



# 2023-2024年度绩效考核报告

刘勇（特聘青年研究员）  
实验物理中心 探测器二组  
2024年11月20日



# 岗位及其职责

聘用职务	特聘青年研究员	聘用时间	2019年3月
部门行政组	实验物理中心, 探测器二组		
专业方向	粒子物理实验		
工作内容	• CEPC高颗粒度电磁量能器的预研		
	• CEPC高颗粒度量能器其它方案预研		
	• LHC上CMS实验的端盖量能器升级项目HGCal		

- CEPC量能器工作组共同召集人, CEPC Ref-TDR 电磁量能器系统负责人
- CALICE量能器合作组 Technical Board (TB)及Institutional Board (IB)成员
- CERN DRD6量能器合作组 Collaboration Board (CB)成员



# 提纲

---

- 2023-2024年度科研任务完成情况
- 研究成果，学术交流和经费情况
- 学术团体任职和公共服务
- 团队建设
- 存在问题
- 下一年度工作计划



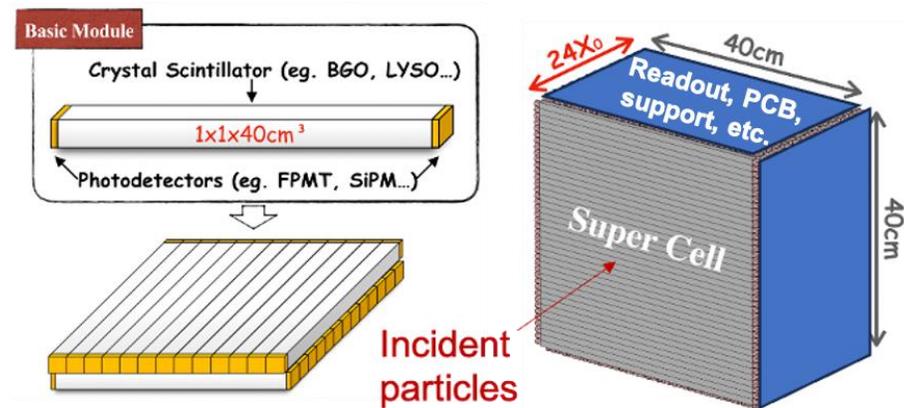
# 2023-2024年度科研任务

- 高粒度晶体量能器预研
  - CEPC Ref-TDR中电磁量能器被选为基准方案，带领团队全力推进相关工作
  - 成功完成晶体小型样机的研制，先后在DESY和CERN完成束流测试
- CEPC高粒度量能器样机：束流实验数据分析
  - 基于2022-2023期间CERN束流实验数据，研究电磁量能器、强子量能器样机的性能
- CMS高粒度量能器升级项目(HGCAL)
  - HGCAL 8英寸硅传感器：性能测试，质量控制(SQC)

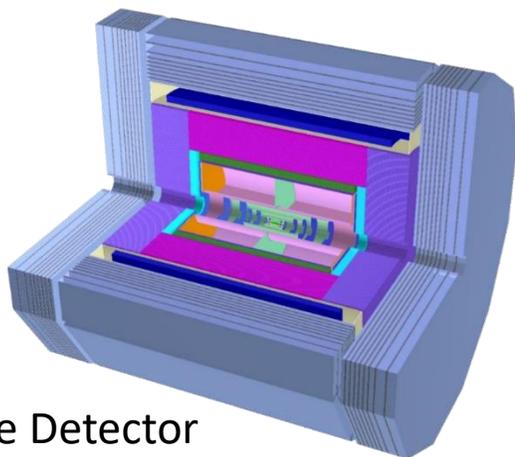


# CEPC高粒度晶体量能器预研

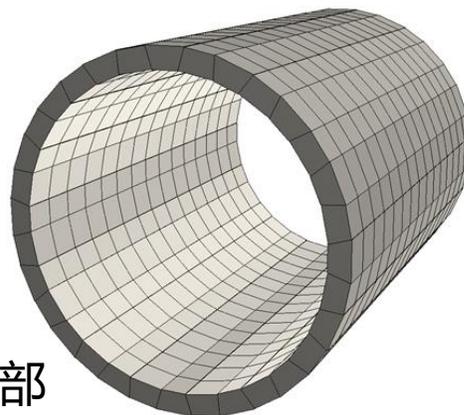
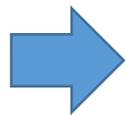
- 基于闪烁晶体的全吸收型量能器
  - CEPC探测器Ref-TDR: 被选为**电磁量能器的基准方案**
  - 电磁能量分辨:  $\sigma_E/E < 3\%/\sqrt{E}$
  - 高颗粒度: 适用于粒子流算法
- 带领团队开展相关预研工作, 取得重要进展
  - 晶体量能器小型样机的研制, 束流测试, 研究电磁簇射性能
  - 利用束流测试验证模拟和数字化模型, 并应用于CEPC TDR性能研究
  - 负责撰写和编辑CEPC Ref-TDR相关章节



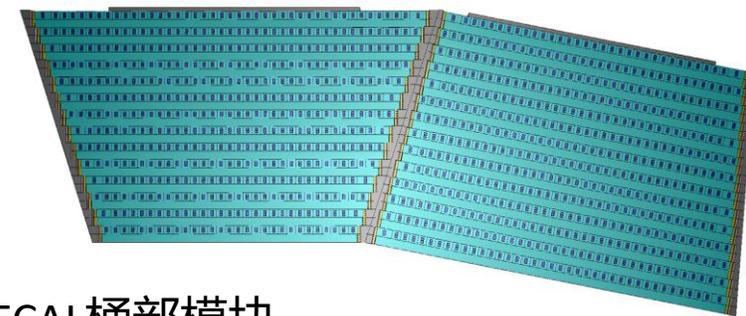
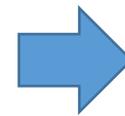
- BGO闪烁晶体  $1 \times 1 \times \sim 40 \text{ cm}^3$
- 有效颗粒度  $1 \times 1 \times 2 \text{ cm}^3$



CEPC Reference Detector



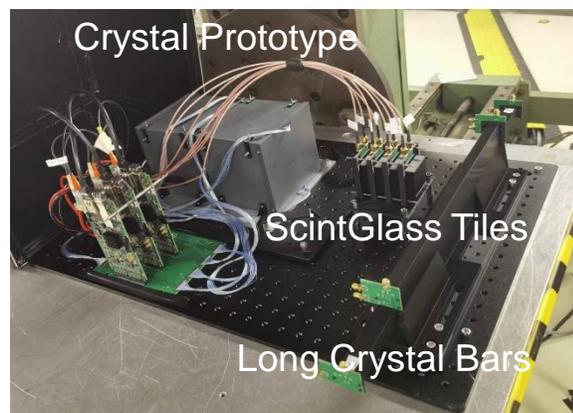
ECAL桶部



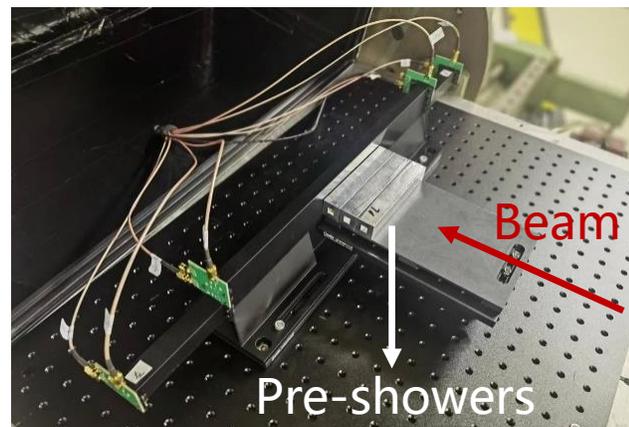
ECAL桶部模块



# CEPC晶体量能器样机：2023 DESY束流测试

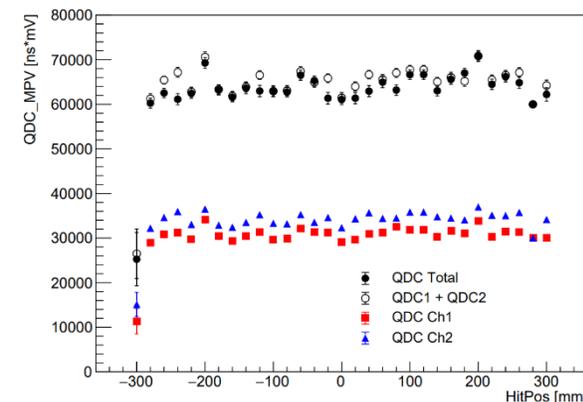


Beamtest at DESY TB22 (October, 2023)



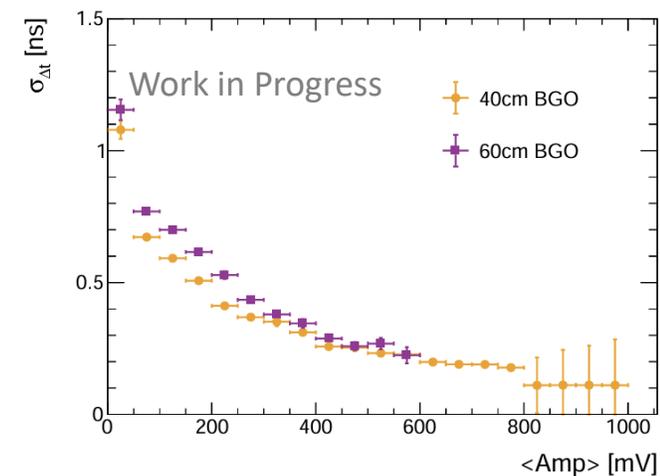
## 电子束流的响应均匀性

Uniformity of 60cmBGO



- 成功完成晶体量能器小型样机的研制，并在DESY完成首次测试
- 利用DESY-II TBF 1-6GeV电子束流，测试晶体单元和样机性能
  - 晶体单元响应均匀性，时间分辨
  - 晶体样机的电磁簇射性能
  - 此部分研究结果为CEPC Ref-TDR 提供重要输入；将总结并发表文章（进行中）

## 电磁簇射中时间分辨与信号幅度的关联



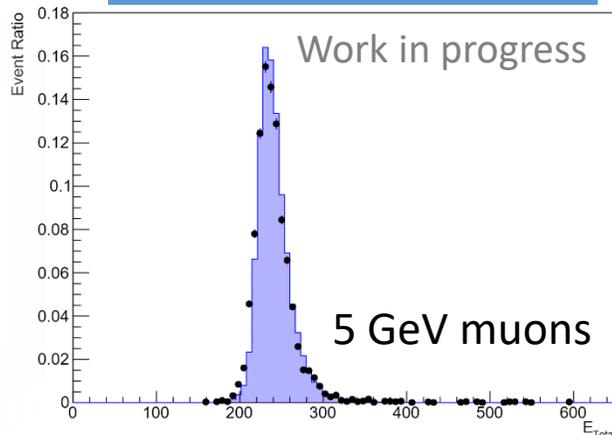


# CEPC晶体量能器样机：2024 CERN束流测试

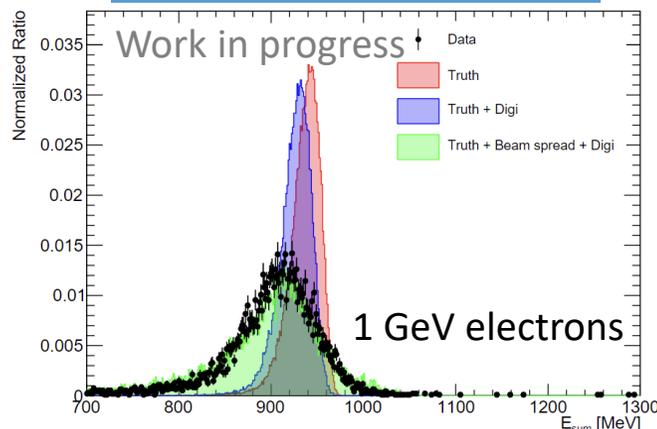
晶体量能器样机：束流测试装置



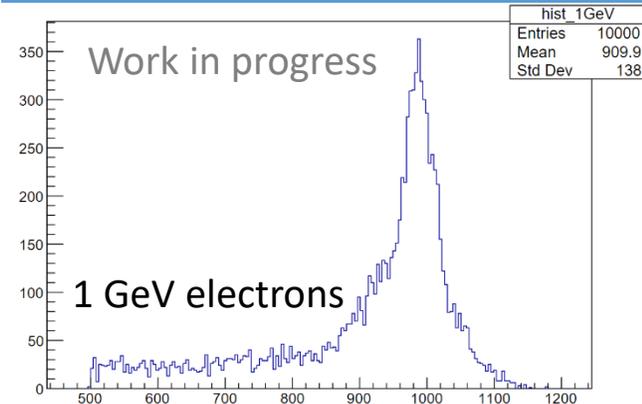
缪子束流：晶体量能器能谱



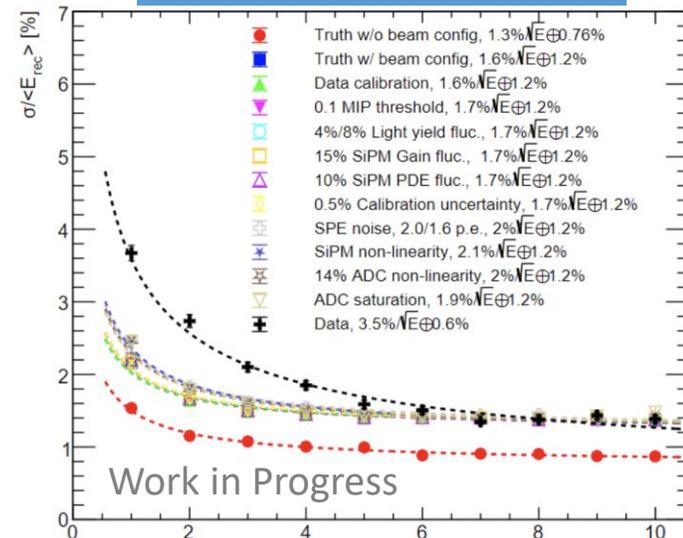
电子束流：晶体量能器能谱



PS-T9束线模拟：电子束流动量分布



晶体量能器：电磁能量分辨

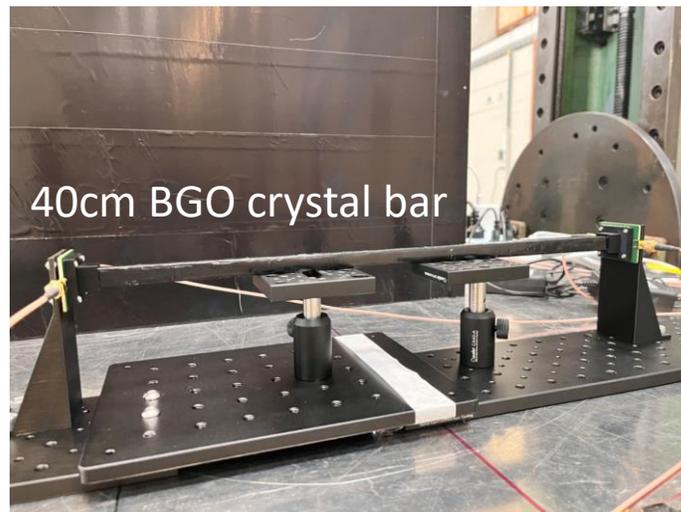
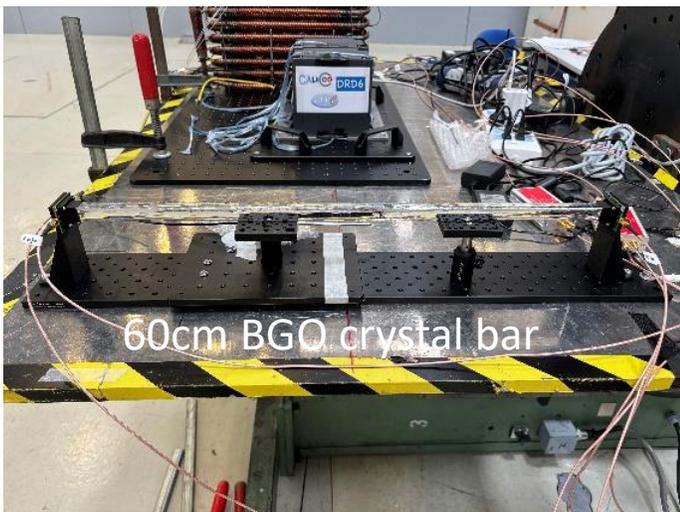


## 晶体量能器样机：成功完成CERN束流测试，取得重要成果

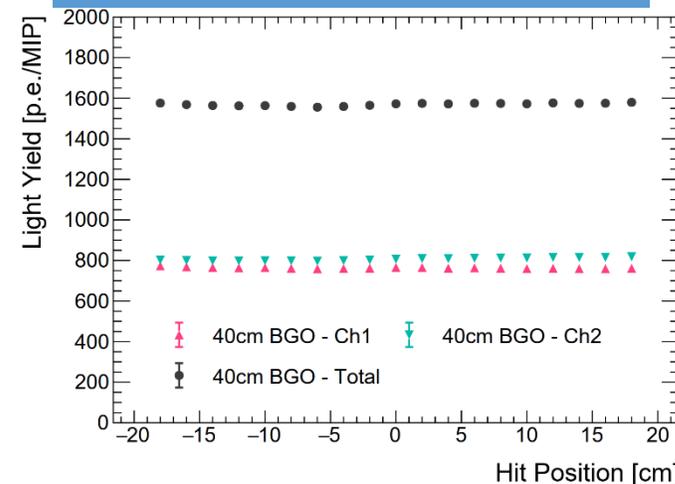
- 利用PS-T9束线的缪子、电子束流，成功完成能量刻度、电磁性能测试
- 与CERN束线专家共同开展束流能散的模拟研究，并将其用于验证模拟和数字化
- 实验初步结果：能量线性好于1%，电磁能量分辨  $< 2\%/\sqrt{E} \oplus 1\%$  (扣除束流能散影响)
- 此研究验证了晶体电磁量能器的核心性能，并为CEPC Ref-TDR 提供**关键输入**；计划总结并发表技术文章 (进行中)



# CEPC长条晶体单元：2024 CERN束流测试

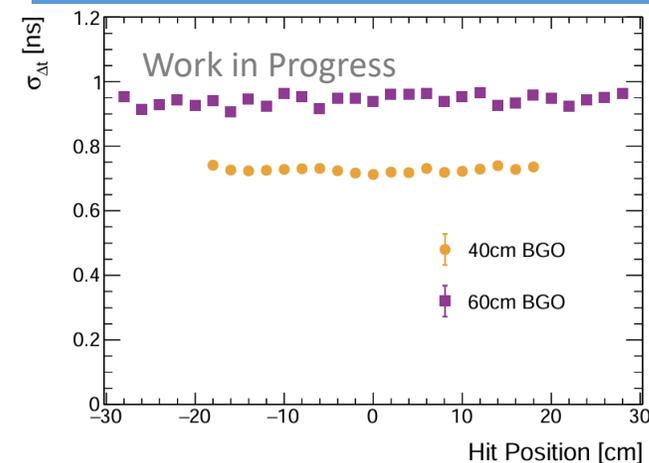


### MIP响应沿晶体长度方向的均匀性



- 利用10GeV强子束流，测试40cm和60cm BGO晶体单元
  - MIP响应：沿晶体长度方向的均匀性和时间分辨
  - 此部分研究结果为CEPC Ref-TDR 提供重要技术输入；将总结并发表技术文章（进行中）

### MIP时间分辨及沿晶体长度方向的均匀性





# CEPC量能器样机：束流实验数据分析

## CEPC Calorimeter R&D Weekly Meeting

- <https://indico.ihep.ac.cn/category/322/>

Month	Date	Event
October 2024	Oct 18	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Oct 11	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
September 2024	Sep 27	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Sep 20	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Sep 13	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Sep 06	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
August 2024	Aug 30	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Aug 23	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)
	Aug 09	CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities (protected)

CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities

Friday Sep 27, 2024, 10:00 AM — 11:30 PM Asia/Shanghai

TOPIC: CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities

CONVENOR: Haijun Yang (Shanghai Jiao Tong University), Jianbei Liu (University of Science and Technology of China), Yong Liu (Institute of High Energy Physics)

DESCRIPTION: Topic: CEPC Calorimeter Weekly Meeting on R&D activities

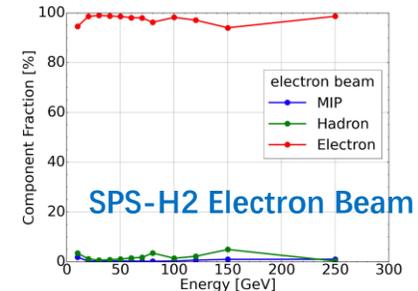
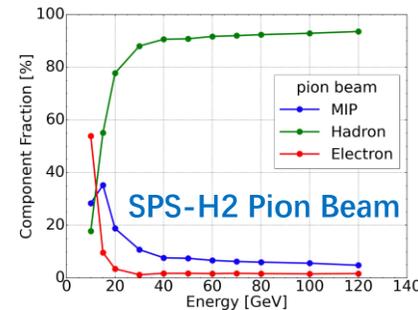
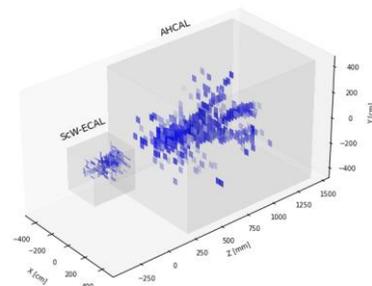
10:00 AM News

10:05 AM Talk on selected topics of CEPC calorimetry R&D

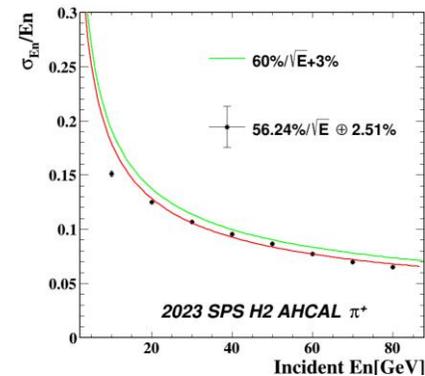
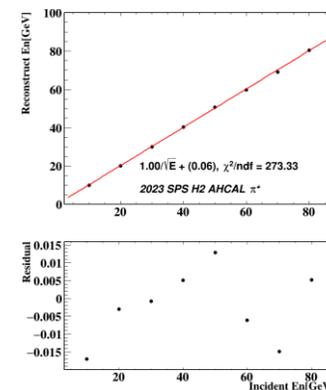
10:05 AM (Invited) Talk on selected R&D topics: AHCAL performance studies with beamtests

10:45 AM Status updates on CEPC calorimetry R&D activities

10:45 AM Status on SCW-ECAL prototype beamtest studies



CERN SPS强子、电子束流纯度

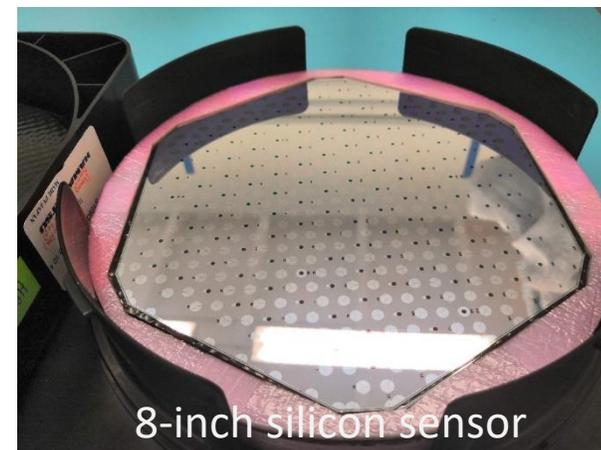
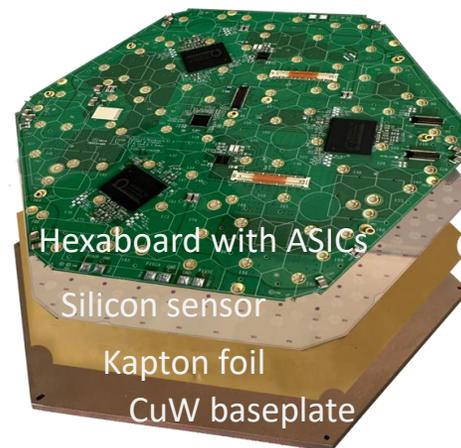
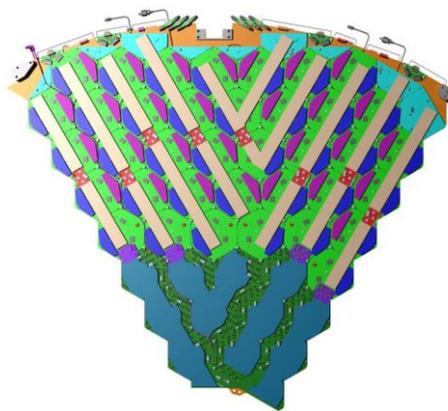
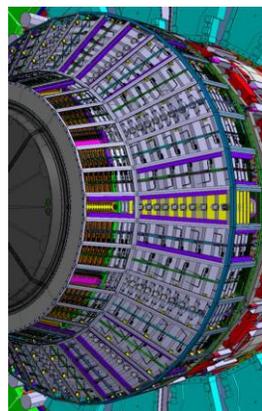
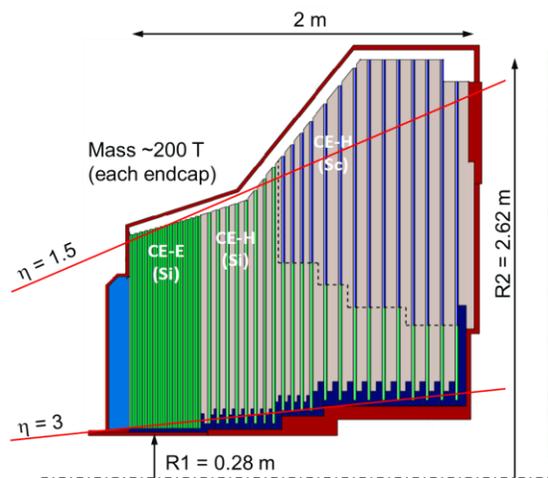


AHCAL 能量线性 $\pm 1.5\%$   
强子能量分辨  $56.2\%/\sqrt{E(GeV)} \oplus 2.5\%$

- CEPC ScW-ECAL + AHCAL 取样型量能器样机：束流实验数据分析
  - 国际团队合作：中国、日本共5家单位共同参与
  - 担任共同协调人：组织周例会，讨论进展和问题，制定/更新计划
- 在量能器模拟及数字化、核心性能、束流粒子鉴别等均取得重要进展
- 阶段成果在CALOR2024, Pisa Meeting, ICHEP2024等国际会议上报告



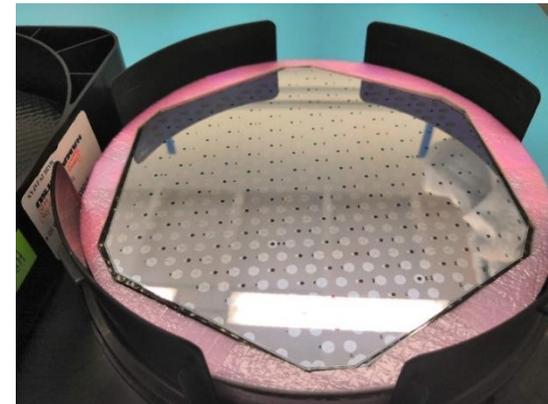
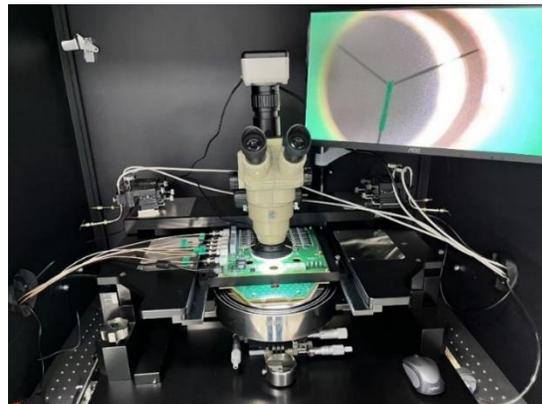
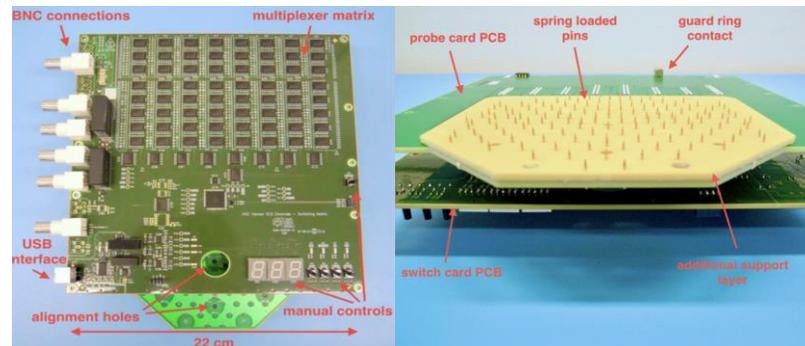
# CMS高粒度量能器(HGCAL)升级项目



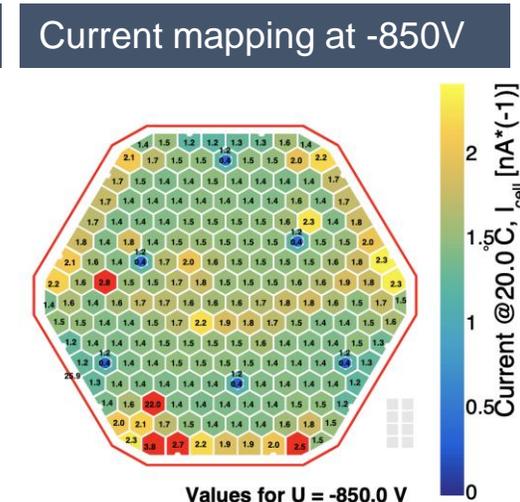
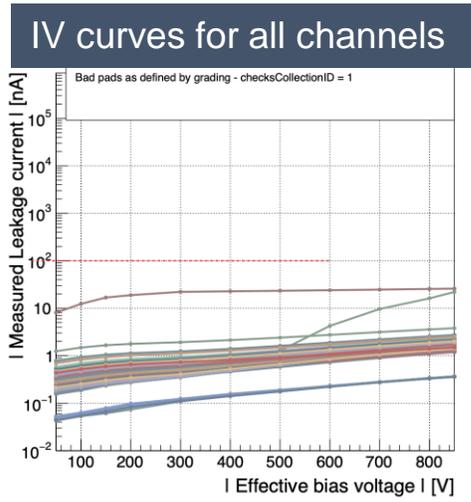
- CMS-HGCAL项目共需约2.6万块硅模块(8英寸)
- 高能所作为硅模块生产组装中心 (MAC-Beijing), 全球6个MAC站点之一
- 担任MAC-Beijing副协调人, 主要侧重硅传感器测试



# CMS HGCAL 硅传感器测试和质量控制



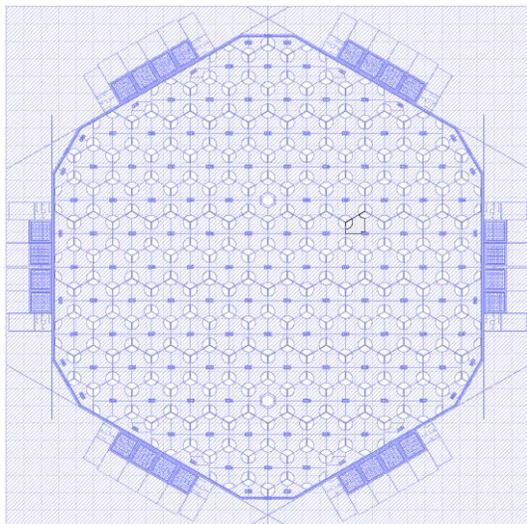
- 通过近几年努力，成功发展硅传感器测试平台
  - 用于硅传感器的IV和CV批量测试，适用于6/8英寸晶圆
- 2023年底：高能所于成为硅传感器质量控制(SQC)新站点
  - 共5个SQC站点: CERN; **IHEP**, NCU (Asia); TTU, FSU (US)
  - 2024年上半年完成3批次硅传感器（最终量产版）的批量测试
  - 计划继续参与最终版硅传感器的质量控制



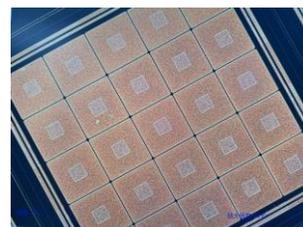
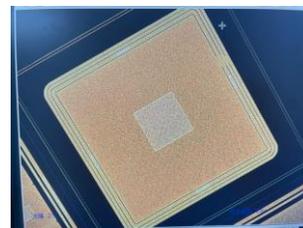
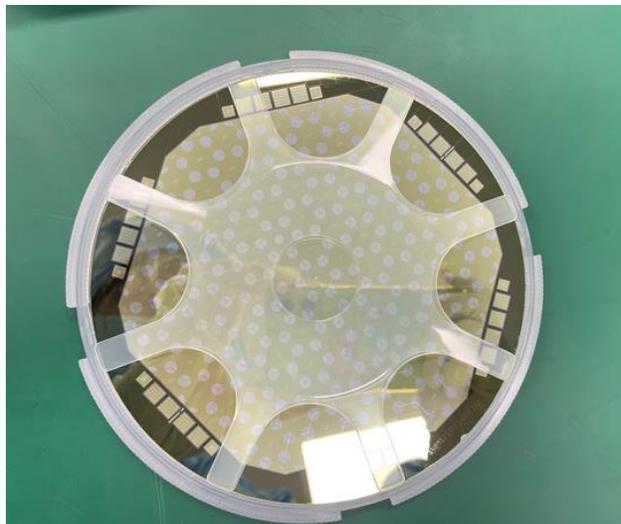


# 大面积硅传感器的研制和性能研究

6英寸硅传感器设计

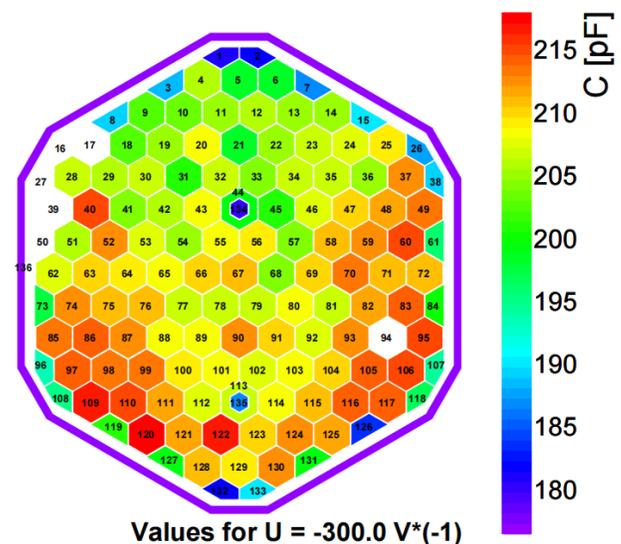
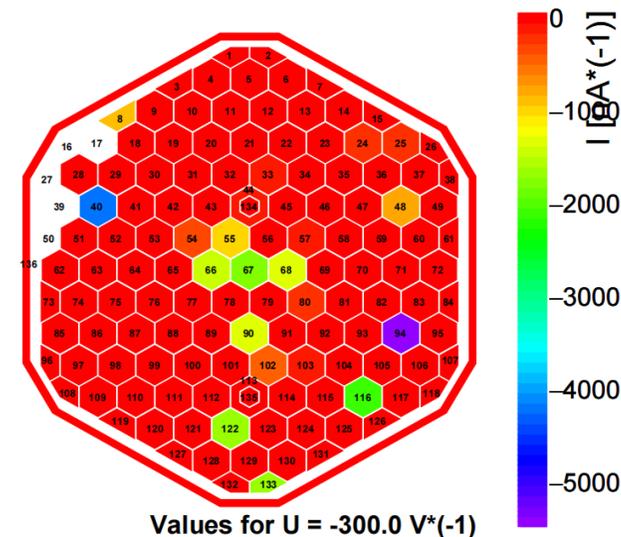


6英寸硅传感器：第二批样片



- 国产大面积硅传感器的预研

- 探索高性能、低造价的大面积硅传感器国产方案
  - 6英寸晶圆，133个六边形单元，单元尺寸6.4mm
- 与山东“核芯光电”合作，2022-2024年完成多个批次流片和性能测试





# 学术交流

- 参与组织会议
  - [2024 CEPC Workshop European Edition in Marseille](#): 量能器分会
  - [中国物理学会高能物理分会第十四届全国粒子物理学术会议](#): 粒子物理实验技术 (分会)
  - [2024 CEPC Workshop in Hangzhou](#): 量能器分会
- 参加学术会议 (包括团队成员)

报告题目	会议名称及时间
CEPC Calorimeters R&D: status and highlights	<a href="#">HKUST IAS Program on High Energy Physics</a> , Jan. 22-25, 2024
High Granularity Crystal Calorimeter Status and Plans	<a href="#">First DRD-on-Calorimetry WP3 Meeting</a> , Mar. 5, 2024
CALICE Calorimeters: Overview (Y. Liu), Crystal Calorimeter (Z. Zhao)	<a href="#">2024 CEPC Workshop European Edition in Marseille</a> , France, Apr. 8-11, 2024
CEPC crystal calorimeter ( <b>3 talks</b> ); CEPC ScECAL and AHCAL prototypes and beamtests ( <b>2 talks</b> ); <b>4 posters</b>	<a href="#">The 20th International Conference on Calorimetry in Particle Physics (CALOR 2024)</a> in Tsukuba, Japan, May 19-24, 2024
CALICE Scintillator Calorimeter Prototypes ( <b>plenary talk</b> ); Characterizations and beam tests of calorimetry ASICs ( <b>2 Posters</b> )	<a href="#">The 16<sup>th</sup> Pisa Meeting on Advanced Detectors</a> (PM2024), May 26 – Jun. 1, 2024
CEPC Crystal Calorimeter R&D	<a href="#">Workshop on Advanced Detectors and Technologies</a> (CHIP), Taipei, Jun. 17-19, 2024
CALICE scintillator-based calorimeter prototypes: highlights of developments and beamtest campaigns ( <b>parallel talk</b> ); 2 posters	<a href="#">ICHEP2024</a> , Prague, Jul 17-24. 2024
High-granularity Crystal ECAL R&D for Future Higgs Factories (B. Qi); Pattern recognition at CEPC AHCAL prototype (X. Xia)	<a href="#">中国物理学会高能物理分会第十四届全国粒子物理学术会议</a> , 青岛, Aug. 12-18, 2024
High Granularity Crystal Calorimeter ( <b>parallel talk</b> ); Experience with recent beam tests at CERN and DESY ( <b>plenary talk</b> )	<a href="#">DRD6 Collaboration Meeting at CERN</a> , Oct. 30 – Nov. 1, 2024



# 研究成果

- 学术文章：共6篇
  - **Yong Liu** et al., [Nucl. Instrum. Meth. A 1069 \(2024\) 169808](#)
    - Characterisation studies of two front-end electronics chips designed for SiPM readout
  - **Yong Liu** et al., [Nuclear and Particle Physics Proceedings \(Volume 346, 2024\)](#)
    - Status and highlights of CEPC Calorimetry R&D
  - Dejing Du et al., [JINST 19 \(2024\) 05, P05039](#) (通讯作者)
    - Muon beamtest results of high-density glass scintillator tiles
  - X. Xia et al., [Nucl. Instrum. Meth. A 1064 \(2024\) 169351](#) (通讯作者)
    - Performance studies of a SiPM-readout system with a pico-second timing chip
  - S. Song et al., [JINST 19 \(2024\) 04, P04033](#)
    - Study of residual artificial neural network for PID in the CEPC high-granularity calorimeter prototype
  - P. Hu et al., [Nucl. Instrum. Meth. A 1059 \(2024\) 168944](#)
    - GSHCAL at future e+e- Higgs factories



# 研究经费

## • 经费情况

- 主持：院“百人计划”青年项目(400万)，院终期评估已完成
- 主持：科学家工作室“量能器优化”课题(300万)
- 主持：河南省科学院“CEPC电磁量能器预研”课题(2024-2027)(890万)
- 参与：国家自然科学基金委“CMS实验II期升级国际合作研究”(2021-2025)
- 参与：大科学装置前沿研究重点专项“大型强子对撞机上CMS和ALICE探测器升级”
- 参与：2023年度国家重点研发计划(MOST3)“高能量加速器关键技术研究”(课题三：全吸收型电磁量能器技术)

## • 申请经费

- 国际自然科学基金委面上项目(2024年度)：“高颗粒度量能器关键性能研究”
  - 未获批准：评委反馈意见中4人赞成，1人反对



# 学术团体任职和公共服务

- CALICE量能器合作组
  - Technical Board (TB)及Institutional Board (IB)成员
- CERN DRD6量能器合作组
  - Collaboration Board (CB)成员
  - DRD6 WP1.1.4, WP1.2.2, WP3.1.1 工作联系人
- 期刊审稿和评审
  - 学术期刊审稿: Journal of Instrumentation, Nuclear Science and Techniques, Frontiers of Physics
  - 国科大、中科大、上海交大: 硕士/博士论文评审
- 其他公共服务
  - 实验物理中心科学传播委员会成员
  - 研究生考核, 部门年度考核评委, 宣传稿件撰写和编辑



# 团队建设

- 博士后
  - Jack Rolph: 2024年9月进站, 德国汉堡大学博士
  - 赵晓: 2024年3月出站, 目前为瑞士PSI博士后
- 硕博连读生
  - 齐宝华\*: 晶体量能器预研: 样机研制和束流测试
  - 杜德静\*: CEPC-AHCAL数据分析, 闪烁玻璃束流测试
- 联合培养博士
  - 赵芷钰(SJTU/TDLI): 晶体量能器, SiPM性能研究
- 其他: 合作博士后
  - 郭方毅: 晶体量能器的束流测试, 模拟及数字化
- 本科生
  - 2024-2025年度科创计划: 本科生1名



- 存在的问题
  - 团队成员\*: 计划于2025年毕业
  - 亟需补充**晶体量能器**预研相关的人力, 并与MOST3项目中的晶体量能器课题匹配
- 可能的解决方案
  - 吸引本科生、联合培养学生
  - 继续招收博士后



# 下一年度工作计划

- 高粒度量能器技术预研
  - CEPC晶体量能器：样机研制，束流实验，数据分析
  - CEPC探测器技术设计报告(Ref-TDR)：电磁量能器的相关章节
  - CEPC取样型量能器样机：推进束流测试的数据分析，发表其关键性能的实验结果
- CMS高粒度量能器升级项目(HGCAL)
  - 最终量产版的8英寸硅传感器：批量测试，质量控制
- 前沿量能器技术的合作研究
  - 继续推进与国内各单位的合作研究，深入参与CERN DRD6量能器国际合作

谢谢!



# 个人简历

## • 教育和工作经历

- 2002 - 2006: 武汉大学物理科学与技术学院, 物理基地班, 理学学士
- 2006 - 2011: 中国科学院研究生院/高能所, 粒子物理与原子核物理, 理学博士
- 2011 - 2012: 德国吉森(Gießen)大学第二物理研究所, 博士后
- 2012 - 2018: 德国美因茨(Mainz)大学物理研究所, 博士后
- 2018.06 至今: 中国科学院高能物理研究所, 特聘青年研究员 (2019.3 -); 副研究员(2018.6-2019.3)

## • 主要研究经历

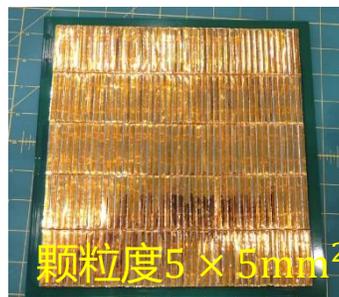
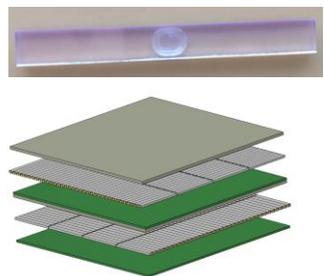
- 2007-2011: BESIII 实验飞行时间探测器的模拟
- 2011-2012: ATLAS升级项目(AFP)中高精度飞行时间探测器的研制和测试, PANDA-DIRC原型样机测试
- 2012-2018: CALICE高粒度量能器大型工程原型样机(AHCAL)的设计和研制
- 2018.06至今: 高粒度量能器技术, 包括CEPC高粒度量能器预研, CMS量能器升级, CALICE/DRD6国际合作



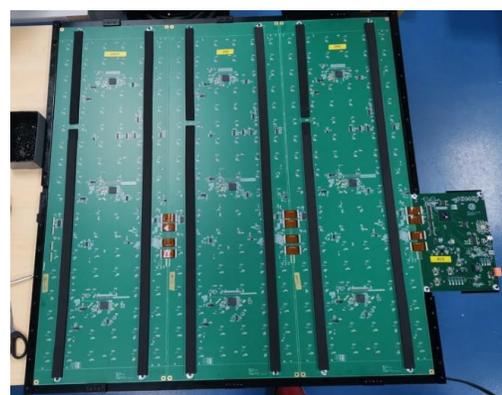
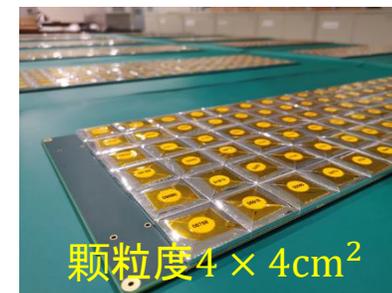
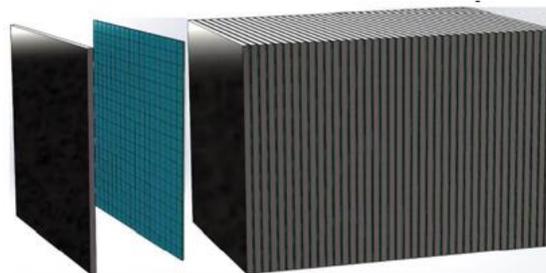
# CEPC量能器样机：概述

2016-2022年研制

电磁量能器样机：塑料闪烁体条+SiPM+钨铜合金



强子量能器样机：塑料闪烁体片+SiPM+铁



- 电磁量能器样机：横向尺寸~20x20 cm，纵向共32层取样层
  - ~6700读出通道，SPIROC2E芯片(192片)，重量约350 kg
- 强子量能器样机：横向尺寸72x72 cm，纵向取样层共40层
  - ~1.3万读出通道，SPIROC2E芯片(360片)，重量约5吨

- 样机研制：CALICE合作组
- 国内：高能所，上海交大，中科大
  - 日本：东京大学，信州大学
  - 法国：CNRS OMEGA