

文章编号:1672-9854(2008)-04-0008-04

我国古生代海相碳酸盐岩 成藏理论的新进展

康玉柱

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院)



康玉柱

摘要 近年来在中国古生界新发现大中型油气田 40 多个,其中大型油气田 16 个。在长期研究中国古生代海相沉积特征的基础上,总结归纳近几年来新发现的海相烃源岩,提出对碳酸盐岩有效烃源岩的新认识。从有效烃源岩、古岩溶储集体、油气成藏期次和成藏模式等四个方面概述油气成藏理论方面的新进展;根据油气成藏史研究,结合区域构造演化史、生烃史等,提出塔河油田奥陶系有四个成藏期:加里东中晚期至海西早期;海西晚期;燕山期-喜马拉雅早中期;喜马拉雅晚期。

关键词 古生代;海相沉积;碳酸盐岩;成藏理论;进展

中图分类号:TE122.11 **文献标识码**:A

康玉柱 1936 年生,中国工程院院士。1960 年毕业于长春地质学院。1984 年,在塔里木盆地以地质力学理论为指导主持我国古生代海相油气田的工作;其后又主持发现了塔河大油田;“八五”和“九五”期间主持国家重点科技攻关项目和地矿部 5 个科研项目,全面系统地评价了塔里木盆地油气资源、油气成藏特征;1992 年首次建立我国古生代海相成油理论,并在丰富和发展地质力学找油理论中做出了重要贡献。主持编写多份科研报告,发表科技论文 80 篇,独立编写或主编科学技术专著 11 部。通讯地址:100083 北京市学院路 31 号;电话:(010)82312108

近年来中国古生界海相油气勘探取得较大进展,新发现大中型油气田 40 多个,其中大型油气田 16 个。截止 2005 年全国海相油气资源 $359 \times 10^8 \text{t}$ 油当量,其中原油 $135 \times 10^8 \text{t}$,天然气 $22.4 \times 10^{12} \text{m}^3$,目前油气资源探明程度仅为 6.5% 和 6.3%。海相层系分布面积大,油气资源丰富,油气勘探程度低,资源潜力大。勘探成果表明,随着理论认识的升华、科学技术的进步,新发现的海相碳酸盐岩层系油气田越来越多,越来越大,显示我国古生代海相碳酸盐岩具有良好的油气前景和巨大的潜力^①。

1 国内新发现烃源岩

最新研究表明,元古宙—古生代生物类型多样,海洋微生物产量约是现代的 40%~50%,具有发育良好的烃源岩的物质基础;早古生代发育与深海热液

喷口有关的化合(厌氧或黑暗)生物群落,构成了海相油气资源的一个重要基础。

目前新发现的海相烃源岩地区呈越来越多的趋势。

东北地区 大兴安岭东部、吉林九台扬家沟、敦化、伊春、永吉、延吉、鸡东、双阳、辽阳灯塔县等地均发现石炭系—二叠系烃源岩,主要为暗色泥岩、页岩、泥灰岩、石灰岩等,可见厚度 100~360m。

华北地区 发现元古宇、古生界寒武系—奥陶系及石炭系—二叠系烃源岩。经胜利油田等初步研究估算油气资源量为 $28 \times 10^8 \text{t}$ 油当量。

青藏地区 在羌塘盆地发现石炭系、奥陶系等较好烃源岩;在松潘—阿坝地区发现古生界等多套优质烃源岩。

塔里木盆地 志留系沥青砂岩厚度大、分布广,

收稿日期:2008-04-15

① 金之钧,蔡立国,秦建中,等. 研究动态. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 2007.

经过中国石化石油勘探开发研究院研究及模拟实验认为可作为新的烃源岩,为塔里木盆地增加数十亿吨油气资源量。

2 碳酸盐岩有效烃源岩新认识

近年来中国石油化工股份有限公司勘探开发研究院对海相碳酸盐岩二次生烃问题作了反复研究,特别对塔里木盆地奥陶系石灰岩进行了热模拟实验。研究结果认为:在二次生烃时,可产生液态烃高峰;经过一次生烃的样品,二次生烃时,在不低于一次生烃经历的古温度就有烃类生成,表现了二次生烃作用起步更快的特征;经历二次生烃的烃源岩,其两次累计的生烃量比连续生烃的量。

加水热压模拟实验说明,在生油高峰或模拟温度350℃时,石灰岩排烃下限TOC值为0.12%左右,吸附烃量为0.3216 mg/g,排烃量约为1.2324 mg/g;泥岩排烃下限TOC值为0.33%,吸附烃量约为石灰岩吸附烃量的5倍。热解模拟实验表明,石灰岩排烃下限TOC值为0.124%,吸附烃量为0.8468 mg/g;泥岩排烃下限TOC值为0.41%,吸附烃量为2.6177 mg/g,泥岩吸附烃量要远大于石灰岩吸附烃量。

从冀北坳陷的中元古界蓟县系等海相烃源岩样品热解分析也可以大致推算出石灰岩的排烃下限TOC值约为0.08%,吸附烃量约为0.35 mg/g。排烃下限值与吸附烃量、干酪根类型及有机质成熟度有关。

海相碳酸盐岩的烃吸附量一般在0.35 mg/g左右,变化在0.20~0.85 mg/g之间;泥页岩烃吸附量一般在1.25 mg/g左右,变化在0.46~2.62 mg/g之间。高成熟—过成熟海相碳酸盐岩排烃下限TOC值为0.08%左右,成熟海相富烃碳酸盐岩排烃下限TOC值为0.30%左右^①。

3 古岩溶储集体

经过近几年对古生界海相碳酸盐岩岩溶储集体的勘探和研究,明确了四种储集体类型及五种储集空间类型。

3.1 古岩溶储集体和储集空间类型

古风化壳 碳酸盐岩经过较长时间的暴露风化淋滤作用,形成十分发育的古岩溶。通过塔河大油田的研究,自上而下可分为三个带,如图1。

生物礁滩 近年来在塔里木盆地、四川盆地等古生代台地斜坡带均发现了较发育的生物礁滩相,有塔里木盆地柯坪隆起的苏巴什,巴楚隆起的一间房、永安坝,塔河—轮南地区沙雅隆起、卡塔克隆起1号断裂坡折带,库鲁克塔格、乌里克塔格地区,阿尔金隆起的环形山以及四川盆地川东北和川中地区。这些生物礁滩在淡水淋滤作用下更易形成良好的孔隙储集空间,富集油气。如塔里木中部塔中I号构造带中下奥陶统生物礁滩,已探明亿吨级大油气田的四川盆地东北部普光大气田等均属此类。

鲕粒滩、颗粒灰岩 这一类型在塔里木地块、华北地块及扬子地块海相碳酸盐岩中均有发育,是孔洞缝发育的储集体,它是川东北普光大气田的重要储集类型。

白云岩 白云石化作用使碳酸盐岩产生众多裂缝和孔隙,在白云石化过程中石灰岩被交代而成白云岩,自然形成了孔隙。据研究,当白云石的含量大于50%时,孔隙度增加很快,当白云石含量达80%时,孔隙度可增加到20%~30%。

储集体空间类型也多样,包括孔洞型、裂缝型、孔洞—裂缝型、孔隙—裂缝型、缝洞型等。

3.2 古岩溶储集体形成的主要因素^[1-2]

(1)古风化壳的作用,包括古气候、古水流、古地貌等;(2)构造断裂作用,断裂促进古岩溶发育,断裂越发育地区古岩溶越发育;(3)有机酸作用;(4)深部热液作用;(5)白云石化作用;(6)取决于岩石成分。不同的岩石溶蚀作用不同,如同等条件下石灰岩不如白云岩易溶蚀。

4 油气成藏特征及成藏模式

4.1 成藏特征

根据油气成藏史研究,结合区域构造演化史、生烃史等,对塔里木盆地塔河大油田奥陶系油气藏成藏期进行了研究,结果认为有四个成藏期。

加里东中晚期—海西早期 满加尔坳陷寒武系—中奥陶统烃源岩已进入生油阶段,大量油气排出并向阿克库勒凸起运移,在本区下奥陶统中形成相当规模的油气聚集。泥盆纪末的海西早期运动,使本区志留系—泥盆系及上奥陶统大部被剥蚀,中、下奥陶统也受到部分剥蚀,油气藏遭受暴露而被破

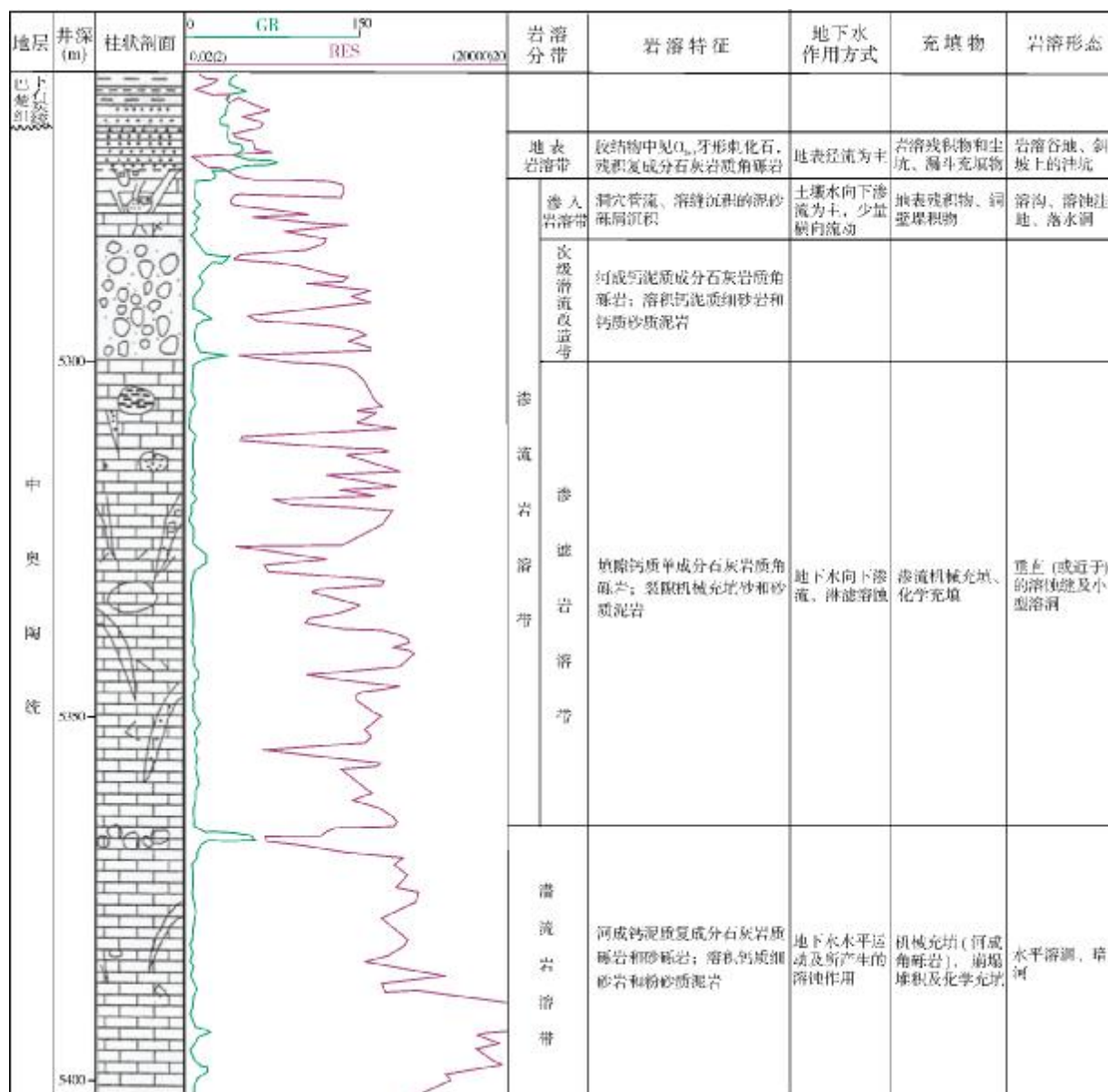


图1 塔河油田 S17 井岩溶剖面柱状图

坏。在缝合线及裂缝中含烃类的水溶液包裹体便是该期油气藏残留的痕迹。

海西晚期 满加尔坳陷及其斜坡地区寒武系—中奥陶统烃源岩已进入生油高峰, 所生成的大量油气沿不整合面、断裂及裂缝向阿克库勒凸起运移, 并在本区中下奥陶统岩溶缝洞系统中聚集成藏。由于中、下奥陶统之上有较厚的石炭系—二叠系盖层而形成良好封堵。因而, 该期是塔河油田奥陶系油气藏最主要的成藏期。二叠纪末的海西运动晚期, 石炭

系—二叠系普遍受到剥蚀, 但本区仍保留有 500~600 m 的下石炭统, 使海西晚期形成的油气藏得以保存。只是由于本区之北的阿克库勒断裂构造带西段海西晚期运动强烈, 石炭系—二叠系被剥蚀殆尽, 下奥陶统裸露地表, 使该区奥陶系油藏严重破坏。由于受大气淡水的强烈影响, 塔河 4 区及塔河 6 区油藏受到严重的氧化水洗、生物降解 (在其原油中普遍检测到 25-降藿烷系列), 油藏受到轻度破坏, 油质变差, 成为低凝固点、高黏度的重质稠油。

燕山期—喜马拉雅早中期 寒武系—中奥陶统烃源岩主体已进入高成熟至过成熟阶段,以生气为主,在沙雅隆起区成熟度相对较低,可生成一定数量的原油。高成熟的油气仍沿不整合面及断裂运移,充注到已在海西晚期形成的油气藏中。

喜马拉雅晚期 寒武系—中奥陶统烃源岩均已进入高成熟—过成熟阶段,所形成的气沿不整合及断裂、裂缝运移,充注到先期形成的油气藏中。

另外,有不少研究机构对四川盆地天然气也作了大量研究,认为四川盆地天然气有三个成藏期:海西期、印支—燕山期和喜马拉雅期^[3-4]。

4.2 成藏模式

以比较典型的塔里木盆地塔河大油田为例进行深入研究,主要有四种成藏模式,即早期聚集型(塔里木盆地塔河油田艾丁 4 油田稠油)、早期裂解再聚

型(塔里木盆地和田河气田、孔雀河英南 2 气藏)、多期聚集型(塔河油田 3-4 区)、晚期聚集型(塔里木盆地巴什托哈德油田)。

另外,四川盆地的天然气藏也有 2~3 个成藏模式。

综上所述,我国古生界海相油气资源潜力巨大,是我国油气勘探的重要领域。

参考文献

- [1] 康玉柱. 中国古生代海相油气发现回顾与启示[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 570-575.
- [2] 康玉柱. 中国古生代大油气田成藏条件及勘探方向[J]. 天然气工业, 2007, 27(8): 1-5.
- [3] 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143-150.
- [4] 康玉柱, 蔡希源, 等. 中古生代海相油气田形成条件与分布[M]. 新疆科技出版社, 2002.

编辑:金顺爱

Advance in Theory of Hydrocarbon Accumulation in Paleozoic Marine Carbonate Rocks in China

Kang Yuzhu

Abstract: The sedimentary characteristics of marine source rocks discovered in recent years are generalized. As the aspects of the paleokarstic reservoir bodies, and the phrases and models of hydrocarbon accumulation, the progress on the theory of hydrocarbon accumulation in Paleozoic marine carbonate rocks is summed up and a new thought about available carbonate source rocks is suggested. A case of accumulation phrase of Ordovician hydrocarbon in Tahe Field is exemplified and analyzed.

Key words: Paleozoic; Marine sedimentary rock; Carbonate rock; Theory of hydrocarbon accumulation

Kang Yuzhu: male, Professor, Academician of CAS. Add: SINOPEC Institute of Petroleum Exploration and Development, 31 Xueyuan Rd., Beijing, 100083 China