

# 2024年度年中绩效考核汇报

刘振安

岗位：触发与数据获取研究

2024年11月20日

# 研究员报告提纲

## 一、岗位职责

触发与数据获取技术研究

## 二、本年度工作情况

- 1、研究任务完成情况
- 2、本人研究成果
- 3、学术交流、学术发展规划
- 4、公共服务
- 5、其它贡献

## 三、存在问题

## 四、下年度工作计划

# 一、岗位职责

- 触发与数据获取研究
  - BESIII 触发系统升级
    - 协助解决问题
  - CEPC 预研
    - 继续预研和Ref-TDR编写
  - CMS
    - 技术攻关与验证
    - 量产样机及量产准备
      - 基金委重点基金（在研）
      - 科技部重点研发（赵京周牵头）

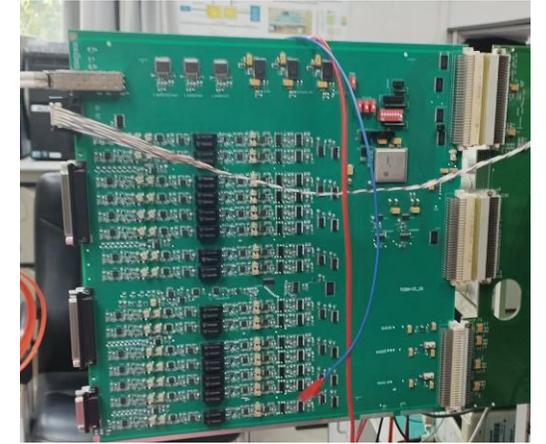
## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- BESIII触发系统升级

- 作为课题成员，我的职责是帮助解决问题
- 进展及完成情况良好
  - 量能器触发TCBA-II插件硬件完成并进行了测试，满足要求，固件改版已完成，开始了测试。
  - 9U触发核心插件制版焊接已经完成，并进行了测试。
  - 6U快控制核心插件完成了布线
  - 时钟扇出插件第一版测试出现了有意思的现象，正在深入研究，并进行了第二版设计完成



触发核心板PCB图



TCBA-II板PCB图



时钟扇出板第一版



MFT-II板第一版

# 二、本年度工作情况

## 1、研究任务完成情况

- CEPC 预研

- CEPC国际研讨会的TDAQ分会任务，包括报告的推荐、组织及主持会议任务

- 2024年4月及以前我负责

- 2024年法国马赛

- 2024年10月起改由组长李飞负责

- 2024年杭州

- 我的任务是协助李飞做好相关工作。

- 2024年的两次TDAQ分会都很成功



	Monday 23rd	Tuesday 24th	Wednesday 25th	Thursday 26th	Friday 27th
9:00-10:30	Plenary	BSM Si Det Accelerator CIPC	QCD GasDet Accelerator Application	Flavor Calo Accelerator BSM	Higgs PID Accelerator Offline
10:30-11:00	Coffee break	Coffee break	Coffee break	Coffee break	Coffee break
11:00-12:30	Plenary	EW & tt Electr. Accelerator CIPC	Flavor GasDet Accelerator	Flavor Calo Accelerator TDAQ	BSM PID Accelerator MDI
12:30-14:00	Lunch break	Lunch break	Lunch break	Lunch break	Lunch break
14:00-15:30	Higgs Si Det Accelerator CIPC	EW & tt Electr. Accelerator Application	Excursions 13:30 - 17:30	Flavor Calo MDI TDAQ	Plenary
15:30-16:00	Coffee break	Coffee break		Coffee break	Coffee break
16:00-18:00	Higgs/EW/tt Si Det Accelerator CIPC	QCD GasDet Accelerator Application	Banquet 18:30 - 21:00	BSM PID MDI Offline	Plenary
				Public Lecture 19:00 - 21:00	

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CEPC 预研 (续1)
  - TDAQ组内我的分工是触发方案的考虑
  - 我关心的内容
    - CEPC触发的物理目标 (衰变、道产物)
    - 本底有哪些 (束流丢失、物理本底、宇宙线本底), 有多大
    - 触发源 (探测器) 是哪些? 效率如何
    - 压本底靠哪些

### Research Team

- 15 staff of IHEP TDAQ group
  - DAQ
    - Fei Li (DAQ, team leader)
    - Hongyu Zhang (readout)
    - Xiaolu Ji (online processing)
    - Minhao Gu (software architecture)
  - Trigger
    - Zhenan Liu (trigger schema)
    - Jingzhou Zhao (hardware trigger)
    - Boping Chen (simulation/algorithm)
    - Sheng Dong (firmware/DCS)
  - DCS/ECS
    - Si Ma
- IHEP Students(20 totally)
  - 2 PhD and 3 master
  - New member planned
    - 1 staff next year
    - 2 postdoc
  - Collaborators
    - Qidong Zhou (HLT, SDU)
    - Yi Liu (HLT, ZZU)
    - Junhao Yin(HLT, NKU)
    - 3 students planned
  - We're looking for more collaborators

Gathering manpower for R&D, 9 staff and 5 students involved part of the time



23

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CEPC 预研 (续2)
  - TDAQ组内我的分工是触发方案的考虑
  - 我关注的内容
    - CEPC触发的物理目标 (衰变、道产物)
    - 本底有哪些 (束流丢失、物理本底、宇宙线本底), 有多大
    - 触发源 (探测器) 是哪些? 效率如何
    - 压本底靠哪些

### Research Team

- 15 staff of IHEP TDAQ group
  - DAQ
    - Fei Li (DAQ, team leader)
    - Hongyu Zhang (readout)
    - Xiaolu Ji (online processing)
    - Minhao Gu (software architecture)
  - Trigger
    - Zhenan Liu (trigger schema)
    - Jingzhou Zhao (hardware trigger)
    - Boping Chen (simulation/algorithm)
    - Sheng Dong (firmware/DCS)
  - DCS/ECS
    - Si Ma
- IHEP Students(20 totally)
  - 2 PhD and 3 master
  - New member planned
    - 1 staff next year
    - 2 postdoc
  - Collaborators
    - Qidong Zhou (HLT, SDU)
    - Yi Liu (HLT, ZZU)
    - Junhao Yin(HLT, NKU)
    - 3 students planned
  - We're looking for more collaborators

Gathering manpower for R&D, 9 staff and 5 students involved part of the time



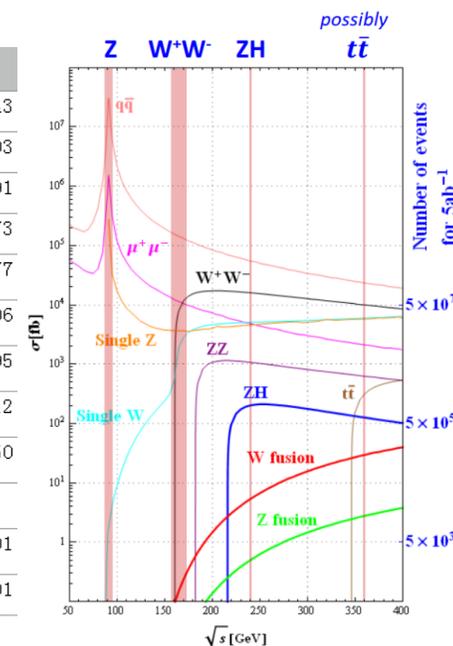
## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

### • CEPC 预研 (续3)

#### • 组内通过与物理组多次讨论, 估算了事例率

- Higgs 240GeV(30MW/50MW)
  - BX rate:0.8(1.74)/1.34(2.9) MHz
  - Physical event rate: **5Hz/8Hz** (Higgs: 0.02Hz)
- Z pole 91GeV(10MW/50MW)
  - BX rate: 12(14.5)/39.4(43.3) MHz
  - Physical event rate: **13.2kHz/66kHz**

过程	xsection(nb)	百分比	事例率kHz
Bhabha	0.0586	0.001371951	0.068597543
muon	1.5361	0.035963374	1.798168703
tau	1.5249	0.035701158	1.78505791
qq	30.6522	0.717633315	35.88166573
电子中微子	2.9607	0.069316296	3.465814777
muon中微子	2.9896	0.069992906	3.499645306
tau中微子	2.9909	0.070023342	3.501167095
中微子总	8.9411	0.209330202	10.46651012
总共	42.7129	1	50
		亮度	
30MW		1.15E+36	4.91E+01
50MW		1.92E+36	8.20E+01



Z pole, ref: MC /cifs/data/stdhep/CEPC91/  
2fermions/wi\_ISR\_20220618\_50M/2fermions/

	Higgs	Z		W	tt
SR power per beam (MW)	30	30	10	30	30
Bunch number	268	11934	3978	1297	35
Bunch spacing (ns)	576.9 (×25)	23.1(×1)	69.2(×3)	253.8(×11)	4523.1(×196)
Train gap (%)	54	17	17	1	53
Luminosity per IP ( $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	5.0	115	38	16	0.5

	Higgs	Z	W	tt
SR power per beam (MW)	50			
Bunch number	446	13104	2162	58
Bunch spacing (ns)	346.2 (×15)	23.1 (×1)	138.5 (×6)	2700.0 (×117)
Train gap (%)	54	9	10	53
Luminosity per IP ( $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	8.3	192	26.7	0.8

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CEPC 预研 (续4)

- 开展了物理事例和本底的模拟, 并获得了初步结果 (陈博平负责完成)
  - 证明了模拟软件的基本可用
  - 部分物理道开始研究
  - 开始了束流本底的研究

- Physical events signature at ECal

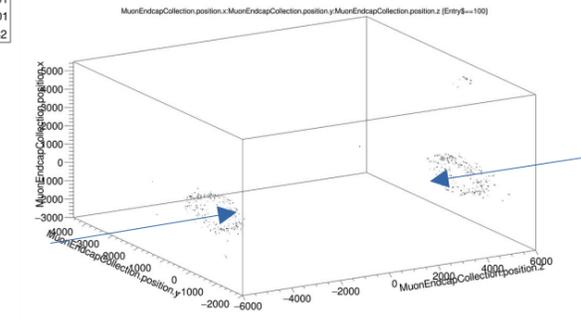
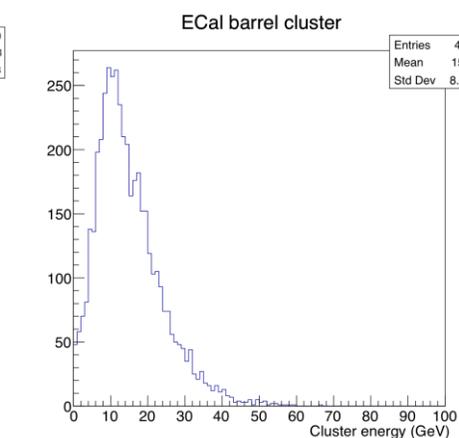
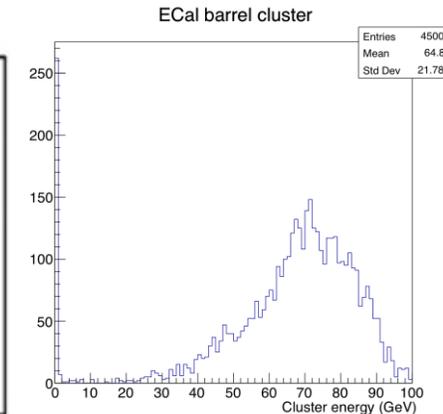
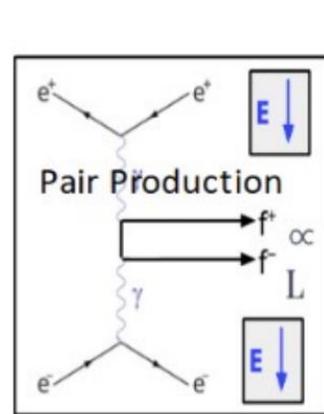
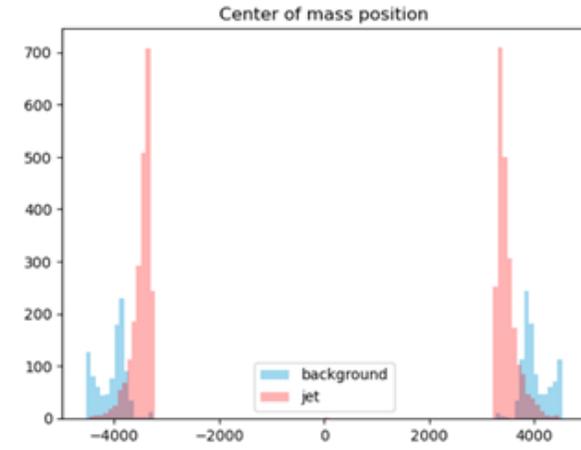
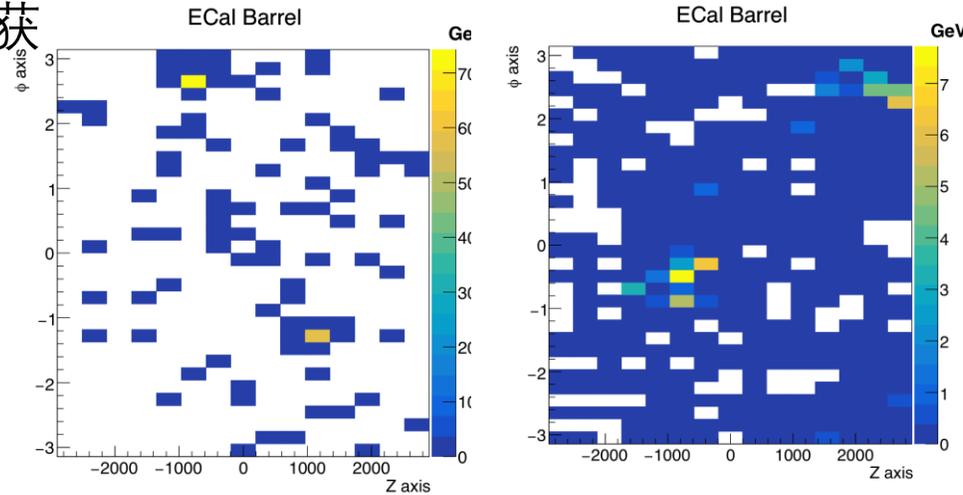
- Energy deposition is relatively large and concentrated

- Trigger primitive and condition

- Two clusters with the highest energy
- Ecal/HCal barrel  $>0.5\text{GeV}$
- Ecal end-cap  $>5\text{GeV}$
- Hcal end-cap  $>50\text{GeV}$

- Trigger efficiency

- nnaa: 100%
- nnbb: 100%
- nnaZ: 99.7%
- nntautau: 96.7%
- nnWW: 99.1%
- nnZZ: 95.8%
- Beambkg: 4.8%



## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

### • CEPC 预研 (续5)

- 确定了触发系统的初步框架和快慢控制框架, 组长李飞在国际评审中进行了报告

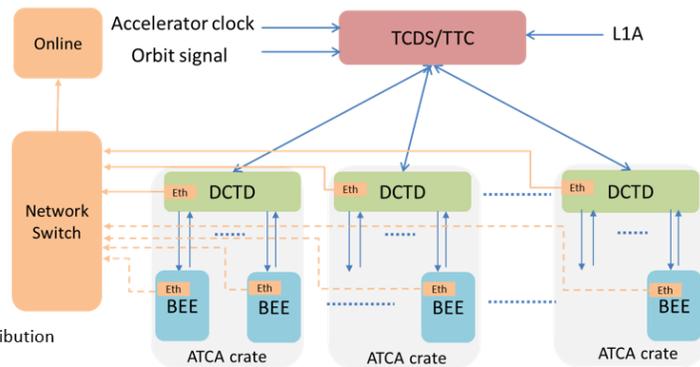
- Global
  - Subsystems
    - Regional
      - Primitives (in Backend)

### TCDS-Trigger Clock Distribution System

#### ■ TCDS/TTC

- Clock, BC0, Trigger, orbit start signal distribution
- Full, ERR signal feed back to TCDS/TTC and mask or stop L1A

- TCDS-Trigger Clock Distribution System
- TTC- Trigger, Timing and Control
- DCTD-Data Concentrator and Timing Distribution
- BEE-Backend board Electronic



TDAQ are only responsible for system-level distribution, each system is then responsible for its own internal distribution.

3

### Design of Hardware Trigger Structure

#### ■ Trigger primitive(TP)

- Generated by BEE

#### ■ Local detector trigger

- Sub energy and tracking...

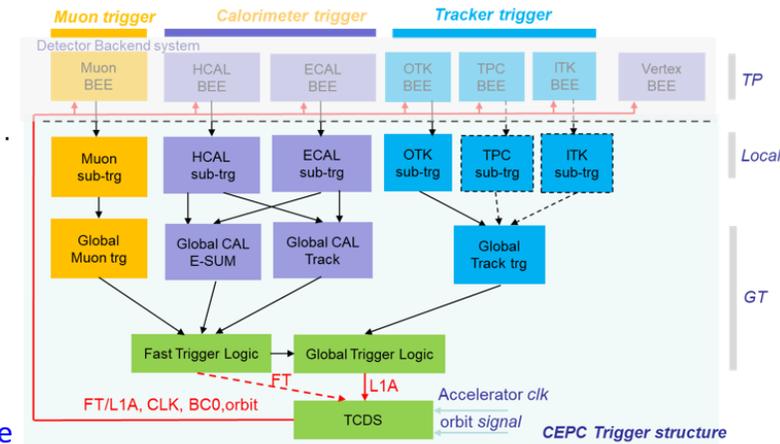
#### ■ Global trigger

- E-sum and tracking
- Fast trigger(FT) and L1A generation on demand

#### ■ TCDS (Trigger Clock Distribution System)

- Distribute clock and fast control signals to BEE

#### ■ Which detectors participate in trigger needs to be studied



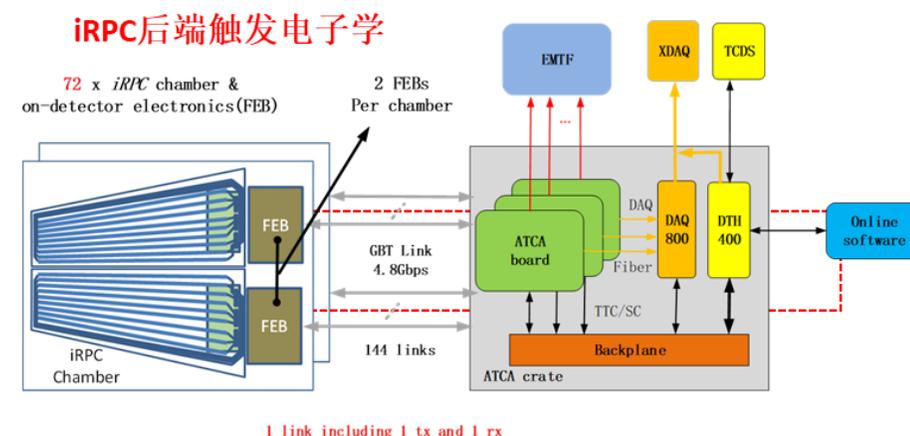
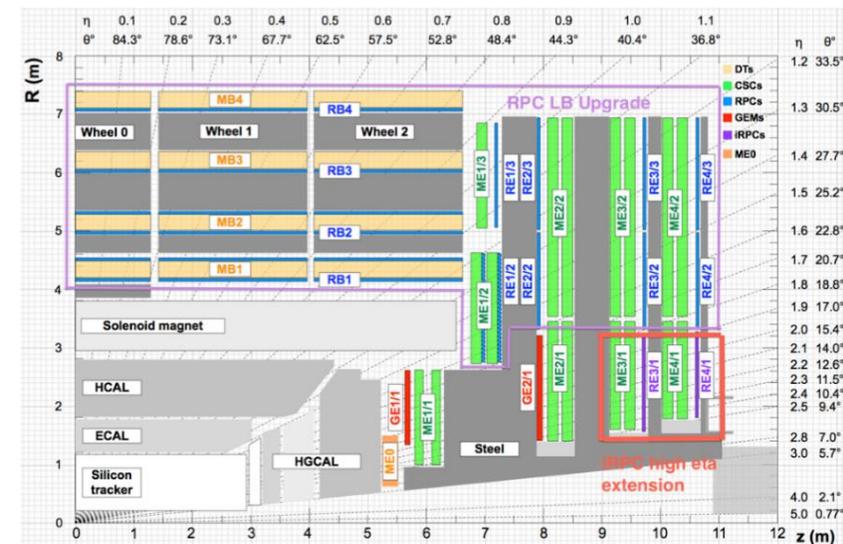
17

### • 快慢控制系统的架构

- Central
  - Subsystem
    - Crate/Shelves
      - Backend
        - FrontEnd

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CMS国际合作-RPC电子学+触发+DAQ
  - 高能所核心成员，承担
    - 原理设计、原型设计、系统调试
    - 担任二级协调人
    - 担任Serenity (ATCA) Steering Committee 成员
    - 赵京周担任三级协调人
  - 高能所的特殊贡献
    - 提出RPC系统时基问题并提供了成功解决方案
    - 提出并研究了Check-Sort-Push (CSP) 数据传输机制
    - 提出了RPC径向分段式簇查找方法，改善粗团位置精度
  - 意义
    - 为CEPC等实验的设计提供了练兵机会
      - 共享链路
      - 时间延迟
      - 时间分发
      - 数据读出



## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CMS国际合作-Serenity ATCA插件的研制与量产

- 高能所给CMS提供了第一块ATCA样机
- 后高能所加入了欧洲的Serenity设计团队
  - 我本人在Steering Committee工作，每月开会
  - 采纳了高能所的时钟分配方案
  - 赵京周参加印制板布线设计
- 2024年成果
  - 完成了最后量产的生产样机
  - 样机完成了部分测试
  - 完成了最后量产的零部件采购
  - 完成了资金安排



Serenity S1 板卡样板

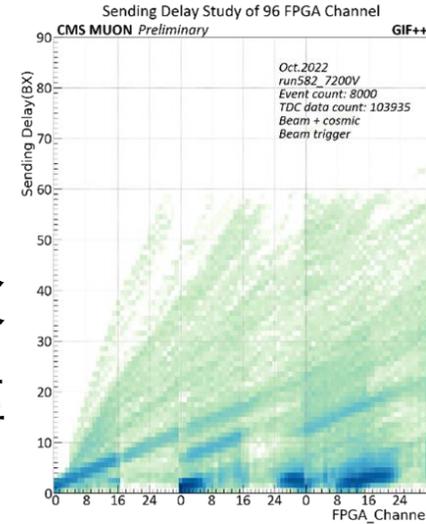
## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

### • CMS国际合作-继续完善Check-Sort-Push机制

• 问题：在共享链路不同道的数据由于优先级的不同，会带来很大的不同时间延迟，这会带来很大的时延不确定性，造成触发的困难甚至不可能。

### • IHEP建议的方案

- Check-Sort-Push 2019年提出未被理解采纳
- 经过2023-24年的实验验证被CMS采纳
- 在IEEE/RT2024国际会议上代表合作组做了报告
- 也草拟了文章，准备投稿。



### Check-Sort-Push and its application in CMS iRPC subsystem

Zhen-An Liu, Senior Member, IEEE Weizhuo Diao, Jingzhou Zhao, Member, IEEE Qingfeng Hou, Hanjun Kou, Pengcheng Cao, Jianing Song, Wenxuan Gong, Haoxia Wang I. Laktineh, G. Grenier, M. Gouzevitch, L. Mirabito,

on behalf of the CMS Muon Group

**Abstract**—Nowadays backend electronics has been used with the help of unified high speed link to provide the fast control and slow control electronics parameter setting to frontend electronics in addition to provide trigger preprocessing and data readout. In such a case, the link is normally shared by many front channels, the processing time in backend for those channels with low readout priority, varies tremendously especially when in high rate or occupancy case, even with the zero-suppression and Multiplexing in Front-End Electronics before the transmission, which make the processing (DeMux and trigger pre-processing) latency unpredictable or unacceptable. This presentation addresses this issue with simulation study and our Check-Sort-Push proposal to provide a solution to this, the necessity and advantage of this proposal over other ones with simulation/emulation results in high occupancy/high hit rate cases, and its firmware implementation both on the transmitter Front-End Electronics and receiver Back-End Electronics sides will be given. Application of this Check-Sort-Push in the improved RPC system in CMS phase II upgrade, will be provided as well as the analysis results from the CERN Gamma Irradiation Facility beam test data taking.

**Index Terms**—CMS, iRPC, improved RPC, data acquisition (DAQ), trigger, cluster finding, unified transmission link, backend electronics, CNF, Check-Sort-Push.

#### I. INTRODUCTION

Modern experiment like CMS[1] uses serial links for data transmission from many channels of on-detector electronics (Link System[2]) to one backend trigger Concen-



### Check-Sort-Push and its application in CMS iRPC subsystem

Zhen-An Liu on behalf of CMS Muon collaboration

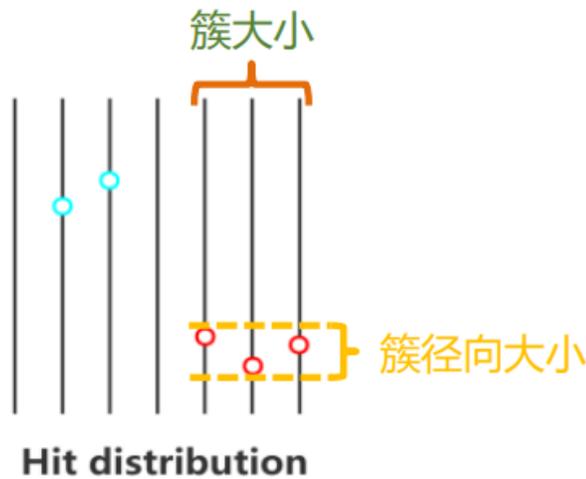
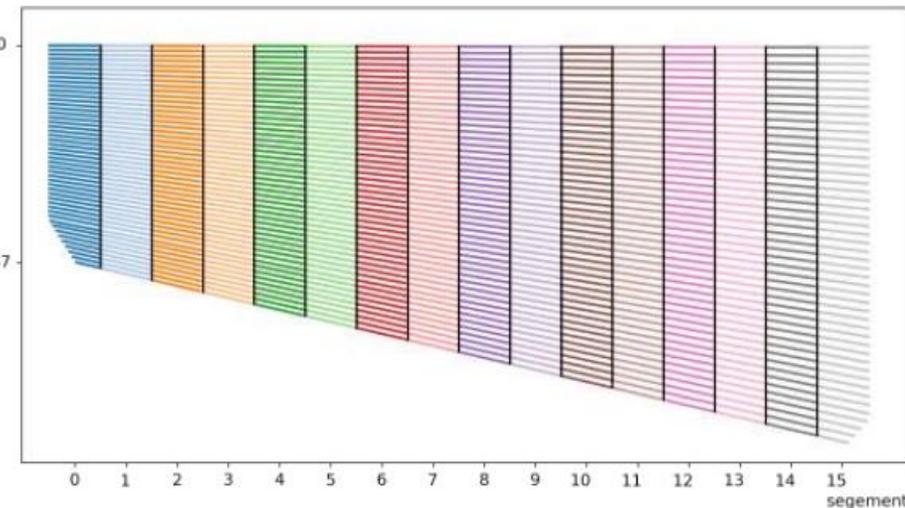
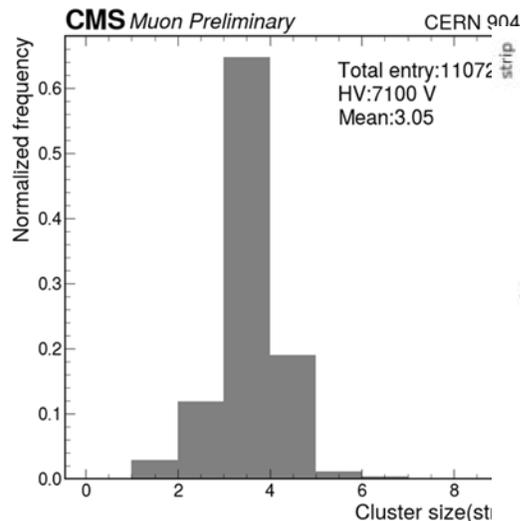
RT2024 IEEE/NPSS, Quy Nhon, Vietnam

April.25 2024

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

### • CMS国际合作-分段式粗团查找

- 问题: iRPC提供了时间信息, 如何硬件触发如何利用?
- 高能所分段式查找方案
  - 仿真研究比较了8/16/32段
  - 选取16段方案作为基本方案
- 2024年结果
  - 完成了实现方案
  - 完成了束流实验
  - 结果符合预期
  - 本底排除能力还在验证



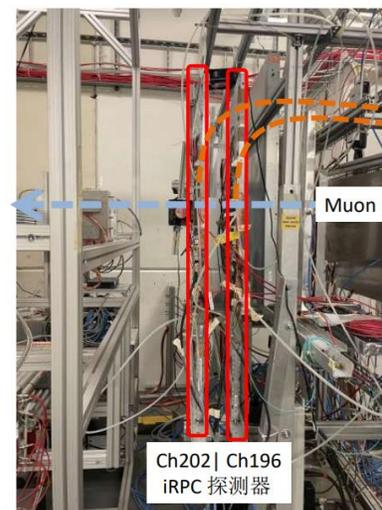
Hit distribution

RPC中簇大小和径向大小示意图

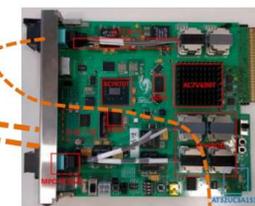
CERN GIF++ 束流测试 - 系统建立



Gamma 放射源 Cs-137



光纤



后端触发电子学硬件



控制和取数服务器

## 二、本年度工作情况-研究任务完成情况

- CMS国际合作-高能所验证小系统在P5安装
  - 2023年12月安装
    - 刘振安, 侯庆锋, 刁伟卓
  - 2024年改进了单板系统
    - 可以读出多块 (多光纤) FEE板
    - CERN RPC探测器生产质量监测系统
    - CERN 904大厅研究系统
    - 增加安装了根特大学的5块iRPC探测器
  - 准备2024年12-2025年1月的联合测试



## 2.本人研究成果

- 本人研究成果（论文、专利、创新性技术发展、获奖等）与经费情况
  - 代表CMS发表文章一篇：Q. Hou, Z.-A. Liu, J. Zhao, W. Diao, J. Song, P. Cao, ... and CMS Muon Group.(2024). R&D of the cluster finding algorithm for CMS iRPC detector”, Journal of Instrumentation ( Jinst 已接收，通讯作者)
- **经费情况**
  - 基金委：重点基金310万，2021-2025年
  - 国家重点研发计划：CMS 高粒度量能器和一级触发升级（赵京周），2022年12月-2027年12月，690万
  - 2024年获得了河南省的资金支持

# 3.学术发展规划、学术交流

- 学术发展规划

- 以大型实验中触发与数据获取国际前沿为目标，所内需求（国内+国际）为导向，继续开展国际前沿研究
- 在困难的国际环境下，我作为CMS Serenity Steering Committee成员，提出了高能所的时钟方案并被采纳，并指派赵京周实质参与设计。

- 学术交流

- 双周组会
- 每周参加CMS的多个相关会议，
- 作为核心成员，组织2024年4月在越南归仁举办的IEEE/NPSS 的RT2024国际会议



# 公共服务及其他

- 4. 公共服务（值班、研究生考核和面试、年报撰写、文章审稿等等）
  - 继续承担高能所《高等核电子学》和《现代核电子学研讨》的授课任务
  - 承担TNS/RTDM/NST的审稿
  - 组织协调年报的撰写
- 5. 其它贡献（例如人才引进、科普、技术转移与应用等等）
  - 继续组织或参加多项科普活动（依托石景山区政协的委员工作室）

## 三.存在问题

- 引进了2位很不错的年轻人，核心技术人员仍不足。

# 四 下年度计划

- 加大CEPC项目Ref-TDR的编写，模拟和预研
- 继续深化CMS实验中新技术研究，特别是基于共享链路的前后端电子学的技术攻关
- 在组内及中心层面研究保持CMS国际合作的重视，并积极申请缺口经费
- 支持BESIII触发升级方案的实施。

谢谢!