

# 水平宇宙线穿透粒子的鉴别

况浩怀 胡文君 周寅藻 谭有恒 沈长铨  
姜印琳 朱清棋 覃克宇 李延国 王立安

(中国科学院高能物理研究所)

## 摘 要

本文描述一个用大型磁云室在水平方向宇宙线穿透粒子中寻找新粒子的实验,结果表明  $\beta < 0.7$ 、 $m > 1\text{GeV}/c^2$  的单电荷粒子或相对论性分数电荷粒子的流强小于  $3 \times 10^{-8}\text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ 。

在宇宙线中寻找新粒子的实验已经进行了相当的时期,几年前云南高山实验室得到一个具有高动量低游离的可能重粒子事例<sup>[1]</sup>,以后继续实验<sup>[2]</sup>未得到类似的结果。因为宇宙线的成分很复杂,通常要鉴别粒子、特别是要寻找稀少的新粒子是十分困难的,而在水平方向宇宙线粒子比较单纯,水平方向的穿透性粒子主要是 $\mu$ 介子和少量强子,我们布置一个实验把强子成分吸收掉,再用测量游离动量的方法去鉴别粒子,如果在水平方向存在非相对论性单电荷粒子或者相对论性分数电荷粒子,这种方法是可靠的。

## 一、实验装置

实验装置如图1所示,使用了一个照明区域为  $1.5 \times 1.5 \times 0.25\text{M}^3$  的大型磁云室,磁场约为7000 Gauss,云室充氦、氩混合气体,云室由4排G-M计数管构成的描述仪控制,选择条件最初为  $A, B, C, D \geq 1$ , 后改为  $A, B, C$  或  $B, C, D \geq 1$ , 描述仪布置云室旁

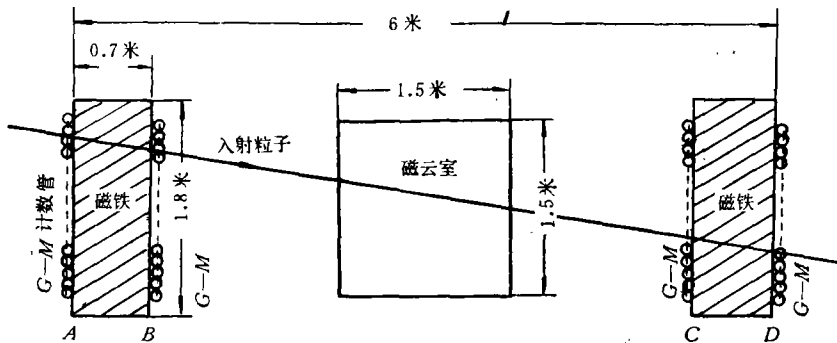


图1 实验装置

边磁铁的两侧,它选择天顶角大于  $78^\circ$  的穿透性粒子,其几何因子为  $26.5\text{cm}^2 \cdot \text{sr}$ .

仪器在云南高山实验室在 1977 年内运行,有效运行时间约为  $3 \times 10^6$  秒,得到约为 5500 套立体照片,其中约有 4700 条水平控制径迹.

### 二、测量及分析

动量测量: 在实验期间每天用同样的选择条件照一些无场径迹,测量了 100 条无场

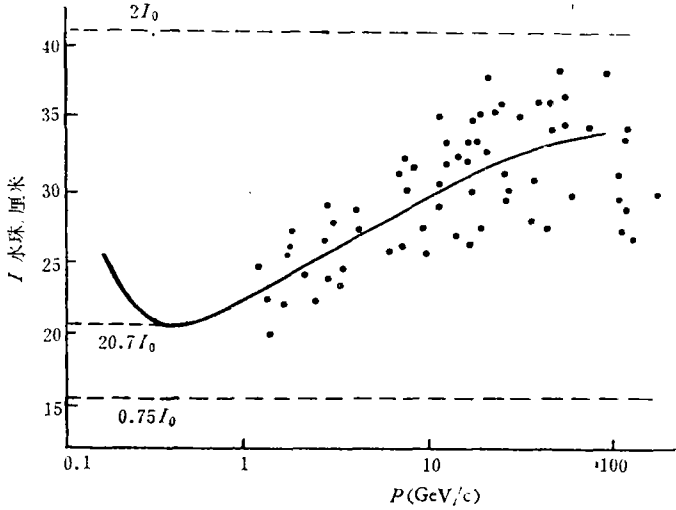


图 2 水平径迹的游离-动量分布

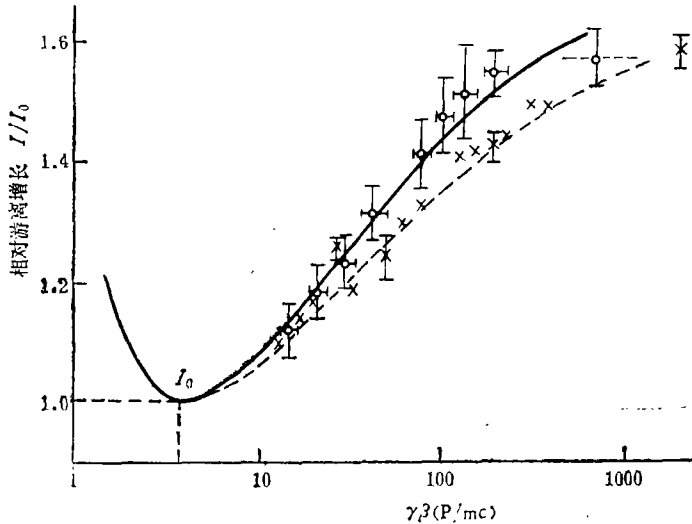


图 3 游离的相对论性增长曲线,  $\bigcirc$  本实验结果;  $*$  [4] 的实验结果;  
 ----- [5] 的实验拟合曲线; ——— Sternheimer 理论曲线

径迹,在最佳条件下,云室最大可测动量约为  $53 \text{ GeV}/c$ ,有一部分控制径迹被云室内的清扫电场畸变,其最大可测动量为  $37 \text{ GeV}/c$ . 此外,我们还专门照了一部分让正水珠柱与负水珠柱被清扫电场拉开的控制径迹,这种条件下最大可测动量为  $33 \text{ GeV}/c$ .

游离测量: 在云室某处当径迹的负离子水珠与正离子水珠的比值  $N^-/N^+ > 0.15$  时,正离子水珠的凝结效率为  $100\%$  [3], 我们实验数据也有类似的结果. 所以,在  $N^-/N^+ > 0.15$  条件下,可以数拉开径迹正离子水珠的方法去测定它的游离值,用这个方法我们测量了单电荷粒子游离的相对论性增长曲线,一共数了 70 条径迹的正离子水珠,每条径迹的正离子水珠数为 600—1300 颗,每条径迹的游离测量平均相对误差约为  $7.7\%$ , 每条径迹的动量也进行了测定,结果示在图 2 上,看来这些径迹都可以视为  $\mu$  介子. 图 3 示我们实验结果与 [4, 5] 结果以及 Sternheimer 理论曲线的比较,我们的实验结果在误差范围内与 Sternheimer 理论曲线符合而比 [4, 5] 实验的相对论性增长偏高,不过因为实验误差较大,而且各自的实验条件并不相同,因而引起这种差异的原因尚不清楚.

为了判断正常径迹的游离,我们挑选 10 条不同动量径迹,通过数水珠测定它们的游离,并以它们为标准径迹和其余 4700 条径迹加以比较,挑选那些游离偏高或者游离偏低的径迹数水珠,结果没有找到游离  $I \geq 2I_0$ , 或  $I \leq 0.75I_0$  的水平控制径迹,  $I_0$  是单电荷粒子游离的极小值.

### 三、讨 论

从图 2 可以看出,用测量游离-动量方法判断相对论性粒子质量误差是比较大的,[1] 中给出的可能重粒子事例  $c$  径迹的游离值很低,而其中  $a$  径迹是动量为  $-(6.6 \pm 1.0 - 0.8) \text{ GeV}/c$  的  $\pi$  介子,二径迹的游离比值是  $I_a/I_c = 1.53 \pm 0.18$ , 采用与当时实验条件相同的 [5] 得的实验数据拟合游离曲线是较合理的,即  $I_a = 1.28I_0$ , 由此可以推出

$$I_c = (0.84 \pm 0.10)I_0,$$

即  $c$  径迹的游离在误差范围内很可能是一个分数电荷粒子径迹. 事实上,用磁云室鉴别粒子只是对分数电荷粒子或非相对论性灰黑径迹才比较可信,因此我们的实验是在水平控制径迹中寻找  $I \leq 0.75I_0$  或  $I \geq 2I_0$  的径迹,即寻找分数电荷相对论性粒子或  $\beta < 0.7$ 、 $m > 1 \text{ GeV}/c^2$  的整数电荷粒子. 在所有的照片中没有这样的径迹,这表明在  $90\%$  的置信水平下、在大于  $78^\circ$  的水平方向这类粒子存在的流强上限为  $3 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1}$ . 这是一个较粗的数值,它是因为受了云室几何因子太小的限制.

丁林埴同志参加部分工作. 对于张文裕先生、赵忠尧先生、何泽慧先生、肖健先生及霍安祥同志对本工作的关心表示感谢.

### 参 考 文 献

- [1] 原子能研究所云南站,物理,1(1972),57.
- [2] 袁余奎、霍安祥等,高能物理与核物理, 2, (1978), 478.
- [3] Yuan, C. L. Luck and C. S. Wu, Nuclear Physics, Vol. 5, Academic Pr., New York, 1961.
- [4] R. E. Kepler et al., Nuovo Cim., 7(1958), 71.
- [5] 中国科学院高能物理研究所三室,  $\mu$  介子在氦氩混合气体中的游离能损曲线(1974)未发表.

## IDENTIFICATION OF THE HORIZONTAL COSMIC RAY PENETRATING PARTICLES

KUANG HAO-HUAI HU WEN-JUN ZHOU YIN-ZAO TAN YOU-HENG

SHEN CHANG-QUAN JANG YIN-LIN ZHU QING-QI QIN KE-YU

LI YAN-GUO WANG LI-AN

*(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)*

### ABSTRACT

An experiment, using a large magnetic cloud chamber to search for new particles in horizontal cosmic rays is described. The result is: the flux of particles with unit charge,  $\beta < 0.7$ ,  $m > 1 \text{ GeV}/c^2$  or the flux of relativistic fractional charge particles is less than  $3 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ sec}^{-1}$ .