

文章编号:1673-8217(2009)02-0022-04

川东上三叠统气藏保存条件研究

杨磊¹,温真桃²,宋洋³(1. 成都理工大学能源学院,四川成都 610059;2. 中国石化西南分公司
工程技术研究院;3. 中国海洋油田服务公司天津分公司油田化学事业部)

摘要:研究范围为华蓥山以东、方斗山以西、温泉井以南的川东区块,对该区侏罗系—上三叠统地层物性及水文地质特征分析表明,侏罗系地层具有良好的封堵能力,且区域分布稳定,因此该区水文地质条件及油气聚集与保存,主要受控于盖层及储层出露情况、构造类型、褶皱强度、地面断裂发育情况和渗入水影响范围等外在因素。在此基础上,根据已有资料建立起侏罗系—上三叠统构造水文垂直分带图,初步总结出高陡构造带渗入水渗入模式,进而指出油气保存的有利构造部位。

关键词:四川盆地;上三叠统;盖层;水文地质;油气保存

中图分类号:TE112.26

文献标识码:A

川东地区属于碳酸盐岩广泛出露的地区,在以往对碳酸盐岩气藏研究过程中^[1],碎屑岩一般作为隔水层及下部气藏的封盖层系,因此有关上三叠统气藏的研究很少。本文主要从盖层的岩性、厚度分布及水文地质资料对川东上三叠统气藏保存条件作一概略分析^[2~4]。

1 盖层特征

根据川东石炭系勘探的经验,石炭系气藏的直接盖层是二叠系梁山组泥岩(厚10 m左右)与阳新统致密灰岩,区域盖层主要为嘉陵江组膏盐岩层。当高陡构造带出露嘉陵江组膏盐岩及以下层系时,即区域盖层的封堵能力已经不存在,其下石炭系的

直接盖层的封堵能力也同样受到破坏,这就是川东高陡构造带主体构造及部分潜伏构造石炭系气藏不能保存的重要原因。因此,对油气藏来说,直接与间接盖层同等重要。

川东上三叠统香溪群以碎屑岩沉积为主,呈砂岩、泥页岩互层的沉积组合,孔隙及裂缝发育的层状或透镜体砂岩为储集层段,其上覆及周边的泥岩为其封堵层^[5]。对封堵层系判断的直接标准是其排替压力及扩散系数,但由于缺乏碎屑岩特别是起到主要封堵作用的泥页岩的物理数据,因此我们采用间接的参数,包括岩性、厚度、物性及岩性组合、水文等特征来判断封堵层(表1)。

以此标准,根据本次分析及研究资料,将上三叠

表1 川东地区上三叠统储渗特征判断因素

储渗特征	水文特征	地层条件			
		岩石种类	结构及构造	厚度及岩性组合	孔隙及裂缝
储层	含水层	砂岩(包括石英砂岩、长石砂岩)、砾岩、角砾岩	细粒—粗粒,胶结疏松	单层厚10 m以上,组合分布则砂岩在1/2以上	孔隙度>8%,裂缝发育
次要储层	弱含水层	粉砂岩、泥质砂岩、灰质砂岩	粉砂—细粒,分选差,泥质及灰质胶结	砂岩在10 m以下,或泥质、灰质砂岩厚10~20 m,组合分布时砂岩占1/3	孔隙度3%~8%,裂缝较发育
封堵层	隔水层	泥页岩		泥页岩单层厚8 m以上,砂泥岩互层时,泥岩占总厚2/3以上	孔缝多为泥质充填

统及以上各层系的含水性及储盖性能列于表2。

由于川东地区砂岩储层主要呈夹层形式沉积,珍珠冲段是上三叠统香溪群气藏的直接盖层,其杂色泥岩累厚50~250 m,平均130 m,区域上泥岩沉积较厚的地区位于川东中部,平均大于150 m,达川—万县地区稍薄,小于平均厚度,但均具有封堵能

力。因此上三叠统的直接盖层为紧邻砂岩储集层之上的泥页岩层段,而泥页岩厚度大且砂/泥比较小的自流井组珍珠冲段、凉高山组、沙溪庙组及遂宁组,

收稿日期:2008-09-08;改回日期:2008-10-10

作者简介:杨磊,1983年生,2006年毕业于成都理工大学能源学院石油工程专业,在读硕士,主要从事油气田开发地质研究。

表 2 川东地区上三叠统及以上层系储盖性能

地层系统	厚度/m	主要岩性	产水特征	含隔水层	储盖特征
蓬莱镇组	J ₃ p	0~700	砂岩	裂缝产水	含水层 储
遂宁组	J ₃ sn	0~500	泥岩	裂缝产水	隔水层 盖
沙溪庙组	J ₂ s	0~1 759	泥岩砂岩互层	裂缝产水	含隔水互层 储盖
	J ₂ xs	300~600	泥岩砂岩互层	裂缝产水	含隔水互层 储盖
凉高山组	J ₂ l	150~300	页岩		隔水层 盖
	J ₁ z ⁴	50~125	介壳灰岩	溶缝产水	含水层 次要储
自流井组	J ₁ z ³	50~150	砂泥岩		隔水层 盖
	J ₁ z ²	30~60	介壳灰岩及页岩	溶缝产水	含水层 次要储
	J ₁ z ¹	150~250	泥岩、砂岩		隔水为主 储盖
香溪群	T ₃ h ⁵⁻⁶	150~300	页岩、砂岩	裂缝产水,	含水层 储
	T ₃ h ²⁻⁴	150~300	砂岩夹页岩	孔隙储水	含水层 储
	T ₃ h ¹	10~40	页岩夹砂岩		隔水层 盖

能够起到直接封堵层与区域盖层的双重作用。整体上,中、下侏罗统可作为上三叠统的区域封堵层系。

从盖层特征看,上述层系均具有良好的封堵能力,且区域上分布稳定,因此对该区水文地质条件及油气聚集与保存的影响,主要受制于外在因素,如盖层在高陡构造隆升时期大范围的剥蚀及构造上大型断裂的沟通等。

2 水文地质特征

2.1 水化学特征

从水井产水化学性质上看,露头区香溪群地层

水 Cl⁻ 含量在 8 300 g/L 以下,折合矿化度在 20 g/L 以下,反映了地层水受地表渗入水影响极强。但在远离露头和断裂的低缓背斜以及向斜之中,地下水受地表渗入水影响作用明显减弱,水化学性质表现为封闭环境下的变质特征^[6]。如新市构造新 5 井香溪群井深 2 026.68 m 发生井漏,裸眼初测产水 307.2~1 440 m³/d,Cl⁻ 含量达 34 420 mg/L,矿化度 63.77 g/L,水型 CaCl₂,完全体现出沉积封存水的变质特征(表 3)。

2.2 地层水分布的控制因素分析

2.2.1 岩性组合对地下水赋存状态的控制作用

表 3 川东地区部分钻井浅层地层水分析数据

井号	产层	离子当量, %							成因系数			水型	矿化度/(g·L ⁻¹)	
		K ⁺ + Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	Na ⁺ /Cl ⁻	SO ₄ ²⁻ × 100/Cl ⁻	(Na ⁺ - Cl ⁻)/(Cl ⁻ - Na ⁺) / SO ₄ ²⁻			
巴 11	Th	82.82	12.82	4.36	99.80	0	0.20	0	0.83	0		3.89	CaCl ₂	95.75
巴 14	J _t ~Th	98.16	1.44	0.4	96.50	0.25	3.25	0	1.02	0.26	6.64		NaHCO ₃	17.22
沙浅 1	J _t ⁵	65.11	29.97	4.92	98.67	0.64	0.69	0	0.66	0.65		6.82	CaCl ₂	16.64
环 1	Th~T ₁ J ²	59	41	0	28.45	68.45	3.27	0	2.07	240	0.45		Na ₂ SO ₄	6.78
成 15	Th	98.56	1.15	0.29	55.04	10.35	25.64	8.93	1.79	18.85	4.19		NaHCO ₃	2.28
双 8	Th~T ₁ J ⁴	71.44	22.43	6.13	68.17	23.94	7.09	0	1.05	35.11	0.14		Na ₂ SO ₄	11.97
新 5	J ₁ z	46.79	51.69	1.52	96.73	1.57	1.70	0	0.48	1.63		33	CaCl ₂	9.48
	Th	86.32	11.29	2.39	99.04	0.52	0.44	0	0.87	0.52		5.31	CaCl ₂	63.77
张 1	Th	98.10	1.52	0.38	42.59	7.22	44.49	5.7	2.30	16.96	7.68		NaHCO ₃	1.84

岩性对地下水赋存状态的控制主要表现在岩性组合上。在含水层中,随着砂/泥岩比值、砂岩层数和厚度增加,富水性亦增强。如遂宁组、下沙溪庙组以泥质岩石为主,从地面泉流量来看,一般较小,0.01~0.05 L/s。而上沙溪庙组及香溪群砂岩层增多,厚度加大,地面表现出渗透性较好的现象,泉流量相应增高,0.05~0.50 L/s。因此,川东地区从香溪群到中上侏罗统,不同层段的水文地质条件有所不同。其中香溪群岩性为灰白色厚至巨厚状中至粗

粒长石石英砂岩,夹泥质细粉-粉砂岩、炭质页岩、薄煤层及菱铁矿,底部局部见砾岩。香溪群砂岩成层性较好,有一定的连片分布,尽管储层物性有横向变化,但总体而言,在裂缝等作用下,能够形成连通范围较广的层间裂隙水动力系统。尤其是沿大断裂、露头附近地区,受地表渗入水影响,地下水表现得非常活跃,单井产水量也很大。

2.2.2 构造对地下水赋存状态的控制作用

据邻区资料,川中地区大部为封存性较好的

CaCl₂型地层水,香溪群除在邻近地表水渗入区有NaHCO₃型水外,主要是高矿化度(204~296 g/L)的CaCl₂型水,Na/Cl比系数0.65~0.77,以含Ba²⁺(1 000~2 000 mg/L)而无SO₄²⁻为特征。

与邻区相比,川东地区资料有限,有28口深井及浅井,共45个取样数据,无沙溪庙组及其以上地层的水分析资料。

香溪群矿化度在1.79~95.75 g/L之间。80%为低矿化度的NaHCO₃,埋深500~1 594 m,贫Ba²⁺而富含SO₄²⁻(0~1 403 mg/L),矿化度1.79~9.96 g/L,平均6.63 g/L;20%为保存良好的CaCl₂型水,埋深大于800 m,矿化度63.77~95.75 g/L。

与邻区相比,川东地区地层水的封闭性远较川中低,主要原因在于川东地区构造褶皱强度高,将该地区分割成受高陡构造控制的多个向斜盆地,香溪群以上地层沿背斜轴部多已剥蚀,成为地表水的渗入带,因而渗入水影响范围及深度远高于川中地区。

进一步分析,渗入水对川东地区的不同区域其

影响强度是不同的,可以分为两种类型:①狭长的向斜区,渗入水压降大,地腹及窄向斜内构造主要产淡水,如门南、铁山、东溪和福成寨等构造,表现了较强的渗入水影响结果,香溪群及自流井组主要为低矿化度(1~3 g/L)的NaHCO₃型水,这一类区域保存条件较差;②范围较广阔的宽向斜或小“盆地”,其内部存在良好的保存条件,如明月峡-苟家场宽向斜之间的新市构造及卧龙河构造,香溪群及自流井组均以CaCl₂型水为主,矿化度9.48~95.75 g/L,这一类地区应是寻找油气的主要目标区块。

2.3 渗入水影响因素

从钻井复查看,保存良好的构造浅表井漏层位较新,基本位于沙溪庙组之上,深度较浅,一般300 m以内,渗入水动力系统影响较弱,无低矿化度水侵显示。如宣汉盆地内的构造保存条件相对川东高陡构造带要好,铁山坡构造出现浅表井漏,无水显示。渡口河构造,仅浅表重庆群以上有井漏现象,其下各层均有较好的油气显示。纵向上看,地表渗入水对其影响具有一定的规律性(图1)。

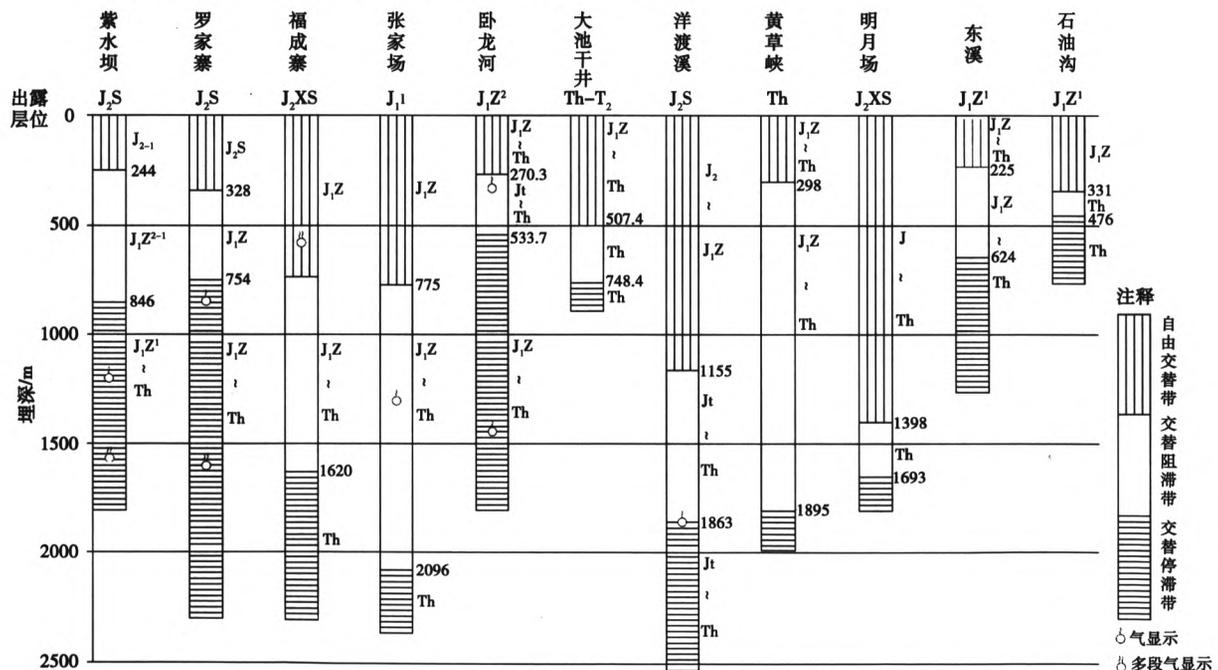


图1 川东地区侏罗系—上三叠统构造水文垂直分带示意

2.3.1 出露地层老的构造,渗入水影响程度高

从出露地层来看,出露的地层愈老,渗入水影响的程度愈深,黄草峡构造地面出露香溪群,交替阻滞带影响深度达1 895 m,与地面出露自流井的构造相比,约深1 000 m。当地面已出露碳酸盐岩时,渗入水可以影响到飞仙关组甚至二叠系以下地层。

2.3.2 地表有断层的构造,渗入水影响程度高

黄草峡构造核部有逆断层发育,也是导致渗入水影响范围深的一个原因,与此类似的洋渡溪构造,虽然地面出露沙溪庙组,但紧邻方斗山大断层,导致其水文自由交替带深度达1 000 m以上,交替阻滞带深度也在1 800 m以上。

2.3.3 高陡构造带窄向斜内构造, 渗入水影响程度高

如福成寨、张家场构造, 地面出露自流井组上部至沙溪庙组地层, 出露层位相对较新, 但水文自由交替带深度 700 余米, 交替阻滞带深度达 1 600~2 000 m 以上。究其原因, 一是位于华蓥山-铜锣峡-明月峡紧密高陡构造褶皱带中, 地层倾角陡, 渗入水水力坡度大, 影响的深度相应较深; 另一方面, 明月峡及凉水井构造带广泛出露香溪群, 如紧邻张家场的明月峡背斜单翼出露地层宽度达 4 km, 出露面积达 100 km², 如此广泛的出露也是造成渗入水影响范围深的主要原因。相比较而言, 大池干井构造带呈高梳状形态, 地层倾角大, 构造紧密, 香溪群出露的宽度与面积远小于明月峡及凉水井构造, 从其地面及东翼潜伏构造钻探情况看, 渗入水影响范围远小于张家场和福成寨构造。

2.3.4 宽向斜及盆地内的构造, 保存条件较好

一般自由交替带在 300 m 左右, 交替阻滞带深度在 800 m 左右, 香溪群大部份地层处于保存条件好的交替停止带, 有利于油气聚集与成藏。

3 区域保存条件评价

根据已有资料所建立的侏罗系-上三叠统构造水文垂直分带图, 初步总结出高陡构造带渗入水渗入模式: 对香溪群层状-似层状砂岩层, 宽向斜及小盆地内部水文地质保存条件较好; 在高陡构造带, 由于大部分出露上三叠统及以下层位, 主体构造及潜伏构造均受到渗入水的影响。构造褶皱强度及储层出露情况是渗入水影响范围的主要控制因素, 除丘状构造由于未出露香溪群, 渗入水影响程度小外, 顶尖翼陡、两翼倾角大于 45° 的梳状构造(如大池干井), 渗入水影响程度小于顶圆翼缓及顶宽平翼陡的似梳状及箱状构造(如黄草峡及明月峡构造带垫江段), 主要原因在于受大气降水波及的面积, 前者远小于后两种构造类型。基于同样的原因, 膝状构造

的陡翼渗入水影响程度小于缓翼。与碳酸盐岩储层一样, 地表发育的断裂带及出露地层也是影响水渗入程度的重要原因。在一般情况下, 川东地区高陡构造带渗入水影响深度在 476~846 m 之间, 平均 660 m, 对于保存条件不利的构造带, 渗入水影响深度达到 1 620~2 096 m, 平均约 1 800 m。

根据上面论述, 区域保存条件评价主要考虑下面几个因素: 盖层及储层出露情况, 构造类型、褶皱强度及地面断裂发育情况, 渗入水影响范围等因素。

评价结果: ①构造高点及轴部主要出露侏罗系, 香溪群内部无大-中型断层, 在向斜区易于形成交替停滞带水文环境, 有利于油气保存; ②构造高点及轴部大范围出露香溪群及以下地层, 且香溪群内部发育有大-中型断层, 地表渗入水影响强烈, 在向斜地区易于形成自由交替带-交替阻滞带水文环境, 对油气保存不利。

参考文献

- 1 韦贤, 王兴志, 张帆. 川东北板东地区长兴组生物礁型储层研究[J]. 石油地质与工程, 2007, 21(4): 16~19
- 2 艾献明, 曾庆立, 王伟. 石柱地区上组合油气保存条件分析[J]. 石油天然气学报, 2006, 28(1): 19~22
- 3 成艳, 陆正元, 赵路子等. 四川盆地西南边缘地区天然气保存条件研究[J]. 石油实验地质, 2005, 27(3): 218~221
- 4 凌跃蓉, 陈礼平. 川东上三叠统及侏罗系含油气系统分析[J]. 天然气工业, 2005, 25(增刊 A): 6~10
- 5 邵彦蕊, 胡明毅, 胡忠贵等. 川西北部上三叠统须家河组储层成岩作用研究[J]. 石油地质与工程, 2006, 20(5): 13~16
- 6 徐振平, 梅廉夫. 川东北地区不同构造带地层水化学特征与油气保存的关系[J]. 海相油气地质, 2006, 11(4): 29~33

编辑: 吴官生