

Introduction of Petroleum Resources Assessment

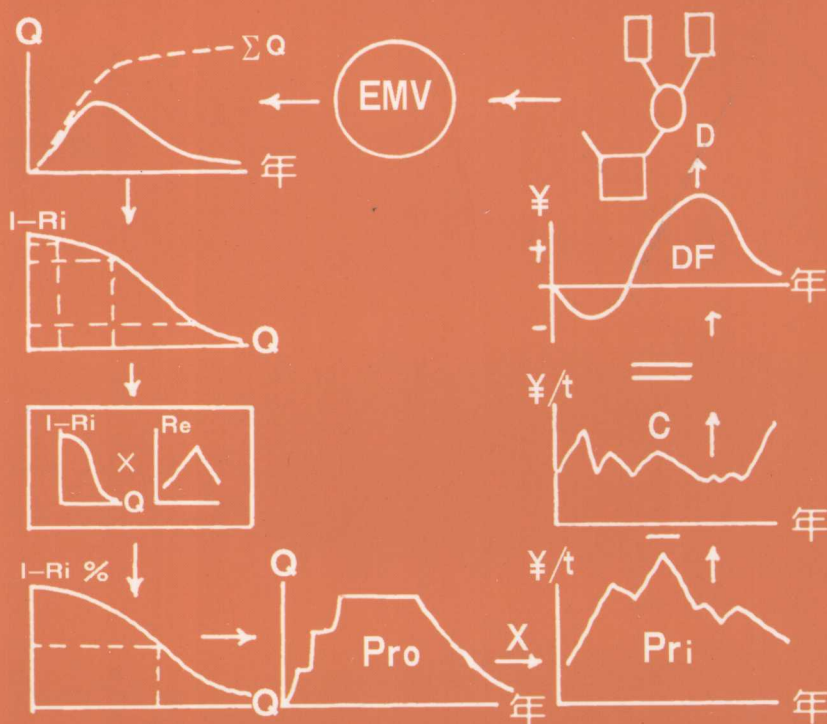
From Digital Earth to Digital Reservoir

油气资源评价导论

——从“数字地球”到“数字油藏”

(第二版)

武守诚 编著



石油工业出版社

油气资源评价导论

——从“数字地球”到“数字油藏”

(第二版)

武守诚 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从“数字地球”到“数字油藏”的系统理论出发,全面地阐述了油气资源的评价内容、方法与技术,内容包括资源评价与勘探开发、石油地质评价、地质建模、风险分析、资源量估算、经济评价、勘探开发实践、目标优选及资源评价系统。

本书可作为油气工业上游的企业领导、决策层、科研人员与大专院校教师的参考书,亦可作为大学高年级学生、硕士生和博士生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

油气资源评价导论:从“数字地球”到“数字油藏”/
武守诚编著.2版—北京:石油工业出版社,2005.10

ISBN 7-5021-5018-8

I. 油…

II. 武…

III. ①石油资源—评价

②天然气资源—评价

IV. TE 155

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第122670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.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2005年10月第2版 2005年10月第2次印刷

787×1092毫米 开本: 1/16 印张: 23.75

字数: 608千字 印数: 1501—3500册

定价: 83.00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

再版序言

中国改革开放 20 多年来的巨变,为自然科学的发展带来了新的动力。新世纪是人类向太空、向地下进行新探索的时代。人类对能源的需求是无止境的,油气工业的发展也不是几代人就能罢手的。对地下油气资源问题的认识,仅仅是对地球认识的一小部分。尽管我们的前人和我们这一代人做了种种的努力,但是,距离“自由王国”还差之千里。虽然,敝人一直在倾心研究“油气资源评价”,且已近耄至之年,子曰尔应“从心所欲”,我却认为往往欲不从心,因此,未来的发展,还应寄希望于新一代。

新世纪已把我们带入了“数字”时代,对石油地质学界来说,从“数字地球”到“数字油藏”是我们的任务。“数字地球”是人类进入信息社会以来,利用各种现代化信息技术手段,来整合地球科学的一项总体性的大目标。“数字油藏”则是油气工作者利用各种现代化信息技术手段,使油气田勘探开发一体化的具体目标得以实现。从“数字地球”到“数字油藏”之间要进入数字的油气盆地、油气系统、油气区带和油气圈闭,这是一项巨大的系统工程。它不单表达在数字中,更重要的是要产生巨大的经济效益,为人类服务。

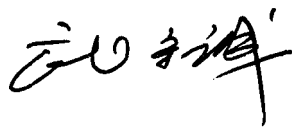
朱夏先生在 20 年前,谈到他的“TSM”程式时(1985)说过,“历史的、动态的、系统的结构分析,对于探索有复杂运移过程和生储关系的油气藏,尤为重要。……‘TSM’系统中包含着许多子系统……,把这些复杂相关性的地质语言,以符号、数据或方程式来表达,通过电脑的运算、模拟……,必须以三维的观点……,按理论建模—实例校验—动态模拟的程序,进行系统地研究工作。”回首过去,正是按着这样的思路在进行着工作。

对油气地质资源的认识与勘探开发的实践过程,就是以全球板块与古地理重建→盆地模拟→油气系统模拟→区带/圈闭评价→油气藏描述的全过程,这一系列数字化的系统表达过程,就是油气资源评价的全过程,实现这一过程将是对人类数字化进程的一个重要贡献。

石油地质理论与勘探开发的思路,属于科学研究的范畴,只有与现代勘探开发实践相结合,才能在人类社会资源领域中,产生巨大的经济效益。因此,理论与实际相结合,达到一体化,便能创造财富,才会达到理想的彼岸。

本书是在石油工业出版社 1994 年出版的《石油资源地质评价》的基础上,经过补充和修订完成。该书作为中国石油勘探开发研究院研究生、博士生讲课的教材,已用了十余年。在完成再版这本书的时刻,我要向我的学生贺向阳、葛新、李秋芬、张春雷等表示衷心的感谢。

中国石油勘探开发研究院



2004 年 8 月于北京

序言（原版）

为了悼念中国科学院学部委员朱夏教授对石油地质理论的重要贡献，特以他给本书作者的一封信作为序言。

守诚同志：

大作《石油资源地质评价导论》一书的简介和各章内容提要均以拜读，对你的钻研毅力和创新精神深感钦敬。

三十多年来我国地质工作有了极大发展，但我总觉得分析性工作多，综合性工作少；务实的研究多，开拓的研究少；或者说硬科学多，软科学少。这种情况和现代的科学发 展还不能协调，对有远见、有控制的决策科学还未做出应有的贡献。大作的主题和要旨，据我了解是为了弥补这方面的空白，提出系统研究的途径，这个方向是完全正确的，所作的努力也是完全值得赞赏的。

我在五年前考虑 TSM 体制时，也颇想在这方面作一些探索，可惜连病多年，加以对近代数学知识的十分不足，以致蹉跎无成。读了大作的简介，虽然我对数学处理等方面全属外行，但深信立足盆地体系，运用现代系统工程技术来进行资源评价这一基本思路是恰当的。中国的油气盆地有许多不同于外国的特色，必须加以充分的研究方能形成中国特色、符合中国地质实际的资源评价系统，故对此大作已予以应有的重视，但由于对我国盆地的地质认识还存在许多不足之处（包括我自己的历年著作），无疑会给你的工作带来许多困难，然而科学工作贵在创始，新的研究必然在不断的自我完善之中。所以我十分希望你的这本著作能够早日问世，为这门新科学提供一个起点。

这些鄙见，如果能够得到出版部门的关注，也就算是我对尊作的一份推荐书吧！

以后再容领教，多复即颂。

研安



1986 年 9 月 29 日

自序（原版）

光阴荏苒，我从事石油地质工作 40 余载。年轻时在野外基层干了 20 来年，颇受裨益，专攻石油资源评价还是在 1978 年以来的事。多年来，总想把一生中工作中积累的东西写一写，也好有个交代。这本书我断续写了 12 个春秋，曾给现中国石油勘探开发研究院的研究生作为石油资源评价教材使用了 8 年，虽然稿纸写了两尺多厚，几经易稿总不满意，同事们要、学生们催，如再不出笼，老一辈人有可能看不上了，对新一代人来说，可能就是一本“古董”了。

当今中国已由“贫油”之乡，变为世界石油大国。我们的先辈为之付出了心血，我们的同龄人为此献出了青春，在松辽平原，在华北大地上，浓彩重笔绘出了美丽的图画。我们还将同新一代在浩瀚的沙漠黄土地，在波涛的茫茫蓝海中，去谱写更动人的乐章，以迎接那灿烂新世纪的曙光。

自人们有意识地寻找石油以来，就有“资评”这门学问了，它贯穿于石油勘探的始终。只是在 20 世纪 70 年代初叶，它才进入被高科技武装的定量化阶段，标志着石油地质科学迈入了一个新的里程，资源评价学就成了石油地质勘探的软科学。在这方面，国外确有不少的好东西值得我们学习和借鉴，40 多年来，中国石油地质工作者也积累了相当丰富的经验。在领导的支持和同事的帮助下，加上在北京的工作环境，使我有条件来收集和饱览了国内同行的资料与硕果，也学习了许多国外学者的论著。在继承前辈丰富遗产的基础上，试图探索和建立一套完善的、具有我国特色的石油资源评价的理论方法体系，并能使它在实践中用的上，这就是我考虑问题的出发点。

如果说本书有些独到之处的话，那就是：

(1) 资源评价与系统论。提出了石油资源评价研究的系统对象 (PBPP)、系统原理 (TSM)、系统方法 (PBC-SRTST)、系统模式 (SM)，从而形成了一套理论方法体系 (RQE)，构成了石油地质勘探的软科学。

(2) 油气区评价与运动论。油气资源存赋于沉积盆地中，盆地作为板块的一部分，在运动中发生和发展。中国板块构造在全球板块运动的轨迹与巨型盆地中心运动的轨迹相吻合，这不是偶然的事件，而是必然的规律。

(3) 盆地评价与中心论。油气田是围绕着生油中心分布。沉降中心、沉积中心、生油中心的研究是盆地油气评价的关键。为了研究“中心”，就必须研究盆地的边界，以及盆地的原型、叠加和改造。

(4) 区带评价与模式论。油气聚集受区带地质模式控制。因此，解析区带的构造模式、沉积模式、油气聚集模式是区带分析的基础。

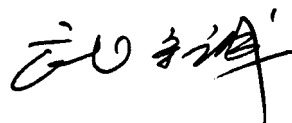
(5) 圈闭评价与风险论。油气勘探的最终目的，是落实到圈闭的钻探上。因此，相应也存在三方面相关联的风险。地质风险，即资源有没有；资源量的风险，即资源有多少；钻探决策的风险，即能拿到多少储量。研究这三方面风险的由来，并加以解决，是减少风险的根本途径。

(6) 评价科学与方法论。现代最新科学正高速度向石油地质领域渗入。地质家通过统计

模拟、数字模拟和人工智能专家系统三个方面，将地质理论与实践结合起来，生成概念模型、数学模型，或推理机制，从而形成系统软件，进行科学决策。

由于笔者才疏学浅，编著此书甚感力不从心，必有许多纰漏，衷心希望读者不吝赐教，以便让它在未来的找油事业中，起到一点微薄的作用。

石油勘探开发科学研究院地质所

A handwritten signature in black ink, appearing to be '刘先' (Liu Xian), written in a cursive style.

1991年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 油气工业上游一体化与资源评价.....	(1)
第二节 搞油气资源评价要具备的理论基础.....	(1)
第三节 搞油气资源评价要掌握的技术方法.....	(6)
第四节 搞油气资源评价要学点哲学.....	(9)
第二章 资源评价与勘探开发	(17)
第一节 市场经济与勘探开发	(17)
第二节 勘探开发程序与模型	(19)
第三节 勘探开发对象与评价	(23)
第四节 油气资源术语	(25)
第三章 区域地质分析	(34)
第一节 油气资源分布	(34)
第二节 油气区分析	(40)
第三节 盆地(坳陷、凹陷)评价	(59)
第四节 盆地地质分类	(86)
第四章 石油地质评价	(95)
第一节 含油气系统	(95)
第二节 油气区带地质评价.....	(100)
第三节 油气圈闭评价.....	(131)
第四节 油气藏评价.....	(174)
第五章 地质风险分析	(196)
第一节 基本概念.....	(196)
第二节 地质风险——“发现”成功的概率.....	(201)
第三节 资源量估算风险(储量风险)——“商业”成功的概率.....	(223)
第四节 钻探风险——“经济”成功的概率.....	(242)
第五节 如何减少地质风险.....	(248)
第六章 资源量估算	(251)
第一节 地球化学方法.....	(252)
第二节 体积法.....	(268)
第三节 勘探效果分析法.....	(273)
第四节 类比法.....	(281)
第五节 油气田动态法.....	(282)
第六节 资源—储量—产量.....	(285)
第七章 资源经济评价	(290)
第一节 总体模型.....	(290)

第二节	产量模型.....	(291)
第三节	油气价格.....	(302)
第四节	油气成本.....	(302)
第五节	常用经济指标的计算方法.....	(306)
第八章	勘探开发实践与目标优选.....	(312)
第一节	工作进程与决策.....	(312)
第二节	勘探开发策略.....	(316)
第三节	目标优选.....	(322)
第四节	勘探开发决策.....	(326)
第五节	规划与方案.....	(339)
第九章	资源评价系统.....	(341)
第一节	从“数字地球”到“数字油藏”	(341)
第二节	石油勘探与数字地球.....	(342)
第三节	盆地评价系统.....	(347)
第四节	区带—圈闭评价系统.....	(352)
第五节	油藏描述系统.....	(361)
第六节	管理与网络信息系统.....	(363)
参考文献		(365)

第一章 绪 论

第一节 油气工业上游一体化与资源评价

油气工业包括上游与下游两部分，上游为“油气生产”，即勘探开发；下游为“油气加工”，即炼油化工。长期以来，我们又把勘探与开发分为两段，勘探的目的是经济快速地发现油气田；开发的目的是在已发现的油气田上，以尽可能高的采收率将油气开采出来。事实上，这两个阶段是不可分割的一个整体。

所谓“一体化 (Integrated)”，按词典上的定义，就是将分散而多种多样的要素或单元合并组合成一个更加完整或协调的整体。也就是我们讲的“综合性”与“系统性”。油气资源勘探开发是一项巨大的系统工程，它包含了许多学科。资源评价则是这个系统工程的软科学的体现，它是以油气田为中心的石油地质综合研究，与现代系统工程技术相结合的产物，是 20 世纪 70 年代中期发展起来的新型学科。

因此说，油气资源评价是极具综合性与系统性的一门学科。Luca Cosentino (2001) 曾经说过，“过去的地球物理学家、油藏地质学家、岩石物理学家和油藏工程师，几乎都是在独立地工作”，这种情况在我国也不例外。这些学科专家们都能够完成属于自己专项的学术研究报告，同时获得最好的成果，但他们很少关心油气勘探开发的总目标；但是，要完成油气勘探开发的总目标，首先必须对油气资源进行评价。因此，“油气资源评价”这门一体化的学科，就成了石油地质家与油藏工程师应当掌握的知识，更是油公司决策层及研究项目负责人应该懂得的一门学问。

油气资源评价有着自己的系统研究对象、系统理论和系统方法。系统的勘探开发实践，以及研究的结果将为各级决策部门制定部署、方案、规划和设计提供依据；反过来，又系统地指导勘探开发生产实践，并对油气勘探开发战略产生深远的影响。

第二节 搞油气资源评价要具备的理论基础

在我国半个世纪的勘探开发实践和近 30 年来的油气资源评价研究中，对油气资源评价工作的认识正在逐渐地加深，本学科的基本点概括如下。

一、目的任务

油气资源评价工作应集中解决三个方面的问题：①不同油气勘探开发阶段的工作“目标”在哪里？②这些目标的各类、各级资源量—产量及其可能性如何？③什么是最佳的近、中、远期勘探开发方案？简而言之，要回答的问题就是，有无资源、资源在哪里？有多少、资源好与差？怎样又快又省地获得这些资源量？

二、研究对象

油气勘探开发评价工作，包括地质评价、工程评价和经济评价等方面。为了突出油气“未发现的资源—储量—产量”，回答目的与任务中的三个基本问题，本书将围绕地质评价、资源量估算与经济评价三方面进行论述，研究的对象为含油气区、油气盆地—含油气系统、

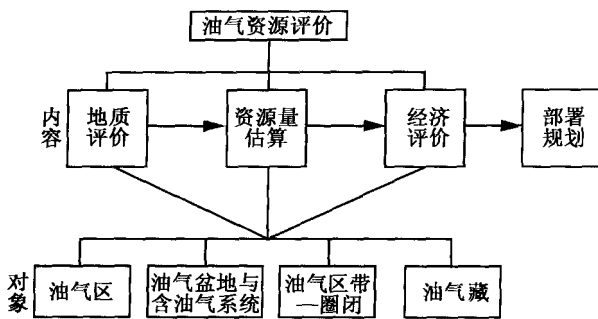


图 1-1 油气资源评价研究的基本内容与对象

油气区带—圈闭和油气藏。以地质评价为基础，定量评价为重点，经济评价为结果。关系如图 1-1 所示。

如上所述，油气资源评价是以油气田的勘探与开发为研究中心，具体地对勘探开发目标的各项石油地质条件进行综合分析，定量估算不同的资源级别及类别，进行地质风险分析与勘探开发策略研究。并以概率与数理统计、规划论、决策论、经济学、计算机科学等系统工程技术作为不可缺少的辅助手段。

在油气资源评价中，随着决策层次的不同，要求决策对象及任务亦有所不同。

（一）含油气区

作为石油大国或者大的石油跨国公司，为制定远期勘探规划（如 10~20 年或更长），应从勘探生产的全球战略出发，对全球构造或大陆大洋板块构造及古地理、古气候、古生态等方面进行研究，划分出含油气区大地构造或油气盆地体系。并在此基础上结合油气勘探经济进行全球性大的油气区划分，对含油气区—油气盆地进行地质评价、油气资源量（及剩余资源量）估算与勘探生产战略决策分析，进行战略上的选择，进入国际石油市场。

对于一个国家来讲，为了制定油气资源的战略方针与策略，往往将本国划分为若干评价区。如美国在 1975 年以来的数次全国性评价中将全国划分为 15 个评价区（其中 11 个在陆上，4 个在海上），它既考虑了大地构造划分，也考虑了地形地貌与行政区划。前苏联也曾在编制全国评价图的基础上，将全国领土划分为 38 个大区，并对 12 个层系进行了评价。

我国在 1981—1986 年的“资源评价”中以油气地质特征和分布规律为基础，结合行政区划、经济地理条件和能源供销规划配置，将全国划分为东北区、华北区（包括渤海海域）、江淮区、南方区、西北区、青藏区和海域（包括台湾海峡）七个评价区，进行了大区间对比，确定石油战略的重大方针。

（二）油气盆地

油气盆地是区域地质性评价单元，是作为一个国家或石油公司为制定中期战略规划（如五年规划）进行的评价工作。

我国盆地研究由来已久，国内许多学者对其已有论述。在 1981—1986 年的“资源评价”（以下简称“资评”）中，我们作了大量的基础工作，对我国历史上曾经记载过的所有盆地进行了调研，对于沉积面积大于 200km²、沉积岩厚度大于 1000m 的盆地进行了整理，重点对 283 个盆地（其中包括南方的三个海相沉积区）进行了逐个的筛选评价，认为其中一半盆地具备估算资源量的条件，并利用现代新的方法进行了评价。2002 年以来，我国三大石油公司相继投入了大量的人力、物力，对全国进行了第三次油气资源评价。

我国当前对含油气盆地的研究多集中于中生代陆相盆地，并取得了很好的成果，不少学者为此做出了有益的贡献。但是，就全国盆地研究状况来看，局部研究的多，全面研究的少；分析性的多，综合性的少；务实的多，开拓的少；片面研究的多，系统研究的少。由于中国盆地状况的复杂性，所以给我们的研究工作带来许多困难，如我们对印支运动以前的盆地模型知之较少，对显生宙以前的情况了解就更少。我们从盆地体系出发对盆地发生、发

展、叠加、改造的系统研究以及对盆地构造与沉降、沉积与油气之间的内在规律的研究还远远不够；因此，就更谈不上将它们形成系统的地质概念模型，继而变成数学模型了。

（三）含油气系统

一个盆地可能只有一个含油气系统，但在叠合盆地或分割性强的盆地中，会有多个不同的含油气系统。不同的含油气系统会有不同的构造风格、烃源特征、流体差异、储集层性质与油气藏特点。含油气系统的评价是作为油公司制订近期战略规划（如 1~2 年规划）必须进行的工作，并作为区带选择性评价的前提。

含油气系统是由“区域”地质进入“石油”地质，直接涉及油气勘探开发具体目标的必要步骤，它是介于盆地与区带之间的评价单元。它是作为一个国家或石油公司在对某一盆地成油单元（生油凹陷）进行评价时，针对其中某生、排、运、聚、保、含油气体系的时、空条件所进行的特有的评价工作，成为油气区带选择的基础研究。

通过含油气系统的评价，对油气区带进行优选，阐明油气藏的形成与分布，为提高油气藏发现的成功率奠定了基础。为此，我国中石油公司在油气区带（块）选择时，规定必须进行含油气系统的评价并进行数字模拟。

（四）油气区带—圈闭

国外习惯地将区带称为 Play (or Trend)，它比我们所称的“二级带”具有更广泛的含义，除了具有一组圈闭、一群构造、一个构造带或岩性圈闭带以外，还可以指，为某一特殊目的或以某一层系为目的的一轮勘探行动。区带评价依地区性战略部署方案的需要，是一具体的、适用于生产实际的评价，为各石油公司常用的评价技术。通常为油公司年度勘探生产提供依据。

区带评价技术，不仅要求阐明勘探区带所处的区域构造位置、沉积特点、地质演化史、生储油特征，而且，还必须指出有利的含油气区带中的圈闭个数、层位以及圈闭规模和资源的分布概率。

前苏联学者 А. А. Трофимук (1982) 及其同事对“油气聚集带”的概念进行了分析，认为油气聚集带划分的主要目的是为了用它来描述、分析圈闭和油气聚集分布的规律。

我国对区带分布的研究积累了丰富的资料，特别在对东部地区油气田的勘探中，建立了复式油气聚集带理论，近年来，对西部挤压盆地含油气区带的研究有了长足的进步。这些都有助于地质和数学模型的建立，有助于资源量的估算和提高勘探成效。前些年，我国在 19 个主要盆地的 306 个区带进行了研究工作。对其进行分类排队，提出了这些盆地的近期勘探目标，为国家的储量准备提供了具体的工作对象。

圈闭 (Prospect) 评价，是各级评价中最具体、最实际的，同时也是勘探阶段最后的评价目标。目的在于直接发现油气田，也是拟定探井井位所必需的评价工作。所以，它是广大石油地质工作者最关心的评价对象，也是各油公司日常生产中所面临的具体任务。

世界各国、各公司都有着对不同油气圈闭进行勘探的一整套评价方法，但关键的问题在于，圈闭的勘探程度与适于勘探目标的勘探技术，也包括经济评价。只有在准确齐全的勘探资料基础上，才能减少勘探风险，做出接近于实际的评价。

笔者 (1982) 曾分析了世界上 11 个大石油公司的圈闭评价方法。最后归结为，地质评价的方法主要有风险概率统计法、评分法和定性排队法。有些公司从油气生成、运移、圈闭等标准入手，将地质概念模型转换成数学模型，形成了圈闭评价的计算机系统。

前苏联在石油勘探中，非常重视局部圈闭的评价，他们主要从地质类比法、地球化学法

和地球物理法入手，其特长在于，油气藏的统计分析、天然气藏的研究以及与水文地质的结合。而且，他们强调圈闭的构造形态、储集层及盖层三要素，并用概率及回归方法对圈闭内的烃量进行预测。

几十年来，我国对以圈闭为目标的勘探，积累了丰富的经验，目前已经找到 500 多个油气田，1993 年全国第二次资源评价中，对 4300 多个圈闭进行了评价。

(五) 油气藏

油气藏评价是直接涉及油气田开发生产的一项商业性的评价，因此，在对油气藏开展静态、动态研究的基础上，对油气藏进行动态跟踪研究及经济评价非常重要。油气藏评价的目的，就是如何在已发现的油气田中，经济、快速地，以尽可能高的采收率，把油气开采出来，同时，为油气资源评价提供各项参数。它是整个油气工业上游工作的成果。

近 20 年来，世界上一些主要产油国，由于勘探开发成熟度很高，已经把主要注意力转向老油气田的挖潜和提高采收率方面。我国在发现大庆油田后，就开始有序地进行油田开发地质的研究工作。根据我国大油田的开发经验，采取了多期井网、多次实施；一、二次采油阶段进行反复多次调整；最后进入三次采油阶段，不断地为提高采收率进行评价研究工作，直到油气田的废弃。

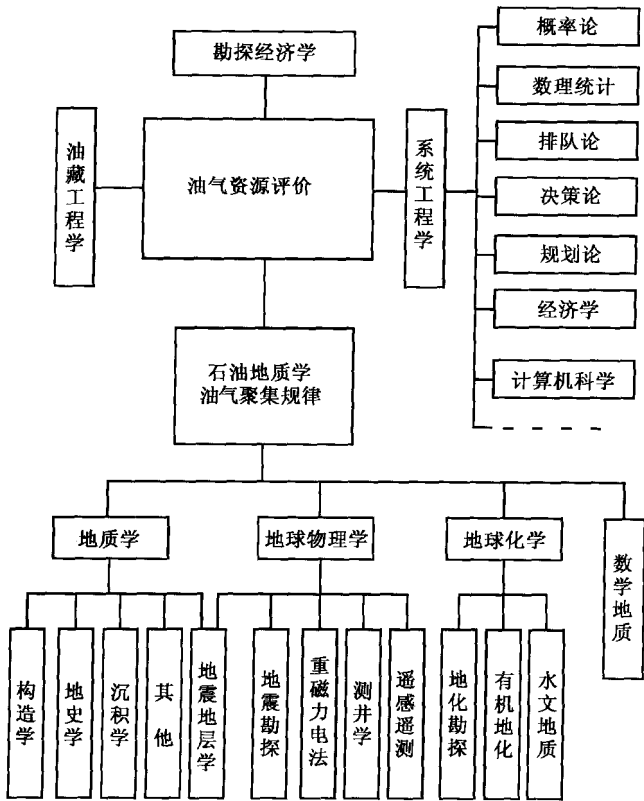


图 1-2 油气资源评价与其他学科的关系

油气田开发的整个过程，是不断地提高采油工艺水平，利用新技术的过程。如精细尺度的露头调查测量、成像测井、储集层地球物理（地震与测井）、地质统计、随机建模、示踪测试、计算机三维处理，以及应用这些技术的综合协同，从宏观向微观、从定性到定量地为油气藏描述打下良好的基础。这里要强调的是，开发地质工作是关键，核心是从静态到动态对油气藏进行描述，方能发现规律，找出办法，制定出正确方案。

三、理论基础

油气资源评价的理论基础，主要是石油地质学中的油气聚集规律理论与现代系统工程理论的结合。涉及一般性理论与评价的专业理论。

(一) 一般理论

一般理论涉及了石油地质学的各个领域，包括地质学、油藏工程学、地球物理学、地球化学和数学地质各个方面，这些方面集中到一

点，就是为油气聚集的研究打下基础，如图 1-2 所示。

世界上的油气聚集规律理论具有共同点，但就我国石油地质特征来看，有其特殊性，本

书对此将进行论及。

就石油资源地质评价来讲，光有油气聚集规律理论是不够的。因为油气聚集规律的研究只能给我们提供地质概念模型。我们将以这样的地质概念模型为基础，通过对各种定量参数的研究，利用数学模型，并以软件的形式，进行计算机的数字处理，才能获得符合实际的评价结果。

为此，需将系统工程的各项理论用于“资评”中。系统工程是以系统为对象，把要研究和管理的事物用概率、统计、运筹、模拟的方法，经过分析、判断和推理等程序，建立起系统模型，进而采用最优化的方法求得系统的最佳结果。需要强调的是，石油资源评价是方法论，方法论就是集合各种不同的方法把设想付诸于实践的过程，资源评价工作就是贯穿于石油勘探开发始终的过程，如图 1-3 所示。

油气资源评价工作是从部署方案、制定规划→实施计划→分析修订→再实施→更新方案，在这种过程中不断地、呈螺旋式地上升，把石油勘探开发工作由低级阶段一步步地推向高级阶段。可以说，石油勘探开发的过程从某种意义上来说，就是决策者的评价过程。

(二) 评价理论

为了达到评价的目的与完成上述任务，必须建立一套评价的理论体系；而且，它应该是从我国的石油地质特点出发，具有我国特色的理论体系。

自 20 世纪 50 年代以来，对我国石油地质构造学具有极大影响的理论——“槽台说”占有统治地位；70 年代“板块说”传入我国之后，由于它继承了槽台说的理论精华，吸收综合了现代地球科学的新成果，因此，很快就渗透到石油地质学科中。

朱夏教授（1986）在《论中国含油气盆地构造》一书中，全面地体现了他将槽台说与板块说运用在我国含油气盆地的基本理论。20 世纪 60 年代，他提出了盆地形成、演化的运动体制和中国盆地的两个世代、两种体制的观点；70 年代，他把运动体制的分析，概括为历史演化、全球联系、深部根源和动力作用方式等方面；80 年代初，在“板块构造与中国石油地质”一文中，他提出了在中国石油地质中的“TSM”理论体系。

朱夏教授在总结盆地的形成中提出了三个要素，即“3T”：盆地的形成时代（Time）、盆地在板块上的位置（Tectonic setting）、从地壳到地幔的热体制变化（Thermal regime）。

由于上述三个因素的不同，将会产生盆地的各种成因机制，在不同的机制下，对盆地起到四个方面的作用，即“4S”：沉降作用（Subsidence）、沉积作用（Sedimentation）、应力条件（Stress）和构造样式（Style）。有沉积就有盆地，有盆地就会有油气资源，沉降的速度、规模、持续性、节奏式、差异性对油气聚集都有直接影响。沉降必然导致沉积，而沉积的相序分布与烃的生成、运移和保存休戚相关。应力场的不同会对沉积、构造产生影响，同时对圈闭油气储集都会有重要的影响。因此，对不同盆地的油气田分布会产生不同的效果，反映出不同的油气资源风格。

由于“4S”的作用，构成油气藏形成的基本条件，即“4M”：物质（Material）、成熟度（Maturation）、运移（Migration）和保持（Maintenance）。“4M”就是我们在对区带与

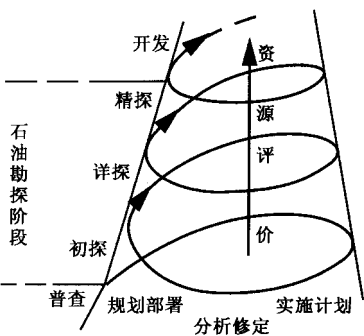
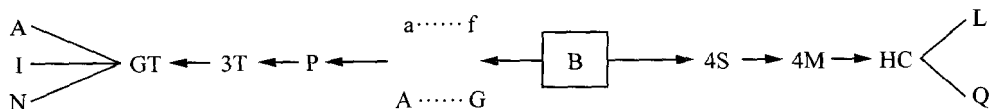


图 1-3 资源评价在勘探开发中的地位

圈闭评价中的生、储、运、保等成油条件。

关于“TSM”体系，朱夏教授的原意更为广泛，他在“试论古全球构造与古生代油气盆地”一文中的表达式为：



式中 A——古全球构造；

I——中间阶段；

N——新全球构造；

GT——全球构造；

3T——时代、构造位置、热体制；

P——盆地的原型；

a~f——古生代（包括中间阶段）盆地原型；

A~G——中、新生代盆地原型；

B——盆地；

4S——盆地的沉降作用、沉积作用、应力条件、构造样式；

4M——油气盆地中产生的物质、成熟度、运移和保持；

HC——油气藏预测；

L——位置；

Q——数量。

这个表达式全面地体现了朱夏教授对油气资源评价的系统理论，该理论体系反映了他从中国油气盆地的实际出发所总结出来的精华。

半个多世纪以来，中国石油地质工作者在全国油气勘探实践中，不但找到巨大的储量，而且使原油产量保持在亿吨以上，同时，发展了具有我国特色的石油地质理论，比如，众所周知的“陆相生油”及“复式油气聚集带”理论。20世纪80年代以来，又发展了近海湖盆、新构造运动与晚期成藏、煤成烃及低熟油、叠合盆地成藏等理论。在油田开发中创立了“油砂体”理论，在探索陆相储集层中发展了“微观沉积学”理论等，为全面发展陆相油气藏开发地质学理论奠定了基础。

综合了我国石油地质的基本理论，以及朱夏教授有关油气盆地系统思想的引导，形成了本书对油气资源评价与勘探开发的理论，以及外延的系统方法论。

第三节 搞油气资源评价要掌握的技术方法

油气资源评价本身也可以说是一套系统的方法论，是在认识油气聚集规律的基础上，去勘探开发—探索资源的存在，以获取符合经济规律的最大效益。方法来自上述概念、原理体系，因而其方法必然应自成体系。

（一）一般方法

人们的认识是随实践的深化而不断深入的。齐全准确的第一性资料是评价的首要条件，科学的地质定性分析判断是至关重要的，当然还要有良好的评价方法。地质参数是反映对地质条件定量认识与资料可靠程度的综合体现。参数的系统性、可靠性和完整性是理想评价模

型是否正确的重要环节。应当强调的是，油气资源评价工作始终离不开评价者的实践经验与主观判断。一般的综合研究可分为以下几个步骤。

1. 油气勘探开发信息资料的收集与整理

油气勘探开发信息资料包括评价对象的地面地质、遥感遥测、电法、重力、磁力、地球化学勘探、地震、钻井、测井、试井、化验分析等资料，此外，还要有油气市场经济等方面的资料。

同时，必须收集评价对象的外围资料、类比（刻度）区资料，主要是基本的石油地质条件与资源、储量、产量关系方面的数据。

必须弄清这些实际资料的可靠程度，是真的还是假的，是过去的还是最新的，是原始的还是经筛选处理过的，是零星的还是全面系统的，应该尽可能地去伪存真、齐全准确。这些叫做“基础资料”。一般来讲，地震、井筒及化验分析资料是重点。

2. 油气地质研究

石油地质家除了要有野外地质和实验室的实践经验外，最好还要在钻井采油现场以及地震施工现场工作一个阶段，要知道资料信息是怎么来的；还要掌握资料信息的提取、使用及解释的基本原理和方法。

在基础资料收集后，进行单项的地质条件的评价研究。地层对比是一切石油地质研究的出发点，它包括地面、井下和地震剖面层位的三维对比。

根据勘探程度，分别对以下几个方面进行单项的评价研究工作。

（1）烃源条件：包括生油层的类型、有机质丰度、成熟度、干酪根类型及烃产量的研究，烃源岩的规模、排烃输导及运移条件，流体的地球化学特征及生烃量等。

（2）储油条件：包括储集层的性质及类型，剖面分布、厚度、范围、平面变化规律及沉积相带特征。

（3）区带及圈闭条件：包括类型、特征、规模、上下符合程度、断层及圈闭烃类分布特征的研究。

（4）保存条件：包括盖层、断层、各种封堵条件、流体性质与水动力学研究。

（5）配套史：包括在构造发展史、沉积史研究基础上对油气生成、运移、聚集在时间与空间上的配套研究。

（6）勘探开发效果：包括勘探开发成败的历史性总结、勘探开发程度、效果分析、生产动态分析等。

（7）油气藏开发静态研究：根据油气田开发的需要，在静态评价中以储集层为主，动态评价中以油、气、水和压力评价为主。在建立基础井网中，主要是对主力油层的研究；在调整阶段，主要是对中低渗透层（次要油层）的改造评价；在钻加密、补充井网时主要是改造薄差层、抑制和封堵高含水层的评价。

为了说明评价对象的区域特征，有必要扩大研究范围，包括区域构造、沉积与油气藏形成条件研究。结合上述七项内容编制相应的图件与数据表。这些资料对于“资评”来讲，属于“中间性资料”。

3. 油气资源、储量和产量评价

主要是定量的、可采的和经济的评价。

在上述工作的基础上，对各项石油地质条件的综合评价，即上述研究联系起来的思索，以形成油气田的勘探开发概念模型，并通过各种参数的研究，取得定量研究的数学模型，通

过分析研究，选择最佳的勘探方案，制定出不同时期、不同阶段的部署、规划与设计。为此而提供具有经济效益的和决策性的报告、表册及图件叫做“成果资料”。

(二) 评价系统研究

根据上述评价的系统化对象和理论，结合数十年来我国石油勘探开发的经验，及现代石油地质技术的发展，笔者将油气资源评价概括为图 1-4 之内容。

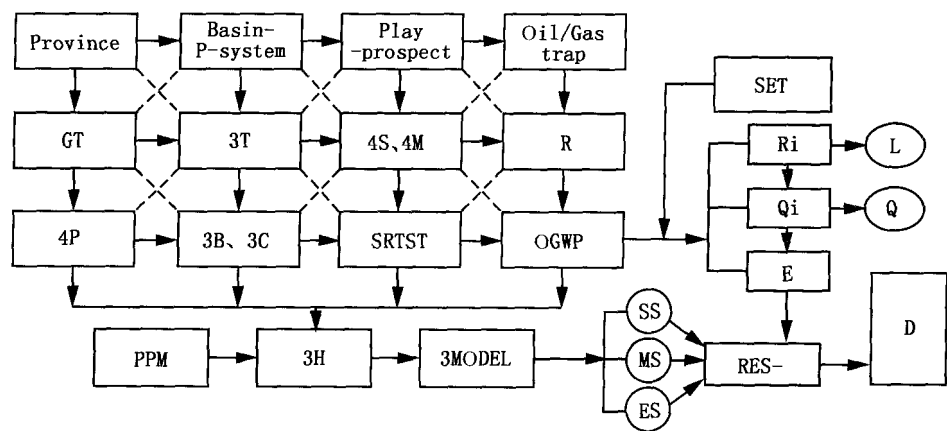


图 1-4 油气资源评价系统研究

Province—油气区；Basin—盆地；P-system—含油气系统；Play—区带；Prospect—圈闭；Oil/Gas trap—油气藏；GT—全球构造；3T—构造位置、时间、热体制；4S—沉降、沉积、应力、样式；4M—物质、成熟度、运移、保持；R—储集层；4P—古地磁、古气候、古生态、古地理；3B—拉张、挤压、扭曲边界；3C—沉降中心、沉积中心、生油中心；SRTST—油源、储集层、圈闭、保存、配套史；OGWP—油、气、水、压力；PPM—原型、叠加、改造；3H—构造史、沉积史、油气聚集史；3MODEL—构造、生储油、油气聚集模型；SET—系统工程技术；Ri—地质风险；Qi—资源量；E—经济评价；L—油气田位置；Q—资源的数量质量；SS—统计方法；MS—数字模拟；ES—专家系统；RES—资源评价系统；D—决策

图 1-4 中，第一行 P、B、P、P、p、Trap（每个单词的第一个字母）表示系统研究的对象；第二行 GT、T、S、M、R 体系为系统研究的基本原理；第三行 P、B、C、SRTST、OGWP 及其他为系统的研究途径与方法。

1. 油气地质

对油气区的研究，必须从全球构造动力学出发，运用古地磁、古气候、古生态、古地理（4P）等方法，研究板块的恢复和重建。对盆地的研究，应在油气区研究的基础上，对盆地的时代、位置、热体制（3T）进行分析，重点剖析盆地的“边界”（3B）及“中心”（3C）。含油气系统是介于盆地与区带间的评价步骤，要在盆地数字模拟的基础上进行。区带的评价应在盆地含油气系统应力条件、沉降作用、沉积作用、样式（4S）的研究基础上，重点对圈闭进行工作，对区带—圈闭的油源、储集层、圈闭、保存、配套史（SRTST）进行分析。油气藏的研究中以储集层（R）预测为中心，对油、气、水、压力（OGWP）进行跟踪分析。

为此，在地质评价中对盆地、含油气系统、区带—圈闭进行成因分类，剖析它们的原型、叠加、改造（PPM），进行构造史、沉积史与油气聚集史（3H）研究，从而构成构造、生储油与油气聚集三种模型（3MODEL），形成全面的油气勘探开发地质的概念模型。