

地球科学

川东 H_2S 气体分布特征及对 储层的后期改造作用

肖礼军¹ 汪益宁² 滕 蔓³

(中石化江汉油田荆州采油厂¹, 荆州 434102; 华油地智能源工程技术中心², 北京 100083;
中海油田服务股份有限公司油田生产事业部油藏技术所³, 廊坊 065201)

摘 要 研究高 H_2S 天然气形成与分布对于认识有地下有机流体的地球化学行为及其成藏演化规律有较重要的科学意义。通过对川东 H_2S 气体分布进行分析, 认为本区天然气中 H_2S 有两个高含量区: 开江-梁平海槽以东的蒸发台地相区和处于开江-梁平海槽以西的开阔台地相区的部分井区。在侏罗世一早白垩世, 富含 SO_4^{2-} 的地层水不断沿原有溶孔、溶缝以及断裂进入古油藏; 此外, 发生 TSR 反应, 同时产生大量酸性气体 H_2S 和 CO_2 。而这些酸性气体对早期方解石胶结物产生溶蚀作用, 使得原有的孔隙不断扩大, 对储层有改造作用。

关键词 H_2S TSR 储层 改造作用

中图法分类号 P56(71); **文献标志码** B

川东很多气藏具高含硫化氢特征, 主要有普光、大湾、渡口河、罗家寨、铁山坡、元坝等, 其中普光、渡口河飞仙关组气田(包括普光长兴组气藏)是中国目前发现的天然气中硫化氢含量最高、含 H_2S 天然气储量规模最大的地区。这些气藏 H_2S 含量多数占气体组份的 10% ~ 17% 左右。

川东天然气藏中高含、特高含硫化氢的成因目前普遍认为是硫酸盐热化学还原作用形成的^[1-3]。TSR 定义为: 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 H_2S 、 CO_2 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。川东主要储层飞仙关组鲕滩沉积于高水位域, 在海平面上升缓慢期和下降期于潮坪环境中沉积了大量的硫酸盐矿物, 录井、测井及岩心资料显示, 飞仙关组鲕滩储层发育区伴随大量的石膏沉积。如在坡 1 井钻遇

石膏云岩互层厚约 42 m, 渡 5 井钻遇云岩与石膏夹层厚约 43 m, 金珠 1 井钻遇石膏云岩互层厚 32.5 m, 双家坝的七里 20 井钻遇膏岩 1.5 m, 龙门的天东 9 井钻遇膏岩 2.7 m, 以上各井无一例外地均为高硫化氢气井。川东天然气中的硫化氢主要形成于(140 ~ 170) °C, 这一温度范围正是原油裂解成凝析气阶段, 说明了硫化氢的产生与 C_{2+} 气态烃组分形成的同步性, 都是在高温埋藏阶段形成的。

随着我国天然气勘探开发进程加快, 与烃类气体伴生的 H_2S 的重要性逐渐显露出来。 H_2S 的成因可能涉及深部生物圈的微生物地球化学作用和/或油气藏中的有机-无机相互作用, 研究高 H_2S 天然气形成与分布对于认识有地下有机流体的地球化学行为及其成藏演化规律有较重要的科学意义。本次通过对川东 H_2S 气体分布进行分析, 探讨其对储层的后期改造作用, 从而指明未来的有利勘探区。

1 H_2S 与 CO_2 气体分布特征

图 1 为川东长兴-飞仙关组天然气中 H_2S 与

2011 年 8 月 26 日收到

第一作者简介: 肖礼军(1969—), 男, 汉族, 高级工程师, 研究方向: 油气田勘探开发。

CO₂ 含量分布图。可见,普光气田天然气中硫化氢气体的平均含量在川东所有气田中是最高的,达 16.28%;其次为铁山坡气田平均值为 14.92%;渡口河、罗家寨和元坝地区平均含量也很高,分别为 13.15%、10.07%、12.1%。毛坝场构造带只有毛坝 3 井长兴组气层才富含硫化氢,毛坝 1 井、毛坝 2 井均很少;龙岗 1 井,天然气硫含量只有 30 g/m³ 左右。可见,川东飞仙关组天然气中 H₂S 分布极其不均匀。

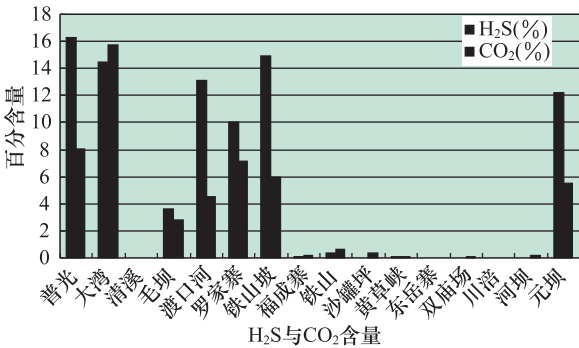
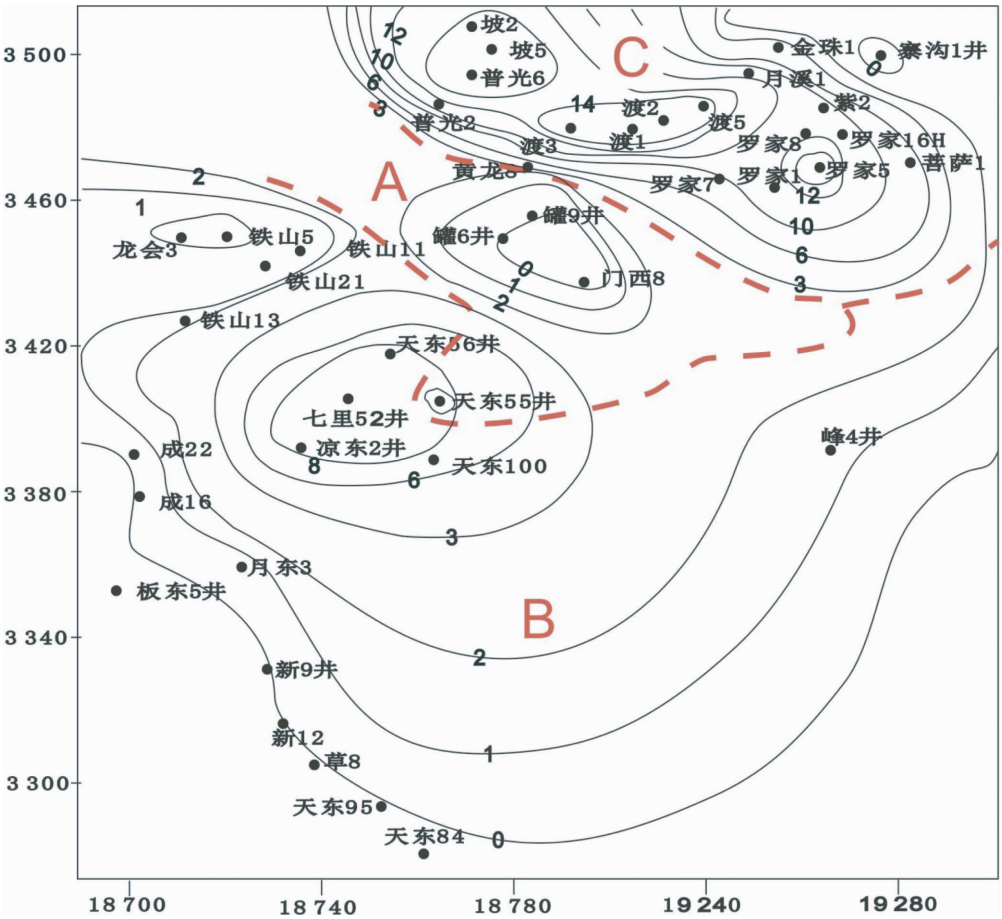


图1 川东地区典型气天然气中H₂S与CO₂平均含量分布图



A—海槽相,B—开阔台地相,C—蒸发台地相

图2 川东飞仙关组天然气中H₂S浓度(mg/L)等值线图

从图2看出,本区天然气中H₂S有两个高含量区:一个高含量区大致上在开江-梁平海槽以东的蒸发台地相区,主要有普光、铁山坡、渡口河、罗家寨等台缘鲕粒滩(坝)亚相高产气构造以及泻湖亚相的部分微含气构造;另外一个高值区则处于开江-梁

平海槽以西的开阔台地相区的部分井区,高值点在天东55井处,但是在开阔台地相区其它区域,如龙会场、铁山南、福成寨构造内H₂S含量均很低,平均只有0.4%。进一步由高含H₂S等值线平面图看出,在海槽东侧随着储层从海槽相向蒸发台地相的

过渡 H_2S 含量出现快速变化趋势,从海槽相的不含或者微含 H_2S 迅速达到 10% 左右甚至更高,且这一侧的 H_2S 含量在整个川东地区最高,明显高于海槽西侧高值区;而海槽西侧, H_2S 含量从海槽相到开阔台地相变化缓慢,在天东 55 井区附近达到最大值,但其周围碳酸盐岩台地相地层 H_2S 含量甚微,这意味着高 H_2S 分布除了与储层相带类型有关以外,还可能与其它因素有关。

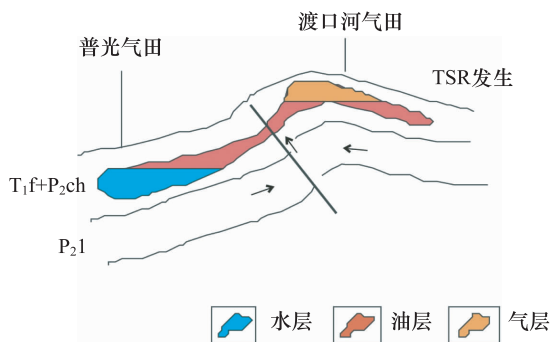


图3 晚侏罗-早白垩纪 TSR 对储层的改造模式图

2 H_2S 对储层的后期改造

烃源岩在向液态烃和气态烃的转换过程中,会释放出大量的有机酸和其他腐蚀性组分的地层水。当这些具有强烈溶解能力的地层水沿断裂运移到台地边缘礁滩储层中,势必产生大规模的溶解作用,形成较多的晶间孔、晶内溶孔、粒间孔、粒内溶孔、超大溶孔及铸模孔。同时,在高温环境下,烃类与硫酸盐发生热还原作用(简称 TSR 反应),导致长兴-飞仙关组鲕滩储层的深部溶蚀作用,形成优质储层。从与单体硫磺相伴生的石英晶体包裹体均一温度(147 $^{\circ}\text{C}$),推断 TSR 反应温度应在 140 $^{\circ}\text{C}$ 以上。从温度模拟结果分析,TSR 反应发生可能在(157—135) Ma,即晚侏罗世—早白垩世。该时期发生断裂作用,使得富含 SO_4^{2-} 的地层水不断沿原有溶孔、溶缝以及断裂进入古油藏之外,原油大量裂解成气导致异常高压,也有利于 TSR 反应速率增大^[4]。TSR 反应一方面消耗烃类,另一方面产生大量酸性气体 H_2S 和 CO_2 。而这些酸性气体对早期方

解石胶结物产生溶蚀作用,使得原有的孔隙不断扩大。薄片统计表明,在局部层段,深部溶蚀孔的面孔率可达到 3% ~ 6%。普光、渡口河等飞仙关组气藏中的 H_2S 含量高达 10% 以上,也说明这种热化学反应导致的溶解作用的存在。

3 结论

(1) 本区天然气中 H_2S 有两个高含量区:一个高含量区大致上在开江-梁平海槽以东的蒸发台地相区,主要有普光、铁山坡、渡口河、罗家寨等台缘鲕粒滩;另外一个高值区则处于开江-梁平海槽以西的开阔台地相区的部分井区,高值点在天东 55 井处;但是在开阔台地相区其它区域, H_2S 含量均很低,平均只有 0.4% ;

(2) 侏罗世—早白垩世,使得富含 SO_4^{2-} 的地层水不断沿原有溶孔、溶缝以及断裂进入古油藏。此外,原油大量裂解成气导致异常高压,也有利于 TSR 反应速率增大;同时产生大量酸性气体 H_2S 和 CO_2 。而这些酸性气体对早期方解石胶结物产生溶蚀作用,使得原有的孔隙不断扩大,对储层有改造作用。

参 考 文 献

- 1 Rooney M A. Carbon isotope ratios of light hydrocarbons as indicators of thermochemical sulfate reduction. *organic geochemistry: developments and applications to energy, climate, environment and human and human history*. A. I. G. O. A, Donostia2San Sebastian, 1995: 523—2525
- 2 Guidish T M, Kendall C C St C, Lerche L, *et al.* Basin evaluation using burial history calculation: an overview. *AAPG Bulletin*, 1985; 69(1): 92—105
- 3 Bildstein R H, Worden E B. Assessment of anhydrite dissolution as the rate-limiting step during thermochemical sulfate reducing. *Chemical Geology*, 2001;176: 173—189
- 4 马永生, 郭彤楼, 朱光有, 等. 硫化氢对碳酸盐储层溶蚀改造作用的模拟实验证据_以川东飞仙关组为例. *科学通报*, 2007;52(增): 136—140

(下转第 7898 页)

题。经现场测试,监控下位机软件能够地稳定运行,串口能够正确接收和发送两端数据。

参 考 文 献

1 博创科技. 嵌入式系统试验指导书. 北京:北京博创兴业科技有限公司出版,2002;41—53
2 孙 琼. 嵌入式 Linux 应用程序开发详解. 北京:人民邮电出版

社,2006;281—288

3 (美)Roberts E S. C 语言的科学和艺术. 翁惠玉,等译. 北京:机械工业出版社,2005;180—199
4 赵 东,周卫云,赵作人. Linux 下的多线程机制的分析与实现. 长春师范学院学报,2009;27 (6):135—138
5 宋燕红,马 礼. 多线程并发服务器的实现. 华北工学院学报,1998;19 (2) : 124—126

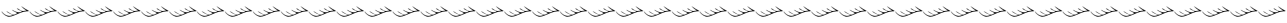
Design and Implementation of Wheat Hardness Test System

WANG Lan-ying, LI Xiu-juan^{*}, YU Xin-jun

(Henan University of Technology College of Electrical Engineering, Zhengzhou 450007, P. R. China)

[Abstract] The wheat hardness testing system is designed by using multi-threading technology under embedded Linux based on ARM platform. For hardware system, design of the modular is used. Protocol to communicate is customized to complete communication of upper and lower machine, multi-threading technology is used to achieve concurrent multi-task work. The result shows that wheat hardness test system is good real-time and high stability.

[Key words] test of Wheat hardness ARM multi-threading



(上接第 7894 页)

H₂S Gas Distribution in Eastern Sichuan and the Transformation of the Role the Latter Part of the Reservoir

XIAO Li-jun¹, WANG Yi-ning², TENG Man³

(Jingzhou Jiangnan Oilfield Sinopec Oil Production Plant¹, Jingzhou 434102, P. R. China;

Center of Intelligence Sources Engineering², Beijing 100083, P. R. China;

China Oilfield Services Limited Oil Production Technology Division Reservoir³, Langfang 065201, P. R. China)

[Abstract] The formation and distribution of high H₂S gas underground for understanding the behavior of organic geochemistry is stuchied and fluid evolution of forming a more important scientific significance. By analyzing the distribution of eastern Sichuan H₂S gas, natural gas in this area that there are two high H₂S content areas: Kaijiang-Liang Pinghai trough east of the plateau phase of the evaporation zone and in the open river-Liang Pinghai trough west of the open platform facies part of the well area. In the Jurassic-early Cretaceous, SO₄²⁻ rich formation water continued along the original solution pores, dissolving suture, and breaks into the ancient reservoir addition, the occurrence of TSR reaction, and produce large amounts of H₂S and CO₂ acid gas. These acidic gases produce in the early calcite cement dissolution, making the original pore expanding role in the transformation of the reservoir there.

[Key words] H₂S TSR reservoir reworking