

Mechanical & Integretion Weekly meeting

会议纪要

会议总结：

一、Vertex 风冷实验方案与进展

针对 Vertex 探测器的散热需求，会议详细介绍了风冷实验的设计逻辑、设备搭建进度及关键风险点。

1. 实验目标与模型设计

- 核心目标设定：验证探测器内部敏感区（平均 $40\text{mW}/\text{cm}^2$ ）及端部高热流密度区域的散热效果，确保芯片最高温度控制在 35°C 以内。
- 热模型构建策略：采用发热层模拟真实芯片发热，结合碳纤维支撑结构还原几何形态，以降低成本并加快研制周期。
- 实验参数范围：风速覆盖 1m/s 至 8m/s 的宽泛范围，入口空气温度控制在室温约 20°C ，以评估不同工况下的冷却效率。

2. 系统搭建与测试规划

- 气源与管路配置：空压机已到位，满足最大流量需求；下游管路及配件采购完成，采用铝管活接方式连接，需注意安装过程中的防尘保护。
- 测量与控制方案：采用流量控制器调节，配备上下游压力与温度监测；针对狭小间隙（ 11mm ）环境，定制开发薄型测温探头，并开发自动采集界面进行数据可视化。
- 分阶段验证路径：优先完成单层（最短与最长流道）理想状态测试，优化模型后逐步过渡到多层整体风冷实验。

二、ITK 皮管冷却与材料选型

会议深入探讨了 ITK 探测器微通道冷却系统的技术细节，重点分析了皮管（Be Tube）的制造工艺挑战及替代材料的可行性。

1. 皮管加工工艺挑战

- 精密加工难题：针对 0.2mm 间隙的极薄壁厚要求，直接机加工难度极大，存在圆度控制困难、易变形等问题，目前正寻求旋压成型等特殊工艺解决方案。
- 焊接可靠性评估：薄壁皮管的焊接工艺窗口窄，存在虚焊、焊漏风险，需通过工艺研究确定合适的厚度下限（如 0.3mm 以上）。
- 工装夹具需求：由于皮管刚性差，加工过程中需要设计专用心轴工装以保证形位公差，防止装夹变形。

2. 冷却介质与材料权衡

- 水与油的对比分析：会议回顾了水冷与油冷的争议，水冷比热容大、温控稳，但腐蚀性高；油冷可适当放宽流道间隙（如 0.3mm ），利于提高壁厚增强刚度，但需考虑绝缘与泄漏风险。
- 二氧化碳方案潜力： CO_2 冷却物质质量少，但工作压力高，对系统承压能力提出更高要求，需进一步研究其在高辐照环境下的适用性。
- 参考案例借鉴：CMS 和 ATLAS 采用模块化（Plant）设计，建议学习其冗余备份理念及长距离传输管线（含真空绝热层）的设计经验。

三、结构与仿真分析

1. 模态分析与振动控制

- 固有频率预测：基于 1/16 模型的初步计算显示，结构一阶频率约为 10Hz ，二阶频

率约 50Hz，考虑到玻璃填充后的质量增加，最终模态预计在十几赫兹水平。

- 共振规避：海信方面要求避开 3Hz 左右的低频区域，当前设计方案满足此要求，需关注端环约束条件对刚性的影响。

2. 平面度与蠕变问题

- 平面度控制：针对 ALICE 实验中出现的冷板平面度不佳问题，指出模具精度是关键，建议利用三坐标测量仪对样件进行全面检测。
- 蠕变效应澄清：针对老外质疑环氧固化温度不足以导致蠕变的观点，认为可能是应力集中导致的微观失效，而非传统意义上的蠕变，需进一步实验确认。

四、新材料应用与研究

1. 石墨烯导热材料

- 各向异性特性：石墨烯面内导热系数极高（可达 1500 W/m·K），但层间导热性能较差，需针对具体应用方向（面内或层间）进行选型。
- 厚度与性能折衷：虽然越薄的面内导热越好，但过薄（如 10 μ m）难以操作且易撕裂，建议选择适中的厚度（如 0.2mm 左右）并配合背胶使用。
- 备选方案：若石墨烯成本过高或工艺复杂，可考虑采用铝膜（导热率约 200 W/m·K）或铜箔作为替代方案。

会议转写文件：

转写：转写_CEPC 探测器 TDR 机械设计周例会

日期：2026-06-08 09:03:24

转写文件：<https://meeting.tencent.com/ctm/NAWX4ODR71>

密码：KZMN