



石油天然气类规划教材

油气资源评价

柳广弟 刘成林 郭秋麟 © 编著



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等院校石油天然气类规划教材

油气资源评价

柳广弟 刘成林 郭秋麟 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书在介绍油气资源评价概念和油气资源分类体系的基础上,按油气资源地质评价、油气资源量估算和油气资源经济评价的框架系统阐述了油气资源评价的理论和方法。在地质评价部分,重点介绍了盆地评价、区带评价和圈闭评价的主要内容和评价方法;在资源量估算部分,按统计法、类比法和成因法介绍了油气资源量计算的不同方法;在经济评价部分,主要介绍了油气资源评价中应用比较广泛的经济指标评价方法和财务评价方法。为了适应当前非常规油气勘探开发的需求,本书单设一章介绍了非常规油气资源的评价方法。本书由多年从事油气资源评价教学和研究工作的教师 and 研究人员编写,并列举了较多的油气资源评价算例。

本书可作为石油地质及相关专业研究生和高年级本科生相关课程的教材,也可供从事油气资源评价和油气勘探的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气资源评价 / 柳广弟,刘成林,郭秋麟编著. —北京:石油工业出版社,2018.1

高等院校石油天然气类规划教材

ISBN 978 - 7 - 5183 - 2417 - 0

I. ①油… II. ①柳… ②刘… ③郭… III. ①油气资源评价—高等学校—教材 IV. ①TE155

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 330595 号

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523697 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京密东文创科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.5

字数:304 千字

定价:28.00 元

(如发现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

“油气资源评价”是地质资源与地质工程专业研究生的一门学位课程,在中国石油大学(北京)已开设 20 多年,但多年来一直没有合适的教材。笔者从 1992 年开始讲授“盆地模拟及其应用”课程,其中涉及用盆地模拟方法开展资源评价的内容,2000 年开始讲授“油气资源评价”这门课程,那时就有编写《油气资源评价》教材的想法。但当时我国油气资源评价的方法比较单一,1994 年完成的第二次全国油气资源评价工作使得以盆地模拟为主导的成因法成为我国当时油气资源评价的主要方法,油气资源评价研究的内容仍不完善,资料也不完备,加之笔者也缺少油气资源评价的实践工作,不具备编写教材的条件。

2001 年到 2003 年,笔者参加了中国石油天然气股份有限公司(以下简称“中石油”)组织的第三轮油气资源评价工作,在贾承造院士、赵文智院士的领导下,与中国石油勘探开发研究院资源评价项目组一起,全面研究和建立了既与历史接轨又与国际接轨的新的油气资源评价方法体系,并具体负责油气资源评价参数体系的建立与研究。这一次油气资源评价工作实现了我国油气资源评价技术的整体更新换代,其成果获得了 2005 年度国家科技进步二等奖。2003—2007 年,笔者和刘成林教授参与了国土资源部组织的新一轮全国油气资源评价,笔者具体负责实施方案制定工作,并参加了此次资源评价的技术专家组,刘成林教授全程参与了此次油气资源评价主要工作。经过这两次全国性的油气资源评价,基本形成了成因法、类比法和统计法三类方法并重的油气资源评价方法体系。至此基本具备了编写一本《油气资源评价》教材的条件,随后在 2007 年的第二次石油勘探类教材规划会议上,《油气资源评价》被列为石油院校研究生规划教材。2008 年刘成林教授到美国地质调查局学习资源评价一年,随后美国地质调查局资源评价专家 Ronald R. Charpentier 来学校讲授了 2 次资源评价课程。在这一过程中,我们也承担过多个盆地和地区的油气成藏和资源评价研究项目,其中包括准噶尔盆地、南堡凹陷、松辽盆地榆树林地区、辽河滩海地区、武威盆地、玉门探区、南阳凹陷、鄂尔多斯盆地陇东地区、加拿大艾伯塔盆地油砂等,这些盆地和地区的工作也为编写油气资源评价教材积累了经验和素材。

本书按油气资源分类体系、地质评价、资源量估算和经济评价与决策分析建立了教材体系,为了反映近年来非常规油气资源评价的进展与特殊性,专门设立一章讲述非常规油气资源评价。本书第一章为绪论,介绍油气资源评价的概念、研究内容以及油气资源评价的性质,这一章重点介绍了油气资源评价的一些基本理念,其中包含了我们多年从事油气资源评价教学和研究工作的一些体会。第二章介绍了当前国际上主要的油气资源—储量分类体系,并对我国资源储量体系与国际常用的资源储量体系的区别与联系作了重点阐述。第三章重点介绍了盆地、区带和圈闭等不同层次评价单元地质评价的内容和方法。由于盆地地质评价实际上就是盆地石油地质综合研究,因此本章没有系统介绍盆地评价的内容,主要针对在盆地石油地质

研究中与油气资源评价(或资源量计算)有直接关系的几个重点问题进行了讨论,这大多也是笔者在石油地质综合研究与油气资源评价工作中的一些具体实例与体会。第四章按统计法、类比法、成因法的体系介绍了目前我国和世界上油气资源量计算的主要方法及其参数体系,多数方法都附了算例。需要指出的是,统计法中的油藏规模分布法和发现过程模型法涉及的数学知识已超出一般地质专业学生的知识范畴,因此本章只作了简要介绍,对此有兴趣的读者可进一步学习相关文献。第五章介绍了当前六大类非常规油气资源的地质评价和资源量计算方法。第六章介绍了在经济评价和决策分析中常用的方法。

本书由柳广弟担任主编。刘成林曾于2010年编写了本书的初稿,目前的版本就是在该初稿的基础上重写而成。其中第一章、第三章和第四章由柳广弟编写,第二章和第五章由刘成林编写,第六章由郭秋麟编写,各章由柳广弟修改定稿。本书能够得以完成,是与我们多年参加油气资源评价工作中诸多领导和专家的指导和帮助分不开的。在笔者参与中石油三轮油气资源评价工作中,得到了贾承造院士、赵文智院士、胡素云教授、沈成喜教授、田克勤教授、李剑教授等的诸多指导和帮助,在参与新一轮全国油气资源评价工作中,得到了车长波研究员、张大伟研究员和杨虎林研究员等的指导和帮助,向他们学到了很多。在笔者早期的油气资源评价研究和教学工作中,还得到油气资源评价领域的老专家武守诚教授、赵旭东教授、秦若辙教授的指导。从上述领导和专家那里学到的油气资源评价理论和方法奠定了本书的基础,在此谨向上述领导和专家表示衷心感谢!

油气资源评价是一项系统工程,涉及不同学科的知识,同时又是一个应用性、实践性非常强的学科。鉴于我们的知识和工程背景,编写一本好的《油气资源评价》教材是一件十分困难的事情,这也是本书直到今天才得以出版的主要原因。尽管我们做出了努力,但由于知识和水平的限制,书中还留有很多缺憾,也存在很多不妥之处。在此恳请阅读本书的读者和使用本教材的师生批评指正,并提出宝贵意见和建议,以便在有机会再版时修改完善。

柳广弟
2017年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 油气资源评价概念和研究内容	1
第二节 油气资源评价对象	3
第三节 油气资源评价理论与评价方法	5
第四节 油气资源评价的基本特点	8
第二章 油气资源概念和分类体系	11
第一节 油气资源概念	11
第二节 油气资源分类体系	16
第三章 油气资源地质评价	26
第一节 盆地地质评价	26
第二节 区带地质评价	54
第三节 圈闭地质评价	66
第四章 油气资源量估算	79
第一节 概述	79
第二节 统计法	81
第三节 类比法	103
第四节 成因法	122
第五章 非常规油气资源评价	137
第一节 非常规油气资源内涵及特征	137
第二节 非常规油气资源地质评价	142
第三节 非常规油气资源量估算	151
第六章 油气资源经济评价与决策分析	166
第一节 概述	166
第二节 经济指标评价方法及案例	167
第三节 财务评价方法及相关指标	175
第四节 决策分析	180
参考文献	188

第一章

绪论

油气资源评价是一门综合性应用学科,它以石油地质学理论为指导,与油气勘探、开发工程相结合,评价含油气远景、计算油气资源量、进行经济评价和决策分析。本章在阐明了油气资源评价学科的性质、要解决的主要问题和主要内容之后,介绍了油气资源评价的对象、评价理论和原则,最后描述了油气资源评价的基本特点。

第一节 油气资源评价概念和研究内容

在油气勘探中,地质学家和勘探家最想知道的事情就是一个盆地、一个构造单元或一个勘探区带内有多少油气以及这些油气在哪里。要想解决这些问题,必须在搞清盆地、构造单元或勘探区带油气成藏条件、油气分布规律的基础上,通过一系列科学的方法进行估算和评价,这就是油气资源评价。

一、油气资源评价的概念

油气资源评价(petroleum resource assessment)是在油气成藏条件和成藏规律综合研究和认识的基础上,根据已掌握的地质资料,使用可能的技术方法对勘探对象(盆地、区带、圈闭)内尚未发现而将来可能或应当发现的油气的量、分布和勘探效益进行评价,最后制定出勘探决策的一门科学。

油气资源评价是一项石油地质综合研究。对勘探对象油气资源状况的客观科学的认识和评价,必须建立在对其油气成藏条件的掌握和分布规律认识的基础之上。沉积盆地的油气资源有多种聚集类型,有构造油气藏、地层油气藏、岩性油气藏,还有各类非常规油气聚集。只有认识到某一类油气资源的存在,才可能去评价它,只有掌握它的成藏条件和分布规律,才可能客观地、科学地去评价它。因此,在不同时间、不同资料程度、不同认识程度下,对同一对象的评价结果会有很大不同,但这都是在一定时间、一定条件下对评价对象资源状况的认识。对一个评价对象资源状况的认识会随着勘探的深入、资料的积累和地质认识的提高而逐渐完善。

油气资源评价是一门预测学和方法学。它是根据已有的资料预测沉积盆地尚未发现的油气资源的量和分布的一门科学。油气资源预测遵循两方面科学原理,一方面是沉积盆地油气藏形成与分布的石油地质学基本原理,另一方面是地质变量和油气藏分布的统计规律。由此派生出一系列的预测方法,包括以油气生成、运移、聚集的动力学和运动学为基础的成因法,以

油气成藏条件为基础的类比法,以油气资源分布统计规律为基础的统计法。

油气资源评价是一门边缘学科。石油地质学及与石油地质学相关的学科,如沉积岩石学、构造地质学、地球化学、地球物理学等都是油气资源评价的理论基础,这些学科可以为油气资源评价提供地质模型。油气资源评价必须使用许多数学和统计学的方法和知识,建立数学模型,运用数值模拟和概率统计得到资源预测结果。油气资源评价还必须考虑工程技术和经济学问题,包括油气田开发技术问题、提高采收率技术问题、石油经济问题、勘探决策分析等(图 1-1)。

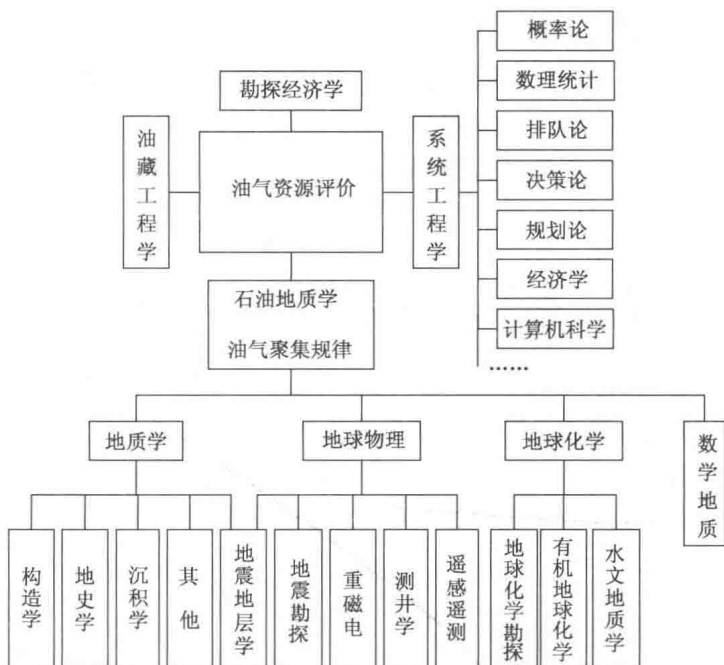


图 1-1 油气资源评价与其他学科的关系(据武守诚,2005)

油气资源评价还是一门艺术。针对相同的地质资料,使用相同的评价方法,不同的评价者会得出截然不同的评价结果。这与评价者的评价理念、思想方法、评价经验和对评价对象的认识程度有关。有些评价者在评价中趋于乐观,有些则偏于保守,从而导致他们对地质资料的使用、参数的取值都有所不同,因而导致评价结果的差异;有些评价者经验比较丰富,对评价区的认识比较深入,因而他们的评价结果会更加客观。

因此,可以说油气资源评价既是一门科学,又是一门艺术。说它是一门科学,是因为它是建立在科学的原理、科学的方法和科学的资料基础之上的;说它是一门艺术,是因为它的评价结果在某种程度上又与评价者的理念、思想、经验等人为因素有关。因此,做好油气资源评价,不仅需要丰富的资料、科学的方法,还需要有经验的评价者,需要辩证唯物主义世界观。

二、油气资源评价的研究内容

油气资源评价主要解决评价对象的 5 个基本问题:一是有无油气资源;二是有多少资源;三是资源在哪里;四是资源质量与效益;五是如何获得资源。要回答上述 5 个问题,油气资源

评价必须进行三个方面的研究与评价工作:一是地质评价,二是资源量估算,三是经济评价和决策分析,这就是油气资源评价的主要研究内容。

地质评价就是评价对象石油地质基本条件和成藏规律的研究。地质评价的主要任务是评价油气藏形成的基本条件,如油气源条件、储层条件、圈闭条件、保存条件、油气成藏的配套条件等,在此基础上,得到资源量估算所必需的一系列地质参数。通过地质评价,还要对评价对象的油气分布规律做出总结,在油气分布规律认识的指导下,对油气资源的类型、分布做出预测,以指导油气资源评价方法、参数的选取和优化。根据对评价对象油气成藏条件的评价,可以确定评价对象的勘探风险,可以回答有无资源的问题。因此,地质评价是油气资源评价的基础。

资源量估算是在地质评价基础上,优选适当评价方法(包括建立新的方法),对评价对象的油气资源做出估算,包括资源的量、品质、分布等。资源量估算的关键是评价方法和评价参数的优选。评价方法的选择要考虑评价对象的勘探程度、资源类型、分布规律和分布特征,评价参数主要来源于地质评价,根据地质评价的结果确定评价参数。通过资源量估算和评价,可以回答有多少资源、资源在哪里以及资源的品质等问题。资源量估算是资源评价的核心。

经济评价是在地质评价和资源量估算的基础上对资源的经济性做出的评价。资源的经济评价主要针对较小的评价对象(如区带、区块和勘探目标)进行,对较大的评价对象(如盆地)一般不进行经济评价。通过经济评价可以回答资源的经济效益问题。

根据上述地质评价、资源量估算和经济评价的结果,就可以对一个勘探目标是否值得勘探做出决策,并对值得勘探的目标做出勘探部署。通过勘探决策分析就可以回答上面提出的最后一个问题,即如何获得资源的问题(图1-2)。

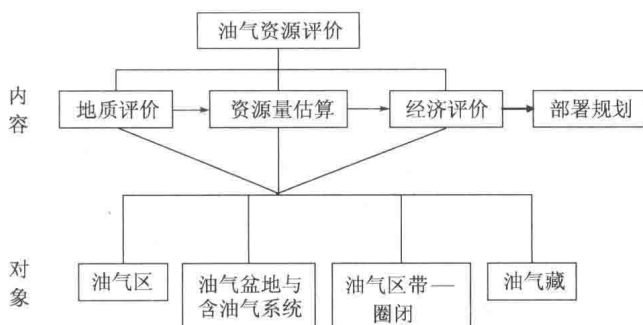


图 1-2 油气资源评价的基本内容与对象(据武守诚,2005)

第二节 油气资源评价对象

石油和天然气生成在一定的地质单元内,并在一定的地质单元内运聚成藏,同时也保存并分布在一定的地质单元内。油气生成、运移、聚集和分布的地质单元就是油气资源评价的评价对象。油气生成、运移、聚集或分布的单元可以大到一个盆地,小到一个圈闭,还包括二者之间的一些地质单元,如坳陷、隆起、凹陷、凸起、二级构造带等。用油气资源评价的术语,这些不同

级别的构造单元可以归结为盆地、区带和勘探目标三类评价对象。

由于油气勘探活动的边界不一定是地质边界,因此油气资源评价的对象也不局限于一个完整的地质单元或者不一定是一个完整的地质单元,经常超出一个地质单元或是一个地质单元的一部分,如一些招标区块或合同区块。这些区块也是资源评价的对象。

一些石油大国和大石油公司有时需要对国家或全球大区的石油资源情况做出评价,以制定能源发展战略。这些大区的范围超出盆地的范围,经常是盆地群,或地理区域或行政区域。对这类对象一般不进行独立的评价,而是对盆地评价的结果进行累加或切分。

一、大区

大区(petroleum province)可以是一个大的地质构造单元,也可以是一个地质、地理甚至与行政区划有关的单元,还可以指一个巨型盆地或盆地群,这些盆地在地质成因结构和含油气层系上具有一定的相似性。

大区评价是一种战略性评价,它为石油大国或大的跨国石油公司制定中长期油气勘探规划服务。同时,大区评价也是国家制定能源政策和工业发展布局规划的重要依据。

作为石油大国或者大的跨国石油公司,为制定长期勘探规划,应从勘探生产的全球战略出发,对全球构造或板块构造及古地理、古环境、古气候等方面进行研究,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进行全球性大的油气区划分,对含油气区进行地质评价、油气资源量(及剩余资源量)估算与能源战略决策分析,进行战略上的选择。美国联邦地质调查局(USGS)2000年将全球分为前苏联、中东与北非、亚太、欧洲、北美、中南美洲、撒哈拉以南非洲与南极、南亚8个大区进行评价。

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2003—2007年新一轮全国油气资源评价中依据中国大地构造背景、油气地质特征和分布规律,结合行政区划、经济地理条件,将全国划分为6个大区,即东部、中部、西部、南方、青藏和海域,并对这些大区进行了评价。

二、盆地

油气主要赋存于盆地(basin)内,Perrodin(1980)指出:“没有盆地,就没有石油”。因此,盆地是油气资源评价的基本单元之一。盆地评价的主要内容是盆地地质评价、盆地资源量估算和盆地资源分布研究等,为国家或石油公司制定中期勘探规划服务。

在我国油气资源评价中,盆地历来是资源评价中最重要的评价对象。在1981—1986年的“第一次全国资源评价”中,对盆地做了大量的基础工作,对沉积岩面积大于 200km^2 、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)进行了评价。2007年完成的新一轮全国油气资源评价在500多个沉积盆地中筛选出131个盆地进行了评价。

油气资源评价中的盆地一般是指地质意义上的含油气盆地或沉积盆地。但对于某些大型

盆地中的坳陷也可以作为盆地对待。如渤海湾盆地的冀中坳陷、黄骅坳陷、济阳坳陷、辽河坳陷等在历次评价中都是作为盆地进行评价的。

三、区带

区带是我国油气资源评价中的一个专门的术语,大致相当于英文文献中的“play”。在我国,区带一般是指盆地内的由一组具有共同的石油地质成因,包括共同的油气运移、储层发育和成藏特征的圈闭或油气藏(田)组成的地质单元,与石油地质学中油气聚集带的概念相当。

在实际评价工作中,勘探区带有时不一定是严格意义上的地质单元,它的划分以地质单元为基础,并适当考虑勘探和评价工作的需要。由于目前国际石油勘探都是以招标区块或合同区块为勘探单元的,国内石油公司也以盆地内部的勘探矿权区为勘探单元。一般情况下,合同区块和矿权区的划分与盆地的地质单元没有必然的关系。英文文献的“play”除表示具有成因联系的一组勘探目标和油气藏外,也常指一个区块或人为界定的地域范围,包容了这一区块和地域内的所有勘探目标。因此,“区块”也往往作为一种与区带并列的评价对象。

有人也将“play”译为“成藏组合”。实际上,“区带”在定义和划分上与“成藏组合”既有区别,又有联系。“成藏组合”的划分一般要考虑剖面上的生储盖组合,它是盆地中一套具有相似成藏特征的储盖组合,其在平面上的分布范围由油气系统的分布所限定,而不仅仅限于一个油气聚集带的范围。而“play”或“区带”的划分更注重其在平面上的分布,一般限定在一个油气聚集带的范围内,而在纵向上既可以是一套具有相似成藏特征的储盖组合,也可以包含多个特征不同的储盖组合。

“play”有时也指某一特殊目的的勘探工作、勘探对象和勘探行动。

四、勘探目标

勘探目标(prospect)主要是指各种类型的圈闭,因此勘探目标评价在中文文献中又称为圈闭评价。实际上,勘探目标不一定是石油地质学严格意义上的圈闭,而只是一个构造、一个岩性体等,至于这个构造或岩性体是否是一个严格意义上的圈闭,则还需要进一步的研究和评价,甚至要经过钻探才可以确定。例如,一个鼻状构造是一个理想的勘探目标,但只有当它具有有效的储层、上倾断层具有封闭条件时才能成为一个圈闭,但上倾方向的断层是否封闭在钻探之前一般是很难确定的。圈闭评价是与勘探生产关系最密切的经常性的评价活动。其目的在于为勘探目标优选和探井井位部署提供依据,为直接发现油气田服务。

第三节 油气资源评价理论与评价方法

任何一门学科都有其自身的基本理论、指导思想以及依赖与遵循的基本原则,它们是这门学科的基础与核心。油气资源评价经过一个世纪的发展到今天,已基本形成了自己的理论方法体系。

一、油气资源评价理论

(一) 石油地质学的基本原理是油气资源评价的理论基础

油气资源的形成与分布遵循石油地质学的基本原理,因此,石油地质学的基本原理是油气资源评价的理论基础。石油地质学的发展促进了油气资源评价理论和方法的发展。油气成因理论、油气圈闭理论、油气成藏理论等石油地质学理论既是地质评价的理论基础,又是资源量计算中成因法和类比法的理论基础。

石油地质学理论的每一次突破与创新,都引发人们对油气资源形成与分布的新认识,都导致了油气资源评价思想和方法的发展,引起评价结果显著变化,从而指导油气勘探部署,促进油气勘探的飞跃发展。

背斜学说是石油地质学的第一个基本理论,它于19世纪80年代形成,直到20世纪50年代一直是指导找油的主要石油地质理论。在这一时期,地质学家对油气资源分布的认识主要局限在背斜构造中,因此,在这一理论指导下的油气资源评价也必然是针对盆地中背斜构造的评价。

圈闭理论的发展深化了人们对油气分布的认识,是对背斜学说的补充。人们认识到,不仅背斜可以聚集油气,一些由岩性、地层和复合因素形成的圈闭也是油气聚集的有利场所,油气勘探的领域随之扩大。在圈闭理论指导下的资源评价,不仅要评价背斜构造,也必然对岩性和地层圈闭的发育区进行评价。

进入20世纪60年代,有机生油理论得到了发展和完善,形成了干酪根热降解生烃说。干酪根热降解生烃理论的建立使生油研究从一种理论探讨成为直接指导油气勘探和资源评价的有效理论,从而使油气勘探和资源评价真正从以“背斜理论”为主导的时代进入了以“生油理论”为主导的时代。以干酪根生油理论为基础建立的油气资源评价的成因法成为油气资源评价的主导方法,生油量的计算随之成为资源量估算的基础。

进入20世纪90年代,L. B. Magoon和W. G. Dow(1994)进一步完善了W. G. Dow(1972)等提出的油气系统的概念和研究方法,这一思想和方法也很快体现在油气资源评价中。USGS在2000年的资源评价就是以总含油气系统(TPS)作为基本的评价单元的。

近年来,非常规油气的勘探开发和理论的发展使人们看到了在新的领域中油气资源的前景,在以前不认为有经济可采油气资源的泥页岩层系、致密储层层系、煤层等新领域发现了页岩油气、致密储层油气、煤层气等非常规油气资源,并做到了商业开采。这样,非常规油气资源的评价必然成为油气资源评价的重要内容,必然引起资源评价理论和方法的发展,也必然导致资源评价结果的变化。

从石油地质学和油气资源评价的发展历史不难看出,石油地质理论的每一次发展和深化,都会带来油气资源评价的思想、方法的深化、评价对象的拓宽以及评价结果的变化,人们对地下油气资源的认识也就越来越深入,越来越接近地下油气资源的真实分布。石油地质理论进步是油气资源评价发展的基础,随着石油地质理论的发展、油气资源评价思想和方法的进步,人们对地下油气资源的认识也会越来越接近地质实际。

(二) 统计学理论与方法是油气资源评价的重要基础和方法论

地下地质变量的分布具有随机性并遵循统计学规律,因此,地下油气藏的形成与分布既遵循石油地质学的基本原理,也受相关地质变量和地质过程的随机性与统计规律的支配。地下油气藏的分布一般都遵循一定的概率分布,研究已知油气藏、储量及其分布的统计规律来估计地下油气藏与储量的总体分布,是预测未发现油气藏和油气资源的一种常用方法,这就是油气资源评价中统计方法的基础。统计方法是资源评价的一种基本方法。

在油气资源评价中涉及许多统计学的基本方法与原理,例如统计推断与假设检验方法、地质统计学方法、概率分布理论与方法、统计模拟方法、时间序列分析等。统计评价方法在近年来发展很快,大量的概率论与数理统计模型的引入和勘探抽样模型的建立,概率参数估计方法的新进展,使统计方法的理论和应用都跃上了一个新水平。

二、油气资源评价方法

基于不同的评价理论和评价思想,形成了不同的油气资源评价方法。不同的评价方法相互验证,又增加了油气资源评价结果的可信性和客观性。

(一) 成因法

沉积盆地油气藏的形成遵循油气生成、油气运移和油气聚集的基本原理。根据油气生成的干酪根热降解生油理论、油气运移和聚集的流体动力学理论可以建立油气生成、运移的地质模型和数学模型,进而定量模拟计算出烃源岩的生烃量、排烃量、油气聚集量以及油气聚集的分布,这就是成因法的基本原理和过程。

20世纪70年代发展起来并不断完善的盆地模拟方法已使成因法成为油气资源评价中一种不可或缺的方法,并为盆地石油地质研究和油气系统分析提供了有效的工具。但是,由于地质过程的复杂性,特别是油气运移和聚集过程中存在的许多随机性和不确定性,目前的盆地模拟系统还远没有发展到可以科学地、客观地和令人置信地计算出不同级别评价单元油气聚集量和模拟出油气分布位置的程度。

干酪根热降解生烃理论以及不断完善的生烃动力学模型和参数使得人们在目前的条件下已经可以比较客观地计算出沉积盆地不同评价单元的生油量和生气量。但由于对油气初次运移认识的局限以及初次运移过程中多项地质参数的不确定性,排烃量计算结果的可信性仍远低于生烃量。虽然人们也在试图模拟出油气从烃源岩排出后的运移、耗散与聚集过程,然而由于前面提到的原因,油气聚集量的模拟结果一般只具有研究意义,到目前为止仍不能用于资源评价。

因此,在目前阶段,成因法仍不能独立完成油气资源评价,仍要与下文提到的统计法和类比法相结合。但是,通过成因法得到的生烃量、排烃量以及对油气生成、运聚成藏过程的认识则是油气资源评价的重要基础。从这一点来看,成因法在油气资源评价中仍然是一种基本的方法。

(二) 统计法

统计法是一类利用历史经验的趋势推断法,即利用历史勘探资料(包括发现率、钻井进尺、油气产量、油气田规模等),通过数理统计分析方法将历史资料按趋势或模型进行外推,将

过去的勘探与发现有效地外推至未来或穷尽状态,据此计算出资源总量和未发现的资源量。

用于油气资源评价的统计方法很多,大致可以划分为二类。第一类是以地下油气田(藏)分布的统计规律为基础,根据已发现油气田(藏)构成的样本建立油气田(藏)总体分布模型来预测未发现油气田(藏)的规模和分布的方法,如常用的油藏规模序列法、油藏规模分布法等。尽管这一类统计方法不强调油气藏形成过程,但在评价单元划分上还是要考虑油气藏的成因单元和地质特点,然后在评价单元内由已知预测未知。第二类方法是根据评价单元以往的勘探工作量及勘探效果,外推未来可能发现的油气资源量的方法,如钻井进尺法、勘探效率法等。

统计法是一种常用的油气资源评价方法。

(三) 类比法

类比法是地质学的一种基本思想和方法。油气藏的形成是沉积盆地生、储、盖、圈、运、保各项地质要素与地质过程相互匹配和相互作用的结果。相似的油气成藏条件可以形成相似的油气资源量与分布。假设两个油气生成基本单元中的沉积有机质总量、性质、分布及其热演化历史相似,则它们最终的生烃总量就应该相似;若两单元的输导条件、储层特征、圈闭分布、保存条件等相似,则其中的油气分布特点和油气资源量就具有相似性,这就是油气资源评价中地质相似性原理的基本内涵。不同盆地之间油气成藏条件的相似性可以形成不同盆地之间油气资源量和资源分布的相似性。这不仅是油气资源评价的一种基本思路,实际上也是油气勘探的一种基本思路。

因此,油气资源评价的类比法就是根据油气藏形成与分布的相似性原理,由已知区的油气成藏条件和油气资源量以及未知区的油气成藏条件统计预测未知区油气资源量的一种资源评价方法。相似性原则是油气资源评价中应用最早并且最广泛的方法准则,通过对评价对象相似性的类比分析,不仅可以估算评价单元的油气资源量,而且也是确定评价对象资源量计算参数的一种基本方法。如将成因法计算出的生烃量和排烃量转变为资源量的运聚系数和聚集系数就是通过类比法得到的。

第四节 油气资源评价的基本特点

油气资源评价是建立在油气勘探实际资料分析基础上的一种石油地质综合分析,油气勘探过程在某种意义上就是勘探决策者的评价过程。由于油气成藏与分布的不确定性,油气勘探是一项具高风险性的活动,油气资源评价的目的之一就是要降低这种勘探风险。这就要求油气资源评价工作与油气勘探密切结合,不断吸收新的勘探资料与成果,根据新的资料不断修正已有的评价结果,降低勘探风险,获得更高的勘探效益。这些就是油气资源评价的基本特点:实践性、综合性与不确定性。

一、实践性

油气资源评价是一项实践性很强的研究工作,它直接与油气勘探相联系,评价结果是制定

勘探部署的依据,并直接指导油气勘探活动。

油气资源评价使用的资料直接来源于油气勘探实践,勘探资料和勘探成果直接影响油气资源评价结果,有时,一口新探井的资料会导致整个资源评价结果的改变。因此,油气资源评价工作必须紧跟油气勘探步伐,使用最新的油气勘探资料,反映最新的油气勘探成果。而新的评价结果又直接影响油气勘探的部署和下一步勘探活动。因此,油气资源评价工作是贯穿在油气勘探不同阶段的一项工作,它根据不同勘探阶段获得的新的资料不断修正评价结果,从而将油气勘探工作由低级阶段一步步地推向高级阶段。这个过程如图 1-3 所示。

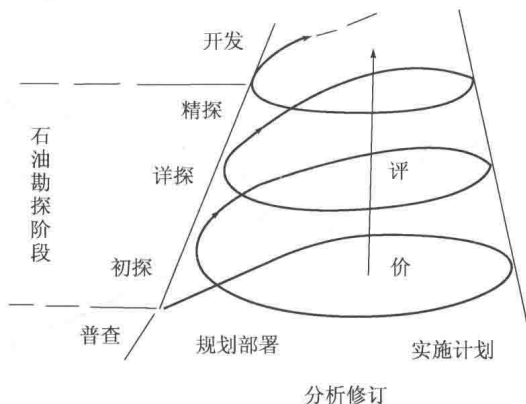


图 1-3 评价在勘探实践中的地位(据武守诚,2005)

油气资源评价的实践性还体现在对评价人员实践经验的要求上。前面曾提到过,针对相同的地质资料,使用相同的评价方法,不同的评价者会得出不同的评价结果,这主要取决于评价者的实践经验。这种实践经验包括对评价对象勘探现状、地质特征和油气成藏与分布规律的认识程度,对地质资料的掌握和认识程度,对评价方法的掌握与理解程度和运用的熟练程度,对评价参数选取的经验等。

二、综合性

前面在阐述油气资源评价的概念时已经指出,油气资源评价是一项石油地质综合研究,它需要利用地层、构造、沉积、地球物理、地球化学、石油地质学、盆地模拟等地质学科的知识;同时油气资源评价也是一种预测学、方法学和软科学,它还涉及统计学、经济学、系统论、决策论、软件科学、计算机应用、网络技术等相关学科的知识;油气资源评价还与现代系统工程技术有密切联系。因此油气资源评价从学科知识上具有高度的综合性。

油气资源评价涉及的资料范围极广,油气资源评价不仅需要利用和了解盆地一般的地质资料、油气勘探和储量资料、油气生产动态资料、油气价格及经济数据,还要了解政府政策、法规甚至国际政治形势。因此,油气资源评价所要面对和处理的资料和数据具有高度的综合性。

这就要求从事油气资源评价的人要掌握多学科的知识,要具有高度综合的分析能力。

三、不确定性

油气资源评价涉及众多地质资料和地质数据。地质数据的复杂性、分布的随机性以及人们对地质数据获得的局限性,决定了资源评价资料和地质数据的不确定性。人们永远也不可能完全获得哪怕是一项地质参数在地下的准确分布,这就造成了资源评价使用的地质参数的不确定性。

实际上人们对脚下地球内部的了解程度远远不及对太空的了解程度。尽管石油的有机成因已被广泛接受,尽管石油有机成因学说指导油气勘探已取得巨大成功,但目前仍然只是一种

假说,石油的有机成因还是一直被某些学者所怀疑,一直有一些学者在锲而不舍地从事无机成因的研究;尽管油气成藏的一般理论已建立多年,但近年来新的认识一直层出不穷,特别是非常规油气资源的新认识已导致对地球上油气资源的重新审视。经过 100 多年的发展,石油地质学的基本理论总的来讲已经比较成熟,但其中的许多细节还不是十分清楚和确定。这些都是地质认识上的不确定性。

地质认识的不确定性、资料的不确定性以及前述评价者人为因素导致的不确定性是造成油气资源评价结果不确定性的主要原因。油气资源评价应正确认识 and 面对这种不确定性。不同时期对同一评价单元的评价结果可能相差较大,这样的例子很多。但是每一次评价都是在当时的资料条件、当时的地质认识下,对评价单元油气资源及分布的客观认识。不能因为新的评价改变了原来的评价结果就认为原来的评价是错误的,正是由于在原来评价基础上或在原来评价指导下的新的勘探工作提供的新的地质资料和地质认识,才有了新的评价结果。而在新的评价结果指导下的进一步勘探也必将产生新的认识和新的评价。资料的不断积累和认识的不断深化将使评价结果越来越接近地下油气资源的实际,也将不断降低评价结果的不确定性,并降低勘探风险。

但是,地质参数的不确定性和地质认识的不确定性是永远存在的,资源评价结果的不确定性也将是永远存在的。资源评价应该承认和正确认识这种不确定性,我们能做的只是尽量减少这种不确定性和明确这种不确定性,使评价结果更加客观,更加接近地质实际。

思考题

1. 什么是油气资源评价? 如何理解油气资源评价与石油地质综合研究的关系?
2. 如何理解地质认识、地质资料、评价方法和评价者的理念与经验对油气资源评价结果的影响?
3. 油气资源评价的主要任务是什么?
4. 油气资源评价的主要研究内容有哪些?
5. 油气资源评价一般分为哪几个层次?
6. 油气资源评价有哪几大类评价方法?
7. 如何正确理解油气资源评价结果的不确定性? 如何正确理解同一评价单元不同时期评价结果的差异?

第二章

油气资源概念和分类体系

油气资源是油气资源评价中最重要的一个概念,而油气资源分类体系是油气资源评价的基本准则和重要基础。本章在阐明了油气资源、油气资源量的定义之后,介绍了油气资源分类体系的分类原则和主要术语,并着重介绍了麦凯尔韦、世界石油工程师协会/世界石油大会(SPE/WPC)、俄罗斯、联合国和中国的油气资源分类体系,并分析了我国资源分类体系与西方国家的差异。

第一节 油气资源概念

一、油气资源

资源的含义非常广泛,在《辞海(第六版)》中,将资源解释为“生产资料或生活资料等的来源”。联合国环境规划署(UNEP,1972)将资源定义为:“在一定的时间、地点条件下,能够产生经济价值,以提高人类当前和未来福利的自然环境因素和条件”。能够称为资源的条件是可以利用和具有经济价值。为此需要规定时间尺度,即当前就能利用或已经具有经济价值,还是以后可能利用或具有潜在经济价值。学术界一般均认同不应仅指当前,也应包括未来,但未来又过于笼统,为此西方学者大多采用了“可预见的未来”这样的说法,或者像前面提到的“在一定的条件下”等等。

(一) 概念

油气资源(petroleum resources)定义为在自然条件下生成并赋存于天然地层中,最终可以通过各种方式和方法被人类开采利用的石油与天然气的总体(中国石油天然气总公司勘探局,1999)。这一概念强调油气资源的自然属性与社会属性。

油气资源也可以定义为已经发现及尚未发现,在目前技术经济条件下可以提供商业开采及未来技术经济条件下可供商业开采的各类各级油气的总称。这一定义强调了油气资源的结构组成,即包括已发现的油气和尚未发现的油气,以及在目前技术条件下可供商业开采的油气和未来技术条件下可供商业开采的油气,等等。

(二) 特点

从上述定义可以看出,油气资源指的是地壳中天然赋存的油气。但并不是地壳中存在的