

长期天气预报基础

王绍武 赵宗慈 编著

上海科学技术出版社



P456.3
WSW

长期天气预报基础

王绍武 赵宗慈 编著

上海科学技术出版社

长期天气预报基础

王绍武 赵宗慈 编著

上海科学技术出版社出版

(上海四川路450号)

发行所上海发行所发行 江苏扬中印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张13 字数307,000

1987年7月第1版 1987年7月第1次印刷

印数: 1—2,300

统一书号: 13119·1384 定价: 2.70 元

内 容 提 要

本书较全面、系统地介绍了长期天气预报的基础及适合于我国实际情况的一些长期天气预报方法。其中有些是作者本人的科研成果。前三章讲述了长期天气预报的历史及长期天气预报的环流背景。从第四章到第七章则着重从长期天气变化的原因来进行分析,包括目前广泛公认的长期天气变化原因:海温、太阳活动及冰雪,也包括当前人们还注意不多的两个半球之间的大气环流与气候的相互影响及相互联系。第八、第九章主要讲我国当前应用的预报方法,如大气环流及大尺度天气异常的预报,灾害性天气预报等。最后一章为气候变化,着重讲了近代气候变化,并介绍了超长期预报方法。

本书还附有参考文献。

本书除了供气象工作者及气象科研人员参考外,还可作为大专院校气象专业的教材。农业、海洋、水文等专业亦可参考。

前 言

长期天气预报与农业生产关系密切,并可在水利、交通等多方面为国家建设服务。我国自中央气象台到县气象站从事长期预报的工作人员很多。但是,由于问题的复杂,当前我国广泛应用的还是综合方法,即对根据不同原理、不同方法制做的预报进行综合。因此,现在的介绍也是综合性的。

为了简略,本书中仅附有少量参考文献,但凡采用其他作者的图表,无论国内还是国外一律注明作者及年代,未注明的则是本书作者绘制的。另外,书中也引用了不少其他作者的观点,对比较重要的内容也注明作者及发表的年代。对所有作者无论直接引用或未注明出处的许多工作,我们表示深切感谢。书中缺点,错误之处,请读者、原作者指正。

目 录

前言

第一章 序言	1
§ 1.1 长期天气预报历史的回顾	1
§ 1.2 长期天气预报历史上的几个重要派别	3
§ 1.3 长期天气过程的特点及形成因子	9
§ 1.4 我国长期天气预报的发展	15
第二章 大气环流与气候的平均状况	17
§ 2.1 全球大气环流	17
§ 2.2 大气环流的季节变化	28
§ 2.3 世界气候带	34
§ 2.4 中国气候区	38
第三章 大气环流与气候振动	42
§ 3.1 准两年周期	42
§ 3.2 低纬大气环流的振动	49
§ 3.3 近30年来大气环流与我国气候的变化	54
第四章 海气相互作用与长期预报	61
§ 4.1 概况	61
§ 4.2 大气与海洋的相互作用	63
§ 4.3 海洋与大气的韵律	67
§ 4.4 海温在长期预报中的作用	72
第五章 太阳活动与长期预报	78
§ 5.1 太阳活动	78
§ 5.2 大气环流和气候与太阳活动的关系	90
§ 5.3 利用太阳活动做长期预报	97
第六章 冰雪覆盖与长期预报	102
§ 6.1 全球冰雪概况	102
§ 6.2 冰雪与大气的相互作用	107
第七章 两个半球间的相互作用与长期预报	116
§ 7.1 概况	116
§ 7.2 冬半球环流对夏半球热带气旋的影响	122
§ 7.3 冬半球环流对夏半球降水的影响	125
第八章 我国的长期天气预报	131
§ 8.1 概述	131
§ 8.2 大气环流的长期预报	133
§ 8.3 我国降水的长期预报	145

§ 8.4 我国气温和冷空气活动的长期预报	148
第九章 灾害天气的长期预报	153
§ 9.1 副高的长期预报	153
§ 9.2 梅雨的长期预报	158
§ 9.3 台风的长期预报	163
§ 9.4 寒露风的长期预报	168
§ 9.5 冷害的长期预报	171
第十章 气候变化	178
§ 10.1 气候变化的尺度	178
§ 10.2 历史时期的气候变化	181
§ 10.3 近代的气候变化	190
§ 10.4 人类活动对气候的影响	195
§ 10.5 超长期预报的可能性	198

第一章 序 言

长期天气预报是气象科学为国民经济及国防建设服务的重要项目。一般把一个月或更长时间的预报称为长期预报。这种预报对农业、水利工程、建设规划尤其重要。近30年来我国遭遇到许多严重的灾害。1954年长江流域发生了近百年未有的大洪水；1959年—1961年又连续三年严重干旱；1963年、1975年北方大暴雨成灾。80年代初期长江流域又多次出现洪涝。因此，旱涝的预报自我国1958年建立长期天气预报业务以来，至今始终是长期天气预报的重点。然而，在1957、1964、1969年东北相继出现夏季低温之后，1972年、1976年又发生了严重的夏季冷害。一个严重冷夏能使一个省的粮食损失十亿斤以上，这大大地影响了我国的农业增产计划。因此夏季冷害已成为长期天气预报的另一个重要课题。此外，早稻育秧期的连阴雨，对双季稻有巨大影响的寒露风，也都是重要的预报对象。大水库的调度需要长期的及超长期（即几年的）的降水预报。青藏公路的建设，要求百年的温度预报。随着四化建设的需要，对超长期天气预报的要求也愈来愈迫切。总之，要完成我国四化建设的宏伟目标，尤其发展农业，长期天气预报是十分重要的。

然而，长期天气预报也是一门十分年青的科学。西方国家虽然较早地开始了系统的研究，但其历史也不超过数十年。况且，预见未来一个月到几个月、甚至几年的天气是一个十分复杂而困难的课题。因此我们现在还不能提供一个既比较完整而又客观的预报程序，同时能保证有一定的准确率。因而本书综合介绍各种不同的方法，不同的观点。这些方法所根据的原理彼此间也许有很大不同，但现在还无法完全统一。有鉴于此，我们认为，稍微详细一点介绍一下世界各国长期预报发展的过程，与今天达到的成绩，对我们是有益的。

§ 1.1 长期天气预报历史的回顾

世界上长期天气预报的发展大致上可分为三个阶段：上世纪末到本世纪20年代，本世纪50年代之前与50年代之后。

第一个阶段，其特点是用简单的统计方法寻找不同要素之间的关系。当时相关系数几乎就是唯一可用的工具。研究的对象一般比较单纯，往往只考虑某一个因子。例如 Base 及 Brooks 分析极冰之多寡对后期欧洲天气的影响。Clayton 及 Abbot 研究太阳黑子及太阳辐射与天气变化的关系。MoEwen 及 Gorton 注意到海水温度与雨量的关系。目前长期天气预报所考虑的因子那时几乎都有过一些研究。但可惜这些工作大多只从单因子出发，同时又多限于利用相关寻求简单的预报关系，对这些因子如何影响长期天气的物理过程，则认识很不够。然而这一阶段的研究是很重要的，为今天长期天气预报打下了基础。这一段时期最大的成就可以说是 Walker 的世界三大涛动的工作。他广泛研究了大气活动中心与世界气候的关系，详细情况将在下节介绍。

从本世纪初到50年代可以视为发展的第二个阶段。这阶段的特点是根据天气过程的发

展来做预报,有时也被称为天气学方法。这期间最有成就的是苏联的 Мульгановский,简称穆氏学派。另一个是美国的 Namias,因美国无其它学派足以与 Namias 抗衡,所以亦可称为美国学派。这两派虽然都注重天气过程的分析,但特点完全不同。穆氏学派是以逐日天气图为基础,划分天气阶段(称之为自然天气周期),长期预报则以某些特定的天气周期的变化规律为依据,如韵律与位相。美国学派以平均环流为主要预报对象,考虑大气长波的特点,用统计方法做月平均环流的预报,然后再根据环流形势的发展预报长期天气。此外苏联、德国、日本还有一些学派,其中 Вангенгейм(简称万氏学派)的环流型研究对以后苏联的长期预报影响较大。

这一阶段的长期天气预报工作,充分利用了历史天气图,对长期天气过程有了较多的注意,与第一个阶段有很大不同,这也是一个很大的进步。但同时又屏弃了实际上对长期天气过程很重要的一些因子如海温、太阳辐射、极冰等。因此,第二个阶段中尽管美、苏两国都用了大量的人力进行研究并做实际的预报,但取得的成就就不大。不过经过几十年的尝试,人们对长期天气过程增进了认识,另外从思想上摆脱了单纯依靠某个因子预报的束缚,这对发展一个有充分物理依据,又考虑天气过程演变的长期预报方法也是很重要的。

50年代之后,长期预报逐步进入第三阶段。因为第二阶段的天气学方法往往只是短期预报的外延,美国的统计预报方法也没有充分反映长期天气过程的特点。所以人们又返回来考虑影响长期天气变化的物理因子,如海温、太阳辐射、极冰等。不过这时由于有了第二阶段的经验,因此,人们不再象第一阶段那样只把海温、太阳辐射等当成预报因子单独使用,而是力求认识长期天气过程发展的特点,以及各种物理因子在长期天气过程中的作用。所以,形式上看,似乎又回到几十年之前所用的因子,但实际上考虑的角度以及预报方法都有了比较大的变化。

自50年代初到目前的大约30年中,科学技术有了很大的进步,气象科学本身也有了很大的发展,这对长期预报也是很大的促进。扼要地讲,有四个方面的变化:

1. 电子计算机的应用及概率论与数理统计的进步 50年代以来,电子计算机工业有了迅速的发展,广泛使用大型集成电路的快速电子计算机。使过去许多难以设想的工作,今天能在几分钟至几十分钟之内由电子计算机来完成。由于有了大型快速电子计算机,数理统计的研究也进展迅速。例如,由于电子计算机可完成手工几乎不能做的求高次矩阵的特征根,特征向量的计算工作,经验正交函数,或称之主分量分析,今天已在长期预报工作中普遍应用。而在电子计算机问世之前,这自然是不可能的。

2. 积累了长期天气变化因子的实测资料 北大西洋及北太平洋海温已有了30年以上的系统观测,有固定点及网格点的记录。由于卫星的观测,对过去了解很少的印度洋、南太平洋、南大西洋也逐渐有了一定认识。极冰及积雪也有了十几年的卫星观测。此外,如直接太阳辐射、大气中气溶胶都有了相当的资料。虽然这些因子的序列还较短,但已给长期预报提供了良好条件。

3. 对大气环流状况进行了系统的研究 几十年来,特别在第二次世界大战之后,各国逐渐整理编绘了各种月平均环流图。如果说本世纪初 Walker 还不得不应用许多单站资料来进行计算,但到当前海平面气压图已有一百年以上的连续序列。例如英国气象局在日常预报中就应用这样的序列找相似, Lamb 甚至对欧洲北大西洋等地区把这序列向前延长到二百五十年。日本在日常预报中应用的500毫巴月平均图最早开始于1946年,联邦德国开始

于1949年,我国开始于1951年,而美国则应用1942年以来的700毫巴月平均图。

此外,西柏林大学在Scherhag的主持下,自国际地球物理年(1957—1958年)之后陆续出版了平流层天气图。50毫巴、30毫巴、10毫巴的逐日及月平均图,目前已有二十多年的连续序列,甚至还对一些月份绘制了1毫巴及0.1毫巴图。这对丰富大气环流的知识做出了巨大贡献。

美国气象学会1972年出版了“南半球气象”一书,使我们对全球大气环流加深了了解。

大尺度大气环流是长期天气预报的重要基础,因此大气环流实际知识的积累也对长期天气预报有很大促进。

4. 数值预报与数值实验的进展 大约在60年代及70年代初,大部分数值预报工作者还集中研究短期预报。以后逐渐转向中期预报,目前长期数值预报已提上日程。按Lorenz的定义,长期数值预报又分为两类,第一类长期数值预报是指类似于短期数值预报一样,报出一个又一个的大气状态的连续发展,这类工作目前还仅仅是开始。第二类长期数值预报是指只求平衡状态,而不管发展如何,这也就是模拟气候变化,现在大量的数值实验就是这种性质的工作。通过改变模式中的某些参数,或改变某些初始条件,与未经改变的对比,找出不同因子可能造成的大气环流变化。这类工作也有时称为敏感性实验。

数值实验大大增进了人们对各种物理因子在长期天气变化中作用的认识。虽然最终的目的是建立日常的第一类长期数值预报,但第二类数值预报的工作即使对当前的长期预报工作也是很重要的。

§ 1.2 长期天气预报历史上的几个重要派别

如上所述,当前长期预报较之几十年前已经有了比较大的进展。本世纪前半期人们所应用的分析方法,现在已不再使用了,或者有了较大的改进。但是,今天的成就是建立在过去多年广大长期预报工作者辛勤劳动的基础之上。因此把过去的一些主要方法及观点做些稍微详细的介绍是必要的,我们由此可以进一步了解长期天气预报发展的进程。

一、世界三大涛动

Walker的主要贡献是把大气活动中心与世界气候联系起来,提出了三大涛动的概念^[1]。但他的工作也不是完全独创的。早在上一世纪末Meinardus就提出了大气活动中心的概念。Raymond甚至在1890年曾写了一本关于大气活动中心的小册子。不少作者发现大气活动中心之间有一定联系。1878年Hoffteyer最早指出北大西洋冰岛低压与亚速尔高压有关。后来Petersen(1896年)及Hann(1904年)计算了相关系数,证实这两个大气活动中心的气压变化之间确实有关系,当冰岛低压较平常为深时,亚速尔高压较平时为强。Meinardus(1898年,1905年),Hildebrandsson(1897—1914年),Hellond-Hansen及Nansen(1917年)研究了这两个活动中心对欧洲及美洲天气的影响。他们发现,当冰岛与亚速尔群岛之间气压差大时,墨西哥湾流及拉布拉多寒流均增强,因而西北欧及美国东南部因受强暖流影响冬季温度特别高,同时为寒流控制的加拿大东岸及格陵兰西岸却非常寒冷。当两个活动中心气压差小时,情况相反。Hildebrandsson还将研究活动中心的范围推广到全球。这两个方面的发现,即大气活动中心之间的密切关系,以及大气活动中心对气候的影响给Walker的世界天气研究打下了基础。

Walker 在印度气象局工作时于1924—1937年发表了六篇世界天气的文章。所谓世界天气,指世界上广大地区、不同台站的气象要素之间有同时与非同时的联系。同时的关系是指大气活动中心与温度、降水的关系,其联系形式即世界三大涛动。非同时联系则可据以做预报。印度季风降水预报多年来就是这样制做的。

三大涛动即北大西洋涛动(N.A.O.)、北太平洋涛动(N.P.O.)与南方涛动(S.O.),每个涛动基本上包括两个大气活动中心。组成北大西洋涛动的是冰岛低压与亚速尔高压;组成北太平洋涛动的是阿留申低压与夏威夷高压亦称北太平洋高压;南方涛动则主要包括南太平洋高压与南印度洋高压。每个涛动系统中两个活动中心彼此消长,当一个气压高时,另一气压低。从今天的大气环流知识来看,北大西洋涛动与北太平洋涛动基本上相当这两个地区中纬度西风强度。例如北大西洋涛动强时,即冰岛气压低,亚速尔气压高,南北气压梯度增加,大致反映高指数环流的情况。涛动弱时,冰岛气压偏高,亚速尔气压下降,南北气压梯度减小,相当于低指数环流。但是南方涛动则是反映太平洋气压升高时,印度洋气压降低;太平洋气压下降时,印度洋气压上升。近十余年人们注意到赤道太平洋的纬向环流即所谓Walker环流,与南方涛动有密切关系。这在第四章还要讲到。

图1.1 给出三大涛动与同时海平面气压的相关系数分布。可以很清楚地看到,每个涛动与气压的相关有一块正区与一块负区。大致上就是两个活动中心的范围。指出大气环流与气候的长期变化中有这样三大系统是创造性的,至今仍有重大意义。可能也就是在此基础上,Walker 才为利用南美气压做为预报印度降水的一个因子找到一定的物理依据。在30年代涂长望研究了世界三大涛动与我国天气的关系^[2],发现南方涛动对我国长期天气影响尤为显著。近年来这方面工作发展很快。因此,应该说三大涛动的研究今天仍不失其巨大的现实意义。不过也应该看到,涛动并没有包括地球上所有地区。我们想至少有三个地区也是比较重要的,而三大涛动并未涉及,这就是:1.欧亚大陆,青藏高原及其积雪显然对长期天气很重要。2.北极地区、高纬的积雪和极冰也有很大作用。3.南极大陆。那里有全球最深厚的冰盖。这三个地区从长期天气过程的物理性质来看需要加以考虑。因此,我们设想也许地球上不只有三个涛动系统,而可能有四个、五个或更多的涛动系统。如能对这些涛动系统的形成及演变加以研究,对长期天气预报将是非常有益的。

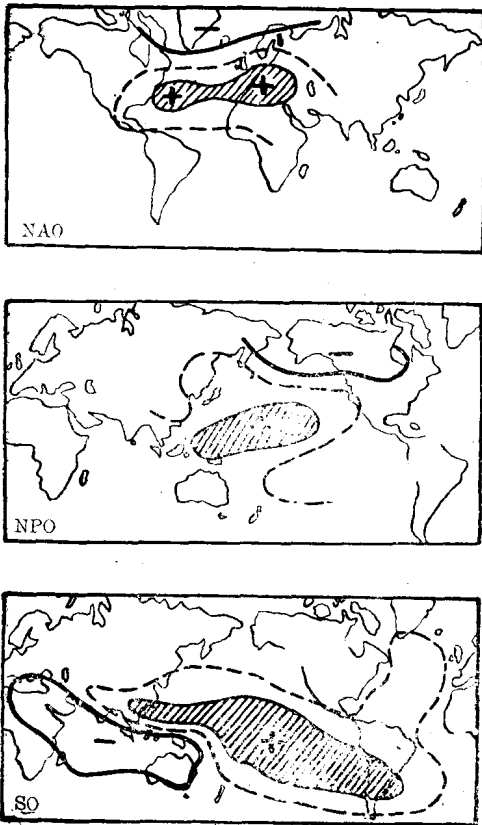


图 1.1 三大涛动与同时海平面气压的相关系数分布,相关 >0.5 的地区用斜线划出,相关 <-0.5 的地区用实线勾出虚线为相关零线(据Montgomery 1940 改绘)

二、自然天气季节、韵律与位相

穆氏学派自1922年夏季开始做个别区域的长期预报及一般性季节预报, 1933年正式发布一个月的环流形势演变及天气特点预报。其预报依据主要有三个方面: 自然天气季节、韵律及位相^[3]。

这一学派特别重视反气旋活动, 反气旋活动集中的路径称之为轴。根据轴的变化把一年分为五个季节: 春、夏、秋、前冬及冬。由于是根据天气特征(轴)来划分季节, 所以每年各季节的起迄日期经常变化。因此, 称之为自然天气季节。后来Пагава又将夏季分为初夏与盛夏, 这样一年就有了六个季节。50年代杨鉴初等吸收了穆氏学派的经验, 根据500毫巴环流型的特征, 研究了东亚的自然天气季节^[4], 亦将一年划分为六个季节: 盛夏、秋及前冬各约2个月, 后冬与春最长, 各约2个半月, 初夏最短, 1个月稍多。表1.1给出东亚的自然季节与欧洲的自然季节以便比较。这样划分季节从天气过程发展的角度看有许多优点, 它不同于日期固定的天文季节, 也不同于根据某些气象要素划定的气候季节, 能反映天气过程的特点, 因此对认识一个地区的长期天气过程是比较方便的。但是从预报角度看, 应用自然天气季节做预报又有许多困难。首先, 预报中增加了不确定的因素: 自然季节起、止日期。其次, 由于各年各季节日期不固定, 不便做年际的比较。所以从分析角度看, 自然天气季节有许多优点, 但从预报角度看则又有不少问题。

表 1.1 东亚与欧洲的自然天气季节(杨鉴初等, 1963; Пагава1949)

季 节	东 亚			欧 洲		
	起 始	终 止	长度(天)	起 始	终 止	长度(天)
春	3月 20日	6月 1日	74	3月 13日	5月 8日	57
初 夏	6月 2日	7月 9日	38	5月 9日	6月 28日	51
盛 夏	7月 10日	9月 8日	61	6月 29日	8月 21日	55
秋	9月 9日	11月 7日	60	8月 22日	10月 14日	53
前 冬	11月 8日	1月 5日	59	10月 15日	12月 20日	67
后 冬	1月 6日	3月 19日	73	12月 21日	3月 12日	82

穆氏长期天气过程预报的另一个重要依据就是韵律。韵律的原始定义是: 当出现开端过程*时, 如150天(或90天)前的天气过程的气压场符号(即高低压分布)与开端过程相似, 并且也是特征超极地过程, 则150天(或90天)之后的天气过程的气压场符号与开端过程相反。类似这样的规律还有一些。经Пагава及Блюмина等研究, 总结为7条规则(表1.2), 表中+表示相似, -表示相反, ×表示不确定, /表示不相似也不相反。即如韵律为5个月(150天)韵律, 则在75天左右的天气过程有时也有一定的关系。但是, 由于韵律开端过程限制较严, 所以, 一个月之内不一定能遇到几次韵律过程。因此, 在制做长期天气过程的预报时还应用相似。即根据自然季节总的特征及韵律所反映的天气过程, 从历史资料中找相似年, 用以作预报参考。韵律本身的预报准确率还是比较高的, 一般能达到65—80%之间。

- 所谓特征超极地过程指欧洲地面反气旋自东北向西南或自北向南运动, 并且2天之内不减弱的天气过程, 用 $\angle$ 表示, 以此为韵律的开始时, 称为开端过程, 用*表示。

表 1.2 超极地过程的韵律活动^[3]

规 则	开端过程之前		开 端 过 程	开端过程之后	
	150±2天 90±2天	75±2天 45±2天		75±2天 45±2天	150±2天 90±2天
1	—	+	*	+	+
2	/	+	*	—	+
3	/	—	*	+	+
4	+	—	*	×	/
5	+	—	*	×	/
6	+	+	*	×	—
7	+	—	*	×	—

杨鉴初等(1963年)分析了东亚自然天气周期的环流型,以每一种为开端,普查到几十条韵律规则,并且发现韵律与季节有密切关系。最初的试验表明有一定效果,但后来发现韵律规律本身有长期变化,50年代的韵律与60年代有所不同,而与30年代则有若干相似之处。可惜这工作未能继续。今天我国广大台站所用之韵律则与此不同,这在下面第四章还要谈到。

穆氏学派长期预报的第三个主要工具为位相。所谓位相指一段时间内长期天气过程有一定的发展顺序,例如一个月左右分为5—6个阶段,每个阶段称为一个位相,如第1位相,第2位相……。每个位相有一定的天气特征,经过几个位相,发展成一种有利于形成某种天气现象的天气形势,如雨淞,雷雨期,暖前冬与冷前冬等。由于第一个位相预示着未来天气现象的出现,称之为警告位相,如雨淞警告位相等,不过能形成位相的天气过程并不多。换句话说,人们并没有能对许多各种各样的天气过程象雨淞位相一样,揭示其发展规律。所以,虽然从原则上讲,位相是长期预报的一个重要工具,但并不能经常在预报中发挥其作用。

鉴于以上情况,苏联穆氏学派的长期预报中,对自然季节的预报还有一系列的考虑,其中最主要的有2个方面:季节开始的预报及季节异常的预报。研究表明,冬季开始的天气形势经常有某些相似之处。而且特别重要的是,在冬季开始前一个月左右,经常出现一种有固定特征的天气过程。也就是说,这些天气过程往往预示着一个月之后冬季将开始,因此有重要的预报意义。此外,在每个自然天气季节中,轴的特征一致,即大部份天气过程有类似的特征,但是也经常有一些天气过程与该季节总的特征不一致。而这些过程又往往与下一个季节的特征有某些相似,这也可以在做季节预报时参考。

异常季节的预报亦可分为两方面,一是利用前一个季节,另一个是利用季节内天气过程准稳定性。例如研究表明,冷的冬季之前的前冬与暖的冬季之前的前冬天气过程的特点有较大差异,因此可用以预报未来的冬季的总的特征。同时,因为在自然天气季节内,天气过程有一定的稳定性。所以每个季节开始的自然天气周期* 的温度距平与本季节的温度距平有67%同符号,初夏与秋季最好可达73%,前冬与冬较差,然而也有62%及64%同符号。所以一旦自然天气季节开始,亦可据此估计本季节的特征。

* 即天气过程特征一致的一段时期,在欧洲多为5~7天,在东亚为3~5天。

穆氏学派的这些研究对揭示长期天气过程是有贡献的,但问题在于不够定量,预报中还有不少困难。所以苏联近20年来发展了不少定量的预报方法,不过那些方法大都是统计方法,又很少考虑天气过程的发展了。

三、大气环流型

另一类天气学方法的长期预报是以环流型的演变为主导,历史最久的是苏联的万氏学派^[6]。他们把大气环流分为三种基本类型:西方型,东方型与经向型,分别记为W、E、C。虽然该学派认为这三种型是对北半球而言(图1.2),但实际主要是反映欧洲的大气环流特征。图1.2是三型的对流层行星锋区的示意图。可以看出,E型时欧洲有脊,C型时欧洲为槽,W

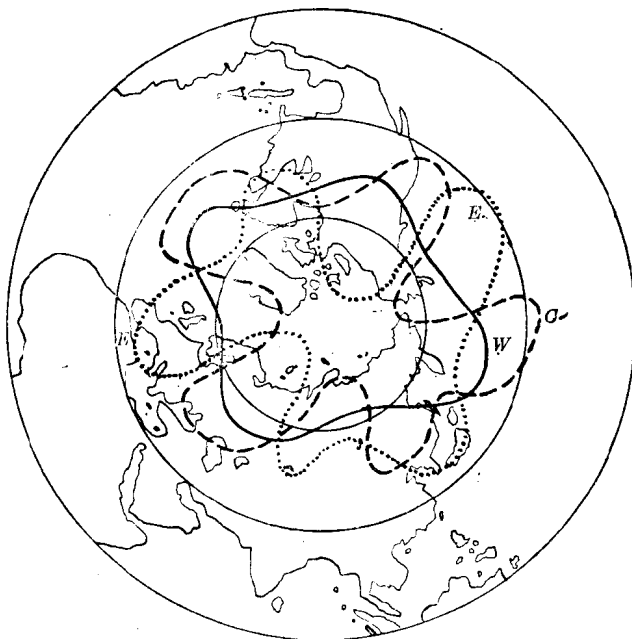


图 1.2 W、E、C三型环流的500毫巴槽脊位置示意图(Гирс, 1948)

型时欧洲环流平直。这一派的预报方法主要依靠环流型的转换规律及持续性。自然,这样的预报是比较粗糙的,但30年代在苏联北极研究所(即今两极研究所)试做开河及结冰预报有一定效果。后来50年代北极研究所又在 Дыдина 的主持下研究了利用环流型做中期(3—10天)预报,分型更细,即对W、E、C又根据北极情况分了许多副型。

利用环流型做预报在苏联还有一些其它的学派如 Исаев, Дзердзеевский, Байдал 等。Гирс则基本继承了万氏的思想,成为苏联继穆氏之后的另一个主要长期预报学派。不过用环流型来做预报也有不少困难 无论环流型如何划分,其转移规律总不是唯一的,一般均有几种可能性。副型划的愈多,转移规律愈复杂,即使考虑了型的发展也不容易找到理想的转移规律,所以万氏学派经常是把一个天气过程*划分为某一种型。这实际上部分采用了穆氏学派的自然天气周期的概念,不过由于基本天气过程长度也不固定,每一种型下各地的天气分布又不完全一致,因此也带来许多不确定因素。所以后来的一些工作也往往结合统计方法来做预报。

* 他们称为基本天气过程,一般三天左右。

W、E、C的大型环流自1891年起即有逐日的环流型日历,是一个较细的大气环流长期序列。所以不但在苏联,在我国也有时用来研究大气环流长期变化。一般所谓大型环流日数,即逐月W、E、C三型的日数,不但可以描述环流状况,也用做预报指标。

自然,不只苏联有环流型的研究,德国、英国、美国及我国、日本都有类似的工作。如英国(Lamb)及德国(Baur)的环流型也有一百多年或接近一百年的完整序列。但这些都是针对欧洲天气划定的,其余各国也多以本国附近地区为主。实际要划定全球或北半球的环流型是十分不容易的。因为各地区的环流变化经常是不一致的。为了反映各地区的特点,吉野正敏在根据西风强度划分对流层及平流层的环流型时,也把北半球分做四个区(每个区 90° 经度)来讨论。

我国在吸收了万氏学派的经验,又结合对大气长波的研究,曾对东亚大型环流做了分型研究,中央气象台的分型方案以500毫巴长波系统为主,对亚洲及西太平洋共划分出十一种环流型,即:

- A. 平直小波动型
- B. 移动性波动型
- C. 横槽型
- D. 一槽一脊型
- E. 西伯利亚阻高型
- F. 两槽一脊型
- M. 东岸槽型
- N. 切变型
- P. 纬向型
- Q. 经向型
- R. 移动型

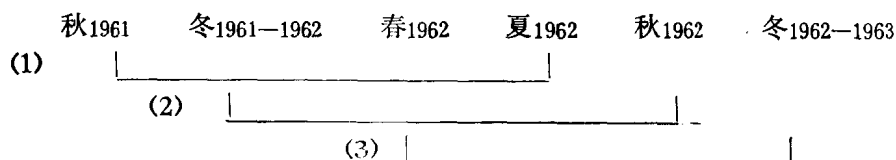
最后三型为夏季型。这种分型比较充分地考虑了我国天气实际,与东亚天气过程有密切关系,因此,经常用来描述东亚环流特征。但是所有的环流型工作,绝大部分还是用来做分析工具。因为如上所述,人们很难找到型的转移规律。所以这种以逐日环流型分析为工具的预报方法,在我国没有得到广泛的发展。

四、平均环流法

苏联的两个学派都采用逐日天气图做为预报的基本资料,根据天气过程的特征进行综合,这虽然有不少优点,也有许多问题。美国Namias则采取了完全不同的思路。他认为长期天气预报的对象是月平均气温与月总降水量,而月平均天气又受月平均环流控制。因此,如能正确预报月平均环流的发展,则可以预报出相应地区的月平均天气的分布^[6]。

虽然月平均环流在上一世纪末已有不少人研究,月平均海平面气压图上的大气活动中心早就是长期预报的重要研究对象,但系统地分析对流层环流的演变则始自Namias。在Rossby大气长波理论的影响下,Namias研究了700毫巴月平均图上的大气长波运动。但是试用长波公式预报时,没有得到令人鼓舞的结果。所以自1942年正式发布30天预报,就基本以统计方法为主。根据1953年发表的10年预报经验总结,他的统计方法不同于今天的数理统计方法。并不是找前后期高度相关等,而是外推过去的环流发展趋势,并考虑大气环流的平均季节变化。

例如第一近似图是指预报2月时, 用当年1月加上多年平均1月到2月的环流变化。显然如果用距平分析, 这就相当于认为1月的距平可以持续到2月。由于大气环流有持续性, 所以预报可以有一定效果。但是, 当环流异常有明显变化时, 预报就要失败。其余的预报工具也是一系列的平均环流图, 不过, 不仅用当月的30天平均, 还用跨月的30天平均, 并做出30天平均的变高。显然把变高的趋势简单地外推, 也是不会成功的, 所以这个方法后来未见发展。我国于50年代中后期曾试用类似方法做500毫巴月平均环流预报, 计算复杂 (当时尚未应用大型电子计算机)、效果又差, 不久就停止使用了。60年代Namias又用类似的思想做季平均环流预报^[7], 取任意四个连续的季 (每季三个月) 为一“年”, 用相差一个季的两个“年”相减得出“年”平均环流的变化, 再把这变化外推来做预报。例如以春夏秋冬四个字分别代表四季的某个点700毫巴高度, 用下角注明年代:



令 (3) - (2) = (2) - (1), 即 $\text{冬}1962-1963 - \text{冬}1961-1962 = \text{秋}1962 - \text{秋}1961$ 由此得到 $\text{冬}1962-1963 = \text{秋}1962 - \text{秋}1961 + \text{冬}1961-1962$ 。也就是说要预报1962—1963年冬的距平, 就把1961秋到1962年秋的年际变化加到1961—1962冬的距平上。显然, 如果环流变化的周期较长, 这样的外推会有一定效果, 经过5年试验技术分数才有10%。像1962—1963年冬是世界性的严寒冬季, 德国用太阳活动等预报均未报出, 但由于这种环流异常在秋季已有表现, 所以这种方法反而能够报出。不过, 无论是他的月预报还是季预报, 都很难说反映了长期天气过程的主要特征。因此, Namias 在近廿多年来集中力量研究海洋对大气环流的影响及其相互作用, 企图从大气外部来寻找大气环流长期变化的原因。

尽管这些预报方法并不成功, 但在长期预报中应用平均环流, 这还是前进了一步。因为月平均气温与降水的异常的直接原因主要是大气环流异常, 脱离开大气环流, 往往使长期预报成为纯数理统计的研究, 更不容易发现长期天气变化的物理机制。因此, 目前长期天气预报开展较多的国家如日本、联邦德国、英国等也都用了很大精力来研究平均环流的长期变化。月平均环流的分析与预报在我国的长期预报工作中也占有重要的地位。这在第八章中再详细介绍。

以上我们扼要介绍了一些长期预报学派的思路与方法, 在下面各章读者就会发现, 这些思想有的已逐渐融汇于今天的预报方案之中。因此, 虽然上述许多方法, 即使在其本国也许不再应用, 或者有了很大变化, 但是它们却也有不少可以借鉴之处。

§ 1.3 长期天气过程的特点及形成因子

几十年来长期天气预报走过了艰难的道路。回顾过去国内外的的工作, 我们感觉, 凡是考虑了长期天气过程的特点, 预报就会有成效, 方法就有生命力, 否则虽然也喧吓于一时, 但终究会被淘汰。因此, 对长期天气过程的特点, 尤其是它形成的物理过程及物理因子不可不详细加探讨。我们可以举两个例子。美国Namias曾企图用大气长波的思想来做5天及30天环流预报, 显然这是不会成功的, 因为平均图上的超长波与逐日天气图上的大气长波形成的物理

原因是不同的。苏联Блинова试做月平均温度预报,但是所用的方法并没有考虑复杂的非绝热加热过程,因此,经过一段时间的试验,即宣告失败。可见研究长期天气过程之重要。下面我们分四个问题来谈。

一、长、中、短期天气过程的区别

von Neumann 在50年代曾指出,根据预报的时间尺度可以把运动分为三个不同的范畴。第一种运动主要决定于初始条件,我们因之可以把初始趋势外推一段短时间,这是短期

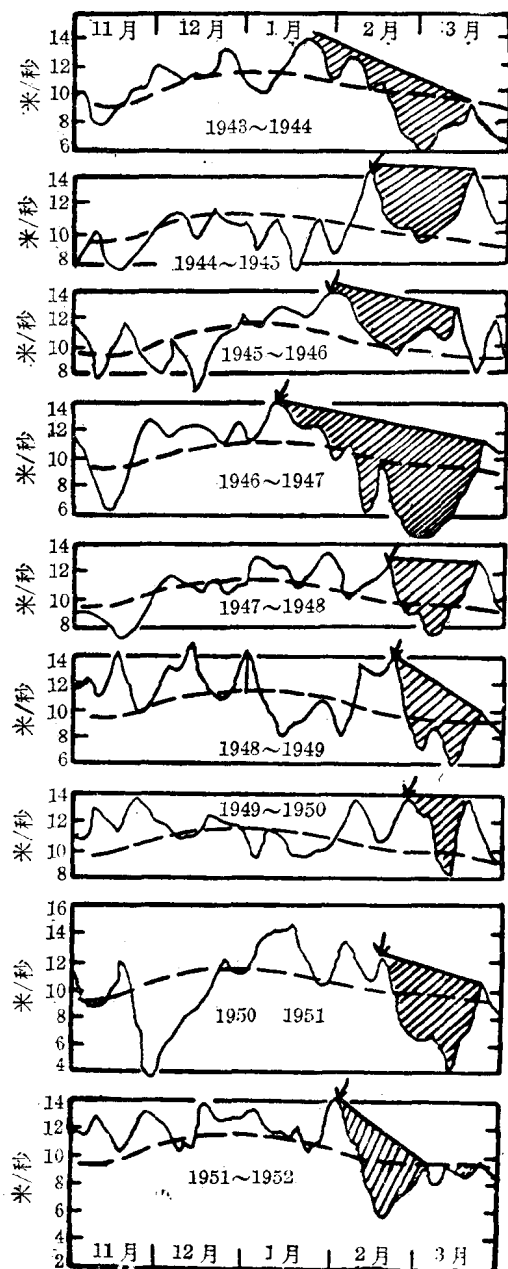


图 1.3 700 毫巴候平均西风指数。图中的斜线区为指数循环过程,箭头表示循环开始(Namias, 1953)

预报。第二种运动完全相反,其运动实际上与初始条件完全独立。做这种运动的预报时,我们所接触到的是大气环流平均特点,这是长期预报。在这两种情况之间还有第三种运动:在这个范畴内,距初始条件足够远,以至无法追踪初始条件发展的细节,但距初始条件又没有远到可以对其忽略不计,这就是中期预报。

这三种预报之间的界限是什么,很难给出严格的定义。从天气过程的特点以及天气预报实践可以认为,2—3天以下为短期天气预报。因为这时主要考虑初始场就基本可以做出预报。3天以上即为中期预报,但是中期预报之上限是历来有争论的。从另一种角度来讲,这就是可预报性问题,也就是从当前的初始场出发,应用尽量完善的模式能做多长时间的预报。可预报性问题是Thopson 1957年提出来的,他经过简单的分析,证明存在一个界限,一个星期的预报已完全是猜测了。Lorenz (1963年, 1965年) 则不像他这样悲观,估计这界限可能从几天到几个星期。Charney (1966年) 认为,受观测误差限制的可预报界限为两个星期左右。Smagorinsky (1969年) 的数值试验证明天气尺度的预报可达到3个星期。目前欧洲数值预报中心的主要研究方向即是两周的逐日天气预报。

这样,如果把两周做为中期预报的上限,则两周以上的预报应该就属于长期预报了。

二、长期天气过程的三种尺度

如果把超长期预报也归之于长期预报的范畴,则其时间尺度跨了很大范围,从两周到几十年。我们认为,根据天气过程发展的特点,长期天气可分为三种尺度:指数循环,韵