

# 近地空间宇宙线荷电粒子暴与地震的关联

霍安祥 况浩怀

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

从宇宙线早期研究中,已经观测到它的强度有1日,27日和11年的周期变化,这与太阳的调制过程有关。同时也观测到因气象原因引起宇宙线强度的变化,如温度,气压和季节效应。随着科学技术的飞速发展,特别是用各种各样的航天器运载探测器研究大气外层空间的宇宙线瞬间变化,得到一些有意义的结果。

太阳照射到地球大气层顶部的电磁辐射能流为 $10^{10} \text{ erg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而宇宙线粒子总能流约要比它低八个量级,似乎可以忽略不计。但宇宙线穿过大气层损失绝大部分能量,产生正负离子,它们是形成云雾水珠的凝结核,也能触发雷暴和闪电,对大气层中很多物理过程都有影响。另一方面一些地球物理效应也会影响到宇宙线强度变化。

S. Alikandrin等研究了近地空间宇宙线荷电粒子暴与地震的关联。在“和平”轨道空间站(倾角 $51^\circ$ ,高度400km)的MARIYA-2磁谱仪测量20~200MeV的质子和电子,在METEOR-3卫星(倾角 $82^\circ$ ,高度1250km)由闪烁体和契伦科夫构成的测量能量大于30MeV电子的ELECTRON探测器,此外还有GAMMA-1和PET两个卫星实验,分析它们观测到的辐射带中电子和质子流强的变化,得到在一个强地震前2~4小时荷电粒子流强在一个短时期内有时有明显增加,即有一个粒子暴产生。这现象被解释为强地震产生超低频电磁辐射(ULF EME),如果它的频率与地震上方由地磁场俘获形成的辐射带中高能粒子的振荡频率一致,这种粒子流强就会增大,形成粒子暴。地面实验也观测到在地震前几个小时震中区域发射ULF EME这种辐射,它加速辐射带中一些粒子,并使这些粒子在地震中心L层\*沿地球漂移。

为检验粒子暴与地震的关联,在上述仪器得到

的粒子暴中选择符合下列条件的事例: $L$ 小于2的近地空间事例,为减少本底,不要南大西洋反常带的事例,为增加粒子暴的可信度,选择 $B$ 大于稳定辐射带的 $B_0$ 值,还要求粒子暴计数率峰值超过本底计数率的4倍标准偏差。并选择那些在4级地震前后12小时有粒子暴的事例,图1是以 $\Delta T = T_{eq} - T_{pb}$ 为横坐标的四个卫星的事例数分布,其中 $T_{eq}$ 为地震

发生时间, $T_{pb}$ 为卫星记录的粒子暴时间。它们都在 $\Delta T$ 约为2~5小时(即地震前2~5小时)有一个明显的峰,它表明近地空间高能粒子暴可能是地震的一种前兆。

有人估计地震电磁波能量大约在300千米高被电离层俘获,分析这些卫星数据与此基本符合。

还有宇宙线强度与其他地球物理过程的关联现象,例如观测到在下雨和雷电期间半个到一个小时内宇宙线强度有5%~15%增加,对此类现象的观测和其产生机制的研究很有兴趣。

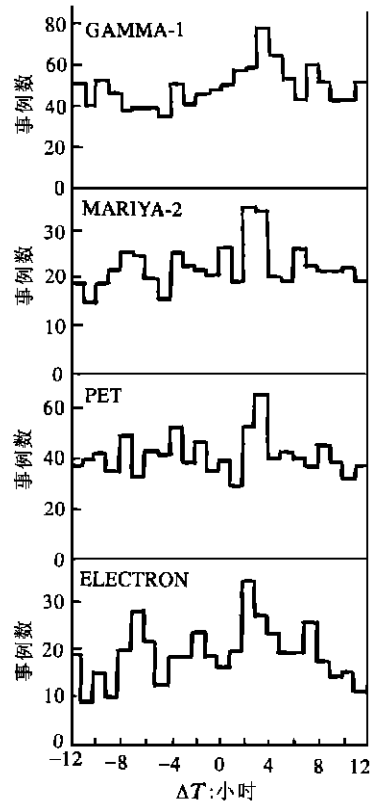


图1 粒子暴与地震的时间关联

\* L-B 地磁坐标, B 为空间某点的磁场强度, L 为磁壳参数, 对某地特定的磁壳, L 是常数。在中心偶极子磁场近似下, L 为磁壳在赤道面上离地心的距离(以地球半径为单位)。L-B 坐标和地理坐标(高度, 经度和纬度)可以互相转换。