

2024年度考核报告

邓子艳

实验物理中心 软件组

2024年11月20日

行政组管理工作

● 组内承担工作

■ BESIII实验软件

- 硬件升级
- 软件升级

■ JUNO实验软件

- 取数前的完整流程测试
- 解决潜在问题

■ CEPC项目

- 软件/TDR
- /Tracker/MDI&本底

■ COMET实验软件

■ HEPS项目

■ PWFA项目

● 组内工作安排、学术发展、学术交流

- 主要侧重BESIII和JUNO软件，保证组内承担的工程项目按工程进度平稳推进
- 促进组内学术交流和技术共享

● 人才引进、人才培养等

- 所级人才引进：Simon Blyth（2024-2029）
- 软件组JUNO实验人员构成
 - 李卫东，邓子艳，邹佳恒，Simon Blyth，张晓梅，林韬，马秋梅，方文兴
- 组织架构
 - JUNO先导专项
 - 李卫东：软件模拟与计算环境L2
 - 邓子艳：模拟软件L3
 - 林韬：软件发布L3
 - 张晓梅：分布式计算L3
 - JUNO ACC
 - 邓子艳：Simulation AFG convener
 - 林韬：Data production AFG convener
 - 方文兴：OEC AFG convener (new, 2024年8月)

● 组织组内研究生季度考核

● 配合组长完成其他工作

行政组管理工作

● 发表文章情况

- J.H. Zou, etc. Offline data processing system of the BESIII experiment, *Eur. Phys. J. C* **84**, 937 (2024).
- H.S. Zhang, etc. Refractive index in the JUNO liquid, NIMA, Volume 1068, November 2024, 169730
- Yixiang Yang, etc. Event index-based analysis in the JUNO experiment, RDTM, volume 8, pages 1704-1711 (2024)
- Simon Blyth, Opticks: GPU Optical Photon Simulation via NVIDIA OptiX, EPJ Web of Conferences 295, 11014(2024)
- WenXing Fang, etc. Fast muon simulation in the JUNO experiment with neutral networks, EPJ Web of Conferences 295, 09019 (2024)
- Xiaomei Zhang, JUNO distributed computing system, EPJ Web of Conferences 295, 04030 (2024)

● 参加会议情况

- Xiaomei Zhang, Data Challenges in JUNO distributed computing infrastructure towards JUNO data taking, CHEP24, 大会报告
- Simon Blyth, Opticks: GPU ray trace accelerated optical photon simulation, CHEP24, 口头报告
- Peidong Yu, The multi-threaded detector simulation in JUNOSW, CHEP24,口头报告
- Haosen Zhang, The electronics simulation software in JUNO, CHEP24, poster
- Tao Lin, JUNO detector simulation based on customized Geant4 physics list, Views24 (VIenna Workshop on Simulations 2024)
- Tao Lin, Offline data processing in the First JUNO Data Challenge, ACAT 2024
- Xiaomei Zhang, JUNO Raw data transfer system, ACAT 2024
- Xiaomei Zhang, Status of IHEP distributed computing system, DIRAC workshop, 2024
- Xiaomei Zhang, JUNO distributed computing system, China-JINR workshop on software and computing for future HEP experiments, 2024
- Ziyang Deng, JUNO software, China-JINR workshop on software and computing for future HEP experiments
- Tao Lin, Offline data processing in the first JUNO data challenge, ACAT2024
- Wenxing Fang, Deep Learning-based C14 pile-up identification in the JUNO experiment, ACAT 2024
- 邓子艳, Offline data processing system of the BESIII experiment, 高能物理计算用户研讨会
- 邹佳恒, 基于Sniper的JUNO离线软件并行化, 高能物理计算用户研讨会
- 张晓梅, JUNO distributed computing, 高能物理计算用户研讨会
- 马秋梅, 高能物理实验中央数据库管理系统, 高能物理计算用户研讨会
- 邓子艳, 粒子物理实验数据处理, 高能物理计算暑期学校讲课

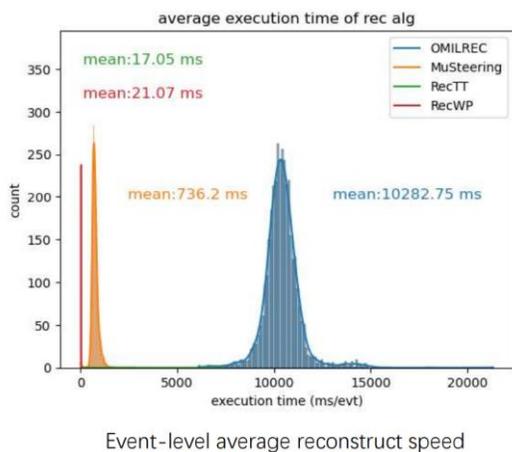
● 组内经费申请

- 政府间国际科技创新合作 国家重点研发计划项目 江门中微子实验的中微子振荡物理研究 子课题 600万 2024.09-2028.08

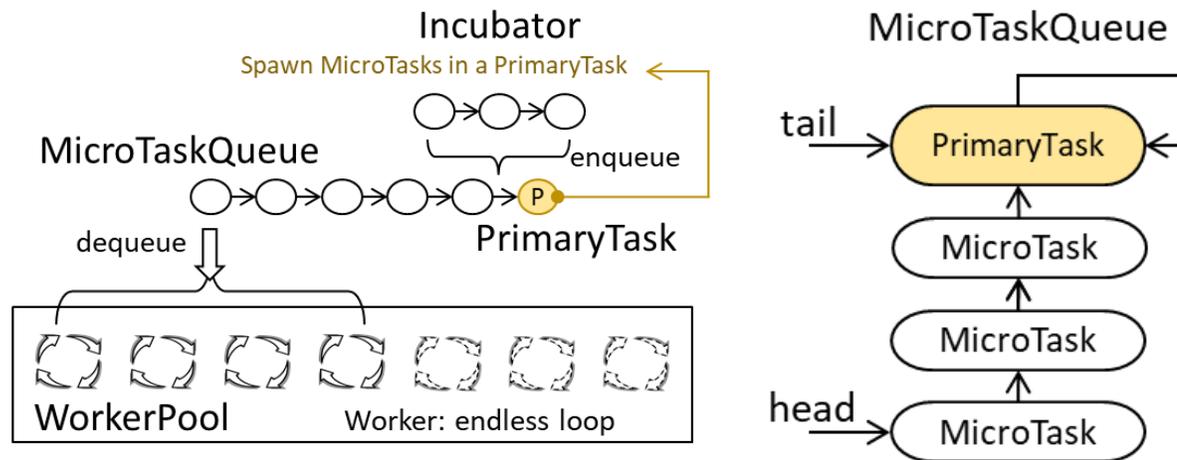
行政组管理工作

● 本年度任务完成情况(JUNO软件)

- **软件系统测试**: 利用大量的模拟数据对软件进行全面测试 (Data Challenge), 解决了潜在的问题, 同时完成数据处理流程的测试和计算资源的精确估算
 - DC1: CD重建, 数据库, DQM, KUP, DCI
 - DC2: 全探测器重建, steering算法
 - DC3: 软件性能测试和计算资源估算, baseline重建算法
- **并行计算**: 事例级并行计算通过了Data Challenge验证; 实现了基于微任务的事例内并行计算框架, 其可行性在波形重建算法中得到检验



全探测器数据处理流程测试结果

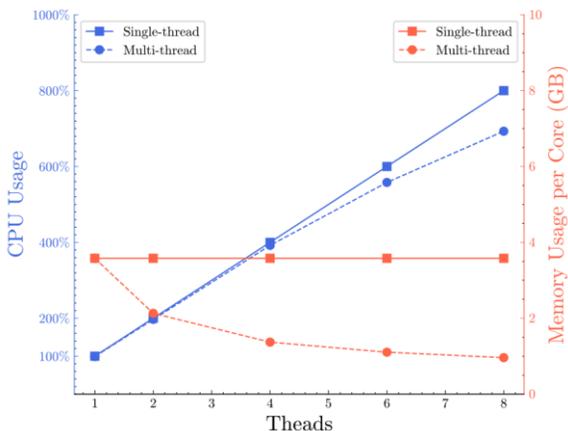


基于微任务的事例内并行

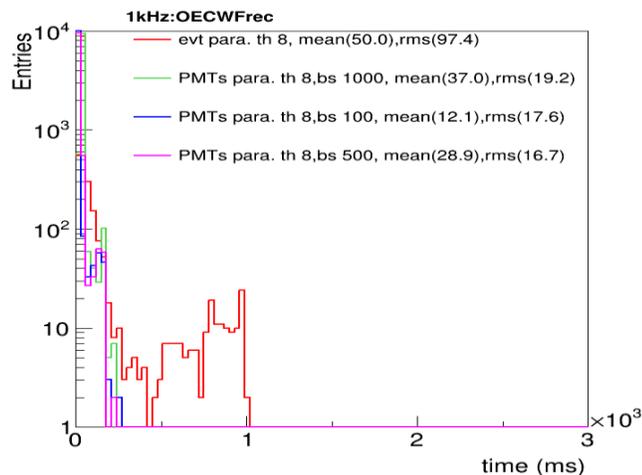
行政组管理工作

● 本年度任务完成情况(JUNO软件)

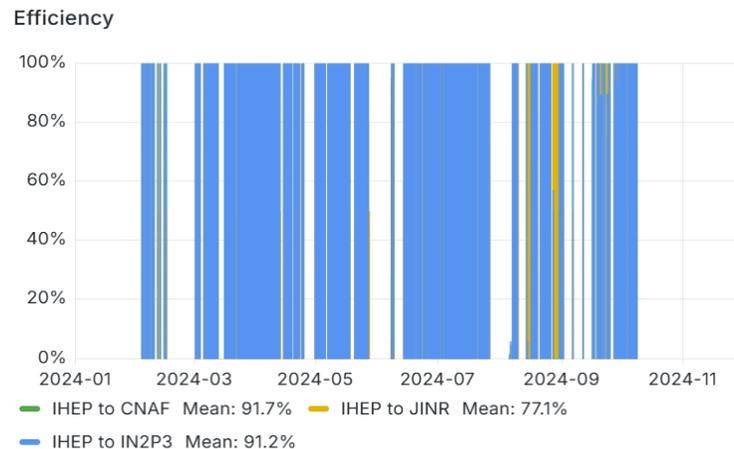
- **探测器模拟**: 推进CPU上的多线程模拟和GPU上的光学模拟工作, 进行大规模数据生成, 实现电子学模拟的真实性和性能优化
- **OEC和数据预处理**: 实现OEC算法在事例内的并行运行, 降低单事例的处理时间; 完成原始数据预处理测试; 实现在线数据库中有用信息到离线数据库的抽取和同步
- **分布式计算 DCI**: 根据JUNO的离线数据和资源需求, 对DCI的国际链路、网格存储、规模传输、计算资源和多核模拟作业进行大规模的测试, 全面验证计算模型, 完善相关的监控



多核模拟Muon事例



OEC算法事例级&事例内并行



DCI数据传输测试

本人本年度科研任务完成情况

● BESIII 离线软件

- BESIII 离线软件升级 (CentOS 7 -> Alma Linux 9)
- BESIII 运行以来最大规模的一次软件升级

● JUNO 模拟软件

- 担任 JUNO 模拟软件 convener, 协调模拟软件开发和国际合作
- 持续优化模拟软件, 基于模拟软件成功开展多次 data challenge
- 在本地集群和分布式计算环境下实现多核模拟
- JUNOSW+Opticks@GPU 推出了 alpha release
- Geant4 版本升级和探测器几何真实化
- 电子学模拟软件性能得到明显改善

BESIII 离线软件

近20年BESIII操作系统和外部库升级，
cmt和CVS一直沿用至今

本次升级的
主要修改：



	BOSS 7.1.3	BOSS 7.2.0
OS	CentOS 7	Alma Linux 9.3
GCC	4.9.3	GCC 13
CMake	cmt	3.26.2
Python	2.7.10	3.11.9
Gaudi	v27r1	v38r2
LCG	LCG_84	LCG_106
ROOT	6.20.02	6.32.02
version control	CVS	GIT

Year	2006-2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	...	2023	2024
BOSS Release	6.0.0 ... 6.5.1	6.5.2 ... 6.5.5	6.6.0 6.6.1	6.6.2	6.6.3 6.6.4 6.6.4.p01	...	6.6.5 7.0.0	7.0.1 7.0.2	7.0.3	...	7.1.0 7.1.1	7.2.0
OS	SL4	SL5	SL5 64-bit				SL6				CentOS7	Alma9
Gaudi	v19r4		v21r6				v23r9				v27r1	v36r14
Geant4	9.0	9.3									10.7.p02	
ROOT	5.14		5.24				5.34				6.06	6.28

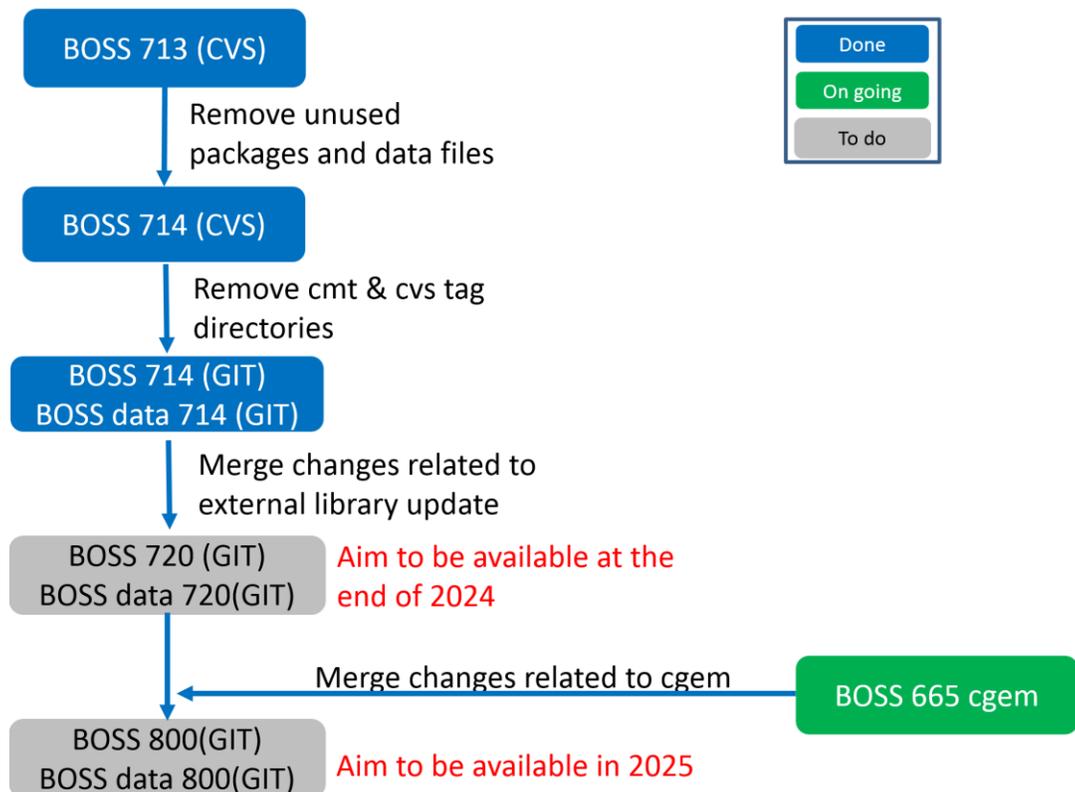
● 最大规模的一次软件升级

- 从软件编译、版本管理、软件开发和发布流程等，都有实质性的变化
- 涉及人员众多：所有开发人员和分析用户
- 做好前期升级准备工作，减轻其他人员负担

邓子艳，马秋梅，邹佳恒，季晓斌，孙胜森，林韬

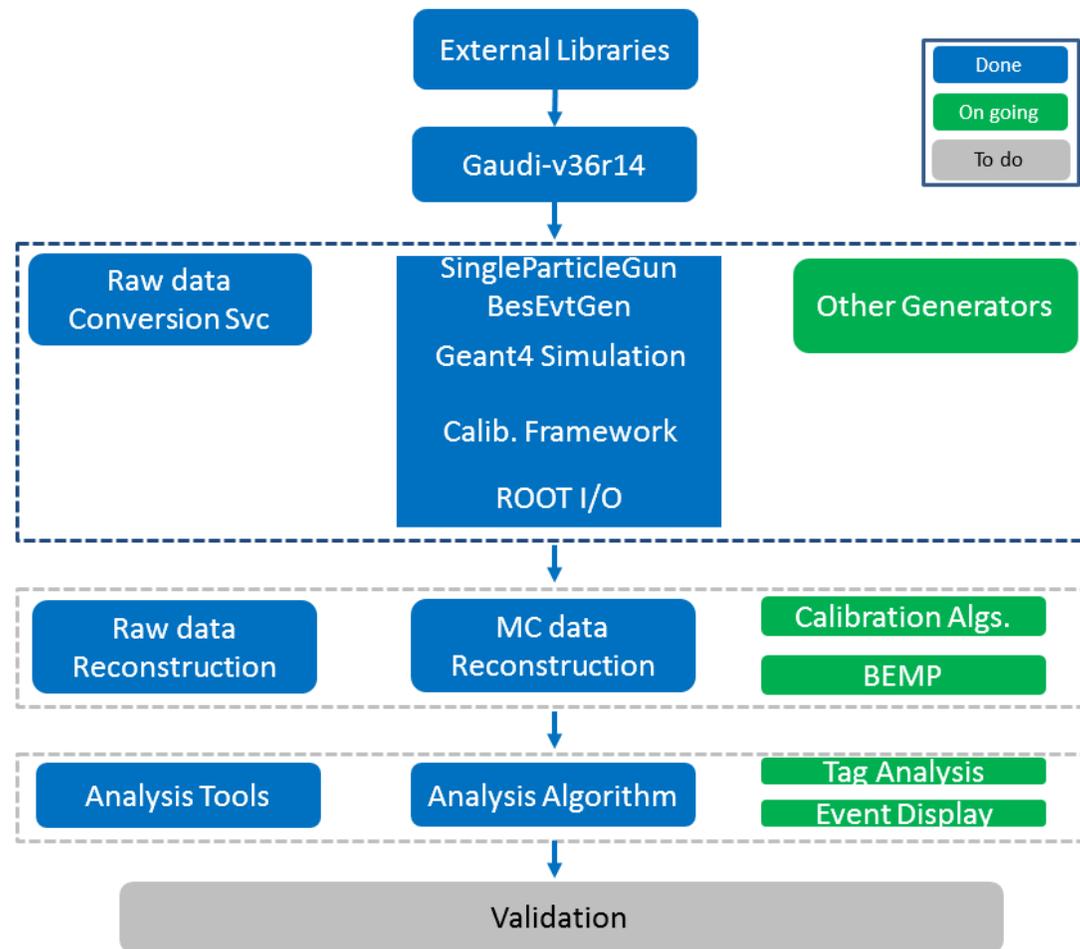
BESIII 离线软件

● 精细化升级流程



- To make source code repository as small as possible:
- (1) Remove unused packages and data files, validated with BOSS 713 and 714
 - (2) Divide into two repositories: source code and large data files

已完成大部分软件包的修改



BESIII 离线软件

- 测试结果显示基本正常
- BOSS软件编译和运行速度均有明显改善

简化GIT仓库:

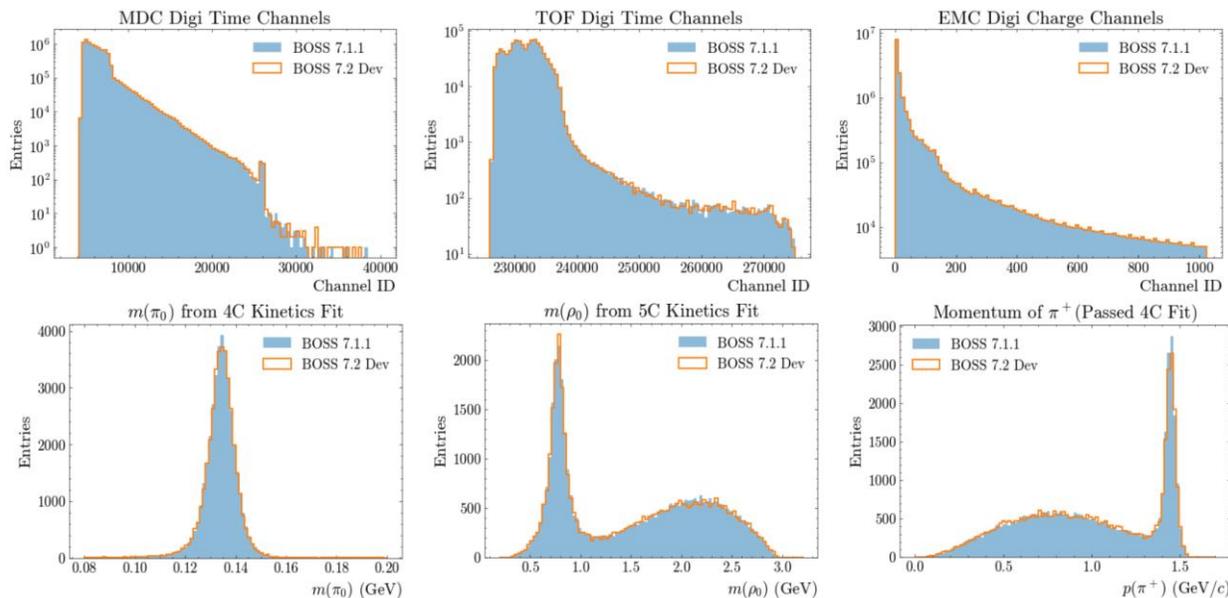
BOSS source : 106MB

BOSS gen: 63MB

BOSS data: 273MB

Validation of “Gen→Sim→Rec→Analysis” of $J/\psi \rightarrow \rho\pi$

No obvious difference beyond statistic error is observed



规范化目录结构:

[/cvmfs/bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Source](https://cvmfs.bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Source)
[/cvmfs/bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Data](https://cvmfs.bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Data)
[/cvmfs/bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Gen](https://cvmfs.bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/Boss/7.2.0-pre1/BOSS_Gen)
[/cvmfs/bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/ExternalLib/Gaudi/Gaudi-v38r2](https://cvmfs.bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/ExternalLib/Gaudi/Gaudi-v38r2)
[/cvmfs/bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/ExternalLib/lcg/LCG_106](https://cvmfs.bes3.ihep.ac.cn/bes3sw/ExternalLib/lcg/LCG_106)

软件发布流程:

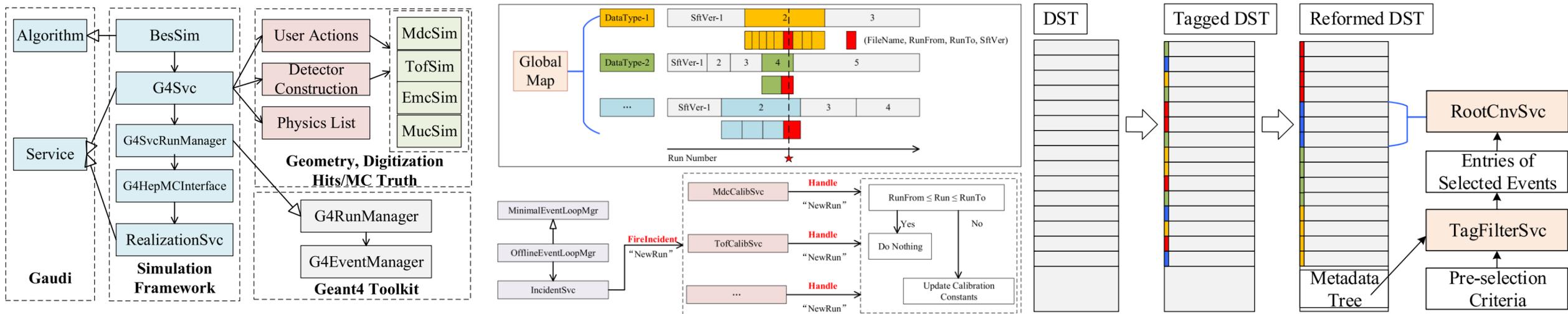
基于Merge Request的自动化测试流程

MR的review和approval流程

基于approved MR发布正式软件

BESIII 离线软件

- 经过多年持续的开发和升级，BESIII 离线软件总体运行平稳，满足实验需求
- 整理和总结了 BESIII 离线数据处理软件的需求、挑战以及具体实现
- 发表文章
 - Offline data processing system of the BESIII experiment
 - *Eur. Phys. J. C* **84**, 937 (2024). 本人为**通讯作者**



JUNO模拟软件

- 担任中科院先导专项 软件模拟与计算环境 L3
- 担任Simulation AFG convener
 - Ziyan Deng(IHEP), Cecile Jollet(LP2i), Akira Takenaka(SJTU)
- 持续完善模拟软件物理性能和计算性能
 - 组织中方外方模拟例会
 - 组织合作组会议期间Simulation Session
 - 通过Review & Data Challenge推动模拟软件发展

JUNO模拟软件

● 探测器几何真实化

Copy Number

- CD-LPMT: 17612 in total
- CD-SPMT: 25600 in total
- WP-VPMT: 2400 in total

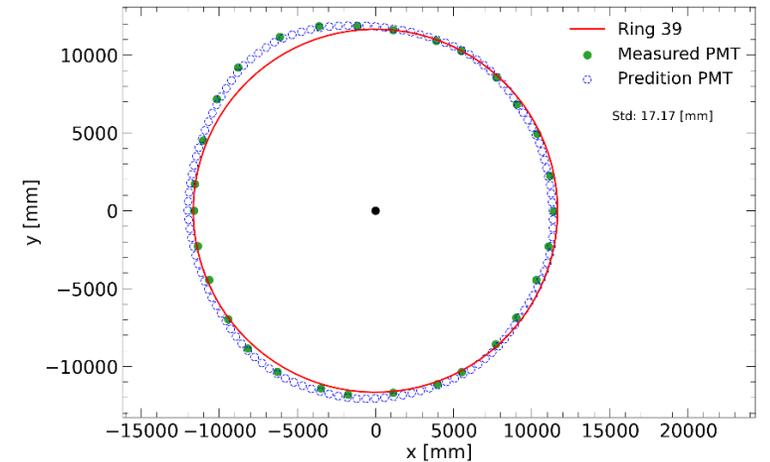
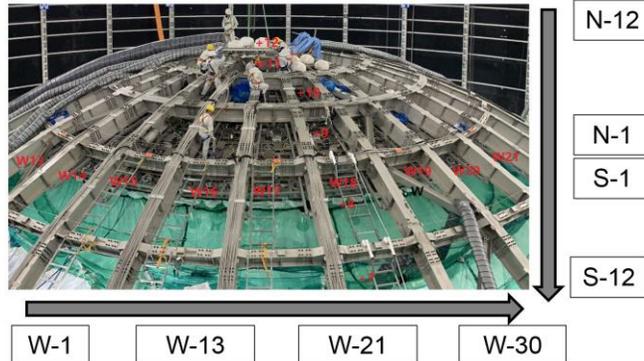
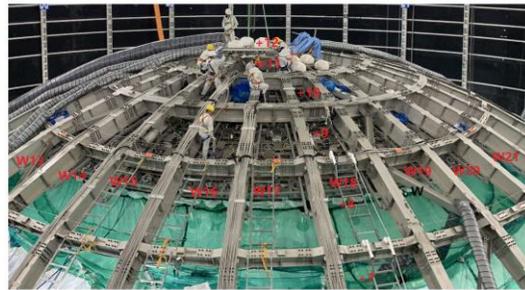
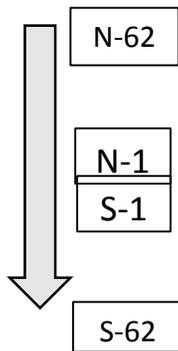
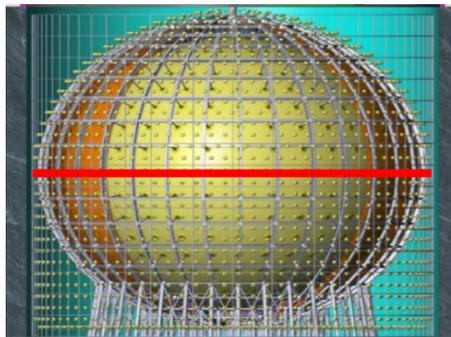
Old offset

- 0 - 17611
- 300000 - 325600
- 30000 - 32100

New offset

- 0 - 17611,
- 20000 - 45599,
- 50000 - 52400.

This new copy number could be in 16 bits unsigned (0-65535)



中心探测器网架形变模拟研究

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	
Sub-Detector (0-15)					L/S	N/S	Circle No. (6bits 0-63)					Position No. (0-255)				
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Position No. (0-255)					U/D	PMT Type										

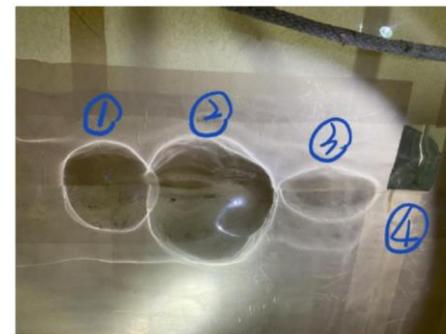
Sub-Detector: 2

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	
Sub-Detector (0-15)					N/S	Layer No. (0-15)					Window No. (0-31)					Position No.
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0-15)					PMT Type (0-3)											

- N/S: North (0) / South(1)
- Layer: 1~12
- Window No: 1~30
- Position No: 1~8
- PMT Type: NVVT_1 (2), NVVT_2 (3)

Example of a large PMT in WP

2-N-07-15-2-2



PMT编号规则及ID Map (IHEP & SYSU)

有机玻璃球裂缝模拟研究(IHEP & SJTU)

JUNO模拟软件

● Geant4升级(10.4 -> 11.2.2, IHEP & LP2i)

- 电磁作用部分多次散射模型更新带来较大差异，理解差异来源
- 中子俘获过程，在新版本基础上修改使用JUNO customized的过程

● Customized Geant4 processes (IHEP & LP2i)

- 组织相关人员在Geant4 Technical Forum和Views24会议上报告

Physics Constructors	Status
G4EmLivermorePhysics	Customized
G4EmExtraPhysics	Unchanged
G4DecayPhysics	Unchanged
G4RadioactiveDecayPhysics	Customized
G4HadronPhysicsQGSP_BERT_HP	Customized
G4StoppingPhysics	Unchanged
G4IonPhysics or G4IonPhysicsPHP	Unchanged
G4OpticalPhysics	Customized

ATLAS Simulation update

13/3-005, CERN

CMS Simulation update

13/3-005, CERN

Modified GEANT4 processes for JUNO Simulation

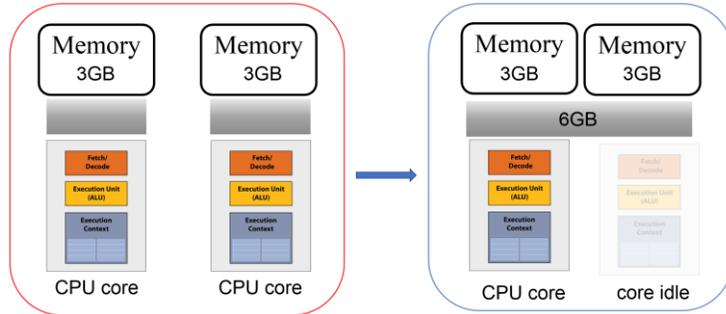
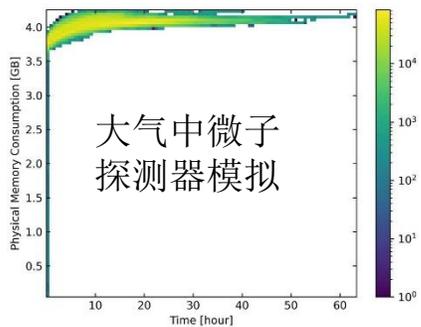
13/3-005, CERN

■ Views24 (Vienna Workshop on Simulations 2024)

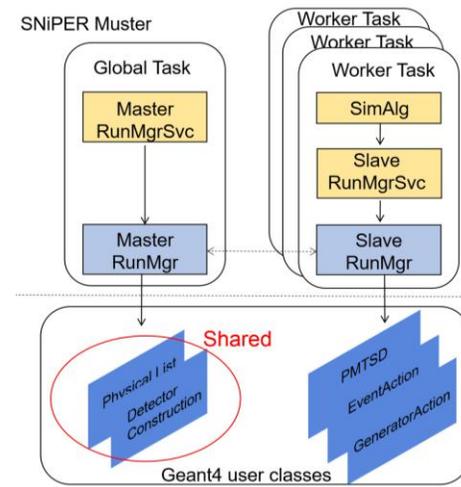
- 担任session主持，并受邀参加white paper的撰写
- JUNO detector simulation based on customized Geant4 physics list (Tao Lin)

JUNO模拟软件

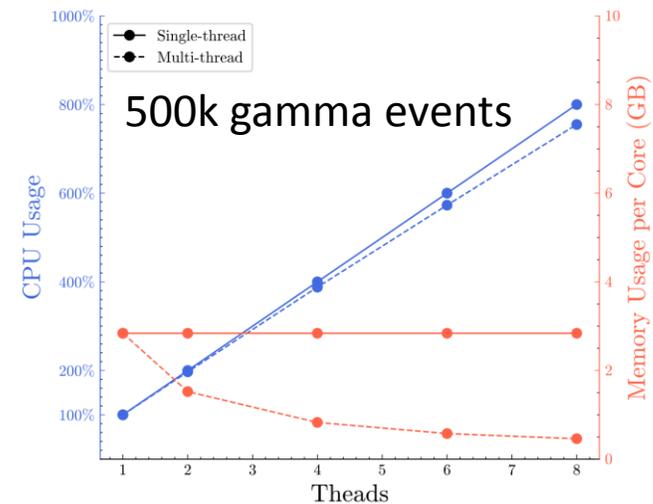
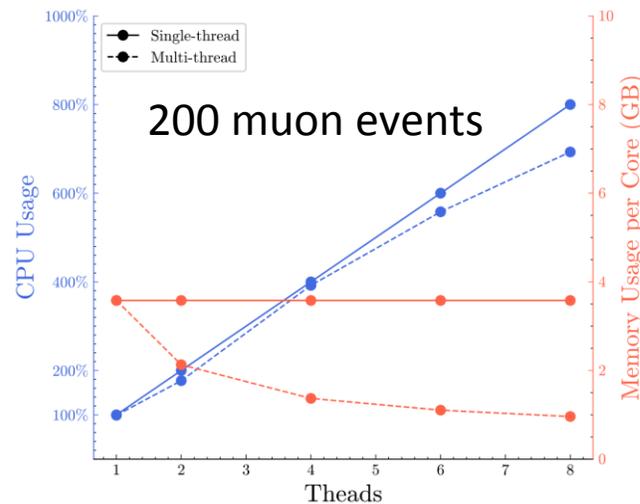
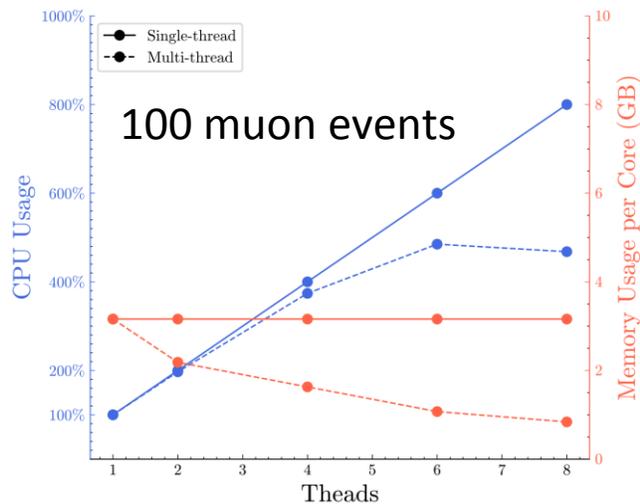
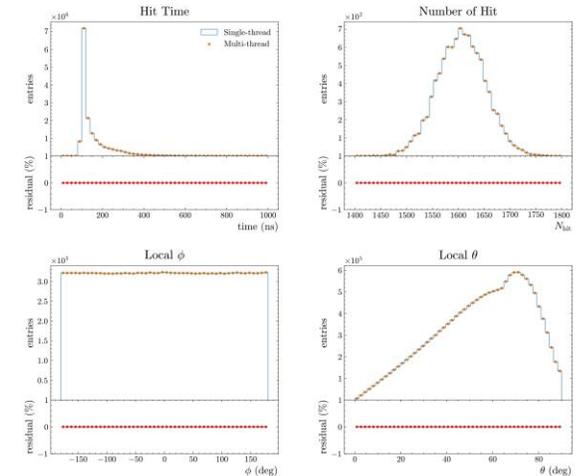
多线程模拟有效提升计算资源利用率



高能事例的精确光学模拟，大内存导致CPU资源利用率低，多线程模式可有效降低单核内存使用量，提升计算资源利用率



一致性检验



于佩东 林韬

已成功产生一批大气中微子模拟样本，文章内部审核中

GPU加速光子模拟： JUNO+Opticks

Progress

First proposal of Opticks: GPU optical photon simulation, instead of Chroma

Use of GPU textures for fast interpolated property lookup , CUDA port of Geant4 **photon generation and optical physics**

General CSG tree intersection implemented, random number aligned comparison of Opticks and Geant4

Implementation of **automated translation of Geant4 geometry** into GPU geometry

Full analytic JUNO geometry Opticks, enable Opticks to benefit from RT cores (**CHEP2019 Plenary**)

Integration of JUNO simulation framework with Opticks, collaboration with Geant4 developers

OptiX 6 -> OptiX 7, re-implement Opticks to adopt the new NVIDIA OptiX 7+ API,
Geant4 example demonstrate how to use Opticks since Geant4 11.0

Improve performance with complex solid shapes with "list-nodes"

Multi-film PMT optical model, **JUNOSW+Opticks alpha release** (2023-12-18)

Integrated analytic + triangulated geometry, interactive visualization, OptiX 8.0.0,
Performance test with NVIDIA_TITAN_RTX, NVIDIA_RTX_5000_Ada_Generation

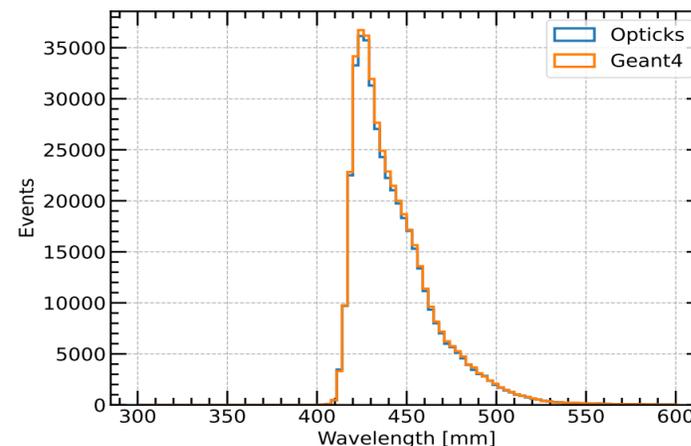
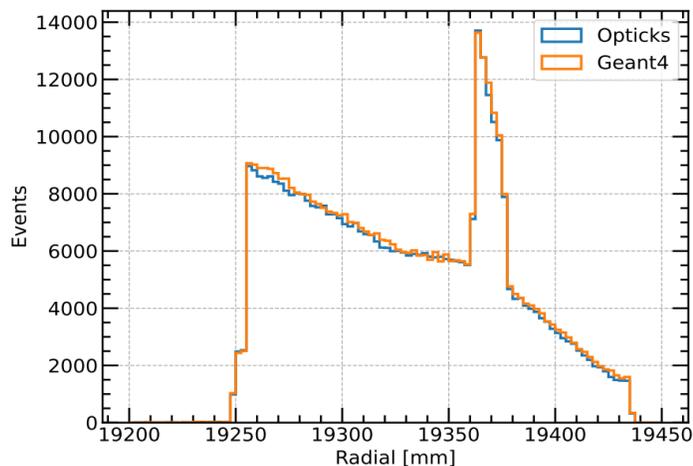
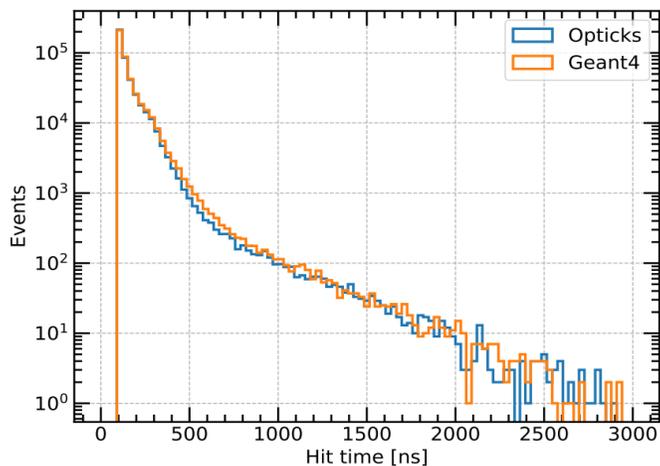
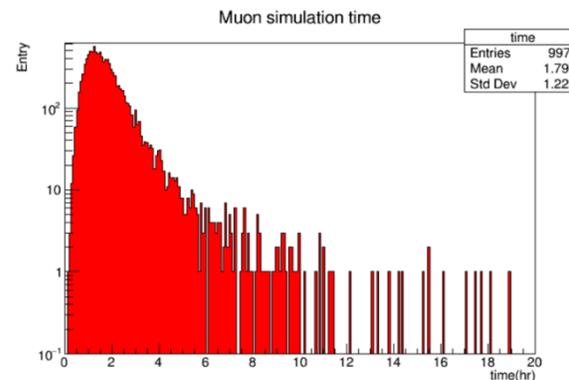
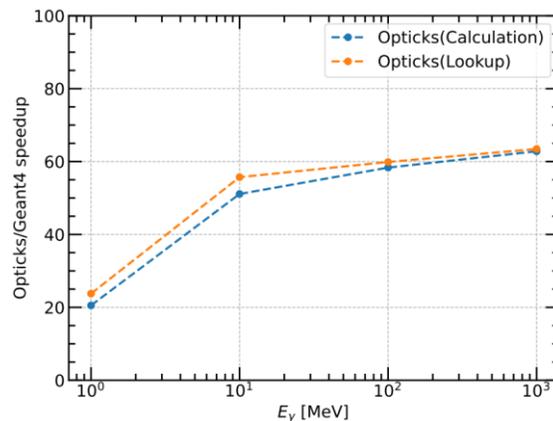
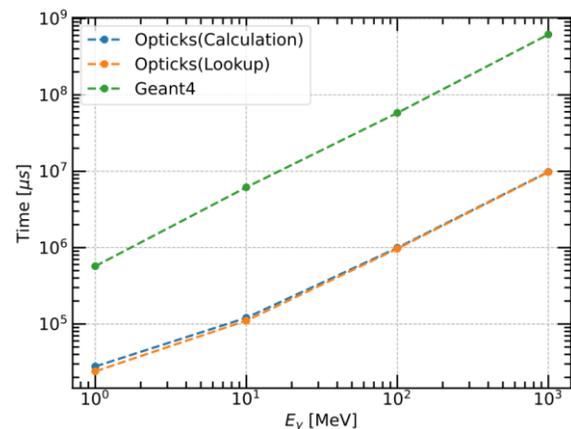
Lots of interest in Opticks: LZ, LHAASO, LHCb-RICH, DUNE, NEXT-CRAB0, etc

性能测试

● 新PMT光学模型@Opticks的性能测试(胡宇翔 & Simon Blyth):

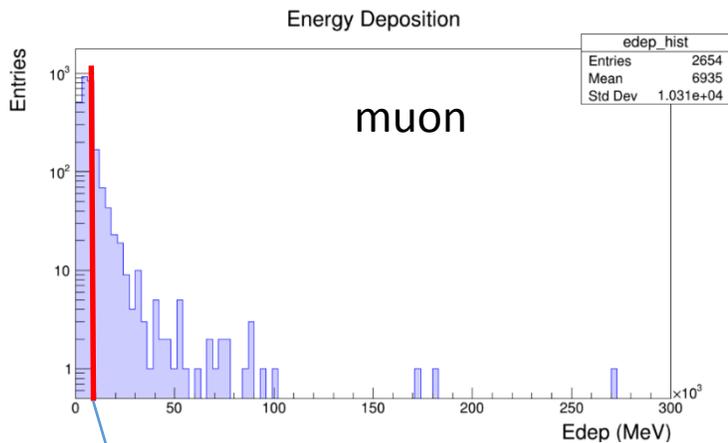
■ CentOS: 7.9.2009 OptiX: 7.5.0 CUDA: 11.2, CUDA Driver: 525.60.13

■ GPU型号: Quadro RTX 8000 CPU型号: Intel(R)Xeon(R)Silver 4214

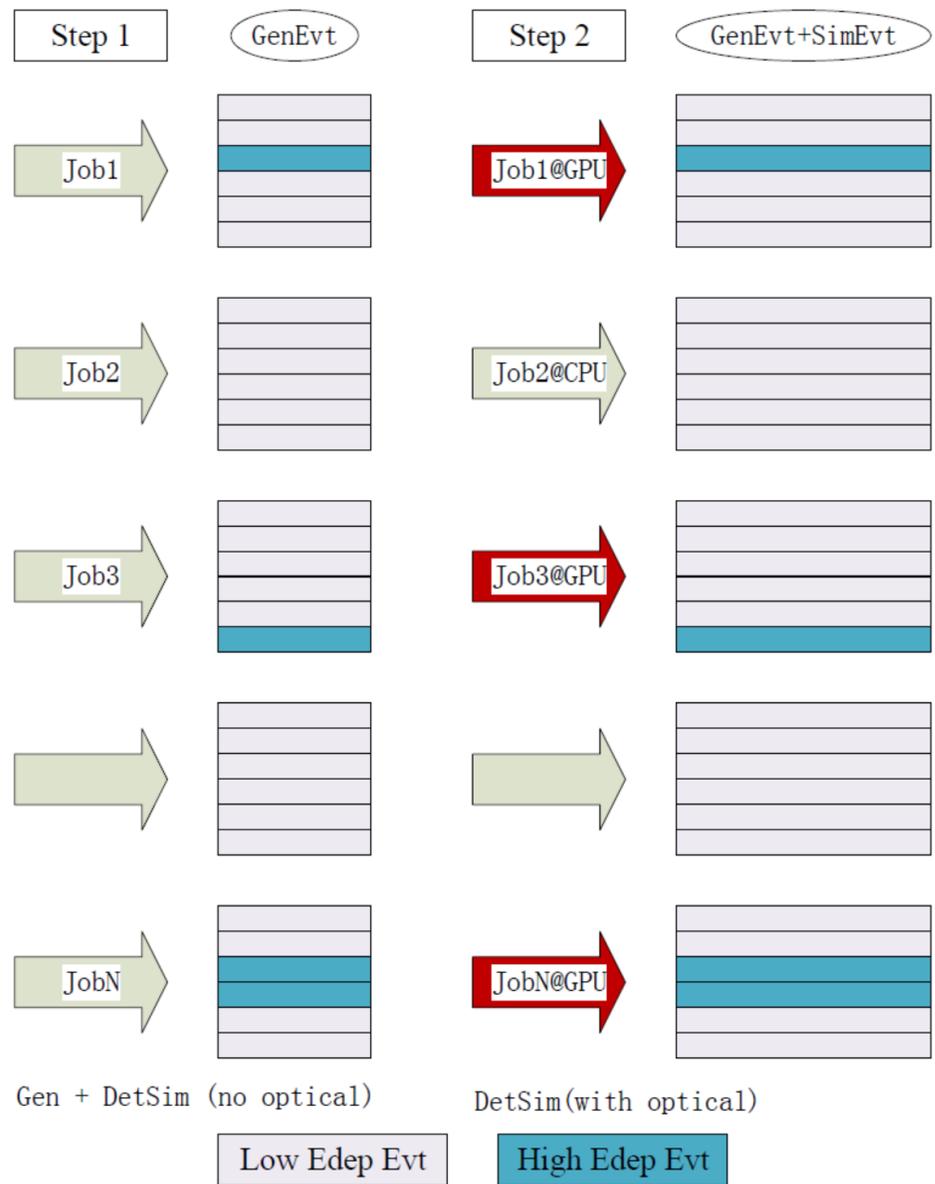
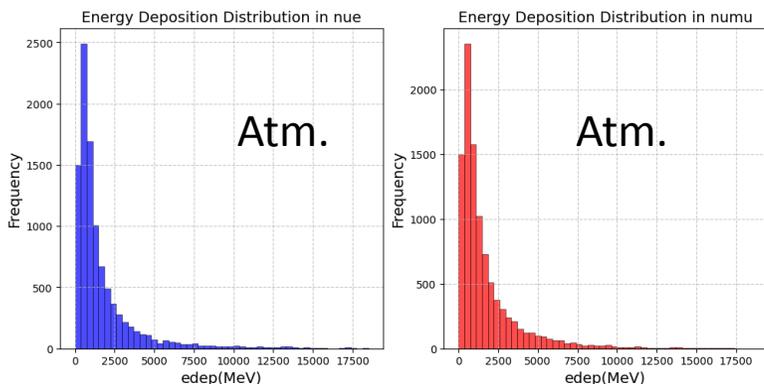


CPU+GPU: 大规模MC数据产生

- CPU和GPU结合, 用于大规模MC数据产生, 优势互补
- 利用沉积能量进行预挑选, 把特别高能的事例在GPU上模拟

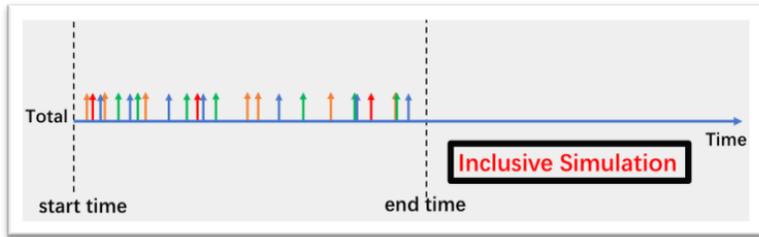


Edep threshold to be determined

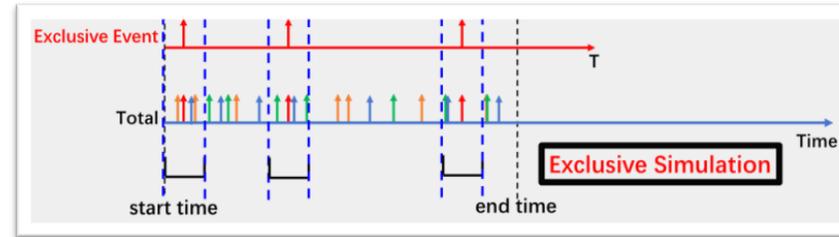


电子学模拟软件

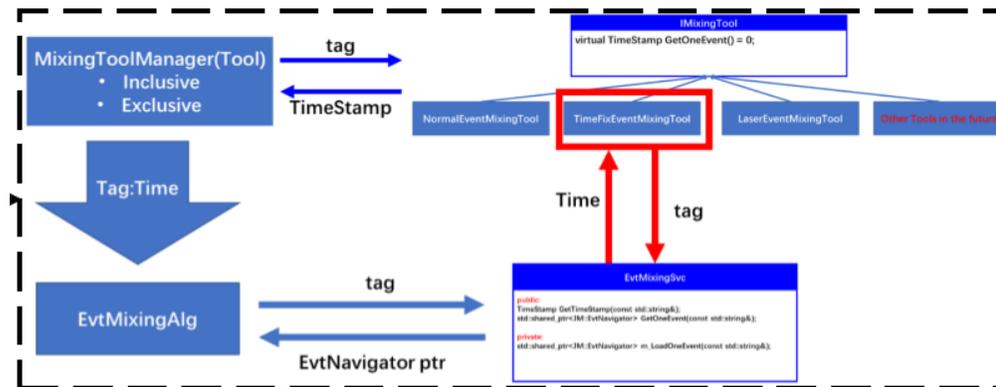
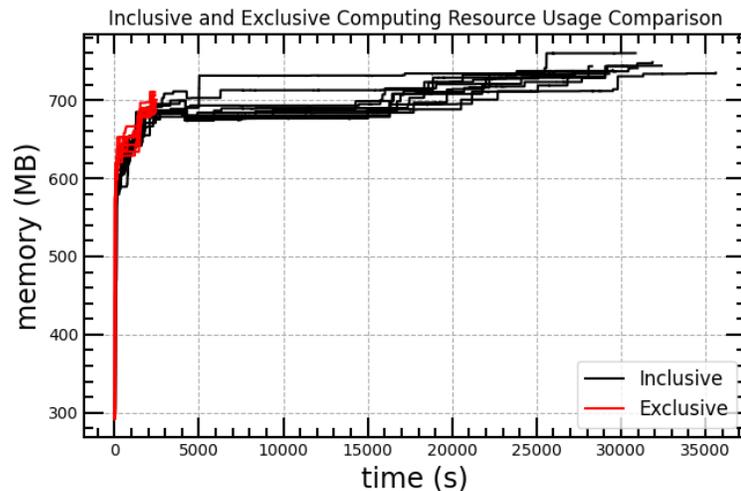
- 支持多种事例混合模式，性能优化：pile up事例模拟速度得到有效提升
- 软件重构：MixingTool模块化，结构更清晰
- 解决子探测器的触发时序问题，为OEC测试提供支持
- 模拟软件成功支持了2024年多轮离线Data Challenge
 - 全探测器的Sim+OEC+Rec完整数据处理流程测试，批量产生模拟数据用于计算资源估计等等



Do simulation from elecsim start time to end time



Only do simulation around "Exclusive Event"



张豪森

论文，经费，会议，人才培养

● 本人文章情况：

- J.H. Zou, et al. Offline data processing system of the BESIII experiment, *Eur. Phys. J. C* 84, 937 (2024). , 通讯作者
- H.S. Zhang, et al. Refractive index in the JUNO liquid, NIMA, Volume 1068, November 2024, 169730
- JUNO Collaboration, Prediction of Energy Resolution in the JUNO Experiment, *Chinese Physics C*.
- Z.Y. Chen, S.S. Sun, H.M. Liu, Z.Y. Deng, *et al.*, Time calibration of barrel TOF system at BESIII, *Radiat. Detect. Technol. Methods* **8**, 1264-1271(2024)
- P.D. Yu, et al. Multi-threaded Simulation Software for the JUNO Experiment 通讯作者， 内部审核中

● 本人经费情况：

- 江门软件模拟与计算环境 中科院先导专项 3132万 2018-2024 子课题负责人
- 面上项目：通用型海量光学光子模拟方法及关键技术研究 55万 2023-2026 课题负责人

● 本人组织和参加会议情况

- JUNO 模拟中方组会， JUNO AFG simulation meeting (组织)
- JUNO合作组会议 (组织simulation session讨论， 大会报告)
- 高能物理计算用户研讨会 (口头报告)
- Views24 (VIenna Workshop on Simulations 2024) (session chair)
- China-JINR workshop on software and computing for future HEP experiments (口头报告)
- 高能物理计算暑期学校讲课
- CHEP24 (于佩东口头报告， 张豪森Poster)
- JUNO JOC meeting， JUNO中方离线协调会
- JUNO Physics&Simulation meeting
- BESIII软件组会， BESIII合作组会议&Workshop

● 本人指导学生情况： 胡宇翔(今年已毕业)， 张豪森， 于佩东

公共服务

- 中心研究生管理小组成员
- 组内研究生毕业论文预审
- 研究生毕业论文答辩
- BESIII 离线数据处理值班
- 北京市第十六届人大代表



存在的问题 和 下一步工作计划

●从PPT到实际应用，有非常远的路要走

- 兼顾多方面需求，落实实际应用中遇到的每个问题
- PPT -> 小范围能用 -> 大范围能用 -> 好用
- 有限的人力情况下，优先保证实际应用

●下一步工作计划

- BESIII离线软件相关工作
 - 保证升级后的软件正常运行
- JUNO模拟软件
 - 保证大规模MC数据的产生
 - 模拟与数据的对比
- 协助组长完成组内管理工作