定量。钻开含重质原油的油层时,泥浆中就泛出黑色的小点。如钻遇可能的高产层位时,泥浆呈现暗棕色或黑色。这时就要注意刚见显示时的泥浆比重。可据以计算油层的原始压力。当泥浆中出现油气显示时,就要增加捞取砂样的密度,必要时立即进行取岩心。不要等油层钻穿后再决定取心。

泥浆中出现的天然气。都用气测仪进行半连续或连续的测定。并用色谱仪来检定气体的组分。有时甲烷气可在储层以上几百米就出现,但组分中没有乙烷气。二氧化碳可能与甲烷气伴生。也可能在甲烷之前先出现。而乙烷气则往往在更低的层位中出现。红外分析仪可以连续的测定一种烃类组分,经常测定甲烷含量。国外已设计出一种新的回流装置,将泥浆样品用蒸气处理,使100%的C1-C5烃类从泥浆中逸出进行气样分析。

(2) 钻时录井资料

钻进速度的快慢,取决于地下岩层的可钻性,即疏松性软的岩层钻进快,致密坚硬的岩层钻进慢。所以,根据钻时的大小,可以帮助判断岩石的组成、沉积类型、压缩程度,以及其他物理性质的特征。

钻时是用每钻进一米所需的时间来表示,即用分钟/米来表示。由每钻一米的起止时间相减即得。它与工程上所记录的钻速(米/小时)是有区别的。

钻时是岩石性质的定性解释资料,因此在正确的鉴定岩性方面只具有相对的意义。在某一深度每钻进一米需要10分钟时间,解释为砂岩地层。而在另一种情况下,每钻进一米同样需要10分钟时间,又可解释为泥岩地层。每种解释,都根据前面已钻过的进尺所需的相对时间作比较。应用钻时资料解释地质问题时,必须承认其解释的相对价值。

如果在一个均匀地层内钻进,钻头的速度从慢变到快,或从快变到慢,这就表示有一个新岩层被碰到。当钻头在泥岩或砂岩内钻进时,可以较正确地判断地下地层,但当钻头从硬质页岩进入石灰岩时,这时判断就比较困难。

对于碳酸盐岩裂缝性油气藏来说,钻时的变化是发现缝洞最及时的一项录井资料。

* 埃是光的长度单位,可见光的波长范围约在4000-7700埃之间,波长小于4000埃为紫外光。1埃=10⁻⁸厘米。

在钻井过程中，有时发生钻时突然加快，钻具放空的溶洞。可能发生井喷，井涌或井漏现象，要及时作好准备，采取措施，顺利完井。

(3) 岩屑录井资料

顿钻钻井目前只在一些有限的地区（如延长油田和自流井浅气层）使用。顿钻钻井的岩屑一般用凿刀状的钻头将坚硬的岩层切碎，将捞砂筒下入井内，捞出井底的岩屑和泥浆。顿钻钻井时岩样的深度比较正确，因为没有时间滞后的问题，顿钻亦可用加大冲力，减低冲数的方法取得较大块的岩样供分析化验之用。

目前我国各探区和油田大量使用旋转钻机钻井，泥浆从钻杆内泵入，通过钻头上的水眼，从钻杆外面的环形空间返出地面。井底岩石被钻头破碎成小块的岩屑，随着泥浆返出地面，经过采集冲洗装入口袋内以供作肉眼观察和分析化验之用。

岩屑录井资料是钻井地质中最及时、便宜、不可缺少的宝贵资料。

(4) 岩心录井资料（图1）

油层深埋在地下，在勘探阶段，由于资料不太充分，每个石油地质工作者，对地下可能油气藏的认识都是一种抽象，各人认识的抽象未必相同。要了解地下岩层性质，特别是油气层的性质及其分布规律，只凭岩屑、钻时、泥浆等录井资料是不够的，必须取得能直观的，

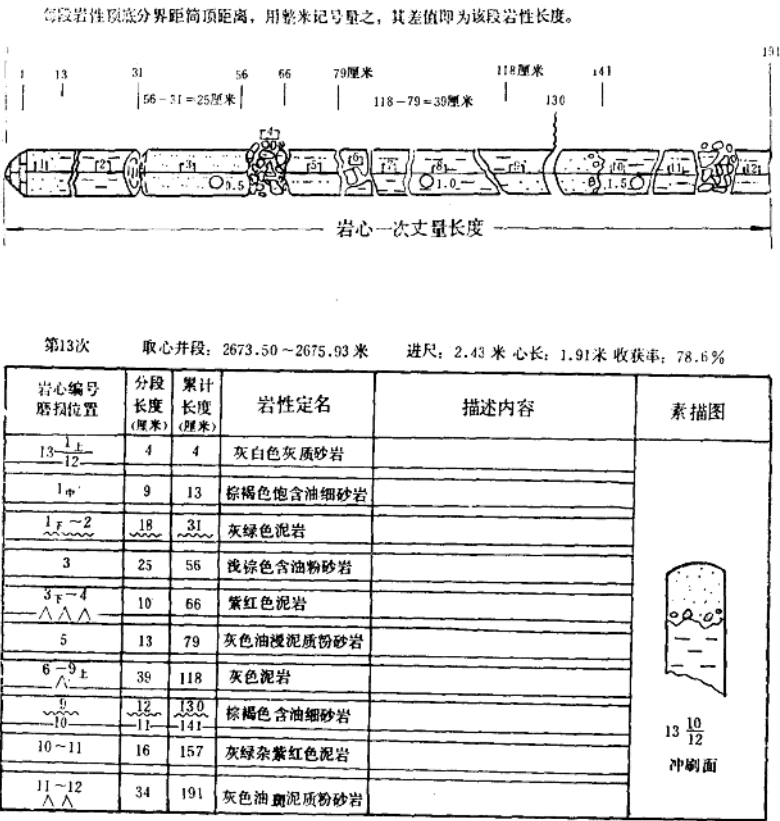


图 1 丈量岩心长度和丈量分段长度示意图和岩心描述格式

可提供作仔细分析化验之用的岩心资料。有了岩心资料,就可以研究地层时代,岩性岩相的变化,储集层的物理性质,化学性质和裂缝发育情况,生油层特征及生油指标,了解地层倾角、接触关系,断点位置等构造情况,最重要的是能直接观察储层的含油产状。

取心的方法有钻井取心和井壁取心两种。洗井液有用水基泥浆也有用油基泥浆的。一般每次钻井取心长度为3—10米。对松软地层可采用长筒取心,1966年胜利油田32104钻井队曾创一次取心102.32米的世界记录。四川地区1980年在自贡气田自深1井5303—5433.3米震旦系地层取心22次,进尺130.3m,岩心长104.25m,收获率80%,创超深井取心记录。

取心时,地质人员必须在场,岩心出筒后,先用鲜色铅笔按岩心出筒次序临时编号,由下而上,从右至左,先内后外依次放入岩心盒内,然后边洗边进行含油、气试验。如岩心含油不能用水冲洗应擦去泥污,观察描述后用玻璃纸包好,以腊密封,供实验室分析化验之用。

油层含油、气、水特征的观察描述。由于含油气性容易变化和逸散,所以当岩心从取心筒内取出后,要立即进行含油、气、水产状的观察描述和试验。

含油产状:明显含油的岩心可将岩心沿其轴线一劈两半,观察新剖开面上含油部份所占的面积比例,计算含油面积百分数和含油饱满程度。将含油产状分为油砂、含油、油浸、油斑等级别。油砂含油面积为75—100%,含油饱满或较饱满,均匀,局部有不含油斑块。含油砂岩的含油面积为50—75%,含油较饱满或不饱满,有不含油斑块。油浸砂岩的含油面积为25—50%,含油多为不饱满,成条带状分布。油斑砂岩的含油面积为10—25%,呈斑块状分布。

要注意的是各油田的原油比重和颜色不同。对原油颜色黑,比重大的储油层(如老君庙油田、大庆油田、胜坨油田、孤岛油田和曙光油田等)比较容易确定其含油产状和级别。而对原油颜色浅、比重轻的储油层(如大港板桥油气田、东濮、文留、卫城、濮城油气田,冷湖油田和珂珂亚油气田等),其含油级别往往定得偏低。有时还需要借助于以下各种现场试验,以确定其是否含油及含油级别:

含气试验——将岩心浸入水下约2毫米,仔细观察有无气泡冒出,记录其处数、部位、连续性、延续时间、声响程度、有无硫化氢味等,并用红色笔圈定。

滴水试验法——在岩心上滴几滴清水,如含油则水在岩样表面呈小球状,不扩散,不渗透;如不含油则易扩散,易渗透。

四氯化碳试验法——将岩样捣细,放入试管中加入约2倍于岩样的四氯化碳溶液,摇晃浸泡十分钟,如含油则溶液变为棕色、棕褐色或黄褐色。如含油极微,溶液仍为原色,可将溶液倾在洁白的纸上,挥发后则残留淡黄、淡绿或棕色痕迹。

丙酮试验法——将岩样捣细,放入试管中,加入约2倍于岩样的丙酮溶液,摇晃均匀后,再加入同体积的蒸馏水,如含油则溶液变为混浊的乳白色。

荧光试验法——将岩样捣细,放入试管中,加入约2倍于岩样的四氯化碳溶液,浸泡24小时左右,拿在荧光灯下与配好的含不同油量的四氯化碳标准溶液对比,确定其是否含油及含油级别。

(5) 分析化验资料(图2)

将岩心沿纵向轴线劈成两半,一半完整保存,另一半认真选样送实验室分析。选样要根据取心目的和要解决的问题而定。一般每米取样1—2个,油气层处和岩性变化大处,适当加密取样。取样长度视分析项目而定,一般每块5—10厘米。选择部位用鲜色笔标定,并用相应

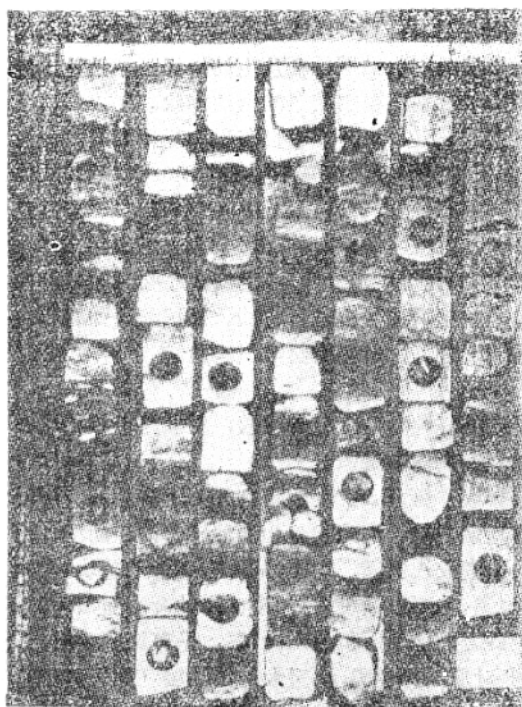
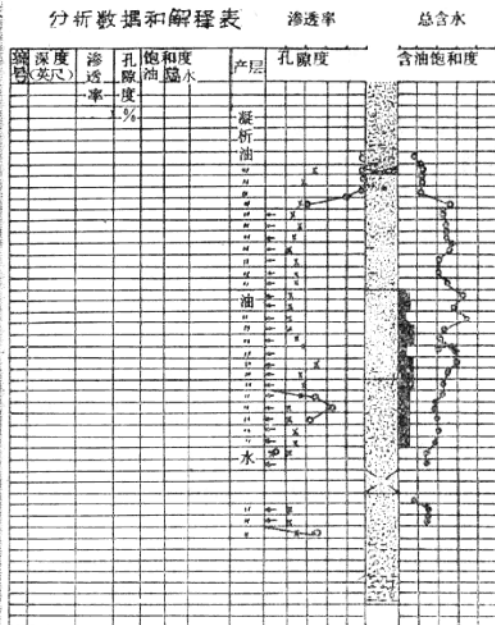


图 2 岩心保管及取样位置图



长度的木块填空标记。每块样品要填写样品分析清单,内容包括井号、序号、样品单块号、层位、井深、要求分析项目等。并附取样层位柱状剖面图,图上标记取样位置。砂岩类作薄片、重矿、筛析、孔隙率、渗透率、残余油饱和率和荧光等分析,碳酸盐岩类作化学、薄片、古生物、生油指标、氯化盐、孔隙率、渗透率、残矿等分析,泥质岩类作生油指标、古生物、孔隙率、差热、X-射线衍射、电子显微镜扫描等分析。

近年来,石油地质试验室的分析化验手段有了很大的提高,因此亦增加了许多新的指标:

a. 化石颜色——在载物片上观察孢子、花粉及藻类遗体的变色情况,随着热成熟度的变化而出现黄、桔、棕、黑及消光等五种等级。

b. 荧光——在载物片上观察有机颗粒随热成熟作用的变化,热成熟作用愈强,则荧光减少。

c. 镜煤反射率——其反射能力随固定碳百分比增大而增加,可将数值换算为固定碳百分比来表示。根据上述指标,可将有机物质的成熟度分为六带:

化石颜色	荧光	镜煤反射率	固定碳%	解 释
黄 色	强	<0.7	<60	可生成天然气
桔 色	中	0.7—0.85	60—65	好的生油层
棕 色	较弱	0.85—1.3	65—73	好的生油层
黑 暗 褐	微弱	1.3—1.95	73—84	可生成湿气和凝析油
黑	无	1.95—2.6	84—95	可生成干气
不可辨形态	无	>3.6	>95	已碳化

d. 储油物性测定仪——测定碎屑岩储集层的孔隙度、渗透率及油水饱和度。(图3,图4)

e. 图象分析仪——测定岩石薄片中有一定反差的各种矿物含量、孔隙面率、颗粒粒径和排列方位。在扫描电镜配合下,测定碳酸盐岩的孔隙、裂缝、溶洞的面孔率。

f. 偏光显微镜——仍是鉴定沉积岩的主要方法和手段。其它如筛析法、揭片法、酸蚀法、染色法、油浸法、轻重矿物分析鉴定法、不溶残余矿物法、一般定量化学分析法等,仍是研究沉积岩不可缺少的传统方法。

g. 荧光显微镜——鉴定薄片中的沥青组分种类、含量和产状及其与岩石孔隙和结构的关系。

h. 水化学分析法——测定水中含有与油气具有成因联系的液态和气态有机物,包括水中溶解的烃类气体,油田水重烃含量0.5%-5%,气田水重烃含量一般为0.05%-0.5%,个别至5%。水中含可溶于氯仿的沥青,含量超过 10^{-3} 毫克/升可作为水中有石油痕迹的指标。水中溶解有机物,如环烷酸、氨基酸($\text{NH}_2\text{R} \cdot \text{COOH}$)、石炭酸(即酚 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)、腐植酸、树脂等。

i. 扫描电子显微镜——适用于碳酸盐岩、碎屑岩和粘土岩的研究,特别对微体化石、超微化石的微细形态、壳饰的研究,颗粒表面特征的研究,岩石的细微结构、晶体形态,微细空隙的研究很有效。发现新的化石,利用微体化石进行地层对比,仍是古生物和地层学的基础,由于扫描电子显微镜的应用,大为增强我们的观察能力,许多灰泥细组份岩石,在高效大倍数的扫描电子显微镜下,发现很多超微化石,甚至完全由超微化石组成。(图5)

扫描电子显微镜加能谱和X光光谱后,既可作岩矿、超微化石和微细孔隙等的形态分析,还可以作全样品或微区的化学成份分析。分析时不破坏样品,同时可作多样分析测定,制备样品简单,分析快速,所有元素都能测,但精度仍不能达到完全定量。



图 5 任9井 (2959米) 任六段古孢子电镜扫描图

j. 原子吸收光谱——用固定波长的元素灯做能源, 当在高温火焰中样品呈原子状态后, 根据其吸收某一元素灯发射出固定波长的电磁波的吸收值而确定元素的种类和含量。用来分析岩层、水、油中元素的含量, 为划分对比地层提供参数, 确定岩石及原油灰分中 V/Ni 比, Sr/Ba 比值, 区分注入水和地层水等。设备简单, 操作方便, 能分析70个以上元素, 对含量少的元素分析精度高。对含量高的元素要稀释后才能测, 易产生误差。

k. X光衍射仪——用于研究粘土矿物和碳酸盐矿物。当样品属于混合粘土时, 其他方法很难鉴定, 如同属于蒙脱石类的粘土具有相似的特征, 但用一张蒙脱石的标准谱线进行对比后, 其他几种粘土矿物就很容易从衍射谱线中找到许多不同特征。用X光衍射仪分析储油层可以揭露出许多细致的成分, 单层厚度大的储层根据微量成分变化可进一步划分地层。油层间隙内所含粘土的类型和数量明显地控制了孔隙率和渗透率。对鉴定储油层中粘土矿物对注水或其他二次采油过程的适应性非常有效。所需样品量少, 分析速度快。(图6)

l. 差热分析仪——每种矿物当改变温度, 使其获得或失去热能量时, 就会发生不同的物理和化学反应。这种反应包括形态变化, 如熔融或蒸发, 失去水分, 水化作用, 结晶作用, 分解作用, 氧化作用, 结晶构造的变化和形成新的化合物等。每一种反应是在一定的温度下发生, 由于不同的矿物, 对一定量的热能有不同的反应, 使得我们可以利用矿物的这种特性来进行鉴定。这是一种简便而有效的分析方法, 对数以千计的岩心或岩屑进行系统分析, 可以绘出地层剖面的差热曲线, 这种曲线是定性的和半定量的, 用来了解地层内矿物组成的变化,

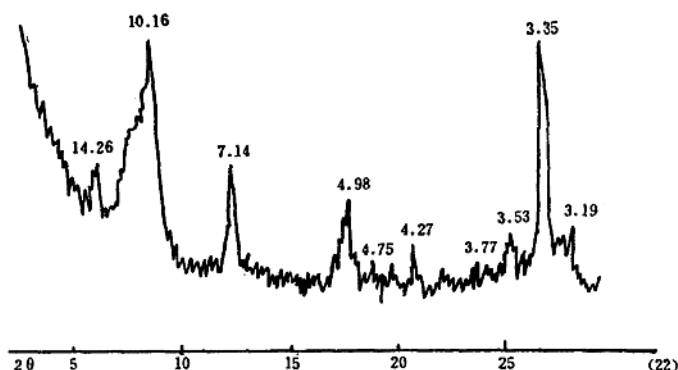


图 6 甘肃粉砂岩中水云母X-射线衍射谱图 (单位: $\text{\AA}$)

进行地层对比。这种分析可以在井口现场进行,也可以隔一段时间后,将岩心或岩屑送到试验室分析。

m. 热发光分析仪——方解石、白云石等矿物在加热到红热温度之前,可以发光。一次发光后,用X射线或 γ 射线照射,还可以二次发光。分析发光曲线形态和测量峰的强度,可以进行地层对比。当样品经过热发光曲线的测定之后,将样品进一步加热,在72000-288,000伦琴的钴60下用 γ 射线照射。高温峰所显示的自然热发光强度相等于是所测得的伽玛放射量 R_a ,其读数从校正曲线上得到。这个 R_a 数据被 α 质点数除之后,所得到的数值,直接与较老的石灰岩的地质年代成正比。从校正曲线上所得到的比例常数,便可能成为岩石最后结果的估计地质年代。

n. 沉积天秤和光度计法——作粒度分析用,分析粉砂和粘土组分。主要是根据水体中颗粒按不同大小先后沉降的原理。不同时间内天秤上自动记录沉积物重量,或是用光度计测量透光度的不同。优点是快速,误差小。

但传统的筛析法和沉速法仍是有效的基本方法。

o. 岩石偏光显微镜与金属反射光显微镜的结合——在岩矿鉴定最常用的偏光显微镜(即透射光显微镜)上,增加一个附件,使其能用来观察反射光,以鉴定不透明的矿物。

另外在偏光显微镜上增加一种附件叫旋转针,代替弗氏台的作用,可以详细鉴定矿物(透明矿物)的光学性质以鉴定未知矿物,方法比弗氏台简便。

p. 干涉显微镜——测定单个矿物颗粒或岩石薄片中药物的折光率,以鉴定矿物。研究矿物的显微结构如双晶、环带构造、裂纹、微细包裹体等,测其成分变化。

q. 阴极发光显微镜——能观察矿物的内部构造,视野深度比一般偏光显微镜的深。可区分砂岩中的原生石英颗粒与次生石英,研究溶解与次生加大及其他成岩后生作用。碳酸盐岩薄片用阴极发光显微镜研究微细结构构造和孔隙更为清晰,便于了解成岩作用。

r. 红外光谱和紫外光谱——主要用来分析原油和岩石中的有机组分,研究石油生成、运移等问题。红外光谱是X光衍射法的重要辅助手段,可研究非晶质矿物,对一些特定成份,比X光衍射法更灵敏。紫外光谱分析石油中吡啶化合物,根据其特征吸收峰,区分海相和陆相原油,为判断沉积相提供一个指标。

s. 液相色谱和气相色谱——液相色谱分析岩层中的氨基酸,判别海相、陆相和湖相沉

积环境。气相色谱定量分析岩石抽提物中的饱和烃中的C₁₂-C₃₂正构烷烃，它比质谱的优点是能区别正构烷烃和异构烷烃，误差<10%。分析快速。

t. 质谱——用于进行气体、液体和固体的同位素测定和化学成份测定，分为同位素质谱和化学质谱两种。在同位素测定方面，有多种应用：

测定岩石的绝对年龄。即测定母体与子体的同位素含量，根据放射性衰变律计算岩石年龄，有钾-氩法，铀-铅法等。

测古温度：即测岩矿或化石的氧同位素O₁₆、O₁₈，计算其比值，判断古水盆地内的水介质温度。

测古盐度：即测岩矿或化石的碳同位素C₁₃、C₁₂计算其比值，判断古水盆地内水介质的含盐度，区别海陆相。

测C、S、H等同位素：用于原油及天然气分类。

在化学成分分析方面，近年来发展质谱与色谱联用，利用色谱的高分离效率和定量的方便，质谱定性的准确，二者结合联用，解决了难以分析的有机化合物的组分。这种仪器又称为有机质谱。

质谱的优点是快速，高精度，分析同位素。样品的制备过程很繁复，处理样品的时间很长。因此为了充分发挥质谱仪的效用，必须要有一套比较完善的样品处理辅助实验室，要配套必要的人员从事这方面的工作。

3. 测井资料

测井工作是油层评价不可缺少的手段之一。测井技术开始于法国。1927年在法国佩谢布龙地方测得第一条电测曲线。我国石油工业应用测井技术已有三、四十年历史。1942年在玉门老君庙油田用自制的半自动电测仪测得第一条电测曲线。为顺利钻开和开采L油层提供了资料。1956年四川自流井专题研究队为研究自流井气田早期的开发历史，对已有几百年至几十年历史的盐水井和气井，进行了干井电测。所得资料与古代的录井资料“岩口簿”对比后，比较精确的解决了自流井气田地层、构造和储层性质方面的问题。五十年代，我国引进的是苏联测井仪器，1958年自制的国产多线电测仪和放射性测井仪等投入了生产，为六十年代初期的大庆油田的勘探和开发设计，提供了油层评价方面的重要数据资料。六十年代中、后期，又试制成功了测井仪、声速、声幅测井仪。为胜利油田、大港油田和江汉油田的勘探和开发提供了地质资料。七十年代初期又试制成功了切割式电动取心器，电缆式地层测试器，双发双收声速仪、双侧向测井仪、补偿密度测井仪和声波电视，正在试制地层倾角测井仪和数字测井仪。测井系列不断完善。七十年代后期我国引进了10套美国特莱赛公司的测井仪器，其仪器性能和功能见表（2）：

1980年法国斯伦贝尔公司在华北任丘油田任28井测量碳酸盐岩储层使用以下的测井系列：

- (1) 自然伽玛—双侧向—微球形聚焦（及井径）—地层温度。
- (2) 自然伽玛—补偿中子—岩性密度—地层温度。
- (3) 自然伽玛—补偿声波—地层温度。
- (4) 自然伽玛—长源距声波。
- (5) 地层倾角。
- (6) 井壁取心。

表 2 特莱赛公司测井仪器性能和功能

序号	仪 器 名 称	最 高 耐 温 ($^{\circ}\text{C}$)	最大耐压力 (kg/cm^2)
1	1503双感应聚焦测井仪	177	1410
2	815感应电测仪	204	1410
3	1221双侧向测井仪	204	1410
4	3103微电极—邻近侧向	177	1410
5	3104微电极—微侧向	177	1410
6	1217三侧向测井仪	177	1410
7	1305自然伽玛测井仪	204	1410
8	2210补偿密度测井仪	204	1410
9	2413补偿中子测井仪	200	1410
10	2411井壁中子测井仪	200	1410
11	1803井眼补偿声波测井仪	150	1410
12	1926声波—井径测井仪	177	1410
13	1006地层倾角测井仪	204	1410
14	1915地层测试器	177	1410
15	1408声波水泥胶结测井仪	177	1410

我国各油田的测井系列与国外比较, 可参见国内外测井系列对比表 (表 3)。国外测井系列的常用图幅见图 7—11。

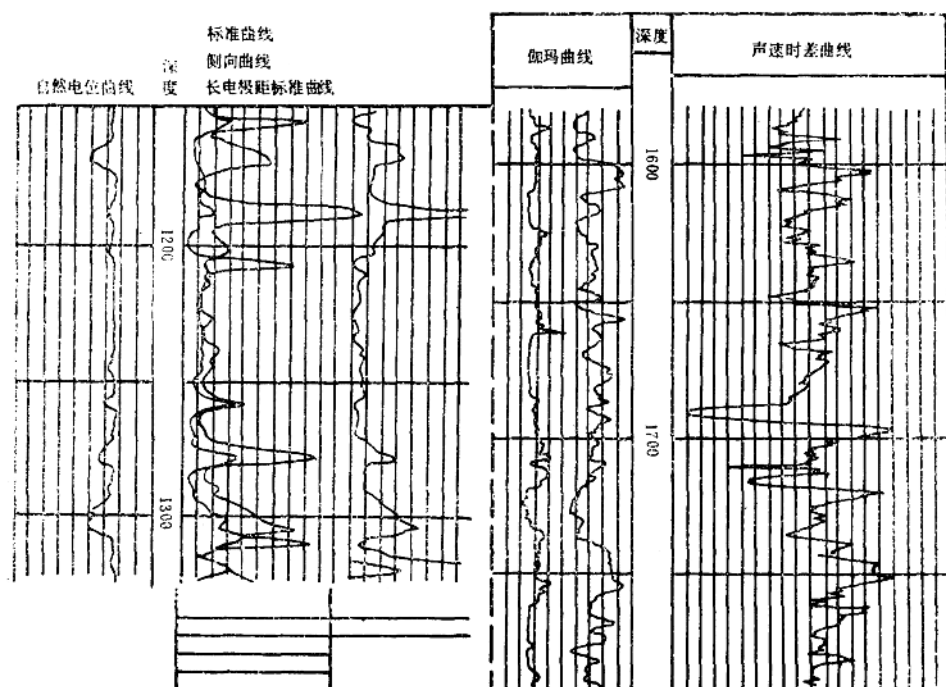


图 7 A 斯伦贝尔公司的电测曲线图
自左至右自然电位曲线, 16''短电极标准测井曲线, 侧向测井曲线(点线), 64''长电极标准测井曲线, 图头为井身数据, 图底为曲线比例尺。

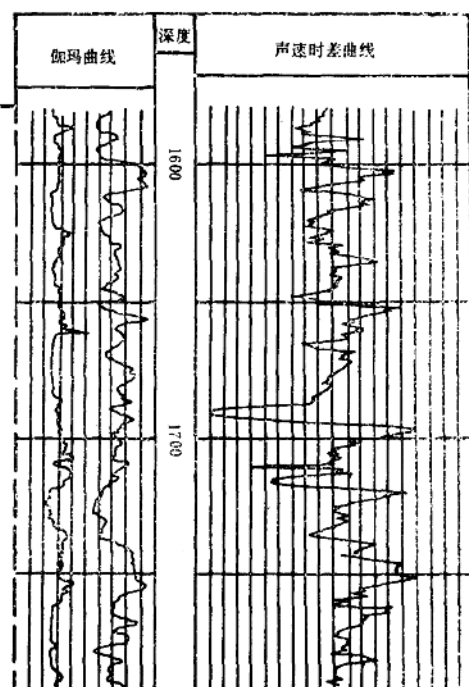


图 7 B 斯伦贝尔公司的声波测井曲线图
自左至右为井径曲线, 伽玛曲线和声速 (Δt) 曲线。

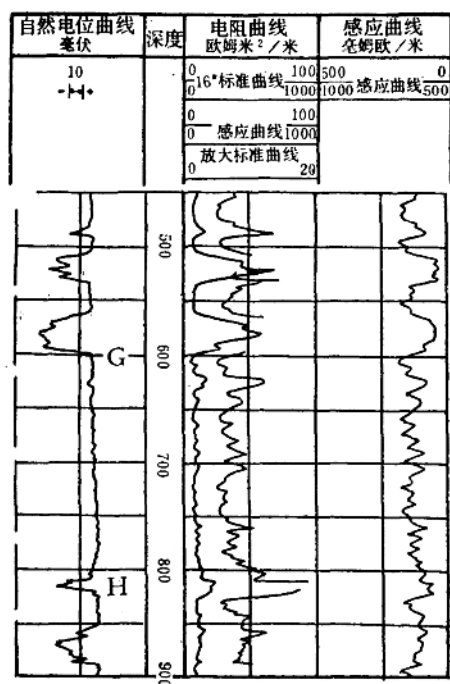


图 8 A 斯伦贝尔公司的感应测井曲线图
自左至右为：自然电位曲线，16''标准电极距曲线（实线），感应电阻率曲线（点线），放大16''标准曲线（实线）和感应测井曲线（实线）。

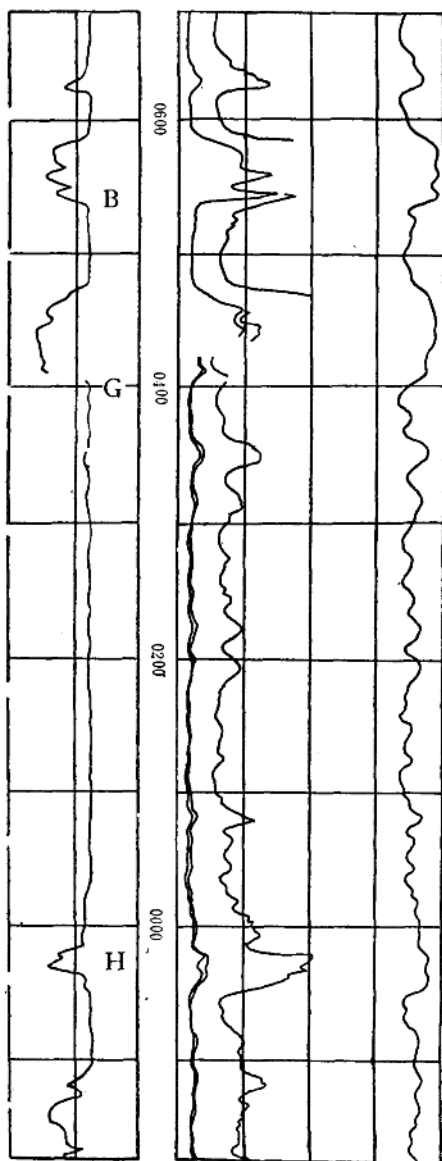


图 8 B 图 8 A 中 G-H 段的放大比例尺

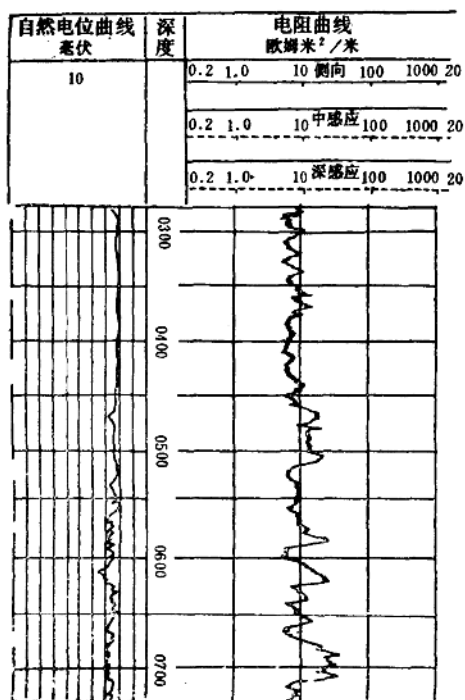


图 9 A—双感应侧向测井曲线

自左至右为：自然电位曲线，电阻曲线
(比例尺：1吋=100呎)

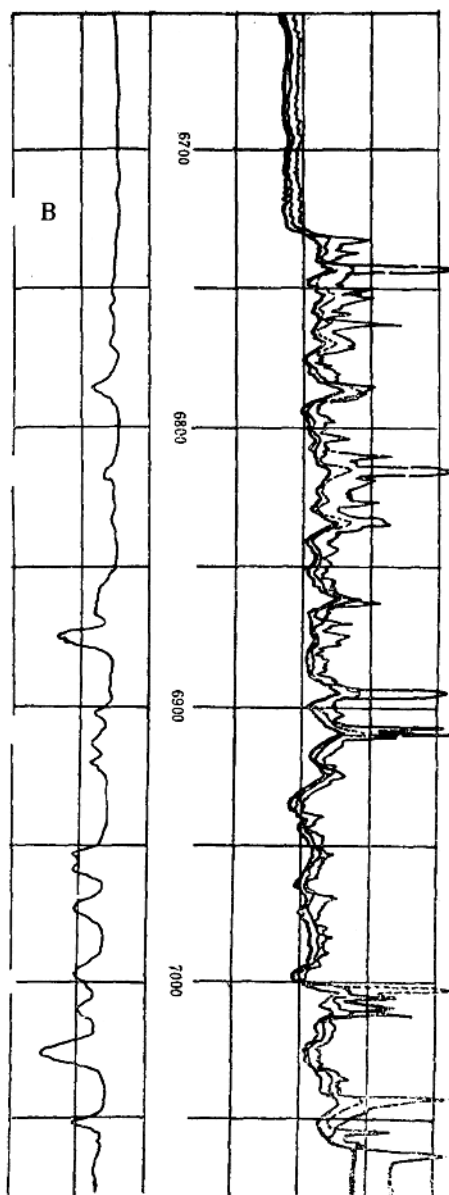


图 9 B—双感应侧向测井曲线
(放大比例尺)

自左至右为：自然电位曲线，深感应电阻曲线，
中感应电阻曲线和线侧向电阻曲线。

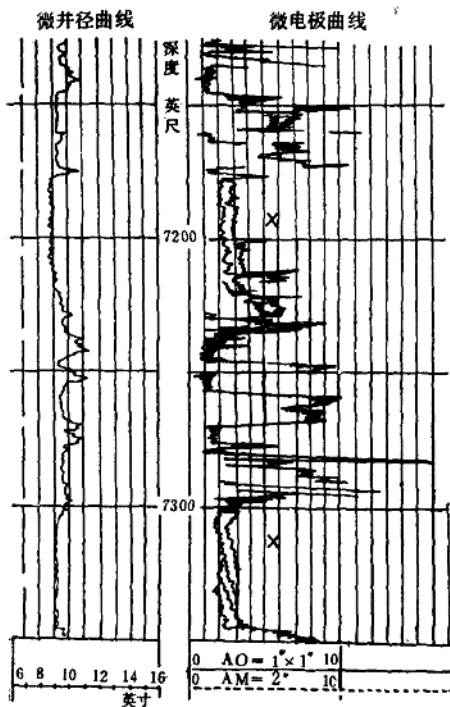


图10A 微电极测井曲线

自左至右为：钻头（实直线），井径曲线和微电阻率曲线。图中7200呎以下和7300呎以下（×处）表明有泥浆侵入影响的渗透地层。

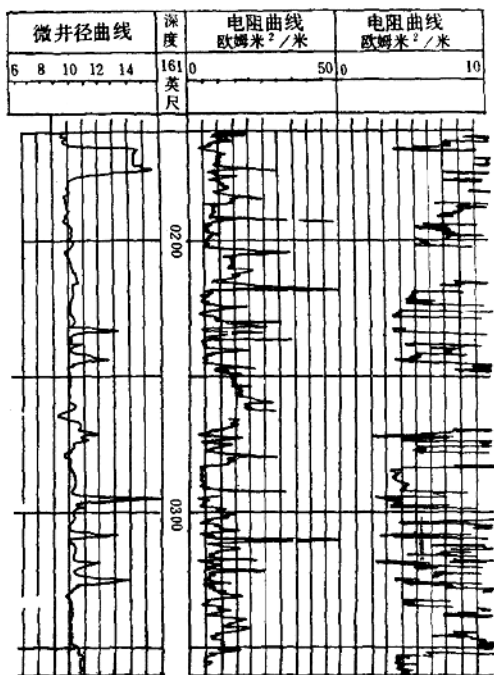


图10B 微电极测井曲线

自左至右为：微井径，0-50欧姆M²/M电阻率曲线和0-10欧姆M²/M电阻率曲线