

中国古生界油气勘探前景展望

康玉柱

(中国石油化工股份有限公司西部新区勘探指挥部, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:几十年来, 中国古生代海相成油一直是国内外石油地质学家关注的大问题, 1984年塔里木盆地沙参2井实现古生代海相油气重大突破, 首次证明“中国古生界海相含丰富的石油”。但中国古生界海相油气前景如何? 其一认为是油气勘探重点战略接替领域, 其二认为前景不大, 只是天然气勘探的辅助领域之一。本文从近10年来古生界油气勘探重大进展、古生界油气资源潜力、有利的地质构造条件、多时代成油组合、广泛的勘探领域等方面论述了中国古生界海相油气勘探前景巨大, 将是中国油气勘探重要的战略接替领域之一。

关键词: 古生界; 海相; 油气田; 油气勘探

中图分类号: P534.2 TE1

文献标识码: A

1984年9月塔里木盆地沙参2井实现中国古生界海相油气首次重大突破, 对于“中国古生代海相无油论者”来说是个有力的回击。特别是近10年来, 在塔里木、准噶尔、鄂尔多斯、渤海湾及四川等盆地的古生界中连续发现大中型油气田, 进一步证明了中国古生界油气资源丰富、成藏条件好、勘探潜力巨大, 是油气勘探重要接替领域之一^[1]。

1 近期油气勘探重大进展

(1) 自1984年塔里木盆地北部沙参2井实现古生代海相油气田首次重大突破后, 至今又在古生界中发现18个油气田, 其中主要有:

①1990~1997年在塔里木盆地发现中国第一个古生界大油田——塔河大油田, 2004年探明储量 5.5×10^8 t油当量, 三级储量达 12×10^8 t当量。

②1997年在塔里木盆地巴楚隆起又发现和田河大气田, 探明天然气储量 620×10^4 m³。

③1992年在塔中凸起上发现塔中4油气田。

④1992年在麦盖提斜坡发现石炭系巴什托油气田。

⑤1998年在顺托果勒隆起发现哈德油田, 现探明储量 7700×10^4 t。

⑥2001年后又在塔中凸起发现塔中45、47、58、62及中1井等油气田。

⑦近年来在沙雅隆起轮南地区古生界中又有新发现, 储量快速增长, 探明储量达亿吨。

⑧2003年在满加尔坳陷满东1井志留系中试获工业天然气流。

收稿日期: 2005-06-13

作者简介: 康玉柱 (1936-), 男, 院士, 现从事石油天然气勘探和研究。

(2) 1989~2001年在鄂尔多斯盆地发现苏里格大气田,2003年探明天然气储量 $7000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[2]。

(3) 2003年在川东北地区捷报频传,毛坝1井日产天然气 $33 \times 10^4 \text{ m}^3$;普光1井日产天然气 $42.7 \times 10^4 \text{ m}^3$,从而发现普光大气田。另外川东南赤水官8井日产天然气 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 等。

(4) 在华北发现苏桥、文留、乌马营等古生界气田;在孔古3、4井发现奥陶系原生油藏等。

(5) 在准噶尔盆地陆梁隆起东部发现以石炭系为源岩的气田。

2 古生界资源潜力巨大

中国陆上古生界海相沉积分布面积约为 $280 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。中国古生界具有多时代烃源岩,震旦系、寒武系、奥陶系、志留系—泥盆系、石炭系、二叠系等有机质丰富,并具有早期生烃的特点。据第三次油气资源评价结果,全国石油资源储量 $1068 \times 10^8 \text{ t}$,天然气资源量 $52 \times 10^{12} \text{ m}^3$,其中古生界油气资源量 $434.5 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量,其中石油资源量约 $137.5 \times 10^8 \text{ t}$,占全国的12.8%,天然气资源量 $30.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$,占全国的58.0%(表1)。

表1 中国古生界油气资源分布

Table 1 Distribution of Paleozoic petroleum resources in China

地区	面积/ 10^4 km^2	石油资源量/ 10^8 t	天然气资源量/ 10^{12} m^3
渤海湾	26	2	2.5
鄂尔多斯	25	3	8.3
四川	18	1.5	6.9
下扬子		1.0	2.0
塔里木	56	80	8.0
准噶尔	13	60	1.5
合计		147.5	29.2

全国古生界探明油气地质储量约 $38 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量,探明率仅为8.7%左右。因此,中国古生界海相油气资源量大,探明程度很低,勘探潜力巨大^[3-5]。

3 有利构造条件

3.1 原型盆地、隆起和斜坡发育

中国古生代经历了多旋回演化历史,不但造就了多类型原型盆地,而且形成继承性大型隆起和斜坡,为形成大油气田奠定了有利的基础。如鄂尔多斯盆地中央隆起及其东西斜坡、乌审隆起;塔里木盆地有多个隆起和斜坡即:沙雅隆起、顺托果勒隆起、巴楚隆起、卡塔克隆起、古城隆起、北民丰-罗布庄断隆、莎车隆起、麦盖提斜坡、孔雀河斜坡;准噶尔盆地有中央隆起、陆梁隆起、西部隆起、东部隆起等;四川盆地威远隆起及外围斜坡区,川东北的泸州-开江隆起及石柱隆起等。

3.2 多期构造运动

中国古生代具有多期构造运动特征,主要有4期较强的构造运动,即:中奥陶世末、晚

奥陶世末、志留纪末、泥盆纪末等。①形成多个区域不整合： $O_3/O_{1,2}$ 、 S/O_3 、 D/S 、 $C/S-D$ 、 T/P_2 ；②造就多个大型隆起和坳陷区；③产生多组、多时代断裂带和构造带；④多期构造运动形成多期、多类型的古潜山，为油气运移、聚集、成藏创造了良好条件。

3.3 形成多种圈闭

多期构造运动的不均衡性，产生了各种特点的变形层，发育6种构造圈闭，即逆冲构造、背冲构造、对冲构造、披覆构造、走滑构造、盐构造，在平面上表现为雁列型、帚状型、旋扭型、S型及入字型等扭动构造带。另外，在古斜坡区发育有地层—岩性圈闭等，为油气成藏提供了有利空间。

4 多时代储盖组合

4.1 储集岩

中国四大地块古生界储集层十分发育，具有多时代、多层段的特点，从震旦系—二叠系均有发育，储集岩主要有碳酸盐岩及碎屑岩，部分地区有变质岩及火山岩。根据目前油气勘探现状分析，主要含油气层位为寒武系—奥陶系、石炭系、二叠系及志留系—泥盆系。

海相碳酸盐岩时代较老，多已进入成岩作用后期阶段，基质的孔隙度、渗透率都很低，但多期构造运动和长期风化剥蚀淋滤作用，使其形成十分发育的孔、洞、缝储集体。储集体类型主要为裂缝—孔隙型、裂缝—溶洞型及溶洞—裂缝型等，碳酸盐岩的储集体（层）一般厚度较大，具多层状展布。储集条件好与差，主要受控于各类侵蚀间断面岩溶的发育程度和断裂、裂缝的发育、展布。如四川盆地与区域性不整合有关的气藏占40%，储量高达70%以上，渤海湾盆地古潜山油气藏、鄂尔多斯盆地下奥陶统顶部风化面附近的大型气田和塔里木盆地奥陶系—震旦系古风化面之下均发现了大中型油气田。另外，发现碳酸盐岩内幕深埋岩溶及热液岩溶也可形成较好的储集体。

储集空间类型多，孔、洞、缝储集体是碳酸盐岩储层的又一重要特征。在四川盆地统计200多个气藏中，单一孔隙型的气藏只占6%左右，而裂缝—孔隙型、孔隙—裂缝型气田占85%。类似的实例在塔里木盆地、鄂尔多斯盆地、华北地区等碳酸盐岩储集体中亦普遍存在。表明中国海相碳酸盐岩各类孔、洞、缝组成的储集体是形成大油气田的重要条件之一（表2）。

碎屑岩储集岩：古生界碎屑岩成熟度普遍高于中生界碎屑岩，因此古生界碎屑岩储集物性一般低于中生界碎屑岩（表3）。

4.2 主要盖层

气体吸附法微孔结构分析表明，盆内泥质岩、膏泥岩、泥灰岩、微晶灰岩、膏盐等均属良好盖层，如上二叠统泥质岩，石炭系泥岩、泥灰岩、膏泥岩、石膏、泥晶灰岩，志留系—泥盆系泥岩，寒武系—奥陶系泥岩、泥灰岩、泥晶灰岩、云质泥灰岩、膏盐等。

4.3 多储盖组合

古生界储盖组合可划分4种类型：①自生自储组合，寒武系—奥陶系生成的油气自储于本系地层中，如塔河大油田奥陶系油气田等，石炭系—二叠系自生自储气田，如川东、川东北气田等；②互层式储盖组合，如寒武系—奥陶系生成的油气储集到上覆的志留系—泥盆系中，如塔里木盆地的塔中11志留系砂岩油（藏）及哈德逊上泥盆统砂岩油（藏）等；③侧变式组合，奥陶系灰岩生成的油气储集到侧向白云岩中；④断层式组合，生油岩与储集岩以

表2 中国古生界海相碳酸盐岩储集体特征

Table 2 Characteristics of Paleozoic marine carbonate reservoirs in China

地质时代	油气田	岩石类型	储集类型	物性	储层控制因素
Z	威远气田	白云岩	裂缝—孔洞	$\phi = 1\% \sim 11\%$ $K = 4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	沉积相、成岩作用、 古隆起、构造
O	苏里格气田	白云岩、灰岩	裂缝—溶洞(孔)、晶间孔等	$\phi = 1\% \sim 10\%$ $K = 0.1 \sim 3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、岩性
O	塔河油田	灰岩、白云岩	裂缝—孔洞、裂缝—溶孔	$\phi = 1\% \sim 10\%$ $K = 0.1 \sim 8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、岩性
O ₁	和田河气田	白云岩	裂缝—孔洞、裂缝—溶孔	$\phi = 1\% \sim 12\%$ $K = 4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、岩性
C ₂₋₃	川东气田	白云岩	裂缝—孔洞	$\phi = 1\% \sim 26\%$ $K = 2.5 \sim 5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、沉积相
P	川南气田	藻灰岩、生屑灰岩	裂缝—孔洞	$\phi = 0.5\% \sim 1\%$ $K = 8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、岩性
P	川东北气田	生屑灰岩	裂缝—孔洞	$\phi = 0.5\% \sim 5\%$ $K = 0.2 \sim 3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	构造、岩性

注： ϕ 为孔隙度； K 为渗透率。

表3 中国古生界砂岩物性

Table 3 Physical properties of Paleozoic sandstone in China

地区	层位	岩性	孔隙度/%	渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$
苏南	S	细砂岩	2.2~3	0.06~1
	D	中细砂岩	1.2~2	0.02~0.8
塔里木	S-D	细砂岩	7~18.2	0.1~342.1
	C	细砂岩	8~22.1	0.4~462.9
鄂尔多斯	C-P1	细砂岩	8.8~13.5	
准噶尔	P	细砂岩	2.0~10.5	0.7~45.2

断层为疏导组成的成油组合，如塔里木盆地东河塘石炭系的油田，是寒武系—奥陶系烃源岩生成油气通过断层运聚于石炭系中成藏。

5 勘探领域广泛

中国古生界有丰富的油气资源，油气资源转化率低，潜力巨大。且勘探领域亦十分广泛^[2-3,6-7]。

(1) 古生界的古隆起：如塔里木盆地的沙雅隆起、卡塔克隆起、巴楚隆起、顺托果勒隆起、古城虚隆起，鄂尔多斯盆地中部隆起、北部隆起，四川盆地威远隆起、泸州—开江隆起等，准噶尔盆地中央隆起、西部和东部隆起等。是油气运移的指向区，古岩溶发育，仍是今后发现大中型油气田的重要地区。

(2) 古生界的斜坡区, 如塔里木盆地麦盖提斜坡、孔雀河斜坡和鄂尔多斯盆地、四川盆地古斜坡区, 只发现少量油气田, 勘探潜力大。特别是地层-岩性油气田勘探会有大场面。

(3) 塔里木盆地的寒武系(塔中—巴楚隆起)、石炭系(沙雅隆起—满加尔地区)膏盐层之下前景看好。目前, 已在沙雅隆起的塔河地区石炭系盐下发现高产油气井(沙 106、沙 112……), 并且巴楚隆起上打穿寒武系盐下的探井均见多层良好的油气显示。说明上述两套膏盐下勘探前景好, 定会有大发现^[7]。

(4) 四川盆地东部和鄂西地区发育多个北东向展布的大型构造背斜带, 应是今后发现大型气田的有利地区。

(5) 华北地区古生界也是今后油气勘探的重要领域。

参 考 文 献

- [1] 康玉柱. 沙参 2 井高产油气流发现及今后找油方向 [J]. 石油与天然气地质, 1985, 6 (增刊): 45~46.
- [2] 王庭斌. 中国大中型油气田勘探方向 [A]. 见: 王庭斌主编, 石油与天然气文集 (第 7 集) [C]. 北京: 地质出版社, 1998. 1~33.
- [3] 康玉柱, 黄有元, 黎邦荣, 等. 塔里木盆地古生代海相油气田 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.
- [4] 刘宝瑞. 中国南方古大陆地壳演化及成矿 [M]. 北京: 科技出版社, 1993.
- [5] 郭正吾. 四川盆地形成与演化研究 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- [6] 康玉柱. 中国古生代海相成油特征 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1995.
- [7] 康玉柱, 蔡希源, 张传林, 等. 中国古生代海相油气田形成条件与分布 [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 2002.

PROSPECTS OF PETROLEUM EXPLORATION IN THE PALEOZOIC OF CHINA

KANG Yu-zhu

(Exploration Headquarters of the Western New Region, Sinopec, Urumqi Xinjiang 830011, China)

Abstract: In the past several decades, the marine origin of Paleozoic oil and gas in China has long been an important problem to which petroleum geologists pay great attention. A major breakthrough was made in 1984 when well Shacan 2 encountered Paleozoic oil of marine origin in the Tarim basin, which for the first time demonstrates that "the Paleozoic marine deposits in China contain abundant oil". However, how are the prospects of Paleozoic marine oil and gas in China? Some people think that they are a key strategic substitute area for petroleum exploration, while others consider that they have no broad prospects but are only an auxiliary area for petroleum prospects. From the great advances in Paleozoic petroleum exploration in the past decade, Paleozoic petroleum potentials, favorable tectonic conditions, association of multi-epochal petroleum and wide exploration areas, the author proposes that Paleozoic marine oil and gas in China has great exploration prospects and will be one of the important strategic substitute areas of petroleum exploration in China.

Key words: Paleozoic; marine; oil/gas field; petroleum exploration