



“南北极环境综合考察与评估”专项

02-03

极地大气、空间环境及 天文观测



国家海洋局极地专项办公室 编



海洋出版社



“南北极环境综合考察与评估”专项

极地大气、空间环境及 天文观测

国家海洋局极地专项办公室 编



海洋出版社

2016·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

极地大气、空间环境及天文观测/国家海洋局极地专项办公室编. —北京: 海洋出版社, 2016. 5

ISBN 978-7-5027-9437-8

I. ①极… II. ①国… III. ①极地-大气探测 ②极地-大气监测 ③极地-天文观测
IV. ①P941.6 ②P41 ③X831 ④P12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 184584 号

JIDI DAQI KONGJIAN HUANJING JI TIANWEN GUANCE

责任编辑: 鹿 源

责任印制: 赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编: 100081

北京朝阳印刷厂有限责任公司印刷 新华书店北京发行所经销

2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15.75

字数: 368 千字 定价: 96.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

极地专项领导小组成员名单

组 长：陈连增 国家海洋局
副组长：李敬辉 财政部经建司
曲探宙 国家海洋局极地办
成 员：姚劲松 财政部经建司（2011—2012）
陈昶学 财政部经建司（2013—）
赵光磊 国家海洋局财务司
杨惠根 国家海洋局中国极地研究中心
吴 军 国家海洋局极地办

极地专项领导小组办公室成员名单

专项办主任：曲探宙 国家海洋局极地办
常务副主任：吴 军 国家海洋局极地办
副主任：刘顺林 中国极地研究中心（2011—2012）
李院生 中国极地研究中心（2012—）
王力然 国家海洋局财务司
成 员：王 勇 国家海洋局极地办
赵 萍 国家海洋局极地办
金 波 国家海洋局极地办
李红蕾 国家海洋局极地办
刘科峰 中国极地研究中心
徐 宁 中国极地研究中心
陈永祥 中国极地研究中心

极地专项成果集成责任专家组成员名单

组 长：潘增弟 国家海洋局东海分局

成 员：张海生 国家海洋局第二海洋研究所

余兴光 国家海洋局第三海洋研究所

乔方利 国家海洋局第一海洋研究所

石学法 国家海洋局第一海洋研究所

魏泽勋 国家海洋局第一海洋研究所

高金耀 国家海洋局第二海洋研究所

胡红桥 中国极地研究中心

何剑锋 中国极地研究中心

徐世杰 国家海洋局极地办

孙立广 中国科学技术大学

赵 越 地质力学研究所

庞小平 武汉大学

“极地大气、空间环境及天文观测”专题

承担单位：中国极地研究中心

参与单位：中国气象科学研究院

中国科学院紫金山天文台

中国科学院国家天文台

中国科学院大气物理研究所

武汉大学

“极地大气、空间环境和天文观测” 报告

编写人员：胡红桥 黄德宏 卞林根 朱镇熹 何 昉
周立波 黄开明 商朝晖 周宏岩 马 斌
胡 义 田启国 张少华 陈卓天 韩德胜
刘勇华 胡泽骏 刘建军

总论编写人员：胡红桥 卞林根 朱镇熹

第一章编写人员：胡红桥 卞林根 朱镇熹 商朝晖 周宏岩
黄德宏

第二章编写人员：黄德宏 何 昉 卞林根 朱镇熹 马 斌
张少华

第三章编写人员：黄德宏 卞林根 朱镇熹 何 昉 马 斌
胡 义 田启国

第四章编写人员：胡红桥 卞林根 朱镇熹 周立波 黄开明
韩德胜 刘勇华 胡泽骏 何 昉 刘建军
马 斌 胡 义 田启国 张少华

第五章编写人员：胡红桥 卞林根 朱镇熹 商朝晖 周宏岩
周立波 黄开明

附件编写人员：黄德宏 何 昉 卞林根 朱镇熹 陈卓天
马 斌 田启国

序 言

“南北极环境综合考察与评估”专项（以下简称“极地专项”）是2010年9月14日经国务院批准，由财政部支持，国家海洋局负责组织实施，相关部委所属的36家单位参与，是我国自开展极地科学考察以来最大的一个专项，是我国极地事业又一个新的里程碑。

在2011年至2015年间，极地专项从国家战略需求出发，整合国内优势科研力量，充分利用“一船五站”（“雪龙”号、长城站、中山站、黄河站、昆仑站、泰山站）极地考察平台，极地专项有计划、分步骤地完成了南极周边重点海域、北极重点海域、南极大陆和北极站基周边地区的环境综合考察与评估，无论是在考察航次、考察任务和内容、考察人数、考察时间、考察航程、覆盖范围，还是在获取资料和样品等方面，均创造了我国近30年来南、北极考察的新纪录，促进了我国极地科技和事业的跨越式发展。

为落实财政部对极地专项的要求，极地专项办制定了包括极地专项“项目管理办法”和“项目经费管理办法”在内的4项管理办法和14项极地考察相关标准和规程，从制度上加强了组织领导和经费管理，用规范保证了专项实施进度和质量，以考核促进了成果产出。

本套极地专项成果集成丛书，涵盖了极地专项中的3个项目共17个专题的成果集成内容，涉及了南、北极海洋学的基础调查与评估，涉及了南极大陆和北极站基的生态环境考察与评估，涉及了从南极冰川学、大气科学、空间环境科学、天文学以及地质与地球物理学等考察与评估，到南极环境遥感等内容。专家认为，成果集成内容翔实，数据可信，评估可靠。

“十三五”期间，极地专项持续滚动实施，必将为贯彻落实习近平主席关于“认识南极、保护南极、利用南极”的重要指示精神，实现李克强总理提出的“推动极地科考向深度和广度进军”的宏伟目标，完成全国海洋工作会议提出的极地工作业务化以及提高极地科学研究水平的任务，做出新的、更大的贡献。

希望全体极地人共同努力，推动我国极地事业从极地大国迈向极地强国之列！

陈连增

目次

总论	(1)
第1章 考察的背景和目标	(4)
1.1 考察的科学意义	(4)
1.1.1 极地大气考察的科学意义	(5)
1.1.2 极地空间环境观测的科学意义	(6)
1.1.3 南极天文台址监测及天文观测的科学意义	(7)
1.2 考察站区的概况	(10)
1.2.1 南极中山站概况	(10)
1.2.2 南极长城站概况	(11)
1.2.3 南极昆仑站概况	(12)
1.2.4 南极中山站-冰穹 A 断面概况	(13)
1.2.5 北极黄河站概况	(14)
1.3 极地大气考察的背景和目标	(15)
1.4 极区空间环境观测的背景和目标	(17)
1.4.1 极区高空大气物理学观测研究的历史回顾	(17)
1.4.2 极区空间环境观测的目标	(20)
1.5 南极天文台址监测及天文观测的背景和目标	(20)
第2章 考察任务	(22)
2.1 极地大气观测	(22)
2.1.1 极地气象观测	(22)
2.1.2 昆仑站 GPS 探空观测	(22)
2.1.3 南极低温自动气象站观测	(22)
2.1.4 南极中山站温室气体监测	(23)
2.2 极区空间环境观测	(25)
2.2.1 极光观测	(25)
2.2.2 地磁观测	(29)
2.2.3 电离层观测	(31)
2.3 南极天文台址监测及天文观测	(46)
2.3.1 观测要素	(46)
2.3.2 考察内容	(47)
2.3.3 天文观测设备研制	(51)
第3章 考察数据与样品	(57)
3.1 极地大气观测数据及样品	(57)



3.1.1	获取的主要数据及样品	(57)
3.1.2	质量控制与监督管理	(59)
3.2	极区空间环境观测数据	(60)
3.2.1	获取的主要数据	(60)
3.2.2	质量控制与监督管理	(69)
3.3	南极天文台址监测及天文数据	(70)
3.3.1	获取的主要数据	(70)
3.3.2	质量控制与监督管理	(73)
第4章	考察数据的分析与评估	(75)
4.1	极地大气基本物理特征的分析 and 评估	(75)
4.1.1	长城站和中山站气候特征分析	(75)
4.1.2	南极中山站大气成分资料分析	(82)
4.1.3	中山站至冰穹 A 考察断面的气候特征	(105)
4.1.4	南极地区极涡与臭氧变化	(118)
4.1.5	中高层大气特征分析与评估	(123)
4.2	极区空间环境的分析和评估	(132)
4.2.1	极盖区等离子体块的形成机制与演化过程	(132)
4.2.2	极光观测特征	(136)
4.2.3	磁层动力学过程的极区电离层效应	(150)
4.2.4	极区电离层特征	(157)
4.2.5	极区空间等离子体波的特征	(165)
4.3	南极天文台址评估及天文数据分析	(167)
4.3.1	南极冰穹 A 天文台址监测气象数据分析	(167)
4.3.2	中国之星南极小望远镜阵 CSTAR	(171)
4.3.3	南极巡天望远镜 AST3	(173)
4.3.4	冰穹 A 红外天光背景测量望远镜 (CIRST) 的调研	(186)
4.3.5	南极移动式天文台址参数测量系统	(188)
4.4	考察与评估的主要进展	(206)
4.4.1	极地区域气候模式的模拟能力的评估	(206)
4.4.2	南极长城站和中山站长期气候特征	(207)
4.4.3	中山站上空大气臭氧垂直结构的季节变化和臭氧洞的变化趋势	(207)
4.4.4	南极中山站温室气体的本底特征	(207)
4.4.5	东南极高原昆仑站大气动力学	(208)
4.4.6	南极平流层中高层极涡维持时间及变化趋势	(208)
4.4.7	南极地区大气臭氧总量与极涡变化的显著关系	(208)
4.4.8	北极地区中高层重力波传播特征	(209)
4.4.9	北极地区平流层 FS 事件与极涡变化	(209)
4.4.10	北极地区平流层爆发性增温过程	(209)
4.4.11	极区电离层等离子体云块演化过程	(209)

4.4.12 电离层 F_2 层峰值电子浓度 ($N_m \cdot F_2$) 的气候学特征	(210)
4.4.13 太阳活动对南极中山站和北极朗伊尔 F_2 层峰值电子浓度 NmF_2 的影响	(210)
4.4.14 地磁突然脉冲 (SI) 事件的极光演化特征	(210)
4.4.15 午后极光亮斑/极光涡旋的南北共轭特性	(211)
4.4.16 中山站高频雷达回波の日变化特征以及地磁活动的影响	(211)
4.4.17 天文台址评估及天文观测进展	(211)
第5章 展望	(213)
参考文献	(216)
附录	(227)
附录 A 考察研究大事记	(227)
附录 B 现场考察人员及分工	(230)
附录 C 考察工作量一览表	(232)
附录 D 考察数据一览表	(238)
致谢	(240)

总 论

目前地球上气温和温室气体的变化强度已超出了自然界自然变动的界限,人类活动引起的大气温室气体浓度增加,引起了国内外科学界的忧虑。“温室效应”使全球气候增暖,并通过平流层中的光化学反应破坏臭氧层,其影响在极区反映最为明显。因此,在极区对温室气体和相关环境要素的监测更有意义。国际上发达国家都在南极开展此类观测。人类活动是导致全球气候、生态、环境发生变异的重要驱动因子,而这些变化将对人类未来的生存环境带来巨大的挑战(IPCC, 2007)。由于南极是地球上唯一可以忽略人类活动直接影响的地区。因此,为了跟踪国际前沿,准确认识南极温室气体的变化规律及其影响,首先要监测大气中温室气体的背景浓度,开展大气成分的长期观测和研究,为我国参与国际制定削减温室气体排放和气候变化减缓的解决方案提供科学依据,更好地认识人为活动影响全球变暖的机理。

2014年4月南极研究科学委员会(SCAR)召集22个国家75个科学家和政策制定者对于未来20年南极研究优先的80个最迫切的问题进行了讨论、辩论和投票,形成了南极科学的6个优先发展领域,并在《Nature》杂志上发表。其中,利用极区极佳的自然条件,开展空间和太空观测,是南极科学优先发展的6个领域之一。距地面成百上千千米甚至更远的空间和太空在极地受到重视,这是因为极区是地球开向太空的天然窗口。地磁场在极区汇聚,近乎垂直进出,并向外一直延伸到磁层和行星际空间,磁力线对等离子体运动的束缚作用使极区成为太阳风粒子和能量进入地球空间的入口,并成为太阳风—磁层—电离层—热层耦合最直接的区域,使极区电离层成为监测太阳风—磁层相互作用、磁层结构和各种动力学过程的“显示器”,极光成为空间天气在极区电离层这一“显示器”上的“动画”,极地也成为观测地球空间环境最理想的地基监测平台。而日地空间是人类空间活动的主要区域,由太阳活动引起的空间天气现象对航天、通信、导航和国家安全等可能构成严重威胁。

为充分发挥我国南北极考察站在大气、空间环境和天文观测中的重要作用,“南北极环境综合考察与评估专项”(简称极地专项)支持了“大气、空间环境和天文观测”专题。本专题的目标是,围绕极区各大气圈层(低层大气、中高层大气和高层大气)间能量耦合研究以及极地对全球变化的响应及气候环境效应这一国家海洋科技发展目标,完善极区观测体系,开展极区大气各圈层环境观测,主要包括低层大气、中高层大气和高层大气以及与天文观测相关的大气环境观测,为全球气候变化和极区空间环境评估提供基础资料,提高我国在国际政策制定和环境评价方面的水平。

本专题利用南极中山站、长城站、昆仑站以及中山站—昆仑站断面、北极黄河站和朗伊尔站开展了极地大气、空间环境和天文观测,基于上述观测资料开展与专项相关的分析评估工作。按观测目的侧重点的不同,本专题下设6个子课题,其中包括:

(1) 极地大气观测研究

由中国气象科学研究院承担。主要任务是在南极长城站和中山站、北极黄河站开展大气和环境监测,获取气象和大气环境资料,在南极中山站到昆仑站冰穹A剖面上建立自动气象



站观测网,结合数值诊断和数值模拟等方法,评估南北极气候及大气环境变化对全球变化的影响机理,研究南极臭氧对气候变化的影响及年际尺度的变化规律。

(2) 南极地区平流层中低层大气环流的结构特征研究

由中国科学院大气物理所和武汉大学承担。南极臭氧洞的形成、发展和填塞与大气环流,特别是平流层涡旋的活动密切相关。平流层爆发性增温是极区高纬冬季,特别是北半球经常发生的主要动力学过程。加强平流层臭氧洞和能量传输与极区气旋和反气旋、重力波的相互过程研究,对认识中高层大气的相互作用具有重要作用。

(3) 极区空间环境观测

由中国极地研究中心(极地大气与空间物理学研究室)承担,主要利用南极中山站和北极黄河站及朗伊尔站开展极光、极区电离层和地磁观测,并利用南北极观测数据开展极区空间环境的评估研究。

(4) 冰穹 A 天文环境参数和天文观测

由中国科学院紫金山天文台承担,参与单位有中国科学院国家天文台、南京天文光学研究所等。在南极天文中心的协调下,安排和组织南极天文科学考察、联系国际南极天文合作及研制运行南极天文保障平台、对天文选址数据和天文观测数据进行汇总和分析。

(5) 南极天文观测技术研究

由中国科学院国家天文台承担,主要负责南极巡天望远镜运行控制和数据系统的研发以及南极巡天望远镜的测试运行及数据分析发布,同时利用天文台址监测气象站对昆仑站的天文台址条件进行监测分析。

(6) 极区时域天文观测研究

由中国极地研究中心南极天文学研究室(筹)承担,主要开展极区台址参数的长期测量和研制小口径望远镜进行时域天文观测研究。

经过 2011—2015 年的实施,本专题在观测体系的完善,观测系统的维护与运行,观测数据的获取、分析与评估等方面,开展了大量的工作,取得了很多阶段性的成果。主要工作和成果包括:

(1) 在大气和气象观测方面

以南极长城站、中山站、昆仑站、泰山站和“雪龙”号科学考察破冰船为基地,2011—2015 年共派出 17 人次赴南极度夏和越冬执行考察任务,开展大气科学考察,发展和完善了长城站和中山站气象的监测系统,获得大量的样品和观测资料,结合历史和国外气象及环境资料,对南极地区近代气候的变化规律、大气边界层物理、温室气体的本底特征和臭氧洞形成过程、南极区域气候模式的模拟验证和极地低温自动气象站的研发等方面开展了一系列的研究,在国内外学术刊物发表论文 20 多篇,其中 SCI 收录 8 篇,取得了有影响的研究成果,加深了对南极气候在全球变化中作用及其对我国天气气候和国民经济可持续发展影响的认识。

(2) 极区空间环境观测

利用南极中山站、北极黄河站、朗伊尔站高空大气物理观测系统开展空间环境的连续观测,2011—2015 年共派出 10 人次赴南极中山站越冬观测,10 人次赴北极黄河站越冬观测,12 人次执行黄河站度夏考察任务,获得极光和极区电离层的多要素观测资料约 175TB。除维护南北极考察站现有 20 余套观测设备的运行外,还积极推进了观测系统的完善,在南极中山站和距离北极黄河站约 100 千米的朗伊尔站新增通门式磁力计观测,在北极黄河站新增了通

门式磁力计和极光光谱仪观测。完成了日地物理专题中山站极光数据库和中山站电离层测高仪主题数据库的改造工作，新建了地磁主题数据库；完成了观测数据的入库、整理和预处理工作，完成了黄河站极光概要图集4册、中山站极光概要图集3册，中山站电离层对流图集5册和中山站电离层频高图集3册的编排整理。利用中山站、黄河站的空间环境观测数据以及通过国际合作获得的其他站基和空基观测数据，对极区电离层进行了较系统的评估研究，开展了极区空间环境状态的研究以及太阳活动对极区空间环境的影响研究和空间天气应用研究，发表标注论文26篇，取得实用新型专利2项，软件著作权1项。特别是利用国际超级双子极光雷达网（SuperDARN）和全球定位系统（GPS）地面TCE接收机的联合观测数据，首次直接观测到了一次强磁暴袭扰地球期间极区电离层等离子体云块的完整演化过程，并揭示了磁重联在云块形成和演化过程中的重要调制作用。该成果发表在《Science》刊物上（Zhang et al., 2013b）。

（3）南极天文观测方面

第24次至第29次和第31次、第32次南极内陆科学考察期间，在南极冰穹A安装了系列天文选址和天文观测设备，主要有南极天文科学考察支撑平台PLATO、PLATO-A国产平台，它们为天文观测设备的运行提供了电力、通信、遥控等保障。安装了中国星小望远镜阵CSTAR，取得了上万颗星的连续数年监测数据，获得天光背景、极光背景、大气透明度等选址数据并发现上百颗变星。安装了太赫兹望远镜Pre-HEAT和FTS，取得了南极冰穹A大气可降沉水气柱密度等最重要亚毫米天文选址参数，标明南极冰穹A是地面最佳的亚毫米波天文观测站址。安装了2台声雷达SNODAR，监测的统计数据表明，在南极冬季，大气边界层的中值高度为13.9 m，这意味，离地面13.9 m以上即有极好的光学视宁度。安装了GATTINI、HRCAM、NIGEL等设备，用不同的方法获取了天光、云层覆盖、极光背景等天文环境参数。安装了天文台址监测气象站，积累了台址气象信息，对其他学科和昆仑站建设也有重要意义。安装了2台南极巡天望远镜，开展了天文观测，为下一代大型望远镜的建设运行积累了经验。



第 1 章 考察的背景和目标

南北极不仅蕴藏着丰富的自然资源，它更是一个科学的宝库，蕴藏着丰富的科学资源，是一个多学科的天然实验室。对大气、空间环境和天文观测而言，南北极更是具有独特的优势。本章首先阐述了在极地开展大气、空间环境和天文观测的科学意义和国家需求，然后介绍了相关南北极考察站区的概况，最后分别回顾了极地大气与气象观测、极区空间环境观测和南极天文观测的历史背景，说明了各自的科学目标。

1.1 考察的科学意义

南北极的地理位置和自然条件对开展大气、空间环境和天文观测具有非常独特的优势，是地球上其他区域所不可替代的。

南极被平均厚度超过 2000 m 的冰体所覆盖，气候寒冷，目前观测到的极端最低气温达 -89.2°C ，暴风雪频繁，自然环境恶劣；其巨大的冰盖、冰架和海冰的存在使得南极成为全球大气的主要冷源，在南北半球热量、动量和水汽等物理量的交换过程中起着重要的作用，直接影响着全球大气环流、海洋环流和天气、气候的变化。南极特殊的地理位置、特有的气候、生态和自然环境突出了其在全球变化研究中的重要作用与地位，其灵敏地反映着地球的气候变化过程。冰雪反照率的正反馈作用加强了这种机制，使得南极成为全球气候变化的“放大器”。

极地是观测日地空间环境最理想的地基平台。极光是一个显而易见的例子，极光通常只出现在南北极，这类现象只能在南北极被观测到，但其中却包含着丰富的日地空间环境和空间天气信息。地球的地磁位形使极区成为日地空间的特区，太阳风粒子和能量通过极区进入地球空间，太阳风—磁层—电离层耦合在极区最直接，空间天气在极区表现最剧烈。在南北极考察站，利用光学、地磁感应和无线电手段，记录和研究这些现象和信息，对人类和平利用空间有着非常重要的意义。

南极昆仑站可能是地面进行光学天文观测、红外天文观测和太赫兹天文观测的最佳站址，实测取得大气视宁度、可降沉水气柱密度、大气边界层高度、各波段大气透过率、云消光、极光背景、天光背景、风速等天文选址参数，为今后在昆仑站建立天文台，架设不同口径的各类天文望远镜提供科学依据。利用南极昆仑站得天独厚的天文观测地理优势，研制和安装运行中小口径望远镜，可以取得其他地方预想不到的成果，并且为今后大型望远镜的研制与运行积累经验。南极天文保障平台提供观测设备电力、通信、遥控等功能，其完全国产化很有必要。

1.1.1 极地大气考察的科学意义

在全球变暖的大背景下,北极海冰面积减小和厚度变薄呈加快趋势。无疑会对天气和气候产生影响,乃至影响我国的气候变化;特别是对极端气候事件产生重要影响。南极地区海冰和温度变化与北极变化趋势均不一致,南大洋海冰面积稳定少变,南极大陆增温不明显,温室气体持续增加,其变化特点为何与全球气候变化不一致?这已成为国内外研究的重大科学问题。因此,需要在极区开展长期观测试验,积累更多的资料,研究南极气候在全球变化中的作用以及南极地区对流层大气与高层大气层能量和物质交换的关系和过程。南极臭氧的减少会增加地球表面的紫外辐射,可能会导致对流层大气和海冰/海洋的变化,其过程和机理都不清楚。南极臭氧洞是大气动力、光化学和平流层冰晶云等因素相互作用和影响的产物。南极臭氧洞的形成、发展和填塞与大气环流,特别是平流层涡旋的活动密切相关。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,已具备南极春季臭氧洞形成的充分条件;而南极平流层极涡和低温过程与臭氧洞形成关系非常密切。国际上加强了对南极臭氧洞的变化趋势和恢复前景的研究,我国已积累了南极20多年的臭氧观测数据,有能力和基础开展此类研究。

随着我国对南极科学研究的投入大幅度增加,科学考察活动日趋频繁,对南极地区精确的天气预报的需求大大增加。我国每次的南极考察依赖于卫星云图和国外传真图做预报,没有专门的南极数值天气预报系统。因此,发展南极数值天气预报模式,建立我国自己的南极数值天气预报系统迫在眉睫。作为全球气候变化的敏感区,南极地区易于监测到在中、低纬度地区不易察觉到的预警性变化,南极地区冰/雪—气界面的物质、能量交换特征和过程与气候环境变化过程息息相关,对检测和预报气候变化具有重要的科学价值。研究南极地区不仅使我们能够了解地球气候系统、环境变化的过去和现在,还有助于我们预测地球的未来。全球大气是一个相互作用和影响的统一整体,要了解全球气候变化,必须对南极地区有所研究。在南极地区开展全球变化研究既是最具有政府色彩的国家行为,又是充分体现国际性科学研究的实践活动。目前,全球大气环流模式(GCMs: General Circulation Models)已被广泛用于气候变化研究中,并且能够模拟出除了南北极以外的全球其他地区的气候变化。由于南极地区的特殊地理位置、自然环境和观测资料匮乏等以及对南极地区的陆面过程等认识不够,当前的GCMs对南极地区的模拟与其他地区相比存在较大的差距,尤其是对海平面气压、地表温度、降水和云量等的模拟效果很差,尚不足以再现南极大陆、周围海洋的温度和海冰分布情况以及其季节变化。南极地区气压、气温、海冰等的模拟与实况对比相差甚远;20多种气候模式中没有一个模式能够精确地重现20世纪后50年观测到的南极地表气温的真实变化和低层大气的快速增暖现象。这说明目前的气候模式不能充分地描述决定极区气温的复杂过程。要改变这种状况,需要对包括海—冰—气相互作用和边界层物理特征参数在内的南极大气、环境变化及其大气物理、化学过程等进行深入研究,发展适合南极地区的高分辨率区域性中尺度天气模式和区域性气候模式,同时优先发展适合于南极地区各物理过程的参数化方案。

中国极地科学考察与研究规模前所未有的,极地科学考察活动不断增多,将开通中山站直飞昆仑站航线和新破冰船的航行。极地地区风暴天气频繁,大风持续时间长,天气保障非常重要,需要提高短期天气预报能力。随着昆仑站的建成,将开展多学科的长期综合观测。特



别是昆仑站深冰芯钻探活动需要精确的天气预报，为科学考察队、科研设备的安全提供保障。为此，需要加强中山站到昆仑站气象观测和天气预报平台的建设。昆仑站地区温度可在 -80°C 以下，我国需要研发超低温自动气象站，填补国内外在南极内陆地区获取资料的空白。

1.1.2 极地空间环境观测的科学意义

日地空间是人类空间活动的主要区域，是与人类活动息息相关的第四生存环境。自1957年人造卫星上天开辟人类进入空间时代新纪元以来，众多空间技术系统如通信卫星、导航定位系统、监测系统、预警系统等各类对地观测系统进入空间，目前在轨运行的卫星近千颗，预期未来10年会有近千颗商业卫星升空，人类对空间技术系统的依赖性迅速增长。空间技术成就了航天产业和信息产业的巨大发展，日益成为人类生存发展的战略高地，为人类进入空间时代的信息化社会开拓了广阔的前景。应对空间天气灾害、保障空间安全、有效和平利用空间、助推经济社会发展是21世纪人类社会对空间天气科学提出的时代新需求。自1989年3月一次严重的空间灾害性天气事件发生，人们开始认识到除了地震、海啸、飓风这些地球灾害之外，还存在一种非传统的空间天气灾害，它常使卫星失效乃至陨落，通信受干扰乃至中断，导航定位和跟踪失误，灾害监测与抢险救灾受阻，金融、贸易受损，油气输运与电力系统损坏，宇航员健康和生命受到危害等。灾害性空间天气引起了国际社会和许多科学组织的高度关注。据长期统计航天故障率约40%来自空间天气。美国宇航局2008年报道，大约59%的地球和空间科学卫星任务受到空间天气影响。若发生百年不遇的超强太阳风暴，甚至会引发地球灾难，会给人类的空间活动带来巨大损失和危害。空间天气预报日益成为全人类有效进入空间、和平利用空间的共同需求。

诸多国际科学计划和科学组织，如国际与太阳同在计划、美国国家空间天气计划、欧洲空间天气计划、日地系统气候与天气计划、“2011美国国家航空、航天战略计划”、“NASA空间科学规划（2007—2016）”、“日球物理（科学与技术2009—2030）”、“联合国国际空间天气起步计划（2010）”和世界气象组织所属的国际空间天气协调工作组（ICTSW，2010）等都十分重视空间环境和空间天气，并将日地系统作为一个整体来观测与研究。而南北极是地球上唯一可以连续观测日地系统整体行为的地方，因此南极研究科学委员会（SCAR）2014年4月提出的南极科学六大优先发展领域（Nature，2014）中，包括了利用极区极佳的自然条件，开展空间和太空观测。其关注的科学问题主要有：太阳耀斑所产生的高能粒子沿磁力线进入极区后的全球空间天气效应（如对通信和电力等系统的影响）及其预报和应对，南北极电离层以及中高层和低层大气的共轭性及其差异，空间天气对极区电离层乃至全球大气的影响等。同年，美国自然科学基金委员会出版的《极区日地研究：过去，现在和未来》白皮书（Solar-Terrestrial Research in Polar Regions: Past, Present, and Future），特别强调极区是非常关键和重要的地球空间环境观测区域，在研究“太阳风—磁层—电离层—中高层大气耦合”以及全球气候变化方面具有重要意义，并且提出了未来5~10年内在极区开展的“太阳风—磁层—电离层—中高层大气耦合”研究的方向和目标。

极区是日地空间的关键区域，地磁场在极区近乎垂直地进出并向外一直延伸到磁层和行星际空间，使极区成为地球开向太空的窗口，太阳风能量和粒子进入地球空间的入口，和太阳风—磁层—电离层耦合最直接的区域。极区对太阳活动的响应更加直接和剧烈，对空间天