

银河宇宙线200GV能谱拐 折与膝区联合研究

报告人：郭义庆
(合作者：袁强)

2017.01.19 -LHAASO合作组会议
(云南大学—昆明)

主要内容

1. 膝区模型介绍
2. 最近实验观测结果
3. 修正的Horandel模型
4. 空间依赖宇宙线传播模型→
“多信使，多波段”限制传播参数
5. 总结

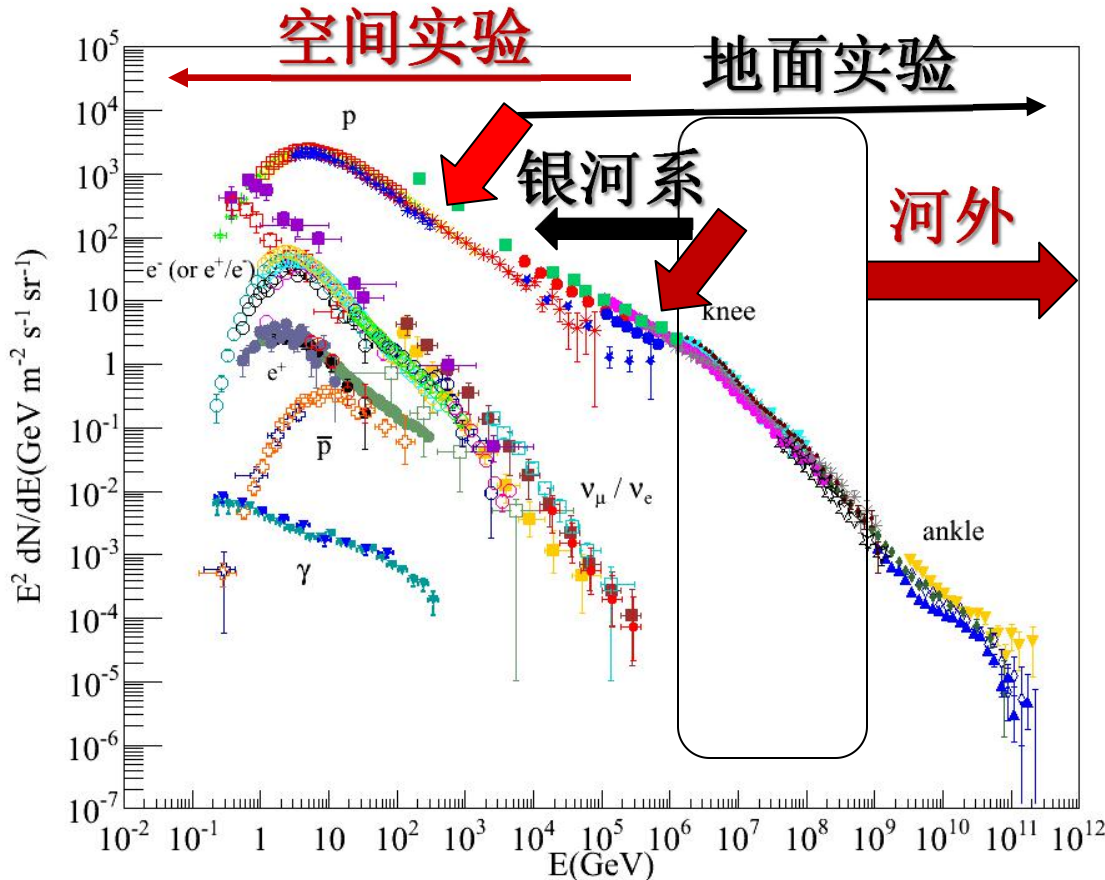
宇宙线能谱

能量:

- 范围: $10^9 - 10^{20}$ eV
- 最高能量: 3×10^{20} eV

能谱: 近似幂率

- 年龄: $\sim 10^7$ 年
- 能量密度: 1 eV/cm^3
- 亮度: 10^{41} ergs/s
- 能谱结构:
 0. ~ 200 GeV: 能谱变
 1. ~ 4 PeV: “膝”
 2. ~ 30 PeV: “第二膝”
 3. ~ 4 EeV: “踝”
 4. ~ 40 EeV: GZK 截断



能谱结构:

1. 200GV: 临近源, 传播?
2. 200GV 能谱拐折与膝区位置关系?
3. 羊八井实验结果:
(WFCTA/LHAASO, ARGO, ASg 膝区位置PeV以下)
4. 多信使, 多波段联合研究
宇宙线传播问题

膝区模型介绍

1. 宇宙线源加速能力

2. 相互作用导致

3. 新物理：相互作用

} 胡老师报告

4. 宇宙线传播

膝区能谱呈现：

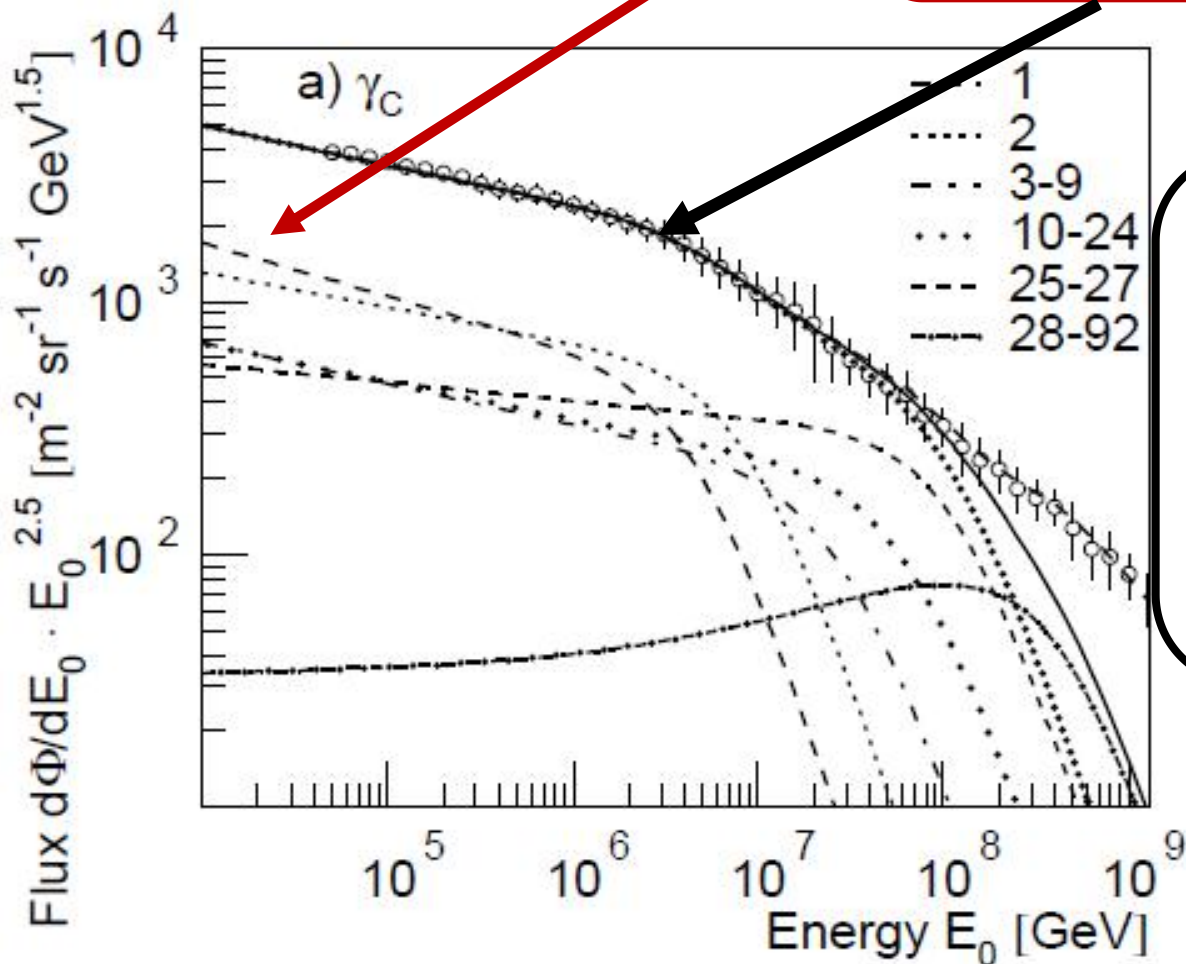
1. Z 依赖：加速或传播，与电荷相关

2. A 依赖：相互作用，与原子数相关

3. 常数依赖：被羊八井实验观测结果排除

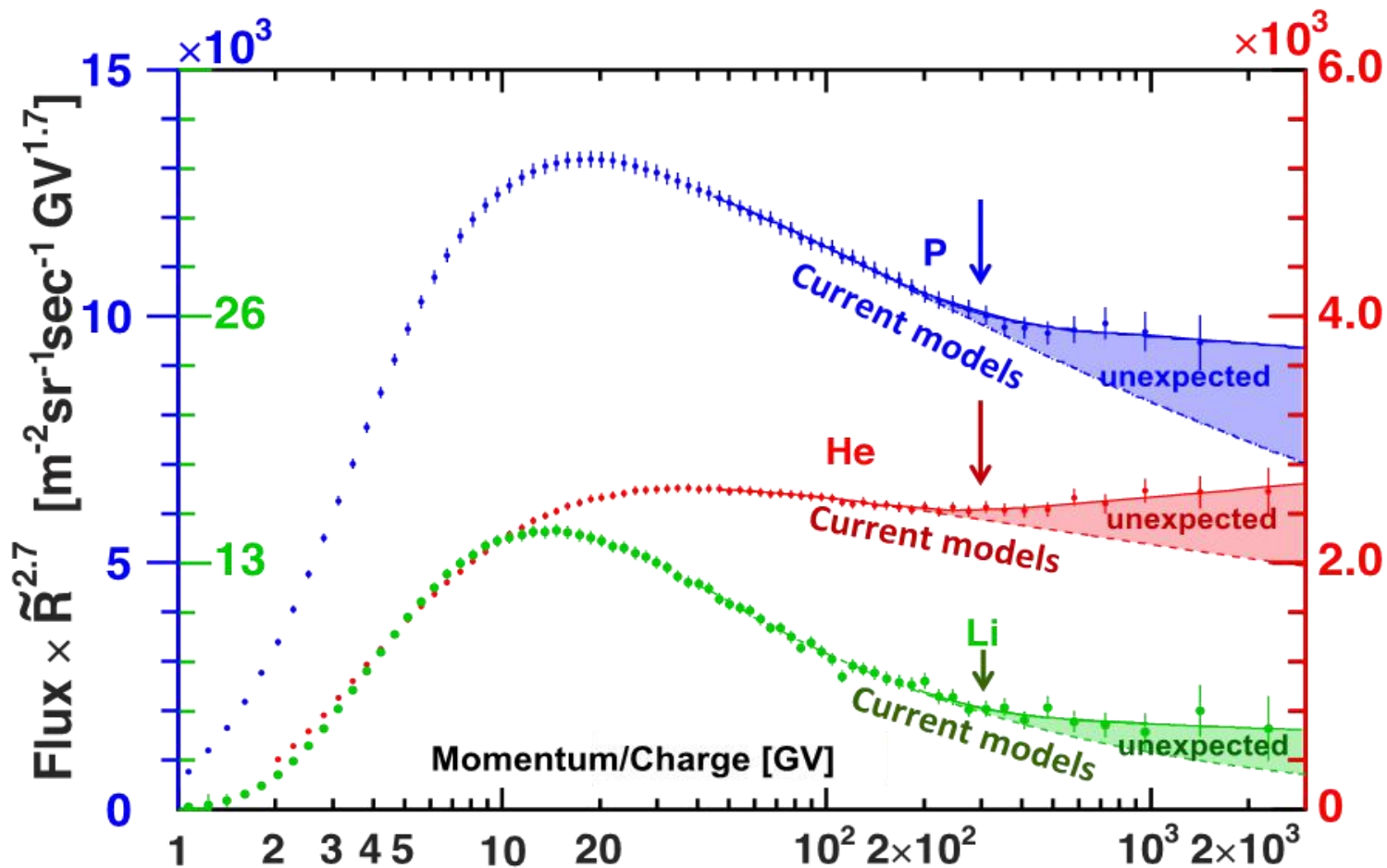
Horandel 模型

$$\frac{d\Phi_Z}{dE_0}(E_0) = \Phi_Z^0 F_0^{\gamma Z} \left[1 + \left(\frac{E_0}{\hat{E}_Z} \right)^{\epsilon_c} \right]^{\frac{-\Delta\gamma}{\epsilon_c}}$$



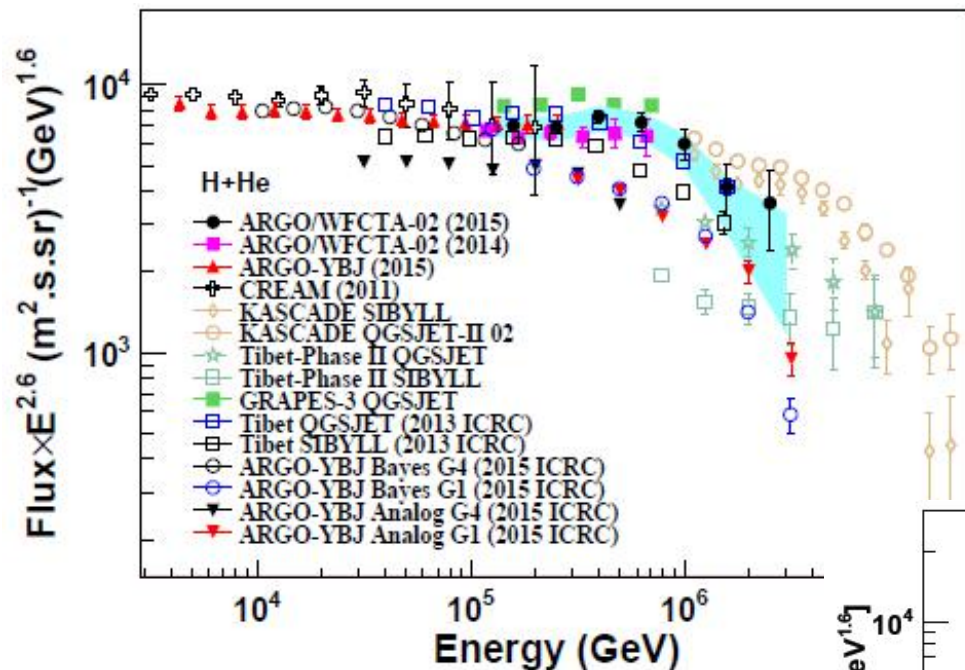
1. E_z : ~4 PeV
2. 膝区以下:
单一能谱: γ
3. 能谱拐折 E_z :
A 或者 Z 依赖

宇宙线能谱200GV变硬



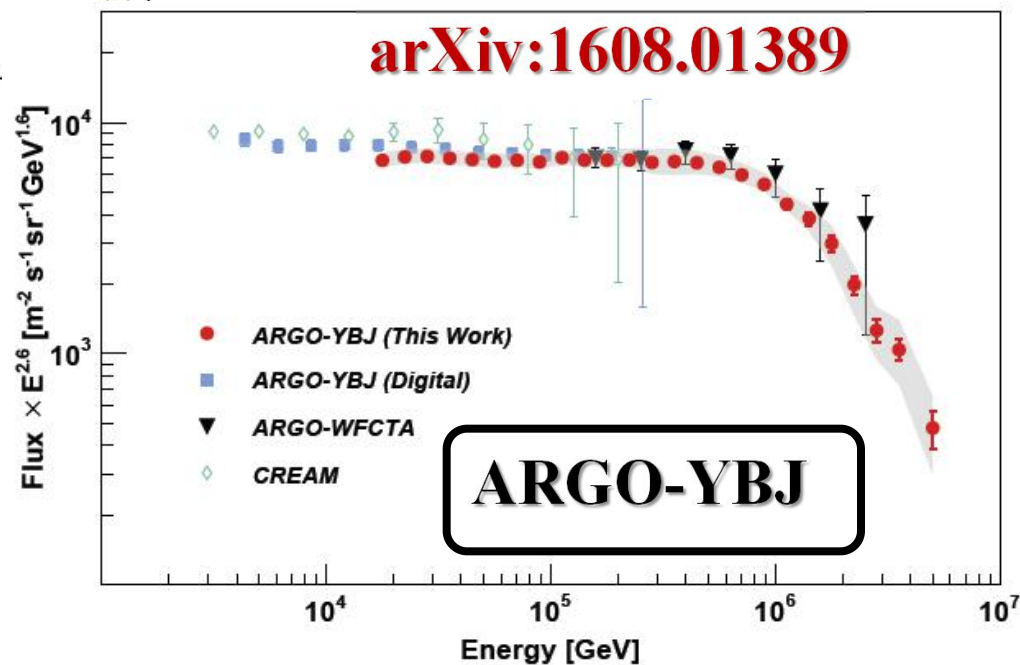
图来自于AMS02新闻稿材料

宇宙线“膝”测量



WFCTA/LHAASO

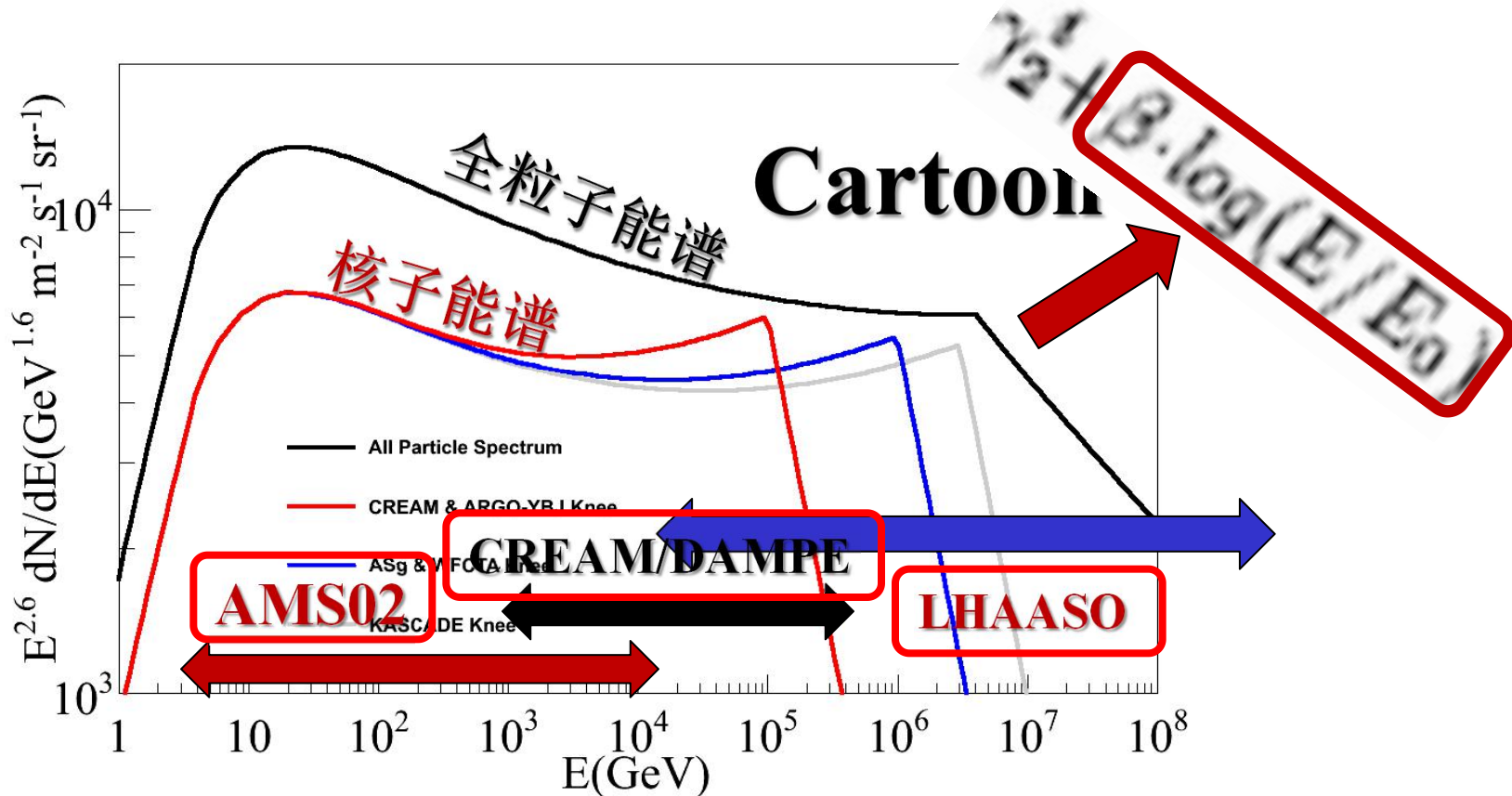
观测结果 $E_p < 1 \text{ PeV}$
不同实验观测还有一定差别。



ARGO-YBJ

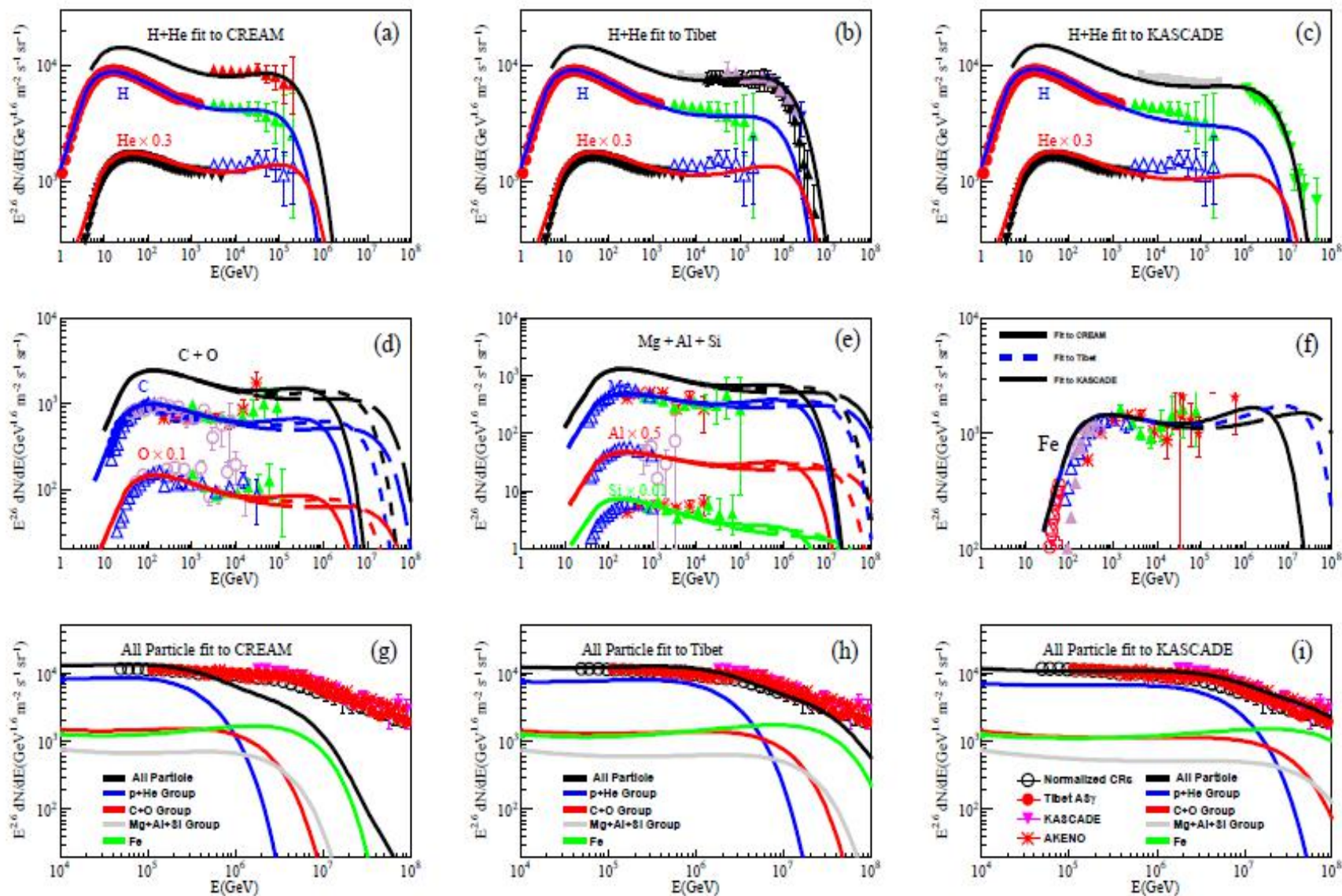
200GV 能谱拐折与膝区联系

拓展的Horandel模型

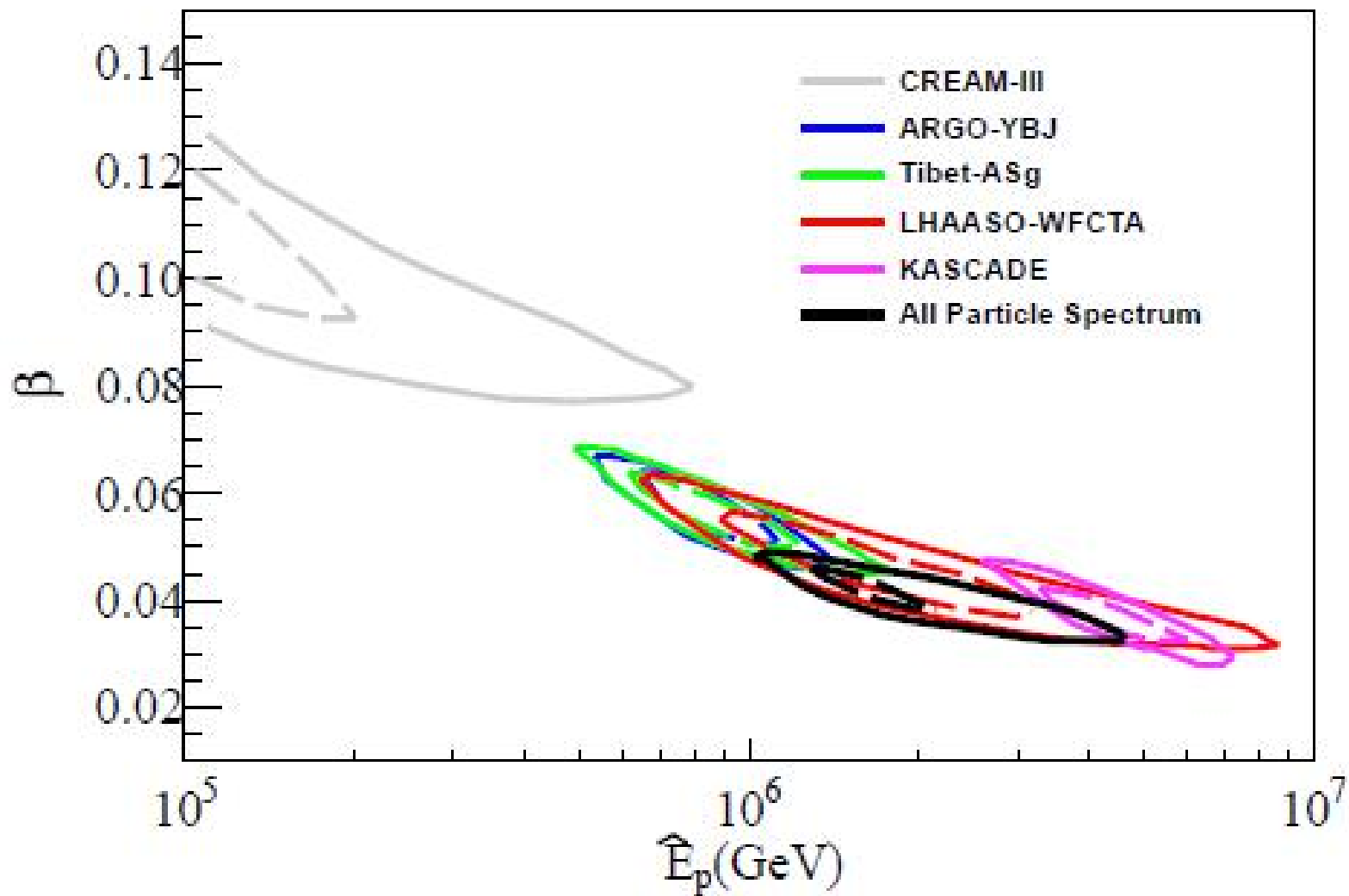


1. 膝区位置与能谱200GV拐折有关系?
 2. 拐折越尖锐, 膝区拐折越早
 3. 200GV 拐折, 膝区位置受总能谱限制!
- 联合研究: 约束200GV拐折程度, 膝区位置

修正的Horandel模型

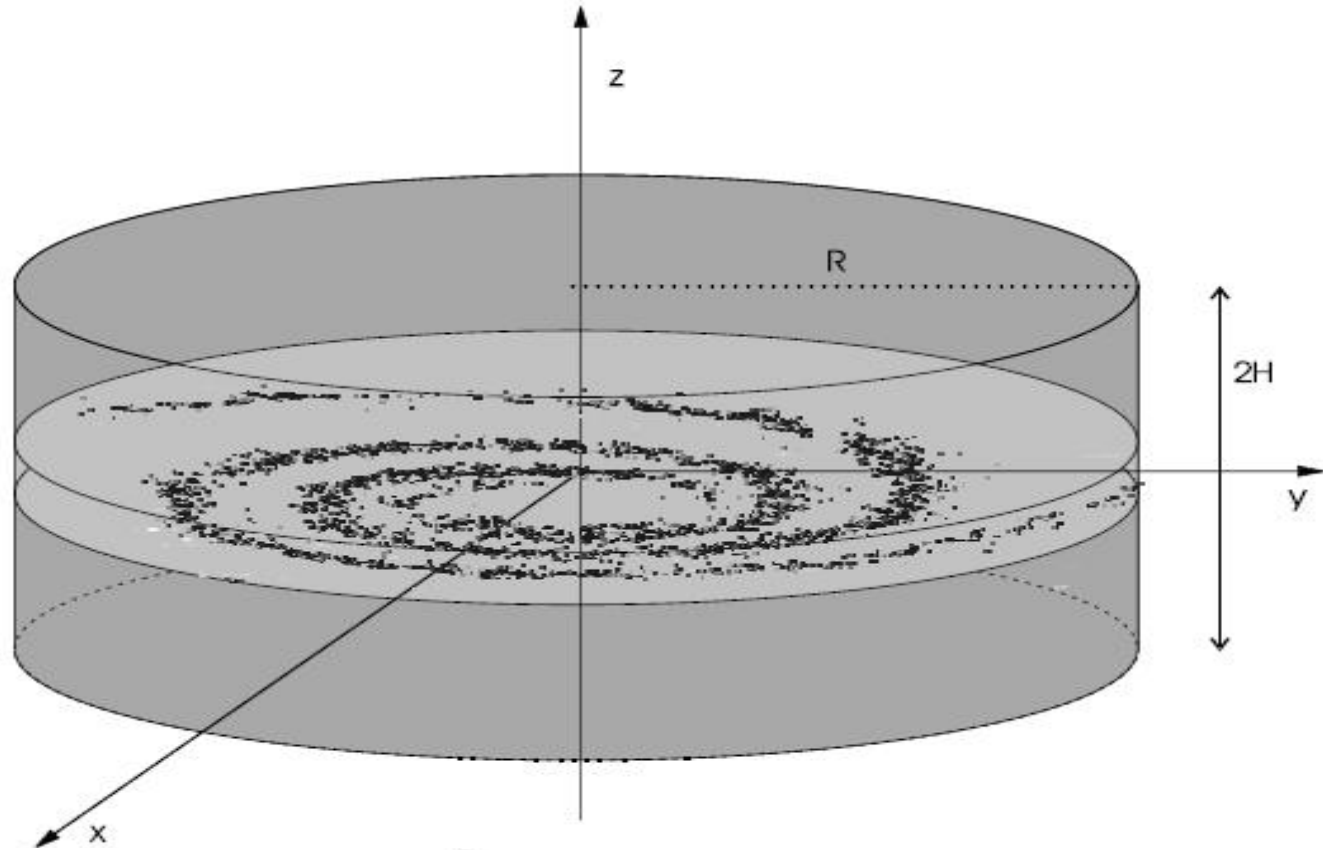


修正的Horandel模型



双Halo模型中宇宙线能谱

(Tomassetti, 2012, ApJ, 752,13)



$$N_0 \equiv N(z=0) \sim \frac{L}{k_0} \left\{ \xi \rho^{-\nu-\delta} + (1-\xi) \rho^{-\nu-\delta-\Delta} \right\}$$

硬成分

软成分

空间依赖宇宙线传播模型

Diffusion Coefficient as a function of space:

$$D_{xx}(r, z, p) = \begin{cases} D_0 \beta^\eta \left(\frac{R}{R_0}\right)^\delta & |z| < \xi z_h \\ \chi D_0 \beta^\eta \left(\frac{R}{R_0}\right)^{\delta F(r, z)} & |z| > \xi z_h \end{cases}$$



$$F(r, z) = \begin{cases} 1 & |z| < \xi z_h \\ \left(\frac{1}{1 + \exp(f(r))} + \Delta/\delta \right) \left(\frac{z}{\xi z_h} \right)^n & |z| > \xi z_h \end{cases}$$

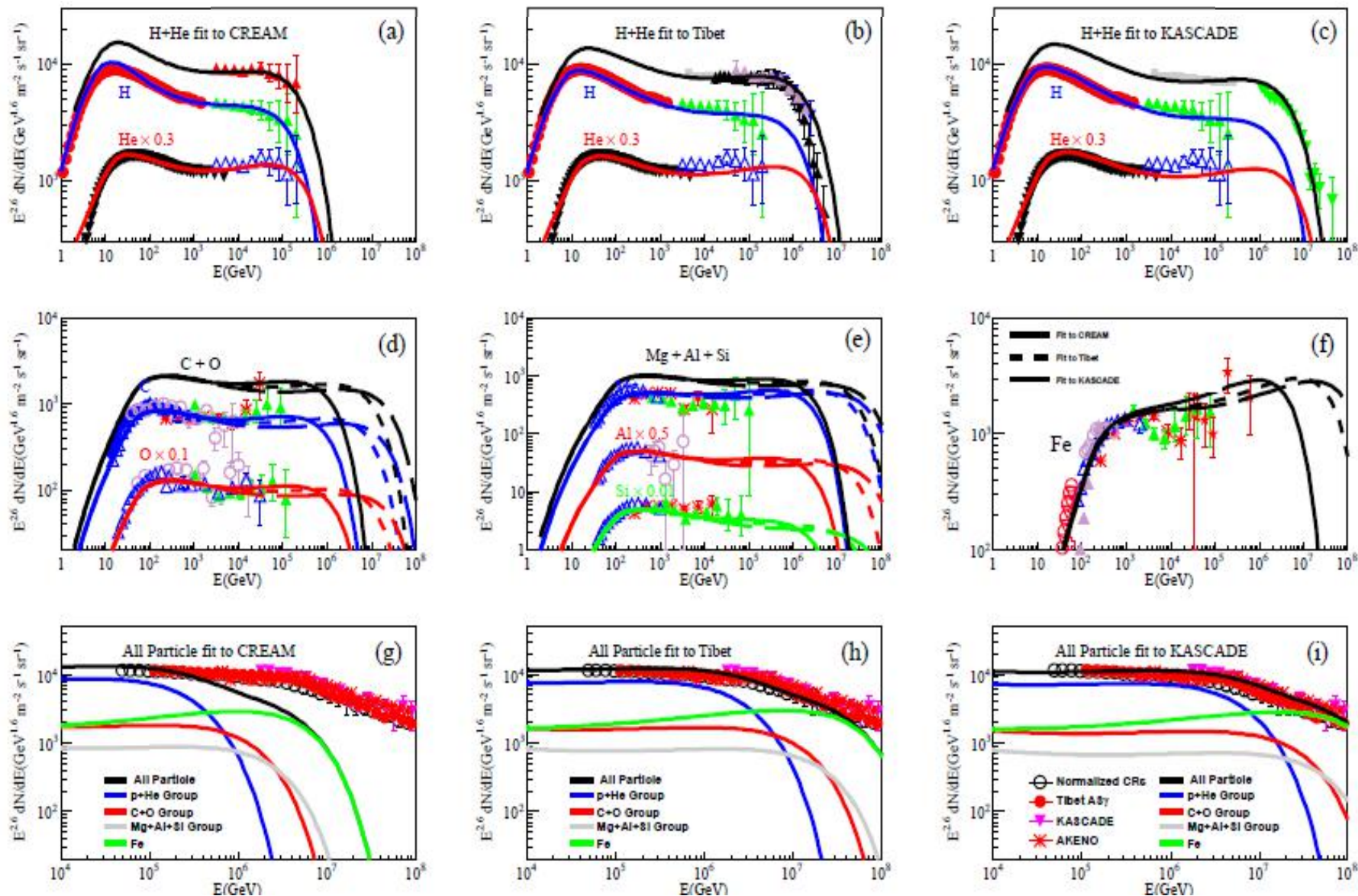
N.Tommasetti, arXiv: 1509.05775

Yi-Qing Guo, Zhen Tian, Chao Jin, arXiv: 1509.08227v1

DRAGON package is used to solve the propagation equation.

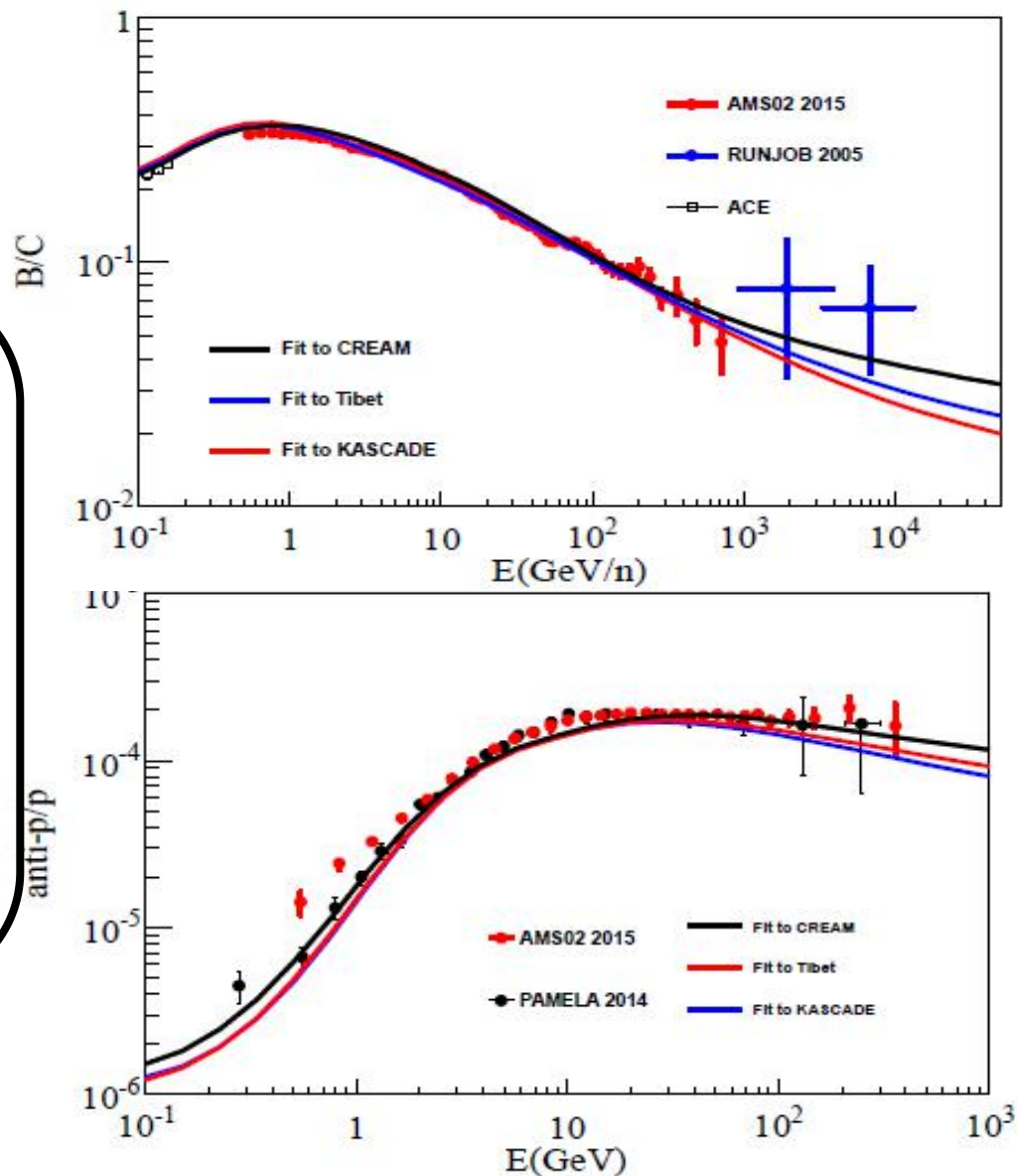
(Guo Y.Q., Tian Z., Jin C., 2016, ApJ, 819,54)

传播后宇宙线观测能谱

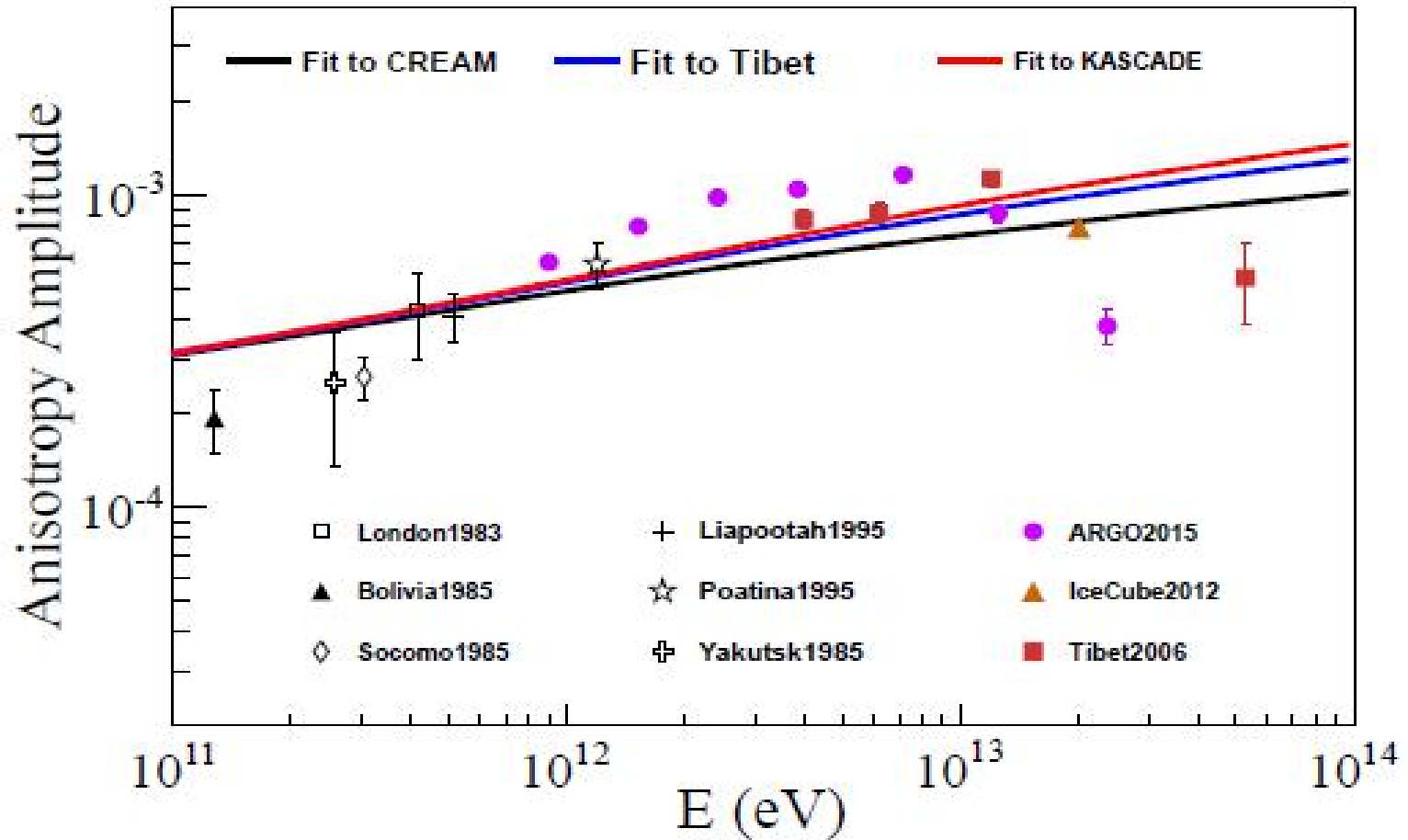


B/C 与 \bar{p}/p 比较

1. 多信使联合限制传播参数。
2. 膝能量越高，硬成分越小，次级与原初比高能低。
3. 目前实验测量误差较大，基本各个实验都符合。



各向异性比较



各向异性幅度基本符合，不能
区分那个参数更合理

总 结

1. 将**200GV** 能谱变硬修正到**Horandel**模型
膝区位置在 **$\sim 1\text{PeV}$**
2. 空间依赖传播：实现**200GV** 能谱变硬，高能膝区在 **$\sim \text{PeV}$** 位置。
3. 进一步的工作： **γ, e^+, ν** 等研究正在进行中。
4. 希望将来**LHAASO**高精度测量膝区位置，
联合**200GV**能谱变硬研究宇宙线传播参数

谢谢大家！