

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

四川盆地普光大型气田 H_2S 及优质储层 形成机理探讨

——读马永生教授的“四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示”有感

张水昌, 朱光有, 梁英波

中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083

内容提要: 四川盆地普光大型气田的发现刷新了中国海相碳酸盐岩油气田的多项记录: 储量规模最大、储层埋藏最深、资源丰度最高, 同时也是中国原油裂解气藏规模最大、天然气最干、硫化氢储量最多的气藏; 另外它还是中国目前发现的碳酸盐岩储层次生孔隙最发育的气藏。深入研究后发现, 普光超大型气藏的形成具有特殊的地质地球化学条件, 即充沛的烃源、储层附近发育一定的膏质岩类、储层经历过较大的埋深(较高的温度), 这些条件是硫酸盐热化学还原作用(thermochemical sulfate reduction, 简称 TSR,) 发生所必须具备的; 而正是由于 TSR 的发生, 一方面形成了富含 H_2S 、 CO_2 等酸性气体的流体; 同时 TSR 过程及其形成的硫化氢等酸性流体具有腐蚀性, 对深部碳酸盐岩储层进行强烈的溶蚀改造作用, 促进了次生大孔洞的发育和优质储层的形成, 因此 TSR 的发生是普光大型气田形成的关键因素之一。

关键词: 普光气田; TSR; 硫化氢; 溶蚀作用; 优质储层; 飞仙关组

中国海相地层的分布面积逾300多万平方千米, 海相油气是中国油气工业的重要勘探领域(张水昌等, 2002)。但是长期以来, 中国在海相碳酸盐岩层系内的油气勘探一直呈现出徘徊不前的状态。虽然已在塔里木盆地、四川盆地等发现了以碳酸盐岩为主要烃源岩或主要储集层的气田, 如四川盆地威远、五百梯、沙坪场、卧龙河、大池干井, 塔里木盆地和田河、吉拉克、雅克拉等气田, 但是这些发现与中国碳酸盐岩区蕴藏的巨大大油气资源不成比例, 可以说海相油气勘探并未取得令人满意的成效(戴金星等, 2005; 李晋超等, 1998)。一些专家学者深入研究后认为, 中国海相盆地与国外富油气海相盆地相比, 具有以下几方面的显著差异(李晋超等, 1998; 王兆云等, 2004; 金之钧, 2005): ①海相地层时代老, 形成于叠合盆地下组合; ②埋藏深, 有机质热演化程度高; ③烃源岩生烃期次多, 有机质丰度低; ④油气藏改造和破坏严重, 保存条件复杂; ⑤油气藏分布复杂, 预测难度大; ⑥碳酸盐岩储层非均质性, 优质储层少等特征。由于中国海相碳酸盐岩的特殊性和复杂性, 长期以来制约了中国海相碳酸盐岩的勘探, 一些学者甚至认为中国海相碳酸盐岩的勘探前景不佳。

1 四川盆地海相油气勘探的重大突破

上个世纪末, 四川盆地川东北地区(四川省宣汉县和重庆市的开县境内)下三叠统飞仙关组鲕滩气藏的发现, 如渡口河气田探明储量 $359 \times 10^8 m^3$ 、罗家寨气田探明储量 $581.08 \times 10^8 m^3$ (冉隆辉等, 2005)、铁山坡气田探明储量 $374 \times 10^8 m^3$ 等, 特别是近期在四川盆地宣汉—达县地区发现的普光超大型气田(马永生等, 2005a, 2005b, 2005c), 给长期从事海相油气勘探和研究的石油科技工作者以巨大的信心和鼓舞, 并将掀起海相碳酸盐岩的勘探和研究的热潮。

四川盆地普光大型气田的发现刷新了中国海相碳酸盐岩油气田的多项记录: 储量规模最大、储层埋藏最深、资源丰度最高, 同时也是中国原油裂解气藏规模最大、天然气最干、硫化氢储量最多的气藏; 另外它还是中国目前发现的碳酸盐岩储层次生孔隙最发育的气藏(孔隙度大、优质储层厚度大)。正如马永生教授发表在《地质论评》中的“四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示”一文所言(马永生等, 2005a), 普光气田的发现经历了一个漫长而曲折的勘探历程。当然这中间有许多经验十分值得勘探家

注: 本文为中国石油天然气股份公司科技项目(编号 040502-10-01)和国家重点基础研究发展规划项目(编号 2001CB209100)资助成果。

收稿日期: 2005-08-23; 改回日期: 2006-01-16; 责任编辑: 周健。

作者简介: 张水昌, 男, 1961年生, 博士, 教授级高级工程师, 现任中国石油勘探开发研究院实验研究中心主任。研究方向为油气生成及成藏过程中的动力学行为, 海相碳酸盐岩有效烃源岩评价和分子有机地球化学的地质应用等。Email: sczhang@petrochina.com.cn。

们学习和借鉴。作为从事海相碳酸盐岩研究的石油地质工作者,在分享普光超大型气田给石油人带来的惊喜外,也在思考着普光飞仙关组特殊的成储和成藏条件。

2 普光气田的形成条件

马永生教授在“四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示”一文中已就普光气藏的基本特征进行了描述,它是一个受鼻状构造和沉积相变线共同控制的构造-岩性复合圈闭,已提交探明储量 $1143.63 \times 10^8 \text{ m}^3$,预计最终探明储量要远高于此数据,目前已落实三级储量超过 $3500 \times 10^8 \text{ m}^3$ (马永生等,2005a),可采储量 $878.32 \times 10^8 \text{ m}^3$,资源丰度 $38.53 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (马永生等,2005a),是四川盆地目前发现的储量丰度最高的大型气田。2003年在普光构造上对已完钻的探井普光1井下三叠统飞仙关组5610.3~5666.24m井段测试,获得日产 $42.37 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产工业气流;而后2004年又对相继完钻的普光2井进行测试,其中飞仙关组飞一段5027.5~5102.0m井段获得日产 $60.02 \times 10^4 \text{ m}^3$ 、上二叠统长兴组5237.0~5281.6m井段获得日产 $58.88 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的高产工业气流。超大型的储量规模和高产油流的显示,表明普光构造具有最佳的油气成藏条件。钻井证实,该区发育巨厚的优质储层,其中普光2井测井解释飞仙关组和长兴组储层厚度为395.5m,其中飞仙关组储层厚为331.125m,长兴组储层厚为64.375m(马永生等,2005a)。岩心分析结果表明,孔隙度平均值在8.11%以上,最高可达28.86%。飞仙关组I类和II类储层厚度分别占总储层厚度的23%和41%(马永生等,2005a),这也是四川盆地发现的最厚的优质储层,而且这套优质储层平面上分布相对稳定,这也是该区能够形成超大型气田的重要保证。

从源岩条件来看,该区发育了下寒武统、下志留统、下二叠统、上二叠统、上三叠统等多套烃源岩,具备形成大型油气田的条件。由于普光2井岩心中沥青分布十分广泛,很可能来自于原油裂解气,而且根据邻区天然气的碳同位素分析结果,普光气田的天然气应来自于腐泥型干酪根,即来自于油型气。志留系龙马溪组富含笔石页岩在川东发育,是石炭系的主要气源,而川东北石炭系不发育,因此志留系烃源岩生成的烃类很可能聚集到飞仙关组,形成大的古油藏,随后发生裂解成气。另外,该区也发育二叠系的腐泥型烃源岩,特别是近期在该区钻探发现的上二叠统龙潭组黑色泥岩,厚度在200m左右,TOC高达

5%以上,飞仙关组储层可以优先捕集。因此龙潭组泥岩很可能构成了普光气田的主力源岩(气源精细对比研究后将另撰文论述)。普光构造发育多条油源断层,向下可断至寒武系烃源岩,向上消失于中三叠统,因此运聚条件有利,这些都为普光超大型气田的形成提供了必要的保障。另外,普光构造幅度大,圈闭面积大,成藏期较晚(喜马拉雅期),这也是普光超大型气田形成的有利条件。

3 普光气田高含硫化氢天然气的形成

普光气田天然气中甲烷含量占72%~80%左右,乙烷含量小于0.3%,丙烷含量很微,几乎检测不出,属于很干的天然气,在世界上都是少见的干气。天然气中非烃类含量较高,主要是酸性气体,硫化氢和二氧化碳含量占17%~20%左右。其中硫化氢含量较高,在天然气中的体积含量在12.68%~16.89%之间,质量含量为181.83~242.20g/m³,属于典型的高含硫化氢天然气。虽然油气藏中硫化氢可以通过不同的渠道形成,如微生物硫酸盐还原(BSR)、含硫化合物的热裂解、硫酸盐热化学还原(TSR)和火山喷发等多种形式生成(Orr, 1974; Krouse et al., 1988; Worden et al., 1995),但是由于硫化氢对微生物的毒性和岩石中含硫化合物的数量决定了生物成因(BSR)和含硫化合物热裂解形成的硫化氢浓度一般不会超过3%,因此高含硫化氢天然气中硫化氢的成因目前普遍认为是硫酸盐热化学还原作用(TSR)形成的(朱光有等,2004; Zhang et al., 2005; Zhu et al., 2005)。而TSR的发生,需要具备一定的条件。TSR(硫酸盐热化学还原作用)是在热动力驱动下,烃类与硫酸盐发生化学反应,将硫酸盐矿物还原生成H₂S、CO₂等酸性气体的过程,因此石膏、烃类和高温条件是TSR发生所必须具备的物质基础和热动力条件(朱光有等,2004, 2005a, 2005b, 2005c)。川东北飞仙关组具备这三项基本条件:在飞仙关组储层中夹杂有少量的膏质岩类,而且飞仙关组四段也发育厚层的膏盐,因此膏盐条件具备;该区已形成了多个大中型气田,气源充沛也不容置疑;另一条件就是温度,从埋藏史分析得知,该区在喜马拉雅运动时期曾遭受抬升剥蚀,白垩系和侏罗系部分地层遭受剥蚀,厚度在2000~3000m左右,随后并未再次接受沉积,目前出露地表的是侏罗系沙溪庙组碎屑岩地层,因此目前埋深5000m的储层,在白垩纪晚期应在7000~8000m左右,对应的储层温度在180~200℃左右,包裹体的均一温度也

在120~220℃之间。虽然人们对 TSR 发生的最低温度存在争议,但多数学者认为 TSR 发生在120℃以上,而且温度越高越有利于 TSR 进行(Machel, 1998)。可见该区具备 TSR 发生的物质基础和热动力条件。由于重烃类比甲烷易于同硫酸盐发生 TSR,因此 TSR 过程导致天然气干燥系数增大(朱光有等,2005a,2005b,2005c)。从表1可以看出,这些

高含硫化氢天然气干燥系数都在0.99以上,是世界上少有的有机成因干气,因此乙烷以上重烃类的减少与 TSR 对重烃类的优先消耗密不可分。另外,高含硫化氢天然气也富含二氧化碳,这同样与 TSR 过程有关,二氧化碳是 TSR 的产物之一:烃类+ $\text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{S} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \pm \text{S}$ 。因此普光气田硫化氢来自 TSR 反应。

表 1 川东北飞仙关组高含硫化氢气藏气体组分百分含量数据表(%)

Table 1 The data sheet of natural gas component (%) of high contents of H_2S reservoir in northeast Sichuan basin

气田	井号	井深(m)	密度(g/cm ³)	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	H ₂ S	CO ₂	He	H ₂	Ar
普光	普光1井	5610.00	0.722	77.50	0.02	0.000	0.000	12.68	9.10	0.01	0.04	0.62
	普光2井	5027.00	0.663	74.46	0.02	0.000	0.000	16.89	7.89	0.01	0.03	0.46
渡口河	渡1井	4300.00	0.699	80.06	0.08	0.030	0.000	12.83	6.54	0.02	0.02	0.43
	渡2井	4374.00	0.694	78.74	0.04	0.010	0.000	16.24	3.29	0.02	0.06	1.60
	渡5井	4790.00	0.681	72.94	0.00	0.000	0.000	15.86	4.19	0.25	4.41	2.35
罗家寨	罗家7井	3906.00	0.690	81.37	0.07	0.000	0.000	10.41	6.74	0.02	0.06	1.34
	罗家9井	3158.00	0.697	79.89	0.05	0.000	0.000	14.25	5.42	0.02	0.04	0.33

4 普光气田深部优质储层的形成机理

普光气田飞仙关组储层不仅厚度大、孔渗性好,而且埋藏深度也大。可以说在5000m以下的深层碳酸盐岩领域发现如此优质的天然气储层是罕见的。根据埋藏史分析得知,目前的5000m深度在白垩纪中后期的埋深应在7000~8000m左右。如此深的碳酸盐岩储层是多数学者公认的孔隙发育“死亡线”(马永生等,2005a),然而次生孔隙倒是空前的发育。最近笔者研究发现,这套主要以鲕粒白云岩为主的储层除了形成在有利的沉积相带、白云化作用强烈、油气进入储层后有机酸对碳酸盐岩进行埋藏溶蚀作用外,与其经历的特殊成岩演化过程(TSR 的发生和硫化氢)有密切的关系。

首先,普光飞仙关组是发育在开江—梁平陆棚(马永生等,2006)东北侧高能沉积环境下的台缘鲕粒坝(滩)沉积,伴随着开江—梁平的充填演化过程,碳酸盐的快速沉积使得台地不断向开江—梁平地区加积增生,以及海平面的升降变换,从而在斜坡部位发育了巨厚的鲕粒岩滩体。

其次,为鲕粒岩的白云石化作用(王一刚等,2002;杨雨等,2002;苏立萍等,2004;Zhao et al., 2005;魏国齐等,2005)。由于普光构造位于沉积转折带部位,因此台地边缘鲕粒滩受海平面变化影响较大,在海平面下降时期,鲕粒滩可能暴露出海平面,在大气淡水作用下,鲕粒滩的顶部可发生混合水白

云石化作用;而在海平面上升时期,鲕粒之上可继续发生鲕粒的再沉积,叠加作用使鲕粒滩的厚度加大。因此海平面频繁升降过程,一方面为混合水白云石化作用提供了动力,同时也为巨厚的鲕粒岩沉积提供了条件。

然后,白云岩在深埋成岩的过程中,受机械压实和埋藏溶蚀等成岩作用的影响,发育了具有一定储集性能的次生孔隙,为油气进入储层提供了储集空间。而油气进入储层后,液态烃类及其伴生的有机酸对储层的溶蚀作用,是飞仙关组储层经历的一次重要岩溶事件,也是多数含油气盆地普遍要经历的一次成岩事件。烃类注入到油藏中以后,不仅改变了原流体的性质;而且烃类本身是弱还原剂,直接或间接地参与到矿物的成岩作用之中,流体与岩石之间发生相互作用,从而导致储层孔隙度、渗透率等发生变化(Nedkvitne et al., 1993;Saigal et al., 1992),抑制了成岩作用,有利于原生孔隙的保存,并可以促进次生孔隙的发育,因此埋藏有机酸性流体的溶蚀作用对油气储层的建设起着十分重要的作用(陈学时,2004)。但是由于深循环的流体动力学和溶蚀地球化学动力学决定了深部储层中地下水具有稳定、缓慢的径流特点(黄尚瑜等,1997;兰光志等,1996),小流量且缓慢运动的径流使溶蚀过程相对较弱,溶蚀强度较小,很少有大洞穴或溶洞产生。在这次溶蚀中,形成了大量的粒间溶孔、粒内溶孔、白云石晶间溶孔等。

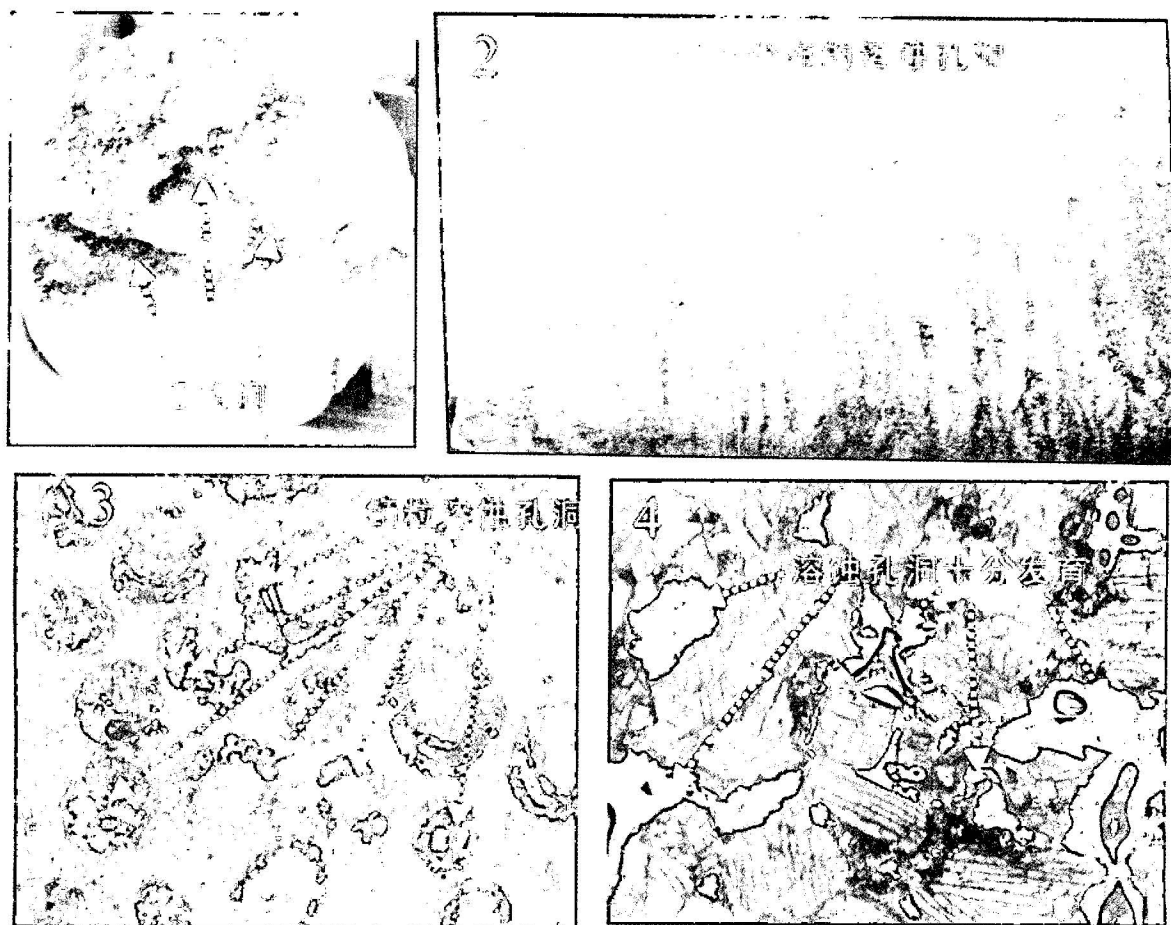


图1 普光气田飞仙关组优质储层特征

Fig. 1 The characteristics of high-quality reservoirs of the Feixianguan Formation (T_{1f}) in the Puguang gas field

1、2分别为普光2井岩心的横剖面 and 纵剖面, 次生溶蚀大孔洞广泛分布, 并呈层状; 3、4为显微照片, 溶蚀孔洞发育

1, 2 represent the cross section and the vertical section respectively, secondary big pores are widely distributed and stratified, and 3, 4 are the microscopic photos, corroded pores develop well

再后, TSR 发生, 这是高含硫化氢储层开始经历的特殊成岩过程。虽然人们通常把 TSR 表征成为烃类与硫酸盐岩在热动力条件驱动下发生的化学反应, 而实质上, 烃类是与 SO_4^{2-} 发生 TSR 反应, 烃类与非溶解状态下的硫酸盐岩几乎不可能发生反应。毫无疑问, SO_4^{2-} 来自于地层中的硫酸盐类的溶解。因此, TSR 作用的过程也是流体-岩石相互作用的一个过程。由于储层中膏质岩类的溶解, 形成硫酸根离子, 与烃类在高温下发生硫酸盐热化学反应 (TSR), 形成 H_2S 和 CO_2 , 储集性能可以得到进一步改善。同时随着 TSR 的进行, 反应后形成了大量的硫化氢, 硫化氢溶于水后形成氢硫酸, 体现出较强的酸腐蚀性, 对碳酸盐岩地层具有较强的腐蚀性, 即溶蚀作用。而这一过程又是在高温热动力条件下 (TSR 发生在较高的温度条件下) 发生, 其溶蚀作用的强度

势必增大, 引起白云石溶解, 并使早期的溶孔、溶缝进一步扩大, 增加了储集和渗透能力, 使孔隙度增加, 原储集体受到进一步改造成为更好的储集体, 从而形成了海绵状的残余鲕粒白云岩溶蚀孔隙性储渗体 (图1), 对储层起了显著的建设性作用。它既可以在原有孔隙基础上进行改造和扩容, 形成更大的溶蚀孔洞; 也可能形成新的溶蚀孔隙。因此, TSR 过程及其形成的硫化氢, 对深部碳酸盐储层次生孔隙的形成起到了重要的促进作用, 是高孔高渗优质储层形成的重要动力, 也是高含硫化氢气藏优质储层形成的最关键因素。

由于埋藏越深, 温度越高, TSR 反应也越强烈, 硫化氢对白云岩的酸溶蚀作用也将越强烈, 这也是为什么川东北飞仙关组储层在埋深 5000m 以上溶蚀孔隙发育的根本原因。

5 结论

(1) 充足的烃源、巨厚的优质储层和有利的成藏条件,是普光超大型气田形成的重要条件。

(2) 普光气田富含硫化氢天然气属于硫酸盐热化学反应成因(TSR 成因),是烃类与石膏在高温条件下发生热化学反应形成的;在形成硫化氢的同时,也形成了二氧化碳。重烃类优先参与 TSR 并被大量消耗,是导致天然气变干的一个重要原因。

(3) 普光飞仙关组深部之所以能够发育和保存优质储层,与 TSR 过程和硫化氢在高温条件下对白云岩的强烈溶蚀作用有关,而且埋藏越深,这种溶蚀作用越强烈,促进了次生大孔洞的发育和优质储层的形成,因此 TSR 的发生是普光大型气田形成的关键因素。

致谢: 本工作得到中石化南方公司有关同志的帮助;张肅、罗忠高工协助了储层薄片鉴定,在此一并致以诚挚的谢意!

参 考 文 献 / References

- 陈学时,易万霞,卢文忠. 2004. 中国油气田古岩溶与油气储层. 沉积学报, 22(2): 244~253.
- 戴金星,秦胜飞,陶士振,朱光有,米敬奎. 2005. 中国天然气工业发展趋势和天然气地质理论重要进展. 天然气地球科学, 16(2): 127~142.
- 黄尚瑜,宋焕荣. 1997. 油气储层的深岩溶作用. 中国岩溶, 16(3): 189~198.
- 金之钧. 2005. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题. 地学前缘, 12(3): 15~22.
- 兰光志,江同文,张廷山,高卫东. 1996. 碳酸盐岩古岩溶储层模式及其特征. 天然气工业, 16(6): 17~17.
- 李晋超,马永生,张大江,等. 1998. 中国海相油气勘探若干重大科学问题. 石油勘探与开发, 25(5): 1~2.
- 马永生,郭旭升,郭彤楼,黄锐,蔡勋育,李国雄. 2005a. 四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示. 地质论评, 51(4): 477~480.
- 马永生,蔡勋育,李国雄. 2005b. 四川盆地普光大型气藏基本特征及成藏富集规律. 地质学报, 79(6): 858~865.
- 马永生,牟传龙,郭彤楼,等. 2005c. 四川盆地东北部长兴组层序地层与储层分布. 地学前缘, 12(3): 179~185.
- 马永生,牟传龙,郭旭升,谭钦银,余谦. 2006. 四川盆地东北部长兴组沉积特征与沉积格局. 地质论评, 52(1): 25~29.
- 冉隆辉,陈更生,徐仁芬. 2005. 中国海相油气田勘探实例(之一)四川盆地罗家寨大型气田的发现和探明. 海相油气地质, 10(1): 43~47.
- 苏立萍,罗平,胡社荣,罗忠,刘柳红,房小荣. 2004. 川东北罗家寨气田下三叠统飞仙关组鲕粒滩成岩作用. 古地理论, 6(2): 182~190.
- 王一刚,刘划一,文应初,等. 2002. 川东北飞仙关组鲕粒滩储层分布规律、勘探方法与远景预测. 天然气工业, 22(增刊): 14~18.
- 王兆云,赵文智,王云鹏. 2004. 中国海相碳酸盐岩气源岩评价指标研究. 自然科学进展, 14(11): 1236~1243.
- 魏国齐,杨威,张林,等. 2005. 川东北飞仙关组鲕粒滩白云石化成因模式. 天然气地球科学, 16(2): 162~167.
- 杨雨,文应初. 2002. 川东北开江—梁平海槽发育对 T_{1f} 鲕粒岩分布的控制. 天然气工业, 22(增刊): 30~32.
- 张水昌,梁狄刚,张大江. 2002. 关于古生界烃源岩有机质丰度评价标准. 石油勘探与开发, 29(2): 8~12.
- 朱光有,张水昌,李剑,等. 2004. 中国富含硫化氢天然气田的特征及其分布. 石油勘探与开发, 31(4): 18~21.
- 朱光有,张水昌,梁英波,等. 2005a. TSR 对烃类气体组分和碳同位素的蚀变作用. 石油学报, 26(5): 54~58.
- 朱光有,张水昌,梁英波,等. 2005b. 川东北地区飞仙关组富含 H_2S 天然气 TSR 成因的同位素证据. 中国科学(D 辑), 35(11): 1037~1046.
- 朱光有,张水昌,梁英波. 2005c. 川东北飞仙关组 H_2S 的分布与古环境的关系研究. 石油勘探与开发, 32(4): 65~69.
- Krouse H R, Vial C A, Eliuk L S, Ueda A, Halas S. 1988. Chemical and isotopic evidence of thermochemical sulphate reduction by light hydrocarbon gases in deep carbonate reservoirs. Nature, 333(2): 415~419.
- Machel H G. 1998. Gas souring by thermochemical sulfate reduction at 140°C; discussion. AAPG Bull., 82: 1870~1873.
- Nedkvitne T, Karlsen D A, Bjorlykke K, et al. 1993. Relationship between reservoir diagenetic evolution and petroleum emplacement in the Ula Field, North Sea. Marine and Petroleum Geology, 10: 255~270.
- Orr W L. 1974. Changes in sulfur content and isotopic ratios of sulfur during petroleum maturation — Study of the Big Horn Basin Paleozoic oils. AAPG Bulletin, 50: 2295~2318.
- Saigal G C, Bjorlykke K, Larter S. 1992. The effects of oil emplacement diagenetic processes examples from the Fulmar reservoir sandstones, Central North Sea. AAPG Bull., 76(7): 1024~1032.
- Worden R H, Smalley P C, Oxtoby N H. 1995. Gas souring by thermochemical sulfate reduction at 140°C. AAPG Bull., 79(6): 854~863.
- Zhang S C, Zhu G Y, Liang Y B, et al. 2005. Geochemical characteristics of the Zhaolanzhuang sour gas accumulation and thermochemical sulfate reduction in the Jixian Sag of Bohai Bay Basin. Organic Geochemistry, 36(11): 1717~1730.
- Zhao W Z, Luo P, Chen G S, Cao H, Zhang B M. 2005. Origin and reservoir rock characteristics of dolostones on the early Triassic Feixiangan Formation, NE Sichuan Basin, China; Significance for future gas exploration. Journal of Petroleum Geology, 28(1): 83~100.
- Zhu G Y, Zhang S C, Liang Y B, et al. 2005. Discussion on origins of the high- H_2S -bearing natural gas in China. Acta Geologica Sinica, 79(5): 697~708.

Probe into Formation Mechanism of H_2S and High-quality Reservoirs of Puguang Large Gas Field in Sichuan Basin

——The New Cognition after Reading Professor Ma's Paper “Discovery of the Large-scale Gas Field
in the Sichuan Basin and Its Enlightenment for Hydrocarbon Prospecting”

ZHANG Shuichang, ZHU Guangyou, LIANG Yingbo

Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing, 100083

Abstract

The Puguang large-scale gas field in Sichuan basin has rewritten multinomial records of China marine carbonate oil and gas fields, which are the gas field of the largest scale reserves, the deepest reservoirs and the highest richness, also the one of large-scale cracked gas from oil, the driest gas and highest H_2S -bearing. At present, the Puguang gas field developed best the secondary porosity in China. By passing further research, we found the large-scale gas field need special geological and geochemical conditions; abundant hydrocarbon source, gypsolith within reservoirs and suffering bigger burial depth (higher temperature). These conditions are necessary to TSR (thermochemical sulfate reduction) occurrence. Because of the TSR occurrence, the reaction occur acidic fluid with abundant H_2S and CO_2 , meanwhile the TSR and its acidic fluids products (H_2S , etc) have strong corrosion, which alternated acutely the deep carbonate reservoir and improve the secondary pores formation and and high quality reservoirs, So, the TSR occurrence is one of the key factors of Puguang gas field formation.

Key words: Puguang gas field; TSR; H_2S ; corrosion; high-quality reservoirs; Feixianguan Formation (T_1f)