

文章编号: 1001-909X(2011)01-0009-08

Logatchev 热液场附近表层沉积物中有机质的组成特征、来源及其影响因素

杨伟芳^{1,2}, 杨群慧^{1,3}, 潘安阳³

(1. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;
3. 同济大学 海洋地质国家重点实验室, 上海 200092)

摘要: 利用 2005 年“大洋一号”科学考察船电视抓斗采样器采集的表层沉积物样品, 对大西洋中脊 Logatchev 热液场附近 7 个站位表层沉积物样品中的烷烃组分进行了定量分析, 并结合总有机碳 (TOC) 及 C 稳定同位素 ($\delta^{13}\text{C}$ 值) 分析, 探讨了表层沉积物中有机质的组成及可能的来源和影响因素。结果表明: 表层沉积物中正构烷烃组分以低碳数化合物为主, $n\text{C}_{16}$ 、 $n\text{C}_{18}$ 以及 $n\text{C}_{11}$ (仅在部分样品中) 的含量较高, 姥鲛烷与植烷的比值 (Pr/Ph) 普遍较低; 表层沉积物中的有机质以细菌来源为主, 浮游植物和浮游动物也有一定的贡献, 而陆源有机质的贡献极小; 另外, 表层沉积物中的有机质可能遭受了一定程度的热液蚀变作用。

关键词: Logatchev 热液场; 表层沉积物; 总有机碳; 烷烃

中图分类号: P736.4

文献标识码: A

0 引言

Logatchev 热液场是大西洋中脊 (MAR) 目前已知的最南端的热液场, 其热液活动区位于 $14^{\circ}45' \text{N}$ 、 $44^{\circ}58' \text{W}$, 水深为 2 900~3 060 m。热液场热液流体具有高温 (350 °C)、低 pH 值且富含甲烷和氢气等特征; 基岩主要是蛇纹石化橄榄岩, 其次是玄武岩和辉长岩。Logatchev 热液喷口周围生物种类繁多, 主要有丰富的海葵、海星、虾、贻蚌类及少量的蟹, 同时, 局部地区还生长着丰富的微生物菌席^[1]。

在海洋上层, 光合作用的有机质只有不到 1% 可到达 1 200 m 以下的深海并进入到沉积物中, 但在热液沉积区, 化能合成作用提供的初级生产力却可以

使有机质相对富集^[2]。烷烃是一类重要的生物标志物, 它广泛存在于海洋沉积物中。一般而言, 海洋浮游生物中主要含低碳数正构烷烃, 而陆生高等植物主要含高碳数正构烷烃, 可见通过不同碳数正构烷烃的分子组合特征, 可以识别沉积物中有机质的不同来源^[3]。

迄今为止, 有关大西洋中脊热液场的有机地球化学特征的研究主要集中在 Rainbow 和 Lost City 2 个热液场^[4,5], 对 Logatchev 热液场的研究还主要局限在地球化学以及岩石学特征等方面^[1,6,7]。本文通过对大西洋中脊 Logatchev 热液场表层沉积物中烷烃所进行的定性和定量分析, 结合总有机碳 (TOC) 和 C 稳定同位素 ($\delta^{13}\text{C}$) 分析, 对表层沉积物中有机质

收稿日期: 2010-04-19 修回日期: 2011-01-17

基金项目: 国际海底区域研究开发“十一五”资助项目 (DYXM-115-02-404)

作者简介: 杨伟芳 (1984-), 女, 江西临川人, 硕士, 主要从事海洋地球化学等方面的研究。E-mail: yangweifang06@mails.gucas.ac.cn 或 yangweifang1@163.com

的含量及组成特征进行了研究,并探讨了其来源和可能的影响因素,为热液环境中生物地球化学循环方面的研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 样品采集

样品为 2005 年中国“大洋一号”科学考察船利用电视抓斗采样器在大西洋洋中脊 Logatchev 热液场

附近 7 个站位采集到的 7 个表层沉积物样品。采样站位和水深等样品信息见图 1 和表 1。7 个采样站位分别为 MAR-TVG1、MAR-TVG2、MAR-TVG3、MAR-TVG4、MAR-TVG6、MAR-TVG7 和 MAR-TVG8,在每个采样站位中各挑选出 1 个样品,所采集样品的岩性多为粉砂质粘土及粘土至粉砂。将采集后的样品放入洁净的聚乙烯袋中,并立即置于 - 20 °C 冰柜中保存、备用。

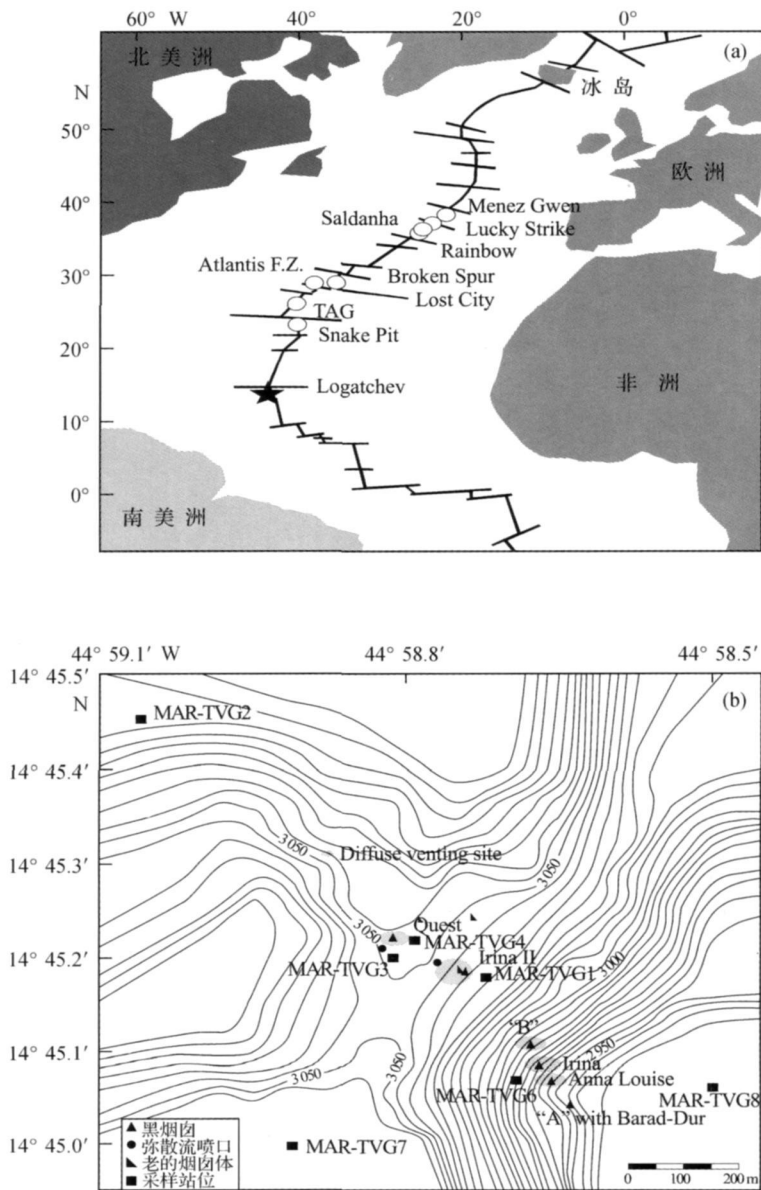


图 1 研究区位置(a)及采样站位(b) (改编自参考文献[8])

Fig. 1 Studying area location(a) and sampling sites(b) (modified from reference[8])

表 1 采样站位及样品描述

Tab. 1 Sampling sites and sample description

采样站位	经度/°W	纬度/°N	水深/m	样品描述
MAR-TVG1	44.978 7	14.753 1	3 025	砂至粉砂, 土黄色
MAR-TVG2	45.115 3	14.788 5	3 040	粉砂质粘土, 灰色
MAR-TVG3	44.980 2	14.753 3	3 041	粉砂质粘土, 红褐色
MAR-TVG4	44.979 9	14.753 6	3 041	粘土-砂-粉砂, 浅黄色
MAR-TVG6	44.978 2	14.751 2	2 992	粉砂质粘土, 浅黄色
MAR-TVG7	44.981 9	14.749 9	3 038	粉砂质粘土, 黄褐色
MAR-TVG8	44.974 4	14.751 0	2 939	粘土至粉砂, 浅黄色

注: 数据来自于“大洋一号”2005年航次的现场记录。

1.2 C元素含量测定及 $\delta^{13}\text{C}$ 分析方法

将经冷冻干燥后的样品用玛瑙研钵磨细至200目以下。取1g磨细后的样品放入离心管中,加入浓度为6mol/L的过量HCl,反应24h以去除碳酸盐。将上述样品离心后弃去上清液,用二次蒸馏水清洗3次,置于烘箱内60℃烘干,并放于干燥器中冷却平衡至恒质量。取适量经上述处理过的样品置于锡舟中分别进行C元素含量测定及同位素分析。

C元素含量分析使用Vario E4-III型Elemental Analyzer元素分析仪,其标准偏差(σ)为(以C质量计) $\pm 0.02\%$ 。同位素分析使用DELTA^{plus}XL型同位素质谱仪,其测试标准偏差(σ)为 $\pm 0.3\%$ 。

1.3 烷烃分析方法

称取一定量的样品,加入二氯甲烷/甲醇混合溶剂(体积比为2:1)和已知量的定量内标物($n\text{C}_{24}\text{D}_{50}$),索氏抽提72h,同时在底瓶中加入已活化的铜片进行脱硫。将抽提液浓缩后加入KOH的甲醇溶液中(质量分数为5%),60℃皂化12h,并用正己烷萃取其中的中性组分;萃取后的中性组分采用硅胶柱层析进行分离纯化,用正己烷冲洗得到烷烃组分。

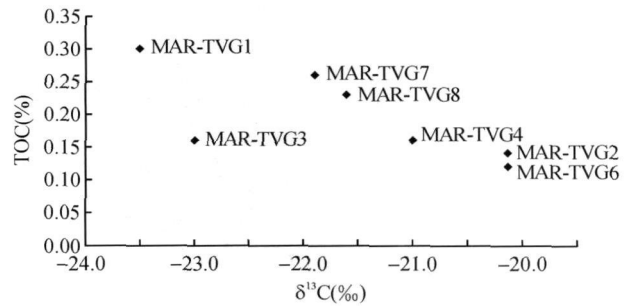
仪器分析条件:色谱分析采用Agilent 6890型气相色谱仪;色谱/质谱分析采用HP6890 II型气相色谱与Finnigan Platform II型质谱联用仪,离子源为电子轰击源(70 eV),色谱柱为DB-5硅熔融毛细管柱(30m×0.25mm, i. d. ×0.25 μm 涂层)。无分流进样1 μL ;进样口温度为290℃,采用程序升温:初始温度80℃,保持2min,以4℃/min速度升至290℃,恒温20min;载气为高纯氦气,流速为1.0mL/min,质谱扫描范围为50~550amu。

2 结果与讨论

2.1 TOC含量及 $\delta^{13}\text{C}$ 值

研究区表层沉积物样品中TOC的含量较低,为

0.12%~0.30%,其中在离较大的Irina II烟筒体最近的采样站位(MAR-TVG1)样品中,TOC的含量最高,为0.30%,远离弥散流及烟筒体的TOC含量次之,靠近Quest、Irina、Anna Louise烟筒体的其它样品中TOC的含量则较低(图2)。大西洋Lost City热液场37个样品中TOC的含量为0.05%~0.60%,平均值为0.2%^[9],与研究区样品中TOC的含量有一定的相似性。

图 2 TOC 与 $\delta^{13}\text{C}$ 相关图Fig. 2 Relative distribution between TOC and $\delta^{13}\text{C}$ of the samples

已有研究表明,基岩碎屑和热液沉积物中的有机质含量比较低,但是热液喷口附近存在的化能合成生物群落的贡献却可能使沉积物中的有机质含量提高^[10]。对研究区样品矿物以及主、微量元素的研究结果显示,研究区沉积物样品主要是由基岩的剥蚀物组成,经历了不同程度的热液蚀变作用,因此,样品中TOC的含量都普遍较低。只MAR-TVG1站位,因离热液烟筒体较近,可能存在化能合成生物有机质的输入贡献,故样品中TOC的含量在所有样品中为最高。同时,MAR-TVG3和MAR-TVG4站位,由于离热液喷口较近,其样品中TOC含量也相对较高,推测也与热液场周围存在的化能合成生物有机质的贡献有关。

有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值是区分海、陆源有机质的良好指标^[11],典型的陆源有机质,其 $\delta^{13}\text{C}$ 值一般为-26‰~-28‰^[12];典型的海洋有机质,其 $\delta^{13}\text{C}$ 值一般为-19‰~-22‰^[13]。由图2可见,研究区样品中有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为-23.5‰~-20.1‰,可以看出,其表层沉积物中的有机质主要来源于海洋有机质。

在一般海洋环境中,海洋沉积物中有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值越偏向负值,说明陆源组分对有机质的贡献比率越大^[11-12],但在深海热液区域是否也存在这样的规律?由图2可知,MAR-TVG1站位具有最高的TOC含

量和最偏负的 $\delta^{13}\text{C}$ 值,前文认为其相对较高的有机质可能是热液区化能合成生物的贡献引起,因而其较低的 $\delta^{13}\text{C}$ 值也可能是相同的原因造成的。但是,对热液区沉积物中有机质 $\delta^{13}\text{C}$ 值指示意义的讨论仍需要进行具体分析。

2.2 正构烷烃

沉积物中正构烷烃的分布特征可有效地反映有机质的来源^[14]。一般而言,高碳数的正构烷烃(C_{22}^+)源于陆源高等植物,呈显著的奇偶优势特征^[5],如来源于陆地高等植物表皮蜡质层时, $n\text{C}_{27}$ 、 $n\text{C}_{29}$ 和 $n\text{C}_{31}$ 正构烷烃的含量较高^[16,17];低碳数的正构烷烃(C_{21}^-)源于海洋浮游藻类和细菌等,其中藻类来源的正构烷烃常以 $n\text{C}_{15}$ 、 $n\text{C}_{17}$ 或 $n\text{C}_{19}$ 奇数碳占优势^[18],细菌来源的正构烷烃则以 $n\text{C}_{16}$ 、 $n\text{C}_{18}$ 和 $n\text{C}_{20}$ 偶数碳占优势^[19]。

研究区样品中检测到了一系列正构烷烃,干沉积物中,总正构烷烃的质量分数为 $(0.78 \sim 10.29) \times 10^{-6}$ 。表2和图3分别为表层沉积物样品中正构烷烃的各参数特征。由表2和图3可见,除MAR-

TVG3 站位样品中正构烷烃的碳数分布范围相对较窄(为 $n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{24}$)外,其余样品中正构烷烃的碳数分布范围多为 $n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$ 。从整体分布看,研究区表层沉积物样品的正构烷烃以短链烷烃($< n\text{C}_{21}$)为主,占70.63%~91.27%;长链烷烃($n\text{C}_{27} \sim n\text{C}_{31}$)则很少,只为0%~19.84%。样品中的正构烷烃基本呈单峰型分布,在 $n\text{C}_{12} \sim n\text{C}_{22}$ 范围内,除MAR-TVG2 站位样品中的正构烷烃呈奇数碳优势外,其余样品中的正构烷烃均呈现偶数碳优势,主峰碳均为 $n\text{C}_{16}$,由此推测其有机质主要来源为热液区的细菌;而MAR-TVG2 站位样品中有机质细菌输入的贡献则相对较低。同时,样品中的脂肪酸含量数据也显示,来源于细菌的支链脂肪酸可占总脂肪酸的3.42%~21.07%,表明细菌对有机质具有较大的贡献;而在MAR-TVG2 站位的样品中,细菌脂肪酸仅占总脂肪酸的5.18%,显示出细菌对有机质的来源贡献相对较弱^[20]。可见,细菌对研究区表层沉积有机质的输入起到重要作用。

表2 表层沉积物样品中正构烷烃的各参数特征

Tab. 2 Parameters of n-alkanes in surface sediment samples

采样站位	碳数分布	主峰碳	L/H	CPI	OEP	总正构烷烃的质量分数/ (10^{-6})	Pr/Ph	Pr/ $n\text{C}_{17}$	Ph/ $n\text{C}_{18}$
MAR-TVG1	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{11}, n\text{C}_{16}$	8.56	0.45	0.69	10.29	0.37	3.25	6.22
MAR-TVG2	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{11}$	6.57	1.03	5.05	1.96	0.76	2.68	3.54
MAR-TVG3	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{24}$	$n\text{C}_{11}$	10.46	0.46	—	0.93	0.67	2.47	2.85
MAR-TVG4	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{16}$	4.03	0.39	4.14	0.78	0.80	3.23	3.86
MAR-TVG6	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{16}$	7.69	0.31	3.83	2.64	0.83	2.06	1.43
MAR-TVG7	$n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{16}$	2.40	0.55	5.15	1.22	0.87	2.63	2.45
MAR-TVG8	$n\text{C}_{12} \sim n\text{C}_{31}$	$n\text{C}_{16}$	4.69	0.44	5.22	1.69	0.98	2.49	2.02

注: $\text{CPI} = \sum \text{C}_{13-23}(\text{奇数}) / \sum \text{C}_{12-24}(\text{偶数})$; $\text{L/H} = \sum \text{C}_{21}^- / \sum \text{C}_{22}^+$; “—” 为缺失高碳数的正构烷烃; $\text{OEP} = \left[\frac{\text{C}_{27} + 6\text{C}_{29} + \text{C}_{31}}{4\text{C}_{28} + 4\text{C}_{30}} \right]^{(-1)^{27+1}}$; Pr/Ph 为姥鲛烷/植烷。

利用短链正构烷烃与长链正构烷烃的比值(L/H),可识别藻类、细菌与陆源高等植物对沉积有机质的相对贡献,一般而言,该比值越低,陆源有机质的贡献就越大^[16]。研究区样品的L/H值($\sum \text{C}_{21}^- / \sum \text{C}_{22}^+$)为2.40~10.46,低碳数正构烷烃占绝对优势,表明该区域表层沉积物中正构烷烃是以海洋有机质来源为主的,陆源有机质贡献较小。

在研究区大部分站位样品中(MAR-TVG1、MAR-TVG2、MAR-TVG4、MAR-TVG6、MAR-TVG7和MAR-TVG8)中,还检测到了长链正构烷烃($n\text{C}_{27} \sim n\text{C}_{31}$),且基本呈现出奇数碳优势,OEP值为0.69~5.22(除个别样品小于1外,其它样品都大于1),与前人对大西洋中脊的Lost City热液场的蛇纹岩^[5]以及对Rainbow热液场热液硫化物^[4]的研究结果相一致。BERND et al^[14]认为,由于在大西洋洋

中脊很难获得陆地来源的奇碳数长链正构烷烃,因此,这种正构烷烃可能是由于烃类的热裂解作用形成的;但是DELACOUR et al^[5]却认为,奇碳数长链正构烷烃的主要来源是陆地高等植物;前人对本文研究区Sr同位素的研究认为,北非大陆风尘输入能给大西洋中脊带来陆源碎屑物质^[21]。由于研究区位于大西洋西部低纬度地区,与大陆相距较远,且附近没有大型河流输入,因此笔者认为,研究区样品中检测到的长链正构烷烃来源于陆源有机质,且只能通过风尘输入的方式到达研究区内。

比较特殊的是,在MAR-TVG1、MAR-TVG2和MAR-TVG3 站位样品中还检测到了高含量的 $n\text{C}_{11}$ 。已有研究认为,东北太平洋的热液蚀变沉积物中检测到高含量的 $n\text{C}_{11}$,是由于有机质在热液蚀变阶段发生了烃类的裂解,由高分子的烃类裂解成为低分子的烃

类同系物所产生的^[21]。另外,近年对大西洋各热液场的研究也表明,无机成因(包括 FTT 反映模式以及来自地幔的物质被直接运移到浅部)以及热成因也是不容忽视的重要有机质成因^[5,22],因而,研究区部分样品中 nC_{11} 含量较高的现象,还可能与热液蚀变过程中的热裂解等因素有关^[23]。研究区表层沉积物中有机质的具体成因,还需要今后进一步的深入研究。

通常来说,海底沉积物都会遭受到不同程度的生

物降解作用^[24],而同时热液蚀变对未辨认复杂化合物(UCM)的出现也具有一定的影响^[25]。研究区 7 个样品中均有不同程度的 UCM 存在,主要出现在 $nC_{15} \sim nC_{23}$ 处,最高峰出现在 $nC_{17} \sim nC_{19}$ (图 4)。研究区样品中的 UCM 与东太平洋海隆热液样品中 UCM 的分布特征^[25]是相似,表明其 UCM 的出现可能是由于有机质遭受生物降解及热液蚀变作用而共同产生的。

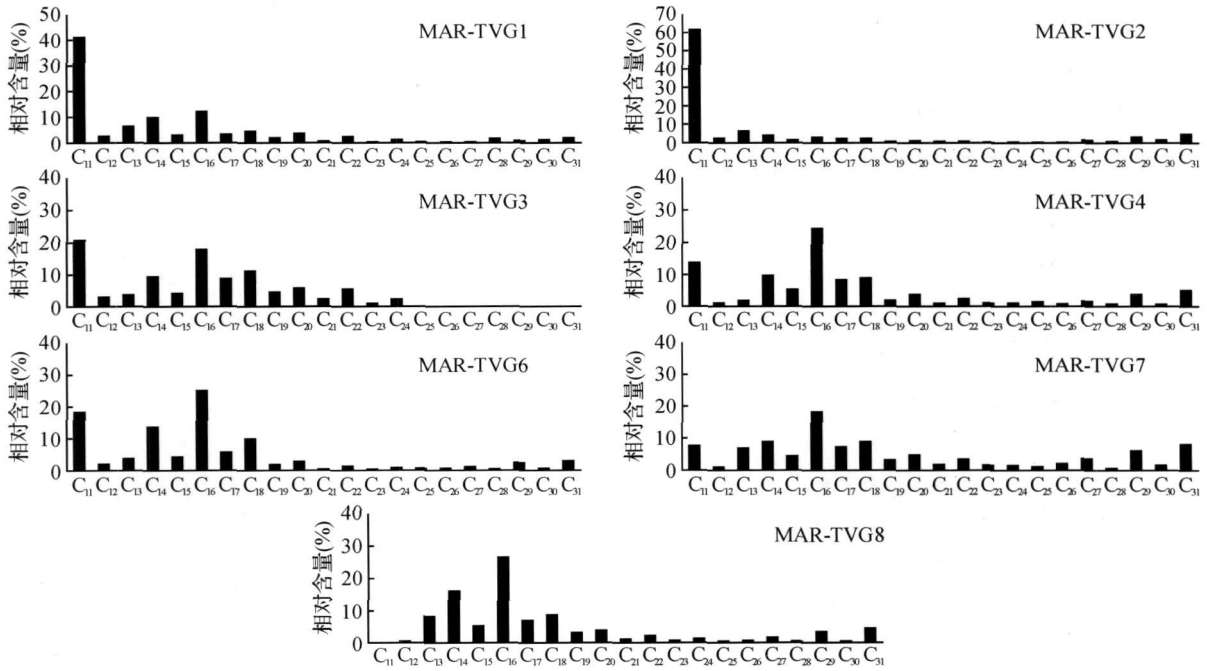


图 3 正构烷烃的相对百分含量

Fig. 3 Relative content maps of alkanes of the samples

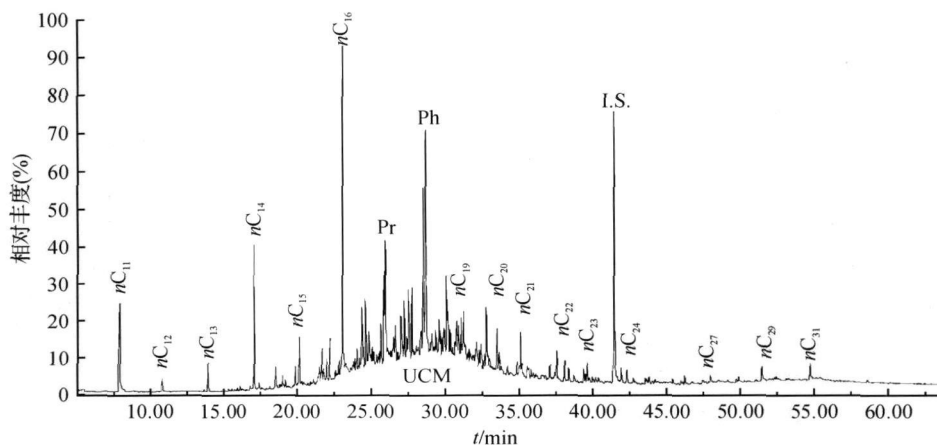


图 4 MAR-TVG6 站位表层沉积物样品中烷烃的总离子流图

Fig. 4 Total ion spectrum of alkanes of sample MAR-TVG6

I. S. 为内标 $C_{24}D_{50}$; UCM 为未辨认的复杂化合物

I. S. represents the internal standard $C_{24}D_{50}$; UCM represents unresolved complex material

2.3 类异戊二烯烷烃

Pr/nC_{17} 值、 Ph/nC_{18} 值和 Pr/Ph 值 3 个参数与脂肪烃中类异戊二烯类化合物的存在有一定关系,因此,可作为微生物降解的标志^[26]。研究区样品中检测到较高含量的姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph),且在 $nC_{13} \sim nC_{20}$ 中为主要的烃类物质, Pr/Ph 值较低,为 0.37 ~ 0.98; Pr/nC_{17} 值和 Ph/nC_{18} 值较高,均大于 1(表 2)。

姥鲛烷和植烷来源于光合营养有机质的叶绿素 a 的植醇侧链^[27]。植醇在不同的氧化还原条件下向不同方向转化,在弱氧化、弱还原条件下,易形成植醇酸,并进一步脱羧形成姥鲛烷;在还原、偏碱介质条件下,则经脱水作用而形成植烷。因此,高 Pr/Ph 值指示其有机质形成于氧化环境,而低 Pr/Ph 值则指示其有机质形成于还原环境^[28]。但进一步的研究表明,对于热成熟度低的样品,不能用 Pr/Ph 值来描述沉积环境的氧化/还原性^[29]。 Pr/Ph 值一方面与成熟度和物源有一定关系,较低的 Pr/Ph 值与较高的 Ph/nC_{18} 值是低成熟烃类的重要特征之一^[27];另一方面, Pr 和 Ph 均与古菌脂类来源有关, Ph 可来源于与甲烷的新陈代谢有关的古菌脂类^[29]。DELACOUR et al^[5] 通过对大西洋洋中脊 Lost City 热液场的 Pr 、 Ph 和角鲨烷等的单体化合物 $\delta^{13}C$ 值的研究发现,细菌/古菌可以通过不同的新陈代谢途径合成这些单体化合物。由此认为,研究区表层沉积物样品中较高含量的 Pr 和 Ph , 可能与热液区甲烷古菌的输入相关。

3 结论

对大西洋洋中脊 Logatchev 热液场附近 7 个站位表层沉积物样品中的烷烃组分进行了定量分析,并结合 TOC 及 C 稳定同位素($\delta^{13}C$ 值)分析,探讨了表层沉积物中有机质的组成特征及可能的来源和影响因素,结果表明:表层沉积物中 TOC 含量较低,为 0.12%~0.30%, $\delta^{13}C$ 值为 -23.5‰~-20.1‰,正构烷烃组分以低碳数化合物为主,且具有一定的偶数碳优势, nC_{16} 、 nC_{18} 以及 nC_{11} (仅在部分样品中)的含量较高;姥鲛烷与植烷的比值(Pr/Ph)普遍较低。由此可见,研究区表层沉积物中的有机质主要来源于海洋有机质,以细菌来源为主,浮游植物和浮游动物也有一定的贡献,而陆源有机质的贡献极小。另外,表层沉积物中的有机质可能遭受了一定程度的热液蚀变作用。

热液区表层沉积有机质的 $\delta^{13}C$ 值的指示意义及其有机质的具体成因,仍需要今后进一步的深入研究。

致谢 中国科学院广州地球化学研究所胡建芳副研究员在实验过程中给予了具体指导和极大的帮助,同济大学海洋地质国家重点实验室周怀阳教授提供了良好的实验条件,谨致谢忱!

参考文献(References):

- [1] SUDARIKOV S M, ROUMIANTSEV A B. Structure of hydrothermal plumes at the Logatchev vent field, 14°45' N, Mid-Atlantic Ridge: Evidence from geochemical and geophysical data[J]. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 2000, **101**: 245-252.
- [2] FULLARTON J G, WOOD A P, SARGENT J R. Fatty acid composition of lipids from sulphur-oxidizing and methylotrophic bacteria from Thyasirid and Lucinid bivalves[J]. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1995a, **75**: 445-454.
- [3] CRANWELL P A. Decomposition of aquatic biota and sediment formation: Organic compounds in detritus resulting from microbial attack on the alga, Cerium hirundinella[J]. Freshwater Biol, 1976, **6**: 41-48.
- [4] BERND R T, ALLA Y L, PERESYPKIN V I. Composition and origin of hydrothermal petroleum and associated lipids in the sulfide deposits of the Rainbow Field(Mid-Atlantic Ridge at 36° N)[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2004, **68**: 2 275-2 294.
- [5] DELACOUR A, GRETCHEN L F, STEFANO M B, et al. Carbon geochemistry of serpentinites in the Lost City Hydrothermal System(30° N, MAR)[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2008, **72**: 3 681-3 702.
- [6] ZHOU Hua-yang, WU Zi-jun, PENG Xiao-tong, et al. The methane probe of hydrothermal plume in Logatchev Hydrothermal Field of Mid-Atlantic Ridge[J]. Chinese Science Bulletin, 2007, **52**: 1 058-1 063.
周怀阳,吴自军,彭晓彤,等.大西洋洋中脊 Logatchev 热液场水柱中甲烷羽状流的探测[J].科学通报,2007, **52**: 1 058-1 063.
- [7] PETERSEN S, KUHN K, KUHN T, et al. The geological setting of the ultramafic-hosted Logatchev hydrothermal field (14° 45', Mid-Atlantic Ridge) and its influence on massive sulfide formation[J]. Lithos, 2009, **112**: 40-56.
- [8] SCHMIDT K, KOSCHINSKY A. Geochemistry of hydrothermal fluids from the ultramafic-hosted Logatchev hydrothermal field, 15° N on the Mid-Atlantic Ridge: Temporal and spatial investigation[J]. Chemical Geology, 2007, **242**: 1-21.
- [9] ALEXANDER S B, HAYES J M, ROGER E S. Extraordinary ^{13}C enrichment of diether lipids at the Lost City Hydrothermal Field indicates a carbon-limited ecosystem[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2009, **73**: 102-118.
- [10] YAMANAKA T, SUSUMU S. Abundances and distribution of fatty acid in hydrothermal vent sediments of western Pacific Ocean[J]. Organic Geochemistry, 2004, **35**: 573-582.
- [11] SCHULZ H D, AZBEL M. Marine Geochemistry[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2000: 129-334.
- [12] EMERSON S, HEDGES J I. Processes controlling the organic

- carbon content of open ocean sediments[J]. *Paleoceanography*, 1988, **3**: 621-634.
- [13] FONTUGNE M R, JOU ANNEAU J M. Modulation of the particulate organic carbon flux to the ocean by a macrotidal estuary: evidence from measurements of carbon isotopes in organic matter from the Gironde system[J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 1987, **24**: 377-387.
- [14] KANG Yue-hui, SHENG Guo-ying, FU Jia-mo, et al. The study of n-alkanes in a sedimentary core from Macao Estuary, Pearl River[J]. *Geochimica*, 2000, **29**(3): 302-310.
康跃惠, 盛国英, 傅家谟, 等. 珠江澳门河口沉积物柱样品正构烷烃研究[J]. *地球化学*, 2000, **29**(3): 302-310.
- [15] CONTE D E, EUGENE F B. Alkali flame ionization detector for gas chromatography using an alkali salt aerosols as the enhancement source[J]. *Journal of Chromatography A*, 1993, **644**(2): 349-355.
- [16] MEYERS P A. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: A summary of examples from the Laurentian Great Lakes[J]. *Org Geochem*, 2003, **34**(2): 261-289.
- [17] MEYERS P A. Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnological and paleoclimatic processes[J]. *Organic Geochemistry*, 1997, **27**: 213-250.
- [18] VOLKMAN J K. *Marine Organic Matter: Biomarkers, Isotopes and DNA*[M]. Berlin: Springer, 2006: 27-70.
- [19] GIBERT M, LAURENCE A, MICHEL G, et al. Hydrocarbons in coastal sediments from the Mediterranean sea (Gulf of Fos, France)[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2007, **54**: 566-575.
- [20] YANG Weifang. Composition of lipid biomarkers in sediments from different marine environments[D]. Beijing: Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 2009.
杨伟芳. 不同海洋环境中沉积物类脂生物标志物的对比研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2009.
- [21] CHAVAGNAC V, LATI M, MILTON J A, et al. Tracing dust input to the Mid-Atlantic Ridge between 14° 45' N and 36° 14' N: Geochemical and Sr isotope study[J]. *Marine Geology*, 2008, **247**: 208-255.
- [22] AHMED I R, BERND R T. Hydrothermal alteration of organic matter in sediments of the Northeastern Pacific Ocean: Part 2. Escanaba Trough, Gorda Ridge[J]. *Applied Geochemistry*, 2002, **17**: 1467-1494.
- [23] KONN C, CHARLOU J L, DONVAL J P. Hydrocarbons and oxidized organic compounds in hydrothermal fluids from Rainbow and Lost City ultramafic-hosted vents[J]. *Chemical Geology*, 2009, **258**: 299-314.
- [24] CAMERON J K. Surface Geochemical Exploration continues to progress global deepwater frontiers[J]. *Technologies*, 1998, **13**: 115-127.
- [25] BRAULT M, SIMONEIT B R T, MARTY J C, et al. Hydrocarbons in waters and particulate material from hydrothermal environments at the East Pacific Rise at 13° N[J]. *Org Geochem*, 1988, **12**: 209-219.
- [26] ATLAS R M. *Petroleum Microbiology*[M]. HUANG Difan, TAN Shi, YANG Wen-kuan, et al, translated. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991: 1-37.
阿特拉斯. 石油微生物学[M]. 黄第藩, 谭实, 杨文宽, 等, 译. 北京: 石油工业出版社, 1991: 1-37.
- [27] BRASELL S C, WARDROPER A M K, THOMSON I D, et al. Specific acyclic isoprenoids as biological markers of methanogenic bacteria in marine sediments[J]. *Nature*, 1981, **290**: 693-696.
- [28] DIDYK B M, SIMONEIT B R T, BRASELL S C, et al. Organic geochemical indicators of paleoenvironmental conditions of sedimentation[J]. *Nature*, 1978, **272**: 216-222.
- [29] VOLKMAN J K. A review of sterol markers for marine and terrigenous organic matter[J]. *Organic Geochemistry*, 1986, **31**: 983-991.

Characteristics of organic composition and source of organic matter in surface sediments near the Logatchev hydrothermal field

YANG Weifang^{1, 2}, YANG Qunhui^{1, 3}, PAN Anyang³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guangzhou 510640, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. State Key Lab of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Surface sediments collected from the Logatchev hydrothermal field of Mid-Atlantic Ridge have been analyzed for element C of total organic matter (TOC), stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) and alkanes. The compositions and distributions of alkanes are studied and the possible sources of the organic matter of the sediments have preliminary been discussed. The contents of total organic carbon vary from 0.12% to 0.30%. And $\delta^{13}\text{C}$ ranges from -23.5‰ to -20.1‰ . The contents of n -alkanes vary from 0.78×10^{-6} to 10.29×10^{-6} . The carbon number ranges from $n\text{C}_{11} \sim n\text{C}_{31}$. The low carbon number compounds of n -alkanes of the sediments are the main compounds, and the contents of $n\text{C}_{16}$ or $n\text{C}_{18}$ in most samples and $n\text{C}_{11}$ in some samples are relatively high. The Pr/Ph ratios are generally very low. Unresolved complex mixture (UCM) exists in almost every sample of studying area. The contents of total organic carbon of some samples near the hydrothermal vents may indicate the productivity of chemosynthetic-based communities. The contents of $n\text{C}_{11}$ in some samples are relatively high may show that the organic matter have been influenced by thermal cracking. And UCM may indicate that the organic matter have been influenced by biodegradation and hydrothermal alteration. $\delta^{13}\text{C}$ and the distribution of n -alkanes indicate that the bacteria are the main source of organic matter in the surface sediments from the Logatchev hydrothermal field of Mid-Atlantic Ridge. Phytoplankton and zooplankton also have some contribution to the source of organic matter while the contribution of terrestrial organic matter is minimal. The higher contents of Pr and Ph may be related to the archaeobacteria of hydrothermal field.

Key words: Logatchev hydrothermal field; surface sediment; total organic carbon; alkanes