



# 质子-质子碰撞中 J/ $\psi$ -喷注的碎裂性质研究

白秋茹

华中师范大学

文章正在准备当中(论文合作者: 冯文卉, 白晓智, 毛亚显)

中国物理学会高能物理分会第十二届全国会员代表大会, 广州

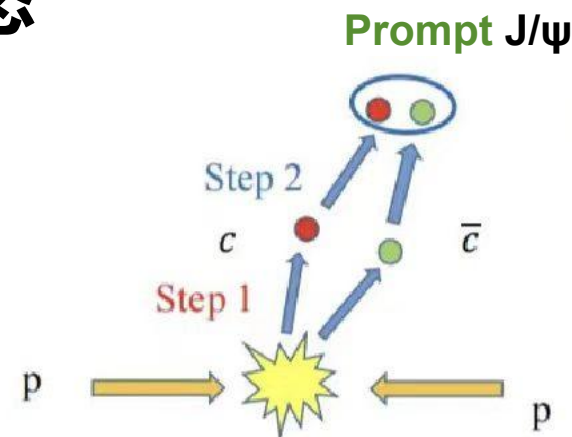
# 研究目标

✓ 夸克偶素：由重夸克与反重夸克对组成的束缚态

✓  $J/\psi$ ：由一个粲夸克和一个反粲夸克构成

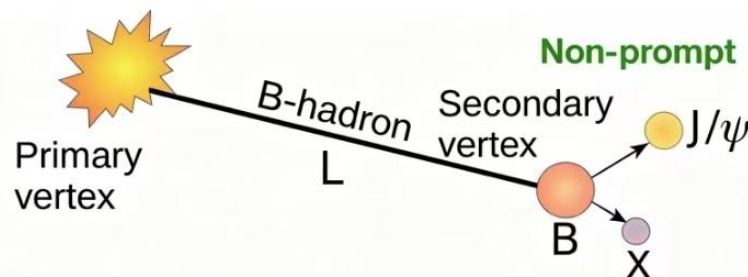
✓ Prompt  $J/\psi$

✓ 在初始碰撞中直接产生



✓ Non-prompt  $J/\psi$

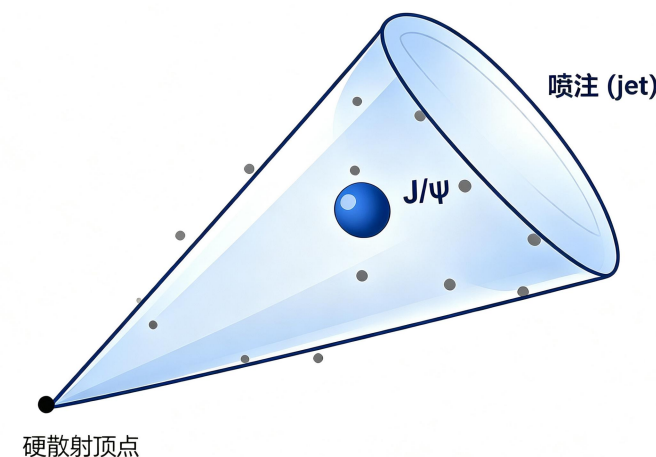
✓ 通过 B 强子的衰变产生



✓ 通过区分 Prompt  $J/\psi$  和 Non-prompt  $J/\psi$  产生，可以分别研究粲夸克和底夸克的物理

# 研究动机：J/ψ-喷注

- ✓ 与Inclusive J/ψ测量相比，J/ψ-喷注的观测量保留了喷注周围结构的信息，从而可用于研究 J/ψ 与其他末态粒子间的动量分配
- ✓ 在J/ψ- 喷注体系中开展研究，能够清晰区分 Prompt J/ψ和 Non-prompt J/ψ在喷注中的碎裂机制差异
- ✓ 在J/ψ-喷注的研究中，一个关键的观测量是动量份额 $z = \frac{p_T^{J/\psi}}{p_T^{\text{jet}}}$ 
  - ✓ 表示 J/ψ 的横动量与喷注横动量的比值
  - ✓ z 大：表示 J/ψ 携带了喷注的大部分动量
  - ✓ z 小：表示 J/ψ 在喷注内部伴随有更多的强子活动
- ✓ 对ALICE Run 3  $\sqrt{s} = 13.6$  TeV pp碰撞中J/ψ–喷注的动量份额分布进行研究



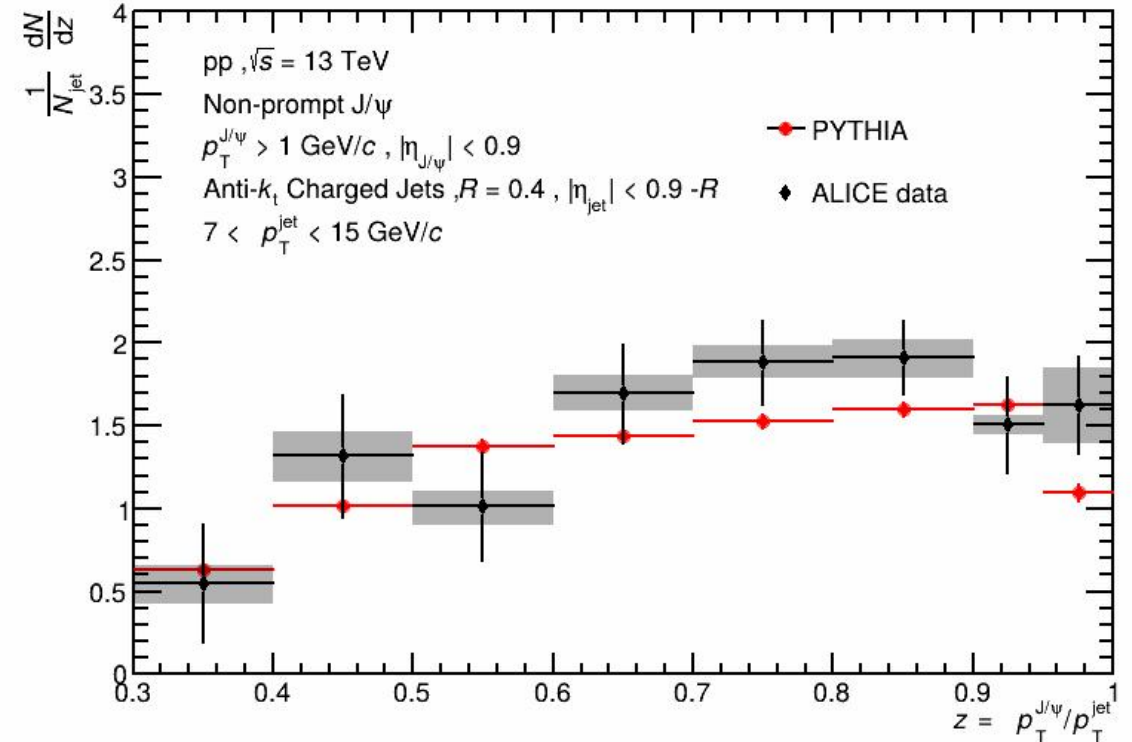
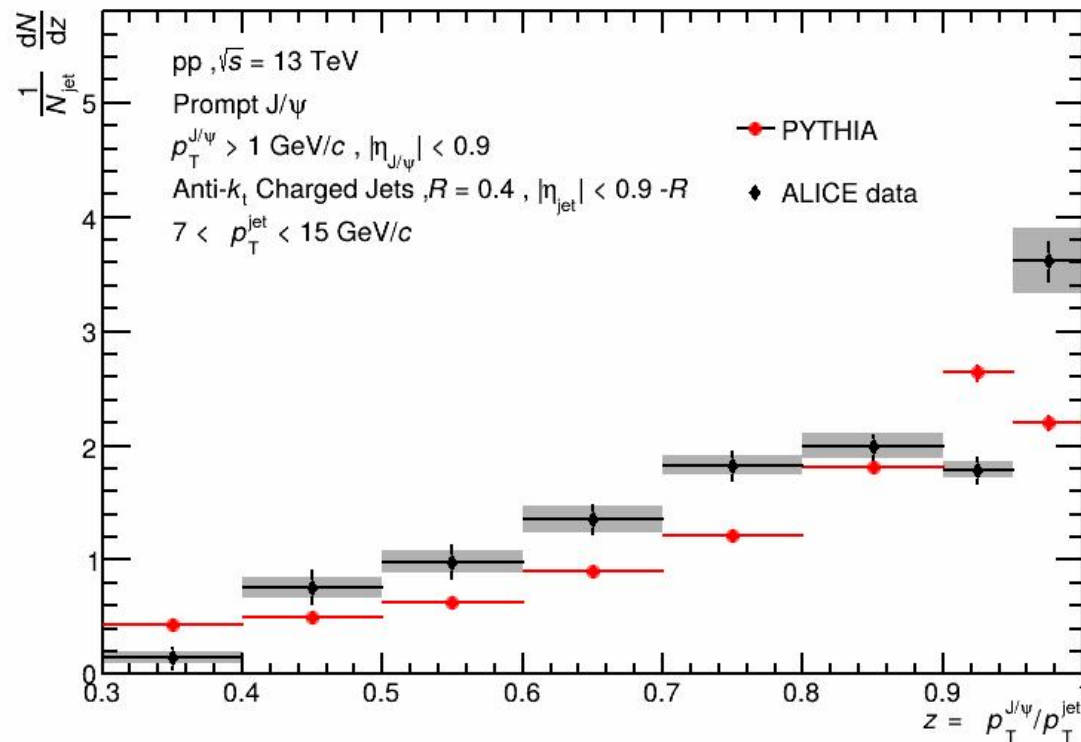
# PYTHIA<sup>[1]</sup>模拟配置与筛选条件

| 事件生成器        | 模拟样本                         | PYTHIA 8                         |
|--------------|------------------------------|----------------------------------|
| 碰撞系统         | 碰撞类型                         | pp 碰撞                            |
| 物理过程         | HardQCD:all                  | on                               |
|              | Charmonium:all               | on                               |
| 粒子衰变控制       | 443:mayDecay                 | off                              |
| 默认开关         | PartonLevel:MPI              | on                               |
|              | ColourReconnection:reconnect | on                               |
| track 筛选     | 末态粒子赝快度                      | $ \eta_{\text{track}}  < 0.9$    |
| 喷注重建         | 算法                           | anti- $k_T$                      |
|              | 半径参数 R                       | 0.4                              |
|              | 喷注赝快度范围                      | $ \eta_{\text{jet}}  < 0.9 - R$  |
| J/ $\psi$ 筛选 | 横动量                          | $p_T^{J/\psi} > 1 \text{ GeV}/c$ |
|              | 赝快度                          | $ \eta_{J/\psi}  < 0.9$          |

[1] Torbjörn Sjöstrand, Stefan Ask, Jesper R. Christiansen, Richard Corke, Nishita Desai, Philip Ilten, Stephen Mrenna, Stefan Prestel, Christine O. Rasmussen, Peter Z. Skands. An introduction to PYTHIA 8.2. *Comput. Phys. Commun.*, 191:159-177,2015.

# 结果复现

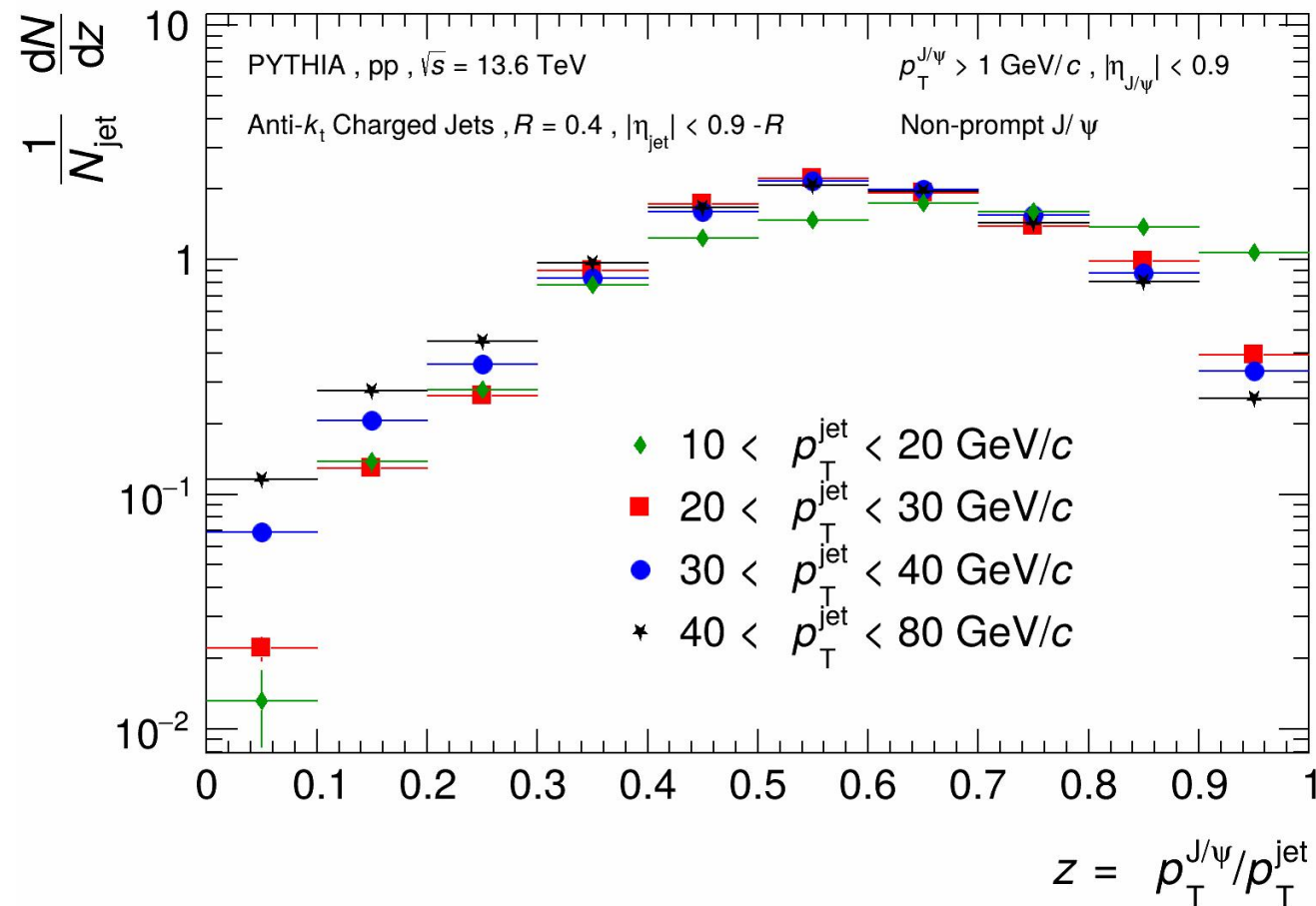
$$\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$$



✓ PYTHIA能够合理描述 ALICE<sup>[2]</sup> 实验上的Prompt J/ $\psi$ 和Non-prompt J/ $\psi$ 的动量份额趋势和形状

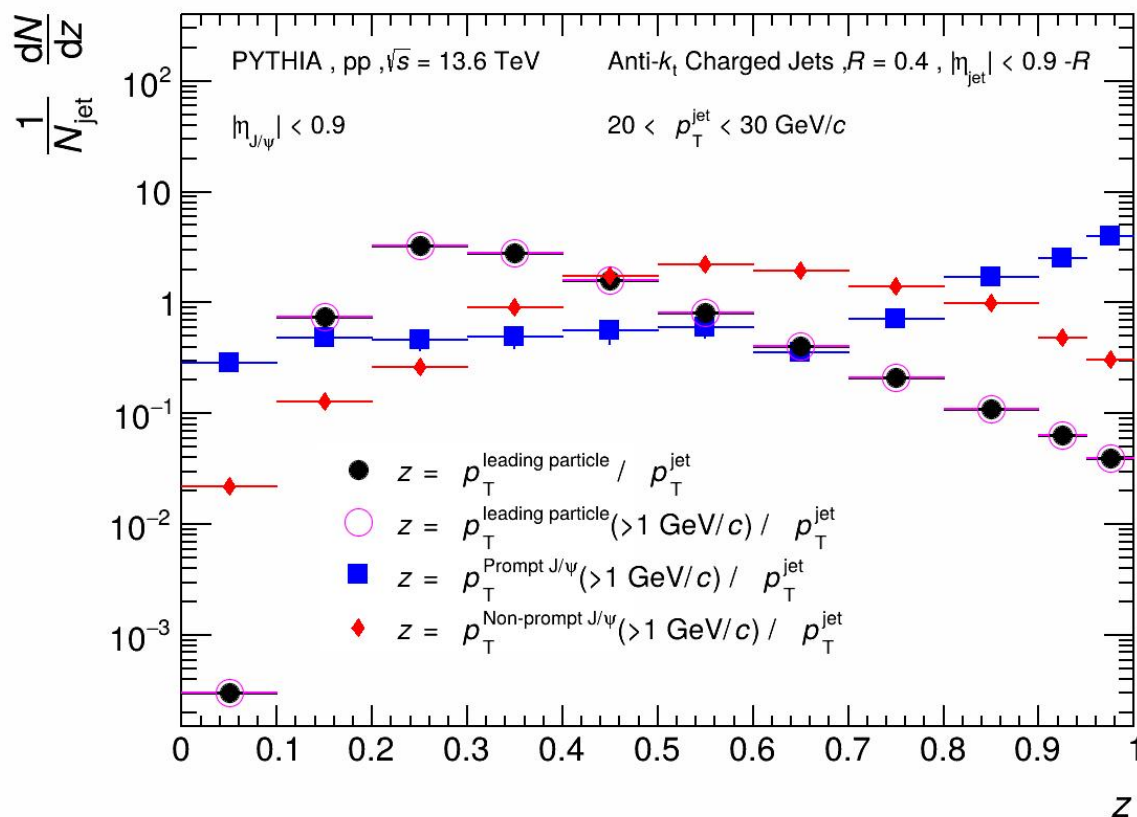
[2] ALICE Collaboration, Measurement of the charged-particle-jet transverse-momentum fraction carried by prompt and non-prompt J/ $\psi$  mesons in pp collisions at  $\sqrt{s}=13 \text{ TeV}$ , CERN-EP-2026-019, arXiv:2602.22889v1 [hep-ex], 2026.

# 喷注内 J/ψ 动量份额分布的运动学效应



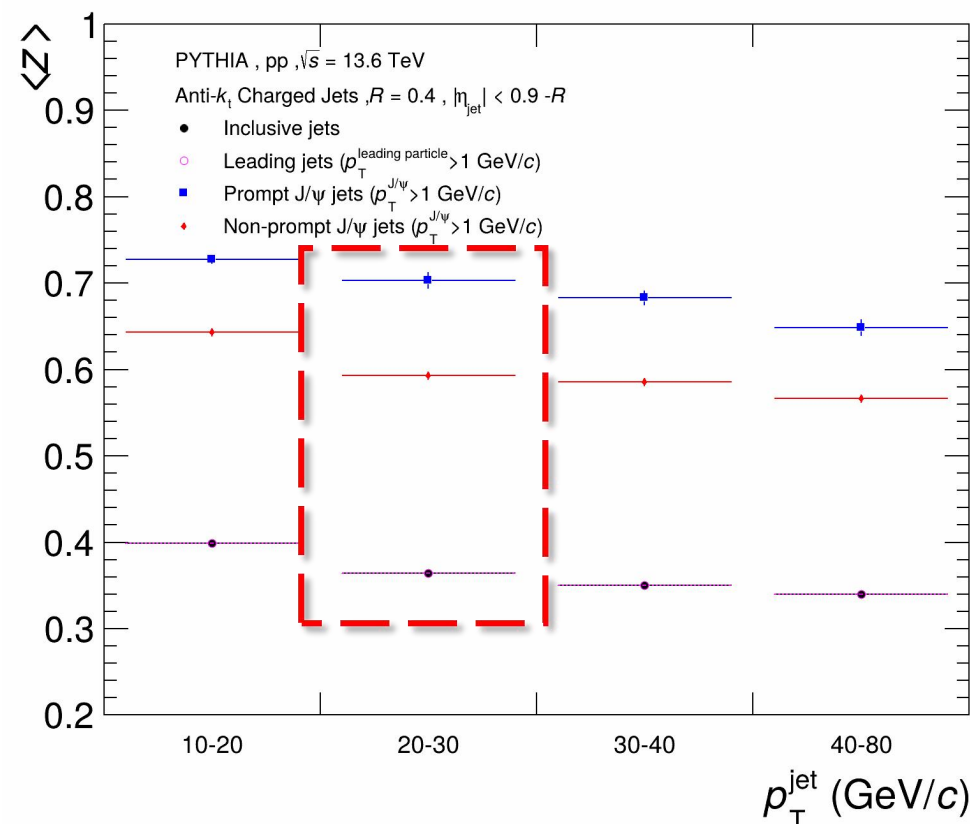
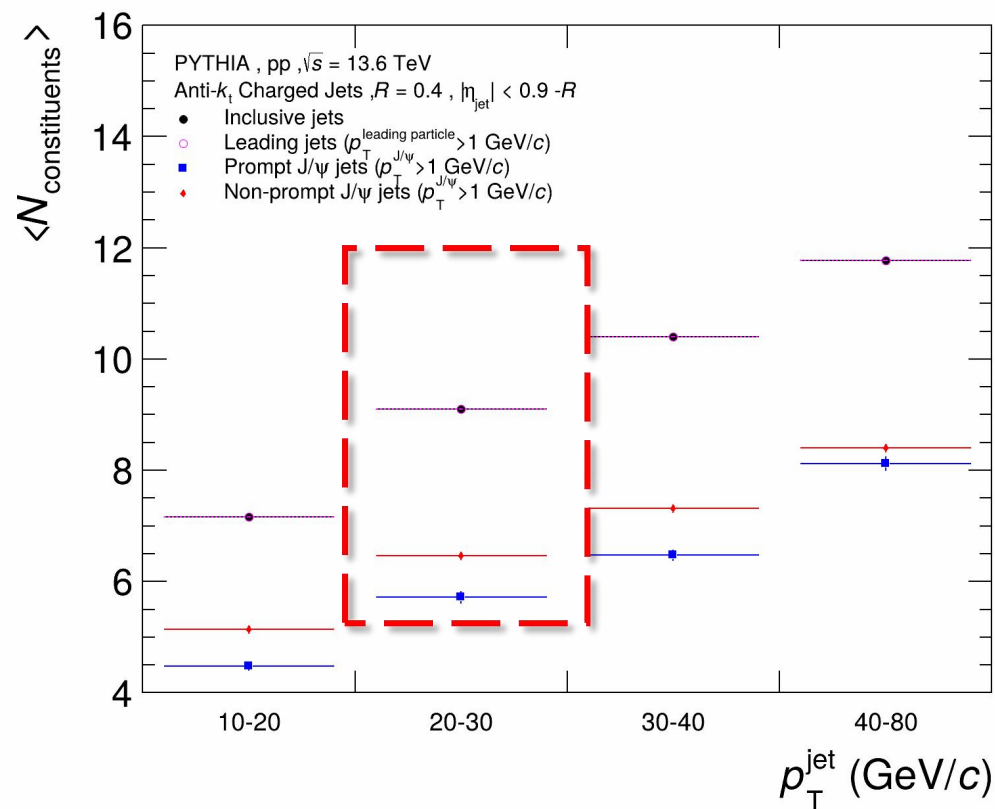
- ✓ 随喷注  $p_T$  升高, Non-prompt J/ψ 的  $z$  分布整体向低  $z$  区间偏移, 高  $z$  区间产额明显下降

# 味道依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质



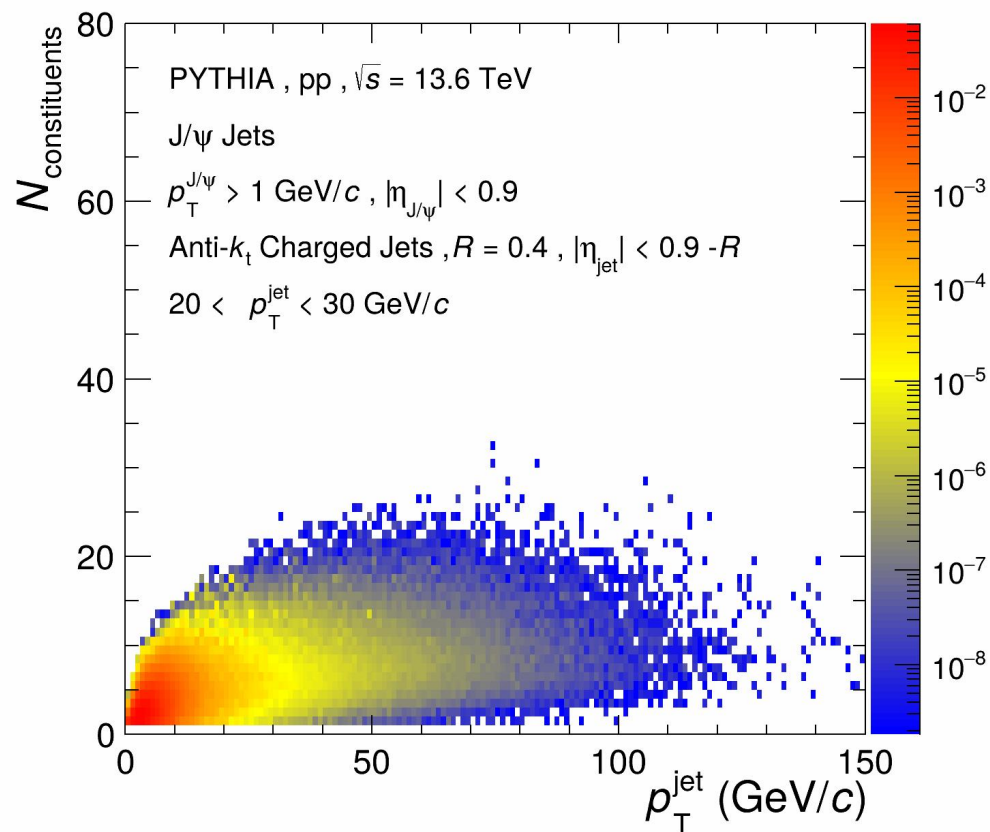
- ✓ 在  $20 < p_T^{\text{jet}} < 30$  GeV/c 的喷注中，领头粒子动量份额不受  $p_T > 1$  GeV/c 的影响
- ✓ J/ψ 在碎裂过程中保留了更大的喷注动量份额，高  $z$  区间产额显著高于领头粒子，对比可以发现碎裂性质对味道的依赖关系

# 味道依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质

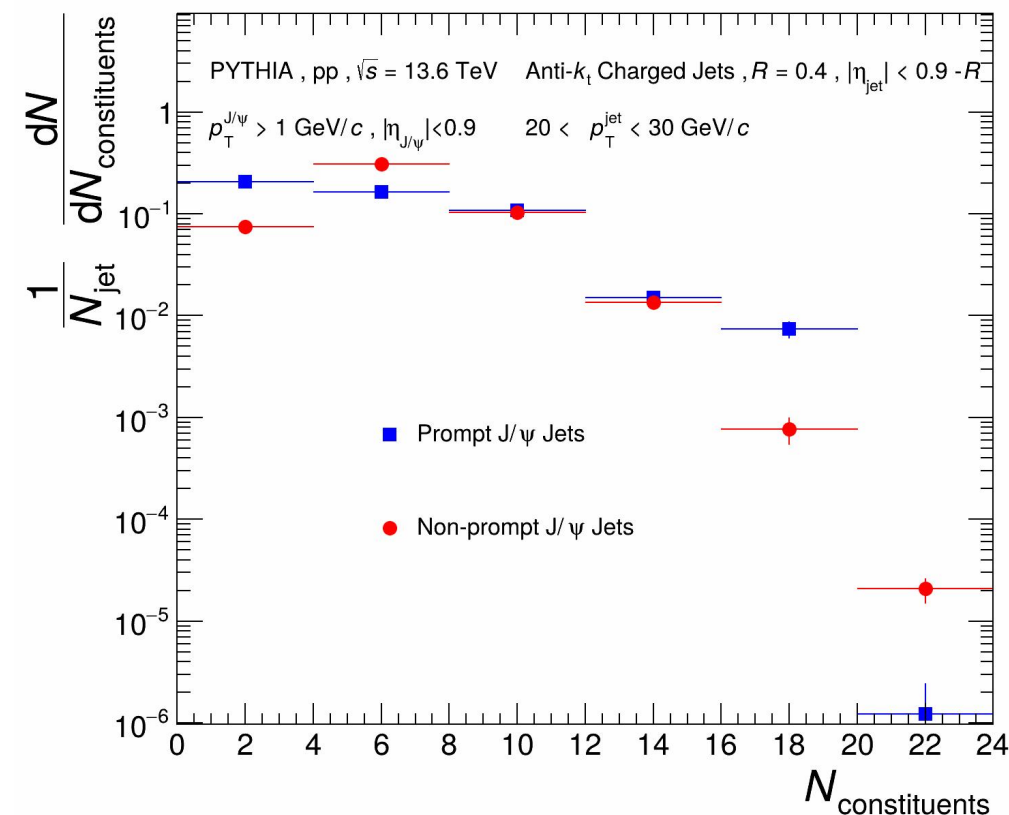


- ✓ 在相同  $p_T^{\text{jet}}$  下, J/ψ Jets 的  $\langle N_{\text{constituents}} \rangle$  低于 Leading Jets, 对应  $\langle z \rangle$  更高
- ✓ 在相同  $p_T^{\text{jet}}$  下, Prompt J/ψ Jets 的  $\langle N_{\text{constituents}} \rangle$  低于 Non-prompt J/ψ Jets, 对应  $\langle z \rangle$  更高

# 多重数依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质

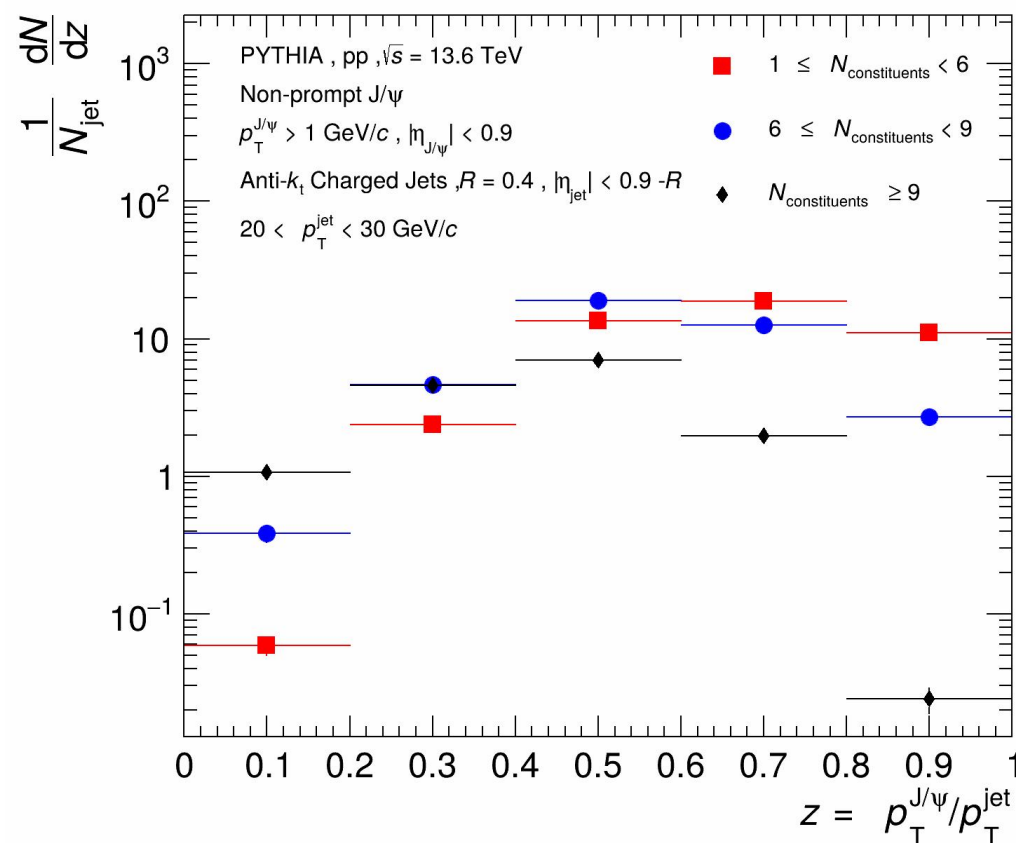
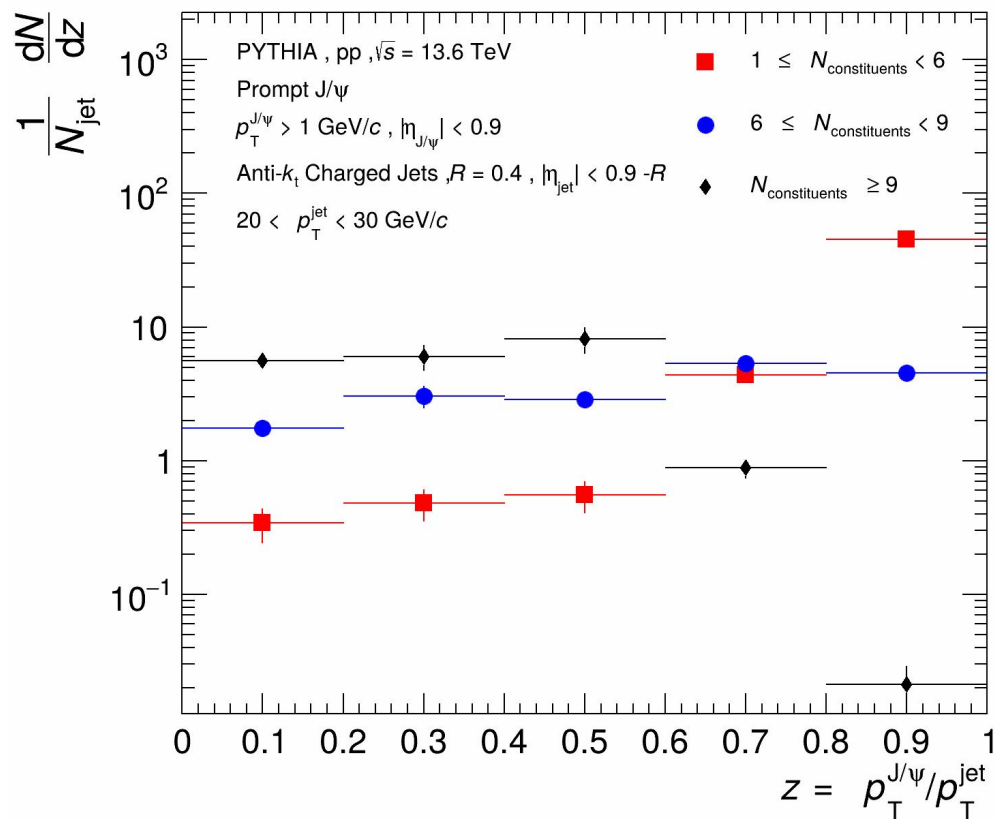


✓ J/ψ Jets的 $p_T^{jet}$ 与 $N_{constituents}$ 的二维图



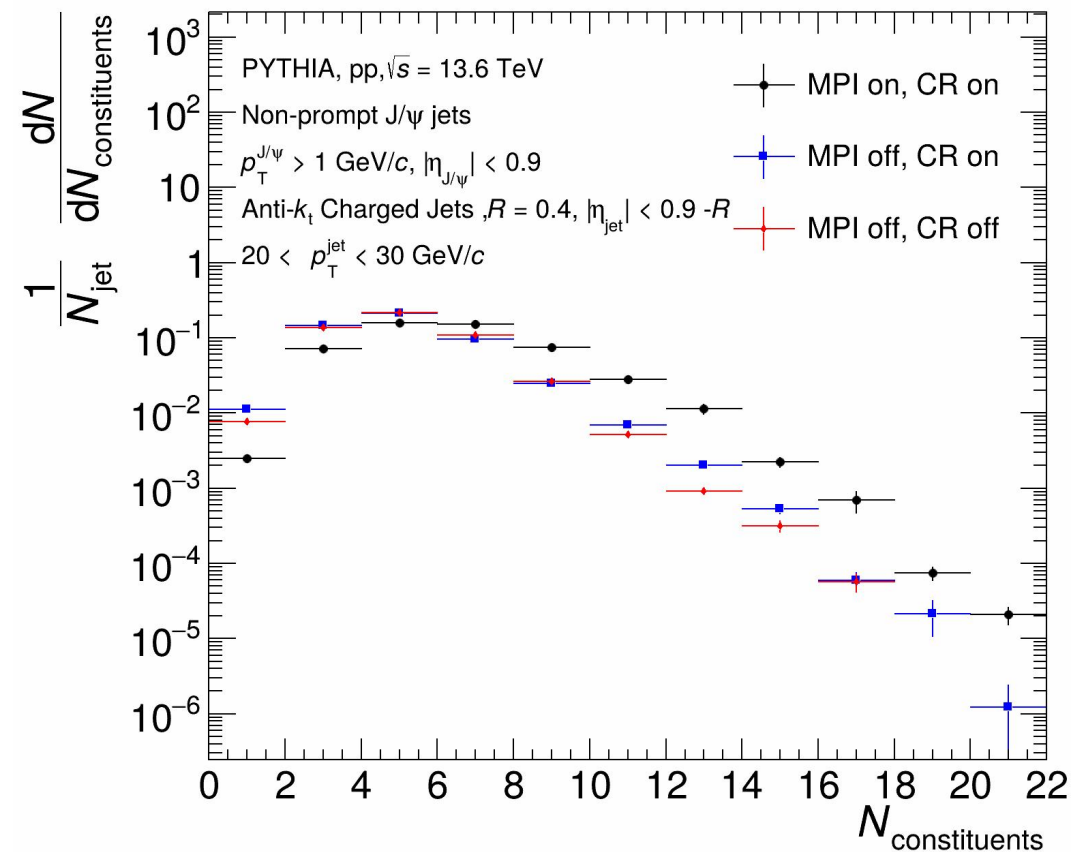
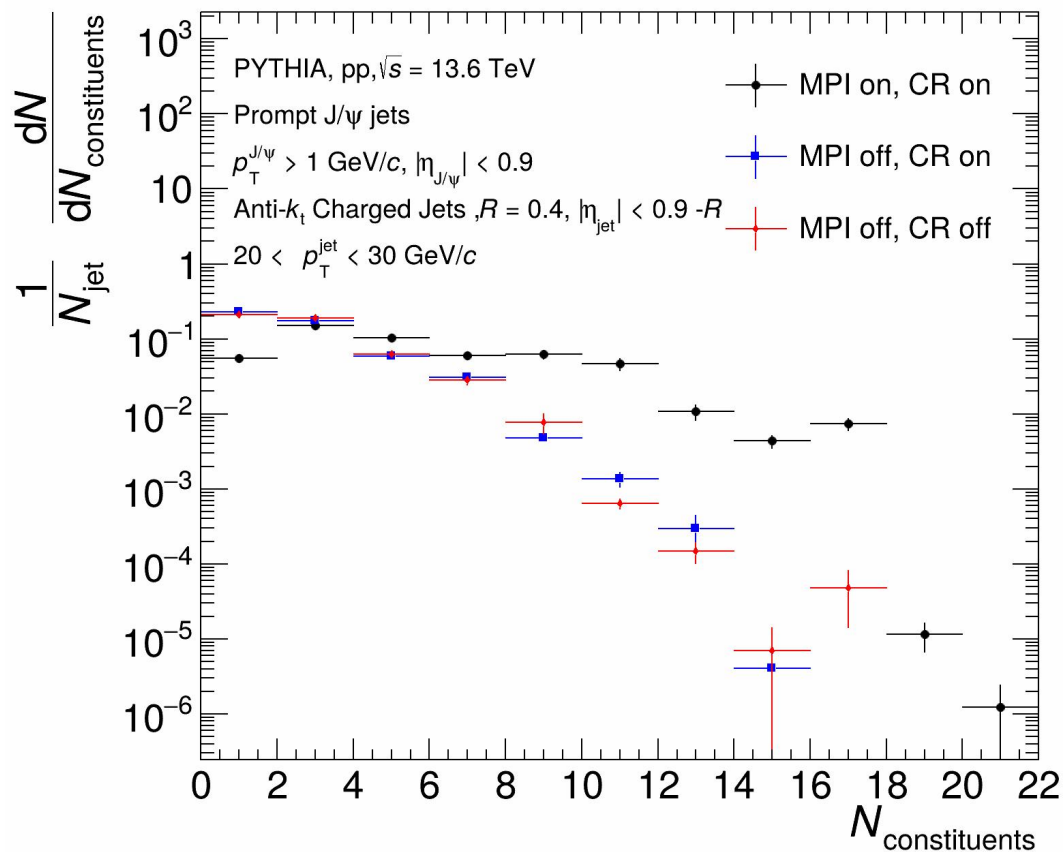
✓ 在 $20 < p_T^{jet} < 30$  GeV/c内, Prompt J/ψ Jets 和Non-prompt J/ψ Jets的多重数分布

# 多重数依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质



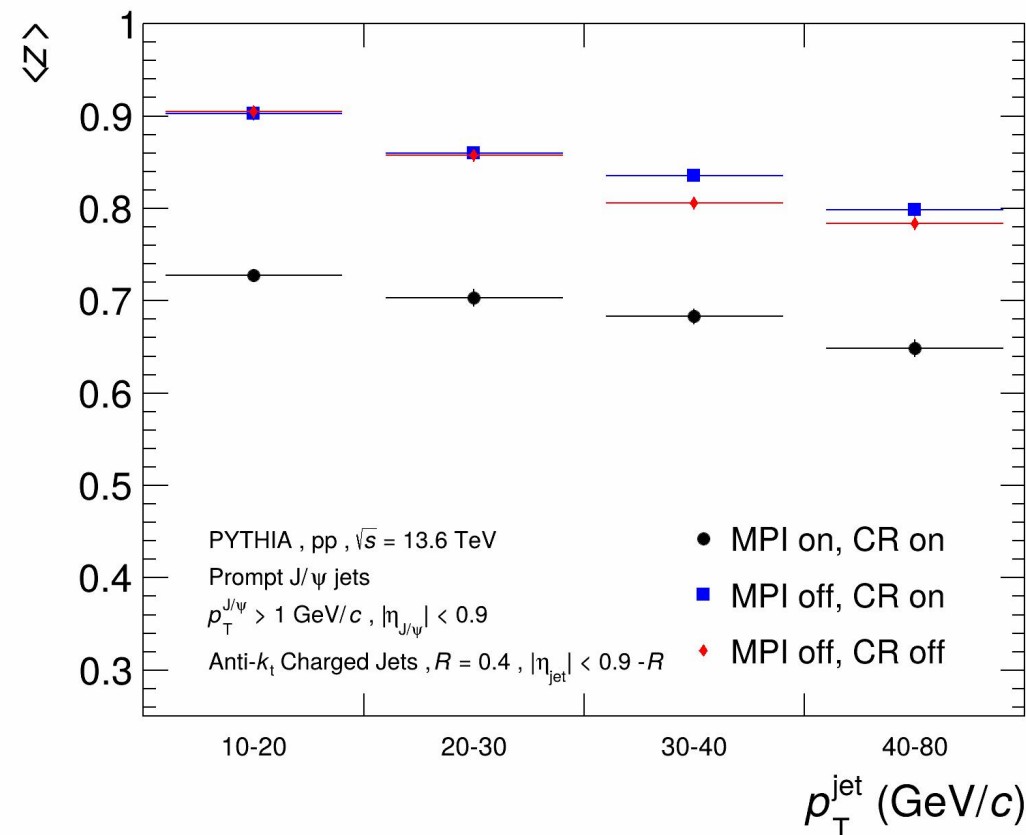
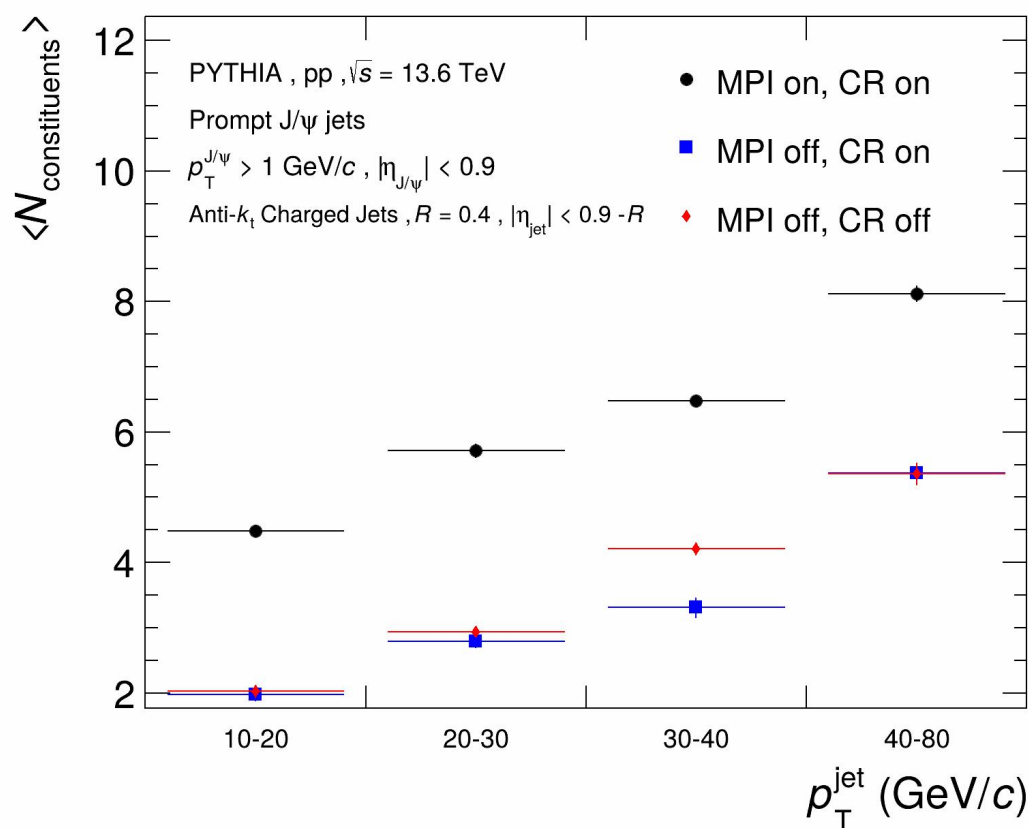
- ✓ 多重数越高，喷注动量被分散到更多的末态粒子中，J/ψ 能占有的动量份额 $z$ 就越低
- ✓ 这一多重数依赖规律，在 Prompt J/ψ与 Non-prompt J/ψ中均成立

# 多重数依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质



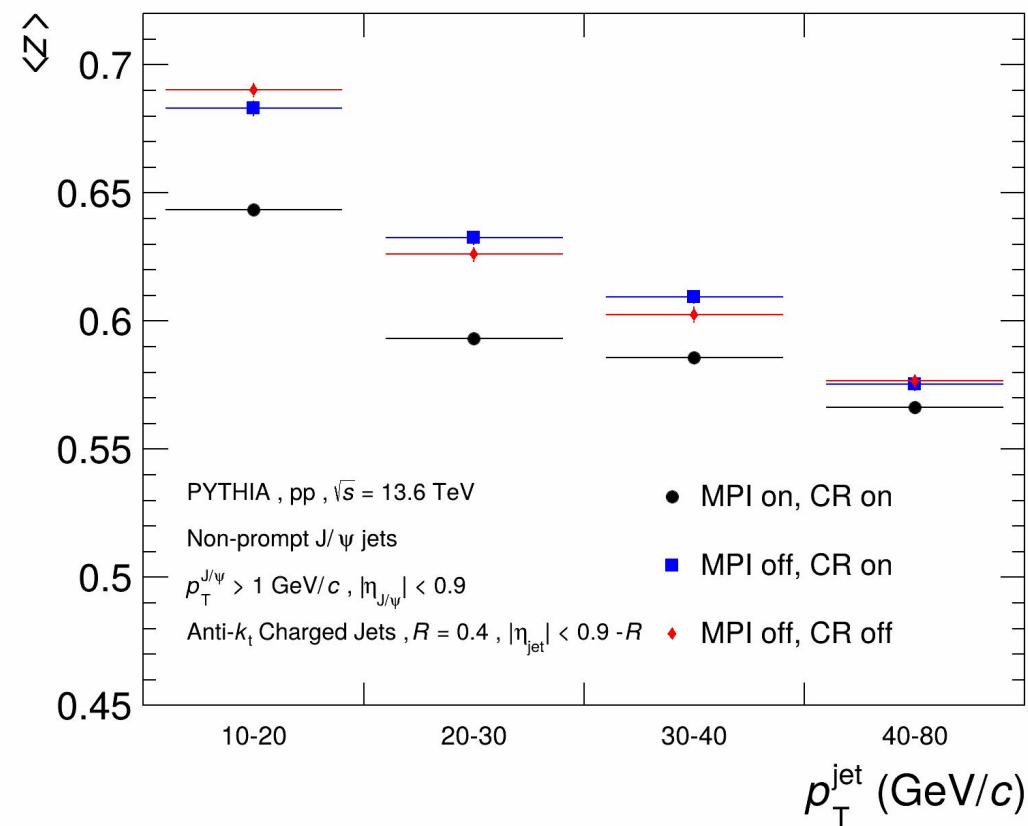
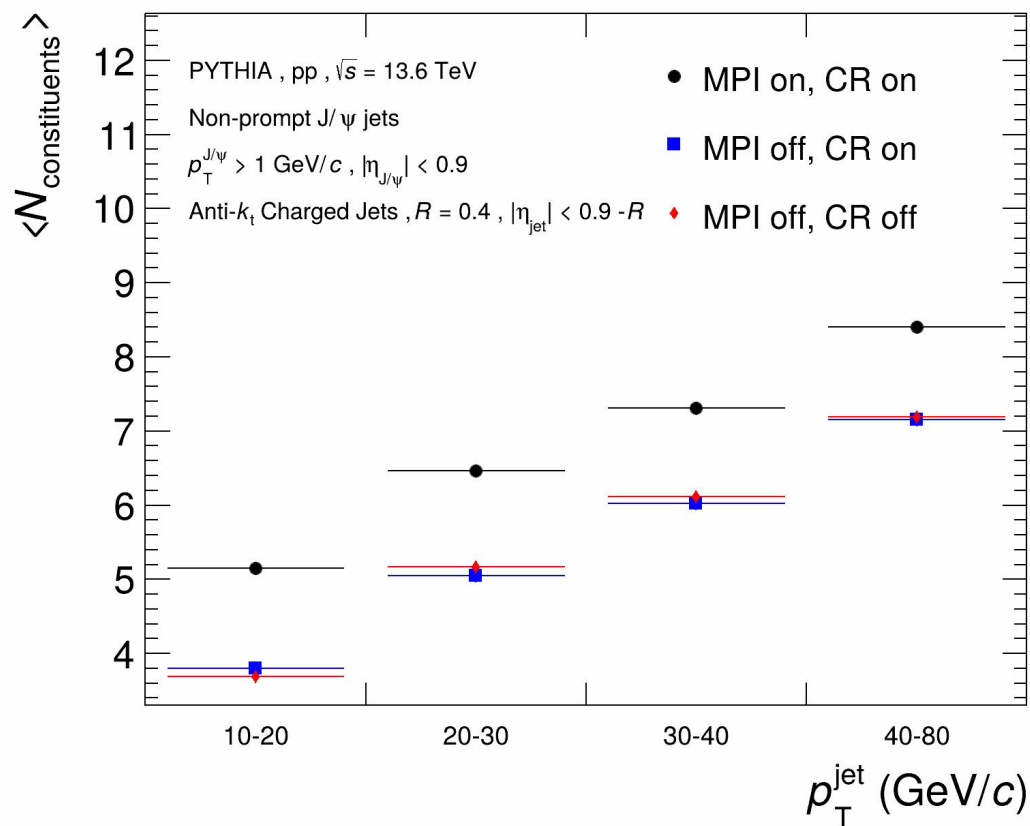
- ✓ MPI 对 J/ψ Jets的粒子多重数有显著提升作用, CR 对仅产生次级提升效应
- ✓ 上述规律在 Prompt J/ψ Jets与 Non-prompt J/ψ Jets中均成立

# 多重数依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质



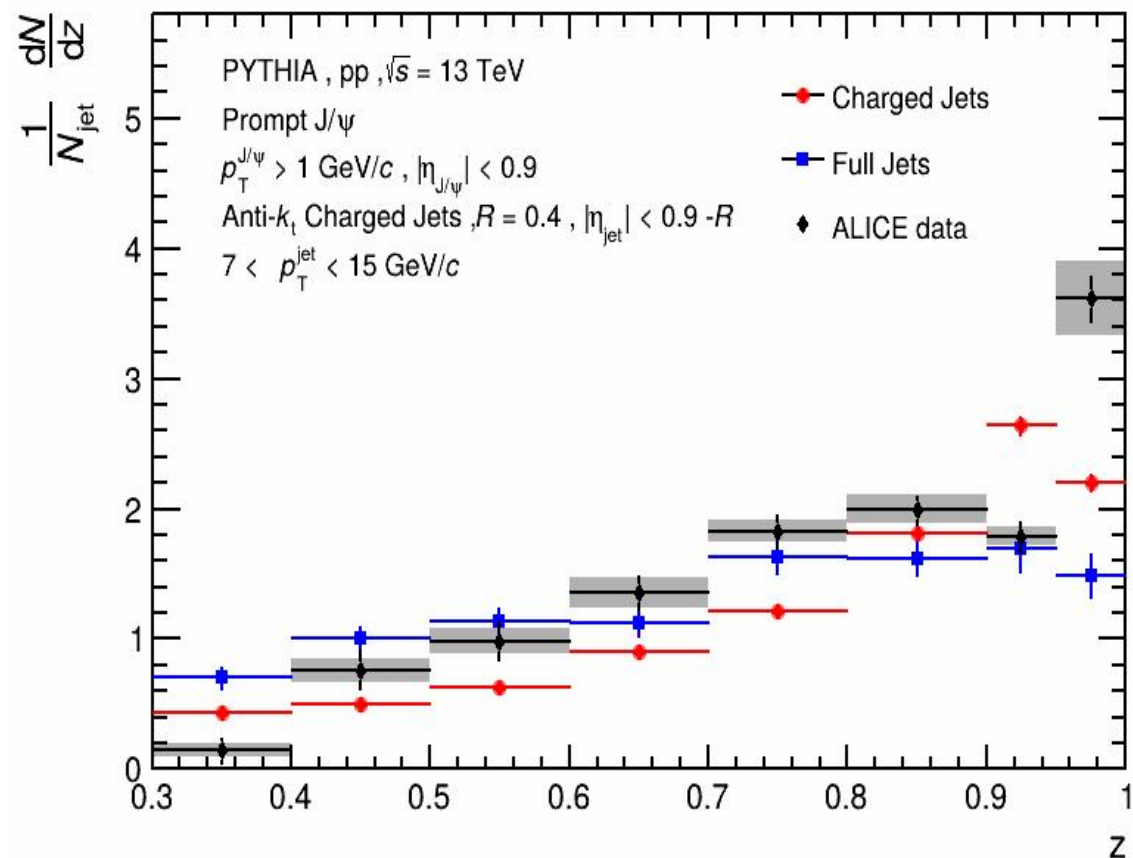
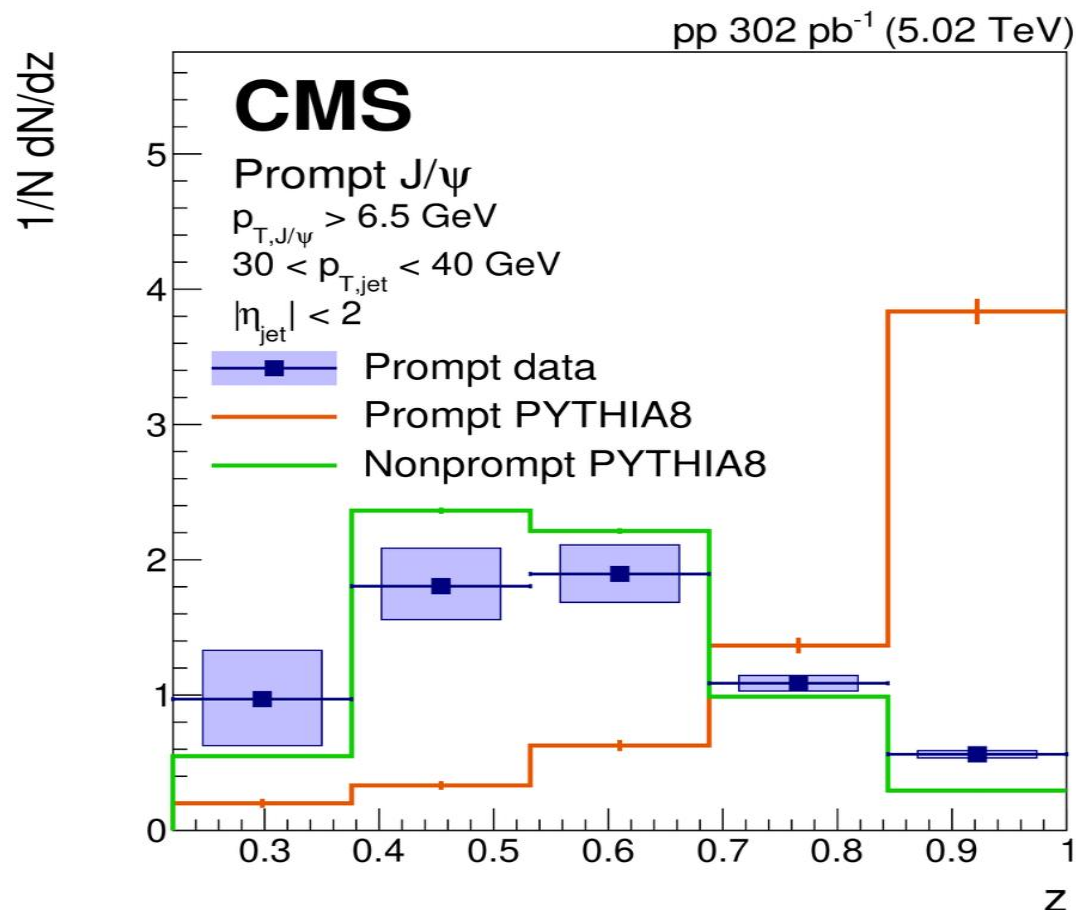
- ✓ 在全部测量区间内, MPI 对 J/ψ Jets 的  $\langle N_{\text{constituents}} \rangle$  有显著提升作用, 对  $\langle z \rangle$  有显著压低作用
- ✓ 在全部测量区间内, CR 对 J/ψ Jets 的  $\langle N_{\text{constituents}} \rangle$  和  $\langle z \rangle$  仅产生次级作用

# 多重数依赖的 J/ψ 喷注碎裂性质



✓ 上述规律在 Prompt J/ψ Jets与 Non-prompt J/ψ Jets中均成立

# 喷注内 J/ψ 动量份额分布的运动学效应



- ✓ CMS 实验采用Full Jets, 而 ALICE 实验采用Charged Jets, PYTHIA验证了Charged Jets大约损失了三分之一的喷注能量 (中性粒子部分未被计入), 进而使得z分布整体向更高 z 值偏移

# 总结

- ✓ PYTHIA能够合理描述 ALICE实验上的Prompt J/ψ和Non-prompt J/ψ的动量份额趋势和形状
- ✓ 预言 $\sqrt{s} = 13.6$  TeV下喷注碎裂性质对味道的依赖关系
- ✓ 预言 $\sqrt{s} = 13.6$  TeV下喷注碎裂性质的多重数依赖：
  - ✓ 多重数越高，J/ψ 能占有的动量份额 $z$ 就越低
  - ✓ 开启 MPI 显著提高多重数并压低 $\langle z \rangle$ ；CR 仅产生次级效应，不改变整体趋势
- ✓ 研究了Full Jets 和 Charged Jets中Prompt J/ψ的动量份额分布
- ✓ 展望： 为未来的实验数据分析提供参考和比较

谢谢大家