

断陷盆地碳酸盐岩潜山储层模式

——以渤海湾盆地济阳拗陷为例

马立驰^{1,2}, 王永诗², 姜在兴¹, 陈世悦¹

(1. 石油大学, 山东 东营 257061; 2. 中国石油化工股份有限公司
胜利油田有限公司 地质科学研究院, 山东 东营 257001)

摘要: 断陷盆地碳酸盐岩潜山发育了裂缝型、溶蚀型和孔洞型 3 种基本储层类型。不同的储层类型具有各自独立的成因机制和发育规律, 它们共同构成风化壳淋滤带、垂直渗流带、水平溶蚀带、内幕孔洞带、断裂溶蚀带和构造裂缝带等 6 个储集体发育带, 在空间上组合成复式立体的断陷盆地碳酸盐岩潜山储层模式。

关键词: 储层模式; 发育规律; 碳酸盐岩潜山; 济阳拗陷; 断陷盆地
中图分类号: TE122. 2 文献标识码: A

渤海湾盆地济阳拗陷碳酸盐岩潜山是指下古生界寒武系、奥陶系的潜山, 累计探明石油地质储量已超过 1×10^8 t。特别是近几年, 又相继发现了富台油田和桩海亿 t 级含油目标区, 证明其仍然具有巨大的勘探潜力。但是, 经过多年的勘探, 相对简单的、埋藏较浅的、上覆地层较单一的潜山已勘探完毕, 现在的勘探对象主要是埋藏深、构造复杂、难于勘探的潜山。众所周知, 储层是油藏形成的基础。由于受目前地震资料品质的制约, 虽然针对潜山储层的预测技术有很多, 但真正的、预测精度完全可以满足目前生产需要的技术还需进一步努力。因而, 有必要对断陷盆地碳酸盐岩潜山储层模式进行系统研究, 在地质概念上指导潜山的下一步勘探。

1 基本地质特征

济阳拗陷是渤海湾盆地西南部的一个次级构造单元。作为华北地台的一部分, 下古生界具有同华北地台相同的沉积环境, 是在太古界结晶岩基底上发育起来的碳酸盐岩沉积, 地层厚度达 1 400 m。至早奥陶世亮甲山期, 受怀远运动的影响, 地层整体抬升, 遭受一定的风化淋滤。之后重新沉降, 接受碳酸盐岩沉积。中奥陶世末, 加里东运动使华北地台整体上升, 长期遭受风化剥蚀, 缺失上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统。中石炭世本溪组开始, 在加里东准平原化的基础上接受了石炭—二叠系的沉

积。之后, 济阳拗陷下古生界潜山经历了三叠纪褶皱隆升阶段(印支期)、侏罗—白垩纪断块切割抬升阶段(燕山期)和第三纪掀斜翘升改造及覆盖掩埋阶段(喜山期), 形成了现今北断南超的断陷盆地构造格局, 不同类型的潜山带分布在断陷盆地的不同部位^[1~3]。

2 潜山储层发育规律

2.1 储集空间类型

济阳拗陷碳酸盐岩经历了长期的成岩作用和构造运动改造, 具有储集空间类型多、结构复杂、分布极不均匀的特点。可分为晶间孔隙、晶间溶孔、溶蚀洞穴、充填溶洞、晶簇洞、开启裂缝、溶蚀裂缝、全充填裂缝及压溶缝等 9 种。从成因和形态考虑, 可划分为孔洞型、溶蚀型和裂缝型 3 种基本类型^[4~6]。

2.2 储集系统划分

按照储层空间分布特点, 济阳拗陷碳酸盐岩潜山储层可划分为不整合面型和内幕型两大储集系统。不整合面型储集系统, 其储层类型、发育程度及分布与区域构造不整合面的发育密切相关。而内幕型储集系统的发育与区域构造不整合面没有直接的、明显的联系, 与上部不整合面型储集系统之间有大段隔层相分隔, 成藏时构成各自独立的油水系统。不同的储层系统可有相同或相似的储层类型, 但其成因及空间分布却有较大的差别, 对油气分布的影

响亦有所不同^[7]。

2.3 溶蚀型储层发育规律

2.3.1 不整合面溶蚀型

不整合面岩溶储层模式在国内外的文献中比较常见,并被学术界所接受^[1-3]。济阳坳陷碳酸盐岩潜山岩溶极其发育,表现为发育面积广、持续时间长、区域性广泛分布的特点。大部分探井都钻遇了不同程度的岩溶,表现为钻放空、泥浆漏失以及钻时加快等,岩心上表现为发达的洞穴系统。每次大的沉积间断都是一期岩溶发育期。在不整合面附近自上而下发育风化壳淋滤带、垂直渗流带、水平潜流带及深部缓流带。济阳坳陷断陷盆地多期构造活动的特点,形成了多期溶蚀作用的叠加。不同构造部位,遭受风化剥蚀程度不同,因而遭受的溶蚀作用、溶蚀期次存在较大差别,可以根据其上覆地层来判断其遭受溶蚀的强度。如广饶潜山上覆为第三系地层,除遭受了潜山普遍存在的加里东期岩溶外,又遭受了印支、燕山和喜山等多期复合溶蚀作用。富台潜山之上石炭—二叠系地层保存较全,只遭受了潜山普遍存在的加里东期岩溶作用^[8]。

2.3.2 内幕溶蚀型

济阳坳陷下古生界碳酸盐岩沉积后,漫长的地质年代中经历了多期构造运动、成岩作用等内外地质因素的改造,形成了特有的内幕溶蚀型储层。

1) 内幕水平溶蚀带。济阳坳陷是一典型的断陷盆地,在盆地的构造部位发育了滑脱山、断块山、块断山和残丘山等 4 类 8 种潜山^[1]。多期构造运动,特别是燕山期的断裂活动,造成湖平面的升降和潜山块体沉降相“耦合”,从而在潜山内部形成断陷盆地特有的内幕水平溶蚀带。该种类型的储层在断块山和滑脱山中比较发育。同时由于多期构造运动,断层多期活动和湖平面升降引起的多期不同高度的潜水面变化,形成多层水平溶蚀带。如义和庄油田沿义东断层发育了 3 个水平溶蚀带,溶蚀深度 > 500 m,水平溶蚀可达 700 m(图 1)。又如富台油田自下而上大致可分为太古界—馒头组、凤山组—治里亮甲山组、下马家沟组、上马家沟组—八陡组等 4 套储集层,分别与其上部的非渗透性隔层组成较好的储盖组合。其中的凤山组—治里亮甲山组、下马家沟组储集空间的形成都与内幕水平溶蚀作用紧密相关。

2) 内幕同生岩溶带。济阳坳陷寒武系、奥陶系沉积时期,处于潮坪、潮间坪和局限海沉积环境,发育了早寒武世—早奥陶世早期、早奥陶世晚期—中奥陶世 2 个大的沉积旋回^[3]。在沉积层序内会出现小规模向上变浅的旋回和短暂的大气暴露面,产生

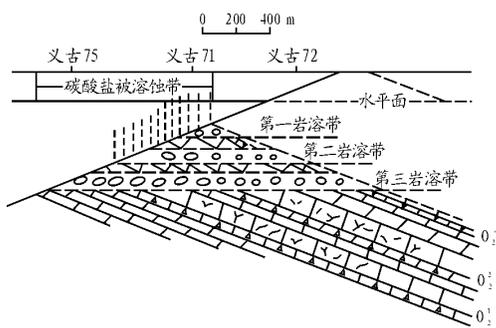


图 1 济阳坳陷义和庄地区岩溶带发育

Fig. 1 Sketch map of corrosion belt in the Yihezhuang area of the Jiyang Depression

溶解作用,其中表现最为明显的是亮甲山组沉积后的怀远运动。在山东境内新泰、淄博等地均能见到在亮甲山组的顶部风化面上有底砾岩等怀远运动存在的证据。在山东嘉祥剖面上,治里亮甲山组地层可以见到 4 层由于潜水面变化而形成的溶蚀孔洞^[9]。

3) 内幕深部溶蚀作用。在石炭、二叠地层沉积后直至喜山期间,由于埋藏成岩作用,由成岩压实排出的压实水、干酪根转化形成的酸性水等可造成深部溶蚀作用,该作用在潜山各层段储层中普遍发育,尤其是第三纪深部溶解作用对碳酸盐岩储层最终面貌的形成起了重要的作用^[10]。目前,受认识程度的制约,对该套储层的预测存在一定的差距。

2.4 孔洞型储层发育规律

济阳坳陷孔洞型储层是特有的区域性分布的内幕型储层。主要指凤山组、治里组和亮甲山组的地质,总厚度 200 m 左右。这套地层远离不整合面,由大套非渗透性地层同顶部风化壳隔开。

有关该套地层的成因,笔者曾进行过详细探讨,认为凤山—治里亮甲山组的中细晶白云岩的特定岩性、岩石结构和成岩作用是其形成储层的基础^[9]。通过目前钻遇井的薄片观察,该套地层孔喉最大宽度可达 30 μm,最小宽度 0.1 μm,孔隙度一般 3%~5%,个别最大可达 23%。从区域角度以及目前钻探情况分析,这是一套区域性分布的储层。

此外,多期构造运动使得凤山—治里亮甲山组地层储集物性得到改善。特别是亮甲山组,地层沉积之后的怀远运动使得地层发生短暂暴露而形成早期岩溶作用,对储集物性起到很大的促进作用。如车古 201 井在该套地层中获得日产 124 t 的高产工业油流(图 2)^[11]。

2.5 裂缝型储层发育规律

裂缝是碳酸盐岩重要的储油空间,它沟通孔隙

蚀缝洞组成,溶沟、溶缝中的充填物主要为地表残积物和洞壁塌积物。中下部由溶塌角砾岩、填隙角砾岩等组成,缝洞中为一般机械物质和少量化学物质所充填。

3) 水平溶蚀带。由不整合面溶蚀带和内幕溶蚀带组成。济阳拗陷断陷盆地多期构造活动,造就了多期水平溶蚀带共存的特点。特别是断块山和滑脱山中的内幕水平溶蚀带,是断陷盆地独有的储层类型。

4) 内幕孔洞带。经过白云石化和重结晶作用的冶里—亮甲山组和凤山组白云岩在后期深层溶解作用下形成孔洞型储层,具有区域分布的特点。

5) 断裂溶蚀带。断裂及其有成因关系的裂隙为水介质提供了流动通道,加大了水介质和碳酸盐岩的接触面积,加速了水介质的溶解作用,在断层附近形成溶蚀裂隙带。

6) 构造裂缝带。构造复合部位、转弯、端部、褶皱的轴部等发育的以裂缝为主的储层,具有深度跨度大,任何层位、任何深度都可能发育的特点。

4 结论

济阳拗陷下古生界潜山已在不整合面型储集系统中获得了良好的勘探成果。潜山内幕型储集系统,特别是水平溶蚀带和内幕孔洞带为最近几年才

被认识到的新储层,应是今后勘探的重点。对于已发现的潜山油藏,应进一步加强内幕型储集系统的勘探;对于新发现的潜山,在井位设计上要遵照上下兼顾的原则。

参考文献:

- 1 李丕龙,张善文,王永诗等. 多样性潜山成因、成藏与勘探——以济阳拗陷为例[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 4~ 83
- 2 李丕龙. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以济阳拗陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1): 3~ 10
- 3 王 颖. 构造模拟实验在构造研究中的应用——以桩西潜山为例[J]. 石油实验地质,2004,26(3): 308~ 312
- 4 甘华军. 潜山圈闭含油气系统特征研究[J]. 石油实验地质,2004,26(3): 338~ 343
- 5 尚明忠. 断陷盆地斜坡带油气勘探——以东营凹陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(4): 324~ 327
- 6 罗佳强,沈忠民. 油页岩在渤海湾盆地济阳拗陷下第三系石油资源评价中的意义[J]. 石油实验地质,2004,26(3): 308~ 312
- 7 陈永武. 储集层与油气分布[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 245~ 262
- 8 宋国奇,徐春华,王世虎等. 胜利油区古生界地质特征及油气潜力[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2000. 21~ 30
- 9 马立驰. 济阳拗陷下古生界内幕型储层成因探讨[J]. 特种油气藏,2003,10(3): 13~ 14
- 10 孔祥星,张林晔. 济阳拗陷车西洼陷油—源对比及运移规律研究[J]. 石油实验地质,2005,27(2): 188~ 193
- 11 马立驰,王永诗,吕建波. 济阳拗陷下古生界潜山内幕油气藏勘探[J]. 油气地质与采收率,2004,11(1): 26~ 27

RESERVOIR MODEL OF CARBONATE BURIED-HILL IN RIFTED BASIN —TAKING THE JIYANG DEPRESSION AS AN EXAMPLE

Ma Lichi^{1,2}, Wang Yongshi², Jiang Zaixing¹, Chen Shiyue¹

(1. University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China; 2. Research Institute of Geological Science, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257001, China)

Abstract: Carbonate buried-hill of rifted basin has 3 basic types of reservoir: fracture, corrosion and pore space. Each type has its specific forming mechanism and distribution rule. Various reservoirs assemble to form combinational solid reservoir model in space. It can be divided into weathered crust filtered belt, vertical seepage belt, horizontal corrosion belt, internal pore space belt, fracture corrosion belt and structural fracture belt.

Key words: reservoir model; distribution rules; carbonate buried-hill; the Jiyang Depression; rifted basin