

西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究 数据集的内容与研发

章陶亮, 王汝建*, 肖文申, 孙烨忱

同济大学海洋地质国家重点实验室, 上海 20092

摘要: 北极地区直接影响全球尺度的大气环流、大洋环流和气候演化, 是全球气候变化的驱动器和响应器之一。对北极地区古环境进行研究, 有助于我们了解该地区长期气候变化, 并根据过去类似的气候条件(如第四纪间冰期)制作未来气候变化的模型。本文通过对中国第三次北极科学考察在北冰洋楚科奇海台采集的 ARC3-P23 孔样品的多项古环境指标分析以及与其它孔的沉积记录综合对比, 初步将 ARC3-P23 孔沉积物分为氧同位素 3 期(MIS 3)-MIS 1 的沉积序列, 重建该地区晚第四纪的陆源碎屑输入以及古水团性质。该数据集由北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔沉积物的相关物理化学参数以及部分古环境指标组成, 其中包括: XRF 元素扫描数据、沉积物 $\text{CaCO}_3\%$ 、粗组分含量以及有孔虫丰度统计数据、浮游有孔虫 Nps 的氧碳同位素数据以及浮游有孔虫 Nps 的 AMS 14C 测年结果数据。该数据集为重建该地区晚第四纪以来的古环境提供科学依据。

关键词: 楚科奇海台; 氧同位素 3 期; 冰筏碎屑事件; 氧碳同位素; 水团变化

DOI: 10.3974/geodp.2017.01.12

1 前言

北极地区直接影响全球尺度的大气环流, 大洋环流和气候演化, 是全球气候变化的重要驱动器和响应器^[1-3]。北冰洋与全球气候的相互作用主要表现为: 大面积海冰覆盖增加了太阳辐射反照率, 影响全球能量平衡; 此外, 通过北冰洋的太平洋水以及大西洋水影响全球的大洋温盐环流^[4-6]。随着全球变暖, 近 10 年来北冰洋夏季和秋季海冰外缘线面积下降趋势明显加快^[7]。北极地区的变化将影响全球环境和气候^[8], 该区域已成为海洋与气候变化研究的热点地区。目前北极地区古环境研究主要集中在北冰洋东侧, 很少涉及北冰洋西侧, 其研究也缺乏系统性。本数据集为 2008 年中国第三次北极科学考察在西北冰洋楚科奇海台钻取的 ARC3-P23 孔柱状沉积物的古环境分析数据, 该数据集可以为研究该地区晚第四纪以来的 IRD 事件和洋流、水团的变化历史, 为重建该研究区古环境提供科学依据。

收稿日期: 2014-10-10; **修订日期:** 2014-12-17; **出版日期:** 2017-03-25

通讯作者: 王汝建 A-4207-2017, 同济大学, rjwang@tongji.edu.cn

论文引用格式: 章陶亮, 王汝建, 肖文申等. 西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集的内容与研发[J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(1): 80-85. DOI: 10.3974/geodp.2017.01.12.

数据集引用格式: 章陶亮, 王汝建, 肖文申等. 西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集[DB]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2014. DOI: 10.3974/geodb.2014.02.13.v1.

2 数据集元数据简介

西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集^[9]的数据来源于 2008 年中国第三次北极科学考察在西北冰洋楚科奇海台取得的 ARC3-P23 孔沉积物的各项物理化学参数。数据集名称、短名、数据集作者、地理区域、数据年代、数据空间分辨率、基金项目、数据出版、共享服务平台、数据集组成与数据共享政策等信息一并列于表 1。

表 1 西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集元数据简表

条目	描述
数据集名称	西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集
数据集短名	ARC3-P23_Env_Data
作者信息	章陶亮 R-7607-2016, 同济大学海洋地质国家重点实验室, ztl1989@hotmail.com 王汝建 A-4207-2017, 同济大学海洋地质国家重点实验室, rjwang@tongji.edu.cn 肖文申 A-4650-2017, 同济大学海洋地质国家重点实验室, wxiao@tongji.edu.cn 孙烨忱 A-3561-2017, 同济大学海洋地质国家重点实验室, 10084@tongji.edu.cn
地理区域	76°20.14'N, 162°29.16'W, 水深 2089 m, 西北冰洋, 楚科奇海台
数据年代	2008-2014 年
数据文件个数	4
数据格式	xls
数据量	0.131 MB
数据集组成	由 ARC3-P23 孔孔沉积物的相关物理化学参数以及部分古环境指标组成, 包括四个数据文件: 1. ARC3_P23_1.xls, 是该孔 XRF 元素扫描数据, 74 KB。 2. ARC3_P23_2.xls, 是该孔 CaCO3%、粗组分含量以及有孔虫丰度统计数据, 33 KB。 3. ARC3_P23_3.xls, 是浮游有孔虫 Nps 的氧碳同位素数据, 16 KB。 4. ARC3_P23_4.xls, 是浮游有孔虫 Nps 的 AMS 14C 测年结果, 9 KB。
基金项目	国家海洋局 (CHINARE2013-03-02)
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统, http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据 (中英文)、实体数据 (中英文) 和通过《全球变化数据学报》(中英文) 发表的数据论文。其共享政策如下: (1) “数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放, 用户免费浏览、免费下载; (2) 最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源; (3) 增值服务用户或以任何形式散发和传播 (包括通过计算机服务器) “数据”的用户需要与《全球变化数据学报》(中英文) 编辑部签署书面协议, 获得许可; (4) 摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则, 即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%, 同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[10] 。

3 数据采集及研发方法

3.1 数据采集

本次研究的材料来源于 2008 年中国第三次北极科学考察在西北冰洋楚科奇海台取得的 ARC3-P23 孔重力柱沉积物 (76°20.14'N, 162°29.16'W, 水深 2089 m)^[11] (图 1)。该孔柱状样总长 294 cm, 岩芯按照 2 cm 间隔取样, 共获得 147 个样品。

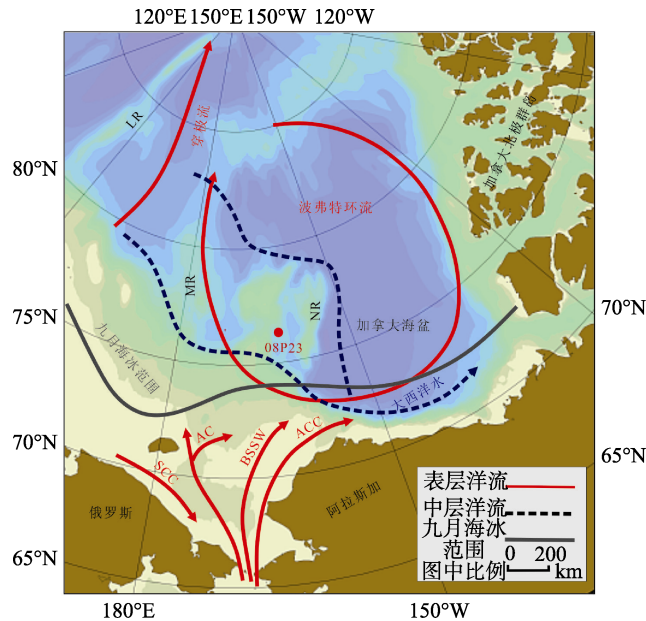


图 1 北冰洋西部楚科奇海台 ARC3-P23 孔以及洋流和九月海冰的分布，红色实线表示表层洋流，虚线表示中层水^[12-14]

图中 CP：楚科奇海台；NR：北风脊；MR：门捷列夫脊；LR：罗蒙索诺夫脊；AC：阿纳德流；BSSW：白令海陆架水；ACC：阿拉斯加沿岸流；SCC：西伯利亚沿岸流。

3.2 研发方法

对楚科奇海 ARC3-P23 孔沉积物柱状样所做的分析包括：XRF 元素扫描，IRD 含量统计，有孔虫丰度统计，浮游有孔虫 *Neogloboquadrina pachyderma* (sinistral) (Nps) 稳定氧和碳同位素测定，AMS ¹⁴C 测年和碳酸钙含量测定。

XRF 元素扫描：柱状样剖开后，切割成 1 m 左右一段，将表面刮平整，将专业测试薄膜覆在剖面上。用 AVAATECH 公司制造的 XRF Core-Scanner 元素扫描分析仪进行元素含量无损扫描测试，分辨率为 1 cm，测得从 Al 至 U 元素的相对含量。

IRD 含量测定及浮游和底栖有孔虫丰度统计：使用 CHRIST 冷冻干燥仪将湿样冻干，再取 20 g 左右干样经过冷水泡开，使用孔径为 63 μm 的筛子冲洗，收集筛子里的屑样，自然挥发水分后称重。再将 > 63 μm 的屑样依次用 150 μm 和 250 μm 筛子干筛，然后称重，由此分别得到 >63 μm，>150 μm 和 >250 μm 的 IRD 含量，在极地，冲样后的屑样中冰筏碎屑含量很高，有孔虫等生源组分相对较少，因此极地研究中用粗组分含量指示 IRD 含量。在显微镜下鉴定并统计浮游和底栖有孔虫个体数量，然后计算其丰度。

浮游有孔虫 Nps 稳定氧和碳同位素测定：在显微镜下挑出浮游有孔虫 Nps 壳径大小 150–250 μm 的完整个体 20 枚左右，用 Finnigan MAT252 型稳定同位素质谱仪测试 Nps-δ¹⁸O 和-δ¹³C 的值。

碳酸钙含量测定：利用二氧化碳真空气压泵，取 0.1 g 左右干样磨碎，利用定量稀盐酸和定量样品进行反应，通过测量反应生成的 CO₂ 气体体积，经公式换算得出碳酸盐的百分含量。

AMS 14 C 测年：分别在柱状样深度 0–2 cm, 8–10 cm 和 12–14 cm 的样品中，挑出壳径大小 150–250 μm 的 Nps 个体 1000–1200 个进行 AMS¹⁴C 测年。

除了浮游有孔虫 AMS ¹⁴C 测年是在美国加州大学 Earth System Science Department, UC Irvine 实验室完成外，其他分析测试和工作均在同济大学海洋地质国家重点实验室完成。

4 数据结果与验证

4.1 数据结果

西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集主要由该孔沉积物的相关物理化学参数以及部分古环境指标组成，其中包括：1. ARC3-P23 孔 XRF 元素扫描数据（ARC3_P23_1.xls，表 2），数据大小为 74 kb；2. 该孔沉积物 CaCO₃%，粗组分含量以及有孔虫丰度统计数据（ARC3_P23_2.xls，表 3），大小为 33 kb；3. 浮游有孔虫 Nps 的氧碳同位素数据（ARC3_P23_3.xls，表 4），数据大小为 16 kb；4. 浮游有孔虫 Nps 的 AMS¹⁴C 测年结果（ARC3_P23_4.xls，表 5），数据大小为 9 kb。

表 2 ARC3-P23 孔 XRF 元素扫描数据表（节选）

深度(cm)	Al_Area	Si_Area	P_Area	Cl_Area	K_Area	Ca_Area	Mn_Area	Fe_Area
0~1	1678	15906	109	10409	11132	12002	8332	51587
1~2	1910	17307	94	11459	12294	13625	9453	57347
2~3	1913	19100	49	11530	12996	14404	9267	58078
3~4	1993	19533	128	11294	13125	15429	9281	57781
4~5	2090	19410	111	10517	13169	14588	8797	56908
5~6	2045	20130	194	10338	13333	17707	7881	55131
6~7	2284	21042	137	10427	14451	16013	6912	55917
7~8	1996	18745	121	9496	13883	14726	5188	53855
8~9	1178	12776	33	7119	10833	13879	3798	43313
9~10	1180	12750	39	5927	10198	16700	2117	39509

表 3 ARC3-P23 孔沉积物 CaCO3%、粗组分含量以及有孔虫丰度统计表（节选）

深度 (cm)	IRD>63 μm (%)	IRD>250 μm (%)	浮游有孔虫丰度 (个/g)	底栖有孔虫丰度 (个/g)	碳酸钙含量 (%)
0~2	4.77	0.91	4869.86	179.70	10.05
2~4	5.05	0.86	1735.17	61.97	10.20
4~6	6.25	1.84	2596.63	100.64	10.70
6~8	6.71	1.43	1912.18	57.94	13.54
8~10	4.92	1.02	2301.89	52.83	9.74
10~12	3.07	0.63	1511.83	66.26	9.70
12~14	3.54	0.81	364.98	27.81	9.57
14~16	8.18	4.88	82.59	9.18	10.53
16~18	1.74	0.23	5.43	0.49	7.56
18~20	3.20	0.77	7.58	0.51	7.55

表 4 ARC3-P23 孔浮游有孔虫 Nps 的氧碳同位素数据表（节选）

深度(cm)	有孔虫属种	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$
0~2	N. pachyderma(sin)	1.075	1.553
2~4	N. pachyderma(sin)	1.063	1.329
4~6	N. pachyderma(sin)	0.959	1.351
6~8	N. pachyderma(sin)	1.008	1.047
8~10	N. pachyderma(sin)	0.812	0.806
10~12	N. pachyderma(sin)	0.55	1.386
12~14	N. pachyderma(sin)	0.231	1.569
14~16	N. pachyderma(sin)	0.277	1.742
16~18	N. pachyderma(sin)	0.428	1.545
18~20	N. pachyderma(sin)	0.629	1.735

表 5 ARC3-P23 孔浮游有孔虫 Nps 的 AMS ^{14}C 测年结果数据表

样品编号	深度/cm	AMS ^{14}C 年龄/a BP	碳储库校正年龄/a BP	校正年龄/a BP
UCIT24020	0~2	3455±15	2665±15	2761±8
UCIT24022	4~6	5915±15	5125±15	5897±18
UCIT24024	8~10	8650±20	7860±20	8621±21
UCIT24026	10~12	10680±20	9890±20	11261±19

4.2 数据验证

本文中浮游有孔虫 Nps 的 AMS ^{14}C 测年结果校正方法可参见 Coulthard et al., 2010^[15] 以及 Fairbanks et al., 2005^[16]，碳储库校正年龄为 790 yrs。

沉积物 $\text{CaCO}_3\%$ 使用法国碳酸钙分析仪 NFP18-508 测试，其测试结果误差范围<2%。

浮游有孔虫 Nps 氧碳同位素的测试精度标准参照中国国家碳酸钙标准（GBW04405）和国际标准（NBS19）。最后，遵循国际 NBS19 和 NBS18 标准将实验室测定的氧碳同位素值转换为国际 Pee Dee Belemnite (PDB)标准。

5 结论与讨论

通过楚科奇海台 ARC3-P23 孔沉积物颜色,Mn 元素和 IRD 含量,有孔虫丰度以及 AMS ^{14}C 测年结果与楚科奇海盆 ARC2-M03 孔的地层对比，确定了其底部年龄为 MIS 3，并建立了 ARC3-P23 孔的地层年代框架。其中，MIS 3 与 MIS 2 之间可能存在沉积间断，这可能是由于末次冰盛期厚厚的冰层覆盖所致。

楚科奇海台 ARC3-P23 孔沉积物中浮游有孔虫 Nps- $\delta^{18}\text{O}$ 和- $\delta^{13}\text{C}$ 值，以及 IRD 含量和有孔虫丰度变化表明,MIS 1 和 MIS 3 的三个褐色层中 Nps- $\delta^{18}\text{O}$ 和- $\delta^{13}\text{C}$ 轻值是由冰融水造成;MIS 3 的两个褐色层之间灰色层中 Nps- $\delta^{18}\text{O}$ 和- $\delta^{13}\text{C}$ 的轻值反映了海冰形成速率的提高，导致了轻同位素卤水的生产和下沉。在 MIS 2，冰期较低的温度使得 Nps- $\delta^{18}\text{O}$ 偏重。

MIS 3 以来，楚科奇海台 ARC3-P23 孔可以识别出 5 个 IRD 事件，IRD 2/3、IRD 7 至

IRD 10, 分别出现在 MIS 2 和 MIS 3。其中, IRD 7-IRD 9 事件中高的碎屑碳酸盐岩含量主要来自于加拿大北极群岛分布广泛的古生代碳酸盐岩露头, 它们夹带在大冰块和冰山里, 被波弗特环流搬运至楚科奇海台, 而 IRD 2/3 事件中高的碎屑石英含量可能来源于欧亚大陆边缘。

作者分工: 章陶亮负责实验以及数据分析以及部分数据论文的撰写; 王汝建和肖文申完成数据集设计和分析、数据验证、部分数据论文的撰写; 孙烨忱负责数据样品的采集以及初步处理。

致谢: 本项目是国家海洋局极地办公室组织实施的“中国第三次北极考察项目(简称 CHINARE-2008)”的一部分。实验分析工作由南北极环境综合考察与评估专项项目(CHINARE2013-03-02)资助。感谢中国第三次北极科考队的全体科考队员特别是地质工作组全体队员为沉积物样品的采集所付出的艰辛努力。样品由中国极地研究中心沉积物库提供。

参考文献

- [1] Moritz, R. E., Bitz, C. M., Steig, E. J. Dynamics of Recent Climate Change in the Arctic[J]. *Science*, 2002, 297(5586): 1497-1502.
- [2] Laxon, S., Peacock, N., Smith, D. High interannual variability of sea ice thickness in the Arctic region[J]. *Nature*, 2003, 425(6961): 947-950.
- [3] 陈立奇. 北极海洋环境与海气相互作用研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2003, 1-339
- [4] Delworth, T. L. S., Manabe, S., Stouler, R. J. Multidecadal climate variability in the Greenland Sea and Surrounding regions: a coupled simulation[J]. *Geophysical Research Letters*, 1997, 24(3): 257-260.
- [5] Smith, L. M., Miller, G. H. Otto-Bliesner B, et al. Sensitivity of the Northern Hemisphere climate system to extreme changes in Holocene Arctic sea ice[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2002, 22(5-7): 645-658.
- [6] 高爱国, 刘焱光, 孙海青. 与全球变化有关的几个北极海洋地质问题[J]. *地学前缘*, 2002, 9(3): 201-207.
- [7] 柯常青, 彭海涛, 孙波等. 2002年—2011年北极海冰时空变化分析[J]. *遥感学报*, 2013, 17(2): 459-466.
- [8] 陈立奇, 赵进平, 卞林根等. 影响北极地区迅速变化的一些关键过程研究[J]. *极地研究*, 2003, 15(4): 283-302.
- [9] 章陶亮, 王汝建, 肖文申等. 西北冰洋楚科奇海台 ARC3-P23 孔古环境研究数据集[DB]. *全球变化科学研究数据出版系统*, 2014. DOI:10.3974/geodb.2014.02.13.v1.
- [10] “全球变化科学研究数据出版系统”(中英文)编辑部. 全球变化科学研究数据共享政策. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05
- [11] 张海生. 中国第三次北极科学考察报告[M]. 北京: 海洋出版社, 2009.
- [12] Jones, E. P. Circulation in the Arctic Ocean[J]. *Polar Research*, 2001, 20(2): 139-146.
- [13] Woodgate, R. A., Aagaard, K., Weingrtnr, T. A year in the physical oceanography of the Chukchi Sea: moored, measurements from autumn 1990-1991[J]. *Deep-Sea research Part II*, 2005, 52(24-26): 3116-3149.
- [14] Parkinson, C. L., Cavalieri, D. J. Arctic sea ice variability and trends, 1979-2006[J]. *Journal of Geophysical Research: Ocean*, 2008, 113(C7): 341-355.
- [15] Coulthard, R. D., Furze, M. F. A., Pienkowski, A. J., et al. New marine ΔR values for Arctic Canada[J]. *Quaternary Geochronology*, 2010, 5(4), 419-434.
- [16] Fairbanks, R. G., Mortlock, R. A., Chiu, T. C., et al. Radiocarbon calibration curve spanning 0 to 50,000 years BP based on paired Th-230/U-234/U-238 and C-14 dates on pristine corals[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2005, 24(16-17), 1781-1796.