

天文气象学术讨论会文集

天文气象文集编委会编

气象出版社

P42/

121

天文气象学术讨论会文集

天文气象文集编委会编

气象出版社

内 容 简 介

本文集选编了一九八二年庐山天文气象学术讨论会的31篇论文和报告。内容涉及日地关系和月地关系两个方面,包括太阳黑子、耀斑爆发、高空大气电和臭氧与天气、气候变化的关系;天体引潮力、日月行星相对运动、地球运动等与大气环流、天气、气候演变的关系。侧重探讨了天文因子对灾害性天气、气候异常的影响。

本文集大体反映了国内近十年来在天文气象这一边缘领域方面的主要研究成果。可供气象、天文、水文、海洋、农业等部门的科技人员、科研人员以及有关大专院校师生的参考。

天文气象学术讨论会文集

天文气象文集编委会编

责任编辑 康文骅 庞小琪

* * *

气象出版社出版

(北京西郊白石桥路46号)

长沙气象印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

* * *

开本: 787×1092 1/16 印张: 13.75 字数: 303千字

1986年11月第一版 1986年11月第一次印刷

印数: 1—2,000

统一书号: 13194·0328 定价: 3.25元

序 言

一九八二年九月下旬，国家气象局气象科学研究院在庐山召开第二次天文气象学术讨论会，到会代表共60人，共收到交流材料62篇，从中选出31篇，编成本文集。

本文集共分两部分，第一部分为太阳活动与天气、气候，共12篇文章。第二部分为月亮、行星和天气、气候，共19篇文章。本文集中称第一部分为日地关系，第二部分为月地关系。

本世纪七十年代以来，苏联和美国已举行了多次全国性的及国际性的太阳活动与天气、气候会议，刊印了好几册论文集。文集中列举大量事实，论证太阳活动对天气、气候是有影响的。但是，太阳活动究竟通过什么物理机制来影响天气气候的呢？到现在还没有确切的定论。研究工作者已提供了多种可能的物理机制，尤其是通过地球电磁层对下层大气的耦合作用这一条途径有很大的成功希望。本文集第一部分中已包括了一篇这方面的文章。

月亮和行星以及其他天体对天气、气候影响的文章，在国外比较少见。在本文集末，列出了部分国内外这方面文献的目录，可供大家参考。可是，观察月亮和行星的位置，联系各地旱涝灾害、冷暖寒暑是在我国民间几千年流传下来的。近十几年来我国一些天文气象工作者对这方面也进行了大量研究，从理论到实际都有收获。本文集第二部份发表的文章可以代表这方面的成果。

但天文气象毕竟还不是一门成熟的科学，许多方面需要深入，希望有更多的爱好者来参加此项工作。

本文集在天文气象的很多方面还没有涉及，特别是在太阳活动影响天气气候的物理机制方面讨论得很少。这说明我国距国际水平还有一段不小的差距，希望今后能得到弥补。

这个文集，是国内第一个有关天文气象方面的文集，希望能起到抛砖引玉的作用。缺点一定很多，甚至还可能有错误的地方，务请读者多提意见，以求改进。

杨鉴初

1983年5月23日于北京

目 录

序 言

(一)太阳与天气、气候

太阳与天气、气候关系的研究与展望·····	徐振韬、张先恭、梁幼林、张元东(3)
太阳活动对气象的影响和大气电学·····	庄洪春(16)
北半球中纬度四站臭氧受太阳磁扇边界的影响·····	王连英、杨鉴初(25)
耀斑爆发与天气变化·····	张鸿材(32)
本世纪我国降水振动及其与太阳活动关系的初步分析·····	张先恭(42)
太阳活动与长江流域旱涝的关系·····	吴贤坂、张元东(51)
长江流域大水年与太阳活动、节气所处月相的相关分析·····	陈菊英(60)
北京地区近510年旱涝变化及其和太阳活动的关系·····	林学椿(66)
太阳活动与四川盆地暴雨洪水的对应分析·····	马益三(73)
试用天文因素作洪水分析的探讨·····	范垂仁(75)
黑潮蛇动、大气环流与太阳活动·····	侍茂崇(81)
天文因素在古气候研究中作用的初步探讨·····	徐道一(88)

(二)月亮、行星与天气气候

一种可能的月地、日地关系机制和天文气候周期系·····	薛凡炳(97)
天体引潮力与大气超长波的调整·····	任振球、张素琴(107)
月赤纬变化与天气过程的统计分析·····	吴世经(117)
我国东部夏季主要多雨带位置与日、月视运动的相关分析·····	陈菊英(121)
月亮与降水·····	张国栋、李致森(130)
天体引潮力和气候振动中的准37年、准2年周期·····	濮培民(139)
关于大气中几个周期成因的初步探讨·····	彭公炳(143)
气象、地象及天象中的准六十年周期现象·····	高建国、陈玉琼、姚国干(150)
天体运动与四川特大洪水·····	任振球、张素琴(158)
月地位相与北半球500毫巴 ¹⁾ 0—5合成波·····	谢亮(165)
节气天气谚语与湖北梅雨季节旱涝趋势的分析·····	马福慧(168)
环流-海温-行星综合效应在季旱涝预报中的作用·····	陶守正(171)
朔望月与大气周期性振动·····	朱维民(178)
东北地区冷空气过程开始日期同月球轨道特征点、行星合月相关性的 统计分析·····	史余山(184)
北京地区大白菜冻害与日月关系的分析及其预报·····	唐广(186)
天文背景在中期天气过程预报中的应用·····	施勤练(191)

¹⁾ 1毫巴=1百帕,下同。

用天文因子试报连续性特大暴雨长期过程的实况检验·····	任振球、张素琴(196)
利用天文奇异点作长期天气过程预报的实验·····	钱春生(199)
应用天文因子试做天津地区中长期天气过程预报·····	金淑华(204)
附录：月亮、行星与天气气候关系的文献目录摘编·····	(207)

(一)

太阳与天气、气候

太阳与天气、气候关系的研究和展望

徐振韬

(中国科学院
紫金山天文台)

张先恭

(国家气象局
气象科学研究院)

梁幼林

(中国科学院
大气物理研究所)

张元东

(北京天文馆)

一、曲折的道路

太阳与天气、气候关系的研究,最早可追溯到1801年著名天文学家 W. Herschel^[1] 写的一篇短文。他在文章中提到:当太阳上黑子较少时,地面上的雨量也少,粮食价格也随之而上涨。然而他的研究当时并未引起学术界的注意,直到五十年后才真正开始了这个领域的研究。这是因为在1851年,在日地关系的研究史上发生了两件值得永远纪念的大事。第一件是Schwabe把他连续观测二十五年黑子群数目资料公之于世,从而发现了著名的太阳活动11年周期性规律;第二件是Sabine发现地磁要素的变化同太阳黑子的周期变化有着惊人的相似性,这就是科学史上所著称的“第一个日地关系”。在这两个伟大发现的激励下,太阳与天气、气候关系的研究如雨后春笋,蓬蓬勃勃地开展起来,开创了这一领域的新纪元。

1852年,太阳黑子相对数的创始者瑞士天文学家Wolf^[2] 首先研究了苏黎世城历史上气象要素和黑子相对数的相关关系,结果发现:当太阳上黑子多时,苏黎世地面气候较干燥,农业获丰收;而当太阳上黑子少时,则气候较潮湿,常有暴风雨造成农业上的灾害。这一研究引起了广泛的兴趣。从此以后,分析各种历史上的气象要素和太阳活动11年周期的关系成了当时研究的主流。到19世纪末期,以印度洋地区为中心,发现气压、气温、雨量、气旋和风暴等气象参数,都和太阳活动的11年周期有着明显的相关。典型的例子如 Meldrum^[3] 对1824—1867年四个11年周期中世界平均雨量和黑子相对数所做的相关分析,如表1所示。由表中可见,两者的相关关系是很好的。因此,到上世纪末,太阳活动与气候相关的事实已被广泛地接受。当时在英国中等学校使用的讲义中,曾明文要求学生“解释地球气象要素的日变化和年变化,以及气象要素可能存在的11年变化”^[4]。由此可见,太阳活动与气候相关问题已成为一种相当普及的科学知识了。

不过,在大量的统计研究基础上,自然会提出一个更为深入的问题,那就是太阳究竟通过一种什么方式来影响气候的?最直观的解释是,当日面上有很多黑子时,太阳的视亮度会受到一定程度的影响,使其总辐射量变小,因而使地面气温降低或引起其它气象要素的变化。然而,在分析日珥数目同太阳亮度间的关系后,其结果却是当太阳黑子最多时太阳亮度也最大^[5]。为了解决这个互相矛盾的结果,最根本的办法就是直接测量太阳投射到地球的总辐射量,即我们通常所说的“太阳常数”。然而,测量这种绝对能

表1 1824—1867年各太阳活动周期中雨量和黑子相对数的平均变化

11年周期位相	雨量变化距平	黑子相对数变化距平
1	-2.0	-38.2
2	-0.9	-22.7
3	+0.8	-5.7
4	+1.9	+33.3
5	+1.9	+41.9
6	+1.8	+30.7
7	+1.1	+13.1
8	+0.2	-1.5
9	-0.5	-12.1
10	-0.8	-21.7
11	-2.0	-28.0

量的技术非常复杂,而且为了考察它随太阳活动11年周期的变化情况,至少要在相同仪器条件下连续测量几十年。美国的史密松天体物理观察台(Smithsonian Astrophysical Observatory),在这项研究中做出了杰出的贡献。从1890年起,先后在Langley和Abbot两位科学家的领导下,对太阳常数的测量连续进行五十多年。这是我们分析本世纪前半叶太阳总辐射变化的唯一资料。根据Abbot的研究,太阳常数的长期变化是相当微小的,平均不超过1%。这个结果对太阳活动影响气候的研究是个很大的打击,如此微小的变化在当时看来是不足以解释已知的太阳活动与气候的相关关系的。因此,到第二次世界大战开始时,对太阳与天气、气候关系的研究兴趣一落千丈,英国的《自然》杂志甚至评论说:“过去对日地关系的研究作了许多努力……但并未发现任何特别重要而直接的气象学效应”^[6]。

五十年代后期,人类进入了空间时代。借助于人造卫星和宇宙飞船等探测手段,在日地空间发现了太阳风、行星际磁场和地球磁层等极其重要的物理现象。原来想像中冷寂的宇宙空间,一变而为充满着各种复杂物理过程的活跃场所。在这种背景下,对太阳与天气、气候关系的研究重新引起了广泛的兴趣。特别是在七十年代,Shuurmans, Wilcox, Roberts和Mustel等人分别发现了耀斑、太阳磁扇形边界以及孤立磁暴对气压、大气环流和大气电参数等明显的影响,从而使传统的太阳-气候关系,即通常以11年周期为尺度的长期相关,跃进到以几天为尺度的短期的太阳-天气关系的研究。这是一个重大的突破,尽管目前它在实际的天气预报中尚未成为参考依据,但它对天气预报的潜在影响已不可忽视^[7]。近年来,美国和苏联大力推进太阳-天气关系的研究,并制订了明确的研究方向。随着航天飞机和绕极飞船的发射,这一领域的研究必将得到进一步的开展。

我国对于太阳与天气、气候关系的研究,早在二、三十年代,老一辈科学家竺可桢^[8]和涂长望^[9]等就已进行了开拓性的工作。六十年代后,朱炳海^[10]、杨鉴初^[11]和王绍武^[12]等对国外在这方面的研究情况曾作过详细介绍,为我国开展这方面的研究起了一定的推动作用。1975年以后,中央气象局和长江流域规划办公室召开的一系列学术会议,大大促进了这一领域的研究工作。迄今,我国在太阳活动与旱涝的关系、与气

温的关系以及与大气环流的关系等方面，都进行了一定深度的研究，取得了较好的成果。

二、统计关系一览

一百多年来，各国科学家对太阳与天气、气候关系进行了大量的统计研究。大多数相关关系都达到了统计上显著性的要求。有些相关关系已在预报中使用，取得了较好的效果。表2列出至今为止得到的主要的相关关系。

表2 太阳活动与天气、气候的相关关系
11年周期

项 目	内 容	地 区	相关关系	文献*
雨 量	年	赤道区($\pm 20^\circ$)	+	
		中纬($20^\circ-40^\circ$)	-	
		副极光带($>40^\circ$)	+	
	季	内陆地带	冬季 夏季	- +
		沿海地带	冬季 夏季	+ -
受旱县数	年	中国	-	(13)
干旱频次	年	中国	-	(14)
湿润指数	年	中国东南部(第2—10周)	+	(15)
最高水位	年	长江, 汉口站	+	(16)
洪涝频次	年	长江	+	(17)
洪涝频次	年	黄河	+	(18)
地面气温	年	全球	-	
	年	北半球	1804—1960年	-
			1964年附近	+
	年	赤道带	-	
		温带	-	
		副热带	+	
		伦敦	+	
	季	中纬度	冬季 夏季 春季	- + +
地面气压	年	中纬大陆	+	
		赤道区	-	
		高纬	+	

续表

项 目	内 容	地 区	相关关系	文献*
地面气压	季	冬季	赤道 中 纬 副极光带 极 光 区 - + - +	
		夏季	赤道 中纬南半球 中纬北半球 极 光 区 - - + +/-	
高空气压和风		地中海季风 西风	+ -	
大气电参数	电 位 度		+	
	电 导 率		-	
	电 离 率		-	
	雷暴频率	中高纬	+	
		赤道	-/0	
臭 氧		全球总量	+/-	
		高纬, 高度>30km	+	

22年周期

项 目	内 容	地 区	相关关系	文献*
雨 量	年	巴西(1865—1925年) 巴西(1925—1960年) 南非(1910—1965年)	+ - +	
	1/4年雨量的时间	澳 (1844—1944年)	-	
干 旱		美国中西部(1800—1976年)	负极大后谷年	
干 旱 频 次		中国	双周谷年	(14)
气 温		波士顿, 冬季 奥马哈, 夏季 马里兰, 冬季	- - +	
	等 级 差	中国(1909—1968年)	-	
气 压	年	高纬	+	
西 风 指 数		北纬40—60°	-	(20)
		南纬30—50°	+	(20)
环流型年频率		北半球	+	(21)
W型年频率		北半球	-	(22)

耀 斑

项 目	内 容	地 区	相关关系	文 献
600mb气压		北纬70° 赤道 北纬30—70°	↘** 0 ↘/↗	
气压垂直分布		副极光带, 冬半球	↘/↗	
大气电参数	电位梯度 地空电流 全球雷暴		↗ ↗ ↗	
臭氧总量		低纬到高纬	↘	

地 磁 暴

项 目	地 区	相关关系	文 献
海平面气压	格陵兰 北纬40—60°	↗ ↗/↘	
高空气压和环流		↗	
300mb气压	阿拉斯加湾	低压槽发展 VAI***↗	
臭氧总量	高纬 低纬	↘ ↗	
地面气温	中国	↗	(23)

太阳磁扇形边界通过

项 目	地 区	相关关系	文 献
气压	高纬 中纬	↗ ↘	
高空气压和环流	中高纬	↘	
VAI(200—850mb)	中纬到高纬	↘↗	
雷暴频率	美国北部 地中海	↗(+→-) ↘(+→-)	
极盖大气电场	北极, 东方站	↘↗	

*除标明文献号者外, 其余均见 (24)

***↘, ↗代表气象要素在关键日后减弱或增强

***VAI为涡度面积指数

很显然, 在这个表里没有列入世纪周期或更长时间尺度的相关研究结果。一方面因为最长的太阳活动指数——太阳黑子相对数也不过只有二百多年的资料, 用它来做长周期的统计分析已属勉强; 另一方面这些相关分析结果大多比较粗糙, 需要进一步地精确化。

三、目前探讨的重点问题

众所公认, 太阳的光和热是地球大气运动的原动力。如果太阳总辐射或太阳常数发生变化, 势必对地球的气候和天气产生直接的影响。关于这一点, 即使如 Монин^[26]那样激烈反对太阳与天气、气候关系的气象学家也强调测量太阳常数的重要性。另一方面, 太阳活动现象所发射的总能量比起对流层大气的动量要小, 因此, 太阳活动现象只能是通过间接的物理机制(目前通常称为“触发机制”或“放大机制”)影响对流层。这种间接机制很像铁路搬道工用不大的手力却可改变满载货物的列车的进行方向一样。从上一节所列的大量的相关关系来看, 无论是直接的机制或是间接的机制都是当前面临的最迫切的课题。一旦它们有所突破, 太阳与天气、气候关系的研究就具有了坚实的物理基础, 气象预报工作将发生根本性的改变。下面是目前讨论的几个重点问题:

1. 太阳常数的测量和变化

前面曾经提到, Abbot等人在地面上测量太阳常数历时几十年, 对半个世纪来的太阳总辐射及其变化进行了深入的研究。不过, 由于对大气吸收太阳辐射的改正存在着很多的不确定性, 这些测量结果必然受到相当的影响。最近的研究^[26]表明, 在Abbot进行测量的山上, 中午时大气传输率只有76%。这就是说, 需要在他所测得的太阳常数中改正24%。这个改正量比起太阳常数本身的变化要大得多, 因此在讨论和使用Abbot的测量结果时必需谨慎对待。也正是由于这些不确定性, 地面所测到的太阳常数的短期变化(例如月变化)不一定反映太阳辐射的真实情况。为了克服大气吸收带来的严重影响, 六十年代后开始了一系列的高空观测。特别是卫星的观测, 可以得到逐日的太阳常数值, 为研究太阳-天气关系提供了重要的参考依据。

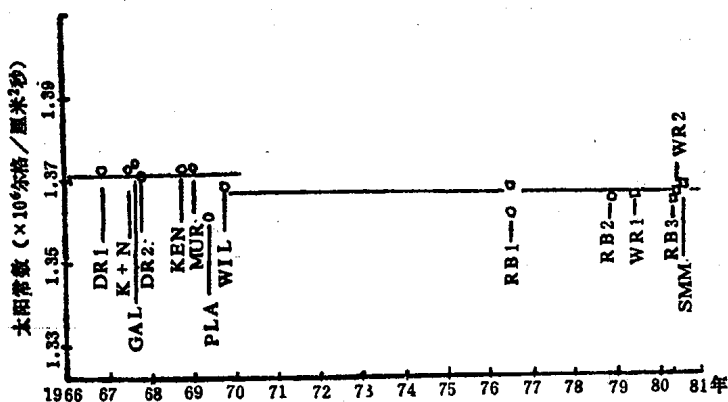


图1 1966—1980年太阳常数测定值*

缩写字表示各观测者

素, 大大减少了测量误差。最后, Fröhlich和Brusa^[27]总结了1966—1980年高空太阳常数的测量结果, 如图1所示。对于1969—1980年的太阳常数观测情况和最后确定值列如表3。

*1尔格=10⁻⁷焦耳, 下同。

太阳常数的高空观测是从1966年开始的, 所用的工具主要是气球、飞机、火箭或卫星。1966—1969年采用的辐射接收器为温差电堆。校准这类仪器有很多的困难, 故测出的太阳常数值仍有较大的误差。1969年以后, 美国创制出新的测量仪器——空腔辐射计(The Active Cavity Radiometer), 消除了某些不确定因素,

表3 1969—1980年太阳常数值

观测日期	运载工具	最后确定值(瓦/米 ²)
1969年 8月	气 球	1369
1976年 6月29日	火 箭	1368
1978年11月16日	火 箭	1365
1979年 6月14日	气 球	1366
1980年 5月22日	火 箭	1365
1980年 6月20日	气 球	1367
1980年2—7月	SMM卫星	1368
		平均值1367
		标准差 1.6

考虑到1969年以前和以后测量上的系统差，他们得到的结论是：近15年来，太阳常数值没有变化。

更为有趣的是，太阳常数的日变化也是非常小的。按照太阳活动极大年（SMY）计划发射的SMM卫星记录到的1980年2至7月连续153天的太阳常数值如图2所示^[28]。太阳常数的加权平均值为1367.7瓦/米²，其连续变化小于±0.05%，最大的一次偏离为0.15%，持续时间为十天左右。

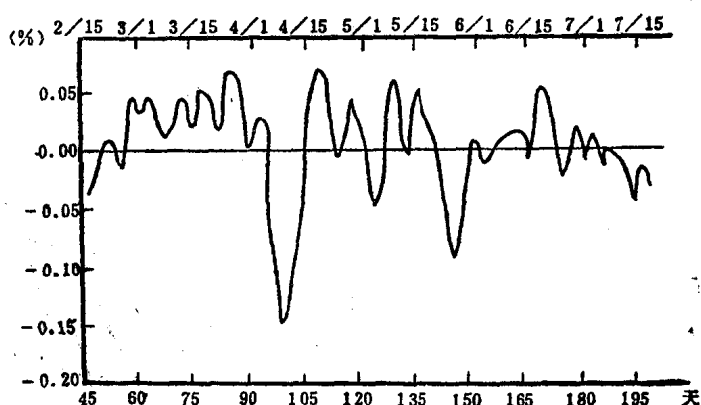


图2 1980年2—7月SMM卫星测到的太阳常数日变化

太阳常数保持基本不变，为寻找太阳与天气、气候关系的直接机制增添了困难。不过，由于高空测量的持续时间较短，太阳常数逐日变化的情况还没有彻底弄清。因此，还需要更进一步测量，最好是长期的逐日测量，以便从中找出太阳常数变化的规律。因为，即使是0.1%的变化，也可以用来直接解释某些重要的天气现象。例如，Volland对King等人发现的行星驻波的27天周期的解释就是这样。

King等人^[29]利用1963—1972冬天的500毫巴高度观测资料，使用时间选加法分析它与气候平均值的差，结果如图3所示。图中上面的曲线代表关键日后第8天500毫巴高度变化的经向分布；下面的曲线是代表关键日后第22天的。差值最大的经度位置在140°和340°，这是行星驻波波腹的所在。波节约在60°和240°。这个驻波的振动周期恰和太阳的自转周期一样为27.5天。对于行星驻波的纬向分布也有相同的情况（见图4），

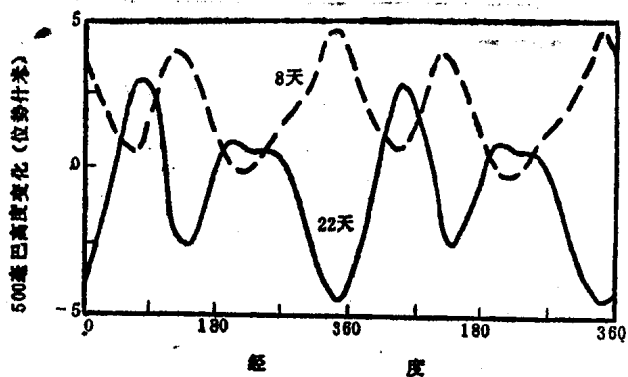


图3 500毫巴高度变化的经向分布

当它对准地球时太阳辐射就增强。他假设每个太阳自转周太阳常数变化0.1%。根据热力学定律, Volland推导出在太阳常数有微小变化 ΔS 时, 大气压力的相应变化为

$$|\Delta P| = \frac{\tau \Delta S}{8\pi H}$$

此处 τ 为辐射源的变化周期(即太阳自转周期), H 为绝热大气的高度。在这种压力变化的作用下, 在对流层中会引起Rossby-Haurwitz型的行星波。这个波随着高度、纬度和经度的结构变化情况可以根据拉普拉斯潮汐理论推导出来。在纬向波数为2的情况下, 对于不同的经向波数, Volland得到理论的Rossby-Haurwitz波的纬向分布图(图5)。比较图4和图5, 我们看到理论的解释是比较满意的。

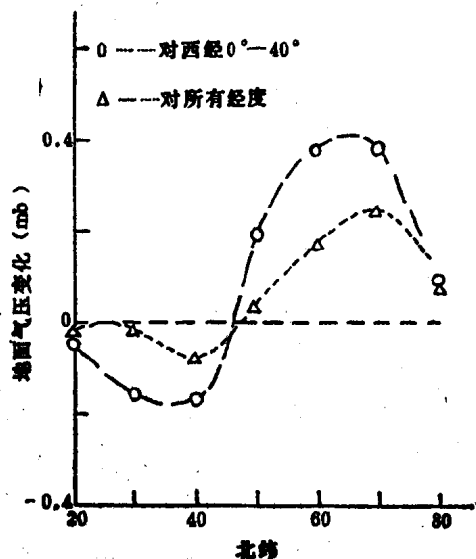


图4 地面气压变化的纬向分布*

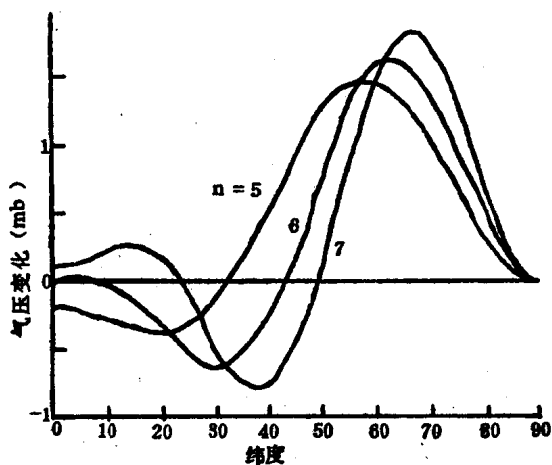


图5 Rossby-Haurwitz波的纬向分布

2. 多途径寻求太阳与对流层天气、气候间接的物理机制

上面提到的大量统计关系, 如果能得到一定的物理解释, 则太阳与天气、气候关系的研究将发生质的变化。因此, 近年来正在通过各种途径进行探索, 以期有所突破^[32]。

*1mb=1hPa, 下同。

图4中曲线代表地面气压随纬度的变化。波节约在45°N处, 最大负变化值约在30°和40°N, 最大的正变化值约在70°N。

这些行星驻波是怎样形成的呢? Volland^[30, 31]提出一个理论认为: 太阳的辐射随着太阳自转而有短期的变化, 这好象在日面上有一座灯塔,

但由于这个问题的复杂性和涉及到的学科的多样性，一时尚难奏效。为了说明这个问题的错综情况，我们引用图6^[33]作为例证。由图可见，从太阳和银河宇宙线来的辐射能量在它们到达对流层前可能通过几十种不同的途径，而每条途径又有几个不同的过程。当然，这张图并没有包括所有的过程，何况有些过程我们至今还不知道。

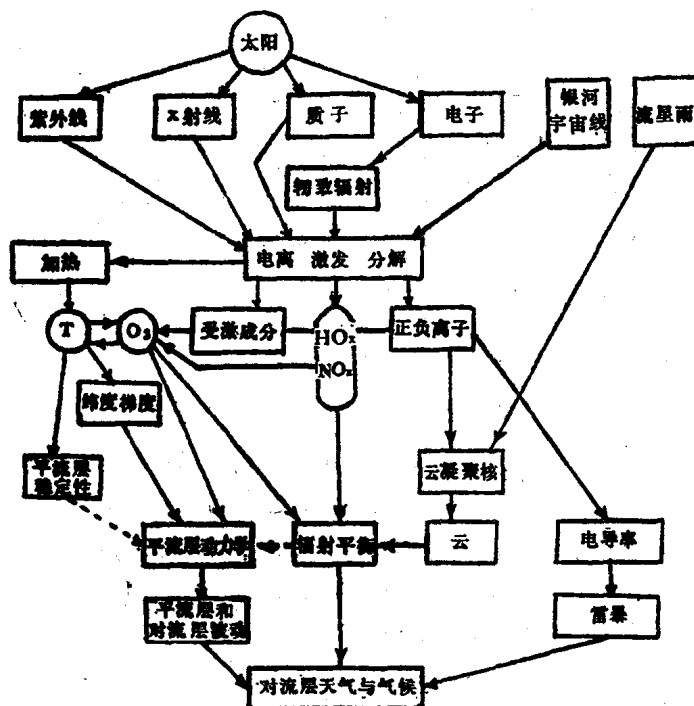


图6 太阳与天气、气候关系的可能机制

经过许多人的努力，目前集中讨论的有下列几种机制：

(1) 大气臭氧的屏蔽作用 平流层的臭氧层对于来自太阳的紫外辐射和银河宇宙线起着一种能量的调制作用。在太阳活动11年周期过程中，太阳紫外辐射在活动峰年最强，由它引起的全球臭氧产生量也达最大；与此同时，宇宙线强度为最小，由它产生的一氧化氮对臭氧的破坏程度也最小。因此，在太阳活动峰年，臭氧总量应为最大。反之，在太阳活动谷年，臭氧总量为最小。

臭氧对紫外辐射进入低层大气和地面有明显的屏蔽作用。臭氧多时，进入低层大气和地面的能量减少，地面气温也因之有所降低；反之，则增高。这表明臭氧对地面气温会产生11年周期的调制作用。按照这个设想，似乎可以较好地解释全球地面气温和11年周期的反相关关系。不过，由于在太阳活动峰年，太阳质子事件和相对论性电子沉降事件也更频繁，与之有关的光化学过程势必影响臭氧的产生和损耗，这将使这个问题变得更复杂化，必需做更深入的研究和探索^[34, 35]。

(2) 卷云的屏蔽作用 Roberts和Olson^[36, 37]提出一种不同类型的屏蔽机制。他们认为，太阳高能粒子在300毫巴附近产生电离而形成卷云。这种卷云覆盖层阻止来自地面的热辐射，在对流层上部造成较大的温度梯度，从而导致大气环流的变化。他们用这个理论来解释在地磁暴后阿拉斯加湾上空低压槽的发展。不过，由于大气电离的原因是多种多样的，同时卷云的形成过程亦很复杂，这种机制还有待进一步考察。