

中国气象科学研究院气候系统研究所资助出版

# 气候与 气候学


张家诚 著

*Qihou yu Qihouxue*

中国气象科学研究院气候系统研究所资助出版

# 气候与气候学

张家诚 著

 气象出版社  
China Meteorological Press

## 内容简介

20 世纪后 30 年气候学发生了巨大的变革,作为原中央气象局气象科学研究所气候室与中国气象学会气候专业委员会负责人,作者多次参加有关国际学术交流并主持新中国成立后新建气象台站资料与史料的研究,留下了许多气候学理论、气候变化及其社会影响等方面的论文。现将这些论文结集出版,供气候与气候学研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

气候与气候学/张家诚著. —北京:气象出版社,2011.7

ISBN 978-7-5029-5241-9

I. ①气… II. ①张… III. ①气候学-文集

IV. ①P46-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 122500 号

Qihou yu Qihouxue

气候与气候学

---

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张 斌

封面设计:方 方

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:540 千字

版 次:2011 年 7 月第 1 版

定 价:80.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: [qxcbs@cma.gov.cn](mailto:qxcbs@cma.gov.cn)

终 审:周诗健

责任技编:吴庭芳

印 张:21.5

印 次:2011 年 7 月第 1 次印刷

## 前 言

《气候与气候学》是继《季风与水》之后,我的第二本论文集。由于气候与气候学虽是同一问题的两面,但它们讨论的内容却属于两个不同的科学领域。

气候是一种物质现象,研究的是大气环境问题,属自然科学范畴。气候学则是有关认识这一物质现象的学问,包括思想与利用大气环境及其变化的战略战术与技术问题,属于人文科学范畴。

在这本文集里,气候是按尺度论、因果论、方法论、工程论与环境论五个方面展开论述的,气候部分的论文都是这五方面的具体阐述。其中环境论尚未正式发表,所以除本文集无法收入外,其他四论都是 20 世纪 80 年代正式发表的文章。

其实,这五论都是把气候作为一种重要环境问题展开的。环境是人类周边物质与能量场的复合,在其影响下,人类才得以生存与发展,因此,环境也是人类思想与行为的永恒的对象。

大家知道,地球环境是极其优越的,突出表现在能量水平(温度)恰到好处,所以物质能够形成各种不同的凝聚状态或物种,并以物质与能量循环的形式组成互相维持与变化的庞大系统。其中,由环境与各生物物种组成的自然生态系统就是地球环境的优异产品,人类智慧与文化则是这种环境条件下成长的宇宙奇葩。

地球环境的优越性突出表现为存在丰富的处于液态的水分,氧气浓度合适,这就为众多生物物种以及人类智慧的出现和存在提供了极其适宜的物质资源。

地球环境的形成除难得的天文条件外,还同地球表层各大圈层的特点与相互影响有关。其中,地圈、水圈与气圈是三大基础圈层,生物与人类则是基础圈层在太阳辐射影响下产生的两大衍生圈层。这些圈层相互影响,在界面附近影响尤其活跃,形成各种类型的气候与生态系统的多样性与繁茂昌盛的生机,其影响直达精神层次,为人类发展获得无限的可能与机会。

人类主要生存在邻近地面的气圈里,地面为人们提供生存资源与活动平台;大气保证了合适的环境能量(温度与辐射)和氧气与水等生命物质,是产生智慧与创造力的基础。世界气象组织提出的气候系统实质上就是这些圈层的综合影响系统。

另外,大气圈还是各大圈层相互影响的桥梁,在近地环境的形成中发挥“穿针引线”的关键作用。同时,大气也不断给人类提出难题,无情的灾害迫使人类不得不卷进根本性的革新。

第四纪冰河期的到来是原始人类面临生死考验的大难题,其结果促使猿向人转变,人类文化从此开始萌芽开花。当代气候变化是又一新的难题,它表明人类内部及其与环境已经分裂。危机将带来变革与文化新的飞跃,人们将由追求财富转化为追求人性的新时代。

因此,气候在生物进化与人类发展中都扮演着极其重要的角色。然而,气候是一种复杂的自然现象,对其了解需要有不同的视角,主要表现为五论的基本内容。

尺度论以空间与时间的量度为研究对象,构成气候形成与变化及其原因共处的时空坐标。当代气候变化改变了现代人类发展的环境背景,引起约百年尺度左右的各种人文现象与自然现象的变化,所以需要重新协调与组合,因此,尺度起着序化、和谐与标度的作用。

因果论则着重气候形成与演变的原因以及气候与人类发展的相互关系。方法论不只是技

术,需要摆脱功利主义的约束,在人性的指导下接受幸福的诉求与理性的内容。

对思想说来,唯物论与唯心论的提法不是准确的概念。在国外的文献中的确存在否定物质客观性的观点,但却没有唯物论与唯心论这两个术语,而只有 materialism 与 idealism 两个单词,它们的直译应当是物论与心论,并无“唯”的意思。“唯”具有唯此无他的排斥性字义,即物质不能涉及思想,思想不能涉及物质,这显然荒唐无稽。世界上不存在没有物质载体的思维,人类绝无没有思维内涵的纯物质行为。简言之,人类任何有意识的行为以及全部文化都是心论与物论的结合,而非分离的结果。因此,人们对气候的认识,既有气候的客观真实性,更有思想的逻辑性。

工程是人类对气候环境的反制。按中国古代“天人合一”的世界观,环境与人是合在一个统一的系统之内的两个不同的部分。不但环境创造人类,人类也会影响与改变环境。故“天人合一”实质上即环境与人类在相互影响的条件下的合一。夏禹治水开创了人类改善环境的先河,正是物论与心论共创的智慧结晶。

但环境与人类是“天人合一”系统中的两个不同的部分。《孟子·离娄上》指出两者各有其特点:“是故,诚者,天之道也;思诚者,人之道也。”就是说,环境诚于其规律性,人类思想则诚于客观实际。因此,思想必须符合实际,遵循“顺天者存,逆天者亡”的原则,也即荀子“制天命而用之”的思维方式。

在工业时代,人类因为发展技术而获取财富,功利主义不断膨胀,导致滥用资源,影响了环境物质与能量的平衡与稳定,酿成气候危机,也迫使人类必须纠正其发展模式,以恢复或达到新的平衡与和谐。显然,气候在环境中发挥了前沿性与根本性的重大作用。

因此,气候学与社会科学间的关系受到前所未有的重视。在这本书里,气候学的论述是按时代展开的。大家知道,在不同的时代,人们具有不同的主导产业与产业结构,生活方式与人生愿望都同气候有关。产业决定了人们认识和利用环境的视角以及这个时代气候学的内容与形式。故气候学的特点与结构是随着人类的发展而演变的。

生物进化与人类发展实质上都是环境同生物的生理能动性与人类的主观能动性相互磨合的机制,起着相互推动与完善的过程。这种磨合包含了竞争与共生两种机制,辩证地结合在一起。

竞争机制就是达尔文进化论中所提出的生存竞争与自然选择,它实现生理适应功能(如狗的嗅觉,鹰的视觉等)在择优汰劣的过程中成长为生理特长,以利竞争获胜。人类发展则表现在思想与技术竞争力的提高,通过技术与管理的革新,形成自己的优势。

然而竞争只是进化的一种机制,这是不够的。因为自然界任何单一物种或个体,包括单一企业,都不可能单独生存,它们需要其他物种与个体的支持才能和众多物种共同生存,即和谐共生也是不可缺少的机制。因此,竞争与共生是互依互补、缺一不可的两种机制。它们互为条件,竞争在共生中加强,共生在竞争中优化,形成不可缺少的辩证关系。

人类对气候的认识建立在兴利减灾的需要之上,时代的变迁同带头产业的性质有密切关系。

农业是自然条件下的生物产业,也即自然生态系统的技术化的结果。因此,在农业时代人们不可能脱离自然环境,我国古代“天人合一”的环境观正是这个时代的产物。《吕氏春秋》指出:“夫稼,为之者,人也;生之者,地也;养之者,天也。”说明了农业是人为、地生、天养的合一,缺一不可。

在工业时代,技术急速发展,带来巨大利益,同时功利主义世界观开始取代“天人合一”世界观。20世纪的许多高精尖技术都是在战争的驱动下来到这个世界,核威胁至今是悬在人类头上的一柄利剑。生物与人类共享的地球优越环境开始出现危机。

但是,人类在追求高精尖技术的同时,却把环境看作取之不尽的摇钱树或无限容量的垃圾桶。对地球环境的承受力的有限性的忽视是当代环境危机的思想根源。正是因为这种观点的错误将会导致人们走上“天人合一”分裂的“逆天者亡”的道路。当代全球增温正是环境危机最早的信号。因此,信息时代最大的任务就是引导人类走出这条“死亡的路”,作为这个时代带头产业的信息产业恰为执行这一伟大任务提供了有力的工具。

现代全球增温是又一次严重气候危机的前兆。它表明了人性的价值不是竞争力,而是“同舟共济”的总体观,互敬互爱的伦理将极大加速人类的发展。民主自由本来是很好的口号,但却淹没在工业时代功利主义的斗争中。工业时代由于产业的分工,妨碍了人们相互了解与社会透明度,结果民主自由流于形式,甚之变成政治与经济欺骗的手段。到了信息时代民主自由将恢复原有的内容。这是因为信息网络与媒体的兴起,社会将更加透明,民主、自由、繁荣与幸福将描绘人类的未来。更加上人们在环境危机中尝到了各自为政的苦头,从而理解了伦理的真实含义,为人类又一次觉醒开辟了新路。

本文集能得以顺利出版,得到了中国气象科学研究所所长张人禾先生与该院气候系统研究所所长武炳义研究员的大力支持,并得到以下项目的联合资助:(1)《中国气象系统协同观测与预测研究》(项目编号:GYHY200706005);(2)中国气象科学研究院基本科研业务费重点项目《气候系统模式》(项目编号:2008Z001)、《海—陆—气相互作用对东亚季风的影响》(项目编号:2010Z003)以及《中国气候季节预测方法及其集成研究》(项目编号:2010Z001)。在此对他们的关心与支持深表谢意!

张家诚

2011年4月

# 目 录

## 前 言

## 气 候

短期气候变化三论·····	( 3 )
气候工程论·····	( 47 )
The Periodicity and Predictability of Climate: An Essay ·····	( 73 )
On Possible Impacts of Climatic Variation on Agriculture in China ·····	( 84 )
气候变化对中国农业生产的影响初探·····	( 94 )
The Vulnerability of Socioeconomical Developments on Climatic Change in China ···	(101)
我国农业气候资源·····	(132)
近五百年我国气候的几种振动及其相互关系·····	(147)
气候—生产模式与灾害关系的探讨·····	(155)
灾害的自然性与社会性准周期振动初探·····	(160)
用车贝雪夫多项式研究月平均 500 毫巴等压面位势场的初步结果·····	(163)
划分大型天气过程的一个客观标志·····	(175)
统计预报中的组合因子方法·····	(180)
F. 鲍尔学派的长期天气预报方法 ·····	(187)
气候和人类的关系·····	(198)
谈气候资源及其开发利用·····	(200)
气候变化二则·····	(211)
谈城市绿化与气候问题·····	(214)
从社会仿生学看城市生态气候问题·····	(219)
气候、环境和人类 ·····	(226)
天气预报当前发展中的几个问题的讨论·····	(231)
气候和人类的关系·····	(241)
气候是人与自然关系协调的敏感点·····	(243)

## 气候学

中国气候学史·····	(251)
论历史气候学的发展·····	(282)

---

谈气候学的发展.....	(290)
气候与古文化关系探讨.....	(305)
现代气候学发展的特点及指导思想.....	(310)
迎接气候学的新进展.....	(315)
从气象科学的内部关系谈综合大气试验.....	(318)
从两次世界气候大会看气候学的发展.....	(320)
气候变迁研究现状的几个问题.....	(325)
五百年旱涝尽收眼底——记新中国第一本历史气候图集.....	(332)
后 记 .....	(334)





# 气候



# 短期气候变化三论<sup>①</sup>

## 尺度论

### 1. 大气过程尺度谱和长期天气预报的对象

长期天气预报的对象是什么？至今尚无明确定义。国外往往把一个月以上的预报叫气候预报。按定义，一年以内的月、季预报和几年、几十年以至更长的气候展望都属于气候预报的范围。显然，这样的定义并不适合我国长期预报的实际情况。定义往往是与一门科学的发展水平相适应的。目前对大气过程的研究已经有了很大进展，基本上对各种尺度的大气过程已具一般的认识。因此，现在进一步讨论长期预报的定义是适时的，不仅有可能根据客观需要确定它在时间上的范围，而且还可以从学术上进行论证。现讨论如下：

首先有必要说明什么是大气过程？表现大气过程的基本现象是什么？对于中、短期预报员说来，这个问题是易于回答的。表现大气过程的基本现象就是天气系统。从每天的天气图上可以清楚地看到，气压场的波动性构成了每天天气形势的特点。高、低气压系统、槽、脊系统都是组成具有波动性的气压场的基本现象，我们称之为天气系统。每个天气系统构成大气波动的一个位相。如果说，天气系统大致往一定的方向移动，那么空间的波动性对一个固定地面观测点说来，就形成时间上的周期性。这些周期性是由不同的位相（或称阶段）组成的，正像波动性是由不同的天气系统组成一样。在高压系统控制观测点的时段里，气压停留在较高的水平上，形成了一个自然时段，即高压位相。当低气压移来代替高气压后，高压位相就转成低压位相。这一些现象都是气象工作者所熟知的。但是对中、短期预报员说来，对空间波动性是熟悉的，对时间上的周期性却比较陌生。在长期预报方面正好相反，着重于分析时间上的周期性及其位相。由于时间周期性与空间波动性是对应的，所以长期预报以位相作为表现大气过程的基本现象和短期预报以天气系统作为基本现象也是对应的。这些基本现象都具有不同的尺度。在图1所示的尺度谱上，时间座标以10年为底的对数表示；空间座标则以10千米为底的对数表示。整个尺度谱包含着四个明显区分的谱段。

天气尺度的范围是以瞬时天气图的分辨能力的极限来确定的。范围最小的天气图是站点天气图，它以一个测站目力所及的观测范围为极限。这样的天气图能分辨积云单体，这就是天气尺度的起点。频率高于天气尺度的是湍流尺度。在地球范围内，最大的空间范围是全球。全球瞬时天气图能分辨超长波，这就是天气尺度的终点。在湍流和天气尺度的范围内，空间尺度与时间尺度近似地保持线性对应关系，即空间尺度越大，时间尺度越长。在湍流与天气两个尺度的范围内，空间上的波动性与时间上的周期性在一定的程度上是等价的。

<sup>①</sup> 张家诚《长期天气预报方法论概要》中有关章节。北京：农业出版社，1981年。

时间尺度	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
空间尺度	分		时			日		月		年				
谱段	湍流尺度		天气尺度			大天气尺度		气候尺度						
阶次			积云	中小尺度系统	短波	长波	年变	2-5年周期	25-40年周期	小冰期、回暧期	副冰期、冰间期	亚冰期、冰期	大冰期、温暖期	
频率	超高频		高频			低频		次低频						
学科	微气象学		天气学			大天气学		气候学						

图 1 大气过程尺度谱

尺度更大的过程由于地球空间范围的限制,大气波动不再表现为空间尺度的增大,而只表现在时间尺度的延长上。因此,更大尺度的大气过程就不能再用瞬时天气图来表现了,而必须采用低通滤波的方法,用平均资料和平均图来表征它。

我们把年作为大天气尺度与气候尺度的分界点。由于年变是大气中最明显和最严格的周期现象。在一年范围内的大气过程受到年变的约束,以季节的形式表现出来。大天气学的主要任务就是分析大气环流和气象要素每年季节性变化的特点。但是在气候学中,年是一个基本时间单位。虽然气候也讨论某一季节特征的多年变化,但这是作为年的特征之一,并不着眼于年内的季节变化上。因此,这两种尺度的大气过程间存在着本质差别,不能混为一谈,所以我们把它分作大天气尺度和气候尺度,这样也就给出了这两个尺度大气过程的定义。因此,在本书中长期天气预报指的就是大天气尺度现象的预报,时间长度约在半月到一年之间。

在各个谱段存在着几种主要周期。例如,在天气谱段中有短波、长波、超长波;在气候谱段中有 2~5 年周期、20~40 年周期、200~400 年周期、千年周期以及万年以上尺度的各种冰河期—间冰期振动。在大天气谱段中主要是年变周期。各种周期都可以分解成几个位相,位相也就是阶段性。在本书中,阶段与位相这两个术语将是通用的。例如:自然天气季节和月份就是年变周期里的位相;自然天气周期反映超长波演变周期中的位相。冰河期与间冰期就是地质时期中气候变化周期里的两类位相。20~40 年气候变化周期一般是由长度为 10~20 年的两个符号相反的距平阶段所组成。

从尺度谱可以看出,大气过程也与其他自然现象一样,存在着微观现象与宏观现象的关系问题。所不同的是,大气过程的宏微关系更多地是在时间尺度上反映出来。在湍流和天气两个谱段里存在着时间尺度与空间尺度的线性对应关系。时间上短暂的湍流过程,在空间上也很微小。它与大尺度天气过程相比,不论在空间上或时间上都属于微观现象。但是,从大天气尺度开始,空间尺度已经达到了全球范围,持续半个月左右的超长波与几千万年长度的冰河期—间冰期环流形势在空间上都同属全球尺度,没有尺度差别,但是时间尺度差异却很悬殊。为统一表现大气过程的宏微差别,我们采用时间尺度作为主要座标。

在物理学中,对于物质结构的研究,已经知道存在着若干个从微观世界到宏观世界之间的层次:基本粒子、原子、分子、物体和天体等。恩格斯指出:“纯粹量的分割是有一定极限的,到了这个极限它就转化为质的差别:质量纯粹是由分子构成的,但它是在本质上不同于分子的东西,正如分子在本质上不同于原子一样。正是由于这种差别,作为关于天体和地球上的质量的

科学的力学才和作为分子力学的物理学及作为原子物理学的化学区分开来。”(《自然辩证法》人民出版社 1955 年本第 41 页)。每一个层次不但有其特有的规律性,而且还有相应的学科去研究它。大气过程也是如此。上面提到的几种主要周期和相应的阶段性就构成了大气过程中宏微关系的层次。但是为了避免同在天气学和动力气象学中经常用到的“高低层次”混淆,在本书里称为“阶次”,阶次较高的大气过程称为“宏阶过程”,阶次较低的大气过程称为“微阶过程”。例如,相对短波说来,长波是宏阶现象;相对长波说来,短波是微阶现象。

阶次的变化是否具有客观标准呢?应当说,这种划分不是任意的,而能提出一系列的客观标准。首先,各阶次大气过程形成的原因是不相同的。例如,长波的规律性可用罗斯贝公式表示,短波的规律性可用锋面波动学说表示,年变是地球公转的结果,2~5 年周期与下垫面温度状况有关,35 年左右周期则很可能受到太阳活动的影响,万年以上的气候变化已经由米兰科维奇用地球天文参数变化较好地模拟,超过千万年尺度的气候变化则有可能是海陆分布变化所引起。

其次,各种尺度大气过程出现的频率并不是完全相等的。在各阶次之间有一个频率很少的尺度作为间隔。例如,根据上海百年温度资料,在 2~5 年周期和 25~36 年周期之间并不出现其他长度的较明显的周期性,说明这两种周期分属于两个不同的阶次。当前,长期天气过程的研究发现半年相关(或称跨季相关)比较明显,半年相关事实上已属年变周期,这就说明在年变和几个星期长度的指数循环之间可能并不存在明显的约一季长度的周期振动。

第三,宏阶过程的一个位相可以包括若干个微阶过程的周期,并是约束这一些周期性振动特性的背景,而微阶过程则是宏阶位相中的构成部分。因此,具有阶次差别的现象,在任何情况下都是不能平列的。

事实上,并不是我们在大气过程的分析上首先引入阶次概念。一般在讨论长期预报问题时,经常提到必需考虑过滤掉不必要的气象噪声,才能更好地显示长期过程的特点。所谓“气象噪声”就是在宏微序列中相对地处于微观尺度的大气过程,是一个相对的概念。湍流过程对于短期天气过程而言是一种气象噪声。同样,相对长期过程而言,短期过程又成为气象噪声了。如果要分析百年以上尺度的长期大气过程,很显然几个月的大气过程又成为必须排除的噪声之列了。因此,大气过程中宏微阶次的序列性是十分重要的,研究序列的构造也是十分有用的。

当前,采用 30 年作为描写气候特点的基本时段。30 年平均

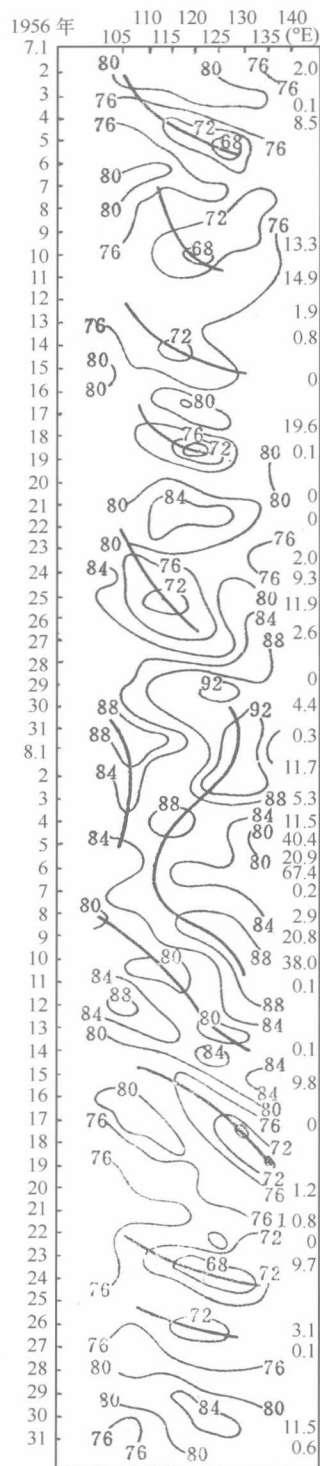


图 2 沿 40°N 500 毫巴等压面高度(省去千百位 58, gpm)与北京降水(右纵标, mm)

资料可以消除 20~40 年周期振动,这样的气候特点就能表示要宏阶阶段(约百年)的主要气候特点,正好与人的自然生命期相近,作为当前生产建设的环境背景具有实用意义。在这个阶段内的短期气候变化的平均情况即气候变率,这种阶段过渡到另一阶段而引起的 30 年平均资料的变化即为气候变化。气候变率则是 30 年内的一年或几年变化的统计值。故气候变化与变率是分属两个阶次的现象。这就是气候、气候变率和气候变化的基本含义。

同一切自然现象一样,讨论大气过程的尺度只有提升到阶次的高度,才具有更为丰富的内容,而更明显地呈现其规律性。由尺度的变化发展到阶次的变化,体现了哲学上量变到质变互相转化的规律性,因而具有普遍的意义。因此,阶次概念在气象学中的引用乃是这门科学发展的必然趋势。以下是两个具体例子:

图 2 是 1956 年 7—8 月沿 40°N 的 500 毫巴\*高度剖面图与北京降水量,图上有两个阶次的波动。7 月 29 日至 30 日和 8 月 10 日至 11 日是宏阶阶段的分界点。三个阶段里的微阶过程都不相同。每当一次短波经过 110°E,在第一和第三阶段里北京都有一次小到中雨,它们的周期平均 4~6 天。但是在第二阶段里每次短波经过却有一次暴雨,它们的周期约为 2~4 天。充分反映了宏阶阶段对微阶过程的约束。

图 3 是上海年降水量曲线和 10 年滑动平均曲线。可以看出,在 100 年内上海降水量有 6 个 10~20 年阶段,构成 3 个 25~36 年周期。每个阶段中又有若干个 2~5 年周期。

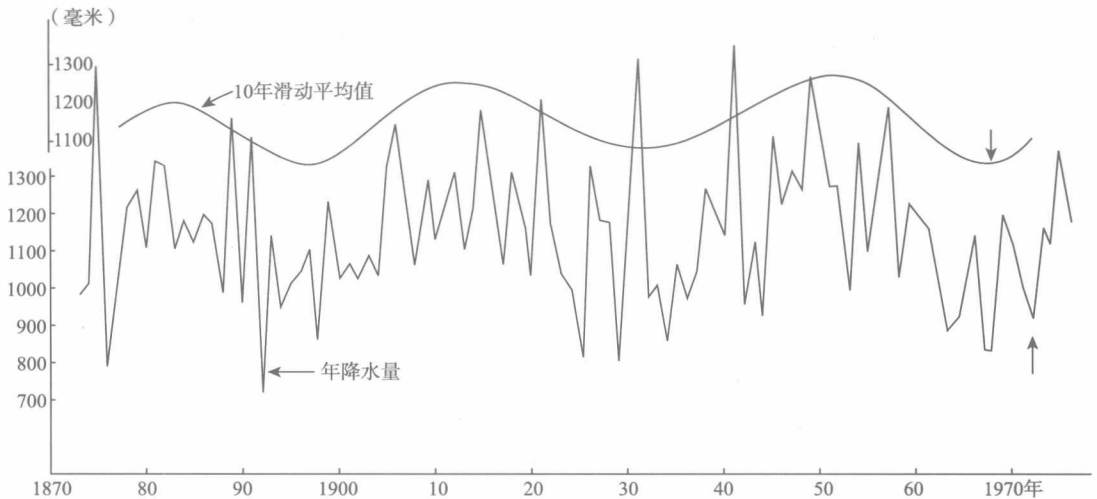


图 3 上海年降水量及其 10 年滑动平均值

类似的例子是很多的,这里就不多说了。但是可以看出,分析宏阶过程就能抓住微阶过程的主要特点。在一个宏阶阶段中,微阶过程呈现着准周期性振动,但是随着宏阶阶段的转换,微阶过程的准周期性也会随着改变。因此,任何尺度的天气预报都应当以分析相应阶次的大气过程作为它的主要根据,但是也必需考虑宏阶过程的变化。

根据上面的论述,长期天气预报既然定义为大天气尺度的大气过程的预报,那么具体说,就是年变周期和这个周期的各个位相(季、月)的内部特征及相互转化的预报。它包括长度在半月至一年之间的各种时段。大天气学就是研究这一尺度大气过程的一门天气学分支。大天

\* 毫巴(mb)是曾经使用的气压单位,现已由百帕(hPa)所代替,1 mb=1 hPa。

气学为长期预报提供理论基础和经验事实,它与长期天气预报的关系,正如天气学对中、短期天气预报的关系一样。

长期天气预报的重要性是由许多原因形成的。首先,人类社会的各项生产活动,特别是农业生产,是以年为周期的,作物的生育期与年变的一定位相对应。为安排好这些活动,必须考虑到当年年变特点和有关的位相特点。很多长期预报没有估计到的问题,即使有了正确的中短期预报,也无法及时采取措施了。其次,长期天气预报为中、短期天气预报提供了背景,特别是季节性转变对中短期预报有着更大的实用意义和理论意义。而这一些转变只有从长期的角度才更能抓住实质。长期天气预报又为气候预报提供依据。年是描写气候特点的最基本的时间单位,很多气候特点是用年变的某位相多年平均特点及其振动表现出来的。梅雨、台风、霜冻、酷暑等即为其中的例子。要弄清它们的多年变化,显然需要了解它们在年变中的位置,大天气学可以提供有关的理论和方法。

## 2. 尺度对应原理与长期天气的可预报性

大气过程的周期性问题是由来已久的争论问题。尽管对大气过程周期性的存在还存在着许多怀疑,除日变和年变外,还缺乏令人信服的有关周期性的证据,但许多预报工作者仍在广泛应用周期性。洛伦兹(Lorenz)认为可预报性和周期性是联系在一起的<sup>[1]</sup>,这是一个十分重要的观点,可是他未能说明周期性的存在问题。

我们认为,周期性是自然界的一种普遍现象。恩格斯指出,辩证法可以归结为三个规律,其中之一是“否定之否定”。事实上,周期性即此一规律的表现形式之一,冷暖交替(冷否定暖,暖再否定冷)就是一个例子。但是,周期性也像其他自然现象一样,不可能是绝对的,而是有条件的。即在一定的条件下产生一定类型的周期性变化。气象学中关于周期性问题的争论,事实上是对周期的有条件性不够理解所引起。

例如,上海 1873—1972 年资料中没有明显的温度变化周期,这指的是严格的年年存在的绝对的周期性。但是,每年却有其特有的周期性。1960 年约每隔 4 候有一次峰值,1971 年约每隔 6 候有一次峰值,……这就证明了有条件的准周期性的存在。

自然界的许多现象都具有有条件的准周期性运动,甚至地球的公转和自转,也是一定条件下的产物,只是由于这些条件是十分稳定的,才使它们给我们以绝对性的感觉。大气过程的条件(包括天文的和下垫面的)具有多变的性质,因之它的周期性也随着时间而变化。如果在天气预报中不顾条件的变化,寻求绝对稳定的周期性,往往是徒劳的。但是如果注意在一定时段内的大气变化,则周期性又是十分明显的。

正因为大气过程的周期性是有条件的准周期性,那么它不但可以作为预报的工具,而且还可以作为分析大阶段的工具。两个大阶段之间的差异不但可以从其不同的平均值表现出来,而且还可以从其内部的振动周期和振幅的差别表现出来。因此,大气过程中的周期性是和阶段性联系在一起的。

图 2 和图 3 两个例子也证明了上面的论断。1956 年 7—8 月三个阶段的短波序列的性质是不一样的(图 2),其差别即反映在强度上,也反映在周期长度上。这三个阶段属于宏阶的阶段性,阶段变化了,短波序列也随之变化。这种情况说明短波是一种条件性准周期振动,作为背景的宏阶过程即其条件的一个组成部分。

从图 3 可以看到,每个 2~5 年周期都是由一个 1~3 年的少雨阶段和一个 1~3 年的多雨

阶段所组成。每个 25~36 年周期是由一个 13~22 年的少雨阶段和一个 14~16 年的多雨阶段所组成。在一个宏阶位相控制下,微阶过程具有相近的特点。在多雨阶段中各个 2~5 年周期的峰值一般都达到多雨水平(正距平 $\geq 100$  毫米),而谷值却达不到少雨水平(负距平 $\leq 100$  毫米)。在少雨阶段则相反,峰值达不到多雨水平,谷值却能达到少雨水平。这个例子说明了 2~5 年周期的性质受到 25~36 年周期的控制,具有条件性。

因此,长期预报的可能性问题的基本方面之一在于揭露和利用这种有条件的准周期性。

对任何周期现象说来,最原始的预报思路是追踪位相转换的顺序,从当前所处的位相外推即将出现的位相。因此,长期天气过程的可预报性问题存在于对有条件的准周期的各个位相的结构分析中。其中有一个简单的数量对应的关系,即各位相的时间尺度应当是对应的,这是具有重要意义现象。如果我们将一个预报分解为三个逻辑要素:初始量、预报量和因子量。这三者在尺度上应当是大致相当的,换言之,它们的尺度应当相当于周期的位相。这种情况有助于根据前期周期的特点预报后期周期。这就是尺度对应原理,也就是追踪位相转换的必然结果。因为初始量实质上就是初始位相的特征量,预报量是预报位相的特征量,因子量则是与位相尺度大致相当的物理量。

尺度对应原理对于研究长期预报的可能性和建立预报方法都有着指导意义。预报关系应当主要地是尺度相当,或者是虽然尺度不同,但是它对相应尺度有一定代表性的两种事物之间的关系。如果用微阶初始过程来论证宏阶过程的可预报性问题,则显然不能得到合理的结果。用瞬时初始场来讨论长期天气过程的可预报性,显然在逻辑上是不健全的,不可能得出可预报性的合理结论。

1937 年德国施慕斯(Schmauss)认为在欧洲中部的严寒冬季是由于诸如某次偶然性天气变化而形成的雪盖所引起。从他的观点,大天气过程决定于偶然性微阶因子。如果按其逻辑,则推论长期天气过程在原则上是不可行的。鲍尔批判了“小原因,大效果”的说法,而认为原因和效果在尺度上是相近的,可以用物理统计规则去预报它<sup>[2]</sup>。

《全球大气试验丛刊》第 11 期(1973)中说到:“如果动能谱衰减慢于波数的负三次方,那么极小尺度的最小初始误差引起极大尺度产生巨大错误所需的时间是有限的,或许少于 3 个星期。这个假设有数值试验的支持,……”<sup>[3]</sup>。这段话与施慕斯的观点是一样的,只是更为系统化和理论化。由于对极小尺度的大气过程的观测一般说来是不可能的,所以从原则上说这就否定了 3 个星期以上的大天气过程预报的可能性。

很显然,这种观点过于强调尺度之间的联系,而忽略了预报的三个要素的同阶性,得出了大天气过程无法预报的推理结果。虽然有时,宏阶过程可以由微阶过程发展而来,但事实上,众多的微阶过程是不可能都发展成宏阶过程的,只有在具有宏阶过程的转变的条件时,个别微阶过程才会发展起来,代替原有的宏阶过程。从表面上看,这是微阶现象变成了宏阶现象,但其真正原因仍在宏阶现象本身的规律性。这种情况预报员是很熟悉的,例如在长波位相(槽或脊)的控制下,短波会重复产生和消失,只有在长波要崩溃时,个别短波才会发展起来,代替原有长波系统的位置。

当前,“小原因,大效果”的表现主要是用短期天气预报的观点去论证长期天气预报的可能性。这种观点出现的历史原因,是由于天气预报工作,首先是从中、短期预报开始的。气象工作者习惯于从短期预报的角度去观察一切尺度预报。所谓短期预报尚未解决,不可能解决长期天气预报问题,即其表现之一。他们并不注意,短期预报和长期预报是两种阶次的预报。它



们的初始量和因子量都是不相同的,它们各自具有相对独立的规律性。虽然它们之间是有联系的,需要相互补充,相互促进。但是,它们是不同的事物,首先应该根据本身的规律性去研究其可预报性,而不应在逻辑上混淆起来。我们认为,各阶次的相对独立性是十分重要的,尺度对应原理则是对其保证。

我们谈过任何阶次大气过程具有有条件的准周期性振动。准周期性就是该阶次大气过程在一定外部条件与内部参数时的自我振动的结果。相邻阶次大气过程的影响则属于这种振动的条件。如果周期性与可预报性之间是有联系的,那么准周期性的存在就已提供了论证可预报性的基础,条件性虽然为论证增加了复杂性,但揭露条件性可以为从这个基础上进一步论证提供线索。因此,对于长期预报可能性的论证首先应在长期大气过程中去寻找,而不应与其他阶次的大气过程混淆,更不能以其他阶次的现象长期大气过程作为讨论的基础。

我们注意到,中短期天气预报本身也同样是遵从尺度对应原理的。在中、短期预报的领域里,瞬时图是基本工具,在表面上似乎并不存在初始过程与预报过程之间的时间尺度对应问题。如果深入一步就会发现情况并非如此。因为,在天气尺度里,空间尺度和时间尺度间存在着近似的线性对应关系。预报时效越长的中、短期预报需要空间范围越大的初始场,就是尺度对应现象表现的一种形式。根据数值试验的结果,使用瞬时初始场,预报时效的极限可达2—3周。这是由于在半球和全球瞬时图上能够反映出生命期长达2—3周的超长波活动。空间的扩大取代了时间的延长,保持了尺度的对应。是否可以提高初始场的精细度以达到延长预报时效的目的呢?回答应当是:如果不超出本阶次的范围,这是有用的;如果尺度继续延长而进入了更宏阶尺度的范围,这样做是无用的。因为根据尺度对应原理,任何尺度的初始值都只能对应本阶次尺度的预报量,超出一定的范围,就应当改变初始量的阶次。从这样的科学概念出发,任何长度的长期预报和气候预报都是可能的。

同样,“大原因、小效果”的提法也是错误的。例如,我们根据大范围乃至全球大气环流型的变化,预报一个省的天气分布,或根据季节特点预报某一天的天气细节也都是不合理的。因为大尺度现象是宏阶背景,小尺度的细小差别有其尺度相对应的原因,不能单靠大尺度背景来解决。有人对当前日地关系问题有一个意见,认为太阳辐射的变化是大尺度现象,用来解释某一局部地区的天气变化是不合理的。很显然,要更好解释这一问题除考虑太阳活动外,还需要借助于大气环流和小尺度的原因补助,才能更好地达到目的。

尺度对应原理事实上并不是新的创造,它早已存在人们的朴素的思考中。作为长期预报工作者不自觉地遵守这一原理,则已与长期天气预报发展的历史同样古老。在我国流传已久的天气谚语“久晴必有久雨”就十分明确地表达了尺度对应原理。“久晴”是初始过程,“久雨”是预报过程,或“久雨”是初始过程,“久晴”是预报过程都可以,重要的是前后两个“久”在时间尺度上应当是对应的。另外“干冬湿春”等天气谚语,直接表现了年变的两个位相(冬、春)之间的关系,显然,初始过程与预报过程的尺度也是对应的。此外还有一部分谚语以物象出现的迟早作为预报指标,例如“青蛙叫在惊蛰前,高岸变烂田”,是经过一些曲折的过程体现尺度对应原理。“高岸变烂田”是雨季多雨的结果,具有季的时间尺度,“惊蛰”则指的是一定季节,实质上体现尺度对应原理。其实,“青蛙叫”是经过孵化与幼虫发育等阶段,与这一个阶段的气温、水温有关。尺度仍然是对应的。

“立夏不下,犁耙高挂”是用立夏这个关键日预报长期降水状况。文献[4]用河南省邓县的资料进行验证,发现5月5日和6日(立夏)两天降水量小于0.1毫米的年份中在13年中有12