

油气田勘探

吴欣松 张一伟 方朝亮 编著

(北京)

30.8

7

石油工业出版社

油 气 田 勘 探

吴欣松 张一伟 方朝亮 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了现代油气田勘探的理论基础、技术方法、主要阶段,以及各阶段的基本任务和工作程序、勘探管理与部署方法。围绕快速、高效、经济地发现和探明油气田的目标,从辩证唯物主义的历史观、世界观出发,在系统分析我国近 50 年来油气田勘探经验和教训的基础上,对一些重要的勘探部署原则进行了总结。

本书主要供石油与天然气地质工程专业高年级本科生教学之用,也可供广大油气勘探管理人员、工程技术人员和科研工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气田勘探/吴欣松等编著.

北京:石油工业出版社,2001.9

ISBN 7-5021-3459-X

I. 油…

II. 吴…

III. 油气田—油气勘探

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 047225 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 9.5 印张 240 千字 印 1—1000

2001 年 9 月北京第 1 版 2001 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3459-X/TE·2564

定价:20.00 元

前 言

《油气田勘探》作为《石油地质学》的延伸和实践部分,是以石油地质学关于油气生成、油气藏形成和油气田分布规律的基本理论和油气勘探的经济规律为指导,系统阐述油气勘探的主要技术与方法、勘探基本过程、勘探部署、勘探管理与决策的一门综合性应用学科。可以说,石油地质学是找油的理论地质学,而油气田勘探是找油的方法地质学。

60年代初,由北京石油学院石油地质教研室首次在石油高校本科生中开设《油气田勘探》课程,并以大庆油田勘探经验为基础,集体编写了第一本《油、气田勘探》教材,并由石油工业出版社出版。80年代初,华东石油学院在重新补充国内外油气田勘探资料和一些新方法的基础上,由张一伟教授主编了新的《油气田勘探》教材。它对于推动我国油气田勘探方法学的研究,培养复合型综合勘探人才起了积极作用。1985年,在原石油工业部组织和领导下,胡朝元、张一伟等合作编写了《油气田勘探及实例分析》,供勘探高级专门人才的继续教育和业务培训使用。长期以来,它也一直被石油高校作为本科生教学的代用教材。90年代,丁贵明、张一伟等编著了《油气田勘探工程》一书,其他院校也相继出版了一些各有特色的勘探教材。

近十几年来,由于油气勘探在理论、技术方面的迅速发展,油气勘探的新术语、综合研究的新方法不断涌现。为适应石油高校教学工作的需要,编者通过多年教学经验的积累和摸索,并在广泛吸收以上教材各方面优点的基础上,建立了本教材的内容体系。因此,可以说这本教材凝聚了几代人的辛勤努力和研究成果。

该教材从勘探工程的系统观出发,全面介绍了油气田勘探的工作程序、理论基础、技术配备、综合评价、经营管理,并根据历史唯物主义的世界观,从勘探的历史经验和教训两方面,深入阐述油气勘探的部署原则。同时在内容上力求展示油气勘探的最新进展,反映勘探理论和技术的最新动态。特别是对当前广泛应用的各种勘探综合评价技术——盆地评价、区带评价、圈闭评价、油气藏描述进行了比较系统的介绍。

全书共分九章,共约20万字。其中绪论、第一章第三节、第二章、第三章第一节、第四章第一、第二节、第五章、第六章第二、第三节、第九章由吴欣松编写,第一章第一节、第三章第二节、第四章第三节、第六章第四节、第七章、结束语由张一伟编写,第一章第二节、第三章第三节、第六章第一节、第八章由方朝亮编写。

由于水平有限,书中一定存在不少缺点和不妥之处,欢迎读者批评指正。

编 者
2000年6月

目 录

绪论	(1)
一、石油与天然气勘探在国民经济中的地位和作用	(1)
二、油气田勘探工作的性质和基本特点	(2)
三、油气田勘探课程的性质和基本任务	(5)
第一章 油气勘探理论	(5)
第一节 世界油气勘探理论发展简史	(5)
一、原始找油理论阶段	(5)
二、圈闭找油理论阶段	(6)
三、盆地找油理论阶段	(7)
第二节 具有中国特色的油气勘探理论	(8)
一、陆相沉积盆地生油理论	(8)
二、油气分布的源控理论	(9)
三、复式油气聚集理论	(9)
四、古潜山油气田勘探理论	(10)
第三节 油气勘探理论新进展	(11)
一、以板块构造学说为基础的盆地评价理论	(11)
二、以有机地球化学为基础的烃源岩评价理论	(12)
三、以含油气系统为基础的勘探目标评价理论	(14)
四、以层序地层学为基础的综合评价与预测理论	(14)
参考文献	(15)
复习思考题	(16)
第二章 油气勘探技术	(17)
第一节 非地震地质调查技术	(17)
一、地面地质测量	(18)
二、油气资源遥感	(18)
三、非地震物探	(19)
四、地球化学勘探	(20)
第二节 地震勘探技术	(22)
一、地震勘探的阶段划分	(22)
二、地震勘探的部署设计	(23)
三、地震勘探技术新进展	(24)
第三节 井筒技术	(25)
一、钻井技术	(25)
二、录井技术	(27)
三、测井技术	(29)

四、测试与试油技术	(30)
第四节 实验室测试分析技术	(31)
一、有机地球化学测试分析技术	(31)
二、储层测试分析技术	(31)
三、地层学非常规测试分析技术	(32)
参考文献	(33)
复习思考题	(33)
第三章 油气勘探经营管理	(34)
第一节 勘探组织管理	(34)
第二节 勘探市场管理	(34)
一、建立油气勘探市场的意义	(35)
二、我国油气勘探市场结构	(35)
第三节 勘探项目管理	(36)
一、勘探项目的基本特点	(36)
二、勘探项目的主要类型	(37)
三、勘探项目的运行过程	(38)
四、勘探项目管理	(39)
第四节 油气资源管理	(40)
一、油气资源分级	(40)
二、资源序列	(43)
三、储量认定	(43)
参考文献	(43)
复习思考题	(44)
第四章 油气勘探程序	(45)
第一节 勘探程序的概念	(45)
第二节 国内外主要油气勘探程序	(45)
一、前苏联的油气勘探程序	(46)
二、美国海上油气勘探程序	(47)
三、原地矿系统油气勘探程序	(47)
四、中油集团现行油气勘探程序	(47)
五、本书采用的勘探程序	(48)
第三节 执行勘探程序应遵循的原则	(50)
参考文献	(51)
复习思考题	(51)
第五章 区域普查	(52)
第一节 区域普查的工作程序	(52)
一、大区普查	(53)
二、盆地普查	(55)
第二节 盆地评价技术	(56)
一、盆地类比	(56)

二、盆地分析	(57)
三、盆地模拟	(61)
四、盆地资源量预测	(65)
第三节 区域普查的部署原则	(67)
一、从区域出发, 整体解剖, 着重查明区域地质构造概况和石油地质基本条件 ..	(67)
二、以油气分布的源控理论为指导, 重点研究油气的生成条件	(68)
三、因地制宜地选择工种, 加强综合勘探	(69)
参考文献	(70)
复习思考题	(70)
第六章 区带详查	(71)
第一节 区带详查的工作程序	(72)
一、地震普查和详查	(72)
二、参数井钻探	(73)
三、区带优选	(73)
第二节 区带评价技术	(74)
一、区带地质评价	(74)
二、区带资源量预测	(76)
三、区带经济评价	(79)
四、区带综合评价	(80)
第三节 区带详查的部署原则	(80)
一、从区带形成的地质背景出发, 系统研究区带构造与沉积特征	(80)
二、以建立区带成藏模式为中心, 重点研究油气运聚和保存条件	(81)
三、重视各种类型的储盖组合, 正确选择勘探目的层	(83)
参考文献	(84)
复习思考题	(84)
第七章 圈闭预探	(85)
第一节 圈闭预探的工作程序	(86)
一、进一步地震详查	(87)
二、圈闭评价与优选	(87)
三、待钻圈闭描述与预探井设计	(87)
四、圈闭钻探与钻后再评价	(88)
第二节 圈闭评价与描述技术	(89)
一、圈闭可靠性评价	(89)
二、圈闭成藏地质评价	(90)
三、圈闭资源量估算	(92)
四、圈闭地质综合评价与决策	(95)
五、圈闭经济评价与决策	(97)
第三节 圈闭预探的部署原则	(98)
一、着眼整个区带, 选择有利的三级构造为突破口, 以迅速突破出油关	(98)
二、提高圈闭准备质量, 保证预探的顺利进行	(98)

三、合理部署预探井, 高效发现油气田·····	(100)
四、兼顾多层系、多类型油气藏的勘探, 全面完成预探任务·····	(101)
第四节 不同类型区带的预探方法·····	(101)
一、长垣和大隆起的预探·····	(101)
二、背斜构造带的预探·····	(103)
三、断裂构造带的预探·····	(104)
四、古潜山带的预探·····	(106)
五、隐蔽油气藏的预探·····	(108)
参考文献·····	(113)
复习思考题·····	(113)
第八章 油气藏评价 ·····	(114)
第一节 油气藏评价的工作程序·····	(114)
一、地震精查·····	(114)
二、评价井钻探·····	(115)
三、油气藏评价·····	(115)
第二节 油气藏描述技术·····	(116)
一、油气藏描述的内容与方法·····	(116)
二、储量计算与评价·····	(118)
第三节 评价勘探的部署原则·····	(123)
一、科学部署评价井, 快速、有效、经济地评价油气田·····	(124)
二、取全取准各项数据, 为油气田评价提供第一性资料·····	(124)
三、始终采用油气藏描述方法, 实现少井多拿储量·····	(125)
第四节 不同类型油气藏的评价方法·····	(126)
一、长垣带的评价勘探——以萨尔图油田为例·····	(126)
二、岩性油气藏评价勘探——以双河、赵凹油田为例·····	(126)
三、复杂断块油气田的评价勘探——以北大港含油带为例·····	(127)
参考文献·····	(128)
复习思考题·····	(129)
第九章 滚动勘探开发 ·····	(130)
第一节 滚动勘探开发的概念与基本特点·····	(130)
一、滚动勘探开发的概念·····	(130)
二、滚动勘探开发的基本特点·····	(131)
第二节 滚动勘探开发程序·····	(132)
一、滚动勘探阶段·····	(133)
二、滚动评价阶段·····	(133)
三、滚动开发阶段·····	(135)
四、全面投入开发继续滚动阶段·····	(135)
第三节 滚动勘探开发的部署原则·····	(136)
一、重视整体地质评价, 作好滚动勘探开发规划·····	(136)
二、加强组织管理, 及时进行滚动开发方案的调整部署·····	(136)

三、地面、地下统筹安排进行油气田建设.....	(138)
四、推广使用新技术，提高滚动勘探开发水平.....	(139)
参考文献.....	(139)
复习思考题.....	(139)
结束语.....	(140)

绪 论

一、石油与天然气勘探在国民经济中的地位和作用

石油与天然气资源是国民经济建设中不可缺少的物质基础，社会的各行各业和人民的日常生活都离不开石油。我国原油及成品油消费总体情况是，工业使用占 60% 以上，交通运输业占 15%，服务业占 10%，农业和居民生活约占 15% 左右。

油气工业的发展程度决定着一个国家的经济实力与生活质量，是把一个国家经济推向新水平的重要因素。二次世界大战之后美国和前苏联经济的迅速崛起与石油工业的发展密不可分。在 20 世纪 50 年代至 70 年代，世界石油产量每十年就翻一番，该时期是世界发达国家发展极为迅速的时期。近百年的世界经济发展历史表明，世界经济的发展与能源的“石化”有着密不可分的联系，主要能源的替代趋势是木材、煤炭、石油、天然气。19 世纪中叶，石油工业开始起步，木材的使用占整个能源的 65% 以上，煤炭为 30%；20 世纪 20 年代，煤的使用比例达到最高点，约占世界能源的 3/4 还要高，而石油和天然气不到 10%；到了 1980 年，即石油勘探与开发生产的高峰期，煤炭下降到了 30% 以下，石油却上升到 40% 以上，达到其顶峰时期，天然气所占比例也开始迅速上升。据专家预测，到 2020 年，将迎来天然气的生产高峰，预计天然气在世界能源中的地位将居第一位，所占比例能够达到 60% 以上，石油占 15%，太阳能和核能共同占据 15% 的比例。石油和天然气也是提高国民生产总值和出口创汇的重要因素，90 年代初，我国单位油气消费所实现的国民产值原油为 8683 元/t，燃料油为 30040 元/t；在原油出口高峰期的 1981—1985 年，石油行业共为国家创汇达 267 亿美元，占出口总值的 1/4 左右。

不仅如此，石油与天然气也已成为一种世界性的战略资源，它不仅关系到一个国家的经济命运和国防安全，而且严重地影响着世界经济的兴衰和国际形势的动荡。建国前，由于没有一定规模的石油工业的支持，我国沦为国际石油经销商倾销洋油的巨大市场。大庆石油会战时的国际形势对我国的政治外交十分不利，我国老一辈石油地质勘探工作者硬是在底子薄、设备差和“中国贫油说”的艰难困苦

之中，依靠自身的力量，找到了大油田，使一个泱泱大国甩掉了石油贫穷落后的帽子，为配合我国的政治外交做出了巨大的贡献。1991 年爆发的海湾战争实际上也是一场争夺石油资源控制权的战争，因石油资源纠纷而引起的国际争端频繁出现，有些国家之间为此而不惜发动战争。1995 年 12 月，军事实力仅为 10 架米格战机和几艘巡逻艇的厄立特里亚为了争夺大哈尼岛周围的油气资源不惜向也门发动了海空战争；位于两伊边境的一条石油资源十分丰富的河流构成了两伊战争爆发的一个重要因素；我国也因为钓鱼岛（台湾东北部）、南海海

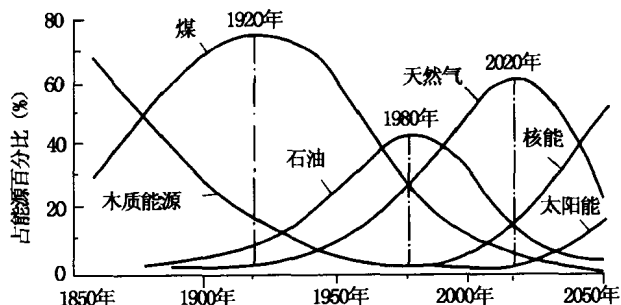


图 1 世界一次能源替代趋势图

域、“七号地段”（东海）等与石油资源有关地带，多次与日本、韩国、越南、马来西亚、菲律宾等进行交涉。石油一直是诱发现代战争的一条永不熄灭的导火索。

二、油气田勘探工作的性质和基本特点

1. 油气田勘探是一项以寻找、发现和探明油气田为目的的系统工程

油气田勘探是以石油地质学中的油气生成、油气藏形成、油气田分布规律理论为基础，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、高速地寻找、发现油气田，探明油气地质储量为目的的一项系统工程。

油气勘探首先要通过地质调查、物探、化探、钻井等多工种的联合作业，系统采集反映勘探对象地质特点的资料，然后综合利用地层学、沉积学、构造地质学、储层地质学、石油地质学、地球物理学、地球化学、勘探经济学、管理学等多学科专门知识，对勘探对象进行地质评价、资源量—储量评价以及勘探经济评价。可见油气田勘探是一项综合性非常强的系统工程。而这项系统工程是一个不断缩小靶区，逐步逼近目标（油气田）的过程。

油气勘探遵循“先找后探”的原则。首先从沉积盆地的整体上去认识区域地质特征和石油地质特征，分析油气藏形成的基本条件，预测有利的生油凹陷和含油气区带；然后在有利的区带内，开展以地震和地质研究为主要内容的勘探工作，分析区带的成藏条件和成藏规律，选择有利的钻探目标，再在此基础上开展以钻井为主要方法、以发现油气田为目的的勘探工作；最后，对于已经发现的油气田，要进一步通过钻井与其他方法的配合，取得各方面的资料，探明油气田和地质储量。

2. 油气田勘探是一种地区性强、探索性强的科学研究活动

油气田勘探工作的对象是地下不同规模的地质体，影响油气田形成和分布的地质因素可达数十种甚至上百种之多，而不同的地区地下地质条件千差万别，往往只具有相似性而无绝对的相同性，不论勘探程度是低还是高，获得的资料是少还是多，地质解释的多解性依然存在。因此，油气田勘探在很大程度上只能靠经验的积累去加以判断，靠丰富的想象力进行大胆的预测。

具有探索精神是每一位勘探人员必须具备的良好素质。目前世界油气勘探条件日益复杂，勘探难度日益增加，但是勘探前景仍然十分广阔，有许多新的领域等待着我们去发现。正如伟大的科学家牛顿所说，“没有大胆的猜测，就没有伟大的发现”，但是，这种大胆的猜测，尤其是关键性的决策工作必须建立在详实的基础资料、渊博的理论和丰富的勘探经验的基础之上。“石油就存在于地质家的头脑之中”，石油地质家可以根据地质条件的相似性，利用已知的成油模式对可能发现的油气藏类型、储量规模进行预测，从而提高勘探的成功率。

3. 油气田勘探是一项资金密集、技术密集、风险巨大、利润巨大的高科技产业

由于油气勘探工作的特殊性，需要从各方面采取地下地质信息，取得各种各样的数据，就需要投入各种先进的仪器设备。因此，勘探的资金投入很大，包括地震勘探费、钻井工程费、租地费、分析测试费、资料处理与解释费、综合研究费等。在我国东部地区，一口深约3000m的探井，钻井费用一般需要上千万元人民币，而在地表条件和地质情况复杂的西部地区，如塔里木盆地，探井进尺成本高达15000元/m，6000m以上的探井钻井费用就达亿元人民币。

另外，由于油气勘探涉及的因素复杂，情况多变，头绪众多，它必然面临各种各样的风险，包括地质风险、工程风险、自然灾害风险、政治经济风险等。地质风险是油气勘探中面

临的最主要风险因素。尽管地质学家和勘探家可以通过多种方法来预测一个目标区或者局部圈闭的含油气性，但由于油气藏的形成与保存所要求的条件是十分苛刻的，而地下的不确定因素很多，所以地质风险往往难以预测。有的看来把握很大的地方，结果却一无所获，而有时久攻不破之时，却突然有了重大发现，“峰回路转、柳暗花明”。美国东德克萨斯油田的发现，普鲁德霍湾大油田的发现，便是石油勘探随机性、偶然性的生动说明。世界油气勘探经验表明，预探井的成功率大致在 15% 左右。随着世界油气勘探难度的日益增加，勘探领域的日趋复杂，油气勘探的地质风险性也不断加剧。正是由于地下地质条件的极其复杂性，加上部分人为因素的影响，在勘探过程中，经常遇到井喷、卡钻、井眼坍塌等工程事故，轻则造成勘探周期的延长，重者可能造成探井的报废，设备的严重损坏，给勘探工作带来巨大损失。

另一个在油气勘探中经常存在的风险便是自然灾害风险，尤其在海洋油气勘探中，由于台风、海啸、海底地震、海底火山活动常常引起灾难性的破坏，我国的“渤海 2 号沉船”事件使我国海上石油工业蒙受了巨大的经济损失。

一个国家的体制变革，也会对石油工业的发展产生较大的影响。众所周知，由于前苏联的解体和政体的变革，严重地冲击着俄罗斯的石油工业，其原油年产量从原来的 $6 \times 10^8 \text{t}$ 降到 1994 的 $3.5 \times 10^8 \text{t}$ 。海湾战争的爆发也极大地影响着波斯湾地区的石油工业。

原油油价的频繁波动也在不时地冲击着世界石油市场，1997—1998 年初，由于世界原油市场的萧条，国内原油走私的猖獗，加之受东南亚金融危机的影响，我国石油勘探开发行业遭受了前所未有的严重创伤。

除此之外，一个地区或者世界性的经济发展状况，一个国家的油价、税制、石油政策，也会给油气勘探造成很大的影响，经济因素在一定程度上制约着勘探活动的方向和规模。第一次世界大战后，世界油气勘探中心在中东地区，使中东成为世界最大的石油储量基地；60 年代后，勘探中心逐渐向北海转移，使北海成为最大的非 OPEC 石油生产区；80 年代后，国际石油公司蜂拥至拉美，尤其是委内瑞拉；而最近几年，国际石油公司开始将勘探力量集中到了里海周边地区。促使世界油气勘探中心不断迁移的因素主要包括稳定的政治经济环境、丰富的油气资源、宽松的投资政策等。

正因为油气田勘探投资大，面临的风险多，迫使它采用各种高科技手段（如卫星遥感技术，三维地震叠前深度偏移处理技术，井下和井间成像技术等），使用各种高精尖的仪器设备（如电子显微镜、岩心 CT 扫描、电子探针、同位素质谱仪），引进功能强大的计算机硬件及软件系统，油气勘探的科技含量之高决不亚于任何其他产业。我国自行研制生产的第一代超速银河巨型计算机，首先投入应用的领域之一是国防工业，另一重要的领域就是石油地球物理资料处理与解释。不仅如此，油气勘探行业还集中了石油地质、地球物理、钻探工程、经济管理各方面的高级专门人才，实行多学科、多兵种的联合协同作战。

油气勘探虽然投资规模大，风险性强，但其巨额的经济回报也是其他项目所不能比拟的。以大庆油田为例，1998 年，在油田含水率已达到 85% 以上的情况下，依然创利润 130 亿元人民币，由此可见一斑。伟大的化学家诺贝尔正是从他在巴库和波斯湾地区的油气勘探中敛聚了巨额的财富，借助他的石油勘探事业，使得他的名字与一项世界科学大奖紧紧联系在一起。许多世界大亨如洛克菲勒等都是靠石油而发家致富。

综上所述，地区性强与探索性强、资金密集与技术密集、风险巨大与利润巨额构成了油气勘探的基本特点。寻找和发现更多的油气田，探明更多的油气地质储量是每个石油勘探工

作者的主要责任，促进国民经济发展，提高人民生活质量一直是油气田勘探奋斗的目标。

三、油气田勘探课程的性质和基本任务

《油气田勘探》作为油气地质专业的一门综合性专业技术课程，其主要理论基础是石油地质学关于油气生成、油气藏形成和油气田分布规律的基本理论。可以说，石油地质学是找油的理论地质学，而油气田勘探是找油的方法地质学。

油气田勘探课程的主要任务就是以石油地质学的基本原理、油气田勘探的经济规律为指导，系统介绍油气田勘探的工作程序、理论基础、技术配备、综合评价、经营管理等。这五个方面的有机统一，构成了整个油气田勘探课程的基本内容体系。

油气勘探程序包括勘探阶段的划分方法以及不同勘探阶段部署方法和地质研究方法两部分，是本课程的重点教学内容，也是贯穿整个课程教学内容的一条基本主线。

油气勘探理论是勘探实践的指南，它使油气勘探工作更具预见性和针对性。本课程将主要就世界油气勘探理论的发展脉络和我国近五十年的油气勘探历史，介绍世界油气勘探理论的发展历史、发展现状，以及具有中国特色的油气勘探理论，如陆相盆地生油理论、油气分布的源控理论、复式油气聚集理论、古潜山勘探理论等。

油气田勘探技术部分将在系统介绍各种勘探技术的基本特点与最新进展的基础上，在不同的勘探阶段中，重点介绍各种勘探技术的主要作用、设计与部署方法、部署原则。

勘探综合评价部分主要就目前以勘探数据库为依托、以计算机为主要手段的勘探综合评价方法，如盆地分析与模拟、区带评价、圈闭评价与描述、油气藏描述技术等，从评价内容、基本思路及流程、储量（资源量）计算等方面进行较为全面的介绍。

对于油气勘探经营管理，本课程将从改革勘探管理机制、促进勘探效益提高的角度，重点介绍油气勘探中的市场管理、项目管理、资源—储量管理等基本内容。

第一章 油气勘探理论

油气田是各种规模的地质体，其形成与分布遵循一定的地质规律，对这些规律的上升总结就形成了石油地质基本理论。科学的理论是认识世界的工具，也是改造世界的指南。现代油气勘探与早期的随机打井和凭直觉找油的根本区别就在于它是在油气田形成模式与分布规律理论的指导下，运用各种手段和方法进行资料的采集、处理与综合分析，判断油气田形成的基本条件是否存在，不断缩小勘探靶区，最终发现和探明油气田。“油气首先存在于石油地质家的头脑之中”，机敏的石油勘探家往往能够及时捕捉到一个新的找油概念，一次新的成功经验，并把它灵活地运用到勘探工作中去。在现代油气勘探中，有许多的勘探“热点”往往都是由于发现了以前未知的或者没有引起重视的成油模式而引发的，如陆相盆地生油理论、煤成烃理论。这些不断出现的找油新概念和新热点，正是推动油气勘探不断向前发展的主动力。石油地质学是油气田勘探的主要理论基础，但是，油气勘探理论并不仅仅是指石油地质理论，石油地质理论只是它的一个重要组成部分，它还涉及地球化学、地球物理学、经济管理学、决策学等多学科理论，如地质风险评价、勘探经济评价等。

第一节 世界油气勘探理论发展简史

油气勘探理论是在勘探实践中通过认识、实践、再认识的不断反复而缓慢地向前发展的。对油气田形成与分布规律的认识，实际上是一个总结、应用、修改“勘探模型”的过程。一个“勘探模型”也只有随着新资料的获得不断加以修正，才能更加符合地质实际，从而推动油气勘探工作不断向前发展。

综观世界油气勘探理论的发展历史，与人类的认识规律相符合，大致经历了从直观感觉，到感性认识，再到理性综合三个主要发展阶段。

一、原始找油理论阶段

在早期的油气勘探活动中，由于人们缺乏对地质规律的认识，没有相应的理论指导，找油工作主要依赖的是一种对自然现象的直观感觉，如利用油气苗找油、靠迷信观念布井等，我们称此阶段为原始找油理论阶段。

油气苗是油气勘探应用得最早，也最直观直接的标志之一。在世界石油勘探历史中曾发挥过巨大的作用。1859年，美国的第一口油井打在宾夕法尼亚州贴托斯维尔附近的油苗处，1859年8月当钻至井深21m处的德拉克砂岩时，获得了少量的石油，这是世界近代史上找到的第一个油田。第二年在200m深处的“第一德拉克砂岩”里钻出了自喷的石油，从而发现了华特孙油田。在我国古代最早开发和利用天然气的四川、陕西等地，确定井位的依据主要也是油气苗。我国近代和现代发现的最老的几个油气田，如延长、老君庙、独山子、圣灯山、克拉玛依等均因其位于油气苗附近而被发现。

油气苗的存在预示着地下存在着油气的运移，说明该区至少具备了一定的油源条件。大范围的油气苗显示，更是找油极为有利的标志。美国俄克拉荷马州油气苗和含沥青砂岩遍布于该州的南部和东北部的广大地区。1875年，G.K. 格勒首次在该州发现地面油苗，1897

年开始在该州正式进行石油钻探，经过近百年的勘探，证实该州含油气面积占全州面积的一半以上，共发现各种类型的油气藏 3000 多个，累计生产油气已经超过 $25 \times 10^8 \text{t}$ 。

原始找油阶段另一主要依据是基于迷信观念。我国古代很早就有“看风水”找油的记载，《舆地纪胜》一书中就记述了汉代张陵依“见阳山以气”选定井位，汉廷尉扶嘉临终之时，据“三牛对马岭”之地势提出云阳井位。这些观点无不充满了浓郁的迷信色彩，是对地质情况认识的肤浅和无知造成的。

20 世纪初，“油气田线状分布理论”曾统治了德国油气勘探界相当长的一段时间。在当时的德国，人们将已知的产油井点连成一条直线，找油就在该线上进行。由于当时发现的油气田大多位于盐丘构造的翼部，而盐丘构造基本是沿断层排列，故线状找油理论的应用在当时取得了不少成功的例子。但由于不同的地区其地质条件是千差万别的，最终使得“油气田线状分布理论”在推广的过程中遭受了重大的挫折。而偶然成功的例子也是有的，最有趣的是美国东德克萨斯油田的发现。洛德博士将当时美国主要油气田按照其走向延伸，正好交会于德克萨斯州拉斯克县境内的一点，他认为该地区具有其他地区少有的有利条件。据此，他为 C.M. 约勒设计了井位，前两口井都因为工程方面的原因相继于 1927 年和 1928 年报废。1929 年，约勒变卖了所有的家产，投资钻了第三口探井，1930 年 5 月该井中途测试获得油流，10 月 5 日完井后，抽汲 2 天后发生井喷，日产油 47.7m^3 ，终于获得了成功。比约勒稍迟一点，俄亥俄、哈伯、海湾等石油公司对该区也进行了大量的地质评价工作，1930 年 4 月在发现井北部 14.4km 处钻了一口探井，于同年年底也获得了自喷油流。后来的勘探进一步表明，该区存在一个南北长近 70km，东西宽平均 8km 的特大型油田，是当时美国的第一号大油田。东德克萨斯油田的发现靠的是随机钻井和坚强的找油毅力，线状找油理论在该区并无任何地质科学依据，只不过它增强了约勒的找油信心。

二、圈闭找油理论阶段

随着勘探活动的进一步增加，人们对地质规律的认识开始形成并应用于找油实践。它预示着石油地质学的思想已经开始孕育，油气勘探工作也开始由盲目的随机打井走上以科学理论为指导的正确轨道。

《四川盐政史》记述了我国古代四川地区勘定气井井位的依据，“山高大者，须择其低处平原；山低小者，须择其曲折突起之处”，表明了人们开始注意到地形学和地貌学在油气勘探方面的证据。这些找油概念，已经在一定程度上开始闪现出地质学的思想火花。

19 世纪中叶，在我国四川盆地自流井气田部署的井位就与背斜的轴线十分吻合，它充分说明了我国古代劳动人民对油气分布规律已经有了初步的认识。与此同时，美国宾夕法尼亚的地质家们发现，油气均位于砂岩层的最高部位，也就是背斜构造的高点上，由此诞生了“背斜找油”理论。

1861 年，怀特正式发表文章，第一次明确提出了背斜是油气聚集的场所。但是该理论的提出在美国国内没有能够引起勘探家的重视，直到 1875 年，背斜聚油理论传到欧洲，才得到了广泛的采用，并取得了显著的勘探成果。1880 年以后，美国、墨西哥等美洲国家开始推广背斜找油，到第一次世界大战之前，在美国中部内陆地区就发现了大批地面背斜构造，并获得了勘探上的巨大成功。至此，石油地质家才逐渐成为一种专门人才，并得到世界的正式承认。1917 年美国石油地质家协会（AAPG）的宣告成立，标志着石油地质学的诞生。从此，石油地质学开始取代“风水论”和“龙脉说”等原始找油概念，成为一门不可缺少的找油科学。

通过进一步的勘探实践，人们又发现油气聚集的场所不仅包括背斜，还包括其他场所，于是开始提出圈闭的概念，后来又逐渐提出复合圈闭、隐蔽圈闭等新概念。人们开始认识到，只要具备储层、盖层和防止油气逸散的遮挡条件，就有可能形成油气的聚集，而背斜仅仅是各类圈闭中最常见而且也是最简单的一种。从 1920 年前后直到本世纪中叶，指导油气勘探的主要理论是圈闭聚油理论。

圈闭聚油理论的形成，说明地质勘探家们已经注意到了局部的油气聚集规律。在该时期内的油气勘探工作，包括地质与物探，都是紧紧围绕寻找各种类型的圈闭，查明有利于圈闭形成的各种地质环境。但是，通过进一步的实践认识到，并非在同一区域范围的所有圈闭都有油气聚集。由此人们开始联想到，构造并不是控制油气分布的唯一因素，勘探活动开始由感性认识发展到理性认识的新阶段。

三、盆地找油理论阶段

人类早就认识到油气是一种具有流动性的可燃有机矿产，其有机性提示人们去思考油气的形成原因，而其流动性引导人们思考应该如何去寻找它们（赵重远，1998）。世界油气的勘探与利用虽已有上千年的历史，但是直到 20 世纪中叶，随着圈闭聚油理论进一步发展，人们才开始认识到控制油气聚集的更宏观因素，如区域性隆起，可以说是圈闭找油概念的进一步延伸。前苏联地质学家更是比较早地提出了“含油气省”的概念——“含油气省是成因上有联系的，并与一大型区域构造单元相伴随的油气聚集区域”。虽然他们对控制油气分布的这一“大型区域”还仅限于一种直观的认识，但是这些概念的提出，进一步扩大了人们对油气分布规律认识的视野，使得人们从直观感觉和对局部油气聚集规律的肤浅认识的枷锁中争脱出来，开始了理性的、系统的思考。

后来，布罗德和耶列门科意识到，“含油气省”实际上就是沉积拗陷。他们定义“含油气省是地壳中的这样一个地段，该地段在漫长的地质历史时期是一个统一的沉积拗陷，而拗陷的特点是有沥青生成作用和区域性油气聚集的条件”。在布罗德的后来著作中，他便力图从盆地的发展历史出发，从本质上将沉积拗陷同成烃成藏的过程联系起来。除此之外，Weeks、Perrodon 等也先后提出了沉积盆地与油气成因的有机联系。Perrodon 在其所著的《石油地球动力学》一书中，明确提出“没有盆地就没有石油”；Weeks 认为，盆地分类是评价未发现油气资源评价的基础。我国已故著名地质学家朱夏先生也提出了“将盆地作为一个整体，率先考察它的全貌，进一步按构造、沉积等方面的特征把盆地划分为若干个具有不同含油气远景区”的找油方针。

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，它表明人们已经开始认识到只有沉积盆地才能够聚集有机物质并转化为油气。从沉积盆地整体出发，系统分析油气形成的基本地质与地球化学条件、油气源与圈闭在时间和空间上的配置关系，是正确认识油气藏平面和垂向上的分布规律，逐步缩小勘探靶区，提高油气勘探成功率和勘探效益的必由之路。立足沉积盆地，系统研究油气藏形成的石油地质条件和油气分布规律，是现代找油理论出现的重要标志。

60 年代后，我国地质学家根据陆相沉积盆地油气形成特征与分布模式而提出的“油气分布的源控理论”就是现代盆地找油理论的早期代表。在大庆油田的勘探中，我国石油地质学家们就深刻认识到，长期稳定持续下沉的深拗陷是生油的最有利地区，这个地区控制了油气田的分布。提出了“生（生油岩）、储（储层）、盖（盖层）、圈（圈闭）、古（古隆起）、运（运移）、保（保存）”是油气藏形成的七大要素。

立足盆地找油，实质上是源控论与圈闭论的有机结合，是现代油气勘探理论的最大特点。70年代后提出和迅速发展起来的含油气系统理论可以说是对盆地找油理论的系统总结和上升发展。

第二节 具有中国特色的油气勘探理论

我国大规模的油气勘探工作是在新中国成立以后才开始的，经过50年勘探经验的积累，逐步形成了具有中国地质特色的油气勘探理论体系，并有效地指导了我国油气勘探工作，使我国很快甩掉石油工业落后的帽子，跻身世界石油大国行列；同时，对于丰富和发展世界石油地质和勘探理论起了巨大的推动作用。

综观新中国成立以来我国油气勘探的发展历史，在勘探理论方面经历了三次大的飞跃。一是继大庆油田发现以后建立的陆相生油和陆相大油气田形成理论；二是继渤海湾油气区发现以后，形成和发展起来的油气分布理论，包括源控论和复式油气聚集理论；三是继任丘油田发现后形成的古潜山油田勘探理论。这些理论的提出和发展，为我国石油工业做出了不可磨灭的贡献。

一、陆相沉积盆地生油理论

本世纪上半叶，由于技术水平落后，理论研究缺乏，我国的油气勘探工作一直没有大的发现，“中国贫油论”的观点在世界各地到处传播。究竟能不能在中国这种复杂的以陆相沉积盆地为主的地质背景下找到大油气田，对于刚刚建立起来的新中国无论是工农业生产还是国防建设都是十分关键的。我国石油工作者通过一系列的勘探实践，终于建立了系统的陆相生油理论，提出了陆相盆地能够形成大油气田的科学论断，为使我国甩掉石油工业落后的帽子，实现经济的腾飞做出了巨大贡献。

从陆相生油理论的发展过程来看，大致经历了地质推测、岩石化学、有机地球化学三个主要阶段。在30至40年代，中国石油地质学家孙健初在酒泉西部盆地调查了石油沟第三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、延长等地区在陆相中新生界发现油气田的客观事实，认为石油不仅来自于海相地层，而且也来自淡水沉积物。在40年代后期，中国还有不少地质家，如王尚文、田在艺等，通过对陕北、新疆及甘肃等地的油田或油气苗进行了大量的地质研究，分别提出了陆相沉积的侏罗系、白垩系及下第三系下部是这些地区生油层的认识。

50年代中期，随着我国石油工业的发展，陆相生油理论的研究从地质推测阶段步入岩石化学分析阶段。我国石油地质学家根据准噶尔、塔里木、鄂尔多斯、四川、柴达木及酒泉西部等盆地油气地质条件的研究成果，总结出形成陆相生油岩系的基本条件是：沉降幅度大的中生代拗陷、封闭的沉积环境以及湿润气候下的湖相沉积。这些从西部地区总结出来的陆相生油理论，很好地指导了中国东部地区的油气勘探。大庆油田的发现，从理论上已经证明陆相沉积盆地中不仅可以生成石油，而且能够形成大油气田。1960年11月在石油工业部召开的全国油气田分布规律研究成果汇报会上，系统地提出了陆相生油的地质和岩石化学指标，提出了“长期拗陷有利于生油”的观点，指出了陆相生油的有利条件是，有一定数量的生油有机质，并且具有有利于有机质向油气转化的还原环境。

进入70年代后，由于地质实验技术的发展，我国开始对各含油气盆地的生油岩有机质类型、生油门限温度、有机质热演化特征、原油与生油岩的亲缘关系等进行系统研究。应用