

南极伊利莎白公主地 150 年来的降温趋势

张明军^① 李忠勤^② 效存德^② 任贾文^② 秦大河^② 康建成^③ 李军^④

①中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室, 兰州 730000; ②中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000; ③中国极地研究所, 上海 200129; ④Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Hobart 7001, Australia.

E-mail: zhangmj@ns.lzb.ac.cn

摘要 通过对 1996~1997 年中国首次南极内陆冰盖考察获得的约 50 m 雪芯的精细定年, 利用雪芯顶部 32.93 m 的氧同位素组成恢复了南极伊利莎白公主地过去 150 年来的气温变化特征. 结果表明, 150 年来伊利莎白公主地的气温下降了近 2℃. 在全球特别是南半球近 150 年来平均气温呈现明显上升趋势的背景下, 伊利莎白公主地的降温趋势可能是南大洋独特的环流形式环南极波(ACW)在特殊地形(如大的冰盆)影响下在南极冰盖边缘的表现形式.

关键词 南极 雪芯 降温

全球气象资料综合研究表明, 北半球、南半球和全球近 150 年来的平均气温都呈现出明显的上升趋势^[1]. 然而, 由于南极气象资料缺乏和时间序列短, 上述资料并没有包括南极冰盖过去 150 年来的气温变化状况. 南极冰盖以其独特的地理位置成为反映和反馈全球变化的特殊地理区域. 因此, 在研究全球尤其是南半球的气温变化特征时, 南极冰盖的气温变化特征的研究显得尤为重要.

由于南极冰芯中氧和氢同位素具有良好的温度指示作用^[2], 因此通过精细定年, 利用冰芯中的两种同位素组成的变化指示温度的变化, 对研究全球尤其是南半球的气温变化特征具有重要意义. 南极伊利莎白公主地是南极冰芯研究的空白地区. 1996~1997 年中国首次南极内陆冰盖考察期间获得了一支 51.85 m 雪芯, 本文利用该雪芯上部 32.93 m $\delta^{18}\text{O}$ 值对本地区 150 年的气温变化情况做初步探讨, 并与全球特别是南半球 150 年来的平均气温变化状况进行对比.

1 样品的采集、分析和定年

1996~1997 年中国首次南极内陆冰盖考察期间, 在考察的终点 LGB65 处钻取了支雪芯^[3](图 1). 两支雪芯的钻孔相距约 2 m, 用于本文分析的雪芯长度为 51.85 m. 样品的采集、分析过程见文献[4, 5].

各种离子的年层效应研究结果表明, 伊利莎白公主地海盐离子(Cl^- , Na^+)和 NO_3^- 在 51.85 m 雪芯范围内都具有非常明显的年层效应^[4]. 因此本次雪芯定年采用 $\delta^{18}\text{O}$ (只对雪芯上部 3 m 有定年作用, 以下被平滑)、 NO_3^- 和海盐离子相结合的办法, 按照上述方法,

51.85 m 雪芯定年结果为 251 年, 即从 1745~1996 年. 这一定年结果可以得到以下两点确证: (1) 近 250 年来几次著名的火山活动如 Tambora (AD1815), Krakatoa (AD1883) 和 Tarawera (AD 1886) 在雪芯中出现信号的时间分别为 1817, 1886 和 1884 年(图 2); (2) 综合雪层内的各种层位特征, 另一支长 50.32 m 的雪芯定年为 243 年^[6], 考虑到两支雪芯长度的差别, 两者的定年还是相当吻合的.

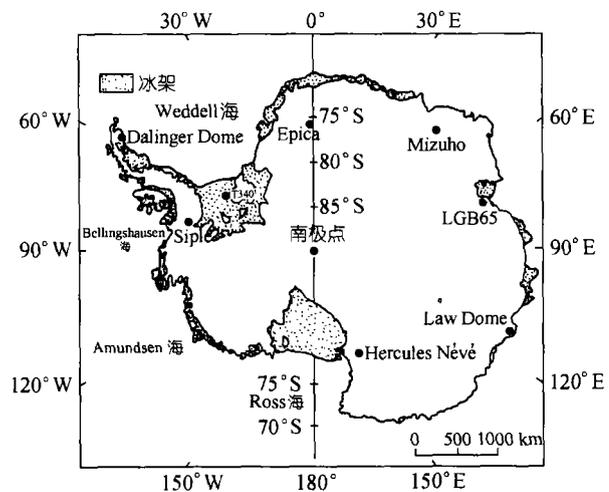


图 1 LGB65 雪芯采样地点及本文中冰芯的位置
●为冰芯采样地点

2 结果与讨论

从图 3 中可以看出, 南极伊利莎白公主地雪芯记录的稳定同位素温度的变化趋势与北半球和全球, 尤其是南半球 150 年来气温变化趋势相反, 呈现出明

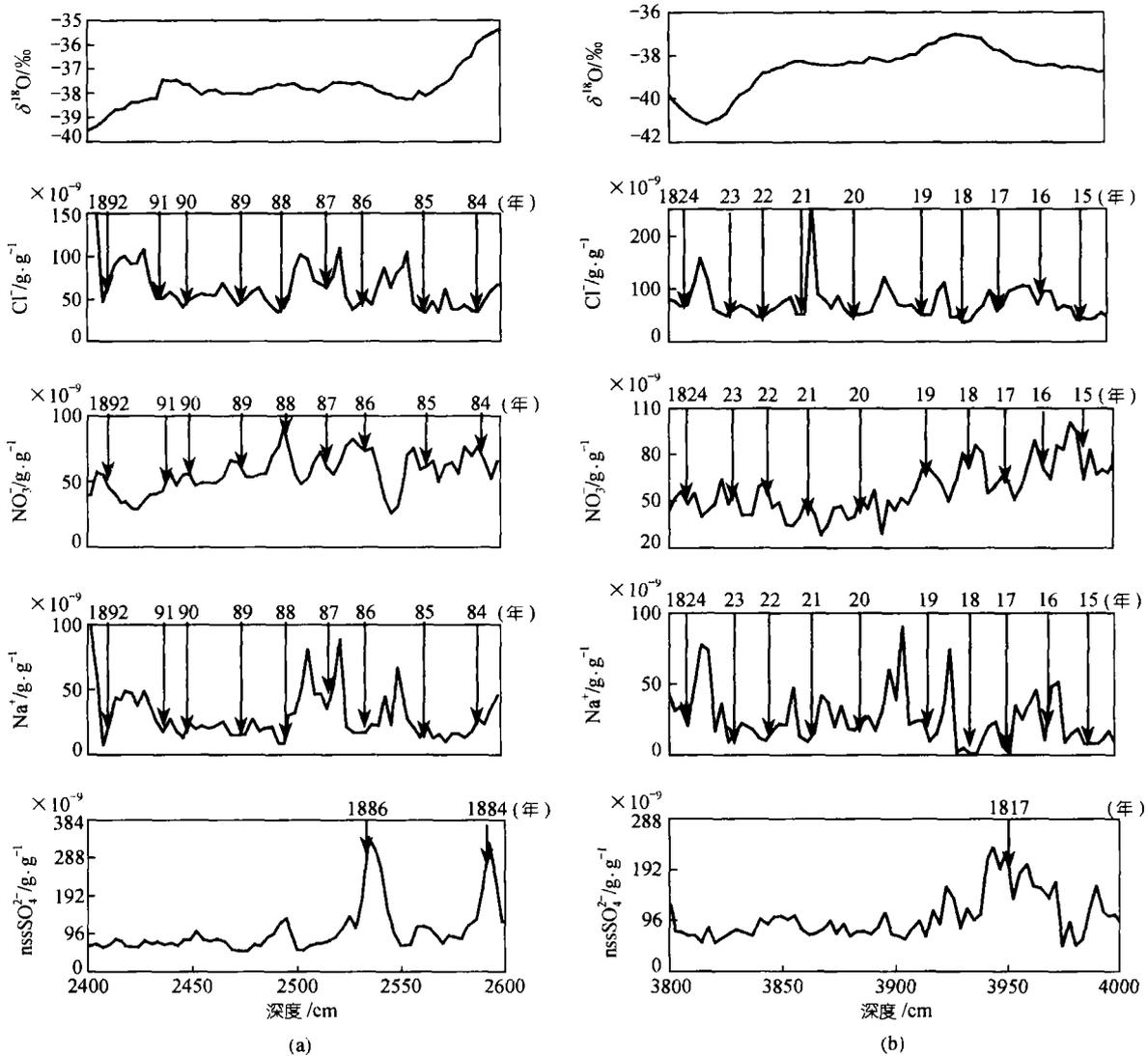


图 2

(a) 24~26 m 处雪芯中 $\delta^{18}\text{O}$ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+ 和 nssSO_4^{2-} 浓度剖面的对比; (b) 38~40 m 处雪芯中 $\delta^{18}\text{O}$ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 Na^+ 和 nssSO_4^{2-} 浓度剖面的对比

显的下降趋势(1997~1998 年中国第 2 次南极内陆冰盖考察获得的 50 m 雪芯氧同位素初步分析结果表明, 近 150 年来雪芯记录的同位素温度也呈现出明显的下降趋势(效存德). 近 150 年来, 南极地区多数冰芯记录的稳定同位素温度呈现上升趋势^[7~10], 如 Isaksson 等人^[7]研究表明南极洲 Dronning Maud 地自 1865 年来稳定同位素温度上升了 0.8°C . 但也有不少同位素温度下降的报道^[10,11], 如 Aristarain 等人^[11]通过南极半岛一支冰芯的研究, 得出近 150 年来本地同位素温度下降近 2°C 的结论.

如果使用我们在伊丽莎白公主地建立的经验方

程 $\delta^{18}\text{O} = 0.70T - 11.36$ ^[12], 则近 150 年来伊丽莎白公主地 $\delta^{18}\text{O}$ 的下降转化为温度下降了 1.8°C , 这一下降幅度与南极半岛近 150 年来稳定同位素温度的下降幅度十分接近.

综观南极冰盖边缘百年尺度上几支冰芯的同位素分析结果(图 4), 可以看出, 近 150 年来, 整个南极大陆大多数冰芯记录的同位素温度呈现上升趋势, 而南极半岛和伊丽莎白公主地 150 年来的气温呈现明显的下降趋势.

由此得出, 尽管近 150 年来, 南半球、北半球以及全球的平均气温呈现出明显的上升趋势, 但整

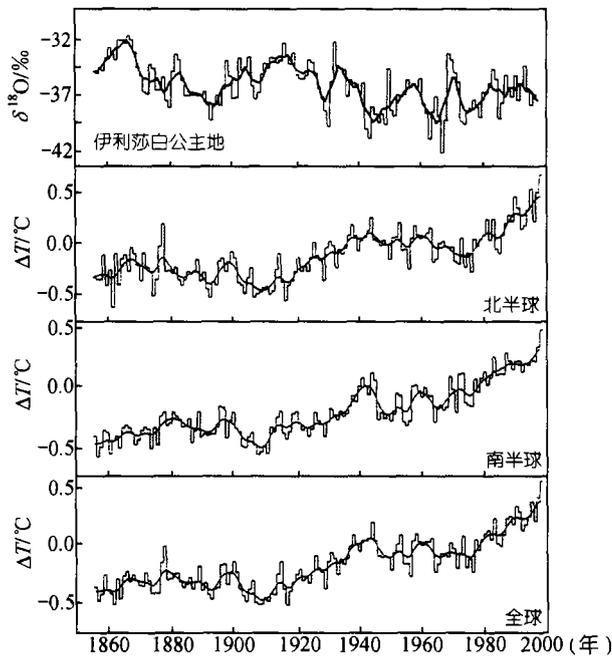


图 3 南极伊丽莎白公主地 LGB65 雪芯记录的 150 年来氧同位素与南、北半球和全球 150 年来平均气温变化对比。图中南、北半球以及全球的气温刻度为 1856~1998 年的年平均气温与 1961~1990 年平均气温的相对变化值(ΔT)^[11]

个南极洲近 100 多年来的气温变化却表现出明显的区域差异性，这主要是南半球独特的大气环流模式阻隔了中低纬地区与高纬地区的直接联系，尤其是绕极洋流的阻隔作用使得南北向能量交换较弱，从而使南极地区的气候变化相对全球来说具有一定的区域差异性。

研究表明，东南极冰盖边缘地区的气候变化与南大洋有紧密联系^[13,14]。过去的几年里，海洋学家发现一种被称为环南极波(ACW)的现象^[15]。ACW 是绕极洋流引发的一种气候异常以顺时针方向环南大洋波动性传递的现象，这些异常包括海表温度(SSTs)、海面气压(SLP)、经向风速(MWS)和海冰范围(SIE)等。研究表明，南半球海气异常，如 ENSO 可以传递到绕极海流中，绕极海流携带这种异常环南大洋运动，从而造成气温、气压等异常在环南大洋海面上交替分布的态势(图 5)。这种态势极可能影响到南极冰盖沿岸，从而使南极冰盖沿岸的气候变化呈现出明显的区域差异性。从图 1 和 4 可以看出，近 150 年来南极冰盖边缘的稳定同位素温度的变化趋势大致呈现出一种交替分布的态势。伊丽莎白公主地位于 Lambert 冰川

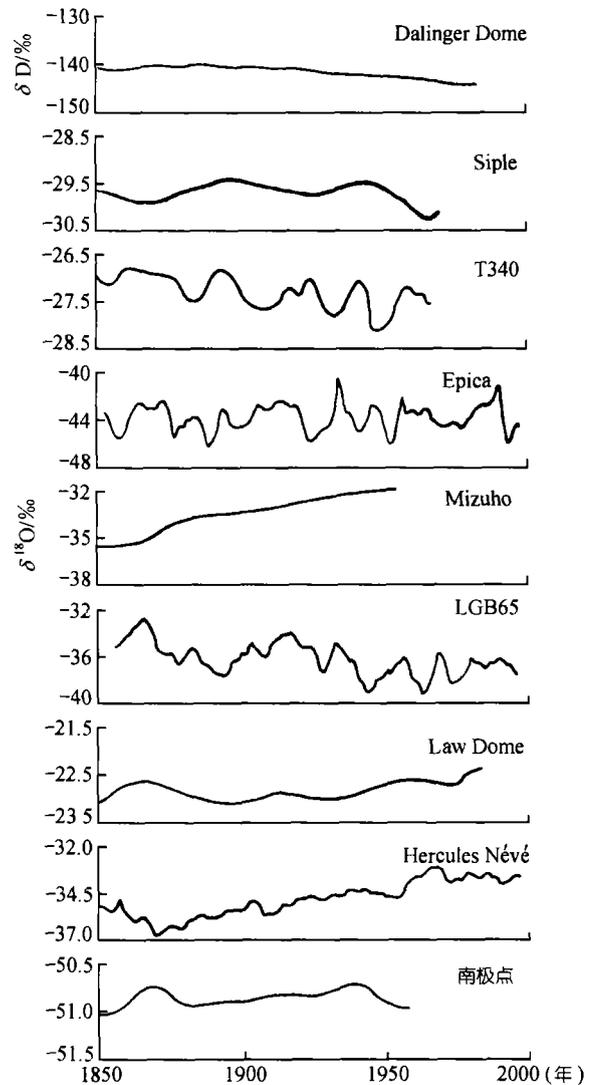


图 4 南极冰盖 Dalinger Dome, Siple, T340, Epica, Mizuho, LGB65, Law Dome, Hercules Névé 和南极点冰芯同位素记录的 150 年来气温变化^[7,9~11]

流域东侧，而 Lambert 冰川流域作为东南极冰盖最大的冰盆，其周围的大气环流和风场更为复杂，因此，伊丽莎白公主地 150 年来的降温趋势可能是南大洋独特的环流形式环南极波(ACW)在特殊地形(如大的冰盆)影响下在南极冰盖边缘的表现形式。

3 结语

Lambert 冰川流域是东南极冰盖一条重要的气候界线，在 Lambert 冰川流域以内仅仅相隔 300~500 km 的东、西侧冰芯记录的近 50 年来的气候变化情况截然相反^[14]。在全球尤其是南半球 150 年来平均气温

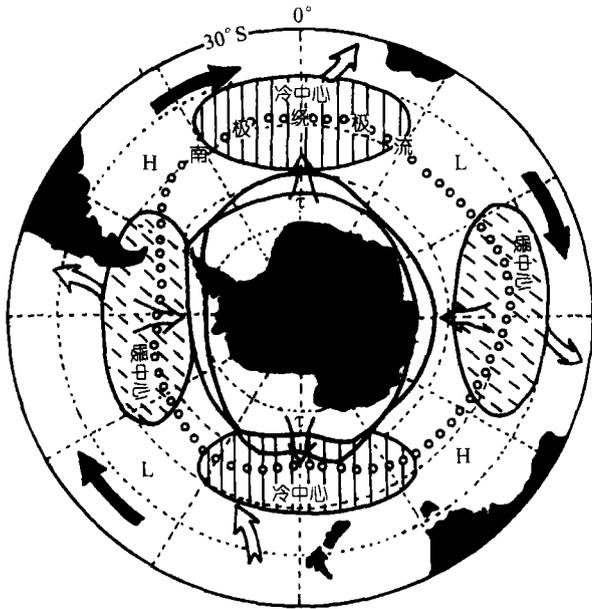


图5 环南极波简化示意图^[15]

H: 海平面高压中心; L: 海平面低压中心; v: 经向风速; 黑箭头表示气候异常自西向东的传递; 白箭头表示南极绕极流与北面亚热带环流的交换

呈现明显上升趋势的背景下, 位于 Lambert 冰川流域东侧伊丽莎白公主地 150 年来的降温趋势更是反映了这一地区气候变化的区域差异性。因此, 对本地区百年尺度上的气候变化状况应通过多支浅冰芯的深入研究才能真正揭示出其变化特征。随着由中国参加的国际横穿南极科学考察计划(ITASE)的实现, 我国已经成功地组织了第2次和第3次南极内陆冰盖科学考察, 并获得了3支浅冰芯^[12], 相信随着研究工作的深入, 这一地区的气候变化规律一定会被人们所认识。

致谢 阴离子由皇翠兰测定, 阳离子由王晓香测定, $\delta^{18}\text{O}$ 值由孙维贞测定, 特此致谢。本工作受中国科学院知识创新工程项目(批准号: KZCX2-303)、科学技术部国际合作重点项目(2001CB711003)和国家自然科学基金(批准号: 49971021)资助。

参 考 文 献

- 1 Jone P D, New M, Parker D E, et al. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 1999, 37: 173~184
- 2 秦大河. 南极冰盖表层内的物理过程和现代气候及环境记录. 北京: 科学出版社, 1995. 65~87

- 3 康建成, 汪大立. 中山站至内陆 330 公里冰川学剖面考察. *极地研究*, 1997, 9 (3): 238~242
- 4 李忠勤, 张明军, 秦大河, 等. 南极洲伊丽莎白公主地区冰雪中 $\delta^{18}\text{O}$, Cl^- , NO_3^- , Na^+ 和 Ca^{2+} 年层效应初探. *科学通报*, 1999, 44(19): 2114~2117
- 5 张明军, 李忠勤, 秦大河, 等. 南极洲伊丽莎白公主地区两雪坑内环境气候时间序列纪录初步研究. *极地研究*, 1999, 11(1): 19~24
- 6 温家洪, 康建成, 汪大立, 等. 东南极伊丽莎白公主地 LGB65 点的雪层密度与剖面特征. *冰川冻土*, 2001, 23(2): 156~163
- 7 Isaksson E, Karlen W, Gundestrup N, et al. A century of accumulation and temperature change in Dronning Maud Land, Antarctica. *Journal of Geophysical Research*, 1996, 101, 7085~7094
- 8 Isaksson E, Michiel R, Broeke V D, et al. Accumulation and proxy-temperature variability in Dronning Maud Land, Antarctica, determined from shallow firn cores. *Annual of Glaciology*, 1999, 29: 17~22
- 9 Stenni B, Caprioli R, Cimino L, et al. 200 years of isotope and chemical records in a firn core from Hercules Névé, northern Victoria Land, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 1999, 29: 106~112
- 10 Mosley-Thompson E. Paleoenvironmental conditions in Antarctic since A. D. 1500: Ice core evidence. In: Bradley R S, Jones P D, eds. *Climate Since A. D. 1500*. London and New York: Routledge, 1992. 572~591
- 11 Aristarain A J, Jouzel J, Lorius C. A 400 years isotope record of the Antarctic Peninsula climate. *Geophysical Research Letters*, 1990, 17(12): 2369~2372
- 12 Qin D H, Ren J W, Kang J C, et al. Primary results of glaciological study along a 1100 km transect from Zhongshan Station to Dome A, East Antarctic ice sheet. *Annals of Glaciology*, 2000, 31: 198~204
- 13 Xiao C D, Ren J W, Qin D H, et al. Complexity of the climatic regime over the Lambert Glacier basin of the east Antarctic ice sheet: Firn core evidence. *Journal of Glaciology*, 2001, 47(15): 160~162
- 14 Xiao C D, Qin D H, Li Z Q, et al. Remarkable difference of climatic variations between the eastern and western sides of Lambert Glacier basin, Antarctica. *Ann Glaciol*, 2002 (in press)
- 15 White W B, Peterson R G. An Antarctic circumpolar wave in surface pressure, wind, temperature, and sea-ice extent. *Nature*, 1996, 380: 699~702

(2002-03-05 收稿, 2002-04-28 收稿)