文章编号: 1672-1926(2004)02-0166-05

含硫化氢天然气的形成机制及分布规律研究

朱光有[1], 戴金星[1], 张水昌[1], 李　剑[1], 史　斗[2], 文志刚[3]
(1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083;　2. 中科院资源环境科学信息中心, 甘肃 兰州 730000;
3. 长江大学地球化学系, 湖北 荆州 434023)

摘　要: 含硫化氢天然气在全球分布广泛。我国目前已在四川、渤海湾、鄂尔多斯、塔里木和准噶尔等含油气盆地发现了含硫化氢天然气。其中四川盆地川东北气区、华北赵兰庄气田和胜利油田罗家气田为高含硫化氢气田。在对国内外硫化氢研究现状分析和对硫化氢成因机理、成因类型和高含硫化氢气田地质特征研究的基础上, 认为上述 3 个高含硫化氢气田的硫化氢均主要为硫酸盐热化学还原成因(Thermochemical Sulfate Reduction, TSR)。

关键词: 硫化氢; 硫酸盐热化学还原; 成因机制; 分布规律; 膏盐
中图分类号: TE122.1+1　　**文献标识码**: A

1　硫化氢的物理化学特征

硫化氢(H_2S)是一种剧毒气体, 带有臭鸡蛋气味。人体能够闻到硫化氢气味的浓度下限为(0.2～0.3)×10^{-6}。当硫化氢浓度为(20～30)×10^{-6}时就出现强烈气味, 当浓度为(100～150)×10^{-6}时, 将使人嗅觉麻痹, 当浓度在 1 000×10^{-6}时, 在数秒钟内会致人死亡[1]。硫化氢自然产出的现象十分普遍, 如城市污水和生活垃圾的腐败分解等都会产生硫化氢[2]。这些情况下产生的H_2S含量往往不高, 对人体健康一般不会构成严重威胁。在自然界, 绝大多数硫化氢赋存在油气田中。全球几乎所有发现的气藏中都或多或少含有硫化氢, 其含量从刚能被检测出到占天然气体积的 90% 以上[3]。由于自身特殊的化学活性, 硫化氢在天然气中的含量一般较低, 但在适当的条件下, 却可以形成高丰度的硫化氢气藏。同时, 由于硫化氢极大的化学活性, 对钻具、集输管线等都有极强的腐蚀作用并形成"氢脆"而引起重大的安全事故。由于含硫化氢天然气是天然气资源的重要组成部分, 而高含硫化氢天然气也是硫磺的重要来源之一[4], 因此对硫化氢的研究在一定程度上受到世界各国的普遍重视。

2　含硫化氢天然气研究和应用现状

加拿大、苏联和美国是最早开展硫化氢天然气利用的国家, 也是世界上从酸气中回收硫磺最早最多的国家, 如加拿大 1921 年对 Turner Valley 气田的研究和 20 世纪 40 年代对沃尔兰德含硫油田的钻探, 都为以后的研究利用工作打下了基础[5]。20 世纪 50 年代以来, 随着工业的发展, 为解决能源问题, 这些国家在气田地质、钻井、气田开采、硫磺回收加工和抗腐蚀防氢脆方面作了大量的工作, 其中包括对H_2S形成的地质条件的多方面的深入的研究和探索, 均取得了丰硕的成果, 积累了大量的经验和资料, 获得了巨大的效益[6]。

关于硫化氢的形成机制和成因特征, 国外不少学者从硫酸盐还原作用、硫酸盐热化学还原的温度条件及反应动力学、硫同位素分布特征和成岩体系等入手进行了研究和试验分析[3,7～21]。一般认为, 天然气中大量硫化氢聚集是硫酸盐热化学还原的结果(Thermochemical Sulfate Reduction, TSR)。当地层中的硫酸盐和气态烃接触时, 有可能发生氧化还原反应, 即硫酸盐被还原和气态烃被氧化。但是对于深层地质环境下硫酸盐被还原作用机理的认识仍处于

收稿日期: 2004-02-26; **修回日期**: 2004-03-02.
基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(编号: 2001CB209100)资助.
作者简介: 朱光有(1975-), 男, 河南西峡人, 博士后, 主要从事油气地质、有机地球化学和沉积学研究.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

起步阶段。

虽然我国硫化氢资源比较丰富, 但是国内对硫化氢的研究则比较薄弱, 而且起步较晚, 积累的有用分析资料也很少。1958 年在四川盆地首次发现硫化氢天然气[5]。1982 年阎俊峰等[22]报道了我国华北油田下第三系发现了高含硫化氢天然气, H_2S 含量高达 92%, 这是世界上含硫化氢最高的气藏之一[4]。后来沈平等[23, 24]曾对四川盆地天然气中硫同位素进行过分析, 获得了一些宝贵的数据, 并提出了一些硫同位素地质应用方面的新认识。

我国比较系统地开展硫化氢研究工作是从 1984 年开始的。当时戴金星[4, 25, 26]综合运用国内外资料, 提出了硫化氢天然气的分类方案和成因类型, 同时还对硫化氢天然气的分布规律和气藏类型作了一定的分析和解剖。随后, 王新洲等[27]开展了硫化氢生成的热模拟试验, 为硫化氢热演化和热化学成因模型的建立提供了最基础的实验数据; 樊广锋、戴金星等[5, 28, 29]总结了中国硫化氢天然气地球化学特征、形成条件和分布规律等, 提出了一些新认识。由于近些年四川盆地高含硫化氢天然气的不断发现, 对其研究工作的开展也较多, 多数学者认为: 四川盆地的硫化氢是硫酸盐热化学反应(TSR)的产物[30~33], 硫化氢的含量与石膏层的分布具有密切的关系[34]。

尽管对硫化氢的研究已取得了一定进展, 但仍有许多问题未能解决, 如硫化氢气藏的成因和分布规律, 硫化氢与油气的关系, 硫化氢生成、运移、聚集的控制因素等, 目前仍然不是很清楚, 因此对硫化氢气藏就难以做出准确的评价和有效的预测。

3 含硫化氢天然气的成因类型

根据硫化氢的成因机理可将自然界中的硫化氢分为 3 大类 5 种成因类型: 生物成因(生物降解、微生物硫酸盐还原)、热化学成因(热分解、硫酸盐热化学还原)和火山喷发成因等。

3.1 生物成因

硫化氢可以通过生物(微生物)活动的方式形成[35, 36], 其途径有二。

一是通过微生物同化还原作用和植物等的吸收作用形成含硫有机化合物, 如含硫的维生素或蛋白质等, 尔后在一定的条件下分解而产生硫化氢, 这是在腐败作用主导下形成硫化氢的过程。腐败作用是在含硫有机质形成之后, 当同化作用的环境发生变化, 不利于同化作用进行时, 就可能会发生含硫有机质的腐败分解, 从而释放出硫化氢。这种方式形成的硫化氢比较常见, 如鸡蛋、食物等腐败分解后闻到的气味, 就是 H_2S。一般来说, 这种方式生成的硫化氢规模和含量都不会很大, 也难以聚集, 但分布很广, 主要集中分布于埋藏较浅的地层中。

而生物成因的另一途径是通过硫酸盐还原菌对硫酸盐的异化还原代谢而实现——硫酸盐还原菌利用各种有机质(以 C 代表)或烃类(以 ∑CH 代表, 即油气)作为给氢体来还原硫酸盐, 在异化作用下直接形成硫化氢。这一过程可用以下反应式表示:

$$\sum CH\,[\text{或 C}] + SO_4^{2-} \xrightarrow{\text{硫酸盐还原菌作用}} H_2S$$

在这个作用过程中, 微生物(硫酸盐还原菌)只将一小部分代谢的硫结合进细胞中, 大部分硫(以类似氧的形式)被需氧生物(另一种属的硫酸盐还原菌)所吸收来完成能量代谢过程。不同种属的硫酸盐还原菌具有不同的生物化学过程。一些菌种的有机质分解产物可能会成为另一些菌种所需吸收的营养, 这会使有机质被硫酸盐还原菌吸收转化效率提高, 从而产生大量的硫化氢。这种硫酸盐还原菌在进行厌氧的硫酸盐呼吸作用中将硫酸盐还原生成硫化氢的方式又被称为微生物硫酸盐还原作用(BSR)[10, 13, 20, 37]。该过程是硫化氢生物化学成因的主要作用类型, 由于这种异化还原作用是在严格的厌氧环境中进行的, 故有利于所生成硫化氢的保存和聚集, 但是形成的硫化氢丰度一般不会超过 3%, 且地层介质条件必须适宜硫酸盐还原菌的生长和繁殖[29], 因此在深层难以发生。

3.2 热化学成因

热化学成因主要包括热化学分解成因和硫酸盐热化学还原成因。

热化学分解成因是指含硫有机化合物在热力作用下, 含硫杂环断裂形成硫化氢, 又称为裂解型硫化氢。这种方式形成的硫化氢丰度一般小于 2%。

硫酸盐热化学还原成因主要是指硫酸盐热化学还原作用(TSR)生成硫化氢, 即硫酸盐与有机物或烃类发生作用, 将硫酸盐矿物还原生成 H_2S 和 CO_2(硫酸盐被还原和气态烃被氧化)[3, 12, 14, 15, 18, 37]。其反应式为:

$$2C + CaSO_4 + H_2O \longrightarrow CaCO_3 + H_2S + CO_2$$

$$\sum CH + CaSO_4 \longrightarrow CaCO_3 + H_2S + H_2O$$

硫酸盐热化学还原成因是生成高含硫化氢天然气和硫化氢型天然气的主要形式, 它发生的温度一

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

般大于 150℃。

3.3 火山喷发成因

由于地球内部硫元素的丰度远高于地壳, 岩浆活动使地壳深部的岩石熔融并产生含硫化氢的挥发成份, 所以火山喷发物中常常含有硫化氢(如火山喷溢形成的包裹体中多数富含硫化氢)。而硫化氢的含量主要取决于岩浆的成分、气体运移条件等, 因此火山喷发气体中硫化氢的含量极不稳定, 而且也只有在特定的运移和储集条件下才能保存下来。

从硫化氢的成因机理和聚集规律上看, 大量高丰度的硫化氢的形成很可能主要是通过微生物硫酸盐还原(BSR)和(或)硫酸盐热化学还原(TSR)方式来完成。

4 我国含硫化氢气田的特征及其成因

含硫化氢天然气在全球分布广泛, 目前世界上已发现了 400 多个具有工业价值的含硫化氢气田[4]。其中仅前苏联就发现了 70 多个含硫化氢气田, 其储量占该国天然气储量的 12%[4,5]。我国含硫化氢天然气分布也十分广泛, 目前已经在四川、渤海湾、鄂尔多斯、塔里木和准噶尔等含油气盆地中发现了含硫化氢天然气[4,22~24,38~41], 其硫化氢含量变化区间很大, 从微含硫化氢到天然气中硫化氢含量占 92% 以上。高含硫化氢天然气主要分布在渤海湾盆地陆相地层的华北赵兰庄气田、胜利油田罗家气田和四川盆地海相地层的渡口河、罗家寨、铁山坡、龙门、中坝、威远和卧龙河等气田。这些气田的硫化氢含量一般在 5%~ 92%, 主要分布在富含硫酸盐矿物(石膏)的层系中。

华北赵兰庄气田是迄今为止国内已知硫化氢丰度最高的气藏, 也是世界上硫化氢含丰度最高的气藏之一。已测试的赵 2 井含硫化氢 92%, 赵 3 井含硫化氢 63%, 是典型的特高含硫气田[4]。该气田共有 40 层含硫化氢气层, 含气面积 52 km^2, 根据测试结果, 推算硫的地质储量为 2 700 多万 t[42,43]。主要含油气层系为孔店组和沙四段, 二者为一套厚逾千米的硫酸盐岩、碳酸盐岩和砂泥岩互层的蒸发咸湖沉积建造, 其中膏盐厚度超过 400 m。孔店组和沙四段的含膏泥岩目前埋深在 3 000~ 4 500 m 左右, 是赵兰庄气田的主力源岩。初步分析认为赵兰庄气田的高丰度硫化氢很可能主要是硫酸盐热化学还原反应(TSR)的产物。

四川盆地是我国含硫化氢天然气分布最广的含油气盆地, 主要气田普遍含硫化氢。含硫化氢地层主要有三叠系飞仙关组、嘉陵江组和雷口坡组, 石炭系和震旦系硫化氢含量较低。高含硫化氢气田主要是近几年在川东地区三叠系飞仙关组发现的, 渡口河、罗家寨、铁山坡等气田为川东高含硫化氢气田的代表, 其三级储量已达 1 538.65×10^8 m^3, 圈闭资源量达361 911×10^8 m^3[34]。这些飞仙关组鲕滩气藏硫化氢含量多数在 5% 以上, 部分含量可达 15%~ 17%, 平均在 10% 以上。由于这些高含硫气藏的储层夹于富含石膏、硬石膏的碳酸盐岩中, 储层之上又分布有巨厚的嘉陵江组和雷口坡组膏盐盖层, 而且这些气藏目前埋藏较深, 因此多数学者认为川东北飞仙关组高含硫气藏中的硫化氢也是由 TSR 反应生成的[31~33]。

济阳坳陷沾化凹陷南斜坡的罗家气田是胜利油田目前发现的惟一高含硫化氢气田, 硫化氢含量在 3%~ 8% 左右[27]。其储集层为沙四段, 是一套由膏岩、泥膏岩、白云岩、泥灰岩、油页岩和砂砾岩体组成的储集层, 其中泥膏岩、白云岩、泥灰岩、油页岩为罗家气田的主力源岩, 有机质含量多在 1% 以上(图 1)。目前该气田源岩成熟度较高, 具备发生 TSR

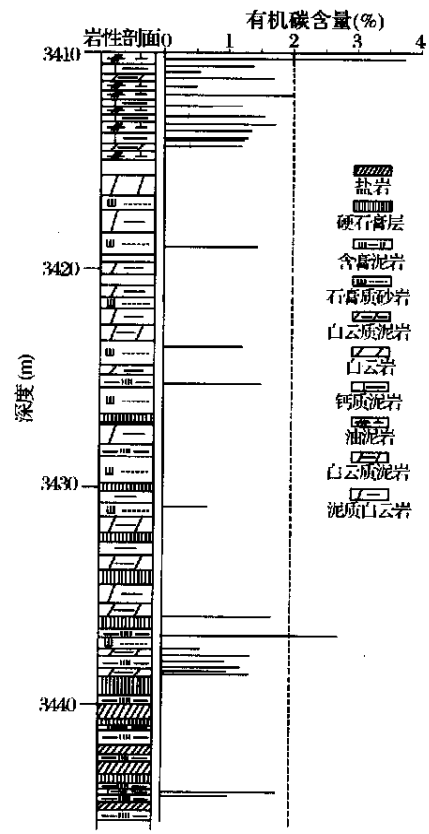


图 1 济阳坳陷义 17 井下第三系沙河街组沙四上亚段岩性及有机碳含量垂向分布

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

反应的条件, 因此罗家气田的硫化氢也是硫酸盐热化学反应的产物。由于储集层为碎屑岩系, 地层中富含 Fe、Ni、Pb、Zn 等元素, 这些元素若与硫化氢接触后会迅速转化为黄铁矿等金属硫化物[4, 14], 因此目前找到的硫化氢很可能只是其残余部分。

5 问题与讨论

从硫化氢的成因机理上来看, 高含硫化氢天然气的形成绝大多数应是 TSR 的结果, 但是在 TSR 之前或反应早期, 也可能发生 BSR 反应, 因为发生 BSR 反应同样需要硫酸盐环境介质, 只是温度比 TSR 低些, 因此不能排除这些高含硫化氢气田发生 BSR 反应形成硫化氢的可能及贡献。由于这两个反应导致硫同位素分馏的不同, 可以通过对硫化氢和硫酸盐等成分中的硫进行同位素分析来查明硫化氢的成因。

我国目前所发现的高含硫化氢气田和含硫化氢气田均发育在富含硫酸盐和碳酸盐的地层中, 膏盐层系比较发育, 而且无论是分布在生油层中(赵兰庄气田、罗家气田)还是作为盖层或夹于储集层中(川东北气田)的膏盐层都可参与反应形成硫化氢, 因此可以认为膏盐的存在是硫化氢形成的前提条件。而在我国有些石膏发育的含油气盆地却未发现硫化氢含量较高的天然气(如柴达木盆地), 在一些有膏盐层的盆地硫化氢含量也很低(如塔里木、鄂尔多斯盆地等)。原因何在? 是这些盆地没有高含硫化氢聚集带还是目前尚未找到? 由于我国存在 5 大成膏期地层, 即下寒武系、中奥陶系, 早中石炭系, 中下三叠系和白垩系- 早第三系, 且在这 5 个成膏期形成的石膏矿床分布广泛, 特别是在含油气盆地中(如东部的渤海湾盆地、苏北盆地、江汉盆地, 中西部的鄂尔多斯盆地、四川盆地、塔里木盆地等)均发育有厚层的膏盐矿床, 又由于我国已发现的含硫化氢气田都是在油气勘探中偶然发现的, 都曾付出了人员伤亡和财产损失的高昂代价, 因此尽快查明含硫化氢气藏的形成机制和分布规律, 对于有效预测和安全钻探就显得十分必要。

参考文献:

[1] 戴金星, 胡见义, 贾承造, 等. 科学安全勘探开发高硫化氢天然气田的建议[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 待刊.

[2] 牛克胜, 张建峰. 城市污水处理厂 H_2S 气体的产生、危害及预防[J]. 中国沼气, 2003, 21(4): 28-30.

[3] Krouse H R, Viau C A, Eliuk L S, *et al*. Chemical and isotopic evidence of thermochemical sulphate reduction by light hydrocarbon gases in deep carbonate reservoirs[J]. Nature, 1988, 333(2): 415-419.

[4] 戴金星. 中国含硫化氢的天然气分布特征、分类及其成因探讨[J]. 沉积学报, 1985, 3(4): 109-120.

[5] 樊广锋. 中国硫化氢天然气研究[P]. 中国石油勘探开发研究院, 1991. 1-91.

[6] 徐文渊. 浅论四川气区高含硫天然气净化及副产品加工利用[J]. 石油与天然气化工, 2001, 30(6): 278-280.

[7] Anisimov L A. Conditions of a biogenic reduction of sulfate in oil- and gas-bearing basins[J]. Geochem. Int. 1978, 15: 63-71.

[8] Stark J G, Wallace H G. Chemistry Data Book (2nd ed)[M]. London: John Murry, 1982. 21-60.

[9] Tissot B P, Welte D H. Petroleum Formation and Occurrence[M]. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Spinger-Verlag, 1984. 313-319.

[10] Ohmoto H, Felder R P. Bacterial activity in the warmer, sulphate-bearing, Archaean oceans[J]. Nature, 1987, 328(16): 244-246.

[11] Anderson G M, Garven G. Sulfate-sulfide-carbonate associations in Mississippi valley-type Lead-zinc deposits[J]. Economic Geology, 1987, 82(2): 482-488.

[12] Sassen R. Geochemical and carbon isotopic studies of crude oil destruction, bitumen precipitation and sulfate reduction in the deep Smackover Formation[J]. Org Geochem, 1988, 12: 351-361.

[13] Odonr J M. Industrial and environmental concerns with sulphate reducing bacteria[J]. ASM News, 1990, 56: 473-476.

[14] Schoonen M A A, Barnes H L. Reactions forming pyrite and marcasite from solution: I Nucleation of FeS_2 below 100℃[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1991, 55(6): 1495-1504.

[15] Goldhaber M B, Orr W L. Kinetic controls on thermochemical sulfate reduction as a source of sedimentary H_2S[A]. Vairavamurthy M A, Schoonen M A A. Geochemical Transformations of Sedimentary Sulfur[C]. ACS Symposium Series, 1995, 612: 412-425.

[16] Machel H G, Krouse H R, Sassen R. Products and distinguishing criteria of bacterial and thermochemical sulfate reduction[J]. Applied geochemistry, 1995, 10(4): 373-389.

[17] Kirkland D W, Denison E, Rooney M A. Diagenetic alteration of Permian strata atoil fields of south central Oklahoma, USA[J]. Marine Petroleum Geology, 1995, 12: 629-644.

[18] Worden R H, Smalley P C, Oxtoby N H. Gas souring by thermochemical sulfate reduction at 1 40℃[J]. AAPG, 1995, 79(6): 854-863.

[19] Schumacher D, Abrams M A. Hydrocarbon migration and its near-surface expression[J]. AAPG memoir, 1996, 66: 139-242.

[20] Vester F, Ingvorsen K. Improved MPN method to detect sulphate reducing bacteria with natural media and radiotracer[J]. Appl Environ Microbiol, 1998, 64(5): 1700-1707.

[21] Saunders D F, Burson K R, Thompson C K. Model for hyd-

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

rocarbon microseepage and related near-surface alterations [J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(1): 170-185.
[22] 阎俊峰, 阳建华, 阎进培. 我国下第三系高硫化氢气体的发现及其地质意义[J]. 地质论评, 1982, 28(4): 433.
[23] 沈平, 王先彬, 徐永昌. 天然气同位素组成及气源对比[J]. 石油勘探与开发, 1982, (6): 34-38.
[24] 沈平, 徐永昌, 王晋江, 等. 天然气中硫化氢硫同位素组成及沉积地球化学相[J]. 沉积学报, 1997, 15(2): 216-219.
[25] 戴金星. 我国高含硫化氢气的成因[J]. 石油学报, 1984, 5(1): 28.
[26] 戴金星, 裴锡古, 戚厚发. 中国天然气地质学(卷一)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1992: 31-33.
[27] 王新洲, 李丽, 刘守义. 天然气中硫化氢的成因和预测[J]. 石油与天然气地质, 1987, 8(1): 67-76.
[28] 樊广锋, 戴金星, 戚厚发. 中国硫化氢天然气研究[J]. 天然气地球科学, 1992, 3(3): 1-10.
[29] 樊广锋, 戴金星, 戚厚发. 硫化氢天然气生物成因的控制因素[J]. 石油勘探与开发, 1992, 19(增刊): 71-76.
[30] 杨家静, 王一刚, 王兰生, 等. 四川盆地东部长兴组—飞仙关组气藏地球化学特征及气源探讨[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 349-352.
[31] 王一刚, 窦立荣, 应初, 等. 四川盆地东北部三叠系飞仙关组高含硫气藏 H_2S 成因研究[J]. 地球化学, 2002, 31(6): 517-524.
[32] 王兰生, 张鉴, 谢邦华. 四川盆地东部碳酸盐岩含硫天然气的成因和分布特征研究[R]. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院, 2002.
[33] Cai C F, Worden R H, Bottrell S H, *et al*. Thermochemical sulphate reduction and the generation of hydrogen sulphide and thiols (mercaptans) in Triassic carbonate reservoirs from the Sichuan Basin, China[J]. Chemical Geology, 2003, 202(1): 39-57.
[34] 江兴福, 徐人芬, 黄建章. 川东地区飞仙关组气藏硫化氢分布特征[J]. 天然气工业, 2002, 22(2): 24-27.
[35] 王大珍. 有机沉积区中有微生物导致的物质与能量转化[J]. 沉积学报, 1983, 1(1): 26-31.
[36] 马秀贞, 印明善, 王大珍. 我国盐湖沉积物中的硫酸盐还原细菌及其地球化学作用[J]. 沉积学报, 1987, 5(2): 57-61.
[37] 蔡春芳, 梅博文, 马亭, 等. 塔里木盆地流体-岩石相互作用研究[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 90-97.
[38] 张子枢. 四川碳酸盐岩气田的硫化氢. 石油实验地质, 1983, 5(4): 304-307.
[39] 陈安定. 陕甘宁盆地中部气田奥陶系天然气的成因及运移[J]. 石油学报, 1994, 15(2): 1-10.
[40] 朱岳年. 天然气中非烃组分地球化学研究进展[J]. 天然气地球科学, 1994, 5(1): 1-29.
[41] 蔡春芳. 沉积盆地流体-岩石相互作用研究的现状[J]. 地球科学进展, 1996, 11(6): 575-579.
[42] 祁士华, 董勇, 柳建华, 等. 冀中晋县凹陷区地表地球化学勘查研究[J]. 地球科学, 1998, 23(1): 103-106.
[43] 颜廷昭, 高立新, 缪明富. 天然气中硫资源的化工利用[J]. 石油与天然气化工, 2002, 31(增刊): 17-23.

GENERATION MECHANISM AND DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF HYDROGEN SULFIDE BEARING GAS IN CHINA

ZHU Guang-you[1], DAI Jin-xing[1], ZHANG Shui-chang[1], LI Jian[1], SHI Dou[2], WEN Zhi-gang[3]
(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing* 100083, *China*;
2. *The Scientific Information Center for Resources and Environment, CAS, Lanzhou* 730000, *China*;
3. *Department of Geochemistry, Yangtze University, Jingzhou* 434023, *China*)

Abstract: Reservoirs of hydrogen sulfide bearing gas are distributed widely in globally. The natural gas with H_2S content have been discovered in several petroliferous basins of China which include Sichuan, Bohai bay, Erdos, Tarim and Zhungaer, etc. Among them, the north-eastern gas area of Sichuan basin and the Zhaolanzhuang gas field located in North China, together with the Luojia gas field located in Shengli oil field of eastern China, are all belong to gas fields with high H_2S contents. According to the analysis and summary of the current research status of H_2S at home and abroad, based on the probing into the genetic mechanism of H_2S and its classification and combining the geological features of the gas fields with high H_2S content, it can be concluded that the above three gas fields were originated mainly from the thermochemical sulfate reduction (TSR).

Key words: Hydrogen sulfide; Thermochemical sulfate reduction; Natural gas; Genetic mechanism; Gypsum.

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net