

# 对地幔热流和 $^3\text{He}$ 相关性的解释

蒋崧生 何 明 祁步嘉

中国原子能科学研究院 ,北京 ,102413

**摘 要** 地幔的热液主要通过海底的喷气孔喷入到海洋中。20 世纪 70 年代科学家发现这些热液中含有高的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值,约为大气的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值( $R_a$ )的 8 倍,和洋中脊玄武岩(MORBs)的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值类似。而且,其热流量与原始热液中的 $^3\text{He}$ 含量成线性正比关系。例如 Jenkins(1978)等曾观测到加拉帕戈斯裂谷海低热喷气孔中 $^3\text{He}$ 的浓度与温度之间明显的相关性,求得 $^3\text{He}/\text{heat} = 1.57 \times 10^{-17} \text{ mol/J}$ 。另外从  $21^\circ\text{N}$  东太平洋山脊喷气孔的  $350^\circ\text{C}$  热水中的 $^3\text{He}$ 含量为饱和水中的 2 200 倍,但求得的 $^3\text{He}/\text{heat}$ 比值同加拉帕戈斯裂谷的值相近似。这表明 $^3\text{He}/\text{heat}$ 比值在不同地区和不同的温度范围内大致保持恒定。热量和 $^3\text{He}$ 的相关性表明,喷出的氦和流出的热量可能属于同一来源。

依据现在的观点,认为 $^3\text{He}$ 是原始的,即地球生成时就存在于地球内部。地球内部的热能是在地球生成后期或生成后产生的,归因于放射性核素 $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ 和 $^{40}\text{K}$ 衰变。但是从放射性衰变看不出 $^3\text{He}$ 与热流的直接关联。

此外,在大洋的玄武岩和喷出的火山岩等来自地幔的岩石中,除了含有较稳定的高 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值(约  $8 R_a$ )外,地幔原始水中氘有低  $\delta\text{D}$  值,约为 -80,即水的 D/H 比值较标准的大洋水(SMOW)的 D/H 比值低约 80‰。目前将这低的  $\delta\text{D}$  值看作地球生成时地幔中的原始水成分。

根据上述事实,笔者认为地球内部可能存在核聚变,即  $\text{D} + \text{p} \rightarrow \text{He}$  或  $\text{D} + \text{D} \rightarrow \text{He}$  反应。通过核聚变可以使热液能量与 $^3\text{He}$ 成正比关系,高的 $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比值,以及低的  $\delta\text{D}$  值三者相互统一起来。通过对地球内部核聚变可能性进行初步探索,计算了由  $\text{p-d}$  反应产生的热量,结果总热流量为  $3.8 \times 10^7 \text{ MW}$ 。这一数据支持 Jenkins 等和 Sclater 等估算的从地幔流入海洋热流量分别为  $6.5 \times 10^6 \text{ MW}$  和  $4.2 \times 10^6 \text{ MW}$ ,也表明笔者的数据是合理的。另外,对假设  $\text{D} + \text{D} \rightarrow \text{He}$  的反应率作了计算,其值为  $5.8 \times 10^{-19} / \text{D} \cdot \text{sec}$ 。

是什么核反应机制促使地球内部可能发生这种核聚变?笔者认为,地幔中的核聚变是在某种条件下促使氢分子中的两原子间发生,很可能主要是  $\text{p-d}$  反应,目前正在研究中。

**关键词** 地热流  $^3\text{He}$  核聚变

## An Explanation of Correlation between Hydrothermal Heat and $^3\text{He}$ in the Mantle

JIANG Songsheng HE Ming QI Bujia

China Institute of Atomic Energy, Beijing, 102413

**Abstract** On the basis of the correlation between  $^3\text{He}$  concentration and heat in the hydrothermal fluids and deuterium depletion in the mantle water, the authors hold that the nuclear fusion reaction might occur in the mantle. On such a hypothesis, the correlation between heat and  $^3\text{He}$ , the high  $^3\text{He}/^4\text{He}$  ratios in hydrothermal vent fluids, and the low D in the mantle water can all be satisfactorily explained.

**Key words** hydrothermal heat  $^3\text{He}$  nuclear fusion