

铁乳胶室中 $\Sigma E_{\gamma} \geq 100\text{TeV}$ 族事例的分析

⑪
73-77

林 静

(重庆建筑大学基础科学系 630045)

05724

摘 要 对铁乳胶室中观测到的 $\Sigma E_{\gamma} \geq 100\text{TeV}$ 族事例作了统计分析, 给出了族事例垂直能流谱、族中 γ 线能谱、族中 γ 线横向分布等特性, 并与 SD-SH 模型的模拟结果作了比较。在铁室中发现了横向扩展很小、贯穿能力很强的 γ -h 束。并就有关问题进行了讨论。

关键词 宇宙线, 乳胶室, 族事例

中图法分类号 O572.1

高山乳胶室是探测高能宇宙线的有效手段之一。在高山高度, $\Sigma E_{\gamma} \geq 100\text{TeV} - 1000\text{TeV}$ 族事例所涉及的初能范围为 $10^{15} \sim 10^{16}\text{eV}$ 。这个能区高于现阶段高能加速器所能达到的最高能量。在加速器尚不能达到的超高能领域, 宇宙线作为超高能粒子的来源, 仍然是人们探索超高能核作用的唯一手段。族事例中的强子因没有经过电磁级联过程, 它们比 γ 线带有更直接的有关强作用的信息。对强子的研究受到宇宙线工作者的高度重视。

为了提高对强子的探测效率, 甘巴拉山合作组**建造了以铁作为吸收材料的铁乳胶室, 积累了许多事例, 关于单根事例和超大族事例的分析已有文章发表^[1,2], 但对铁乳胶室中族事例的统计分析进行得很少。本文对铁乳胶室中观测到的总观测能 $\Sigma E_{\gamma} \geq 100\text{TeV}$ 族事例作了统计分析, 并用 SD-SH 模型对铁室族事例进行系统的模拟。给出族事例的积分能流谱、族中 γ 线能谱和横向分布等。为了检验铁室对族事例进行探测的可行性, 文中在把实验结果与模拟结果进行比较的同时, 还与铅室结果作了比较。

1 实验概况

甘巴拉山海拔高度为 5500 m (大气深度为 520 g/cm^2), 铁室为简单型, 每单元面积 $40\text{ cm} \cdot 50\text{ cm}$, 第一层 X 光片置于 5 辐射长度 (c.u) 处, 以后每隔 2c.u, 放一层 X 光片, 室厚 29c.u。

本文所分析的族事例取自甘巴拉山合作组 K2, K4, K5 部分铁室, 曝光量为 $47.1\text{ m}^2\text{ yr}$ 。事例的选择标准为: 剔出斜入事例后, 要求族内 γ 簇射数 $n_{\gamma} \geq 4 (E_{\text{min}} = 4\text{TeV})$ 及 $\Sigma E_{\gamma} \geq 100\text{TeV}$, 对族中强子未加限制。经选择, 得到满足以上要求的族事例 23 个, 族中簇射的 γ 与

收稿日期: 1996-04-08

林 静, 女, 1962 年生, 讲师

国家自然科学基金资助项目

强子 h 的区分仍以起始点深度为判据, $\Delta t < 6c.u.$ 且无后继作用者划为 γ 线, 其余的认为是强子在吸收介质中形成的铁喷注。

2 蒙特卡诺模拟

模拟所用模型为 SD - SH 模型^[3,4]。SD 表示单衍射分解过程, SH 表示软强子过程加上部分子硬散射。

SD - SH 模型把非弹性强相互作用划分为小横动量(小 P_T)软过程和大横动量(大 P_T)硬过程。软过程和硬过程中的旁观者 jet 由 Feynman Scaling 描述, 大 P_T 硬散射由微扰 QCD 描述。

模拟用原初宇宙线成分取自文献^[5]。原初成分比例见下表。

模拟事例的接收考虑室的具体结构, 并用与实验上相同的选择标准来选择事例。

原初成分比例(%)

	10^4 eV	10^5 eV	10^6 eV
P	34.2	27.7	17.0
H	13.9	12.4	8.2
CNO	16.6	17.1	16.1
LH	16.6	17.1	18.7
MH	4.1	7.1	13.1
VH	3.6	5.7	9.8
Fe	11.1	12.9	17.1

3 实验结果及其与铅室、模拟结果的比较

3.1 族事例积分能流谱

图 1 是甘巴拉山铁室所得族事例积分能流谱与模拟结果的比较, 其中实验值由公式(1)计算得到。

$$I(\geq \sum E_i, 0) = \frac{N_f(\geq \sum E_i)}{ST\Omega_{eff}} \quad (1)$$

(1)

式中 I 表示族事例的垂向积分流强,

N_f 是实验上所观察到的族事例数

S、T 分别是曝光的面积和时间

Ω_{eff} 是乳胶室对族事例所张的有效立体角, 在模拟中, 把它定义为乳胶室所记录到的族事例数与到达乳胶室表面的族事例之比, 由计算得到 $\Omega_{eff} = 0.56$ 。

图 1 中实线表示的模拟结果取自文献^[6]。在这里, 蒙特卡洛模拟符号的含义是: M 表示原初宇宙线为以重核为主的混合成分。在混合成分中, 质子、H 核、轻核、中等核、重核、超重核、Fe 核的能谱, 在一拐点能量 E_0 处陡变。在低于 E_0 的能区, 上述混合原初各成分的能谱指

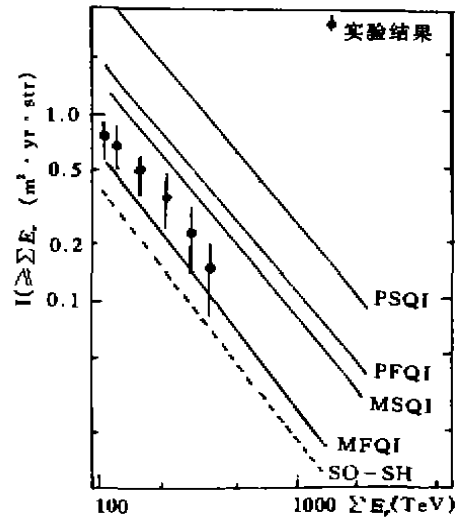


图 1 族事例积分能流谱

数分别为 1.7、1.7、1.7、1.6、1.6、1.6、1.5，在 E_0 及其以上的能区，能谱指数变陡为 2.0； P 表示原初宇宙线为以质子为主的混合成分； S 表示碎裂区标度规律成立； F 表示火球模型，即在碎裂区标度规律强烈破坏的 CKP 模型； Q 表示产生 QCD-jet； I 表示强子和空气核碰撞中非弹性截面随初能按 $E^{0.76}$ 规律增加。图中虚线为本工作 SD-SH 模型模拟结果。由图 1 可以看出：MSQI、MFQI 和 SD-SH 三种模型的模拟结果与实验结果变化趋势相一致，并且在数量级上相吻合。与甘巴拉山合作组常用的 MSQI 模型相比，SD-SH 模型的模拟结果与实验结果符合得更好。而本工作 SD-SH 模型的模拟结果与实验的差异，可能是模型假设中非弹性截面上升过快，或原初宇宙线能谱较陡而引起的，这种差别可以通过调整参数而得到进一步改善。

3.2 族中 γ 线能谱

图 2 是族中 γ 线能谱与模拟、铅室结果的比较。可以看出，铁室中 γ 线能谱比模拟和铅室结果较为平坦，即能谱指数偏小。这种差别可能是由于铁室中强子混入 γ 线中的比例较大，从实验上难以把他们辨别出来，所以铁室中的 γ 能谱不是纯 γ 谱。从文献^[7]所给的 γ 线能谱与强子能谱看出，强子谱与 γ 线能谱相比较为平坦，模拟中我们的计算也得到了相同的结果。

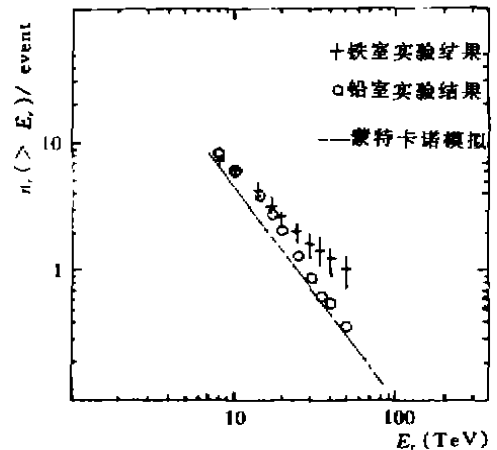


图 2 族中 γ 线能谱

3.3 族事例的横向分布与强贯穿的 γ -h 束

图 3 是族中 γ 线的横向扩展 R 分布图，图 4 所示为能量加权的横向扩展 ER 分布。

从图 3 和图 4 中可以看出，在 R 很小的区域内，铁室实验结果与铅室及模拟结果有很大差别。从图 5 所示的族事例总观测能与族事例平均横向扩展的关联中，我们能更清楚

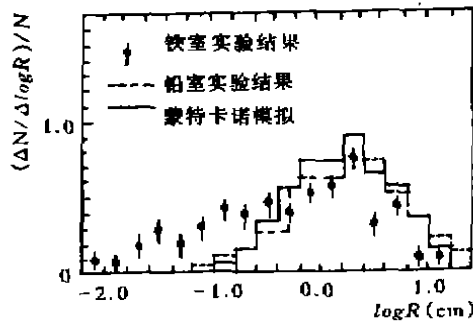


图 3 $\text{Log} R$ 微分分布

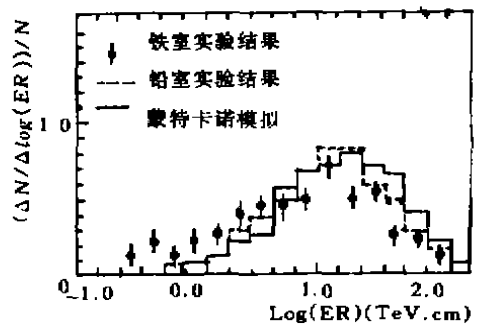


图 4 $\text{Log}(ER)$ 微分分布

地看到这一点。在铁室所观察到的族事例中，有四个事例平均横向扩展级小， $\langle R \rangle < 1 \text{ mm}$ ，能量在族事例中心高度集中。图 5 中它们远远偏离正常的涨落范围，属于现有模型没有发现的

特殊事例。在剔除了特殊事例后,族中 γ 线的横向分布就与模拟和铅室结果相符了。

在四个小 $\langle R \rangle$ 事例中, K5173 和 K5054 两个族有很强的贯穿能力。两个族均从第 5c.u. 就有明显的黑斑, 事例斑集中, K5054 能用肉眼分辨出单独的簇射斑, K5173 则需借助显微镜才能看到芯结构, 两事例都贯穿到第 23c.u.。这种事例似乎与恰卡尔塔亚组在第 19 届和第 20 届国际宇宙线会议上所报道的高能簇射的贯穿特性^[9]和 $\gamma-h$ 族中观测到的高能簇射^[10]相类似。如果用起始点深度为判据, 则这几个族中均没有强子, 全部为 γ 线。如考虑到那些与理论转换曲线相比较, 簇射的级联曲线过宽而呈现异常^[10], 簇射的转换曲线的半宽度 (FWHM) 与分布的平均值之差超过两倍标准偏差 (~ 2 c.u.) 者^[11]定为强子, 则在 K5173 中有 2 个强子^[12]。Chacaltsaya 和 Pamir 合作组认为这种由横向扩展很小的高度准直的高能簇射集团所构成的族事例具有重要意义。

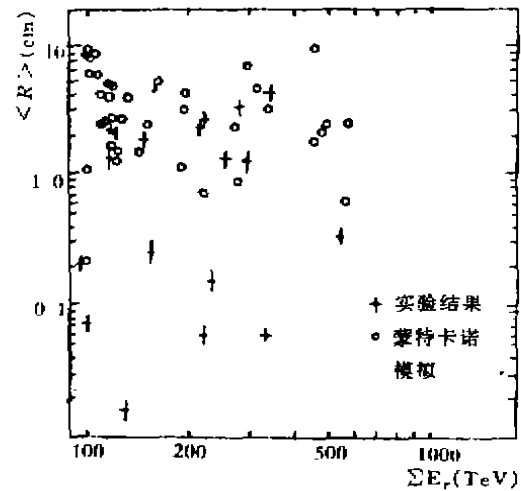


图 5 $\Sigma E_{\gamma} \sim \langle R \rangle$ 关联

4 结 语

通过以上分析研究, 可以看出: 铁乳胶室对族事例的探测是可行的, 铁室中发现了贯穿力特强的特殊事例, 这种事例的统计性有待提高。而铁室中 γ 与强子的区分方法也有待进一步探讨。

本工作曾得到山东大学高能物理研究室王承瑞、何瑛、张乃健等教授的指导。

参 考 文 献

- 1 N. J. Zhang et al. Proceedings of International Symposium on Cosmic Ray Superhigh Energy Interactions, Beijing, 1986, 2-13
- 2 China-Japan Emulsion Chamber Collaboration 同 1, 3-33
- 3 Q. Q. Zhu et al. 同 1, 7-1
- 4 朱清棋. CCAST-WL WORKSHOP SERIES: VOL. 48, 149
- 5 经才耀等. 高能物理与核物理. 1986(10)638
- 6 China-Japan Emulsion Chamber Collaboration. 19th ICRC, 1985, 439
- 7 J. R. Ren et al. ICR-Report-155-88-1
- 8 Y. Funayama et al. 19th ICRC, 1985, 284
- 9 N. M. Amato et al. 20th ICRC, 1987, 275
- 10 J. R. Ren et al. 20th ICRC, 1987, 376
- 11 范晓*令. 中国科学院研究生院学报. 1991(8)27
- 12 张乃健等. 第四届全国乳胶室工作会议录选, 1993, 7

(编辑: 陈蓉)

Analysis On 100TeV Family Events in Fe Emulsion Chamber

Lin Jing

(Dept. of Natural Science, CJU)

Abstract In this paper, a statistic analysis has been taken about the family events of 100TeV in Fe emulsion chamber. Some properties and results, such as vertical energy spectrum of family events, energy spectrum of γ -rays in family event, the transverse distribution of γ -rays in family event have been obtained. Conclusions have also been compared with those in Pb emulsion chamber and Monte Carlo simulation of SD-SHmodel. The special event that has very small transverse spread and strong penetration ability has been discovered.

Key Words cosmic ray, emulsion chamber, family events

(上接 60 页)

Stability Calculation of Simply Supported Cantilever Member Compressed By Two Axial Loads

Chen Jin Hu Xuebin

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Chongqing Jianshu University)

Abstract The stability problem of simply supported cantilever member compressed by two axial loads is studied in this paper. The author provided the coefficients of equivalent calculation length in the form of diagram for the cases of choosing simply supported part or cantilever part as actual length. The results of this paper can be directly used for the stability calculation of rotary header, single-suspension jib of tower cranes and other similar structural members, and can be considered as a supplement of (Design Rules for Tower Cranes)(GB/T 13752-92).

Key Words stability calculation, simply supported cantilever member, axial loads, coefficient of equivalent calculation length