

Thermalert[®] 4.0 系列

红外测温仪



用户手册

保证

制造商保证从购买之日起两年内本仪器在正常使用和维护条件下不会出现材料缺陷和制造工艺问题。本保证仅针对原始购买者。本保证不适用于保险丝、电池或者任何被认定由于误用、疏忽、意外或非正常操作和使用所造成的产品损坏。

被担保产品在保证期内发生故障时，由买方以预付运费方式发送至授权的服务机构，经制造商检查证明产品存在缺陷，制造商将予以维修。制造商将根据自己的判断，确定是否更换产品或进行维修。对于保证期内返回的仪器，将为其免费更换部件或进行维修，并由制造商承担返回的运费；若故障是由于误用、疏忽、意外或异常操作或储存不当造成的，将收取合理费用。这种情况下，将在维修之前根据需要发送给用户一份估价单。

这些保证可取代任何其他明示或暗示的保证，包括而又不限于对任何特定目的或用途的适销性、适合性或充足性的暗示保证。制造商对任何特殊、间接、偶发或后续的损坏或损失，均不承担任何契约、民事或其他责任。

软件保证

制造商不保证本文介绍的软件在各种硬件和软件环境中均会正常工作。本软件可能不适用于修订或仿真版本的 Windows 操作环境、常驻内存的软件或内存不足的计算机。制造商保证程序磁盘在正常使用条件下一年之内没有材料和工艺的缺陷。除本保证外，制造商对本软件或文件不作任何明示或暗示的保证或陈述，包括其质量、性能、适销性或针对特定用途的适用性。因此，本软件和文档是“按原样”授权的，被许可人（即“用户”）承担其质量和性能的全部风险。根据本保证，制造商的责任应仅限于用户支付的金额。在任何情况下，制造商均不应承担任何费用，包括但不限于产生的这些结果：损失的利润或收入、计算机软件使用损失、数据丢失、替代软件的成本、第三方索赔或其他类似费用。制造商保留软件和文档版权的所有权利。为他人制作副本属违法行为。

目录

章节	页码
目录.....	3
表格目录.....	8
插图目录.....	9
合规声明.....	11
安全信息.....	12
联系方式.....	16
1 简介	17
2 技术数据	19
2.1 测量技术指标	19
2.2 光学系统技术指标.....	21
2.3 电气技术指标	22
2.3.1 2 线型.....	22
2.3.2 6 线型.....	22
2.3.3 12 线型.....	22
2.4 环境技术指标	23
2.5 尺寸.....	24
2.5.1 2 线/6 线型.....	24
2.5.2 12 线型.....	24
2.6 交货内容	25
3 基础知识	26
3.1 1 红外温度测量	26
3.2 目标物的发射率	26
4 环境	27
4.1 环境温度	27
4.2 大气质量	27
4.3 电气干扰	27
5 安装	29
6.....	29

7	29
7.1 定位	29
7.2 至目标的距离	29
7.3 视角	30
7.4 2 线型	30
7.4.1 后面板	30
7.4.2 电缆连接	31
7.4.3 mA 单回路	34
7.4.4 mA 多回路	36
7.4.5 报警输出 AL	36
7.5 6 线型	36
7.5.1 后面板	36
7.5.2 电缆连接	37
7.5.3 接线板	37
7.5.4 模拟输出	37
7.5.4.1 mA 输出	37
7.5.4.2 V 输出	38
7.5.4.3 TC 输出	38
7.5.5 RS485 通信	38
7.6 12 线型	38
7.6.1 后面板	38
7.6.2 DIN 连接器	38
7.6.3 RS485 通信	39
7.6.4 FTC1 - 发射率设定	39
7.6.5 FTC2 - 背景温度补偿	40
7.6.6 触发输入	41
7.6.6.1 重置	41
7.6.6.2 保持	41
7.6.6.3 激光	42
7.6.7 继电器输出	42
7.6.8 模拟输出	42
7.6.8.1 mA 输出	42
7.6.8.2 V 输出	43
8 RS485	44
8.1 技术指标	44
8.2 安装	44
8.3 接线	45
8.3.1 6 线型	45

8.3.2 12 线型	45
8.3.3 计算机接口	45
8.3.4 多传感器	46
9 操作	47
9.1 激光	47
9.2 后期处理	47
9.2.1 平均	47
9.2.2 峰值保持	48
9.2.3 谷值保持	48
9.2.4 高级峰值保持	49
9.2.5 高级谷值保持	49
9.2.6 带有平均功能的高级峰值保持	49
9.2.7 带有平均功能的高级谷值保持	50
10 附件	51
10.1 电气附件	51
10.1.1 12 芯高温电缆 (A-CB-HT-M16-W12-xx)	51
10.1.2 12 芯低温电缆 (A-CB-LT-M16-W12-xx)	52
10.1.3 XR 传感器跳线 (A-CB-T40-XR)	54
10.1.4 接线板 (A-T40-TB)	54
10.1.5 盒装接线板 (A-T40-TB-ENC)	55
10.1.6 电源 DIN 导轨 (A-PS-DIN-24V)	55
10.1.7 带接线盒电源 (A-PS-ENC-24V)	56
10.1.8 USB/RS485 转换器 (A-CONV-USB485)	57
10.2 机械附件	58
10.2.1 安装螺母 (A-MN)	59
10.2.2 固定式安装架 (A-BR-F)	60
10.2.3 调节式安装架 (A-BR-A)	60
10.2.4 旋转式安装架 (A-BR-S)	61
10.2.5 瞄准镜 (A-ST-xx)	61
10.2.6 瞄准镜接头 (A-PA)	63
10.2.7 护窗	63
10.2.8 直角反射镜 (A-MIR-RA)	64
10.2.9 空气吹扫器 (A-T40-AP)	65
10.2.10 气/水冷外壳 (A-T40-WC)	66
10.2.10.1 避免冷凝	67
10.2.11 法兰适配器 (E-MFA-7)	68
10.2.12 安装法兰 (E-MF-7)	68
10.2.13 Modline 4 适配器	69

10.2.14 Marathon MM 适配器	69
11 维护	70
11.1 小故障的检修	70
11.2 故障安全操作	70
11.3 清洁镜头	70
12 编程指南	72
12.1 命令结构	72
12.1.1 请求参数（轮询模式）	72
12.1.2 设定参数（轮询模式）	72
12.1.3 传感器响应	72
12.1.4 传感器通知	72
12.1.5 错误消息	72
12.2 传输模式	73
12.3 传感器信息	73
12.4 传感器设置	73
12.4.1 通用设定	73
12.4.2 发射率设定	74
12.4.3 背景温度补偿	74
12.4.4 温度保持功能	74
12.5 传感器控制	75
12.5.1 模拟输出	75
12.5.2 继电器输出	75
12.6 RS485 通信	75
12.7 多点模式	75
12.8 命令列表	77
13 附录	81
13.1 光学图表	81
13.1.1 LT-07 型	81
13.1.2 LT-15 型	81
13.1.3 LT-30 型	82
13.1.4 LT-50 型	83
13.1.5 LT-70 型	84
13.1.6 P7-30 型	84
13.1.7 G7-70 型	85
13.1.8 G5-30 型	85
13.1.9 G5-70 型	85
13.1.10 MT-30 型	86

13.1.11 MT-70 型	87
13.1.12 P3-20 型	88
13.1.13 HT-60 型	89
13.2 确定发射率	90
13.3 典型发射率值	90

表格目录

表格	页码
Table 5-1: Terminal Connections	错误!未定义书签。
Table 5-2: Power Supply Requirements for Multiple Loads	35
Table 5-3: Pin Assignment for Terminal Strip	37
Table 5-4: Pin Assignment for DIN Connector	39
Table 5-5: Ratio between Analog Input Voltage and Emissivity	39
Table 8-6: Available Electrical Accessories	51
Table 8-7: Available Cable Lengths	51
Table 8-8: Available Cable Lengths	53
Table 8-9: Available Mechanical Accessories	58
Table 8-10: Troubleshooting	67
Table 9-11: Troubleshooting	70
Table 9-12: Error Codes for Analog Output	70
Table 9-13: Error Codes via Field Bus	70
Table 10-14: Sensor Information.....	73
Table 10-15: Overview to Temperature Hold Functions.....	74

插图目录

图	页码
Figure 1-1: Available Models.....	17
Figure 2-1: Dimensions for the 2-Wire and 6-Wire Model	24
Figure 2-2: Dimensions for the 12-Wire Model.....	24
Figure 4-1: One Earth Ground at the Sensor (left) or at the Power Supply (right).....	27
Figure 4-2: Sensor Design for Galvanic Isolation.....	27
Figure 5-1: Proper Sensor Placement.....	29
Figure 5-2: Acceptable Sensor Viewing Angles	30
Figure 5-3: Rear Panel for 2-Wire Sensor.....	30
Figure 5-4: Principle Circuit Diagram: Infrared Sensor with Multiple Loads	34
Figure 5-5: Equivalent Circuit Diagram: Infrared Sensor with Multiple Loads	34
Figure 5-6: Principle Circuit Diagram: Infrared Sensor with Multiple Loads	36
Figure 5-7: Exemplary Wiring the Alarm Output AL for the 2-Wire Sensor	36
Figure 5-8: Rear Panel for 6-Wire Sensor.....	36
Figure 5-9: Wiring Analog Out as Current Output	37
Figure 5-10: Wiring Analog Out as Voltage Output	38
Figure 5-11: DIN Connector Pin Layout (pin side).....	38
Figure 5-12: Adjustment of Emissivity at FTC1 Input (Example).....	39
Figure 5-13: Principle of Background Temperature Compensation.....	40
Figure 5-14: Adjustment of Background Temperature Compensation at FTC2 Input (Example)	41
Figure 5-15: Wiring the Trigger Input	41
Figure 5-16: Resetting the Peak Hold Function	41
Figure 5-17: Resetting the Peak Hold Function	41
Figure 5-18: Spike Voltage Limitation for the Alarm Relay.....	42
Figure 5-19: Wiring Analog Out as Current Output	42
Figure 5-20: Wiring Analog Out as Voltage Output	43
Figure 6-1: Network in Linear Topology (daisy chain).....	44
Figure 6-2: Wiring RS485 Communication for 6-Wire Model	45
Figure 6-3: Wiring RS485 Communication for 12-Wire Model	45
Figure 6-4: Wiring the Sensor's RS485 Interface with UBS/RS485 Converter in 2-Wire Mode	45
Figure 7-1: Laser Indication	47
Figure 7-2: Averaging.....	47
Figure 7-3: Peak Hold	48
Figure 7-4: Valley Hold.....	48
Figure 7-5: Advanced Peak Hold	49
Figure 7-6: Advanced Peak Hold with Averaging.....	49
Figure 8-1: High Temp Cable (12 Wire)	51
Figure 8-2: Low Temp Cable (12 Wire).....	52

Figure 8-3: Terminal Block with Wire Color Assignment	54
Figure 8-4: Terminal Block in an Enclosure	55
Figure 8-5: Industrial Power Supply	56
Figure 8-6: Power Supply with Terminal Box	56
Figure 8-7: USB/RS485 Adapter	58
Figure 8-8: Overview to Mechanical Accessories	1
Figure 8-9: Mounting Nut	59
Figure 8-10: Fixed Bracket.....	60
Figure 8-11: Adjustable Bracket.....	60
Figure 8-12: Swivel Bracket	61
Figure 8-13: Sight Tube	61
Figure 8-14: Pipe Adapter	63
Figure 8-15: Right Angle Mirror.....	64
Figure 8-16: Air Purge Collar	65
Figure 8-17: Air/Water-Cooled Housing	66
Figure 8-18: Flange Adapter	68
Figure 8-19: Flange Adapter	68
Figure 11-1: Optical Diagrams LT-07 Models	81
Figure 11-2: Optical Diagrams LT-15 Models	81
Figure 11-3: Optical Diagrams LT-30 Models	82
Figure 11-4: Optical Diagrams LT-50 Models	83
Figure 11-5: Optical Diagrams LT-70 Models	84
Figure 11-6: Optical Diagrams P7-30 Models	84
Figure 11-7: Optical Diagrams G7-70 Models.....	85
Figure 11-8: Optical Diagrams G5-30 Models.....	85
Figure 11-9: Optical Diagrams G5-70 Models.....	85
Figure 11-10: Optical Diagrams MT-30 Models	86
Figure 11-11: Optical Diagrams MT-70 Models	87
Figure 11-12: Optical Diagrams P3-20 Models	88
Figure 11-13: Optical Diagrams HT-60 Models.....	89

合规声明



本设备符合欧洲指令的要求：

EC – Directive 2014/30/EU – EMC

EC – Directive 2011/65/EU – RoHS II

EN 61326-1: 2013

电气测量、控制及实验设备

电磁敏感性 (EMC)

EN 50581: 2012

有关限制有害物质的电气产品评价的技术文件 (RoHS)



电磁兼容性 仅适用于韩国。A 类设备（工业广播及通信设备）

致设备销售方和使用方的共同提醒：本设备符合工业（A 类）电磁波设备的要求；本设备仅适用于商业而非家庭用途。

安全信息

本手册含有重要信息，在仪器的整个生命周期内都应保存备用。对于仪器的其他用户，应随仪器提供本手册。针对该信息的最终更新必须添加至原始文档。只有经过专门培训的人员才可以操作本仪器，并应严格遵守本操作指南和当地的安全规范。

可接受的操作

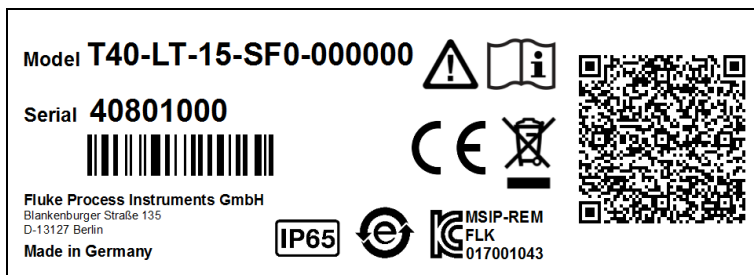
本仪器仅用于温度测量，可连续工作。只要满足仪器所有部件的规定技术指标要求，本仪器就能够在苛刻条件（如高温环境）下可靠工作。只有严格按照操作指南使用，才能确保获得预期结果。

不可接受的操作

本仪器不应用于医疗诊断领域。

备用零件和附件

请务必使用制造商认可的原厂零件和附件。使用其他产品会对仪器的安全和功能造成不利影响。



安全符号	说明
	使用前请阅读本手册中的所有安全信息
	危险电压。电击危险
	警告：危险。重要信息 请参见手册
	激光警告
	接地端子
	保护导体端子
	开关或继电器触点
	直流电源
	符合欧盟指令要求
	应按照专业和环境规范将废旧仪器作为电子废品予以处理
	符合相关的韩国 EMC 标准
	CSA 集团认证其符合北美安全标准
	国际入口保护标记
	中国 RoHS



请遵守下列准则以免遭受电击、火灾或人身伤害：

- 使用本机前请阅读所有安全信息。
- 请按规定使用，否则本机的保护功能会大打折扣。
- 请勿在爆炸性气体和蒸汽周围或潮湿环境中使用本机。
- 请仔细阅读所有说明。
- 请勿使用已经受损的仪器。
- 请勿使用工作异常的仪器。
- 请勿在端子之间及端子与地线之间施加额定值以上的电压。
- 请勿用光学工具（如双筒望远镜、望远镜、显微镜）直视激光。光学工具会聚焦激光并危及眼睛。
- 请勿看着激光。请勿将激光正对着人或动物或**间接映照在反射面上**。
- 请勿将激光观察镜用作激光保护镜。激光观察镜仅用于在强光下更好地观看激光。
- 请按规定使用本机，否则可能会遭受危险的激光辐射。
- 错误的接线可能会损坏传感器并使保修失效。通电前要确保所有连接正确稳妥！
- 为防止电击、火灾或人身伤害，要确保测温仪在使用前已经接地。
- 应请有资格的技术人员进行修理。
- 传感器的金属外壳不一定要通过安装接地。必须具备以下至少一项安全措施才能最大限度地降低静电荷的危险：
 - 电缆屏蔽层接地
 - 将本机的金属外壳安装在接地的安装支架上或任何其他接地的底座上
 - 保护操作员免遭静电放电

联系方式

福禄克过程仪器

美国

美国加州圣克鲁兹

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

+1 831 458 3900

solutions@flukeprocessinstruments.com

欧洲、中东和非洲

德国柏林

Tel: +49 30 478 0080

info@flukeprocessinstruments.de

中国

中国北京

Tel: +86 10 6438 4691

info@flukeprocessinstruments.cn

全球服务

福禄克过程仪器提供修理和校准等多种服务。

欲知详情，请就近联系本公司相关分部。

www.flukeprocessinstruments.com

1 简介

Thermalert 4.0 传感器是一种红外温度计，具有多种不同的光谱响应，可应对金属、玻璃、塑料等广泛应用。

Thermalert 4.0 系列具有更好的测温技术指标、更大的工作环境温度范围、多种用户界面以及各种网络通信功能。所有器件都封装在不锈钢外壳中，其防护等级达到 IP65(NEMA 4)。

Thermalert 4.0 系列具有以下特点：

- 宽广的温度范围：-40~2250 °C
- 适合各种用途的多种光谱型号
- 广泛的光学选择
- 快速响应时间短至 30 ms
- 激光瞄准
- 精致坚固的不锈钢设计
- 电隔离输出
- 实时环境背景温度补偿
- 简单的双线安装或数字通讯 RS485
- 适用于恶劣工业环境的坚固附件
- 用于远程配置、监控以及现场校准的软件

备有下列 Thermalert 4.0 型号：

T40	-	XX	-	XX	-	XXX	-	X
系列		光谱		光学：		焦点：		接口：
		LT		07		SF0		0 (2 线)
		MT		15		SF2		1 (6 线)
		HT		20		SF4		2 (12 线)
		G5		30		CF0		
		G7		50		CF1		
		P3		60		CF2		
		P7		70				

示例： T40-LT-15-SF0-0

图 1-1: 可用型号

2-Wire
4 to 20 mA, Alarm, USB



6-Wire
Analog Out, RS485, USB



12-Wire
Analog In/Out, Alarm, Trigger, RS485, USB



2 技术数据

2.1 测量技术指标

温度范围

LT-07	-20~600 °C
LT-15	-20~600 °C
LT-30	-20~600 °C
LT-50	-40~1,000 °C
LT-70	-40~1,000 °C
P7-30	10~360 °C
G7-70	300~900 °C
G5-30	250~1,650 °C
G5-70	450~2,250 °C
MT-30	200~1,000 °C
MT-70	450~2,250 °C
P3-20	25~450 °C
HT-60	500~2,000 °C

光谱响应

LT-07	8~14 μm
LT-15	8~14 μm
LT-30	8~14 μm
LT-50	8~14 μm
LT-70	8~14 μm
P7-30	7.9 μm
G7-70	7.9 μm
G5-30	5 μm
G5-70	5 μm
MT-30	3.9 μm
MT-70	3.9 μm
P3-20	3.43 μm
HT-60	2.2 μm

响应时间¹

LT-07	150 ms
LT-15	150 ms
LT-30	30 ms
LT-50	130 ms
LT-70	130 ms
P7-30	130 ms

¹ 90% 值

G7-70	130 ms
G5-30	60 ms
G5-70	60 ms
MT-30	130 ms
MT-70	130 ms
P3-20	130 ms ²
HT-60	130 ms
系统精度³	
P3	$\pm (3\text{ }^{\circ}\text{C} + \text{读数的 } 1\%)$ ，对于 $T_{\text{meas}} > 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
所有其他	读数的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对于 $T_{\text{meas}} > 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
	对于 $T_{\text{meas}} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ： $\pm [1.0\text{ }^{\circ}\text{C} + 0.1 \cdot (0\text{ }^{\circ}\text{C} - T_{\text{meas}})]$ ， T_{meas} 单位为 $^{\circ}\text{C}$
重复性⁴	
P3	$\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或读数的 0.5%（取其中的较大值）
所有其他	$\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或读数的 0.3%（取其中的较大值）
温度分辨率	
数字输出	0.1 $^{\circ}\text{C}$
模拟输出	14 bit
发射率	
6 线/12 线型	0.100~1.100，增幅 0.001
2 线型	0.10~1.00，增幅 0.01
信号处理	
所有型号	平均、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

² 10 s，对于 $T_{\text{target}} < 150\text{ }^{\circ}\text{C}$

³ 在环境温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、发射率 = 1.0 及校准距离的情况下

⁴ 在环境温度 $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、发射率 = 1.0 及校准距离的情况下

2.2 光学系统技术指标

光学分辨率	D:S ⁵	焦距
LT-07	7:1	CF0 (塑料镜头)
LT-15	15:1	SF0 (塑料镜头)
LT-30	33:1	SF0, CF1, CF2
LT-50	50:1	SF0, CF2
LT-70	70:1	SF2, CF2
P7-30	33:1	SF0
G7-70	70:1	SF2
G5-30	33:1	SF0
G5-70	70:1	SF2
MT-30	33:1	SF0, CF1, CF2
MT-70	70:1	SF2, CF1, CF2
P3-20	20:1	SF4
HT-60	60:1	SF0, CF1, CF2

焦距

SF0	1,520 mm
SF2	1,250 mm
SF4	500 mm
CF0	50 mm
CF1	76 mm
CF2	200 mm

注意

焦距是从传感器镜头开始测量的。

对于带有气/水冷外壳的设备，请务必从焦距减去 70 mm。

对于带 ThermoJacket 的设备，请务必从焦距减去 55 mm。

这些考虑因素非常重要，特别是对于具有近焦光学元件的传感器！

关于详细的光学图表，请参阅第 81 页上的“11 [光学图表](#)”一节。

激光

所有型号	根据标准可用激光（除 LT-07、LT-15、P3 等型号外） 2 线设备还要求通过 USB 供电
------	--

⁵ 在 90% 能量下，仅在焦点处指定的 D:S 比率

2.3 电气技术指标

2.3.1 2 线型

电源	12~24 VDC
输出	
模拟	4~20 mA, 回路阻抗最大 500 Ω
报警	24 V / 150 mA
数字	USB: 2.0 版, 微型 B 接头 (仅用于仪器的设置)

2.3.2 6 线型

电源	+ 24 VDC 标称 (20~48 VDC), 100 mA @ 24 V
输出	
模拟	0~20 mA (有源) 或 4~20 mA (有源) 或 0~10 V 或 J 热电偶或 K 热电偶 电流回路阻抗: 最大 500 Ω 电压负载阻抗: 最小 5 kΩ 与电源电隔离
数字	USB: 2.0 版, 微型 B 接头 (仅用于本机的设置) RS485: 可与 32 个传感器联网, 波特率: 4800、9600、19200、38400、57600、115200 Bit/s (默认: 9600 Bit/s)

2.3.3 12 线型

电源	+ 24 VDC 标称 (20~48 VDC), 100 mA @ 24 V
输出	
模拟	0~20 mA (有源) 或 4~20 mA (有源) 或 0~10 V 电流回路阻抗: 最大 500 Ω 电压负载阻抗: 最小 5 kΩ 与电源电隔离
报警	48 V / 300 mA 1 个带无磨损触点的无电位继电器输出 (固态继电器), 与电源电隔离
输入	
模拟	0~10 V 发射率设定或 背景温度补偿
数字	触发输入 (闭合触点)
数字	USB: 2.0 版, 微型 B 接头 (仅用于仪器的设置) RS485: 可与 32 个传感器联网, 波特率: 4800、9600、19200、38400、57600、115200 Bit/s (默认: 9600 Bit/s)

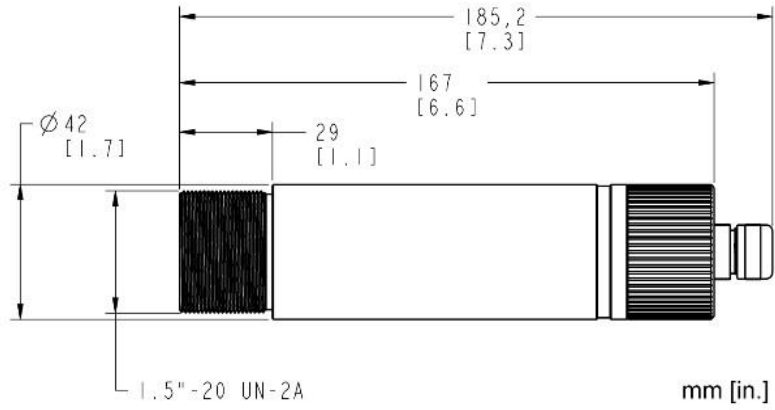
2.4 环境技术指标

入口保护	IP65 / IEC 60529 (NEMA-4)
工作温度	-20~85 °C, 无冷却 10~120 °C, 空气冷却 10~175 °C, 水冷却 10~315 °C, 用 ThermoJacket 进行水冷却
储存温度	-20~85 °C
湿度	10%~95% @ 30 °C, 不冷凝 (工作和存储)
振动和冲击	IEC 60068-2-27 (机械冲击): 50 G、6 ms、3 轴 IEC 60068-2-26 (正弦振动): 3 G、11-200 Hz、3 轴
EMC (电磁兼容性)	EN 61326-1: 2013 工业
KCC	电磁兼容性 — 仅适用于韩国。A 类设备 (工业广播及通信设备) 致设备销售方和使用方的共同提醒: 本设备仅适用于商业而非家庭用途。
预热时间	30 min
材料	不锈钢 (外壳)
重量	500 g
海拔高度	工作: 2,000 m 储存: 12,000 m

2.5 尺寸

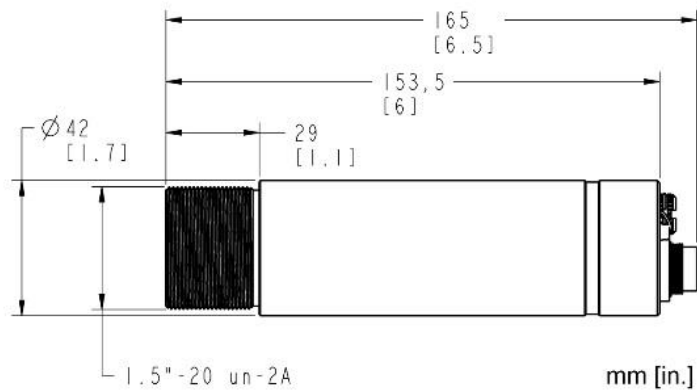
2.5.1 2 线/6 线型

图 2-1: 2 线和 6 线型的尺寸



2.5.2 12 线型

图 2-2: 12 线型的尺寸



2.6 交货内容

交货内容包括：

- 传感器
- 安装螺母 (A-MN)
- 固定支架 (A-BR-F)
- USB 电缆（仅用于本机的设置）
- 操作手册（数据载体上的 pdf 文件）
- 快速启用指南（印刷版）
- 电脑软件（数据载体上）

3 基础知识

3.1 1 红外温度测量

所有表面都会产生红外辐射。红外辐射的强度会随着物体温度而变化。根据材料及表面特性，辐射的波长谱通常为 1~20 μm 。红外辐射（热辐射）的强度取决于材料。对于许多物质而言，这种基于材料的常数是已知的。该常数被称为发射率值。

红外测温仪是一种光电传感器。这种传感器对辐射很敏感。红外测温仪由镜头、光谱滤器、传感器及电子信号处理器组成。光谱滤器的任务是选择想要的波长谱。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测量值。由于红外辐射的强度取决于材料，因此可在传感器上选择所需的发射率。

红外测温仪的最大的优点是可在不接触的情况下测量物体温度。这样一来，正在移动或难以企及的物体的表面温度便可轻松测量。

3.2 目标物的发射率

要确定目标物的发射率，请参阅第 90 页上的“[典型发射率值](#)”一节。如果发射率偏低，测量结果就可能会因来自背景物体（位于目标物旁边或后面的加热系统、火焰、粘土砖等）的干扰性红外辐射而失真。测量反射面和很薄的材料（塑料薄膜、玻璃等）时可能会出现这种问题。

如果安装时特别小心并且将传感头与这些反射辐射源屏蔽开来，则可最大限度地降低测量误差。

4 环境

4.1 环境温度

本传感器适用于最高工作温度（参见第 22 页上的“0 [环境技术指标](#)”一节）。使用气/水冷外壳附件可扩展工作温度（参见第 66 页上的“8.2.10 [气/水冷外壳](#)”一节）。

4.2 大气质量

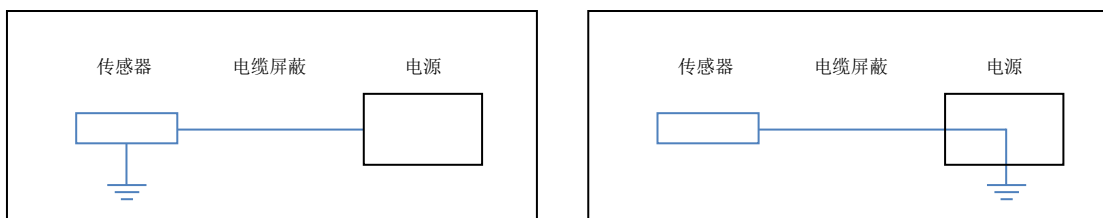
如果镜头变脏，红外线能量会受到阻碍以致传感器无法准确测量。因此应经常保持镜头清洁。空气吹扫器有助于防止镜头沾染脏污（请参阅第 65 页的“8.2.9 [空气吹扫器](#)”一节）。如果要使用空气吹扫功能，安装传感器前应确保安装了干净干燥且气压适当的气源。

4.3 电气干扰

为了将电气或电磁干扰或噪声降至最小，请务必注意以下事项：

- 将本机安装在尽量远离潜在电干扰源（如会产生大阶跃负载变化的电动设备）的地方。
- 所有的输入和输出连接均采用屏蔽线。
- 外部连接时可使用导线管以加强保护。在高噪声环境下，刚性导线管优于柔性导线管。
- 请勿在传感器信号线路所处的导线管中通交流电。
- 为避免出现接地回路，应确保仅有一点接地，无论是在本机上还是在电源上。

图 4-1：在传感器（左）或电源（右）处接地



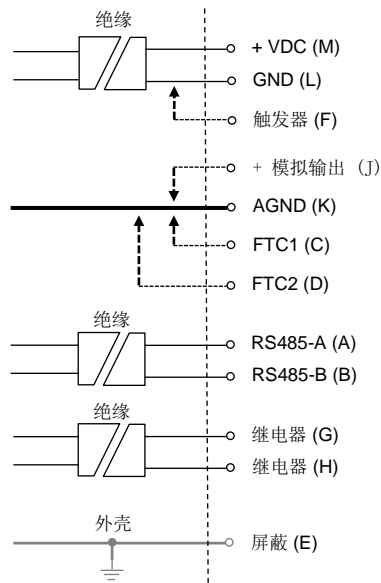
注意

传感器的金属外壳与传感器电缆的屏蔽层是电连接的。

注意

所有输入和输出与电源都不是电连接的
(除 2 线型的报警输出外)。

图 4-2: 12 线型的电隔离原理



5 安装



人身伤害风险

在可能导致财产损失和人身伤害的关键过程中使用本机时，用户应提供一套冗余设备或系统以便在本机发生故障时能够安全关闭过程。

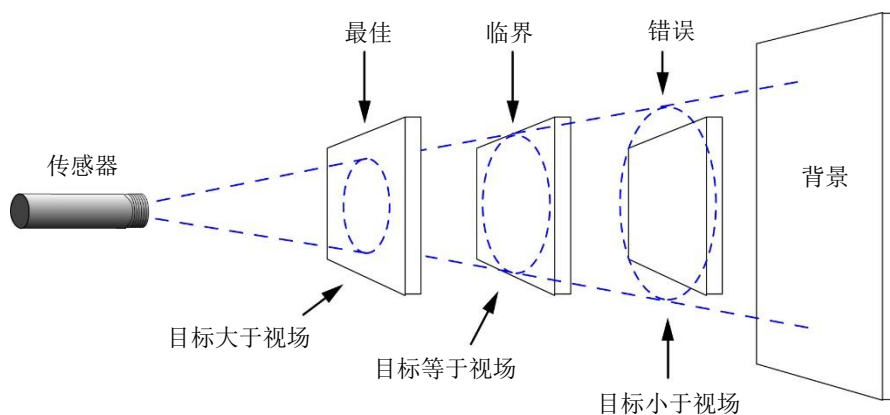
5.1 定位

传感器的定位取决于具体应用。确定位置之前，首先需要了解安装位置的环境温度、大气质量以及电磁干扰状况。如果计划使用空气吹扫器，则需要具备空气连接条件。另外还必须考虑接线和电缆导线管布局，包括计算机接线和连接（使用的话）。

5.2 至目标的距离

目标上所需的视场将决定最大测量距离。为避免错误读数，目标视场必须填满传感器的整个视场。因此，传感器必须放置在视场等于或小于所需的目标尺寸的位置。关于可用[光学元件](#)的列表，请参阅第 20 页的“[0 光学系统技术指标](#)”。

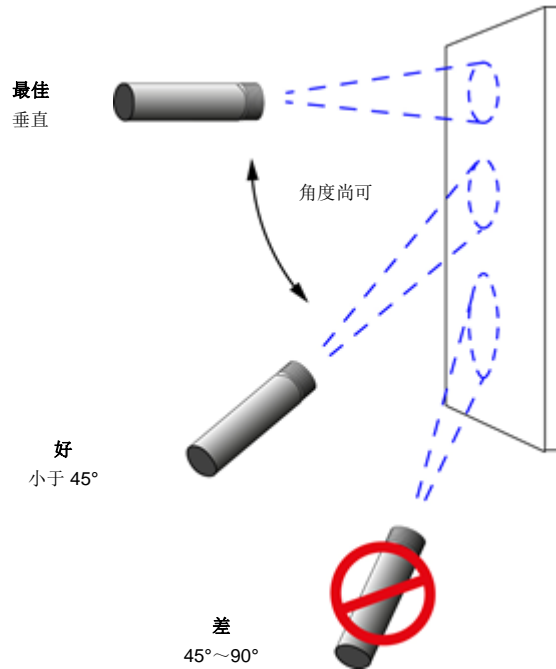
图 5-1：传感器的正确定位



5.3 视角

传感头可放在与目标的夹角小于 45° 的任何位置。

图 5-2: 可接受的传感器视角



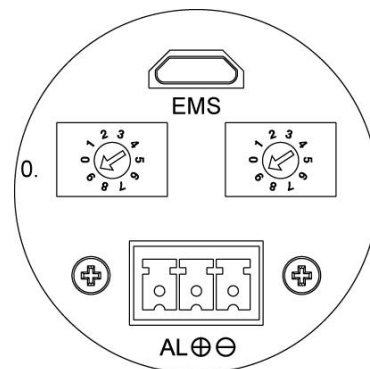
5.4 2 线型

2 型提供标准的两线制电流回路输出及 USB 通信。

5.4.1 后面板

后面板支持一个 3 针端子，用于连接报警输出 (AL) 与 4~20 mA 电流回路。面板上标有极性。

图 5-3: 2 线传感器的后面板



端子 上方有两个用于发射率设定的旋转开关 (EMS)。可按十分位 (左开关) 或百分位 (右开关) 的幅度来更改发射率。出厂默认的旋转开关预设值为 0.00, 相当于 1.00 的发射率值。附录列出了常用材料的典型发射率值 (参见第 90 页上的“[典型发射率值](#)”一节)。

表 5-1: 端子连接

命名	说明
AL	报警输出
⊕	正信号 (4~20 mA) 和正电源
⊖	负信号 (4~20 mA) 和地线

5.4.2 电缆连接

传感器电缆必须由用户提供。

注意

电缆必须包含屏蔽线。下述螺纹电缆接头并不能消除应变。因此安装时必须酌情夹紧电缆。连接电缆（圆形电缆）的外径应在 4~6.5 mm (AWG 6~AWG 4) 之间。可能还需要密封电缆入口以允许使用较小电缆的 IP65!

请按下列步骤将电缆连接到传感器：

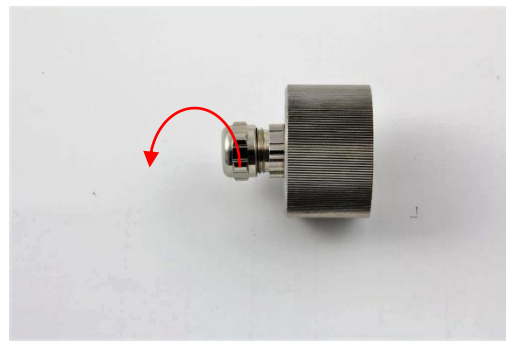
第 1 步

拧松端盖并将其从传感器主体上卸下。



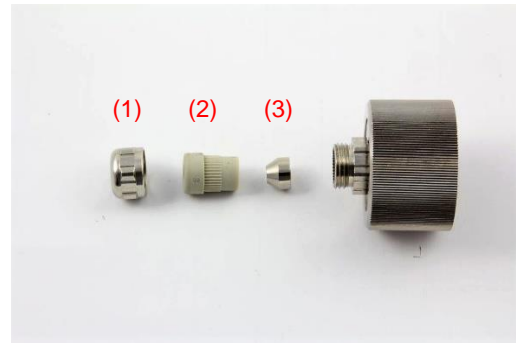
第 2 步

打开 PG 螺纹电缆接头。



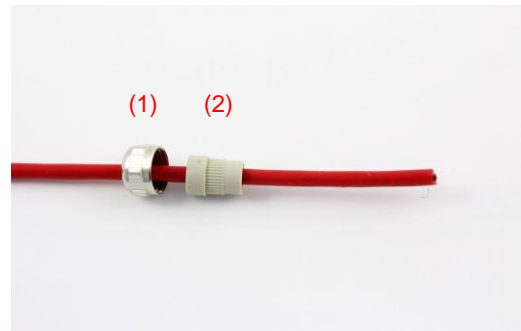
第 3 步

电缆接头由 PG 螺母 (1)、线扣 (2) 及金属锥环 (3) 组成。



第 4 步

将 PG 螺母 (1) 和线扣 (2) 套到电缆上。

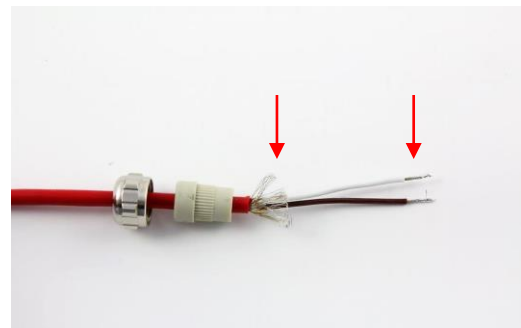


第 5 步

准备电缆。去除约 6 cm 的绝缘层。

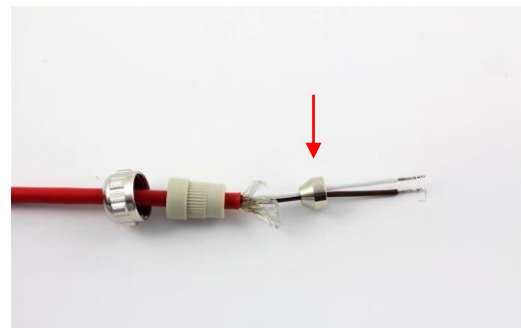
将屏蔽层缩短至约 1 cm。

对连接引线进行镀锡 (尚未做过的话)。



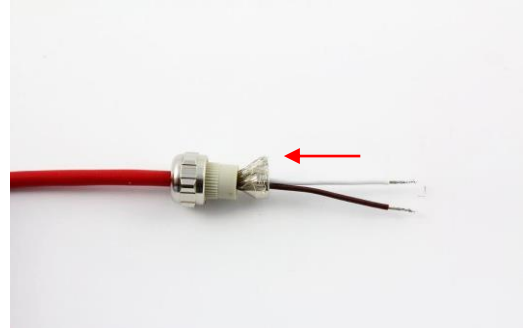
第 6 步

用金属锥环推进备好的电缆。



第 7 步

确保编织屏蔽层与金属锥环之间有适当的接触。



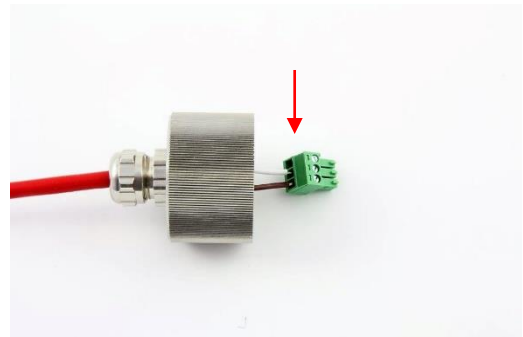
第 8 步

将 PG 螺纹电缆接头放回到外盖中。拧紧 PG 螺母。



第 9 步

将电线连接到端子连接器。



第 10 步

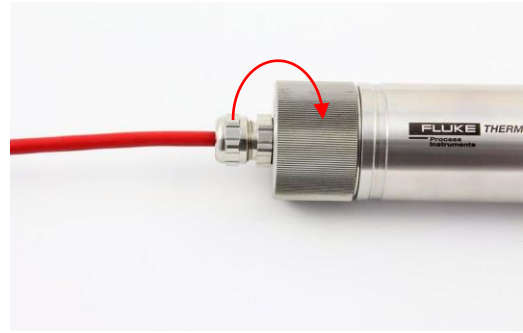
将端子连接器插入本机。



第 11 步

将端盖拧在传感器上直到紧固。保持电缆固定以免随端盖扭转。

重要： 紧固后，端盖和电缆接头都不得留下任何游隙。

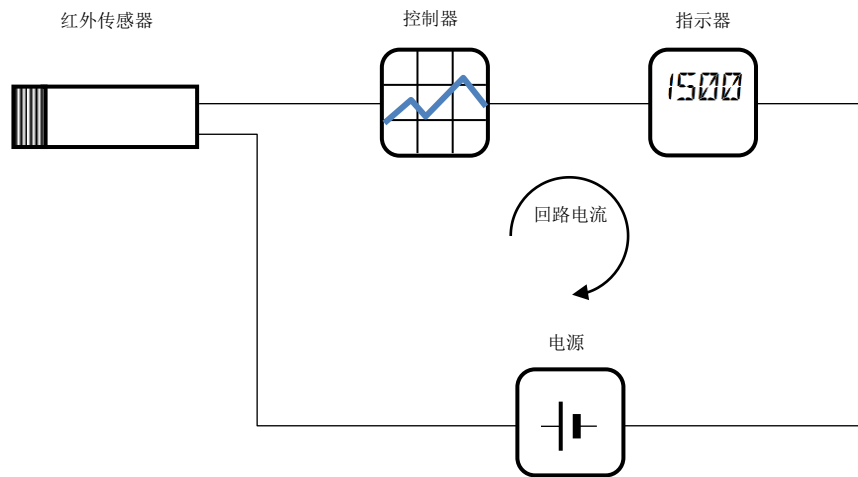


5.4.3 mA 单回路

Thermalert 4.0 系列的 2 线型是一款带有内置两线发射器的红外测温仪。使用合适的直流电源为其供电可获得 4~20 mA 的电流。电流在测温仪的整个温度跨度内会随目标温度而变化。例如，用温度跨度为 500~1500 °C 测温仪观看 500 °C 目标时将得到 4 mA 输出。查看 1500 °C 目标时输出会增加到 20 mA。输出是一个线性 16 mA (4~20 mA) 跨度。

可用该电流来操作 4~20 mA 指示器、记录器、控制器、数据记录器或本系列中的设备组合。下图是由红外传感器、数字仪表和电源组成的一套简单系统。这些部件形成一个连续的电流回路。

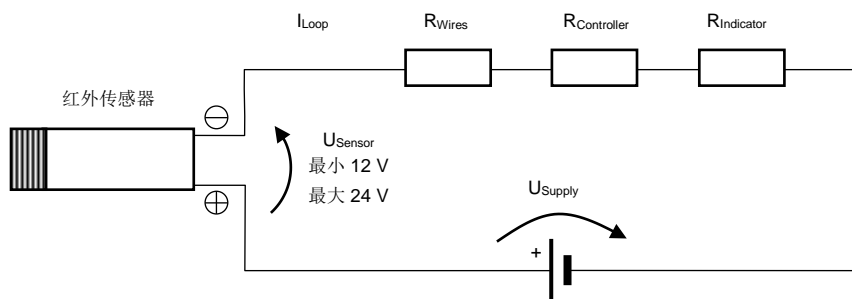
图 5-4： 原理电路图： 多负载红外传感器



红外线传感器可在直流 12~24 V 的任何电源电压下工作。对于指示器、记录器及其他负载元件，要严密注意负载电阻以及零格和满格电流。电源电压在负载处会降低并且不可用于红外传感器。

在下图中，控制器和指示器被串联在回路中。由红外传感器决定的 4-20 mA 电流流经这些负载元件，产生与每个负载元件的电阻成正比的电压降。总负载电压是这些电压降与连接线上的电压降之和。

图 5-5: 等效电路图: 多负载红外传感器



假设电阻如下:

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

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

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

于是总负载电阻为:

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

如果最大电流为 20 mA, 则总负载电压为:

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

如果负载元件及电缆上的电压降为 2 V, 则需要至少 14 V 的电源电压才能确保红外传感器所需的最小 12 V 电压:

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

请根据下表来选择电源。计算电阻时切记要将回路中的所有负载电阻以及对环路电阻有显著影响的电缆电阻全都加起来。

图 5-2: 多负载的电源要求

总负载电阻 R_{Load}	20 mA 时的 最小电源电压 U_{Supply}	4 mA 时的 最大电源电压 U_{Supply}
50 Ω	13 V	26 V
100 Ω	14 V	26 V
200 Ω	16 V	26 V
300 Ω	18 V	26 V
400 Ω	20 V	26 V
500 Ω	22 V	26 V
600 Ω	24 V	26 V
700 Ω	26 V	26 V

注意

施加电源电压时连接 USB 电缆可能会在 mA 输出时造成短暂故障。

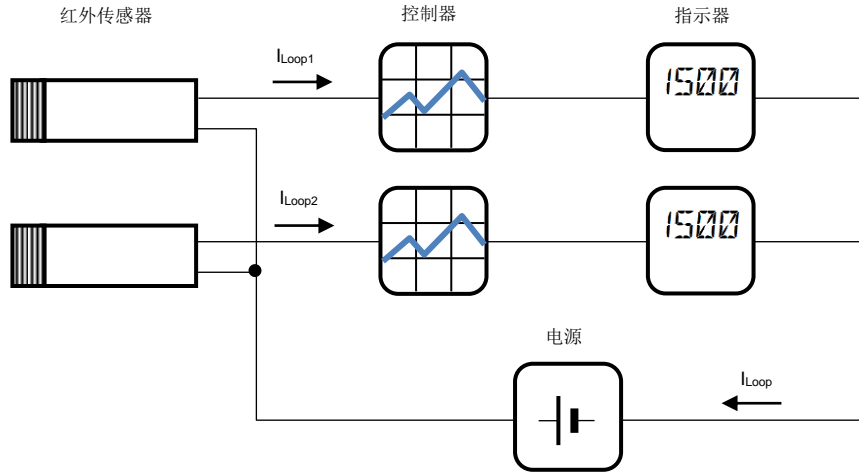
5.4.4 mA 多回路

下图是一个多回路系统的例子。两个回路共用同一电源。这种安排适合测量多个地点的温度并分别给出其读数。其优点是所有回路都可共享同一电源。

这种系统的一个重要考虑因素是电源的电流容量。例如，如果两个回路都在测量满格温度，则总电源电流如下：

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

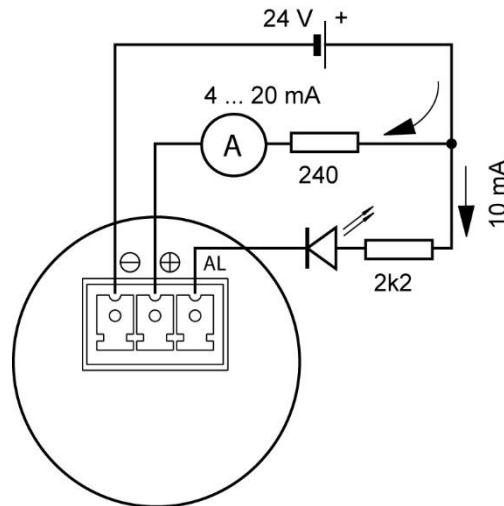
图 5-6：原理电路图：多负载红外传感器



5.4.5 报警输出 AL

报警输出的最大载流量为 150 mA。使用下面的电路图。本机的报警输出 AL 与电源并没有电隔离。

图 5-7：2 线传感器的报警输出 AL 的接线示例

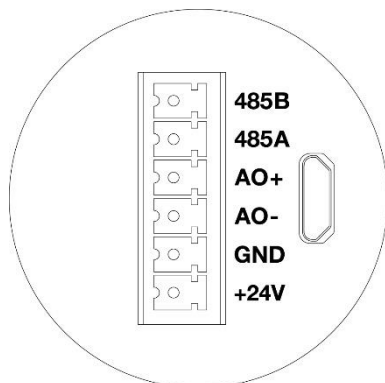


5.5 6 线型

5.5.1 后面板

后面板支持一个 6 针端子，用以连接电源、模拟输出（AO）和 RS485 通信（485）。面板上标有极性。

图 5-8： 6 线传感器的后面板



5.5.2 电缆连接

传感器电缆必须由用户提供。

注意

电缆必须包含屏蔽线。下述螺纹电缆接头并不能消除应变。因此安装时必须酌情夹紧电缆。连接电缆（圆形电缆）的外径应在 6.5~9.5 mm (AWG 2~AWG 1/0) 之间。可能还需要密封电缆入口以允许使用较小电缆的 IP65!

5.5.3 接线板

表 5-3： 接线板的针脚分配

针脚	说明
485B	RS485-B 负信号
485A	RS485-A 正信号
AO+	+ 模拟输出（正）
AO-	AGND（模拟地线）
GND	GND（数字地线）
+24V	+ VDC 电源

5.5.4 模拟输出

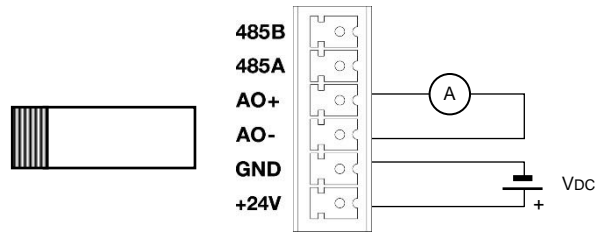
Thermalert 4.0 系列的 6 线型是一款红外测温仪，其内置的模拟输出功能可驱动模拟设备。可通过软件或专用 ASCII 命令来输出 mA、V 或 TC。输出可防止短路。

5.5.4.1 mA 输出

模拟输出可设定为 0-20 mA 或 4-20 mA 输出电流范围。可直接连接到记录设备（如图表记录仪、PLC 或控制器）。模拟输出电路的总阻抗被限定为 500 Ω。

请使用下面的接线方案。

图 5-9：将模拟输出接线为电流输出

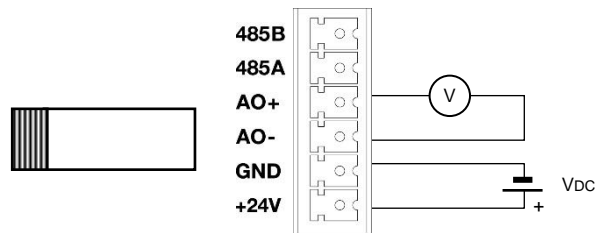


测试或校准所接设备时，可通过专用 ASCII 命令将电流回路输出设为低于或高于范围的特定值。这一功能可迫使 4-20 mA 模式下工作的本机传输小于 4 mA（如 3.5 mA）或大于 20 mA（如 21.0 mA）的输出电流。

5.5.4.2 V 输出

被配置为电压输出的模拟输出的覆盖范围为 0~10 V。电压输出的最小负载阻抗必须是 10 kΩ。

图 5-10：将模拟输出接线为电压输出



5.5.4.3 TC 输出

输出可配置为 J 或 K 型热电偶输出。对于 TC 输出，必须安装专用补偿电缆。输出阻抗为 50 Ω。

5.5.5 RS485 通信

关于 RS485 通讯的详情，请参阅第 44 页上的“6 RS485”一节。

5.6 12 线型

5.6.1 后面板

5.6.2 DIN 连接器

图 5-11：DIN 连接器针脚布局（针脚侧）

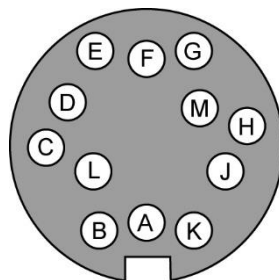


表 5-4: DIN 连接器引脚分配

引脚	说明
A	RS485-A
B	RS485-B
C	FTC1 (发射率设定)
D	FTC2 (背景温度补偿)
E	屏蔽层
F	触发器 - 带有 GND
G	继电器触点 (报警)
H	继电器触点 (报警)
J	+ 模拟输出 (正)
K	AGND (模拟地线)
L	GND (数字地线)
M	+ VDC 电源

5.6.3 RS485 通信

关于 RS485 通信的详情, 请参阅第 44 页上的“6 [RS485](#)”一节。

5.6.4 FTC1 - 发射率设定

FTC1 输入可配置为接受模拟电压信号 (0~10 VDC) 以提供实时发射率设定。下表给出了输入电压与发射率之间的关系:

表 5-5: 模拟输入电压与发射率之比

电压 (V)	0.0	1	...	9	10.0
发射率	0.1	0.2	...	1.0	1.1

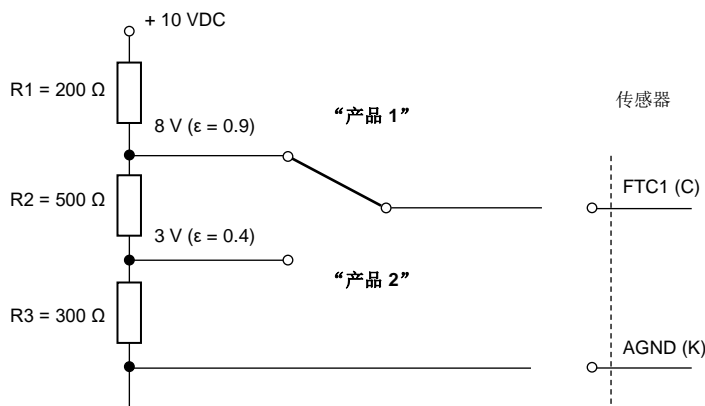
示例:

这个过程要求设定发射率:

- 对于产品 1: 0.90
- 对于产品 2: 0.40

按照下面的示例, 操作员只需切换到“产品 1”或“产品 2”的位置即可。

图 5-12: FTC1 输入时的发射率调整 (例)



5.6.5 FTC2 – 背景温度补偿

通过考虑环境或背景温度可提高传感器对目标温度的测量精度。当目标发射率低于 1.0 并且背景温度明显高于目标温度时，这一功能就会非常有用。例如，炉壁温度越高，则所测温度就可能越高，特别是对于低发射率目标而言。

有了背景温度补偿，便可根据目标的反射行为对所反射的辐射量施加影响。目标表面通常会反射一定量的环境辐射，因此传感器所收集的热辐射会相应升高。环境背景温度补偿通过从传感器所受热辐射的总和中减去测得的环境辐射量来调整结果。

注意

在热环境中测量低发射率目标或热源接近目标时请务必开启环境背景温度补偿！

可用环境背景温度补偿的三种场合：

- 如果背景温度或多或少由**内部传感头温度**来表示，则内部传感头温度被用于补偿。这是默认设定。
- 如果背景温度已知且恒定，则可将已知的背景温度看作**恒定温度值**。
- 来自**第二个温度传感器**（红外或接触式温度传感器）的背景温度补偿可确保获得非常准确的结果。例如，第二个红外传感器（配置为提供 0~10 伏输出 — 与第一个传感器的温度范围相同）可连接至输入 FTC2 以提供实时背景温度补偿。

图 5-13：背景温度补偿原理

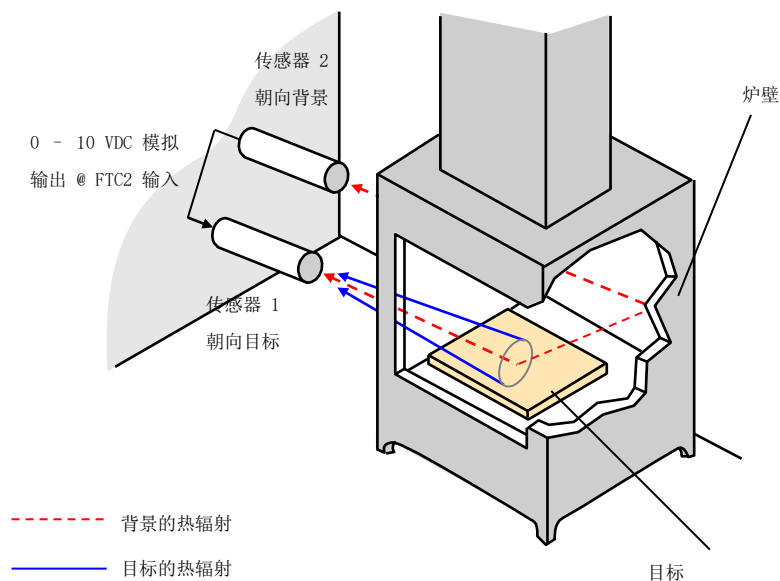
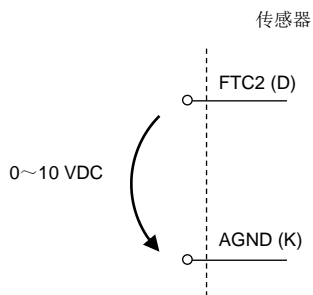


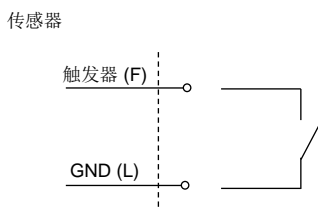
图 5-14: FTC2 输入时的背景温度补偿调整 (示例)



5.6.6 触发输入

触发输入可用作重置或保持、或激光开关。将外部输入短接到数字地线 (引脚 GND) 便可开启触发功能。短接可通过外部开关、继电器、晶体管或 TTL 门来完成。可用 ASCII 命令 XN 来设定触发功能。

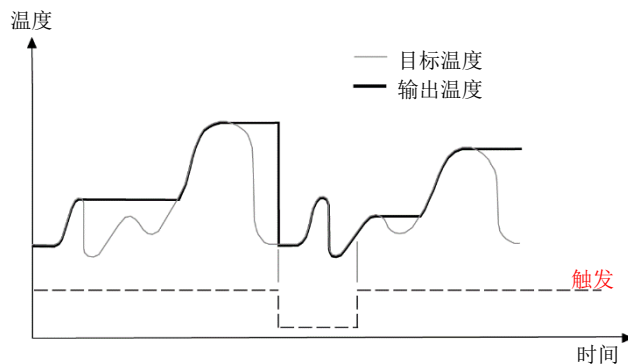
图 5-15: 连接触发输入



5.6.6.1 重置

触发输入时的逻辑低电平信号将重置峰值或谷值保持功能。只要输入保持在逻辑低电平, 软件就会向输出传送实际的目标温度。下一个逻辑高电平将重启保持功能。

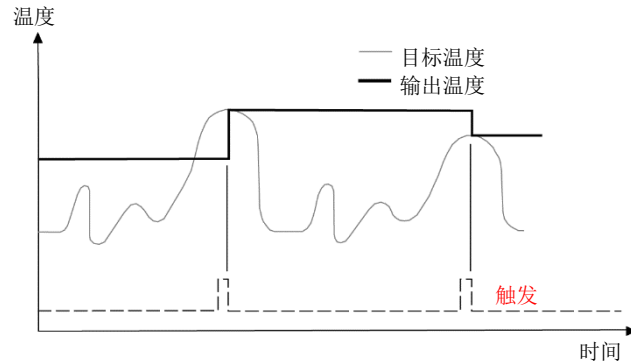
图 5-16: 重置峰值保持功能



5.6.6.2 保持

本模式充当外部生成的保持功能。触发输入时逻辑高电平变换到逻辑低电平, 随之输出当前温度。该温度将被写入输出, 直到在触发输入时发生从高到低的新变换。

图 5-17: 保持输出温度



5.6.6.3 激光

本模式充当外部触发激光开关。触发输入时逻辑高电平变换到逻辑低电平，随之激光打开或关闭。

5.6.7 继电器输出

继电器输出可用作故障保护条件警报或报警点继电器。继电器输出可用于指示报警状态或控制外部行动。可通过适当的 ASCII 命令将继电器功能设为：

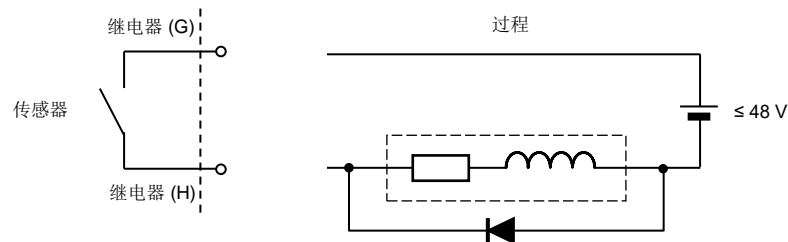
- NO（常开）、NC（常闭）
- PO（永开）、PC（永闭）

继电器 PO 和 PC 状态可用于检测传感器与过程环境之间的接线问题。

报警输出可通过目标温度或传感器的内部壳体温度来控制。如果发生报警，输出将从固态继电器来切换无电位触点。该输出的最大负载为48 V/300 mA。

如果在输出端子之间产生超过绝对最大额定值的尖峰电压，则应在电感负载上并联一个钳位二极管以限制尖峰电压（如下图所示）。

图 5-18: 报警继电器的尖峰电压限制



5.6.8 模拟输出

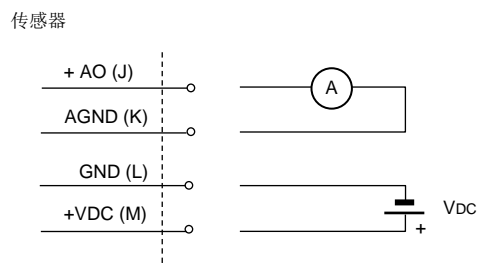
Thermalert 4.0 系列的 12 线型是一款红外测温仪，其内置的模拟输出功能可驱动模拟设备。可通过软件或专用 ASCII 命令来输出 mA 或 V。输出可防止短路。

5.6.8.1 mA 输出

模拟输出可设定为 0-20 mA 或 4-20 mA 输出电流范围。可直接连接到记录设备（如图表记录仪、PLC 或控制器）。模拟输出电路的总阻抗被限定为 500 Ω。

请使用下面的接线方案。

图 5-19: 将模拟输出接线为电流输出

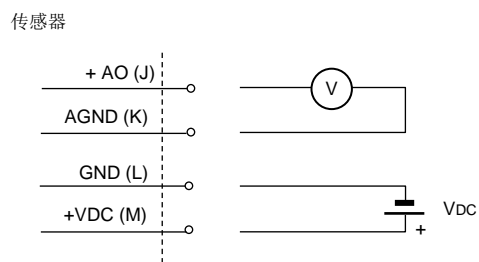


测试或校准所接设备时，可通过专用 ASCII 命令将电流回路输出设为低于或高于范围的特定值。这一功能可迫使 4-20 mA 模式下工作的传感器传输小于 4 mA（如 3.5 mA）或大于 20 mA（如 21.0 mA）的输出电流。

5.6.8.2 V 输出

被配置为电压输出的模拟输出的覆盖范围为 0~10 V。电压输出的最小负载阻抗必须是 10 kΩ。

图 5-20: 将模拟输出接线为电压输出



6 RS485

RS485 串行接口用于联网传感器或最大 1200 m 的长距离。这允许安装在恶劣现场的传感器连接至控制室或办公室内的计算机上。

要将 RS485 接口连接到标准计算机，应使用专用转换器（请参阅第 57 页上的“8.1.8 [USB/RS485 转换器](#)”一节）。RS485 接口允许通过标准软件或直接通过专用 ASCII 命令进行通信（请参阅第 71 页上的“0 [编程指南](#)”一节）。

6.1 技术指标

Thermalert 4.0 传感器的技术数据：

物理层：	RS485、2 线、半双工、电隔离
波特率：	4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 Bit/s
设定：	8 个数据位、1 个停止位、无奇偶校验、无流量控制
地址范围：	1~32
	0 用于独立装置或广播传输

6.2 安装

注意

不允许通过 USB 和现场总线（如 RS485）同时进行通讯！

注意

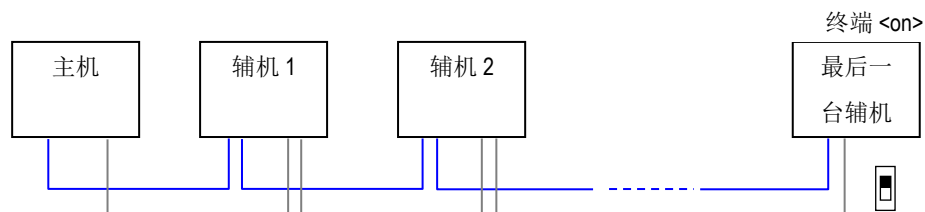
网络中的每个辅机都必须具有唯一的非零地址并且必须以相同的波特率运行！

要将更多仪器添加到网络，建议将每台仪器以线性拓扑（菊花链）的方式串联到下一台仪器。网络中所有仪器都要共用一个电源以避免地线回路！

注意

强烈建议使用屏蔽和双绞电缆（如 CAT. 5）！

图 6-1：线性拓扑网络（菊花链）

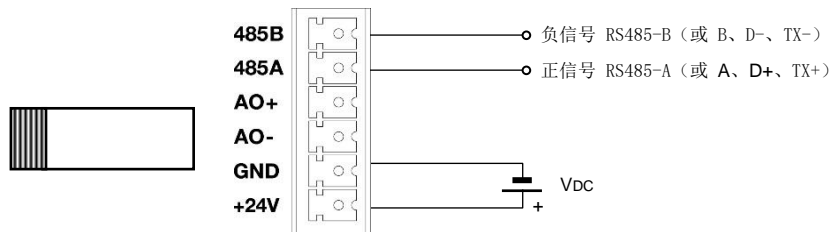


端接时必须为网络中的（物理意义上）最后一台设备激活传感器内部分流电阻（120 Ω）。为此，请使用随附的软件或通过串行通讯使用的 <TR> 命令（TR1 表示端接“on”，而 TR0 则表示端接“off”）。

6.3 接线

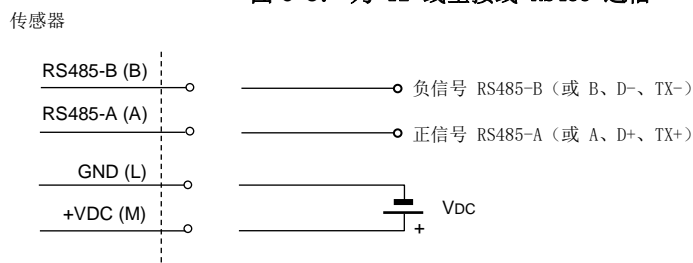
6.3.1 6 线型

图 6-2: 为 6 线型接线 RS485 通信



6.3.2 12 线型

图 6-3: 为 12 线型接线 RS485 通信



6.3.3 计算机接口

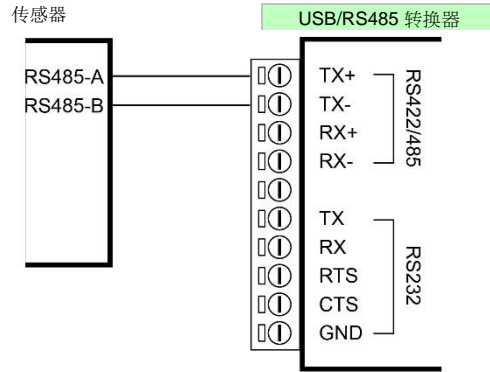
USB/RS485 接口转换器 (A-CONV-USB485) 允许用 USB 接口将传感器连接到计算机。

转换器可自动配置 RS485 信号而无需外部开关设定。转换器配备有 3000 VDC 绝缘和内部电涌防护以保护主机和转换器以免出现高压尖峰及地线电位差。连接转换器时，计算机将获得一个虚拟 COM 端口。

注意

在串行 RS485 通信中, Thermalert 4.0 传感器仅支持 2 线/半双工模式!

图 6-4: 2 线模式下传感器的 RS485 接口与 USB/RS485 转换器的接线



6.3.4 多传感器

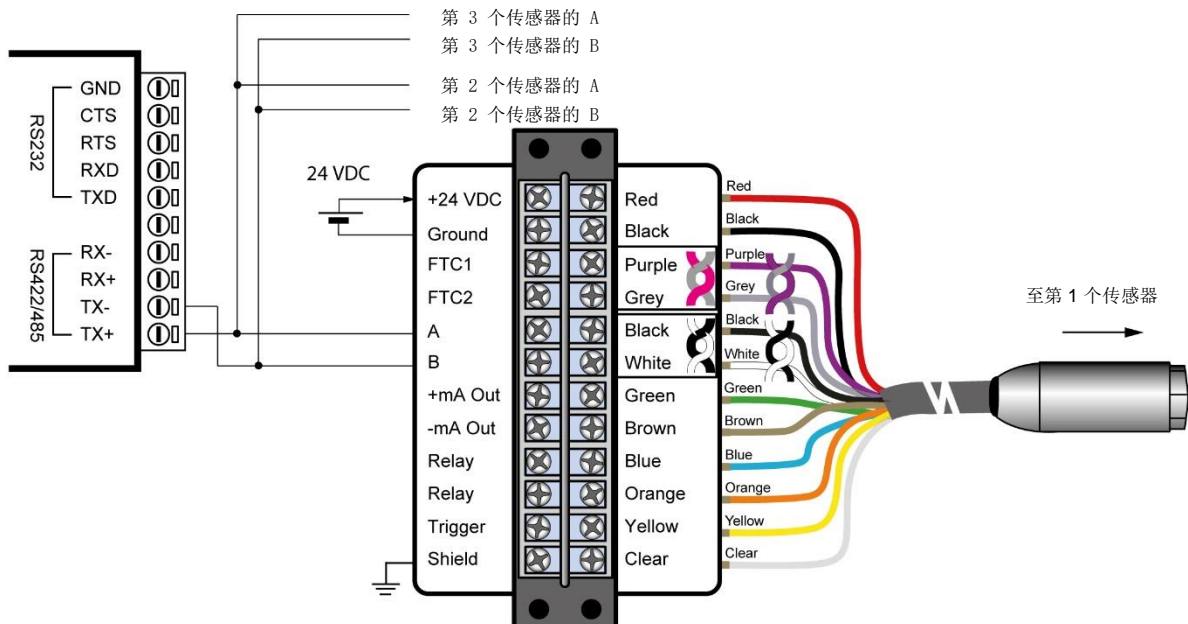
在 RS485 网络（2 线，半双工）中安装两个或更多 Thermalert 4.0 传感器时，每个传感器都需要其特定的 RS485 网络地址（1-32）。**所有的仪器均完成制定指定地址后，将所有的同类型线缆并联，接到转换器的相应端口。**在下面给出的 USB/RS485 转换器上，公用 A 信号必须路由到 TX+ 端子，而公用 B 信号则路由到 TX- 端子。

寻址

如果在多点配置中安装两个或多个传感器，请注意以下事项：

- 每个传感器必须具有唯一地址，且大于零（1-32）。
- 每个传感器的波特率设置必须相同（默认 9.6 kBaud）。
- **所有的仪器均完成制定地址后，将所有的同类型线缆并联，接到转换器的相应端口。**
- 之后可利用随附传感器提供的 **Multidrop** 软件来实现传感器寻址。另一种方法是将专用接口命令与标准终端程序（例如 **Windows HyperTerminal**）组合使用来对仪器发送命令并接收返回的信息。

图 6-5: 2 线模式下多个传感器通过 RS485 接口与 USB/RS485 转换器的接线

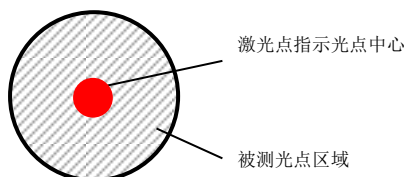


7 操作

7.1 激光

激光瞄准可快速精确地对准快速移动的小目标或者不规则通过的目标。激光与传感器的镜头保持在一条直线上，对目标提供准确的无视差瞄准。激光表现为一个明亮的红色小光点，用于指示所测量区域的中心。

图 7-1：激光指示



激光为 II 类 AlGaInP 超亮红色激光，输出功率小于 1 mW，且输出波长为 650 nm。

注意

为保证激光使用寿命，激光连续使用大约 10 分钟后会自动关闭！



人身伤害的风险

避免暴露于激光下！否则会导致眼睛损伤。

操作时要非常小心！

切勿直视激光！

不得将激光对准他人！



激光在内部壳温达到 50 °C 时会自动关闭。

激光不可用于 LT-07、LT-15 和 P3 型号。

2 线设备需要通过 USB 提供额外电源

7.2 后期处理

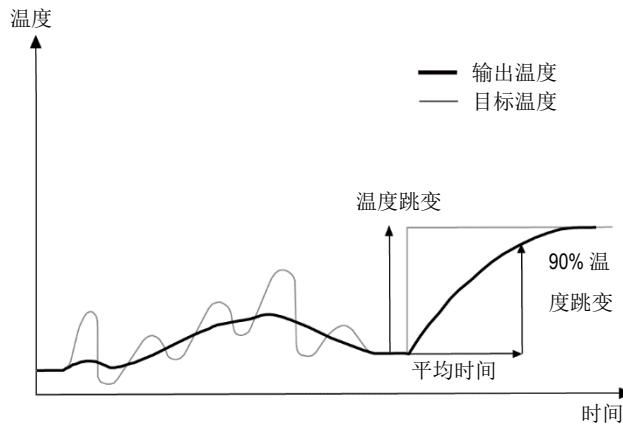
7.2.1 平均

平均可用于平滑输出信号。信号的平滑度取决于平均时间。输出信号与其所跟踪的检测器信号之间存在明显延时（噪声和短时峰值在此期间会衰减）。使用更长的平均时间来获得更准确的阻尼行为。平均时间是输出信号达到目标温度跳变量的 90% 所需的时间量。

注意

平均的缺点是输出信号的时间延迟。如果被测目标有温度跳变，输出信号达到 90% 的实际温度值被定义为平均时间。

图 7-2: 平均

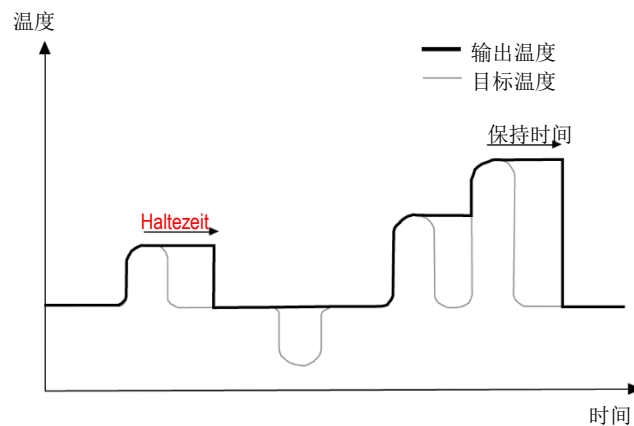


外部触发输入时的低电平输入 (GND) 会立即中断平均并再次开始计算。对于没有外部触发输入的传感器 (2 线和 6 线型), 应使用专用 ASCII 命令。

7.2.2 峰值保持

输出信号为实时目标温度, 直至达到最大值。最大值将被一直保持直至到达“峰值保持时间”或出现新的最大值。一旦保持时间过期, 峰值保持功能将会重置, 输出将恢复跟踪目标温度, 直到出现一个新的峰值。保持时间的范围为 0.1~998.9 s。

图 7-3: 峰值保持



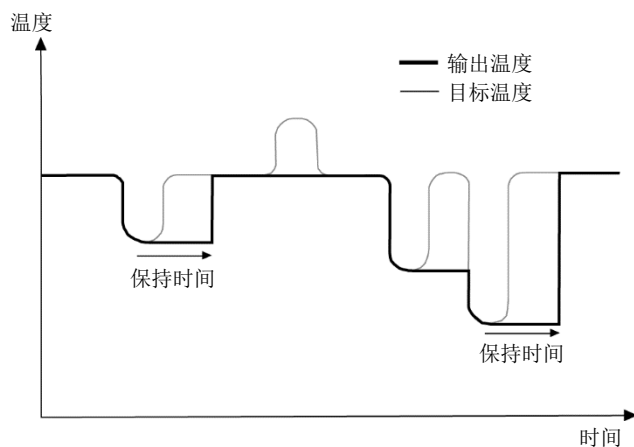
所定义的保持时间 999 s 将使设备进入连续峰值检测模式。

外部触发输入的低电平输入 (GND) 会立即中断保持时间并再次开始最大值检测。对于没有外部触发输入的传感器 (2 线和 6 线型), 应使用专用 ASCII 命令。

7.2.3 谷值保持

输出信号为实时目标温度, 直至达到最小值。最小值将被一直保持直至到达“谷值保持时间”或出现新的最小值。一旦保持时间过期, 谷值保持功能将重置, 输出将恢复跟踪目标温度, 直到出现一个新的谷值。保持时间的范围为 0.1~998.9 s。

图 7-4：谷值保持



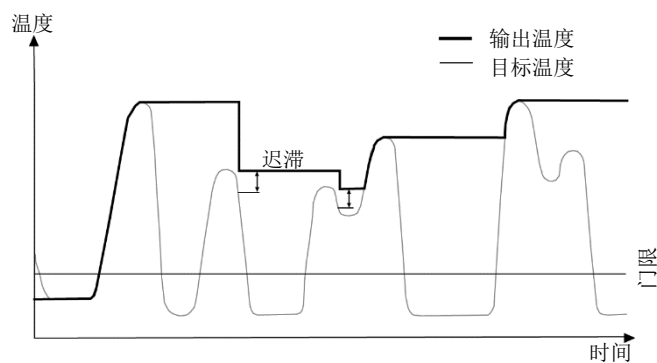
所定义的保持时间 999 s 将使设备进入连续谷值检测模式。

外部触发输入时的低电平输入（GND）会立即中断保持时间并再次开始最小值检测。对于没有外部触发输入的传感器（2 线和 6 线型），应使用专用 ASCII 命令。

7.2.4 高级峰值保持

此功能可搜索传感器信号的局部最大值（峰值）并在找到新的局部最大值前将该值写入输出。在算法重新开始搜索局部最大值前，目标温度必须下降到预定门限以下。如果目标温度升高到目前已写入输出的保持值以上，则输出信号将再次跟踪目标温度。如果在目标温度当前低于预定门限时算法检测到局部最大值，输出信号将跳变到此局部最大值的新的最大温度。一旦实际温度已在一定幅度上越过最大值，则表明找到了新的局部最大值。这一幅度称为迟滞。

图 7-5：高级峰值保持



高级峰值保持功能只能用计算机软件来调整。

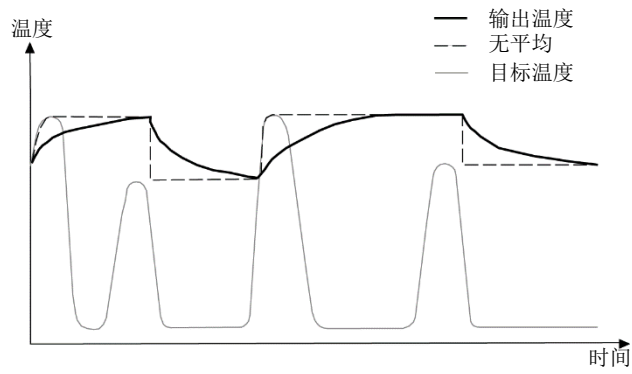
7.2.5 高级谷值保持

除了搜索信号的局部最小值外，此功能的工作方式与高级峰值保持功能类似。

7.2.6 带有平均功能的高级峰值保持

高级峰值保持功能所提供的输出信号往往会上下跳动。这是因为只有其他均匀踪迹才会显示出来。用户可通过选择平均时间将峰值保持功能与平均功能结合起来，从而平滑输出信号以便追踪。

图 7-6: 带有平均功能的高级峰值保持



带有平均功能的高级峰值保持功能只能用计算机软件来调整。

7.2.7 带有平均功能的高级谷值保持

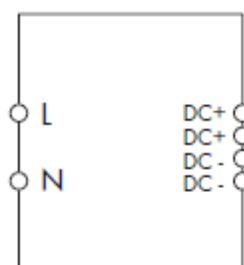
除搜索信号的局部最小值外，此功能的工作方式与带有平均功能的高级峰值保持功能类似。

8 附件

8.1 电气附件

可使用下列电气附件：

- 12 芯高温电缆 (A-CB-HT-M16-W12-xx)
- 注意
-
- 注意
-
- 接线板 (A-T40-TB)
-
- 盒装接线板 (A-T40-TB-ENC)
-
- 电源 DIN 导轨 (A-PS-DIN-24V)
-



-
-
- USB/RS485 转换器 (A-CONV-USB485)
-

8.1.1 12 芯高温电缆 (A-CB-HT-M16-W12-xx)

要连接 Thermalert 4.0 传感器的 12 芯型，请使用 12 芯电缆来支持电源、所有输入、输出及 RS485 接口。下述电缆是一种 12 芯屏蔽电缆，由 2 对双绞线加 8 股独立导线组成，一端配有 M16 DIN 接头，而另一端则为导线套管。电缆涂覆有特氟龙并能经受高达 200 °C 的环境温度。特氟隆涂层高温电缆具有优异的抗氧化、热、气候、阳光、臭氧、火焰、水、酸碱和耐醇性能，但不耐汽油、煤油和脱脂溶剂。

图 8-1: 高温电缆 (12 芯)



图 8-6: 可用电缆长度

部件号	说明
A-CBHT-M16W12-04	12 芯电缆, 高温 (200 °C), 4 m
A-CBHT-M16W12-08	12 芯电缆, 高温 (200 °C), 8 m
A-CBHT-M16W12-15	12 芯电缆, 高温 (200 °C), 15 m
A-CBHT-M16W12-30	12 芯电缆, 高温 (200 °C), 30 m
A-CBHT-M16W12-60	12 芯电缆, 高温 (200 °C), 60 m

技术数据:

温度:	UL 级 @ -80~200 °C
电缆材料:	特氟隆
电缆直径:	标称 7 mm
导线:	
电源	2 根线 (黑/红)
导线:	0.3 mm ² (AWG 22), 镀锡铜
绝缘:	FEP 0.15 mm 壁厚
屏蔽:	无
RS485 接口	1 根双绞线 (红/黑)
导线:	0.22 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	FEP 0.15 mm 壁厚
屏蔽:	带引流线的镀铝聚酯膜
FTC1/FTC2 输入	1 根双绞线 (紫/灰)
导线:	0.22 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	FEP 0.15 mm 壁厚
屏蔽:	带引流线的镀铝聚酯膜
输出和地线	6 根线 (绿/棕/蓝/橙/黄/白)
导线:	0.22 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	FEP 0.15 mm 壁厚
屏蔽:	无

-0

**人身伤害风险**

特氟龙遇火会产生有毒气体！

注意

订购的电缆**不含**接线板！

注意

裁短电缆时，请注意两组双绞线的绝缘层内均有引流线。这些引流线（以及不是双绞线组成部分的白线）必须连接到标有 CLEAR 的端子。

注意

如果自行购买电缆，请使用与此处所述规格相同的导线。RS485 电缆的最大长度为 1,200 m。电源与 Thermalert 4.0 传感器的距离不得超过 60 m 限度。

8.1.2 12 芯低温电缆 (A-CB-LT-M16-W12-xx)

要连接 Thermalert 4.0 传感器的 12 芯型，请使用 12 芯电缆来支持电源、所有输入、输出及 RS485 接口。下述电缆是一种 12 芯屏蔽电缆，由 2 对双绞线加 8 股独立导线组成，一端配有 M16 DIN 接头，而另一端则为导线套管。电缆涂覆有 PUR（聚氨酯），可承受高达 105 °C 的环境温度。PUR 涂覆电缆非常柔韧并具有优异的耐油性和耐酸性。

图 8-2：低温线缆（12 芯）



表 8-7：可用电缆长度

部件号	说明
A-CBLT-M16W12-04	12 芯电缆，低温 (105 °C)，4 m
A-CBLT-M16W12-08	12 芯电缆，低温 (105 °C)，8 m
A-CBLT-M16W12-15	12 芯电缆，低温 (105 °C)，15 m
A-CBLT-M16W12-30	12 芯电缆，低温 (105 °C)，30 m
A-CBLT-M16W12-60	12 芯电缆，低温 (105 °C)，60 m

技术数据：

温度：-40~105 °C

电缆材料：PUR- 11Y（聚氨酯），无卤，无硅

电缆直径:	标称 7.2 mm
导线:	
电源	2 根线 (黑/红)
导线:	0.2 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	PE- 2YI1
屏蔽:	无
RS485 接口	1 根双绞线 (红/黑)
导线:	0.2 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	PE- 2YI1
屏蔽:	CDV-15, 85% 覆盖
FTC1/FTC2 输入	1 根双绞线 (紫/灰)
导线:	0.2 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	PE- 2YI1
屏蔽:	CDV-15, 85% 覆盖
输出和地线	6 根线 (绿/棕/蓝/橙/黄/白)
导线:	0.2 mm ² (AWG 24), 镀锡铜
绝缘:	PE- 2YI1
屏蔽:	无



人身伤害风险

聚氨酯 (异氰酸酯) 会引起过敏并可能致癌!

注意

订购的电缆**不含**接线板!

注意

裁短电缆时, 请注意两组双绞线的绝缘层内均有引流线。这些引流线 (以及不是双绞线组成部分的白线) 必须连接到标有 **CLEAR** 的端子。

注意

如果自行购买电缆, 请使用与此处所述规格相同的导线。RS485 电缆的最大长度为 1,200 m。电源与 Thermalert 4.0 传感器的距离不得超过 60 m 限度。

8.1.3 XR 传感器跳线 (A-CB-T40-XR)

如果要用 Thermalert 4.0 传感器替换现有的 XR 传感器, 则插入跳线便可**继续使用现有的野外电缆**。跳线可重新布设电气线路以补偿 Thermalert 4.0 和 XR 传感器之间引脚分配的不匹配。

图 8-3: XR 跳线 (12 芯)

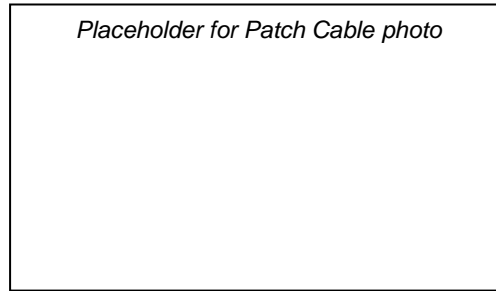
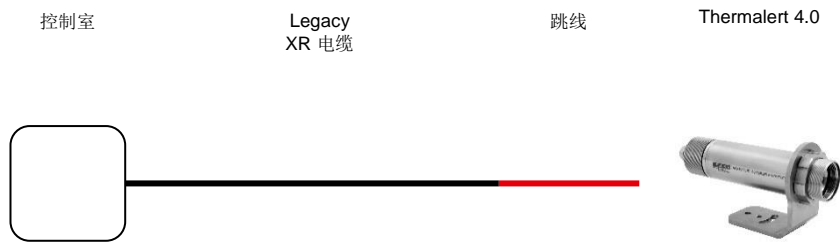


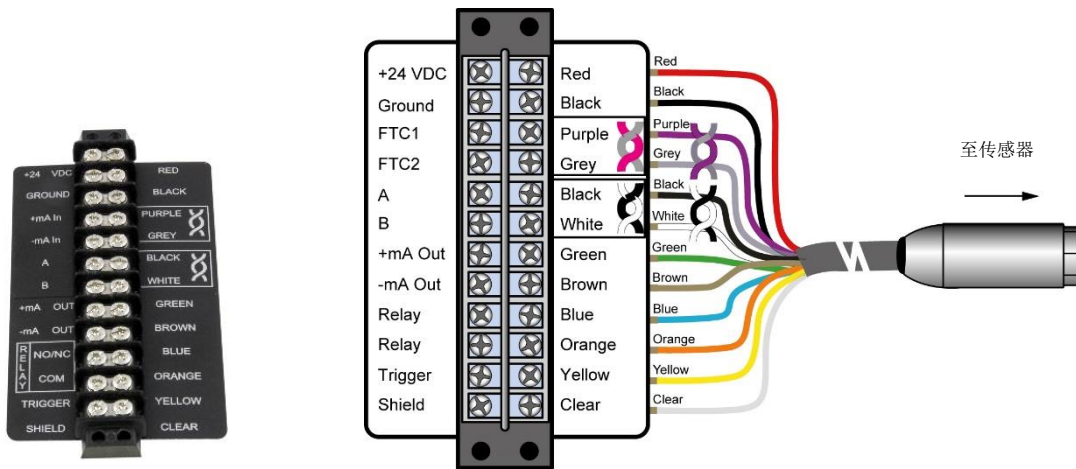
图 8-4: 原理安装



8.1.4 接线板 (A-T40-TB)

接线板用于将 Thermalert 4.0 传感器连接到用户的工业环境。在其一侧列出了所有导线的颜色，另一侧则是相关的信号名称。

图 8-5: 带有线色分配的接线板



8.1.5 盒装接线板 (A-T40-TB-ENC)

盒装接线板用于将 Thermalert 4.0 传感器连接到用户的工业环境。外壳为 IP67 (NEMA 4) 防护等级，盒内的接线板与部件 A-T40-TB 相同。

图 8-6: 盒装接线板



8.1.6 电源 DIN 导轨 (A-PS-DIN-24V)

DIN 导轨安装工业电源提供隔离的直流电，并提供短路和过载保护。



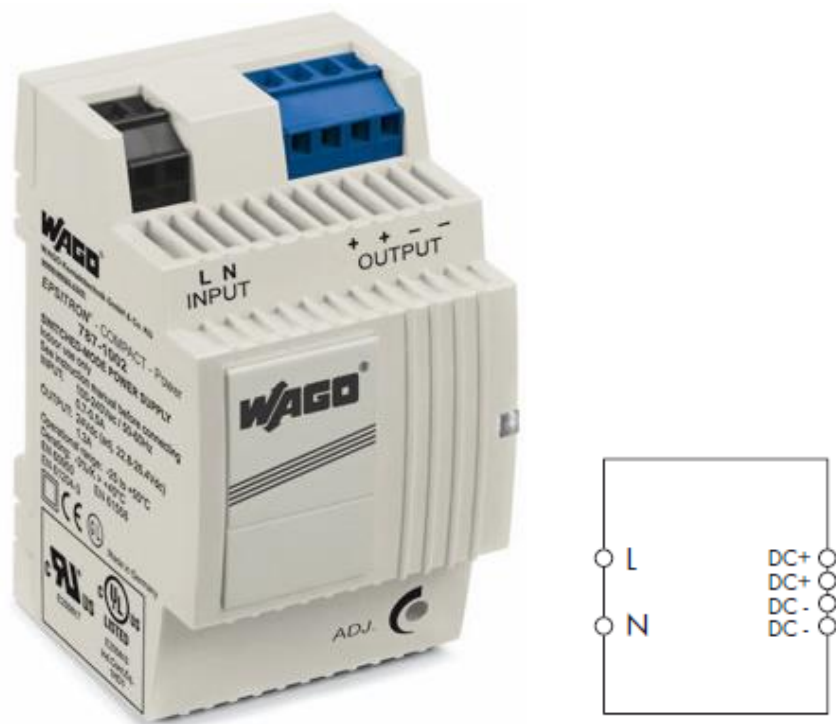
人身伤害风险

为防止触电，电源必须在受保护环境中（配电柜）使用！

技术数据:

防护等级	针对 II 类设备
环境保护	IP20
工作温度范围	-20~55 °C
交流输入	100 – 240 VAC 44/66 Hz
直流输出	24 VDC / 1.3 A
横截面	输入/输出 0.08~2.5 mm ² (AWG 28~12)

图 8-7：工业电源



6

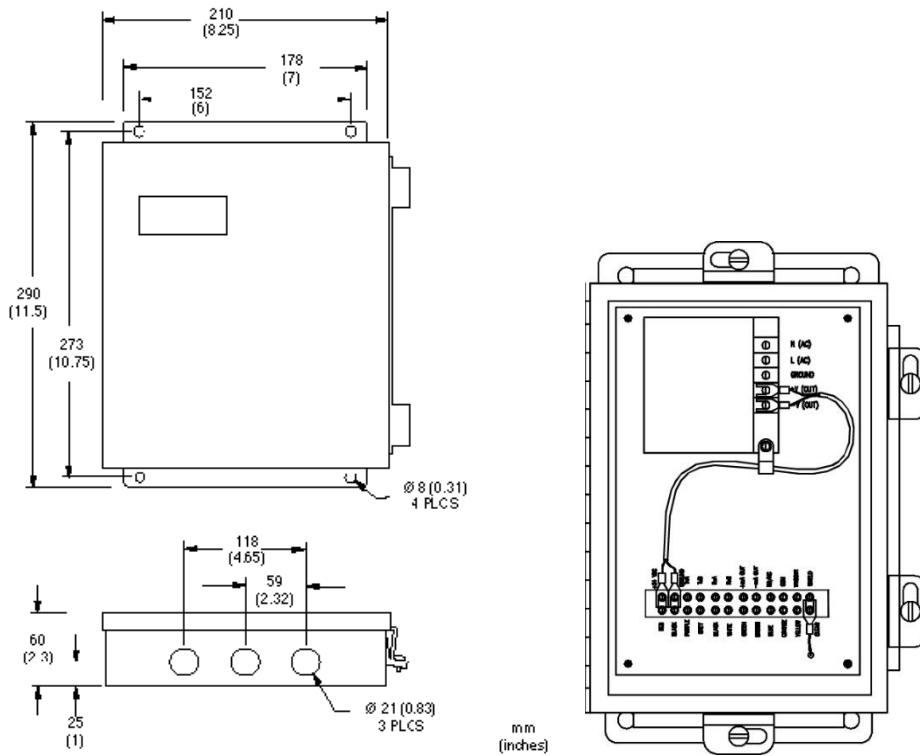
8.1.7 带接线盒电源 (A-PS-ENC-24V)

电源接线盒旨在为接线板提供 IP65 (NEMA-4) 保护 (请参阅第 54 页上的“8.1.4 接线板”一节) 并为传感器提供电源。接线盒必须用所提供的法兰和孔进行表面安装。应做到安装后空气能够在设备周围自由流通。接线盒的环境温度应保持在 0~50 °C 范围内, 湿度保持在 20~90% 之间, 不结露。

电源的技术数据:

交流输入	100 – 240 VAC 50/60 Hz
直流输出	24 VDC / 1.1 A

图 8-8: 带接线盒电源



8.1.8 USB/RS485 转换器 (A-CONV-USB485)

USB/RS485 转换器旨在通过 USB 接口将 Thermalert 4.0 传感器连接到计算机。

技术数据

电源	5 VDC 直接来自 USB 端口
速度	最大 256 kBit/s
RS485	4 线 (全双工) 和 2 线 (半双工) (Thermalert 4.0 传感器仅支持 2 线)
固定螺钉	可容纳线径 0.05~3 mm ² (AWG 13~AWG 30)
USB 接头	B 型 (随 A 型~B 型电缆提供)
环境温度	0~60 °C, 相对湿度 10-90%, 不结露

存储温度	-20~70 °C，相对湿度 10-90%，无凝结
尺寸（长×宽×高）	151×75×26 mm

图 8-9：USB/RS485 转换器



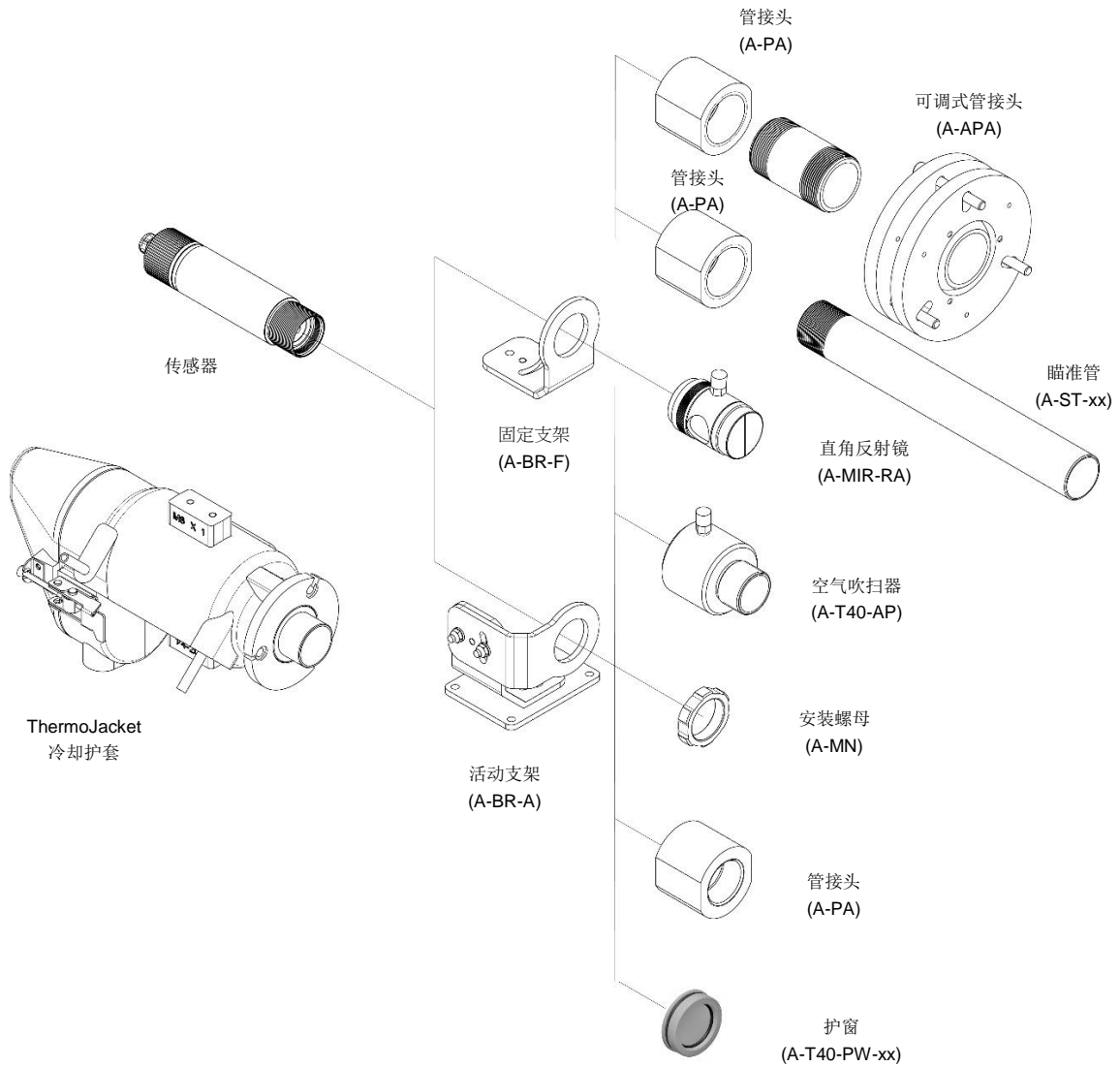
详见第 45 页上的“6.3.3 [计算机接口](#)”一节。

8.2 机械附件

可使用下列机械附件：

- [安装螺母 \(A-MN\)](#)
- [固定式安装架 \(A-BR-F\)](#)
- [调节式安装架 \(A-BR-A\)](#)
- [旋转式安装架 \(A-BR-S\)](#)
- [瞄准管 \(A-ST-xx\)](#)
- [注意](#)
- [护窗](#)
- [直角反射镜 \(A-MIR-RA\)](#)
- [空气吹扫器 \(A-T40-AP\)](#)
- [气/水冷外壳 \(A-T40-WC\)](#)
- [法兰适配器 \(E-MFA-7\)](#)
- [安装法兰 \(E-MF-7\)](#)

图 8-10: 机械附件一览



8.2.1 安装螺母 (A-MN)

1.5" UNC 内螺纹标准安装螺母用于将 Thermalert 4.0 传感器固定在各种安装架上。

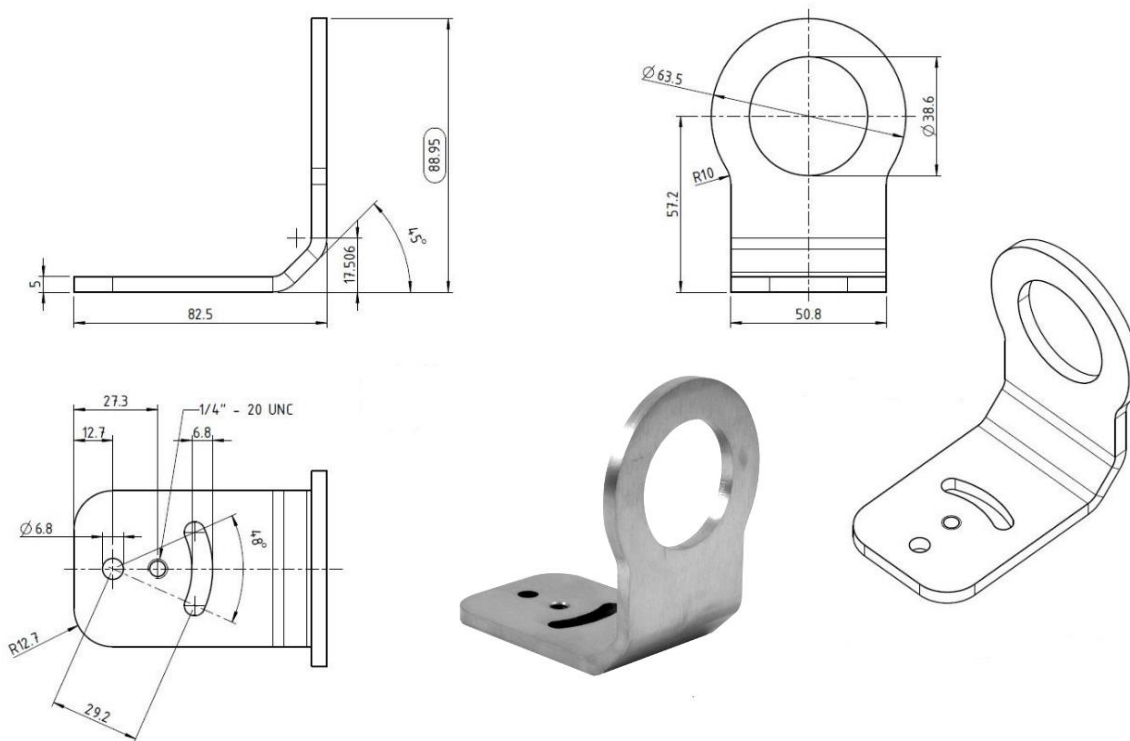
图 8-11: 安装螺母



8.2.2 固定式安装架 (A-BR-F)

固定式安装架用于将 Thermalert 4.0 传感器安装在固定位置。可在 45° 以内旋转以修正传感器的水平方向。

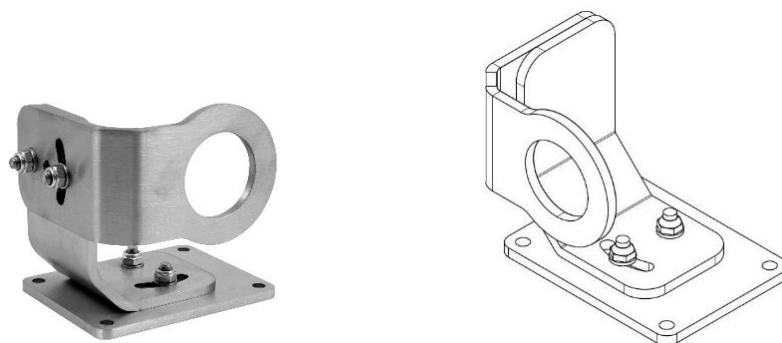
图 8-12: 固定式安装架

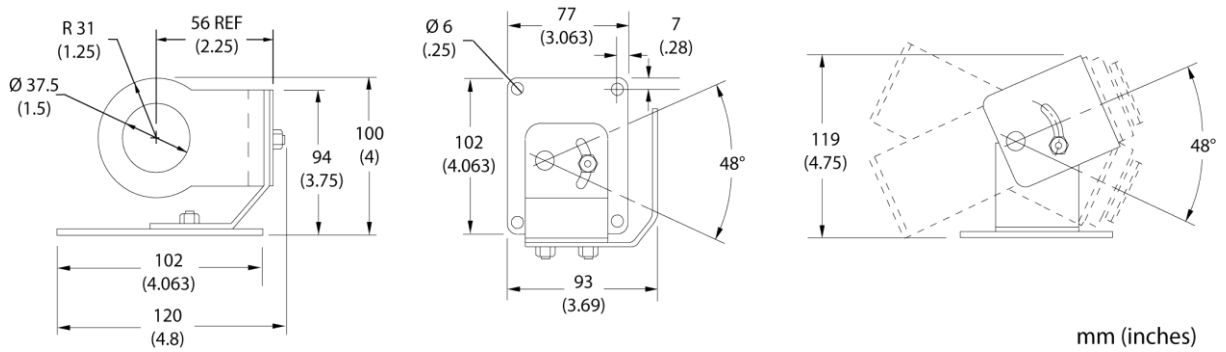


8.2.3 调节式安装架 (A-BR-A)

调节式安装架用于将 Thermalert 4.0 传感器安装在活动位置。可在约 45° 范围内（每个轴）俯仰和旋转传感器瞄准轴线以修正传感器方向。

图 8-13: 调节式安装架





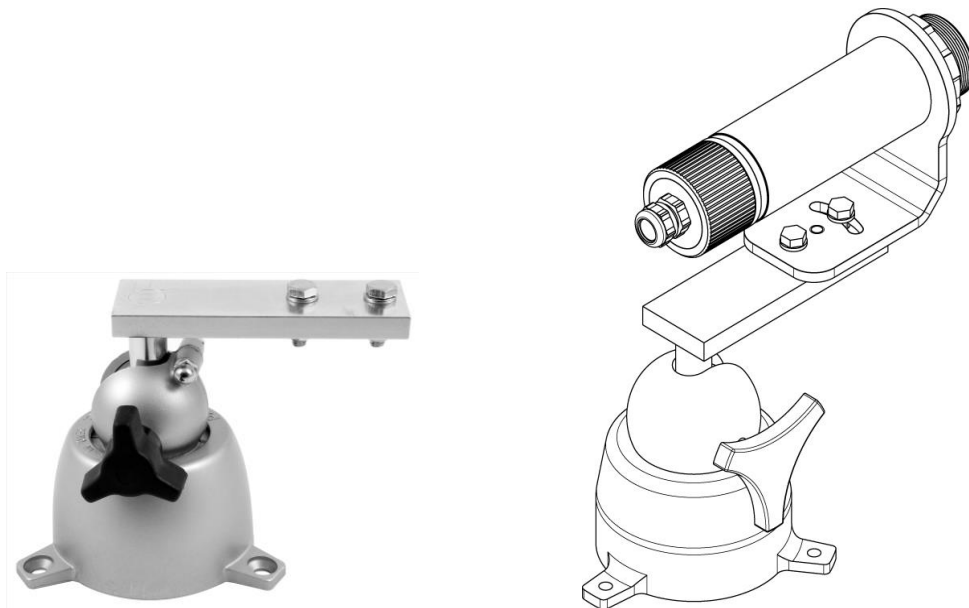
8.2.4 旋转式安装架 (A-BR-S)

旋转式安装架用于将 Thermalert 4.0 传感器安装在活动位置，便于修正传感器的俯仰和偏离方向。可俯仰 (0° - 90°) 和旋转 (0° - 360°) 传感器瞄准轴线以修正传感器方向。底座上的单控把手和半球夹可牢牢固定特定传感头安装架。

技术数据:

3 个埋头螺钉的分布直径:	109.5 mm
埋头螺钉:	6.3 mm 平头螺钉 (不含)
高度 (不含器件):	120 mm
重量 (不含器件):	1.07 kg

图 8-14: 旋转式安装架



8.2.5 瞄准管 (A-ST-xx)

瞄准管用于存在反射能量问题的场合。直接将瞄准管接头 (A-PA) 安装到传感器上并将瞄准管拧入接头。

图 8-15： 安装瞄准管

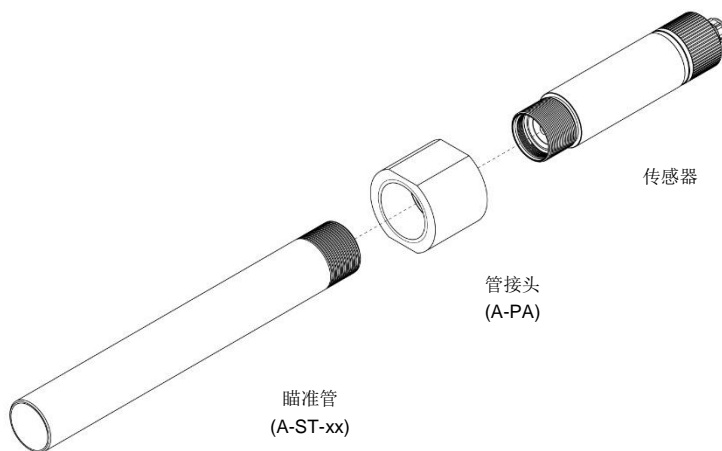
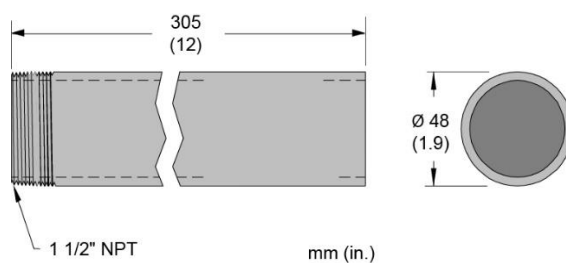


图 8-16： 瞄准管尺寸



可用瞄准管：

- 陶瓷瞄准管 (A-ST-CER)，耐温高达 1500 °C
- 不锈钢瞄准管 (A-ST-SS)，耐温高达 800 °C
- 碳钢瞄准管 (A-ST-CS-45)，耐温高达 800 °C，带 45° 倒角冷凝水出口

图 8-17： 可用瞄准管



注意

使用客户提供的瞄准管时，应谨慎指定内径和长度。传感头决定了可用的直径/长度组合，但不会妨碍光学视野！

因此，Thermalert 4.0 传感器 LT-07 和 LT-15 不能与上述 300 mm 标准长度的瞄准管组合。必要时请缩短瞄准管以确保传感器的光点直径在镜长各处为瞄准镜内径的一半（或更小）。

8.2.6 瞄准管接头 (A-PA)

瞄准管接头用于将瞄准管 (A-ST-xx) 转接到 Thermalert 4.0 传感器（请参阅第 61 页上的“8.2.5 [瞄准管](#)”一节）。本接头有两个内螺纹以便转接传感器的外螺纹 (1.5" UNC) 和瞄准管的外螺纹 (1.5" NPT)。

图 8-18：瞄准管接头



8.2.7 护窗

护窗可使传感器的光学器件免受灰尘和其他污染的侵袭。

图 8-19：护窗



下表给出了推荐用于光谱型号的可用护窗一览。所有护窗的透射率均低于 100%。

表 8-8：护窗

部件号	称号	材料	适用型号	透射率
A-T40-PW-LT	无（不锈钢）	硫化锌	LT-30-SF0 LT-50-SF0 LT-70-SF2	0.62 ±0.05
			LT-07-CF0 LT-15-SF0 LT-30-CF1 LT-30-CF2 LT-50-CF2 LT-70-CF2	0.71 ±0.05
A-T40-PW-PF	无（不锈钢）	聚乙烯薄膜 用于食品应用, 无毒, 不脆	LT-30-SF0 LT-50-SF0 LT-70-SF2	0.67 ±0.05
			LT-07CF0 LT-15-SF0 LT-30-CF1 LT-30-CF2 LT-50-CF2 LT-70-CF2	0.75 ±0.05
A-T40-PW-MT	4 个红点	蓝宝石	MT-30-SF0 MT-70-SF2	0.7 ±0.05
			MT-30-CF1 MT-30-CF2 MT-70-CF1 MT-70-CF2	0.77 ±0.05
A-T40-PW-HT	3 个红点	玻璃	HT-60	0.89 ±0.05
A-T40-PW-G5G7	2 个红点	氟化钙	G5, G7	0.81 ±0.05
A-T40-PW-P3P7	5 个红点	硅	P3-20	0.45 ±0.0
			P7-30	0.36 ±0.05

注意

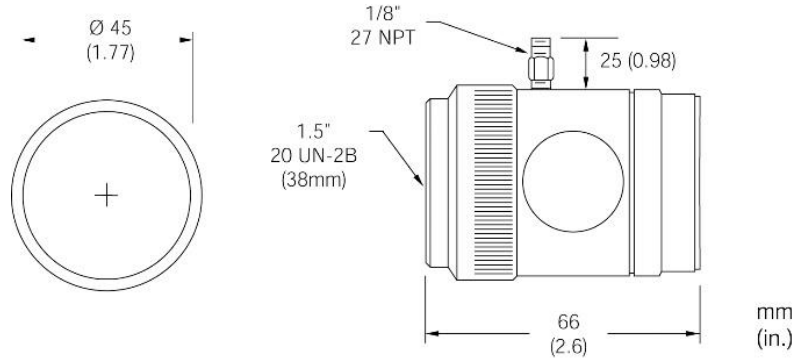
为避免误读，务请用软件在传感器上设定合适的护窗透射率。

8.2.8 直角反射镜 (A-MIR-RA)

本镜旨在按 90° 重新定向所测目标温度光点。这样便可将 Thermalert 4.0 传感器放在更加靠近所测目标或更受保护的地方。为使插入的反射镜保持干净，本镜特地配备了一个空气吹扫适配器。

图 8-20：直角反射镜

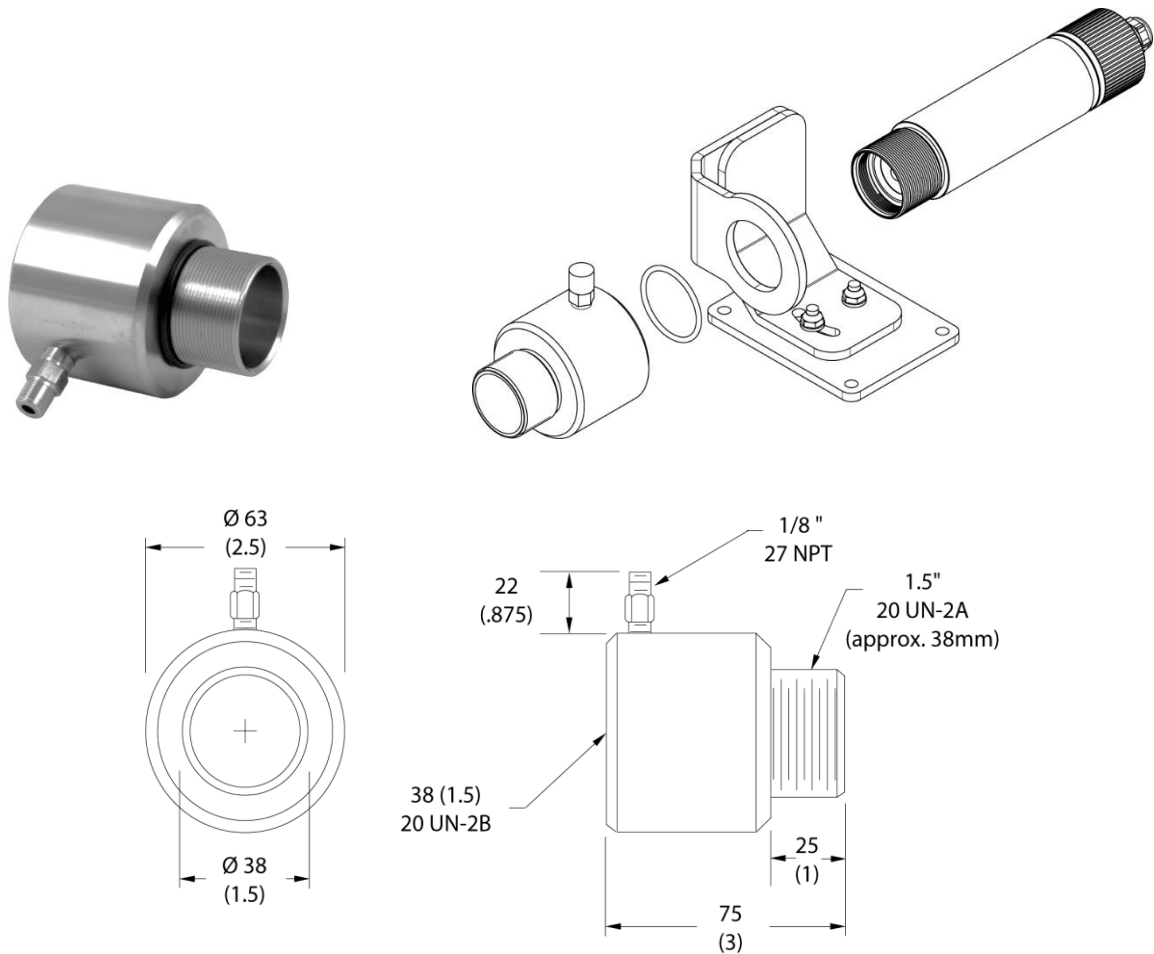




8.2.9 空气吹扫器 (A-T40-AP)

空气吹扫器用于防止镜头沾染灰尘、湿气、蒸气、悬浮微粒等。可将其安装在安装架之前或之后。必须完全拧紧。空气流入 1/8" NPT 接头并从仪器前端吹出。最大气流应达到 0.5~1.5 l/s。建议使用清洁（过滤）或“仪表”空气以防污染物沉积在镜头上。请勿使用 10 °C 以下的冷空气。

图 8-21: 空气吹扫器



8.2.10 气/水冷外壳 (A-T40-WC)

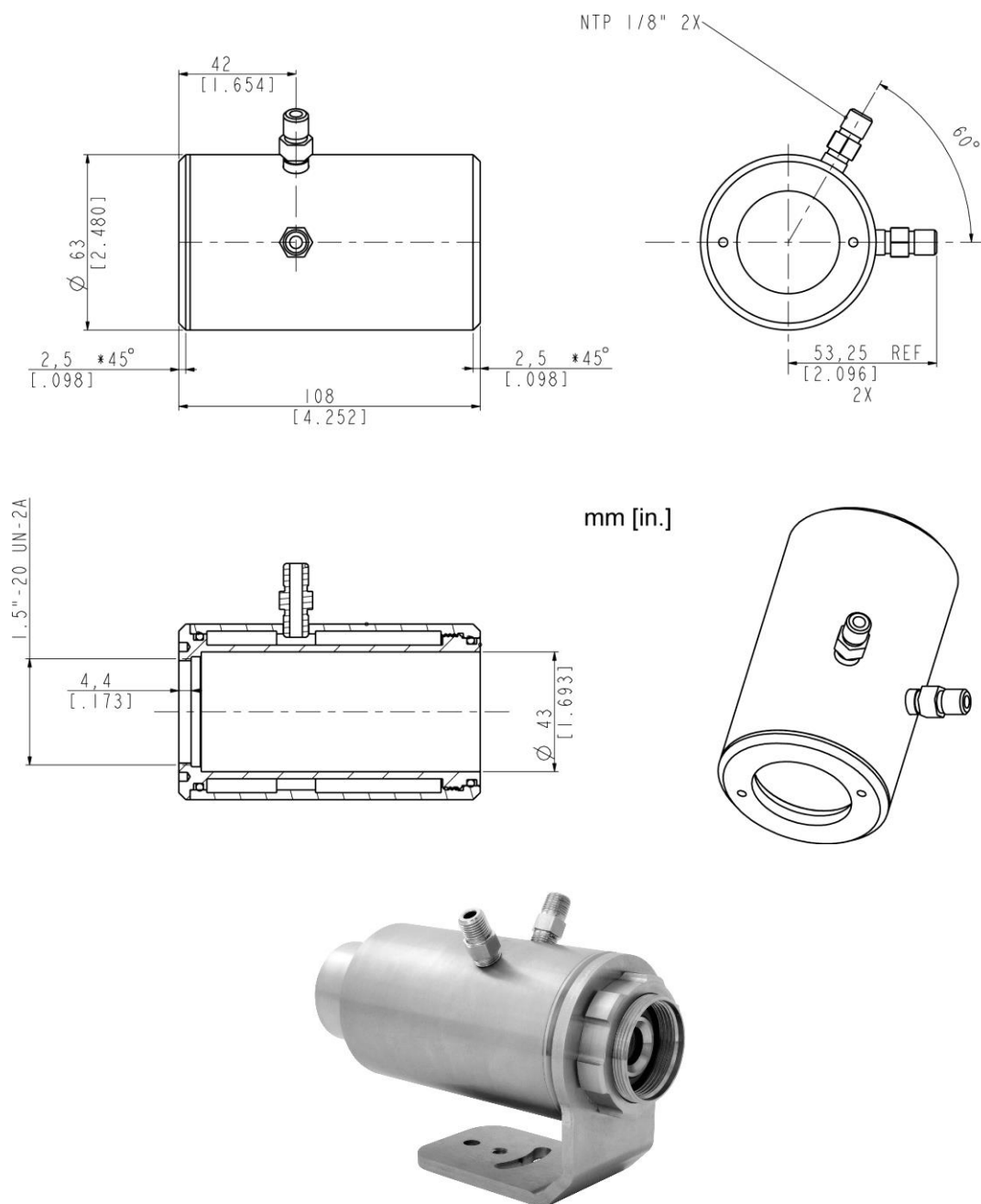
气/水冷外壳允许在环境温度高达 120 °C (气冷) 及 180 °C (水冷) 下使用传感器。冷却介质应使用 1/8" NPT 接头 (要求管子内径 6mm、外径 8mm) 来连接。空气温度 25 °C 下的气流应达到 1.4~2.5 l/s。在水温 10~27 °C 下, 水流应达到 1.0~2.0 l/min。最好不用 10 °C 以下的冷水。

气/水冷外壳由不锈钢制成。

注意

环境温度超过 175 °C 时, 可使用 ThermoJacket 护套。该护套允许在高达 315 °C 的环境温度下工作!

图 8-22: 气/水冷外壳



8.2.10.1 避免冷凝

如果环境条件要求使用水冷，请最好检查一下是否会出现冷凝问题。水冷会导致传感器内部产生气冷，从而降低空气的持水能力。相对湿度会迅速增大到 100%。如果继续冷却，过多的水蒸汽就会凝结成水。水会凝结在镜头或电路上，进而有可能损坏传感器。即使在 IP65 密封外壳上也会发生凝结。

注意

壳体内部出现冷凝时可能无法保修！

为了避免冷凝，必须选择冷却介质的温度和流速以确保最低设备温度。传感器允许的最低温度取决于环境温度和相对湿度。请参考下表。

表 8-9：设备允许的最低温度 [°C/°F]

		相对湿度 [%]																		
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
环境温度 [°C/°F]	0/ 32	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/
	5/ 41	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	5/
	10/ 50	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	5/	5/	5/	5/	5/	10/
	15/ 59	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	0/	5/	5/	5/	5/	10/	10/	10/	10/	10/	15/
	20/ 68	0/	0/	0/	0/	0/	5/	5/	5/	10/	10/	10/	10/	15/	15/	15/	15/	15/	15/	20/
	25/ 77	0/	0/	0/	0/	5/	5/	10/	10/	10/	10/	15/	15/	15/	20/	20/	20/	20/	20/	25/
	30/ 86	0/	0/	0/	5/	5/	10/	10/	15/	15/	15/	20/	20/	20/	25/	25/	25/	25/	25/	30/
	35/ 95	0/	0/	5/	10/	10/	15/	15/	20/	20/	20/	25/	25/	25/	25/	30/	30/	30/	30/	35/
	40/ 104	0/	5/	10/	10/	15/	20/	20/	20/	25/	25/	25/	30/	30/	30/	35/	35/	35/	35/	40/
	45/ 113	0/	10/	15/	15/	20/	25/	25/	25/	30/	30/	35/	35/	35/	35/	40/	40/	40/	40/	45/
	50/ 122	5/	10/	15/	20/	25/	25/	30/	30/	35/	35/	35/	40/	40/	40/	45/	45/	45/	45/	50/
	60/ 140	15/	20/	25/	30/	30/	35/	40/	40/	40/	45/	45/	50/	50/	50/	50/	50/	50/	50/	60/
	70/ 158	20/	25/	35/	35/	40/	45/	45/	50/	50/	50/	50/	50/	50/	60/	60/	60/	60/	60/	
	80/ 176	25/	35/	40/	45/	50/	50/	50/	60/	60/	60/	60/	60/	60/						
	90/ 194	35/	40/	50/	50/	50/	60/	60/	60/											
	100/ 212	40/	50/	50/	60/	60/														

示例：

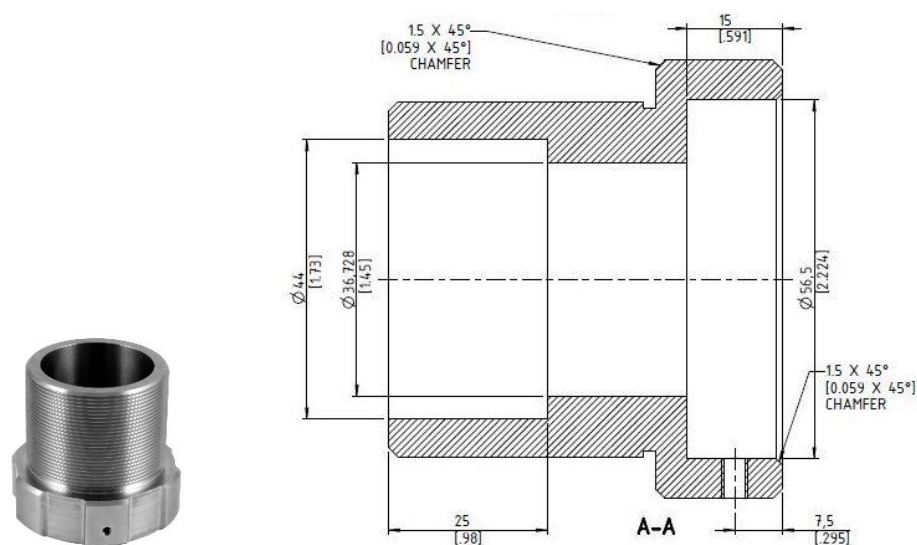
- 环境温度 = 50 °C
- 相对湿度 = 40 %
- 最低设备温度 = 30 °C

使用更低温度存在风险！

8.2.11 法兰适配器 (E-MFA-7)

法兰适配器可固定在 Thermalert 4.0 传感器前部并穿入安装法兰 (E-MF-7) 以用于现有的 Ircon 法兰安装架。

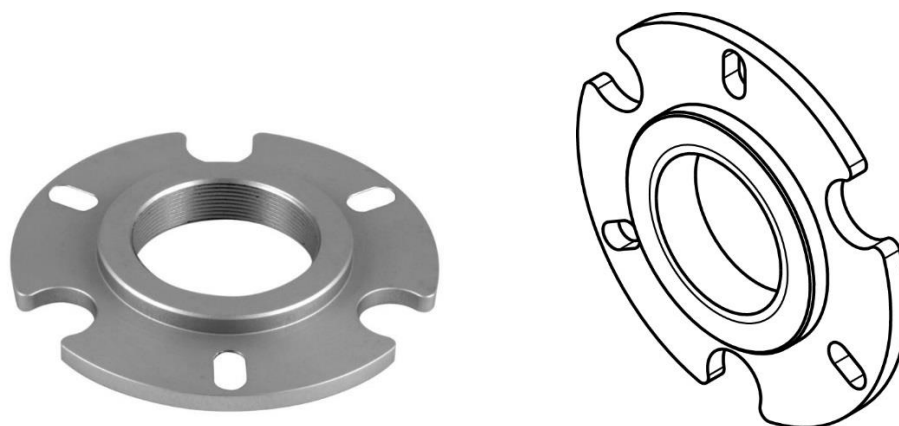
图 8-23: 法兰适配器

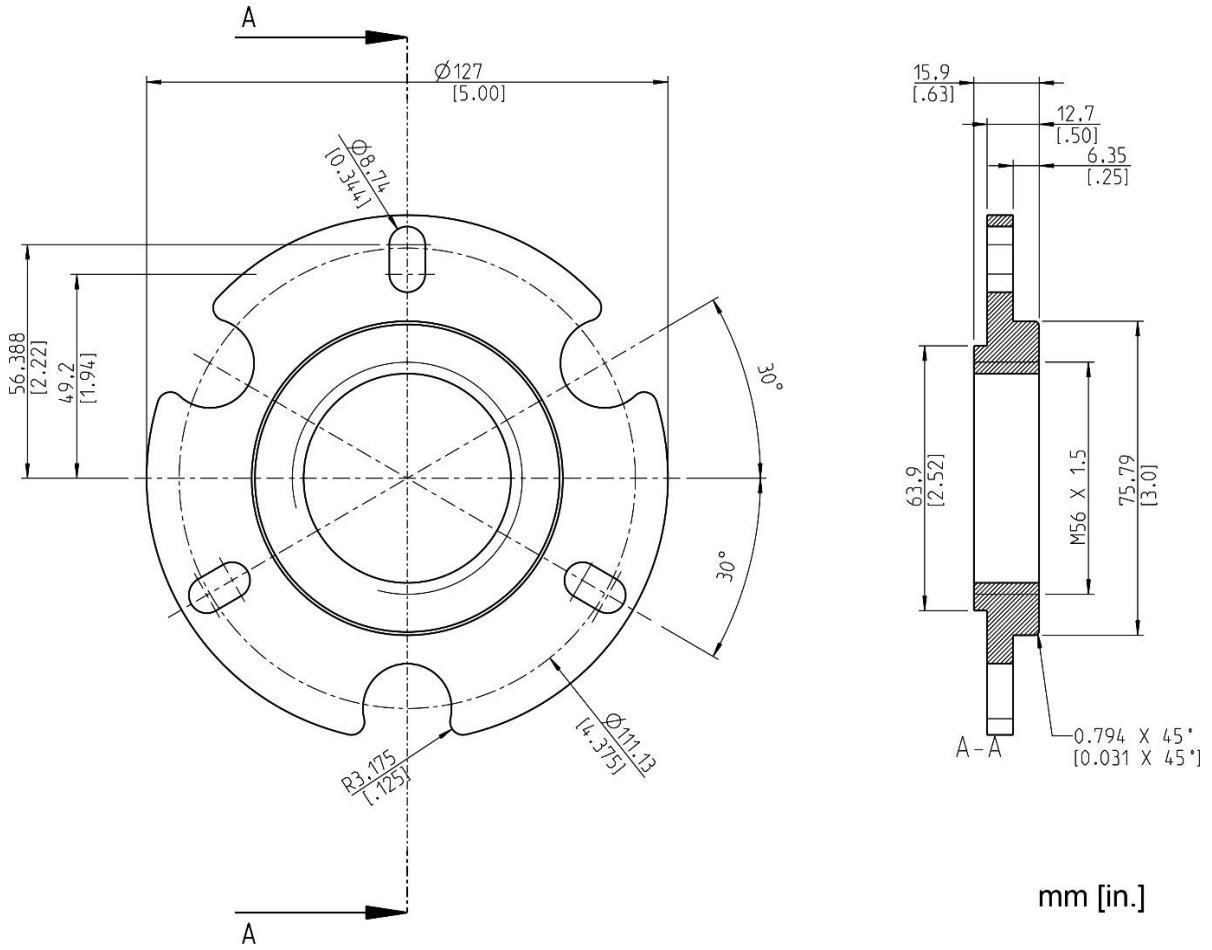


8.2.12 安装法兰 (E-MF-7)

安装法兰用于将 Thermalert 4.0 传感器装入原有的 Ircon 法兰安装架。请注意，本附件需要与法兰适配器 (E-MFA-7) 配套使用以使仪器的外螺纹适应 Modline 外螺纹。

图 8-24: 法兰适配器





8.2.13 Modline 4 适配器

{placeholder}

8.2.14 Marathon MM 适配器

{placeholder}

9 维护

我们的销售代表和客服人员非常乐意为您解答应用、校准、维修、特定问题的解决方案等方面的各种问题。需要帮助时，请随时联系您当地的销售代表。很多情况下问题都可通过电话解决。如果需要将设备返厂进行维护、校准或修理，请在发货前联系我们的维修部。欲知相关联系电话，请参阅本文档的开始部分。

9.1 小故障的检修

表 9-10：故障检修

现象	原因	对策
无输出	未通电	检查电源
温度有误	传感器电缆故障	检查电缆连接
温度有误	视野被挡	移开障碍物
温度有误	镜头脏污	清洁镜头
温度有误	发射率错误	修正设定
温度波动	信号处理错误	修正峰值/谷值保持或平均设定
温度波动	设备未接地	检查接线/接地

9.2 故障安全操作

故障安全系统旨在发生任何系统故障时提醒操作人员并提供安全输出。其基本功能就是在设置、系统或传感器电子器件出错时关闭测量过程。



警告

请勿仅依赖故障安全电路来保护关键的加热过程，还应该使用其他安全设备来补充该功能！

发生故障或错误时，输出电路会自动调整至最低或最高预设值。下表列出了对应值及 RS485 接口传出的错误代码。

表 9-11：模拟输出的错误代码

现象	0~10 V	0~20 mA	4~20 mA
温度高于范围*	10 V	21 mA	21 mA
温度低于范围*	0 V	0 mA	约 3.5 mA

* 与缩放温度范围相关

表 9-12：经由现场总线的错误代码

输出	错误代码描述
T>>>>>	温度高于范围
T<<<<<	温度低于范围

9.3 清洁镜头

镜头应始终保持洁净。清洁镜头时要小心谨慎。请按照以下步骤清洁护窗：

1. 用“灌装”空气（用于清洁电脑设备）或小型挤压式波纹管（用于清洁相机镜头）轻轻吹掉松散的颗粒。
2. 用软驼毛刷或柔软的镜头布（相机店有售）轻轻拭去所有残留颗粒。
3. 用浸过蒸馏水的棉签或柔软的镜头布清洁残留的“污垢”。请勿刮花表面。

清洁指印或其他油污时请使用：

- 变性酒精
- 乙醇
- 柯达镜头清洁剂

将上述溶液涂抹在镜头上。用干净的软布轻轻擦拭直至看到表面颜色，然后晾干。请勿擦干表面，否则可能会刮花表面。

如果护窗上沾有硅胶（常见于护手霜），则请用己烷轻轻擦拭表面。然后晾干。

注意

请勿用氨或任何含氨清洁剂来清洁镜头。否则可能会永久损坏镜头表面！

10 编程指南

本节介绍传感器的通信协议。协议是一组命令，用以定义与传感器的所有可能通信方式。下面介绍这些命令及其相关的 ASCII 命令字符和消息格式信息。当自编应用程序或用终端程序与传感器通信时会用到这些知识。

10.1 命令结构

发送一条命令后，应等待传感器响应后再发送下一条。应确保前一条命令完全发出后再发送下一条。

注意

所有命令都必须以大写字母形式输入！

10.1.1 请求参数（轮询模式）

?E<CR> “?” 是“请求”命令
 “E” 是所请求的参数
<CR> 回车 (0D_{hex}) 是关闭请求

10.1.2 设定参数（轮询模式）

E=0.975<CR> “E” 是所要设定的的参数
 “=” 是“设定参数”命令
 “0.975” 是参数值
<CR> 回车 (0D_{hex}) 是关闭设定

10.1.3 传感器响应

!E.975<CR><LF> “!” “!” 是“应答”参数
 “E” 是参数
 “0.975” 是参数值
<CR> <LF> (0D_{hex} 0A_{hex}) 是关闭应答

设备通常需要约 200 ms 来处理所收到的命令。有些特定命令则可能需要更长时间。

10.1.4 传感器通知

传感器用通知来告诉主机传感器或固件已被重置。

#XI<CR><LF> “#” 是“通知”参数
 “XI” 是通知值（如“XI” 固件重置）
<CR> <LF> (0D_{hex} 0A_{hex}) 是关闭通知

为追踪传感器重置，只要通过数字界面手动设定 XI=0，XI 就将保持不等于零。

!XL<CR><LF> “!” “!” 是“通知”参数
 “XL1” 是通知值（如“XL1” 激光开启）
<CR> <LF> (0D_{hex} 0A_{hex}) 是关闭通知

10.1.5 错误消息

如果出现“非法”指令，则将向主机发回星号*。非法指令可由句法错误引起，并产生以下响应：

- “*Syntax Error” — 某个值输入格式有误

10.2 传输模式

串行接口有两种传输模式：

轮询模式： 主机可请求任何独立参数的当前值。传感器将按所选的波特率用该值响应一次。

突发模式 只要激活突发模式，预定的数据串（也叫“突发串”）便会持续传输。

V=P	“P” 开启轮询模式
V=B	“B” 开启突发模式
\$=UTIEEC	“\$” 设定突发串的内容
	“U” 表示温度单位
	“T” 表示目标温度
	“I” 表示传感器内壳温度
	“E” 表示发射率值
	“EC” 表示错误代码
?\$	在轮询模式下给出突发串参数，如“UTIE”
?X\$	在轮询模式下给出突发串内容，如“UC T0150.3 I0027.1 E0.950”

从突发模式回到轮询模式

V=P 即将发送“V=P”（可能需要发送一次以上）

10.3 传感器信息

传感器信息在出厂时就已设为只读值。

表 10-13：传感器信息

命令	说明	应答（示例）
?XU	传感器名称	"!XUTHLT"
?DS	附加说明，如对于特殊数字	"!DSFPI"
?XV	传感器序列号	"!XV2C027"
?XR	固件版本号	"!XR2.08"
?XH	传感器最高温度	"!XH0600.0"
?XB	传感器最低温度	"!XB-020.0"

10.4 传感器设置

10.4.1 通用设定

U=C	设定温度值的物理单位（C 或 F）。一旦更改了物理单位，所有温度相关参数（如阈值）都会自动转换。
E=0.950	根据“ES”命令设定发射率（请参阅第 73 页上的“ 0 发射率设定 ”一节）
A=250	根据“AC”命令的设定来设定环境背景温度补偿（请参阅第 74 页上的“ 0 背景温度补偿 ”一节）
XG=1.000	设定透射率
?T	询问目标温度
?I	询问传感器内部温度

?Q 询问目标温度的能量值

10.4.2 发射率设定

通过“ES”命令来选择发射率设定。

ES=I 用常数设定发射率

ES=E 用外部输入 FTC1（仅限于 12 线型）上的模拟电压来设定发射率 详见第 39 页上的“5.6.3 [FTC1 — 发射率设定](#)”一节。

ES=S 用旋转开关设定发射率（仅限于 2 线型）

?E 询问当前发射率值

10.4.3 背景温度补偿

一旦传感器内壳温度不能表示背景温度，则必须按如下步骤设定环境背景温度：

A=250.0 基于“AC”命令的设定的当前背景温度

AC=0 无补偿（传感器内壳温度等于背景温度）

AC=1 用通过命令“A”设定的恒温值来补偿

AC=2 在外部输入时用模拟电压信号补偿，
0 – 10 VDC 对应于与传感器的温度范围

通过命令“A”读出结果温度。详见第 [错误!未定义书签。](#) 页上的“[错误!未找到引用源。](#)
[FTC2 — 背景温度补偿](#)”一节。

10.4.4 温度保持功能

下表列出了各种温度保持功能及其重置和定时值。请按照此表进行传感器编程并调整保持时间。详见第 47 页上的“0 [后期处理](#)”一节。

表 10-14：温度保持功能一览

保持功能	重置方法	峰值时间	谷值时间	阈值	迟滞
		协议码			
		P	F	C	XY
无	无	000.0	000.0		
峰值保持	定时器	000.0-998.9	000.0	000.0	
峰值保持	触发器	一直保持 或直至被触发	000.0	000.0	
高级峰值保持	触发器或阈值	一直保持 或直至被触发	000.0	温度范围	-100~100 °C
高级峰值保持	定时器或阈值	000.0-998.9	000.0	温度范围	-100~100 °C
谷值保持	定时器	000.0	000.0-998.9	000.0	
谷值保持	触发器	000.0	一直保持 或直至被触发	000.0	
高级谷值保持	触发器或阈值	000.0	一直保持 或直至被触发	温度范围	-100~100 °C
高级谷值保持	定时器或阈值	000.0	000.0-998.9	温度范围	-100~100 °C

10.5 传感器控制

10.5.1 模拟输出

电流输出对应于目标温度值。根据所考虑的传感器型号，输出可设定为电流、电压或热电偶。

XO=4	设定电流输出范围为 4-20 mA
H=500	设定模拟输出最大值的温度为 500（用电流标度） 例如：电流输出最大值 20 mA 应表示 500 °C
L=0	设定模拟输出最小值的温度为 0（用电流标度） 例如：电流输出最小值 4 mA 应表示 0 °C

“H”和“L”命令值间的最小温度跨度是 20K。

为便于测试，可强制输出提供一个恒定值。

O=50	完整输出范围的百分比，例如 50%
O=255	切回至目标温度受控输出

10.5.2 继电器输出

继电器输出（存在的话）的触发方式如下：

- 目标温度
- 传感器内部温度
- 手动（命令控制）

警报输出可设为 N.C.（常闭：初始位置时继电器触点闭合）或 N.O.（常开：初始位置时继电器触点打开）。

K=0	继电器触点永久打开
K=1	继电器触点永久关闭
K=2	目标温度触发警报输出，N.O.常开
K=3	目标温度触发警报输出，N.C.常闭
K=4	传感器内壳温度触发警报输出，N.O.常开
K=5	传感器内壳温度触发警报输出，N.C.常闭
XS=125.3	用电流标度设定警报上阈值为 125.3 警报阈值仅用于目标温度（参见命令 XS）

10.6 RS485 通信

RS485 串行通信采用 2 线模式。

设定波特率时必须用如下命令：

D=0576	设定波特率为 57600。必须用 4 位数给出波特率 (0048、0096、0192、0384、0576、1152)。
--------	---

10.7 多点模式

可将多达 32 台设备连接到 RS485 多点网络中（请参阅第 44 页上的“6 RS485”一节）为使命令指向 32 个传感器中的某一个，就必须为命令“寻址”。为此在命令前面特地设定了一个三位数。该 3 位数的选取范围为 001~032。地址 000 表示单个设备而非多点模式。

XA=024	设定设备为地址 24
--------	------------

更改地址：

（如将地址 17 改为 24）

命令	应答
"017?E"	"017E0.950" // 询问地址 17 上的传感器
"017XA=024"	"017XA024" // 设定新地址
"024?E"	"024E0.950" // 询问地址 24 上的相同传感器

发送命令后，从 3 位数 000 开始，所有连接设备（地址 001~032）都会收到该命令 — 无需发送应答。

命令	应答
"024?E"	"024E0.950"
"000E=0.5"	从所有传感器开始执行，无应答
"024?E"	"024E0.500"
"012?E"	"012E0.500"

10.8 命令列表

P ... 轮询, B ... 突发, S ... 设定, N ... 通知

(1) n = 数字, X = 大写字母

注:

- USB 虚拟串行接口设定: 9600 bps 波特率, 8 个数据位, 1 个停止位, 无校验, 无流量控制
- RS485 串行接口设定参见下表中的“D”。
- 应使用 0x0D 或 0x0D,0x0A 关闭已发送的命令, 并用 0x0D, 0x0A 关闭响应命令。

命令格式

说明	字符	格式	轮询	突发	设定	合法值
发送命令格式						
轮询参数	?	?X / ?XX	√			?T
设定参数	=	X= / XX=			√	E=0.95
多点寻址		001?E	√		√	
响应格式						
确认消息	!					!E0.95
错误消息	*					*句法错误

命令列表	说明	字符	数值格式	轮询	突发	设定	合法值	出厂默认值	2-W	6-W	12-W
设备 PCA(MCU) UID	%UID	XX...XX	√				如 abcdef1234567890		√	√	√
突发模式字符串格式	\$	XX...XX	√		√		UT Q E F P G I H L XG XI XJ CE EC (对于所有); CK CS XT (仅对 12 线)	UTICE		√	√
背景温度补偿	A	nnnn.n	√		√		在设备温度范围内。 用当前单位 (°C/°F)	温度范围下限	√	√	√
高级保持 — 平均时间	AA	nnn.n	√		√		0 = 无平均; 0.1 ~ 999.0 秒	000.0	√	√	√
环境补偿控制	AC	n	√		√		0 = 无补偿; 1 = 用命令“A”补偿; 2 = 外部输入 (对于 12 线)	0	√	√	√
高级保持 — 温度阈值	C	nnnn.n	√		√		在设备测量范围内。 用当前单位 (°C/°F)	温度范围下限	√	√	√
当前计算发射率	CE	n.nnn	√	√					√	√	√
继电器功能的当前下阈值	CK	nnnn.n	√	√			用当前单位 (°C/°F)		√		√
继电器功能的当前上阈值	CS	nnnn.n	√	√			用当前单位 (°C/°F)		√		√

命令列表										
说明	字符	数值格式	轮询	突发	设定	合法值	出厂默认值	2-W	6-W	12-W
RS485 的可调波特率	D	nnnn	√		√	0048 = 4800 波特率 0096 = 9600 波特率 0192 = 19200 波特率 0384 = 38400 波特率 0576 = 57600 波特率 1152 = 115200 波特率	0096		√	√
温度值的增益调整	DG	n.nnnn	√		√	0.8000 ~ 1.2000	1.0000	√	√	√
温度值的偏移调整	DO	nnnn.n	√		√	-200.0 ~ 200 °C 用当前单位 (°C/°F)	0000.0	√	√	√
设备特殊信息 (备注)	DS	XXX	√			如 FPI-RAYTEK		√	√	√
内部发射率	E	n.nnn	√	√	√	0.100 ~ 1.100	1.000	√	√	√
错误代码	EC	nnnn	√			0001 = 目标温度高于范围; 0002 = 目标温度低于范围; 0010 = 环境温度高于范围; 0020 = 环境温度低于范围; 0100 = 模拟输出高于范围; 0200 = 模拟输出低于范围		√	√	√
发射率来源选择: 常量/模拟输入/数字输入/旋转开关	ES	X	√		√	I = 依据命令“E”用常数来设定; E = 用 FTC1 上的输入电压来设定 (仅限于 12 线); D = 用数字输入 FTC1~FTC3 所选的预设值来设定 (仅限于 12 线); S = 用旋转开关来设定 (仅限于 2 线)	I	√	√	√
谷值保持时间	F	nnn.n	√	√	√	000.0 ~ 998.9 秒; 999.0 = 无限	000.0	√	√	√
平均时间	G	nnn.n	-0-√	√	√	0 = 无平均; 0.1 ~ 999.0 秒	000.0	√	√	√
对电流/电压输出范围中的峰值作出响应的温度值	H	nnnn.n	√	√	√	(电流/电压输出范围中的最低温度 + 20 °C)~温度范围上限。 用当前单位 (°C/°F)	温度范围上限	√	√	√
设备环境温度	I	nnn.n	√	√		用当前单位 (°C/°F)		√	√	√
继电器报警输出控制	K	X	√		√	0 = 开; 1 = 闭; 2 = 目标常开; 3 = 目标常闭; 4 = 传感头常开; 5 = 传感头常闭; N = 无内置继电器	0	√		√
对电流/电压输出范围中的谷值作出响应的温度值	L	nnnn.n	√	√	√	温度范围下限~(电流/电压输出范围中的最高温度 - 20 °C)。 用当前单位 (°C/°F)	温度范围下限	√	√	√

Thermalert® 4.0 系列

用户手册

Rev. 0.8, Jul 2018

命令列表										
说明	字符	数值格式	轮询	突发	设定	合法值	出厂默认值	2-W	6-W	12-W
电流/电压输出控制： 百分比/目标温度	O	nnn	√		√	0 ~ 100 = 完整范围的 %； 255 = 被目标温度控制	255	√	√	√
峰值保持时间	P	nnn.n	√	√	√	000.0 ~ 998.9 秒； 999.0 = 无限	000.0	√	√	√
目标电源值	Q	nnnnnn	√	√				√	√	√
与用命令“EP”所设定的指示器对应的继电器预设上阈值	SV	nnn.n	√		√	用当前单位（°C/°F）				√
目标温度值	T	nnnn.n	√	√		用当前单位（°C/°F）		√	√	√
RS485 分流电阻（120 欧姆）启用	TR	n	√		√	0 = 停用分流电阻； 1 = 启用分流电阻	0		√	√
温度单位	U	X	√	√	√	C/F	C	√	√	√
轮询或突发模式选择	V	X	√		√	P = 轮询模式； B = 突发模式	P		√	√
突发模式字符串内容	X\$		√						√	√
多设备地址	XA	0nn	√		√	000 = 单设备模式； 001 ~ 032 = 多设备模式	000		√	√
设备温度范围下限	XB	nnnn.n	√			用当前单位（°C/°F）		√	√	√
继电器功能死区值	XD	nn.n	√		√	1.0 ~ 50.0 °C 用当前单位（°C/°F）	02.0 (单位： °C)	√		√
恢复出厂默认值	XF				√			√	√	√
透射率	XG	n.nnn	√	√	√	0.100 ~ 1.000	1.000	√	√	√
设备温度范围上限	XH	nnnn.n	√			用当前单位（°C/°F）		√	√	√
设备初始化	XI	n	√	√	√	1 (RESET 后)； 0 (如果 XI = 0)		√	√	√
连接器/接线盒温度	XJ	nnn.n	√	√		用当前单位（°C/°F）		√	√	√
激光控制	XL	X	√		√	0 = 关； 1 = 开； H = 过热（关）； N = 无内置激光	0	√	√	√
FTC3 功能选择： 触发/保持/激光控制	XN	X	√		√	N = 无功能； T = 触发； H = 保持； L = 激光	N			√
模拟输出模式选择	XO	n	√		√	0 = 0-20mA； 4 = 4-20mA； 5 = TCJ (仅限于 6 线)； 6 = TCK (仅限于 6 线)； 9 = mV	9		√	√
继电器功能的下阈值	XP	nnnn.n	√		√	温度范围下限~（继电器功能上阈值-2*死区） 用当前单位（°C/°F）	温度范围下限	√		√
固件版本	XR	nn.nn.nnnn	√			例如 01.01.1111		√	√	√
模拟固件版本	XRA	nn.nn.nnnn	√			例如 01.01.1111			√	√

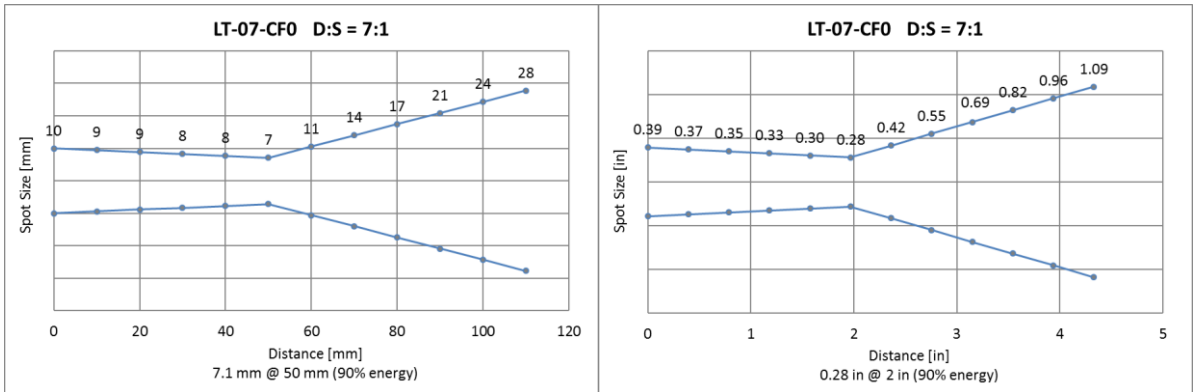
命令列表										
说明	字符	数值格式	轮询	突发	设定	合法值	出厂默认值	2-W	6-W	12-W
继电器功能的下阈值	XS	nnnn.n	√		√	(继电器功能的下阈值 + 2*死区) ~ 温度范围上限 用当前单位(°C/°F)	温度范围上限	√		√
触发状态	XT	n	√	√		0 = 失活; 1 = 激活	0			√
设备标识(型号名)	XU	XXXXXXXXXX	√			例如 STRLTH5SFCW		√	√	√
设备序列号	XV	nnnnnnnn	√			例如 123456789		√	√	√
高级保持 — 迟滞温度值	XY	nnnn.n	√		√	-100.0 ~ 100.0 °C 用当前单位(°C/°F)	0000.0	√	√	√
Amb 计数 + IR ADC 计数值	YA	nnnnn#nnnnn	√					√	√	√
PSa 值 + 能量值	YB	nnnnn#nnnnn	√					√	√	√

11 附录

11.1 光学图表

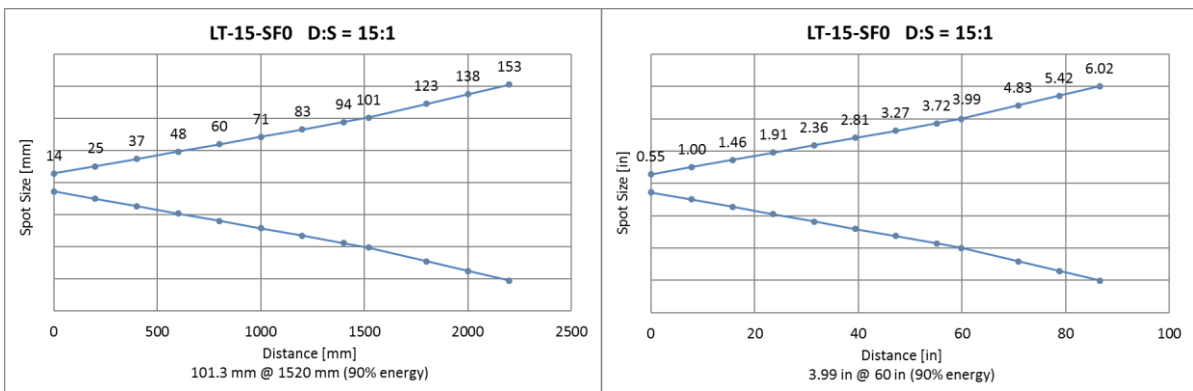
11.1.1 LT-07 型

图 11-1: 光学图表 LT-07 型



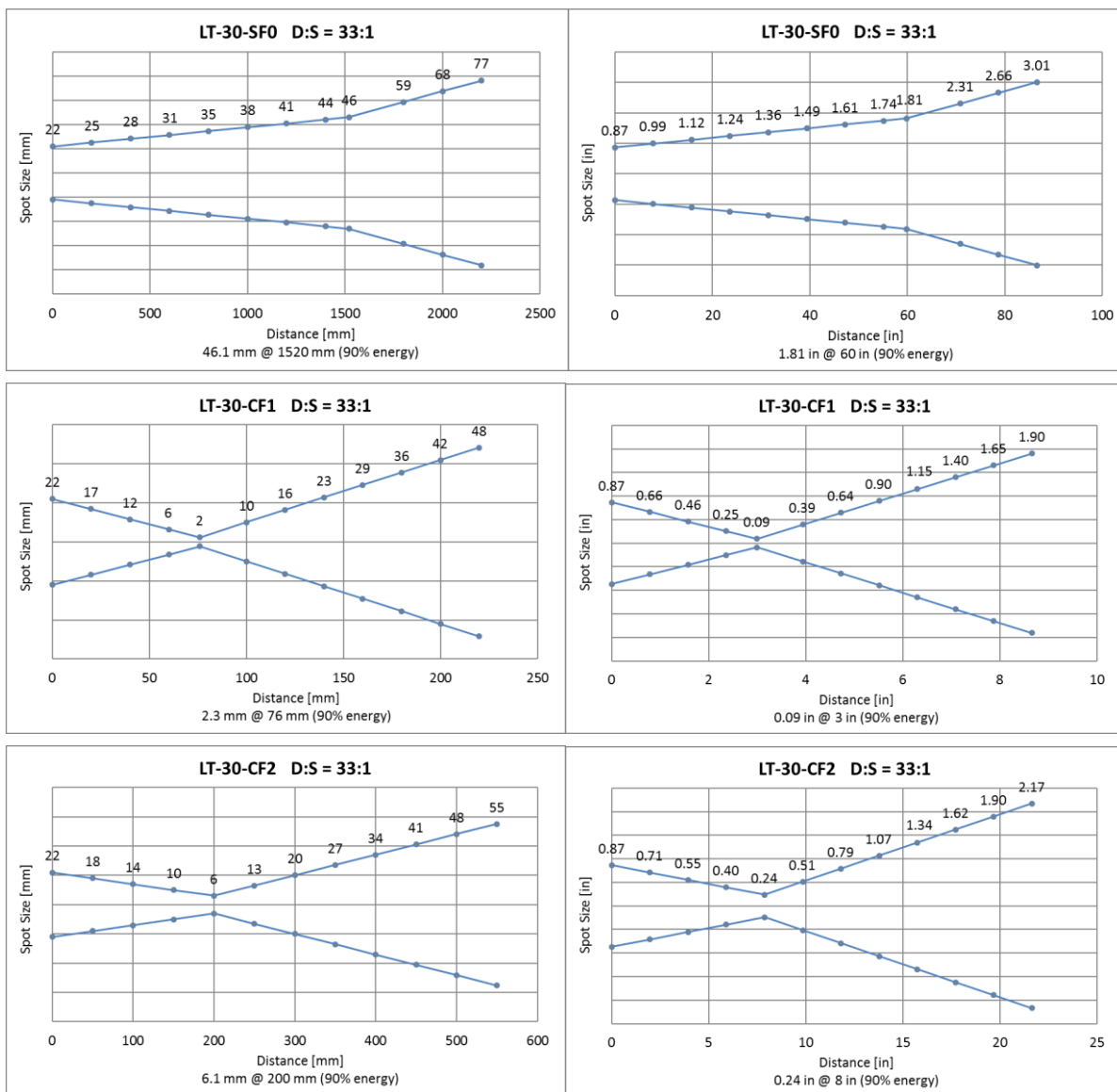
11.1.2 LT-15 型

图 11-2: 光学图表 LT-15 型



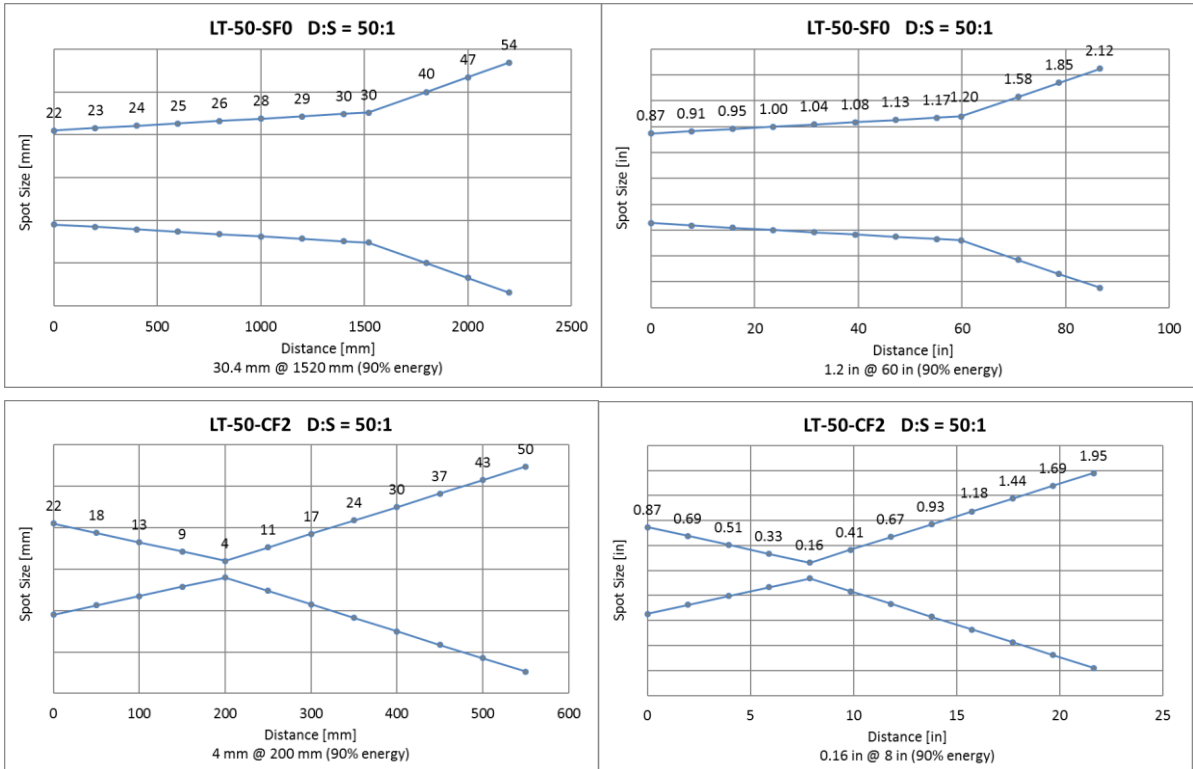
11.1.3 LT-30 型

图 11-3: 光学图表 LT-30 型



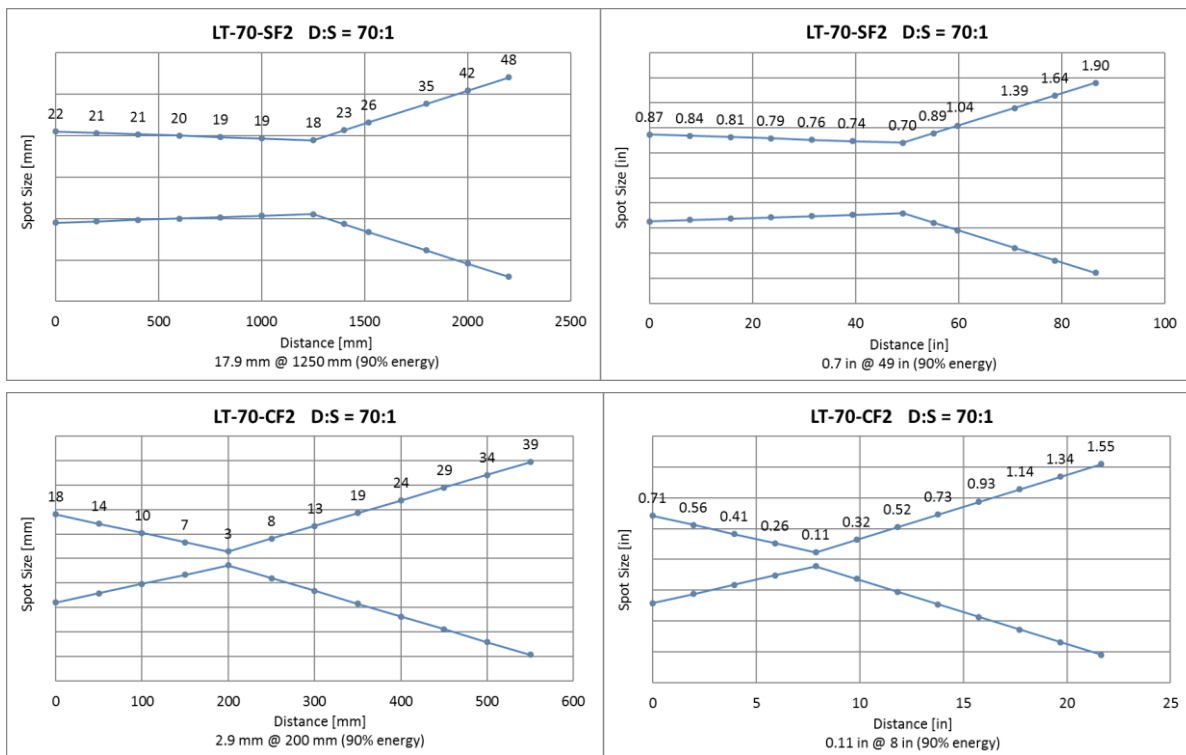
11.1.4 LT-50 型

图 11-4: 光学图表 LT-50 型



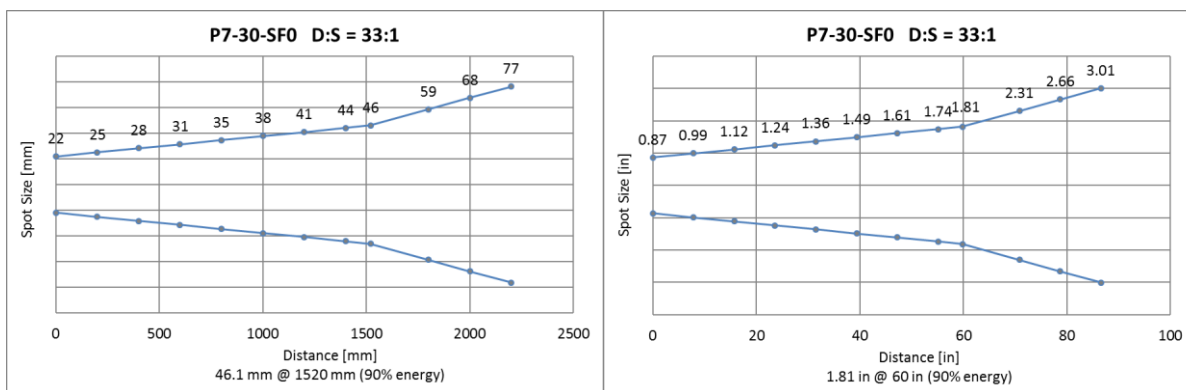
11.1.5 LT-70 型

图 11-5: 光学图表 LT-70 型



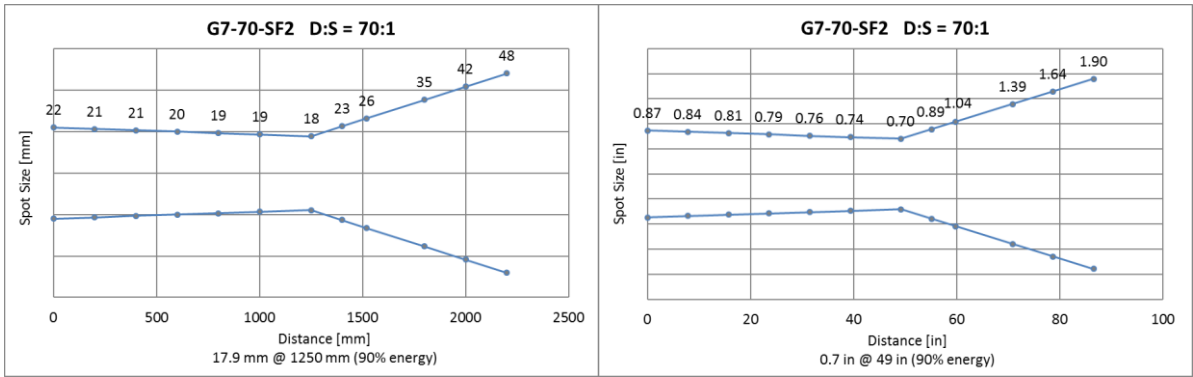
11.1.6 P7-30 型

图 11-6: 光学图表 P7-30 型



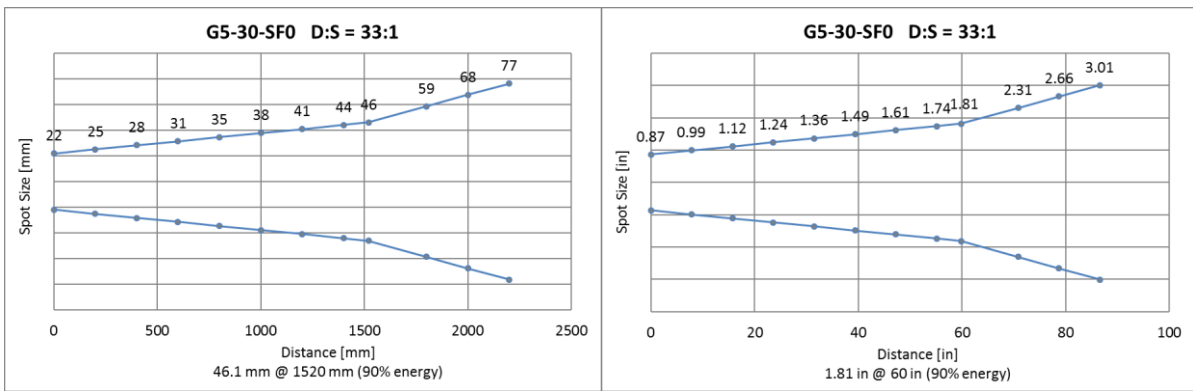
11.1.7 G7-70 型

图 11-7: 光学图表 G7-70 型



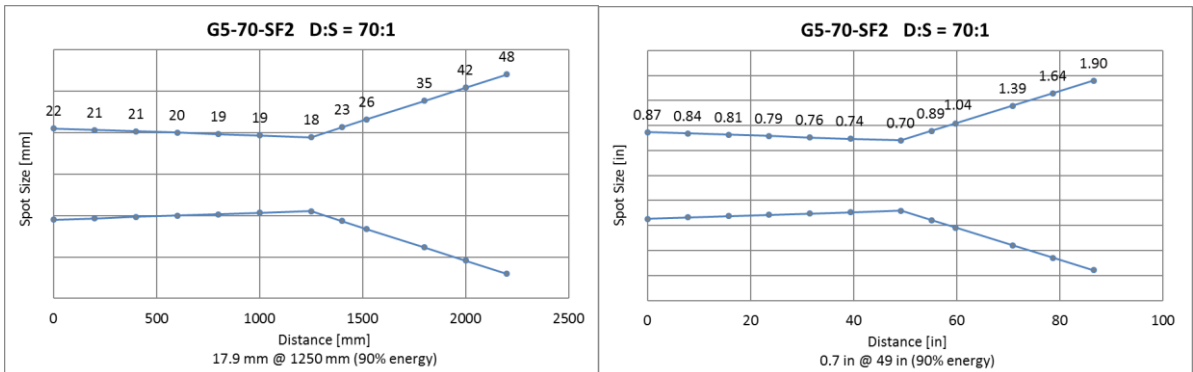
11.1.8 G5-30 型

图 11-8: 光学图表 G5-30 型



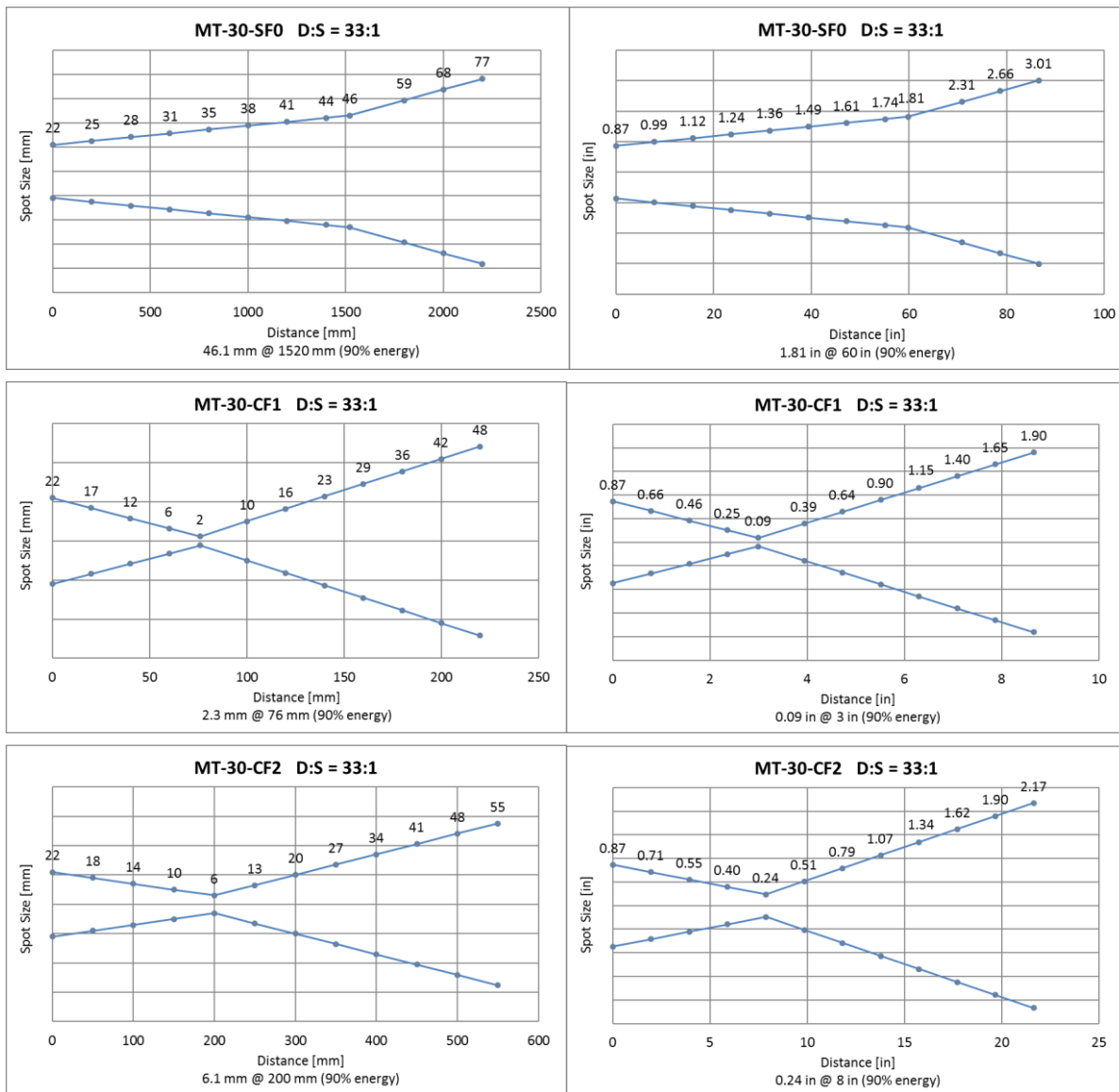
11.1.9 G5-70 型

图 11-9: 光学图表 G5-70 型



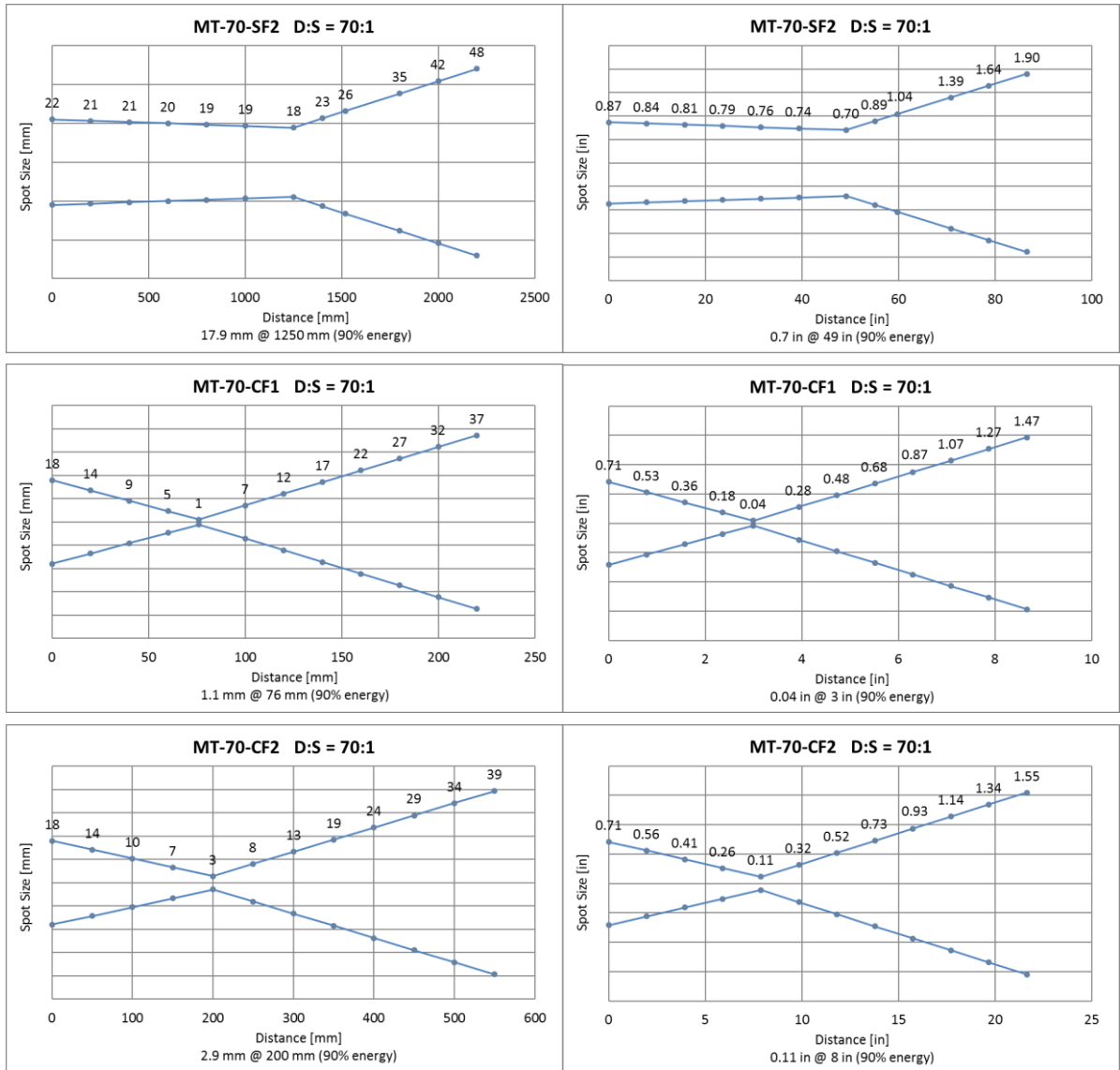
11.1.10 MT-30 型

图 11-10: 光学图表 MT-30 型



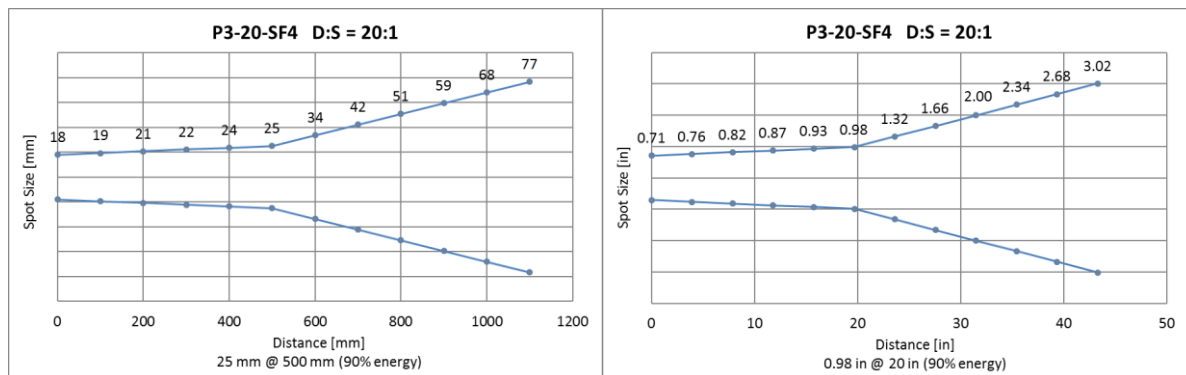
11.1.11 MT-70 型

图 11-11: 光学图表 MT-70 型



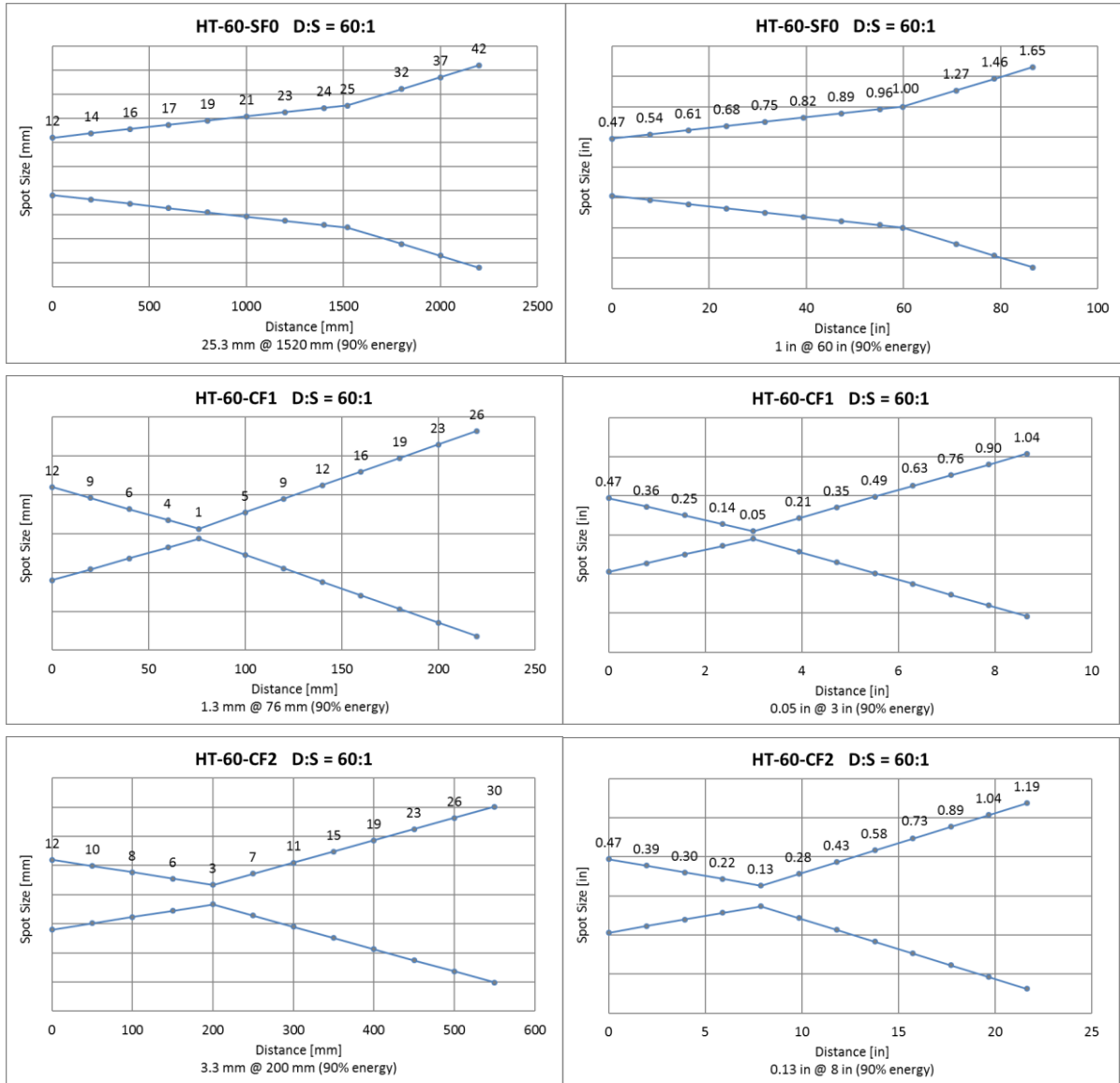
11.1.12 P3-20 型

图 11-12: 光学图表 P3-20 型



11.1.13 HT-60 型

图 11-13: 光学图表 HT-60 型



11.2 确定发射率

发射率是指物体吸收和辐射红外能量的能力，其取值范围为 0~1.0。例如，镜面的发射率 < 0.1 ，而所谓“黑体”的发射率则达到 1.0。如果设定了比实际值更高的发射率，则当目标温度高于其环境温度时，则输出读数就会偏低。例如，如果设定了 0.95，而实际发射率为 0.9，温度读数就会低于真实温度。

可用下列方法来确定目标的发射率：

- 用 RTD (PT100)、热电偶或任何其他合适的接触测温方法来确定材料的实际温度。然后测量目标温度并调整发射率设定直至达到正确的温度值。这便是被测材料的正确发射率。
- 对于相对较低温度（最高 260 °C），在被测物体上放一张塑料贴纸。贴纸应大到足以覆盖目标光点。接着用 0.95 的发射率设定来测量贴纸温度。最后测量目标上相邻区域的温度并调整发射率设定直至达到相同的温度。这便是被测材料的正确发射率。
- 设法给目标表面的一部分涂上无光黑漆。漆的发射率为 0.95。接着用 0.95 的发射率设定来测量涂漆区域的温度。最后测量目标上相邻区域的温度并调整发射率直至达到相同的温度。这便是被测材料的正确发射率。

11.3 典型发射率值

下表是确定发射率的一个简要参考指南。当上述方法不可行时，可参照此表来确定发射率。表中所列的发射率值仅为近似值，因为多个参数都会影响材料的发射率。这些参数包括：

- 温度
- 测量角
- 几何结构（平面、凹面、凸面）
- 厚度
- 表面质量（抛光、粗糙、生锈、喷砂）
- 测量的光谱范围
- 透射率（如薄膜塑料）

要优化表面温度测量，应遵守下列原则：

- 用测温仪来确定目标发射率，该机也将用于测温。
- 遮挡周围热源以避免目标反射。
- 对于高温目标，应使用波长尽可能短的测温仪。
- 对于塑料箔和玻璃之类的半透明材料，应确保背景均匀且温度低于目标。
- 尽可能将测温仪安装得与表面垂直。入射角切勿超过 30°。

表 11-1：金属的典型发射率值

材料	金属 发射率					
	1 μm	1.6 μm	2.3 μm	3.9 μm	5 μm	8 – 14 μm
铝						
未氧化	0.1-0.2	0.02-0.2	0.02-0.2	0.02-0.2	0.02-0.2	0.02-0.1
氧化	0.4	0.4	0.2-0.4	0.2-0.4	0.2-0.4	0.2-0.4
合金 A3003,		0.4		0.4	0.4	0.3
氧化			0.4			
糙化	0.2-0.8	0.2-0.6	0.2-0.6	0.1-0.4	0.1-0.4	0.1-0.3
抛光	0.1-0.2	0.02-0.1	0.02-0.1	0.02-0.1	0.02-0.1	0.02-0.1
黄铜						
抛光	0.1-0.3	0.01-0.05	0.01-0.05	0.01-0.05	0.01-0.05	0.01-0.05
磨光			0.4	0.3	0.3	0.3
氧化	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5
铬	0.4	0.4	0.05-0.3	0.03-0.3	0.03-0.3	0.02-0.2
氧化						
铜						
抛光		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
糙化		0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.1
氧化	0.2-0.8	0.2-0.9	0.7-0.9	0.5-0.8	0.5-0.8	0.4-0.8
金	0.3	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1
哈氏合金						
合金	0.5-0.9	0.6-0.9	0.6-0.9	0.3-0.8	0.3-0.8	0.3-0.8
因康镍合金						
氧化	0.4-0.9	0.6-0.9	0.6-0.9	0.6-0.9	0.6-0.9	0.7-0.95
喷砂	0.3-0.4	0.3-0.6	0.3-0.6	0.3-0.6	0.3-0.6	0.3-0.6
抛光	0.2-0.5	0.25	0.25	0.15	0.15	0.15
铁						
氧化	0.4-0.8	0.5-0.8	0.7-0.9	0.6-0.9	0.6-0.9	0.5-0.9
未氧化	0.35	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05-0.25	0.05-0.25	0.05-0.2
生锈		0.6-0.9	0.6-0.9	0.5-0.8	0.5-0.8	0.5-0.7
熔融	0.35	0.4-0.6	0.4-0.6			
铁, 铸造						
氧化	0.7-0.9	0.7-0.9	0.7-0.9	0.65-0.95	0.65-0.95	0.6-0.95
未氧化	0.35	0.3	0.1-0.3	0.25	0.25	0.2
熔融	0.35	0.3-0.4	0.3-0.4	0.2-0.3	0.2-0.3	0.2-0.3
铁, 锻造						
钝	0.9	0.9	0.95	0.9	0.9	0.9
铅						
抛光	0.35	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.2	0.05-0.1
粗糙	0.65	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4
氧化		0.3-0.7	0.3-0.7	0.2-0.7	0.2-0.7	0.2-0.6
镁	0.3-0.8	0.05-0.3	0.05-0.2	0.03-0.15	0.03-0.15	0.02-0.1
汞		0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.15	0.05-0.15

材料	金属 发射率					
	1 μm	1.6 μm	2.3 μm	3.9 μm	5 μm	8 - 14 μm
钨						
氧化	0.5-0.9	0.4-0.9	0.4-0.9	0.3-0.7	0.3-0.7	0.2-0.6
未氧化	0.25-0.35	0.1-0.35	0.1-0.3	0.1-0.15	0.1-0.15	0.1
蒙乃尔合金 (镍-铜)	0.3	0.2-0.6	0.2-0.6	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1-0.14
氧化						0.7-0.9
镍						
氧化	0.8-0.9	0.4-0.7	0.4-0.7	0.3-0.6	0.3-0.6	0.2-0.5
电解	0.2-0.4	0.1-0.3	0.1-0.2	0.1-0.15	0.1-0.15	0.05-0.15
铂						
黑		0.95	0.95	0.9	0.9	0.9
银		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
钢						
冷轧	0.8-0.9	0.8-0.9		0.8-0.9	0.8-0.9	0.7-0.9
研磨片			0.6-0.7	0.5-0.7	0.5-0.7	0.4-0.6
抛光片	0.35	0.25	0.2	0.1	0.1	0.1
熔融	0.35	0.25-0.4	0.25-0.4	0.1-0.2	0.1-0.2	
氧化	0.8-0.9	0.8-0.9	0.8-0.9	0.7-0.9	0.7-0.9	0.7-0.9
不锈	0.35	0.2-0.9	0.2-0.9	0.15-0.8	0.15-0.8	0.1-0.8
锡 (未氧化)	0.25	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05	0.05	0.05
钛						
抛光	0.5-0.75	0.3-0.5	0.2-0.5	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05-0.2
氧化		0.6-0.8	0.6-0.8	0.5-0.7	0.5-0.7	0.5-0.6
钨			0.1-0.6	0.05-0.5	0.05-0.5	0.03
抛光	0.35-0.4	0.1-0.3	0.1-0.3	0.05-0.25	0.05-0.25	0.03-0.1
锌						
氧化	0.6	0.15	0.15	0.1	0.1	0.1
抛光	0.5	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02

表 11-2：非金属典型发射率值

材料	非金属 发射率					
	1 μm	1.6 μm	2.3 μm	5 μm	7.9 μm	8 – 14 μm
石棉	0.9		0.8	0.9		0.95
沥青				0.95	0.95-1.00	0.95
玄武岩				0.7		0.7
碳						
未氧化	0.8-0.95		0.8-0.9	0.8-0.9		0.8-0.9
石墨	0.8-0.9		0.8-0.9	0.7-0.9	0.45-0.70	0.7-0.8
碳化硅			0.95	0.9		0.9
陶瓷	0.4		0.8-0.95	0.8-0.95		0.95
粘土			0.8-0.95	0.85-0.95		0.95
焦炭	0.95-1.00	0.95-1.00	0.95-1.00	0.95-1.00	0.95-1.00	0.95-1.00
混凝土	0.65		0.9	0.9		0.95
布				0.95		0.95
玻璃						
板			0.2	0.98	0.98	0.85
“团块”			0.4-0.9	0.9		
沙砾				0.95		0.95
石膏				0.4-0.97		0.8-0.95
冰						0.98
石灰岩				0.4-0.98		0.98
涂料（无铝）					0.90-1.00	0.9-0.95
纸（任何颜色）				0.95	0.90-1.00	0.95
塑料，不透明 500 μm 厚 (20 mils)				0.95		0.95
橡胶				0.9	0.95-1.00	0.95
沙				0.9		0.9
雪						0.9
土						0.9-0.98
水						0.93
木，天然				0.9-0.95	0.90-1.00	0.9-0.95