

# 鄂尔多斯盆地鄂7井奥陶系风化壳 储层特征与剖面结构

刘 长 春

(地矿部华北石油地质局第三普查勘探大队, 咸阳 712000)

鄂尔多斯盆地鄂7井奥陶系风化壳划分为3个岩溶带,即垂直岩溶带、水平岩溶带和深部岩溶带。风化壳储层的非均质性主要受岩溶控制,岩溶多孔带是本井风化壳的主要天然气储集层段。在研究各岩溶带特征的基础上,认为本井位于加里东期古岩溶斜坡的较低部位,而以西的鄂5井、鄂8井所在部位,是更具勘探前景的地区。

关键词 风化壳储层特征 垂直岩溶带 水平岩溶带 深部岩溶带

作者简介 刘长春 男 38岁 工程师 石油地质

鄂7井是鄂尔多斯盆地东部北段第一口以奥陶系风化壳为天然气目的层的探井,位于陕西省神木县尔林兔乡阿包兔村西北约400m处,其构造位置处于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东部北段塔巴庙鼻状隆起西葫芦素圈闭的较高部位。

本井奥陶系风化壳连续取心进尺70.62m(井深2638.40~2709.02m),岩芯总长68.30m,平均采取率96.7%。为详尽地探讨风化壳的储层特征,客观地剖析风化壳剖面结构提供了丰富的第一性地质资料。

## 1 风化壳的储集层特征

在充分利用岩芯资料的基础上,结合薄片、物性分析及测井等资料,笔者对本井奥陶系风化壳的储集层特征有了一定的认识。

### 1.1 主要的储集岩

在岩芯上,溶蚀孔洞的分布有一定的规律:微粉晶白云岩、砾屑白云岩孔洞密、孔径大、微裂缝发育、连通性好、充填作用较弱、有效孔隙保存较多。次生灰岩中虽然可见孤立状溶蚀孔洞、岩溶角砾岩发育砾内溶蚀孔洞,但由于其连通性差、充填作用强,从而导致储集条件不佳。泥质白云岩、含泥灰岩则极难见及孔洞。统计各类岩石薄片、物性分析资料可清楚地看出(图1),微粉晶白云岩及砾屑白云岩见孔薄片机遇率最高,其面孔率可高达12~15%,孔隙度一

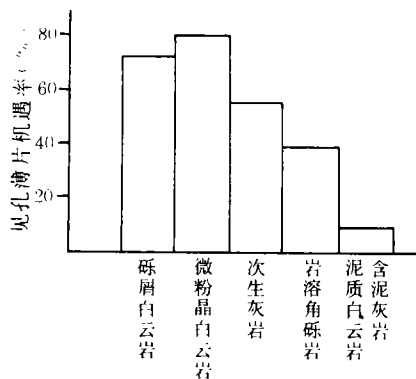


图1 鄂7井各类岩石见孔薄片机遇直方图

般4.0~7.0%，最高可达10.5%。其次是次生灰岩及岩溶角砾岩。含泥、泥质白云岩及泥质灰岩见孔薄片机遇率最低。显然，微粉晶白云岩及砾屑白云岩孔隙发育，结构相对较粗，是本井风化壳储集层的主要储集岩类。

## 1.2 储集空间及储集类型

本井风化壳储集层主要的储集空间如下：

### 1.2.1 溶蚀孔洞

本井风化壳岩芯中可见大量溶孔，伴有针孔及少量溶洞，局部呈蜂窝状。孔径1.0~5.0 mm者占多数，最大者孔径10.0~20.0 mm，最小者小于1.0 mm。除少量溶蚀孔洞未充填或半充填外，大部分被方解石、白云石、泥质及自生石英全充填。溶蚀孔洞是本井风化壳储集层倍受重视的储集空间。

### 1.2.2 裂缝

本井风化壳岩芯中普遍可见裂缝，其中以缝宽0.1~1.0 mm的小缝为主，微裂缝次之，大、中缝少见。除微裂缝为成岩收缩成因外，其余均为构造成因。按其产状统计，以高角度斜交缝和垂直缝占优势。局部斜交缝、垂直缝及水平缝相互切割而组成网络系统，裂缝最发育处其密度可达40条/m。裂缝多被泥质、方解石等充填，仅局部见少量张开或半张开缝。裂缝起着十分重要的沟通作用，是本井风化壳储集层的一类引人注目的储集空间。

### 1.2.3 晶间孔

主要是半自形-自形白云石晶体间的微孔，其次可见于次生方解石晶体间。其内可见泥质、自生石英充填物。从薄片中看出，晶间孔分布均匀，连通性较好，是本井风化壳储集层的重要储集空间。

### 1.2.4 其它孔隙

除上述3种主要储集空间外，尚可见砾间孔、填隙物微孔、膏盐模孔等少量其他孔隙。虽然本井风化壳储集层发育多种储集空间，但在同一储层内总有1~2种储集空间起主导作用。根据储集空间的组合形式，本井风化壳储集层主要有3种储集类型：晶间孔-裂缝-溶蚀孔洞、裂缝-溶蚀孔洞及溶蚀孔洞-裂缝型。其中以前两种为主，后者较为少见。

## 1.3 储集层的电性特征

本井风化壳储集层的电性特征总的来看不明显，只有较好储集层才有弱显示，而较差储集层和非储集层难以区分。较好储集层的电性特征可概括为，深浅侧向具减阻侵入现象，深侧向电阻率，大于浅侧向电阻率略显正差异；电阻率一般较高，其值低于致密灰岩而高于泥质岩；自然电位曲线呈明显的负异常；自然伽玛及无铀伽玛值均很低。裂缝发育段除具上述特征外，还有低密度、较高声波时差、井眼明显扩大及微球聚焦电阻率低等特征。

## 1.4 储集层物性

物性分析资料表明，本井风化壳储集层的平均孔隙度为3.3%，平均渗透率为 $0.68 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，总的物性条件较差，但在较差的背景上存在部分物性条件较好的层段。从表1中可看出，广泛分布的次生灰岩及占剖面厚度60%的岩溶角砾岩物性较差，但上马家沟组第五段第四小层( $O_{1sm}^{5-4}$ )上部的微粉晶白云岩和上马家沟组第五段第二小层( $O_{1sm}^{5-2}$ )顶部的砾屑白云岩的物性却较好。



### 2.2.1 上部水平岩溶亚带(季节性变化带)

岩性以微粉晶白云岩、含灰白云岩为主,间夹层内岩溶垮塌角砾岩及溶缝填隙角砾岩,中下部见次生灰岩。其岩溶特征是,上部见顺层分布膏模孔和水平溶蚀孔洞,下部见较多水平溶洞、缝。局部溶洞充填物发育示底构造,底部为泥质,其上为放射状淡水方解石。网状微裂缝发育且与溶蚀孔洞沟通构成缝洞网络,部分溶蚀孔洞半充填或未充填,使该带成为本井风化壳最重要的天然气储集层段。

### 2.2.2 下部水平岩溶亚带(水平迳流带)

岩性以角砾支撑角砾岩占优势,间夹薄层微晶白云岩、砾屑白云岩、含灰白云岩、含泥白云岩及次生灰岩。角砾岩角砾成分较均一,与其上下层位的岩石成分基本一致。角砾形状及大小差别很大,可见板状角砾和岩块,角砾产状多顺层分布。填隙物为泥质、方解石和白云石。以上特征说明这类角砾岩属层内岩溶垮塌及水平洞穴溶蚀崩塌堆积成因。岩芯及薄片资料均表明,角砾岩及次生灰岩中有效孔隙所剩无几,致密白云岩类孔隙更贫而属岩溶隔层,唯砾屑白云岩准同生期膏模孔经加里东期大气淡水溶蚀改造而形成大量砾内溶蚀孔洞,且有微裂缝与之连通。虽几经充填,仍保存了相当数量的有效孔隙,使之成为本井风化壳的又一重要的天然气储集层段。

值得指出的是,从该带遭受如此强烈的溶蚀改造分析,其营力除了正常的受侵蚀基准面控制的地下潜流的作用,恐不能排除承压水的作用。

### 2.3 深部岩溶带

该带地下水运动受排泄基准面的影响微弱,地下水流速慢甚至滞流,水体中钙离子饱和或过饱和,只能使十分易溶的矿物或岩层溶解。剖面中仅可见膏模孔和薄层膏溶角砾岩就是这种岩溶特征的证明。

综上所述,本井风化壳储集层非均质性强,储集层在纵向上主要分布于水平岩溶带,在水平岩溶带内共发育两个岩溶多孔带,共厚 6.9m(图 3)。

第一岩溶多孔带厚 4.5m(井深 2644.0~2648.5m),距风化壳顶 5.6m,岩性为黄灰色微粉晶白云岩及含灰白云岩。岩溶作用较强,溶蚀孔洞发育并有网状微裂缝与之沟通,大部分溶蚀孔洞被淡水方解石半充填,物性分析,孔隙度最高为 10.5%,最低为 1.2%,平均为 4.9%,渗透率最高为  $3.95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,最小小于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $0.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。测井解释孔隙度为 3.2%。其储集类型为晶间孔-裂缝-溶蚀孔洞型。随钻(取芯)气测全烃含量净增值为 0.3%,测井解释为含气层。鄂 8 井与此相对应的层位也显示良好的储集物性,其孔隙度最大为 6.53%,平均为 3.13%,渗透率一般小于  $0.1 \times 10^{-3} \sim 3.11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,局部裂缝发育可高达  $178.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。鄂 5 井、中参 1 井相应层位亦为发育较好的储集层段,这说明该岩溶多孔带是一个区域性储集层段。

第二岩溶多孔带厚 2.4m(井深 2679.6~2682.0m)。岩性为灰黄色砾屑白云岩。砾内溶蚀孔洞发育,局部呈蜂窝状。裂缝较发育,且往往切穿砾屑,其储集类型为裂缝-溶蚀孔洞型。溶蚀孔洞多呈半充填,经物性分析,孔隙度最高为 7.4%,最低为 3.7%,平均为 5.7%。渗透率最高为  $3.72 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,最低为  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $0.82 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。测井解释孔隙度为 3.7%。随钻(取芯)气测全烃含量净增值为 0.6%,测井解释为含气层。

在剖析本井风化壳剖面结构并与邻井分析对比的基础上,结合太原组主煤层以下地层

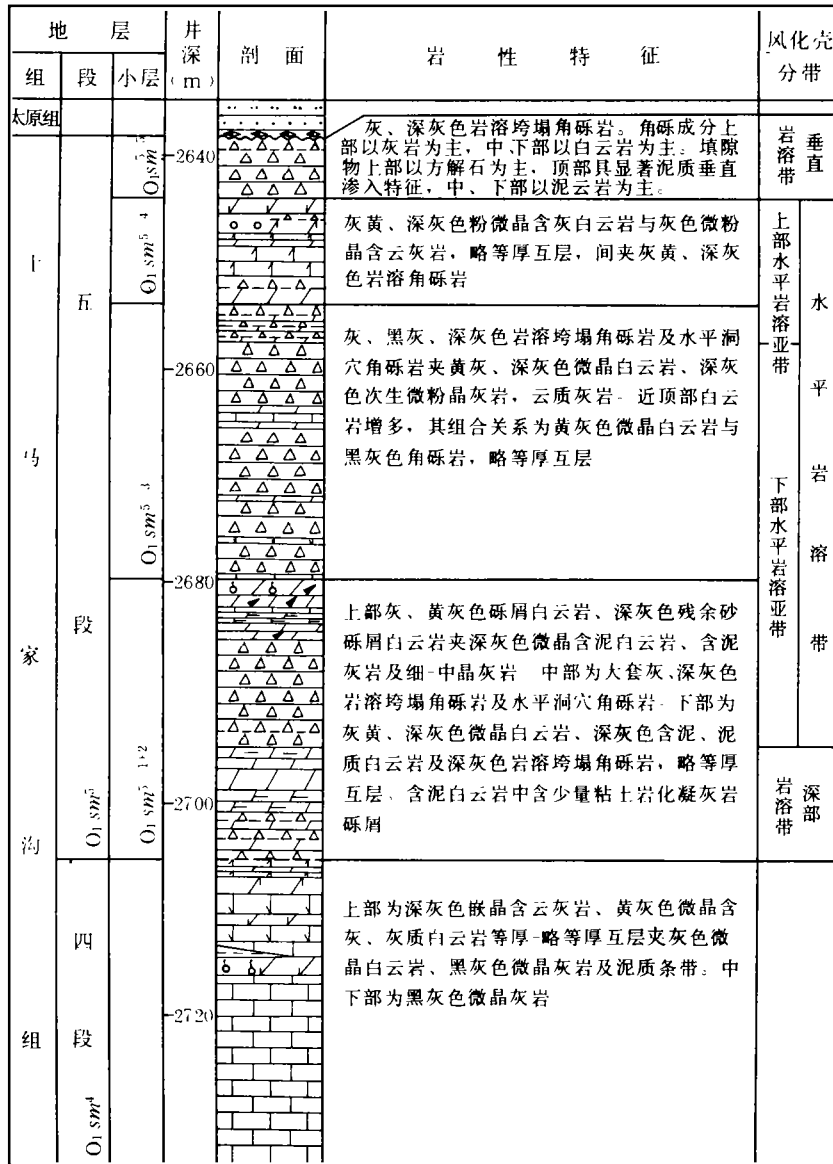


图 3 鄂七井奥陶系上马家沟组风化壳剖面结构图

的岩性特征及厚度变化，笔者对塔巴庙地区奥陶系风化壳顶面的古地貌进行了大胆的探索(图 4)，从图中可看出，本井位于古岩溶斜坡的较低部位，显然，这并非是很理想的古地貌单元。

### 3 结 论

本井奥陶系风化壳曾经历了较强的加里东期大气淡水岩溶改造，风化壳垂直分带性明

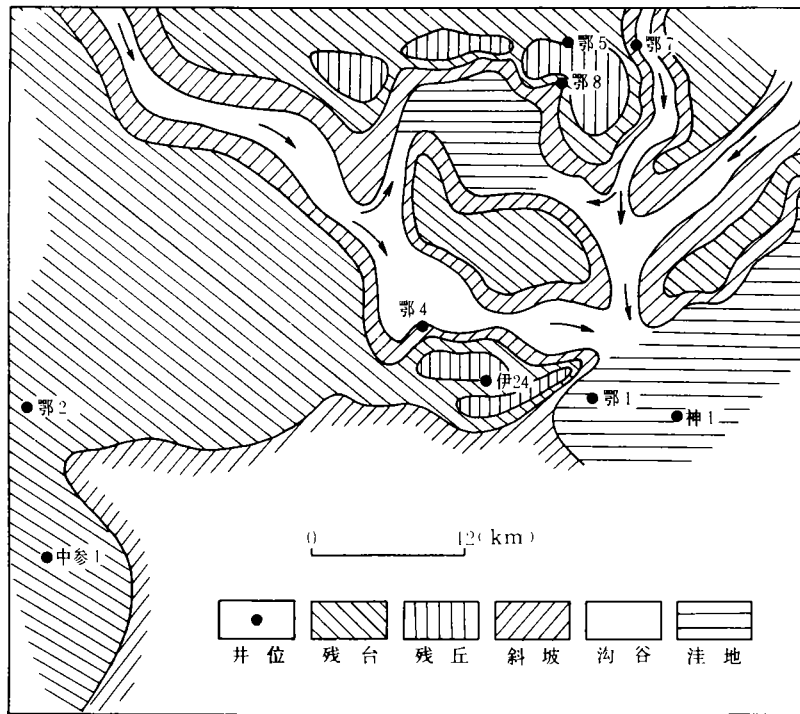


图4 奥陶系风化壳顶面古地貌图

显,岩溶作用是储集层发育的决定性因素。储集层储集空间的分布与岩性密切相关,微粉晶白云岩及砾屑白云岩是本井风化壳的主要储集岩类;储集层的非均质性受控于岩溶作用,储集层主要分布于水平岩溶带,岩溶多孔带是本井风化壳主要的天然气储集层段。虽然如此,由于本井所处岩溶古地貌并不十分理想,其储集层层数少,厚度较小,含气显示不高,经测试未获得工业性天然气气流,而其以西的鄂5井、鄂8井正处于古岩溶残台、残丘部位,且两口井均获工业天然气气流,故本井以西理应是更有利的天然气勘探区块。

(收稿日期: 1992年7月10日)

### 参 考 文 献

- 1 中国科学院地质研究所岩溶组. 中国岩溶研究. 北京: 科学出版社, 1979
- 2 任美镔, 刘振中主编. 岩溶学概论. 北京: 商务印书馆, 1983
- 3 成都地质学院沉积地质矿产研究所, 大庆石油勘探局勘探开发研究院译编. 古岩溶与油气储层. 成都科技大学出版社, 1990
- 4 包茨主编. 天然气地质学. 北京: 科学出版社, 1986

## RESERVOIR CHARACTERISTICS OF THE ORDOVICIAN WEATHERING CRUST AND SECTIONAL STRUCTURE IN ORDOS NO. 7 WELL, THE ORDOS BASIN

Liu Changchun

*(NO. 3 Petroleum Prospecting Party, North China Bureau of Petroleum Geology)*

### Abstract

The Ordovician weathering crust in the area of No. 7 drill well can be divided into three karst belts in the Ordos Basin, namely vertical, horizontal, and deep karst belts. The inhomogeneity of reservoirs in the weathering crust is dominantly controlled by karstification and the karst porous belt in the weathering crust is rated as the major reservoir beds of natural gas. Based on the characteristic study of each karst belt, No. 7 drill well is located in the lower part of the Caledonian palaeo-karstified slope, toward the west where Ordos No. 5 and No. 8 wells are positioned could be more promising prospects for oil/gas.