

台风与电离层 f_0F_2 相关性的探讨

沈 长 寿
(北 京 大 学)

摘 要

本文分析了1969、1970、1972、1973四年中, 21次台风影响海南岛时, 该地区电离层 F_2 层临频 f_0F_2 的日变化曲线; 找到了台风与电离层 f_0F_2 变化之间的有规律的相关现象。文中设想了这种相关的定性机制, 即台风引起的对流层内的强烈垂直气流可以改变平流层、中间层内的局地环流系统, 影响湍流层顶的高度及气体成分比, 从而使电离层的电子浓度发生变化。我们认为, 通过台风对高层大气的影响, 研究上、下层大气耦合是比较现实的手段。

一、引 言

不少文献提出, 对流层内的天气系统可以对高层大气发生重要影响。如 Bauer^[1,2] 曾报告过台风、寒潮(冷锋)过境时的电离层响应。冬末, 平流层突然增暖现象与中间层的大气结构、以及电离层 D 层的冬季反常吸收有密切相关的实例报道则更多^[3-5]。这些响应或相关是否只是偶然巧合? 低、中层大气与高层大气间耦合的具体机制又是什么? 这正是有待于深入研究、解决的问题。

Bauer 的讨论中, 所举出的实例次数较少, 如台风仅只四次, 这样不能引出确信的结论。他提出了三层辐散、辐合的耦合模式^[2], 要求对流层内的气流系统直接发展到电离层高度, 而且恰好满足他的假设要求, 则是比较牵强的。

关于重力波向上传播产生电离层行扰 (TID) 的理论, 虽然已被广泛承认, 但这不能用来说明长时间尺度(小时以上)的电离层反应。

除了重力波传播能量的动力耦合机制外, 最近又提出有电力耦合、辐射耦合、化学耦合等机制^[6], 可见上、下层大气间的相互作用是复杂的、多方面的。但目前多数理论工作只停留在一般性的探讨, 很少用这些机制解释具体现象, 而没有大量的实际观测与相应的理论研究相结合, 很难把上、下层大气耦合的研究推向深入。

我们尝试用 1969, 1970, 1972, 1973 四年中的台风资料, 与同期的电离层资料进行对比, 确认台风中心的强烈气流可以影响到电离层 F_2 层的电子浓度分布。我国东南沿海是受台风影响频繁的地区, 电离层对台风有明显响应的现象, 可以作为我们探讨上、下层大气耦合的一个重要方面。

本文的目的就是通过大量观测的分析, 说明低层大气的激烈垂直气流对电离层高度

上的电子结构有明显的作用. 并在此基础上,提出了一个可能的作用机制,即台风中心的下降气流可以改变中层大气的局地环流,从而影响湍流层顶的高度和成分比,最后,使 F_2 层最大电子浓度值发生变化.

二、实例

首先,我们分析了上述四年中路经海南岛(包括从岛上穿过和擦过)的台风(共19次),其中,有可靠电离层资料的有13次. 为了避免地磁扰动的干扰,先不计 $A_p > 20$ 的样本,这样净剩9个样本. 对它们逐个地画出受台风影响期间 F_2 层临界频率对其滑动月均值偏离 $\Delta f_o F_2$ 的变化情况.

关于台风观测,我们采用中央气象局出版的台风年鉴和地面天气图资料;对于电离

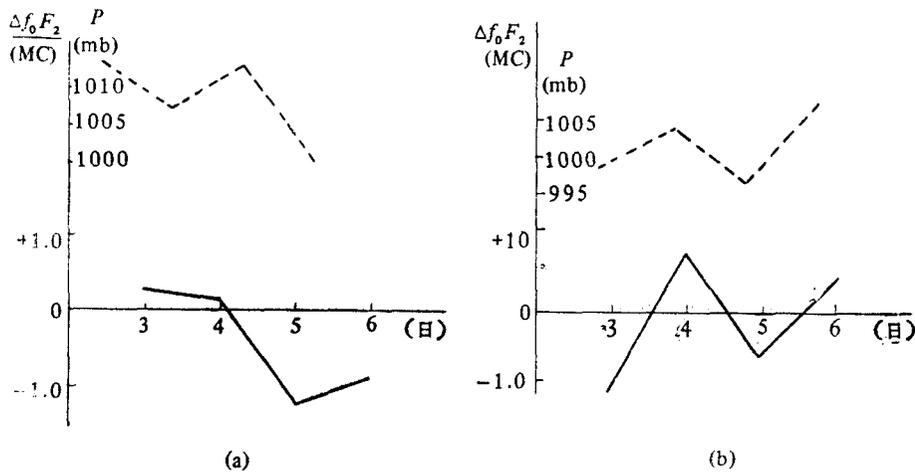


图1 1970年9月3日—6日台风过境前后,海南岛的地面气压(-----)与临频偏离(——)的变化

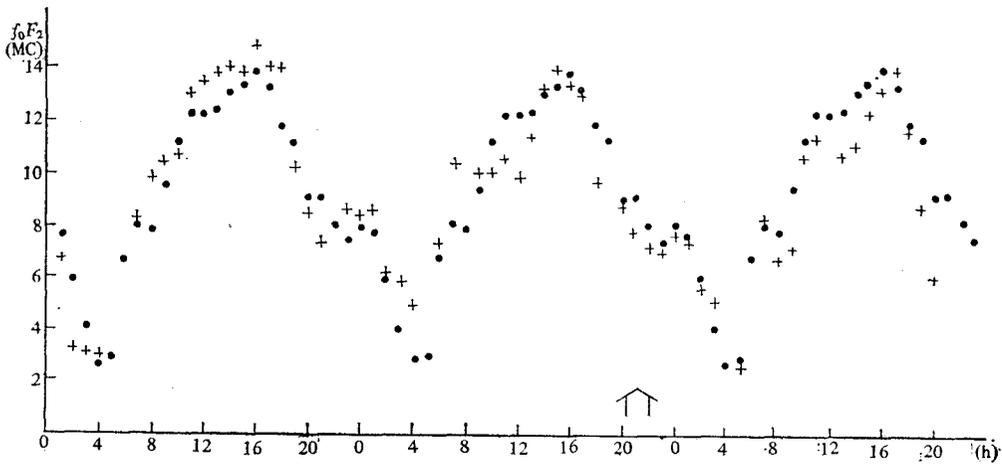


图2 1973年9月12—14日台风过境前后 $f_o F_2$ (+)及其月均值(·)的日变化

层,则采用海南岛站 ($110^{\circ}20E, 20^{\circ}02N$) 每小时一次的 F_2 层临频资料。

图 1 给出了一个典型例证,图 1(a)中,实线是以正午为中心,六小时 Δf_0F_2 的均值的变化曲线;虚线是海南气象站地面气压(北京时间 08 点)的变化情况。图 1(b)中,实线表示以子夜为中心,六小时平均的 Δf_0F_2 值的变化;虚线是北京时间 20 点的海南地面气压值曲线。显而易见,台风过境期间(1970 年 9 月 3—6 日), f_0F_2 值有明显的下降, Δf_0F_2 一般达 10—20%。然后,我们又观察了 A_p 指数较高的 4 个样本。海南岛磁纬很低,磁扰时,电离层多为正暴,但台风过境时, Δf_0F_2 仍多为负值,这说明台风的作用甚至大于磁扰对低纬电离层的影响。由此看来,台风与电离层变化的相关现象决非出于偶合,而是有着明确的物理联系。

其次,为了寻找相关的机制,我们又分析了路径离海南岛稍远的 8 个台风,连同上述样本共 21 个。我们逐个地画出这些台风经过前后海南站 f_0F_2 (每小时值)的变化曲线,并

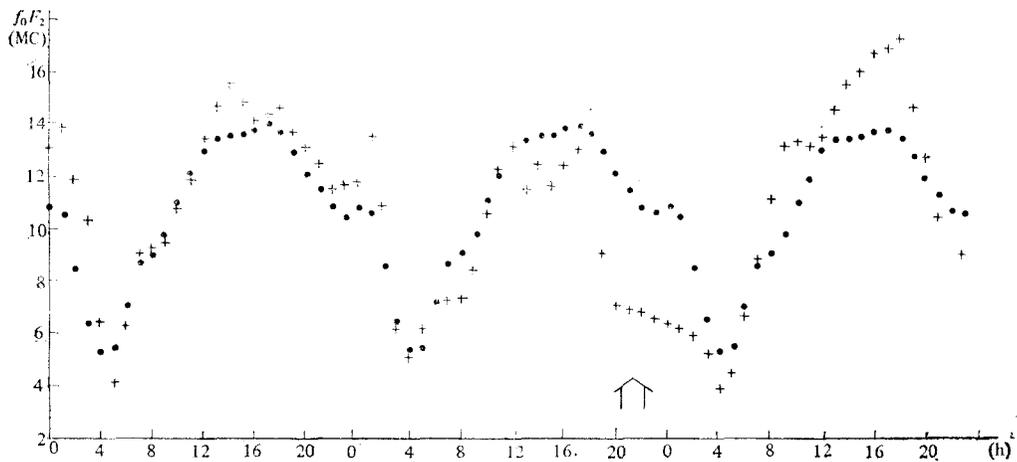


图 3 1970 年 8 月 16 日 Δf_0F_2 的高-低-高变化
(•) 为月均值

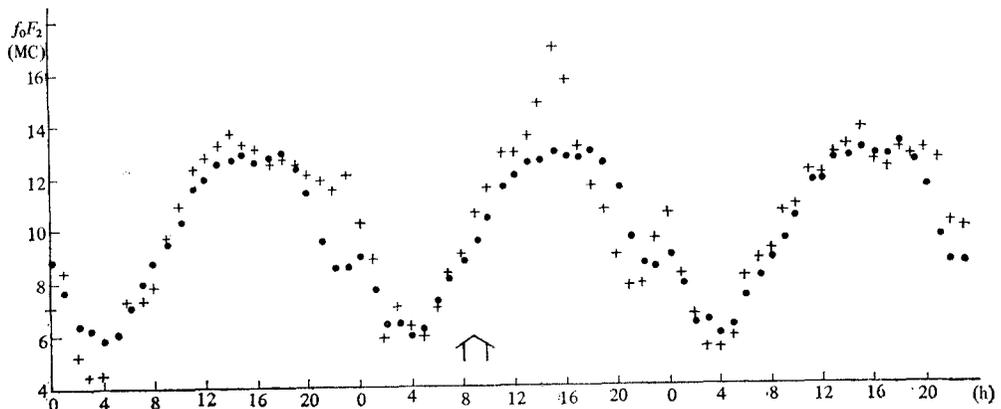


图 4 1972 年 6 月 9—11 日白天 Δf_0F_2 多为正值
(•) 为月均值

与它的滑动月均值相比较。结果发现,台风中心接近海南岛的距离不同时,它们对该岛上空电离层的影响也有差异。

分析表明,这些影响可以分为三类情况:

第一类是登陆(海南岛)台风,共 5 个:它靠近前, f_0F_2 值偏高(相对于月均值);登陆前后, f_0F_2 值偏低;然后,记录到的资料比较复杂,经常出现记录中断的情况。图 2 是 1973 年 9 月 12—14 日台风穿过海南岛前后的 f_0F_2 日变化曲线。“↑”表示台风登陆时间。

第二类是离岛较近的台风,有 8 个:此类台风接近海南岛时,其影响与第一类相似;而当它们离去时, f_0F_2 值一般又偏高,典型例子见图 3, f_0F_2 的偏离有高低-高的趋势。

第三类是离岛较远的台风,共 8 次:在这些台风最靠近的几天内(包括接近和离去的日子), f_0F_2 值都比均值偏高。图 4 给出了 1972 年 6 月 9—11 日台风影响海南站 f_0F_2 的记录。“↑”表示台风离岛最近的时刻。

图 2—4 中,日期的选取是根据台风年鉴上的台风路径图资料,台风离岛最近时,海南岛地面气压值最低,所以,图中虽没画出气压值变化曲线,但其变化情况是清楚的。

21 个台风的分类情况见表 1。

表 1 21 次台风分类情况(表中日期为台风与海南岛最靠近的两天)

时 间	第 一 类	第 二 类	第 三 类
1969年			9月8—9日; 7月9—10日
1970年	6月22—23; 9月4—5日; 10月16—17日	6月14—15日; 8月17—18日; 10月4—5日; 11月21—22日;	9月26—27日; 10月23—24日
1972年		9月2—3日	6月9—10日; 7月9—10日; 10月1—2日
1973年	9月13—14日; 10月18—19日;	7月7—8日; 8月11—12日; 8月21—22日	7月15—16日

四、机制的设想

对大气上、下层间耦合机制的研究,现仅处于开始阶段,上述观测分析的结果对此探讨提供了一定线索。

首先, F_2 层对台风响应的延续时间较长,这种非瞬时效应的电离层 f_0F_2 变化,不能解释为重力波作用的结果。另一方面,高空稀薄大气的动力学体系与低层大气截然不同,对流层内的气流系统不可能直接发展到 300 多公里高度的 F_2 层去。下面,我们设想一个定性模式,并尝试以此解释观测事实。

图 5 中所示的两层辐散、辐合模式,在对流层内是完全符合台风地区的实际情况的。关于平流层、中间层内的气流结构,至今还没有台风上空的直接探测结果。但是,对流层顶附近的辐合气流会迫使平流层的大气上升;中间层内的气温层结又有利于这一气流的

继续发展。因而,两层模式的假设是合理的。

中间层顶附近的上升气流将使湍流层顶高度(约在 100 公里上下)抬升;从较低高度上升的大气又使湍流层顶中的中性气体分子增多(相对那里的氧原子而言)。由于湍流层顶高度以上,高层大气成分随高度分布是服从分子扩散平衡规律的^[7],以上两个因素(湍流层顶升高和分子相对含量增加)将使电离层大气中的中性分子成分相对增多。 F_2 层中,电子的复合系数是与大气分子、原子的浓度成正比的^[8],由此, F_2 层中分子成分相对增多必然使电子复合系数增大,反映 F_2 层最大电子浓度的 f_0F_2 就降低。这就可说明第一类台风登陆时,电离层的 f_0F_2 值下降的事实。

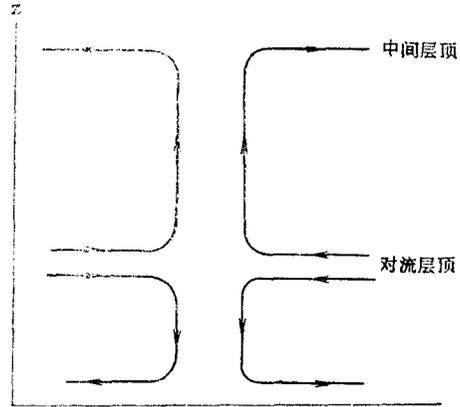


图 5 两层气流结构模式

这一模式也能很好地说明其它两类样本的特点。

离台风中心较远的地区,情况恰恰相反,中间层顶附近将变为下沉气流,这将产生相反的电离层变化,也就是使 f_0F_2 增高。这就是第三类台风影响时所产生的现象。在这种情况下,台风中心的气流始终没有直接影响到该地区的电离层记录。

对于第二类台风,当它们由远及近时,台风中心的下沉气流产生作用;而当它们离去时,台风边缘的气流将产生相反的影响,因而该地区的 f_0F_2 记录上会出现与月均值偏离有高-低-高的情况。

五、简短的结论

1. 从 21 个样本分析表明,台风对电离层 f_0F_2 有明确的影响,这种影响因台风的远近而异。由于研究对象的复杂,没有现成的统计方法可对这种影响进行统计检验。但是台风期间的这种有规变化趋势,与台风前、后日子中 Δf_0F_2 的无规变化有明显的不同。说明台风与 f_0F_2 变化的相关并非偶然巧合,而是一种确实的关联。

2. 这里设想的两层辐散、辐合定性模式,提示了中层大气局部环流变化影响到 F_2 层电子浓度分布的一种可能方式,定性地解释了我们所发现的台风与电离层 f_0F_2 之间的相关现象。

3. 作为通过台风研究上、下层耦合这一重要课题,本文只是初探。进一步可作的工作很多,如台风对其它电离层参数的影响;相邻电离层站受台风影响的记录比较;台风期间平流层、中间层大气结构的研究;台风过境时,各高度层内的瞬时变化;以及在大量观测研究基础上,作更周密的理论探讨等,都是十分有意义的。

参 考 文 献

[1] Bauer, S. J., *J. Geophys. Res.*, 62, 425, 1957.

- [2] Bauer, S. J., *J. Geophys. Res.*, **63**, 256, 1958.
- [3] Scott, A. F. D., *Phil. Trans. R. Soc. London*, **271**, 547, 1972.
- [4] Quiroz, R. S., *Mon. Wea. Rev.*, **97**, 541, 1969.
- [5] Offermann, D., et al., *J. Atmos. Terres. Phys.*, **41**, 1051, 1979.
- [6] Geller, M. A., NASA, CP-2090, 141, 1979.
- [7] Banks, P. M. and Kockarts, G., *Aeronomy, Pt. A*, New York, Academic Pr. 1973.
- [8] Ratcliffe, J. A., *An Introduction to The Ionosphere and Magnetosphere*, Cambridge, Eng., The Univ. Pr., 1972.

THE CORRELATIONS BETWEEN THE TYPHOON AND THE $f_0 F_2$ OF IONOSPHERE

Shen Chang-shou
(Peking University)

Abstract

The effect of typhoon on the critical frequency of the F_2 region has been studied by using the observations made in 1969, 1970, 1972, 1973. There are 21 observations of typhoon crossing or passing by Hainan chosen to compare with the simultaneous ionospheric data of the same area. It is found that there are evident correlations between the passage of the typhoon and the $f_0 F_2$. It is indicated that the $f_0 F_2$ decreases in the area right above the centre of the typhoon, but increases in the surrounding area. We suggest that the strong vertical convection in the troposphere caused by typhoon can change the local circulation system in the stratosphere and mesosphere, and this would influence the $f_0 F_2$ (e.g. number density of electrons in F_2 region) through the change of the height of the turbopause and the change of the ratio of atmospheric composition in the F_2 region. The result of this work shows that the study of the effect of the typhoon on the upper atmosphere is an applicable method for the research of the coupling between the upper and lower atmospheres.