

普里兹湾西北侧海域沉积物 黏土矿物组合及其古气候环境意义

戴清清,王百顺,张月平

(上海东海海洋工程勘察设计研究院,上海 200137;国家海洋局东海海洋环境调查勘察中心,上海 200137)

摘要:基于普里兹湾西北侧海域 ANT29-P4-03 沉积岩心¹⁴C 测年和黏土矿物含量的分析结果,讨论了研究区黏土矿物组分的气候环境意义。黏土矿物含量顺序为伊利石>蒙脱石>高岭石>绿泥石。蒙脱石主要来自火成岩风化,在 26.0~26.5、25.3~25.6、25.0、16.5~17.0 ka 4 个时间段含量较高,总体呈现冰期高间冰期低的特点。伊利石、高岭石主要来自普里兹湾陆架,高岭石含量越高,表明当时的气候越温湿;而伊利石和蒙脱石则相反,它们的含量越高,说明当时的气候条件比较寒冷干燥。整体来看,伊利石和蒙脱石的含量占绝大部分,因此,整个岩心所形成环境比较寒冷干燥。

关键词:普里兹湾;黏土矿物;气候环境;AMS-¹⁴C 测年

中图分类号:P736.2

文献标识码:A

DOI:10.16028/j.1009-2722.2016.02002

黏土矿物是以含铝、镁等为主的含水层状或链层状结构的硅酸盐矿物,是组成黏土岩和土壤等的主要矿物,广泛分布于各大洋中,在海洋沉积物来源、洋流搬运以及古环境演化研究中具有重要意义^[1-6]。现有研究表明,黏土矿物组合的变化与气候长期的演变存在一定的关系,与孢粉、氢氧同位素等所反映的古气候信息基本吻合,反映了源区气候冷、暖周期性回旋,记录了沉积物搬运、沉积和环境演化的重要信息。特别是在深度<3 000 m 的海洋沉积物中,黏土矿物很少受到成岩作用改造,对源区的古气候有很好的指示作用^[7-18]。

近 50 年来,南极半岛气温明显上升,同时邻近的海水温度也有明显的增高,成为了全球气候

增温幅度大、变化速率快的区域之一^[19-21]。从普里兹湾老仙女木期开始至全新世,气温呈波动变暖^[22,23]。本文通过对我国第 29 次南极考察中采集于普里兹湾西北侧海域的一个代表性岩心进行黏土矿物分析,探讨该区域的古气候环境特征及其演变特点,这将有助于了解千年尺度的全球气候变化。

1 采样和描述

ANT29-P4-03 沉积岩心位于普里兹湾西北侧,地理位置 65°57'32.80S、70°34'07.34E(图 1),水深 2 640 m,是中国第 29 次南极科学考察船“雪龙号”于 2013 年 2 月 28 日所采集,岩心柱样长 238 cm,直径 121 mm。

根据海洋调查规范(GB/T 12763.8—2007),每隔 2 cm 取样进行粒度分析,共取得 119 个样品。按照谢帕德分类法,样品可分为 4 种沉积物类型:主要是黏土质粉砂(YT),共 75 个样品,占 63.02%,分布在 ANT29-P4-03 的上部小段、中部

收稿日期:2015-05-11

基金项目:南北极环境综合考察与评估专项(CHIN-ARE2014-01-02)

作者简介:戴清清(1980—),女,硕士,工程师,主要从事环境工程方面的研究工作。E-mail: dqql67@163.com



图 1 ANT29-P4-03 沉积岩心地理位置示意图

Fig. 1 The location map of core ANT29-P4-03

和下部;粉砂质黏土(TY),共 18 个样品,占 15.13%,分布在剖面的上部;粉砂(T),共有 3 个样品,占 2.52%,分布在剖面上中部;砂—粉砂—黏土(S-T-Y),共有 23 个样品,占 19.33%,分布在剖面的中上部(图 2)。

P4-03 沉积物岩心综合测试参数包括 6 种参数:P 波速率(P-wave velocity)、湿密度(Gamma Density)、相对孔隙率(Fractional porosity)、磁化

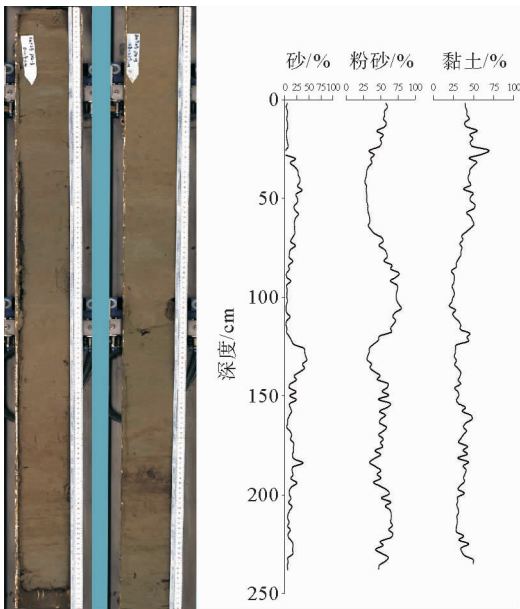


图 2 ANT29-P4-03 岩心剖面沉积物组成

Fig. 2 The lithologic section of core ANT29-P4-03

率(Magnetic susceptibility)、声学阻抗(IMP)、电阻率(Electronic resistivity)等,参数变化曲线见图 3。

样品按照实验室分析要求取样预处理后送实验室进行分析,其中岩心测年与黏土矿物分析资料用于古气候环境研究。

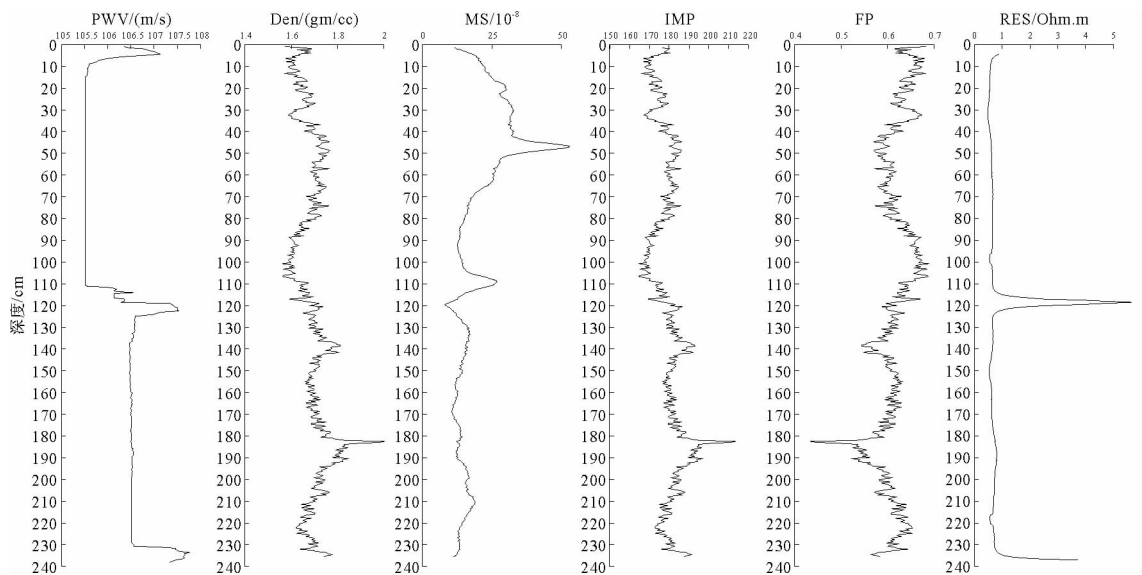


图 3 ANT29-P4-03 沉积物岩心综合测试

Fig. 3 The logging data of core ANT29-P4-03

2 实验结果

2.1 岩心测年分析

根据 ANT29-P4-03 岩心不同位置的沉积特征变化,挑选深度 11、67、115、171 和 235 cm 共 5 处沉积物有机质进行 AMS- ^{14}C 测年(表 1)。在 67 cm 处年龄反转,为 $(33\ 640 \pm 270)$ ka,可能是由于该处所在位置冰筏碎屑含量高,造成样品测年与下部地层颠倒,故舍去,在后面的分析中仅采用 11、115、171、235 cm 处的测年数据。

表 1 ANT29-P4-03-34 岩心 AMS- ^{14}C 测年数据

Table 1 AMS- ^{14}C dating data of core ANT29-P4-03

序号	样品编号	距顶位置 /cm	AMS- ^{14}C 年龄 /a BP
1	ANT29-P4-03-6	11	$16\ 070 \pm 60$
2	ANT29-P4-03-34	67	$33\ 640 \pm 270$
3	ANT29-P4-03-58	115	$25\ 160 \pm 130$
4	ANT29-P4-03-86	171	$25\ 700 \pm 130$
5	ANT29-P4-03-118	235	$27\ 140 \pm 150$

2.2 黏土矿物组成

对 ANT29-P4-03 岩心的 60 个样品进行分析,黏土矿物组成主要有 4 种:蒙脱石(Sme)、伊利石(III)、高岭石(Kln)、绿泥石(Chl),黏土矿物含量分布见图 4。图 5 为黏土矿物与测年分层剖面图。

(1) 蒙脱石

不同深度的蒙脱石含量起伏较大,变化范围为 8%~42%,平均 20.0%。呈“2 波谷 4 波峰”分布特征。2 个波谷分别位于岩心 185 和 50 cm 附近处,含量分别为 9%和 13%;4 个波峰从下到上依次位于岩心 221、129、93 和 25 cm 附近处,含量分别为 42%、31%、30%和 25%。从蒙脱石波谷和高峰的含量分布来看,随着深度的增加,其含量越来越高。

蒙脱石含量 4 个波峰分别对应的测年数据为 26.0~26.5、25.3~25.6、25.0、16.5~17.0 ka,2

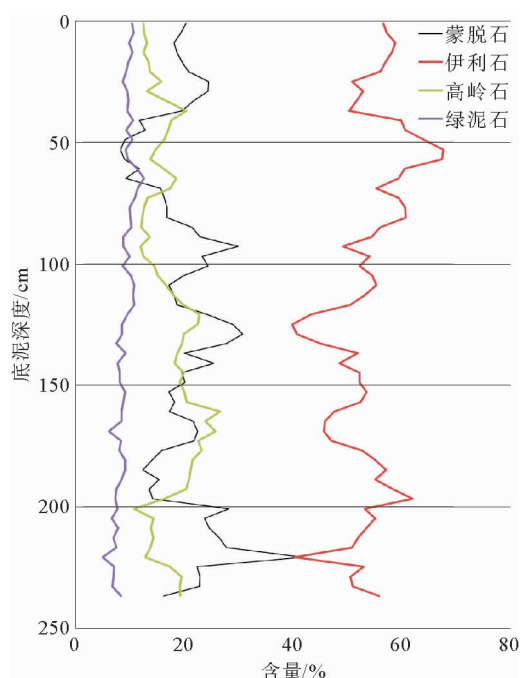


图 4 ANT29-P4-03 岩心黏土矿物含量分布

Fig. 4 The distribution of clay minerals of core ANT29-P4-03

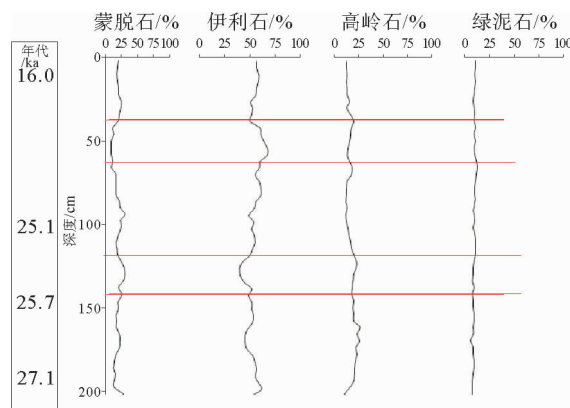


图 5 ANT29-P4-03 岩心黏土矿物与测年分层剖面

Fig. 5 Vertical distribution of clay minerals of core ANT29-P4-03

个波谷对应的测年数据为 27 和 17.0~22.0 ka。

(2) 伊利石

伊利石含量变化范围为 40%~68%,平均含量 53.8%,变化幅度相对较小。整体来看,出现 2 个较明显的波谷和波峰。2 个波谷分别位于岩心 221 和 125 cm 附近处,含量均为 40%;2 个波峰则分别位于 197 和 53 cm 附近,含量分别为 62%和 68%左右。

伊利石含量 2 个波峰分别对应的测年数据为 27.1 和 18.0 ka, 2 个波谷分别对应的测年数据为 25.2~25.7 和 27.3 ka。

(3) 高岭石

高岭石含量变化范围为 11%~27%, 平均 17.1%。最高含量位于岩心 161 cm 处, 最低含量位于岩心 201 cm 处。其中 115~201 cm 段含量较高, 其他段含量较低, 整个变化趋势无明显规律。

高岭石在 25.7~26.4 ka 期间含量稍高。

(4) 绿泥石

绿泥石含量为 5%~13%, 平均 9.0%。最高含量位于 65 cm 处, 最低含量位于 221 cm 处。其中 0~129 cm 段基本上 >9%, 而 129~237 cm 大部分 <9%。整体来看, 随着深度的加深, 绿泥石含量越来越高。

(5) 绿钠闪石等其他矿物

绿钠闪石等其他矿物含量较低, 均 <2%。整个岩心绿泥石的含量均较低, 且随着年代的靠近, 绿泥石含量有增加的趋势。

综上所述, ANT29-P4-03 岩心剖面上黏土矿物含量顺序是: 伊利石 > 蒙脱石 > 高岭石 > 绿泥石 > 绿钠闪石等其他矿物。蒙脱石总体呈现冰期高, 间冰期低的特点; 伊利石变化趋势与蒙脱石相反, 冰期含低, 间冰期含量高; 高岭石变化趋势与蒙脱石相近, 但含量较蒙脱石少; 绿泥石变化呈现间冰期高, 冰期低的特点。

3 讨论

Gorbunova^[24] 和朱凤冠^[25] 对南极海域和南极普里兹湾沉积物研究认为, 伊利石、绿泥石和高岭石是陆源碎屑次生成因, 对蒙脱石的成因也有比较一致的看法, 除认为陆源碎屑成因外, 还提出了自生成因。

(1) 蒙脱石的古环境意义

海相沉积物中蒙脱石有 3 个主要起源, 分别为: ①火山物质的海底改造, 许多研究证明火山灰物质在碱性介质中很容易变成蒙脱石^[26,27]; ②由岩屑形成的颗粒(例如长石、硅酸页岩)的转化; ③从相邻的大陆源区继承^[28,29], 母岩在潮湿条件下阳离子的释放和干旱条件下阳离子的浓缩有利于

蒙脱石的沉积。

研究表明, 该调查区蒙脱石主要来自火成岩风化, 在普里兹湾可能主要来自于兰伯特冰川的搬运^[30]。在 26.0~26.5、25.3~25.6、25.0、16.5~17.0 ka 这 4 个时间段, 分别为蒙脱石含量 4 个高峰阶段, 主要为冰期时冰川扩张带来更多的沉积, 致使总体呈现冰期高, 间冰期低的特点。

(2) 伊利石的古环境意义

伊利石主要来自普里兹湾陆架。特别在间冰期, 陆架更多裸露在外的时候, 伊利石的沉积更加丰富。伊利石是在气温稍低、弱碱性条件下, 由长石、云母等铝硅酸盐矿物在风化脱钾的情况下形成的, 其主要阳离子为 Si、Al、K。晶格层间钾离子继续淋失, 则伊利石可向蒙脱石演化。如果气候变得热湿, 化学风化进行得彻底, 碱金属(主要是 K⁺)被带走, 伊利石将进一步分解为高岭石。根据实验结果可知, 在 27.1 和 18.0 ka 期间, 气温稍低, 风化淋滤作用弱。而在 25.2~25.7 和 27.3 ka 期间, 气温寒冷、淋滤作用强, 更多伊利石演化为蒙脱石, 这期间也是蒙脱石含量处于高峰的时候。

(3) 高岭石的古环境意义

高岭石的变化趋势与蒙脱石相近, 可能是来自另一个冰川的搬运, 指示了普里兹湾不同冰川发育的差别。

高岭石是在潮湿气候酸性介质中岩石被强烈淋滤的条件下形成的, 其主要阳离子为 Si、Al, 是硅酸盐矿物在各种不同的自然地理环境中的分解产物, 特别是长石、云母和辉石, 气候温暖潮湿有利于高岭石的形成和保存。说明在 25.3 ka 阶段, 气候开始变得相对较湿热、淋化作用加强, 化学风化进行的较彻底, 一部分伊利石转化为高岭石。

(4) 绿泥石的古环境意义

整个岩心绿泥石的含量均较低, 且随着年代的靠近, 绿泥石含量有增加的趋势。绿泥石的主要阳离子为 Si、Al、Fe、Mg, 形成环境为碱性, 淋滤作用不强。在风化作用期间, 其水镁石层内的二价铁容易氧化, 所以绿泥石只能在化学风化作用受抑制的地区, 像冰川或干旱的地表幸存下来。绿泥石含量的变化趋势说明淋滤风化作用也降低, 形成时所处的环境可能被冰川覆盖。

4 结论

沉积物中黏土矿物组成主要受物源输入的影响,同时也受到物源风化的影响。一般情况下,温暖潮湿的环境更有助于岩石的化学风化,寒冷环境有助于岩石的物理风化。整体来看,伊利石和蒙脱石的含量占绝大部分,因此,ANT29-P4-03岩心测年范围 16.0~27.1 ka 之间所处环境均比较寒冷干燥。

蒙脱石主要来自火成岩风化,在 26.0~26.5、25.3~25.6、25.0、16.5~17.0 ka 这 4 个时间段含量较高,总体呈现冰期高间冰期低的特点。伊利石主要来自普里兹湾陆架,在 27.1 和 18.0 ka 期间含量较高,气候较 26.0~26.5、25.3~25.6、25.0、16.5~17.0 ka 阶段稍高。而在 25.3~25.6 ka 期间,气温寒冷、淋滤作用强,更多伊利石演化为蒙脱石,这期间也是蒙脱石含量处于高峰的时候。25.3 ka 期间高岭石期间含量稍高,说明期间气候开始变得相对较湿热、淋化作用加强,化学风化进行的较彻底,一部分伊利石转化为高岭石。绿泥石的含量随着年代渐近越来越高,说明该区域所处的气候淋滤风化作用越来越弱,可能被冰川覆盖。

参考文献:

- [1] Singer A. The paleoclimatic interpretation of clay minerals in sediments-a review [J]. *Earth-Science Review*, 1984, 21: 251-293.
- [2] 何良彪. 海洋沉积岩心中黏土矿物变化与古气候变迁的关系[J]. *科学通报*, 1982, 27(13): 809-812.
- [3] 朱凤冠. 东海陆架区全新世地层黏土矿物[J]. *东海海洋*, 1985, 3(4): 32-40.
- [4] 徐 昶. 中国一些盐湖黏土矿物的初步研究[J]. *海洋与湖沼*, 1988, 19(3): 278-285.
- [5] Arrigo K R, Worthen D, Schnell A, et al. Primary production in Southern Ocean waters[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1998(103): 15587-15600.
- [6] Barber M, Crane D. Current flow in the north-west Weddell Sea[J]. *Antarctica Science*, 1995, 7: 39-50.
- [7] 朱显谟. 中国南方的红土与红色风化壳[J]. *第四纪研究*, 1993, 13(1): 75-84.
- [8] 谢 渊, 王 剑, 李令喜, 等. 鄂尔多斯盆地白垩系黏土矿物的分布特征及其沉积-成岩环境意义[J]. *地质通报*, 2010, 29(1): 93-104.
- [9] 蓝先洪. 黏土矿物作为古气候指标矿物的探讨[J]. *地质科技情报*, 1990, 9(4): 31-35.
- [10] 汤艳杰, 贾建业, 谢先德. 黏土矿物的环境意义[J]. *地学前缘*, 2002, 9(2): 337-344.
- [11] 何良彪. 海洋沉积岩心中黏土矿物变化与古气候变迁的关系[J]. *科学通报*, 1982, 27(13): 809-812.
- [12] 蒙有言, 冯庆来, 何卫红, 等. 广西柳桥地区二叠系-三叠系界线附近黏土矿物及古气候特征[J]. *地质科技情报*, 2005, 24(4): 25-30.
- [13] 刘志飞, Colin C, Trentesaux A, 等. 南海南部晚第四纪东亚季风演化的黏土矿物记录[J]. *中国科学(D 辑)*, 2004, 34(3): 272-279.
- [14] 燕守勋. 广西右江盆地利周一河口剖面极低级变质带的伊利石结晶度与黏土矿物光谱标志对比研究[J]. *中国科学(D 辑)*, 2003, 33(5): 459-469.
- [15] 陈 涛, 王 欢, 张祖青, 等. 黏土矿物对古气候指示作用浅析[J]. *岩石矿物学杂志*, 2003, 22(4): 416-420.
- [16] 陈 忠, 颜 文. 海洋沉积黏土矿物与古气候、古环境演化响应的研究进展[J]. *海洋科学*, 2000, 24(2): 23-26.
- [17] 李祥辉, 徐宝亮, 陈云华, 等. 华北-一东-北南部地区中生代中晚期黏土矿物与古气候[J]. *地质学报*, 2008, 82(5): 683-690.
- [18] Angela L, Graham P, Melanie J. A review of coastal paleoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material. *Earth-Science Reviews*, 2006(75): 29-57.
- [19] Allen C S, Oakes-Fretwell L, Anderson J B, et al. A record of Holocene glacial and oceanographic variability in Neny Fjord, Antarctic Peninsula [J]. *The Holocene*, 2010, 20(4): 551-564.
- [20] Allen C. Last glacial-interglacial sea-ice cover in the SW Atlantic and its potential role in global deglaciation [J]. *Quaternary Science Reviews*, 2011(30): 2446-2458.
- [21] Anderson J B, Kurtz D D, Weaver F, et al. Sedimentation on the west Antarctic continental margin [M]. *Antarctic Geoscience*, Madison Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1982: 1003-1012.
- [22] 吴时国, 陆 钧. 南极普里兹湾 1.5 万年来气候演变的沉积记录[J]. *海洋学报*, 1998, 20(1): 65-73.
- [23] 于培松. 南极普里兹湾海洋沉积记录及气候变化的响应 [D]. 杭州: 国家海洋局第二海洋研究所, 2013.
- [24] Gorbunova Z N. Clay-sized minerals from cores of the southeast Pacific Ocean, deep sea drilling Project [R]. Washington, US, 1976: 479-488.
- [25] 朱凤冠. 南极普里兹湾及邻近海域沉积物中高岭石矿物的来源[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1987, 7(3): 33-42.
- [26] Griffi J J. The distribution of clay minerals in the world ocean [J]. *Deep Sea Research*, 1968, 15: 433-459.
- [27] 何良彪, 辛春英. 西赤道太平洋沉积物中的黏土矿物[J]. *科学通报*, 1986, 31(6): 449-452.

- [28] Erosion H S. Sedimentation and sedimentary origin of clays[M]// Velde B. Origin and Mineralogy of Clays, Clays Environment. Berlin: Springer, 1995: 162-219.
- [29] Jimenez-Espinosa R, Jimenez-Milan J. Calcrete development in Mediterranean coluvial carbonate systems from SE Spain[J]. Journal of Arid Environment, 2003, 53(4): 479-489.
- [30] 陈志华, 等. 2014 年度南极周边海域海洋地质考察研究报告[R]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2014.

CLAY MINERAL COMPOSITION OF THE PRYDZ BAY AND ITS CLIMATE IMPLICATIONS

DAI Qingqing, WANG Baishun, ZHANG Yueping

(Shanghai East Sea Marine Engineering Survey & Design Institute, Shanghai 200137, China;
Marine Environment Investigation Center of East China Sea, Shanghai 200137, China)

Abstract: The climatic significance of clay mineral composition is discussed in this paper based on the ^{14}C dating and clay mineralogical data of the Core ANT29-P4-03 taken from the northwest side of the Prydz Bay. The abundance of clay minerals are in an order of illite > smectite > kaolinite > chlorite. Smectite is mainly derived from igneous rocks and was higher during the periods of 26.0~26.5 ka, 25.3~25.6 ka, 25.0 ka, and 16.5~17.0 ka. It means that the content of smectite was high in glacial periods, but low in inter-glacial periods. Illite and kaolinite mainly came from the Prydz Bay shelf. The higher the content of Kaolinite, the more humid the climate would be. Illite, on the other hand, indicates a colder and drier climatic condition. In general, illite and montmorillonite dominated the core, therefore, the entire core was formed in a relatively cold and dry environment.

Key words: Prydz Bay; clay mineral; climate significance; AMS-¹⁴C dating

关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部

2013 年 1 月 10 日