



# 通过 $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta + c.c.$ 过程 寻找激发态超子

报告人：庄新宇

指导教师：喻纯旭 教授

王至勇 研究员

2025.10.29

# 目录

- ◆ 简介
- ◆ 物理意义
- ◆ 研究基础
  - BEPCII与BESIII
  - 数据样本与蒙特卡洛样本
- ◆ 数据分析
  - 事例筛选
  - 本底研究
  - 分波分析
  - 系统误差
- ◆ 总结与下一步计划

# 简介

# 简介

长期以来，寻找奇特强子和激发态重子一直是高能物理实验中的重要课题，它们有可能揭示夸克与胶子之间相互作用的性质，从而为检验当前的量子色动力学（QCD）理论提供关键手段，并可以促进其进一步的研究。本课题借助北京谱仪III（BESIII）实验积累的大量 $\psi(3686)$ 粒子数据，使用BESIII离线软件系统（BOSS），ROOT数据分析框架及分波分析工具包（TF-PWA），研究 $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta + c.c.$ 这一衰变过程，测量其分支比，并在衰变产物的不变质量谱中搜索潜在的中间态。

衰变过程：

- $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta/\bar{p}K^+\Lambda\eta$
- $\bar{\Lambda}/\Lambda \rightarrow \bar{p}\pi^+/p\pi^-$
- $\eta \rightarrow \gamma\gamma$
- 末态： $p\bar{p}K^\pm\pi^\mp\gamma\gamma$

# 物理意义

# 物理意义

- 对粲偶素衰变的研究对于我们理解低能区QCD发挥着至关重要的作用，在粲偶素衰变中， $\psi(3686)$ 和 $J/\psi$ 衰变为重子对的过程可以通过 $c\bar{c}$ 湮灭为三个胶子或一个虚光子来理解。
- 目前，对 $\psi(3686)$ 衰变为一对八重态重子的实验和理论研究已经比较丰富。然而，对于以激发态作为末态的衰变模式的研究相对较少。 $\psi(3686)$ 的质量相对较大，这使得我们可以搜索更重的激发态超子。
- 在本课题中，我们将测量 $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta$ 这一过程的分支比，并在末态粒子质量谱中寻找潜在的激发态超子。这可以帮助我们深入了解重子的性质、夸克结构及其相互作用，这有助于验证QCD理论，揭示夸克之间的相互作用方式，进一步了解夸克结构的复杂性，揭示新粒子的存在和性质。这对于拓展我们对夸克相互作用的认知，以及探索新的物理现象具有重要意义。

# 研究基础

# BEPCII与BESIII

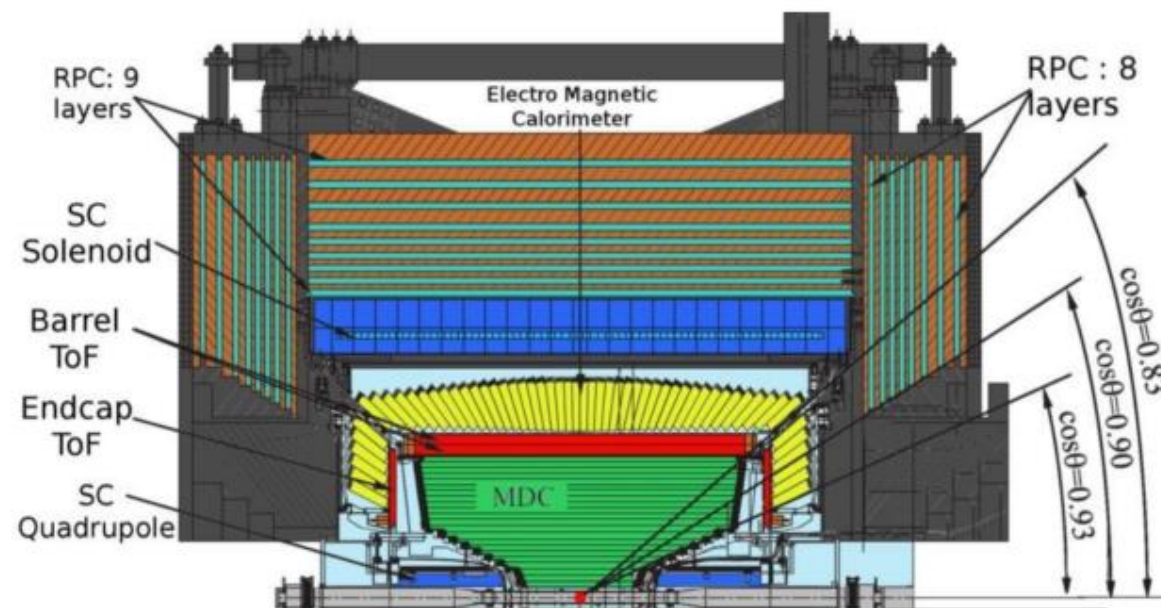
➤ BESIII是一项重要的高能物理实验项目，也是中国在高能物理领域的重要窗口，该实验依托于北京正负电子对撞机（BEPCII），是全球唯一一个运行在陶-粲能区的正负电子对撞实验。

➤ 峰值亮度： $1 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

➤ 质心能量：2.00 - 4.95 GeV

➤ 粒子探测器：主漂移室（MDC）、飞行时间探测器（TOF）、电磁量能器（EMC）及缪子计数器（MUC）

➤ 优势：产生粒子类型丰富，亮度高，本底相对干净



# 数据样本与蒙特卡洛样本

- 本分析基于BESIII在2009, 2012和2021年采集的总计约27亿 $\psi(3686)$ 数据样本, 数据样本通过质心系能量为3.686GeV的正负电子对撞产生。
- 蒙特卡洛 (MC) 样本用来研究质量分辨, 确定探测效率, 优化事例筛选, 估计本底过程以及研究系统不确定性。  
在本分析中, 我们产生了280万信号MC样本以研究信号过程, 并使用 $\psi(3686)$ 单举MC样本研究潜在的本底过程。
- 除上述 $\psi(3686)$ 数据样本与MC样本外, 我们还分析了BESIII采集的质心系能量为3.650GeV, 3.682GeV和3.773GeV的数据样本, 以估计潜在的QED本底。

Year	$\sqrt{s}$ (GeV)	Size ( $\times 10^6$ )	
		Data	Inclusive MC
2009	3.686	107.7	106
2012	3.686	345.4	341
2021	3.686	2259.3	2300

$\sqrt{s}$ (GeV)	Luminosity ( $pb^{-1}$ )
3.650	454
3.682	404
3.773	20274.8

Channel	Generic Mode	Size ( $\times 10^6$ )
$\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta, \bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+, \eta \rightarrow \gamma\gamma$	PHSP	1.4
$\psi(3686) \rightarrow \bar{p}K^+\Lambda\eta, \Lambda \rightarrow p\pi^-, \eta \rightarrow \gamma\gamma$	PHSP	1.4

# 数据分析

# 事例筛选

## ➤ 带电径迹筛选:

- $N_p \geq 2, N_m \geq 2, |\cos \theta| < 0.93$
- 对于由 $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 衰变产生的带电径迹, 不做顶点约束
- 对于非 $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 衰变产生的带电径迹, 要求其来自于对撞顶点区域, 且 $|V_{xy}| < 1.0cm, |V_z| < 10.0cm$

## ➤ 光子筛选:

- $E_\gamma \geq 2, 0 \leq T_{EMC} \leq 700ns$
- EMC桶部区域:  $E > 25MeV, \text{且} |\cos \theta| < 0.8$
- EMC端盖区域:  $E > 50MeV, \text{且} 0.86 < |\cos \theta| < 0.92$

## ➤ 粒子鉴别 (PID) :

- 结合 $dE/dx$ 信息与TOF信息, 对 $p$ 和 $K$ 做PID
- 对于 $p$ :  $Prob(p) > Prob(K), Prob(p) > Prob(\pi), N_p \geq 1$
- 对于 $K$ :  $Prob(K) > Prob(p), Prob(K) > Prob(\pi), N_K \geq 1$

# 事例筛选

## ➤ $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 重建:

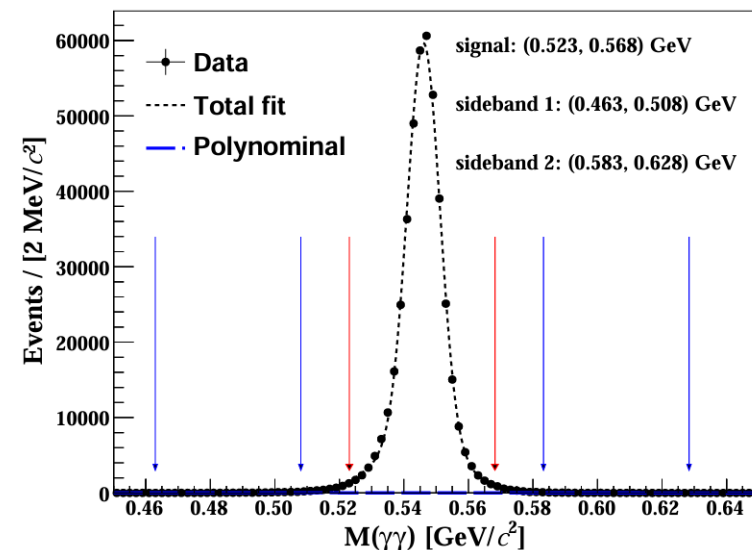
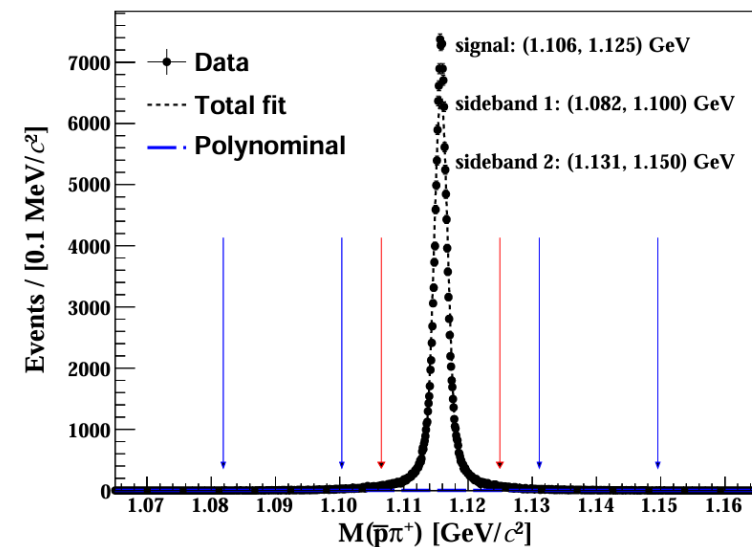
- 从剩余带电径迹中循环每一对电荷相反的粒子, 假设其为 $\bar{p}$ 和 $\pi^+$ , 对其做次级顶点拟合,  $|M_{\bar{p}\pi^+} - M_{\bar{\Lambda}}|$ 值最小的一组将作为 $\bar{\Lambda}$ 候选者
- $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 衰变长度:  $Length > 0$
- $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 质量窗:  $(1.106, 1.125) \text{ GeV}/c^2$
- $M_{\bar{p}\pi^+} > 1.106$ , 且  $M_{\bar{p}\pi^+} < 1.125$

## ➤ 运动学拟合:

- 基于 $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\gamma\gamma$ 假设, 进行四动量约束 (4C) 的运动学拟合, 将末态粒子的总四动量约束到束流对撞的初始四动量上
- 4C运动学拟合中 $\chi_{4C}^2$ 最小的粒子组合将被选择

## ➤ $\eta$ 重建:

- $\eta$ 由两个光子进行重建
- $\eta$ 质量窗:  $(0.523, 0.568) \text{ GeV}/c^2$
- $M_{\gamma\gamma} > 0.523$ , 且  $M_{\gamma\gamma} < 0.568$



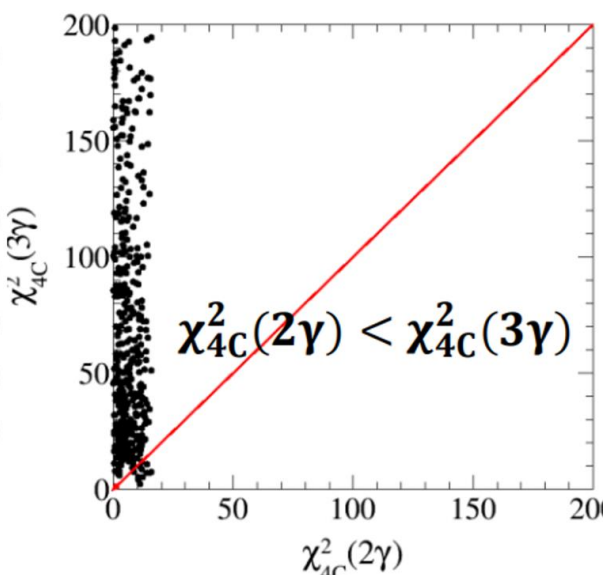
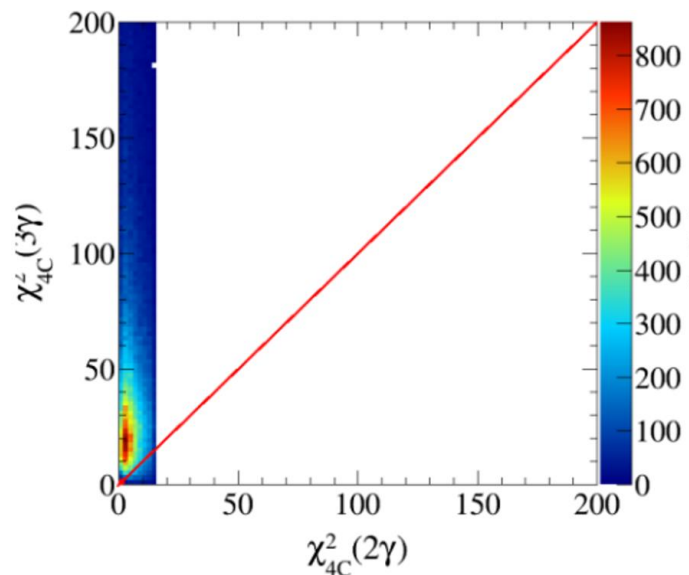
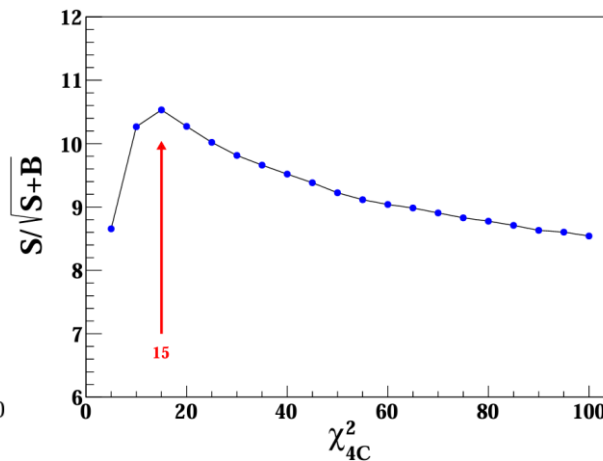
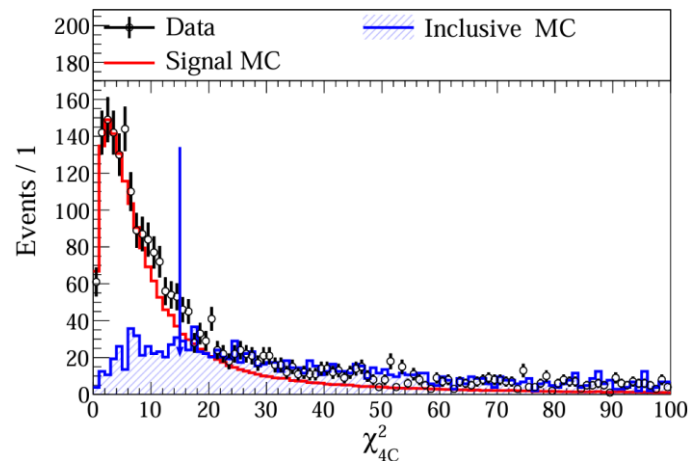
# 事例筛选

## ➤ $\chi_{4C}^2$ 条件优化

- 通过FOM优化得到信噪比最佳所需的 $\chi_{4C}^2$ 条件
- $FOM = \frac{S}{\sqrt{S+B}}$ , 其中S为从信号MC中提取的信号事例数, B为从单举MC中提取的本底事例数, 二者均根据数据进行归一化
- $\chi_{4C}^2 < 15$

## ➤ 多光子情况

- 对多光子情况做4C运动学拟合, 比较不同光子数对应的 $\chi_{4C}^2$
- $\chi_{4C}^2(2\gamma p K^- \bar{\Lambda}) < \chi_{4C}^2(3\gamma p K^- \bar{\Lambda})$



# 本底研究

## ➤ 拓扑分析

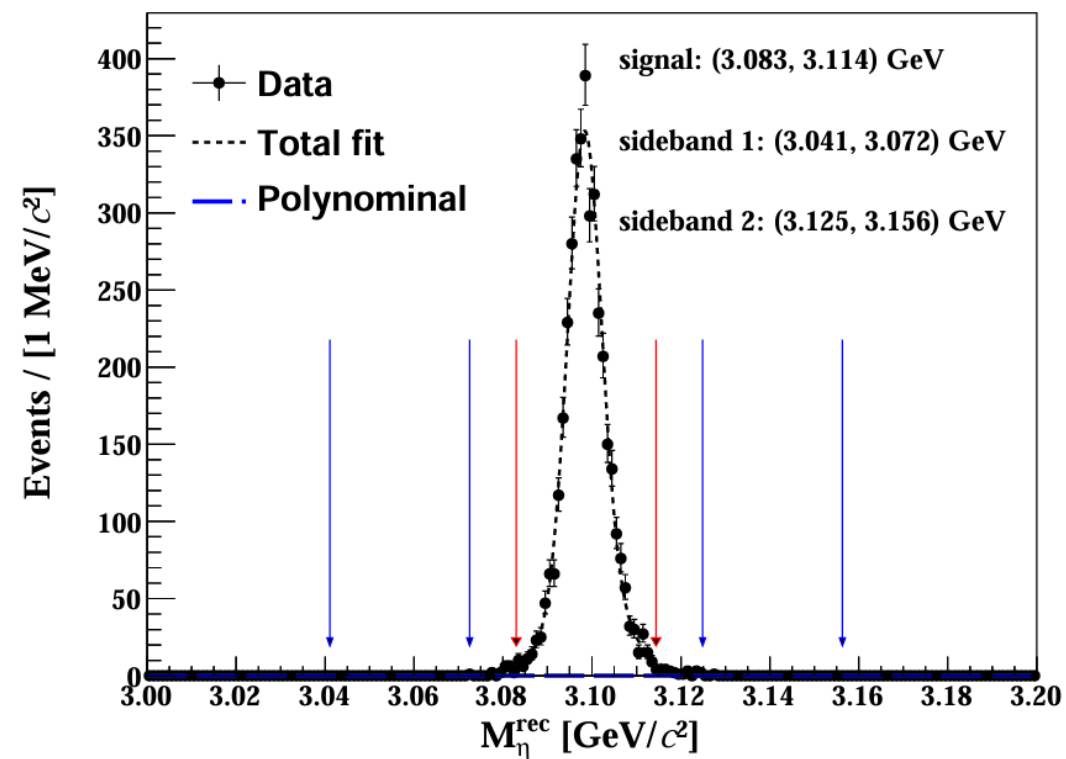
- 对 $\psi(3686)$ 的单举MC样本做拓扑分析, 发现目前存在两类主要本底, 其一为 $\psi(3686) \rightarrow \eta J/\psi$ 本底, 其二为 $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}(c=0,1,2)$ 本底。
- 后续将围绕该两项主要本底进行分析, 压低这两项本底的贡献。

rowNo	decay tree	decay final state	iDcyTr	nEtr	nCEtr
1	$\psi' \rightarrow \eta J/\psi, \eta \rightarrow \gamma\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	0	290607	290607
2	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow \pi^0 K^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma$	1	101	290708
3	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow J/\psi\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	4	65	290773
4	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow \pi^0 K^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma$	2	38	290811
5	$\psi' \rightarrow \chi_{c2}\gamma, \chi_{c2} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow \pi^0 K^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma$	12	18	290829
6	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow J/\psi\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	6	17	290846
7	$\psi' \rightarrow \eta K^- p\bar{\Lambda}, \eta \rightarrow \gamma\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	3	9	290855
8	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow K^- \gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	5	9	290864
9	$\psi' \rightarrow J/\psi\gamma\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	8	3	290867
10	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow K^- \gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	10	3	290870
11	$\psi' \rightarrow K_2^{*-} p\bar{\Lambda}, K_2^{*-} \rightarrow \eta K^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}, \eta \rightarrow \gamma\gamma$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	11	3	290873
12	$\psi' \rightarrow \chi_{c2}\gamma, \chi_{c2} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow K^- \gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	7	3	290876
13	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}(1520)^0, \bar{\Lambda}(1520)^0 \rightarrow \bar{\Lambda}\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	9	2	290878
14	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow \Lambda(1520)^0 \bar{\Lambda}(1520)^0, \Lambda(1520)^0 \rightarrow K^- p, \bar{\Lambda}(1520)^0 \rightarrow \bar{\Lambda}\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	14	2	290880
15	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}\gamma^F, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma^F\gamma$	13	1	290881
16	$\psi' \rightarrow \pi^0 \pi^0 J/\psi, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}$	15	1	290882
17	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow \pi^- \bar{K}^0, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}, \bar{K}^0 \rightarrow K_L^0$	$K_L^0 \pi^+ \pi^- p\bar{p}\gamma$	16	1	290883
18	$\psi' \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}\gamma^F, K^{*-} \rightarrow \pi^0 K^-, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma^F$	17	1	290884
19	$\psi' \rightarrow K^{*-} p\bar{\Lambda}\gamma^F, K^{*-} \rightarrow K^- \gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma^F\gamma$	18	1	290885
20	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}(1520)^0, \bar{\Lambda}(1520)^0 \rightarrow \bar{\Lambda}\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	19	1	290886
21	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow \pi^0 K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma$	20	1	290887
22	$\psi' \rightarrow \chi_{c1}\gamma, \chi_{c1} \rightarrow J/\psi\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Sigma}^0, \bar{\Sigma}^0 \rightarrow \bar{\Lambda}\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma\gamma$	21	1	290888
23	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow \pi^0 K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^0 \pi^+ K^- p\bar{p}\gamma$	22	1	290889
24	$\psi' \rightarrow \chi_{c0}\gamma, \chi_{c0} \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}\gamma^f, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma^f$	23	1	290890
25	$\psi' \rightarrow \chi_{c2}\gamma, \chi_{c2} \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}(1520)^0, \bar{\Lambda}(1520)^0 \rightarrow \bar{\Lambda}\gamma, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma$	24	1	290891
26	$\psi' \rightarrow \eta J/\psi, \eta \rightarrow \gamma\gamma, J/\psi \rightarrow K^- p\bar{\Lambda}, \bar{\Lambda} \rightarrow \pi^+ \bar{p}\gamma^f$	$\pi^+ K^- p\bar{p}\gamma\gamma\gamma^f$	25	1	290892

# 本底研究

## ➤ $\psi(3686) \rightarrow \eta J/\psi$ 本底

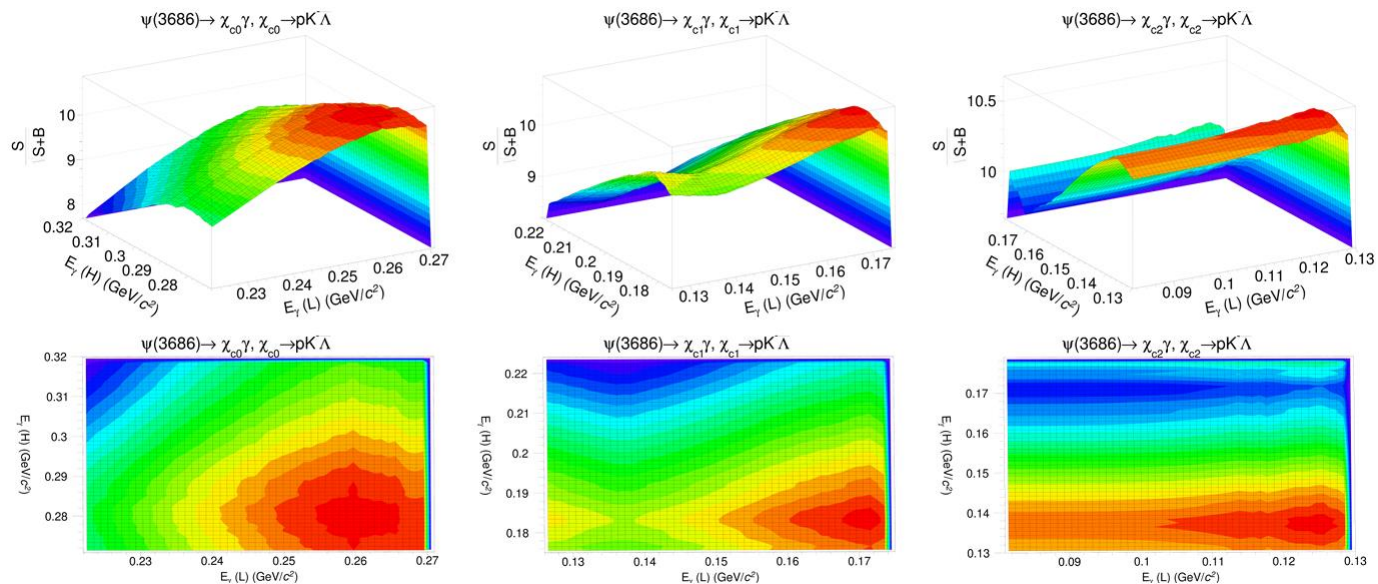
- $\psi(3686) \rightarrow \eta J/\psi, J/\psi \rightarrow pK^- \bar{\Lambda}$
- 通过要求 $\eta$ 的反冲质量在 $J/\psi$ 质量窗外可压低此项本底
- $J/\psi$ 质量窗:  $(3.083, 3.114) \text{ GeV}/c^2$
- $M_{\eta}^{rec} < 3.083$ , 或  $M_{\eta}^{rec} > 3.114$



# 本底研究

- $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}(c=0,1,2)$  本底
- $\psi(3686) \rightarrow \gamma \chi_{cJ}, \chi_{cJ} \rightarrow K^{*-} p \bar{\Lambda}, K^{*-} \rightarrow \pi^0 K^-$ 
  - 此项本底来源于光子的误组合，来自 $\psi(3686)$ 衰变的辐射光子能量较低，被错误地与来自 $\pi^0$ 衰变的高能量光子组合，形成假的 $\eta$ 信号
  - 较低能量光子的能量与 $\chi_{cJ}$ 相关，通过要求其能量排除在与 $\chi_{cJ}$ 质量相关的数个区间外，可有效压低此项本底，通过FOM优化及本底水平综合考量，得到合适的筛选条件

Origin	$E_\gamma$ Range ( $GeV/c^2$ )
$\chi_{c0}$	(0.243, 0.290)
$\chi_{c1}$	(0.153, 0.193)
$\chi_{c2}$	(0.114, 0.140)

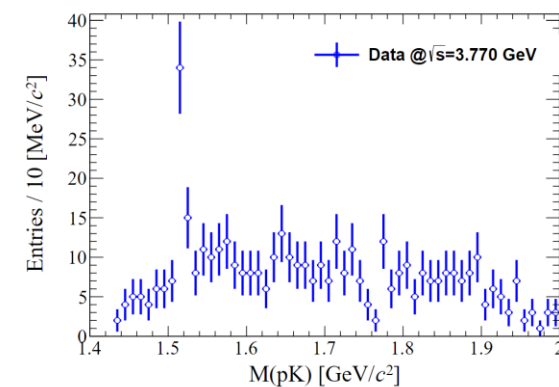
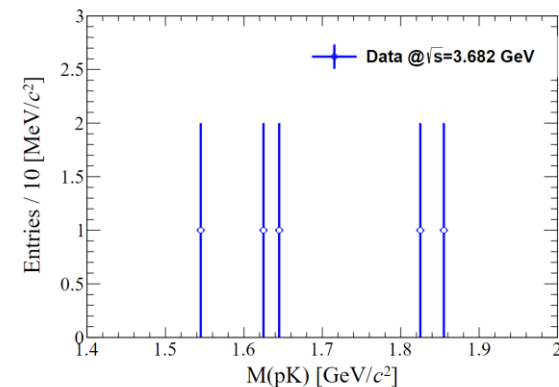
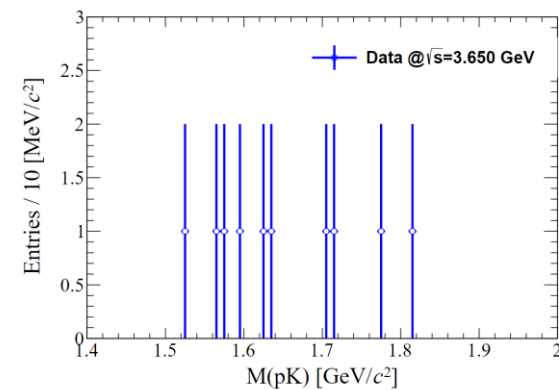


# 本底研究

## ➤ QED本底

- QED本底来自于 $e^+e^- \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta/\bar{p}K^+\Lambda\eta$ 的过程，为了估算此项本底，我们分析了BESIII采集自质心系能量为3.650GeV，3.682GeV和3.773GeV的数据样本，使用与信号过程完全相同的筛选条件，得到的事例数按照各自的积分亮度和截面做归一化处理
- 在比较了不同能量点的结果后，我们认为很难区分在质心能量为3.773GeV时的事例是QED过程还是源自 $\psi(3770)$ 自身的衰变。最终我们决定在此分析中不考虑QED本底。

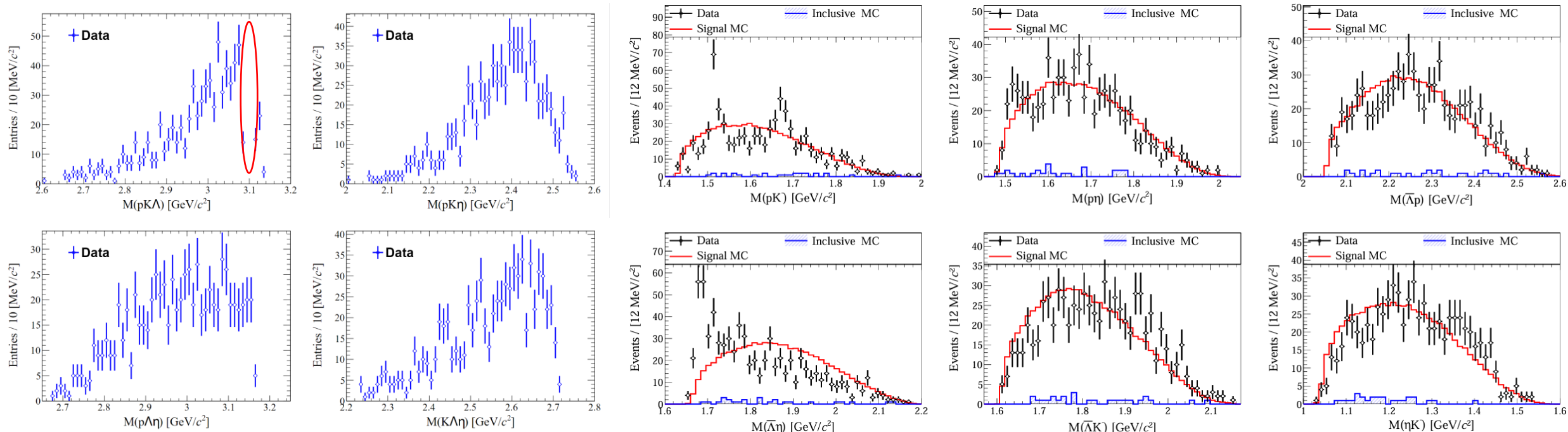
$\sqrt{s}(GeV)$	Luminosity ( $pb^{-1}$ )	Scale factor	Events (after scaled)
3.686	3878.55	1.00	743
3.650	454	8.38	83.8
3.682	404	9.58	47.9
3.773	20274.8	0.20	87.8



# 分波分析

## ➤ 数据分布

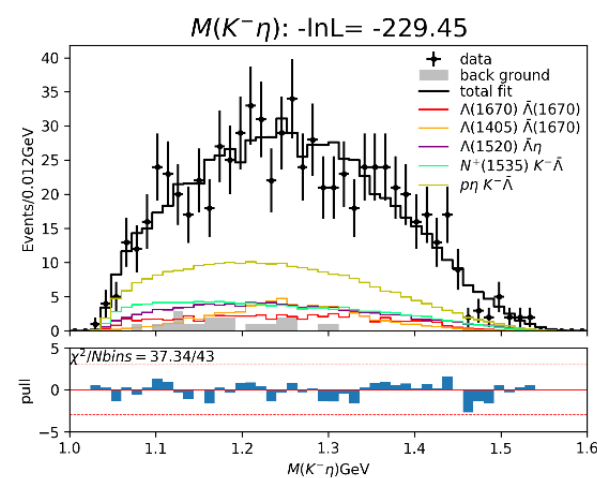
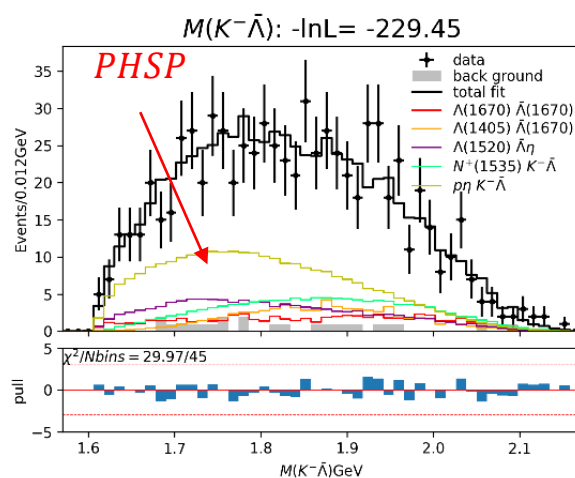
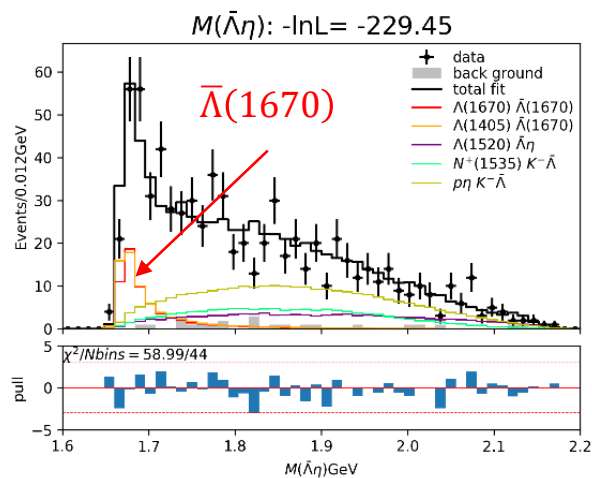
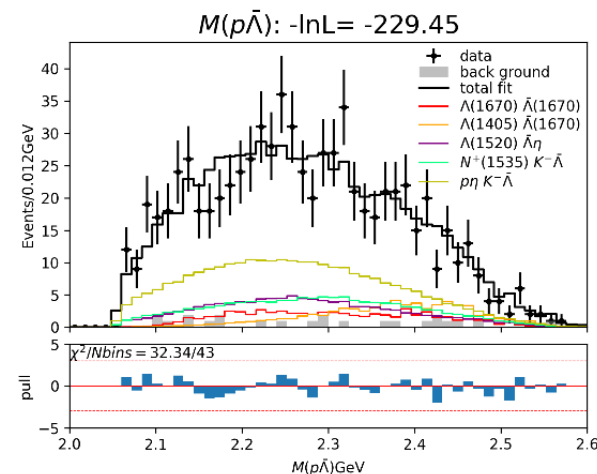
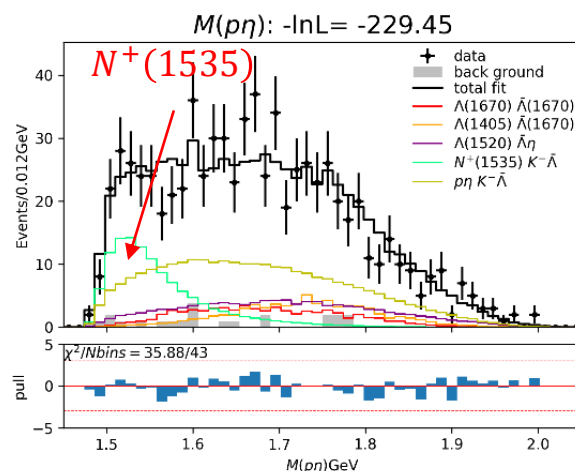
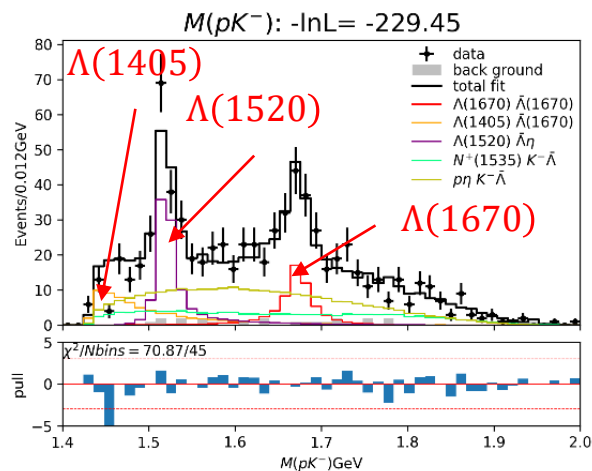
- 在对 $\psi(3686)$ 数据集完成所有筛选后，最终有743个事例留存
- 按末态粒子不同的三体组合和两体组合，分别绘制其不变质量谱，观察其分布
- 在三体组合不变质量谱中未发现明显结构，红圈所示为被压低的 $\psi(3686) \rightarrow \eta J/\psi$ 本底
- 在两体组合不变质量谱中，观察到 $pK^-$ 谱和 $\bar{\Lambda}\eta$ 谱上有明显的峰状结构， $p\eta$ 谱上1.530GeV附近存在一处增强



# 分波分析

## ➤ 分波分析基础解

- 基础解中包含五个共振态粒子和一个相空间成分，各成分显著性均超过 $5\sigma$



# 分波分析

## ➤ 分波分析基础解

- 基础解中的共振态参数源自于PDG，其中 $N(1535)$ 的质量宽度设定为浮动值，由分波拟合得到最优值，其他共振态的参数均固定为PDG建议值
- 基础解中各组分的拟合分数如下表所示，对角元为对应组分的拟合分数，非对角元表示两种组分间的干涉

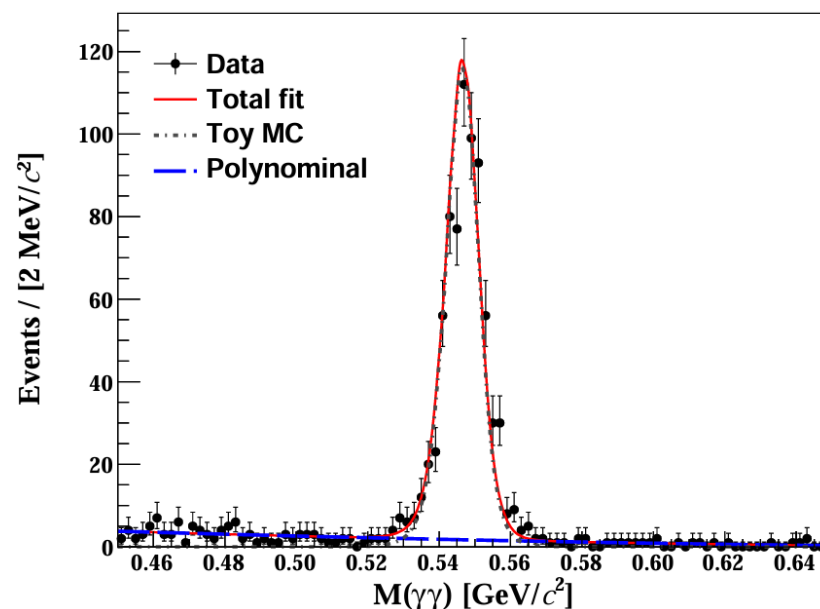
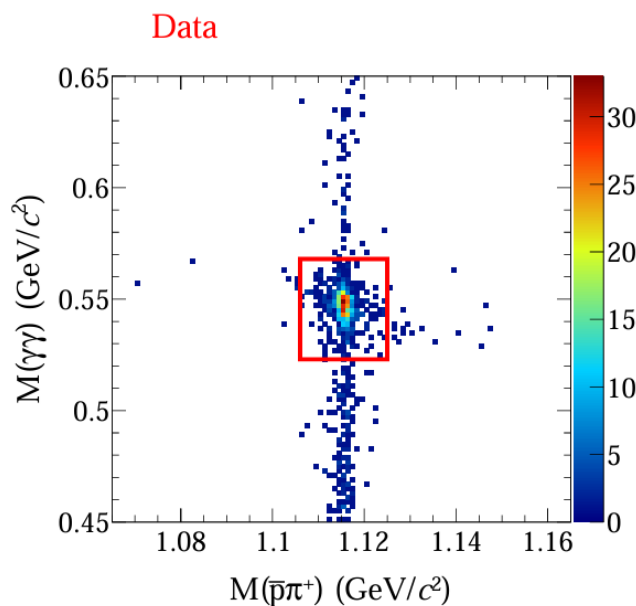
Resonance	Mass ( $MeV/c^2$ )	Width ( $MeV$ )	$I(J^P)$	Significance ( $\sigma$ )
$\Lambda(1405)$	1405.1	50.5	$0\left(\frac{1}{2}^-\right)$	10.38
$\Lambda(1520)$	1519.42	15.73	$0\left(\frac{3}{2}^-\right)$	7.80
$\Lambda(1670)$	1674	30	$0\left(\frac{1}{2}^-\right)$	9.87
$\bar{\Lambda}(1670)$	1674	30	$0\left(\frac{1}{2}^+\right)$	17.03
$N(1535)$	1539	107	$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}^-\right)$	8.38

Fit fraction (%)	$\Lambda(1405)\bar{\Lambda}(1670)$	$\Lambda(1670)\bar{\Lambda}(1670)$	$\Lambda(1520)\bar{\Lambda}\eta$	$N^+(1535)K^-\bar{\Lambda}$	$pK^-\bar{\Lambda}\eta$ (PHSP)
$\Lambda(1405)\bar{\Lambda}(1670)$	$8.4 \pm 1.8$	-	-	-	-
$\Lambda(1670)\bar{\Lambda}(1670)$	$3.5 \pm 0.9$	$8.9 \pm 1.7$	-	-	-
$\Lambda(1520)\bar{\Lambda}\eta$	$-0.0 \pm 0.0$	$-0.0 \pm 0.0$	$13.6 \pm 2.0$	-	-
$N^+(1535)K^-\bar{\Lambda}$	$-0.1 \pm 0.2$	$0.6 \pm 0.4$	$-0.7 \pm 0.4$	$18.0 \pm 2.9$	-
$pK^-\bar{\Lambda}\eta$ (PHSP)	$9.4 \pm 2.8$	$5.7 \pm 1.1$	$-2.3 \pm 1.0$	$0.0 \pm 0.0$	$34.9 \pm 4.0$
Total	$83.8 \pm 12.4$				

# 分波分析

## ➤ 信号产额

- 在 $\bar{\Lambda}$ 的sideband区域几乎没有事例留存, 因此非 $\bar{\Lambda}$ 的本底过程可被忽略, 在拟合时仅需考虑 $\eta$
- 信号产额通过拟合 $\eta$ 的不变质量谱得到, 其中信号形状通过信号MC抽取概率密度函数获得, 本底通过一阶多项式描述
- $N_{signal} = 695 \pm 27$



# 分波分析

## ➤ 分支比

- $N_{signal} = 695 \pm 27$
- 探测效率  $\approx 4.56\%$
- $B(\eta \rightarrow \gamma\gamma) = 39.36\%$ ,  $B(\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+) = 64.1\%$

$$\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta + c.c) = \frac{N_{\eta}^{obs}}{N_{\psi(3686)} \cdot \mathcal{B}(\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+) \cdot \mathcal{B}(\eta \rightarrow \gamma\gamma) \cdot \bar{\epsilon}}$$
$$= (2.23 \pm 0.09) \times 10^{-5}.$$

$$\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1405)\bar{\Lambda}(1670)) \cdot \mathcal{B}(\Lambda(1405) \rightarrow pK^-) \cdot \mathcal{B}(\bar{\Lambda}(1670) \rightarrow \bar{\Lambda}\eta) = (1.87 \pm 0.40) \times 10^{-6},$$

$$\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1670)\bar{\Lambda}(1670)) \cdot \mathcal{B}(\Lambda(1670) \rightarrow pK^-) \cdot \mathcal{B}(\bar{\Lambda}(1670) \rightarrow \bar{\Lambda}\eta) = (1.98 \pm 0.38) \times 10^{-6},$$

$$\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1520)\bar{\Lambda}\eta) \cdot \mathcal{B}(\Lambda(1520) \rightarrow pK^-) = (3.03 \pm 0.45) \times 10^{-6},$$

$$\mathcal{B}(\psi(3686) \rightarrow N^+(1535)K^-\bar{\Lambda}) \cdot \mathcal{B}(N^+(1535) \rightarrow p\eta) = (4.01 \pm 0.65) \times 10^{-6},$$

# 系统误差

## ➤ 误差来源

- 带电径迹与光子的探测效率误差
- PID效率误差
- $\bar{\Lambda}/\Lambda$ 重建效率误差
- 运动学拟合中的螺旋度参数修正
- 质量窗筛选条件引入的误差
- 本底事例导致的误差
- 引用的中间态分支比导致的误差
- 有限的MC统计量导致的误差
- $\psi(3686)$ 数据样本中总事例数导致的误差

Sources	Uncertainty (%)
Tracking and photon efficiencies	4.0
PID efficiencies	2.0
$\Lambda(\bar{\Lambda})$ reconstruction	2.0
Kinematic fit	5.0
$\eta_{rec}$ mass window	2.8
Background	3.0
$\mathcal{B}(\bar{\Lambda} \rightarrow \bar{p}\pi^+)$	0.8
$\mathcal{B}(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$	0.5
MC statistics	0.3
$N_{\psi(3686)}$	0.5
Total	8.2

# 系统误差

➤ 引入系统误差之后的分支比结果:

$$B(\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta + c.c.) = (2.23 \pm 0.09 \pm 0.18) \times 10^{-5},$$

$$B(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1405)\bar{\Lambda}(1670)) \cdot B(\Lambda(1405) \rightarrow pK^-) \cdot B(\bar{\Lambda}(1670) \rightarrow \bar{\Lambda}\eta) = (1.87 \pm 0.40 \pm 0.15) \times 10^{-6},$$

$$B(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1670)\bar{\Lambda}(1670)) \cdot B(\Lambda(1670) \rightarrow pK^-) \cdot B(\bar{\Lambda}(1670) \rightarrow \bar{\Lambda}\eta) = (1.98 \pm 0.38 \pm 0.16) \times 10^{-6},$$

$$B(\psi(3686) \rightarrow \Lambda(1520)\bar{\Lambda}\eta) \cdot B(\Lambda(1520) \rightarrow pK^-) = (3.03 \pm 0.45 \pm 0.25) \times 10^{-6},$$

$$B(\psi(3686) \rightarrow N^+(1535)K\bar{\Lambda}) \cdot B(N^+(1535) \rightarrow p\eta) = (4.01 \pm 0.65 \pm 0.33) \times 10^{-6}.$$



# 总结& 下一步计划

# 总结与下一步计划

- 在本分析中，我们借助BESIII采集的 $\psi(3686)$ 数据样本，结合信号MC样本，单举MC样本和采集自其他几个能量点的数据样本，分析了 $\psi(3686) \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}\eta + c.c.$ 的物理过程，通过一系列重建方法和事例筛选条件提取出了信号事例，同时分析并尽可能压低了本底事例；
- 使用TF-PWA算法包，对末态粒子的两体组合不变质量谱做了分波分析，得到了包含五种组分的分波基础解及各组分的拟合分数；
- 拟合 $\eta$ 不变质量谱，提取出信号产额，并结合探测效率及中间态分支比，计算了该过程的总分支比，再结合分波基础解中各组分的拟合分数，计算了对应过程的分支比；
- 估算分析过程中的各项系统误差，在考虑系统误差后更新分支比结果。
  
- 下一步计划是检查分析流程，寻找分析方法中的潜在问题，优化更新最终结果。



**感谢您的聆听**