第7卷 第2期 空间科学学报 Vol. 7, No. 2
1987 年 4 月 CHINESE JOURNAL OF SPACE SCIENCE Apr., 1987

广州地区上空电离层 F_2 层异常

黄 庆 铭
(中国电波传播研究所)

摘 要

广州电离层观测站位于磁赤道附近(地磁经纬度: 183.0°E, 11.5°N). 根据对 18 个站电离层资料的分析,广州站位于 f_0F_2 极大值双驼峰现象北侧的位置; 在太阳活动高年期间, f_0F_2 极大值在夜间仍然保持存在;另外,电离层骚扰发生的次数多于国内各电离层观测站发生的次数. 这些特性都是 F_2 层赤道异常现象.

一、 F_2 层 峰

电离层 F_2 层最大电子密度的赤道异常——双驼峰现象,早已有许多科学工作者进行过论述. 本文利用分布在亚太地区 18 个电离层观测站的资料,如表 1, 取太阳活动峰年

表 1 电离层站位置

站 名	地理纬度	地理经度	地磁纬度	地磁经度
Irkutsk	52.5°N	104°E	41.4°N	175.0°E
Manzhouli	49.6°N	117.4°E	39.0°N	184.5°E
Changchun	43.9°N	125.4°E	32.2°N	192.5°E
Beijing	39.9°N	116.1°E	28.2°N	185.7°E
Lanzhou	36.0°N	103.9°E	25.2°N	174.9°E
Chongqing	29.4°N	106.5°E	17.4°N	176.5°E
Guangzhou	23.1°N	113.2°E	11.5°N	183.0 E
Haikou	20.0°N	110.3°E	8.5°N	180.1°E
Manila	14.6°N	121.1°E	6.0°N	182.0°E
Tiruchirapalli	10.8°N	78.7°E	1.0°N	148.7°E
Thlimba	8.6°N	76.9°E	1.0°N	145.0°E
Singapore	1.3°N	103.8°E	9.6°S	173.0°E
Port Moresby	9.4°S	147.1°E	18.6°S	217.9°E
Cocos Is.	12.2°S	96.8°E	22.0°S	165.0 E
Townsville	19.3°S	146.7°E	29.0°S	217.0°E
Brisbane	27.5°S	152.9°E	37.0°S	226.0°E
Canberra	35.5°S	149.0°E	44.0°S	225.0°E
Hobart	42.8°S	147.5°E	52.0°S	223.0°E

本文于 1986 年 7 月 15 日收到.

1969 年 3 月份 f_0F_2 月中值的 1200LT 的数据进行了分析，如图 1 所示，F_2 层最大电子密度的正午值是地磁纬度的函数，但是它的纬度分布的峰值，并不像本可预期到的那样发生在光化电离率最大的日下点，而是发生在地磁赤道南北磁纬两侧的地方．根据所获得的电离层站资料分析的结果，其双驼峰的位置，一个是在北磁纬 11.5°N（即广州站），另一个在南磁纬大约 18.6°S（即 Port Moresby Papua New Guinea），而后者这个峰值不一定准确地处在这个站的位置，因为缺乏南磁纬 10—17° 之间电离层站的资料．但是前者北纬这个峰值的位置认为是比较可信的，因为在分析中曾与该纬度站较接近的香港电离层站（地磁纬度 10.8°N，昆明临时电离层站（地磁纬度 13.6° N）和瑞丽临时电离层站（地磁纬度 12.5°N）f_0F_2 的资料（根据所获得香港 1970 年 4 月，昆明 1976 年 10 月和瑞丽 1980 年 2 月日全食观测期间 f_0F_2 5 天中值的数据）与广州站相应的 f_0F_2 月中值和 5 天中值进行比较，如表 2 示出，广州站的 f_0F_2 值大于其它站的 f_0F_2 值．虽然峰值的位置还会移动，不能准确地决定，但是，大概是在这纬度上空的附近．

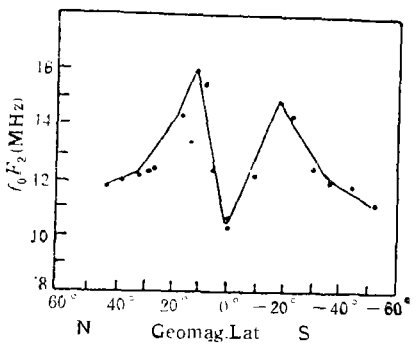


图 1　f_0F_2 双驼峰分布

Fig. 1　The double-crest distribution of f_0F_2

表 2　广州站和香港、昆明、瑞丽站的 f_0F_2 比较表

站名＼时间	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Guangzhou	15.4	15.5	13.1	9.4	6.7	6.3	6.5	8.9	10.9	11.7	12.6	14.2
Hong Kong	15.7	15.5	14.2	9.0	6.5	5.8	6.3	8.8	10.9	11.5	12.5	13.8
Guangzhou	4.6	4.2	3.9	4.2	2.7	2.2	2.6	5.7	7.0	7.6	9.3	10.7
Kungming	3.7	3.6	3.3	3.3	2.7	1.6	3.1	6.3	6.9	7.5	9.0	10.0
Guangzhou	14.0	12.7	12.1	12.3	10.2	6.5	4.2	6.3	10.7	12.0	12.9	13.5
Ruili	F	13.0	12.0	F	F	6.5	3.6	3.5	6.0	9.5	12.0	12.8

站名＼时间	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Guangzhou	16.3	17.0	16.9	17.2	17.2	17.2	17.0	16.4	16.1	16.0	16.5	15.9
Hong Kong	15.0	15.0	16.5	16.5	16.5	16.7	16.5	15.8	16.0	16.0	15.6	16.0
Guangzhou	12.2	13.5	14.5	14.4	13.9	12.8	10.4	8.0	6.6	6.2	5.6	4.8
Kungming	10.6	12.8	13.4	13.0	11.8	9.4	7.8	6.0	5.0	4.7	3.7	3.7
Guangzhou	14.4	15.2	15.7	15.6	15.5	15.6	15.0	15.0	14.2	14.7	14.5	14.2
Ruili	14.0	14.2	15.2	15.5	16.2	16.2	14.5	15.1	14.2	S	S	F

对于 F_2 层参数赤道异常形成的机理，人们认为是“喷泉效应”．即在赤道附近的 E 层，110 公里附近存在着源于大气发电机产生的电场沿着磁力线传送到 F 层的“电动机”区[4]．白天它们使那里的等离子体向上运动，抬升了的等离子体沿着磁力线向下扩散，这样它就不会回到原处，而是到达其南北两个地方，因此在地磁赤道上空电子密度减少了，

而在它两侧两个区域却增强了.

二、f_0F_2 赤道异常周日变化

广州站位于双驼峰现象北侧的峰点附近,其周日变化比较复杂. 这里对该站 f_0F_2 月中值的数据,按太阳活动高年期间 (1979, 1980, 1981 年) 和太阳活动最小年(1976 年)用代表季节的月份(1、4、7、10 月)作出周日变化曲线图, 如图 2 所示,图 2a 是代表春季月的 f_0F_2 周日变化曲线,在太阳黑子活动高年期间,日出之后 f_0F_2 较缓慢地增高,1300LT 达最大值, 延续到中夜 0200LT 其最大值几乎保持不变. 图 2b 是代表夏季月的 f_0F_2 周

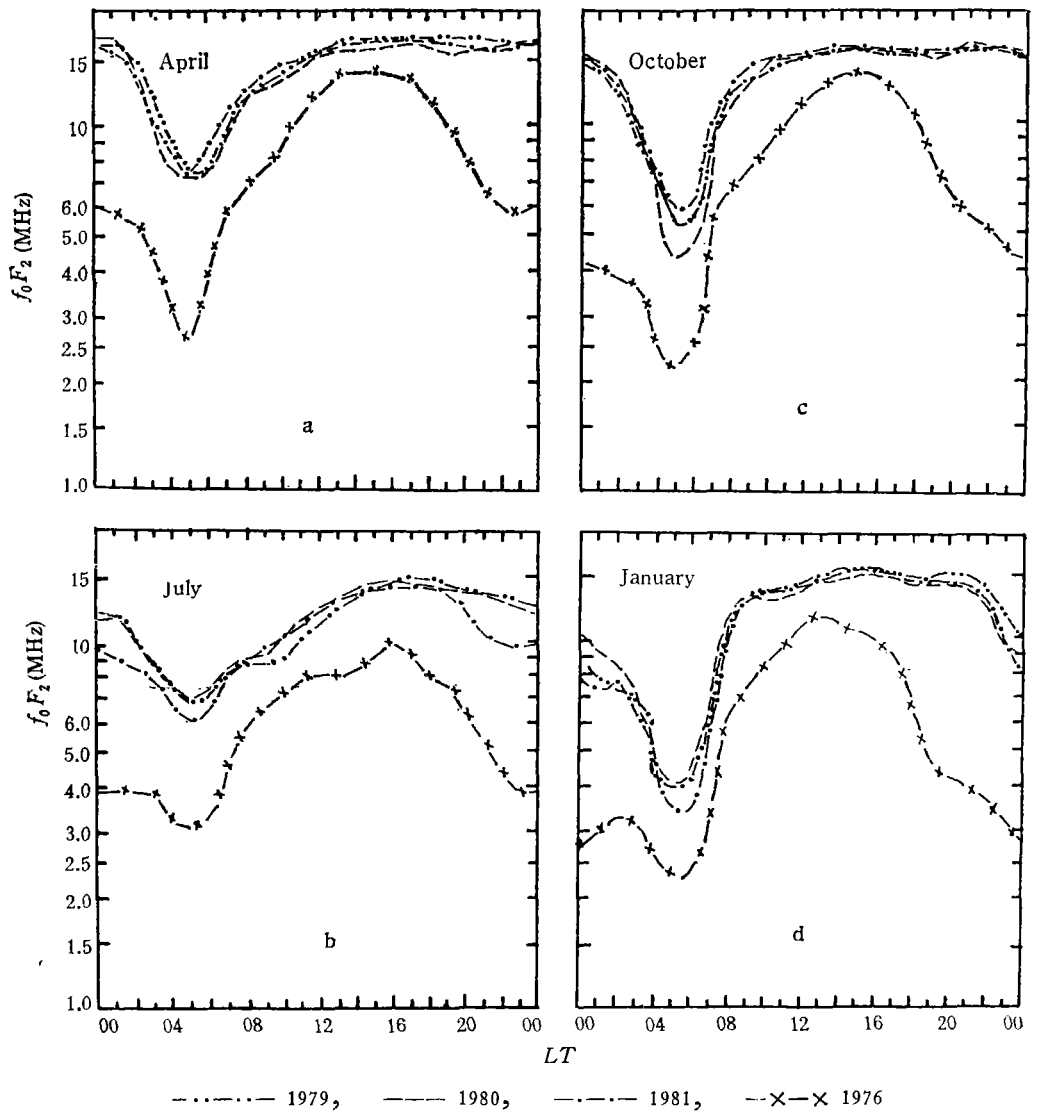


图 2 不同太阳活动年 f_0F_2 日变化的季节特性

Fig. 2 The seasonal behavior of diurnal variation of f_0F_2 in different solar activity years

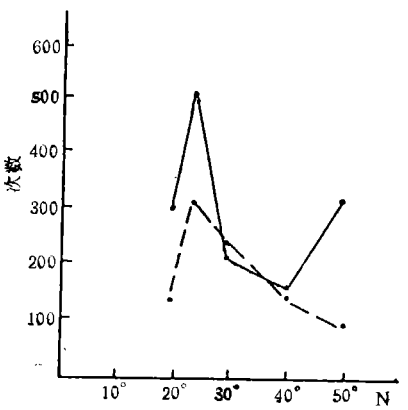
日变化曲线，在太阳活动高年期间，日出后 f_0F_2 均很缓慢地上升，1600LT 达最大值，约保持 3 个小时之后则开始缓慢下降．图 2c 代表秋季月的 f_0F_2 周日变化曲线，在太阳活动高年期间，日出后 f_0F_2 迅速增高，1400LT 达极大值，其极大值直至中夜 0000 LT 仍保持存在．图 2d 代表冬季月的周日变化曲线，在高年期间日出后 f_0F_2 急剧上升，很快地接近极大值，其极大值保持到 2200LT 之后才开始下降．但是在太阳活动最小的年份，各个季节在夜间都不存在 f_0F_2 极大值．

在太阳活动高年期间，分季月 f_0F_2 大约在 1300LT 达到极大值之后一直保持到中夜前后仍然存在，而冬季 f_0F_2 极大值也保持到 2100LT．由此看出，夜间 F_2 层极大值继续存在，在太阳活动高年的分季月最明显，冬夏季月次之，但是在太阳活动最小年份各季节的夜间均没有此现象．F_2 层临界频率极大值为什么在日落之后的夜间仍然存在，甚至其峰值有时比白天还高．而人们的解释，认为地磁场结构的变化[1]，$\boldsymbol{E} \times \boldsymbol{B}$ 漂移[2]，中性风的作用，以及来自磁层的等离子流等所至．

关于中性风在 F 区作用的推测至少已有六十年了．Johnson 指出[3]，在 200 公里上下全球的大气压力差不多是恒定的；但在此以上则不然．事实上根据对人造卫星运动探测的分析，的确推算出存在着大气密度的大幅度昼夜变化．这种观测表明，存在着很大的水平压力梯度，成为风的巨大动力．Geisler 以及 hohl 和 King 采用 Jacchia 的温度分布模式，对风系进行了详细计算，其中包括以 100m/s 的速率从地球的受热一侧沿着赤道和跨越两极而吹向较凉的夜侧的风系，而使电离气体沿斜的磁力线向上运动带到电子消失率较小的地方．这种方式提供了夜间吹向赤道的风用以解释 F_2 层在夜间的继续存在．

三、电离层骚扰现象

电离层骚扰主要是由于太阳局部地区发生扰动时抛出大量的带电粒子流或等离子体“云”，这些粒子流穿入磁层边界，与高层大气发生相互作用，正常的 F_2 层状态遭到破坏，



—— Negative, ---- positive

图 3　1965—1982 年负相和正相型电离层骚扰次数与纬度分布图

Fig. 3　The latitudinal distribution of the occurrence frequency for the positive and negative ionospheric disturbances in 1965—1982

于是产生了电离层骚扰. 电离层骚扰分为三种类型: 一种称之为负相型骚扰 (f_0F_2 下降),另一种称之正相型骚扰 (f_0F_2 增加)和双相型骚扰 (f_0F_2 有增加又有下降). 一般认为赤道附近地区主要是正相型骚扰. 根据 1965—1982 年满州里,北京,重庆,广州和海口等五个电离层站的资料,从电离层特性月报表中算出每小时 f_0F_2 偏离正常值的偏移 Δf_0F_2 值,当算得 $\Delta f_0F_2 \geqslant \pm 15\%$ 连续达 6 小时以上的则定为某次电离层骚扰. 将获得的发生次数,按纬度分布示以图 3 .由图中看出,广州上空发生的负相型骚扰 509 次,正相型骚扰 315 次,这两种类型的骚扰都比其它站发生的次数多. 一般说负相型电离层骚扰应当发生在纬度高的站,如满州里站应出现次数较多,正相型骚扰该在更靠近赤道纬度的海口站出现较多,但是事实上并不是这样, 正、负相型骚扰均在广州站发生的次数最多. 这两种类型的骚扰大部分都是在晚上发生的,在国内各电离层站没有发生骚扰时,广州站常出现骚扰;在太阳上没有出现扰动现象时, 它有时也发生骚扰. 广州上空 F_2 层这种发生扰动的异常现象,可能是与该站位于双驼峰北侧峰点的特性和某些动力学过程有关的.

参 考 文 献

[1] Anderson, D. N., *Planet. Space Sci.*, Vol. **21**, p. 421, 1973.
[2] Walker, G. O. and A. E. Strickland, *J. Atm. Terr. Phys.*, Vol. **43**, p. 589, 1981.
[3] Ratcliffe, J. A., *J. Atm. Terr. Phys.*, Vol. **36**, p. 2313, 1974.
[4] Ratcliffe, J. A., An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge University Press, 1972.

Anomalies of the Ionospheric F_2-layer above Guangzhou Region

Huang Qing-ming
(China Research Institute of Radiowave Propagation)

Abstract

Guangzhou Ionospheric Observatory is located near the geomagnetic equator (geomagnetic coordinate 183.0°E, 11.5°N). According to the analysis of the data from 18 ionospheric stations, Guangzhou Observatory is at the north crest of the double-crest where f_0F_2 reaches its maximum value. During high solar activity years, the maximum value of f_0F_2 in the diurnal variation occurs even at night-time, in addition, the occuring frequency of the ionospheric disturbances is higher than that of other observatories in China. These characteristics are all considered as the anomalies of the equatorial F_2-layer.