

# 202311-202411年度考核

陈明水

高能量前沿物理组

中国科学院高能物理研究所

2024年11月20日

# 提纲

## 一、行政组管理

- 1、组内承担工作
- 2、人员队伍和工作安排
- 3、本年度任务完成情况（详述）
- 4、发表学术论文或创新性突出贡献
- 5、学术发展规划、学术交流、经费情况
- 6、人才培养与引进

## 二、本人本年度科研任务完成情况

- 1、本人研究工作
- 2、本人研究成果与经费情况

## 三、存在问题

## 四、下年度工作计划

# 组内承担工作

- CEPC物理、探测器R&D: Reference TDR
- LHC实验的物理、运维
- LHC探测器升级项目
  - ATLAS HGTD时间探测器, ITK径迹探测器
  - CMS HGCAL高颗粒度硅量能器、缪子探测器
  - 参与LHCb UT2 (陈缮真、袁煦昊)
- 参与BESIII物理研究 (娄辛丑、黄燕萍等)
- 参与AMS硅探测器升级 (王峰、袁煦昊)

# 组内主要任务、人员及安排

		LHC实验	CEPC	AMS	BES3物理
ATLAS	姜辛丑	物理、ITK	项目经理		✓
	Joao Guimaraes da Costa	ATLAS组长	✓		
	梁志均	ATLAS副组长,HGTD,物理	TDR Vertex L2		
	黄燕萍	物理, HGTD, ITK	✓		HEF副组长
	方亚泉	物理, HGTD, ITK	✓		✓
	庄霄爱	物理, HGTD, ITK	✓		
	Hideki Okawa	物理, HGTD	✓		
	吕峰	洁净间建设维护	✓		
	单连友	物理, pixel运行	✓		
	徐达	物理, HGTD	✓		
张照茹	HGTD	✓			
CMS	陈国明 (返聘)	物理			
	陈明水	CMS组长	TDR deputy L1, Perf L2		
	张华桥	HGCal, 物理	✓		✓
	廖红波	物理, HGCal	✓		
	王锦	物理, HGCal	✓		
	陶军全	物理, HGCal	✓		
	陈晔	物理、ROC	✓		
	王峰	HGCal		AMS升级	
	董晓黎	课题管理, 实验员			
LHCb	陈缮真	物理, UT	✓		
	袁煦昊	UT、物理、CMS HGCal		AMS升级	
CEPC	阮曼奇		项目组长		✓
秘书	周静 姜冉				

总体工作饱满, 并且许多同事身跨多个项目

加强了与软件组、探测器组、强子组等合作

# 本年度任务完成情况 - CEPC物理

- 味物理白皮书：物理过程由~20增加到~50，并已开展两轮评审，将很快提交arXiv
- 新物理（已有~200页draft）、电弱物理白皮书
  - 计划年底开始评审
- 海外CEPC物理研讨会加强交流
  - 香港IAS HEP program, 法国CEPC workshop、FCPPL等
  - 加强对外宣传、展示
- 开展TDR探测器设计、重建、性能研究
- 发表11篇相关文章

**Flavor Physics at CEPC: a General Perspective**

Contents

- 1 Introduction 2
- 2 Description of CEPC Facility 6
  - 2.1 Key Collider Features for Flavor Physics 6
  - 2.2 Key Detector Features for Flavor Physics 8
  - 2.3 Simulation Method 15
- 3 FCCC Semileptonic and Leptonic  $b$ -Hadron Decays 16
- 4 Rare  $b$ -Hadron Decays 22
  - 4.1 Di-lepton Modes 23
  - 4.2 Neutrino Modes 26
  - 4.3 Radiative Modes 28
  - 4.4 Tests of SM Global Symmetries with Forbidden Modes 29
- 5  $CP$  Violation in  $b$ -Hadron Decays 30
- 6 Charm and Strange Physics 35
- 7  $\tau$  Physics 37
  - 7.1 LFV 37
  - 7.2 LFU of  $\tau$  Decays 38
  - 7.3 Opportunities with Hadronic  $\tau$  Decays 41
- 8 Flavor Physics in  $Z$  Boson Decays 42
  - 8.1 LFV and LFU 42
  - 8.2 Factorization Theorem and Hadron Inner Structure 45
- 9 Flavor Physics beyond  $Z$  Pole 46
  - 9.1 Flavor Physics and  $W$  Boson Decays 46
  - 9.2 FCNC Higgs Boson Decays 48
  - 9.3 FCNC Top Quark Physics 51
- 10 Spectroscopy and Exotics 54
- 11 Light BSM States from Heavy Flavors 57
  - 11.1 Lepton Sector 58
  - 11.2 Quark Sector 59
- 12 Detector Performance Requirements 60



**电弱物理白皮书**

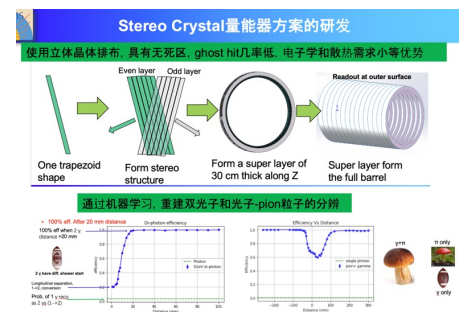
$\Delta m_Z$	2.1 MeV [11-15]	0.1 MeV (0.005 MeV)	$Z$ threshold	$E_{beam}$
$\Delta \Gamma_Z$	2.3 MeV [11-15]	0.025 MeV (0.005 MeV)	$Z$ threshold	$E_{beam}$
$\Delta m_W$	9 MeV [16-20]	0.5 MeV (0.35 MeV)	$W$ threshold	$E_{beam}$
$\Delta \Gamma_W$	49 MeV [20-23]	2.0 MeV (1.8 MeV)	$W$ threshold	$E_{beam}$
$\Delta m_t$	0.76 GeV [24]	$O(10)$ MeV [1]	$t$ threshold	
$\Delta A_e$	$4.9 \times 10^{-3}$ [11-25; 29]	$1.5 \times 10^{-5}$ ( $1.5 \times 10^{-5}$ )	$Z$ pole ( $Z \rightarrow \tau\tau$ )	Stat. Unc.
$\Delta A_\mu$	0.015 [11-27]	$3.5 \times 10^{-5}$ ( $3.8 \times 10^{-5}$ )	$Z$ pole ( $Z \rightarrow \mu\mu$ )	point Unc
$\Delta A_\tau$	$4.3 \times 10^{-3}$ [11-25; 29]	$3.0 \times 10^{-5}$ ( $3.0 \times 10^{-5}$ )	$Z$ pole ( $Z \rightarrow \tau\tau$ )	decay model
$\Delta \alpha_s$	0.02 [11-30]	$30 \times 10^{-6}$ ( $6 \times 10^{-6}$ )	$Z$ pole	QCD effects
$\Delta \alpha_e$	0.027 [11-30]		$Z$ pole	QCD effects
$\Delta \sigma_{had}$	37 pb [11-15]	2 pb (0.05 pb)	$Z$ pole	lumosity
$\delta R_e^e$	0.003 [11-31; 35]	0.0002 ( $5 \times 10^{-6}$ )	$Z$ pole	gluon splitting
$\delta R_\mu^e$	0.017 [11-31; 36; 39]	0.001 ( $2 \times 10^{-5}$ )	$Z$ pole	gluon splitting
$\delta R_\tau^e$	0.0012 [11-15]	$2 \times 10^{-4}$ ( $3 \times 10^{-6}$ )	$Z$ pole	$E_{beam}$ and $t$ channel
$\delta R_e^\mu$	0.002 [11-15]	$1 \times 10^{-4}$ ( $3 \times 10^{-6}$ )	$Z$ pole	$E_{beam}$
$\delta R_\mu^\mu$	0.017 [11-15]	$1 \times 10^{-4}$ ( $3 \times 10^{-6}$ )	$Z$ pole	$E_{beam}$



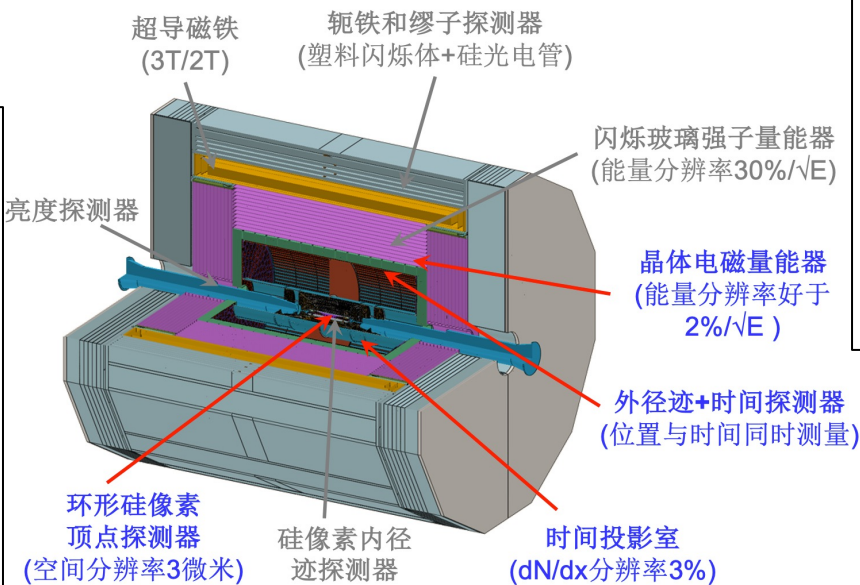
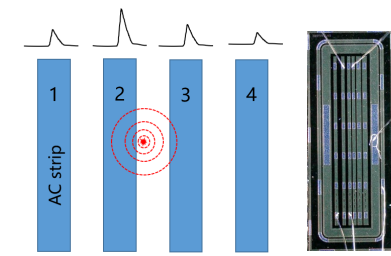
# 本年度任务完成情况 – CEPC探测器Ref-TDR

- 深入参与CEPC探测Ref TDR，负责物理性能研究（与软件组密切合作）、顶点探测器，并在多个子系统中承担关键任务
- 成立了探测器国际评审委员会（IDRC），8月份向IDRC主席详细汇报、10月份进行了首次国际评审，明年一月份TDR ready for internal review

## 张华桥提出立体声晶体量能器设计，备选方案之一



## 梁志均提出了基于LGAD的外层硅微条探测器+飞行时间探测器的新设计概念，baseline 方案



王储（博士后）负责为像素读出型TPC实现模拟、数字化算法、优化性能

## 梁志均负责顶点探测器章节

- 使用4层stitching的晶圆级单片性MAPS的新设计，性能提高40%以上
- 与电子学组、MDI、机械组、探一组、软件组合作



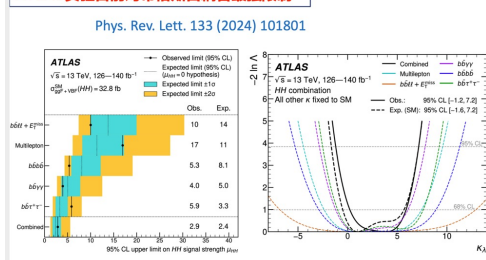
# 本年度任务完成情况 - LHC物理

- **ATLAS**团队重点围绕希格斯性质、SUSY等新物理寻找、电弱精确测量

## 希格斯自耦合联合分析

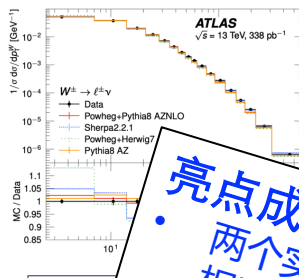
发表（含投稿）15篇  
ATLAS合作组物理文章  
（高能所重要贡献），  
包括3篇PRL文章

ATLAS实验目前对希格斯自耦合最强限制



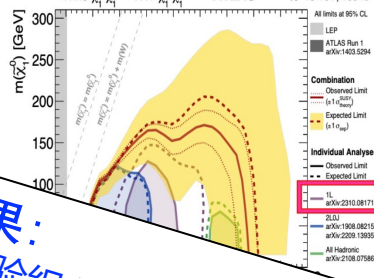
## W玻色子横动量高精度测量

Eur. Phys. J. C 84 (2024) 1126



## SUSY EWK统计联合研究

Wino  $\tilde{\chi}_1^0 \tilde{\chi}_1^0 \rightarrow WW \tilde{\chi}_1^0 \tilde{\chi}_1^0$  ATLAS  $\sqrt{s} = 13$  TeV, 139 fb<sup>-1</sup>



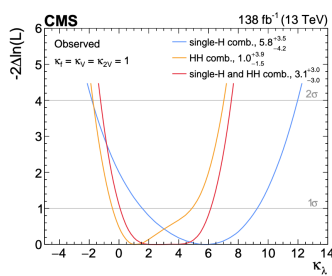
**亮点成果：**

- 两个实验组分别取得对希格斯自相互作用最灵敏的限制
- W玻色子横动量高精度测量
- 双希格斯共振态寻找的联合分析

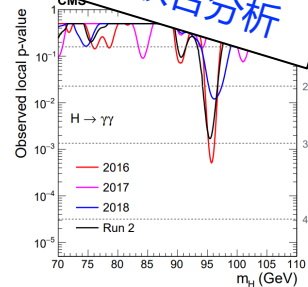
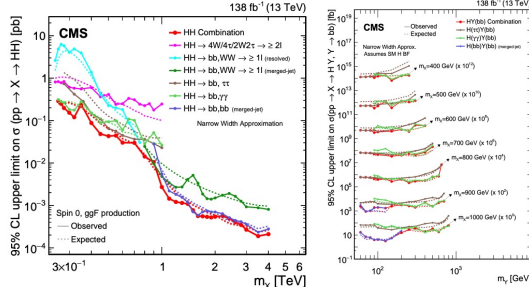
- **CMS**团队重点围绕希格斯性质、BSM新粒子

发表（含投稿）7篇  
CMS合作组物理文章和  
5篇会议文章（高能所  
重要贡献），包括1篇  
PRL和1篇Physics Report

## H+HH自耦合联合分析



## X → HH/HY重共振态联合分析



- **LHCb**成员重点围绕重味强子CP破坏、CKM矩阵元等测量，发表（含投稿）了3篇LHCb合作组物理文章

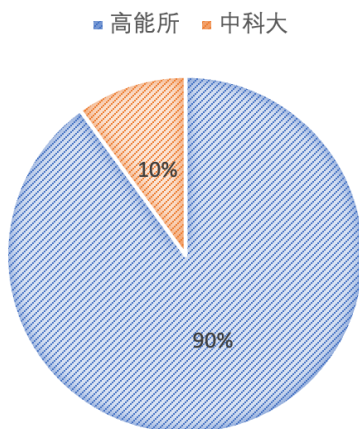
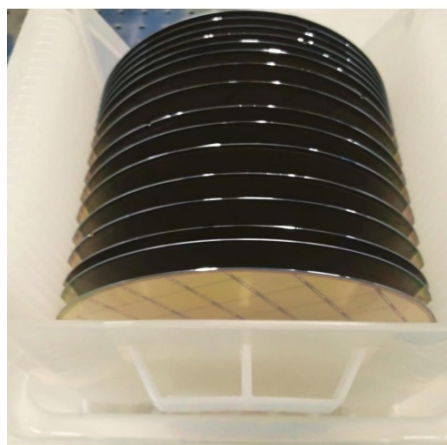
- **各团队**均保障了在合作实验中的服务性工作任务

（例如CMS团队连续数年大幅超额完成）

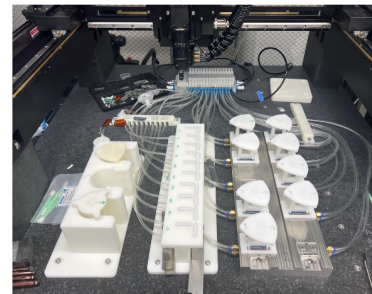
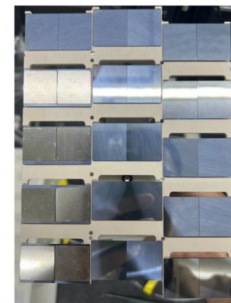
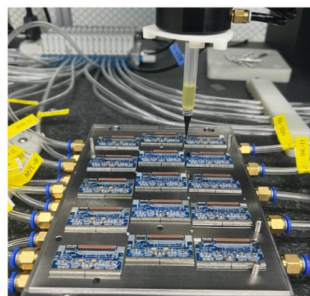
# 本年度任务完成情况 – ATLAS HGTD

- 高能所主导ATLAS超快时间探测器(HGTD)研制
  - Joao任项目经理，高能所也承担多个关键L2/L3岗位
  - CERN选择采购高能所-微电子所的LGAD硅传感器（90%）
    - 高能所LGAD传感器，辐照后移除率目前最低，即最佳的抗辐照性能
    - 已经开始量产：国产硅传感器首次在LHC实验中使用
  - 完成LGAD传感器预生产（研制~900个全尺寸sensor，占整个项目5%）
  - 完成55个探测器模块研制，组装两个大面积探测器单元
    - 首次完成辐照后模块束流测试，辐照后时间分辨可以达到43皮秒
  - 完成首个外围电路板研制，完成高压电源样机

高能所的LGAD硅传感器(完成~900颗LGAD)



高能所主导倒装焊、PCB、模块与探测器单元的研制



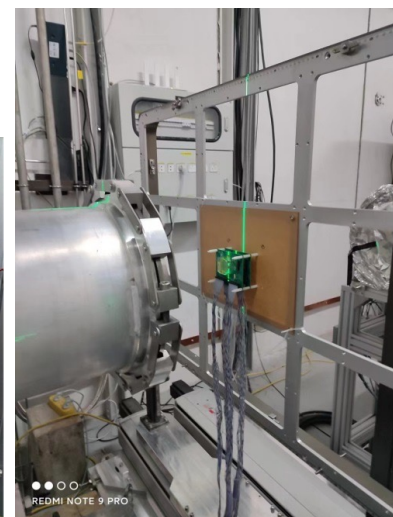


# 本年度任务完成情况 - ATLAS ITK

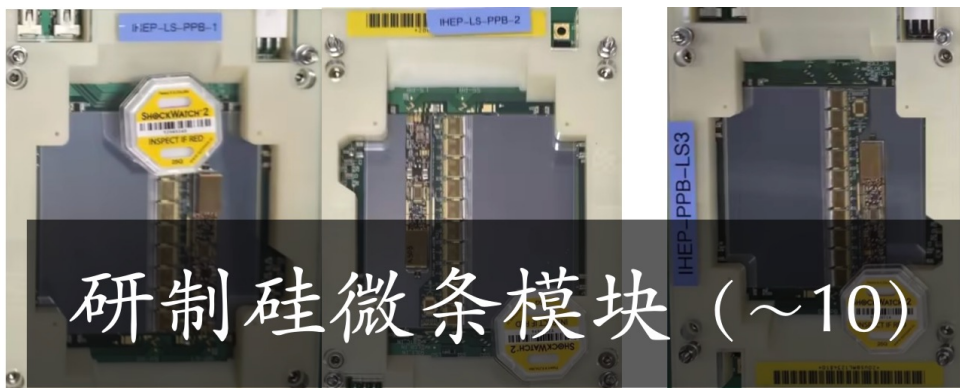
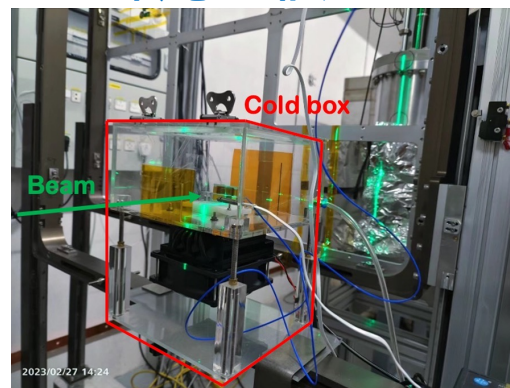
- 高能所、清华、中大团队负责研制桶部面积10%的硅微条探测器模块(>1000个, 约10m<sup>2</sup>)
  - 探一组史欣作为中国-英国集群负责人, 协调桶部径迹探测器50%的研制任务
  - 研制10个预生产模块并送到CERN, 国产厂家研制高精度组装工具
- 开展读出电子学芯片和传感器的抗辐照性能研究
  - 推动散列中子源伴生质子束作为合作组认证的硅传感器和芯片抗辐照研究站点
- 开展硅内径迹探测器系统安装及联调测试



电子学芯片辐照



传感器辐照



# 本年度任务完成情况 – CMS HGCAL

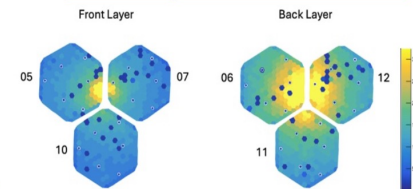
CMS端部量能器升级主要基于硅探测器技术，共需约3万个硅模块。高能所作为六个硅模块集成中心之一需生产~5000个硅模块,2021年已获得硅模块集成站点认证

- IHEP: ~0.8 m<sup>2</sup> silicon module produced with different processes since 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	31	4	5	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



Performance in July 2024 beam test at CERN

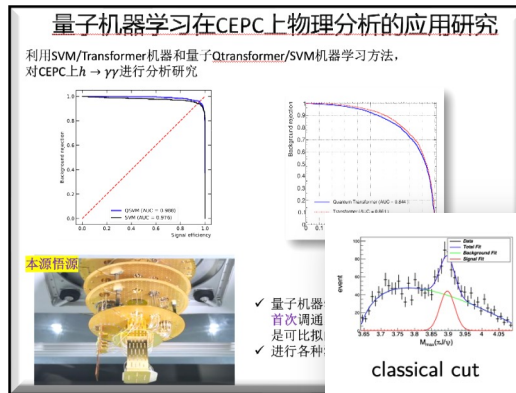
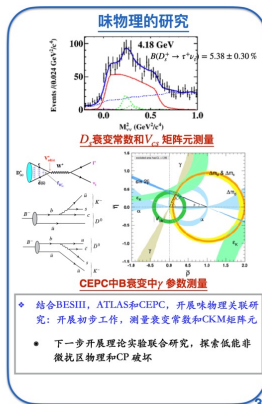
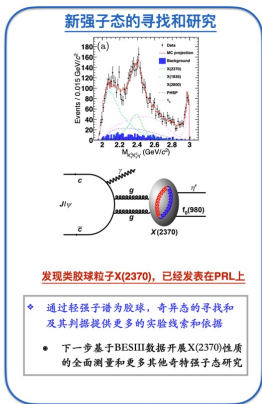
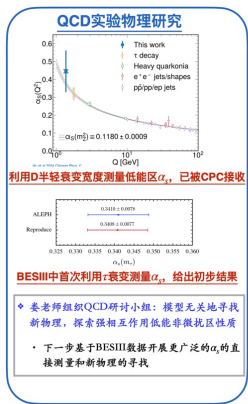
**7 modules with pre-production components: First production**

- 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**
- 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**，k-contract合同已经签订

# 本年度任务完成情况 - BESIII, 量子计算

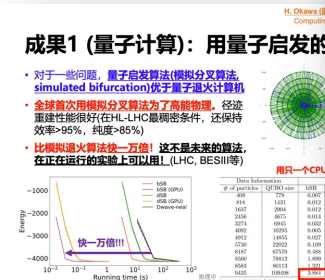
娄老师、黄燕萍等开展多个 BESIII 物理研究

方亚泉、大川英希开展量子计算应用研究



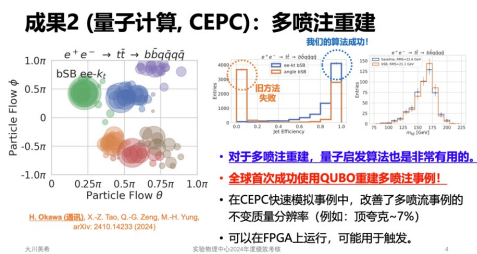
量子机器学习在CEPC上物理分析的应用研究, 已经发表于IJMP. 并将QTransformer应用于BES III 3900分析

- 利用D半径衰变宽度测量低能区 $\alpha_s$ , 已被CPC接受
- BESIII首次在J/ $\psi$ 辐射衰变观测到与LQCD  $0^+$ 胶球质量一致的X(2370), 发表在PRL, 引起国际广泛关注
- 观测到X(2370)的更多衰变模式, 在ICHEP公开
- 在 $\psi' \rightarrow \gamma\chi_{c1}$ ,  $\chi_{c1} \rightarrow \pi\pi\eta'$ 中观测到 $\pi_1(1600)$ , 在ICHEP公开



	classical cut	Transformer	Quantum
Signal	243.1	367.6	434.4
Background	1526.9	1197.0	1644.4
Total	1770.1	1546.7	2078.8
s	232.1	350.9	414.6
b	344.0	363.6	617.8
Sig. = $\frac{s}{\sqrt{s+b}}$	9.67	13.13	12.90

Here, s and b are obtained by fitting the data.



用量子启发的径迹重建 (首次应用于高能物理), 发表在SCSB.

首次成功使用QUBO重建多喷注事例, 已投Physics Letters B



# 发表学术论文

## 不完全统计 (>40篇文章)

- CEPC物理相关：11篇
- ATLAS：发表（含待发表）15篇合作组物理文章其中包括3篇PRL文章
- CMS：发表（含投稿）7篇CMS合作组物理文章和5篇会议文章，包括1篇Physics Report，1篇PRL文章
- LHCb：发表（含待发表）3篇合作组物理文章
- BESIII：发表1篇PRL，1篇投稿CPC，2个会议文章
- 其它还有相关探测器硬件、束流测试，量子计算应用、唯象研究等非合作组文章多篇。
- 实用新型专利授权一个（王峰等）

## CEPC相关

2023.9 CPC (Vol. 47, No. 12 (2023) 123002), Measurement of the effective weak mixing angle at the CEPC

2023.10 Optics Express Vol.31, No. 24/20 Nov 2023, Relativistic-guided stable mode of few-cycle 20  $\mu\text{m}$  level infrared radiation

2023.11 NIMA 1059 (2024) 168944, GSHCAL at future  $e^+e^-$  Higgs factories

2024

From 阮曼奇

2024.2 EPJC (2024) 84:152, ParticleNet and its application on CEPC jet flavor tagging

2024.4 JHEP 05 (2024) 210, Jet charge identification in the  $e^+e^- \rightarrow Z \rightarrow qq$  process at Z pole

2024.5 RPL 132, 221802 (2024) Jet-Origin Identification and Its Application at an Electron-Positron Higgs Factory

2024.8 EPIC (2024) 84:859, Prospect for measurement of the CP-violating phase  $\varphi_s$  in the  $B_s \rightarrow J/\psi\phi$  channel at a future Z factory

Submitted:

JHEP, Measurement of CKM element  $|V_{cb}|$  from W boson decays at the future Higgs factories

EPIC, Measurement of the effective weak mixing angle using  $bb, cc$  and  $ss$  final states at the CEPC

Science Bulletin, A Novel Quantum Realization of Jet Clustering in High-Energy Physics Experiments

- Xiaotian Ma, Zuofei Wu, Jinfei Wu, Yanping Huang, Gang Li, Manqi Ruan, Fábio L. Alves, Shan Jin, Measurements of decay branching fractions of the Higgs boson to hadronic final states at the CEPC, arXiv:2410.04465
- H. Okawa (通讯), X.-Z. Tao, Q.-G. Zeng, M.-H. Yung, Quantum-annealing-inspired algorithms for multijet clustering, arXiv: 2410.14233 (2024)
- Fadol A, Sha Q, Fang Y, et al. Application of quantum machine learning in a Higgs physics study at the CEPC, International Journal of Modern Physics A, 2024, 2450007

# 学术发展规划、学术交流

## ● 学术发展规划

定位：高能所高能量前沿团队是国内本领域的主要研究力量。通过开展未来对撞机的预研和参与LHC实验，力争取得国际瞩目的科学成果，并提升关键技术水平，使得我们处于本领域的前沿领先地位。

- 围绕高能所一七五规划的新兴前沿方向之高能量对撞物理，深化CEPC物理研究以及相关探测器预研，推动CEPC立项。
- 同时继续发挥高能量组在LHC实验中的重要作用，推动高能所成员在合作组内担任更多重要、关键角色，取得更多高显示度成果。
  - 长远物理目标：希格斯性质及其自相互作用研究、新物理寻找、电弱精确测量
- 建设、凝练队伍，培养、引进相关领域高水平人才，努力争取更多国际团队参与CEPC合作。

## ● 学术交流

- 积极参加重要国际学术会议，代表合作组做各类报告等
- 多名学生、博士后、职工长期在CERN参与国际合作交流、实验运维等
- 除了合作组、CEPC各类例会外，也有与国内外相关合作单位的许多周会
- 高能所各项目组内周例会、小组会等
- 积极（参与）举办CEPC、LHC相关研讨会、CLHCP，如承办Higgs2023国际会议
- 积极邀请国内外学术访问、seminar（EPD seminar、LHC理论实验联合讨论等）等

# 经费情况

- 在研的主要项目**总经费约1.4亿**，其中本年度**新增约6200万**

	来源	项目名称	执行期	经费	负责人
主要 在研 项目	基金委基础科学中心	高能量前沿粒子物理联合研究 CMS课题 ATLAS课题	2022-2026	6000万 1000万 1200万	王贻芳 陈明水 Joao
	基金委国际合作	CMS实验希格斯粒子性质研究及新物理寻找	2021-2025	900万	张华桥
		CMS实验II期升级国际合作研究 – HGCal部分	2021-2024	385万	高能所由张华桥负责
		ATLAS实验phase2探测器升级 - HGTD部分	2020-2024	623万	高能所由梁志均负责
		ATLAS实验弱混合角测量 – 高能所部分	2021-2025	120万	高能所由梁志均负责
	基金委重点	大型强子对撞机上隐匿区间的研究	2022-2026	300万	Joao
	所创新	CEPC上的新物理研究	2022-2025	100万	阮曼奇
	所创新	抗辐照SIPM的研制	2023-2025	140万	梁志均
	所创新	机器学习在高能物理中应用	2023-2026	160万	方亚泉
	科技部重点研发	大型强子对撞机上CMS和ALICE探测器升级	2023-2027	2000万	张华桥
	人才类	百人计划 - 陈缮真		400万	陈缮真
	人才类	百人计划-袁煦昊		400万	袁煦昊
人才类	百人计划-大川英希	2023-2026	600万	大川	
主要 新增	科技部重点研发	ATLAS实验升级 – 项目	2024-2028	2200万	Joao
	科技部重点研发	ATLAS 物理 – 课题	2024-2028	700万	方亚泉
	科技部重点研发	CMS 物理 – 课题（新粒子寻找）	2024-2028	600万	廖红波
	科技部重点研发	CMS 物理 – 课题（希格斯稀有衰变及BSM）	2024-2028	400万	王锦
	HN高能物理中心	子任务-顶点探测器	2024-2027	1800万	梁志均
	HN高能物理中心	子任务-物理研究	2024-2027	520万	陈明水

- 另外今年申请基金委国际资助部重大研究计划CERN专项的两个集成项目ITK 700万（史欣牵头）、HGCal 700万（张华桥牵头），均已经完成答辩



# 本年度人才培养与引进

毕业生12名、博士后5名

- CMS组毕业生2名（郭佳林-比特大陆芯片行业、张杰）；博后1名（王泽炳-深圳芯片设计制造行业）
- ATLAS组毕业生6名（李淑琦-瑞士PSI博后、翟明杰-十一石景山分校、蔡雨辰-意大利Bologna大学博后、张凯栗-博后、张鹏-博后、贾雪巍）、联培1名（郭蕾-中大博士生）；博后4名:(刘波-南开教职、李梦朝-散裂、王雨晴-北京建华实验学校、裴俊乐-河南科学院)
- CEPC 毕业生3名（司梅雨-中大博后、车逾之-博后、崔瀚化、夏欣-IJCLab博士）
- 袁煦昊、王峰(AMS团队)获所“创新文化建设先进集体”称号
- 张鹏获中国物理学会高能物理分会第十三届晨光杯青年优秀论文二等奖
- 黄燕萍获2024年中国科学院高能物理研究所“创新文化建设先进个人奖”
- 引进：韩朔（百人B，美国BNL博后）25年1月入职，方向CMS、CEPC、机器学习等

# 本人研究工作 – CMS物理分析

	研究内容	发表文章或主要进展
希格斯性质	希格斯质量、宽度测量	4l末态Run-2数据分析取得单衰变道最精确测量结果，文章已投稿PRD；双光子道及联合测量进行中，已较为成熟获得分析号HIG-24-007, preapproved
	4l末态希格斯产生截面测量	EPJ.C 81 (2021) 488, JHEP 08 (2023) 040，并对H自耦合、粲夸克耦合进行了约束；Run3分析进行中，基于2022年数据发布初步结果CMS-PAS-HIG-24-013
	双希格斯过程及自耦合研究	Run2联合分析发表在Nature，利用单H约束 $\lambda$ 的支撑文档：CMS-NOTE-2022-003完成HH->WW $\gamma\gamma$ 分析，已发表PAS，并对多个EFT参数进行限制；H+HH联合分析：对H自耦合给出更精确的限制，文章已投稿PLB；新一轮HH进行中
	H->Z $\gamma$ 稀有衰变	ATLAS+CMS联合分析取得H->Z $\gamma$ 的实验证据，PRL 132.021803编辑推荐结合Run3数据单实验预期灵敏度有望达到 $2\sigma$ ，分析进行中
	H->invisible	探索希格斯与暗物质直接相互作用 Phys.Rev.D 105 (2022) 092007, Eur.Phys.J.C 83 (2023) 933
新粒子寻找	暗光子、类轴子寻找(H奇异衰变)	H->Za/aa->4l末态：EPJ. C 82 (2022) 290 H->Za->2l2 $\gamma$ 末态：类轴子质量~3 GeV处有 $2.6\sigma$ 超出，PLB 852 (2024) 138582 Run3数据分析进行中
	双希格斯共振态寻找	X->HH/YH->WW $\gamma\gamma$ 进行中，已较为成熟获得分析号B2G-24-010 X->HH/YH->bb $\gamma\gamma$ 进行中，已较为成熟获得分析号B2G-24-019
	双Z共振态寻找	X->ZZ->2l2j 进行中，已较为成熟获得分析号HIG-23-001

# 希格斯性质精确测量: $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

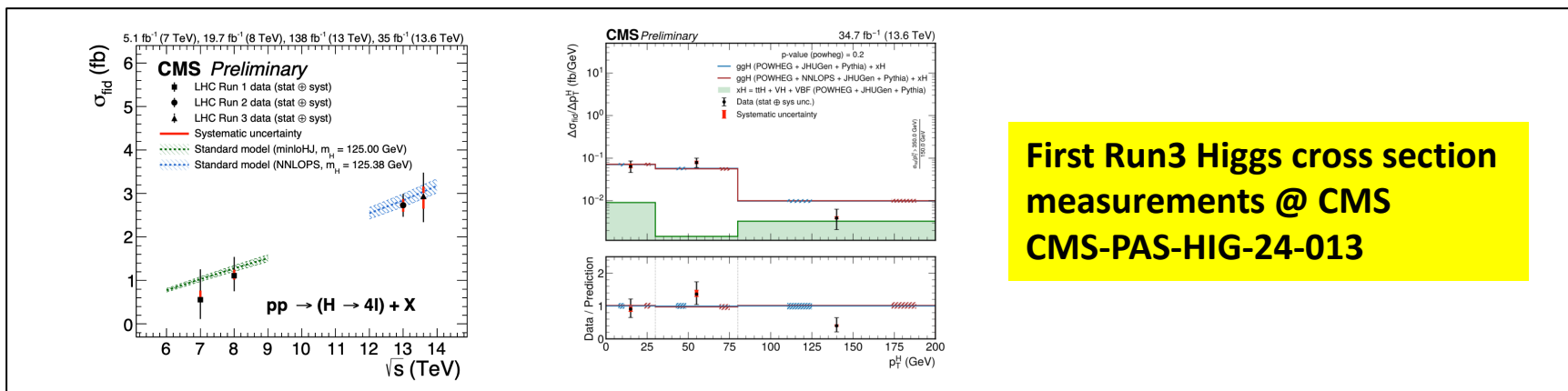
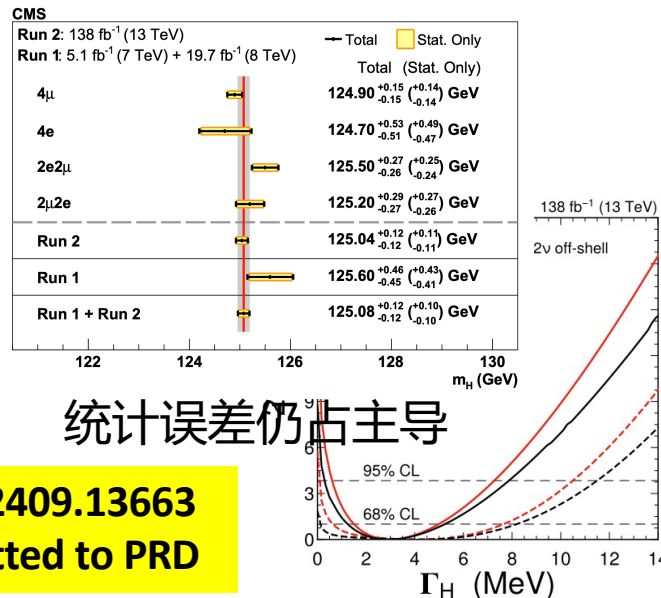
- 基于全部Run-2数据，取得单个衰变道最精确的 $m_H$ 测量结果

**$125.08 \pm 0.10 \text{ stat} \pm 0.05 \text{ syst} \text{ (GeV)}$**

- 采取了多种技术改进分辨率，降低系统误差，提升分析灵敏度
  - Lepton VTXS constrain and Beamspot compatibility
  - Categorize events based on  $\delta m_{4l}/m_{4l}$
  - Improve estimates on lepton uncertainties using on-shell Z
  - Improved detector calibration

学生张辰光做了预审核报告、揭盲报告

arXiv:2409.13663  
submitted to PRD



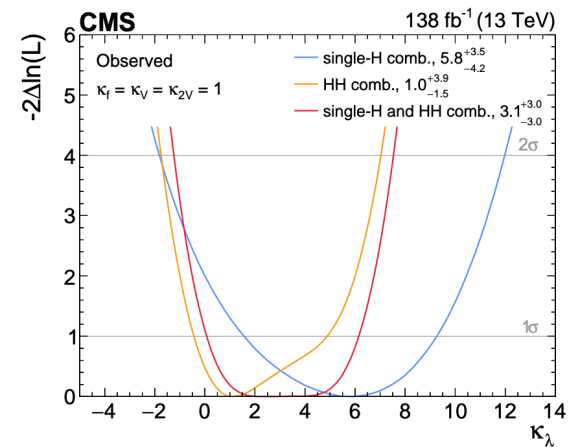
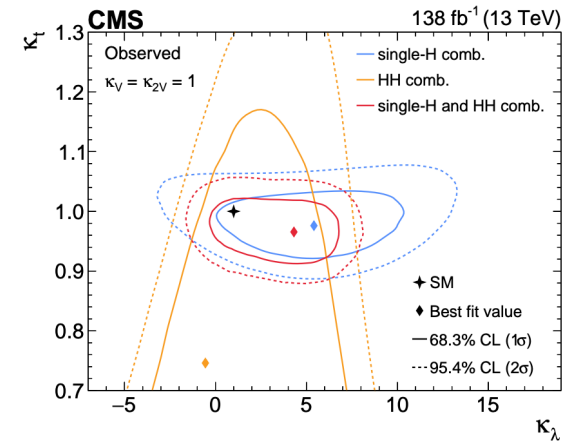
# 希格斯自耦合联合测量

- 双希格斯和单希格斯联合测量对希格斯自耦合给出精确的限制范围
  - 双希格斯过程对自耦合给出严格限制
  - 单希格斯过程约束费米子和矢量玻色子耦合,并可补充自耦合的测量
  - 联合测量可以减少模型依赖,提高自耦合测量的灵敏度
  - 在95%置信水平下的希格斯自耦合限制范围:  $-1.2 < \kappa_\lambda < 7.5$  ( $-2.0 < \kappa_\lambda < 7.7$ )

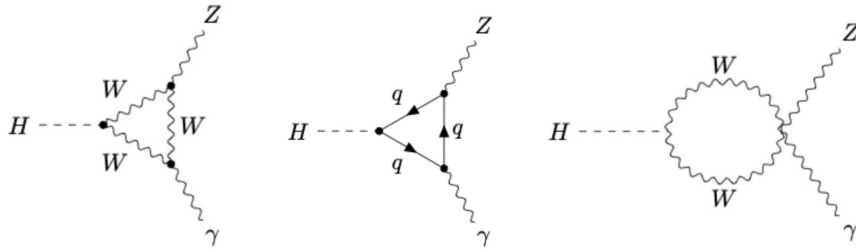
高能所博士后在站期间完成主要工作,担任分析联系人、学生郭佳林做揭盲审核报告

[arxiv 2407.13554](https://arxiv.org/abs/2407.13554)

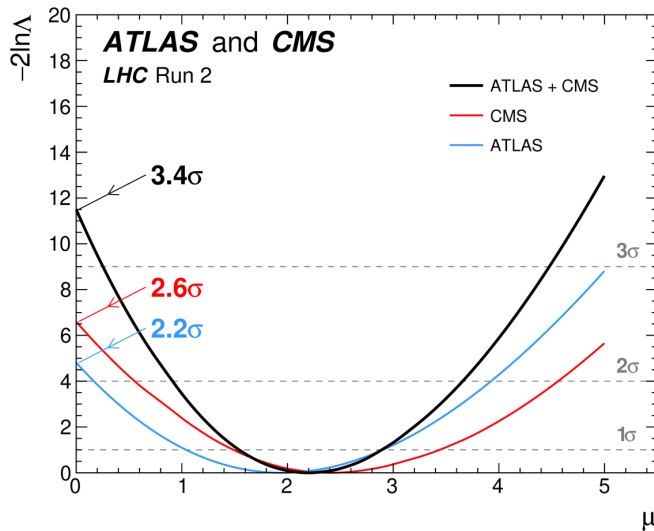
[HIG-23-006](#) 已投稿PLB



# 稀有衰变H->Zγ: 联合ATLAS、CMS取得首个实验证据



量子圈中可能存在新粒子，有望提供新物理的线索



- 联合观测(预期)信号显著性:  $3.4\sigma$  ( $1.6\sigma$ )
- 观测信号强度:  $2.2 \pm 0.7$

# 联合ATLAS、CMS取得首个实验证据



ATLAS and CMS Note

PhysRevLett.132.021803  
Editor's suggestion



Draft version 0.3

2 Combined search of the  $Z\gamma$  decay mode of the Higgs boson in pp collisions at  $\sqrt{s} = 13$  TeV with the ATLAS and CMS detectors: supporting documentation

6 Cerutti, Fabio<sup>d</sup>, Cheng, Alkaid<sup>g</sup>, Di Nardo, Roberto<sup>i</sup>, Francavilla, Paolo<sup>f</sup>,  
7 Gabrielli, Andrea<sup>h</sup>, Han, Shuo<sup>d</sup>, He, Mingxu<sup>a,b</sup>, Huang, Yanping<sup>a</sup>, Jin, Shan<sup>c</sup>, Lu,  
8 Gangcheng<sup>a,b</sup>, Ran, Kunlin<sup>c</sup>, Wang, Haichen<sup>d</sup>, Wu, Sau Lan<sup>g</sup>, Zhang, Peng<sup>a,b</sup>,  
9 Zhang, Rui<sup>g</sup>, An, Ying<sup>l</sup>, Chen, Mingshui<sup>a</sup>, Gilbert, Andrew<sup>k</sup>, Marini, Andrea  
10 Carlo<sup>l</sup>, Mao, Yajun<sup>j</sup>, Zhang, Mingtao<sup>j</sup>, Zhou, Chen<sup>i</sup>

<sup>a</sup>Institute of High Energy Physics, Chinese Academy of Science (CN)

<sup>b</sup>University of Chinese Academy of Science (CN)

<sup>c</sup>Nanjing University (CN)

<sup>d</sup>Lawrence Berkeley National Lab. (US)

<sup>e</sup>Deutsches Elektronen-Synchrotron (DE)

<sup>f</sup>Universita & INFN Pisa (IT)

<sup>g</sup>University of Wisconsin Madison (US)

<sup>h</sup>University of Toronto (CA)

<sup>i</sup>Universita e INFN Roma Tre (IT)

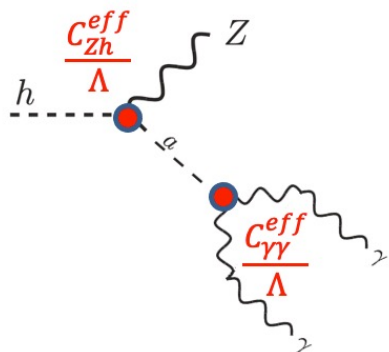
<sup>j</sup>Peking University (CN)

<sup>k</sup>Northwestern University (US)

<sup>l</sup>CERN

基础科学中心高能所(ATLAS和CMS)、北大、南大团队在Run2首个ATLAS和CMS的希格斯联合分析中做出主要贡献，为下一步更全面的LHC希格斯自相互作用的联合测量奠定了基础

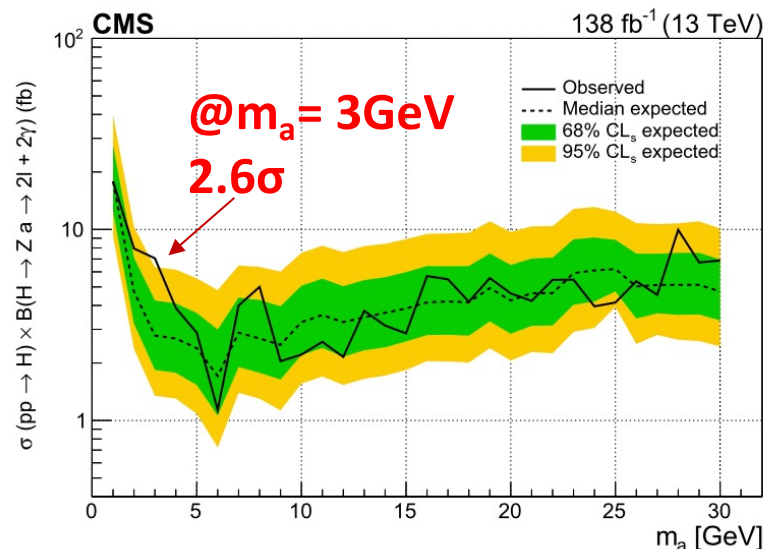
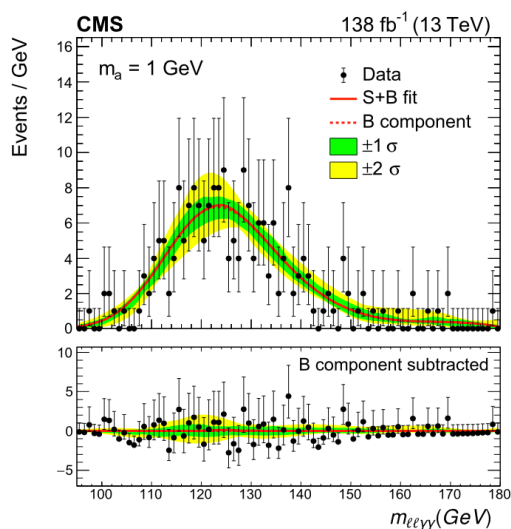
许多新物理模型预测希格斯玻色子可以衰变至**轻玻色子**，其中新玻色子有可能作为暗物质理论隐藏相互作用 ( hidden sector ) 的传递子从而解决**暗物质质量来源的问题**，也可以作为轴子模型中的传递子从而解决**强CP破坏的问题**



$$H \rightarrow Za \rightarrow 2l2\gamma$$

首次在该过程寻找类轴子等

学生王泽炳担任分析联系人、预审核、审核报告  
针对相互靠近的双光子**设计了新的光子鉴别算法**





# 本人研究工作

- CMS探测器运维
  - 指导博士后和学生参与CPPF离线软件研究、物理对象性能研究、CSC探测器调试等
- CMS二期升级
  - 协调组内职工、指导学生参与高颗粒度量能器升级工作
  - 指导学生参与CSC缪子探测器气体组分优化、抗辐照束流测试等
- CEPC希格斯物理研究
  - 担任Reference TDR物理性能研究负责人，组织物理性能研究，推动重建、分析软件研发
  - 研究兴趣希格斯自相互作用、希格斯与电子的耦合

# 本人研究成果与经费情况

对CMS发表的如下研究成果做了关键贡献：**4篇文章**(含2篇已投稿)、**1篇PAS**

1. [PLB 852 \(2024\) 138582](#), 希格斯奇异衰变中类轴子粒子寻找 (王泽炳为分析联系人, 并做所有重要报告)
2. [PRL 132.021803](#), ATLAS+CMS 希格斯稀有衰变(H $\rightarrow$ Z $\gamma$ )联合分析
3. [arXiv:2409.13663](#), submitted to PRD, Run2 4l末态希格斯质量及宽度的结果 (张辰光pre-approval 报告)
4. [arXiv:2407.13554](#), submitted to PLB, H + HH联合测量对H自耦合给出更精确的限制 (郭佳林-揭盲审核报告)
5. CMS-PAS-HIG-24-013, CMS Run3首个希格斯性质测量 (13.6 TeV H4l截面测量)

经费来源	项目名称	执行期	经费	角色
基金委基础科学中心	高能量前沿粒子物理联合研究 负责CMS课题	2022-2026	6000万 950万	核心骨干
基金委国合	CMS实验希格斯粒子性质研究及新物理寻找	2021-2025	900万	骨干
科技部重点研发计划	CMS物理研究-子任务	2024-2028	100万	负责
HN高能物理中心	CEPC物理研究	2024-2027	520万	负责

另积极努力申请基金委项目, 参与国重、基金委CEPC重点专项群、中科院先导等多个平台、项目的建议书撰写等

# 本人其它工作

- 国内外学术会议相关活动
  - 承办国际会议**Higgs2023**（11月27日-12月2日）
  - 参与组织CMS中国组年会、LHC理论与实验联合研讨会、CEPC探测器评审会等
  - 接待巴基斯坦NCP Ashfaq Ahmad、塞尔维亚VINCA Vladimir Rekovic各访问高能所一周
- 学生、博士后培养
  - 毕业**1**名学生，一名博后
  - 指导在读学生**6**名、联培**1**名，博后**3**位
- 公共服务
  - 担任**CMS** 发言人顾问委员会, **Management board**成员（2024.09-）
  - 担任**CEPC RefTDR deputy L1, performance L2**
  - 多次博士毕业论文评阅、答辩，参与学生考核、职工考核等
  - 科技部、基金委以及所内多次项目评审
  - 参与高能所暑期夏令营招生等
  - 中心学术小组成员(2020.05-); 计算平台用户委员会成员(2020.05-)

# 存在的问题

- 高能量组扩张规模有不确定性
  - 继续细化人才规划、平衡人才需求与风险
- 组内务虚交流不足、不同团队学生之间交流偏少
  - 将加强团队建设、举办更多相关活动促进交流
  - CEPC项目让大家有了更多交流机会，加强了凝聚力
- 客座办公空间紧张，影响国内外合作人员的访问
  - 挖掘了楼道房，添加了10余个工位

# 本年度小结及下年度工作计划

## 本年度小结

- 高能量组有直接关键贡献的文章>40篇
  - CEPC相关文章稳步增长
  - LHC实验围绕基础科学中心主要物理目标，产出显著
  - 硬件、量子计算、唯象研究等进展良好
- 积极承担、推动CEPC探测器TDR任务,同时LHC升级项目HGTD、ITK、HGCAL等均有重要进展，逐渐进入预生产
- 加强了与BESIII团队的交叉
- 引进百人计划一名（已发offer，25年1月入职）

## 下年度计划

- 组织更多组内外力量参与CEPC探测器TDR、物理白皮书等
- 继续做好LHC实验的物理、升级、运维等工作
- 继续加强高能量前沿与强子物理组的交流
- 加强团队建设、组内交流、强化人才培养及引进等