

塔中地区奥陶系碳酸盐岩不整合带的结构

刘克奇¹, 蔡忠贤², 张淑贞¹, 赵桂青¹

(1. 中国石化胜利油田有限公司 东辛采油厂, 山东 东营 257094; 2. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074)

[摘要] 塔中地区中上奥陶统与下奥陶统之间发育碳酸盐岩不整合, 不整合带是溶解作用发生的有利地带, 可以作为烃类运移通道或油气聚集的场所。应用地质和地球物理方法对塔中地区奥陶系碳酸盐岩不整合进行了研究。塔中地区奥陶系碳酸盐岩不整合输导体在流体运动特点上不整合面上、下分属于两个不同的流体流动场, 不整合面下, 流动孔隙主要由孔-洞-缝孔隙体系构成, 因此, 流体的运动属于复杂介质条件下的流体运动, 而不整合面上的层状渗透性体大多数情况下属于孔隙型介质, 流体在其中的流动通常可以用达西定律加以描述。因此, 不整合输导体中, 流体从不整合面下向不整合面上运动, 在流型上必然发生明显转换, 这种转换对烃类的聚集是非常重要的。

[关键词] 塔中地区; 奥陶系; 碳酸盐岩; 不整合带; 结构; 塔里木盆地; 新疆

[中图分类号] P618.130.2; TE121.3 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2006)02-0041-04

Structure of Ordovician Carbonate Unconformity Zone in Tazhong Area

LIU Ke qi¹, CAI Zhong xian², ZHANG Shu zhen¹, ZHAO Gui qing¹

(1. Dongxin Petroleum Production Plant, Shengli Oil field Company of SINOPEC, Dongying 257094, Shandong, China; 2. School of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

Abstract: The unconformity between the middle upper and the lower Ordovician serials is well developed in Tazhong area. As the favorable place of dissolution, the unconformity zone has the function to serve as the pathway of the migration and accumulation of oil and gas because of the improvement of its physical property. The unconformity zone is of great significance in the petroleum prospecting. The structure of the Ordovician carbonate unconformity zone is studied by means of geological and geophysical method. There are two different fields of fluid flow above and under the Ordovician carbonate unconformity in terms of the characteristics of fluid flow in Tazhong area. The migration pathway under the unconformity is mainly composed of pores, caves and fractures where the flow regularities are complicated. While the migration pathway above the unconformity mainly consists of pores where the fluid flow can be characterized by Darcy's law. Apparently, there will be a shift of the flow pattern when the fluid migrates upward to penetrate through the unconformity, and it is of great importance for the petroleum accumulation.

Key words: Tazhong area; Ordovician; carbonate; unconformity zone; structure; Tarim Basin; Xinjiang

0 引言

不整合是构造运动和海平面升降的产物^[1]。

平行不整合的形成是由于地壳在一段时期处于上升, 而在上升过程中地层又未发生明显褶皱或倾斜, 只是露出水面发生沉积间断和遭受剥蚀。经过一段时期后又再次下降接受新的沉积, 从而使上、

[收稿日期] 2005 06 28

[基金项目] 国家九五重大科技攻关项目(960007)

[作者简介] 刘克奇(1974-), 男, 山东高唐人, 博士, 从事油气成藏机理研究。

下地层之间缺失了一部分地层,但彼此的产状却是基本平行的。这一过程可以表示为:下降沉积-上升、沉积间断和遭受侵蚀一再下降、再沉积。地层不整合接触是研究地质发展历史及鉴定地壳运动特征和时期的一个重要依据。对不整合在空间上的分布和类型的变化情况进行研究,有助于了解古地理环境的变化。不整合面及其上下相邻岩层中,常形成铁、锰、磷及铝土矿等沉积矿床,不整合也是构造上的一个软弱带,常成为岩浆及其他含矿溶液的活动地带,有利于形成交代型或填充型的内生矿床及次生富集矿床^[2]。同时,不整合对油气和地下水的储集也具有重要意义,世界上有很多油气是聚集在不整合面附近^[3]。

1 塔中地区区域地质概况

塔中地区地层发育比较齐全,除了缺失侏罗系和面积缺失震旦系外,寒武系至第三系均有分布。许多层系由于受构造运动影响,有不同程度地剥蚀,地层之间表现为不整合接触关系(图 1)。重要不整合有中上奥陶统与下奥陶统间的不整合、志留系与奥陶系间的不整合、泥盆系与志留系间的不整合、石炭系与其下伏地层的不整合,这些不整合是构造运动的产物,反映了塔中隆起演化具有多期构造活动的特点。研究塔中地区不整合带的结构及其功能,可以有效地指导该区的油气勘探实践。

2 奥陶系碳酸盐岩不整合带的结构

2.1 不整合带的结构划分

许多专家学者对不整合进行了研究和探索,总结起来,认识如下:风化壳具有垂向分带的结构,其成分和厚度因地而异,主要与岩性、气候、地形和风化作用的时间等因素有关。一般在潮湿炎热气候区,3 种风化作用都很显著,化学风化和生物风化作用尤为普遍和强烈,因而风化壳厚度大,结构复杂;干旱区则是以机械风化为主形成的风化壳,厚度一般较小,常仅有数十厘米,结构亦较简单^[4-10]。在此基础上,提出了不整合带的结构(表 1)。

2.2 塔中地区奥陶系碳酸盐岩不整合输电体的界定

按渗透性构造的空间发育部位,成因上与不整合面的发育有关的渗透性构造可以分成不整合面下和不整合面上来讨论。在渗透性构造上,不整合

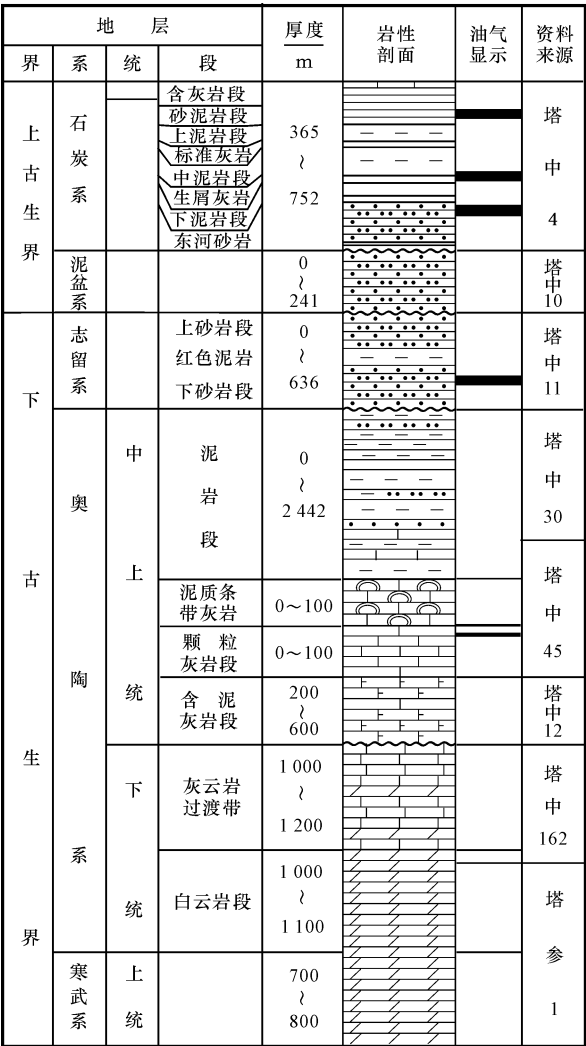


图 1 塔中地区地层综合柱状剖面
Fig. 1 The Stratigraphic Column
Section Map of Tazhong Area

面上下存在明显的非对称性,因为,在成因机制上,二者明显不同,不整合面下的渗透性构造主要由大气淡水溶蚀作用所造成。而不整合面上的渗透性构造主要由海侵(或湖侵)作用造成。

2.3 奥陶系碳酸盐岩不整合输电体的渗透性结构

2.3.1 垂向渗透性结构

根据塔中地区岩心结合测井资料分析,地表大气淡水岩溶作用在垂向上可划分出 3 个带(表 2)。

(1)垂直渗流带。直接位于不整合面之下,地表大气淡水的运动特点主要以沿着垂向发育的裂缝体系在重力作用下垂向运动为主,因此,溶蚀作用特征主要表现为沿裂缝发育的大型到小型溶蚀孔洞,大型溶洞主要为落水洞,小型孔洞具有垂向不连续串珠状分布特点。溶蚀孔洞的延伸方向大多垂直层面。

表 1 不整合带的结构划分及其特征

| Tab. 1 Zonation of Unconformity and Its Characteristics | | | | | |
|---|---------|--------|-------------------|----------------------------|-------|
| 不整合带各结构层名称 | | | 不整合带各结构层特征 | 水流方式 | 改造机理 |
| 上覆地层 | 储层 | 碎屑岩储层 | 砾岩或砂岩, 孔隙发育, 渗透性好 | 不定 | 压实、胶结 |
| | | 碳酸盐岩储层 | 礁, 孔隙发育, 渗透性好 | | 重结晶 |
| | 盖层 | 泥岩 | 孔隙不发育, 渗透差 | | 压 实 |
| | | 灰泥岩 | 孔隙不发育, 渗透差 | | 压 实 |
| 残积层 | 碎屑岩残积层 | | 残留粘土 | 不定 | 风 化 |
| | 碳酸盐岩残积层 | | | | |
| 破碎带 | | | 角砾状溶孔发育 | 不定 | 溶 解 |
| 渗流带 | 碎屑岩渗流带 | | 垂直孔洞发育, 垂向渗透性好 | 孔隙中部分含有空气, 水在重力作用下向下运动 | 溶 解 |
| | 碳酸盐岩渗流带 | | | | |
| 潜流带 | 碎屑岩潜流带 | | 水平孔洞发育, 水平渗透性好 | 孔隙完全被水充填, 水在静水压力作用下沿水平方向运动 | 溶 解 |
| | 碳酸盐岩潜流带 | | | | |

(2) 水平潜流带。纵向上位于垂直渗流带之下。地表岩溶水的运动主要以水力压力梯度控制下的水平运动为特征, 因此, 溶蚀作用特征主要表现为中小型溶蚀孔洞甚至大型孔洞比较发育, 溶蚀孔洞的形态常具有水平伸长状的特点。塔中地区可以识别出多个水平岩溶发育带, 这些带的发育与不整合面形成过程中的幕式抬升作用有关, 每一次抬升幕形成一个相对完整的潜流带和渗流带, 其中上部渗流带可能由于后期的抬升已被剥蚀破坏或部分相互叠加在一起。

(3) 深部缓流岩溶带。位于水平潜流带岩溶带之下, 底界是岩溶作用的下限。带内岩溶地下水运动与交替已变得十分缓慢, 因而溶解作用比较微弱, 主要以发育零散的溶孔、溶缝为特征, 规模和程度远较上述两个带小, 因此, 该带实际上是水平潜流带与深部滞留带之间的过渡带。

总之, 不整合面之下碳酸盐岩的输导结构总体表现为, 从渗流带的垂向输导网络为主向下逐渐转变为潜流带的横向输导网络为主。

2.3.2 横向渗透性结构

不整合面之下, 碳酸盐岩岩溶的横向发育特征主要与古地貌有密切关系。根据大气淡水的运动特点及其导致的岩溶特征, 岩溶地貌可以划分为岩

表 2 塔中 1 井不整合带结构

Tab. 2 Unconformity Structure of Well 1 in Tazhong Area

| 地 层 | | 深度 m | 岩溶分带 | 岩溶特征 |
|-----|----|---------|-------|--|
| 石炭系 | 下统 | | | 孔洞发育 |
| | | 3 600 | | |
| 奥陶系 | 下 | | 垂直渗流带 | 井段 3 585~3 727 m, 高角度溶缝、溶蚀加宽节理、溶蚀孔洞发育 |
| | | 3 800 | 水平潜流带 | |
| | | | | |
| | | | 水平潜流带 | |
| | | | | |
| | 陶 | 4 000 | | 发育 4 个水平潜流带: 3 727~3 807 m; 3 835~3 885 m; 3 925~3 985 m; 4 035~4 135 m, 孔洞相对发育, 中小溶洞为主, 形态多呈水平延伸状 |
| | | | 水平潜流带 | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | 水平潜流带 | |
| 系 | 统 | 4 200 | | |
| | | | 深部缓流带 | 井段 4 135~4 336 m, 溶蚀孔洞发育零散, 程度变差, 洞径变小 |
| | | 4 360 | | |

溶高地、岩溶斜坡和岩溶洼地。不同岩溶地貌背景上, 岩溶作用的发育特征不同。岩溶高地上大气淡水的运动主要以垂向运动为主, 因此, 常以主要发育垂直渗流带为特征, 而岩溶斜坡上地表岩溶水的运动往往以水平运动为主, 因此, 导致水平潜流带较发育, 岩溶洼地一般代表地表淡水的泄水区, 其岩溶作用相对比较弱。塔中地区奥陶系的岩溶主要出现在中上奥陶统灰岩段和下奥陶统灰云岩段。其中, 对中上奥陶统灰岩段造成岩溶的主要时期是加里东期构造运动, 而下奥陶统灰云岩段中的岩溶是多期作用叠加的结果。

3 不整合在油气勘探中的意义

不整合带是溶解作用发生的有利地带, 其结果是储层物性得到改善, 可以作为烃类运移的通道或油气聚集的场所, 因此, 不整合带在油气勘探中具有非常重要的意义:

3.1 孔隙度增加

不整合是溶解作用发生的有利地带, 形成了溶解作用发生的有利条件:

(1) 未饱和的酸性大气水、土壤层能够增加从中渗透的大气水的酸度, 来自植物根系的有机酸是

近地表环境中很强的溶剂。砂岩可以和大气水直接接触,在潮湿环境中,大量大气水的供给有利于在暴露砂岩中形成流体的网状流动,这是普遍深入溶解作用发生的必要条件。

(2)和构造抬升而暴露于地表的砂岩相关的断层和裂缝,可以作为大气水进入地下通道。广泛的溶解作用主要发生在潜水面以上,持续剥蚀会暴露新的地层并发生大范围的淋滤作用。不整合是一个开放的系统,原地溶解物会被不断地搬运带走,沿不整合达到平衡的速度很慢或是根本达不到平衡,这种不平衡状态有助于受搬运控制的溶解作用的发生。

正是由于这些有利的条件,世界上许多油气藏位于不整合面之下,并且呈现出高孔的特征。

3.2 孔隙度降低

尽管在不整合面之下经常出现孔隙度增加的现象,但是,如果不整合之下发生广泛的胶结作用就会导致孔隙度的降低。这时胶结带可作为油气运移的遮挡而形成油气聚集。气候(尤其是降雨量)控制了溶解作用发生的强度,如果雨水充足,则溶解作用随着降水显著增加,从而导致孔隙度增加;如果降雨中等或很少,这时孔隙度就会降低。

3.3 和烃源岩直接接触

在海侵过程中,新沉积的富含有机质的泥岩直接超覆在不整合之上,形成烃源岩和储层的理想配置(新生古储)。

3.4 烃类运移的通道

不整合带的孔隙度和渗透率得到改善,因此,可以作为油气运移的通道。

3.5 不整合圈闭

不整合圈闭在地质记录中常见,它既可以位于不整合面之上,也可以位于不整合面之下。

4 结论

通过上述渗透性分带结构的阐述表明,不整合输导体在流体运动特点上不整合面上、下分属于两个不同的流体流动场,不整合面下,流动孔隙主要由孔-洞-缝孔隙体系构成,因此,流体的运动属于复杂介质条件下的流体运动,而不整合面上的层状渗透性体大多数情况下属于孔隙型介质,流体在其中的流动通常可以用达西定律加以刻划。因此,不整合输导体中,流体从不整合面下向不整合面上运动,在流型上必然发生明显转换,这种转换对烃类的聚集是非常重要的。

[参 考 文 献]

- [1] 程日辉,林畅松,刘景彦.盆地研究中不整合成因分析[J].世界地质,1998,17(3):23-27.
- [2] 徐开礼,朱志澄.构造地质学[M].第2版.北京:地质出版社,1989.
- [3] 潘钟祥.石油地质学[M].北京:地质出版社,1986.
- [4] 贾振远,蔡忠贤,肖玉茹.古风化壳是碳酸盐岩一个重要的储集层(体)类型[J].地球科学——中国地质大学学报,1995,20(3):283-289.
- [5] 李德文,崔之久,刘耕年.风化壳研究的现状与展望[J].地球学报,2002,23(3):283-288.
- [6] 肖乾华,李美俊,彭苏萍,等.辽河东部凹陷北部不整合类型及油气成藏规律[J].石油勘探与开发,2003,30(2):43-45.
- [7] 吴亚军,张守安,艾华国.塔里木盆地不整合类型及其与油气藏的关系[J].新疆石油地质,1998,19(2):101-105.
- [8] 何登发.塔里木盆地的地层不整合面与油气聚集[J].石油学报,1995,16(3):14-21.
- [9] 陈清华,刘池阳,王书香,等.碳酸盐岩缝洞系统研究现状与展望[J].石油与天然气地质,2002,23(2):197-202.
- [10] 邵雨,陈伟,张伯友.断层相关褶皱理论在准噶尔盆地南缘山前带构造研究的应用[J].地球科学与环境学报,2005,27(1):26-29.