

文章编号: 1001-8166(2005)09-0954-07

古热液生物群的研究进展及意义^{*}

庞艳春¹, 林 丽^{1,2}, 朱利东¹, 付修根¹, 王新利¹

(1·成都理工大学地球科学学院, 2·成都理工大学博物馆, 四川 成都 610059)

摘 要: 随着现代海底热液生物群研究工作的深入, 开展地质历史时期的古热液生物群研究的必要性也日益凸现。近年来古热液生物群研究已取得一定的进展, 结合前人的工作, 总结了所发现的古热液生物群的时空分布、产出地质背景、化石壳体保存特征、化石组合特征等内容。简述了开展古热液生物群研究工作的一般方法, 有描述法、比较法与地球化学方法。最后, 从现代热液生物群研究意义的角度出发, 讨论了古热液生物群研究在生物起源、热液活动和板块构造、环境治理以及生物成矿等方面的重要意义, 并提出当前古热液生物群研究存在的问题及今后的工作重点。

关 键 词: 古热液生物群, 化石特征, 方法

中图分类号: P736.22¹ **文献标识码:** A

随着深海钻探计划(DSDP, 1968—1983)和大洋钻探计划(ODP, 1985—2003)的开展^[1], 在现代大洋的洋中脊和弧后盆地中心位置延长带上, 许多活跃的热液喷口不断被发现, 这些热液喷口都具有2个典型特征: 热液流体与海水混合物形成的铁、铜和锌等金属硫化物堆积, 以及在喷口周围依赖化学合成细菌为生的具有低差异性的高生产率动物群^[2]——Hydrothermal Vent Communities(本文译为热液喷口生物群, 简称热液生物群)。20世纪80年代, 随着大洋底热液喷口活动这一研究热点的深入, 与之相伴的热液生物群的研究也掀起了高潮, 科学家们开展了大规模现代热液生物群调查工作, 调查地区也从加拉帕戈斯裂谷到东太平洋海隆、东北太平洋、西太平洋大陆边缘、大西洋中脊和墨西哥湾, 以及印度洋的极地海盆中, 并取得了巨大的成绩。随着现代热液生物群的调查和研究工作的进展, 地质学家和古生物学家已经开始寻找和研究漫长地质历史时期存在的热液喷口生物群——Fossil Hydrothermal Vent Communities(本文译为古热液喷口生物群, 简称古热液生物群), 以期从更大时间跨度上

来了解这一特殊生物群。

1 古热液生物群的研究进展

20世纪80年代初, 国外学者就已经开始古热液生物群的调查与研究。Boyce等^[3,4]在爱尔兰岛的锡尔弗迈恩斯(Silvermines)地区, 早石炭世Ballynoe重晶石矿床中发现了块状黄铁矿烟囱碎片, Oudin等^[5]在地中海东北部塞浦路斯国家的特罗斯蛇绿岩套硫化物沉积中发现了热液黑烟囱碎片。而热液生物化石的发现最早始于1984年, Haymon等^[6]在西亚阿曼的塞梅尔蛇绿岩套块状硫化物Bayda矿床中采集了晚白垩世热液生物蠕虫类化石; 之后, 1985年Banks^[7]在爱尔兰岛的Tynagh铅锌矿床中采集了热液蠕虫化石, 但这些对于古热液生物化石的研究报道仅仅限于简单的描述, 并没有对其进行详细研究。

20世纪90年代中后期以来, Little等^[8,10-12]掀起了古热液生物群研究的新热潮。他们先后在俄罗斯乌拉尔山南部晚志留世的Yaman Kasy矿床、俄罗斯乌拉尔山南部的中泥盆世Sibay块状硫化物矿

* 收稿日期: 2004-12-14; 修回日期: 2005-04-18。

* 基金项目: 国家自然科学基金项目“古热水成矿区特殊生物群研究”(编号: 40472013); 教育部跨世纪优秀人才基金项目“古热水生态系与成矿元素效应关系研究”资助。

作者简介: 庞艳春(1976-), 女, 内蒙古奈曼旗人, 博士研究生, 主要从事热液活动与古生物学研究。E-mail: pyc76@tom.com

床、加利福尼亚的早侏罗世 Figueroa 矿床、地中海东北部塞浦路斯国家的特罗斯蛇绿岩套硫化物沉积中和爱尔兰岛的锡尔弗迈恩斯地区早石炭世 Ballynoe 重晶石矿床中的块状黄铁矿喷口领域里皆发现

了热液生物化石,并对这些化石作了详细的研究工作,包括化石描述(表1)、分类和一些简单的地球化学分析。

俄罗斯乌拉尔山南部 Sibay 和 Yam an Kasy 块状

表1 古热液生物群资料统计表

Table 1 Tables of the materials on the fossil hydrothermal communities

构造背景	产出位置	时代	古热液生物群化石特征
古地中海 伸展中心	西亚阿曼塞梅尔蛇绿岩 套块状硫化物矿床	晚 白 垩 世	蛇曲形且排列无方向蠕虫类化石呈铸模或槽痕,保存在硫化铁、硫化锌矿物和少量石英组成的基质内,单管直径1~5 mm,方向是随意的。蠕虫管类型有3类:带有纵向装饰的蠕虫管,带有大量紧密间隔环状物的蠕虫管,明显的被2个突出环状物分割的蠕虫管 ^[6]
地中海东北部 中脊削减板块	塞浦路斯的特罗斯蛇 绿岩套硫化物沉积中 (5个喷口)	晚 白 垩 世	大量蠕虫管,少量腹足纲软体动物化石等。化石具有薄的黄铁矿外表模,保留有纹饰细节,但是缺少任何原始壳或有机管壁物质。分布密度为5.7个/cm ² ,个体样品直径是在0.12~3.94 mm,长度达12 mm。大多数管的后部被盘绕或者弯曲,而一头略微变得尖细。管的前部具有同心生长线纹饰、波浪式纵脊 ^[5]
伸展的洋脊	加利福尼亚 Figueroa 巨大硫 化物中的黄铁矿透镜体里	早 侏 罗 世	蠕虫管居多,腕足和腹足动物化石相对较少。化石是由较薄的黄铁矿铸形构成的,一般带有胶体结构,缺乏任何有机壳或有机管壁物。个别管的直径达0.3~6.9 mm,并且长度几乎达20.7 mm。管状化石是不完整的,大多数管壁都是圆柱型的,管壁外部具有同心生长纹饰和波浪式纵脊。铁-硅石层包含丰富的细丝状微生物化石,较大的细丝直径为6~24 μm,构成的网状结构长达0.8 mm ^[11]
具有热水活 动的海底	爱尔兰岛锡尔弗迈恩斯的 Bal- lynoe 重晶石沉积矿床	早 石 炭 世	蠕虫管类化石,虫管是柱型的,长21 mm,直径2.5 mm,并且是由一外部带有黄铁矿环的重晶石团构成。管壁由黄铁矿构成,具有紧密排列同心环状外部纹饰,彼此间隔0.06~0.1 mm。管的内部结构要么是中空的,要么就是没有结构的环铁矿团 ^[7]
弧后盆地	乌拉尔山南部 Yam an Kasy 地硫化物透镜体及碎屑中	晚 志 留 世	生物构成按照生物丰度减少的顺序为多毛目环节动物蠕虫管类、腹足、腕足以及双壳、微生物铸模化石。虫管成群分布,个体笔直,近于平行,有的具有圆锥形的后端,许多虫管发生褶皱变形。虫管的直径为0.8~4.0 mm,长度最大限度是75 mm。管壁是由莓球状黄铁矿颗粒形成的,并且厚度为0.2~1.0 mm ^[8]
弧间盆地	乌拉尔山南部 Sibay 硫 化物矿床透镜体中	中 泥 盆 世	化石与胶状黄铁矿相伴生。生物构成按照生物丰度减少的顺序为:环节动物管形虫类、双壳。管状化石成群分布,化石垂直于硫化物表层分布,很多双壳化石具有定向性,腹部朝下,有些是轻微的张开的,有微化石共生 ^[9]
大洋	澳大利亚硫泉火山块状 硫化物矿床	前 寒 武 纪	丝状体微化石,线形的,没有分支,有直的也有弯的。细丝直径为0.5~2 μm,长度可达300 μm,密度非常大,可达300个/mm ² 。细丝几乎完全由超微细尺寸的黄铁矿颗粒构成 ^[10]

硫化物矿床中发现的古热液生物群化石(含有微体化石群)皆与胶状黄铁矿共生,壳体没有被保存下来^[8,9]。某些化石与现代热液喷口处的地方性生物有亲属关系。塞浦路斯晚白垩世巨大硫化物沉积中发现的热液生物化石, Vestimentiferan 蠕虫占大多数,未发现双壳与腕足类,占有较小比例的 Eptonioid

和 Cerithioid 腹足纲动物总是伴随 Vestimentiferan 蠕虫出现,这2类腹足动物与现代大洋喷口处发现的热液生物及同时代的古热液生物是不相关的^[2]。爱尔兰岛银矿床中热液管状蠕虫化石与在显生宙沉积中发现的表栖动物管形虫有许多共同特征,重晶石中的硫同位素研究为矿床沉积时代的确定提供了

证据^[11]。加利福尼亚圣拉斐尔(San Rafael)的 Fig-ureoa 巨大块状黄铁矿矿床的热液生物化石组成具有低分异度,没有发现现代热液生物群中的重要组成分子——双壳,却发现了腕足纲 Rhynchonellid Anarhynchia cf. gabbi,研究者根据铁—硅层中发现的丰富的细丝状微生物化石,认为是菌类生物化石,提出这个生物群像现代海底热液生物群一样依赖细菌初级产品维持生命的^[12]。

21 世纪初, Birger Rasmussen^[10] 在澳大利亚硫磺火山块状硫化物矿床中发现了 32 亿年前的硫化铁矿丝状体微化石,与现代大洋喷口处的微生物生命形式具有相似性。

目前,国内学者已经注意到古热液生物群这一问题。2000 年,以林丽为首的课题组开始着手古热液生物群的研究,并在四川西部的昌台地区取得一定的进展^[13,14]。

2 古热液生物群特征

在整个地质历史时期,含有热液生物化石的产地只有 22 个被发现,主要分布在欧洲、大洋洲、地中海、西亚等地。归纳前人发现和研究的古热液生物群化石的特征如下:

(1) 古喷口热液生物群在地质时期分布时代较广。有澳大利亚火山块状硫化物矿床中发现的最古老的前寒武纪(32 亿年前)丝状体微化石,有最年轻的早古新世的热液生物化石,其中还有泥盆纪、志留纪、石炭纪、侏罗纪与白垩纪产出的热液化石。

(2) 产出地质背景相似。热液生物化石发现于与热液喷口有关的海相多金属块状硫化物矿床中,而这些热液喷口普遍位于洋中脊、洋底断裂带以及与之有关的岛弧环境。这种板块构造活跃的地质背景与现代海底热液生物群所在的构造背景一致^[15]: 板块运动活跃的洋脊与海槽。

(3) 化石保存不完整。特别是管状蠕虫,有些虫管化石明显发生过弯曲变形。矿化现象普遍,多半都是黄铁矿矿化,矿化程度不均(表 1)。虫管一般都是呈柱型的,具有黄铁矿化的管壁。有些化石被硫化物完全充填,甚至壳质也变成了硫化物成分,虽然保留一些微细的原始纹饰,但是却缺失原始壳或有机管壁的物质成分;有些化石则是不同壳层矿化的物质成分不同,部分发生无机化,少部分化石发生轻微的矿化,并具有完整的化石结构。

(4) 热液生物化石数量丰富,但是分异度较低。从表 1 统计资料可知,古喷口热液生物面貌构成有

2 种形式:一种就是只发现了管状化石;另一种则是以多毛类蠕虫管化石为主,还具有相对较少的双壳、腕足、腹足等化石。另外,在喷口处的硫化物矿床中常常发现有密集的肉丝状微体生物化石。

3 古热液生物群的研究方法

正是因为上述古热液生物群化石具有其特殊性,因此开展研究工作需要一定的研究方法,一般采用的研究方法可以概括为以下几种:

(1) 描述法。描述法是开展古生物群基本面貌这一项工作的关键。研究者首先要对所发现的古热液生物群所处的喷口地质背景进行研究,分析其生活时的环境。然后将从古生物学角度对古喷口处发现的生物群所具有的特征进行描述,包括种属鉴定、分类学研究、化石形态(包括大小、纹饰等)和化石结构的简单描述、个数统计、生物构成分析、生物密度统计等古生物化石基础研究工作,同时还要描述并分析化石的矿化程度及矿化特征,包括矿化物质的化学成分。

(2) 比较法。通过比较法,可以恢复或推测其古生物群的生活原貌。古生物群的基本生物面貌和地质背景的描述工作完成之后,研究者接下来要着手的工作是将古热液生物群的种类及其构成等(包括描述法中所述内容)与现代大洋的热液生物群进行特征比较,并对其所处的喷口环境进行比较,求其异同,分析原因,从而推测古热液生物群的生活习性及其生活方式。同时,也可以将它们与同时代的古热液化石进行比较,以及与其他时代的热液化石进行比较,比较的内容包括种类、化石个体形态、个体大小及矿化成分比较、生物群数量、生物群构成比较等,从而揭示不同时代的热液生物所具有的特征。

(3) 地球化学方法。利用这一方法能够帮助我们获得一些无法直接得到环境参数,如温度、压力、酸碱度、氧逸度等,还可以判断分析生物与环境的关系等。Little^[10] 根据黑烟囱和硫化物沉积中的石英和重晶石晶体的流体包裹体分析,温度范围为 103~371,但是并没有沸腾,因此提出当时的沉积环境为 1 600 m 深的环境。根据重晶石中的硫同位素值以及化石、烟囱和硫化物中的硫同位素值的范围具有海水、热水流体及火成成因特点,从而进一步以地球化学手段证明此生物群为热水生物群,并探讨了环境特征,这也为寻找并确立热水生物群提供了一个方法。

4 古热液生物群的研究意义

自1977年现代热液生物群发现以来,从深海探测到室内实验,从宏观到微观,国内外的研究者试图从多个角度,以多种方法追踪这一特殊生物群的特殊性。那么研究古热液生物群究竟有何意义?

4.1 为生命起源与演化提供新材料

分布在现代深海底以下数百米深处的“热液生物群”,它们的生活环境存在广泛的热水活动,具有高压、高温、缺氧、富 H_2S 和 CH_4 的特征,而且海水常常呈酸性,这种环境与30亿年前地球原始生命起源时的高温、缺氧环境非常类似。通过对生命起源必须具备的物质条件、环境条件、能量条件、安全条件等方面考虑,可知海底黑烟囱周围的环境是探索生命起源的理想场所^[6]。尤其古热液生物群的研究将会更方便的、从更大时间、空间跨度上为生命起源与演化提供新材料、新内容。如热液喷口和热液渗漏口的化石记录已经显示,热液生物群的分属学构成随着时间的推移已经发生了相当大的改变^[17]。因此,古热液生物群的研究在生物构成与演化方面也必将会丰富热液生物群的研究内容。

4.2 为生物治理环境提供新的思路 and 依据

热液生物的生活环境是一种极其恶劣的海底极端环境,同时其生活环境也是一个重金属极度富集的环境——热液喷口溢出的重金属硫化物使得喷口及周围环境具有较高的重金属浓度。热液生物群是如何适应热液喷口的这种极端环境?经研究发现,某些元素从岩浆岩中过滤出来,在喷口附近富集的生物对其发生作用,金属离子被捕提进不溶解的微粒中或者被束缚在特定的金属蛋白中,大规模的金属解毒作用随之发生^[18]。因此,研究古热液生物群如何适应其极端环境的机制,能够在更大时空范围内为生物治理环境提供新的思路 and 依据。

另外,研究者根据深海热液生物所有的特殊生理机能,如耐高温、耐盐性、耐高压和高渗透性、固氮、硝酸还原、吸磁性、稀/贵金属浓缩能力、环境治理、清污能力以及加氧化合物交换能力等,已经将其研究应用领域扩展到环境保护、医药开发、基因疗法等方面^[19]。

4.3 为板块构造的历史提供新证据

在大洋深处,热液喷口是一个特殊的生物栖息场所。这些生物主要依赖的不是光能而是来自沿着大洋中脊破裂口流出的炽热火山熔岩或热流体的能量,因此其在区域分布的相似性上似乎是受到沿着

大洋中脊系统的喷口间距和洋脊板块发展的历史所控制^[20-21]。事实上,现代热液生物的地理分布形式已经展示出了古老板块边界产生的时间和几何形状的明显特点,证据表明热液生物群很有可能是沿着大洋中脊进行迁移的^[22]。Little等^[2]在塞浦路斯晚白垩世巨大硫化物沉积中发现了5个喷口含有热液生物化石,通过几个喷口之间的距离推测大洋的伸展速率为70 mm/a。因此,热液生物群的分布模式可以深刻地揭示板块构造的历史,包括其发生的时间以及板块边缘的几何形状等。

4.4 可以反映热液活动的性质

生物对环境的反应是灵敏的,热液活动在强弱、断续及其他物理化学指标上的微小变化立即影响到周围的海水,而生物壳体的结构、化学元素(尤其是微量元素)及同位素组成会精确地记录下这种变化^[23-24]。Boyce等^[25]通过对蠕虫管的黄铁矿外壁的研究,以及喷口区域重晶石中的硫同位素研究,结合现代深海喷口热液蠕虫特征的分析,提出海底热液活动确实发生过。因此,研究热液生物化石中的热液活动记录有助于探讨地质历史时期的热液活动的规律性。

4.5 为生物成矿提供新的材料和证据

现代海底硫化物(黑烟囱)因具有矿体富集程度高、贵金属含量高、成矿过程快,易于开发和开采等特点,极大地推动科学家对金属矿产形成过程的研究,将会成为人类未来海底矿产资源的重要组成部分^[26]。而在现代及古代热液喷口周围,总会发现在金属硫化物沉积(或金属硫化物矿床)附近伴生有一群特殊的生物群体(或化石),它们之间有怎样的联系?Little等^[11]研究发现,化石中的黄铁矿具有较轻的硫同位素值,表明海水中的 H_2S 发生了细菌作用,通过矿体富有机质层的碳同位素分析,发现碳同位素值也具有生物分馏的特征,而在现代大洋热水喷口的硫化物沉积中,发现大量的蠕虫管发生明显的矿化^[27]。由此可知,在海底喷口热液环境这个特殊的生态系统中,各级生物在依赖喷溢的热液获得能量的同时,各级生物对金属元素产生着不同的反应,在金属成矿的过程中起到了一定的作用。因此,从更大时空范围内研究古热液生物群与金属硫化物矿床之间的关系将为生物成矿提供新的材料与证据。

5 研究展望

随着海底勘探技术的进步和综合大洋钻探计划

(IODP 2003—2013) 的启动^[1],更多的有关现代热液生物群的资料将会被发现,必将完善现代热液生物群的资料。而古热液生物群研究还只是处在探索阶段,如何将古热液生物群化石的研究意义付诸于实践,这还需要着重以下几方面工作。

(1) 完善古热液生物群的资料。虽然国外已有一些关于古热液生物群研究的报道,但是化石资料在时空分布上并不完备。古喷口热生物群在地质时期分布时代较广,研究者已在前寒武纪、泥盆纪、志留纪、石炭纪、侏罗纪与白垩纪、早古新世发现了古热液生物化石,而在其它的地质时期是否存在古热液生物?据资料显示,在现代大洋喷口处,一段时间内以蠕虫生物为主,一段时间内以双壳生物为主。这将暗示我们在地质历史时期,很可能还有以其他门类化石为主的热液生物群存在。在已发现及未发现热液生物化石的地质时期是否还有其它的古热液生物群面貌?探讨古热液生物群的时空分布、古生态及其与之有关的板块构造与热活动等方面都需要足够的热液生物化石资料,需要更多化石点的发现。完善古热液生物群的资料势在必行。

目前已发现热液化石的喷口遍及欧洲、大洋洲、地中海、西亚等地。而在中国,古代的海底黑烟囱、古喷口已发现多处,如四川西部的呷村、广西的大厂和河北的高板河等地区发现了古代海底黑烟囱或块状硫化物矿床^[28-31]。这些块状硫化物的产出地质背景与现代海底热液喷口的产出地质背景相似或一致。因此,在中国这样一个地质背景资料极其丰富的领域内开展古热液生物群研究具有可行性。

(2) 解决古热液生物群的食物链、生活环境问题。解决热液生物群的食物链问题、适应环境机制问题(包括温度、盐度和压力等)以及与块状硫化物矿床成矿关系问题,这是古热液生物群研究的重大意义所在,也是古热液生物研究的进一步深入。现代热液生物群的研究认为海底喷出热水和矿物质的热液喷口附近发现的蠕虫和细菌共生,是靠细菌分解硫等无机物提供养料而生存的^[32-33]。在地质历史时期,热液喷口环境是动荡的,环境参数也是不断变化的,这种食物链是否存在,环境参数及其变化对古热液生物群的食物链有何影响,古热液生物是如何适应这种环境及其变化的,古热液生物是否参与了金属硫化物矿床的成矿作用等,这些问题都有待于研究者更深入的研究与思考。中国学者不应该满足于向国际学术界输出“原料”,而应该积极参与到地球系统科学中关键问题的讨论^[34]。

(3) 研究方法的创新与完善。由于热液化石的研究还处在初级阶段,其研究的思路与技术路线没有任何现成的模式,其研究方法还不够丰富、不够成熟,这需要研究者在工作中不断总结与完善。古热液喷口化石经历的地质时代较长,其所受的地质作用的影响很复杂,如何辨别和分析还需要在研究方法上不断地补充和创新,尤其地球化学手段还需要很好地应用。

由于以上问题涉及到古生物学、古生态学、海洋生态学、地球化学、矿床学等多学科内容,因此这也需要多学科的交叉、需要多学科研究者联合起来共同参与此项研究工作。通过对古热液生物群的研究,以期能够更好的解释热液生物与生命起源、热液活动、板块构造以及金属硫化物或金属硫化物矿床的关系,为人类改善生存环境、寻求资源以及推动地球科学的发展做出贡献。

参考文献(References):

- [1] Chai Yucheng, Zhou Zuyi. Scientific ocean drilling: Achievements and prospects[J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(5): 665-672. [柴育成, 周祖翼. 科学大洋钻探 成就与展望[J]. 地球科学进展, 2003, 18(5): 665-672.]
- [2] Little C T S, Cann J R, Herrington R J et al. Late Cretaceous hydrothermal vent communities from the Troodos ophiolite, Cyprus[J]. *Geology*, 1999, 27: 1027-1030.
- [3] Boyce A J, Coleman M L, Russell M J. Formation of fossil hydrothermal chimneys and mounds from silvermines, Ireland[J]. *Nature*, 1983, 306: 545-550.
- [4] Laner R C L, Boyce A J, Russell M J. Hydrothermal pyrite chimneys from the Ballynoe barite deposit, Silvermines, Co. Tipperary [J]. *Ireland Mineralium Deposita*, 1981, 16: 309-318.
- [5] Oudin E, Constantinou G. Black smoker chimney fragments in Cyprus sulphide deposit[J]. *Nature*, 1984, 308: 349-353.
- [6] Haymon R M, Koski R A, Sinclair C. Fossils of hydrothermal vent worms from Cretaceous sulfide ores of the Samail Ophiolite, Oman [J]. *Science*, 1984, 223: 1407-1409.
- [7] David A Banks. A fossil hydrothermal worm assemblage from the Tynagh lead-zinc deposits in the Ireland [J]. *Nature*, 1985, 313: 128-131.
- [8] Little C T S, Herrington R J, Maslennikov V V et al. Silurian hydrothermal-vent community from the southern Urals, Russia [J]. *Nature*, 1997, 385: 146-148.
- [9] Birger Rasmussen. Filamentous microfossils in a 3,235-million-year-old volcanogenic massive sulphide deposit [J]. *Nature*, 2000, 405: 676-679.
- [10] Little C T S, Maslennikov V V, Morris N J, et al. Two Paleozoic hydrothermal vent communities from the southern Ural Mountains, Russia [J]. *Paleontology*, 1999, 42: 1043-1078.
- [11] Little C T S. A hydrothermal vent tube worm in the Ballynoe bar-

- ite deposit, Silvermines, Ireland: Implication for timing and ore genesis [A]. In: Stanley et al eds. *Mineral Deposits: Process to Processing* [C]. Balkema: Rotterdam Press 1999. 825-827.
- [12] Little C T S, Herrington R J, Haymon R M. Early Jurassic hydrothermal vent community from the Franciscan Complex, San Rafael Mountains, California [J]. *Geology*, 1999, 27: 167-170.
- [13] Pang Yanchun. The research on Late Triassic Hydrothermal communities in Changtai, Western Sichuan [D]. Chengdu: Chengdu University of Technology 2003. [庞艳春. 川西昌台地区晚三叠世热液生物群研究 [D]. 成都: 成都理工大学, 2003.]
- [14] Pang Yanchun, Lin Li, Zhu Lidong, et al. Research advance in hydrothermal vent communities [J]. *Journal of Chengdu Institute of Technology*, 2002, 29(4): 448-452. [庞艳春, 林丽, 朱利东, 等. 热液喷口生物群的研究现状 [J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(4): 448-452.]
- [15] Luan Xiwu. Distribution and tectonic environments of the hydrothermal fields [J]. *Advances in Earth Science*, 2004, 19(6): 931-938. [栾锡武. 现代海底热液活动区的分布与构造环境分析 [J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 931-938.]
- [16] Feng Jun, Li Jianghai, Chen Zheng, et al. A Review on "Black Smokers" and its implication for origin of life [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2004, 40(2): 318-325. [冯军, 李江海, 陈征. "海底黑烟囱"与生命起源述评 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2004, 40(2): 318-325.]
- [17] Are hydrothermal vent animals living fossils? [J]. *Trends in Ecology and Evolution*, 2003, 18: 582-588.
- [18] Cosson, Richard P V, Jean-Paul. Impact of Metals on Hydrothermal Vent Communities: Bioaccumulation and Detoxication Processes [J]. *Marine Environmental Research*, 1995, 39: 349.
- [19] Zhang Hongxiang, Zhao Qianjun, Guo Lin. Deep-Sea hot spring creatures—The human beings genetic resource thesaurus [J]. *Advances in Earth Science*, 2002, 17(6): 918-921. [张鸿翔, 赵千钧, 郭琳. 深海热泉生物——人类基因资源宝库 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(6): 918-921.]
- [20] Grassie J F. Hydrothermal vent animal: Distribution and biology [J]. *Science*, 1985, 229: 713-717.
- [21] Mary C, Fowler R, Tunnicliffe et al. Hydrothermal vent communities and plate tectonics [J]. *Endeavour*, 1997, 21: 164-168.
- [22] Tunnicliffe V, Fowler C M R. Fluence of sea-floor spreading on the global hydrothermal vent fauna [J]. *Nature*, 1996, 379: 531-533.
- [23] Hart SR, Blustajn J. Clams as recorders of ocean ridge volcanism and hydrothermal vent field activity [J]. *Science*, 1998, 280: 883-886.
- [24] Ma Junying, Zhai Shikui. Biological communities of the hydrothermal area on the Iheya Bideg of Okinawa Trough [J]. *Marine Science*, 1996, 2: 30-34. [马军英, 翟世奎. 冲绳海槽伊平屋海底热液活动区的生物群 [J]. 海洋科学, 1996, 2: 30-34.]
- [25] Boyce A J, Fallick A E, Little C T S, et al. A hydrothermal vent tube worm in the Ballynoe barite deposit, Silvermines, Ireland: Implication for timing and ore genesis [A]. In: Stanley et al eds. *Mineral Deposits: Process to Processing* [C]. Balkema: Rotterdam Press, 1999.
- [26] Li Jianghai, Niu Xiangdong, Feng Jun. The identification of the fossil black smoker chimney and its implication for scientific research [J]. *Advances in Earth Science*, 2004, 19(1): 17-25. [李江海, 牛向龙, 冯军. 海底黑烟囱的识别研究及其科学意义 [J]. 地球科学进展, 2004, 19(1): 17-25.]
- [27] Cook Y L, Stakes D S. Biogeochemical mineralization in deep-sea hydrothermal vents [J]. *Science*, 1995, 267: 975-978.
- [28] Li Jianghai, Feng Jun, Niu Xiangdong, et al. The preliminary report on the discovery of black smoker chimney within the mesoproterozoic sulphide deposit of North China [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2003, 19(1): 167-168. [李江海, 冯军, 牛向龙, 等. 华北中元古代硫化物黑烟囱发现的初步报道 [J]. 岩石学报, 2003, 19(1): 167-168.]
- [29] Hou Zengqian, Han Fa, Xia Lingqi, et al. Hydrothermal Systems and Metallogeny on the Modern and Ancient Sea Floor—Case Study on Some VMS Deposits [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2003. 62-88. [侯增谦, 韩发, 夏林圻, 等. 现代与古代海底热水成矿作用: 以若干火山成因块状硫化物矿床为例 [M]. 北京: 地质出版社, 2003. 62-88.]
- [30] Liao Zongting, Yang Bin. Hydrothermal vent systems in ancient ocean—Dachang perspective in Guangxi [J]. *Journal of Tongji University Nature Science*, 1995, 23(5): 564-567. [廖宗廷, 杨斌. 古海洋中的热水喷口——广西大厂例析 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 1995, 23(5): 564-567.]
- [31] Wang Denghong, Chen Yuchuan. A Preliminary study on the metallogenic series type of Fe-Cu-Zn ore deposits related to submarine volcanism and its origin [J]. *Mineral Deposits*, 2001, 20(2): 112-118. [王登红, 陈毓川. 与海相火山作用有关的铁-铜-铅-锌矿床系列类型及成因初探 [J]. 矿床地质, 2001, 20(2): 112-118.]
- [32] Rau G H, Hedges J I. Carbon-13 depletion in a hydrothermal vent mussel: Suggestion of a chemosynthetic food source [J]. *Science*, 1979, 203: 648-649.
- [33] Desbruyeres D, Daner A M A, Ohta S. Deep-sea hydrothermal communities in southwestern Pacific basins: Composition, microdistribution and food web [J]. *Marine Geology*, 1994, 116: 227-242.
- [34] Wang Pinxian. Earth system science in china quo vadis? [J]. *Advances in Earth Science*, 2003, 18(6): 837-851. [汪品先. 我国的地球系统科学研究向何处去 [J]. 地球科学进展, 2003, 18(6): 837-851.]

ADVANCE IN AND SIGNIFICANCE ON RESEARCHING FOSSIL HYDROTHERMAL VENT COMMUNITY

PANG Yan-chun¹, LIN Li^{1,2}, ZHU Li-dong¹, FU Xiu-gen¹, WANG Xin-li¹

(1. College of Earth Science, Chengdu University of Technology;

2. Museum, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: With the development of the research of modern hydrothermal vent community, some have already diverted their views into the research on fossil hydrothermal vent community. The geological era and settings of hydrothermal vents, characters of the fossil hydrothermal vent community and its categories etc. are analyzed based on the materials reported. Some common methods or ways about research of fossil hydrothermal vent community are enumerated, including describing, contrasting and chemical means. The research the fossil hydrothermal vent community possess some significances, especially in studying the origin of life, enriching Bionomics, explaining the plate tectonics, reflecting the hydrothermal activity, improving the environment and researching bio-mineralization. By far, many problems about the fossil hydrothermal vent community have not been solved, including enriching and deepening the contents about hydrothermal vent community, perfecting the ways and means about researching fossil hydrothermal vent community.

Key words: Fossil hydrothermal vent community, Characters of fossils, Means or ways.

模

《地球科学进展》稿件处理系统与网站 试运行的公告

在中国科学院出版图书情报委员会的资助下,中国科学院高水平学术期刊基础设施建设项目“《地球科学进展》期刊办公自动化与网络化交流平台建设”已基本建成,从即日起开始试运行。《地球科学进展》编辑部根据自己的业务需要和对未来发展的设想,经过考察、调研,决定采用北京玛格泰克科技发展有限公司开发的杂志社计算机应用系统“期刊稿件处理系统”,并委托该公司开发了《地球科学进展》网站。

该项目将实现“作者 编辑 审稿专家 编委”四位一体的协作化、网络化、角色化的编辑稿件业务处理功能。

编辑部网站系统是审稿专家和编者的工作平台,作者与编者之间的互动交流平台,是读者获取我刊文献和信息的信息平台。

由于该项目的建设时间短、任务紧,数据转换等诸多原因,该系统在试运行期间可能还存在不少问题,若广大读者、作者在使用该系统时发现有什么问题,请与编辑部及时联系与沟通,欢迎在线投稿。

让我们共同努力,把该系统建设成为读者 作者 编者之间互动交流的平台。

网 址: <http://www.adeearth.ac.cn> 咨询电话: 0931-4968256 传 真: 0931-8275743

E-mail: adeearth@lzb.ac.cn 联系人: 侯春梅 迟秀丽