



高等院校石油天然气类规划教材

石油地质综合研究方法

黄志龙 高 岗 © 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

中南大学图书馆



101134005

高等院校石油天然气类规划教材

石油地质综合研究方法

黄志龙 高 岗 主编



石油工业出版社

内 容 提 要

石油地质综合研究是石油地质研究和教学的重点与难点内容。本教材在介绍石油地质基本原理的基础上,系统介绍了研究方法的五大方面:(1)有效烃源岩和油气源追踪;(2)流体动力与油气运移;(3)油气藏解剖、油气成藏要素及其动态演化;(4)油气藏形成的主控因素、成藏模式和区带的评价;(5)非常规油气地质。

本书是高等院校油气地质类及其相关专业研究生的教材,也可以作为从事石油勘探与开发技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

石油地质综合研究方法/黄志龙,高岗主编. —北京:石油工业出版社,2017.8

高等院校石油天然气类规划教材

ISBN 978-7-5183-1968-8

I. ①石… II. ①黄… ②高… III. ①石油天然气地质-综合研究-研究方法-高等学校-教材 IV.

①P618.130.2-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 157585 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)64251362 图书营销中心:(010)64523633

排 版:北京乘设伟业科技有限公司

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:22.25

字数:570 千字

定价:50.00 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

《石油地质综合研究方法》

编委会

主 编：黄志龙 中国石油大学(北京)

高 岗 中国石油大学(北京)

编 委：(按姓氏拼音排序)

郭小波 西安石油大学

柳 波 东北石油大学

马 剑 中国石油大学(北京)

王伟明 中国石油大学(华东)

前 言

“石油地质综合研究方法”是以现代石油天然气地质理论为指导,根据区域地质、钻探(钻井、录井、测井、试油)、地球物理和地球化学等方面的资料,研究油气形成、运移和聚集的机制、模式,并预测油气分布和直接指导油气勘探开发决策的科学方法。

“石油地质综合研究方法”是石油地质研究的重点内容,也是指导研究生理论联系实际的重点教学内容。然而,目前直接针对石油地质综合研究的思路、方法的著作和文章较少,缺乏相应的研究生教材,这主要是由于石油地质综合研究的思路和方法没有严格的统一的体系,过去的相关教材主要偏向于原理的介绍和知识的传播,怎样立论并用于解决实际问题介绍得较少。为了满足研究生教学的迫切需要,编写教材《石油地质综合研究方法》的尝试显然是很有意义的。为此,“十二五”期间,石油工业出版社组织石油高校教师进行这一教材的研讨和编写,以满足高水平人才培养和石油勘探开发工作的需要。本教材针对学生解决实际油气地质问题能力较弱的问题,重点介绍石油地质综合研究中的相关分析与研究方法,目的是使在校学生及相关地质研究工作者理解油气地质条件综合分析和综合评价的基本原理、基本思路,掌握石油地质综合研究的主要方法,使之更好地理解、掌握现代油气地质理论,揭示油气分布规律,为勘探决策提供科学依据。

石油地质学中非常规油气藏与常规油气藏的研究思路和研究侧重点有差异。因此,本教材的编写将常规油气藏成藏体系与非常规油气藏成藏体系分开,编写的总体思路是以“源—输导—油气藏”为主线,以解决问题的切入点和对应方法为重点,系统介绍有效烃源岩评价与油气源追踪、地下流体动力与油气运聚成藏、有利区预测评价及非常规油气地质等方面研究的一般思路和研究方法。本教材包括四篇,第一篇为有效烃源岩与油气源追踪;第二篇为流体动力与油气运聚成藏;第三篇为油气成藏体系与有利区带评价;第四篇为非常规油气地质。

本教材主要有以下几个特点:

(1)在系统介绍石油地质基本原理、方法的基础上,重点结合实例分析油气藏形成的地质要素及其配置关系。为了便于理解和掌握地质要素及其动态配置条件研究的方法,本教材在介绍基本原理和方法的同时,注重相应实例研究的完整性和针对性,使学生能够体会和把握研究方法的适用条件。

(2)强调油气地质问题的具体研究思路、方法,并通过实例重点介绍解决问题的切入点和关键点。石油地质问题的综合研究遵循“分析—综合—再分析—再综合”的方法论,分析是基础,综合是关键,但分析与综合不能分割,两者相辅相成。因此,石油地质综合研究的重点是找准问题、理清思路。但很多情况下,石油地质综合研究的关键是找不到问题,或者找不到解决问题的切入点和关键点。本教材试图通过实例分析,梳理相关问题的研究思路,明确解决问题的切入点和关键点。

(3)介绍解决油气地质问题所需关键图件的内容和编制方法。尽管油气勘探和综合研究相关图件有一定的规范,但这些规范的图件表示方法不能千篇一律地应用到所有地区和所有

问题中。本教材在介绍常规图件编制的同时,也对一些特殊问题和特殊图件的运用进行说明,便于研究参考。

(4)针对非常规油气藏形成的特殊性,重点介绍非常规储层和地质评价方法。非常规油气藏与常规油气藏的差别本质在于储层的致密程度和源储关系的特殊性,因此,非常规油气藏的形成条件与地质评价应该从储层和源储关系两个方面去考虑。本教材在非常规油气藏类型划分的基础上,重点介绍非常规储层的研究方法和源储一体化为基础的地质评价方法。

本教材第一章由高岗编写,第二章由高岗、马剑编写;第三、四、五、七章由黄志龙编写;第六章由柳波、马剑编写;第八章由黄志龙、王伟明编写;第九章由黄志龙、高岗、郭小波编写;第十章由郭小波、黄志龙编写;第十一章由柳波、郭小波编写;吴红烛参加了部分章节的编写工作。全书由黄志龙、高岗统稿并担任主编。本书引用图件较多,未能全部确切标出出处,在此对相关作者一并表示感谢。

由于作者水平有限,本书谬误难免,望广大读者批评指正。

编者

2017年3月

目 录

绪 论	(1)
第一节 石油地质综合研究的内涵与发展历史	(1)
第二节 石油地质综合研究的特点	(4)
第三节 石油地质综合研究的方法	(5)
第四节 石油地质综合研究应注意的问题	(6)
第五节 油气勘探工作对高级人才的要求	(7)

第一篇 有效烃源岩与油气源追踪

第一章 有效烃源岩评价与预测方法	(12)
第一节 烃源岩有机地球化学评价	(12)
第二节 有效烃源岩识别与评价	(19)
第三节 烃源岩 TOC 测井评价方法	(21)
第四节 有效烃源岩分布预测方法	(25)
第五节 有效烃源岩分布预测实例	(29)
第二章 油气类型与油气源追踪方法	(37)
第一节 原油类型与划分方法	(37)
第二节 天然气类型与判别方法	(45)
第三节 油气源对比方法	(55)
第四节 三塘湖盆地条湖组凝灰岩油藏油气源对比实例	(70)

第二篇 流体动力与油气运聚成藏

第三章 地层压力预测方法	(79)
第一节 地层压力与异常压力的概念	(79)
第二节 地层压力的研究方法	(82)
第三节 古地层压力预测方法	(88)
第四节 地层压力研究实例	(93)
第四章 油气运移与输导体系研究方法	(105)
第一节 油气输导层与输导体系的研究方法	(105)
第二节 流体势研究方法	(120)
第三节 油气运移方向的地球化学示踪	(124)
第四节 吐哈盆地台北凹陷西部弧形构造带油气运移研究实例	(131)

第五章 油气成藏期与成藏史研究方法	(140)
第一节 油气成藏期研究方法	(140)
第二节 热史与生烃史研究方法	(146)
第三节 古构造与油气成藏史恢复方法	(149)
第四节 准噶尔盆地西北缘红旗坝地区油气成藏研究实例	(162)

第三篇 油气成藏体系与有利区带评价

第六章 盖层和断层封闭性研究方法	(171)
第一节 盖层封闭能力评价方法	(171)
第二节 断层封闭性研究方法	(179)
第三节 莺歌海盆地莺歌海组二段盖层封闭能力评价实例	(185)
第七章 成藏主控因素与成藏模式研究方法	(192)
第一节 油气藏解剖方法	(192)
第二节 油气成藏主控因素分析方法	(205)
第三节 成藏模式与有利区预测	(212)
第四节 马朗凹陷石炭系火山岩系油气成藏研究实例	(220)
第八章 成藏体系与区带评价方法	(230)
第一节 成藏组合的概念及划分方法	(230)
第二节 成藏体系研究方法	(234)
第三节 区带划分及区带评价方法	(241)
第四节 辽河拗陷区带评价实例	(254)

第四篇 非常规油气地质

第九章 非常规油气藏类型和形成条件	(261)
第一节 非常规油气藏的概念与类型	(261)
第二节 非常规油气藏形成特征	(265)
第三节 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷致密油藏研究实例	(275)
第十章 非常规储层研究方法	(283)
第一节 致密砂岩储层研究方法	(283)
第二节 页岩储层研究方法	(291)
第三节 台北凹陷温吉桑地区致密砂岩储层研究实例	(301)
第十一章 非常规油气藏地质评价方法	(310)
第一节 常见非常规油气藏的地质评价方法	(310)
第二节 非常规油气藏资源评价方法	(316)
第三节 温吉桑地区中下侏罗统页岩含气量估算实例	(327)
参考文献	(336)
附录 彩图	(342)

绪 论

石油地质学是一门应用性极强的学科,石油地质学的发展是靠理论和技术的创新推动的,石油地质综合研究也是随着石油地质学的发展不断推陈出新的。

第一节 石油地质综合研究的内涵与发展历史

一、石油地质综合研究的内涵

石油地质综合研究是依据野外地质露头、重磁电勘探、地震勘探、遥感、钻井、录井、测井、试油、岩石与油气水分析等资料进行地下油气地质学的综合研究,弄清油气的成因、运移,油气藏的形成过程与成藏模式,预测油气分布并指导油气勘探,以便快速、高效和经济地发现油气田。

石油地质综合研究涉及的领域非常广泛,只要能够反映地下油气存在的信息都是重要的研究资料,在综合研究中都要充分加以吸收和利用,以提高研究成果的可靠性和有效地指导油气勘探。油气勘探最为重要的就是要搞清地下油气藏的地质情况,而地下的各种地质现象看不见、摸不着,这就需要充分利用各种手段、方法进行科学的综合分析与研究。可见,油气地质综合研究是一项系统的研究工程,涉及地层学、岩石矿物学、沉积学、沉积岩石学、火山岩岩石学、变质岩岩石学、储层地质学、构造地质学、地球化学、有机岩石学、地球物理学等专门学科。这些不同的学科从不同的侧面反映油气地质的某一方面的问题,但单纯利用某一学科无法弄清地下油气地质实际情况。因此,在油气地质综合研究方面,不仅要对各学科的信息进行深入分析,而且要对各学科反映的地质信息进行相互印证。最终通过不同层次的学科的综合获得对地下油气地质的认识,既丰富了油气地质综合研究的成果,增强了对地下地质学认识的可靠性,又可以促进各学科的发展。

二、石油地质综合研究的发展历史

石油地质综合研究是利用各种不同方法获得的信息来综合认识地下地质特征的,而在油气勘探的发展过程中,各种不同的技术、方法是逐渐出现、发展和完善的,所以,石油地质综合研究也是伴随着各种勘探技术、方法的出现而由简单到复杂逐渐进步的。可见,石油地质综合研究的发展历史是与油气勘探发展过程中各种不同勘探方法的陆续出现密不可分的,各种勘探方法的出现和利用丰富了石油地质综合研究的内容,同时石油地质综合研究也反过来不断促进各种勘探方法的进步和发展。所以,要追溯油气地质综合研究的历史,就必须考虑各种不同勘探方法在油气勘探历史过程中的出现和应用历史。每一种新方法的应用,都丰富了油气地质研究的内容,都促使人们进一步地认识地下地质的某一方面,提高了研究成果的可靠性。对石油地质综合研究的历史进行系统地分析,难度是很大的,涉及各学科、各方法和石油地质理论等方面的发展历史。为此,可以从油气勘探过程中各种勘探方法发展的角度对石油地质综合研究做一简单的阶段划分。

(一) 石油地质研究的懵懂阶段(1860 年以前)

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,找油工作主要依赖对自然现象的直观感觉或直接在油苗附近找油。如早期的巴黎盆地佩谢尔布龙油田、俄罗斯的巴库地区、缅甸的伊洛瓦底盆地、美国宾夕法尼亚州泰特斯维尔附近的石油溪地区等都是依据油苗开发石油的。由于油苗肉眼直观可见,人们就在油苗附近挖坑或井采油,有的地区的油苗直接流入溪流,人们就直接在水面上撇取原油。19 世纪 50 年代,美国宾夕法尼亚州的地质家们发现,油气均位于砂岩层的最高部位,也就是背斜构造的高点上。直到 1861 年美国地质学家怀特正式提出背斜聚油理论之前,人们主要依据油苗或感觉找油,甚至靠“观龙脉”“甩帽子”“看风水”确定井位。地质知识在寻找石油的过程中应用极少,有关油气的成因缺乏统一认识和科学的解释,有机无机成因说并存;地质人才还未被石油勘探家所重视,石油地质综合研究无从谈起。

(二) 石油地质综合研究的发展阶段(1861—1980 年)

虽然早在 1861 年怀特就正式提出了背斜聚油的理论,但在北美并未引起勘探家的重视。直到 1875 年,背斜聚油理论传到欧洲并得到了广泛的采用,取得了显著的勘探成果。1880 年以后,美国、墨西哥等美洲国家才开始推广背斜找油。背斜聚油理论明确地指示人们要在背斜的部位钻井。在 20 世纪 20 年代至 30 年代地震勘探方法应用之前,背斜主要依据地面地质测量来寻找。主要的工作和勘探方法就是在地层出露地区进行地质调查,通过地层产状测量分析背斜所在位置,然后布设钻井,而这正是地质家的擅长,于是地质人员才逐渐在石油勘探中被重视。显然这一时期的地质工作主要集中在地层出露地区,在现代沉积覆盖区则无法进行这项工作。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,获得了勘探上的巨大成功。该时期的地质研究主要限于露头地层、构造的综合分析,目的主要是识别背斜构造。20 世纪初,人们通过研究德国已发现的油气田的分布特征提出过“油气田线状分布理论”,该理论曾统治了德国油气田勘探界相当长的一段时间。由于当时中欧盆地的德国部分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有不少成功的例子。但由于不同地区的地质条件是千差万别的,最终使得“油气田线状分布理论”在推广过程中遭受了重大的挫折。严格来说,“油气田线状分布”还不能称为理论,只是人们对当时特殊地区发现油田的表象的认识,但这也是一种综合研究的结果。到 20 世纪前十年,世界各地已发现了许多油气田,尤其是在北美地区。许多石油勘探人员开始更深入地探讨石油聚集的条件。1917 年,美国石油地质家协会(AAPG)宣告成立,标志着石油地质学的诞生,也意味着已有很多专门人才进行油气地质的综合研究。

随着露头区石油逐渐被发现,覆盖区的地层深埋地下,靠露头地质资料无法解决。20 世纪 20 年代至 30 年代,地震方法开始在石油勘探中应用,并逐步改进,成为认识地下地层、构造的重要工具。通过地震获取的地震信息,人们可以研究地下地层的构造特征,成为背斜构造判别的必备方法。同时,这一时期重磁电勘探技术也相继被应用于石油构造研究,电法测井在井筒识别油层的技术也逐渐发挥作用。这些技术的综合应用,使得人们有更多的方法获取地下地质信息,从而研究的综合性更强。

随着大量油气田的发现,人们根据已有的油田发现成果,逐渐认识到油气不仅聚集在背斜构造中,在非背斜构造中同样也有油气聚集。到 20 世纪 50 年代,人们已肯定了油气聚集的场

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,圈闭理论逐渐形成。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、最简单的一种。于是石油地质综合研究的重点集中在圈闭形成条件的研究方面,对圈闭类型进行了系统的划分,有效地指导了油气勘探。该时期,苏联地质学家还比较早地提出了“含油气省”的概念,布罗德和耶列门科意识到“含油气省”实际上就是一个沉积拗陷或盆地。人们已认识到了沉积盆地是油气聚集的基本背景,只有沉积盆地才能够聚集有机物质并转化为油气。20世纪60年代以后,我国地质学家根据陆相沉积盆地油气形成与分布模式而提出的“油气分布的源控理论”有效地指导了油气勘探。总之,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石油地质综合研究应立足盆地,强调对盆地整体进行综合研究,研究油气的聚集规律。这一时期,石油的有机成因也在20世纪30年代至50年代逐渐取得了一系列证据,之后有机成因说不断发展,出现了早期成油说与晚期成油说,油气的有机成因理论逐渐为人们普遍接受。20世纪70年代,人们提出了油气系统的概念(Dow, 1972),强调了各地质要素在各种地质作用下的相互联系,不同的地质要素时空上相互作用,最终形成目前的油气分布格局,这一概念可以清晰地分析和阐明油气藏的形成机制与形成过程,从而有效地指导油气勘探目标评价。20世纪70年代后期,Tissot(1978)建立了系统的干酪根热降解生油气理论,有效地指导了油气勘探。20世纪70年代后,板块构造学说为广大地质工作者所接受,有效地指导了沉积盆地的成因机制、沉积类型与油气储集条件方面的研究,促进了油气与沉积盆地关系的认识,使得人们从原型含油气盆地角度认识和评价含油气远景。

可见,这一时期,各种石油勘探技术与理论不断出现和发展,勘探领域已从早期的露头区发展到了沉积盆地内部,对常规油气藏形成的“生、储、盖、圈、运、保”等地质条件的认识不断深入,可利用的资料越来越丰富,研究的内容越来越广泛,研究的综合性也越来越强。所取得的研究成果比较好地指导了油气勘探工作,世界上探明储量处于前列的加瓦尔油田和布尔干油田都是这一时期发现的。

(三) 现代石油地质综合研究阶段(1980年至今)

20世纪70年代晚期,常规油气藏的各种油气地质理论基本形成。人们开始注意加强对油气藏本身成藏过程的研究,通过对典型油气藏的基本地质特征、成藏期次、成藏过程与成藏模式的研究,进一步总结各类盆地的油气聚集规律。随着常规构造油气藏勘探难度的加大,岩性地层(隐蔽)油气藏成为该阶段石油地质综合研究的重要方面,加大了岩性地层(隐蔽)油气藏形成的烃源岩条件、储集层条件、成藏机理与保存条件的研究。20世纪90年代以后,大量的岩性地层(隐蔽)油气藏在各盆地不断被发现,成为探明储量增长的重要油气藏类型。除常规的构造与岩性地层(隐蔽)油气藏外,煤层气、致密砂岩气、致密油、页岩气、页岩油与固态天然气水合物等各类非常规油气藏也逐渐为人们所重视。人们不仅可以在烃源岩层外寻找油气,更重要的是烃源岩层系本身也成为重要的勘探目标,勘探与研究领域更为广泛。与常规油气藏相比,非常规油气藏的油气成藏条件和富集规律都发生了巨大变化,针对不同的油气聚集形式所进行的油气地质综合研究的重点和内容也随着油气富集形式的不同而变化。进入21世纪,非常规油气资源逐渐成为全球重要能源类型。围绕着非常规油气藏的形成条件、富集规律的石油地质综合研究在许多含油气盆地都加强了。可以预见,随着油气勘探实践的进行,石油地质综合研究也必将向信息更丰富、内容更广泛、成果可靠性更高以及对油气勘探的指导性更强的方向发展。

第二节 石油地质综合研究的特点

石油地质综合研究是利用一定阶段的一切可利用的资料进行地下油气地质的综合研究,以阐明油气的聚集规律,指导油气勘探,主要在以下三个方面表现出明显的特点。

一、涉及学科多,分支学科相互渗透和交叉

通常的石油地质学研究除了利用物理、化学及生物学等学科的基础知识外,还要运用地层学、古生物学、构造地质学、层序地层学、沉积岩石学、矿物学、无机地球化学、有机地球化学、流体力学等十几门专业学科的知识。随着计算机技术和航天遥感测试技术的发展,一些新兴的边缘学科也融入石油地质学研究领域之中,如事件地质学、古地磁学、遥感地质学、显微有机地球化学、数学地质学等。上述众多学科构成了石油地质综合分析纷繁的研究体系。

此外,物理、化学、数学、生物学的最新研究成果还在不断渗透到石油地质综合研究中。如新近发展起来的分形理论、耗散结构、概率统计、模糊数学、灰色系统理论、油藏数值模拟等技术已经广泛应用于石油地质研究工作,从而使学科之间多项跨度很大的分析技术方法相互作用、相互渗透,推动石油地质学研究的理论方法不断发展和完善。

二、具有明显的层次性

各专门学科的研究大体上都要经过选题、收集资料、确定研究思路和方法、资料筛选与统计分析、成因解释、提出认识等几个过程。虽然各专门学科的分析内容千差万别,但研究方法都具有一定的层次性,同样,作为综合性更强的石油地质研究的层次性更为明显。以油气藏形成机制研究为例,它涉及烃源岩评价及其演化史、油气类型与来源、储集层特征与孔隙演化史、油气运移通道与运移方向、构造及其演化分析、圈闭遮挡条件与油气藏类型分析等多项分支内容,各分支中还可以确立多项专题。上下层次及同一层次内部的各个部分既相对独立,又互相制约。一般来讲,高层次控制着低层次,低层次又影响和制约着高层次,同一级别的层次则相互作用。

三、专题研究与综合研究的一致性

专题研究在当今油气勘探中占有很重要的地位,根据石油地质综合研究的需要往往可以设立若干专题。但应该注意的是,油气藏的形成是各种地质因素和地质作用综合作用的结果,不受或不完全受某一或某几种因素控制。如从一极端出发,可以说烃源岩决定一切,也可以说储集岩或圈闭决定一切,但当各种因素都具备时,则是各因素的综合时空配置关系决定一切。因此,利用专题研究的结论时,应综合考虑其他因素。同时,综合研究亦应避免将各种成藏因素和作用简单地相加或机械地组合,而是应该在时空的动态背景下进行成藏要素及其相互作用的研究。

专题研究成果的可靠性是石油地质综合研究的前提和基础,综合研究也要在正确的理论指导下合理地应用专题成果,即专题成果要有力地支撑综合研究,综合研究也要全面反映专题研究获得的认识,二者的最终目标一致,即有效地指导油气勘探。

第三节 石油地质综合研究的方法

由于石油地质综合研究是依据各种资料间接反映地下的地质情况的,所获取的资料具有相当的随机性、不完整性,如何将大量的、分散的资料有机地组织起来,根据石油地质理论进行综合推理判断,得出符合地下实际情况的结论就显得十分重要。因此,综合分析方法在石油地质研究工作中是极为必要的。石油地质综合研究的方法不是简单地将各部分相加,也不是简单地联结和统一,而是要探索油气藏形成与分布的内在规律。石油地质学常见的综合方法如下所述。

一、多信息综合法

多信息综合法是将现代地震勘探、钻井、地球物理测井、井筒测试、压裂及实验室测试等获得的各种信息加以综合,应用先进的分析方法,将定量预测与定性预测有机结合,最终预测油气藏分布,做出勘探开发决策的方法。多信息综合法强调的是,充分利用现代石油地质理论和各种先进的分析方法,以地质、地震、测井、地化等信息为载体,将成盆模式、成储模式、成烃模式、成藏模式、油气分布规律和有利区等方面综合起来加以分析,强调多信息相互支撑研究油气地质问题。常用的分析方法包括以下几种。

(1)定性分析法:它是将随机的、零星的资料联系起来进行逻辑推理的一种分析方法。它具有探索性、诊断性和预测性等特点,并不追求精确的结论,而只是了解问题之所在,摸清情况,得出感性认识。在漫长的地质时期,地壳不断运动变化,人们通过地质、物探、钻探等方法获取的资料数量十分有限。由于所获资料的不完整性,其分析结果必然带有较大的推测性,故常采用可能、估计、推测等定性词汇加以描述。推测性结论在指导石油地质研究的同时,又不断被新的研究成果验证和修改,从而逐步接近于实际。因此,定性分析法是石油地质研究中的一种重要方法,例如利用断层性质和活动强度分析断层封闭性和开启性。油气成因类型与来源的研究往往可用定性分析法。

(2)定量分析法:定量分析是对地质现象的数量特征、数量关系与数量变化的分析。定量分析对数据进行定量表示,并往往采用一些统计分析的形式。定量研究常常要以适当的定性研究开路,有时候定性研究也用于解释由定量分析所得的结果,即“定量研究定性解释”。例如实验测试、生排烃量的计算、成藏期的确定就是利用定量分析方法。

(3)地质类比法:是根据两个或多个地质体之间在某些方面的相似性,推出它们在其他方面可能相似的方法。地质类比法要求所对比的两个或多个地质对象具有丰富的资料,而且地质体之间要具有可比性。盆地评价、区带评价和资源评价中常有地质类比法。此外,将今论古法也应算是一种类比法,它是根据所识别的现代地质现象来模拟推断、解释地史时期的一些地质现象的方法,例如利用现代河流沉积来考察和解释古代河流沉积。

二、系统综合法

系统综合法是将地质现象视为一个整体,放在系统中加以全面地、动态地、综合地研究的一种方法。油气成藏是由一系列相互作用、相互依赖的组成部分(要素)通过一定的关系结合而成的,是具有一定功能的有机整体。所以,系统综合分析要考虑地质体的整体性、层次性和有序性,对受多要素、多方面控制的复杂地质问题,一定要从时空整体和系统的角度进行综合

研究,这样才能有利于认识事物的本质。如含油气系统分析实际上就是系统综合研究方法,它强调历史与动态分析。历史与动态分析法是按地史发展顺序,探讨各地质要素及其作用结果在不同阶段的变化特点。由于地质历史十分漫长,时间跨越上百万年直至上千万年。因此,历史分析法至今仍被普遍采用,例如构造演化史分析、生烃史分析、埋藏史和热史分析等往往采用历史分析法。

三、聚类综合法

聚类综合法要求先对地质对象或要素进行两两综合,并不断扩大考虑多方面、多层次之间的关系,从全局入手进行整体分析。此法强调相近原则,关系密切、相关性好的先综合;关系较远、相关性弱的地质对象后综合。对不同的地质要素进行分类及其作用分析时常用该法。

虽然石油地质学研究的上述几种综合方法侧重点不同,但总的思路基本一致。综合过程需要一定的科学方法,没有正确的综合就不可能获得整体规律性的认识。石油地质综合研究是一个划分层次、进行科学分析与综合的过程,能不能进行正确综合分析直接关系到油气勘探的最终成果和效益。

第四节 石油地质综合研究应注意的问题

实践—认识—再实践—再认识是人类认识事物的规律。从认识论的角度看,石油地质综合研究的过程也遵循分析—综合—再分析—再综合,循环往复,以至无穷的过程。分析与综合在具体运用时,应注意以下几个问题。

一、科学地提出问题

科学地提出问题就是选题,选题本身就是一项科学研究。爱因斯坦在回忆录中说:“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。因为解决问题也许仅仅是一个数学上或实验上的技能而已,而提出新的问题、新的可能性,从新的角度去看待旧的问题,却需要有创造性的想象力,而且标志着科学的真正进步”。因此,油气勘探会涉及各种地质问题,能不能选好题,不仅反映研究者的工作态和方法,也能反映研究者的研究水平和科研能力。

油气勘探综合研究的科学选题一般应遵循如下原则:

(1) 需要性原则,课题的选择要与油气勘探实践密切相关,或者说到油气勘探实践的各个难点环节中去选题,选题的研究内容要能够解决当时油气勘探所面对的问题。

(2) 创造性原则,即指所选择的课题应该是前人没有解决或没有完全解决的疑难问题,或者说要在油气勘探中目前的技术还无法解决的领域去选题,不必要的重复选题是对人才、资金的浪费。

(3) 科学性原则,选题内容应能够以已有的、经过实践检验的理论作支撑,再通过科学的综合分析或创新性研究达到研究目标,切不可不切实际地设题。

(4) 可行性原则,所选择的课题以及研究内容要能在当前的资料、方法的基础上(或经过一定的改进后)有解决相关油气地质问题的可能,具有可操作性,不能盲目选题。油气勘探的阶段性、相关技术的进步都非常迅速,一定阶段的综合研究一定是以当时的勘探技术所获得的资料或近期综合研究期间可能获得的资料为基础,切不可脱离资料基础来选题。

二、做好深入细致的层次划分

选题完成后,研究的层次划分是解决问题至关重要的一环。可以划分多个层次,但应以综合研究合适为原则。过粗或过细划分层次都是不可取的。在石油地质研究工作中,对每一层次的研究一定要深入,只要对本层次有用,就应细致分析。

三、综合研究应是各种资料的有机结合,而不是形式上综合

将各分析成果盲目拼凑搭积起来的综合不可取。正确的综合方法是按地质客体之间相互作用的形式,将分析成果有机结合,研究地质对象的整体特征,揭示其内在的机制。现今的油气成藏研究和油气藏预测方法多是根据已知油气藏、油气显示、成藏要素及其组合关系进行的,基本是以现今成藏要素的静态分布为基础。有时虽也考虑圈闭形成时间与成烃时间的先后关系,但大多未能从动态角度说明成藏期圈闭所处的具体有利或无利捕烃位置,也未能说明成藏期后原有油气藏的变化,即可能出现的再次运移和再聚集。因此,油气勘探程度越深入,往往失误显得越多。这一点在中国尤为重要,因为中国的含油气盆地不仅有与一般盆地相同的一面,即成藏期后盆地一般都还有一个或短或长的差异沉降过程,它势必会改变成藏期的古构造面貌,而且还有另外一面,就是大都经过成烃或成藏期后构造运动的改造,远不是仅靠现今油气成藏要素静态分析所能解决的。因此,油气藏形成机制的分析应向动态历史分析方面转变,即在时间序列下考虑各成藏要素的内在联系和相互作用。这既是一种方法的转变,同时也是观念和认识的一种转变。

四、抓主要矛盾,防止以偏概全

受知识面、掌握资料程度及信息等方面的限制,在石油地质条件分析与综合研究中,如果未抓住主要矛盾或仅考虑了某方面的信息,将会导致认识和结论的片面性,进而影响最后的认识和决策。因此,在综合研究中,一方面要求综合研究人员努力提高技术素质,不断运用新理论、新技术和新方法;另一方面要注意抓主要矛盾。只有牢牢抓住主要矛盾,解决矛盾的主要方面,才能不断提高石油地质综合研究水平。

第五节 油气勘探工作对高级人才的要求

我国石油勘探迅速发展,大部分地表条件较好的地区都完成了石油地质普查和2D、3D地震数据采集,非常规油气勘探也获得了重大进展。但由于资源需求量大,目前油气勘探必须转向地表条件复杂、埋深大、构造复杂的陆地勘探和深水、超深水的海洋勘探,并要向难度较大的非常规油气勘探领域挺进,这给传统的石油地质学带来了新的挑战,也给石油勘探和研究者提出了更高的要求。一名合格的石油地质工作者不但应具备渊博的科学技术知识,还应有正确的哲学思维与科学方法。

一、具有扎实的基础地质理论和广博的专业知识

首先,石油地质综合研究者应该有一定的生产实践经验,懂得油气勘探开发主要生产环节的方法与技术;对地面地质调查、井下地质、测井、地震勘探、测试和油藏工程等主要生产环节

有比较全面和深入的了解,并会使用这些方面的资料信息进行综合研究(谯汉生,1991)。其次,应积极吸收石油地质理论的新进展和新技术,例如含油气系统理论与方法、现代油气成藏理论、盆地模拟、圈闭评价技术等,还要重视观察地质现象和探索科学实验,做到室外与室内、宏观与微观的紧密结合。只有掌握了石油地质的基本理论,掌握了地质评价和预测的先进方法技术,才有能力综合和应用它们。

二、掌握大量真实的资料信息并能进行综合分析

任何科学研究都离不开自然界、实验室和生产现场的原始素材和资料信息。由于石油地质学研究对象的间接性和所获资料的随机性、不完整性,如何将大量的、分散的资料集中起来,根据石油地质理论进行综合推理判断,对所能获得的资料(现象)的代表性和有效性进行客观分析,并做到去伪存真,得出符合地下实际情况的结论就显得十分重要。因此,石油地质综合研究需要掌握、处理和解释大量具有多解性的、间接的资料信息,为提高综合判断和预测的准确性,特别要求资料信息的真实性、质量和数量。

三、善于应用唯物辩证法思想进行综合分析

任何科学研究成果都离不开正确的思维方法。石油地质综合研究从根本上讲是分析推理的研究,地下油气的聚集是各种相关地质要素相互作用、彼此制约的结果,是自然界纷繁复杂的客观变化过程中一定阶段的必然结果。这就要求研究者应主动地应用辩证思维,指导研究的全过程和全部活动。在研究中要善于及时发现矛盾,善于提出问题和分析问题,并通过科学试验和科学研究,透过现象发现油气形成与分布的内在规律,建立成藏模式,有效指导勘探。这样才能使石油地质综合研究更全面、更系统、更深刻和更有价值。

四、要具有勇于打破传统思维观念、善于创新的能力

要培养创新能力,第一,要树立鲜明的创新思维。创新思维就是不随大流,在工作中发现改变现状的契机和机遇,创新思维又是整合性思维,运用新的思路和方法,对已有的知识和经验进行新的组合、提炼和应用,创造出前所未有的创新成果。第二,要富有好奇心,好奇心中包含着强烈的求知欲和追根究底的探索精神。第三,要具有科学的批判精神。创新是对传统事物扬弃、继承和发展的有机结合,要坚持解放思想、实事求是,“不唯书、不唯上、只唯实”,敢于冲破旧的思维观念和习惯势力,敢于怀疑经验,敢于挑战权威,敢于否定自我。许多科学家对旧知识的扬弃,对谬误的否定,无不是从怀疑开始的。“陆相生油理论”“复式油气成藏理论”的提出以及页岩气、页岩油、致密油、致密气等领域的扩展,无不是批判、继承的结果。第四,要有强烈的追求创新的欲望和勇敢面对困难、坚定克服困难的决心以及不怕失败和勇于承担责任的冒险精神。如果没有强烈的追求创新欲望,那么无论怎样谦虚和好学,最终都是模仿或抄袭。勇于创新就是要在掌握丰富资料的基础上敢于大胆“假设”。因此,创新不仅是中国经济各领域的迫切问题,也是油气勘探和研究领域的重要问题。

五、要有积极、乐观的心态和坚定的信念

油气赋存在地下,看不见、摸不着,只能通过各种间接方法去发现,难度是可想而知的。如果心中只有难度,就必然产生畏惧,从而在很大程度上影响对油气地质的综合研究,降低研究

成果的可靠性。如果坚定地地下油气通过各种手段最终会被发现的信念,就会积极面对,发挥主观能动性,充分考虑各种勘探方法的优势进行综合研究,取得对地下地质情况的可靠认识,从而有效地指导油气勘探,提高勘探成功率。面对诸如海上、陆地深层、非常规等高风险、高投入的勘探工作,既要做好充分的论证准备,也要有接受失败的胸怀和勇气。虽然人们希望每口探井都是成功的,但是油气勘探的失利是不可避免的,这就要求在肯定成功的同时,能够用一种科学的态度面对失利,允许失利,并敢于承认失利。当然,更为重要的是应加大对失利井的剖析,从中吸取经验教训,掌握其中的规律,获得新发现。