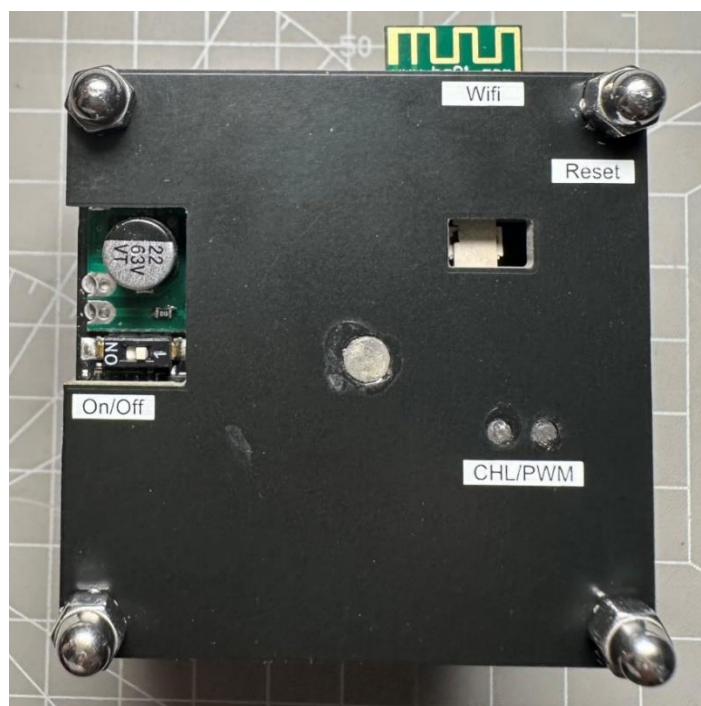


巴德工坊

空气炸锅回流焊温控器

上手指南



Datasheet: VER.2.00.000

Software: ver.2.00.000

Hardware: REV.1.04.10

警告：在恒温模式的应用中，应合理接驳位选（CHL）通道，防止温控器输出因不恰当的软件设置而翻转，最终烧毁加热器。

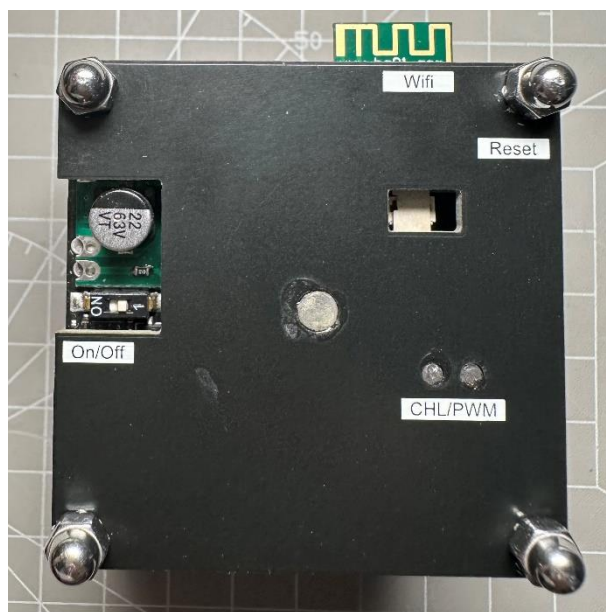
警告：在无人值守的应用中，应将位选通道接驳至机械式继电器、接触器并串接至电子开关作为保险，以及在软件中设置合适的温度保险参数，以防电子开关击穿失效。

警告：在任何情况下，都应使用带有温度保险的加热器件，需要能够在超出安全温度的情况下自动断开电气连接，避免引发火灾等严重事故。

1. 机械

1.1. 实物图片

1.1.1.顶部



1.1.2.侧面（天线/电源开关/电源接口）



1.1.3.接线端子（保护盖抬起）



2. 电气

2.1. 底部 HB9500 栅栏式螺栓接线端子

2.1.1. 【PE】

将该端子与热电阻屏蔽层以及接地良好的地线连接以获得更好的噪声屏蔽效果。

2.1.2. 【COM】

将该端子连接至三线制热电阻的任一公共端。

2.1.3. 【DR-】

将该端子连接至三线制热电阻的除连接至 COM 端子外的另一公共端。

2.1.4. 【DR+】

将该端子连接至三线制热电阻的激励端。

2.1.5. 【SUP】

将该端子连接至 5V~24V 的直流电源**正极**以为温控器的输出隔离光耦供电。请将【PWM】与【CHL】端子所连接的下一级设备与该供电电源共地。

2.1.6. 【PWM】

将该端子连接至需要 PWM/PFM（脉冲宽度调制/脉冲频率调制）的下一级设备。温控器的 PWM/PFM 信号将由该端子以推挽的形式输出，即输出高电平时，该端子将由【SUP】脚所提供的电源，流出最大 50 毫安电流以拉至【SUP】脚电压轨，输出低电平时，该端子将由【GND】脚所提供的电源，吸收最大 50 毫安电流以拉至【GND】脚电压轨。

2.1.7. 【CHL】

将该端子连接至制冷模式、制热模式选择的下一级设备。温控器的开关信号将由该端子以推挽的形式输出，即输出高电平时，该端子将由【SUP】脚所提供的电源，流出最大 50 毫安电流以拉至【SUP】脚电压轨，输出低电平时，该端子将由【GND】脚所提供的电源，吸收最大 50 毫安电流以拉至【GND】脚电压轨。

2.1.8. 【GND】

将该端子连接至 5V~24V 的直流电源负极以为温控器的输出隔离光耦供电。请将 PWM 与 CHL 端子所连接的下一级设备与该供电电源共地。

2.2. 侧面 DC 5.5-2.1 接口

2.2.1. 电源接口

通过该接口对温控器进行供电，请使用高品质的输出电压为 12V 输出电流为 500 毫安以上的直流电源适配器为温控器供电，以获得最佳的噪声性能。

2.3. 顶部面板挖空处 SH1.0 接线端子

2.3.1. 有线通信接口

如不需要 WIFI 功能，或需要远距离通信，则可使用 3PIN SH1.0 连接线，连接至该端子以与上位机交互。连接线序由左到右为 TX-RX-GND，电气规格为 3.3V TTL 电平。该接口与 WIFI 模块互斥，如需使用则需拆除 WIFI 模块的接地电阻以关闭 WIFI 模块。

3. 上位机

3.1. 推荐上位机软件

本温控器可以使用，免费，可赞助，软件“VOFA+”作为图形化上位机软件，软件官方网址 <https://www.vofa.plus/>，支持 Windows、Linux、MacOS 三平台。如有需要，请至官网下载相应版本安装。

3.2. 上位机通讯格式

理论上，任何支持 TCP/UDP 协议的网络串口工具，都可以作为无线网络上位机使用。温控器仅在进入回流焊模式（LB\$rfsmdoe）恒温模式（LB\$isomdoe）测试模式（LB\$testmode）这三种模式的任意一种模式时，才会进行 JUST FLOAT（带结束标识的单精度浮点数十六进制序列）打印，除了这三种模式外，温控器主要以 ASCII 文字的方式进行交互，对于运行参数的设置则以十六进制的 Float (IEEE754 Single precision 32-bit)数据序列进行交互，详情见文档后续。

4. 上位机连接与使用

4.1. 无线网络连接

首次给温控器上电后，观察板载蓝色 WIFI 指示灯是否闪烁，确认闪烁后，请使用任意可以连接 WIFI，并带有网络浏览器功能的设备，连接至 WIFI 模块所发出的 WIFI 热点，（无密码，网络名称带 HC 字样）。在连接成功后，打开设备的网络浏览器，输入 192.168.4.1，点击访问，即来到以下界面：



The image shows a web-based login interface for the HC-25 device. It features a title 'HC-25 登录界面' at the top. Below the title is a label 'password:' followed by a text input field. At the bottom, there are two buttons: '登录' (Login) and '设置密码' (Set Password).

HC-25 登录界面

password:

无需输入密码，直接点击“登录”按钮即可。

登录完成后即来到如下配置界面：

HC-25 网页设置

串口设置:

波特率: 115200 ▾

校验位: NONE ▾

停止位: 1 ▾

AP参数设置:

网络名称: HC-25-286dcd63fc76

网络密码: NONE

网络地址: 192.168.4.1

Station参数设置:

WiFi Mode: APDELAY+STA ▾

IP地址类型: DHCP ▾

IP地址: 192.168.1.10

网络名称:

AP列表:

网络密码:

Socket参数设置:

Socket类型: Server ▾

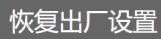
Socket协议: TCP ▾

远程IP: 192.168.4.1

端口: 8096

请点击页面上“AP 列表”后方绿色的“刷新”按钮，对周边 WIFI 信号进行搜索，搜索完毕后，即可在“刷新”按钮左侧的下拉菜单中寻找到周边的 WIFI 信号，点击想要连接的 WIFI 名称后，再点击“网络密码”输入框，输入该 WIFI 信号的密码。【注意，模块只支持 2.4G 无线网络信号，对于 5G 无线网络信号则搜索不到，或对于 5G/2.4G 双频合一信号则会导致最终连接失败】

下一步，来到“Socket 参数设置”，请按照图上所示，将“Socket 类型”配置为：【Server】，“Socket 协议”配置为：【TCP】，“端口”可任意配置为 0~65535 的任意整数值，但请注意端口冲突等相关问题，同时记住设置的数值，如不想修改则使用默认值 8080。配置完毕后，直接下拉，点击“保存”。



保存完毕后，如密码无误，温控器会在稍后自动连接至目标路由器，并停止发射热点。【注意，不要随意修改本段中未提到的任何参数，否则可能导致后续连接失败!】

4.2. 复位无线网络

如遇到任何问题导致连接失败则可进行复位动作以将无线网络模块恢复到出厂设置以重新配置无线网络。复位网络动作需要将一块磁铁置于温控器[顶部面板](#)的【Reset】字样处，并保持 10 秒钟，当看到无线网络模块上的蓝色指示灯快速闪烁时，代表无线网络已回复出厂设置。在不需要复位无线网络时，请不要将强磁性物体置于温控器附近，以免误复位。

4.3. 连接至上位机

在前文所提到的相关设置成功后，则可以通过任意支持 TCP/UDP 协议的网络串口工具正式连接至温控器。

首先需要获取温控器的 IP 地址，请使用任意可浏览网页的设备，连接至温控器所在的同一路由器，（有线、无线均可），然后在网络浏览器中输入路由器管理后台地址，一般为 192.168.1.1，如无法打开，请咨询路由器制造商。

打开后台管理并输入路由器的管理账号密码，即可进入管理页面。

在管理页面中，查询所有连接至本路由器的设备，注意名称为“uart-WIFI”的设备，该设备即为温控器，记下该设备的 ip 地址。记下 ip 地址后，打开自行准备好的上位机软件，下文以“VOFA+”的设置界面作为示例。



在“服务器 IP”中填入之前路由器后台查询所得的温控器 IP 地址，在“网络端口”中填入之前连接无线网络时输入的端口号（默认 8080）。“数据引擎”请选择【RawData】，“数据接口”选择【TCP 客户端】。配置无误后，点击“协议与连接”左侧的墨蓝色圆圈。如配置无误，该圆圈会亮起，表示连接成功。此时，我们可以看到软件中有绿色“Waiting”字样跳动，即为温度控制器在待机。



通过底部的输入框输入字符串命令，点击右侧“发送”按钮即可与温控器交互。

4.4. 与上位机交互



所有命令皆由 ASCII 字符串的形式发送，而所有的设置参数皆以十六进制大端浮点数发送。点击输入框左侧的按钮，切换【Abc】和【Hex】，即可切换成，发送 ASCII 字符串，或发送十六进制数字的对应模式。

在发送十六进制大端浮点数序列以及[子命令集](#)中的命令时，请将发送按钮左边的下拉栏设置为【/r/n】（即“发送新行”），而在发送[根命令集](#)中的命令时则无此要求。

当进入回流焊模式、恒温模式、测试模式任意一种工作状态后，接收框会出现大量乱码，此时应断开连接，并将“将数据引擎”从【RawData】切换至【Just Float】，重新连接即可。

5. 系统初始化

5.1. 硬件初始化

想要正常使用温控器必须合理地对温控器进行电气接驳，请详细阅读[电气](#)部分的内容后按要求进行电气接驳。**请不要将为温控器供电的电源同时作为温控器输出隔离光耦的电源，这将使得隔离失效，使温控器暴露在可能的损毁失控的风险之中。**

5.2. 软件参数初始化

使用命令【LB\$alert】即可打印当前温控器的全部软件参数，参考[参数释义](#)章节，请在正式使用前，确保参数设置是合理的。温控器在出厂前已进行过基本校准，如需自行校准，请参考[校准](#)。

5.3. PID 参数整定

本温控器使用 PID 温控算法以达到良好的温控效果，因此在系统初始化时需要对 PID 温控算法的相关参数进行整定。在完成硬件初始化以及软件参数初始化并确认无误后，即可开始 PID 算法参数整定。

5.3.1.PID 自整定方法

该整定方式参考自维基百科词条：[Ziegler–Nichols method](#)。

首先使用命令【LB\$\$pid_sets】将温控器系统 PID 算法的积分系数【K_i】以及微分系数【K_d】都设置为 0，启动整个加热/制冷系统，再使用命令【LB\$isomdoe】将温控器进入恒温模式，使用[运行参数调整命令](#)先给定一个合适的目标温度，再单独将 PID 算法的比例系数【K_p】自 0 开始逐级增大，每次增大后观察温度波形，直到观察到系统温度达到临界稳定状态，即温度曲线呈现出稳定且等幅值震荡时，将当前 PID 算法的比例系数记为临界稳定增益【K_u】，临界稳定状态温度波形的震荡周期时间（秒）记为【T_u】，即可得进一步计算到 PID 最终的整定结果：

$$【K_p】 = 0.2 \times 【K_u】$$

$$【K_i】 = 0.4 \times 【K_u】 \div 【T_u】$$

$$【K_d】 = 0.066 \times 【K_u】 \times 【T_u】$$

如果遇到温控器输出占空比始终为 0 的情况，请检查[PID 相关参数](#)中的【PID 算法输出占空比的绝对值极限（PID output limitation）】是否为 0，请将其设为合适的值。

在完成 PID 整定之后，请使用命令【LB\$\$pid_sets】设置并保存结果，不要使用[运行参数调整命令](#)设置整定结果，该命令仅在设备未断电时得到保留，当设备断电后，所有通过[运行参数调整命令](#)设置的**数据都将丢失**！

保存完整定结果，即可再次使用命令【LB\$isomode】进入恒温模式，观察温控效果，如果温度没有出现震荡现象与不可接受的过冲，则说明整定良好，无需再次手动整定。若是整定效果不理想，则需要根据个人经验分别调节【K_p】、【K_i】、【K_d】参数直到满意为止。

6. 命令释义

6.1. 根命令集

6.1.1. 等待模式

6.1.1.1. 等待模式一般命令

【HELP?】：打印等待模式下，全部的命令列表。

【LB\$isomode】：进入恒温模式，下级命令集：[恒温模式](#)。

【LB\$rfsmode】：进入回流焊模式，下级命令集：[回流焊模式](#)。

【LB\$testmode】：进入测试模式，下级命令集：[测试模式](#)。

【LB\$alert】：报警器测试。

6.1.1.2. 参数设置相关

【LB\$\$pid_sets】：设置 PID 相关参数，参数释义：[PID 参数](#)。

【LB\$\$rfs_sets】：设置回流焊模式相关参数，参数释义：[回流焊参数](#)。

【LB\$\$iso_sets】：设置恒温模式相关参数，参数释义：[恒温参数](#)。

【LB\$\$rtd_sets】：设置热电阻测温传感器相关参数，参数释义：[热电阻参数](#)。

【LB\$\$out_sets】：设置温控器运行与输出相关参数，参数释义：[运行与输出参数](#)。

6.1.1.3. 校准相关

【LB\$\$std_cal】：进行标准校准，详见：[标准校准](#)。

【LB\$\$ext_cal】：进行外部校准，详见：[外部校准](#)。

【LB\$\$abs_cal】：进行绝对校准，详见：[绝对校准](#)。

6.2. 子命令集

6.2.1. 恒温模式

6.2.1.1. 恒温模式一般命令

【HELP?】：打印恒温模式下，全部的命令列表

【STOP!】：立即停止温控器的 PWM 和 CHL 输出

【RSET!】：立即重置温控器 PID 算法与 PWM 输出的占空比

【O_FLP】：翻转温控器的 CHL 通道输出，使加热与制冷模式切换

【E_ISO】：退出恒温模式，回到等待模式

6.2.1.2. 恒温模式运行参数调整

6.2.1.2.1. 恒温模式目标温度调整

【T_+++】 目标温度增加 10 开尔文

【T_++-】 目标温度增加 1 开尔文

【T_+--】 目标温度增加 0.1 开尔文

【T_---】 目标温度减少 10 开尔文

【T_--+】 目标温度减少 1 开尔文

【T_-++】 目标温度减少 0.1 开尔文

6.2.1.2.2. 全局 PID 算法比例系数调整

【P_+++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【P_++-】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【P_+--】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【P_---】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【P_--+】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【P_-++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

6.2.1.2.3. 全局 PID 算法积分系数调整

【I_+++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【I_++-】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【I_+--】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【I_---】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【I_--+】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【I_-++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

6.2.1.2.4. 全局 PID 算法微分系数调整

【D_+++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【D_++-】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【D_+--】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【D_---】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【D_--+】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【D_-++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

6.2.1.2.5. 恒温模式高温温度保险调整

【H_+++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【H_++-】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【H_+--】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【H_---】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【H_--+】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【H_-++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

6.2.1.2.6. 恒温模式低温温度保险调整

【L_+++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【L_++-】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【L_+--】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【L_---】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【L_--+】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

【L_-++】 参考 [恒温模式目标温度调整](#)

6.2.2.回流焊模式

【HELP?】：打印回流焊模式下，全部的命令列表

【STOP!】：立即停止温控器的 PWM 和 CHL 输出

【E_RFS】：进入回流焊冷却进程，等待炉温冷却

【E_DIR】：直接退出回流焊模式，回到等待模式

6.2.3.测试模式

6.2.3.1. 测试模式一般命令

【HELP?】：打印测试模式下，全部的命令列表

【STOP!】：立即停止温控器的 PWM 和 CHL 输出

【EXIT!】：退出测试模式，回到等待模式

【O_FLP】：翻转温控器的 CHL 通道输出，使加热与制冷模式切换

6.2.3.2. 测试模式运行参数调整

6.2.3.2.1. 测试模式输出占空比调整

【O_+++】 测试模式输出占空比增加 10%

【O_++-】 测试模式输出占空比增加 5%

【O_+--】 测试模式输出占空比增加 1%

【O_---】 测试模式输出占空比减少 10%

【O_--+】 测试模式输出占空比减少 5%

【O_-++】 测试模式输出占空比减少 1%

7. JUST FLOAT 数据序列释义

7.1. 恒温模式和回流焊模式 JUST FLOAT 数据释义

NO.1: 当前加热、制冷工况指示（制冷：0，加热：32768）

NO.2: 当前 PID 算法给出的占空比（百分比）

NO.3: 当前温度（开尔文）

NO.4: 当前温度（摄氏度）

NO.5: 当前温度（华氏度）

NO.6: 目标温度（开尔文）

NO.7: 目标温度（摄氏度）

NO.8: 目标温度（华氏度）

NO.9: PID 算法的比例系数

NO.10: PID 算法的积分系数

NO.11: PID 算法的微分系数

NO.12: 高温温度保险温度（开尔文）

NO.13: 低温温度保险温度（开尔文）

7.2. 测试模式 JUST FLOAT 数据释义

NO.1: 当前 CHL 通道输出状态 (制冷: 0, 加热: 32768)

NO.2: 当前 PID 算法给出的输出占空比 (百分比)

NO.3: 高侧电压 (数字量)

NO.4: 低侧电压 (数字量)

NO.5: 恒流电阻电压 (数字量)

NO.6: 恒流电流大小 (安培)

NO.7: 热电阻阻值 (欧姆)

NO.8: 单侧引线阻值 (欧姆)

NO.9: 当前温度 (开尔文)

NO.10: 当前温度 (摄氏度)

NO.11: 当前温度 (华氏度)

8. 设定参数释义

8.1. PID 相关参数

【Heater $k(P)$ 】：温控器工作在加热模式下时 PID 温控算法的比例系数

【Heater $k(I)$ 】：温控器工作在加热模式下时 PID 温控算法的积分系数

【Heater $k(D)$ 】：温控器工作在加热模式下时 PID 温控算法的微分系数

【Cooler $k(P)$ 】：温控器工作在制冷模式下时 PID 温控算法的比例系数

【Cooler $k(I)$ 】：温控器工作在制冷模式下时 PID 温控算法的积分系数

【Cooler $k(D)$ 】：温控器工作在制冷模式下时 PID 温控算法的微分系数

【PID output limitation (percent)】：PID 算法输出占空比的绝对值极限。(注：当温控器受到外界异常扰动或在启动预热进程中，PID 算法可能会输出一个巨大的占空比绝对值，而使得温控恢复稳态的耗时因为过冲震荡而被大大增加。通过该参数限制其绝对值，可以有效减小过冲，但最好不要直接将其限制到 100%，这可能会使 PID 算法的输出失真或失效。)

8.2. 回流焊模式相关参数

【Preheat ramp (K/C per sec)】：达到预热温度前的升温速率
(摄氏度/开尔文每秒)

【Preheat temperatue (K)】：预热温度 (开尔文)

【Preheat time (sec)】：预热时长 (秒)

【Preheat hold ramp (K/C per sec)】：预热中的升温速率 (摄氏度/开尔文每秒)

【Peak ramp (K/C per sec)】：预热结束后，达到焊接温度前的升温速率 (摄氏度/开尔文每秒)

【Peak temperatue (K)】：焊接温度 (开尔文)

【Peak time (sec)】：焊接时长 (秒)

【Peak hold ramp (K/C per sec)】：焊接中的升温速率 (摄氏度/开尔文每秒)

【Cooling ramp (K/C per sec)】：焊接结束后的冷却速率（摄氏度/开尔文每秒）

【Safe temperature high (K)】：回流焊模式高温温度保险（开尔文）

【Safe temperature low (K)】：回流焊模式低温温度保险（开尔文）

8.3. 恒温模式相关参数

【Cooling/Heating specification (bool)】：加热或制冷模式指定。

(注：指定为制冷模式设定该参数为：0x00 00 00 00，指定为自动模式时设定该参数为：0xff ff ff ff，指定为加热模式时设定该参数为：除了 0x00 00 00 00 与 0xff ff ff ff 以外的任意值。)

【Isothermal value (K)】：恒温模式目标温度 (开尔文)

【Error recovery enable (bool)】：恒温模式自动恢复功能使能。

(注：关闭时，设定该参数为：0x00 00 00 00，开启时，设定该参数为：除了 0x00 00 00 00 以外的任意值。当温控器工作在恒温模式时如遇到断电，在开启该功能后，温控器会在电源供应恢复后自动继续以恒温模式工作，否则将退回到等待模式，**注意**，当从断电恢复到恒温模式工作时，所有的配置参数都将恢复为已保存的设定，**使用运行参数调整命令所调整的参数将直接丢失。**)

【Safe temperature high (K)】：恒温模式高温温度保险 (开尔文)

【Safe temperature low (K)】：恒温模式低温温度保险 (开尔文)

8.4. 热电阻相关参数

【Ka】：铂电阻的系数 a

【Kb】：铂电阻的系数 b

【Kc】：铂电阻的系数 c

【Ro (Ohm)】：铂电阻在 0 摄氏度即 273.15 开尔文时的阻值 (欧姆)

【RTD type(bool)】：热电阻类型。(注：为铂电阻时，设定该参数为：0x00000000，为负温度系数热敏电阻时，设定该参数为除了 0x00000000 以外的任意值。负温度系数热敏电阻是未验证功能，建议不使用。)

8.5. 温控器运行与输出相关参数

【PWM frequency (Hz)】：温控器输出的 PWM 频率（赫兹）

（注：不推荐使用大于等于 100 千赫兹以上的极高频率）

【CHL dead zone (ms)】：温控器自动翻转加热/制冷模式的死区时长（毫秒）（注：当开启温控器自动翻转加热/制冷模式功能后，在恒温模式工况下（LB\$isomode）一旦温控器检测到当前 PID 算法输出占空比为负数的时长超过温控器自动翻转加热/制冷模式的死区时长，温控器将自动翻转 CHL 通道，并加载对应加热/制冷 PID 参数，反相误差使得输出占空比为正）

【Work speed (ms)】：温控器的转换/工作速度（毫秒）（注：提高转换/工作速度将提高温控器采样当前温度的速度，但同时也会导致更高的相对测量误差。改变该参数后必须进行[标准校准](#)。）

【Auto switch enable (bool)】：温控器自动翻转加热/制冷模式功能使能（注：当开启温控器自动翻转加热/制冷模式功能后，在恒温模式工况下（LB\$isomode）一旦温控器检测到当前 PID 算法输出占空比为负数的时长超过温控器自动翻转加热/制冷模式的死区时长，温控器将自动翻转 CHL 通道，并加载对应加热/制冷 PID 参数，反相误差使得输出占空比为正）

【CHL definition (bool)】：温控器加热/制冷模式输出通道的极性。(注：加热模式 CHL 通道输出低电平，设定该参数为：0x00 00 00 00，加热模式 CHL 通道输出高电平，设定该参数为除了 0x00 00 00 00 以外的任意值。)

【PWM polarity (bool)】：温控器输出的 PWM 信号有效电平极性。(注：PWM 通道输出低电平代表有效，设定该参数为：0x00 00 00 00，PWM 通道输出低高平代表有效，设定该参数为除了 0x00 00 00 00 以外的任意值。)

【PFM transition threshold (percent)】：PFM 转变阈值。(注：温控器输出由 PWM（脉冲宽度调制）转变为 PFM（脉冲频率调制）所需要的占空比，当输出占空比低于该值时，输出将转换为 PFM 调制。如不需要 PFM 调制，则设置为 0，若不设置为 0，则温控器输出的 PWM 频率（PWM frequency）必须大于 1000 赫兹。)

【Minimum PFM duty cycle (percent)】： PFM 最小有效占空比。

(注：温控器使用 PFM 调制时，所能有效达到的最小占空比，当输出占空比小于该值时，输出占空比将转变为 0%。如不需要 PFM 调制，则设置为 0，若不设置为 0，则该值必须满足一定条件才可用，详情请参考：[取值范围](#)。)

【Minimum output duty cycle (percent)】： PWM 端子最小占空比。(注：当 PID 算法的输出占空比小于该值时，PWM 端子实际的输出将不会继续减小占空比，而是以该值恒定输出。)

【Maximum output duty cycle (percent)】： PWM 端子最大占空比。(注：当 PID 算法的输出占空比大于该值时，PWM 端子实际的输出将不会继续增加占空比，而是以该值恒定输出。)

【High side low pass filter coefficient】： 温度采集传感器高侧滤波系数。(注：更高的滤波系数将有更快的响应速度更高的相对测量误差，更低的滤波系数将有更慢的响应速度更低的相对测量误差。改变该参数后必须进行[标准校准](#)。推荐值：【0.5-更高转换精度】【2048-更快转换速度】)

【Low side low pass filter coefficient】：温度采集传感器低侧滤波系数。（注：更高的滤波系数将有更快的响应速度，更高的相对测量误差，更低的滤波系数将有更慢的响应速度，更低的相对测量误差。改变该参数后必须进行[标准校准](#)。推荐值：
【0.5-更高转换精度】【1024-更快转换速度】）

9. 校准

9.1. 校准简介

温控器具有三种校准模式，分别是“标准校准”、“外部校准”、“绝对校准”，想要获得最低的非线性误差，需要执行的校准顺序为：“外部校准”-“标准校准”-“绝对校准”，若没有条件进行“外部校准”，则先进行“标准校准”，再进行“绝对校准”，若连进行“绝对校准”的条件都没有，则不推荐进行校准。在进行任何校准之前，都应该保证温控器正常上电运行**热机至少 1 个小时，且处于电磁干扰较弱的环境中**。温控器在出厂前都有进行过“标准校准”和“绝对校准”，但随着时间的推移，会产生误差偏移，因此对于精度较高的应用场景，请适时进行校准。

9.2. 外部校准

通过外部的精密万用表、电桥来测量硬件的电压基准源和基准电阻阻值，以降由硬件误差而导致的测温结果的非线性误差。

9.2.1. 外部校准方法

用直径至少 2 毫米粗细的铜线弯曲成两个 U 型跳线，同时短接端子【DR+】、【DR-】、【COM】，保证跳线尽可能的短，拧紧压线螺丝。然后给温控器正常上电，**处于电磁干扰较弱的环境中，热机至少 1 个小时**，然后在等待模式下运行命令【LB\$\$ext_cal】，输入参数并保存。

9.2.2.外部校准参数

【current reference resistance (Ohm)】：基准电阻的阻值（欧姆）。（注：移除温控器顶部面板，在温控器的 3 号测试点和 4 号测试点所测量出的阻值即为该值。电流取样电阻阻值出厂默认精度为 0.1%，请确保测量仪器的精度高于该值且测量仪器仍处于校准有效期内）

【ADC reference voltage (Volt)】：基准电压（伏特）。（注：移除温控器顶部面板，在温控器的 6 号测试点和 4 号测试点所测量出的电压绝对值即为该值。基准电压的出厂默认精度为 0.1%，请确保测量仪器的精度高于该值且测量仪器仍处于校准有效期内）。

9.3. 标准校准

通过自体校准来消除电流源参考电压的误差、测量误差和滤波偏移量。每次变更“温控器的转换/工作速度 (Work speed) ”或“高侧、低侧滤波系数 (High/Low side low pass filter coefficient) ”之后都需要运行一次该校准。该校准会擦除“绝对校准”的结果，因此在运行该校准后通常还需要再运行一次“绝对校准”。

9.3.1.标准校准方法

用直径至少 2 毫米粗细的铜线弯曲成两个 U 型跳线，同时短接端子【DR+】、【DR-】、【COM】，拧紧压线螺丝，并保证跳线尽可能的短。然后给温控器正常上电，处于电磁干扰较弱的环境中，热机至少 1 个小时，然后在等待模式下运行命令【LB\$\$std_cal】，等待校准完成。

9.4. 绝对校准

通过直接指定当前温控器所连接的热电阻阻值来消除该温度下全部的杂散误差。

9.4.1. 绝对校准方法

9.4.1.1. 标准电阻 RJ711 绝对校准方法

RJ711 电阻的阻值精度一般可达 0.01%，将 RJ711 电阻引脚进行整形，使得 RJ711 电阻刚好能够压接到温控器的热电阻输入端子上，然后给温控器正常上电，处于电磁干扰较弱的环境中，热机至少 1 个小时，然后在等待模式下运行命令 `【LB$$abs_cal】`，输入校准参数并确认。

9.4.1.2. PT100 热电阻校准方法

直接使用热电阻进行绝对校准可以在消除温控器杂散误差的同时消除部分热电阻本体的误差。将热电阻正常连接到温控器上，测温探头置于不断搅拌的冰水混合物中，然后给温控器正常上电，处于电磁干扰较弱的环境中，热机至少 1 个小时，然后在等待模式下运行命令 `【LB$$abs_cal】`，输入校准参数并确认。

9.4.2.绝对校准参数

【resistance (Ohm)】：当前热电阻、标准电阻的阻值（欧姆）

（注：PT100 置于不断搅拌的冰水混合物中理想的阻值为 100 欧姆，RJ711 电阻则一般选取 100 欧姆的规格进行校准。）

10.尾记

10.1. 系统参数取值范围限制（未写出则无限制）

10.1.1. 回流焊模式相关参数范围限制

Preheat ramp: **【0, 9999】**。

Preheat temperatue: **【0, 9999】**。

Preheat time: **【0, $+\infty$ ）**。

Preheat hold ramp: **【0, 9999】**。

Peak ramp: **【0, 9999】**。

Peak temperatue: **【0, 9999】**。

Peak time: **【0, $+\infty$ ）**。

Peak hold ramp: **【0, 9999】**。

Cooling ramp: **【0, 9999】**。

Safe temperature high: **【0, 9999】**。

Safe temperature low: **【0, 9999】**。

Safe temperature high \geq Safe temperature low。

10.1.2. 恒温模式相关参数范围限制

Isothermal value: 【0, 9999】。

Safe temperature high: 【0, 9999】。

Safe temperature low: 【0, 9999】。

Safe temperature high \geq Safe temperature low。

10.1.3. 热电阻相关参数范围限制

Ro : 【0, 1000000】

10.1.4. 温控器运行与输出相关参数范围限制

PWM frequency: 【0.01, 3000000】。

CHL dead zone: 【0, 86400000】。

Work speed: 【10, 1000】。

PFM transition threshold: 【0, 100】。

Minimum PFM duty cycle: 【0, 100】。

Minimum output duty cycle: 【0, 100】。

Maximum output duty cycle: 【0, 100】。

High side low pass filter coefficient: 【0, 4096】。

Low side low pass filter coefficient: 【0, 4096】。

Maximum output duty cycle \geq Minimum output duty cycle。

PFM transition threshold \geq Minimum PFM duty cycle。

PWM frequency ≥ 1000 当 PFM transition threshold $\neq 0$ 。

Minimum PFM duty cycle

\geq

$500 \times \text{PFM transition threshold} \div \text{PWM frequency}。$

11.文档更新记录

版本： VER.2.00.000

详情： 正式再版。