

日环食观测研究成果综述

王涌泉 刘 炎 纪树臣 何友文 季国良 徐兆生*

1987年9月23日的日环食观测,在射电、光学、电离层、日地物理、日射及气象等几个方面均取得了丰富的观测资料。全国投入观测的有射电望远镜19台,光学望远镜19台,电离层及电波传播观测站63处,日地物理观测站28处,日射气象观测站70处,共设站199处。各台站地理位置分布见图1,观测项目见文集后附录。

现分以下三部分对此次日环食观测的初步分析研究成果加以综述,各种详细材料的分析均见本文集有关论文。

一、射电和光学观测

9月23日日环食时,国内的太阳射电望远镜和太阳光学望远镜,几乎全部投入了观测,取得了丰富的观测资料和有意义的结果。天文部分的观测研究有以下三个方面的内容。

1. 射电多波段联合观测

射电日食观测的目的在于利用日食时所提供的高空间分辨率时机,用小型的射电望远镜去观测研究日面上射电辐射特征的细节结构,即观测研究太阳的射电半径大小、日面亮度分布以及日面活动区——射电局部源的有关参数。而多波段射电观测的目的则在于得到太阳射电辐射的频谱资料,这种频谱资料对于研究宁静太阳大气模型和太阳缓变辐射的特征有着重要的意义。

日环食时,共有十九架射电望远镜在从0.32—21cm波长的十个波段上进行了单频观测,其中有七架射电望远镜用毫秒级时间常数的快速采样记录进行了探索性的观测。此外,还有一架米波段的动态频谱仪作了多频观测。这些射电镜的联合观测获得了多波段、同时性、高空间分辨率的观测资料。

1987年9月,太阳活动正处于第22周刚开始的时期。当时日面上的活动区不多,活动水平甚低,还属于宁静时期。因此我们的联测得到了太阳在宁静时期射电辐射主要特征的频谱资料。

射电联测所得的主要结果有以下几个方面。

A. 宁静太阳

(1) 各个波长上日面的射电掩食半径和等效半径。这是太阳射电辐射特征的主要参

* 按姓氏笔画排列。

数之一。所得到的等效半径的值在 $1.014-1.114R_{\odot}$ ($R_{\odot}$ 为日面的光学半径) 之间。与国外历次观测所得资料的统计平均值相比, 我们的数据略低。这可能是由于 1987 年 9 月太阳正处于宁静时期, 因而射电辐射水平也较低缘故。

(2) 各波段射电辐射的等效高度。不同波长的射电辐射, 产生于太阳大气不同高度的层次之中, 而且射电太阳的日面形状为椭圆, 因此我们计算了赤道方向上射电辐射的等效高度。对于从长毫米波到短分米波各个观测波段, 得到其值在 $0.5-11 \times 10^4 \text{ km}$ 之间。这表明这些波段的射电辐射分别产生于高色球层至低日冕区的各个不同层次之中。

(3) 各个波段上宁静太阳辐射的日面平均亮温度。我们得到为 $0.9-10 \times 10^4 \text{ K}$ 。这一分布与国外历次测量的结果相符合。而在 $3-6 \text{ cm}$ 波段, 则接近于国外测量的最低值的水平, 这可能也与太阳处于宁静年期间有关。

(4) 各个波段射电辐射所相应的等效温度随着日面高度的变化。我们把各波段宁静太阳辐射的平均亮温度, 看作为是产生相应波段辐射的太阳大气各个层次的等效温度, 就得到温度随着高度分布的模型了。在高色球层和色球-日冕过渡层中 ($\sim 10^4 \text{ km}$ 高度), 等效温度为 10^4 K 左右。随着高度的增加, 这一温度先是缓慢地、然后是迅速地上升。在 $1.1 \times 10^5 \text{ km}$ 高度上, 则达到 10^5 K 。由此, 我们得到了在低日冕中大气等效温度分布的实测资料。在国内利用我们自己的实测资料得到这样的结果, 尚属首次。

以上所有的资料, 除了个别波段的数据之外, 内符合的程度都甚好。

(5) 在短厘米波段上, 我们得到了宁静太阳日面背景辐射的亮度分布。在 $0.86, 2.56$ 和 3.2 cm 波长上都得到临边增亮的结论, 增亮的幅度为 $5-20\%$, 增亮峰值的位置在日面光学边缘内侧 $0.8-1.0R_{\odot}$ 范围内, 环带的宽度为 $0.03-0.15R_{\odot}$ 。而在 1.46 cm 波长上则得到临边昏暗的趋势。

这里特别要指出的是, 在 0.86 cm 波长上, 日面亮度分布究竟是临边增亮还是临边昏暗, 甚或是均匀不变, 多年来还一直是一个未有定论的问题, 而这又是一个涉及到太阳大气结构模型等太阳物理中基本课题的问题。在 1980 年 2 月 16 日太阳活动峰年期间, 当时我们曾由日食观测的资料得到 0.86 cm 波段的日面亮度为临边增亮的分布; 这次在宁静年期间的日食观测, 又再次肯定了这一结论。

对于所得的各波段日面亮度分布结果再作进一步分析验证和研究解释, 还有待于今后的工作。

B. 射电食甚

我们得到了各个波段上射电食甚时刻与光学食甚时刻的差值, 以及食甚时剩余流量的百分比。这些资料为进而研究日面边缘区域的亮度以及射电局部源分布的特征提供了重要的实测依据。

C. 射电局部源

(1) 证认出了日面上与黑子、谱斑、日珥以及日冕凝聚区等光学活动客体相对应的射电局部源。计算了这些局部源在各个波段上的角径、流量、射电亮温度以及离日面高度等主要参数。与 1968 年和 1980 年那两次峰年时期日食观测的结果相比, 1987 年时局部源的角径和流量值显然要小得多, 但亮温度则差不多。这些局部源的参数表征了宁静年期

间太阳射电辐射的特征。

(2) 由实测的流量谱,以及黑子磁场的资料,我们对与日面中心 No.100 黑子相应的射电源的辐射机制作了初步探讨,认为在该源的中心区域,主要是由磁轭致辐射在起作用。

(3) 对于各个与谱斑相对应的射电源,我们计算了晕辐射标度 $\bar{N}^2 L$ 的值。从长波段到短波段,其值在 $4-40 \times 10^{28}$ 电子数²/cm⁵ 之间。这为进一步对日冕区物理状态和射电源辐射机制的研究提供了实测资料。

(4) 在某些波段上观测资料表明日面的大暗条对于射电辐射具有吸收效应。

D. 射电快速事件

毫秒时间常数的快速记录观测,目的在于研究日面射电辐射的快速变化过程,这是一项探索性的观测。在本次日食观测过程中,2cm 波段在 031530UT 时,21cm 波段在 024945UT 和 025204UT 时都记录到了快速事件。而在相应于后者的时刻,日面上有谱斑增亮现象,米波段的动态频谱记录也有反映。

总的来说,这次射电联测取得了宁静太阳辐射和射电局部源辐射各有关参数的频谱资料。这些资料为进一步研究宁静太阳大气模型以及缓变辐射的物理性质,辐射机制等太阳物理的基本理论问题提供了初步的结果。

2. 光学观测

在 9 月 23 日的日环食观测时,太阳光学望远镜的观测,取得了日食当天全日面的和日面局部的光球、色球以及磁场的资料。

日食当天,日面上只有三个弱活动区。有四个小黑子、几个小谱斑和几个小日珥;此外,还有 20 个左右的暗条,这些暗条除少数几个较大外,其余的也都很小。因此总的来说,活动客体不多,活动水平甚低。

光学观测所得的资料有:

A. 光球

(1) 全日面的黑子描述,全日面和日面局部的白光照相观测。

(2) 日食过程的白光照相观测,测定了日食过程中各黑子被掩食和露放的时刻。

B. 色球

(1) 全日面的和日面局部精细结构的色球 $H\alpha$ 照相观测。得到日面上黑子、谱斑、日珥和暗条等光学活动客体的及日面位置的照相资料。

(2) 对于日面东南边缘的二个日珥,得到了其形态的精细结构和演化过程的照相资料。

C. 磁场

(1) 得到日食当天日面粗磁场的资料。

(2) 得到日食当天二个黑子区域附近的纵向磁场分布的精细结构资料、其空间分辨

率为 $0''.7 \times 0''.5$ (北京天文台的太阳磁场望远镜)。

D. 日面光学图

由以上的光学资料得到了日食当天综合的日面光学图。结合紫金山天文台历算室所计算的各地见食情况的资料,得到了日食过程中各光学活动客体被掩食和露放的时刻。所有这些光学资料,为日环食射电联测的资料分析研究提供了日面情况的重要依据。

3. 太阳光学半径的精确测定

近二十多年来,国外一些学者在分析了近二百多年来各种有关的观测资料之后宣称,太阳的半径有缩小的趋势。其减小的速率大致是每百年 $0''.15-0''.25$ 。

太阳的半径是否真的在缩小? 这是一个必须严格验证的问题。而且如果确实在缩小,就还会涉及到太阳的内部结构、产能和传能机制、辐射机制等一系列太阳物理重大的基本问题。此外,太阳在其半径不断缩小的过程中将会释放出大量的引力能,使得太阳常数发生变化,从而又会使地球大气的物理状态、气象参数等也受到一定的影响。因此,这是一个值得深入探讨的问题。

测定太阳的光学半径,一个最精确的方法是在日全食或日环食时精确测定日面边缘倍利珠出现的时刻。近年来国外的一些学者一直在利用日食的时机进行跟踪观测研究。这次 1987 年的日环食,上海天文台也进行了这一工作。得到的结果是太阳的光学半径比标准太阳半径($959''.63$)小 $0''.11$, 观测误差小于 $0''.05$ 。由此可以认为太阳半径确有长期缩小的趋势。

以上由射电观测和光学观测所得的结果,都为太阳物理的理论研究提供了重要的实测资料,并且还为本次日环食联测的多学科、综合性分析研究,为日环食的地球物理效应的分析研究提供了重要的实测依据。

二、电离层及日地物理

这次日环食进行了电离层、电波传播和日地物理的大量观测,取得了丰富资料。

1. 日食电离层及电波传播效应的观测

日食电离层及电波传播效应的观测是日食效应研究中的一个重要组成部分,有助于弄清某些扰动的发生和发展。50 年代前,人们多采用传统方式,即以电离层测高仪观测为主,其关注的课题是日食期间电离层各层形态变化、动力学因素及其与地磁效应的关系。60 年代以后,国外开始采用非相干散射雷达、火箭技术、低频和甚低频电波传播、卫星信标和外电离层的日食效应观测,取得了一些有意义的结果。国内 1968 年也开始采用卫星信标、甚低频信号接收、哨声等手段做了大量的工作。

9 月 23 日日环食,是一次日食电离层和电波传播效应观测的较好机会。中国电波传播研究所、武汉物理所、空间科学和应用研究中心、陕西天文台、乌鲁木齐天文站、武汉大学、北京大学和广州师范大学等科研单位及高等院校就地临时重点设站,在西起乌鲁木齐 ($87^{\circ}38'E$),东至长春 ($125^{\circ}16'E$),北起满洲里 ($49^{\circ}35'N$),南至海口 ($20^{\circ}N$) 的广大地

区以及南极长城站($58^{\circ}58'W$, $61^{\circ}19'S$), 利用高频 Doppler 台阵、卫星信标 (ETS-II 和 NNSS) 台网, 吸收与高频、低频和甚低频接收机, 全面地进行了综合观测。

此次综合观测有如下特点: (1) 空间深度大 (从 D 层到外电离层), 频率覆盖范围宽 (从超长波至微波), 观测范围大 (我国全境); (2) 有传统的设备和项目, 更有首次采用的新手段和新项目, 如高频天波雷达, 斜向返回探测仪, 高频 Doppler、TEC 台阵和全国电离层台网的同时观测以及南极长城站至新乡的超远程通信检测等; (3) 除了为空间和地学方面的重大科学理论问题 (如磁层-电离层-中层大气耦合问题) 进一步积累资料并作综合研究外, 还更注重与实际应用和国民经济有关的项目, 如日食对长波、超长波、短波、超短波的通信、导航、授时等传播效应的研究。另外, 对传统的研究项目则注意动力学过程的研究, 如声重波的激发与传播, E_s , E_2 和扩展 F 等层的暂态现象的时空变化和研究。

日环食电离层和电波传播效应观测台站的分布见图 1, 所使用的主要设备和研究项目见文集后附录。

各项观测工作的情况及部分结果如下:

(1) 电离层垂测站网。利用我国布设的部分常规电离层垂测站网 (乌鲁木齐、兰州、北京、长春、满洲里、武汉、重庆、广州、海南) 和临时测站 (上海市及山西省太原市附近) 的电离层测高仪进行了日食电离层效应的特殊观测。除太原附近的临时测站, 因仪器故障仅取得少量记录以致无法分析外, 其余各站记录均可供分析。观测结果表明, 位于环食带内、日出后不久即发生日食的乌鲁木齐站, 由于天顶角过大, 更由于 E_2 的不时生成, 并逐渐下降到 E 层, 以致 f_oE 变化的光食效应难于分辨, f_oF_1 也未见明显异常。相反 f_oF_2 变化的日食效应却极其典型。 f_oF_2 的下降始于初亏前 10 分钟, f_oF_2 下降的最大值为 2 MHz。比控制日的电子浓度减小 45%, 该时刻较食甚滞后 10 分钟。尔后 f_oF_2 回升, 同时出现 h_mF_2 , TF_2 (F_2 层的半厚度) 和 N_1F_2 (峰下电子含量) 急剧增加, 并远大于控制日值的现象。在复圆前 10 分钟左右, f_oF_2 的值等于控制日的值。而在复圆后, f_oF_2 又有周期约为 75 分钟的振荡。此外食甚后, 还出现了通常在白天不多见的, 其高度扩展大于 50 km 的极光型 E_s 。在偏食区, 各站 f_oE 和 f_oF_1 变化的光食效应明显, 而 f_oF_2 均在初亏前即已增加, 初亏后一段时间仍继续增加, 以致形成一峰值。尔后 f_oF_2 下降, 食甚后上升, 但有的恢复较快 (如北京), 有的恢复慢, 甚至延续 2 小时 (如重庆)。在北京站还记录到其相位略有差异, 而周期为十几分钟的波动, 这表明存在着自下而上的传递现象。

观测证实, 在环食带内和带外各站, E 层和 F_1 层有明显的光食效应, 而 F_2 层的动力学效应显著, 在复圆后 f_oF_2 有周期性振荡 (乌鲁木齐、兰州、北京等站), 且 F_1 层不时有 TID 形成的扰动, 并向下运动演变成 E_2 , 这就导致某些电离层站在个别时段内 f_oE 的变化混乱, 甚至光食效应极不显著 (乌鲁木齐和兰州站)。另外广州 (磁纬 $11^{\circ}54'N$) 和海南 (磁纬 $8^{\circ}48'N$) 两站也同时作了日食电离层效应的观测, 尽管两站直线距离仅 400 余公里, 纬度相差仅 3° , 食分亦相差无几 (300 km 上空的食分广州站为 0.64, 南海站为 0.50), 但是两站的 f_oF_2 食变曲线却有显著差异。即在环食期间, 广州站 f_oF_2 值明显小于控制日的值, 而海南站 f_oF_2 值与控制日值基本相等。为验证这种看法, 在 1988 年 3 月 18 日发生临近磁赤道的日全食机会, 我们再次在广州和海南站作了同步观测, 结合两站在 1958 年 4 月 19 日日环食的协调观测记录, 充分证实了在日食期间 f_oF_2 确实存在有日食日值大

于、小于和近似等于控制日值这三种典型情况；此外还再次证实：(a) 电离层中电子温度急剧地下降；(b) 磁赤道上空等离子体的沿场扩散和“喷泉效应”是影响低纬电离层站(广州站和海南站) F_2 层日食效应的主要因素。这是我国赤道电激流区日食电离层效应首次系统的观测和总结。在环食期间，还观测到通常夜间或磁扰时白天才出现的 E_{1-2} ，以及 E_2 和其它中间层，可以深信在物理机制上这应属于日食激发的电离层扰动效应。

(2) 高频天波雷达。这是首次用架设在河南省新乡市的高频天波雷达进行的日食电离层效应观测，23日在6—18时开机进行了观测，22日和24日进行了控制日观测，让雷达天线主瓣位于西北方，一波束处于环食带内，另一波束处于偏食区。观测结果证实，环食期间的高频时延频率图中，最小时延曲线呈现阶梯式弯折，这表明波束路径上有波动现象或不均匀体的聚焦效应。显然，这种“波动”现象或“不均匀体”也应是日食激发的结果。另外，对12时到日落前夕的数据分析还表明，复圆后电离层内仍有明显的大尺度波动。

(3) 同步卫星信标偏振仪。在新乡、重庆、武汉和广州站利用偏振仪监测日本 ETS-II 同步卫星信标 136MHz 的信号 Faraday 效应变化情况，结果证实，各站电离层 TEC 变化的日食效应均非常显著。与控制日值相比食甚时刻新乡、重庆和武汉站的 TEC 日变曲线有明显的凹陷现象，广州站则没有观测到这种现象，为了验证广州站这一异常结果，1988年3月18日日全食期间我们在广州站也作了 TEC 观测，证实日食期间广州站 TEC 日变曲线不仅不凹陷，而且还可略大于控制日值。我们认为这与磁赤道异常区日食电离层效应属同一因素控制。

(4) 双频微分 Doppler 接收测量。在新乡、乌鲁木齐、满洲里、武汉、海南等站，利用双频微分 Doppler 接收机监测美国子午仪导航卫星信标 150MHz 和 400MHz 信号，结果证实，各站电离层 TEC 均下降、日食效应明显。

(5) 低电离层吸收测量。在环食带内的太原附近和北京，利用 SID 监测仪测量环境无线电短波场强变化情况，结果证实，环食期间低电离层吸收减弱，短波“场强”增加，D层可能有扰动。

(6) 南极长城站到新乡的高频超远程通信实验。这是一条近2万公里的超长电路，新乡恰位于此次环食带南侧，从此地向南及向北分别接收南极长城站发来的短波信号。这样，向北的电路恰跨环食带，向南电路则不经过环食带。观测表明，南北电路通信质量差异不大，即此次日环食效应不明显。

(7) 干扰重心频率的测量。在新乡作了此项测量。结果证实，日食期间干扰重心频率下降，并与 f_oF_2 变化有较好的一致性。

(8) 日食的高频电波传播效应。日食日及其前后各4天，在临潼、郑州、武汉、南京和新乡接收 BPM、BSF、JJY 和苏联的伊尔库茨克及新西伯利亚授时台短波时号的变化。观测证实，食甚期间短波时号时延日食日值大于控制日值。

(9) 低频电波传播效应。在上海、乌鲁木齐、武汉、临潼、苛岚、广州和新乡接收 Loran-C 西北太平洋链 Y 台和 M 台的天波信号，连续记录相位和振幅。观测结果表明，日食期间，D层电子浓度减少，等效反射高度上升，信号振幅增加。

(10) 甚低频电波传播效应。在新乡、重庆和临潼同时接收 H 台和 NWC 台信号，连续记录甚低频的相位和振幅。观测证实，日食期间 D 层电子浓度减少，甚低频电波的相位和振幅均有异常变化，日食效应显著。

(11) 斜向返回探测。在湖北省黄陂县,利用斜向返回探测仪进行了日食电离层效应观测,发现 MOF 和 MUF 均急剧下降,以致部分时间返回信号中断,复圆后有视在水平速度约 400m/s 的 TID 发生,结果证实,环食期间电离层电子浓度普遍下降,而且有强烈的波动现象发生。

(12) 高频 Doppler 和同步卫星信标偏振仪的台阵观测。两个台阵均由武昌小洪山中心站,安陆野外站和天门野外站组成。观测资料初步分析证实,F 区上部 and 下部扰动状况明显不同,并且可能存在由于大气冷却收缩而导致电离向环食带中心漂移的现象。此外还在北京和武汉进行了高频 Doppler 观测。

2. 日地物理效应观测

中国科学院声学研究所、空间科学和应用研究中心、地球物理研究所,武汉大学,河南师范大学及国家地震局地球物理研究所以及河南省地震局等单位还进行了日食的地球物理效应观测,在我国首次记录到日食激发的声重波以及对流层上层的增温等现象,取得了一系列有意义的成果。

日地物理效应观测台站和见食情况,主要使用设备和研究项目见文集后附录,各项工作情况和部分结果如下:

(1) 在环食带内的乌鲁木齐、太原、徐州和苏州以及偏食区的北京和贵阳站,进行了“次声”观测,而且北京还用了多点接收,多种记录的方式进行观测获得了完整数据,并首次记录到日环食激发的声重力波,其周期为 10—60 分钟,振幅为 7—20Pa。

(2) 我国首次在徐州、济宁和乌鲁木齐三地对低层大气进行了日环食实时气球探空仪的观测,得到了温度、气压、相对湿度变化及风等高空气象参数。结果表明,日环食效应不仅在平流层大气中明显存在,而且在对流层上层和低层中也有表现。主要是对流层的上层增温、低层降温、而中层的变化甚微。增降温的变幅可达 5℃ 左右。另外,对流层上层中偏西风有跃增,风速从 10m/s 增至 45m/s 左右。

(3) 地磁场和地磁脉动的观测。在环食带内的上海市和河南省的安阳市及林县、辉县、汲县以及偏食区的北京、郑州、西安等 20 余站进行了观测。观测证实:(a) 地磁水平分量(H)和磁偏角(D)均有明显变化。(b) 食甚后出现了 P₃ 型脉动。

(4) 宇宙线强度变化测量。在日食日和前后各 4 天的控制日,用北京宇宙线台的超中子堆对宇宙线的强度进行了一分钟一次的测量。结果表明,环食期间宇宙线强度并无明显变化。

此外还进行了地面大气电场、天空背景辐射、哨声及甚低频发射的观测。

三、日射及气象

日射及气象观测也是研究日食效应的基本内容之一。在日食时,由于日面被月球遮挡,地球上所接受的太阳辐射能量将会减弱,从而空气温度和地面温度会相应降低,而且空气的湿度增大,风速减小,气压也随之波动。所有这些变化,均是日食效应的表现。为了弄清日食过程中到达地面的太阳能量变化,必须有较多的气象台站在主食带内外组成观测网对日食过程中以及日食前后数天的日射及气象要素进行对比观测。

9月23日日环食的太阳辐射、气象要素、大气重力波等项观测有以下几个特点:

1. 见食和观测条件甚好。自1936年以来,在我国境内先后见到过六次日全食和日环食,但这些日食大部分出现在我国边缘地区,覆盖面积小;有些发生在日没前后,日食效应甚微;此外,还由于其他种种客观原因,都难以取得出色的观测资料。而本次日环食发生在上午至中午的有利时段,环食带横贯我国中部,而在食带之外,各地又均能见到偏食。因此全国各地的各种气象观测台站均能就地观测到明显的日食效应。

2. 观测台站多,规模大,覆盖区域广。参加观测的单位见本文集的附录“日环食观测项目一览表”,各测站的地理位置分布见本文图1。由图和表可见,各测站的分布不仅遍及我国大陆各地,还远达西太平洋的海域;不仅有海表、地表、近地面的观测,还有3500m上空的飞机观测。这次综合性的观测在我国日食气象观测史上,规模之大,站点之多,是空前的。

3. 测站分布“点”、“线”结合,观测项目既多又全。所谓“点”,是指气象局系统的40个气象台站对各种气象要素的观测;而所谓“线”,则是指在环食带内外,各科研单位和有关高等院校集中了目前国内外最先进的仪器设备和强有力的技术力量,在从西北到东南方向的一条基线上布设了24个重点观测站,采取各种观测手段进行综合性的观测。这种“点”“线”结合,既多又全的观测在我国气象日食观测史上尚属首次,为日食效应的综合研究积累了丰富的观测资料。

为了保证记录资料的系统性和完整性,及对资料进行分析和比较,我们规定各台站在9月21日至24日均要进行观测记录。对于重点辐射观测台站,非日食日从日出至日没每30分钟观测一次,而环食当天则从初亏到14时30分期间进行加密观测,即每5分钟记录一组观测值;在初亏、食甚、复圆三个特征时刻都必须取得观测值。对于一般台站,除按常规观测要求外,在环食发生期间必须每10分钟进行一次观测,并且在初亏、食甚、复圆三个特征时刻也均进行观测。少数有条件的站点在日环食观测过程中除按规定进行读数外,还要求对太阳辐射各分量、空气温度及风速的观测采取连续打印输出并输入微机采集系统(每秒20次)的方式记录,以保证资料的精确度和完整性。

这次日环食的太阳辐射、气象和大气重力波观测之后,我们对有关资料进行了整理,并印刷出版了《1987年9月23日中国日环食联合观测资料汇编(日射与气象)》以供有关单位分析研究应用。

对日环食观测资料的分析和研究,得到日食过程中太阳辐射和气象要素的一些变化规律和特征如下:

1. 在日环食过程中,太阳辐射各分量均有明显的变化。其中短波辐射减弱比较显著,在食甚时减弱最大,在主食带内与非食时相比减弱达90%以上;而在短波辐射中又以总辐射、直接辐射、紫外辐射的减弱最为明显,但天空散射辐射减弱较少。不同地区其减弱程度随食分而变化,一般地说在食甚时与通常相比均减弱60%以上。长波辐射的减弱较少,而且最大减弱出现的时刻稍有迟后。地表净辐射在日环食过程中减弱明显,有两次通过零点,而且在食甚前后净辐射为负值,这种变化与正常日变化的早、晚两次通过零点情况相同。地面辐射热量收支的这种短暂变化,势必会引起地面气象要素短时间变化,从而又影响农作物生长、发育的生理、生态过程。

2. 日环食期间,近地面层气象要素有着显著的变化,主要表现为空气温度和地面温度

的下降,在主食带内空气温度下降 $3.0-5.0^{\circ}\text{C}$,地面温度下降 $8.0-12.0^{\circ}\text{C}$ 不同地区下降程度随食分而变化。而海洋上的变化要小得多,与通常情况相比,食甚后最大降温只下降 2.4°C ,日平均降温仅 1.0°C 左右。至于海水表面温度,最大降低为 1.4°C ,日平均只降低 0.5°C 左右。气温、地温的降低,均存在迟后现象,初亏后 10—15 分钟才开始降温,并在食甚后 15—20 分钟才出现温度最低值。日环食时蒸发量减少,空气湿度增大,风速减小,甚至出现短时间静风或风速不变的微风,但个别台站却测得了日食风,即在食甚前风速有明显增大的现象。日环食期间气压的波动比较大,而且很不一致,一部分台站呈下降趋势,一部分台站基本上没有变化,而在东南沿海却出现了上升现象,西太平洋上科学考察船的观测,在食甚后 5 分钟气压出现最高值,上升了 1.7hpa 。由于日环食引起的各地区的气压差别和波动,无疑对大气环流、天气系统的形成和演变,以及其他地球物理效应,将会产生很大的影响。

3. 日环食期间,地面的臭氧浓度与太阳直接辐射有很好的相关,在食甚后 8 分钟,臭氧浓度出现极小值。

4. 根据观测资料分析所绘制的日环食过程中全国太阳直接辐射、散射辐射和总辐射亏损情况图及全国气温下降情况的分布图表明:辐射减弱最大的地区为中国东部,而减弱最小的则是中部和西部地区。其分布形势与太阳的高度角,最大食分的大小以及天气状况等因素有关。但相对亏损率则甚有规律,与最大食分大小有关;气温的下降值在主食带附近最大,向着两侧相应减弱,在辐射强的地区,对气温的影响也大。

5. 第一次取得了日环食过程中太阳能谱的资料。

6. 首次在我国观测到了日环食期间大范围的大气重力波动。

7. 首次在我国观测了植物气孔导性对日食效应的响应,这为研究日食对农作物生理生态特征的影响提供了有益的依据。