

844272

327

63337

南极南大洋天气气候研究译文集



海洋出版社

327

63337

544272

南极南大洋天气气候 研究译文集

国家海洋局海洋环境预报中心 译

海洋出版社

1987年·北京

内 容 简 介

本书由1983年第一次南半球气象国际会议文集和南极天气和气候会议文集中选出的34篇论文组成。主要包括：南半球的大气环流及其与北半球的对比、相互作用；南半球的气旋活动、能量变化、天气预报；南极大陆和海冰对大气环流的影响等。

本文集可供气象部门及其他有关单位的业务人员参考。

责任编辑：王松 张侠

责任校对：刘 兴 昌

南极南大洋天气气候研究译文集

国家海洋局海洋环境预报中心 译

海 洋 出 版 社 出 版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 北京昌平兴华印刷厂印刷

开本：787×1092 1/16 印张：13 字数：316千字

1987年4月第一版 1987年4月第一次印刷

印数：800

统一书号：13193·0902 定价：3.50元

序

近年来,人们对南半球气象学愈来愈注意,南方涛动与全球大气环流的关系是目前大气环流研究中的重要问题。南北半球大气环流的相互作用对东南亚季风活动的关系也是引人注目的题目。过去,由于南半球气象资料非常稀少,有关南半球气象学的研究比起北半球要少得多。1979年联合国世界气象组织发起的全球大气观测计划,为南半球增加了不少观测资料。各国气象学家根据这些资料对南半球的大气环流、天气系统以及南半球的数值预报作了大量研究。1983年7月,在巴西举行了第一次南半球气象学国际学术讨论会。在会上交流了95篇论文,我国国家海洋局有两位同志参加了这次会议。会议论文涉及了南半球气象学的11个领域,即大气环流,南半球的阻塞形势和持久性异常,南半球的静止波,南半球降水的年际变化及其与环流的关系,南半球的降水分析,南半球的数值预报和客观分析,南半球天气尺度环流系统,南北半球大气环流的相互作用,南方涛动及远程相关,南美洲和热带太平洋的环流以及热带气旋和非洲大气环流。这些论文可以说是有关南半球气象学的最新以及比较全面的研究成果。

近年来,国内对南半球气象也愈来愈重视,南极考察以及南半球海洋上的航行均需要南半球气象学知识。国家海洋局海洋环境预报中心的同志们从上述会议的论文集和南极天气和气候会议论文集中选择其中比较重要的论文34篇,翻译成中文介绍给国内对南半球气象学有兴趣的读者。我相信广大读者对本中文译本一定是欢迎的。

陶诗言

1985年1月2日

目 录

南半球风暴路径和涡旋活动的年际变化率.....	Kevin E. Trenberth (1)
南半球纬向平均环流角动量平衡的季节变化.....	Donald R. Johnson (9)
FGGE 年间南北两半球大气能量时间变化的对比研究: 年变和振荡	
.....	Tsing-Chang Chen等 (14)
国际地球物理年南半球大气环流能量参数谱的年变化研究.....	
.....	João A. M. Corte-Real等 (20)
以十年的逐日数值分析为根据的南半球气候学	John F. Le Marshall等 (25)
地表面气压应力对南半球角动量平衡的贡献.....	Ming-Ying Wei等 (29)
两半球阻塞活动的比较气候学.....	M. J. Coughlan (36)
南半球环流的持续性异常.....	Kingtse C. Mo (40)
南半球的阻塞形势和持续性异常.....	Kevin E. Trenberth等 (44)
南北半球准静止波的比较.....	H. van Loon (50)
南半球驻波气候学.....	David J. Karoly (60)
热带热源和与之相联系的大尺度大气环流.....	Carlos A. Nobre (64)
非洲的雨量变化——南北半球间的遥相关.....	Sharon E. Nicholson (69)
南半球中短期天气预报中的问题.....	D. J. Gauntlett (75)
澳大利亚上空等压面上的流函数与位势高度场的网格分析.....	Robert J. Allan等 (84)
南极麦克默多附近自动气象站的气压、温气和风资料的分析	Robert J. Renard等 (91)
南半球海冰-气旋相互作用的年际变化.....	Andrew M. Carleton (95)
南北半球间的相互作用.....	P. J. Webster (100)
南北半球间波的传播模式.....	Jan Paegle等 (115)
越赤道气流动力学.....	John A. Young (122)
FGGE 的特别观测期间南太平洋辐合带的诊断分析.....	Dayton G. Vincent等 (126)
南半球的气候遥相关	A. Barrie Pittock (131)
南方涛动的高层机制.....	Stefan Hastenrath等 (137)
全球热带气旋活动与埃尔-尼诺现象、平流层准两年周期振荡和冬半球气压波影响的 联系.....	W. M. Gray (140)
南美和东南太平洋地区云量的日变化.....	Patrick Minnis等 (146)
一个热带气旋移动的假说.....	France A. Lajoie (152)
一支在肯尼亚北部新发现的急流 (图尔卡纳通道)	J. H. Kinuthia等 (158)
1972年和1973年冬季南半球环流的对比.....	N. A. Stretten (164)
南极自动气象站.....	Michael L. Savarge等 (168)
南极在南半球天气和气候中的作用.....	W. F. Budd (172)

南北极之间极地气候问题研究的若干比较.....	<i>Gunter Weller</i> (180)
南极大陆对高纬气压分布的影响.....	<i>Ian Simmonds</i> 等(185)
卫星观测到的南大洋冬季海冰与大气间的相互作用	<i>Andrew M. Carleton</i> (190)
南方涛动、纬向赤道环流型与南非降雨量.....	<i>M.S.J. Harrison</i> (197)
译后记.....	(202)

南半球风暴路径和涡旋活动的年际变化率

Kevin E. Trenberth

(伊利诺斯大学大气科学系)

一、引言

由于缺乏大范围资料,我们对南半球大气环流的详细了解遇到严重的障碍。自从1957年国际地球物理年开始以来,只有为数不多的特例,我们曾获得大部分关于大气环流,特别是半球尺度环流方面的资料。这些资料的大部分已经在一本有价值的专论(Newton, 1972)和一套附加的图集中作了概括性介绍。

近来,作为全球大气试验(GWE)的一部分,在南半球和全球进行了另外一系列特别的观测,这就是通称的全球大气研究计划第一期全球试验(FGGE)。FGGE的实施从1978年12月开始到1979年11月结束。值得特别注意的是在南半球设立了海上浮标站,首次提供了南大洋海平面气压的连续观测资料。

如此广泛的全球大气观测,保证了对GWE资料进行深入的分析,同时,这些研究结果将作为检验大气环流模式可靠程度的基础。因此,确立具有代表性的GWE年应有的地位是很重要的。

分析表明,GWE年期间环流的差异来源于环流的实际变化以及资料情况的改善。然而分离这两方面的影响,特别在涡旋的统计分析中,是十分困难的。很清楚,GWE年间分析得到的环流,与前些年的分析在若干方面相差很大。因此,在利用只基于GWE年的资料而得出的结论时要十分小心。Guymer和Le Marshall (1981)及Bengtsson等人(1982)将这种差异几乎完全归因于资料的改善。然而,从台站资料和其他资料分析中(Tucker和Physick, 1980; Tucker, 1981; Trenberth和van Loon, 1981; van Loon和Rogers, 1981; Streten和Pike, 1980),有明显的证据可以证明,整个GWE年期间,南半球实际的环流是相当异常的。这些方面本文将进一步探讨。

澳大利亚世界气象中心始于1972年5月前后的半球分析是有采用价值的。在这里,我们利用500毫巴分析,估算某个均值、方差和协方差场在夏季和冬季的逐年变率。这些场反映平均气流和涡旋特征的变化,也给出了对具有2—8天周期的高频斜压涡旋的方差和协方差的贡献。这种高频振动揭示了“风暴路径”的所在(Trenberth, 1981b, 1982; Physick, 1981)。但是用这种方法确定的风暴路径不仅包括了气旋,也包括了反气旋扰动的路径。总的说来指示了强烈瞬变斜压涡旋活动的地区。

我们将GWE年中统计量的纬向平均与所有年份的平均值和标准差进行了比较。限于篇幅,这些结果中只有一个作为实例在文中提到。然而,对于夏季和冬季,将与GWE年成鲜明对比的那些年份挑选出来,以便比较平均气流和涡旋统计量两者关系动力变化的一致性。

1978—1979GWE年的夏季与1976—1977年进行对比；冬季，1979年与1980年进行对比。

二、资料和方法

所应用的主要资料是澳大利亚世界气象中心00时（世界时）500毫巴的位势高度分析。资料年限从1972年5月到1980年11月，详细情况参看Trenberth (1982) 的文章。

根据分析方法的需要，我们确定每个季节为128天。为避免遗漏资料，我们取夏季9月4日至翌年3月11日，冬季5月15日到9月19日，共9个冬季和8个夏季，把1979—1980年夏季作为GWE年的夏季。

在进行涡旋统计计算之前，年变化从资料中予以扣除。GWE年的统计用两种方法进行。第一种，将统计值与包括GWE年在内的所有年份的平均值进行比较；第二种，将统计值与不包括GWE年在内的其他年份做出的平均值进行比较。后者容许严格的统计检验，该检验是以在GWE年间任何距平统计显著性水平下的 t 分布为基础的（详细情况参看Trenberth, 1983）。

三、纬向平均场

图1给出了1月和7月6年平均的地转西风分量的纬向平均值。

这些场的纬度-时间剖面图早已由Swanson和Trenberth (1981a) 提出。作为GWE年间整个气流及其变化的标志，图2给出了1979年间1月和7月的场（从Bengtsson等1982

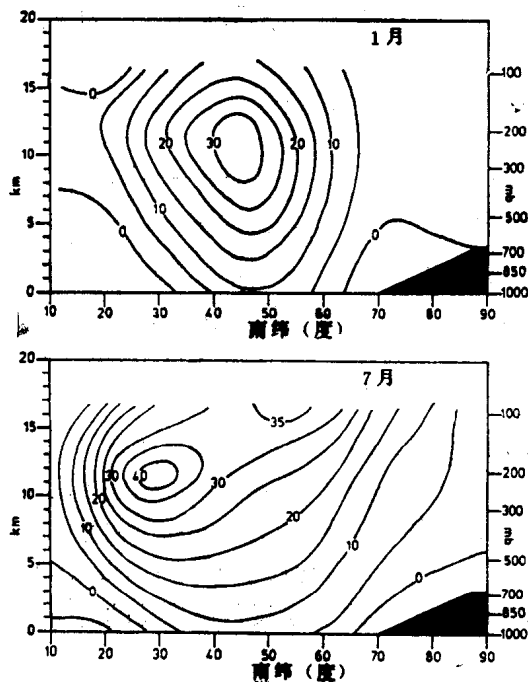


图1 6年平均的纬向平均地转风径向剖面图（米/秒）

a. 1973—1978年1月 b. 1972—1977年7月

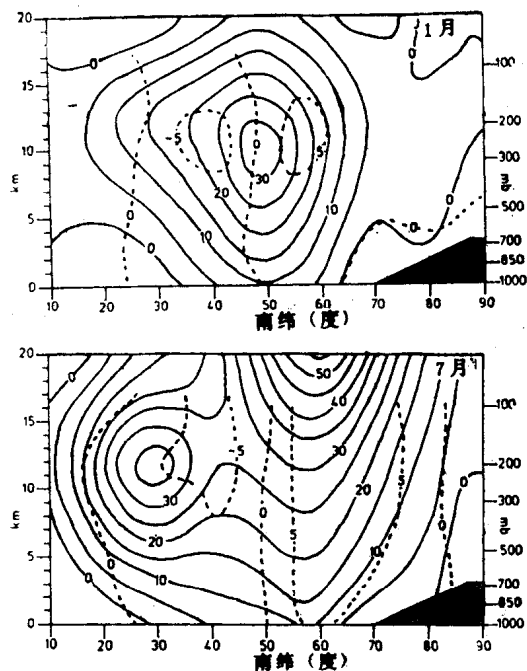


图2 1979年纬向平均风的径向剖面图（米/秒）

a. 1月 b. 7月（从Bengtsson等1982年的结果修改而成），虚线表示与图1的差值

年结果修改而成) 和它们与图 1 的差值。两个月的距平型式很相似, 一个在60°S附近大于5米/秒的正距平伴随一个靠近40°S处-5米/秒的负距平。最大距平区与急流的高度相一致。而且径向结构在各高度上都非常相似。1979年1月, 急流位于平均位置南侧, 1979年7月双急流结构比通常更明显。通常只有一个较弱的副热带急流, 另外还有一个较强的且靠向极地的极地急流。

似乎是GWE年期间7月距平比其他任何月更强烈。在纬向平均海平面气压距平分析的纬度-时间剖面中, Tucker (1981) 发现, 整个GWE年间, 在65°S环极槽的中心附近有一个负距平。7月, 一个-14毫巴的极值出现在65°S, 而这年其他月份的幅值是从1979年8月的-1毫巴到6月的-8毫巴。1978—1979年夏季三个月的海平面气压距平, 如Tucker所给出的, 在65°S的平均值为-3.5毫巴。

表1给出了GWE年间纬向平均场与其他年份平均值的距平的统计检验结果。唯一的涡旋统计检验是对2—8天周期的高频带的方差和协方差 $[\overline{z'^2}]$, $[\overline{u'^2}]$, $[\overline{v'^2}]$ 和 $[\overline{u'v'}]$ 。这里的撇号代表对时间平均的距平, $[\]$ 代表纬向平均, $(\)$ 表示对时间求平均。

表1 GWE 年环流变量对其他年份平均值的距平

方差和协方差都是对于高频2—8天周期带的, 对每一变量都给出了所在纬度; b 是对于其他年份平均值的标准化距平; d 是对所有年份平均值的标准化距平(这里, 为标准化所采用的标准偏差在每个例子中也是不同的); GL 是 t 检验中的置信限度

变 量	纬度S	b	d	$CL(\%)$	变 量	纬度S	b	d	$CL(\%)$
夏季					$[\overline{u}]$	50	3.3	2.0	95
$[\overline{u}]$	40	-3.0	-1.8	95	$[\overline{u}]$	60	4.6	2.2	99.5
$[\overline{u}]$	50	2.2	1.5	90	$[\overline{u}]$	80	-3.8	-2.1	98
$[\overline{u'v'}]$	50	-4.5	-2.1	99	$[\overline{u'^2}]$	30	-2.6	-1.8	95
冬季					$[\overline{v'^2}]$	30	-2.6	-1.8	95
					$[\overline{v'^2}]$	60	2.2	1.6	90
$[\overline{z}]$	40	3.4	2.0	93	$[\overline{z'^2}]$	20	-2.3	-1.6	90
$[\overline{z}]$	60	-3.8	-2.1	93	$[\overline{z'^2}]$	30	-3.4	-2.0	98
$[\overline{z}]$	70	-6.6	-2.4	99.9	$[\overline{z'^2}]$	40	-2.3	-1.6	90
$[\overline{z}]$	80	-4.1	-2.2	99	$[\overline{z'^2}]$	60	3.1	1.9	95

对于夏季, 总的说来平均场和涡旋统计值二者都不很异常。仅仅涡旋动量通量与其他年份有显著的差异, 且在45°—65°S纬度带产生动量的异常的辐合, 因此有利于维持GWE期间向南移动的急流以及一个抵抗地表摩擦耗散的很强的西风带(见图2)。

对于冬季, GWE年间平均流场和涡旋统计值在许多方面是十分异常的。而且对这些场均具有明显的型式, 伴随着急流的向南位移, 40°S以北的 $[\overline{z'^2}]$, $[\overline{u'^2}]$ 和 $[\overline{v'^2}]$ 减小, 而在60°S增加。同时, 向极的动量通量在30°—40°S显著减少, 但在50°S明显增加, 这样导致45°S附近涡旋动量辐合的统计上显著变化(置信度为95%)。总之, 1979年涡旋动量辐合的变化, 引起30°—45°S西风带的减弱, 而在50°—65°S增加, 这种型式与西风带的观测分布是一

致的(图2)。

四、不同年份环流的对比

在这一节,我们将GWE年期间的流场与其他某些年份相对比,并考虑这个环流的某些局地性特点。我们不可能发现绝对对立的事物,大概说来,一个重要的考虑是体系状态持续的程度。例如,我们预料季节内大尺度低频振动将会影响风暴路径,因此,对季节平均来说,势必使与高频涡旋统计位相联系的、通常是清楚的空间型式变得模糊起来。尽管如此,仅根据平均流场的特征选择出了进行对比的年份。

(一) 夏季

夏季环流最大的对比差异,很像是在1978—1979年GWE年和1976—1977年两个夏季之间。图3给出了这两年夏季对Trenberth (1982)作出的平均流场的距平。1976—1977年在 50° — 60° S出现的不寻常的弱西风带,早已被Trenberth (1979), Trenberth和van Loon (1981)以及van Loon和Rogers (1981)等讨论过。

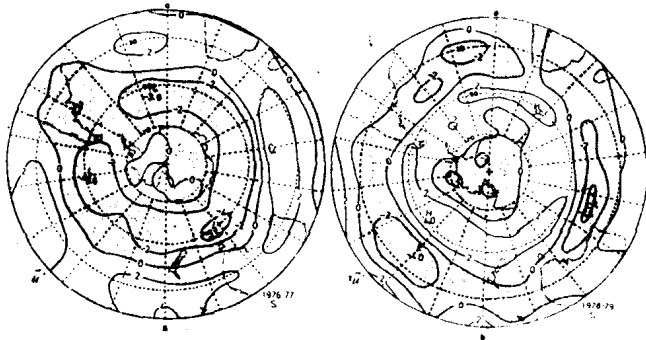


图3 a. 1976—1977年和夏季 b. 1978—1979年夏季 $\bar{u}$ 场对Trenberth (1982)的平均场的距平图(米/秒) 负距平由阴影标出

图3中距平分布的显著特点是其占优势的纬向型分布。1976—1977年距平零线在 40° S附近,1978—1979年在 45° S附近,并且在每一种情况中均有大于 ± 2 米/秒的距平中心。而急流在1978—1979年(图2)位于平均位置以南三个纬距,1976—1977年则位于平均值以北几个纬度上。因此,从观察涡旋统计值的局地变化和由纬向平均场揭示的盛行变化中,我们得到的东西不多。

这两年的环流相对于纬向平均值之间的差别列在图4中。图上部 $[\bar{u}]$ 的对比值显示了这两年的变化,在 50° S附近大到6米/秒,而在 35° S附近为-3米/秒。与此相对应的是,急流的位置存在大约6个纬距的偏移。根据所有年份的平均状况,我们早已注意到风暴路径有位于急流以南 5° 这种明显的趋势(Trenberth, 1981b, 1982)。在夏季,南半球主要的风暴路径,其平均走向在所有经度上都沿着 50° S (Trenberth, 1982)。因此,我们可以预料,1978—1979年与1976—1977年相比,高频涡旋活动在 50° S以北减少,而在 50° S以南增加。

风暴路径位置的关键指示因子是 $[\bar{z}'^2]$ 和 $[\bar{v}'^2]$ 的2—8天的频率带,它们在两个对比的体系中的差值也示于图4中。我们可以看到,这些量的确在 50° S以南有明显增加,而 $[\bar{v}'^2]$ 在 50° S以北有大的减少,但 $[\bar{z}'^2]$ 在 45° S以北只有小的减少。这两年对产生这种特征的贡献是显著的。风暴路径另一个特有的现象是,由涡旋引起的向风暴中心的强的西风动量辐合(Blackmon等, 1977; Trenberth, 1981b, 1982)。因此,在图4底部,我们点绘了

$$\left[\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \right] = -\frac{1}{a \cos^2 \varphi} \frac{\partial}{\partial \varphi} ((u'v') \cos^2 \varphi) \quad (1)$$

在 $[\bar{u}]$ 的实例变化和由涡旋引起的动量辐合的变化之间是很一致的，因此表明，在GWE年急流向南的移动是靠涡旋动量辐合抵抗地表摩擦来维持的。急流和风暴路径两者之间所有的相互关系，正如由涡旋统计所揭示的，已贯穿到特有的年份中，且显示相互一致的型式，这点是值得注意的。

(二) 冬季

与GWE年的1979年冬季对比最大差异发生在1980年，但这个对比情况不如夏季那么好。由于对纬向对称性的较大偏差，冬季气流一般说来更加复杂。1979年和1980年冬季对由Trenberth (1982) 给出的平均 $\bar{u}$ 场的距平示于图5中。

虽然在平均流场中存在局地双急流结构，图5的距平分布仍有很强的纬向性。我们注意到1979年在 $50^\circ - 60^\circ \text{S}$ 之间有几处距平值大于5米/秒，但在1980年澳大利亚南部，靠近 60°S 出现负距平值。但是靠近格林威治本初子午线，1980年超过4米/秒的最大距平值，出现在 50°S ，接近1979年零值线。总的说来，1979年的零值线接近 45°S ，而在1980年却更靠近 55°S 。双急流结构出现在1979年，因之1980年比图1中的情况还不明显。

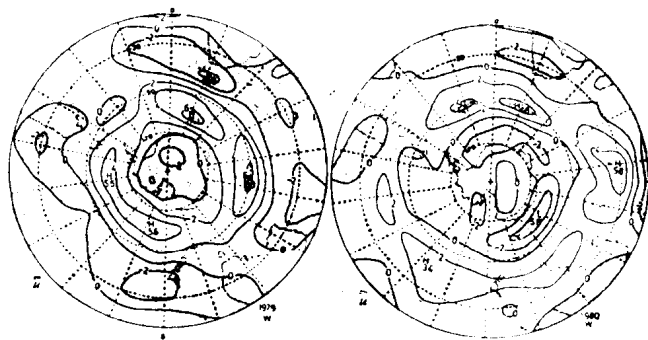


图5 1979年(a)和1980年(b)冬季 $\bar{u}$ 场(米/秒)与Trenberth(1982)的平均场的距平图，负距平由阴影标出

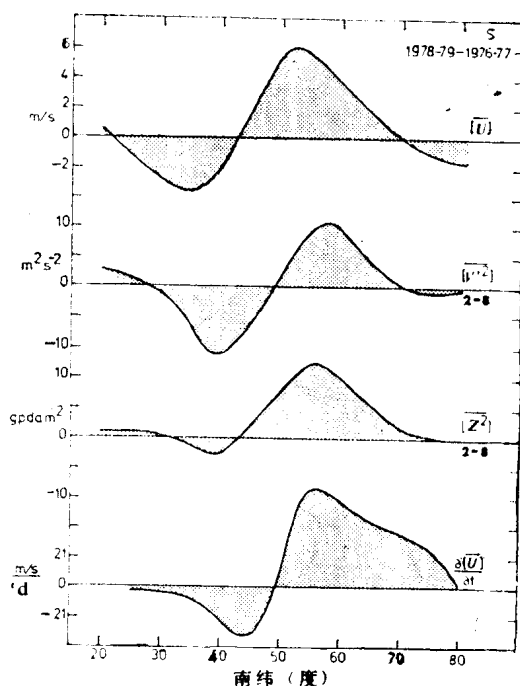


图4 1978—1979年与1976—1977年夏季纬向平均量之间的差值，从顶部到底部，分别为 $[\bar{u}]$ ，米/秒；在2—8天频率带的 $[\bar{v}'^2]$ ，米²/秒²；2—8天频率带的 $[\bar{z}'^2]$ ，位势·百米²；由方程(1)给出的涡旋的动量辐合 $\left[\frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \right]$ ，米/(秒·天)

1979年和1980年冬季环流的对比，首先是由图6中给出的几个纬向平均量表示出来。 $[\bar{u}]$ 场的差值与1979年总平均的距平很相似，只是振幅有所增加。与主要风暴路径相联系的涡旋活动，正如由2—8天的 $[\bar{z}'^2]$ 和 $[\bar{v}'^2]$ 场之间的差异所揭示的那样，有一个显著的向南移位以及在 60°S 处很强而在 40°S 最弱。图6的底部，给出了由(1)式表示的涡旋的西风动量

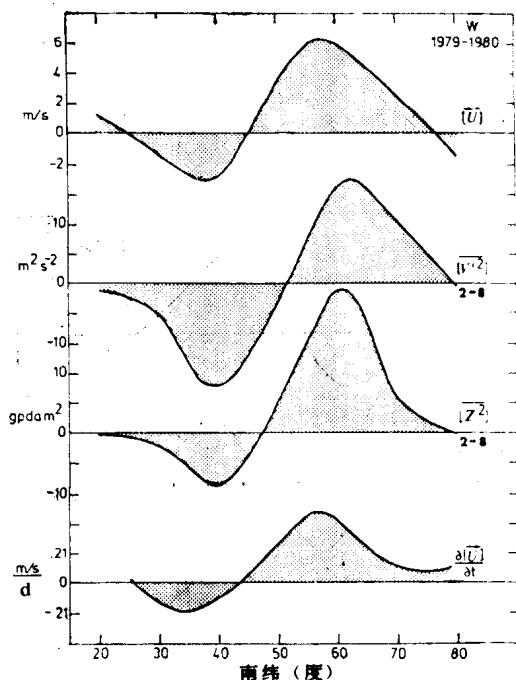


图6 1979年冬季减1980年冬季纬向平均量的差值从上到下依次是 $(\bar{u})$, 2—8天的 $(\bar{v}^2)$, 2—8天的 $(\bar{z}^2)$ 和 $\left[\frac{\partial \bar{u}}{\partial t}\right]$, 同图4

五、讨论和结论

把GWE年季节的环流和涡旋统计与8个夏季和4个冬季的平均值进行比较, 也与其他个别季节体系对比的值相比较, 显现出很一致的型式。GWE年以西风带在 50°S 以南增强而在其北减弱为其特征, 表明在夏季主要西风急流向南位移, 在冬季有一明显增强的和向南位移的极地急流。与此相联系的是全年风暴路径偏南, 这点大致与以平均气流和高频斜压涡旋路径的位置之间的关系为基础的期望相一致。后者已被北半球 (Blackmon 等, 1977) 和南半球 (Tren-

向风暴路径的辐合, 它起着维持抵抗地表面摩擦的西风带的异常型式的作用。

所对比的两个冬季的纬向平均场变化的型式 (图6), 与图4中两个夏季的对比很相似。这又一次说明, 用所有年份得出的平均气流和涡旋统计两者之间的相互关系, 已转而用到任一作正常的个别年份。

为了探索这种关系的局地特征, 图7给出了1979年和1980年2—8天频率带对 $\bar{z}^2$ 的贡献, 以及两年之间的差异。主要风暴路径, 如在图7a和7b中由最大值的位置所指出的那样, 在每一种情况中都用粗断线着重标出。在1979年冬季, 风暴路径在 50°S 以南各处, 总的说来, 在1980年的路径以南 5° — 10° 。在南太平洋, 1980年存在明显的双路径, 而且最南面的那支很强, 但是1979年只有一条路径。这些型式之间的局地对比, 在图7c中由它们的差值表示出来。我们再次注意到, 1979年相对于1980年, 其变化与高频斜压涡旋活动的总的向南位移是一致的。

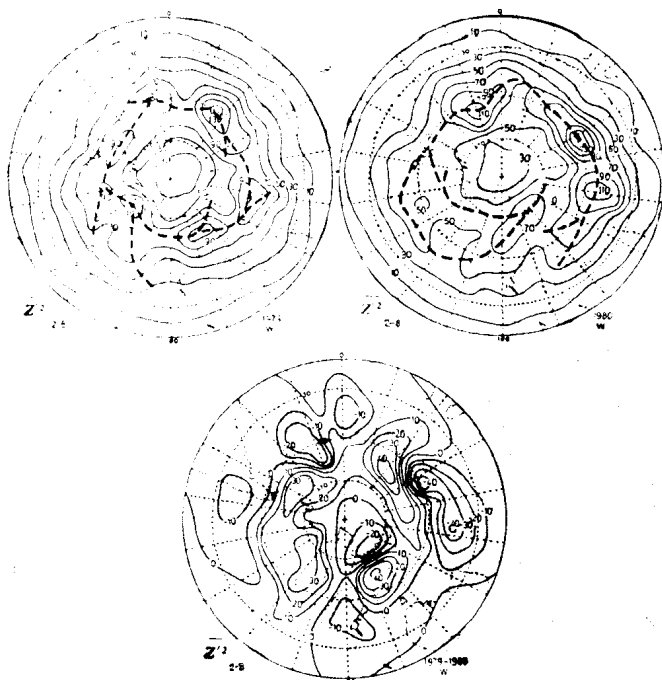


图7 2—8天频率带对位势高度的方差贡献 $\bar{z}^2$ (位势·百米²)
a. 1979年冬季; b. 1980年冬季; c. 1979减1980年的差值; 粗断线标出了最大值和风暴路径的轨线

berth, 1981b, 1982) 若干年观测的平均统计所揭示, 也为以斜压不稳定性作基础的理论所揭示 (参看Trenberth, 1981b, 全面的讨论)。

很明显, 个别年份变化的一致性, 与体系状态及其极端的性质的持续程度有关。这种特征不如南半球其他年份那么清楚。

和季节上的变化一样: 季节内部方差的量值逐年可能存在很大的变化。在南半球, 我们怀疑这可能是由于分析上存在缺陷的缘故。1972—1974年在50°S位势高度的方差相对偏低, 但在近几年, 由于卫星资料的广泛利用, 这种方差已增加了。Carleton (1980) 通过卫星云图计算冬季南半球气旋生成的云涡旋时, 也发现年际间有很大的振动。

从表1中可以清楚地看出, GWE年间冬季的环流统计是格外异常的。很难说这其中有多少归因于GWE年间观测的巨大改善。事实上, 如果扩大的观测网对一些较大的方差和协方差不起作用, 那倒令人奇怪了。这个因素可以解释表1中显著性水平很高的那些情况, 但它不能解释气流区域特征的系统性变化。说得确切一些, 很清楚, 在很大程度上GWE年的环流是南半球环流一种特征的自然年际变率的极端情况。

早已知道, 南半球气流的年际变率是很大的。特别是有差别的气流体系在作为准两年周期振荡的一部分的交替的年间中出现时更是这样 (Trenberth, 1975, 1979, 1980a, b, 1981a, Swanson和Trenberth, 1981a, b)。1979年和1980年冬季环流的差异是这方面进一步的证据。因为GWE年建立起来的全球分析系统的连续工作, 因此1980年的全球分析是意外地可信。对这两年从三维空间上更进一步广泛的比较将是可能的。

对具有长期资料的台站的观测数据进行独立的分析, 进一步支持了GWE年期间环流大多具有特别的性质这一观点 (Tucker和Physik, 1980, Streten和Pike, 1980; Tucker, 1981; 以及van Loon和Rogers, 1981)。

既然环流的许多方面至少在南半球GWE年期间是非常典型的, 那末, 对待仅由代表长期平均情况的年份所得结果时, 确需十分小心。鉴于许多大气环流模式很难在南半球中纬度维持足够的西风带, 可以证明再现1979年GWE年的平均气流就更困难。在我们确切地知道为什么会发生如此大的异常且行将把这种原因引入环流模式以前, 面对南半球环流这种大的自然的变率, 我们需要细心的模拟者。

参 考 文 献

- Bengtsson, L., M. Kanamitsu, P. Kallberg and S. Uppala, 1982: FGGE research activities at FCMWF. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **63**, 277—303.
- Blackmon, M.L., J.M. Wallace, N. Lau and S.L. Mullen, 1977: An observational study of the Northern Hemisphere wintertime circulation. *J. Atmos. Sci.*, **34**, 1040—1053.
- Carleton, A.M., 1980: Recent variations in winter extratropical cyclone activity for the Australian region. *Search*, **11**, 37—39.
- Guymet, L.B., and J.F. Le Marshall, 1981: Impact of FGGE buoy data on Southern Hemisphere analyses. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **62**, 38—47.
- Newton, C.W., 1972: Meteorology of the Southern Hemisphere, *Met. Monogr.*, No. 35, *Amer. Meteor. Soc.*, 263pp.
- Physick, W.L., 1981: Winter depression tracks and climatological jet streams in the Southern Hemisphere during the FGGE year. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **107**, 883—898.
- Streten, N.A., and D.J. Pike, 1980: Indices of the mean monthly surface circulation over the Southern Hemisphere during FGGE. *Aust. Meteor. Mag.*, **28**, 201—215.

- Swanson, G.S., and K.E. Trenberth, 1981a, Trends in the Southern Hemisphere tropospheric circulation. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 1879—1889.
- Swanson, G.S., and K.E. Trenberth, 1981b, Interannual variability in the Southern Hemisphere troposphere. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 1890—1897.
- Trenberth, K.E., 1975, A quasi-biennial standing wave in the Southern Hemisphere and interrelations with sea surface temperature. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 101, 55—74.
- 1979, Interannual variability of the 500mb zonal mean flow in the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 1515—1524.
- 1980a, Atmospheric quasi-biennial oscillations. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1370—1377.
- 1980b, Planetary waves at 500mb in the Southern Hemisphere. *Mon. Wea. Rev.*, 108, 1378—1389.
- 1981a, Interannual variability of the Southern Hemisphere 500mb flow, Regional characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 127—136.
- 1981b, Observed Southern Hemisphere eddy statistics at 500mb, Frequency and spatial dependence. *J. Atmos. Sci.*, 38, 2585—2605.
- 1982, Seasonality in Southern Hemisphere eddy statistics at 500mb. *J. Atmos. Sci.*, 39, 2507—2520.
- 1983, Interannual variability of the Southern Hemisphere Circulation, Representativeness of the year of the Global Weather Experiment. *Mon. Wea. Rev.*, (submitted).
- Trenberth, K.E., and H. van Loon, 1981, Comment on "Impact of FGGE buoy data on Southern Hemisphere analyses". *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 62, 1486—1489.
- Tucker, G.B., 1981, Diagnostic studies of synoptic and, planetary scale systems. International Conference on preliminary FGGE data analysis and results. (Bergen, Norway, 23—27, June, 1980), ICSU, WMO, 362—376.
- Tucker, G.B., and W.L. Physick, 1980, How anomalous was the FGGE period in the Southern Hemisphere? Preprints Australia-New Zealand GARP Symposium (Melbourne), pp. 80—90.
- van Loon, H., and J.C. Rogers, 1981, Remarks on the circulation over the Southern Hemisphere in FGGE and its relation to the phases of the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, 109, 2255—2259.

高士英 译

张 鐸 校

南半球纬向平均环流角动量平衡的季节变化

Donald R. Johnson

(威斯康星大学空间科学和技术中心)

一、引言

本文中,以等熵分析方法,给出了全球大气研究计划第一期全球试验(FGGE)年间1月和7月的纬向平均质量环流、角动量平衡和绕极环流的强迫作用。这些结果来自我的同事和我自己在威斯康星大学的研究成果。

通过纬向平均等压输送过程的分析,哈得来环流和费雷尔环流连同中纬度斜压涡旋输送过程的存在和作用曾被牢固地确立(Lorenz, 1967)。在热带地区,哈得来环流控制着各种属性的输送,而在副热带或温带地区,涡旋输送过程是主要的手段,通过它动量和能量得以相互交换。相比之下,在等熵的纬向平均环流中,哈得来环流圈的存在直接与特定的非绝热加热联系起来。低纬地区的加热伴有通过等熵面向上的质量通量,与在高纬地区的冷却和向下的非绝热质量通量连结在一起。哈得来环流圈的这些垂直分支,同较高等熵面上质量流的向极分支以及较低等熵面上质量流的向赤道分支连结在一起(Townsend, 1980; Townsend and Johnson, 1981)。

有一种观点认为,纬向平均环流的强迫作用依赖于坐标系的选择。按照Eliassen (1951)和Kuo (1956)的关于径圈环流的强迫作用的研究工作, Gallimore和Johnson (1981)建立了在等熵坐标系内的纬向平均径圈环流强迫作用的理论基础。在这些图象中,由于负的(正的)力矩的作用,质量输送被迫朝向(离开)旋转轴。质量环流的向上(向下)分支的强迫作用是由加热(冷却)引起的。摩擦力矩和感热的辐合以及由涡旋产生的角动量输送,被认为是等压结构中的热源和角动量源。在等熵图象中,垂直的分支仅由特定的加热所驱动,而侧向分支则由与涡旋角动量输送相联系的气压和摩擦力矩所强制。

二、1979年7月等熵的纬向平均环流的结构和强迫作用

1979年7月的等熵平均径圈环流和相对角动量分布列于图1a和图1b中。质量环流水平分支的纯强迫作用及有关个别成份列在图1c—1f中。由于向上的质量输送只与非绝热加热相联系,而向下的质量输送只与非绝热冷却有关,质量环流垂直分支的强迫作用可能暗中决定于平均径圈环流的结构。在南半球的冬季,哈得来环流的优势在图1a中是很明显的。环流的中心近似位于赤道上空,在 0° — 25° N之间向上的质量输送与亚洲夏季风的潜热加热相联系。而在南半球,在大约310K以上向下的质量输送表示所有纬度上的净冷却。在310K以下南半球地气交界面上微弱的向上运动,表明在几乎所有纬度上海洋对大气的净加热。

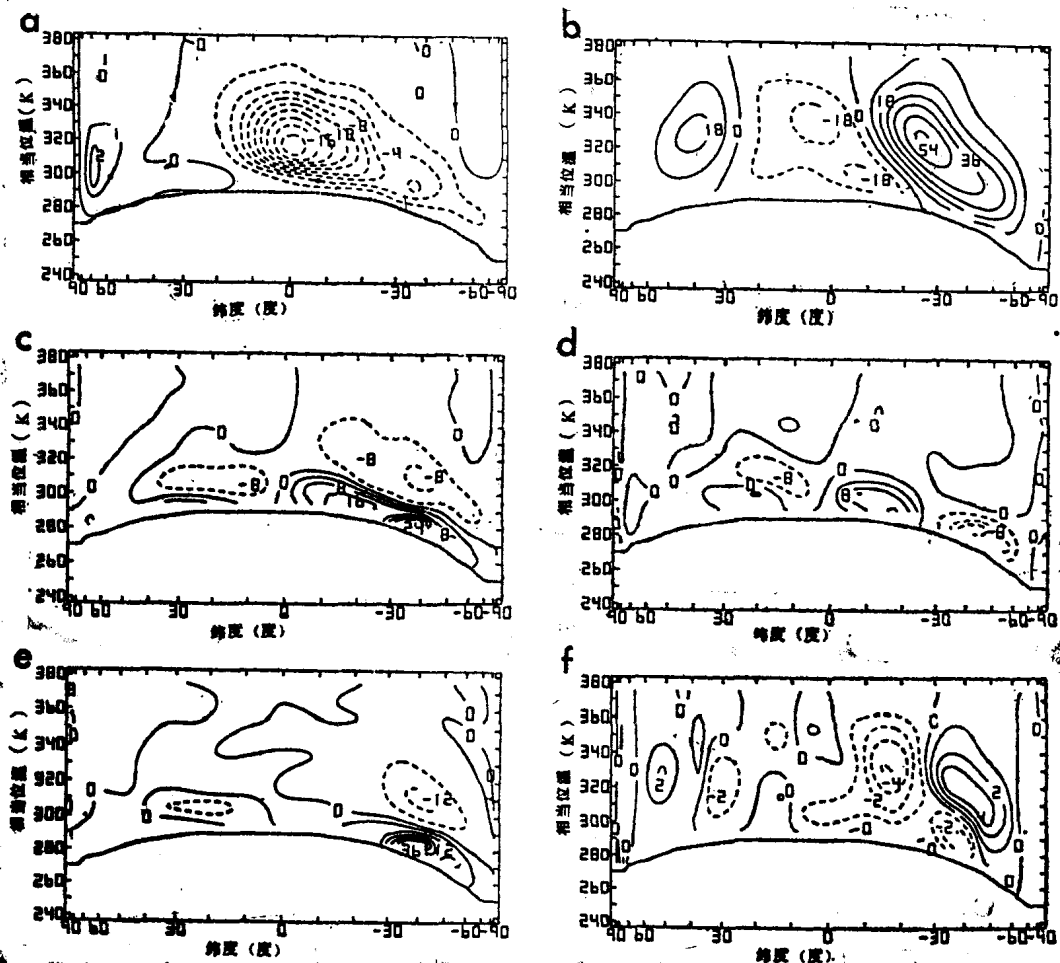


图1 径向剖面图 (FGGE年7月)

a. 平均径圈环流 (10^6 千克/秒) b. 纬向积分的相对角动量 (10^6 千克·米/(秒²·开)) 以及
纬向积分的 c. 全力矩 d. 摩擦力矩 e. 气压力矩和 f. 由涡旋角动量输送的水平垂直
扩散引起的强迫作用 (10^{11} 千克·米/(秒²·开))

图1b中角动量的分布给出了在两半球热带副热带纬度带向西的角动量, 以及在温带和极地纬度带向东的角动量。在北半球夏季和南半球冬季之间角动量分布的非对称性是很明显的。南半球相对角动量的最大值是北半球的三倍。

图1c中给出了由气压和摩擦力矩以及水平和垂直涡动角动量输送辐合所组成的净强迫作用。注意平均的质量流的水平分支和力矩分布之间非常一致。

在南半球, 负的 (正的) 力矩实质上是与哈得来环流的向极地 (向赤道) 运动一致的。注意赤道上力矩分布在符号上的逆转, 说明南半球哈得来环流的强迫作用向北半球扩展。在 0° — 30° N 之间, 较低等熵层中的负力矩强迫运动指向垂直上升区, 而高等熵层中的正力矩, 尽管比较弱, 迫使运动向着赤道。从流体动力稳定度方面考虑, Eliassen 指出, 对于一个给定的强迫作用, 环流的响应在弱流体静力稳定度地区将是强的, 而在强稳定度地区是弱的。因此, 径圈环流对具有强稳定度的温带地区大气强迫作用相对弱的响应, 以及在具有弱稳定

度的低纬地区相对强的响应是与Eliassen的结论相一致的。

通过比较图1a到1f,可以看出,关于相互力矩的相对重要性是很明显的。摩擦力矩的纬向积分的分布(图1d),是由Schaack(1982)用残存法(residual method)从绝对和相对角动量平衡的综合分析得到的。一般说来,较大的摩擦力矩出现在较低的等熵内。注意图1b的径向分布中,摩擦力矩与纬向平均绕极环流是相反的。

在中纬地区,斜压波的气压(梯度)力矩,提供了高层等熵层向极分支以及在低层等熵面向赤道分支的强迫作用。Johnson(1980)以及Gallimore和Johnson(1981)强调指出:在水平的地带上空,等熵的气压力矩起着从斜压波的向极分支到向赤道分支输送角动量的作用,而垂直积分的气压力矩是零。

在南半球低层的摩擦力矩迫使质量环流在 30°S 以南指向极地,同时 30°S 以北指向赤道。然而, 30°S 的向极气压力矩大于低层的摩擦力矩和惯性力矩,也就决定了该地区质量环流的性质。信风区内由摩擦力矩产生的角动量源强制哈得来环流低层向赤道的分支。这支朝向赤道的质量输送为副热带(式)热带地区存在东风带提供了条件。东风带是通过相对角动量的减少,以及地面和绝对角动量的增加而实现的。摩擦力既是绝对角动量源,又强制向赤道的分支。在向赤道的分支中,从相对角动量向地面角动量的转化,是通过由科里奥利力引起的偏东信风而实现的。等熵的平均质量环流的组合,角动量的输送以及由力矩造成的质量环流的强迫作用,对信风的成因提供了一个相调和的说明,而这是一个由Lorenz(1967)讨论过但尚未解决的问题。

比较与涡动角动量输送辐散相联系的有效力矩的数值和分布表明:这个分量一般说来比气压力矩或摩擦力矩具有较小的重要性。对流层上部的等熵层上,南半球辐散发生在 28°S 的向赤道侧,而辐合发生在这个纬度的向极侧。这个情况可用以解释相对角动量的最大值的位置在 30°S 附近。

三、1979年1月的纬向平均环流的结构和强迫作用

北半球冬季哈得来环流以及相对角动量和力矩的分布示于图2。由于篇幅的限制,讨论将主要针对与南半球环流对比的特征。

就质量环流的强迫作用而论,1月的总力矩分布似乎是一致的。高层强的负力矩造成向极的质量流,低层等熵层的正力矩造成向赤道的分支。冬半球7月和1月等熵哈得来环流之间有两个显著的差别。7月质量环流总的相对强度比1月份它的相对应部分实质上要强。另一个差别是,流函数的分布有两个相对最大值,它指出了不同加热的径向分布的实质的差别。

首先,北半球1月哈得来环流在热带纬度上的向上质量输送,比7月南半球哈得来环流的向上质量输送弱得多。这无疑与亚洲夏季风及中美地区7月份的对流强度和南半球1月副热带地区的弱对流之间的差异有关。第二个差异与很强的中纬度加热有关,这种加热隐含在1月份冬季地球表面上空的哈得来环流圈明显的偏差当中,这与大洋上空感热的输送有密切联系,而这又与温暖海洋上空的冷极地大陆空气的爆发有关。

1月的相对角动量的分布与7月相比较也有实质性不同。向西的角动量被限制在 320K 以下,副热带地区向东的角动量存在于这个层次的上方。1月份南半球夏季相对角动量的强