

煤层气系统中水的碘-129 同位素分布特征及意义

马行陟^{1,2,3)}, 宋岩^{1,2,3)}, 柳少波^{1,2,3)}, 姜林^{1,2,3)}, 洪峰^{1,2,3)}, 郝加庆^{1,2,3)}

1) 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083;

2) 中国石油盆地构造与油气成藏重点实验室, 北京, 100083;

3) 提高石油采收率国家重点实验室, 北京, 100083

煤层气是一种成煤过程中形成、赋存在煤储层并以甲烷为主的气体, 在煤矿俗称瓦斯, 属于一种重要的非常规天然气资源。我国煤层气资源位列世界第三位, 达 36.8 万亿方, 开发利用煤层气可以有效缓解油气供需紧张、保障煤矿开采安全和保护大气环境。煤层气的开采是一个先排水后采气的过程, 煤层气系统中水的信息可以从另外一个角度反映煤层气富集的特征和过程, 为煤层气的地质研究提供有效手段。本研究中借助地层水研究的新工具-放射性同位素 ^{129}I , 结合水的离子、氢氧同位素等信息, 对煤层气系统中地层水的地球化学特征和来源展开探讨, 探索放射性同位素 ^{129}I 煤层气地质研究中的应用及意义。

^{129}I 是碘元素中一个长寿命放射性核素, 半衰期长达 15.6Ma, 利用其测定年限为 2~80Ma。 ^{129}I 主要有三种起源: ①宇宙成因: 由氙(Xe)和氩(Ar)产生的宇宙射线和中子俘获形成; ②裂变成因: 地壳中 ^{238}U 的自发裂变以及热中子诱发的 ^{235}U 裂变; ③人为成因: 由于人类核试验等核活动产生。国际上采用 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ (原子数的比值) 表征样品中的 ^{129}I 放射性水平。由于 ^{129}I 的亲生物性和放射性特征, 其可作为一种有效的示踪剂示踪核污染、大气运动、水循环等环境过程, 在油气地质方面有广泛的应用, 如油气田卤水年龄、地层水的示踪、天然气水合物年龄的测定等等。 ^{129}I 在国外已经成为油气地质研究中尤其是鉴别油气和其伴生水来源及年龄的一种有效的方法。尽管国内也展开了对 ^{129}I 的研究, 但主要集中在测量方法和环境样品的测试, 关于 ^{129}I 的测年方法及在油气地质中的应用和研究尚无相关报道。

为了测定煤层中地层水的 ^{129}I 特征和建立测年方法, 采集鄂尔多斯东缘韩城地区的中部和南部共计 10 个石炭-二叠系煤层的水样样品, 每件样品水量为 20L。对采集的水样分别进行了水离子、氢氧同位素和 ^{129}I 水平的测定。根据分析结果, 研究中建立了基于放射性同位素 ^{129}I 的地层水 ^{129}I 水平校正方法和年龄计算方法, 对研究区的水样 ^{129}I 放射性水平进行了校正和年龄的确定, 并结合地层水的离子和稳定同位素特征, 对石炭-二叠系煤层中水的特征、流向、来源和年龄进行了研究。结果表明, 煤层中水的矿化度为 1532.29~7061.12mg/L, 属于中低矿化度水, 水型以 NaHCO_3 和 NaCl 水为主, ^{129}I 和 I/Cl 值指示其经历了稀释-混合作用, 指示了煤层气藏在地质过程中经历了水动力的改造作用, 对煤层气的保存条件提出了挑战。韩城地区主力煤层中水的 ^{129}I 放射性水平均较高, $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 比值分布在 $660\sim 145950\times 10^{-15}$, 除两个样品外, 多数大于碘的 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 初始值 1500×10^{-15} , 多介于 ^{129}I 初始值和现今大气降水的 ^{129}I 水平之间; 利用水样 ^{129}I 放射性水平的平面分布特征, 确定了地层水的流向, 自东向西。研究区煤层中地层水比较年轻, 计算的年龄为 0~18.50Ma, 主要有两个来源, 一部分为古大气降水(中新世), 特征为 δD 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值在全球大气降水线下方, 低 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 的比值, 表明此地区煤层气藏相对封闭完整, 没有近现代水的深入和影响, 反映成藏时间相对较早; 另一部分为现今渗入水, 特征为较高的 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 的比值, 具有接近现代 $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ 的浓度的水平, 表明该地区煤层气藏遭受到了现今渗入水破坏或者煤层气系统中的流体动力正经历平衡过程, 推测此作用至今仍然进行中。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 马行陟 (1984-), 男, 工程师, 博士, 主要从事非常规油气地质方面的研究工作。联系电话: 010-83595385; E-mail: maxingzhi@petrochina.com.cn。

参 考 文 献 / References

- [1] Fehn U, Tullai-Fitzpatrick S, Teng R T D, et al. 1990. Dating of oil field brines using ^{129}I . *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. 52(4): 446~450.
- [2] Moran J E, Fehn U, Hanor J S. 1995. Determination of source ages and migration patterns of brines from the US Gulf Coast basin using ^{129}I . *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59(24): 5055~5069.
- [3] Snyder G T, Riese W C. 2003. Origin and history of waters associated with coalbed methane: ^{129}I , ^{36}Cl , and stable isotope results from the Fruitland Formation, CO and NM. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 67(23): 4529~4544.
- [4] Birkle P. 2006. Application of $^{129}\text{I}/^{127}\text{I}$ to define the source of hydrocarbons of the Pol-Chuc, Abkatún and Taratunich-Batab oil reservoirs, Bay of Campeche, southern Mexico. *Journal of Geochemical Exploration*. 89(3): 15~18.
- [5] Tomaru H, Lu Z, Fehn U, et al. 2007. Age variation of pore water iodine in the eastern Nankai Trough, Japan: Evidence for different methane sources in a large gas hydrate field. *Geology*. 35(11): 1015.
- [6] 何明, 姜山, 蒋崧生, 等. 1997. 加速器质谱法测定 ^{129}I 的研究. *原子能科学技术*. 31(4): 301~305.
- [7] 罗茂益, 周卫健, 侯小琳, 等. 2011. 土壤样品中超痕量 ^{129}I 的无载体共沉淀分离及加速器质谱测定. *分析化学*. 39(2): 193~197.