

《大气科学进展》丛书之十五

南极的天气与气候

W. Schwerdtfeger



WEATHER AND CLIMATE
OF THE ANTARCTIC

气象出版社

70-9/15

南极的天气与气候

W. Schwerdtfeger 著

(1104/6)

贾朋群 卞林根 张永萍译
林晔校

气象出版社

内 容 简 介

本书针对南极近百年的考察历史，特别是国际地球物理年以来在南极地区获取的大量资料，对南极的天气和气候过程作了广泛、细致的分析和研究，同时对前人的工作作了全面的概括，对至今尚未解决的或未完全解决的南极气象问题提出了作者本人的看法。

这是一部专门研究南极的天气和气候的专著。它对从事天气、气候、大气环流和大气模拟研究及南极考察和研究的工作者，以及海洋、水文和冰川学科的科研人员有很好的参考价值。

南极的天气与气候

W. Schwerdtfeger 著

贾朋群 卞林根 张永萍译

林 晔 校

责任编辑：陈云峰

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

中国科技情报研究所印刷厂印刷

气象出版社发行全国各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 字数：247千 印张：11.625

1989年10月第一版 1989年10月第一次印刷

印数：1—1200

ISBN 7-5029-0306-2/P.0172

定价：8.00元

译 者 的 话

本书是近年来由Elsevier科学出版公司出版的大气科学进展丛书的第15本，于1984年出版。作者主要针对南极近百年的考察历史，特别是国际地球物理年（IGY，1957—1958年）以来在南极地区获取的大量资料，根据气象学基本原理，对南极的天气和气候过程作了广泛、细致的分析和研究；同时对前人的工作做了全面的概括；对至今尚未解决的或未完全解决的南极气象问题提出了作者本人的看法。

作者长期从事极地气象学研究，特别在南极气象研究领域具有较深的造诣，发表了大量极有价值的论文。本书就是他数十年工作的结晶。

作者对在南极这一气象条件较为特殊的地区获取的气象资料的准确性问题尤为重视，书中对各个时期用不同方法得到的资料作了全面的分析，不是盲目地引用，而是对某些记录合理地提出怀疑并利用其它方面的信息作为南极天气和气候变化的佐证。这在其它气象学专著中还是不多见的，也是本书的特色之一。虽然不少学者对南极的天气和气候进行过研究，但由于南极和南大洋地区站点稀疏，资料匮乏，对很多问题还没有较深入的研究，也没有公认的研究成果问世，这是本书中对许多问题讨论不够深刻的原因之一。不管怎样，这部书是一部专门研究南极的天气和气候的专著。我们相信，随着更多的气象科研人员注意南极，研究南极，在不久的将来，南极气象研究一定会取得更多的进展，赶上人

类对其它地区的气象科学研究水平。

本书对从事天气、气候、大气环流和大气模拟研究和南极气象考察研究工作以及海洋、水文和冰川等学科的科研人员，在全面认识南极天气与气候上有很好的参考价值，对有关专业的学生和教师也不失为一本有益的参考书。

为了便于读者阅读，对于书中的某些内容或术语，译者作了一些注释，并对与本书主题关系不大的内容略作删节；译者还在书末给出了本书中出现的南极地名英汉对照一览表。

译者在翻译本书的过程中，参阅了国内出版的有关南极的文献；同时，得到了国家气象局陈善敏同志、国家南极考察委员会办公室和中国科学院地质研究所、兰州冰川冻土研究所等单位有关同志的热忱支持与帮助，在此表示感谢。

本书由国家气象局气象科学研究所极地气象研究室贾朋群（序言、第一、六章）、卞林根（第三、四章）和张永萍（第二、五章）翻译，由南京气象学院林晔编审通校全书并定稿。由于本书涉及内容较多，译者水平有限，译文中难免出现错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

1988年7月

序 言*

过去20年中，在南极及其周围海域，气象学、气候学和有关冰川学的研究已经取得了显著的进展。这些研究成果中，大部分直接或间接都涉及气候学问题。而关于南极大陆周围的海岸和地球上最大的荒漠之一、终年被冰雪覆盖的、难以征服的南极高原上那千变万化的“天气”，则很少有研究成果问世。对南极“恶劣天气”的实际含义来说，70多年以前诺敦斯克罗伊德、斯科特、沙克尔顿和莫森等人著名的探险活动的全面研究报告和旅行记录，至今仍是最好的情报源泉。

本书的目的，就是描绘这块南方大陆的气象特征以及与之联系的天气和气候问题，提供它们与周围海域冰况密切相关的最新描述，并尽可能作出解释。一些需要进一步实地考察和理论上进行探讨的问题，在书中也有详细的论述。这些内容想来不仅对气象学和气候学工作者，而且对那些过去和现在研究过极地地区的广大自然科学工作者来说，都是可以理解和从中受益的。为此目的，书中某些章节的部分内容，包括进了专业气象工作者并非必需的一般性陈述，而较繁的数学讨论则移到两个附录中去。

南极不同地区的温度季节变化特征，对于极地自然科学各个学科的考察是十分重要的，但许多站的完整资料序列却

*略有删节——译注

不易得到。在附录的两个表格中，给出了所收集到的资料，作者认为它比平均温度分布图更有用处。作者还提供了有关的原始资料和参考文献的目录。在书中适当的地方，直接引用了早年原始出版物中的片言只语。但这决不是说已经将所有的有价值的论文都作了恰当的处理，对于同行们细致的工作有些可能没有被充分提及，在此作者谨向他们表示歉意。书中引用的论文，其中约50%都是最近十年内发表的。我希望这本书能够有助于激励年轻的科学工作者对南极大气中的一个或几个问题进行深入研究。我相信，他们的这一努力是有价值的。

目 录

译者的话

序言

第一章 前言	(1)
1.1 南极洲的地形和周围冰带的范围.....	(2)
1.2 气象观测和仪器设备.....	(7)
1.3 极昼和极夜.....	(12)
第二章 近地面的辐射和温度状况	(15)
2.1 不同的辐射状况.....	(16)
2.2 辐射能量通量的年际变化和短期变化.....	(23)
2.3 高原上的短暂夏季和平缓冬季.....	(35)
2.4 对流层下部的强烈逆温.....	(40)
2.5 冰架上地表边界层中的冷空气.....	(52)
第三章 地面风	(55)
3.1 逆温风.....	(58)
3.2 东南极的下吹风.....	(84)
3.3 屏障风.....	(103)
3.4 其它值得注意的地面风类型.....	(131)
3.5 高吹雪.....	(147)
3.6 风寒问题.....	(153)
第四章 大气环流及其扰动	(155)
4.1 绕极涡旋.....	(155)
4.2 南大洋和南极沿海地区的气旋和反气旋.....	(173)
4.3 南极高原上的气压系统.....	(210)
第五章 气态、液态和固态的水	(215)

5.1 极地空气的水汽含量	(215)
5.2 水份穿越海岸线的向极区移动	(221)
5.3 云和雾	(227)
5.4 降水	(240)
5.5 累积作用	(253)
第六章 南极气候学若干问题	(261)
6.1 南极冰量收支	(262)
6.2 冰量的补充与气候	(264)
6.3 温度振动	(275)
6.4 气压的周期变化	(285)
6.5 南极和北极气候的简要比较	(288)
附录 1	(294)
附录 2	(302)
附录 3	(307)
附录 4	(316)
附录 5	(319)
附录 6	(322)
参考文献	(326)

第一章 前言

清晨，太阳把光芒洒向南极冰架。稍顷，厚厚的低空阴云伴随着北方相对温暖潮湿的空气滚滚而来，明亮的世界暗了下来。从云盖反射的阳光照遍天空，和地面的反射光交相辉映，长天和雪面融成一色。地平线消失了，也看不到影子，感觉不到离地面的深度或高度，也觉察不出起伏不平的雪沟⁽¹⁾和雪波，只留下无边的乳白天空。这就是探险者的苦恼、飞行员的祸根、气象学家的“天气”！

在另一时间和另一地点：气象学家C. T. Madigan已回到澳大利亚的家中，绝不会再梦见在过去的17个月里所经历的一切，包括有几次险些丧生的经历。现在，他再一次检查了记录，这是他在丹尼森角基地度过的第二个七月的月末。这里，最强的风暴到来时，风速达43米/秒，月平均风速为25米/秒，温度远远在冰点以下，空中经常是雪花飞舞。在丹尼森角基地，1912和1913年两年的平均风速大约为20米/秒，与之相邻的波特·马丁站1951和1952年的平均风速约为18米/秒。这些不同的风速将沿海小范围的气候区分开来。

显然，南极的天气和气候有其令人惊奇的特征，它激励着观测者走向冰天雪地，同时还向那些已经返回家园的南极大气的研究者提出了挑战，他们不仅仅要知道在南极发生了什么，而且还要说明为什么会发生。天气这个词本身在这里被

(1)原文为sastrugi(或Заструги, 俄语名)详见第三章——译注

理解为“大气及其短期变化的状态”，主要是从对生命和人类活动影响的角度来讲的。天气是根据温度、湿度、降水、云量、能见度和风向风速等要素确定的 (Huschke, 1959)。英语中 weather (天气) 一词和德语中 wetter (天气) 一词意义相同。但在俄语中同音的一个词 *ветер* 其含义为“风”而没有其他含义。这说明过去在东北欧，“风”这一天气要素对人类生存的绝对重要性；在 南极，今天仍是这样。气候一词可能被理解为某一指定地区的“天气的综合” (Huschke, 同上)，它由一些重要气象变量在通常为几十年的长时间内的统计集合表示。后一限制还不能严格地用于南极，否则，在 60°S 以南，就只有不多于两个站有“气候资料”，在北极圈以北，也有同样的情况。对气候⁽¹⁾一词起源的研究要追溯到古希腊。托勒密 (Ptolemy)，这位亚历山大的天文学家和他那个时代 (公元二世纪) 的地理学家们，根据最长白天的持续时间或最大的太阳高度角，即太阳的“倾斜”，划定了不同的气候带 (Hann 和 Knoch, 1932)。文艺复兴时期之后，这个词逐渐衍变成包括所有天气要素及其组合，而不只是日照这一个要素了。至于近代关心的气候变迁，是指均匀的多年气象变量序列产生的重要变化或变化趋势。当然，这在漫长的世代中已经被地质学和古生物学的证据所确认。

1.1 南极洲的地形和周围冰带的范围

南极大陆在许多方面都是独一无二的。在它的 14×10^6

(1) 气候 (climate) 由希腊文 *κλίμα* 衍变而来，原文是倾斜的意思——译注

平方千米的面积中，只有不到3%的区域至少在一年的部分时间里没有被冰雪覆盖。南极洲表面的平均高度为2300多米，与居第二位的亚洲相比，后者的平均高度仅为800米。东南极高原有 3.5×10^6 平方千米的表面在3000米以上， 3×10^4 平方千米的区域（中心在 81°S ， 77°E 附近）在4000米以上，它们全被积雪覆盖。高原主要部分的地形坡度小于 $1/500$ ，只有用经纬仪才能测出（图1.1）。这一坡度与 42 至 33°N 之间从密西西比河到落矶山脉东部边界的“大平原”的平均坡度基本相同。在许多实际问题中，这一坡度无关紧要，但在气象学中则不然。一般情况下，在对流层低层，等压面的坡度要小得多，但却具有很重要的意义。

与南极东部高原和缓的坡度形成强烈对比，在相对低得多的南极西部高原上，突出的埃尔斯沃思山脉有几个制高点，最高峰叫作文森山（5140米），位于 78.6°S 、 85.4°W ，在森蒂纳尔山脉（Sentinel Range）的南端附近。这些阿尔卑斯山型的山峰首先是由埃尔斯沃思和他的飞机驾驶员霍利克·凯尼（Hollick—Kenyon）于1935年在他们的单引擎飞机上发现的（Clinch, 1967）。

说到南极的洁净大气和大气中的气溶胶含量，令人感兴趣的是，在南极至少有5座活火山。最著名的是罗斯岛上的埃里伯斯（Erebus）山（3800米）。山上喷出的烟体成为风向标，使沙克尔顿和斯科特等早期探险者能够识别4000米高度上的盛行风向。再有就是麦克默多站以北位于 74°S 的南极横断山脉中的墨尔本山（Mt. Melbourne, 2730米）。第三个近年来活跃的火山点在欺骗岛（Deception Island）上（Baker等, 1969; Orheim, 1970）。1982年1月，在 65°S 、

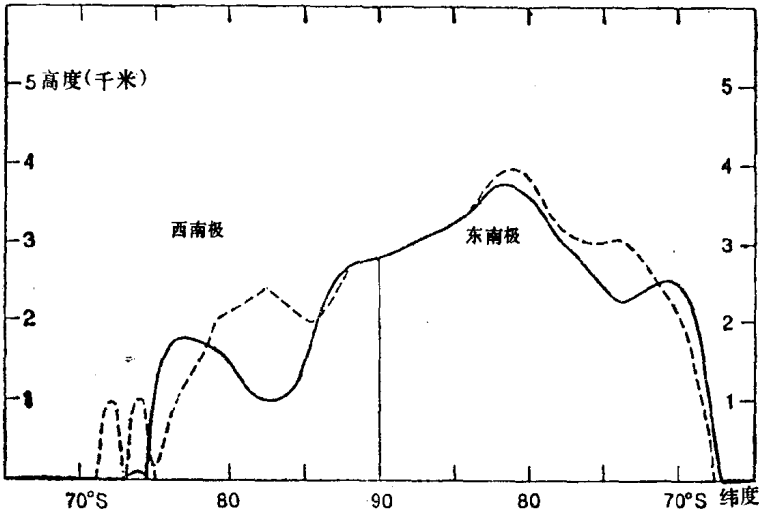


图1.1 南极东部和南极西部高度廓线的对比。实线是沿 120°W 和 60°E，虚线是沿 100°W 和 80°E，文森山在 85°W。尺度比率：1/558（图中 45°角相当于 1/558 的斜率）。

60°W 附近拉森冰架上突起的海豹冰原群山以南 220 千米处，观测到了两座小火山活动（Gonzalez—Ferran, 1982）。在玛廷佐站 1962—1972 年连续工作期间，这一地区没有发生火山活动，但 1893 年拉森发现海豹冰原岛峰⁽¹⁾时，另外二个冰原石山上有火山活动。

南半球高纬地区还有其他一些特征：南极高原是世界上两个最大的荒漠之一，另一个当然是撒哈拉沙漠。它们中的哪一个能称得上是第一，则要看选择者侧重于哪一方面(Lo-

(1) 原文为 Nunataks 为爱斯基摩语。指孤立的山峰或山丘，象岛一样兀立在冰原边缘附近的大片冰雪上——译注

ewe, 1974)。从很小的年累积作用来讲，M.Kuhn (1980) 选择了他非常熟知的南极高原。而非洲气候专家Griffith (1972) 依据在低纬地区应用的论据，选择了撒哈拉沙漠。正如第五章中将要讨论的，几乎整个南极荒漠都在东南极，而西南极的降水稍多一些。不管怎样，内陆雪盖表面因升华造成的(冰)质量损失很少，并且至少部分被积霜所补偿。因此，实际上落在地面的所有降水都有助于大陆巨大冰盖的维持。所以，地球上淡水总量的75%是以冰的形式存在，而这些淡水“有效贮存总量”中的90%在南极洲。

大陆边缘地区也有其特征：首先是巨大的冰架。最大的罗斯冰架面积约为 7×10^5 平方千米，近似等于得克萨斯州的面积，或为东西德国面积之和的两倍。这些冰架的衍生物，众多的小冰山和偶尔能见到的少数面积达 5×10^3 平方千米的巨型台式冰山，同样给人留下深刻的印象。

冰架以平均每年500到1500米的速率连续向前推进，(Robin, 1972)，可以对建在冰雪之上或冰雪之中的气象站构成严重威胁。菲尔希纳冰架上的埃尔斯沃思站，在向北移动了几千米并且站的南边出现了几条不祥的裂缝之后，于1963年被放弃了。

当冰山漂移到南大洋并慢慢破碎、散开和一点点融化掉时，大范围的海水显著冷却，从而使水面以上的空气降温。当雾形成并保持不散时，冰山对所在地区及其周围天气的影响立即就可以感觉出来(Lewis, 1975)。冰山冷却效应对更广大地区的气候有潜在的和更重要的影响，尤其是在南大西洋地区(Schwerdtfeger, 1979；在第六章中对这种冷却效应有更多的叙述)。

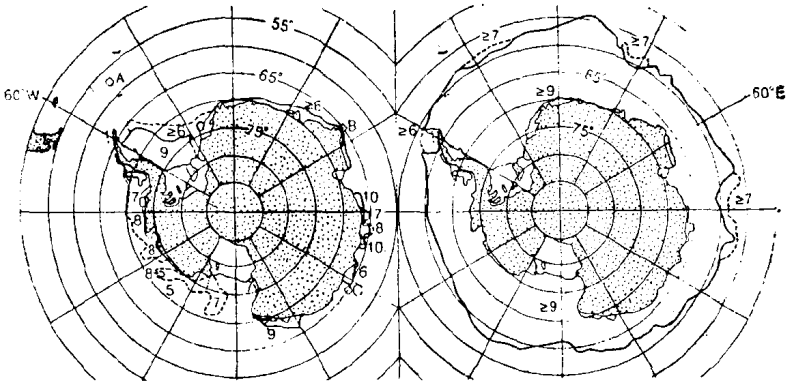


图1.2 1982年2月25日和9月16日南极冰界，根据美国苏特兰海军极地海洋中心每周冰况图。

(2月份图中若干冰山的尺度大小: A=65×28Km², B=37×28Km², C=37×15Km²)

在相同的意义上，围绕大陆的浮冰⁽¹⁾带范围的季节变化对于天气和气候也是很重要的，只是它更具有规律性，因为水能够吸收大部分太阳入射辐射，而冰则不能。这意味着无冰和被冰覆盖的极地海区的表面能量收支明显不同。图1.2给出1982年2月和9月十分之九以上面积被浮冰覆盖区域的界线。夏季和冬季结束时多年平均的海冰覆盖面积分别为4和22×10⁶平方千米(Gordon和Taylor, 1975)。

(1) 浮冰(pack ice)一词在广义上包括除沿海岸的固定冰(fast ice,是指在沿岸生成并和陆地紧紧连在一起的海冰—译注)之外的面积为任何大小的海冰而不管其形状怎样或是如何排列的(《WMO海冰术语表》，1970, T. P. 145, 147PP.)

1.2 气象观测和仪器设备

在这里，回顾一下过去在南极取得气象资料的方法和手段以及现在的情况。基本资料包括每小时或三小时一次常规地面天气观测和记录。在重要测站，还有每天一次或两次的高空大气观测。用现代术语可以说，这些观测提供了“地面真实”。即使有现代技术的帮助，年复一年，日复一日在南极测站保持高质量的观测和记录，也是一件非常艰巨和困难的工作。在开始观测的本世纪的第一个十年中，自然更要有英雄般的毅力。

对于整个大陆范围的研究和逐日天气分析以及日后的气象学解释，测站的数量和它们的特殊位置是最重要的。在附录表A1中，列出了所有 60°S 以南至少有两年气象记录的测站。图1.3标出了后面各章中提到的大部分测站的位置。需记住，过去的探险者们是没有能力来挑剔登陆点和站址的。有时，在沿岸发现一处无冰的海湾或连绵的固定冰可以登陆并且容易建造安全的冬季营房，他们就很幸运了。从最早的基地建成以来，不是所有的南极洲及其附近的考察站站址的选择都是从科学的角度出发或表现出国际合作精神的。欺骗岛（ 63°S ， 61°W ）的情况就是典型的例子。20多年来，三个不同的国家在岛上建立了考察站，彼此相距几千米。后来在1967年，该岛上的火山活动复发（Baker, 1968），大自然抹掉了这多余重复的三个站，由于站区遭灾这些站都被遗弃了。现在，岛上一个站也没有了。

对于气象研究更严重的问题，是极地很大一片沿岸地区测站十分稀少。虽然在 41°W 和 167°E 之间沿东南极海岸有20

多个站（至少工作了2年），但许多年来，从 162°W 到 69°W 整个南极洲占四分之一强的弧度区周围根本没有站。直到1980年，一个名为罗斯卡娅的考察站建在 74.8°S ， 136.9°W 。

至于所关心的测站数目，可通过对比说明如下：近几年在 60°S 以南 35×10^6 平方千米的面积上，有25个全年工作的气象站，而美国本土 9.5×10^6 平方千米的面积上有340个这样的气象站，单位面积的测站数是前者的50倍（美国/南极洲长年居民的比率接近 10^6 ）。南极大部分气象站是为1957/1958国际地球物理年（IGY）的科考活动而建的，并从此保留下来，一直工作至今。其中之一是在南极点的阿蒙森-斯科特站，海拔高度为2835米，现在已成为NOAA（美国国家海洋大气管理局）的四个监视“远离人类主要活动的地区的重要气候变化”的基本测站之一。1977年以后，站上配备了称为“洁净空气装置”的仪器。观测计划中包括下面一些熟知要素的连续观测：二氧化碳（见6.3.1节）、臭氧总量、地面臭氧、太阳辐射、湍流、大气气溶胶、卤化碳和气温、雪温、湿度、气压及风向、风速等气象变量。

在南极，1983年以前，至少有20年连续记录的17个气象站中，1个在 90°S ，6个在80到 70°S ，10个在70到 60°S 。当然，对一般极地气候研究来说，这些站作为获取资料的基地已经不算少了。但从对天气学研究的需要来讲，情况就并非如此。然而，这方面的大气科学研究在国际地球物理年之后的几年中前进了一大步：极轨卫星（图4.13a）的应用，特别是在例如 40°S 以南很少有岛屿、船只和飞机的南大洋上，这一新工具提供了许多使人惊奇不已的新情况。今天，卫星信息对天气分析和预报是绝对不可缺少的，任何其他技术成