

塔中地区奥陶系出水井类型及其控制因素

张保涛^{1,2}, 杨海军³, 刘星旺^{2,4}, 王 凯⁴

(1.中国冶金地质总局 山东正元地质勘查院, 山东 济南 250101; 2.中国地质大学(北京) 地球科学与资源学院, 北京 100083; 3.中国石油塔里木油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000; 4.中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:塔里木盆地塔中地区碳酸盐岩储层油气水分布复杂, 不均一特征明显。通过对大量钻井和试采含水率动态曲线资料统计分析, 明确其出水井类型和分布特征; 结合构造、储层等资料, 明确不同出水井类型的主控因素, 建立了不同出水井的地质模型。研究区已钻井的出水井类型可划分为钻井出水井、试采暴性水淹井、试采台阶含水井和试采间歇含水井4种。地势和台缘区控制水体的整体分布, 储集空间及其组合类型控制了出水井类型, 断裂控制水体运移通道, 并通过沟通下部水体和改造储集空间形态进而影响出水井类型。钻井出水井主要受控于地势条件, 试采暴性水淹井明显受储集空间控制, 试采台阶含水井主要受断裂和储集空间的控制, 试采间歇含水井主要受地势和储集空间的控制。

关键词:奥陶系 碳酸盐岩 出水特征 控制因素 塔中地区 塔里木盆地

中图分类号: TE111.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2014)06-0049-04

随着油气勘探程度的日益深入, 海相碳酸盐岩已成为油气勘探的重要研究领域^[1]。塔里木盆地是中国海相碳酸盐岩勘探的主要区域之一, 塔中地区作为塔里木盆地油气勘探的重点, 先后探明了塔中 I 号断裂带中上奥陶统良里塔格组亿吨级礁滩体凝析气藏和塔中北斜坡下奥陶统鹰山组多个千亿方级凝析气田^[2-3]。由于受到多旋回构造运动的叠加和改造^[4-5], 研究区奥陶系油气藏的成藏过程受多种因素控制, 多期构造叠加, 次生储集体形态多样, 流体分布十分复杂^[2,6-9], 油气水分布不均一特征明显, 致使流体预测的难度极大^[10-13]; 而水体分布预测研究的滞后已严重阻碍了勘探开发的进程, 须对水体分布及出水特征进行深入研究。为此, 综合地震、地质和开发动态资料, 总结研究区出水井类型及分布特征, 明确不同出水井类型的控制因素, 以期对水体分布的准确预测提供依据。

1 地质概况

塔中地区位于塔里木盆地中部, 为长期发育的继承性古隆起^[4]。其北以塔中 I 号断裂带为界与满加尔凹陷相接, 南邻塘古孜巴斯凹陷, 西邻巴楚凸

起, 东接塔东低凸起; 自北向南可划分为塔中北斜坡、中央隆起带和塔中南斜坡3个次级构造单元, 其中塔中北斜坡可进一步划分为西部平台区、台缘区和地势复杂区(图1)。受多期构造运动影响, 塔中地区断裂十分发育, 根据其发育规模、时期及切穿地层等因素, 可划分为2期断裂体系, 分别为加里东期发育的平行塔中 I 号断裂带的北西—南东向挤压逆冲断裂体系和早海西期发育的近北东—南西向及南北向的走滑断裂体系。其中, 挤压逆冲断裂体系呈向西撒开、向东收敛的发散状分布; 走滑断



图1 塔中地区地质概况

收稿日期: 2014-09-01。

作者简介: 张保涛, 男, 助理工程师, 硕士, 从事石油地质方面的综合研究。联系电话: 18600168114, E-mail: zhbaotao@163.com。

基金项目: 国家油气重大专项“四川、塔里木、鄂尔多斯盆地及青藏、南方等地区海相油气资源潜力、油气成藏与富集规律研究”(2008ZX05004-003), 中国石油科技研究项目“油气勘探新领域、新理论、新方法研究——深层油气地质与勘探潜力研究”(2008A-0609)。

裂体系东西分布差异明显,中西部走滑断裂体系的发育程度高于东部。塔中地区地势整体呈现从南东向北西逐渐倾没的趋势,尤其是西部平台区和塔中 I 号断裂带控制的台缘区的地势低洼平坦。

研究区钻遇地层较全,自震旦系至第四系,除缺失侏罗系外,其他地层均有发育。主要目的层奥陶系以碳酸盐岩为主,原生基质孔隙不发育,以洞穴、裂缝和溶蚀孔洞^[14]等次生储集空间为主。曾发生 3 期油气充注,其中,晚加里东期和晚海西期以油

充注为主,晚喜马拉雅期以气充注为主^[15]。

2 出水井类型及分布特征

2.1 出水井类型

通过对钻井施工过程是否出水 and 试采含水率动态曲线变化特征(图 2)的研究表明,塔中地区出水井类型可划分为钻井出水井、试采暴性水淹井、试采台阶含水井和试采间歇含水井 4 种。

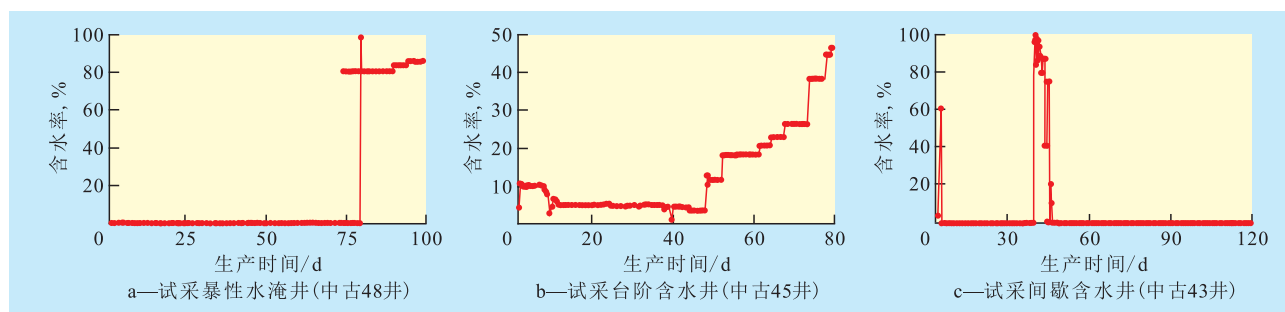


图2 塔中地区不同出水井类型试采含水率动态曲线

钻井出水井是指钻井过程中在目的层钻遇水体,且水体能量较大,一般不具备油气产能,常定性为失利井,如中古 1、中古 9、中古 20 和中古 42 等井。试采暴性水淹井是指在试采过程中,含水率由较低或为 0 突然升至 70%~80%,并持续大量出水,水体能量较大,如中古 48、中古 164 和中古 21-H5 等井。试采台阶含水井是指在试采过程中,含水率由较低水平呈台阶式逐渐上升,由低含水率到高含水率的转变存在过渡的过程,水体能量中等,如塔中 63C、中古 45、中古 10 和中古 11 等井。试采间歇含水井是指在试采过程中,含水率由 0 或较低水平突然升至较高水平,但短期又迅速降至 0,水体能量较小,如中古 432、中古 26、中古 43 和中古 46 等井。

2.2 分布特征

通过对钻井、试采含水率动态曲线和地质构造的分析发现,不同出水井类型的分布具有南北不同、东西差异的特点,与构造地质特征具有很大的相关性(图 1)。北部边缘塔中 I 号断裂带控制的台缘区主要富集水体能量大的钻井出水井,西部平台区以水体能量较大的钻井出水井和试采暴性水淹井为主,南部的塔中 10 号构造带和东部地区则存在多种水体能量不等的出水井类型。

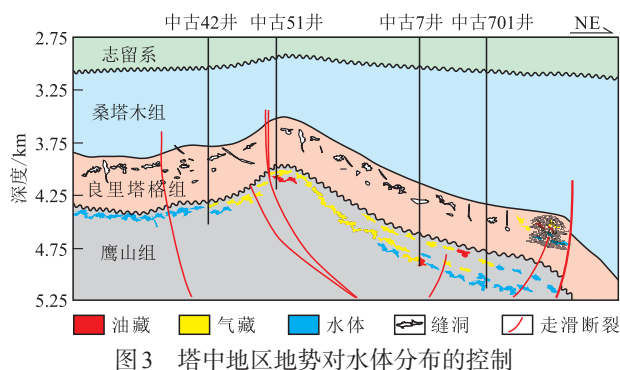
3 不同出水井类型的控制因素

3.1 地势和台缘区

平面上,地势和台缘区控制了水体的整体分

布。随着地势由低到高,水体能量具有逐渐降低的趋势;钻井出水井、试采暴性水淹井、试采台阶含水井和试采间歇含水井的水体能量和强度具有逐渐降低的特征。塔中 I 号断裂带控制的台缘区及其他构造带的相对低部位易出现钻井出水井,斜坡低部位和西部平台区多出现试采暴性水淹井,试采台阶含水井受地势控制较弱,其分布主要受断裂的控制,在局部构造高部位常出现试采间歇含水井。

剖面上,地势对水体分布具有明显的控制作用。水体在构造高部位的势能较高,水体不稳定,若存在运移通道,水体则向势能低、稳定性强的低部位运移。由构造低部位到高部位,水体能量明显减弱,出水量降低(图 3)。例如位于地势最低部位的中古 701 井的水体能量强,为钻井出水井,试油获天然气 1 256 m³/d,水 234.96 m³/d;位于斜坡部位的中古 7 井,水体能量明显减弱,出水量减少,油气产能明显增高,试油获原油 54 m³/d,天然气 74 867 m³/d;位于局部构造高部位的中古 51 井的水体能量极弱,仅发现极少量的局部封存水,试采含水率动态曲线表现为间歇含水,试油获原油 234.96 m³/d,天然气 1 256 m³/d;而位于局部低洼部位的中古 42 井,则又出现钻井出水(图 3)。塔中 I 号断裂带控制形成的台缘区对水体的控制作用主要表现在 2 个方面:①台缘区在塔中地区处于地势最低部位,有利于水体的聚积;②台缘区发育一系列可以沟通下部水体的与塔中 I 号断裂带伴生的次级断裂,为下部水体的进入提供了有利条件。



3.2 储集空间及其组合类型

塔中地区原生孔隙不发育,储集空间类型主要为次生储集体,包括洞穴、裂缝和溶蚀孔洞等。不同的储集空间类型决定了其中流体的分布状态。大型洞穴中流体分异正常,一般存在油气水界面;微小裂缝的流体容量较小,油气水分异不彻底,不均一特征明显,但在开采过程中相邻裂缝之间可以互相补充^[16-17];溶蚀孔洞如果不受次生断裂影响,一般呈孤立封存状态存在。3种类型储集空间的不同组合控制了研究区不同区域储层的差异性,造成其中流体状态的差异,进而导致出水井类型的多样性。

综合地震、缝洞雕刻和试采含水率动态曲线资料(图2)分析发现,试采暴性水淹井试采井段的储集体中具有正常分异的油气水界面,可能发育大型洞穴或裂缝;随着油气开采程度的扩大,底水逐渐暴露,造成突然大量持续出水。试采台阶含水井的裂缝发育,相互连通性较强;在油气开采过程中,缝洞体内的压力发生变化,周围储集体内的流体向低压处不断迁移补充,造成含水率呈台阶状上升。试采间歇含水井的储集空间一般为孤立洞穴,可发育洞顶缝,邻近存在小型洞穴或孤立溶蚀孔洞;在油气开采过程中,由于洞体内压力的变化,邻近洞穴的封存水冲破洞壁突然释放造成骤然出水现象,但由于封存的水量有限,因此间歇出水。此外,由于研究区地质条件复杂,储集体组合多样,可能存在试采暴性水淹、试采台阶含水和试采间歇含水3种典型出水类型的过渡储集体组合。

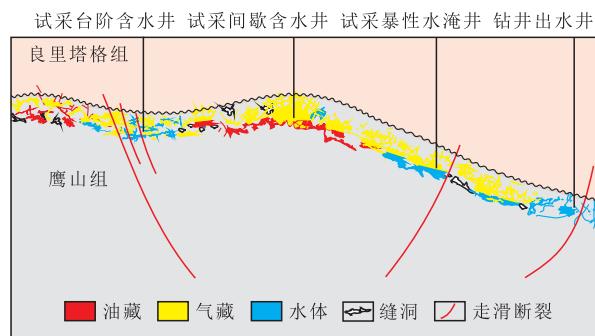
3.3 断裂

断裂对不同出水井类型分布的控制作用主要表现为2个方面:①断裂既是油气的运移通道,也是沟通下部水体的通道^[18-19],对水体能量和出水类型具有控制作用。研究区塔中I号断裂及其次级断裂和走滑断裂对不同出水井类型的分布具有较大影响(图3),近50%的钻井出水井分布于塔中I号

断裂及其次级断裂和走滑断裂附近,试采台阶含水井分布于走滑断裂附近,试采暴性水淹井和试采间歇含水井则受断裂的影响较弱。②断裂可以导致裂缝发育,使相邻的缝洞系统相互沟通,影响不同储集空间类型的组合,进而控制不同出水井类型的分布。

4 不同出水井类型的地质模型

综合水体分布和出水井类型的主控因素,建立了出水井类型的地质模型(图4)。钻井出水井主要受控于地势条件,地势低部位造成大量水体聚积成为水层,沟通深部水体的断裂的发育可加剧这种水体状态。试采暴性水淹井多分布于斜坡部位,明显受储集空间的控制,其储集空间多为孤立的洞穴或缝洞单元体,存在局部油水界面,在开采过程中会出现持续大量出水的现象。试采台阶含水井主要受断裂和储集空间的控制,走滑断裂发育密集地区主要发育缝洞连通型储集空间;在油气开采过程中,相邻缝洞单元体内的水体可以互相补充,导致出现台阶含水现象。试采间歇含水井主要受地势和储集空间控制,在油气开采过程中,高地势和孤立洞穴造成邻近附属洞穴的封存水突然释放,但由于高地势区域的封存水量有限,因此其出水量一般较小。



5 结束语

塔中地区水体分布复杂,出水井类型多样。根据钻井和试采含水率动态曲线资料,可划分出钻井出水井、试采暴性水淹井、试采台阶含水井和试采间歇含水井4种出水井类型,其水体能量依次由大变。不同出水井类型的分布复杂,控制因素多样。水体分布整体受地势和台缘区控制,出水井类型明显受储集空间及其组合类型控制,断裂具有沟

通下部水体和改造储集空间形态进而影响出水井类型的作用。根据不同出水井类型控制因素的差异,建立了4种出水井类型的地质模型,对研究区水体分布、水体强度及出水类型的预测具有重要的指导作用。

参考文献:

- [1] 朱光有,张水昌.中国深层油气成藏条件与勘探潜力[J].石油学报,2009,30(6):793-802.
- [2] 张水昌,梁狄刚,张宝民,等.塔里木盆地海相油气的生成[M].北京:石油工业出版社,2004.
- [3] 黄玉平,姜正龙,李景瑞,等.塔里木盆地新构造运动时期构造应力方向[J].油气地质与采收率,2013,20(3):5-9.
- [4] 赵文智,汪泽成,张水昌,等.中国叠合盆地深层海相油气成藏条件与富集区带[J].科学通报,2007,52(增刊I):9-18.
- [5] Jin Zhijun.Particularity of petroleum exploration on marine carbonate strata in China sedimentary basins[J].Earth Science Frontiers,2005,12(3):15-22.
- [6] 周新源,王招明,杨海军,等.塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J].海相油气地质,2006,11(1):45-51.
- [7] 韩剑发,梅廉夫,杨海军,等.塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩礁滩复合体油气来源与运聚成藏研究[J].天然气地球科学,2007,18(3):426-435.
- [8] 康玉柱.塔里木盆地寒武-奥陶系古岩溶特征与油气分布[J].新疆石油地质,2005,26(5):472-480.
- [9] 汪伟光,喻莲.塔里木盆地塔中低凸起潜山区奥陶系油气成藏条件[J].特种油气藏,2011,18(4):30-34.
- [10] Wang Zhaoming, Xiao Zhongyao.A comprehensive review concerning the problem of marine crudes sources in Tarim Basin[J]. Chinese Science Bulletin,2004,49(Suppl.1):1-9.
- [11] 张水昌,梁狄刚,朱光有,等.中国海相油气田形成的地质基础[J].科学通报,2007,52(增刊I):19-31.
- [12] 罗厚义,汤达祯,汤永梅.利用毛管压力预测碳酸盐岩油藏油水界面[J].油气地质与采收率,2013,20(2):71-73.
- [13] 孟庆强,朱东亚,解启来,等.塔中和巴楚地区深部流体活动控制因素及有利区预测[J].石油实验地质,2011,33(6):597-601.
- [14] 马红强,王恕一,雍洪,等.塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩埋藏溶蚀特征[J].石油实验地质,2010,32(5):434-441.
- [15] 韩剑发,梅廉夫.塔中I号坡折带礁滩复合体大型凝析气田成藏机制[J].新疆石油地质,2008,29(3):323-326.
- [16] 聂永生,田景春,魏生祥,等.裂缝三维地质建模的难点与对策[J].油气地质与采收率,2013,20(2):39-41.
- [17] 荣元帅,李新华,刘学利,等.塔河油田碳酸盐岩缝洞型油藏多井缝洞单元注水开发模式[J].油气地质与采收率,2013,20(2):58-61.
- [18] 郭光辉,成丽芳,刘玉魁,等.塔里木盆地寒武-奥陶系走滑断裂系统特征及其控油作用[J].新疆石油地质,2011,32(3):239-243.
- [19] 雷克辉,钟宁宁.塔中I号坡折带断裂系统空间展布及演化规律[J].特种油气藏,2013,20(2):12-15.

编辑 邹澍滢

欢迎订阅2015年《石油钻探技术》

《石油钻探技术》创刊于1973年,由中国石油化工集团公司主管、中国石化集团石油工程技术研究院主办,是全国中文核心期刊和历年中国科技论文统计源刊,被中国科学引文数据库(CSCD)、美国《石油文摘》与《化学文摘》、《中国石油文摘》和《中国地质文摘》等大量摘录。

《石油钻探技术》主要报道国内石油工程(包括钻井、钻井液、固井、测井、录井、完井、开采等专业)以及钻采机械设备与自动化方面的科技进展和现场经验,适当介绍国外石油工程技术发展的水平和动向。本刊主要栏目为:专家视点、学术争鸣、钻井完井、测井录井、油气开采、钻采机械、现场交流。适合于石油、海洋、地矿行业广大石油工程技术人员、高等院校师生和经营管理者阅读。

《石油钻探技术》为双月刊,大16开版本,逢单月末出版。2015年每期定价15元(含邮寄费),全年6期共90元,自办发行,欢迎有关单位和个人及时订阅。订阅办法:

1. 银行汇款:工行北京市海淀支行,账号0200049629200702219,户名“中国石油化工股份有限公司石油工程技术研究院”,开户行代码102100004960,并注明“期刊”字样。

2. 邮局汇款:北京市朝阳区北辰东路8号北辰时代大厦716室,邮编100101,收款人:刘文臣,电话:010-84988356,84988317,传真:010-84988289,网址http://www.syzt.com.cn, E-mail: syzt@vip.163.com。