

LHCb中国组2020年研究进展

何吉波（中国科学院大学）

代表LHCb中国组

CLHCp2020, 2020年11月6日



提纲

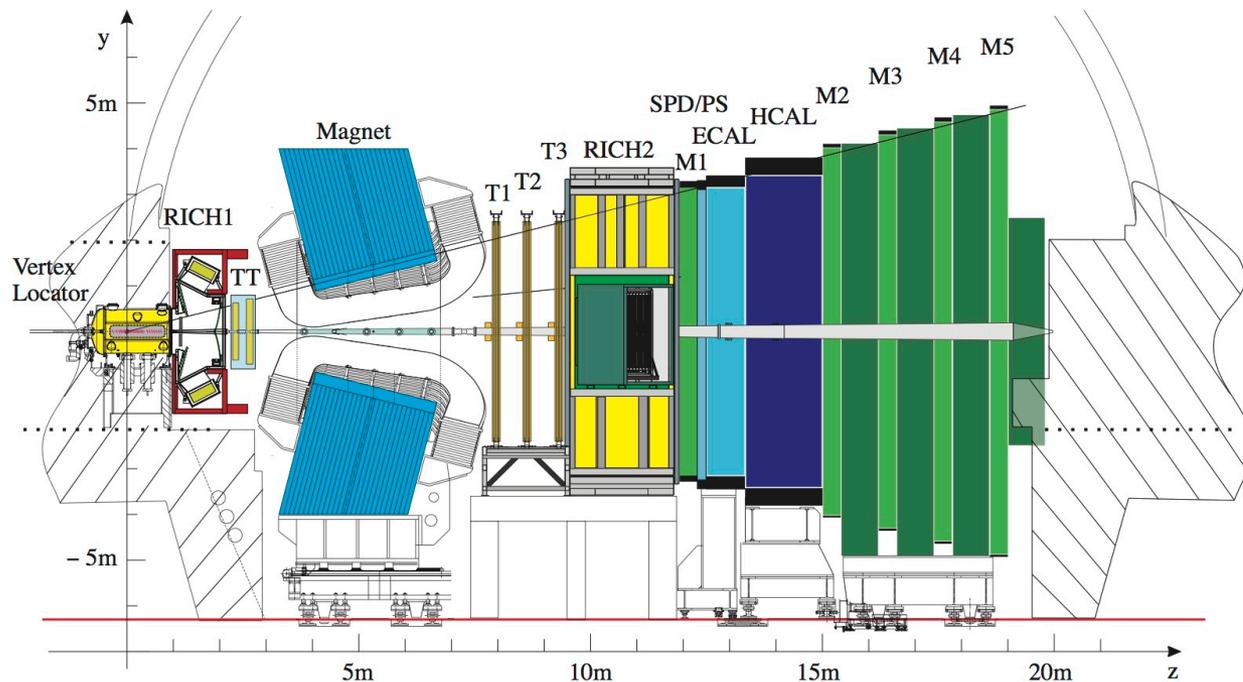
- LHCb实验概况
- LHCb中国组人员
- 2020年度中国组科研成果
- 探测器硬件、软件和服务工作
- 总结与鸣谢

LHC和LHCb实验



LHCb实验及其主要科学目标

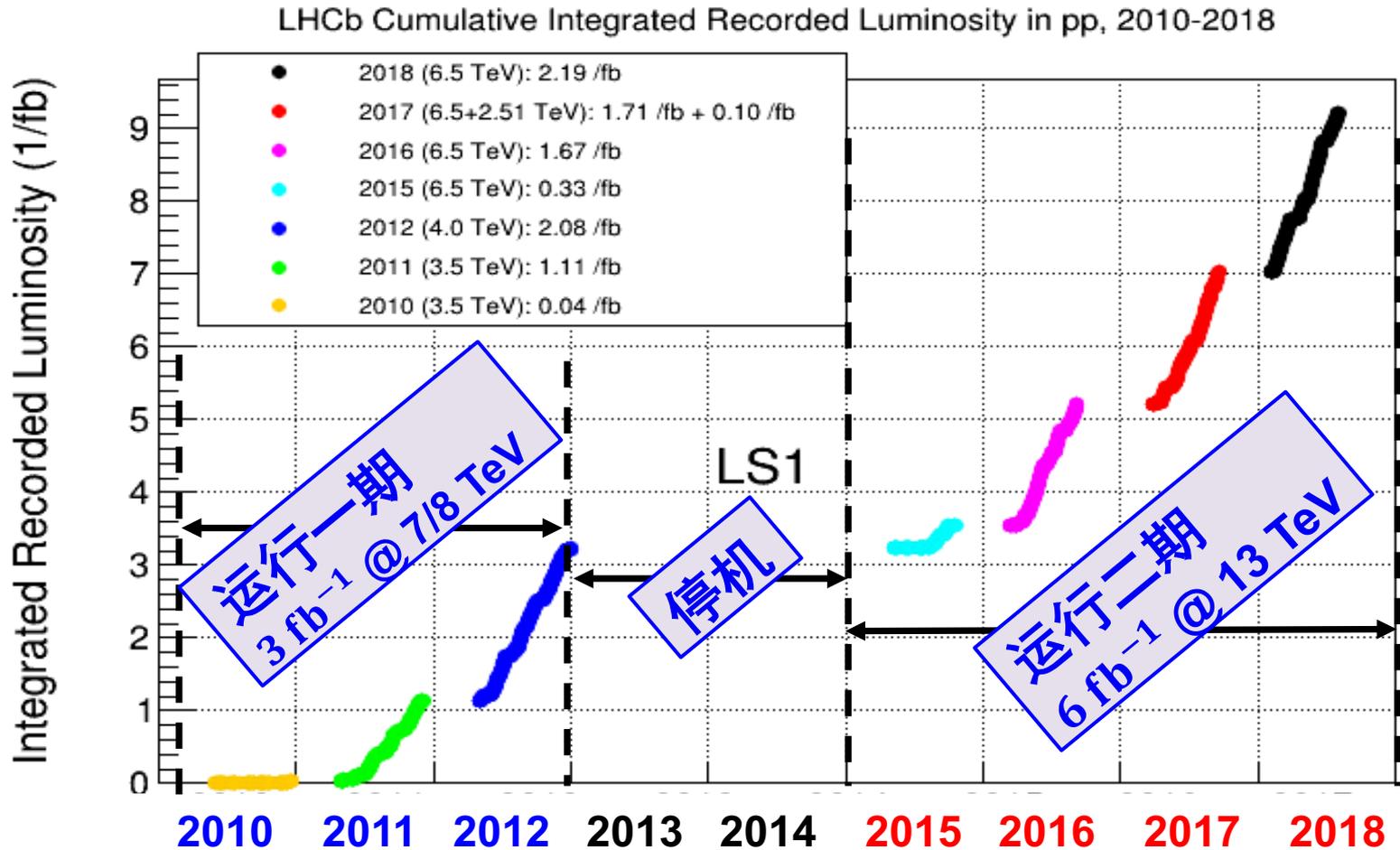
- LHCb成员：18个国家，87家单位，1434名成员



- 间接寻找新物理：稀有衰变、CP破坏
- 理解强相互作用：强子性质、新强子态
- 其它：电弱，重离子物理

LHCb数据采集

- LHCb实验采集了目前世界上最大的底/粲强子样本

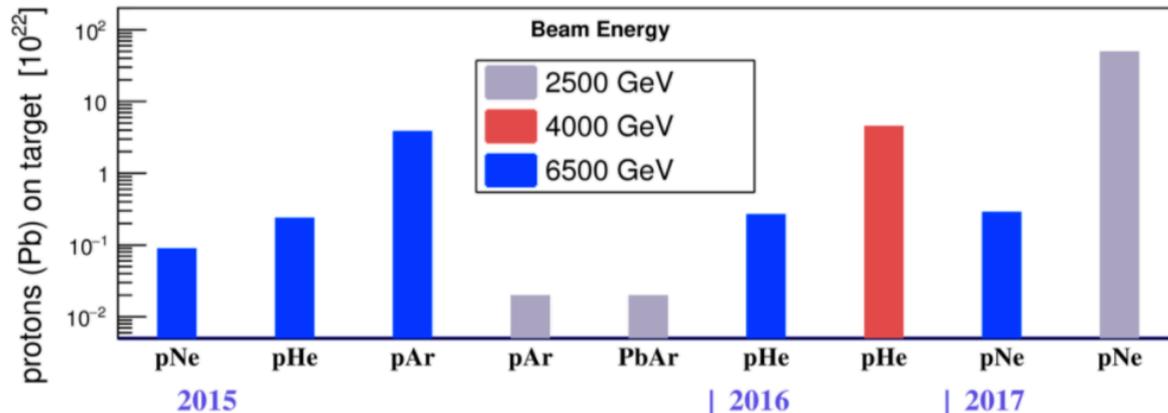
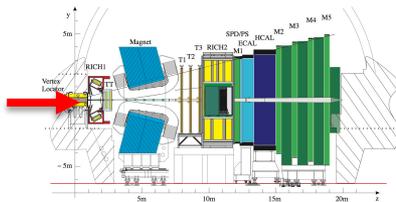


重离子数据样本

对撞

对撞类型	年份	能量($\sqrt{s_{NN}}$)	积分亮度
<i>pPb/Pbp</i>	2013	5.02 TeV	1.6 nb ⁻¹
PbPb	2015	5.02 TeV	10 μb ⁻¹
<i>pPb/Pbp</i>	2016	8.16 TeV	34 nb ⁻¹
XeXe	2017	5.44 TeV	0.4 μb ⁻¹
PbPb	2018	5.02 TeV	~200 μb ⁻¹

固定靶



LHCb中国组人员

中国组人员

单位	教师	博士后	博士生	硕士生	单位小计	作者数*
清华大学	5	1	15	4	25	20
华中师范	3	1	7	11	22	9
国科大	5	9	7	4	25	18
武汉大学	3	1	3	3	10	7
高能所	2	4	3	2	11	8
华南师范	3		2	6	11	4
北京大学	2		8		10	6
湖南大学	4		1	3	8	1
总数	27	16	46	33	122	73

* 据文章LHCb-Paper-2020-020作者列表，中国组占比 $73/991=7.4\%$

中国组教师

- 清华大学 杨振伟, 张黎明, 朱相雷, 龚光华, 曾鸣
- 华中师范 谢跃红, 尹航, 张冬亮
- 国科大 郑阳恒, 吕晓睿, 何吉波, 钱文斌, 刘倩
- 武汉大学 孙亮, 蔡浩, 王纪科
- 高能所 王建春, 李一鸣
- 华南师范 李衡讷, 刘国明, 胡继峰
- 北京大学 高原宁, 张艳席
- 湖南大学 俞洁晟, 张书磊, 戴凌云, 陈卓俊

LHCb国际合作组任职

- 报告人委员会 (Speakers' Bureau)

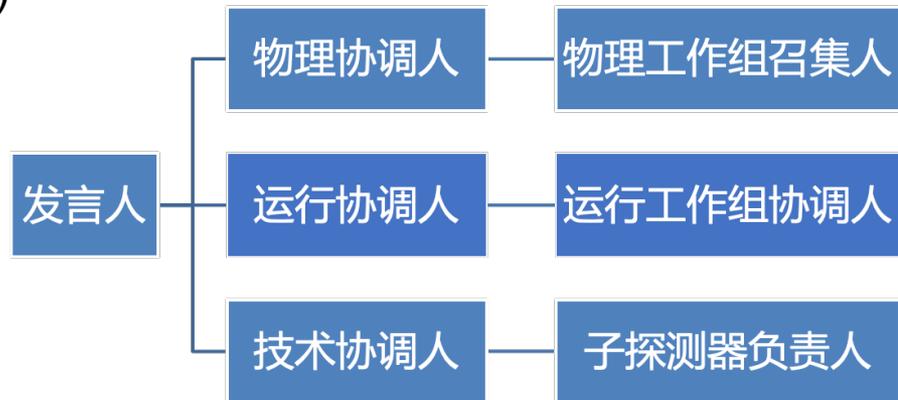
- 张黎明 (2019.10-2021.9)
- 杨振伟 (2017.10-2019.9)

- 编委会 (Editorial Board)

- 何吉波 (2020.12-2022.11)

- 物理工作组召集人

- 何吉波 (2019.1-2021.3)
- 张艳席 (2018.1-2021.3)
- 钱文斌 (2018.1-2020.3)
- 张黎明 (2016.1-2018.3)
- 杨振伟 (2015.1-2017.3)
- 谢跃红 (2014.1-2016.3)



2020年度中国组物理成果

中国组主要物理成果

- 五夸克态 $\Lambda_b^0 \rightarrow \eta_c p K^-$ arXiv:2007.11292
 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^+ K^- \pi^-$ LHCb-Paper-2020-028
 $P_{CS}^0 \rightarrow J/\psi \Lambda$ LHCb-Paper-2020-039
- 双重味重子 Ξ_{cc}^{++} 质量精确测量 JHEP 02 (2020) 049
 Ξ_{bc}^0 首次搜寻 arXiv:2009.02481
- B_c^+ 介子研究 B_c^+ 质量精确测量 JHEP 07 (2020) 123
- 强子谱 D_s^+ 激发态 LHCb-Paper-2020-034
 Ξ_c^0 激发态 PRL 124 (2020) 022001
- 强子产生 p Pb 对撞中 DPS arXiv:2007.06945
 η_c 强产生 EJPC 80 (2020) 191
- 稀有衰变 $B^0 \rightarrow J/\psi \phi$ LHCb-Paper-2020-033
- CKM 相角 γ $B_s^0 \rightarrow D^{(*)0} \phi$ 灵敏度 arXiv:2008.00668

物理分会报告

HF/HI分会

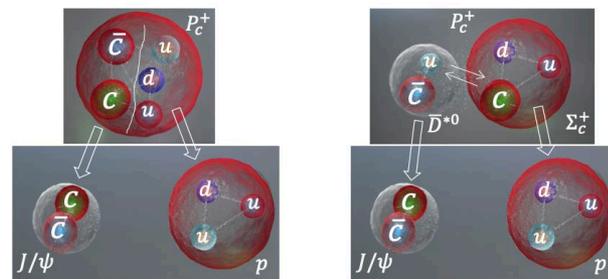
- 五夸克态 $\Lambda_b^0 \rightarrow \eta_c p K^-$
 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^+ K^- \pi^-$
 $P_{CS}^0 \rightarrow J/\psi \Lambda$ 王梦臻, 06/11, 14h18
- 双重味重子 Ξ_{cc}^{++} 质量精确测量 周亦雄, 06/11, 14h54
 Ξ_{bc}^0 首次搜寻 项治宇, 06/11, 14h36
- B_c^+ 介子研究 B_c^+ 质量精确测量 范艳婷, 06/11, 16h38
- 强子谱 D_s^+ 激发态 陈晨, 06/11, 15h32
 Ξ_c^0 激发态 许智豪, 06/11, 16h20
- 强子产生 p Pb 对撞中 DPS
 η_c 强产生 徐庆年, 06/11, 16h56
- 稀有衰变 $B^0 \rightarrow J/\psi \phi$ 胡文华, 07/11, 16h38
- CKM 相角 γ $B_s^0 \rightarrow D^{(*)0} \phi$ 灵敏度 周晓康, 07/11, 16h56

五夸克态 (回顾)

- 2015, $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p K^-$ 衰变中发现五夸克态
- 2019, 10倍数据样本, 观测到3个新五夸克态
- 理解五夸克态本质

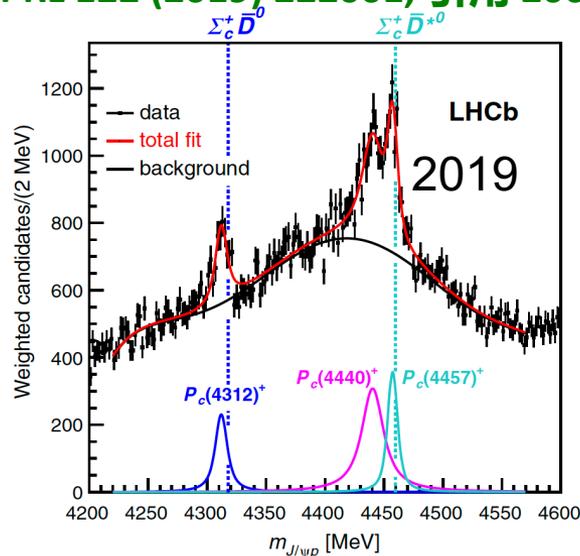
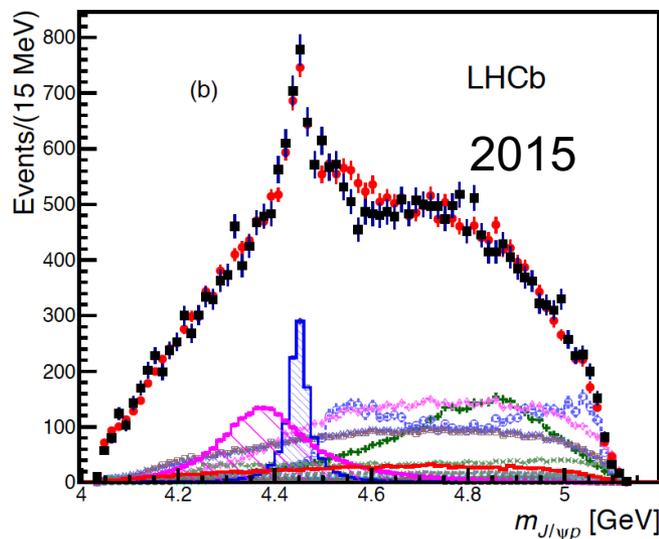
– 寻找新成员

– 精确测量已发现态的性质



【PRL 115 (2015) 072001, 引用1061次】

【PRL 122 (2019) 222001, 引用 206次】

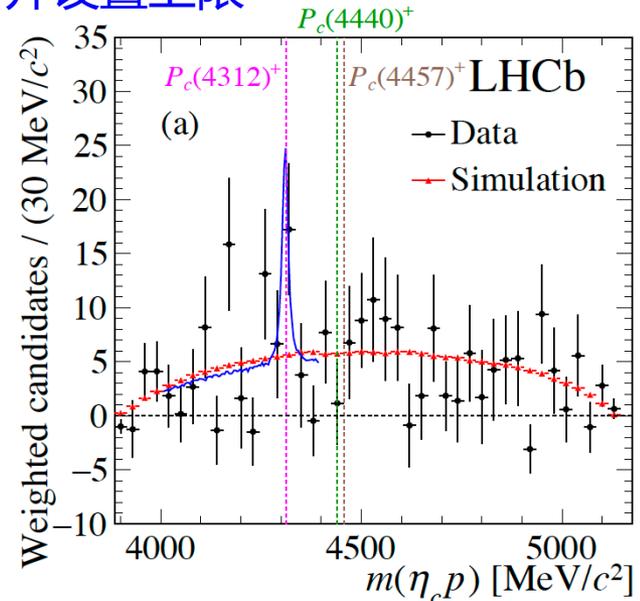
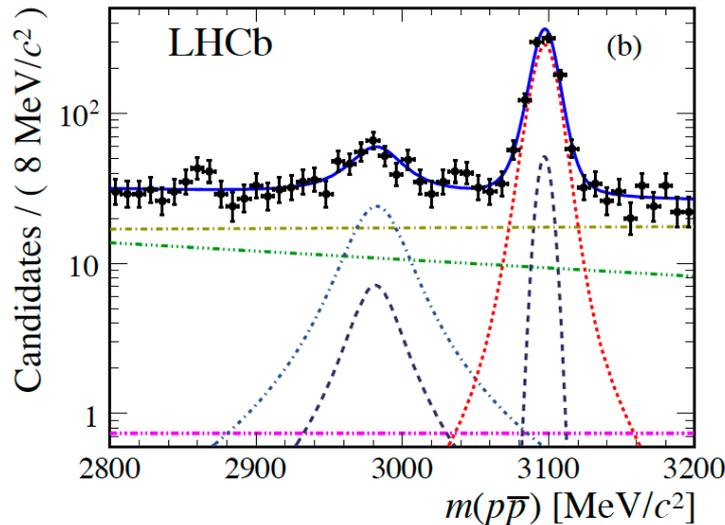


五夸克态: $\Lambda_b^0 \rightarrow \eta_c p K^-$

- 寻找可能衰变到 $\eta_c p$ 的新五夸克态 $c\bar{c}uud$
- 分子态模型预言 $\frac{B(P_c(4312) \rightarrow \eta_c p)}{B(P_c(4312) \rightarrow J/\psi p)} \approx 3$

首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow \eta_c p K^-$ 衰变

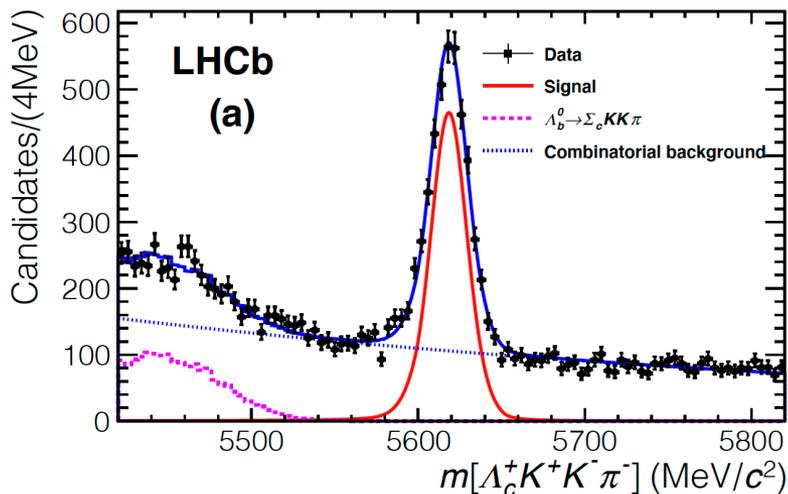
衰变中 $P_c(4312)$ 的贡献($\sim 2\sigma$), 并设置上限



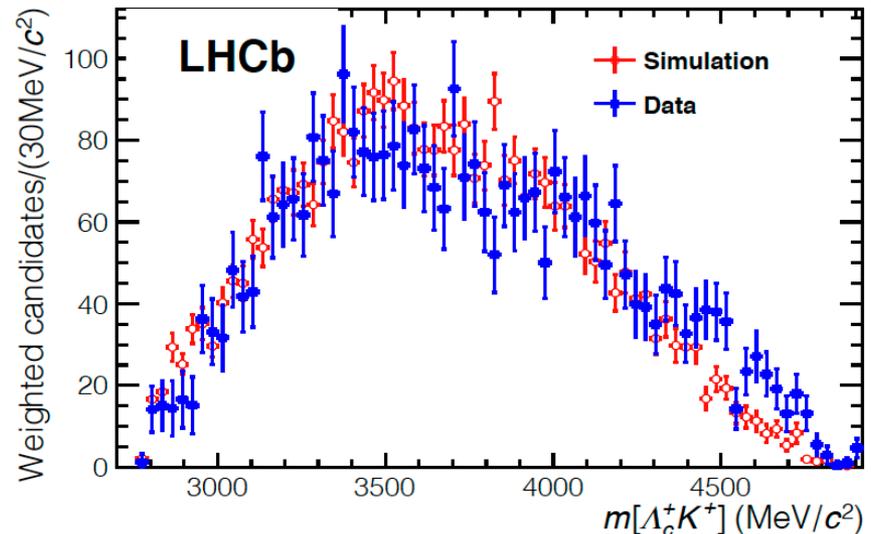
五夸克态: $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^+ K^- \pi^-$

- 寻找可能衰变到 $\Lambda_c^+ K^+$ 的新五夸克态 $c\bar{s}uud$
- 分支比 $\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^+ K^- \pi^-)}{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^-)} = (9.26 \pm 0.29 \pm 0.46 \pm 0.26) \times 10^{-2}$,

首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ K^+ K^- \pi^-$ 衰变



无明显 $\Lambda_c^+ K^+$ 五夸克态信号



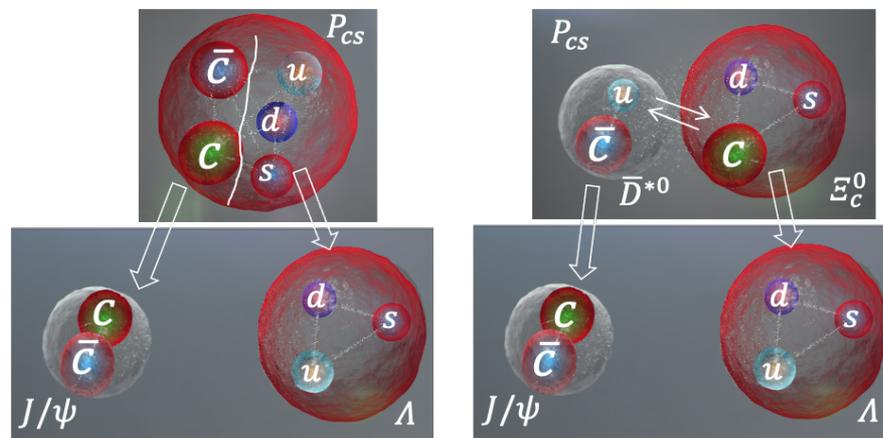
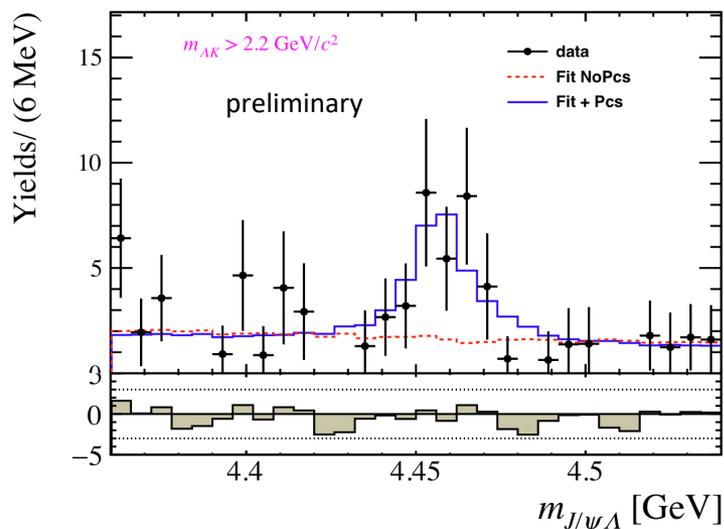
五夸克态: $P_{CS}^0 \rightarrow J/\psi \Lambda$ 迹象

- $\Xi_b^- \rightarrow J/\psi \Lambda K^-$ 全谱分析, 首次发现含有奇异夸克隐粲五夸克态 $c\bar{c}uds$ 的迹象

– 显著度: 4.3σ (统计), 考虑系统误差后为 3.1σ

– $P_{CS}(4459)^0$ $M_0 = 4458.8 \pm 2.9_{-1.1}^{+4.7}$ MeV $\Xi_c^0 \bar{D}^{*0}$ 阈值下 19 MeV
 $\Gamma = 17.3 \pm 6.5_{-5.7}^{+8.0}$ MeV

P_{CS} 信号区间分布

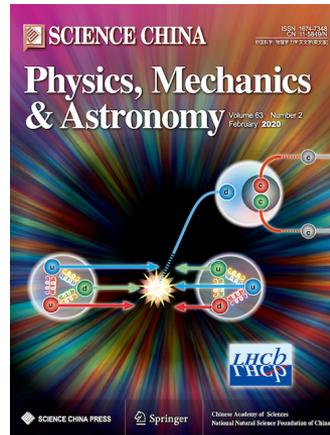
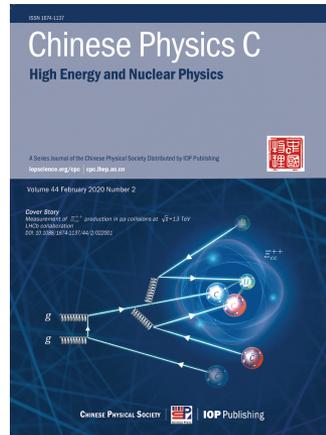


双重味重子（回顾）

- 在国内理论家长期强有力的支持下，2017年发现了双粲重子 Ξ_{CC}^{++}

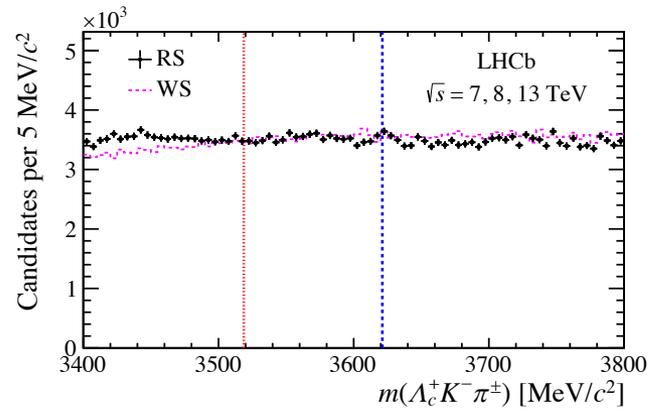
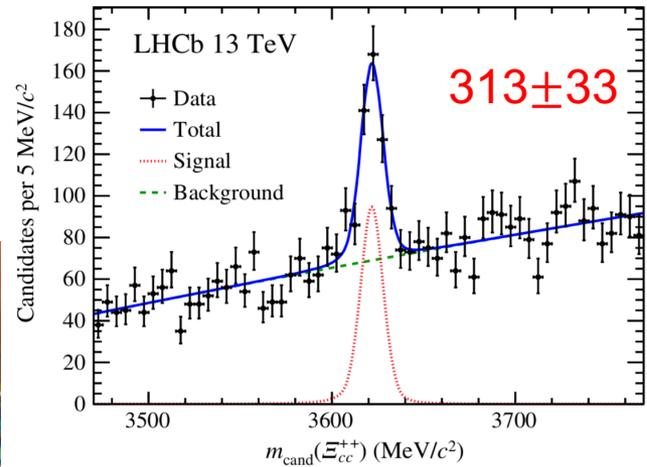
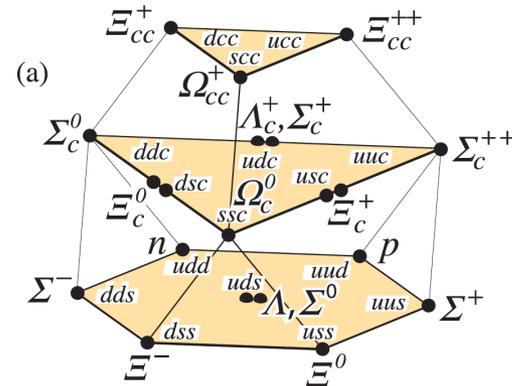
– 新衰变道 $\Xi_{CC}^{++} \rightarrow \Xi_c^+ \pi^+$

- 寿命
- 产生



- 2019年更新了 Ξ_{CC}^+ 搜寻

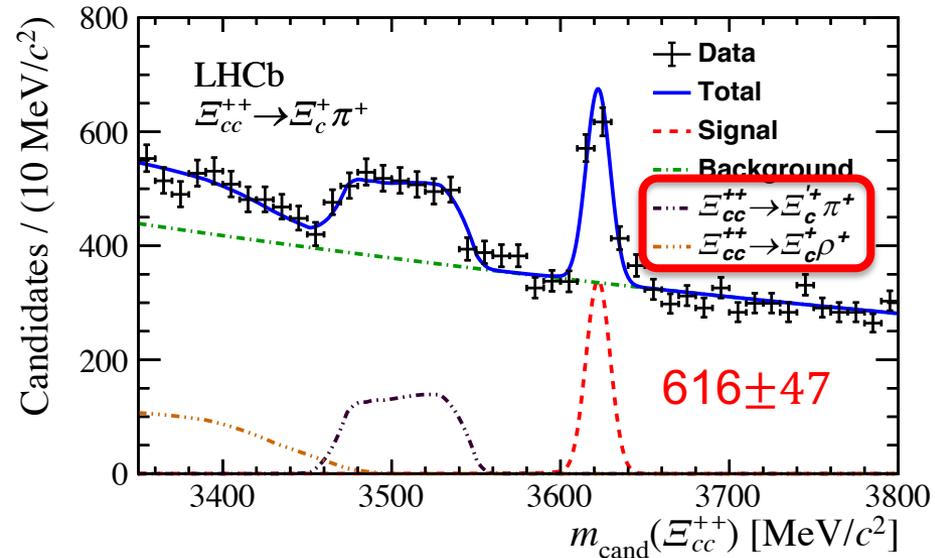
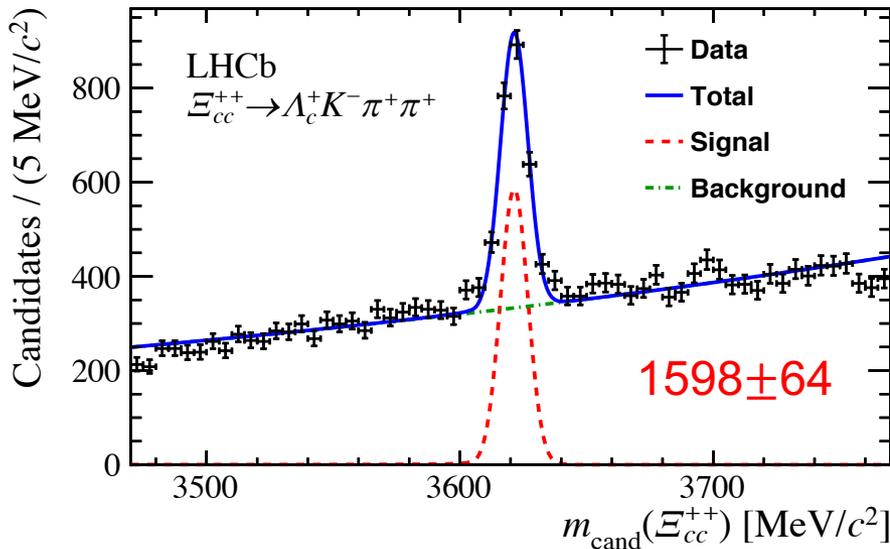
– Ξ_{CC}^+ 质量处已有迹象



Ξ_{cc}^{++} 质量精确测量

- 科创计划项目，为寻找激发态做准备，重新优化了事例选择，同比效率提高50%

[JHEP 02 (2020) 049]

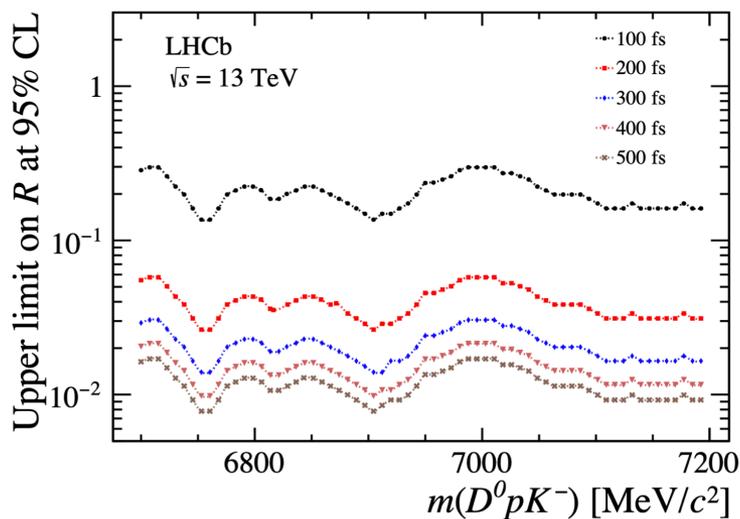
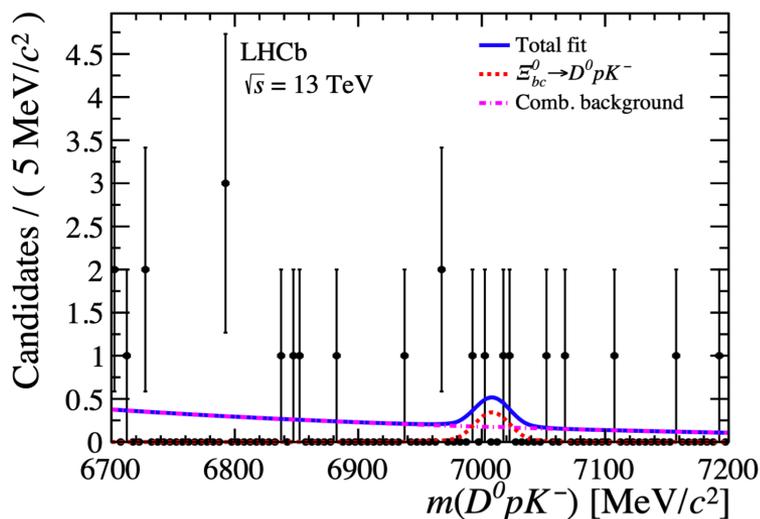
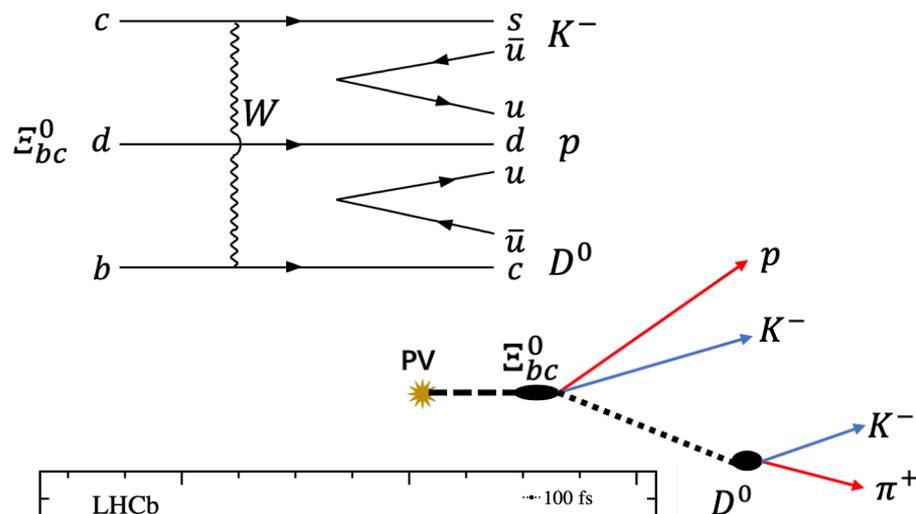


$$m(\Xi_{cc}^{++}) = 3621.55 \pm 0.23 \pm 0.30 \text{ MeV}/c^2$$

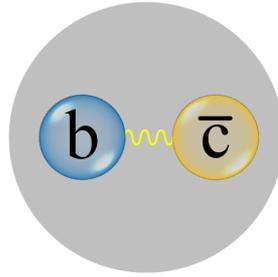
c.f., $3620.6 \pm 0.65 \pm 0.31 \text{ MeV}/c^2$

Ξ_{bc}^0 首次搜寻

- 利用 $\Xi_{bc}^0 \rightarrow D^0 p K^-$
- 未见明显信号，给出质量/寿命相关的上限



B_c^+ 介子



B_c^+ $I(J^P) = 0(0^-)$
 I, J, P need confirmation.
 Quantum numbers shown are quark-model predictions.

B_c^+ MASS

VALUE (GeV)	DOCUMENT ID	TECN
6.276 ± 0.004 OUR AVERAGE		
6.2756 ± 0.0029 ± 0.0025	¹ AALTONEN 08M CDF	
6.4 ± 0.39 ± 0.13	² ABE 98M CDF	
6.2857 ± 0.0053 ± 0.0012	³ ABULENCIA 06C CDF Repl. by AALTONEN 08M	
6.32 ± 0.06	³ ACKERSTAFF 98O OPAL $e^+e^- \rightarrow Z$	

¹ Measured using a fully reconstructed decay mode of $B_c \rightarrow J/\psi \pi$.
² ABE 98M observed 20.4 ± 6.2 events in the $B_c^+ \rightarrow J/\psi(1S) e \nu$ with a significance of > 4.8 standard deviations. The mass value is estimated from $m(J/\psi(1S) e)$.
³ ACKERSTAFF 98O observed 3 candidate events in the $B_c \rightarrow J/\psi(1S) \pi^+$ channel with an estimated background of 0.63 ± 0.20 events.

B_c^+ MEAN LIFE

VALUE (10^{-12} s)	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
0.46 ± 0.07 OUR AVERAGE			
0.463 ± 0.073	⁴ ABULENCIA 06O CDF	$p\bar{p}$ at 1.96 TeV	
0.46 ± 0.18 ± 0.03	⁴ ABE 98M CDF	$p\bar{p}$ 1.8 TeV	

⁴ The lifetime is measured from the $J/\psi(1S) e$ decay vertices.

B_c^+ DECAY MODES $\times B(\bar{b} \rightarrow B_c)$

B_c^+ modes are charge conjugates of the modes below.

Mode	Fraction (Γ_i / Γ)	Confidence level
The following quantities are not pure branching ratios; rather the fraction $\Gamma_i / \Gamma \times B(\bar{b} \rightarrow B_c)$.		
Γ_1 $J/\psi(1S) e^+ \nu_e$ anything	$(5.2^{+2.4}_{-2.1}) \times 10^{-5}$	
Γ_2 $J/\psi(1S) \pi^+$	$< 8.2 \times 10^{-5}$	90%
Γ_3 $J/\psi(1S) \pi^+ \pi^+ \pi^-$	$< 5.7 \times 10^{-4}$	90%
Γ_4 $J/\psi(1S) \rho(1260)$	$< 1.2 \times 10^{-3}$	90%
Γ_5 $D^*(2010) \bar{D}^0$	$< 6.2 \times 10^{-3}$	90%

2008粒子表

中国组作出重要贡献

B_c^+ $I(J^P) = 0(0^-)$ I, J, P need confirmation.

Quantum numbers shown are quark-model predictions.

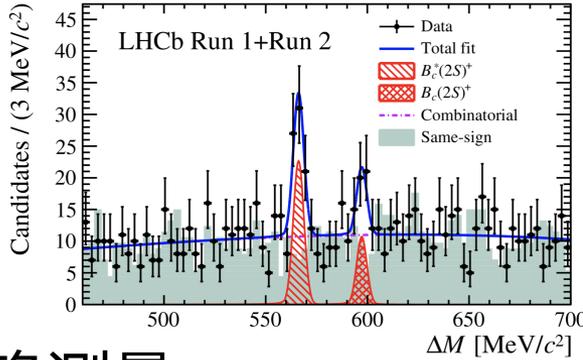
B_c^+ MASS	6274.9 ± 0.8 MeV
B_c^+ MEAN LIFE	(0.510 ± 0.009) × 10 ⁻¹² s
POLARIZATION IN B_c^+ DECAY	
$\Gamma_{J/\psi}$ in $B_c^+ \rightarrow J/\psi D_s^{*\pm}$	0.54 ± 0.15
$A_{FB}(B_c^+)$	-0.010 ± 0.010

Decay Modes

Decay Mode	Fraction (Γ_i / Γ)	Scale Factor/ Conf. Level	P (MeV/c)
------------	----------------------------------	---------------------------	-----------

The following quantities are not pure branching ratios; rather the fraction $\Gamma_i / \Gamma \times B(\bar{b} \rightarrow B_c)$.

Γ_1 $J/\psi(1S) e^+ \nu_e$ anything	$(8.1 \pm 1.2) \times 10^{-4}$		
Γ_2 $J/\psi(1S) \pi^+ \nu_e \mu$			2372
Γ_3 $J/\psi(1S) \pi^+ \nu_e e$			1932
Γ_4 $J/\psi(1S) \pi^+$	seen		2371
Γ_5 $J/\psi(1S) K^+$	seen		2341
Γ_6 $J/\psi(1S) \pi^+ \pi^+ \pi^-$	seen		2350
Γ_7 $J/\psi(1S) \rho(1260)$	$< 1.2 \times 10^{-3}$	CL=90%	2169
Γ_8 $J/\psi(1S) K^+ K^- \pi^+$	seen		2203
Γ_9 $J/\psi(1S) \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$	seen		2309
Γ_{10} $\psi(2S) \pi^+$	seen		2052
Γ_{11} $J/\psi(1S) D^0 K^+$	seen		1539
Γ_{12} $J/\psi(1S) D^{*0}(2007) D^0 K^+$	seen		1412
Γ_{13} $J/\psi(1S) D^{*0}(2010) D^0 K^+$	seen		920
Γ_{14} $J/\psi(1S) D^{*0} K^+ K^0$	seen		1123
Γ_{15} $J/\psi(1S) D^+$	seen		1822
Γ_{16} $J/\psi(1S) D_s^{*+}$	seen		1728
Γ_{17} $J/\psi(1S) \rho \pi^+$	seen		1792
Γ_{18} χ_{c0}^{0+}	$(2.4^{+0.6}_{-0.5}) \times 10^{-3}$		2205
Γ_{19} $\rho \pi^+$	not seen		2970
Γ_{20} $D^0 K^+$	$(3.8^{+1.1}_{-1.0}) \times 10^{-3}$		2837
Γ_{21} $D^0 K^+$	$< 1.6 \times 10^{-3}$	CL=95%	2858
Γ_{22} $D^0 K^+$	$< 4 \times 10^{-3}$	CL=95%	2815
Γ_{23} $D^0 K^+$	$< 4 \times 10^{-3}$	CL=95%	2793
Γ_{24} $D^0 D^0$	$< 1.4 \times 10^{-3}$	CL=90%	2484
Γ_{25} $D^0 D^0$	$< 6 \times 10^{-3}$	CL=90%	2484
Γ_{26} $D^+ D^0$	$< 3.0 \times 10^{-6}$		2521
Γ_{27} $D^+ D^0$	$< 1.9 \times 10^{-6}$	CL=90%	2521
Γ_{28} $D_s^{*0} D^0$			2425
Γ_{29} $D_s^{*0} D^0(2007)^0$			2427
Γ_{30} $D_s^{*0} D^0$			2425
Γ_{31} $D_s^{*0} D^0(2007)^0$			2427
Γ_{32} $D^*(2010) \bar{D}^0$			2467
Γ_{33} $D^*(2010) \bar{D}^0, D^{*+} \rightarrow D^+ \pi^0 / \gamma$	$< 6.2 \times 10^{-3}$	CL=90%	2467
Γ_{34} $D^*(2010) \bar{D}^0$			2467
			2467
			2467
			2467
			2467
			2467
			2467
			2467
			2467
Γ_{44} $D_s^{*0} K^+$	$< 0.4 \times 10^{-6}$		2751
Γ_{45} $D_s^{*0} K^+$	$< 0.32 \times 10^{-6}$		2727
Γ_{46} $K^+ K^0$	$< 4.6 \times 10^{-7}$		3098
Γ_{47} $B^0 K^+ / B(\bar{b} \rightarrow B_c)$	$(2.37^{+0.37}_{-0.30}) \times 10^{-3}$		



B_c^+ 激发态

— 质量最精确测量

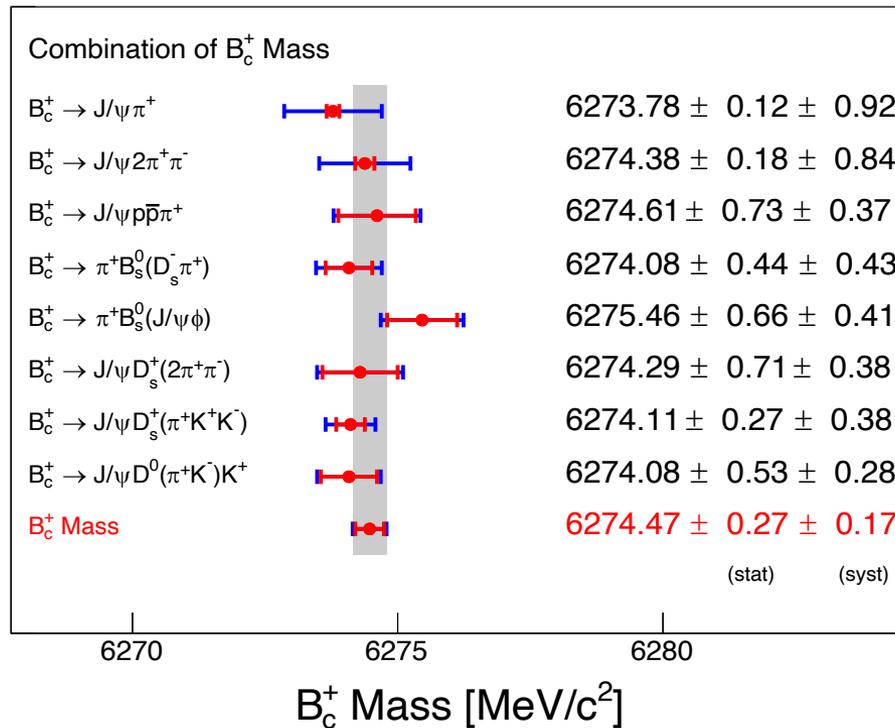
$$M(B_c(2^3S_1)^+)_{\text{rec}} = 6841.2 \pm 0.6(\text{stat}) \pm 0.1(\text{syst}) \pm 0.8(B_c^+) \text{ MeV}/c^2$$

$$M(B_c(2S)^+) = 6872.1 \pm 1.3(\text{stat}) \pm 0.1(\text{syst}) \pm 0.8(B_c^+) \text{ MeV}/c^2$$

B_c^+ 介子质量精确测量

- 利用所有数据，8个衰变道
- 被评价为 B_c^+ 介子质量的“**终极测量**”

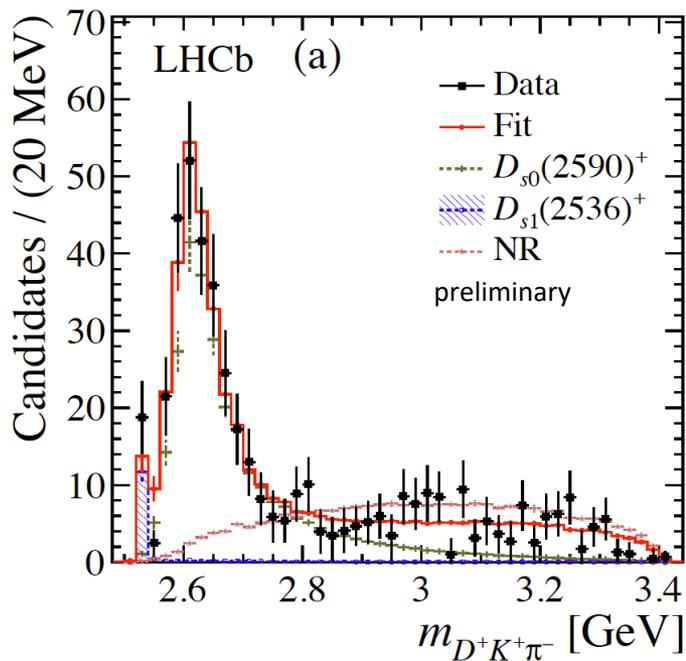
[JHEP 07 (2020) 123]



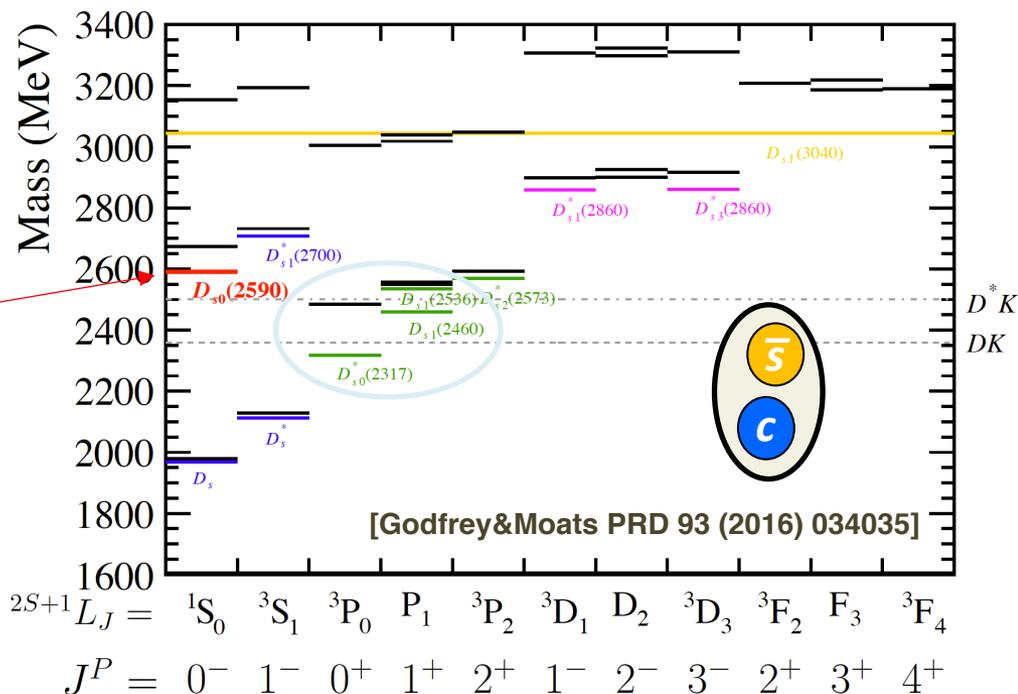
c.f., $6274.9 \pm 0.8 \text{ MeV}/c^2$

D_S^+ 激发态

- D_S^+ 谱学的研究可以帮助理解 $D_{S0}^*(2317)^+$, $D_{S1}(2460)^+$
- $B^0 \rightarrow D^+ D^- K^+ \pi^-$, $m(K^+ \pi^-) < 0.75$ GeV 中发现新 D_S^+ 激发态



新

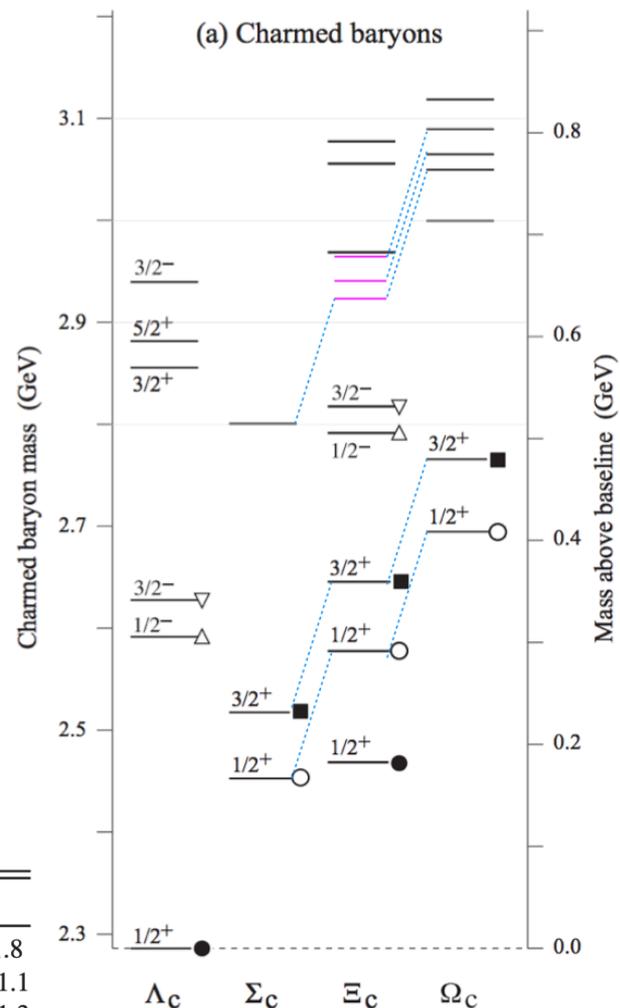
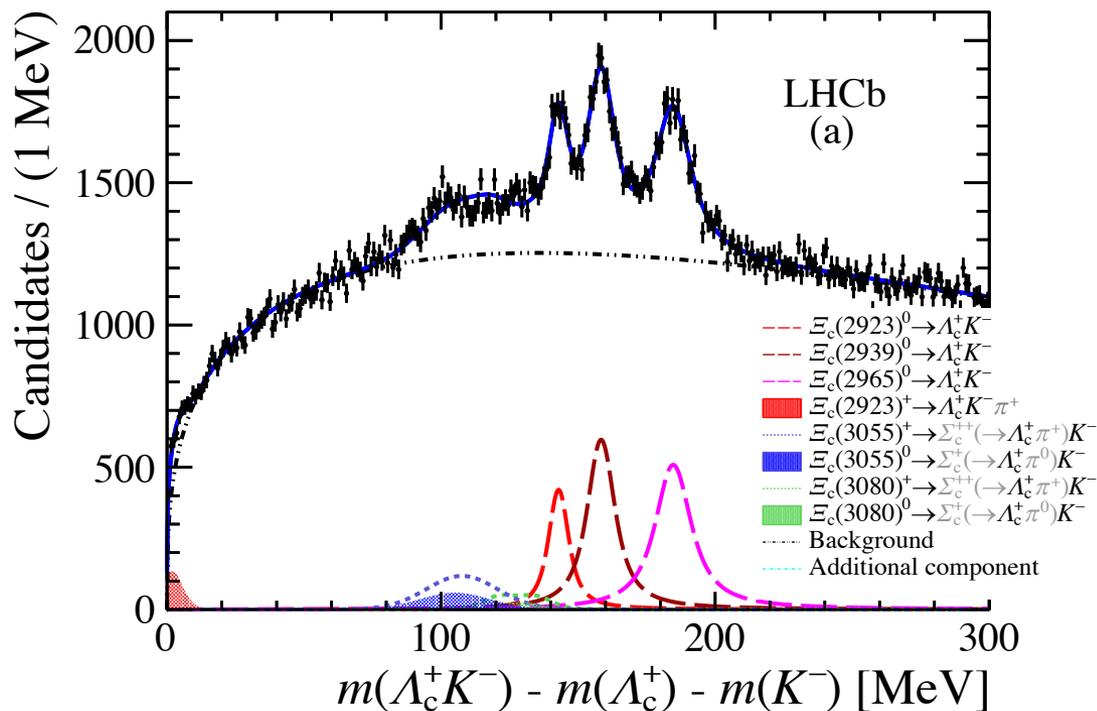


• 振幅分析结果

State	Pole Mass [MeV]	Pole Width [MeV]	J^P
$D_{S0}^*(2590)^+$	$2591 \pm 6 \pm 7$	$89 \pm 16 \pm 12$	0^-

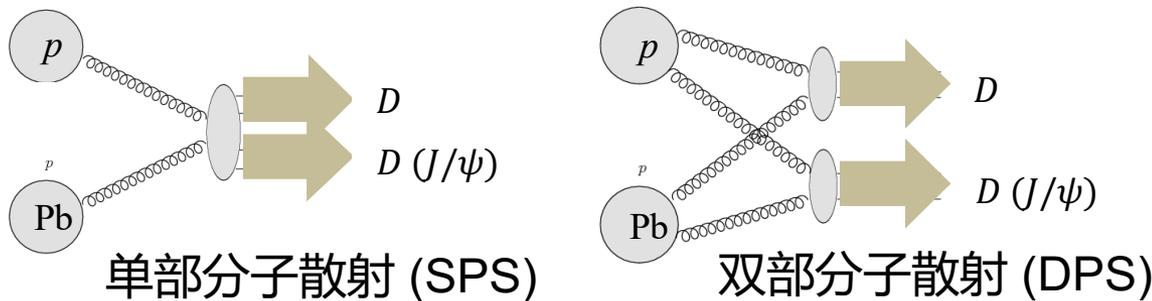
Ξ_c^0 激发态

- 通过 $\Lambda_c^+ K^-$ 发现3个激发态



Resonance	Peak of ΔM [MeV]	Mass [MeV]	Γ [MeV]
$\Xi_c(2923)^0$	$142.91 \pm 0.25 \pm 0.20$	$2923.04 \pm 0.25 \pm 0.20 \pm 0.14$	$7.1 \pm 0.8 \pm 1.8$
$\Xi_c(2939)^0$	$158.45 \pm 0.21 \pm 0.17$	$2938.55 \pm 0.21 \pm 0.17 \pm 0.14$	$10.2 \pm 0.8 \pm 1.1$
$\Xi_c(2965)^0$	$184.75 \pm 0.26 \pm 0.14$	$2964.88 \pm 0.26 \pm 0.14 \pm 0.14$	$14.1 \pm 0.9 \pm 1.3$

质子-铅核对撞中双部分子增强

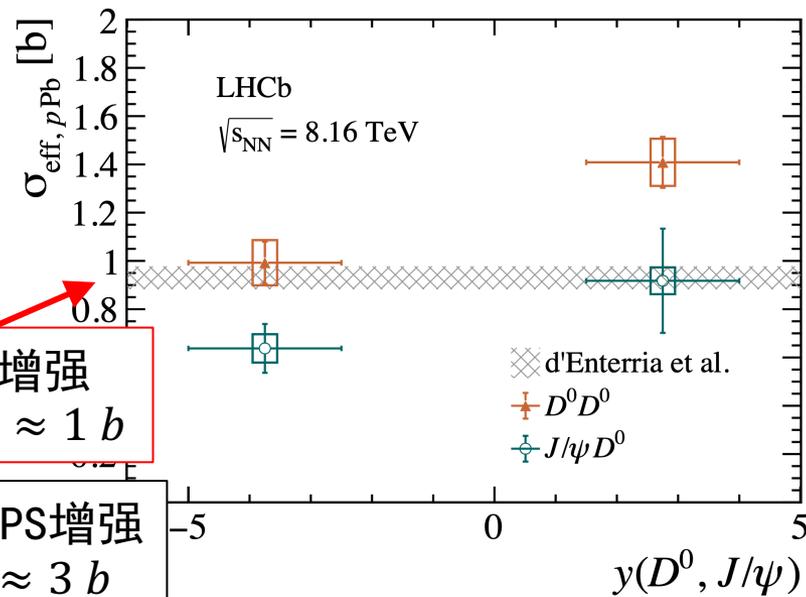
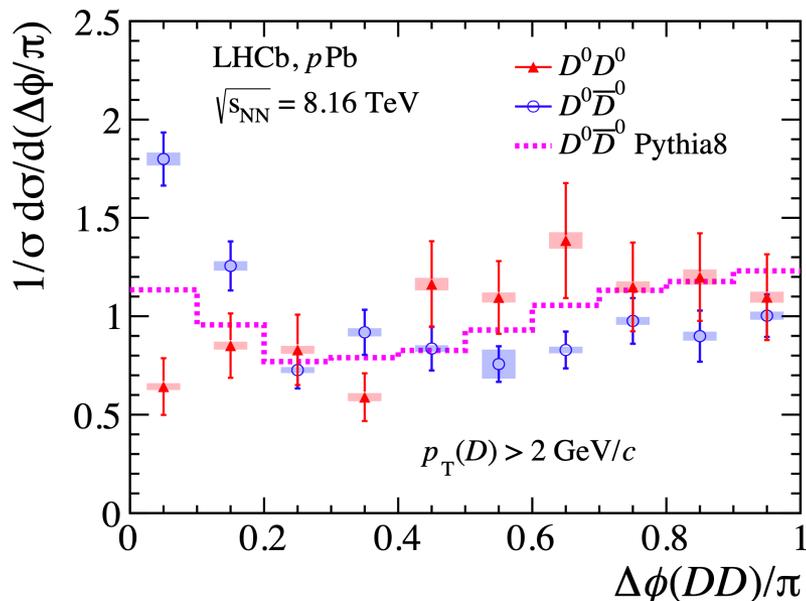


DPS 因子化(?)

$$\sigma_{\text{eff}} = k \frac{\sigma^D \times \sigma^D}{\sigma^{DD}}$$

同号 $D^0 D^0$ $\Delta\phi$ 均匀分布, DPS主导
异号 $D^0 \bar{D}^0$ $\Delta\phi$ 集中0处, SPS主导

使用 $D^0 D^0$ 和 $J/\psi D^0$ 测量 σ_{eff} , 与理论计算一致。DPS散射增强约三倍



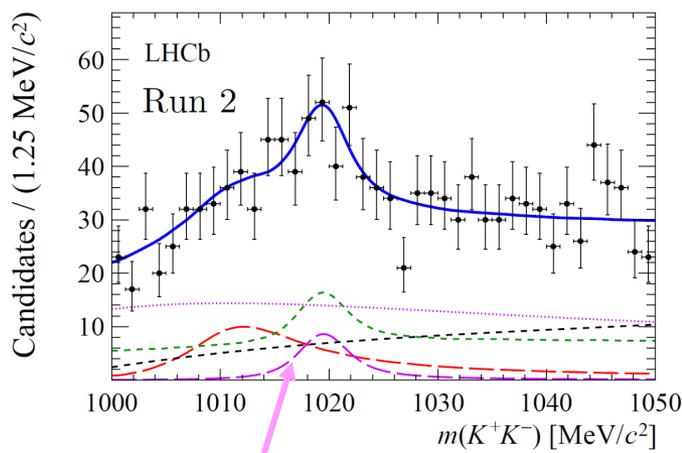
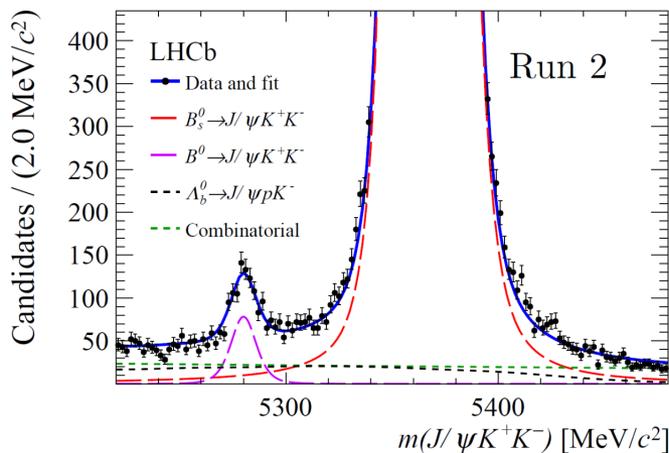
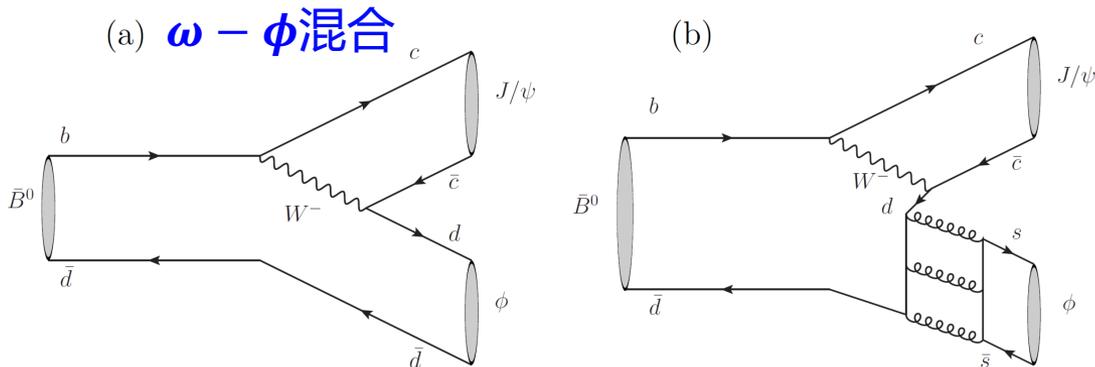
DPS增强
 $\sigma_{\text{eff}} \approx 1 \text{ b}$

若无DPS增强
 $\sigma_{\text{eff}} \approx 3 \text{ b}$

稀有衰变 $B^0 \rightarrow J/\psi\phi$ 的寻找

OZI压低, 三胶子融合

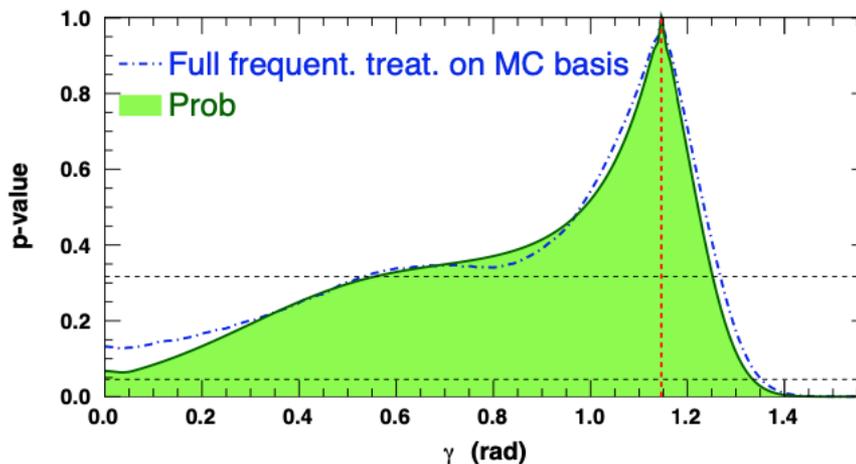
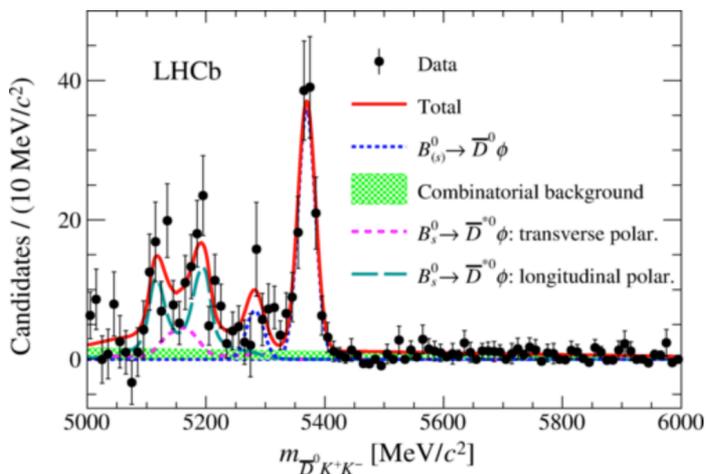
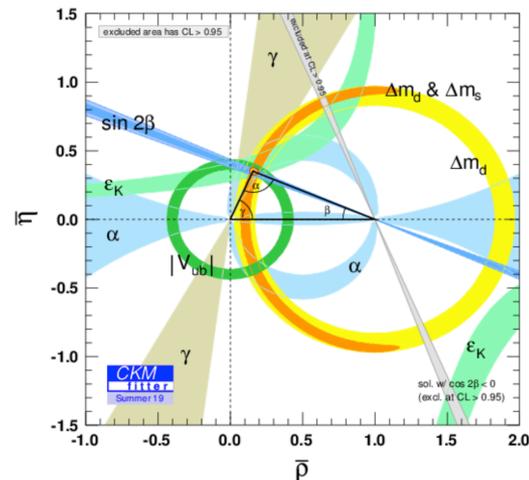
- 稀有衰变



$$\text{BR}(B^0 \rightarrow J/\psi\phi) < 1.1 \times 10^{-7} \text{ at 90\% CL}$$

CKM相角 γ

- 研究了 $B_S^0 \rightarrow D^{(*)0} \phi$ 测量CKM- γ 的灵敏度
- 利用现有数据，统计误差 $8-19^\circ$



- 物理分析正在进行中

新的分波分析工具：TF-PWA

- 基于TensorFlow开发，具有如下特点
 - Fast
 - GPU based
 - Vectorized calculation
 - Automatic differentiation
 - Quasi-Newton Method: `scipy.optimize`
 - **General**
 - Custom model available
 - Easy to use
 - Simple configuration file (example provided)
 - Automatics process
 - All necessary functions implemented (details later)
 - **Open access and well supported** <https://gitlab.com/jiangyi15/tf-pwa>
- 已用于LHCb/BES3分析，欢迎使用和参与研发

国际会议报告

1. 王梦臻（清华）， Exotic hadrons: experimental, Implications of LHCb measurement and Future prospects, CERN, 2020-10-28
2. 张黎明（清华）， Spectroscopy of hadron states with heavy-quarks at LHCb, QCD 2020, Montpellier (France), 2020-10-26
3. Biplab Dey（华中师范）， LHCb: status, highlights and prospects, Beauty 2020, Japan, 2020-09-21
4. Ina Carli（高能所）， The silicon strip tracking detector for the LHCb Upgrade, ICHEP 2020, Prague (Czech), 2020-07-28
5. 周亦雄（国科大）， Charmed hadron properties and spectroscopy at LHCb, ICHEP 2020, Prague (Czech), 2020-07-28
6. 项治宇（国科大）， Studies of quarkonia and doubly-heavy hadrons at LHCb, ICHEP 2020, Prague (Czech), 2020-07-28
7. 王剑桥（清华）， Open heavy flavor production in pA collision, Hard Probes, Austin (US), 2020-05-31
8. 李衡讷（华南师范）， Z production in pPb collisions at LHCb, Hard Probes, Austin (US), 2020-05-31

9. Mark Tobin (高能所), LHCb upgrades, **LHCP**, Paris (France), 2020-05-25
10. 徐梦琳 (华中师范), EWK physics: Measurements and prospects from LHCb, **LHCP**, Paris (France), 2020-05-25
11. 李衡讷 (华南师范), Strong physics at LHCb: probing nuclear matter effects in small system, **CERN Seminar**, 2019-12-10
12. Maitreyee Mukherjee (华中师范), Probing small-x gluons with gamma+hadron correlations in the forward rapidity with the LHCb detector, **Quark Matter 2019**, Wuhan (China) 2019-11-03
13. 王剑桥 (清华), Results from open charm production at LHCb in pPb, **Quark Matter 2019**, Wuhan (China), 2019-11-03
14. 李衡讷 (华南师范), Quarkonium production in Pb-Pb ultra-peripheral collisions (UPC) and Z production in pPb collisions, **Quark Matter 2019**, Wuhan (China), 2019-11-03

李衡讷 (华南师范) 在
CERN Seminar现场



探测器硬件、软件和服务工作

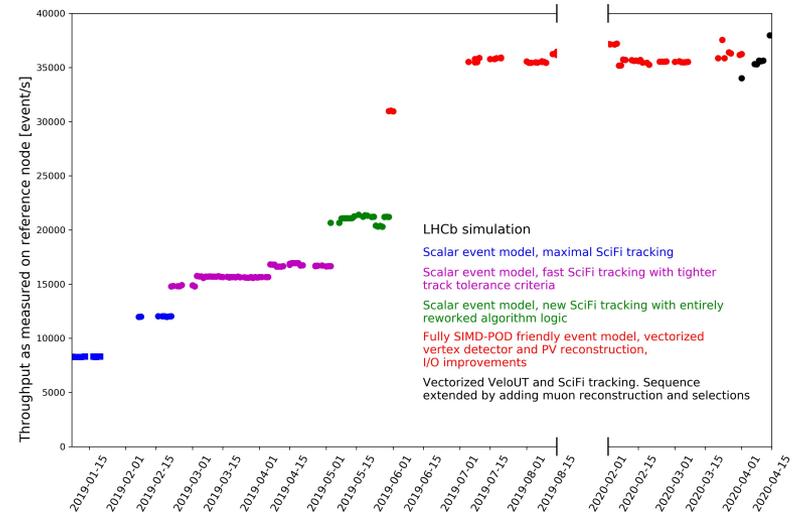
探测器硬件、软件相关工作

Detector分会

- 实验运行
 - 核心软件
 - 亮度测量
 - 网格计算
 - 升级
 - 上游径迹探测器
 - 闪烁光纤径迹探测器
 - 实时物理数据分析
 - 二期升级
 - 电磁量能器
 - 穿越辐射探测器
- 周亦雄, 06/11, 17h32
姜晓巍, 06/11, 17h50
I. Carli, 08/11, 14h00
项治宇, 08/11, 15h30
M. Saur, 08/11, 16h20

LHCb核心软件

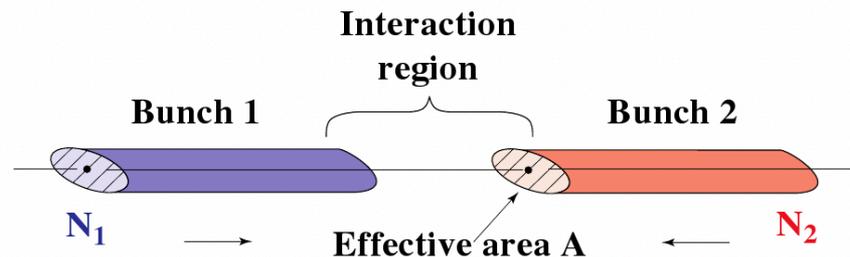
- 一名博士后全职开发LHCb软件性能分析和回归系统
 - 监测软件性能变化
 - 提供技术分析大数据
- 投入0.5FTE负责管理与维护存储LHCb探测器信息的条件数据库



软件触发系统能处理的事例率趋势图

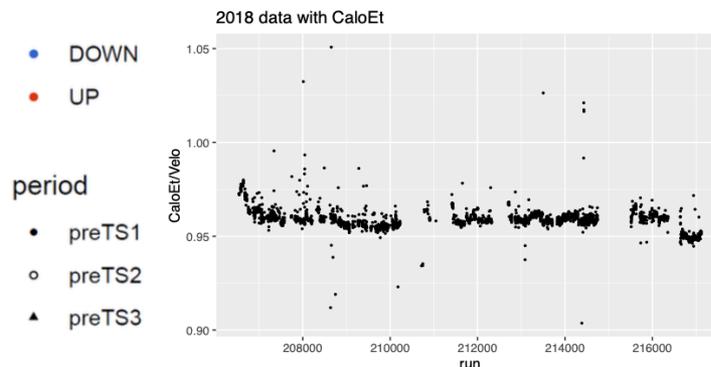
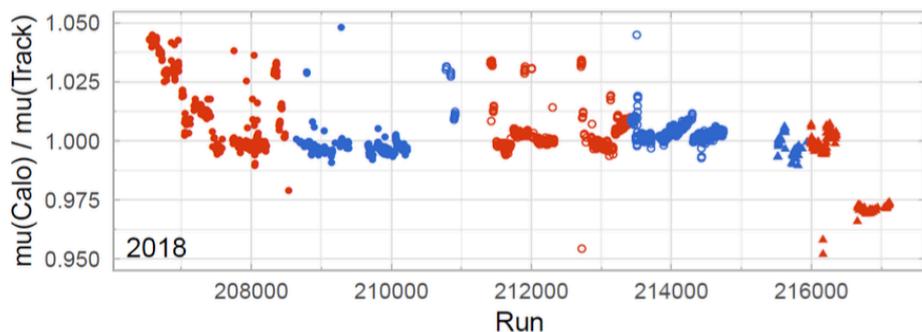
亮度测量

- LHCb实验使用
 - van der Meer scan
 - Beam-gas



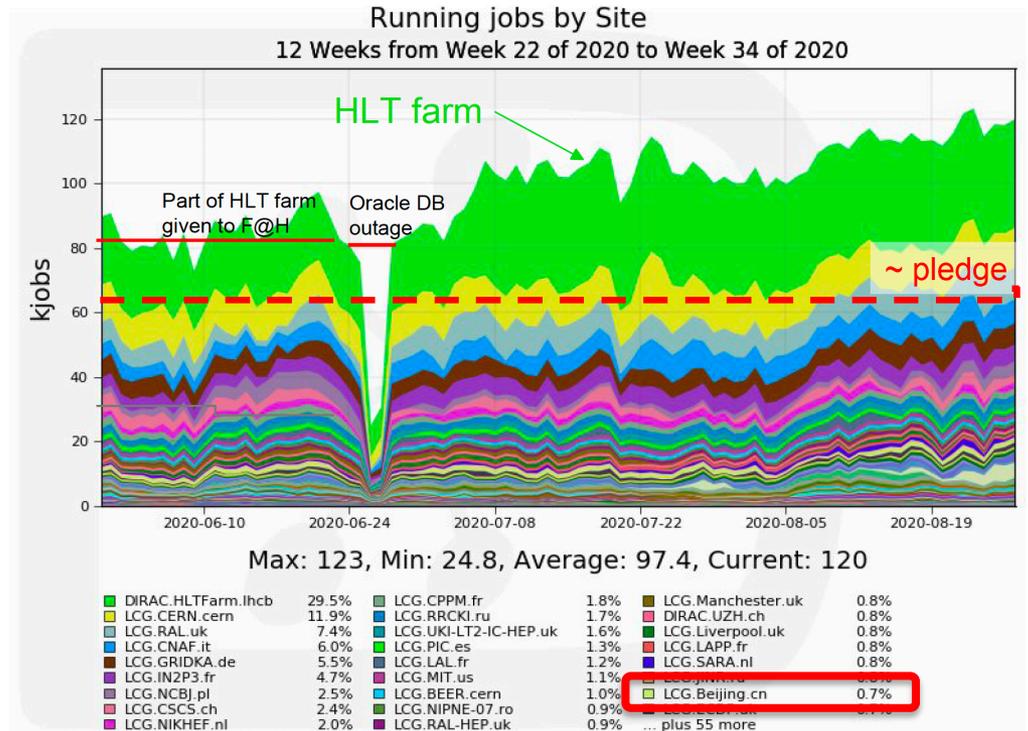
测量一小时间段的绝对亮度，给出标度因子。其它时间段的亮度由亮度计数器来确定

- 研究了不同亮度计数器的稳定性

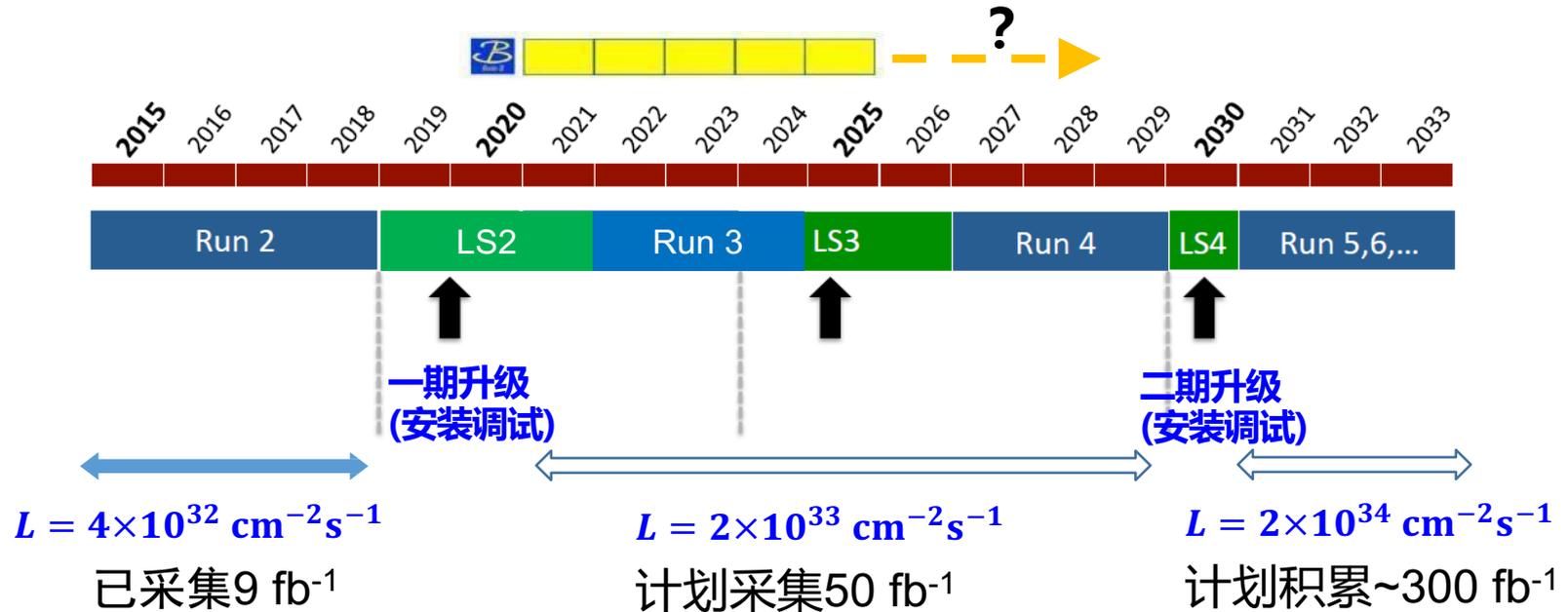


网格计算Tier-2

- LHCb中国组整合资源，依托高能所计算中心，2018年建成了Tier-2节点，并入LHCb网格计算网络，长期稳定运行
 - 1008 CPU核
 - 375 TB存储



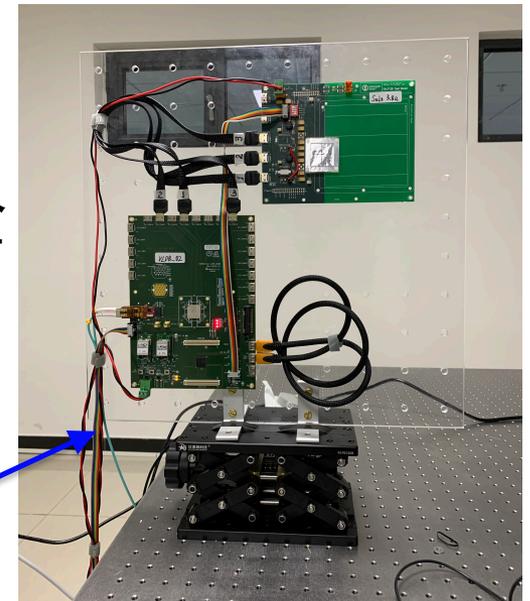
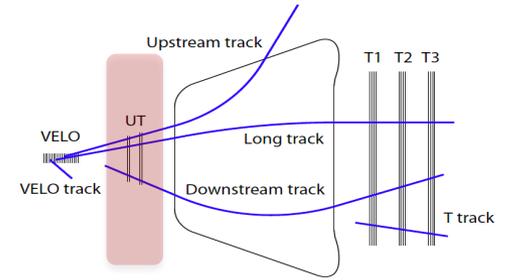
LHCb升级计划



- **一期升级**：中国组参与闪烁光纤径迹探测器 (SciFi) 电子学 + 上游硅微条径迹探测器 (UT)
- **二期升级**：希望对探测器有更大贡献

上游径迹探测器（UT）升级

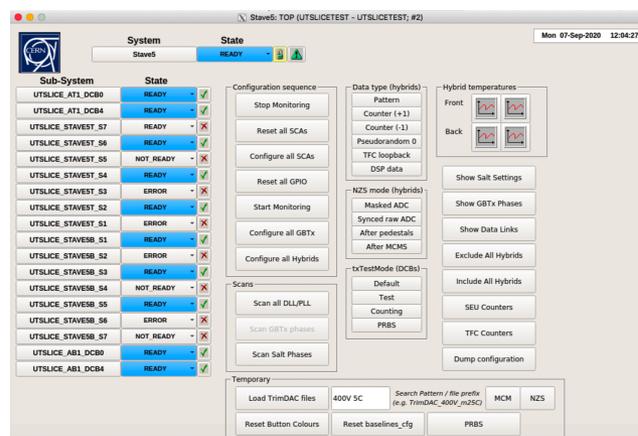
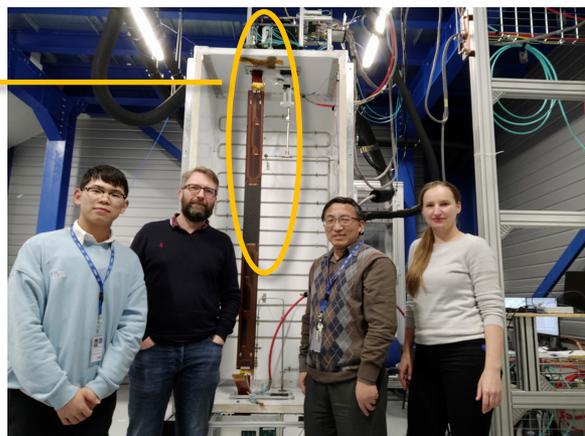
- UT是基于硅微条技术的径迹探测器，对保证动量分辨、提高触发速度至关重要，高能所成员从UT早期设计开始深度参与
- 前端读出芯片SALT是UT关键部件，高能所团队领导、参与多次束流辐照测试，验证SALT在强辐照条件下的表现
 - 2019年3月在美国费米实验室
 - 2019年8月在美国麻省综合医院
 - 2019年11月在瑞士PSI
 - 2020年11月计划在北京原子能院测试



高能所内为束流测试搭建的SALT芯片读出测试系统

上游径迹探测器（UT）升级

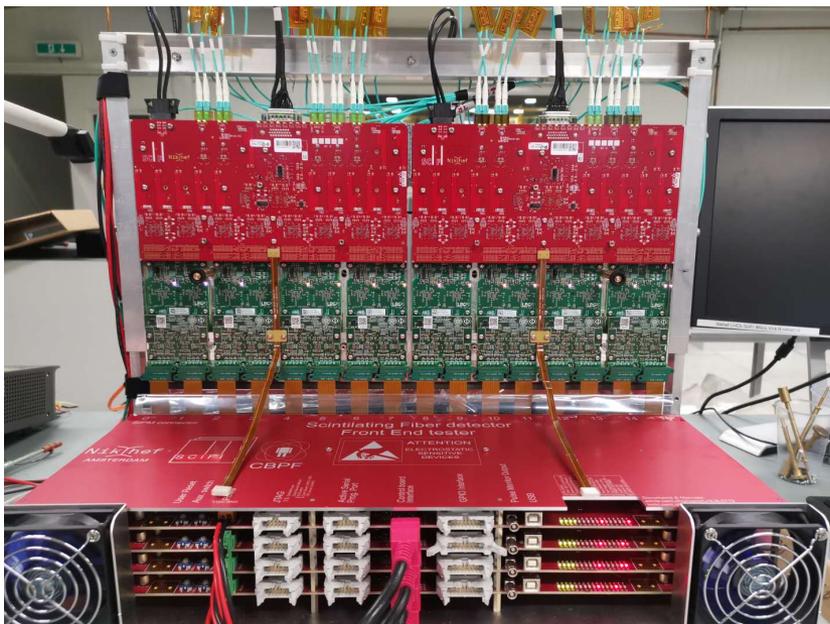
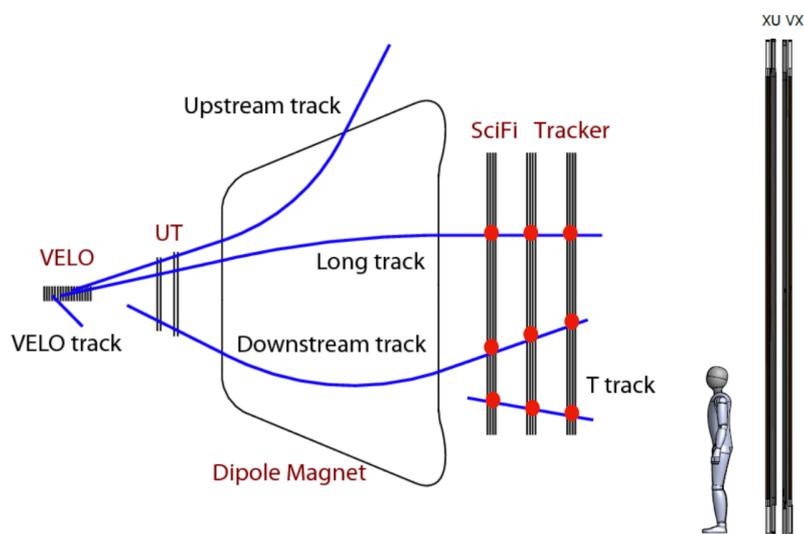
- 高能所参与UT系统测试、探测器安装及读出控制系统研制
- 代表UT在多个国际会议做报告
 - M. Tobin @ LHCC open session (2019.11)
 - M. Tobin @ LHCP (2020.05)
 - I. Carli @ ICHEP (2020.07)
- 2020年起基金委NSFC-CERN项目支持



IHEP驻CERN成员参与搭建的slice测试系统，和开发的控制软件

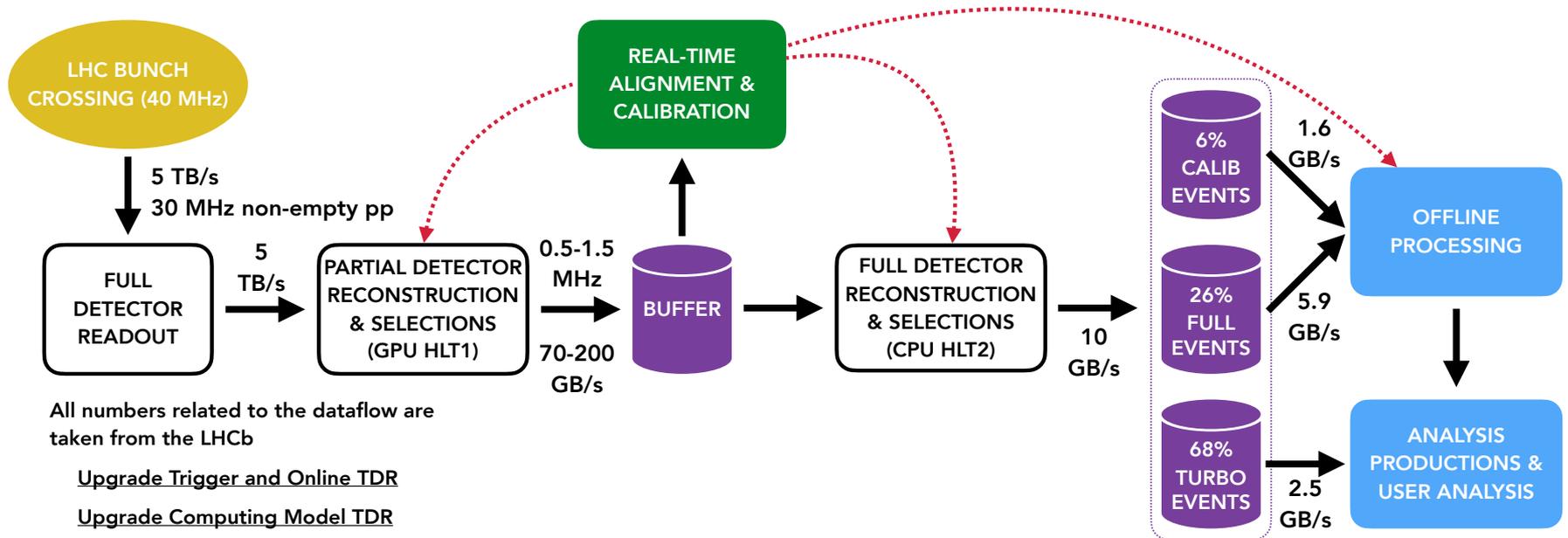
闪烁光纤径迹探测器SciFi

- 承担了SciFi前端电子学板的研制、读出芯片与前端电子学测试与定标系统等
- 束流测试数据分析、在线监控系统的研发、寻迹与准直算法
- 参与了前端电子学的测试（30%）

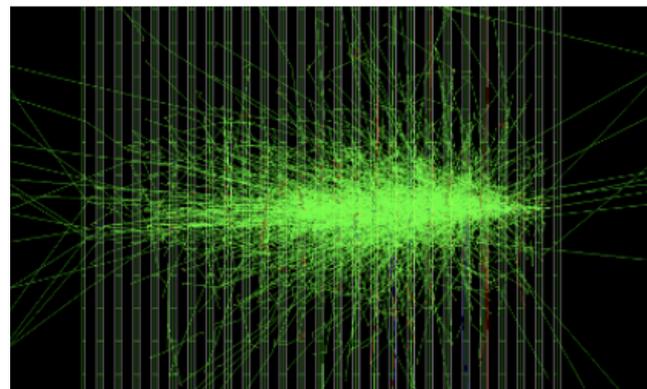
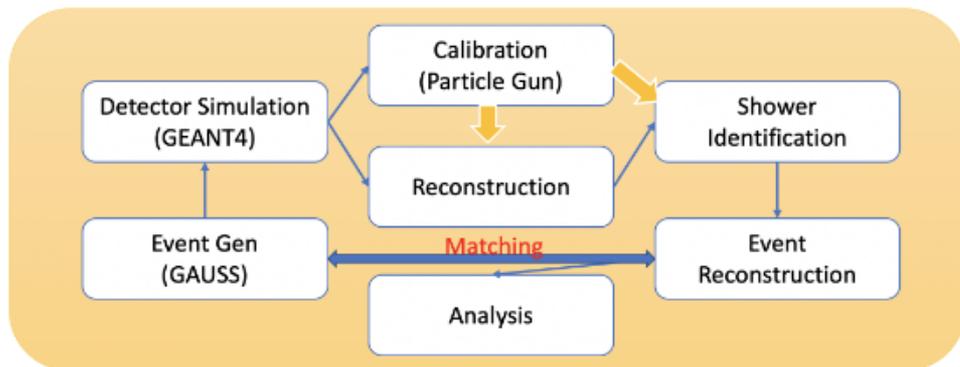


实时物理数据分析 (RTA)

- 实时物理数据分析 (Real Time Analysis)
 - 参与了寻迹、标定、触发算法 (第一级基于 GPU)、测试框架等

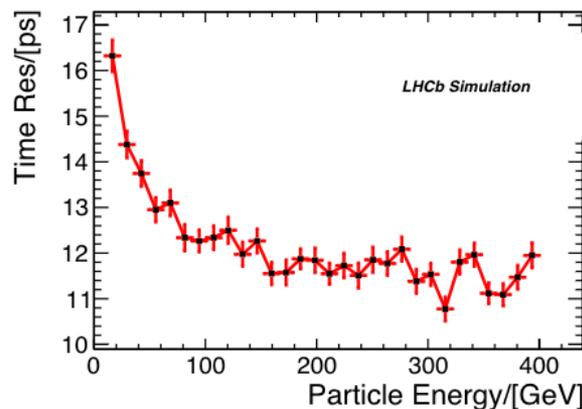
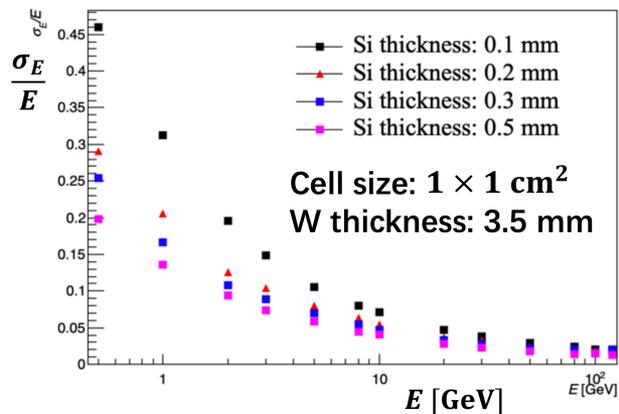


二期升级：电磁量能器



搭建独立于LHCb软件的模拟框架

W-Si层状量能器的Geant4模拟



能量分辨率随硅层厚度和能量变化

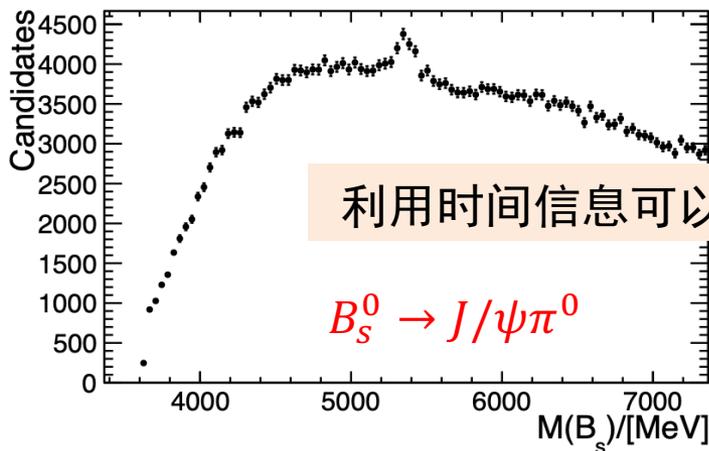
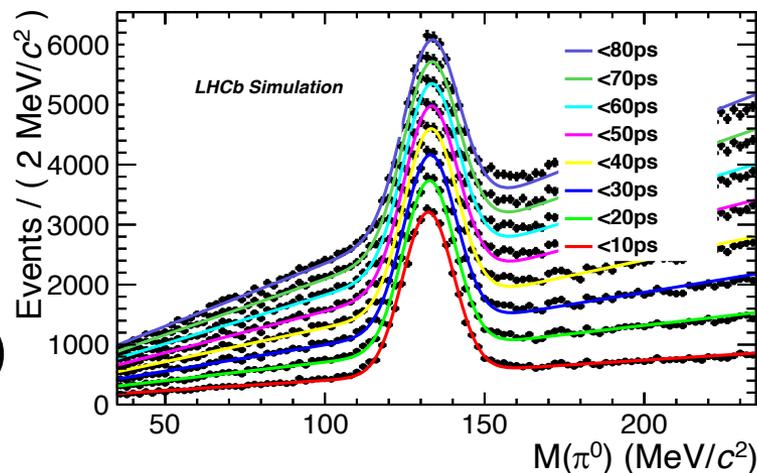
时间分辨率随能量变化

二期升级：电磁量能器

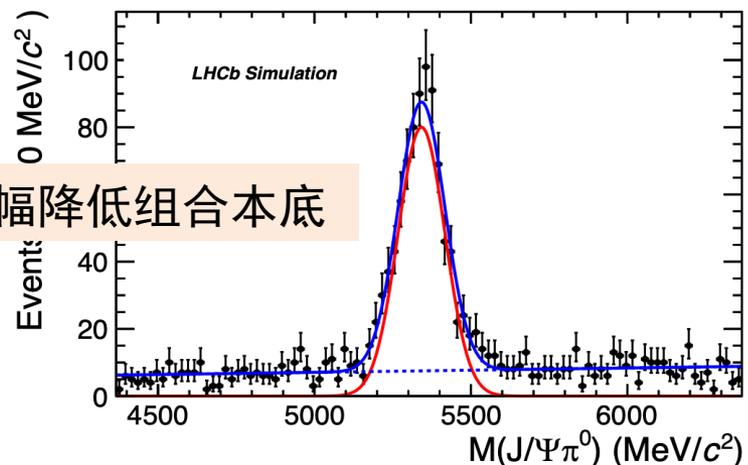
- 研究了时间分辨率对不同物理衰变过程的影响

– $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma, B_s^0 \rightarrow J/\psi\pi^0$

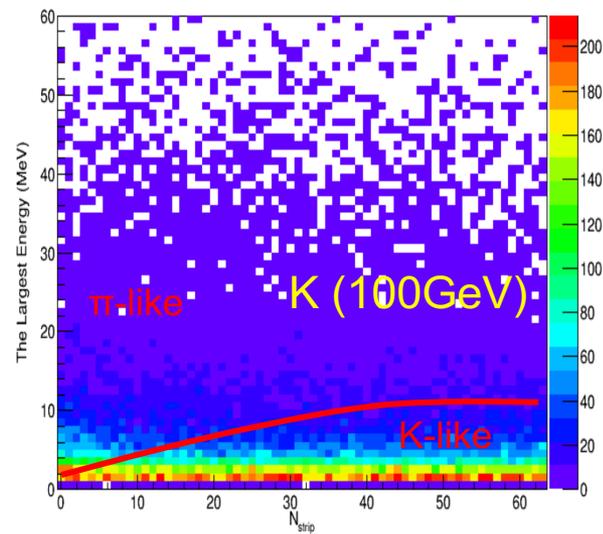
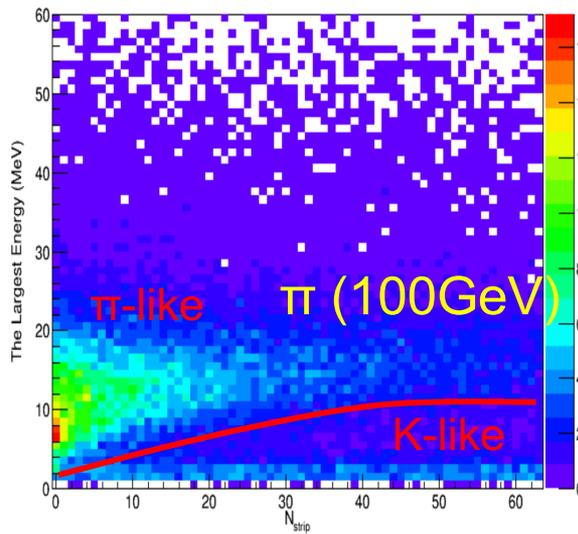
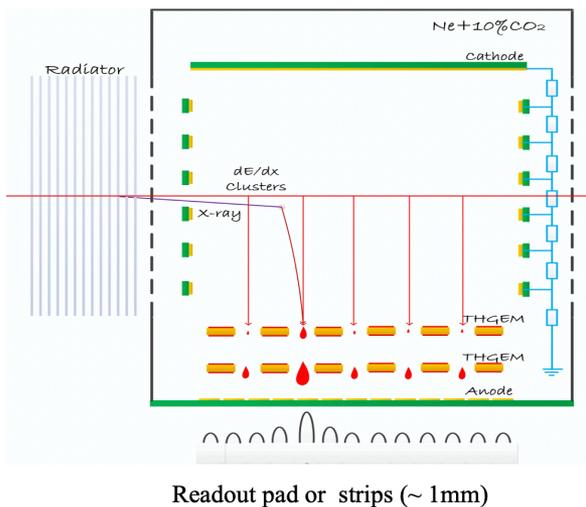
– $B^+ \rightarrow D^{*0}(D^0\gamma)\pi^+$ (软光子)



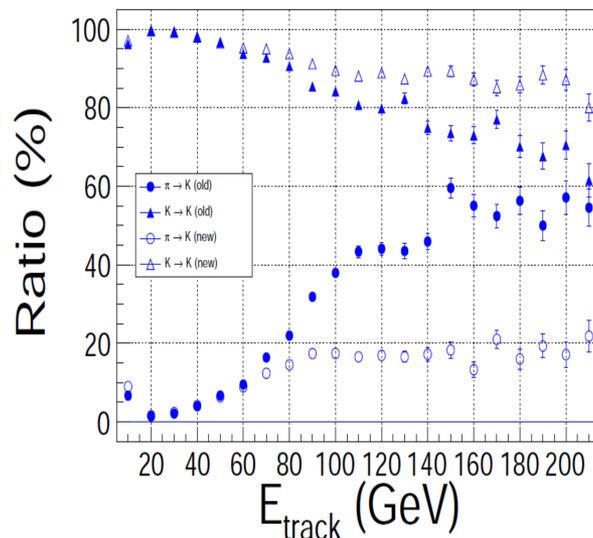
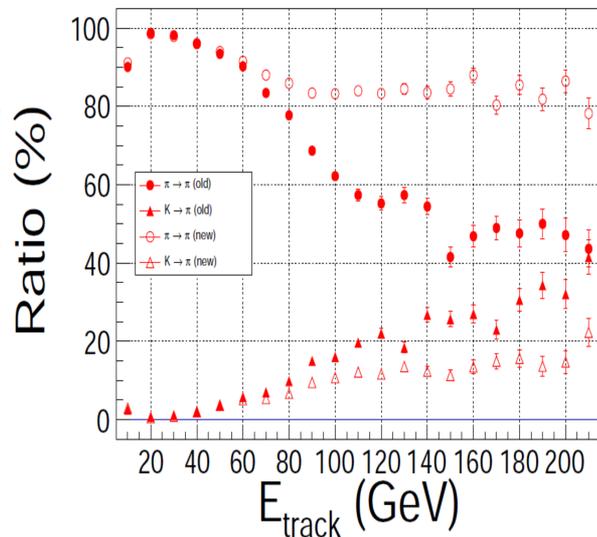
利用时间信息可以大幅降低组合本底



二期升级：穿越辐射探测器



- 提出气体TRD，开展可行性研究
- 初步结果：可大幅提高100-200 GeV的 π /K鉴别能力



2020年总结

- LHCb中国组影响力逐步增强
 - 8家单位，27名教师，总人数122人
 - 多人担任物理工作组召集人等职务
- 物理成果突出
 - QCD（论文10篇），五夸克态、双重味强子、重离子等
 - 间接寻找新物理（论文2篇），CP破坏+稀有衰变
- 探测器方面贡献稳步上升
 - 上游径迹探测器、SciFi径迹探测器、实时分析（RTA）
 - 积极开展二期升级探测器研发工作

致谢与希望

- 科技部
 - 国家重点研发计划“大科学装置前沿研究”
 - 752万（LHCb物理）+205万（LHC升级项目的小部分）
 - ❖ 远低于对LHC其它实验的支持水平
- 国家自然科学基金委
 - NSFC-CERN国际合作项目：硬件升级，物理（申请中）
 - 积极争取竞争性项目：重点、面上、人才项目
- 中国科学院
 - 前沿科学重点研究计划项目
- 成员单位和其他渠道的人才项目

【希望】与团队规模、承担的任务和取得的成绩相匹配的稳定支持