



LHCb中国组2025年度总结

俞洁晟（湖南大学）
代表LHCb中国组



第十届中国LHC物理研讨会
新乡 河南师范大学
2025年10月29-11月3日

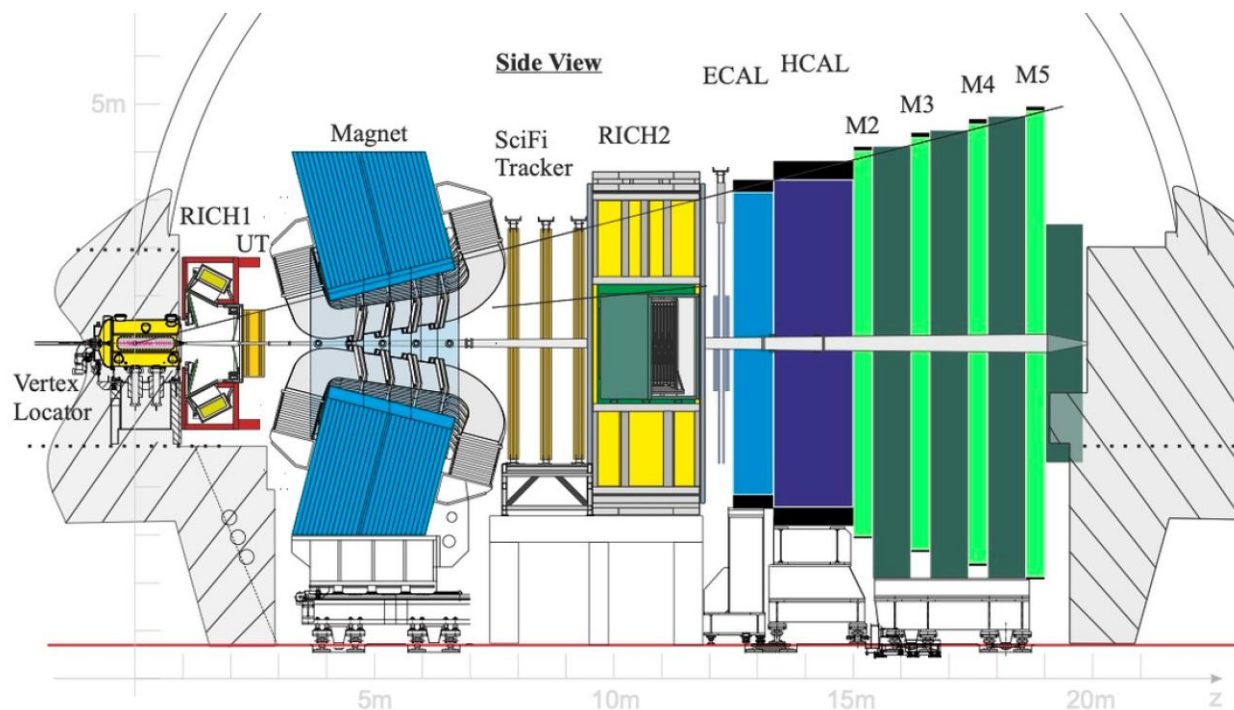


提纲

- **LHCb实验概况**
- **LHCb中国组单位与人员情况**
- **2025年度亮点物理成果**
- **探测器运行、升级和服务工作**
- **总结与鸣谢**

LHCb实验及其主要科学目标

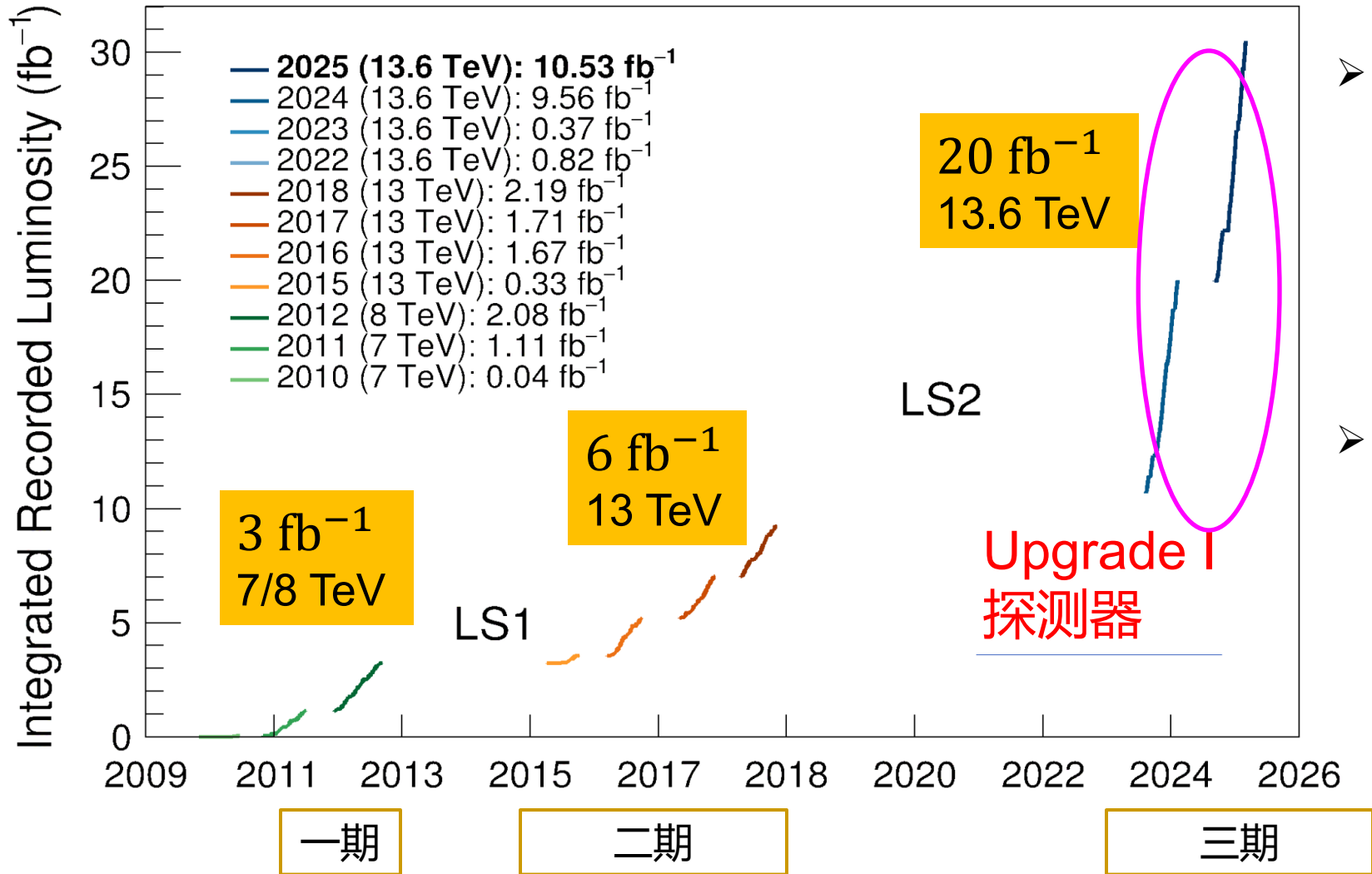
LHCb合作组: 26个国家, 107个单位, 1812个成员



Upgrade I
探测器

- 间接寻找新物理: 电荷宇称破坏 (CPV)、稀有衰变
- 理解强相互作用: 强子态、强子产生机制
- 其它: 电弱物理, 重离子物理, ...

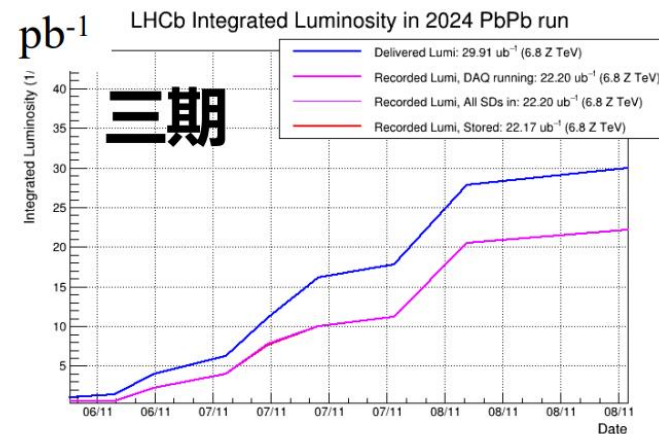
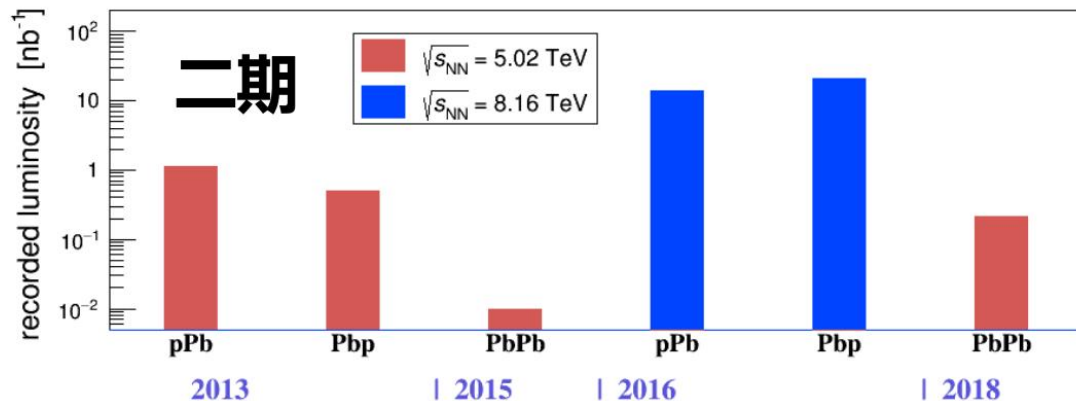
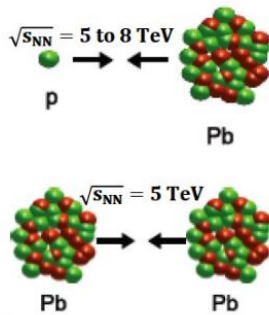
LHCb质子-质子数据



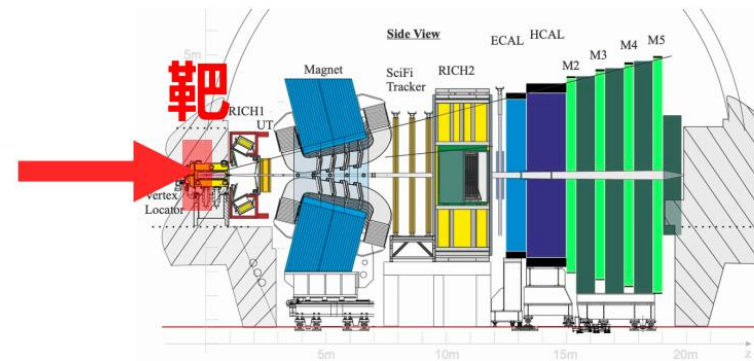
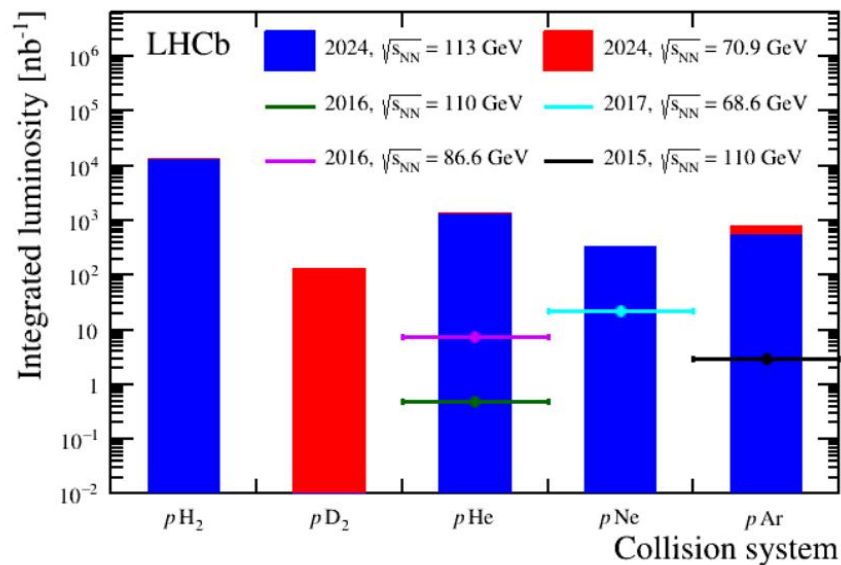
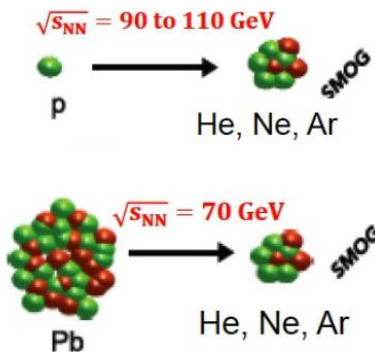
- 完成Upgrade I升级，稳定运行取数
 - 瞬时亮度提高近5倍，2025新增数据 10 fb^{-1}
 - 总量预计可达 25 fb^{-1}
 - 触发效率提高约2倍
- 数量最多、种类最全的底强子和粲强子样本

LHCb重离子数据

对撞模式



气体固定靶模式



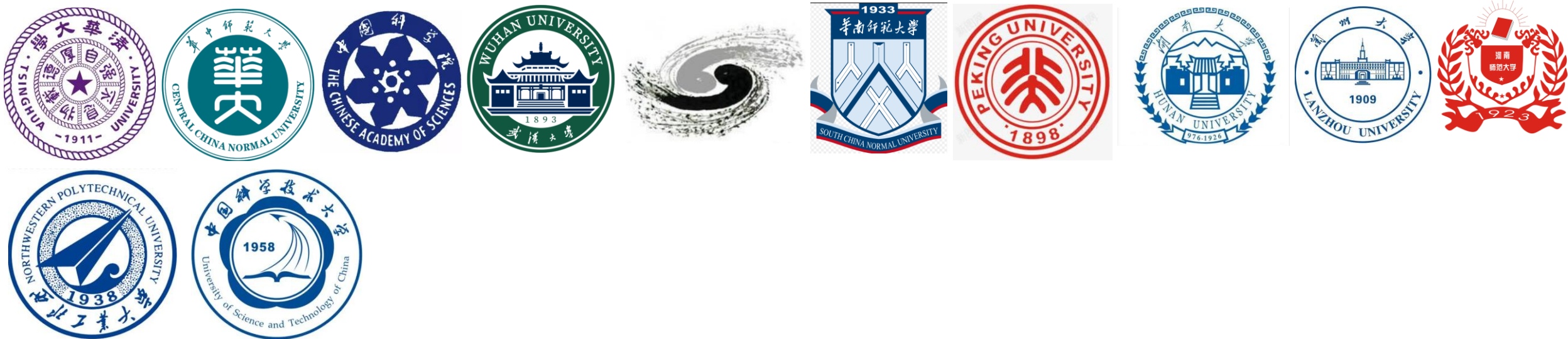
LHCb独有：独特的质心能量和对撞系统

LHCb中国组

现有12家单位，单位数排名2/25

研究队伍：教师54人，成员233人，作者135人

(截至2025年10月29号)



LHCb中国组

单位	教师人数	成员人数	作者人数	教师名称
清华大学	6	28	28	张黎明, 朱相雷, 龚光华, 曾鸣, 邓智, 张志财
华中师范大学	5	33	19	谢跃红, 尹航, 张冬亮, 周晓康, 陈凯
国家科学院大学	7	43	31	郑阳恒, 吕晓睿, 何吉波, 钱文斌, 刘倩, 傅金林, 李佩莲
武汉大学	3	13	4	孙亮, 蔡浩, 王纪科
高能物理研究所	8	29	21	王建春, 李一鸣, 陈缮真, 徐子骏, 袁煦昊, 姜晓巍, 周扬, 张慧
华南师范大学	3	14	8	李衡讷, 刘国明, 胡继峰
北京大学	5	42	24	高原宁, 杨振伟, 张艳席, 安刘攀, Yury Guz
湖南大学	5	8	5	俞洁晟, 张书磊, 戴凌云, 陈卓俊, 杨易
兰州大学	3	11	7	刘凯, 李培荣, Miroslav SAUR
河南师范大学	3	3	2	李可陈, 王艺龙, 钟翠
西北工业大学	5	8	5	魏晓敏, 赵瑞光, 王佳, 郑然, 薛菲菲
中国科学技术大学	1	1	0	刘建北
总数	54	233	135	

LHCb国际合作组任职

- 管理顾问委员会 (Management Advisory Board)
王建春 (2020.09起)
- 成员委员会 (Membership Committee)
杨振伟 (2021.01-2024.12)
- 报告人委员会 (Speakers Bureau)
张艳席 (2023.12 ~ 2025.12)
李一鸣 (2023.10 ~ 2025.09) deputy chair
孙亮 (2021.10 ~ 2023.09)
张黎明 (2019.10 ~ 2021.09)
杨振伟 (2017.10 ~ 2019.09)
- 编辑委员会 (Editorial Board)
谢跃红 (2022.12 ~ 2024.11)
何吉波 (2020.12 ~ 2022.11)
- 探测器运行和升级
王建春 (2024.03~2026.02) UT项目负责人
杨振伟 (2024.09起) 二期升级计划组 (U2PG) 成员
Yury Guz (2023.01-2025.12) 量能器项目副负责人
- 物理分析工作组召集人
尹航 (2023.01 ~ 2025.03)
钱文斌 (2024.01 ~ 2025.03)
李佩莲 (2022.01 ~ 2024.03)
安刘攀 (2021.01 ~ 2023.03)
何吉波 (2019.01 ~ 2021.03)
张艳席 (2018.01 ~ 2021.03)
钱文斌 (2018.01 ~ 2020.03)
张黎明 (2016.01 ~ 2018.03)
杨振伟 (2015.01 ~ 2017.03)
谢跃红 (2014.01 ~ 2016.03)
- 其他物理和运行工作召集人
张黎明 (2023.01 ~ 2025.03) 统计方法工作组
盛书琪 (2024.01 ~ 2026.03) 离线数据处理工作组

2025年度亮点物理成果

2025年度中国组主导的物理成果汇总

另外6篇去年投稿今年发表

CP破坏

测量 Λ_b^0 和 Λ_c^+ 衰变的宇称破坏参数以及CP破坏	Phys. Rev. Lett. 133 (2024) 261804
于 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda^0 K^+ K^-$ 衰变观测到重子CP破坏迹象	Phys. Rev. Lett. 134 (2025) 101802
首次发现 $B^+ \rightarrow J\psi\pi^+$ 的CP破坏现象	Phys. Rev. Lett. 134, 101801(2025)

强子物理

首次测量 $\Xi_c(3055)$ 自旋、宇称	Phys. Rev. Lett. 134 (2025) 081901
发现显粲四夸克态 $T_{cs0}^*(2870)$ 新衰变模式	Phys. Rev. Lett. 134 (2025) 101901
发现 $D_{s1}(2460) \rightarrow D_s^+ \pi^+ \pi^-$ 衰变的奇异特性	Science Bulletin 70 (2025) 1432

2025年度中国组主导的物理成果汇总

已投稿11篇（其中6篇已发表），7篇即将投稿

CP破坏/稀有衰变

首次观测到重子CP破坏

Nature 643 (2025) 1223

首次观测到 $B_s^0 \rightarrow K_s^0 p \bar{p}$

JHEP 2507 (2025) 121

测量了 $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^*(892)^0$ CP破坏和分支比

JHEP10(2025)173

测到 $B^0 \rightarrow \rho(770)^0 K^*(892)^+$ 的CP破坏

arXiv:2508.13563 已投稿到PRL

首次观测到 $B^+ \rightarrow \Lambda p \bar{p} \bar{p}$

arxiv:2508.16259 已投稿到PRL

测量了 $\Lambda_b^0 \rightarrow p K_s h^-$ 中的CP破坏及分支比

arXiv:2508.17836 已投稿到JHEP

$\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p \pi^-$ 衰变观测到重子CP破坏迹象

LHCb-PAPER-2025-021 将投稿JHEP

首次观测到 $B^+ \rightarrow \Lambda \bar{p}$ 及CP破坏测量

LHCb-PAPER-2025-044 将投稿PRL

$B^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+$ 和 $K_S^0 K^+$ 衰变CPV的精确测量

LHCb-PAPER-2025-049 将投稿PRL

首次看到 $B^+ \rightarrow p \Lambda \mu^+ \mu^-$ 衰变的迹象

LHCb-PAPER-2025-051 将投稿PRL

首次观测到 $B_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$ (压低的W交换过程)

LHCb-PAPER-2025-053 将投稿PRL

2025年度中国组主导的物理成果汇总

已投稿11篇（其中6篇已发表），7篇即将投稿

强子物理

首次观测到 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^- K^+ K^-$ ，寻找五夸克态

Phys. Rev. D 112, 052013 (2025)

观测到双粲重子衰变 $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Xi_c^0 \pi^+ \pi^+$

JHEP10(2025)136

观测到 B_c^+ 介子径向激发态

arXiv:2507.02149 已投稿到PRL

对 $B_c^+(1P)$ 质量谱的研究

arXiv:2507.02142 已投稿到PRD

首次观测到 $B_c^+ \rightarrow D_{(s)} h^+ h^-$

LHCb-PAPER-2025-028 将投稿PRL

观测到 $T_{c\bar{c}1}(4430)^+$

LHCb-PAPER-2025-039 将投稿PRD

电弱物理

首次在LHC上精确测量Z玻色子质量

Phys. Rev. Lett. 135 (2025) 161802

CP破坏和稀有衰变

1 Nature+6 PRL (1在审+5将投) +3 JHEP (2发表+1在审) +1 Science Bulletin (将投)

➤ 底重子CP破坏:

- 首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow pK^-\pi^+\pi^-$ CP破坏
- 首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p\pi^-$ CP破坏迹象
- 测量 $\Lambda_b^0 \rightarrow pK_S^0 h^-$ 中的CP破坏及分支比

CP破坏/稀有衰变全面研究

➤ 底介子CP破坏

- 测到 $B^0 \rightarrow \rho(770)^0 K^*(892)^+$ 的CP破坏以及精确测量其极化
- 测量了 $B_s^0 \rightarrow J/\psi K^*(892)^0$ CP破坏和分支比
- $B^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+$ 和 $K_S^0 K^+$ 衰变CP破坏的精确测量

➤ 底介子含重子末态的稀有衰变:

- 首次发现 $B^+ \rightarrow p\Lambda\mu^+\mu^-$ 迹象
- 首次发现 $B_s^0 \rightarrow K_S^0 p\bar{p}$
- 首次发现 $B^+ \rightarrow \Lambda p\bar{p}\bar{p}$
- 首次发现 $B^+ \rightarrow \Lambda\bar{p}$
- 首次发现 $B_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$

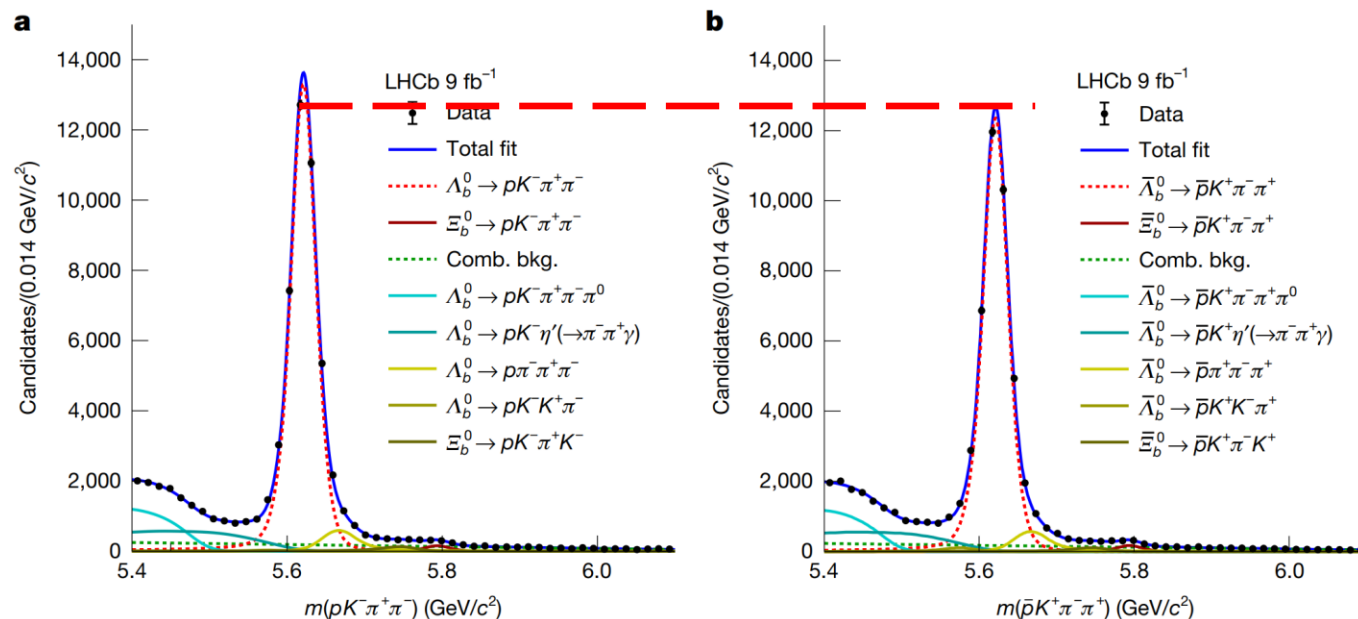
LHCb中国组在重子CP破坏方面的研究

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
$\Lambda_b^0 \rightarrow p K_S^0 h^-$	CCNU	CCNU +UCAS						CCNU +UCAS +PKU		
$\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda h^+ h^-$			CCNU +UCAS					CCNU +UCAS +PKU		
$\Lambda_b^0 \rightarrow p K^- \pi^+ \pi^-$							CCNU +UCAS +PKU + IHEP			
$\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p h^-$				UCAS + Tsinghua						
$\Lambda_b^0 \rightarrow p \pi^0 h^-$							UCAS + PKU + WHU			
$\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ h^-, \Lambda_c^+ \rightarrow p K_S^0, \Lambda h^+$					UCAS	CCNU +UCAS +PKU				
$\Lambda_b^0 \rightarrow D p h^-, D \rightarrow 2h, K_S^0 h h, 4h$					UCAS					
$\Lambda_b^0 \rightarrow D \Lambda, D \rightarrow 2h, K_S^0 h h, 4h$							UCAS			
$\Lambda_c^+ \rightarrow p h^+ h^-$							UCAS			UCAS + LZU
$\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda h^+$			CCNU						CCNU +UCAS	
$\Lambda_b^0 \rightarrow D \Lambda$					UCAS					

➤ 9年几乎寻找了所有可能的过程

首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow pK^-\pi^+\pi^-$ CP破坏

北大/国科大/华
师/高能所/清华



$$A_{CP} = (2.45 \pm 0.46 \pm 0.10)\%$$

➤ CP破坏大小超过5 σ 显著性

Nature 643 (2025) 1223

1956
李、杨
提出
P破坏

1963
Cabibbo
提出
两代夸
克混合

1970
GIM
预言
粲夸克

1973
KM提出
三代夸克
混合机制

理论?

新的
CP破
坏源?

1957
吴健雄
发现
P破坏

1958
Goldhaber
发现
C破坏

1964
Cronin、
Fitch
发现
 K^0 介子
CP破坏

1974
丁肇中、
里奇特
发现
粲夸克

1977
莱德曼
发现
底夸克

1995
费米
实验室
发现
顶夸克

2001
BaBar、
Belle
发现
 B^0 介子
CP破坏

2013
LHCb
发现
 B_s^0 介子
CP破坏

2019
LHCb
发现
 D^0 介子
CP破坏

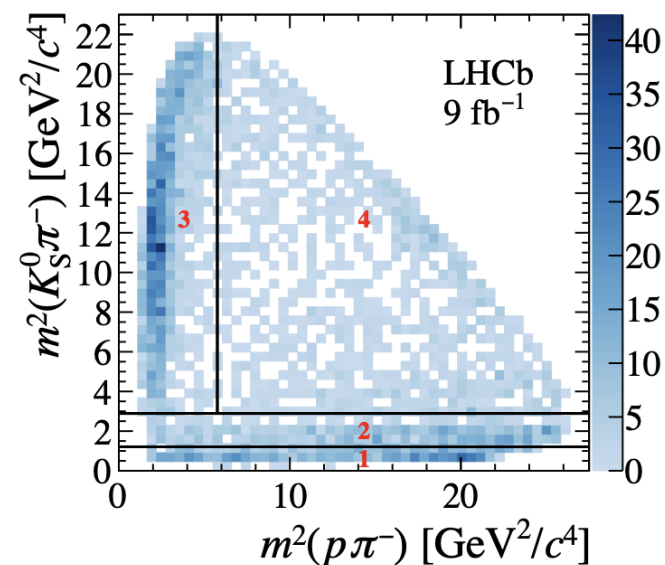
2025
LHCb
发现
 Λ_b^0 重子
CP破坏

实验?

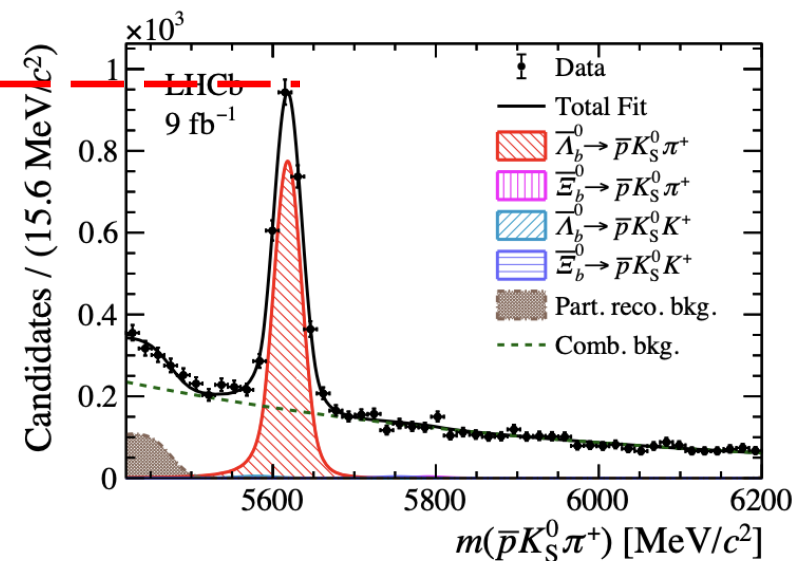
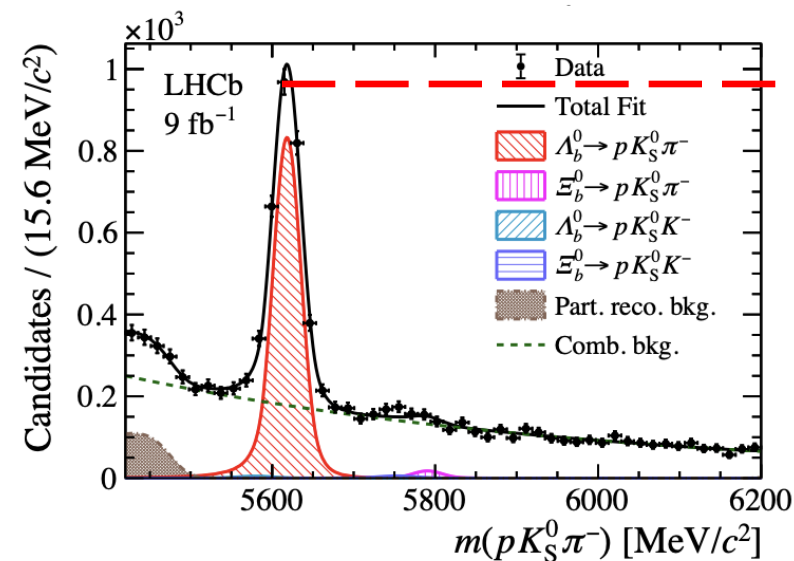
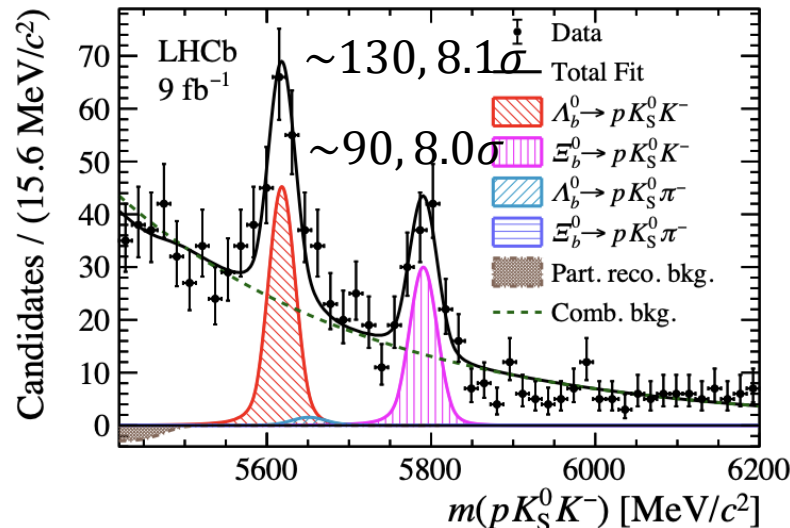
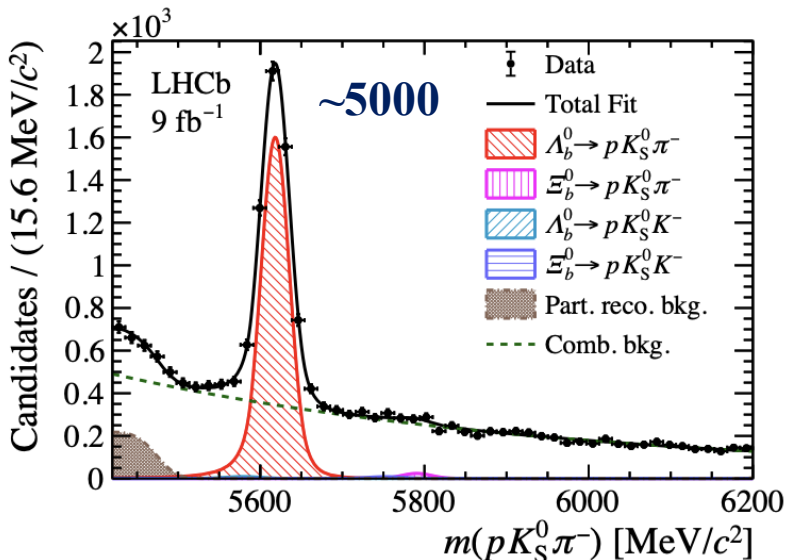
测量 $\Lambda_b^0 \rightarrow p K_S^0 h^-$ 中的CP破坏和分支比

华师/国科大/北大

$$\mathcal{A}^{CP}(\Lambda_b^0 \rightarrow p K_S^0 \pi^-) = (3.4 \pm 1.9 \pm 0.9)\%$$



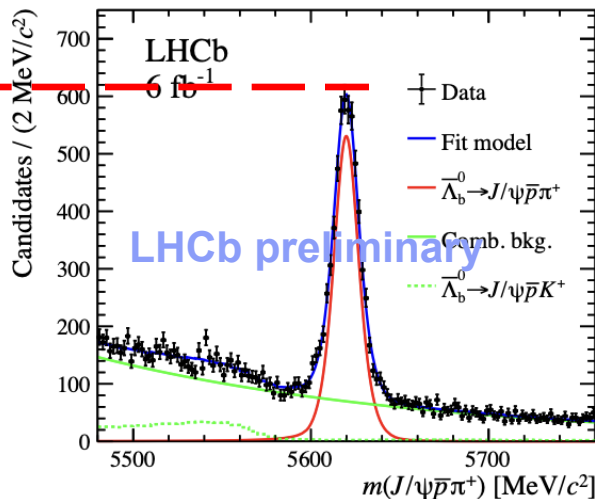
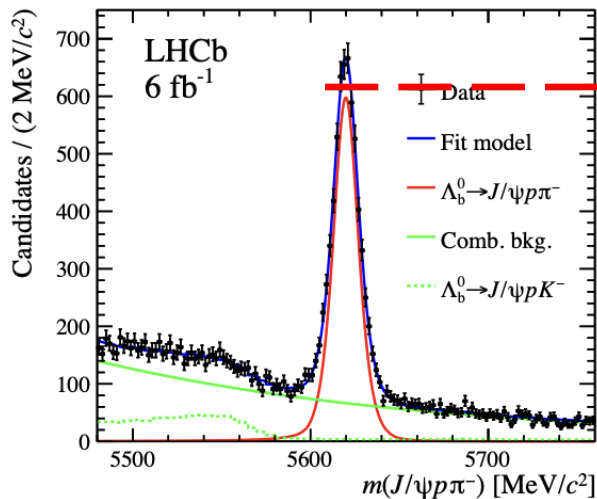
	$m(p\pi^-)$	$m(K_S^0\pi^-)$	Yield	$\mathcal{A}^{CP}$ [%]
Bin 1	-	$< 1.1 \text{ GeV}^2/c^2$	821 ± 34	$-0.6 \pm 4.0 \pm 1.9$
Bin 2	-	$[1.1, 1.7] \text{ GeV}^2/c^2$	870 ± 40	$12.4 \pm 4.2 \pm 1.8$
Bin 3	$< 2.4 \text{ GeV}^2/c^2$	$> 1.7 \text{ GeV}^2/c^2$	2200 ± 50	$0.5 \pm 2.4 \pm 1.1$
Bin 4	$> 2.4 \text{ GeV}^2/c^2$	$> 1.7 \text{ GeV}^2/c^2$	840 ± 50	$3.3 \pm 5.5 \pm 2.0$



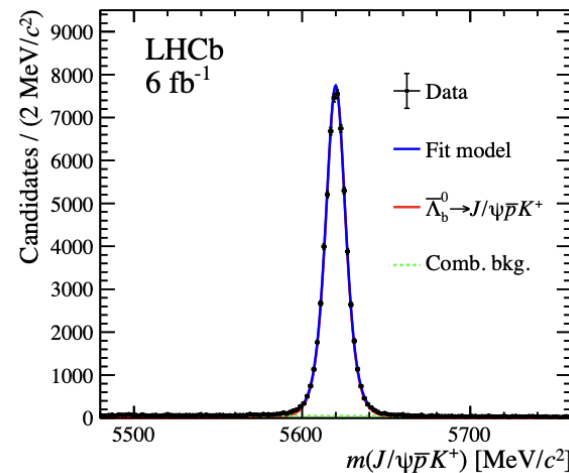
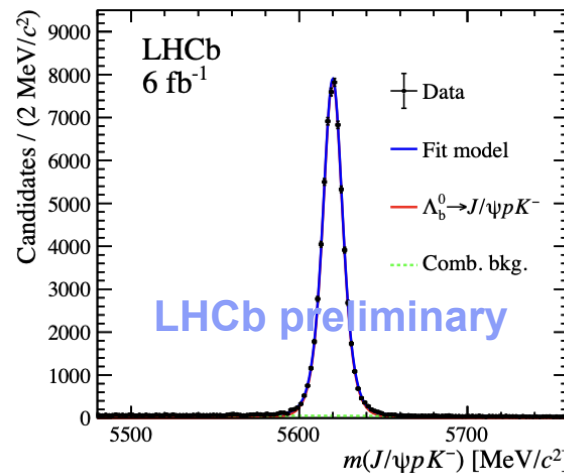
arXiv:2508.17836 已提交到JHEP

发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p \pi^-$ 中的CP破坏的迹象

清华/国科大



$\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p \pi^-$



$\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p K^-$

➤ 3.3σ显著性的CP破坏迹象

$$\Delta\mathcal{A}_{CP} = \mathcal{A}_{CP}(\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p \pi^-) - \mathcal{A}_{CP}(\Lambda_b^0 \rightarrow J/\psi p K^-) = (4.03 \pm 1.18 \pm 0.23)\%,$$

LHCb-PAPER-2025-021 计划
提交Science Bulletin

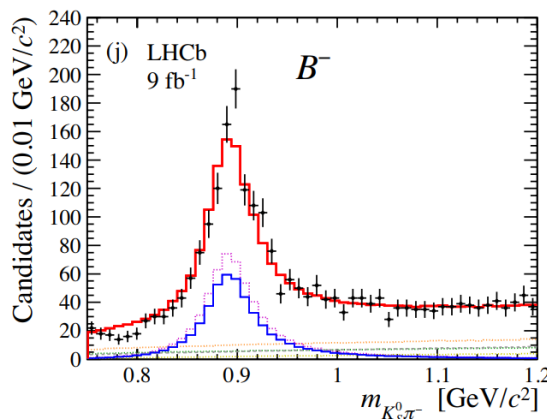
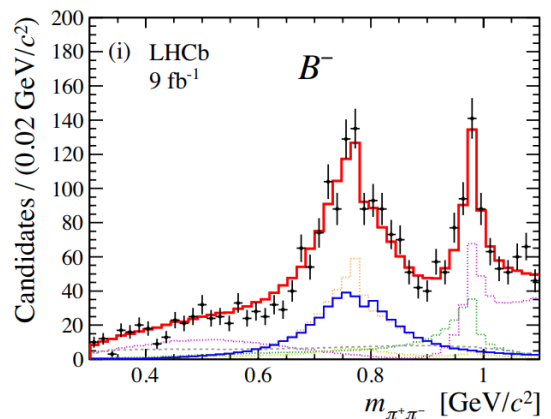
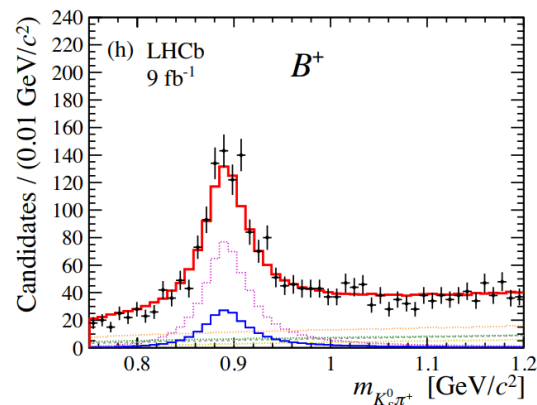
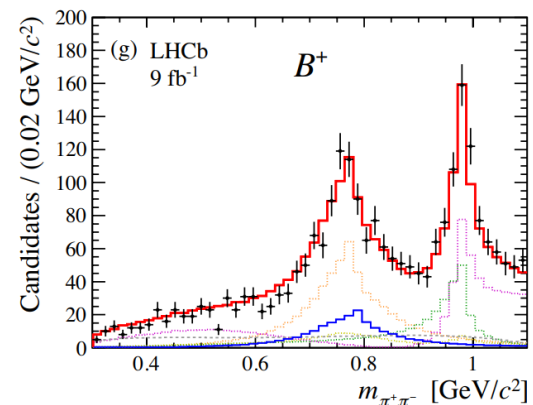
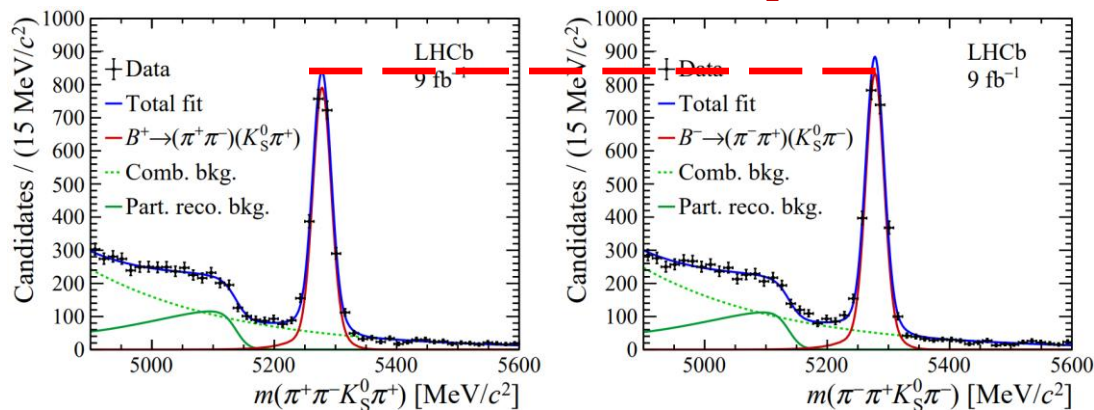
LHCb preliminary

➤ 发现5夸克态的衰变过程中看到了CP破坏迹象

$$\Delta\mathcal{A}_{CP} = (4.31 \pm 1.06 \pm 0.28)\%.$$

测量 $B^0 \rightarrow \rho(770)^0 K^*(892)^+$ 的CP破坏及极化

北大



$$\mathcal{A}_{CP} \equiv \frac{\sum_{\lambda} (|\bar{A}_{\lambda}|^2 - |A_{\lambda}|^2)}{\sum_{\lambda} (|\bar{A}_{\lambda}|^2 + |A_{\lambda}|^2)} = 0.507 \pm 0.062 \pm 0.017.$$

$$f_L \equiv \frac{|A_0|^2 + |\bar{A}_0|^2}{\sum_{\lambda} (|A_{\lambda}|^2 + |\bar{A}_{\lambda}|^2)} = 0.720 \pm 0.028 \pm 0.009,$$

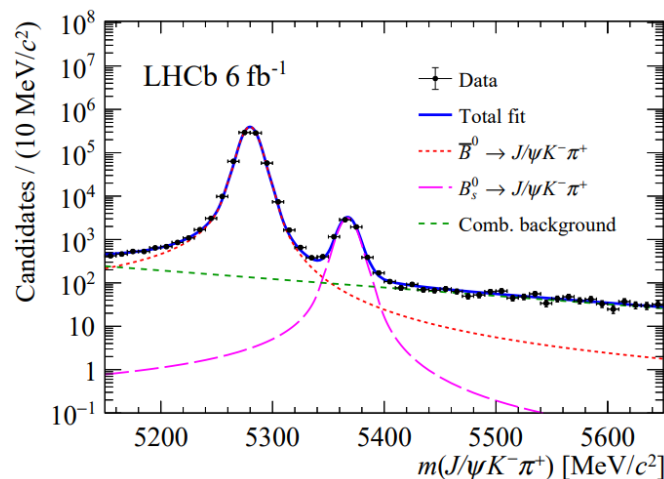
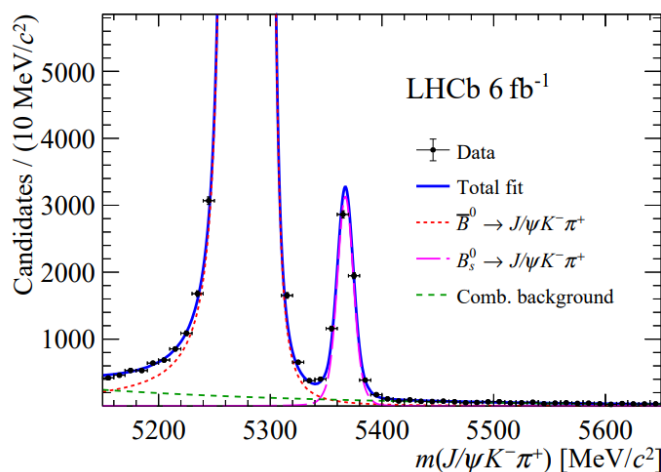
$$f_L^+ \equiv \frac{|A_0|^2}{\sum_{\lambda} |A_{\lambda}|^2} = 0.491 \pm 0.083 \pm 0.025,$$

$$f_L^- \equiv \frac{|\bar{A}_0|^2}{\sum_{\lambda} |\bar{A}_{\lambda}|^2} = 0.794 \pm 0.025 \pm 0.007$$

arXiv:2508.13563 已投稿至PRL

测量 $B^0 \rightarrow J/\psi K^*(892)^0$ 的CP破坏

华中师大



$$\begin{aligned}
 f_0 &= 0.528 \pm 0.011 (\text{stat}) \pm 0.009 (\text{syst}), \\
 f_{\parallel} &= 0.205 \pm 0.012 (\text{stat}) \pm 0.005 (\text{syst}), \\
 A_0^{CP} &= 0.021 \pm 0.026 (\text{stat}) \pm 0.007 (\text{syst}), \\
 A_{\parallel}^{CP} &= -0.073 \pm 0.060 (\text{stat}) \pm 0.007 (\text{syst}), \\
 A_{\perp}^{CP} &= 0.057 \pm 0.049 (\text{stat}) \pm 0.014 (\text{syst}).
 \end{aligned}$$

JHEP 10 (2025) 173

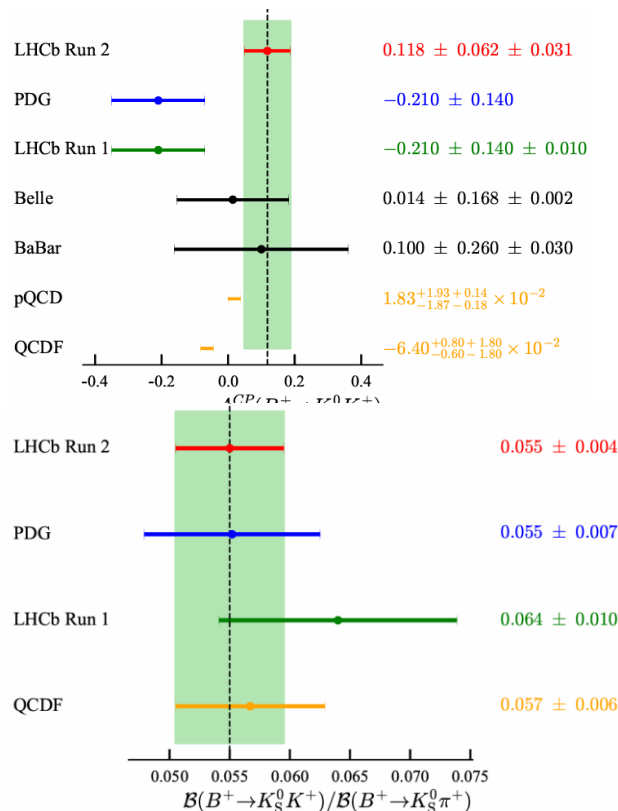
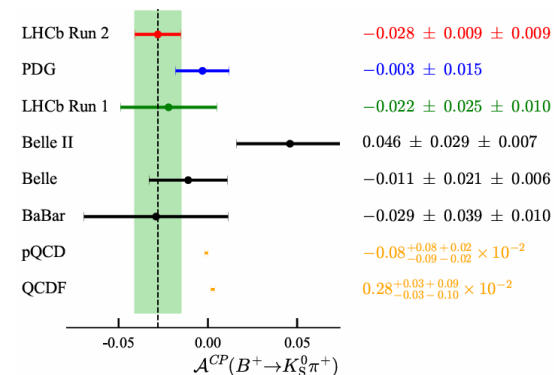
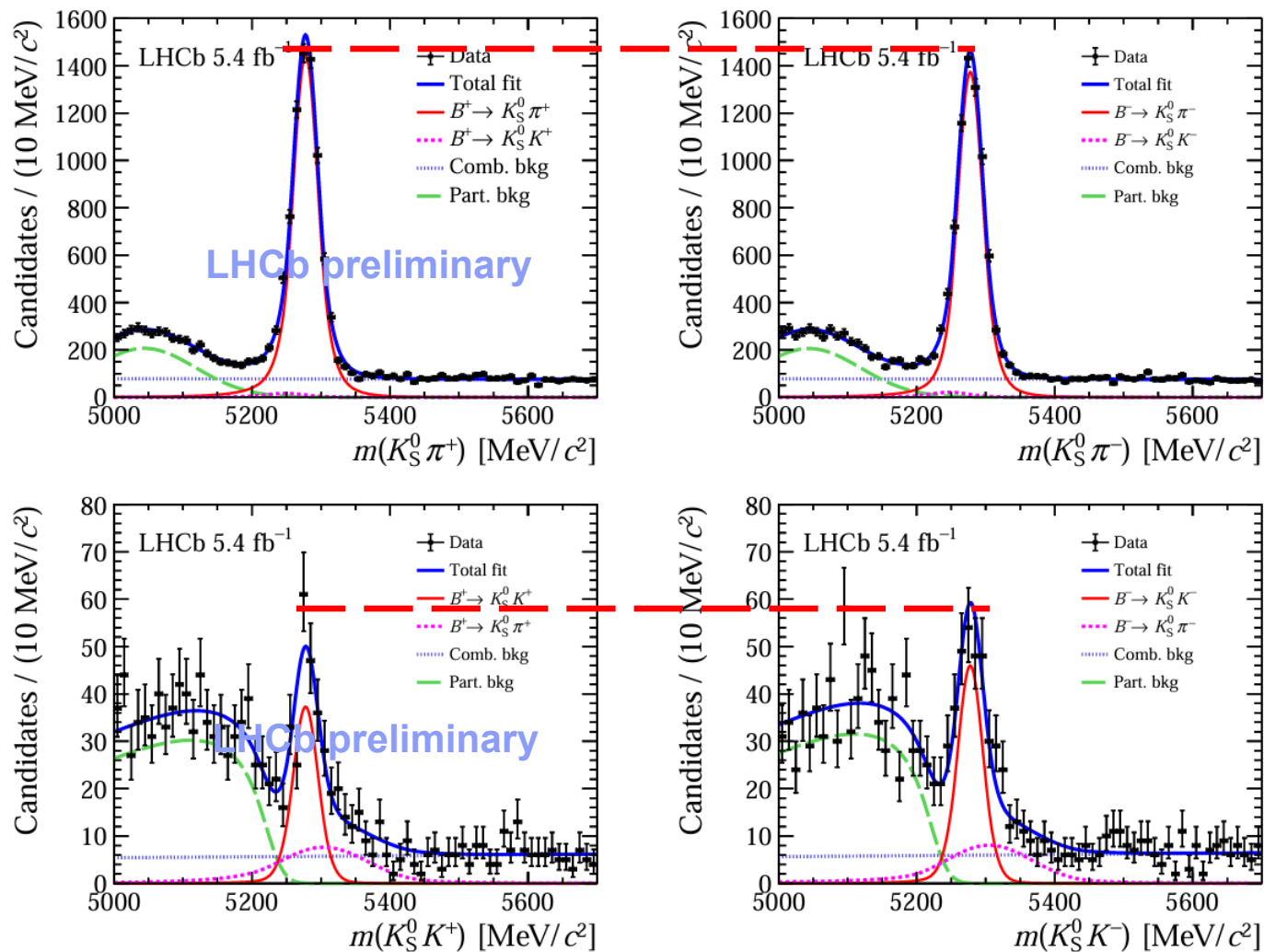
$$\frac{\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow J/\psi \bar{K}^{*0})}{\mathcal{B}(B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0})} = (3.12 \pm 0.09 (\text{stat}) \pm 0.06 (\text{syst}) \pm 0.10 (\frac{f_d}{f_s}))\%.$$

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow J/\psi \bar{K}^{*0}) = (4.13 \pm 0.12 (\text{stat}) \pm 0.07 (\text{syst}) \pm 0.14 (\frac{f_d}{f_s}) \pm 0.45 (\mathcal{B}_{B^0})) \times 10^{-5}.$$

➤ 为理解 ϕ_s 的企鹅图贡献提供输入

$B^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+$ 和 $K_S^0 K^+$ 过程 CP 破坏的精确测量

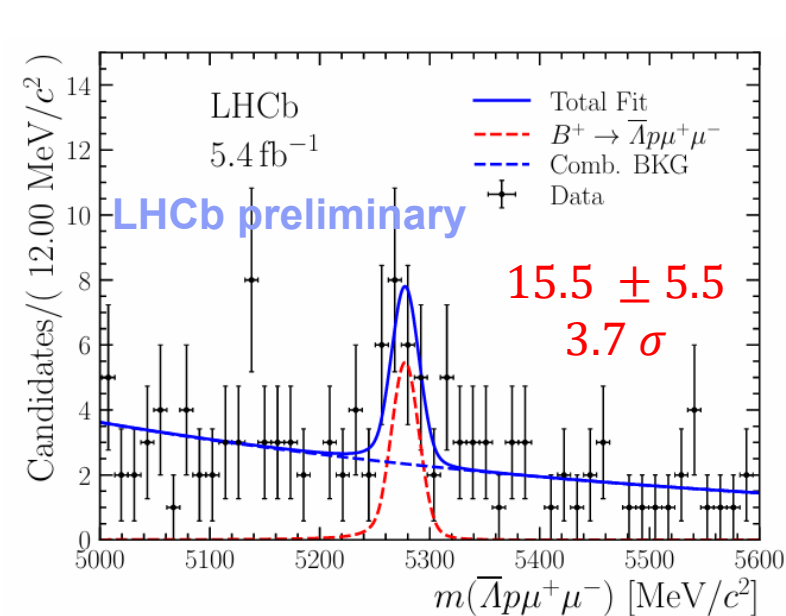
华中师大



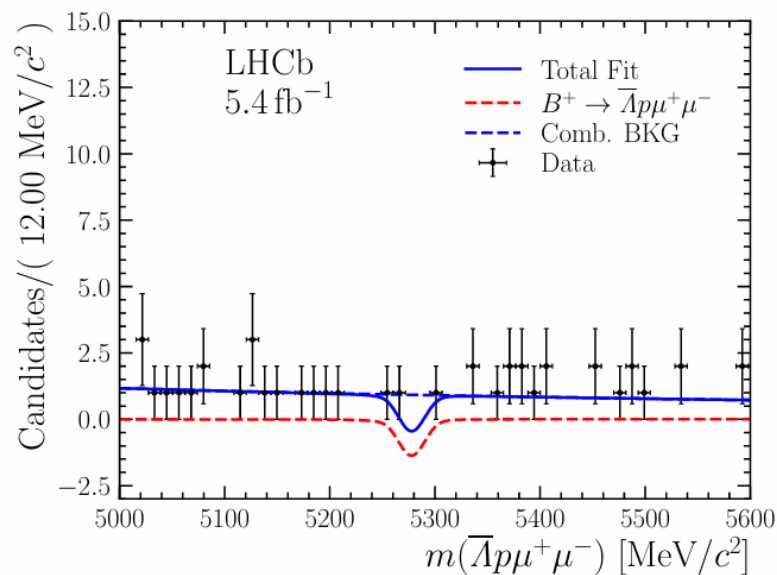
LHCb-PAPER-2025-049 计划投稿PRL

寻找稀有衰变 $B^+ \rightarrow p\Lambda\mu^+\mu^-$

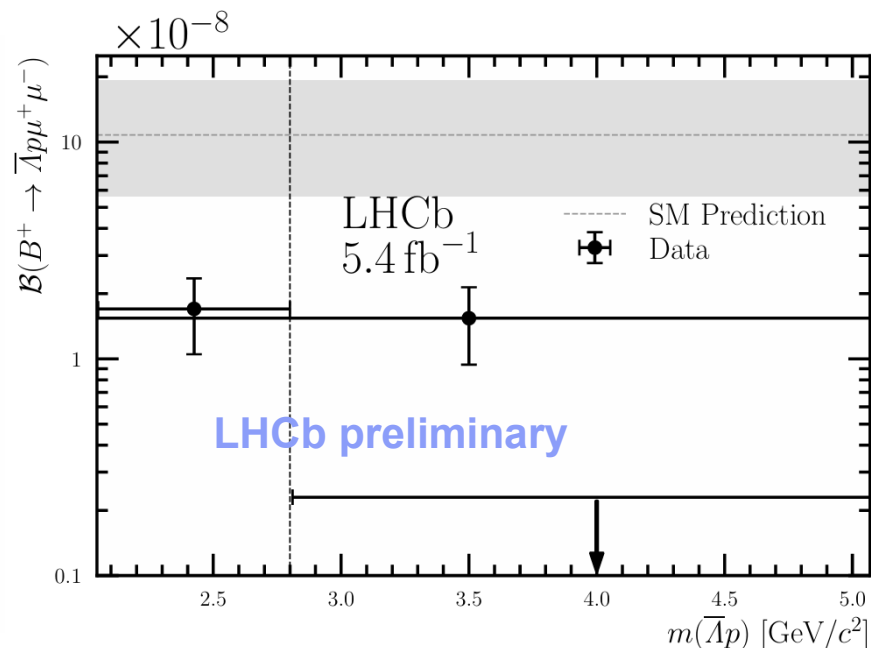
武大



$$m(\bar{\Lambda}p) < 2.8 \text{ GeV}/c^2$$



$$m(\bar{\Lambda}p) > 2.8 \text{ GeV}/c^2$$



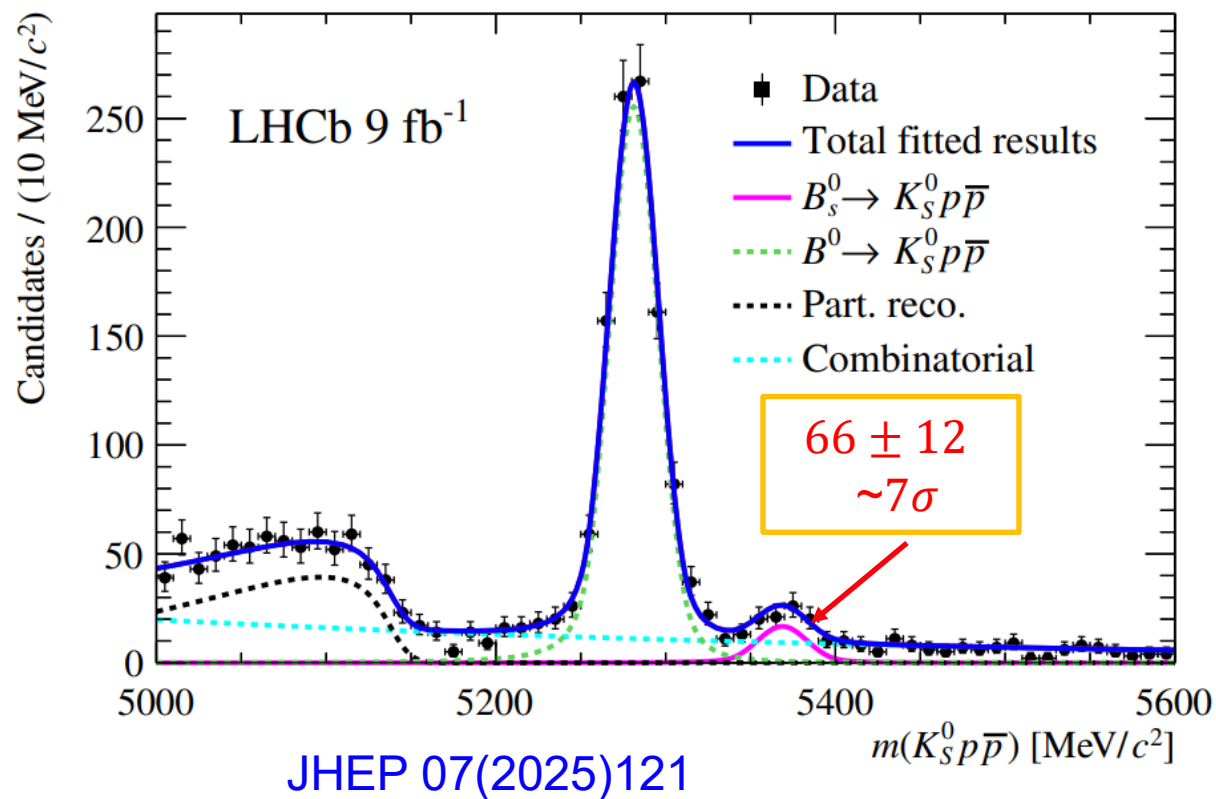
LHCb-PAPER-2025-051 计划投稿PRL

$$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \bar{\Lambda}p\mu^+\mu^-)|_{m(\bar{\Lambda}p) < 2.8 \text{ GeV}/c^2} = (1.70 \pm 0.60_{\text{stat}} \pm 0.19_{\text{syst}} \pm 0.14_{\text{ext}}) \times 10^{-8}, \text{ LHCb preliminary}$$

➤ 比标准模型预言低一个量级

首次发现 $B_s^0 \rightarrow K_s^0 p \bar{p}$

华中师大

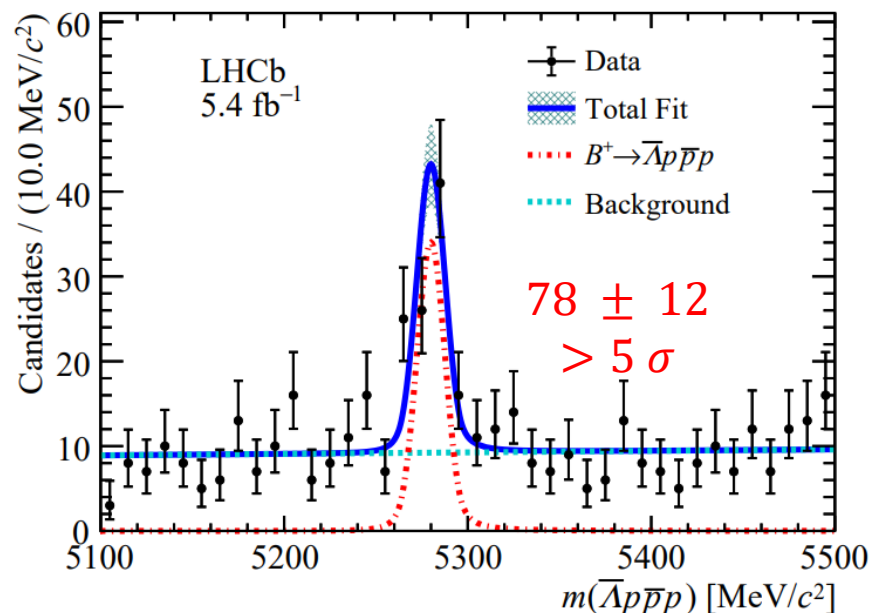


$$\mathcal{B}(B^0 \rightarrow K^0 p \bar{p}) = (2.82 \pm 0.08 \pm 0.12 \pm 0.10) \times 10^{-6},$$

$$\mathcal{B}(B_s^0 \rightarrow K^0 p \bar{p}) = (9.14 \pm 1.69 \pm 0.90 \pm 0.33 \pm 0.20) \times 10^{-7}.$$

首次发现 $B^+ \rightarrow \Lambda p \bar{p} p$

武大

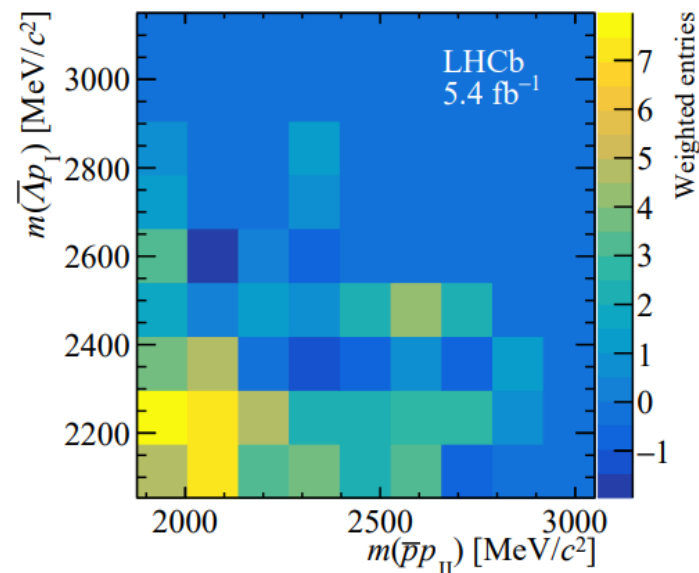
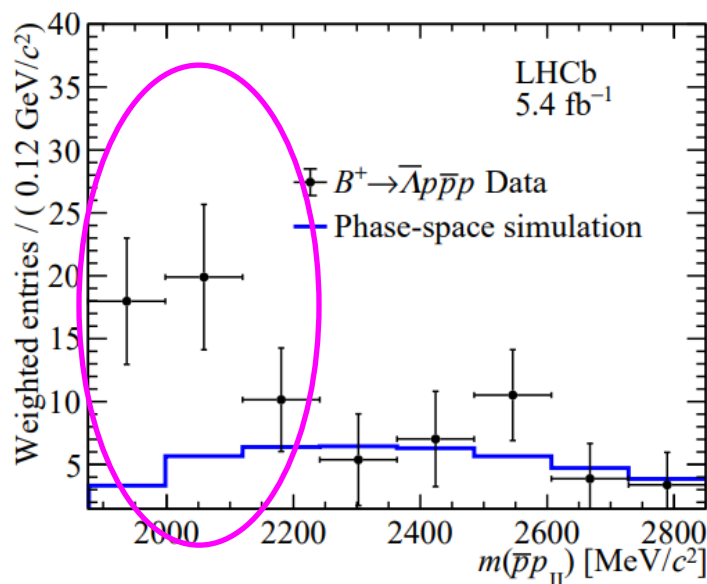
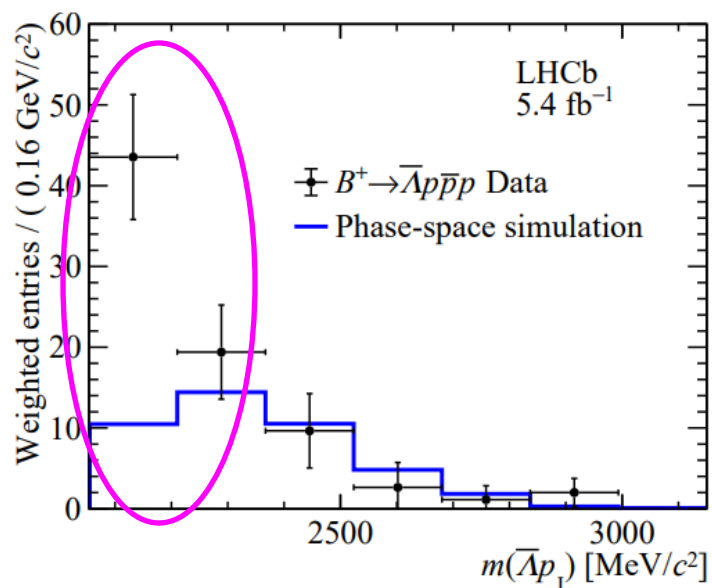


➤ 首次看到双重子-反重子阈值增强效应

$$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow \bar{\Lambda} p \bar{p} p) = (2.08 \pm 0.34 \pm 0.12 \pm 0.26) \times 10^{-7}$$

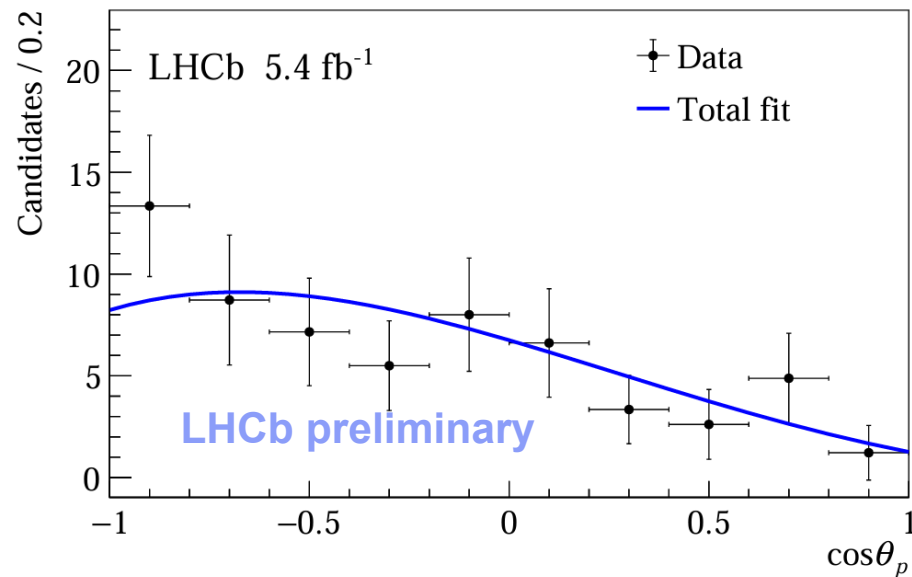
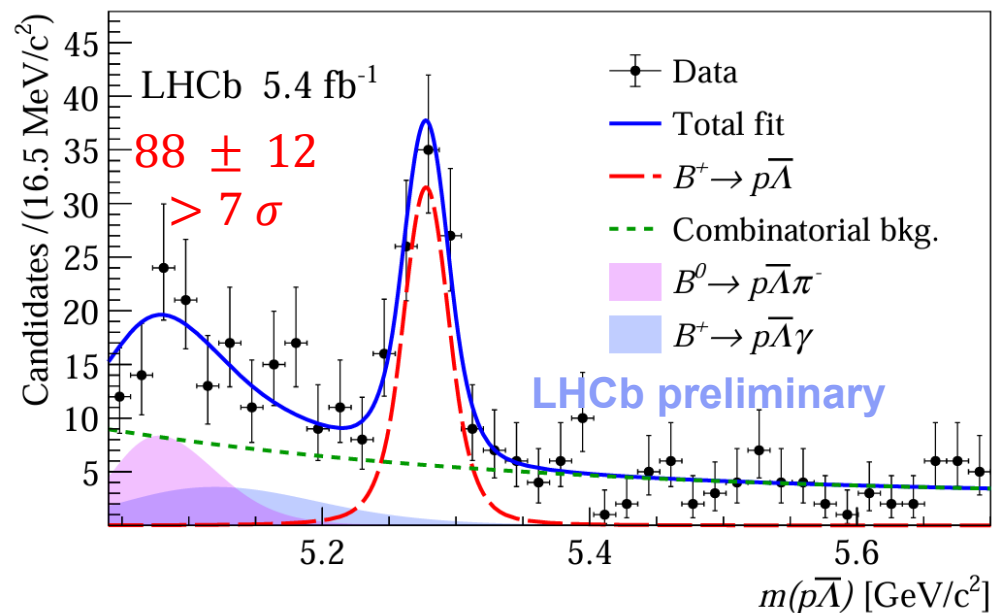
$$\mathcal{A}_{CP} = (5.4 \pm 15.6 \pm 2.4)\%$$

arxiv:2508.16259 已投稿至PRL



首次发现 $B^+ \rightarrow \Lambda \bar{p}$

华中师大/湖大



LHCb-PAPER-2025-044 计划投稿RPL

$$\mathcal{B}(B^+ \rightarrow p\bar{\Lambda}) = (1.24 \pm 0.17 \pm 0.05 \pm 0.03) \times 10^{-7}$$

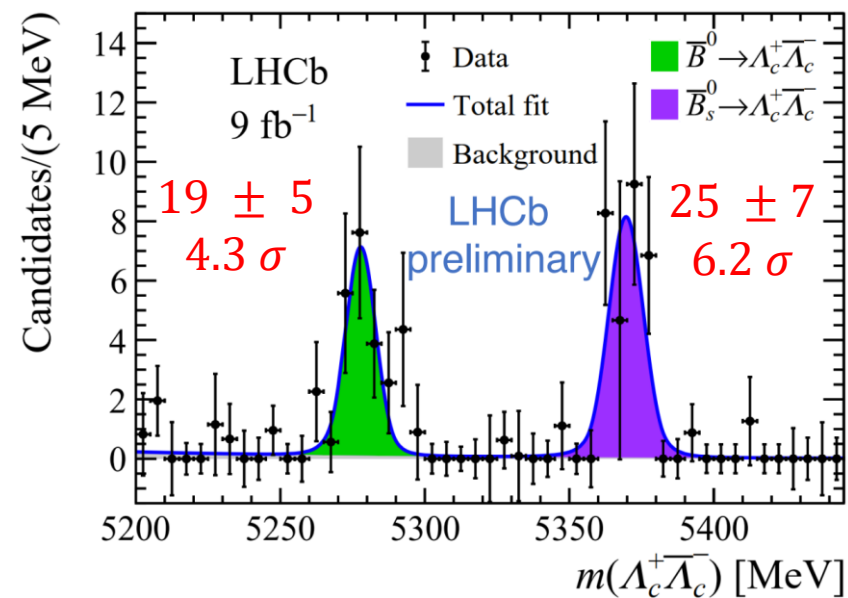
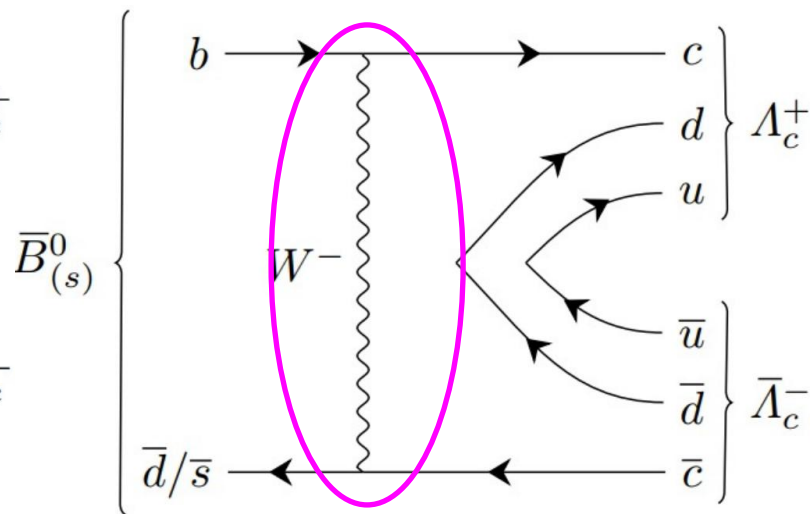
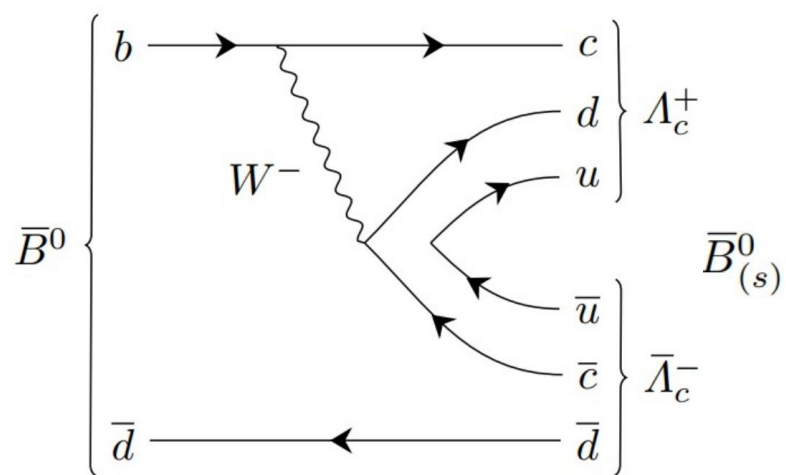
LHCb preliminary

$$\frac{d\Gamma}{d\cos\theta_p} \propto (1 - \alpha_\Lambda \alpha_B \cos\theta_p) \cdot \epsilon(\cos\theta_p), \quad \alpha_B = 0.87_{-0.29}^{+0.26} \pm 0.09,$$

➤ 暗示S波和P波有强干涉，可能导致不同分波的CP不对称性出现显著抵消

首次发现 $B_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-$

湖大/国科大



LHCb-PAPER-2025-053 计划投稿RPL

- 首次发现底介子含重子末态衰变中的w内交换机制，进一步深入理解了重子产生的QCD机制

$$\mathcal{B}(\bar{B}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-) = (1.01_{-0.28}^{+0.27} \pm 0.08 \pm 0.15) \times 10^{-5},$$

$$\mathcal{B}(\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^-) = (5.0 \pm 1.3 \pm 0.5 \pm 0.8) \times 10^{-5},$$

强子物理

2 PRL (1在审+1将投) +1 JHEP+3 PRD (1发表+1在审+1将投)

➤ B_c^+ 物理

□ B_c^+ 介子激发态 (1P)

□ 首次发现 $B_c^+ \rightarrow D_{(s)} h^+ h^-$

强子结构深入研究

➤ 双粲重子: $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Xi_c^0 \pi^+ \pi^+$

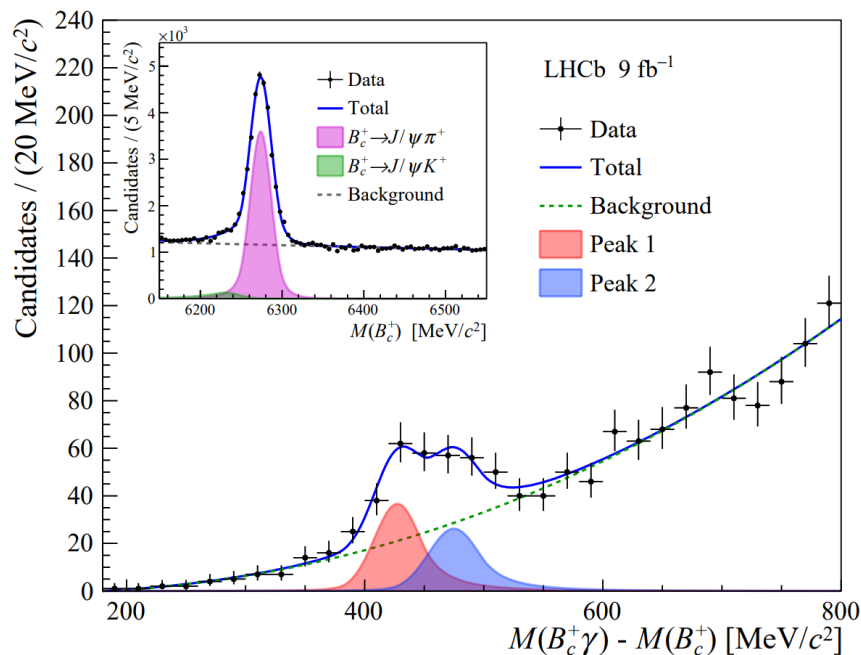
➤ 多夸克态研究

□ 观测到 $T_{c\bar{c}1}(4430)^+$

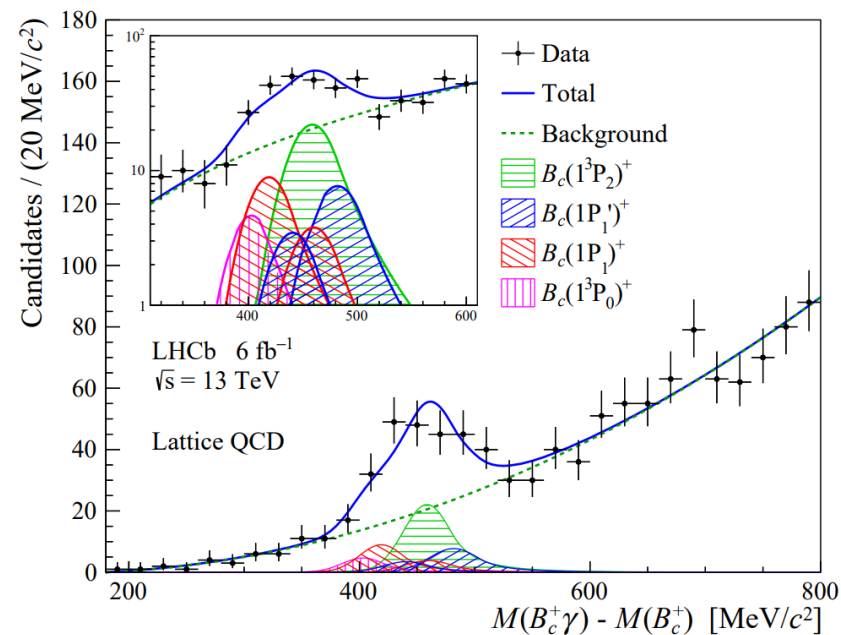
□ 首次发现 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^- K^+ K^-$, 寻找五夸克态

B_c^+ 介子激发态 (1P)

北大



arxiv: 2507.02149 已投稿至PRL



arxiv: 2507.02142 已投稿至PRD

$$\begin{pmatrix} 1P_1' \\ 1P_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1^1P_1 \\ 1^3P_1 \end{pmatrix}$$

$$M_1 = 6704.8 \pm 5.5 \pm 2.8 \pm 0.3 \text{ MeV}/c^2$$

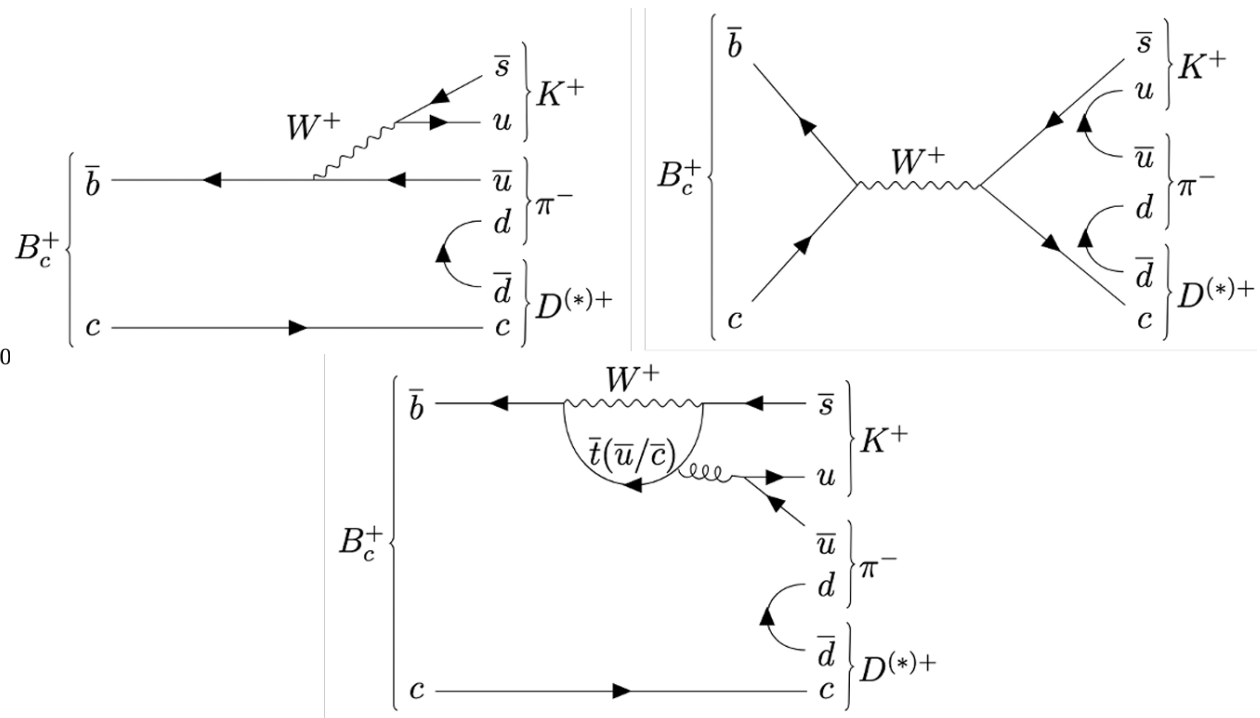
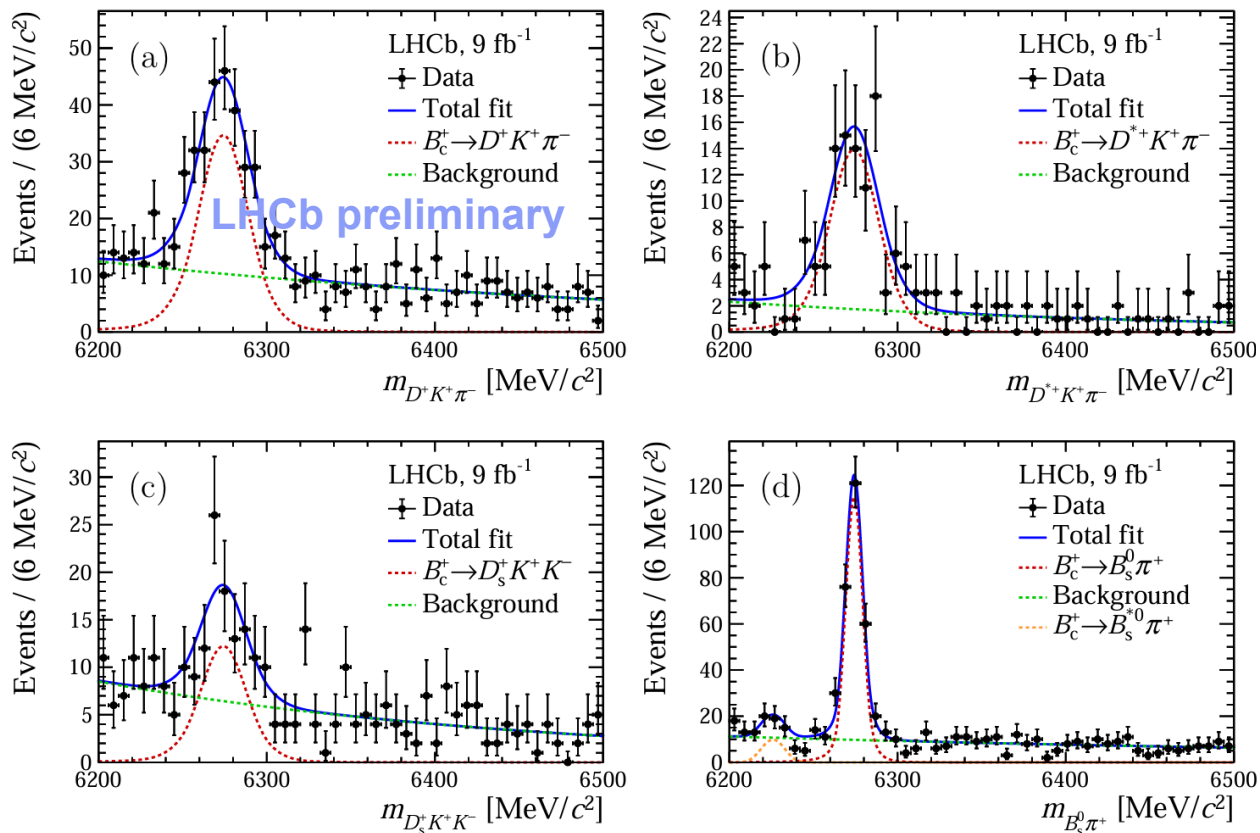
$$M_2 = 6752.4 \pm 9.5 \pm 3.1 \pm 0.3 \text{ MeV}/c^2$$

➤ 相对产额:

$$R = 0.20 \pm 0.03 \pm 0.03$$

首次发现 $B_c^+ \rightarrow D_{(s)} h^+ h^-$

北大



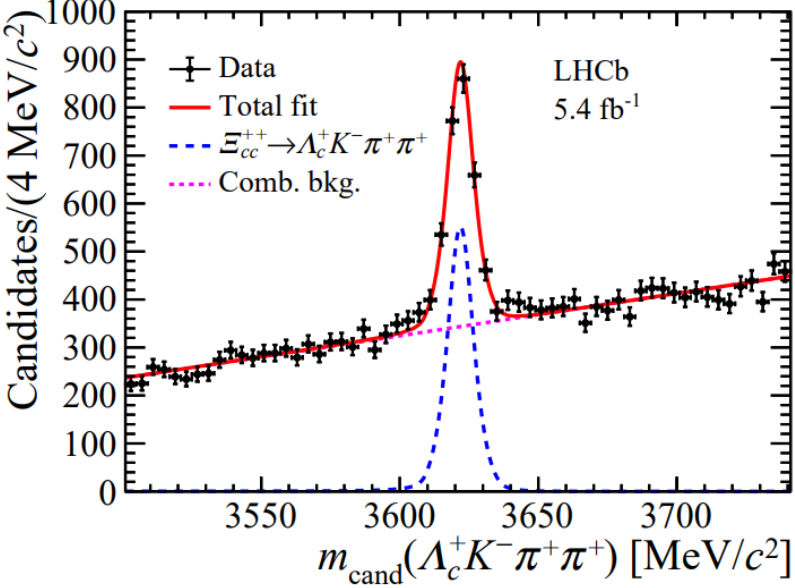
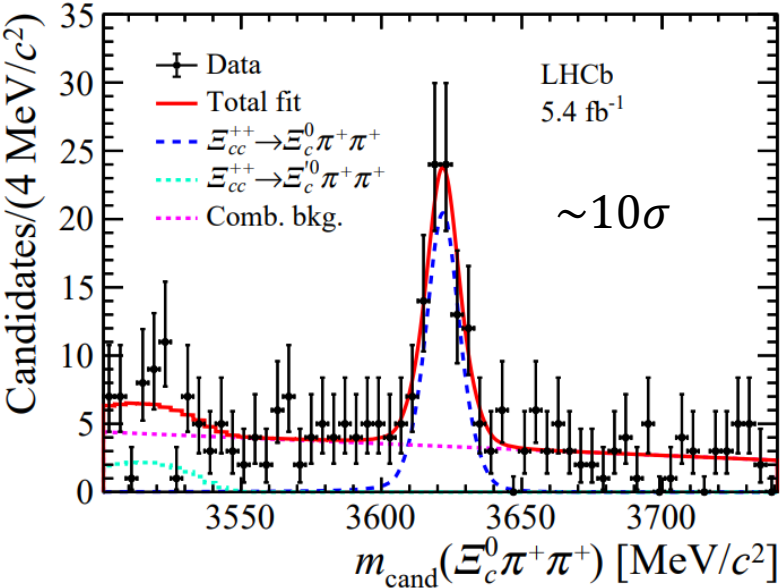
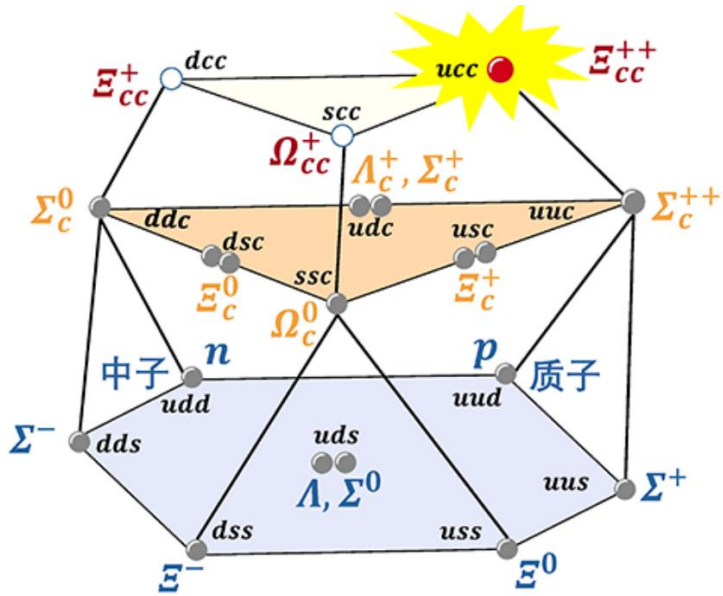
➤ 深入系统的研究了 B_c^+ 的衰变机制

LHCb-PAPER-2025-028 计划投稿PRL

$$\begin{aligned} \mathcal{R}(B_c^+ \rightarrow D^+ K^+ \pi^-) &= (1.96 \pm 0.23 \pm 0.08 \pm 0.10) \times 10^{-3}, \\ \mathcal{R}(B_c^+ \rightarrow D^{*+} K^+ \pi^-) &= (3.67 \pm 0.55 \pm 0.24 \pm 0.20) \times 10^{-3}, \\ \mathcal{R}(B_c^+ \rightarrow D_s^+ K^+ K^-) &= (1.61 \pm 0.35 \pm 0.13 \pm 0.07) \times 10^{-3}. \end{aligned}$$

发现 $\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Xi_c^0 \pi^+ \pi^+$

北大



JHEP10(2025) 136

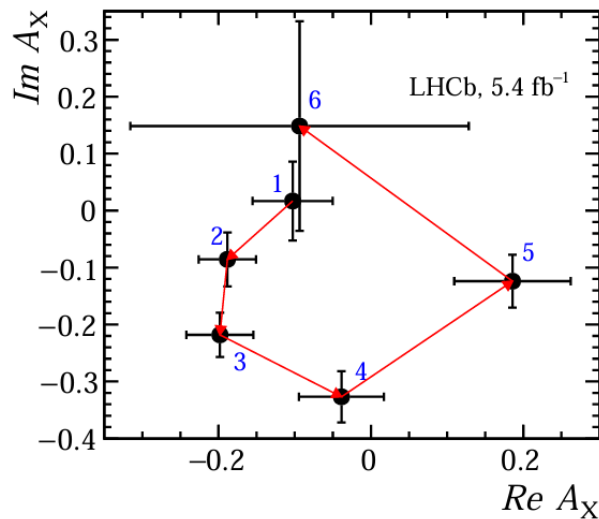
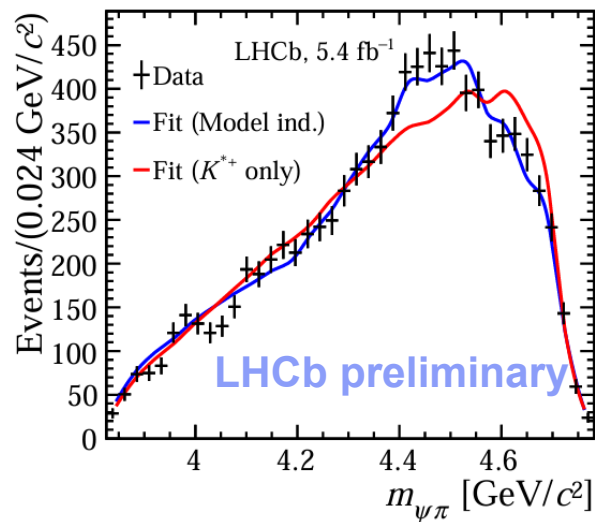
Category	N_{sig}	N_{norm}	$\varepsilon_{\text{sig}} [\times 10^{-4}]$	$\varepsilon_{\text{norm}} [\times 10^{-4}]$
TIS	62 ± 9	1279 ± 55	1.159 ± 0.023	2.547 ± 0.090
exTOS	21 ± 6	461 ± 34	0.286 ± 0.011	0.624 ± 0.034

$\mathcal{R} = 0.107 \pm 0.016(\text{stat}) \pm 0.007(\text{syst})$, for the TIS sample,
 $\mathcal{R} = 0.100 \pm 0.029(\text{stat}) \pm 0.012(\text{syst})$, for the exTOS sample.

$$\frac{\mathcal{B}(\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Xi_c^0 \pi^+ \pi^+)}{\mathcal{B}(\Xi_{cc}^{++} \rightarrow \Lambda_c^+ K^- \pi^+ \pi^+)} = 1.37 \pm 0.18(\text{stat}) \pm 0.09(\text{syst}) \pm 0.35(\text{ext})$$

测到 $T_{c\bar{c}1}(4430)^+$ 四夸克态

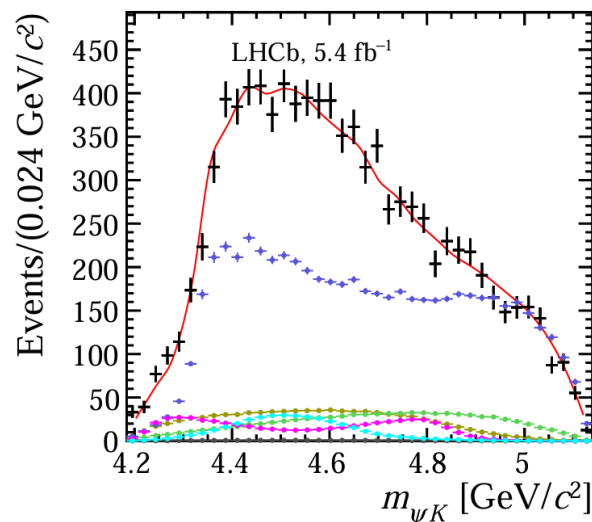
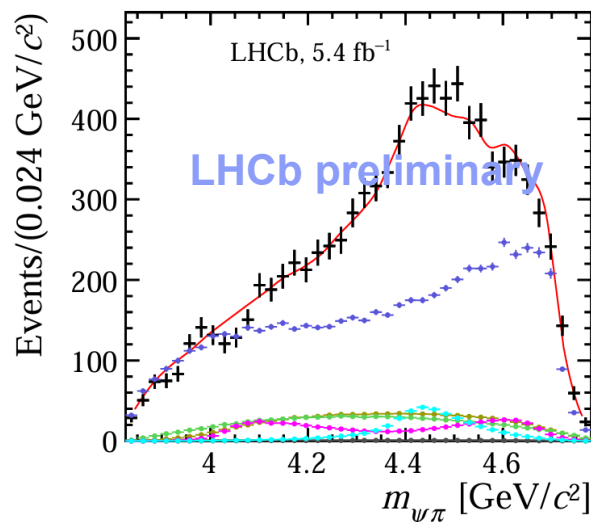
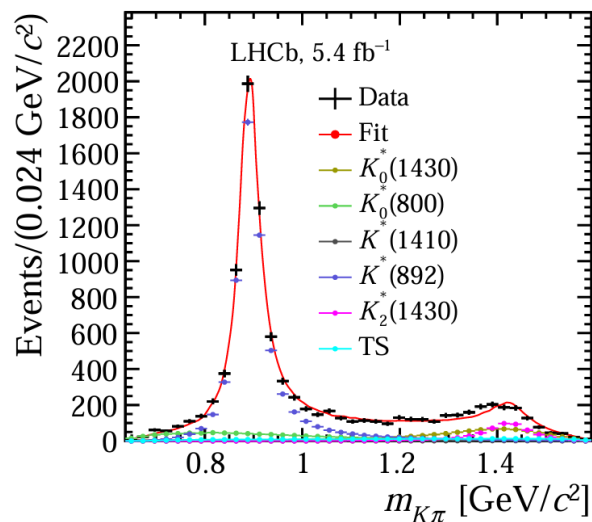
北大



$$M_{T_{c\bar{c}}^+} = 4.452 \pm 0.016^{+0.055}_{-0.033} \text{ GeV}/c^2$$

$$\Gamma_{T_{c\bar{c}}^+} = 0.174 \pm 0.019^{+0.083}_{-0.020} \text{ GeV},$$

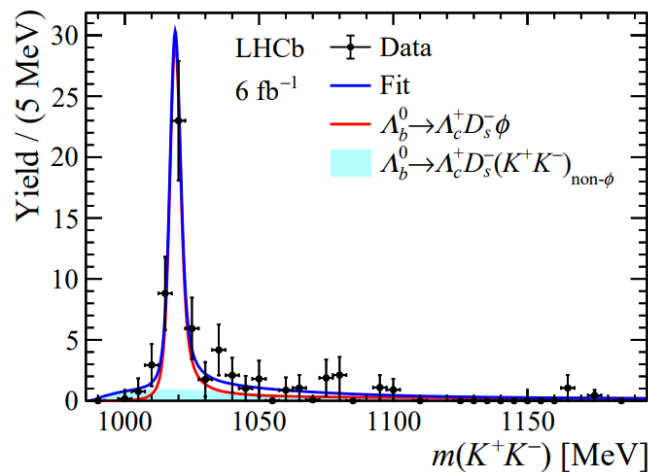
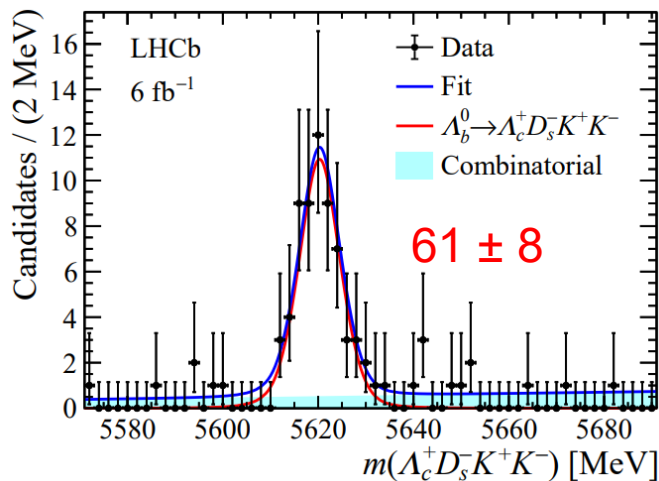
$$J^P = 1^+ \quad f_{T_{c\bar{c}}^+} = (3.7 \pm 0.6^{+4.0}_{-0.7})\%$$



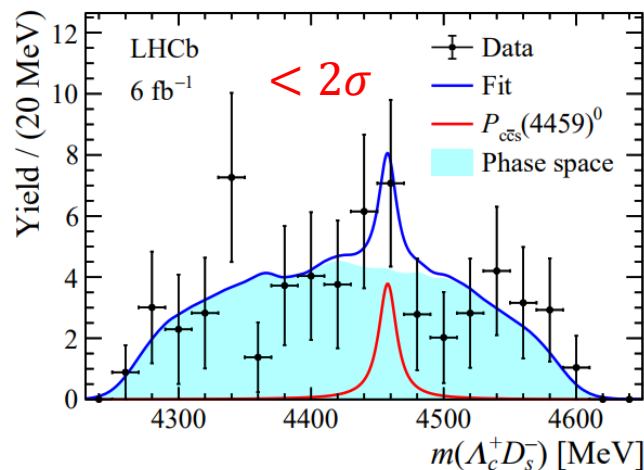
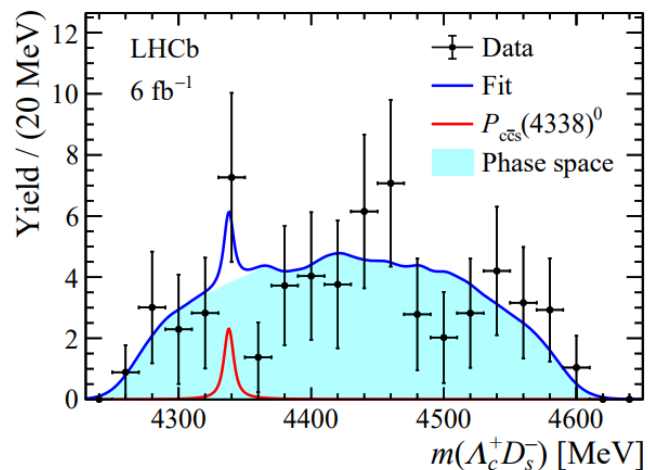
LHCb-PAPER-2025-039 计划投稿PRD letter

观测到 $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^- K^+ K^-$ 衰变，寻找五夸克态

国科大/兰大



$$\frac{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^- K^+ K^-)}{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^-)} = 0.0141 \pm 0.0019 \pm 0.0012,$$



$$\mathcal{R}_{P_{c\bar{c}s}^0} \equiv \frac{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow P_{c\bar{c}s}^0 K^+ K^-)}{\mathcal{B}(\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^- K^+ K^-)} \cdot \mathcal{B}(P_{c\bar{c}s}^0 \rightarrow \Lambda_c^+ D_s^-),$$

$$\mathcal{R}_{P_{c\bar{c}s}(4459)^0} < 0.20(0.17) \text{ at the 95\% (90\%)}$$

Phys. Rev. D 112, 052013 (2025)

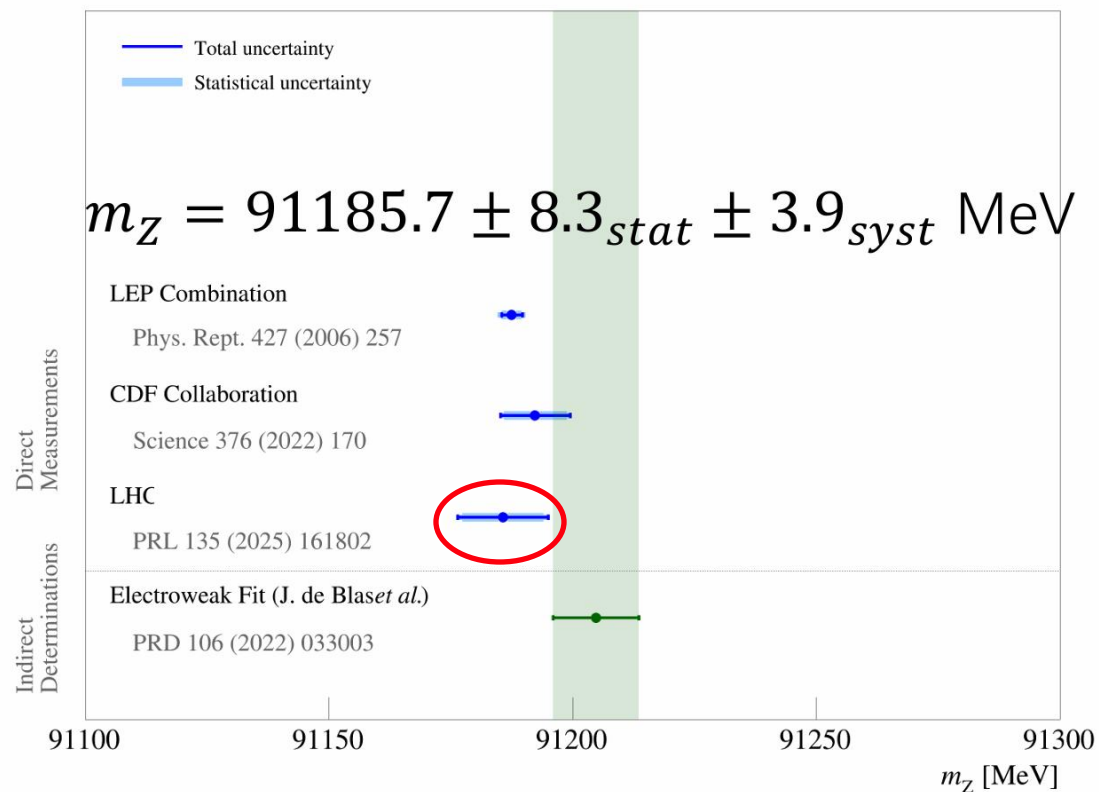
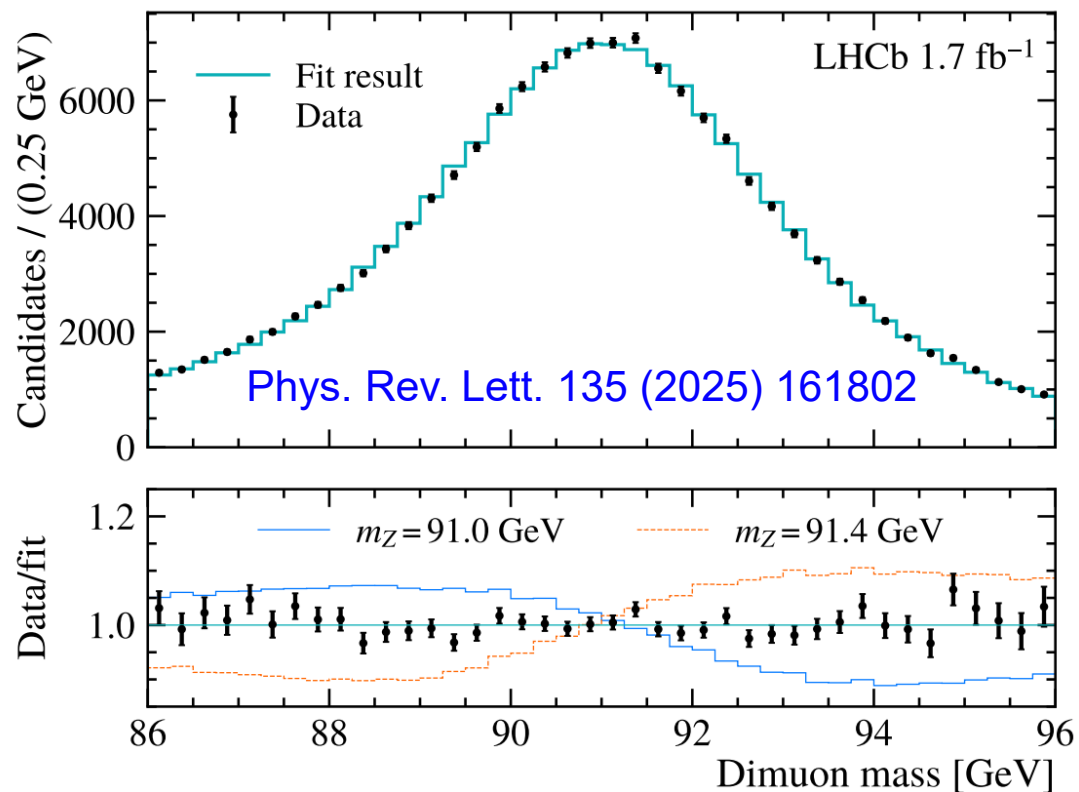
电弱物理

1 PRL (已发表)

- 首次在LHC上精确测量Z玻色子质量

测量Z玻色子质量

华中师大

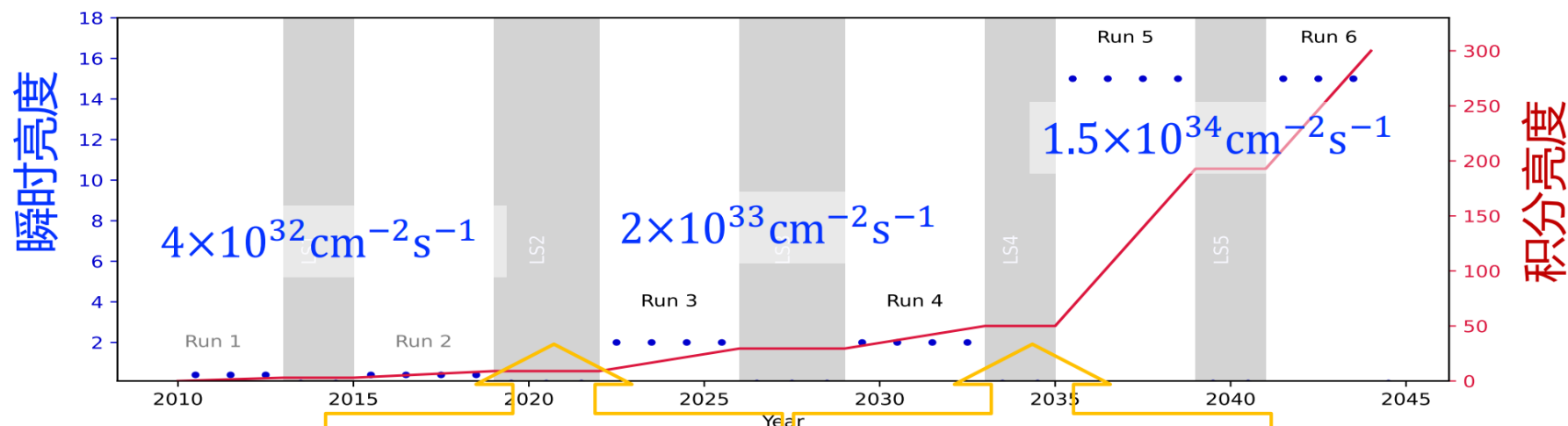


$$m_Z = 91185.7 \pm 8.3 \pm 3.9 \text{ MeV},$$

➤ LHCb未来有望挑战LEP对Z玻色子质量测量的精度

探测器运行以及升级服务

LHCb升级计划和挑战



一期升级

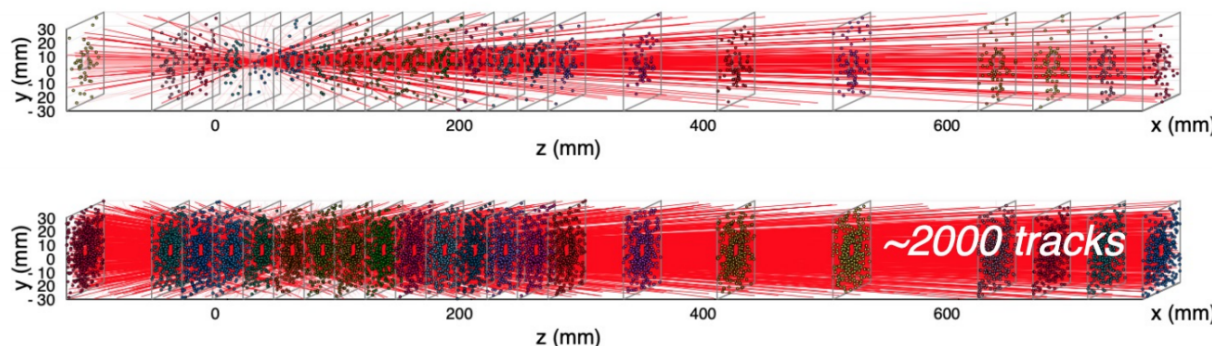
- 亮度提升×5
- 更换全部径迹探测器
- 移除硬件触发

二期升级

- 亮度提升×7.5
- 可处理事例堆积
- 高抗辐照的子探测器

高辐照剂量
高事例堆积

顶点探测器
中的 pp 对撞
顶点和径迹



当前：事例堆积 ~5

未来：事例堆积 ~40

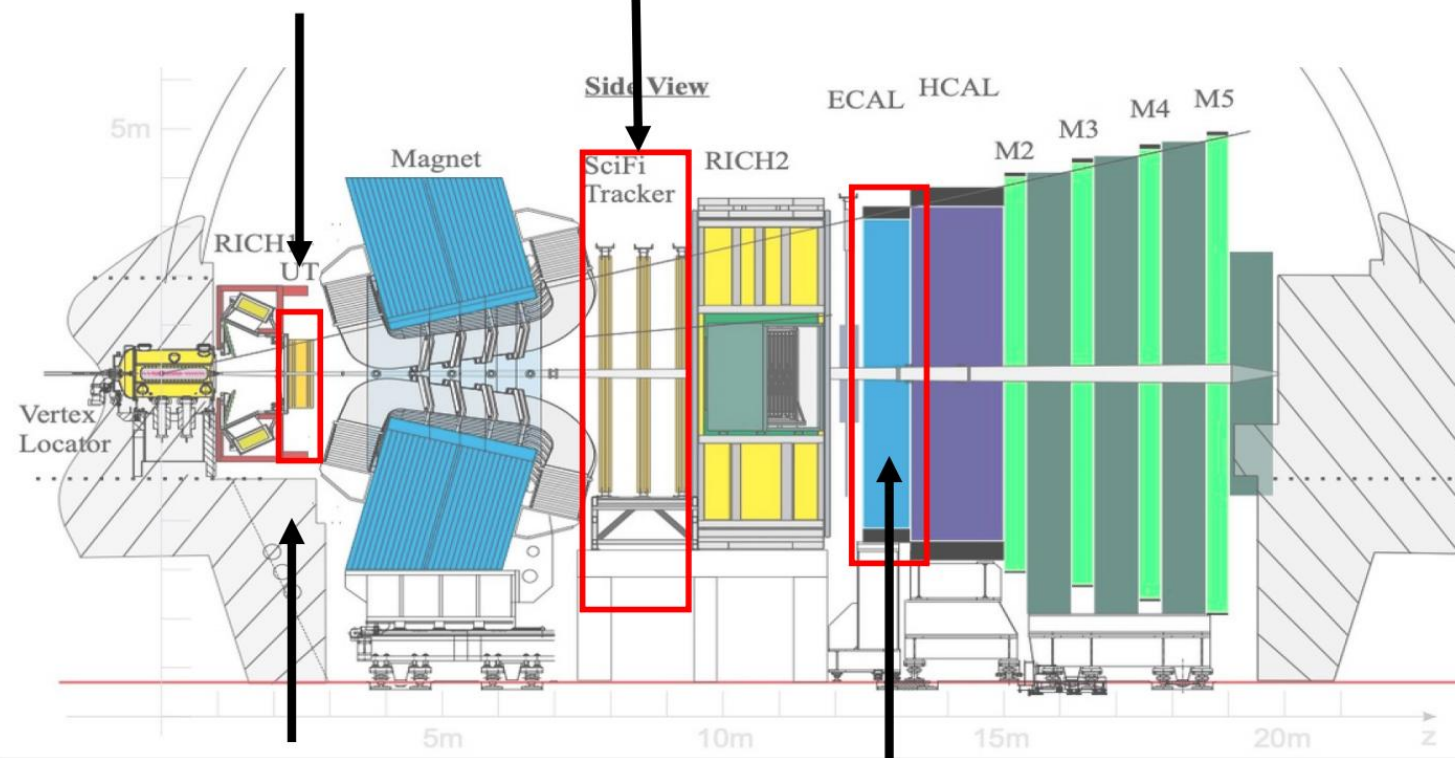
中国组的贡献

一期升级:

上游径迹
探测器UT

闪烁光纤径迹
探测器SciFi

网格计算、核心软件开
发、数据处理、刻度...



二期升级:

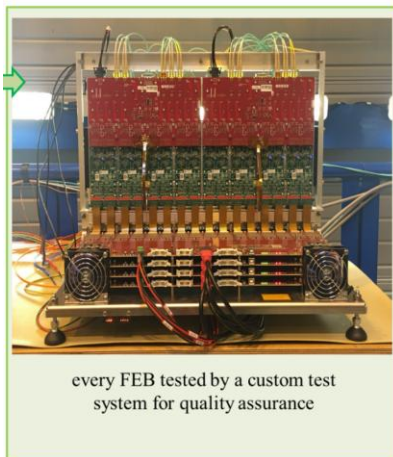
UT研发

电磁量能器
ECAL研发

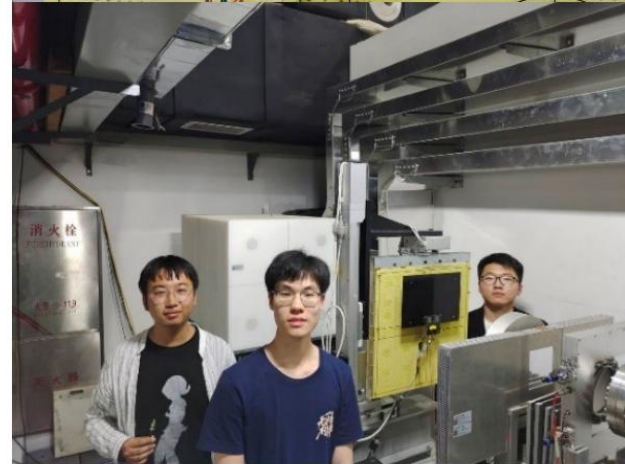
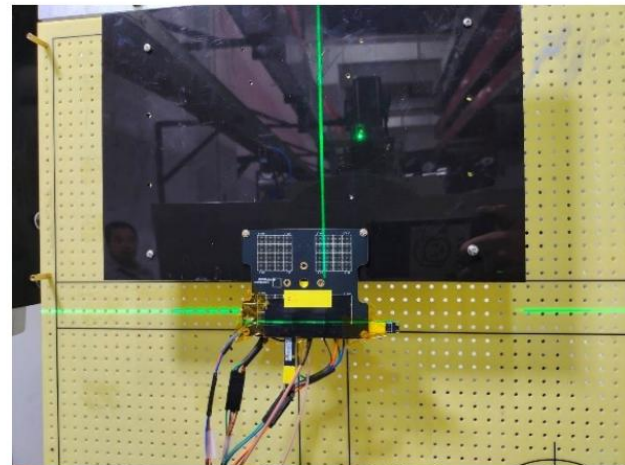
网格计算、
核心软件开发...

一期升级：闪烁光纤径迹探测器SciFi

- 已完成升级，稳定运行物理取数
 - 中国组（清华）承担PACIFIC前端电子学板
 - 与海德堡合作设计研制
 - 负责完成了全部2528套的生产
- 2025年继续在SciFi运行维护发挥重要作用
 - 先后X人常驻CERN参与SciFi交付调试和运
 - 担任SciFi Piquet值班，多次解决突发状况
- SciFi前端电子学测试系统（FE Tester2）



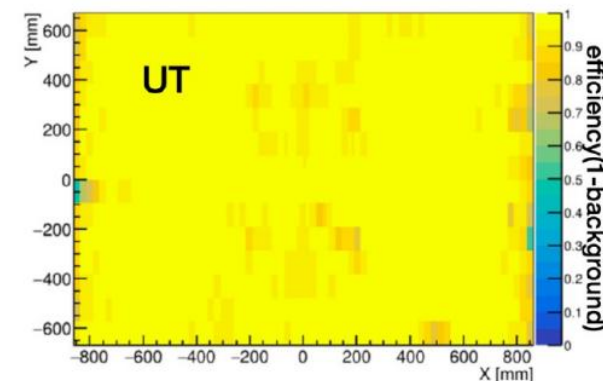
SciFi 探测器和前端电子学



一期升级：上游径迹探测器UT

- 中国组在UT安装和运行中发挥骨干作用
- 完成升级，并在高事例堆积条件下参与物理取数，效率和物理性能达到设计指标

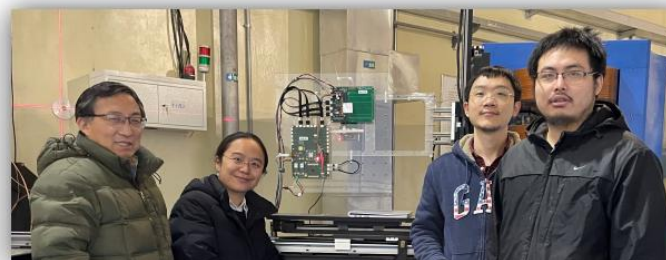
UT efficiency



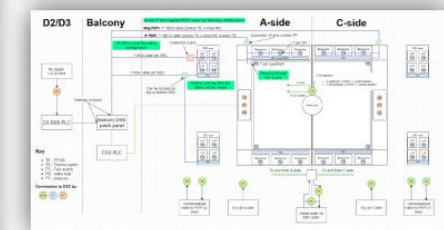
运行效率均接近100%



Completion of UT A-/C-side



Irradiation test at CIAE and CSNS



ECS and DSS panels designed by IHEP

二期升级：硅像素上游径迹探测器（UP）研发项目组架构

主要参与单位：

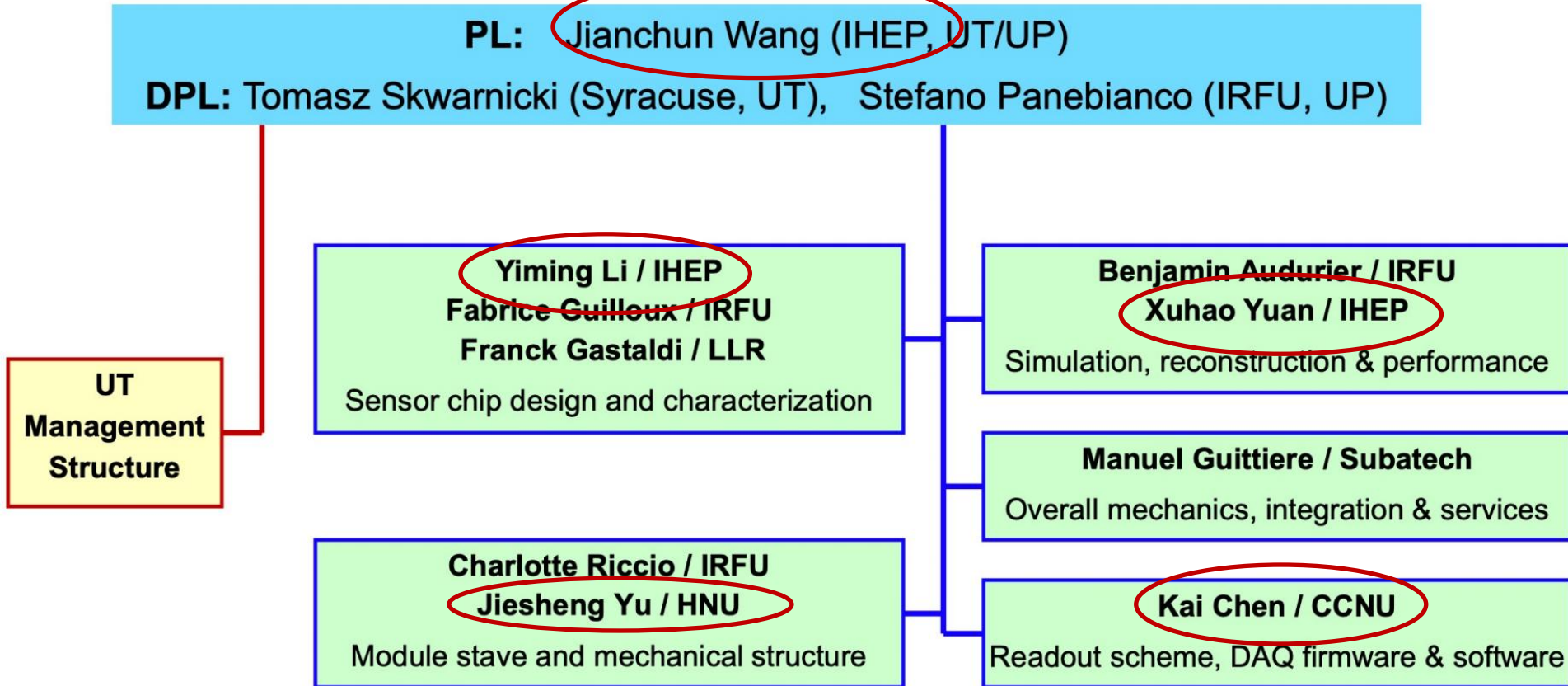
高能所（IHEP）

湖南大学（HNU）

兰州大学（LZU）

华中师大（CCNU）

国科大（UCAS）



The 1st UP mini-workshop @ Beijing, 22nd Jan 2025

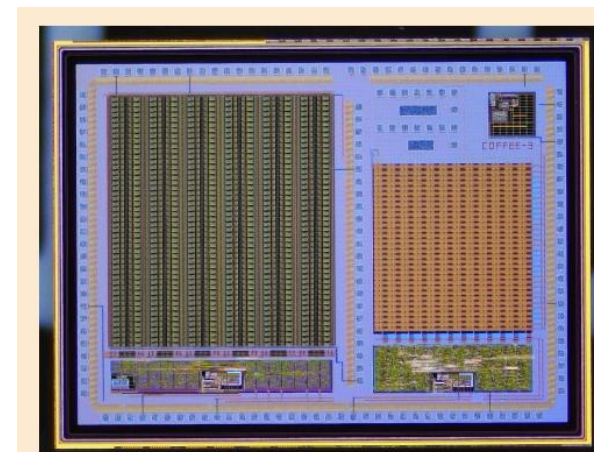


二期升级：传感器芯片、探测模块以及支撑条

- 首次研制基于国产的先进55nm高压CMOS芯片，测试验证工艺可行性

- 第三代：专为实现良好的时间分辨率和适中的功耗而设计

- 探测模块以及纯支撑条的组装



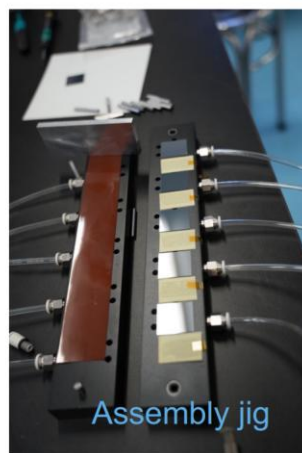
CMOS芯片: COFFEE3



1st dummy sensor



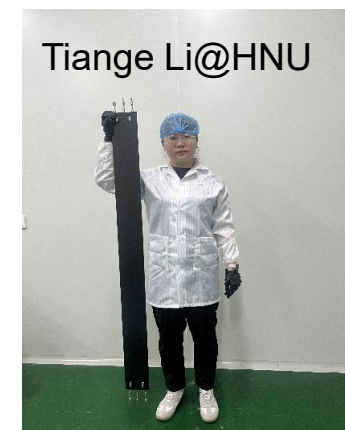
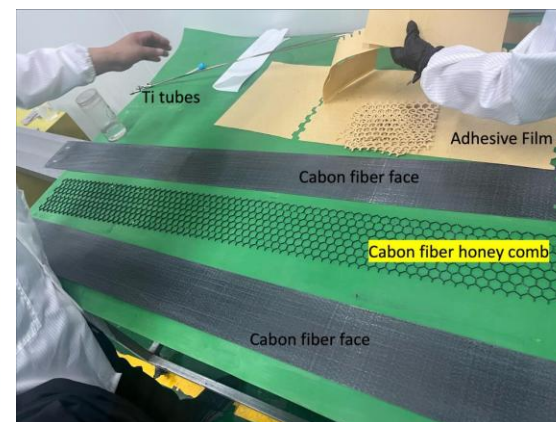
1st dummy hybrid



Assembly jig



2025年4月

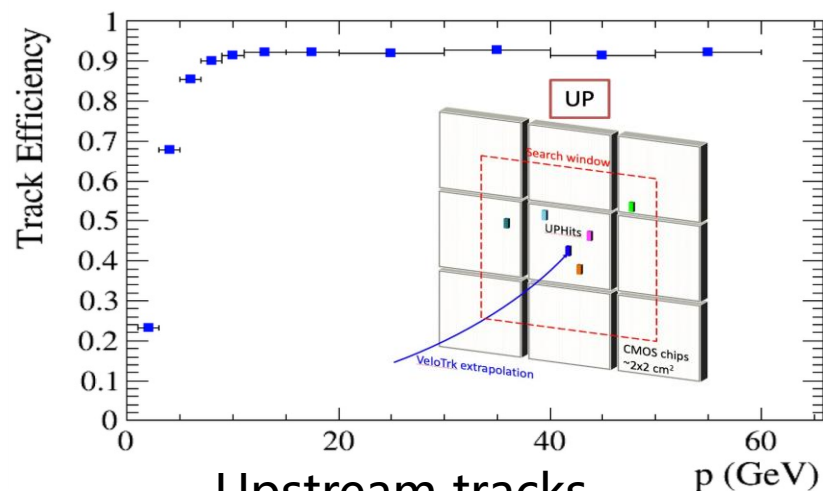


Tiange Li@HNU

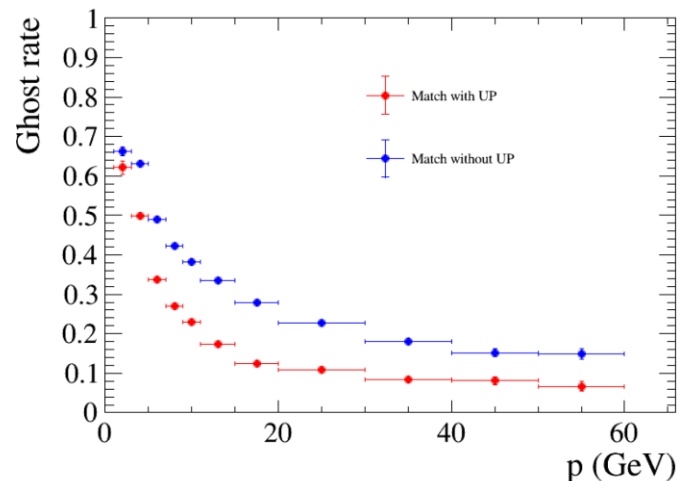
2025年6月

二期升级：UP模拟

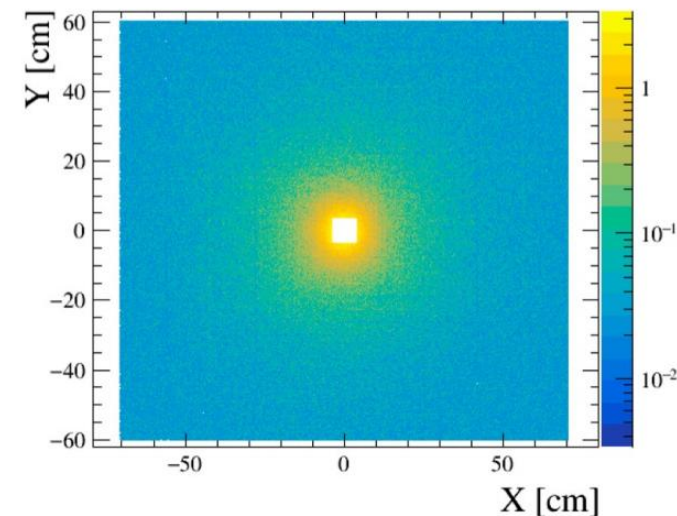
➤ 基于模拟为探测器结构和性能研发提供指导



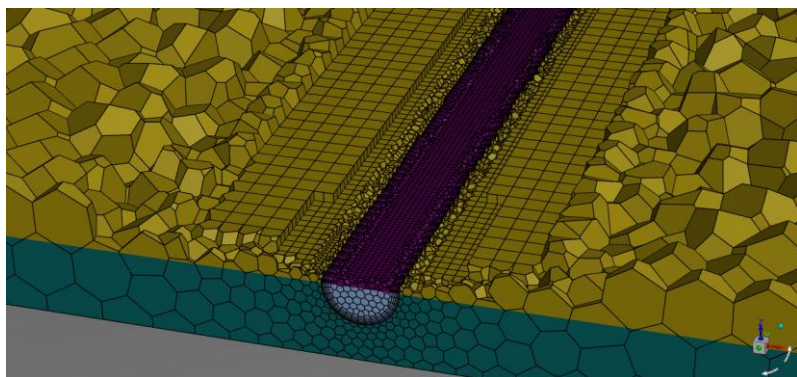
Upstream tracks –
Tracking efficiency



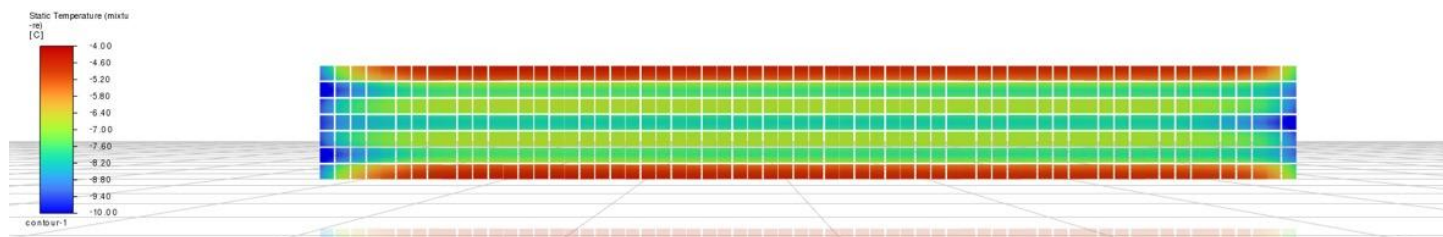
Long tracks – ghost rate



击中密度



支撑条上网格划分 (1600万)



支撑条上芯片热学模拟

二期升级：电磁量能器研发项目组架构

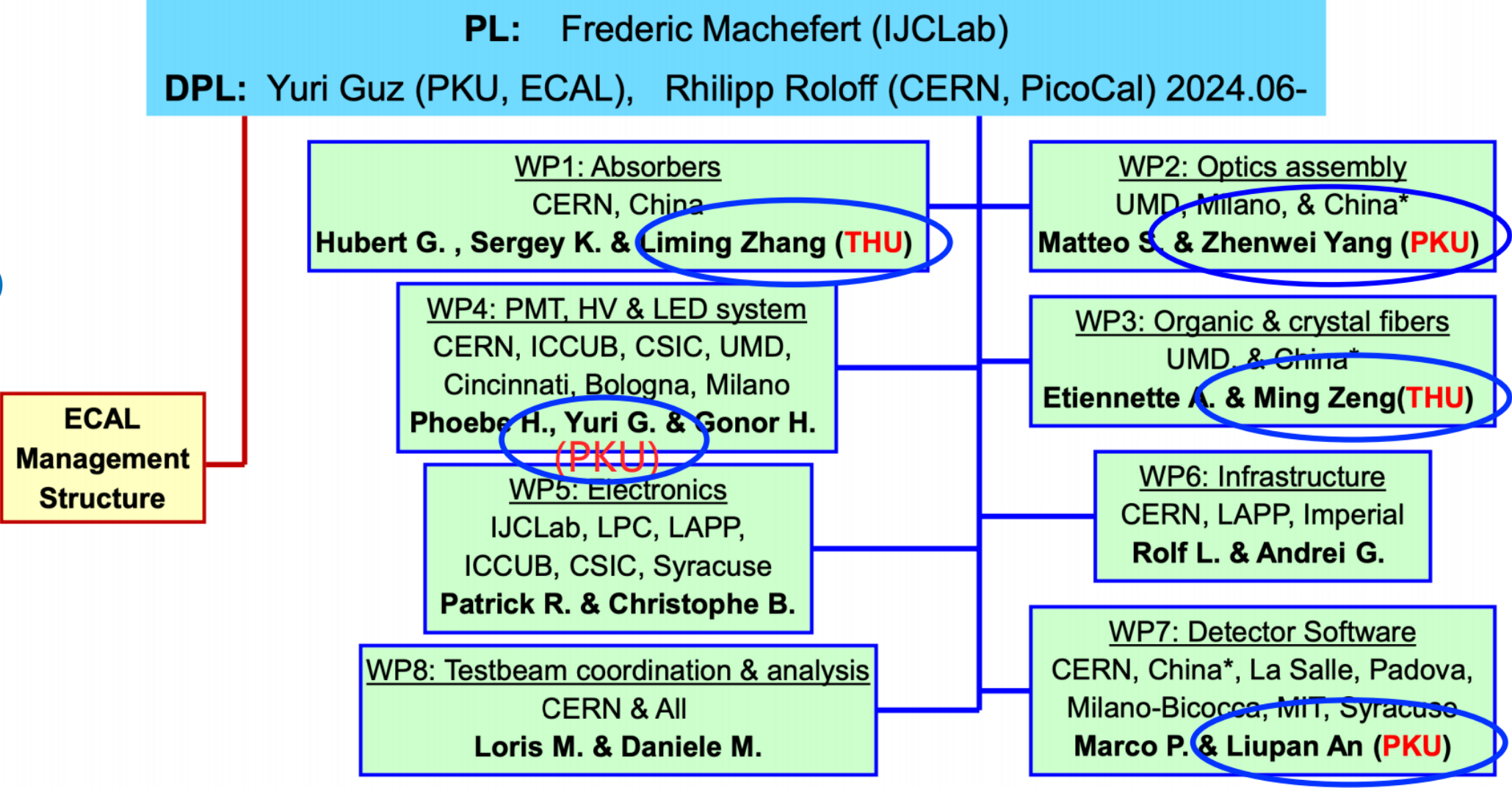
主要参与单位:

北大 (PKU)

清华 (THU)

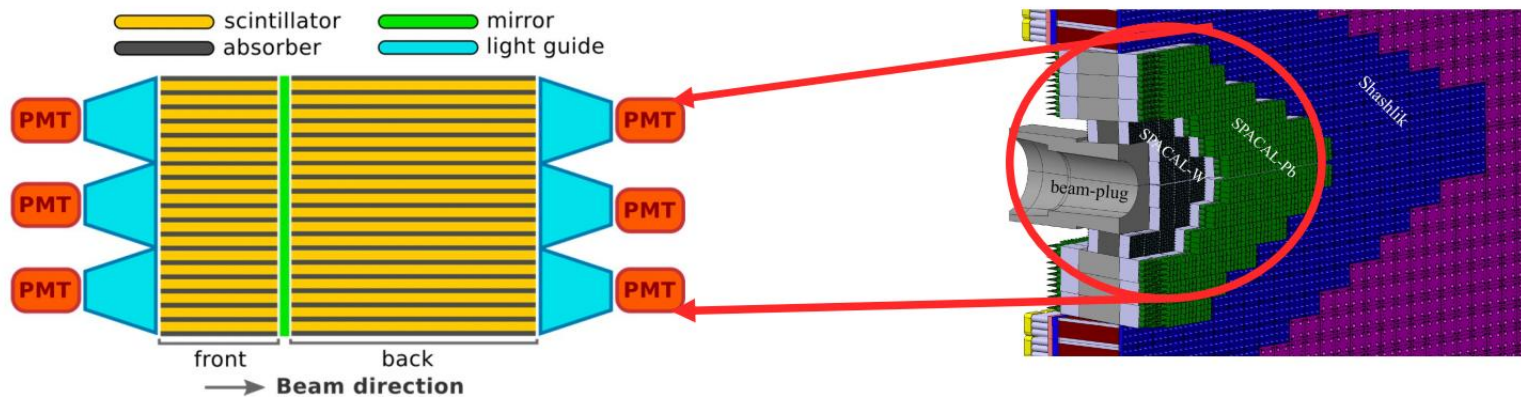
武大 (WHU)

华南师大 (SCNU)



二期升级： SPACAL量能器

- 最核心部位采用基于GAGG晶体+钨的SPACAL量能器 (Spaghetti Calorimeter)



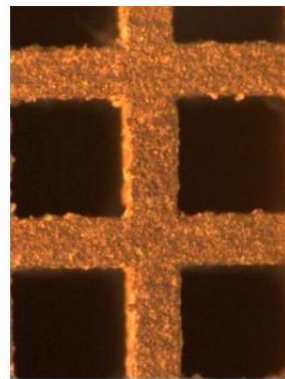
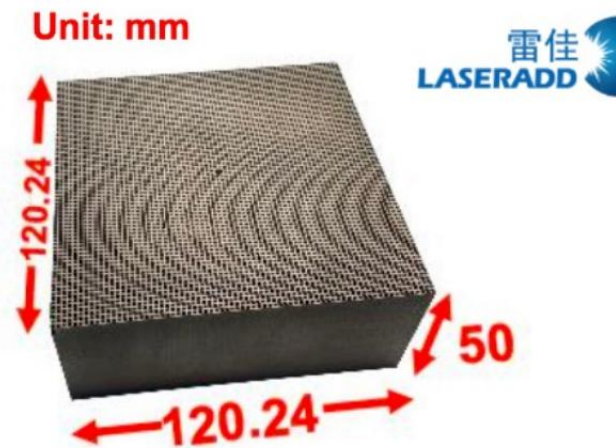
读出时间信息：
PicoCal

闪烁光纤：GAGG（抗辐照、光产额高）

主要目标：在满足抗辐照性能和光产额要求的条件下，降低光衰减时间（10 ns以下），提高时间分辨率，降低溢出（spillover）效应

钨吸收体：辐射长度短、莫里哀半径小

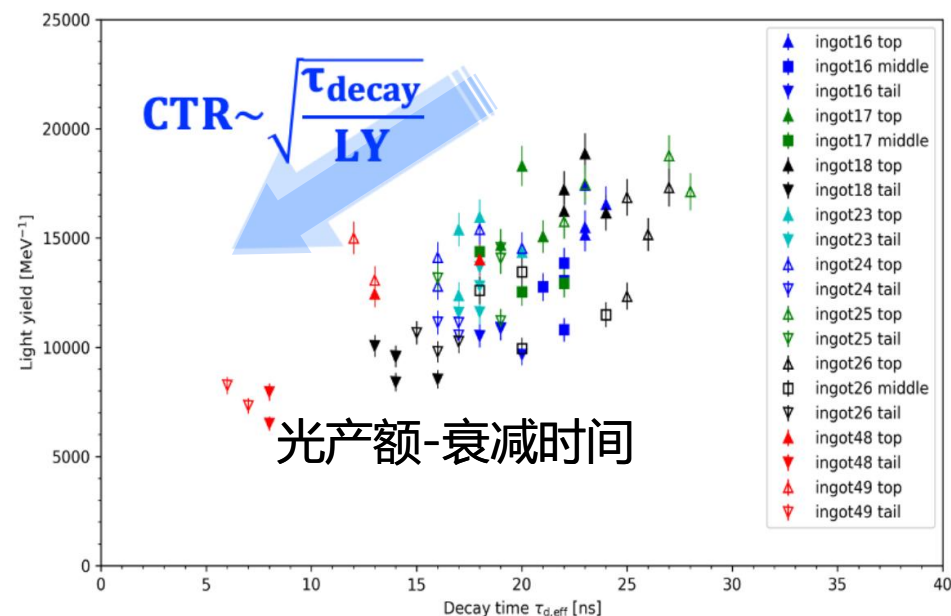
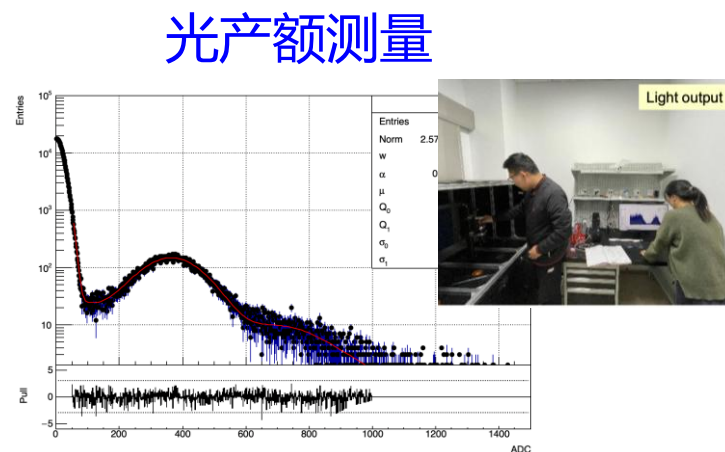
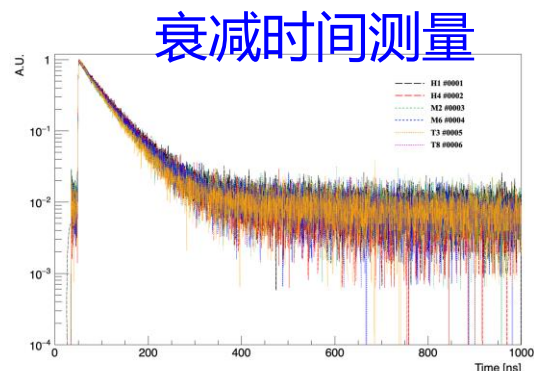
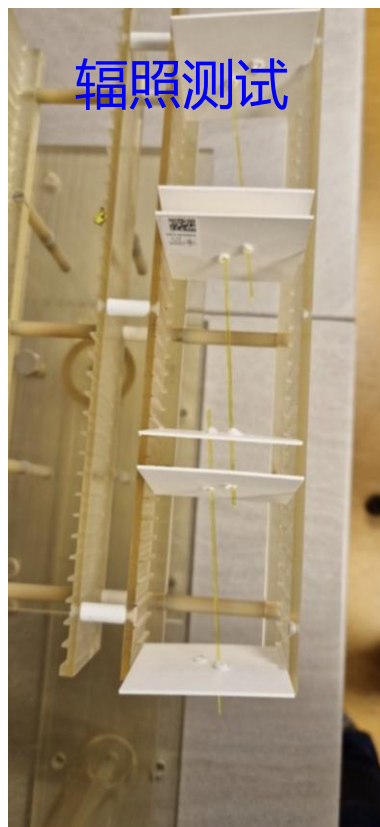
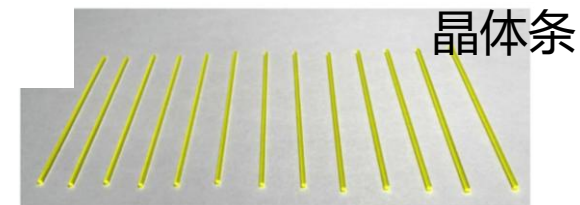
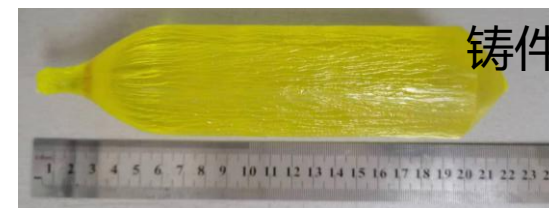
主要目标：提高3D打印的表面粗糙度和打印精度



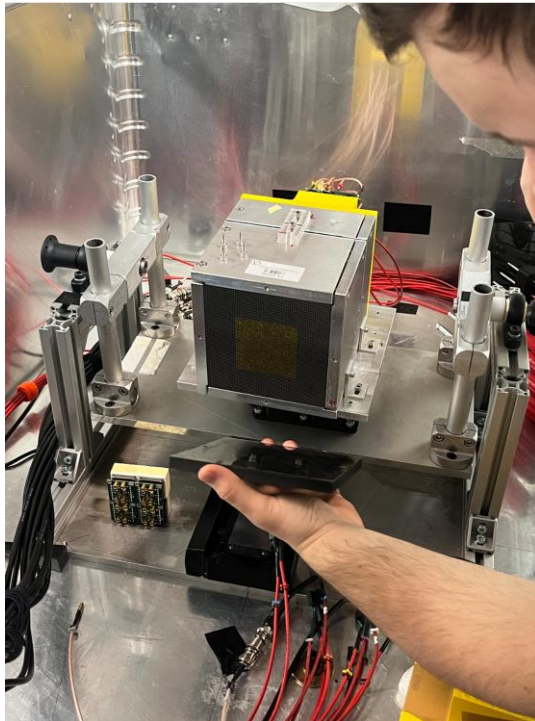
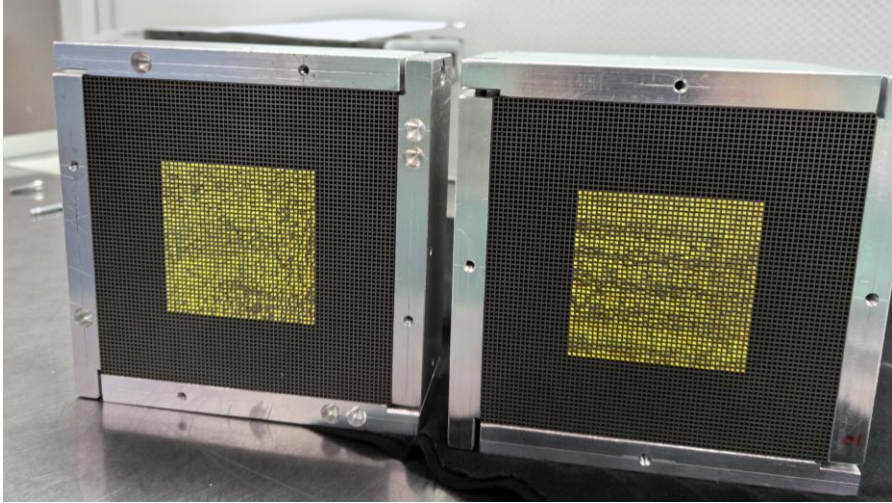
基本达到技术指标要求

二期升级：GAGG闪烁晶体研发

- GAGG晶体：高抗辐照，密度高，光产额高
- 商业GAGG有效衰减时间约50纳秒，希望降到5-10纳秒
- 正与中国电科芯片技术研究院合作，已降至10纳秒以下



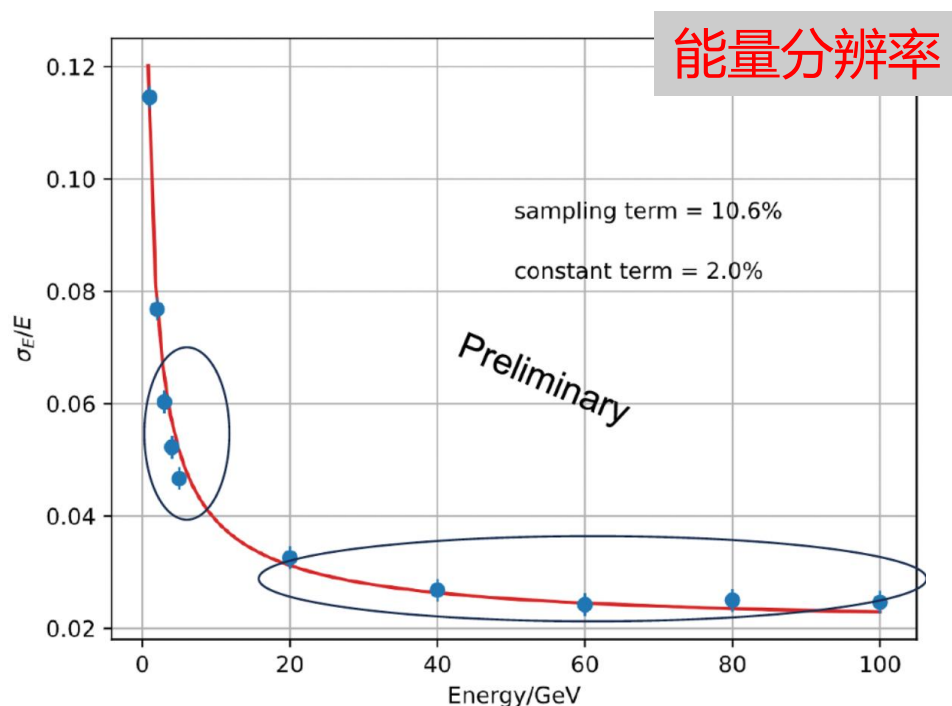
二期升级：SPACAL-W-GAGG 原型样机与束流实验



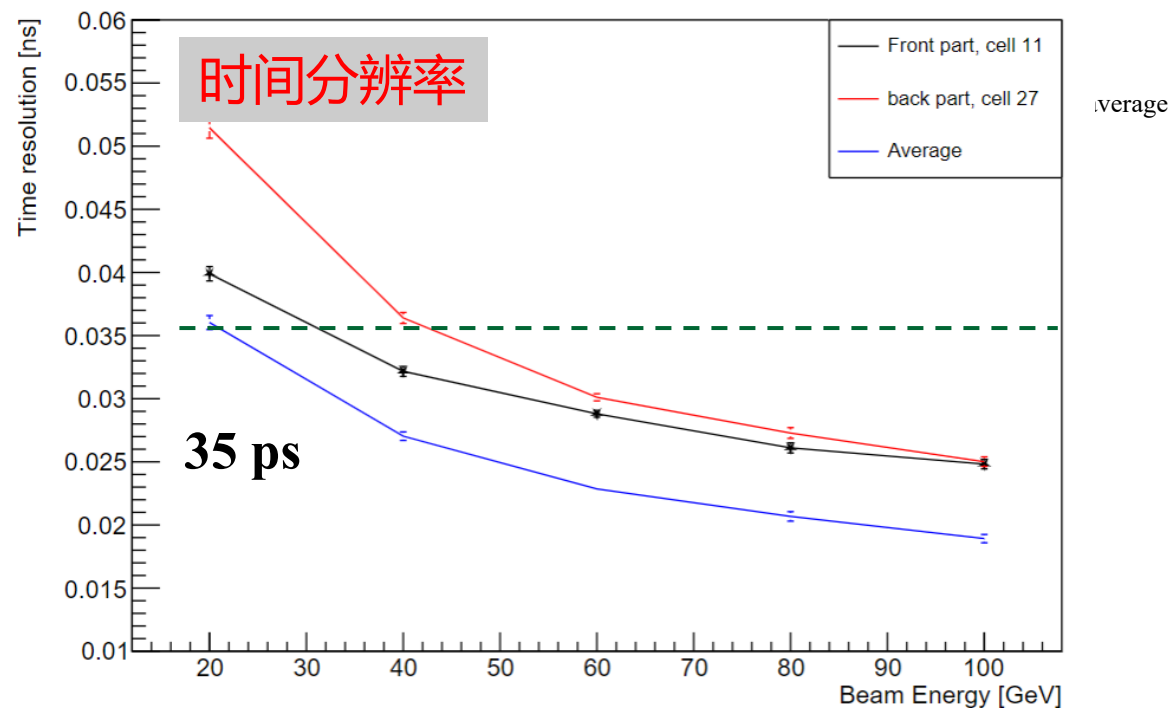
2024年12月，DESY的束流实验

SPACAL-W-GAGG: 束流实验结果

CERN SPS, 电子, 能量 20-100 GeV, 束流入射角 $3^\circ+3^\circ$



$$\Delta E/E = \frac{11\%}{\sqrt{E}} \oplus 2\%$$



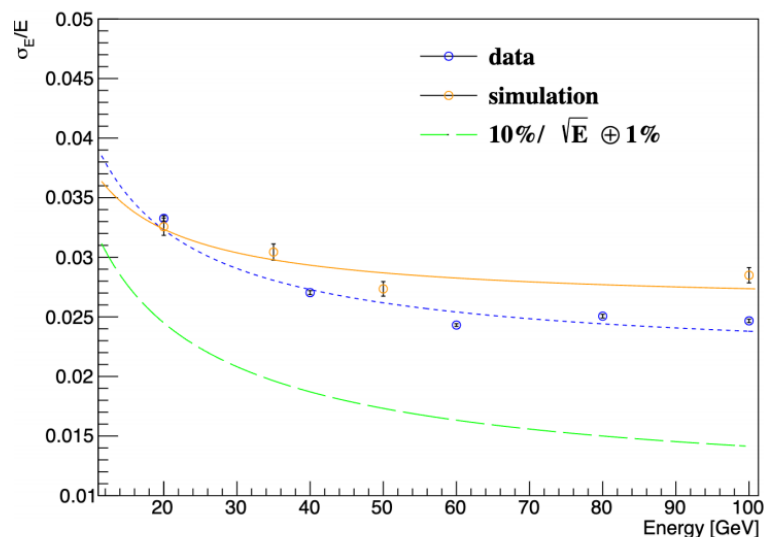
20 GeV: 时间分辨率约 35 ps

束流实验中光电倍增管、光导等未优化, 预期未来会获得更好的性能

二期升级： ECAL 模拟

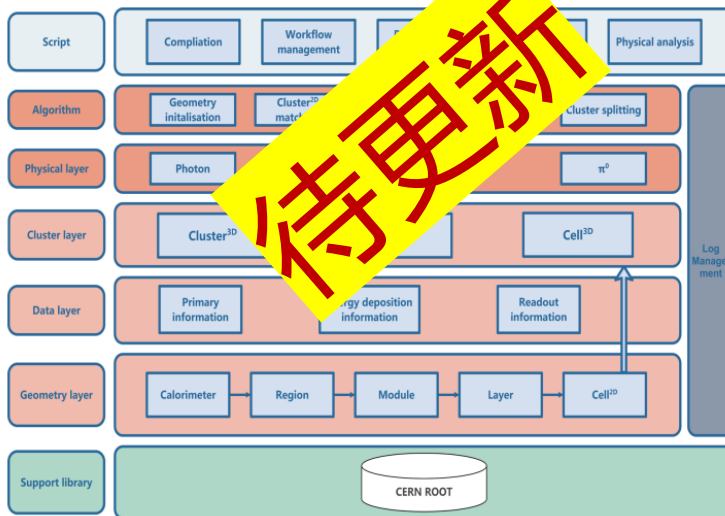
➤ W-GAGG原型机模拟

- 理解束流实验结果
- 优化原型机设计



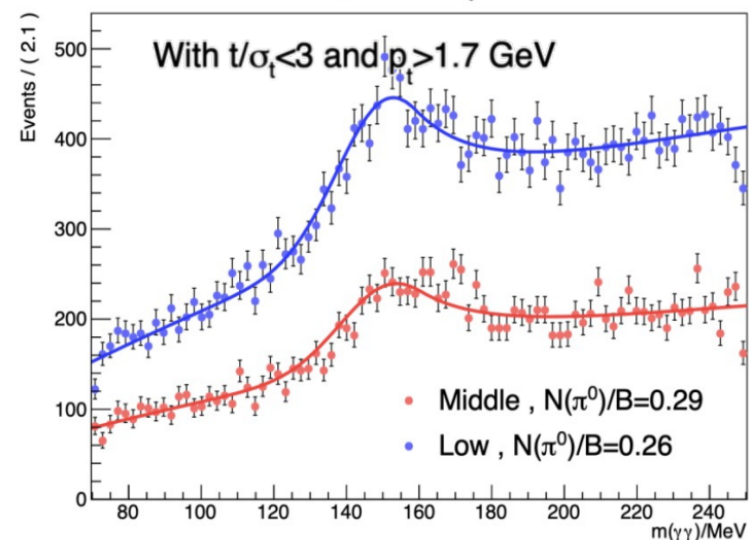
➤ 重建算法开发

- 挖掘探测器双端读出设计
- 充分利用时间信息



➤ 物理衰变道性能研究

- 研究不同衰变道的物理性能
- 不同探测器设计的性能对比



实时数据分析 (Real Time Analysis, RTA)

➤ RTA项目组WP协调人

▣ Miroslav Saur (2024.06-), 项目框架、品控和运行 (WP5)

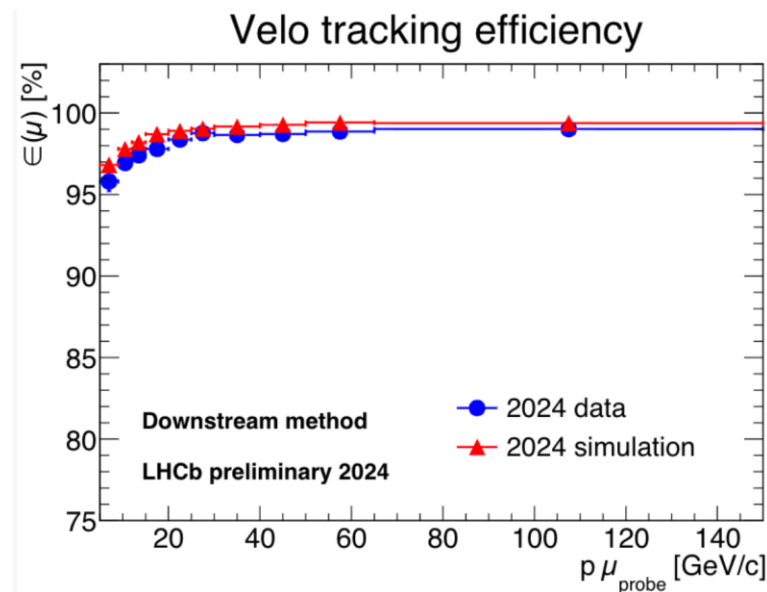
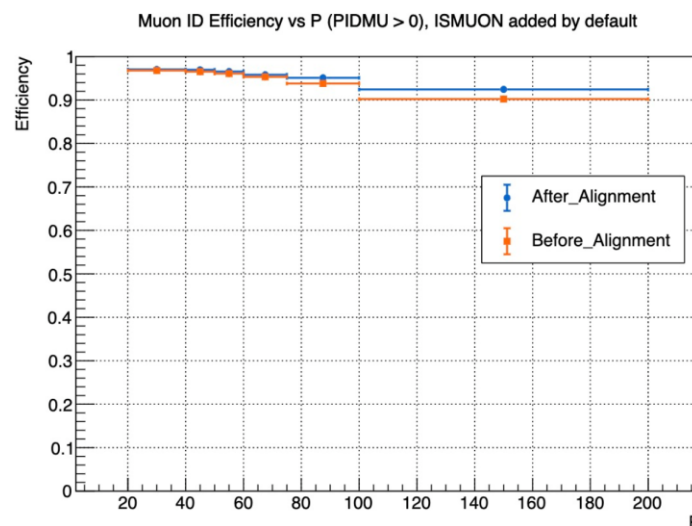
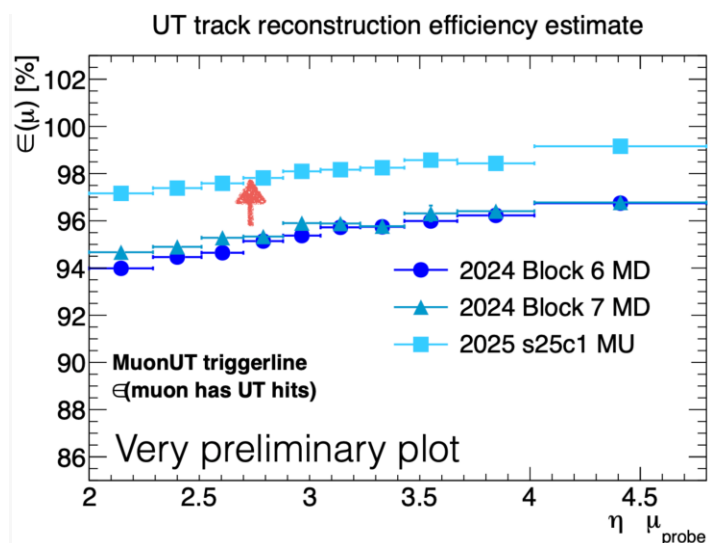
▣ 李佩莲 (2024.01-), 面向二期升级的研发 (WP 6)

➤ 大量软件开发、调试、运行检测等工作

▣ Upgrade II 升级径迹重建研发

- Muon探测器刻度

- VELO径迹重建效率刻度



国际会议报告

1. 王剑桥 (清华), latest measurements of heavy flavor production in heavy-ion collisions at LHCb, HF-HNC 2024, 广州, 2024-12-06
2. 谢跃红 (华中师大), Frontiers on Flavor Physics, IAS Program on HEP, 香港, 2025-01-13
3. 尹航 (华中师大), EW physics and LLPs at LHCb, Moriond EW, 2025-03-23
4. 任赞 (国科大), Recent results on pentaquark states from LHCb, Hadron 2025, Osaka 日本, 2025-03-27
5. 周天雯 (北大), Open-charm tetraquark states in $B \rightarrow DD_h$ decays in LHCb, Hadron 2025, Osaka 日本
6. 罗毅恒 (北大), Hadronization studies at LHCb, Quark Matter 2025, Frankfurt 德国, 2025-04-06
7. 连政辰 (清华), Bulk physics in small systems at LHCb, Quark Matter 2025, Frankfurt 德国, 2025-04-06
8. Chenzhi Dong (清华), Bottomonium production measurements in small systems at LHCb, Quark Matter 2025, Frankfurt 德国, 2025-04-06
9. 康有恩 (清华), Charmonium production measurements in small systems at LHCb, Quark Matter 2025, Frankfurt 德国, 2025-04-06
10. 王剑桥 (清华), Recent studies of open charm production in small systems at LHCb, Quark Matter 2025, Frankfurt 德国, 2025-04-06
11. 李佩莲 (国科大), Novel trigger strategies for HL-LHC, LHCP 2025, 台北, 2025-05-05
12. 朱琳萱 (清华), Heavy flavor spectroscopy studies at LHCb, LHCP 2025, 台北, 2025-05-05
13. 万关越 (北大), Conventional Charm Baryon Spectroscopy, Charm 2025, 上海, 2025-05-12
14. 张艳席 (北大), Charm spectroscopy and exotic hadrons, Charm 2025, 上海, 2025-05-12

国际会议报告

15. 康有恩 (清华) , Recent results of quarkonium production in LHCb, Charm 2025, 上海, 2025-05-12
16. 王禹昊 (北大) , Studies of Bc mesons at LHCb, EPS-HEP, Marseille, 法国, 2025-07-07
17. 伍彦西 (北大) , Searches for New Physics in B-meson Decays to Vector Mesons and Charmless Final States at LHCb, EPS-HEP, Marseille, 法国, 2025-07-07
18. 杨雪婷 (北大) , CP Violation in Baryon Decays at LHCb, EPS-HEP, Marseille, 法国, 2025-07-07
19. 荣天泽 (北大) , Recent results on CP violation in baryon decays at LHCb, ICNFP, Kolymbari, Crete 希腊, 2025-07-17
20. 胡晓凡 (清华) , Recent results on CPV from b -hadron to charmonium decays at LHCb, ICNFP, Kolymbari, Crete 希腊, 2025-07-17
21. 张艳席 (北大) , LHCb overview, ICNFP, Kolymbari, Crete 希腊, 2025-07-17
22. Yinghua Tan (清华) , Recent results on CPV from b-hadron to charmonium decays at LHCb, Rencontres du Vietnam, Quy Nhon 越南, 2025-08-17
23. 张黎明 (清华) , Exotic hadronic states at LHCb, Lepton Photon 2025, Madison, Wisconsin, 美国, 2025-08-25
24. 唐迎澳 (武大) , First observation of charmless baryonic decay $B^+ \rightarrow \bar{\Lambda}^0 p \bar{p}$, HQL 2025, 北京, 2025-09-15
25. 任赞 (国科大) , Recent spectroscopy results from LHCb experiment, HQL 2025, 北京, 2025-09-15
26. 吴杰 (华中师大) , Recent results from LHCb on charged current decays of b-hadrons, HQL 2025, 北京, 2025-09-15
27. 陈缮真 (高能所) , CPV in baryons [LHCb + BESIII], HQL 2025, 北京, 2025-09-15
28. 张艳席 (北大) , Baryon CP violation measurement, SPIN2025, 青岛, 2025-09-22

敬请关注LHCb的结果

大会报告 ×4

钱文斌（国科大）， CP violation
李可陈（河南师大）， rare decays
安刘攀（北大）， Hadron Spectroscopy
李衡讷（华南师大）， LHCb Upgrade

硬件报告 ×12

Zhiyang Yuan	R&D on the fast GAGG for LHCb upgrade II
Xiaofan Pan	Development and test-beam measurements of LHCb PicoCal modules
Zifan Li	Software development for LHCb ECAL upgrade
张佳辰	Simulation studies for LHCb ECAL upgrade
冯铭婕	The simulation and reconstruction studies on LHCb UP detector for Upgrade II
王继科	Development of 3D-Printed Tungsten Absorbers for the LHCb ECAL Upgrades
曾程	Sensor development for LHCb Upstream Pixel Tracker
王智颀	LHCb UP Module and Stave Assembly Development
袁源	Operation and performance of LHCb Upstream Tracker
李佩莲	Real-time analysis at LHCb for Run 3 and beyond
李天歌	UP bare stave design and thermal study (Poster)
刘涵兵	Test of signal integrity in flex cable (Poster)

物理分会报告 ×13

王剑桥	Flow measurements at LHCb experiment
戴鑫琛	CP violation in $L_b2pK_{\pi\pi}$ and $L_b2J/\psi\pi\pi$ decays
任赞	Recent results on pentaquark studies at LHCb
康有恩	Recent LHCb results on open charm and charmonium production
童星昱	Study of charmless $B \rightarrow VV$ decays at LHCb
牟泽清	Observation of $B_c \rightarrow D_h h$ decays
吴杰	Measurement of CP Violation in $B_0^s \rightarrow J/\psi K^*(892)^0$ Decays and Constraints on Penguin Contributions
陈泽文	Measurement of branching fractions and CP asymmetries in $\Lambda_b^0(X_i^0) \rightarrow p K_S^- h^-$ decays
唐迎澳	First observation of the charmless baryonic decay $\Lambda_b^0 \rightarrow \Lambda^- p p^-$
王梦洁	Evidence for the rare decay $B^+ \rightarrow \Lambda^- p \mu^+ \mu^-$
刘端晴	Observation of the decay $B_s^0 \rightarrow K^0 p \bar{p}$ and measurement of the $B_d^s \rightarrow K^0 p \bar{p}$ branching fractions
侯睿文	Determination of direct CP asymmetries for $B^+ \rightarrow K^0 S \pi^+$ and $B^+ \rightarrow K^0 S K^+$ decays and measurement of the ratio of their branching fractions, and search for the rare decay $B^+ c \rightarrow K^0 S K^+$
邓剑桥	Measurement of the Z-boson mass

2025年总结

- **LHCb中国组实力稳步增强**：12个单位，教师54人，总人数233人
- **在合作组内继续保持重要影响力**：多人担任物理工作组召集人等职务
- **物理成果突出：新增物理成果18项**
 - CP破坏和稀有衰变：11项
 - 强子物理（新强子态、强子性质测量）：6项
 - 电弱物理：1项
- **探测器运行和升级的贡献稳步增加**
 - 完成SciFi和UT一期升级
 - 三期运行的调试和数据采集工作
 - 负责UT和ECAL二期升级的研发工作
- **未来前景**
 - 2026年将完成三期取数，有效统计量有望提高5倍以上
 - 二期升级为进一步参与和负责核心技术研发提供条件

致谢

➤ 科技部

- 国家重点研发计划 “大科学装置前沿研究”

➤ 国家自然科学基金委

- NSFC-CERN国际合作项目
- 基础科学中心项目
- 积极争取竞争性项目：青年、面上、重点、人才项目

➤ 教育部

- 通过各高校支持的学科（启动）建设经费

➤ 中国科学院

➤ 成员单位和其他渠道的人才项目

➤ 感谢科技部、基金委、科学院、教育部和成员所在单位多年来的支持！