

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

答杨立铮先生“黄龙 CO₂ 成因质疑”

刘再华

(中国地质科学院岩溶地质研究所, 桂林, 541004)

首先感谢杨立铮先生对“不同岩溶动力系统的碳稳定同位素和地球化学特征及其意义”一文^[1]的兴趣和提出的疑问, 今作如下答复:

(1) 在讨论用碳稳定同位素示踪物质的来源之前, 我们必须了解碳所处的 3 种相态的同位素是不同的。据 Deines 等^[2]的研究, 5℃ (接近黄龙水点的温度) 时开放系统条件下达到同位素交换平衡时, 气相 CO₂ 与液相 HCO₃⁻ 之间的同位素富集系数为 9.7‰, 即 HCO₃⁻ (液相) 相对于 CO₂ (气相) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值重 9.7‰, 对于黄龙地区所研究的泉水而言, 已测得从该泉水所释放的 CO₂ 气的 $\delta^{13}\text{C} = -6.8\text{‰}$, 则平衡时水中的 $\delta^{13}\text{C}(\text{HCO}_3^-) = -6.8\text{‰} + 9.7\text{‰} = 2.9\text{‰}$, 这与黄龙沟水点 (8 个) 实测的 HCO₃⁻ 的平均同位素组成 $\delta^{13}\text{C} = 3.01\text{‰}$ 相当吻合^[1], 这说明, 一方面系统是开放的, 另一方面气相 CO₂ 与水中 HCO₃⁻ 达到了碳同位素交换平衡。另据 Deines 等^[2]的研究可知, 液相 HCO₃⁻ 与固相 CaCO₃ 之间的同位素平衡分馏系数为 2.2‰, 即 CaCO₃ (固相) 相对于 HCO₃⁻ (液相) 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值重 2.2‰, 对于黄龙地区所研究的水点而言, 已测得其 HCO₃⁻ 的平均同位素组成 $\delta^{13}\text{C} = 3.01\text{‰}$, 则平衡时 $\delta^{13}\text{C}(\text{CaCO}_3) = +3.01\text{‰} + 2.2\text{‰} = +5.21\text{‰}$ 。实测黄龙沟钙华 (8 个) 的平均同位素组成 $\delta^{13}\text{C} = +4.56\text{‰}$ ^[1], 偏离平衡值 0.65‰, 可能反映了黄龙沟方解石沉积较快时动力分馏的存在, 因为据 Turner (1982)^[3]的研究, 方解石沉积愈快, 液相 HCO₃⁻ 与固相 CaCO₃ 之间的同位素分馏愈小。

(2) 的确, 如杨先生所述, 目前比较公认的幔源碳的 $\delta^{13}\text{C}$ 值变化在 -4.7‰ 至 -9‰ 之间, 然而这是对气相 CO₂ 而言的。由于前述不同相态的 $\delta^{13}\text{C}$ 存在很大差异, 特别是气相与液相之间, 所以直接用水中的 HCO₃⁻ 的测试结果去套用幔

源的气相 CO₂ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值达到示踪的目的, 无疑是不合理的。但如果认真考虑了开放系统中的同位素交换平衡因素后, 或用泉口逸出的 CO₂ 的碳同位素值, 还是可以提出某些看法的。

(3) 对黄龙泉水 CO₂ 气体的 $\delta^{13}\text{C}$ 值的可信度提出质疑, 是基于样品量太少。然而, 因为同一样品被分别送往德国不来梅大学和岩溶研究所同位素实验室分析, 得到的结果是非常接近的 (分别为 -6.79‰ 和 -6.86‰)。而且, 联系到水和钙华与气相碳同位素之间的分馏特征分析 (已如上述), 这一数值应该是合理的。

(4) 黄龙灰岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 +3‰, 所以根据泉水 CO₂ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 (-6.8‰) 判定其完全来源于碳酸盐岩的变质脱气作用是困难的, 它必然有一部分深部岩浆起源, 即黄龙 CO₂ 是变质成因 CO₂ 与岩浆成因 CO₂ 的混合物, 混合比的计算方法 and 初步结果请参见刘再华等人的论文^[1]。

参 考 文 献

- 1 刘再华, 袁道先, 何师意. 不同岩溶动力系统的碳稳定同位素和地球化学特征及其意义. 地质学报, 1997, 71(3): 281~288.
- 2 Deines P, Langmuir D, Harmon R S. Stable carbon isotope ratios and the existence of a gas phase in the evolution of carbonate waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1974, 38: 1147~1164.
- 3 Turner J V. Kinetic fractionation of carbon-13 during calcium carbonate precipitation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1982, 46: 1183~1191.

(周健 编辑)