

第 8 章 日照时数的测量

8.1 概述

日照一词是指与突现于天空背景漫射光的日盘亮度相关的,或易于由人眼观测的,并在受照射物后面出现阴影有关的现象。因此,该名词较之于其它波长的辐射能量与可见辐射相关更密切,虽然两者的特征是密不可分的。但是实际上,最初的日照定义是直接地由比较简单的康培尔—斯托克 (Campbell—Stokes 日照计,8.2.1 节) 确立的,它是由一特制的透镜聚焦太阳光束的能量,在一特制的黑纸卡上烧出焦痕,以此检测日照。这种日照计早在 1880 年就引入气象站,现仍在很多站网中使用。因为对特制部件的尺寸和质量无国际统一的规定,随之执行不同原则性的规程,则产生不同的日照时数值。

为了使日照时数全球范围网络的资料均一化,一种专门设计的康培尔—斯托克日照计,即所谓的“暂定标准日照计”(IRSR),由 WMO 在 1962 年建议作为标准(WMO,1962)。由这种“硬件定义”的改进仅在暂定时期内是有效的,在此期间需要探索精确的物理定义,以便同时用于设计自动日照计和尽可能贴近由 IRSR 表述的近似“标尺”。关于后者,强烈地建议将康培尔—斯托克日照计烧焦时的阈值相应的直接太阳辐照度确定下来。在不同的站试验结果表明,烧焦日照计纸卡的阈值辐照度在 70 到 $280\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 范围内变化 (Bider,1958;Buamgartner.1979)。但进一步研究特别在法国使用 IRSR 结果表明平均值为 $120\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,最后建议将此值作为直接太阳辐照度的阈值以辨别光亮的日照。考虑到此试验结果的推广,在仪器性能指标中允许阈值 20%的准确度。为了测定阈值辐照度,建议使用直接辐射表作为标准传感器。对于参考标准的进一步改进,似乎应确定直接辐射表的视场角(WMO,在准备中)。

8.1.1 定义

根据建议 10 (CIMO-),日照时数定义为在一给定时段内直接太阳辐照度超过 $120\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的各分段时间的总和。

8.1.2 单位和标尺

日照时数 (Sunshine Duration 简称为 SD) 的物理量显然是时间,使用的单位是秒或小时。对于气候的用途来讲,使用派生的术语,如“日小时数”或“日日照时数”,以及百分数,如“相对日日照时数”,此时 SD 与地球外的可能日照时间或最大可能日照时间有关(分别用 SD_0 和 $SD_{\max}$ 表示),测量时段(日、旬、月、年等)是单位的重要补充。

8.1.3 气象要求

在第一编的第 1 章中给出了性能指标要求。测量日照时数的不确定度为 0.1 小时,分辨力为 0.1 小时。

因为直接太阳辐照度转换阈值的量和斜度决定了日照时数的可能的不确定度,对日照计来讲,其气象要求基本上与气候的云量状况相关(WMO,1985)。

在无云天空的情况下，仅在日出或日落的小时值由于阈值调整不理想或光谱的依赖性可能是错误的（取决于尘量造成背景灿烂的散射光可能淹没不强的日盘光）。

在云分散的情况下（积云、层积云），转换斜度高，使用直接辐射表在多云天空测量辐照度，通常低于 $80W \cdot m^{-2}$ ，这意味着在阈值调整上为低要求。若光亮云团在太阳近旁，则日照计的视场角可影响测量结果。

若高的云层（卷云、高层云）其光学厚度小的变化会削弱大约 $120W \cdot m^{-2}$ 左右的直接太阳辐照度，则要求最高的精密度。除阈值调整的精密度外，视场角也是有影响的。

对日照计的要求是变化的，取决于测点位置和季节，根据主要的云的组成。关于云的组成可由相对日日照时数 SD/SD_0 （见 8.1.2 节）的三种范围大致描述，即“阴天天空”为（ $0 \leq SD/SD_0 < 0.3$ ），“多云”为（ $0.3 \leq SD/SD_0 < 0.7$ ）和“晴天”为（ $0.7 \leq SD/SD_0 < 1.0$ ）。由主要云布满天空时所产生的结果通常表现为偏离标准的最大百分率。

8.1.3.1 日照时数资料的应用

SD 资料主要应用之一是表征当地的气候，特别是休养地的气候。这种气候也可视作有强烈的太阳光使人保持良好状态的心理效应。

对过去天气状况的描述，如一个月的状况，通常包括每日 SD 资料的趋势。如果没有太阳能数据，这样的 SD 值对农业的用途是有价值的。

对于这些应用的领域，在过去几十年里，大约 SD 平均值的 10% 的不确定度似乎是可接受的。

8.1.3.2 与其他气象变量的相关性

在日照时间和太阳总辐射 G 之间最重要的相关性可由所谓的 Angstrom 公式来描述：

$$G/G_0 = a + b \cdot (SD/SD_0)$$

其中 G/G_0 是所谓的晴朗指数（与地球外总辐照度相关）， SD/SD_0 是相应的日照时数（与地球外可能的 SD 值相关）， a 和 b 是常数必须每月确定。采用这个方法由康培尔—斯托克资料得到的月平均每日总辐照量的不确定度为在夏季低于 10%，而在冬季则升至 30%，这个结果是由德国气象站报告的（Golchert, 1981）。

Angstrom 公式的意思指在云量和日照时间之间为负相关。此关系式对高云和薄云并不符合。显然对未覆盖住太阳的云场也不符合，所以负相关程度首先取决于收集统计资料的数量（Stanghellini, 1981; Angell, 1990）。SD 资料准确度的改进应减小统计结果的分散性，即使理想的资料也仅在统计的基础上才能产生满意的结果。

8.1.3.3 自动记录的要求

由于电源在许多地方日益增及，这样康培尔—斯托克日照计的自身满足的优势就不那么重要了。此外，考虑到日照纸更换要求每天进行，造成康培尔—斯托克日照计在自动天

气站或减少人员的站是否仍需使用的问题。由新的自动测量程序取代康培尔—斯托克日照计的另一个主要原因是可免除记录卡目视估计处理的支出，并可在资料载体上获得比较精确的结果，且直接用计算机进行数据处理。

8.1.4 测量方法

用于测量日照时间的原理和有关的仪器类型在下列的方法中简要地列出：

(a) 烧痕法：由聚焦直接太阳辐射（吸收太阳能的热），产生烧焦记录纸的阈值效应，由烧痕读出日照时间。

仪器类型：康培尔—斯托克日照计，特别推荐 IRSR 型（见 8.1 和 8.2 节）。

(b) 直接辐射测量法。直接辐射检测直接太阳辐照度通过 $120\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 阈值的转换（根据建议 10（CIMOVII））。由相应的向上和向下的转换触发时间计数器，可读出日照时数值。

仪器类型：与电子的或计算机处理的阈值鉴别器和时间记录设备相连接的直接辐射表。

(c) 总辐射测量法。由总的太阳辐照度（G）和散射太阳辐照度（D）的总辐射测量，得出 WMO 推荐的直接太阳辐照度阈值。其它内容如（b）所述。

仪器类型：两台相同的总辐射表和一个遮光装置，与电子的或计算机处理的阈值鉴别器和时间记录设备组成的整套辐射表系统。

(d) 对比法：在某些传感器之间进行辐射对比鉴别，这些传感器以不同的位置对着太阳，利用与 WMO 建议的阈值相当的传感器输出信号的特定差值进行测量，（通过与标准 SD 值比较来确定，其它内容如（b）所述）。

仪器类型：特别设计的多传感器的探测器（大部分配置光电管），并与电子鉴别器和时间计数器相联。

(e) 扫描法：从连续扫描小范围天空的传感器接受的辐照度，与 WMO 建议的辐照阈值相等（通过与标准 SD 值比对确定）进行鉴别。

仪器类型：单个传感器接收装置，配有特制的扫描装置（例如：旋转光栏或反射镜）和电子鉴别器及时间记录设备相联。

在下面各节中描述的日照时数测量方法是实现上述原理的实例。使用这些方法的仪器除福斯特（Foster）转换日照计外，都参加了 WMO，1988 年在汉堡（Hamburg）举行的自动日照时数测量的比对和 1984 年在布达佩斯（Budapest）进行的 VI 区域协会总辐射表和电子日照时数记录器的比对（WMO，1986）。

在 8.2.1 节中将较详细地介绍康培尔—斯托克日照计，因为该仪器现在仍广泛地应用于国家网络中，由 WMO 建议的技术指标和评价规则应予以考虑。

在 Coulsen(1970)，Hameed 和 Pittalwala(1989)，Sonntag 和 Behrens(1992)的著作和论文中给出了日照计的历史回顾。

8.2 仪器和传感器

8.2.1 康培尔—斯托克日照计（烧痕法）

康培尔—斯托克日照计主要由一个玻璃球及一个同心地装在一起的球面碗形槽截面组成，玻璃球直径的大小要正好使太阳光线准确聚焦在槽面沟中的一张卡片上。根据仪器工作的地区：极地，温带或热带纬度，支承球的方法有所不同。为了得到有用的结果，球形截面和球体都应当以很高的精密度制作，所设计的支架能使球体准确地对准中心。球形截段面上设置有相互重叠的三副槽构，以便在装入纸卡后能适用于一年中不同的季节（一副为春秋分共用的），它们的长度和形状以适用于系统的几何光学来择定。应当注意到前面所指出的在变化的云天条件下所获得的烧痕问题，表现为这种仪器及实际上使用这种方法的任何仪器，都不能提供日照时数的准确资料。

下表总结了 IRSR 级别的康培尔—斯托克日照计的主要规格与要求。用作 IRSR 的日照计应当遵照英国气象局公布的详细规格。以及 IRSR 记录卡片应当遵照法国国家气象局公布的详细规格。

康培尔—斯托克日照计（IRSR 级）技术要求

玻璃球	球形截段面	记录卡片
形状：均一 直径：10cm 颜色：很浅或无色 折射率： 1.52 ± 0.02 焦距：75mm 对于钠“D”光	材料：炮铜或有相当耐久性的金属 半径：73mm 附加规格： (a) 横贯内表面刻上日中线。 (b) 可按照纬度调整球形截段面与水平面的倾斜角。 (c) 有水平和方位调整装置的双重基座。	材料：受水份影响小的优质硬纸卡。 宽度：准确到 0.3mm 以内。 厚度： 0.4 ± 0.05 mm 潮湿效应：在 2%以内 颜色：暗，均匀，在白天漫射光中看不出差别。 标度：印有黑色小时线

8.2.1.1 调整

在安装日照计中，必须进行下列调整：

- (a) 底座必须调整成水平；
- (b) 球形截段面必须调整成使春秋分卡片的中心线位于天球赤道面上（刻在槽面支架上的纬度标度易于进行此调整）；
- (c) 通过球心的垂直平面和球形截段面上的正午标记必须在地理子午面上（南北调整）。

在地方时正午时，观测太阳的成象点，可最好地测试日照计的（c）项；如果仪器调整正确，则成象点应落在球形截段面或卡片的正午标记上。

8.2.1.2 记录整理

为了从康培尔—斯托克日照计得出一致的结果，特别重要的是要严格按照下列测量暂定标准日照计记录的方法。光亮日照时数日总量的确定，应是在卡片边上用同一曲度的线标出与每一焦痕对应的长度，并且测量这样得出的线沿卡片的总长度，记录到最接近的 1/10 小时。记录应按下述方法来求值：

- (a) 在具有清楚的圆形端界的烧痕情况下，在每个端界处，长度应当减少一个量，

此量等于烧痕端界曲率半径的一半；通常这相当于每一烧痕整体长度减少 0.1 小时；

(b) 在圆形烧痕的情况下，量得的长度应当等于烧痕直径的一半。如果在一天的记录中发生有多于一个的圆形烧痕完全可以认为两或三个烧痕相当于 0.1 小时的日照；四、五、六个烧痕相当于 0.2 小时的日照，其后以 0.1 小时为步长，以此类推；

(c) 当标记只是一条窄线，甚至在卡片上只有轻微的变色时，此标记的全部长度都应加以测量；

(d) 清楚的烧痕在宽度上短时地减少了至少 1/3 时，应当从每一个这种宽度减少的烧痕总长度中减去 0.1 小时。但是，减去的最大值不应当超过全部烧痕的总长度的一半。

为了估计处理记录时造成的随机误差和系统误差并且保证比对结果的客观性，建议对应于受比较的仪器中的每一个仪器记录的求值，由两个或更多一些受过这种工作培训的人依次独立地去进行。

8.2.1.3 特殊的型式

因为标准的康培尔—斯托克日照计在纬度高于大约 65°N 的那些站，不能记录在夏季月份中接受到的全部日照，一些国家使用改进的型式。

一种可能性是使用两台康培尔—斯托克日照计背对背地工作，其中一个以标准方式安装，而另一个安装成面向北。

在很多气候区，可能需要加热装置以防止霜和露的沉积。在如同北欧那样的气候区中，把加热的仪器与正常工作的仪器相比较表明，常规型式的仪器测不到的日照量而有加热装置的仪器可测到，夏季大约是月平均的 1%，而在冬季大约是月平均的 5%—10%。

8.2.1.4 误差来源

这种日照计的误差主要由日照纸卡的温度和湿度特性及过烧效应产生的，特别是在少云的情况下 (Ikeda, Aoshima 和 Miyake, 1986)。在中、高纬度地区常常由露或霜影响早晨的值。

8.2.2 直接辐射测量法

8.2.2.1 概述

这个方法代表了 WMO 日照定义的直接结果，因此，建议使用此方法获得日照时间的标准值。它要求一个全天候的直接辐射表和一个可靠的太阳跟踪装置，全自动地或至少半自动地使直接辐射表对准太阳。当太阳周围有云时，直接辐射表的视场角影响测量的辐照度，可通过选择直接辐射表来改进此方法。

通过将直接辐射表的输出连续地与阈值相当的电压 $V_{th} = 120 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} R_{\mu V} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ 的比较来对日照的阈值进行监控，此电压值可由直接辐射表的响应率 R 进行计算。若 $\Delta V = V - V_{th}$ 改变其符号，则可检测出阈值的转折点。当 $\Delta V > 0$ 时所连接的时间记录器开始工作。

8.2.2.2 误差来源

直接辐射表的视场角尚未确立一致的定义，特别是太阳周围有云时，在不同视场角的两个直接辐射表的测量结果之间存在较大差异是可能的。因此，直接辐射表典型的误差包括，倾斜效应，对温度的依赖性，非线性和零点漂移，取决于直接辐射表的等级。如果没有准确地对准太阳或进光口被雨或雪盖住，将出现很大的误差。

8.2.3 总辐射测量法

8.2.3.1 概述

为了获得日照时数的总辐射测量法，主要根据直接太阳辐射 I ，太阳总辐射 G ，和散射太阳辐射 D 之间的基本关系式：

$$I \cdot \cos \xi = G - D \quad (8.1)$$

ξ 是太阳天顶角， $I \cos \xi$ 是 I 的水平分量。为了满足方程式 8.1，要正好地遮住总辐射表的视场角以便测量 D ，遮挡的总辐射表的视场角必须与直接辐射表的视场角相等（见第 I 编第 7 章），此外，直接辐射表和总辐射表的光谱范围及时间常数应尽可能地相似。

在没有跟踪太阳装置的直接辐射表而可借助于计算机进行 G 和 D 的总辐射测量的情况下，根据方程 8.1 $WM0$ 的日照判据可由下式表示：

$$(G - D) / \cos \xi > 120 W \cdot m^{-2} \quad (8.2)$$

此式适用于瞬时读数。

在不同的站，此方法的改进主要涉及的是：

(a) 总辐射表的选择；

(b) 使用的遮光装置（带太阳跟踪装置的遮光盘或遮光环）及其遮挡的几何特征（遮蔽角）；

(c) 遮光环损失量的修正；

作为一个特别的改进，应该提及由统计得出的参数化公式代替方程式 8.2 中的判别式（避免确定太阳天顶角），可应用在比较简单的数据采集系统中（Sonntag 和 Behrens, 1992）。

8.2.3.2 误差来源

根据方程式 8.2，测量总的太阳辐照度和散射太阳辐照度的误差在计算中传递至直接太阳辐照度的误差中，且其随太阳天顶角的增加而强烈地放大。因此，对使用遮光环引起散射太阳能量损失量修正的准确度（ $WM0$ ，1984）和选择总辐射表的质量对减少测量结果的不确定度水平具有重要的意义。

8.2.4 对比—测量装置

福斯特日照转换器是一种光学仪器，早在 1953 年已经用于美国业务站（Foster 和 Foskett 1953）。它由一对硒光电管组成，其中一个硒光电管装有遮光环遮挡免受直接日照。校准两个光电管使得在没有直接太阳光束时无信号产生，当直接太阳辐照度超过约

$85W \cdot m^{-2}$ 时, 启动转换器 (Hameed 和 Pittalwala, 1989)。遮光环的位置一年需调整 4 次, 以适应太阳在天空的视路径的季节变化。

8.2.5 对比测量和扫描装置

8.2.5.1 概述

在很多不同类型的光电子传感器, 即对比测量和扫描装置, 从 1988 到 1989 年, 在汉堡 VI 区协的区域辐射中心举行的 WMO 自动日照时间测量比对期间进行了比对。这个比对报告包括所有参加该项比对的仪器和传感器的详细介绍 (WMO, 在准备中)。

8.2.5.2 误差来源

由于定值对比的不同程序和采用的阵列中光电管的视场角相对地大, 使得天空云量的分布或周围对太阳辐射的反射可影响测量结果。没有滤光片的硅光电管在近红外线区一般有最大的响应率, 因此, 测量结果取决于直接太阳辐射的光谱。

由于这种装置为视场角相对小的, 狭矩形槽与作为标准直接辐射表的圆形对称的视场角有很大不同, 故围绕太阳的云量分布会引起对标准值的偏差。

由于视场角小, 不完美的玻璃罩将可成为不确定度的特殊源。除太阳高度误差外, 传感器的光谱响应也应考虑。当前仅有一种使热电探测器的商品日照计可认为是没有光谱效应的。

8.3 日照计的安装

正确的安装日照计, 有三点基本的要求:

(a) 日照计应牢固地固定在一个坚固的支架上。但对适用于浮标站上的 SONiE 传感器, 则没有必要;

(b) 当太阳处于地平线以上大于 3° 时, 在全年测量时段内, 日照计对太阳的视野应无遮挡, 在下列的情况下, 此建议可作修改:

(i) 如果没有其他可选择的地方, 小型天线或其它小角宽 $\leq 2^\circ$ 时的遮挡仍可接受。在这种情况下, 对遮挡物的位置高度和角度应作详细记录。在特殊的时数或日数中, 日照时数可能损失, 应由视太阳路径的天文计算进行估计;

(ii) 在山区 (例如山谷), 作为一个局地气候因子, 自然的遮挡是可接受的, 如上所述, 应将这方面的资料作详细记录;

(c) 场地应不受周围地表的影响, 周围可能将大量的直接太阳辐射反射到探测器上。这种反射辐射主要影响对比测量装置的测量结果。为了克服这种干扰, 应避免使用白漆, 在场地附近应保持无雪或不受屏障。

上述已提到日照轴线的调整。有些日照计, 制造厂家推荐根据季节调整日照计轴线倾斜度。

8.4 总的误差来源

在 1988 年至 1989 年间, 在汉堡 (德国) 的天气条件下, 实验证明了用各种不同的仪

器和方法记录日照的不确定度，可作为 WMO 的标准值的偏差（在准备中）。

因为使用的直接辐射表的校准因子的不确定度及其视场角尺度的不确定度（决定于华盖），这些标准值也有不确定性。对于单个值，还应考虑时间常数。

总不确定度的来源为：

（a）日照计的校准（辐照度阈值等效值的调整（见 8.5 节））；

（b）由气象条件（例如温度、云况、尘埃）和太阳位置（例如方向误差、太阳光谱）引起的日照计响应的特有变化；

（c）仪器的关键部件的错误调整和不稳定性；

（d）测量值的简化或错误定值；

（e）错误的时间记数程序；

（f）劣质维护。

8.5 校准

在叙述各种校准方法之前，下面的概括说明是合适的。

（a）对于日照计的校准，尚无标准化方法；

（b）对于室外校准，必须使用直接辐射测量法，以便获得标准数据；

（c）由于日照计和标准仪器之间设计的不同，以及有关测量条件的自然多变性，必须由长期的（几个月）比对来确定校准结果；

（d）通常日照计的校准需要一专门的程序，以便调整其阈值（对于光电设备进行电子学调整，对于总辐射测量系统进行软件调整）；

（e）对模拟输出的光电装置，校准周期相对来说应短些；

（f）为了对外场仪器的稳定性进行定期试验，主要推荐室内法（使用灯泡）；

（g）WMO 将介绍（在准备中）不同类型日照时数测量方法（包括季节的不确定度）的比对结果实例。

8.5.1 室外法

8.5.1.1 日照时数资料的比较

标准值 SD_{ref} 与被校准的检测器的日照时数值 SD_{cal} 必须同步测量。使用的标准仪器应当安装在太阳跟踪装置上，并配有辐照阈值鉴别器（见 8.1.4 节）的直接辐射表。另一方法是可用选定精密度的、定期校准过的日照计作标准。因为日照计的阈值准确度的要求随气象条件而变化（8.1.3 节），比对结果应由长期的数据组统计得出。

如果一个比对期间数据总和和使用这个方法（具有典型的云量条件），则最初的校准结果为比值 $q_{tot} = \sum_{tot} SD_{ref} / \sum_{tot} SD_{cal}$ 。

对 $q > 1$ 或 $q < 1$ ，分别地将相当于阈值的电压向低或向高调整。因为要求调整的量并不严格地与 q_{tot} 相关，需进行进一步的比对，以便重复地确保接近于 $q_{tot} = 1$ 的理想阈值。

整个校准期间所需时间在欧洲的中纬度地区大约 3 至 6 个月。因此，校准站网日照计的装置应能同时对多台仪器进行校准（只有当定值时云的形成与校准时相同，把 q_{tot} 用作 $\sum SD$ 值的修正系数才能获得可靠的结果。因此不推荐这个方法）。

如果这个方法用于根据特殊的测量条件（如云量，太阳高度角，日照百分率，白天）下选择的数据组，这是可能的，例如，对于不同类型的云量，可由统计找到系数 $q_{sel} = \sum_{se} SD_{ref} / \sum_{se} SD_{cal}$ 。这些系数可用于修正那些对云量有详细说明的数据组。

另一方面，尤其是考虑到较差的云量条件（例如：卷云和高层云），可推荐调整相当阈值电压。为了使调整有效，重复的程序也是必要的；这取决于天气情况，可能需要几周或几个月的时间。

8.5.1.2 模拟信号的比对

这个方法限于模拟输出的日照计。它接收到的直接太阳辐照度至少在小于 $500W \cdot m^{-2}$ 得出的阈值相当电压形成的最佳拟合曲线。如果这个校准结果偏离于确认的电压超过 20% 时，应将日照计的阈值调整到新值。

对于那些具有明显光谱响应的日照计，在低太阳高度角 $120W \cdot m^{-2}$ 附近的测量数据必须剔除，因为光谱引起较大的非线性，除非在日出和日落时的阈值电压是特别关注的。阈值相当电压必须由较高的辐照度值外推得到。

8.5.1.3 平均有效辐照度阈值（MEIT）法

所谓的 MEIT 法（WMO，在准备中）是基于对被校准日照计每小时平均有效辐照度阈值 I_m 的确定。

作为此方法的第一步为，由计算机控制的对 h_k 小时的直接辐射测量和假定的阈值辐照度 $I(n)$ 来确定 SD 值，以 $SD_{ref}(h_k, I(n))$ 表示，其中 $I(n)$ 在 60 至 $240W \cdot m^{-2}$ 之间（即 $I(n) = (60 + n)W \cdot m^{-2}, n = 0, 1, 2 \wedge 180$ ）。第二步，日照计每小时 SD 值 $SD(h_k)$ 必须与 $SD_{ref}(h_k, I(n))$ 进行比较，以求出特殊的 $n = n_k$ 值，使 $SD(h_k)$ 等于 $SD_{ref}(h_k, I(n_k))$ 。 $I(n_k)$ 代表 h_k 小时的 MEIT 值： $I_m(h_k) = (60 + n_k)W \cdot m^{-2}$ 。若未直接求出 n_k ，则不得不由相邻值内插求得。

第三步是若在平均 MEIT 值 I_m 和理想阈值 $120W \cdot m^{-2}$ 的相对差大于 $\pm 20\%$ 时，最后调整日照计阈值相应的电压，由于每小时 MEIT 值的偏差分散性较大。作为例子平均值应为一个月的平均。

此方法不适用于那些以阈值快速转换为主的数小时内，每小时平均变化率应小于 $5W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 。MEIT 值校准期间的整个数据组不具有代表性。

8.5.2 室内法

因为在室内对直接和散射太阳辐射通量分布的模拟是很困难的，只推荐一种“备用校

准”，它适用于阈值相当电压可调的日照计。实验室的测试设备由一个稳定的辐射源（最好具有近似的太阳光谱）和一个对日照计进行精确的局部调整的试验台及一个在室外仔细地校准过用作标准的日照计组成。标准和测试的日照计应为相同型号。

在测试程序的开始，把标准日照计精确地置于灯泡的光束中，由模拟输出或通常的“日照转换器”指示 $120\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 。随后，用测试仪器精确地取代标准仪器，测试仪器的阈值电压必须调整到能启动转换器或获得一个 $120\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的相当值。通过不断进行仪器的更换，应能测试出结果的重复性。

8.6 维护

对技术人员要求的日常维护包括：

（a）清洁。对所有日照计来讲，需要每天清除各自的进口窗，特别是那些有小视场角的扫描装置。在特殊的天气情况下，没有配备防露和防霜的仪器，每天清除应多于一次；

（b）检查。特殊（扫描）部件的转动及数据采集系统每天应进行检查；

（c）更换。对康培尔—斯托克日照计来讲，每天应更换日照纸卡。其它设备，应定期更换适当的数据资料载体；

（d）调整。如果生产厂家建议日照计的倾斜应随季度而变化，或可能在强烈的风暴之后，要对仪器进行调整。

按照相应的使用说明书，由经过培训的技术人员或工程师，对使用的日照计和数据采集系统的特殊部件进行维护。

参考文献

- Angell, J. K., 1990: Variation in United States cloudiness and sunshine duration between 1950 and the drought year of 1988. *Journal of Climate*, 3, pp.196-308.
- Baumgartner, T., 1979: Die Schwellenintensität des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes an wolkenlosen Tagen. *Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt*, Nr. 84, Zürich.
- Bider, M., 1958: Über die Genauigkeit der Registrierungen des Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, B, Volume 9, Number 2, pp.199-230.
- Coulsen, K. L., 1970: *Solar and Terrestrial Radiation*. Academic Press, New York, pp. 215-233.
- Foster, N. B. and Foscett, L. W., 1953: A photoelectric sunshine recorder. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 34, pp. 212-215.
- Golchert, H. J., 1981: Monatliche Globalstrahlungs-verteilungen in Deutschland. *Meteorologische Rundschau*, 34, pp. 143-151.
- Hameed, S. and Pittalwala, I., 1989: An investigation of the instrumental effects on the historical sunshine record of the United States. *Journal of Climate*, 2, pp. 101-104.
- Ikeda, K., Aoshima, T. and Miyake Y., 1986: Development of a new sunshine duration meter. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, Volume 64, Number 6, pp. 987-993.
- Jaenicke, R. and Kasten, F., 1978: Estimation of the atmospheric turbidity from the burned traces of the Campbell-Stokes sunshine recorder. *Applied Optics*, 17, pp. 2617-2621.

- Painter H. E., 1981: The performance of a Campbell-Stokes sunshine recorder compared with a simultaneous record of the normal incidence irradiance. *The Meteorological Magazine*, 110, pp. 102-109.
- Sonntag, D. and Behrens, K., 1992: Ermittlung der Sonnenscheindauer aus pyranometrisch gemessenen Bestrahlungsstärken der Global –und Himmelsstrahlung. *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, NR. 181.
- Stanghellini, C., 1981: A simple method for evaluating sunshine duration by cloudiness observation. *Journal of Applied Meteorology*, 20, pp. 320-323.
- World Meteorological Organization, 1962: *Commission for Instruments and Methods of Observation. Abridged Final Report of the Third Session*. WMO-No. 363, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1981: *Manual on the Global Observing System*. WMO-No. 544, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1982: *Commission for Instruments and Methods of Observation. Abridged Final Report of the Eighth Session*. WMO-No. 590, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1984: Diffuse solar radiation measured by the shade ring method improved by a correction formula (K. Dehne). *Papers Presented at the WMO Technical Conference on Instruments and the WMO Technical Conference on Instruments and Cost-effective Meteorological Observations*. Instruments and Observing Methods Report No. 15, Geneva, pp. 263-267.
- World Meteorological Organization, 1985: Dependence on threshold solar irradiance of measured sunshine duration (K. Dehne). *Papers Presented at the Third WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation*. Instruments and Observing Methods Report No. 22, WMO/TD-No. 50, Geneva, 263-270.
- World Meteorological Organization, 1986: *Radiation and Sunshine Duration Measurements: Comparison of Pyranometers and Electric Sunshine Duration Recorders of RA VI* (G. Major). WMO Instruments and Observing Methods Report No. 16, WMO/TD-No. 146, Geneva.
- World Meteorological Organization, 1988: A new sunshine duration sensor (P. Lindner). *Papers Presented at the WMO Technical Conference on Instruments and Cost-effective Meteorological Observations*. Instruments and Observing Methods Report No. 15, Geneva, pp. 179-183.
- World Meteorological Organization, 1989: *Commission for Instruments and Methods of Observation. Abridged Final Report of the Tenth Session*. WMO-No. 727, Geneva.
- World Meteorological Organization: *WMO Automatic Sunshine Duration Measurement Comparison* (K. Dehne and U. Bergholter (In preparation)).