

# 2024考核报告

## 衡月昆

探测器三组组长

实验物理中心

2024. 01—2024. 11

- **行政组情况**
  - 人员情况
  - 任务完成情况
  - 文章、专利与经费
- **本人科研情况**
  - **JUNO**中心探测器建设
  - 大尺寸**LGAD**的研究
  - 文章、会议、专利和经费情况
- **问题和计划**

# 人员队伍（探测器三组）



职工  
8



衡月昆  
组长 研究员



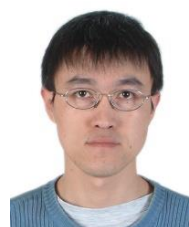
刘术林  
研究员



钱森  
研究员



罗小兰  
正高级实验师



吴智  
高级工程师



闫保军  
副研究员



杨晓宇  
高级工程师



徐美杭  
高级工程师

博士后  
4



马丽双



张斌婷



胡鹏



付颖

劳务派遣：2人  
返聘：2人（明年无）  
研究生：约10人

陈灵玥

汪鑫

夏守腾

屈子皓

周佳莹

# 探测器科研任务

## JUNO

- 中心探测器
  - 总体
  - 灌装系统
- 20光电倍增管
  - MCP-PMT 研发
  - MCP、ALD测试
- PMT防水与组装

## BES/CEPC

- TOF运行维护
- 气体运行维护
- 高时间分辨探测
  - 闪烁体
  - 半导体
  - 气体MRPC
- 闪烁玻璃强子量能器

## 拓展研究

- 应力测试仪器
- 宇宙线成像
- FPMT
- 新型微通道板
- 电子倍增器
- 二次电子发射系数
- 原子层沉积ALD

## 探测器基础

- 光电探测
- PMT及器件研发
- 闪烁探测器（液闪、塑闪、闪烁玻璃等）
- 高精度时间探测

# 本组任务完成情况 (1)

## • JUNO PMT Potting和Integration

(Potting的L3负责人)

徐美杭

- 新potting PMT 353只用于JUNO池壁  
大气中微子研究
- PMT模块组装



图、PMT检查与potting

## • BESIII TOF运行维护

吴智 徐美杭

- 桶部 (塑闪+PMT) 已经16年, ~72ps  
端盖 (MRPC): 已经9年, ~55 ps
- 配合CGEM安装

## • BESIII漂移室、Muon和端部TOF等系统的气体保障

罗小兰

- 气体运行、系统升级等
- CGEM气体换气系统

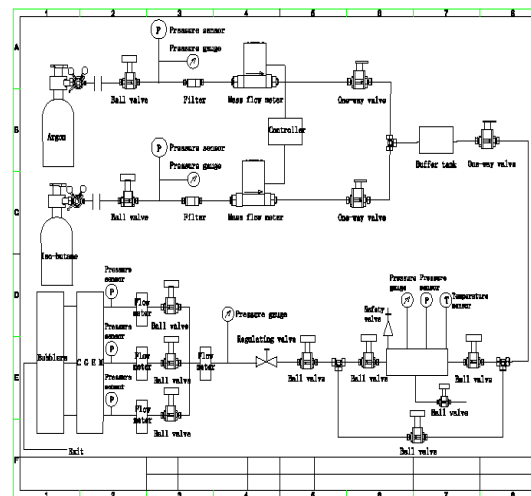
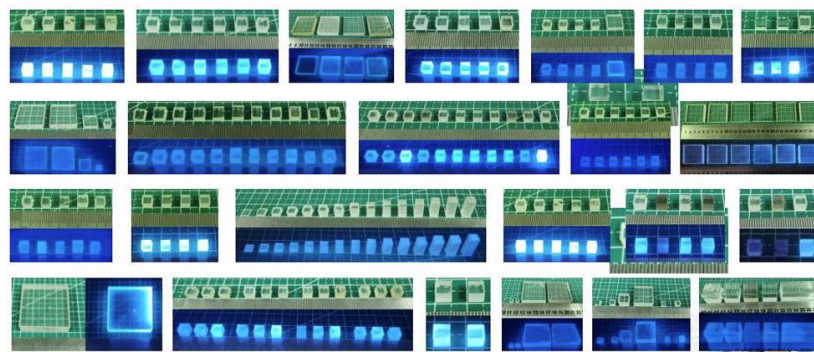
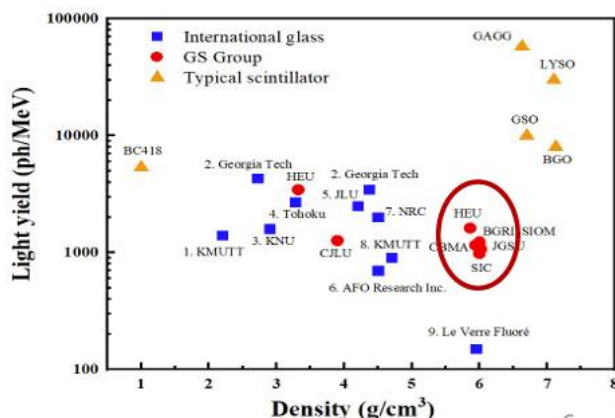
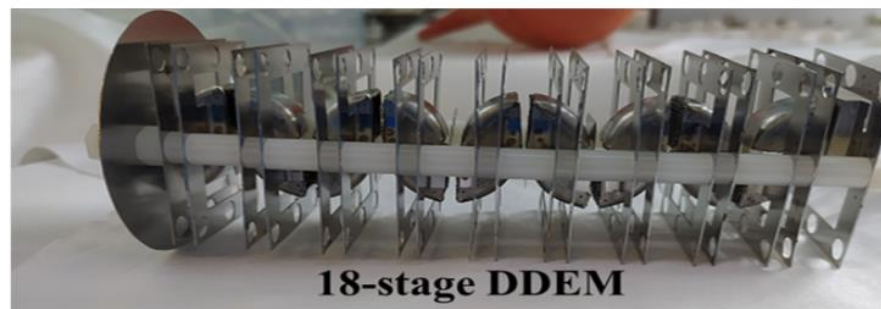


图 CGEM气体换气系统

- 优化玻璃配方和采用光学玻璃熔炼工艺，研制出的通道电子倍增器达到国外同行水平
- 研制出二维成像电子倍增器
- 研制成功基于ALD技术的分离式打拿极电子倍增器
- 闪烁玻璃研究组
  - 6 g/cm<sup>3</sup> & 1000 ph/MeV & ~100 ns





## • 文章:

- The Design and Technology Development of the JUNO Central Detector, JUNO collaboration, pub-committee, Xiaoyan Ma, Yuekun Heng, et al., EPJ Plus accepted
- Research on the optical properties and effect of the transparent epoxy for the JUNO Central Detector, Xiaoyu Yang, Yuekun Heng, et al., NIM A (2024), 1064
- The novel equipment for measuring internal stress in acrylic, JINST (2024) 19
- The properties of LGAD with different sensitive areas, Jiaying Zhou, Mengzhao Li, Yuekun Heng, NIM A 共同通讯作者
- Simulating the secondary electron avalanche of MCP by Geant4, Huaxing Peng, Baojun Yan, et al., NIM A 1062 (2024) 169163
- Preliminary optimization study on the PFA-based GSHCAL for the CEPC, P. Hu, S. Qian, et al. JINST 19 (2024) 06, T06008
- Proton and muon beam tests for ultra-fast MCP-PMT detectors, Qi Wu, Peng Hu, et al., NIM.A 1064 (2024) 169373
- An evaluation method for nuclear radiation detection performance of glass scintillator, Zhehao Hua, Sen Qian, et al. RTDM 8 (2024) 2, 1107-1119

## • 专利

- 一种透明样件透光率及内应力联合检测装置, 发明专利, 杨晓宇;衡月昆 等, 已授权, ZL 2023 2 2136388.5

## • 经费

- JUNO中心探测器, 衡月昆, 2.3 亿元
- 应力测量设备成果转化, 济南研究部, 杨晓宇/衡月昆, 100万
- 紫外光电子谱分析仪研制与应用, 刘术林, 390万
- 电子倍增器研制, 15万
- 适用于化生离子阱质谱仪的电子倍增器加工, 刘术林, 19万
- 新型大动态范围分离式打拿极电子倍增器研究, 面上, 闫保军, 53万
- 二次电子倍增器综合技术指标测试, 闫保军, 53万
- 基于原子层沉积技术的新型叠层二次电子发射薄膜研制, 闫保军, 15万

- 行政组管理
  - 人员情况
  - 任务完成情况
  - 文章、专利与经费
- 本人科研情况
  - **JUNO中心探测器建设**
  - **大尺寸LGAD的研究**
  - 文章、会议、专利和经费情况
- 问题和计划



# JUNO中心探测器建设（1）



- **JUNO副经理、中心探测器负责人：85%**

- 现场负责人和现场工作

- 2024.1-2024.2, LIM, 现场负责人；

- 收关阶段：紧张繁忙；大量出差

- **有机玻璃球：**

- 安装和最后检查处理完成

- 提出雾化降尘方案：多轮测试、非常成功，运行仅一天把空气洁净度从万级优化到百级

- 3D清洁已经开始

CD合作单位：探三组、机械组、中山大学、东莞理工等



# 有机玻璃球通过质量评审



## 中国科学院战略性先导科技专项江门中微子实验 有机玻璃球建造质量评审会专家意见

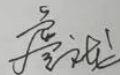
2024年11月19日在广东江门，中国科学院重大科技任务局会同科技基础能力局组织了江门中微子实验（JUNO）有机玻璃球建造质量评审会。会议成立了专家组（名单附后）。

江门中微子实验专项旨在建造一个能量分辨率好于3%的高精度中微子探测器，在长达约30年的运行时段内，完成对中微子质量顺序、振荡参数等物理量的精确测量。该专项的有机玻璃球内径35.4米，板材厚度12厘米，由263块烘烤球面板和上下烟囱粘接而成，有机玻璃净重约600吨，是世界最大的单体有机玻璃球。

专家组实地查看了探测器建造情况，听取了《JUNO有机玻璃球总体介绍》、《JUNO有机玻璃球现场安装》、《JUNO有机玻璃球寿命及风险评估》的汇报，查阅了档案资料，经过充分的质询、讨论，形成意见如下：

- 1、提供的资料齐全，满足项目评审要求。
- 2、建造质量分析报告和结构计算书的数据可靠，分析结果正确。
- 3、建造过程中的粘接缝缺陷解决方案和措施有效。
- 4、有机玻璃球建造质量满足设计要求。

专家组一致认为可以进行下一步液体灌装工作。

评审专家组组长：

2024年11月19日

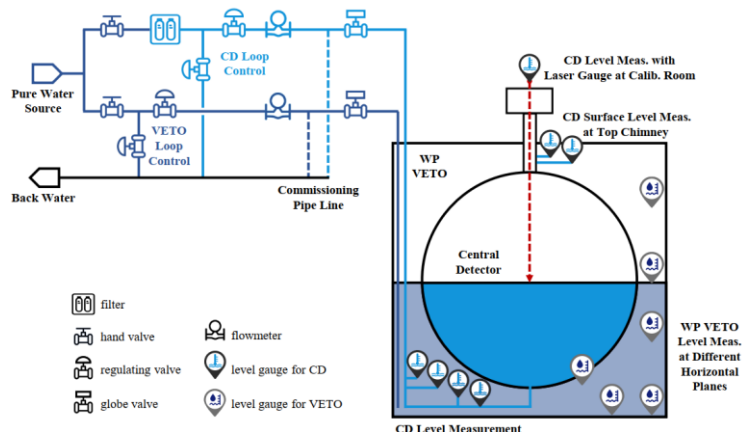
有机玻璃球建造质量满足设计要求  
专家组一致认为可以进行下一步液体灌装工作  
詹文龙



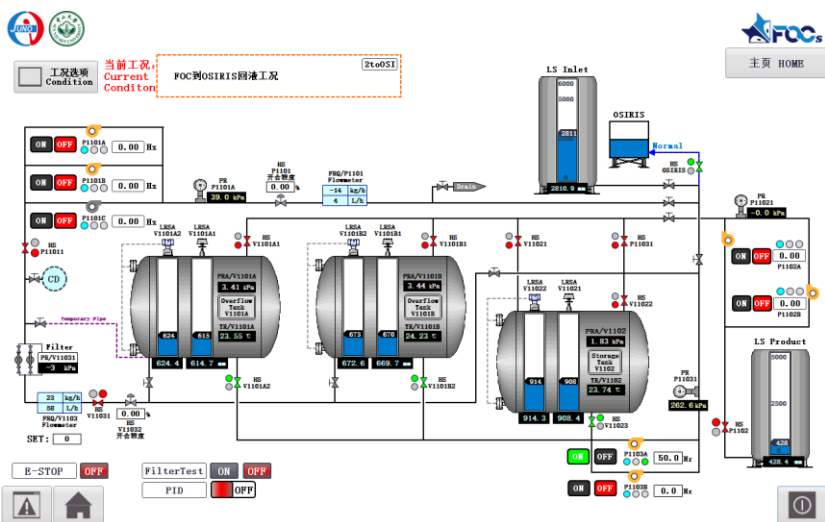
# JUNO中心探测器建设 (2)

## • 灌装、循环、溢流系统

- 今年两轮液闪联合调试，放射性本底测量优于ICP-MS检测限
- 纯水灌装调试完成，等待灌装
- 上下烟囱完成预拼装，SF<sub>6</sub>检漏好于检出限



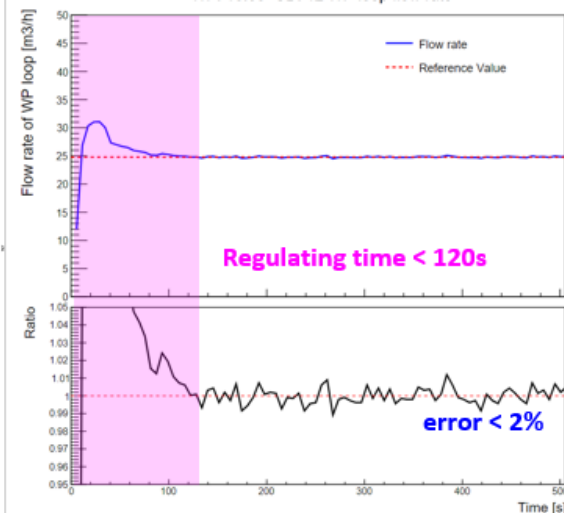
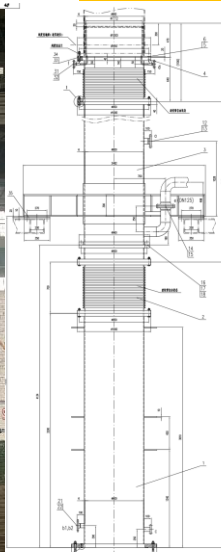
### 水灌装控制系统调试



灌装溢流循环系统完成液闪联调



上烟囱预安装与检漏



灌水控制调试完成

# JUNO中心探测器建设 (3)

- **不锈钢主结构全部完成**
  - 9月1日至10月22日，底部4层顺利合拢



不锈钢主结构底部合拢

# 大面积LGAD研究



- **2020、2022提出IDEA（重点基金申请），可用于CEPC等**
  - 方式正方形四角读出
  - 长条形两端读出
- **优缺点**
  - 减少电子学路数、时间互补
  - 电容增大、信号变慢
- **R&D初步结果**
  - APS April Meeting 2024, 口头报告
  - 文章已被NIM A接受

国家自然科学基金申请书

2022版

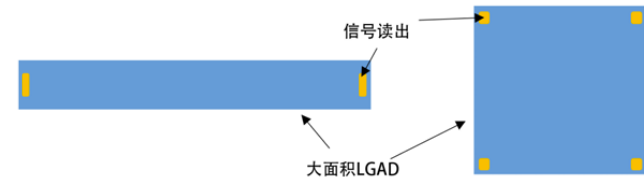
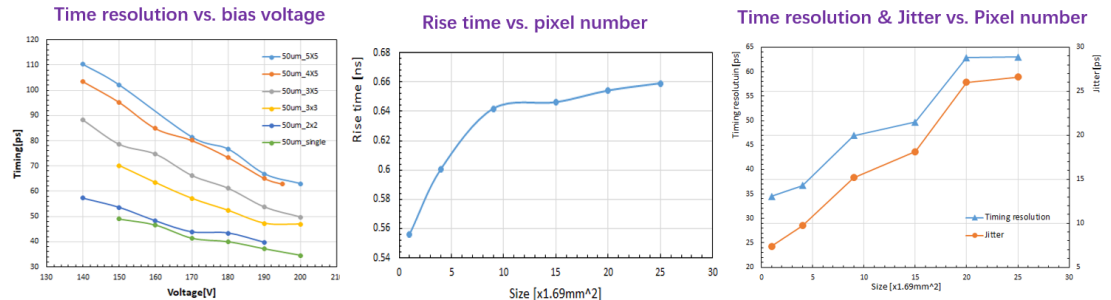
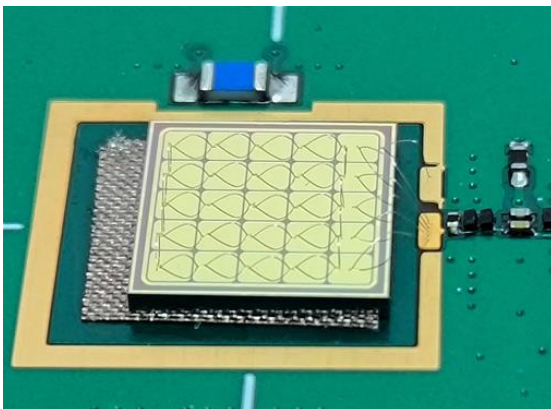


图3 长条状和方形的大面积 LGAD 探测器



- The time resolution improves as the bias voltage increases before the  $V_{BD}$ .
- 1x1 array -> 5x5 arrays, time resolution 34 ps -> 63 ps
- As the area increases, the rise time of the signal increases from 0.554 ns to 0.654 ns.
- As the area increases,  $T_{Rise}$  increases, SNR decreases, jitter terms increase, and time resolution deteriorates.



# 文章、会议、专利、经费



- **CD合作组大文章：The Design and Technology Development of the JUNO Central Detector, 约有40页**

– 主要撰写人之一和共同通讯作者、修改人、投稿人，EPJ plus 已经接受

Reviewer #1: The manuscript under consideration provides a detailed description of the JUNO central detector. It is of great practical value as it summarizes the technical design and construction of the detector, with an emphasis on background mitigation and control. The paper is technically sound and well-written, and I support its publication in EPJPlus with minor comments. Comments are in the attached spreadsheet.

Great practical value

Reviewer #2: The paper describes and discuss at the proper level of details the JUNO detector the possible options that have been envisaged and pursued in the design, construction and commissioning phases covering the final choices. The JUNO detectors is a huge system, made of many sub-systems, the most relevant are discussed.

Impressive technical design of JUNO central detector

Reviewer #3: Congratulations on an impressive technical design of the JUNO central detector. JUNO is a cutting-edge, next-generation precision neutrino oscillation experiment with capability to address important questions in neutrino physics, the neutrino mass ordering being not least among them. The authors did an excellent job providing technical minutiae, while keeping the overall presentation straightforward to follow. The relationship between critical design elements is well communicated.

Excellent job

- **Research on the optical properties and effect of the transparent epoxy for the JUNO Central Detector, Xiaoyu Yang, Yuekun Heng, et al., NIM A (2024), 1064, 通讯作者**
- **The novel equipment for measuring internal stress in acrylic, JINST (2024) 19, 通讯作者**
- **The properties of LGAD with different sensitive areas, Jiaying Zhou, Mengzhao Li, Yuekun Heng, NIM A 共同通讯作者**
- **国际会议口头报告三个：  
APS April meeting 2024, PISA meeting 2024, IEEE NSS 2024**
- **一种透明样件透光率及内应力联合检测装置，发明专利，杨晓宇、衡月昆 等，已授权，专利号：ZL 2023 2 2136388.5**
- **经费：JUNO 即将结束；正在准备“中微子绝对质量测量”的项目**

- **国内学术任职**

- 高能所学术委员会委员
- 高能物理分会委员
- 核电子学和探测技术分会理事
- 核材料分会理事
- 《原子能科学技术》编委

- **国际学术任职**

- 俄罗斯 NICA 探测器咨询委员会委员
- AFAD (亚洲加速器探测器论坛) 探测器中方召集人
- JINST 编委会成员

- **国内学术评审**

- 教育部专家库论文和人才评审
- 科技部专家库项目评审
- 国家科技奖励专家库
- 博士论文邀请评审



# 问题与计划



- **问题：**

- 工程任务重，时间紧，压力大

- **计划**

- 完成**JUNO**纯水灌装和液闪置换

- 继续进行**中微子绝对质量测量**的研究

- 继续寻求项目进行**宇宙线成像**研究

**谢谢大家！**