

# 南极洲伊利莎白公主地区 250 a 来 积累率和气温变化研究\*

张明军<sup>1</sup> 李忠勤<sup>2</sup> 秦大河<sup>2</sup> 效存德<sup>2</sup> 康建成<sup>3</sup> 李 军<sup>4</sup>

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; 4. Antarctic CRC and Australian Antarctic Division, Hobart, 7001, Australia

**摘要** 利用中国首次南极内陆冰盖考察获得的 50 m 雪芯资料, 恢复南极洲伊利莎白公主地区 250 a 来的积累率和气温变化情况. 结果表明, 250 a 来, 伊利莎白公主地区的积累率和气温大致可以 1860 年为界分为两段, 1860 年以前气温和积累率都呈现明显上升趋势, 而 1860 年以后气温明显降低且变率增大, 积累率变化不明显. 同时, 从 250 a 的时间尺度考察近半个世纪以来气温和积累率的结果表明, 虽然目前两者都呈现上升的趋势, 但都不是历史上的最高值, 即百年来全球性升温趋势在本地区并无体现.

**关键词** 南极冰盖 雪芯 积累率 气温

冰芯在恢复古气候、古环境时的诸多特点(分辨率高、信息量大、保真度高等)使其成为探讨古气候环境变化的重要介质. 南极冰盖以其独特的地理位置, 使其成为反映和反馈全球变化的特殊地理区域. 因此, 利用冰芯记录恢复南极地区的历史气候特征对全球变化研究具有重要意义.

南极洲伊利莎白公主地区尚未开展过系统的冰川学和气候学调查, 更是南极冰芯研究的空白地区, 利用冰芯恢复这一地区的气候特征显得尤为重要. 1996/1997 年中国首次南极内陆冰盖考察期间获得了一支 50 m 雪芯, 为此, 本文利用该雪芯资料恢复本地区 250 a 来的积累率, 并结合  $\delta^{18}\text{O}$  的资料对本地区的气候变化情况做初步探讨.

## 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 处钻取了一支 50 m 长的雪芯(位置见文献[1]图 1). 样品的采集、分析测试过程在文献[1, 2]中已有详细阐述, 此处不再赘述.

冰芯定年是冰芯研究的基石, 为此, 笔者专门研究了本地区各种离子的年层效应, 结果表明, 伊利莎白公主地区海盐离子( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ )和  $\text{NO}_3^-$  在 50 m 雪芯范围内都具有非常明显的年

2000-06-16 收稿, 2000-08-21 收修改稿

\* 国家自然科学基金(批准号: 49771022, 49971021)、中国科学院 95 重大 A(批准号: KZ951-A1-205)和国家科技攻关(批准号: 98-927-01-05)资助项目

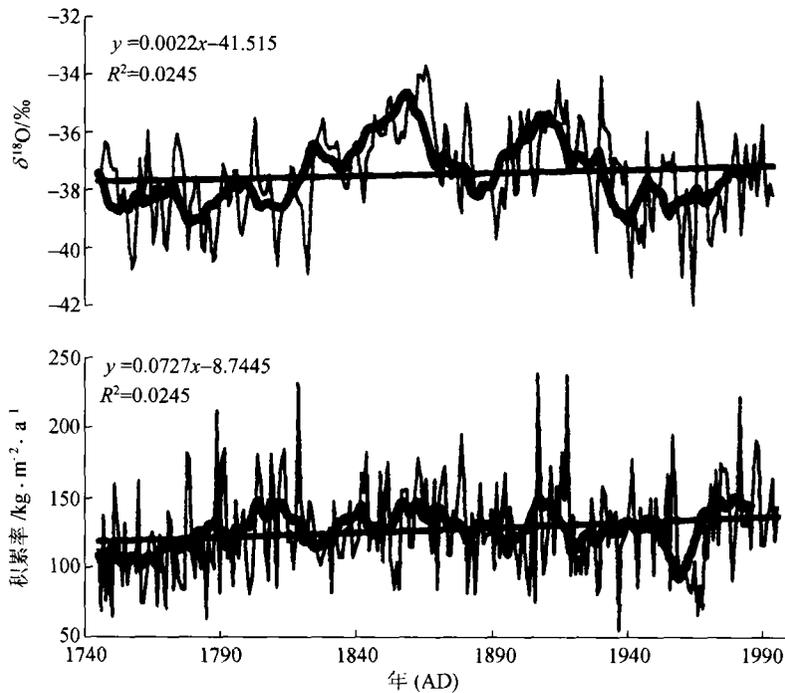


图1 南极洲伊丽莎白公主地区 1745~1996 年  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率变化曲线图  
细曲线为年平均,粗曲线为 11 a 滑动平均值,直线为一元线性回归曲线,左上角  
公式为回归公式

层效应<sup>[1, 2]</sup>. 因此,本雪芯定年采用  $\delta^{18}\text{O}$  (只对雪芯上部 3 m 有定年作用,以下被平滑)、 $\text{NO}_3^-$  和海盐离子相结合的办法,火山资料对比结果表明<sup>[3]</sup>,在本地区用  $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\text{NO}_3^-$  和海盐离子相结合的办法对 50 m 雪芯定年具有较高的精度(由于个别地方出现离子浓度平滑现象,因此估计绝对误差  $\leq 3$  a). 按照上述方法,50 m 雪芯定年结果为 251 a,即从 1745~1996 年.

## 2 结果及讨论

研究地区积累率是根据下述公式计算所得

$$b(t) = h(t)d(t)$$

式中: $b(t)$ 是以水当量表示的物质积累速率 $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}]$ ;  $h(t)$ 是雪芯的年层厚度 $[\text{m}\cdot\text{a}^{-1}]$ ;  $d(t)$ 是该年层的平均密度 $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$ ,是实测样品结果. 因为雪芯较浅,恢复积累率时不考虑长时间蠕变的影响. 由于采样地点代表年均温变化的雪层 10 m 深处的温度很低(约  $-33.1^\circ\text{C}$ ),因此,本地区的积累率可以代表降水量,同时据我们的研究和前人的工作,本地区  $\delta^{18}\text{O}$  的值可以代表气温的变化<sup>[4-6]</sup>.

从图 1,2 和 3 中可以看出,250 a 来,南极洲伊丽莎白公主地区的  $\delta^{18}\text{O}$  和积累率大致可以 1860 年为界分为两段:1745~1860 年期间  $\delta^{18}\text{O}$  和积累率都呈现明显增加趋势,而 1860~1996 年期间  $\delta^{18}\text{O}$  却以下降趋势为主,积累率变化趋势不明显. 1860 年以来积累率变化不明显的规律在 Dronning Maud Land 地区也被发现<sup>[7]</sup>. 但 Dronning Maud Land 地区同时期的  $\delta^{18}\text{O}$  值却表现

出上升的趋势,与我们的研究结果截然相反. 在全球及整个南半球一百多年来气温呈现明显上升趋势的背景下<sup>[8]</sup>,南极洲伊丽莎白公主地区 1860 年以来气温却明显下降,使我们认识到,本地区百年尺度上的气候变化趋势比较特殊,需进一步研究本地区区域气候的代表性,才能概括出本地区百年尺度的气候特征.

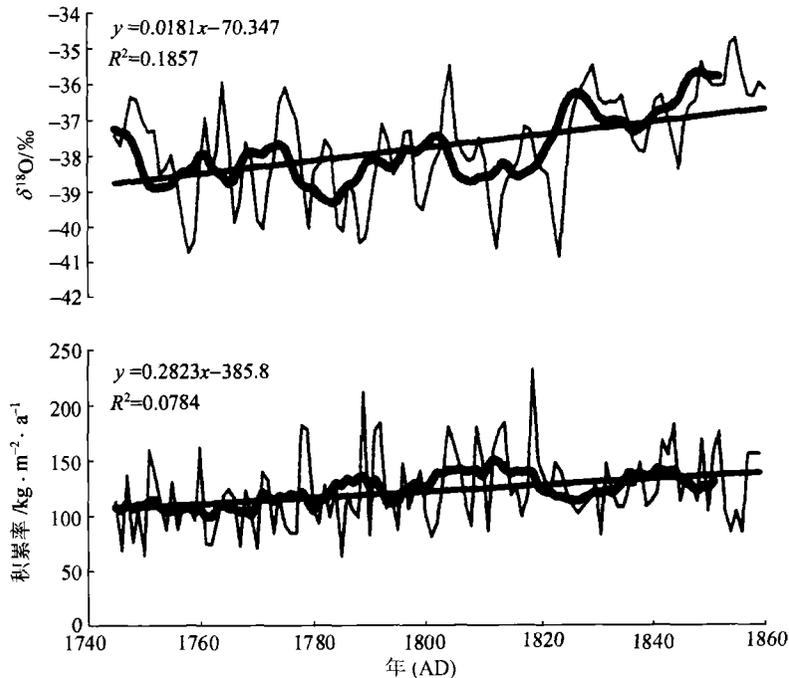


图 2 南极洲伊丽莎白公主地区 1745 ~ 1860 年  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率变化曲线图  
细曲线为年平均值,粗曲线为 11 a 滑动平均值,直线为一元线性回归曲线,左上角  
公式为回归公式

近几十年来,全球性升温已成为共识,无论是南极和北极的冰芯,还是青藏高原的冰芯,都揭示出近半个世纪以来的升温趋势<sup>[9-11]</sup>. 同时,南极冰盖很多地区的冰芯研究结果都反映出同时期积累率增加的趋势<sup>[12]</sup>. 我们对南极洲伊丽莎白公主地区半个世纪以来的气候变化研究结果表明,本地区半个世纪以来的气温和积累率都呈现明显上升趋势<sup>[13]</sup>. 然而,如果我们从 1860 ~ 1996 年这样一个时间尺度上来考察伊丽莎白公主地区气温和积累率的变化,发现气温明显降低,积累率降低趋势不明显(图 2). 事实上,从图 1 中可以看出,尽管近半个世纪以来的气温呈现增加趋势,但目前的气温远没有达到 250 a 来气温的最高值(最高值出现在 1860 年左右).

从图 1, 2 和 3 中可以看出,无论从多长时间尺度来考察,  $\delta^{18}\text{O}$  和积累率的变化基本上呈正相关关系,即气温升高降水增加,气温降低降水减少. 表 1 列出了每 50 a 和全部  $\delta^{18}\text{O}$  以及积累率的平均值,从图 1 和表中可以看出,这种划分基本上表示出了两者变化的阶段性. 1745 ~ 1790 年的  $\delta^{18}\text{O}$  和积累率都是 250 a 来的最低值,1791 ~ 1840 年  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率的平均值表现出温度上升降水增加的特征,接下来的两个 50 a 都表现出高温特点,尤其是 1841 ~ 1890 年  $\delta^{18}\text{O}$

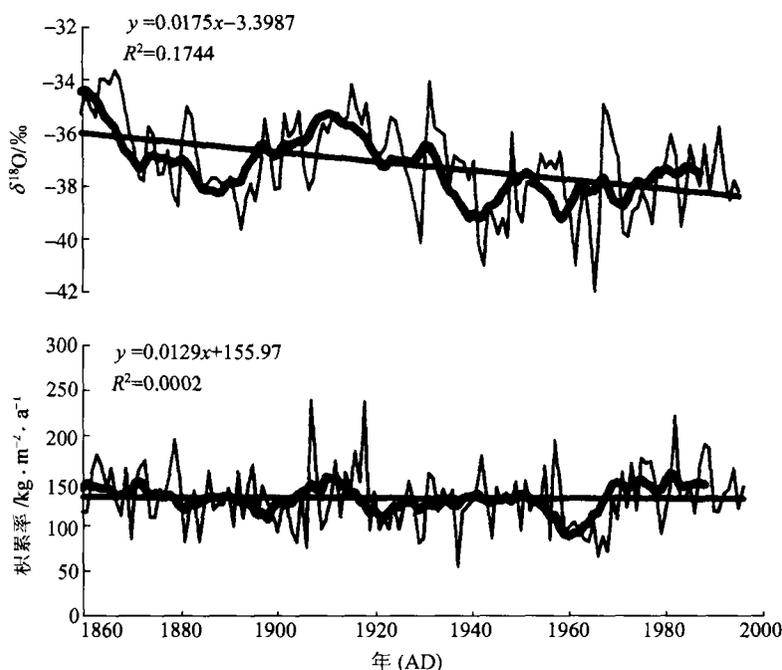


图3 南极洲伊丽莎白公主地区 1860~1996 年  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率变化曲线图  
细曲线为年平均值,粗曲线为 11 a 滑动平均值,直线为一元线性回归曲线,左上角  
公式为回归公式

及积累率都是 250 a 来的最高值,而 1891~1940 年的积累率相对气温来说偏低,维持在 250 a 来的平均值水平上,最为特殊的是 20 世纪 40 年代以来, $\delta^{18}\text{O}$  低于 250 a 来的平均值,而积累率却高于 250 a 来的平均值,即气温和降水表现出异向性。

表 1 不同时期  $\delta^{18}\text{O}$  和积累率的平均值

年份	$\delta^{18}\text{O}/\text{‰}$	积累率/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$
1941~1996	-38.14	132
1891~1940	-36.69	127
1841~1890	-36.25	136
1791~1840	-37.77	130
1745~1790	-39.16	112
1745~1996	-37.44	127

为了进一步分析伊丽莎白公主地区  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率的变化情况,我们计算了本地区  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率的标准差(表 2)。

表 2 伊丽莎白公主地区  $\delta^{18}\text{O}$  及积累率不同时期的标准差

年份	$\delta^{18}\text{O}$ 的相对标准差/%	积累率的相对标准差/%
1860~1996	4.49	26.63
1745~1860	3.79	26.55
1745~1996	4.19	26.60

从表 2 中可以看出,无论是 1745~1860 年,还是 1860~1996 年,积累率的变化幅度都比较小,而  $\delta^{18}\text{O}$  在 1860~1996 年的变化幅度明显大于 1745~1860 年的变化幅度,即降温过程的变化幅度大于升温过程中的变化幅度.

### 3 结语

综上所述,南极洲伊丽莎白公主地区 250 a 来的积累率和气温变化情况可以明显的以 1860 年为界分为两段,尤为特殊的是在整个南半球一百多年来升温的趋势下,本地区百年尺度上却出现明显的降温现象,这可能与局地大气环流和风场等因素有关,伊丽莎白公主地区位于 Lambert 冰川流域东侧,而 Lambert 冰川流域作为东南极冰盖最大的凹谷,使其周围的大气环流和风场更为复杂,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.

### 参 考 文 献

- 1 李忠勤,等. 南极洲伊丽莎白公主地区冰雪中  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$  和  $\text{Ca}^{2+}$  年层效应初探. 科学通报, 1999, 44(19): 2114
- 2 张明军,等. 南极洲伊丽莎白公主地区两雪坑内环境气候时间序列记录初步研究. 极地研究, 1999, 11(1): 19
- 3 张明军,等. 南极洲伊丽莎白公主地区 250 a 来火山活动记录研究. 自然科学进展, 2000, 10(10): 920
- 4 张明军,等. 南极洲伊丽莎白公主地区气候特征分析, 地理研究. 1999, 19(1): 60
- 5 Dansgaard W. Stable isotopes in precipitation. *Tellus*, 1964, 16: 436
- 6 Jouzel J, et al. Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycles (160000 years). *Nature*, 1987, 329: 403
- 7 Isaksson E, et al. A century of accumulation and temperature changes in Dronning Maud Land, Antarctica. *J Geophys Res*, 1996, 101 (D3): 7085
- 8 Jone P D, et al. Surface air temperature and its changes over the past 150 years. *Reviews of Geophysics*, 1999, 37: 173
- 9 Raper S C B, et al. Recent temperature change in the Arctic and Antarctic. *Nature*, 1983, 306: 458
- 10 姚檀栋,等. 冰芯记录所揭示的青藏高原升温. 科学通报, 1994, 39(5): 438
- 11 秦大河,等. 东南极洲 Wilkes Land 地区冰盖浅表层内的历史气候记录. 中国科学, B 辑, 1989, (6): 659
- 12 Morgan V I, et al. Evidence from Antarctic ice cores for recent increases in snow accumulation. *Nature*, 1991, 354: 58
- 13 Qin D H, 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