

文章编号:1001-3873(2005)02-0217-04

石油地质学与基础学科研究

李德生

(中国石油 石油勘探开发科学研究院, 北京 100083)

摘要:石油地质学的发展是靠理论和技术的创新推动的。以油气生成、地球动力学特征和储集层表征这3个组成石油地质学的最基本学科为例,阐述了创新思维的产生条件。指出:承前启后,推陈出新,是创新的源泉;实事求是,立足大量第一性资料,是创新的基础;勤奋努力,独立思考,是创新的钥匙;理论和技术的创新必然会提高生产力。这些观点对于广大石油地质工作者,尤其是对年轻一代石油地质工作者,是颇有教益的。

关键词:石油地质学;理论创新;技术发展;油气生成;地球动力学;储集层

中图分类号:TE02

文献标识码:A



1 石油地质学是一门应用科学

可以毫不夸张地说,石油地质学是建立在当代所有自然学科基础之上,又广泛应用现代科学技术的一门综合性应用科学(图1)。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,还应具有正确的哲学思维方法。

根据石油地质学的推论和建议,世界上每年要花

费巨大的资金,投入到油气的勘探开发上。每一项工作目标的成功或失败,对石油地质工作都是一次严格的检验。这种实践和认识的过程,一直在向前发展着。

由于石油地质学所研究的地下岩体和流体对象,其存在的时间很长,经历的变动很多,范围和体积又很大,所以要依靠基础学科的前瞻性认识来提高其推理能力。依靠工程技术的进步来实践其预定目标——发现油气田和开发油气田。

2 对石油地质学基础学科创新的几点认识

与其他学科的发展一样,石油地质学也是靠理论和技术的不断创新来推动其发展的,而理论和技术的创新是建立在大量可靠实际资料基础之上的,这对石油地质学这个应用性极强的学科来说更是如此。作为石油地质学理论基础的各学科间的相互交融必将会产生创新的火花,而每一次理论和技术的创新,必然会结出丰硕的果实——寻找出丰富的油气田资源,开采出更多的油气。

2.1 承前启后,推陈出新,是创新的源泉

以生油理论的发展为例,早在18世纪中叶,俄国学者罗蒙诺夫就提出油气有机成因说,认为石油是煤在地下经受高温蒸馏的产物。后来的发展认为,油气是由生物(动物、植物)死亡后形成的有机物转变而成的。无机成因论出现于18世纪后期至20世纪中叶,包括碳化说、宇宙说、岩浆说和陨石学说等,认为石油的生成是由宇宙天体中碳、氢元素合成,或地下深处岩浆中所含的碳和氢以无机方式合成的。

1954年美国学者Smith引进先进的分析技术,首次在墨西哥湾现代沉积物中发现烃类,进而得出石油

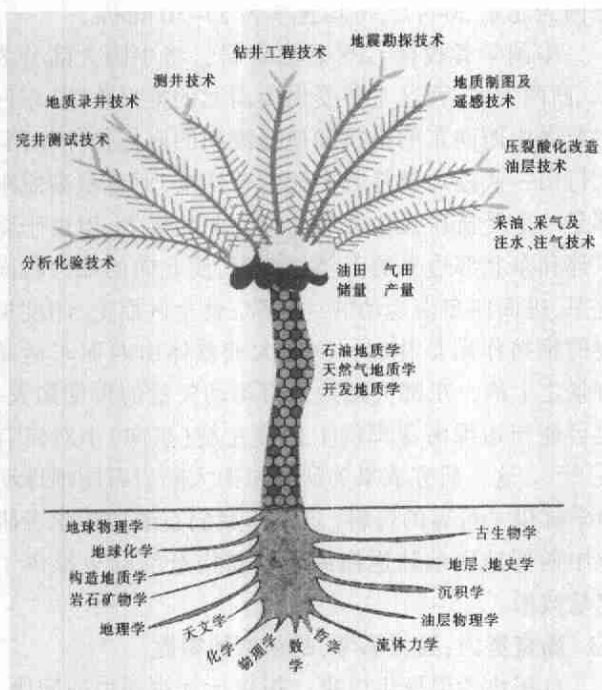


图1 石油地质学与基础学科关系树

收稿日期:2004-11-03

作者简介:李德生(1922-),男,江苏苏州人,中国科学院院士,第三世界科学院院士,石油地质,(Tel)010-62097548。

是在沉积早期即已形成的结论。

1978 年法国学者 Tissot 和德国学者 Welte 合作出版《Petroleum formation and occurrence》一书,应用了更先进的分析化验手段,积累了全世界各地大规模石油勘探活动的丰富资料,建立了比较完整的有机生油理论^[1]。

在陆相生油理论方面,我国学者在 20 世纪进行了艰苦的探索和大规模的生产实践活动,创立了陆相生油理论,在这一理论的指导下,发现了包括大庆特大型油田在内的几百个陆相油气田,20 世纪 80 年代,开展了煤成气研究^[2],90 年代又开展低成熟油和未成熟油研究^[3],都是承前启后、推陈出新的成果。

进入 21 世纪以来,油气成因再次成为石油地质界争论的课题。我国著名的地球物理学家李庆忠对有机生油说提出了 22 项质疑^[4],张景廉提出了石油无机成因的系统观点^[5],郭占谦阐述了火山活动与油气生成的关系^[6,7],张恺提出了油气成因二元论的观点^[8],我国学者在这方面的研究成果是世人瞩目的。

俄罗斯学者对油气无机成因的研究也十分活跃。早在 20 世纪 50 年代,Н. А. Кудряцев 就对石油生成有机论提出了挑战,发表了著名的论文——“反对石油有机起源假说”^[9]。苏联解体后,对这一问题的讨论更加活跃,在这方面以俄罗斯科学院石油天然气问题研究所的 И. В. Шахновский 研究最具有代表性,他认为在地壳深处有取之不尽的游离氢和挥发性碳化物,它们在高温高压条件下发生反应,形成烃类流体所有的聚集类型(油田、气田、沥青矿和可燃性页岩),甚至提出煤也是由深部热液而生成的观点,在这一过程中断至地幔的深大断裂起着至关重要的作用^[10],亚美尼亚学者 Ю. Р. Каграманов 等甚至提出了石油宇宙成因说^[11]。

2005 年 1 月 14 日,由美国宇航局、欧洲航天局和意大利航天局联合研发的“惠更斯”号探测器,在飞行 35×10^8 km 后,脱离了美国发射的“卡西尼”飞船,成功着陆在土星的 6 号卫星上。并传回了第一批 350 多幅照片,根据感应器和色谱仪等数据分析:土卫六大气高层气体是氮气,在接近地表部分,甲烷浓度急剧增加。在土卫六表面巨大压力和 -180°C 低温下,天然气甲烷形成了液态甲烷,土卫六表面经常下甲烷雨。河道和大湖中都是液态甲烷。水在低温下形成了坚硬的岩石和大小不等的冰砾石。由于土卫六上没有生命,因此科学家认为甲烷可能来自星球内部。并认为土卫六是太阳系中唯一已知有云和稠密大气的卫星。它很像 40×10^8 a 前的地球。

近年来,随着气体地球化学分析技术的进展,证明确实有有机成因的天然气(如 CO_2 、He 等)从地球深

部运移上来。一个气田中的天然气可以是两种成因气的混合。天然气成因的二元论开阔了人们的思维空间。

深信,随着油气成因这一根本性问题的最终解决,将会对现今的油气地质理论和实践产生革命性的变革。

2.2 实事求是,立足大量第一性资料,是创新的基础

20 世纪 60 年代,大庆油田会战初期提出的取全取准各项第一性资料,大搞百万次分析化验、百万次地层对比,已成为广大石油地质学研究工作的准则。一切科学分析都要建立在大量数据资料、大量事实的基础上。

板块构造学说自 1926 年魏格纳(Wegener)提出大陆漂移学说,到 1965 年威尔逊(Wilson)对板块构造学说的完善,经历了构造地质学家、地球物理学家、古地磁学家、海洋学家数代人大量科学数据的汇集、验证,形成地学界的共识,导致地球科学的革命。但它还处在不断完善和发展之中。

最近我国地球科学工作者在这方面做出了新的贡献。他们利用中国地壳观测网络 81 个 GPS 测站 1991—1999 年的大量观测数据,获得了中国大陆内部各块体的运动速率和运动方向:阿尔金断裂的左旋走滑速率为 5.1 ± 2.5 mm/a;龙门山断裂的挤压缩短速率为 6.7 ± 3.0 mm/a;华南地块相对于欧亚大陆的向东运动速率为 $11 \sim 14$ mm/a;祁连山地块向北东 40° 方向地壳缩短速率为 6.0 ± 2.0 mm/a;拉萨地块的优势运动方向为北东 $30 \sim 47^\circ$,平均速率为 $27 \sim 30$ mm/a。

中国学者根据 GPS 观测资料,将中国大陆分为东、西两大区,西区主要受由南而北的推挤作用,东区主要受由西向东的推挤和地幔流动的底拖拉伸作用,太行山—武陵山带是其中间的转变带,而青藏高原东部是一个受挤压板块向北北东方向的推力,但由于受东部和东北部边界的阻挡与约束,使北向的动力转向北东,进而向东南运动的过渡带。就全区而论,印度板块的推挤作用是叠加在欧亚大陆整体由西而东运动背景之上的,东部大陆边缘带运动矢量的再度加大,也可能与边缘海深部的上地幔左旋(东向)小对流有关^[12,13]。这一研究成果为研究中国大陆岩石圈地球动力学提供了可靠的资料。这对于我们石油构造学者研究中西部地区前陆逆掩冲断带新构造活动史提供了定量数据。

2.3 勤奋努力,独立思考,是创新的钥匙

自板块学说诞生以来,板块运动驱动力的问题,是一个尚未得到彻底解决的问题,目前仍处于百家争鸣的状态中。近年来这方面的研究主要集中在使用高新技术,研究地球深部地质结构、运动规律上,开展了

诸如地球动力学计划、地壳上地幔计划、岩石圈计划、地磁场的起源研究等。利用固定的地震台站的地震波可以研究地球内部固体内核、液态外核和固体地幔之间的界面和地心的运动。这是近年来地球科学研究的又一个飞跃。

1995年美国物理学家格拉兹梅(G. Glatzmaier)和罗伯兹(P. Roberts)预测:内核的转动每年要比地幔快几度。这个推理促使青年学者宋晓东和理查兹(P. Richards)于1996年利用阿拉斯加、美国本土和南极南桑维治岛3年的观测资料,通过大型计算机反复计算发现,内核相对于地幔(也相对于地表),就像地球内部怀着一颗星球一样,以每年约快 1° 的速率自西向东自由转动(图2、图3)。继1996年宋晓东和理查兹发现这一规律后,1998年宋晓东和汉伯格(D. V.

Helmberger)又发现,内核也是有结构的。这些发现引起了科学界的普遍重视^[14]。

1997年10月27日,中国科学院地学部、数理学部和国家自然科学基金会在北京举行了一次学术讨论会,宋晓东博士亦是报告人之一。笔者不仅对他的报告有兴趣,对他的勤奋努力、善于思考的精神倍加赞赏。

2.4 基础研究交融于知识创新和技术创新,必然衍生成为提高生产力的经济行为

最近几年,多学科的综合研究使油藏描述和储集层特征研究由定性向定量发展,由建立三维地质模型向三维流体模型发展。

1992年10月,笔者在美国俄克拉何马大学地质与地球物理学院讲学时,随学校师生去Tulsa附近的Gypsy露头点作地质观察。这里有美国64号州际公路切开的两条新地质剖面,每条长305 m(1 000 ft),高15.2 m(50 ft)。出露的石炭系宾夕法尼亚(Pennsylvanian)组河流相沉积剖面,是俄克拉何马州数百个油田的主要产油层(图4)。

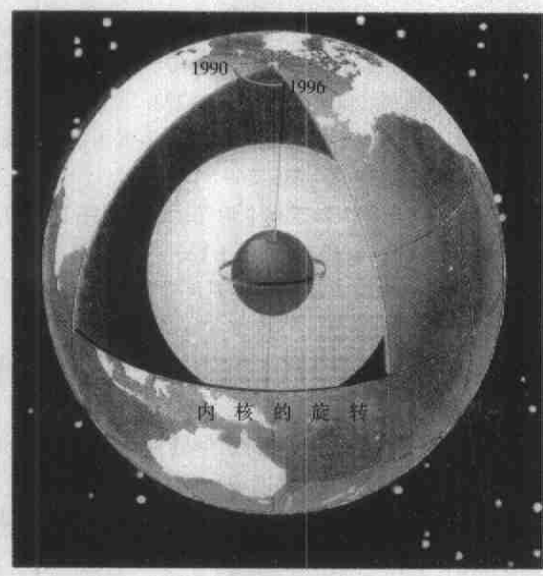


图2 地球内核旋转示意

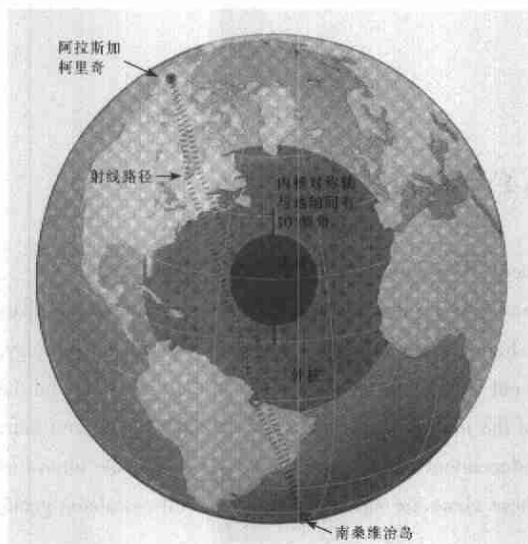


图3 1996年宋晓东和理查兹所用的探测内核旋转的方法

注:选择地表上某一固定的台站,如美国阿拉斯加的柯里奇(College),观测同一地区,如南桑维治岛(South Sandwich Islands)。内核的转动可能改变内核晶体在空间上的排列,其变化可从一固定的路径观测得到

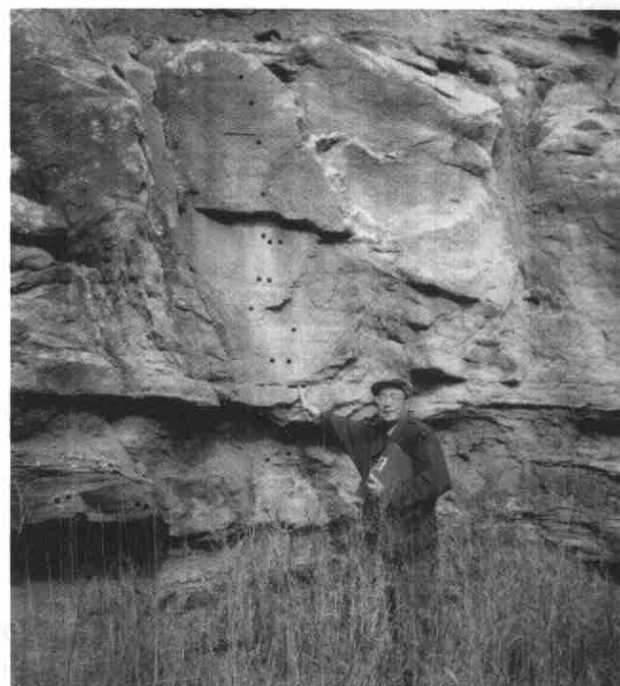


图4 美国俄克拉何马州 Cleceland 村, Gypsy 露头石炭系 Pennsylvanian 组河流相沉积(露头砂岩上小圆点为取心位置)

美国科学家在剖面上进行了详细的储集层表征研究,钻孔取心1 194颗,直径2 cm,深15 cm,间距20 cm。在研究区进行了三维地震测量,钻22口浅井,平均井深152 m(约500 ft),进行1:1各类测井曲线300条。完井后进行示踪剂注水试验,并用计算机建立了该研究区的地质模型和流动模型。

由BP勘探公司出资500万美元建立的这个储集层研究区,经过4年研究,其论文已在SPE会议上发表^[15]。

之后, BP 勘探公司将 18 acre 土地, 连同 22 口试验井及全部地质、地球物理、开发试验资料交给了俄克拉何马大学作为师生实习研究基地, 同时为各油公司进行技术服务。

我国鄂尔多斯盆地延长油矿是开采历史已近百年的老油田。其储油层上三叠统延长组为大面积分布的河流相地层-岩性油藏。但由于第四系黄土层的覆盖, 露头很少。笔者 20 世纪 50 年代从事该地区的油田地质研究工作时, 只能沿着延水河谷(床)两岸进行地质点的观察。工作极为艰辛, 资料亦零星不全。2004 年 8 月, 笔者应邀去延安参加由中国石油学会举办的“延长油矿特低渗透油田百年发展座谈会”。会后再次参观观察了这座老油田。从延安新机场向东, 在延水北岸已开山筑成一条平直的高等级公路。筑路切开的上三叠统延长组长, 至长。各储油层剖面绵延长达 60 km, 山体崖壁高达 30~60 m, 蔚为壮观。沿路笔者数次停车观察, 新鲜地质剖面上含油与不含油砂体的界面清晰可见。比上述美国俄克拉何马州 Gypsy 露头规模大得多。延水北岸上三叠统储集层露头科学研究的价值, 不言而喻。2004 年鄂尔多斯盆地上三叠统延长组和下侏罗统延安组两套储集层年产油量已达 $1\,524 \times 10^{10}$ t (其中长庆石油勘探局 805×10^4 t, 延长油矿管理局 719×10^4 t)^[16]。希望生产单位能拨出一定科研经费, 建立该储集层研究区。这对今后该油区进一步扩大生产、提高采收率将起到保证作用。

综上所述, 石油地质学需要不断从各基础学科吸取水分和养料。所说的 4 点认识和所举实例, 仅供广大石油地质工作者参考。

参考文献:

[1] Tissot B P, Welte D H. Petroleum formation and occurrence

— a new approach to oil and gas exploration [M]. New York: Springer-verlag, Berlin Heidelberg, 1978.

- [2] 傅家谟. 煤成烃地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [3] 黄第藩, 李晋超. 陆相沉积中的未熟石油及其意义 [J]. 石油学报, 1987, 8(1): 1-9.
- [4] 李庆忠. 打破思想禁锢, 重新审视生油理论——关于生油理论的争鸣 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(1): 75-83.
- [5] 张景廉. 论石油的无机成因 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [6] 李文云. 惠更斯探测土卫六 [N]. 人民日报, 2005 年 1 月 18 日第 7 版.
- [7] 郭占谦. 火山活动与油气资源 [J]. 新疆石油地质, 2003, 24(2): 176-179.
- [8] 张 恺. 板块构造与油气成因的二元论 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- [9] Кудряцев Н А. 反对石油有机成因假说 [M]. 北京: 科学出版社, 1958.
- [10] Шахновский И М. 石油地质学中几个有争论的问题 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25(2): 219-224.
- [11] Каграманов Ю Р, Егикян А Г. 论石油成因 [J]. 新疆石油地质, 2002, 23(3): 265-269.
- [12] 马宗晋, 等. 中国大陆现今地壳运动的 GPS 研究 [J]. 科学通报, 2001, 46(13): 1 118-1 120.
- [13] 王 琪, 等. 中国大陆现今地壳运动和构造变形 [J]. 中国科学(D), 2001, 31(7): 529-536.
- [14] 曾融生, 陈运泰. 探索地球内部的奥秘 [M]. 北京: 清华大学出版社, 暨南大学出版社, 2002.
- [15] Doyle J D. et al. The “gypsy” field research program in integrated reservoir characterization [A]. SPE 24710.
- [16] 李德生. 重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学. 石油勘探与开发, 2004, 31(6): 1-7.

Study on Petroleum Geology versus Fundamental Subjects

LI De-sheng

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: The development of petroleum geology depends upon the innovation of relevant theories and technologies. In terms of hydrocarbon generation, geodynamics and reservoir characterization that are the most fundamental subjects contained in petroleum geology, this paper discusses the conditions for generating thought of innovation, and points out that connecting link between the preceding and the following and getting rid of the stale and bring forth the fresh are the motivity of the innovation; being practical and realistic and being established in plentiful firsthand information are the bases of it; diligence and independent thinking are the key of it, and the innovations of theory and technology bring by all means into growing production capacity. These views are more constructive to all petroleum geologists, especially to young generation of them today.

Key words: petroleum geology; theoretical innovation; technical development; hydrocarbon generation; geodynamics; reservoir rock