

# 羊八井 ARGO 实验对 Crab 源灵敏度的研究<sup>\*</sup>

崔树旺<sup>1,2;1)</sup> 胡红波<sup>1</sup> 王焕玉<sup>1</sup> 卢红<sup>1</sup> 谭有恒<sup>1</sup>

1 (中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

2 (河北师范大学物理学院 石家庄 050016)

**摘要** 应用 Monte-Carlo 研究给出羊八井 ARGO (Astrophysical Radiation with Ground-based Observatory) 实验的角分辨能力. 采用 Whipple 实验给出的蟹状星云 (Crab Nebula) TeV 能区的微分流强参量, 对 3 种统计显著性的方法进行了比较, 研究表明: 以信号和本底的似然比为权重的加权方法能够给出最优化的结果. 在没有考虑  $\gamma/p$  鉴别能力的条件下, ARGO 实验运行一年能够观测到来自 Crab 源累计超出平均可达  $18\sigma$  显著水平, 以  $5\sigma$  为标准, 实验可达到小于  $0.3I_{\text{crab}}$  的灵敏度.

**关键词** ARGO 实验 蟹状星云 (Crab Nebula) 角分辨 灵敏度

## 1 引言

目前, 宇宙线  $\gamma$  天文地面实验的主要目标之一就是几百 GeV 以上  $\gamma$  点源的寻找, 监测和研究. 它们以大气契伦科夫望远镜 (Air Cherenkov Telescope) 和广延大气簇射 (Extensive Air Shower) 阵列为主要探测手段. 近年来, 由于 ACT 实验成像技术的完善和迅速发展, 借助其高灵敏度 ( $0.1I_{\text{crab}}$ ) 和强角分辨能力 ( $\sim 0.1^\circ$ ), 以及能够实现  $\gamma/p$  鉴别的强大优势, 在 TeV 能区点源寻找方面一直领先于 EAS 阵列. 到目前为止, ACT 实验报道发现了 18 个 TeV 能区的甚高能 (VHE)  $\gamma$  点源<sup>[1]</sup>, 虽然羊八井 AS $\gamma$  阵列也对 Crab Nebula 的 MultiTeV 能段进行过监测<sup>[2]</sup>, 在 Mrk501<sup>[3]</sup> 和 Mrk421<sup>[4]</sup> 的暴发高态有所发现, 但是终因仅相当于  $1I_{\text{crab}}$  的灵敏度令其难有先拔头筹的机会.

中意合作羊八井 ARGO 实验采用意大利开发的先进的 RPC (Resistive Plate Chamber) 粒子探测技术, 把传统的 AS 粒子取样观测发展到全收集观测, 在

海拔高度 4300m 的羊八井宇宙线观测站 ( $90.53^\circ\text{E}$ ,  $30.11^\circ\text{N}$ ) 建造约  $10,000\text{m}^2$  的全覆盖“地毯”式阵列. 期望以其高海拔, 低能阈 (约  $100\text{GeV}$ ), 全天候, 宽视场的优点, 在  $\gamma$  射线天文和宇宙  $\gamma$  射线暴的研究上与空间实验相衔接, 在甚高能  $\gamma$  点源方面与 ACT 实验相竞争, 相补充. RPC 探测器由 10 个 ( $0.56 \times 0.62$ )  $\text{m}^2$  的读出板 (pad) 作为基本的计数单元, 为了便于在线数据采集和电子学设计, 将 12 个 RPC 作为 1 组构成 Cluster, 整个阵列共计 154 个 Cluster 组成, 探测器总面积约为  $6400\text{m}^2$ . 关于 RPC 的工作原理和阵列的详尽介绍请参考文献 [5, 6]. 该实验现在正在安装调试, 预计将于 2005 年正常运行.

## 2 Monte-Carlo 模拟数据的产生和事例的判选条件

本文采用国际广泛应用的 CORSIKA 软件包<sup>2)</sup> 模拟原初粒子在大气中簇射发展的过程, 考虑到探测器的特点, 对于次级粒子中的主要成分强子、 $\mu$  子、

2004-04-21 收稿

<sup>\*</sup> 中国国家自然科学基金 (10110794)、中国科技部、中国科学院高能物理研究所粒子天体物理重点实验室及意大利 INFN 基金, 胡红波“引进国外杰出人才”基金 (U-23) 资助

1) E-mail: cuisw@mail.ihep.ac.cn

2) <http://www-ik.fzk.de/~heck/corsika/>

电子和光子的能量跟踪下限分别取为 300MeV, 50MeV, 1MeV 和 1MeV. 用 ARGOG 程序包<sup>1)</sup>完成探测器对簇射次级粒子响应的模拟,它是基于欧洲核子物理实验的 GEANT3 大型软件包,根据羊八井 ARGO 实验的特点构建的探测器模拟程序包. 模拟中,原初事例的芯位投点范围一般要选择得足够大,以对实验的有效面积不会产生影响为宜. 这里选择阵列为中心 200m × 200m 的范围投点. 探测器 RPC 上方覆盖有 0.5cm 厚的铅板,它的目的是使得 AS 中大量的  $\gamma$  得以转变为可探测的电子对,从而改善阵列的性能. 数据重建由 MEDEA<sup>2)</sup>程序包完成. 为保证重建数据的质量,对簇射前峰面进行锥面拟合给出事例的重建方向,另外加入以下事例筛选条件:(1)着火 pad 数  $N_{\text{pad}} \geq 20$ ; (2)天顶角  $\leq 40^\circ$ ; (3)重建事例的芯位位于阵列中心全覆盖部分,称其为内部事例.

### 3 ARGO 实验的角分辨能力

角分辨能力是衡量实验性能的重要指标,直接影响到对点源观测的灵敏度.

#### 3.1 角分辨定义

天顶角为  $\theta$ ,方位角为  $\varphi$  的方向向量,在方位角  $\varphi$  平面上可以构造出两个相互独立的垂直分量

$$\sin\Theta_x = \sin\theta\cos\varphi; \quad \sin\Theta_y = \sin\theta\sin\varphi, \quad (1)$$

则对于事例重建方向和原初方向的矢量夹角  $\Delta\Theta$  就可以由两个一维分量的差值表示,

$$\Delta\Theta_x = \arcsin(\sin\Theta_{x,\text{rec}} - \sin\Theta_{x,\text{pri}}),$$

$$\Delta\Theta_y = \arcsin(\sin\Theta_{y,\text{rec}} - \sin\Theta_{y,\text{pri}}). \quad (2)$$

在  $\Delta\Theta$  较小时, $\Delta\Theta_x, \Delta\Theta_y$  的分布分别服从期待值为 0,标准方差为  $\sigma_{\Delta\Theta_x}^2, \sigma_{\Delta\Theta_y}^2$  的一维高斯分布. 定义阵列的角分辨为

$$\sigma_\theta = \sqrt{\sigma_{\Delta\Theta_x}^2 + \sigma_{\Delta\Theta_y}^2}. \quad (3)$$

$\Delta\Theta_x, \Delta\Theta_y$  的联合概率等密度椭圆截线方程为<sup>[7]</sup>

$$\frac{\Delta\Theta_x^2}{\sigma_{\Delta\Theta_x}^2} + \frac{\Delta\Theta_y^2}{\sigma_{\Delta\Theta_y}^2} = b^2, \quad (4)$$

$b^2$  为一非负数值. 一般的,对称阵列对横纵方向的分辨能力是没有差异的,所以有

$$\sigma_{\Delta\Theta_x}^2 = \sigma_{\Delta\Theta_y}^2 = \frac{\sigma_\theta^2}{2}. \quad (5)$$

等密度椭圆所围区域的概率含量可以由自由度为 2 的  $\chi^2$  分布计算:

$$P[\chi^2 \leq b^2] = \int_0^{b^2} \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{u}{2}\right) du = 1 - e^{-\frac{b^2}{2}}. \quad (6)$$

角半径  $\Delta\Theta = \sqrt{\Delta\Theta_x^2 + \Delta\Theta_y^2}$  的区域内包含二维高斯信号的百分比  $\varepsilon_\gamma$  可由(4)式(6)式联合计算得到. 比如张角  $\Delta\Theta = \sigma_\theta$ ,通过计算  $\varepsilon_\gamma$  约等于 63.2%.

#### 3.2 角分辨随 $N_{\text{pads}}$ 的变化

把事例按照  $N_{\text{pads}}$  自 20—450 分成 7 段(20—30, 30—50, 50—80, 80—120, 120—200, 200—300, 300—450)来研究 ARGO 阵列角分辨的能力. 对于不同能量、不同入射角度、不同原初成分的事例做了仔细的比较,同时还考虑到噪音给阵列角分辨带来的影响. 根据测试实验<sup>[5,6]</sup>反映的实际情况,对于每个事例本文选定平均 10 个 pad 着火作为阵列的噪音水平. 自图 1 显示,阵列角分辨与  $N_{\text{pads}}$  有很强的依赖性. 很明显, $N_{\text{pads}}$  越大,阵列收集到的次级粒子的信息越多,重建的方向就会越准,角分辨能力越高. 图 1(a)是不同原初能量(400GeV, 800GeV, 1200GeV)的光子的角分辨随  $N_{\text{pads}}$  的变化趋势,图 1(b)则是指不

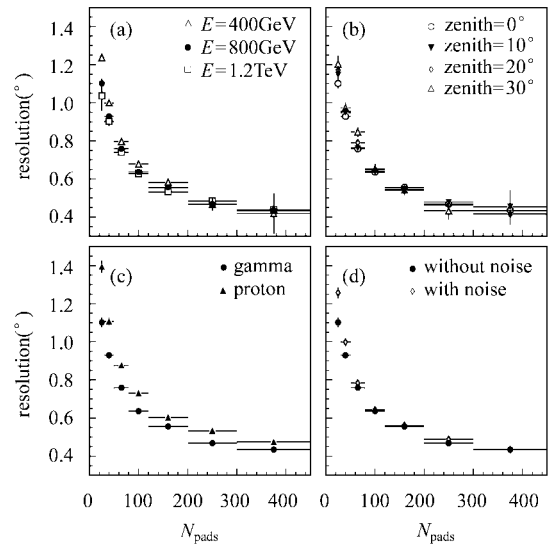


图 1 角分辨随  $N_{\text{pads}}$  变化情况

(a)图表示 3 种不同能量的原初  $\gamma$  粒子的结果;(b)图是 800GeV  $\gamma$  粒子以不同的天顶角入射的结果;(c)图是不同的原初成分的角分辨随  $N_{\text{pads}}$  的变化;(d)有无考虑噪音影响的情况下角分辨能力的变化.

1) <http://www.fisica.unile.it/~argo/analysis/argog/index.html>

2) <http://www.fisica.unile.it/~argo/analysis/medea/index.html>

同天顶角入射的光子给出的结果. 由(a),(b)可知: 由于 ARGO 阵列的角分辨主要依赖  $N_{\text{pads}}$  大小受 AS 的能量和入射芯位的共同控制的变化, 在 pad 多重数较低 ( $N_{\text{pad}} < 150$ ) 情况下, 阵列对不同原初能量的角分辨略有差别, 对于高多重数的事例, 原初粒子的能量对角分辨没有直接的影响, 而且入射角度的变化对阵列角分辨影响不大. 图 1(c)说明阵列对光子的角分辨能力明显好于质子的, 这主要是因为原初质子成分引起的簇射次级粒子的分布没有光子规则, 芯位重建的误差比光子的大造成的. (a),(b),(c)的结果均未考虑噪音的影响. 图 1(d)中分析可知加入噪音, 阵列的角分辨变坏, 而且噪音的影响主要是表现在 pad 多重数较低的事例上.

## 4 ARGO 实验对 Crab 源灵敏度的估计

蟹状星云 Crab 位于赤道坐标赤经  $83.63^\circ$  赤纬  $22.02^\circ$ . 长期以来, 各个实验对它多波段的观测积累了丰富的经验和资料, 再加上其辐射强度高而且相对稳定, 所以一直被认作是  $\gamma$  天文的“标准烛光”. 在羊八井视场范围内, 小于  $40^\circ$  天顶角的条件下, 对 Crab 源每天仍有 5.9 小时的观测时间. 因此, 对它的灵敏度是衡量和检验我们探测器性能的重要指标, 同时也是 ARGO 实验探测的第一个目标.

### 4.1 来自 Crab 源方向 $\gamma$ 事例和本底事例的模拟

实验探测  $\gamma$  源的能力主要取决于源发射光子的强度以及本底事例的强弱. 对于扩展源来讲, 源的扩展角度的大小也会影响到对它的探测, 作为点源的 Crab 扩展主要是因为探测器的角分辨能力造成的弥散. 模拟产生了来自 Crab 源方向的  $\gamma$  事例和本底事例, 对于本底成分仅考虑质子和氦核两部分, 其他重核成分流强远远低于质子和氦, 所以忽略了它们对本底的贡献. 3 种不同的原初成分的微分流强由表 1 列出.

表 1 来自 Crab 方向原初宇宙线粒子流强

初级粒子成分	微分流强 ( $dN/dE$ )
$\gamma$	$I_\gamma = 3.2 \times 10^{-7} E^{-2.49} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{TeV}^{-1[8]}$
p	$J_p = 8.98 \times 10^{-2} E^{-2.74} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{TeV}^{-1[9]}$
He	$J_{\text{He}} = 7.01 \times 10^{-2} E^{-2.64} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{TeV}^{-1[9]}$

图 2 给出 ARGO 阵列对应 3 种不同的原初成分

的有效面积随能量的变化关系. 图 3 表示来自 Crab 方向的  $\gamma$  射线的能量与  $N_{\text{pads}}$  的相关性分析, 中间实线给出各区间粒子的均值能量.

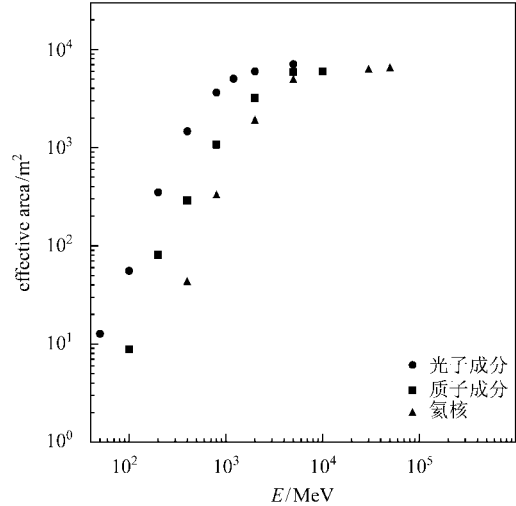


图 2 ARGO 阵列探测不同原初成分的有效面积随能量的变化趋势

●代表的是光子成分; ■代表的是质子成分; ▲代表氦核.

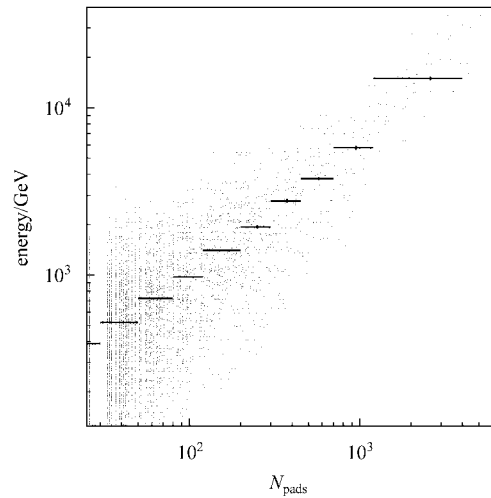


图 3 初级粒子的能量与  $N_{\text{pads}}$  相关性分析

实线所指纵坐标值为横坐标所跨的 pad 区间的能量均值.

### 4.2 向源窗口内光子数和本底数的估算

来自源的  $\gamma$  射线流中混有大量的宇宙线本底, 因而对源的探测标准一般由显著性的大小来衡量. 对于大统计量的实验而言, 通常显著性用下式计算:

$$s = \frac{N_\gamma}{\sqrt{N_{\text{bkg}}}}, \quad (7)$$

$N_\gamma$ ,  $N_{\text{bkg}}$  指向源窗口中的光子数和本底数目:

$$N_\gamma = \int_E A_{\text{eff}}^\gamma(E) \cdot I_\gamma(E) \cdot dE \cdot \epsilon_\gamma \cdot T, \tag{8}$$

$$N_{\text{bkg}} = \int_{E'} A_{\text{eff}}^{\text{bkg}}(E) \cdot J_{\text{bkg}}(E) \cdot dE \cdot \Delta\Omega \cdot T.$$

式中  $A_{\text{eff}}(E)$  为阵列的有效面积,它是能量的函数(图 2);  $I_\gamma(E)$ ,  $J_{\text{bkg}}(E)$  由表 1 给出;  $\epsilon_\gamma$  为向源窗口内包含源信号的百分比,它取决于向源角窗口大小和阵列角分辨的大小;  $T$  为观测时间,具体到 ARGO 实验对 Crab 源而言,每天的观测时间约为 5.9 小时;  $\Delta\Omega$  是向源窗口立体角大小,半径为  $\Delta\theta$  的角窗口的立体角大小为  $2\pi(1 - \cos\Delta\theta)$ . 利用有效面积和能量的关系和式(8)推算出一年(365 天)ARGO 实验可以探测到来自 Crab 方向的光子数为  $N_\gamma \approx 36416 \cdot \epsilon_\gamma$ , 质子本底数为  $N_p \approx 3.0777 \times 10^9 \cdot \Delta\Omega$ , 氦本底数为  $N_{\text{He}} \approx 0.8197 \times 10^9 \cdot \Delta\Omega$ .

### 4.3 角窗口的优化

由(7),(8)式可以看出,设置向源窗口的大小对显著性影响至关重要.  $\alpha(\Delta\theta) = \frac{\epsilon_\gamma(\Delta\theta)}{\sqrt{2\pi(1 - \cos\Delta\theta)}}$  直接反映了向源窗口影响显著性的变化情况. 图 4 展示了因子  $\alpha$  随角窗口大小变化趋势,横坐标是角窗口的大小,由阵列角分辨的倍数来表示. 假如角分辨按照(3)式来定义, $\alpha$  的最高点在角窗口为  $1.12\sigma_\theta$  处,此时  $\epsilon_\gamma$  约等于 71.5%.

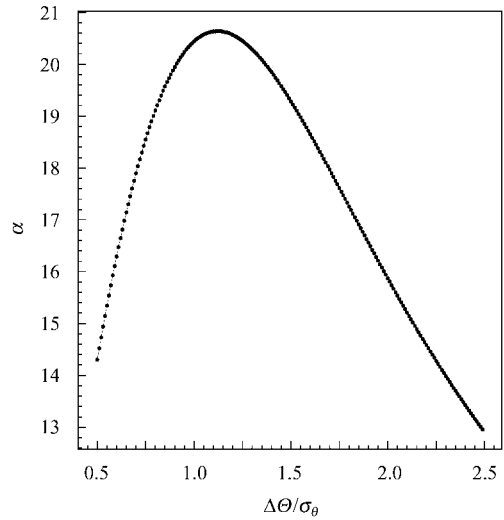


图 4 显著性影响因子  $\alpha$  随窗口大小的变化趋势  
横坐标为角窗口大小,由阵列角分辨的倍数来表示.

### 4.4 结果

表 2 列出  $\gamma$ ,  $p$  和 He 3 种不同的初级粒子在  $N_{\text{pads}}$  区间分布的百分比. 根据  $N_{\text{pads}}$  区间的角分辨能力,选择相应的优化角窗口,表 3 给出一年的时间各  $N_{\text{pads}}$  区间探测到来自 Crab 源方向的光子数 ( $N_\gamma$ ) 以及质子、氦的本底事例的个数 ( $N_p, N_{\text{He}}$ ).  $E_m^\gamma$  是相应于  $N_{\text{pads}}$  区间的均值能量(单位:GeV),  $\sigma_\theta$  是阵列的角分辨(单位:( $^\circ$ )).

表 2 不同初级粒子在不同  $N_{\text{pads}}$  区间分布比例

$N_{\text{pads}}$	20—30	30—50	50—80	80—120	120—200	200—300	300—450	大于 450
$\gamma$	32.0%	28.8%	15.9%	8.1%	6.5%	3.4%	2.0%	2.3%
$p$	35.8%	30.9%	15.7%	7.5%	5.2%	2.3%	1.4%	1.4%
He	30.2%	30.0%	16.8%	8.7%	6.8%	3.2%	2.1%	3.2%

当然,表 3 列出的结果是在比较理想的情况下得到的,因为模拟仅仅考虑到实验仪器的探测效率,而没有考虑穿过仪器的粒子数本身的涨落. 考虑被测现象本身的随机性,则到达探测器的粒子数服从

泊松分布. 表 3 中给出的是泊松分布的期待值. 在数据处理过程中,等天顶角方法是找源的常用方法,采用这种分析方法,在源的两侧各取 5 个张角相等背源区来估计向源区的本底,根据统计规律,10 个

表 3 ARGO 实验利用一年的观测时间,不同  $N_{\text{pad}}$  区间探测到的来自 Crab 方向的  $\gamma$  个数以及  $p$  和 He 的本底数

$N_{\text{pads}}$	20—30	30—50	50—80	80—120	120—200	200—300	300—450	大于 450
$E_m^\gamma$	446	633	868	1196	1539	2432	2998	6464
$\sigma_\theta$	1.25	1.00	0.78	0.63	0.55	0.45	0.43	0.39
$N_\gamma$	7657	7793	4247	2351	1749	880	554	801
$N_p$	1866658	1173711	365092	118077	61893	18772	11068	10701
$N_{\text{He}}$	424728	306108	101964	36676	20828	6453	3621	3870

注:  $E_m^\gamma$  是相应区间的均值能量(GeV),  $\sigma_\theta$  是相应区间阵列的角分辨( $^\circ$ )

背源区的事例数也服从泊松分布. 应用快速 MC 模拟的方法产生了 2000 组实验数据, 来分析涨落对实验结果的影响. 为综合分析 8 个 pad 区间的实验结果, 本文考虑了 3 种不同的统计方法来计算总显著性, 通过比较 3 种方法得出的实验结果推断 ARGO 实验对 Crab 源的灵敏度.

#### 4.5 3 种计算显著性的统计方法

a) 累加各 bin 中的事例数来计算显著性

这种方法就是对 8 组  $N_{\text{pads}}$  的信号和本底分别求和, 作为总信号和总本底来计算显著性

$$s_{\text{sum}} = \frac{\sum [N_{\gamma+\text{bkg}}(\Delta N_{\text{pads}}) - N_{\text{bkg}}(\Delta N_{\text{pads}})]}{\sqrt{\sum N_{\gamma+\text{bkg}}(\Delta N_{\text{pads}}) + \frac{1}{10^2} \sum N_{\text{bkg}}(\Delta N_{\text{pads}})}}, \quad (9)$$

其中

$$N_{\text{bkg}} = N_{\text{p}} + N_{\text{He}}.$$

这种方法简单, 但是用到的信息单一, 往往不能得到最优化的结果. 图 5 中曲线 a 给出应用该方法实验 2000 次得到显著性的分布, 平均值为 11.7.

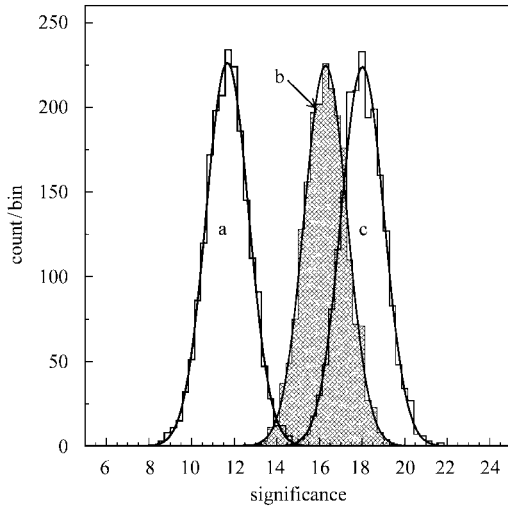


图 5 2000 次快速 MC 实验给出 ARGO 实验一年时间观测 Crab 源  $\gamma$  事例超出的显著性分布图

a, b, c 分别为 3 种不同统计方法得到的实验结果, 高斯拟合给出 a, b, c 的宽度均为 1.

b) 选择服从 student 分布的  $t$  值来计算显著性<sup>[10,11]</sup>

表 3 所列出 8 组  $N_{\text{pads}}$  源区的事例相应于不同能量信号的超出量, 把相应的 80 个背源区作为假想源也可统计出它们的显著性.  $\langle s_{\text{on}} \rangle, \langle s_{\text{off}} \rangle$  分别为

向源区和背源区显著性的平均值,

$$\langle s_{\text{on}} \rangle = \frac{\sum_i s_{\text{on},i}}{8}; \quad \langle s_{\text{off}} \rangle = \frac{\sum_j s_{\text{off},j}}{80}, \quad (10)$$

则相应的方差为

$$\Delta s_{\text{on}}^2 = \frac{\sum_i (s_{\text{on},i} - \langle s_{\text{on}} \rangle)^2}{8 - 1}; \quad (11)$$

$$\Delta s_{\text{off}}^2 = \frac{\sum_j (s_{\text{off},j} - \langle s_{\text{off}} \rangle)^2}{80 - 1},$$

则统计量  $t$  值为

$$t = \frac{\langle s_{\text{on}} \rangle - \langle s_{\text{off}} \rangle}{\sqrt{\frac{\Delta s_{\text{on}}^2}{8} + \frac{\Delta s_{\text{off}}^2}{80}}}. \quad (12)$$

若仅考虑事例的超出, 显著性为

$$s_t = \frac{\langle s_{\text{on}} \rangle - \langle s_{\text{off}} \rangle}{\sqrt{\frac{\Delta s_{\text{on}}^2}{8}}}. \quad (13)$$

图 5 中曲线 b 表示此方法得出的显著性的分布, 其平均值为 16.3.

c) 以似然比为权重的加权统计方法<sup>[12]</sup>

本文考虑两种影响权重的因子, 一是与前两种方法一样的关于  $N_{\text{pads}}$  的因素, 另一个考虑到信号高斯分布的特点. 对于每个  $N_{\text{pads}}$  区间不再选择前面所提到 71.5% 的优化角窗口, 而是尽量把所有的信号都包括进来. 根据角分辨的定义(3)式可以计算出在  $2\sigma_\theta$  的角窗口内已经包含 98% 以上的信号. 把每一个向源角窗口分成 10 份, 使得每份中含有 10% 左右的信号数目, 以信号与本底的似然比为权重

$$\omega(N_{\text{pads}}, k) = \ln \left( \frac{N_{\gamma+\text{bkg}}(N_{\text{pads}}, k)}{N_{\text{bkg}}(N_{\text{pads}}, k)} \right), \quad (14)$$

$k$  是指向源窗口 10 份中的某一份, 信号加权求和得

$$N'_\gamma = \sum N_\gamma(N_{\text{pads}}, k) \cdot \omega(N_{\text{pads}}, k), \quad (15)$$

方差为

$$\Delta N'^2_\gamma = \sum (N_p(N_{\text{pads}}, k) + N_{\text{He}}(N_{\text{pads}}, k)) \cdot \omega^2(N_{\text{pads}}, k), \quad (16)$$

因此显著性

$$s_\omega = \frac{N'_\gamma}{\Delta N'_\gamma}. \quad (17)$$

应用该方法得出显著性如图 5 中曲线 c 所示, 其平均值为 18.0. 可以看出, 利用加权方法计算显著性能够得到比较优化的结果, 原因是它能够把关于源的信息尽可能多的考虑进来.

#### 4.6 总结和讨论

通过对以上3种统计方法的比较,以多次实验的平均值作为评价实验灵敏度的标准,可以得到这样的结论:羊八井 ARGO 实验一年的时间可以探测到来自蟹状星云(Crab Nebula)方向的粒子数超出平均可达  $18\sigma$ , 换句话说,若以  $5\sigma$  为标准,ARGO 实验可以达到小于  $0.3I_{\text{crab}}$  的灵敏度.

值得一提的是在我们的工作中没有考虑 ARGO

实验对  $\gamma/p$  的识别能力,现在 ARGO 合作组正在利用全覆盖阵列记录 AS 次级粒子完全时空分布信息的模式发展  $\gamma/p$  识别的方法——神经网络方法就是其中一种. 假如能够通过实验技术和分析软件实现对原初  $\gamma/p$  的识别,将会进一步降低强子本底,ARGO 实验的灵敏度还会提高. 另外应用现有的重建技术阵列的角分辨能力还不够理想,尤其是低多重数着火 pad 的那部分事例的重建精度还需要改善. 这也是提高实验灵敏度的重要环节.

#### 参考文献 (References)

- Horan D, Weekes T C. 2003, [arXiv:astro-ph/0310391]
- Amenomori M et al. *ApJ.*, 1999, **525**: 193—196
- Amenomori M et al. *ApJ.*, 2000, **532**: 302—307
- Amenomori M et al. *ApJ.*, 2003, **598**: 242—249
- HE Hui-Hai et al. *HEP & NP*, 2001, **25**(1): 79—85 (in Chinese)  
(何会海等. 高能物理与核物理, 2001, **25**(1):79—85)
- LIU Kun et al. *HEP & NP*, 2004, **28**:914 (in Chinese)  
(刘琨等, 高能物理与核物理, 2004, **28**: 914)
- LI T P. *Mathematical Methods of Experiment*. Beijing: Science Press, 1980. 46—50 (in Chinese)  
(李惕碛. 实验的数学处理. 北京:科学出版社, 1980. 46—50)
- Hillas A M et al. *ApJ.*, 1998, **530**: 744
- Gaisser T K et al. *Proc. 27th ICRC*, Hamburg (Germany), 2001. 1643—1646
- WANG Bao-Sheng et al. *HEP & NP*, 2004, **28**(7):679 (in Chinese)  
(王保胜等. 高能物理与核物理, 2004, **28**(7):679)
- XU Chun-Xian et al. *HEP & NP*, 2001, **25**(9):807—811 (in Chinese)  
(徐春娴等. 高能物理与核物理, 2001, **25**(9):807—811)
- HU Hong-Bo. *Proc. 28th ICRC*, Tsukuba (Japan), 2003. 3027

### Study on the Sensitivity in Detecting Crab Nebula by ARGO-YBJ Experiment\*

CUI Shu-Wang<sup>1,2;1)</sup> HU Hong-Bo<sup>1</sup> WANG Huan-Yu<sup>1</sup> LU Hong<sup>1</sup> TAN You-Heng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100049, China)

<sup>2</sup> (Physics Department, HeBei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

**Abstract** A “full coverage” air shower array, ARGO (Astrophysical Radiation with Groundbased Observatory) experiment is under construction currently at YangBaJing in Tibet, China. Its altitude of 4,300m above sea level is equivalent to an atmospheric depth of  $606\text{g}/\text{cm}^2$ . ARGO experiment makes use of a full-coverage detector consisting of a layer of single gap Resistive Plate Chambers (RPC). The phase 1 detector, including a central ( $74 \times 78\text{m}^2$ ) part and a guard ring in size of  $6400\text{m}^2$ , will be operated in 2005. One of the main goals of ARGO is to detect VHE gamma ray emission from galactic and extragalactic sources. With full Monte-Carlo simulation we studied the detector’s angular resolution and found that the angular resolution strongly depends on the number of fired pads  $N_{\text{pads}}$ . With three statistical methods we estimated ARGO’s sensitivity in detecting Crab Nebula. According to our simulation, in one year’s operation, Crab Nebula will be detected by ARGO with a statistical significance of about 18 standard deviation without applying any gamma/hadron identification technique.

**Key words** ARGO, Crab Nebula, angular resolution, sensitivity

Received 21 April 2004

\* Supported by NSFC (10110794), The Chinese Ministry of Science and Technology, The Key Laboratory of Astro-Particle Physics Center, Institute of High Energy Physics CAS, INFN Italy and Hu Hong-bo “Outstanding Young Scientists Abroad” Fund (U-23)

1)E-mail: cuisw@mail.ihep.ac.cn