

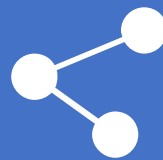
Observation of the decays $\chi_{cJ} \rightarrow \varphi\varphi\eta$

arXiv: 1911.02988v1

组会

河南师范大学 物理学院
normal University

Henan





研究
背景

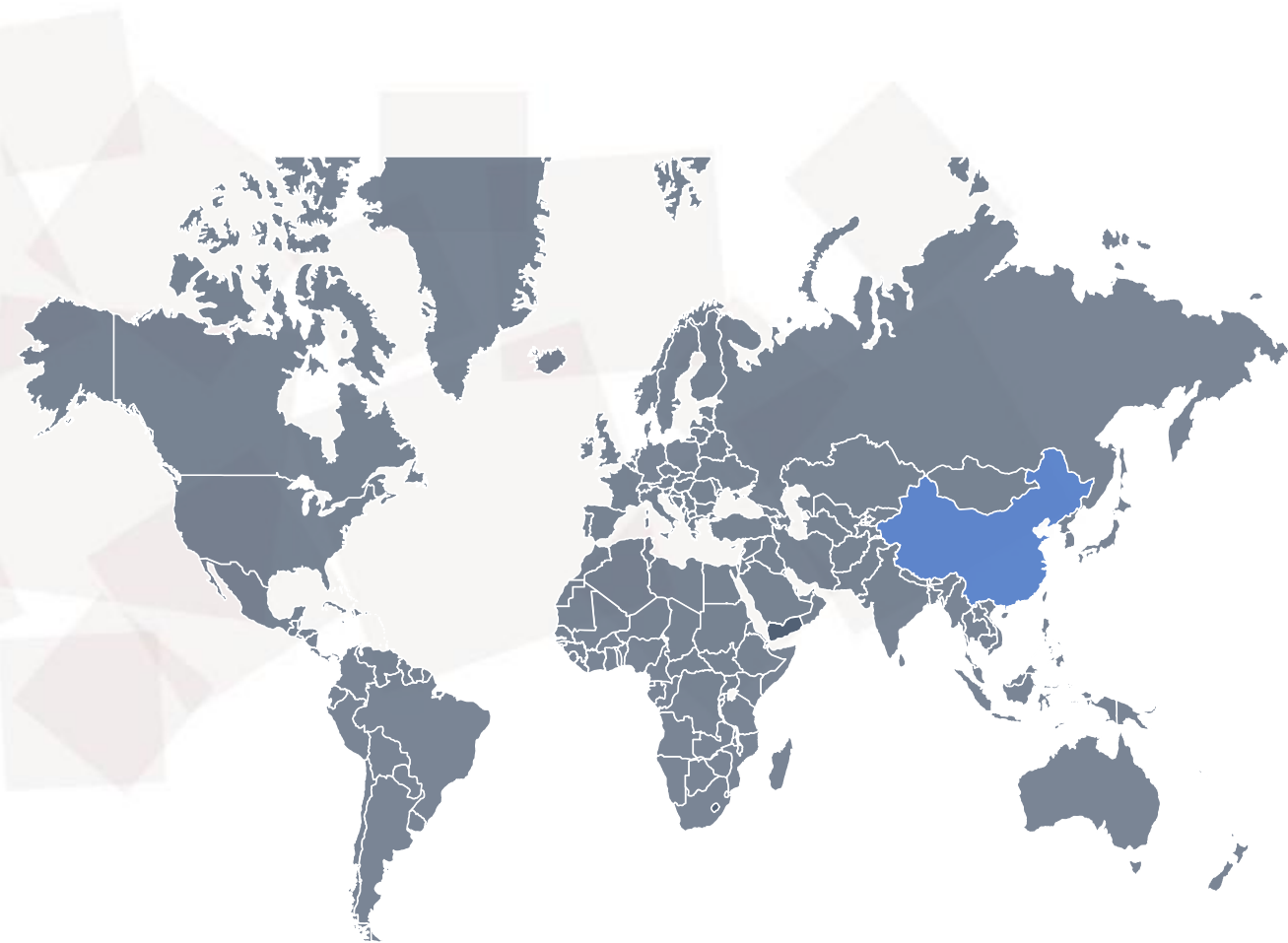
研究
目的

事例
挑选



BESIII

北京谱仪III (BESIII) 自2003年开始建造，2008年完成，是工作在BEPCII上的大型、高精度磁谱仪。北京谱仪是通过各种粒子探测器来观察和测量正负电子对撞产生的次级粒子的运动学变量，根据精度要求分别设计各子探测器，整个探测器系统是由各个子系统组合而成的。

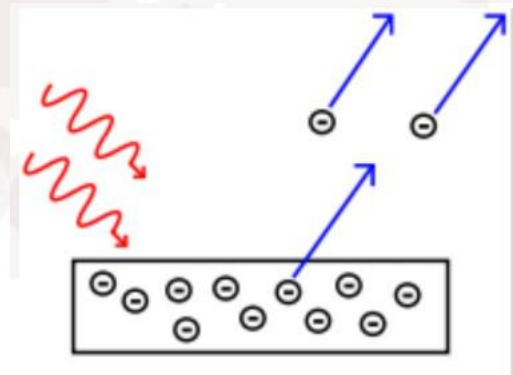
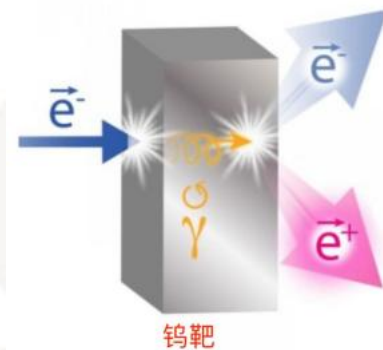
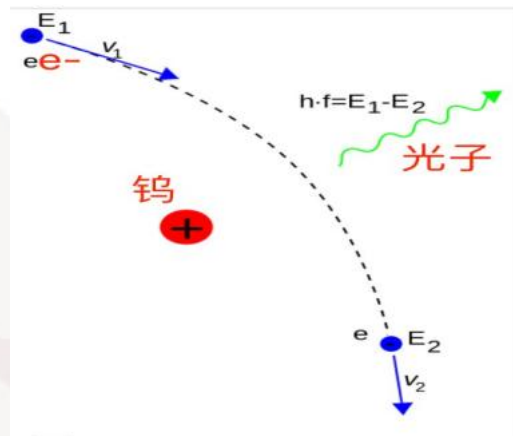




正负电子产生原理

正电子产生：电子枪产生负电子，能量为150 MeV的负电子轰击大约1cm厚的钨靶时骤然减速，发生轫致辐射，产生光子，然后光子转化为正负电子对，再根据粒子在磁场中的偏转方向，将正电子聚焦收集起来，然后在直线加速器里进行加速，就得到高能量的正电子束。

负电子产生：当需要负电子时，就把钨转换靶提起来，用电子枪产生负电子. 电子枪：灯丝（钨丝）加热后，表面产生电子（本质：光电效应）





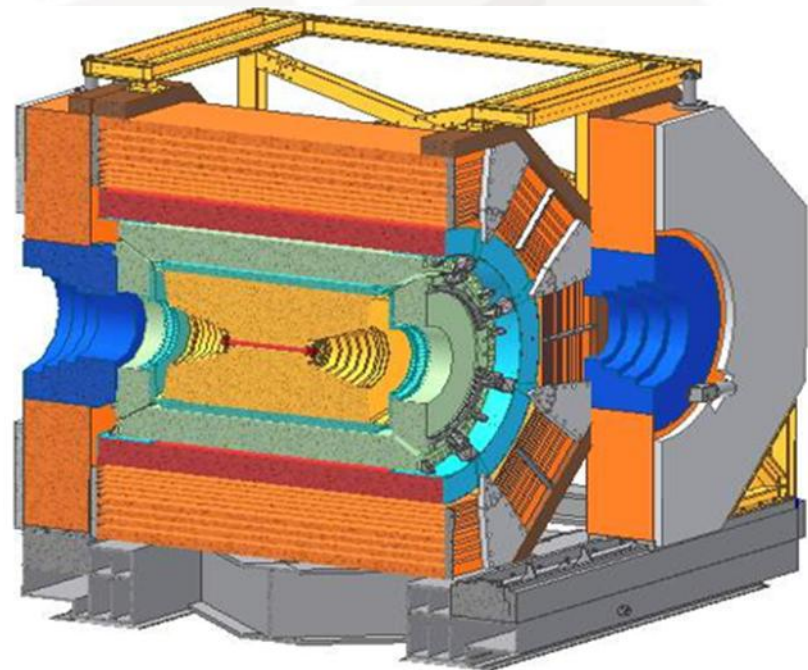
BESIII

北京正负电子对撞机的BESIII探测器呈圆柱对称，并覆盖了93%的 4π 立体角。它由四个子探测器组成：一个43层的主漂移室(MDC)，用来确定带电径迹的动量，在1GeV/c时，带电径迹的分辨率为0.5%，轴向磁场强度为1特斯拉；一个飞行时间探测器(TOF)，用时间分辨率好于80ps(100ps)的塑料闪烁体探测器构成；一个电磁能量器(EMC)，它由6420个CsI(Tl)晶体组成，1GeV的光子在桶部和端盖的能量分辨分别为2.5%和5%；和一个 μ 子计数器，它有9(8)层阻性板室组成，位置分辨率为两厘米。

主漂移室(MDC)

漂移室是BESIII的主要径迹探测器，它的主要功能有四个：

- 确定带电粒子的径迹；
- 结合磁场大小给出带电粒子的动量；
- 测量能量损失 dE/dx ，从而实现对带电粒子的分辨；
- 提供触发判选条件；





飞行时间探测器(TOF)

BESIII飞行时间探测器(TOF)主要用来做粒子鉴别。分为桶部和端盖两个部分，桶部固定于主漂移室上，端盖部分固定于端盖量能器上。

测量带电粒子在漂移室内的飞行时间，结合漂移室测得的粒子动量和径迹，来辨别粒子的种类。同时也参与第一级触发判选，且可通过不同探测器输出信号之间的时间关系来排除宇宙线本底。

电磁量能器(EMC)

电磁量能器(EMC)在BESIII中占有十分重要的地位，用来精确测量光子和电子的能量及位置信息，同时提供中性事例的触发。

电磁量能器采用由CsI(Tl)晶体构造，由桶部和端盖两部分组成。桶部区域覆盖角 $\cos\theta\sim 0.83$ ；端盖部分覆盖角 $\cos\theta\sim 0.93$ 。



μ 子计数器

μ 子计数用于测量反应末态中的 μ 的位置和大致飞行轨迹。与内层探测器的粒子径迹相连接，精确测量 μ 子的动量并与其它带电粒子（尤其是 π ）区分开来。

在一些重要的物理上，尤其是在一些稀有衰变道的测量上， μ 、 π 分辨的好坏，对物理结果的影响很大



蒙特卡洛模拟

基于 GEANT4的蒙特卡洛 (MC) 模拟软件Boost, 包含了BESIII探测器的几何结构和材料描述、探测器响应和数字化模型、以及跟踪运行状况和探测器行为的数据库。MC样本用于优化选择标准、评估信号效率和估计物理背景。 $\psi(3686)$ 的单举衰变的MC样本用于背景研究。

衰变共振态 $\psi(3686)$ 由事例产生子KKMC产生。其中包含了初始状态辐射过程, 且PDG中已知衰变过程通过 EVTGEN模拟, 而未测定的衰变是根据LUNDCHARM生成的。用PHOTOTS软件包模拟了带电终态粒子的终态辐射。

该信号假设由电偶极 (E1) 跃迁产生的衰变 $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}$ 来模拟的。对于信号MC样本, $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}$ 衰变由电偶极子 (E1) 跃迁假设产生, 其中角分布为 $1 + \lambda \cos^2 \theta$ 。这里, θ 是 $\psi(3686)$ 介子辐射光子的极角, J=0、1、2时 λ 分别为1、1/3、1/13。过程 $\chi_{cJ} \rightarrow \phi \phi$ 和 $\eta \rightarrow \gamma \gamma$ 在相空间中均匀生成, $\phi \rightarrow K^+ K^-$ 的角分布模拟为一个矢量粒子衰变为两个赝标粒子。



EVENT SELECTION



事例选取

级联衰变 $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}, \chi_{cJ} \rightarrow \phi \phi \eta, \phi \rightarrow K^+ K^-$ 以及 $\eta \rightarrow \gamma \gamma$, 候选事件要求有四条带电轨道, 净电荷为零, 至少有三个光子。

1. 确定重建径迹

事件中的带电轨道要求在MDC验收范围内与波束方向呈极角 θ , $|\cos \theta| < 0.93$, 且最接近相互作用点的距离在波束方向10 cm内, 在波束方向横向1 cm内。通过利用dE/dx和TOF信息, 评估 π 和K假设的粒子识别 (PID) 置信级, 并将置信级最高的粒子类型分配给每个轨迹。所有带电轨道必须标识为kaons。利用不变质量 $M_{\gamma\gamma}$ 最接近标称 η 质量的 $\gamma \gamma$ 对, 重建 η 到 $\gamma \gamma$ 的过程。两个 ϕ 从 $\Delta M^2 = (M_{K_i^+} M_{K_j^-} - M_\phi)^2 + (M_{K_{1-i}^+} M_{K_{1-j}^-} - M_\phi)^2$ 最小值为的组合中选择。



2. 确定能量沉积范围，压低电子学噪声和无关的能量沉积

要求光子能量沉积在EMC的桶部区域 ($|\cos \theta| < 0.80$) 至少为 25 MeV ，或在EMC端盖 ($0.86 < |\cos \theta| < 0.92$) 中为 50 MeV 。要排除带电粒子的簇射，光子必须至少与最近的带电轨道相隔 10° 。为了压低电子学噪声和与事件无关的能量沉积，测量的EMC时间要求在事件开始时间的0到700 ns范围内。

3. 进行4约束运动学拟合

为了提高质量分辨率，假设 $\psi(3686) \rightarrow 3\gamma K^+ K^- K^+ K^-$ 过程的能量、动量守恒，进行四约束 (4C) 运动学拟合，保留 $\chi^2_{4c} < 40$ 的事件。该要求是基于对优值 (FOM) 的优化。 $FOM \equiv N_{sig} / \sqrt{N_{tot}}$ ，其中 N_{sig} 和 N_{tot} 分别是信号事件数和根据信号MC样本和数据估计的事件总数。对于具有三个以上光子候选的事件，保留具有最小 χ^2_{4c} 的组合。进一步的选择标准基于运动拟合更新的四动量。要求 η 的反冲质量小于 $3.05 \text{ GeV} / \text{C}^2$ ，以抑制衰变 $\psi(3686) \rightarrow \eta J/\psi$ ， $J/\psi \rightarrow \gamma \phi \phi$ 的本底。所有 $M_{\gamma\gamma}$ 都需要在 $[0.115, 0.150] \text{ GeV} / \text{C}^2$ 范围之外，以抑制 π^0 衰变的本底。 $\gamma \eta$ 的不变质量必须在 $[1.00, 1.04] \text{ GeV} / \text{C}^2$ 范围之外，抑制 $\psi(3686) \rightarrow \phi \phi \phi$ ，其中一个 ϕ 衰变为 $\gamma \eta$ 。



2. 确定能量沉积范围，压低电子学噪声和无关的能量沉积

要求光子能量沉积在EMC的桶部区域 ($|\cos \theta| < 0.80$) 至少为 25 MeV ，或在EMC端盖 ($0.86 < |\cos \theta| < 0.92$) 中为 50 MeV 。要排除带电粒子的簇射，光子必须至少与最近的带电轨道相隔 10° 。为了压低电子学噪声和与事件无关的能量沉积，测量的EMC时间要求在事件开始时间的0到700 ns范围内。

3. 进行4约束运动学拟合

为了提高质量分辨率，假设 $\psi(3686) \rightarrow 3\gamma K^+ K^- K^+ K^-$ 过程的能量、动量守恒，进行四约束 (4C) 运动学拟合，保留 $\chi_{4c}^2 < 40$ 的事件。该要求是基于对优值 (FOM) 的优化。 $FOM \equiv N_{sig} / \sqrt{N_{tot}}$ ，其中 N_{sig} 和 N_{tot} 分别是信号事件数和根据信号MC样本和数据估计的事件总数。对于具有三个以上光子候选的事件，保留具有最小 χ_{4c}^2 的组合。进一步的选择标准基于运动拟合更新的四动量。



4. 事例的最终选择

