

---

# 粒子物理前沿卓越中心考核报告

## 2016-2017年度

---

董明义

高能物理研究所

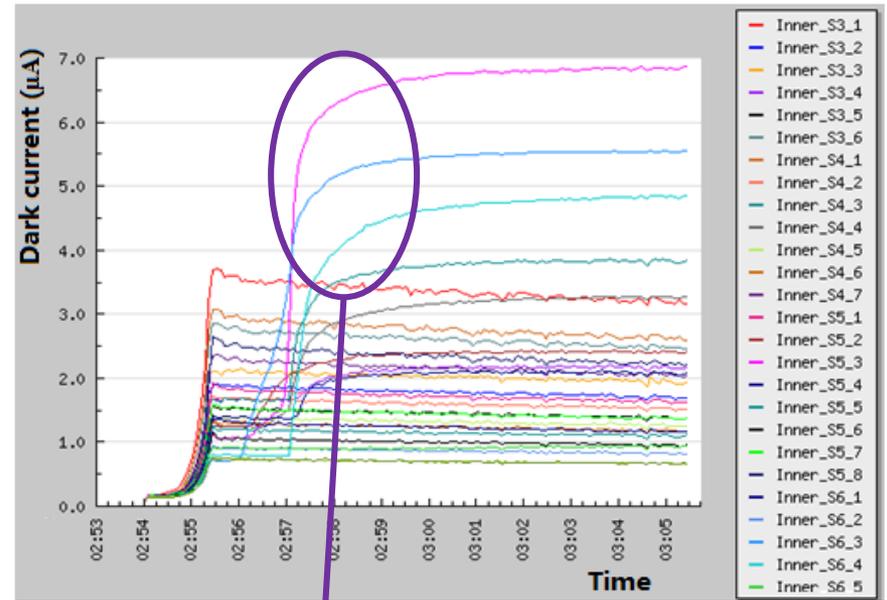
2017年12月2日

# 教育工作经历

- ◆ 1996-2000，兰州大学物理系，获学士学位
- ◆ 2000-2003，兰州大学物理学院，获硕士学位
- ◆ 2005-2008，中科院高能物理研究所，获博士学位
- ◆ 2003-今，高能物理研究所工作，2010年聘为副研究员

# 主要研究任务介绍

- ◆ 作为BESIII的径迹探测器，漂移室测量反应末态带电粒子的径迹、动量， $dE/dx$ ，对BESIII物理研究起关键作用。
- ◆ 由于束流本底问题，漂移室经历了严重的阴极及阳极老化问题。
- ◆ 老化不仅降低了漂移室的性能，更使其面临失效的风险（Malter 放电）。
- ◆ 负责漂移室老化研究及升级研究任务，以应对漂移室失效的风险。



**Malter 放电：**自持续性放电，扩散迅速，导致内室甚至整个漂移室无法工作

通过向工作气体中加入0.2%水蒸气而得到控制

# 研究进展汇报

BESIII 漂移室的老化研究

漂移室升级研究

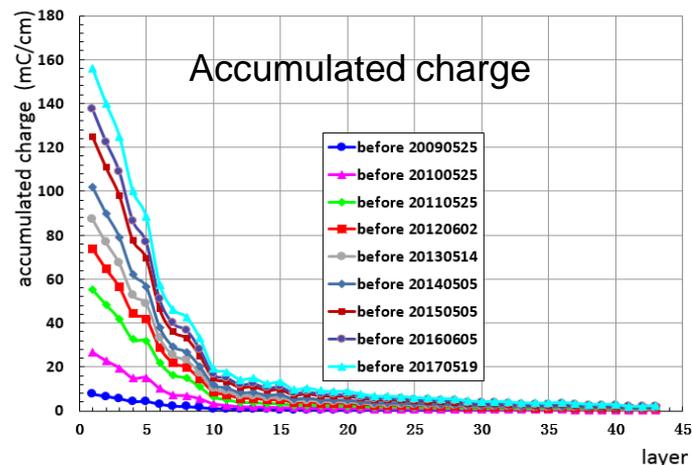
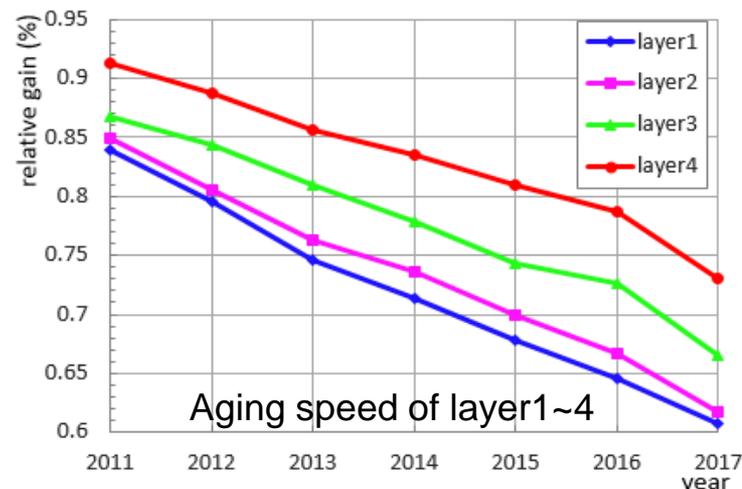
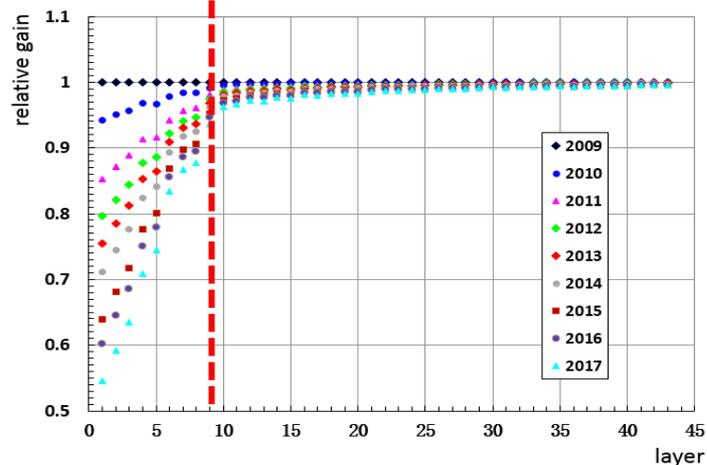
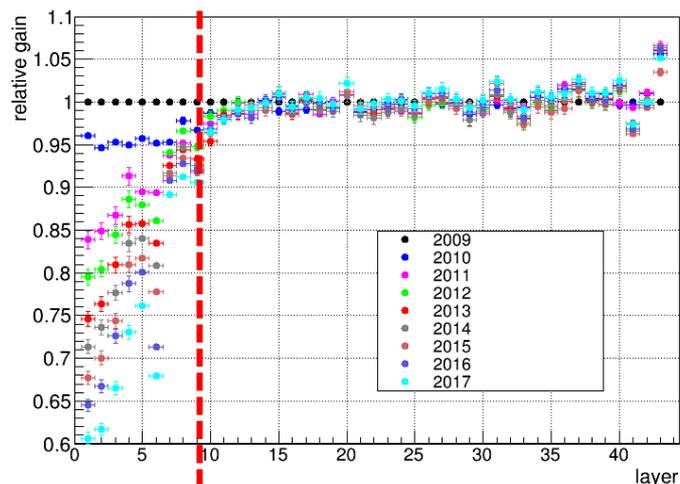
新漂移室内室

**CGEM**内径迹室

**CPS**硅像素探测器模型研制

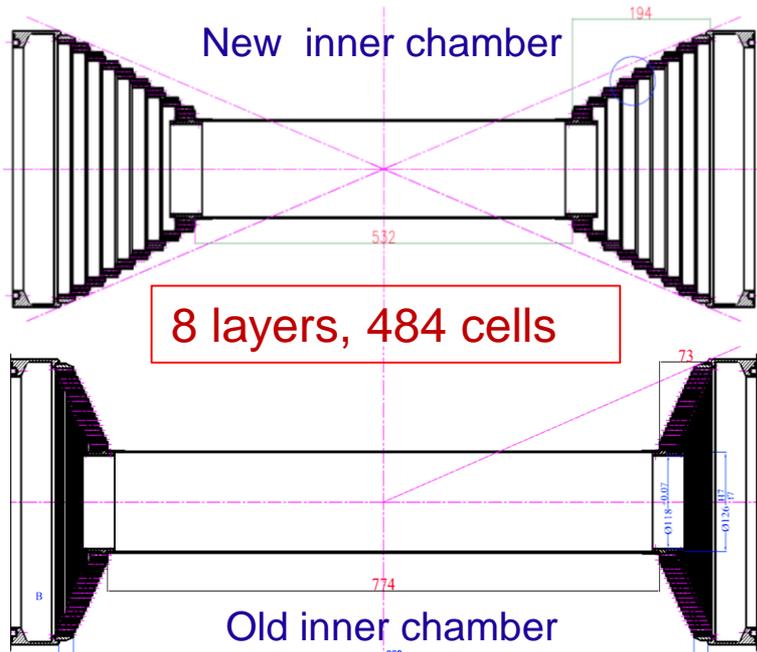
漂移室稳定运行

# BESIII 漂移室老化研究



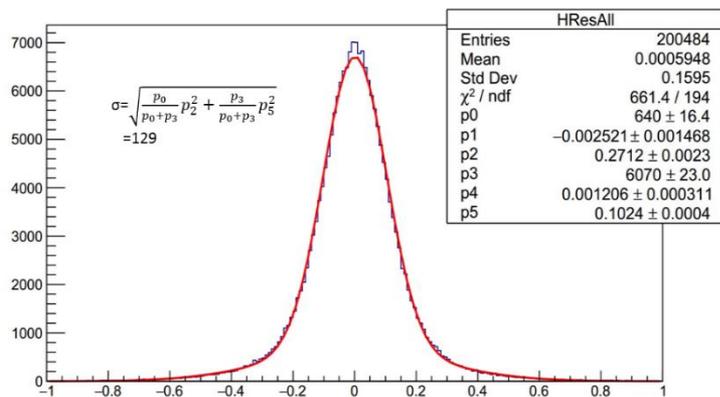
- ◆ 开展漂移室老化研究及监控，每年向BESIII合作组报告漂移室老化情况
  - 前10层增益明显下降，第一层下降39%（速度3%~4%/年）
- ◆ 为漂移室工作高压配置、稳定运行及内室升级提供重要依据

# 漂移室新内室建造

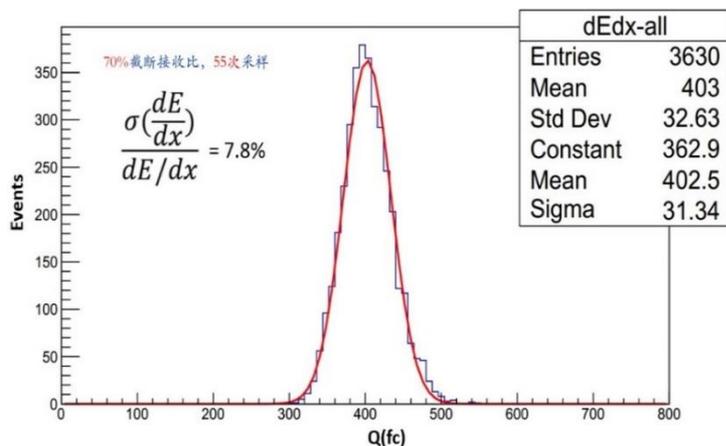


- ◆ 设计研制了一个全新的漂移室内室，作为漂移室的基本保障。
- ◆ 根据漂移室老化研究经验，新内室设计中，提出缩短有效立体角外丝长的台阶型端面板设计，可减小噪声计数，降低丝电流及断丝风险
- ◆ 作为共同负责人，完成新内室室体及新定位子加工、组装、测试，完成新内室建造及宇宙线测试

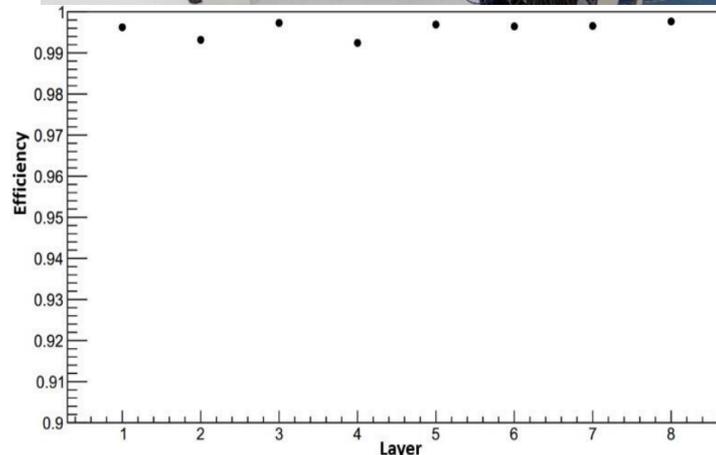
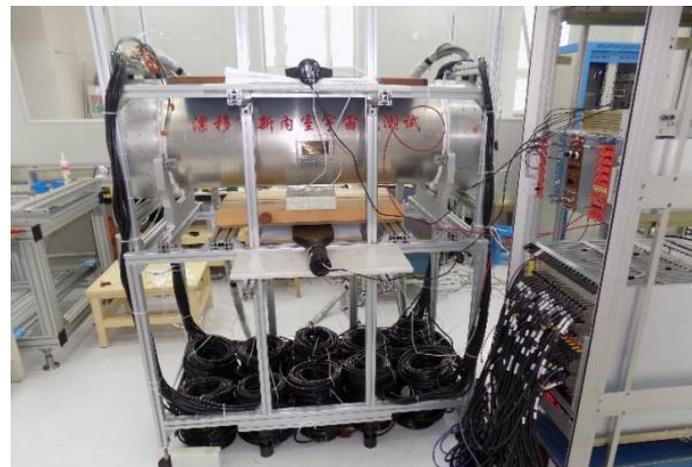
# 新内室宇宙线测试



Spatial resolution: 129 $\mu\text{m}$  (HV = 2200V)



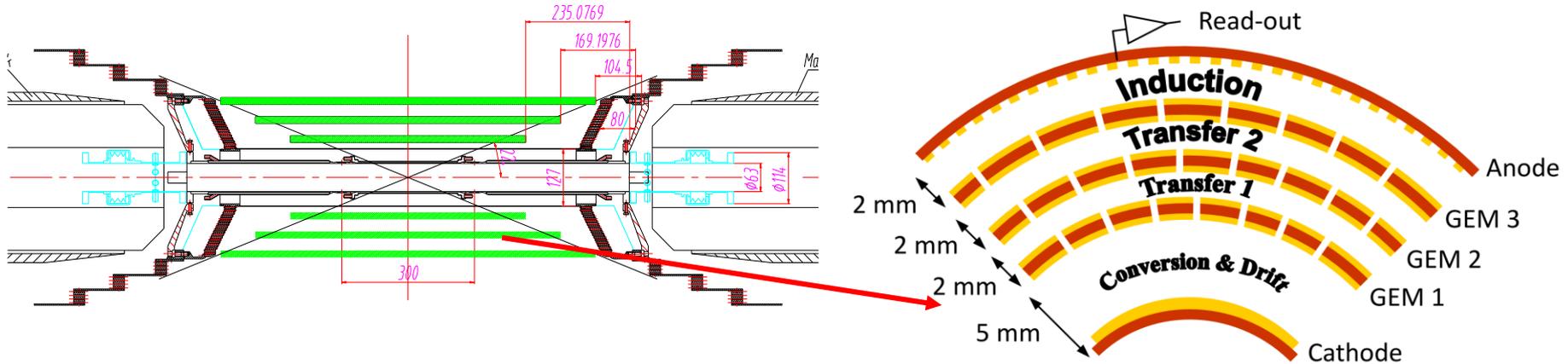
dE/dx resolution: 7.8% (HV = 2200V)



Efficiency: > 99% (HV = 2200V)

- ◆ 宇宙线测试结果表明，新内室性能完全满足BESIII的要求，且由于台阶型端面板设计使斜丝倾角变大，z分辨明显提高
- ◆ 新内室建造工作圆满完成，2016年底通过科学院组织的评审，成为漂移室的重要保障

# CGEM 内径迹室

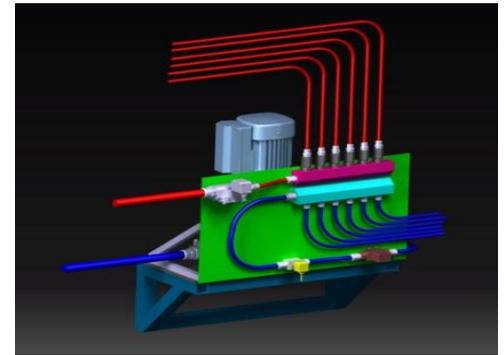
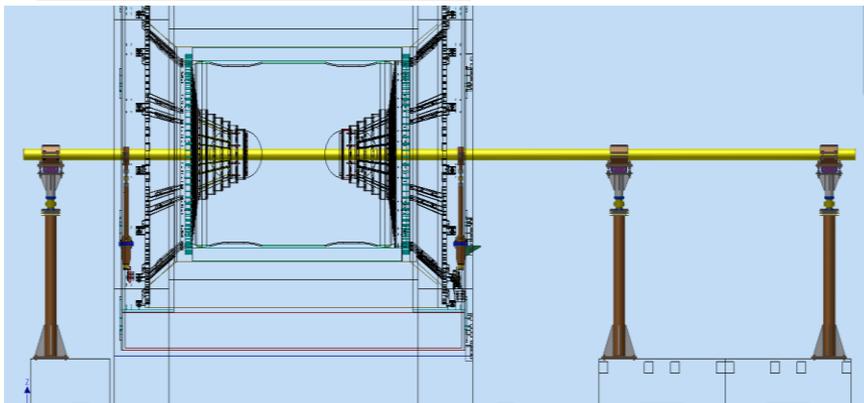
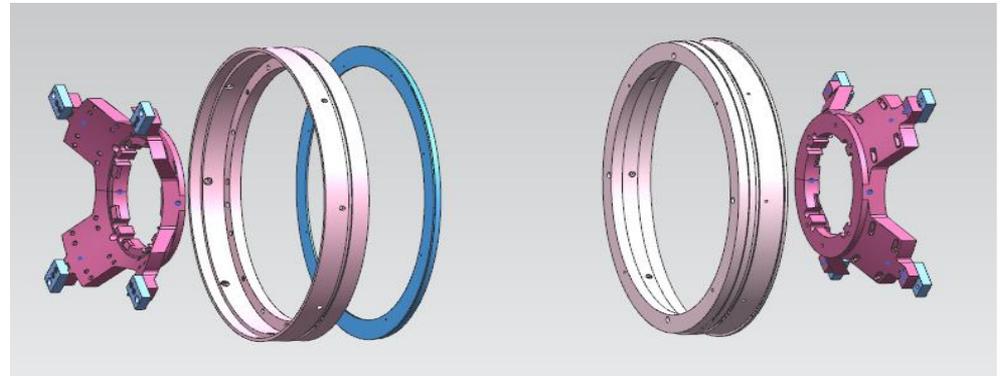
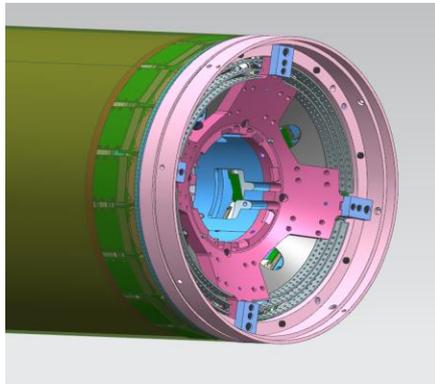


- ◆ 国际合作项目，建造一个包含3层圆筒GEM探测器的内径迹室来替换漂移室内室。
- ◆ CGEM内径迹室具有高计数率能力、抗老化能力强，z向空间分辨显著提高等优点。此项目的开展，为先进气体探测器的主要代表-GEM探测器在BESIII实验上的首次使用。
- ◆ 最先开展探测器模拟研究，及基本结构设计
- ◆ 积极申请科技部中意国际合作项目，促进交流与合作，推动项目进展

# CGEM 内径迹室接口设计

## ◆ 担任Integration and Mechanics coordinator

- 与意大利方密切合作，组织多次技术讨论，完成CGEM-IT接口设计，确定CGEM安装方案、连接、气体、冷却、布线等方案
- 讨论确定内室拆装方案及工装设计
- 低质量碳纤维新内筒设计及安装方案



# 确定内室升级拆卸安装流程

## 拆内室流程及时间安排

1. 东西端搭建 MDC 操作平台：通用运行负责
2. 拆束流管支撑法兰（通用运行负责），拆前放冷却气管，拆外室、台阶及内室屏蔽铝板，拆内室台阶前放板，拆内室信号电缆、高压电缆（为 CGEM 电缆腾出空间），拆内室气管：8 天
3. 恢复大端板屏蔽铝板，1 天
4. 拆台阶部分屏蔽板支架（兼作电缆固定支架），拆内室定位子至前放板间的信号电缆，2 天
5. 恢复台阶部分屏蔽板支架，固定台阶定位子至前放板间的信号电缆，安装保护板，2 天
6. 内室及台阶一、二丝张力检查（台阶待测丝红电缆焊接连接器，拆东西端场丝地线链接）：4 天
7. 清除内室、台阶连接法兰密封胶，螺钉密封胶（西端法兰 1 与法兰 2 之间，东端法兰与台阶 1 之间），5 天？
8. 清除台阶一第 1 层共 300 个定位子环氧胶及 RTV 胶，5 天？
9. 除胶、拆螺钉后丝张力检查，1 天
10. 安装内室拆卸工装及调试（通用运行负责），9 天  
粘接支架固定环，安装支腿，安装长轴（从东向西），安装内室套筒，安装台阶保护支架...
11. 拉出内室以及拉出过程中的台阶 1、2 丝张力监测，形变监测，拆除除了支腿和长轴、台阶保护支架外的其余工装部件（通用运行负责），2 天
12. 台阶 1、2 丝张力检查，1 天
13. 安装新内筒（通用运行负责）、西端通过铝环固定在法兰上，东端粘接在台阶 1 上，东西端密封，2 天
14. 室体充工作气体检漏，置换；恢复地线，拆除张力监测，安装台阶前放，4 天
15. MDC 电子学刻度（MDC 高压 training，宇宙线测试？），4 天  
共 50 天

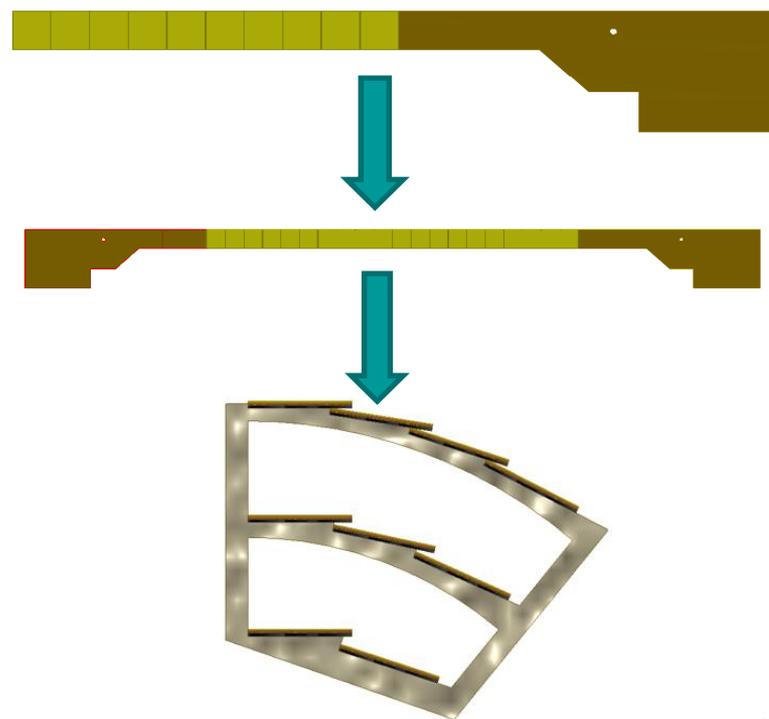
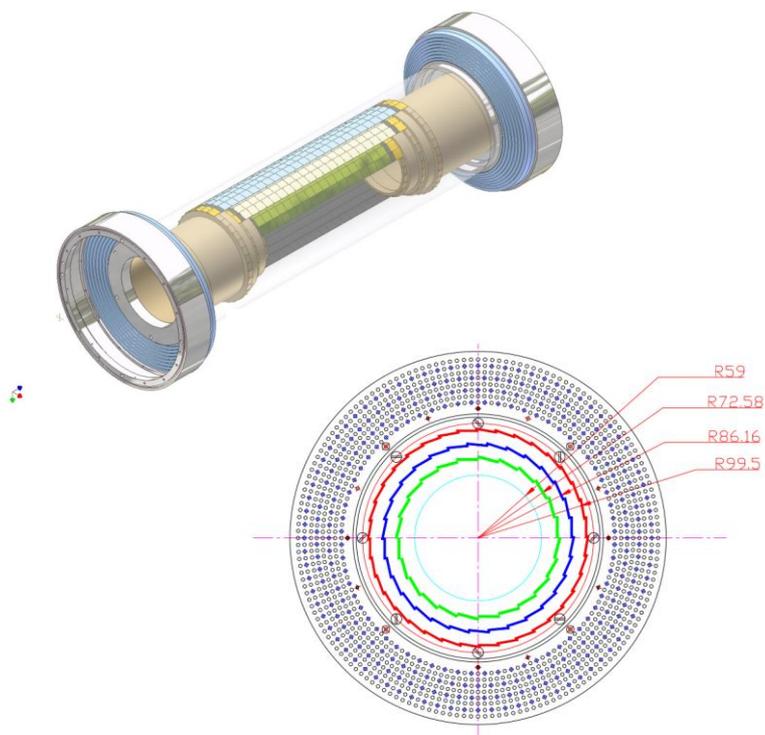
## 装 CGEM 流程及时间安排

16. 安装 CGEM 工装（通用运行负责），2 天
17. 安装 CGEM（通用运行负责），4 天  
从东端推进 CGEM+ support flanges + new east flange  
脱 2 开东端 support flange 与 CGEM 的连接，稍微拉出间隙，固定 new east flange  
固定 support flange，校准并固定 CGEM
18. 拆除 CGEM 安装工装（通用运行负责），（长轴、支腿、等），2 天
19. 安装 CGEM front end boards，连接 CGEM on detector boards 到 front end boards 电缆，2 天
20. 再次拆大端板屏蔽铝板，铺设从 front end boards 到 GEMROC 电缆（GEMROC 已经就位），4 天
21. 连接 CGEM 气管，冷却水管（从 ECAL 的冷却水管上安装 CGEM 冷却旁路，安装 CGEM 冷却 patch panel、慢控制电缆，并铺设水管至探测器），2 天
22. 通工作气体检漏、置换，1 天
23. 通水、检漏，1 天
24. 电子学检查（加探测器高压？），5 天
25. 安装 MDC 台阶，外端板屏蔽罩，安装 MDC 冷却气管，1 天
26. MDC 与 CGEM 高压 training，MDC 宇宙线测试，3 天  
27 天

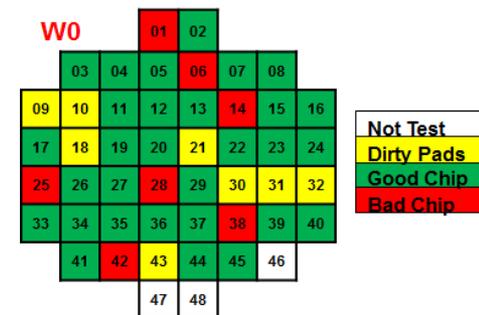
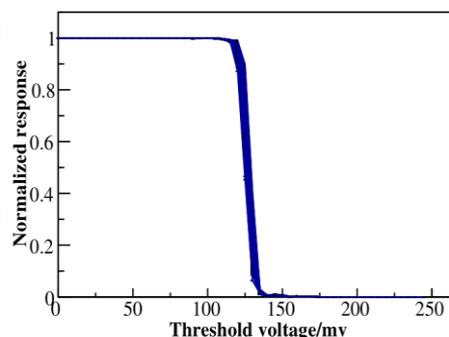
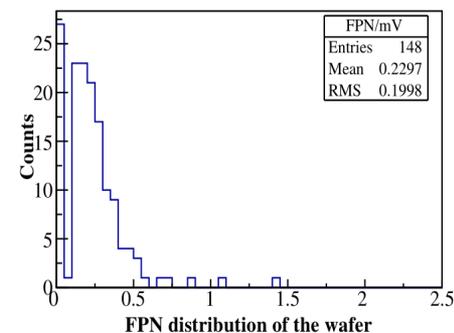
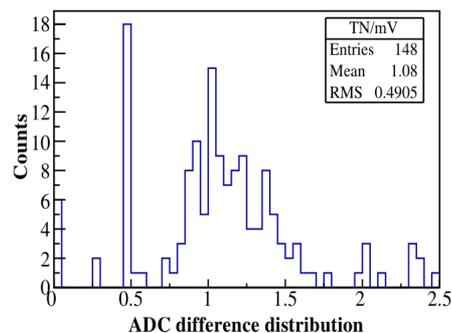
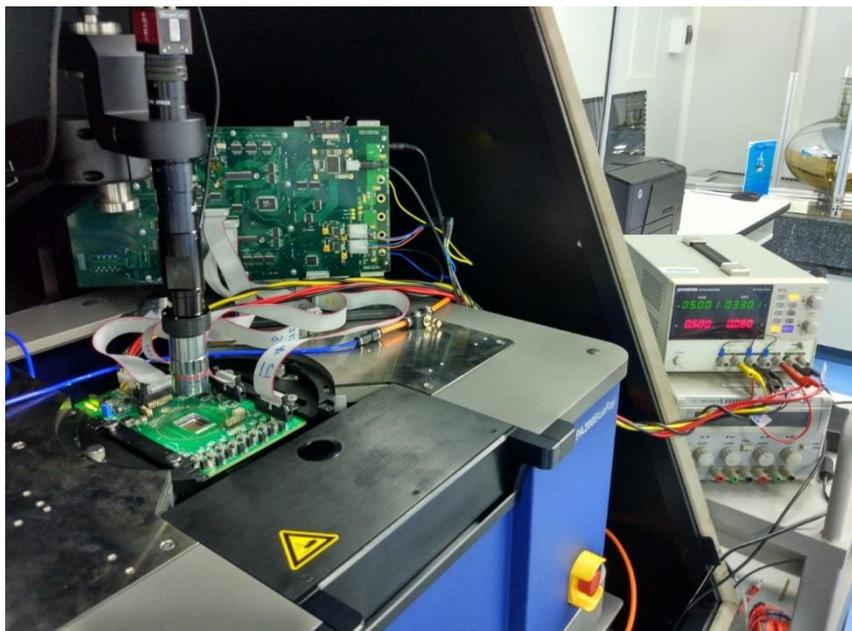
- ◆ 确定内室拆卸及 CGEM 安装流程细节及时间估计
- ◆ 技术讨论、workshop、及与意大利方良好的合作推进 CGEM 项目顺利进行，确保内室升级安全可靠

# CPS硅像素探测器模型研制

- ◆ 负责漂移室升级新技术预研工作，在国内首次开展硅像素内径迹探测器的研究，挑战国际探测器最前沿技术
- ◆ 研制1/10漂移室内室规模的硅像素探测器模型：包含3层，共18个探测模块
- ◆ 通过硅像素内径迹室探测器的研究探索，掌握关键技术及方法，为BESIII和CEPC积累经验和技術



# 芯片探针台测试



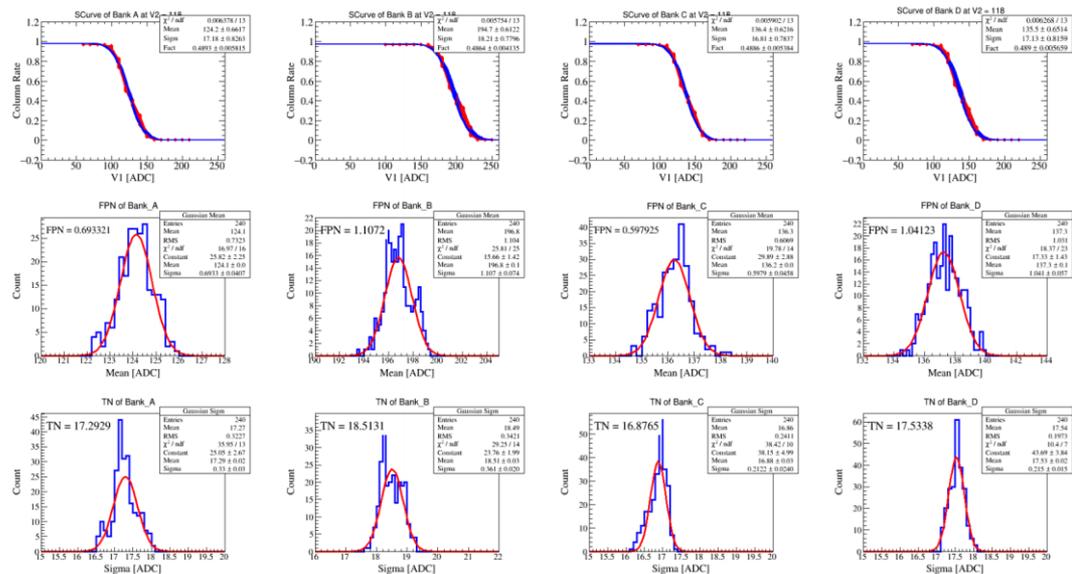
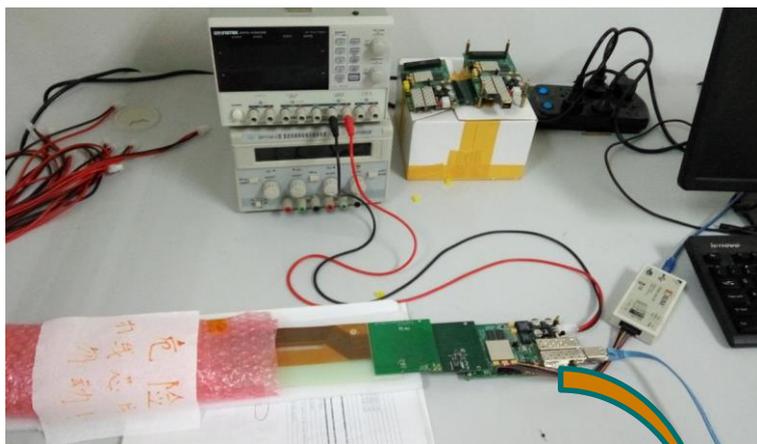
- 裸片性能测试为硅像素探测器研制中的关键步骤
- 搭建芯片探针台测试系统以实现芯片的功能检查及初步性能测试
  - pin-pad 接触, 功耗, 数据检查, 芯片clamp 电压及阈值扫描
- 完成200多片芯片的探针台测试, 得到芯片噪声水平及良品率

# 探测模块研制

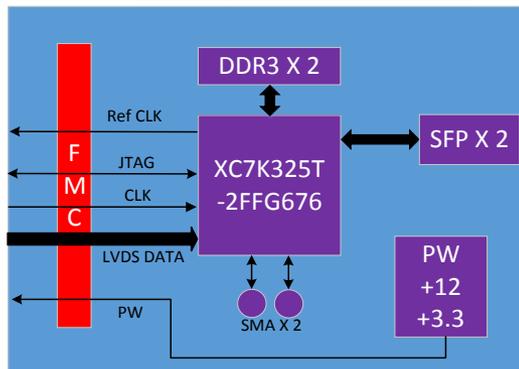


- ◆ 为减小多次散射，确保测量精度，内径迹室要求探测器必须具备极低物质量、极小形变、芯片准确定位精度。据此要求，完成探测器基本结构和功能模块-ladder的设计及优化，每个模块主要包含10片减薄到 $50\mu\text{m}$ 的硅像素芯片， $130\mu\text{m}$ 厚的kapton柔性电缆及高强度低物质量碳纤维复合支撑结构
- ◆ 成功研制出高精度ladder研制组装平台，开展探测模块研制工艺探索，及设计优化
- ◆ 成功实现了低物质量（ $0.37\% X_0$ ）、高芯片位置精度（ $<10\mu\text{m}$ ）探测模块的研制

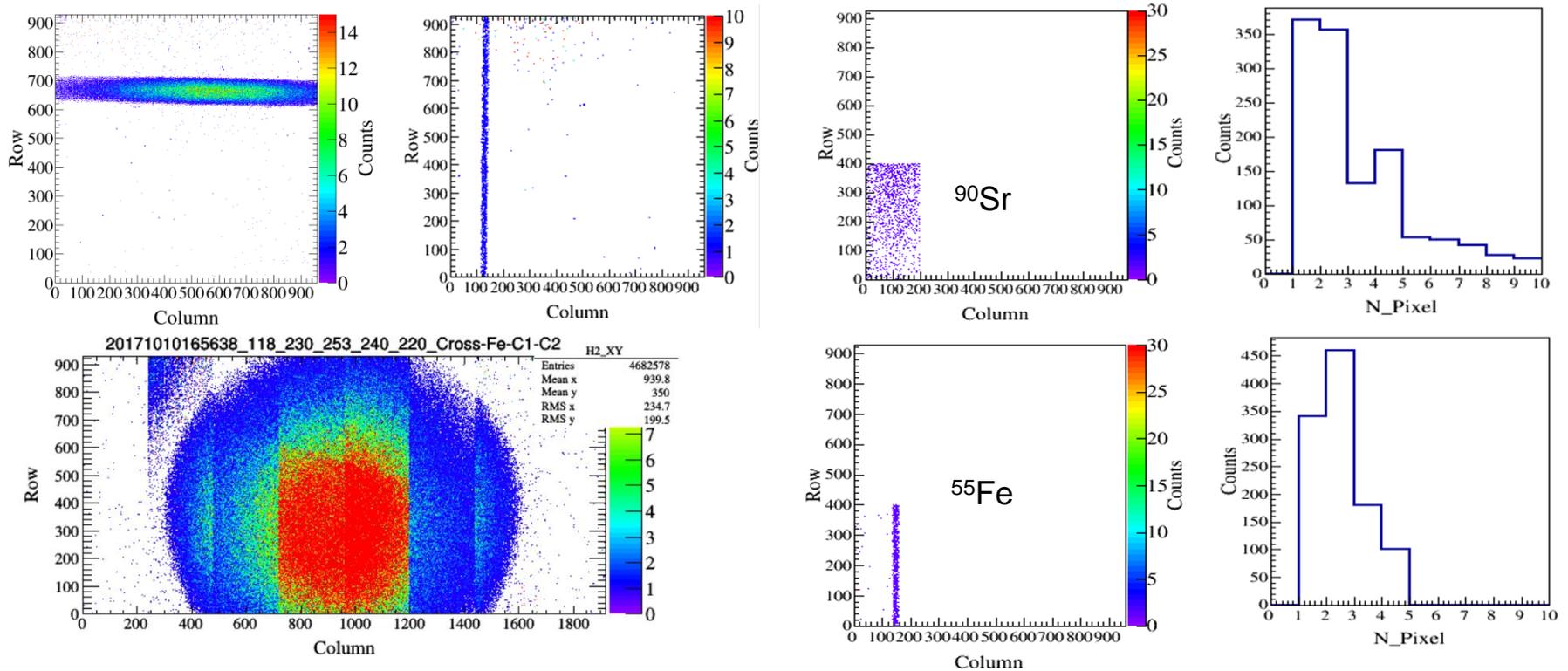
# Ladder测试



- ◆ 完成测试平台
- ◆ 完成ladder与电子学读出系统的调试
- ◆ 进行阈值扫描，检查像素响应情况并确定芯片的噪声水平和阈值
- ◆ PFN~1mV, TN~17mV, ENC~ 15e, Threshold ~(3-4) $\sigma$



# Ladder性能测试



## ◆ Ladder性能测试研究

➢ 用放射源开展芯片响应、温度对噪声的影响、芯片间串扰研究

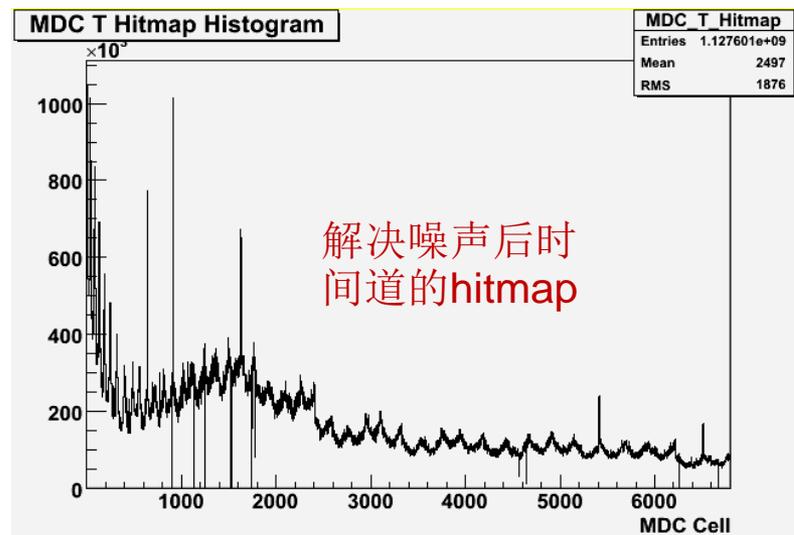
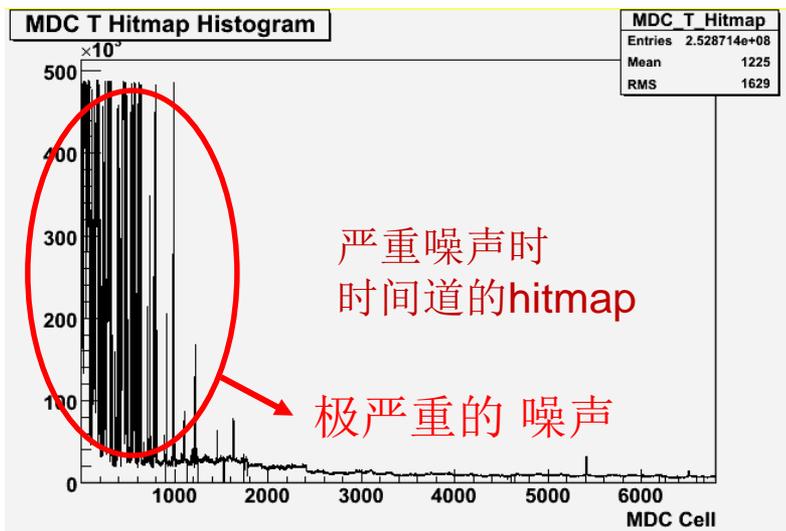
## ◆ 开展芯片hit重建算法研究

➢ 电子热扩散收集，不同像素间的charge sharing，数字读出，无种子信号

◆ 测试结果表明ladder工作正常，参数满足要求，标志着ladder研制的成功，下一步将进行束流测试

# 负责漂移室稳定运行

- ◆ 电子学噪声和束流本底问题是BESIII漂移室运行中非常棘手的问题，通过实验研究解决漂移室运行中严重的噪声问题，有效降低了本底水平，确保漂移室的性能，保障了取数质量。
  - 解决电子束流相关的内室时间道噪声问题
  - 解决束流无关的整个MDC T Q噪声问题
- ◆ 及时高效地处理了漂移室运行中出现的各种问题，保证其稳定高性能运行。
  - 处理高压、气体monitor等问题
  - 解决漂移室加水系统故障，确保温度恒定及气体比份稳定



# 其他工作

- ◆ 研究生培养
  - 在读：硕士生一名、一名博士生、一名博士后
  - 去年毕业硕士生一名，博士生一名
  - 今年毕业硕士生1名
- ◆ 公共服务
  - 负责**BESIII** 运行每周（或两周）的值班培训。
  - 接待多次**BESIII**及国家重点实验室参观活动，积极进行相关宣传工作

# 发表论文列表

## ◆ 第一或通讯作者文章

- **DONG Ming-yi** et al., Aging effect in the BESIII drift chamber, Chinese Physics C,40(1): 016001(2016)
- X.D. Ju, **M.Y. Dong** et al., Two-dimensional imaging triple-GEM detector with resistive anode readout, 2017, Jnst.12(10): P10008
- Xu-Dong Ju, **Ming-Yi Dong** et al., Design and optimization of resistive anode for a two-dimensional imaging GEM detector, Chinese Physics C,40(8): 086004(2016)
- 鞠旭东, 董明义等, 基于阻性阳极读出方法的气体电子倍增器二维成像性能, 物理学报, 2017, 66(7): 072902
- 赵逸琛, 董明义等, GEM探测器公共触发信号的优化研究, 核电子学与探测技术, 2016, 36(6): 565
- 周传兴, 董明义, 鞠旭东, 董静, 欧阳群. BESIII主漂移室内室升级MAPS芯片探针台测试系统设计, 核电子学与探测技术, 2017,37(3):225

## ◆ 其它文章

- Construction and cosmic-ray test of the new inner drift chamber for BESIII, Chinese Physics C Vol.40, No.9 (2016) 096003
- A cylindrical GEM detector with analog readout for the BESIII experiment, NIMA 824 (2016): 515-517

# 课题情况

## ◆ 在研课题：

- 主持面上基金一项
- 主持国家重点实验室研究课题一项
- 负责基金委重点项目子课题一项
- 参加科技部十三五重点研发计划一项

# 下一步工作计划

- **CPS**硅像素探测技术研究，完成探测器模型的建造，及束流测试，掌握硅像素探测器研制的关键技术
- **CGEM**探测器宇宙线测试，安装准备
- 漂移室内室升级准备及更换
- 确保漂移室的稳定运行

**谢 谢！**