

## He-3 制冷机/插件

He-3 制冷机/插件 (注册商标: Cryocloud®) 包括单发型 He-3 制冷机、连续型 He-3 制冷机和 He-3 插件三类, 广泛应用于 STM、近场光学、AFM、ARPES、SQUIDS、TES、量子霍尔效应、X-ray、中子散射、De Haas van Alphen 测试、超导探测器和量子计算等需要超低温环境的实验。

单发型 He-3 制冷机/插件的顶部有 He-3 储罐, 内部集成 He-3 壶、低温吸附泵和密封管路, He-3 储罐里面的 He-3 通过冷源冷凝后流进 He-3 壶, 通过内置低温吸附泵将 He-3 壶降至 300mK 甚至更低, 并可在最低温度保持几十小时甚至更长时间。根据冷源的不同, 单发型 He-3 制冷机可分为一体式单发型 He-3 制冷机和分体式单发型 He-3 制冷机两大类, 其中一体式单发型 He-3 制冷机的 4K 冷头集成在 He-3 制冷机恒温器内, 而分体式单发型 He-3 制冷机的冷源来自氦循环低温系统 (Qcryo®), 通过柔性超绝热管线将低温超流氦传输给单发型 He-3 制冷机恒温器内用来冷凝 He-3 气体, 这种分体式设计彻底将冷头和压缩机的震动和 He-3 制冷机隔离, 解决目前 He-3 制冷机普遍存在的震动较大问题, 特别适合 STM、AFM 等对震动极为敏感的实验。

连续型 He-3 制冷机外置高抽速真空泵组和气体循环处理气路, 允许一边对 He-3 壶进行泵抽获得超低温的同时, 将泵抽出来的 He-3 通过气体处理系统处理后再进入 He-3 制冷机, 经过多级预冷后冷凝再注入 He-3 壶, 实现最低温下长时间连续运行。连续型 He-3 制冷机包括一体式连续型 He-3 制冷机和分体式连续型 He-3 制冷机。一体式连续型 He-3 制冷机的 4K 冷头集成在 He-3 制冷机恒温器内, 而分体式连续型 He-3 制冷机的冷源来自氦循环低温系统 (Qcryo®), 这种分体式设计彻底将冷头和压缩机的震动和 He-3 制冷机恒温器隔离, 解决目前市场上 He-3 制冷机器普遍存在的震动较大问题, 特别适用于对震动敏感的实验。此外, 可选配内置超导磁体。

He-3 制冷机/插件分类
一体式连续型 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-100)
分体式连续型 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-200)
一体式单发 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-300)
分体式单发 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-400)
He-3 插件 (型号: Cryocloud-500)

## 1、一体式连续型 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-100)

采用 4K 脉管机或 GM 制冷机作为冷源, 通过多级热交换和逆流技术以及优化的流阻来高效预冷和冷凝 He-3, 外置液氮冷阱和密封循环泵组的气体处理系统确保 He-3 制冷机在最低温度下长时间连续运行, 特别设计的高性能热开关大大缩短初始降温时间。

一体式连续型 He-3 制冷机突出优势是制冷量大且可长时间连续运行, 特别适用于需要大制冷量的角动量分辨光电子谱(ARPES)实验、需要对大质量样品进行降温的实验或需要进行长时间不间断的超低温实验。

一体式连续型 He-3 制冷机还可提供顶部装卸型设计的选项, 使用带加力器的插件配合 load-locking 设计, 允许 He-3 制冷机在运行情况下即可进行样品更换。



一体式连续型 He-3 制冷机

一体式连续型 He-3 制冷机典型特性

冷 源	阀体分离脉管机
标称温度范围	<350mK
运行方式	长时间连续运行
样品环境	真空 (选配超高真空)
典型应用	Squid 和 TES 等量子器件、量子霍尔效应、X-ray、中子散射实验、De Haas van Alphen 测试、ARPES、高压(DAC)等
备注: 最低温度与真空泵抽速和极限真空密切相关。	

## 2. 分体式连续型 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-200)

分体式连续型 He-3 制冷机冷源来自氦循环低温系统 (Qcryo®), 彻底将冷头和压缩机的震动和 He-3 制冷机恒温器隔离, 解决目前干式 He-3 制冷机普遍存在的震动较大问题, 特别适用于对震动敏感的实验, 如 SPM、显微光学、量子光学和量子精密测量等领域。

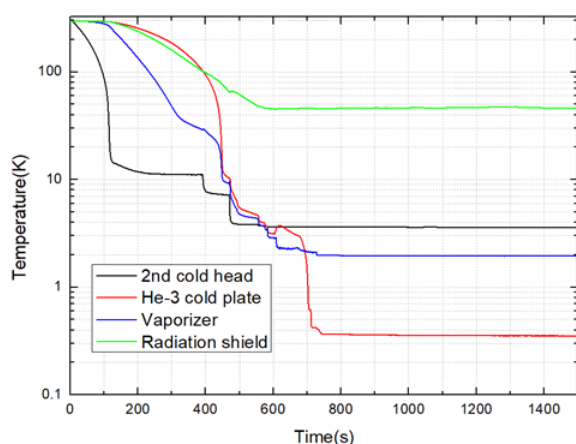
分体式连续型 He-3 制冷机恒温器可根据要求设计成超高真空兼容, 并可烘烤到 150 摄氏度, 特别适合需要低振动低温超高真空的应用场景 (如 STM、NanoARPES 等)。



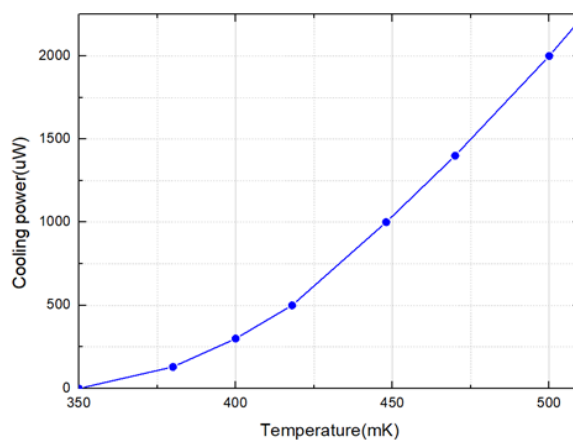
分体式连续型 He-3 制冷机

### 分体式连续型 He-3 制冷机典型特性

冷源	氦循环低温系统 (Qcryo)
最低温度	<350mK
运行方式	长时间连续运行
样品环境	真空 (选配超高真空)
典型应用	STM、SEM、AFM、显微光学、量子光学、精密测量、ARPES 等
备注: 最低温度与真空泵抽速和极限真空密切相关。	



典型分体式连续型 He-3 制冷机降温曲线



典型分体式连续型 He-3 制冷机制冷量与温度关系(备注: 制冷量与真空泵抽速密切相关。例如增加高抽速 roots 泵可数倍甚至几十倍增加在 500mK 的制冷量)

## 3. 一体式单发 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-300)

一体式单发型 He-3 制冷机通常采用阀体分离脉管机作为冷源，制冷机顶部集成 He-3 储罐，制冷机恒温器内部集成 He-3 壶、低温吸附泵和密封管路，He-3 储罐里面的 He-3 冷凝后流进 He-3 壶，优化的冷凝设计结合高效热开关设计使得初始降温时间通常小于 10 小时，内置低温吸附泵泵抽可将 He-3 壶降至 270mK 以下，并可保持 100 小时以上。

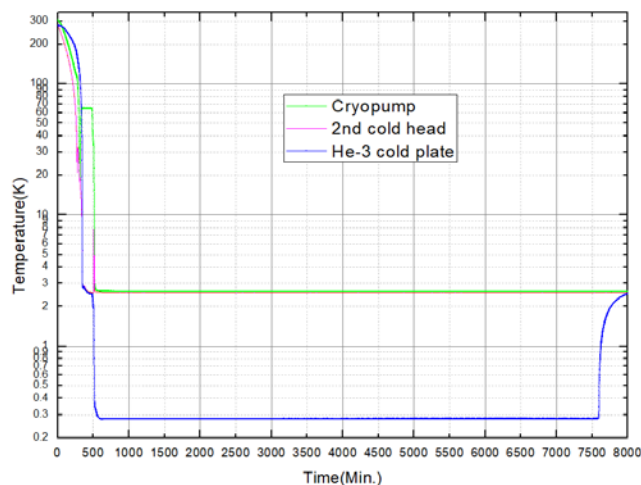
同连续型 He-3 制冷机相比，单发型 He-3 制冷机无需外置气体处理系统，操作简单和性价比高和维护成本低等特点。

一体式单发型 He-3 制冷机典型特性	
冷 源	阀体分离脉管机 (可选 GM 制冷机)
最 低 温 度	$\leq 270\text{mK}$ (备注: 空载无实验测试引线)
初始降温时间	<8 小时
300mK 冷板直径	20cm
最低温度保持时间	>100 小时
典型应用	超导器件测试、Squid、TES、量子器件、高压(DAC)、中子散射、高能物理、热输运测试等

下图的一体式单发型 He-3 制冷机 (Cryocloud-300) 使用阀体分离脉管机和冷头悬浮减震，集成 16 路射频半钢缆和 72 路低温双绞线，He-3 冷板直径 20cm，初始降温时间: <8 小时，最低温度: <280mK，最低温度下保持时间: >100 小时，温度稳定性:  $\pm 1\text{mK}$ 。



一体式单发 He-3 制冷机



Cryocloud-300 降温和最低温度保持曲线 (备注: 最低温度是在无外加热负载下且采用校准温度计的测试结果)



#### 4. 分体式单发型 He-3 制冷机 (型号: Cryocloud-400)

分体式单发型 He-3 制冷机冷源来自氮循环低温系统 (Qcryo®), 与一体式单发型 He-3 制冷机类似, 分体式单发型 He-3 制冷机的顶部集成 He-3 储罐, 制冷机恒温器内部集成 He-3 壶、低温吸附泵和密封管路, He-3 储罐里面的 He-3 冷凝后流进 He-3 壶, 通过内置低温吸附泵可将 He-3 壶降至 270mK, 并可在最低温度保持几十小时甚至更长时间。

与一体式单发型 He-3 制冷机不同, 分体式单发型 He-3 制冷机的冷源来自低震动氮循环低温系统 (Qcryo®), 解决目前干式 He-3 制冷机普遍存在的震动较大问题, 特别适用于对震动敏感的实验, 如 STM、SEM、AFM、显微光学、单光子探测、量子精密测试等领域。可根据要求设计成超高真空兼容, 并可烘烤到 150 摄氏度, 特别适合需要低振动低温超高真空的应用场景。

此外, 同连续型 He-3 制冷机相比, 分体式单发型 He-3 制冷机无需复杂的外置 He-3 循环气路, 操作相对简单, 性价比高和维护成本低等特点。

分体式单发型 He-3 制冷机典型特性	
冷 源	氮循环低温系统 (Qcryo)
标称温度范围	≤270mK (备注: 空载无实验测试引线)
运 行 方 式	单发
样 品 环 境	真空 (选配超高真空)
典 型 应 用	STM、SEM、AFM、显微镜、单量子点、单光子探测等



分体式单发型 He-3 制冷机

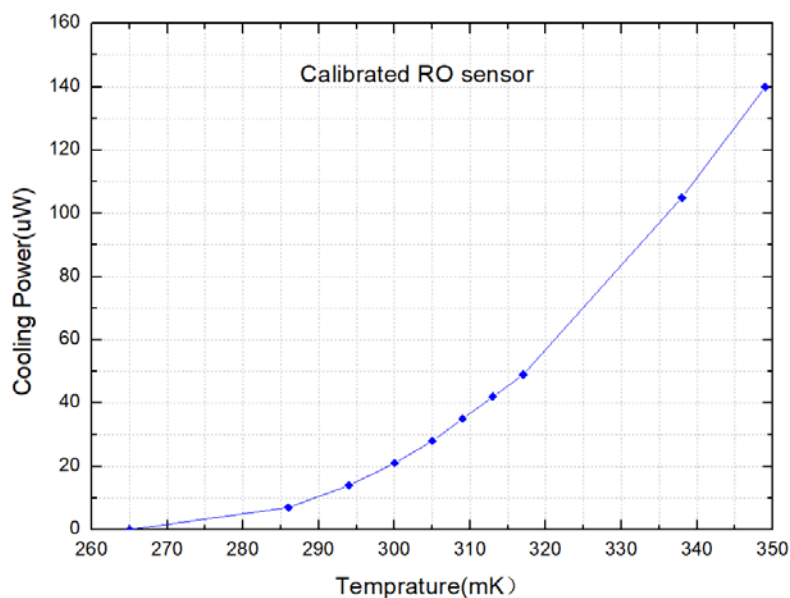
## 5. He-3 插件 (型号: Cryocloud-500)

He-3 插件匹配顶部装卸型 1.5K 制冷机 (Acryo-1.5K) 和干式变温超导磁体 (CryoM), 内置低温吸附泵和密封 He-3 气路, 单发工作模式, 空载最低温度 <270mK, 保持时间大于 60 小时, 在 350mK 时制冷量大于 100uW。标准 He-3 插件样品环境是真空, 可选配交换 He-3 气体型和更长保持时间。典型应用包括电磁输运测试、量子霍尔效应、超导器件测试、Squid 测试、高压 (DAC)、热输运测试等。

He-3 插件典型技术参数	
冷源	Acryo-1.5K 或 CryoM 低温系统
最低温度	<270mK (备注: 空载无外加热负载)
运行方式	单发
样品环境	真空 (选配交换气体)
最低温度下保持时间	>60 小时 (备注: 默认 2.5L NTP He-3)



典型 He-3 插件



典型 He-3 插件制冷量与温度关系