



# 年度工作报告

张华桥 (实验物理中心高能量组)

2023/12-2024/11



# 工作内容

- **CMS物理分析工作 ~20%**
  - 新物理的寻找:在run3开展激发态底夸克 $b^*$ , 寻找LLP(新开题目)
- **CMS高粒度量能器升级工作 40%**
  - 首批pre-production顺利完成, 量产的准备
  - 钨铜合金研发获得CERN 90%(面积)的订单, 签订了k-contract
- **立体晶体量能器的设计(CEPC) 30%**
  - Ref-TDR 电磁量能器的备选方案之一
- **用慕斯堡尔效应进行引力波测量的实验方案 10%**
- **其他工作**
  - 参与BES III 新物理寻找, 引力波计算唯象等

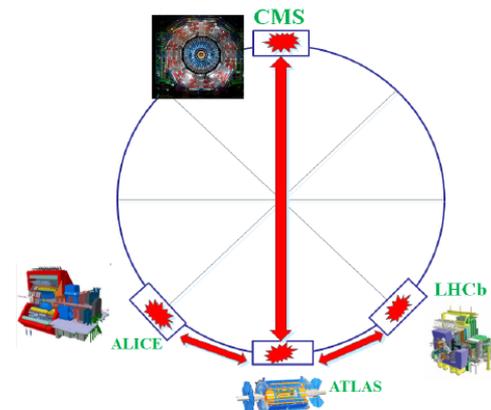
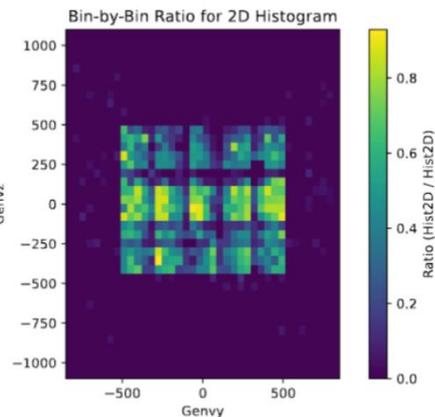
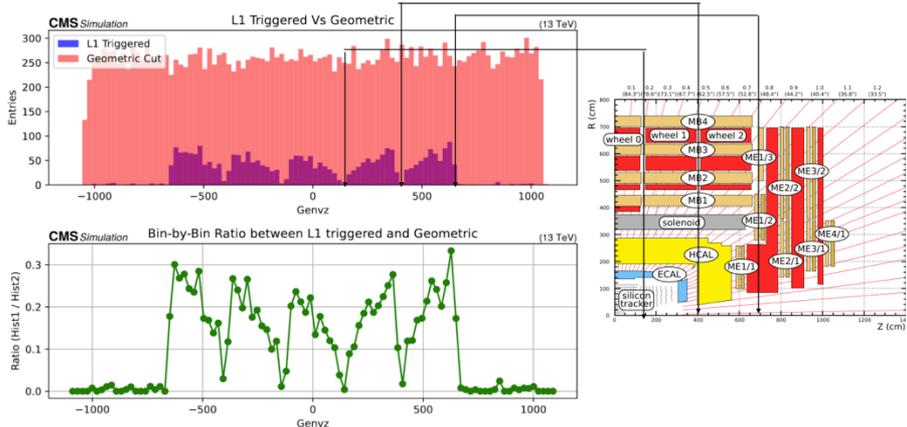
## • $b^*$ 分析

- 进行了Run3的本底初步检查, 本底样本的validation, 本底估计的策略等
- 13.6 TeV官方 $b^*$ 信号样本正在产生中
- 预计快速进行run3的分析, 使用机器学习方案提高分析灵敏度

## • LLP寻找

- 研究L1硬件对LLP的触发效率
- 中心区域效率 $\sim 90\%$ , 和探测器结构对应
- **Next: reco incoming tracks**

### L1 efficiency as a function of $V_z$



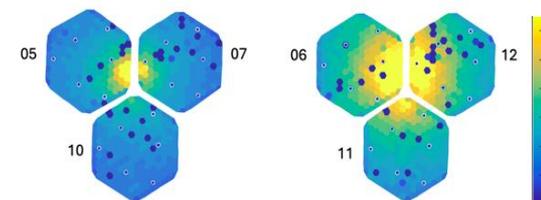
- IHEP:  $\sim 0.8 \text{ m}^2$  silicon module produced with different processes science 2023/1

	Module produced	Type	Grade A	Not Grade A		
				Bad IV	Bad Readout	Bad placement
CMU	20	LD FULL	12	2	1	7
IHEP	40	LD FULL	34	3	3	1
NTU	36	HD FULL LD LEFT	27	5	5	1
TTU	11	LD FULL	7	3	1	0
UCSB	40	LD FULL HD FULL LD RIGHT	23	6	7	5



First 7 Pre-production module at IHEP

Front Layer                      Back Layer



Performance in July 2024 beam test at CERN

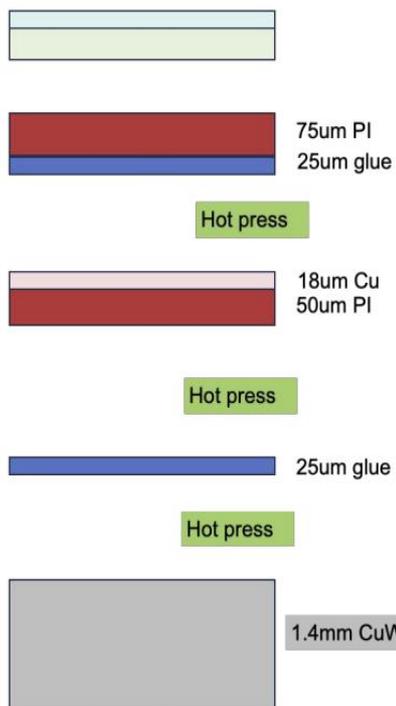
7 modules with pre-production components: First production

无论是最近1年还是2年，高能所生产的硅模块数量和质量都是第一  
 2024年CERN 两次束流测试，使用的硅模块全部来自高能所



# Radiation hard CuW baseplate

## Collaborative R&D

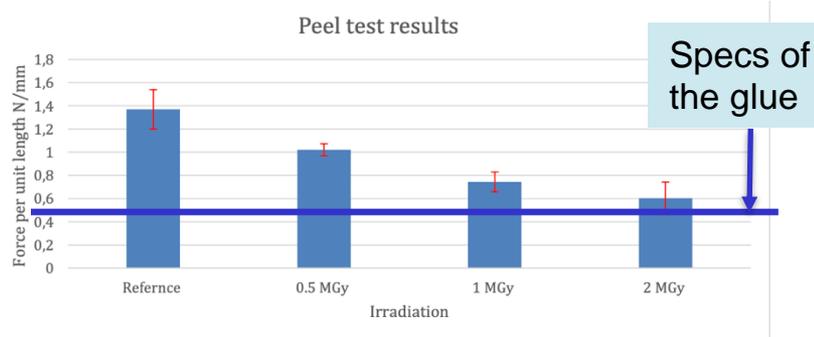


Radiation up to 2MGy radiated at KIT, CIEMAT  
test at KIT, CERN

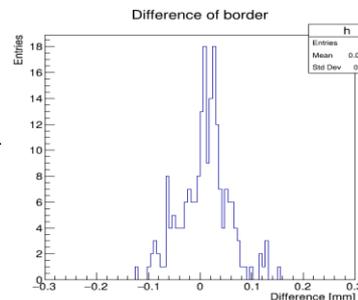
- Identify and use radiation hard material and process
- Accurately fit module geometry and other constrains

Accuracy up to 10s micron

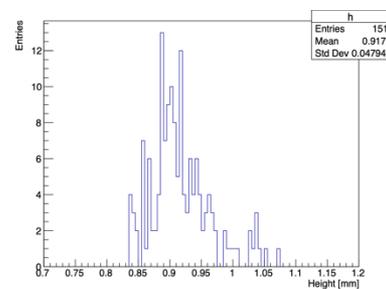
IHEP 的设计



## Tolerances of CuW



## Flatness of CuW



DocuSign Envelope ID: 60712A88-1E33-4AEF-88D4-CF6FAEA45A0F

高能所设计的CuW底板通过了各项测试, 拿到了~90%(面积)的订单, 合同已经签订

COLLABORATION AGREEMENT  
REFERENCE KE6245 /EP  
(THE "AGREEMENT")

BETWEEN: THE EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH ("CERN"), an Intergovernmental Organization having its seat at Geneva, Switzerland, and the host of the Compact Muon Solenoid ("CMS") Experiment, duly represented by Cristina Lara, Head of Procurement, and Christopher Hartley, Head of Industry, Procurement and Knowledge Transfer Department,

AND: THE INSTITUTE OF HIGH ENERGY PHYSICS OF THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCE ("IHEP"), established at 19B Yuquan Road, Shijingshan District, Beijing, 100049, China, duly represented by Jun Cao, Director,

2024年10月增加我为硅模块底板组的共同协调人(L3)

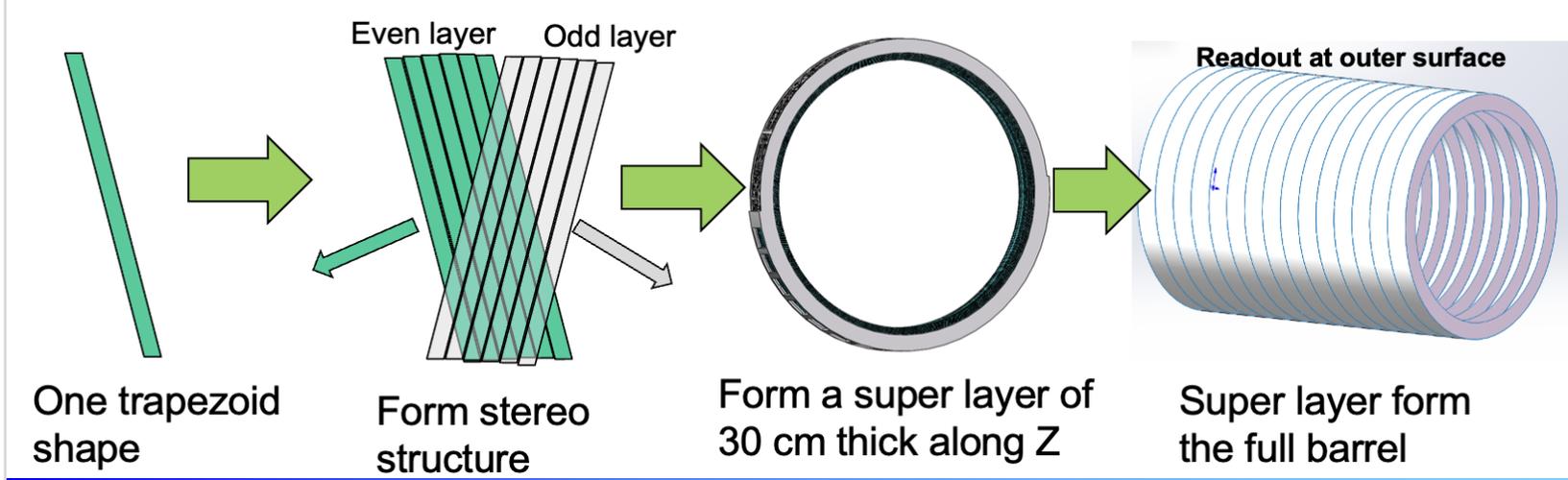


# 高粒度量能器硅模块中心进展

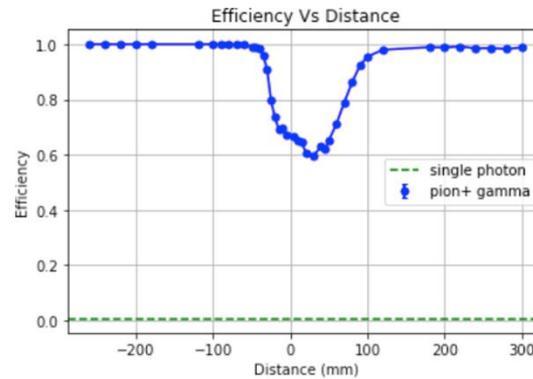
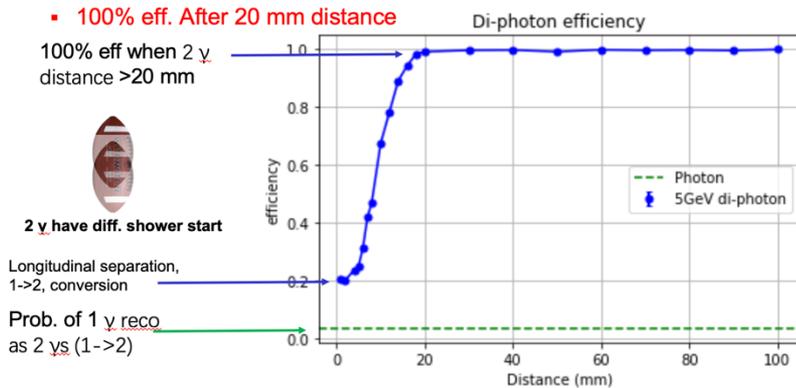
- 高能所硅模块中心（中国HGC工作组，本人为协调人/负责人）
  - 除了生产pre-series的20块模块任务外，应CERN的请求，紧急为CERN生产了9块HGCROCV3A验证模块，以及7块preproduction模块，CERN在7月和9月的两次束流测试中全部使用这些模块，验证HGCAL系统。
  - 发现并找出模块生产工艺中在双面胶操作中存在ESD风险，经过CERN确定，共同建立防ESD的方案
  - 发展，建立QA/QC系统
  - 参与的中方人员获得~30人月EPR
- 高粒度量能器硅模块钨铜合金底板研制（张华桥，王峰）
  - 和国内厂家合作，生产了30余块带kapton膜的底板，采用不同的热熔胶，通过了KIT和CIEMAT的辐照测试，获得了CERN~90%（按面积）的钨铜合金底板订单，签订了CERN-IHEP合作协议
  - 高能所将全部采用国产钨铜合金生产硅模块（其余部分有可能国内生产）
  - 担任HGCAL硅模块底板的联合协调人（2024/10-）
- HGC硅模块元器件免税续期（张华桥）
  - 第二次拿到了为期一年的免税许可

# Stereo Crystal量能器方案的研发：CEPC备选方案之一

使用立体晶体排布，具有无死区，ghost hit几率低，电子学和散热需求小等优势



## 通过机器学习，重建双光子和光子-pion粒子的分辨

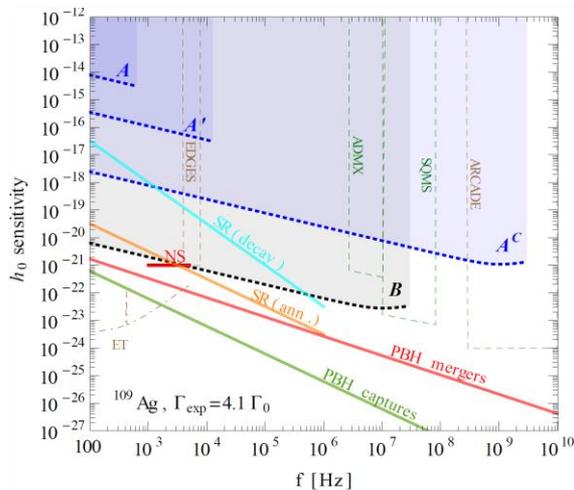
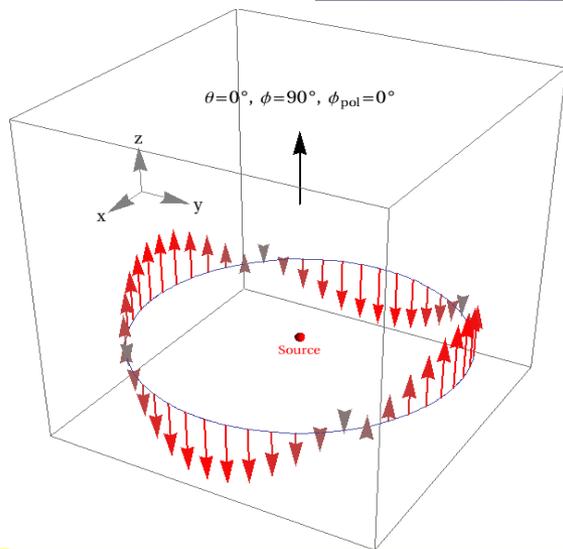
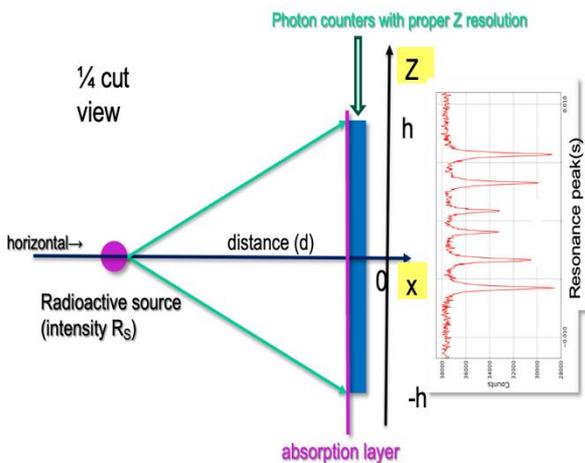
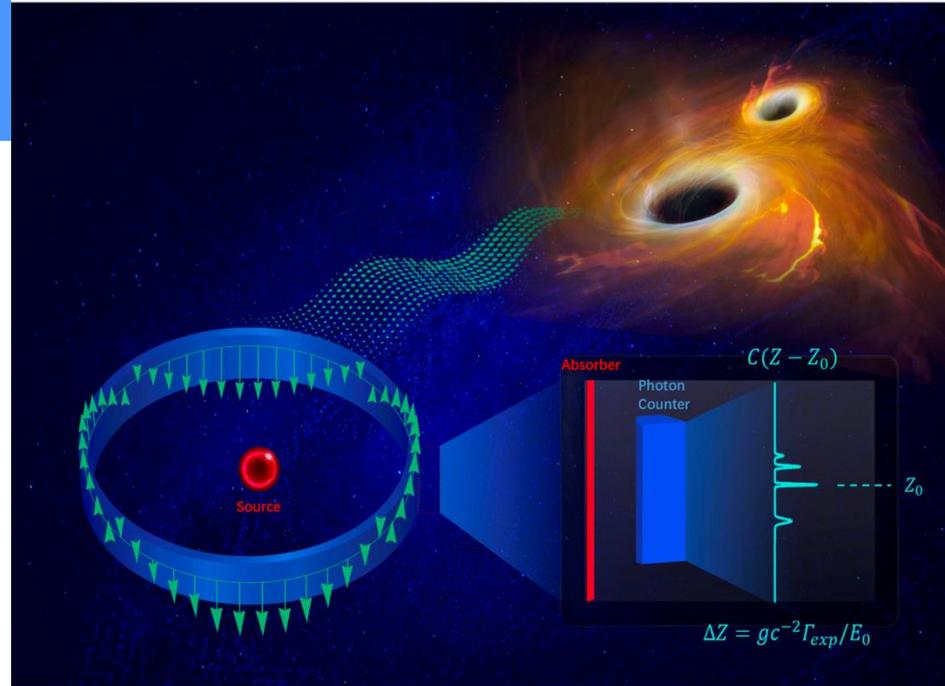


在国际量能器大会，海峡两岸先进探测器交流等汇报，获得了良好的反馈

下一步: jet BMR

# 慕斯堡尔效应测引力波方案

- 全新的探测原理(测能量变化)
  - 与高能所高宇, 徐伟合作
- 使用引力红移代替多普勒红移
  - 避免运动带来的系统误差
  - 更高的精度 ( $10^{-22}$ )
- 目标: 千赫兹到兆赫兹引力波



文章: **Science Bulletin, 2024 69(18):2795-2798**

京沪云坛, 国科大创新群体, 中法联合实验室, 科大见微学术沙龙, 辽师理论与实验融合, 山东大学前沿交叉论坛等特邀汇报,



## 其他工作(1)

- 中国CMS组副协调人(2021/6-2025/6)
  - 协助协调组织中国CMS活动:会议, 与speaker person候选者沟通等,
  - 协助协调CMS项目的申请
- 2024 国科大《原子物理》主讲教师: 60课时, 74人选课
- CEPC ref-TDR 钨-硅电磁量能器部分撰写人
- 中心研究生管理CMS组召集人, 中心硬件/实验片考核评委
- 博士/硕士/博士后论文评阅/答辩委员(若干人次)
- 高能所CMS计算资源协调
  - 高能所CMS组AFS账号审批
  - 协调CMS组用户与高能所tier2/tier3计算资源的需求
- 合作组职位: Huaqiao ZHANG: HGCal MAC Beijing leader: L3  
HGCal Silicon module baseplate convener: L3  
HGCal IB/FB
- 2篇BESIII memo referee/Chair: “Search for  $\eta/\eta' \rightarrow l+l-\mu+\mu^-$ ”;
  - Referee chair of: Search for  $e\tau\pi^0 \rightarrow l+l-\pi^0\pi^0$



- 指导学生：
  - 三位博士(候宝瑞-研三, 王涵-研二, 贺柄焜)
  - 联合培养(崔志鹏NNU)
  - 2 访问学生(黄利恒USTC, 郭蕾SYSU)
  - 国科大学业导师(高原锴, 郑景耀)
  - 指导国科大学生科研小组, 获得《2024国际空间科学与载荷大赛》**铜奖**
    - 导师:刘倩(UCAS), 张华桥(IHEP), 学生:左杰, 牛硕, 赖羿丞
- 出战博士后: 赵晓(PSI), Anshul Kapoor(AI公司), 苑超辰(ULB)
- 代表高能所到华中师范大学作招生宣传报告
- 科技杂志评委文章评审：
  - Science Bullitin, Nuclear Science and Techniques, RDTM
- 组织会议：
  - 中国LHC物理年会(CLHCP 2024) **会议共同主席**(共两位, 参会400余人, ~170大会/分会报告);
  - LCWS 2024 top quark相关物理联合召集人
  - CMS年会, 科技部项目进展会, 高能所HGCal周会, 物理周讨论会, Stereo Ecal重建讨论会...



## • 会议报告和特邀讲座:

- Huaqiao ZHANG: 第三届高能物理理论与实验融合发展, **plenary talk**, Challenge Gravitational Wave Measurement with a Novel Mössbauer Spectrometer, 大连, 2024/11/04
- Huaqiao ZHANG, 海峡两岸尖端探测器与技术研讨会 (ChiP), **plenary talk**, Stereo crystal ECAL design and simulation studies, 台北, 中国, 2024/06/17
- Huaqiao ZHANG, 中法联合实验室年会 (FCPPN/L, **plenary**: A Stationary Mossbauer Scheme for Gravitational Wave Detection, Bordeaux, France, 2024/06/14
- Huaqiao ZHANG: 国际量能器大会 (Calor2024), **plenary talk**: Stereo crystal ECAL design and simulation studies, Tsukuba, Japan, 2024/05/25
- Huaqiao ZHANG, IAS, **parallel talk**, Reconstruction for Stereo Crystal Ecal, Hongkong, 2024/01/17
- 张华桥: 山东大学前沿交叉论坛, Challenge Gravitational Wave Measurement with a Novel Mössbauer Spectrometer, 2024/11/18
- 张华桥: 中国科学技术大学见微学术沙龙, Challenge Gravitational Wave Measurement with a Novel Mössbauer Spectrometer, 2024/10/11
- 张华桥: 2023年CMS年会HGCAL升级大会报告: 2024/07/11; 安徽, 安庆
- 张华桥: 华中师范大学特邀讲座: 大型强子对撞机上的物理机遇与挑战: 2024/04/21
- 张华桥: 国科大创新群体讨论: “A Mossbauer Scheme for Gravitational Wave Detection”, 2024/2/27
- 张华桥: 中国CMS冬季学校: “CMS 探测器”, 2024/01/21
- 张华桥: 京沪云坛: A Mossbauer Scheme for Gravitational Wave Detection: 2024/01/05

指导学生的报告/poster 若干

另外受邀请即将作访问报告: 上海交大, 武汉大学, 华中师范大学...

- 发表文章：
  - A Mössbauer scheme to probe gravitational waves, Y. Gao\*, W. Xu\*, H. Zhang\*, Science Bulletin, 2024 69(18):2795-2798, 共同通讯作者
  - Timing performance of the CMS High Granularity Calorimeter prototype, B. Acar et al 2024 JINST 19 P04015
- CLHCP 2023 proceedings: 共同编辑
  - Proceeding for the 9th China LHC Physics Workshop (CLHCP2023), Nuclear and Particle Physics Proceedings
- 已提交：
  - Using graph neural networks to reconstruct charged pion showers in the CMS High Granularity Calorimeter, arXiv:2406.11937, submitted to JINST
  - 《中国基础科学》约稿



# 项目与经费

新获批

正在执行

结题

申请

项目名称	项目类别	负责经费	本人角色	起止时间
CMS和ALICE探测器升级	科技部重点研发计划	2000万	项目负责人	2022/12-2027/11
CMS实验希格斯粒子性质研究及新物理寻找	基金委国际合作项目	900万	项目负责人	2021/1-2025/12
HGC实验室建设	高能所创新基金	300万	项目负责人	2020.1-延期
CMS实验II期升级国际合作研究	基金委国际合作项目	385万	HGC部分(高能所部分)负责人	2021/1-2024/12
新型量能器性能研究平台	国科大科教融合青年教师项目	50万	项目负责人	2022/9-2023/9
CMS High Granularity Calorimeter Upgrade	NSFC-CERN重大科学基础设施国际合作研究计划集成项目	11月14日现场答辩	项目负责人	2025/1
超高精度引力穆斯堡尔谱仪样机研制	高能所0-1	经过了3轮答辩, 继续准备	项目负责人	2025/1



## 存在问题

- 硅模块中心量产时的人力问题( $\sim 12\text{FTE} * 2\text{年}$ )
- 学生短缺 (目前只有低年级研究生)
- 目前博士后数量为0



## 小结与计划

- 本年度发表2篇文章+CLHCP2023会议文集
  - Calor2024会议文章准备中
- 物理分析方面:新开展run3  $b^*$ , LLP研究工作
- 高粒度量能器北京硅模块中心进展顺利, 处于各个中心前列
- Stereo crystal Ecal: 准备重建算法/文章/proceedings
- 利用慕斯堡尔效应测量引力波 (原创方案)已发表Science Bulletin
  
- 下一年的计划
  - CMS物理分析: 长寿命粒子的寻找,  $b^*$  (学生论文)
  - 高粒度量能器: 硅模块pre-production, production
  - Stereo Crystal量能器设计: 新型重建算法, BMR
  - 高精度慕斯堡尔效应引力测量原型机
  - 参与BES III物理分析/review