

2023-2024年度考核报告

机械组：付金煜

2024.11.22

报告内容

- 岗位职责
- 本年度工作情况
- 下年度工作计划

岗位职责

1. BESIII-MDC内室升级:

负责MDC相关机械设计

2. CEPC预研:

负责Vertex和OTK机械设计、ITK前期机械设计

3. ATLAS高时间分辨探测器 (HGTD) :

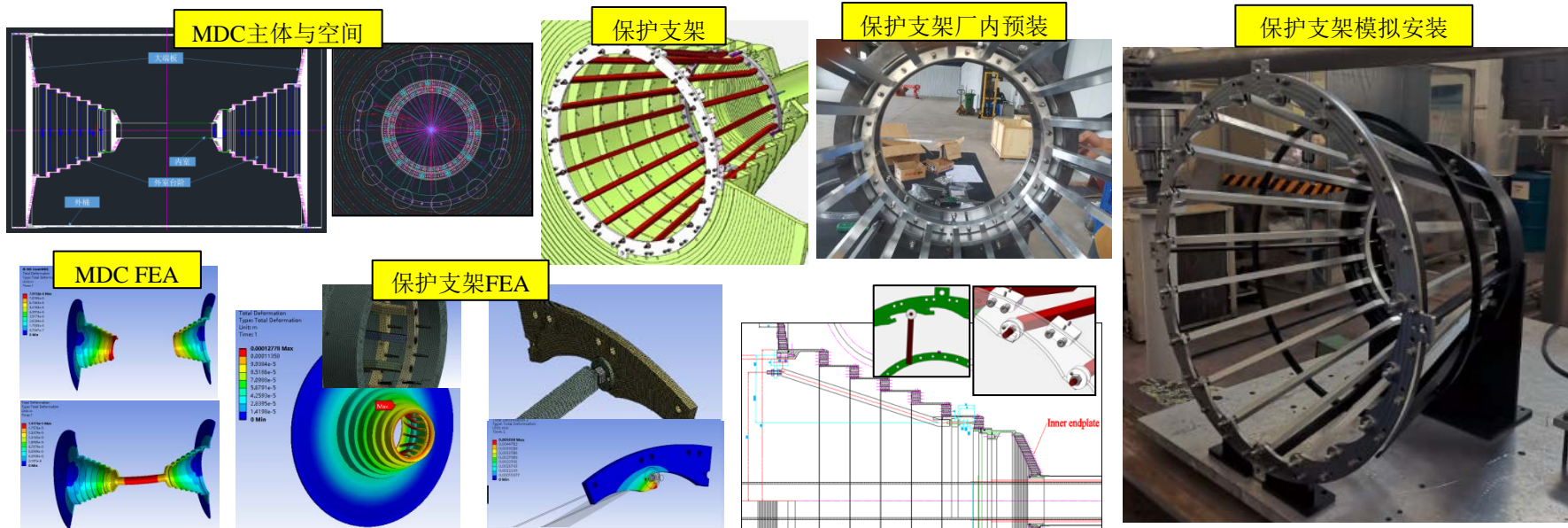
负责探测器模块组装和装载机械设计

任务完成情况 - 1 BESIII-MDC内室升级

BESIII-MDC内室升级:

1. 负责MDC方面机械设计工作。关键目标拆除内室、不影响外室。充分考虑各种操作的可行性与风险，提前做好相应预案、开展实验。主要工作:

- 完成MDC主体结构多状态FEA模拟（计算内室拆卸前后外室变形和外室受力变形情况），为方案设计和施工提供重要参考
- 完成外室保护支架与安装环境工装设计及FEA模拟分析
 - 空间小、仅M3的螺纹孔可用情况下实现稳定锁紧、增强外室刚性
 - 在模拟MDC外室的安装环境试装，检验支架安装精度和操作流程



任务完成情况 - 1 BESIII-MDC内室升级

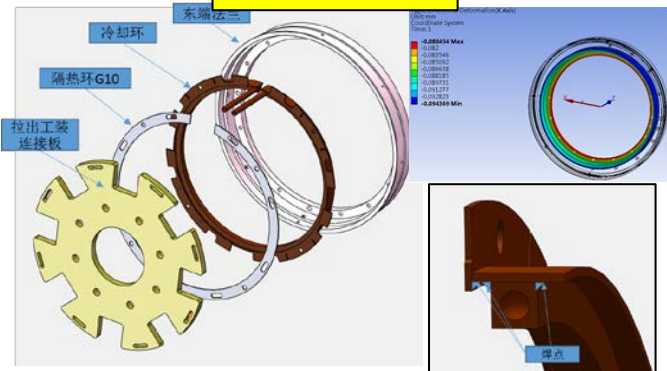
● 完成内室冷却方案设计与实验

➢ MDC内室拆除最大的不确定因素是拉出阻力。提出并设计了内室冷却方案（在短时间内预冷连接法兰，缩小其外径尺寸）以降低阻力。

➢ 开展FEA热分析计算降温20°C下径向收缩明显（0.172mm）。加工后在法兰、实验模型上开展冷却实验，实测（0.16mm）与模拟一致。MDC现场，在内室拉力接近最大值未动情况下，最终借助该冷却结构，成功使内外室分离，为安全拆除内室发挥了重要作用。

● 完成新的内室拆卸工装方案设计与FEA分析

冷却设计与模拟



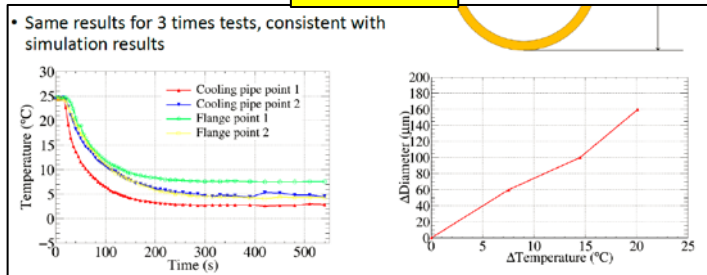
冷却测试-在法兰上



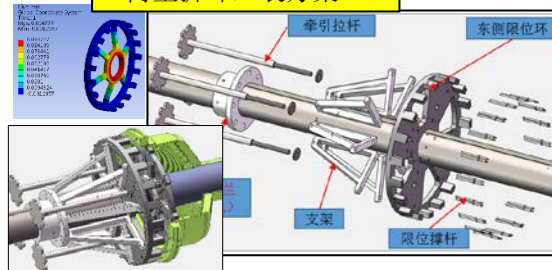
冷却测试-在拆卸模型



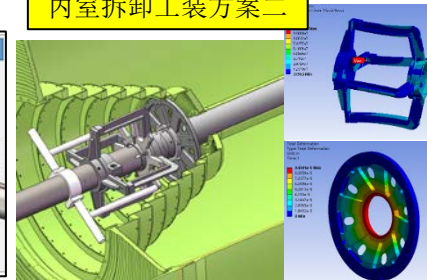
测试结果



内室拆卸工装方案一



内室拆卸工装方案二



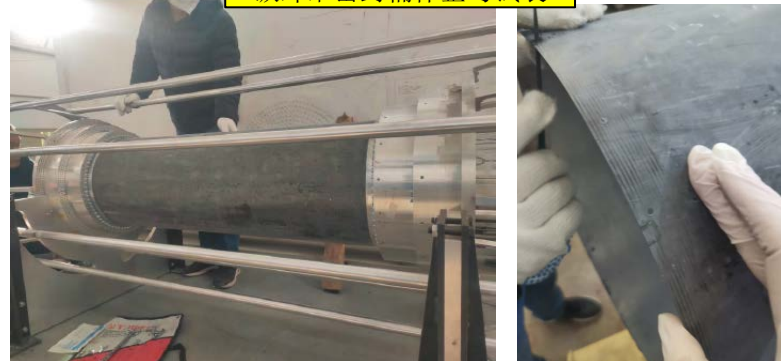
任务完成情况 - 1 BESIII-MDC内室升级

- 完成MDC内室实验模型的更新设计和组装（含密封桶固定件、CGEM固定法兰及接口插件），实现具有全尺寸内室和关键接口的实验平台。
- 完成内室拆卸实验、密封桶试装、CGEM固定法兰及接口插件试装
- 完成新增内层屏蔽与桥架（固定并隔离MDC与CGEM线缆、施工保护三重作用）设计、台阶临时保护支架设计。

更新实验模型组装中



碳纤维密封桶休整与试装



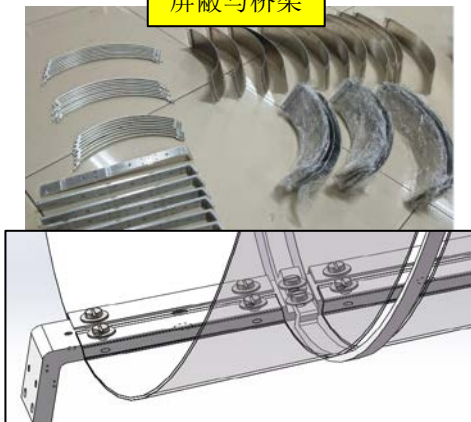
西端法兰接口-螺纹插件及工装



内室端部插件安装
(实验)



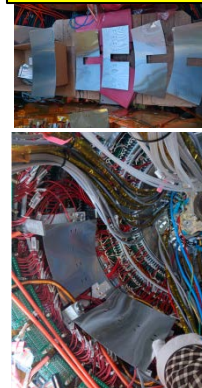
屏蔽与桥架



(CGEM安装前)
西侧屏蔽桥架安装中

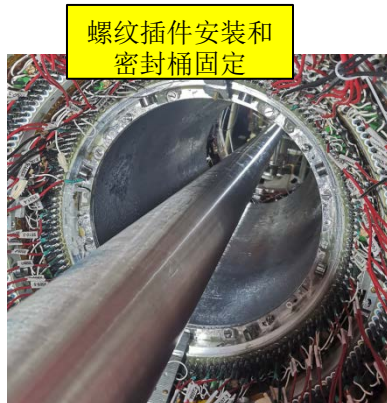


末端台阶屏蔽



任务完成情况 - 1 BESIII-MDC内室升级

- 完成BESIII现场相关施工任务（内室拆卸、密封桶安装、CGEM固定法兰及插件安装、屏蔽和桥架安装等机械相关工作），辅助解决临时（零件修配、修改）问题。



2. CGEM（意方）相关辅助工作：

- ◆ MDC与CEGM机械接口确认与协调
- ◆ CGEM mockup安装实验辅助
- ◆ 协助CEGM组在国内的加工采购（技术沟通、询价、定厂家、进度跟踪）



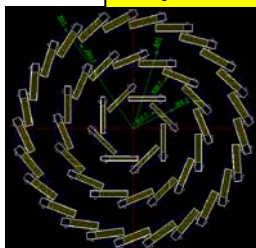
1. CEPC Vertex

根据物理baseline变更，相继开展了两种Vertex方案的机械设计

1) 基于ladder的Vertex方案：

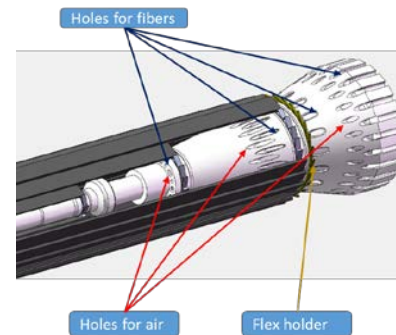
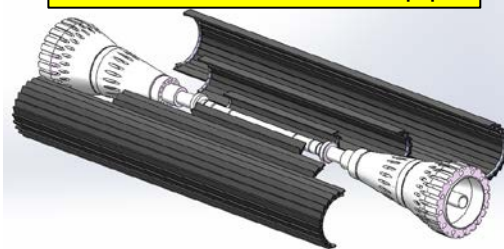
- 完成整体及CFRP复材ladder支撑结构（低质量、高刚度）设计、FEA模拟
- 完成VTX整体风冷模拟分析（最内层无法满足要求）
- 完成传导（借助束流管）为主的冷却方案，解决最内层散热问题
- 完成vertex在beam pipe上的固定、风道和线路引出方案

Layout and ladder deployment



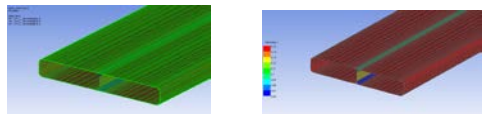
layer	Radius	Material
Layer 1/2	12.5 - 18 mm	~0.5% XO
Layer 3/4	28 - 35mm	~0.5% XO
Layer 5/6 (Ladders)	45 - 53mm	~0.5% XO
Total		~1.5% XO

The VTX fixation on beam pipe

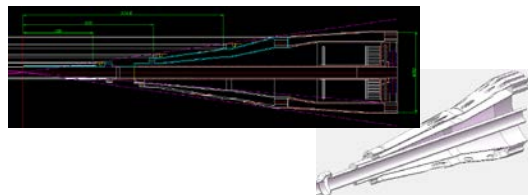


Ladder support FEA

layer	W x H x L mm		def. mm	
	(equivalent)	(Fully loaded)	(Self weight)	
inner	17.4x1.7x260	0.167	0.019	0.006
middle	17.4x2.5x486	0.179	0.084	0.026
outer	17.4x3.2 x749	0.185	0.346	0.107



Def - fully loaded: 0.084mm



Air cooling simulation results

Layer of barrel	Chip coverage (mm)	Number of ladders	Heat generation of barrels(W)	Simulation results the Max temp (Celsius) 50/40 mw/cm ²	
inner	14.8x260	8	27	82	66.6
middle	14.8x494	16	117	34.5	27.8
outer	14.8 x749	25	277	37.2	30.2

Innermost layer cooling analysis

1/8 model
Heat generation 50mw/cm², cooling by only heat conductivity

Sensor: R 11.7 mm, 148 W/m.k, 14.8x260x0.05 mm
Beam pipe (beryllium): R 10.7 mm, 16 °C
Glue: 2 W/m.k, 1.5 x 260 mm

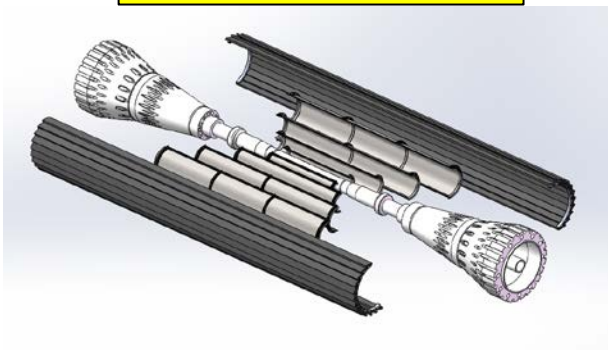
The max temperature of the sensor: ~ 23.6 °C

1. CEPC Vertex

2) New baseline Vertex 方案: ladder + bent MAPS (弯曲芯片)

- 完成vertex机械支撑方案设计
 - 弯曲芯片支撑结构（更低物质质量）
 - 弯曲芯片外延支撑结构（felx连接和打线的保护）
- 完成对弯曲芯片结构的风冷模拟分析，研究风速对温度梯度的影响，结果显示风冷可行
- 完成弯曲芯片结构在beam pipe上的固定和风道、线缆引出的初步方案

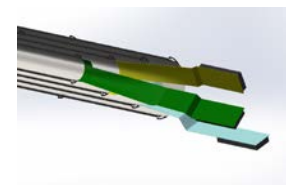
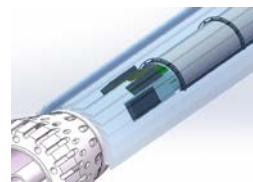
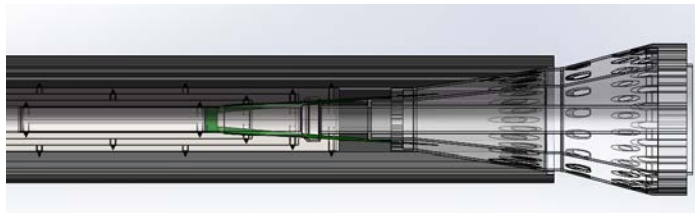
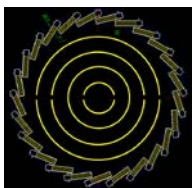
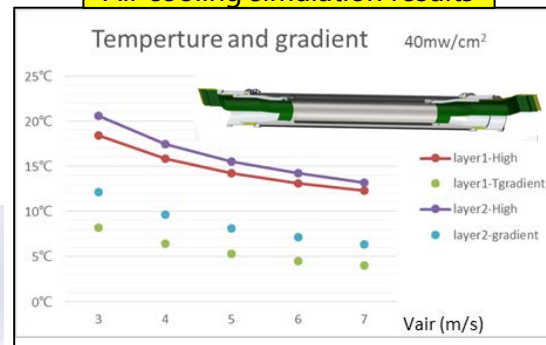
New baseline VTX structure



Bent MAPS support and fixation

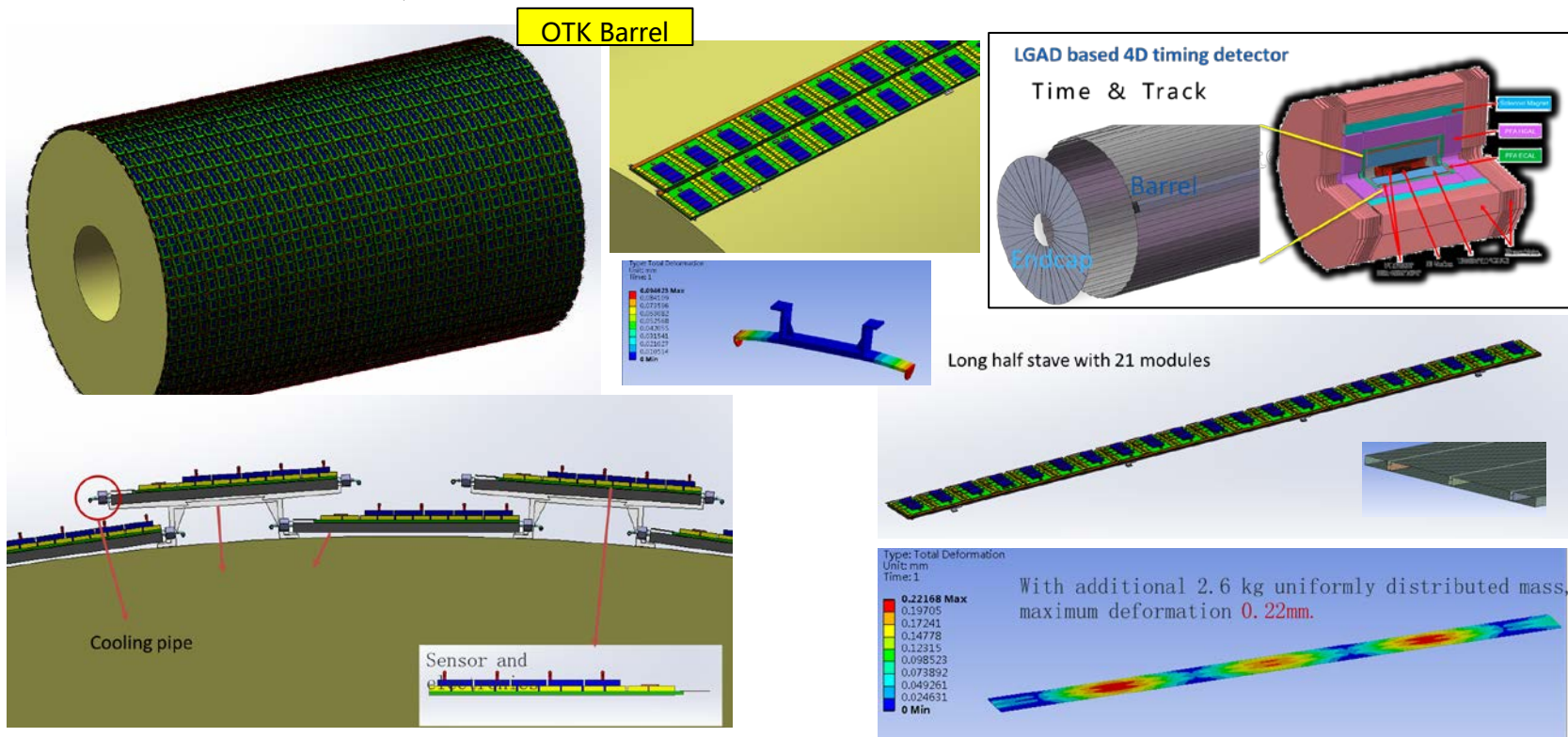


Air cooling simulation results



2. CEPC OTK (LGAD-TOF)

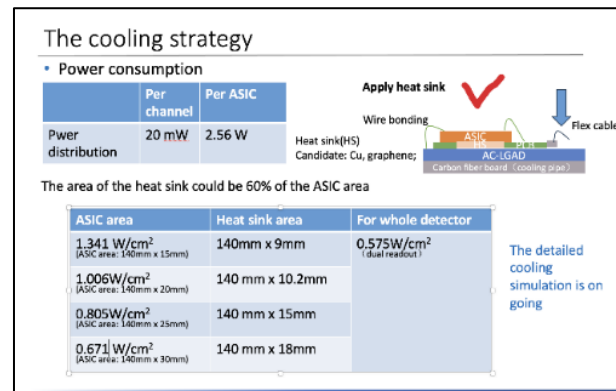
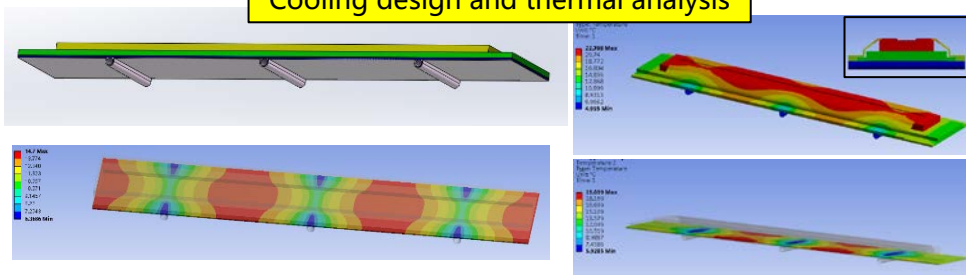
- 完成barrel ($\phi 3.6 \times 5.8 \text{ m} \sim 70 \text{ m}^2$) 机械方案 (充分考虑制造、安装与走线空间)
 - 结构单元(Stave)排布优化
 - Barrel支撑与固定设计
 - CFRP复材为主内嵌冷却管路的stave (全长5.8 m由2段组合) 支撑结构设计(低质量、小变形)及FEA模拟



2. CEPC OTK (LGAD-TOF)

- 完成stave冷却管路设计和冷却模拟分析 (ASIC发热量大, 须有效导出)。多种布管方案经模拟迭代优化至当前满足冷却需求的方案 (复材支撑结构嵌入冷却管路 + PCB内AL热沉)。
- 开展Endcap (~ 20m²/个) 初步结构与FEA模拟

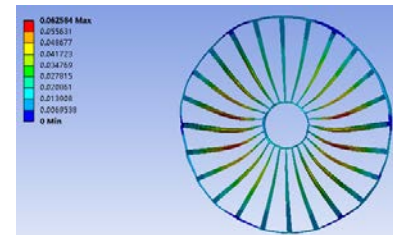
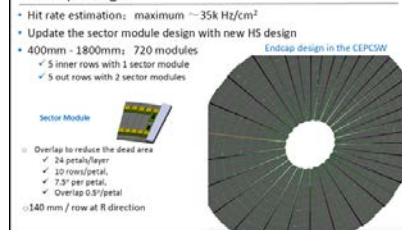
Cooling design and thermal analysis



Endcap support

工况	LGAD高/低温度
2管有胶 (导热片)	22.5/7.2
2管有胶 (CFRP)	25.6/7.0
3管有胶 (导热片)	14.7/6.4
3管有胶 (CFRP)	16.5/6.3

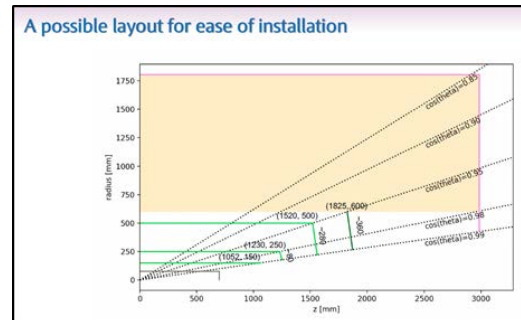
Endcap design



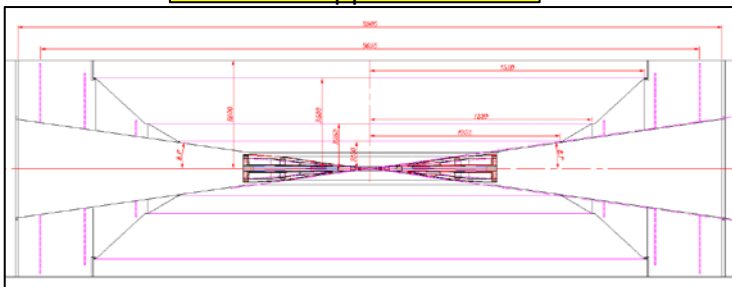
3. CEPC ITK (1-7月份期间)

基于初步ITK (Inner tracker) layout, 完成以复材为主的机械结构初步方案和FEA模拟:

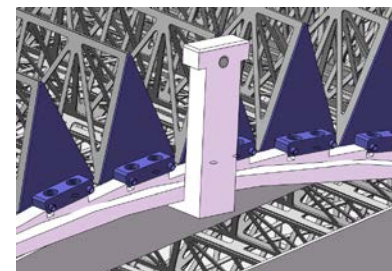
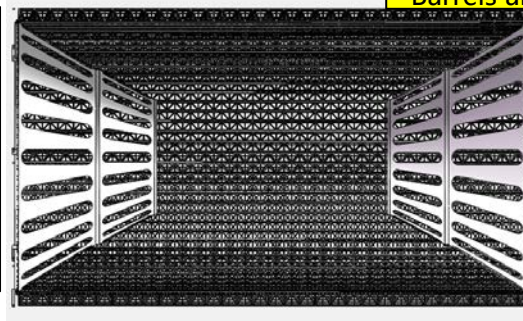
- Stave桁架式支撑结构
- Barrel主支撑结构
- Endcap支撑结构



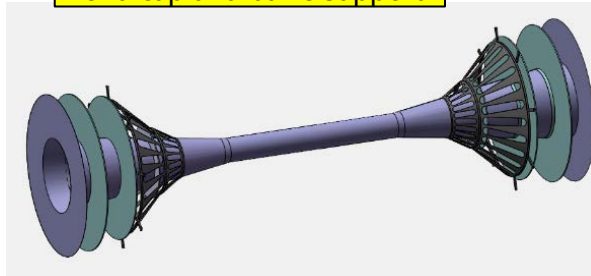
General support scheme



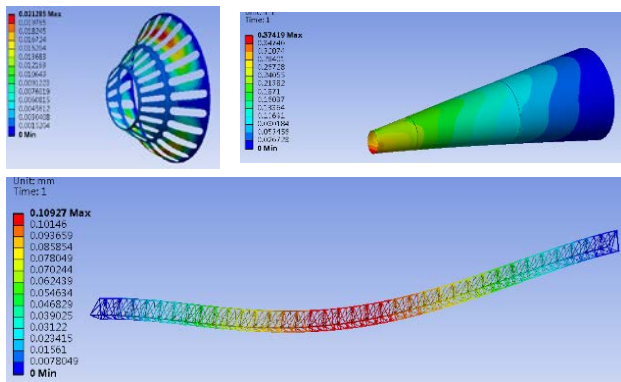
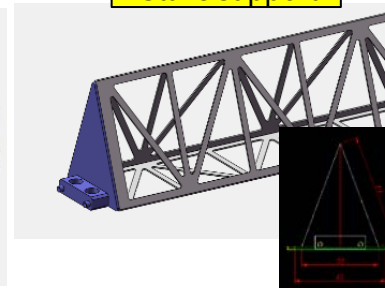
Barrels and support



end cap and barre support



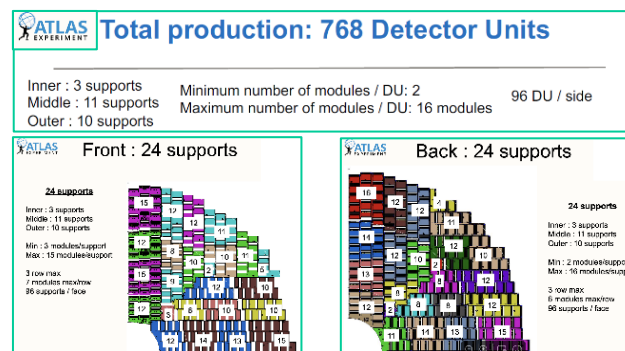
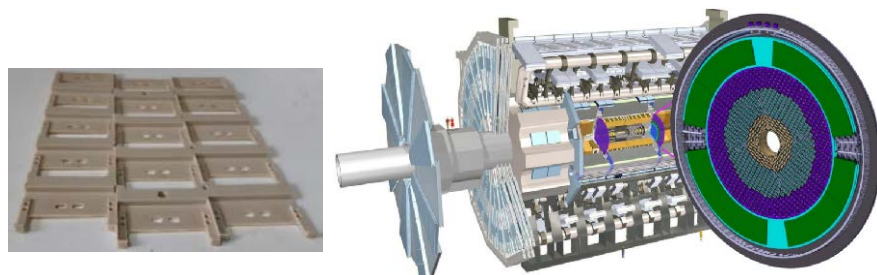
Stave support



ATLAS高时间分辨探测器-HGTD

负责探测器模块组装、（模块在支撑单元上的）装载结构设计

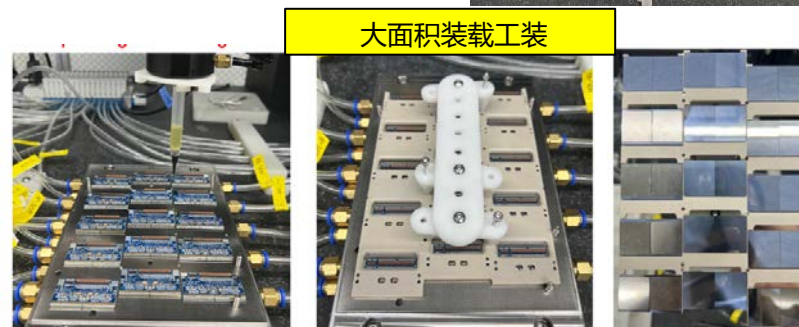
- 48种规格支撑结构单元（support unit），需48种规格模块（module）装载工装



- ✓ 已完成多套探测器模块组装真空平台、装载的真空平台的设计和加工。应用效果（组装精度）很好，为正式启动大规模单元的组装与装载工作奠定了基础。



- Module组装真空平台
 - 内部密集多气道、对ASIC和module两用
- 装载平台
 - module固定、support unit精密定位与固定
- 保持架
 - 保证装载后组件精度、保护module



专利与文章

发明专利

作为第一发明人，1项专利实审中：
一种探测器气冷测试装置 202110577932.2

参与发表文章

1. Beam test of a 180nm CMOS Pixel Sensor for the CEPC vertex detector, Nucl.Instrum.Meth. A 1059 (2024) 168945
2. Beam test of a monolithic active pixel sensor for the CEPC vertex detector, Nucl.Instrum.Meth. A 1069 (2024) 169925

项目与经费

- (1) 中华人民共和国科学技术部，国家重点研发项目/课题，2023YFA1605901，ATLAS实验高粒度时间探测器升级，2023-12 至2027-11，1135万元
- (2) ZZ24C10721.CEPC硅像素顶点探测器，1500万

会议与学术交流

- CEPC2024 机械设计研讨会 - 口头报告
- CEPC2024 国际研讨会
- 参加相关会议，按会议安排不定期做报告

◆ CEPC :

- *Detector TDR Plenary meeting*
- *CEPC Day*
- *Vertex*例会
- *OTK*例会
- *Tracker*例会
- *Mechanical*例会

◆ BESIII: MDC内室升级周例会

◆ HGTD: 内部讨论会

- 参加所内学术活动：科技创新论坛、青年创新论坛等

下年度工作计划

- 继续CEPC探测器机械设计工作，完成相关部分的RTDR文档撰写。
- 根据CEPC探测器项目组的需求，开展相应样件试制或验证实验
- 完成领导交办的其他任务

谢谢！