

近40年中国云量变化的分析

曾昭美 严中伟

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

提 要

本文以中美气候合作研究采用的“中华人民共和国的两个长期性仪器记录的气候数据库”为基础, 分析了1950—1988年我国云量变化之概况. 近40年来, 除华南沿海和西南地区外, 全国大部分地区云量有所减少. ENSO时间尺度和QBO的年际振荡在大部分地区有所反映. 我们发现, 3—4年尺度的振荡信号在60和70年代特别微弱, 80年代又开始增强, 和北半球60年代降温及80年代增温有良好的对应关系, 表明了某些气象要素的年际变动和长期气候变化之间的一种可能联系.

关键词: 云量; 长期趋势; 年际振荡; ENSO; QBO.

一、引 言

云是大气垂直运动和湿状况的综合体现, 云量变化从一个特殊侧面反映气候变化. 近年来, 随着对气候变化研究之日益深入, 人们愈来愈多地认识到云这个气候系统中最复杂因素之一的重要性. 但目前从气候变化角度分析云量变化的工作并不多见. 对于中国这样一个特殊地区而言, 分析云量变化不仅有助于对当地气候变化之全面认识, 而且可以从其长期增减趋势中了解当前全球增温之对于区域气候的影响, 可以从云的年际振荡信号中寻找更大尺度环流系统(准两年振荡——QBO, 厄尔尼诺—南方涛动—ENSO等)的痕迹及其变化特征.

50年代后全球规模的云量观测体系很少变动, 此期间观测到的全球总云量也基本维持在一个水平上^[1]. 但北美等地的云量却在明显增加^[2-4], 这可能与近一个世纪以来那些地区气温增高降水增多有利对流活动加强有关. 此外, 频繁的喷气飞机活动所产生的凝结尾迹被计入总云量中也有关系. 地处东亚地区的我国大部份地区近年来总云量却在减少, 这种减少可能与我国近几十年来气候变干使致云条件减弱有关. 总之从全球来看某些地区致云条件增强的同时, 可能还有一些地区致云条件是减弱的. 这可能反映了某种气候分布型式的变迁. 在这一变迁过程中, 中国处于怎样的地位? 搞清这一问题对当前全球变化及其对中国地区的影响有益于更好地认识. 谈到区域气候和更大尺度环流系统的关系, 一些作者已通过分析温度、降水等要素的变化, 指出了QBO和ENSO现象之对于我国气候的重要影响^[5]. 云作为大气对流运动之直接产物, 应该也能很好地反映这些大尺度系统的变化特征. 另外, 在较长时间尺度上, 根据一些作者的分析, 近几十年中有两次引人注目的大尺度事件, 即60年代初期的降温和80年代初期的增暖^[6,7]. 这两次大规模事件是否在云量序列中产生了影响? 这也是一个有趣的问题.

本文将利用我国一些条件较好的台站的云量观测资料,对上述问题作一初步分析,以期从一个侧面使人们更好地理解当前气候变化的特点。

二、资 料 说 明

基本资料为 1950—1988 年月平均总云量(单位:0—10 成)取自“中华人民共和国的两个长期性仪器记录的气候数据库”中 60 个台站,12 项基本气象要素资料集^[1]。60 个台站分布位置见图 2。该 60 个台站多为我国一级台站,观测记录质量高,缺测记录甚少。对云量资料已配合日照时数,晴,阴天日数及沙尘暴等天气现象进行了仔细地核查和校订。有关低云量资料抄自国家气象局资料中心。

原始月值序列在本文已发展成季节值和年值序列,以减少个别月观测值中的可能误差。在谐波分析中采用了大区域平均,以减少个别台站观测中的随机误差。区域划分的原则是按图 2 中总云量长期变化的线性趋势符号的简单聚类并结合地理位置及气候特点等将我国分为 5 个区。在每个区中,个别趋势符号相异的站已被剔除,如此得到下列 5 个区域(见图 2):

- I 区:主要是东北平原及华北北部平原;
- II 区:长江中下游,江淮流域及华北南部平原;
- III 区:南部沿海;
- IV 区:长江中、上游西南地区;
- V 区:西北区(包括山、陕、青海、宁夏及新疆等地)

其中 I、V 区均属近几十年来的剧烈升温区^[19, 11],但 I 区也受东亚夏季风影响, V 区则主要为内陆干旱区。II、III、IV 区温度变化较为复杂,但华南沿海(III 区)受台风影响多,西南区(IV 区)受西南季风影响较大。故各区气候特点迥异,分别考察其云量变化特征是有益的。下面我们将看到各区的云量趋势和年际振荡间的一些重要异同点。

三、分 析 结 果

1. 云量增减趋势概况

图 1 中虚线为我国 60 个台站年平均总云量变化曲线,由图可见近 40 年来我国总云量有所减少,线性拟合结果为 $-0.0038/\text{年}$; 39 年总共下降了 0.15 成,即总云量 39 年减少了 2.5%,以冬季下降最多(约 4.0%);秋季最小(约 0.5%)(见表 1)。这种下降趋势尤以 1975 年后明显。我国总云量的这种变化特点与 Handerson^[2], Karl^[3] 和 Angell^[4] 等人对北美、西北欧、印度和澳大利亚等大陆地区的研究结果不同。那些地区近几十年来总云量明显增加,且在北美,以秋季增加最多(7.0%),春季最小(1.7%)。这种差异正表明了我国云量变化在全球变化中的一种特殊性。

1) 陈隆勋,邵永宁等,1991,建国后我国气候变化的分析,气候变化与环境问题全国学术讨论会议论文集汇编,论文之六。

表 1 全国及各区域、各季节平均总云量、39 年总趋势及其变化百分数 (括号内数字)

项 目 区 域	平 均 总 云 量	39 年总 趋势变化 (成)	变 化 百 分 率	全国及各区 39 年云量季节变化总趋势及百分率 (括号内 数字)			
				冬 季	春 季	夏 季	秋 季
全国平均 (60 个站)	5.98	-0.15	-2.5%	-0.20 (-3.98)	-0.15 (-2.32)	-0.17 (-2.53)	-0.03 (-0.51)
I 区	4.71	-0.28	-6.0%	-0.26 (-7.95)	-0.44 (-8.67)	-0.19 (-3.00)	-0.43 (-10.25)
II 区	6.42	-0.39	-6.1%	-0.35 (-5.96)	-0.40 (-5.69)	-0.24 (-3.61)	-0.09 (-1.50)
III 区	7.26	0.30	4.1%	0.19 (2.77)	0.52 (6.54)	-0.16 (-2.01)	0.59 (9.24)
IV 区	6.99	0.25	3.5%	0.00 (0.62)	0.07 (0.97)	0.01 (0.19)	0.23 (3.25)
V 区	4.95	-0.25	-5.1%	-0.31 (-7.34)	-0.00 (-0.04)	-0.13 (-2.45)	0.03 (0.72)

2. 云量变化的区域性和季节性

图 2 为 1950—1988 年我国 60 个台站总云量的线性趋势分布情况,可见我国东部、北部大部分地区近 40 年来总云量有所减少,减少较多的地区是东北、长江中、下游和淮河流域等地,西南、华南沿海云量在增加.表 1 是全国及 5 个区域的平均总云量,39 年总趋势及各个区域季节的总趋势及其减少(增加)百分数(表中括号内数字).由图 2 和表 1,我们看到我国总云量变化的区域性和季节性差异相当明显.平均云量 III 区最多,I 区最少.I、II、V 区,即我国广大地区属云量减少地区.39 年平均约减少 0.3 成.东北区以秋季云量下降最多,下降为该区秋季平均总云量的 10% 左右.II、V 区冬季变化最大,春、秋季变化少.III、IV 区为我国云量增加地区;云量增加主要在秋季,夏季少变化.III 区夏季云量还略有减少.

此外,我们统计了我国 28 个台站的低云量和阴天日数(总云量 ≥ 8 成的日数).发现总云量增加的南部沿海及西南地区(III、IV),低云量和阴天日数也是增加的.(图 2 中圆点表示 60 个台站中低云、总云量均统计过的站).而总云量减少的地区,其低云量和阴天日数一般也是减少的.这结果与阿拉善地区的统计结果一致¹⁾.总云量、低云量及阴天日数有相同的变化趋势,这一点是否有普遍意义尚待进一步研究.

图 1 中实线和点线分别为总云量和年平均降水量变化曲线(资料经过标准化处理).我们可以看到二者有很好的线性正相关关系.其相关系数为 0.624,超过信度为千分之一的相关系数临界值(0.51).60 个台站总降水量的趋势分布(图略)与图 2 大致相同,即我国东部大部份地区近 40 年来,年雨量是在减少,这结果与陈隆勋、章名立^[10]等人

1) 刘咏农,1991,阿拉善地区气候变暖对生态和经济发展的影响,气候变化与环境问题的全国学术讨论会议,论文集,论文之六.

的研究结果一致. 我们在另文已指出, 我国云量同各种气温、日照、温度及其日较差等气象要素也有较好的相关关系^[1]; 而且这些关系也具有中国自己的特色, 与国外类似情况^[2-4] 比较都不尽相同, 这表明我国云量、温度、日照等要素的变化有其自己的规律, 与全球同类要素的变化不完全同步.

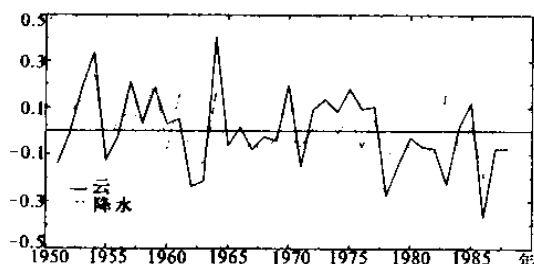


图1 60个台站平均年降水量和平均总云量的变化
资料经过标准化处理

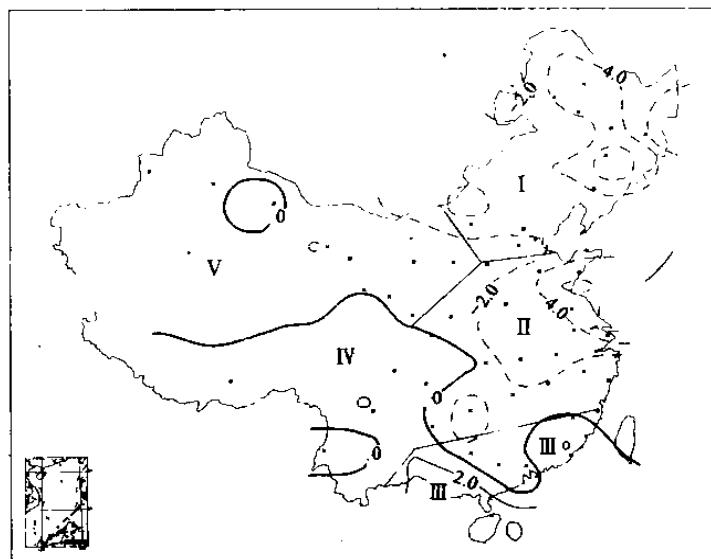


图2 我国60个台站1950—1988年总云量
线性趋势分布
图中等值线数字应 $\times 0.1$

严中伟^[6]、王绍武^[7]等作者指出60年代初和80年代初期出现了两次气候跃变现象, 表现于气温在60年代初的下降和80年代初的回升现象. 降水场也有此反映. 从图1中看到, 我国云量变化对60年代初这次事件也有较为清晰的响应, 但对80年代初这次似乎响应较迟. 这是否因为云主要是大气垂直运动和湿状况的统一体, 而这两次跃变事件则更多或更先体现于热力场的变迁上有待更进一步研究. 后面我们将从谐波分析中发现一些有趣的现象.

3. 年际振荡特征

分析方法: 本文采用谐波分析方法^[11]对资料作如下处理: (1)将月平均总云量资料发展为季节平均值; (2)作4个季节的滑动平均处理以去掉年变化的影响; (3)距平化后减去趋势分量, 再进行标准化处理. 经过上述处理后得到的新资料序列进行谐波分析. 图3是全国平均云量的谐波方差百分比图. 可以看到有4个高峰, 其方差百分比大于6, 即2, 7, 10—12及16波. 这表明我国云量主要有大约19年、5年、3—4年及准两年的周期变化. 我们使用周期图分析的显著性检验方法^[12], 近似地检验了上述几个周期, 发现他们均达到0.01的显著性水平. 表明上述几种周期在我国总云量的年际变化中是显著的.

从图3中我们还可看到, 3—4年振荡和准两年变化在几个主要振荡周期中占有最大比重. 这表明我国云量变化与ENSO有相同的振荡特征, 也意味着我国云量变化具有与全

球尺度年际气候变化中最显著的低频振荡特征。

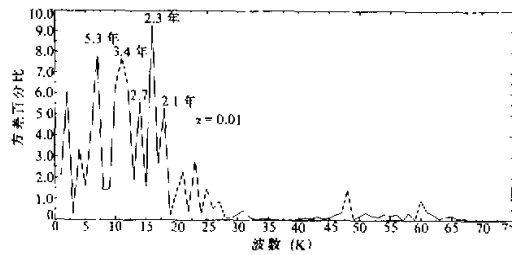


图3 60个台站平均总云量的谱波方差百分比

图4中虚线为3—4年振荡与QBO波叠加得到的合成结果。对王绍武、符淙斌等作者^[13,14]所给出的1950—1990年期间所出现的8次埃尔尼诺事件时间表和赤道东太平洋海温变化曲线,我们发现埃尔尼诺年和反埃尔尼诺年或其前后年份,在我国总云量的ENSO时间尺度诸波中总是出现深的低谷和峰值(图中标E和A处)。1953和1979年有例外,不过许多作者也将1953年划为弱的埃尔尼诺年^[15,16]。值得注意,1979—1980年虽不是埃尔尼诺年,但这年赤道东太平洋海温升高也达到了28.5℃等温线的临界位置^[14],因而在图中也对应于一个低谷点,这反映我国云量的主要年际振荡特征不仅与ENSO的相同而且与赤道东太平洋海温变化有反位相的关系。

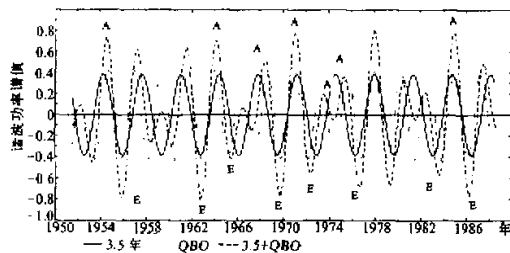


图4 3—4年振荡、QBO波动及两者合成的谱波

图中实线为3—4年振荡;点线为QBO波;虚线为合成波

还有一点值得注意,ENSO时间尺度上的3个波(10—12波,见图3)彼此间存在有位相差,我们将此3个波叠加构成一系列合成谱波绘于图5中。可以看到ENSO时间尺度振荡本身还存在长期变化趋势。50年代这种振荡很强,60,70年代显然很弱,振幅很小。1982年后这种振荡又有明显加强。这种减弱和加强发生的时间恰好与严中伟、王绍武等人指出的最近两次大的气候跃变事件相吻合^[6,7]。这反映了某些气象要素的年际变动和长期气候变化之间的一种可能联系,即冷的时期,我国云量中的某些年际振荡较弱,暖时较强。这一关系是否在更为普遍的场合下也成立,值得进一步考察。

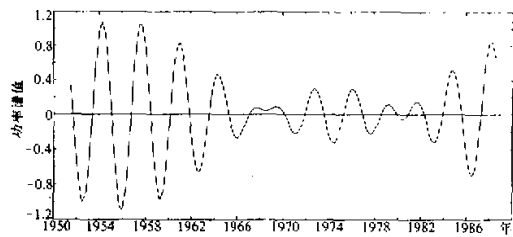


图 5 3—4 年振荡 (10—12 波的叠加) 合成谐波

四、年际振荡特征的区域性差异

我国因地型、地理位置不同,气候变化的区域性差异十分明显,许多作者已注意到我国北方近年来不断增温与全球增暖是同步的,但西南部和南方部分地区则有明显降温^[9],这显然与全球气温变化是不同步的。总云量、日照时数与温度及日较差的关系也表现出南北方的不一致性^[11]。那么总云量的年际振荡是否也存在区域性差异?下面我们统计了 5 个区域、3 个不同频率范围内,方差贡献达 0.1 信度水平的那些谐波(表中 K 的数字所示)的方差百分比之和列于表 2 中。注意,这里我们将 1—7 波;8—12 及 14—18 波分别列为长周期, ENSO 时间尺度及 QBO 3 种频率范围。

表 2 各区域 3 种不同频率范围内,方差贡献达 0.1 信度水平的谐波方差百分比之和

区 域 周期范围	I	II	III	IV	V	全国平均
长周期振荡	$K=1^*, 5, 7,$ 27.8	$K=4, 7^*$ 17.3	$K=1, 2, 5^*$ 30.2	$K=4$ 13.3	$K=7$ 8.6	$K=7$ 10.2
3、4 年振荡	$K=9^*, 12$ 22.3	$K=10$ 7.6	$K=11, 12$ 15.5	$K=11$ 17.2	$K=8^*, 9$ 30.0	$K=10, 11, 12$ 21.6
准两年振荡		$K=16$ 10.3			$K=14$ 10.6	$K=16$ 9.6
合 计	50.1	35.2	45.7	30.5	49.2	41.3

K 代表波数;
* 表示方差贡献最大的波数

从表 2 看出,各个区域均存在明显的 ENSO 时间尺度的变化及一定强度的更长时间尺度的变化信号。QBO 信号在 II、V 区较明显,在其它地区似乎较弱未通过 0.1 信度的检验。位于我国北部的 I、V 区谐波结构较为时显。一些 5—10 年

时间尺度波动加上 ENSO 尺度及 QBO 波动就占总方差一半左右,这可能是因为 I、V 区为我国主要内陆地区,(也是近 40 年来的主要增温区)主要受西风系统控制,其变化比较稳定单一,II、III、IV 区除受西风系统影响外,东南季风、台风、西南季风等的影响占有相当大的比重,反映在云量变化上的差异很大,如深受东亚季风系统影响的华东区(II 区)和受西南季风影响的 IV 区(西南区),表 2 所列出的那些主要波动的方差贡献仅占总方差的 $1/3$ 之左右,这可能表明季风系统的变动包含有更多的影响成分,更进一步考察发现 3—4 年振荡的主频率在各地也不同,它有由南向北,由东向西逐渐推迟的倾向,我国东南部为 3.5 年左右;东北为 4 年左右;西北区推迟到 4.5 年左右,这表明我国东部、南部地区云量的振荡周期与 ENSO 的振荡周期更为接近,为此,不难理解,为什么我国东部、南部广大地区的降水、温度及其它气象要素变化与 ENSO 事件的关系早被众多学者所揭示^[17~20],而对我国广大干旱地区的气候变化与 ENSO 事件有什么联系却至今很少有人去探讨。

上述分析了解到我国总云量年际变化的一个重要信号是 3—4 年振荡 (ENSO 尺度) 5 个区均存在, QBO 只明显表现在 II、V 区,但该两区台站数占总站数 46%,其地理面积更广阔,所以也具相当代表性, I、III、IV 区即东北,华南沿海及西南区 QBO 振荡强度虽不如 II、V 区,不过仔细考察这些地区 14—18 波均有相当大的方差贡献,一般均接近 0.1 而超过 0.2 的信度水平值,这表明 QBO 信号在我国总云量变化中虽不像 ENSO 尺度波动那么强,也是不可忽略的一种信号。

由于局地性因素的影响,各地区除 ENSO 尺度及 QBO 外还存在一些更长时间尺度的变化,如准 5 年振荡在 I、II、V 区十分清楚,该 3 个区台站总数占总台站数 75%,这意味着除西南和华南沿海小部份云量增加地区外,5 年周期也是我国云量年际变化的重要信号之一,除 V 区外,其余 4 个地区还存在 7—9 年以致更长时间的周期变化,这些较长周期信号的具体物理含义尚待进一步研究。

五、结 论

本文通过对我国 60 个台站近 40 年来云量变化趋势及年际振荡特征的分析得到如下结果:

(1) 近 40 年来我国云量有所减少,全国平均减少约 0.15 成,冬季变化最大(-4.0%),秋季最小(-0.5%),区域变化以东北、长江中、下游及淮河流域减少最多(-6.0%左右);南部沿海、西南地区云量增多约 4% 左右,云量增多区以秋季变化最大,夏季少变或略有减少。

低云量和阴天日数一般同总云量有相同变化趋势,即总云量减少(增多)地区其低云量和阴天日数一般也是减少(增多)的。

(2) 我国年平均总云量与年降水量之间有很好的线性正相关关系,其相关系数为 0.624,达到千分之一的信度水平。

(3) 我国云量年际振荡的主要特征与 ENSO 相同, ENSO 年份我国云量少、降水也偏少,此外,我国云量的 ENSO 尺度年际变化本身还存在长期变化趋势,这种变化趋势恰好与北半球最近两次大的气候事件相吻合,它表明我国云量的年际变动和长期气

候变化之间的一种可能联系。

(4) 云量年际变化的区域性差异显著。除 ENSO、QBO 5 年变化在各地区所占比重不同外,受局地性因素影响,一些更长时间尺度的振荡如 7—9 年等在不同地区也有所出现。各区普遍存在的 ENSO 尺度振荡,其主要频率有由南向北,由东向西推迟的倾向。如我国东南部 ENSO 尺度主要为 3 年半左右;东北、华北北部大约是 4 年而西北区推迟至 4 年半左右。

以上是我们对我国云量变化的一个初步分析,以期从云这个侧面来了解我国气候变化在全球变化中的特殊性。

致谢:感谢符淙斌、季劲钧等同志对本文提供的宝贵意见。承林紫薇、崔社云二同志帮助统计资料,作者深表感谢。

参 考 文 献

- [1] Warren, S. G. et al., 1988, Global distribution of total cloud cover and cloud type amount over the ocean, DOE/ER 0406, NCAR/TN 317+STR.
- [2] A. Henderson-sellers, 1991 Review of our current information about cloudiness changes this century, observed climate variations and change: IPCC scientific Assessment XI.1—XI.12.
- [3] Karl, T. R and P. M. Stewrer, 1990, Increased cloudiness in the United States during the first half of the twentieth century: Fact or fiction? GRL, 17, No. 11, 1925—1928.
- [4] Angell, J. K., J. Korshover, and G. F. Cotton, 1984, variation in United States cloudiness and sunshine, *J. Clim. Appl. Met.*, 23, 752—761.
- [5] 李宗银, 龙振复, 1992, 准两年振荡及其对东亚大气环流和气候的影响, *大气科学*, 16, No. 2, 167—176.
- [6] 严中伟, 季劲钧, 叶笃正, 1990, 60 年代北半球夏季气候跃变, I, *中国科学 B 辑*, No. 1, 97—103.
- [7] Yi Yuhong and Wang Shaowu, 1990, The climatic jump in 1980's, Climatic changes and their impacts preprints of Beijing International Symposium on Climatic Change, August 9—12, 1990, A-20.
- [8] Tao Shiyan, Fu Congbin, Zeng Zhaomei and Zhong Qingyun, 1991, Two long-term instrumental climatic data bases of the people's Republic of China, ORNL/CDIAC-47 NDP-039.
- [9] 严中伟, 章名立, 1992, 近年我国温度及其日较差的变化问题, *科学通报*, 37, No. 14, 1295—1298.
- [10] 章名立, 1989, 我国东部近百年雨量的变化, *科学通报*, 34, 605—607.
- [11] 曾昭美, 严中伟, 章名立, 1993, 我国近 40 年来云、日照、温度及日较差要素的统计事实, *科学通报*, 38, No. 5, 440—443.
- [12] 屠其璜等, 1984, 气象应用概率统计学, 气象出版社, 377—408.
- [13] 王绍武, 1989, 近 500 年的厄尔尼诺事件, *气象*, 15, No. 4, 15—19.
- [14] 符淙斌, 1990, 一次新的厄尔尼诺事件即将发生, *大气科学*, 14, No. 2, 232—233.
- [15] ENSO 监测小组, 1989, 厄尔尼诺事件的划分标准和指数, *气象*, 15, No. 3, 37—38.
- [16] Angell, J. K., 1981, Comparison of variations in atmospheric quantities with sea surface temperature Variation in equatorial eastern pacific, *Mon. Wea. Rev.*, 109, 230—243.
- [17] 赵振国, 1990, 厄尔尼诺现象与我国温度, *气象*, 15, No. 7, 26—30.
- [18] 郭家林等, 1983, 厄尔尼诺现象及其与北半球大气环流和黑龙江省低温的关系, 黑龙江省长期天气预报论文选编, 74—82.
- [19] 叶愈源, 1988, ENSO 事件与长江汛期降水的关系, *气象*, 14, No. 1, 42—44.
- [20] 史久恩等, 1983 厄尔尼诺现象与我国夏季 (6—8 月) 降水气温的关系, *气象*, 14, 第 4 期, 2—8.
- [21] 曾昭美, 章名立, 1987, 热带东太平洋关键区海温与中国东北地区气候的关系, *大气科学*, 11, No. 4, 382—389.

An Analysis of Cloudiness In China during 1950 — 1988

Zeng Zhaomei and Yan Zhongwei

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract

The variations of cloudiness in five regions and the relationships between cloudiness and precipitation are analyzed. Decreasing trends in cloudiness were observed in most of the country, except the South China Coast and Southwest China regions. The ENSO and QBO time-scale fluctuations showed up in most regions. The oscillations of 3–4 year periods were very weak in the sixties and seventies and began enhancing in the eighties. It indicated a possible connection between the interannual variations of some meteorological elements and the long term climatic changes.

Key words : Cloudiness; Long term trend; Interannual fluctuation; ENSO.