

南极与全球气候环境的 相互作用和影响研究进展

主 编 周秀骥



科学出版社

南极与全球气候环境的 相互作用和影响研究进展

主编 周秀骥

科学出版社

1995

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本文集是参加“八五”国家南极科技攻关“南极与全球气候环境的相互作用和影响”项目的 30 余名专家所撰写的, 书中总结介绍了有关南极气候特征及其与气候变化的关系, 南大洋海洋环流通量特征及其对气候的影响, 南极冰雪圈特征及其与全球天气气候, 南极海-冰-气相互作用与边界层物理和南极臭氧等大气环境特征变化及对气候影响等近年来的国际研究进展, 对 1981 年以来中国南极气象研究的进展也作了简要回顾。

本文集对进一步认识南极及其在全球变化中的作用, 开展全球变化研究有一定的参考价值, 可供从事大气科学、海洋学、冰川学、环境科学、地理科学等学科的科研、业务人员和高等院校有关专业师生参考, 也可供进行全球变化研究的其它专业科技人员阅读。

南极与全球气候环境的 相互作用和影响研究进展

主 编 周秀骥

责任编辑 许贻刚

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

上海展望电脑广告公司印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1995 年 12 月第一次印刷 印张: 13

印数: 1-600 字数: 320 000

ISBN 7-03-004637-4/P·823

定价: 22.00 元

南极与全球气候环境的 相互作用和影响研究进展*

主 编 周秀骥
副主编 陆龙骅 高登义

撰稿人(按姓氏笔画排列):

于洪华 王 幸 卞林根 方宗义 曲绍厚 刘雷保 祁立新 李国庆
苏纪兰 吴辉碇 何安国 余鹤书 宋正山 汪大立 陆龙骅 陈隆勋
张永萍 张丽霞 张道民 苗育田 杨 辉 周国贤 周秀骥 胡筱欣
邵永祺 袁业立 贾朋群 高登义 康建成 梁湘三 彭公炳 温家洪
薛纪善

* 国家“八五”科技攻关 85-905-2 资助项目

前 言

南极地区具有全球最大面积的冰雪覆盖, 它的变化无疑严重影响全球气候变化, 对于气候年际变化预测来说, 这是一个必须考虑的因子。南极地区又是全球环境最干净的地区, 在该地区开展大气环境与化学的监测和研究, 最能说明现代人类活动对地球环境与气候的影响。因此, 全球变化研究中, 南极气候与环境变化研究占有极为重要的地位。

南极是国际科学界活动的舞台, 在南极取得的任何成果都带有世界性, 开展南极研究, 必须了解国际研究动态。任何在同等水平上重复研究的成果, 都是意义不大的。为此, 邀请参加南极科技攻关项目“南极与全球气候环境的相互作用和影响”的有关专家, 编写了本研究进展文集。本文集全面综合评述了国内外有关南极气候环境研究中已经取得的主要成果, 并能以此为起点, 明确我们面临的科学问题和进一步研究的重点。

本文集收集了 19 篇文章, 基本包含了南极气候环境研究的主要科学问题。其中南极气候特征及其与气候变化的关系方面的文章有 6 篇, 介绍了南极近代气候特征的研究、近代南极气候变化及其与全球和中国天气气候变化关系的研究、南半球大气环流的物理模拟实验、南半球中期数值预报及天气过程的数值试验研究、南极冰雪对大气环流影响的数值模拟和南北两半球相互作用与物质交换研究等方面的进展; 南大洋海洋环流通量特征及其对气候的影响方面的文章有 4 篇, 介绍了南大洋特定海区物理海洋学、南极绕极环流与太平洋水交换、南大洋环流观测与数值模拟和海冰数值模拟等方面的进展; 南极冰雪圈特征及其与全球天气气候方面的文章有 3 篇, 介绍了南极冰雪圈记录的环境变化信息、极地冰雪中的古气候记录和南极冰雪圈的时空变化及其数值模拟概况; 南极海-冰-气相互作用与边界层大气物理方面的文章有 2 篇, 介绍了南极大陆辐射和边界层的观测研究进展及极地海-冰-气相互作用的观测和模拟研究进展; 南极臭氧等大气环境特征的变化及对气候的影响方面的文章有 2 篇, 介绍了南半球大气臭氧层的主要特征和变化趋势及南极卫星气象研究; 南极天气及海冰监测和预报方法方面, 介绍了环球航行气象导航工作的进展。附录介绍了 1981 年以来中国南极气象研究的进展。

本文集是在“八五”国家南极科技攻关 85-905-2 项目支持下, “南极与全球气候环境的相互作用和影响”各课题组共同努力完成的, 在组稿和编辑过程中, 中国气象科学研究院极地气象研究室卞林根和科研管理处刘品等付出了辛勤的劳动, 科学出版社许贻刚同志为保证出版质量进行了认真的工作, 在此一并致以衷心的感谢。

周秀骥
1994 年 9 月

目 录

前 言	周秀骥
-----------	-----

一、 南极气候特征及其与气候变化的关系

南极近代气候特征的研究	陆龙骅 卞林根 张永萍 (1)
近代南极气候变化及其与全球和中国	
天气气候变化关系的研究	陆龙骅 卞林根 贾朋群 周国贤 (13)
南半球大气环流的物理模拟实验	李国庆 (24)
南半球中期数值预报及天气过程的数值试验研究	宋正山 张道民 杨 辉 (32)
南极冰雪对大气环流影响的数值模拟	陈隆勋 (44)
南北两半球相互作用与物质交换的研究	何安国 薛纪善 (48)

二、 南大洋海洋环流通量特征及其对气候的影响

南大洋特定海区物理海洋学研究进展	梁湘三 苏纪兰 (55)
南极绕极环流与太平洋水交换的研究概况	梁湘三 于洪华 苗育田 (74)
南大洋环流观测与数值模拟研究综述	袁业立 (81)
海冰数值模拟	吴辉碇 (86)

三、 南极冰雪圈特征及其与全球天气气候

南极冰雪圈记录的环境变化信息	康建成 温家洪 刘雷保 汪大立 王 幸 (115)
极地冰雪中的古气候记录	康建成 温家洪 刘雷保 汪大立 王 幸 (126)
南极冰雪圈的时空变化及其数值模拟概况	祁立新 彭公炳 (140)

四、 南极海冰气相互作用与边界层大气物理

南极大陆辐射和边界层的观测研究进展	卞林根 张永萍 高登义 (145)
极地海-冰-气相互作用的观测和模拟研究进展	高登义 卞永祺 (157)

五、 南极臭氧等大气环境特征的变化及对气候的影响

南半球大气臭氧层的主要特征和变化趋势	曲绍厚 周秀骥 陆龙骅 (167)
南极卫星气象研究	方宗义 胡筱欣 张丽霞 (175)

六、 南极天气及海冰监测和预报方法

环球航行气象导航	余鹤书 (184)
----------------	-----------

七、 附 录

中国南极气象研究进展(1981-1990)	陆龙骅 卞林根 贾朋群 张永萍 (187)
-----------------------------	-----------------------

南极近代气候特征的研究

陆龙骅 卞林根 张永萍

(中国气象科学研究院, 北京)

南极洲位于地球的最南端, 大部分地区终年为冰雪所覆盖, 自然环境恶劣, 气候寒冷, 暴风雪频繁, 是与北极和青藏高原齐名的地球上三大气候敏感地区之一。该地区很久以来就对探险家、科学家和各国政府有着巨大的吸引力。南极气象研究是随着近百年来南极科学考察事业的兴起而发展起来的, 近年来, 随着气象卫星、遥测和自动气象站等现代探测技术的广泛应用, 南极地区气象资料的获取有了很大的改善。南极是近年来国际合作的全球大气研究计划(GARP)、世界气候研究计划(WCRP)和全球变化研究计划(IGBP)关注的重点地区。我国在南极“八五”攻关项目中也开展了有关南极与全球气候环境的相互作用和影响的研究。

在关于南极近代气候特征的研究方面, 近年来有很多国家的科学家做了大量的工作, 其中较为系统的有: 南非气象局出版的《南极气象学》(van Rooy, 1957), 前苏联南极考察队编制的《南极图集》(CAЭ, 1966), 美国科学家编写的《南半球气象学》(van Loon 等, 1972), 《南极的天气与气候》(Schwerdtfeger, 1984), 前苏联学者编著的《南极地区的大气状况》(Долганов, 1986), 美国国家大气研究中心给出的包括南半球在内的《1000-1 hPa 全球大气环流统计图集》(Randel, 1987)和日本极地所编撰的《南极的科学-3 气象》(国立极地研究所, 1988)等, 此外在 1983—1993 年, 以美国气象学会为首组织的“南半球气象学和海洋学”国际学术会议上也发表了不少有关南极气候的研究论文(AMS, 1983; AMS, 1986; AMS, 1989; AMS, 1993)。

本文主要总结了近年来国外有关南极考察站网及南极近代气候特征研究方面的部分进展, 未涉及南极近地面辐射和热状况特征、南极极冰、南极臭氧和大气化学等方面的内容。

一、南极气象观测站网

南极气象观测是从南极探险开始的, 在早期的帆船探险时代, 人们只能依据探险者和在南极地区捕猎海豹和鲸鱼的船只提供的零星资料来认识南极, 对南极大陆所知更少, 也无法开展进一步的研究, 为此有不少科学探险者在南极恶劣的自然条件下献出了宝贵的生命。虽然从 1882—1955 年期间在南极和亚南极地区曾有 59 个科学考察站活动过, 但这些站大部分活动时间很短, 很多站活动一次后就被关闭。真正系统的南极气象观测始于 1957 年的国际地球物理年。在此期间, 通过广泛的国际合作, 有 12 个国家在南极和亚南极地区建立了 62 个科学考察站, 每个站都设有气象观测, 最大限度地收集气象资料(CAЭ, 1966)。由于受南极气候条件恶劣和巨额耗资的限制, 国际地球物理

年后,一些考察站相继关闭,维持至今的只有18个站。70年代以后,由于气象卫星、遥测和自动气象站等现代探测技术的广泛应用,以及参加南极考察的国家增多,南极气象观测和资料获取状况有了根本性的改善。目前在南极地区已有20个国家建立了52个有人气象站(地面观测站33个,地面及高空观测站19个)和64个自动气象站列入了全球天气监视网(WWW)或全球自动观测中继系统(ARGOS)。在1993年度通过全球电信系统(GTS)获得了南极地区65个地面站(包括自动站)和13个探空站的实时观测资料(WMO, 1993a, 1993b, 1993c; Colwell et al., 1993),其中也包括我国长城站和中山站的地面观测资料。近年来在南极地区早期的低分辨率卫星云图(APT)接收系统已逐渐为气象卫星高分辨率图象传输(HRPT)接收系统所取代,目前在南极已有8个HRPT接收站,利用HRPT资料不但可以获得清晰的数值化卫星图象,还可以通过反演获得大气臭氧总量,海冰分布和各层大气温度分布等资料。南极地区各气象台站的基本情况可见表1(WMO, 1993a, 1993b, 1993c; Colwell et al., 1993)。此外,在南极沿海地区作业的科考察船和漂移浮标也可提供有关的资料。南极气象观测站网为监测和研究南极地区的天气气候变化及其对全球变化的影响作出了重要贡献。

二、南极近代气候特征

(一) 温度

国际地球物理年以来,随着南极地区气象资料的增多,很多科学家都对南极地区的地面气温分布作了研究,给出了南极大陆及其周围地区的年平均温度及特征月份的平均地面气温分布图(САЗ, 1966; NWRC et al., 1967; Taljaard et al., 1969; Долганов, 1986)。在南极大陆上,地面气温的等温线分布图与等高线分布图十分相似,无论那个季节,温度的低值中心都不在极点,而是位于东南极 $80^{\circ}-85^{\circ}\text{S}$ 南极高原海拔3500米处,在该处年平均温度大致为 -55°C — -60°C 左右,1月份平均温度为 -36°C ,7月份平均温度为 -72°C 。气温从沿海向内陆急剧降低,尤其是在地形坡度很大的东南极沿岸地区等温线非常密集。地面气温与海拔高度有着密切的关系。在南极大陆内部,年平均气温随高度的直减率比大气的干绝热递减率 $1.0\text{K}/100\text{m}$ 要大。通常在积雪层内部深度越深,就越没有短周期的温度变化,离地10m深处的雪温就可以大致用来表示该处的年均气温。在瑞穗高原,根据10m深处的雪温,求得的年平均气温随高度的递减率在0—1000m是 $0.8\text{K}/100\text{m}$ 、1000—3000m是 $1.3\text{K}/100\text{m}$ 、3000m以上为 $2.0\text{K}/100\text{m}$ (Satow, 1978), Radok(1973)估计了整个南极大陆地区气温随高度变化的递减率,在包围东南极高原的带状区雪温递减率可以达 $2.0\text{K}/100\text{m}$ 以上。

南极气候的最大特点之一,是气温极低。1983年7月21日在南极高原的东方站测得的地表极端最低温度为 -89.2°C (Долганов, 1986),这是现今世界上记录到的最低气温。而在北半球,气温最低值是在西伯利亚的奥伊米亚康(Oymyakon, 63°N , 143°E , 海拔740m)测得的 -71°C (Lyndolph, 1977),北半球的平均温度和极端最低温度都要比南极地区高 20°C 左右,与南北极地区海陆分布状况有关。

南极地区温度变化的另一特点是短暂的夏季(pointed summer)和“无心”的冬季(coreless winter)。夏季十分短暂,且变化较为明显,而在冬季,则相当平缓,无明显的低值(Schwerdtfeger, 1984)。南极地区这种特有的夏季和冬季近地面温度年变程基

本上是由辐射状况造成的, 南极中山站极夜和极昼期间的净辐射的变化也具有这一特征(陆龙骅等, 1992)。

对流层下部的强烈逆温也是南极大陆温度的一个明显特征。强烈的逆温主要出现在冬季, 而在夏季除高原上仍存在较强的逆温外, 大部分地区温度是按直减率随高度而下降的。Phillpot 等 (1970)给出了南极大陆冬季 6—8 月逆温层的平均强度, 逆温层平均强度等值线的分布大体与年平均温度分布相近, 在南极高原腹地最大值为 25°C , 而在大陆沿海地区则只有 $5-10^{\circ}\text{C}$ 。

(二) 地面风

南极是地球表面大风最多最强的地区。南极地区的近地面风对野外科学考察和生活环境有重大的影响, 在早期的帆船探险时代, 能否靠近南极大陆的关键在于能否闯过咆哮西风带的惊涛骇浪。

在南极大陆沿海地区, 最大风速通常可达 $60-80\text{m/s}$ (Долганов, 1986), 极端最大风速是 1976 年 6 月在迪·迪维尔地区测得的 96m/s (Wendler et al., 1984)。在南极内陆地区, 随经度增加风速逐渐减弱, 在南极点附近, 最大风速在 30m/s 以下 (Schwerdtfeger, 1984)。

近地面风受局地影响很大, 在南极地区影响较大的地区性风为下降风、逆温风、屏障风和焚风。南极大陆的下降风(Katabatic wind)是地球上尺度最大的局地风, 它是在倾斜地形上冷空气受重力作用下滑而形成的。此类风在东南极大陆沿海地区表现最为突出, 地形坡度越大, 在近地面层中稳定的冷空气团流动得越快, 形成的下降风也越大。在南极高原上, 经常会出现强烈的逆温, 由此而产生的风为逆温风(Inversion wind)。这是一种在地面附近产生的沿倾斜方向下沉的气流, 与下降风相比向下输送冷空气的效率低, 所以维持的时间也长。下降风和逆温风可用罗斯贝数来区分: 当罗斯贝数大于 1, 也就是惯性力大于科里奥里力时, 定义为下降风, 而当罗斯贝数小于 1 时则为逆温风(Schwerdtfeger, 1984)。除下降风和逆温风外, 屏障风(barrier)和焚风(foehn)是南极地区出现的另二种较有特色的地方性风。屏障风指的是平行于连绵山脉的低层冷风, 主要出现在南极半岛东侧和 77°S 以南的南极横断山脉地区(Schwerdtfeger, 1984)。焚风是由于气流过山, 在背风坡下沉增温而造成的。在南极半岛东侧, 已测得屏障风的最大阵风为 86m/s , 焚风的最大阵风为 61m/s (Schwerdtfeger, 1984)。对于南极大陆近地面风的平均状况, 已有人根据实测资料给出了各考察基地的盛行风向和风速 (Schwerdtfeger, 1970), 根据观测站的盛行风向和横穿南极高原的记录推断作出了地面平均风场(Mather et al., 1967)及年平均风速和最大风速分布图(Долганов, 1986), 总的说来高原内部的风要比高原斜坡和沿岸地区弱得多。

(三) 云和降水

云是气候的重要特征之一, 通过云可以间接了解大气环流和天气系统的特性。云是地球-大气系统的动量、热量、水分传输和平衡的关键因素, 在进行气候数值模拟时也是不可忽视的。南极的云是通过卫星及南极测站目测资料获得的。由于南极大部分地区为冰雪所覆盖, 完整地获取南极上空完整的云资料十分困难。目前人工目测云量虽带有主观性, 但仍不失其参考意义。前苏联科学家利用南极不同地区 68 个站的观测资料初

步分析了平均总云量和晴天及阴天出现频率的逐月平均空间分布(Завьялова, 1976)并给出了南极平均总云量和低云量分布图(Долганов, 1986)云的分布具有明显的地方性和靠近海岸线梯度增加的特点,基本上是以同心不规则闭合区,从内陆向沿海云量增大。在高原顶部(3000m以上)年总云量在4成以下,而低云却几乎不出现。在海上则存在年总云量在9成以上的气候极端恶劣的地区。

通常在内陆地区高云多,而在大陆沿岸地区则以中云为主,如在南极大陆腹地的东方站高云(Ci, Cs, Cc)出现的频率为53%,中云(Ac, As)为9%,低云仅占1%,晴天出现的频率为38%;在东南极大陆沿岸的青年站,高云减少为22%,中云增加为42%,低云则为24%(Аверьянов, 1972, 1975)。

南极洲的降水几乎全部是雪,由于频繁的吹雪使南极地区降水的测量十分困难。由雷达所获取的资料表明,实际降水量仅可能为未经订正的测量值的50—60%。特别是在东南极沿海地区,由于受强风暴的影响,用雨量筒进行降水测量完全是徒劳的,很多台站都已不进行雨量筒观测(Schwerdtfeger, 1984)。

前苏联南极考察队曾制作了南极地区年降水量、全年和各季节代表月份的降水频率分布图(САЭ, 1966),其中南极大陆地区的降水量是由订正蒸发及估计积雪量所求得的。也有人研究了南极大陆的水分平衡,给出了南极大陆上冰雪的年累积量分布图(Giovinetto, 1968; Bull, 1971),也可以获得有关南极地区年降水量相对分布的概念。在南极高原海拔3000m以上的地区,年降水量仅为30—50mm,与沙漠地区的降水相当,因此这里也称为“白色沙漠”。但在沿海地区降水量迅速增大,在许多地区年积雪量比内陆大10倍以上;在南极半岛及乔治王岛地区,降水量则可以超过500mm。据估计,南极大陆的平均降水量大致为140—170mm(van Loon et al., 1972)。

(四) 天气系统和大气环流

由于资料的限制,对南极地区天气系统和大气环流的研究开始得很晚。第二次世界大战以后,美国绘制了从1948年7月到1951年6月三年间的南半球逐日海平面天气图(Rubin, 1952),国际地球物理年后,美国、前苏联、澳大利亚等都断断续续地分析过南极地区的海平面、700hPa、500hPa和300hPa天气图。气象卫星上天,南极地区资料获取情况有了新的改善。目前较为完整的南半球网格点资料是由美国大气研究中心(NCAR),欧洲中期数值预报中心和美国国家气候资料中心(NCDC)制作的,他们给出1972年以来南半球海平面气压及500hPa及300hPa高度和温度资料,全球 2.5×2.5 网格点上1980年以来,从地面到100hPa各标准层的位势高度、温度、风和湿度等资料,为进一步开展南极地区天气系统和大气环流的研究提供了必要的条件。

1. 天气气候系统

气团、锋和极地气旋是南极地区的三个主要的天气气候系统。

(1) 气团: 气团指的是气象要素水平分布比较均匀的大范围的空气团,是天气气候研究的重要对象。气团的形成和变性必然会对所在地的天气气候特征发生影响。

Taljaard(1969)根据南半球下垫面物理性质和低层大气平均环流特性对南半球气团及其源地进行了讨论。南半球的气团主要可分成六类,即热带海洋气团(MT),热带大陆气团(CT),极地海洋气团(MP)南极海洋气团(MA)及南极大陆气团(CA)。在南极大陆上空无论冬夏都受南极大陆气团所控制;而在南极大陆外围的海洋及亚南极地区,夏季

受极地海洋气团控制, 而冬季则依次受南极海洋气团和极地海洋气团所控制。在中高纬度气团总的来说是稳定的。

(2) 锋: 锋面是影响南极地区天气气候的重要天气系统。

鉴于目前在南极地区台站密度远小于人类活动的其它地区, 尤其是南大洋资料更少, 这些锋面在天气图上很难发现。目前大都是依靠卫星云图资料来确定南极地区的锋面和气旋。

在锋面分析问题上, 现有的观点十分混乱, 原有的定义在南极地区不尽适用, 为此 Taljaard 和 van Loon(1964)把锋面定义为“相对正压的气团之间的狭窄的超斜压带”, 并不主张对越过锋面的温度变化给定具体的数值界线。他们对南半球锋面分析的各种型式进行了讨论, 在南半球中高纬地区的锋面大体上可分成下列二种类型:

①“蝴蝶”型: 冷暖锋交替相连, 在中纬度形成气旋族, 在高纬度地区有锢囚式的母体。

②“栅栏”或“进军”型: 冷锋从南方低压中几乎经向地向赤道伸展, 且分辨不出暖锋:

南极地区还存在着准静止的平均锋或气候锋, Taljaard(1968)利用锋面出现的频数区域分布和大气平均斜压性对此进行了研究, 并给出了冬季极锋(WPF)、夏季极锋(SPT)和冬季南极锋的气候位置。

(3) 极地气旋: 在南极大陆周围常年活动着许多极地气旋, 这些极地气旋有规律地自西向东移动, 是造成南极沿海地区低温、大风和暴雪的主要天气系统之一。

Taljaard(1967)利用国际地球物理年的详细资料对南极地区各季节每单位面积上的气旋分布作了统计。极地气旋经常高频数重复出现在环绕南极洲边缘的 30°E 、 75°E (春秋不明显), 115°E , $150^{\circ}-160^{\circ}\text{E}$, 160°W , 80°W 和 40°W 等经度附近的七个区域。气旋的主要路径是沿 60°S 或更高纬度向偏东方向移动, 向南分量不大。次要路径为与纬度线交角较大, 更接近南极大陆 (NWRC et al., 1967)。

根据卫星云图上云系判读出的气旋和根据风向、气压等气象要素推断出的气旋数目有较大的差别 (Streten et al., 1973)。在天气资料十分稀少的南大洋, 有些气旋在天气图上并不清楚, 但在卫星云图上涡旋云系的特征却十分清晰, 通常根据云图判读的气旋位置也较为准确。就 1 月而言考虑卫星资料后确定的气旋路径, 与由天气图分析所确定的气旋路径 (NWRC et al., 1967) 在南大西洋和印度洋地区最大偏差可达 10 个纬度以上 (国立极地研究所, 1988)。

在 50°S 以南地区, 极地气旋平均移动速度为 8—9 个纬度/天, 而在 $40^{\circ}-50^{\circ}\text{S}$ 之间则速度要略快一些 (9.5—9.7 个纬度/天) (Streten et al., 1973)。

2. 大气环流

由于南北两半球海陆分布状况不同, 南半球大气环流特征的季节变化都比北半球小, 南极地区的环流形势也要比北极地区简单。

在海平面气压分布图上 (Taljaard, 1969), 无论冬夏, 在南极大陆边缘地区都存在着环极低压带, 其中心经常位于 20°E , 90°E 罗斯海和南极半岛西侧等地区。在对流层底部, 南极大陆上空为一浅薄的冷高压。由于南极高原的平均高度达 2300m, 故极地高压仅存在于南极洲大陆的边缘地区。冬季从对流层中下部的 700hPa 起直到平流层顶附近的 1hPa 等压面上 (Randel, 1987), 南极地区都为一绕极冷涡 (极涡) 所控制。由

于受不对称的南极地形的影响,在500hPa等压面上,极涡中心偏向于西南极一侧;随高度增加,极涡的偏心程度减少,到300hPa以上的等压面上等高线和等温线都大体上为以极点为中心的同心圆(Schwerdtfeger, 1984)。南半球的极涡比北半球强,在30hPa等压面上,中心数值要偏低130位势什米,且中心更靠近南极点。在夏季,南极地区上空100hPa以下仍为极地冷涡所控制,纬向风为西风;而50hPa以上直至1hPa为一暖高压,纬向风变为东风(Labitzke, 1972; Randel, 1987)。与北半球相同,在由冬向夏转变时,冬末在南极平流层中也会出明显的平流层爆发性增温,通常高度场的转换要比温度场的转换落后三周左右(Miller et al., 1970);这种平流层爆发性增温与臭氧变化也存在着一定的关系(Tshida et al., 1969)。但总的说来,南半球很少有如北半球那么强烈的隆冬增温,且冬末或春季的平流层增温也开始得较晚(Craig, 1965)。

前苏联学者利用与研究北半球环流相同的方法对南半球的环流型进行了研究,划分了南半球环流型的纬向过程(E)和经向过程(Ma和Mb);对南北两半球环流型进行了比较,并研究了两半球环流的相互作用(Рыжиков, 1981), Newton对南半球大气环流与全球能量和动量平衡的关系进行了研究,讨论了角动量的产生和输送、涡旋输送、水分平衡和能量平衡等问题(van Loon et al., 1972)。

(五) 气候区划

根据所要解决的问题,不同作者利用不同的分类分法讨论了南极地区的气候区划和气候分类问题。

Sabbagh(1962)不仅考虑地面的气候要素,还考虑高层大气的气候值,在内陆地区划分了二个区,沿岸地区划分了七个区,这些区域都存在不同的天气气候特点。

前苏联南极考察队(САЭ, 1966)主要根据南极地形,并结合温度、降水等特征进行了气候区划,其中在60°S以南有南极高原区、南极坡地区、南极沿岸区和南极浮冰区等区域,其中南极高原区为地球上最严峻的气候区,夏季日平均温度为-30℃—-35℃,冬季在-70℃以下,该区中心地带的气压大致为600hPa,经常为晴天、少风天气,年降水量仅20—60mm,空气十分干燥。

Dalrymple(1966)考虑了气温、最低及最高温度、风速、降水量及风寒指数(wind chill index)等要素在南极高压地区划分了寒冷核心气候带、寒冷内陆气候带、寒冷下降风气候带和寒冷过渡气候带等四个区域。其中的寒冷核心气候区、寒冷内陆气候区和寒冷过渡气候区所在的位置与CA划分的南极高原区大体相当。

日本学者根据年平均温度和年平均风速把南极大陆划分为高原寒极带、寒冷下降风带、冰架、沿岸下降风带及南极半岛等五个区域(国立极地研究所, 1988),其中的高原寒极带包括南极点、高原站和东方站,年平均气温接近或超过-50℃年平均风速为5—6m/s;在这三个站上,极端最低温度分别为-80.6℃、-86.2℃和-89.2℃。南极半岛是有极大陆上最温和的地区,年平均气温为-5℃左右,年平均风速为5m/s。沿岸下降风区的年平均温度大致为-10℃,年平均风速为2—12m/s。

我国卞林根等(1989)曾根据南极地区的温度变化特点,用较为客观的办法对南极大陆区(AC),南极半岛区(AP)和南大洋流域(SP)等区域的温度变化特征进行了讨论。

表1 南极地区的气象台站 (资料截止: 1993 年 12 月)

国 别	站号	站 名	纬度(S)	经 度	海拔 (米)	气象报次数		其它观测 备 注
						地面	高空	
阿根廷	88963	埃斯佩兰萨(BASE ESPERANZA)	63° 24'	56° 59' W	13	8		日照
	88968	奥尔卡达斯(BASE ORCADAS)	60° 45'	44° 43' W	6	8		日射 日照 海况
	89034	贝尔格拉诺 2 号(BASE BELGRANO II)	77° 52'	34° 37' W	4	8		日射
	(6) 89053	尤巴尼(BASE JUBANY)	62° 14'	58° 38' W	4	8		
	89055	马兰比奥(BASE MARAMBIO, CMA)	64° 14'	56° 43' W	198	8	1	臭氧 日照 HRPT 接收
	89066	圣马丁(BASE SAN MARTIN)	68° 08'	67° 08' W	4	8		
澳大利亚	89564	莫森(MAWSON)	67° 36'	52° 52' E	16	8	2	夜光云 气溶胶 痕量气体 自然放射性
	89571	戴维斯(DAVIS)	68° 34'	77° 57' E	13	8	2	大气浑浊度
	89611	凯西(CASEY)	66° 17'	110° 32' E	15	8	2	HRPT 接收
	(6) 89567	多佛斯(DOVERS)	70° 14'	65° 51' E	1100	6		非正规观测夏季站
	89575	劳(LAW BASE)	69° 25'	76° 30' E	77	5		非正规观测夏季站
	89600	埃·戴维(E. DAVID)	66° 15'	100° 36' E	6			非正规观测夏季站
澳大利亚	89755	W. P. CHARLES (ARGOS ID 8561)	71° 10'	59° 07' E	2590	8		自动气象站 日照 (1993 年末活动)
	89757	(ARGOS ID 1178)	73° 50'	55° 40' E	2275	8		自动气象站
	89762	(ARGOS ID 1179)	68° 39'	60° 33' E	1850	8		自动气象站 日照
	89772	DEEP LAKE (ARGOS ID 1170)	68° 33'	78° 11' E	50	8		自动气象站 日照 (1993 年末活动)
	(10) 89803	(ARGOS ID 1173)	68° 29'	102° 10' E	2118	8		自动气象站 日照
	89805	(ARGOS ID 1172)	74° 08'	109° 50' E	3070	8		自动气象站 日照
	89810	CASEY AIRSTRIP (ARGOS ID 8042)	66° 17'	110° 48' E	390	8		自动气象站
	89811	LAW DOME SUMMIT (ARGOS ID 1174)	66° 43'	112° 56' E	1362	8		自动气象站 日照
	89812	(ARGOS ID 1175)	68° 24'	112° 12' E	1603	8		自动气象站 日照 (1993 年末活动)
	89813	(ARGOS ID 1171)	71° 36'	111° 15' E	2740	8		自动气象站 日照
巴 西		费拉兹(FERRAZ)	62° 05'	58° 24' W				非正规观测夏季站(未列入 WWW)
智 利	89056	弗雷(CMA, BASE FREI)	62° 25'	58° 53' W	10	8		日射 日照 冰 海况 放射性物取样
	(3) 89057	阿·普拉特(BASE A. PRAT)	62° 30'	59° 41' W	5	8		日照 冰 海况
	89059	贝·奥尔金斯(BASE B. O'HIGGINS)	63° 19'	57° 54' W	10	8		日照 冰 海况
中 国	89058	长城(GREAT WALL)	62° 13'	58° 58' W	10	4		日射 日照 地温 HRPT 接收
	(2) 89573	中山(ZHONGSHAN)	69° 22'	76° 22' E	18	4		臭氧 日射 日照 HRPT 接收
芬 兰	89014	ABOA (ARGOS ID)	73° 03'	13° 23' W		8		自动气象站
法 国	89642	迪·迪尔维尔(D. DURVILLE)	66° 40'	140° 01' E	43	8	1	臭氧 夜光云 日射总量 日照 地温
德 国	89002	诺伊迈尔(NEUMAYER)	70° 40'	8° 15' W	50	7	1	臭氧 日射 日照 积雪 大气本底
印 度	89514	梅特里(MAITRI)	70° 46'	11° 45' E		8		
意大利	89662	特拉诺瓦(TERVA NOVA BAY)	74° 42'	164° 06' E	80	4	2	夏季站
意大利		(ARGOS ID 7350)	74° 48'	163° 19' E	85			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7351)	73° 35'	166° 37' E	163			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7352)	74° 15'	163° 09' E	87			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7353)	74° 42'	164° 06' E	88			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7355)	73° 38'	160° 39' E	1983			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7356)	74° 41'	169° 29' E	1700			自动气象站(未列入 WWW)
		(ARGOS ID 7357)	76° 44'	163° 01' E	200			自动气象站(未列入 WWW)
日 本		(ARGOS ID 7379)	73° 04'	169° 07' E	200			自动气象站(未列入 WWW)
	89524	飞鸟(ASUKA)	71° 32'	24° 08' E	931	4		(1993 年末活动)
	(3) 89532	昭和(SYOWA)	69° 00'	39° 35' E	21	8	2	臭氧 日射 积雪 二氧化碳 潮汐 HRPT 接收
	89544	瑞穗(MIZUHO)	70° 42'	44° 20' E	2230	3		(1993 年末活动)
新西兰	89663	万达(LAKE VANDA)	77° 32'	161° 40' E	15	4		日射 地温 非正规夏季站 (1993 年末活动)
	(2) 89665	斯科特(SCOTT BASE)	77° 51'	166° 45' E	95			臭氧 日射 (1993 年末活动)

(续 表 1)

国 别	站号	站 名	纬度(S)	经 度	海拔 (米)	气象报次数		其它观测 备 注
						地面	高空	
波 兰	89052	阿克托夫斯基(ARCTOWSKI)	62° 10'	58° 28' W	2	4		日照 地温 海温 (1993 年未活动)
南朝鲜	89251	正宗王(JUAN CARLOS)	62° 13'	58° 45' W	11	4		日射
南 非	89001	萨纳埃(S.A.N.A.E. St.)	70° 18'	2° 21' W	62	8		日射 (1993 年未活动)
西班牙	89064	胡安卡洛斯(JUAN CARLOS I)	62° 40'	60° 23' W				夏季站
俄罗斯	89044	友谊 2 号(DRUZHNY 2)	77° 34'	40° 13' W	35	4		(1993 年未活动)
	89050	别林斯高晋(BELLINGSHAUSEN)	62° 12'	58° 56' W	16	4	1	
	89132	俄罗斯(RUSSKAYA)	74° 42'	136° 51' W	100	4		(1993 年未活动)
	89512	新拉扎列夫(NOVOLAZAREVSKAJA)	70° 46'	11° 50' E		4		臭氧
	89542	青年(MOLODEZNAJA)	67° 40'	45° 51' E	40	8	2	臭氧
	(9) 89574	进步(PROGRESS)	69° 24'	76° 24' E	64	4		(1993 年未活动)
	89592	和平(MIRNYJ)	66° 33'	93° 01' E	30	8	1	臭氧
	89606	东方(VOSTOK)	78° 27'	106° 52' E	3420	4		
	89657	列宁格勒(LENINGRADSKAJA)	69° 30'	159° 23' E	300	4		(1993 年未活动)
英 国	89022	哈利湾(HALLEY)	75° 30'	26° 39' W	30	8	1	臭氧 夜光云 冰 日射 积雪 二氧化碳
	89042	西格尼(SIGNY IS.)	60° 43'	45° 36' W	6	2		日射总量 日照
	89062	罗瑟拉(ROTHERA POINT)	67° 34'	68° 08' W	16	4		夜光云 冰 日照 HRPT 接收
	(5) 89063	法拉第(FARADAY)	65° 15'	64° 16' W	11	8		臭氧 夜光云 日射 冰 积雪 潮汐
	89065	福.布洛夫(FOSSIL BLUFF)	71° 20'	68° 21' W	55	2		非正规夏季站
美 国	89009	阿蒙森-斯科特(AMUNDSEN-SCOTT)	90° 00'		2800	4/8	1/2	臭氧 大气电 辐射 日照 二氧化碳
	89061	帕尔默(PALMER St.)	64° 46'	64° 05' W	8	-	-	非正规观测 HRPT 接收
	89083	赛普尔(SIPLE St.)	75° 55'	83° 55' W	914	-	-	仅在飞行时观测
	89125	伯德(BYRD St.)	80° 01'	119° 32' W	1515	-	-	臭氧 辐射 日照
	(7) 89175	布劳斯顿(BROCKTON)	78° 48'	174° 40' W	15	-	-	
	89664	麦克默多(MCMURDO)	77° 51'	166° 40' E	24	8	2	HRPT 接收
	89674	维.费尔德(W.FIELD)	77° 52'	166° 58' E	8	-	-	仅在飞行时观测
美 国	89108	HENRY (ARGOS ID 8985)	89° 00'	00° 18' W	2877	8		自动气象站
	89208	CLEAN AIR (ARGOS ID 8918)	90° 00'		2835	8		自动气象站
	89261	RECER ROCK (ARGOS ID 8930)	64° 10'	61° 32' W	17	8		自动气象站
	89262	LARSEN ICE (ARGOS ID 8926)	66° 58'	60° 33' W	17	8		自动气象站
	89264	URANUS GLACIER (ARGOS ID 8920)	71° 26'	60° 56' W	780	8		自动气象站
	89266	BUTLER IS. (ARGOS ID 8902)	72° 20'	60° 34' W	91	8		自动气象站
	89268	CAPE ADAMS (ARGOS ID 8917)	75° 01'	62° 32' W	25	8		自动气象站 (1993 年未活动)
	89284	SIPLE ST. (ARGOS ID 8910)	75° 55'	83° 55' W	1054	8		自动气象站
	89324	BYRD ST. (ARGOS ID 8903)	80° 00'	120° 00' W	1530	8		自动气象站
	89327	MOUNT SIPLE (ARGOS ID 8981)	73° 12'	127° 03' W	30	8		自动气象站
	89349	MOUNT HOWE (ARGOS ID 8907)	87° 19'	149° 33' W	2400	8		自动气象站
	89371	SCOTT IS. (ARGOS ID 8983)	67° 22'	179° 58' W	30	8		自动气象站
	(21) 89374	KARTHA II (ARGOS ID 8900)	78° 21'	173° 22' W	18	8		自动气象站
	89377	LETTAU (ARGOS ID 8908)	82° 35'	174° 16' W	55	8		自动气象站
	89643	PORT MARTIN (ARGOS ID 8930)	66° 49'	141° 23' E	39	8		自动气象站
	89660	YOUNG IS. (ARGOS ID 8980)	66° 17'	162° 20' E	30	8		自动气象站
	89667	PEGASUS N. (ARGOS ID 8927)	77° 57'	166° 31' E	10	8		自动气象站
	89705	AGO-A81 (ARGOS ID 8932)	81° 50'	3° 44' E	2410	8		自动气象站
	89768	MINNA BLUFF (ARGOS ID 8915)	78° 50'	166° 51' E	900	8		自动气象站
	89769	LINDA (ARGOS ID 8909)	78° 50'	168° 35' E	50	8		自动气象站
	89799	NICO (ARGOS ID 8924)	89° 00'	90° 08' E	3065	8		自动气象站

(续 表 1)

国 别	站号	站 名	纬度(S)	经 度	海拔 (米)	气象报次数		其它观测 备 注
						地面	高空	
美 国	89828	DOMEC (ARGOS ID 8904)	74° 30'	123° 00' E	3280	8		自动气象站
	89832	D-10 (ARGOS ID 8914)	66° 42'	139° 48' E	240	8		自动气象站
	89834	D-47 (ARGOS ID 8916)	67° 23'	138° 43' E	1560	8		自动气象站
	89836	D-80 (ARGOS ID 8919)	70° 01'	134° 43' E	2500	8		自动气象站
	89847	PENGUIN POINT (ARGOS ID 8929)	67° 62'	146° 00' W	30	8		自动气象站
	89860	LYNN (ARGOS ID 8901)	74° 14'	160° 17' E	1772	8		自动气象站
	89861	SANDRA (ARGOS ID 8923)	74° 29'	160° 29' E	1525	8		自动气象站
	89862	SHRISTI (ARGOS ID 89)	74° 42'	161° 34' E	1200	8		自动气象站
	89863	GILL (ARGOS ID 8911)	80° 02'	178° 38' W	55	8		自动气象站
	89864	MANUELA (ARGOS ID 8905)	74° 55'	163° 36' E	80	8		自动气象站
	89865	WHITLOCK (ARGOS ID 8925)	76° 14'	168° 42' E	275	8		自动气象站
	89866	MARBLE POINT (ARGOS ID 8906)	77° 26'	163° 45' E	120	8		自动气象站
	89867	MT. EREBUS (ARGOS ID 89)	77° 30'	167° 09' E	3700	8		自动气象站
	89868	SCHWERTFEGER (ARGOS ID 8913)	79° 56'	169° 50' E	60	8		自动气象站
	89869	MARILYN (ARGOS ID 8931)	79° 57'	164° 58' E	75	8		自动气象站
	89872	FERRELL (ARGOS ID 8934)	78° 01'	170° 48' E	45	8		自动气象站
	89873	ELAINE (ARGOS ID 8900)	83° 09'	174° 28' E	60	8		自动气象站
	89879	POSSESSION IS. (ARGOS ID 8984)	71° 54'	171° 08' E	30	8		自动气象站
		CAPE DENISON (ARGOS ID 8933)	67° 02'	142° 68' E	31	8		自动气象站
		PEGASUS S. (ARGOS ID 8937)	78° 03'	166° 60' E	10	8		自动气象站
		WILLIE FIELD (ARGOS ID 8901)	77° 28'	167° 08' W	40	8		自动气象站
		BONAPARTE POINT (ARGOS ID 8912)	64° 78'	63° 06' W	8	8		自动气象站
		KELLY (ARGOS ID 8921)	89° 00'	179° 61' W	3080	8		自动气象站
		LINDSAY (ARGOS ID 8986)	89° 00'	89° 85' W	2940	8		自动气象站
乌拉圭	89054	阿蒂加斯(DINAMET-URUGUAY)	62° 10'	58° 50' W	10	8		日照 射线

参 考 文 献

- 卞林根, 陆龙骅, 张永萍, 1989: 南极温度的时空特征及其与我国夏季天气的关系. 南极研究, 1(3), 8-17.
- 国立极地研究所, 1988: 南极の科学—3气象. 古今书院, 334pp. 解思梅等译, 南极气象学, 海洋出版社, 265pp, 1991.
- 陆龙骅, 卞林根和贾朋群, 1992: 南极中山站极夜和极昼期间的辐射特征. 科学通报, 37(15).
- AMS, 1983: First International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, July 31-August 6, 1983, Jose, Dos Compos, Brazil.
- AMS, 1986: Second International Conference on Southern Hemisphere Meteorology, Dec.1-5, 1986, Wellington, New Zealand.
- AMS, 1989: Third International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Nov.13-17, 1989, BuenosAires, Argentina.
- AMS, 1993: Fourth International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Mar.29-Apr.2, 1993, HobartAustralia.
- Bull, C., 1971: Snow accumulation in Antarctic. In: Research in the Antarctic, L.O.Quam, editor, Am. Ass.Adv.Sci., No.93367-421.
- Colwell, S. and Turner J., 1993: The first FROST trial period—A summary of reports received over the GTS between 5-9 July 1993, FROST report number 1, British Antarctic Survey, NERC, Cambridge, U.K.
- Craig, R.A., 1965: The upper atmosphere meteorology and physics, Intern. Geophys. Ser., Vol.8, New York, Academic Press, 509 pp.
- Dalrymple, P., 1966: A physical climatology of the Antarctic Plateau, Studies in Antarctic Meteorology, Antarct. Res. Ser., 9, Am. Geophys. Union, Washington, D.C., 195-231.
- Giovinetto, M.B., 1968: Glacier landforms of the Antarctic coast, and the regimen of the inland ice, Ph. D. thesis, University of Wisconsin at Madison, 164pp.
- Kawaguchi, S., 1983: Effective infrared emissivity of clouds in Antarctica, Mem.Natl.Inst.Polar Res., Spec.Issue, 29, 70-76.
- Labitzke, K., 1972: Climatology of the stratosphere, Part I, Meteor. Abhandl., 100, No.4.
- Lyndolph, P.E., 1977: Climates of the Soviet Union, World survey of climatology, Vol. 7, Amsterdam, Elsevier, 443 pp.
- Mather, K.B. and Miller, G.S., 1967: Note on topographic factors affecting the surface wind in Antarctica, with special reference to katabatic winds: and bibliography, Univ. Alaska, Tech. Rep. UAG-R-189, 125p.
- Miller, A.J., Finger, F.G. and Gelman, M.E., 1970: 30-mb synoptic analyses for the 1969 Southern Hemisphere winter derived with the aid of Nimbus III (SIRS) data, NASA TM X-2109, Washington, D.C., 27pp.
- NWRC and Weyant, W.S., 1967: The Antarctic atmosphere: Climatology of the surface environment, Antarct. Map Folio Ser., Folio 8, Am. Geogr. Soc., New York, 13 pp.
- Phillipot, H.R. and Zhlman, J.W., 1970: The surface temperature inversion over the Antarctic continent, J. Geophys. Res., 75, 4161-4169.

- Radok, U., 1973: On the energetics of surface winds over the Antarctic ice cap. Energy fluxes over polar surfaces. proc. IAMAP, IAPSO / SCAR / WMO Symp., Moscow. WMO Tech.Note. 179. WMO, Geneva.
- Randel, W.J., 1987: Global atmospheric circulation statistics. 1000- 1 mb. NCAR / TN -295+STR. NCAR Technical Note. Boulder, Colorado. USA.
- Rubin, M.J., 1952: Southern Hemisphere synoptic analysis. Bull.Amer.Meteor.Soc., 33, 409-415.
- Sabbagh, M.E., 1962: A preliminary regional dynamic climatology of the Antarctic continent. Erdkunde, 16 94-111.
- Satow, K., 1978: Distribution of 10 m snow temperatures in Mizuho Plateau. Mem. Natl.Inst.Polar Res., Spec.Issue, 7, 63-71.
- Schwerdtfeger, W., 1970: The climate of the Antarctic. climates of the polar regions. World Survey of Climatology, Vol. 14. Amsterdam. Elsevier, 253-355.
- Schwerdtfeger, W., 1984: Weather and climate of the Antarctic. Development in Atmospheric Science, 15. Amsterdam. Elsevier, 261pp. (贾明群, 卡林根, 张永萍译, 南极的天气与气候, 气象出版社, 1-363, 1989.)
- Streten, N.A. and Troup, A.J., 1973: A synoptic climatology of satellite observed cloud vortices over the Southern Hemisphere. Q.J.R.Meteorol.Soc., 99, 56-72.
- Taljaard, J.J., 1967: The behaviour of 1000-500 mb thickness anomalies in the Southern Hemisphere. Notos, 16, 3-20.
- Taljaard, J.J., 1968: Climatic frontal zones of the Southern Hemisphere. Notos, 17, 23-34.
- Taljaard, J.J., 1969: Air masses of the Southern Hemisphere. Notos, 18, 79-104.
- Taljaard, J.J. and van Loon, H., 1964: Southern Hemisphere weather maps for International Geophysical Year. Bull.Amer.Meteor.Soc., 45, 88-95.
- Taljaard, J.J., van Loon, H., Crutcher, H.L. and Jenne, R.L., 1969: Climate of the upper air: Southern Hemisphere, Vol.1. Temperatures, dew points, and heights at selected pressure levels. NAVAIR 50-1c-55, Chief Naval Operations, Washington, D.C., 135pp.
- Tshida, K., Sutuki, T. and Sakai, S., 1969: Total ozone observation at Syowa station Antarctic in 1969. Antarctic Res, 39, 33-38.
- van Loon, H., Taljaard, J.J., Sasamori, T., London, J., Hoyt, D.V., Labitzke, K. and Newton, C.W., 1972: Meteorology of Southern Hemisphere. Met. Monogr. Vol. 13, No.35. (中国人民解放军总参谋部气象局译, 南半球气象学, 1-330, 1975.)
- van Rooy, M.P. ed. 1957: Meteorology of the Antarctic. Weather Bureau, Dep.Transport, Pretoria, South Africa. Government Printer, 240 pp.
- Wendler, G. and Kodama, Y., 1984: On the climate of Dome C, Antarctica, in relation to its geographical setting. J.Climatol., 4, 495-508.
- WMO, 1993a: Observing Stations. Volume A. Secretariat of WMO, No.9. Geneva, Switzerland.
- WMO, 1993b: Results of the monitoring of the operation of the WWW. EC / WGAM-VI / DOC.9.
- WMO, 1993c: Final Report, Sixth Session. EC / WGAM, Geneva, 1-5 Nov. 1993.
- WMO, 1993d: Report of the chairman of the working group. Executive Council Working Group on Antarctic Meteorology. EC / WGAM, Sixth Session Geneva, 1-5 Nov. 1993.