

# STCF 本底研究

裴宇鹏<sup>[1]</sup>, 方竹君<sup>[1]</sup>, 石煌超<sup>[1,2]</sup>

[1] 中国科学技术大学

[2] 浙江大学

**代表 STCF-本底研究组**

2023.12.15 杭州

2023年粒子对撞机束流本底研讨会

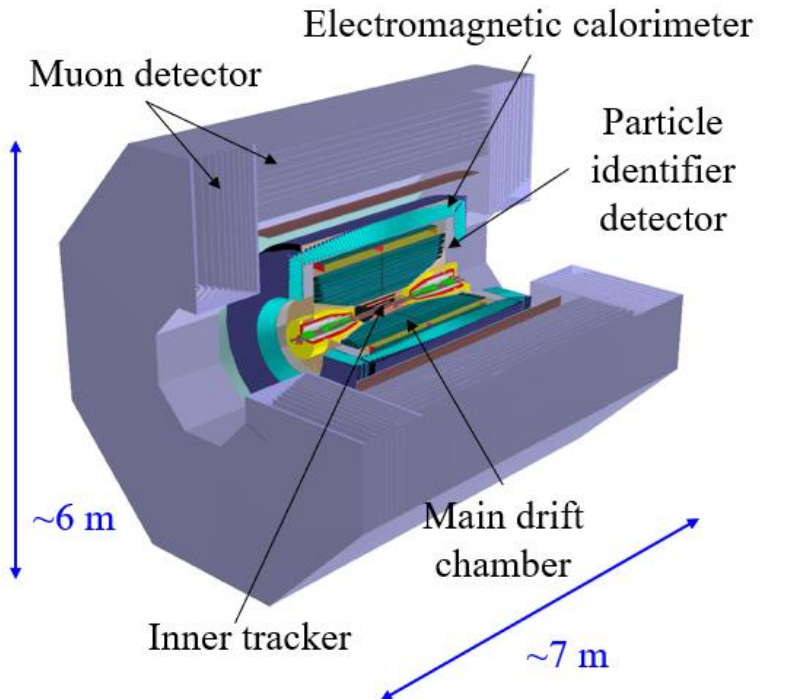
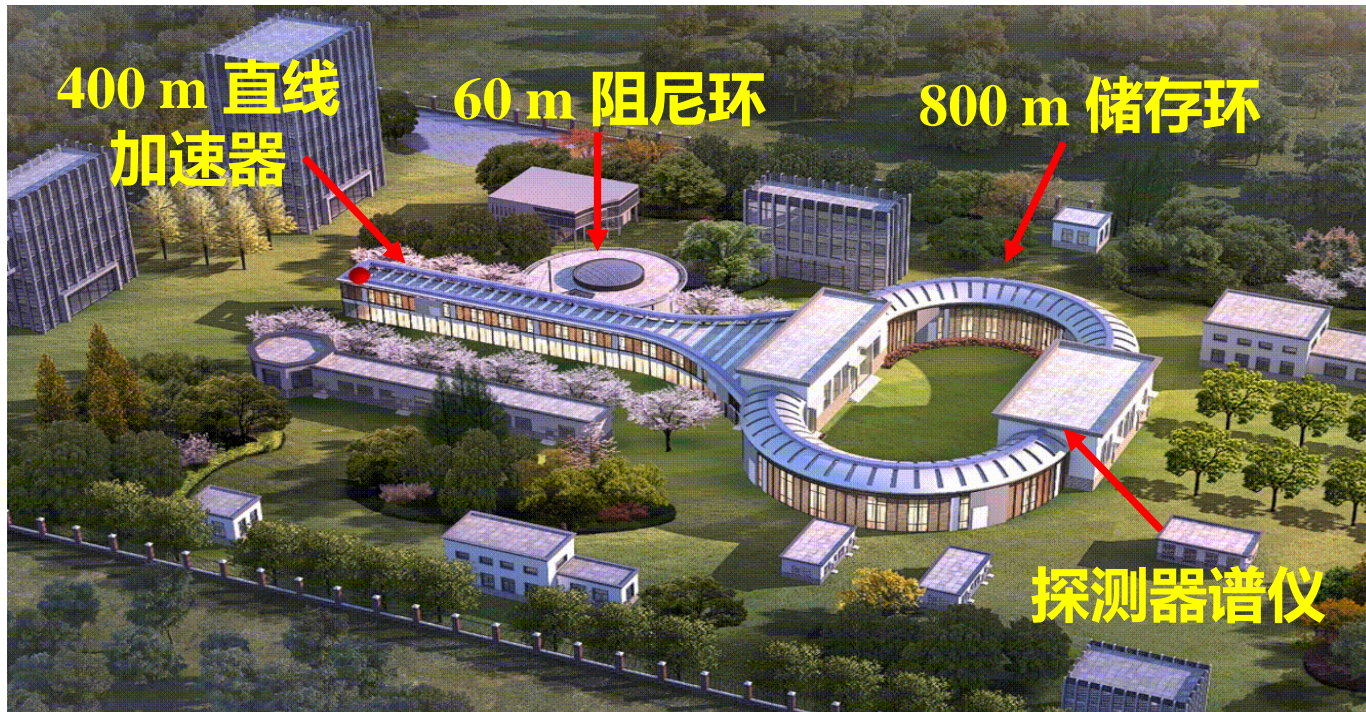
# 目录

- STCF 简介
- STCF 本底模拟
- 本底混合算法
- 总结

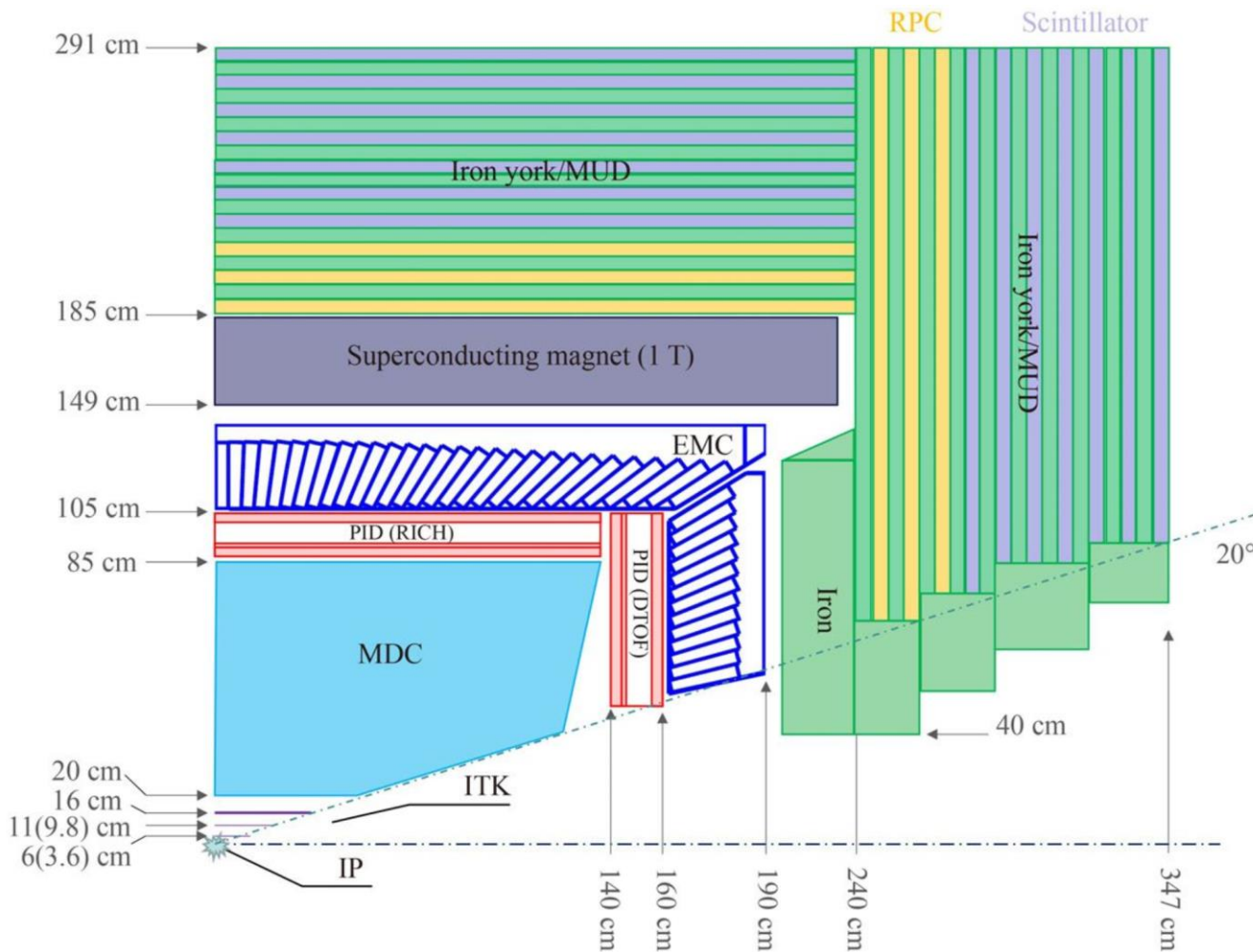
# Super Tau-Charm Facility (STCF)

## STCF 关键参数:

- 质心能量:  $2-7\text{GeV}$
- 峰值亮度:  $> 0.5 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  @  $4\text{GeV}$
- 未来有进一步提升亮度以及加入极化束流的潜能



# STCF 探测器



## Inner Tracker

Cylindrical  $\mu$ RWELL  $r=60, 110, 160$ mm  
 Silicon(CMOS MAPS)  $r=36, 98, 160$  mm

## Main Drift Chamber

Cylindrical drift chamber  
 $r= 200.0-827.3$  mm  
 60%He+40%C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

## PID

RICH with MPGD, Liquid C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>  
 DIRC-like TOF, synthetic fused silica

## Electromagnetic Calorimeter

pCsI+APD  
 crystals: 6732 at barrel, 1938 at endcaps

## Muon Counter

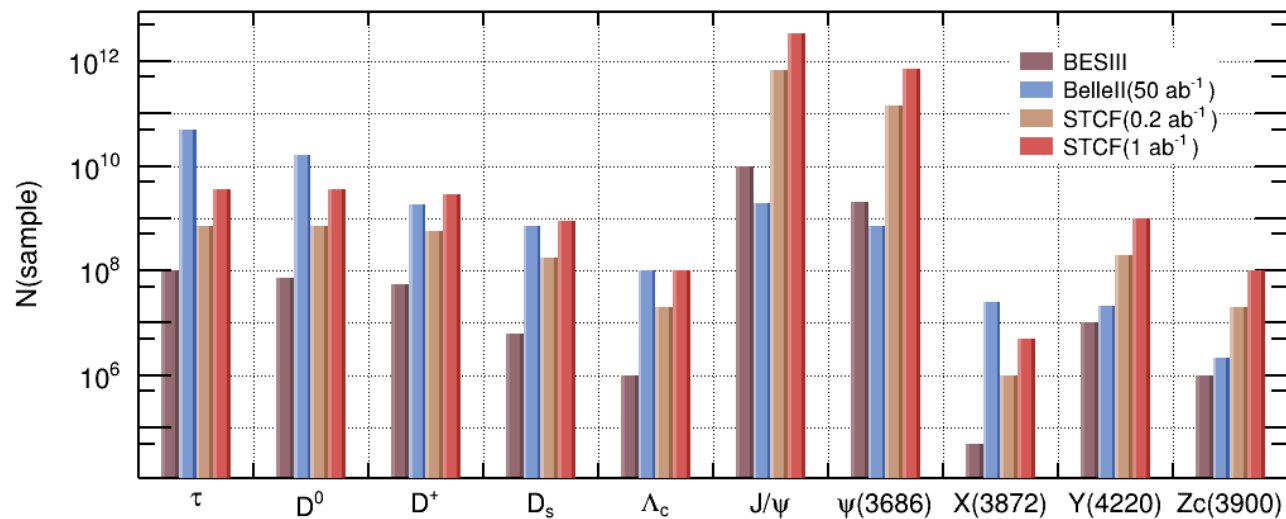
3 RPC + 7 Plastic scintillator

# STCF 预期取数量: $> 1\text{ab}^{-1}/\text{year}$

Table 1: The expected numbers of events per year at different energy points at STCF

CME (GeV)	Lumi ( $\text{ab}^{-1}$ )	samples	$\sigma(\text{nb})$	No. of Events	remark
3.097	1	$J/\psi$	3400	$3.4 \times 10^{12}$	<b>J/<math>\psi</math> <math>10^{12}</math></b>
3.670	1	$\tau^+\tau^-$	2.4	$2.4 \times 10^9$	
3.686	1	$\psi(3686)$	640	$6.4 \times 10^{11}$	
		$\tau^+\tau^-$	2.5	$2.5 \times 10^9$	
3.770	1	$\psi(3686) \rightarrow \tau^+\tau^-$		$2.0 \times 10^9$	<b>D pair <math>10^9</math></b>
		$D^0\bar{D}^0$	3.6	$3.6 \times 10^9$	
		$D^+\bar{D}^-$	2.8	$2.8 \times 10^9$	
		$D^0\bar{D}^0$		$7.9 \times 10^8$	
		$D^+\bar{D}^-$		$5.5 \times 10^8$	
4.040	1	$\tau^+\tau^-$	2.9	$2.9 \times 10^9$	Single Tag Single Tag
		$\gamma D^0\bar{D}^0$	0.40	$4.0 \times 10^6$	
		$\pi^0 D^0\bar{D}^0$	0.40	$4.0 \times 10^6$	
		$D_s^+ D_s^-$	0.20	$2.0 \times 10^8$	
		$\tau^+\tau^-$	3.5	$3.5 \times 10^9$	
4.180	1	$D_s^{*+} D_s^{*-} + \text{c.c.}$	0.90	$9.0 \times 10^8$	Single Tag
		$D_s^{*+} D_s^{*-} + \text{c.c.}$		$1.3 \times 10^8$	
4.230	1	$\tau^+\tau^-$	3.6	$3.6 \times 10^9$	<b><math>\tau^+\tau^- 10^9</math></b>
		$\gamma X(3872)$			
4.360	1	$J/\psi \pi^+ \pi^-$	0.085	$8.5 \times 10^7$	
		$\tau^+\tau^-$	3.6	$3.6 \times 10^9$	
4.420	1	$\psi(3686) \pi^+ \pi^-$	0.040	$4.0 \times 10^7$	
		$\tau^+\tau^-$	3.5	$3.5 \times 10^9$	
4.630	1	$\psi(3686) \pi^+ \pi^-$	0.033	$3.3 \times 10^7$	Single Tag
		$\Lambda_c \bar{\Lambda}_c$	0.56	$5.6 \times 10^8$	
		$\Lambda_c \bar{\Lambda}_c$		$6.4 \times 10^7$	
		$\tau^+\tau^-$	3.4	$3.4 \times 10^9$	
4.0-7.0 > 5	3 2-7	300 points scan with 10 MeV step, $1\text{fb}^{-1}/\text{point}$ several $\text{ab}^{-1}$ high energy data, details dependent on scan results			

## 超级粒子工厂

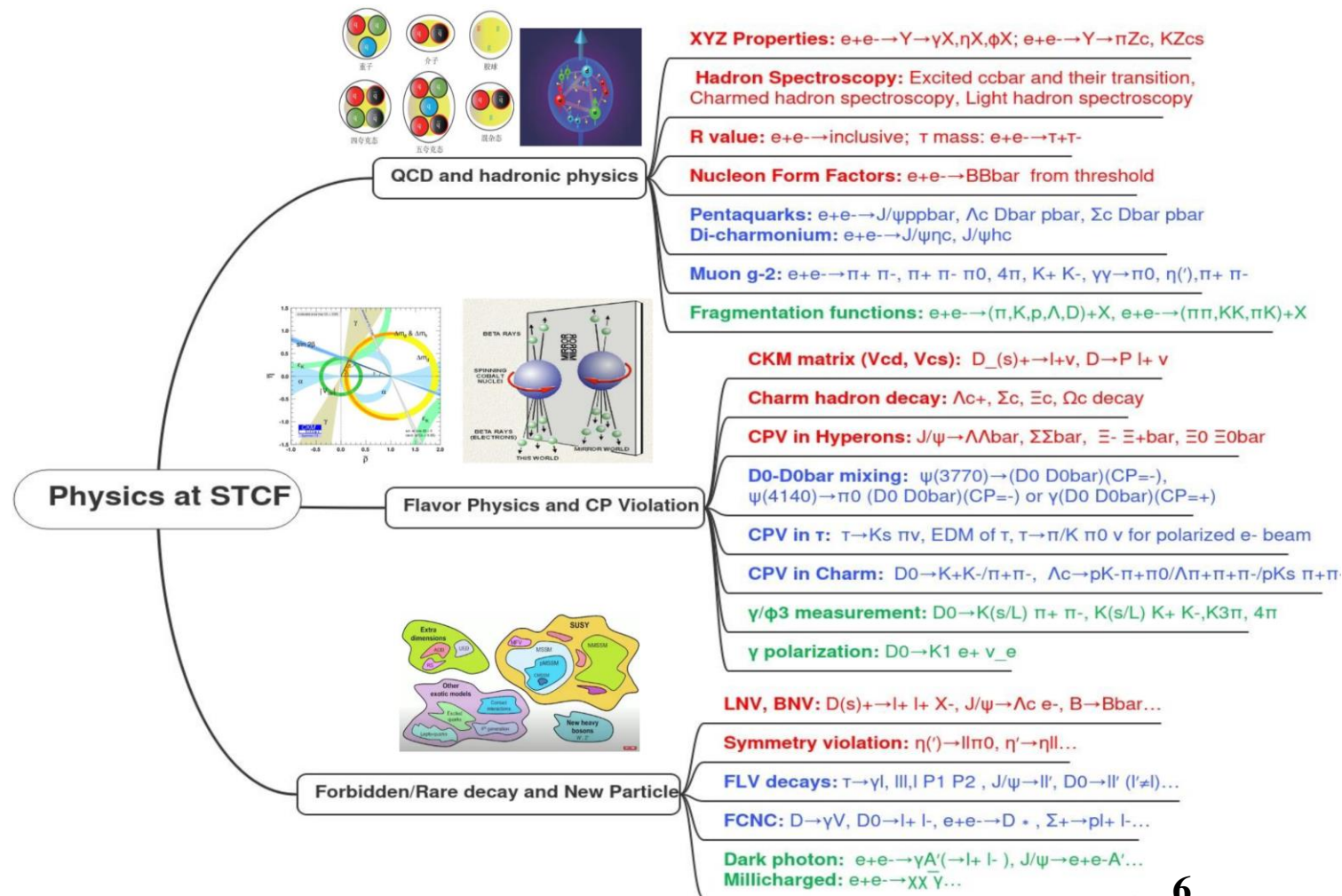


# STCF 物理目标

M. Achasov, et al., [STCF conceptual design report \(Volume 1\): Physics & detector](#), *Front. Phys.* 19(1), 14701 (2024)



## CDR Published



# STCF 加速器设计与挑战

$$\mathcal{L}^* = \frac{N_1 N_2 f N_{bunch}}{2\pi \Sigma_x^* \Sigma_y^*} \Rightarrow L = \frac{\gamma n_b I_b}{2e r_e \beta_y^*} \xi_y H$$

Relativistic energy  $\gamma$   
 Bunch number & intensity  $n_b I_b$   
 Hourglass effect  $\xi_y H$   
 Vertical betatron function  $\beta_y^*$   
 Beam-beam parameter  $\xi_y$

Parameters	Value	Unit
Optimize energy E	2.0	GeV
Circumference $\Pi$	617.06	m
$f_{RF}$	497.5	MHz
$2\theta$	60	mrad
$\epsilon_y/\epsilon_x$	0.5	%
I	2.0	A
$V_{RF}$	3.0	MV
$\sigma_s$ (w.o/w IBS)	7.3/10	mm
$\epsilon_x$ (w.o/w IBS)	2.84/4.29	nm
$L_{HG}$	$\geq 0.5 \times 10^{35}$	$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$
$\xi_x/\xi_y$	0.004/0.10	-
$\tau_{Touschek}$	180~200	s

## 提高亮度:

- 压缩对撞点  $\beta_y^*$
- 优化束-束相互作用参数  $\xi_y$
- 提高流强 ( $n_b I_b$ )
- 保障束流寿命和束流稳定性

本底挑战



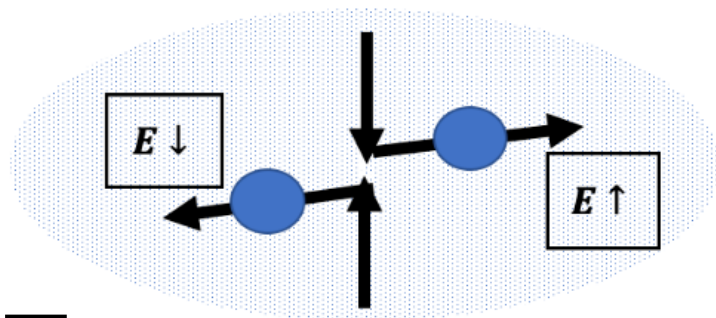
## 较高的本底水平 (相较于BEPC II):

- Touschek:  $\times 316$
- Beam-Gas:  $\times 2.2$
- Lumi:  $\times 50$

# STCF 本底简介

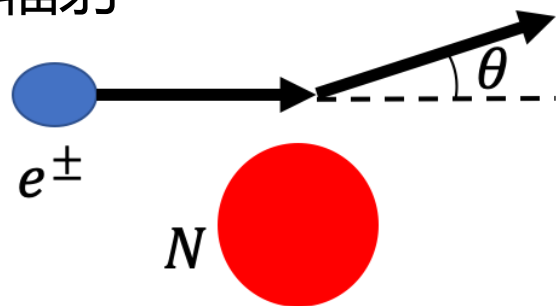
## Touschek 效应

- 束团粒子横向震荡过程中的弹性散射
- 反应率  $\propto N_{\text{bunch}}, \text{beam size}^{-1}, \text{energy}^{-3}$



## 束流-气体相互作用

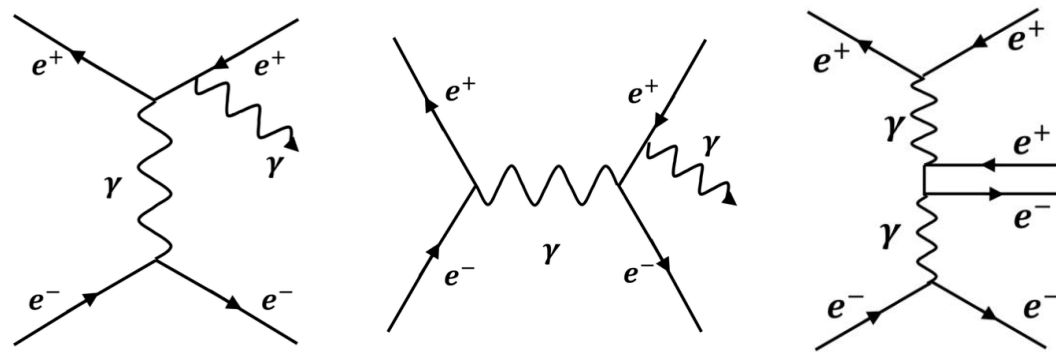
- 束团粒子与残余气体分子的作用
- 弹性库伦散射, 韧致辐射
- 反应率  $\propto \text{pressure}$



## 亮度相关本底

- 产生于对撞点
- Bhabha辐射  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma$
- 双光子过程

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^-\gamma^*\gamma^* \rightarrow e^+e^-e^+e^-$$



## 其他本底 (目前未被模拟)

- 注入本底
- 同步辐射



# 目录

- STCF 简介
- STCF 本底模拟
- 本底混合算法
- 总结

# STCF 本底模拟框架

## 产生子:

- 束流相关本底: 根据截面**抽样**
- 亮度相关本底: 现有产生子

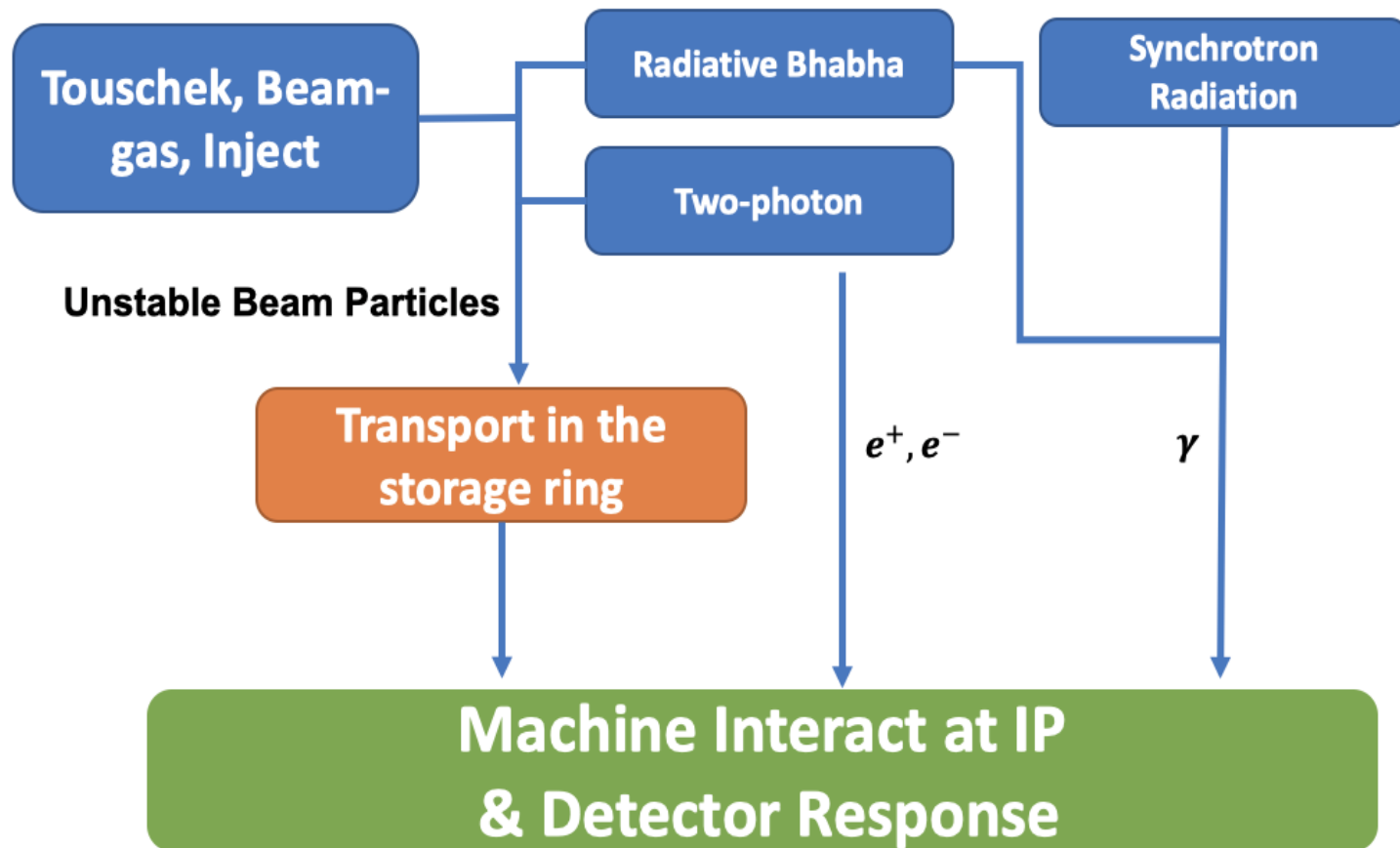
模拟部分		模拟工具
产生子	Touschek 效应	自抽样产生
	束-气库伦散射	自抽样产生
	束-气韧致辐射	自抽样产生
	辐射 Bhabha	BBBrem+Babayaga
	双光子过程	DIAG 36/Guinea-pig
	注入与同步辐射	-

## 加速器传输:

- KEK开发的**SAD**软件工具

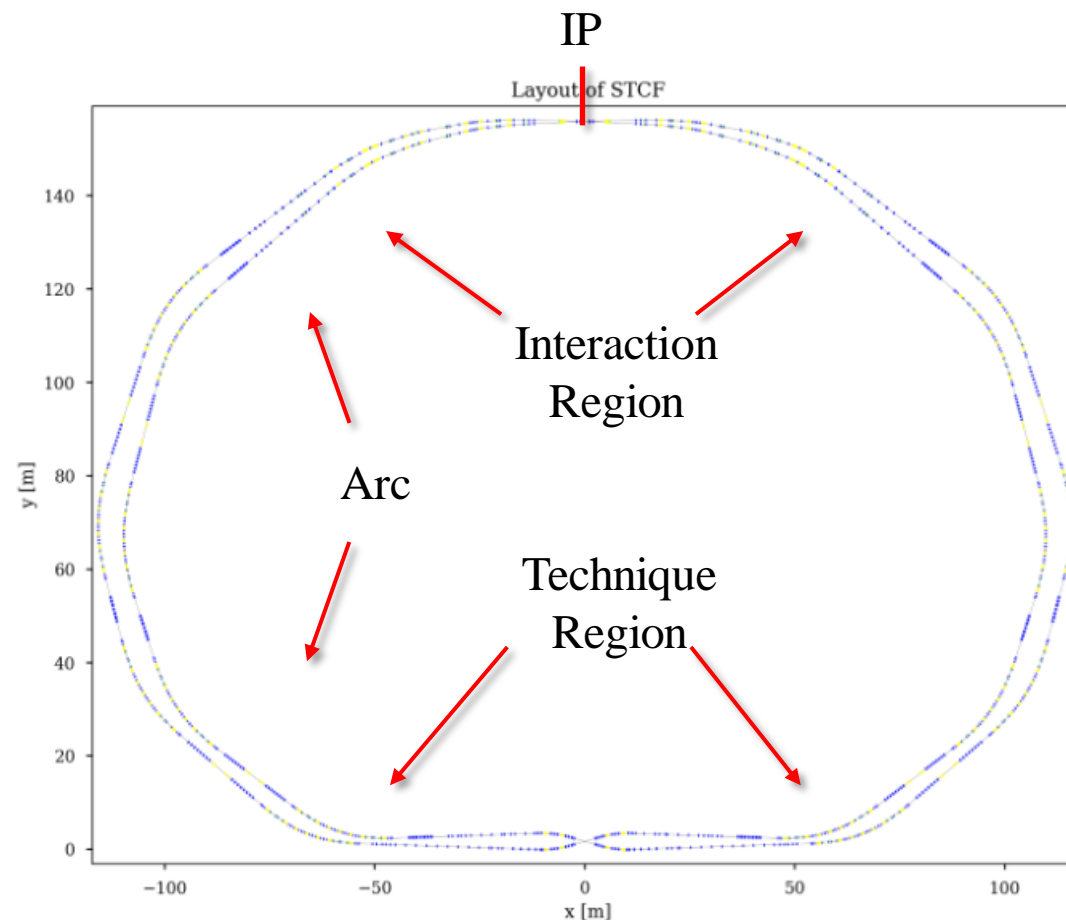
## 对撞区物质与探测器响应:

- Geant4



# STCF Lattice 与束流本底版本迭代

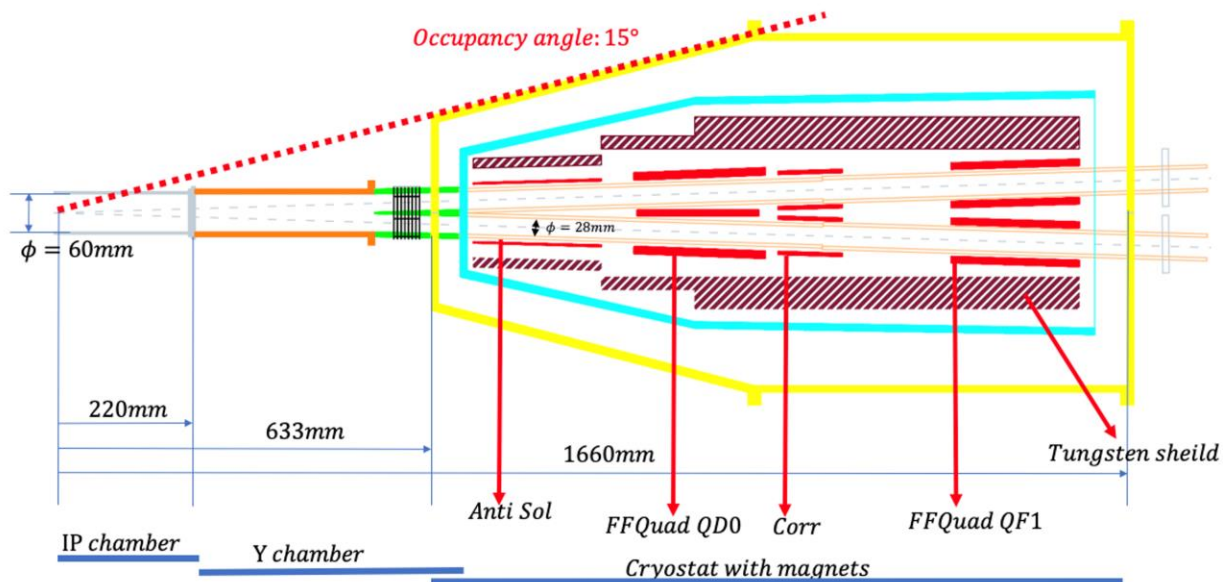
- 以Lattice设计定义束流本地版本
- 几个重要的版本：
  - **V2**: CDR版本, 作为过渡版本
  - V7: current lattice
  - **V7C3**: 增加 collimator



# STCF MDI 设计

## ➤ 束流管

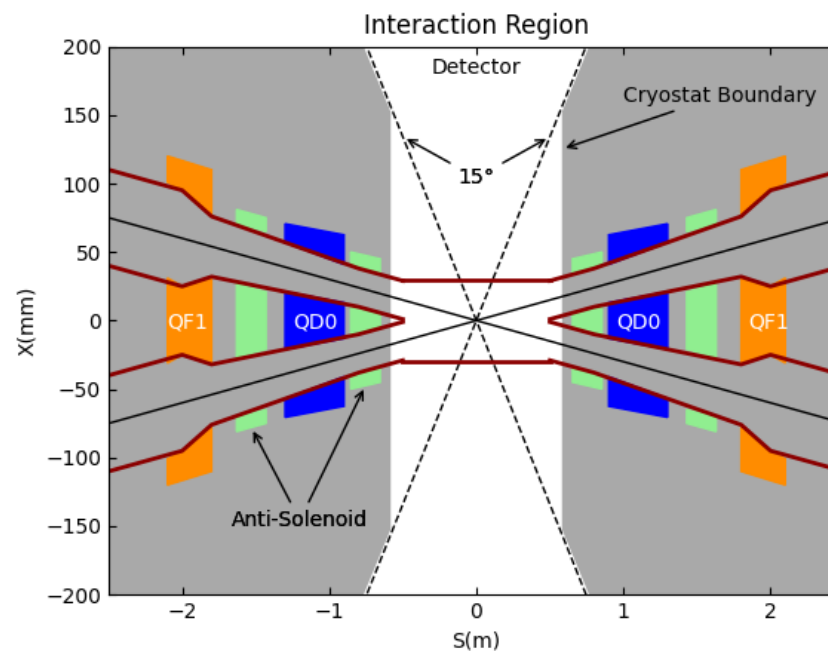
- 铍管:  $D=60\text{ mm}$
- Y型管:  $z=0.5\text{ m}$ , cross angle= $60\text{ mrad}$
- 铜管:  $D=28\text{ mm}$ , limited by SCM



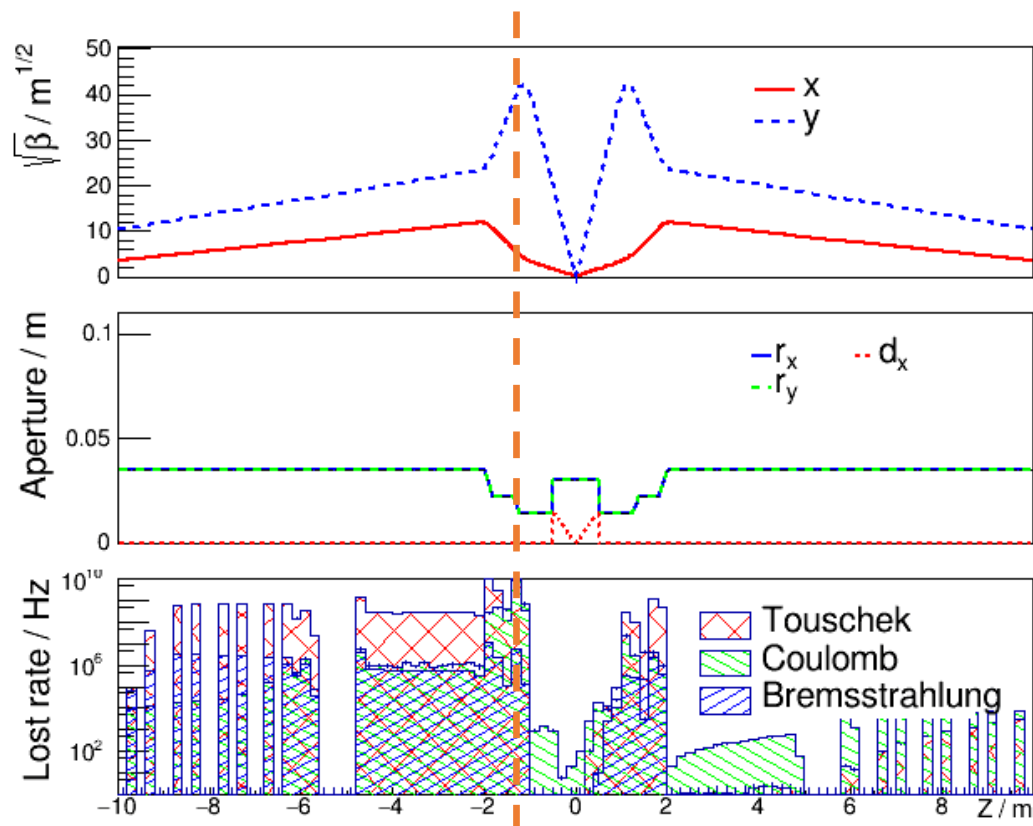
## ➤ 磁铁

- QD0:  $z=0.9\text{ m}$
- QF1:  $z=1.4\text{ m}$

## ➤ MDI空间限制: $15\text{ degree}$ (后续会减小)



# 粒子泄露模拟 | SAD输出

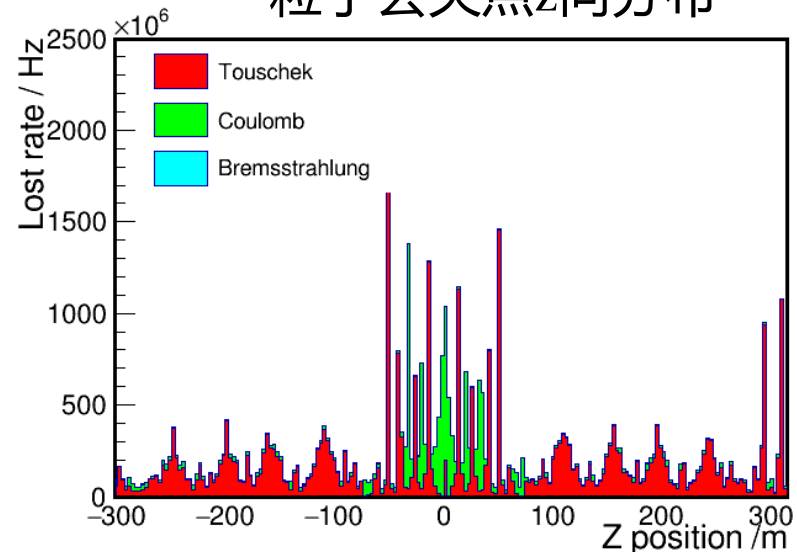


Lost rate in IR

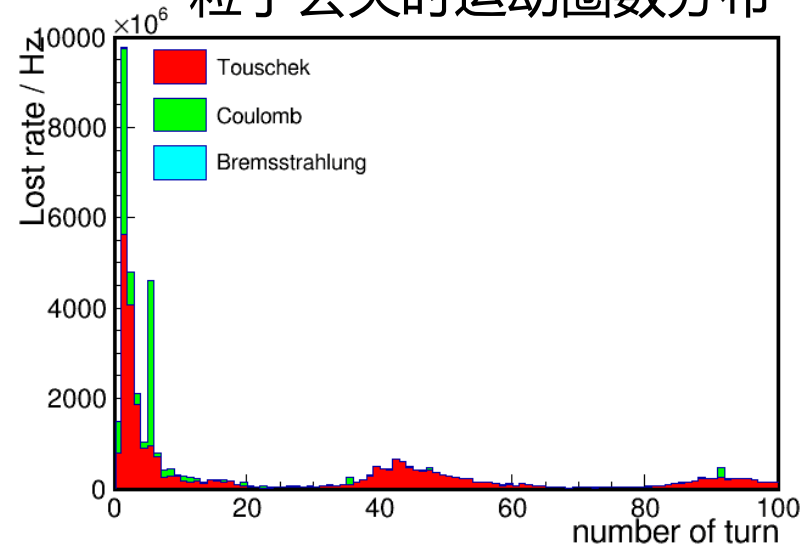
Touschek: lost at **min R**

Beam-gas: lost at **min R** and **max  $\beta_y$**

粒子丢失点z向分布



粒子丢失时运动圈数分布

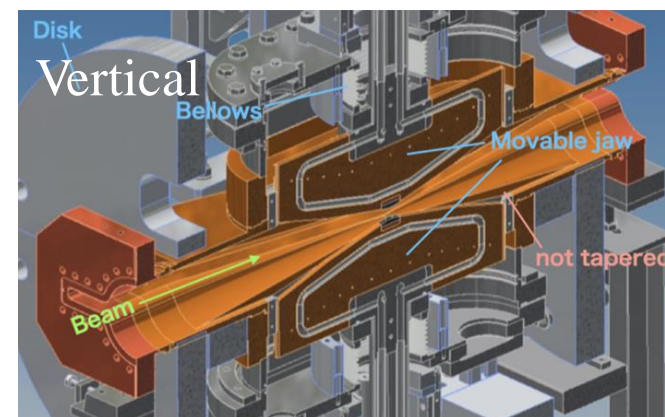
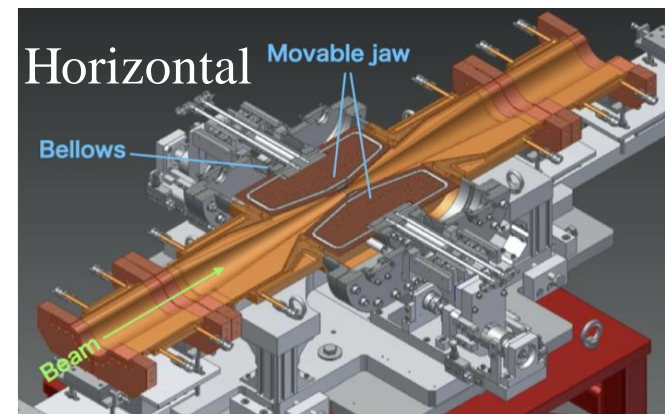


# STCF 准直器 (Collimator)

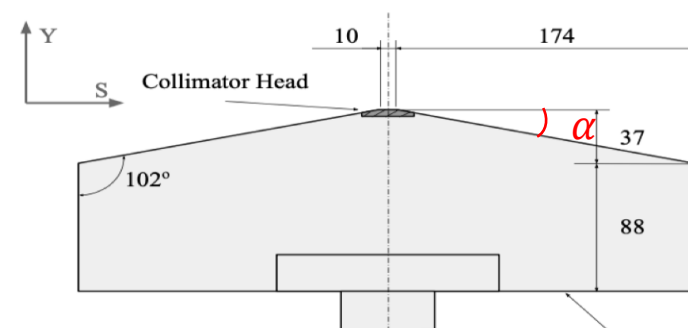
## 关于Collimator:

- 位于**束流管内**，利用较小孔径刮去偏离轨道的粒子
- 包含**水平**和**垂直**
- **梯形**结构降低阻抗
- 可沿孔径和束流移动

## Collimator设置于上游beta函数较大且长度>1.5m的漂移段



Name	Orientation	Limitation		Design	
		Rmax/mm	Zmid/m	R/mm	
CoH01	Hor.	78.63	-45.0	15	
CoH02	Hor.	78.70	-56.0	15	
CoV01	Ver.	9.40	-19.2	5	
CoV02	Ver.	9.32	-31.0	5	

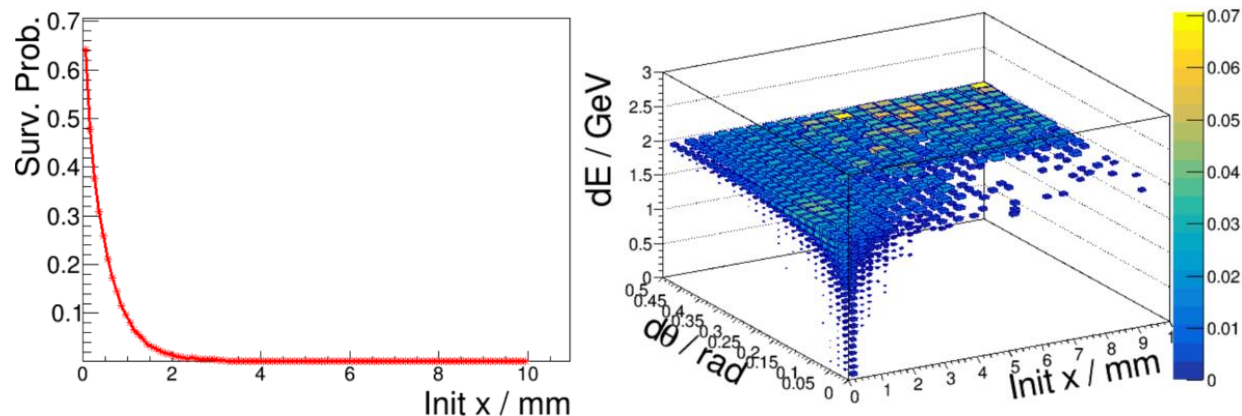


SuperKEKB collimator structure

# Collimator 的优化

## Tip-scattering 算法:

- 模拟部分粒子可以穿过 collimator, 并继续在储存环中运动的情况
- Geant4中建模collimator; 模拟 $e^\pm$ 通过collimator的存活率及分布; Geant4模拟的结果输入SAD



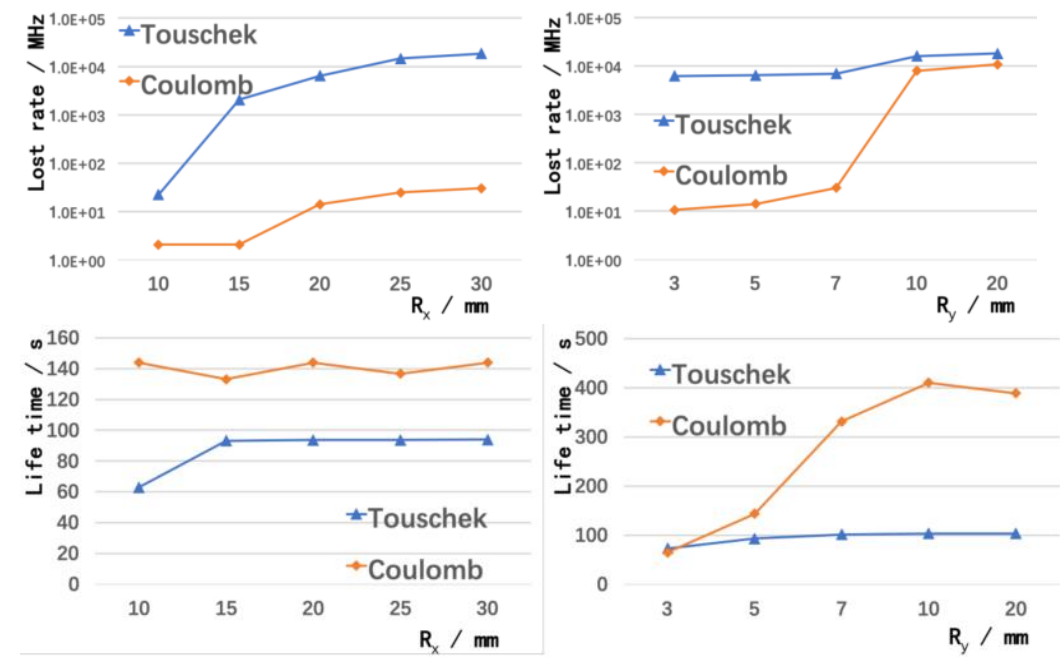
本底粒子经过 collimator 散射后的生存概率; 能损和散射角随初始位置的分布

## 截断方法会低估束-气本底

模拟算法	Touschek 上游	Touschek 下游	束-气上游	束-气下游
SAD 硬截断 (trun.)	$6.42 \times 10^9$	$6.24 \times 10^8$	$1.41 \times 10^7$	$3.83 \times 10^6$
Tip scattering (tip.)	$6.38 \times 10^9$	$6.12 \times 10^8$	$1.51 \times 10^7$	$4.27 \times 10^6$
比值 (tip./trun.)	0.99	0.98	1.07	1.11

## Collimator 孔径的优化:

- 未考虑 TMCI 效应
- 孔径设计需均衡粒子丢失率和束流寿命
- Touschek 对 $R_x$ 变换更敏感; 束-气对 $R_y$ 更敏感



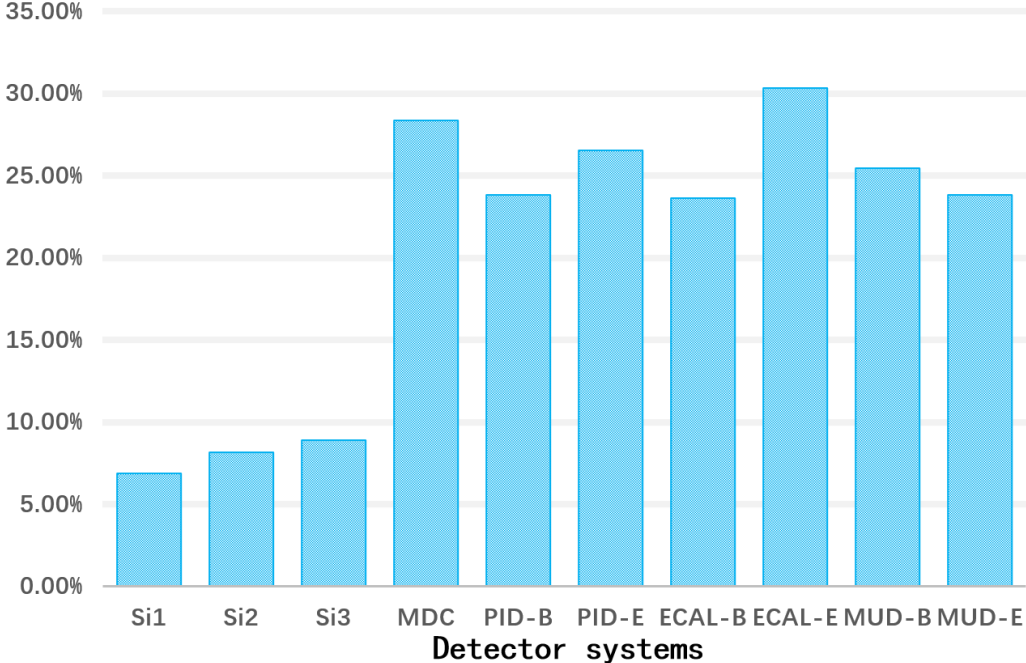
## 优化孔径可有效压低Touschek本底(~60%)

	Touschek 上游	Touschek 下游	束-气上游	束-气下游
无 collimator (Hz)	$3.47 \times 10^{10}$	$2.08 \times 10^9$	$1.08 \times 10^{10}$	$1.27 \times 10^8$
初始 collimator (Hz)	$6.38 \times 10^9$	$6.12 \times 10^8$	$1.51 \times 10^7$	$4.27 \times 10^6$
优化 collimator (Hz)	$2.19 \times 10^9$	$1.17 \times 10^8$	$1.06 \times 10^7$	$4.15 \times 10^6$

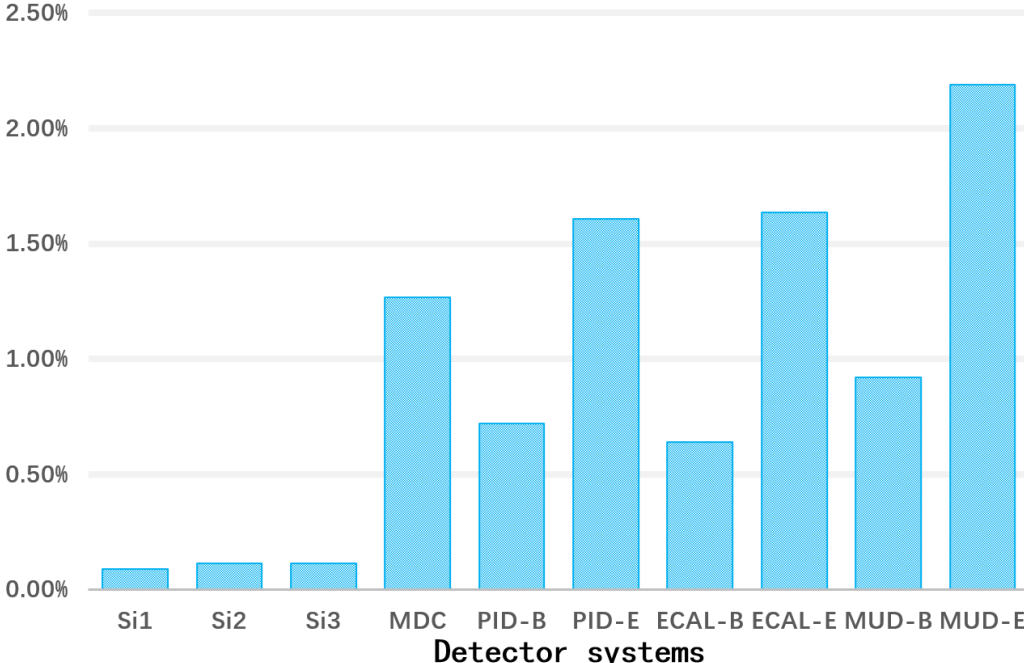
# 增加准直器后的效果

➤ 综合所有优化，增设**Collimator**可以有效压低本底

V7C3/V7, for Touschek background



V7C3/V7, for beam-gas background



	Touschek 上游	Touschek 下游	束-气上游	束-气下游
无Collimator (Hz)	$3.47 \times 10^{10}$	$2.08 \times 10^9$	$1.08 \times 10^{10}$	$1.27 \times 10^8$
加Collimator (Hz)	$2.19 \times 10^9$	$1.17 \times 10^8$	$1.06 \times 10^7$	$4.15 \times 10^6$
比值 (后/前) (%)	6.3	5.63	0.11	3.27

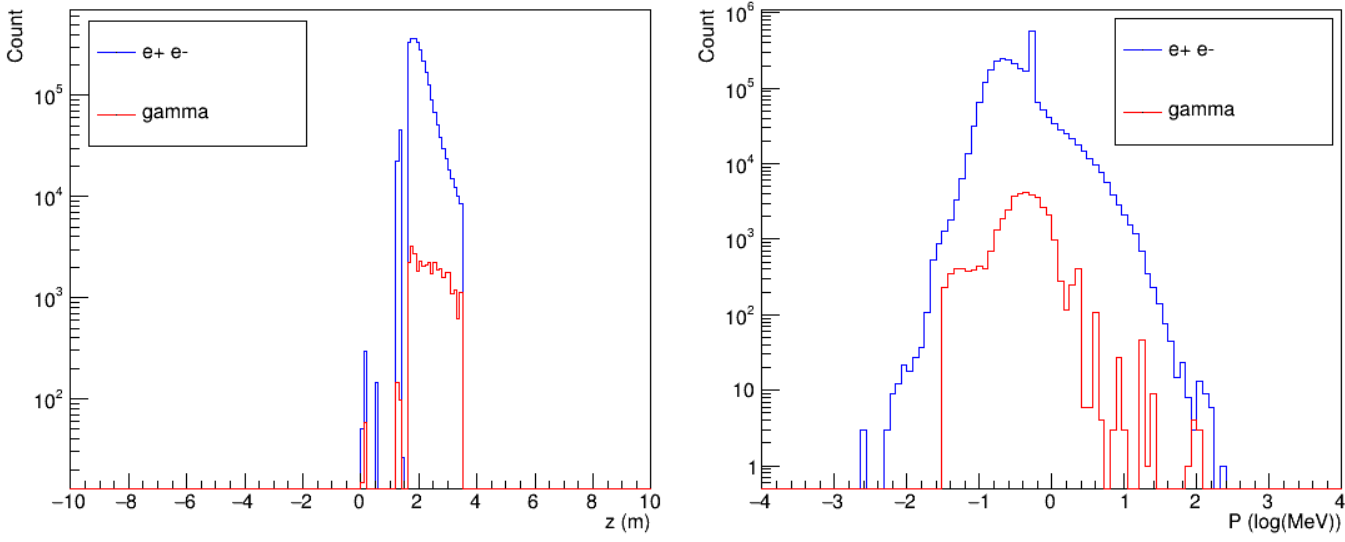


# V7C3 仍需要额外屏蔽

- V7C3版本底仍高于V2，需要在MDI区域设置**额外屏蔽层**
- **Touschek**占主导，进入探测器的粒子种类主要为正负电子和光子

	V7/V2	V7C3/V2	V7C3 中 Touschek占比
ITK1	102.28	1.20	76%
ITK2	93.24	1.46	91%
ITK3	101.58	1.77	87%
MDC	166.05	9.77	94%
PID-B	130.46	6.71	92%
PID-E	156.46	14.21	96%
ECAL-B	123.51	7.69	93%
ECAL-E	126.18	7.28	92%
MUC-B-RPC	62.29	5.07	85%
MUC-B-PS	56.38	3.64	81%
MUC-E-RPC	43.47	4.46	82%
MUC-B-PS	49.81	3.06	75%

### 进入20°范围内的粒子动量与位置分布

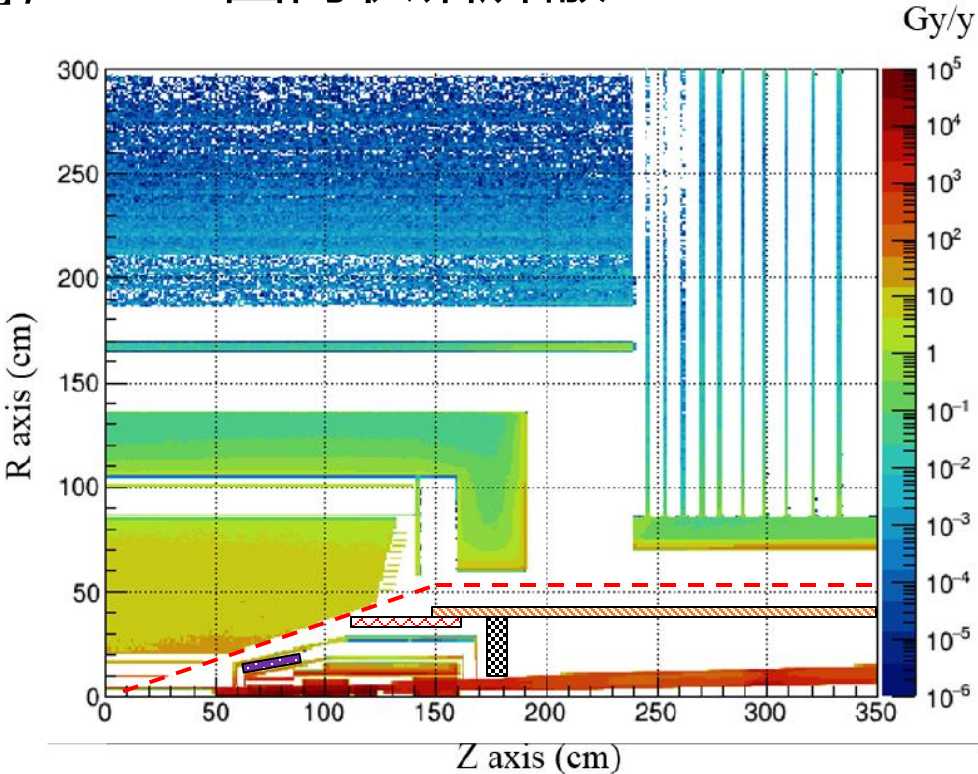


# 额外屏蔽本底降低效果

## 增加三处屏蔽:

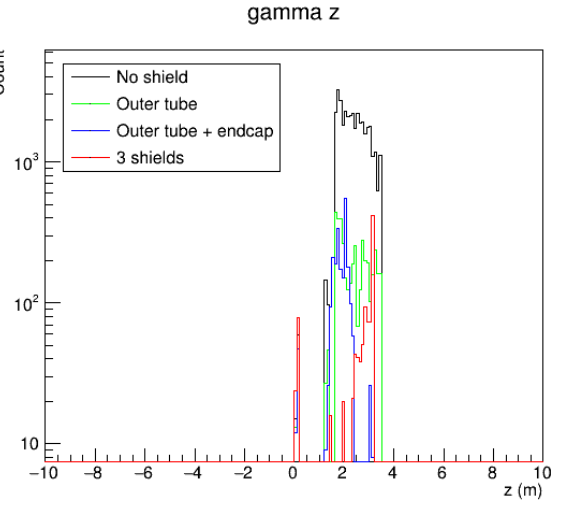
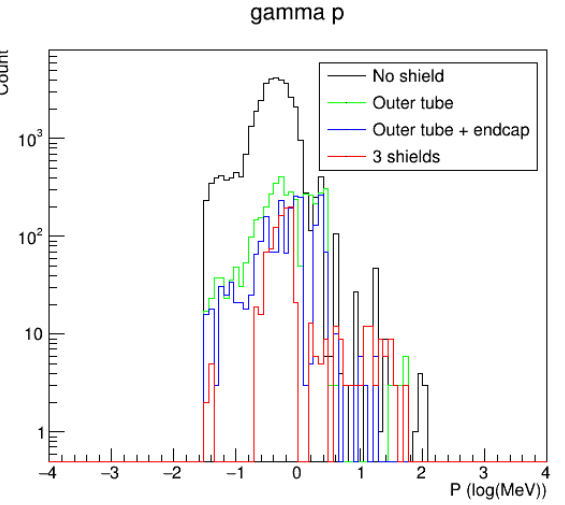
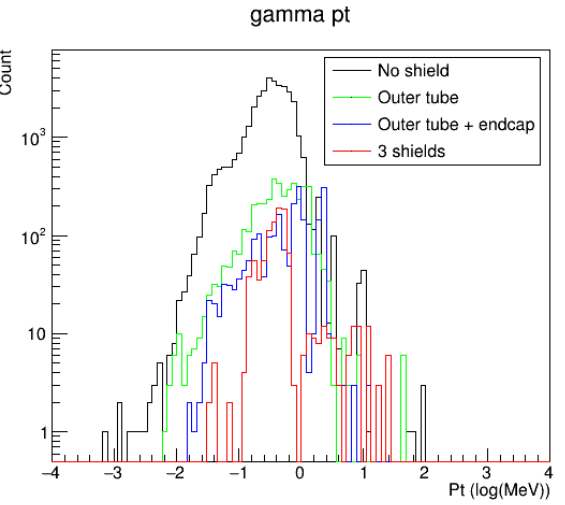
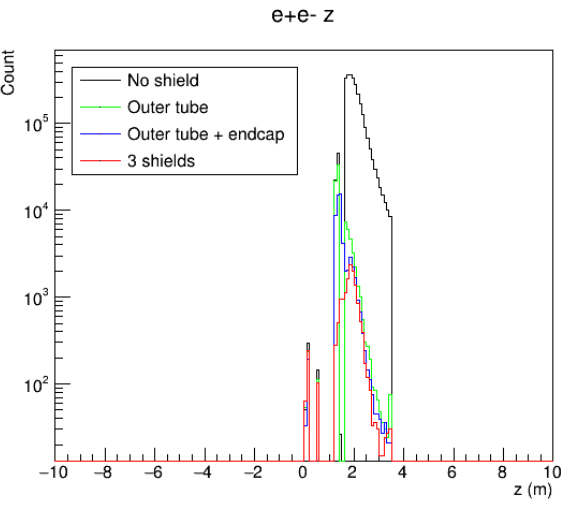
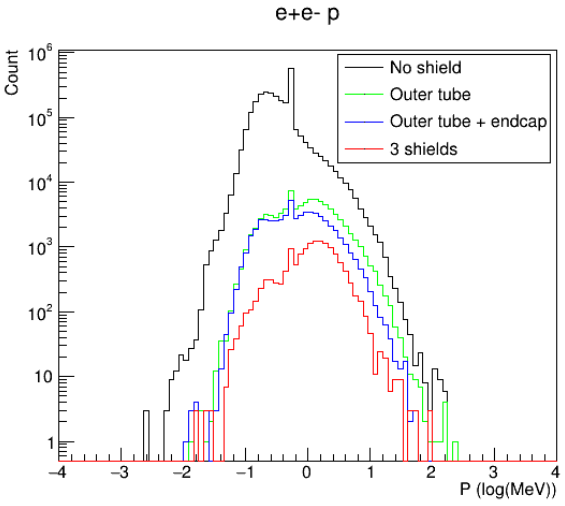
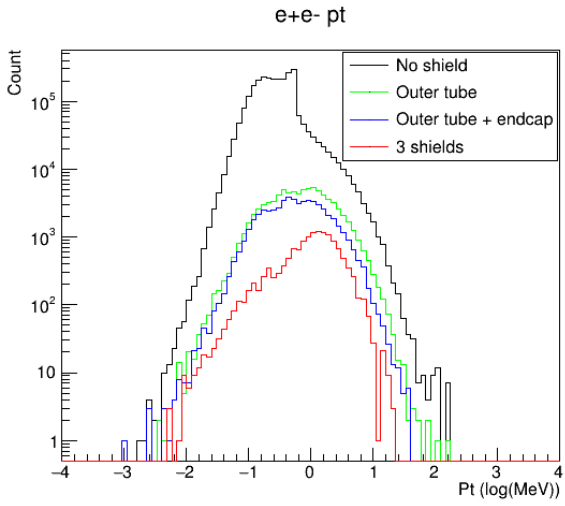
- $Z \in [1.5 \text{ m}, 3.5 \text{ m}]$ ,  $R \in [0.35 \text{ m}, 0.4 \text{ m}]$ , 5 cm 圆筒状铅屏蔽
- $Z \in [1.7 \text{ m}, 1.8 \text{ m}]$ ,  $R \in [0.1 \text{ m}, 0.35 \text{ m}]$ , 10 cm 圆盘状铅屏蔽
- $Z \in [1.1 \text{ m}, 1.6 \text{ m}]$ ,  $R \in [0.3 \text{ m}, 0.35 \text{ m}]$ , 5 cm 圆筒状铅屏蔽

	$e\pm$ number	$\gamma$ number
No shield	2.62 M	36 k
Outer tube	83.3 k	4.16 k
Outer tube + endcap	57 k	2.2 k
3 shields	13.9 k	1 k



# 不同屏蔽方案的本底降低效果

在束流管-探测器边界处设置连续的铅屏蔽，本底降低效果最好



# 不同屏蔽方案的本底降低效果

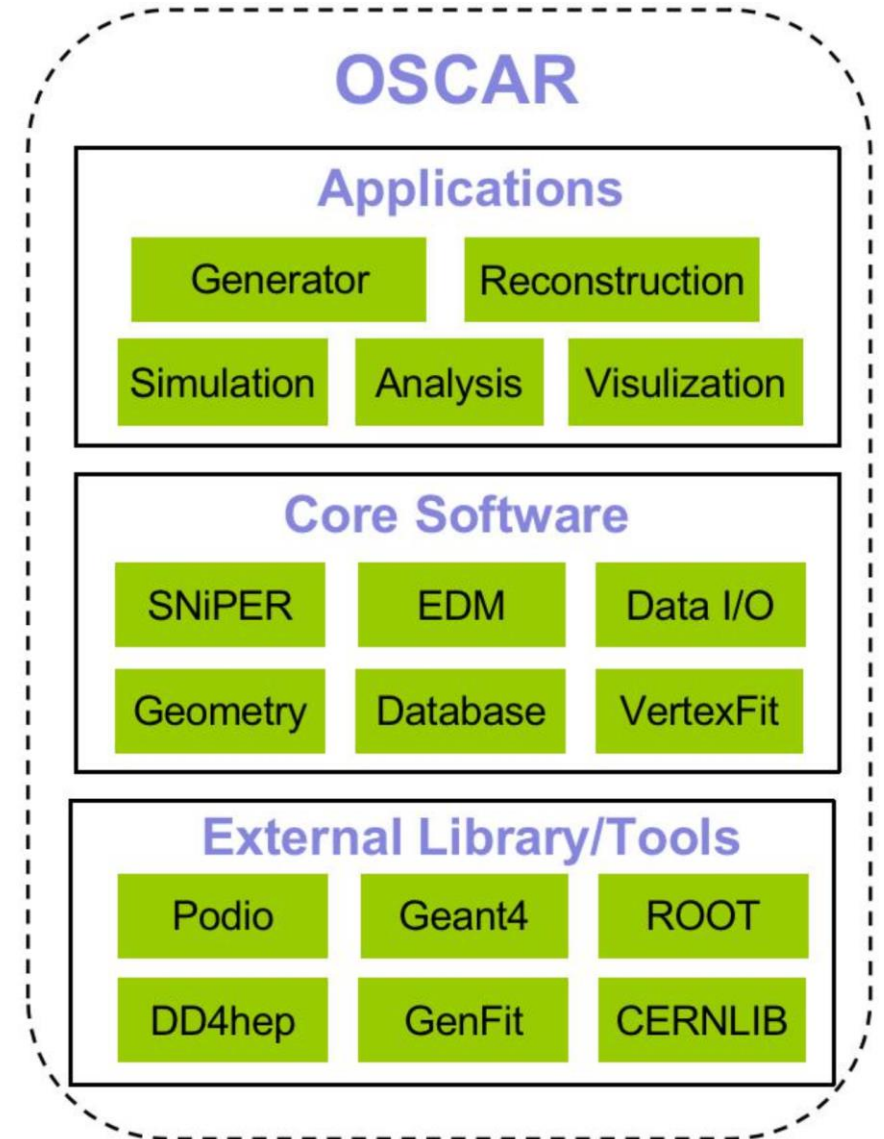
□ 在V7C3版本standalone环境下初步测算各探测器计数率与屏蔽的关系

	No shield	Outer tube	Outer tube+ endcap	3 shields	V7C3/V2	现有最优屏蔽 下的本底/V2
ITK1	100%	62%	59%	142%	1.20	<b>1.70</b>
ITK2	100%	191%	202%	116%	1.46	<b>1.70</b>
ITK3	100%	139%	88%	102%	1.77	<b>1.81</b>
MDC	100%	73%	32%	6%	<b>9.77</b>	<b>0.55</b>
RICH	100%	63%	27%	7%	<b>6.71</b>	<b>0.45</b>
DTOF	100%	7%	3%	2%	<b>14.21</b>	<b>0.33</b>
EMCB	100%	60%	30%	10%	<b>7.69</b>	<b>0.79</b>
EMCE	100%	17%	10%	6%	<b>7.28</b>	<b>0.44</b>
MUDBRPC	100%	57%	38%	92%	5.07	4.68
MUDBPS	100%	118%	81%	63%	3.64	2.30
MUDERPC	100%	33%	45%	51%	4.46	2.27
MUDEPS	100%	90%	65%	93%	3.06	2.84

# STCF 离线软件系统

W.H. Huang et al 2023 JINST 18 P03004

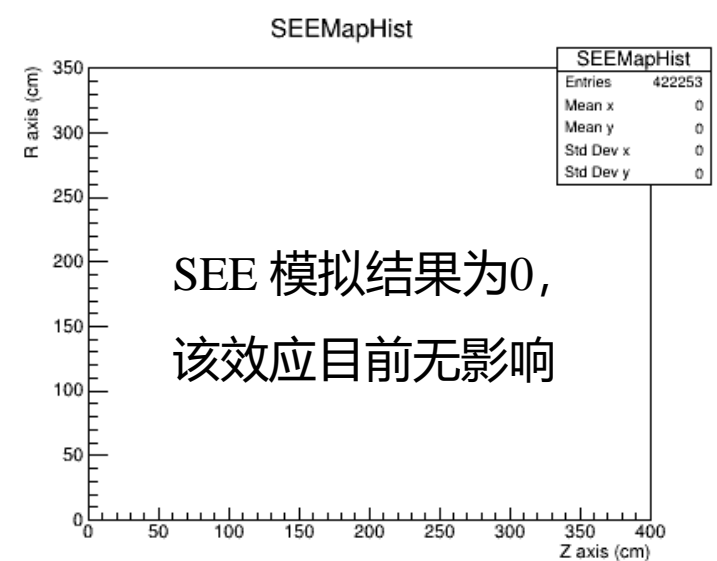
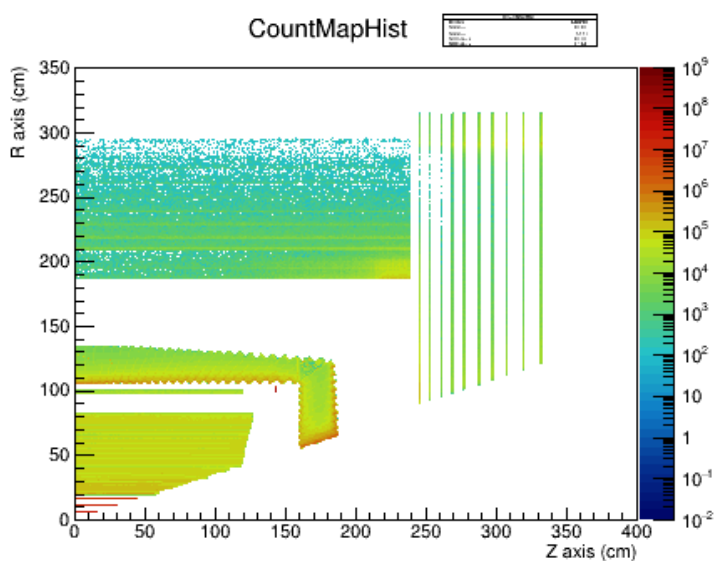
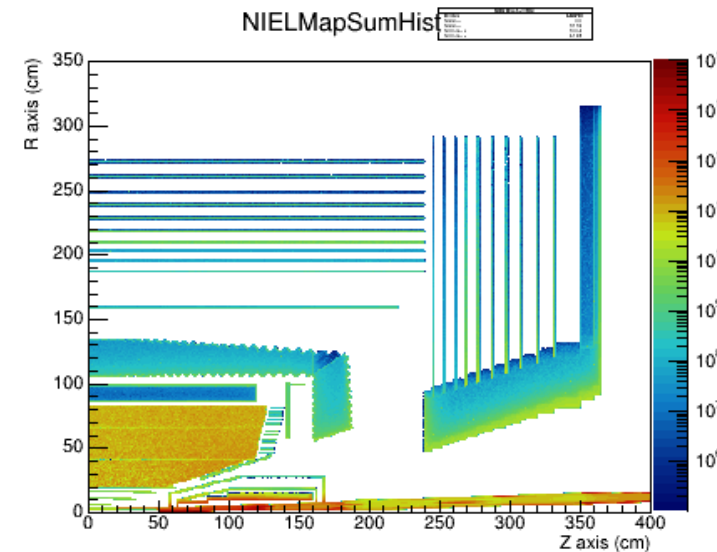
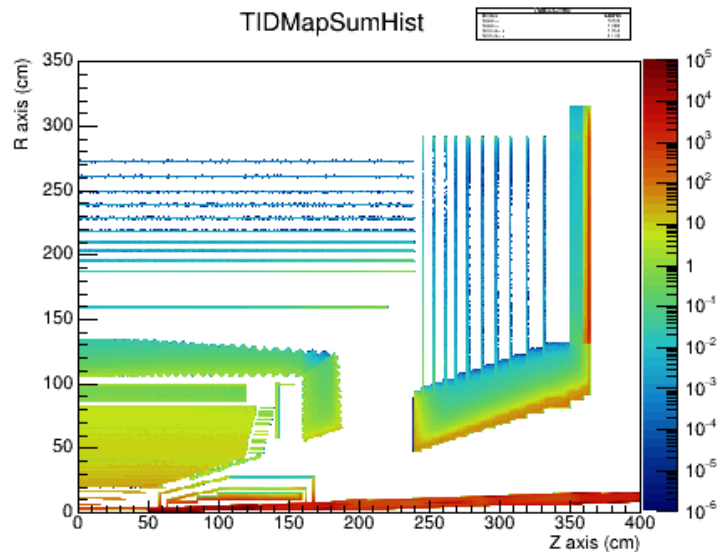
- Offline Software of Super Tau-Charm Facility (OSCAR)
  - 探测器设计, MC 数据产生, 物理分析 . . .
- 部分基于 Key4hep
  - 重复使用一些组件, 为STCF扩展其他组件
- 为通用功能开发核心软件
  - 事例循环控制
  - 探测器数据和事例数据控制
  - 数据分析的通用工具
  - 其他通用服务
- 部分算法迁移于BESIII



# STCF 本底统计

- 基于OSCAR的本底统计，OSCAR有更完善的几何
- 目前的本底统计：
  - **电离损伤 TID**：单位质量沉积能量大小，单位：Gy/y
  - **非电离损伤 NIEL**：单位面积通过的等效中子数，根据粒子种类和动能计算，单位：1 MeV neutron/(cm<sup>2</sup>\*y)。每条径迹仅统计一次
  - **计数率 Count (仅探测器)**：产生一定阈值以上能量沉积的击中数，单位：Hz
  - **单粒子翻转效应 SEE (仅电子学)**：质子、中子和其他重核轰击芯片的敏感区，可能导致电路节点的逻辑状态发生改变。设有**20MeV动能下限阈值**
- 在step级别统计沉积能量、位置、粒子种类和动能等，最终以**2维直方图**形式输出

# V2 版本全探测器本底统计结果



# 全探测器本底统计结果

## 探测器:

- TID: ITKM,  $10^3$ Gy/y 量级
- NIEL: MDC, 工作气体含氢; 气流使高NIEL对性能影响很小
- Count: 百兆赫兹量级。

## 电子学:

- TID和NIEL数值在现有工艺水平支持范围之内

子探测器	探测器			电子学		
	TID (Gy/y)	NIEL (1 MeV neutron/cm <sup>2</sup> /y)	Count Rate (Hz)	TID (Gy/y)	NIEL (1 MeV neutron/cm <sup>2</sup> /y)	Count Rate (Hz)
ITKW1	157.7788	$1.04 \times 10^{10}$	4.55E+08	48.4614	4.29E+09	--
ITKW2	51.48866	$6.62 \times 10^9$	4.61E+08	23.94599	5.39E+09	
ITKW3	21.34881	$7.85 \times 10^9$	3.15E+08	15.18521	7.98E+09	
ITKM1	2053.323	$2.03 \times 10^{10}$	4.63E+07	417.546	2.97E+10	
ITKM2	26.63026	$5.72 \times 10^9$	1.08E+07	16.47873	5.98E+09	
ITKM3	18.59415	$9.72 \times 10^9$	1.68E+07	12.03343	1.05E+10	
MDC	7.411894	$1.08 \times 10^{13}$	5.35E+08	1.929072	3.22E+09	
RICH	0.537136	$4.99 \times 10^9$	1.27E+07	2.095935	4.01E+09	
DTOF	1.748305	$8.56 \times 10^9$	4.14E+08	1.520413	5.68E+08	
ECAL-B	0.350685	$8.91 \times 10^9$	9.55E+07	0.030975	6.97E+08	
ECAL-E	1.216135	$1.15 \times 10^{10}$	7.85E+07	1.181841	1.27E+09	
MUD-B-RPC	0.028557	$7.66 \times 10^8$	3.62E+07	0.059135	8.48E+08	
MUD-B-PS	0.00189	$1.63 \times 10^{10}$	2.35E+07			
MUD-E-RPC	0.012476	$2.56 \times 10^8$	7.52E+06			
MUD-E-PS	0.003613	$1.88 \times 10^{10}$	1.91E+07			



## 对比与分析 OSCAR/Stand-alone

探测器	TID	NIEL	COUNT
ITKW1	1447.5%	105.0%	85.1%
ITKW2	1131.6%	57.6%	97.1%
ITKW3	458.1%	54.5%	46.3%
ITKM1	172.6%	40.7%	23.0%
ITKM2	10.5%	6.5%	7.4%
ITKM3	21.4%	3.3%	12.4%
MDC	65.1%	25368.5%	73.3%
RICH	18.0%	57.1%	0.5%
DTOF	127.4%	182.3%	284.0%
ECAL-B	98.7%	62.9%	9.5%
ECAL-E	342.7%	79.6%	7.1%
MUD-B-RPC	105.6%	243.1%	654.2%
MUD-B-PS	46.8%	4.2%	222.2%
MUD-E-RPC	70.9%	350.7%	213.1%
MUD-E-PS	13.2%	10.4%	157.5%

电子学	TID	NIEL
ITKW1	3.4%	8.4%
ITKW2	10.0%	24.3%
ITKW3	15.8%	27.1%
ITKM1	31.7%	47.2%
ITKM2	4.9%	3.1%
ITKM3	14.5%	1.2%
MDC	36.3%	49.3%
RICH	83.8%	58.7%
DTOF	146.3%	21.0%
ECAL-B	71.2%	41.6%
ECAL-E	178.8%	130.1%
MUD-B	298.1%	591.4%
MUD-E		

- **MDC**: OSCAR 工作气体更新
- **RICH**: OSCAR 算法bug, 切伦科夫光子之前被kill, 仅统计带电径迹; 目前已修复
- **ECAL**: OSCAR单波形拟合, 低估3-5倍计数率

# 小结

- 基于V7C3版本Standalone的结果，增设的collimator可有效抑制Touschek本底的影响；增设的屏蔽层也可大幅降低束流本底水平。
- 屏蔽层的位置与部分探测器电子学存在几何冲突，仍需进一步优化。
- 基于V2版本OSCAR上初步实现本底在探测器和电子学上 TID, NIEL, Count 的统计，模拟数据尚且符合预期。
- 部分探测器仍存在不足和优化的空间
- **V7C3本底在 OSCAR 上的统计和模拟正在进行中**

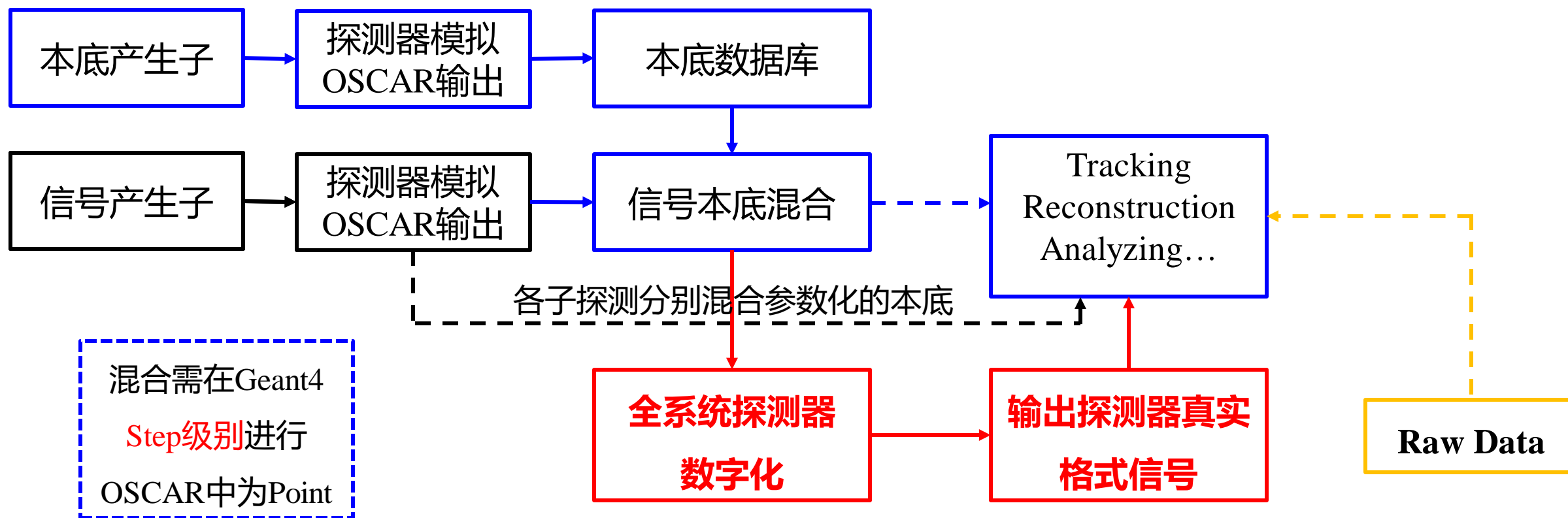
# 目录

- STCF 简介
- STCF 本底模拟
- 本底混合算法
- 总结

# 引言

- **本底混合**：数字化之前，各个子探测器的信号与束流本底在**step级别**的响应做混合
- 初期，各子探测器所用本底数据是**统计性宏观参数**（计数率，空间分布），需要：
  - 更精细、真实的本底数据（本底粒子在**子探测器的所有响应**）
  - 统一的本底混合算法
- 其他系统需要真实本底抽样的数据
  - Trigger系统事例级分析
  - 寻迹系统的性能

# 基于数字化框架下的本底混合



- 重建需要真实的**数字信号**作为输入
- 电子学响应和噪声需要在数字化中完成



# STCF 事例堆积情况

- STCF每次对撞平均产生物理事例数:

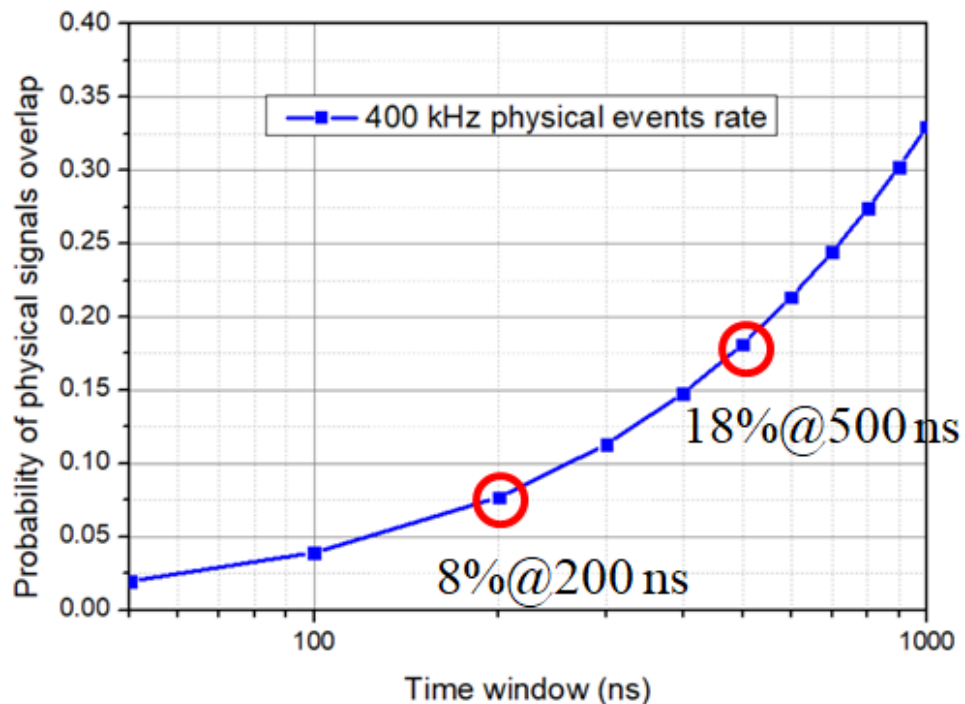
$$\langle \mu \rangle = \frac{f_{phy}}{N_b \times \frac{c}{L}} = 1.6 \times 10^{-3}$$

- 单次束流交叉产生两个物理事例概率:  $1.28 \times 10^{-6}$
- 1000ns时间窗, 不同时刻产生事例堆积的概率: 32.9%
- 同一次对撞中的堆积效应可忽略 (仍被模拟)
- 1000ns时间窗内有概率产生另一个物理事例



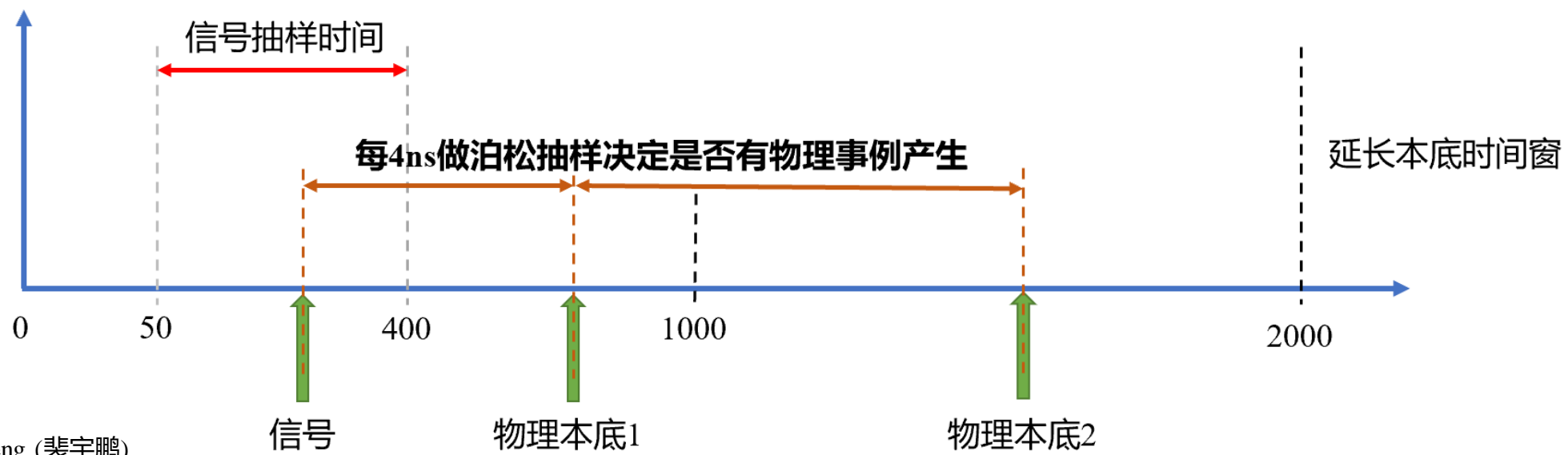
物理本底

STCF 参数	
物理事例产生率 $f_{phy}$	$\leq 400$ kHz
储存环周长 $L$	617m
束团个数 $N_b$	514
对撞间隔	4 ns



# 本底混合算法概述

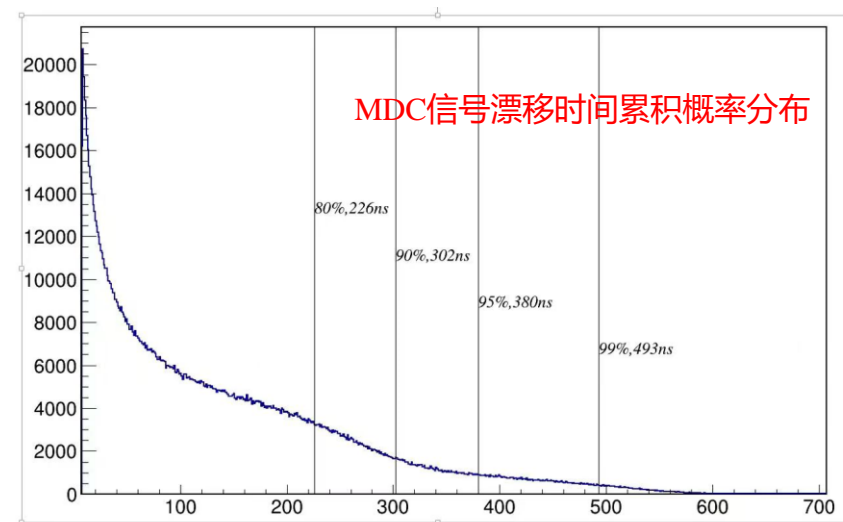
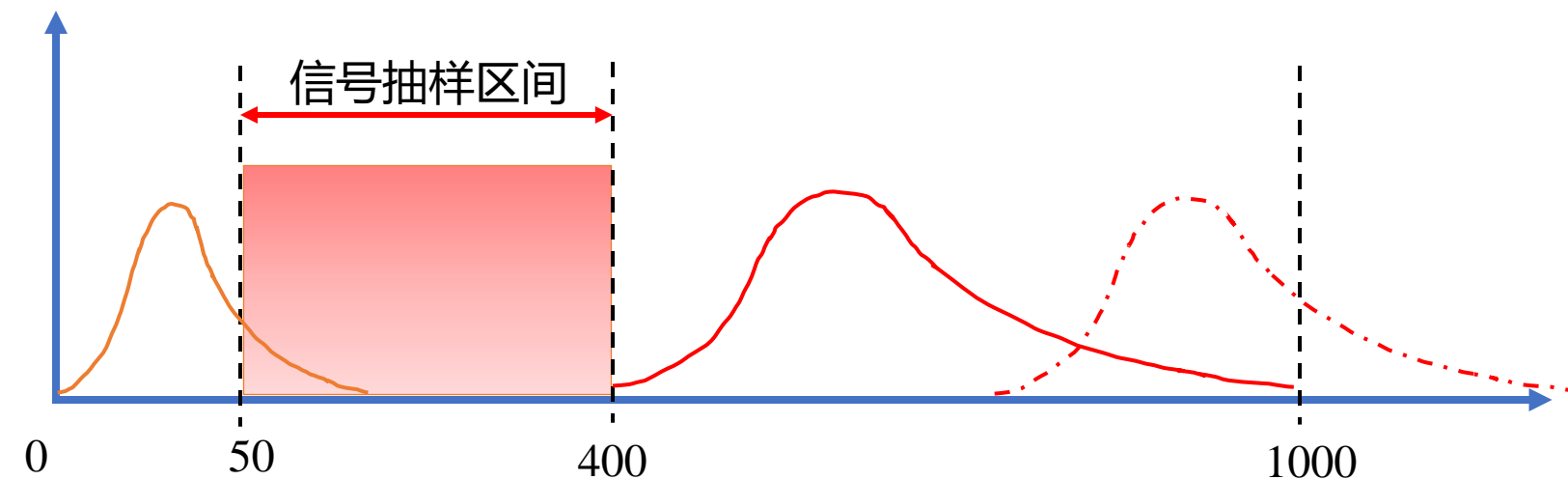
- 输入文件：
  - **信号**:  $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^- J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-(e^+e^-)$
  - **束流本底**: Touschek, 束-气, 亮度相关
  - **物理本底**:  $e^+e^- \rightarrow anything @ 4.260 \text{ GeV}$
- 信号, 亮度相关本底, 物理本底均考虑**对撞时间结构** (每4ns抽样一次)
- 信号抽样于 [50, 400]ns; 物理本底抽样; 延长时间窗





# 信号抽样时间

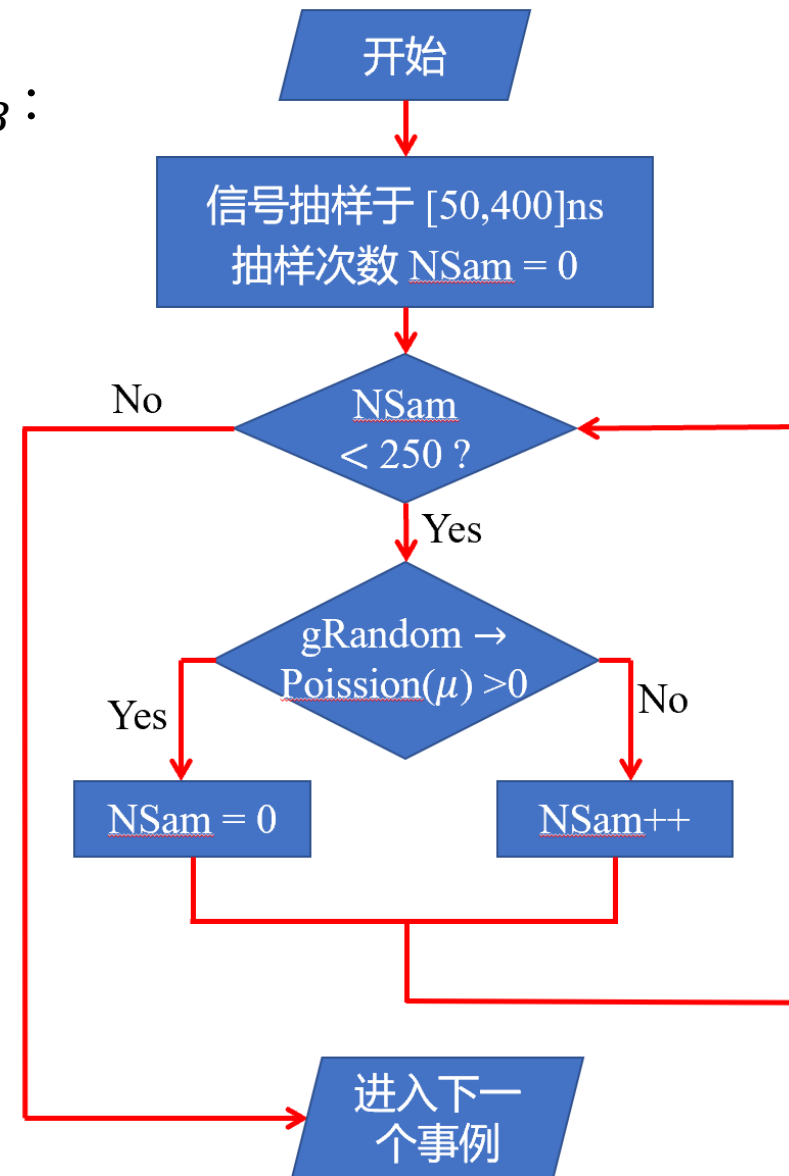
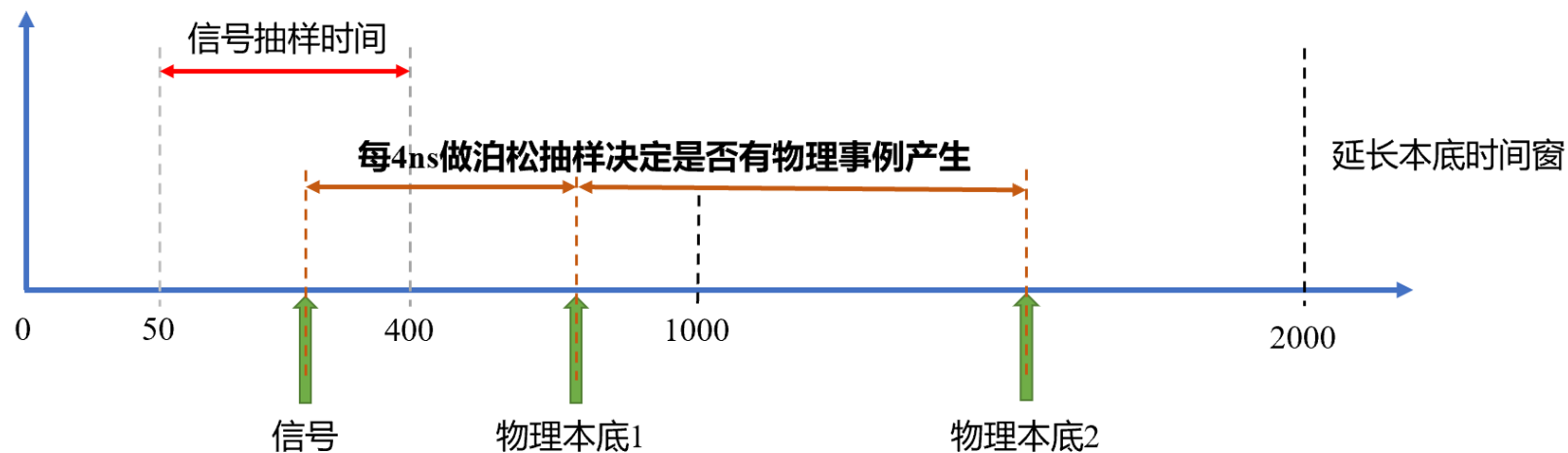
- 信号抽样区间:  $[50, 400]$  ns
- 考虑信号抽样之前, 本底尾巴的影响  $\Rightarrow$  起始定于50ns
- 时间窗内信号不可被截断  $\Rightarrow$  末了定于400ns



# 物理本底抽样

$$\langle \mu \rangle = \frac{f_{phy} c}{N_b \times L} = 1.6 \times 10^{-3}$$

- 信号抽样后，每 4ns 泊松抽样，决定此时物理本底个数  $N_{PB}$ ：
  - $N_{PB} \geq 1$ : 从物理本底库抽样  $N_{PB}$  个物理本底
  - $N_{PB} < 1$ : 时间向后 4ns，抽样次数 NSam++
- 事例判定条件：抽样时间间隔大于 1000ns ( $N_{sam} > 250$ )
- 最后一个物理本底的时间决定延长的时间窗
- 依次混合信号，物理本底，束流本底的 Point

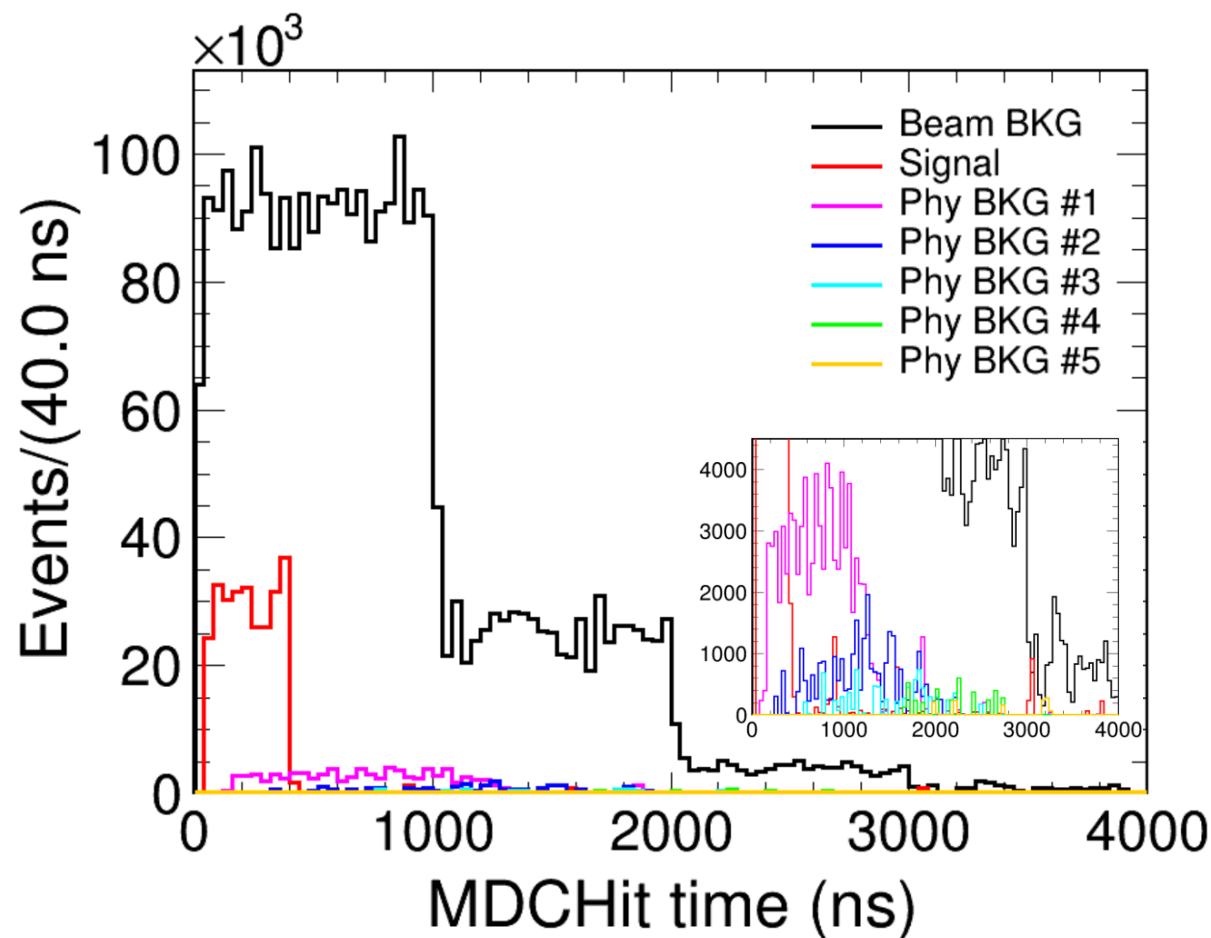


# 性能与结果

- 处理性能: 3.3 s/Event; 22 Mb/Event
- 存储空间面临较大的挑战
- 混合数据已用于后续的研究:
  - 更真实的探测器性能研究
  - 基于GNN的MDC除噪
  - Trigger系统研究

1000 Events	Signal ( $\mu\mu\pi\pi$ )	Background
ITK	1.5M	5.2M
MDC	46M	281M
RICH	840K	4.5M
DTOF	1.7M	27M
ECAL	133M	16G
MUD	4.7M	5.0G
<b>Total</b>	187.7M	21.3G

```
NBeamBKG = 2, Time window = [0, 2000] ns
Size of Output Vector = 9
Evt #1, Type = Sig(0), EvtID = -1, Start Time = 284
Evt #2, Type = PhyBkg(1), EvtID = 8424, Start Time = 412
Evt #3, Type = PhyBkg(2), EvtID = 4040, Start Time = 1084
Evt #4, Type = Tous(-1), EvtID = 7929, Start Time = 0
Evt #5, Type = Lumi(-2), EvtID = 8042, Start Time = 0
Evt #6, Type = Beamgas(-3), EvtID = 4643, Start Time = 0
Evt #7, Type = Tous(-1), EvtID = 7007, Start Time = 1000
Evt #8, Type = Lumi(-2), EvtID = 5533, Start Time = 1000
Evt #9, Type = Beamgas(-3), EvtID = 1802, Start Time = 1000
```



# 目录

- 简介
- STCF 本底产生子版本迭代与本底模拟
- STCF 全探测器本底统计
- 本底混合算法
- 总结

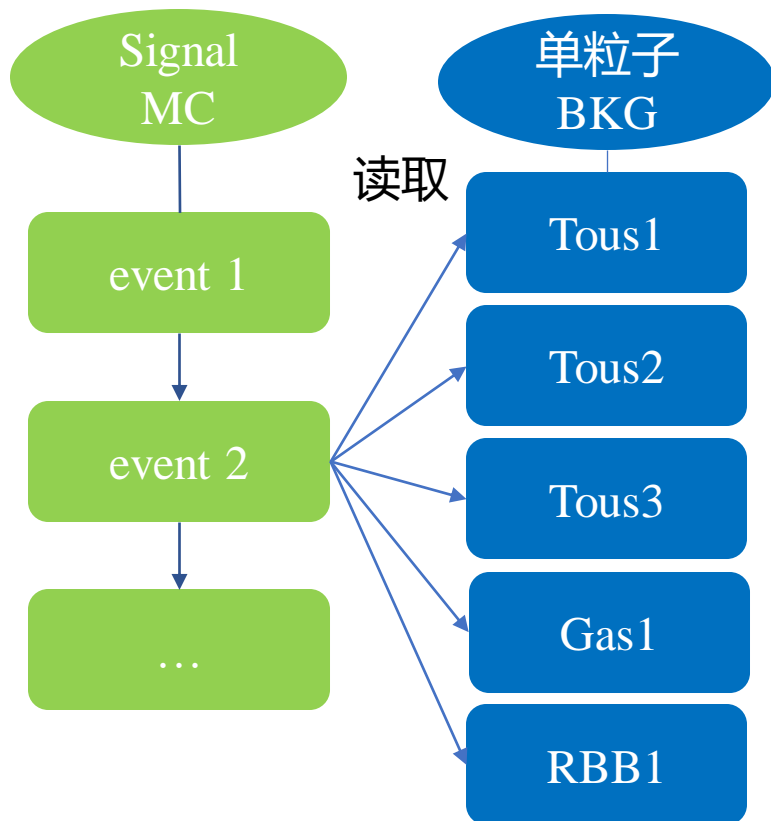
# 总结



- 本底从加速器到探测器的研究框架已经建立。本底与信号混合的数据已用于各个子系统的研究分析中
- 基于V7C3版本Standalone的结果，增设的collimator可有效抑制Touschek本底的影响；谱仪内增设的屏蔽层也可大幅降低束流本底水平。对 collimator 和 屏蔽实现仍需优化。
- 基于V2版本OSCAR下已实现V2版本下 TID、NIEL、Count 和 SEE 的统计。计划逐步替代 standalone 版本，并完成V7C3版本下的本底统计。
- 基于本底在各个子探测器响应的混合算法已完成。后续需优化算法运行时间

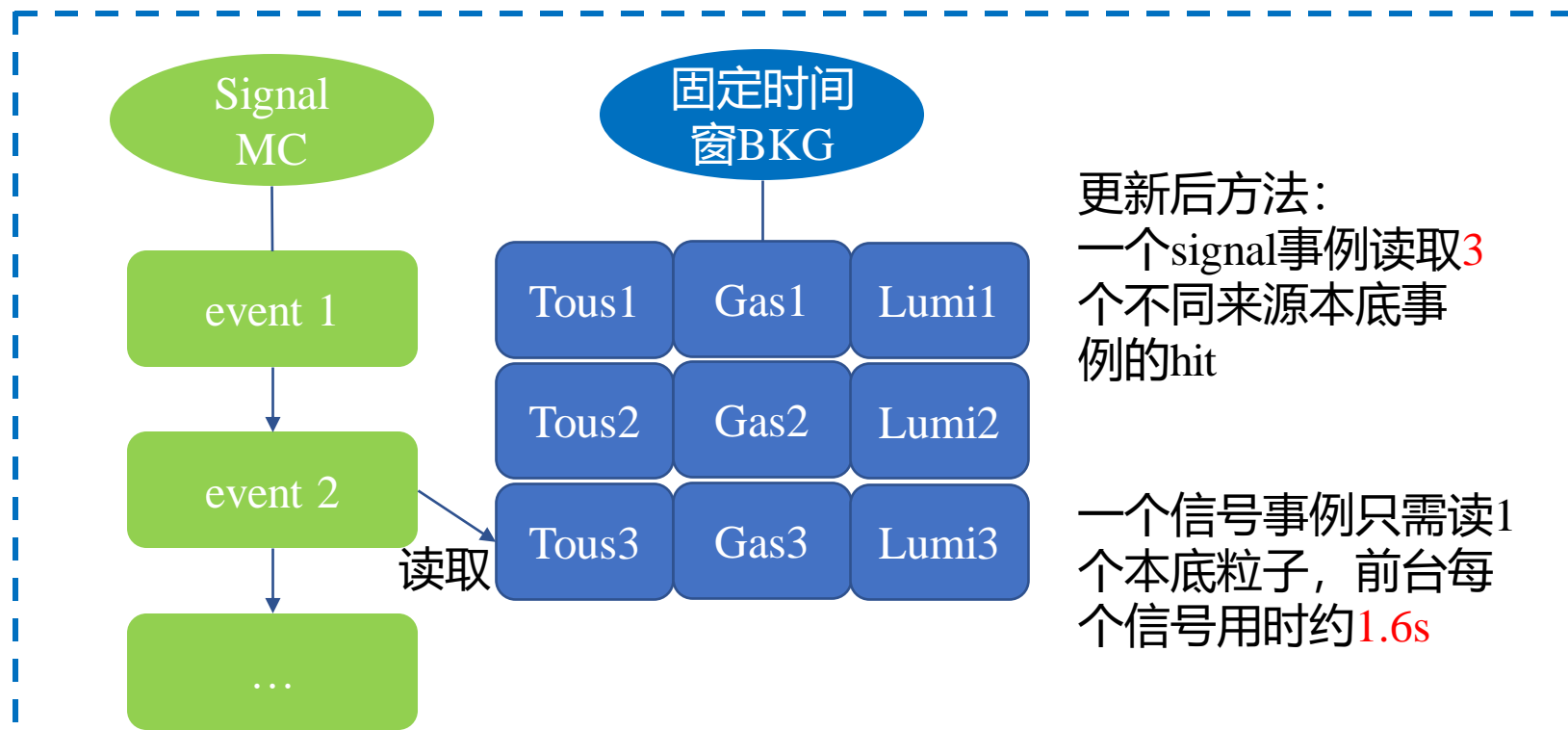
谢谢!

# 混本底方法



之前的方法：  
一个signal事例读取  $N_{Tous} + N_{Gas} + N_{RBB} + N_{Two\gamma}$  个本底事例中的hit

- 模拟单本底粒子事例，对一个信号事例混入1us时间窗内对应数目本底的hit
- 一个信号事例需要读取约4500个单粒子事例的hit，前台每个信号事例用时约90s

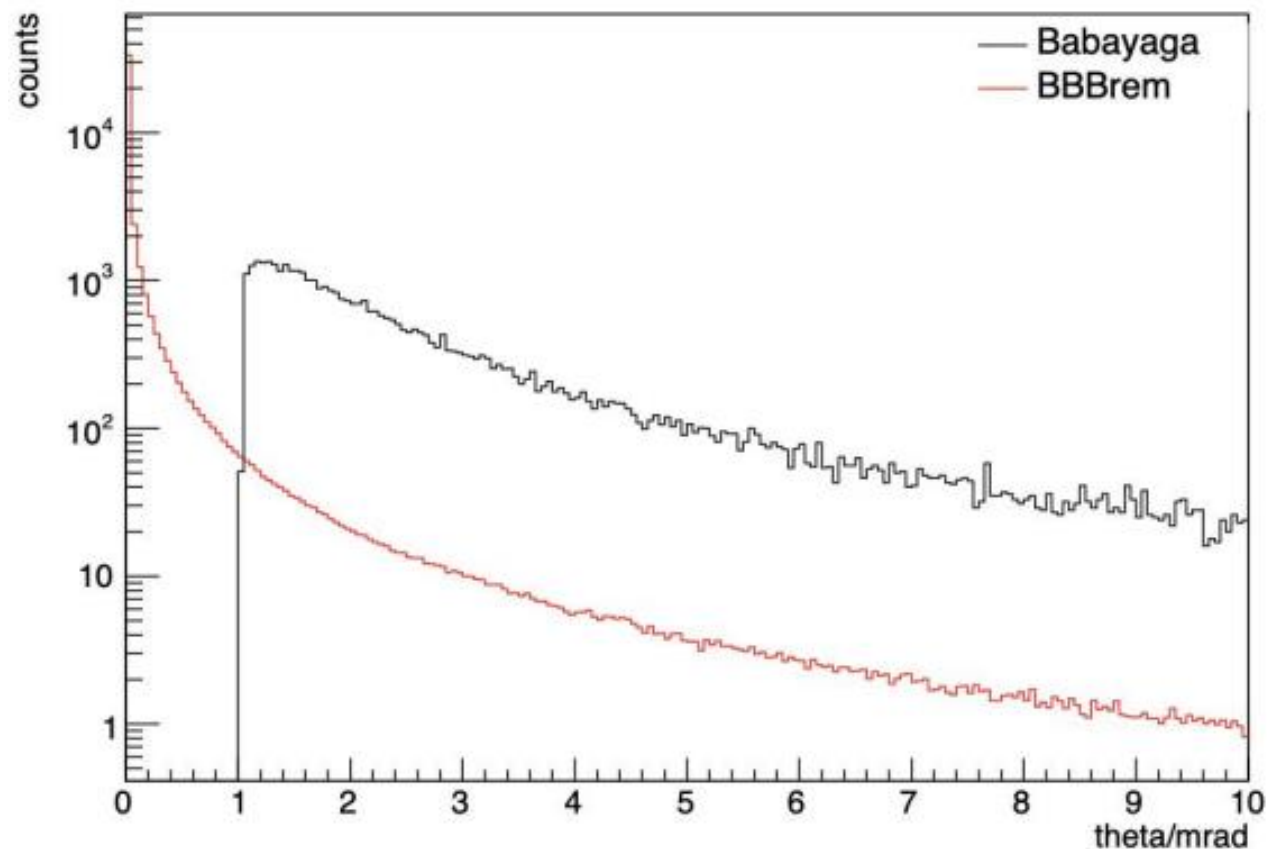


更新后方法：  
一个signal事例读取3个不同来源本底事例的hit

一个信号事例只需读1个本底粒子，前台每个信号用时约1.6s

# 辐射Bhabha过程的产生子

- 小角度截断为  $0.256^\circ$  (4.47 mrad), 小于该角度的粒子不会输入Geant4中
- 散射角度较小 ( $|\cos\theta| < 0.9$ ) 用BBrem模拟
- 散射角度较大 ( $|\cos\theta| > 0.9$ ) 用Babayaga模拟





# Neutron NIEL 曲线分析

