

2018年赵忠尧研究奖金申请 答辩报告

申请人：周兴玉

合作导师：沈成平 教授

所属单位：北京航空航天大学

答辩日期：2018年03月28日

① 个人简历

② 硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介

- (1) J/ψ 衰变宽度的精确测量 (最主要工作)
- (2) R值测量中单举强子产生子LUNDARLW的参数协调
- (3) 软件Service工作和文章Review工作
- (4) 研究成果列表

③ 博士后期间(Belle II实验上)已开展和拟进行的工作简介

- (1) 单举MC样本拓扑分析工具TopoAna的开发和维护
- (2) 积分亮度和事例总数的精确测量 (基础性工作)
- (3) 通过 $\Upsilon(6S) \rightarrow \gamma\rho^0\Upsilon(1S)$ 寻找 W_b (探索性工作)
- (4) 总结和计划

教育经历				
阶段	起止时间	毕业院校	所学专业	导师
本科	2007.09—2011.06	山东师范大学	物理学	徐建波教授
硕博	2011.09—2017.06	中国科学院大学 高能物理研究所	粒子物理与 原子核物理	胡海明研究员
博士后研究经历				
期数	起止时间	所属单位	研究方向	导师
一期	2017.07 至今	北京航空航天大学	粒子物理实验	沈成平教授

硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(1)

J/ ψ 衰变宽度的精确测量

- J/ ψ 衰变的总宽度 Γ_{tot} 和电子宽度 Γ_{ee} 出现在所有 $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow X$ 的Breit-Wigner公式中，因而是J/ ψ 非常重要的两个参数。

$$\sigma_X^0(s) = \frac{12\pi\Gamma_{ee}\Gamma_X}{(s - M^2)^2 + M^2\Gamma_{\text{tot}}^2}$$

- 理论上，J/ ψ 的衰变宽度反映了其内部的相互作用，可由多种势模型和格点QCD预言。精确地测量这些参数以及测量结果和理论预言的精细比较，有助于加深对其内部相互作用的了解。此外，J/ ψ 衰变的轻子宽度之比 $\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$ 可以用来检验轻子普适性。
- 二十多年以来，经过BES, BaBar, CLEO和KEDR等各大实验合作组的不懈努力，J/ ψ 衰变宽度的测量已经到了精确测量的阶段。
- 运行在 τ -Charm能区，BEPChII的高亮度和BESIII的高性能为J/ ψ 衰变宽度的测量提供了非常好的机遇。2016年，BESIII的一个小组利用 $\psi(3770)$ 峰值数据通过 $e^+e^- \rightarrow \gamma^{ISR}\mu^+\mu^-$ 测量了J/ ψ 的衰变宽度。本工作，则利用J/ ψ 扫描数据通过 $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ 和 $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$ 测量了J/ ψ 的衰变宽度。

硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(1)

J/ ψ 衰变宽度的精确测量

三个重难点:

- 理论计算截面的高阶修正——结果已发表于中国物理C。
- 实验测量截面的相关性分析——区分各种误差的属性(common, uncommon and partly common)以及正确地传递误差。
- 能同时处理各种相关性以及能量测量误差的全局 χ^2 函数的严格构造。

$$\chi^2 = \Delta\sigma^T \cdot V^{-1} \cdot \Delta\sigma$$

其中

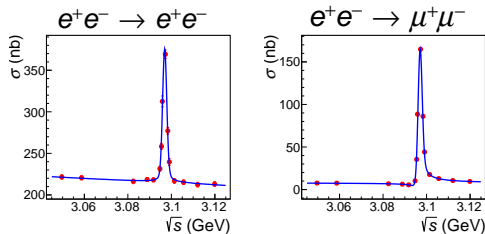
$$\Delta\sigma(i) = \begin{cases} \sigma_{ee}^{\text{exp}}(i) - \sigma_{ee}^{\text{the}}(i) & i = 1 - 15 \\ \sigma_{\mu\mu}^{\text{exp}}(i - 15) - \sigma_{\mu\mu}^{\text{the}}(i - 15) & i = 16 - 30 \end{cases}$$

$$V(i, j) = \begin{cases} V_{ee}(i, j) + \delta(i - j) \left(\frac{d\sigma_{ee}^{\text{the}}}{dW_0}(i) \Delta W_0(i) \right)^2 & \textcircled{1} \\ \frac{\sigma_{ee}^{\text{exp}}(i) \sigma_{\mu\mu}^{\text{exp}}(j - 15)}{L(i)L(j - 15)} V_L(i, j - 15) + \delta(i + 15 - j) \frac{d\sigma_{ee}^{\text{the}}}{dW_0}(i) \frac{d\sigma_{\mu\mu}^{\text{the}}}{dW_0}(j) (\Delta W_0(i))^2 & \textcircled{2} \\ \frac{\sigma_{ee}^{\text{exp}}(j) \sigma_{\mu\mu}^{\text{exp}}(i - 15)}{L(i - 15)L(j)} V_L(i - 15, j) + \delta(i - j - 15) \frac{d\sigma_{ee}^{\text{the}}}{dW_0}(j) \frac{d\sigma_{\mu\mu}^{\text{the}}}{dW_0}(i) (\Delta W_0(j))^2 & \textcircled{3} \\ V_{\mu\mu}(i - 15, j - 15) + \delta(i - j) \left(\frac{d\sigma_{\mu\mu}^{\text{the}}}{dW_0}(i - 15) \Delta W_0(i - 15) \right)^2 & \textcircled{4} \end{cases}$$

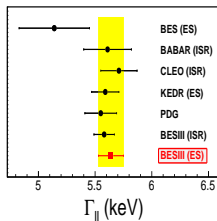
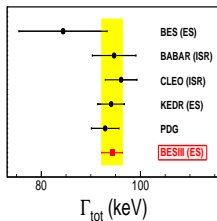
- ① denotes $i = 1, 2 \cdots 14, 15, j = 1, 2 \cdots 14, 15$
- ② denotes $i = 1, 2 \cdots 14, 15, j = 16, 17 \cdots 29, 30$
- ③ denotes $i = 16, 17 \cdots 29, 30, j = 1, 2 \cdots 14, 15$
- ④ denotes $i = 16, 17 \cdots 29, 30, j = 16, 17 \cdots 29, 30$

硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(1)

J/ψ 衰变宽度的精确测量



$$\chi^2/ndf \approx 37.1/26 \approx 1.4$$



参数	测量结果
Γ_{tot}	(94.3 ± 2.1) keV
Γ_{\parallel}	(5.64 ± 0.11) keV
Γ_{had}	(83.0 ± 1.9) keV
$\Gamma_{ee}/\Gamma_{\mu\mu}$	1.025 ± 0.014

- 该结果与其他实验组的结果在误差范围内一致，但误差更小(Γ_{\parallel} 的误差比BESIII-ISR的略大一些)。
- 该分析已于2017年11月底进入BESIII合作组内部审核的最后一个阶段——发言人阶段，目标期刊为Phys. Lett. B。

硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(2)

R值测量中单举强子产生子LUNDARLW的参数协调

- R值的定义：
$$R \equiv \frac{\sigma^0(e^+e^- \rightarrow \text{单举强子})}{\sigma^0(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$$

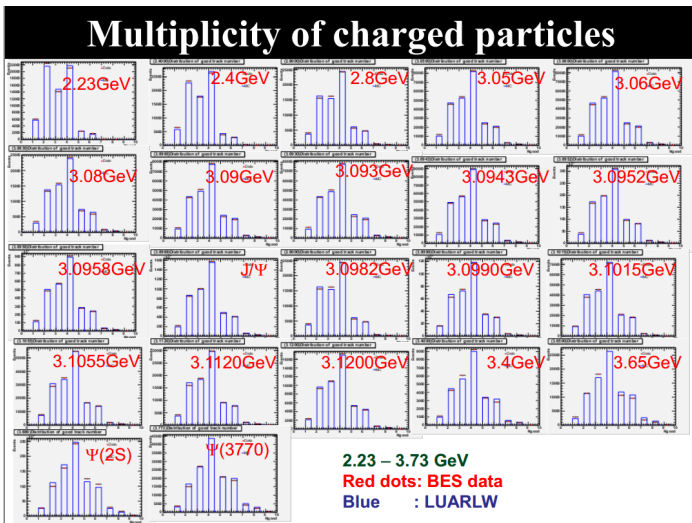
- 低能区(5GeV以下)的R值测量结果是计算电磁跑动耦合常数和 μ 子反常磁矩的重要输入，对标准模型的精确检验有非常重要的意义。

- R值的测量：
$$R = \frac{N_{\text{data}}^{\text{obs}} - N_{\text{bkgs}}}{\sigma_{\mu\mu}^0 \cdot L \cdot \epsilon_{\text{recesel}} \cdot \epsilon_{\text{trg}} \cdot (1 + \delta)}$$

- 其中， $\epsilon_{\text{recesel}}$ 需由单举强子MC样本来确定。实践表明，R值测量的主要系统误差是单举强子产生子带来的误差，单举强子产生子的参数协调是R值测量工作的重难点。
- 2012年7月—2013年12月，参与了单举强子产生子LUNDARLW的参数协调。参数协调的难点是需要找出一套参数，使其作为输入产生的MC样本在多个能量点上的多种分布都能与数据样本很好地符合。
- 目前，R值测量的分析备忘录已经进入合作组审核阶段，相关的产生子调节文章也已在中国物理C上发表。作为早期参与者，是该分析备忘录和该文章的署名作者之一。

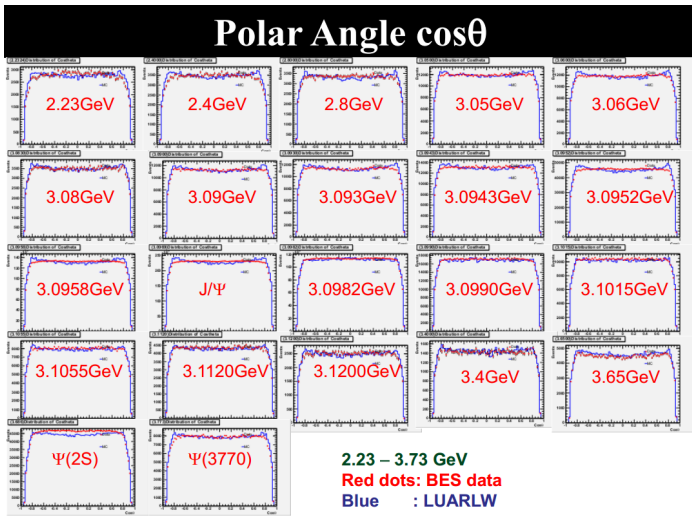
硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(2)

R值测量中单举强子产生子LUNDARLW的参数协调



硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(2)

R值测量中单举强子产生子LUNDARLW的参数协调



硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(3)

软件Service工作和文章Review工作

软件Service工作:

- 2013年—2014年R值取数期间, TOF刻度。
- 2014年—2015年取数期间, D_e/dx 刻度。

文章Review工作:

- 2017年2月14日起, 分析 Study of $e^+e^- \rightarrow \phi(K^+K^-)K^+K^-$ (BAM279) 的内部审稿人。
- 2018年1月19日起, 分析 Measurement of $\psi(2S) \rightarrow \phi + X$ (BAM320) 的内部审稿人。

硕博连读期间(BESIII实验上)的工作简介(4)

研究成果列表

已发表的论文:

- Analytic forms for cross sections of di-lepton production from e^+e^- collisions around the J/ψ resonance, Chin. Phys. C, 41 (2017): 083001 (第一作者)
- Tuning and validation of hadronic event generator for R value measurements in the tau-charm region, Chin. Phys. C, 40 (2016): 113002 (第六作者)
- BESIII飞行时间探测器的离线数据质量监测, 核电子与探测技术, 36 (2016) (4): 382 (第六作者)

待发表的论文:

- Measurement of the J/ψ decay widths with an energy scan method, BESIII paper draft, REV-212 (已于2017年11月底进入BESIII合作组审核的最后一个阶段——发言人阶段, 目标期刊为Phys. Lett. B, 第一作者)
- The measurements of R in e^+e^- annihilation at center-of-mass energy from 2.2324 to 3.6710 GeV at BESIII, BESIII analysis memo, BAM-00330 (已进入合作组审核阶段, 第八作者)

国际会议报告:

- Measurement of J/ψ resonance parameters at BESIII, International Conference on e^+e^- Collisions from Phi to Psi (PhiPsi 2017), Mainz, Germany, 26 - 29 June, 2017

博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(1)

单举MC样本拓扑分析工具TopoAna的开发和维护

- BESIII上的拓扑分析工具包(Topo), 能正确地统计、直观地显示和细致地标记单举MC样本中的各类事例, 非常有助于本底的分析 and 排除, 多年来, 已经被广泛应用于物理分析之中。
- 一方面, 相比于BESIII, 整体来说, Belle II的本底情况更加复杂, Belle II上的物理分析更需要拓扑分析工具的协助; 另一方面, 尽管已经非常完善, 但Belle II的软件系统中还没有类似的拓扑分析工具。
- 因此, 为了弥补Belle II软件系统的这一不足, 为了方便Belle II上的物理分析人员进行本底分析和排除, 独立开发了一个新的拓扑分析工具包TopoAna, 此外, 还编写了两个接口工具, 以使TopoAna可以与Belle II软件和Grid系统衔接起来。
- 目前, TopoAna已经可以在Belle II软件和Grid系统中成功使用, 正在北航高能组内进一步试用。
- 计划于5月份在分析软件组上汇报, 6月份在第30届Belle II合作组大会将其推向整个合作组。

博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(2)

积分亮度和事例总数的精确测量

- 数据样本的积分亮度和狭窄共振态¹的事例总数都是高能物理实验中非常重要的基础物理量。
- 积分亮度是所有玻恩截面测量的必要因素：

$$\sigma_{\text{sig}}^0 = \frac{N_{\text{data}} - N_{\text{bkg}}}{L \cdot \epsilon_{\text{sig}} \cdot (1 + \delta_{\text{ISR}}) \cdot (1 + \delta_{\text{VP}})}$$

- 狭窄共振态事例总数是其所有衰变分支比测量的必要因素：

$$B = \frac{N_{\text{data}} - N_{\text{bkg}}}{N_{\text{tot}} \cdot \epsilon_{\text{sig}}}$$

- 共振峰数据和连续态数据的积分亮度的相对大小，是利用连续态数据扣除共振峰数据中连续本底的重要依据。
- Belle II实验的主要目标是在“高精度前沿”的味物理领域内寻找超出标准模型的新物理和在强子物理领域内进一步揭示强相互作用的性质。因此它需要精确地测量玻恩截面和狭窄共振态的衰变分支比，因而精确地测量积分亮度和狭窄共振态的事例总数对于实现Belle II的物理目标来说具有非常重要的意义。

¹对Belle II实验来说，是 $\Upsilon(nS)$ ，其中 $n = 1, 2, 3$

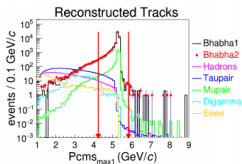
博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(2)

积分亮度和事例总数的精确测量

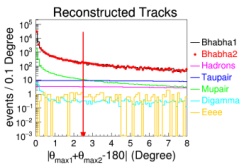
- 已经使用Bhabha过程和Di-gamma过程对积分亮度测量进行了预研，其结果已于今年2月7日在第29届Belle II合作组大会上做过汇报，并得到了很好的反馈。

Bhabha1: Babayaga-NLO

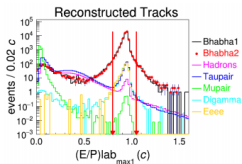
Bhabha2: BHWide



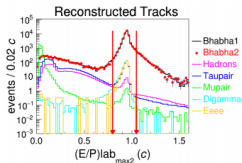
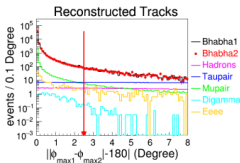
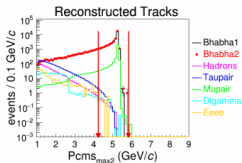
In the CM frame



In the CM frame

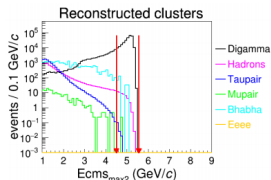
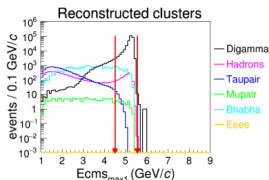


In the Lab frame

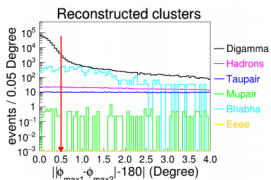
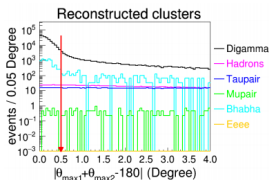


博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(2)

积分亮度和事例总数的精确测量



In the CM frame

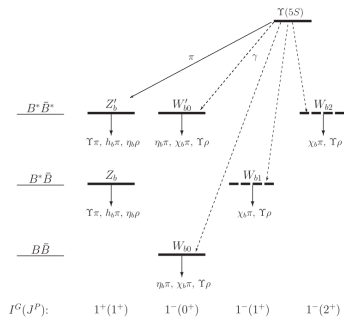


博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(3)

通过 $\Upsilon(6S) \rightarrow \gamma\rho^0\Upsilon(1S)$ 寻找 W_b

- Belle实验于2011年在 $\Upsilon(5S)$ 的衰变过程中发现了两个带电类底偶素 $Z_b(10610)$ 和 $Z_b(10650)$ 。 [[PRL108,122001](#)]
- $Z_b(10610)$ 和 $Z_b(10650)$ 的质量和衰变性质强烈预示着它们很可能是 $B^*\bar{B} - B\bar{B}^*$ 和 $B^*\bar{B}^*$ 的分子态。 [[PRD84,054010](#)]
- 重夸克自旋对称性理论认为除了 $I^G = 1^+$ 的 $Z_b(10610)$ 和 $Z_b(10650)$ ，至少还存在两个或四个 $I^G = 1^-$ 分子态类底偶素: [[PRD84,031502\(R\)](#)]

- 因此，在高质量的 Υ 共振态的衰变中寻找 W_b 是强子物理中的一个重要研究热点。
- Belle II实验即将于4月底开始采集实验数据， $\Upsilon(6S)$ 数据也在第一批数据采集计划之中。因此，本课题拟计划通过 $\Upsilon(6S) \rightarrow \gamma\rho^0\Upsilon(1S)$ 寻找 W_b 。



博士后期间(Belle II实验上)已展开和拟进行的工作简介(4)

总结和计划

(1) 单举MC样本拓扑分析工具TopoAna的开发和维护: (基本完成)

- 独立的工具包和两个接口工具(接到Belle II软件和格点系统)已经基本开发完成。
- 计划六月份在Belle II合作组大会上将其推向整个合作组。
- 根据合作组用户的反馈和需求, 进一步改进和拓展, 使其更加完善。

(2.1) 积分亮度的精确测量: (重中之重)

- 利用Bhabha过程和Di-gamma过程对亮度测量做了预研究, 相关结果已在Belle II合作组大会上做过报告。
- 进一步研究亮度测量中的系统误差及其减小的方法, 争取将其控制在1%以内。
- 数据采集之后, 争取尽快完成亮度测量, 撰写分析note和draft, 完成Belle II合作组内部审核, 然后投稿发表文章。

(2.2) 事例总数的精确测量: (适时开展)

- 已经做过很好的文献调研, 熟悉事例总数测量的方法和路线。
- 根据早期数据的采集情况, 适时开展(主要是 $\Upsilon(3S)$)的事例总数的测量。

(3) 通过 $\Upsilon(6S) \rightarrow \gamma\rho^0\Upsilon(1S)$ 寻找 W_b : (重要, 尽快开展)

- 尽快开始利用蒙特卡罗进行预研究。
- 数据采集之后, 争取尽快完成该分析, 撰写分析note和draft, 完成Belle II合作组内部审核, 然后投稿发表文章。

感谢各位评委老师的关注！