

文章编号: 0253-9985(2005)02-0193-04

更新勘探观念, 开拓深层油气新领域

张之一

(长安大学雁塔校区, 西安 710054)

摘要: 生油岩(烃源岩)是一个具有诸多不确定因素的概念。这个概念长期以来禁锢着人们的思想。已故的乌克兰科学院院士波尔菲利也夫提出了油气深部起源的理论, 即石油的形成与上地幔的活动有关, 于第三纪末由上地幔沿大断裂带进行垂直运移并在基底及沉积盖层的孔隙-裂隙岩石储集层中聚集而形成油气田。美国在墨西哥湾盆地的超深钻探证实于 6 885 m 的深度仍有油藏存在。有理由认为在盆地基底以下纵深部位的结晶岩、变质岩中, 如有破碎带、裂隙带存在, 这将是深部油气贮存的地方。因此, 发展深部钻探将会开拓油气藏的新领域。

关键词: 生油岩; 深部钻探; 大断裂带; 断层体油气藏

中图分类号: TE112.11 **文献标识码:** A

Renew exploration concept and open up frontiers in deep strata

Zhang Zhiyi

(Chang'an University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract: Source rock, a concept with many uncertainties, has confined the thoughts of explorationists for a long time. V. B. Porfiriev, the late Academician of Ukraine Academy of Sciences, proposed a theory of deep origin of hydrocarbons, i. e. generation of hydrocarbons has been related to activities of the upper mantle. At the end of Tertiary, hydrocarbons migrated vertically upward from the upper mantle along large fracture belts and accumulated in the porous-fractured reservoirs in the basement and sedimentary cover. Deep and ultra-deep drilling in Gulf of Mexico has verified that oil pool can occur in reservoir up to a depth of 6 885 m. It is justified to believe that should fractured zones exist in the deep crystalline and metamorphic rocks below the basin's basement, they would be the petroleum occurrences. Therefore, it would be possible to open up frontiers of petroleum exploration through deep drilling.

Key words: source rock, deep drilling, large fracture belt, fault petroleum reservoir

1 “生油岩”概念的不确定性

20 世纪以来, 石油地质学以有机成因学说占主导地位, 而有机成因学说的核心问题是生油岩(烃源岩)。生油岩的概念历经多次变化。20 世纪 50 年代, 所谓的石油有机早期成油说对生油岩的原始有机物质中什么成分形成石油的问题众说纷纭、莫衷一是。1971 年, 蒂索^[1]等人提出了干酪根热解成油三阶段的模型, 为广大石油地质工作者所接受。曾几何时, 在国内外油气勘探实践中发现了不具备成熟生油岩的地区有工业石油的现象, 明显与蒂索

生油模型相悖, 于是才出现了低熟、未熟油的概念。尽管对低熟、未熟油进行了大量研究^[2~10], 但仍存在问题。如何志高指出^{*}: 按干酪根热解成油论, 对一个盆地, 只有进入成熟期才有大量液态烃, 而不成熟原油占很大比例的油田(如江汉油田、辽河油田)就不应该存在; 成熟前的少量烃类无论如何形成不了一个年产数十万吨、乃至数百万吨油田的三分之一以上数量的原油; 更重要的是, 诚如主张未熟油的学者所言, 这种未熟油的胶质含量高、密度大、含轻烃和气态烃组分少。因此, 这种粘度大(且是非牛顿液体)的原油, 若无很大的压力和很高的

作者简介: 张之一, 男, 70 岁, 教授, 石油地质

收稿日期: 2005-03-25

* 何志高. 论干酪根热降解成油理论弊端. 海相油气地质, 1999, 4(2): 50~56

温度是不可能从“生油岩”中运移出来的。

此外,对干酪根是否能生油也存在疑问。张景廉等^[11]利用 Pb, Nd 同位素证据证明塔里木盆地的沥青与干酪根是异源的,且塔里木盆地绝大部分沥青的形成与寒武系—奥陶系页岩中的干酪根无关。对辽河断陷下第三系有机质(干酪根、可溶有机质)、原油的 Pb, Sr 同位素研究发现,干酪根的 Pb 同位素组成以壳源占优势的壳幔混合为特征,而可溶有机质的 Pb 则具有极强的地幔特征,原油 Pb 有明显的幔源或壳幔混合特征。这种 Pb 同位素的强幔源特征与克拉玛依、塔里木沥青相一致^[12],而与下第三系干酪根的 Pb 同位素组成有显著差别,表明两者不同源。

格林贝尔格根据实际资料及实验等方面的研究指出^[13]:典型生物成因有机物质的全部地球化学历史上各种变质作用时期只能转化为两个不可逆的过程,它的最终产物包括:气体产物是 CH₄, CO₂, H₂O, H₂S 和 NH₃ 等;固体产物是干酪根和煤。实际上不能产生液态馏分及高于甲烷的碳氢化合物。天然气、石油与干酪根、煤是典型的天然对映体。

由此可见,生油岩是一个具有诸多不确定因素的概念。然而,人们还是作为一种信仰予以认同。正是这个生油岩的概念长期以来禁锢着人们的思想。在我国石油勘探的早期曾提出三三回头的策略,即钻探遇到火成岩、变质岩、基岩都要停止钻探。换言之,以后发现的火成岩、变质岩、基岩中的油气藏纯属偶然。发现后便解释说石油是侧向运移来的,而不去追究更深层次的储油可能性。

墨西哥的雷佛尔玛油区,1911年开始勘探,当时认准第三系生油,所以只钻探第三系目的层,长期没有大的进展。其实真正的大油藏在中生界灰岩中,一直到1972年才发现,经历了60年曲折的勘探历程。荷兰格罗宁根大气田由1952年开始钻探,也是认准上二叠统的生气层位。但真正的大气藏在下二叠统,一直到1959年才发现,推迟了7年。

由此可见,石油勘探需要从生油岩概念的桎梏下解放出来,才能使油气勘探工作高速发展。

2 石油的深部起源

已故的乌克兰科学院院士波尔菲利也夫^[14]早年是石油有机成因学说的拥护者,曾提出只有

在300℃及大于100个大气压的条件下原始有机物质发生裂化才能形成石油。而伏尔加—乌拉尔油气区不存在这样的条件,因此,那里的石油必须是从乌拉尔山前坳陷形成后,远距离运移到伏尔加—乌拉尔油气区的。在以后的研究工作中他发现了石油深部起源的依据,形成了新的理论。认为石油的形成与上地幔的活动有关,于第三纪末由上地幔沿大断裂带进行垂直运移并在基底及沉积盖层的孔隙—裂隙岩石油滞中聚集而形成的油气田。于20世纪70年代,他领导了乌克兰科学院地质科学研究所及地球物理研究所在石油及天然气田地质学及成因方面进行了一系列的研究工作^[14]。与此同时,对西西伯利亚基底油田进行了系统的、全面的分析研究。认为西西伯利亚基底岩石中的油气田形成于中新世—第四纪,油气来源于深部无机的地幔区,是垂直运移的结果。基底岩石的工业含油气性已经确定在其表面以下1000m的深度,但其下限还不能确定。同时指出,为了尽快的开发基底结晶岩和变质岩中的油气,必须在沉积盖层已有油田的地方及沉积盖层有远景构造的地方进行钻探^[14]。他的早年搭档,乌克兰科学院可燃矿产地质及地球化学研究所的格林贝尔格提出了地球深部碳氢化合物真空压力合成的理论及实验原理,并在切卡留克的领导下进行了多次地幔油气合成的实验,获得了肯定的结果^[13, 15]。

波尔菲利也夫等人的研究工作是从生产实践中得来的实际地质资料出发,而不是依赖于模型。因此,这是一条探索真理的正确道路。美国地球动力学委员会在《岩石圈讨论会报告》中指出,“回顾以往,各种解释多依赖于模型,很少基于资料。因此各种论点多是神学观念的,很少是地质观念的”^{*}。根据岩石样品的分析就得出模型解释,其基础是不牢固的,且岩石样品不能排除由于油气渗漏所造成的污染。

我国学者张景廉从地球化学的角度提出了油气深部起源的依据,指出世界大油气田的分布模式与隐伏的大断裂或基底断裂相沟通^[11]。

过去曾认为张性断裂是油气的运移通道,压性断裂是油气的遮挡面。然而,渤海湾盆地等处的油田绝大部分断裂均属张性,却起到油气遮挡的作用。马雷谢夫在分析伯绍拉盆地的断裂变动时引用资料指出:“已知这些断裂具有最大渗透性

* 国家地震局地质研究所十一室译,岩石圈讨论会报告,1984

仅仅是在其活动时期,相反,如果这种活动停止了,则成为不渗透的了”^[15]。这就是油气田与断裂的关系为什么那么密切的原因,也印证了油气垂直运移及深部起源的可靠性。

3 开拓深部油气新领域

按照干酪根热解成油三阶段的模型,石油生成的最大深度是 4 000 m, 4 000 m 以下只有天然气。然而事实并不是这样,美国德克萨斯州凯依罗乌-阿依兰德油气藏的深度为 6 593 m,此外还有多个超过 5 000 m 的油田;加利福尼亚州圣-好阿肯油区油藏最大深度为 6 569 m;路易斯安那州密西西比河三角洲钻了 6 885 m,油流涌出量为 64 t/d^[16]。

美国勘探深部及超深油气藏的工作效率是每钻进 1 m,获得液体碳氢化合物 129 m³。平均每查明 1 m³ 燃料的成本是 1.7 美元。由于超深钻井是在原有油田上进行的,故勘探成功率达到 70%^[16]。这同时也证明了油藏具有垂直分布的特征。

传统观念认为随着地层深度的增加孔隙度会减小,不利石油的聚集。维塞洛夫等*证明随着深度的增加,原生孔隙度迅速变小,而次生孔隙度则增大,次生孔隙的出现可以解释为与裂缝发育有关。由于裂缝的发育提高了流体的溶解能力。有根据认为在次生孔隙的形成过程中裂缝是主要因素,因为没有它就不能进行有效地溶蚀。科拉半岛超深钻井证明^[17]:离现今的地面相当深的地方(4~6.8 km)裂隙的数量仍然很大,有时在 1 m 长的岩心中达到数十个。在 5 900~6 800 m 深处的变质基性熔岩中发育了强裂隙带。从 6~11 km 深处所取的岩心样品中见到与退化变质带相关的构造裂隙具有极其重要的意义。波罗的地盾结晶基底破碎带、裂隙带和低温热液矿化带的垂向延伸范围可能增大到 15 km。同样道理在含油气盆地基底以下纵深的范围内可能存在破碎带、裂隙带,它们与断层活动相伴生。油气从深部运移上来必然在这些有利储集部位形成油气藏。罗群等^[18]在“自然界可能存在的断层体圈闭”一文中提出的“断层体油气藏”概念更是从理论上证明了这类油气藏存在的可能性。目前,已发现的油气田、油气藏都是在盆地基底以上(包括基底表面)的储集部位。在盆地基底以下纵深部位的结晶岩、变质岩中如有破碎带、裂隙带存在,这将是深部油气藏贮存的地方。在这些地方

(包括基底以上未勘探的部分)进行深部钻探将会有新的发现。由于油气分布的不均一性,故在老油田(如华北油田等)进行深部钻探会有较大的成功率,可以使老油田焕发出青春。当然,进行深部钻探会遇到复杂的技术工艺等问题,但这方面已有国内外的经验可以借鉴,同时对这方面的投入必将获得可观的效益。只要我们更新勘探观念、发展深部钻探,必然会开拓出油气勘探的新领域。

参 考 文 献

- 蒂索 B P, 威尔特 D H. 石油形成和分布[M]. 徐永元, 徐濂, 郝石生, 等译. 北京:石油工业出版社, 1989. 469
Tissot B P, Welt D H. Petroleum formation and occurrence[M]. Translated by Xu Yongyuan, Xu Lian, Hao Shisheng, et al. Beijing: Petroleum Industry Press, 1989. 469
- 曾凡刚, 王铁冠, 吴朝东. 广西钦州稔子坪矿褐煤地球化学特征:芳烃馏分的生物标志物组合[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(2): 123~126
Zeng Fangang, Wang Tieguan, Wu Chaodong. Geochemical characteristics of brown coal from Nianziping Mine, Qinzhou, Guangxi: biomarker assemblages of aromatic fraction[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(2): 123~126
- 马安来, 张水昌, 张大江, 等. 轮南、塔河油田稠油油源对比[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 31~38
Ma Anlai, Zhang Shuichang, Zhang Dajiang, et al. Oil and source correlation in Lunnan and Tahe heavy oil fields[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 31~38
- 柳益群, 冯乔, 郝建荣. 吐-哈盆地侏罗系油藏煤成油问题的讨论[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 326~331
Liu Yiqun, Feng Qiao, Hao Jianrong. Discussion on oil derived coal in the Jurassic oil pool in Turfan-Hami basin[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(4): 326~331
- 罗静兰, 张成立. 风化店中生界火山岩油藏特征及油源[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 357~360
Luo Jinglan, Zhang Chengli. Characteristics and oil source for Mesozoic volcanic pools in Fenghuadian region[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(4): 357~360
- 张新建, 王婧韞, 杨丽英, 等. N 凹陷的油源判识[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(3): 264~266
Zhang Xinjian, Wang Jingyun, Yang Liying, et al. Discrimination of oil source in N depression[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(3): 264~266
- 胡见义, 牛嘉玉. 中国重油沥青资源的形成与分布[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(2): 105~112
Hu Jianyi, Niu Jiayu. Formation and distribution of heavy oil bitumen resources in China[J]. Oil & Gas Geology, 1994, 15(2): 105~112
- 蔡希源, 冯子辉. 陆相盆地未成熟石油形成条件[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 311~315
Cai Xiyuan, Feng Zihui. Formation conditions of immature oil in conti-

* • 邦 出 • • . 地壳的裂缝-断块构造与含油气性. 关福喜, 译. 国外地质与勘探, 1993, (1): 25~28

- mental basins[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(4): 311–315
- 9 张敏, 张俊. 塔里木盆地牙哈油气田沥青垫特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 49–52
- Zhang Min, Zhang Jun. Characteristics and origin of tar mats in Yaha oil-gas fields, Tarim Basin: features of hydrocarbons and origin of tar mats[J]. Oil & Gas Geology, 1998, 19(1): 49–52
- 10 段毅, 周世新. 塔里木盆地石炭系烃源岩热模拟实验研究——①生物标志化物的组成和演化[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(1): 13–16
- Duan Yi, Zhou Shixin. Study on thermal simulation of Carboniferous source rocks in Tarim Basin: ①Composition and evolution of biomarkers[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(1): 13–16
- 11 张景廉, 朱炳泉, 陈义贤, 等. 辽河断陷石油无机成因的地球化学证据[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 192–194
- Zhang Jinglian, Zhu Bingquan, Chen Yixian, et al. Geochemical evidences of inorganic origin for oils in Liaohe faulted depression[J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(3): 192–194
- 12 张景廉. 论石油的无机成因[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 193–198, 247–248
- Zhang Jinglian. Discussion on inorganic origin of petroleum[M]. Beijing: Oil Industry Press, 2001. 193–198, 247–248
- 13 • о: • шцк т • • • • ннбонл к о а коолонцъ пбонд • т ошц • шц к тнб к о б • к б ннпонаонд • бонд о н к б • нн бон к а бн к [C]. • к б: • а а н а • а • а, 1982. 164–176
- 14 • шцк т • • • • шпщ • • • • бн бонл к б а т б бн бонл к б а д о ш т к к к [A]. • • о: • шцк т • • • • шпщ к о а коолонцъ пбонд • т ошц • шц к тнб к б • к б ннпонаонд • бонд о н к б • нн бон к а бн к [C]. • к б: • а а н а • а • а, 1982. 5–166
- 15 • а • т • • • • ш д • о • о • б о а б н д • шц • к н а о н к а • • т б н д • ш о бн бонл к б а ш о бн д [A]. • • о: • т б нн к • • • • т ш о бн бонл к б нн бон к а бн к [C]. • б: • а а а, 1986. 118
- 16 • шпщ • • • • шкбщ д бонд к к о а к бн бонл к б а ш о бн бонл к б ошц • шц м [J]. • к б: • а а н а • а • а, 1986. 79–81, 91
- 17 科兹洛夫斯基 E. A. 科拉超深钻井(上)[M]. 张铁生, 译. 北京: 地质出版社, 1989. 164–166
- Kotslovsky E. A. Ultra deep drilling in Kola (I) [M]. Translated by Zhang Tiesheng. Beijing: Geological Publishing House, 1989. 164–166
- 18 罗群, 黄捍东, 庞雄奇, 等. 自然界可能存在的断层体圈闭[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(3): 148–151
- Luo Qun, Huang Handong, Pang Xiongqi, et al. A kind of possible natural fault petroleum trap[J]. Petroleum Exploration & Development, 2004, 31(3): 148–151
- (上接第192页)
- 6 蔡乾忠. 朝鲜临津群地质考察进一步表明我胶东地块应属下扬子台地[J]. 石油与天然气地质, 1988, 9(4): 333–342
- Cai Qianzhong. The Jiaodong block of China is further proved to be a part of the Yangzi Plate by geological survey in Linjin Group of Korea[J]. Oil & Gas Geology, 1988, 9(4): 333–342
- 7 蔡乾忠. 中国东部与朝鲜大地构造单元对应划分[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15(1): 7–24
- Cai Qianzhong. Corresponding division of geotectonic units of Eastern China and Korea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1995, 15(1): 7–24
- 8 任纪舜. 从全球看中国大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1999. 15
- Ren Jishun. China tectonics in the light of global[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 15
- 9 Magoon L. B. 含油气系统——从烃源岩到圈闭[M]. 张刚, 蔡希源, 译. 北京: 石油工业出版社, 1998. 55
- Magoon L. B. Petroleum system—from source to trap[M]. Translated by Zhang Gang, Cai Xiyuan. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 1998. 55
- 10 Massoud M S, Kinops S D. 西朝鲜湾盆地侏罗系西姆屋居组湖成油源岩的潜力[J]. 王国纯, 胡桂馨, 译. 国外海上油气, 1992, (1): 1–8
- Massoud M S, Kinops S D. Potential of lacustrine source rock in Jurassic Simuiju Fm in Sor-Choson-Man basin[J]. Translated by Wang Guochun, Hu Guixin. Marine Oil and Gas Abroad, 1992, (1): 1–8
- 11 罗斌杰, 王春江, 董成默, 等. 朝鲜安州盆地原油地球化学特征[J]. 石油学报, 1995, 16(4): 40–47
- Luo Binjie, Wang Chunjiang, Dong chengmo, et al. Organic geochemical characteristics of oils from Anzhou basin, DPR Korea[J]. Acta Petrolei Sinica, 1995, 16(4): 40–47
- 12 程石麟. 苏北黄桥地区二氧化碳气藏的地质特征和成因讨论[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(2): 214–215
- Cheng Shilin. Geological features of CO₂ pool in Huangqiao region, north Jiangsu, and its genesis[J]. Oil & Gas Geology, 1987, 8(2): 214–215
- 13 蔡东升, 冯晓杰, 张川燕, 等. 黄海海域盆地构造演化特征与中、古生界油气勘探前景[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 23–24
- Cai Dongsheng, Feng Xiaojie, Zhang Chuanyan, et al. Characteristics of structural evolution and petroleum exploration potential of Mesozoic in yellow Sea basin[J]. Marine Geology Letters, 2002, 18(11): 23–24
- 14 陆英. 盐城凹陷天然气成藏条件分析[J]. 海洋地质动态, 2002, 18(11): 33–35
- Lu Ying. Analysis of reservoiring conditions of gas in Yancheng sag [J]. Marine Geology Letters, 2002, 18(11): 33–35