

南极极冰的时空变化特征 及其对大气环流的影响

赵汉光

姬菊枝

(北京气象中心)

(北京气象学院)

提 要

本文利用1973—1982年南极极冰覆盖面积资料,分析了南极极冰的时空变化特征,并对极冰增长和融化过程的变化进行了谱分析。结果表明,整个南极极冰增长和融化过程的变化存在着准8.2周的主要振荡周期,极冰出现最大增长和融化速率的时间分别在5—6月和11—12月(北半球时间)。还发现南极极冰的变化对北半球西太平洋副高脊线位置的变动及登陆我国台风的数量有重要的影响。

带气旋(我国编号的,下同)数目变化的影响。

一、引言

地球上的冰雪是气候形成的重要因子之一。南极大陆面积约有 $14.1 \times 10^6 \text{ km}^2$,经常有98%的冰雪覆盖着,南极附近还有广阔的海冰环绕着。冰雪覆盖的大陆和海洋反照率可达80%,这就大大地减少了对太阳辐射的吸收,而大气主要是从下垫面加热的,冰雪覆盖使大气得到的热量减少。因此,南极极冰面积的变化,无疑会对大气环流和气候变化产生影响。

自从1966年建立了极轨卫星观测系统后,随着资料的积累,冰雪覆盖与气候变化关系的研究也逐渐增多。符淙斌⁽¹⁾在我国长江流域梅雨与南极冰雪状况的可能联系时指出:南极海冰面积缩小,来年长江出梅晚,梅期长;反之,海冰面积扩展,来年出梅就早,梅期短。根据Kukla⁽²⁾的分析,近7年南极海冰总的下降趋势十分明显,减少了约 $3 \times 10^6 \text{ km}^2$,即大约减少了1/5。这一巨大变化应该引起我们极大的注意。为此,本文在前人研究的基础上,应用近10年的南极极冰资料,着重分析研究南极极冰的时空变化特征及其增长和融化过程的变化周期,并进一步探讨南极极冰对北半球西太平洋副热带高压脊线位置变化和登陆我国的热

二、资料 and 计算方法

1973—1982年南极极冰资料取自中央气象台长期预报科。整个南极分为5个区。即一区: $0^\circ - 90^\circ \text{ E}$; 二区: $90 - 160^\circ \text{ E}$; 三区: $160^\circ \text{ E} - 130^\circ \text{ W}$; 四区: $130 - 60^\circ \text{ W}$; 五区: $60^\circ \text{ W} - 0^\circ$ 。5个区域的极冰面积之和为整个南极极冰的总面积,极冰面积资料由卫星每周观测一次取得。

1966—1975年期间,每年11月末的南极极冰面积资料取自文献⁽³⁾。西北太平洋副高脊线位置和年登陆我国的热带气旋个数资料取自中央气象台长期科。

本文采用谱分析方法⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾计算整个南极及各个分区极冰增长和融化过程的振荡变化。首先进行自谱计算。计算前,先进行预处理,消除季节变化,同时,为了消除1个月内的高频变化的影响,进行4周滑动平均。最后序列长度为516,取最大后延为序列长度的1/3。第二步进行互谱的计算,用位相谱和谱相关来描述整个南极极冰增长和融化过程的振荡变化与各个区域振荡之间相互关系的谱特性。采用红噪音检查,对主要及次要周期的谱值均以超过0.01的信度选取。

三、南极极冰的时空变化特征

1. 季节变化

根据1973—1982年10年南极极冰面积资料统计表明，整个南极极冰覆盖面积最大在9月，约 $17.4 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，最小在2月，约 $2.9 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，9月的极冰面积为2月的6倍（见表1）。而北半球冰的覆盖面积，最大在2月，最小在8月，2月冰的面积为8月的1倍〔6〕。由此可见，整个南极极冰覆盖面积的季节变化比北半球要显著。

下面我们再来分析各个区域极冰面积的季节变化。由表1可见，各个区极冰覆盖面积最小都是在2月，但出现最大极冰面积的时间，各个区域都有所不同。例如三区出现在8月；一区出现在10月，而其余各区都出现在9月。除此之外，各区极冰面积的季节变化的显著性亦有较大的差异。例如一区10月极冰面积为2月的16倍之多，而其余各区最大极冰面积与最小极冰面积之比，一般为5—7。

表1 整个南极及各区域各月及年平均极冰面积 (10^3 km^2)

月份	一区	二区	三区	四区	五区	全南极
1	532	426	1153	876	1481	4467
2	310	357	580	685	967	2898
3	483	527	991	761	1214	3976
4	931	823	1916	1003	1783	6456
5	1568	1106	2656	1462	2583	9315
6	2529	1345	3204	1801	3568	12447
7	3589	1591	3586	2105	4198	15069
8	4381	1779	3761	2191	4692	16803
9	4867	1800	3694	2243	4779	17383
10	4910	1744	3501	2035	4411	16630
11	4121	1390	3193	1756	3791	14251
12	1879	717	2219	1323	2798	8935
年平均	2508	1136	2538	1520	3022	10724
最大值	4910	1800	3761	2243	4779	17383
最小值	310	357	580	685	967	2898

为了对整个南极极冰覆盖面积的地理分布有更清楚的了解，图1给出了2月和9月

南半球海冰面积延伸的范围（根据1973—1976年4年平均），该图取自文献〔7〕。从图1可明显看出，2月海冰界线主要在 66°S 以南，最北的海冰界线在南极半岛，约在 63°S 附近；9月海冰向北扩展，平均约在 60°S 附近，海冰界线最北达 55°S （ 0° 附近）。夏季在一区、二区范围内，海冰界线与南极大陆边缘几乎平行，然而在其他地区，海冰界线的变化则比较突出，威德尔海北部 65°S 附近的海冰反而比 60°S 附近的海冰融化早，而导致该区域形成S形的海冰界线。

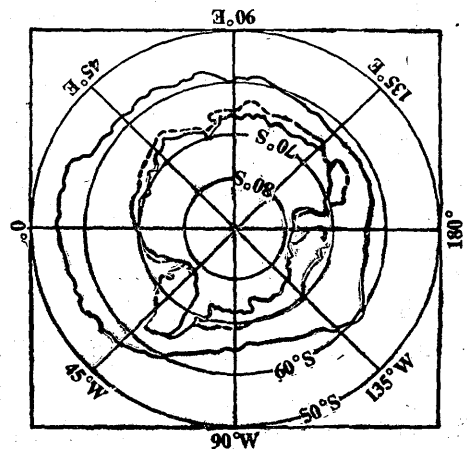


图1 南半球2月和9月海冰延伸范围(1973—1976年平均)
实线为9月海冰界线 虚线为2月海冰界线

2. 年际变化

南极极冰面积年均约为 $10.7 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，大致与北半球海冰面积相当。从近些年来看，北半球海冰变化范围不超过 $0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，但南半球极冰面积的变化则大得多。从图2给出的整个南极及各区域极冰面积年平均值的多年变化情况可以看出，从1973—1977年的短短4年里，整个南极极冰面积就缩小了 $2 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，为北半球海冰变化的4倍。其中五区缩小得尤为显著，约 $1 \times 10^6 \text{ km}^2$ ，几乎占整个南极极冰缩小面积的一半。

仅四区极冰面积有增大的趋势。此外，从分区极冰面积的年际变化来看，年际变化最大的是五区，其次是一区和三区，二区和四区年际变化最小。

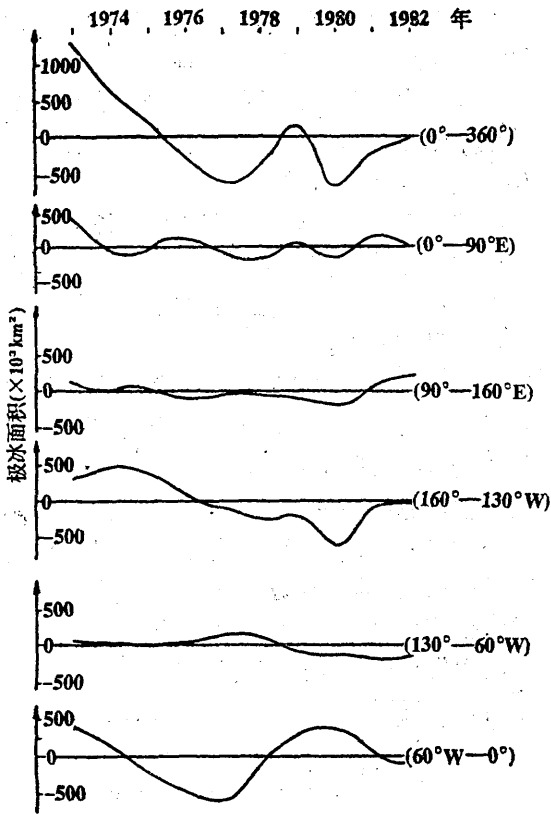


图2 整个南极及各区极冰面积的年际变化

下面我们进一步分析整个南极极冰面积各月的年际变率。图3给出整个南极极冰面积各月的年际变率，在春、秋季最大，尤其是4月、9月、11月，年际变率值均在 $0.5 \times 10^6 \text{ km}^2$ 以上。相反在夏、冬季的年际变率较小，其中8月和2月为最小。为什么春、秋季极冰的年际变率较大呢？可能是由于春、秋季正是极冰增长和融化的季节，同时亦是大气环流演变的过渡季节。

3. 极冰增长率和融化率的气候变化

整个南极及各区极冰增长率和融化率的气候变化情况如何呢？由表2给出的逐月极冰增长率和融化率的数据表明，整个南极从

3月开始就出现极冰的增长，增长率在5—6月达到最大，9月极冰面积最大。10月极冰开始融化，融化速率在11—12月最大，到2月，整个南极为极冰面积最小。从各区的情况看，出现极冰增长（或融化）最大速率的时间各不相同。尤其是极冰增长最大速率出现

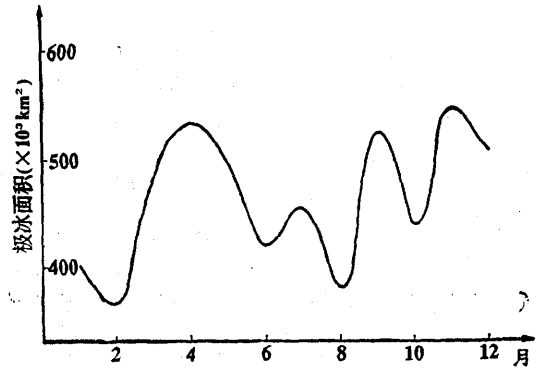


图3 整个南极极冰面积各月的年际变率

表2 整个南极及各区极冰面积月气候增长率和融化率（增长率为正，融化率为负； $10^3 \text{ km}^2 \cdot \text{月}^{-1}$ ）

月份	2-1	3-2	4-3	5-4	6-5	7-6
一区	-222	173	449	637	961	1059
二区	-69	171	296	283	239	247
三区	-573	411	924	740	549	382
四区	-190	76	242	459	339	304
五区	-514	247	570	800	985	630
南极	-1569	1078	2481	2919	3072	2622

年份	8-7	9-8	10-9	11-10	12-11	1-12
一区	792	487	43	-789	-2244	-1346
二区	187	21	-26	-384	-673	-291
三区	174	-67	-193	-307	-975	-1066
四区	86	52	-208	-279	-433	-447
五区	485	87	-368	-620	-994	-1316
南极	1735	579	-753	-2379	-5317	-4467

的时间，各区有早有晚，差异较为明显。例如二区和三区出现时间较早，都在3—4月，而一区却在6—7月，差3个月左右。另外，从各区极冰增长期（或融化期）的长短来看，亦不尽一致。例如，一区极冰增长期为

8个月，融化期为4个月；而三区极冰增长期和融化期各为6个月；但其它几个区和整个南极都是极冰增长期比融化期长1个月。由此看来，极冰最大增长率和融化率在时空分布上是有明显的差异，这种差异可能与各个洋区的海流和大气环流的槽脊位置分布有一定的关系。

四、极冰增长和融化过程的主要振荡周期变化

为了进一步揭露整个南极及各区极冰增长和融化过程的振荡变化及其相互关系，本文对整个南极及各区每周极冰面积的增长(或融化)过程的变化进行了自谱和互谱的计算和分析。计算前对原序列进行了预处理，首先消除其季节变化；再进行4周的滑动平均，滤掉高频部分的变化，最后分析低频部分的主要振荡周期及其相互关系。表3给出了整个南极及各区极冰增长和融化过程的主要和次要振荡周期。从表3可见，整个南极极冰增长(或融化)过程的振荡变化存在着准8.2周的主要振荡周期，次要振荡周期为14.1周；而从各区的情况来看，除一区的主要振荡周期为13.3周外，其余各区的主要振荡周期大致在6.3—8.8周，与整个南极的主要振荡周期相接近。由此看来，整个南极及大部分区域的极冰增长和融化过程存在着8周左右的低频振荡变化，即大约存在45—60天的振荡周期。值得注意的是，近年来人们

表3 整个南极及各区极冰增长和融化过程的主要和次要振荡周期

区域	主周期	所在的区间	次周期	所在的区间
一区	8.2	8.0—8.5	14.1	13.6—14.4
二区	13.3	12.6—13.8	9.6	9.4—10.0
三区	8.8	8.4—9.0	10.6	10.5—11.0
四区	6.3	6.2—6.5	11.2	11.2—11.3
五区	7.3	7.1—7.4	19.2	18.7—20.4
全南极	8.2	8.1—8.3	16.5	16.5—16.9

发现热带大气中亦存在着50天左右的振荡变化。刘家铭(K.M.Lau)利用延伸经验正交函数分析了OLR的变化，发现第一特征向量和第二特征向量的时间系数均有40—60天的振荡，只是第二特征向量的时间系数比第一特征向量的时间系数超前15天。因此，热带大气中40—60天的振荡，是否有可能是由整个南极极冰的增长和融化过程的振荡变化而引起的，有待进一步研究。

我们又考察了各区域极冰增长(或融化)过程与整个南极极冰增长(或融化)过程的准8.2周主要振荡周期的位相差及谱相关关系(见表4)。从表4可见，一、三、四区极冰增长(或融化)过程与整个南极极冰增长(或融化)的准8.2周振荡的谱相关都较大(0.63以上)，而二、五区与其谱相关较差。它们的位相谱表明，整个南极极冰与一、二、三、四区极冰增长(或融化)过程呈反位相。就是说，一至四区极冰增长过程的振荡变化在前，而整个南极极冰增长(或融化)过程的振荡变化在后，相差28天左右，而五区是落后的，相差18.9天。

五、南极极冰对大气环流长期变化的影响

由于南半球极冰资料年代较短，大气环流的资料年代亦比较短，并且不易取得，相对应它的研究和揭露的事实不如北半球多。本文仅根据1966—1982年11月整个南极极冰表4 整个南极极冰准8.2周及14.1周的振荡与各区振荡的关系

区域	南极极冰准8.2周振荡		南极极冰准14.1周振荡	
	谱相关(%)	位相角(度/天)	谱相关(%)	位相角(度/天)
南极一一区	63	178.5/28.5	88	177.4/48.6
南极一二区	55	180.0/28.7	44	-170.7/-46.8
南极一三区	68	167.4/26.7	52	34.3/9.4
南极一四区	75	174.1/27.8	58	72.8/20.0
南极一五区	47	-118.6/-18.9	55	-146.4/-40.1

面积资料,分析它对北半球西太平洋副热带高压脊线位置的长期变化的影响以及与在我国登陆的热带气旋(我国编号的,下同)多寡之间的关系。图4给出了11月份整个南极极冰面积的逐年变化和7—8月副高脊线3年滑动平均位置的变化及年热带气旋登陆数的3年滑动平均值的变化。从图4可见,当南极极冰面积逐年由小增大时,副高平均脊线位置有由偏南转偏北的趋势,登陆我国的年热带气旋数有由少到多的趋势。相反,南极极冰面积逐年由大减小时则副高平均脊线位置有逐渐由偏北转向偏南的趋势,年登陆热

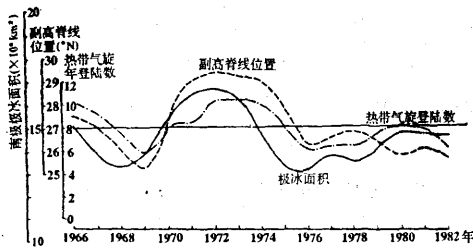


图4 整个南极极冰面积与副高平均脊线及年登陆热带气旋数的变化趋势

带气旋数有由多向少变化的趋势。我们分别计算了这两组曲线的相关系数,极冰面积和副高脊线的相关系数为0.68,与年热带气旋登陆数的相关系数为0.93。而且从这些变化曲线来看,极冰面积变化在前,副高脊线、热带气旋登陆数变化在后。由此看来,南极极冰状况与北半球大气环流之间存在着某种相关关系,它反映了南北半球之间的更大尺度的相互作用。那么,这种联系是通过什么样的途径来实现的呢?如果从物理上解释,南极极冰向北扩展时,南极洲附近绕极低压带向赤道方向扩展。在对流层中部,中纬度西风带也向北推进,中纬度气温下降,气旋路径北移,相应地南半球副热带高压减弱北退,从而使赤道缓冲带和北半球赤道辐合带向北推进。于是北半球副热带高压位置趋向偏北,登陆我国的热带气旋总数就趋向偏多。相反,当南极极冰面积缩小时,南极洲附近

绕极低压常向极地收缩。在对流层中部,中纬度西风带也向南撤退,中纬度气温上升,气旋路径南移,相应南半球副热带高压位置趋向偏南,登陆我国的热带气旋总数就趋向偏少。

综上所述,整个南极极冰面积的扩展和收缩,对北半球副高脊线位置变动和热带气旋登陆数多少的影响,有可能是通过平均经圈环流和行星风系在南北位移上的明显变化这一途径来实现的。

六、结论

通过以上分析研究,得出以下结论。

1. 整个南极极冰覆盖的季节变化比北半球显著,变化范围约比北半球大6倍。各区的季节变化亦有显著的差异。

2. 南半球极冰面积的年际变化亦比北半球大,变化范围约为北半球的4倍。逐年年际变率以春、秋最大,冬、夏最小。

3. 整个南极及各区极冰最大增长率和融化率的气候变化在时空分布上有着明显的差异,这种差异可能与各个洋区的海流和大气环流的槽脊位置分布有一定的关系。

4. 整个南极及大部分区域的极冰增长和融化过程存在着8周左右的低频振荡,而且相互间的谱相关程度高,呈反位相。极冰出现最大增长和融化速率的时间分别在5—6月和11—12月。

5. 整个南极极冰面积比常年大时,则副高平均脊线位置趋向偏北,在我国登陆的年热带气旋总数趋向偏多;相反,则副高位置趋向偏南,热带气旋登陆数趋向偏少。

参考文献

- (1)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,26卷。
- (2)Kuka, G. and J. Gavin, Snow and ice in 1978 a global overview, Proceedings of the Fifth Annual Climate Diagnostics Workshop, Washington, October, P22—24, 1980.
- (3)Kukla, J. G., Recent changes in snow and ice, in climatic change, P114—129, 1978.
- (4)环流与季风,科学出版社, P67—68, 1988.
- (5)赵汉光,我国降水振荡周期特征的初步分析,大气科学,第10卷,4期, P426—430, 1986年。
- (6)王绍武,冰雪覆盖与气候变化,地理研究,第2卷,第3期, P73—84, 1983.
- (7)Washington, M., An introduction to three-dimensional climate modeling, California Oxford University Press, P256, 1988.

The characters of spatial-temporal variation of the Antarctic ice coverage and its effects on the atmospheric circulation

Zhao Hanguang

(Beijing Meteorological Center)

Ji Juzhi

(Beijing Meteorological Institute)

Abstract

The characters of spatial-temporal variation of the polar ice are analysed using the Antarctic ice coverage area data of 1973—1982. A spectral analysis has been made to determine the changes of the polar ice in the increasing and melting processes. It is shown that there exists a main oscillation in a period of 8.2 weeks in these processes for the total polar ice. The maximum rate of polar ice increasing and melting occurred respectively between May and June as well as November and December (in the Northern Hemisphere). At the same time, it is found that the variation of the Antarctic ice coverage exerted a significant impact on the positional variations of the ridge line of the subtropical high over the northwest Pacific and of the tropical cyclones landing China.