

文章编号: 0253- 9985(2003) 04- 0313- 04

中国石化东部探区潜山油气藏勘探前景*

郑和荣, 胡宗全, 张忠民, 刘翠荣

(中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 潜山油气藏是中国石化东部探区重要的油气藏类型, 其成藏条件受控于多种因素。从潜山的成山过程来看, 先成潜山比后成潜山经历的溶蚀作用强, 储层条件较好; 从潜山储层的岩性来看, 碳酸盐岩比碎屑岩更易遭受溶蚀, 且储集空间易于保存; 构造应力对潜山储层有一定的改善作用, 表现在断裂和褶皱有利于裂缝和地下溶蚀的发育; 潜山储层与上覆烃源岩和盖层之间的就近配置利于油气进入潜山圈闭而成藏。下一步的勘探应分 3 个层次进行: 一是深化济阳坳陷, 扩大储量规模; 二是突破东濮凹陷和苏北盆地, 形成新的场面; 三是探索南襄盆地和江汉盆地, 积极寻找新的领域。

关键词: 潜山; 成藏条件; 油气富集规律; 勘探方向

第一作者简介: 郑和荣, 男, 40 岁, 教授级高级工程师(博士), 石油地质综合研究及生产部署

中图分类号: TE111 文献标识码: A

1 勘探现状

被埋藏在年轻盖层之下的基岩突起称为潜山, 其上常发育不整合面。构成潜山的基岩属于上覆盆地的基底。中国石化所属济阳坳陷及滩海

地区共探明了 20 余个潜山(带), 截至 2002 年底共探明石油地质储量 1.54×10^8 t, 在太古界、下古生界、上古生界和中生界中均获得了工业油气流。潜山储层中既有碳酸盐岩, 也有碎屑岩, 还有变质岩(表 1)。

表 1 中国石化东部探区已发现的潜山油气藏特征

Table 1 Characteristics of discovered buried hill reservoirs in SINOPEC eastern exploration region

层位	储层岩石类型	储集空间类型	代表性油气藏(田)
中生界	陆源碎屑砂岩	孔、缝(风化裂缝、构造裂缝)	埕岛埕北 11
上古生界	陆源碎屑砂岩	孔、洞、缝(风化裂缝、构造裂缝)	义和庄、埕东
下古生界	碳酸盐岩	孔、洞、缝(风化裂缝、构造裂缝)	垦利、桩西
太古界	花岗片麻岩	风化裂缝、构造裂缝、溶孔	王庄、桩西油田

东濮凹陷至今已完钻潜山专探井 47 口, 其中有 4 口低产油气流井, 有 1 口工业油气流井。在已钻探的 29 个潜山中, 有 17 个潜山见到油气显示, 但没有规模储量发现。

苏北盆地共有钻遇潜山的探井 200 余口, 见到较多的油气显示, 但至今尚未突破。

泌阳凹陷有多口井在潜山中见到油气显示, 展示了一定的勘探前景。

2 富集规律

潜山具有正向地貌形态, 易形成有效圈闭; 其

顶面常为不整合面或断层面, 可以作为有效的油气运移通道; 潜山在经历风化淋滤之后, 储层内溶蚀孔隙较发育; 潜山顶部不整合面常常也是构造和沉积转换面, 其上往往沉积有良好的烃源岩和盖层, 生储盖组合配置优越。通过解剖中国石化东部探区特别是渤海湾盆地的潜山油气藏实例, 认为潜山油气藏富集一般有以下特点。

2.1 先成潜山优于后成潜山

渤海湾盆地前第三系基底共经历了印支、燕山和喜山三期潜山成山时期, 这三期成山作用叠复在渤海湾盆地形成了丰富的潜山样式。

先成潜山指在上覆地层沉积之前就存在山体形态, 上覆地层厚度常在先成潜山主体部位具有

* 中国石化科技项目: “环渤海湾地区前第三系油气资源前景”资助

收稿日期: 2003- 05- 26

明显的减薄特征。而后成潜山指那些在上覆地层沉积前并不存在正向地貌,在后期构造作用下,在不整合面下形成正向山体形态,后成潜山主体部位,上覆地层厚度一般没有明显的减薄特征(图1)。

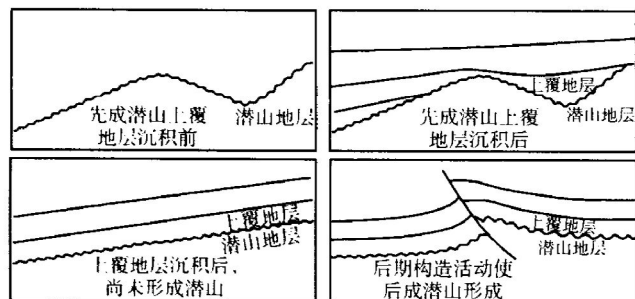


图1 先成潜山与后成潜山

Fig. 1 Early-formed buried hill and late-formed buried hill

在加里东运动及其以前,构造运动在渤海湾盆地整体横向差异性较小,印支运动以后中国东部构造运动的横向差异性明显,沿埕岛-桩西向NW一线为应力集中地区,褶皱和断裂较发育,潜山储层条件好。渤海湾盆地中绝大多数富集高产的油气藏属于先成潜山,如任丘、埕岛、王庄等。而后成潜山由于没有遭受或较少遭受岩溶作用,储层较差,油气富集程度低。在黄骅坳陷,先成的叠置潜山比后成的断块潜山成藏条件要好得多^[1]。

从渤海湾盆地的情况来看,被上古生界覆盖的奥陶系潜山无论储集性能还是含油气情况都不及无上古生界覆盖的潜山优越。前者在钻探中一般不发生放空漏失,油气产量较低且递减较快。这主要是由于前者遭受风化淋滤的时间没有后者长。济阳坳陷印支期剥蚀厚度较大,部分潜山出露下古生界,而南部的东濮凹陷内大多保留有上古生界和中生界,所以济阳坳陷下古生界储层条件比东濮凹陷要好得多。

2.2 碳酸盐岩好于碎屑岩

碳酸盐岩较碎屑岩更易于形成溶蚀孔隙。一些潜山油气藏实例也证实了这一点^[2,3]。

渤海湾盆地潜山中碳酸盐岩储层的探明储量在深层仍然占有一定的比例。以冀中凹陷为例,潜山探明石油地质储量几乎都在碳酸盐岩中,其中深度大于3 000 m的潜山石油探明储量占潜山探明总储量的84.8%。从渤海湾盆地6个油区32

个奥陶系油藏统计的孔隙度与深度的关系表明,奥陶系碳酸盐岩油藏孔隙度随着埋深的增加,孔隙度没有明显的减小,大体保持在5%~6%^[4](图2)。由此可见,碳酸盐岩储层早期形成的孔洞和裂缝受埋深成岩作用的影响较小,在埋至深层后仍然能保存较多的孔洞和裂缝。

渤海湾盆地已发现的中生界和上古生界碎屑岩储层含油潜山探明储量埋深大多小于3 000 m。碎屑岩储层在埋至中、深部后,储层受成岩作用影响明显,随着埋深的增加,储层物性明显变差。

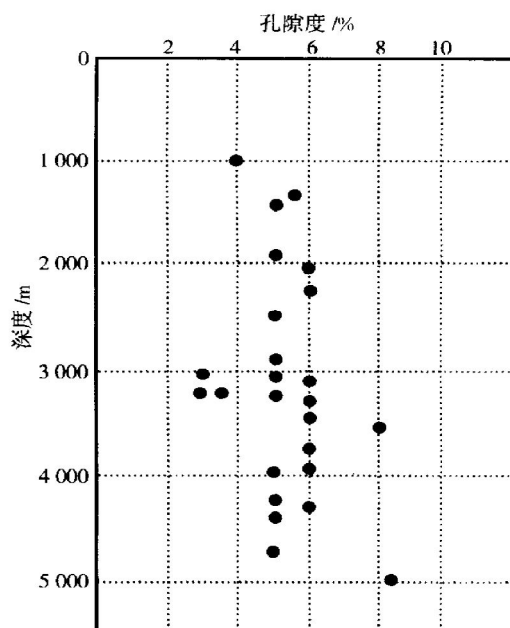


图2 渤海湾奥陶系碳酸盐岩储层孔隙度与深度的统计关系^[4]

Fig. 2 Statistical graph of porosity versus depth in Ordovician carbonate reservoir in Bohai Bay basin

2.3 与断裂和褶皱关系密切

有大量断层和褶皱的古潜山构造裂缝发育,再经过长期的风化淋滤以及地下水的作用,不但扩大和连通了原有的裂缝孔隙,并可形成新的溶蚀孔洞。钻探进入潜山中常可见到的钻时突然加快和放空现象,说明了潜山储层孔隙和裂缝发育。济阳坳陷八面河地区有反向的八面河基底断层,临近该断层的角7井在钻遇奥陶系时钻杆放空,同时由于钻探使古溶洞垮塌导致井场塌陷。桩西、埕岛等许多潜山中见有洞穴角砾岩堆积和地下河流沉积,它们都能构成高产储层。从已探明的古潜山油气藏来看,油藏规模大,储量丰度高的

潜山油气藏均为受古构造控制的古潜山,特别是继承性活动的两组基岩断层交汇处所夹持的潜山物性最好,溶蚀孔隙和裂缝十分发育。若潜山远离断层和褶皱构造,则裂缝不发育。构造裂缝对千米桥潜山储层物性的改善效果也是很明显的^[5,6]。

渤海湾盆地由沾化、车镇凹陷向南到惠民凹陷、临清凹陷,再到东濮凹陷,基底褶皱强度逐次减弱,造成储层条件依次变差。

2.4 受生储盖配置的控制

上覆下第三系的生烃能力是决定盆地内潜山成藏的关键因素之一。下第三系生烃潜力大、油气资源丰富的凹陷其潜山油气成藏条件可能就好。

潜山油气藏成藏的一个重要条件是潜山供油的方式,对潜山的成藏和油气富集具有重要的影响。按照潜山供油的方式、通道和范围可以分为 4 大类,即单向窗口供油、单向不整合面供油、单向断面供油和双向多重供油。潜山的供油方式以有效烃源岩覆盖并直接与潜山接触的双重多向供油最为有利,其次为潜山与有效烃源岩直接接触的单向不整合面或断面供油,而窗口供油的效率最差。

良好的烃源岩与物性好的潜山储层在横向上和垂向上就近配置,并且在盖层封阻条件也较好的情况下,潜山易于成藏^[7]。前人依据渤海湾地区潜山与下第三系烃源岩在空间上的相对位置,将潜山划分为低位序、中位序、高位序和顶位序 4 种类型^[4](图 3)。中位序潜山的生储盖配置最好,

是目前发现油气藏最多的类型;高位序潜山的生储配置好但储盖配置稍差,在其中也发现了油气藏,但较中位序要少得多;低位序潜山的烃源条件和盖层条件都要差一些,但在局部位置仍可形成良好的生储盖配置关系;顶位序潜山生储配置和储盖配置均较差,成藏难度较大。

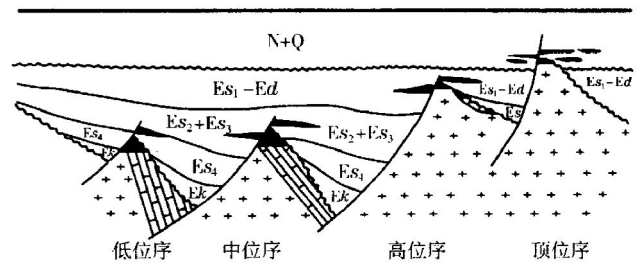


图 3 渤海湾盆地中潜山的位序分类^[4]
Fig. 3 Classification of buried hills in Bohai Bay basin by overlain stratigraphic horizon

3 勘探方向

3.1 成藏条件对比

济阳凹陷各凹陷下第三系烃源岩生烃能力强,潜山成因类型多,先成潜山发育,潜山储层孔渗条件较好,一部分潜山的生储盖配置条件良好。其中惠民凹陷在储层条件、生储盖配置等方面比济阳凹陷其他凹陷和滩海地区稍差,但其油源条件和潜山发育条件均较好,表明惠民凹陷的潜山具有一定的成藏条件(表 2)。

表 2 中国石化东部探区各凹陷潜山油气成藏条件对比

Table 2 Comparison of reservoiring conditions in different sag buried hills in SINOPEC eastern exploration region									
凹陷及地区	潜山发育特征			油源条件	储层条件	生储配置	储盖配置	现今勘探效果	成藏条件综合评价
	性质	规模	数量						
滩海	先成	大	多	好	好	好	较好	好	有利
车镇	先成	较大	多	好	好	好	好	好	有利
沾化	先成	较大	多	好	好	好	好	好	有利
东营	先成	较大	较多	好	较好	好	较好	较好	有利
惠民	先成、后成	较大	较多	较好	中-差	较差	好	较差	较有利
东濮	后成为主	较大	多	好	中-差	较好	较好	较差	较有利
南阳	后成	小	少	差	差	差	差	差	差
泌阳	后成	小	少	好	差	差	差	差	差
潜江	先成	大	较多	较好	差	较好	差	差	较差
高邮	先成	大	较多	较好	差	较好	较差	差	较差
金湖	先成	大	较多	较差	差	较好	较差	差	较差

东濮凹陷在中央隆起带的潜山大多为后成潜山, 储层条件较差。由于上古生界和中生界发育较好, 下第三系油源只能通过窗口向潜山供油, 有一定的生储配置和储盖配置条件。总体来讲, 潜山成藏条件较有利。

泌阳凹陷和南阳凹陷基底构造不发育, 且基底以变质岩为主, 储层条件差, 在基底与核桃园组主力烃源岩系之间存在巨厚的、以粗粒沉积为主的大仓房组和玉皇顶组, 该套地层生烃能力和封阻性能均差, 导致潜山的生储组合和储盖组合都较差, 总体成藏条件较差。

潜江凹陷油源条件、生储配置条件、潜山发育条件都较好, 不利条件是多为高位序潜山, 盖层条件差, 这可能是制约其成藏的关键因素。

苏北盆地的高邮和金湖凹陷的潜山有较好的生储配置条件, 但潜山主要由推覆作用形成, 储层受风化淋滤的时间短, 储层条件差, 上覆白垩系底有一套稳定分布的砾岩, 盖层条件较差。

3.2 下步目标

针对中国石化东部老油区潜山下一步的油气勘探, 可以分3个层次进行。

一是深化济阳坳陷, 进一步扩大潜山储量规模。

沾化和车镇凹陷近几年对沿陡坡二台阶断裂带的潜山油气藏勘探取得了良好的效果, 近期应进一步探索义和庄潜山内幕油藏、孤岛潜山内幕油藏、桩西潜山内幕油藏、埕东潜山、车镇北带二台阶潜山和大王庄断层上升盘潜山的成藏条件。

滩海地区近期要加大对垦东北部潜山、埕岛潜山内幕的评价勘探力度。

东营凹陷北带前第三系以太古界变质岩为主, 除在边界断层上盘寻找小型断阶潜山外, 应积极探索断裂下盘太古界潜山的内幕, 寻找可能沿断裂发育的局部高孔渗带。在东营南坡的广饶凸起和西边的滨县凸起、青城凸起, 应沿凸起朝向凹陷一侧寻找相对低位序的潜山油气藏。

惠民凹陷应积极探索中生界潜山的勘探潜力, 有利勘探区带在凹陷南坡靠近临邑洼陷的地区。

二是突破东濮凹陷和苏北盆地, 形成新的勘探场面。

东濮凹陷潜山具有多套生储盖组合和多种成

藏模式^[9]。东部兰聊断裂带具有横向上“三分”特征, 断裂带内具有复杂台阶断层组合特征^[8], 紧靠下第三系生烃中心, 油源供给十分充足, 潜山成藏条件相对有利; 中央隆起带长期处于凹中隆的构造形态, 断层沟通了下第三系油源与下古生界、上古生界和中生界储层之间的联系, 潜山成藏条件优越, 可能在多个层位形成潜山油气藏, 最近在中央隆起带文古2井的上古生界喜获工业油气流, 说明在该带应重视构造高部位的碎屑岩潜山。

苏北盆地下一步勘探, 要针对潜山勘探目标进行成藏条件综合分析, 优选出生储配置关系良好的目标进行钻探。目前主要看好高邮陡坡带。

三是探索南襄盆地和江汉盆地, 寻找新的勘探领域。

针对泌阳—南阳凹陷, 应在南部陡坡带深化断裂带构造特征研究, 寻找次级的断阶带。同时应积极探索断层上升盘基岩内幕。

潜江凹陷北侧存在二台阶断层, 是下一步潜山油藏取得突破的重点地区; 凹陷西南侧的新沟咀潜山带和东南侧的通江口潜山带, 也有一定的勘探潜力。

致谢: 本文得到中国石化石油勘探开发研究院关德范院长和张洪年副院长的指导, 中国石化油田部钱基总地质师指出过宝贵的修改意见, 谨致谢意!

参 考 文 献

- 1 吴永平, 付立新, 杨池银, 等. 黄骅坳陷中生代构造演化对潜山油气成藏的影响[J]. 石油学报, 2002, 23(2): 16~21
- 2 马丽娟, 何新贞, 陈海云. 草桥—广饶潜山油气藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 96~98
- 3 董冬, 陈洁. 断陷盆地潜山油气藏体系的形成、分布和勘探[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(6): 26~27
- 4 高瑞祺, 赵政璋. 中国油气新区勘探(第三卷)——渤海湾盆地隐蔽油气藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001
- 5 李建英, 卢刚臣, 孔凡东, 等. 千米桥潜山奥陶系储层特征及孔隙演化[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 367~371
- 6 陈昭年, 陈发景, 苏俊青, 等. 断裂作用对北大港构造带潜山油气藏的控制[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 92~94
- 7 林松辉, 王华, 张桂霞, 等. 东营凹陷西部潜山油气藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(4): 360~363
- 8 刘秋生, 李火车, 贾艳君, 等. 兰聊断裂带“横向三分”结构及其意义[J]. 石油地球物理勘探, 1998, 33(增刊1): 89~97
- 9 袁先春, 赵新国, 刘小红, 等. 东濮凹陷古潜山勘探潜力分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(2): 29~32

DISCUSSION ON DISCOVERY DEGREE OF PETROLEUM RESOURCES

Zhou Qingfan

(*Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing*)

Abstract: A discovery degree of petroleum resources is one of important factors that indicate petroleum exploration maturity. Because of the concepts of resources and reserve used in China and other countries are different, the terms of the discovery degrees used by them have also not same meaning. A misunderstanding might be made when the magnitude of the discovery degrees with different meanings are directly compared. According to the different meanings of resources and reserve concepts used at home and abroad, the discovery degrees of petroleum resources in place and recoverable resources have been introduced in this paper. The discovery degree of petroleum resources in place is the percentage of cumulative proven reserves in place with respect of total resources in place; the discovery degree of recoverable petroleum resources refers to the percentage of cumulative proven recoverable reserves with respect of total recoverable resources. By the end of 2000, the discovery degree of oil and gas resources in place in China is 20.5% and 7.7%, respectively, the discovery degree of recoverable oil and gas resources in China is 52.5% and 17.4% respectively; the discovery degree of recoverable oil and gas resources in the world is 57.3% and 50.3% respectively; the discovery degree of recoverable oil and gas resources in the U. S. is 56.4% and 57.6% respectively. Hence, the difference between the discovery degrees of recoverable oil resources in China and the world (or in the U. S.) is not too large, but the discovery degree of gas recoverable resources in China is much lower than that in the world and the U. S.

Key words: oil and gas resources; resources base; proved reserves; discovery degree

(Continued from Page 316)

PROSPECT OF BURIED HILL RESERVOIRS IN SINOPEC EASTERN EXPLORATION REGION

Zheng Herong Hu Zongquan Zhang Zhongmin Liu Cuirong

(*Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing*)

Abstract: The buried hill reservoir is the important type of oil and gas pools in SINOPEC eastern exploration region. Formation of buried hill reservoir is controlled by several factors. In view of the formation of buried hill, the early-formed buried hills were subjected to a stronger dissolution than did late-formed buried hills, with better reservoir condition. In view of the reservoir lithology of buried hill, carbonate reservoir is easier to undergo dissolution than does clastic reservoir, with a relatively better preserving condition of reservoir space. Tectonic stress can reform the buried hill reservoir to some extent, as fault and fold are advantageous to the development of fracture and underground dissolution. The near disposition of source rock, reservoir rock and cap rock is favorable for oil and gas accumulation in buried hill traps. The future exploration of buried hill in SINOPEC eastern exploration region is (1) to conduct the further detailed prospecting in Jiyang sag in order to ensure stable reserve additions; (2) to drill the favorable traps in Dongpu and Subei sags for finding major discoveries in buried hill reservoirs; (3) to evaluate the exploration prospect of buried hill reservoirs in Nanxiang and Jiangnan basins.

Key words: buried hill; reservoiring condition; petroleum accumulation; prospecting strategy