

文章编号:0253-9985(2007)06-0847-09

缝洞型碳酸盐岩油藏缝洞单元划分方法研究

——以塔河油田奥陶系油藏主力开发区为例

陈志海¹, 马旭杰², 黄广涛¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油化工股份有限公司 西北分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:以古岩溶缝洞系统发育为起因的缝洞储集体是缝洞型油藏油气储集的基本地质单元。缝洞型油藏的开发强调缝洞储集体内部和不同缝洞储集体之间的连通性,即缝洞单元是缝洞型油藏开发的基本单元。国内外文献对缝洞储集体和缝洞单元缺乏明确的定义,对缝洞单元的划分也在不断的探索中。以塔河油田奥陶系缝洞型油藏为背景,提出了缝洞单元的基本概念与基本分布模式,建立了缝洞单元的划分原则与划分方法。在研究塔河油田的缝洞储集体分布、流体性质分布、油井产能分布与井间连通性的基础上,对塔河油田奥陶系油藏主体开发区初步划分出15个缝洞单元,为塔河油田的进一步调整与治理提供了参考。

关键词:缝洞单元;缝洞型油藏;碳酸盐岩;塔河油田

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

Research on the fracture-vug unit division of fractured-vuggy carbonate rock oil pools

—an example from the Ordovician oil pools in the principle producing area of Tahe oilfield

Chen Zhihai¹, Ma Xujie², Huang Guangtao¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Fractured-vuggy reservoirs originated from the development of paleo-karst fractured-vuggy system are the basic geological units for hydrocarbon accumulations of fractured-vuggy type. Importance should be attached to the connectivity within a fractured-vuggy reservoir and that among different fractured-vuggy reservoirs during the development of this kind of reservoirs, i. e. fractured-vuggy units are the basic development units of fractured-vuggy pools. However, both domestic and overseas literatures failed to offer a clear definition for fractured-vuggy reservoir and fractured-vuggy unit and the research on fractured-vuggy unit division still needs to be carried on. Taking the Ordovician fractured-vuggy pool in Tahe oilfield as an example, this paper presents basic concept and distribution mode for fractured-vuggy units and proposes principles and methods for their division. After the study on fractured-vuggy reservoir distribution, fluid properties and well productivity and inter-well connectivity in Tahe oilfield, the paper defines fifteen fracture-vug units in the principle producing area of the field, providing useful references for further development adjustment and management of the field.

Key words: fracture-vug unit; fractured-vuggy reservoir; carbonate rock; Tahe oilfield

缝洞型油藏储量主要储集在大型溶蚀洞穴和溶蚀孔洞内,裂缝内储量不足20%^[1],储集体是储量富集的基本单元^[2~5]。从开发地质角度研究缝洞型油藏主要着眼点在于储量的分布位置及规模,

收稿日期:2007-08-24。

第一作者简介:陈志海(1970—),男,博士、高级工程师,油气田开发。

基金项目:中国石油化工股份有限公司开发项目(P03093)。

所以缝洞储集体是研究缝洞型油藏的基础和基本研究单元。而研究缝洞型油藏的开发问题,不仅要研究储量的分布位置,更要研究其连通性^[6~8]。

对于单个缝洞储集体而言,是一个储量富集带,在成藏过程中或在基岩改造成裂缝溶洞系统中是一个连通体系,具有同一个温度压力系统,但后期改造有可能使一个缝洞储集体内部被分割为两个或多个连通系统,从而形成多个相互独立的连通单元体^[9,10]。在油藏开发过程中,同一个缝洞储集体内出现多个各自独立的“小油藏”特征,每个小油藏具有独立的压力系统^[11,12]。

不同缝洞储集体之间,在多期岩溶改造过程中或后期成藏过程中,有可能通过大型断裂系统、微裂缝系统或溶蚀通道而重新形成新的连通体系,包括不同缝洞储集体之间的横向连通、纵向连通等。缝洞型油藏的开发是在研究缝洞储集体的基础上,进一步研究缝洞储集体之间及其内部的连通性,所以从开发的角度提出缝洞单元的概念。

1 缝洞单元的基本概念

为了定义缝洞单元,首先定义缝洞体。缝洞体是指在岩溶形成过程中由一套相对独立的水动力系统发生岩溶作用而形成的相对独立的岩溶发育体系。在形成过程中具有统一的水动力系统,内部之间是相互连通的,而后期改造可能导致其内部相对分割。根据岩溶改造的强弱^[13,14],可将碳酸盐岩体分为缝洞体和基质围岩体。缝洞体是一个刻画岩溶对储集空间发生改造作用的地质概念。根据储集性能,缝洞体可分为缝洞储集体和缝洞致密体。未被充填或部分被充填,对流体具有高储集能力的缝洞体称为缝洞储集体;而完全

被充填,对流体基本不具有储集能力的缝洞体称为缝洞致密体。

1.1 缝洞单元的定义

缝洞单元是指由一个缝洞储集体内部被分割的多个连通体或多个连通的缝洞储集体之间沟通组合而成的连通体系。

缝洞单元的概念强调碳酸盐岩储集体的连通性及储集体中流体性质的一致性。因此,缝洞单元具有如下特征。

1) 缝洞单元自成封闭体,具有独立的压力系统和油水界面。同一缝洞单元内的油井在投入开发初期具有统一的压力系统和油水界面。在缝洞单元开发过程中,缝洞单元内油井之间的压力变化以及油水界面的变化具有相关性。

2) 缝洞单元内油井开采既有共性又有差异性。同一缝洞单元内油井具有相似的流体性质、水体能量,但在开发动态上随油井位于缝洞单元的位置不同而有明显差异。钻遇缝洞单元内缝洞发育区,油井高产稳产;而钻遇缝洞单元的缝洞发育体的塌陷边缘区,油井产量相对低产。这也就是说缝洞单元内部仍是一个非均质体。

1.2 缝洞单元的分布模式

一个缝洞单元就是一个连通体系,是一个特殊意义上的“油藏”概念。缝洞单元的分布模式包括以下两种。

1) 单个缝洞储集体内被改造成一个或多个缝洞单元。对于单个缝洞储集体而言,可以自成体系形成一个单独的缝洞单元,同时又可以通过后期的压实或充填改造分割为两个或多个缝洞单元(图1)。

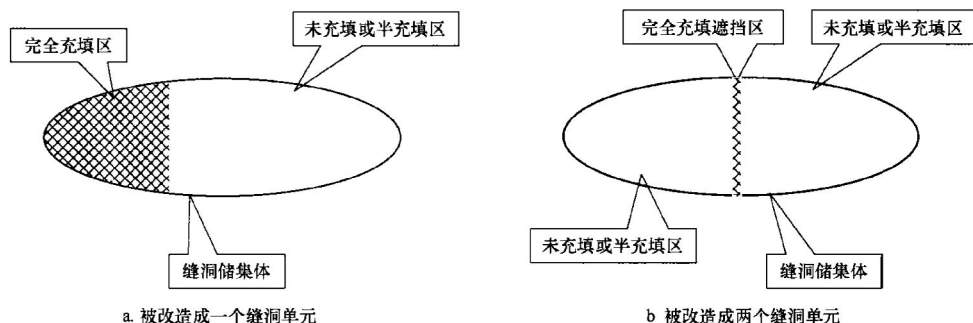


图1 同一缝洞储集体内改造成一个或多个缝洞单元模式

Fig. 1 Mode chart showing the modification of one fractured-vuggy reservoir into one or more fracture-vug units

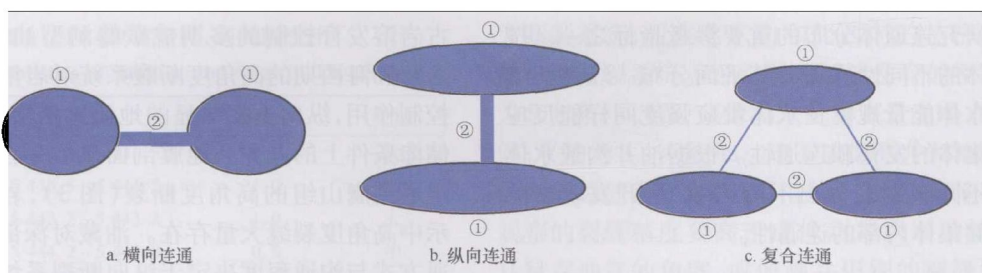


图2 不同缝洞储集体组合而成的缝洞单元模式

Fig. 2 Mode chart showing a fracture-vug unit composed of different fractured-vuggy reservoirs

①缝洞储集体;②断裂系统、溶蚀通道或裂缝形成的沟通通道

2) 不同缝洞储集体组合而成的缝洞单元。多个缝洞储集体组合成一个缝洞单元,有3种模式(图2)。

① 多个缝洞储集体的水平方向组合。处于同一深度或处于同一层面上的缝洞储集体之间通过大型断裂系统或裂缝通道等,使不同缝洞储集体之间沟通,从而形成统一的连通体系而构成一个缝洞单元(图2a)。

② 多个缝洞储集体的垂向组合。在不同层段或同一层段的不同深度而发育多个缝洞储集体,多个缝洞储集体之间通过连接通道而使不同缝洞储集体之间实现沟通,从而形成一个缝洞单元(图2b)。

③ 多个缝洞储集体的复合组合。多个缝洞储集体之间不但进行水平组合,而且进行垂向组合,从而实现不同缝洞储集体之间的沟通,从而形成一个缝洞单元(图2c)。

依据缝洞单元的定义和分布模式,缝洞储集体是缝洞单元组成的基本单位,只有在弄清缝洞储集体的基础上,进一步细化缝洞储集体内部或之间的连通性,才能最终确定缝洞单元的空间展布。

2 缝洞单元划分原则与方法

2.1 划分的原则

依据对缝洞单元的认识,提出缝洞单元划分的基本原则。

1) 缝洞储集体是划分缝洞单元的基本地质单元。在岩溶发育模式的控制下,综合开发动静态资料刻画缝洞型油藏内缝洞储集体的分布。根据缝洞储集体的空间展布,初步划分出缝洞单元的“框架模型”。

2) 已经证实沟通和潜在沟通可能性很大的,划为同一缝洞单元。在缝洞单元的“框架模型”基础上,借助开发静态资料细化缝洞储集体内部及之间的连通性,从而确定缝洞单元的规模及分布边界。

3) 划分的缝洞单元要有利于油藏开发动态研究。划分缝洞单元的目的是深化对缝洞储集体分布的认识,掌握不同缝洞单元的开发特征,优化开发技术政策,确定油气藏的开发指标和改善开发效果。所以,针对多井钻遇的缝洞单元开展研究,而对于初步认为单井钻遇的定容体,暂不做为研究对象。

2.2 划分的方法

根据划分的原则综合利用开发动静态资料,在缝洞储集体分布与预测、流体空间分布、天然水体能量分布、油井产能分布、井间连通性预测的基础上建立划分缝洞单元的4项指标体系,以建立的指标体系为基础,进行统计分析与综合判别,划分出缝洞单元的分布。

2.2.1 裂缝溶洞分布的指标体系

包括钻井显示的钻具放空、泥浆漏失、钻时异常等钻遇裂缝溶洞信息的统计分布,以及地震资料特殊属性特征参数显示的裂缝溶洞分布指标,包括地震波形特征、振幅变化率、相干分析等属性参数。通过钻井揭示的井点裂缝溶洞信息与地震属性揭示的溶洞的立体展布,获得缝洞储集体的空间展布信息。

2.2.2 流体的分区指标体系

油藏内流体包括烃类和水体。同一连通体系内烃类流体性质具有同一性,所以同类烃流体的

分布是研究连通体分布的重要参考指标之一。按烃类流体的不同性质划分其平面分布。烃类流体沟通的水体能量规模及水体供应强度同样能反应缝洞储集体的发育和连通性。根据油井沟通水体能量的不同级别划分出不同区域,从开发动态角度反应储集体内部的连通性。

2.2.3 油井产能的分区指标

油井沟通的缝洞储集体模式决定油井的产能特征,所以已投产井的产能分布是反应缝洞储集体分布的重要信息之一,并且高产井聚集区潜在沟通的可能性最大。同一油井产状反应了油井沟通的储集体类型相同或相似,可作为划分同一缝洞单元的依据之一。

2.2.4 井间连通分析指标

井间缝洞储集体连通的精细刻画需要井间干扰信息来证实。井间连通分析可通过井间的试井干扰、井间的生产干扰、示踪剂的示踪分析、措施的井间干扰等4个方面来分析。

根据建立的4个指标体系分别描述不同指标体系对应的分区分布,然后再进行判别优化、修正与完善,进行叠合编图与综合判别,从而获得缝洞单元的分布规模与分布边界。

3 在塔河油田的应用

塔河油田主力开发区的奥陶系油藏属于多期

古岩溶发育控制的多期成藏缝洞型油气藏,加里东期和海西期的高角度断裂系统对岩溶的发育有控制作用,纵向上无明显的地质遮挡层存在,仅有储渗条件上的差异。地震剖面显示存在从蓬莱坝组通到鹰山组的高角度断裂(图3),岩心资料显示中高角度裂缝大量存在。油藏对深部水体的沟通方式与沟通程度决定于纵向断裂系统的发育与分布。

对塔河油田缝洞单元的划分在目前阶段主要针对平面上展布进行划分,而对纵向上通过高角度断裂系统连接,不具备精细划分的条件。

3.1 裂缝溶洞的平面分布

塔河油区的溶洞介质是油气的主要储集空间。深埋地下的溶洞的几何尺寸在目前技术条件下难以获得立体的展布,仅能通过成像测井或常规测井技术获得溶洞的高度或宽度。在成像测井解释成果中,大多数溶洞高度小于10 m,TK426井成像测井解释的溶洞高度大多小于1 m,TK429井成像测井解释的溶洞高度大多小于5 m(表1)。TK457井成像测井段溶洞高度一般小于1 m,TK458H井成像测井段高度可见1 m和15 m的洞。通过对TK426,TK429,TK311,T314,S87等井成像测井解释结果的统计显示,溶洞高度小于1 m的占62%,小于2m的占79%,小于5 m的占91%。

成像测井表明,塔河油区的未充填或半充填溶洞高度或宽度分布在0.5~15 m之间,平均值

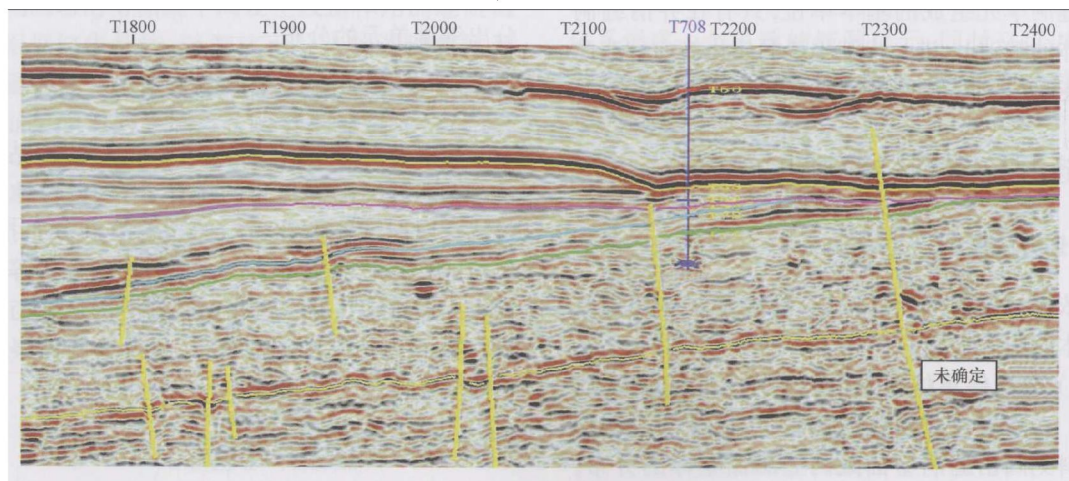


图3 塔河油田奥陶系油藏地震剖面显示的高角度断裂

Fig. 3 Seismic section of the Ordovician oil reservoirs showing high-angle faults distribution in Tahe oilfield

表1 TK429井溶孔、洞类别统计
Table 1 Statistics of cavities and vugs in TK429 well

序号	井段/m	厚度/m	类别
1	5 430.5 ~ 5 431.5	1.0	大
2	5 440.5 ~ 5 441.5	1.0	大
3	5 442.2 ~ 5 443.2	1.0	大
4	5 444.2 ~ 5 445.0	0.8	中
5	5 446.0 ~ 5 446.7	0.7	中
6	5 447.5 ~ 5 454.0	6.5	大
7	5 463.0 ~ 5 464.5	1.5	中
8	5 466.5 ~ 5 472.5	6.0	大
9	5 474.0 ~ 5 475.0	1.0	中
10	5 476.0 ~ 5 477.0	1.0	中
11	5 517.5 ~ 5 519.0	1.5	中
12	5 521.0 ~ 5 523.0	2.0	中
13	5 526.0 ~ 5 527.5	1.5	大
14	5 535.0 ~ 5 538.0	3.0	大
15	5 538.5 ~ 5 541.0	2.5	大
16	5 542.5 ~ 5 547.0	4.5	中

为0.8 m。溶洞的延伸长度无法准确跟踪。通过测井解释获得溶洞孔隙度分布范围为0.8%~3.6%,平均为2.1%。从溶洞钻遇率计算溶洞的孔隙度为0.8%~1.5%,平均为1.2%。

塔河油区奥陶系裂缝主要包括构造缝、压溶缝和溶蚀缝,构造缝是其主要裂缝类型。裂缝的形成与构造运动期次、地质构造形态、所受地应力密切相关。一般裂缝呈多组系发育,不同期次的构造运动形成对应不同的裂缝发育方向,从而形成交错分布的裂缝网络系统。塔河油区的裂缝发育方向主要包括4组,即东西、东北、西北、南北向,其中起控制作用的是近东西向和近南北向的

大断裂系统,而在北东向和北西向的是密集分布的小型断裂系统。岩心观察裂缝发育的密度平均为9.8条/m,FMI成像测井解释在0~18条/m不等,平均为3~4条/m。地下成像测井和地面岩心观察的裂缝密度有差异,相差一倍左右,地面岩心观察的裂缝精度要高于成像测井识别的精度,但从赋存油气的角度,成像测井识别的裂缝密度更有意义,而岩心观察的很多裂缝可能是人工诱导缝,或者缝合线等微小裂缝,此类缝对开发的贡献可忽略不计。岩心观察裂缝宽度分布如图4所示,裂缝宽度在820~50 μm,平均值为120 μm。地下成像测井表明,缝宽在20~100 μm之间,多数分布在30~60 μm,可见地下与地面的裂缝宽度因地应力而发生很大变化,相差2~4倍。裂缝孔隙度通过岩心观察计算分布范围0.02%~3.81%,平均值为0.53%;通过成像测井获得的裂缝孔隙度为0.1%~0.5%,平均为0.15%。

通过地震、地质、测井、钻井等开发地质静态资料综合分析,编图预测缝洞储集体的平面分布,如图5所示。对溶洞区的分布与预测以目前单井钻遇揭示的溶洞分布为主,而对井间的平面展布预测仍具有很强的探索性,但全区的溶洞分布特点已经比较清晰,即有5个大的溶洞群,分别呈北东向和北西向,与海西期断裂一致,北部溶洞发育规模、未充填程度、连通性均好于南部。

3.2 流体的分布

利用已投产的286口井的产出烃类流体性质分析烃类流体的分布特征,纵向上总体而言烃类

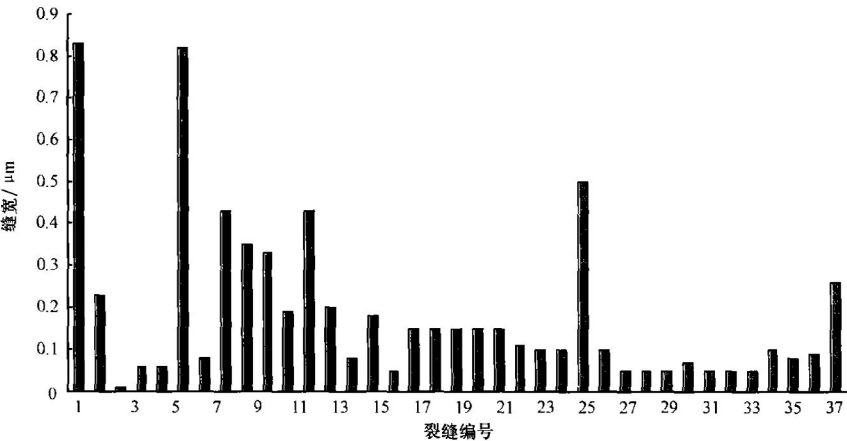


图4 塔河油区岩心观察裂缝宽度分布

Fig. 4 Fracture width distribution through observing core samples from Tahe oilfield

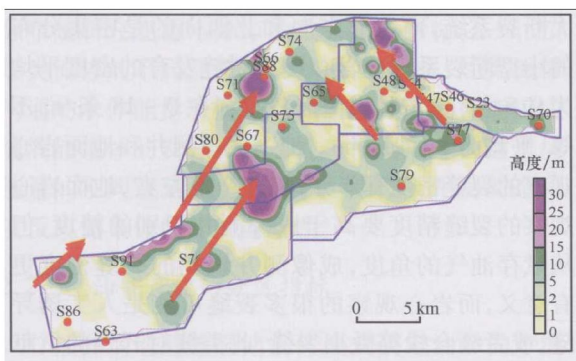


图5 塔河油田主力开发区奥陶系油藏溶洞分布预测
Fig. 5 Prediction of vug distribution in the Ordovician pools of the principle producing area of Tahe oilfield

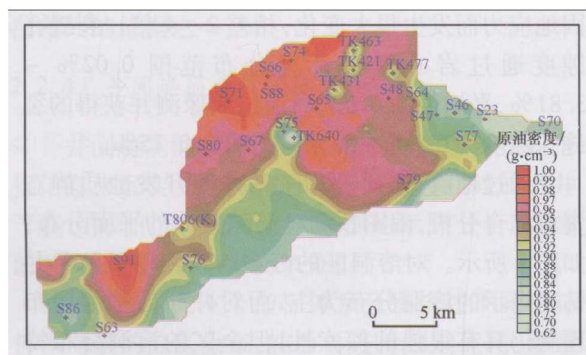


图6 塔河油区奥陶系油藏原油密度平面分布
Fig. 6 Planar distribution of crude oil density for the Ordovician pools in Tahe oilfield

流体分布具有相对均一性,所以重点分析烃类的平面分布特征。烃类流体分布如图6所示^[15]。原油性质整体由东、南向西、北逐渐变差。原油类型在东、南部属于中轻质油,西北部属于重质油;地下原油粘度由小于 $10 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 变至上百毫帕秒。原油分布的分区特征明显,流体性质分布的差异是缝洞储集体差异的响应特征,对缝洞单元划分可发挥“相控建模”的作用^[15]。

依据油井统计的生产指标累计产水量和油井日产水量,其次参考油井的井口油压与生产方式,把油井沟通的水体分为水体活跃区、一般活跃区、欠活跃区和无水体反映区(表2)。

依据对油井产水的统计信息,编制了油井沟通水体的平面分布图(图7)。不同颜色代表不同的活跃程度,颜色越深代表水体越活跃。北部区域水体较活跃,而南部区域水体活跃程度较弱。水体活跃程度不仅能间接反应沟通的水体规模大

表2 油井沟通的水体分类指标

Table 2 Classification indexes for water bodies connected by oil wells

编号	水体分类	累积产水/(10^4 t)	日均产水/t
I	活跃	>2	>50
II	一般活跃	$1 \sim 2$	$20 \sim 50$
III	欠活跃	$0 \sim 1$	$5 \sim 20$
IV	无水体反映	0	<5

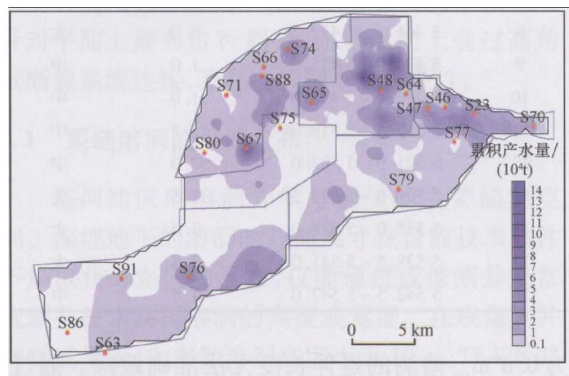


图7 塔河油区奥陶系油藏油井沟通水体活跃程度平面分布
Fig. 7 Planar distribution of active degree of the well-connected water bodies in the Ordovician pools of Tahe oilfield

小,而且能反应油藏在纵向上与水体的连通程度。如位于4区的以TK408井为代表的高产井,油井见水前日产油在 $300 \sim 400 \text{ t}$,井口采用 10 mm 油嘴,油压保持在 $6 \sim 8 \text{ MPa}$;油井见水后,日产水保持在 $100 \sim 300 \text{ t}$,能继续保持自喷,截至到2005年底,累计产油 $32.7 \times 10^4 \text{ t}$,累计产水 $19 \times 10^4 \text{ t}$,合计累产液量 $51.7 \times 10^4 \text{ t}$,表现为油井钻遇的缝洞储集体沟通的水体活跃,天然能量充足。而绝大部分低产井的累计产水不足 $1 \times 10^4 \text{ t}$,反映了钻遇的缝洞储集体不仅储集的原油规模有限,同时沟通的水体能量比较微弱,水体规模有限,需要机抽开采。

3.3 油井产能分布

分类统计油井的累计产油量、累计产液量、油井的日产油量、油井的日产液量,其次参考油井的井口油压与生产方式,把油井产能分为高产能、一般产能、低产能和特低产能(表3)。

依据分类指标体系,对油井产能进行分类,把

表3 油井产能分类指标
Table 3 Classification indexes for well productivity

编号	产能分类	累积产油/ (10 ⁴ t)	累积产液/ (10 ⁴ t)	日均产 油/t	日均产 液/t
I	高产能	>10	>15	>100	>50
II	一般产能	5~10	10~15	50~100	20~50
III	低产能	2~5	2~10	10~50	10~20
IV	特低产能	<2	<2	<10	<10

不同类型油井展布在平面图上并进行分析,寻找其分布的初步规律。统计分析不同油井沟通的储集体的供液能力(图8)。油井供油能力越强的区域反应缝洞储集体越发育,且油井之间连通的可能性越大,如S48井、S67井、S47井所在的区域。对应于图5所示的5个溶洞群,供油能力较强的区域也同样对应5个高产带(图8中箭头所示区域)。高产带的分布与溶洞的发育分布具有很好的一致性,但高产带的分布面积明显大于通过开发静态资料预测的溶洞的分布面积,原因在于以油井为主预测的缝洞分布具有局限性,难以准确地预测井间的溶洞分布,但油井的产能分布不仅能反映井直接钻遇的溶洞区,同时能反映并未直接钻遇但通过裂缝、断裂等间接沟通的溶洞系统,所以油井的产能分布区反映了直接钻遇溶洞区和间接沟通溶洞区,因而产能分布区能较好地开发静态资料预测的溶洞分布区进行补充与完善。

3.4 井间连通分析

依据塔河油田油井生产特点,界定油井干扰

的量化指标如下。1)邻井投产或改变工作制度,油井产量变化幅度在10 t/d以上。2)邻井出水,相应的油井产量增加幅度在10 t/d以上。3)干扰试井测试,存在干扰信号。4)邻井堵水,相应的油井日产量下降在5 t/d以上。5)邻井压裂,相应油井产量和油压存在脉冲激动响应。

通过邻井干扰判别,判定油井之间的连通性,进一步细化明确井间的连通关系,深化对缝洞单元边界的认识,从而获得较为准确的缝洞单元的平面分布。

通过对塔河油区奥陶系缝洞型油藏开发动静态的综合研究、叠合编图预测以及井间连通信息的精细刻画,划分出15个大的缝洞单元(图9;表4)。单元内地质储量占全区83%,面积占全区50%,动用储量占全区动用储量的78%,累计产量占全区的86%,涵盖了全区的开发主体。缝洞单元特征为:1)同一单元内天然能量特征相同或相似,可采用同一开发方式进行开发。2)同一单元内流体性质相同或相似,为油藏管理提供了方便。3)同一单元内油井产状具有相似性,有利于油井的管理与配产。4)同一单元内,油井沟通的储集体之间是连通的或潜在连通可能性很大,为单元注水驱油提供了地质基础。

对划分的缝洞单元进行了初步的分类,能量充足,油井能高产稳产的定为I类缝洞单元,有3个;能量比较充足,油井产量中等,递减后能较长时间生产的定为II类单元,有2个;能量一般,油井产量中等偏下的定为III类单元,有7个;能量不足,自喷能力很弱,需要机抽生产的定为IV类单元,有3个。

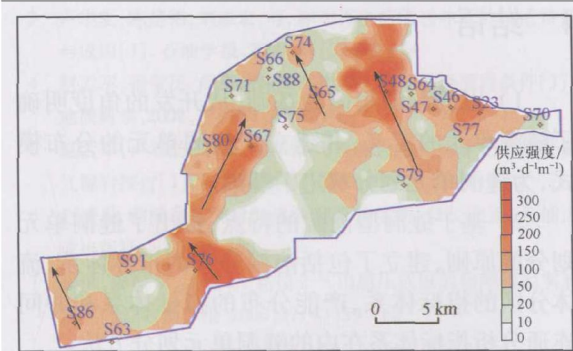


图8 塔河油区奥陶系油藏油井沟通储集体供油强度分布
Fig. 8 Deliverability distribution of reservoirs connected by oil wells in the Ordovician pools of Tahe oilfield

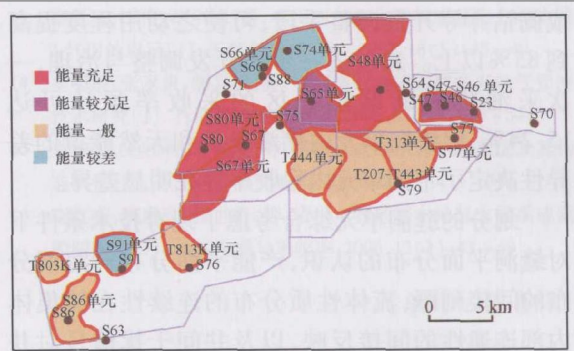


图9 塔河油区奥陶系油藏缝洞单元分布
Fig. 9 Distribution of fracture-vug units in the Ordovician pools of Tahe oilfield

表4 塔河油田主力开发区分划的缝洞单元基本参数与地质特征
Table 4 Basic parameters and geological characteristics of the fracture-vug units
in the principle producing area of Tahe oilfield

单元名称	单元面积/ km ²	地质储量/ (10 ⁴ t)	原油性质	沟通水体 活跃程度	天然 能量	油井 产能	井数/口	目前储量动 用率, %	预计采 收率, %
S48	26.96	3 353	重质油	活跃	充足	高产能	48	91.53	19.98
S65	13.71	1 244	重质油	一般活跃	比较充足	一般产能	20	90.03	14.65
T313	17.45	1 085	中质油	欠活跃	一般	一般产能	18	91.2	16.09
T207	21.95	1 718	重质油	欠活跃	一般	低产能	15	40.69	13.21
S77	4.56	262	中质油	欠活跃	一般	一般产能	5	94.70	13.47
S47	8.36	510	轻质油	活跃	比较充足	一般产能	15	91.70	20.17
T444	12.68	1 175	重质油	不活跃	一般	低、特低产能	8	32.60	9.66
S74	11.98	858	重质油	活跃	不足	一般产能	11	59.00	19.78
S66	7.42	925	重质油	一般活跃	不足	低产能	6	47.80	13.00
S80	17.28	1 541	重质油	一般活跃	充足	高产能	20	87.30	21.98
S67	18.55	2 312	重质油	活跃	充足	高产能	24	87.20	15.93
T813 (K)	6.64	912	中质油	不活跃	一般	高产能	9	93.09	8.63
S91	7.65	1 563	重质油	欠活跃	不足	低产能	7	22.52	6.85
T803 (K)	4.36	893	重质油	欠活跃	一般	一般产能	4	49.50	10.32
S86	11.26	491	中轻质油	不活跃	一般	一般产能	9	92.46	18.55
合计	190.80	18 842					219	71.00	15.24

不同缝洞单元之间油井产能差异大,油井高产能的单元有4个,一般产能的单元有7个,低产能单元有3个。油井产能的高低主要受缝洞体的发育规模、原油性质和水体活跃程度的共同影响所致。目前井网对16个缝洞单元内储量的总体动用率为71%,其中储量动用程度较高,动用程度在85%以上的单元有9个,其余6个缝洞单元内的储量动用程度有待进一步提高,通过部署新井或侧钻井等开发调整手段,可使之动用程度提高到85%以上。通过进一步的开发调整与治理,一次采油阶段缝洞单元区的采收率预计可达15.24%,但缝洞单元内储渗条件和天然能量的差异性决定了不同单元内采收率存在明显差异。

划分的缝洞单元综合考虑了现有技术条件下对缝洞平面分布的认识,产能平面分布对溶洞分布的间接刻画,流体性质分布的连续性在储集体内部连通性的间接反映,以及井间干扰信号对井间连通的直接反映。但是对缝洞单元的认识是一个不断深化、不断接近地质实际的过程,开发动静态资料的局限性和缝洞预测技术的局限性,决定

了难以精细刻画缝洞储集体的空间分布,缝洞单元边界的确定具有很强的探索性。随着资料进一步丰富与认识的逐步深化,单元边界需要不断调整,包括缝洞单元的重新分割或合并。所以不同的研究人员在不同阶段对缝洞单元划分的结果具有差异是必然的,是由缝洞储集体的复杂性所决定的。

4 结语

1) 以缝洞储集体为基础,从开发的角度明确了缝洞单元的定义,并建立了缝洞单元的分布模式,为缝洞单元划分奠定了基础。

2) 基于缝洞型油藏的特点,提出了缝洞单元划分的原则,建立了包括溶洞分布的指标体系、流体分区的指标体系、产能分布的指标体系和井间连通分析指标体系在内的缝洞单元划分方法。

3) 应用缝洞单元的划分方法对塔河油区奥陶系油藏进行了缝洞单元的初步划分,划分出了15个缝洞单元,并对缝洞单元进行了分类。

参 考 文 献

- 1 陈志海,常铁龙,刘常红. 缝洞型碳酸盐岩油藏动用储量计算新方法[J]. 石油与天然气地质,2007,27(3):315~319
- 2 陆先亮,段新民,李琴. 覆盖区碳酸盐岩缝洞定量研究的一种新方法[J]. 石油大学学报(自然科学版),2002,26(5):12~14
- 3 王鹏,刘兴晓. 轮南古潜山岩溶缝洞系统定量描述[J]. 新疆石油地质,2003,24(6):546~548
- 4 徐微,贾振远,蔡忠贤. 碳酸盐岩古风化壳储层溶洞特征研究[J]. 石油天然气学报,2005,27(1):156~158
- 5 肖玉茹,何峰煜,孙义梅. 古洞穴型碳酸盐岩储层特征研究——以塔河油田奥陶系古洞穴为例[J]. 石油与天然气地质,2003,24(1):75~80
- 6 杨敏. 塔河油田4区岩溶缝洞型碳酸盐岩储层井间连通性研究[J]. 新疆地质,2004,22(2):196~199
- 7 胡广杰,杨庆军. 塔河油田奥陶系缝洞型油藏连通性研究[J]. 石油天然气学报,2005,27(2):227~229
- 8 鲁新便. 塔里木盆地塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏开发地质研究中的若干问题[J]. 石油实验地质,2003,25(5):508~512
- 9 谭承军. 塔河碳酸盐岩溶缝洞型油藏流动单元研究意义[J]. 中国西部油气地质,2005,1(1):89~92
- 10 顾忆,黄继文,马红强. 塔河油区油气分布特点及其控制因素[J]. 中国西部油气地质,2006,2(1):19~25
- 11 鲁新便,张宁,刘雅雯. 塔河油田奥陶系稠油油藏地质特征及开发技术对策探讨[J]. 新疆地质,2003,21(3):229~334
- 12 陈清华,刘池阳,王书香. 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):196~201
- 13 闫相宾. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层特征[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):262~265
- 14 蔡立国,钱一雄,刘光祥,等. 塔河油田及邻区地层水成因探讨[J]. 石油实验地质,2002,24(1):57~60
- 15 陈志海,黄广涛,刘常红,等. 烃类流体分布与缝洞储层流动单元划分[J]. 石油学报,2007,28(1):92~97

(编辑 武新民)

(上接第827页)

区,也就是后期的天然气无法冲注进去,而天然气主要冲注方向是北部滑脱构造的后源伸展区,如吐孜洛克背斜等。

参 考 文 献

- 1 孙冬胜. 库车前陆盆地大中型气田成藏主控因素研究[D]. 北京:中国石油大学,2003. 41~50
- 2 汤良杰,贾承造,皮学军,等. 库车前陆褶皱带盐相关构造[J]. 中国科学(D辑),2003,33(1):38~46
- 3 卢华复,陈楚铭,刘志宏,等. 库车再生前陆逆冲带的构造特征与成因[J]. 石油学报,2000,21(3):18~24
- 4 赵孟军,张宝民. 库车前陆坳陷形成大气区的烃源岩条件[J]. 地质科学,2002,37(增):35~44
- 5 赵孟军,卢双舫,李剑. 库车油气系统天然气地球化学特征及气源岩探讨[J]. 石油勘探与开发,2002,29(6):4~7
- 6 赵靖舟. 前陆盆地天然气成藏理论及应用[M]. 北京:石油工业出版社,2003. 25~80
- 7 张洪,姜振学,庞雄奇. 克拉2气田超压成因的物理模拟实验研究[J]. 石油学报,2006,27(4):59~62
- 8 孙明亮,柳广弟. 库车坳陷克拉2气藏异常压力成因分析[J]. 中国石油大学学报(自然科学版),2007,31(3):18~27
- 9 孙冬胜,金之钧,吕修祥,等. 沉积盆地超压体系划分与油气运聚成藏[J]. 石油与天然气地质,2004,25(1):14~20
- 10 孙冬胜,金之钧,吕修祥,等. 库车前陆盆地迪那2气藏成藏机理及成藏年代[J]. 石油与天然气地质,2004,25(5):559~563
- 11 周新源. 库车前陆盆地天然气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,2002. 220~240
- 12 李梅,李谦,张秋茶,等. 库车前陆冲断带天然气具有深埋水溶气的特点[J]. 天然气地球科学,2003,14(5):366~370
- 13 秦胜飞,李梅,胡剑峰,等. 和田河气田水溶气成藏特点对克拉2气田的启示[J]. 天然气地球科学,2007,18(1):45~49
- 14 李明娟,张永贵,邬兴威,等. 塔河南部地区碳酸盐岩油气预测技术研究[J]. 石油与天然气地质,2006,27(4):536~541
- 15 卢华复,王胜利,罗俊成,等. 塔里木盆地东部断裂系统及其构造演化[J]. 石油与天然气地质,2006,27(4):433~441
- 16 李红南,魏垂高,张世奇,等. 塔里木盆地塔中地区志留系成藏控制因素[J]. 油气地质与采收率,2006,13(3):43~49

(编辑 陈喜禄)