

广延空气簇射电子密度谱

陈映宜 任国孝 吴 枚 何长孝 沈培若
李延国 肖谦益 王 俊 陈端保 郑荣庭

(中国科学院高能物理研究所)

摘 要

用闪烁计数器小阵观测了广延空气簇射电子密度谱。初步得到谱的指数为 -1.52 ± 0.02 。

在 10^{14} — 10^{21} eV 的广阔能域里,高能物理研究现在只能在宇宙线中进行,特别是在 10^{17} — 10^{21} eV 超高能区,主要是通过广延空气簇射进行研究。簇射粒子密度谱直接反映了簇射大小谱的性质和特征,从而也反映了原初宇宙线能谱的特性。我们用闪烁计数器小阵在北京(近海平面)测量了原初宇宙线在空气中产生的广延空气簇射的电子密度谱。

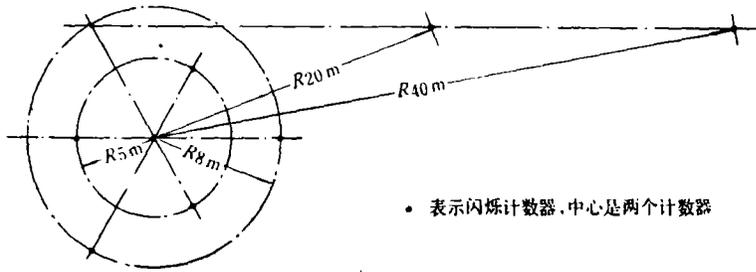
一、小型空气簇射阵

簇射阵由十个塑料闪烁计数器组成,其中每一个的灵敏面积为 0.28m^2 。计数器的定标是用单根相对论性垂直入射 μ 介子进行的,计数器的结构和性能在 [1] 中已作详细叙述。小阵用作测量广延空气簇射电子密度谱的布局表示在图 1(a) 和 (b)。图 1(a) 是第一个阶段的布局。中心的两个计数器之一与其外面第一或第二圆圈(半径分别为 5 米和 8 米)上的三个计数器信号符合。每个计数器上粒子密度超过 40 电子/ m^2 时,记录系统被触发。中心两个计数器的数据主要用作测量簇射电子密度谱,其它计数器的数据也结合进行分析。图 1(b) 是第二个阶段观测时的布局,通过中心相互垂直连线上的四个计数器信号符合,粒子密度阈同上。远处的一个计数器观测大簇射到达时的粒子数,只有小簇射到达阵列时它可起到一定的监视作用。

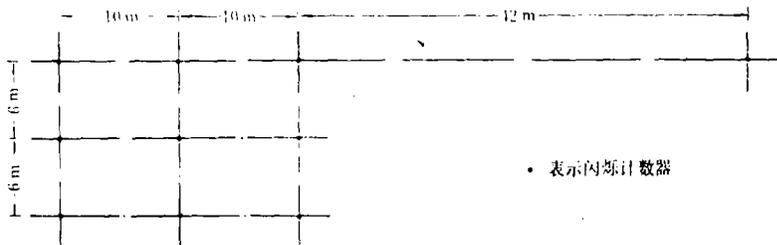
二、电子学记录系统

计数器阵的电子学记录系统原理表示在图 2,它由选择控制、模数变换和贮存、译码以及记录电路等四部分构成。

从每个闪烁计数器来的簇射信号的电压脉冲分成两路,第一路送至模数变换电路,第二路经放大器送至带有阈控制的符合电路,根据阵列中每一个探测器的不同粒子密度选择条件,符合电路的各个输入端的“阈控”放在不同的阈电压上。符合选通后输出一个方波去触发主控电路动作,此时主控电路发出指令去启动各路模数变换器工作。与此同时,主



(a)



(b)

图1 计数器阵列的布置

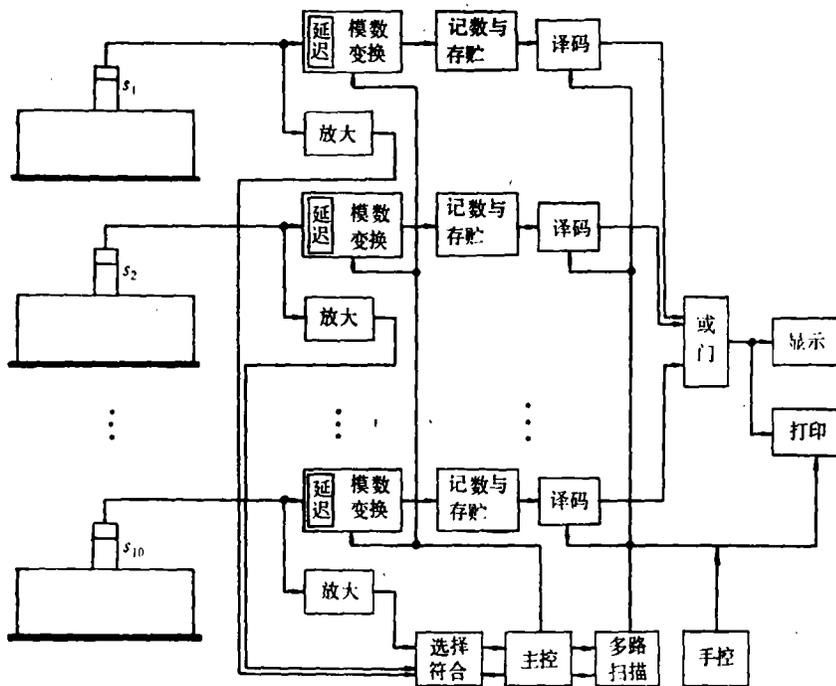


图2 计数器阵记录系统原理图

控电路自动封门, 在整套系统工作期间拒绝接受新的信号. 当一次簇射事例被分析和记录完毕, 由扫描脉冲产生器输出一个信号, 使之复原. 从各闪烁计数器来的上述第一路簇

射脉冲延迟 $1.2\mu\text{s}$ 之后, 送至模数转换电路的线性门, 由于主控信号已提前开此线性门, 因而簇射信号通过线性门由模数转换电路把脉冲高度转换成数字信号并由快速计数电路计数和记忆等待译码。译码器输出的十进制数码经过 HTL 或门电路送到打印机记录在纸带上, 并同时用数码管显示。

当数字打印或读出完毕时, 扫描脉冲电路给出一结束信号, 使全系统复原, 等待接受下一次事例。

三、广延空气簇射电子密度谱

大小大于 N 的簇射积分谱为

$$R(>N) = AN^{-\gamma}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}.$$

假设在一定簇射大小范围内簇射有相同的横向分布函数 $f(r)$, 则在距簇射轴心 r 远处探测器单位面积 (m^2) 上的粒子数(密度)为

$$\Delta(r) = f(r)N.$$

在探测器上引起密度 $>\Delta(r)$ (在指定点 r) 的最小簇射应为

$$N_{\min} = \Delta/f(r),$$

因此在到达探测器上密度大于 Δ 的簇射率为

$$R(>\Delta) = \Delta^{-\gamma} \int_0^{\infty} 2\pi A f(r)^{\gamma} r dr \quad \text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}.$$

函数 $f(r)$ 具有性质 $\int_0^{\infty} f(r) dr = 1$. 积分为常数用 B 表示, 于是积分密度谱为

$$R(>\Delta) = B\Delta^{-\gamma} \quad \text{s}^{-1}\text{sr}^{-1}.$$

考虑到天顶角为 θ 的倾斜簇射的贡献时, 应对天顶角积分, 此时的积分谱为

$$R(>\Delta) = \frac{2\pi}{n+2} B\Delta^{-\gamma} = C\Delta^{-\gamma} \quad \text{s}^{-1},$$

式中 n 在 8—10 之间, 一般约为 9 左右。

由此可知, 密度谱的幂指数与大小谱的幂指数相同。因此测量簇射密度谱同样可以反映原初谱的性质和核作用特征。我们观测到的簇射粒子密度谱初步结果给在图 3。密度在 1000m^{-2} 以下谱的幂指数为 -1.52 ± 0.02 , 与 F. Ashton et al. 用正比计数器在海平面得到的结果一致^[2]。

已经公认原初宇宙线能谱在几倍 10^{15}eV 附近斜率变陡, 反映在簇射大小谱上这个变化发生在 5×10^5 处^[2], 在密度谱上的位置是 $\Delta \sim 10^3\text{m}^{-2}$ 。我们的初步结果也反映了这个性质。由于簇射密度的涨落、斜簇射的贡献, 密度谱的

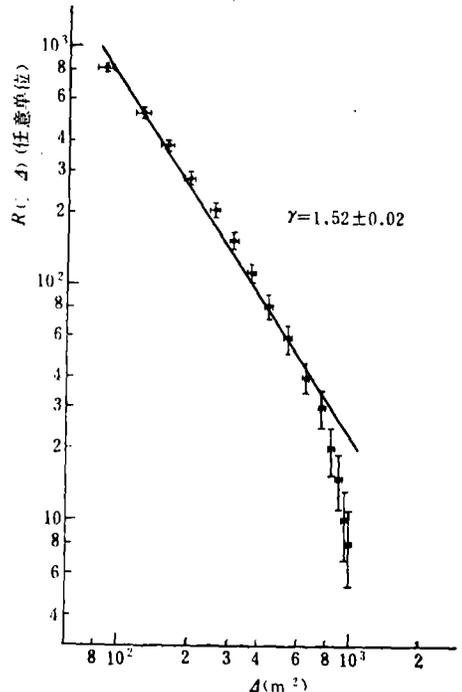


图 3 广延空气簇射电子密度谱

边缘效应以及簇射分布函数随簇射大小而改变和各家仪器的原因等因素,使得谱的拐点变得有些模糊,斜率和强度也略有差异.[2]中指出,采用随簇射大小而变化的横向分布NKG函数计算密度谱,在 $N=7 \times 10^5$ 以下可以得到与实验一致的结果,但是对更大簇射($\Delta > 10^3 \text{m}^{-2}$)情况尚需进一步研究.

在电子学记录电路的制做中得到261厂徐之荇、马福亭等同志的大力支持,我室丁林璋、朱清棋、谭有恒同志对此工作提出了有益的建议和支持,在此一并致谢.

参 考 文 献

- [1] 陈映宜等, 高能物理与核物理, 4(1980), 683.
 [2] F. Ashton et al., 14th ICRC, 8(1975), 2719.

THE EAS ELECTRON DENSITY SPECTRUM

CHEN YING-XUAN REN GUO-XIAO WU MEI HE CHANG-XIAO
 SHEN PEI-RUO LI YIAN-GUO XIAO QIAN-YI WANG JUN
 CHEN DUAN-BAO ZHENG RONG-TING
 (*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The EAS electron density spectrum has been observed with a small plastic scintillation counter array. The preliminary result was obtained, in which the exponent of spectrum is -1.52 ± 0.02 .