



中国教师发展基金会教师出版专项基金资助

YOUQI KANCHU

FANGFA YU JISHU

油气勘查方法与技术

郭少斌 芦俊 编著



石油工业出版社

中国教师发展基金会教师出版专项基金资助

油气勘查方法与技术

郭少斌 芦俊 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从各种油气勘探方法的基本原理、应用、勘探实例的角度,较全面地论述了油气勘探的系统过程和阶段步骤、油气勘探的基本流程、不同阶段油气勘探的基本任务及方法,并建立了油气勘探系统工程基本框架的宏观概念。

本书可供地质和石油院校教学用,也可供地质和石油技术人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气勘查方法与技术/郭少斌,芦俊编著. —北京:

石油工业出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5021-9744-5

I. 油…

II. ①郭… ②芦…

III. 油气勘探

IV. P618. 130. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 208913 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523560 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京长阳汇文印刷厂

2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 20

字数: 496 千字

定价: 45.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

要寻找深埋在地下的油气田资源，的确不是一件容易的事。人们经过不断的探索和总结，吸取和引用了许多其他学科的新技术、新理论，建立了一整套油气勘探的方法和技术体系，即油气田勘探工程。油气田勘探工作是一项以寻找油气藏（田）为基本目的的系统工程。随着现代科学技术水平的不断提高，勘探方法与技术日趋成熟。要高水平、高效率地发现和寻找油气田必须充分利用各种勘探手段，采用各种先进技术和综合配套的勘探方法。目前采用的勘探方法主要有地球化学勘探方法、地球物理勘探方法、地质钻井方法、综合信息预测方法及非常规油气勘探方法。

第一类是地球化学勘探方法。它是应用地球化学的分支学科。该方法借助于现代分析测试仪器和技术手段在不同介质中直接鉴别石油和天然气化学成分、油气运移迹象及其在地表的衍生物，查明和评价区域含油气远景，这是周期短、见效快但具多解性的一种方法。

第二类是地球物理勘探方法。该方法是利用物理原理和技术获取某些地质参数、特征及变化规律，从而对地质问题作出实际的解释。它是油气勘探不可缺少的重要勘探手段，是研究区域构造和局部构造的有效方法。在地表为松散沉积或沙漠覆盖的地区，或被海水覆盖的海洋上，地质法就受到了很大的限制。此时就要应用地球物理方法。它是根据地质学和物理学的原理，利用电子学和信息论等领域的新技术，建立起来的一种较新的勘探石油方法。利用各种物理仪器，观测地壳上的各种物理现象，从而推断、了解地下的地质构造特点，寻找可能的储油构造。现代应用于石油勘探的主要地球物理方法有：重力勘探、磁法勘探、电法勘探、放射性勘探、地震勘探、地球物理测井等。

第三类是地质钻井方法。地质法是传统的最基本、最主要的工作方法。其研究内容十分广泛，泛指地面地质调查、井下地质研究、各种地质资料的收集、实验（包括模拟）和地质综合分析，以及地球物理、地球化学等资料的成果解释。该方法通过观测、研究裸露在地面的地层、岩石，对地质资料进行分析综合，了解一个地区有无生成油气和储存油气的条件，最后提出对该地区的含油气评价，指出有利地区。有时在岩石裸露的地区，也可能直接发现油气藏。

钻井是油气勘探中必须采用的重要手段。利用物探方法寻找到的地质构造是不是储存了油气，还需要通过钻探才能确定。从勘探到开发油气藏都要钻井，在不同勘探阶段，钻井的目的及任务有所不同。

从地质法和钻井法的概念上我们可以看出，广义地讲，地质法已经涵盖了钻井方法，但钻井法又专门指通过钻探手段来研究地质问题，所以概念上我们分别作了介绍，而在实际的油气勘探过程中，两种方法常常紧密结合，没有必要作出明确的划分，所以

这里将两者归结为一种方法。

第四类是综合信息预测方法。在利用地质钻井、物化探信息时,从各种资料中提取的各种信息,在某种程度上部具有一定的“不确定性”。因此,综合信息油气预测不仅需要掌握多学科知识的科研人员,而且需要对各种信息运用合理的数学方法进行综合,建立各种数学模型和判别式,这种模式一旦被建立起来,不仅会迅速评价一个含油气盆地,选择石油勘探的靶区,而且会改变传统的石油勘探程序,节省大量的勘探经费,加快勘探速度。

第五类是非常规油气勘探方法。该方法是针对各种非常规油气资源的勘探和开发而采用不同方法和技术手段的统称。目前认为的非常规油气资源主要是煤层气、油砂矿、油页岩、页岩气、致密砂岩油气、天然气水合物等。其埋藏、储存状态与常规油气资源有较大的差别,勘探和开发难度大,费用高。实际工作中需要我们解放思想、转变观念、要用非常规思维对待非常规油气藏的勘探开发。

本书从各种油气勘探方法的基本原理、应用、勘探实例的角度对不同方法进行系统的介绍。其中第一章、第二章、第三章、第五章、第六章由郭少斌编写,第四章、第七章由芦俊编写。全书由郭少斌统稿。

书中大量引用前人的研究成果和资料,在此一并表示感谢。由于水平有限,书中一定存在许多缺点和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

作 者

2013年5月于北京

第一章 绪 论	1
第一节 油气勘探的定义及主要方法	1
第二节 油气勘探理论的形成及发展	2
第三节 我国油气勘探的发展历史	5
第四节 油气勘探面临的主要问题	6
第二章 油气勘探程序	8
第一节 大区概查阶段	9
第二节 盆地普查阶段	11
第三节 区域详查阶段	12
第四节 圈闭预探阶段	14
第五节 油气藏评价阶段	18
第六节 滚动勘探开发阶段	20
第三章 地球化学方法	23
第一节 地球化学勘探在油气勘探中的作用及地质意义	23
第二节 地表直接地球化学勘探方法	26
第三节 地表间接地球化学勘探方法	29
第四节 井中地球化学勘探方法	31
第五节 油气化探影响因素	33
第六节 地球化学勘探方法应用实例	40
第四章 地球物理方法	53
第一节 重力方法	54
第二节 磁法方法	63
第三节 电法方法	72
第四节 放射性方法	82
第五节 地震方法	85
第六节 地球物理测井方法	127

第五章 地质钻井方法	130
第一节 地层（油层）对比及特性研究.....	130
第二节 断层及其封闭性研究.....	152
第三节 地下古构造研究.....	166
第四节 油（气）田地质剖面图的编制与应用.....	183
第六章 综合信息预测方法	188
第一节 预测油气藏的信息类型.....	188
第二节 各类油气藏信息的提取.....	189
第三节 综合信息预测数学方法简介.....	204
第四节 应用实例.....	208
第七章 非常规油气勘探方法	221
第一节 煤层气勘探与评价.....	223
第二节 页岩气勘探与评价.....	238
第三节 致密砂岩气勘探与评价.....	249
第四节 油页岩勘探与评价.....	264
第五节 重油与油砂勘探与评价.....	274
第六节 天然气水合物勘探与评价.....	288
参考文献	298

第一章

绪 论

油气工业是由油气勘查（勘探）、油气田开发、油气集输、石油炼制和石油化学工业等几部分组成的系统工程，它们之间既各自独立，又是紧密联系、承前启后的。可见油气勘查方法与技术是开启油气工业大门的第一把钥匙，有了它的发展才会有后续各行各业的发展。油气勘查（勘探）在油气工业发展与前进中起着非常重要的作用。

—— 第一节 油气勘探的定义及主要方法 ——

油气勘探是以石油地质学中的油气田形成理论为基础，通过采用科学的勘探程序、利用合适的技术方法、实施先进的勘探管理，以达到经济、有效、快速地寻找、发现油气田，探明油气地质储量为目的的一项系统工程。是一个对油气地质规律不断实践认识、再实践和再认识的过程。有其科学程序，工作具有阶段性。

要高水平、高效率地发现和寻找油气田首先必须要了解油气勘探程序，清楚油气勘探各阶段的基本任务、工作程序。在研究区开展油气勘探工作，需要充分利用各种勘探手段、各种先进技术和综合配套的勘探方法，最终完成目的地区油气资源评价。目前油气勘探中，采用的方法主要有地球化学勘探法、地球物理勘探法、地质钻井法、综合信息预测法和非常规油气勘探方法等。

第一类是地球化学勘探方法，它是应用地球化学的分支学科。该方法借助于现代分析测试仪器和技术手段在不同介质中直接鉴别石油和天然气化学成分、油气运移迹象及其在地表的衍生物，查明和评价区域含油气远景，这是周期短、见效快，但具多解性的一种方法。

第二类是地球物理勘探方法。该方法是利用物理原理和技术获取某些地质参数、特征及变化规律，从而对地质问题作出实际的解释。它是油气勘探不可缺少的重要勘探手段，是研究区域构造和局部构造的有效方法。在地表为松散沉积或沙漠覆盖的地区，或被海水覆盖的海洋上，地质法就受到了很大的限制，此时就要应用地球物理方法。它是根据地质学和物理学的原理，利用电子学和信息论等领域的新技术，建立起来的一种较新的勘探石油方法。利用各种物理仪器，观测地壳上的各种物理现象，从而推断、了解地下的地质构造特点，寻找可能的储油构造。现代应用于石油勘探的主要地球物理方法有：重力勘探、磁法勘探、电法勘探、放射性勘探、地震勘探、地球物理测井等。

第三类是地质钻井方法。地质法是传统的最基本、最主要的工作方法。其研究内容十分广泛，泛指地面地质调查、井下地质研究、各种地质资料的收集、实验（包括模拟）和地质综合分析，以及地球物理、地球化学等资料的成果解释。该方法通过观测、

研究裸露在地面的地层、岩石,对地质资料进行分析综合,了解一个地区有无生成油气和储存油气的条件,最后提出对该地区的含油气评价,指出有利地区。有时在岩石裸露的地区,也可能直接发现油气藏。

钻井是油气勘探中必须采用的重要手段。利用物探方法寻找到的地质构造是不是储存了油气,还需要通过钻探才能确定。从勘探到开发油气藏都要钻井,在不同勘探阶段,钻井的目的及任务有所不同。

从地质法和钻井法的概念上我们可以看出,广义地讲,地质法已经涵盖了钻井方法,但钻井法又专门指通过钻探手段来研究地质问题,所以概念上我们分别作了介绍,而在实际的油气勘探过程中,两种方法常常紧密结合,没有必要作出明确的划分,所以这里将两者归结为一种方法。

第四类是综合信息预测方法。在利用地质钻井、物化探信息时,从各种资料中提取的各种信息,在某种程度上具有一定的“不确定性”。因此,综合信息油气预测不仅需要掌握多学科知识的科研人员,而且需要对各种信息运用合理的数学方法进行综合,建立各种数学模型和判别式,如果这种模式一旦被建立起来,不仅会迅速评价一个含油气盆地,选择石油勘探的靶区,而且会改变传统的石油勘探程序,节省大量的勘探经费,加快勘探速度。

第五类是非常规油气勘探方法。该方法是针对各种非常规油气资源的勘探和开发而采用不同方法和技术手段的统称。目前认为的非常规油气资源主要是油砂矿、油页岩、页岩气、致密砂岩油气、天然气水合物等。其埋藏、储存状态与常规油气资源有较大的差别,勘探和开发难度大、费用高。实际工作中需要我们解放思想、转变观念,要用非常规思维对待非常规油气藏的勘探开发。

—— 第二节 油气勘探理论的形成及发展 ——

油气的发现和利用也经历了一个漫长的发展过程,形成了包括4个方面的现代油气勘探的理论体系:(1)以板块构造学说为基础的盆地评价理论;(2)以有机地球化学为基础的烃源岩评价理论;(3)以油气系统为基础的区带及圈闭评价理论;(4)以层序地层学为基础的勘探综合评价理论。

一、世界油气勘探理论的形成与发展

世界上石油和天然气发现、利用和勘探开发的历史,大致可分为3个阶段:

(1) 初期阶段——原始找油理论(19世纪40年代以前)。早期油气勘探活动中,由于人们缺乏对地质规律的认识,没有相应的理论指导,找油工作主要是依赖对自然规律的直观感觉进行的,如油气苗找油等。

(2) 中期阶段——圈闭找油理论(19世纪40年代至20世纪40年代)。人们在长期寻找和开采油气的实践活动中,逐渐认识到油气聚集常与背斜构造有关。19世纪后期,美国的怀特发表了背斜聚油的论文。“背斜聚油理论”的出现是油气勘探历史上的一个重大发现,使人类寻找油气的水平提高了一大步。

(3) 世界油气勘探进展阶段——盆地找油理论(20世纪中叶以后)。沉积盆地找油

理论的提出,是石油地质学从实践到认识的一次重要飞跃。盆地找油理论的实质是源控论和圈闭论的有机结合,是现代油气勘探理论的最大特点。20世纪70年代后期提出和迅速发展起来的含油气系统理论,是对盆地找油理论的系统总结和发展。

二、我国油气勘探理论

1. 陆相沉积盆地生油理论

陆相生油理论的发展,大致经历了20世纪60年代以前、20世纪60—70年代和20世纪70年代以来3个主要阶段。

1) 20世纪60年代以前

20世纪30—40年代,石油地质学家孙健初、谢家荣等在酒泉西部盆地调查了石油沟古近系—新近系油苗后,指出其生油层是陆相白垩系。1941年,潘钟祥教授根据四川、延长等地区中生界发现油气田的事实,认为石油不仅来源于海相地层,而且还来自于淡水沉积物。

2) 20世纪60—70年代

这一阶段,我国陆相石油地质理论的有关要点为:

(1) 我国具有丰富的陆相油源。我国克拉通自晚三叠世海水从华北退出和中三叠世海水从南方退出以后,中生代陆相盆地广泛分布,湖相沉积发育,规模大,时间长,类型多,沉积厚,有机质丰富,形成了丰富的陆相油源。

(2) 油源条件的好坏在很大程度上受控于古气候、古沉积环境。

(3) 我国陆相含油盆地的一个明显特征是高沉积速率,这一沉积速率与油气富集程度成正比。

(4) 陆相沉积盆地中碎屑岩沉积占绝对优势,含油层系主要是不同类型的砂岩,储层连通性差,区域性油气运移距离受到限制,但陆相储层与油源层交互或交叉接触,也能形成大型油气田或大型油气聚集带。

3) 20世纪70年代以来

20世纪70年代以后提出的未熟—低熟油理论、煤成烃理论,进一步丰富了我国陆相生油理论的内涵。

未熟—低熟油系指所有非干酪根晚期热降解成因的各种低温早熟的非常规油气,包括在生物甲烷气生烃高峰之后,在埋藏升温达到干酪根晚期热降解大量生油之前(镜质组反射率 $R_o < 0.7\%$),经由不同生烃机制的低温生物化学或低温化学反应生成并释放出来的液态和气态烃。低熟油生成高峰阶段对应的烃源岩镜质组反射率值大体在 $0.2\% \sim 0.7\%$ 范围内,相当于干酪根生烃模式的未成熟和低成熟阶段。

目前,人们已经普遍认识到煤系地层不仅能够生成天然气,而且能够生油。这些由煤和煤系地层中集中和分散的陆源有机质,在煤化作用的同时所生成的液态烃类被称为煤成油。沥青化作用是煤的显微组分的主要演化途径,沥青化作用的结果,一方面是产生石油和天然气;另一方面是固体残余产物进行芳构化和缩聚作用。煤中不同显微组分沥青化作用是不一致的。由于煤中各显微组分发生沥青化作用的时期不同,其生烃特征和演化模式存在差异,造成煤中液态烃的生成具有多阶段性,因此,不同演化阶段各种显微组分对生烃的贡献有别。

2. 油气分布的源控理论

油气分布的源控理论的基本思想是有效烃源岩分布区基本控制了油气田的大致分布范围。该理论认为,在陆相沉积盆地中,油气田一般围绕生油坳(凹)陷中心呈半环状、环状、多环状分布。一个生油坳(凹)陷就是一个含油区,不论坳(凹)陷的大小,只要具备了良好的生油条件,只有几百平方千米的小坳(凹)陷也可以形成丰富的油气聚集。有利生油深坳(凹)陷控制了油气的形成与分布;面临生油深坳(凹)陷的同生二级构造带是最有利的油气聚集带。

3. 复式油气聚集理论

复式油气聚集理论是指位于同一构造单元之上,彼此具有相同的油气地质背景和成因联系的若干个油气藏的集合,其中以一种油气藏类型为主,而以其他油气藏类型为辅,具有成群成带分布的特点,在平面上和剖面上构成了不同层系、不同类型油气藏叠加连片的含油气带。

4. 古潜山油气田勘探理论

自冀中坳陷任丘古潜山油气藏发现后,当时对孔、洞、缝缺乏规律性的认识,马杏垣教授曾建议对任丘古潜山进行构造模拟,我国油气地质学家陆续开展了古潜山油气藏的综合研究,认为裂隙—岩溶型储集块体构成了任丘的主要储层,是在构造背景上发育的岩溶形态,构造裂隙是造成岩溶储集空间的主导因素,从而建立了完整的古潜山油气田勘探理论。

5. 我国古生代海相生油理论

古生代海相成油理论的主要内容为:(1)多时代烃源岩(震旦系—奥陶系、志留系—泥盆系、石炭系—二叠系)。(2)多期生烃、多期成藏(海西期、印支—燕山期、喜马拉雅期)。(3)多时代成油组合(震旦系—奥陶系、志留系—泥盆系、石炭系—二叠系)。(4)多成藏模式(古生古储、后生后储、后生中储、后生新储)。(5)多期长距离运移油气。(6)多油气相态并存(重油、中油、轻油、凝析油、挥发油、湿气、干气),不同成熟度油气并存,不同烃源岩油气并存,不同期生产的油气并存等。(7)油气分布规律表明,油气主要分布于古隆起、古斜坡、区域性不整合、断裂带及各种扭动构造带。

6. 页岩气成藏理论

目前在我国一次性能源消费结构中天然气所占比例远低于世界平均水平。从全球不可再生能源勘探开发的现状分析发现,页岩气是最现实的常规油气资源的重要接替资源之一。美国是目前唯一实现页岩气工业开发的国家,我国不仅海相页岩分布广泛,陆相泥页岩也很发育,并且存在海陆交互相泥页岩,根据和美国页岩气成藏地质条件的相似性对比研究,认为我国许多盆地均具备页岩气成藏的地质条件,页岩气资源潜力十分巨大。

三、油气勘探理论进展

20世纪80年代以来,油气勘探理论的进展主要体现在以下6个方面:(1)前陆盆地综合评价和预测理论;(2)以有机地球化学为基础的综合评价和预测理论(二次生烃理论、碳酸盐岩生烃理论);(3)以含油气系统为基础的综合评价和预测理论;(4)以

层序地层学为基础的综合评价和预测理论；(5) 储层沉积地质学评价理论；(6) 页岩气和致密砂岩油气成藏理论。

—— 第三节 我国油气勘探的发展历史 ——

我国油气勘探活动按时间和勘探成果划分，大致可划分为新中国成立前和新中国成立后两个大的勘探阶段。

一、新中国成立前的油气勘探

陕北延长油田（鄂尔多斯盆地）1907年6月开始钻探我国大陆第一口油井——延1井，9月在三叠系延长组获日产1~1.5t原油。新疆独山子油田（准噶尔盆地）是1936年开始钻探，次年获得自喷工业油流。四川隆昌（四川盆地）1936年发现石油沟、圣灯山两个气田。老君庙油田（甘肃酒泉盆地）1939年从延长油矿调来顿钻，同年3月在老君庙背斜顶部钻探了玉门地区第一口油井——1号浅井，第1号井钻到115.5m，K油层获工业油流，日产油10t，其后2号、3号、4号井相继喷油，1941年4月，4号井加深至439m发生强烈井喷，日产原油200~300t。1944年，钻探了老君庙第一口深井（DH-1井），井深905米，其上发现了K层、L层、M层等3组油层，从而证实了老君庙油田是一个高产自喷的工业性油田。

二、新中国成立后的油气勘探

1. 第一阶段：初创年代（1950—1959年）

1955年7月6日，克拉玛依1号井开钻，10月29日从三叠系喷油，宣告了中国新的大油气田的诞生。这是新中国石油工业第一个重要的里程碑。克拉玛依油田的发现，为油气勘探的第一次重大突破。1953—1957年，四川盆地油气勘探的重点是在西部龙门山山前带。在遭到失利后，正在寻求新的勘探方向时，受当时前苏联地台找油成功的启发，重点转向了川中。1958年11月，石油工业部决定抽调全国力量对川中进行大会战，会战历时5个月，在11个构造上共钻井72口，发现了蓬莱镇、龙女寺、南充、合川、罗渡、营山、广安等7个小油田，其中产油情况较好的只有9口井。

2. 第二阶段：勘探战略东移（1960—1985年）

当时在潘钟祥教授的“陆相生油论”及李四光教授的“地质力学”3个沉降带理论指导下，根据重、磁、电等地球物理普查资料于1959年9月在松辽盆地大庆长垣钻松基3井，取得了工业油气流的突破，从而发现了大庆油田。1960年2月开始了在东北北大荒拉开了会战的序幕。同年7月1日，第一列装满原油的列车开出，我国的石油产量从1949年的 12×10^4 t，到1960年的 410×10^4 t。大庆特大油田的发现，石油产量高速增长，验证并完善了陆相生油理论。渤海湾及其外围复杂油气区的攻克、形成复式油气区（带）理论。任丘古潜山油气勘探：1975年7月在华北任丘构造高点，钻至3200m的震旦系雾迷山组硅质白云岩时，喷出100t/d的高产油流，经酸化后达1014t/d。当时对孔、洞、缝缺乏规律性的认识，马杏垣教授曾建议对任丘古潜山进行构造模拟，取得了丰硕的研究成果，研究认为：裂隙—岩溶型储集块体构成任丘的主要储层，是在

构造背景上发育的岩溶形态,构造裂隙是造成岩溶储集空间的主导因素。

3. 第三阶段:“稳定东部、发展西部”、海上油气重大突破期(1986—2009年)

加速扩大后备储量,出现了塔里木油气区、吐哈油气区、准噶尔油气区、柴达木油气区、河西走廊油气区、西部新区侏罗系盆地等;我国陆上第一个大气田鄂尔多斯靖边气田的发现,1988年在石油工业部总地质师阎墩实的指导和组织下,开展了全盆地大规模的石油化探概查工作,由中国地质大学(武汉)负责完成。1989年6月中旬到10月中旬结束,发现多处环状及顶部异常。通过长庆石油管理局进一步工作,1989年6月在陕参1井奥陶系中,经酸化压裂获 $28.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 高产工业气流。1990年又有8口井获气流,其中陕5、陕6分别获得日产百万立方米以上的工业气流,控制含气面积 600 km^2 ,成为该区中部油气重大突破的标志。

我国沿海的油气勘探开始于1959年,1967年首次在渤海喷出工业油流,1972年自行设计建造了第一艘自升式钻井平台,1975年又在渤海建成第一座多功能的综合性平台。目前我国已发现石油储量的海上盆地有渤海、珠江口、北部湾和东海四大盆地,而海上石油探明储量的持续增长主要来自于渤海和珠江口两大盆地,2008年这两个盆地的石油剩余探明储量分别达到了 $1.28 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $0.7 \times 10^8 \text{ t}$ 。我国海上石油剩余探明可采储量到2008年达到 $1.92 \times 10^8 \text{ t}$,占国内总石油储量的9.05%,海上石油储量占全国储量的比例也处于一个上升态势,预示了海洋所蕴含的巨大潜力。

4. 第四阶段(2009年以后):常规与非常规油气勘探阶段

我国非常规油气资源丰富,煤层气、油砂矿、油页岩、可燃冰和页岩气等是目前最为现实的非常规油气资源。但受复杂地质条件、开发技术不成熟、环境污染等因素制约,目前,我国关于非常规能源的勘探和开发处于刚刚起步阶段。就页岩气而言,2008年11月26日我国首口页岩气取心浅井长芯1井在四川省宜宾市顺利完钻。2009年国土资源部油气资源战略研究中心在全国油气资源战略选区专项中,设立并自行承担了“中国重点地区页岩气资源潜力及有利区带优选”项目,同年11月,在重庆市彭水县连湖乡实施了第一口页岩气战略调查井渝页1井,见到了良好的页岩气显示。

2010年4月,我国第一口页岩气工业产能井——威201井在四川盆地完钻,产层为寒武系筇竹寺组、志留系龙马溪组。2011年4月由中国地质大学(北京)和国土资源部油气资源战略研究中心联合举办了页岩气国际学术研讨会,2011年7月在中国石油大学(华东)举行国际非常规油气勘探开发(青岛)大会,就油砂矿、油页岩、页岩气、致密砂岩油气等勘探开发技术进行交流。2011年7月28日,胜利油田召开非常规油气勘探开发项目部署会,对致密砂岩、泥页岩油气藏的勘探开发进行论证部署。2011年8月29日,江苏油田也在扬州基地举办非常规油气勘探开发专题学术报告会。2011年国土资源部油气资源战略研究中心组织了“全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选项目”,通过该项目的研究,于2012年3月发布的《全国页岩气资源潜力调查评价及有利区优选》成果显示,我国陆域页岩气地质资源潜力为 $134.42 \times 10^{12} \text{ m}^3$,可采资源潜力为 $25.08 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (不含青藏区)。我国非常规页岩气勘探开发即将拉开大幕。

—— 第四节 油气勘探面临的主要问题 ——

勘探难度不断增大,地表地下条件日趋复杂,油气勘探成本逐年增加等是目前油气

勘探面临的主要问题。

我国油气勘探面临的复杂地质构造背景：(1) 大型盆地少，小型盆地多，不利于特大型油气田的形成；(2) 构造活动强烈，不利于古生界海相油气田的保存；(3) 盆地类型和沉积建造的多样性，导致油气资源在时代分布的明显差异性；(4) 烃源岩类型多，但以中生界陆相烃源岩为主；(5) 常规储层和非常规储层并存，给油气田的勘探和开发造成困难；(6) 古板块构造演化的活动性，影响古生代礁块油气田的发育；(7) 形成了多种类型、丰富多彩的油气圈闭和集聚带；(8) 复杂的地貌景观造成了困难的勘探环境。

第二章

油气勘探程序

在油气勘探中，我们把遵循认识发展过程、按阶段分别以相应的技术人才、合适的工作程度、工作方法实施勘探工程，以求揭示地下情况，验证、补充、修改或否定已有的推断和认识，逐步接近地下资源的真实状况的这一过程，称为油气勘探程序。简单来说，就是将油气田勘探各个阶段之间的相互关系和工作的先后次序统称为油气勘探程序。其核心问题是寻找油气田，最大幅度地增加油气后备储量，并查明油气田的基本情况，取得开发油气田所需要的全部数据。

油气勘探是从已知到未知，从地表未见到油气显示的沉积盆地开始研究到发现、探明油气田，直到查清油气田内部流体性质及具体分布特征的漫长过程。也就是说油气勘探工作是一个以发现油气田为宗旨的连续工作过程，这个过程并非一下子完成，它是分阶段、分步骤进行的。而对这个过程的划分有不同的方案或说法。从勘探程度和勘探任务不同上可分为资源调查时期和工业勘探时期（表 2-1）。资源调查时期主要任务是从大区、盆地、凹陷出发，进行整体调查，了解区域地质和石油地质概况，查明生油、储油条件，指出油气聚集的有利地带，评价含油远景，进行油气资源量估算等，主要包括大区概查、盆地普查和区域详查等油气早期勘探活动。工业勘探时期的主要任务是查明含油气构造、发现油气田，包括圈闭预探、油气藏评价勘探与滚动勘探开发等阶段。

表 2-1 油气勘探程序表

勘探阶段	资源调查时期			工业勘探时期		
	大区概查	盆地普查	区域详查	圈闭预探	油气藏评价	滚动勘探开发
勘探对象	大区	盆地	凹陷	区带、圈闭	圈闭、油气田	圈闭、油气田
勘探任务	择盆	定凹	选带	发现油气田	探明油气田	发现、探明油气田
勘探成果	盆地推测资源量	凹陷推测资源量	区带潜在资源量	预测储量	探明和控制储量	探明和控制储量
重点研究内容	盆地性质与演化特征、 烃源岩形成条件	烃源岩特征、 油气生成条件	储盖组合特征、 运聚与保存条件	圈闭基本特征、 油气成藏条件	油气水分布特征、 油气富集条件	隐蔽油气藏等 油气富集规律
综合评价方法	盆地类比	盆地模拟	含油气系统 分析	圈闭描述与评价	油气藏描述	油气藏精细描述

油气各个勘探阶段既有独立性，又有各阶段之间的连贯性。低级勘探阶段是高级勘探阶段的基础和依据。明确划分勘探阶段可以对实际工作带来许多方便，它可以：（1）明确各阶段所需要解决的具体任务；（2）确定一个阶段转入另一个阶段的必备条件，决定停止或继续投资勘探工作的依据；（3）合理调配勘探力量并及时充实新区的力量和设备；（4）做好勘探部署中的经济预算；（5）检查和衡量每个阶段勘探工作的效率和各个

阶段工作进行的现状等。

勘探程序中工作可以加快（或延缓），但决不可逾越。不可在一个阶段还没有实施或还没有完成，没有取得相应认识前就跳入下一个程序阶段。这样往往导致勘探失误或失败，是“欲速则不达”。

第一节 大区概查阶段

大区概查阶段是指在一个大的未进行过任何油气勘探活动的新区，从基本的石油地质调查开始，到识别和优选出有利益地的勘探过程。大区概查是整个勘探工作中的第一步，它重点解决的是勘探的宏观战略问题，即找油的大方向问题。

一、基本任务

大区概查是油气资源调查工作的前奏，实际上是盆地普查前的预测阶段，其基本任务是“择盆”，确定普查的方向，即从众多的盆地（盆地群）中优选出规模大、地质与地面地理条件较好、具有较好勘探前景的盆地。

为了完成该阶段的基本任务，需要解决以下几个方面的地质问题：

（1）盆地形成的大地构造背景，主要是指盆地在板块中的位置，所处的应力环境，不同地质历史时期盆地所处的古纬度、古气候、古地理环境等。

（2）盆地地质结构特征，包括盆地的规模大小、盆地的基底岩性与时代、基底埋深与起伏状态、基底断裂的展布、盆地与周边的接触关系以及沉积盖层的厚度和主要地层时代等。

（3）盆地的类型与演化特征，包括盆地原型、盆地的叠加以及盆地的后期改造等演化发展历史。

（4）盆地可能的烃源岩分布层位、规模及生烃潜力、盆地地面与地下的油气现实情况等。

二、工作程序

在一个大区内从事油气资源调查工作，其一般工作程序是：通过系统地收集各方面的资料，必要时补做地质调查工作，有选择地开展非地震地质调查及地震概查，在板块构造和盆地演化特征分析的基础上，对大区内各盆地进行地质特征、油气远景、勘探经济特征等的综合分析对比选择。

1. 资料收集与综合分析

在大区概查过程中，首先必须全面系统地收集资料，如地形图、地貌图、行政区划图、交通图、航磁、遥感等图件，详尽地占有前人的研究成果，并作出研究程度和可用性的评价。

2. 地面地质调查

地面地质调查是地质工作者携带简单的工具，通常包括地形图、指南针（罗盘）、小铁锤、经纬仪等，在事先选定的区域内，按规定路线和要求跋山涉水、穿越林海，或者是踏戈壁、卧沙漠，整日风餐露宿，艰苦工作，完全是以徒步“旅行”来进行找油找

气的实地考察和测量。地面地质调查工作是获得区域地质资料最直接、最可靠也是最经济的方法。其主要任务是通过地质填图、矿产（油苗）或专题性调查和综合研究，系统地查明工作地区的地质特征。

3. 非地震物化探概查

非地震物化探是指重力、磁力、电法、化探等勘探方法。目前常用的是非地震综合物化探技术，它是根据不同的勘探目的和探区地球物理条件，有选择地使用多种物探技术进行联合勘探、综合解释。它在很大程度上降低了单一重、磁、电异常的多解性，提高了解释成果的准确性。该方法能够进一步确定盆地范围、盆地周边及构造层特征，划分区域构造单元，对生油凹陷的范围和沉积厚度做出解释，以便于对于不同凹陷进行生烃条件的初步评价。非地震物化探比例尺为 $1:500000 \sim 1:1000000$ ；化探网度：线距为 $5 \sim 10\text{km}$ ，点距为 $1 \sim 2\text{km}$ ；密度为 $0.1 \sim 0.4$ 点/ km^2 。

4. 地震大剖面

在大区概查阶段部署一条或几条（ $10 \sim 32\text{km}$ 线距部署）穿越大区的二维地震大剖面是必要地。查明隆起和凹陷的分布，控制隆起、凹陷的形态，并查明其内部结构和二级构造带的形态、类型及展布范围，为部署科探井服务。

5. 科探井钻探

1) 科探井设计

在充分考虑航磁、重力、电法、油气化探、地震调查成果的基础上，以地震概查或普查资料为主，选择某一盆地中对评价油气远景具有决定意义的部位部署科学探索井，其目的是了解沉积岩厚度、生烃潜力，建立盆地完整的地层层序等。

2) 资料录取要求

科探井的录取资料一般以岩心为主，岩屑为补充，建立系统的分析化验剖面。

3) 单井评价

对科探井所取得的录井、测井、测试、分析化验等资料进行深入的综合研究，并配合地层、沉积、构造、生油、储油等情况进行专题研究，科探井不但应提交钻井、录井、测井、测试等完井报告，而且应提交地层、沉积、构造、生油、储层等的专题评价报告以及单井评价总报告，并对盆地的下一步勘探工作提出意见。

6. 盆地优选

在上述工作获得的地质、地球物理、地球化学和钻探资料的基础上，进行盆地构造特征、地层特征的分析，划分生油凹陷，并采用单井评价方法结合地震资料，系统评价凹陷的油气生成条件、储盖组合条件，并通过对比分析，选择有利的生油凹陷进行优先勘探。

三、勘探部署原则

大区概查阶段勘探部署原则为：

（1）立足盆地整体，着重查明盆地的类型、性质与地质结构特征。

在大区概查阶段，主要是通过地面地质调查和非地震物化探技术，掌握盆地的整体形态、盆地内部的基底性质、起伏、基底断裂、主要构造方向、火成岩分布，粗略了解盆地的构造和沉积面貌，进行盆地类型的划分和盆地之间的类比分析，来达到优选盆