



2024年超级陶浆装置研讨会



STCF 束流本底模拟

方竹君 裴宇鹏 石煌超
中国科学技术大学

On behalf of the STCF MDI working group



摘要

- 一、STCF MDI设计迭代
- 二、基于Oscar的STCF束流本底模拟
- 三、本底水平与性质分析
- 四、小结



摘要

- 一、**STCF MDI设计迭代**
- 二、基于Oscar的STCF束流本底模拟
- 三、本底水平与性质分析
- 四、小结

Lattice版本配置

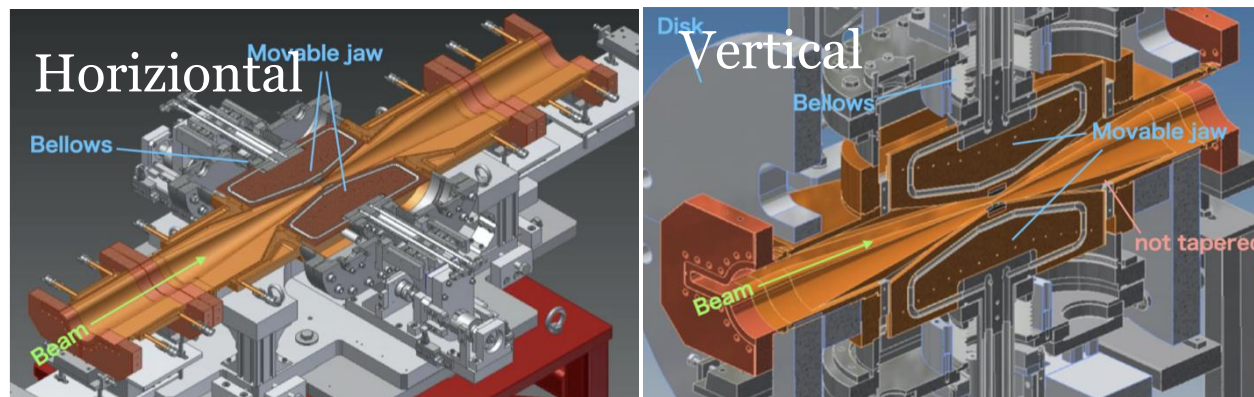
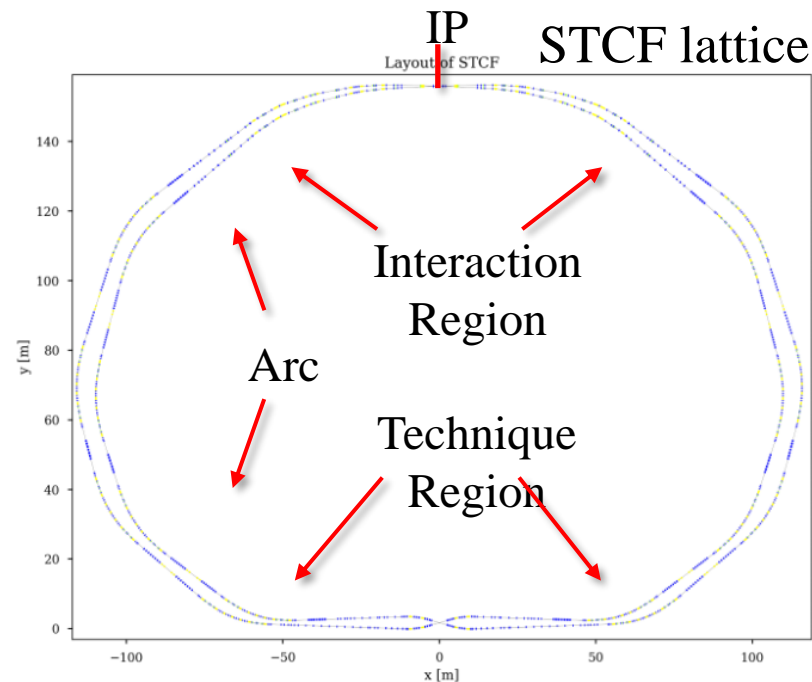
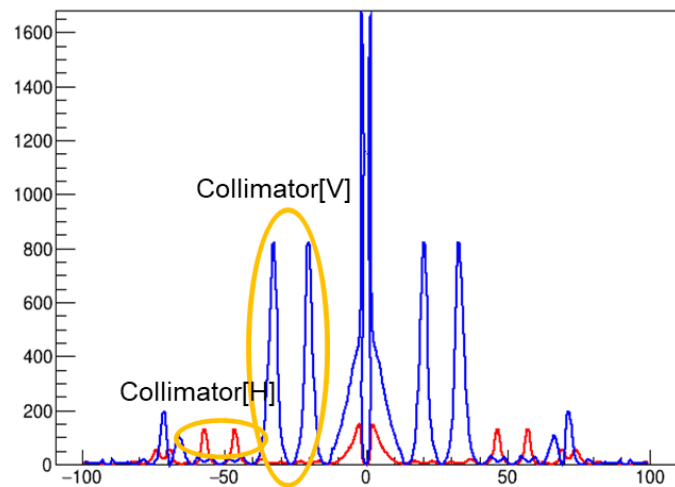
➤ Lattice:

- 616m 周长方案, V7版本

➤ Collimator:

- 两对皆位于束流上游
- 利用Geant4与SAD模拟设计

孔径与位置





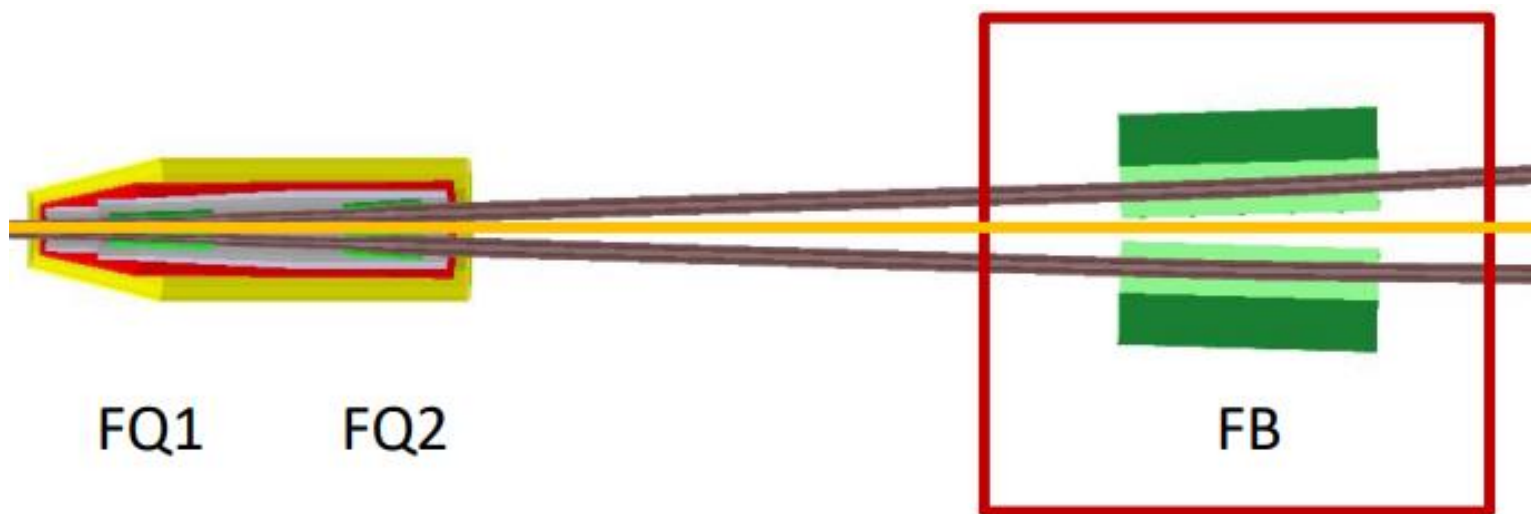
对撞区磁铁设置更新

➤ MDI参数更新

- FQ位置采用最新设计
- 杜瓦Z向长度延长
- 线圈位置、尺寸微调

➤ 增设FB

- 弯曲束流管建模
- 更新束流本底产生子



MDI 额外屏蔽优化模拟

□ BELLEII:

- MDI区域尽可能增设W屏蔽层

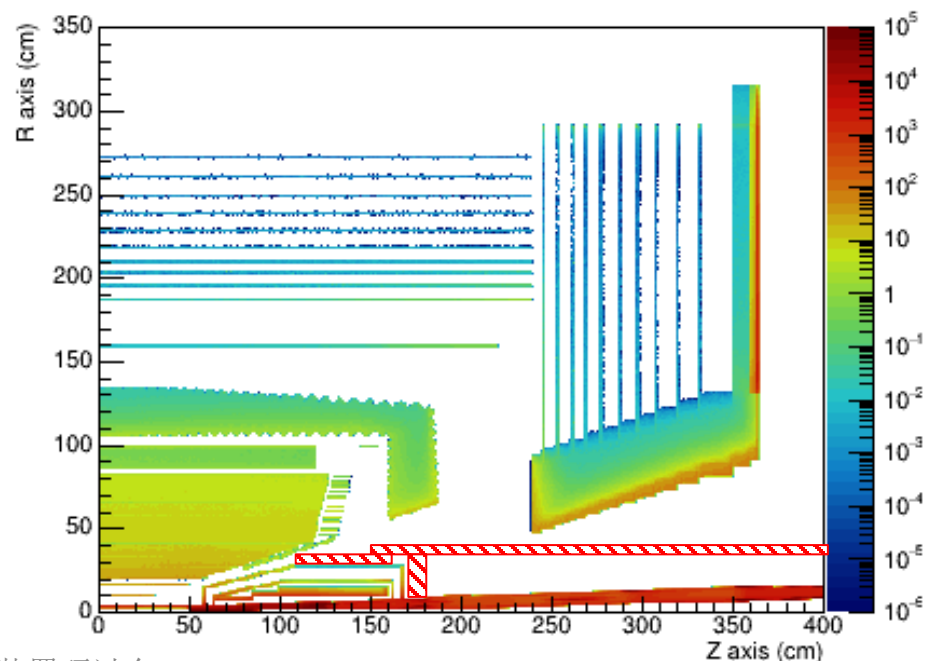
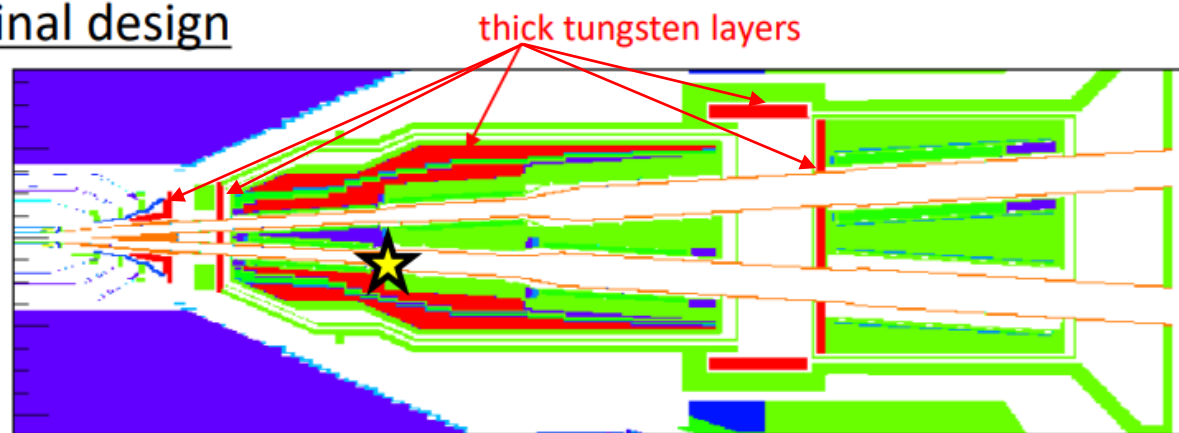
□ Standalone模拟:

- 额外屏蔽降低本底一个量级以上

□ 额外屏蔽:

- W等重金属屏蔽层, 削弱e、 γ 本底
- (复合) 中子屏蔽层, 降低中子本底
- 屏蔽效果?
- 空间占用?

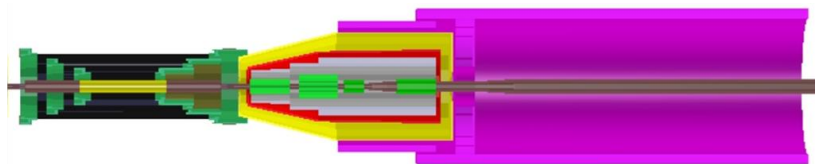
Final design



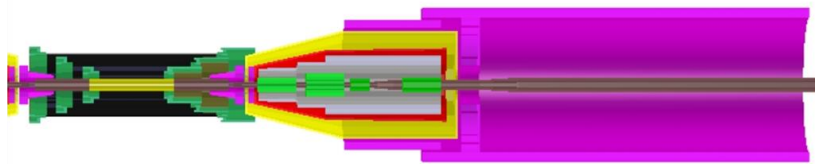
MDI 额外屏蔽优化模拟

□ 按照standalone模拟和BELLEII的经验，逐步优化MDI额外屏蔽层的参数

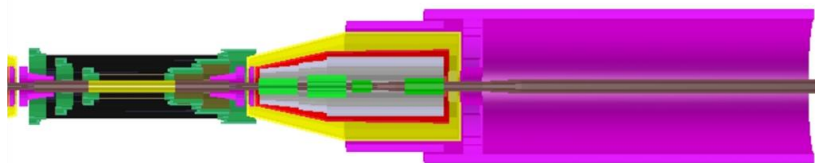
A: standalone设计，
但材料改为**W**



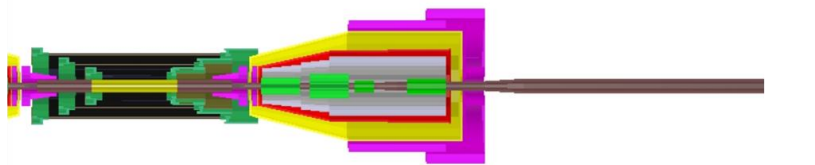
B: 在A基础上，增
加**冷却箱内侧屏蔽**



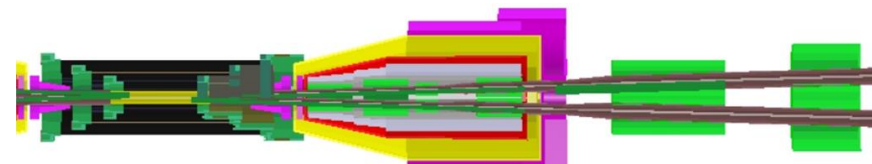
C: 在B基础上，略
增厚**磁铁区W屏蔽**



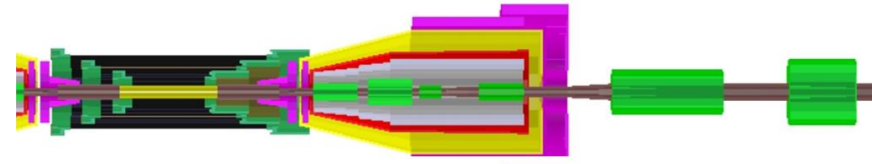
D: 在C基础上，**削
减**最外屏蔽筒长度



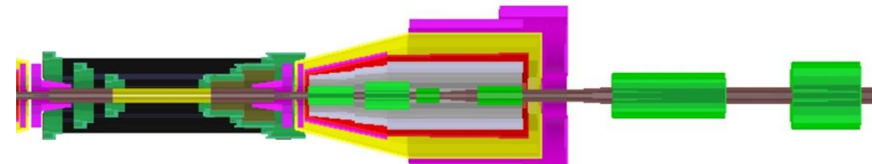
E: 基于D，增加2-2.5m，
2.8-3.1m两组**铁材**



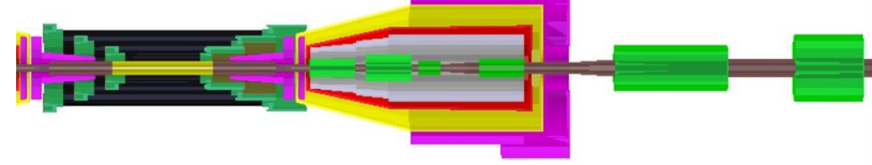
F: 在E基础上，增大**尖端
屏蔽R向**范围



G: 在F基础上，增加**磁铁
区屏蔽1cm W**



H: 在F基础上，延长**尖端Z
向**屏蔽范围





MDI 额外屏蔽优化模拟

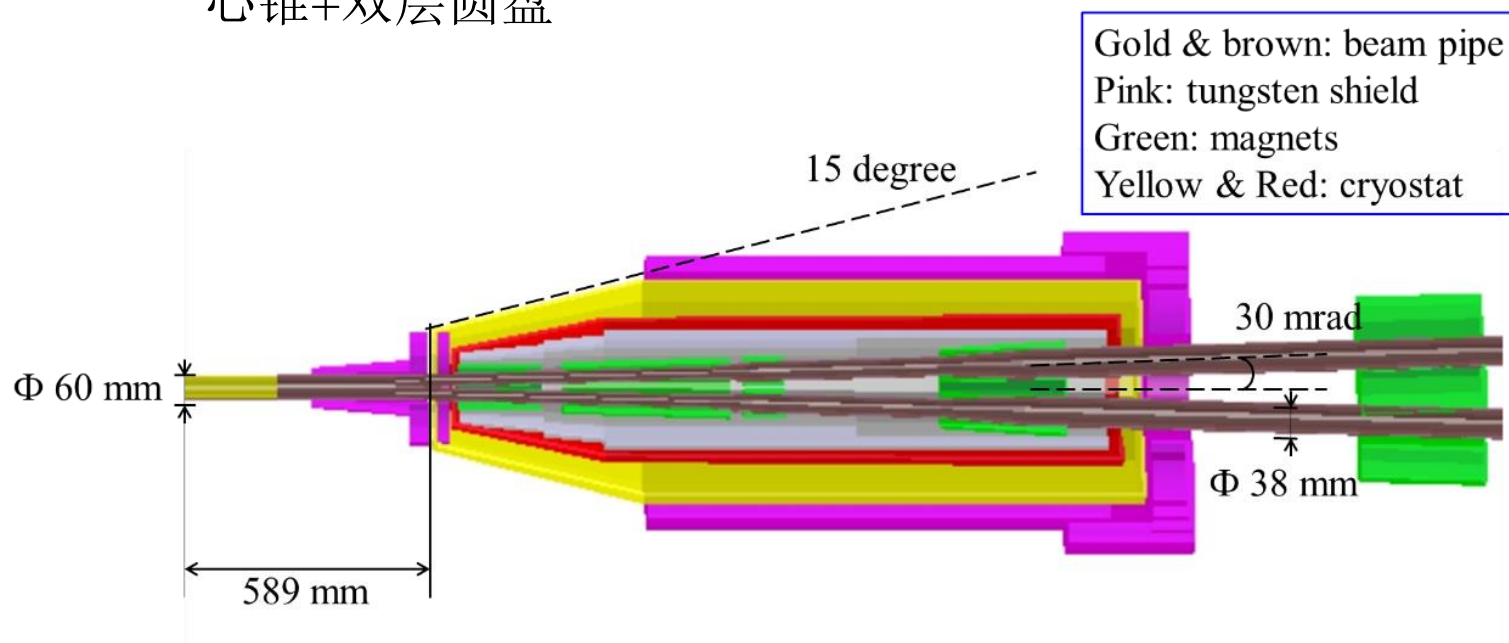
□ 额外屏蔽层设置:

• ITK区屏蔽 (W)

- 束流管周围的空心锥+双层圆盘

• Endcap区屏蔽 (W)

- 全包围圆柱面及端盖



□ 增设屏蔽后本底水平

	With/Without shield
ITKW1	29%
ITKW2	9%
ITKW3	4%
MDC	3%
RICH	4%
DTOF	4%
ECAL-B	2%
ECAL-E	13%
MUD-B-RPC	56%
MUD-B-PS	56%
MUD-E-RPC	66%
MUD-E-PS	122%



摘要

- 一、STCF MDI设计迭代
- 二、**基于Oscar的STCF束流本底模拟**
- 三、本底水平与性质分析
- 四、小结



本底产生子设置

Background type	Generator	Lattice tracking	Detector Full simulation	Particle loss rate (MHz)
RBB ($\theta_{\min} = 4.47$ mrad)	Babayaga/BBBREM	GEANT4	OSCAR	e^{\pm} : 598 γ : 170
Two photon process	DIAG36	GEANT4		1030
Touschek	Sampling	SAD		2120
Beam-gas	Sampling	SAD		Coulomb scattering: 2.48 Bremsstrahlung: 4.22

注：现在正在进行角度区分分段整合的亮度本底产生子制作

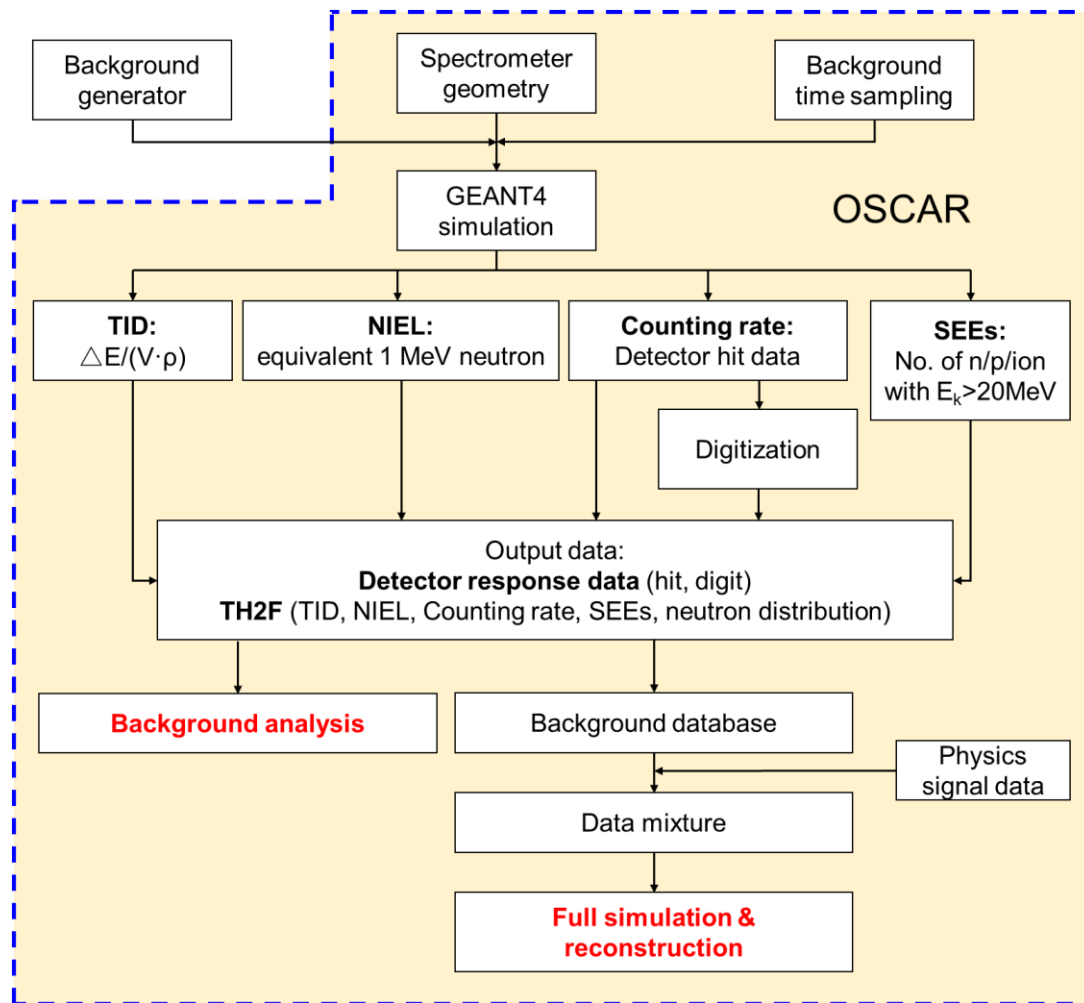


基于Oscar的本底模拟流程

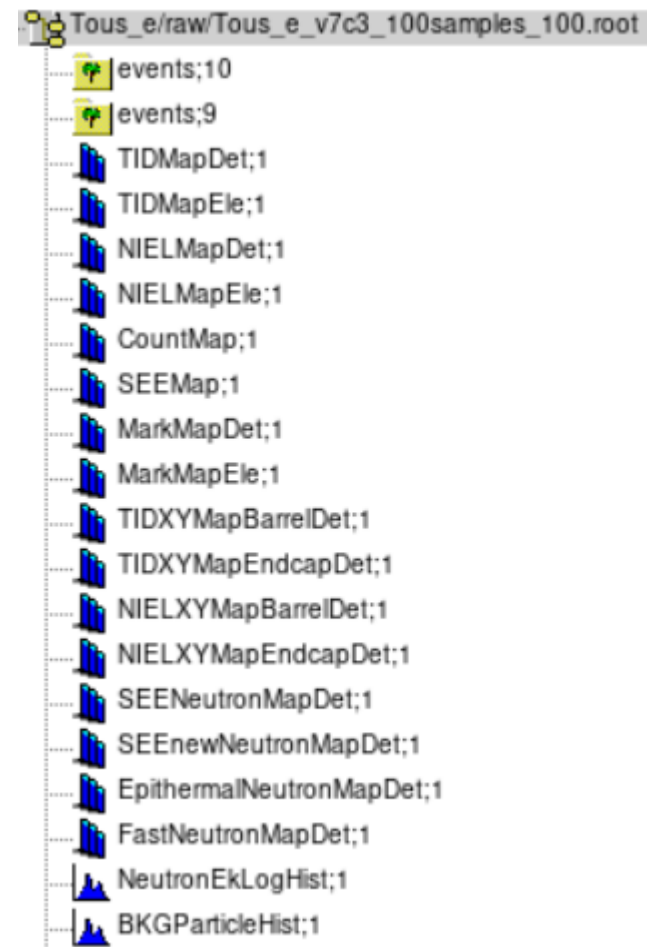
主要关注的本底统计量

- **TID**
- **NIEL**
- **Counting rate**
- SEEs
- Neutron spectrum & distribution
- Particle type

模拟流程图



本底存储数据结构





Oscar STCF本底模拟结果

□ 探测器本底水平

Detector	TID value (Gy·y ⁻¹)	NIEL damage (1 MeV neutron·cm ⁻² ·y ⁻¹)	Total count rate (Hz)
ITKW-1	260	1.7×10^{10}	3.8×10^8
ITKW-2	25	8.3×10^9	1.1×10^8
ITKW-3	9.0	9.5×10^9	7.1×10^7
ITKM-1	4700	3.4×10^{10}	2.0×10^8
ITKM-2	47	7.9×10^9	3.7×10^7
ITKM-3	18	1.1×10^{10}	3.3×10^7
MDC	0.17	3.6×10^{13}	3.3×10^8
PID-Barrel (RICH)	0.33	9.5×10^9	2.0×10^8
PID-Endcap (DToF)	1.0	1.6×10^{10}	2.9×10^8
ECAL-Barrel	0.36	1.6×10^{10}	6.7×10^8
ECAL-Endcap	0.69	1.7×10^{10}	3.5×10^8
MUD-Barrel- RPC	0.013	1.8×10^9	1.0×10^7
MUD-Barrel- Scintillator	0.0036	4.6×10^{10}	6.1×10^7
MUD-Endcap- RPC	0.0037	2.8×10^8	1.9×10^6
MUD-Endcap- Scintillator	0.0023	1.1×10^{10}	7.1×10^6

□ 电子学芯片本底水平

Electronic system	TID value (Gy·y ⁻¹)	NIEL damage (1 MeV neutron·cm ⁻² ·y ⁻¹)	SEEs (cm ⁻² ·y ⁻¹)
ITKW-1	34	5.4×10^9	0
ITKW-2	11	6.3×10^9	0
ITKW-3	5.7	1.0×10^{10}	0
ITKM-1	1200	4.5×10^{10}	0
ITKM-2	28	7.3×10^9	0
ITKM-3	11	1.0×10^{10}	0
MDC	1.3	6.7×10^9	0
PID-Barrel (RICH)	1.7	7.8×10^9	0
PID-Endcap (DToF)	1.1	1.5×10^9	0
ECAL-Barrel	0.034	8.5×10^8	0
ECAL-Endcap	0.1	1.5×10^9	0
MUD	0.2	1.8×10^9	0

□ 整体本底水平略低于CDR数据



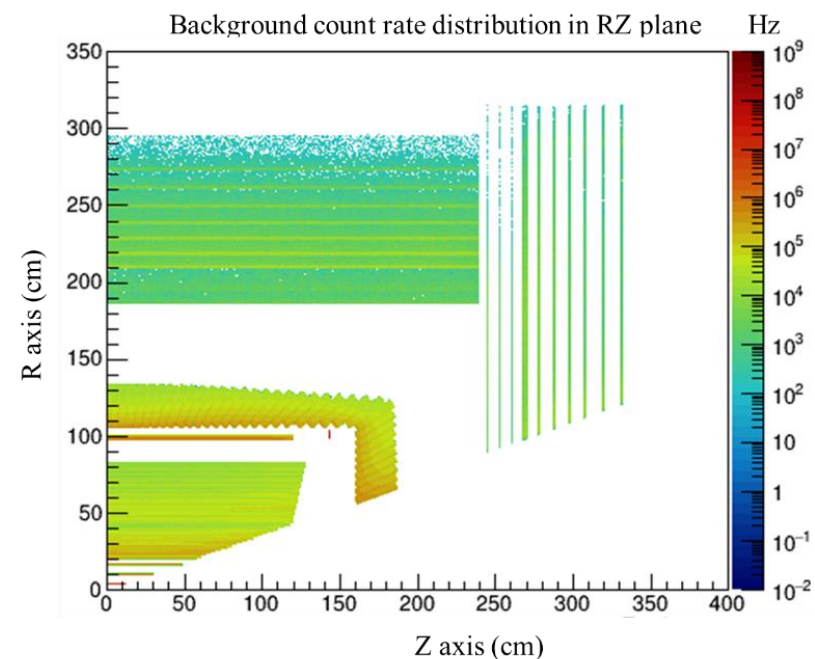
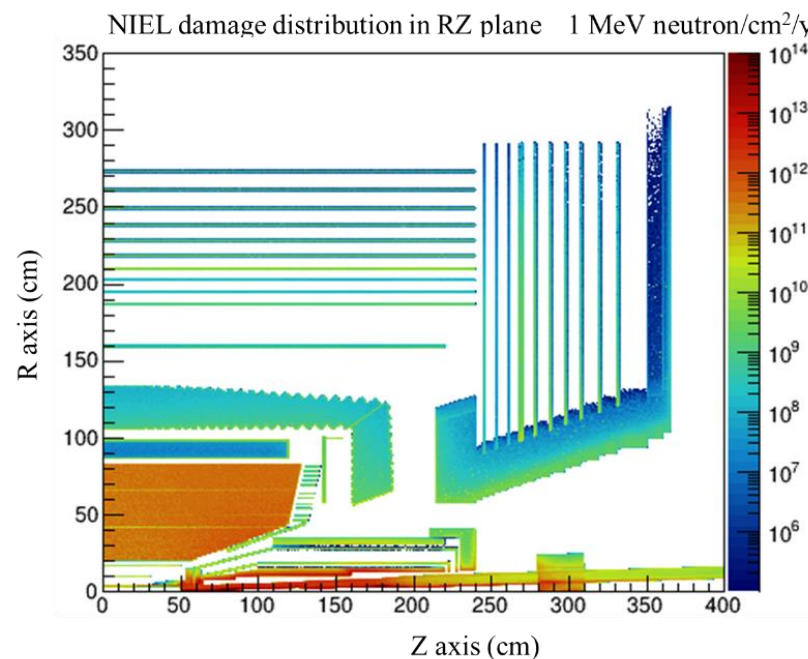
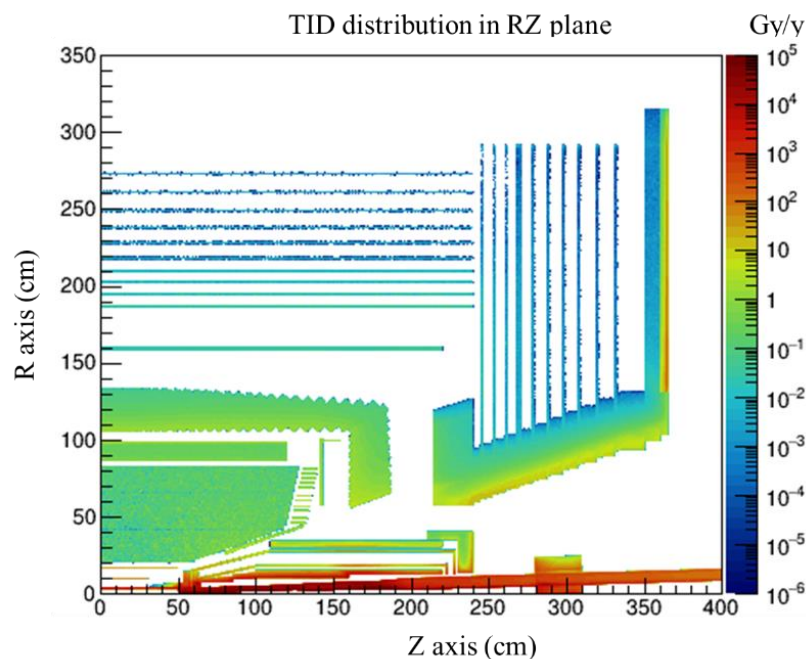
TID、NIEL、Counting rate特征分析

□ TID最高为 4700Gy/y
符合长期工作需求

□ NIEL最高 $\sim 3.6 \times 10^{13}$ (MDC)
其余低于 $1e11$

□ ITK、MDC、ECAL的
最高单通道计数率 $\sim 200-100\text{kHz}$

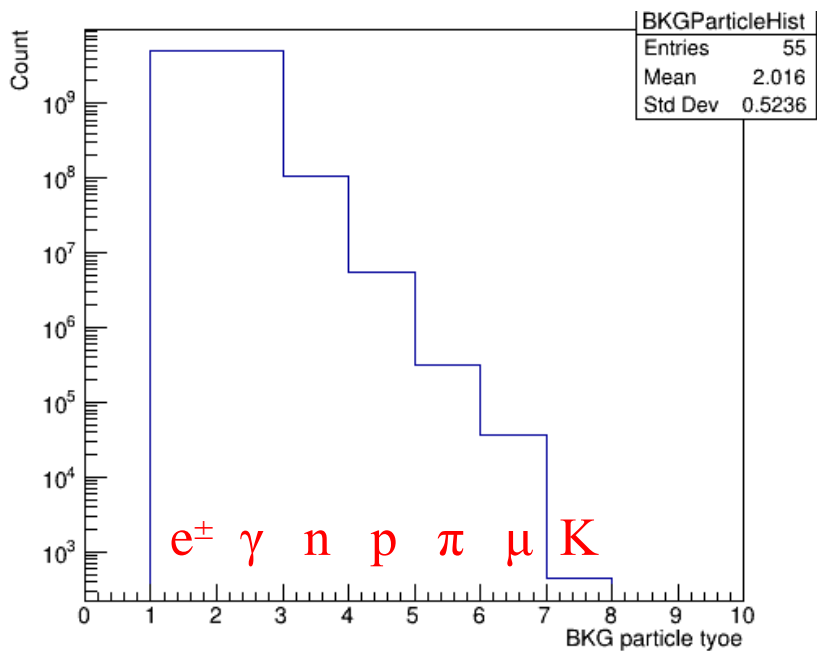
MDC等气体探测器不太关心NIEL



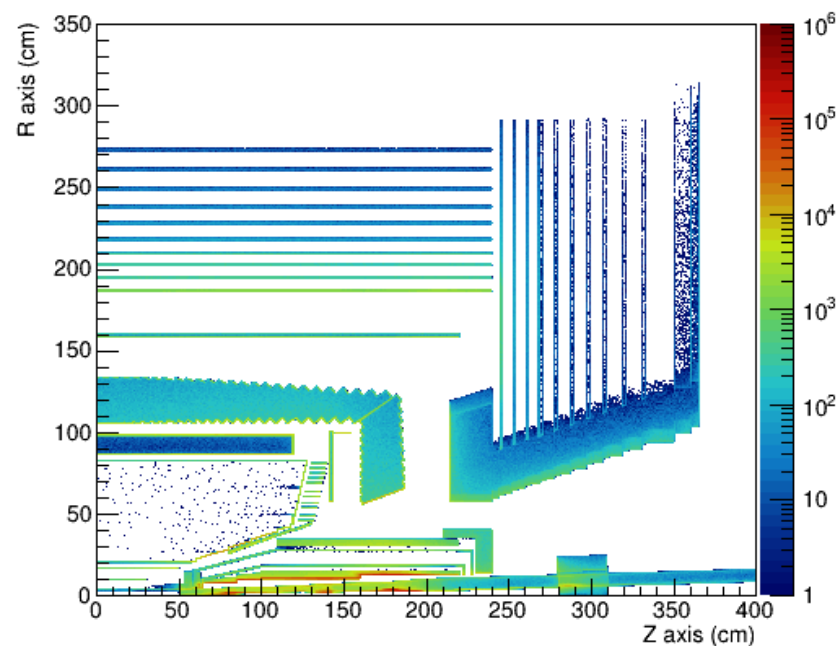


本底粒子特征

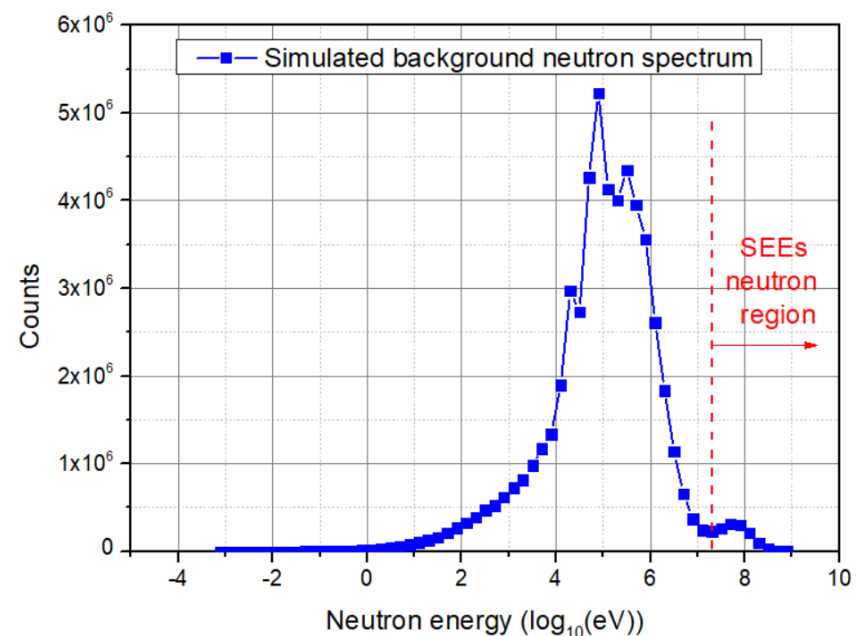
本底粒子种类



本底中子空间分布



本底中子能谱





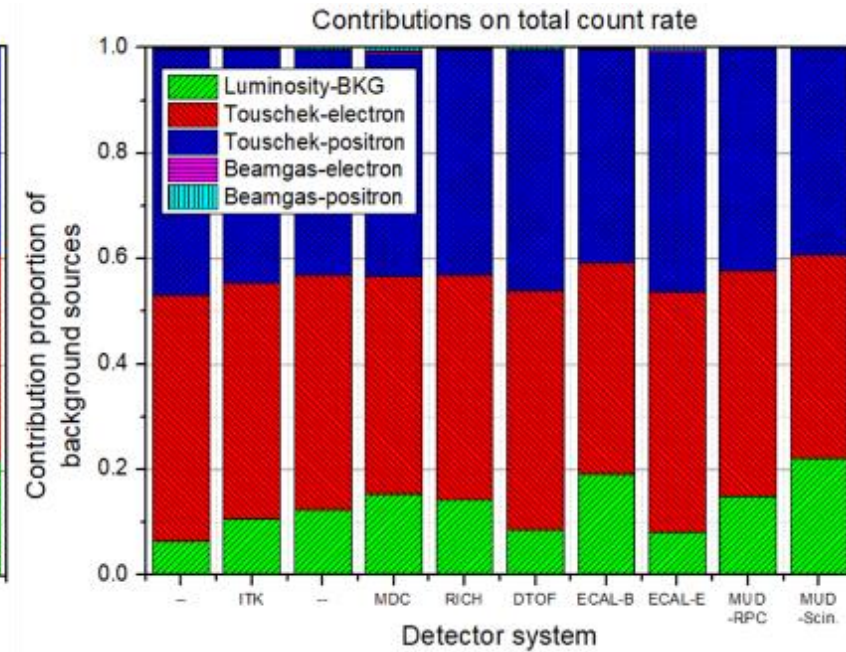
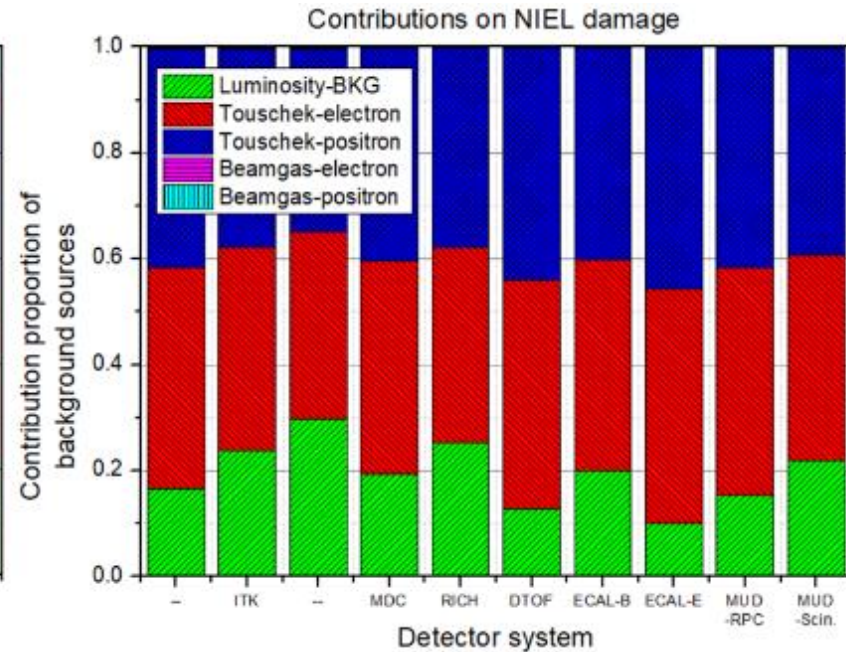
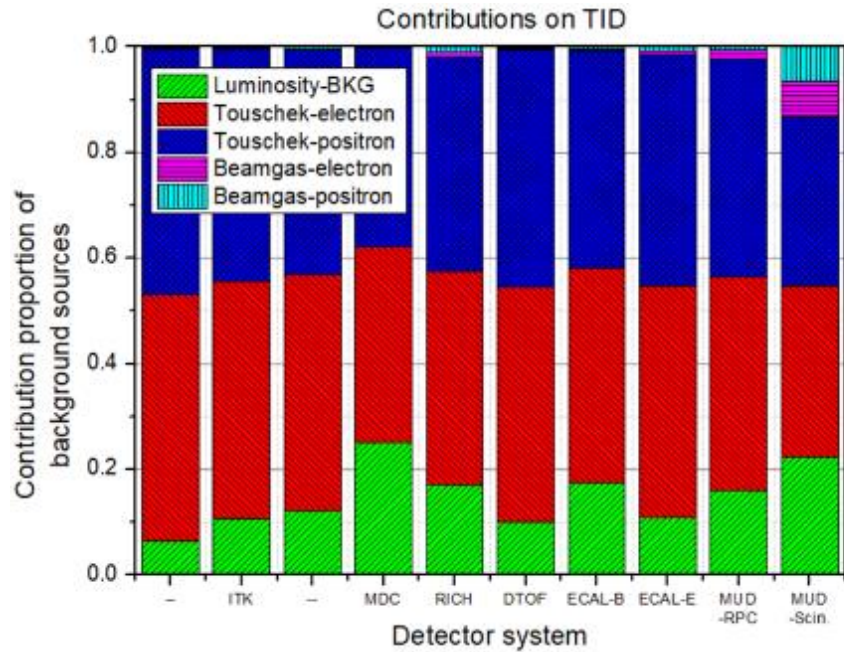
摘要

- 一、STCF MDI设计迭代
- 二、基于Oscar的STCF束流本底模拟
- 三、本底水平与性质分析
- 四、小结



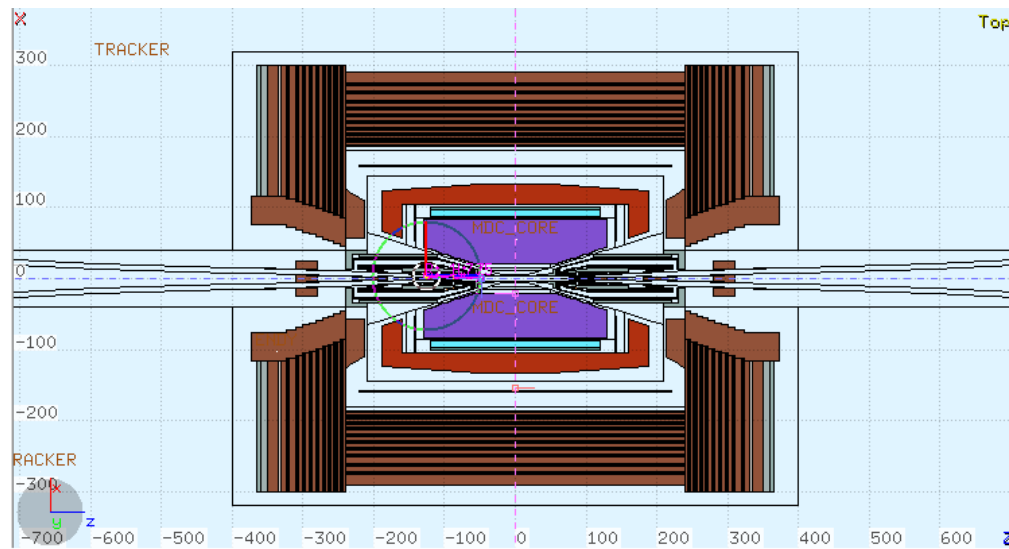
本底来源分析

- Touschek效应是最主要的本底贡献来源 ~80%
- 亮度本底次之 10%-20%
- 暂未观察到明显的正负电子贡献差异（谱仪区域结构对称性很强）
- ITKM版本底高于ITKW版本底，尤其是端盖

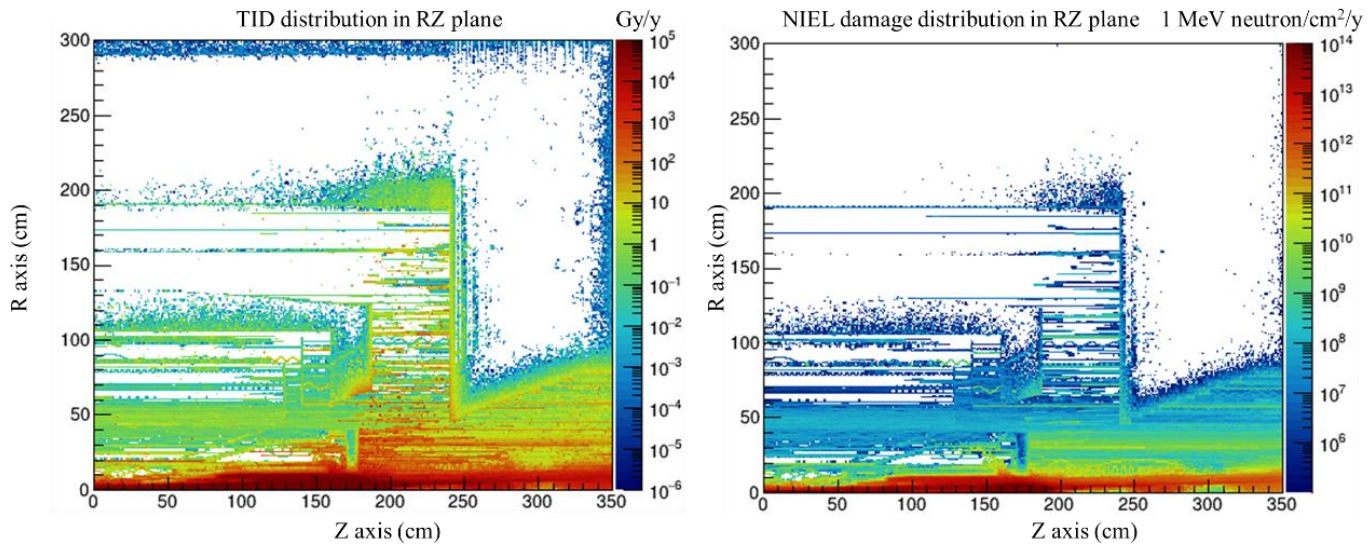


FLUKA cross-check

- 利用FLUKA完成另一个独立的本底模拟
 - DOSE
 - SI1MEVNE



- TID, 与Oscar模拟结果同量级
- NIEL, 除了MDC, 与Oscar模拟结果同量级

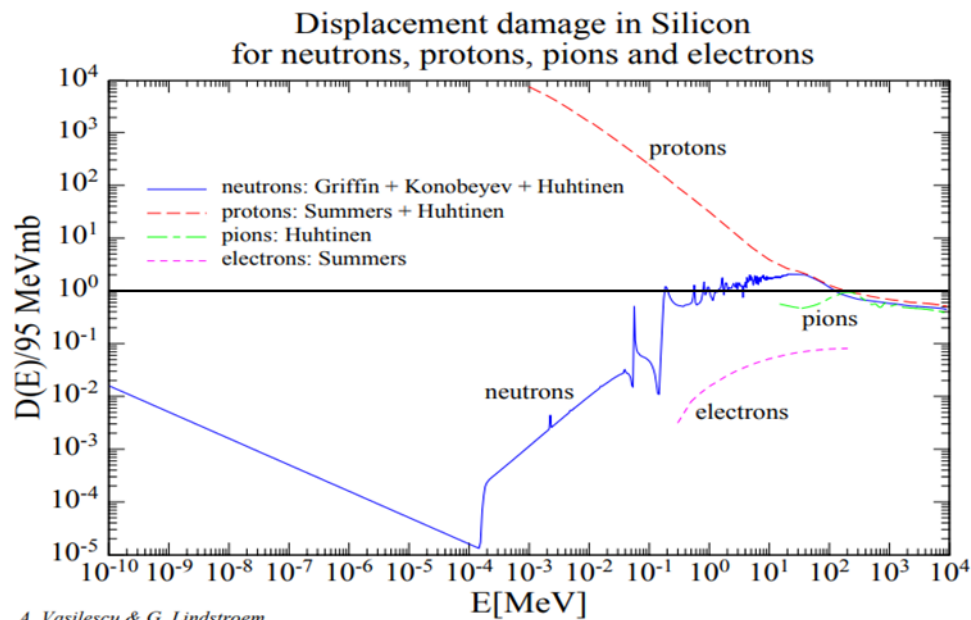




NIEL模拟统计方法的差异

□ Oscar

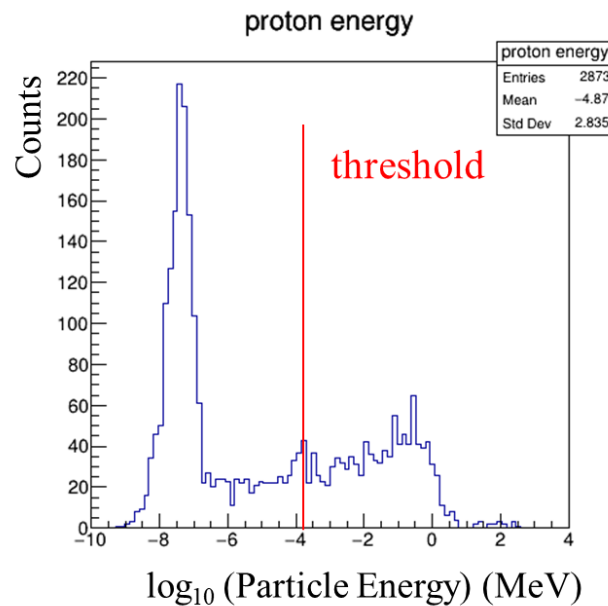
- 构造函数 $f(PDG, E)$
- 筛选n, p的特定能量区间
- 进入敏感体积/在敏感体积内产生的粒子，函数插值得到NIEL



□ FLUKA

- 动能过小，单次碰撞不会造成Si晶格损伤
- n, p, 动能小于158 eV 不考虑NIEL贡献

- 采用SI1MEVNE卡
- 所有材料视为Si
- 统计1MeV等效中子损伤



□ 富H区域的结果必然有较大差异



摘要

- 一、STCF MDI设计迭代
- 二、基于Oscar的STCF束流本底模拟
- 三、本底水平与性质分析
- 四、小结



现存问题与下一阶段工作计划

□ 现存问题

- Lattice大版本更新，需要重做collimator和束流本底产生子
- MDI外边界与谱仪探测器、电子学有些许几何冲突

□ 计划

- 本底模拟版本需要迭代更新，和lattice研究进度保持同步
- 用Oscar整合的Babayaga、DIAG36制作新的亮度本底产生子
- 与探测器、加速器各系统保持联系，优化结构设计，解决几何冲突



小结

- 基于V7C3版本底设计MDI额外屏蔽
- 在Oscar上实现完整本底模拟流程，本底水平略低于CDR水平
- 通过FLUKA模拟等方式大致验证Oscar模拟的可靠性
- 下一阶段重点关注产生子更新、几何冲突的解决



谢 谢!

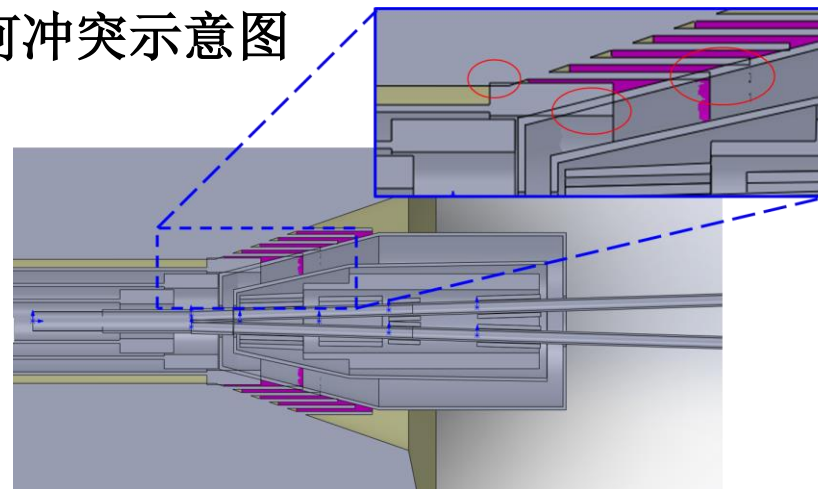


MDI设计、模拟相关的现存问题

□ 主要问题:

- 【交互设计】冷却筒外钢壳的尺寸（几何冲突）
- 【MDI设计】磁铁设计的大版本确定
- 【算法】本底产生子的系统性生成
- 【交互设计】内层探测器本底计数率进一步压低
- 【MDI设计】2-3m区段的机械空间占用（额外W屏蔽）
- 【本底】本底安全因子未考虑

几何冲突示意图



BBBrem产生子设置示意图

```
import BBBrem
bbbremalg = task.createAlg("BBBrem")
# e+e-->e+e- gamma;
bbbremalg.property("CMSEnergy").set(4.0)#GeV
bbbremalg.property("MinPhotonEnergy").set(1e-3)#GeV
bbbremalg.property("Weighted").set(True)#Set to true to generate unweighted events
bbbremalg.property("MaxWeight").set(2000.0)#Only required in the case of weighted events.
bbbremalg.property("DensityMode").set(1)
bbbremalg.property("DensityParameter").set(3.89351824e-26)#(hbar*c/sigma_y)^2
bbbremalg.property("MinAngle").set(0.0)#rad
bbbremalg.property("MaxAngle").set(0.087)#rad
bbbremalg.property("MinEnergy").set(0.0)#GeV
```