

论基岩油气藏的勘探前景

马龙 刘全新 张景廉 卫平生 陈启林 张虎权

(中国石油勘探开发研究院西北分院)

马龙等.论基岩油气藏的勘探前景.天然气工业,2006,26(1):8-11.

摘要 为了满足经济增长的需要,实现油气勘探新的突破,文章讨论了地幔柱与油气成矿作用关系,发现全球(如墨西哥湾、古巴、委内瑞拉、利比亚、西伯利亚和中国渤海湾、四川盆地、塔里木盆地)大量喷溢的玄武岩与油气关系密切;分析了越南大陆架白虎油田(储集于花岗岩及风化壳)、中国松辽盆地徐家围子兴城气田(储集于火山岩)的无机成因情况;同时对中国基岩油气藏的勘探靶区作了简要讨论,认为花岗岩及其风化壳类型的基岩油气藏将是未来勘探的重点,并讨论了基岩油气藏勘探的技术难点及解决方案;文章最后认为油气无机成因创新模式的提出将引发油气勘探的重大突破。

关键词 基岩 油气藏 地幔柱 无机成因 勘探方针 白虎油田 松辽盆地

油气勘探在不断深入,但沉积层中油气却越来越不能满足经济增长的需要。勘探家正关注着能储集油气的非沉积岩储层,而基岩可能是含有相当大的油气藏的一个目标。基岩油气藏已在古地台(北美和南美)、年轻地台(西西伯利亚、西欧)、中生代地层(越南大陆架)、年轻的褶皱造山带山间拗陷(委内瑞拉)均有发现^[1]。因此基岩中的油气藏对未来油气储量的发现与增加可能比预料的重要的多!

本文对基岩油气藏的定义采用潘钟祥^[2]先生的观点,即:“储集在变质岩、火成岩及下古生代岩层(不管变质与否)的油气藏”。

一、基岩型油气藏的分布

世界上产于结晶基岩中的油气田及其储量见表1(引自维谢洛夫等^[3])。总计为石油储量 $5048 \times 10^8 \text{ t}$,天然气储量 $2681 \times 10^8 \text{ m}^3$,如果扣除委内瑞拉的奥环诺科石油 $4800 \times 10^8 \text{ t}$,石油储量也有 $248 \times 10^8 \text{ t}$ 。俄罗斯学者什尼普统计:世界上已发现几百个工业性基岩油气田,大多属花岗岩基岩油田的,占40%,而其储量占75%;基性、超基性岩占3%^[1]。表1列出了一些世界著名的基岩油气藏的特征。据李庆忠^[4],花岗岩基岩中有石油的除了维谢洛夫所述外,还有美国的玛温金—维尤、俄罗斯车臣的鲁波内及高斯特良内、俄罗斯的埃来伊—依噶思郭叶油田。据乌克兰统计,包括风化壳,已有157个基岩油

气藏。许志琴^[5]报道了乌克兰第聂伯—顿涅茨盆地的3100~4000 m的前寒武纪变质岩中发现有 $2.19 \times 10^8 \text{ t}$ 的工业油田,指出这是在科学钻井中发现了无机成因石油,引起国际轰动,使无机生油论再次崛起^[6]。最新,梁生正等(2005)提出加强对太行山前拗陷带“古潜山”的油气勘探,并认为可能成为油气战略突破的勘探战场^[7]。

二、中国基岩油气藏

潘钟祥先生在中国最早注意到基岩油气藏的重大意义^[7]。中国石油地质学会还曾专门组织过一次基岩油气藏的学术讨论会^[8]。在此前有专著《潜山油气藏》出版^[9]。

华北油田则由于它特殊的地质环境,专门创立了一个特殊的学术期刊《古潜山》。随着油气勘探的日益深入,地震勘探、深部成像技术也日益进步,近十年间,国内对基岩油气藏也越发重视。

罗志立(1992)注意到火山岩油气藏的广泛分布,如渤海湾石臼坨428构造带西高点火山岩油气藏,火山岩为:橄榄玄武岩,粗面火山岩,凝灰岩;产层属白垩系;准噶尔盆地西北缘石炭系火山岩油气藏等等。罗志立指出,火山岩油气藏越来越居重要地位。他还深刻指出,地裂运动是火山岩油气藏重要构造因素^[10]。

2002年由中国石油学会石油地质专业委员会、

作者简介:马龙,1965年生,高级工程师,博士研究生;1988年毕业于原江汉石油学院,现从事石油地质综合研究及科研管理。地址:(730020)甘肃省兰州市雁儿湾路535号。电话:(0931)8686039。E-mail:ma.l@petrochina.com.cn

表 1 世界上部分著名的基岩油气藏表

国 家	盆 地		油气田	储 量
利比亚	锡尔特盆地(前寒武纪花岗岩)		纳福拉(拿法拉)油田 奥基拉(阿乌特日拉)油田	$10.1\times 10^8\text{ t}$ $2.3\times 10^8\text{ t}$
委内瑞拉	马拉开波盆地(花岗岩)		拉帕兹油田	$2\times 10^8\text{ t}$
越 南	湄公河三角洲(花岗岩)		白虎油田 龙油田	$5\times 10^8\text{ t}$
印 度	孟买盆地(玄武岩)		孟买隆起大油田	$5.5\times 10^8\text{ t}$, $2264\times 10^8\text{ m}^3$ (气)
中 国	下辽河盆地	太古界	兴隆台油田	$0.8\times 10^8\text{ t}$ (部分)
		太古界、中上元古代	曙光、欢喜岭油田	$7.48\times 10^8\text{ t}$ (部分)
		太古界、中上元古代	静安堡油田	$1.8\times 10^8\text{ t}$ (部分)
	黄骅坳陷(古生代)		北大港油田	$3.2\times 10^8\text{ t}$ (部分)
	酒西盆地(志留系变质岩)		鸭儿峡油田	0.966 t (全盆地)
印 尼	西爪哇盆地(火山岩)		贾蒂巴朗油田	$1.12\times 10^8\text{ t}$
美 国	中陆盆地(花岗岩、阿马里洛隆起)		潘汉德油气田	$2.23\times 10^8\text{ t}$, $20000\times 10^8\text{ m}^3$ (气)
俄罗斯	西西伯利亚(前寒武系、古生界)		Maloichskoe 油田	2 号井日产油 400 m^3

中国地质学会石油地质专业委员会、辽河油田分公司共同主办了“全国火山岩油气藏勘探开发技术研讨会”,并于 2003 年第 1 期《特种油气藏》出了专刊。

有关这方面的专著也不断问世^[11-15]。讨论与基岩有关的油气藏也越来越多^[16-26]。如表 1 所示,中国东部渤海湾盆地均有大量的基岩油气藏,西部酒西盆地的鸭儿峡油田则是著名的高产油田,民和盆地中央隆起带在煤田钻探中也曾发现前寒武纪变质岩中有油,甘肃潮水盆地窖南凹陷油探 1 井也在震旦系白云岩中见油,塔里木盆地沙雅隆起轮台构造沙 3 井于前震旦系千枚岩中发现多层气显示与气测异常。近年来,渤海湾盆地富集高产的火山岩油气藏不断发现,并发现了千万吨级的、以火山岩为单一目的层的黄沙垞油气田^[26]。可以预计,这类油田将越来越多地被发现。

三、地幔柱与油气成矿作用

地幔柱与金属成矿作用的关系引起了极大的关注^[27-33]。近年来,地幔柱与油气的关系也开始进入人们的视线。

国外认为北大西洋的石油与第三纪的地幔柱火山岩有关,因此,有学者指出,中东的石油与留尼汪—德干等地幔柱之间是否有关?墨西哥湾丰富的石油与新生代岩浆作用和墨西哥湾的形成是否有关?中国渤海湾盆地的石油与新生代玄武岩的大量喷发是否有关?

加勒比玄武岩与委内瑞拉马拉开波盆地、东委内瑞拉盆地的大型油田与古巴的油气田;西伯利亚

暗色岩与东西伯利亚盆地的油气^[34,35],利比亚的玄武岩与锡尔特大油气田等等,这些均是值得进一步探讨的课题。

在中国,二叠纪峨眉玄武岩与四川盆地、云南一些盆地的油气已引起了注意。二叠纪玄武岩在新疆塔里木盆地也曾大量喷溢,那么它们与新疆油气又有什么关系呢?

江汉油田基底也有大量碱性玄武岩,新疆阿尔泰山南缘、准噶尔盆地北缘、东缘、塔里木盆地西北缘均有大量碱性岩,它们显示了地幔柱作用,而东准、西准的蛇绿岩则可能是地幔柱的直接产物,那里还确认了典型洋岛玄武岩。

翁文波^①(1948)注意到扎赉诺尔地区侏罗系地层钻了 33 口井,揭示了孔层连续的玄武岩,玄武岩杏仁气孔中都含沥青(地面也有显示),在侏罗系底砾岩杏仁状玄武岩的砾岩中也有沥青,且含有软沥青片,在 112.5 m 深处还发现一些难以抽动的稠油。他认为这可能是随玄武岩浆喷发上来的石油。

不拘泥传统的石油地质学理论,要有创新思维。基于这一思路,并结合深部地壳的构造特征,笔者认为:松潘—阿坝褶皱带有良好的油气生成条件^②。

四、成因讨论

关于“新生古储”这个模式,即用“油气倒灌的模式”来解释四川威远气田、长庆气田、阿尔及利亚哈西迈萨乌德超大型油田和大庆油田的“U”形运移模式等。笔者认为应该确立油气是从深部运移上来的思路。

1. 越南白虎油田

越南湄公河三角洲盆地曾在渐新统、下中新统砂岩中发现了工业性油气藏,后来,在大陆架水域钻了 200 多口探井,均钻到了基岩,其基岩是花岗岩类组成,有淡色花岗岩、细晶花岗岩、斜长花岗岩、石英二长岩等,仅在 3 口探井中见到变质程度较高的黑云母片麻岩,钻到花岗岩基岩的井的石油日产量均较高,达 700~900 t,并发现了白虎油田。

越南的石油地质学家认为:基岩的石油是有机成因,从下渐新统的沉积岩运移而来的。

但是俄罗斯功勋科学家加弗里洛夫认为,这不符合地质实际^[36,37]。他认为:下渐新统有机质生成的石油的量仅相当于这个油田的地质储量的 1/3。说是侧向运移,其机理无法解释,因为基岩内部尚未发现压力亏空带,也未发现基岩与相邻沉积岩之间的压力差。油田的圈闭系数(自下而上有规律减小)证明了原油是自下而上运移,然后先下后上,依次充满圈闭的(图 1)。

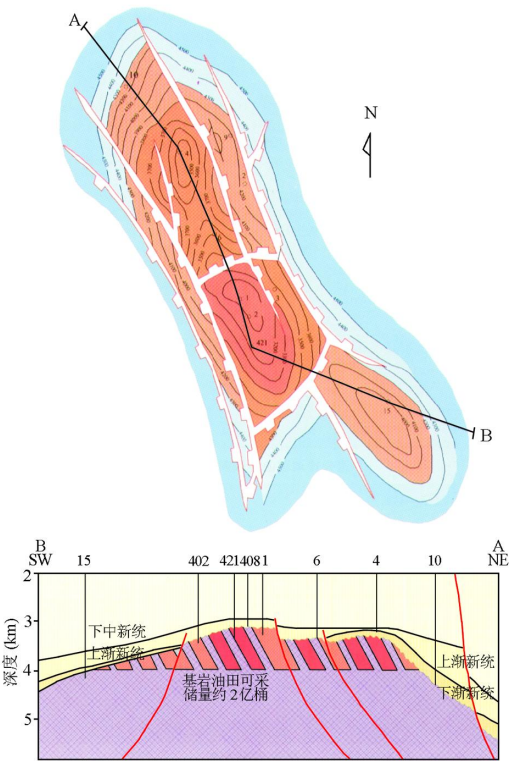


图 1 白虎油田横剖面示意图(转引自童晓光等^[38])

加弗里洛夫认为,花岗岩是沉积、变质岩花岗岩化而生成,在这一过程中,分散有机质在极高的温压条件下形成了轻质烃组分,这些轻烃便成为白虎油田、龙油田基岩油藏形成的基础。

加弗里洛夫对白虎油田(15 块样品)、龙油田(5

块样品)的 20 块花岗岩类流体包裹体中成分测定后发现,岩石中烃类气体的平均含量 15 cm³/kg,他说,奎龙凹陷面积 2×10⁴ km²,花岗岩厚 10 km,那么,分散烃类气体的总和将是 10×10¹² m³,显然,花岗岩矿物包裹体中的烃正是在形成花岗岩过程中形成和进入的。

2. 中国松辽盆地徐家围子兴城气藏

郭占谦、王先彬最早用烃类气体的碳同位素组成特征及氦同位素特征,提出松辽盆地有无机成因天然气,而且是可以成藏的(昌德气田)^[39,40]。

近年来,大庆油田在松辽盆地徐家围子断陷徐深 1 井在兴城构造火山岩上获日产气 53×10⁴ m³,发现了兴城气藏,2003 年 11 月提交储量 352.12×10⁸ m³(预测),从而揭示了中国东北最大天然气藏诞生的序幕,集团公司领导称大庆油田从“油气并举”到“油气并重”,标志着大庆油田进入一个新的时期。其实这正是由于勘探思维的创新才有天然气藏的突破,兴城火山岩气藏的发现正是基岩油气藏勘探实践的成功,也是无机成因天然气勘探的成功。大庆油田的研究人员也撰文进一步论证了徐家围子的无机成因天然气及成藏模式,并认为这种无机成因气可能与地幔热柱有关^[41]。

3. 中国四川盆地威远气田

1982 年,王先彬提出四川威远气田天然气源于地球深部^[42]。围绕威远气田成因的争论一直在继续^[43]。最近,笔者根据现有的天然气分析数据指出,威远气田的天然气为无机成因,可能与下伏峨眉花岗岩有关^⑨。

五、中国基岩油气藏的勘探靶区

作为中国油气勘探的一个方向,基岩油气藏应当受到重视。据统计,渤海湾盆地共发现基岩油气藏(有称古潜山油气藏)61 个,其中辽河断陷 8 个,占辽河油田探明储量 20.3%;黄骅坳陷 8 个,占大港油田探明储量 2.9%;济阳坳陷 20 个,占胜利油田探明储量 14.8%;冀中坳陷 21 个,占华北油田探明储量 59.7%;渤海 4 个,占渤海油田探明储量 2.3%。其储层以中上元古界、下古生界为主。显然,渤海湾盆地尚有相当的潜力。

1998 年 10 月千米桥潜山构造的板深 7 井在奥陶系获高产油气流,标志了大港油田的古潜山勘探的重点突破,这是一个成功的实例。事实上,渤海湾盆地的几个油田,已开始强调深部油气的勘探。这里特别强调,要重视花岗岩(及风化壳)作为基岩油

气藏的勘探。如表1所示,利比亚的纳福拉油田,奥基拉油田,委内瑞拉帕兹油田,越南白虎油田等的原油均储集于花岗岩,而且均是亿吨级大油田,很值得我们借鉴。赵柳生也曾指出:珠江口盆地广泛分布的前第三系花岗岩风化壳要给予足够的重视,并认为,盆地有可能出现较古老的花岗岩组成的基岩圈闭,有可能出现高产油田^[44]。笔者以为,对花岗岩样品要作矿物流体包裹体的分析,特别是烃类组分的分析,这对我们判断是否有油气有特殊意义!除渤海湾盆地外,松辽盆地、东海盆地(天然气田有有机成因气)、南海诸盆地均是寻找基岩油气藏较为现实的地区。俄罗斯学者 Becenob(1995)发表了世界上有22个有量的无机成因油气田,认为,有深大断裂的盆地,广大变质岩、火山岩区均是无机油气的勘探场所(转引自李明诚,2002^[45]),值得借鉴,并引起重视。

六、基岩油气藏勘探的技术难点及解决方案

由于基岩油气藏埋深大,地质构造复杂,岩性差异大,一般难以勘探开发;目前,我们尚无基岩油气藏的预测、普查、勘探、开发的方法。因此针对基岩油气藏需要用特殊的、非常规的方法进行勘探。

(1)鉴于基岩的地质和物性方面的特殊性,依靠常规的地震勘探方法和测井资料所提供的水平地层模型是不够的,必须充分发挥地震勘探法和电法能有效探明地壳内垂向分布,轮廓分明的局部异体的特殊功能,包括:绕射波观测法、地震地层学分析、高吸收率带、变频带和记录特性变化带的多因素探讨以及井间地震、重力观测法等。实践表明,基底裂缝带能清晰地呈现在重力场的显微构造图上,其异常显示为微弱极小、周围为水平梯度增高带、失控场力多变带环境。在磁场显微构造图上,它将以高达10~1000 nT的磁感强度异常清晰显示。此外,宇航造影和He异常观测对于区域划分也比较有效。

(2)俄罗斯古勃金奖金获得者什尼普教授认为,把基岩作为有前景的含油气目标的研究已势在必行。为了研究基岩中油气藏的普查、勘探和预测方法,必须解决下列问题,即基岩中的储层的形成、性质、特征;基岩中油气藏的形成;何种类型基岩利于工业性油气藏的形成;基岩油气藏在地下埋藏深度等等。他提出,“地层分析法”可划分、圈定和描述基岩中的复杂结构和岩石组合,他们在西西伯利亚地台、中亚士兰地台、亚洲 Sunda 大陆架等地区的研究均获得了成功。

(3)最近,俄罗斯自然科学院西伯利亚分院的

Zapivalov 等(2003)强调基岩将是未来大油气藏的勘探靶区,并以俄西西伯利亚、印度孟买海上盆地为例讨论了基底结晶岩石形成大油气藏的可能性。他们认为,所有基岩岩石类型均可储集油气,不过以花岗岩类岩石最好(如越南白虎油田)。重要的是,通过现代地震技术和方法确定基岩内部的结构及储层性质,认为叠前三维深度偏移技术对这一问题的解决作出了重要贡献^[46]。

(4)刘光鼎院士也多次呼吁强化新生代盆地中的下古生代、元古代的碳酸盐岩中的油气勘探,也指出叠前深度偏移技术可解决这一勘探难题。1996年中国科学院地质与地球物理研究所杨长春博士在胜利油田研制出二维叠前深度偏移技术并在精细速度分析的基础上,应用于该地区的反射地震资料处理,第一次认识到在两条逆掩断层制约早古生代地层及众多断层的展布,使胜海古二井在2900 m白云岩风化岩中,钻遇工业油流,日产原油1059 t。接着,大港油田在千米桥地区钻遇古潜山,获日产千吨井^[47,48]。与此同时,在塔里木盆地开发出塔河油气田,这是在深部古生代潜山地层中发现重大工业油气流的成功范例。

(5)最近,胜利油田总结了一套行之有效的碳酸盐岩潜山油气藏勘探的配套核心技术^[49],值得借鉴。

七、结束语

随着油气勘探的不断深入,基岩油气藏将越来越引起勘探家的重视;不仅因为沉积岩的油气已无法满足经济增长的需求,而近年来勘探技术的发展也使对基岩油气藏的勘探成为可能。今天重提基岩油气藏的勘探,绝不是20世纪70~80年代时期的重复,基岩油气藏成因模式的突破必将带来油气勘探的重大发现。

当我们扬弃“源控论”,油气勘探的领域便会大大扩大,一些更大的油气藏将会呈现在我们面前。事实上,一些大油气田均是出人意料地在钻探中发现的,如前述的威远气田,还有长庆气田、塔北油田。如果当初认定源控论,便不会有所发现。

在撰写本文过程中,曾参阅的内部资料:①翁文波.从煤炭定炭比看中国石油远景. OGJ. 1948(1):45-46;②张景廉.松潘—阿坝褶皱带的深部地壳构造与油气前景探讨;③张虎权,张景廉.也谈威远气田的气源. 2005.

参考文献见同期《天然气工业》杂志电子版。网址: www.trqgy.cn

(收稿日期 2005-11-04 编辑 黄君权)