



ARGO-YBJ 伽马射线天文方面主要结果介绍

陈松战

中科院高能物理研究所

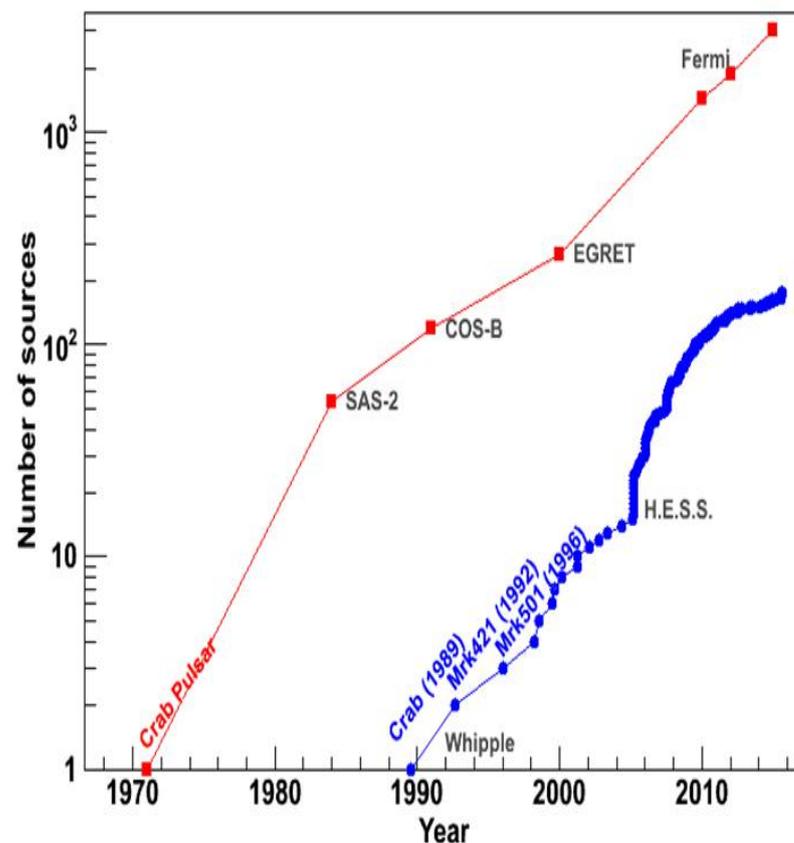
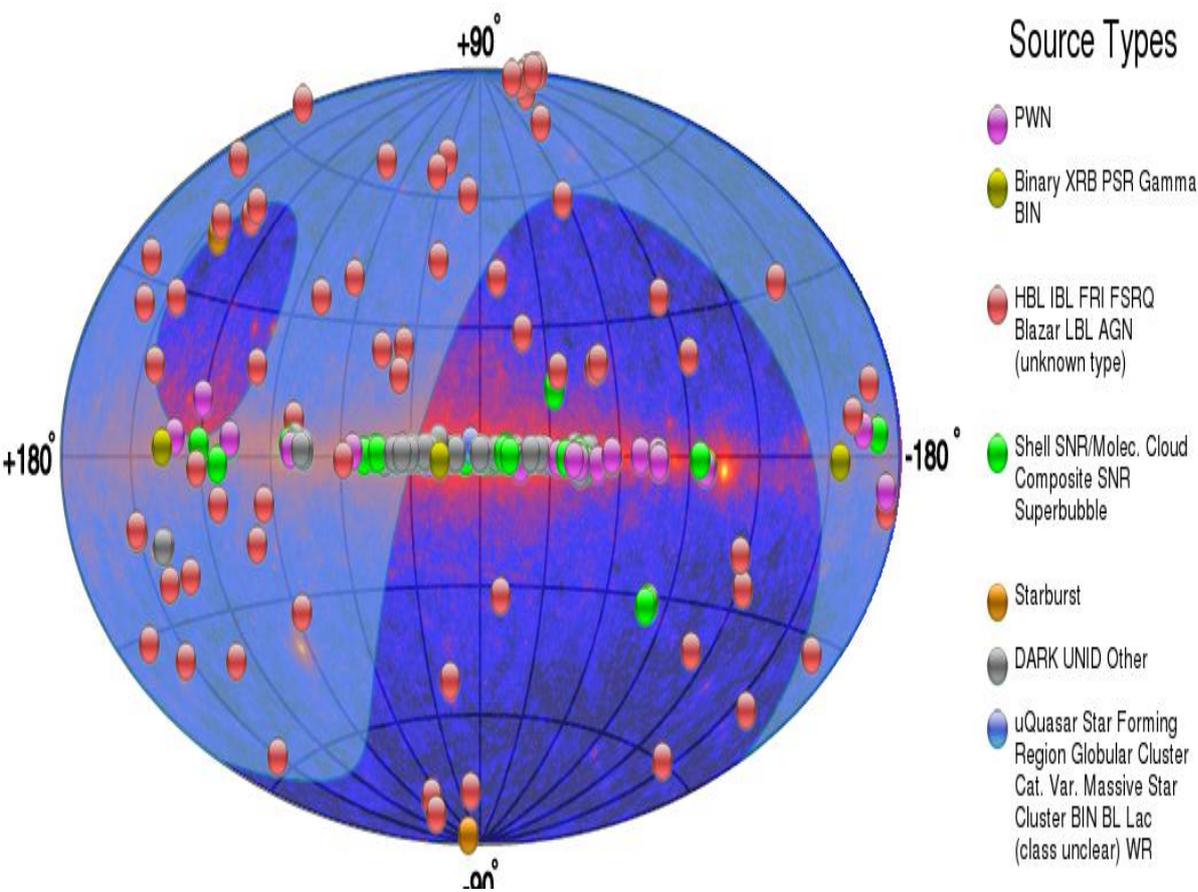
首届LHAASO合作组会@天津, 2016年8月16日

内容

- **1. 伽玛射线源观测现状**
- **2. ARGO-YBJ实验介绍**
- **3. 伽马射线主要结果**
- **4. 总结**
- **5. 展望**

1. 伽玛射线源观测现状

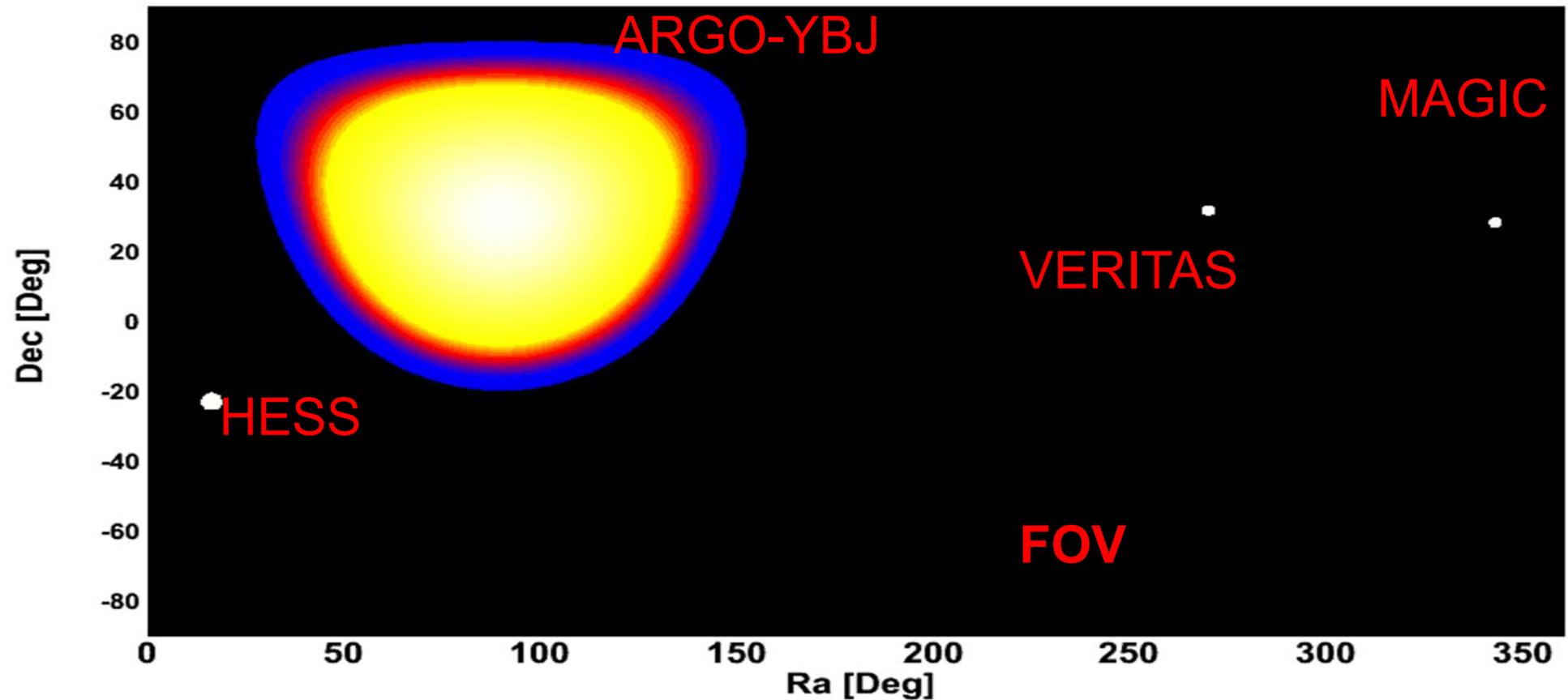
高能伽玛射线，示踪相对论性粒子加速，探究极端天体物理条件下的物理现象。**Fermi**探测到3033个GeV伽马源，地面实验1989-至今已观测到170+个甚高能(>100GeV)伽马源。



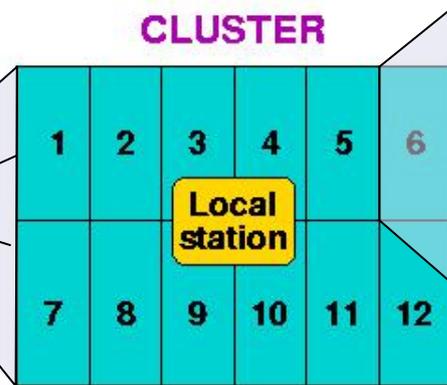
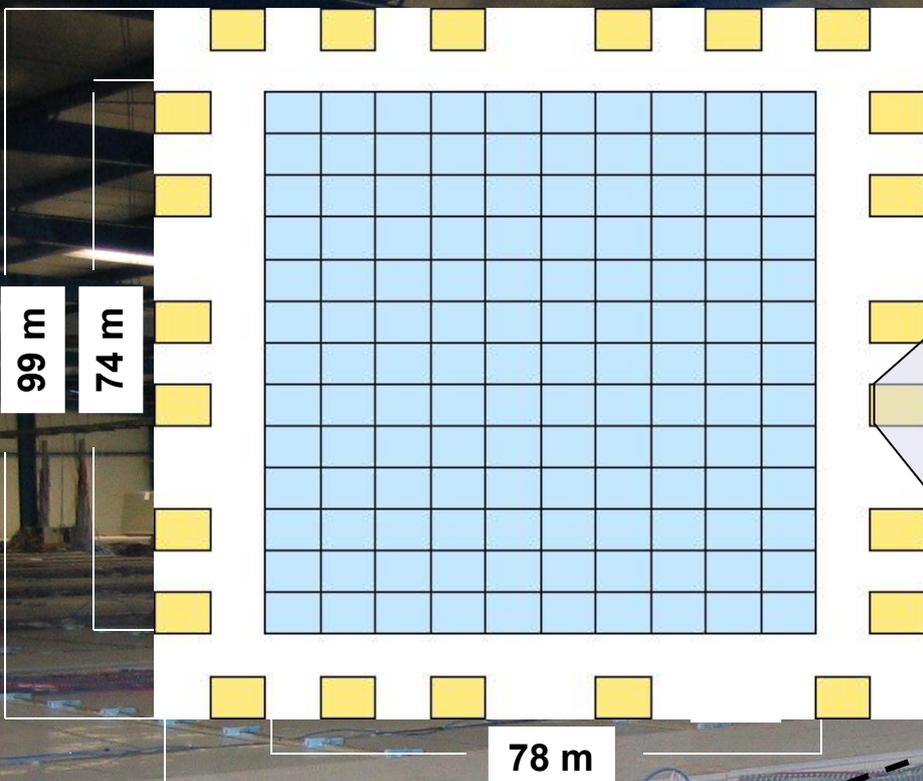
地面甚高能伽马射线探测手段

- **IACTs:** 1% Icrab, 0.07deg, 3~5deg, ~10%
- **EAS 阵列:** 50%~10% Icrab, 0.5deg, ~2sr, ~100%

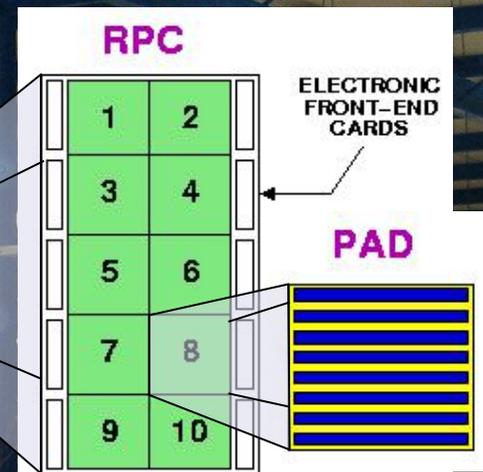
大天区扫描、扩展源、长期稳定监测



2. ARGO-YBJ 探测器

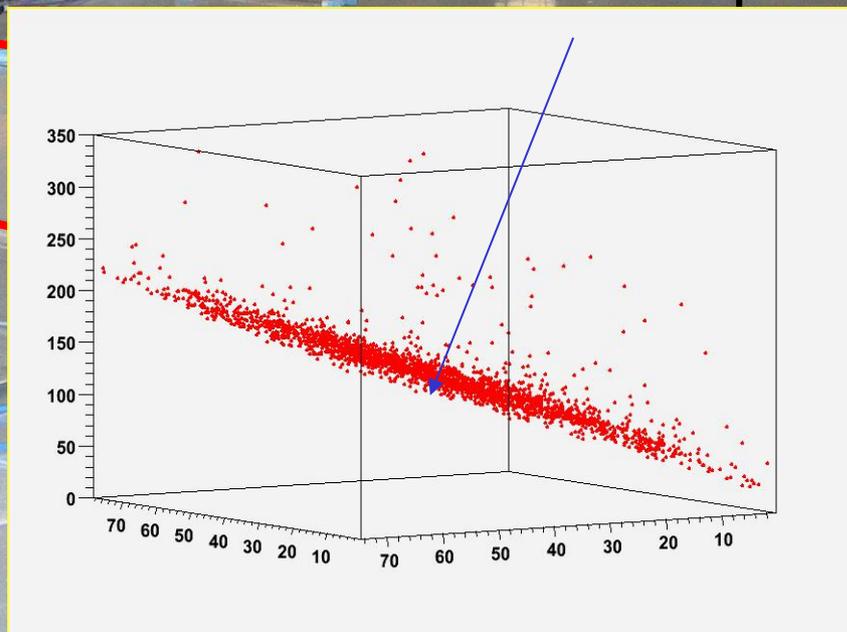
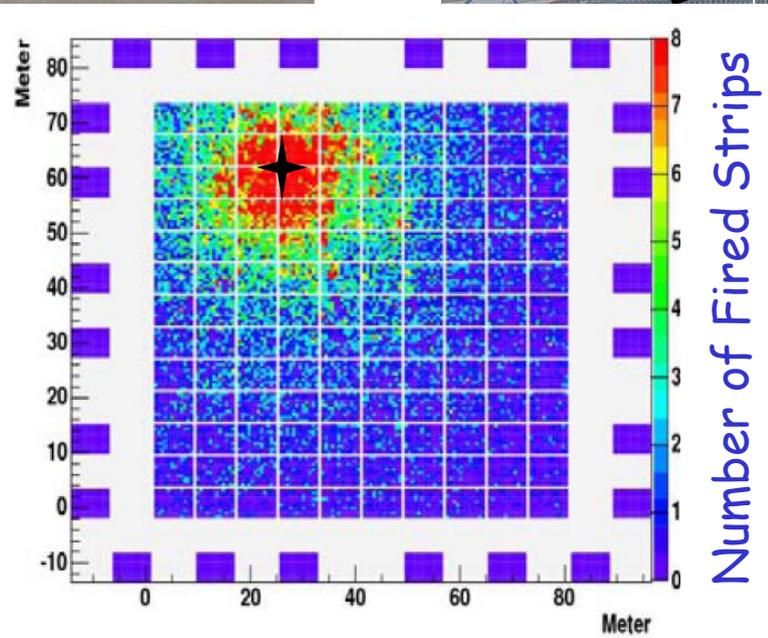


1 CLUSTER = 12 RPC
(~43 m²)



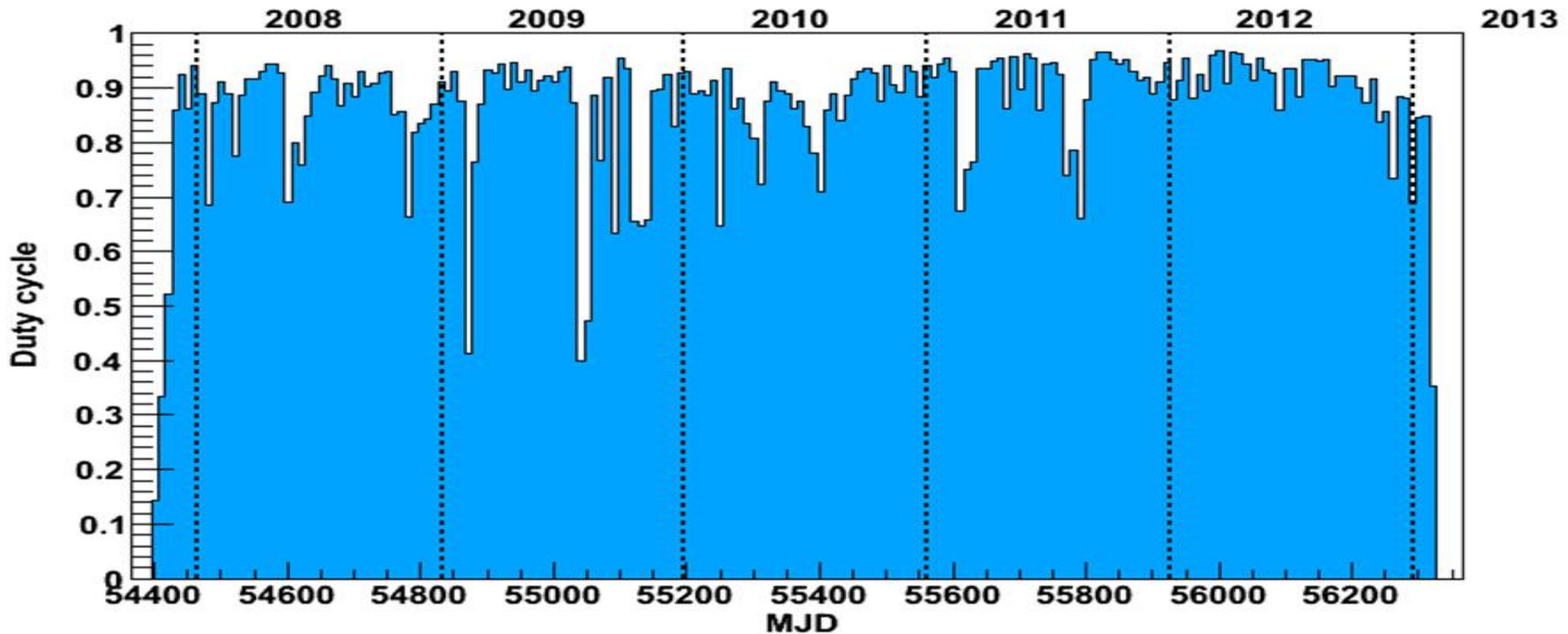
10 Pads
(56 x 62 cm²)
for each RPC

8 Strips
(6.5 x 62 cm²)
for each Pad

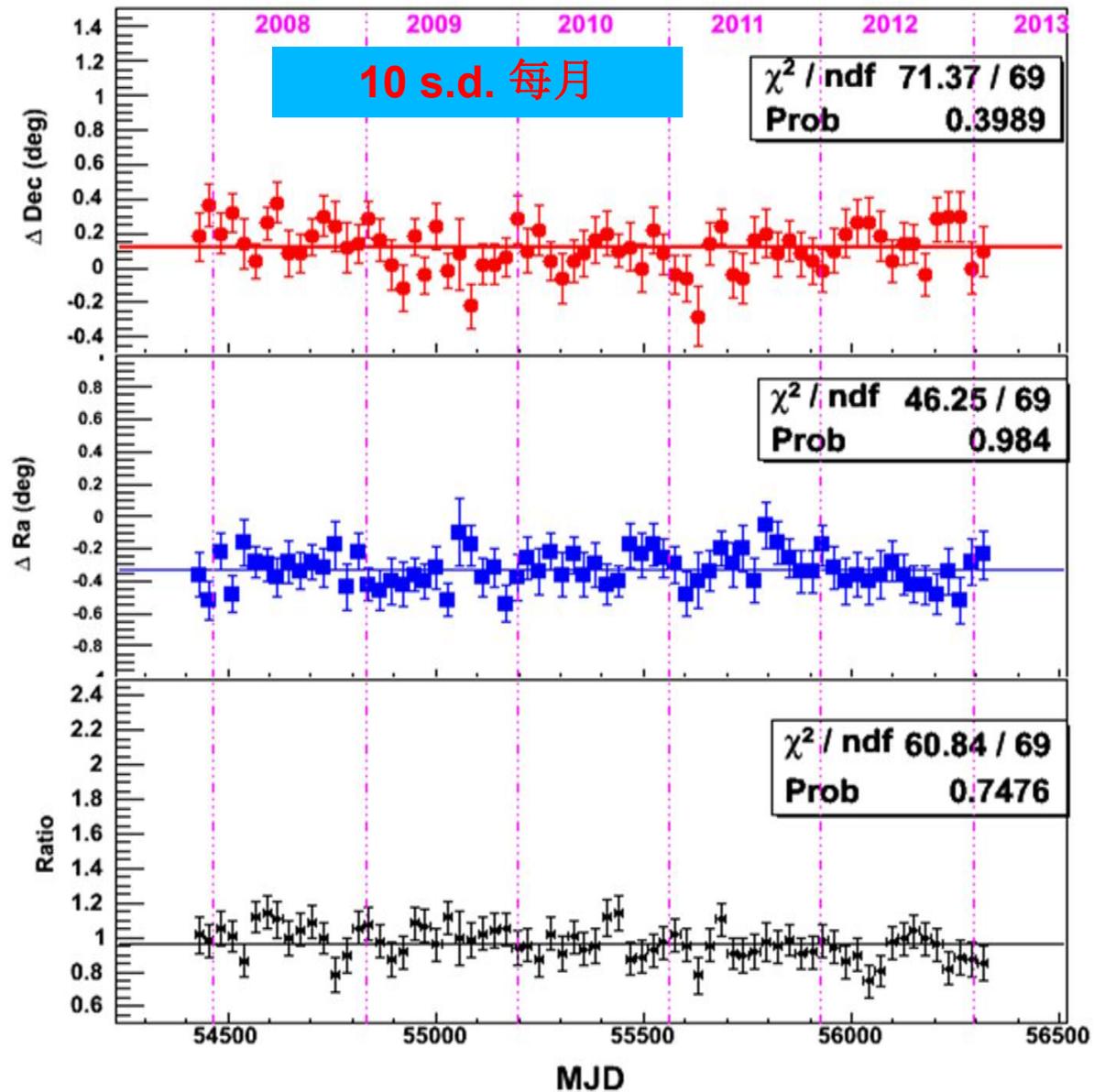
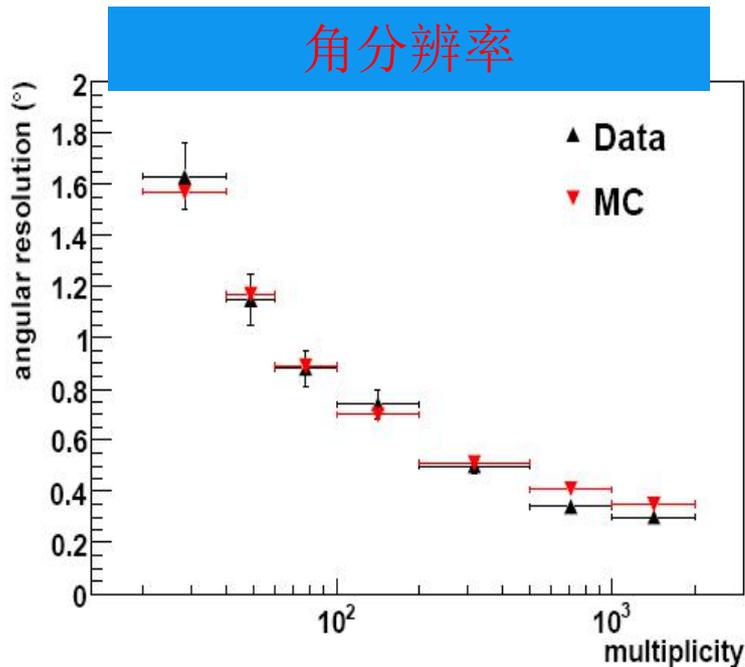
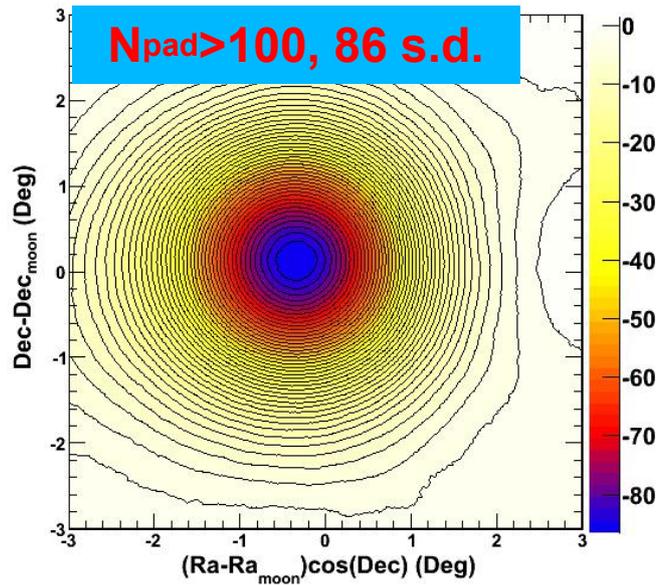


有效运行时间

- 运行时间：2007年11月至2013年2月
- 有效曝光时间：1670 天
- 平均占空比 86%

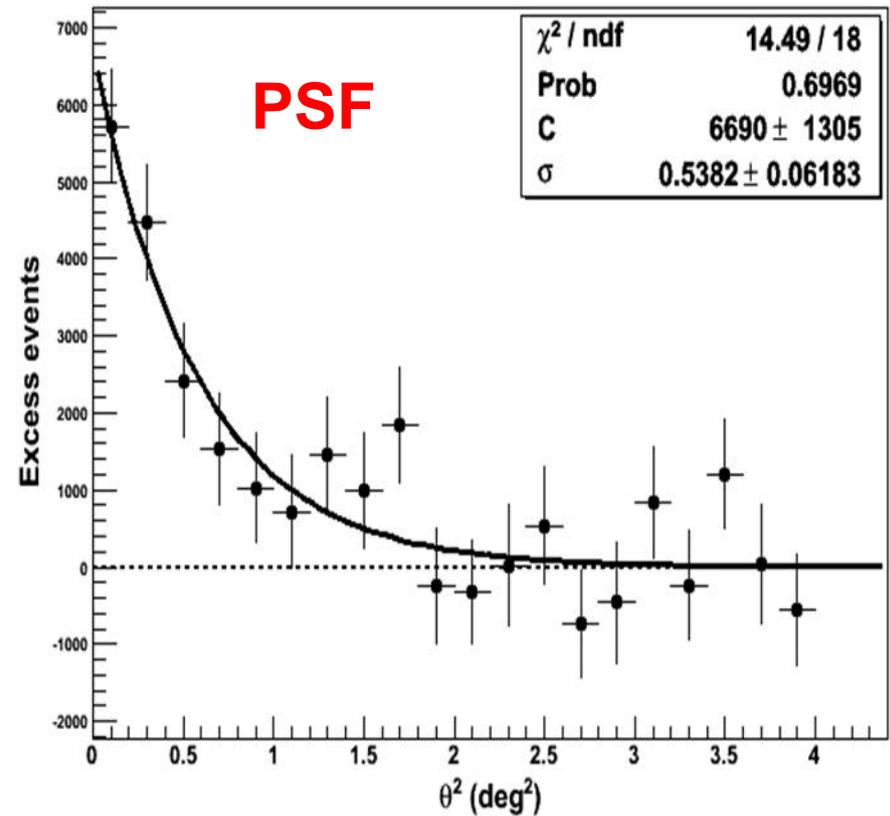
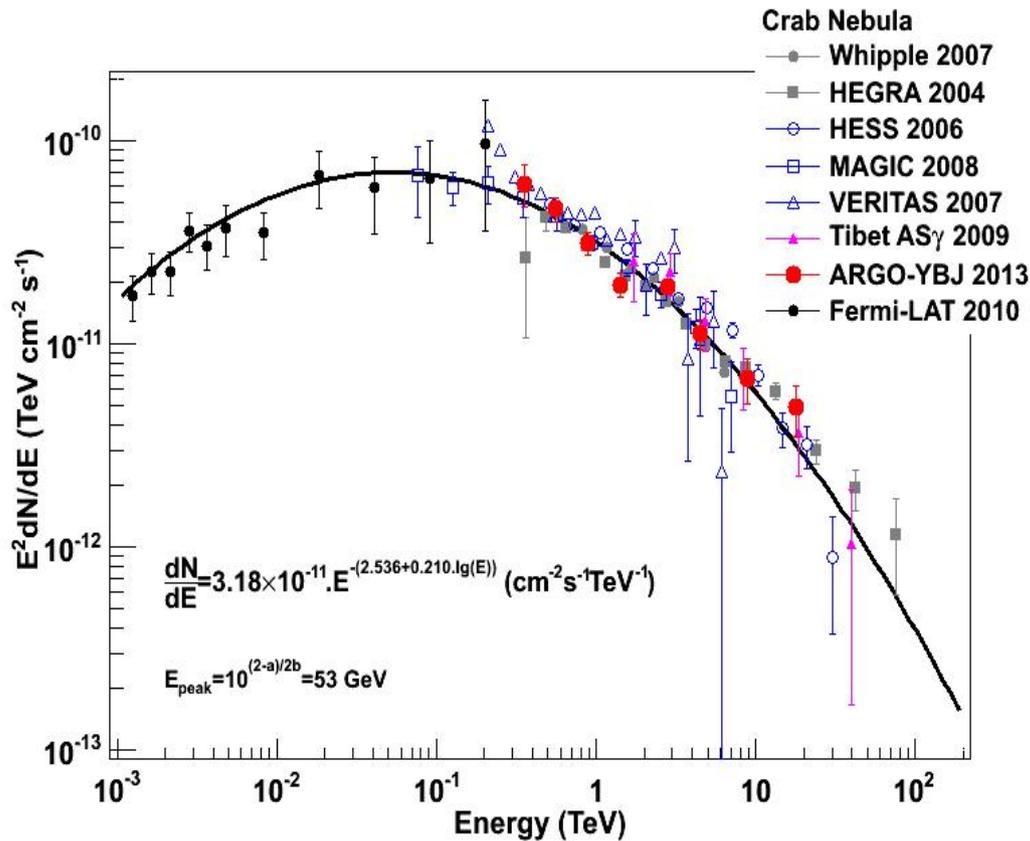


月影监测数据质量



标准烛光 Crab Nebula

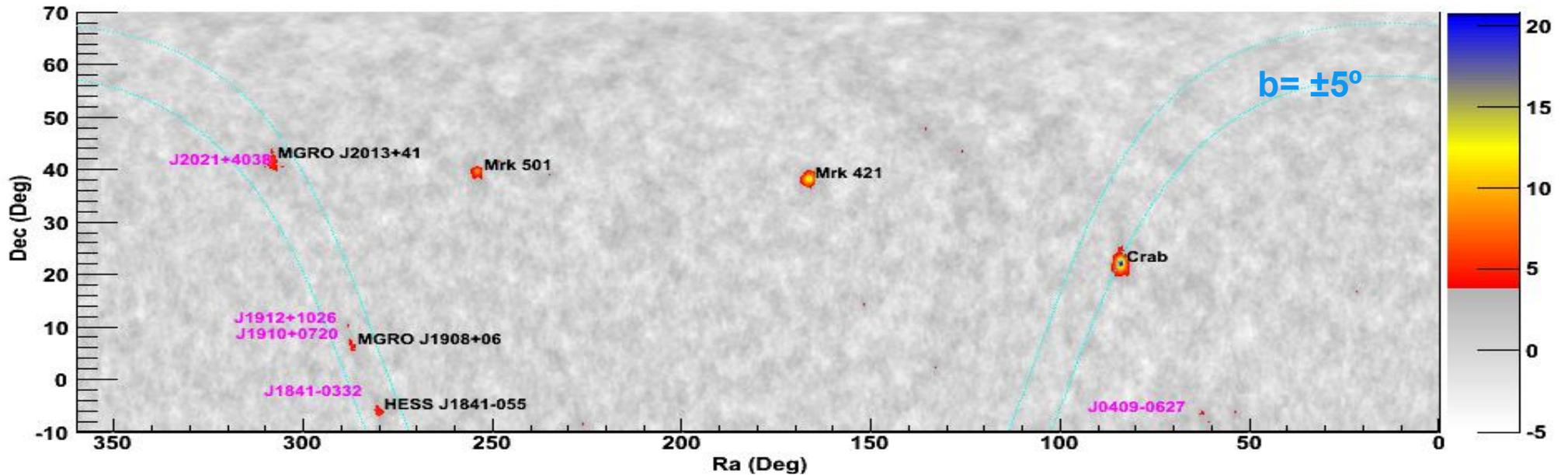
- 0.3–20 TeV 能谱测量与其他实验结果吻合
- $N_{\text{pad}} > 100$, 角分辨率0.5度



3. 伽马射线主要结果

- **4.5年Mrk421多波段观测 (ApJS 2016)**
- **银道面弥散伽马辐射测量 (ApJ 2015)**
- **Crab五年观测 (ApJ 2015)**
- **ARGO J2013+4157 证认为Cygnus cocoon (ApJ 2014)**
- **北天区伽马源扫描 (ApJ 2013)**
- **HESS J1841-055源的测量 (ApJ 2013)**
- **MGRO J1908+06源的测量 (ApJ 2012)**
- **Mrk501长期监测和2011爆发 (ApJ 2012)**
- **天鹅座区伽马辐射测量 (ApJL 2012)**
- **Mrk421长期监测 (ApJ 2011)**
- **Mrk421在2008年爆发 (ApJL 2010)**

3.1 北天区扫描(24% lcrab)

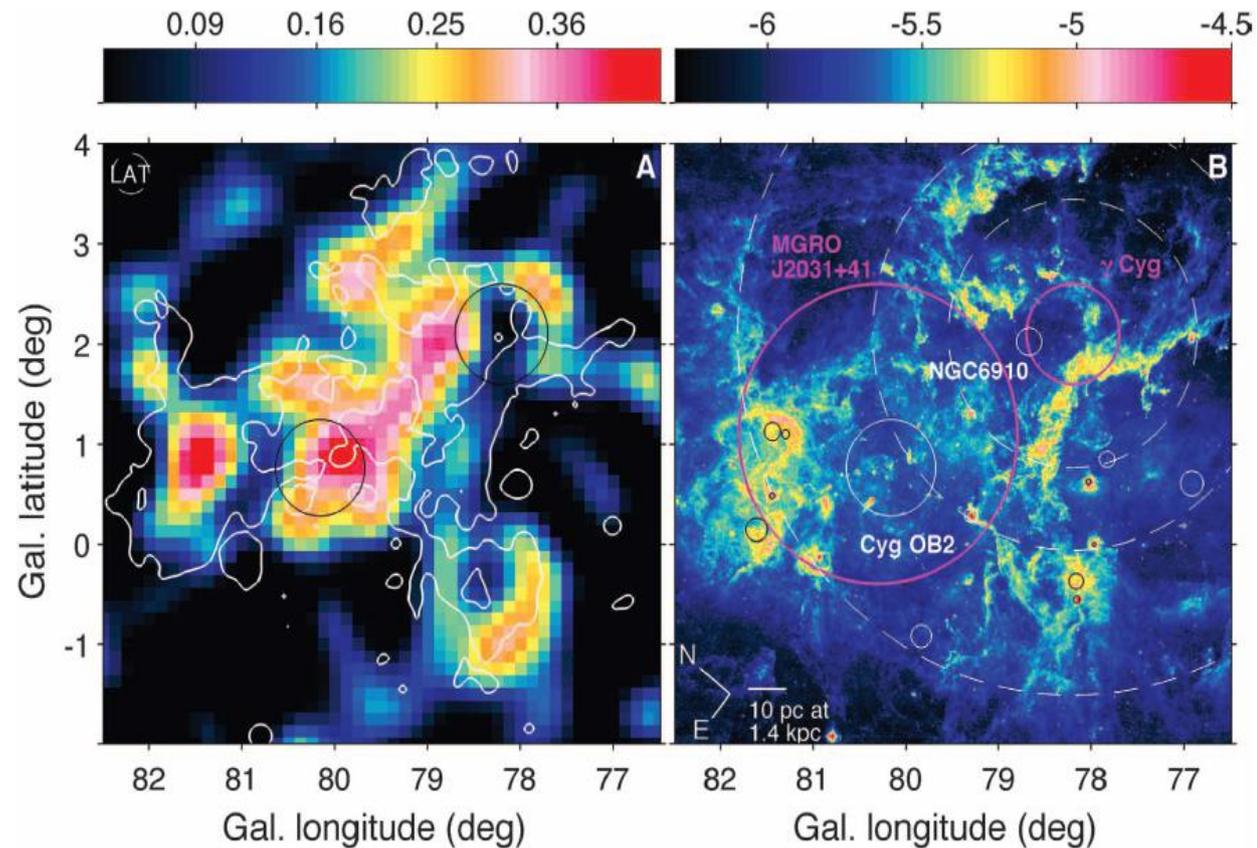


ARGO-YBJ Name	R.A. ^a (deg)	Decl. ^a (deg)	l (deg)	b (deg)	S (s.d.)	Associated TeV Source
ARGO J0409-0627	62.35	-6.45	198.51	-38.73	4.8	
ARGO J0535+2203	83.75	22.05	184.59	-5.67	20.8	Crab Nebula
ARGO J1105+3821	166.25	38.35	179.43	65.09	14.1	Mrk 421
ARGO J1654+3945	253.55	39.75	63.59	38.80	9.4	Mrk 501
ARGO J1839-0627	279.95	-6.45	25.87	-0.36	6.0	HESS J1841-055
ARGO J1907+0627	286.95	6.45	40.53	-0.68	5.3	HESS J1908+063
ARGO J1910+0720	287.65	7.35	41.65	-0.88	4.3	
ARGO J1912+1026	288.05	10.45	44.59	0.20	4.2	HESS J1912+101
ARGO J2021+4038	305.25	40.65	78.34	2.28	4.3	VER J2019+407
ARGO J2031+4157	307.95	41.95	80.58	1.38	6.1	MGRO J2031+41 TeV J2032+4130
ARGO J1841-0332	280.25	-3.55	28.58	0.70	4.2	HESS J1843-033

3.2 Cygnus Cocoon

Super-bubble(超级泡)是由多个超新星和强大恒星风吹出的高温气体雕琢出来的空洞, 尺度在百pc量级. 有多处超新星爆发和强大恒星风的激波存在.

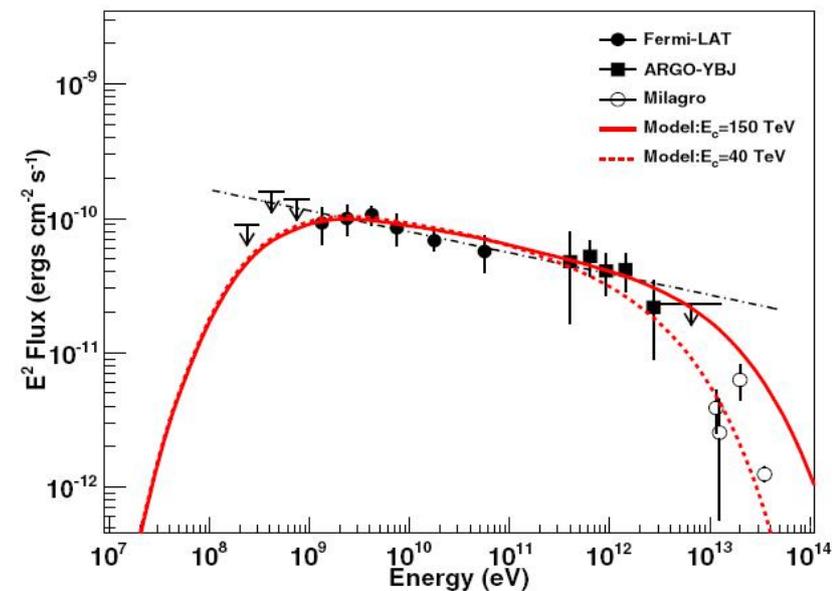
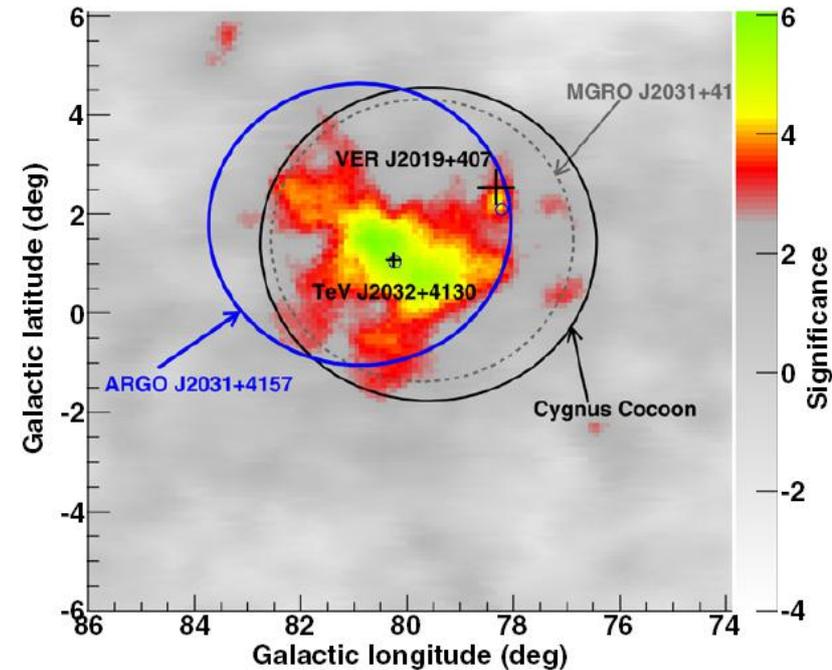
Fermi观测到Cygnus X方向伽马射线超出。



Science 334, 1103 (2011)

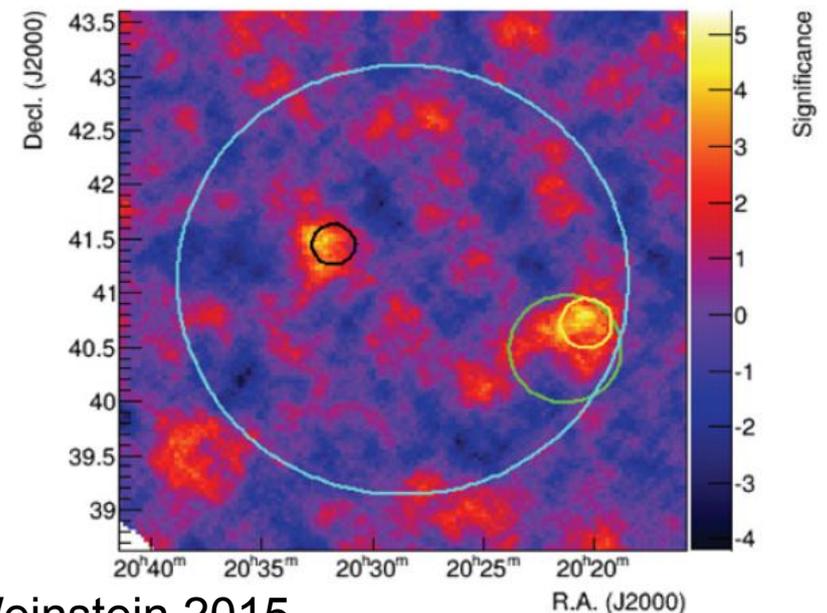
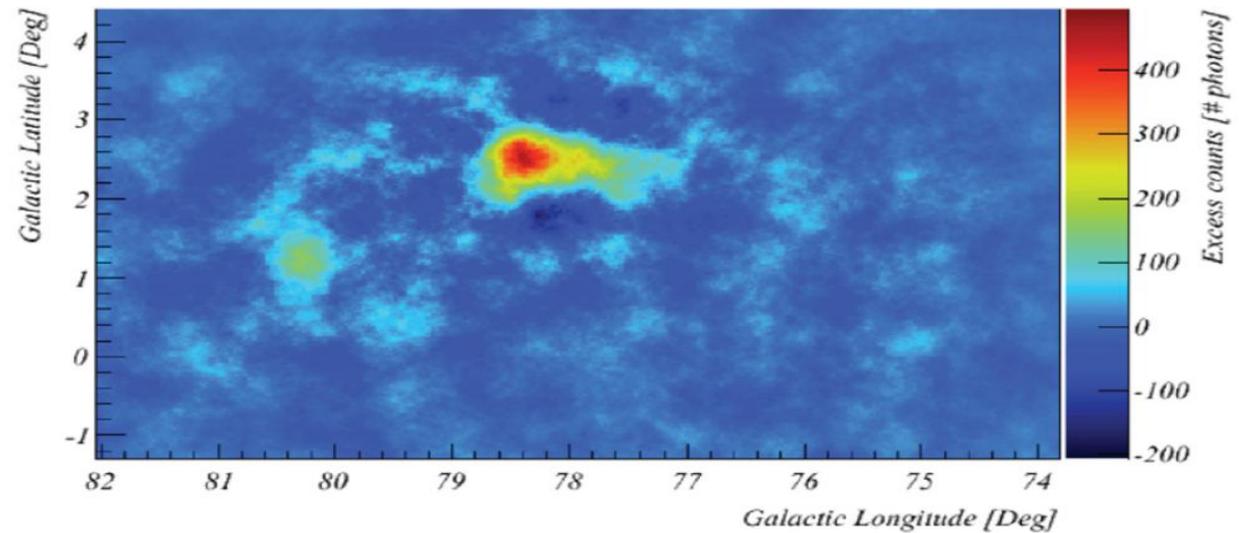
Cygnus Cocoon

- ARGO J3031+4157与TeV J2032+4130位置非常接近，但流强为后者10倍；
- 在扣除已知TeV源影响后，ARGO J3031+4157位置和扩展度与GeV能区的Cygnus Cocoon成协；
- ARGO J3031+4157能谱与GeV能区衔接。
- 原初质子谱($a=2.2$)应在150TeV前截断。



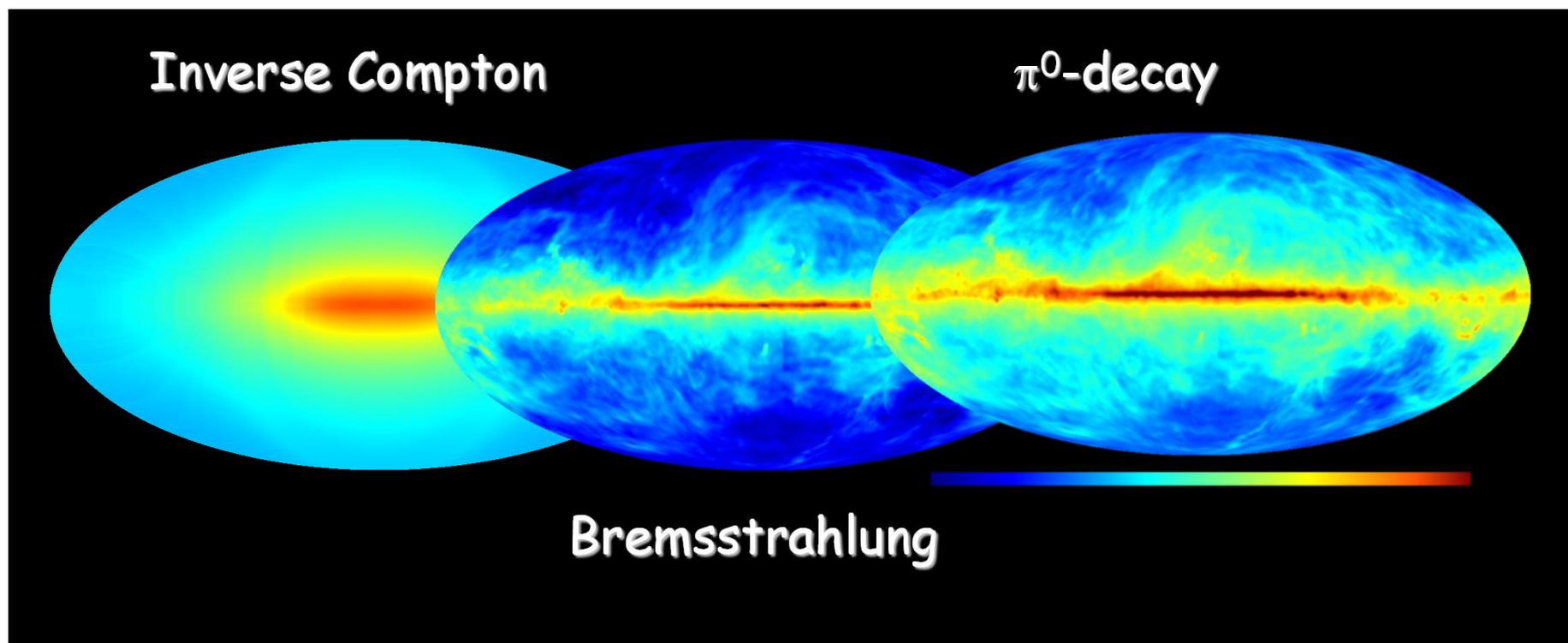
VERITAS进一步分析

VERITAS曾经扫描次天区，但是其现有分析方法无法测量大的扩展源。



Weinstein 2015

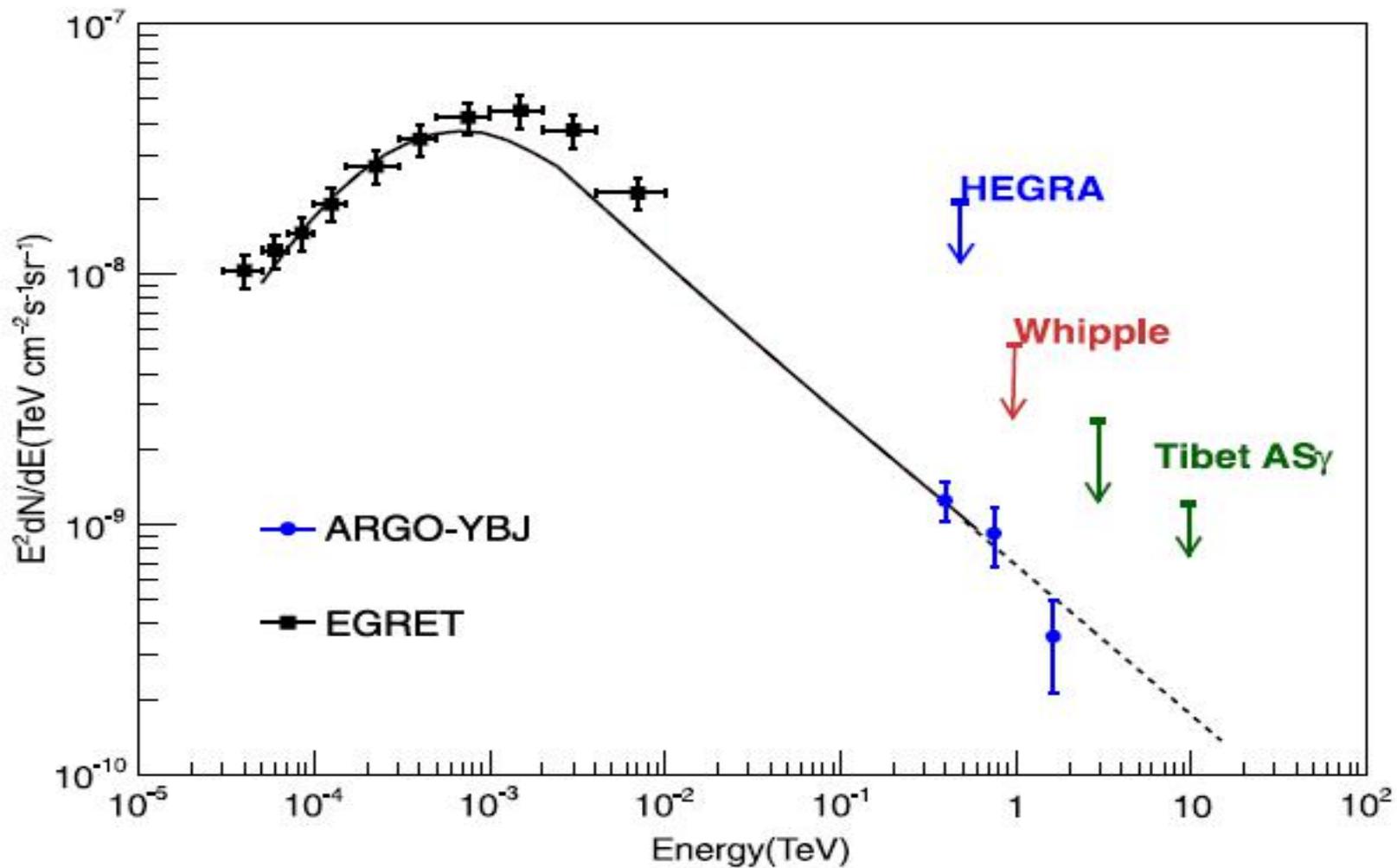
3.3 银道面弥散伽马辐射



- 宇宙线与星系际气体和辐射场作用产物.
- 可能有暗物质湮灭贡献.

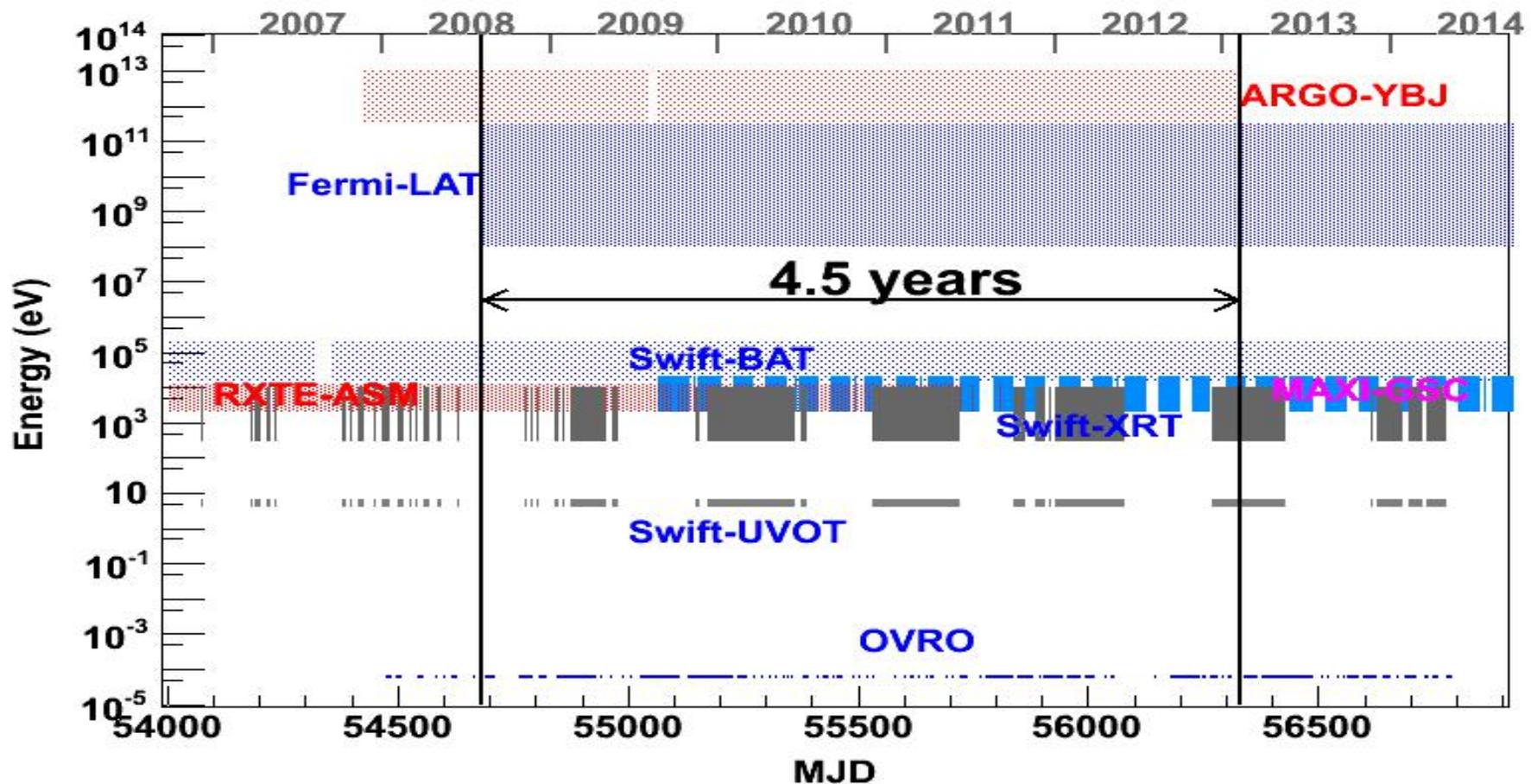
能谱测量

$$25^\circ < l < 100^\circ, |b| < 5^\circ$$

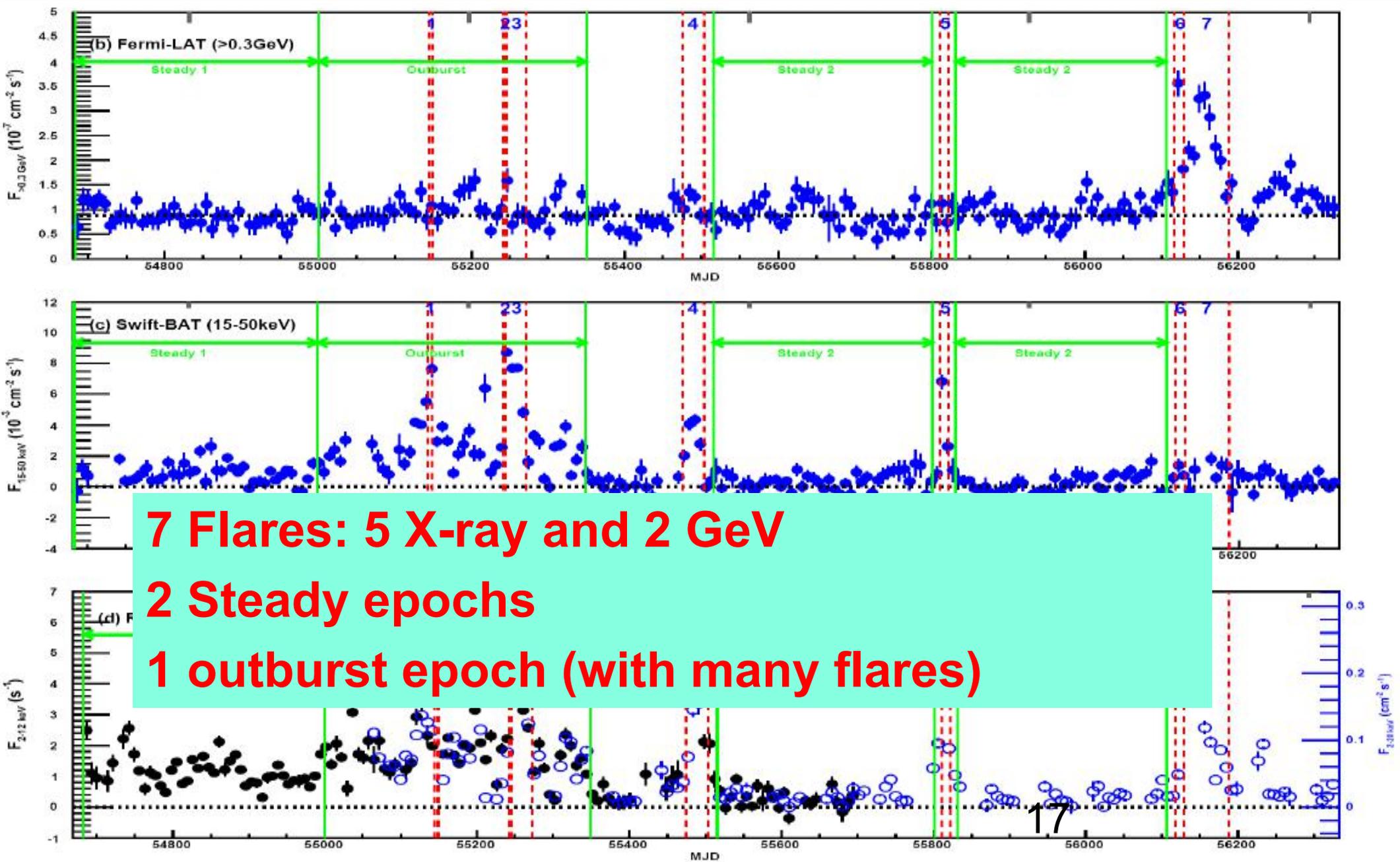


3.4 Mrk421

- Mrk421频繁发生爆发，ARGO-YBJ与Fermi有4.5年的重合观测，期间有多个X-ray卫星观测。

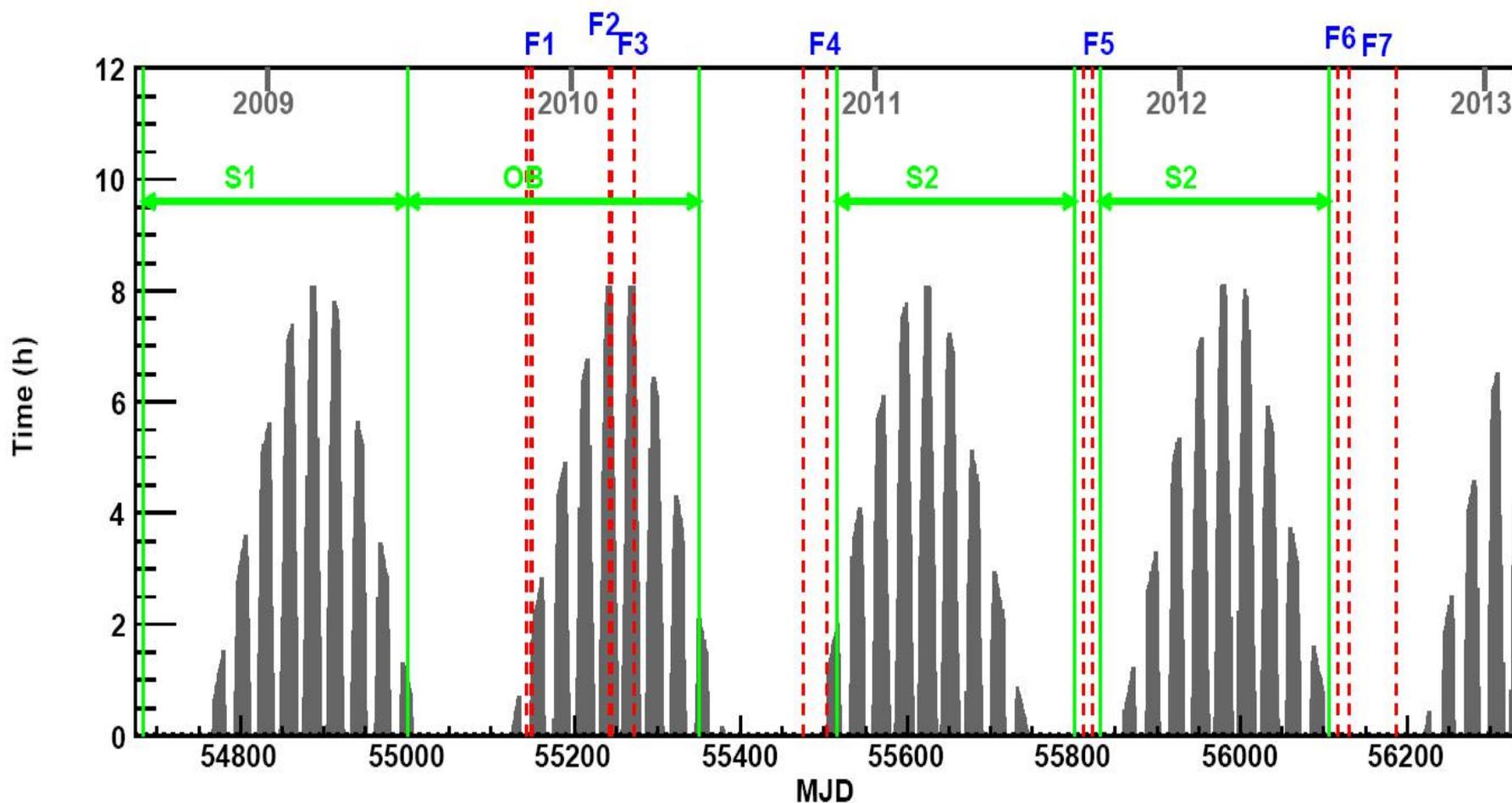


光变曲线



其它TeV实验观测

- 4.5年内7次大爆发，只有1.5次允许IACT观测！



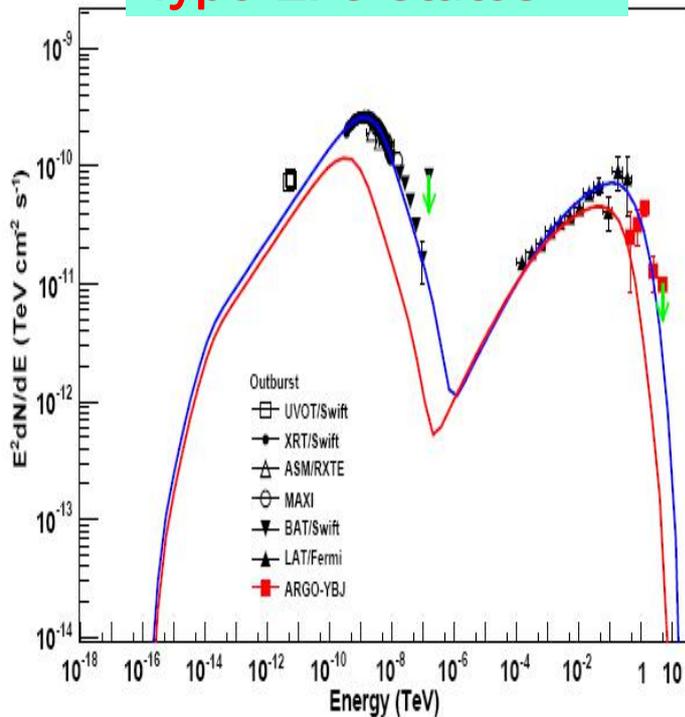
SED分类

相比于基态，X-ray和TeV流强都明显增高，但GeV变化可以分为三类：

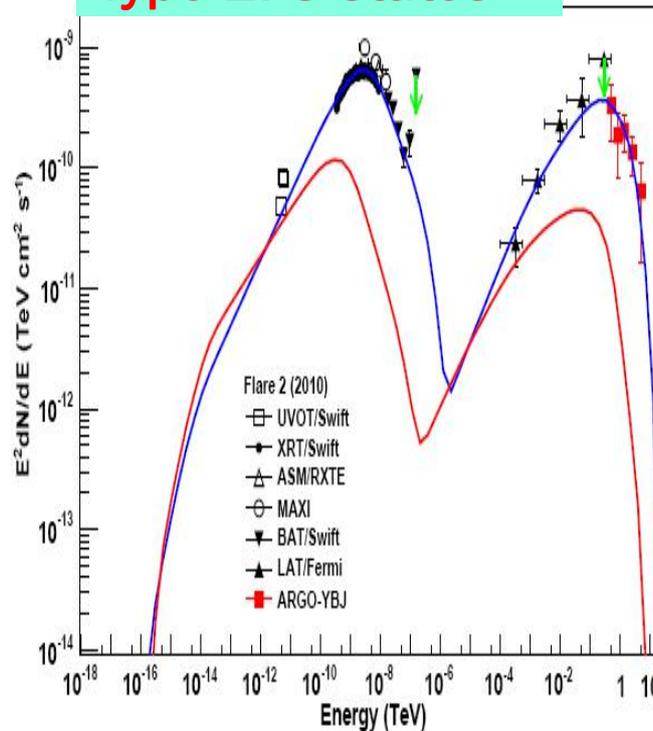
- (1) 能谱指数和流强几乎不变化；
- (2) 能谱指数明显变硬；
- (3) 能谱指数不变，流强升高。

(1)和(3) 基本可以用注入电子谱为-2.2解释，(2) 需要更硬电子谱 -1.7和-1.85。

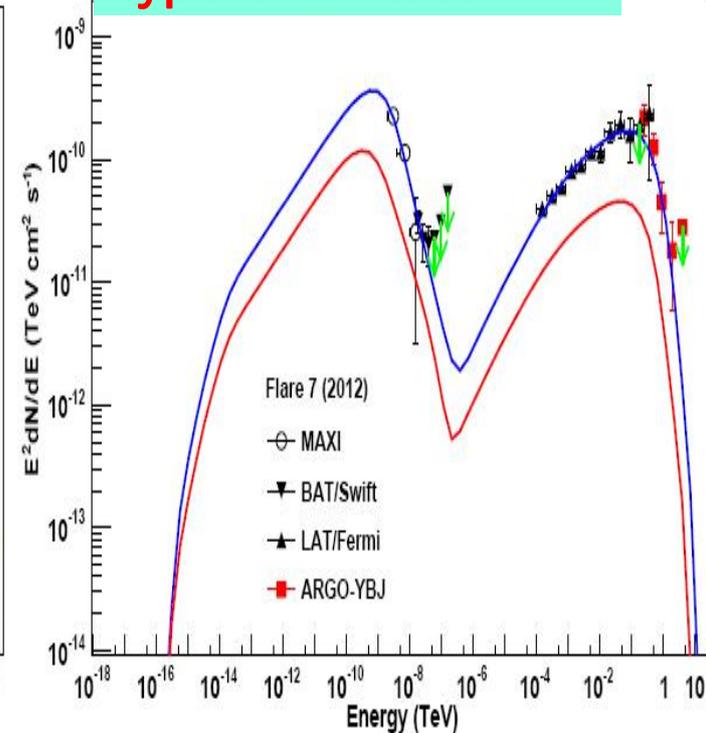
Type 1: 5 states



Type 2: 3 states



Type 3: 1 state



4. 总结

- **ARGO-YBJ**连续稳定运行**5**年，积分灵敏度为**24%~1Crab**，为当时对北天区扫描最高灵敏度，观测到**6**个**TeV**源和**5**个候选。
- **ARGO-YBJ**点源灵敏度虽然大幅低于同期的**IACT**实验，但是由于**EAS**大视场和全天候的特点，在活动源长期监测和扩展源观测方面对甚高能天文做出了贡献。

5. 展望

- Past EAS arrays (before 2013)

Tibet ASr: 1990-2008

Milagro: 1999-2008

ARGO-YBJ: 2006-2013

50~200% Icrab

- Current EAS arrays

Tibet ASr+MD,

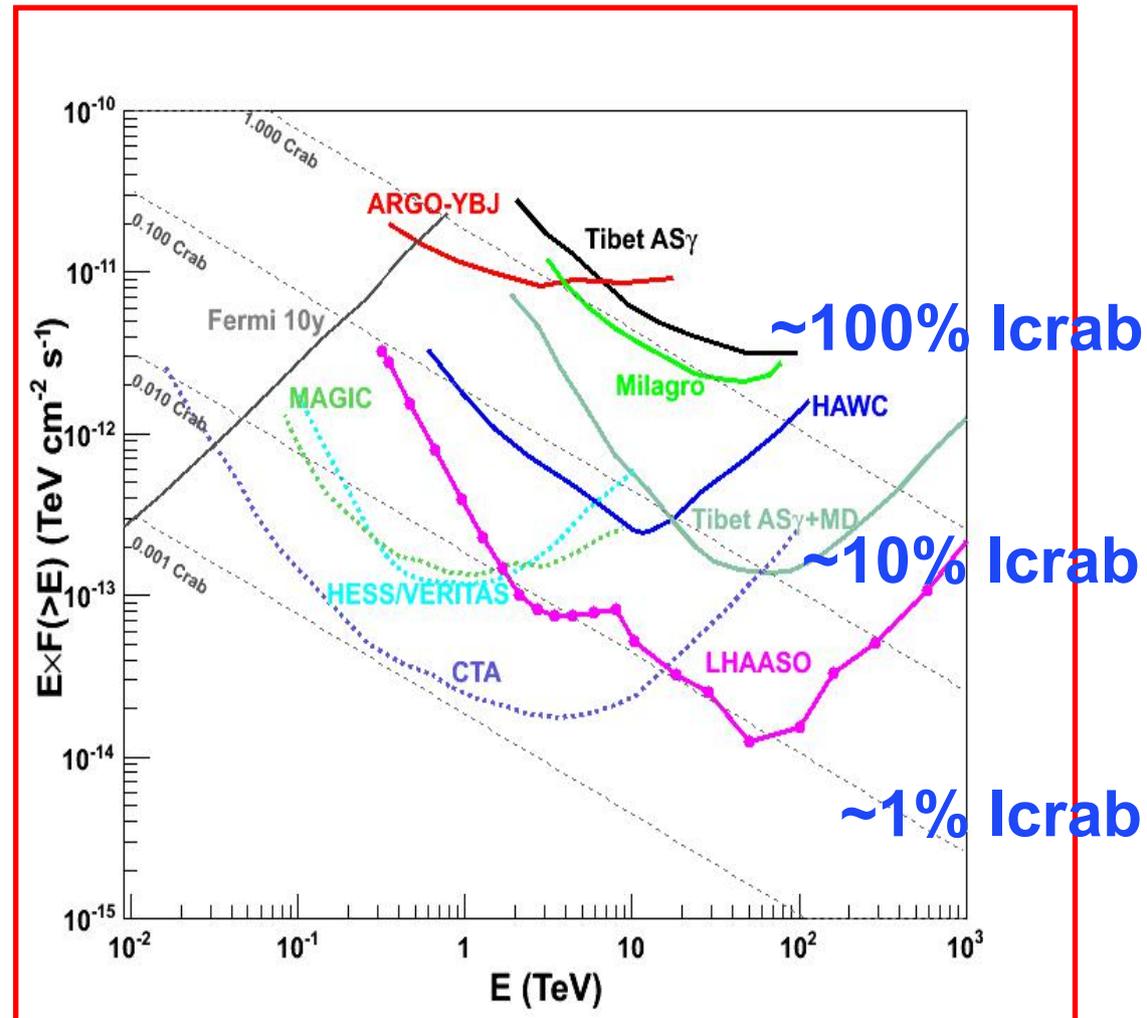
HAWC

~10% Icrab

- Future EAS arrays (~2020?)

LHAASO

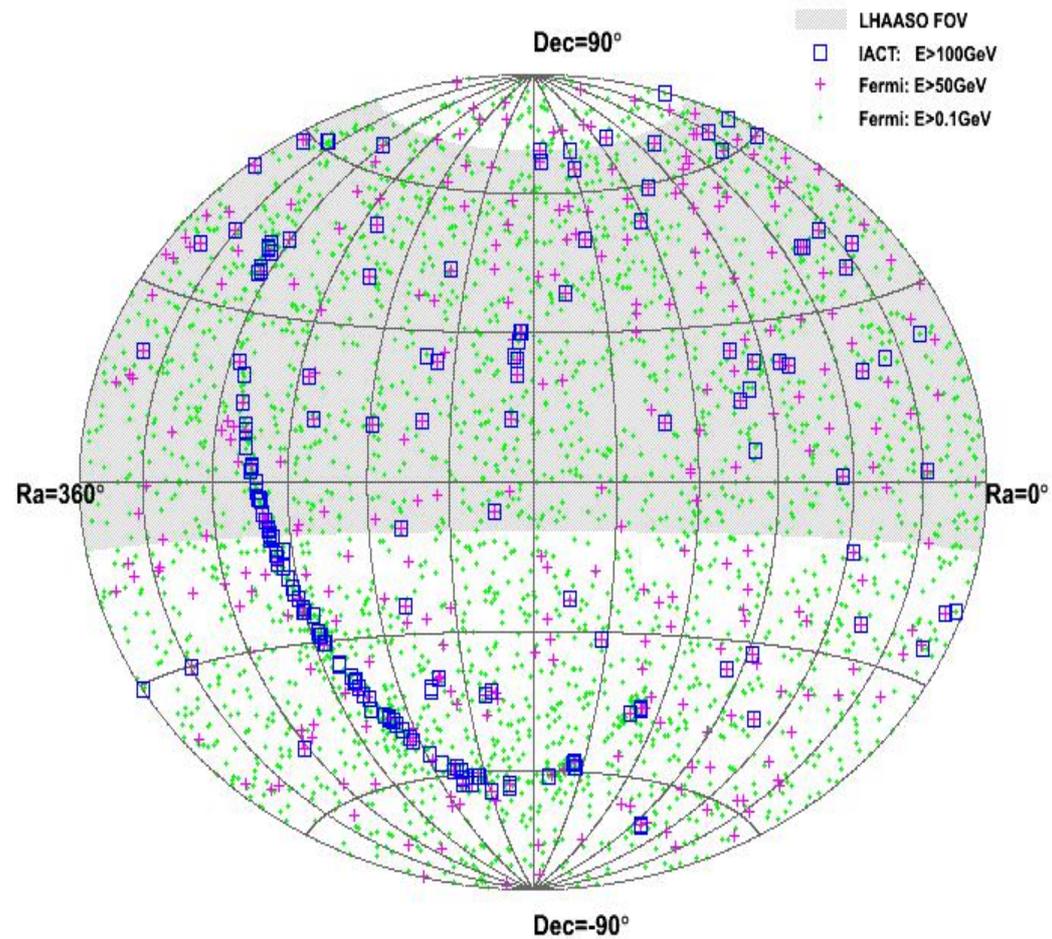
~1% Icrab, 0.3~1000 TeV



- 在能量**>30TeV**打开一个新的窗口，对**SNR**、**PWN**等的认识会更深刻、更全面。

对银道面在**10TeV**以上弥散给出细致结构测量，研究宇宙线起源空间分布。

对暂态源双星、**AGN**和**Crab flare**等进行长期监测，系统研究其辐射特征。



Thanks for your attention!

