

一九八一年七月三十一日

中国漠河日食观测文集

《漠河日食观测文集》编辑组 编

科学出版社

一九八一年七月三十一日

中国漠河日食观测文集

《漠河日食观测文集》编辑组 编

科学出版社

1987

内 容 简 介

1981年7月31日的日食,我国大部分地区为偏食区,漠河食分最大,是我国高纬度地区日食对地球物理效应的一次难得的观测机会。为此,中国科学院地学部委托地球物理研究所组织了这次综合观测。本文集主要包括光学照像、电离层、地磁、气象等方面的资料。它既是地球物理的综合性观测结果,同时也是本观测的历史记录。

本文集可供天文、空间物理、地球物理、电波传播、气象等方面的科技工作者和高等院校有关专业师生参考。

一九八一年七月三十一日

中国漠河日食观测文集

《漠河日食观测文集》编辑组 编
责任编辑 周文辅

科学出版社 出版
北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1987年6月第一版 开本:787×1092 1/16
1987年6月第一次印刷 印张:5 插页:2
印数:0001—900 字数:107,000

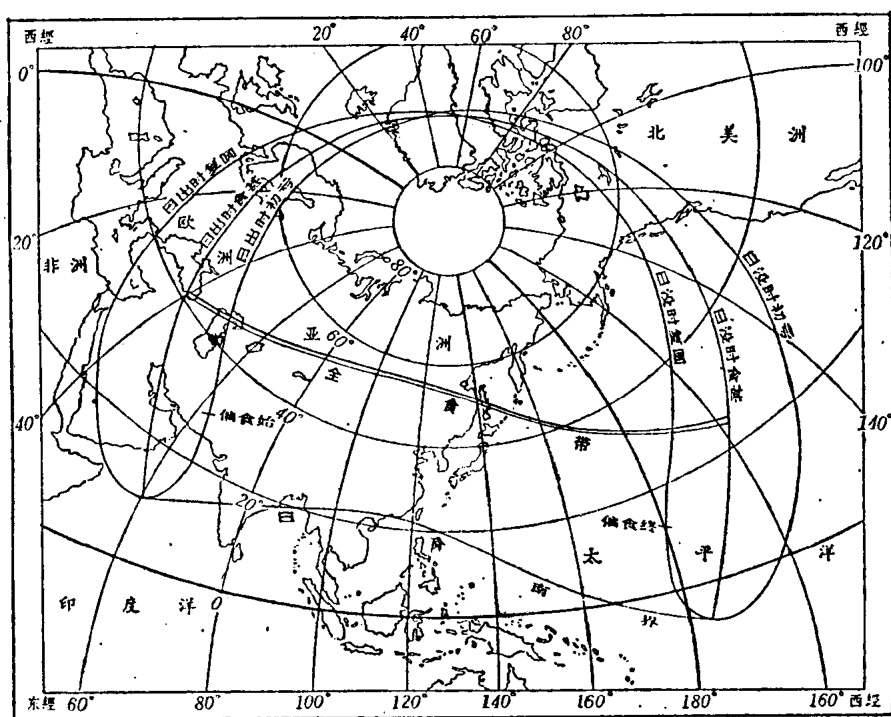
统一书号:13031·3523

本社书号:5159·13—15

定 价: 1.65 元

前 言

1981年7月31日的日全食带，始于欧洲黑海，横贯苏联西伯利亚，由萨哈林岛(库页岛)入海。中国广大地区为偏食区，黑龙江省漠河地区食分最大达96.9%。这次日食的食



日食路线图

甚时刻发生在北京时间11时27分，观测条件有利，是研究高纬地区日食对地球物理效应的一次难得机会。据此，中国科学院地学部委托地球物理研究所组织了这次观测工作。

1981年3月4日和5日，在北京召开了第一次日食观测筹备会议，成立了协调小组。3月27日中国科学院根据(81)科发0289号文“关于赴黑龙江省漠河进行日食观测函”，给黑龙江省人民政府和省军区，正式批准下达了这次观测任务。4月底组成选点小组，在省、地区科委协同下，前往漠河等地进行现场踏勘选点。5月中旬回京后对观测方案和计划进行了讨论和安排。6月中旬发出进点通知，并组成了“中国科学院黑龙江日食观测队”，在省政府和省军区的指导与协助下，组织野外观测工作。

这次日食观测，6月下旬先遣队人员进点，进行建点和安装仪器，7月中、下旬开始观测，8月中旬结束。各观测仪器比较集中的设在漠河和西林吉两处；并在长春、北京、泰山、泉州设立了地磁脉动台和哨声观测站，与漠河组成观测台网。原有的满洲里、长春、北京、兰州、乌鲁木齐等电离层站和地磁台，同时进行了观测。

我们对这次日食进行了光学照相、电离层、地磁、气象等方面的观测，取得了我国高纬

地区日食期间的一些地球物理资料和日食过程中的月掩照片,为分析日食效应和研究日地相关现象,提供了宝贵的依据。

进行观测的项目有:

1. 电离层临频观测
2. 电离层垂直探测
3. 地磁日变化观测
4. 地磁三分量脉动观测
5. 地磁两分量脉动观测
6. 地磁总强度脉动观测
7. 哨声观测
8. 臭氧观测
9. 大气臭氧的光谱观测
10. 太阳辐射测量
11. 地面气象要素测量
12. 白光照相观测
13. 日食和天空背景光的白光照相
14. 古代日食观测模拟

参加观测的单位有:

中国科学院地球物理研究所
中国科学院空间物理研究所
中国科学院武汉物理研究所
中国科学院兰州高原大气物理研究所
中国科学技术大学
电子工业部中国电波传播研究所
北京天文馆
天津天文馆筹备处
漠河气象站

在这次日食观测期间,大兴安岭地区及漠河等地有关单位和漠河气象站给予了大力帮助,气象站还提供了准确的天气预报,为此,向他们表示感谢。

黑龙江日食观测队

1985.7.

* * * *

《漠河日食观测文集》编辑组

刘长发 赵世英 管凤君
徐文耀 言静霞

FOREWORD

The path of the total solar eclipse of July 31, 1981, starting in the Black Sea of Europe, passed through the Siberia of USSR, and entered the sea from Sakhalin. Only the partial solar eclipse was seen in the extensive regions of China, and its maximum part was 96.9% in Mohe, Heilongjiang province. The middle of the solar eclipse occurred at 11 h 27 min in Beijing Time, so it was a favorable period for the observations. It was a rare chance for study of the geophysical effects of solar eclipse in the high-latitude region. For this reason, The Earth Science Division, Academia Sinica, entrusted the Institute of Geophysics with organizing this expedition.

On March 4—5, 1981 the first preparatory meeting was held in Beijing and a coordination group was established. According to the document, series No K. F. (81) 0289, Academia Sinica informed this expedition to the people's government and the military area command of Heilongjiang province on March 27, 1981. At the end of April the site-selecting team was composed and sent to Mohe, Xilinji and others with cooperation of the scientific committees of the prefecture and the province. The coordination group discussed the observation projects and arranged the program in the middle of May. In the middle of June "The Observation Team of the 1981 Solar Eclipse in Heilongjiang" was composed.

For this observation of solar eclipse, an advance team entered the observation sites and installed the instruments at the end of June. The observation was carried out from the middle of July to the middle of August. The most of the observation instruments was placed in Mohe and Xilinji. In Changchun, Beijing, Mount Taishan, Quanzhou geomagnetic micropulsation stations and the whistler stations were set up and they formed an observation network with the Mohe station. The observations were also carried out at the ionospheric stations and the geomagnetic stations in Manzhouli, Changchun, Beijing, Lanzhou and Urumqi.

The observations on optical photography, ionosphere, geomagnetism, and meteorology had been done during this solar eclipse. Some geophysical data and photography of occultation by the shadow of the moon in the high-latitudes of our country in the process of the solar eclipse had been obtained. It is very valuable for studying effects of solar eclipse and solar-terrestrial relationship.

SUBJECTS OF OBSERVATIONS:

1. Observation of the critical frequencies of the ionosphere.
2. Vertical sounding of the ionosphere.
3. Observation of the daily variation in geomagnetic field.
4. 3-D observation of geomagnetic pulsations.
5. 2-D observation of geomagnetic pulsations.
6. Observation of the pulsation of total geomagnetic field.
7. Whistler observation.
8. Observation of ozone.
9. Spectral measurement of atmospheric ozone.
10. Measurement of solar radiation.

11. Measurement of the meteorological elements on the earth surface.
12. White-light photographic observation.
13. White-light photography of the solar eclipse and the sky background.
14. Simulation of solar eclipse observation in ancient time.

PARTICIPATING UNITS OF ECLIPSE OBSERVATIONS

Academia Sinica

Institute of Geophysics

Institute of Space Physics

Wuhan Institute of Physics

Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics

University of Science and Technology of China

Chinese Institute of Radio Wave Propagation

Beijing Planetarium

Tianjin Planetarium Planning Office

Meteorological Station of Mohe

Observation Team of the 1981 Solar Eclipse in Heilongjiang

* * * *

EDITORIAL BOARD

Liu Changfa Zhao Shiyong Guan Fengjun Xu Wenyaoyao Yan Jingxia

目 录

前言.....	(iii)
1981年7月31日电离层日食效应观测	刘万堂 杨承保 黄信榆 谭子勳 (1)
1981年7月31日我国北方日食的电离层效应	李永生 (6)
漠河日食对地磁场的影响	刘长发 刘澄海 田玉刚 (13)
1981年7月31日漠河日食地磁脉动观测	张景秀 林 夏 张川平 (20)
漠河台日食期间的地磁脉动	李 金 黄鹤龄 杨 伟 路 宁 (26)
日食期间地磁微脉动的观测	陈斯文 王德驹 (29)
漠河日食期间哨声观测资料的初步分析.....	王友善 张作和 (34)
日食臭氧观测	张仲谋 顾永丰 蔡金荣 卢毓明 彭玉如 宋 芝 (41)
大气臭氧 9.6 μm 带的光谱测量	管凤君 向绍君 马延华 陈 济 王英鉴 (48)
日食过程中的辐射状况	季国良 陈有虞 (54)
日食和天空背景光的白光照相	虞志球 (63)
日食的白光照相观测	马星垣 赵世英 贾贵山 贾 兴 (67)
漠河日食对气象要素的影响.....	杜凤仁 (70)

CONTENTS

Foreword	(v)
Subjects of Observations	(v)
Participating Units of Eclipse Observations	(vi)
Ionospheric Effects of the Eclipse of July 31, 1981	
..... Liu wantang Yang Chengbao Huang Xinyu Tan Zixun	(5)
Effects of the Eclipse of July 31, 1981 on the Ionosphere in Northeast China	
.....Li Yongsheng	(12)
Effects of the Solar Eclipse on Geomagnetic Field at Mohe	
..... Liu Changfa Liu Denghai Tian Yugang	(19)
Observation of Geomagnetic Micropulsations at Mohe During the Solar Eclipse of July 31, 1981	Zhang Jingxiu Lin Xia Zhang Chuanping (25)
The Geomagnetic Micropulsations During the Solar Eclipse at Mohe	
..... Li Jin Huang Heling Yang Wei Lu Ning	(28)
Observation of Magnetic Pulsations During the Solar Eclipse of July 31, 1981	
.....Chen Siwen Wang Deju	(33)
A Preliminary Analysis on Whistlers Observed at Mohe During the Solar Eclipse of July 31, 1981.....	Wang Youshan Zhang Zuohe (40)
Measurement of the Ozone Content During the Solar Eclipse of July 31, 1981.....	
...Zhang Zhongmou Gu Yongfeng Cai Jinrong Lu Yuming Peng Yuru Song Zhi	(47)
Spectral Measurements at 9.6 μm Band for Atmospheric Ozone	
.....Guan Fengjun Xiang Shaojun Ma Yanhua Chen Ji Wang Yingjian	(53)
Solar Radiation During the Solar Eclipse of July 31, 1981	
..... Ji Guoliang Chen Youyu	(62)
White-Light Photographic Observations of the Solar Eclipse and Sky Background Brightness.....	Yu Zhiqiu (66)
White-Light Photographic Observations of the Solar Eclipse	
..... Ma Xingyuan Zhao Shiyang Jia Guishan Jia Xing	(69)
Effects of the Solar Eclipse at Mohe on the Meteorological Elements...	Du Fengren (72)

1981年7月31日电离层日食效应观测

刘万堂 杨承保 黄信榆 谭子勋

(中国科学院武汉物理研究所)

摘 要

本文主要考察了电离层 E、F₁ 和 F₂ 三个区域临界频率的日食效应。结果表明：各层光食效应均较明显，且各具特色；作者考虑到这次日食的时间特点、日冕的辐射作用以及 TID 的影响等因素，对此作了相应的解释。

日食为探讨电离层结构、动力学与光化学过程在电离层不同高度的相对作用提供了“天赐”良机；电离层日食效应观测是研究太阳辐射对电离层形成与变化的控制作用的有效手段。1981年7月31日日食，由于其发生在邻近太阳峰年和邻近地方时中午这一时间特点，对电离层的效应将更为明显。

这次日食，我们携带仪器在黑龙江省漠河进行了为期半个多月的观测。漠河位于我国东北最边缘，是国内见食条件最好的地方。地面食分虽只 0.966，但在 200km 以上高空，仍为全食(表 1)。日食当天与前后两天，地磁活动不强，更为研究电离层日食效应提供了有利条件。

表 1 台站数据与见食条件

台站数据		见食条件				
		高度(km)	食分	初亏	食甚	复圆
经 度	122°21'E	0	0.97	10 ^h 08 ^{min} 51 ^s	11 ^h 27 ^{min} 50 ^s	12 ^h 48 ^{min} 05 ^s
纬 度	53°29'N	100	0.98	10 07 21	11 27 23	12 48 07
磁倾纬度	48°18'N	200	1.00	10 06 28	11 26 56	12 48 08
不变纬度 L	2.3	400	1.03	10 05 35	11 25 22 (食既) 11 26 28 11 27 34 (生光)	12 48 09

一、仪器性能和观测程序

观测所用仪器为 IPS-42 型便携式自动测高仪。仪器峰值功率 5kW，探测频率范围 1—22.6MHz，接收机采用三次混频和移相寄存技术，抗干扰性能较强。每次观测时间只需 12 秒并自动拍摄具有电离层全景的电离图一张(图 1)。发射与接收均采用双三角形天线。在参考日，一般每 5 分钟观测一次。日食当天，初亏前一个半小时到复圆后一个半小时的期间内，每分钟一次(在此相应期间，参考日则每 5 分钟一次)；食甚前后半个



图 1 日甚邻近时刻电离层全景图

小时内,每分钟三次;其他时间,每 5 分钟一次。

整个观测过程中,仪器工作正常,天线性能稳定;观测资料良好,描述清晰,完整可靠。

二、日食期间电离层各层临界频率变化的主要特征

漠河地处高中纬,地磁活动较强,在进行对比分析时以选取前后各一天作为参考日为好。日食期间电离层各层变化的主要情况,概述于表 2。

表 2 日食时电离层各层变化的主要情况

层 次	光食时刻与各层相应变化时刻的比较			临界频率最大下降百分率	变化特点 (临界频率)
	初亏	食甚	复圆		
E 层	提前约 12min	由于 E _s 遮盖最低点不能定	提前约 22min	42%	食甚前下降缓慢,食甚后上升较快
F ₁ 层	提前约 6min	几乎同时	迟后约 6min	50%	上升下降趋势与太阳辐射强度变化几乎同步
F ₂ 层	几乎同时	下降低点拉得较宽	迟后约 50min	26%	从食甚到复圆几乎保持不变

不断出现弱 TID 现象

日食日及参考日各层临界频率与日食日太阳辐射强度(太阳天顶角余弦乘日面未遮面积与总面积之比)的对照变化曲线分别如图 2、3、4 所示。由图可见,这次日食各层临界频率的变化,特征显著,光食效应明显。

1. E 层临界频率的变化,相对于太阳辐射强度来说,食甚前的下降缓慢,变化趋势也不甚一致,食甚后的上升则较快。

2. F₁ 层临界频率的变化,无论从与日食时辐射强度变化曲线的对照,还是与参考日的变化对照,均十分规律;其上升与下降的趋势与辐射强度变化几乎同步,光食控制作用很明显。其与日面掩食过程的差异主要在于:临界频率的下降比初亏提前了约 5—6min,也比复圆推迟了约 6—7min 才恢复正常,最大下降出现在食甚前 1min 左右。这些情况与过去所得^[1]有类似之处。

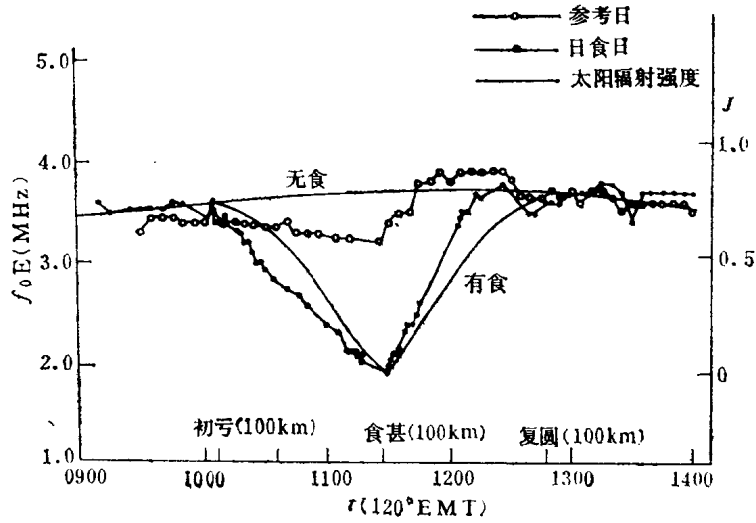


图2 日食期间E层临界频率 f_0E 的变化

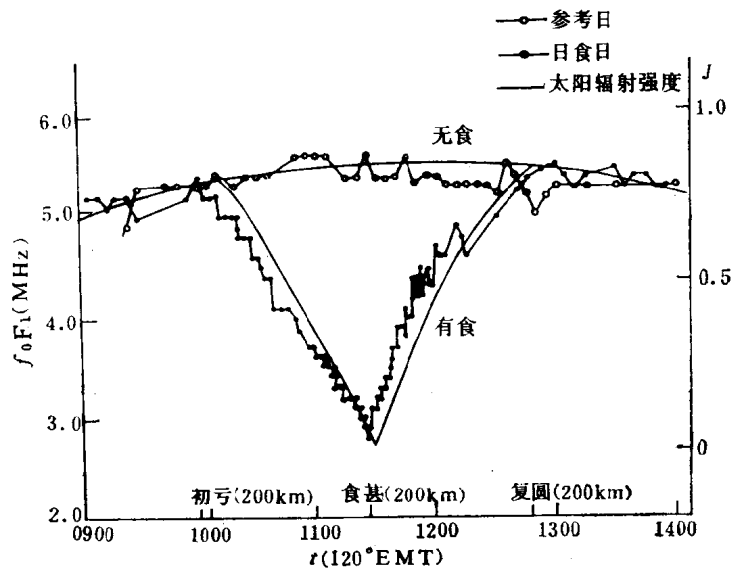


图3 日食期间F₁层临界频率 f_0F_1 的变化

3. 对于 F_2 层, 尽管其变化不很规律, 但光食效应仍很明显。食甚前, 与辐射强度变化趋势一致, 临界频率明显地下降。这一点与 1980 年 2 月 16 日日食时从低纬度的观测所得迥然不同。该次日食时, F_2 层临界频率不仅没有下降, 反而略有增加^[2]。当然, 这次日食, F_2 层的恢复也甚缓慢, 几乎比复圆时刻推迟近一个小时; 而且在食甚到复圆期间, f_0F_2 几乎保持不变。由于 F_2 层峰值电子密度 (正比于 f_0F_2 平方) 的形态不仅受太阳辐射的控制, 同时也受到动力学过程的严重影响, 一般地光食效应不太明显; 但是, 在这次日食中, 具有如此明显的光食效应, 实较罕见^[2]。

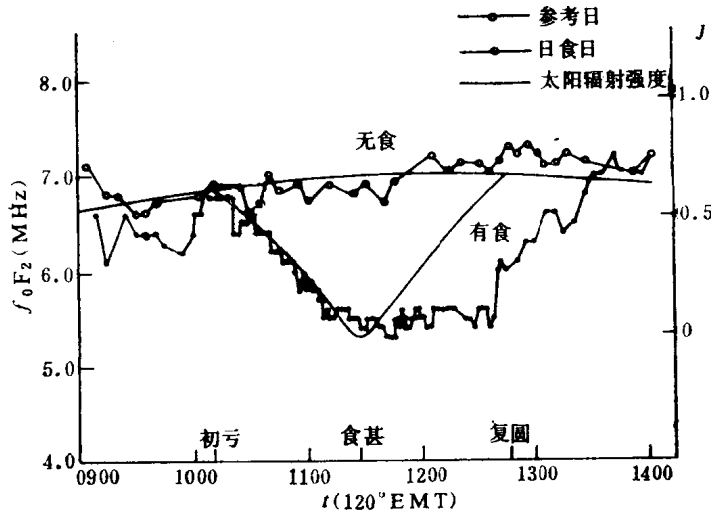


图4 日食期间 F_2 层临界频率 f_oF_2 的变化

三、结果与讨论

即使是从日食期间最简单的各层临界频率的变化的分析中,也可看出,此次日食的电离层效应具有下列一些显著特点:

1. 各层的光食效应均甚明显, E 层和 F_1 层尤其如此。

2. 对于 F_1 层, 日食效应早于初亏开始, 迟于复圆结束。从对该层临界频率的精确度量可以看出(表 3), f_oF_1 下降的最低点早于 200km 处的食甚时刻。

表 3 200km 处食甚邻近 f_oF_1 的变化

时间	11 ^h 23 ^{min}	11 ^h 24 ^{min}	11 ^h 25 ^{min}	11 ^h 26 ^{min}	11 ^h 26 ^{min} 20 ^s	11 ^h 27 ^{min}	备注: 每分钟 3 次的观测值 中, 相同者均 未列入
$f_oF_1(\text{MHz})$	3.00	2.90	2.80	2.90	2.95	3.00	

3. 对于公认为遵守 Chapman 定律的规则 E 层, 其临界频率的变化, 在食甚前反不如 F_1 层规律。

这些特色的出现并不是偶然的。首先, 此次日食的时间特点是: 邻近太阳活动峰年, 于接近该地天顶角最小的夏季中午达到食甚, 又具有较大食分 (200km 以上为全食); 因而太阳辐射的控制作用必然十分显著。

其次, 一方面日冕辐射对于电离层中电离的形成具有一定的作用^[3]。由于日冕位于太阳可见圆盘之外, 对电离层效应而言, 初亏就会提前, 复圆就会推迟; 如果日面两侧日冕不对称, 食甚时刻也不刚好是辐射最弱的时刻, 临界频率的最大下降就会与食甚时刻不吻合。另一方面, 各层的电离源具有不同的波长。提前与推迟效应主要出现于 F_1 层, 表明日冕辐射的波长主要对应于 F_1 层的电离波长。

第三, E 区域在食甚前变化反常, 可能主要是由于日食期间连续不断地发生从 F_1 层到 E 区域的小型 TID 扰动的结果。由于 TID 扰动的影响, E 区域及 F_1 层底部电子密度的重新分布, 使光食效应模糊。一般的 TID 在频高图上的表现, 是从 F_2 层开始扰

动,然后逐渐下移到下面各层;而这种小型 TID 则是从较低的 F_1 层开始,正如过去我们所提到过的^[3],这不能不认为是日食所致。

最后, F_2 层在食甚后临界频率保持不变、复圆后恢复缓慢,也可从日食的时间特点得到解释。食甚后逐步恢复的过程,恰好对应于逐步接近地方中午的过程,这时 F_2 区域电子温度大幅度增加,几乎达千度以上的数量级^[4],必然引起该区域电离气体的膨胀,从而相对地削弱峰值浓度的增长,导致恢复的推迟。

黄天锡同志对本文提出过有益的意见,金丽娟同志细心地描绘了全部插图,并校对了全部度量数据,特此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] Ratcliffe, J. A., A Survey of solar eclipses and the ionosphere, *Solar Eclipse and the Ionosphere*, Pergamon Press, London, 1956.
- [2] 谭子勋、黄信榆, 1980年2月16日日食时瑞丽上空 F_2 层的变化, *地球物理学报*, **24**, 257—262, 1981.
- [3] 谭子勋、黄信榆, 日食对电离层的影响, 1980年2月16日中国云南日全食观测文集, 科学出版社, 103—109, 1983.
- [4] Evans, J. V., An F region eclipse, *J. Geophys. Res.*, **70**, 131—141, 1965.

IONOSPHERIC EFFECTS OF THE ECLIPSE OF JULY 31, 1981

Liu Wantang Yang Chengbao Huang Xinyu Tan Zixun

(Wuhan Institute of Physics, Academia Sinica)

Abstract

The solar eclipse effects on the critical frequencies of the ionospheric E, F_1 and F_2 regions are examined. It is shown that eclipse effects on the ray radiation are obvious and have their respective features for three regions. Taking account of the hour of this eclipse, the solar corona radiation, and the travelling ionospheric disturbance, the authors make an relevant interpretation for them.

1981年7月31日我国北方日食的电离层效应

李永生

(中国电波传播研究所)

摘 要

1981年7月31日我国东北观察到了一次日偏食,本文利用在此期间满洲里、长春、北京等电离层垂测站观测的资料,进行了电离层效应的分析。计算了日食日及控制日的电子浓度剖面,给出了它们在日食期间的变化并分析了电离层对于日食的敏感性及日食发展过程中电离层特性的变化。

1981年7月26日至8月5日,我们使用我所研制的自动测高仪在满洲里、长春和北京进行了观测。观测程序为:日食日的食甚前后1小时为每1min观测一次,9h至14h为每5min观测一次,其余时间为15min观测一次。控制日则为9h至14h为每5min观测一次,其余时间为每15min一次。

分析资料时曾查阅了日食控制日前后的地磁活动情况,得知在日食日前后两天没有出现明显的异常变化,因而仅选此两天为控制日。这样就使得这次分析工作得以简化。

根据控制日的情况,发现日食期间这三个地方临界频率、虚高、电子浓度和最大电子浓度所在高度呈现明显的、程度不同的日食效应。下面对这些效应进行分析。

一、各层临界频率的变化

1. E层临界频率的变化

如图1所示,各站临频日食效应都很明显,并且变化趋势也基本一致,均在初亏后15min左右偏离控制日曲线逐渐下降。满洲里下降的最大值与食甚时间一致,下降幅度为0.9MHz,下降过程持续了80min,恢复过程持续了25min。长春的最大下降幅度约为1MHz,下降和恢复各有1小时左右。北京最大下降幅度仅为0.5MHz,食甚后约3min临频降至谷底,下降和恢复时间各为70min左右。

满洲里、长春两站E层回波记录描述不完整,初亏后30至50min后,此两站的描述先后消失,图1中这两站消失了的E层临频描述是由E_s层的起始频率代替的(E_s层起始频率和E层临频一般首尾相联,定性分析可以代替);而北京E层描述却是完整的。

E层临界频率在这三个站的不同变化是否可以由下面两个原因来解释:

(1) 纬度效应 某地E层临频之大小与该地纬度的高低有一反变关系。北京纬度低于其他两站,故北京E层临频就高于满洲里、长春两站的临频值。

(2) 食分的影响 E层临频的大小直接与太阳 $L_{\gamma-\beta}$ 射线和软紫外线辐射量有

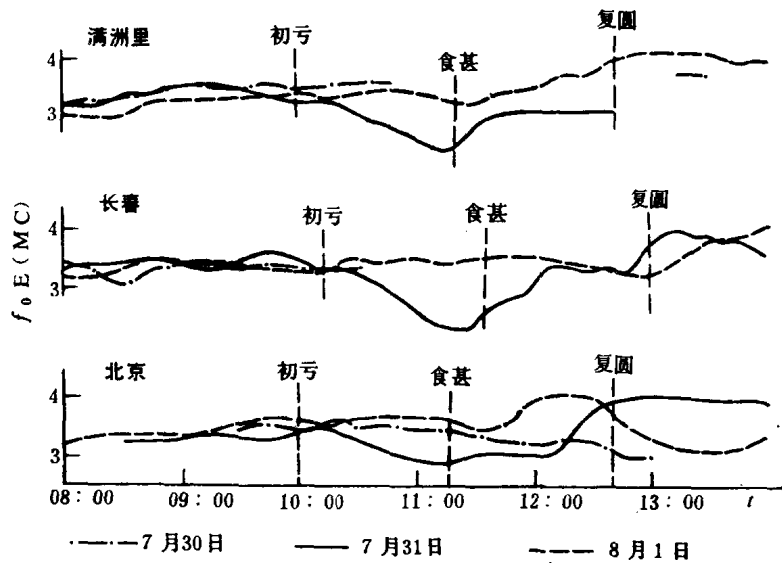


图1 日食期间E层临界频率的变化

关,而到达地球的这两种射线的多少又和日食时日面未被遮住部分的面积成正比(这里近似认为日面各部分的辐射量是均匀分布的)。也就是说,食的大小直接地影响到E层临频的高低。满洲里、长春两地的食甚时最大食分远大于北京相应的食分(满洲里的最大食分为85%,长春为71%,北京为56%),因此,满洲里、长春两地的E层日食效应也就远较北京明显。

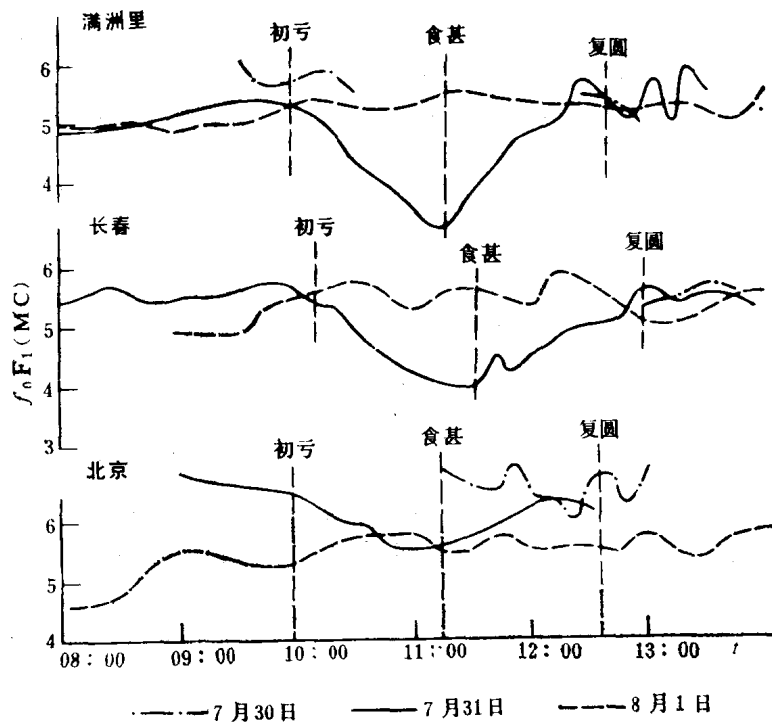


图2 日食期间F1层临界频率的变化

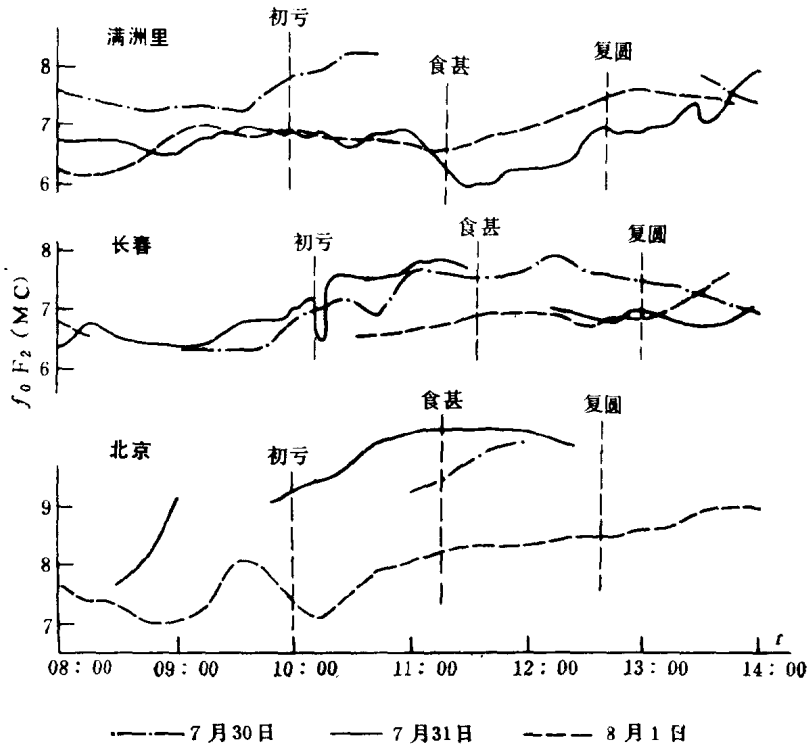


图3 日食期间 F_2 层临界频率的变化

2. F_1 层临界频率的变化

F_1 层临频的变化趋势类似于 E 层临频的变化。由图 2 可以看出, 自初亏开始, 各站的 F_1 层临频都开始下降, 下降规律同 E 层。满洲里下降幅度最大, 为 2.0MHz; 长春次之, 为 1.5MHz; 北京最小, 为 0.5MHz。满洲里、长春都在食甚前 6、7 min 降至谷底, 而北京则在食甚前 15 min 降至谷底。

F_1 层形成机制基本上和 E 层相同, 因此初亏后该层内电子浓度也和 E 层一样立即下降, 从而使得临频降低。

3. F_2 层临界频率的变化

F_2 层临频的变化远比 F_1 层、E 层的复杂。日食时满洲里、长春的 F_2 层临频变化比较一致。

满洲里 F_2 层临频在食甚前 20 min 开始下降, 食甚后 10 min 左右降至谷底, 复圆时恢复原状。下降的最大幅度为 1MHz 左右, 持续时间约为 100min。

长春 F_2 层临频初亏后先上升, 食甚前 20min 左右开始下降, 其过程非常缓慢, 共用了 90min, 下降的最大幅度也为 1MHz。

北京 F_2 层临频变化则和以上两地迥然不同。初亏前 5min 左右开始上升, 其幅度约为 1MHz, 上升时间约 40 min。此后几乎在整个日食过程中它都维持在这个水平上。北京 F_2 层临频在偏食日的这种变化和 7 月 30 日、8 月 1 日的变化未见本质上的差异。此外, 还与输运过程及其他因素有关。这些因素不仅使 F_2 层各项参数发生变化, 也使其他