

# 南极地区地面温度序列的建立及研究<sup>1)</sup>

贾朋群 卞林根 陆龙骅

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

## 提 要

分析了南极地区自 1895 年以来考察队零散观测和少数考察站的温度资料, 结合国际地球物理年以后连续观测的温度资料, 建立了近百年来年平均气温序列并计算了其变化趋势。结果表明: 南极地区的变暖趋势十分明显, 气温比上个世纪末至少增加了 1℃。

关键词: 南极地区 早期温度记录 地面气温序列 变化趋势

## 引 言

人类认识南极的历史仅有百余年, 仍有很多未知的问题等待着科学家们找出答案。对南极地面温度的观测几乎与南极考察的历史一样悠久。但是, 在 50 年代以前, 只有 4 个常年气象站位于 45°S 以南, 虽然 1957—1958 国际地球物理年以后, 许多国家在南极设立了科学考察站, 但直到目前, 在约占南半球表面 10% 的南极大陆上, 仍仅有 30 余个常年气象观测站, 而且这 30 余个站的分布也不很理想。因此南极这块地球上最寒冷的大陆, 无论是从历史上看还是就目前状况来说, 仍然是气象资料最为匮乏的地区之一。

然而从本文的介绍中我们可以发现, 尽管在南极这一特殊地区存在着许多无法克服的困难, 但是经过多少代探险者、考察队员和科学家们的共同努力, 目前对南极地面温度的变化, 无论是从时间上还是从空间上, 以及它与全球大气系统的关系等方面, 都有了許多相当肯定的认识<sup>[1-4]</sup>。这些认识的取得及进一步提高和完善, 将不仅对人类认识南极

有着重要的意义, 而且也是全面认识和预测全球环境和气候变化的不可缺少的内容之一。

## 1 国际地球物理年前的南极地面温度记录

由于南极被南大洋包围远离其它文明大陆, 人类最早接触南极地区是由航海开始的。在十六世纪初人类大规模捕捉海豹前夕, 就有许多船只在南极地区航行。但是直到 1840 年才由美国探险家 Wilkes 发现在地球南端存在着大范围的陆地。在十九世纪末二十世纪初人类真正踏上南极时, 西方发达国家的气象仪器已相当完备, 这就为早期探险者进入南极进行地面气象观测创造了条件。上个世纪的最后两年, 1898 年由 Gerlaghe 率领的比利时考察队在被海冰围困的 Belgica 号船上首次在南极越冬, 1899 年 Borghgrevink 率领的英国考察队首次在南极大陆的 Cape Adare 越冬。他们均留下了最早的长达一年以上的南极地区单点温度观测资料。他们的壮举也开创了人类南极考察史上的“英雄时代”。

1) 国家南极攻关 85-905-05 课题资助项目。

在十九世纪末到二十世纪中的半个多世纪里,包括 1882—1883 年和 1932—1933 年两次国际地球年,大量的船只开赴南极。进入南极地区的航行大致可分为两类,即捕捞船队和南极考察探险船队。值得庆幸的是无论是哪种船只几乎都有气象或海洋学家随船开展各种气象和海洋观测。虽然这种观测,特别是在商业船上进行的观测的主要目的是为了航行的安全和更有效的捕捞作业,例如观测海面温度以确定冷暖洋流,因为当时认为在两种洋流的交界面附近更容易捕捉到海豹。但在客观上为科学家们较早地认识南极创造了条件。例如著名的英国气象学家 H. H. Lamb 曾在 1946—1947 年随英国 Balaena 号船赴南大洋印度洋海域,他在沿途对南极地区的天气特征进行了全面的分析。在这些南极探险过程所获得的南极温度资料中,对本文的讨论有意义的是那些在南极地区停留并至少度过一个冬天或更长的考察队得到的资料。而更为有意义的是,如果这些早期探险者

的越冬营地,后来逐步演化为现代南极站或位于其附近,则这些早期的珍贵资料可以与以后直到目前相关站的连续 30 余年的记录相比较,从而为研究近百年来南极温度变化提供最为有力的证据。

由于南极大陆的严酷环境,在 100 余年以前,许多地区被称为是“不可接近地区”。早期登上南极大陆的地点主要是在南极边缘相对温暖地带,主要有:1. 南极半岛,2. Queen Mary 沿岸,3. Terre Adelie 地区,4. Ross 海东部,5. Ross 海西部。这些地区也大都都是目前南极站相对密集的地方。例如南极半岛上有 Faraday, Rothora 和 Bellingshausen 等长达近 40 年历史的考察站, Mirry 站就位于 Queen Mary 沿岸,法国的 Dumont d'urville 站就在 Terre Adelie 地区,而 Ross 海的东部和西部分别有 Mcmurdo 站和 Little America 站。在这些站中只有 Ross 海西部的 Little America 站在 50 年代末关闭后,再没有该地的连续记录。

附表 早期南极考察队得到的年平均温度( $T_M$ )及其与邻近格点近代平均温度(1957—1975 年)( $T_L$ )的比较

地点	时间/年.月.日	$T_M/^\circ\text{C}$ (年份)	$T_L/^\circ\text{C}$	差值/ $^\circ\text{C}$
1) 南极半岛地区				
Belgica 号船(海冰中)	1898. 3. 1—1899. 3. 13	-9.6(1898)	-9.6	0.0
(70°37'S, 88°35'W, 5m)				
Snow Hill 岛	1902. 3. 1—1903. 10. 31	-12.5(1902)	-9.5	-3.0
(64°30'S, 56°56'W, 13m)		-11.4(1903)	-9.5	-1.9
Port Charcot	1904. 2. 1—1905. 2. 15	-5.4(1904)	-3.6	-1.8
(65°04'S, 64°02'W, 9m)				
Port Circoncision	1909. 1. 18—1909. 11. 26	-2.8(1909)	-4.0	-1.2
(65°10'S, 64°10'W, 3m)				
Deutschland 号船(海冰中)	1912. 3. 6—1912. 11. 26	-11.2(1912)	-13.5	-2.4
(68°40'S, 41°30'W, 5m)				
Endurance 号船(海冰中)	1915. 1. 17—1915. 10. 27	-16.8(1915)	-15.8	-1.0
(72°49'S, 41°30'W, 5m)				
Water-boat Point	1921. 1. 17—1921. 12. 31	-3.3(1921)	-1.6	-1.7
(64°48'S, 62°43'W, 3m)				
Winter 岛	1935. 3. 4—1936. 2. 1	-4.6(1935)	-4.3	-0.3
(65°15'S, 64°16'W, 34m)				
Barry 岛	1936. 3. 12—1937. 2. 23	-7.0(1936)	-5.5	-1.5
(68°8'S, 67°6'W, 15m)				
Stonnington 岛	1940. 4. 1—1941. 3. 22	-5.8(1940)	-5.5	-0.3
(68°12'S, 67°2'W, 15m)				

地点	时间/年.月.日	T <sub>M</sub> /°C(年份)	T <sub>L</sub> /°C	差值/°C
2) Queen Mary 沿岸 Gauss 号船(海冰中) (66°2'S, 89°38'E, 2m)	1902. 2. 19—1903. 2. 18	-11. 5(1902)	-10. 5	-1. 0
The Grottoes (66°18'S, 95°1'E, 31m)	1912. 3. 1—1913. 2. 18	-14. 6(1912)	-11. 2	-3. 4
3) Terre Adelie 地区 Cape Denison (67°1'S, 142°41'E, 6m)	1912. 1. 31—1913. 12. 15	-13. 1(1912)	-11. 4	-1. 7
Port Martin (66°49'S, 141°24'E, 14m)	1950. 2. 14—1952. 1. 21	-12. 4(1913)	-11. 4	-1. 0
Dumont D'urville (66°40'S, 140°1'E, 14m)	1950. 2. 14—1952. 1. 21	-12. 0(1950)	-11. 1	-0. 9
	1952. 2. 18—1952. 12. 30	-12. 3(1951)	-11. 1	-1. 2
		-10. 9(1952)	-10. 9	0. 0
4) Ross 海东部 Cape Adare (71°18'S, 170°10'E, 6m)	1899. 2. 18—1900. 1. 28	-13. 9(1899)	-12. 6	-1. 3
Hut Point (77°51'S, 166°45'E, 3m)	1902. 2. 9—1904. 2. 15	-17. 7(1902)	-17. 3	-0. 4
Cape Royds (77°33'S, 166°9'E, 8m)	1908. 3. 2—1909. 2. 28	-19. 3(1903)	-17. 3	-2. 0
Cape Evans (77°38'S, 166°24'E, 20m)	1911. 1. 1—1912. 12. 31	-15. 9(1908)	-17. 0	1. 1
Cape Adare (71°18'S, 170°9'E, 6m)	1911. 3. 1—1912. 12. 31	-18. 0(1911)	-17. 0	-1. 0
Cape Evans (77°38'S, 166°24'E, 20m)	1915. 3. 25—1917. 1. 8	-16. 0(1912)	-17. 0	1. 0
		-14. 2(1916)	-17. 0	2. 8
5) Ross 海西部 Framheim (78°38'S, 169°37'W, 11m)	1911. 4. 1—1912. 4. 29	-13. 8(1911)	-12. 6	-1. 2
Little America I (78°34'S, 163°56'W, 9m)	1929. 2. 16—1930. 2. 17	-15. 1(1915)	-17. 0	0. 9
Little America I (78°34'S, 163°56'W, 9m)	1934. 2. 9—1935. 2. 3	-14. 2(1916)	-17. 0	2. 8
Little America II (78°34'S, 163°56'W, 9m)	1940. 2. 1—1941. 2. 1	-25. 5(1911)	23. 9	-1. 6
Little America V (78°16'S, 162°28'W, 45m)	1956. 3. 1—1958. 12. 31	-24. 8(1929)	23. 3	-1. 5
		-23. 7(1934)	-23. 3	-0. 4
		-23. 7(1940)	-23. 3	-0. 4
		-23. 6(1956)	-22. 8	-0. 8
		-22. 8(1957)	-22. 8	0. 0

附表分别给出了国际地球物理年前在 5 个地区登陆的南极考察队的登陆地点和停留时间,同时还给出他们得到的年平均温度及 1957—1975 年的平均格点温度<sup>[5]</sup>(详见第 3、4 节)。表中所列的 20 余支考察队所获的资料,是国际地球物理年以前半个多世纪仅有的南极地区仪器观测资料。利用这些零散和少数几个地区的资料,虽无法建立整个南极地区的仪器观测温度序列,但它们仍然是我

们定量估计南极百余年来温度变化的主要依据之一。而国际地球物理年以前南极历史温度的全面恢复,则将更加紧密地依赖于其它替代资料,特别是利用冰蕊研究的结果。

## 2 国际地球物理年以后南极地面温度观测

1957 年 7 月 1 日—1958 年 12 月 31 日的国际地球物理年,使南极研究从冒险的探测阶段过渡到目的明确的、并有大规模的国际间合作的科学考察和研究。地球物理年期

问,许多国家在南极大陆建立了常年考察站,使南极气象资料稀少的状况有了根本的改善。在目前南极大陆近 30 个常年站中,除 Faraday 站, Rothera 站, Bellingshausen 站, Esperanza 和 Orcadas 等少数几个站为 40 年代建立的以外,其余站均为 1957—1958 年国际地球物理年及以后建立的。

南极地面温度资料库的建立,自 1957 年以来已成为可能。在这方面澳大利亚南极局和英国东安及利亚大学都做了很好的工作。Jacka 等收集了南极几乎所有的月平均温度资料,经过可信性检验后出版<sup>[6]</sup>,供有关研究者使用。Jones 和 Raper 等人则利用南极近 20 个站的月平均温度资料,内插到 10 经度 $\times$ 5 纬度网格点上,从而得到面积加权的南极温度变化序列<sup>[7-11]</sup>。

图 1 给出南大洋(a)和南极大陆沿海地区(b)所有测站年平均温度距平序列。Jacka 给出的人工测站温度资料中<sup>[12]</sup>,绝大部分序列始于 1957 年,各站年平均温度距平为相对 1957—1989 年的距平值。南大洋测站的温度序列包括了南大洋部分测站,约有 15 站的资料始于 1945 年以前。各个平均温度距平为相对 1945—1989 年的距平值。

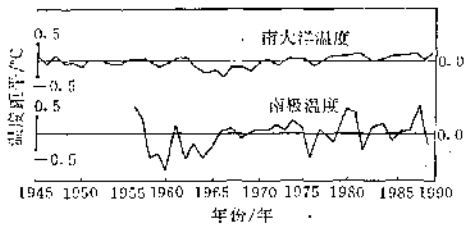


图 1 南大洋(a)和南极大陆沿岸(b)年平均温度距平序列

图 2 为面积加权 60—90°S 温度变化序列及资料的覆盖率(取自 Jones 等人资料库)。考虑到各站的拔海高度不同等原因,为简化起见,在利用距离倒数加权最佳拟合方法进行网格点内插时,各站温度为相对 1957—1975 年的距平值。对任一网格点,当

最近的 6 个站全部位于 90°角以内或与最近的站的距离 $\geq 556\text{km}$ 时,则该格点为缺测。

南极温度序列的建立,无论是单站观测序列,还是格点化资料,都是南极气候变化研究的首要工作。而且,由于极地特有的冰雪反馈机制,南极温度变化对于全球气候和环境变化具有重要的指示意义,因而对全球温度变化的研究也具有重要的意义。

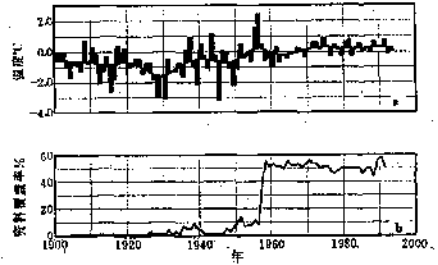


图 2 南极(60—90°S)温度距平变化序列(a)(相对 1957—1975 年平均值)及资料覆盖率(b)

### 3 百余年来南极温度的变化趋势

从前面的讨论中我们知道,整个南极的温度序列始于 1957—1958 国际地球物理年,即仅有 30 多年的历史。南极近百年来仪器观测到的温度变化,只能从少数几个点 1957—1958 国际地球物理年以前的间断记录与以后 30 多年的连续温度记录相比较,得出以管窥豹的结论。图 3 给出附表所列 5 个地区的代表站的年平均连续温度序列及其经过处理为可比的附表所列早期零散温度记录<sup>[5]</sup>。同时给出的还有 Orcadas 站(60°S 以南记录最长的站)长温度序列和 1957 年以来南极平均温度序列。

Little America 站仅有 1911—1958 年 48 年的不连续记录,该站 1958 年底关闭。在这 48 年的记录中,温度增加了大约 1.3°C。McMurdo 站的情况是 5 个地区中唯一有变冷趋势的站。但该站 1899—1916 年的记录很值得怀疑<sup>[5]</sup>。而其它站在本世纪最初几十年中的温度,显然较 70 年代以后的平均温度要低。

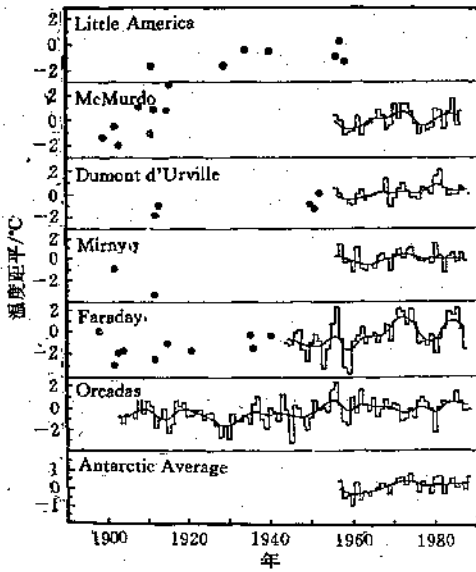


图3 南极地区和5个代表性测站的年平均温度距平序列(细线)高斯法10年滤波序列(粗线)以及考察资料(黑点)

除 McMurdo 站以外,其它地区年温度的线性增暖趋势至少在  $2^{\circ}\text{C}$ 。而 Orcadas 站 1903—1988 年长温度资料序列温度增加了  $1.4^{\circ}\text{C}$ 。然而,这些估计计算的可靠性有限,主要由于早期资料时间上非常零散,而且年平均温度的估计准确度也无法和现代温度记录相比。另外,从南半球  $0^{\circ}$ — $60^{\circ}\text{S}$  的温度变化来看,二十世纪最初十年的温度较 1890—1899 年和 1910—1919 年明显偏冷。因此,认为对南极范围的温度变化的最佳估计是目前温度较二十世纪的平均值至少高出  $1^{\circ}\text{C}$ <sup>[5]</sup>。这一估计的量级与南半球其它陆地和海洋的温度变化也有较好的吻合<sup>[7,11]</sup>。这一增温幅度还是相当可观的,因为北极地区自 1901 年以来温度仅增加  $0.35^{\circ}\text{C}$ <sup>[14]</sup>。

尽管近百年来南极地区变暖较为明显,但最近 30 多年来,和全球因温室效应温度普遍升高的趋势不同,南极地区的温度变化趋势较为复杂。Van Loon 和 Williams 分析了 1956—1973 年南极站的温度变化趋势,发现

南极大陆靠太平洋一侧变暖而其它地区则变冷。他们认为这一相反的不同变化趋势同大气的长波运动有关<sup>[15]</sup>。然而这一反位相的变化趋势在 1974 年以后消失了<sup>[9]</sup>。和北半球的情形不同,南极地区平均的温度变化与南半球中低纬的温度变化相关性不显著<sup>[7]</sup>。

#### 4 结语

南极地区的温度记录,以 1957—1958 国际地球物理年为转折点,形成泾渭分明的两个时期。前一时期的观测是非常零散的,连续记录的时间一般在 1—2 年,而且温度观测的精度也相对较差,特别是一些深入南极内陆的早期考察队,由于温度很低,接近或低于水银的冻结温度,使观测受到很大影响甚至中断。因此,对这些早期的珍贵记录的使用,应留有余地。国际地球物理年以后的温度记录,虽有根本的改善,但仍存在着与其它大陆相比站点稀疏且分布不均的问题。这一问题的解决,近一、二十年来已显示出两种可能的途径,即在南极站点稀疏、环境严酷的地区投设自动气象站以及通过卫星资料反演。利用卫星资料虽然有可以覆盖整个南极的优势,但要得到可以和地面仪器观测的精度相当的资料十分困难,而且也有赖于以现有的观测网资料进行校正。这些重要工作的完成,在南极这一特殊的地区,必须借助于大规模的国际合作考察和研究,从而使南极科学研究水平迈向一个新台阶。

#### 参考文献

- 1 Polar Group, Polar atmosphere-ice-ocean processes. A review of polar problems in climate research. Rev. Geophys. Space Phys. 1980, 18, 525—543.
- 2 Budd, W. F., Antarctica and global change, Climatic Change, 1991, 18, 271—299.
- 3 Harris, C. M. and B. Stonehouse (eds.), Antarctic and Global Climatic Change. Belhaven Press, 1991.
- 4 Pittcock, A. B., Southern Hemisphere climate scenarios, Climatic Change, 1991, 18, 205—222.
- 5 Jones, P. D., Antarctic temperature over the present century a study of the early expedition record, J. Climate, 1990, 3, 1153—1203.

- 6 Jacka, T. H., L. Christou and B. J. Cook, A data bank of mean monthly and annual surface temperatures for the Antarctic, the Southern Ocean and South Pacific Ocean. ANARE Research Notes, 1984, 22. Antarctic Division, Dept. of Science and Technology, Kingston, Tasmania, 98.
- 7 Jones, P. D. et al., Southern hemisphere surface air temperature variations: 1851—1984. *J. Climate Appl. Meteor.* 1986, 25, 1213—1230.
- 8 Jones, P. D. and D. W. S. Limbert, A data bank of Antarctic surface temperature and pressure data. U. S. Dept. of Energy, Carbon Dioxide Research Division, Technical Report TR038, 1987, 52.
- 9 Raper, S. C. B. et al., Recent temperature changes in the Arctic and Antarctic. *Nature*. 1983, 306, P458—459.
- 10 Raper, S. C. B. et al., Variations in surface air temperature. Part 3: The Antarctic, 1957—82. *Mon Wea Rev.* 1984, 112, 1341—1353.
- 11 Sansom, J., Antarctic surface temperature time series. *J. Climate*, 1989, 2, 1164—1172.
- 12 Jacka, T. H. and W. F. Budd, Detection temperature and sea ice extent changes in the Antarctic and Southern Ocean. *Proceedings of a conference. Held June, 11—15, 1990 at the Uni. of Alaska Fairbanks, Alaska's land sea and space grant institution*, 1992, 69.
- 13 Folland, C. K. et al., Worldwide marine temperature fluctuations 1856—1981. *Nature*, 1984, 310, 670—673.
- 14 Kellit, P. M. et al. Variations in surface air temperature, part 2. Arctic Regions, 1881—1980. *Mon. Wea. Rev.* 1982, 110, 71—83.
- 15 Van Loon, H. and J. Williams, The connection between trends of mean temperature and circulation at the surface. Part 4: Comparison of the surface changes in the Northern Hemisphere with the upper air and with the Antarctic in winter. *Mon. Wea. Rev.* 1977, 105, 636—647.

## Antarctic Surface Air Temperature Series: Establishment and Research

Jia Pengqun    Bian lingen    Lu Longhua

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, PMRL., Beijing, 100081)

### Abstract

The instrumental meteorological observation over the Antarctic has started since the end of last century by early expeditions. The early temperature records, however, are confined mainly to a few coastal regions and somewhat irregularly spaced in time. So it is difficult to generalize temperature series for the entire continental area. Despite this, they are precious and vital when we consider the response of this remote continent in the global change over the past century.

The International Geophysical Year (IGY, 1957—1958) marked the great improvement of the observed meteorological data over the Antarctic. Since it is possible to establish a continuous temperature record for the whole continent.

The temperature trend in the last 100 years in the Antarctic can be estimated by comparing the temperature record prior to the IGY with the continuous record since IGY. The conclusion is that Antarctic air temperatures appear to be warmer, by at least 1°C, than those prevailing during the turn of last century.

**Key Words:** antarctic region    early temperature records    establishment and research