

海底热水活动——一种重要的成矿作用

高爱国*

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

提 要: 海底热水活动不仅形成海底热水矿床, 而且由于其独特的地质作用, 为海洋中其它成矿作用提供了能量与物质来源, 为其它海底矿床的形成创造了条件。通过对海底热水活动与海底热水矿床、铁锰结核、气体水合物等关系的了解, 提出加强海底热水活动的研究, 促进海洋资源的综合开发利用。

关键词: 海底热水活动 海底热水矿床 铁锰结核 气体水合物 成矿作用

海底热水活动作为正在发生的成矿作用, 成为我们研究现代海底热水矿床的天然实验室, 对它作深入细致的观察研究, 有助于更新我们的矿床成因模式, 指导海底与陆地找矿工作, 同时对研究地球深部过程、构造活动、板块运动及生命起源也有积极意义。此外海底热水活动由于向海洋提供了大量的物质与能量来源。对海洋中其它矿产资源的形成也起到了相当重要的作用。

1 海底热水活动与海底热水矿床

海底热水矿床是近年来颇为引人注目的海底矿产资源, 目前已在全球不足 1% 的洋壳表面发现 139 处, 主要分布于洋中脊、沟弧盆系及地幔热点处。海底热水矿床的成分可以是硫化物、铁锰氧化物、碳酸盐、硅酸盐等, 目前对海底热水硫化物的研究较受重视。海底热水硫化物矿床因产出构造背景不同而不同, 既有与陆上黑矿相类似的, 也有与塞浦路斯型块状硫化物相类似的, 其成分主要有铜、铁、锌、铅及贵金属金、银、钴、镍、铂 (表 1)。此外海底热水矿床中的铁锰氧化物, 重晶石, 石膏、粘土矿物等其它矿种的潜在价值也不容忽略。从海底热水矿床的产出及开采看, 它与铁锰结核或钴结壳相比, 具有水深浅 (从几百米至 2000 m)、矿体富集度大, 贵金属含量高, 成矿过程快, 易于开采和冶炼等特点。而且具有良好的开发前景。如 1988 年 6 月在冲绳海槽伊是名海洼 JADE 热水活动区发现被当作现代黑矿的海底热水硫化物矿床^[2]。渡边一树等^[7]报道水曜海山海底热水硫化物中 Cu 高达 10%, Au 最高达 71×10^{-6} (平均 25×10^{-6}), Ag 最高达 377.1×10^{-6} (平均 176×10^{-6})。而 1989 年在劳海盆瓦卢法海岭中部发现了热水温度很高的黑烟囱 (320~400℃) 和白烟囱 (250~320℃), 并在重晶石/硫化物烟囱的外部发现了原生的自然金颗粒, 这是海底热水硫化物矿床中首次发现的原生金产出^[3]。在加拉帕戈斯发现一个热水硫化物矿床, 长 1000 m, 宽 200 m, 高 35 m, 平均含量为 Fe 35%, Cu 10%, Zn 0.1%, 并含有 Ag、Cd、Pb、V、Sn 等, 储量约 2500 万吨, 总价值达 39 亿美元。

* 高爱国, 男, 38 岁, 博士, 副研究员, 海洋地质学专业。邮政编码: 266003

表 1 海底热水硫化物矿床的平均化学组成 (据白井朗, 1996)^[8]

海 域	Cu/%	Zn/%	Pb/%	Fe/%	Ag/ 10^{-6}	Au/ 10^{-6}	Co/ 10^{-6}	Ni/ 10^{-6}	Pt/ 10^{-6}
洋 中 脊									
加拉帕戈斯海岭	4.5	4.0	0.04	32.6	46	0.34	86	270	<50
东太平洋海隆 (21°N)	0.8	32.3	0.32	19.2	159	0.08	100	3	20
东太平洋海隆 (21°N)	7.9	10.8	0.07	23.9	62	0.31	1100	70	-
胡安德富长海岭 (中轴)	0.2	11.3	0.75	19.6	436	0.30	20	20	<50
胡安德富长海岭 (南部)	0.9	24.3	0.18	9.9	207	2.50	20	90	-
岛 弧 系									
冲绳海槽伊是名海洼	4.7	26.4	15.30	5.5	1645	4.90	4	4	-
明神礁破火山口	2.1	36.6	6.08	2.5	260	1.62	22	22	-
水曜海山	12.6	20.8	0.84	15.7	203	28.90	50	50	-

2 海底热水活动与铁锰结核、钴结壳

海底热水活动不仅形成了极具开发前景的海底热水矿床, 而且由于它独特的成矿作用, 为海洋中其它成矿作用提供了大量的成矿物质。早在 1979 年 Edmond^[4]等根据加拉帕戈斯温水样品中的元素浓度等, 计算了海底热水活动的元素通量, 结果表明 Li、Rb、Ba 和 Mn 从海底经热水活动输入的通量大于河流输入通量。K、Ca、Si 的通量与河流通量处于同一数量级。Heath 和 Dymond (1977) 的研究表明鲍海盆富含 Fe、Mn 的沉积物中的 Fe 主要来源于热水活动 (平均占 84%), 约有 70% 的 Mn 来自热水活动。郭世勤、吴必豪等在研究中太平洋铁锰结核时也曾指出, 构成太平洋中部结核物质的 Mn 有 80% 来源于海底热水活动。Usui^[5]对小笠原岛弧区的自生成因和热水成因锰氧化物作了研究, 结果表明, 在火山弧上主要为热水成因锰壳, 随着远离火山弧, 在热水成因锰壳的基础上叠加了自生成因的锰, 形成锰壳或锰结核, 这表明热水性锰是该区锰结壳、锰结核的重要物质来源。白井朗还提出了热水活动与深海矿产资源生成过程的模式 (图 1)。

3 海底热水活动与油气资源、气体水合物

海底热水活动除与上述矿产资源有密切关系外, 其与海底油气资源及气体水合物也有某种成因上的联系。热水金属矿产与油气特殊共生是矿床学的一个难题, 大量资料表明, 油气区常与热水区密切共生, 有的作者甚至提出了油气成因的无机说。而作为“21 世纪能源”的气体水合物常赋存于大陆边缘, 常与泥火山、热水活动、盐 (泥) 底劈以及大型构造断裂有关的海盆密切相关。梶原良道^[9]根据日本岛弧上油气与黑矿呈对应的带状分布; 在含矿层位上, 可追出黑矿与油气起源于相同层位; 原始未分异的含金属有机物的发现, 以及黑矿、泥岩和原油灰分中的 Zn、Pb 含量平均值相近等特点, 大胆提出了黑矿与石油同源说。无独有偶, 在研究瓜伊马斯海盆的热水活动时, Simoneit 等^[6]发现巨厚的沉积物为石油形成提供了丰富的有机质, 而高温热水活动为石油形成提供了能量来源, 致使沉积物中有较高含量的多环芳香烃、植烷、姥鲛烷、烯烃、焦油等成油物质, 成为一个良好的生油场所。又如酒井

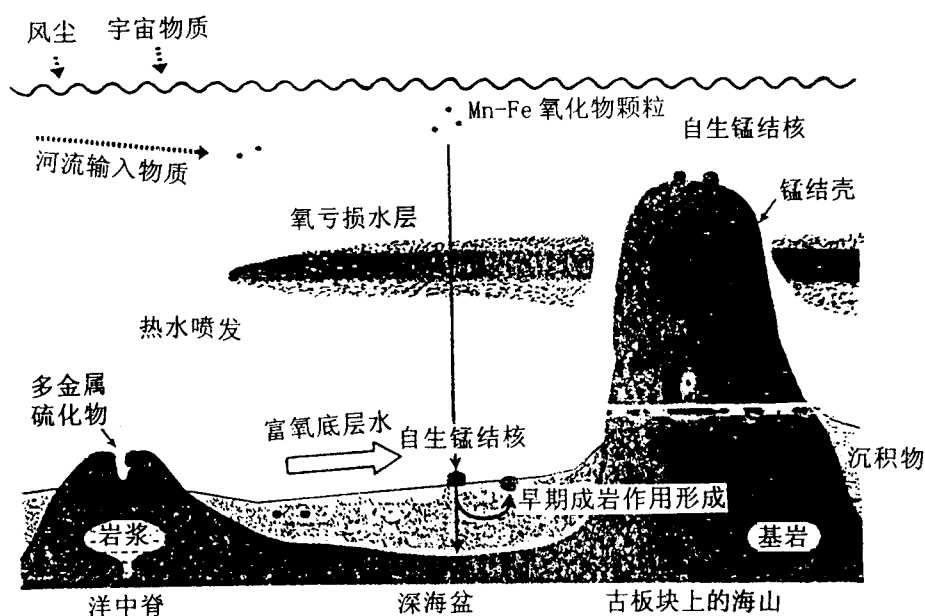


图 1 深海矿产资源生成过程示意图
(据白井朗, 1996)

均等^[10]在伊是名海洼海底热水活动区采到了以 CO_2 、 CH_4 为主要成分的气体水合物。侯增谦等^[1]对冲绳海槽热水沉积物样品进行流体包裹体研究表明, 其富 CO_2 -烃类流体包裹体与已知油气田流体包裹体具有明显的类似性, 揭示该区有形成较大气藏的能力。

显然, 海底热水活动是一种重要的成矿作用, 对海底热水活动的研究, 不能仅仅局限于海底热水矿产, 而且要将其它海洋矿产资源(包括结核、结壳及油气)一起综合考虑, 进行海洋资源的综合研究。另一方面, 由于海底热水活动涉及到岩浆活动、壳幔相互作用、壳内流体循环、板块运动、构造活动以及热水区生态学研究等方面, 所以从更高层次看, 它不仅对矿产资源的调查研究与开发有积极意义, 而且对海洋地质学乃至整个海洋科学(尤其是海洋化学、海洋生物学)的研究、发展也具有推动作用, 因此, 它将成为 21 世纪初期海洋矿产资源调查研究的热点。

与国外相比, 我国在铁锰结核、钴结壳、海底热水矿产、气水化合物等方面的研究起步均较晚, 值此世纪之交, 各国在制定新一轮国际海底资源开发计划之际, 我们要敢为天下先, 注重国际海底资源的综合研究开发, 以海底热水活动研究为重点, 加强多学科多部门的协作, 从基础理论研究、资源调查技术研究、采冶设备与高新技术产品开发等方面入手, 建立一套健全的海底矿产资源调查开发、研究综合体系, 促进海洋产业的良性循环。

参 考 文 献

- 1 侯增谦, 张绮玲. 冲绳海槽现代活动热水区 CO_2 -烃类流体: 流体包裹体证据. 中国科学 (D 辑), 1998, 28 (2): 142~148.
- 2 Halbach P, Nakamura K, Wahsner M et al. Probable modern analogue of Kuroko type massive sulfide deposits in the Okinawa Trough backarc basin. Nature, 1989, 338 (6215): 496~499.

- 3 Fouquet Y, Stackelberg U Von, Charlou J L et al. Hydrothermal activity and metallogenesis in the Lau back-arc basin. *Nature*, 1991, 349 (6321): 778~781.
- 4 Edmond J M C, Measures R E, McDuff et al. Ridge crest hydrothermal activity and the balances of the major and minor elements in the ocean: the Galapagos data. *Earth Planetary Sciences letters*, 1979, 46: 1~18.
- 5 Usui A and Terashima S. Deposition of Hydrogenetic and Hydrothermal Manganese Minerals in the Ogasawara (Bonin) Arc Area, Northwest Pacific. *Marine Georesources and Geotechnology*, 1997, 15: 127~154.
- 6 Simoneit B R T and Lansdale R F. Hydrothermal petroleum in mineralized mounds at the seabed of Guaymas Basin. *Nature*, 1992, 295: 198~202.
- 7 渡边一树, 梶村徹. 水曜海山の地形、地质と热水矿床. 第九回しんかいシンポジウム报告书, 1993, 77~89.
- 8 臼井朗. 深海底矿物资源の地质学的矿物学的特征. *エネルギー・資源*, 1996, 41~49.
- 9 梶原良道. 黒矿矿床成因论への新しい視点—黒矿—石油同源说—. *海洋科学*, 1982, 14 (2).
- 10 酒井均, 山野誠, 田中武男等. "しんかい2000"伊是名海穴热水系の地球化学的研究——D413, D415, D424で採取した二酸化炭素液泡と包接物について. 第六回"しんかい2000"研究シンポジウム报告书, 1990, 69~86.

<http://www.kcdz.ac.cn/>