

快报

太阳宇宙线耀斑中的甚高能粒子发射

霍安祥 戴义方 袁余奎

(中国科学院高能物理研究所,北京)

摘 要

对1972年8月在海拔3200m高山上利用大型云室组研究甚高能核作用的数据,进行了日计数率随时间变化的分析研究,发现在8月4日和8月7日两个大的太阳质子耀斑期间,事例计数率高出邻近期间日平均计数率的标准偏差三倍.其相应的初级宇宙线能量为 10^{13} eV左右.

一、引 言

太阳耀斑是太阳活动现象之一,而且是最剧烈的活动现象.在1956年以前,太阳耀斑产生能量质子的唯一证据是在地面上观测到的宇宙线流强瞬时增加,这种增加称为地面效应(GLE),质子的能量必须大于500MeV.产生这样高能量的事件也称为“宇宙线耀斑”,这种宇宙线耀斑是一种稀有事件,1942—1972年的30年间,仅仅记录到20个.60年代以来,许多空间飞行器直接测量到来自耀斑的粒子发射,记录到的质子能量下限可低达0.3MeV.这样,宇宙线耀斑质子能谱的低能端可到MeV能段,在这个能段已有许多观测数据,在能段,由地面中子强度记录器构成的全球观测网络可推导出的能量已达20GeV.但是,在甚高能区(10^{12} eV至 10^{13} eV)尚未见到有观测数据报导.不同能区能谱的观测和研究,对于太阳耀斑期间能量粒子加速机制和区域的大小有重大作用.高能区质子的直接测量是很困难的,再加上“宇宙线耀斑”事件非常罕见,在甚高能区的这个观测结果就显得更为重要.

二、观测结果

文献[1]详细描述了实验记录系统.这套系统包括两套选择装置:一套是普通核作用选择器,选择非伴单个强子核作用事例,其平均能量在300GeV以上;另一套选择装置是广延空气簇射中心选择器,选择广延空气簇射,能量在 10^{13} eV以上.上述两种选择器同时使用.根据1972年7—8月实验记录的日平均计数率,计算了普通核作用选择器给出的强子积分流强.这一流强在能量 $E_1 \geq 300$ GeV时与文献[2,3]给出的3200m高山质子和 π 介子微分能谱推导出的强子积分流强基本上一致.再经过推算,这个能量相应的

初级宇宙线粒子的能量为 10^{13}eV 左右。

上述装置安装在北纬 26.2° 、东经 103.6° ，海拔 3200m 的云南高山上。图 1 表明利用这一装置记录的高能强子日计数率的

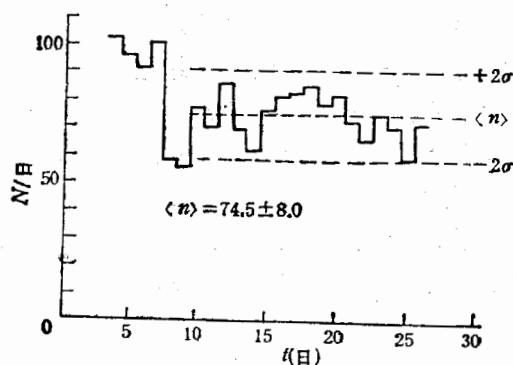


图 1 云南 3200m 高山实验装置记录的高能强子计数率日变化直方图 (1972 年 8 月 4 日—8 月 26 日)

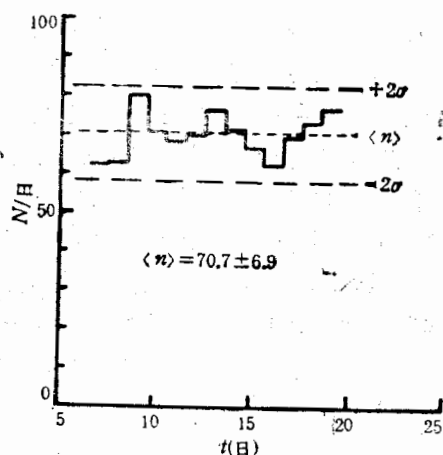


图 2 1972 年 7 月 7 日—19 日计数率日变化

变化。从 1972 年 8 月 4 日至 26 日这段时间的数据表明，在 4 日和 7 日这两个耀斑期间计数率有明显增高。为了分析这两天日计数率增高的情况，取 8 月 10 日至 26 日的日平均计数率和其统计标准偏差作为衡量标准，实验值为 $\langle n \rangle = 74.5 \pm 8.0$ 。8 月 4 日和 7 日的计数率分别为 103 和 101，分别比平均计数率高 3.6σ 和 3.3σ (σ 为日平均计数率的标准偏差)。作为对比，也对 1972 年的数据进行了仔细的检查 and 审定。图 2 表明这个时期的日计数率。从图 2 可以看到，计数率的日变化均在日平均计数率的两倍标准偏差以内。扣除太阳耀斑及其邻近几日的的数据以后，7、8 两月的日平均计数率和统计标准偏差相差不多，也可以说明实验记录系统在这个期间是稳定的。

三、分析和讨论

文献[4]系统地研究了最近三个太阳活动周期(1954 年 5 月至 1986 年 9 月)的太阳质子事件 217 个，仅有 35 个 GLE 事件，而其中发生于同一太阳区域的，连续多次太阳耀斑都观测到 GLE 的事件更为罕见，1972 年 8 月 4 日和 7 日的耀斑就属于这类大耀斑，它们均为 3B 级[5]。虽然实验装置记录的甚高能核作用事例的日平均计数率很低，统计涨落也比较大，不可能对耀斑期间粒子流强随时间变化作仔细的分析 and 研究，但是在两个耀斑期间粒子流强都明显增长的现象，很难用统计涨落来解释。

迄今为止，太阳质子大耀斑即宇宙线耀斑主要是用地面中子强度记录装置在全球形成的网络进行观测的，其观测能量最高也未达到 10^{11}eV ，而我们的观测能区约为 10^{13}eV 。这就提出一个问题：在太阳剧烈爆发的过程中，是否能产生如此高能量的粒子，同时又有足够的流强在地面被记录到？是否有可能产生更高能量的粒子？

文献[6]进一步研究了1972年8月四个太阳质子事件,它们都伴随着行星际冲击波的产生。根据先驱者9号飞船和近地球轨道卫星在8月2日至7日分别观测到的质子流量的分布及其差别,认为这个现象是由于局部空间区域太阳质子日冕冲击波再加速所形成的。从我们观测到的1972年8月两次大的太阳耀斑期间甚高能粒子增长的现象看来,可能存在着两种加速过程:一种是太阳耀斑发射的粒子在日地空间传播期间获得行星际冲击波的再加速;另一种可能是较低能区银河宇宙线粒子中,少量粒子受到太阳大耀斑爆发期间形成的行星际冲击波再加速。为了检验这些看法需要进行较精确的实验,进一步的实验观测要有较好的统计数据 and 较宽的能谱测量范围,再加上地面中子强度记录和卫星上的观测,形成能区很宽的综合能谱,这将了解太阳宇宙线耀斑粒子的加速过程有重要作用。太阳是银河系 10^{11} 个恒星中一颗普通恒星,如果它能有甚高能区粒子发射,而且对加速机制的了解又有较好的进展,必将对宇宙线起源和加速这一具有重大吸引力的课题的研究起重要作用。

感谢何泽慧先生对本工作的建议,吴枚、况浩怀、丁林培、李惕碛等同志给与的有益讨论、以及在云南站辛勤工作过的同志们。

参 考 文 献

- [1] 原子能研究所云南站,物理,1(1972),57.
- [2] Ding Linkai, Zhu Qingqi, Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., 7(1979), 95.
- [3] A. K. Ghosh et al., Proc. 16th Int. Cosmic Ray Conf., 7(1979), 142.
- [4] D. F. Smart and M. A. Shea, 22th ICRC 5(1990), 1.
- [5] N. N. Volodichev, I. A. Savenko 17th ICRC 3(1981), 45.
- [6] D. F. smart et al., 22th ICRC 5(1990), 124.

VERY HIGH-ENERGY PARTICLE EMISSION FROM THE SOLAR COSMIC RAY FLARES

HUO ANXIANG DAI YIFANG YUAN YUKUI

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica Beijing)

ABSTRACT

We have analyzed and studied the time variation of the daily counting rates of the very high-energy events observed by a large cloud-chamber system during August 1972 at a mountain altitude of 3200 meters above sea-level. An obvious increase of counting rates occurred during the 4th and 7th, August, 1972 solar cosmic ray flares is found. These daily counting rates are higher than 3σ of the daily counting rate averaged from 10th to 26th, August. The average energy of the events corresponds to a primary cosmic-ray energy of 10^{18} eV.