

伴随我国一些大地震的 电离层异常现象

李海华

(国家地震局兰州地震研究所)

刘德富

(国家地震局分析预报中心)

宋笑亭

(四机部一〇二二所)

摘 要

本文初步总结了伴随我国一些大地震前后电离层的异常现象,结果表明,临震前电离层形态扰动异常是比较普遍的现象;其次是F层“高点位移”的时空分布异常。它们可能与电离层局部生成不均匀电子“云块”有关,以及与震前地磁场、地电场及地面电学性质有关。进一步观测和研究电离层异常现象将有助于估计强震的大致地区和临震时间。文中还就电离层—地磁场—地震关系进行了初步的讨论,指出电离层与地震的联系可能是由于地磁场耦合作用。

关于地震前后电离层的扰动现象最早见于1965年美国学者戴维斯等人报导^[1],但并未涉及该现象是否具有地震前兆的意义。在这方面,1977年郭增建等人发现临近强震前的地磁、地电、磁暴、天气过程以及电离层等现象显示有“倍九规律”^[2]。国家地震局分析预报中心、兰州地震研究所、四机部一〇二二所有关人员协作,对我国强震前后电离层异常现象进行系统的资料收集和分析,其中部分结果曾于1978年作了报导^[3]。本文是该项工作的总结,资料较充实,给出了具有地震前兆意义的电离层指标,并初步讨论了电离层异常变化与震源物理过程的可能联系。

一、临震前电离层形态扰动异常

1. 回波散乱

主要特征是F层电子浓度分布很不规则,变化快,变化大,与核爆炸引起的电离层回波

混乱极相似。例如, 1976年7月28日唐山7.8级大地震前一天, 即7月27日14点到18点, 出现回波散乱异常, 时间长达5个小时。在7月25日、26日也分别出现时间持续2小时和半小时的异常。在唐山大震后, 于8月24日5.2级, 11月15日6.9级、12月2日5.2级等较大余震前也出现类似异常, 惟程度稍浅。其典型图例如图1所示。该图为北京站1976年7月27日16时回波实况图*。

1976年8月16日及23日松潘两次7.2级地震前也出现过这类现象。

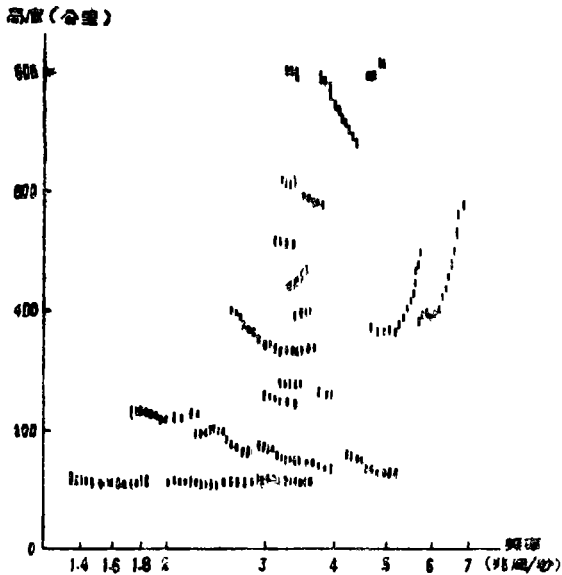


图 1

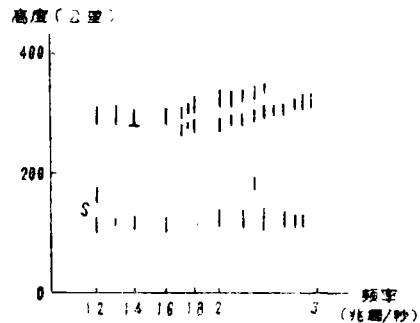


图 2

2. F_2 回波的“准三支”现象

图2是1972年元月25日台湾八级大震前几分钟出现的“准三支”现象。类似的现象在1970年元月5日云南通海7.7级地震和1976年5月29日云南龙陵7.6级地震的临震前也出现过。“准三支”现象在高纬度区常易出现, 但在低纬度地区(上述三次地震均位于北纬 25° 以南地区)是罕见的。这种现象可能是一种磁分裂效应(即在地磁场作用下, 电磁波被分裂为一个寻常波和两个非常波)。

3. F_2 回波扩展(有时伴随E层消失或不显著)

图3是1976年8月23日松潘7.2级地震前于21日23点—22日03点 F_2 连续扩展的图形。类似的情况也在下述震例的时间内出现: 1976年8月16日松潘7.2级地震前于15日22点—16日06点; 1976年7月28日唐山第二次7级地震前10小时。1973年2月6日四川炉霍7.9级大震前几天到临震一直有 F_2 持续扩展。

4. 多次反射异常

典型图形如图4。这是1974年5月11日云南永善7.级地震前于当日2点26分—38分出现的图形。由图可见, 在220公里、440公里附近均有多次反射异常。

*北京电离层观测站, 地震和电离层相关性的初步探索, 1976。

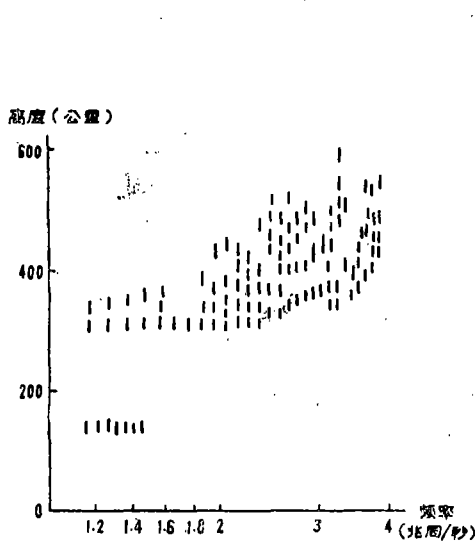


图 3

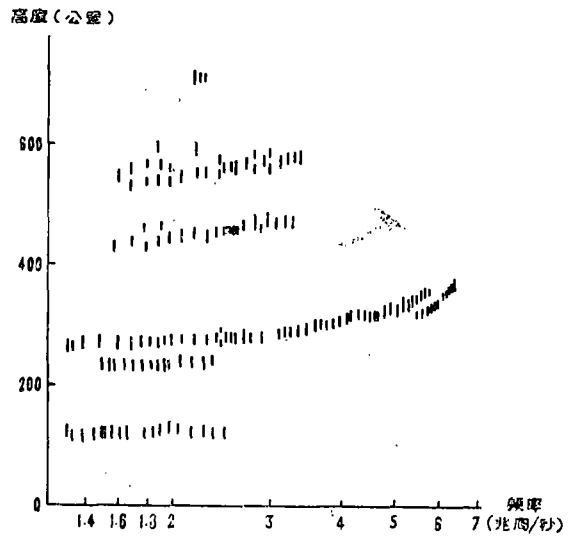


图 4

5. 全遮蔽

图 5 是 1976 年 7 月 27 日 6 时 57 分—7 时 08 分 (即唐山大地震前) 北京电离层站记录到的回波图形。由图可见 f_oES 达 16 MC。

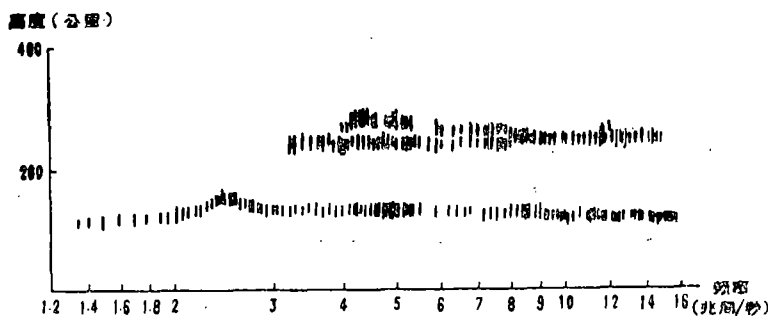


图 5

必须指出, 上述各类形态扰动异常并非震前所特有, 因为有很多原因可引起电离层强烈扰动。除了已提到的核爆炸外, 主要还有太阳日面爆发引起的扰动, 如太阳耀斑引起电离层突然骚扰现象 (即 SID); 太阳等离子体事件引起电离层爆 (又称 F_2 层爆)。前者伴随地磁钩扰现象, 后者伴有磁暴和极光。但在上述震前电离层形态扰动的震例中, 已经排除了太阳耀斑或太阳离子体事件。在一般情况下, 电离层回波的正常图形如图 6 所示。

当频高图出现偏离图 6 的正常状态时, 一般可以依据太阳物理资料 (耀斑、X 耀斑、等离子体事件, 质子事件等) 或磁情 (磁暴、钩扰等) 或核爆炸等已知因素去分析其原因。而地震前的形态扰动异常又难以据上述已知因素来究其原因, 恰又出现在震区及其邻近的局部地区。究竟震前什么物理过程引起电离层的这种局部扰动还不清楚。目前仅能知道的如图 1 所示的回波散乱是由于前已述及的电离层结构被破坏的缘故。图 2 所示的回波扩展表明该层反射的回波脉冲具有比发射脉冲长得多的持续时间。这是由于该层中电子云块的散射引起

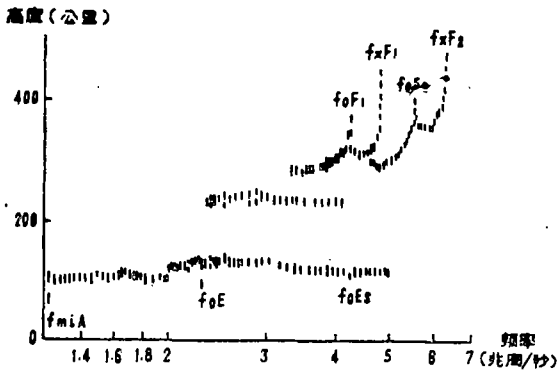


图 6

的相当扰动^[1],那么,孕震区在临震前观测到的大气电场、地电场、地磁场物理量的突变是有可能在对电磁场变化“敏感”的电离层引起反应的。

二、地震前的F₂层“高点位移”

近十多年来,利用探空火箭和人造卫星对电离层直接探测表明,E、F₁、F₂各层只有突出点,并无明显的分界。整个电离层好像只有一个电子浓度主极大的单层,此主极大区即F₂层。F₂层往往是表征整个电离层基本特性的重要区域^[4]。

关于电离层各层日变化的平均状况可见图7(•)。武汉地区地处北半球中纬,可代表我国一般情况,由图可见:(1)白天才出现F和F₁层,夜间则消失。只有F₂层有完整的日变形态。(2)F和F₁层白天日变形态比较规则,以地方时中午为最大,上下午对称下降,亦即符合余弦定律。而foF₂的极大值不在中午,大多在午后14—16点,也有偏离在午前甚至日落以后。我国地处北半球中纬地区,F₂层临频最高点,冬季约在午后14点左右,夏季约在16点左右(见图7)。普查我国几年大地震,发现在震前几天,特别在震前一天,foF₂的

最高值往往移到地方时19—20点左右,如图8所示。图中(a)是1977年5月12日宁河6.6级地震前2天,即5月10日北京站foF₂日变图。(b)是1969年7月18日渤海7.4级地震前一天,即7月17日北京站foF₂日变图。由图可见,foF₂的高点移到19—20点左右。

图9给出8次地震前后近一个月内存foF₂“高点位移”逐日演变。图中横坐标为日期序列,纵坐标为该日foF₂高值出现时间。图中清楚显示出,在震前几天内,特别是一两天内出现“高点

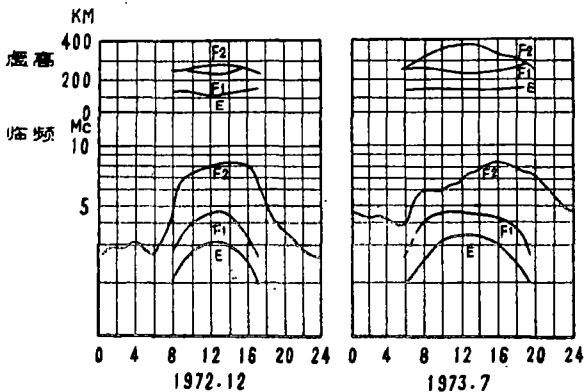


图 7

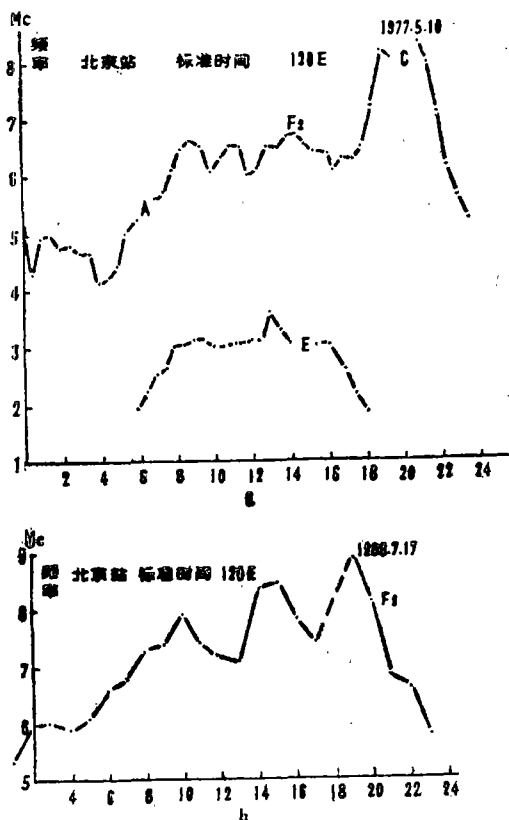


图 8

位移”,即高点时间推移到地方时18—20点左右。由图中曲线还可直观看出,震前高点往往是附近十天内的最高点,而且在震前曲线变化幅度也比较大。如唐山震前4天内,由09点上升到19点,邢台地震前几天内由12点上升到20点,宁河地震前几天内,由12点上升到21点。这现象对确定发震期日期是有意义的。至于它的物理内容,因为 f_oF_2 高点时间的推迟往往伴有 f_oF_2 值的增高,即电子浓度的增高,因而这意味着震前几天内电离层最大电子浓度有较大变化。

2. 震前 f_oF_2 “高点移位场”的分布异常

我们把同一天全国电离层站网的 f_oF_2 高点时间点在图上,看其地区分布特点,此即 f_oF_2 的“高点移位场”。初步结果表明,震前高点移位场围绕震区出现明显的分布异常。震例如下:

(1) 1976年7月27日 f_oF_2 高点移位场的分布见图10A。该日是7月28日唐山大震的前一天。由图可见,移位场围绕唐山震区形成闭合圈,其长轴方向为NEE。闭合圈中心与外围最大时差为11小时。(北京 f_oF_2 点高在

21时,乌鲁木齐在10时)。

(2) 1976年9月22日 f_oF_2 高点移位场分布见图10B。该日是9月23日内蒙磴口6.3与地震的前一天。围绕鄂尔多斯地块上空也形成移位场的闭合圈。其长轴近EW走向,中心与边缘最大时差约9小时。

(3) 1976年5月28日 f_oF_2 高点移位场分布见图10C。该日是5月29日云南龙陵7.6级地震前一天。因云南及其以南地区缺资料,震区高值不明。但由图可见,沿重庆到北京并通过震区的NE走向区域为高值区,而沿此线两侧方向则迅速减小。

(4) 1976年12月12日 f_oF_2 高点移位场的分布见图10D。该日是12月13日盐源6.8级地震的前一天。由图可见,地震位于高值区内。

(5) 1977年5月11日 f_oF_2 高点移位见图10E。该日是5月12日宁河地震前一天,其移位场分布图形类似图10A。

由上述震例可见,在地震前一、二天内, f_oF_2 高点移位场围绕将要发震的地区上空呈现分布异常,特别是近一、二年华北地块多次破坏性地震的前一天,在其上空电离层最大电子浓度的高点移位场出现有规则的分布异常。在一般情况下, F_2 层在一日之中最大电子浓度出现的时间,正如前面已经指出的,我国地处中纬,冬季约在地方时14点左右,夏季在16点左右。因之 f_oF_2 高点移位场大体上是均匀场。为了检验,我们作了一个月(1976年7月份)逐日 f_oF_2 高点移位场的分布图,结果表明,大多数天数内位移分布是均匀的,只有7

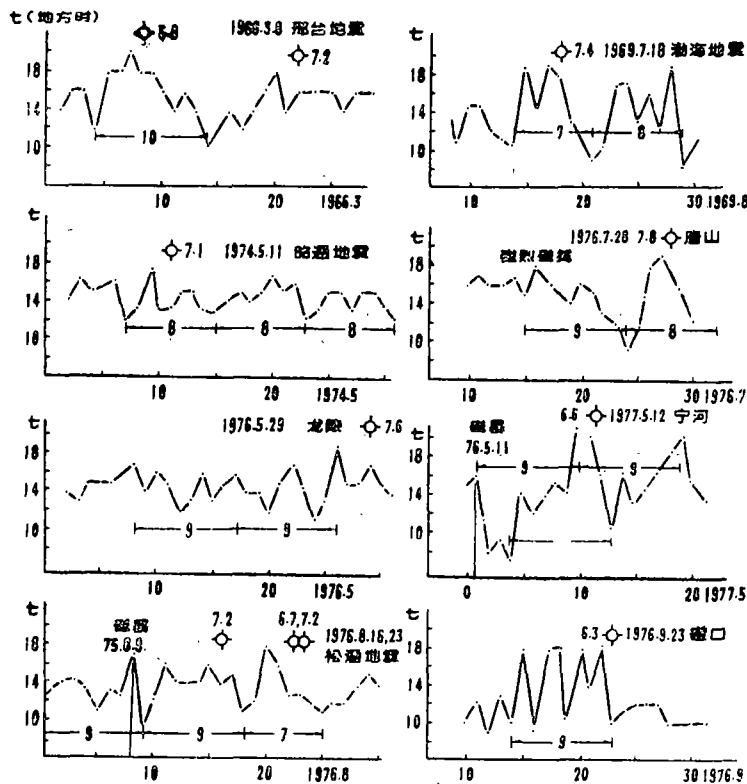


图 9

月4日、12日、27日三天在华北地区出现类似图10A的分布异常。即在震前一天，震前第17天和第25天这三次异常，这可能与下面将要提到的“倍九规律”和“地磁低点位移”有关。

三、电离层—地磁场—地震

1. 关于电离层与地磁场的关系，已有大量的工作。结果表明，地磁场的短周期变化是由于外电离层中的电流环效应以及大气运动对于电离层作用而产生，特别是F层受到地磁场相当大的控制^[4]。（例如，在平分点期间， f_oF_2 的全球分布是相对于地磁赤道对称的，而不是象 f_oF 、 f_oF_1 那样相对于地理纬度对称）。

2. f_oF_2 与磁暴

当发生磁暴时，同时发生电离层爆，在F₂层扰动最大，又称F₂层爆。这时 f_oF_2 日变形态也会发生异常，有时出现高点位移现象。图11是1976年3月26日大磁暴当天 f_oF_2 日变形态图。该图与前面图8比较，可见其形态与震前 f_oF_2 日变形态相似。

图12是1976年3月26日和4月1日两次大磁暴前后，每天F₂最大电子浓度及 f_oF_2 高点位移的逐日变化。由图可见，在大磁暴的当天， f_oF_2 高点位移出现高值，最大电子浓度也出现高值。

3. f_oF_2 高点位移与地磁低点位移

在地磁垂直强度日变曲线中，每天中午前后出现极小值，称为“低点”，如图13所示。

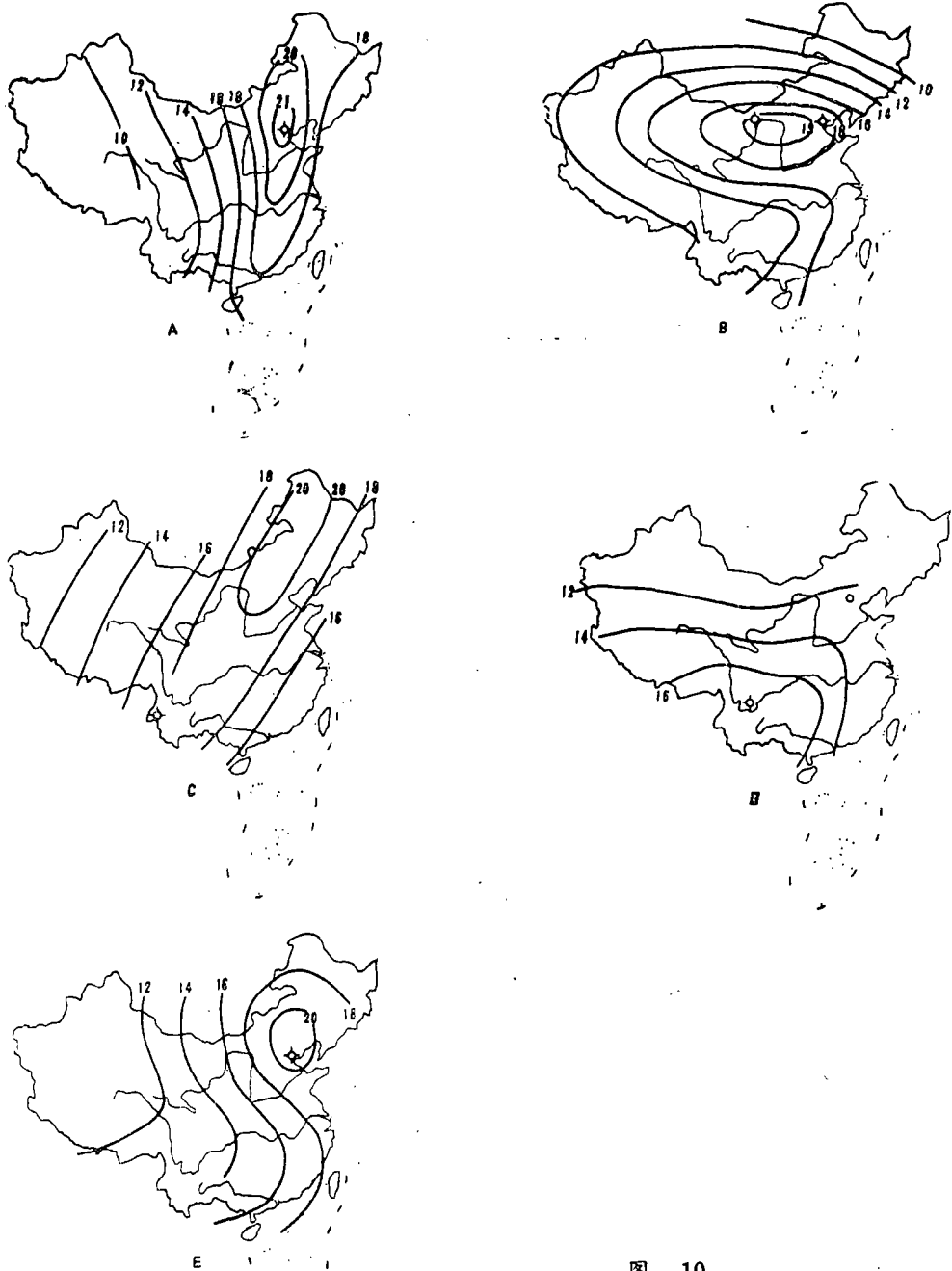


图 10

各站低点时间一般来说应该比较接近。可是有时在震前一些站的低点时间提前或推迟 2—5 小时（如图 13 的虚线所示）。这种情况称为低点位移。根据近几年来预报地震的实践，有关部门如国家地震局分析预报中心、四川省地震局、河北省地震局等初步总结出利用低点位移的分布异常来大致圈定发震危险区，其出现日期之后的第 27 天或 41 天左右为发震日期。图 14 (a) 是唐山大震前，于 7 月 4 日出现地磁低点位移的异常分布。由图可见，由虚线包围的



图 11

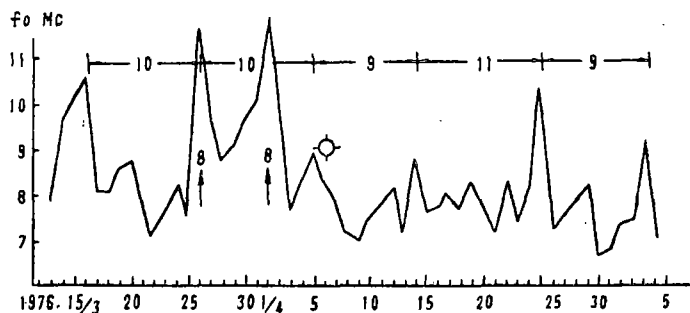


图 12

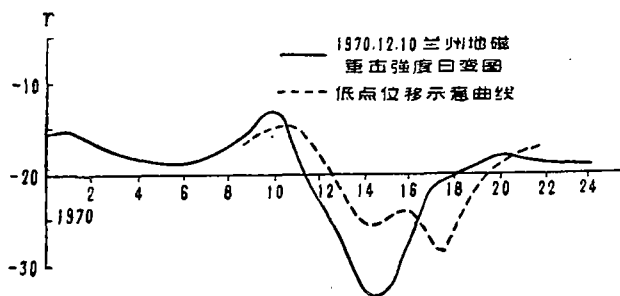


图 13

华北地区是13—14时区，而其周围是11—12时区。图14(b)是1976年4月6日和林格尔6级地震前，于3月8日出现低点位移异常分布。在鄂尔多斯地块也形成由虚线包围的14—16时区，其周围是12时区。这两个例子都是分别在其后27天左右发震，而地震就位于由虚线包围的异常区里面，至于为什么会出现这种现象乃在探索之中。图中的实践就是 foF_2 高点位移场的等值线。由图可见，二者出现的日期是一致的，而且实线中的闭合圈与虚线闭合圈的区域大体上也是一致的，而破坏性地震就发生在其中。因此，电离层——地磁场——地震的这种关联现象可能不是偶然的巧合。

4. 地震前后电离层某些特性的九天周期与地磁活动性九天周期的呼应。

由图9和图12可见，伴随地震和地磁场扰动前后的 foF_2 高点位移逐日变化的起伏曲线

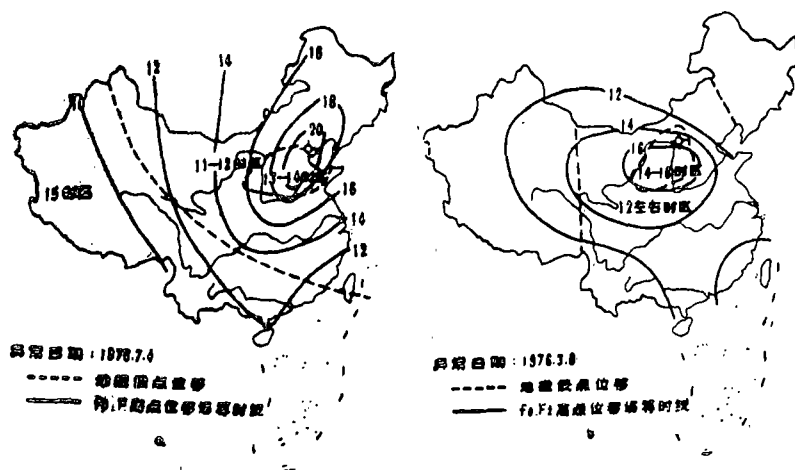


图 14

和反映最大电子浓度的 f_oF_2 的逐日变化起伏曲线上, 显示出 9 天左右的周期。文献〔2〕中曾指出, 我国破坏性地震大多发生在磁暴之后的第 9 天、第 18 天、第 27 天……这些“倍九”日期附近。我们把这种预报地震发生时间的方法称为“倍九法”。我国天震战线上用“地磁红绿灯法”和前述的“地磁低点位移法”预报发震时间也大致符合“倍九”规律。该文中还指出, 这种“倍九”规律与太阳活动有关, 即伴随日面色球爆发前后地电场和地磁活动性, 显示出 9 天左右的周期变化 (见图 15)。

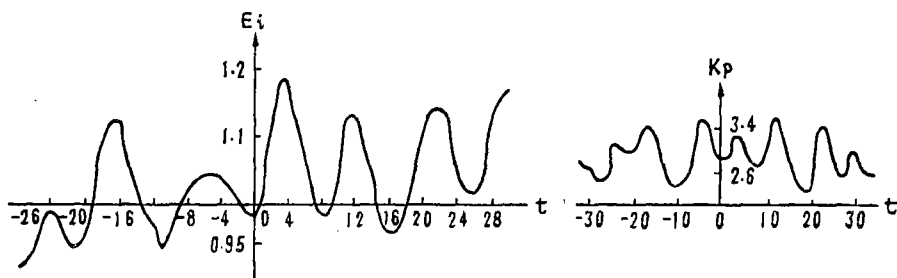


图 15

既然地震前后地电场和地电磁场的“倍九”规律与日面活动有关, 而太阳活动与地电场之间又要通过高空的电流体系变化起作用, 因此地震前后 f_oF_2 高点位移和最大电子浓度等电离层特性量显示出逐日变化的 9 天周期不是偶然的现象。

考虑到孕震区晚期震源电性状态的变化, 即震源断层盘在大错动前发生“予位移”而形成高电导层, 这时磁暴对震源过程的影响可以通过它在震源高电导层的感应电流的热效应来实现, 而且其对震源在时间上是按“倍九”的周期多次作用的。

综上所述, 电离层——地磁场——地震不仅在地区上而且在时间上都存在某种程度的同步现象, 电离层在高空而震源却在地下, 但它们可以通过地磁场来耦合。

这里我们顺便指出, 既然震源处的高导层能够影响其上空电流体的变化, 包括在电离层中电子云块作漂移运动时切割磁力线而产生感应电流, 那么地震前后震区磁场除了可能

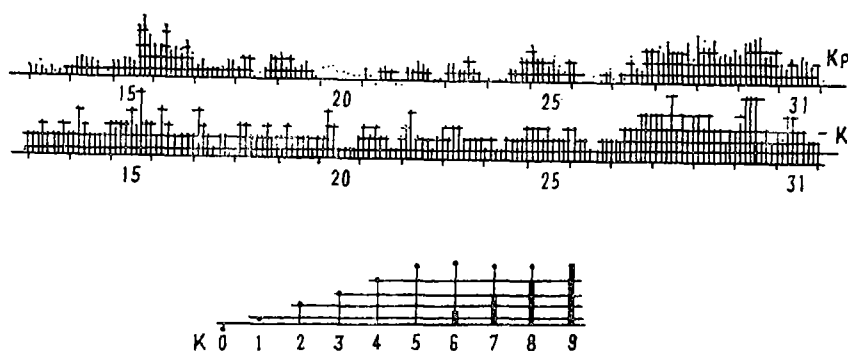


图 16

有地磁低点位移分布异常外,还应显示出其它地磁指数的局部异常特征。图16给出1976年7月28日唐山大震前后约20天内,磁情K指数的异常。图中上面的“乐谱”是全球性的 K_p 指数。下面是北京白家疃地磁台K指数。由图可见,在7月25日以前,它们的张落幅度是一致的。但在临地震前后几天中,全球 K_p 指数均小于5,而震区K指数却大于5甚至达到6,即中烈磁暴的程度。

通过电离层与地震的初探表明,在分析震前电磁场异常时应同时分析电离层资料,把电离层变化纳入震前各种电磁异常进行统一考察和综合分析是必要的。深入研究电离层与地震关系具有应用和理论的意义。

(本文1983年10月30日收到)

参 考 文 献

- [1] Davies, K., Beker, D. K., Ionospheric effects observed around the time of the Alaskan earthquake of March 28, 1964, J. Geophys., 70, 1965.
- [2] 郭增建、秦保燕、李海华、徐文耀, 预报地震发生时间的倍九法, 地震战线, № 5, 1977.
- [3] 刘德富、宋笑亭、郭增建、李海华, 电离层与地震, 地震战线, № 2, 1978.
- [4] 赵九章, 高空大气物理学, 科学出版社, 1965.

SOME ABNORMAL PHENOMENA OF THE IONOSPHERE
PRIOR TO SOME GREAT EARTHQUAKES IN CHINA

Li Haihua

(*Seismological Institute of Lanzhou, State Seismological Bureau,
Lanzhou, China*)

Liu Defu

(*Centre for Analysis and Prediction, State Seismological Bureau,
Beijing, China*)

Song Xiaoting

(*1022 Institute of Fourth Mechanical Industrial Ministry*)

Abstract

In this paper some abnormal phenomena of the ionosphere which occur before and after great earthquake have preliminarily summarized. It is shown that the abnormal disturbances of the ionospheric form are a general phenomenon when earthquake is approaching and, secondly, there exist unusually temporal and spatial disturbances of "highpoint displacement" for F layer. They may associate with the nonuniform "electron cloud" of the ionosphere locally, formed and with the geomagnetic field and the geoelectric field as well as the electric properties on the surface. Further observations and studies on them would be helpful to estimate the region and approaching time of earthquakes. The relationship between the ionosphere and geomagnetic field and the earthquake are also briefly discussed. It is pointed out that the relationship may be due to the match effect of geomagnetic field.