

年度绩效考核报告

(2023.10-2024.11)

祁辉荣

实验物理中心·探测器一组

- **岗位职责**
- **本年度主要工作进展与成果**
 - CEPC TPC 研究
 - 新基石中微子TPC研究
 - 国际合作与学术交流
 - BESIII 谱仪缪子探测研究
- **基金/文章发表及研究生培养**
- **下一步工作计划**

岗位职责

- “环形正负电子CEPC TPC研究”项目 —— 负责“时间投影室径迹探测技术研究”
- “新基石——中微子时间投影室”项目 —— 负责“时间投影室探测技术方案及研究”
- “CERN DRD1 和 LCTPC”国际合作 —— 负责“国际合作任职及学术贡献”
- “北京正负电子对撞机”国家大科学装置 —— 负责“缪子径迹探测器运维及预研”



- **本年度主要工作进展与成果**

- 一、CEPC TPC项目

- 二、中微子TPC项目

- 三、国际合作与交流

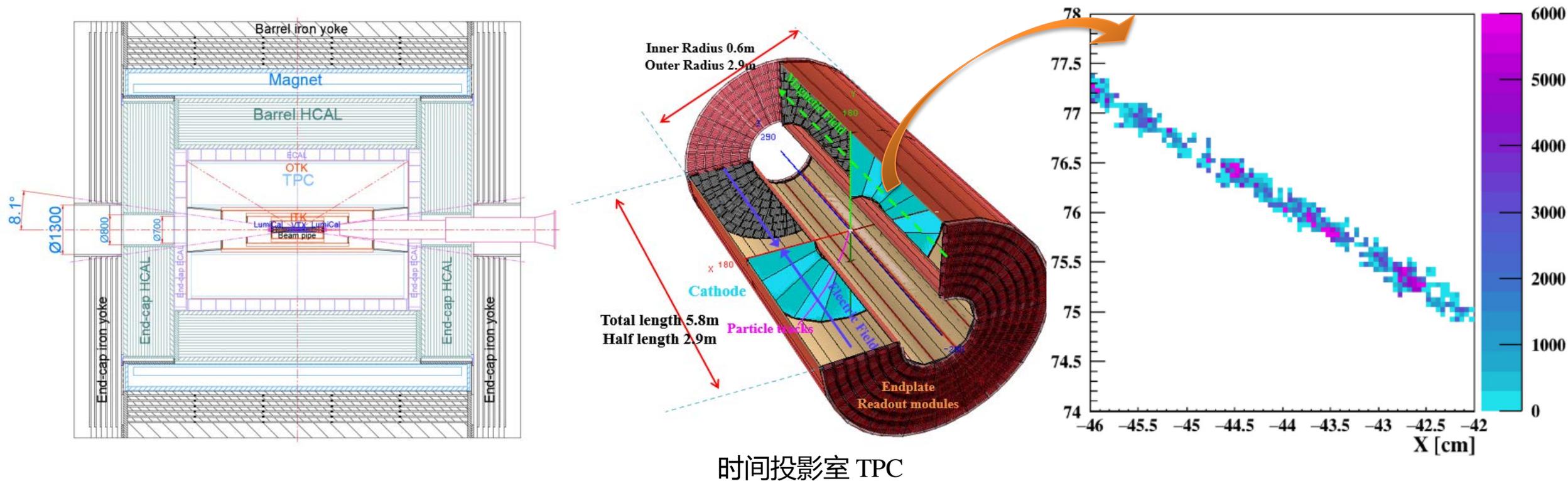
- 四、BESIII 谱仪运维



总体上：年度任务重，时间紧，技术难度高

一、大科学装置：环形对撞机CEPC——新型探测技术研究

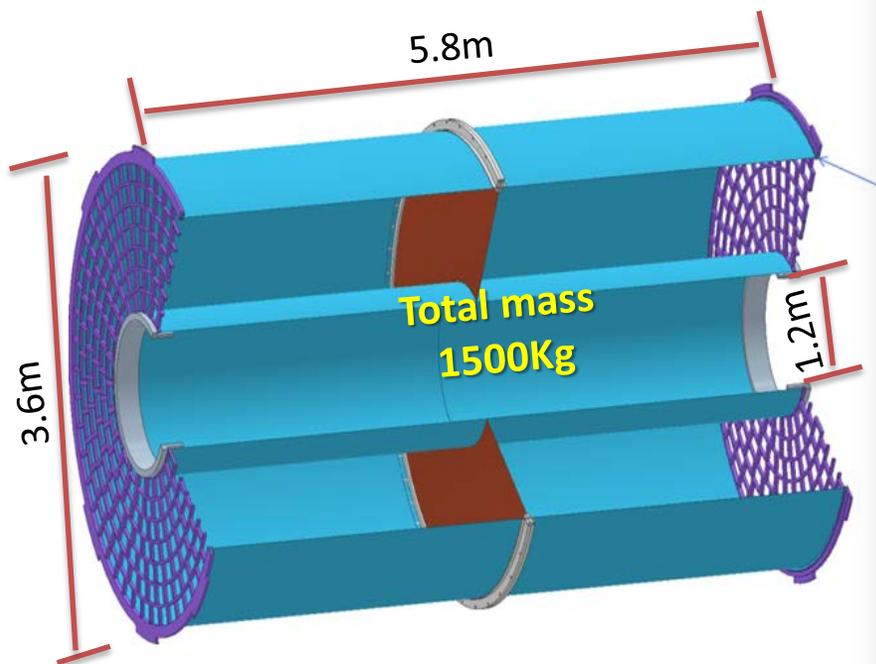
- 研究最前沿基础物理环形正负电子对撞机——是高能物理领域重要发展方向（CEPC, FCCee）
 - 时间投影室 TPC 是CEPC TDR/CDR和ILD国际合作探测器设计中“**基准径迹探测器**”
- **解决最前沿关键技术热点和难点：**（国际对撞机FCCee、ILC共性关键问题）
 - 2015年——至今，CEPC 气体径迹探测技术研究方向负责和召集人
 - 关键难点：高精度味物理需求，研究“**新型小像素读出TPC径迹技术**”（**新探测技术**）



时间投影室 TPC

进展与成果 #1 — 遴选为CEPC TDR基准气体径迹探测器

- CEPC合作组启动探测器技术选型及完成CEPC TDR技术报告（每周例会）
- 经过多轮技术论证，TPC遴选为CEPC TDR的“基准气体径迹探测器”（本人负责第6章总体编写）
 - 合作组多方面因素平衡对比：“研制基础条件+探测性能指标+技术成本+功耗条件+建造风险”
- 解决关键技术难点和问题：通过模拟和实验，回答和解决像素读出TPC核心技术问题
 - 10月顺利通过11位国际专家的IDRC评审会，反馈结果全部良好，建议推进：像素读出关键技术。



5.8米长度时间投影室探测器

Chapter 6 Gaseous Tracker

- 6.1 Physics requirements
- 6.2 Gaseous tracker system overview
 - 6.2.1 Technology comparison
 - 6.2.2 Baseline gaseous tracker
 - 6.2.3 R&D efforts and results
- 6.3 Pixelated readout Time Projection Chamber
 - 6.3.1 Time Projection Chamber detector
 - 6.3.2 Pixelated readout electronics
 - 6.3.3 Design of mechanical and cooling
 - 6.3.4 Commissioning and validation of prototype
 - 6.3.5 Challenges and critical R&D
 - 6.3.6 Costs
- 6.4 Performance
 - 6.4.1 Overview of the simulation framework
 - 6.4.2 Tracking performance
 - 6.4.3 Particle identification
 - 6.4.4 Improvement using the machine learning algorithm
 - 6.4.5 Beam background source and estimation
 - 6.4.6 Alternative the drift chamber
- 6.5 Prospects and outlook

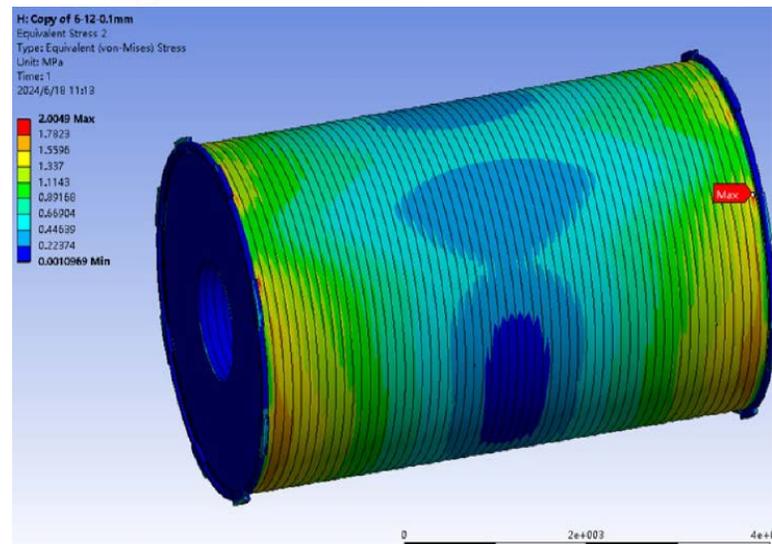
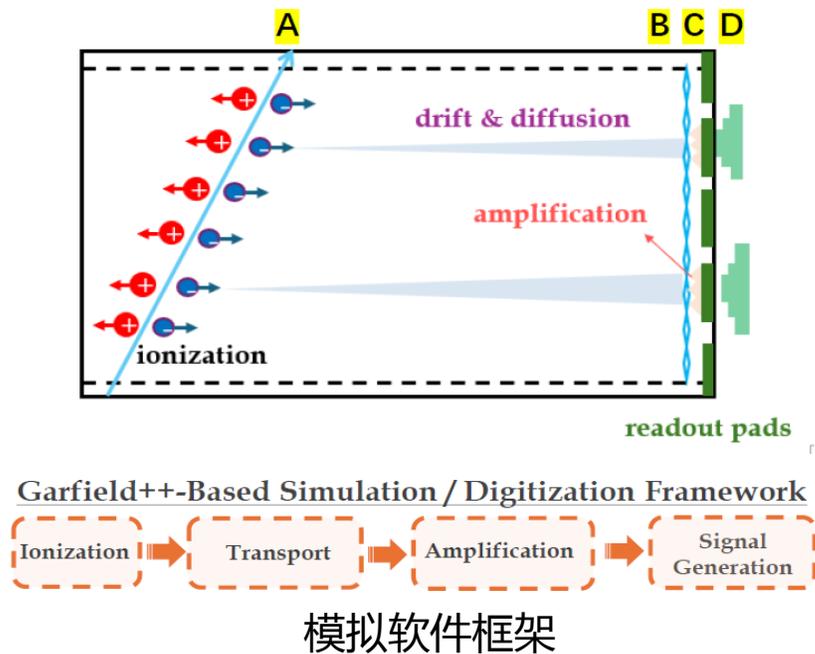
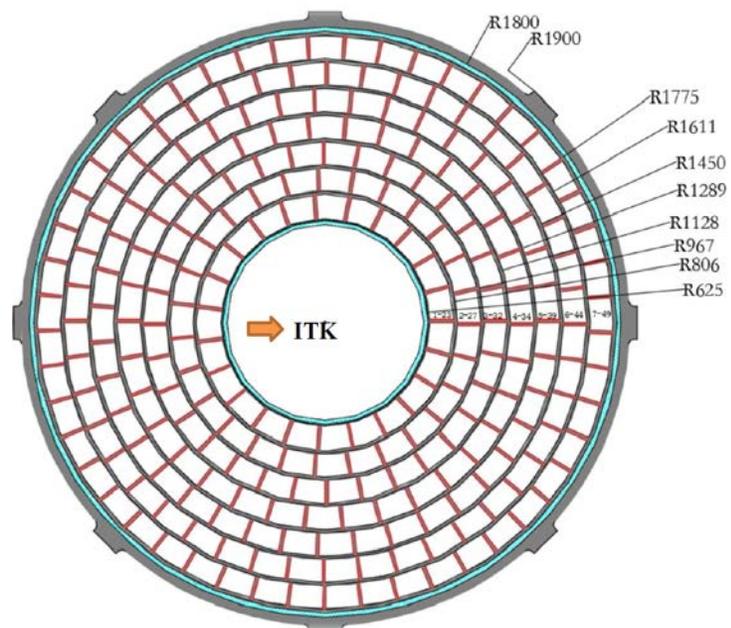
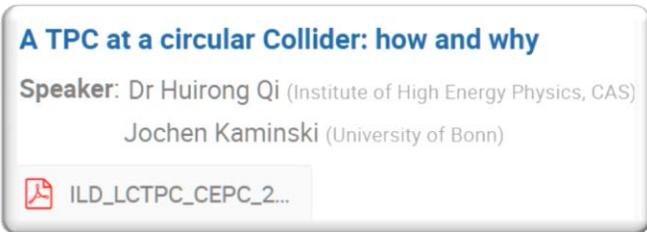
负责CEPC TDR 第六章节



IDRC 国际评审会

进展与成果#2 — 新型像素型TPC技术关键性能研究

- **解决关键技术难点和问题**：满足味物理和Jet 能量分辨需求，分析TPC关键性能（**组织每周例会**）
 - 建立全模拟框架，完成原初电离簇团粒子鉴别性能提升分析(显著提升 S_p 到 3σ)
 - 提出“ $dE/dx+dN/dx$ ”方法，分析TPC关键指标，实现**CEPC物理需求**
- 完成探测器关键性能分析（模拟探测器应力、气体及本底等）
 - 成果为LCTPC、ILD，DRD1国际合作，**做出重要贡献**

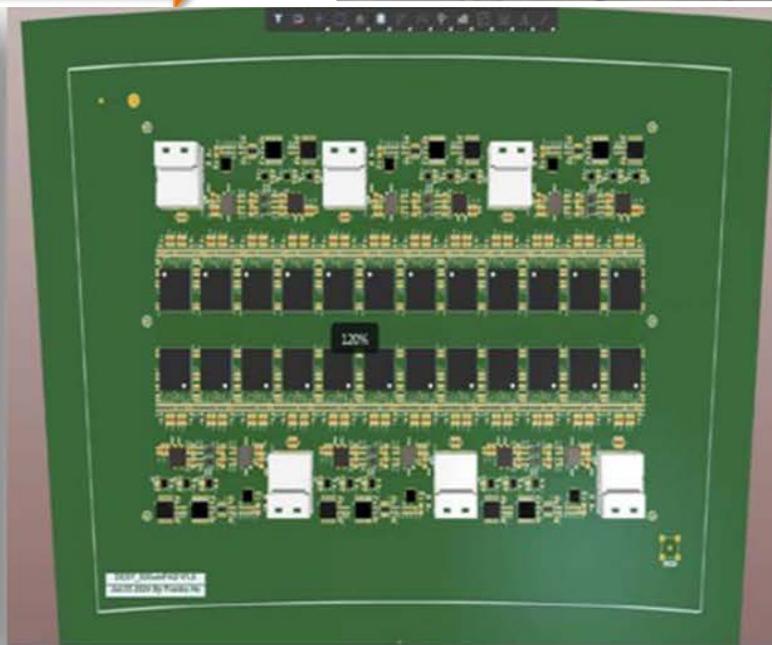


TPC探测器总体应力分析

进展与成果#3 — 新型像素型TPC束流实验验证研究

- **解决关键技术难点和问题**：CEPC TDR像素型时间投影室技术研究和实验验证
- **组织人力、物力及国际合作资源（每周例会+国内合作+国际合作）**
 - 从无到有，完成像素型读出探测器**设计与研制**
 - DESY大型通用束流测试平台进行实验验证研究
 - 从芯片到模块，完成束流实验准备（2025年1-2月，德国 DESY）

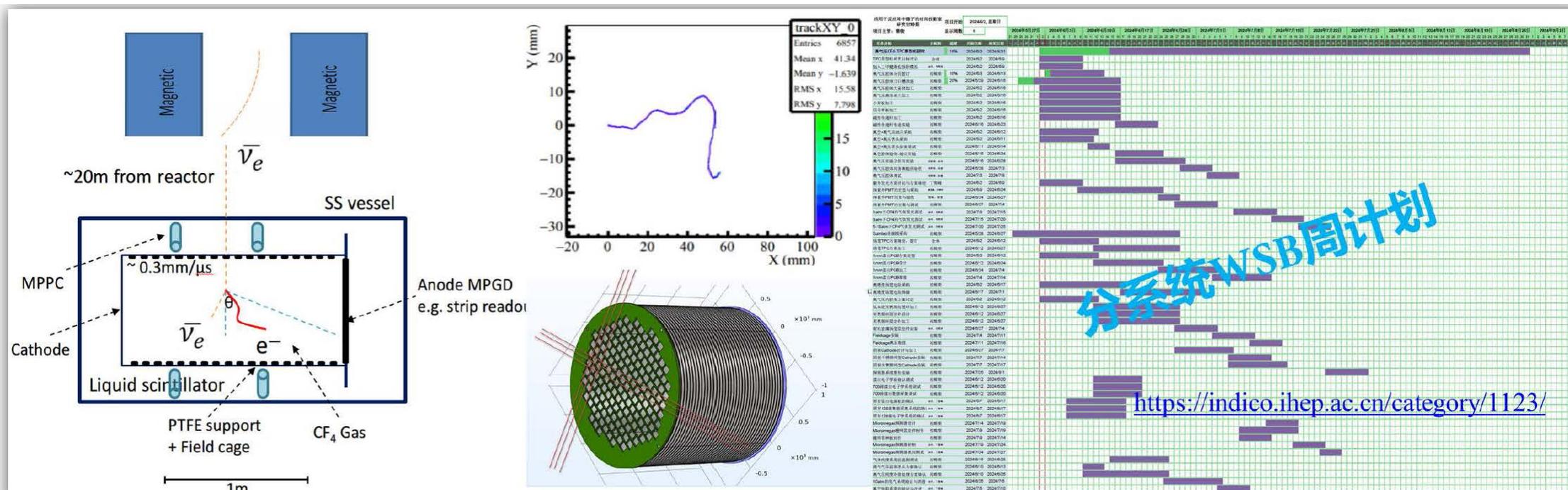
难度大，时间紧，任务重



TPC原型机研制进展

二、新基石研究员课题：中微子高压Gas TPC探测器

- 物理需求：200keV - 10MeV中微子探测，输入反应堆中微子能谱能量分辨率好于 <math><10\%</math>
 - 距离反应堆20米位置，反应堆裂变产生中微子穿过TPC探测器，测量反冲电子研究中微子性质，**为江门JUNO实验提供标定，并研究中微子能量反常物理目标**
 - 原型机验证+方案设计：>500kg的CF₄@10atm，2米直径，1.7米长，252读出模块
 - 组织例会和研究团队，**完成了10大气压TPC原型机设计与研制（每周例会）**



反应堆中微子TPC初步设计研究进展及WSB周计划

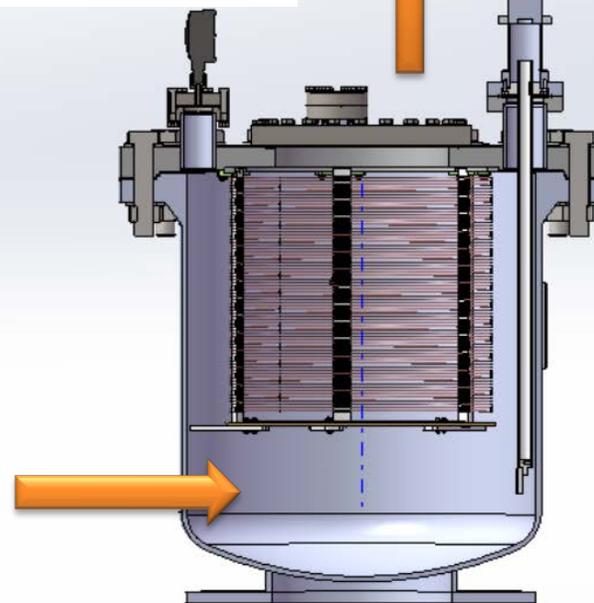
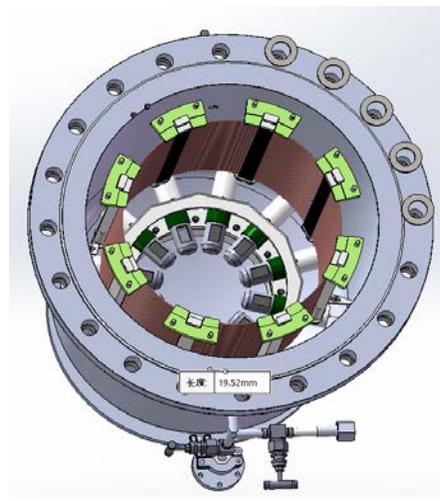
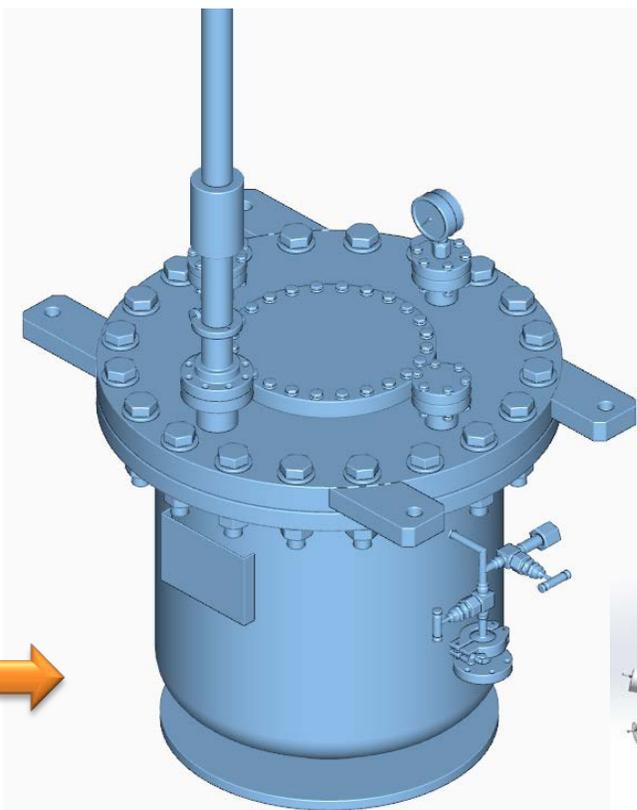
进展与成果#4 —10个大气压TPC腔体总体方案设计

● 解决关键技术问题：从无到有+确定设计方案+腔体加工研制

- 进展1：物理需求出发，设计优化改进
- 进展2：满足测试物理需求，方案到加工（难度大）

主要功能

- 1、可满足真空与高气压实时显示
 - 实时显示状态
- 2、可实现高精度载物传递
 - 控制放射源，吸附测试
 - 控制位置，漂移速度测试
 - 气体发光测试
 - 可承重6kg，350mm可移动
- 3、线缆穿板孔
 - 最多可实现6000路读出
 - 小漏点密封
- 4、可集成温湿度监测探头
- 5、易拆卸法兰
 - 可更换
 - 可定制

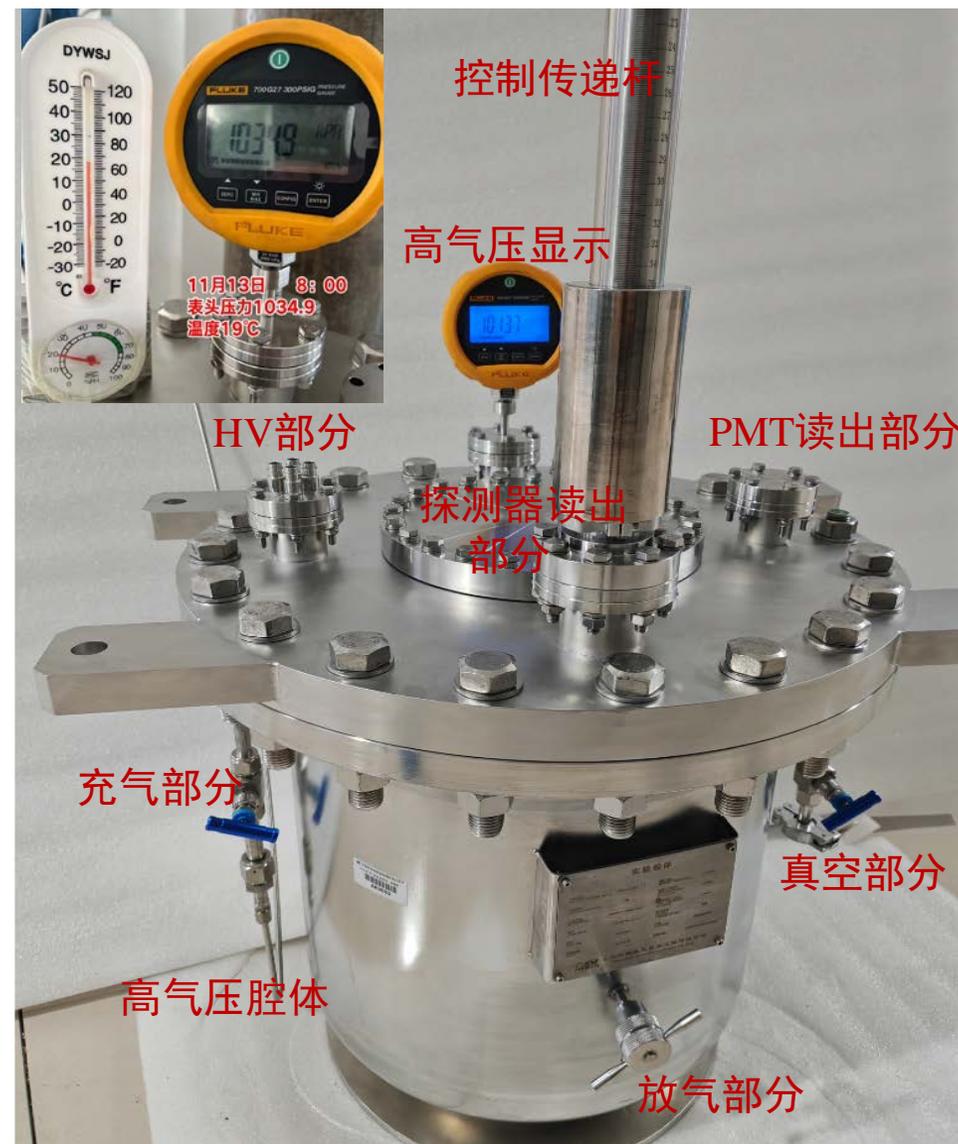


进展与成果#5 — 高气压TPC成功研制

- **解决关键技术问题**：研制满足中微子电子测量原型机
 - 解决1：10atm的CF₄气体充入，保压1个月通过
 - 解决2：10万伏高电压，加载通过一周（难度极大）
 - 解决3：放射源调整，高精度磁性传递杆
 - 解决4：研制腔体，既可以显示高真空（10⁻⁶Pa）又可以实现高气压（10个大气压）

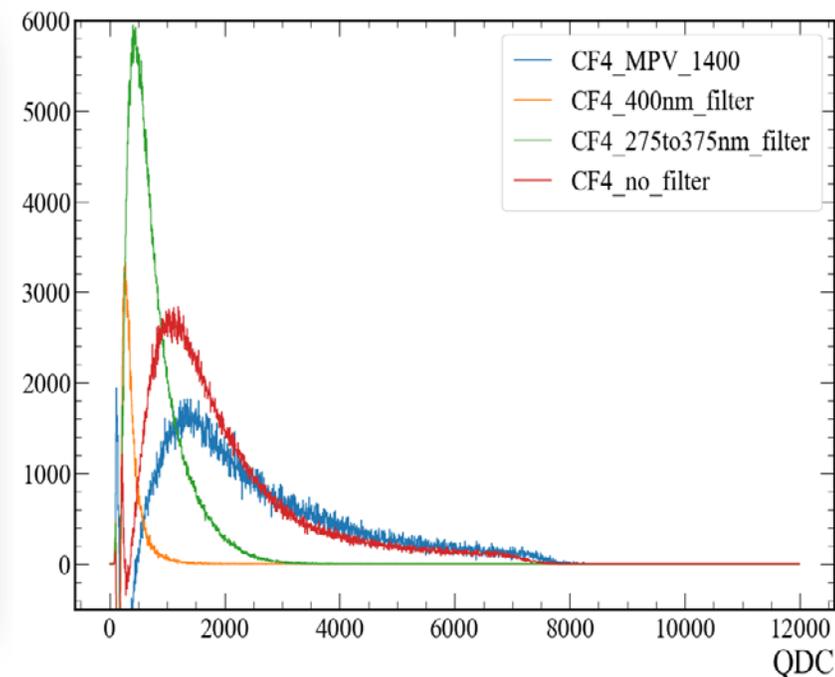


反应堆中微子TPC研制



进展与成果#6— 关键技术方案实验确证研究

- **解决关键技术难点和问题**：研究关键参数实验确证，**吸附控制和初始发光 T_0 方案**
 - 进展1：1-1.2atm下，CF4在漂移距离上测量到 T_0 信号
 - 验证和确定：实现关键径迹起始时间方案（对比国际研究，确认光电倍增管读出）
 - 进展2：在1.0米漂移距离，实验研究CF4气体电子吸附
 - 验证和确定：实现关键CF4纯化方案

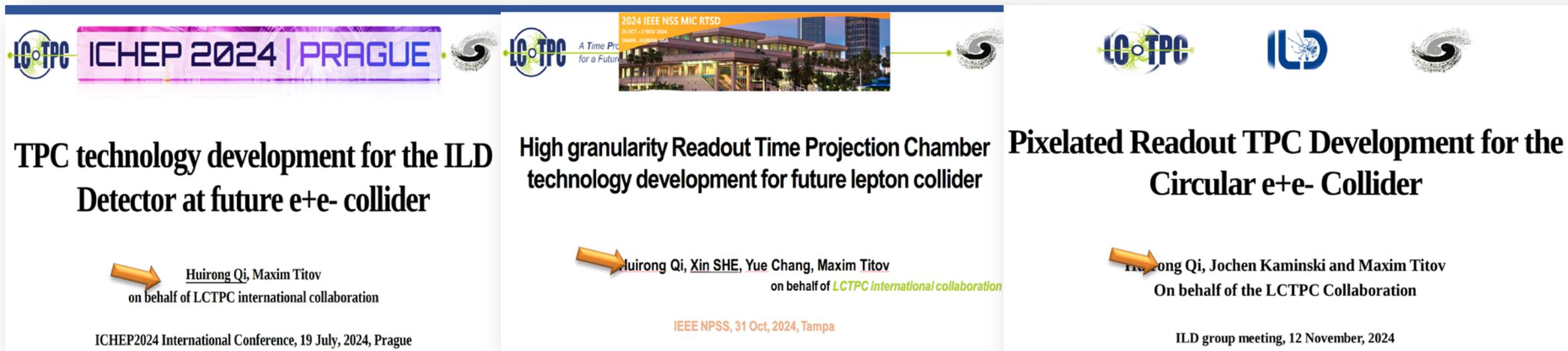


气体吸附和CF4气体发光研究进展

三、国际合作中**发挥重要作用**

- 国际合作承担重要职责（LCTPC：负责TPC探测器本底及像素优化研究方向）
 - 2024年07月，42届高能物理国际会议ICHEP，**代表合作组做口头报告**
 - 2024年10月，第三届欧洲ECFA对撞机国际会议，**代表合作组做口头报告**
 - 2024年10月，IEEE NST国际核技术大会，**代表合作组做口头报告**
 - 2024年11月，ILD国际合作组大会，**代表合作组做口头报告**
- 2024年，**承担CERN DRD1新合作组建制讨论与反馈**（12月将签署MoU）
 - DRD1 执行委员会委员CB，DRD1方面高能物理研究所负责人

不懈努力研究成果
和技术能力获国际
合作组专家认可



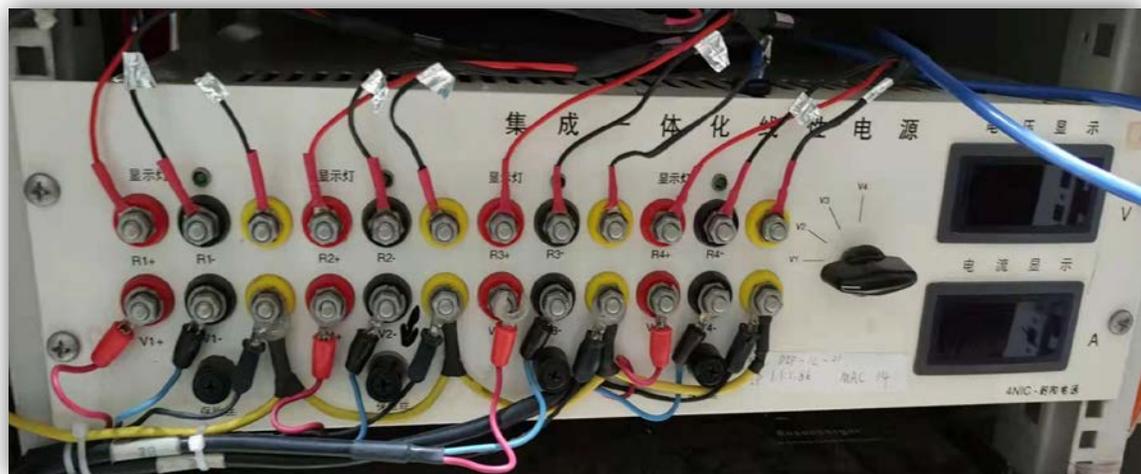
2024年国际交流中代表合作组口头报告

四、大科学装置: 北京谱仪BESIII —— 解决探测器运维关键技术问题

- 北京谱仪探测系统——“缪子气体探测器” (为BES物理提供关键缪子信息)
 - 解决探测器关键技术难点, 保证BESIII物理高质量取数运行**
 - 关键难点: 解决缪子探测器长时间稳定工作的关键问题
实现并确保, 气体探测器的长时间稳定工作
 - 运行负责人On-call: 负责缪子探测器稳定运行、维护及升级探测技术研究
 - 完成2套关键低压供电设备的设计与研制



BEPCH连续7年获院重大科技基础设施运行一等奖



BESIII现有设备



新研制自恢复设备

重要国内、国际会议报告 (2023.10-2024.11)

- 本年度以来，在高能探测技术领域**重要国内、国际会议**，报告高能物理研究所“径迹探测技术”最新研究进展和成果，合作交流技术研究进展
 - 研究工作获得欧洲ECFA、LCTPC、CERN DRD1/MPGD等**重要国际合作组专家认可**
 - 2023.10-2024.11，高能物理领域**重要会议**做13次报告，受到**探测领域专家认可和好评**

	2024年	高能物理领域会议名称	备注(口头报告)
1	2024年11月	ILD Workshop国际研讨会(德国汉堡)	报告人
2	2024年10月	IEEE2024 国际先进核探测及辐射探测器大会(美国Tempa)	1个报告, 1个海报
3	2024年10月	CEPC Workshop国际研讨会(杭州)	气体探测器召集人 共3个报告, 1个海报
4	2024年9月	第三届ECFA对撞机国际会议(汉堡)	报告人
5	2024年9月	2024年MPGD-RD51合作讨论会(合肥)	报告人
6	2024年8月	全国高能物理大会(青岛)	报告人, 共3个报告
7	2024年7月	LCWS workshop国际研讨会(东京)	报告人
8	2024年7月	42 nd ICHEP2024: 第四十二届国际高能物理大会(布拉格)	报告人。共2个报告
9	2024年6月	第二届ECFA DRD1 气体探测器讨论会(CERN)	报告人
10	2024年05月	第三届地下和空间粒子物理与宇宙物理前沿问题研讨会(西昌)	报告人
12	2024年05月	CEPC Workshop国际研讨会(马赛)	报告人
13	2024年01月	IAS HEP高能物理国际会议(香港)	报告人

博士、硕士研究生培养 (2023.10-2024.11)

- 紧抓国际研究热点，把握课题研究方向，负责研究内容，联合指导、培养**博士/硕士5人**
 - **组织每周例会**推动项目进展
 - 博士研究生，余信：本底模拟与实验研究（导师：王建春研究员，祁辉荣**副导师**）
 - 博士研究生，常悦：像素型TPC模拟实验研究（导师：喻纯旭教授，祁辉荣**合作导师**）
 - 直博研究生张锦闲：PID模拟与实验研究（导师：王贻芳研究员，祁辉荣**副导师**）
 - 联培博士研究生文其林：高气压TPC研究，清华大学（导师：刘以农教授，祁辉荣**合作导师**）
 - 联培博士研究生喻丽雯：中微子TPC研究，复旦大学（导师：黄焕中教授，祁辉荣**合作导师**）
 - 培养研究生踊跃参加**最前沿国际交流合作**
 - 2024年10月，余信与常悦竞争到美国 IEEE2024 **国际核技术学术会议交流**
 - 2024年11月，张锦闲竞争到 CERN DRD1 MPGD2024 **国际学校交流名额**（通过率30%）
- 2023-2024年，每年开设“**大学生科创计划**”，为高能所**招收优秀研究生**
 - 2024年，3人参与“大学生科创计划”
 - 2024年郑建波保送高能所(王建春研究员)

其它贡献—公共服务（2023.10-2024.11）

- 研究生论文评审（2024年）
 - 北京大学、清华大学、上海交大、近物所、山东大学、南华大学 均为2024年”博士论文”评审专家
- 国际期刊论文评阅（2023.10-2024.11）
 - NIMA（5篇），英文版核技术（3篇），IEEE Ncl. Tec.（3篇），核探测器技术（6篇）
 - Advances in High Energy Physics（1篇），原子核物理评论（5篇）
- 国内外研究机构技术合作研究（2024年）
 - 完成所领导安排的“科技部重大专项基金申报”工作
 - 与北方夜视，合作“多丝气体电子偏转电极设备研制”（已签订技术研发合同，10万）
 - 与PSI（瑞士保罗谢勒研究所），合作“TPC探测器低物质质量场笼研制”（已计划签订MoU）
 - 与清华大学，合作低气压Micromegas探测器研制（计划签订技术研发合同）
 - 与天津医学科学院放射研究所，合作低出气Micromegas探测器研制（已合作申请面上基金1项）
- CEPC国际研讨会：气体探测器召集人session convener（2024年）
 - Gaseous tracker sessions：法国马赛和杭州CEPC研讨会
- 科普讲座（2024年）
 - 担任中科学院玉泉小学“科技协会辅导员”
 - 2024年为“中科院玉泉小学级部”做科普讲座2次（科学的小种子——美丽的物理）

下一步工作计划

- 契合高能所“一五七”发展战略：重点培育方向之“核探测技术与核电子学研究”继续径迹探测技术研究和拓展应用，履行国际合作职责
- **承担先进探测技术研究任务：环形对撞机CEPC像素型TPC应用研究**
 - 面向CEPC TDR的需求，完成高对撞亮度的味物理、径迹探测做关键技术研究，完成CEPC TDR的撰写和国际评审。
 - 积极参加国际合作研究，在径迹探测领域内，做出高能物理研究所研究的贡献。
- **承担先进探测技术研究任务：新基石中微子TPC探测系统应用研究**
 - 完成低本底中微子TPC探测器的CDR的撰写和方案优化。
 - 完成低本底中子TPC的关键技术实验研究，完成石英Micromegas探测器读出模块研究，实现满足物理需求的TPC探测器系统和调试、取数分析。
- **承担大科学装置研究任务：BESIII径迹探测器运维及应用研究**
 - 履行好中心领导安排的工作，高质量完成BESIII探测器维护、升级改造技术研究。
 - 保持高性能、高效率地稳定运行，拓展缪子探测技术及其应用研究。

**谢谢！
请各位领导指导批评**

考核人：祁辉荣

申实验物理中心·探测器一组