

# 砂岩油田开发 地质研究内容与方法

艾尚军 许运新 郭殿军 杜善彬  
路杰 任海滨 闫海燕 颜婉荪

编著

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书较系统地介绍了砂岩油田开发地质研究的内容与方法。重点论述了油层研究、构造断层研究、油气水分布规律研究、含油饱和度研究、注水开发油田剩余油分布特征及油气层压力与温度研究等。

本书可供从事油田开发地质研究人员和地质管理人员、石油院校有关专业的师生参考与阅读。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

砂岩油田开发地质研究内容与方法/艾尚军等编著 .  
北京:石油工业出版社,2002.1  
ISBN 7 - 5021 - 3677 - 0

. 砂...

. 艾...

. 砂岩油气田 - 石油天然气地质 - 研究

. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 002420 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 15.25 印张 374 千字 印 1—800

2002 年 1 月北京第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7 - 5021 - 3677 - 0 TE·2700

定价: 40.00 元

# 前 言

国内外油田地质研究工作是在 20 世纪 40 年代后才逐步开始的。我国的油田地质研究工作是从 20 世纪 50 年代末发现大庆油田后，逐步形成一套具有自己风格的、符合油田实际的地质研究方法。

本书较系统地介绍了油田地质研究的主要内容——油层、构造、油气水。

全书共分七章。第一章，简要叙述了国内外油田地质研究的发展历史及其研究的内容与方法。第二章，重点叙述了油层研究，其特点是：油层研究是以岩心资料为基础，加深对油层的认识。主要叙述了岩心描述的内容与方法、取岩心的手段、岩心资料的整理及其应用，以及对油砂体、隔层研究和储量计算。第三章为油层构造与断层研究，从详探后的地震细测资料开始，直至钻油田开发井，详细研究构造形态、断层产状及其分布，直至编绘出各种构造、断层图件的方法及其在油田开发中的应用。第四章为油气水分布规律研究。详细地研究了油、气、水在地下的分布特征，油、气、水层的划分方法、含油面积图的编制、油水垂向分布特征及油、气、水的物理化学性质。第五章为油层含油饱和度研究实例。重点论述了对油田储量计算的关键参数——含油饱和度的研究，其中包括油基泥浆取心确定原始含油饱和度的方法、砂岩油藏原始流体饱和度的变化规律以及利用各种地球物理测井方法所确定的含油饱和度。第六章为注水开发油田剩余油研究实例，本章针对大庆油田的开发现状，详细地论述了大庆油田高含水后期剩余油的分布特征，大庆油田未划储油层分布特征与开发前景分析，大庆油田水顶以下的油层分布特征及注水开发油田原油外流的三种形式与预防措施等，第七章为油气层的压力与温度，本章详细地叙述了油层压力的概念、油层异常压力及油层的压力系统、油层的温度特征等，本章由颜婉荪同志编写。

本书在编写过程中，引用了钟其权、李淑贞、任贵荣等同志的研究成果。在此一并致谢。

由于作者水平有限，书中难免存在某些缺点和不足，恳请读者提出批评和指正。

作 者

2001 年 8 月于大庆油田

# 目 录

第一章 概述.....	1
第一节 油田地质研究的发展过程.....	1
第二节 油田地质研究的任务.....	1
第三节 油田地质研究的内容.....	2
第二章 油层研究.....	4
第一节 岩心描述的内容与方法.....	4
一、碎屑岩的描述.....	4
二、粘土岩的描述 .....	23
三、火山碎屑岩的描述 .....	23
第二节 特殊取心井地质工作方法 .....	24
一、取心检查井 .....	24
二、油基泥浆和密闭取心井 .....	34
三、压力密闭取心 .....	35
四、断层取心井 .....	39
第三节 岩心采样及岩心保管 .....	39
一、岩心采样 .....	39
二、现场岩心保管 .....	40
第四节 岩心资料的整理 .....	40
一、岩心录井草图的编绘 .....	40
二、岩心柱状剖面图的绘制 .....	41
三、油砂收获率的计算 .....	42
第五节 井壁取心 .....	43
一、井壁取心的发展过程 .....	43
二、井壁取心与钻井取心的不同特点 .....	44
三、井壁取心的不足 .....	44
四、井壁取心的应用 .....	44
第六节 岩心资料的应用 .....	45
一、发现油气层 .....	45
二、用岩心研究地层 .....	50
三、用岩心研究沉积相 .....	53
四、用岩心研究储油层 .....	57
五、用岩心研究构造、裂缝和断层 .....	66
六、用岩心指导油田开发 .....	68
七、岩心在地球物理测井解释中的应用 .....	80
八、美国岩心分析要获得的 39 种 102 项资料.....	88

第七节 单层对比方法 .....	90
一、单层对比的基础工作 .....	90
二、沉积旋回的研究和油层层组划分 .....	91
三、单层对比方法 .....	92
第八节 油砂体的综合研究 .....	94
一、油砂体研究 .....	94
二、连通体研究 .....	96
三、油层综合评价 .....	97
第九节 隔层研究 .....	98
一、隔层划分标准的确定 .....	98
二、隔层分布状况和隔层调整原则 .....	99
第十节 储量计算.....	100
一、地质储量概念.....	100
二、地质储量分级.....	100
三、地质储量计算方法.....	101
第三章 油层构造和断层研究.....	107
第一节 地震细测构造资料的应用.....	107
一、概况.....	107
二、地震标准层.....	107
三、地震细测构造图的应用.....	108
四、地震细测断层资料的应用.....	109
第二节 油层构造研究的主要内容.....	110
一、岩层的产状.....	110
二、常见的油层构造形态.....	111
三、断层.....	112
四、含油气盆地内构造单元.....	117
五、油田构造横剖面图的编制.....	120
六、编制断层实际资料图和断层面图.....	122
七、油层构造图的编制.....	122
第四章 油、气、水分布规律研究.....	127
第一节 油、气、水在地下的分布特征.....	127
一、油、气的生成、运移和聚集.....	127
二、油、气藏和油、气田.....	127
三、油藏的能量和驱动方式.....	128
第二节 油、气、水层的划分.....	130
一、大庆油田测井解释油、水层的电性特征.....	130
二、原始油气界面的划分方法与依据.....	131
三、油底、水顶的确定方法.....	133
第三节 含油面积图的编制.....	134
一、油、水界面高度的确定.....	134

二、油、水边界图的圈定.....	135
第四节 油、水垂向分布特征.....	136
第五节 油、气、水的物理化学性质.....	137
一、地层原油的物理性质（通称为高压物性）.....	137
二、地面原油的分析.....	138
三、天然气的分析.....	141
四、水分析.....	142
第五章 油层含油饱和度研究实例.....	144
第一节 油基泥浆取心确定原始含油饱和度的方法.....	144
一、利用油基泥浆取心求原始含油饱和度的基本原理.....	144
二、关键及措施.....	145
三、结束语.....	150
第二节 砂岩油藏原始流体饱和度的变化规律.....	153
一、油藏和气顶油藏的原始流体饱和度变化规律.....	153
二、影响原始含油、气、水饱和度变化规律的因素.....	157
三、直接测定法与水银毛管压力资料计算的原始含油水饱和度的对比.....	157
四、结论.....	158
第三节 利用电测资料确定含油饱和度研究.....	158
一、编制含油饱和度图版的地质基础.....	159
二、编制含油饱和度图版的岩性、电性参数选择.....	159
三、含油饱和度图版的精度和使用范围.....	165
四、生产验证情况.....	166
五、存在的问题.....	168
第四节 相位介电测井确定油水饱和度的应用.....	168
一、判断油层的水淹部位.....	169
二、利用相位介电测井资料定量解释地层含水饱和度.....	169
三、结论.....	171
第五节 NP 型 $C/O$ 能谱测井求含油饱和度.....	171
一、在密闭取心井中的 $C/O$ 能谱测井.....	172
二、含油饱和度图.....	173
三、评价.....	173
第六章 注水开发油田剩余油分布特征研究实例.....	174
第一节 大庆油田高含水后期剩余油分布特征.....	174
一、高含水后期不同类型油层水淹状况.....	175
二、高含水后期剩余油分布的研究方法.....	177
三、高含水后期不同类型油层的剩余油分布.....	180
四、高含水后期剩余油分布类型.....	181
第二节 大庆油田未划储油层分布特征与开发前景分析.....	184
一、含油产状及物性特征.....	184
二、沉积和砂体分布特征.....	186

三、从沉积成因划分未划储油层类型及其分布规律.....	188
四、未划储油层的电性图版.....	190
五、产油能力.....	193
六、原油化学族分控制未划储油层含油饱和度.....	196
七、开发前景分析.....	197
第三节 喇嘛甸油田构造东翼、萨尔图油田构造东北翼水顶下的油层分布.....	198
一、以往确定油水过渡段的方法.....	199
二、喇嘛甸油田构造东翼和萨尔图油田构造东北翼水顶以下的油层分布.....	200
三、油水过渡段增厚原因分析.....	205
四、结论.....	206
第四节 注水开发油田原油外流的三种形式与预防措施.....	206
一、油水过渡带原油外流.....	206
二、原油窜流至气顶.....	207
三、原油沿井筒或断层窜入浅层.....	208
第五节 关于将喇嘛甸、萨尔图油田萨一组油水过渡带划为开发范围的建议.....	209
一、萨一组沉积与砂体分布特征.....	209
二、油层厚度与含油面积.....	209
第七章 油气层的压力与温度.....	211
第一节 油气层的压力.....	211
一、油层压力的概念及其来源.....	211
二、原始油层压力.....	212
三、原始油层异常压力.....	215
四、油水（气水）界面的确定.....	227
五、折算压力.....	228
六、油层的压力系统.....	229
第二节 油气层的温度.....	230
一、地温梯度.....	230
二、地温级度.....	231
参考文献.....	233

# 第一章 概 述

## 第一节 油田地质研究的发展过程

油田地质是石油地质中的一部分，是为油田开发服务的。石油地质工作的任务是勘探油田和开发油田，各阶段任务不同，地质工作研究的内容和要求也不同。

随着油田开发的进展，油田地质研究工作也很快地发展起来，但形成一套较系统的地质研究工作是在 30 年代末和 40 年代初才逐步形成的。当时美国把勘探油田和开发油田两个阶段的地质工作分为地面地质和地下地质，那时勘探阶段主要是在地面搞调查，油田开发后是研究地下地质的。1943 年美国出版的《地下地质工作方法》一书，反映了当时美国在钻井和开发油田阶段的地质工作内容。但随着石油地质发展，即在勘探阶段也采用了大量的地下地质资料，所以这种称法显然是不合理的。前苏联把开发油田阶段的地质工作称为“油矿地质”，前苏联石油工业部总地质师米尔钦克，1946 年写了一本《油矿地质学》，内容就是从钻井到采油过程的地质工作方法，具体还细分为钻井地质、试油地质和采油地质。我国是世界上最早发现石油和天然气的国家，也是最早利用钻井开采石油的。但是旧中国的石油工业处于极其落后的状态，当时最大的油田——玉门油矿，1939 年在美国控制下开采。那时根本不取资料，一条砂样录井曲线就算是全部的地下资料，根本没有完整的电测曲线，根本不算是搞地质工作研究。解放后，我国按照前苏联的一些作法，在老君庙油田开始进行一些笼统而简单的地质研究工作。1959 年发现大庆油田后，通过大庆石油会战，对油田地质进行了深入细致地研究，形成了我国自己的一套工作方法。在勘探油田和开发油田两个阶段的地质工作，分别称为区域地质和油田地质，并明确了研究的内容和方法。

## 第二节 油田地质研究的任务

要开发好油田，必须认识油田，要认识油田的原始地质特征，必须从地质研究开始。油田地质研究是在区域地质研究的基础上，继续深入细致地研究油田的地质情况，从而为油田开发奠定基础。从发现油田开始直至到探明油田、准备开发油田、油田开发終了，整个过程都要研究油田地质特征。

在不同阶段，油田地质研究的任务也不同：

(1) 在初探（预探）阶段的任务是确定油田的工业价值，探明油田面积，拿下部分二级储量，其目的是要很快搞清是大油田还是小油田，是好油田还是差油田，同时还要为在详探阶段开辟生产试验区 and 部署加密探井作好准备。

(2) 详探阶段的任务是深入认识油田地质特征，为油田投入开发、部署井网作好准备。在这个阶段要通过对已完钻的探井、资料井所取得的各项地质资料，进行深入细致地研究。同时要开辟一个生产试验区（对小油田则开辟一个试验井组），深入解剖这一地区的油田地质特征，细致地认识油层。

(3) 部署初期开发井网阶段。通过对油层进行几次认识、实践和深入的研究，为部署全部油层的开发井网（落实开发层系的划分、确定各层系的注水方式和井网布置），准备好地

质基础。

(4) 部署全部开发井网，全面实施方案阶段，在这个阶段，油田地质研究应为全面实施开发方案和油田长期开采过程中掌握油水运动规律提供地质条件。

(5) 在油田开发的全过程中，要结合油田动态资料，深化认识，反复验证，为掌握油水运动规律、提高开发效果、提高最终采收率，进行深入地质研究工作。

### 第三节 油田地质研究的内容

探明一个油田，需要通过地震细测、钻详探井和取心资料井、地球物理测井、试油和生产试验等多方面的工作，地质研究作为以下几个方面：

- (1) 油田地层层序、地层接触关系、沉积发展史。
- (2) 储油层构造特征，包括褶皱、断层、裂隙特征等。
- (3) 储油层的分布、岩石性质、孔隙分布特征及储油层物性特征。
- (4) 纵向上、平面上油气水分布情况及其控制因素（油藏类型）。
- (5) 油、气、水的物理、化学性质。
- (6) 油层压力和温度。
- (7) 油层生产能力和吸水能力。
- (8) 天然能量和驱动类型。
- (9) 油田地质储量。
- (10) 油田注水后，岩性物性变化特征及水淹规律。

一般习惯地说是研究油层、构造、油气水，即所谓的“三要素”，而实际上则是以储油层的研究为重点。

在各个阶段的研究内容又有所侧重。

#### 1. 初探阶段研究内容

(1) 搞清构造形态、油水界面和含油面积、油层产能和流体性质、油层压力和天然驱动能量。

(2) 油层厚度、储油特性及区域性分布特点。

(3) 圈定二级储量面积，计算出油层的储量。

#### 2. 详探阶段研究内容

(1) 划分油层组、砂岩组、小层（单层），研究油砂体特征及其连通情况。

(2) 以油砂体为基础，研究油砂体特性，隔层条件，为确定初期井网和开采对象提供依据。

(3) 利用开发资料井，详细进行岩性与电性关系研究，建立定性、定量的测井解释图版。

(4) 进一步落实构造形态、断裂特征、油水界面和含油面积，为准备好一级储量面积提供地质依据。

(5) 核实初探阶段的储量面积和计算参数，各油层产能及流体性质，以油层组为单元算准一级储量。

(6) 结合油田探井、资料井开展具有代表性的地区小层段的沉积条件研究，从而进一步认识油层的区域性变化特点。

(7) 开辟生产试验区,“解剖麻雀”,进行井网密度分析,指导全油田详探及基础井网的部署。

### 3. 部署初期开发井网阶段研究内容

(1) 反复进行单层对比,确定本区对比的具体原则(如建立对比控制井等),具体落实层组划分,主要是单油层的划分。

(2) 详细研究隔层分布情况,进一步落实开发层系划分。

(3) 对初期井网开采的油层,进行分井组对比研究,为射孔方案(孔密控制、隔层调整等)提供依据。

(4) 对其他油层组进行油砂体研究,根据油砂体形态,提供按油砂体布井资料。

(5) 验证、落实断层分布,进一步落实油水界面积和含油面积。

(6) 落实全开发区的一级储量,初步进行油砂体储量计算,研究储量分布情况。

### 4. 部署全部开发井网,全面落实方案阶段

这一阶段应反复再进行一次全面的油田地质研究,落实全部油田原始地质资料(即进行系统的静态资料汇编),重点研究以下内容:

(1) 分井分层的油层研究,包括详细的井组油层对比研究,分井分层计算储量。

(2) 详细落实断层分布,可选择断层面与油层通过的井,进行断层取心,研究断层的封隔程度,为注水开发油田提供依据。

(3) 分单层确定含油边界。

(4) 落实初期井网对油砂体形态的认识程度。

(5) 利用几套层系重合的近井距油井,研究一些专项问题。

### 5. 油田开发过程中的研究内容

大庆油田开发实践证明,油田地质研究工作是从钻开油层开始直至开发终止,整个过程都要进行研究,即要反复对油田地质进行再认识,俗称为“动、静结合”,主要包括下列几个方面:

(1) 油层对比。在分层开采情况下,对一些单层注水井和采油井其连通情况及其注采效果不符合,在地质资料分析中还不能证实的问题,而在开采中得到证实,对这些层要重新进行对比,进行核实。

(2) 断层是否密封。只从地质资料分析很难证实,要通过断层两侧注采效果,进一步落实断层的密封情况。

(3) 油砂体研究。从油水运动的规律,要进一步研究控制油水运动规律的油砂体性质,深入研究油砂体的非均质性,为进一步调整挖潜提供依据。

(4) 沉积条件及沉积相研究。油田在注水开发过程中,通过注采效果分析,水流的方向及油井见水的特点分析,可以发现油砂体的不同特征,而对这些特点的认识,只有通过对油层沉积条件研究,才能深化认识。在油田开发过程中,利用密井网的大量测井资料及少量取心井,可以进一步细分沉积相带,更深入细致地认识油砂体特征及其对油水运动的影响。

(5) 根据油层动用状况,反复核实储量参数,挖掘油层储量潜力。

## 第二章 油层研究

### 第一节 岩心描述的内容与方法

岩心是研究岩性、物性、含油性的第一性资料，通过对岩心的观察、描述可以逼真地了解油层。实践证明，大庆油田单井取岩心收获都在90%以上，这对认识油层提供了基础资料。观察描述岩心的内容很多，总的可概括为两个方面：第一，研究油层沉积特征，目的在于认识油层沉积条件，对比和划分油层，推断油层的演变规律；第二，研究油层的油气水特征，为判明油、气、水层、划分油层有效厚度、研究水驱油效率提供依据。

针对以上两个目的，岩心观察描述的内容与方法各有侧重，分述如下。

#### 一、碎屑岩的描述

##### 1. 岩心描述顺序与内容

###### 1) 定名

岩石定名要概括岩石基本特征。

岩石定名 = 颜色 + 含油、气、水产状及特殊含有物 + 岩性。

例如，棕褐色含油含泥砾细粒砂岩、灰色含介形虫钙质粉砂岩等。

###### 2) 描述内容

颜色、含油、气、水产状、矿物成分、胶结物、结构、构造、化石、含有物、滴酸反应程度、接触关系、素描图等。

###### 3) 岩石含不同粒径的定名原则

岩石中的碎屑颗粒往往不是同一粒径组成的，在这种情况下，给岩石定名时，将次要（含量少的）颗粒放在前，主要颗粒（含量多的）放在后。

(1) 当岩石中某一颗粒、钙质等含量大于50%时，即用该颗粒、钙质等定名。如岩石中粉砂颗粒含量大于50%，则定名为粉砂岩。其余颗粒可在描述中加以说明。

(2) 当岩石中颗粒、钙质等含量为25%~50%时，定名中用“质”或“状”字表示，“质”与“状”字加在主要颗粒（>50%）之前。如泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、砾状砂岩；对同为砂质颗粒，大多习惯用“一字线”表示，如中—细粒砂岩（相当于中砂质细砂岩）；对夹粉砂质和泥质呈条带状分布的岩性，可定名为粉砂质条带泥岩（相当于粉砂质泥岩），或泥质条带粉砂岩（相当于泥质粉砂岩）。这种描述特点是使描述形象化，能客观反映沉积特征，并在绘制岩心剖面图时加以符号表示。

(3) 当岩石中次要颗粒含量在10%~25%时，用“含”字表示，将“含”字放在次要颗粒之前，如含泥砾细砂岩。

(4) 当岩石中次要颗粒含量小于10%时，不定名，只作描述。

在松辽盆地取心的岩石中，含介形虫化石多由粉砂质、泥质、钙质胶结物组成。当介形虫含量为10%~25%时，定名为含介形虫钙质粉砂岩或含介形虫泥岩等；当介形虫含量为25%~50%时，定名为粉砂质介形虫层（此种岩性疏松、具孔隙）或钙质介形虫层、泥质介形虫层等；当介形虫含量大于50%时，定名为介形虫层；当介形虫含量小于10%时，不定在名内，只作化石描述。

## 2. 颜色

颜色是岩石最醒目的标志，它主要反映岩石内矿物的成分和沉积环境。因此，地质工作者在给岩石定名时，把颜色放在最前面，以作为鉴定岩石、判断沉积环境、地层分层和对比的重要依据。所以，在描述岩心时，必须将岩心放在亮处，以劈开岩心的干燥新鲜面为准。而且为了减少在判断颜色上的人为误差，常制定标准岩石色样等，以供描述时对比使用，或采用光度计可以较精确地测定颜色。

### 1) 碎屑岩颜色

钻井取出岩心一般多为砂岩、砂泥混合岩（过渡性）和泥岩三种，其颜色可因其颗粒成分、胶结物、含有物及沉积环境不同，呈现不同颜色。

(1) 单一颜色：为一种颜色，如灰色、白色等，在描述其颜色时，常在颜色前加形容词来说明颜色的深、浅，如浅灰色、深灰色等。

(2) 混合颜色：是指两种颜色较均匀分布在岩石内，往往其中一种较突出，另一种次之。描述时将主要颜色放在后，次要颜色放在前。如灰白色粉砂岩，是以白色为主，灰色次之。混合颜色也有深浅之分，如绿灰色粉砂岩等。

(3) 杂色：一般由三种以上颜色混合组成，或各自呈不均匀分布。如斑块、斑点和杂乱分布，往往以某一种颜色为主，其他颜色杂乱分布，具有杂色的岩性一般多为泥质岩类。如紫红杂灰绿色粉砂质泥岩，是以红色为主，紫色次之，再其次是杂色中绿色多，灰色少，且呈斑点状分布。

### 2) 含油、气岩心的颜色

(1) 含油砂岩颜色。除含稠油、氧化的油和轻质油的岩心外，一般其颜色深浅是反映含油饱满程度的，即含油饱满颜色较深，呈棕色、褐色和棕褐色等；含油不饱满颜色较浅，呈浅棕色、棕黄色等。但要特别注意浅色的有时可能为含饱满的轻质油。

(2) 含气砂岩颜色。除含干气的岩心呈砂岩本色外，含湿气岩心颜色较浅，有时与油砂不易区别。如气顶的气砂由于含 2% ~ 10% 原油，呈浅棕色、棕黄色，岩心久放后颜色变化不大，不能描述为油砂。

对于不是气顶的湿气岩心，在岩心刚出筒时，可以明显看出岩心呈浅棕黄色或浅黄色，过一段时间后，由于岩心内的轻质组分挥发，岩心明显呈白色或灰白色砂岩。从颜色上已完全看不出含气特征。因此对于此类含气砂岩，必须在岩心刚出筒时立即进行描述。

对凝析气藏的岩心，因其含少量凝析油，含气岩心多呈棕灰、浅灰棕色等，岩心久放后颜色变化不大。

## 3. 岩心含油、气、水特征的描述

岩心的含油、气、水特征是岩心描述的重点对象之一，不仅在描述时要详尽、细致，并且在岩心刚出筒时就要认真细心观察岩心含油、气、水产状特征。并作记录或必要的试验、取样等，以作为在详细描述时的补充。

在描述岩心的含油、气、水特征时，必须将岩心劈开，描述岩心新鲜面。除对岩石的结构、构造等进行描述外，要突出描述岩心的含油饱满程度、产状特征等。应该特别指出的是不能忽视对低含油级别（油浸、油斑、油迹）岩心的描述。大庆油田在开发中期后，已发现这些含油产状的岩心，在目前技术条件下不仅产油，而且有相当可观的储量，称“表外储层”。

### 1) 含油岩心的描述

(1) 含油产状特征的描述。含油产状特征是指油在岩石内的存在状态，即是以纯油形式分布，还是油、气混合分布及其分布均匀程度，如分布均匀、不均匀、斑块状、条带状、斑点状等。在描述时要结合岩石结构、构造等说明油在岩石内的分布状况，并做些试验补充描述。

(2) 含油饱满程度的描述。大庆地区一般用三种形式表示岩心的含油饱满程度。

含油饱满。指油砂而言，油砂颗粒孔隙内全部被油充满，呈饱和状态，岩心颜色较深，多为深棕色、棕色、棕褐色等。岩心出筒时可观察到原油溢出，劈开岩心新鲜面，原油染手，油脂感很强。

含油较饱满。一般指含油砂岩，尽管岩心颗粒孔隙内均匀充满原油，但未达到饱和状态，或由于岩心颗粒不均匀及有其他含有物等。岩心刚出筒时无原油外溢，劈开岩心新鲜面原油分布较均匀，油脂感较差。

含油不饱满。指油浸、油斑岩心，由于岩性为砂、泥混杂，仅在砂岩颗粒富集处含油，且不饱满。颜色更浅，含油处多为浅棕色。

(3) 含油级别的确定。岩心的含油级别主要依据含油产状、含油饱满程度和含油面积来确定。大庆地区将含油级别分为四级：

油砂。含油饱满，含油面积大于 80%，岩心颗粒均匀，油味浓，原油染手，油脂感强，颜色较深。

含油。含油较饱满，含油面积为 50% ~ 80%，颜色较油砂浅，多为棕色或浅棕色等，局部砂岩颗粒分选较差，并夹有少量泥质条带或含有少量其他含有物等。岩心刚出筒时，无原油外溢，劈开岩心新鲜面油脂感较强，捻碎后染手。

油浸。含油面积为 25% ~ 50%，一般多为泥质粉砂岩，在砂粒富集处含油，多呈条带、斑块状含油，劈开岩心后不染手，含油不饱满。在描述岩心时，一般根据其含油面积确定颜色，若含油面积达到 50% 左右，可按含油颜色定名。如浅棕色油浸粉砂岩、油浸泥质粉砂岩等；若含油面积在 50% 以下时，可按岩石本色定名，如灰绿色油浸泥质粉砂岩。

油斑。含油面积为 10% ~ 25%，一般多为粉砂质泥岩。在砂质富集的斑块、条带处含油，含油不饱满。在描述岩心时，按岩石颜色定名，如灰绿色油斑粉砂质泥岩或油斑泥质粉砂岩。

对于含油面积小于 10% 的含油产状一般称油迹。不单独定含油级别。只是在描述岩心时，将其含油产状特征、分布状况记录在描述上即可。

(4) 描述含油级别时应注意以下几点：

凡含油岩心含钙者，应根据含钙程度，在描述定名中含油级别应降 1 ~ 2 级。

对氧化的含油岩心，应根据氧化程度，在描述定名中含油级别应降 1 级，并将“氧化”二字定入名内。如黑褐色氧化含油粉砂岩，此种含油岩心多为残余油。

## 2) 含气岩心的描述

含气岩心有两种类型：一是含湿气（气顶气、夹层气等）；二是含干气。不论哪种类型岩心含气，对含气岩心的描述都要从岩心刚出筒开始，就要及时细心地观察和试验岩心含气情况；同时要结合气测资料、有机地球化学现场测定资料，对含气岩心进行观察描述。

(1) 含湿气岩心的描述。湿气是指岩心内重烃含量为 10% ~ 20%，其余为甲烷，含湿气的岩心一般为气顶气、油层内的夹层气，或在油层上面或侧面，天然气运移至距油层有一段距离的储层而形成气顶或次生气藏。当油层与气顶气砂直接接触时，气砂内还含有少量原

油，其分布规律是距油层近含油多，距油层远含油少。经现场做含气砂岩含油饱和度分析，含气砂岩内自下而上含油为 10% ~ 20%，而且随岩心含油多少的不同，含气岩心颜色也是自下而上由深变浅。此类岩心刚出筒时多为棕色、浅棕色或棕黄色，若不细心观察很可能当成油砂和含油砂岩描述。含气岩心定名是根据岩心刚出筒时的含气特征和劈开岩心观察新鲜面的颜色深浅、含气产状，并结合颗粒均匀程度、胶结物和含有物等定为气砂和含气砂岩两种名称。

另外，当含气岩心久放后，由于轻质组分挥发，岩心呈黄灰色或灰黄色。

湿气岩心的另一种情况是储气层距油层较远，当岩心刚出筒时可明显观察到岩心呈浅棕黄色，过一段时间后，岩心内所含的轻质组分完全挥发，岩心呈现白色砂岩，滴水后，水珠立即渗入岩心。若不及时进行观察和描述，就看不出含气特征。此种类型含气岩心在描述时，一般定名为含气砂岩。如果岩心刚出筒时能观察到岩心呈浅黄色，可将颜色定入名内。

(2) 含干气岩心的描述。含干气岩心有两种类型，一是生物甲烷气形成的气藏，二是油层气在运移过程中重烃被地层吸附而形成的次生气藏（或次生气顶）。这两种含气岩心所含天然气都是以甲烷为主，重烃含量较少。此二类气藏的岩心，不仅从岩心上观察不出含气特征，用其他方法也很难发现。从目前松辽盆地勘探情况看，此类气藏（除深层外）大多数分布在浅部地层，一般在井深 700m 以上，而且多数是从发生井喷后才发现的。当含气层较薄时，用地震烃检测方法也不易发现，此类含气岩心，从岩心上观察不出任何含气特征，只有将刚出筒的岩心，马上去掉岩心表面钻井液后，将岩心立即放入水盆内，才能观察到其冒气泡和含气程度，此类气藏在电测井曲线上无任何显示。

含干气的岩心颜色呈岩石本色，在描述时一般定名为含气砂岩，如灰白色含气砂岩。

(3) 凝析气藏岩心的描述。凝析气藏的岩心，在岩心刚出筒时，呈现棕黄色，放一段时间后为浅棕灰色，岩心久放后仍能嗅到油味。滴水于岩心上，水珠慢慢渗入岩心内。从以上特征看，岩心是以含气为主，但由于温度和压力下降后，有少量凝析油残留在岩心内。因此，凝析气藏的岩心含气特征既不同于湿气岩心含气产状特征，也不同于干气岩心含气产状特征。在描述定名时，应根据含气岩心刚出筒时颜色定名。

### 3) 含油含水岩心的描述

(1) 油水过渡带取心的目的是了解油水过渡段的厚度、油水分布规律及控制油水分布的因素。油水过渡带取心必须从纯油层取至纯水层，才能了解油水过渡段厚度和油水分布规律。大庆长垣北部各油田具有统一的油水界面，一般在海拔 - 1050m 左右，在垂向上含水程度一般规律是受海拔控制，其顶界大约在海拔 - 1000m，底界大约在海拔 - 1100m。从油水在垂向上的分布规律，根据岩心观察及试油结果，自上而下分为三段（表 2 - 1）。

表 2 - 1 油水过渡段岩心含油、水特征

分段	岩心观察与试油结果	定名	滴水试验
含水油层段	以出油为主，微含水	含水油砂	4 级为主
油水同层段	油水同出	含油含水砂岩	2 ~ 3 级
含油水层段	以出水为主，带油花或少量油	含油水砂	1 ~ 2 级

在宏观上大致可划分为三个段，实际上油水分异规律还受油层非均质、构造缓、陡的控制。如当油层非均质严重、构造翼部平缓时，油水过渡段厚度大，反之则小。因此所划分的

三个段厚度不是均匀分布的，各段的厚度均有差异。

(2) 油水同层取心井。由于构造平缓、断层和岩性等因素影响，导致油水分异差，在纵向上油水无一定的分布规律，经常出现油水同层，甚至有时出现油在下、水在上等情况。

对于以上两种类型的取心井岩心的观察描述，除同正常油层的岩心描述方法外，需要在现场做一些试验鉴别，配合岩心描述，搞清油水分布规律。

(3) 油水同层岩心的描述方法。

滴水试验。不论岩心含水程度如何，在观察和试验时，都要将岩心劈开进行观察试验，并且在含油砂岩无钻井液侵入环处进行试验和观察，定性了解油层含水程度。

滴水试验方法是用滴管取一滴水，滴在含油岩心平整、新鲜面上，然后观察水珠的形状和渗入情况，根据其渗入程度和形状一般分为五级（图 2 - 1）。

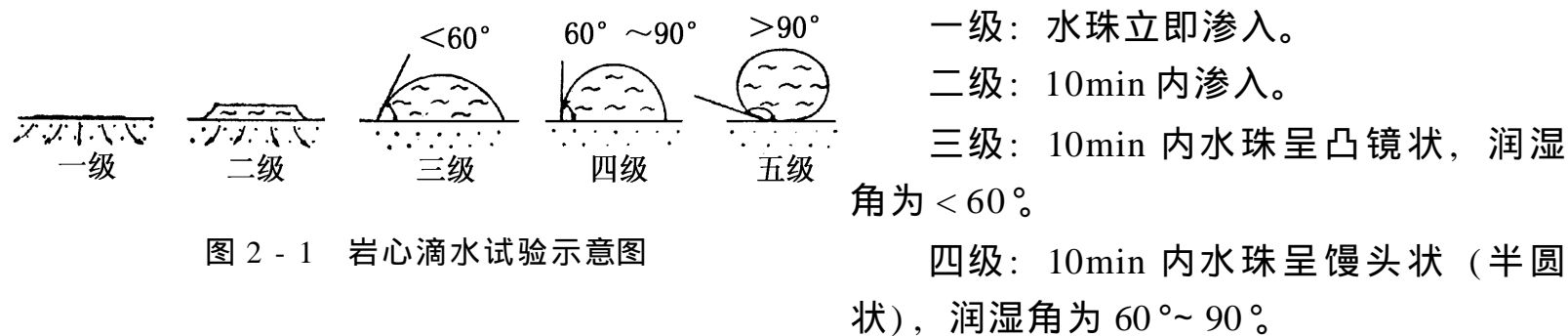


图 2 - 1 岩心滴水试验示意图

根据试验结果，大致可以确定岩心含水程度，含水多时为一、二级，含油多时为四、五级，油水比例相近约为三级。

对油水过渡带取心井、油水同层取心井和取心检查井均可用此种方法定性了解油水分布规律及水淹程度。

四氯化碳（ $\text{CCl}_4$ ）试验。取 1g 新鲜含油岩样研成粉末，放入试管内，再加入 5mL  $\text{CCl}_4$ ，摇匀后静置一段时间，然后观察试管内的变化，根据试管内呈现的不同状态可定性地了解岩心的含油情况。

分散状：岩样砂粒很快地散开沉下，原油迅速地溶解在  $\text{CCl}_4$  中，成为均匀分散状溶液时，则为油层特征。

絮状：砂粒不能迅速地散开，原油在  $\text{CCl}_4$  中溶解速度较慢，呈棉絮状。这是油水同层的特征。

凝集状：砂粒缓慢散开或部分散开，原油在  $\text{CCl}_4$  中溶解速度较慢，呈凝集状。这是油水同层或含油水层的特征。

凝块状：岩样砂粒不散开，原油溶解很差，呈凝块状，为含油水层特征。

钻井液侵入环的观察。在用水基泥浆取心时，劈开岩心可观察到含油岩心、油水同层岩心和检查井岩心的钻井液侵入环。侵入环的深度主要决定于岩心的亲水性、渗透性、含水程度，同时也受钻井液柱压力与地层压力之差的控制，压差越大越易渗入，反之则差。总之，含油岩性含水较不含水侵入深，形成的侵入环颜色较浅。滴水于岩心侵入环处，水珠很快渗入岩心内。在岩性致密程度和含油水程度相同的条件下，含水多的岩心，亲水性能好，侵入环厚；而含油多、含水少的砂岩，侵入环较薄。根据对泥浆水侵入岩心的程度观察分析，可以帮助判断油层、油水同层及含油水层。

含油含水岩心的描述。结合滴水和四氯化碳试验及对钻井液侵入环的观察，重点要描述岩心含水程度，有无湿润感，油脂光泽强弱程度，颜色深浅变化，含油岩心含水后氧化程

度，油层非均质性与油水分布关系等。

#### 4) 泥岩裂缝油气藏的岩心描述

泥岩裂缝油气藏主要分布在生油凹陷内的泥、页岩中。由于泥岩裂缝处于良好的生油凹陷内，具备原地生、储的特点。它的形成除位于断裂带附近外，从构造位置看，泥岩裂缝油气藏主要分布在构造转折部位，即构造的下倾部位或向斜的上倾部位。从取出岩心看，泥、页岩岩心存在着明显油污染，常呈泥岩油、油泥岩或油浸泥岩形式出现。

对泥岩裂缝含油岩心的描述，重点要观察描述岩心出筒时泥岩裂缝冒气、溢油状况，描述泥、页岩裂缝、节理发育特征（图 2 - 2），包括裂缝长度、开启程度、裂缝密度、数量、厚度及裂缝或节理与层面关系（垂直、平行、斜交）。根据泥岩含油和裂缝状况可分别定名为泥岩油（相当于油砂级）、油泥岩（或含油泥岩）、油浸泥岩三级。另外还可结合对泥岩裂缝的其他分析，如测泥岩平均孔径、扫描电子显微镜下观察的泥岩孔隙和裂缝形态及有机地球化学的实验室分析等补充描述。

#### 4. 有机地球化学在含油、气、水岩心描述中的应用

长期以来，人们对含油、气、水岩心的观察描述，主要靠主观的感性认识定性。随着石油地质科学的进步和现代分析测试技术的发展，用传统的方法鉴别岩心的含油、气、水产状愈来愈不适应，同时也不够准确。而采用有机地球化学分析测试技术对区别真假油气显示，判断油、气、水层性质，定量划分岩心含油级别，能在很大程度上减少主观因素的影响，使含油岩性的分析判断的准确性得以保证和提高。因此，在可能和有条件的情况下应积极采用有机地球化学方法录井。

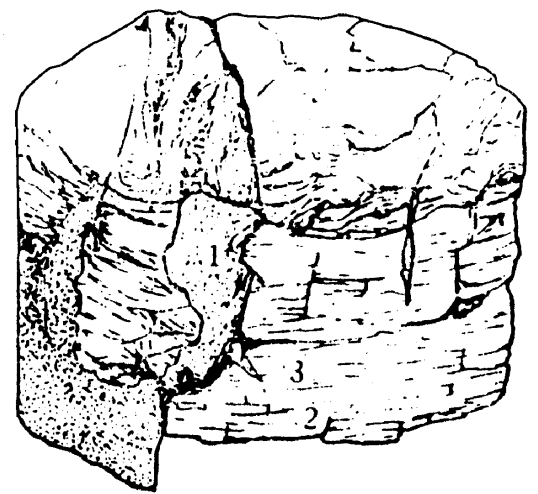


图 2 - 2 泥岩裂缝油层

1—裂缝被粉砂岩充填，含有石油；  
2—裂缝含有石油；3—泥岩

#### 1) 区别真假油气显示

在新区钻探时，如何判断和发现油气层是极其重要的，但有时在探寻深层油气显示过程中，由于起下钻将浅部油气层的含油气岩层或岩屑碰掉到井下深层，经取心或从钻井液中发现有含油气显示的岩心或岩屑。为证实含油岩心（或岩屑）是哪一个层位的，则可用热解—气相色谱流出曲线对比（即用深层泥岩热萃取烃色谱与浅层油层岩心热萃取烃色谱曲线对比），可一目了然。

#### 2) 不同含油、气级别岩心的热解色谱特征

判断油、气、水性质，除传统的直接取心观察和间接用地球物理测井解释判断外，近几年，为及时得到现场取得的第一性资料的含油、气、水产状特征，应用了地球化学录井。根据油、气化学性质及其组成上的微量变化，即利用热解—气相色谱法研究岩心、岩屑含油、气、水产状及岩石残留烃。它具有方法简便、用量少、灵敏度高、分析速度快和经济等独特优点。只要将现场取出的岩心、岩屑样品及时用蜡封或液氮（-196℃）冷冻，送至实验室（实验室也可设在现场），即可得到分析结果，从而及时指导现场下套管、试油及下步井位部署等一系列工作安排。

(1) 不同含油级别砂岩的热解特征。不同含油产状岩心热解所获得的参数，其概念完全不同于生油岩或干酪根热解所获得的参数。如同一个参数  $S_1$ ，在生油岩热解中是表征单位质量生油岩中所存在的游离烃含量；而在含油砂岩中则表征在 300℃ 前所蒸馏出来的烃类含量，是一个反映含油砂岩中原油性质和丰度的参数（若不考虑含油砂岩中胶结物性质、含

量和砂岩颗粒性质、含量对释放  $S_1$  的影响), 大体相当于原油在 300 前的馏分含量, 两者的概念是完全不同的。 $S_2$  包括两部分烃量, 一部分是指含油砂岩在 300 ~ 500 温度区间所蒸馏的烃类; 另一部分是在此温度区间由部分重组分裂解所产生的烃量, 亦是一个性质和丰度参数。 $S_3$  为含油砂岩原油中有机组分在 300 ~ 390 温度区间的二氧化碳含量, 表明在这温度区间中含氧化物的含量, 也是一个性质和丰度的参数。

从 6 种不同含油产状岩心的热解谱图 (图 2 - 3) 中可以看出, 其特征明显, 易于区分。

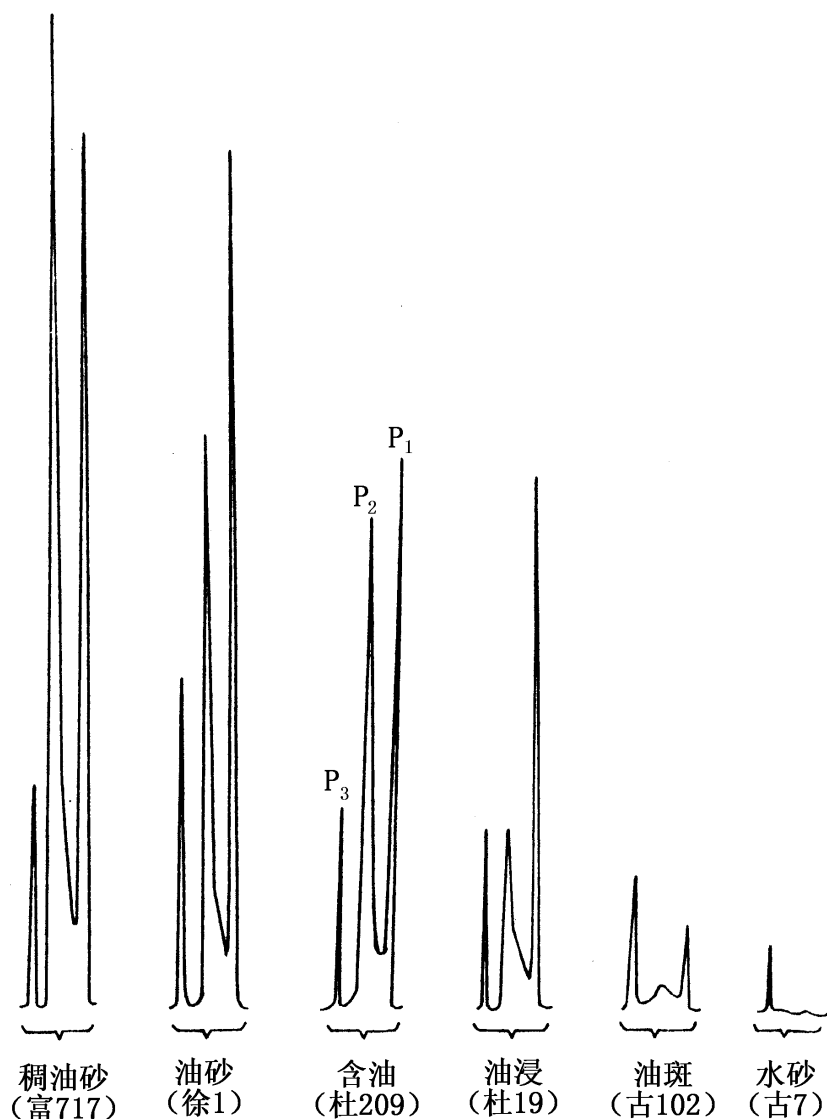


图 2 - 3 不同含油级别砂岩典型热解谱图

**稠油砂:** 富拉尔基萨尔图油层的油砂是典型的稠油砂, 实测残余油饱和度为 57% ~ 65%。具有特强的  $P_1$  和  $P_2$  峰, 且  $P_2$  峰高 >  $P_1$  峰高。 $S_1 + S_2 > 80\text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{油砂}}$ , 富 717 井高达  $102.25\text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $P_3$  峰中强,  $S_3$  仅为  $0.92 \sim 1.12\text{mg CO}_2/\text{g}_{\text{油砂}}$ , 低于萨、葡、高油层  $S_3$  含量。 $(S_1 + S_2) / (S_1 + S_2 + S_3) > 0.99$ , 表明富拉尔基的稠油砂的氧化程度较低;  $S_1 / (S_1 + S_2)$  数值仅为  $0.28 \sim 0.29$ , 低于一般油砂的比值; 而  $S_2 / S_3 > 60$ ; 氯仿抽提物含量 > 4.000%。从而表明富拉尔基的稠油砂是一种成熟度低, 重组分含量很高的油砂。

**油砂:** 大庆长垣和三肇地区的萨尔图、葡萄花油层的油砂, 实测残余油饱和度为 30.8% ~ 43.9%。在热解谱图上, 具有强的  $P_1$  峰和  $P_2$  峰, 且  $P_1$  峰高 >  $P_2$  峰高。 $(S_1 + S_2)$  含量比稠油砂低, 为  $32 \sim 60\text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $P_3$  峰强,  $S_3$  含量为  $1.17 \sim 1.81\text{mgCO}_2/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $(S_1 + S_2) / (S_1 + S_2 + S_3) > 0.95$ , 氧化程度有所增加;  $S_1 / (S_1 + S_2)$  为  $0.44 \sim 0.60$ ;  $S_2 / S_3$  为  $12 \sim 24$ ;

氯仿抽提物含量为 2.000% ~ 4.000%, 表明为低成熟度的一般油砂特征。

**含油:** 三肇、泰康和齐家的部分样品, 实测残余油饱和度为 16.5% ~ 28.7%。在热解谱图上,  $P_1$  峰与  $P_2$  峰为中等,  $P_1$  峰高 >  $P_2$  峰高。 $(S_1 + S_2)$  含量较低, 为  $17 \sim 30\text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $P_3$  峰明显减弱,  $S_3$  含量为  $0.67 \sim 0.87\text{mgCO}_2/\text{g}_{\text{油砂}}$ ;  $(S_1 + S_2)$  为  $0.42 \sim 0.63$ , 与油砂相近;  $S_2 / S_3$  为  $7 \sim 14$ ; 氯仿抽提物含量为 1.500% ~ 2.000%。表明轻组分在低含油级别中有所增加, 但总丰度已明显降低。

**油浸:** 古龙和泰康地区的部分样品, 实测残余油饱和度为 11.5% ~ 13.5%。在热解谱图上,  $P_1$  峰和  $P_2$  峰明显减弱,  $P_1$  峰高 >  $P_2$  峰高。 $(S_1 + S_2)$  含量为  $11.51 \sim 14.12\text{mg}_{\text{烃}}/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $P_3$  峰与含油相近,  $S_3$  含量为  $0.64 \sim 0.71\text{mgCO}_2/\text{g}_{\text{油砂}}$ 。 $S_1 / (S_1 + S_2)$  为  $0.31 \sim 0.57$ ;  $S_2 / S_3$  为  $7 \sim 15$ ; 氯仿抽提物含量为 0.965%。表明在油浸砂岩中, 丰度和轻组分都明显下降。