

# optris® CSlaser

LT/ 2M

红外测温仪



操作手册

 **optris**  
infrared thermometers



## CE认证

本产品符合下列标准:

|       |                        |
|-------|------------------------|
| 电磁兼容性 | EN 61326-1:2006 (基本要求) |
|       | EN 61326-2-3:2006      |
| 安全规则  | EN 61010-1:2001        |
| 激光安全  | EN 60825-1:2007        |

本产品满足: 电子兼容性要求 2004/108/EG  
低电压要求 2006/95/EG



Optris GmbH  
Ferdinand-Buisson-Str. 14  
D - 13127 Berlin  
GERMANY

Tel.: +49-30-500 197-0  
Fax: +49-30-500 197-10

E-mail: [info@optris.de](mailto:info@optris.de)  
Internet: [www.optris.com](http://www.optris.com)

使用之前仔细阅读此手册。生产商保留在技术进步时改变产品参数权利, 涉及到的章节使用▶标志。

### 注意

每个产品都通过了质量控制流程。尽管这样, 如果出现故障请立即和产品服务商联系。产品质保期是从交货期开始的12个月。产品质保期过后, 制造商对维修或替代的产品部件提供额外的6个月的质保期。质保期不适用于因使用不当造成的损坏。制造商对因使用本仪器而造成的损坏不负责任。保修期内产品出现故障, 制造商只提供更换、标定和维修服务。运输费用由寄件人承担。制造商有权更换部件。因使用不当造成损坏, 使用者要付维修费, 在维修之前要预付预估额维修费用。

---

## 目录

|        | 页码 |                | 页码 |
|--------|----|----------------|----|
| 描述     | 3  | 激光瞄准           | 24 |
| 供货范围   | 3  | 连接软件           | 25 |
| 维修保养   | 3  | 安装             | 25 |
| 注意事项   | 3  | 通讯设置           | 26 |
| 型号概述   | 4  | 数字指令设置         | 27 |
| 出厂设置   | 4  | 红外测温原理         | 28 |
| 技术参数   | 6  | 发射率            | 29 |
| 基本性能   | 6  | 定义             | 29 |
| 电气参数   | 7  | 发射率的测定         | 29 |
| 测量参数   | 8  | 典型发射率          | 30 |
| 光路图    | 9  | 附录A - 金属材料发射率  | 31 |
| 机械安装   | 14 | 附录B - 非金属材料发射率 | 33 |
| 附件     | 15 |                |    |
| 安装支架   | 15 |                |    |
| 空气吹扫器  | 16 |                |    |
| 水冷保护套  | 17 |                |    |
| 电气安装   | 18 |                |    |
| 电缆连接   | 18 |                |    |
| 模拟模式   | 20 |                |    |
| 数字模式   | 20 |                |    |
| 数模结合模式 | 21 |                |    |
| 最大回路阻抗 | 22 |                |    |
| 发射率设置  | 23 |                |    |

---

## 介绍

CSlaser 系列采用非接触式红外测温探测器。

红外测温仪根据物体的红外辐射能量来计算物体的表面温度。[►基于红外测温原理]

在任何距离，双激光配合精确瞄准被测量物体的表面，以指示实际测量光斑的位置和大小。

CSlaser 的探头采用不锈钢外壳来保护探测器（满足IP65/ NEMA-4 ）。

CSlaser传感探头是一个精密的光学系统，请仅用螺纹连接作为机械安装方式。

探头避免机械性破坏 - 这样可能损伤系统（非质保范围）

## 商品包含

- CSlaser
- 安装螺母和紧固支架
- 连接线缆（连接器版本可选）
- 操作手册

## 维护保养

镜头清洁：用洁净的压缩空气吹掉松散的灰尘。

镜头表面的清洁：将棉布沾水或沾取水稀释过的镜头液，利用湿软的棉布进行清洁。

注意：请勿使用对镜头和探头具有溶解性的洗涤剂进行清理。

---

## 警告

避免环境温度突然变化。

在使用CSLaser过程中若有问题或疑惑，请与我们的服务部门联系。

## 型号概述

CSlaser系列所使用探测器有如下版本：

| 型号         | 型号代码 | 测温范围         | 光谱响应         | 典型应用    |
|------------|------|--------------|--------------|---------|
| CSlaser LT | LT   | -50°C~975°C  | 8 μ m~14 μ m | 非金属表面   |
| CSlaser 2M | 2MH  | 385°C~1600°C | 1.6 μ m      | 金属和陶瓷表面 |

在操作手册的后续章节我们将使用型号代码来进行产品描述。

## 出厂设置

测温仪在交货时的参数预置

| 温度信号输出     | 4-20 mA                                                                                                                                        |    |     |   |     |     |      |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----|---|-----|-----|------|
| 发射率（经按钮设置） | 0.970 [LT]<br>1.000 [2MH]                                                                                                                      |    |     |   |     |     |      |
| 发射率（经软件设置） | 1.000                                                                                                                                          |    |     |   |     |     |      |
| 透射率        | 1.000                                                                                                                                          |    |     |   |     |     |      |
| 平均值时间      | 0.2s [LT]<br>0.1s [2M]                                                                                                                         |    |     |   |     |     |      |
| 智能平均值      | 未激活 [LT]<br>激活 [2MH]                                                                                                                           |    |     |   |     |     |      |
| 峰值保持       | 未激活                                                                                                                                            |    |     |   |     |     |      |
| 谷值保持       | 未激活                                                                                                                                            |    |     |   |     |     |      |
|            | <table><thead><tr><th>LT</th><th>2MH</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>385</td></tr><tr><td>500</td><td>1600</td></tr></tbody></table> | LT | 2MH | 0 | 385 | 500 | 1600 |
| LT         | 2MH                                                                                                                                            |    |     |   |     |     |      |
| 0          | 385                                                                                                                                            |    |     |   |     |     |      |
| 500        | 1600                                                                                                                                           |    |     |   |     |     |      |
| 下限温度 [°C]  |                                                                                                                                                |    |     |   |     |     |      |
| 上限温度 [°C]  |                                                                                                                                                |    |     |   |     |     |      |
| 下限信号输出     | 4mA                                                                                                                                            |    |     |   |     |     |      |
| 上限信号输出     | 20mA                                                                                                                                           |    |     |   |     |     |      |
| 温度单位       | °C                                                                                                                                             |    |     |   |     |     |      |
| 环温补偿       | 顶端内置温度探头                                                                                                                                       |    |     |   |     |     |      |
| 激光         | 开启                                                                                                                                             |    |     |   |     |     |      |

智能平均值是指随着显著信号  
临界改变而变化的动态平均值  
[仅通过软件激活]

---

## 技术参数

### 基本性能

|                    |                               |
|--------------------|-------------------------------|
| 防护等级               | IP65 (NEMA-4)                 |
| 环境温度 <sup>1)</sup> | -20...85°C                    |
| 存储温度               | -40...85°C                    |
| 相对湿度               | 10...95%, 不结露                 |
| 材料                 | 不锈钢                           |
| 尺寸                 | 100mm x 50mm, M48x1.5         |
| 重量                 | 600 g                         |
| 电缆长度<br>(仅连接器版本可选) | 3m, 8m, 15m                   |
| 电缆直径               | 5 mm                          |
| 电缆使用环温             | 105°C 上限温度. [耐高温电缆(选件):180°C] |
| 抗振动性能              | IEC 68-2-6:3G, 11-200Hz, 任意方向 |
| 抗冲击性能              | IEC 68-2-27: 50G, 11ms, 任意方向  |
| 软件(选件)             | CompactConnect                |

<sup>1)</sup> 在环境温度大于50°C时, 激光将自动关闭。

---

## 电气参数

|          |                                       |
|----------|---------------------------------------|
| 电源       | 5 - 28VDC                             |
| 工作电流（激光） | 45mA @ 5V<br>20mA @ 12V<br>12mA @ 24V |
| 瞄准激光     | 635nm, 1mW, 开/关通过按键（开启前需设置）或软件控制      |
| 输出/模拟    | 4 - 20mA 电流回路                         |
| 报警输出     | 可编程的回路连接器以RxD pin输出[0-30 V/ 500 mA]   |
| 输出电阻     | 最大回路电阻1000 $\Omega$ （依赖于供电电压）         |
| 输出/数字    | 单/双向, 9.6K波特, 0/3V数字电平, USB可选         |

---

## 测量参数

|                    | LT                                          | 2MH                          |
|--------------------|---------------------------------------------|------------------------------|
| 测温范围 (可调)          | -50...975°C                                 | 385...1600°C                 |
| 光谱响应               | 8...14 μm                                   | 1.6 μm                       |
| 光学分辨率              | 50:1                                        | 300:1                        |
| 系统精度 <sup>1)</sup> | ±1°C或者读数的±1% <sup>2)</sup>                  | ±(读数的0.3%+2°C) <sup>3)</sup> |
| 重复性 <sup>1)</sup>  | ±0.5°C或者读数的±0.5% <sup>2)</sup>              | ±(读数的0.1%+1°C) <sup>3)</sup> |
| 温度分辨率              | 0.1 K <sup>2)</sup>                         | 0.1°C                        |
| 响应时间 (90%)         | 150ms                                       | 10ms                         |
| Warm-up时间          | 10 min                                      | -                            |
| 发射率                | 0.100...1.100 (通过软件或按键可调)                   |                              |
| 红外窗口修正             | 0.100...1.000 (通过软件可调)                      |                              |
| 信号处理               | 平均值, 峰值保持, 谷值保持, 在临界值和滞后的延续保持功能<br>(通过软件可调) |                              |

<sup>1)</sup> 环境温度23±5°C; 取大值

<sup>2)</sup> 在目标温度大于0°C时

<sup>3)</sup> 发射率=1/响应时间是1s

## 光路图

下面的光路图表明测量光斑的直径依赖于被测目标与测量头之间的距离。  
测量光斑大小对应90%的辐射能量。  
距离是从探头前部边缘开始计算的。

被测物体的大小和红外测温仪的光学分辨率决定了测温探头和被测物体之间的最大距离。  
为避免测量误差，被测物体应完全填满测温仪的光学视场。  
因此，测量直径在任何时间至少与被测物体一样大，或者小于被测物体。

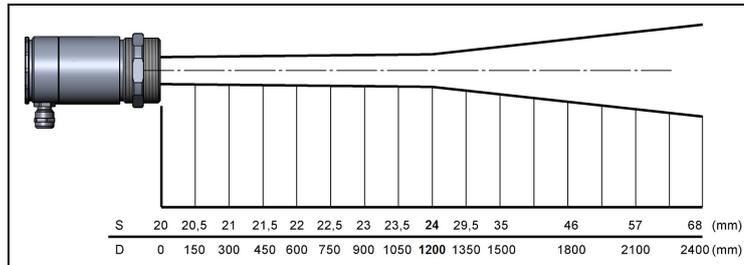
D: 从探头前端到被测目标之间的距离  
S: 测量光斑的直径

LT

光学: SF

D:S (焦距距离) = 50:1/ 24mm@ 1200mm

D:S (远距离) = 20:1

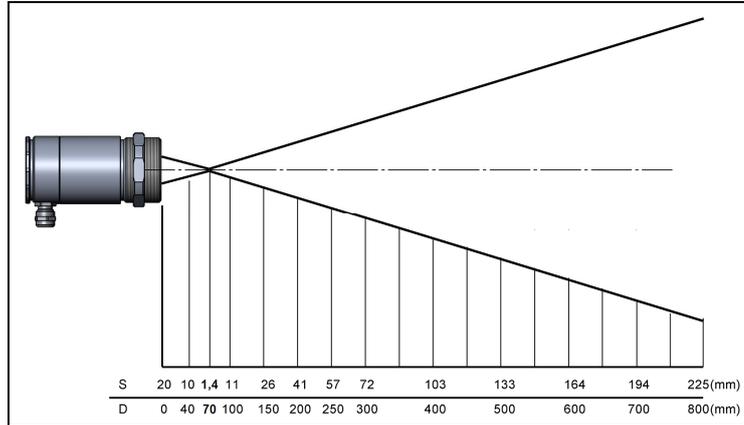


LT

光学: CF1

D:S (焦点距离) = 50:1/ 1,4mm@ 70mm

D:S (远距离) = 1,5:1

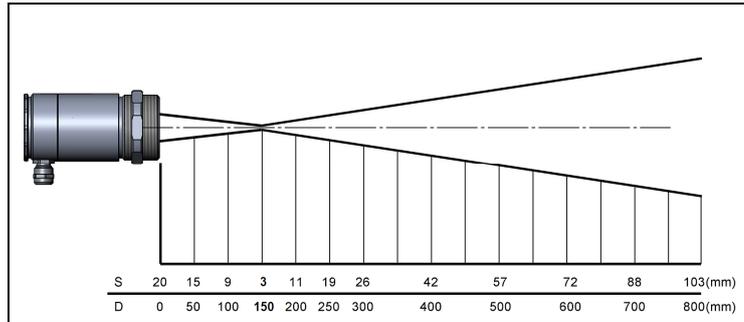


LT

光学: CF2

D:S (焦点距离) = 50:1/ 3mm@ 150mm

D:S (远距离) = 6:1

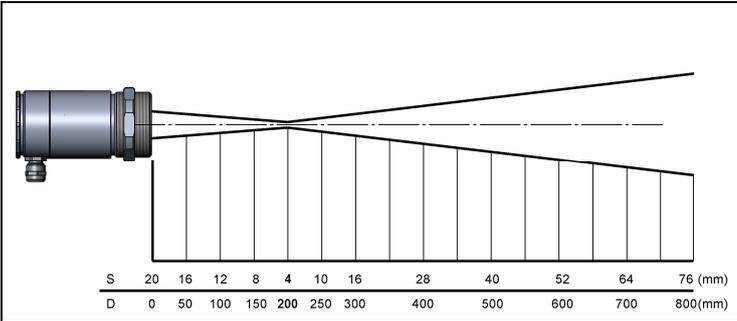




光学: CF3

D:S (焦点距离) = 50:1/ 4mm@ 200mm

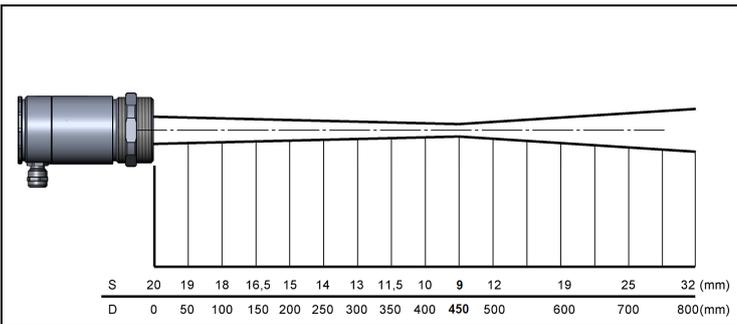
D:S (远距离) = 8:1



Optics: CF4

D:S (焦点距离) = 50:1/ 9mm@ 450mm

D:S (远距离) = 16:1

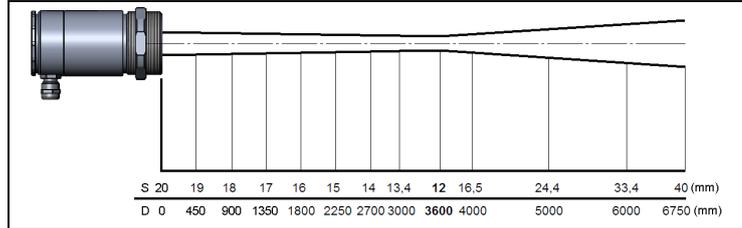


2MH

光学: FF

D:S (焦点距离) = 300:1/ 12mm@ 3600mm

D:S (远距离) = 115:1

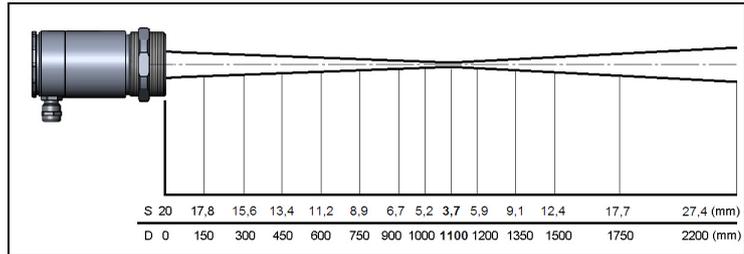


2MH

Optics: SF

D:S (焦点距离) = 300:1/ 3,7mm@ 1100mm

D:S (远距离) = 48:1

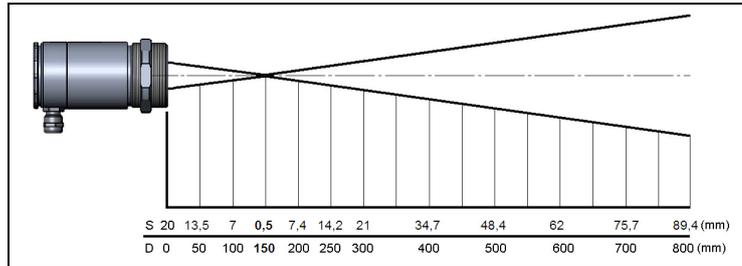


2MH

Optics: CF2

D:S (焦点距离) = 300:1/ 0,5mm@ 150mm

D:S (远距离) = 7,5:1

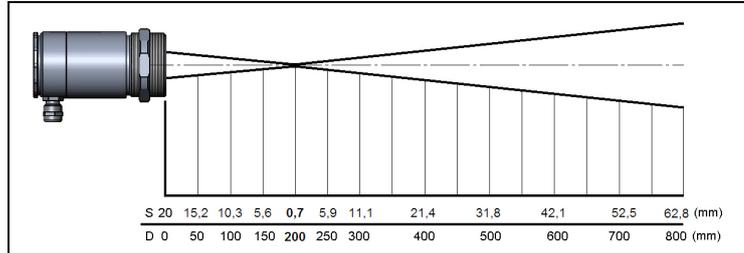


2MH

光学: CF3

D:S (焦点距离) = 300:1/ 0,7mm@ 200mm

D:S (远距离) = 10:1

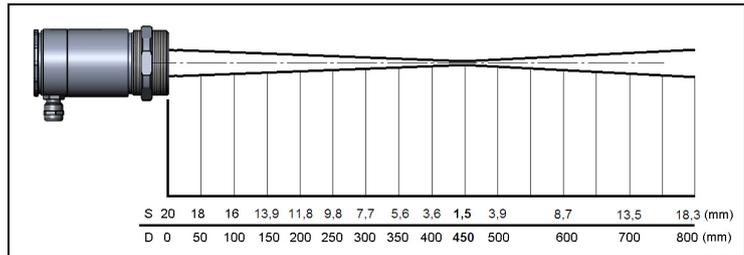


2MH

Optics: CF4

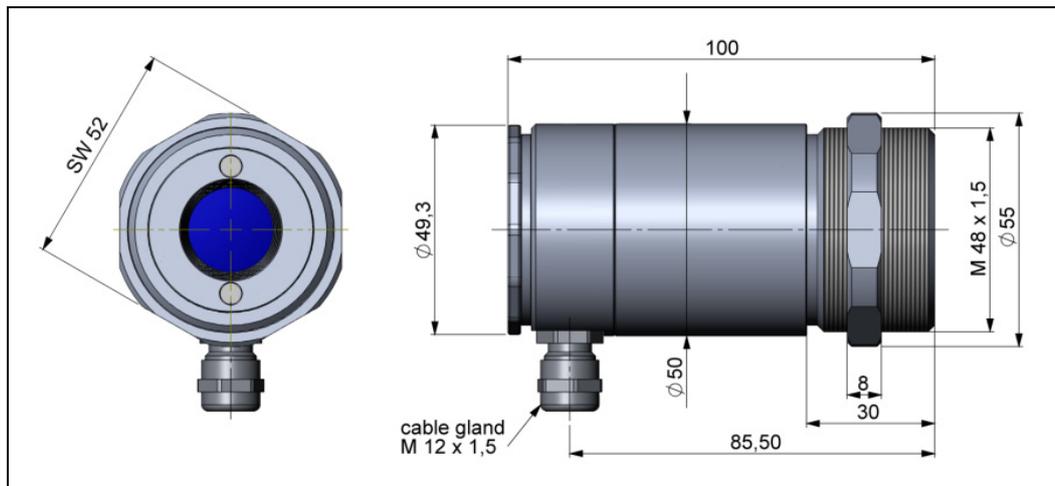
D:S (焦点距离) = 300:1/ 1,5mm@ 450mm

D:S (远距离) = 22:1



## 机械安装

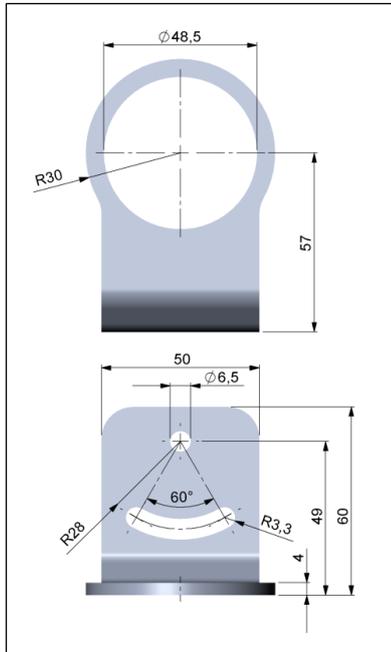
CSlaser配有一个M48x1.5公制螺纹，可以通过传感头直接安装也可以借助提供的安装螺母（标配）和紧固支架（标配）组装成一个有效安装设备。



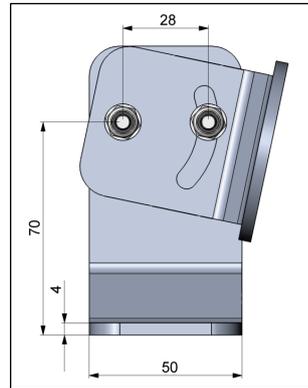
CSlaser传感头

务必保持光路无任何障碍

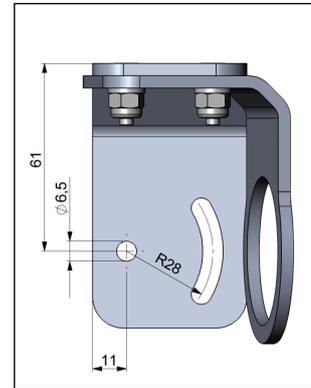
## 附件 安装支架



安装支架，一维可调[ACCTLFB]



安装支架，二维可调[ACCTLAB]

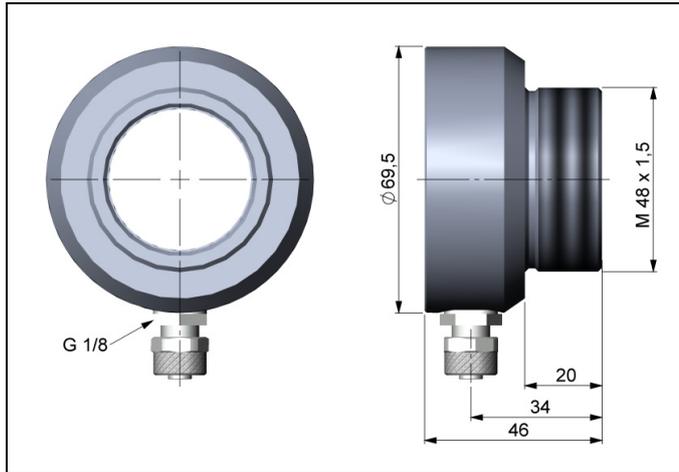


为了使探测器和被测物体精确地在一条直线上，  
请打开双激光。

▶ 操作/ 激光瞄准]

## 空气吹扫器

镜头在任何时候必须保持清洁，避免灰尘、烟尘、烟气及其他污染物的污染造成测温误差。可以用空气吹扫器消除污染物的影响，确定使用的气体是无油的、清洁的。



使用的气流量（大约2~10升/分）  
取决于应用和现场安装环境

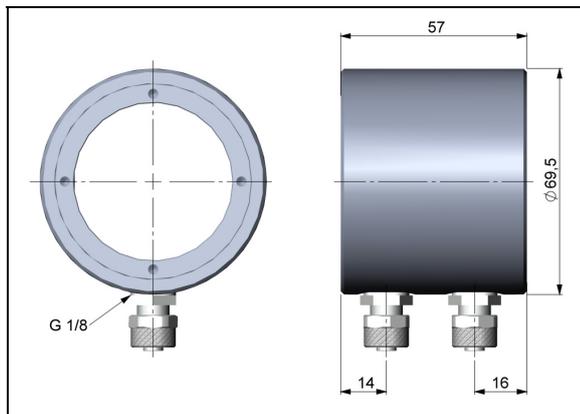


空气吹扫器 [ACCTLAP]

软管连接：6x8 mm

螺纹（适用）：G 1/8 inch

## 水冷保护套



为了避免冷凝水沾在光学器件上，推荐配合使用空气吹扫器。



水冷保护套 [ACCTLW]  
软管连接: 6x8 mm  
螺纹 (适用): G 1/8 inch

CSlaser可以在环温高达85°C时使用而无需冷却。在应用中，当环温达到更高数值时，推荐使用水冷保护套（工作温度高达175°C时）。探测器应当配置可选的耐高温线缆（工作温度高达175°C时）。

► 所有附件可使用 [ ] 内相应的物料编码来订购。

---

## 电气安装

### 电缆连接

#### 基础版

基础版不提供连接线缆，当连接CSLaser时，请首先打开探测头的底部盖板（四个螺丝）。请使用四芯屏蔽线缆，你必须将其连接到电缆接头。安装过程中，请确保保护装置和探测头外壳之间形成安全的电气接触，为了更易安装，可将接线板推移，以远离PCB。



#### 连接器版

这个版本有一个与探测头底部盖板形成一体的连接器插头。不必打开探测头的底部盖板，请使用已备好的适合的连接线缆（可选附件）。如果使用自备线缆，请记录下连接器的引脚分配（详见下页）。



#### 电源

请使用输出为5-28VDC/100mA的电源。

## 引脚定义 (探测器端子模块)

|         |           |
|---------|-----------|
| RXD     | 接收数据 (数字) |
| TXD     | 传送数据 (数字) |
| LOOP +  | 电流环路 (+)  |
| LOOP -  | 电流环路 (-)  |
| LASER - | 激光电源 (-)  |
| LASER + | 激光电源 (+)  |

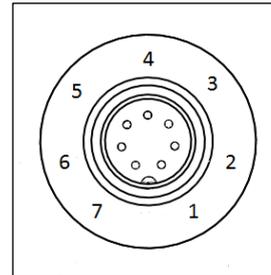
在探测器端子模块上方有两个旋钮开关  
[▶用于调节发射率]



带有端子模块的探测器背面

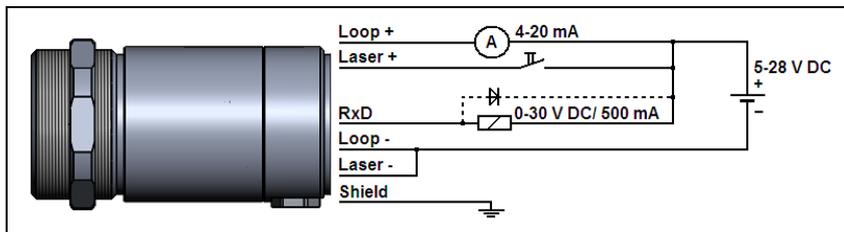
## 连接器插头的引脚分配 (仅适用于连接器版)

| 引脚 | 定义      | 接线颜色 (原始的探测器线缆) |
|----|---------|-----------------|
| 1  | TXD     | 黄色              |
| 2  | LOOP -  | 棕色              |
| 3  | LOOP +  | 白色              |
| 4  | RXD     | 绿色              |
| 5  | LASER - | 灰色              |
| 6  | LASER + | 粉色              |
| 7  | -       |                 |



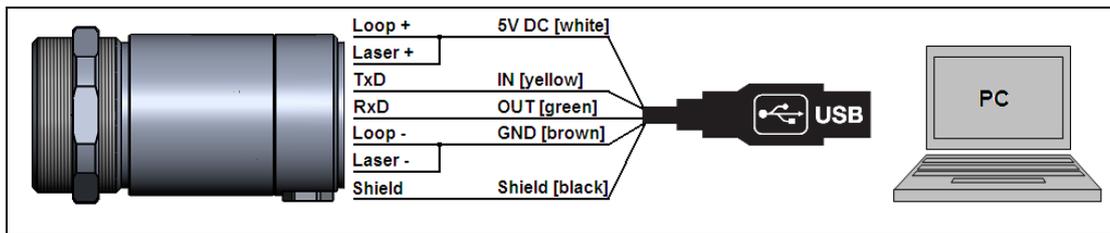
连接器插头 (外部可见)

## 模拟模式



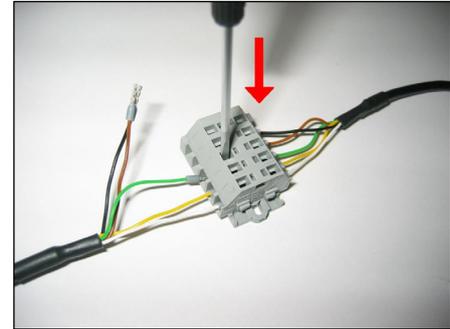
CSlaser作为模拟装备使用时，探测器提供4-20mA信号，此外，引脚RxD提供报警输出（打开容器）。必须使用软件（可选件）以激活报警输出和设置报警临界值。瞄准激光供电线路必须被指引经过开关或者按钮，必须安装在距探测器安装位置不超过2米远的位置。

## 数字模式



数字模式下探测器和激光使用USB接口5V供电，激光打开/关闭通过软件设置。

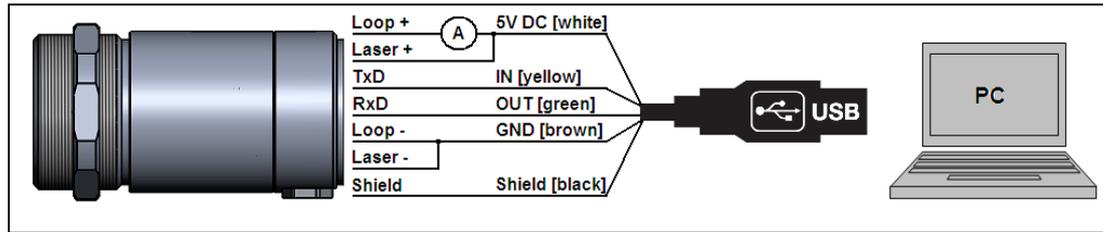
为了实现数字通讯选件USB可编程配套器件是必备的。通过接线端子连接USB线缆与探测器线缆，使线缆中每两根颜色相同的电线相连。如图使用螺丝刀旋开接线端。或者USB线缆也可以接连接到探测器。  
[▶ 电缆连接]



探测器具有两种数字通讯方式。

- 双向通讯(传送和接收数据)
- 单向通讯(触发模式-探测器只传送数据)

## 数模结合模式

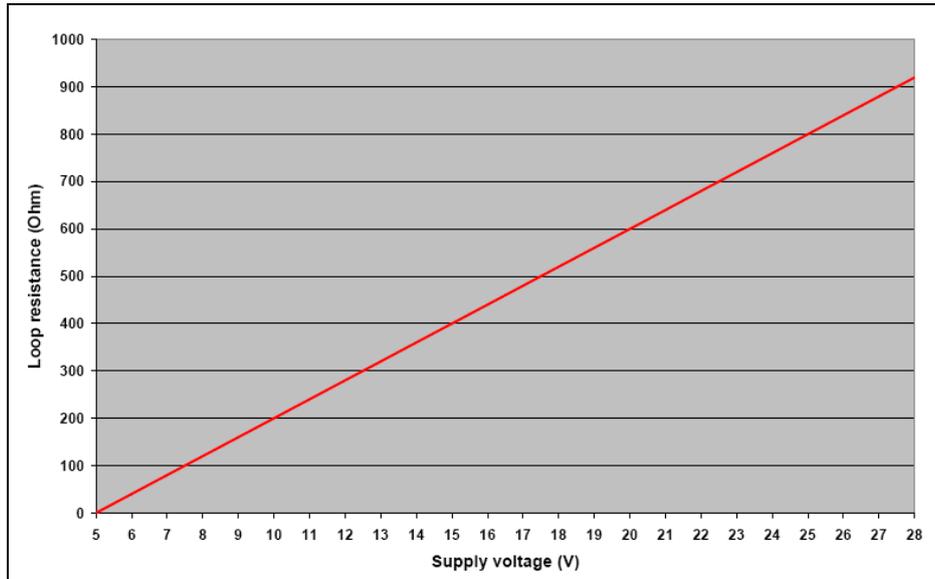


CSlaser能够在数字模式下工作，同时也可用做模拟设备(4-20mA)。在这种情况下，探测器使用USB(5V)供电。

---

## 最大回路阻抗

当前循环的最大回路阻抗取决于供电电压：





---

## 激光瞄准

CTlaser内置了双激光瞄准。不依赖于距离，两束激光指示测量光斑的精确位置和大小。在对应的光学焦点 [▶光路图]，两束激光交叉，光斑最小显示为一个点。完美实现探头到测量目标在一条直线上。

警告：不要使激光直接对着人和动物的眼睛，不要凝视激光束，避免通过反射面的间接照射。

瞄准激光供电线路必须被指引经过开关或者按钮，必须安装在距探测器安装位置不超过2米远的位置。

激光的打开/关闭，通过使用者现场设置拨码开关，或者通过软件。  
在环温 $>50^{\circ}\text{C}$ 时，激光自动关闭。



## CompactConnect软件

### 安装

将安装软件CD插入电脑光驱中，如果激活自动安装选项，安装向导自动开始。

否则，请从光驱运行程序setup.exe，跟随安装向导说明进行操作，直到安装完成。

#### 最低系统配置:

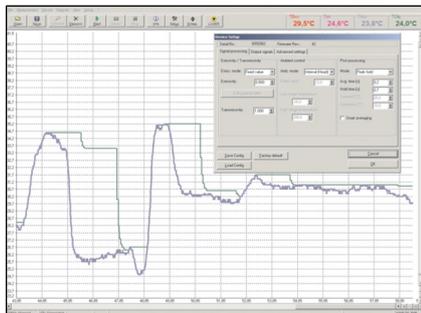
- Windows XP
- USB接口
- 至少30M的硬盘可用空间
- 至少128M的内存
- CD-ROM驱动器

安装向导程序会在桌面和开始菜单放置启动图标:

[开始]\程序\CompactConnect软件

如果想要从系统中卸载软件，请点击开始菜单中的**uninstall**图标。

### CD上有软件的详细使用指南



#### 主要特点:

- 温度趋势的图形显示和自动数据记录
- 完善的测温仪设置和远程控制
- 可调节信号处理功能
- 输出和功能输入可编程设定

---

## 通讯设置

串行接口

波特率: 9600 baud  
数据位: 8  
奇偶校验: none  
停止位: 1  
流控制: off

协议

所有的CSlaser系列使用二进制协议。为了实现快速通讯，协议在CR, LR 或 ACK字节上无额外字头。仪器通电必须设置控制信号 „DTR “。

## 数字指令设置

| CSlaser指令 |      |         |                            |             |                   |                                                                        |    |
|-----------|------|---------|----------------------------|-------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 十进制       | 十六进制 | 二进制/标准码 | 指令                         | 数据          | 答案                | 结果                                                                     | 单位 |
| 1         | 0x01 | binary  | READ Temp - Target         | keine       | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2} - 1000) / 10$               | °C |
| 2         | 0x02 | binary  | READ Temp - Head           | keine       | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2} - 1000) / 10$               | °C |
| 3         | 0x03 | binary  | READ current Temp - Target | keine       | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2} - 1000) / 10$               | °C |
| 4         | 0x04 | binary  | READ Emissivity            | keine       | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2}) / 1000$                    |    |
| 5         | 0x05 | binary  | READ Transmission          | keine       | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2}) / 1000$                    |    |
| 9         | 0x09 | binary  | READ Processor Temperature | keine       | byte1             | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2} - 1000) / 10$               |    |
| 14        | 0x0E | binary  | READ Serial number         | keine       | byte1 byte2 byte3 | $= \text{byte1} \times 65536 + \text{byte2} \times 256 + \text{byte3}$ |    |
| 15        | 0x0F | binary  | READ FW Rev.               | keine       | byte1 byte2       | $= \text{byte1} \times 256 + \text{byte2}$                             |    |
| 129       | 0x81 | binary  | SET DAC mA                 | byte1       | byte1             | $\text{byte 1} = \text{mA} \times 10$ (z.B. 4mA = 4 x 10=40)           | °C |
| 130       | 0x82 | binary  | RESET of DAC mA output     |             |                   |                                                                        |    |
| 132       | 0x84 | binary  | SET Emissivity             | byte1 byte2 | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2}) / 1000$                    |    |
| 133       | 0x85 | binary  | SET Transmission           | byte1 byte2 | byte1 byte2       | $= (\text{byte1} \times 256 + \text{byte2}) / 1000$                    |    |

举例（所有字节采用二进制）

目标温度的读出

发送:           01            目标温度读出指令

接收:           04 D3        十分之一的目标温度 +1000

04 D3 = dec. 1235  
1235 - 1000 = 235  
235 / 10 = **23,5 °C**

发射率设置

发送:           84 03 B6                03B6 = dec. 950

接收:           03 B6                950 / 1000 = **0,950**

---

## 红外测温原理

任何物体都有红外辐射，辐射强度随着温度的变化而变化。

红外测温使用的热辐射中的波长范围为 $1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 。

物体的辐射强度取决于物体的材料，我们用一个已知的常数来描述各种材料发射红外辐射的特性，这就是发射率。（见附录发射率表）

红外测温仪是光电子传感器，它基于物体的红外辐射计算表面温度。红外测温仪最重要的特点是使用者可以非接触地测量物体温度。因此，红外测温仪可以帮助人们毫无困难地测量难于接近和运动的物体。

红外测温仪由如下部件组成：

- 透镜
- 光谱滤波器
- 探测器
- 电子线路(放大器/线性化/信号处理)

镜头的规格决定了红外测温仪的光路，用距离和光斑直径的比值来表示。

光谱滤波器选择和温度测量有关的波长的范围，探测器与电子线路一起将红外辐射的能量转变成电信号。

---

## 发射率

### 定义

任何物体发射红外辐射，红外辐射的强度和物体温度有关，也和被测物的表面材料的辐射特性有关。发射率( $\epsilon$ )是用来描述物体发射红外能量能力的材料常数，它的大小范围是0~100%，黑体是发射率为1.0的理想辐射源,相反镜子的发射率是0.1。

如果发射率选得太高，红外测温仪显示的温度值会远低于实际温度值(假定被测物的温度高于环境温度)，低发射率(反射镜面)可能由于背景物(火焰、加热系统、耐火材料)的红外辐射干扰造成测量不正确。为降低这种情况下的测量误差，必须小心安装、探头要避免反射性的红外辐射源。

### 发射率的测定

- ▶ 首先，用热电偶或接触传感器测定被测物的实际温度，用红外测温仪测量温度同时调试发射率直到显示的温度和实际温度相同。
- ▶ 如果你所测量的温度达到380°C，你可以将一个特殊的塑料片(发射率标签：ACLSED)放置在被测物体上，使被测物体完全覆盖塑料片，将红外测温仪的发射率设置成0.95，测出塑料片的温度，然后测量塑料片周围的温度，调节发射率使显示值和塑料片的温度一致。

- 
- 将被测物体的一部分表面用发射率为0.98的黑颜料涂平，将红外测温仪的发射率调为0.98，测出该部分的温度，然后测量相邻边缘的温度并调节发射率直到显示值与刚才测量的温度一致。

注意：使用这三种方法确定发射率时，物体温度必须和环境温度不同。

## 典型发射率

如果上面的方法都不能确定发射率，可以用►附录A和B的发射率表。这些只是一般的数据，材料的实际发射率取决于下面的因素：

- 温度
- 测量角度
- 表面几何形状
- 材料的厚度
- 材料的表面结构(抛光、氧化、粗糙度、喷砂处理)
- 测量光谱范围
- 透射率(比如用薄膜)

## 附录 A - 金属发射率表

| 材料                |                  | 发射率      |           |           |           |
|-------------------|------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                   |                  | 1,0 μm   | 1,6 μm    | 5,1 μm    | 8-14 μm   |
| Spectral response |                  |          |           |           |           |
| Aluminium         | non oxidized     | 0,1-0,2  | 0,02-0,2  | 0,02-0,2  | 0,02-0,1  |
|                   | polished         | 0,1-0,2  | 0,02-0,1  | 0,02-0,1  | 0,02-0,1  |
|                   | roughened        | 0,2-0,8  | 0,2-0,6   | 0,1-0,4   | 0,1-0,3   |
|                   | oxidized         | 0,4      | 0,4       | 0,2-0,4   | 0,2-0,4   |
| Brass             | polished         | 0,35     | 0,01-0,05 | 0,01-0,05 | 0,01-0,05 |
|                   | roughened        | 0,65     | 0,4       | 0,3       | 0,3       |
|                   | oxidized         | 0,6      | 0,6       | 0,5       | 0,5       |
| Copper            | polished         | 0,05     | 0,03      | 0,03      | 0,03      |
|                   | roughened        | 0,05-0,2 | 0,05-0,2  | 0,05-0,15 | 0,05-0,1  |
|                   | oxidized         | 0,2-0,8  | 0,2-0,9   | 0,5-0,8   | 0,4-0,8   |
| Chrome            |                  | 0,4      | 0,4       | 0,03-0,3  | 0,02-0,2  |
| Gold              |                  | 0,3      | 0,01-0,1  | 0,01-0,1  | 0,01-0,1  |
| Haynes            | alloy            | 0,5-0,9  | 0,6-0,9   | 0,3-0,8   | 0,3-0,8   |
| Inconel           | electro polished | 0,2-0,5  | 0,25      | 0,15      | 0,15      |
|                   | sandblast        | 0,3-0,4  | 0,3-0,6   | 0,3-0,6   | 0,3-0,6   |
|                   | oxidized         | 0,4-0,9  | 0,6-0,9   | 0,6-0,9   | 0,7-0,95  |
| Iron              | non oxidized     | 0,35     | 0,1-0,3   | 0,05-0,25 | 0,05-0,2  |
|                   | rusted           |          | 0,6-0,9   | 0,5-0,8   | 0,5-0,7   |
|                   | oxidized         | 0,7-0,9  | 0,5-0,9   | 0,6-0,9   | 0,5-0,9   |
|                   | forged, blunt    | 0,9      | 0,9       | 0,9       | 0,9       |
|                   | molten           | 0,35     | 0,4-0,6   |           |           |
| Iron, casted      | non oxidized     | 0,35     | 0,3       | 0,25      | 0,2       |
|                   | oxidized         | 0,9      | 0,7-0,9   | 0,65-0,95 | 0,6-0,95  |

| 材料                |                | 发射率       |           |           |           |
|-------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Spectral response |                | 1,0 μm    | 1,6 μm    | 5,1 μm    | 8-14 μm   |
| Lead              | polished       | 0,35      | 0,05-0,2  | 0,05-0,2  | 0,05-0,1  |
|                   | roughened      | 0,65      | 0,6       | 0,4       | 0,4       |
|                   | oxidized       |           | 0,3-0,7   | 0,2-0,7   | 0,2-0,6   |
| Magnesium         |                | 0,3-0,8   | 0,05-0,3  | 0,03-0,15 | 0,02-0,1  |
| Mercury           |                |           | 0,05-0,15 | 0,05-0,15 | 0,05-0,15 |
| Molybdenum        | non oxidized   | 0,25-0,35 | 0,1-0,3   | 0,1-0,15  | 0,1       |
|                   | oxidized       | 0,5-0,9   | 0,4-0,9   | 0,3-0,7   | 0,2-0,6   |
| Monel (Ni-Cu)     |                | 0,3       | 0,2-0,6   | 0,1-0,5   | 0,1-0,14  |
| Nickel            | electrolytic   | 0,2-0,4   | 0,1-0,3   | 0,1-0,15  | 0,05-0,15 |
|                   | oxidized       | 0,8-0,9   | 0,4-0,7   | 0,3-0,6   | 0,2-0,5   |
| Platinum          | black          |           | 0,95      | 0,9       | 0,9       |
| Silver            |                | 0,04      | 0,02      | 0,02      | 0,02      |
| Steel             | polished plate | 0,35      | 0,25      | 0,1       | 0,1       |
|                   | rustless       | 0,35      | 0,2-0,9   | 0,15-0,8  | 0,1-0,8   |
|                   | heavy plate    |           |           | 0,5-0,7   | 0,4-0,6   |
|                   | cold-rolled    | 0,8-0,9   | 0,8-0,9   | 0,8-0,9   | 0,7-0,9   |
|                   | oxidized       | 0,8-0,9   | 0,8-0,9   | 0,7-0,9   | 0,7-0,9   |
| Tin               | non oxidized   | 0,25      | 0,1-0,3   | 0,05      | 0,05      |
| Titanium          | polished       | 0,5-0,75  | 0,3-0,5   | 0,1-0,3   | 0,05-0,2  |
|                   | oxidized       |           | 0,6-0,8   | 0,5-0,7   | 0,5-0,6   |
| Wolfram           | polished       | 0,35-0,4  | 0,1-0,3   | 0,05-0,25 | 0,03-0,1  |
| Zinc              | polished       | 0,5       | 0,05      | 0,03      | 0,02      |
|                   | oxidized       | 0,6       | 0,15      | 0,1       | 0,1       |

## 附录 B - 非金属发射率表

| 材料                        | 发射率               |                   |                   |                   |                    |
|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
|                           | Spectral response | 1,0 $\mu\text{m}$ | 2,2 $\mu\text{m}$ | 5,1 $\mu\text{m}$ | 8-14 $\mu\text{m}$ |
| Asbestos                  |                   | 0,9               | 0,8               | 0,9               | 0,95               |
| Asphalt                   |                   |                   |                   | 0,95              | 0,95               |
| Basalt                    |                   |                   |                   | 0,7               | 0,7                |
| Carbon                    | non oxidized      |                   | 0,8-0,9           | 0,8-0,9           | 0,8-0,9            |
|                           | graphite          |                   | 0,8-0,9           | 0,7-0,9           | 0,7-0,8            |
| Carborundum               |                   |                   | 0,95              | 0,9               | 0,9                |
| Ceramic                   |                   | 0,4               | 0,8-0,95          | 0,8-0,95          | 0,95               |
| Concrete                  |                   | 0,65              | 0,9               | 0,9               | 0,95               |
| Glass                     | plate             |                   | 0,2               | 0,98              | 0,85               |
|                           | melt              |                   | 0,4-0,9           | 0,9               |                    |
| Grit                      |                   |                   |                   | 0,95              | 0,95               |
| Gypsum                    |                   |                   |                   | 0,4-0,97          | 0,8-0,95           |
| Ice                       |                   |                   |                   |                   | 0,98               |
| Limestone                 |                   |                   |                   | 0,4-0,98          | 0,98               |
| Paint                     | non alkaline      |                   |                   |                   | 0,9-0,95           |
| Paper                     | any color         |                   |                   | 0,95              | 0,95               |
| Plastic >50 $\mu\text{m}$ | non transparent   |                   |                   | 0,95              | 0,95               |
| Rubber                    |                   |                   |                   | 0,9               | 0,95               |
| Sand                      |                   |                   |                   | 0,9               | 0,9                |
| Snow                      |                   |                   |                   |                   | 0,9                |
| Soil                      |                   |                   |                   |                   | 0,9-0,98           |
| Textiles                  |                   |                   |                   | 0,95              | 0,95               |
| Water                     |                   |                   |                   |                   | 0,93               |
| Wood                      | natural           |                   |                   | 0,9-0,95          | 0,9-0,95           |