

# 近百年北半球冬季大气活动中心的长期变化 及其与中国气候变化的关系\*

朱乾根 施能 吴朝<sup>日<sub>日</sub>军</sup>\*\* 徐建军 枕桐立

(南京气象学院, 南京, 210044)

## 摘要

研究了近110a北半球冬季6个主要大气活动中心的长期变化, 检测其突变年份, 划分了各自的阶段性。同时分析了大气活动中心与中国气候的关系, 发现西伯利亚高压强度与中国冬季气温存在明显的负相关, 北太平洋高压强度与中国冬季降水有较好的正相关。

关键词: 大气活动中心, 年代际变化, 气候变化。

## 1 引言

全球气候变化引起科学家的广泛关注。为了了解气候变化的原因, 世纪尺度、年代际的气候及大气环流变率研究是不能忽视的。早在1920年代, Walker 和 Biss 提出了三大涛动与世界天气的关系。然而, 与研究南半球的南方涛动相比, 北半球大气活动中心的变化还缺少研究。Hurrell<sup>[1]</sup> (1995), Rogers<sup>[2]</sup> (1984) 曾研究了冰岛低压与北大西洋涛动 (NAO) 的长期变动与区域气候的关系。Kashiwabara<sup>[3]</sup> (1987), Trenberth<sup>[4]</sup> (1990), Trenberth 和 Hurrell<sup>[5]</sup> (1994) 先后指出, 1976年以后北太平洋海平面气压异常低(阿留申低压异常强), 有明显的年代际变化。Nitta<sup>[6]</sup> (1989) 指出这种变化与热带 SST 增暖有关。文献 [7, 8] 进一步指出年代际变化带来的遥相关型异常和近期特征。看来, 这种变化很值得追溯到更早的时段去仔细研究。其实, 早在1960年代, 文献 [9, 10] 就指出过气候振动与大气活动中心变化有关。现文中利用北半球海平面气压的长序列资料更深入地研究北半球冬季大气活动中心的长期变化特征及其与中国气候变化的关系。

## 2 资料与方法

### 2.1 资料

海平面气压取自英国气象局整理的北半球1884—1994年逐月5纬度×5经度的格点

\* 初稿时间: 1996年6月3日; 修改稿时间: 1996年9月26日。

资助课题: 国家自然科学基金(49475265)。

\*\* 现在上海气象局工作

资料。气温及降水资料源于中国及邻近地区共62个测站的逐月资料,资料年代从1881年起,插补的方法是自然正交展开<sup>[11,12]</sup>。这里选用国内36个测站进行分析。冬季用12月、1月、2月的平均。文中的冬季大气活动中心特征分别用阿留申低压(40—55 N, 160 E—160° W), 冰岛低压(55—65 N, 50—20 W), 西伯利亚高压(40—55 N, 90—110 E), 北大西洋高压(30—45 N, 20 W—10 E), 北美高压(40—60 N, 90—120 W), 北太平洋高压(20—30° N, 120—170 E)的海平面气压平均值来表示。文中计算了1884/1885—1993/1994年共110a各个大气活动中心逐年区域平均值,代表逐年平均强度。由于主要关心大尺度环流异常,所以采用较大区域的平均值代表中心强度。这样做可以减少随机误差,避免早期资料缺测的问题。

## 2.2 方法

为了解气候序列的长期趋势,计算气候趋势系数,它定义为气候序列与自然数列之间的样本相关系数<sup>[13]</sup>。

为了解各大气活动中心的阶段性,找出其突变年份,使用了累积距平曲线法,移动 $t$ 检验方法。

文中使用 Morlet 小波分析技术分析多尺度的气候序列的演变特征。小波,即

$$\Psi(t) = e^{-2\pi i t} \exp\left[-\left(\frac{\partial t}{K_4}\right)^2 |t|^2 / 2\right]$$

小波变换系数即为

$$\tilde{f}(t, a) = \frac{1}{a} f(t) \Psi^*\left(\frac{t-t_0}{a}\right) dt$$

$f(t)$  是资料序列,  $\tilde{f}(t, a)$  是小波系数,  $t = 1, 2, \dots, n_0 t$  反映小波位置的移动参数。 $a$  是决定小波宽度的膨胀尺度,具有时间的特性。 $\Psi^*$  是  $\Psi$  的共轭函数。文中取  $|K_4| = b, a$  所对应的即为周期,  $n = 110a$ 。

## 3 北半球冬季大气活动中心长期演变特征

表1给出各大气活动中心的气候趋势系数。可以看出,近110a来,阿留申低压系数是明显的负趋势,强度趋于不断加强之中。北美高压系统也是负趋势,表明北美高压不断减弱的趋势。其余4个活动中心强度没有明显的长期趋势。

表1 北半球冬季大气活动中心强度趋势系数(1884/1985—1993/1994)

阿留申低压	冰岛低压	西伯利亚高压	北大西洋高压	北美高压	北太平洋高压
- 0.42	0.01	- 0.03	- 0.00	- 0.41	- 0.10

表2给出6个大气活动中心的阶段性及相邻阶段强度差值的 $t$ 检验信度。 $t$ 检验表明,绝大多数符合突变标准。图1给出其中4个大气活动中心的时间曲线及累积距平曲线,(北太平洋高压,北美高压曲线图略)。可以看出,阶段的划分是合理的。

表2 6个大气活动中心的阶段性及相邻阶段强度差值的 t 检验信度(括号内值)

	1	2	3	4
阿留申低压	1884/1885— 1921/1922(0.001)	1922/1923— 1944/1945(0.001)	1945/1946— 1975/1976(0.005)	1976/1977— 1993/1994
冰岛低压	1884/1885— 1897/1898(0.01)	1898/1899— 1950/1951(0.001)	1951/1952— 1970/1971(0.001)	1971/1972— 1993/1994
西伯利亚高压	1884/1885— 1912/1913(0.05)	1913/1914— 1943/1944(0.001)	1944/1945— 1977/1978(0.001)	1978/1979— 1993/1994
北大西洋高压	1884/1885— 1901/1902(0.10)	1902/1903— 1944/1945(0.01)	1945/1946— 1977/1978(0.01)	1978/1979— 1993/1994
北美高压	1884/1885— 1919/1920(0.001)	1920/1921— 1978/1979(0.05)	1979/1980— 1993/1994	
北太平洋高压	1884/1885— 1898/1899(0.05)	1899/1890— 1943/1944(0.01)	1944/1945— 1976/1977	1977/1978— 1993/1994

综观图1及表2看出,在近110a内大气活动中心强度有4个明显的阶段性变化(除北美高压),3次明显的突变大体发生在1920年代前后、1940年代中期、1970年代中后期。需指出,Trenberth<sup>[4]</sup>所制作的北太平洋地区冬季海平面时间曲线图(1946—1988年)与图1中阿留申低压第3、4时段演变曲线是非常一致的。Hurrell<sup>[1]</sup>在研究NAO的十年际变化时指出,本世纪初—1930年代末,1980年代开始冰岛低压均是异常强的,这两个时段与文中所划分的冰岛低压的第2、4时段较一致。

图2是阿留申低压中心的小波分析图。可以看出在110a的变化中,具有3a左右与5a左右的年际振荡以及15—25a的年代际振荡。对照前面的阿留申低压的4个变化阶段,可以发现,它们具有密切的联系。在1920年代第1次突变之前,年际振荡以4a左右的周期为主,而年代际振荡表现出14a左右的周期特征,并且振荡是近百年最弱的阶段。在第2阶段,1920年代到1940年代中,年际振荡开始有一个明显减弱的时段,后又表现出较强的4a左右周期变化,而这时年代际振荡的周期和振幅都有所加大,以16a左右占优。第3阶段,年际周期加大,为6a左右,年代际周期为20a左右,并且振幅都加大。在第4阶段,年际振荡分别表现为3a和8a振荡,而年代际振荡明显减弱。

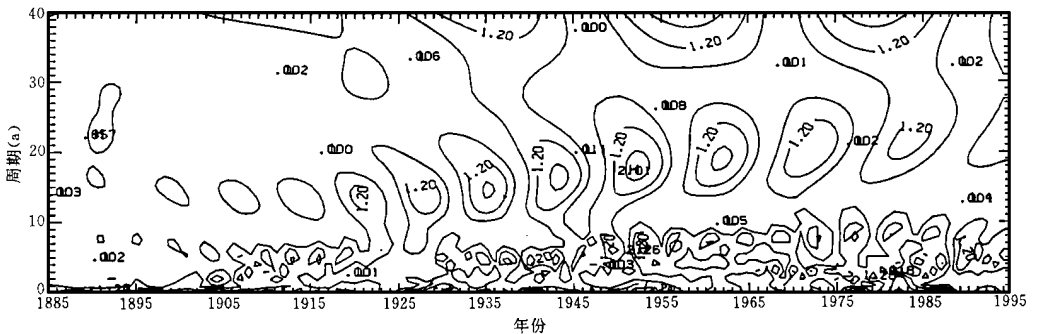


图2 阿留申低压中心强度的小波分析

#### 4 各大气活动中心之间以及与东亚环流指数的相互关系

为了解大气活动中心强度的异常与环流异常的关系,用海平面气压资料计算了110a逐年的东亚纬向及经向环流指数。计算方法类似于500hPa环流指数,东亚范围取40—60°N, 60—150 E。为了解计算结果的可靠程度,用近43a的计算结果与500hPa亚洲纬向、经向环流指数计算相关系数。结果在年际变化尺度上,纬向、经向的相关系数分别为0.28与0.33,在年代际尺度上(经高斯9点滤波)相关系数分别为0.55与0.63。由此看来,用海平面气压计算的东亚纬、经向环流指数,在较长的时间尺度上是能表征经、纬向环流强度的。

表3给出6个大气活动中心强度与经、纬向环流指数的相关矩阵。计算前已将一元回归方程计算的线性趋势消去,以反映真实的年际变化的相关。0.05, 0.01的临界相关系数分别为0.19, 0.25。

由表3可知,阿留申低压与北太平洋高压相关系数为-0.09;冰岛低压与北大西洋高压相关系数为-0.44,这与北太平洋涛动及北大西洋涛动相吻合。此外,由表3还可看出,冰岛低压、北大西洋高压与亚洲纬向环流指数相关系数为-0.68, 0.63。这表明强NAO与亚洲地区强纬向环流一致。而地面强NAO对应500hPa是Wallace<sup>[14]</sup>所定义的弱WA遥相关型。文献[7]指出,1980年代初开始WA遥相关型异常弱,文献[1]指出,1980年代开始NAO空前强。这种环流异常对亚欧气候变暖的影响已在文献[1]中讨论过了。另外,西伯利亚高压与亚洲经向环流的相关系数达到0.65,这表明弱的西伯利亚高压对应亚洲地区弱的经向环流。但是,阿留申低压与亚洲地区的经、纬向环流的相关并不大。北太平洋高压与纬向环流指数的相关达到0.53。

表3 近110a北半球冬季大气活动中心及经、纬向环流指数的相关矩阵(已各自减去长期趋势项。表中1:阿留申低压;2:冰岛低压;3:西伯利亚高压;4:北大西洋高压;5:北美高压;6:北太平洋高压;7:纬向环流指数;8:经向环流指数)

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1.00	-0.14	0.05	0.04	0.24	-0.9	0.17	-0.16
2	-0.14	1.00	0.17	-0.44	0.26	-0.29	-0.68	0.21
3	-0.05	0.17	1.00	-0.22	0.10	-0.15	-0.31	0.65
4	0.04	-0.44	-0.22	1.00	-0.11	0.17	0.63	-0.11
5	0.24	0.26	0.10	-0.11	1.00	-0.35	-0.30	0.04
6	-0.09	-0.29	-0.15	0.17	-0.35	1.00	0.53	-0.09
7	0.17	-0.68	-0.31	0.63	-0.30	0.53	1.00	-0.23
8	-0.16	0.21	0.65	-0.11	0.04	-0.09	-0.23	1.00

## 5 冬季北半球大气活动中心与中国气温降水的关系

近40a来中国气候与大气环流的关系的研究已做得较多,但由于资料所限,从长序列角度研究得较少。为此,作者研究了自1900年以来94a冬季北半球大气活动中心与中国气温、降水的关系。首先分别计算了各大气活动中心平均强度与中国36站冬季气温和降水94a的相关系数。结果表明,西伯利亚高压与中国冬季气温有极明显的负相关,36个测站

中29个站达0.05信度(临界值为-0.21, 对94a), 13个站达0.001信度(-0.33以上)(见图3a)。对于降水, 北太平洋高压与中国冬季降水存在正相关, 但显著程度不如气温, 虽然35个测站正相关, 但达到0.01信度的站只有4个, 0.05信度的9个, 见图3b。

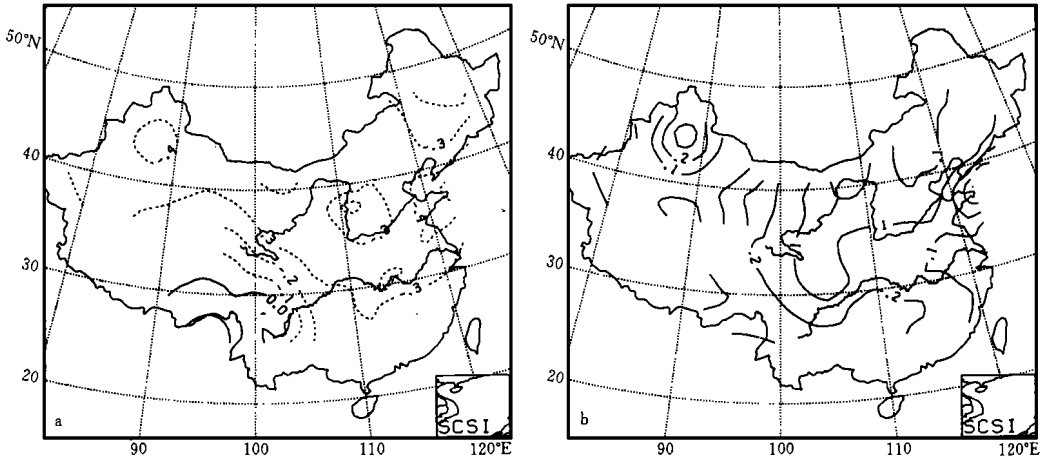


图3 西伯利亚高压中心强度与中国冬季气温的相关  
 (a) 北太平洋高压中心强度与中国冬季降水的相关 (b)  
 (虚线为负值, 间隔0.1, 年代1900/1901—1993/1994年)

为了更加细致地研究西伯利亚高压与中国冬季气温的关系, 可根据前面对西伯利亚高压划分的阶段性分别进行考虑。这里仅对后两个阶段进行分析, 并且计算了同时段中国36个测站冬季气温的气候趋势系数。

图4分别是两个时段的西伯利亚高压与中国冬季温度的相关系数(a, b)及两个时段冬季气温的气候趋势系数(c, d)。从图4a可见, 在1944/1945—1977/1978年这34a间, 西伯利亚高压强度与中国绝大部分地区的冬季气温都呈反相关, 中国新疆北部、华北、东北及浙闽都有相关达-0.4以上的测站, 长江上游、西南有-0.5的中心。从图4c可见, 在这一阶段内中国新疆、西南、华东及江南地区为降温趋势, 且川贵地区降温最强; 东北和华北为升温趋势, 尤其以东北地区升温最为明显。将图4a与图4c对照来看, 可发现负相关最强的长江上游, 川贵地区也是气温下降(负趋势)最大的地区, 在华东、江南、西北地区两图说明的情形也比较吻合, 只是华北中部和东北的微弱升温区与图4a不太一致。从图4b可见, 1978/1979年至今这一时期内, 西伯利亚高压强度与中国冬季大部分地区呈负相关, 其中东北、西北及华北北部的相关系数达到0.5以上, 正相关出现在中国西南地区。由图4d可见, 这一阶段中国绝大多数地区呈升温的正趋势, 升温最强的是西北、东北及华北北部, 只在西南地区表现为降温。综合图4c和图4d来看, 发现两者说明的情况比较一致。因为最近这一时段西伯利亚高压强度较弱, 从图4c上看, 它与中国绝大多数地区为负相关可知, 此期间中国大部分地区为较暖的升温区, 这与图4d一致。并且华北北部及东北地区较强的负相关与该地区的升温趋势正中心对应很好; 西南地区两者间的正相关与该区的降温趋势也较一致的。

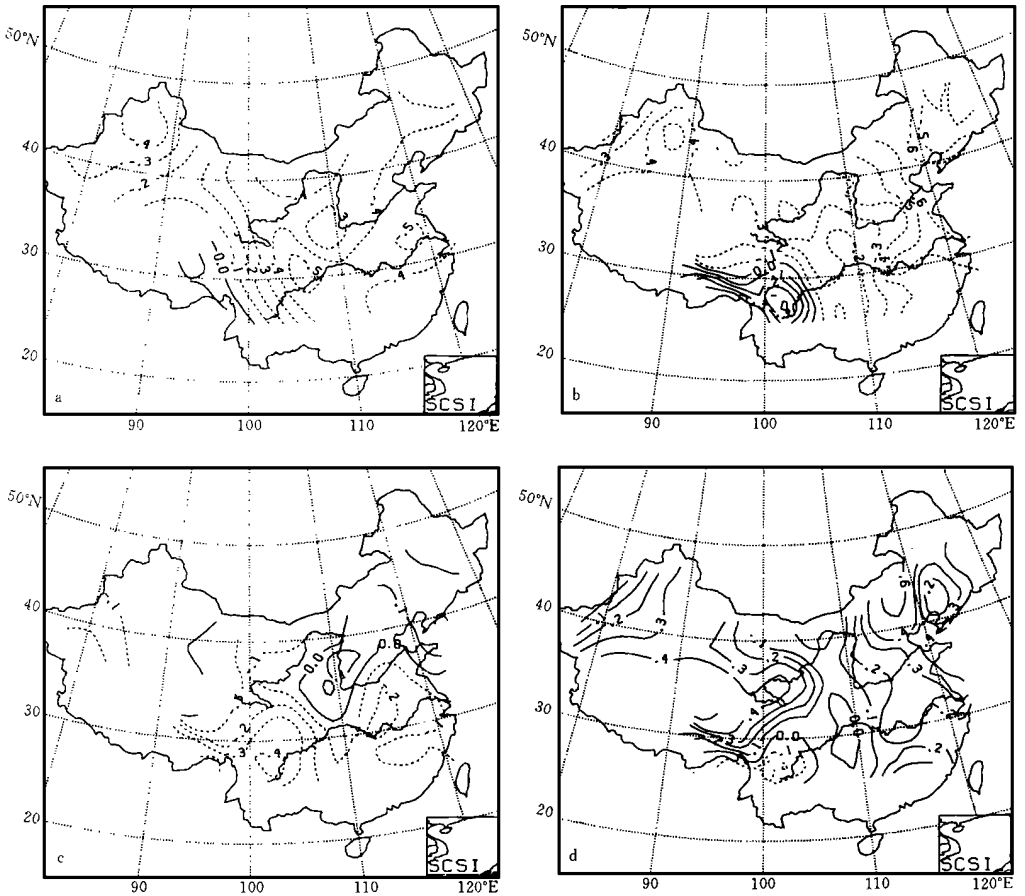


图4 西伯利亚高压与中国冬季气温的相关系数(a. 1944/ 1945—1977/ 1978;  
b. 1978/ 1979—1993/ 1994) 以及中国冬季气温的趋势系数  
(c. 1944/ 1945—1977/ 1978; d. 1978/ 1979—1993/ 1994)  
(虚线为负值, 间隔0.1)

比较图4a与图4b可发现当西伯利亚高压处于强盛时期, 它与气温负相关较强区域大致在长江流域, 位置偏南; 而当西伯利亚高压较弱时, 它与气温负相关较强地区在华北东部、东北南部, 位置偏北。可认为, 这两地区是与西伯利亚高压强度变化最敏感的地区。此外, 无论西伯利亚高压偏强或偏弱的气候阶段, 中国西南端皆为正相关区(图4a, b)。西伯利亚高压越强(弱), 这里的气温越高(低)。这表明气温变化不受西伯利亚冷空气的影响。这种机制值得进一步研究。

同样也可根据北太平洋高压的阶段性对其与中国降水关系进行研究。这里只分析后两个阶段的情况(图略)结果发现, 不论在1944/ 1945年至1976/ 1977年北太平洋高压较弱的阶段, 还是在1978/ 1979—1993/ 1994年至今较强的阶段, 它与同时期中国大部分地区冬季降水都存在正相关。前一阶段长江流域相关较大, 后一阶段相关较大处在东南沿海及黄

河上游。表明北太平洋高压较弱时,对中国南方地区降水影响明显,随着其强度增强,降水受其显著影响的区域偏北。

## 6 结 论

1) 北半球冬季主要的大气活动中心在近110a内分别发生了3次气候突变,时间约1920年代,1940年代中期,1970年代中后期。各活动中心变化时间差别不大。

2) 近110a来,阿留申低压有明显变强的趋势,北美高压有变弱的趋势。其它活动中心强度无明显的趋势变化。

3) 110a期间,阿留申低压与北太平洋高压的年际变化呈负相关,冰岛低压与北大西洋高压也存在负相关。它们的阶段性也较相似,反映了北太平洋涛动与北大西洋涛动。而且北大西洋涛动比北太平洋涛动明显,强大得多。

4) 冰岛低压与北大西洋高压和亚洲地区纬向环流指数有较好的负、正相关,表明强NAO对应亚洲地区强的纬向环流。西伯利亚高压强度与经向环流指数有明显的正相关。

5) 从长时间尺度来看,冬季西伯利亚高压强度与中国气温有明显的负相关;北太平洋高压强度与中国降水则存在正相关。可见西伯利亚高压和北太平洋高压是影响中国冬季气候的重要系统。近百年来,它们的强度经历了两个强两个弱的时段,这与中国冬季气温两段冷两段暖是一致的。

## 参考文献

- [ 1 ] Hurrell J W. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitations, *Science*, 1995, 269: 676– 679.
- [ 2 ] Rogers J C. The association between the North Atlantic Oscillation and Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. *Mon Wea Rev.* 1983, 112(10): 1999– 2015.
- [ 3 ] Kashiwabara T. On the recent winter cooling in the North Pacific. *Tenki*. 1987, 34: 777– 781(in Japanese).
- [ 4 ] Trenberth K E. Recent observed interdecadal climate change in the Northern Hemisphere, *Bull Amer Meteor Soc*, 1990, 71: 988– 993.
- [ 5 ] Trenberth K E, Hurrell J W. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Climata Dynamics*, 1994, 9: 303 – 319.
- [ 6 ] Nitta T, Yamada S. Recent warming of the tropical sea surface temperature and its relationship to the Northern Hemisphere circulation. *J Meteor Soc Japan*, 1989, 67: 375– 383.
- [ 7 ] 施能. 北半球冬季大气环流遥相关型的长期变化及其与我国气候变化的关系. *气象学报*, 1996, 54(6): 675—683.
- [ 8 ] 施能, 朱乾根. 大气环流年代际变化问题. *气象科技*, 1995, 3: 12—17.
- [ 9 ] 王绍武. 近90年大气环的振动(上), *气象学报*, 1964, 34(4): 486—506.
- [ 10 ] 王绍武. 近90年大气环的振动(下), *气象学报*, 1965, 35(2): 200—214.
- [ 11 ] 屠其璞. 一种气温序列延长的插补方法. *南京气象学院学报*, 1986, 9(1): 19—31.
- [ 12 ] 屠其璞. 近百年来我国降水量的变化. *南京气象学院学报*, 1987, 10(2): 117—189.
- [ 13 ] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近100年4个年代际的气候变化特征. *气象学报*, 1995, 53(4): 431—439.
- [ 14 ] Wallace J W and Gutzler D S. Teleconnection in the geopotential height field in the Northern Hemisphere. *Mon Wea Rev.* 1981, 109: 784– 812.

# THE LONG-TERM CHANGE OF ATMOSPHERIC ACTIVE CENTERS IN NORTHERN WINTER AND ITS CORRELATION WITH CHINA CLIMATE IN RECENT 100 YEAR

Zhu Qiangen Shi Neng Wu Zhaohui Xu Jianjun Shen Tongli

(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing, 210044*)

## Abstract

By investigating long-term change and periodic characteristics of six principal atmospheric active centers in the northern winter during recent 100 years, it was found that three climate abrupt changes in the 1920's, middle 1940's, middle and late 1970's respectively. Correlation analyses shown that the winter temperature in China during the past 100 years were closely negatively related to the intensity of Siberian high and better positive correlation were observed between winter rainfall and the intensity of North Pacific high.

**Key words:** Atmospheric active centers, Interdecadal change, Climate change.

## 中国第四次动力气象学术会议在福建召开

中国第四次动力气象学术会议于1997年9月18—22日在福建省武夷山市召开。会议由中国气象学会动力气象学委员会和中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室共同主持召开。福建省气象学会、武夷山市气象局给予了大力支持。中国科学院院士、中国科学院大气物理研究所研究员黄荣辉先生、中国科学院院士、北京气象学院教授丑纪范先生出席会议,并应邀作了学术报告。

会议共收到学术论文110余篇,会上交流66篇,与会代表100多人,其中有年逾80岁的老专家,也有20出头的学术新秀。会议围绕 ENSO 的形成机制和数值模拟及其预报、数值模拟无穷维空间向有穷空间的转化探讨性研究、锋面的本质及锋生锋消问题、El Nino 的海底火山溢流成因的数值模拟、暴雨的数值模拟及预报、台风路径的预报等展开了讨论。此外,中国气象学会动力气象学委员会还就与国际的合作研究前景及其今后的研究方向进行了讨论研究。

与会代表一致认为自1992年第三次学术会议以来,尽管大家做了许多探讨性研究工作,但是要满足国民经济建设、减灾防灾的需要,还需有新的学术突破。代表们表示要以党的十五大提出的以邓小平建设有中国特色的社会主义理论为指导,大力促进科技发展,为更好的服务于社会经济、文化、政治建设而努力奋斗。

(中国气象学会秘书处 王祥国)