

超高能 γ 线强度随高度的变化

——设置在 6500 米高山的乳胶室

陆穗苓 苏 实 任敬儒 王殿臣

(高能物理研究所)

摘 要

综合了几年来国内高山乳胶室取得的超高能 γ 线的强度(包括云南站,甘巴拉山,珠穆朗玛峰脚下),给出了用国内乳胶室取得的强度与高度的关系谱,特别是首次给出从珠穆朗玛峰脚下(海拔 6500 米)取得的 γ 线强度结果及衰减长度。

为了探索宇宙线高能粒子强度随高度的变化,在前几年实验^[1]的基础上,1978年由我国登山运动员把 75 公斤重的小乳胶室设置在珠穆朗玛峰脚下 6500 米的北坳营地上[见图 1]。1979年 10 月又由登山运动员取回了乳胶室中的感光胶片,在北京进行处理和测量。

乳胶室的设计

乳胶室由 1cm 厚的铅板 12 块(每块大小为:18.5cm \times 30cm),与感光胶片 6 层交替叠合组成具体安装如[图 2]。感光层由 4 种国产 X 光片(每张大小为 28cm \times 36cm)各 2 张构成。它们的型号是:上海 5F 型、天津 I 型



图 1 木箱内为乳胶室

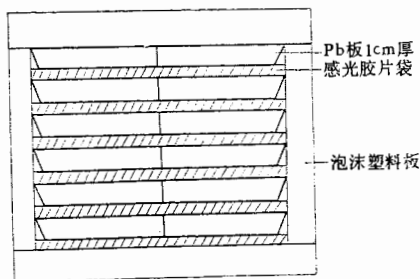


图 2 乳胶室的设计

及 III 型
X 光片
6cm 铅
实
乳
日本的
因待进
用
例,对
显微密
黑度能

实
实

观察站
珠峰
甘巴拉
恰喀尔
富士
云南
乘鞍

及 III 型和汕头南方牌。在乳胶室的第 4 层上还加进日本 ET7B 核乳胶片及富士 100 型 X 光片各 1 张和小西六高速工业 N 型 X 光片 2 张。乳胶室面积为 $(28 \times 36) \text{cm}^2$, 厚度为 6cm 铅。

实验情况

乳胶室照射时间共计 490 天。感光胶片经过严格处理后, X 光片记录性能基本合用。日本的核乳胶片由于使用前已存放一段时间, 这次取回处理结果是全部发黑不透光, 其原因待进一步查明。

用同一层的 5F 型 X 光片两张对照扫描, 经显微镜下审核后, 获得 37 个电磁簇射事例。对每个事例测量天顶角和能量, 能量是由各层 X 光片上的黑斑黑度所确定^[2]。黑度用显微密度计测量。观察孔面积为 $100 \times 100 \mu^2$ 。经天顶角及所夹入的感光层厚度修正, 用黑度能量转换曲线得到能量值^[3]。

站, 甘巴
谱, 特别
衰减长

, 1978 年由
勘营地上
进行处理和

2 块(每块大
片 6 层交替
光层由 4 种
36cm) 各 2
F 型、天津 1

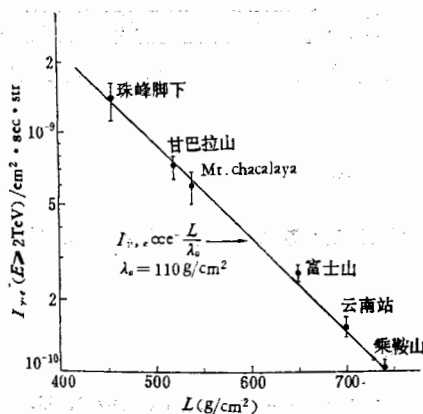


图 3 γ 线垂直强度随高度的变化

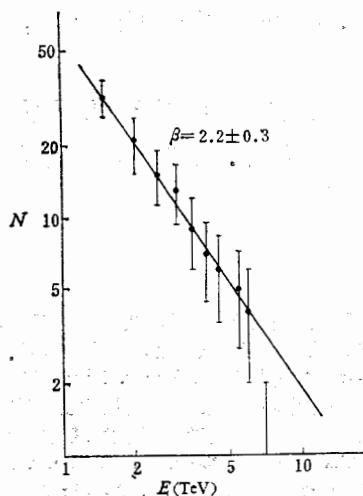


图 4 γ 线的积分能谱

实验结果与讨论

实验给出 $E_{\gamma,c} \geq 2 \text{TeV}$ 的 γ 线(或电子)在大气深度 $L = 455 \text{g/cm}^2$ 的垂直强度:

$$I_{\gamma,c} = (1.47 \times 10^{-9} \pm 0.23) / \text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{str}.$$

表 1 各实验地点的 λ_0 、 β 、 $I_{\gamma,c}$

观察地点	高度 (m)	能域 E (TeV)	$\lambda_0 (\text{g/cm}^2)$	β	$I_{\gamma,c} (\text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{str}^{-1})$
珠峰脚下	6500	2—10	108.3 ± 17	2.2 ± 0.3	14.7×10^{-10}
甘巴拉山	5500	2—50	110 ± 13	2.0 ± 0.2	7.32×10^{-10}
恰喀尔塔亚	5200	0.2—50	95 ± 10	2.07 ± 0.16	6.3×10^{-10}
富士山	3700	1—100	93 ± 10	2.1 ± 0.1	2.9×10^{-10}
云南站	3200	1—10	90 ± 16	2.08 ± 0.2	2.75×10^{-10}
乘鞍山	2700	0.6—2	98.5 ± 7	1.92 ± 0.15	1.0×10^{-10}

Pb板 1cm 厚
感光胶片袋

泡沫塑料板

计

如果用本实验 $I_{\gamma,e}$ 结果与甘巴拉山实验给出的 γ 线(或电子)束流垂直强度^[4]相比,其比值为:

$$1.47 \times 10^{-9} / 7.32 \times 10^{-10} = 2.0$$

根据与大气深度的 e 指数规律相比,其比值为:

$$e^{-4.55} / e^{-5.2} = 1.92$$

两个比值是符合的。把国内的高山乳胶室实验取得的 $I_{\gamma,e}$ 与日本巴西联合组在 Chacaltaya 山^[5]、富士山组^[6]、乘鞍山组^[7]实验相比给出的 $I_{\gamma,e}$ 值随高度的变化[图3],在图3中,珠峰脚下、甘巴拉山、云南站是我们几年来利用乳胶室获得的实验数据。

从本实验观测事例的天顶角分布得到 $N_{\gamma,e}(\theta) \propto \cos^m \theta$, $m = 6.2$ 。因此给出在珠峰脚下 6500 米的海拔高度上的 γ 线(或电子)束流的衰减长度 $\lambda_a = 108.3 \pm 17 \text{g/cm}^2$, 从能量分布上得到积分能谱服从: $N_{\gamma,e}(E_{\gamma,e} \geq 2 \text{TeV}) \propto E_{\gamma,e}^{-\beta}$, 能谱指数 $\beta = 2.2 \pm 0.3$ (见图4),在表1中给出各实验地点、能域(E)与衰减长度(λ_a)、能谱指数(β)的值,可见它们之间的比较,在 10^{12} — 10^{13}eV 的能域中,各乳胶室实验得到的 β 值及 λ_a 值是一致的。

本文的乳胶室由中国登山队及队员曾曙生、尚志平、王鸿宝、米马扎西、罗郎 等建室和取回感光胶片。本工作得到何泽慧先生和霍安祥同志指导和帮助,作者向他们表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院高能所物理所乳胶室组,物理学报,25(1976),324;任敬儒等,高能物理与核物理,2(1978),318;任敬儒等,高能物理与核物理,5(1981),271.
- [2] I. Ohta, *Suppl. Prog. Theor. Phys.*, 47(1971), 271.
- [3] 任敬儒,王承瑞等,高能物理与核物理,5(1981),706.
- [4] 任敬儒,王承瑞,陈允鸿等,高能物理与核物理,5(1981),205.
- [5] M. Akashi et al., *Suppl. Prog. Theor. Phys.*, 47(1971), 1.
- [6] I. Ohta et al., *Paog. INT. Cosmic Ray Symposium on High Energy Phenomena* (1974), 33.
- [7] 明石诚等,宇宙线研究,10(1965),197.

VARIATION OF THE INTENSITY OF ULTRAHIGH ENERGY γ -RAYS WITH ALTITUDE

LU SUI-LING SU SHI REN JING-RU WANG DIAN-CHEN

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

Intensities of ultrahigh energy γ -rays observed in Chinese emulsion chamber experiments at several altitudes, including Yunnan Station (3200 m), Mt. Kambala (5500 m), and the foot of Mt. Qomolangma (Everest, 6500 m) are summarized. An intensity altitude relation and in particular, the attenuation length of γ -rays at the foot of Mt. Qomolangma are presented.

正
只限于
有用的
我
若以无
立它们
若
以及

设 $[\lambda_1, \lambda_2$

其中 λ_{ij}

对于 G_i