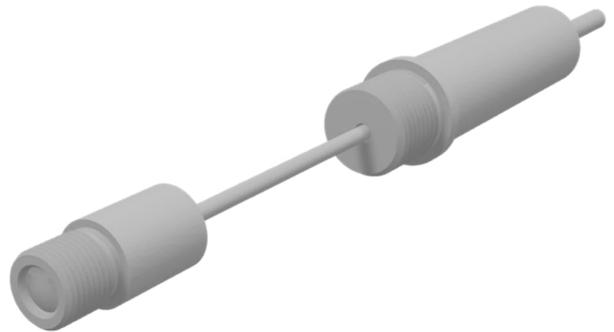


# C4.0系列

红外测温仪



## 用户手册

## 担保

制造商保证本仪器在正常使用的情况下，自购买之日起两年内不存在材料和工艺上的缺陷。本保证只适用于原购买者。本保证书不适用于保险丝、电池或任何因误用、疏忽、事故或不正常操作条件而造成的产品损伤。

如果本保修范围内的产品出现故障，制造商将在适用的保修期内，由购买者将仪器退回给授权的服务机构，并预付运费，只要制造商的检查结果显示产品有缺陷，制造商将对仪器进行维修。制造商可以选择更换产品以代替维修。对于在适用的保修期内退回的任何承保产品，将免费进行维修或更换，并由制造商支付回程运费，除非故障是由误用、疏忽、事故或不正常的操作或储存条件造成的，在这种情况下，维修将按合理费用收费。在这种情况下，如果要求的话，在开始工作之前，将提交一份估价。

上述保证代替所有其他明示或暗示的保证，包括但不限于对任何特定目的或用途的适销性、适用性或充分性的任何暗示保证。制造商不对任何特殊的、偶然的或间接的损害负责，无论是在合同、侵权行为或其他方面。

## 软件保修

制造商不保证这里描述的软件在每个硬件和软件环境中都能正常工作。本软件可能无法与修改过的或模拟的 **Windows** 操作环境、内存驻留软件或内存不足的计算机结合使用。制造商保证在正常使用的情况下，程序盘在材料和工艺上没有缺陷，保证期为一年。除此保证外，制造商不对本软件或文件作出任何明示或暗示的保证或陈述，包括其质量、性能、适销性或对特定目的的适用性。因此，本软件和文件是 "按现状" 许可的，被许可人（即用户）承担其质量和性能的全部风险。制造商在本保证下的责任应限于用户所支付的金额。在任何情况下，制造商都不对任何费用负责，包括但不限于因利润或收入损失、计算机软件的使用损失、数据损失、替代软件的费用、第三方的索赔或其他类似费用。制造商的软件和文件是有版权的，并保留所有权利。为他人制作拷贝是非法的。

本手册有不同的语言版本。如果语言版本之间存在差异，则以英文手册为准。

## 目录

目录 .....	3
表格列表.....	5
示意图列表 .....	6
合规声明.....	7
安全信息.....	8
联系方式.....	11
<b>1 概述 .....</b>	<b>12</b>
<b>2 技术数据 .....</b>	<b>13</b>
2.1 测量指标 .....	13
2.2 光学指标 .....	14
2.3 电气规格 .....	15
2.3.1 模拟型号 LT10xxA.....	15
2.3.2 Modbus 型号 LT10xxM .....	15
2.4 环境参数 .....	16
2.5 机械尺寸 .....	17
2.6 交付范围 .....	18
<b>3 基础知识 .....</b>	<b>19</b>
3.1 红外温度的测量 .....	19
3.2 目标物体的发射率.....	19
<b>4 环境.....</b>	<b>20</b>
4.1 环境温度 .....	20
4.2 大气质量.....	20
4.3 电气干扰 .....	20
<b>5 安装.....</b>	<b>21</b>
5.1 定位 .....	21
5.2 与物体的距离.....	21
5.3 模拟型号 LT10xxA.....	22
5.3.1 电缆连接.....	22
5.3.2 mA 单环路 .....	22
5.3.3 毫安多环路 .....	24
5.3.4 UART 接口 .....	24
5.4 Modbus 型号 LT10xxM .....	26

5.4.1 电缆连接 .....	26
<b>6 ASCII 编程 .....</b>	<b>27</b>
6.1 指令结构 .....	27
6.1.1 查询一个参数（轮询模式） .....	27
6.1.2 设置一个参数（轮询模式） .....	27
6.1.3 传感器的应答 .....	27
6.1.4 通知消息 .....	27
6.1.5 错误信息 .....	28
6.2 传输模式 .....	28
6.3 传感器配置信息 .....	28
6.4 传感器设置 .....	29
6.4.1 一般设置 .....	29
6.4.2 背景温度补偿 .....	29
6.4.3 平均值 .....	29
6.5 ASCII 命令列表 .....	30
<b>7 MODBUS .....</b>	<b>31</b>
7.1 接线 .....	31
7.2 编程 .....	31
7.2.1 支持的功能 .....	31
7.2.2 参数数据 .....	31
<b>8 附件 .....</b>	<b>33</b>
8.1 固定安装支架 ( XXXMIACFB ) .....	34
8.2 空气吹扫器 .....	35
<b>9 维护 .....</b>	<b>36</b>
9.1 解决小问题 .....	36
9.2 “故障安全”的介绍 .....	36
9.3 清洁镜头 .....	37
<b>10 附录 .....</b>	<b>38</b>
10.1 发射率的确定 .....	38
10.2 典型的发射率值 .....	38
10.3 ASCII 命令列表 .....	42

## 表格列表

表 2-1:可用的电缆长度.....	17
表 5-1:导线定义.....	22
表 5-2:多个负载时的电源要求.....	24
表 5-3:导线定义.....	26
表 6-1:传感器信息.....	28
表 7-1:支持的功能.....	31
表 7-2:参数数据.....	32
表 9-1:小故障排除.....	36
表 9-2:用模拟输出表达的错误代码.....	36
表 9-3:通过数字通信传输的错误代码.....	36

## 示意图列表

图 2-1:光学指标示意图 .....	14
图 2-2:电子控制部分和传感器探头（右）。 .....	17
图 4-1:单点接地的原理 .....	20
图 5-1:正确的传感器放置位置 .....	21
图 5-2:传感器导线 .....	22
图 5-3: 电路原理图：带有多个负载的红外测温仪 .....	23
图 5-4:等效电路图：带有多个负载的红外测温仪 .....	23
图 5-5 电路原理图：带有多个负载的红外测温仪 .....	24
图 5-6:使用 UART/USB 适配器的原理安装 .....	25
图 5-7:传感器导线 .....	26
图 6-1:平均值 .....	29
图 8-1:固定安装支架 .....	34
图 8-2: 空气净化套 .....	35

## 合规声明



该设备符合以下欧洲指令的要求:

- EC- 2014/30/EU 指令 --EMC
- EC- 2011/65/EU 号指令 - RoHS 标准  
经 (欧盟) 2015/863 指令修订
- EC- 2014/34/EU-ATEX 指令  
适用于产品型号 C40S-xxxxxxx-xxxxxxIS
- EC- 第 1907/2006 号- REACH 指令  
经 (欧盟) 2020/2096 号指令修订

EN 61326-1: 2013	电气测量、控制和实验室设备-电磁感应 (EMC)
EN 50581: 2012	电气产品评估有害物质限制 (RoHS) 的技术文件
EN 60079-0: 2019	爆炸风险-第 0 部分: 一般要求 (ATEX)
EN 60079-11: 2012	爆炸风险-第 11 部分: 符合本质安全 "I" 类保护的 设备 (ATEX)

## 安全信息

本文件包含了重要的信息，在本仪器的使用期限内，应始终与本仪器一起保存。本仪器的其他用户应随同仪器一起得到这些说明。对这些信息的最终更新必须添加到原始文件中。只有经过培训的人员才能按照这些说明和当地的安全规定来操作本仪器。

### 可接受的操作

本仪器仅用于测量温度。本仪器适合于连续使用。只要遵守所有仪器部件的书面技术规范，本仪器就能在苛刻的条件下可靠地运行，例如在高环境温度下。必须遵守操作说明，以确保获得预期的结果。

### 不可接受的操作

该仪器不应用于医疗诊断。

### 替换零件和配件

只使用制造商认可的原装零件和配件，否则会影响到本仪器的操作安全和功能。

安全标志	描述
	请参考用户文件。
	警告信息，有危险的风险。
	地线（接地）终端
	符合欧盟指令。
	<p>本产品符合WEEE指令的标识要求。所贴的标签表明，您不得将此电气/电子产品丢弃在国内家庭垃圾中。</p> <p>产品类别：参照WEEE指令附件一中的设备类型，本产品被归类为第9类“监测和控制仪器”产品。</p> <p>请勿将本产品作为未分类的城市垃圾处理。</p>
	符合中国RoHS标准



为了防止可能的电击、火灾或人身伤害，请遵循这些准则。

- 在使用产品之前，请阅读所有安全信息。
- 只能按照规定使用产品，否则产品提供的保护会受到影响。
- 不要在爆炸性气体（本安型设备除外）、蒸汽或潮湿环境中使用本产品。
- 仔细阅读所有说明。
- 如果产品损坏，请不要使用。
- 如果不了解产品的正确操作，请不要使用该产品。
- 不要在端子之间或每个端子与接地之间施加超过额定的电压。
- 不正确的接线会损坏传感器并使保修失效。在接通电源之前，请确保所有的连接都是正确和安全的！
- 为防止可能发生的电击、火灾或人身伤害，在使用前请确保仪器已接地。
- 请一个经认可的技术人员修理产品。
- 传感器的金属外壳不一定通过安装而接地。必须满足以下至少一个安全措施，以尽量减少静电的危害。
  - 电缆屏蔽层的接地
  - 将设备的金属外壳安装在接地的安装支架上或任何其他接地的基座上
  - 保护操作者免受静电伤害

## 联系方式

### 福禄克过程仪器

---

#### 美国

Everett, WA USA

Tel: +1 800 227 8074 (USA and Canada, only)  
+1 425 446 6300

[solutions@flukeprocessinstruments.com](mailto:solutions@flukeprocessinstruments.com)

#### 欧洲、中东和非洲

德国柏林

Tel: +49 30 478 0080

[info@flukeprocessinstruments.de](mailto:info@flukeprocessinstruments.de)

#### 中国

中国北京

Tel: +86 10 6438 4691

[info@flukeprocessinstruments.cn](mailto:info@flukeprocessinstruments.cn)

### 技术支持

美国和加拿大	+65 67995578
欧洲	+49 30478008444
拉丁美洲	+1 831 458 3900
澳大利亚和新西兰	+1 831 458 3900
亚洲	
新加坡	+65 67995578
日本	+81 3 6714 3114
印度	+65 67995578
中国	+86 1064384691

[techsupport@flukeprocessinstruments.com](mailto:techsupport@flukeprocessinstruments.com)

[www.flukeprocessinstruments.com](http://www.flukeprocessinstruments.com)

## 1 概述

C4.0 传感器是一种红外测温仪，具有特别扩展的工作环境温度范围，有模拟输出或 Modbus 接口，不锈钢外壳可提供 IP65 的防护等级。

以下是 C40 系列产品的型号编码。

<b>C40</b>	<b>S</b>	<b>-</b>	<b>LT</b>	<b>10</b>	<b>SF</b>	<b>A</b>	<b>-</b>	<b>C3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
产品系列	型号		光谱	光学指标	焦距	用户接口		电缆长度	包装方式	其他
C4.0	S		LT	10:1	标准 焦距	A = 模拟型 M = Modbus 型		C3 = 3 米 C5 = 5 米	0 = 气泡袋 1 = 纸盒	0 = 普通产品 1 = 本质安全产品

例：C40S-LT10 SFA -C300

## 2 技术数据

### 2.1 测量指标

#### 温度范围

LT10 0 - 300°C

#### 频谱响应

LT10 8 - 14  $\mu\text{m}$

#### 响应时间<sup>1</sup>

LT10 150 ms

#### 系统精度<sup>2</sup>

LT10 读数的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 1^\circ\text{C}$ ，取较大者（在环境温度  $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 时）  
读数的 $\pm 2\%$ 或 $\pm 2^\circ\text{C}$ ，取较大者  
（在环境温度 $>28^\circ\text{C}$ 且环境温度和测量温度之间的差异在 $\pm 5^\circ\text{C}$ 以内时）  
 $\pm 2^\circ\text{C}$ （当目标温度 $< 20^\circ\text{C}$ 时）

#### 重复性<sup>3</sup>

LT10 读数的 $\pm 0.5\%$ 或 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，取较大者

#### 温度系数<sup>4</sup>

LT10  $\pm 0.05\text{K/K}$ ，或读数的 $\pm 0.05\%/K$ ，取较大者

#### 温度分辨率

数字输出  $0.1^\circ\text{C}$

模拟输出 14 位

#### 发射率

所有型号 0.100 至 1.100 可调，增量为 0.001

#### 信号处理

所有型号 平均值、峰值保持、谷值保持、高级峰值保持、高级谷值保持、环境背景温度补偿

<sup>1</sup> 90%响应

<sup>2</sup> 在发射率=1.0，且符合产品校准的相关条件下

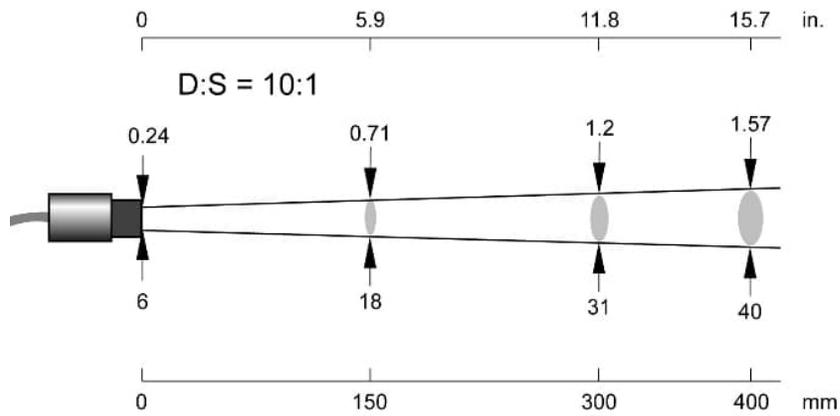
<sup>3</sup> 在环境温度 $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ ，发射率=1.0和校准几何学的情况下

<sup>4</sup> 与 $23^\circ\text{C}$ 有关的环境温度偏差，当环境温度高于目标温度超过  $100^\circ\text{C}$ 时，温度系数为  $0.1\text{K/K}$ 。

## 2.2 光学指标

光学分辨率	<b>D:S<sup>5</sup></b>
LT10	10:1
焦点距离	
SF	400 毫米

图 2-1:光学指标示意图



<sup>5</sup> 在90%的能量下, 仅指焦点处的 D:S比率

## 2.3 电气规格

### 2.3.1 模拟型号 LT10xxA

<b>供电电源</b>	取决于环路阻抗 参见 表 5-2:多个负载时的电源要求, 第 24 页
电源电压	12 - 24VDC (+20%)
电源纹波	≤100 mV (峰-峰值)
<b>模拟信号</b>	
输出	4 - 20 mA, 环路阻抗最大 750 Ω
<b>UART</b>	
连接方式	两线制, 双向
波特率	4.8、9.6、19.2、38.4、57.6、115.2 kBit/s (默认 : 9.6 kBit/s)

### 2.3.2 Modbus 型号 LT10xxM

<b>供电电源</b>	
电源电压	8 - 24 VDC (+20%) (最大功耗 1 W)
电源纹波	≤100 mV (峰-峰值)
<b>Modbus</b>	
版本	Modbus 串行线(RS485)
模式	RTU (远程终端单元)
物理层	2 线 RS485, 带电气隔离
波特率	4.8、9.6、19.2、38.4、57.6、115.2 kBit/s (默认 : 9.6 kBit/s)
地址范围	1 至 247 (用于 Modbus 设备)
奇偶校验	无

## 2.4 环境参数

### IP 等级

传感器探头 IP65 / IEC 60529

电子控制部分 IP65 / IEC 60529

### 工作温度

传感器探头 -10 - 180°C

电子控制部分 -10 - 85°C

### 储存温度

传感器探头 -20 - 180°C

电子控制部分 -20 - 85°C

### 工作湿度

10% - 95% @ 30°C，无凝露（包括工作和存储）

### EMC

EN 61326-1:2013 工业级

### 预热时间

30 分钟以内

### 材料

不锈钢

### 重量

200 克（适用于带 3 米电缆的型号）

### 海拔

操作海拔：2 000 米

储存海拔：12 000 米

## 2.5 机械尺寸

图 2-2:电子控制部分和传感器探头（右）。

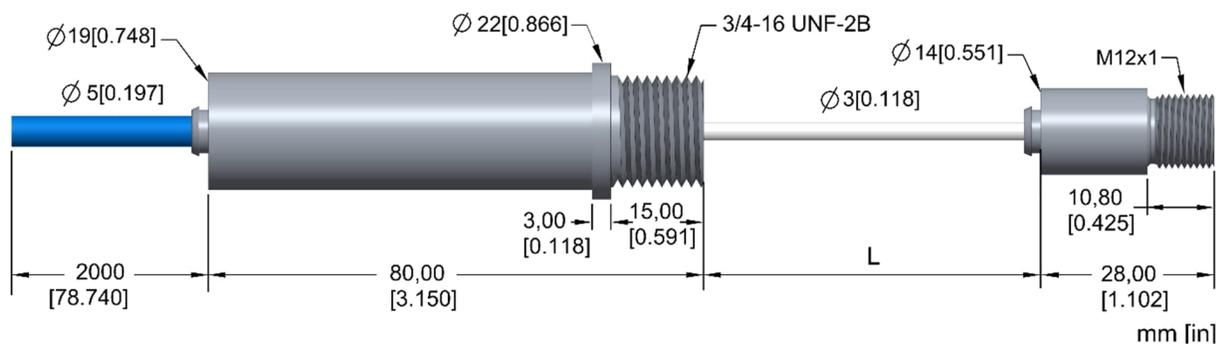


表 2-1:可用的电缆长度

命名	电缆长度 L
C3	3 米
C5	5 米

## 2.6 交付范围

交付范围，包括以下内容：

- 传感器探头和电子控制部分
- 两个安装螺母  
一个用于传感器头，一个用于电子控制部分
- 快速入门指南（印刷版）

## 3 基础知识

### 3.1 红外温度的测量

所有物体表面都会发出红外辐射，这种红外辐射的强度根据物体的温度高低而不同。根据材料和其表面特性，发射的红外辐射波段位于大约 1 至 20 微米的波长范围中。红外辐射（热辐射）的强度取决于材料。对于许多物质来说，这个与材料有关的常数是已知的，这个常数被称为发射率。

红外测温仪是一种光学-电子传感器，这些传感器对发射的红外辐射敏感。红外测温仪一般由一个镜头、一个光谱过滤器、一个红外传感器和一个电子信号处理单元组成。光谱过滤器的任务是选择需要的光谱波长。红外传感器将红外辐射转换为电信号。信号处理电子装置分析电信号并将其转换为温度。由于发射的红外辐射强度取决于材料，可以在测温仪上选择设置所需的发射率值。

红外测温仪的最大优势是它能够在不接触物体的情况下测量温度。因此，移动或难以触及的物体的表面温度可以很容易地被测量。

### 3.2 目标物体的发射率

要确定目标物体的发射率，请参见第 10 节，10.2 典型的发射率值（第 38 页）。当被测物发射率过低时，测量结果可能会被来自背景物体（如位于目标物体旁边或后面的发热系统、火焰、粘土砖等）的红外辐射所干扰。在测量高反射表面和非常薄的材料（如塑料薄膜和玻璃）时，也可能会出现这类问题。

如果在安装过程中特别注意，并将传感头屏蔽在这些辐射源之外，这种测量误差可以降到最低。

## 4 环境

### 4.1 环境温度

在许多情况下，对安装传感器的地点的实际温度了解不多。这是因为虽然工艺过程的温度通常被很好地监测和控制，但工艺过程周围的环境条件对产品产量或质量可能没有影响，因此仍然可能是未知的。

在任何情况下，建议进行足够的关于环境温度的测试。外部环境温度可以在仪器的表面进行测量。对于自动监测，该传感器还可通过数字接口提供探头的内部温度。

#### 注意事项

测温探头的最大允许环境温度为最高不得超过 180°C!

### 4.2 大气质量

如果镜头变脏，红外能量将被阻挡，传感器将无法准确测量。始终保持透镜的清洁是很好的做法。空气净化套附件有助于防止污染物在镜头上堆积，见第 8 节，8.2 固定安装支架 (XXXMIACFB) (第 35 页)。如果你使用空气吹扫器，在进行传感器安装之前，要确保安装有清洁、干燥空气的过滤气源，气压要正确。

### 4.3 电气干扰

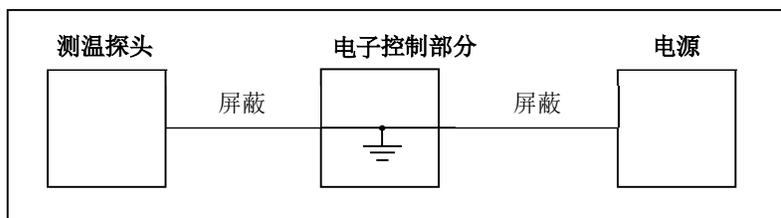
为了尽量减少电气或电磁干扰或噪音，请注意以下几点：

- 安装仪器时要尽可能远离潜在的电气干扰源，如机动设备。因为这些设备会产生较大的阶梯式负载变化。
- 所有的输入和输出连接都使用屏蔽线。
- 为了获得额外的保护，使用导管进行外部连接。在高噪音环境中，固体导管比柔性导管更好。
- 不要将交流电与传感器信号布线放在同一管道内。
- 为了避免接地回路，确保只有一个点是接地的，包括测温探头、电子控制部分和电源。

#### 注意事项

测温探头的金属外壳和电子元件与电缆的屏蔽层有电气连接。

图 4-1:单点接地的原理



## 5 安装



### 人身伤害的风险

当本仪器用于可能造成财产损失和人身伤害的关键过程时，用户应提供一个冗余的设备或系统，在本仪器发生故障时将过程关闭以确保安全。

### 5.1 定位

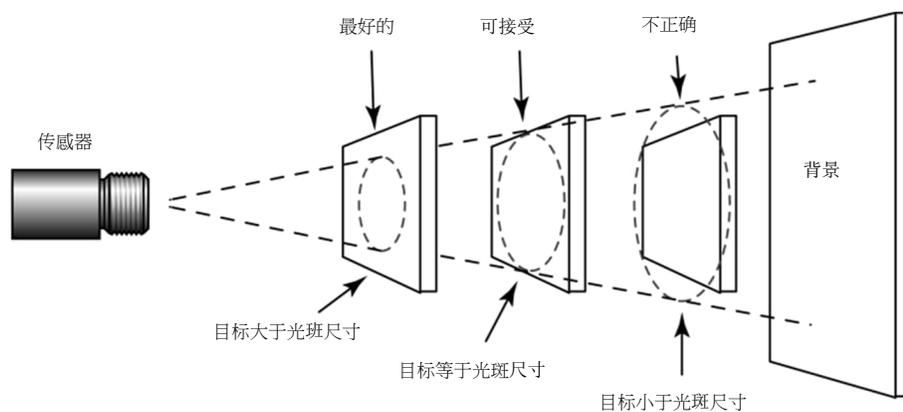
传感器的安装位置取决于具体应用，在决定位置之前，你需要了解该地点的环境温度，该地点的大气质量，以及该地点可能的电磁干扰。如果你计划使用空气净化装置，你需要有一个可用的空气接口。同时必须考虑布线和管道的运行。

### 5.2 与物体的距离

目标上所需的光斑大小（视场）将决定最大的测量距离。为了避免错误的读数，目标点的大小必须完全充满传感器的整个视场。因此，传感器的定位必须使视场与被测的目标尺寸相同或更小。

任何距离的实际光斑尺寸都可以通过以下公式计算，用距离  $D$  除以你的型号的  $D:S$  数字。例如，对于  $D:S=10:1$  的设备，如果传感器距离目标 400 毫米，用 400 除以 10，得到的目标光斑尺寸约为 40 毫米。

图 5-1:正确的传感器放置位置

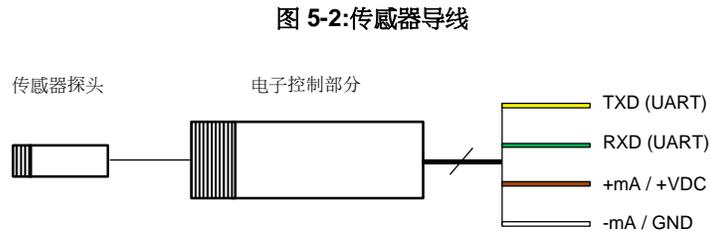


## 5.3 模拟型号 LT10xxA

模拟型提供一个标准的两线制电流回路和一个 UART 串行接口。

### 5.3.1 电缆连接

模拟型提供了一个包括四根彩色导线的电缆连接。



**表 5-1:导线定义**

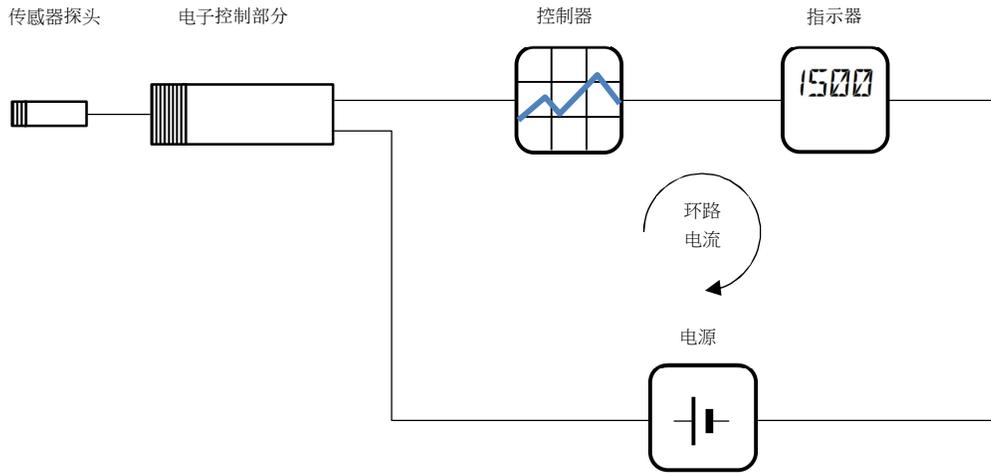
颜色	描述
黄色	TXD (UART)
绿色	RXD (UART)
棕色	毫安环路正信号 (4 - 20 mA)。 和正电源
白色	毫安环路负信号 (4 - 20 mA)。 以及负电源 和 UART 端口的 GND

### 5.3.2 mA 单环路

本产品是一个内置两线制电流环发生器的红外测温仪，用适当的直流电源给它供电，你就会得到 4-20mA 的电流。在仪器的整个测温范围内，输出电流随目标温度的变化而变化。例如，一个温度跨度为 500 至 1500 °C 的仪器在观察 500°C 的目标时将有 4 mA 的输出。当观察 1500 °C 的目标时，输出增加到 20 mA。输出是一个线性的 16 mA 跨度，从 4 到 20 mA。

你可以用这个电流来操作 4 到 20 毫安的指示器、记录器、控制器或数据记录器，或者一系列设备的组合。下图说明了一个由红外传感器，数字仪表和电源组成的简单系统，这些部件形成一个连续的电流回路。

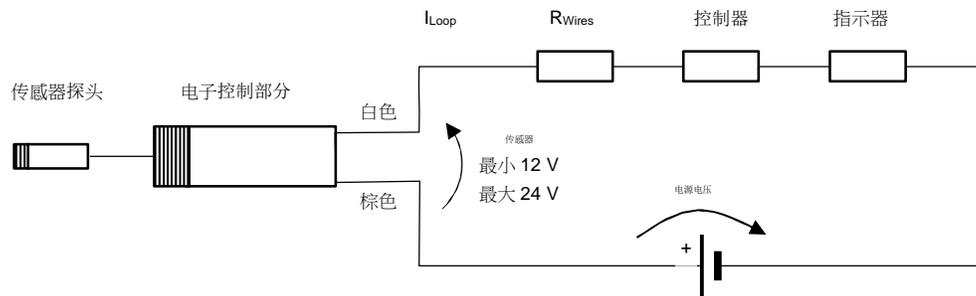
图 5-3: 电路原理图: 带有多个负载的红外测温仪



红外测温仪在 12-24V 直流电之间的任何电源电压下工作。对于指示器、记录器和其他负载元件，要严格注意负载电阻，以及零刻度和满刻度电流。部分的电源电压会分布在负载上，从而无法真正用于驱动红外测温仪。

在下图中，一个控制器和一个指示器被串联在回路中。由红外测温仪确定的 4-20mA 电流流经这些负载元件，产生与每个负载元件的电阻成比例的电压降，所以总的负载电压是这些电压降的总和，再加上连接线上的压降。

图 5-4: 等效电路图: 带有多个负载的红外测温仪



假设电阻值如下:

$$R_{Wires} = 3\Omega$$

$$R_{Controller} = 90\Omega$$

$$R_{Indicator} = 7\Omega$$

这样加起来，总的负载电阻:

$$R_{Load} = R_{Wires} + R_{Controller} + R_{Indicator} = 3\Omega + 90\Omega + 7\Omega = 100\Omega$$

在最大电流为 20mA 时的总负载电压:

$$U_{Load} = R_{Load} \times I_{Loop} = 100\Omega \times 0.02A = 2V$$

由于负载元件和电缆上的电压降为 2V，因此需要至少 14V 的电源电压，以确保红外传感器所需的最低 12V 电压。

$$U_{Supply} = U_{Sensor} + U_{Load} = 12V + 2V = 14V$$

在选择电源时，请使用下表作为指导。一定要把你的回路中所有的负载电阻加起来，如果对回路电阻有明显的影响，还要加上电缆电阻。

表 5-2:多个负载时的电源要求

总负载电阻 $R_{Load}$	最小电源 电压 @20mA	最大电源 电压 @4mA
50 $\Omega$	13 V	24.2 V
100 $\Omega$	14 V	24.4 V
200 $\Omega$	16 V	24.8 V
300 $\Omega$	18 V	25.2 V
400 $\Omega$	20 V	25.6 V
500 $\Omega$	22 V	26 V
600 $\Omega$	24 V	26.4 V
700 $\Omega$	26 V	26.8 V

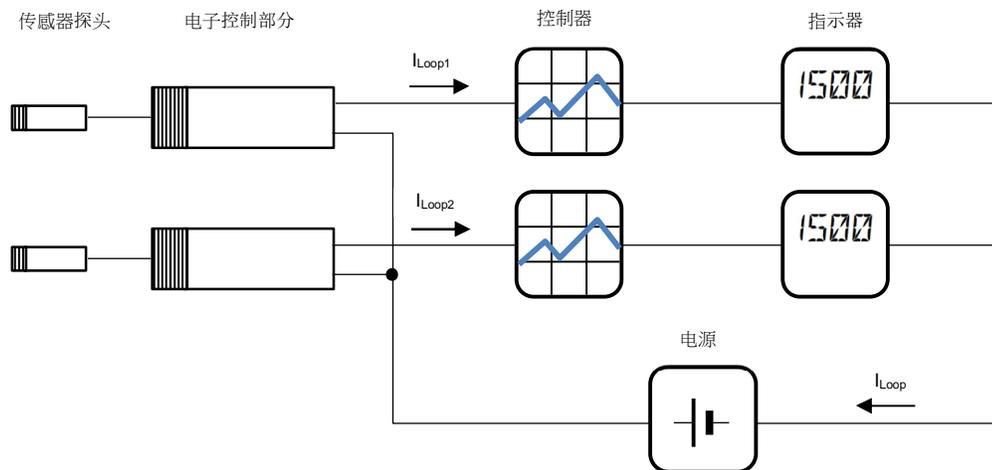
### 5.3.3 毫安多环路

下图是一个多环路系统的例子，两个环路由同一个电源供电。这种类型的应用适用于测量两个或更多站点的温度，每个站点都有独立的读数，其优点是所有环路使用一个电源，非常经济。

这个系统的一个重要考虑因素是电源的电流容量。例如，如果两个环路都是测量满量程温度，总的电源电流计算如下。

$$I_{Loop} = I_{Loop1} + I_{Loop2} = 20mA + 20mA = 40mA$$

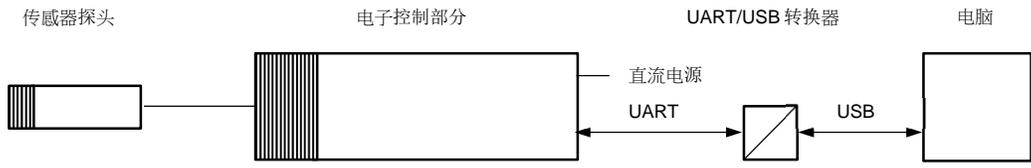
图 5-5 电路原理图：带有多个负载的红外测温仪



### 5.3.4 UART 接口

串行 UART 接口提供了对温度读数和选定传感器参数的访问。使用一个合适的 UART/USB 转换器可以通过 PC 软件或专用的 ASCII 命令对仪器进行编程，见第 6 节：6 ASCII 编程, 页码 27。

图 5-6:使用 UART/USB 适配器的原理安装



## 5.4 Modbus 型号 LT10xxM

Modbus 型支持标准的 Modbus 通信协议。

### 5.4.1 电缆连接

Modbus 型提供了一个含四根彩色导线的电缆连接。

图 5-7:传感器导线

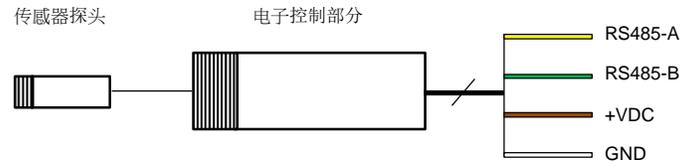


表 5-3:导线定义

颜色	描述
黄色	RS485-A
绿色	RS485-B
棕色	电源+VDC
白色	电源 GND

## 6 ASCII 编程

本节介绍了传感器的通信协议，协议定义了与传感器进行通信的命令集。这些命令连同其相关的 ASCII 命令字符和消息格式信息一起被介绍，可用于为您的应用编写自定义程序，或用终端程序与您的仪器进行通信。

### 6.1 指令结构

在发送一条命令后，有必要在发送另一条命令之前等待来自传感器的响应。在发送下一条命令之前，要确保所发送的命令已经完全从发送者那里传送出去。

#### 注意事项

*所有的命令都必须用大写字母输入!*

#### 6.1.1 查询一个参数 (轮询模式)

?E<CR><LF>           "? "是 "查询 "的命令字  
                          "E "是要求的参数  
                          <CR> (回车) <LF> (换行) (0D<sub>hex</sub>0A<sub>hex</sub>)是指令结束标志

#### 6.1.2 设置一个参数 (轮询模式)

E=0.975<CR><LF>       "E "是要设置的参数  
                          "="是 "设置一个参数 "的命令字  
                          "0.975 "是参数的值  
                          <CR><LF>(0D<sub>hex</sub>0A<sub>hex</sub>)是指令结束标志

#### 6.1.3 传感器的应答

!E0.975<CR><LF>       "! "是 "应答 "的标志字  
                          "E "是 "应答 "的参数  
                          "0.975 "是参数的值  
                          <CR> <LF> (0D<sub>hex</sub> 0A<sub>hex</sub>) 是指令结束标志

为了处理收到的命令，传感器通常需要大约 200 毫秒。对于某些命令，这个时间可能更长。

#### 6.1.4 通知消息

通过通知，仪器通知主机，仪器或固件被重置或设置。

#XI<CR><LF>           "# "是 "通知 "的标志字  
                          "XI "是通知的值 (例如 "XI "固件重置标志)  
                          <CR> <LF> (0D<sub>hex</sub> 0A<sub>hex</sub>) 是指令结束标志  
  
!XL1<CR><LF>          "! "是 "传感器"应答 "的标志字  
                          "XL1 "是回答的值 (例如: "XL1 "表示激光器处于开启状态)  
                          <CR> <LF> (0D<sub>hex</sub> 0A<sub>hex</sub>) 是指令结束标志

### 6.1.5 错误信息

在出现 "非法" 指令的情况下, 一个星号\*将被传回给主机。非法指令可能是由语法错误引起的, 示例如下:

"\*Syntax Error" - 表明仪器收到了以不正确的格式发送的指令。

## 6.2 传输模式

串行接口有两种可能的传输模式。

**轮询模式:** 任何单个参数的当前值都可以由主机请求, 仪器以选定的波特率对该命令进行一次响应。

**突发模式:** 只要激活突发模式, 一个预先定义的数据串, 即所谓的 "突发串", 将被连续传输。

V=P	"P"后动轮询模式
V=B	"B"后动连发模式
\$=UTIEEC	"\$" 设置突发字符串内容的命令字
	"U"表示温度单位
	"T"表示目标温度
	"I"为传感器的内部壳体温度
	"E"表示发射率值
	"EC"表示错误代码
?\$	在轮询模式下, 此指令用于查询突发字符串参数的设置, 例如 "UTIE"
?X\$	在轮询模式下, X\$指令给出突发字符串的响应内容, 例如 "UC T0150.3 I0027.1 E0.950"

### 从突发模式返回到轮询模式

V=P 发送指令 "V=P"可使仪器退出突发模式, 回到轮询模式 (有可能需要发送多次此命令才能真正被仪器正确响应)。

关机/开机的循环会使仪器退出正在运行的突发模式, 并在再次上电时回到轮询模式。

## 6.3 传感器配置信息

传感器的配置信息为只读, 所以只能被查询, 用户不能修改。

表 6-1:传感器信息

指令	指令含义	回答 (举例)
?XU	传感器的型号名称	"! XUC40S-LT10SFA"
?DS	额外的备注, 如特殊数字的备注	"!DSFPI-FLUKE"
?XV	传感器的序列号	"! XV1234567"
?XR	固件版本	"! XR1.01"
?XH	传感器的测量上限	"! XH0300.0"
?XB	传感器的测量下限	"! XB000.0"

## 6.4 传感器设置

### 6.4.1 一般设置

U=C	设置温度值的物理单位（C 或 F）。在物理单位改变的情况下，所有与温度有关的参数（如阈值）都会自动转换。
E=0.950	设定发射率的值（由“ES”命令的值决定此设置是否生效）。
A=250	设定环境背景温度补偿的值（由“AC”命令的值决定此设置是否生效），参见 6.4.2 背景温度补偿，页码 29。
XG=1.000	设置透过率的值
?T	查询所测量的目标温度
?I	查询传感器的内部温度
?Q	查询目标温度的能量值

### 6.4.2 背景温度补偿

如果背景温度与由内部传感器所测量的仪器外壳温度不同时，应按以下方法设置“环境背景温度补偿值”，来取得更好的测量效果。

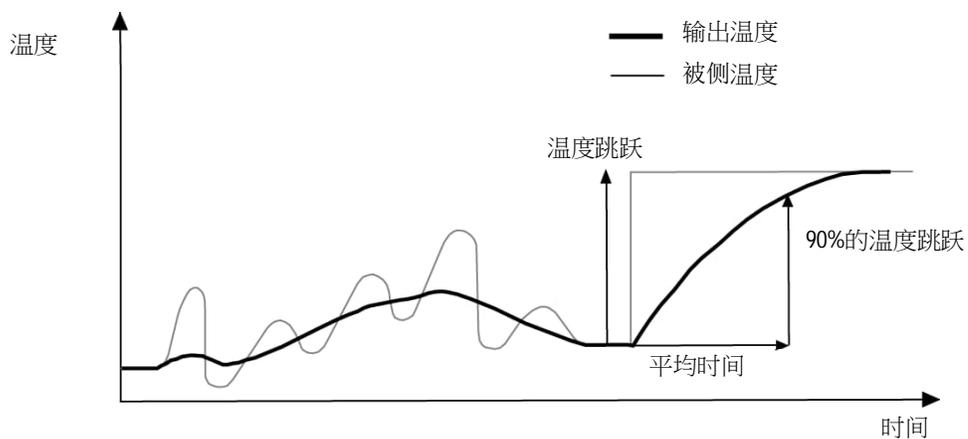
A=250.0	当前背景温度设定（由“AC”命令的值决定它是否生效）
AC=0	无补偿（传感器外壳温度等于背景温度）
AC=1	开启补偿，由命令“A”的设定值决定补偿值

### 6.4.3 平均值

平均值是用来平滑输出信号的，信号的平滑程度取决于定义的时间，此时输出信号对被检测信号的跟踪有明显的时间延迟，但噪声和尖峰被削减。使用较长的平均时间可以获得更好的阻尼特性。平均时间的设定，取期望输出信号达到目标温度跳跃的 90% 幅度所需的时间。

ASCII 命令：G

图 6-1:平均值



## 6.5 ASCII 命令列表

关于 ASCII 命令列表, 请参见第 10.3 [ASCII 命令列表](#), 页码 42。

## 7 Modbus

Modbus协议遵循主/从模式

一个主站控制一个或多个从站。通常，主站向从站发送一个请求，而从站则发送一个响应。请求/响应机制被称为事务。请求和响应也被称为消息。

详细的Modbus规范可参见 <http://www.modbus.org/>。

### 7.1 接线

有关 Modbus 型号的接线信息，请参见第 5.4 节，5.4 Modbus 型号 LT10xxM, 页码 26。

### 7.2 编程

#### 注意事项

功能代码以十进制列出，起始地址为十六进制。

#### 7.2.1 支持的功能

表 7-1:支持的功能

功能代码	Modbus 功能	描述
1	读取线圈	读取 n 位
2	读取离散型输入	读取 n 位
3	读取保持寄存器	读取 n 个 16 位字
4	读取输入寄存器	读取 n 个 16 位字
6	写入单个寄存器	写一个 16 位的字
16	写入多个寄存器	写入 n 个 16 位的字

#### 7.2.2 参数数据

32 位寄存器以完全的大英数 (Big-Endian) 模式传输，即高位字先传输，低位字后传输。一个字内的字节顺序也是同样方式。

虽然有些寄存器储存整数数值，但也有一些存储有浮点数。IEEE-754 浮点运算标准，定义了浮点数的转换格式。

下表列出了所有的参数，包括其内容、它们的格式和用法。

表 7-2:参数数据

起始地址 (Hex)	大小 (比特)	Modbus 访问	数据类型	内容	价值观	ASCII 命令
0	16	离散输入	短整型	设备状态的错误代码	0x0001: 目标温度超过范围; 0x0002: 目标温度低于范围; 0x0010: 环境温度超过范围; 0x0020: 环境温度低于范围; 0x0100: 模拟输出超过范围; 0x0200: 模拟输出低于范围。	EC
10	32	输入寄存器	十六进制	设备类型	例如: 0x00000102	DT
20	96	输入寄存器	字符串	商标	例如: FPI-FLUKE	DS
30	96	输入寄存器	绳子	序列号	例如: 35871253	XV
40	96	输入寄存器	绳子	固件版本	例如: 01.00.0708	XR
50	160	输入寄存器	绳子	设备识别	例如: C40S-LT10SFM	XU
A0	32	输入寄存器	浮点	设备 最低测量温度	0 [°C]	XB
A4	32	输入寄存器	浮动	设备 最高测量温度	300 [°C]	XH
A8	32	输入寄存器	浮动	目标能量		Q
AC	32	输入寄存器	浮动	内部传感器温度		I
B0	32	输入寄存器	浮动	目标温度	...范围为地址 A0 和 A4 处的值	T
B4	16	保持寄存器	字符	温度单位	0x0043 ('C'), 0x0046 ('F')。	U
B8	32	保持寄存器	浮动	发射率	0.1 .. 1.1	E
BC	32	保持寄存器	浮动	透射率	0.1 .. 1.0	XG
C0	32	保持寄存器	浮动	环境背景温度补偿	15.5[°C]	A
C4	16	保持寄存器	短期	控制环境背景温度补偿	0: 传感器温度。 1: 通过< C0>寄存器地址设置	AC
C8	32	保持寄存器	浮动	传感器增益	0.8 .. 1.2	DG
CC	32	保持寄存器	浮动	传感器偏移	-200 ..+200 [°C]	DO
D0	32	保持寄存器	浮动	峰值保持时间	0.0 ... 998.9s (999: 无限)	P
D4	32	保持寄存器	浮动	谷值保持时间	0.0 ... 998.9s (999: 无限)	F
D8	32	保持寄存器	浮动	平均时间	0 = 无平均数; 0.1 ~ 999.0 秒	G
DC	32	保持寄存器	浮动	高级保持平均时间	0 = 无平均数; 0.1 ~ 999.0 秒	AA
E0	32	保持寄存器	浮动	高级保持阈值	范围内的数字 add.< A0> ... add.< A4>	C
E4	32	保持寄存器	浮动	高级保持滞后	-100 C ..+100 [°C]	XY
E8	32	保持寄存器	整型	波特率 RS485	4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200	D
EC	16	保持寄存器	短期	多点式地址	0 .. 32	XA
F0	16	保持寄存器	短期	Modbus 从站地址	1 .. 247	XAS
200	16	保持寄存器	短期	激光控制 (仅适用于含激光产品)	0: 关闭, FF: 开启	XL
204	16	保持寄存器	短期	恢复出厂默认值	0: 无行动, FF: 复位	XF

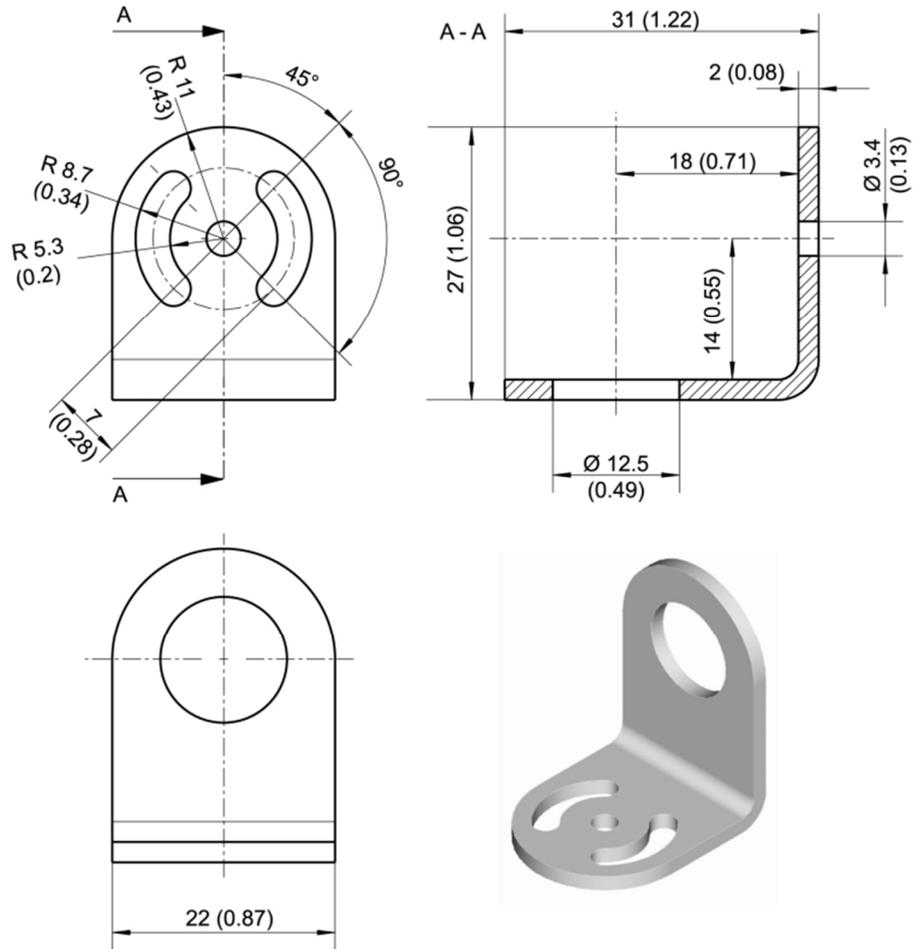
## 8 附件

有以下配件可供选择。

- 安装螺母(XXXMIACMN)
- 固定安装支架 ( XXXMIACFB )
- 空气吹扫器

### 8.1 固定安装支架 (XXXMIACFB)

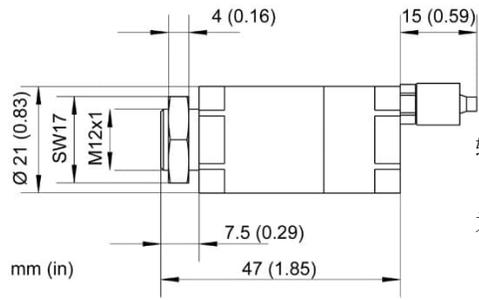
图 8-1: 固定安装支架



## 8.2 空气吹扫器

空气净化套用于防止灰尘、湿气、空气中的微粒和蒸汽进入探头。建议使用清洁、无油的空气。空气吹扫套可以承受高达 180°C 的环境温度，并可用于有限的冷却目的。建议空气流速为 30 至 60 升/分钟（0.5 至 1 立方英尺/分钟）。最大压力为 5 巴（73 PSI）。

图 8-2: 空气净化套



软管的内径为 3 毫米  
(0.12 英寸)，外径  
为 5 毫米  
(0.2 英寸)。



与 M5  
内螺纹相匹配

### 注意事项

空气净化套只有在出厂时才可以预装。

## 9 维护

我们的销售代表和客户服务人员随时准备为您解答有关应用、校准、维修相关问题和其它具体问题。如果您需要帮助，请联系您当地的销售代表。在许多情况下，问题可以通过电话解决。如果您需要返回设备进行服务，校准或维修，请在发货前联系我们的服务部门，电话号码列在本手册的开头部分。

### 9.1 解决小问题

表 9-1: 小故障排除

症状	可能的原因	解决方案
没有输出	仪器没有被合适的供电	检查电源
错误的温度	传感器电缆连接有问題	验证电缆的连续性
错误的温度	视野受阻	移除障碍物
错误的温度	窗口镜头受污染	清洁镜头
错误的温度	错误的发射率	纠正设置
温度波动	错误的信号处理	正确的峰值/谷值保持或平均值设置
温度波动	仪器接地不良	检查接线/接地

### 9.2 “故障安全” 的介绍

“故障安全系统”旨在提醒操作人员，并在任何系统故障的情况下提供安全输出。基本上，它被设计为在发生设置错误、系统错误或传感器电子装置故障时关闭被控的工艺过程。



#### 警告

绝不应完全依赖故障安全电路来保护关键的加热过程，还应使用其他安全装置来补充这一功能!

当错误或故障确实发生时，输出电路会自动调整到最低或最高预设水平。下表显示了相应的模拟值和通过数字通信传输的错误代码。

表 9-2: 用模拟输出表达的错误代码

症状	4 至 20 mA
测量的温度超过范围*	21 毫安
测量的温度低于范围*。	约 3.5 毫安

\*与设定的温度范围有关

表 9-3: 通过数字通信传输的错误代码

错误代码	代码含义描述
EHHH	测量的温度超过范围
EUUU	测量的温度低于范围
EIHH	内部温度超过范围
EIUU	内部温度低于范围

### 9.3 清洁镜头

始终保持镜头的清洁。要清洁镜头，请按以下方法进行：

1. 用 "罐装" 空气（用于清洁计算机设备）或小型挤压风箱（用于清洁相机镜头）轻轻吹掉松散的颗粒。
2. 用柔软的骆驼毛刷或柔软的镜头纸巾（可从相机用品商店买到）轻轻刷掉任何剩余的颗粒。
3. 用棉签或在蒸馏水中浸湿的软性镜片组织清洁剩余的 "污垢"，注意不要划伤镜头表面。

对于指纹或其他油脂，可使用以下任何一种来清洁：

- 变性酒精
- 乙醇
- 柯达镜头清洁剂

在镜片上涂抹上述的任一种，用干净的软布轻轻擦拭，直到杂物清除干净。然后让其风干，不要把表面擦干，因为这可能会划伤表面。

如果硅树脂（一般用于护手霜）沾到镜头上，用正己烷轻轻擦拭表面，然后让其风干。

#### 注意事项

*不要使用任何氨水或任何含有氨水的清洁剂来清洁镜头。这可能会导致镜片表面的永久性损坏！*

## 10 附录

### 10.1 发射率的确定

发射率是衡量一个物体吸收和发射红外能量的能力，它的数值可以在 0 和 1.0 之间。例如，镜子的发射率 $<0.1$ ，而所谓黑体的发射率值能达到 1.0。如果设置了一个高于实际发射率的值，只要目标温度高于其环境温度，输出就会读出低值。例如，如果你设置了 0.95，而实际发射率是 0.9，测得的温度读数将低于真实温度。

一个物体的发射率可以通过以下方法之一来确定：

- 使用热电阻（PT100）、热电偶或其他合适的接触温度方法确定材料的实际温度。接下来，用红外仪器测量物体的温度，调整发射率设置，直到得到正确的温度值，此时的发射率就是被测材料的正确发射率。
- 对于相对较低的温度，在要测量的物体上贴一张塑料贴纸，该贴纸应足够大，以覆盖目标点。接下来，使用 0.95 的发射率设置测量贴纸的温度。最后，测量物体上相邻未贴纸区域的温度，调整发射率设置，直到达到相同的温度。此时的发射率就是被测材料的正确发射率。
- 如果可能的话，在物体表面的一部分涂上平坦的黑漆，涂料的发射率是 0.95。然后使用 0.95 的发射率设置测量被涂区域的温度。最后，测量物体上相邻未涂漆区域的温度，调整发射率，直到达到相同的温度。此时的发射率就是被测材料的正确发射率。

### 10.2 典型的发射率值

下表为确定发射率提供了简要的参考指南，可在上述方法不实用时使用。表中显示的发射率值只是近似值，因为有几个参数可能影响材料的发射率，这些参数包括以下方面：

- 温度
- 测量的角度
- 几何图形（平面、凹面、凸面）
- 厚度
- 表面质量（抛光、粗糙、氧化、喷砂）
- 测量的光谱范围
- 透射（如薄膜塑料）

为了优化表面温度测量，请考虑以下准则：

- 使用某仪器确定物体的发射率，则该仪器也应用于其温度测量。
- 屏蔽被测物体与周围温度源，避免反射。
- 对于温度较高的物体，应使用尽可能短的响应波长的仪器。
- 对于测量半透明的材料，如塑料薄膜或玻璃，确保背景是均匀的，并且温度比被测物体低。
- 如果可能的话，将仪器垂直于被测表面来安装。在任何情况下，都不要超过入射角的 45°。

表 10-1:金属的典型发射率值

材料	金属 辐射率	8 - 14 $\mu\text{m}$
铝合金		
未被氧化的		0.02-0.1
氧化的		0.2-0.4
合金A3003, 氧化处理		0.3
粗糙化		0.1-0.3
抛光的		0.02-0.1
黄铜		
抛光的		0.01-0.05
烧焦的		0.3
氧化的		0.5
铬		0.02-0.2
氧化的		
铜		
抛光的		0.03
粗糙化		0.05-0.1
氧化的		0.4-0.8
金色		0.01-0.1
海恩斯		
合金		0.3-0.8
铬镍铁合金		
氧化的		0.7-0.95
喷砂处理		0.3-0.6
锃亮的		0.15
铁		
氧化的		0.5-0.9
未被氧化的		0.05-0.2
生锈的		0.5-0.7
熔融		
铁, 铸造		
氧化的		0.6-0.95
未被氧化的		0.2
熔融		0.2-0.3
铁, 锻造		
乏味		0.9
领导		
抛光的		0.05-0.1
粗糙的		0.4

材料	金属 辐射率	8 - 14 $\mu\text{m}$
氧化的		0.2-0.6
镁		0.02-0.1
水星		0.05-0.15
钼		
氧化的		0.2-0.6
未被氧化的		0.1
Monel (Ni-Cu)		0.1-0.14
氧化的		0.7-0.9
镍		
氧化的		0.2-0.5
电解式		0.05-0.15
铂金		
黑色		0.9
银色		0.02
钢制		
冷轧		0.7-0.9
地面表层		0.4-0.6
抛光板		0.1
熔融		
氧化的		0.7-0.9
不锈钢		0.1-0.8
锡 (未氧化)		0.05
钛合金		
抛光的		0.05-0.2
氧化的		0.5-0.6
钨		0.03
抛光的		0.03-0.1
锌		
氧化的		0.1
抛光的		0.02

表 10-2:非金属的典型发射率值

材料	非金属 辐射率	8 - 14 $\mu\text{m}$
石棉		0.95
沥青		0.95
玄武岩		0.7
碳		
未被氧化的		0.8-0.9
石墨		0.7-0.8
碳化硅		0.9
陶瓷		0.95
粘土		0.95
可乐		0.95-1.00
混凝土		0.95
布质		0.95
玻璃		
碟子		0.85
"戈布"		
砾石		0.95
石膏		0.8-0.95
冰块		0.98
石灰岩		0.98
涂料 (非标准)		0.9-0.95
纸张 (任何颜色)		0.95
塑料, 不透明, 厚度为500微米 (20密耳)。		0.95
橡胶		0.95
沙子		0.9
雪		0.9
土壤		0.9-0.98
水		0.93
木材, 天然		0.9-0.95

## 10.3 ASCII 命令列表

功能描述	指令字符	数值格式	Poll	Burst	Set	有效值举例	默认值
特殊设备信息 (remark, Trade Mark)	DS	XXX	√			e.g. FPI-FLUKE	
设备类型信息	DT		√			e.g. 0x000001	
设备型号 (model name)	XU	XXXXXXXXXX	√			e.g. C40S-LT10SFA / C40S-LT10SFAM	
设备序列号	XV	nnnnnnnn	√			e.g. 123456789	
固件版本	XR	nn.nn.nnnn	√			e.g. 01.01.1111	
回到出厂设定	XF				√		
设备重启情况监测	XI	n	√	√	√	0, 1	1
温度单位设定	U	X	√	√	√	C 或 F	C
被测目标能量值查询	Q	nnnnnn	√	√			
被测目标温度值查询	T	nnnn.n	√	√		返回按当前设定的温度单位的温度值	
设定仿真目标温度值	STT	nnnn.n	√		√	-100.0 - 9999.0	9999.0
设备自身温度查询	I	nnn.n	√	√		按当前设定的温度单位返回温度测量值	
PTC 值 (电阻值(Ω) + 红外 ADC 值)	YA	nnnnn#nnnnnn	√				
PSa value + Energy value	YB	nnnnnn#nnnnnn	√				
透过率设定和查询	XG	n.nnn	√	√	√	0.100 ~ 1.000	1,000
发射率设定和查询	E	n.nnn	√	√	√	0.100 ~ 1.100	0,950
产品量程上限	XH	nnnn.n	√				
产品量程下限	XB	nnnn.n	√				
背景温度补偿值设定	A	nnnn.n	√		√	符合当前单位设定的温度值, 且需小于量程上限	Lower-limit of temperature range
背景补偿控制开关	AC	n	√		√	0 = 无补偿; 1 = 使用命令 "A" 设定的值来补偿;	0
设定目标温度的增益	DG	n.nnnn	√		√	0.8000 ~ 1.2000	1,0000
目标温度 Offset 值设定	DO	nnnn.n	√		√	-200.0 ~ 200.0°C / -360.0 ~ 360.0°F	0000.0
峰值保持时间设定	P	nnn.n	√	√	√	000.0 ~ 998.9 秒; 999.0 = 一直保持	000.0
谷值保持时间设定	F	nnn.n	√	√	√	000.0 ~ 998.9 秒; 999.0 = 一直保持	000.0
平均时间设定	G	nnn.n	√	√	√	0 = 不做平均; 0.1 ~ 999.0 秒	000.0
高级保持功能 - 平均时间设定	AA	nnn.n	√		√	0 = 不做平均; 0.1 ~ 999.0 秒	000.0
高级保持功能 - 滞回温度值设定	C	nnnn.n	√		√	设定值应是仪器测量范围内的值	测温下限
高级保持功能 - 滞后温度值设定	XY	nnnn.n	√		√	-100.0 ~ 100.0°C 或 -180.0 ~ 180.0°F	0000.0
轮询和突发模式选择	V	X	√		√	P = 轮询模式; B = 突发模式	P

查询突发模式下的字符串响应	X\$		√				
突发模式字符串设定	\$	XX...XX	√		√	UTQEFPGIHLXGXI	UTIE
突发模式发送间隔设定	BS	n-nnnnn		√		5~10000ms	300
RS485 波特率设定	D	nnnn	√		√	0048 = 4800 baud rate 0096 = 9600 baud rate 0192 = 19200 baud rate 0384 = 38400 baud rate 0576 = 57600 baud rate 1152 = 115200 baud rate	0096
地址设定 (多设备同时在线时有效)	XA	0nn	√		√	000 = 单设备模式; 001 ~ 032 = 多设备模式下的地址范围	000
Modbus 模式时的地址设定	XAS	nnn	√		√	000 = 单设备模式; 001 ~ 247 = 多设备模式下的地址范围	000
电流输出控制命令	O	nn.nnn	√		√	0 = 电流输出跟随目标测量温度; 4.000 ~ 20.000 = 强制输出特定电流值;	0
电流输出高报警 设定 (故障安全)	AHO	nn.n-nn.n	√		√	20.0~24.0 mA	21.0
电流输出低报警 设定 (故障安全)	ALO	nn..n-nn.n	√		√	0.0~4.0 mA	3.5
最大电流输出时对应的温度设定	AH	nnnn.n	√	√	√	有效范围: 仪器测温下限+20度 - 测温上限	测温上限
最小电流输出时对应的温度设定	AL	nnnn.n	√	√	√	有效范围: 仪器测温下限 - 测温上线-20度	测温下限
激光控制命令	XL	X	√		√	0 = 激光关闭; 1 = 激光开, 但仪器重启后关闭; 2 = 激光开, 仪器重启后仍保持开; H = 仪器温度过热>50C; N = 无激光模组;	0
ADC 采样控制	CH	n	√		√	0 = 常规; 3 = 最大值-最小值模式; 4 = 平均值模式;	0
错误代码	EC	nnnn	√			0x0001 = 目标温度超上限; 0x0002 = 目标温度超下限; 0x0010 = 环境温度超工作温度上限; 0x0020 = 环境温度超工作温度下限; 0x0100 = 模拟输出超上限; 0x0200 = 模拟输出超下限;	0x0000