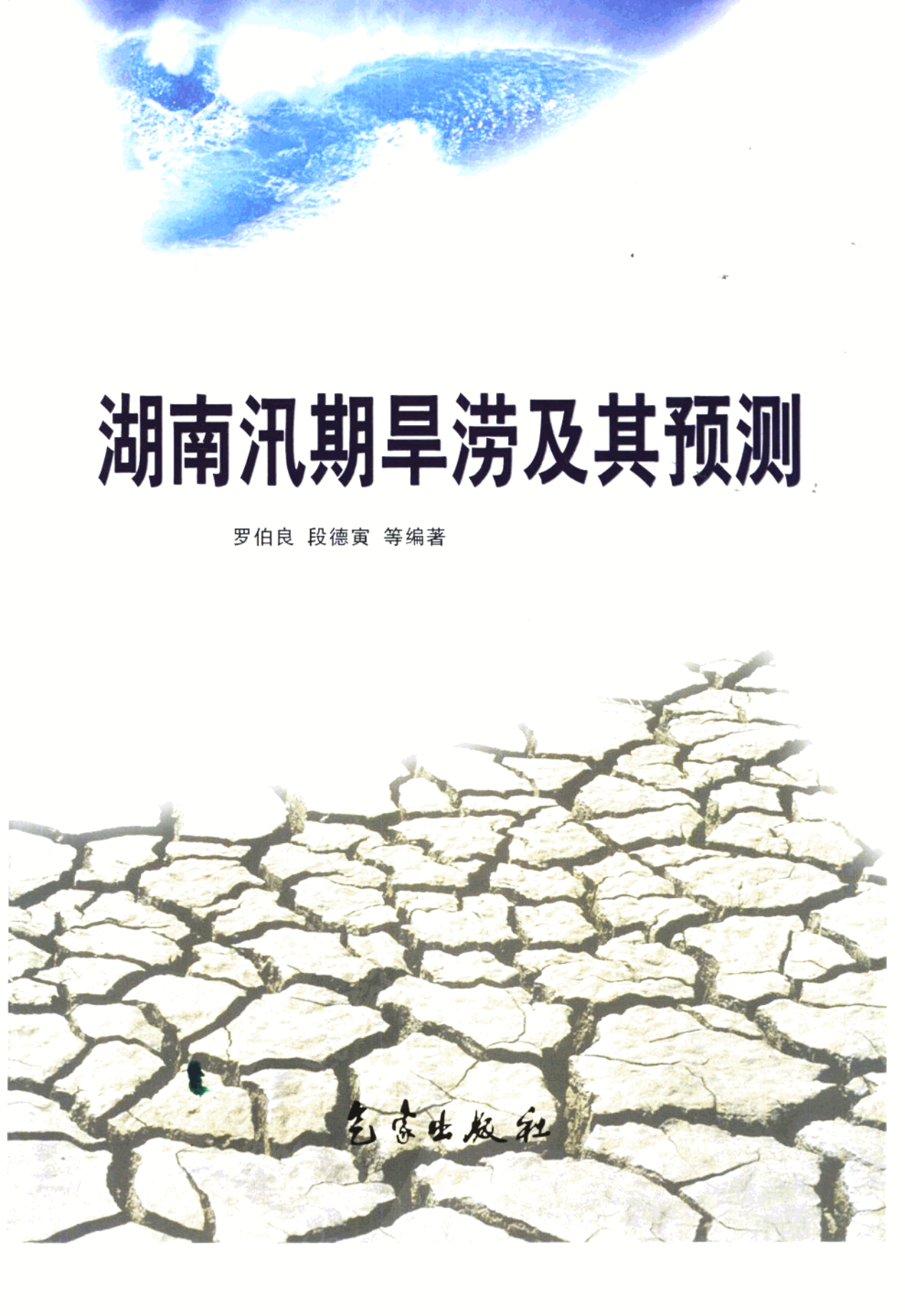




湖南汛期旱涝及其预测

罗伯良 段德寅 等编著

气象出版社

湖南省“九五”农业重点科技攻关项目
“湖南省短期气候预测系统研究”

湖南汛期旱涝及其预测

罗伯良 段德寅 等编著

17MT

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

湖南汛期旱涝及其预测/罗伯良等编著. —北京:气象出版社,2001.4

ISBN 7-5029-3101-5

I. 湖… II. 罗… III. ①干旱-气象预报-湖南省 ②水灾-气象预报-湖南省 N.P457.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 14763

气象出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 46 号 邮编:100081)

责任编辑:郭彩丽 终审:周诗健

封面设计:王伟 责任技编:都平 责任校对:张清芬

*

北京东光印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:243.2 千字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—600 定价:24.00 元

前 言

湖南地处长江中游,是一个农业大省,干旱和洪涝是其最经常遭受的气候灾害,造成的经济损失也最严重。尤其是每年的汛期,湘、资、沅、澧四水流域和洞庭湖区防汛任务十分繁重,暴雨洪涝造成的威胁极大。20世纪90年代以来,洪涝灾害发生频率明显提高,1993~1996连续四年发生洪涝,灾情愈来愈严重,其中仅1996年因洪水造成的直接经济损失就达506.49亿元,死亡500多人。因此,深化对旱涝形成机理和物理过程的认识,提高对汛期旱涝的预测能力和服务水平,大幅度提升防灾减灾效益是目前乃至今后气象部门的工作重点。为此,从1996年到2000年在中国气象局“九五”国家“重中之重”科技项目(96-908-05课题)指导下,在湖南省政府农村工作办公室大力资助下,我们开展了对湖南汛期旱涝的规律、成因及预测的研究。为了能使上述研究成果更好、更广地应用到业务工作中,不断提高湖南汛期旱涝预测水平,我们把近几年的主要研究成果总结成此书。

本书系统地分析了湖南异常降水的气候背景,阐述了不同时间尺度旱涝的发生规律以及它们的空间分布特点和变化特征;开展了东亚季风、副热带高压、中纬度阻塞高压、青藏高原等大气环流以及北太平洋(洋流)海温与湖南异常降水之间的相关研究,给出了许多有物理意义的预测信号,探讨了海气相互作用及其对湖南降水异常的影响机制。并对火山爆发、太阳活动及有关大气系统对湖南降水的影响进行了探索研究,为业务预测提供了有益的线索。阐述了EOF-OSR预测模型及其对湖南汛期旱涝的预测研究。最后对湖南省短期气候预测业务系统做了简介。

本书以探讨湖南汛期旱涝成因为主要线索,以业务预测为重点。因此,可作为短期气候预测及气候研究科技工作者有益的参考材料。本书的研究成果是湖南省短期气候预测业务系统的重要组成部分。

本书各章节由下列同志撰写:第1章,罗伯良;第2章,段德寅;第3章,罗伯良,段德寅,朱明辉;第4章,罗伯良,段德寅,陈耀湘;第5章,段德寅;第6章,罗伯良,段德寅;第7章,段德寅;第8章,段德寅;第9章,罗伯良,段德寅;第10章,罗伯良,余曼平;第11章,罗伯良。最后由罗伯良统稿。叶成志承担了部分计算,胡爱军在协助绘图上做了一些工作,作者对他们以及参加本项目而未参加本书撰写的同志一并表示衷心的感谢。在本书的写作过程中,得到了湖南省气象局领导的大力支持和热情的鼓励以及气象出版社的帮助,在此深表谢意。

由于造成湖南汛期旱涝的环流与物理因子相当复杂,预测难度大,加之作者水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2001年元月于长沙

目 录

前言

第 1 章 绪论	(1)
1.1 气候与气候变化	(1)
1.2 气候系统	(3)
1.3 气候变化的基本特征	(5)
1.4 气候预测问题	(8)
1.5 短期气候预测的历史与现状	(9)
第 2 章 湖南降水异常的气候背景	(12)
2.1 湖南自然地理概貌	(12)
2.2 湖南降水的时空分布	(13)
2.3 湖南暴雨	(16)
第 3 章 湖南洪涝和干旱	(20)
3.1 湖南洪涝	(20)
3.2 湖南干旱	(23)
3.3 近 40 年湖南四季旱涝的气候统计特征	(25)
3.4 湖南汛期旱涝时空分布特征	(27)
3.5 20 世纪 90 年代湖南夏季暴雨洪涝气候特征	(30)
第 4 章 大尺度环流异常与湖南旱涝	(35)
4.1 湖南夏季旱涝与北半球大气环流特征	(35)
4.2 中纬度阻塞高压	(38)
4.3 季风	(42)
4.4 青藏高原	(45)
4.5 大气环流异常与 1998 年洞庭湖区特大洪涝	(47)
4.6 湖南雨水集中期与环流形势的异常变化	(50)
第 5 章 副高等环流特征与湖南汛期降水的关系	(55)
5.1 副高及其环流特征量	(55)
5.2 前期副高特征量与湖南汛期降水的关系	(57)
5.3 副高对湖南旱涝的影响	(61)
5.4 副高特征量的某些预测线索	(62)
5.5 冬末春初时的极涡与湖南五月降水的关系	(65)
5.6 12 月东亚大槽与湖南 6 月降水的关系	(66)

第 6 章	海温异常对湖南降水异常的影响	(68)
6.1	海温是短期气候预测的重要因子	(68)
6.2	厄尔尼诺和拉尼娜事件	(68)
6.3	ENSO 与湖南异常降水	(72)
6.4	厄尔尼诺对湖南洞庭湖区降水异常的影响	(77)
6.5	拉尼娜对湖南降水的影响	(80)
6.6	冬季北太平洋海温与湖南夏季旱涝	(83)
第 7 章	洋流与湖南降水异常的关系	(88)
7.1	海洋中的洋流	(88)
7.2	北太平洋五处洋流海温与湖南汛期降水的相关性	(88)
第 8 章	青藏高原积雪等气候系统与湖南降水的关系	(95)
8.1	青藏高原积雪对湖南夏季降水的影响	(95)
8.2	火山爆发及其与湖南洞庭湖地区降水异常的关系	(97)
8.3	太阳活动及其与湖南春末夏初降水分布的关系	(99)
第 9 章	汛期旱涝预测	(103)
9.1	最优子集回归	(103)
9.2	湖南夏季雨量场的 EOF 的稳定性	(105)
9.3	湖南省夏季旱涝预测模型	(112)
9.4	湖南省旱涝趋势年度预测	(119)
第 10 章	湖南雨季结束及预测	(123)
10.1	湖南雨季结束的气候特征	(123)
10.2	湖南雨季结束成因分析	(125)
10.3	湖南雨季结束预报模型及其应用	(127)
第 11 章	湖南省短期气候预测业务系统	(129)
11.1	短期气候预测业务系统设计思想及功能	(129)
11.2	短期气候预测业务系统的主要技术方法	(131)
11.3	湖南省短期气候预测业务系统使用说明	(141)
参考文献		(143)

第 1 章 绪 论

气候,特别是气候变化,对国民经济和社会发展造成的影响已成为当前各国政府和科学界十分关注的问题,因为大范围持续性气候异常会给粮食和能源造成严峻形势。例如,1972 年冬季的严寒加剧了当时的能源危机,给美国造成了巨大的经济损失;1988 年的干旱造成了美国粮食减产 37%;1991 年的江淮大水和 1998 年(长江流域、嫩江流域)的特大洪水则给我国的经济和人民生命财产造成了严重损失。因此,研究气候的形成、气候的特征和变化规律,尤其是对气候的异常变化作出预报和预测,已成为一个迫切需要解决的重大科学问题。

物质总是处于不停的运动和变化之中,气候也一样。地球形成以来,气候就一直在自然地变化着,时而温暖,时而寒冷;时而出现洪涝,时而发生干旱。随着人类社会、经济和科学技术的发展,气候已日益受到人们的高度重视和各国政府的普遍关注,因为它既同每个人的生活有关,又影响着整个人类社会的发展。要预测气候的变化,首先就需要认识气候的变化及其规律。

1.1 气候与气候变化

1.1.1 气候

气候的定义随着气候学不同发展阶段而不断完善,概括起来大体上可以分为三个阶段:

(1) 古典气候学阶段

20 世纪以前的古典气候学从气候与天气的联系和区别给出气候的定义,认为气候是大气状态的平均状态。因此,气候是天气的背景,天气是气候背景上的振动。在描述方法上用统计平均的手段来表征气候的特征。根据这一定义,气候学是研究各种气象要素的地理分布和年、日变化的学科,但它忽视了大气运动的瞬时状态与极端情况。实质上,大气状态是随时间和空间变化的,气象要素的平均状态能在一定程度上反映大气的一定状态或反映气候的一定特征,但不能反映大气的整个状态或气候的全貌。但由于气象要素的平均状态是气候的一种基本属性,现在仍应用各种气象要素的平均值来描述一定的气候特征,所以这个传统的气候定义目前仍被广泛采用。

(2) 近代气候学阶段

20 世纪初到 70 年代以前,随着近代天气学的发展,近代气候学着眼于大气运动的过程,认为天气是短时间尺度的大气过程,气候则是长时间尺度的大气过程,提出气候是天气的“总和”或“综合”。并基于数理统计学,提出气候是大气众多状态的一个统计集合。它不仅包括气候的平均状态,也包括气候变化的极端情况。

(3) 当代气候学阶段

20 世纪 70 年代以来,气候有了一个全新的概念。1974 年在斯德哥尔摩召开的世界气象组织(WMO)和国际科学联盟理事会(ICSU)国际研讨会上,科学家们系统地总结了当时气候科学的研究成果,明确地提出了“气候系统”的科学概念。认为气候变化不仅仅是大气内部的过

程,还受同大气上下边界状况有直接联系的其他因子的影响,气候是大气、海洋、冰雪圈、地表和生物圈五个相互作用的子系统组成的复杂气候系统的总体行为。因此,从学科上讲,当代气候学已成为多学科相互渗透的交叉科学。

可见,古典气候学和近代气候学只是把气候视为某种统计平均状态,对一些参数进行统计平均即可描述气候及其变化。当代气候学则把各种时间尺度的气候变化,即相对于某种平均状态的扰动,作为研究和预测的对象。在空间域上,前者着重于区域性气候及其变化特征,后者则更多地注意气候异常或气候距平的全球分布,尤其是它们之间的相互关系和影响,Bjerknes 提出的“遥相关”便是突出的例证。

综合归纳起来,所谓气候就是某一地区多年的大气的一般状态。既包括平均状态,也包括极端情况,是多年间各种天气过程效果的综合表现。

1.1.2 气候变化

一般地,某个地方的气候是指该地区气候要素(温度、降水量、风等)的统计平均值,即较长时间观测资料的平均值。气候变化就是相对于平均值的偏差。一个地方的气候不仅是变化的,而且有各种不同时间尺度的变化特征。目前把气候变化按时间尺度粗略地分为六类,即:短期气候变化,其时间尺度为月或季;中期气候变化,其时间尺度为几年(年际变化);长期气候变化,其时间尺度为几十年(年代际变化);超长期气候变化,其时间尺度为几百年(世纪际变化);历史时期气候变化,其时间尺度为千年;地质期气候变化,其时间尺度为万年或更长。由于有气候资料记载的时间尺度不过几百年,对于气候变化的研究也就主要集中在前四个时间尺度,尤其是前三个时间尺度的变化。下面简要介绍这三个时间尺度的气候变化问题。

众所周知,平均周期为 7 天左右的大气长波活动是中期天气变化和预报的主要因素。对于月和季时间尺度的气候变化,大气环流的持续性异常或者盛行的天气系统则是其主要成因。因此,大气环流的持续性异常的发生及其规律、一种异常型向另一种异常型间的转换,对月和季时间尺度的气候变化和预报具有重要意义。

研究表明,大气低频振荡同月和季时间尺度的气候变化关系密切。大气低频振荡是一种准周期振荡,包括准双周(10~20 d)振荡和季节内(30~60 d)振荡两类。前者在热带地区直接同季风的活动中断现象相联系,在中高纬度地区直接同阻塞形势的活动相关;后者可视为全球大气中低频(30~60 d)波的活动,只是在热带和中高纬度地区存在十分明显的差别。

关于月和季时间尺度气候变化的预报,是预报月和季平均气候量的距平值,并且在实际业务中达到了一定预报水平。但对年际时间尺度气候变化的认识尚较粗浅,也不能像对月和季气候变化那样提出具体的距平预报,目前还只能对比较强的气候异常进行预测,提出可能出现的倾向,如降水量偏多或偏少、气温偏高或偏低。

较强的气候异常的发生、发展与气候系统中的“强信号”紧密相联。目前人们研究得比较多的“强信号”是 ENSO(厄尔尼诺和南方涛动的合称),ENSO 一般视为大尺度海气相互作用,尤其是热带海气相互作用的突出反映。由于 ENSO 有 3~4 年的准周期,而且 ENSO 将引起全球大气环流和气候的持续异常,所以,它是目前人们在进行年际气候预测时所必须考虑的因素。

热带平流层的准两年振荡(QBO)也是十分突出的年际变化现象。由于 QBO 的振荡周期较为确定(平均 27 个月),在气候预测上更为方便。已有研究表明,对流层大气环流及气候变化也有极清楚的准两年周期变化现象,且同平流层的 QBO 有一定的联系。例如,印度季风降雨量有准两年振荡现象,并同 QBO 关系很好,当处于 QBO 的东风位相期,印度季风雨偏少;近

些年还发现,中国东部地区的降水也同 QBO 有一定的关系。

另外,火山活动也被认为是可以造成年际气候变化的原因。因为频繁的强烈火山爆发会给大气带来大量气溶胶粒子,特别是这些气溶胶会在平流层里存在相当长时间,影响大气辐射过程,在一定程度上造成气候异常。

关于年代际(10~100年)时间尺度的气候变化,目前主要是估计人类活动在多大程度上影响未来的气候状态。因为自工业化以来全球大气中 CO_2 含量比工业革命前增加近一半,同时大气中的甲烷(CH_4)等其他温室气体的含量成倍增加。这些微量气体含量的迅速增加将改变大气中的辐射过程,增强温室效应,导致气候发生变化。但关于 CO_2 等大气微量气体含量增加的温室效应,以及与此有关的全球增暖,尤其是它们的影响程度如何,目前科学界存在不同的看法和观点,有一些学者认为,现阶段的全球增暖只是气候自然变化的表现。因此,温室气体的气候效应仍是一个有待研究确定的科学问题。

1.2 气候系统

气候系统的提出,即把气候变化视为包括大气、海洋、冰雪圈、陆地表面和生物圈组成的气候系统的总体行为,是气候学研究进入一个新阶段的重要标志之一。上述各子系统之间的各种物理、化学及生物过程的相互作用,决定了全球气候以及各种时间尺度的变化。为了研究和弄清楚产生地球气候及其变化的机制,并对它们有一个概括的认识,下面我们对气候系统的每个子系统作一简单介绍。

1.2.1 大气

大气是由地球表面以上的各种气体组成的,它是气候系统中最可变的部分。对于气候及气候变化来讲,大气也是气候系统中最重要和最直接的部分。地球大气是由一些固有气体及气溶胶组成的混合物,其中氮和氧占了绝大部分(约99%),但它们对低层大气过程影响甚微。水汽在大气中含量并不多,最多时只占某空气样品容积的4%,但其时空变化十分活跃,通过相变热能转换及辐射过程,对天气和气候有重要影响。

大气中臭氧(O_3)主要在10~50 km 的高度区存在,其中以20~28 km 层含量最大,习惯上称其为臭氧层。臭氧在大气中的含量很少,却有很重要的作用,一方面它吸收太阳紫外辐射,导致平流层气温向上递增,另一方面它对地球生物起着重要的保护作用,使其免遭太阳紫外线的伤害。研究表明,由于光化作用,30 km 处以上的平流层一般是大气臭氧的源,并在中高纬通过大气垂直运动把25~30 km 的臭氧注入到平流层的低层和对流层,然后通过大气环流的输送作用造成各地臭氧总量及其垂直分布的差异和变化。近年来人们特别关注人类活动对臭氧层的破坏问题,尤其是所谓臭氧洞问题(就是极地平流层臭氧浓度的区域性急剧下降,从而形成臭氧空洞的现象)。

大气中的 CO_2 、 CH_4 等微量气体因人类活动的影响其含量在迅速增加,这些温室气体含量的变化对大气温度和气候变化的影响已成为当代气候研究的一个前沿课题。气溶胶是大气中的一种特殊成分,由直径为0.001~10 μm 的固态或液态微粒组成,其来源主要有火山灰、工业和生活排放的烟尘、海面等的自然微粒等。大气中的气溶胶一方面对太阳短波辐射和大气红外辐射有散射和吸收作用,从而直接影响辐射收支;另一方面它能改变云层的物理性质,影响云的辐射性质,从而间接影响辐射收支,进而影响气候。目前的研究认为,大气中气溶胶的增加

将会使对流层大气温度有所降低,其影响与温室气体相反。

大气的底层是接近地球表面十几千米厚的对流层,它集中了整个大气约 3/4 的质量和几乎全部的水汽,是大气中最活跃、变化最剧烈和最复杂的部分,雷、电、风、雨、台风、冰雹、龙卷等各种天气现象都在这一层中发生。

1.2.2 海洋

全球海洋总面积约 3.6 亿 km^2 ,约占地球总面积的 71%,吸收的太阳辐射量约占进入地球大气顶的总太阳辐射量的 70% 左右。因此,海洋,尤其是热带海洋是大气运动的重要能源。由于低纬度地区获得的太阳辐射较多,赤道附近水温高于高纬度海洋,为保持能量平衡,必须有能量从低纬地区向高纬地区输送。研究表明,全球平均有近 70% 的经向能量输送是由大气完成的,另 30% 多的经向能量输送由海洋承担。但在不同的纬度带,大气和海洋各自输送能量的相对值有些不同,在 $0^\circ \sim 30^\circ\text{N}$ 的低纬度地区,海洋输送的能量超过大气的输送,在 30°N 以外的区域,大气输送的能量超过海洋的输送。由于海洋对热带的经向输送的强度随位置而变化,因此海洋通过海气相互作用,而影响气候的变化。海洋是大气中水汽的主要源地,海洋每年向大气供应 86% 的水汽。不同的海洋状况通过蒸发和凝结过程对气候及其变化产生影响。海洋在气候系统中有最大的热力学和动力学惯性,因此,海洋的运动和变化有明显的缓慢性和持续性。海洋的这种特性在气候及其变化过程中起着重要的调节、控制和稳定作用。海洋是大气系统中 CO_2 的汇,因此海洋对大气中 CO_2 含量增加的温室效应有缓解作用。所以,海洋已被认为是地球气候系统的最主要的组成部分,海气相互作用是气候变化问题的核心内容。作为海气相互作用强信号的 ENSO 及其影响,已引起人们的极大关注,并且成为认识年际气候变化规律和预测年际气候变化的主导因素。

1.2.3 冰雪圈

冰雪圈是由地球上的冰体积雪所组成的,大致分为三部分:南极洲和格陵兰的大陆冰原、海冰和陆地雪被(包括高山冰川)。冰雪的主要效应是增大地表反照率,对大气运动起冷源作用,同时,由于其在消融过程中吸收热量,可使季节性升温变慢,因此,它对由冬到夏的季节转换有一定的延缓作用。海冰除通过地表反照率及蒸发和感热交换影响大气环流和气候之外,它还对海洋盐度等产生影响,再间接影响气候。由于地球上的主要冰雪覆盖区都在南北两极和高纬度地区,因此因冰雪过程造成的气温下降也主要发生在高纬度及极地区域。其结果是在有较大冰雪面积的情况下,大气的经向温度梯度将增加,纬向西风亦将加强。显然,冰雪覆盖同大气环流和气候变化有着重要关系。

1.2.4 陆地

陆地和冰雪圈一样,它是大气运动的下边界,其状况及其变化对大气环流和气候有重要影响。植被是地表状况的重要特征,不同的气候带因降雨量及气温的不同而有各自相应的植被类型,如热带雨林、中纬度草原等,气候状况同陆地植被常处于动态平衡,即气候变化会引起植被变化,反过来植被发生较大变化,会导致气候发生变化。植被变化对气候的影响是通过其物理特性改变地气之间的能量和物质交换而实现的。例如,有植被地区的地表反照率比裸地小,吸收的太阳辐射多,同时,植物冠部有较强的蒸发能力,而且通过植物根系可以把深层土壤中的水分抽吸到叶茎上以维持蒸腾。因此,有无植被的下垫面,其潜热和感热状况存在差异。另外,

植被可使地表粗糙度加大,对水分的滞留可改变地表径流和地表水文过程。这些都会对气候变化产生作用。

1.2.5 生物圈

生物圈主要包括陆地和海洋中的各种植物、动物和人类本身。它们受气候制约,同时也影响着气候,特别是人类活动对气候的影响受到越来越多的气象学家的重视。大气中温室气体含量的逐年增加,是人类活动对气候破坏性影响的重要方面,也是近年来各国政府和世人极为关注的问题。

由上可见,气候系统是一个非常庞大、非常复杂的物理系统,它的每一个子系统都具有完全不同的物理性质,并通过各种各样的物理、化学和生物过程同其他子系统联系起来,共同决定地球气候及其变化。

1.3 气候变化的基本特征

1.3.1 气候变化的多时间尺度性

气候变化的时间尺度有长达数百万年,直至数千万年的冰期和间冰期循环,也有几百年、几十年,甚至几年的短期气候变化。图 1.1 是根据氧同位素测量推算的全球积冰的体积在过去 50 万年以来的时间演变,其中可清楚看到冰期和间冰期的交替现象。图 1.2 给出了近百年来北半球年平均气温及我国年平均气温的年际变化曲线。它可以反映近百年平均温度变化的时间演变,由图可知,北半球的年平均温度不仅有明显的年际变化,而且在某些年温度持续偏高或持续偏低。如北半球年平均气温从 19 世纪 80 年代到 20 世纪 10 年代后期为持续低温期,20 世纪 30 年代到 50 年代中期为高温期,而 70 年代中期开始增温,到 80 年代则超过 30 年代和 40 年代,成为近百年来最暖期。我国年平均气温同样有相似的变化规律,也有清楚的年代际变化特征。

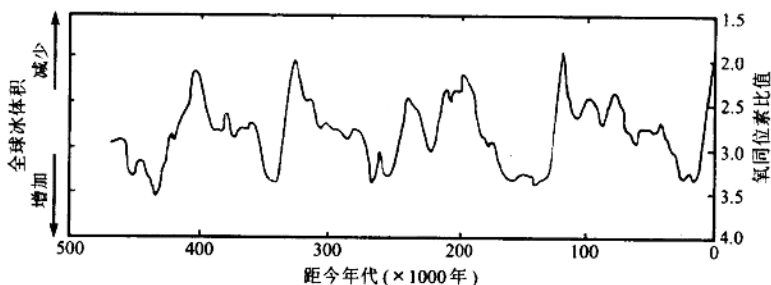


图 1.1 根据海洋浮游生物沉积物中氧同位素的比值所推算的 50 万年以来全球的冰体积分量的变化

1.3.2 气候变化的阶段性

阶段性是气候变化的一种常见现象,在气候变化过程中,常常会出现一段时间连续温暖或者一段时间连续寒冷,降水也往往出现一段时间多雨洪涝,一段时间少雨干旱,这种现象称之为气候变化的阶段性。气候变化的阶段性同气候变化的时间尺度是紧密相联的,不同时间尺度

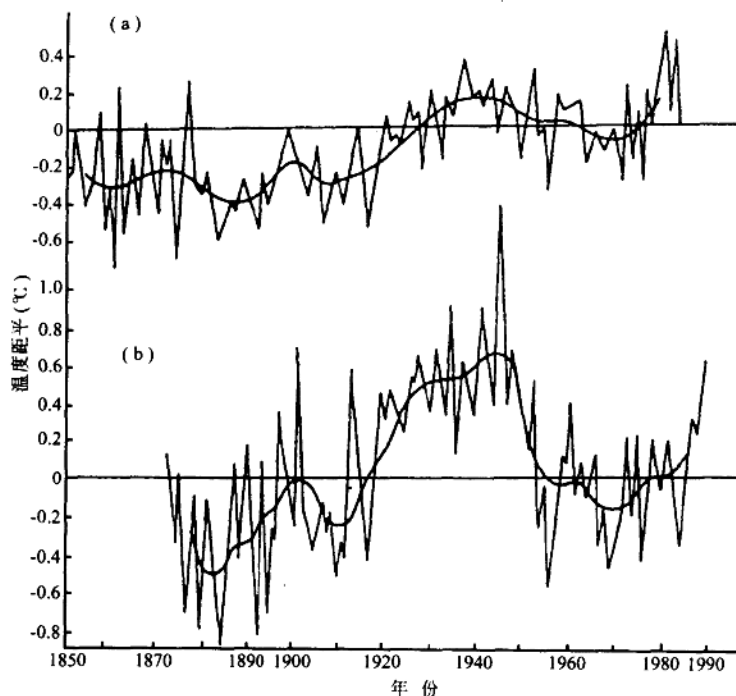


图 1.2 近百年来北半球年平均气温及我国年平均气温的年际变化曲线(曲线为 10 年滑动平均)

的变化相应有不同的阶段性。例如冰期和间冰期是气候变化阶段性的明显特征。同气温一样,降水变化亦然。图 1.3 是湖南 10 个测站夏季(6~8 月)降水距平百分率的时间演变。显然,1956~1965 年和 1981~1989 年湖南处于少雨阶段,而 1966~1970 年和 90 年代湖南为多雨时段。在实际工作中人们可以利用阶段性对气候进行预报,也叫持续预报。最优气候均态(Optimal Climate Normal, OCN)则是基于持续性预报概念发展的一种预测方法。

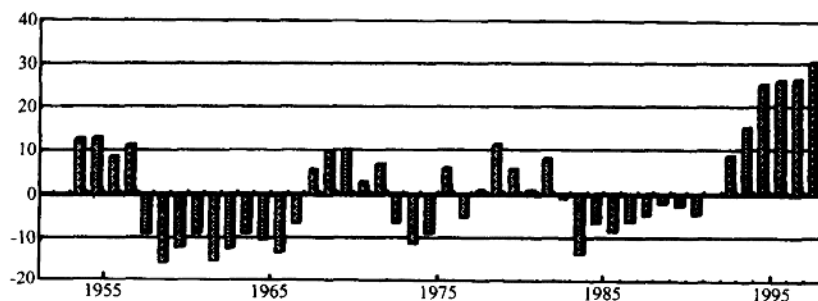


图 1.3 湖南 10 个测站夏季(6~8 月)降水距平百分率的时间演变

1.3.3 气候变化的突变性

气候变化除多时间尺度特征和阶段性特征外,突变也是其重要特征之一。所谓气候突变就

是气候从一种状态急剧向另一种状态变化,它表现为气候在时空上从一个统计特性到另一个统计特性的急剧变化。如20世纪20年代~30年代的全球气候变暖就是气温突变的表现。根据气候突变的情况,我们可以把气候突变分为三种类型,即均值突变、变率突变和趋势突变(转折突变)。均值突变就是气候从一个平均值到另一个平均值的急剧变化,表现为气候变化的不连续性。变率突变则是气候从一个方差状态到另一个方差状态的急剧变化,其平均值却无明显变化。两个气候阶段变化趋势完全相反,即在某一阶段持续减少(增加),然后突然在某点开始持续增加(减少),这种气候变化的急剧转变,称为趋势突变。实际资料分析表明,均值突变相对较多。气候突变是由于影响气候的各种因子的复杂的相互作用而形成的,不同时间尺度的气候突变也是不一样的。图1.4是长沙1911~1994年冬季气温距平序列小波分析结果。对于50年($a=25$)时间尺度而言,序列存在两个突变点,即1940和1993年;对于30年($a=15$)时间尺度而言,序列存在4个突变点,即1928、1945、1955和1987年。

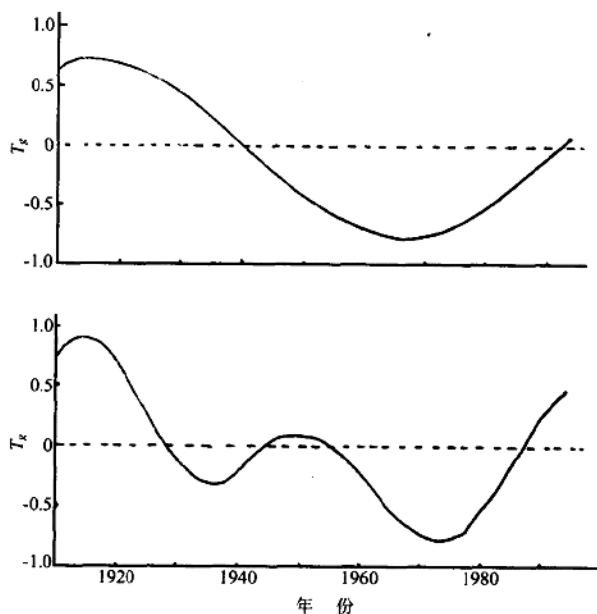


图1.4 长沙1911~1994年冬季气温距平序列小波分析

除上述特征之外,气候变化还有与多时间尺度性相连的多空间尺度性,如全球气候变化,半球、区域甚至局地气候变化;同阶段性紧密相关的周期性,如我国冬季气温冷暖变化有30年左右周期,我国东部地区大部分降水的周期有准两年周期。当然,气候变化的周期性是准周期的,不是数学物理上具有严格意义的周期性(如正弦函数)。

分析气候变化的基本特性,可以获得关于气候及其变化规律的认识,为气候预测提供基本的信息和依据,对做好气候预测和气候服务工作大有裨益。

1.4 气候预测问题

1.4.1 气候预测

研究气候的一个主要目的是对未来的气候变化特征做出预测。Lorenz(1975)把气候预测分为两类:一类是直接和时间有关的气候统计特征量的预测,如某地区明年降水量有多少,是偏多还是偏少,这就是通常意义下的气候预测;另一类是由于外强迫发生后气候特征量相应地变化的预测,它与时间无直接的关系,也叫气候敏感性研究,如温室效应加剧对气候影响的预测。我们一般多关心第一类预测问题。

根据气候预测的定义,不难看出,它和天气预报有着根本的区别。天气预报是人们基于对天气演变规律的认识,对未来一定时间作出的天气状况和天气变化的预报,气候预测则是从气候演变规律出发,预测未来一段时期内有关气候的统计量。对于气候预测来说,要作出未来几年或更长时间天气状况的预测不仅是不可能的,也是没有意义的。

1.4.2 气候的可预报性

气候的可预报性是一个与气候预测有关的重要问题,一般意义上讲,气候的可预报性一是指气候变化中有多大的部分是可以预测的,二是指关于气候确定性预测的预测时效。Madden 和 Shea(1982)最先提出气候噪声问题,认为月或季平均气温与降水量的方差可以分为两部分,一部分是可以预测的,而另一部分即气候噪声(天气变化),是不可预测的,Madden 用 F 值即(信号+噪声)与噪声之比来衡量可预测程度。据研究,当 $F=1.5$ 时,气候要素的方差最多有 35% 是可以预测的,预测准确率最大为 80%。 $F=2.0$ 时可预测方差、预测准确率分别为 50% 和 85%。据 Madden 研究,美国气候要素的 F 值在 1.0~1.5 之间,个别情况达 2.0。但不同作者对 F 值的估计存在较大差异,前苏联一些学者发现大部分情况 F 值在 2.0~3.0 以上,即准确率的上限可能达到 85%~90%。不过这都是理论估计,即考虑气候噪声影响可能达到的最高预测水平。

预报时效总是存在极限的,逐日天气预报的可预报性上限为 2~3 周,气候预测的时效也有上限。Von Neumann(1995)曾从预报角度把大气运动分为三类,第一类运动主要决定于初始条件,可以从初始条件外推作预报;第二类运动几乎完全与初始条件无关,因此可以不考虑初始条件作预报;第三类运动即初始时刻相当远,初始条件不可能决定最终状态,但初始条件的影响又没有小到可以忽略不计的程度。目前的月、季尺度气候预测就属于第三类。Von Neumann 还指出第三类运动预报的时间尺度为 30~180 d,其下限与月预报吻合,其上限为 6 个月。我国学者丑纪范研究指出月预报的上限为 6~11 个月,王绍武研究则认为预报时效为半年左右。这与隔季相关(又称韵律)研究表明隔两个季的关系最密切的观点相符。当然,不同的预报对象,其可预报性上限也会不同。大体上说,月、季的可预报性大约在 6~12 个月之间。关于气候的可预报性问题仍是一个需要研究的重要课题。

1.5 短期气候预测的历史与现状

1.5.1 短期气候预测的历史

短期气候预测主要是指月、季、年时间尺度的气候预测,也叫长期预报。从19世纪末,印度即开始试作气候预测。20世纪前半叶,前苏联、美国、德国、日本、英国、法国等相继开展了气候预测研究和业务预报。目前世界上已有30多个国家建立了短期气候预测业务。从短期气候预测技术发展过程来看,其历史大体上可以分为下面几个阶段:

第一阶段,从19世纪末到20世纪30年代,主要考虑各种物理因子如海温、太阳活动变化等用统计方法作长期预报。

第二阶段,从20世纪初到50年代,其主要代表有前苏联的穆尔坦诺夫斯基学派和美国纳迈阿斯学派。前者把天气学知识引入长期预报,提出“自然天气周期”和“大气韵律”概念。后者用30天平均700 hPa高度场作月气温及降水等级预报,为后半世纪的气候预测,特别是动力学预测方法奠定了基础。指出30天平均气温和降水量与同时期的高度距平有密切关系,可以通过预报高度距平来预报局地气候异常。

第三阶段,随着计算机的发展与普及,20世纪60年代各种统计学方法在短期气候预测中被迅速地广泛采用,至今已成为短期气候预测的有力工具。

第四阶段,其特点是动力学方法的发展。从20世纪80年代中期人们开始用大气环流模式(AGCM)作月延伸预报,90年代又发展到用耦合模式(CGCM)作季度预报。

1.5.2 我国短期气候预测的技术发展

我国是世界上开展气候预测研究和业务较早的国家之一。早在20世纪30年代,涂长望就研究了世界三大涛动与我国气温、降水的关系;50年代初,杨鉴初首创历史曲线演变分析预报方法。这些研究对我国开展气候预测工作起到了很大的推动作用。从1958年开始我国正式发布长期预报,至今开展短期气候预测业务已有40余年的历史。由于影响短期气候变化的因素很多,其相互关系又非常复杂,所以我国短期气候预测多年来一直采用多种因子的综合分析和多种方法的综合运用。预测方法归纳起来是三大类,即统计方法、动力气候模式及物理因子分析(又称前兆信号方法)。

(1) 统计方法

利用各种数理统计方法,在相关、相似和统计分析的基础上,建立综合相似、多元相关、时间序列演变等统计预测方法,如逐步回归法、典型相关法、周期分析法、相似分析法、判别分析法等。

(2) 动力气候模式

利用各种时间尺度动力气候模式,预测月、季环流形势和气候要素,如月环流形势的动力延伸预报模式、季节长期数值预报模式以及地温热力学模式等。

(3) 物理因子分析

在分析主要影响因子以及它们的相关关系、使用条件的基础上,建立天气气候学或物理意义比较清楚的预测概念模型。

我国短期气候预测技术的发展经历了以下四个阶段:

第一阶段,经验统计分析。20世纪70年代以前,主要是历史资料和天气气候分析,如历史曲线演变、大气环流型分析、天气周期和韵律活动以及农谚。预报方法基本上是比较简单的天气气候学的统计相关、相似和周期分析。

第二阶段,数理统计方法。20世纪70年代到80年代初,由于计算机的初步普及,各种统计方法如周期分析、时间序列分析、回归分析、判别分析、聚类分析、谱分析、气象要素的正交函数展开及模糊数学等方法在短期气候预测中得到了广泛应用,把过去简单的统计方法提高到了更加客观、定量的水平。其间,对影响中国夏季降水异常的大气环流特征分析等方面作了大量有益的工作,但总体来说,物理因子的分析仍是一个薄弱环节。

第三阶段,物理统计方法。20世纪80年代以来,随着短期气候预测理论研究的发展和观测事实的不断发现,物理因子的分析受到极大重视,对影响大气环流变化和气候异常的物理因素的分析,无论从广度和深度方面都得到很大发展,如海气相互作用、陆地热状况、低频振荡、遥相关型等。这些研究增强了短期气候预测的物理基础和预测能力。在业务预报中,物理因子的分析一直是重点考虑的方面。通过影响因子的分析,建立具有一定物理意义或天气气候概念比较清楚的预报概念模型一直是基本的预报思路。海温(ENSO)、地温、冰雪覆盖、青藏高原、亚洲季风、西太平洋副热带高压、东亚阻塞形势、大气活动中心、准两年振荡及太阳活动是90年代以来制作中国汛期旱涝预报的基本物理因子。最近几年又进一步重点研究了海温、高原、季风、阻高、副高等来自中国东、西、南、北、中等5个主要因素的相互关系及其对中国汛期旱涝的影响,并在1998年长江全流域性的多雨洪涝预报中取得成功。

第四阶段,动力气候模式。与国外相比,用动力气候模式进行短期气候预测试验我国起步不晚。70年代以来先后研究提出了距平滤波模式,考虑历史演变的动力统计模式、地温热力学模式等,并在业务预报中进行了试用。90年代以来,又先后进行了动力延伸预报和季节数值预报的研究和业务试验,月平均环流形势和汛期降水的数值预报已取得了一些令人鼓舞的结果。目前正在根据“九五”国家重中之重科技项目“我国短期气候预测系统的研究”攻关目标,研究和发展一套我国月、季、年尺度的动力气候数值预报模式系列。

1.5.3 湖南省短期气候预测的历史与现状

湖南长期天气预报以1955年下半年长沙气象台首次试作全省初霜推测预报为开端,以后逐步发展。1957年7月开始正式制作和发布1个月的长期天气预报,1958年初开始制作和发布春播天气预报,同年5月起制作和发布农业季节预报。1960年起,逐步建成省、地、县三级长期预报业务体系,建立了比较完善的工作制度,明确了三级台站之间的业务指导关系、分级服务原则和预报会商制度,配备了一支训练有素的长期预报队伍。至今开展短期气候预测服务已有40多年历史,其间积累了十分宝贵的经验和成果,现代化水平也有长足进步。“七五”以来,对短期气候预测系统的一些重要组成部分进行了大量的研究工作:(1)短期气候预测资料库建立;(2)短期气候预测初级微机工作站;(3)旱涝及农业气象条件预测信号和预测方法的初步研究;(4)气候异常影响的评估初步研究;(5)气候灾害的初步研究等。但由于气候异常形成原因的复杂性和部门经济实力的制约,使得目前技术装备仍较落后,预测方法仍以经验统计方法为主,物理基础比较薄弱,预报准确率有限,预报效果还不尽如人意;气候变化的监测手段比较落后,监测方法不够规范;异常气候影响的评估不够及时、客观和定量;产品分发和服务手段不够先进。这些尚不能完全满足国民经济和社会生产对短期气候预测信息的需求。

随着短期气候预测理论、技术的进步和国民经济发展的需要,目前省台发布的产品主要有