

VTX风冷实验初步计划

付金煜

2026-2-2

VTX发热与冷却目标

探测器发热量:

- ladders: 40 mW/cm² (barrel~190 W)
- Stitching layer: 敏感区40 mW/cm², 端部高发热 (~80 W)

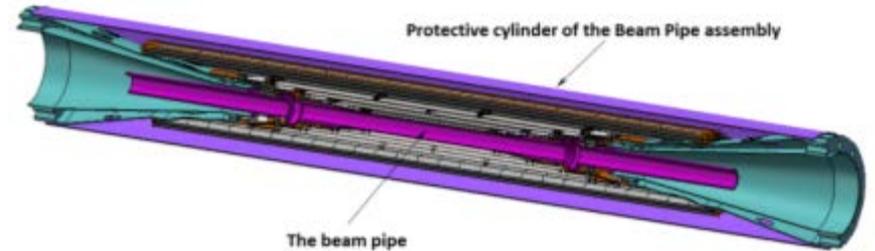


Table 4.8: Estimates of power consumption of one RSU. All values are for 27 °C temperature and 1.2 V power supply voltage.

Components	Pixel Analogue	Pixel Digital	Biasing Block	Matrix Readout	Data Interface	RSU Total
Power [mW]	36	30	8	40	17	131

Table 4.9: Estimates of power consumption of the LRB. All values are for 27 °C temperature and 1.2 V power supply voltage.

Components	Clock Block	Data Aggregator	Data Encoder	Serializer	Slow & Power Control	LRB Total
Power [mW]	36	120	80	32	80	348

By combining the power estimates presented in Tables 4.8 and 4.9 with the surface areas of the RSU (3.46 cm²) and the LRB (0.72 cm²), one can derive the estimates for the power dissipation densities. Results are given in Table 4.10.

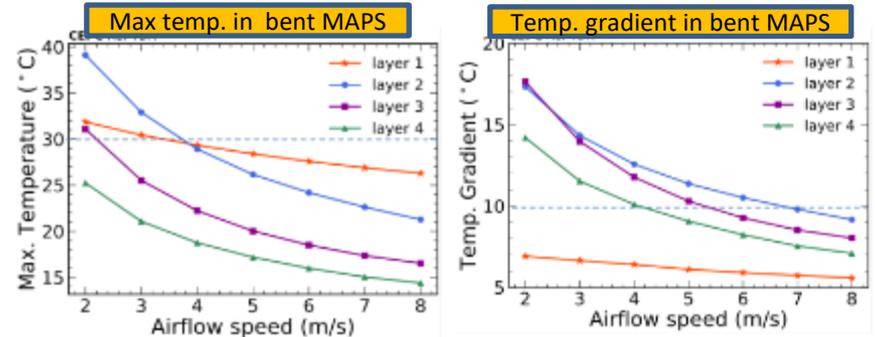
Table 4.10: Estimates of average power dissipation per unit area over the main functional blocks composing the stitched chip

Components	Power density [mW/cm ²]
Repeated Sensor Unit	38
Left-end Readout Block	485

Results of ladder/barrel

Air flow(m/s)	Total heat generation of the barrel (W)	Max/min temperature on ladder (Celsius)
3.5	190	29.4/7.5

Results in Ref-TDR



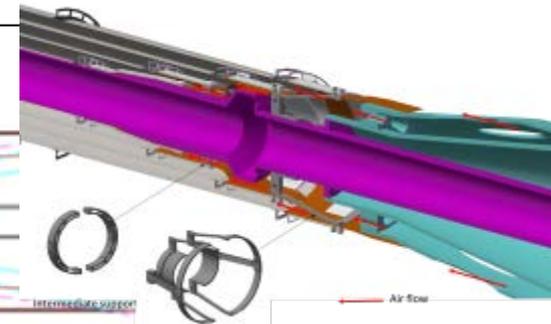
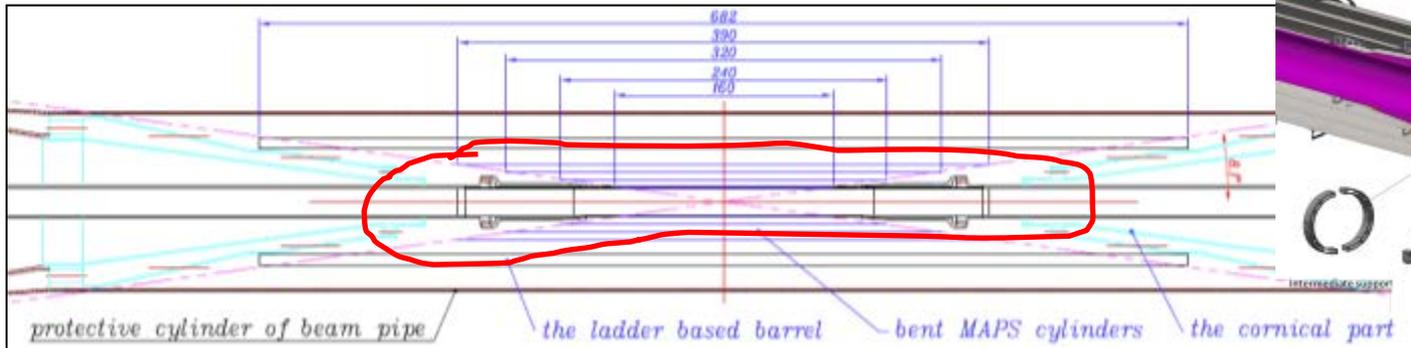
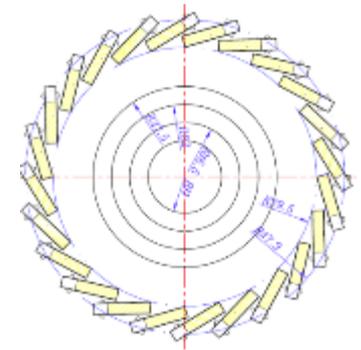
风冷目标: 探测器运行温度在30°C以内

VTX 风冷实验

实验范围：仅对stitching layers 试制热模型、组建实验环境、开展风冷实验

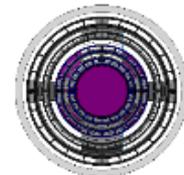
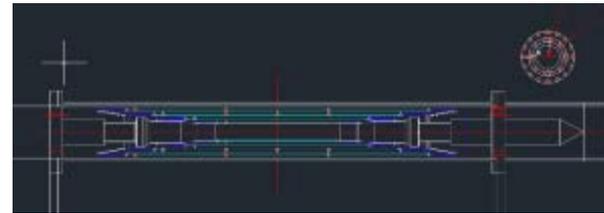


layer	Radius (mm)	Length (mm)	CFRP Equivalent thickness (mm)
layer1	11	160	0.057
layer2	16.5	240	0.034
layer3	22	320	0.032
layer4	27.5	390	0.04



Stitching结构与冷却环境

- 4层stitching layer热模型（重点：模拟发热层、dummy SPT）
- dummy 束流管上
- 外围圆管-模拟腔体环境
- 腔体上/下游环形孔为气体进/出口
- **最大风量**：4层stitching layer的整机截面（dummy束流管 $R=10.7$ ，stitching最内层 $R1=11.5$ ，模拟腔体内径 $IR=33.5$ ），按预期最高风速 8 m/s 计算所需空气流量为 **$1.5\text{ m}^3/\text{min}$**
- 入口空气温度：室温（空调环境）
- 测量目标：探测器敏感层温度



实验方案-1

气源：压缩空气 VS 鼓风机

系统组成：压缩机（排气量 $\geq 2 \text{ m}^3/\text{min}$ ）+ 储气罐+闭环流量控制+VTX冷却环境

冷却环境内系统最大压降估算 $\sim 0.16\text{bar}$ ，管道入口提供不低于 0.2bar 压力。

流量控制：电动调节阀+流量计+ PID控制器 /流量控制器（ ~ 1.2 万）

- 螺杆变频永磁/工频空压机 +储罐 / (冷干机+过滤器)
（ $1.7\text{-}2.4 \text{ m}^3$ ） 1.5-1.8 万
- 活塞空压机（ 1.39 m^3 ）静音无油？ 1.6万
- 无油涡旋空压机（ $1.3\text{-}2.4 \text{ m}^3$ ） 7-9 万



优点：一步到位，适用整机正式prototype（真芯片）的风冷。冷却环境适用性广，可以更贴近设计需求。

缺点：成本相对高，低配（国产普通厂家） ~ 3 万（仅气源和控制器件）

实验方案-2

气源：压缩空气 VS 鼓风机

系统组成：过滤器+鼓风机+手动阀+闭环流量控制+VTX冷却环

流量控制：变频器+ 热式流量计+PID控制器



□ VTX热模型的冷却环境的上下游进出口为环形，以降低风阻

- 变频鼓风机（~2.2KW）~4000元
- 热式流量计~6000元
- 变频器+PID（内置）~3500元（正泰）

ZHJD20-71HA11
功率: 2.2KW
电压: 150V/3N
正转: 0.88/1.03/1
转速: ~2500r/min
频率: 50Hz
电压: 12.5A
重量: 60kg
容量: 37kg
外形尺寸: 401*242*187mm
进风口尺寸: DN40
密封等级: F
防护等级: IP54



优点：成本相对低，低配（国产普通厂家）约在1.4万（仅气源和控制器件）。
缺点：对正式prototype真实芯片环境不适用；气路进出口简单；流量控制相对复杂；噪音大？

现有条件 VS 实验方案

现有条件:

探测器实验室现有压缩空气2台，公称流量最大 $0.2 \text{ m}^3/\text{min}$ ，都供应实验平台日常运行。公称流量远小于stitching结构整体冷却实验需求流量 ($\sim 1/7$)，无法满足。

当前实验计划:

先做stitching单个（模拟发热）半层平面展开的风冷测试

- 气源选择：按最内层单条展开测试的最小截面（单/双面通风）计算所需流量 $0.215 \text{ m}^3/\text{min}$ ，超出现有空压机能力，此阶段选鼓风机方案。
- 实验范围：测试第1层和第4层，以测试不同风速、长度下的冷却效果

预估费用：~3.6 / +0.7? 万

- 变频鼓风机~3000 元
- 热式流量计~6000 元
- 变频器+PID~3500 元
- 管路及配件（过滤器、手动阀、接头、出入口变径、消音器等）~4500
- 鼓风机固定座与实验基台及系统支架~3000
- 冷却环境（单个半层CFRP支撑结构与腔体、通道等）8000
- 测温探头与数据采集卡/工控? ~3000+2000+3000
- ? 模拟发热层~7000?



初步进度规划

后续工作：

- 模拟发热层，已经开始设计，初版还未出来，~3月底前能加工出来？
- 确定气源与供气管路方案、控制与数据采集系统元器件选型
- 气源、管路接头、法兰的采购/加工、控制元器件采购~3-4月
- 单个半层冷却实验的冷却环境（半层组件+风道+温度测量与引出）的设计~3月，完成制造~4月
- 测试系统搭建完成、开始实验~5月

? 实验场地

单层冷却实验完成后，根据实验情况，确定下一步stitching结构整体风冷测试方案？