

气象学若干问题的进展

气象学报編委会編

科学出版社

STATIONER

—



气象学若干問題的进展

气象学报編委会編

科学出版社

1963

內 容 簡 介

为了帮助气象工作者更好地了解国外近年来气象科学的进展情况,气象学报編委会組織朱炳海等同志,編写了介紹有关气象学若干問題的国外研究情况的六篇文章,汇集成本文集出版。

本文集共包括四个方面。有关中长期天气預报与日地关系方面共三篇,其中包括从日地关系研究气候变迁問題、F. 鮑尔(Baur)学派的长期天气預报方法和大气环流振动周期与太阳活动的关系等。有关中小尺度天气系統的分析方法的研究、雷达气象学和高空平流层与中层大气环流等三方面各一篇。

对这些問題的評介,無論在理論上和实用上都是很有参考意义的,它对于气象工作者了解国外研究动态和进一步开展研究工作是有帮助的。

本文集可供气象业务工作者、研究工作者和高等院校有关专业的师生参考。

气象学若干問題的进展

气象学报編委会編

*

科学出版社出版 (北京朝阳門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

**

1963 年 7 月第 一 版

1963 年 7 月第一次印刷

(京) 0001—2,500

书号: 2757 字数: 148,000

开本: 850×1168 1/32

印张: 5 11/16 插頁: 1

定价: 1.00 元

編者的話

随着現代先进的科学技术的发展，在气象学领域中目前已开始运用許多新的技术来进行观测和試驗工作，例如雷达、火箭、卫星等，因此使气象学的研究进入了一个新的阶段。为了帮助气象工作者进一步了解国外近年来在气象学研究方面的动态与已取得的成就，气象学报編委会在1962年曾組織編写了有关气象学中若干重要問題的(主要是国外的)綜述性文章。除已在气象学报发表的二篇以外¹⁾，現在又将有关中长期天气預报与日地关系、中小系統天气分析、雷达气象学和高空平流层大气环流等几方面六篇文章，单独汇集成本文集出版，以供气象工作者参考。

随着生产的发展，国民經济建設各部門向气象科学工作者提出了愈来愈高的要求。特別是在农业方面，在党的大力支援农业的号召下，气象科学也必須更好地为农业服务。其中作好中长期天气預报，就是配合农业生产保証丰收的一个环节。中长期天气預报目前在国外虽已有了不同程度的开展，但还没有一套較好的預报方法，还处于摸索研究过程中。为了帮助我国气象工作者开展这方面的研究工作，在这里我們发表了三篇有关这方面的文章，对于气象工作者还是有参考意义的。

首先，我們介紹了从日地关系研究气候的变迁問題。主要是从研究太阳活动的新指标与新周期开始，闡述了近世紀以来世界气候的变迁与太阳活动影响气候变迁的物理机制等問題。其次，介紹了F. 鮑尔(Baur)学派的长期天气預报方法，这是世界上有影响的学派之一，主要从一般大气环流的研究、統計学的应用和大

1) 楊鑑初：近年来国外关于太阳活动对大气环流与天气影响的研究，气象学报，32(1962)，2期，177—194。

顧震潮：論近年来云雾形成理論的研究，气象学报，32(1962)，4期，267—284。

天气与太阳活动的关系三方面，介绍了他的观点与方法。另外一篇是综合不同作者的论点，介绍了大气环流振动周期与太阳活动的关系，这对于了解大气环流的性质与演变是有帮助的。

另一方面，灾害性天气对于农业生产的影响也很大，因此作好灾害性天气的预报工作亦很重要。但是这些灾害性天气很多是由中小尺度天气系统形成的，它仅仅根据目前的测站网和天气预报方法，就很难预报出来。因此近年来气象工作者十分重视中小尺度天气系统的研究，在我国亦正在大力开展这方面的工作。为此，我们在第四篇文章中，综合介绍了国外有关中小尺度天气系统分析方法的研究。

雷达，近十余年来已经广泛地用来作为气象观测的工具。它能够迅速地反映出人们过去所不能看到的、云和降水的微物理结构与演变过程，帮助人们了解云雨和中小尺度天气系统的发展，因此雷达气象学这门新的学科发展得很快。本文集的第五篇文章，就是介绍了国外利用雷达研究云和降水物理，以及中小尺度天气系统的情况与已取得的成果。

此外，由于航空事业的发展，对于 20 公里以上大气环流的研究也有了很大的发展。在研究过程中不但发现了平流层和中间层大气(与对流层相比)有许多独特之处，同时发现它与对流层环流也有着密切的关系。因而它不仅对于航空方面，并且在研究下层大气与天气预报时，也不能不考虑到平流层与中间层的大气活动。在第六篇文章中，就是介绍近年来关于平流层和中间层大气环流的结构及其演变的研究，主要阐述了 100 公里以下温度和风的平均结构、经圈环流、平流层爆发性增温和平流层与对流层的相互作用等问题，最后并指出了在研究中存在的问题。

本文集所介绍的一些问题，无论在理论上或实用上都是很有意义的，我们希望它对于气象工作者了解国外研究动态和进一步开展研究工作有所帮助。

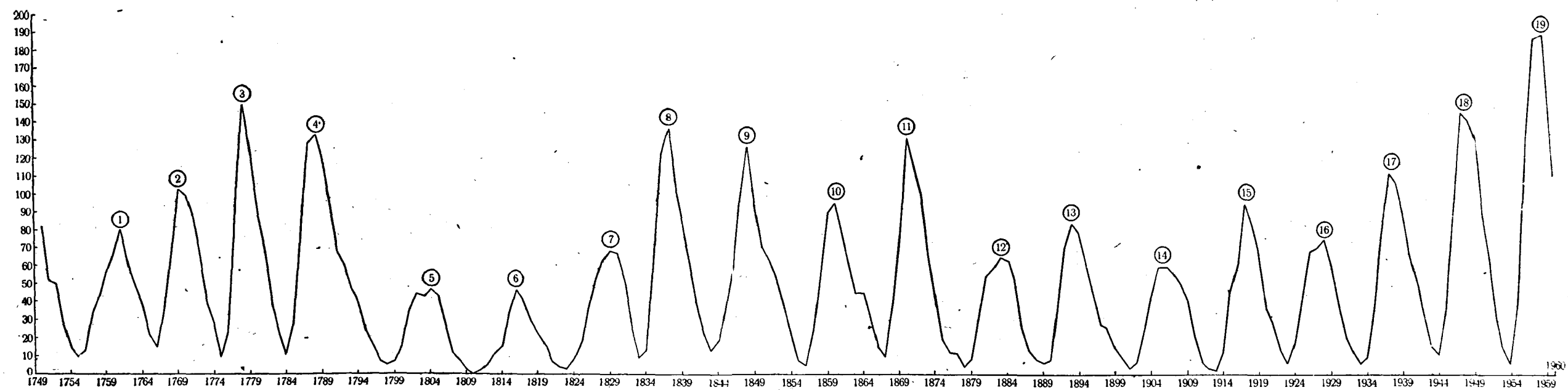


图 4 历年华尔夫数的趋势值
(根据文献[49]加以补充点绘)

目 录

編者的話.....	v
从日地关系研究气候变迁的新进展.....	朱炳海 1
F. 鮑尔学派的长期天气預报方法	张家誠 29
大气环流振动的周期与太阳活动的关系.....	王紹武 48
近十年来中分析研究介紹.....	陈其恭等 68
近年来国外雷达气象方面的一些研究.....	歸佩兰等 96
近年来关于平流层和中层大气环流結構及其演变的、 研究.....	孙淑清 144

从日地关系研究气候变迁的新进展

朱 炳 海

(南京大学气象系)

一、总 論

由于太阳辐射在大气物理过程中的重要作用，所以气象学家們，在气候变迁的研究工作中，一开始就把地面承受太阳辐射的变动放在首要地位。过去已有很多人为这一問題做了大量的工作，但是至今并未能完全解决。

历来对于这一問題的研究，大致可以分为三个阶段，更确切地說，不如說从三种不同的观点和方法出发来进行研究。

第一种方法，可以說是最机械的方法，就是从天体运动的相互关系上，找出太阳辐射热在地面分布的时空規律。到本世紀三十年代，这一方法发展成为克-密-徐学說 (Croll-Milankovitsch-Zeuner Theory)。显然，这种学說所討論的太阳辐射能在地面上的变化，由于沒有考虑到太阳表面辐射能力的变化，所以沒有抓到問題的本質。第二种方法是在太阳辐射強度，即太阳常数有改变的前提之下进行的，如 H. H. 克萊敦 (Clayton, 1925)，C. G. 阿保德 (Abbot, 1931, 1936)，H. 阿斯土斯基 (Arctowski, 1940) 等等早年的工作。最近研究証明，这一观点不論对短时的天气变化或长期的气候振动，都不能解决問題。例如 C. G. 阿保德 1948 年指出，在加勒比海的热带辐合綫上 46 次热带气旋出現中，太阳常数平均只减少 $0.003 \text{ 卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ 。有记录以来，太阳常数的变动，平均不过 1%，在极端情况下，变化也沒有大于 4% 的。所以 C. G. 辛普森 (Simpson, 1934, 1940) 和 R. F. 弗林特 (Flint,

1947)从太阳常数的起伏来討論第四紀冰川气候的发生原因,所引起的爭論都是徒劳的。

从本世紀三十年代开始,借助于高空观测技术的发展,同时也受惠于天文学、地球物理学和其它方面的发展,对于太阳活动和高层大气物理本質有了进一步的認識。了解了在地面上实测的太阳常数,并不是地-气系統受热的全貌。还有很大一部分太阳輻射能,特别是紫外綫部分的能量,由于高空大气的不透明性,并未达到地面;但是这部分短波和超短波的輻射变量,是引起对流层天气发生重大变动的的基本因素。所以近三十年来,在气候变迁的研究中,主要方向是:从太阳表面动态的观测(如黑子、光斑、譜斑等等的活动)与相应的地球物理現象(如磁暴、极光、电离层、臭氧层等等)的变动相引証,推断太阳活动的物理特征;根据不同成分的輻射侵入大气上层之后,首先对于上层大气能量分配、气压場和温度場的改变进行研究;其次,要了解通过怎样的物理机制才影响对流层大气;最后,再結合預先存在的环境条件,和历史承繼性,来研究气候变迁的未来趋势。这就是第三种方法。

从近三十年来这方面的研究情况来看,对于气候变迁的摸索研究,可以說已找到了正确的方向,但离开完成任务的阶段,还有相当遙远的路程。

本文将把三十多年来,世界上有关这一問題的研究成果綜合报导一下。唯恐归納无方,掛一漏万,希望大家批評指正。

二、太阳活动的新指标与新周期

历年来在气候变迁問題上,有关日地关系的研究成果所发生的可能誤差,从来沒有小于0.3%的,即使小于5%也极少。其原因一方面固然因为观测技术落后,理論水平不够,更基本的关键还在于对研究对象的定量指标,沒有能够正确規定。具体地說,就是对太阳活动的特征,还没有找出精密的指标足以表征;同时对于导源于太阳活动变化所发生的气候变迁的成分,未能与从历史情况和地理条件所联系的成分区别开来。当然指标的决择和理論技术

的发展是相互制约的。

太阳变化的物理过程是极端复杂的。在太阳活动盛旺时期，太阳表面和深处出现着黑子、光斑、谱斑、耀斑、日珥、无线电射和其他短暂的不规则现象的变化。太阳黑子是大家比较熟悉的现象。光斑出现于太阳光球上，温度比它的四周环境高出几百度。谱斑可看作光斑在光球表层的延续组织，温度更高。日冕的温度可高到 100 万度。耀斑是出现于色球上的光亮部分，比太阳大气的亮度还大，是发射微粒子流的组织。所以耀斑的出现常常和地面磁场的振动相关^[65]。所有这一切现象，都有不同性质的能量发射，影响着地球大气的物理过程。

这许多形形色色的复杂组织，处于日球表面的不同深处。内层发射体所发出的光波，要通过太阳表层才能射达宇宙空间，所以抵达地球之前，必然要遭遇到太阳大气的吸收而削弱。因此，我们为了表征太阳辐射能在不同活动情况下的变化，必然要考虑到太阳大气在不同条件下，对于内层发出各种辐射成分的吸收过程；所以为了掌握太阳活动真相，表征太阳活动的指标，除开上述种种现象的演变之外，太阳大气吸收率的变化也应该包含在指标之内 (F. Baur, 1956)^[5]。

可是限于客观条件，我们只具备 2000 多年以来，由我国汉元帝永光元年 (43 B. C.) 开始的黑子记录^[71]。黑子记录的科学性，到十七世纪望远镜发明之后才是可靠的。其次是光斑的观测资料，英国格林尼治天文台从 1882 年才开始，至今还只有 80 年的历史^[72]。而其它现象的观测，则大多数还是最近十多年来才开始的。因此，气候学家们，不得不借助于黑子活动的相对数，即华尔夫数 (Wolf number) 的变化来作为指标。

黑子温度比光球温度低 1000 多度，它的亮度只有光球的五分之一，所以从黑子发射出来的能量，有理由假定它比一般面积上发射出来的能量要小些；但是所有其它活动体如光斑、谱斑等等的温度，都比黑子温度高，而且它们的活动几乎和黑子相平行的。因此黑子活跃时期，整个日面的辐射能量肯定要比宁静时期大，所以黑

子相对数的盛衰,基本上表征了太阳活动的强弱。当然,这样做是不够精密的。就现在所知,由于这种不精密所导致的错误,分析其原因有下列四方面。

(1) 所有各种发出巨大热量的组织的活动和黑子的活动并非绝对平行。例如光斑的生命就比黑子长,光斑面积也比黑子面积大,而且其间的比率也不是常数。又如日珥活动的极盛期,在太阳极地区域,可比黑子极盛期落后 2 至 3 年。

(2) 太阳大气的吸收作用;我们只知道在黑子最活跃时期最大,但是太阳大气吸收率和黑子数之间究竟存在怎样的相关,我们也没有搞清楚。

(3) 我们知道黑子是带有磁性的,而且它们的磁性在前后两个周期中相反;在太阳赤道以南及以北的黑子磁场也是相反。所以由于所处活动周期顺序的不同,也由于在日面的纬度不同,即使黑子数相等,但当时太阳活动的物理特征显然会有区别的。这种区别怎能对地面气候不产生不同的作用呢?

(4) 相同的黑子数,发生在黑子增涨年份和出现在黑子衰落年份,它们所表征的太阳活动能力,也是大有区别的 (F. Baur, 1949, 1951)^[3,6]。

因此,如果只凭黑子数值来研究气候变化,所得结果显然不可能把客观现象彻底揭露出来。此外,还有不少现象的变化,都呈现着爆发性的、短暂的和不规则的情况,它们和黑子数之间的相关性更无从捉摸。就因为这许多原因,所以仅仅凭借黑子数的增减来研究气候变迁的规律,在早年工作中就证明了不可能有多少结果的。1948 年有人 (K. Kiepenheuer) 列举,对于波状辐射, D, E, F₁, F₂ 各个电离层和地磁场有影响的太阳活动因素就有:黑子相对数、黑子大小、黑子在日面的纬度、光斑亮度、日冕亮度、日冕结构、日珥等等 9 个因素 (参见图 1)。现在看来,列举的这些因素还是不全面的,例如黑子磁性、黑子生命、黑子数增长和衰减的速度、太阳大气吸收率的变化等,都是十分重要的条件。因此现代的研究家们已不满足于黑子数这一指标,而企图另找新的指标用来表征太阳

活动的真相。由于新指标的提出，揭露了太阳活动的新周期。这里要介绍的是 1) 5—6 年周期, 2) 双周期, 即 22 年周期, 3) 80—90 年周期。

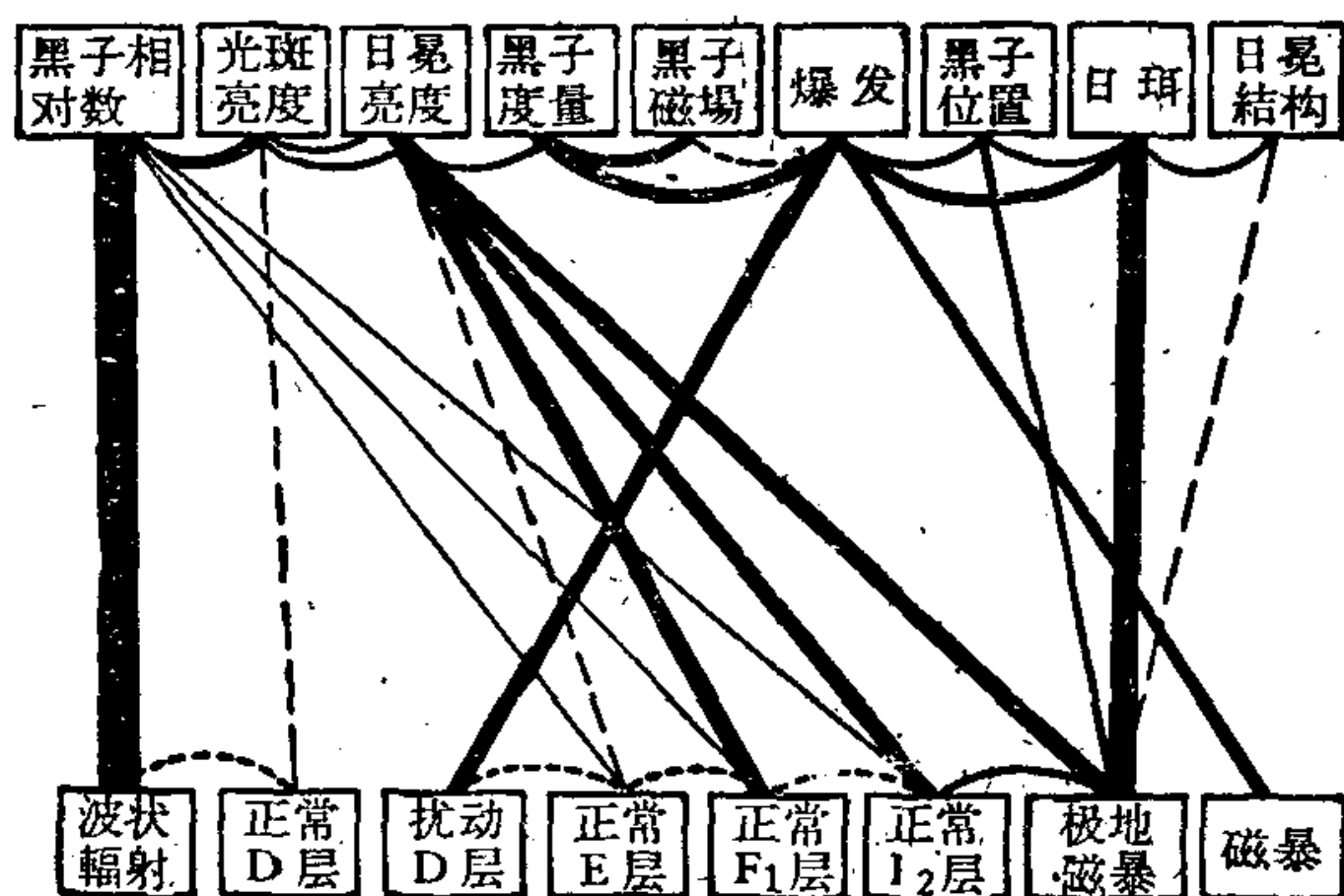


图 1 太阳活动和一些地球物理现象之间的关系^[10]

1. 太阳活动的 5—6 年周期

早在本世纪第十年代, 赫尔曼 (Hellmann, 1909) 在欧洲雨量分析工作中, 就发现在 11 年的太阳活动周期中, 有两次最高最低。1932 年 F. 鲍尔 (Baur) 连续用三篇论文证明这一现象。S. 博里 (Polli) 1946 年用阶波分析法分析气候变迁时指出, 5—6 年周期的振幅比 11 年振幅还大。

鲍尔的 S 指标 1949 年 F. 鲍尔着眼于光斑面积和黑子数的相对变化, 比较了两者在历史过程中的差值, 计算了相对辐射能的变迁, 提出指标 S。它的算式^[3]为

$$S = 100 \left(\frac{F}{F_0} - \frac{f}{f_0} \right),$$

式中 F, F_0 为光斑面积和它们的多年平均; f, f_0 为黑子数和它们的多年平均。显然, $\frac{F}{F_0}$ 表征日面太阳辐射量的变化, $\frac{f}{f_0}$ 代表太阳大气吸收率的变化。1956 年, 他根据资料计算出从 1882—1941 年间各年 7, 8, 9 三个月的 S 值 (见文献[5], 表 67), 进一步证实了地面所受太阳辐射量的实际数值。在太阳黑子最少年份, 因为太阳活动最弱而最少; 在黑子最多年份, 太阳活动虽然最强, 但因

太阳的大气吸收率也最大,所以也是最少;因此,地面受到太阳辐射最多的期间,发生在两个中间阶段,即从黑子最少到最多,从最多到最少的年份里。这就揭露了太阳活动的11年周期中,在地面气候的影响上有5—6年的两个周期。他还指出,由于S的两个周期,太阳黑子最少年和最多年,地面大气环流中的行星风成份最弱,季风成份最强;相反,在黑子数上升和下降的中间阶段,行星风成份最强,季风成份最弱。他根据1754—1954年间实际资料分析指出^[5],在黑子数最少年前的2.2年至1.7年,即 $(m-2.2) \rightarrow (m-1.7)$ 年,西风强盛,副热带高压特别庞大,地位北移,以致欧洲中部处在高压脊线之南。此时高纬度西风强盛,中低纬度反气旋天气盛行,干热异常。如1764, 1782, 1796, 1808, 1821, 1841, 1887, 1899, 1911, 1921, 1952年的夏季;在此期间,也由于副热带高压的强大,冬季特别温和。至于黑子最多年前2年 $(M-2)$,也是夏天干热,但不很规则,如1759, 1803, 1814, 1827, 1846, 1892, 1904年等等。由此,他导演出一系列中期预报的规则,同时指出若干个例外情况。他认为这些例外都是由于其它因素的参加而发生的,主要是原始的环流条件和地面影响两种作用。

最近 H. 密勒阿纳(Müller-Anner)所发表的关于“太阳黑子活动周期中大气环流振动”的一系列论文(1960—1961)^[32],也证实了太阳活动11年周期中有两个周期存在的事实。

埃根松的 $\bar{a}$ 指标 苏联学者们对于5—6年周期的发现和解释极为具体。从40年代以来,他们在地磁场,以及其它天文现象,如彗星尾巴的亮度,地球物理现象如内陆湖面的升降,都发现有5—6年的周期。对于5—6年周期的建立和理论解释, M. C. 埃根松(Энгенсон)的贡献最大。M. C. 埃根松于1936—1940年间引进了太阳活动强度指标 $\bar{a}$, 即

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n iN_i}{\sum_{i=1}^n N_i},$$

N_i 为太阳自轉 i 次而不消失的黑子羣数, 所以 $\bar{a}$ 的意义表征着日球表面黑子羣的平均寿命. 寿命愈长表示它的活动力愈旺盛, 从实际資料的計算中确定 11 年中 $\bar{a}$ 有两次振动, 平均周期 5.4 年 (图 2). 这样对于早年見到的一系列的 5—6 年周期現象, 得到了理論上的解释. Л. А. 維捷利斯 (Вительс, 1946, 1948) 研究指出, $\bar{a}$ 与大气环流指标間的相关系数 $\gamma = 0.9$.

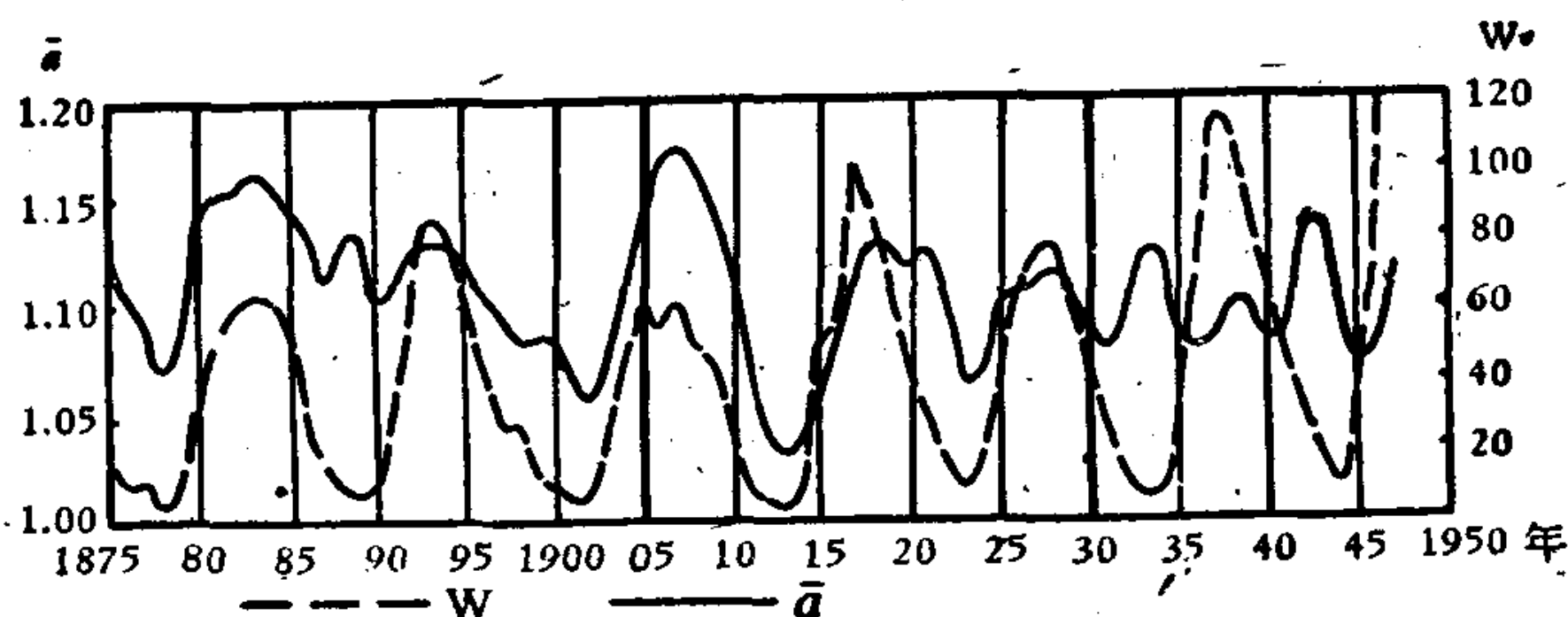


图 2 华尔夫数 W 及指标 a 历年变化的对照^[66]

$\bar{a}$, S 两种指标同时指出 11 年中有两个周期振动的現象, 但是所根据的物理基础不同. 在物理基础上是否能够統一, 还有待于太阳物理学者們做出答复.

$\bar{a}$ 这一指标, 有种种不同的表达形式. 捷克 Z. 格累盖尔 (Gregor), L. 克里夫斯基 (Krivsky, 1953 年) 应用下式:

$$A = (\bar{a} - 1)1000,$$

計算了北大西洋及西欧地区 (25°N 以北, 100°W — 70°E), 1, 4, 7, 10 月份在高值 A 和低值 A 年份, 鋒面气旋出現頻数的距准分布. 指出太阳活动旺盛年 (高值 A), 冬季北大西洋中緯度地带, 鋒面特別頻繁, 同时副热带和冰洋边缘气旋減少. 太阳活动衰落年代里 (低值 A), 冬季北大西洋中緯度以上的鋒面活动較少, 而副热带地位的鋒面气旋增多. F. 鮑尔还提出以 $\Delta_{27} W$ (原文作 $\Delta_{27} r$) 作指标, 指出連續 6 天华尔夫数增加 30 以上时, 500 毫巴的西风加强, 作为中期預告中預測西风环流的变化依据. 它的物理基础和 $\bar{a}$ 的意义似出一軌 (文献 [5], 124—129).

此外还有人提出太阳黑子总面积 ΣS , 以及一年內黑子羣生

命期內最大面积的总和 ΣS_m 作为指标。M. 札布札(Zabza)統計証明太阳自轉一周的黑子平均面积和耀斑、日珥、日冕的活动之間有极明显的相关性^[75]。

2. 太阳活动的 22 年周期

太阳黑子数的起伏和地面天气好坏、收成丰歉等等,两千多年以来,在我国古籍上已經联系起来^[71]。1843 年施互布(Schwabe)发现有 11 年周期振动之后,接着就有哥蒂(Gautier, 1844)和 W. 柯本(Köppen, 1873)进行了太阳 11 年周期和地面天气相关的研究。本世紀以来,气候工作者們不断地展开了很多研究(G. T. Walker, 1915; H. H. Clayton 1917; F. Baur 1925; R. M. Deeley, 1930; A. Peppler, 1931)。还有人从古树年輪的寬度和黑子变化联系起来(A. E. Douglas, 1931)。但是他們所得的結果,意义不是很大。例如 H. 瓦克(Walker, 1915)在大气浪动和太阳黑子数相关的研究中,自己也认为显著性太差。到了本世紀卅年代,太阳黑子 11 年周期和地面天气的相关性問題,多数人的看法认为只有在一定的限制条件之下存在。

三十年代初, S. 汉茲利克(Hanzlik, 1930, 1931)^[19,20]用統計証明,太阳黑子对于地面天气的联系,在 22 年的磁周(即 Hale 周期)活动中,比 11 年周期更为重要。H. C. 威累脫(Willett)在这一启示之下,1949 年将 1843—1937 (即太阳活动 11 年周期的第 9 周至第 17 周)年間的世界气候資料,按磁周分成两个組:第 9, 11, 13, 15, 17 周为一組,10, 12, 14, 16 周为另一組。分別求出各組中,从太阳黑子最少年到黑子最多年期間冬季的气压变化、温度变化和降水变化的空間分布^[54]。結論指出,在单周中(即 Hale 周期的前期),当太阳黑子从最少年到最多年时,中緯度冬季气压場向低指标环流轉变;在双周中(即 Hale 周期的后期),当太阳黑子从最少至最多时,中緯度气压場轉向高指标环流(图 3a, b)。在此同时,其它气候特征也发生相反的轉变。这清楚地証实了 22 年周期在气候变迁中的重要意义。H. C. 威累特(Willett)推論认为,单

周中气压场的转向低指标环流,即高纬度气压升高,中纬度气压降低(参见图 3a),使冰洋边缘、西北欧和北美东北角温度过低,可以认为第四纪冰期在北美东北部和北欧两个大冰川中心发生的适当条件。相反,双周气压场转向高指标环流,中纬度气压有正距准,冰洋区有负距准(参见图 3b),这是发生间冰期天气的适当条件。这就意味着,地质时代冰河的进退和太阳黑子活动有联系的。

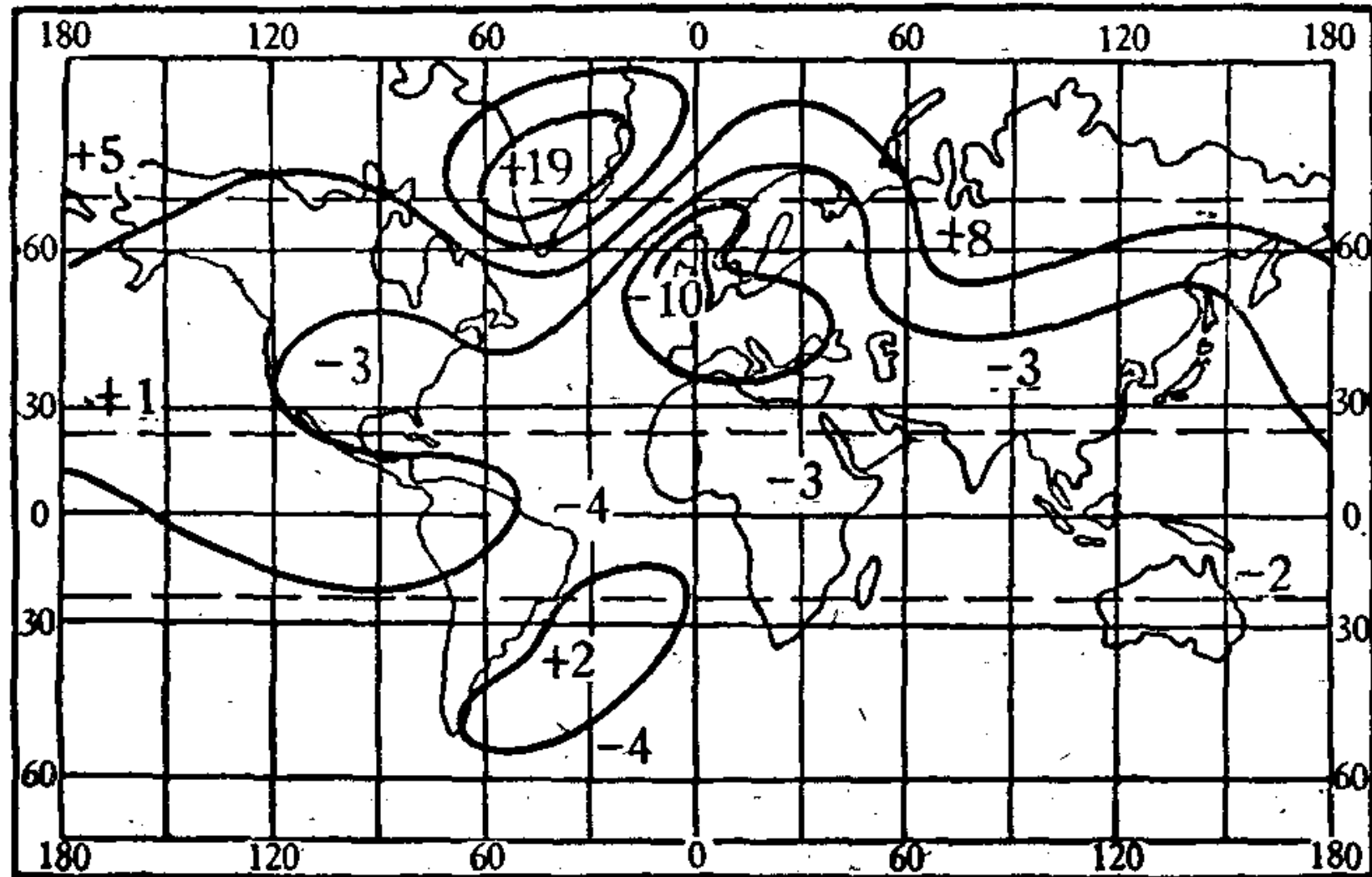


图 3a 太阳黑子活动单周中,从最低年到最高年冬季的气压变化^[54]

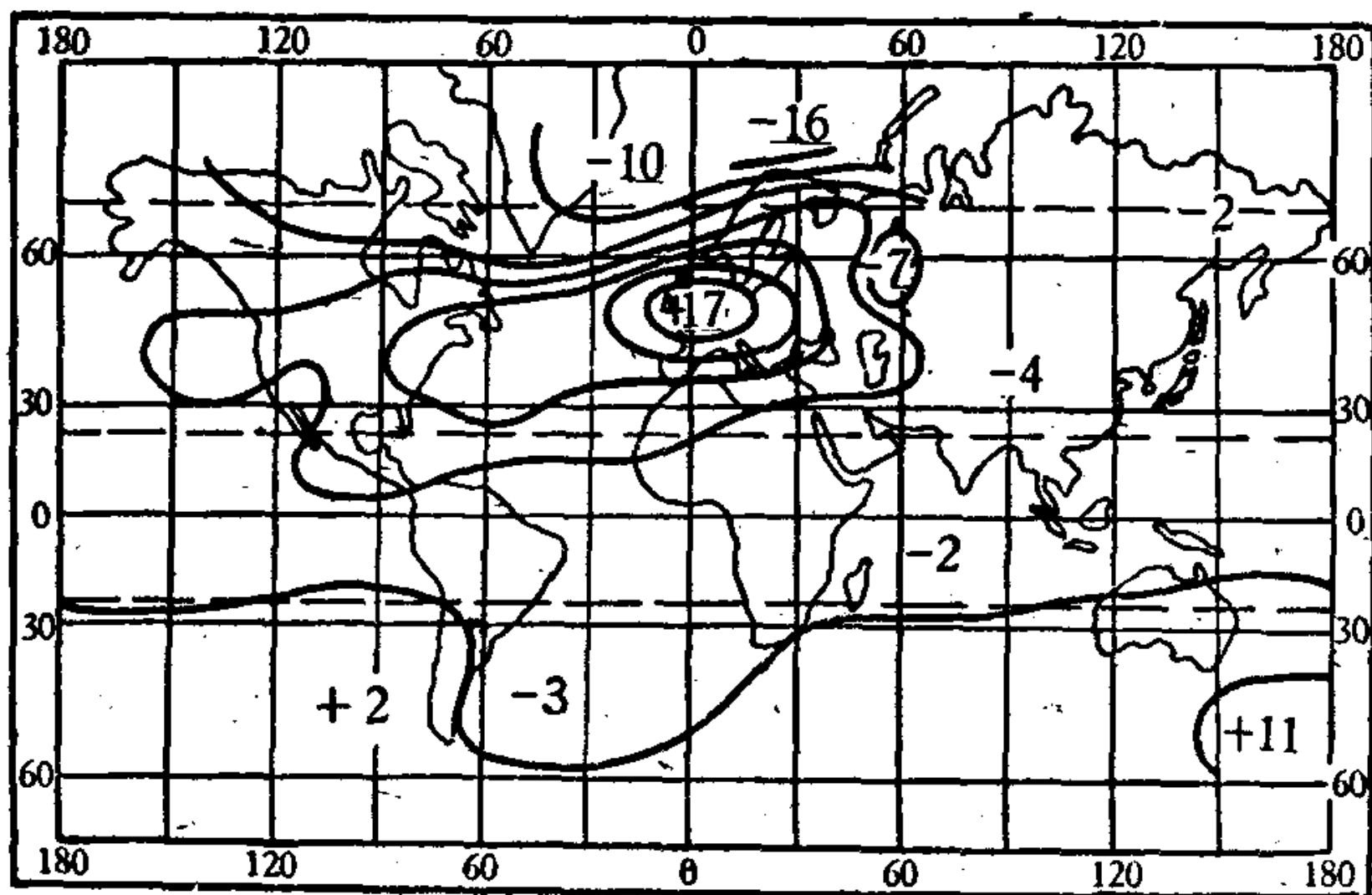


图 3b 太阳黑子活动双周中,从最低年到最高年冬季的气压变化^[54]
(单位: 0.01 英寸)