

研究综述

近 30 年中国极地气象科学研究进展

陆龙骅 卞林根

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要 南极和北极是地球上的气候敏感地区,也是研究全球变化的关键区域。中国的南极和北极实地科学考察研究,分别始于 20 世纪 80 年代和 90 年代。作为国家行为,到 2010 年底,已经组织了 27 次南极考察、4 次北极北冰洋考察和 7 次北极陆地考察;在南北极建立了 4 个科学考察站、5 个(中澳/中美)合作自动气象站;初步形成了以有人考察站、无人自动气象站和“雪龙”号科学考察破冰船为主体的极地科学考察研究硬件支撑体系。极地气象科学考察研究是近 30 年来在我国有较大进展的科学研究领域,通过研究对极地与全球变化的关系有了初步认识。特别是在揭示南北极地区气候变化的时空多样性;建立极地考察的业务天气预报系统;诊断和模拟极地海冰变化特征;研究极地下垫面的大气边界层特征和中山站大气臭氧总量变化特征;探讨极地大气环境特征变化对东亚环流和中国天气气候的可能影响等方面取得了重要进展。在南北极地区,进一步加强国际合作,完善气象科学研究体系;监测大气要素的变化,提高极地气象业务水平;拓展极地气象科学考察研究领域,积极获取气候代用资料;认识极地在全球变化中的作用,为国民经济可持续发展提供科学支撑;仍是我国极地气象科学与全球变化研究的重要内容。

关键词 南极 北极 气象科学 全球变化 研究进展

doi:10.3724/SP.J.1084.2011.00001

0 引言

极地地位于地球南北两端,是多个国际科学计划研究全球气候变化的关键地区,在全球变化,尤其是全球及区域气候变化中起着重要作用。极地指南极和北极,其中南极地区位于 60°S 以南,包括南极大陆、亚南极岛屿和环绕南极大陆的南大洋,是一块被海洋包围的冰雪大陆;而北极地区,通常指北极圈($66^{\circ}33'\text{N}$)以北地区,包括北冰洋、边缘陆地海岸带及岛屿,是一片被大陆包围的冰雪海洋。极地是全球大气研究计划(GARP)、世界气候研究计划(WCRP)及国际岩石圈生物圈计划(IGBP)等研究全球变化的关键地区^[1-3];政府间气候变化委员会(IPCC)的历次报告也都对极地给予了足够的重视^[4]。南北极所处的特殊地理位置及其特有的生态环境,突出了极地在全球变化研究中的作用与地

位^[3]。在地球气候系统中,大气圈、海洋圈、冰冻圈、岩石圈和生物圈等各圈层是相互作用和影响的统一整体,要了解全球变化,必须对极地进行研究^[5]。

极地科学事业的发展,是与南极和北极地区的国际合作观测和研究密切相关的。百余年来,国际上先后在 1882—1883 年、1932—1933 年、1957—1958 年、2007—2008 年进行过 4 次“国际极地年”(IPY)合作观测研究。特别是,扩大为国际地球物理年(IGY)的第 3 次国际极地年(1957—1958 年),标志着现代极地科学考察时代的开始,促成了国际南极研究科学委员会等国际组织的诞生和《南极条约》的签订,揭开了近代南极考察研究的新篇章,使“和平利用南极”成为了国际社会的主导理念。近 50 年来,国际极地气象科学研究在揭示极地气候、冰雪和大气环境特征的快速变化;发现南极春季臭氧洞及其与人类活动的关系;获取极地冰雪代用气候资料信息以及探讨南北极大气环境对全球变化影

[收稿日期] 2010 年 11 月收到来稿。

[基金项目] 国家科技支撑计划重点项目“极地科学研究”南极大气过程、区域气候变化及气候模式研究(2006BAB18B05)、IPY 中国行动计划和国家自然科学基金(41076132)项目资助。

[作者简介] 陆龙骅,男,1942 年生。气象科学研究院研究员,多年来从事青藏高原、南极、北极大气科学及其与全球变化关系的考察和研究。E-mail:lulonghua@cma.cma.gov.cn。

响等方面,都取得了重大进展^[6]。

近 30 年来中国的南北极实地科学考察研究,取得了较大进展^[5-24]。1984 年中国首次南极考察和 1985 年中国南极长城站的建立,开创了中国南极科学考察研究的新纪元;1999 年中国首次北极北冰洋综合考察和 2004 年北极黄河站的建立,则揭开了中国北极科学考察研究的新篇章。到 2010 年底,作为国家行为,中国组织了 27 次南极考察、4 次北极北冰洋考察和 7 次北极陆地考察;在极地建立了 4 个科学考察站,5 个(中澳/中美)合作自动气象站;初步形成了以有人考察站、无人自动气象站和“雪龙”号科学考察破冰船为主体的极地科学考察研究硬件支撑体系;中国气象科学研究院、国家海洋环境预报中心和中国科学院大气物理研究所等单位的三百余人次的气象人员参加了这些考察。

极地气象科学考察研究,历来是极地科学考察研究的重要组成部分,也是全球变化研究的重要内容。开展极地气象科学考察研究不仅对气象学、冰川学、海洋学、地质学、生物学、地球物理学及环境科学等研究领域有重要的科学意义,同时具有潜在的经济和社会效益。

1 中国的极地气象科学考察

南北极现场考察是极地气象科学发展的基础,近 30 年来中国的南极和北极气象科学考察都有了较大的进展。极地是气象资料最匮乏的地区之一,极地现场考察资料尤为宝贵,因此资料共享也十分重要。中国南极气象科学考察的基础数据已被收录进入“地球系统科学数据共享网—中国南北极数据中心”(http://polar.geodata.cn:8060/Portal/index.jsp)、“地球科学数据系统(WDC-D)-气象学科部分”的国家气象信息中心“中国气象科学数据共享服务网”(http://cdc.cma.gov.cn/index.jsp)和“中国气象科学研究院网站”的“大气科学数据库”(http://www.cams.cma.gov.cn/cams_kxsy/qky_kxsy_index.htm)等一些共享数据库^[6]。

1.1 南极气象科学考察

中国系统的南极实地科学考察始于 20 世纪 80 年代,起步较晚。从 1980 年起,南极考察的归口管理单位国家南极考察委员会(现为国家海洋局极地考察办公室),多次派人参加国外南极考察站的科学考察,为中国独立建站积累了经验。1980 年,第一批赴南极考察的中国科学家是海洋学家董兆乾和地理学家张青松;1981 年中国气象科学研究院卞林根

参加了澳大利亚南极莫森站的越冬考察,成为第一个赴南极考察的中国气象学家。秦大河参加了“国际徒步横穿南极考察队”,于 1989 年 12 月 12 日到达南极点,是第一个徒步横穿南极考察的中国科学家^[19]。1984 年国家南极考察委员会组织了中国首次南极考察,1985 年 2 月建成了中国在境外的第一个气象站——中国南极长城站气象站($62^{\circ}13'S, 58^{\circ}58'W$;海拔 10 m),1989 年 2 月在东南极大陆建立了南极中山站气象站($69^{\circ}22'S, 76^{\circ}22'E$;海拔 14.9 m)。2005 年中国第 21 次南极考察队的内陆冰盖考察队,到达了素有“不可接近之极”之称的南极大陆冰盖最高点——冰穹 A(Dome A, $80^{\circ}22'S, 77^{\circ}22'E$;海拔 4093 m)。

2002—2008 年,中国先后在南极中山站到南极大陆冰盖最高点的剖面上,设置了 LGB—69 ($89^{\circ}57'N, 70^{\circ}50'E$;海拔 1850 m), Dome A ($89^{\circ}57'N, 80^{\circ}22'E, 77^{\circ}22'E$;海拔 4093 m), 飞鹰(Eagle) ($89^{\circ}57'N, 76^{\circ}25'S, 77^{\circ}01'E$, 海拔 2852 m), PAN-DA—N ($26407, 73^{\circ}41'S, 76^{\circ}58'E$;海拔 2584 m) 和 PANDA—S ($30416, 81^{\circ}19'S, 75^{\circ}59'E$;海拔 4027 m) 等 5 个中澳/中美合作自动气象站。

在 2007—2008 年国际极地年(IPY),中国执行了南极 PANDA 计划(Prydz Bay-Amery Ice Shelf and Dome A Observatories, 普里兹湾-埃默里冰架-冰穹 A 观测计划)。作为计划的一部分,在中国南极中山站建立了中国第一个南极大陆大气成分业务监测站;在 IPY 期间,在中山站还进行了臭氧气球探空和 GPS 低空(18000 m)探测;在中山站附近的冰盖应用超声风温仪、梯度热量平衡观测系统和辐射平衡观测系统,获取了南极冰盖近地层冰-气相互作用的详细资料^[15]。

2009 年 1 月,中国在南极大陆冰盖最高点(Dome A)西南方向约 7.3 km 处,建立了中国南极昆仑站($80^{\circ}25'01'S, 77^{\circ}06'58'E$;海拔 4087 m)。目前该站还只是度夏站,随着昆仑站站区建设和后勤保障能力的不断完善,5—10 年后将成为全年有人工作的越冬站。

1984 年以来,在“向阳红 10”号、“极地”号和“雪龙”号等科学考察船赴极地考察航渡期间,考察船上都进行了常规的海洋气象观测和预报服务^[9,12],近年来还进行了海-气之间 CO_2 交换等大气环境监测、紫外辐射(UV-B)和地面臭氧、黑碳气溶胶和一氧化碳浓度的在线观测,并在不同纬度用高压采气钢瓶采集空气样品^[15]。

1.2 北极气象科学考察

中国北极实地科学考察研究始于 20 世纪 90 年代。自 20 世纪 90 年代起,在国家南极考察委员会(现为国家海洋局极地考察办公室)、国家自然科学基金委员会、中国科学院和中国科协、中国科学探险协会等单位支持下,中国科学家先后参加了中外合作及中国政府和民间组织的多次北极综合考察。其中,影响较大的有:

1991 年在国家南极考察委员会和国家自然科学基金委员会的支持下,高登义参加了挪威、苏联和冰岛科学家的北极考察;1994 年中国科学院和美国合作进行了阿拉斯加科学考察;1995 年中国科协组织了北极徒步探险,并到达了北极点;1997 年中科院大气所和中国气象科学研究院的气象工作者与挪威合作,在北极海冰上进行了大气边界层结构和湍流通量输送的试验研究^[11]。

1999 年、2003 年、2008 年和 2010 年 7—9 月,中国组织了 4 次北极北冰洋科学考察,在白令海及北冰洋,以考察船、直升飞机、浮冰站为观测平台,进行了海洋-海冰-大气-生物的多学科联合综合观测。除在考察航线上进行海洋气象、地面臭氧、紫外 UV-B、臭氧探空等观测外;还在北极浮冰上进行了近地层大气物理(梯度和超声)、边界层大气结构(TMT 软气象塔)、高空大气探测(GPS 探空和臭氧探空)、极区大气化学和海水微量元素以及大气气溶胶和低层大气温室气体采集。这 4 次考察分别到达了 78°N、80°N、85°N^[16-18]和 88°N。

2001—2003 年在中国科学院、国家自然科学基金委员会和中国科协、中国科学探险协会等单位组织和支持下进行了民间的中国伊力特沐林北极科学探险考察,在斯瓦尔巴群岛的朗伊尔地区进行了有关大气、冰川、地质和植物等学科的综合考察^[11,13]。这些民间考察活动,对中国北极科学考察研究的开展及中国北极考察站的建立起了促进作用。

2004 年 7 月中国在斯瓦尔巴群岛的新奥尔松建立了中国第一个北极陆地科学考察站——北极黄河科学考察站(78°55′N,11°56′E;11 m),进行高空大气物理、海洋生物、气象、GPS 跟踪观测和冰雪等方面的考察^[11]。自 2004 年起,中国每年都组织科学家赴北极黄河站考察。

2 中国的极地气象科学研究

近 30 年来,中国的南北极气象科学研究分别经历了 1990 年前后和 1999 年前后两个阶段。1990 年前是中国南极气象科学研究的起步阶段。有关南

极的研究主要是由各单位分散进行的,其中有关气象科学的研究主要由中国气象局、中国科学院、国家海洋局和高等院校的有关研究机构承担。《当代中国的南极考察事业》一书^[7]对该时期南极气象考察研究在天气气候、天气预报和应用气象、大气物理与大气化学、高层大气物理及古气候研究等方面的进展,作了简要的回顾和评述。

1985 年和 1989 年,中国南极长城站气象站和中山站气象站的建成,为开展南极实地气象考察和研究创造了条件。特别是南极中山站建立后,中国南极考察研究的重点,由以考察站建设为主,转向以开展极地科学研究为主。在全球变化思想指导下,国家南极考察委员会(现为国家海洋局极地考察办公室)环绕“八五”、“九五”国家科技攻关《中国南极考察科学研究》和《南极地区对全球变化的响应与反馈作用研究》项目;“十五”科技部社会公益研究专项《南极地区地球环境监测与关键过程研究》和“十一五”国家科技支撑计划重点项目“极地科学研究”等国家级科研项目,组织有关单位多学科协同合作,共同攻关,中国极地气象科学研究进入了快速发展阶段^[8,21-24]。

1999 年前,中国尚未进行作为国家行为的北极实地科学考察,有关北极的研究主要是由各单位自发分散进行的^[11,13]。1999 年 7—9 月中国组织了首次北极北冰洋科学考察,围绕全球变暖对北极地区气候和环境的影响,开展了多学科的《北极海洋环境与海气相互作用研究》,揭开了中国北极考察研究的新篇章^[16,23]。2003 年和 2008 年的两次北极北冰洋科学考察,以及 2004 年北极黄河科学考察站,为中国进一步加深对北极地区的了解创造了条件^[17,18,14]。

近 20 余年来,国家自然科学基金委员会资助与极地有关的项目超过 300 项,与大气科学有关的有 130 余项,涉及南极和北极大气科学研究的分别有 70 余项和 60 余项,重点项目有 15 项;与极地大气科学研究有关的荣获省部级二等奖以上的项目有 10 余项^[6,8]。

3 中国极地气象科学研究的重要进展

极地气象科学考察与研究是近 30 年来在中国有较大进展的科学领域,通过研究,对极地与全球变化的关系有了初步认识。特别是在极地天气气候特征及气候变化时空多样性、极地考察业务天气预报和灾害性天气的研究、极地海冰变化的诊断和模拟、

极地边界层物理和海冰气相互作用、极地大气环境对东亚环流和中国天气气候的影响、极地大气化学的观测研究等方面取得了很好成果^[5-137]。中国极地气象科学研究取得了以下的重要进展。

3.1 极地天气气候特征及气候变化时空多样性

利用实测资料为主,对极地天气气候和环流特征,特别是南极长城站、中山站和南极中山站至南极冰盖最高点(Dome A)考察断面、北极黄河站及临近地区的近地面气候特征和北冰洋浮冰区的气象要素特征和极地气候变化的时空多样性进行了研究^[25-40]。

南北极地区的气候变化从时间、空间上来说都是多样的,在南极地区,以温度和海冰为代表的气候特征的变化并不一致,存在着 5 个变化不同的区域^[29,30]。近 50 年来南极和邻近地区的温度变化与全球平均变化并不一致;中国南极长城站和中山站分别位于西南极和东南极,在长城站,近 20 余年来温度显著上升,而在中山站,增温不显著^[5]。南极地区的增暖主要发生在南极半岛地区,而在南极大陆主体增暖并不明显,近十余年来还有降温趋势^[29,30,34];近年来西南极频繁发生的冰架融化和崩塌,在东南极也没有发生。

南北极地区的气候系统十分复杂,有些变化也很难单一地用人类活动影响来解释。目前还没有足够的依据能说近 50 余年来南极和邻近地区的温度变化是由于温室效应加强的结果,这种变化在很大程度上仍可能是气候系统内部的变化。对南北半球短期气候变化趋势差异的气候学意义应予以重视^[29,30,34]。

3.2 极地考察业务天气预报和灾害性天气的研究

极地自然条件恶劣、天气多变。从首次南极考察开始,在中国极地考察船和考察站上,都建立了为极地考察服务的业务天气和海洋气象预报系统^[7,12,43],为考察计划的编制和实施提供了气象保障。

以考察资料为基础,对影响极地考察较大的,长城站和中山站地域区的大风天气、环流类型和各类大风天气类型的预报要点;对南、北极地区的海雾、气旋、冷空气活动、雪暴等灾害性天气及预报方法也进行了研究^[12,41-49]。

在南极普里兹湾海域,海冰分布季节性变化很大,受南极绕极海流、偏东风的共同影响,普里兹湾湾口东北部常有一条冰坝,使中山站沿岸常常堆积着大量的碎冰山和碎冰,只有中山站地区出现偏西风时,沿岸的碎冰山和碎冰才会漂离站区。中山站

基本常年受偏东风控制,偏西风的机会很少,故每年考察船抵达中山站附近时,近地面风的状况对考察活动的影响很大^[12,43]。

3.3 极地海冰变化的诊断和模拟

极地海冰是季节变化最大、备受大气科学家关心的下垫面特征,对极地海冰变化的诊断和模拟是极地科学研究的重要内容^[50-64]。

与温度一样,南北极海冰变化也存在明显的区域性变化特征^[30,51,62,64]。近 30 年来,南极海冰的季节变化是不对称的,海冰融化速度远大于凝结速度,而北极海冰的季节变化基本是对称的;南极海冰面积指数呈增加趋势,而北极海冰年际变化则相反,呈减少趋势;南极半岛西侧的别林斯高晋海及罗斯海外围是两个具有“翘翘板”特征、与 ENSO 有紧密联系的关键区,由此定义的南极海冰涛动指数(ASOI)与 SOI, Nino3 指数的变化有密切关系,是南极海冰变化的重要指数^[58,59,62,64]。可用南极海冰涛动指数来讨论海冰状况和南极海冰关键区的活动。南极海冰涛动指数的建立,为进一步认识南极海冰变化对大气环流及中国天气气候影响及中国短期气候预测,提供了新的思路和线索^[58,59]。

为研究极地海冰以及与海洋的相互作用,建立了冰-海洋耦合模式,在渤海和波罗的海进行模拟和数值试验^[54,55],用海冰热力学模式较好地模拟了极地海冰在垂直方向上的变化趋势^[57]。

3.4 极地边界层物理和海冰气相互作用

极地是地球气候系统的重要单元,包含了大气、海洋、陆地、冰雪和生物等多圈层相互作用的全部过程,其中很多过程是在大气边界层中发生的。近 30 年来中国在极地边界层物理和海冰气相互作用的研究方面也取得了不少进展^[65-93],特别是利用实地考察资料,对极地不同下垫面近地面辐射和热平衡特征、大气边界层结构特征、极地边界层物理和海冰气相互作用等进行了研究,并为气候模式提供重要的边界层物理参数^[65,68,69,78,82,87,91];对极地大气边界层也进行了初步模拟试验^[90];用湍流统计的多尺度理论解释了南极中山站冰盖观测到的热量逆梯度输送现象^[81]。

对 NCEP/NCAR 和 EC 近地面资料的再分析结果,在北极苔原和海冰地区的适用性有了进一步的认识:总的来说,再分析资料能反映大范围要素的变化趋势,但由于对局地的下垫面状况及边界层特征考虑不周,在北极苔原和海冰地区,再分析资料中辐射和热量平衡各分量的模拟值与实测值的差异都很大,在实际运用时应尽可能用实测值,不能简单

地直接引用再分析结果^[37,39]。

针对极地边界层特点,利用实测资料,对空气动力学方法计算湍流通量时,常用的普适函数方案进行比较,设计了新的湍流通量参数化方案,为进一步优化北冰洋浮冰区边界层参数化方案和提高计算精度提供重要依据^[88]。

3.5 极地大气环境对东亚环流和中国天气气候的影响

极地大气环境变化,特别是极地冷暖和冰雪状况的变化、极地环流和涛动等对东亚环流和中国天气、气候有显著影响^[94—119]。

北极冷暖、冰雪和环流状况的变化及其对全球和中国天气、气候的影响一直是中国气象学者十分关心的重要问题。北大西洋涛动和北极涛动能对东亚气候变化产生影响^[105,107];冬季巴伦支海和喀拉海海冰变化与中国气候年际和年代际变化、东亚冬季风变化及 ESON 事件密切相关^[102,106];北半球副热带高压与北极海冰有遥相关关系^[95];春季白令海和鄂霍次克海海冰异常与东亚夏季风降水有关^[109]。

前期南极大陆的温度状况、南极海冰和南极涛动的变化,与北半球夏季的环流及中国夏季降水和温度状况存在着遥相关关系^[96,98,113]。南极地区的冰雪状况与中国长江流域梅雨及中国东北地区夏季低温有密切的关系^[94];南极海冰与极涡指数、赤道海温、西太平洋副热带高压及台风活动也有一定的关系^[98];南极大气环境和南极涛动与 ENSO、西太平洋台风和副高、我国夏季降水等关系密切^[31,58,105,114]。

流体物理转盘模拟指出,南极附近大气环流及气候特征的形成,是南极地形和冷源共同作用的结果^[26];数值模拟结果表明,南极地区海温、海冰等大气环境特征异常,先是通过赤道纬向环流异常,然后在西北太平洋自南向北激发一串涡列、影响中国地区的天气、气候,这可能就是南极温度及南极冰异常对大气环流影响的遥相关机制^[22,99,100]。

极地对我国区域性天气气候也有影响^[8,11,13,111]。极地海冰、涛动等对东亚环流和中国天气气候的变化有指示意义,可以从中找出用于气候预测的强信号。

3.6 极地大气化学的观测研究

大气化学是近代发展起来的一门交叉学科,是大气环境和大气污染问题研究的主要手段之一。近 30 年来,中国在极地大气化学,特别是南极大气臭氧等方面取得了新的进展^[120—138]。

中国对南极大气臭氧的实地考察研究始于 20 世纪 80 年代,中国学者在参加国外站南极考察时,利用国外资料,讨论了春季平流层爆发性增温与臭氧变化的关系、南极极夜期间臭氧含量变化及其与平流层风温关系^[120,122];1988—1989 年,利用北京大学地球物理系研制的太阳光谱仪,在南极长城站对大气臭氧总量等进行了观测,并讨论了臭氧总量的日变化^[121];1993 年中国在位于东南极大陆的中山站,运用国际通用的 Brewer 臭氧光谱仪进行大气臭氧总量观测,并开展了有关的研究^[124—127]。

南极臭氧洞的产生与人类活动排放到大气中的污染物,特别是氟里昂和溴化烃等含氯和溴的化合物,在平流层低温条件下气溶胶冰晶云(PSC)表面的光化学反应密切相关^[128]。大气中存在有人类活动排放的氟里昂和溴化烃等消耗臭氧层物质(人为因素),是春季南极臭氧洞形成的充分条件;春季南极平流层极地涡旋中的低温(自然因素),是南极春季臭氧洞形成的必要条件^[132,137]。由此,可以解释为什么到目前为止,只是在南极上空春季出现了臭氧洞,在北极和青藏高原上空,并没有出现臭氧洞^[137]。在北极地区或北半球中高纬地区,偶尔也会出现臭氧小洞(Ozone mini-hole)。臭氧小洞的产生原因与春季南极臭氧洞不同,而且其时间、空间尺度也无法与春季南极臭氧洞相比,不能相提并论,也不能简单地称之为“臭氧洞”^[137]。秋季南极臭氧相对低值的产生主要与天文日照减少有关,其产生机理与春季“臭氧洞”不同^[128]。

除大气臭氧总量外,利用“雪龙”号赴极地考察的机会,获得了从 75°N—70°S 极地考察航线上的地面臭氧观测资料,对考察航线上地面臭氧浓度分布特征等进行了研究^[129]。

极地海冰区 CO₂ 源汇分布及其海-气通量的研究表明,80°E—60°W 之间的南大洋海冰区在整个夏季都是大气 CO₂ 净汇区,南大洋海冰区夏季高生产力对南大洋碳通量有显著影响^[34];在北冰洋考察区,除东部海域夏季为大气 CO₂ 的弱源区外,大部分海域都为大气 CO₂ 的“汇区”或“强汇区”。在夏季,北冰洋具有相对活跃的碳循环过程,具有较高的生物泵运转效率,楚科奇海陆架是一个高效的有机碳“汇”区^[136]。

在考察航线和南北极考察站,都进行过有关大气气溶胶的考察,对南极地区气溶胶中的硫酸盐、磷酸盐、硝酸盐的浓度及其来源也进行了研究^[7]。

除了上述进展外,与极地气象科学有关的,极地高层大气物理、极地冰盖及无冰区气候代用资料的

获取和古气候环境研究^[7,10,19-24]等领域也取得了新的进展。

4 结语

综上所述,极地气象科学考察研究是近 30 年来在中国有较大进展的科学领域,通过研究对极地与全球变化的关系有了初步认识。特别是在揭示南北极地区气候变化的时空多样性;建立极地考察的业务天气预报系统;研究极地不同下垫面的大气边界层特征和中山站大气臭氧总量变化特征;诊断和模拟极地海冰变化特征;讨论极地大气环境特征变化对东亚环流和中国天气、气候的可能影响等方面取得了重要进展。

中国在极地科学研究领域的地位不断提高,一些学科已初步形成国际影响力,研究成果、队伍建设和技术支撑方面也有所改善,研究力量已经具备进入国际竞争并形成区域优势的潜力。但是,中国的极地研究与国际主流研究的差距依然较大,极地科学研究的总体水平不高、有国际影响力的成果不多、对基础理论研究重视不够、从事极地科学研究的高层次科技人才队伍的建设和维持有待努力。在极地气象科学研究领域,极地大气科学研究体系尚需完善,极地大气动力学、大气物理与大气化学等基础研究与国际前沿水平的差距较大;极地基础观测资料不系统,以卫星资料为代表的非常规资料在极地大气科学研究应用不够;极地与全球变化研究需要的观测试验、长期监测网和南北极气候和环境变化业务化体系的建设仍处于初级水平;极地大气科学观测资料的收集、分析与分发及数据库系统的建设尚需完善;中国极地气候系统模式,极地气候变化的预测理论、预测系统以及气候变化影响评估体系的开发研究刚刚起步。总之,中国极地科学研究仍面临诸多需要解决的重要问题,应认清中国极地工作面临的形势和发展阶段,确立中国在极地领域的国家

目标,确定发展方向,针对有国际影响的科学问题进行研究。

南极和北极,是多个国际科学计划研究全球气候变化的关键地区,极地所处的特殊地理位置及特有的生态环境决定了它对全球气候变化有着重要的作用与影响。极地是全球气候变化的敏感地区,极地气候和与环境变化对极地科技发展和资源开发利用有重要影响,也给中国的安全与发展带来了机遇和挑战。在卫星遥感技术飞速发展的现代,南北极地区的现场地面气象观测和考察仍是不可取代的,极地气象观测站网和现场考察仍将为监测和研究极地天气气候变化及其对全球变化的响应和反馈做出重要贡献。

“2007—2008 国际极地年”是中国在境外开展大型地球科学考察研究、推动中国全球变化研究走向国际前沿难得的机遇和挑战。在“2007—2008 国际极地年”,中国紧紧围绕中山站—南极冰盖 Dome A 断面的综合考察和赴极地考察走航途中的海上综合考察,开展南极地区全球变化考察研究,并带动了相关技术进步。在 2007—2008 国际极地年后,应加快在南极内陆昆仑站采集“深冰芯”的步伐,充分发挥国际极地年所获资料在研究中的作用,突出重点、协同攻关,大幅度提升中国极地与全球变化研究的水平。

在南北极地区,瞄准极地气象科学研究的国际前沿,进一步加强国际合作;加强、完善野外观测站网,继续监测包括近地面温度在内的大气要素的变化,提高南北极气象业务水平;拓展极地气象科学考察研究领域,积极获取气候代用资料;进一步量化和认识极地在全球变化中的作用,及其对中国天气、气候和国民经济可持续发展的影响;建立完善极地气象科学的研究体系,提高研究水平,为中国国民经济可持续发展提供科学支撑;仍是中国极地气象科学与全球变化研究的重要内容。

参考文献

- 1 GARP. The physical basis of climate and climate modeling. GARP Publication Ser, 1975, No. 16. WMO/ICSU.
- 2 IGBP. Towards global sustainability. IGBP Sci Ser, 2001, 4: 27—29.
- 3 SCAR. Antarctic Climate Change and Environment. Published by the Scientific Committee on Antarctic Research Scott Polar Research Institute, Lendfield Road, Cambridge, UK, 2009.
- 4 IPCC. Climate Change 2007, the Physical Scientific Basis. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Cambridge University Press, UK, 2007, 1009.
- 5 陆龙骅,卞林根,程彦杰. 中国南极气象考察与全球变化研究. 地学前缘, 2002, 9(2): 255—262.
- 6 陆龙骅,卞林根. 极地对地球系统过程的作用//孙九林,林海. 地球系统研究与科学数据. 北京: 科学出版社, 2009: 414—433.

7 武衡,钱志宏.当代中国的南极考察事业.北京:当代中国出版社,1994:1—548.

8 陆龙骅,卞林根,效存德,等.近 20 年来中国极地大气科学进展.气象学报,2004,62(5):672—691.

9 陆龙骅,卞林根,何熙雯.近 20 年中国南极科学考察的气象业务进展.气象,2005,31(1):3—8.

10 秦大河,效存德,丁永建,等.国际冰冻圈研究动态和我国冰冻圈研究的现状与展望.应用气象学报,2006,17(6):649—656.

11 陆龙骅,卞林根,效存德,等.极地大气科学与全球变化研究进展.应用气象学报,2006,17(6):43—755.

12 魏文良.中国极地考察航线海洋气象研究.北京:海洋出版社,2008:1—234.

13 高登义,邹捍,周立波,等.极地大气科学考察研究与展望.大气科学,2008,32(4):882—892.

14 陆龙骅,卞林根.极地大气科学考察与全球变化.自然杂志,2008,30(5):262—266.

15 陆龙骅,卞林根.国际极地年的南极大气科学考察.中国气象科学研究院年报(2007),2008:18—19.

16 中国首次北极科学考察队.中国首次北极科学考察报告.北京:海洋出版社,2000:1—191.

17 张占海.中国第二次北极科学考察报告.北京:海洋出版社,2004:1—229.

18 张海生.中国第三次北极科学考察报告.北京:海洋出版社,2009:1—225.

19 秦大河.1990 年国际横穿南极考察队冰川学考察报告(1989—1994).北京:科学出版社,1995:1—117.

20 Chinese Committee on Antarctic Research. Proceedings of the International Symposium of Antarctic Research. Beijing, China Ocean Press, 1989:1—540.

21 周秀骥.南极与全球气候环境相互作用和影响的研究进展,北京:科学出版社,1995:1—200.

22 周秀骥,陆龙骅.南极与全球气候环境相互作用和影响的研究.北京:气象出版社,1996:1—402.

23 陈立奇等.北极海洋环境与海气相互作用研究.北京:海洋出版社,2003:1—339.

24 陈立奇.南极地区对全球变化的响应与反馈作用研究.北京:海洋出版社,2004:249—258.

25 Xie S M, Hao C J, Qian P, et al. The variation features of the Antarctic sea ice. Acta Oenologl Sinica, 1994, 13(1): 73—84.

26 李国庆,谷修函.南极地区大气环流的流体物理实验.中国科学(B),1995,6(25):655—664.

27 陆龙骅,周秀骥,卞林根,等.1993 年南极臭氧洞期间普里兹湾地区的大气振荡.科学通报,1996,41(7):636—639.

28 Lu L H, Bian L G Jia P Q, et al. A study on antarctic synoptic—Climatic variation and global change, Annual Report, 1991—1995, CAMS. Beijing: China Meteorological Press, 1996: 58—68.

29 陆龙骅,卞林根,贾朋群.南极和邻近地区温度的时空变化特征.中国科学, D, 1997, 27(3): 284—288.

30 周秀骥,陆龙骅,卞林根,等.南极地区温度、海冰、臭氧的变化特征.自然科学进展,1997,7(4):460—466.

31 龚道溢,王绍武.南极涛动.科学通报.1998,43(3):296—301.

32 Gao D Y, Wu Bi Y. A preliminary study on decadal oscillation and its oscillation source in the sea-ice-air system in the Northern Hemisphere. Polar Meteorology and Glaciology, Natl Ins Polar Res, 1998, 12: 68—78.

33 Gong D Y, Wang S W. Definition of Antarctic oscillation index. Geophys Res Lett, 1999, 26(4):459—462.

34 LU L H, Bian L G. The characteristics of Antarctic climatic change. ISCC, Beijing, China, 2003: 368—369. WMO/TD-No. 1172. Proceedings of ISCC, Beijing, 2003: 251—254.

35 卞林根,王金星,林学椿,等.南极半岛近百年气温的年代际振荡.冰川冻土,2004,(03):267—274.

36 Bian L G, Xiao C D, Lin X C, et al. Interdecadal oscillations in 1903—2002 over the Antarctic Peninsula. Chin J Polar Sci, 2005, 16(2): 59—69.

37 邓海滨,陆龙骅,卞林根.北极苔原 Ny-Alesund 地区短期气候特征.极地研究.2005,17(1):32—44.

38 谌志刚,卞林根,效存德,等.东南极 Princess Elizabeth 冰盖近地层大气参数的年变化特征.海洋学报,2006,28(1):35—41.

39 邓海滨,陆龙骅,卞林根.北极苔原新奥尔松地区的地表辐射特征.极地研究,2006,18(4):233—243.

40 马永锋,卞林根,效存德,等.积雪对南极冰盖自动气象站气温观测影响的研究.极地研究,2008,20(4):299—309.

41 陈善敏,李松如.1985 年 1—3 月南极长城站风的特征.气象学报,1987,45(3):363—3657.

42 王景毅,谭燕燕.南极南大洋夏季气旋爆发性发展的观测实例及分析.海洋学报,1990,12(2):251—256.

43 陆龙骅,卞林根,贾朋群,等.中国南极考察的业务天气预报.气象科技,1998,(3):32—40.

44 卞林根,张雅斌.南极天气预报业务的进展.极地研究,2000,12(3):219—232.

45 Huang Y Y, Xue Z H. Analysis of the sea fog in the sea around the great wall station, Antarctica. Mar Sci Bull, 2001, 3(1): 19—25.

46 解思梅,薛振和,曲绍厚,等.北冰洋夏季的海雾.海洋学报,2001,23(6):40—50.

47 解思梅,郝春江,梅山,等.南极普里兹湾气旋的生消发展.海洋学报,2002,24(6):11—19.

48 Huang Y R, Xue Z H, Xu C, et al. A study on snowstorm weather in coastal area of western Antarctic. Mar Sci Bull, 2003, 5(1): 24—31.

49 杨清华,尹涛,张林,等.南极中山站-Dome A 沿线风要素特征分析.极地研究,2007,19(4):295—304.

50 王小兰,范钟秀,彭公炳,等.北极海冰面积时空分布特征的统计学分析.海洋学报,1991,13(4):475—488.

51 彭公炳,李倩,钱步东.气候与冰雪覆盖.北京:气象出版社,1992:1—349.

52 Zhang Z, Lepparanta M. Modeling the influence of ice on sea level variation in the Baltic Sea. Geophysica, 1995, 31(2): 31—45.

53 解思梅,邹斌,王毅,等.南极海冰异常变化与全球海平面变化.海洋学报,1997,19(1):27—37.

- 54 Zhang Z. On modeling ice dynamics of semi-enclosed seasonally ice-covered seas. Ph D thesis, Report Series in Geophysics, University Helsinki, 2000: 43.
- 55 Zhang Z. Comparisons between observed and simulated ice motion in the Northern Baltic Sea. *Geophysica*, 2000, 36(1): 113—128.
- 56 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 与北大西洋接壤的北极海冰与年际气候变化. *科学通报*, 2000, 45(18): 1993—1997.
- 57 张林, 程展, 任北期, 等. 南极普里兹湾海冰数值模拟试验. *海洋学报*, 2000, 22(1): 131—135.
- 58 程彦杰, 卞林根, 陆龙骅. 南极海冰涛动与 ENSO 的关系. *应用气象学报*, 2002, 13(6): 711—717.
- 59 程彦杰, 陆龙骅, 卞林根, 等. 南极半岛地区气温与南极海冰涛动、ENSO 的联系. *极地研究*, 2003, 15(2): 121—128.
- 60 Wu B Y, Wang J. Winter arctic oscillation, Siberian High and East Asian winter monsoon. *Geophys Res Lett*, 2003, 29(19): 1897.
- 61 解思梅, 魏立新, 郝春江, 等. 南极海冰和陆架冰的变化特征. *海洋学报*, 2003, 25(3): 32—46.
- 62 马丽娟, 陆龙骅, 卞林根. 南极海冰的时空变化特征. *极地研究*, 2004, 16(1): 29—37.
- 63 武炳义, 张人禾, 王佳. 北极大气偶极子异常与冬季北极海冰运动. *中国科学*, 2005, 35(2): 184—191.
- 64 卞林根, 林学椿. 近 30 年南极海冰的变化特征. *极地研究*. 2005, 17(4): 233—244.
- 65 周秀骥, 卞林根, 贾朋群, 等. 南极长城站夏季热状况的初步分析. *科学通报*, 1989, 34(17): 1323—1325.
- 66 Qu S H. Observation and research on the turbulent fluxes of momentum and sensible heat over Mizuho Station (70°41'53"S, 44°19'54"E), east Antarctica. Annual Report, Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences, 1990: 115—125.
- 67 Bian L G, Lu L H, Jia P Q. Observational study of radiation balance components in Larseman Hills, Antarctica, *Ann Rep AMS*, 1991—1992, 1992: 105—110.
- 68 陆龙骅, 卞林根, 贾朋群. 南极中山站极夜和极昼期间的辐射特征. *科学通报*, 1992, 37(15): 1388—1393.
- 69 林根, 贾朋群, 陆龙骅, 等. 南极中山站 1990 年地表能量通量变化的观测研究. *中国科学(B 辑)*, 1992, 11: 1224—1232.
- 70 Bian L G, Lu L H, Zhang Y P. Some characteristics of the surface radiation components at Zhongshan Station. *Ant Res*, 1993, 4(1): 35—41.
- 71 Lu L H, Bian L G, Jia P Q, et al. Characteristic parameters of the turbulent exchange near the surface at Zhongshan station, Antarctica. Fourth international conference on Southern hemisphere meteorology and oceanography, Mar 29—Apr. 2, 1993, Hobart, Australia, American Meteorological Society, 1993: 448—450.
- 72 张永萍, 李兴生, 周秀骥, 等. 微倾斜地形对南极稳定层结大气地面层的影响. *中国科学(B 辑)*, 1995, 25(11): 1201—1209.
- 73 Xie S M, Bao C L, Xue Z H, et al. Southern oceanic oscillation. *Chin Sci Bull*, 1996, 41(9): 749—753.
- 74 曲绍厚, 高登义. 中山站地区大气边界层结构和湍流通量输送特征. *南极研究*, 1996b, 8(4): 1—10.
- 75 Bian L G, Lu L H, Jia P Q, et al. Observational study on the characteristics of the radiation and surface atmospheric boundary layer over the Antarctic. Annual Report, 1991—1995. CAMS, Beijing, China meteorological press, 1996: 69—77.
- 76 卞林根, 陆龙骅, 贾朋群. 南极中山站紫外辐射的观测研究. *科学通报*, 1996, 41(9): 805—807.
- 77 Qu S H, Gao D Y, Zou H. Atmospheric boundary layer structure and turbulent flux transfer over the Zhongshan Station area, Antarctica. *J Polar Sci*, 1997, 8(2): 79—88.
- 78 卞林根, 陆龙骅, 贾朋群. 南极冰盖极昼期间近地面湍流特征的实验观测. *中国科学(D 辑)*, 1997, 40(4): 432—438.
- 79 Xie S M, Zou B, Wang Y, et al. Anomalous Change of Antarctic Sea Ice and Global Sea Level Change. *J Glaciol Geocryol*, 1998, 20(4): 473—480.
- 80 Gao D Y, Gao Y Q, Gjessing Y, et al. Arctic air/ice exchange and physical characteristics of ice floe in summer. *J Glaciol Geocryol*, 1998, 20(4): 326—329.
- 81 朱蓉, 徐大海, 卞林根, 等. 南极近地层大气热量逆梯度输送现象. *气象学报*, 2000, 58(2): 214—222.
- 82 曲绍厚, 胡非. 北冰洋海域昼期间海-冰-气间湍流通量交换特征. *自然科学进展*, 2000, 10(9): 836—841.
- 83 陆龙骅, 卞林根, 逯昌贵, 等. 75°N、70°S UV-B 辐射经向变化特征的观测研究. *自然科学进展*, 2001, 11(8): 835—839.
- 84 卞林根, 陆龙骅, 高志球, 等. 北冰洋浮冰上的能量分量的估算. *自然科学进展*, 2001, 11(5): 492—498.
- 85 曲绍厚, 胡非, 李亚球, 等. 北冰洋及其邻近海域极昼期间大气边界层结构特征试验研究. *地球物理学报*, 2002, 45(1): 8—16.
- 86 Hu F, Qu S H, Li Y Q, et al. Experiment research on the characteristics of ABL structure over the Arctic Ocean and adjacent sea area during the polar day period. *Chin J Geophys*, 2002, 45(1): 1—10.
- 87 卞林根, 高志球, 陆龙骅, 等. 北冰洋夏季开阔洋面和浮冰近地层热通量参数的观测估算. *中国科学*, 2003, 33(2): 139—147.
- 88 李剑东, 卞林根, 高志球, 等. 北冰洋浮冰区近冰层湍流通量计算方法比较. *冰川冻土*, 2005, 27(3): 368—375.
- 89 Zou H, Zhou L, Gao Y, et al. Total ozone variation between 50° and 60°N. *Geophys Res Lett*, 2005, 32: L23812, doi:10.1029/2005GL024012.
- 90 李响, 张占海, 王辉, 等. 北极大气边界层初步模拟试验. *极地研究*, 2006, 18(2): 75—86.
- 91 周明煜, 李诗明, 陈陟, 等. 北极夏季冰面上近地层特征及热量收支问题. *地球物理学报*, 2006, 49(2): 353—359.
- 92 Bian L G, Lu L H, Zhang Z H. Analyses of structure of planetary boundary layer in ice camp over Arctic ocean. *Chin J Polar Sci*. 2007, 18(1): 8—17.
- 93 Bian L G, Zhang Z H, Ma Y F, et al. Experiment of near surface layer parameters in ice camp over arctic ocean. *Chin J Polar Sci*, 2007,

18(2): 90—98.

94 符淙斌. 我国长江流域梅雨变动与南极冰雪状况的可能联系. 科学通报, 1981, (26): 484—486.

95 方之芳. 北半球副热带高压与北极海冰的相互作用. 科学通报, 1986, 4: 286—289.

96 彭公炳, 王宝贵. 南极海冰对西北太平洋副热带高压的影响及其海洋大气环流背景. 科学通报, 1989, 34(1): 56—58.

97 Ma Y M. Simulation of katabatic winds at Mizuho Station, Antarctica. Ant Res, 1992, 3(1): 25—30.

98 卞林根, 陆龙骅, 贾朋群. 南极海冰和极涡指数的时空特征及相互关系. 地理学报, 1996, 51(1): 33—43.

99 Chen L G, Miao Q. Numerical Experiments for Climate Variability of Monsoon Under the United Effects of Antarctic Ice Cover and Sea Surface Temperature. Acta Meteor Sinica, 1996, 10(4): 387—397.

100 Miao Q, Chen L X. Numerical Experiments for the Impact of Antarctic Ice Cover and Sea Surface Temperature on Climate Variability. Acta Meteor Sinica, 1997, 11(1): 23—34.

101 Bian L G, Lu L H, Jia P Q. Characteristics of Antarctic surface air temperature and sea ice variation and their relationship. Chin J Atmos Sci, 1997, 21(3): 265—274.

102 Wu B Y, Gao D Y, Huang R H. ENSO events and interannual variations of winter sea—ice in the Greenland, the Kara and the Barents Seas. Chin Sci Bull, 1997, 42(16): 1382—1384.

103 Bian L G, Lu L H, Jia P Q, et al. Statistic characteristics of Antarctic surface Air temperature and sea ice variation. J glaciol Geocryol, 1998, 20(4): 293—300.

104 Liu J P and Bian L G. The relationship between polar sea ice and the precipitation and temperature over China revealed by using SVD method, Chin J Polar Sci, 1999, 10(1): 51—60.

105 龚道溢, 朱锦红, 王绍武. 长江流域夏季降水与前期 AO 的显著相关. 科学通报, 2002, 47(7): 546—549.

106 Wu B Y and Wang J. Impacts of winter arctic oscillation on siberian high, the East Asian winter monsoon. Adv Atmos Sci, 2002, 9(2): 297—320.

107 龚道溢, 王绍武. 近百年北极涛动对中国冬季气候的影响. 地理学报, 2003, 58(4): 559—568.

108 Wu B Y, Wang J, Walsh J. Possible feedback of winter sea ice in the Greenland and the Barents Sea on the local atmosphere. Mon Wea Rev. 2004, 132(7): 1868—1876.

109 Zhao P, Zhang X, Zhou X J, et al. Sea-ice extent anomaly in the North Pacific and impact on the East Asian summer monsoon rainfall. J Climate, 2004, 17: 3434—3447.

110 龚道溢, 王绍武, 朱锦红. 北极涛动对我国冬季日气温方差的显著影响. 科学通报, 2004, 49(5): 487—492.

111 宋连春, 俞亚勋, 孙旭映, 等. 北极涛动与我国北方强沙尘暴的关系. 高原气象, 2004, 23(6): 835—839.

112 孙建奇, 王会军. 北极涛动与太平洋年代际振荡的关系. 科学通报, 2005, 50(15): 1648—1653.

113 马丽娟, 陆龙骅, 卞林根. 南极海冰与我国夏季天气的关系. 极地研究, 2006, 18(1): 30—37.

114 马丽娟, 陆龙骅, 卞林根. 南极海冰北界涛动指数及其与我国夏季天气气候的关系. 应用气象学报, 2007, 18(4): 568—572.

115 李崇银, 顾薇, 潘静. 梅雨与北极涛动及平流层环流异常的关联. 地球物理学报, 2008, 51(6): 1632—1641.

116 炳义, 张人禾, D’Arrigo Rosanne. 北极偶极子异常与中国东北夏季降水. 科学通报, 2008, 53(12): 1422—1428.

117 王会军, 孙建奇, 苏京志. 北极涛动比南极涛动纬向对称性更好. 科学通报, 2008, 53(2): 247—250.

118 辛晓歌, 周天军, 宇如聪. 气候系统模式对北极涛动的模拟. 地球物理学报, 2008, 51(2): 337—351.

119 所玲玲, 谭本旭, 黄嘉佑. 北半球环状模异常时温度场异常的成因再探讨. 科学通报, 2009, 54(6): 798—803.

120 Gao D Y, Sadao Kawagochi. Relationship between the increase temperature and variation of ozone level over the Antarctica and Tibetan Plateau in spring. Adv Atmos Sci, 1986, 3 (4): 489—498.

121 毛节奏. 南极长城站大气臭氧和 NO₂ 的观测研究. 气象, 1989, 15(12): 1—5.

122 Qu Shaohou, Yamalouchi T. Variation of atmospheric carbon dioxide concentration and its greenhouse effect at Syowa Station (69°00’S, 39°35’E) Antarctica. Adv Atmos Sci, 1991, 8(3): 363—368.

123 Liu S H, Yu P, Xiong K. Radiation balance and turbulent flux characteristics over Mizuho Station in Antarctica. Acta Meteor Sinica, 1993, 7(3): 316—326.

124 Zhou X J, Lu L H, Zheng X D, et al. The measurement and analysis of Antarctic ozone at Zhongshan station of 1993. Annual Report, 1993—1994, CAMS. Beijing: China Meteorological Press, 1994: 93—95.

125 郑向东, 周秀骥, 陆龙骅, 等. 1993 年中山站南极“臭氧洞”的观测研究. 科学通报, 1995, 40(6): 533—535.

126 Zhou X J, Zheng X D, Lu L H, et al. Ground-based measurements of column abundance of ozone and UV-B radiation over Zhongshan Station, Antarctica for 1993 “ozone Hole”. Annual Report, 1994—1995, CAMS. Beijing: China Meteorological Press, 1995: 7—16.

127 Zhou X J, Lu L H, Zheng X D, et al. Characteristics of ozone variation over Antarctica. Annual Report, 1991—1995, CAMS, Beijing, China meteorological press, 1996: 50—57.

128 陆龙骅, 卞林根, 贾朋群. 南极臭氧的短期气候变化特征. 应用气象学报, 1997, 8(4): 402—412.

129 陆龙骅, 卞林根, 程彦杰, 等. 南北极考察航线地面臭氧的观测. 科学通报, 2001, 46(15): 1311—1316.

130 孙立广, 朱仁斌, 尹雪斌, 等. 1999 年和 2000 年夏季南极菲尔德斯半岛 N₂O 浓度对比. 极地研究, 2001, 13(2): 83—90.

131 Xie S M, Bao C L, Jiang D Z, et al. Role of the sea ice in air-sea exchange and its relation to sea fog. *Chin J Polar Sci*, 2001,12(2): 119—132.

132 陆龙骅. 南极臭氧洞的新发现. *气象知识*,2002(6): 4—7.

133 Zhou Libo, Liu Yu, Zou Han. Vertical characteristics of ozone variation over Arctic Chukchi Sea region in 1999. *Chin J Polar Sci*, 2002, 13(1): 75—82.

134 Zou H, Zhou L B, Jian Y X. An observation study on vertical distribution and synoptic variation of ozone in the Arctic. *Adv Atmos Sci*, 2002, 19(5): 855—862.

135 Waugh D W, Rong P P. Interannual variability in the decay of lower stratospheric Arctic vortices. *J Meteor Soc, Japan*, 2002, 80(4): 997—1012.

136 王伟强, 杨绪林, 黄宣宝, 等. 北冰洋考察区海-气二氧化碳分布特征通量研究. *中国科学(D辑)*, 2003, 33(2): 119—126.

137 陆龙骅. 春季南极臭氧洞与环境保护. *科学*, 2008, 60(2): 15—18.

PROGRESSES OF RESEARCH ON POLAR METEOROLOGICAL
SCIENCES IN CHINA OVER THE LAST THIRD DECADES

Lu Longhua and Bian Lingen

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract

Antarctic and Arctic are sensitive regions in global climate change, and also the key regions of global change research. The great progress on scientific investigation and research of atmosphere in polar region has been made in recent 30 years. Through the research, the primary understanding to the relation between polar region and global change was derived. Especially the space time variety of climate change of Antarctic and Arctic regions is disclosed. Operational weather forecast system of polar region investigation was established. Sea ice Change and impact on atmosphere of polar region are diagnosed and simulated. Parameterization of atmospheric boundary layer of different underlying layers of, and change of atmosphere ozone in the polar region are discussed. The possible impact on change of atmospheric environment of polar region to circulation of east Asia and climate of China has been studied with great progress.

Key words Antarctic, Arctic, meteorological science, global change, research progress