

关于本手册

本操作手册视为超导纳米线单光子探测系统 (superconducting nanowire single-photon detector, SNSPD) 的一部分。

请仔细阅读本操作手册，并妥善保管，如有需要，请把它交给仪器的后续使用者。本操作手册是专为已经通过赋同量子工程师操作培训的用户所编制，操作者不能有违反本手册规定行为的操作。

相关参考文档：关于制冷机和真空泵的详细资料，请参考随机附件中的相应说明书。

注：本手册中如无特殊说明，SNSPD 即表示超导纳米线单光子探测器。

PRODUCT OPERATION MANUAL 产品操作手册

目录

| | |
|----------------------------|----|
| 1. 安全..... | 3 |
| 2. 售后服务..... | 4 |
| 3. SNSPD 系统简介..... | 5 |
| 4. SNSPD 系统安装、标定、培训要求..... | 7 |
| 5. SNSPD 低温系统操作说明..... | 12 |
| 5.1 降温-系统启动..... | 12 |
| 5.2 升温-系统关闭..... | 14 |
| 5.3 断电应急操作..... | 15 |
| 6. SNSPD 程控电子学..... | 17 |
| 6.1 产品描述..... | 17 |
| 6.2 性能参数..... | 17 |
| 6.3 面板定义..... | 18 |
| 6.4 软件说明..... | 21 |
| 6.5 Modbus 协议简介..... | 26 |
| 7. 附件..... | 30 |
| 7.1 偏振控制器..... | 30 |
| 7.2 分子泵组 (T-Torr-10)..... | 31 |
| 7.2.1. 系统简介..... | 31 |
| 7.2.2 技术参数..... | 32 |
| 7.2.3 T-Torr-10 使用说明..... | 33 |
| 7.3 压缩机..... | 36 |

1. 安全

请务必详细阅读本手册的安全说明，避免因误操作造成的人身和仪器的伤害。未经工程师允许，使用者不能私自进行维修操作。

| | |
|---|--|
|  | 恒温器禁止倾斜 |
|  | 恒温器运行时活塞持续往复运动，禁止在运行状态下移动或磕碰恒温器 |
|  | 恒温器最低温度一般小于 2.3 K，禁止在低温状态下打开恒温器屏蔽罩 |
|  | 恒温器内部结构复杂，请勿自行打开恒温器屏蔽罩 |
|  | 压缩机禁止倾斜 |
|  | 压缩机内含压力容器，禁止在运行过程中触摸、搬运或撞击 |
|  | 压缩机内含压力容器，禁止私自拆卸、搬运或磕碰 |
|  | 避免触电。所有供电设备必须满足供应和使用的规则，并由具备资质的人员安装。在电气元件检修之前要断开压缩机电源。在通电和电线裸露的情况下，只允许有资质的电气工程师打开电控箱进行电路检查或测试。 |
|  | 设备所有电缆和光纤为精密部件，小心弯折 |
|  | 电子设备使用过程中，请远离水源 |
|  | 若使用激光器，请避免眼睛直射 |
|  | 强磁场会使心脏起搏器之类的电子设备受到干扰，即使关闭设备，强磁场也依旧存在。请保持心脏起搏器与真空规之间 ≥ 20 cm 的距离 |
| | *其他未尽事宜请参照实验室使用管理规范 |

2. 售后服务

中国-上海市 技术服务中心 (中文、English)

地址: 上海市长宁区长宁路 855 号 10 楼 B 座, 200050

电话: 021-5101-2842

邮箱: photon@cnphotec.com

中国-嘉兴市 技术服务中心 (中文、English)

地址: 浙江省嘉兴市嘉善县归谷二路 11 号, 314000

电话: 021-5101-2842 / 13375838126

邮箱: photon@cnphotec.com

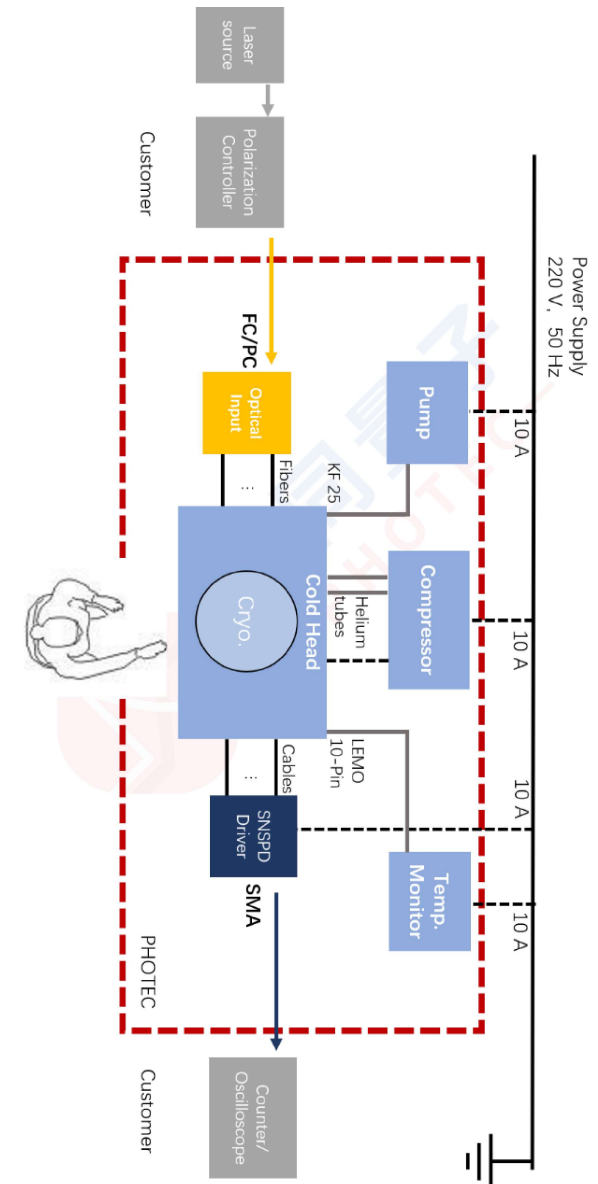
意大利-那不勒斯 技术服务中心 (中文、English、Italian、French)

地址: Naples, Italy, 801000

电话: +39 3500151403

邮箱: Europe@cnphotec.com

3. SNSPD 系统简介



SNSPD 系统由 SNSPD 器件、低温系统、真空系统、电子学系统等构成。

SNSPD 器件：由 NbN、NbTiN 等超导材料加工制成，用于高效响应单光子量级信号。

器件封装完成之后，固定在制冷机内部的二级冷台上。常规器件具有一个电接口，用于提供器件工作电流和输出电响应脉冲，并通过低温线缆连接到 300 K 恒温腔的 SMA 法兰处；

具有一个光接口，并通过光纤连接到 300 K 恒温腔的光纤法兰处；

低温系统：由 Gifford-McMahon (GM) 制冷机和恒温腔构成，用于提供 SNSPD 器件的工作环境，保持器件工作温度在 2.3 K 以下。

- GM 制冷机由冷头和压缩机构成。冷头一般为两级制冷，最低温可达 2.3 K 以下。压缩机一般视冷量，采用风冷或者水冷方式；
- 恒温腔由多个屏蔽罩和冷台构成。300 K 屏蔽罩作为初级热隔离，用来保证系统的真空以及隔离与外界的热交换，底座包含多通道的电学法兰接口、光纤法兰接口、真空法兰接口、直流电学接口等；60 K 屏蔽罩作为次级热隔离，用来屏蔽 300 K 的热辐射等，对应冷台用于对低温同轴线、温度计接线等线缆作热沉，也可放置低温放大器等低温元器件；4 K 屏蔽罩作为三级热隔离，用来屏蔽 60 K 的热辐射等，对应冷台用于固定 SNSPD 器件、低温温度计等元器件。

真空系统：一般由机械泵和分子泵构成，用于抽取和保持恒温腔中的真空，在降温、温度保持和升温过程中配套使用；





电子学系统：由偏置模块、放大模块、计数模块、通信模块等构成，用于控制器件偏置电流、信号放大和读取偏置一般为恒流模式。通过稳压源串联限流电阻 R_s 来实现。信号提取与放大通过 Bias-Tee 与放大器来实现，Bias-Tee 的作用是将直流偏置与高频响应信号分离。器件工作时需偏置在一定的电流下(略小于其临界电流)，当光子入射时，响应高频信号被提取输入放大器进行放大后输出。

4. SNSPD 系统安装、标定、培训要求

| 设备安装及运行要求 | | |
|-----------|---|--|
| | 要求说明 | 备注 |
| 电环境 | 电压及功率以工程师要求为准，不同型号压缩机有差异 | |
| | 对地电阻 $< 4 \Omega$ | 良好的对地电阻有益于减小电噪声导致的探测器暗计数 |
| | 供电回路中不含其他大功率设备 | 独立“干净”的供电环境有益于减小电噪声 |
| 空间 | 需准备实验桌 1 台，台上系统：长 $> 500 \text{ mm}$ ，宽 $> 500 \text{ mm}$ ，高 550 mm | 台上恒温器，台下压缩机 |
| | 空间场地可容纳机柜。 | 机柜系统：长 $> 650 \text{ mm}$ ，宽 $> 650 \text{ mm}$ ，高 $> 1500 \text{ mm}$ |
| 室温 | 环境温度 $4 \sim 25^\circ\text{C}$ | 系统开机功率约 1.5 kW ，运行功率约 1.3 kW |
| 装机 | 压缩机进风口与出风口距离墙面 1 m | 压缩机散热 |
| 探测器标定要求 | | |
| 计数器 | 非采购赋同程控 B（含计数模块）的用户，需要自备高速计数器 1 台，计数器甄别电平支持 50 mV 及以上 | |
| 光源 | 除 850 nm 、 1310 nm 、 1550 nm 波长外，其他用户要求表征的波长，需自备对应波长激光器 | 光源 2 小时内不稳定性 $< 0.2 \text{ dB}$ ； 单模光纤输出功率 $> 10 \text{ mW}$ |
| 偏振控制 | 非采购赋同偏振控制器（三桨）用户需自备偏 | |

| | | |
|------|---|--|
| 器 | 振控制器若干 | |
| 培训 | | |
| 人员要求 | 建议选择 1 人作为长期设备管理员； 建议设备其他使用人员同设备管理员一起，接受赋同工程师使用培训； 建议设备管理员与赋同工程师沟通后续设备使用问题。 | |

| 安装步骤 | | |
|-----------------------|--|---|
| 拆箱 检查 | 压缩机箱子 设备：压缩机 | 1. 检查防倾倒标签颜色是否变红，若变红需立即联系工程师 2. 压缩机拆机，其 运输箱建议保留 3. 压缩机禁止倾倒，倾斜角度<30 度 |
| | 恒温腔箱子 设备：恒温腔 | 1. 恒温器拆机，其 运输箱建议保留 2. 检查恒温腔表面有无磕碰； |
| | 其他配件参见发货清单 | |
| 系统 安装 方式 | 桌面式安装 | 机柜式安装（泵组外置） |
| |  |  |
| 压 缩 机 安 装 | 查看压缩机压力（前面板），鹏力 KDC-1000A Supply Pressure 为 17~19 bar。 住友 CNA-11 压缩机 Supply Pressure 为 1.9~2 MPa。压力值异常请联系赋同工程师。 | |
| | 将压缩机移动至桌面下，或桌面附近<5 米处（距离可视氦管长度调整） | 将压缩机移动至机柜底层隔板上 |



| | | |
|-----------|---|-------------------------------|
| 恒温器安装 | 将恒温器平稳放置在平台或者机柜表面 | 将恒温器放置在机柜二层隔板上，恒温器氮管接口朝向机柜背面。 |
| 压缩机与恒温器互联 | <ul style="list-style-type: none"> 用 19 号扳手将“SUPPLY”氮管一端和压缩机自密封“SUPPLY”接头连接； 用 19 号扳手将“SUPPLY”氮管另一端和恒温器“SUPPLY”接头连接； 用 19 号扳手将“RETURN”氮管另一端和恒温器“RETURN”接头连接； 用 19 号扳手将“RETURN”氮管另一端和恒温器“RETURN”接头连接； <div>   </div> | |
| 真空泵安装 | <ul style="list-style-type: none"> 将波纹管一端与真空泵连接在一起； 将波纹管另一端与恒温腔连接在一起； 通过网线将真空规和真空泵连接在一起连接真空泵电源线 <div>   </div> | |

| | | |
|---------|--|------------------|
| 程控电子学安装 | 将程控电子学放置靠近恒温器底部放置，视电环境，可使用接地线通过电子学背部“接地柱”与恒温器接地连接。 | 将程控电子学放置在指定机柜插槽处 |
| 供电 | 请按照设备说明及工程师指导 | |

5. SNSPD 低温系统操作说明

5.1 降温-系统启动

| 启动前参数确认 | | |
|----------------|--|---|
| | 鹏力 KDC-1000A | 住友 CNA-11 |
| 压缩机 压力确认 | Supply Pressure 为 17~19 bar | Supply Pressure 为 1.9~2 MPa |
| 系统 温度确认 | 系统处于室温为 290~300 K | |
| 真空系统启动 | | |
| 真 空 部 件 连 接 | 确认分子泵组“泄气阀”为关闭状态 |  |
| | 恒温腔与真空泵通过 KF25 波纹管联通：逆时针旋转恒温腔上的真空阀门，使得真空阀门处于完全“OPEN”状态后，反方向回旋半圈。 | |
| | <p>※注 1：真空阀门共约 7 圈，顺时针旋转为“SHUT”，逆时针旋转为“OPEN”</p> <p>※注 2：如果系统内部为真空状态，旋转真空阀门时会听到放气声音，此时请缓慢旋转，避免出现快速释放真空的情况。</p> |  |

| | | |
|-------------------|---|---|
| 分子泵组 T-Torr-10 启动 | 启动泵组后侧面板开关 |  |
| | 当真空度低于 1E-1 mbar 级别，在控制器上按启动/停止键，开启分子泵； |  |
| | 分子泵转速将会缓慢提升，约 5 分钟后，转速达到 100% | |
| | 等待约 30 分钟后，真空度优于 1E-3 mbar | |
| 低温系统启动 | | |
| | • 鹏力 KDC-1000A | • 住友 CNA-11 |
| 电源连接 | 连接 AC220 V, 50 Hz 电源 | |
| | / | 打开变压器开关，输出电压在 95~105V 之间； |
| 设备开启 | 打开压缩机前面板 POWER 开关，压缩机自检前面板流水灯亮起，约 10 秒后，BY PASS、POWER 指示灯常亮，剩余指示灯灭； | 打开压缩机后面板 Main POWER 开关； |
| | 打开压缩机前面板 DRIVE 开关，运行后 BY PASS 灯灭，POWER 指示灯常亮，启动制冷机，压缩机压力值在 21 bar~25 bar 之间循环，温度开始下降； | 打开压缩机前面板 DRIVE Switch 开关，启动制冷机，压缩机压力值在 2.1 MPa~2.3 MPa 之间循环，温度开始下降； |
| 系统降温 | 系统将在 10 小时内降至 2.3 K 以下并保持稳定，对应真空度优于 1*10 ⁻⁶ mbar。 | |

5.2 升温-系统关闭

| 关闭前参数确认 | | | |
|--|---|-------------------|--|
| *注: QEye 系统支持 365 天*24 小时连续运行, 当长时间无人使用时, 可进行关机。 | | | |
| 器件 | 关闭 SNSPD 程控电子学开关 | | |
| 泵组状态确认 | 泵组与恒温腔连接完好, 且正在运行 | 泵组与恒温腔连接完好, 泵组已关机 | 泵组与恒温腔断开, 泵组已关机 |
| 真空阀确认 | 确认真空阀门处于完全“OPEN”状态 | 真空阀现在应处于“关闭”状态 | 真空阀现在应处于“关闭”状态 |
| 真空管路连接 | / | / | 使用 KF25 波纹管及配件卡箍 O 圈连接泵组与真空阀 |
| 真空启动 | 确认分子泵组“泄气阀”为关闭状态 | |  |
| 真空系统启动 | | | |
| 分子泵组 T-Torr-10 启动 (详见 8.3) | 启动涡轮干泵开关 | | |
| | 预抽真空泵组: 开启涡轮干泵 10 分钟后, 在控制器上按启动/停止键, 开启分子泵; 分子泵转速将会缓慢提升, 约 5 分钟后, 转速达到 100% | | |
| | 系统处于低温, 开启真空阀, 真空度优于 1×10^{-6} mbar。 | | |
| | 恒温腔与真空泵通过波纹管联通: 逆时针旋转恒温腔上的真空阀门, 使得后, 反方向回旋半圈。 | | |

| | | |
|--------|--|---|
| | <p>※注 1：真空阀门共约 7 圈，顺时针旋 转 为 “SHUT”，逆 时 针 旋 转 为 “OPEN”</p> |  |
| 低温系统关机 | | |
| | <ul style="list-style-type: none">• 鹏力 KDC-1000A | <ul style="list-style-type: none">• 住友 CNA-11 |
| 设备关闭 | 关闭压缩机前面板 DRIVE 开关，制冷机停止运行后 BY PASS 灯常亮，POWER 指示灯常亮，压缩机压力指针停止摆动，压力值稳定在 17-19 bar 之间某一数值，温度开始上升； | 关闭压缩机前面板 DRIVE Switch 开关，关闭制冷机，压缩机压力指针停止摆动，压力值稳定在 1.9 MPa~2 MPa 之间某一数值，温度开始上升； |
| | 关闭压缩机前面板 POWER 开关，压缩机 BY PASS、POWER 指示灯熄灭； | 关闭压缩机后面板 Main POWER 开关； |
| 电源确认 | / | 关闭变压器开关 |
| | 断开 AC220 V，50 Hz 电源 | |
| 系统回温 | 系统将在 48 小时内回温至 290 K 以上，对应真空度优于 1E-3 mbar。 | |

5.3 断电应急操作

| 断电 | | |
|------|---------------------------------------|-----------|
| 情况 | 突然断电 | 提前通知断电 |
| 真空阀门 | 关闭真空阀门, 将阀门旋钮朝 SHUT 方向旋转至完全拧紧 (约 7 圈) | 参照 5.2 升温 |

| | | |
|--------|---|-----------|
| 设备关闭 | 依次关闭真空泵、压缩机、电子学、温度显示器的电源开关 | |
| 通电 | | |
| 设备打开 | 打开温度显示器和分子泵控制器 | |
| 系统状态确认 | <ul style="list-style-type: none"> 温度低于 290 K, 恒温器内真空度低于 1E-1mbar, 打开真空泵, 待分子泵转速达到 100%后, 缓慢打开真空阀, 在真空状态下回复至常温 290 K 后再次降温; 温度低于 290 K, 恒温器内真空度高于 1E-1mbar, 打开涡轮干泵, 等待 5 分钟后打开真空阀门, 待恒温器内真空度小于 1E-1mbar 级别后开启分子泵, 在真空状态下回复至常温 290 K 后再次降温; 温度高于 290 K, 参考 5.1 降温 | 参照 5.1 降温 |

6. SNSPD 程控电子学

6.1 产品描述

P-EM-B16 是赋同量子科技专门为超导纳米线单光子探测器 (SNSPD) 研发的一款外部偏置放大测量设备, 并配有上位机操作软件。SNSPD 在吸收光子后会从超导状态转变为有阻状态, 该瞬态产生快速的电脉冲, 由 P-EM-B16 采集放大并进行测量, 可在配套上位机操作软件对数据进行进一步处理。

P-EM-B16 是一款高集成度、高扩展性、高精度、高分辨率、低噪声的测量设备, 最大支持 16 路常规器件的测试, 同时可扩展支持 8 路低温放大器 LTA 器件的程控。P-EM-B16 包括两个 RS485 接口和一个 USB 串行接口, 上位机软件支持数据记录及报警记录功能。

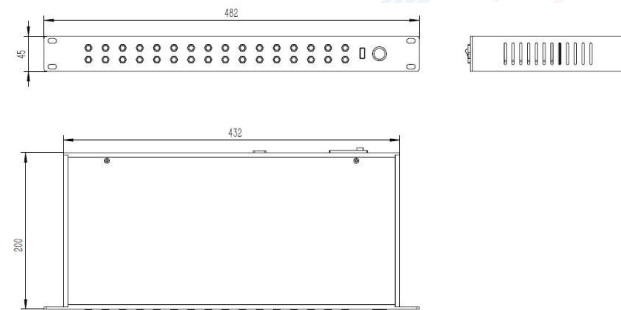


图 1

6.2 性能参数

Table1. P-EM-B16 performance parameter

| | |
|--------------------------------|-------------------|
| Bias current setting range | 0~40 μ A |
| Bias current setting precision | 0.01 μ A |
| Switching current scan error | ± 0.1 μ A |
| Work bandwidth | 0.01~600 MHz |
| Maximum counting rate | 20 MHz |
| Trigger level setting range | 5~400 mV |

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Scan time setting range | 0.01~60 s |
| Output signal | 1.1 V TTL |
| Signal connection interface | SMA |
| Number of channels | Max 16 |
| Data communication protocol | Modbus |
| Data communication interface | USB-A、DB9、HT3.96K |
| Power consumption | Max 30 W |
| Supply voltage | Tpy 220 VAC |
| Size | 482(L)*200(W)*45(H) mm |

6.3 面板定义

注意：确认设备的交流线路电压适合于预期的交流电源输入，请在插入电源线和打开设备电源之前确认输入电压是否发生变化。在进行任何前后面板连接之前，一定要关闭设备电源，在进行器件与设备的连接时，这一点尤其重要。



图 3

①. SMA 接口组

SMA 接口组 P-EM-B16 设备前面板组件的一部分，包括了 16 路通道输入和输出接口，其中 in 端为系统信号输入端，out 端为 TTL 波形输出端

②. 通信连接端口 1

通信连接端口 1 是 P-EM-B16 设备前面板组件的一部分，为 USB 串行通信连接口，赋同量子设备清单提供了对应连接计算机的 1 米 USB 连接线。

③. 电源开关

电源开关是 P-EM-B16 设备前面板组件的一部分，用于打开和关闭设备的主控及放大器模块供电电源。当开关被压下时，开关灯亮，电源被打开。当开关复位时，开关灯灭，电源关



图 4

①. 接地柱

接地柱是 P-EM-B16 设备后面板组件的一部分，可使用香蕉插或圆环片接地线与系统接地，可更好的降低噪声和暗计数。

②. 设备电源输入

设备电源输入是 P-EM-B16 设备后面板组件的一部分，为交流电源输入接口，可输入 85~264 VAC 的交流电，为内部总电源模块供电，配套的电源开关可控制整个设备的电源开启与关闭，若长时间不使用设备请关闭此电源开关，赋同量子设备清单提供了对应品字电源线。

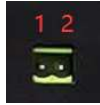
③. 通信连接端口 2

通信连接端口 2 是 P-EM-B16 设备后面板组件的一部分，为 RS485 通信接口，具体接口定义如下表。

| PIN | DESC. | PIN | DESC. |
|-----|-------|-----|-------|
| 1 | B | 6 | NC |
| 2 | A | 7 | NC |
| 3 | NC | 8 | NC |
| 4 | NC | 9 | NC |
| 5 | GND | | |

④. 通信连接端口 3

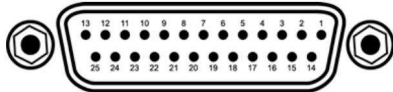
通信连接端口 3 是 P-EM-B16 设备后面板组件的一部分，为 RS485 通信接口，具体接口定义如下表。



| PIN | DESC. |
|-----|-------|
| 1 | A |
| 2 | B |

⑤. 低温放大器组件接口

低温放大器组件接口是 P-EM-B16 设备后面板组件的一部分，为系统内低温放大器供电 VCC 及提供偏置电压 Vbias，具体接口定义如下表。



| PIN | DESC. | PIN | DESC. |
|-----|--------|-----|--------|
| 1 | Vbias1 | 14 | Vbias2 |
| 2 | Vbias3 | 15 | Vbias4 |
| 3 | Vbias5 | 16 | Vbias6 |
| 4 | Vbias7 | 17 | Vbias8 |
| 5 | VCC1 | 18 | VCC2 |
| 6 | VCC3 | 19 | VCC4 |
| 7 | VCC5 | 20 | VCC6 |
| 8 | VCC7 | 21 | VCC8 |
| 9 | NC | 22 | GND |
| 10 | GND | 23 | GND |
| 11 | GND | 24 | GND |
| 12 | GND | 25 | GND |

| | | | |
|----|-----|--|--|
| 13 | GND | | |
|----|-----|--|--|

6.4 软件说明

请在官方网站下载安装包：<https://www.cnphotec.com/zlxz>，或向工程师索取 P-EM-B16 的最新版本软件。

注意：一个计算机软件接口仅支持控制一个 P-EM-B16，可以通过多个接口同时操作的方式实现多个 P-EM-B16 控制器并行工作。

A. 驱动安装

P-EM-B16 设备与计算机连接时，防止缺少必要的驱动而不能运行 SNSPD_CH16B.exe，请先完成如下步骤安装：

1. 安装串口驱动：打开文件夹 DRVSETUP64，双击运行 DRVSETUP64.exe，直接点击安装按钮，显示驱动预安装成功即串口驱动安装成功；
2. Microsoft .NET 6 运行库安装：双击运行 windowsdesktop-runtime-6.0.8-win-x64，完成运行库安装；
3. Webview2 环境安装：双击运行 MicrosoftEdgeWebview2Setup.exe 自动完成下载安装；
4. Microsoft 运行库安装：部分 windows 系统会缺少运行 SNSPD_CH16B 软件的库，双击运行 Microsoft common runtime libraries collection.exe，按流程完成 Microsoft 运行库的安装；
5. 完成以上安装即可运行 SNSPD_CH16B.exe ！

B. 显示界面介绍

本章节主要介绍 P-EM-B16 设备上位机软件登录页面、扫描页面、计数页面、SDE 页面和设置栏等。注意上位机软件的更新是一直存在的，若对实际使用的上位机操作页面有疑问的地方请立即联系赋同量子售后。若对上位机软件使用有更好的建议意见可以直接联系赋同量子售后或工程师，您的建议意见可能是上位机软件升级的重要参考。

1 登录页面

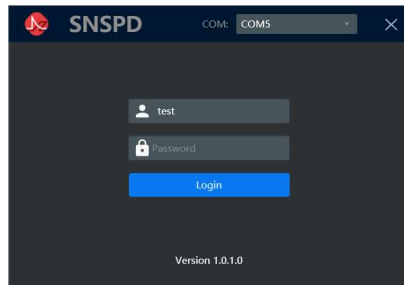


图 5

正确连接设备，启动电源后，双击运行上位机软件，进入软件登录页面如图 5，在登录页菜单栏包含 LOGO、COM 栏及关闭按钮，COM 栏与自动识别设备连接的 COM 口号；在登录页主页包含用户名、登录密码、连接按钮及版本号，用户名及登录密码请联系赋同量子售后。正确连接 COM 口和账户密码即可登录上位机软件。

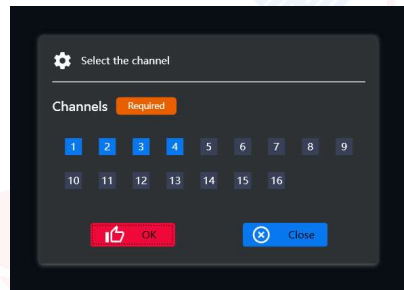


图 6

进入软件首先会弹出通道选择窗口如图 6，默认通道为未选择状态，单击鼠标左键选择需要用到的通道号，点击 OK 按钮进入扫描页面。

2 扫描页面

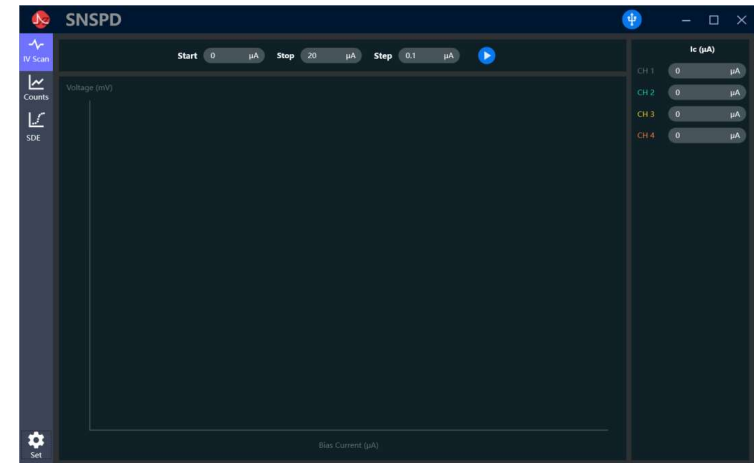


图 6

如图 6 为扫描页面，包含上边框扫描 I_c 起始点 start 栏（默认 $0\mu A$ ），截至点 stop 栏（默认 $20\mu A$ ），扫描步进 step 栏（默认 $0.1\mu A$ ）以及开始/暂停扫描按钮；右边框为扫描的 I_c 显示栏，显示扫描得到的 I_c 值；中间框体为曲线显示栏，实时显示扫描曲线。

3 计数页面

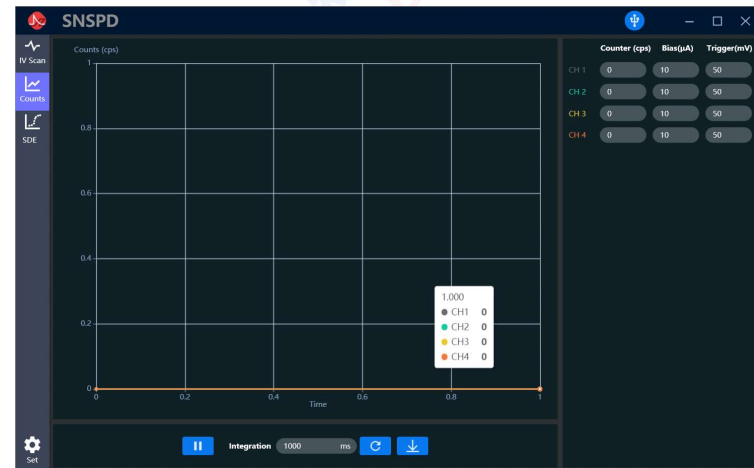


图 7

如图 7 为计数页面，包含中间框体为曲线显示栏，实时显示采集到的计数值；底边栏

开始/暂停计数按钮，积分时间设置栏，曲线刷新按钮以及曲线数据下载按钮，如图 8。默认保存在文档文件夹下，默认保存文件名及格式为 ChannelCountInfos-2022-09-13-16.csv；右边栏显示通道名，对应通道计数值显示栏、Ib 设置栏（默认上一次关闭前设置值与账户绑定）及 trigger 电平设置栏（默认 50 mV）。

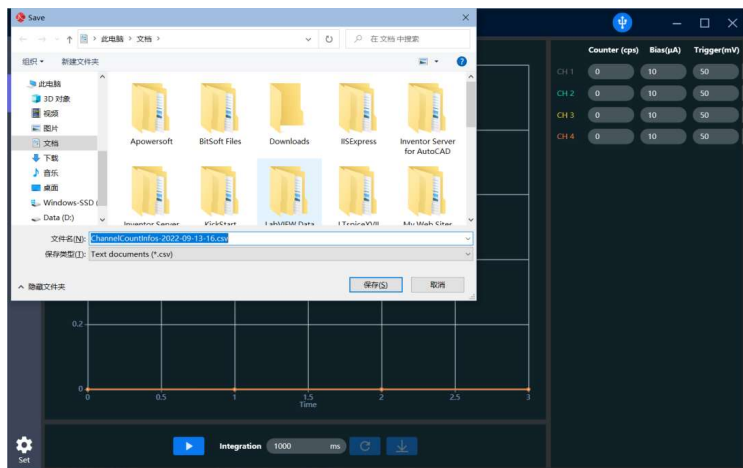


图 8

4 SDE 页面

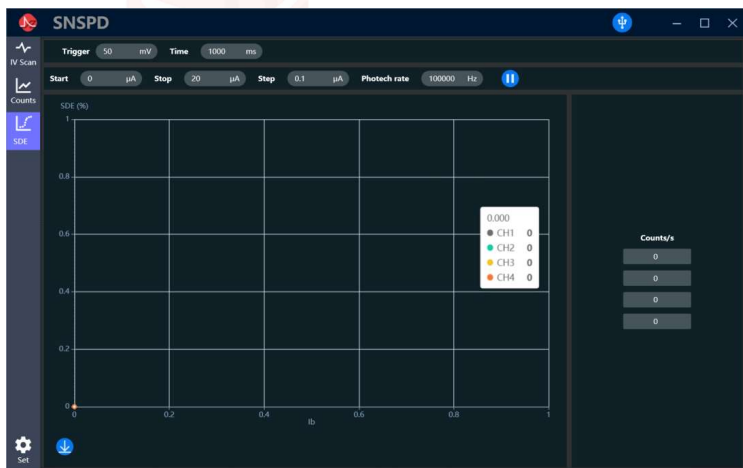


图 9

如图 9 为 SDE 页面，包含中间框 SDE 曲线显示栏，实时显示扫描得到的 SDE 曲线；左边栏 trigger 设置栏（默认 50 mV）、Time 扫描间隔时间设置栏（默认 1000 ms）、扫描 Ib 起始点 start 栏（默认 0 μ A），截至点 stop 栏（默认 20 μ A），扫描步进 step 栏（默认 0.1 μ A）、Photon Rate 设置栏（默认 100000 Hz）以及开始/暂停扫描按钮；右边栏显示通道名及每秒计数值显示栏。

5 设置栏

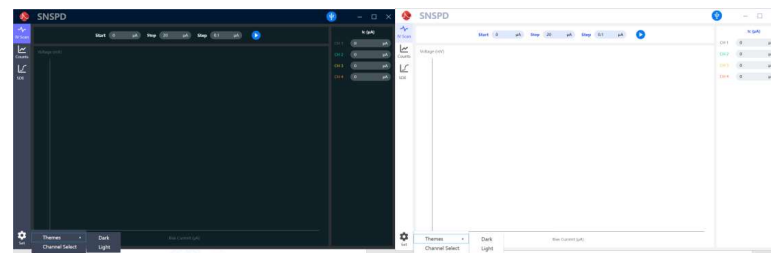


图 10

按下 set 按钮弹出设置栏，包含页面主题颜色显示，目前有白色与黑色主题；设置栏可以进入通道选择窗口重新选择或关闭相应通道。

C 功能介绍

- SNSPD 超导转变电流 I_c 扫描功能；
在扫描页面设置好相应的设置，软件可通过算法自动扫描到对应的通道 SNSPD 超导转变电流 I_c 。多次扫描 I_c 值范围在 $\pm 0.1 \mu$ A 内都是可以接收的，良好的接地可以更好的保证 I_c 的准确，及扫描的稳定。建议 SNSPD 系统运行间隔一个月重新扫描一次器件的 I_c 。
- SNSPD 工作电流 I_b 自动设置；
当扫描得到 I_c 值后，SNSPD 工作电流 I_b 会自动得到并自动设置到计数页面对应通道 Bias 栏中，鼠标点到对应通道的 Bias 栏回车即可下发设置指令，对应通道 SNSPD 工作电流启动。
- SNSPD 光响应脉冲信号计数功能；
当设置好 I_b 之后，Trigger 电平、积分时间推荐默认设置不变，按下计数页面开始计数按钮，即可开始计数 SNSPD 光响应脉冲信号。也可通过 OUT 端口连接外部计数器计数，

OUT 端口输出 1.1V TTL 波形。

- 器件 Latch 监测及自动重启功能

在长时间的计数过程中，有一点点的外部干扰或其他原因可能导致 SNSPD 器件的 Latch 效应，从而导致计数的停滞，可能影响您的实验目的，器件 Latch 监测及自动重启功能可以很好的防止此问题，当软件监测到器件发生 Latch 效应，软件算法可以自动重启 SNSPD 器件，使器件重新开始工作，器件 Latch 监测及自动重启功能是在器件发生 Latch 效应 20~200 ms 内生效，可以很好的避免造成影响实验的情况。

- 器件 SDE 曲线扫描功能。

在 SDE 页面设置好相应的设置，软件可通过算法自动扫描到对应的通道 SNSPD 器件的效率。此功能可以方便工程师对器件性能的标定。

6.5 Modbus 协议简介

本章提供了 P-EM-B16 设备的上位机操作通信指令，P-EM-B16 设备提供了两个计算机接口：USB 与 DB9，这两个接口共享同一组 Modbus 协议指令，本设备支持两个接口同时连接使用，其中 USB 串行接口适合短距离的连接，推荐最长使用 2m 长度的 USB 线，USB 接口连接时只支持一台计算机控制一台 P-EM-B16 设备，赋同量子提供的上位机界面只支持一对一控制方式。DB9 为 RS485 接口，适合长距离连接及多台设备并联时通信，如需使用自研软件同时控制多台设备，请联系赋同量子售后或工程师，定制设备地址，默认设备地址 0x11。

串行接口规范

| | |
|-------|-------------------------------|
| 连接器类型 | USB-A/DB9 |
| 电压级别 | USB Specified/RS485 Specified |
| 传输距离 | 2 metre max /100 metre max |
| 计时方式 | 异步 |
| 传输方式 | 半双工 |
| 波特率 | 115200 |
| 指令速率 | 每秒 50 条指令 |

校验

CRC

下表提供了计算机与 P-EM-B16 之间的数据通信说明。

| 下发指令规范 | | | |
|-----------|-----------|----------|--------------------------------|
| Data bits | Functions | Examples | Remarks |
| 1 | 设备地址 | 0x11 | 0x11 表示 CH16B 设备地址 |
| 2 | 数据方向 | 0x03 | 0x03 上位机下发指令 |
| 3 | 功能：高位 | 0x00 | 暂时不用，用于进行扩展 |
| 4 | 功能：低位 | 0x00 | 0xFF：预留 0x00-0xFE 分别表示不同的功能 |
| 5 | 数据长度：高位 | 0x00 | 数据长度：高字节 |
| 6 | 数据长度：低位 | 0x00 | 数据长度：低字节 |
| ... | 数据区 | ... | 发送的数据 |
| 7 | CRC16 高 | | |
| 8 | CRC16 低 | | |

| 读取指令规范 | | | |
|-----------|-----------|----------|--------------------------------|
| Data bits | Functions | Examples | Remarks |
| 1 | 设备地址 | 0x11 | 0x11 表示程控 B-CH16 设备 |
| 2 | 数据方向 | 0x10 | 0x10 表示上位机读取指令 |
| 3 | 功能：高位 | 0x00 | 暂时不用，用于进行扩展 |
| 4 | 功能：低位 | 0x00 | 0xFF：预留 0x00-0xFE 分别表示不同的功能 |
| 5 | 数据长度：高位 | 0x00 | 数据长度：高字节 |
| 6 | 数据长度：低位 | 0x01 | 数据长度：低字节 |
| | 数据区 | | 返回的数据 |

| | | | |
|---|---------|--|--|
| 7 | CRC16 高 | | |
| 8 | CRC16 低 | | |

具体实例:

| | |
|--|--|
| 例 1: 功能位 0000 确认设备是否连接, 回复则连接 OK, 不 回复则连接失败 | [09:05:29.731]发→◇11 03 00 00 00 00 47 5A [09:05:29.741]收←◆11 10 00 00 00 00 C2 99 |
| 例 2: 功能位 0001 设置 Vb 偏置电压, 上位机设置 Ib 为 10μA, 则需要下发 Vb 为 10μA*110KΩ =1100mV | [09:26:54.032]发→◇11 03 00 01 00 20 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 00 00 00 00 00 00 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C D2 44 [09:26:54.045]收←◆11 10 00 01 00 00 93 59 |
| 例 3: 功能位 0002 读取当前设置的 Vb 电压: 04 4C>1100>10μA | [09:29:51.112]发→◇11 03 00 02 00 00 E6 9A [09:29:51.124]收←◆11 10 00 02 00 20 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 00 00 00 00 00 00 04 4C 04 4C 04 4C 04 4C 5D F0 |
| 例 4: 功能位 0003 读取当前 AIN0 电压 值 | [09:30:41.812]发→◇11 03 00 03 00 00 B7 5A □ [09:30:41.823]收←◆11 10 00 03 00 20 04 B5 04 B5 04 B5 04 B2 04 B6 04 B6 04 B1 04 B5 04 B5 00 03 00 00 00 04 04 B8 04 B7 04 B8 04 B8 9B FC |
| 例 5: 功能位 0004 设置积分时间 | [09:49:50.861]发→◇11 03 00 04 00 02 00 0A 63 CC [09:49:50.872]收←◆11 10 00 04 00 00 83 58 |
| 例 6: 功能位 0005 读取积分时间 00 64>100ms | [09:44:30.077]发→◇11 03 00 05 00 00 57 5B [09:44:30.087]收←◆11 10 00 05 00 02 00 64 FD 21 |

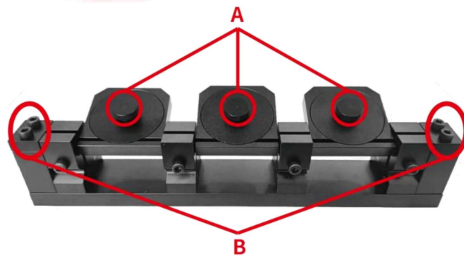
| | |
|--|--|
| 例 7: 功能位 0006 设置计数触发电平, 设置 50mV 则下发 01 F4>500 | [09:56:51.100]发→◇11 03 00 06 00 20 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 FF FF 73 FA [09:56:51.112]收←◆11 10 00 06 00 00 22 98 |
| 例 8: 功能位 0007 读取当前设置的计数 触发电平 | [09:57:07.685]发→◇11 03 00 07 00 00 F6 9B [09:57:07.696]收←◆11 10 00 07 00 20 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 01 F4 A4 AC |
| 例 9: 功能位 0008 读取计数值, 每 4 位 为一路通道计数值, 例中为 CH5 通道计 数值 0001B6C4>112324 | [10:16:43.035]发→◇11 03 00 08 00 00 C6 98 [10:16:43.047]收←◆11 10 00 08 00 40 00 B6 57 |

7. 附件

7.1 偏振控制器

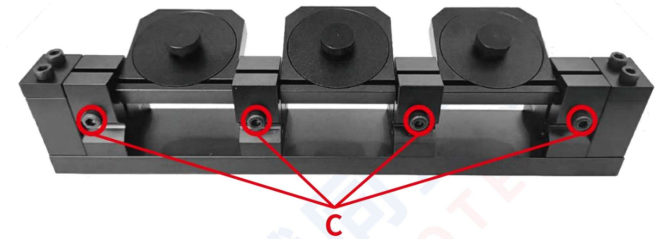
如无特殊设计，SNSPD 为偏振敏感型器件，在 SNSPD 使用时，需调节偏振控制器使效率最优。用户可选择电控偏振控制器或者手动偏振控制器，优先推荐使用三桨偏振控制器。三桨偏振控制器，将四分之一波片、半波片和四分之一波片串联在一起可以将任意偏振状态转换为其他任何偏振状态。首先第一个四分之一波片将输入的偏振状态转换为线性偏振状态；其次，通过中间的半波片将使线性偏振状态进行旋转；最后通过的四分之一波片将线性状态转换为其他任意偏振状态。因此，调整三个桨叶（光纤减速器）中的每一个可完全控制输出在 300 至 2100 nm 的宽波长范围内的偏振状态。

| 波长 (nm) | 1/2λ的环路数 (圈) | | 1/4λ的环路数 (圈) | | 推荐光纤类型 |
|---------|--------------|-----------|--------------|-----------|----------------|
| | Dia 27 mm | Dia 56 mm | Dia 27 mm | Dia 56 mm | |
| 480 | 3 | 2 | / | 3 | HP460 |
| 630 | 4 | 3 | 2 | 4 | HP630 |
| 780 | 2 | 4 | 1 | 2 | HP780 |
| 850 | 2 | 4 | 1 | 2 | HI780 |
| 1064 | 2 | 4 | 3 | 2 | HI1060, 1060XP |
| 1310 | 3 | 6 | 4 | 3 | SEM28E |
| 1550 | 3 | 6 | 2 | 3 | SEM28E |



- 1、松开每个桨叶上的滑阀盖(A)。
- 2、光纤偏振控制器的两端各有两个内六角头螺钉固定的矩形盖板 (B)。拆下两个螺钉并拿下矩形盖板。

- 3、水平放置拨杆，使槽环朝上。桨叶上的沟槽应与基座支架两端的沟槽对齐。
- 4、将光纤放置在一侧盖板下的凹槽内，并继续沿沟槽路径铺设光纤，在每个桨叶上铺设所需的环路数量，最终从控制器另一端穿出。光纤应始终处于沟槽的内部，但不要拉得太紧，因为这将导致在桨叶相互旋转时产生诱导双折射，从而加大光学损耗。
- 5、确保光纤位于每个桨叶的沟槽中，在固定下一个桨叶上的光纤前，可以先把前一个桨叶上的滑阀盖轻轻拧紧，将光纤固定到位。
- 6、轻轻拧紧控制器两端矩形盖板上的螺钉。
- 7、通过松紧下图中的内六角螺丝 (C) 控制每个桨叶的松紧度。



7.2 分子泵组 (T-Torr-10)

注意事项

供电：真空泵组供电为 220 V/50 Hz；

操作：真空泵组开启后不可移动泵组，不可再开泄气阀。

7.2.1. 系统简介

T-Torr-10 分子泵组由涡旋式干泵、分子泵、有源仪表控制器、风冷系统等构成。可实现系统的单按钮启动/停止，通风阀控制（选配），涡轮分子泵可根据时间或真空度（如果安装了仪表）延迟启动。还可提供 Modbus 485 多地址控制盒参数读取，可实现集成的控制功能。

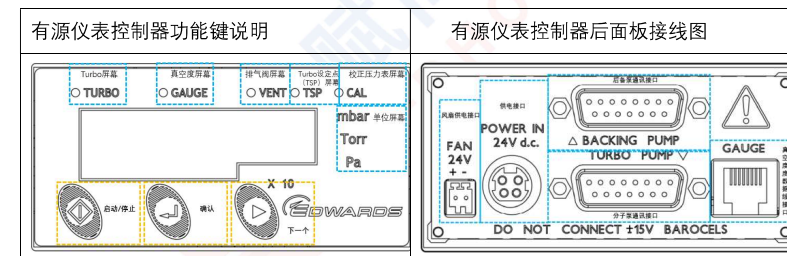


7.2.2 技术参数

| Modular Pumping | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Station | T-Torr-10 | D-Torr-10 |
| Flange | KF40, KF25 | KF40, KF25 |
| Ultimate pressure | $<5 \times 10^{-9}$ mbar | $<5 \times 10^{-9}$ mbar |
| Pumping speed for nitrogen N_2 | 47 l/s | 47 l/s |
| Operating environment temperature | 5 to 40 °C | 5 to 40 °C |
| Dimensions (L*W*H) | 217*385*367 mm | 217*323*312 mm |
| Weight of pumping station | 21 kg | 14.5 kg |
| Power consumption of pumping Station | 144 W | 56 W |

| | types | Turbo pump | Diaphragm pump |
|--------------|----------------------------|--|--|
| Backing pump | pumping speed | 50 Hz: 3 m ³ /h; at 50 Hz 60 Hz: 3.6 m ³ /h | 50 Hz: 1.2 m ³ /h 60 Hz: 1.4 m ³ /h |
| | Pumping speed at DC 24V | / | 600 rpm 0.6 m ³ /h; 1700 rpm 1.4 m ³ /h |
| | Power consumption | 120 W | 64 W |
| | Noise level | 55 dBA | 45 dBA |
| | Weight | 9.5 kg | 4.5 kg |

7.2.3 T-Torr-10 使用说明



有源仪表控制器的显示器顶部有 LED 指示灯，灯亮表示当前数字显示器上正在显示的菜单屏幕。按“下一个”键可移至下一个菜单；按“启动/停止”键可返回至 Turbo 菜单，各个显示界面标识及按键功能如上图所示。

• Turbo 设定点设置

Turbo 设定点界面用于配置涡轮分子泵的启动延迟。选择 Turbo 设定点时，TSP LED 将亮起并显示当前的设定点。默认设置为“关闭”。如果 Turbo 正在运行或所选单位为伏特，则“Turbo 设定点”菜单不可用。

更改 Turbo 设定点：按“确认”键，然后使用“下一个”键在关闭、延时和真空度设定点之间循环，并按“确认”键确认选择。

选择延时后，显示器将在几秒内显示延迟时间。默认时间为 120 s。这意味着自按下“启动”键那一刻起，涡轮分子泵将在 120 s 后启动。如果要更改延迟时间值，需按住“确认”键启动数字登录模式。

如果将真空规管连接至系统，则可在真空度降至设定点以下之后，使用真空度设定点启动涡轮分子泵。选择真空度后，显示器将显示设置点真空度。默认真空度为“5.00” mbar。如果要更改真空度设定点，需按住“确认”键启动数字登录模式。

当在时间或真空度设定点选项按住“确认”键时，将进入数字登录模式。第一个数字开始闪烁，并且可对时间或真空度设定点进行编辑。

按“下一个”键将数字调整为所需的值。然后按“确认”键确认第一个数字并按照类似方式进行第二个数字的调整。然后按“确认”键确认第二个数字并继续进行时间设定点的末位数字或真空度设定点的指数调整。可以将真空度设定点的指数调整为-10 至+6 范围内的某个值。

最后一次按下“确认”键确认完整数字并恢复显示设定点值。TSP 将在确认完整数字后设置。

备注: 如果将 Turbo 设定点设置为真空度但不连接真空规管,则涡轮分子泵将不会启动。

• 开机

(1) 未设置 Turbo 设定点

涡旋式干泵开启: 真空管路链接完成后, 手动开启涡旋式干泵背面开关, 待真空度下降至 5.0E-5 mbar, 可开启分子泵。

分子泵开启: 使用有源仪表控制器进行操作, 将界面切换至 Turbo, 界面显示 0%, 然后按“启动/停止”键, 显示器通过闪烁左上角的百分号来显示分子泵正在加速运行, 当 Turbo 达到正常速度时 (默认 > 80%), 百分号将停止闪烁并保持稳定状态, 最终稳定在 100%, 然后可以切换到真空度表屏幕, 即可显示真空度。

(2) 设置 Turbo 设定点

如果设置了 Turbo 设定点, 后备泵在按下“启动/停止”键时启动, TSP LED 闪烁, 直至达到设定点为止分子泵自动启动, TSP LED 关闭, Turbo 界面显示 0%, 显示器通过闪烁左上角的百分号来显示分子泵正在加速运行, 当 Turbo 达到正常速度时 (默认 > 80%), 百分号将停止闪烁并保持稳定状态, 最终稳定在 100%, 然后可以切换到真空度表屏幕, 即可显示真空度。

• 关机

显示器切换至 Turbo 界面, 按“启动/停止”键, 显示器将连续 3 秒显示“STOP”, 在该时间内按“确认”键停止分子泵运行, 分子泵减速, 右下角百分号将闪烁, 直至 Turbo 完全停止旋转, Turbo 界面显示 0%。

未设定 Turbo 设定点的泵组, 按下“STOP”确认键后, 分子泵关闭, 待分子泵速度为 0% 后, 再关闭涡旋式干泵。

设置 Turbo 设定点的泵组, 按下“STOP”确认键后, 后备泵与分子泵同时关闭, 分子泵降速, 待分子泵速度为 0%, 即泵组已停止工作。

7.3 压缩机

根据用户区域分布，赋同量子 QEye 系统制冷机配有住友重工（Sumitomo Heavy Industries, Ltd）RDK-101 D 产品或者中船重工鹏力（南京）超低温技术有限公司 KDC1000A 产品。配有不同品牌压缩机的 QEye 系统性能上没有差异。

住友重工及鹏力产品说明，请在本公司网站下载使用 <https://www.cnphotec.com/zlxz>

