

研究论文

东南极阿曼达湾湖泊沉积物物源的元素分析

黄涛 孙立广

(中国科学技术大学地球和空间科学学院极地环境研究室,安徽 合肥 230026)

摘要 2008年在东南极阿曼达湾帝企鹅聚集区附近岛屿开展了野外工作,于岛屿湖泊集水区采集到两个短沉积柱样,分别命名为EPI和PI。根据野外实地考察情况和室内分割样品发现EPI柱样主要为泥炭沉积,含有大量水生藻类;PI柱样为黑色泥质沉积,散发出浓烈的粪臭味,沉积物中含有大量的幼年帝企鹅绒毛和少量的残骨。对EPI和PI柱样沉积物、当地风化母岩及水生湖藻进行了部分生源元素和重金属元素浓度分析与对比,结果显示EPI柱样元素含量主要来源于背景母岩和湖藻沉积。PI柱样为帝企鹅粪土沉积序列,沉积物中的TC、TN、TP、Cu、Zn、Hg和Se的含量远远高于风化母岩中的浓度,其主要来源于帝企鹅粪的输入,而Pb元素主要来源于当地风化母岩的贡献。研究显示帝企鹅活动同样可以为南极贫瘠的陆地湖泊系统带来大量的营养物质,但同时也输入了大量的重金属污染元素。

关键词 阿曼达湾 帝企鹅 鸟粪 湖泊沉积物 地球化学 东南极

doi:10.3724/SP.J.1084.2012.00384

0 引言

企鹅是南大洋典型的海鸟,被认为是南极气候和海洋环境变化良好的指示生物^[1-2]。作为南极海陆生态系统重要的物质传输者,企鹅以排泄物或尸体的形式将海洋来源的营养物质和污染物转移至无冰区的陆地环境系统之中^[3]。据估计,每年通过企鹅粪转移到南极沿海无冰区的P元素量就高达 $1.5 \times 10^4 - 2.0 \times 10^4 \text{ t}$ ^[4];此外,大量的重金属元素和有机污染物通过食物链富集被企鹅吸收后又通过粪便转移到陆地环境之中^[5-7]。企鹅粪成分除了可以反映海洋环境的状况,还可以提取出海洋生态变化的信息。如对南极阿德雷岛含企鹅粪的Y2沉积物的元素地球化学综合分析表明,F、P、Sr等9种元素代表了企鹅粪来源的标型特征^[8]。通过标型元素的深度序列变化恢复了过去3000年来阿德雷岛

和8500年来西福尔丘陵地区企鹅种群数量变化的生态信息及其对气候变化的响应关系^[9-10]。粪土沉积物中的同位素比值、有机标志物及反射光谱等指标也都成功地用于恢复企鹅的生态变化历史^[11-14]。企鹅粪标型元素受到区域环境背景的影响,如由于背景风化母岩和企鹅食谱的差异导致东南极西福尔丘陵和西南极阿德雷岛企鹅粪标型元素略有不同^[15]。

东南极阿曼达湾距离中国南极中山站东北方向约20 km,是南极帝企鹅重要的聚居地之一^[16]。自1956年发现该地区帝企鹅种群以来,人们先后十余次尝试统计该地区的帝企鹅数量,调查结果从1000对到9000对不等^[17]。帝企鹅位于南大洋食物链顶端,对南极气候与海冰环境变化十分敏感^[18]。与阿德雷企鹅不同,帝企鹅主要在海冰区活动,因此很难在陆地找到与其相关的载体。但是在实际考察中发现,大量的幼年帝企鹅会选择在海冰附近的岛屿活动,这些岛屿直接为雏鸟活动提供了主要场

[收稿日期] 2012年4月收到来稿,2012年5月收到修改稿

[基金项目] 国家自然科学基金(41106162)、中国极地科学战略研究基金(20100214)、南北极环境综合考察与评估专项子课题(CHIN-ARE2012-02-01-03)和中国博士后科学基金(20100480682,201104309)资助

[作者简介] 黄涛,男,1982年生。副教授,主要从事生态地球化学和古气候古环境变化研究。E-mail: huangt@ustc.edu.cn

所^[19],这在陆地寻找帝企鹅粪土沉积物提供了现实依据。

本文分析了东南极阿曼达湾帝企鹅聚集区附近岛屿两个湖泊沉积柱样 EPI 和 PI 沉积物中生源元素 TC、TN、TP 以及部分重金属元素 Cu、Zn、Hg、Se 及 Pb 的浓度。通过综合对比、统计分析,探明了两个柱样元素的沉积来源,确定 EPI 沉积物主要由泥炭沉积组成,而 PI 柱样为含帝企鹅粪的沉积序列,并分析、比较了 EPI 和 PI 沉积物中生源元素和重金属元素的含量特征。

1 材料与方法

1.1 研究区域环境

阿曼达湾位于东南极伊丽莎白公主地,英格丽特-克里斯滕森海岸,毗邻普里兹湾东南部,紧贴西福尔丘陵至拉斯曼丘陵之间的东南极大陆冰盖边缘,距离中国南极中山站直线距离约 20 km,自然地理环境和气候特征与邻近的拉斯曼丘陵相似。如图 1 所示,该海湾西边是 Flarnes 冰舌,东面为 Hovde 冰川,南面为出露的岛屿群,北部湾口两侧的岛屿和巨大的冰山将海湾围在其中,使湾内的海冰与外界隔绝而造成相对稳定的环境。阿曼达湾海冰区是南极为数不多的较大的帝企鹅聚居地,湾内西南部存在几个岛屿,如西南角面积较大的 N 岛,这些岛屿和邻近海冰面直接为帝企鹅栖息繁衍和雏鸟活动提供了主要场所^[19]。岛屿上有零星的贼鸥活动,部分洼地集水区生长着大量低等植物。

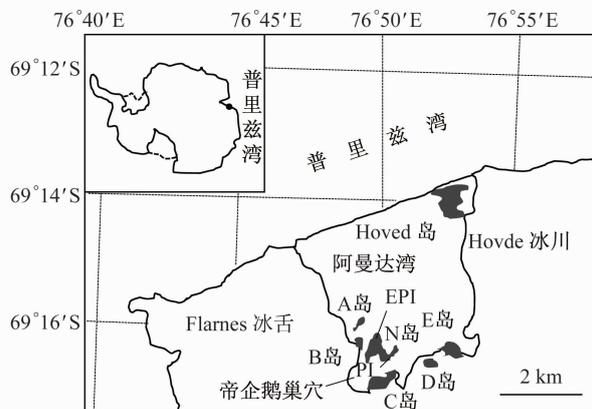


图 1 东南极阿曼达湾地理位置及 EPI、PI 采样点

Fig. 1. The location of Amanda Bay in East Antarctica and the sampling sites EPI and PI

1.2 样品采集与分析

本研究样品由中国极地研究中心沉积物库提供。作者在中国第 24 次南极科学考察期间采集了阿曼达湾岛屿湖泊集水区沉积短柱 2 根,分别命名为 EPI 和 PI。EPI 沉积柱样采自帝企鹅聚集区附近 N 岛一海拔为 19 m 的集水区,采集点地理坐标为 69°16'S, 76°49'E。由于夏季强烈的蒸发作用,现场考察时该集水区已接近干涸,表面覆盖很多白色物质并发现零星的海鸟根羽,该集水区生长大量的水生藻类。EPI 柱样采自集水区中央,按 1 cm 间隔分得 18 个样品,18 cm 处主要是底部的基岩,其上部主要是泥炭层沉积。PI 沉积柱样采自 N 岛南部靠近海边一海拔为 1.5 m 的集水区,采集点地理坐标为 69°16'S, 76°50'E。集水区周围发现很多小企鹅绒毛,甚至还有死亡的幼年帝企鹅,可以确定这里是幼年帝企鹅的主要活动区域。室内分样发现 PI 柱样为黑色泥质沉积,散发出浓烈的企鹅粪臭味,各沉积层位中含有大量的幼年帝企鹅绒毛和少量的残骨,表明 PI 柱样为含有帝企鹅排泄物和残骨羽毛的粪土沉积序列。PI 柱样全长 14 cm,4.5 cm 以上按 0.5 cm 间隔分样,4.5 cm 以下按 1 cm 间隔分样,共获得样品 20 个。此外还采集了当地新鲜的水生藻和风化母岩样品,但因为是夏季,帝企鹅群已迁徙,没有采集到新鲜的帝企鹅粪样品。

所有样品在洁净实验室自然风干,研磨过 200 目。利用 Vario EL III 元素分析仪测试样品中的总碳(TC)、总氮(TN)含量,测试相对误差 < 0.1%。准确称取定量样品经多种酸微波消解后,利用 AFS-930 测试 Hg 和 Se 元素的浓度,利用 ICP-OES 测定 Cu、Zn、Pb 和 TP 的浓度。测定过程中,每一批样品设定 2 个空白样,根据样品元素含量选择不同的 2 个国家标准物质作为管理样,以空白样来检测前处理过程中有无污染,以管理样来检验消解过程是否彻底,样品数据以管理样达标为准,否则重测。主量元素和微量元素分析误差分别控制在 ±0.5% 和 ±5% 之内。

2 结果

2.1 EPI 柱样

EPI 沉积物及当地母岩和水生藻中的元素含量列于表 1。EPI 柱样主要为湖藻泥炭沉积,其 TC 和

TN 平均含量分别高达 49.0% 和 4.7%, TC 和 TN 呈显著正相关关系($r=0.98$, $P<0.01$, $n=18$), 表明 EPI 沉积物中的总碳主要由有机碳构成, 这也反映了其泥炭沉积的特点。TP 在沉积物中的含量为 0.23%—0.36%, 均值 0.29%; Hg 含量为 39.2—71.8 ppb, 均值 54.6 ppb; 沉积物中 Se 含量为 1.49—4.51 ppm, 均值 2.82 ppm; Cu 含量为 6.5—56.7 ppm, 均值 35.8 ppm; Zn 含量为 40.9—292.7 ppm, 均值 146.6 ppm; Pb 在 EPI 沉积物中的含量为 5.0—28.9 ppm, 均值 21.0 ppm。

2.2 PI 柱样

PI 沉积物和风化母岩中的元素含量列于表 2。TC 含量为 5.4%—30.7%, 均值 15.5%; TN 含量为 0.8%—6.0%, 均值 2.7%。相对于以泥炭沉积为主的 EPI 柱样, PI 沉积物中 TP、Hg、Se 和 Zn 的浓度非常高, 它们的平均浓度分别达到 2.5%、281 ppb、9.1 ppm 和 652 ppm; 远远高于它们在本地风化母岩中的含量。PI 沉积物中 Cu 元素含量为 8.7—41.8 ppm, 均值 22.8 ppm, 略高于母岩中的 Cu 含量 (17.3 ppm); Pb 元素含量为 7.9—38.8 ppm, 均值 23.8 ppm, 略低于其在母岩中的浓度 (34.3 ppm)。

3 讨论

EPI 和 PI 沉积物中元素来源及比较

根据野外采样环境背景和室内分割样品时的沉积岩性来看, EPI 为泥炭沉积层。采样时发现洼地集水区有零星的成年海鸟根羽, 采集点海拔 19 m 且离帝企鹅海冰聚居区较远, 受幼企鹅活动影响的可能性很小, 因此 EPI 集水区零星的根羽很可能来自贼鸥或其食物残体。EPI 中 TC 和 TN 显著相关且含量非常高, 显示泥炭沉积的特点。沉积物 TP 和 Zn 含量与母岩含量相当而高于水生藻类, 显示 TP 和 Zn 主要来自背景基岩的贡献; Hg 含量高于其在母岩中的含量而低于在新鲜湖藻中的含量, 表明其主要来源于泥炭沉积; 沉积物 Pb 含量低于其在母岩和湖藻中的含量, 与之相反, Se 和 Cu 含量均高于其在母岩和湖藻中的含量, 表明它们可能还受到零星贼鸥活动的影响。总的来说, EPI 沉积物来源较复杂, 列于表 3 的元素浓度相关分析结果也印证了这一点。TC 和 TN 主要来自湖藻, 呈显著正相关; Cu、Zn 和 Pb 之间呈显著正相关, 表明母岩中较高的含

表 1 EPI 柱样沉积物元素浓度
Table 1. Concentration of elements in the sediments of EPI core

深度/cm	TN/%	TC/%	TP/%	Hg/ppb	Se/ppm	Cu/ppm	Zn/ppm	Pb/ppm
1	4.4	41.8	0.34	61.0	1.49	6.5	40.9	5.0
2	5.0	49.4	0.23	62.0	2.64	21.5	54.7	15.5
3	7.4	70.7	0.27	49.0	2.22	49	70.5	16.0
4	4.4	47.8	0.27	46.8	2.12	38.6	86.1	19.2
5	6.0	63.4	0.29	45.4	2.35	30	89.4	20.5
6	4.3	50.7	0.25	39.2	1.78	33.2	96.3	21.8
7	6.2	65.6	0.29	54.2	2.31	24.9	93.9	21.2
8	5.5	58.4	0.36	67.6	2.56	27.1	111.8	20.2
9	5.8	59.1	0.30	54.6	3.33	31.9	107.4	25.9
10	5.0	50.2	0.26	45.4	3.32	31.7	125.2	15.2
11	5.3	55.2	0.30	51.0	3.20	32.9	106.6	20.0
12	4.3	43.5	0.28	58.2	3.73	34.6	129.9	24.2
13	5.1	50.0	0.32	71.8	4.51	48.2	188.0	24.6
14	6.0	67.2	0.29	59.6	3.96	56.7	271.8	23.2
15	2.6	30.1	0.31	57.8	3.53	54.6	256.6	22.9
16	3.5	41.1	0.33	54.0	2.77	43.6	274.8	24.4
17	3.3	38.3	0.29	65.8	3.31	35.9	243.0	28.5
18	0.1	0.1	0.31	39.6	1.62	35.8	292.7	28.9
范围	0.1—7.4	0.1—70.7	0.23—0.36	39.2—71.8	1.49—4.51	6.5—56.7	40.9—292.7	5.0—28.9
均值	4.7	49.0	0.29	54.6	2.82	35.8	146.6	21.0
母岩	0.1	0.4	0.21	22.8	0.11	17.3	161.9	34.3
湖藻	8.7	76.3	0.16	116.6	1.97	3.3	26.4	37.3

表2 PI柱样沉积物元素浓度
Table 2. Concentration of elements in the sediments of PI core

深度/cm	TN/%	TC/%	TP/%	Hg/ppb	Se/ppm	Cu/ppm	Zn/ppm	Pb/ppm
0.5	3.1	16.4	1.4	301	5.0	20.1	370	27.2
1.0	1.3	6.9	0.6	169	2.7	11.3	222	38.8
1.5	0.9	5.4	1.1	154	3.7	12.5	283	35.4
2.0	1.1	7.0	0.9	186	4.4	15.3	355	34.1
2.5	2.6	16.8	3.2	298	8.1	23.4	583	16.7
3.0	2.3	14.3	4.1	280	7.2	18.3	492	21.2
3.5	2.3	14.6	3.2	217	7.0	16.5	396	19.1
4.0	2.3	15.0	2.2	247	6.9	18.3	464	24.5
4.5	2.0	13.6	1.9	246	7.6	19.3	499	27.8
5.5	1.4	9.4	1.4	188	5.9	15.0	377	29.3
6.5	1.5	9.4	2.0	216	6.7	16.8	442	25.5
7.5	0.8	5.4	1.0	110	3.8	8.7	246	30.3
8.0	1.7	11.3	1.3	208	6.2	16.0	449	27.2
8.5	3.3	21.6	2.6	340	14.3	32.9	950	17.6
9.0	3.7	23.2	3.0	339	13.0	33.3	984	17.3
10.0	3.9	23.4	3.0	356	13.1	32.9	1000	15.9
11.0	4.2	23.2	5.6	376	16.1	33.4	1345	13.6
12.0	5.9	30.7	5.2	524	19.8	41.8	1501	7.9
13.0	6.0	26.7	3.7	536	18.0	38.7	1197	23.2
14.0	3.7	15.4	2.2	331	13.5	22.2	886	23.1
范围	0.8—6.0	5.4—30.7	0.6—5.6	110—536	2.7—19.8	8.7—41.8	222—1501	7.9—38.8
均值	2.7	15.5	2.5	281	9.1	22.3	652	23.8
母岩	0.1	0.4	0.21	22.8	0.11	17.3	161.9	34.3

表3 EPI柱样元素浓度之间的相关分析结果
Table 3. Correlation analysis on the elemental concentrations in EPI sediments

	TN	TC	TP	Hg	Se	Cu	Zn	Pb
TN	1							
TC	0.981 **	1						
TP	-0.169	-0.176	1					
Hg	0.181	0.161	0.433	1				
Se	0.164	0.186	0.066	0.554 *	1			
Cu	-0.046	0.018	-0.039	0.007	0.552 *	1		
Zn	-0.613 **	-0.537 *	0.313	0.090	0.380	0.643 **	1	
Pb	-0.387	-0.301	0.065	-0.009	0.399	0.549 *	0.695 *	1

注:** $P < 0.01$ 水平下显著相关, * $P < 0.05$ 水平下显著相关

量对 EPI 中 Cu、Zn 和 Pb 的浓度影响较明显,它们与 TC 和 TN 呈反相关关系,说明他们或多或少地受到湖藻沉积的稀释作用,而 Pb 则表现地尤为明显;其他元素之间未有明显的相关关系。总的来说,EPI 柱样最大的特征就是其主要由湖藻泥炭沉积构成。从由下到上的柱状变化看(表 1),EPI 沉积物中 TC 和 TN 含量呈波动上升的趋势,而受到风化母岩影响较多的 Zn、Pb、Cu 和 Se 含量则整体呈下降趋势,Zn 和 Pb 的下降趋势更为显著,反映了随着泥炭沉积的增加,沉积层中 Zn、Pb、Cu 和 Se 的相对丰度降低。Hg 和 TP 的深度变化不明显,表明他们除受泥

炭和母岩风化影响外,可能还受到零星贼鸥活动的影响。

PI 沉积物岩性显示其为含帝企鹅粪的泥质沉积,沉积物元素浓度特征很好地反映了这一点。TN、TC、TP、Hg、Se、Cu 和 Zn 的平均浓度远远高于风化母岩中的含量,相关分析结果也显示 7 种元素之间呈显著正相关关系(表 4),指示了它们有共同的物质来源。此前的研究表明 TP、Hg、Cu、Zn 和 Se 这几种元素在南极企鹅粪中显著富集,是企鹅粪的标型元素^[8-10, 20],结合沉积岩性可知 PI 沉积物中异常高含量的 TP、Hg、Cu、Zn 和 Se 来自于帝企鹅粪的输

入。PI 沉积物中 Pb 含量低于母岩中的含量,指示其主要来源于风化母岩,沉积物中企鹅粪输入越多,Pb 就被稀释得越多,因此 Pb 与前 7 种企鹅粪来源的元素呈显著负相关关系。TN、TC、TP、Hg、Se、Cu 和 Zn 具有相似的柱状变化趋势,从下到上呈整体下降趋势,表明沉积柱样中帝企鹅粪输入比例不断下降,这和集水区周围幼年帝企鹅数量关系密切。Pb 元素的柱状变化趋势与前 7 种元素相反,由下向上呈上升趋势,表明随着企鹅粪输入的减少,主要来自背景风化母岩输入的 Pb 含量逐渐增加。

元素含量特征显示了 EPI 和 PI 两个柱样截然不同的沉积物源特征。如图 2 所示,泥炭沉积层 EPI 的 TC、TN 含量远高于企鹅粪土沉积层 PI 的含量;EPI 和 PI 沉积物中 Pb 含量相当,反映了它们主要来自本地风化母岩输入的贡献;PI 沉积物中 TP、Hg、Cu、Zn 和 Se 主要来源于企鹅粪输入,其中 TP、

Hg、Zn 和 Se 含量显著高于它们在 EPI 沉积物中的浓度;虽然 PI 沉积物中 Cu 元素主要来源于企鹅粪输入,但其总体平均含量低于背景母岩中的浓度,而 EPI 中 Cu 元素主要来源于母岩,因此 PI 沉积物中 Cu 含量低于 EPI 中的含量。

4 结论

东南极阿曼达湾 EPI 柱样主要由泥炭沉积构成,沉积物中 TN、TC、Hg 和 Se 元素含量主要来自水藻沉积,TP、Cu、Zn 和 Pb 含量主要来自风化母岩输入。PI 为黑色泥质含帝企鹅粪的沉积柱样,散发浓烈的粪臭味,沉积物中含有企鹅绒毛和残骨。沉积物中 TP、Hg、Se、Cu、Zn 和 Se 元素含量远远高于背景母岩中的浓度,主要来自帝企鹅粪的输入,而 Pb 元素含量主要来自母岩的贡献。EPI 和 PI 沉积物

表 4 PI 柱样元素浓度之间的相关分析

Table 4. Correlation analysis on the elemental concentrations in PI sediments

	TN	TC	TP	Hg	Se	Cu	Zn	Pb
TN	1							
TC	0.959 **	1						
TP	0.770 **	0.818 **	1					
Hg	0.986 **	0.949 **	0.772 **	1				
Se	0.941 **	0.926 **	0.800 **	0.930 **	1			
Cu	0.943 **	0.972 **	0.776 **	0.949 **	0.955 **	1		
Zn	0.925 **	0.922 **	0.823 **	0.912 **	0.984 **	0.957 **	1	
Pb	-0.757 **	-0.864 **	-0.886 **	-0.741 **	-0.804 **	-0.806 **	-0.808 **	1

注: ** $P < 0.01$ 水平下显著相关

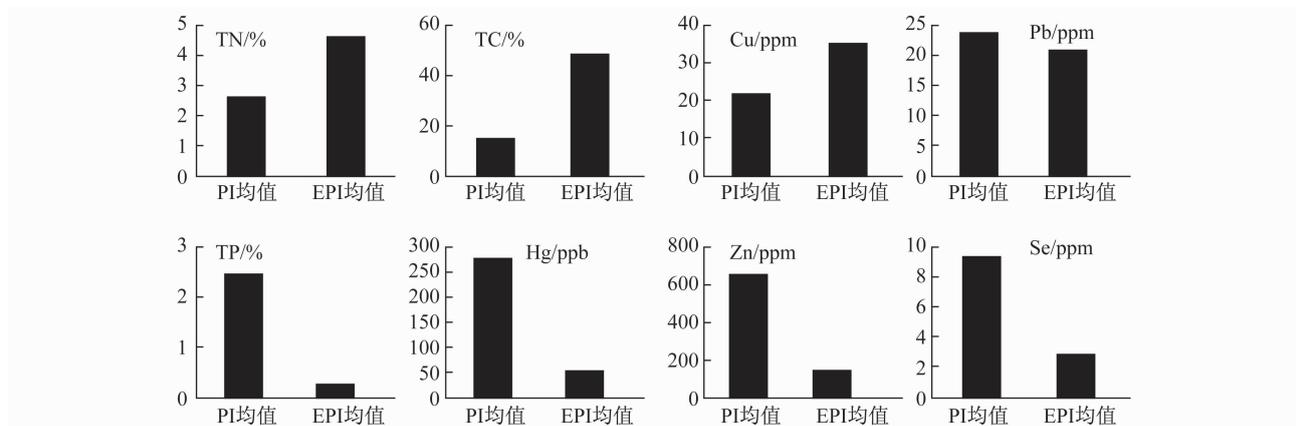


图 2 EPI 和 PI 柱样元素平均浓度的比较

Fig. 2. Comparison of mean concentration of elements in the sediments of EPI and PI

中元素的柱状变化趋势同样反映了沉积环境和物源的变化特征。本研究显示幼年帝企鹅活动为阿曼达湾贫瘠的陆地湖泊系统带来大量的营养物质,但同时也输入了大量的重金属污染元素。

致谢 感谢国家海洋局极地考察办公室和中国极地研究中心为野外科学考察提供后勤支撑;感谢

第24次考察队队友逯昌贵、汤洁研究员在野外采样过程中的大力协助;样品的信息和数据由中国极地研究中心和中国南北极数据中心建设的“极地标本资源共享平台(<http://birds.chinare.org.cn/>)”提供。

参考文献

- 1 Ainley D G. The Adélie Penguin: Bellwether of Climate Change. New York: Columbia University Press, 2002.
- 2 Boersma P D. Penguins as marine sentinels. *Bioscience*, 2008, 58(7): 597—607.
- 3 Huang T, Sun L G, Wang Y H, et al. Late Holocene Adélie penguin population dynamics at Zolotov Island, Vestfold Hills, Antarctica. *Journal of Paleolimnology*, 2011, 45(2): 273—285.
- 4 Tatur A, Mayrcha A. Ornithogenic soils on King George Island, South Shetland Islands (Maritime Antarctic Zone). *Polish Polar Research*, 1984, 5(1-2): 113—128.
- 5 Xie Z Q, Sun L G. A 1,800-year record of arsenic concentration in the penguin dropping sediment, Antarctic. *Environmental Geology*, 2008, 55(5): 1055—1059.
- 6 Yin X B, Xia L J, Sun L G, et al. Animal excrement: a potential biomonitor of heavy metal contamination in the marine environment. *Science of the Total Environment*, 2008, 399(1-3): 179—185.
- 7 Sun L G, Yin X B, Pan C P, et al. A 50-years record of dichloro-diphenyl-trichloroethanes and hexachlorocyclohexanes in lake sediments and penguin droppings on King George Island, Maritime Antarctic. *Journal of Environmental Sciences-China*, 2005, 17(6): 899—905.
- 8 孙立广, 谢周清, 赵俊琳. 南极阿德雷岛湖泊沉积: 企鹅粪土层识别. *极地研究*, 2000, 12(2): 105—112.
- 9 Sun L G, Xie Z Q, Zhao J L. Palaeoecology-A 3,000-year record of penguin populations. *Nature*, 2000, 407(6806): 858—858.
- 10 Huang T, Sun L G, Wang Y H, et al. Penguin population dynamics for the past 8500 years at Gardner Island, Vestfold Hills. *Antarctic Science*, 2009, 21(6): 571—578.
- 11 Sun L G, Zhu R B, Liu X D, et al. HCl-soluble $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio in sediments impacted by penguin or seal excreta as a proxy for historical population size in the maritime Antarctic. *Marine Ecology Progress Series*, 2005, 303: 43—50.
- 12 Wang J J, Wang Y H, Wang X M, et al. Penguins and vegetations on Ardley Island, Antarctica: evolution in the past 2,400 years. *Polar Biology*, 2007, 30(11): 1475—1481.
- 13 Huang J, Sun L G, Huang W, et al. The ecosystem evolution of penguin colonies in the past 8,500 years on Vestfold Hills, East Antarctica. *Polar Biology*, 2010, 33(10): 1399—1406.
- 14 孙静, 刘晓东, 孙立广, 等. 反射光谱技术: 研究南极企鹅古生态演化的一种新方法. *极地研究*, 2007, 19(3): 203—211.
- 15 黄涛, 孙立广, 吴自军, 等. 戴维斯站区与长城站区企鹅粪土层生物型元素的确定与比较. *极地研究*, 2007, 19(4): 247—254.
- 16 王自磐, 熊尚陵, Norman I. 南极 Amanda 湾帝企鹅卵的生态生物学及与其它南极海鸟卵的比较. *极地研究*, 2008, 20(4): 320—328.
- 17 Wienecke B, Pedersen P. Population estimates of emperor penguins at Amanda Bay, Ingrid Christensen Coast, Antarctica. *Polar Record*, 2009, 45(3): 207—214.
- 18 Barbraud C, Weimerskirch H. Emperor penguins and climate change. *Nature*, 2001, 411(6834): 183—186.
- 19 王自磐, 陈丹红, 王佩尔, 等. 南极阿曼达湾特别保护区的设立与管理. *海洋开发与管理*, 2009, 26(3): 78—84.
- 20 Liu X D, Sun L G, Xie Z Q, et al. A 1300-year record of penguin populations at Ardley Island in the Antarctic, as deduced from the geochemical data in the ornithogenic lake sediments. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 2005, 37(4): 490—498.

GEOCHEMICAL ANALYSIS TO DETERMINE THE SOURCES OF LAKE SEDIMENTS FROM AMANDA BAY, EAST ANTARCTICA

Huang Tao, Sun Liguang

(Institute of Polar Environment, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract

Two short lake sediment cores, EPI and PI, were collected at N Island, Amanda Bay, East Antarctica, during the 2007—2008 seasons. The lithology and sedimentology of the EPI profile indicated a predominance of peat deposit. The PI sediments were composed of black mud, contained many penguin feathers and bones, and had a strong and unpleasant smell of penguin guano. Elemental concentrations in the sediments of the EPI and PI cores, local bedrock, and lake algae, were analyzed. The results indicated that elemental concentrations in the sediments of the EPI core were primarily derived from bedrock and lake algae. The abundance of total carbon (TC), total nitrogen (TN), total phosphorus (TP), Cu, Zn, Hg, and Se in the PI core sediments was much higher than that in local bedrock, suggesting that the sediments were mainly composed of emperor penguin guano, while the element Pb was derived from the geochemical background. This study demonstrates that emperor penguins transport marine-derived nutrients and heavy metal pollutants into lake ecosystems.

Key words Amanda Bay, emperor penguin, guano, lake sediment, geochemical analysis, East Antarctica