

极地气象科学计划及将来的任务

N. A. Streten*

摘要 本文简要地叙述了极地气候和通常笼统称为极地气象学研究的特征。列出了与极地气象委员会(ICPM)一起对南北极感兴趣的组织,并对他们的活动作了简要的描述。确定了当前研究的主要领域为极地的海-冰-大气相互作用、冰盖上地面风的季节变化特征、天气与动力气象学和气候学的研究、大气化学和大气成分、云和古气候。在此基础上,给出了极地气象学将来的主要任务。

一、前言

在国际气象学和大气物理学协会(IA-MAP)的各委员会中,极地气象委员会(IC-PM)是唯一具有特殊地区性研究范围的委员会。如果大气科学工作者已经了解了某些特殊地区的更重要的天气和气候现象,那么我们也经常指望他们至少对半球环流以及在许多情况下对全球环流进行研究。

一般认为,纬度高于 60° 的地区就具有“极地”气候的特点。但在这么大的纬度范围内,尤其是在北半球,简单地按照纬度来定义是很不现实的。比如把阿拉斯加中部和斯堪的那维亚的森林区,与同一纬度的格陵兰冰盖的气候进行比较,就会发现不同的“极地”气候。

极地气候的主要特点可以概括如下:

1. 最重要的是具有很大的季节性地面辐射变化。这主要是由决定入射辐射的年周期的地球轨道的特点所引起的。

2. 季节性和永久性雪被的辐射特性。这些雪被平均能反射掉80%的入射短波辐射,同时有效地向外层空间放射长波辐射。

3. 格陵兰和南极洲厚冰帽的特性。这种特性一方面是由大陆漂移和造山活动形成的,另一方面是在长期的气候历史过程中形成的。这一从过去的地质时期开始,一直到

现在和将来的气候历史,在未被破坏的固态降水的沉积物中被保留下来了。

4. 被季节性或永久性海冰覆盖的近海的作用。这些海冰的大小、厚度和物理特性都在变化,其每个变化过程都深远地影响着大气边界层,进而影响到局地乃至全球的气候。

5. 大气环流的特性。比如它们在两个半球都限制了活跃的大尺度天气系统,特别是对向极区输送水汽和热量的低压系统的数量和移动,这样使极区较地球其它地区更不受这些系统的影响。

6. 极区的云层特性。这些云主要是冰晶云,极大地影响了大气中的辐射过程,而这种结构通常造成了高纬度地区少量的降水。

7. 极区大部分地区远离人类活动区,这就有效地保证了极区大气少受局地的污染。这样,这些地区的冰盖能够,也的确能够作为实验室来研究现在和过去各种大气成分和微量物质的全球背景含量。

特别是极地气象的问题同以各种形态存在的冰和雪,以及它们对发生在大气、海洋和地表中的辐射、热量和水汽传输过程密切相关。

* 作者为国际大地测量及地球物理学联合会(IUGG)的国际气象学和大气物理学协会(IAMAP)极地气象委员会1983—1987年主席、南极气象执行委员会(EC)工作组组长。

关。表 1 列出了地球冰雪圈概括的特性；图 1A 是一张极地气象各个领域的结构图；图 1 B (译文略)指出了资料的收集技术。

表 1 全球冰雪量 (根据 Untersteiner 和 Barry)

面积: $\text{km}^2 \times 10^3$ 体积: $(\text{km}^3 \times 10^6)$

冰 盖			永 冻 冰	
南极洲	13.9(28.0)		北半球	7.6(?)—连续的
格陵兰	1.8(2.7)			7.3(?)—不连续的
其他冰川	0.5(0.24)		南半球	小(不包括南极洲)
海 冰			季节性雪(最大)	
	最大	最小		
北半球	15.0(0.05)	8.4(0.02)	北半球	45(?)
南半球	20.0(0.03)	2.5(0.005)	南半球	<1(?)

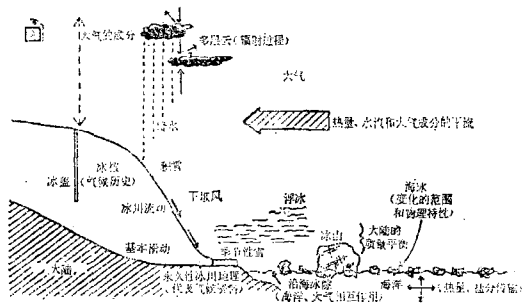


图 1 (A) 极地气象和气候学研究领域结构图

二、有关极地气象研究的国际活动

极地气象工作者们把他们自己看作是一个很小而紧密的组织。在很多情况下，他们的研究已同极地探险的历史联系在一起了。他们各自也想把自己描写成“极地气象学家”，但各自感兴趣的是一系列的物理过程——辐射、遥感、大气动力学、海冰相互作用、古气候、大气化学及很多其它过程。一般，这些组织和他们感兴趣的领域如下：

1. 国际极地气象学委员会(ICPM)——两极地区的气候学和气象学；

2. 国际冰、雪委员会(ICS)——全球冰雪圈的研究(水文学和气象学的联系)；

3. 世界气象组织(WMO)，大气科学委员会(CAS)，世界气候研究计划(WCRP)，联合科学委员会(JSC)，以及海洋气候变化委员会(CCCO)工作组和海冰资料整理与编辑工作组——世界气候研究计划(WCRP)中的全球海冰-大气相互作用；

4. 南极研究科学委员会(SCAR)气候工作组——南极地区气候研究；

5. SCAR 海冰工作组——南极海冰-物理和气候影响；

6. SCAR 南极气象工作组——一般的南极气象研究和业务；

7. WMO 执行委员会南极气象工作组——着重于南极气象资料的管理和通讯方面及资料的可靠性；

8. 海洋研究科学委员会(SCOR)南大洋工作组——南大洋海洋环流。

因此，IAMAP 的极地委员会也必须包括在各种兴趣组和组织之中。它的主要任务之一是起协调作用，即通过 IAMAP 提供资助和方便来经常召集有关各种特殊研究课题的会议和学术讨论会，和把各种跨学科特殊研究计划同地理学要求联系起来。

三、极地气象学中目前有重要科学意义的领域

本节是要确定极地气象工作者目前最感兴趣的一些研究领域。

1. 极地海冰

海冰很可能在不久的将来成为极地气象学中最有意义的研究领域。其重要性在于：

(1) 它对高纬地区的辐射平衡和海气之间的热量、水汽及动量交换有着深远的影响；

(2) 其物理特性，特别是密度和厚度随时间和空间变化很大；

(3) 在地区范围内，其季节变化和年际变化都很大；

(4) 提供了气候“贮存”机制，即一个季节的海冰特性将影响下一个季节的海冰特

性,结果也影响了季节性的大气环流;

(5) 对海洋学和生物学有很重要的意义。

最近几年在很多方面所作的有关海冰的工作:

(1) 用卫星(特别是在微波波段)来观测海冰的范围、密度和物理特性(如 Zwally 等, 1983; Comiso 和 Zwally, 1984; Yamanouchi 和 Seo, 1984);

(2) 对大尺度和地区尺度的海冰-大气-海洋相互作用的观测(如 Cavalieri 和 Parkinson, 1981; Carleton, 1983, 1984; Streten 和 Pike, 1983, 1984);

(3) 数值模拟海冰的增长和消融及其对大尺度气候变化的可能影响(如 Bennett, 1982; Hibler 和 Ackley, 1983; Shine 和 Henderson-Sellers, 1985; Smedstad 和 Røeck, 1984)。

最近一些多学科的综合考察队对海冰进行的研究,其中包括船舶观测及某些飞机和卫星观测:

(1) 1983 年在北太平洋和白令海(Bering Sea)进行的边缘海冰带实验(MIZEX);

(2) 1984 年在弗莱姆海峡(Fram Strait)进行的 MIZEX;

(3) 在 1983 年第二次国际 BIOMASS 试验(缩写为 SIBEX)的基础上对主要的生物成分进行了研究;

(4) 1981 年美苏威德尔海(Weddell Sea)联合考察(WEPOLEX);

(5) 1986 年冬季威德尔海计划(WWSP)——联邦德国、美国和英联邦科学家的联合计划。

ICSU/WMO(1982)、Allison(1983)、美国国家研究委员会(1984)和 ICSU/WMO(1984)所进行的各种国际科学研究计划中的大量研究都已充分估计了海冰对气候的潜在重要性。所发表的文章形成了以前的研究高潮,为世界气候研究计划的实施拟定了一个科学的计划,涉及到了在气候上研究海冰的

重要性。

WCRP 试图制定一个国际间合作计划,其目的在于:

(1) 改进极区的大气环流模式来更好地确定影响海冰的大气场;

(2) 根据有限的海洋通量观测数据和上层海洋模式来估计海洋和海冰间的热量交换;

(3) 需要海冰大尺度变化的资料以提高大气-冰-海洋模式的预报价值;

这个实施计划的观测资料分析和模拟部分的细节将由 JSC 研究组来提出。

2. 冰盖及其边缘地区的地面风的变化特征

风向风速受地形特征严重影响的南极巨大冰盖和格陵兰的独特地面风,对冰盖上的热量、质量平衡及高纬度地区的大气环流起着很重要的作用(如见 Radok, 1974)。

Parish(1982, 1984)的理论数值研究和最近 Parish 和 Bromwich(1985)的工作表明:通过输入地形坡度和逆温强度对时间平均的气流进行模拟,能够再现在南极西部观测到的地面风流线的一些基本特征(见图2)。流泄(drainage)型流场显示了沿着海岸线的巨大变化,而模拟的气流定量地表示了通过海岸线的时间平均的质量通量。继续开展这类工作(如果得到不同地区的更密集的站网的观测所证实)就能够估计通过冰盖边界线的边界层的质量通量,以及进一步研究增强的下降风对气候的影响。

3. 极地的天气学、动力气象学和气候学

最近发表的文献中很少有关于极地的天气和气候过程的天气和动力学研究的内容。尤其是在南极洲,这里可用于详细研究的资料有限,因此也没有画特别集中注意大陆及沿海附近的高质量的每日半球分析图。从 FGGE 期间就开始建立,现已得到改善的海洋浮标网是北部海洋上提供资料的基地。在能够有效地开展大陆及附近沿海的天气过程的详细研究之前,还需要在海冰带内设置更

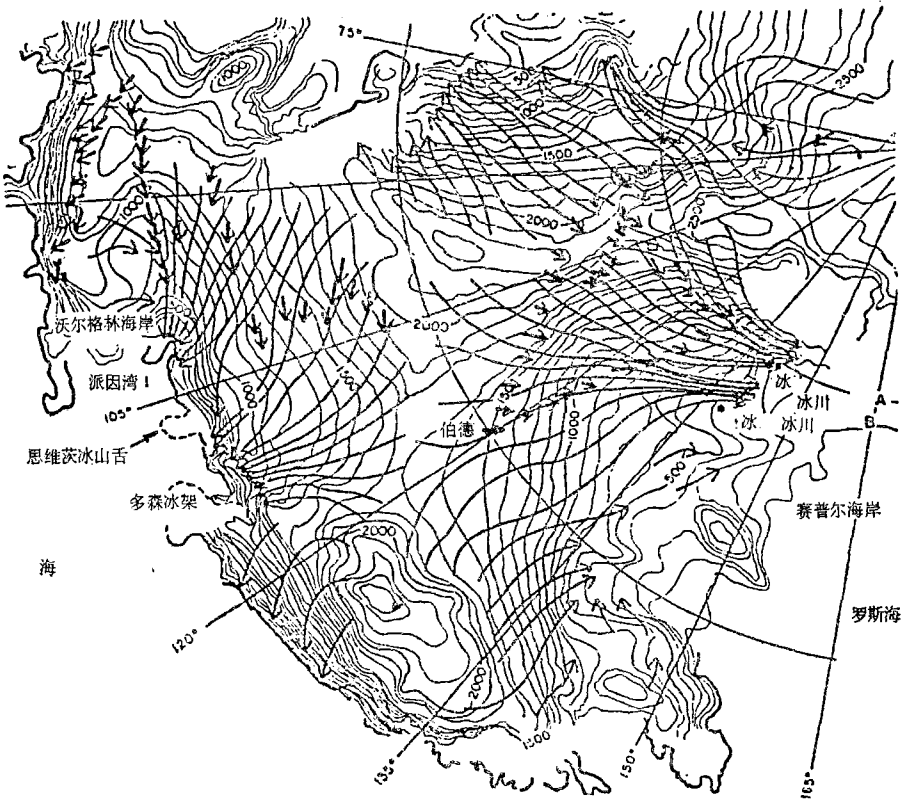


图 2 根据不同野外观测作出的地面流场模拟(细线)、雪地沟槽走向(短箭头)和南极西部地形图。摘自 Parish 和 Bromwich(1985)

多的浮标,在为专门研究用的中尺度网络中架设更多的自动气象站。利用极轨卫星得到的高纬地区的垂直温度层结曲线也存在精度问题(特别是在较低层)。

北极地区,最近在几个特殊地区开展了一些动力气候学方面的工作。LeDrew(1983)利用动力模式分析了 850 hPa 层的垂直速度场,以此作为一个指标来划分北极盆地天气活动的主要方式,并试图了解这个地区天气演变的过程。加拿大北极圈内的特殊地区也成为气候变化的天气气候学研究和调查的地区。

国际卫星陆面气候计划(ISLSCP)对局地气候研究,特别是检验北半球陆地上变化的气候规律中的有意的地面参数有潜在的重要性。

最近几年,对北极冰原地带(Arctic tundra)的能量收支进行了进一步的研究(如

Ohmura,1982),这可能会更有效地定量了解决定性的气候因子。在南极洲,区域气候学的成果很少,但澳大利亚在南极东部的 Vestfold Hills 的“绿洲”上进行的一次多学科的研究,在这方面做了一些工作,并在罗斯海(Ross Sea)地区建立了自动气象站网,用来调查局地中尺度天气的情况(Renard 等,1983)。

1985 年, IAMAP 及国际海洋物理科学协会(IAPSO)在檀香山召开了一次有关极地和 中纬度地区天气系统的学术交流会,收到了很多论文,希望重新唤起对高纬天气学的兴趣——最近几年有所忽视,但却是非常有意义的领域。

4. 极地大气化学及大气成分的研究

由于远离大部分的大气微量物质和污染物的源地,极地大气具有一个充分混合的背景含量,并可用它同其它地区的这类物质的

变化进行比较。这样,在南极点的Amundsen-Scott 站建立了一个“清新空气环境”实验室,测量大气中 CO_2 、 O_3 和 NO_2 的含量。在南极的其它地方还测量了碳酸盐、硫酸盐和硝酸盐的含量。然而从特殊的外部源释放的物质肯定以某种方式输送到了极区。

利用现有的精密仪器更细致地测量南极边界层内的化学成分随时间的变化正进一步揭示各种传输类型中的一些想不到的细节,从而可以推断南半球高纬地区发生的活跃的气象交换过程(参见Robinson等,1983,1984)。

连续监测可变大气成分,研究它们的源地、传输及源、汇之间的化学反应,不仅是分析和预报全球大气的气候状态的重要工具,也是验证极区三维大气环流的工具。

5. 极区的云层

云量,特别是在北极盆地,早就被认为是通过各种反馈机制以及不同反射率和物理特性的地面相互作用影响极区辐射和热量平衡的非常重要因子。在北极,冬季和夏季的云量分布形成了鲜明的对比,主要是由夏季无所不在的低层云的特性决定的。在南极,还没有深入研究云量的分布。但通常认为,云层从几乎全阴天的沿海水域向极区减少。

不应该低估获得冰雪覆盖区云的精确统计资料的困难和完善地面观测云资料中存在的问题。

进一步发展取得一致和精确的卫星云图的方法,以及对极地云(特别是北极层云)与各种地表间的复杂物理相互作用的理论研究的极地气象学基本的和持久的课题。

6. 极冰所包含的气候记录的研究

南极和格陵兰的冰芯都以季节积雪量(由积雪地层学所表示)、气溶胶和含有大气气体的形式包含了过去气候的珍贵资料,以及相当量的氧同位素包含有温度的记录。法国考察站在冰穹C(Dome C)所采的冰芯清晰地表明了(同其它非常详细的资料一样)距今18000年以前的最后一次冰期顶峰后的气

候增暖的主要特性。最近,又有了一些更详细的资料(如Jowzel等,1983),大批的文献阐述了对南极雪中的微量物质进行化学分析的结果。这类工作对做出一张过去气候的大气温度和其它环境状况的年代表非常重要,并能够提供可靠的全球古气候记录。对其它有关高纬地区古气候的资料,如从深海海底岩心中的微化石、副极地沼泽中的花粉、冰川地貌层序和固体地层学的分析资料,是给主要的气候模拟试验(如Manabe和Broccoli(1985))提供输入数据的基础。还需要在更大的地理区域内钻取深层冰芯以联接过去气候变化的历史序列,这是全面理解未来气候状态数值模式的预报结果所必须研究的。

四、极地气象学将来的任务

前面简单地回顾了极地气象学目前的工作情况,下面将要叙述极地委员会在不久的将来要开展的活动。

1. 与其它工作组(特别是世界气象组织南极气象工作组)合作,力求加密南半球高纬地区的观测网和通讯基地的范围和提高质量。特别需要做以下工作。

(1) 在沿海和冰盖上设置更多的自动站,以便更好地分析中尺度天气形势,特别是地面风分布;

(2) 进一步改进技术,在海洋上和浮冰带设置更多的浮标站;

(3) 尽可能发展下投式探空仪观测网,并增加飞机观测的次数;

(4) 改进卫星观测的温度层结,特别是低层层结的技术。

2. 同SCAR和WMO的工作组一起,建立一套综合而全面的、容易查找的各种历史气候资料,特别是南极资料的档案。第一步已在1983年SCAR主持的第十八届国际大地测量及地球物理学联合会(IUGG)年会上完成了。该次会议提出了这个问题,并要求开展资料管理活动(Barry,1984)。

3. 同SCAR的气候和海冰专家一起,

准备一次 南极 海冰综合 研究的国际 联合计划。这次研究将成为世界气候研究计划的一个组成部分，有助于对大气环流模拟中所使用的海气热量、水汽和动量交换的通量的精确计算。这方面的活动在 1985 年召开的 IAMAP 和 IAPSO 年会上进行了讨论。

4. 鼓励继续研究 南极气象学中的以下领域：

(1) 主要冰盖的下坡风系统和边界层的理论和观测研究；

(2) 对高纬地区的气溶胶和微量大气成分继续进行观测和化学分析，不但可以作为气候指数，还可以作为研究大气环流的示踪物；

(3) 高纬地区天气系统的天气学研究和动力气候学的发展 都需要更先进的观测网，而在南极要继续进行天气过程的每日研究则需要专门的分析中心；

(4) 发展卫星所测极地云特性的更好分析方法，及云(特别是北极层云)对极地地面辐射和热量平衡影响的理论研究；

(5) 分析长期的极地气候资料中的趋势及相互关系是研究全球气候年际和更长期变化的一个重要方面；

(6) 收集和分析高纬地区有代表性的古气候资料，特别是在格陵兰和南极洲冰盖不同地理区域钻取冰芯。

5. 通过 IUGG 的一般学术讨论会和同期召开的 IAMAP 会议，为各个领域的极地工作者提供机会，在有选择的学术讨论会上公布他们的发现。这种会议是研究人员希望广泛讨论南北极及交换共同感兴趣的问题的观点的基本条件。

张永萍节译自 WMO 文件 34.145/W/AA/EC 附录 1

贾朋群校