

LHAASO-WCDA 超高能宇宙线事例参数化模拟的研究

Thursday, 6 July 2017 16:40 (20 minutes)

水切伦科夫探测器阵列 (Water Cherenkov Detector Array) 是高海拔宇宙线观测站 (LHAASO) 的重要组成部分。它的主要物理目标是对能量在 100GeV-30TeV 的伽马源的监测。为了测量能量在 100 TeV-10 PeV 之间宇宙线粒子的信息, LHAASO 计划在 WCDA 单元探测器的每个大光电倍增管 (PMT) 旁边放置一个 1-2 英寸的小 PMT, 组成 WCDA 动态扩展系统。

为了研究小 PMT 的动态范围进行 PMT 和电子学设计, 以及后续进行的物理数据处理的需要, 例如粒子鉴别、原初能量重建等工作, 我们需要利用 GEANT4 模拟大统计量的模拟事例。以一个原初能量 100TeV 的质子为例, 约有 105 个次级粒子入射到探测器上, 其中每个次级带电粒子在水中每前进 1 厘米就可以产生大约 300 个切伦科夫光子。显而易见对如此众多次级粒子产生的“海量”切伦科夫光子一一跟踪是不现实的。

为了能快速高效模拟高能宇宙线事例在 WCDA 动态扩展系统的响应, 我们研究了在程序中将光子数进行薄化处理和参数化模拟等方法。将簇射中的次级粒子将电磁成分和强子成分分别采用了不同方法进行考虑。对于电磁成分, 模拟单个电磁粒子, 并按照次级粒子的不同能段、位置、天顶角、方位角建立参数表, 当任意一个次级粒子打在探测器上时, 直接读取参数表获得产生的光电子数。对此, 我们详细研究统计了不同宇宙线事例落在 WCDA 每个单元探测器上的粒子数分布、粒子数密度、粒子数种类以及能量角度等信息。把水池中心 5m*5m 的单元探测器每隔 1m 进行划分, 共划分成 25 个小格, 通过 GEANT4 模拟电磁粒子落在每个小格上的次级粒子, 并得出这些次级粒子在 WCDA 探测器的响应随能量、入射位置和入射角度的结果, 然后分别存储相应的模拟参数。对于强子成分的切伦科夫光子采用薄化的方法进行全模拟, 把几十个甚至几百个光子看成一个光子并在最终结果乘以权重因子。我们研究了将不同数目的切伦科夫光子绑定成一个进行模拟, 证明提高权重因子能大量节省模拟时间而且权重因子小于 300 时基本不改变极高能宇宙线事例的模拟结果。经过优化我们确定了在 GEANT4 模拟中采用大约 20 倍的权重因子对强子和缪子进行全模拟。与此同时我们还研究了按照 PMT 量子效率产生光子对运行结果和运行时间的影响。经过我们对模拟算法的改进, 至少节约了十倍的运行时间, 而且不存在内存不够的问题, 能高效准确模拟出高能宇宙线事例在 WCDA 扩展系统上的响应。

在这项研究中我们将详细介绍我们对模拟程序的改进以及参数化模拟方法。

Primary author: Ms 丁, 潇菡 (辽宁大学)

Co-authors: Mr LIU, cheng (IHEP); Mrs WU, hanrong (IHEP); Mr LI, huicai (IHEP); Mrs DU, wenyan (Liaoning Normal University); Mrs LI, xiurong (IHEP)

Presenter: Ms 丁, 潇菡 (辽宁大学)

Session Classification: 物理软件与数据处理 IV

Track Classification: 数据处理软件与分析方法 II