



日揚國際事業股份有限公司
JD Auspice Co., Ltd.



使用者使用手冊

SR05-D1A3 和 SR05-D2A2

具有各種輸出的數位二級日射強度計



note: subject to change without any notice, JDA pay no responsibility



警告聲明



在主電源的感測器接線上施加超過 30 伏的電壓可能會導致感測器永久性損壞。



對於正確的儀器接地：將SR05與其原廠製造的SR05電纜一起使用。請參閱有關遮罩層的接地和使用章節。



對多個設備使用相同的Modbus位址將導致整個網路的異常行為。



對於每個 SR05 寄存器編號，您的數據請求可能需要 +1 的偏移量，具體取決於網路主站的處理情況。請參閱充當本地主站的設備的手冊。

Modbus 是施耐德電氣的註冊商標，授權給 Modbus Organization, Inc.。



目錄

警告聲明	2
內容	3
符號清單	5
介紹	6
1 交貨時訂購和檢查	10
1.1 訂購 SR05	10
1.2 包含的專案	11
1.3 快速儀器檢查	12
2 儀器原理與理論	13
3 SR05系列規格	16
3.1 SR05-D1A3 和 SR05-D2A2 的規格	16
3.2 SR05 的尺寸	20
4 標準和推薦的使用實踐	21
4.1 分類標準	21
4.2 太陽輻射測量的一般用途	21
4.3 日照持續時間測量的一般用途	21
4.4 特定用途用於戶外光伏系統性能測試	22
4.5 在氣象學和氣候學中的具體用途	23
5 SR05的安裝	24
5.1 選址和安裝	24
5.2 安裝和調平 SR05	25
5.3 安裝 SR05	25
5.4 安裝 SR05 及其球調平和管安裝座	26
5.5 SR05系列電氣連接：接線圖	30
5.6 遮罩層的接地和使用	31
5.7 使用 SR05-D1A3 的類比 0 至 1 V 輸出	32
5.8 使用 SR05-D2A2 的類比 4 至 20 mA 輸出	33
5.9 使用SR05-D1A3 和SR05-D2A2的數字輸出	35
5.10 將 SR05-D1A3 連接到 RS-485 網路	35
5.11 將 SR05-D2A2 連接到 TTL 設備	37
5.12 將 SR05 連接到 PC	38
6 與SR05通信	40
6.1 PC 通信：Sensor Manager 軟體	40
6.2 網路通信：功能代碼、寄存器、線圈	45
6.3 網路通信：入門	52
6.4 網路通信：對SR05的主請求示例	53
7 進行可靠的測量	55
7.1 可靠性的概念	55
7.2 測量的可靠性	56
7.3 維修和保養速度	57
7.4 不確定度評估	57
8 維護和故障排除	60
8.1 建議的維護和質量保證	60
8.2 疑難解答	61
8.3 現場校準和檢查	62
8.4 數據質量保證	63
9 附錄	64
9.1 有關電纜延長/更換的附錄	64
9.2 SR05工具附錄	66



9.3	SR05備件附錄	66
9.4	分類和校準標準附錄	67
9.5	關於校準層次結構的附錄	68
9.6	氣象輻射量附錄	69
9.7	ISO和WMO分類表附錄	70
9.8	日射強度計規格定義附錄	71
9.9	術語/詞彙表附錄	72
9.10	浮點格式轉換附錄	73
9.11	功能代碼、寄存器 and 線圈概述附錄	74
9.12	關於在寄存器中查找感測器型號名稱的附錄	78
9.13	歐盟符合性聲明	79



符號清單

數量	象徵	單位
電壓輸出	U	V
敏感性	S	V/ (寬/米)
太陽輻照度	E	W/m
輸出：0-1 V	U	V
傳輸範圍：0-1 V	r	W/m
4-20 mA 電流環路輸出	I	A
電阻	R	Ω
傳輸範圍為 4-20 mA	r	W/m
(另見附錄9.6關於氣象量)		
下標		
不適用		

介紹

SR05 系列是最實惠的日射強度計系列，符合 ISO 9060 二級要求。它們是（農業）氣象網路和光伏監測系統中一般太陽輻射測量的理想選擇。SR05 易於安裝和安裝。提供各種輸出，包括數位和類比，以便於集成。

SR05日射強度計測量平面接收到的太陽輻射，單位為W/m²，從180視場角。根據其安裝和所需的輸出，可以使用不同的配置。

SR05 採用具有黑色塗層表面的熱電堆感測器、一個圓頂和具有可見氣泡水準的陽極氧化鋁體。SR05 具有多種行業標準輸出，包括數位和類比：

- 版本 SR05-D1A3：數位感測器，帶 Modbus over RS-485 和類比 0-1 V 輸出
- 版本 SR05-D2A2：數位感測器，帶 Modbus over TTL 和 4-20 mA 模擬輸出
- 型號 SR05-A1：具有類比毫伏輸出和
- 版本 SR05-D1A3-PV：數位，通過 RS-485 使用 Modbus，可替代光伏參比電池

本使用者手冊介紹了 SR05 系列中兩個數位感測器的使用：SR05-D1A3 和 SR05-D2A2。這些版本的規格與數位 SR05-D1A3-PV版本和SR05型號的類比版本不同：SR05-A1。對於 SR05-D1A3-PV 或 SR05-A1 的使用，請參閱單獨的 SR05D1A3-PV 或 SR05-A1 使用者手冊。

數位SR05系列的優點：

- 行業標準數位輸出：易於實施和維修
- 易於安裝和調平
- 定價：大型網路終於可以負擔得起二級日射強度計



圖0.1從上方看到的SR05數位二級日射強度計



感測器還可選配獨特的球形調平機構，帶或不帶管安裝座，便於安裝。



圖0.2左側 SR05數位二級日射強度計，帶有氣泡水準儀和 M12-A 電纜連接器，採用標準配置（包括3米電纜標準）；右側 SR05 帶有可選的球形調平功能，便於在（非）水準表面上安裝和調平（未顯示隨附的安裝螺栓）



圖 0.3 SR05 數位二級日射強度計，帶有可選的球形調平和管子安裝，便於在管子上安裝和調平（不包括管子）

對於 PC 與 SR05-D1A3 和 /或 SR05-D2A2 之間的通信，可下載 Hukseflux 感測器管理器軟體。它允許使用者繪製和匯出數據，並更改 SR05 Modbus 位址及其通信設置。

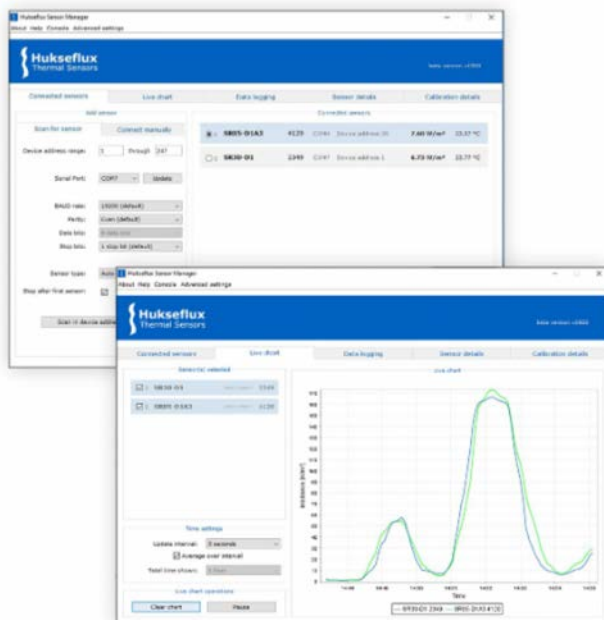


圖 0.4 感測器管理員的用戶介面

SR05-D1A3 適用於 SCADA (監控和數據採集) 系統，支援 RS-485 上的 Modbus RTU (遠端終端單元) 協定。在這些網路中，感測器作為從站運行。在網路中使用 SR05-D1A3 非常簡單。一旦它具有正確的 Modbus 位址和通信設置並連接到電源，該儀器就可以在 RS-485 網路中使用。典型的網路將每 1 秒請求一次輻照度 (寄存器 2 + 3) 和溫度數據 (寄存器 6)，並最終每 60 秒存儲一次平均值。如何發出請求，處理寄存器內容並將其轉換為有用的數據在有關網路通信的段落中進行了描述。在網路中安裝感測器時，用戶應該對 Modbus 通信協定有充分的瞭解。當使用 SR05-D1A3 提供的類比 0 至 1 V 輸出時，儀器可以直接連接到能夠處理 0 至 1 V 信號的常用數據記錄系統。

SR05-D1A3-PV 版本也具有 RS-485 數位 Modbus 和 0-1 V 輸出，是光伏參考電池的完美替代品。請參閱 SR05-D1A3-PV 的單獨手冊和用戶手冊。

使用 SR05-D2A2 的數位輸出時，可以通過 TTL 上的 Modbus 連接到 TTL 設備，或者使用 SR05-D2A2 的類比 4 至 20 mA 輸出時，連接到能夠處理 4 至 20 mA 電流環路信號的常用數據記錄系統。



所有SR05版本都應按照ISO、WMO和ASTM的推薦做法使用。

建議使用 SR05：

- 一般太陽輻射測量
- (農業) 氣象網路
- 光伏電站監控

日射強度計的推薦校準間隔為 2 年。包含應用靈敏度和SR05數位版本校準歷史記錄的寄存器可供使用者使用密碼訪問。這允許用戶選擇自己的本地校準服務。相同的寄存器訪問也可用於現場日射強度計的遠端控制重新校準。請向 Hukseflux 諮詢有關此功能以及 ISO 和 ASTM 現場校準標準化程序的資訊。

ASTM E2848「報告光伏非聚光系統性能的標準測試方法」(2011年底發佈)證實，日射強度計是光伏系統性能監測的首選儀器。SR05日射強度計符合本標準的要求。有關更多資訊，請參閱我們的日射強度計選擇指南。

WMO已批准使用「日照計法」根據WMO-No中的日照計測量值計算日照持續時間。8、《氣象儀器和觀測方法指南》。這意味著SR05可以與適當的軟體結合使用，以估計日照持續時間。這比使用專用的日照持續時間感測器更具成本效益。索取我們的應用說明。



1 交貨時訂購和檢查

1.1 訂購 SR05

數位型號 SR05 有兩種標準配置，每種配置都有幾個選項：

- SR05-D1A3 (以前稱為 SR05-DA1)：具有 RS-485 上的 Modbus 和 0-1 V 輸出。標準電纜長度：3 米
- SR05-D2A2 (以前稱為 SR05-DA2)：具有 Modbus over TTL 和 4-20 mA 電流環路輸出。標準電纜長度：3 米

常見的選項有：

- 更長的電纜 (10、20 米)。指定電纜總長度
- 帶連接器對的延長電纜 (10、20 米)。指定電纜總長度
- 球調平
- 帶球形調平的管安裝座 (適用於直徑 25 至 40 mm 的管子)

球液調平和管安裝適用於改裝。

表 1.1.1 SR05 型號數位版本的訂購代碼

SR05 版本 (部件號) · 不帶電纜	
編號：SR05-D1A3	數位級日射強度計，帶 Modbus over RS-485 和 0-1 V 輸出
編號：SR05-D2A2	數位級日射強度計，帶 Modbus over TTL 和 4-20 mA 輸出
用於 SR05 的電纜，感測器端帶 M12-A 母頭連接器，另一端未剝線	
“-03” SR05 部件號後	電纜長度：3 m
“-10” SR05 部件號後	電纜長度：10 m
“-20” SR05 部件號後	電纜長度：20 m
SR05 的調平選項	
BL01	球調平，用於 SR05 的調平
TMBL01型	帶球形調平的管子安裝，用於將 SR05 安裝在管子上
用於SR05的電纜延長線，帶 M12-A 公頭和母頭連接器	
編號：C06E-10型	電纜長度：10 m
編號：C06E-20型	電纜長度：20 m

延長電纜 (帶連接器對) 可以與常規電纜 (感測器端有一個連接器) 結合使用，以使替代 SR05 電纜長度成為可能。

示例：所需的電纜長度：15 m。在這種情況下，最簡單的方法是購買帶有 05 m 電纜的 SR20 並將其切割成所需的長度。

示例：所需的電纜長度：30 m。在這種情況下，最容易購買帶有 05 m 電纜和 10 m 電纜延長線的 SR20。

1.2 包含的專案

到達客戶手中后，交貨應包括：

- 日射強度計 SR05
- 訂購長度的電纜
- 與儀器序列號相匹配的產品證書

請將證書存放在安全的地方。

Hukseflux 感測器管理器可通過 www.hukseflux.com/downloads 下載

訂購帶 SR05 的 BL01 或 TMBL01 安裝選項時，交付還應包括：

- BL01系列：
 - 球調平
 - 4 mm 駭客鍵
 - 1 x 墊片
 - 02S M5X20 螺栓
 - 2 x M5 螺母
- TMBL01：
 - 球調平
 - 4 mm 駭客鍵
 - 1 x 墊片
 - 02S M5X20 螺栓
 - 數量 2 x M56
 - 管安裝
 - 02S M5X30 螺栓
 - 2 x M5x40 螺栓 SR05



圖 1.2.1 從左到右：SR05、SR05 帶安裝選項 BL01 和 SR05 帶管子安裝選項 TMBL01（未顯示螺母和螺栓、工具和證書，不包括管子本身）



1.3 快速儀器檢查

通過將儀器連接到PC並安裝Sensor Manager軟體，可以對儀器進行快速測試。有關說明，請參閱有關安裝和PC通信的章節。

1. 上電時，信號的臨時輸出電平可能不同於零;偏移量。讓這個偏移量穩定下來。2. 檢查感測器是否對光有反應：將感測器暴露在強光源下，例如距離 100 m 的 0.1 W 燈泡。信號讀數現在應 $> 100 \text{ W/m}$ 。通過在感測器上放一些東西或關掉燈來使感測器變暗。儀器輻照度輸出應下降，並在一分鐘內接近 0 W/m 。

3. 檢查氣泡液位。

4. 檢查儀器是否有任何損壞。

5. 根據儀器上的標籤和儀器隨附的證書檢查軟體指示的儀器序列號。

2 儀器原理與理論

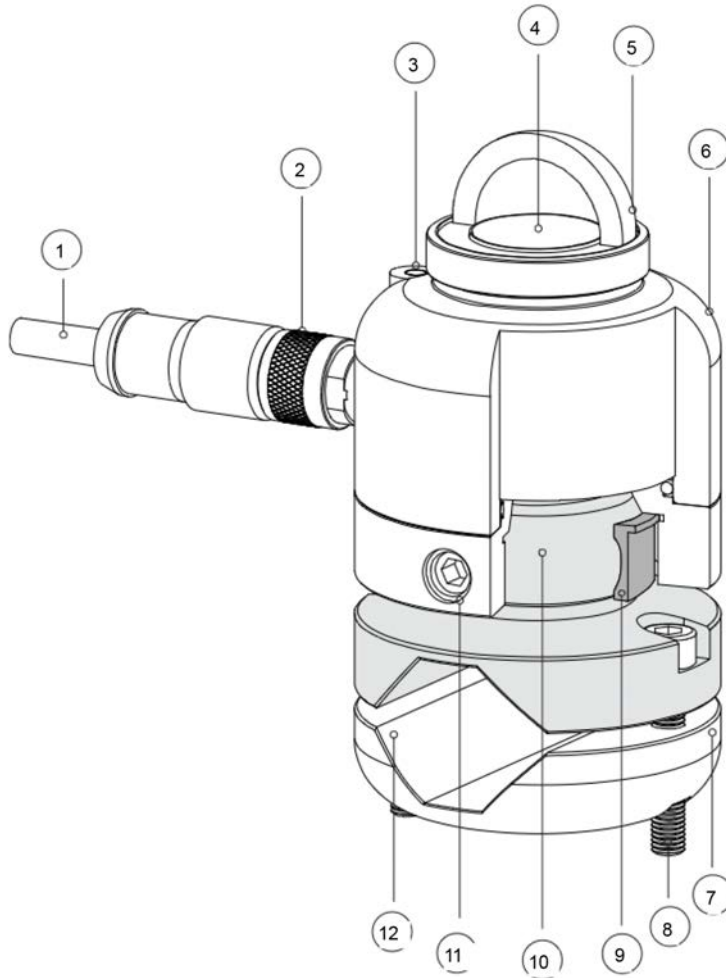


圖 2.1 SR05 概述 (分解圖中的陰影區域顯示球調平支架和墊片) 。訂購選件 BL01 或 TMBL01 時，包括數位 7 至 12：

- (1) 電纜 (標準長度 3 米，可選更長的電纜)
- (2) 連接器
- (3) 氣泡水準
- (4) 黑色塗層熱感測器
- (5) 玻璃穹頂
- (6) 感測器本體
- (7) 管安裝 (包含在 TMBL01 中)
- (8) 安裝螺釘 (包含在 BL01 和 TMBL01 中; 需要 4 毫米六角扳手)
- (9) 墊片 (包含在 BL01 和 TMBL01 中; 球液調平安裝需要)
- (10) 球形調平支架 (包含在 BL01 和 TMBL01 中)
- (11) 用於調平的沉頭固定螺釘 (包含在 BL01 和 TMBL01 中; 需要 4 毫米六角扳手)
- (12) $\varnothing 25$ 至 $\varnothing 40$ mm 管子的開口，當使用球調平和管子安裝時



SR05的學名是日射強度計。日射強度計從180°視場角測量平面接收到的太陽輻射。這個量，以W/m表示，稱為「半球形」太陽輻射。太陽輻射光譜大致從285米延伸到3000 x 10米。根據定義，日射強度計應以盡可能「平坦」的光譜選擇性覆蓋該光譜範圍。

根據定義，在輻照度測量中，對「光束」輻射的響應隨入射角的餘弦而變化；即，當太陽輻射垂直於感測器時（垂直於表面，太陽在天頂，入射角為0°），當太陽在地平線時，它應該具有零回應（90°入射角，90°天頂角），在60°入射角時應具有50%的全回應。日射強度計應具有盡可能接近理想餘弦特性的所謂「定向回應」（舊檔提到「餘弦回應」）。

為了獲得適當的方向和光譜特性，日射強度計的主要部件是：

- 帶有黑色塗層的熱感測器。它具有覆蓋 200 至 50000 x 10 m 範圍的平坦光譜，並具有近乎完美的定向回應。該塗層吸收所有太陽輻射，並在吸收時將其轉化為熱量。熱量通過感測器流向感測器主體。熱電堆感測器產生與太陽輻照度成正比的電壓輸出信號。
- 玻璃穹頂。該圓頂將光譜範圍限制在 285 至 3000 x 10 m（切斷 3000 x 10 m 以上的部分），同時保持 180° 視場角。穹頂的另一個功能是它保護熱電堆感測器免受環境（對流、雨水）的影響。

SR05 型號的數位版本具有高端 24 位 A/D 轉換器，SR05 使用它將類比熱電堆電壓轉換為數位信號。

日射強度計可以按照不同的規格製造，並在生產過程中進行不同級別的驗證和表徵。ISO 9060 - 1990 標準「太陽能 - 測量半球形太陽和太陽直射輻射的儀器的規範和分類」區分了 3 類；二級標準（最高精度）、一級標準（第二高精度）和二級標準（第三高精度）。

從二等到一等，從一等到二級標準，可實現的精度提高了 2 倍。

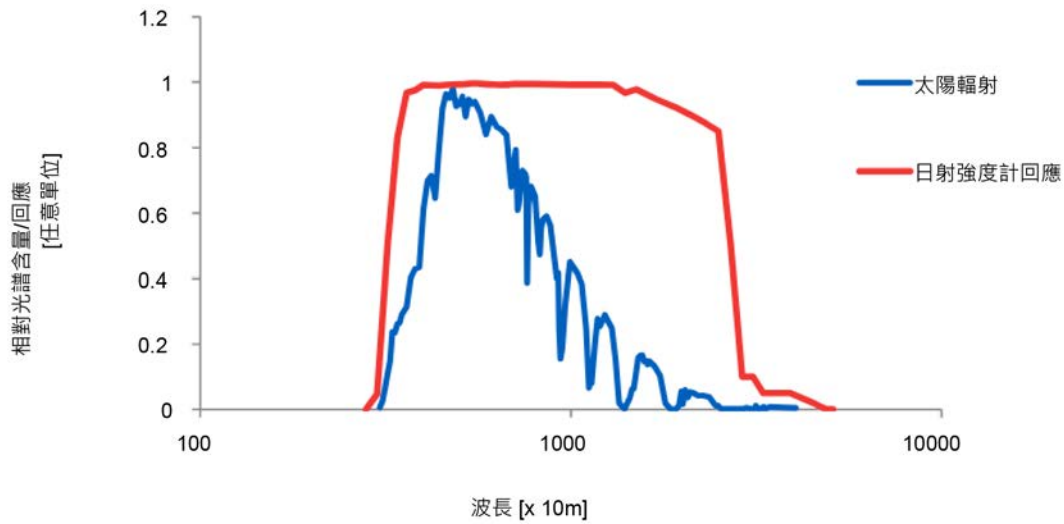


圖 2.2 日射強度計與太陽光譜的光譜回應對比。日射強度計只能切斷整個太陽光譜的微不足道的一部分。



3 SR05系列規格

3.1 SR05-D1A3 和 SR05-D2A2 的規格

SR05 測量平面從 180 視場角接收到的太陽輻射。這個量，以W/m表示，稱為「半球形」太陽輻射。
SR05-D1A3 作為數位輸出和 0-1 V 輸出提供以 W/m 為單位的輻照度。它必須與合適的電源和數據採集系統結合使用，該系統使用RS-485上的Modbus通信協定或能夠處理0-1 V信號的數據採集系統。

SR05-D2A2 作為數位輸出和 4-20 mA 輸出提供以 W/m 為單位的輻照度。它必須與合適的電源和數據採集系統結合使用，該系統使用TTL上的Modbus通信協定或能夠處理4-20 mA電流環路信號的數據採集系統。

本使用者手冊介紹了 SR05 系列中兩個數位感測器的使用：SR05-D1A3 和 SR05-D2A2。這些版本的規格與數位 SR05-D1A3-PV版本和SR05型號的類比版本不同：SR05-A1。對於 SR05-D1A3-PV 或 SR05-A1 的使用，請參閱單獨的 SR05D1A3-PV 或 SR05-A1 使用者手冊。

該儀器根據 ISO 9060 進行分類，應按照 ISO、IEC、WMO 和 ASTM 的推薦做法使用。

表 3.1.1 SR05 系列規格 (下頁繼續)

SR05 測量規範：ISO 9060* 分類標準清單	
ISO分類 (ISO 9060 : 1990) 二級日射強度計WMO性能等級 (WMO-No.8 · 第七版 · 2008年)	
	中等品質的日射強度計
回應時間 (95%)	18 s
零點偏移 a (對 200 W/m 淨熱輻射的回應)	< 15 W/通風
零點偏移 b (對環境溫度變化 5 K/h 的回應)	< ± 4 瓦/米
不穩定	< ± 每年 1 % 的變化
非線性	< ± 1 % (100 至 1000 W/m)
定向回應	< ± 25 瓦/米
光譜選擇性	< ± 5 % (0.35 至 1.5 x 10m)
溫度回應	< ± 3 % (-10 至 +40 °C)
傾斜回應	< ± 2 % (1000 W/m 時為 0 至 90°)

*有關日射強度計 ISO 9060 規範的確切定義，請參閱附錄。



表 3.1.1 SR05 系列規格 (續)

SR05 SERIES 附加規格	
測量	半球形太陽輻射
以SI輻射測量單位為單位的測量	輻照度 (W/m)
可選測量	日照持續時間
視場角	180°
輸出定義	最近 4 次測量的運行平均值 · 測量間隔 0.1 秒 · 每 0.1 秒刷新一次
建議的數據請求間隔	1 秒 · 存儲 60 秒平均值
測量範圍	0 至 2000 W/m
測量功能/日照持續時間可選程式設計	根據WMO指南第8.2.2段進行程式設計
內部溫度感測器	MAX31725 數位溫度感測器
額定工作溫度範圍	-40 至 +80 °C
光譜範圍 (20 % 透射點)	285 至 3000 x 10 m
文書使用標準	ISO/TR 9901 : 1990 太陽能 - 現場日射強度計 - 推薦使用實踐 ASTM G183 - 05 現場使用日射強度計、日射強度計和紫外線輻射計的標準實踐
外殼電源隔離電壓	100 V
標準電纜長度 (請參閱選件)	3 m
電纜直徑	4.8 x 10 m
機箱連接器	M12-A 直頭公頭連接器 · 外螺紋 · 5 極
機箱連接器類型	M12-A
電纜連接器	M12-A 直母頭連接器 · 內螺紋 · 5 極
電纜連接器	M12-A
連接器防護等級	IP67
電纜更換	更換和延長電纜
安裝 (請參閱選項)	可以從 Hukseflux 單獨訂購 2 x M5 螺栓 · 南北軸中心距為 46 mm · 需要 4 mm 六角扳手
調平 (見選項)	包括氣泡水準
調平精度	< 0.6°氣泡完全在環中
乾燥劑	矽膠 · 1.0 克 · HDPE袋裝 · (25 x 45) 毫米
IP防護等級	IP67
毛重	約 0.5 kg
淨重	約 0.5 kg
校準	
校準可追溯性	至 WRR
校準層次結構	從WRR到 ISO 9846 和 ISO 9847 · 對參考條件進行校正
校準方法	根據 ISO 9847 II 型進行室內校準
校準不確定度	< 2.4 % (k = 2)
建議重新校準間隔 2 年 參考條件	20 °C · 正常入射太陽輻射 · 水平安裝 · 輻照度等級 1000 W/m
校準的有效性	根據經驗 · 儀器靈敏度在儲存過程中不會改變 · 在暴露於太陽輻射下使用時 · 儀器“不穩定”規範適用。
重新校準後的調整	通過PC · 作為高級使用者使用Sensor Manager 軟體 · 在出廠時請求「高級用戶」狀態 · 以調整靈敏度和寫入校準歷史數據。



表 3.1.1 SR05 系列規格 (從前幾頁開始)

加熱	
加熱器	無暖氣
測量精度和解析度	
測量不確定度	關於整體測量不確定度的陳述只能在個人基礎上做出。請參閱不確定性評估一章
WMO對每日總和的可達到精度的估計 (測量條件的定義見附錄)	10 %
WMO對每小時總和可達到的精度的估計 (測量條件的定義見附錄)	20 %
輻照度解析度	0.2瓦/米
儀器體溫解析度 3.9 x 10 °C 儀器體溫精度 ± 0.5 °C	
SR05-D1A3 : 數位	
數字輸出	輻照度以 W/m 儀器體溫為單位，單位為 °C
額定工作電壓範圍	5 至 30 VDC
推薦工作電壓	12 伏直流電
功耗	< 75 x 10 W (12 VDC)
通信協定	Modbus over 2 線 RS-485 半雙工
傳輸方式	Modbus RTU系統
與 PC 一起使用的系統要求	Windows Vista 及更高版本、USB 或 RS-232 (COM) 埠和連接器、RS-485 / USB 轉換器或 RS-485 / RS-232 轉換器
與 PC 一起使用的軟體要求	Java 運行時環境 – 軟體免費提供 http://www.java.com
PC 上的用戶介面	Hukseflux Sensor Manager 軟體可下載：要下載和獲取可用的軟體更新，請查看 http://www.hukseflux.com/page/downloads
SR05-D1A3 : 類比 0 至 1 V	
0 至 1 V 輸出	輻照度 (W/m)
傳輸範圍	0 至 1600 W/m
輸出信號	0 至 1 V
標準設定 (請參閱選項)	0 V 和 0 W/m 以及 1 V 和 1600 W/m
額定工作電壓範圍	5 至 30 VDC
推薦工作電壓	12 伏直流電
功耗	< 75 x 10 W (12 VDC)
SR05-D2A2 : 數位	
數字輸出	輻照度以 W/m 儀器體溫為單位，單位為 °C
額定工作電壓範圍	5 至 30 VDC
推薦工作電壓	12 伏直流電
最小工作電壓	10 伏直流電
功耗	< 12 VDC 時為 240 x 10 W
電子元件帶來的最大偏移量	-7瓦/米



通信協定	基於TTL的Modbus
傳輸方式	Modbus RTU系統
與 PC 一起使用的系統要求	Windows Vista 及更高版本、USB 或 RS-232 (COM) 埠和連接器、TTL / USB 轉換器或 TTL / RS-232 轉換器

表 3.1.1 SR05 系列規格 (從前幾頁開始)

與 PC 一起使用的軟體要求	Java 運行時環境 – 軟體免費提供 http://www.java.com
PC 上的用戶介面	Hukseflux Sensor Manager 軟體可下載：要下載和獲取可用的軟體更新，請查看 http://www.hukseflux.com/page/downloads

SR05-D2A2：類比 4 至 20 mA

4 至 20 mA 輸出	輻照度 (W/m)
傳輸範圍	0 至 1600 W/m
輸出信號	4 至 20 x 10 A
標準設定 (請參閱選項)	4 x 10 A 和 0 W/m 以及 20 x 10 A 和 1600 W/m
4 至 20 mA 輸出原理	2 線電流環路
額定工作電壓範圍	5 至 30 VDC
推薦工作電壓	12 伏直流電
最小工作電壓	10 伏直流電
功耗	< 12 VDC 時為 240 x 10 W
推薦的分流電阻	100歐姆
電子元件的最大偏移量 -7 W/m	
選項	

更長的電纜：10.20 m 電纜，感測器端帶 M12-A 母頭連接器，另一端未剝線	選件代碼 = 電纜總長度
---	--------------

帶連接器對的延長電纜：10、20 m。帶 M12-A 公頭和母頭的電纜	選件代碼 = C06E-10 代表 10 米，C06E-20 代表 20 米
-------------------------------------	--

球調平 (BL01)	可安裝在 (非) 水準表面上，角度補償高達 10°;可改裝;包括一個墊片、兩個 M5x20 安裝螺栓和兩個 M5 螺母;需要 4 毫米六角扳手進行調平，需要 4 毫米六角扳手和 8 毫米扳手進行安裝
--------------	---

帶球液平的管架 (TMBL01)	可安裝在 Ø 25 至 Ø 40 mm 的管子上，角度補償高達 10°;可改裝;包括一個墊片、兩個 M5x30 和兩個 M5x40 安裝螺栓;需要 4 m 六角扳手進行調平和安裝
--------------------	---

可根據要求在工廠調整 0 至 1 V 的適配發射範圍 4 至 20 mA 可根據要求在工廠進行調整



3.2 SR05 的尺寸

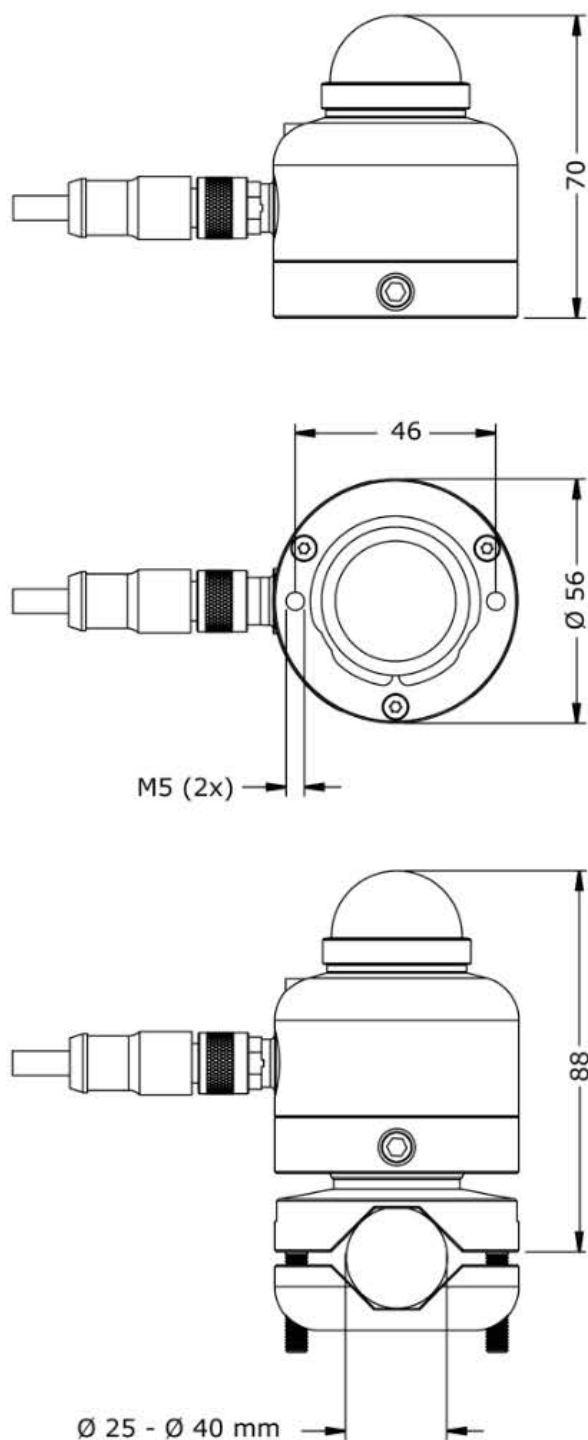


圖 3.2.1 SR05 的尺寸 x 10 m。下圖顯示了 SR05 的高度及其可選的球形調平支架以及與 SR05 的可選管安裝座一起使用所需的管徑。M5 安裝螺栓和沉頭固定螺釘需要 4 mm 六角扳手進行安裝和調平。



4 標準和推薦的使用實踐

日射強度計根據 ISO 9060 標準和 WMO-No.8 指南。在任何應用中，儀器都應按照 ISO、IEC、WMO 和/或 ASTM 的推薦做法使用。

4.1 分類標準

表 4.1.1 日射強度計分類標準。有關日射強度計規格的定義，請參閱附錄，以及列出規格限制的表格。

儀器分類標準		
ISO標準	等效 ASTM標準	WMO
ISO 9060 : 1990 太陽能 -- 測量半球形太陽輻射和太陽直射輻射儀器的規範和分類	不可用	WMO-編號8;氣象儀器和觀測方法指南·第7章·輻射測量·7.3 全球和漫射太陽輻射的測量

4.2 太陽輻射測量的一般用途

表4.2.1 太陽輻射測量儀器使用建議的標準

半球形太陽輻射儀器使用標準		
ISO標準	等效 ASTM標準	WMO
ISO/TR 9901 : 1990 太陽能 - 場射強度計 - 推薦使用實踐	ASTM G183 - 05 現場使用日射強度計、日射強度計和紫外輻射計的標準實踐	WMO-編號8;氣象儀器和觀測方法指南·第7章·輻射測量·7.3 全球和漫射太陽輻射的測量

4.3 日照持續時間測量的一般用途

根據世界氣象組織 (WMO · 2003年) · 給定時期的日照持續時間被定義為太陽直接輻照度超過120 W/m的子週期的總和。



WMO已經批准了「日照法」，通過日射強度計測量來估計日照持續時間（WMO儀器和觀測指南第8章，2008年）。這意味著可以使用日照計與適當的軟體結合使用，以估計日照持續時間。索取我們的應用說明。

表 4.3.1 日照持續時間測量儀器使用建議的標準

日照持續時間的儀器使用標準
WMO
WMO-編號8;氣象儀器和觀測方法指南，第8章，日照持續時間的測量，8.2.2 射速法

4.4 特定用途用於戶外光伏系統性能測試

日射強度計用於監測光伏電站的效率，以便獨立於光伏系統測量入射太陽輻射。日射強度計可以放置在兩個位置：

- 陣列平面（POA），平行於光伏面板，用於測量平面內輻照度（也稱為 G_{in} IEC 61724-1）
- 水平測量，用於測量全球水準輻照度（E，在 IEC 61724-1 中也稱為 GHI）

SR05系列適用於戶外光伏系統性能測試。另請參閱 Hukseflux 型號 SR15-D1 和 SR15-D2A2 數位級日射強度計和 SR05-D1A3-PV。後者是SR05版本，作為光伏參考電池監測的替代方案。

表 4.4.1 光伏系統性能測試中使用儀器的標準和建議

光伏系統性能測試標準	
IEC / ISO標準	等效的ASTM標準
國際電工委員會 61724-1;光伏系統性能監測 – 測量、數據交換和分析指南	ASTM 2848-11;報告光伏非聚光系統性能的標準測試方法
註釋：允許使用 IEC 60904-2 和 IEC 60904-2 和 IEC 標準。日射強度計讀數要求精度優於讀數的 5%（標準桿 4.1）	評論：確認日射強度計是戶外光伏測試的首選儀器。特別推薦使用「一級」日射強度計（A段1.2.1）。
註釋：等於 JISC 8906（日本工業標準委員會）	



4.5 在氣象學和氣候學中的具體用途

世界氣象組織 (WMO) 是聯合國的一個專門機構。它是聯合國系統關於地球大氣和氣候狀況和行為的權威聲音。WMO 發佈 WMO-No.8; 《氣象儀器和觀測方法指南》，其中有一個表格，說明“水準

日射強度計的性能”如今，WMO 符合 ISO 分類系統。



5 SR05的安裝



5.1 選址和安裝

表 5.1.1 安裝日射強度計的建議

位置	在儀器上投射陰影的情況通常是不可取的。地平線應盡可能沒有障礙物。理想情況下，太陽的運行軌跡和儀器。
機械安裝/隔熱	最好使用 BL01 和 TMBL01 隨附的球形調平支架將 SR05 安裝到（非）水準表面。日射強度計對熱衝擊很敏感。請勿將儀器安裝在變得非常熱的物體（黑色塗層金屬板）上。
使用 2 個螺栓安裝儀器	2 x M5 螺栓，南北軸中心距為 46 mm，通過感測器底部連接，採用 SR05 的標準配置。 帶BL01球調平選項：2 x M5 螺栓，中心到中心距離為46 mm，通過球調平支架連接，包括M5x20螺栓和 M5 螺母。 帶TMBL01球調平管安裝選項：2 x M5 螺栓，中心到中心距離為46 mm，通過管和球調平安裝座連接，包括M5x30和 M5x40 螺栓。
執行代表性測量	日射強度計測量感測器平面內的太陽輻射。這可能需要以傾斜或倒置的位置安裝。黑色感測器表面（感測器底板）應平行於目標平面安裝。如果日射強度計沒有水平安裝或地平線被遮擋，則位置的代表性將成為測量的重要因素。請參閱不確定性評估一章。
平整	在水準安裝的情況下，使用氣泡水平儀和可選的球液位安裝座。氣泡液位是可見的，可以隨時檢查。
儀器方向	按照慣例，電纜出口指向最近的電線杆（因此電纜出口應指向北半球的北半球，南半球的南）。
安裝高度	在倒置安裝的情況下，WMO建議土壤表面和感測器之間的距離為1.5 m（減少陰影的影響，以獲得良好的空間平均）。

5.2 安裝和調平 SR05

SR05 在其標準配置中配備了一個可見的氣泡水準儀和兩個安裝孔。為了便於在（非）水準表面上安裝和調平，建議使用BL01和TMBL01隨附的SR05可選滾珠調平。球調平提供：

- 易於調平
- 易於定位電纜
- 易於更換儀器
- 易於安裝（包括安裝螺栓和螺母）

安裝 SR05 時，球調平允許 SR05 旋轉 360° 並傾斜 10°。當安裝在非水準表面上時，這允許補償高達10度的角度。一個 4 毫米的六角扳手（取消）鎖定球調平機構。使用管子或桿安裝 SR05 時，建議使用TMBL01隨附的可選管安裝座。結合球調平，它允許安裝到直徑為 25 至 40 毫米的管子上，同樣易於調平和更換儀器。



圖 5.2.1 從左到右：標準配置的 SR05，帶 3 米電纜；帶有可選的滾珠調平功能，便於在（非）水準表面上安裝和調平；帶有可選的滾珠調平和管安裝，便於安裝在直徑為 25 至 40 mm 的管子上。安裝螺栓包含在球調平和/或管安裝中。

5.3 安裝 SR05

SR05 不帶球調平和管安裝選項，可以使用兩個 M5 螺栓（不包括在內）進行安裝。對於所需的螺釘長度，應在使用者安裝平臺的厚度上增加 5 到 7 mm。請參閱有關所需工具的章節。



5.4 安裝 SR05 及其球調平和管安裝座

SR05 的 BL01 (和 TMBL01) 球調平選項包括兩個 M5x20 螺栓和兩個 M5 螺母。當使用BL01安裝SR05時，這些螺釘將用於安裝SR05，其球水準到 (非) 水準表面。

SR05 的TMBL01管安裝座包括兩個 M5x30 螺栓和兩個 M5x40 螺釘，帶球液位選項。這些螺釘用於將球調平和管安裝夾在直徑為 25 至 40 mm 的管子上。對於大於或等於 33 mm 的管子，請使用 M5x40 螺栓而不是 M5x30 螺栓以確保牢固配合。

SR05 球液位支架獨特的球頭機構用於液位SR05。
訂購 SR05 調平球時，它與 SR05 分開交付。

如果 SR05 尚未連接到其球形調平支架上，用戶必須確保在安裝和調平之前將墊片正確放置在 SR05 底板的中心。墊片允許平滑調平，如圖 5.4.1 的左上角所示。按照第 5.4.1 節中的步驟 1 到 5 放置墊片。墊片就位后，按照第 6 節中的步驟 9 至 5.4.2 安裝並調平 SR05 及其 BL01 或 TMBL01 球調平選項。參見第 5.4.3 節，瞭解如何卸下球調平支架及其墊片。



圖 5.4.1 左側 SR05 的滾珠調平，包括墊片 (未顯示安裝螺栓)，右側 SR05 放置在滾珠調平支架上。鬆開 SR05 側面的沉頭固定螺釘以解鎖，允許放置球頭和 SR05 調平，然後擰緊以鎖定球頭機構。4 毫米六角扳手是放置和移除球調平以及允許和不允許調平的唯一工具。訂購球調平時包含的墊片允許平穩調平，並應正確放置在SR05底板的中心。

5.4.1 放置 SR05 的球調平墊片

訂購 SR05 日射強度計及其可選的球調平裝置或更換球體調平支架上的 SR05 感測器（改裝）時，用戶必須確保將專用墊片正確放置在 SR05 底板的中心。鋁製墊片確保 SR05 和球調平之間的牢固配合，並允許球頭平穩旋轉，便於調平。訂購 BL01 或 TMBL01 球調平支架時，包括墊片、一個鬆動的固定螺釘、一個 4 毫米六角扳手、兩個 M5x20 安裝螺栓和兩個 M01 螺母。

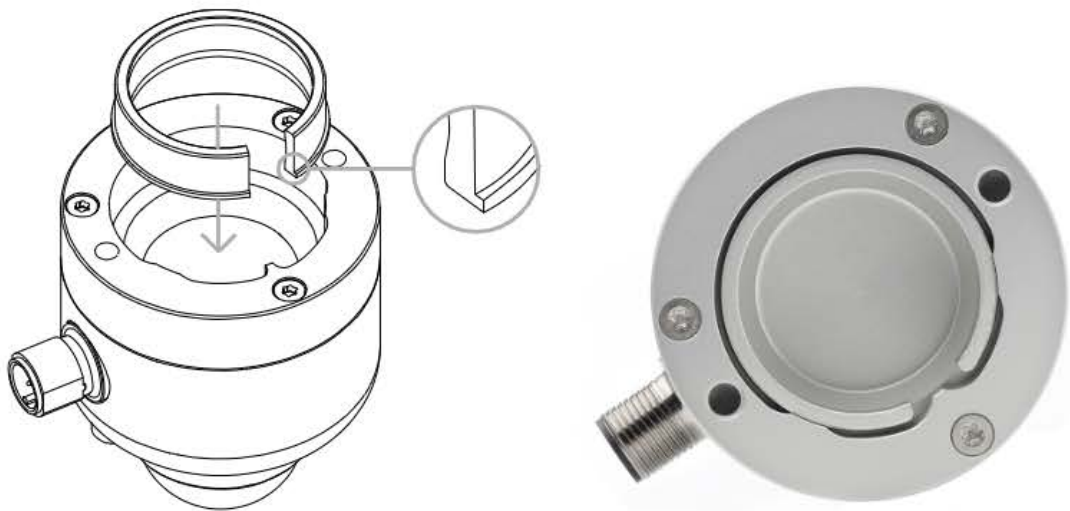


圖 5.4.1.1 指示鋁墊片位置的線圖和顯示墊片正確放置在 SR05 底板中心的照片。放置墊片時請注意突出壁架的位置。

可以按照以下步驟將墊片放入 SR05 的底板中：

- 1) 如果您的 SR05 在 SR05 側面的沉頭固定螺釘開口處有一個黑色小塑膠蓋，請將其取下。可以使用小平頭螺絲刀。然後順時針轉動六角扳手，用 4 毫米六角扳手插入鬆動的固定螺釘，直到螺釘僅略微突出（伸出）。
- 2) 一隻手握住 SR05，另一隻手握住墊片。
- 3) 確保墊片的方向與 SR05 底板的方向相吻合。注意突出壁架的位置（見圖 5.5.1）。
- 4) 輕輕捏住墊片以減小其直徑並使其輕鬆放入 SR05 的底板中。
- 5) 捏合時，將墊片推到 SR05 底板上的位置。墊片已放置。

繼續閱讀以下部分，通過球液調平來安裝和調平 SR05。



5.4.2 使用 BL01 或 TMBL01 安裝和調平 SR05

當墊片正確就位時（參見步驟 1 至 5），可以使用 BL05 或 TMBL01 安裝和調平 SR01。繼續執行以下步驟：

- 6) 使用其 M5 螺栓和螺母將球調平儀安裝到表面或平臺上。請參閱有關所需工具的章節。
- 7) SR05 的墊片定位后，現在可以放置在球形調平支架上。輕輕地將感測器推到球頭上，直到它發出咔嚓聲。
- 8) 球頭可以360°旋轉，並允許在非水準表面上進行角度補償，最高可達10°。
- 9) 當 SR05 安裝並調平時，根據其氣泡水平判斷，用 4 毫米六角扳手順時針轉動固定螺釘直至擰緊，鎖定球頭機構。固定螺釘應埋頭，不突出（不伸出）。

在現場調平 SR05 的管架時，也遵循類似的方法：



- 1) 判斷氣泡液位和電纜方向 2) 鬆開固定螺釘以傾斜和旋轉 SR05



- 3) 擰緊固定螺釘以鎖住球調平
- 4) SR05 已安裝並調平

圖 5.4.2.1 SR05 安裝在帶球調平的管架上的調平步驟



5.4.3 卸下球調平支架及其墊片

- 1) 逆時針轉動六角扳手，用 4 毫米六角扳手鬆開 SR05 的沉頭固定螺釘，直到螺釘略微突出（伸出）。
- 2) 一隻手握住 SR05，另一隻手握住球調平支架。
- 3) 輕輕拉出球調平支架，將 SR05 與球調平支架分開。確保玻璃穹頂始終受到保護。

當 (TM) BL01 的球頭未插入 SR05 時，墊片在移動 SR05 時會發出輕微的嘎嘎聲。這是正常現象，由兩個部件之間的機械自由度引起。

墊片可以在小平頭螺絲刀的說明下用手從SR05的底板上取下。請參閱有關所需工具的章節。讓螺絲刀輕輕地將墊片傾倒。拆卸或放置墊片時，請確保始終保護玻璃圓頂。



5.5 SR05系列電氣連接：接線圖

儀器必須由外部電源供電，工作電壓範圍為 5 至 30 VDC。SR05-D1A3 作為數位輸出 (RS-485 上的 Modbus) 和類比 0 至 1 V 輸出提供以 W/m 為單位的輻照度。SR05-D2A2 作為數位輸出 (TTL 上的 Modbus) 和類比 4 至 20 mA 輸出提供以 W/m 為單位的輻照度。

本使用者手冊介紹了 SR05 系列中兩個數位感測器的使用：SR05-D1A3 和 SR05-D2A2。這些版本的規格與數位 SR05-D1A3-PV 版本和 SR05 型號的類比版本不同：SR05-A1。對於 SR05-D1A3-PV 或 SR05-A1 的使用，請參閱單獨的 SR05D1A3-PV 或 SR05-A1 使用者手冊。

表 5.5.1 SR05-D1A3接線圖

PIN	WIRE	編號：SR05-D1A3 通過 RS-485 的 Modbus	編號：SR05-D1A3 0 至 1 V 輸出
1	棕色	直流電 [+]	直流電 [+]
4	黑	直流電 [-]	直流電 [-]
3	藍	未連接	0 至 1 V 輸出
2	白	RS-485 B / B' [+]	未連接
5	灰	RS-485 介面 A / A' [-]	未連接
	黃色	接地	接地

注 1：在電纜的連接器端，遮罩層連接到連接器外殼 注 2：無法同時使用 SR05-D1A3 的數位和模擬輸出

表 5.5.2 SR05-D2A2接線圖

PIN	WIRE	編號：SR05-D2A2 基於TTL的Modbus	編號：SR05-D2A2 4 至 20 mA 輸出
1	棕色	直流電 [+]	直流電 [+]
4	黑	常見	未連接
3	藍	直流電 [-]	4 至 20 mA 輸出
2	白	TTL [Tx]	未連接
5	灰	TTL的 [Rx]	未連接
	黃色	接地	接地

注 1：在電纜的連接器端，遮罩層連接到連接器外殼 注 2：不能同時使用 SR05-D2A2 的數位和模擬輸出



使用 SR05-D2A2 over TTL，VDC [-] (藍線) 和公共線 (黑線) 之間存在電位差。該電位差取決於感測器消耗的電流。必須注意不要使這些電線短路。TTL的



[發送] (白線) 和 TTL [Rx] (灰線) 信號相對於公共線 (黑線) 為參考。如果 SR05-D2A2 連接的 TTL 設備需要外部電源，則該電源必須從單獨的電源中獲取，該電源相對於 SR05-D2A2 使用的電源具有浮動電位。

5.6 遮罩層的接地和使用

接地和遮罩的使用是用戶的責任。電纜遮罩層 (接線圖中稱為遮罩層) 通過連接器連接到鋁製儀器本體。在大多數情況下，儀器將用螺栓固定在局部接地的安裝平臺上。在這些情況下，根本不應連接電纜端的遮罩層。當無法通過儀器主體獲得接地連接時，例如在實驗室實驗中，遮罩層應連接到電纜端的局部接地。這通常是電源的接地或低電壓或網路的公共電壓。在特殊情況下，例如，當儀器和數據記錄器都連接到小型桅杆時，安裝平臺的本地接地與網路接地相同。在這種情況下，可以與儀器主體和電纜端的遮罩層進行接地連接。

5.7 使用 SR05-D1A3 的類比 0 至 1 V 輸出

SR05-D1A3 使用戶可以選擇使用 0 至 1 V 輸出而不是其數字輸出。使用 0 至 1 V 輸出時，請先閱讀本章。當僅選擇 SR05D1A3 的數位輸出時，請繼續閱讀 SR05-D1A3 的下一章：第 5.9 章。

使用 SR05-D1A3 提供的 0 至 1 V 輸出非常簡單。該儀器可以直接連接到常用的數據記錄系統。輻照度 E (以 W/m 為單位) 的計算方法是測量 SR05-D1A3 輸出，即電壓 U，以 V 為單位，然後乘以發射範圍 r。傳輸範圍在其產品證書上隨 SR05-D1A3 一起提供。按照慣例，0 W/m 輻照度對應於 0 V 變送器輸出電壓。傳輸範圍，即輸出電壓為 1 V 時的輻照度，通常為 1600 W/m。傳輸範圍可根據要求在工廠進行調整。

控制 SR05-D1A3 的中心方程為：

$$E = r \cdot U \quad \text{(公式 5.7.1)}$$

標準設定為：E=1600·U。使用 SR05-D1A3 的 0 至 1 V 輸出時，有關電壓表的電氣連接，請參閱第 5.5 章和下圖。

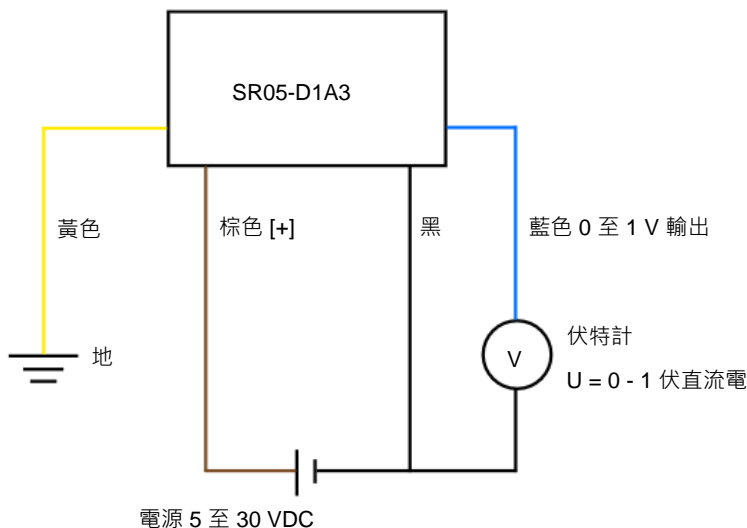


圖 5.7.1 SR05-D1A3 與具有測量電壓信號能力的典型電壓表或數據記錄器的連接電氣圖。SR05-D1A3 的電源電壓為 5 至 30 VDC。



5.8 使用 SR05-D2A2 的類比 4 至 20 mA 輸出

SR05-D2A2 使用戶可以選擇使用 4 至 20 mA 輸出而不是其數字輸出。使用 4 至 20 mA 輸出時，請先閱讀本章。當僅選擇 SR05-D2A2 的數字輸出時，請繼續閱讀 SR05-D2A2 的下一章：第 5.10 章。

使用 SR05-D2A2 提供的 4 至 20 mA 輸出非常簡單。該儀器可以直接連接到常用的數據記錄系統。通過測量 SR05-D2A2 的輸出 (小電流 I) 減去 $4 \times 10^{-6} \text{ A}$ ，然後乘以傳輸範圍 r，計算出的輻照度 E (以 W/m²) 為單位。傳輸範圍在其產品證書上提供 SR05-D2A2。按照慣例，0 W/m² 輻照度對應於 $4 \times 10^{-6} \text{ A}$ 變送器輸出電流 I。傳輸範圍，即輸出電流 $20 \times 10^{-6} \text{ A}$ 時的輻照度，通常為 1600 W/m²。傳輸範圍可根據要求在工廠進行調整。

控制 SR05-D2A2 的中心方程為：

$$E = r \cdot (I - 4 \times 10^{-6}) / (16 \times 10^{-6}) \quad (\text{公式 5.8.1})$$

標準設定為： $E = 1600 \cdot (I - 4 \times 10^{-6}) / (16 \times 10^{-6})$

為了將電子設備散熱導致的偏移降至最低，建議使用 12 VDC 電源為 4 至 20 mA 電流輸出供電。

表 5.8.1 數據採集和放大設備的要求

<p>能夠測量 4-20 mA 或 - 測量電流或 - 測量電壓</p>	<p>SR05-D2A2 具有 4-20 mA 輸出。有幾種可能性可以處理此信號。重要的是要認識到，信號線不僅用於傳輸信號，而且還充當 4-20 mA 電流環路電路的電源。</p>
	<p>SR05-D2A2 的電源電壓為 5 至 30 VDC。一些數據記錄器具有 4-20 mA 的輸入。在這種情況下，SR05D2A2 可以直接連接到數據記錄器。</p> <p>一些數據記錄器具有測量電流的能力。在某些情況下，數據記錄器接受電壓輸入。通常使用 100 Ω 精密電阻器將電流到電壓 (這將在 0.4 至 2 VDC 範圍內)。該電阻器必須與感測器的藍線串聯。有關電氣連接，請參閱下一頁和第 5.5 章。</p>



使用 SR05-D2A2 的 4 至 20 mA 輸出時，有關電流表和電壓表的電氣連接，請參閱第 5.5 章和下圖。

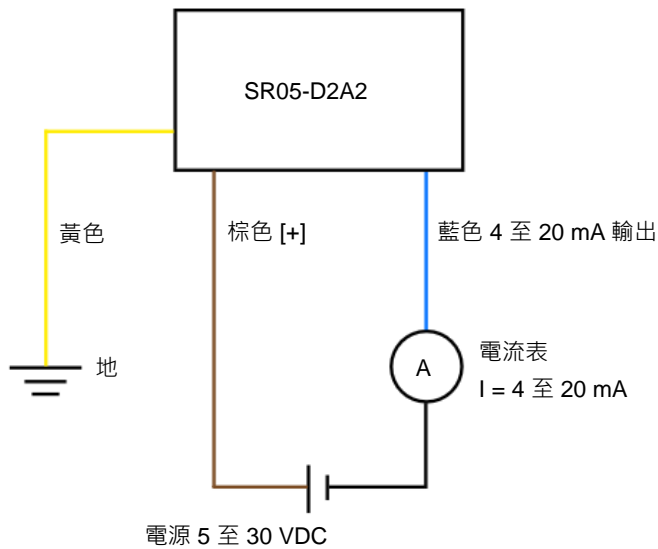


圖 5.8.1 SR05-D2A2 連接到具有測量電流信號能力的典型電流表或數據記錄器的電氣圖。SR05-D2A2 的電源電壓為 5 至 30 VDC。

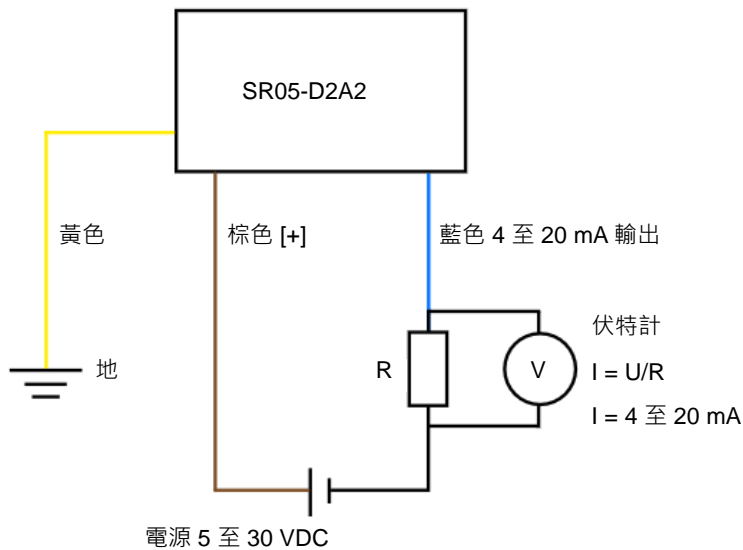


圖 5.8.2 SR05-D2A2 與具有測量電壓信號能力的典型電壓表或數據記錄器的連接電氣圖。通常使用 100 Ω 分流電阻 (R) 將電流轉換為電壓。SR05-D2A2 的電源電壓為 5 至 30 VDC。



5.9 使用SR05-D1A3 和SR05-D2A2的數字輸出

使用 SR05 的數位輸出時，SR05-D1A3 可以連接到 RS-485 網路，而 SR05-D2A2 可以連接到 TTL 設備。兩種型號都可以連接到PC，以便與Sensor Manager 軟體進行通信。

5.10 將 SR05-D1A3 連接到 RS-485 網路

SR05-D1A3 適用於兩線（半雙工）RS-485 網路。在這樣的網路中，SR05-D1A3充當從站，接收來自主站的數據請求。RS-485 兩線網路的拓撲結構示例如下圖所示。SR05-D1A3 的電源電壓範圍為 5 至 30 VDC。圖中未顯示電源。VDC [-] 電源接地必須連接到網路的公共線路。

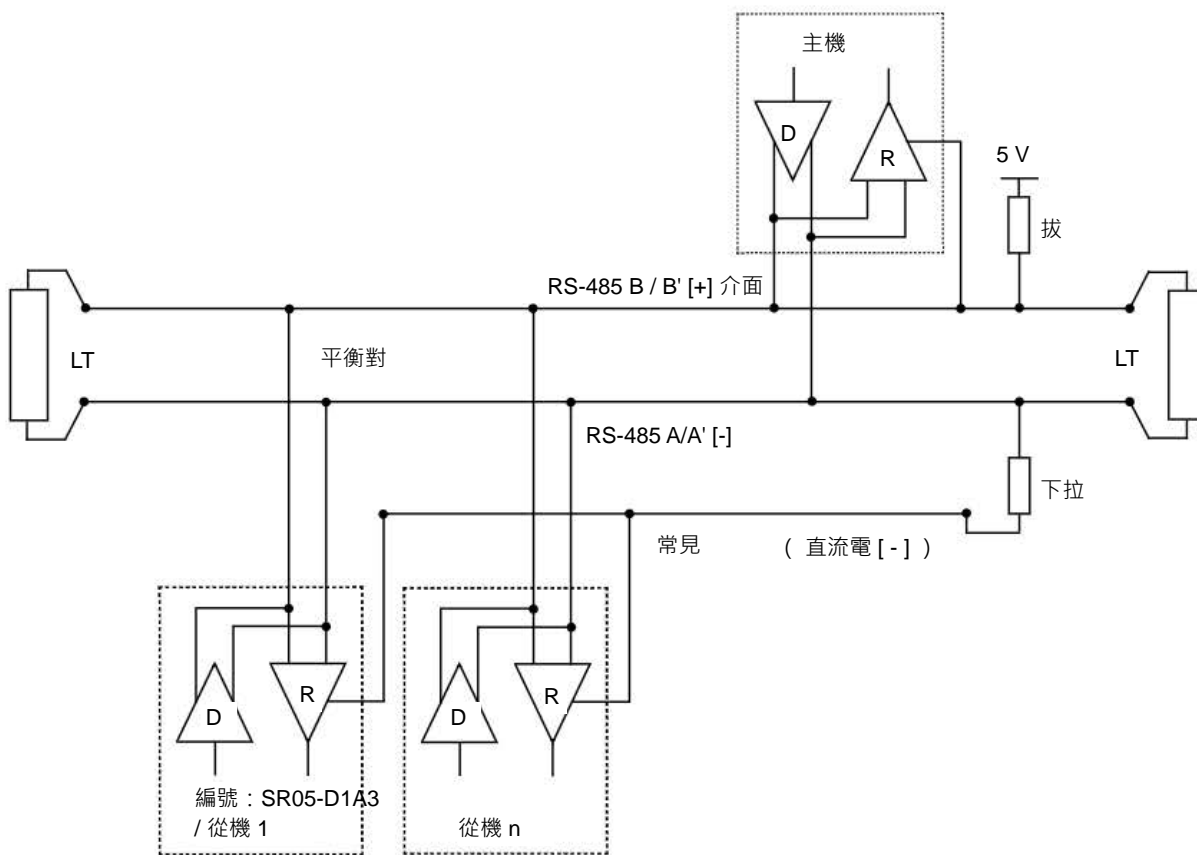


圖 5.10.1 雙線 RS-485 網路的典型拓撲結構，圖改編自：串行線路 Modbus 規範和實施指南 V1.02 (www.modbus.org)。

此圖中未顯示電源。

在網路中的最後一個節點之後，兩端都需要線路終端電阻器 (LT) 來消除網路中的反射。根據 EIA/TIA-485 標準，

這些 LT 的典型值為 120 至 150 Ω。切勿在

網路，切勿將 LT 放置在衍生電纜上。為了在不發生傳輸時將網路上的雜訊降至最低，需要一個上拉和下拉電阻器。典型

兩個電阻的值都在650至850 Ω範圍內。

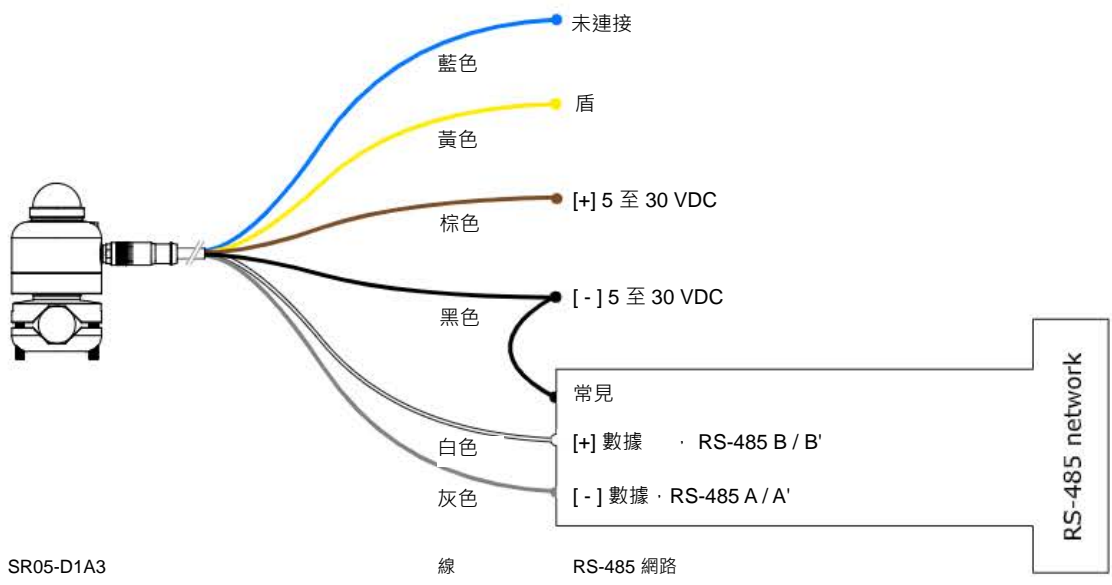


圖 5.10.2 SR05-D1A3 連接到 RS-485 網路。SR05-D1A3 由 5 至 30 VDC 的外部電源供電。

5.11 將 SR05-D2A2 連接到 TTL 設備

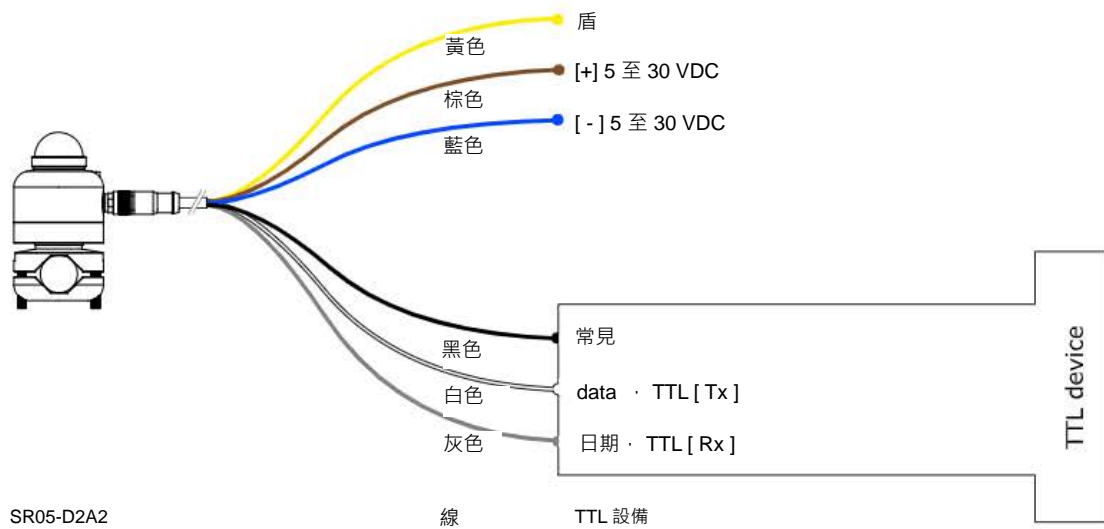


圖 5.11.1 SR05-D2A2 與 TTL 設備的連接，如果 SR05-D2A2 由 5 至 30 VDC 的外部電源供電。SR05-D2A2 充當數據通信設備（DCE）。



使用 SR05-D2A2 over TTL · VDC [-] (藍線) 和公共線 (黑線) 之間存在電位差。該電位差取決於感測器消耗的電流。必須注意不要使這些電線短路。TTL [Tx] (白線) 和 TTL [Rx] (灰線) 信號相對於公共線 (黑線) 以基準。如果 SR05-D2A2 連接的 TTL 設備需要外部電源，則該電源必須從單獨的電源中獲取，該電源相對於 SR05-D2A2 使用的電源具有浮動電位。



5.12 將 SR05 連接到 PC

SR05-D1A3 和 SR05-D2A2 都可以通過PC訪問。在這種情況下，通過感測器管理器軟體（請參閱下一章）或其他 Modbus測試工具提供的使用者介面與感測器進行通信。

5.12.1 將 SR05-D1A3 連接到 PC

根據 PC 上的可用埠，使用 RS-485 到 USB 轉換器或 RS485 到 RS-232 轉換器。下圖顯示了如何建立連接。轉換器必須在信號輸入和輸出之間具有電氣隔離，以防止靜電或其他高壓浪湧進入數據線。需要外部電源為 SR05-D1A3 (5 至 30 VDC) 供電。RS-485 轉 USB 轉換器是

通常通過USB介面供電：在這種情況下，無需外部電源即可為轉換器供電。如果使用 RS-485 到 RS-232 轉換器，則此轉換器應由外部電源供電。這可能與SR05-D1A3使用的電源相同。

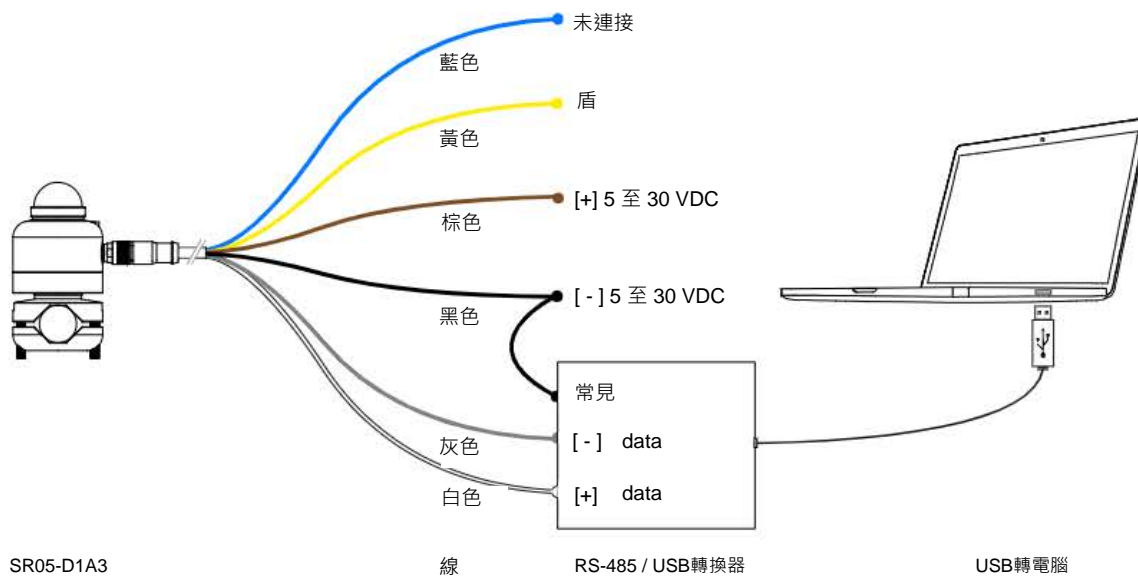


圖 5.12.1.1 將 SR05-D1A3 連接到 RS-485 轉 USB 轉換器和 PC

5.12.2 將 SR05-D2A2 連接到 PC

根據 PC 上的可用埠，使用 TTL 到 USB 轉換器或 TTL 到 RS-232 轉換器。下一頁上的圖顯示了如何建立連接。轉換器必須在信號輸入和輸出之間具有電氣隔離，以防止靜電或其他高壓浪湧進入數據線。需要外部電源為 SR05-D2A2 (5 至 30 VDC) 供電。TTL 轉 USB 轉換器通常通過 USB 介面供電：在這種情況下，無需外部電源即可為轉換器供電。如果使用 TTL 到 RS-232 轉換器，則此轉換器應由外部電源供電。這可能與SR05-D2A2 使用的電源相同。

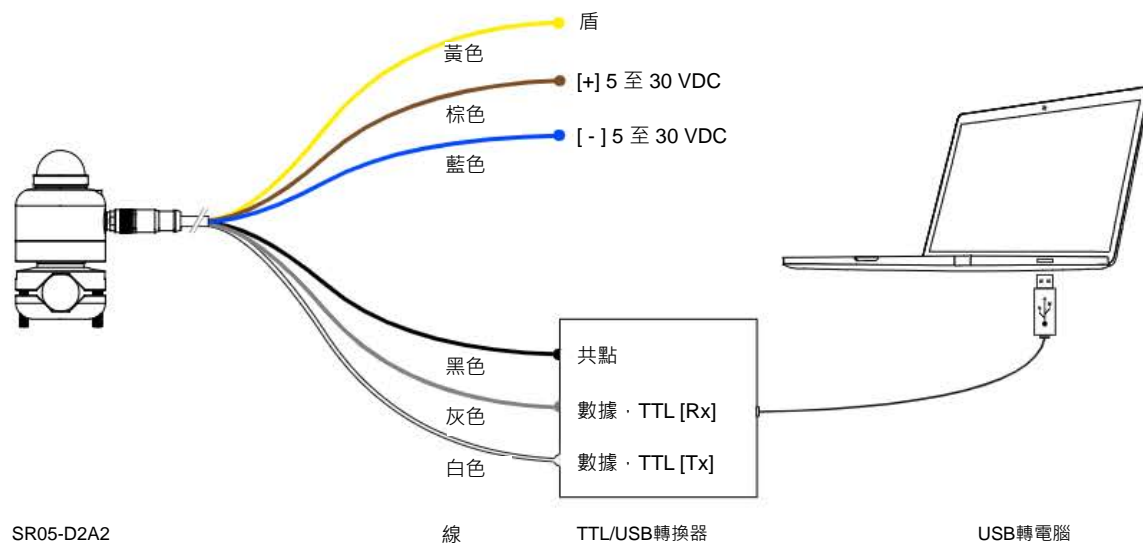


圖 5.12.2.1 將 SR05-D2A2 連接到 TTL 轉 USB 轉換器和 PC。SR05D2A2 充當數據通信設備 (DCE)。



6 與SR05通信

6.1 PC 通信：Sensor Manager 軟體

數位SR05系列可通過PC訪問。在這種情況下，與感測器的通信是通過Hukseflux Sensor Manager軟體或其他Modbus測試工具提供的用戶介面完成的。用戶可以通過 www.hukseflux.com/page/downloads 下載感測器管理器。或者，www.modbus.org 上提供了測試工具的鏈接，付費或免費軟體。

本章僅介紹感測器管理器的功能。

Hukseflux Sensor Manager 軟體為PC和SR05之間的通訊提供了用戶介面。它允許使用者定位、配置和測試一個或多個SR05，並使用PC進行簡單的實驗室測量。感測器管理器最常見的用途是用於 SR05 Modbus 位址和通訊設置的初始功能測試和修改。它不適用於長期連續測量目的。有關感測器管理員的可用軟體更新，請查看 www.hukseflux.com/page/downloads。

6.1.1 安裝感測器管理員

運行感測器管理員需要安裝最新版本的 Java 運行時環境軟體。Java 運行時環境可以從 www.java.com 免費獲得。SR05 規格概述 (表 3.1.1) 顯示了使用 PC 與 SR05 通信的系統和軟體要求。

- 1) 通過 www.hukseflux.com/page/downloads 下載 Hukseflux 感測器管理器。
- 2) 解壓縮下載的檔並將資料夾“Hukseflux Sensor Manager”複製到PC上的資料夾。為了正確安裝，用戶應具有PC的管理員許可權。
- 3) 按兩下“Hukseflux Sensor Manager”資料夾中的“Hukseflux_Sensor_Manager.jar”。這將啟動感測器管理員。

6.1.2 Sensor Manager 安裝過程中的故障排除

- 當未安裝Java運行時環境軟體時，會出現一條Windows消息，顯示“無法打開檔”Hukseflux_Sensor_Manager.jar”。解決方案是在PC上安裝Java Runtime Environment，然後重試。



6.1.3 感測器管理員：主視窗

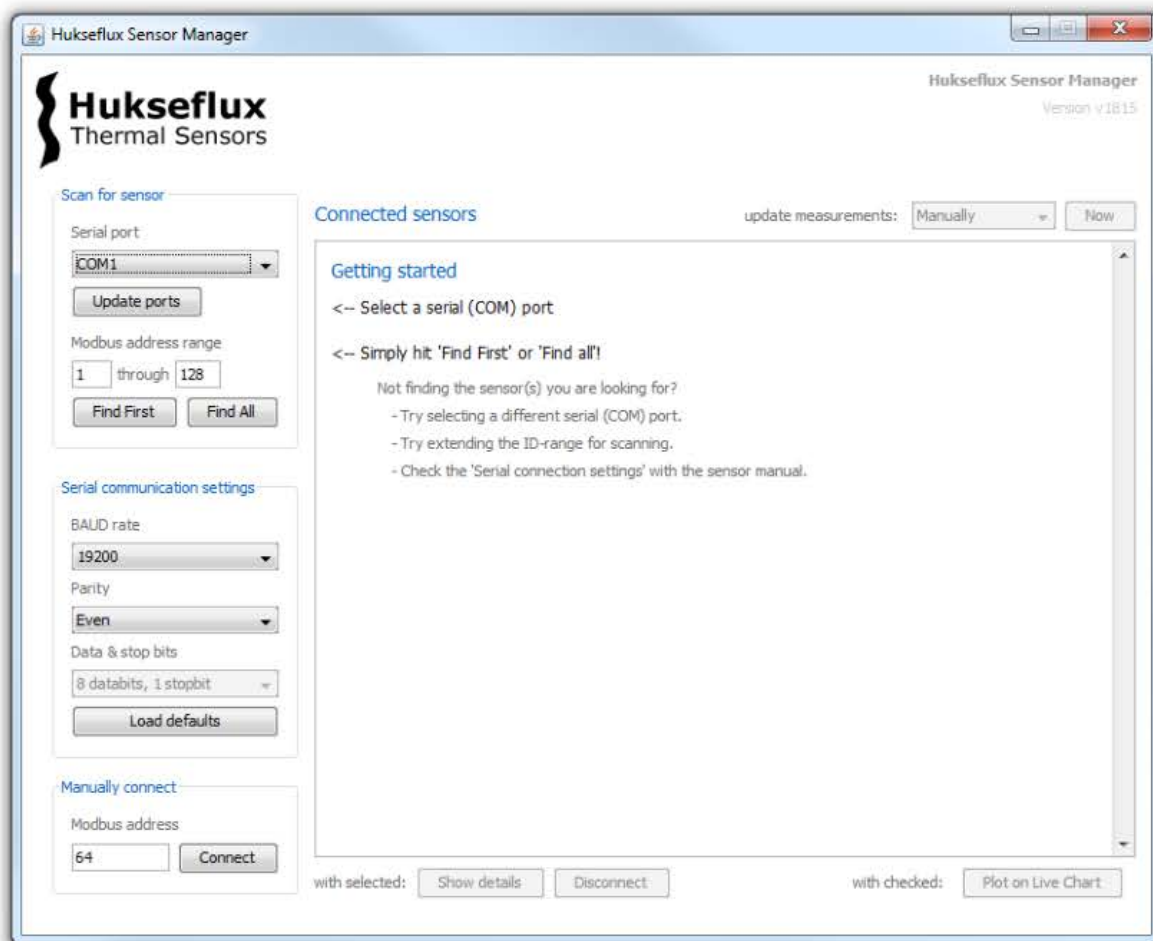


圖 6.1.3.1 感測器管理員的主視窗

當感測器管理員啟動並將數位SR05連接到PC時，使用者可以與儀器進行通信。

如果儀器位址和通信設置已知，則可直接輸入串行連接設置和Modbus位址。按兩下連接將建立聯繫。

如果儀器位址和通信設置未知，則使用「先查找」或「全部查找」功能查找儀器。感測器管理器掃描指定的Modbus位址範圍，但僅使用螢幕上指示的「串行連接設置」。當只連接一個感測器時，建議使用「先查找」，因為找到感測器時操作會停止。「全部查找」將繼續掃描整個Modbus位址範圍，可能需要額外的時間。

如果「先查找」或「全部查找」操作未找到儀器，則會打開一個對話框，要求使用所有可能的通信設置確認對位址範圍的掃描。



此操作所需的時間取決於要掃描的位址範圍。完成 247 個地址的掃描需要 15 分鐘以上。找到儀器后，將打開一個對話框，提供其序列號、Modbus 位址和通信設置。將主視窗中的通信設置和 Modbus 位址更改為儀器值，然後按兩下連接“後，可以與儀器進行通信。

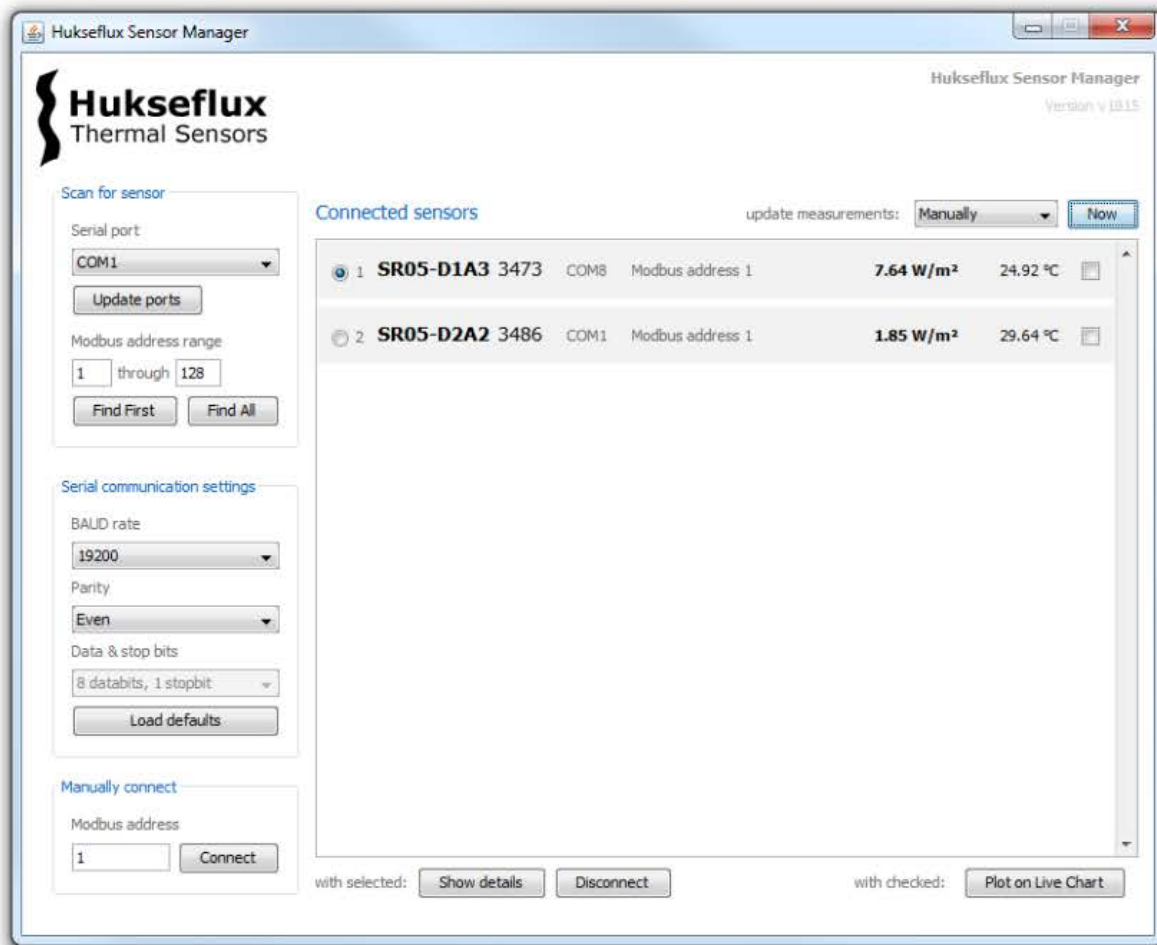


圖 6.1.3.2 連接兩個 SR05 的感測器管理器主視窗

找到儀器后，將顯示溫度和輻照度數據。更新是手動或自動完成的。可以每秒、每 5 秒或每分鐘進行一次自動更新。

6.1.4 感測器管理員：繪製數據

按兩下角的即時圖表上的繪圖「按鈕時」繪圖視窗開啟。顯示所選儀器測量的即時圖表。x 軸（時間）自動縮放，以顯示整個測量周期的數據。選中「僅顯示尾部」框后，僅顯示測量數據的最後幾分鐘。當「更新間隔」為 1 秒時，「僅顯示尾巴」功能為



數據收集約 10 分鐘後可用。y 軸以 W/m 為單位顯示測得的輻照度。Y 軸自動縮放以顯示完整的測量範圍。

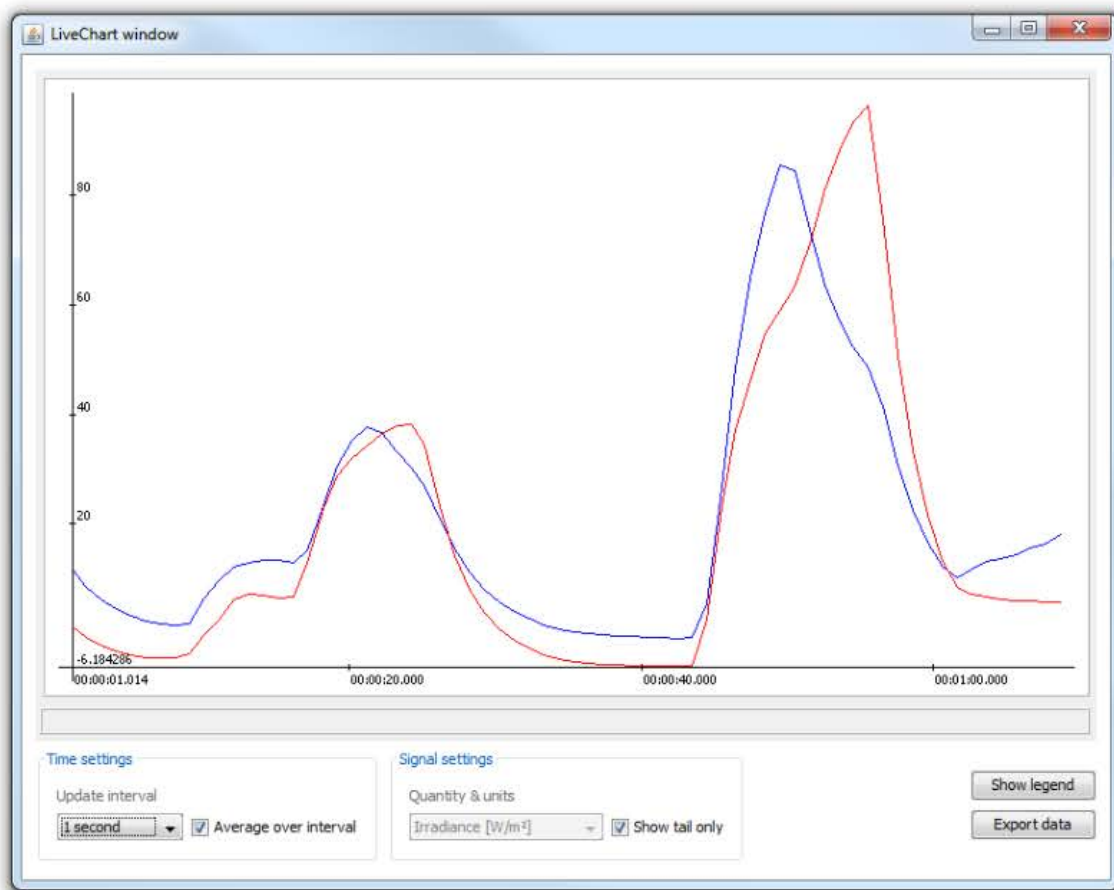


圖 6.1.4.1 感測器管理器中的 SR05 輻照度圖示例

6.1.5 感測器管理員：有關儀器的資訊

主視窗顯示「顯示詳細資訊」按鈕，允許訪問「感測器詳細資訊」視窗。此視窗顯示所選儀器的校準結果和校準歷史、溫度係數和其他屬性，如下頁所示。感測器序列號和所有校準資訊應與儀器標籤和產品證書上的資訊一致。

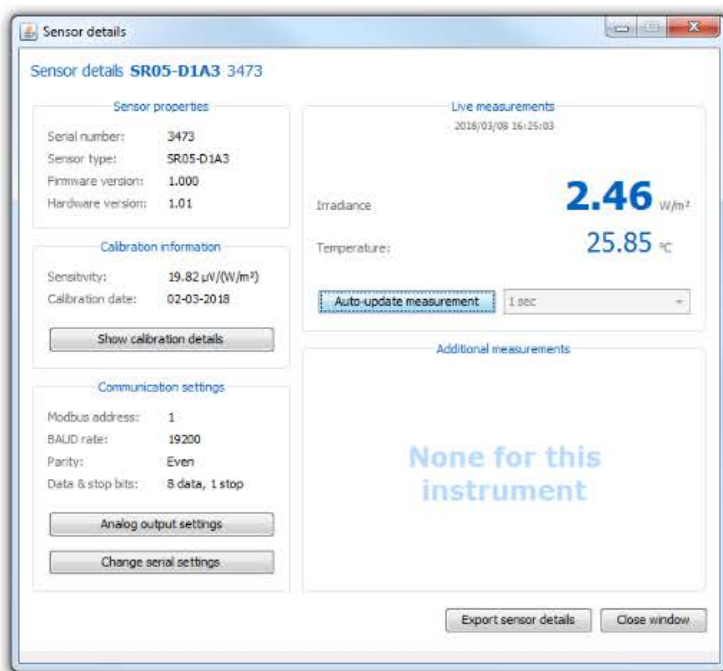


圖 6.1.5.1 感測器管理器中的感測器詳細信息視窗

6.1.6 感測器管理員：更改Modbus位址和通信設置

在「感測器詳細資訊」視窗中，「更改串行設置」功能打開「更改串行通信設置」視窗，如下圖所示。



圖 6.1.6.1 在感測器管理器中更改串行通信設置視窗



輸入新的通信設置或新的Modbus位址時，需要通過按兩下「更改設置」進行確認。然後儀器將自動重新啟動。如果未啟動“更改設置”功能，則原始設置仍然有效。如果Modbus位址發生更改，感測器管理員將在重新啟動後使用新位址自動與儀器重新連接。

6.1.7 感測器管理員：高級用戶調整靈敏度

感測器管理員不允許「標準使用者」更改任何對儀器輸出有直接影響的設置，即輻照度（以 W/m 為單位）。但是，如果儀器被重新校準，通常的做法是調整靈敏度，並將最新結果添加到校準歷史記錄中。這可以在獲得密碼並成為「高級使用者」後完成。請聯繫工廠獲取密碼並獲取成為「高級使用者」的指示。

示例：在校準實驗期間，結果可能是 SR05 的輻照度輸出（以 W/m 為單位）為 990，而標準指示應為 970。在本例中，SR05 輸出為 2.06% 過高。使用寄存器 41 + 42，應將 16.15 x 10 V/ (W/m) 的原始靈敏度更改為 16.48。舊的校準結果記錄在校準歷史檔中。如果還有較舊的結果，則將這些結果移至更高的寄存器編號 63 至 81。

6.2 網路通信：功能代碼、寄存器、線圈

警告：對多個設備使用相同的Modbus位址將導致不規則

整個網路的行為。本章介紹 SR05 固件中使用的功能代碼、數據模型和寄存器。通信是根據Modbus組織提供的規範組織的。這些規範在文檔“Modbus 應用協定 v1.1b”和“串行線路 v1.02 上的 Modbus”中進行了說明。

這些檔可以在 www.modbus.org 免費獲得。

表 6.2.1 支援的 Modbus 功能代碼

支援的MODBUS功能代碼	
功能代碼（十六進位）	描述
0x01	讀取線圈
0x02	讀取離散輸入
0x03	讀取持有寄存器
0x04	讀取輸入寄存器
0x05	寫入單線圈
0x06	寫入單一持有寄存器
0x0F	寫入多個線圈
0x10	寫入多個寄存器



表 6.2.2 Modbus 數據模型

MODBUS數據模型		
主表	物件類型	類型
離散輸入	單比特	R
Coil	單比特	R/W
輸入寄存器	16 位字	R
持有登記冊	16 位字	R/W

R = 只讀 · W = 只寫 · R/W = 讀/寫

該儀器不區分離散輸入和線圈;輸入寄存器和保持寄存器之間都沒有。

表 6.2.3 資料格式

數據格式	描述
U16	無符號 16 位整數
S16	有符號 16 位整數
U32	無符號 32 位整數
S32	有符號 32 位整數
浮	IEEE 754 32 位浮點格式
字串	一串 ASCII 字元

數據格式包括有符號整數和無符號整數。這些類型之間的區別在於，有符號整數傳遞負值，這會將整數的範圍減小一半。一個請求中最多可以請求五個16位寄存器;如果請求六個或更多寄存器，則應使用多個請求。

如果數據格式是有符號或無符號的 32 位整數，則接收的第一個寄存器是最高有效字 (MSW)，第二個寄存器是最低有效字 (LSW)。這樣，兩個16位寄存器就為一個32位整數保留了。如果數據格式為浮點數，則為32位浮點運算符，並保留兩個16位寄存器。大多數網路管理程式都有執行此類轉換的標準功能表。如果需要手動轉換，請參閱有關將浮點數轉換為十進位數的附錄。MSW 和 LSW 應在一個請求中一起閱讀。這對於確保兩個寄存器都包含一個內部電壓測量數據是必要的。使用兩個不同的指令讀出寄存器可能會導致兩個測量值在不同時間點的LSW和MSW組合。

無符號 32 位整數可以通過以下公式計算： $(MSW \times 2) + LSW = U32$ 。“網絡通信：對SR05的主請求示例”段落中提供了這種計算的示例。



對於每個 SR05 寄存器編號，您的數據請求可能需要 +1 的偏移量，具體取決於網路主站的處理情況。示例：SR05 寄存器編號 7 + 主偏移量 = 7 + 1 = 主寄存器編號 8。請參閱充當本地主站的設備的手冊。

表 6.2.4 Modbus 寄存器 0 到 11，測量值。對於基本操作，Hukseflux 建議讀出太陽輻射寄存器 2 + 3，儀器體溫寄存器 6 和感測器序列號寄存器 40。

MODBUS 寄存器 0-11				
寄存器位址	參數	內容說明	TYPE OF	格式數據
0	Modbus 位址	Modbus 網路中的感測器地址，預設值 = 1	R/W	U16
1	串行通信設置	設置串行通信，預設值 = 5	R/W	U16
2 + 3	輻射	信號單位 x 0.01 W/m ²	R	S32
4 + 5	僅限工廠使用			
6	感測器本體溫度	在 x 0.01 C	R	S16
7	感測器電氣電阻	和 x 0.1 Ω	R	U16
8	比例因數輻射	預設值 = 100	R	U16
9	比例因數溫度	預設值 = 100	R	U16
10 + 11	感測器電壓輸出	和 x 10 V	R	S32
12 到 31	僅限工廠使用			

寄存器 0，Modbus 位址，包含感測器的 Modbus 位址。這允許 Modbus 主站檢測其網路中的從站 SR05-D1A3。位址可以更改；位址的值必須介於 1 和 247 之間。預設 Modbus 位址為 1。

注意：在更改生效之前，需要重新啟動感測器。

寄存器 1，串行通信設置，用於輸入波特率設置和串行數據傳輸的幀。默認設置是設置數位 5：19200 波特、8 個數據位、偶偶校驗和 1 個停止位。設置選項如下表所示。注意：在更改生效之前，需要重新啟動感測器。



表 6.2.5 寄存器 1 的設定選項

設置選項				
設置數	波特率	達塔比特	STOPBITS的	平價
1	9600	8	1	none
2	9600	8	1	even
3	9600	8	1	odd
4	19200	8	1	none
5 (= 預設值)	19200	8	1	even
6	19200	8	1	odd
7	38400	8	1	none
8	38400	8	1	even
9	38400	8	1	odd
10	115200	8	1	none
11	115200	8	1	even
12	115200	8	1	odd

寄存器 2 + 3 · 輻照度 · 提供 0.01 W/m² 的太陽輻射輸出。給定的值必須除以 100 才能獲得以 W/m² 為單位的值。MSW 和 LSW 應在一個請求中一起閱讀。

寄存器6 · 儀器體溫 · 提供儀器體溫在0.01°C。數據必須除以 100 才能達到以 °C 為單位的值。

寄存器7 · 感測器電阻 · 感測器電阻在0.1 Ω。數據需要除以 10 得到 Ω 中的值。默認情況下 · 此寄存器返回 0。要閱讀電阻 · 首先必須進行測量。這可以通過將0xFF00寫入線圈 2 來完成。Hukseflux 建議僅在感測器發生故障時進行診斷時才使用此功能。

寄存器 8 · 比例因數輻照度 · 預設比例因數為 100

寄存器 9 · 縮放因數溫度 · 默認縮放因數為 100。

寄存器 10 + 11 · 感測器電壓輸出 · 熱電堆的感測器電壓輸出信號 · 單位為 x 10 V。



表 6.2.6 Modbus 寄存器 32 至 62、感測器和校准資訊

MODBUS 寄存器 32-62				
寄存器位址	參數	內容說明	TYPE OF	格式數據
32 到 35	感測器型號	感測器的第一部分描述	R	字串
36 到 39	感測器型號	感測器的第二部分描述	R	字串
40	序列號感測器		R	U16
41 + 42	感測器靈敏度	在 x 10 V/ (W/m)	R	浮
43	回應時間	和 x 0.1 秒	R	U16
44	感測器電阻	和 x 0.1 Ω	R	U16
45	保留	始終為 0	R	U16
46 + 47	感測器校準日期	感測器的校準日期 (以 YYYYMMDD為單位)	R	U32
48 到 60	工廠使用			
61	固件版本		R	U16
62	硬體版本		R	U16

寄存器 32 到 39，感測器型號，8 個寄存器的字串。這些寄存器將返回 8 個數位，可以解碼以查找感測器型號名稱。序列號為 3819 或更高版本的 SR05-D1A3 感測器和序列號為 3524 或更高的 SR05-D2A2 感測器使用方法 A 將名稱存儲在這些寄存器中。序列號低於這些感測器的感測器 (主要是 SR05-DA1 和 SR05-DA2 感測器) 使用方法 B。方法 A 和 B 在本手冊的附錄 9.12 中進行了說明。



寄存器 40 · 感測器序列號。

寄存器 41 + 42 · 感測器靈敏度 · 感測器的靈敏度 · 單位為 $\times 10 \text{ V/ (W/m}^2 \text{)}$ 。
數據的格式是浮點數。

寄存器43 · 回應時間 · 感測器在工廠測量的回應時間 · 單位為 $\times 0.1 \text{ s}$ 。該值必須除以 10 才能獲得以 **s** 為單位的值。

寄存器 44 · 感測器電阻 · 返回感測器校準期間測量的電阻。電阻在 $\times 0.1 \text{ } \Omega$ · 必須除以 10 才能得到 Ω 中的值。

寄存器 46 + 47 · 感測器校準日期 · 上次感測器校準日期 · 從中發現寄存器 41 和 42 中的靈敏度 · 以 YYYYMMDD 為單位。

寄存器 61 · 固件版本。

註冊表 62 · 硬體版本。



表 6.2.7 Modbus 寄存器 63 至 82 · 校準歷史記錄

MODBUS 寄存器 63-82				
寄存器位址	參數	的描述 內容	TYPE OF	格式 數據
63 + 64	感測器靈敏度歷史記錄 1	在 x 10V/ (W/m) 預設值為 0	R	浮
65 + 66	校準日期歷史記錄 1	感測器的先前校準日期 (以 YYYYMMDD為單位) 預設值為0	R	U32
67 + 68	感測器靈敏度歷史記錄 2	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
69 + 70	校準日期歷史 2	參見寄存器 65 + 66	R	U32
71 + 72	感測器靈敏度歷史記錄 3	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
73 + 74	校準日期歷史記錄 3	參見寄存器 65 + 66	R	U32
75 + 76	感測器靈敏度歷史 4	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
77 + 78	校準日期歷史 4	參見寄存器 65 + 66	R	U32
79 + 80	感測器靈敏度歷史記錄 5	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
81 + 82	校準日期歷史記錄 5	參見寄存器 65 + 66	R	U32

寄存器 63 至 82：僅供 Sensor Manager 高級使用者寫入：高級使用者可以將校準歷史記錄寫入寄存器 63 至 82。如果返回預設值，則未寫入重新校準。上次校準靈敏度和校準日期分別在寄存器 41 + 42 和 46 + 47 中提供。



請注意，如果您的數據請求需要每個 SR05 寄存器編號的偏移量為 +1，具體取決於網路主站的處理情況，則此偏移量也適用於線圈。請參閱充當本地主站的設備的手冊。

表 6.2.8 線圈

線圈				
線圈	參數	描述	類型	物件類型
0	重新啟動	重新啟動感測器	W	單比特
1	保留			
2	檢查	測量感測器電阻	W	單比特

線圈 0 · 重新啟動 · 當 0xFF00 寫入此線圈時，感測器將重新啟動。如果應用，新的 Modbus 位址或新的串行設置將生效。



線圈 2、檢查，當0xFF00寫入該線圈時，內部電子設備將測量熱電堆的電阻。測量後，一個新值將被寫入寄存器 7。要求以高重複頻率寫入此線圈將導致感測器行為不規則；該檢查只能作為例外診斷例程執行。

6.3 網路通信：入門

一旦具有正確的Modbus位址和通信設置，SR05-D1A3就可以直接連接到RS-485網路和電源。如何在Modbus網路中將感測器作為從站進行物理連接，請參見第5.11章：將SR05D1A3連接到RS-485網路。在這種連接中，感測器通過5至30 VDC的外部電源供電。當感測器用螺栓固定在接地安裝板上時（通常是這種情況），遮罩層不會在電纜端接地。

在網路中安裝 SR05-D1A3 還需要配置此新 Modbus 設備的通信。這通常包括定義一個可以由主伺服器廣播的請求。如果 SR05-D1A3 尚未定義為網路上的標準感測器類型，請聯繫網路設備供應商，查看是否有 SR05-D1A3 的庫檔可用。

典型操作要求主站每 1 秒請求寄存器 2 + 3 中的輻照度數據、寄存器 6 中的感測器溫度和寄存器 40 中的感測器序列號，並存儲 60 秒的平均值。寄存器 2 + 3 的數據格式是

有符號 32 位整數，寄存器 6 中的溫度是有符號 16 位整數。

一個請求中最多可以請求五個16位寄存器。如果在一個請求中請求六個或更多寄存器，SR05-D1A3 將不會回應。如果請求六個或更多寄存器，則應使用多個請求：SR05-D1A3 將按預期回應。

6.3.1 調整Modbus位址和通信設置

可以通過不同的方式設置儀器位址和波特率：

- 通過將感測器連接到PC並使用感測器管理員；
- 通過將感測器連接到PC並使用另一個Modbus測試工具。www.modbus.org 提供了不同解決方案的連結；
- 通過使用可用的網路使用者介面軟體。

Modbus 位址儲存在寄存器 0 中，預設值為 1。用戶可以將位址更改為 1 到 247 範圍內的值。位址值在網路中必須是唯一的。通信設置儲存在寄存器 1 中。默認設置是設置數位 5，表示與 19200 波特、偶校驗位、8 個數據位和 1 個停止位的通信。寫入新的位址或通信設置後，必須重新啟動感測器。這可以通過將0xFF00寫入線圈 0 來完成。



6.4 網路通信：對SR05的主請求示例

正常的感測器操作包括請求寄存器 2 + 3 的輸出;溫度補償太陽輻射。為了保證品質，感測器序列號、寄存器 40 和寄存器 6 中的溫度也很有用。

在此示例中，SR05 的位址為 64。該示例請求太陽輻射（溫度補償）寄存器2+3、感測器序列號、寄存器40和儀器寄存器6的溫度。這些值以十六進位表示。

注意：32位數據表示在2個寄存器中。MSW 和 LSW 應在一個請求中一起閱讀。

請求太陽輻射，寄存器 2 + 3：

主請求：[40] [03] [00][00] [00][04] [4B][18]

[40] = Modbus 從站位址，十進制等效值 = 64 [03] = Modbus 函數;03 讀取保持寄存器 [00][00] = 起始寄存器，主設備從寄存器 0 開始請求數據。[00][04] = 長度，主站要讀取的寄存器數。4 個寄存器 [4B][18] = CRC，傳輸數據的校驗和

感測器回應：[40] [03] [08] [00][40] [00][05] [00][01] [7C][4F] [79][DA]

[40] = Modbus 從站位址，十進位等效位址 = 64 [03] = Modbus 函數 [08] = 感測器返回的位元組數。感測器 [00][40] 傳輸的8個字節 = 寄存器0;Modbus 位址 [00][05] = 寄存器 1;串行設置，19200波特，8個數據位，偶奇偶校驗位，1個停止位[00][01] = 寄存器2;溫度補償信號，最高有效字（MSW）。十進制等效值 = 1 [7C] [4F] = 寄存器 3;溫度補償信號，最小有效字（LSW） = 十進制當量 = 31823 [79][DA] = CRC，傳輸數據的校驗和

寄存器 2 和 3 共同表示 SR05-D1A3 測量的溫度補償太陽輻射輸出。MSW 位於寄存器 2 中，LSW 位於寄存器 3 中。輸出必須由以下公式計算： $((MSW \times 2) +$

$LSW) / 100$ 。在此示例中，結果為： $((2 \times 1) + 31823) / 100 = 973.59 \text{ W/m}^2$

請求體溫，註冊 6：



主機請求：
[40][03][00][06][00][01][6B][1A]

[40] = Modbus 從站位址
[03] = Modbus 功能
[00][06] = 啟動寄存器
[00][01] = 寄存器數
[6B][1A] = CRC

感測器回應：
[40][03][02][08][B1][43][FF]

[40] = Modbus 從站位址
[03] = Modbus 函數
[02] = 位元節數
[08][B1] = 寄存器 7 的內容 · 十進制等效值 = 2225
[43][FF] = CRC

溫度 = 寄存器 7 x 0.01 = 2225 x 0.01 = 22.25 °C

寄存器 6 表示感測器的體溫。接收到的數據需要除以 100 以表示正確的結果。在本例中，結果為：2225 x 0.01 = 22.25 °C

索取序列號 · 寄存器 40：

主機請求：
[40][03][00][28][00][01][0B][13]

[40] = Modbus 從站位址
[03] = Modbus 功能
[00][28] = 起始寄存器
[00][01] = 寄存器數
[0B][13] = CRC

感測器回應：
[40][03][02][0A][29][43][35]

[40] = Modbus 從站位址
[03] = Modbus 函數
[02] = 位元組數
[0A][29] = 寄存器 40 的內容 · 十進位等效值 = 2601
[43][35] = CRC

寄存器40表示感測器序列號。在此示例中，序列號為2601。



7 進行可靠的測量

7.1 可靠性的概念

如果使用日射強度計進行測量是可靠的，即在大部分時間內在所需的不確定度範圍內進行測量，並且一旦出現問題，可以迅速解決，則稱為“可靠”。

使用日射強度計進行測量的要求可以由使用者表示為：

- 測量所需的不確定度（見以下段落）
- 維護和維修要求（維護和維修的可能性，包括工作量和處理時間）
- 對預期儀器壽命的要求（直到不再可修復）

重要的是要認識到，測量的不確定度不僅取決於儀器，還取決於儀器的使用方式。

另見ISO 9060注5。對於日射強度計，在室外測量期間獲得的測量不確定度是以下函數的函數：

- 儀器類
- 校準程式/不確定度
- 儀器在自然陽光下的使用時間（涉及儀器穩定性規範）
- 測量條件（如傾斜、通風、遮陽、儀器溫度）
- 維護（主要是污垢）
- 環境條件*

因此，ISO 9060 規定，「考慮到所有這些因素，只能根據個人情況做出關於戶外條件下整體測量不確定度的陳述」。

* 在 Hukseflux 中定義為儀器外部與測量相關的所有因素，例如雲層（存在或不存在直接輻射）、太陽位置、局部地平線（可能被遮擋）或地面狀況（傾斜時）。環境條件還涉及測量地點的測量是否代表應測量的量的問題。



7.2 測量的可靠性

如果測量在大部分時間內都在所需的不確定度範圍內進行測量，則測量是可靠的。我們區分了測量不可靠的兩個原因：

- 與日射強度計的可靠性及其設計、製造、校準（硬體可靠性）有關。
- 與測量不確定度（測量可靠性）的可靠性有關，它涉及硬體可靠性以及使用條件。

大部分硬體可靠性是儀器製造商的責任。然而，測量的可靠性是儀器製造商和使用者的共同責任。根據使用者要求，考慮到測量條件和環境條件，用戶將選擇某一類儀器，並定義維護支持程式。

在許多情況下，實際可達到的精度水準是有限的。這是由於測量系統到位后無法控制的情況造成的。典型的限制條件是：

- 測量條件，例如在極端溫度下工作時，當儀器溫度處於額定溫度範圍的極端極限時。
- 環境條件，例如，當安裝在太陽路徑上有障礙物的次優測量位置時。
- 其他環境條件，例如在評估光伏系統性能時，系統包含不同傾斜角度的面板，日射強度計測量值可能無法代表整個光伏系統接收到的輻照度。

通過維護支援可以提高測量可靠性。重要的方面是：

- 穹頂因灰塵、露水、雨水或雪的沉積而結垢。結垢會導致未定義的測量不確定度（不再定義靈敏度和方向誤差）。
這應該通過定期檢查和清潔來解決。
- 感測器不穩定。每個儀器的最大預期感測器老化定義為其不穩定性，單位為 [% 變化/年]。如果不重新校準感測器，靈敏度的不確定性會逐漸增加。這可以通過定期重新校準來解決。
- 日射強度計圓頂下的水分凝結導致靈敏度緩慢變化（在規格範圍內）。這可以通過定期更換乾燥劑或在感測器允許的情況下進行維護（乾燥整個感測器）來解決。對於像大多數二等日射強度計這樣的無法使用的感測器，這可能會慢慢發展成缺陷。對於一級和二級標準型號（例如 SR11 型一級日射強度計和 SR20-D2 數位二級標準日射強度計），可提供額外的乾燥劑（在氣密袋中的一組 5 袋中）。



提高測量可靠性的另一種方法是引入冗餘感測器。

- 使用冗餘儀器允許使用另一台儀器作為參考對一台儀器進行遠端檢查，從而提高測量可靠性。
- 在光伏系統性能監測中，除了在陣列平面上測量儀器外，水準放置的儀器還用於測量全球輻射。全球輻照度數據使用戶能夠比較不同地點之間的當地氣候和系統效率。這些數據還可以與當地氣象站的測量結果進行比較。

7.3 維修和保養速度

可靠性不僅是可靠性問題，還涉及對問題的反應；如果服務和維修的處理時間很短，這有助於提高可靠性。

Hukseflux 日積壓計的設計便於維護和維修。主要的維護措施包括：

- 更換乾燥劑
- 更換電纜

為了優化可靠性，用戶應該：

- 設計定期維護計劃
- 設計缺陷時的維修或更換時程表

在網路中操作多台儀器時，Hukseflux 建議保持程序簡單，並準備一些備用儀器作為服務、重新校準和維修期間的替代品。

7.4 不確定度評估

在室外或室內條件下測量的不確定度取決於許多因素，見本章第 1 段。對於日射強度計的測量不確定度，不可能給出一個數位。不確定性評估工作“正在進行中”。世界各地有幾個團體參與計算方法的標準化。這項工作旨在根據不確定度評估指南（根據“測量中不確定度表達指南”或GUM）進行工作。

7.4.1 評估室外條件下的測量不確定度

Hukseflux積極參與有關日射強度計測量不確定度的討論;我們還提供反映最新技術的電子錶格,以幫助我們的用戶進行自己的評估。評估意見總結如下:

1) 不確定度的正式評估應根據 ISO 98-3 測量不確定度表達指南 (GUM) 進行。2) 根據 ISO 9060 日射強度計和日射強度計分類清單輸入儀器的規格作為可能誤差的極限值,根據第 4.3.7 段作為標準不確定度的 B 型評估進行分析。口香糖。先驗分佈被選為矩形分佈。3) 必須輸入單獨的估計值,以考慮由於儀器維護水準而導致的估計不確定性。4) 必須輸入校準不確定度。請注意, Hukseflux 校準不確定度低於其他設備。這些不確定度輸入到測量方程中 (方程通常為公式 0.1: $E = U/S$), 作為 E (零偏移、方向回應)、U (電壓讀出誤差) 或 S (傾斜誤差、溫度依賴性、校準不確定度) 的不確定度。

5) 在日射強度計的不確定度分析中,輸入感興趣的位置和日期。然後計算太陽的運行軌跡,並根據模型估計直接分量和漫射分量;直接輻射的入射角是不確定性的主要因素。6) 在現代日照儀的不確定性分析中:傾斜依賴性通常非常低,以至於一個典型的觀測可能就足夠了。

7) 在特殊測量條件下,選擇典型規格值。例如,這些應考慮測量條件 (遮蔭/無遮蔽、通風/不通風、水準/傾斜) 和環境條件 (晴朗/多雲、工作溫度範圍)。8) 在各種不確定性來源中,有些是「相關的」;即在整個測量過程中都存在,並且在隨時間推移的平均值時不會抵消或收斂到零;協方差矩陣的對角線外元素不為零。

《口香糖》第5.2段。

9) 在各種不確定性來源中,有些是「不相關的」;隨時間推移,平均值時抵消或收斂為零;協方差矩陣的對角線外元素為零。《口香糖》第5.1段。10) 在各種不確定性來源中,有些「不包括在分析中」;例如,這適用於日射強度計的非線性,因為它已經包含在方向誤差中,以及日射強度計和日射強度計的光譜回應,因為它已經在校準過程中被考慮在內。



表 7.4.1.1 Hukseflux 日射強度計測量可實現不確定度的初步估計。這些估計基於典型的日射強度計特性和校準不確定度，適用於陽光明媚、晴朗的天空和維護良好的台站，沒有因缺乏維護和儀器污染而造成的不確定性損失。該表指定了覆蓋因數為 2、置信水準為 95% 的擴展不確定性。估計值基於 1 秒抽樣。重要提示：國際上對日射強度計測量的不確定度評估沒有達成共識，因此此表不應用作正式參考。

日射強度計類 (ISO 9060)	季節	緯度	不確定性 總分鐘數 和過去的太陽能。	不確定性 每小時總計 和過去的太陽能。	不確定性 每日總計
二次標準	蜂鳴器	中緯度地區	2.7 %	2.0 %	1.9 %
		赤道	2.6 %	1.9 %	1.7 %
		pole	7.9 %	5.6 %	4.5 %
	冬	中緯度地區	3.4 %	2.5 %	2.7 %
頭等艙	蜂鳴器	中緯度地區	4.7 %	3.3 %	3.4 %
		赤道	4.4 %	3.1 %	2.9 %
		pole	16.1 %	11.4 %	9.2 %
	冬	中緯度地區	6.5 %	4.5 %	5.2 %
二等艙 (SR05系列)	蜂鳴器	中緯度地區	8.4 %	5.9 %	6.2 %
		赤道	7.8 %	5.5 %	5.3 %
		pole	29.5 %	21.6 %	18.0 %
	冬	中緯度地區	11.4 %	8.1 %	9.9 %

7.4.2 校準不確定度

與瑞士達沃斯的PMOD世界輻射中心密切合作開發了新的校準程式。最新的校準方法導致靈敏度的不確定度小於 2.4%，而該類日射強度計的典型不確定度高於 3.5%。有關校準層次結構的詳細資訊，請參閱附錄。



8 維護和故障排除

8.1 建議的維護和質量保證

SR05 可以在大多數位置的低維護水準下可靠地測量。通常，不可靠的測量值會被檢測為不合理的大或小的測量值。作為一般規則，這意味著定期目視檢查與對測量數據的嚴格審查相結合，最好是與其他測量結果進行檢查，是獲得可靠測量的首選方法。

表 8.1.1 SR05 的建議維護。如果可能的話，應每天進行數據分析和清理（1 和 2）。（下接下頁）

建議的最低日射強度計維護			
間隔	主題	行動	
1	1周	數據分析	將測量數據與最大可能/最大預期輻照度以及附近的其他測量值（冗餘儀器）進行比較。此外，歷史季節性記錄也可以用作預期值的來源。分析夜間信號。這些信號可能是負的（低至 -5 W/mon 晴朗無風的夜晚），由於零偏移 a。如果與光伏系統一起使用，請將白天的測量值與光伏系統的輸出進行比較。查找任何偏離正常或預期的模式和事件
2	2周	清洗	使用軟布清潔儀器的圓頂，持久性污漬可用肥皂水或酒精處理
3	6個月	檢查	檢查電纜品質，檢查連接器，檢查安裝位置，檢查電纜，清潔儀器，清潔電纜，檢查調平，如果超出規格，請更改儀器傾斜度，檢查安裝連接，檢查圓頂內部是否有冷凝水
4	2年	乾燥劑更換	乾燥劑規定至少可以使用 2 年。如果使用者想自己更換乾燥劑，則風險自負，只能在 ESD 安全的工作環境中執行。SR05 的底板應通過 Torx 10 螺絲刀擰下 3 x T10 螺釘來卸下。乾燥劑袋貼在 SR05 的底板上。在 SR05 上安裝底板時應小心
5	2年	重新校準	根據 ISO 9847 要求，通過與現場更高標準的儀器進行並排比較來重新校準「高級用戶」狀態和出廠密碼，允許通過感測器管理員將靈敏度和校準歷史數據寫入保存靈敏度和校準歷史數據的寄存器
6		輩子評估	判斷儀器是否應該再可靠 2 年，或者是否應該更換



最低推薦日射強度計維護 (續)			
7	6年	部件 更換	如果適用/必要，更換最容易風化的部件;電纜、連接器。注意：僅使用 Hukseflux 認可的零件
8		內部 檢查	如適用：打開儀器並檢查/更換O型圈;電路板周圍的乾燥內腔
9		重新校準	根據 ISO 9847 在室內或根據 ISO 9846 在室外進行高精度重新校準

8.2 疑難解答

表 8.2.1 SR05 故障排除 (下頁繼續)

常規	<p>檢查儀器是否有任何損壞。</p> <p>檢查連接器是否正確連接。</p> <p>檢查連接器的狀況 (在機箱上以及電纜上)。</p> <p>檢查感測器是否接收直流電壓tage 電源在 5 至 30 VDC 範圍內。</p> <p>檢查擴展板的連接 (通常不在網路側連接)。檢查感測器電源的連接情況，通常負極連接到網路公共。</p>
準備 室內測試	<p>在PC上安裝Sensor Manager 軟體。為PC配備RS-485或TTL通信，分別用於SR05-D1A3和SR05-D2A2。將直流電壓電源連接到感測器並與感測器建立通信。上電時，信號的臨時輸出電平可能不同於零;偏移量。讓這個偏移量穩定下來。</p>
感測器 不給 有一個信號	<p>檢查感測器是否對光有反應：將感測器暴露在強光源下，例如距離0.1 m的100 W燈泡。信號讀數現在應> 100 W/m。通過在感測器上放一些東西或關掉燈來使感測器變暗。儀器電壓輸出應下降，並在一分鐘內接近 0 W/m。通過將感測器更換為具有相同地址的備用感測器來檢查數據採集。</p>
無法 溝通 使用 感測器	<p>檢查與感測器的所有物理連接，然後再次嘗試連接到感測器。如果無法通信，請嘗試確定位址和通信設置是否正確。通過測量分析電纜性能</p> <p>從引腳到電纜末端的電阻。電阻應<10 Ω。如有疑問，請嘗試使用新電纜。將感測器連接到PC，然後使用感測器管理員執行「查找」和「查找全部」操作以定位感測器並驗證通信設置。如果所有物理連接都正確，仍然找不到感測器，請聯繫工廠將感測器送到製造商進行診斷和維修。</p>
SR05 不 回應 要求 6 或更多 寄存器	<p>在一個請求中不能請求五個以上的16位寄存器。如果在一個請求中請求六個或更多寄存器，感測器將不會回應。如果請求六個或更多寄存器，請使用多個請求：感測器將按預期回應。</p>
感測器 信號是	<p>請注意，由於零偏移 a，夜間信號可能是負的 (低至 -5 W/mon 晴朗無風的夜晚)。</p>



不切實際 高或低	<p>檢查日射強度計是否有乾淨的圓頂。</p> <p>檢查日射強度計的位置;是否有任何障礙物可以解釋測量結果。</p> <p>檢查日射強度計的方向/水準。</p> <p>檢查電纜狀況·尋找電纜斷裂·檢查連接器的狀況(在機箱上以及電纜上)。</p>
感測器 信號顯示 意外 變化	<p>檢查是否存在強電磁輻射源(雷達、無線電)。</p> <p>檢查遮罩層的狀況和連接。</p> <p>檢查感測器電纜的狀況。</p> <p>檢查電纜在測量過程中是否沒有移動·檢查連接器的狀況(在機箱和電纜上)</p>
穹頂 顯示內部 凝結	<p>安排將感測器送回 Hukseflux 進行診斷。</p>

8.3 現場校準和檢查

現場日射強度計的重新校準通常是通過在現場與參考日射強度計進行比較來完成的。適用標準是 ISO 9847 國際標準太陽能 - 與參考日射強度計相比的場射強度計校準”在 Hukseflux · 使用根據相同標準進行的室內校準。

Hukseflux 建議重新校準：如果可能，在正常入射條件下，通過與相同的參考儀器進行比較，在室內進行校準。

日射強度計的推薦校準間隔為 2 年。用戶可以訪問包含所施加靈敏度和 SR05 校準歷史記錄的寄存器。這允許用戶選擇自己的本地校準服務。同樣的功能也可用於現場日射強度計的遠端控制重新校準。請向 Hukseflux 諮詢有關 ISO 和 ASTM 現場校準標準化程式的資訊。在出廠時請求「高級用戶」狀態和密碼，允許通過感測器管理器寫入保存靈敏度和校準歷史數據的寄存器。

在現場比較的情況下;ISO 建議使用更高級別的日射強度計進行現場校準。Hukseflux 建議還允許使用相同型號和類別的感測器，因為相似儀器的相互比較具有它們遭受相同偏移的優點。因此，與相同品牌和類型的日射強度計進行比較，與建議在幾天內進行現場校準的更高class. ISO儀器進行比較一樣好;萬里無雲條件下2至3天，多雲條件下10天。一般來說，這是無法實現的。為了縮短校準過程，Hukseflux 建議允許在正常入射時進行校準，使用太陽正午附近的每小時總數。



Hukseflux 對現場相互比較的主要建議是：

1) 以正常發病率為參考，而不是全天。2) 採用與場日射強度計或更高級別の日射強度計相同品牌和類型的參考，以及 3) 將兩者連接到相同的電子設備，從而消除電子誤差（也偏移）。4) 將所有儀器安裝在同一平臺上，使它們具有相同的體溫。5) 假設電子設備是獨立校準的，以分析正常入射輻射下的輻射值（可能使輻射計傾斜到近似正常入射），如果這不可能比較水準安裝儀器的太陽正午前後的 1 小時的總輻射。6) 對於二等輻射計，校正偏差 $\pm 10\%$ 以上。較低的偏差應被解釋為可接受，不應導致靈敏度的修正。7) 對於一流の日射強度計，校正偏差超過 $\pm 5\%$ 。較低的偏差應被解釋為可接受，不應導致靈敏度的修正。8) 對於二級標準儀器，校正偏差 $\pm 3\%$ 以上。較低的偏差應被解釋為可接受，不應導致靈敏度的修正。

8.4 數據質量保證

質量保證可以通過以下方式完成：

- 分析太陽輻照度信號的趨勢
- 根據數學生成的預期值繪製測得的輻照度
- 比較不同地點之間的輻照度測量值
- 夜間信號分析

主要思想是人們應該注意任何不切實際的價值觀。市場上有可以半自動執行數據篩選的程式。有關此類程式的更多資訊，請參閱：www.dqms.com。

9 附錄

9.1 有關電纜延長/更換的附錄

SR05 系列的感測器電纜配有 M12-A 直型連接器。如果更換電纜，建議在 Hukseflux 購買帶連接器的新電纜。在電纜延長的情況下，建議在 Hukseflux 購買帶有連接器對的延長電纜。請注意，Hukseflux 不支援自己動手的連接器和電纜元件。

SR05 配有一根電纜。建議感測器電纜的最大長度為 40 米。最好保持電纜的長度盡可能短，以避免推斷信號並將雜訊保持在可接受的水準。

請勿使用 SR05 總長度超過 40 米的原廠製造電纜。

連接器和電纜規格在下一頁中進行了總結。



圖 9.1.1 左側感測器端帶有 M12-A 母頭連接器的 SR05 電纜。電纜的另一端未剝線。它的長度是標準3米，也有10米和20米可供選擇。右側是帶連接器對的 Hukseflux 延長電纜，帶有 M12-A 公頭和母頭連接器，可提供 10 米和 20 米。



表 9.1.1 SR05 電纜更換和延長規格

一般更換	請在 Hukseflux 訂購帶連接器的新電纜
一般電纜延長	請在 Hukseflux 訂購帶有連接器對的延長線
使用的連接器	機箱：M12-A直公連接器·外螺紋·5極 製造商：Binder 電纜：M12-A直母連接器·內螺紋·5極 製造商：Binder 遮罩層與連接器外殼電氣連接
電纜	5 線遮罩 製造商：Binder
長度	電纜應盡可能短;電纜總長度 應小於 40 m
外層 10000	符合戶外使用規格 (在戶外應用中具有良好的穩定性)



9.2 SR05工具附錄

表 9.2.1 SR05 工具規格

配置	工具	包括
安裝 SR05 所需的工具，無需球調平	兩把M5螺栓 適用螺絲刀	no no
安裝帶球調平的SR05所需的工具	六角扳手 4 mm 扳手尺寸 8 mm 用於 M5 螺母	yes no
安裝SR05和管子安裝所需的工具	六角扳手 4 mm	yes
帶球調平和管安裝的SR05調平所需的工具	六角扳手 4 mm	yes
將鋁墊片從SR05的底板位置傾倒所需的工具	螺絲刀刀片寬度 2 至 4 mm	no

9.3 SR05零件附錄

- SR05 電纜，感測器端帶 M12-A 母頭連接器，另一端 (3、10、20 m) 未剝線。指定電纜長度
- SR05 延長電纜，帶連接器對，帶 M12-A 公頭和母頭，(10、20 m)。指定延長電纜長度
- 球調平 (訂貨號 BL01)
- 管安裝 (訂貨號TM01)
- 帶球液平的管座 (訂貨號TMBL01)
- 用於球調平支架的墊片
- 用於球調平安裝的沉頭固定螺釘
- 2 x M5x40 安裝螺栓
- 2 x M5x30 安裝螺栓
- 2 x M5x20 安裝螺栓，帶 2 x M5 螺母
- 乾燥劑 (矽膠，1.0克，HDPE袋裝)

注意：SR05 的圓頂、液位和感測器不能作為零件提供



9.4 分類和校準標準附錄

ISO 和 ASTM 都有關於儀器分類和校準方法的標準。世界氣象組織（WMO）在很大程度上採用了 ISO 分類系統。

表 9.4.1 ISO 和 ASTM 中的日射強度計標準化。

儀器分類和校準標準	
ISO標準	等效的ASTM標準
ISO 9060 : 1990 太陽能 測量半球形太陽輻射和太陽直射輻射儀器的規範和分類	不可用 註釋：新的ASTM等效標準的工作正在進行中
評論：ISO 9060 中宣佈了標準「太陽能 – 測試日射強度計和日射強度計特性的方法」，但尚未實施。	不可用
ISO 9846 : 1993 太陽能 -- 使用日射強度計校準日射強度計	ASTM G167 - 05 使用日射強度計校準日射強度計的標準測試方法
ISO 9847 : 1992 太陽能 -- 場射強度計與參考日射強度計的比較	ASTM E 824 -10 從參考到場輻射計校準轉移的標準測試方法 ASTM G207 - 11 室內校準從參考到場射強度計轉移的標準測試方法
ISO 9059 : 1990 太陽能 -- 場日照計與參考日照計的比較	ASTM E 816 通過與參考日射強度計進行比較校準日射強度計的標準測試方法



9.5 關於校準層次結構的附錄

世界輻射參考 (WRR) 是代表輻照度 SI 單位的測量標準。根據 WMO 和 ISO 的標準工作時，必須使用 WRR。ISO9874第 1.3 段中規定：指定的校準方法可追溯到 WRR。WMO手冊第7.1.2.2段規定：WRR被接受為代表總輻照度的物理單位。

瑞士達沃斯世界輻射中心通過維護世界標準組 (WSG) 來保證全球氣象輻射測量的均勻性，該組實現了世界輻射參考。

請參閱 www.pmodwrc.ch

Hukseflux 標準可追溯到室外 WRR 校準。進行了一些小的修正，以將此校準轉移到 Hukseflux 標準條件：天頂的太陽和 1000 W/m 的輻照度水準。在室外校準期間，太陽通常處於 20 至 40° 的天頂角，總輻照度為 700 W/m 水準。

表 9.5.1 日射強度計的校準層次結構

<p>PMOD / WRC達沃斯的工作標準校準</p>
<p>工作標準日射強度計的校準：方法：ISO 9846，室外 1 型。這個工作標準有一個不確定性，即“標準的不確定性”。工作標準已在某些「標準的測試條件」下進行了校準。該工作標準可追溯到WRR世界輻射參考。</p>
<p>將 (工作) 標準校準校正為標準化參考條件</p>
<p>從「標準的測試條件」到「參考條件」的校正，即正常入射和 20 °C：使用已知 (工作) 標準日射強度計屬性：方向性、非線性、偏移、溫度依賴性)。這種修正具有不確定性;“修正的不確定性”。</p>
<p>在 Hukseflux，我們還將工作標準日射強度計稱為“標準”。</p>
<p>室內產品校準</p>
<p>產品校準，即日射強度計：方法：根據 ISO 9847 Ilc 型，這是室內校準。</p> <p>該校準具有與方法相關的不確定性。 (在某些情況下，如BSRN網路，產品校準是用不同的方法;例如，同樣是室外1型)</p>
<p>校準不確定度計算</p>

ISO 98-3 測量不確定度表達指南，GUM 產品校準的組合擴展不確定度的測定，包括工作標準的不確定度、校正的不確定度、方法的不確定度 (方法的不確定度 (傳輸誤差))。必須確定覆蓋係數;在 Hukseflux，我們的覆蓋因數 $k = 2$ 。



9.6 氣象輻射量附錄

日射強度計測量輻照度。時間積分總計稱為輻射曝光。
在太陽能中，輻射照射通常以 W·h/m 為單位。

表9.6.1 WMO建議的氣象輻射量（Hukseflux熱感測器的附加符號）。POA 代表 陣列平面輻照度。該術語起源於ASTM和IEC標準。

象徵	描述	計算	單位	另類表達
E_{\downarrow}	向下輻照度	$E_{\downarrow} = E_{\downarrow} + E_{\downarrow}$	W/m	
H_{\downarrow}	在指定時間間隔內向下輻射曝光	$H_{\downarrow} = H_{\downarrow} + H_{\downarrow}$	J/m	
E_{\uparrow}	向上輻照度	$E_{\uparrow} = E_{\uparrow} + E_{\uparrow}$	W/m	
H_{\uparrow}	指定時間間隔內的向上輻射曝光	$H^{\uparrow} = H^{\uparrow} + H^{\uparrow}$	J/m	W·h/m 更改單位
E	垂直於太陽視天頂角的直接太陽輻照度		W/m	DNI 直接正常輻射
E	太陽常數		W/m	
E_{\downarrow}	全球輻照度;指定水準表面上的半球形輻照度。	$E_{\downarrow} = E \cos \theta + E_{\downarrow}$	W/m	GHI 全球水準輻射
E_{\downarrow}	全球輻照度;指定（在本例中為傾斜表面）上的半球形輻照度。	$E_{\downarrow} = E \cdot \cos \theta + E_{\downarrow} + E_{\uparrow}^{***}$	W/m	POA 平面陣列
E_{\downarrow}	向下漫射太陽輻射		W/m	DHI 傳播水準輻射
$E_{\uparrow} \cdot E_{\downarrow}$	向上/向下 long-波輻照度		W/m	
E_{\uparrow}	反射太陽輻照度		W/m	
E^*	淨輻照度	$E^* = E_{\downarrow} - E_{\uparrow}$	W/m	
T_{\downarrow}	表觀表面溫度**		°C 或 K	
T_{\uparrow}	表觀天空溫度**		°C 或 K	
SD	日照持續時間		h	

θ 是太陽天頂角 θ 相對於水準角， θ 相對於傾斜表面

$g =$ 全球， $l =$ 長波， $t =$ 傾斜， $h =$ 水準** 區分水平和傾斜與 Hukseflux，** Hukseflux 引入的 T 符號，*** E_{\downarrow} 和 E_{\uparrow} 的貢獻是 E_{\downarrow} 和 E_{\uparrow} 都針對表面的傾斜角度進行了校正



9.7 ISO和WMO分類表附錄

表 9.7.1 根據 ISO 9060 和 WMO 的日射強度計分類表。注：WMO的光譜選擇性規範與ISO不同。Hukseflux 符合 ISO 限制。WMO還規定了預期的精度。ISO 認為這不是分類系統的一部分，因為它還涉及校準。請注意，WMO可達到的精度是針對中緯度地區的晴天，不確定度估計不包括校準引起的不確定度*。

ISO 分類** 表			
ISO 等級	二次標準	頭等艙	第二類
規格限制 回應時間 (95 %)	15 s	30 s	60 s
零點偏移 a (對 200 W/mnet 熱輻射的回應)	+ 7 瓦/米	+ 15瓦/米	+ 30 瓦/米
零點偏移 b (在環境溫度下回應 5 K/h)	± 2 瓦/米	± 4 瓦/米	± 8 瓦/米
不穩定 (每年變化)	± 0.8%	± 1.5%	± 3%
非線性 (100 至 1000 W/m)	± 0.5%	± 1%	± 3%
定向回應	± 10 瓦/米	± 20 瓦/米	± 30 瓦/米
光譜選擇性 (350 至 1 500 x 10 米) (WMO 300 至 3 000 x 10 米)	± 3%	± 5%	± 10%
溫度回應 (間隔 50 K) **	2 %	4 %	8 %
傾斜回應 (1000 W/m 時為 0 至 90°)	± 0.5%	± 2%	± 5%
其他WMO規範			
WMO類	高品質	品質好	溫和品質
WMO：每日總和的可達到的準確性*	2 %	5 %	10 %
WMO：每小時總和的可達到的準確性*	3 %	8 %	20 %
WMO：微小求和的可實現精度*	未指定	未指定	未指定
WMO：解析度 (最小可檢測變化)	1 W/m	5瓦/米	10瓦/米
合格評定***			
國際標準化組織9060	個人 僅儀器： 所有規格必須遵守	群 合規	群 合規

* WMO 7.2.1：估計的不確定性基於以下假設：(a) 儀器維護良好，正確對齊和清潔；(b) 1 min和1 h數位為太陽正午晴空輻照度；(c) 每日暴露值為中緯度晴天的日數。WMO 7.3.2.5：表7.5列出了與真實值的預期最大偏差，不包括校準誤差。

** 在 Hukseflux 中，使用表示式± 1%，而不是 2% 的範圍。儀器需要對其規格進行符合性測試。根據分類的不同，可以通過團體或個人合規性來證明符合性。如果相應測試結果的平均值不超過特定類別儀器的規格的相應限值，則滿足規範。



9.8 日射強度計規格定義附錄

表 9.8.1 日射強度計規格定義

規範	定義	源
回應時間 (95%)	95%回應的時間。刺激受到指定突然變化的瞬間與響應達到並保持在其最終穩定值附近的指定範圍內的瞬間之間的時間間隔。回應時間是最終讀數穩定期內固有的熱慣性的量度。	ISO 9060- 1990 WMO 1.6.3
零點偏移 a : (淨 200 W/m ² 的 輻射)	對 200 W/m ² 淨熱輻射的回應 (通風)。Hukseflux 假設不通風的儀器必須在不通風 (最壞情況) 條件下指定零偏移。 零偏移量是零點穩定性的量度。零偏移量 a 在夜間可見為負偏移量，儀器圓頂以遠紅外線照射到相對寒冷的天空。這會導致圓頂冷卻。日射強度計感測器照射到相對涼爽圓頂，導致負偏移。零偏移量 a 也假定在白天存在。	ISO 9060- 1990
零點偏移 b : (5 K/h 環境溫度 溫度)	對環境溫度 5 K/h 變化的回應。 零偏移量是零點穩定性的量度。	ISO 9060- 1990
不穩定 (更改方式 年)	每年靈敏度的百分比變化。老化效應導致的敏感性的依賴性是衡量長期穩定性的指標。	ISO 9060- 1990
非線性 (100 到 1000 W/m ²)	由於輻照度在 100 W/m ² 至 1000 W/m ² 範圍內的變化，與 500 W/m ² 時靈敏度的百分比偏差。非線性與方向回應有重疊，因此在不確定度評估中應謹慎處理。	ISO 9060- 1990
定向 回應	當從任何方向測量正常入射輻照度為 1000 W/m ² 的光束輻射時，假設法向入射靈敏度對所有方向都有效而引起的誤差範圍。方向回應是與理想「餘弦行為」及其方位角變化的偏差的量度。	ISO 9060- 1990
光譜的 選擇性 (350 至 1500 x 10 m) (WMO 300 至 3000 x 10 米)	光譜吸收率和光譜透射率與 350 x 10 m 至 1500 x 10 m 範圍內相應平均值的乘積偏差百分比以及輻照度的光譜分佈。光譜選擇性是靈敏度光譜選擇性的量度。	ISO 9060- 1990
溫度 回應 (間隔 50 K)	由於環境溫度變化而導致的靈敏度偏差百分比 50 K 與日射強度計體的溫度相隔。	ISO 9060- 1990
傾斜回應 (0° 至 90° 和 1000 瓦/米)	0° 傾斜 (水準) 時，由於在 1000 W/m ² 下從 0° 到 90° 的傾斜變化，與靈敏度的百分比偏差。傾斜回應描述了由於接收表面傾斜角度的變化而導致的靈敏度變化。	ISO 9060- 1990
敏感性	測量儀器回應的變化除以相應的刺激變化。	WMO 1.6.3
光譜範圍	儀器敏感的輻射光譜範圍。對於普通的日射強度計，這應該在 0.3 到 3 x 10 m 範圍內。一些帶有彩色玻璃穹頂的日射強度計的光譜範圍有限。	Hukseflux



9.9 術語/詞彙表附錄

表9.9.1 所用術語的定義和參考

字語定義 (參考)	
太陽能 或太陽能 輻射	太陽能是太陽發出的電磁能。太陽能也稱為太陽輻射和短波輻射。入射到地球大氣層頂部的太陽輻射稱為地外太陽輻射;其中97%被限制在290至3000 x 10 m的光譜範圍內。部分地外太陽輻射穿透大氣層並直接到達地球表面,而其中一部分被大氣中的氣體分子、氣溶膠顆粒、雲滴和雲晶散射和/或吸收。前者是太陽輻射的直接分量,後者是漫射分量。(參考:WMO·Hukseflux)
半球形 太陽輻射	平面從 180° 視場角 (立體角為 2 π SR) 接收到的太陽輻射。(參考:ISO 9060)
全球太陽能 輻射	從水準表面上的 180° 視場角接收到的太陽輻射稱為全域輻射。也稱為GHI。這包括直接從太陽圓盤的立體角接收到的輻射,以及在穿越大氣層時散射的漫射天空輻射。(參考:WMO)水準面接收到的半球形太陽輻射。(參考:ISO 9060)
陣列平面 輻射	還有POA: 光伏陣列平面上的半球形太陽輻照度。(參考:ASTM E2848-11 / IEC 61724)
太陽能直射 輻射	在給定平面上,從以太陽圓盤為中心的小立體角接收的輻射。(參考:ISO 9060)
地面或 長波 輻射	輻射不是來自太陽,而是來自地面和大氣,波長更長(3 000至100 000 x 10 m)。在E↓的情況下,來自宇宙的背景輻射也參與其中,通過「大氣視窗」。在上升流E↑的情況下,由地球表面和大氣中的氣體、氣溶膠和雲發出的長波電磁能組成;它也被部分吸收到大氣中。在溫度為300 K的情況下,99.99%的地面輻射功率的波長超過3 000 x 10 m,約99%的波長超過5 000 x 10 m。對於較低的溫度,光譜會轉移到更長的波長。(參考:WMO)
世界 輻射 參考 (WRR)	表示輻照度的SI單位的測量標準,不確定度小於0.3%±(見WMO氣象儀器和觀測方法指南,1983年,第9.1.3小節)。該參考由世界氣象組織(氣象組織)採用,自1980年7月1日起生效。(參考:ISO 9060)
反照率	反射和入射太陽輻射的比率。在0和1之間變化的無量綱數。典型的反照率值為:水<0.1,濕土0.1到干沙0.5,植被0.1到0.4,新雪0.9。
角度 入射	從正常入射角測量的相對於感測器的輻射角度(從0°到90°不等)。
天頂角	輻射入射角,相對於天頂。等於水平安裝儀器的入射角
方位角英語	輻射入射角,投射在感測器表面的平面上。從0°到360°不等。根據定義,0是電纜出口方向,也稱為北,東是+90°。(ASTM G113-09)
陽光 期間	給定時期的日照持續時間定義為太陽直射輻照度超過120 W/m的子週期的總和。



9.10 浮點格式轉換附錄

為了有效利用微控制器容量，SR05中的某些寄存器包含浮點或浮點格式的數據。事實上，浮點數是由許多有效數位（尾數）和指數表示的實數的近似值。對於浮點數的實現，Hukseflux 遵循 IEEE 754 標準。在此示例中，寄存器 41 和 42 的浮點數轉換為它所表示的十進位值。在 Sensor Manager 軟體和其他 Modbus 工具中，浮點數據將自動轉換為十進位數據。

寄存器 41 + 42 的計算示例，表示感測器靈敏度的浮點數，即 15.14：

寄存器 41 · 16754 (MSW)

寄存器 42 · 15729 (LSW)

數據雙字：

(MSW x 2) + LSW

所以：(16754 x 2) + 15729 = 1098005873

根據 IEEE 754：

符號位：

1098005873 < 2147483647

所以：sign bit = 1

2147483647 號由 IEEE 754 定義

指數：1098005873 / 2 = 130 (忽略小數點后的數位)

130 - 127 = 3

所以：指數 = 3;

數位 127 是 IEEE 754 定義的常數

尾數：

130 x 2 = 1090519040

1098005873 - 1090519040 = 7486833

7486833 / 2 = 0.8925

根據 IEEE 754，必須添加 1 才能獲得尾數

0.8925 + 1 = 1.8925

所以：尾數 = 1.8925

浮點計算：

浮點數 = 符號位 x 尾數 x (2) = 1 x 1.8925 x 2 = 15.14

所以：浮點 = 15.14



9.11 功能代碼、寄存器和線圈概述附錄

表 9.11.1 支援的 Modbus 功能代碼

支援的MODBUS功能代碼	
功能代碼 (十六進位)	描述
0x01	讀取線圈
0x02	讀取離散輸入
0x03	讀取持有寄存器
0x04	讀取輸入寄存器
0x05	寫入單線圈
0x06	寫入單一持有寄存器
0x0F	寫入多個線圈
0x10	寫入多個寄存器



對於每個 SR05 寄存器編號，您的數據請求可能需要 +1 的偏移量，具體取決於網路主站的處理情況。示例：SR05 寄存器編號 7 + 主偏移量 = 7 + 1 = 主寄存器編號 8。請參閱充當本地主站的設備的手冊。

表 9.11.2 Modbus 寄存器 0 到 82

MODBUS 寄存器 0 - 82				
寄存器位址	參數	內容說明	TYPE OF	格式數據
0	Modbus 位址	Modbus 網路中的感測器地址，預設值 = 1	R/W	U16
1	串行通信設置	設置串行通信，預設值 = 5	R/W	U16
2 + 3	輻射	信號單位 x 0.01 W/m ²	R	S32
4 + 5	僅限工廠使用			
6	感測器本體溫度	在 x 0.01 C	R	S16
7	感測器電氣電阻	和 x 0.1 Ω	R	U16
8	比例因數輻射	預設值 = 100	R	U16
9	比例因數溫度	預設值 = 100	R	U16
10 + 11	感測器電壓輸出	和 x 10 V	R	S32
12 到 31	僅限工廠使用			
32 到 35	感測器型號	感測器的第一部分描述	R	字串



36 到 39	感測器型號	感測器的第二部分 描述	R	字串
---------	-------	----------------	---	----



MODBUS 寄存器 0 – 82 · 續				
寄存器位址	參數	內容說明	TYPE OF	格式數據
40	序列號感測器		R	U16
41 + 42	感測器靈敏度	在 x 10V/ (W/m)	R	浮
43	回應時間	和 x 0.1 秒	R	U16
44	感測器電阻	和 x 0.1 Ω	R	U16
45	保留	始終為 0	R	U16
46 + 47	感測器校準日期	感測器的校準日期 (以 YYYYMMDD 為單位)	R	U32
48 到 60	工廠使用			
61	固件版本		R	U16
62	硬體版本		R	U16
63 + 64	感測器靈敏度 歷史 1	在 x 10 V/ (W/m) 預設值為 0	R	浮
65 + 66	校準日期歷史記錄 1	感測器的先前校準日期 (以 YYYYMMDD 為單位) 預設值為 0	R	U32
67 + 68	感測器靈敏度 歷史 2	查看寄存器 63 + 64	R	浮
69 + 70	校準日期歷史記錄 2	參見寄存器 65 + 66	R	U32
71 + 72	感測器靈敏度 歷史 3	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
73 + 74	校準日期歷史記錄 3	參見寄存器 65 + 66	R	U32
75 + 76	感測器靈敏度 歷史 4	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
77 + 78	校準日期歷史記錄 4	參見寄存器 65 + 66	R	U32
79 + 80	感測器靈敏度 歷史 5	請參閱寄存器 63 + 64	R	浮
81 + 82	校準日期歷史記錄 5	參見寄存器 65 + 66	R	U32

注1： 一個請求中最多可以請求五個16位寄存器。如果請求 6 個或更多寄存器，請使用多個請求。



請注意，如果您的數據請求需要每個 SR05 寄存器編號的偏移量為 +1，具體取決於網路主站的處理情況，則此偏移量也適用於線圈。請參閱充當本地主站的設備的手冊。

表 9.11.3 線圈

線圈				
線圈	參數	描述	類型	物件類型
0	重新啟動	重新啟動感測器	W	單比特
1	保留			
2	檢查	測量感測器電阻	W	單比特



9.12 關於在寄存器中查找感測器型號名稱的附錄

表 9.12.1 Modbus 寄存器 32 至 39 · 感測器型號名稱

MODBUS 寄存器 32-62				
寄存器位址	參數	內容說明	TYPE OF	格式數據
32 到 35	感測器型號	感測器描述的第一部分	R	字串
36 到 39	感測器型號	感測器說明的第二部分	R	字串

寄存器 32 到 39 將返回 8 個數位，可以解碼以查找感測器型號名稱。序列號為 3819 或更高版本的 SR05-D1A3 感測器和序列號為 3524 或更高版本的 SR05-D2A2 感測器使用方法 A 將名稱存儲在此寄存器中。序列號低於這些感測器的感測器（主要是 SR05-DA1 和 SR05-DA2 感測器）使用方法 B。

方法 A：按以下方式將 8 個數位（16 位字或兩個字節）轉換為 ASCII 字元。每個數位的最低有效位元組（LSB）對應於第一個 ASCII 字元，最高有效位元組（MSB）對應於此寄存器位置中的第一個 ASCII 字元。下表說明了此編碼：

表9.12.1方法A感測器型號名稱編碼

寄存器數	32	33	34	35	36	37	38	39
十六進位	[52][53]	[35][30]	[44][2D]	[41][31]	[00][33]	[00][00]	[00][00]	[00][00]
MSB	[52]	[35]	[44]	[41]	[00]	[00]	[00]	[00]
LSB	[53]	[30]	[2D]	[31]	[33]	[00]	[00]	[00]
ASCII (英文)	SR	05	-D	1A	3			

方法B：按以下方式將8個數位（16位字或2個字節）轉換為ASCII字元。最低有效位元組（LSB）對應於此寄存器位置中唯一的 ASCII 字元。最高有效位元組（MSB）始終等於 [00]。

表9.12.2 方法B感測器型號名稱編碼

寄存器數	32	33	34	35	36	37	38	39	
十六進制	[00][53]	[00][52]	[00][30]	[00][35]		[00][2D]	[00][44]	[00][41]	[00][31]
MSB	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]	[00]
LSB	[53]	[52]	[30]	[35]	[2D]	[44]	[41]	[31]	
ASCII (英文)	S	R	0	5	-	D	A	1	

請注意，還有另一種方法可以通過讀取寄存器 32（16 位字或兩個字節）並查找最高有效位元組（MSB）的值來找出使用的編碼。如果此值等於 [00]，則使用編碼方法 B。如果它不等於 [00]，則使用方法 A。



9.13 歐盟符合性聲明



We, Hukseflux Thermal Sensors B.V.
Delftechpark 31 2628 XJ 代爾夫特 荷蘭

根據以下指令的要求：

2011/65/歐盟 有害物質限制指令
2014/30/歐盟 電磁相容性指令

特此聲明，由我們全權負責：

產品型號：SR05-D1A3、SR05-D2A2 產品類型：日射
強度計

設計符合以下標準的相關部分和適用要求：

排放： IEC/EN 61000-6-1 · B 類 · 射頻發射要求 · IEC CISPR11 和 EN 55011 B 類要求

免疫： IEC/EN 61000-6-2 和 IEC 61326 要求

報告： “EMC測試SR05-D1A3_d v03012019.pdf” · 2019年1月3日和“EMC測試SR05-DA2
v04122015.pdf” · 2015年12月4日

埃裡克·霍克塞馬
導演
代爾夫特 07 十二月 ·
2015



日煬國際事業股份有限公司
JD Auspice Co., Ltd.