

Mechanical & Integretion Weekly meeting

会议纪要

会议总结：

一、探测器冷却系统设计与仿真

针对探测器冷却系统中的冷板结构与流体仿真问题，会议从以下 3 个维度进行了深入探讨：

1. 冷板一体化成型方案评估

结构设计博弈：针对将冷板与三角形桁架合为一体的新方案，存在观点分歧。一方认为一体成型可减少悬挑长度（从 10mm 减至 5.4mm），降低变形风险；另一方则担忧碳纤维缠绕时需绕过管道，可能导致丝束交叉或压管困难，且 0.3mm 厚的冷板作为主梁支撑可能存在强度不足的风险。

工艺可行性分析：对比了“先铺碳纤维/石墨烯再放管”与“先放管再缠绕”两种工艺。最终倾向于采用真空吸附方式固定平板，再将行架粘接上去的分离式方案，以避免在复杂管道区域进行高难度缠绕。

抗弯刚度优化：鉴于目前设计中缺少顶部主梁，仅靠腹杆支撑可能影响整体抗弯能力，建议在底部增加一根主梁以提升结构稳定性。

2. 流体仿真网格收敛性改进

边界层处理策略：为解决模型计算不收敛的问题，决定放弃复杂的边界层网格划分，改用梯度网格加密方法，即在壁面处设置多层密集网格以确保计算精度。

粗糙度参数设定：计划尝试增大粗糙度设置（如设置为 20-30 μ m）进行试算，并与旧模型结果进行对比验证。

3. 热导率测试平台搭建

系统组成确认：确定搭建简易热导率测试平台，包含微型陶瓷发热片、冷水机（维持恒定温度）、温度探头及保温结构（考虑真空或气凝胶隔热）。

冷水机选型：选定一款制冷量约 1.4kW、扬程 25m 的冷水机，经测算其功率足以满足中心输流管 200W 左右的散热需求。

测量标定计划：计划先用已知厚度的铝片、铜片和不锈钢片进行标定实验，以验证测试系统的准确性。

二、核心材料选型与采购

1. 石墨烯导热材料应用

尺寸与性能匹配：调研发现富烯科技的石墨烯膜最大宽度为 420mm，难以满足项目所需的 570mm 长条要求。若需定制长尺寸，需采用石墨烯体块状材料，但其厚度方向（Z 向）导热系数较低（约 400 多 W/mK），需通过堆叠立起来利用 XY 向高导热性。

价格与规格权衡：供应商报价显示，30mm 宽的石墨烯卷材价格相对合理，而 100mm 宽的单价较高。考虑到成本与性能平衡，需进一步评估不同规格的性价比。

2. 加热元件与电源选型

直流稳压电源配置：计划统一采购高精度直流稳压电源（如三通道型号），要求电压分辨率达到 10 毫伏级，电流分辨率达到 1mA 级，以满足小功率加热片的精确控制需求。

加热膜电阻定制：拟定制 150 欧姆的电阻式加热膜，通过控制输入电流在 0.01A 左右，实现总功率约 32W 的加热需求。

三、光学反射膜与探测器调研

1. 反射膜性能指标对齐

技术参数对标：调研了 LHCb、AMS 等项目的反射膜方案，发现主流采用铝+二氧化硅保护层的镀膜方案。国内厂家反馈在 300-550nm 波段反射率可达 85%以上，但大角度反射性能较差。

寿命与衰减评估：确认反射膜在高海拔、大温差环境下需具备 5 年以上使用寿命，野外环境下的衰减率需控制在 10%以内。

2. 探测器结构参考

FCC-hh 探测器借鉴：分析了 FCC-hh 探测器的三层结构设计，其采用平直芯片加支撑结构的方案，通过端部开孔进行风冷散热，该形式对当前项目的紧凑空间设计具有参考价值。

S3 探测器进展：关注到 S3 探测器采用了弯曲硅片技术，目前正处于工程样机组装阶段，其热管理方案值得持续跟踪。

四、系统安全与运维移交

1. 二氧化碳冷却系统安全阀逻辑

停机保压策略：针对停机后系统压力升高问题，讨论了增设缓冲罐（蓄能器）的方案。建议在流程图中明确标注旁通阀和安全阀的位置，确保在异常高压时能够泄压保护设备。

抽真空操作规范：强调开机前必须执行抽真空操作，避免高压冲击损坏管路和探测器接口。

2. 台山项目运维移交

文件资料准备：需整理并移交完整的验收资料、运维大纲、程序性文件及应急预案给核电运营方。

项目经理对接：明确需设立专门的运维项目经理，负责与各部门的协调对接工作。

会议转写文件：

转写：转写_CEPC 探测器 TDR 机械设计周例会

日期：2026-06-30 08:51:32

转写文件：<https://meeting.tencent.com/ctm/24wZ9bnw6b>

密码：KXDA