

超低温和超高温腔体定制

1. 系统简介：

超低温和超高温腔为航空航天设备及其他部件等行业提供模拟测试条件，测试包括性能试验和寿命试验等，测试均需高温测试、低温测试和常温测试，在一定环境和介质温度条件下为测试部件提供稳定压力、流量的油源。整套设备分为供油系统、控制阀组、操作台架和环境箱组成。



图 1 低温腔系统

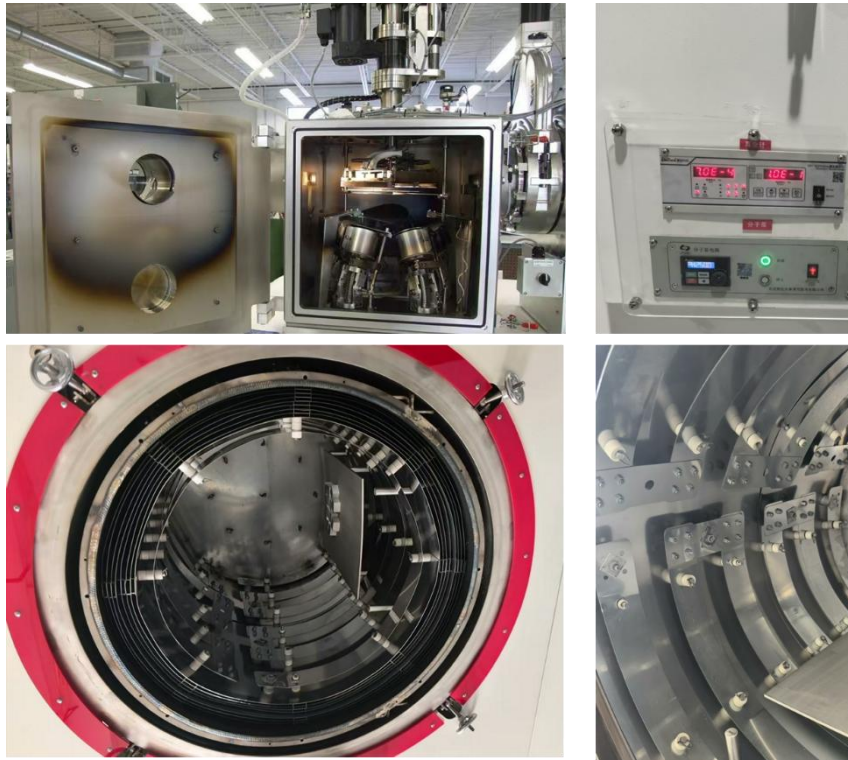


图 2 高温腔系统

2. 产品特点

控温精度： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ （PID 智能调节，避免温度超调）

环境箱温控： -269°C ~ $+2000^{\circ}\text{C}$ ，可选湿度控制（10%~95% RH）

动态响应：伺服阀调节时间 $<5\text{ms}$ ，适用于脉冲流量测试

自动化测试脚本：支持 LabVIEW、Python 等编程，实现无人值守测试。

多参数实时监测：压力、温度、流量、振动等 500+通道同步采集。

AI 预警系统：基于历史数据预测部件失效趋势，提前预警。

快速换装接口：采用航空级快拆接头（如 MS33656），更换测试件仅需 15 分钟。

灵活扩展：支持振动台、低气压舱、油液颗粒检测仪等外设接入。

3. 容积与尺寸

3.1 实验室级

10L - 100L，高度约 80 - 150cm，适合生物样本存储

3.2 工业级超低温储腔

最大可定制 120 立方米（几何容积 129.4m^3 ），用于氢能、天然气存储
超低温冰箱：有效容积 398L，立式设计

3.3 典型结构案例

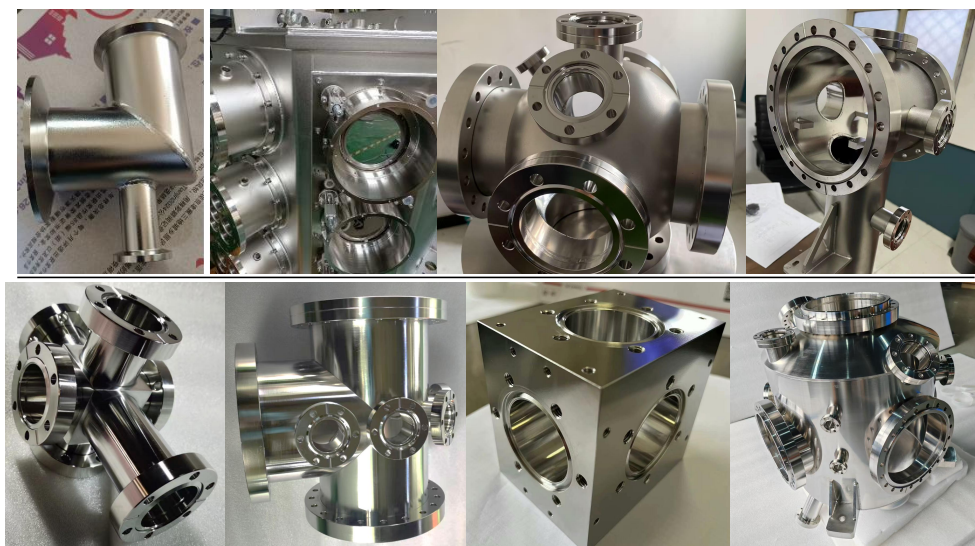


图 3 典型结构案例

4. 应用领域

超低温腔和超高温腔分别适用于极端低温与极端高温环境，其应用领域高度专业化，主要服务于能源、航空航天、生物医药、先进制造等国家战略产业。

4.1 超低温腔的应用领域

超低温腔通常指能在 -150°C 至 -269°C 范围内稳定运行的储运设备，核心材料如高锰奥氏体钢、9%镍钢、CHSN01 无磁钢等，具备优异的低温韧性与抗脆化能力。

- 清洁能源储运
 - 液化天然气 (LNG)：储存于 -162°C ，用于城市燃气、船舶燃料、工业用气；国内 9%镍钢占 LNG 储腔材料 80%以上份额³。
 - 液氢 (LH_2)：储存于 -253°C ，支撑氢能汽车加注、发电等场景；高锰奥氏体钢可耐 -269°C ，已用于液氢储腔与腔箱出口韩国¹³。
 - 液氧/液氮/液氩：为冶金、化工、医疗提供集中供气，替代钢瓶运输，降本 10%-25%。
- 航空航天
 - 火箭燃料储腔（液氢 -253°C 、液氧 -183°C ），如长征系列火箭采用 06Ni7DR、CHSN01 钢。
 - 卫星与深空探测器结构件，适应月球 (-230°C)、火星极寒环境。
- 生物医药与生命科学
 - 疫苗、细胞、干细胞等生物样本在 -196°C （液氮）或 -80°C 下长期保存，需高精度恒温腔。
 - mRNA 疫苗、基因治疗产品依赖超低温冷链。
- 可控核聚变与前沿科研
 - 托卡马克装置需在 -268.95°C (4.2K) 下运行，CHSN01 超低温钢已用于中国“BEST”聚变实验装置。
 - 粒子加速器、超导磁体、低温物理实验等依赖液氮温区设备。
- 海洋工程与极地科考
 - 深海探测器耐压壳体需承受近 0°C 以下低温与高压。
 - 极地船舶、平台装备使用超低温钢提升抗脆断能力

4.2 超高温腔的应用领域

超高温腔通常指在 $>800^{\circ}\text{C}$ 甚至 $>1000^{\circ}\text{C}$ 环境下长期运行的容器，材料多采用镍基高温合金、特种不锈钢、陶瓷基复合材料等，具备抗蠕变、抗氧化、耐热冲击等特性。

- 能源电力

- 超临界/超超临界火电机组：蒸汽温度达 600 - 650℃，需耐热钢管与储腔。
- 光热发电（CSP）：熔盐储腔工作温度达 565℃，用于蓄热发电。
- 核裂变反应堆：冷却剂回路、燃料组件包壳需耐受 300 - 900℃。
- 航空航天
 - 航空发动机涡轮盘、燃烧室、喷管等部件承受 1000℃ 以上高温。
 - 高超音速飞行器热防护系统与燃料储。
- 冶金与化工
 - 高温反应釜用于合成氨、甲醇等化工过程（400 - 500℃）。
 - 金属熔炼、铸造用坩埚与保温腔。
- 新材料与半导体制造
 - 晶体生长炉（如硅、碳化硅单晶）需 1400 - 1600℃ 高温环境。
 - 化学气相沉积（CVD）、原子层沉积（ALD）设备中的高温反应腔。