AMS-02宇宙线正负电子流强 随时间变化的测量

AMS国际合作组 中国科学院高能物理研究所 孙泽同

AMS



AMS-02: 唯一的太空TeV精密磁谱仪

穿越辐射探测器(TRD) 识别 e⁺, e⁻



硅径迹室(Silicon Tracker) Z, P



电磁量能器(ECAL) E of *e*⁺, *e*⁻, γ



粒子和核由它们的电荷(Z) 和能量(E~P)来确定。

Z和 E~P 可以通过各子探 测器相互独立地测量。

TRD

TOF

▶ 3-4

5-6

7-8

TOF

RICH

× 9

ECA

飞行时间探测器(TOF) Z, β



永磁体(Magnet) 土Z



环向成像切伦科夫探测器 (RICH) Z, β



ECAL BDT结合能动量匹配,可 以达到很好的质子排除能力



TRD的电子/质子区分

ECAL的电子/质子区分



AMS-02运行至今10年,已收集了超过1800亿的宇宙线事例。

在物理评论快报(PRL)发表了一系列重要的物理结果,尤其是 2018年对宇宙线电子、正电子能谱的测量结果

AMS

太阳调制

太阳活动会影响太阳系的磁场强度及分布,进而对较低能带电宇 宙线的流强等性质产生影响,即太阳调制 (Solar Modulation)。由于 太阳活动的周期性(周期约11年),这种影响呈周期性。



在AMS-02之前的其他相关实验



PAMELA测量的电子谱随时间的变化(2007-2009)

宇宙线电子流强随时间变化的长期测量,对太阳调制的观测,以及对银河系 宇宙线传播的研究有着重要意义。以前的空间宇宙线探测器受到运行时间、接 收度等条件的限制,只有很少关于电子的结果,且没有精细时间结构的变化趋 势。

更多关于太阳调制性质的细节需要对带电宇宙线进行长时间精细测 量才能给出。

电子/正电子流强随时间变化的测量

$$\boldsymbol{\Phi}_{e^{\pm}}(E) = \frac{N_{e^{\pm}}(E)}{A_{eff}(E)\epsilon_{trig}(E)T(E)\Delta E}$$

N_{e[±]}(E): 电子/正电子事例的计数
A_{eff}(E): 有效接收度
ϵ_{trig}(E): 触发效率
T(E): 曝光时间
ΔE: 能量区间

将AMS取数按测量时间段(Bartels Rotation, 27天)划分,通过模板 拟合方法得到每个时间段的电子/正电子事例数,并根据流强的计算公式 得出宇宙线电子/正电子流强随时间变化的性质。

触发效率 ϵ_{trig}



由MC得到的探测电子/正电子的有效接收度



飞行数据与蒙卡模拟中事例选取效率的比较

TOF Cut1: patth & betah

TOF Cut2: Qup & Qlow

9



综合所有事例选取效率差异所得的有效接收度修正项



探测电子/正电子的有效接收度 $A_{eff}(E)$



有效接收度随时间的变化



1个太阳周期内的曝光时间



使用模板拟合方法确定电子/正电子事例数

选择一个能够区分本底和信号的变量,通过控制样本分别得到信 号和本底的分布(即概率密度函数,PDF),而分析样本是信号与本底 的叠加;在每个能量区间(bin)内,对初选后的电子/正电子候选样本 事例,通过拟合可以得到样本中信号和本底的事例数以及统计误差。



如图所示,基于ECAL可以对信号与本底进行很好的区分。



AMS合作组2018年公布了从2011年5月至2017年5月共79个太阳周期 (Bartels rotations)内1-50GeV电子与正电子流强随时间的变化。该结果首 次展现了宇宙线不同电荷符号的轻子在太阳调制影响下的不同时间结构。



自2017年5月至2017 年5月的电子、正电子流 强以及正电子/电子比例 随时间变化的结果。图 中数据点为此段时间平 均值; 阴影部分为流强 及比例随时间变化的范 围。



正电子/电子比例随时间的变 化结构(误差为统计误差)。 A<0和A>0表示太阳磁场方向, 蓝色阴影表示太阳磁场反转的时 期。

而正电子/电子流强比的并没 有观察到与流强相同的时间结构。 通过拟合得到, e⁺/e⁻在830±30 天由初值平滑地变化成另一个值。 这种变化的中点在1-6GeV范围随 能量变化,与太阳磁场反转的时 间差在260±30天。

$$R_e(t, E) = R_0(E) \left[1 + \frac{C(E)}{\exp\left(-\frac{t - t_{1/2}(E)}{\Delta t(E)/\Delta_{80}}\right) + 1} \right]$$



宇宙线电子流强时间结构的扩展



宇宙线正电子流强时间结构的扩展



宇宙线电子与正电子流强时间结构的对比



宇宙线电子与正电子流强时间结构的对比



总结与展望

2018年AMS合作组发表了从2011年5月至2017年5月共79个太阳周 期(Bartels rotations)内1-50GeV电子与正电子流强随时间的变化。该结 果首次展现了宇宙线不同电荷符号的轻子在太阳调制影响下的不同时间 结构。

使用AMS ECAL进行粒子识别,将电子、正电子能谱随时间变化的 测量拓展至2019年11月,所得结果在已发表的数据范围内符合很好。同 时2018年后,由于电荷差异导致的电子正电子流强产生了不同的变化趋 势。

同时AMS-02实验将持续进行直至国际空间站结束(不早于2028年), 会将宇宙线能谱时间结构的测量拓展至覆盖完整的一个太阳周期,届时 对长期调制的预测将有更完整的数据参照,这对太阳物理方向的研究意 义深远。

Backup



Total Positron Flux

