

第一部分 SunScan 介绍

SunScan 冠层分析系统通过测量作物冠层 PAR 值提供了关于影响田间作物生长的限制因素的有价值的信息；SunScan 探测器也可被用来描绘作物冠层 PAR 的分布图。



植物的光照吸收和单位体积内生物数量的增加有着直接的关系。不同类型植物将光子转化成生命物质的能力不同。SunScan 系统提供了便利的工具来计算和分析植物冠层

截获和穿透的光合有效辐射 (PAR : Photo-synthetically Active Radiation)。它提供了关于作物穿透的光合有效辐射的重要信息，

SunScan 探测器

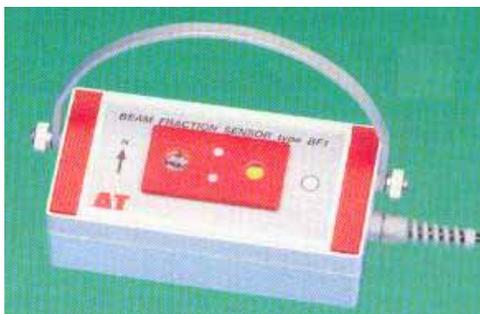
SunScan 探测器是一支 1 米长，内嵌 64 个光合有效辐射传感器的探测器。它通过 RS-232 串行接口与 PC 或 DCT1 型手持式掌上电脑相连。无论何时进行读数，所有的传感器都会被扫描并将读数传到终端或 PC 上。



沿着探测器，平均光照水平会被计算出来，如果要绘制详细的 PAR 分布图，所有分布的传感器的读数都可被逐一读出。在探测器手柄上有一个操作按钮可被用来便捷地按需要来测得读数；或者将读数通过掌上电脑或 PC 的程序控制一次传送到掌上电脑或 PC。读数单位是 PAR 通量 ($\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)。

探测器有一个舒适的，平衡性很好的手柄来降低手臂的疲劳。探测器上有一个气泡水平仪来指示探测器的水平。

漫射系数传感器 (BFS)



BF1 型漫射系数传感器综合了 2 个 PAR 传感器，并能很容易地计算出作物冠层的 PAR 以及直射光与漫射光 (the beam fraction) 的比例关系。当一个传感器被遮光罩遮蔽了直射光束时，一个传感器计算出总截获 PAR。这里用切断一个传感器的直射光束当作太阳白天在天空中的移动。BFS 内置一个气泡水平仪和微型罗盘来校正其排列的准确性。BFS 用一根 7 米长的电缆与 SunScan 探测器相连，电缆最长可延伸到 100 米。三脚架可用来安放 BF1。

数据分析和储存



DCT1 型掌上电脑:

DCT1 是一种从 SunScan 探测器采集和分析读数的高效、轻便的掌上电脑。在野外, 原始数据和诸如传输分数 (transmission fraction)、叶面积指数(LAI)等原始函数能被 SunData 软件显示、回顾和保存。如果需要, 批量的数据可以取平均值。采集终端的全文字数字键盘很容易识别, 上面有数据显示和储存格式的选择。

数据储存在内存或可移动的磁卡上。采集终端内置 2M 贮存器来存储数据, 可以用 256K 或 1Mb 的磁卡作为备用磁卡。收集到的数据能被传送到 PC 机作进一步分析, 也可以直接从打印机。在基于 Windows 系统的 PC 机上, PsiWin 操作软件提供了便利的文件传输和数据管理。

SunData 软件

通过均匀冠层传输光的高级模型被发展并用在分析软件中。这种模型由 Campbell(1985)、Norman 和 Jarvis(1975)建立, 并对下列因素进行了说明:

- ★ 直射和漫射的截获光
- ★ 天顶角
- ★ 冠层的叶面积系数
- ★ 冠层的叶角分布
- ★ 叶面 PAR 吸收
- ★ 传输系数

天顶角是通过当时的时间、经度和纬度来计算的; 冠层叶面角度分布和叶面吸收由用户估算; 其余计算 LAI 所须的变量可直接测定。

由于直射和漫射截获光的作用关系是在相同时间内作为被传输的 PAR 由物理方法测量的, 数据可以在相对与早先的设备宽许多的日光条件下取得。这种传输模型在天顶角过大的情况下精确计算 LAI 是比较困难的, 因此我们建议在阳光很强且接近正午时不要进行测量。

SunData 软件能够自动读取由用户定义的间隔从 1 秒到 24 小时的读数和平均数。这种方式可被用来获取一段时间内冠层 PAR 的整体读数。

SunData 软件也可用在笔记本电脑上。有些人可能偏向于使用笔记本电脑, 而笔记本电脑在电池寿命等方面远比不上掌上电脑。

PC 为数据采集设备

一般来说, SunScan 探头可由 PC 来操作, 最小配置要求:

MS-DOS3.3,或更高; 512k RAM; 80X25 字节显示;; 3.5 英寸软驱。

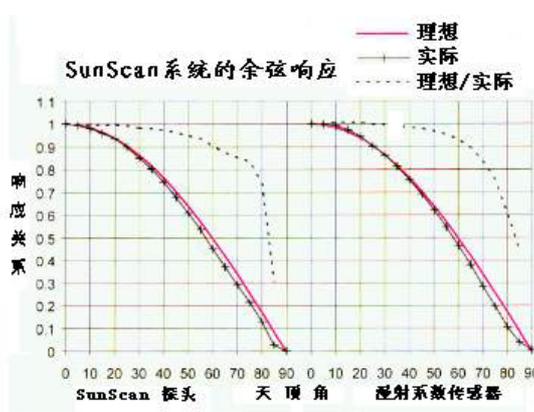
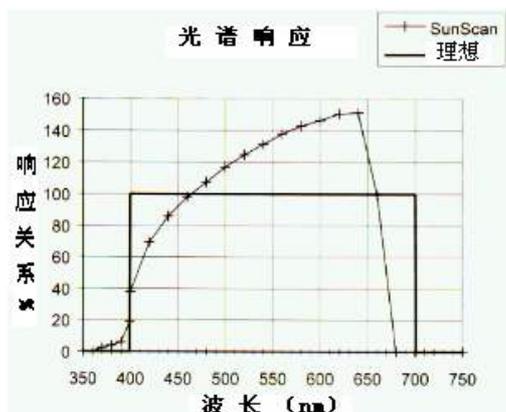
可选物品(Optional items)

RFC1 型记忆卡	掌上电脑用, 容量 256Kb, 可储存 2000 个单一读数
RFC2 型记忆卡	掌上电脑用, 容量 1Mb, 可储存 8000 个单一读数
DCT-BAT 型备用镍铬电池组	寻供 DCT1 型掌上电脑用
PSW1 型 PsiWin 软件	基于 PC 的连接 DCT1 型掌上电脑与 PC 的软件, 提供便利的文件与数据的传输和管理
BF1 的延长线缆	带连接器, BFXL10 型 10 米、BFXL25 型 25 米、BFXL50 型 50 米
BFDL5 型数据采集线缆	BF 传感器用, 有总 PAR 和散射 PAR 两种采集方式 (可以不用 SunScan 探测器, 直接从 BF 采集数据)
SPS1 型备用工具包	供 SunScan 探测器用
SSDL10 型数据采集线缆	SunScan 探测器用, 将 SunScan 探测器连接到数据采集器上 (非 DCT1 型数据采集器或 PC) 作线形量子传感器用

校准(Calibration)

SunScan 的探测器和散射系数可用精确的 PAR 量子传感器在模拟自然状态的标准日光灯下校准。传感器的光谱和余弦响应接近于理想响应, 在末期大幅下落。一些在正常日光条件下发生的错误可能是由于部分光谱响应很小, 在人造光条件下, 测量值的绝对值有较大的偏差也是可能的。然而, 由于漫射系数传感器和 SunScan 探测器是相互匹配的, 且计算都是基于传送光和截获光的比率, 实际上, 这就不是问题。

SunScan 的探测器必要时能够针对漫射系数传感器由用户自己校准, 探测器中的每个传感器的校准值都被储存到固态存储器中。



第二部分 SunScan 系统的相关理论

§2-1 叶面积系数理论 (LAI theory)

在这一章我们会尽可能详细地解释 SunScan 是如何计算叶面积系数的，并将说明在真实冠层应用中的限制和附加条件。

叶面积系数计算方法中的因素 (Ingredients of the LAI computation method)

以下是影响结果的三个主要部分：

一、几何分析 (Geometric analysis)

首先我们要分析光线穿过冠层后会发生什么情况。因此，我们需要对冠层的状况，例如是否整齐、冠层的随意性及冠层的总吸收等做一些假设。对此 Campbell 于 1986 年提出了通过冠层的单一直射光束 (the Direct solar beam) 的椭圆叶角分布函数。这个函数通过单一参数，即椭圆叶角分布参数 (ELADP)，可以描述很多不同类型的冠层。

Wood 接着对的 Campbell 的在整个天空中通过相同冠层的散射光的分布函数进行了积分描述，由于传输的散射光是不同的，而且在实际中直射光和散射光通常都结合在一齐，因此进行积分描述是很重要的。实践中的分析表明叶角分布对散射光有直接的影响，而这一点通常不被重视。

对没有直接解析结果的函数进行积分运算必须建立合适的数学模型和计算函数，这改进了 Campbell 最初的模型并能提供很高的精度。

二、不完全吸收 (Incomplete absorption – more elaborate analysis)

上述分析是基于“黑叶”的，而实际的叶片要反射或散射掉一部分照在它上面的光。一般来说，仅有大约 85% 的截获光会被吸收。这就意味着在实际中，冠层叶片在吸收光的同时，也在反射光，这就使得情况变得很复杂。

由于在实际中被截获光中任何部分的光线都会由于反射或散射而发生改变，这也就意味着穿过冠层的光线的空间分布会发生变化。因此仅考虑光线中的垂直部分是不够的（象余玄校正传感器测量一样），还必须考虑光线中的水平部分。这也是 Wood 的分析系统中考虑半球反映传感器（可同时测量光线中的水平和垂直部分）的原因。

随着计算机的高速发展，以前不可能模拟的状况现在已是可行的。Wood 使用计算机模型对“黑叶”进行积分分析并计算出了通过整个冠层范围的光强和截获光参数。

三、 方程的使用性和可逆性 (Equation fitting and inversion)

计算机模型的结果相当精确，但并不适用于在野外操作。一台运行速度很快的计算机来处理计算模型中任何给定条件下的传送光都需要一段时间，而 Psion 的掌上终端并不是一台快速的计算机。模型是通过给定的 LAI 来计算光的传输值，而 SunScan 系统是用来测量光的传输值的，，这就是说，函数需要通过逆运算推出 LAI，而这一过程是相当麻烦的。

注意: Wood 的 SunScan 方程是有版权的, 他们允许你在科技研究和学术出版物中应用, 但在其余方面, 你必须与他们签署许可协议。

理论与实践 (Theory versus reality)

我们认为 Wood 的 SunScan 方程精确地反映了基于假象条件下的模型，但其会受限于许多不明确的因素，如：

- ☞ 在进行基础分析时，真实冠层结构与假象的简化模型匹配不当。
- ☞ 在估算冠层的椭圆叶角分布参数 (ELADP) 数值时小范围的不确定因素。

有了以上的提示，冠层 LAI 的计算值，即便不是很精确，也可提供冠层的有效趋势（例如冠层在一个季度的生长），也可有效比较不同冠层的相似结构（例如相同类型的不同作物的试验田）。如果你能经常比较对 SunScan 系统的测算值与实际收割的样品做比较，就可以校正真实冠层类型与 SunScan 假象模型间的系统误差。

如果你愿意，你能够通过设定一些相应的参数值将 SunScan 方程演化成便于逆运算的简化方程，例如，设置 ELADP 为 1024（水平叶片），吸收率为 1.0，就可以进行简化的 Beer 法则 (Beer's law) 的逆运算。

Wood 的 SunScan 冠层分析方程 (Derivation of Wood's SunScan canopy analysis equations)

主要假定 (The major assumptions)

- ☞ Campbell 假象的冠层是这样的：无限大、均匀的水平板，叶面随机地均匀分布在椭球体表面。
- ☞ 截获光包括来自顶角的点光源（直射光）和相当强度的天空中每一点的散射光（完全阴天）。
- ☞ 冠层有足够大的 LAI，从冠层下方地面的反射光可以忽略不计或地面与冠

层有相似的反射系数。

☞ 对于叶片截获的光线，总吸收部分为 a 。剩余部分被以相同的趋势整齐地反射掉。

冠层吸收的 Beer 法则 (Beer's law for canopy absorption)

Beer法则适用很多情况，光线被冠层吸收，Beer法则表达了截获光子或光线的吸收状况，对于均匀、无限大、随机分布的以全吸收叶片构成的冠层，冠层上部水平平面上的辐射通量密度 I_0 、太阳辐射通过叶面积指数 L 的冠层后的辐射通量密度 I 间的关系为：

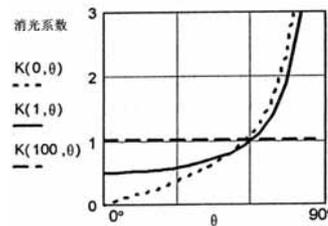
$$I = I_0 \cdot \exp(-K \cdot L)$$

其中， K 是消光系数，它与叶角分布和截获光有关， $K = 1$ 表示完全水平的叶片。

Campbell 的椭圆叶面角度分布方程 (Campbell's Ellipsoidal LAD equations)

Campbell 提出了一个用于计算以相同的比例和对称面，分布在以纵轴为轴心的椭圆旋转体表面的叶片的消光系数 K 的方法，椭圆旋转体的垂直半轴为 a ，水平半轴为 b ，椭圆叶角分布参数 $x = b / a$ ，消光系数可用下式表示：

$$K(x, \theta) = \frac{\sqrt{x^2 + \tan^2(\theta)}}{x + 1.702(x + 1.12)^{-0.708}}$$



其中， x 为 ELADP
 θ 为直射光束的天顶角。

或表示为：

$$K = \frac{(x^2 + 1/\tan^2(\phi))^{1/2}}{(1.47 + 0.450x + 0.1223x^2 - 0.0130x^3 + 0.000509x^4)}$$

其中， x 为 ELADP
 ϕ 为入射光的倾角。

漫射光的传播 (Transmission of Diffuse Light)

Campbell 的分析只是基于诸如直射光等特殊光照情况。即使在很强的阳光下，直射部分占总截获光线的比例也很少超过 80%，因此截获光中穿透的漫射组分也很重要。

有人误认为漫射光的消光系数与冠层的叶面角度分布无关，事实上并非如此，下面的图形显示，漫射光的传输并不遵循简单的 Beer 法则曲线，因此不能被描述成简单消光系数，特别是在 LAD 为水平时。

设天空在半球的每一弧度上光线均匀，
天空中在角 θ 的辐射由下式给出：

$$R = 2 \cdot \pi \cdot \sin(\theta) \cdot d\theta$$

在水平表面上的光线可用下式表示：

$$I_0 = 2 \cdot \pi \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot d\theta$$

对半球积分可以得到总的辐射：

$$I_0 = \int_0^{\pi/2} 2 \pi \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot d\theta = \pi$$

对于天空中的每一条带，传输辐射可由下式表示：

$$I = I_0 \cdot \exp(-K \cdot L)$$

其中， K 表示 Campbell 方程中的消光系数。

于是，总传输辐射可表示为：

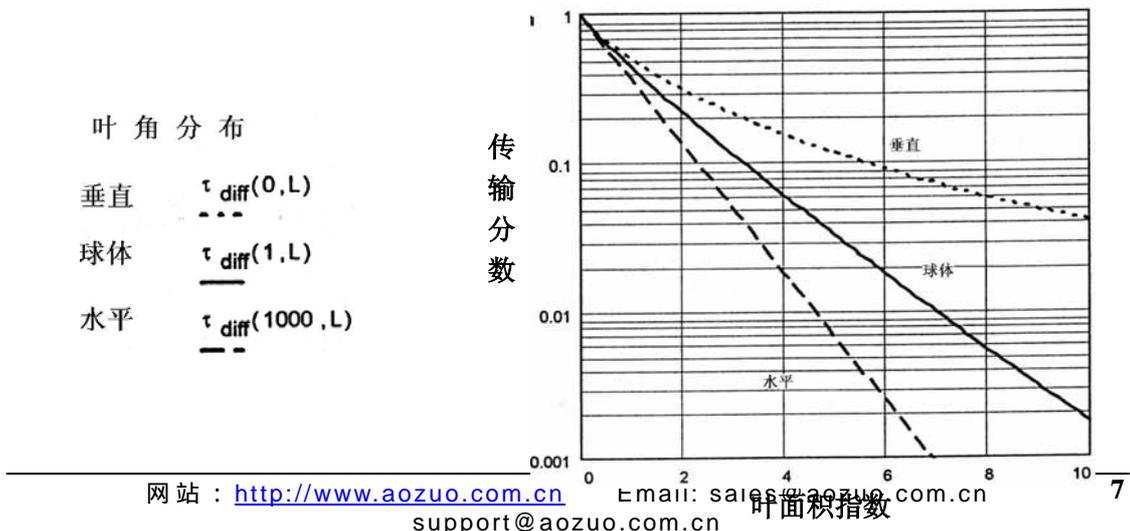
$$I = \int_0^{\pi/2} 2 \pi \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot \exp(-K(x, \theta) \cdot L) d\theta$$

传输分数 τ 可由 I/I_0 给出：

$$\tau_{\text{diff}}(x, L)$$

$$= (I/\pi) \cdot \int_0^{\pi/2} 2 \pi \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\theta) \cdot \exp(-K(x, \theta) \cdot L) d\theta$$

该积分运算 x 的范围在 0 到 1000 之间； L 的范围在 0 到 10 之间，三种不同 x 值的曲线如下图：



LAI 的计算精度 (Accuracy of LAI calculations)

通常我们使用传输光来测算 LAI 时，SunData 软件函数计算值在 LAI 小于 10 且天顶角小于 60° 时与全模拟计算出的 LAI 值的差距在 $\pm 10\% \pm 0.1$ 。

在太阳很低且光线很强的时候对高垂直叶片进行测量会产生很大的误差，使用者应尽量避免在这种条件下进行测量。

事实上，最大的误差来自于真实冠层与理想化的模型之间的差别。

天顶角的计算 (Calculation zenith angles)

天顶角通过经度、纬度、由当地“实践天文学”给出的等同于标准天文学的时间。这些给出的天顶角的精度要高于 0.1°，日出和日落时间不超过几秒钟。

小结 (Summary)

基于假象的冠层下方传输光的精确计算的计算机模型已被设计出来，这个模型用来全方位计算诸如直射光角度、直射光强度、叶面角度分布、叶面吸收、叶面积指数等各种参数。经过计算机数小时的运算后，运算结果被收集并找出合适的函数。

SunData 软件使用近似函数通过野外测量的数据来计算 LAI。由 SunData 软件计算出的 LAI 值与全模拟计算出的 LAI 值的差距在 $\pm 10\% \pm 0.1$ 。

§2-2 吸收率和 ELADP 值 (Advice on absorption and ELADP values)**吸收率(Absorption)**

吸收率为被叶面吸收的截获 PAR 的百分比。

大多数叶片吸收率值在 0.8-0.9 之间，通常以 0.85 作为默认值

仅必需时，才调整吸收值，比如，你在测量较厚的叶片或较薄的透明叶片。

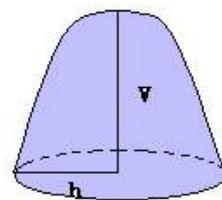
ELADP

ELADP 是椭圆叶面角度分布参数

ELADP 是描述冠层叶片水平与垂直趋势的一种方法

冠层的叶片被假定以相同的趋势和比例分布一个以纵轴为对称轴的椭圆旋转体的表面。叶面角度分布可被描述成一个单一参数，即椭圆体的水平与垂直轴的比值：

$$ELADP = H / V$$



叶面角度分布也可被描述成椭圆球体水平投影面积与垂直投影面积的比值。

- ☞ ELADP 为 1.0 时，表示叶面角度分布为球形，即所有的叶面角度均相同；
- ☞ 很高的 ELADP(如 1024)表示一扁平的椭圆体，即所有的叶面均为水平；
- ☞ 很低的 ELADP(如 0.0)表示一瘦高的椭圆体，即所有的叶面均为垂直的；
- ☞ 大部分作物的 ELADP 在 0.5-2.0 之间。

设置 ELADP (Setting ELADP)

将默认值设为 1（球状叶角分布）是一个好的起点

如果你无论如何也不能估算出 ELADP, 可设 ELADP 为 1.0。你可以采用不同的 ELADP 值在同一地点对同一冠层进行测量来检查在野外作业中 ELADP 对结果的影响有多大，并比较 LAI 的计算值。

在田间估计 ELADP (Estimating ELADP in the field)

如果冠层叶片在水平或垂直方向上表现出明显的优势，那么选一具代表性的小的冠层区域。对在垂直方向上超过 45 度角（即接近水平）和低于 45 度角的叶片进行计数，如叶片为弯曲的，则取大部分叶片所代表的角度。ELADP 可通过水平叶片的数量 (N_h) 除以垂直叶片的数量 (N_v) 再乘以 $\pi/2$ 而估算出来出：

$$ELADP = \pi N_h / 2N_v$$

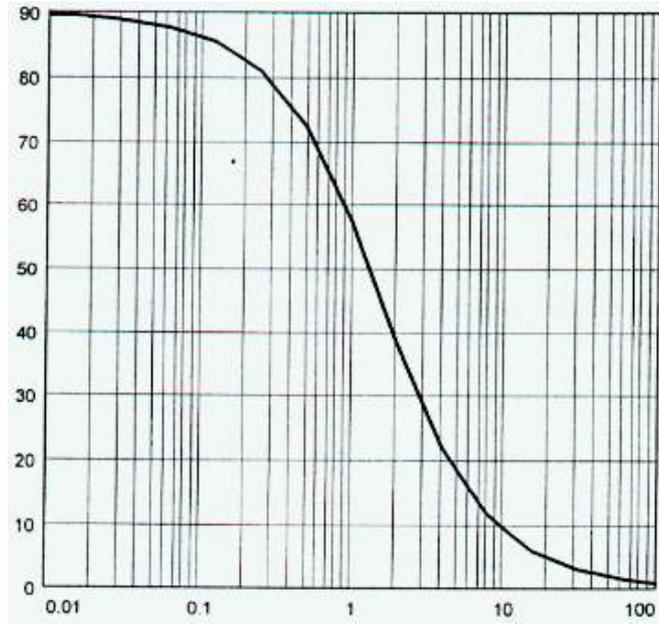
引入 $\pi/2$ 是因为在事实上，垂直叶片都分布在纵轴周围，对于任何光线来说，一些叶片会被直接照射，而另一些叶片只会被小部分照射，在效果上，椭圆体分布有被近以步近似成圆柱体分布。

如果你将 ELADP 设为 1024，将吸收率设为 1.0，LAI 的计算将会等同于基于“黑叶”、水平叶片的简化 Beer's 法则的逆运算式。

平均叶角和 ELADP 的关系 (Relationship between Mean Leaf Angle and ELADP)

平均叶面角和 ELADP 的关系可如下描述（据 Wang&Jarvis），结果如图：

主叶角



椭圆叶面角度分布参数

第三部分 使用前仪器检查

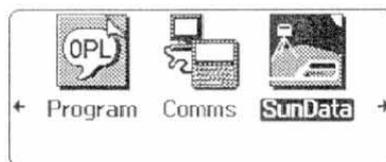
在使用 SunScan 冠层分析系统前，应该先对设备进行检查。首先，检查数据采集终端（Psion 的掌上电脑）；然后，用它来检查 SunScan 探头；之后，在您的 PC 机上安装 SunData 软件，这可使您确认探头的通讯状况，并且在掌上电脑和 PC 机之间建立数据传输通道。BFS 可以留到最后来检查。

掌上电脑与 SunScan 探头的检查

按下列步骤对掌上电脑和 SunScan 探头进行初步检查：

步骤 1- 屏幕显示

- ☞ 取出掌上电脑，此时屏幕显示应该是空白；
- ☞ 按下掌上电脑的 No / Esc 键，屏幕应该会有如图所示：



如果您不能成功地完成上述操作，这有可能是因为掌上电脑在出厂时一些开始状态没有完全设定好，但请不要放弃实验，多试验几次来通过上述步骤。

步骤 2- 运行数据软件并与探头通讯

屏幕将显示系统功能图标，如果屏幕上显示其他内容，尝试以下内容：

- ☞ 按 **On/Esc** 键（这个键可以从任何菜单中推出）；
- ☞ 按 **☒ + X**（按住掌上电脑上的 **☒** 键，然后再按 **X** 键，这会从任何正在运行的程序中退出）；

警告：不要让系统屏幕自动退出！如果您得到 *Exit System Screen* 的提示，请按下 **N** 键。如果你找不到 SunData 程序的图标，它很可能在退出系统时丢失了。请立即参照 Psion 使用说明书中重新安装 SunData 图部分。

在掌上电脑停止使用几分钟后，掌上电脑的屏幕会自动变空白来节约电池，请再次按下 **On/Esc** 键来显示屏幕。

- ☞ 现在将 SunScan 探头与掌上电脑顶部的 RS232 口相连，此时，不用连接 BFS 传感器。

☞ 按黄色箭头选择 SunData 软件的菜单选项（所选择菜单的图标背景会变黑）；

☞ 按黄色 **Enter** 键（按此键表示接受所选择的选项）。

```

SunScan probe v 0.36 , with BFS
Title
Site
Date      09 / 10 / 1996      03: 27: 59 pm
Absorp'n  0.85      ELADP    1
Data file  A : \ DATA.PRN
CONTINUE
    
```

☞ SunData 运行后屏幕将会有如图 1 的显示，标题将显示探头连接成功。

☞ 按 SunScan 探头上的红色键一次或二次，工作记录仪的屏幕将发生改变。如果上述过程顺序操作后没有问题，表示步骤 2 顺利通过。

如果您不能完成上述工作，在您的 PC 机上安装完 SunData 软件后，您可以再次试验 SunScan 探头。

步骤 3-关闭掉掌上电脑

☞ 按 **☰** +X 退出 SunData 程序

☞ 按 Off 键，仪器关闭。屏幕显示空白。

检查掌上电脑的硬件

内置插件

在掌上电脑中应有下列已安装的部件。您可以通过按压掌上电脑左上角的弹出键来打开电池夹来检查下列设备：

☞ 备用锂电池

☞ 安装的 Ni-Cd 电池包，并已充电

☞ 在 A 插槽中的闪存卡。

Psion 充电器

此充电器用来给掌上电脑运转时供电，并且同时能够给充任何已安装的 Ni-Cd 电池充电。

使用时，将掌上电脑插在槽型支架上，再将充电器与槽型支架连接。通电后，掌上电脑前端的指示灯会变亮。

备用的 Ni-Cd 电池是未充电的，在第一次使用前，将它们装入掌上电脑，然后用慢充（trickle-charge）将它们充满（一般要过夜）。

以上工作完成后，表示 SunScan 的探头和掌上电脑工作正常，现在，您可以在您的 PC 机上安装 SunData 软件。

安装 SunData 软件

此部分将讲述 SunData s/w 的组成和基本功能，在 pc 上运行的基本要求。您也可以使用它来建立 SunScan 的探头与 PC 机的连接和数据传输。

SunData 软件磁盘

SunData 软件磁盘由三部分组成，分别保存在磁盘上的三个子目录中，如果您在磁盘的根目录下发现了 README 文件，请读一下，它可能会包含一些本说明中没有的最近的信息。这三组程序如下：

☞ SunData PC 软件(在 \Pc 子目录下)

此软件必须装于 PC 机上，以用来将数据文件从掌上电脑传输到 PC 机；也可安装在笔记本电脑上作为数据采集终端来代替掌上电脑。

☞ SunData Psion 软件(在\PSION 子目录下)

这是一预先装在掌上电脑中的软件拷贝版，除非掌上电脑中的程序已损失，不得使用此程序

☞ Psion 通讯软件（保存于\COMMS 子目录中）

这是一组 DOS 程序，用以在 PC 和工作记录仪中传输数据。

如果您需要恢复掌上电脑中遗失的程序，这些程序是必不可少的（除非您已经购买了 PsiWin Windows 软件）。当然，它们也可以提供掌上电脑与您的 PC 机间的数据传输。

您 PC 的配置要求：

DOS 3.3 版以上，3.5 英寸 1.44MB 磁盘驱动器，一个 9 针的 D 型串口。

查询你的 PC 手册，执行下列功能：拷贝一磁盘，建立一子目录，拷贝文件，

网站：<http://www.aozuo.com.cn> Email: sales@aozuo.com.cn

support@aozuo.com.cn

电话：(010) 82675321、82675322、82675323 传真：(010) 82623152

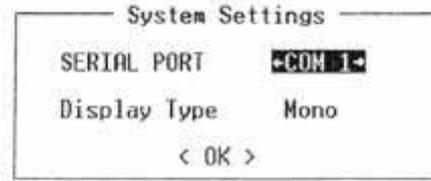
探头相连接。

设置您 PC 的通讯端口

☞ 按 **Alt+S**，然后按 **Y**

系统对话框将会出现：

☞ 使用箭头键选择各通讯口



☞ 按下 **Tab** 键两次，移动到<OK>,然后按回车

通讯核查

SunScan 探头与 PC 之间的通讯

要完成此过程的测试需要连接 SunScan 探头,并使 SunData 软件成功完成上述测试。

☞ 将 SunScan 探头与 COM 口相连，按回车，则连接功能被起动，屏幕将转变为连接状态。

☞ 在 Sunscan 探头的柄部，按红色的”Go”键一次或两次，屏幕将会出现新的变化。

上述步骤的完成表明 SunScan 探头与 PC 间的通讯是成功的。

SunScan 探头用内置的碱性电池来供电，总是处于供电状态，但电池的消耗很小，新电池可以使用一年。使用探头进行测量读数后，电池电压可以在屏幕上显示，电压低于 **4700mV** 后需要更换电池。

软件的操作

使用下述的方法在屏幕上移动指令，可以很方便地对软件进行操作：

☞ 移动光标进行选择。使用箭头键或者 **Tab** 键在各选项间移动，选项灰色表明选项无效。

☞ 按回车接受选项

☞ 按 **ESC**,则可放弃当前选择。

☞ 同时按下 **Alt** 键和 **F** 键，然后按下 **X** 键，系统退回到 **DOS** 状态下。

掌上电脑与 PC 间的通讯

如果掌上电脑和 SunScan 探头对上述操作产生反应，表明初次测试已完成。

在 Windows 下运行 SunData

在 Windows 3.11 系统下

SunData 软盘包括 SUNDATA.PIF 和 SUNDATA.ICO 文件，以备 windows 下使用。

- ☞ 在 windows 程序下，选择 File、New、Program Item
- ☞ 确定 SunScan 为图标名，SunDATA.PIF 为命令文件，键入程序工作路径，SUNDATA.ICO 为图标文件。
- ☞ 运行 SunData: 双击 *SunScan* 按钮，以全屏方式运行 SunScan 软件。

在 Windows 95 系统下

SunData 软件可以运行在 Windows 95 系统的 DOS 方式下。

第四部分 使用前掌上电脑的设置

Psion 的掌上电脑内置了 2M 的内存，在一般情况下，不必使用额外的磁卡来存储数据。由于掌上电脑在出厂时并未将数据储存单元设为内置，用户在使用前需要先行设置。

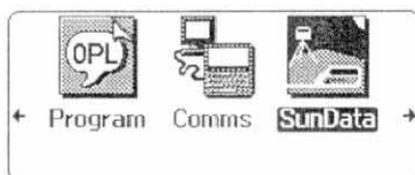


图 1

按掌上电脑面板上黄色的 **On/Esc** 键打开掌上电脑，当出现如图 1 所示的界面是，按下掌上电脑面板上灰色的 **Menu** 键，会出现一个选择操作菜单，使用 **←**、**→**、**↑**、**↓** 键进行选择，用 **Enter** 键进行确认。

进入 **Info → Memory info** 选项，可以了解掌上电脑内存的使用情况；
 进入 **Ctrl → Set time and date** 选项，可以设置掌上电脑的系统时钟；
 进入 **Ctrl → Set default disk** 选项，设置默认存储器，在无外置磁卡时，**请务必选择 → Internal ←**选项。

在图 1 所示的界面下，选中 **SunData** 选项，按 **Enter** 键进入 **SunData** 软件，出现类似图 2 所示的界面。按下掌上电脑面板上灰色的 **Menu** 键，会出现一个选择操作菜单，使用 **←**、**→**、**↑**、**↓** 键进行选择，用 **Enter** 键进行确认。

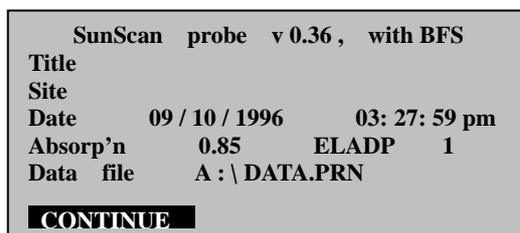


图 2

◇ 进入 **File → Data Storage**，有 **Name** 和 **Disk** 两个选项，其中：

◆ **Name** 选项设置文件名，进入该选项后，按 **→** 键后用 **←** 键可以更改

改和输入数据记录的文件名。

- ◆ **Disk** 选项为设置贮存器类型，进入该选项后，用  和  键进行选择，在无外设磁卡时，将选项设为 **→ Internal ←**后，按  键确认。

☆ 进入 **Setting → SunScan Probe** 后，

- ◆ **data from** 选项用来选择是否连接 SunScan 的探头：**→SunScan Probe ←**表示连接 SunScan 的探头；**→ emulator ←**表示进入模拟操作选项，选用此选项后，掌上电脑会在没有连接探头时，随机给出一些读数，供学习 SunData 软件使用；
- ◆ **Ext Sensor** 选项决定是否使用 BFS（漫射系数传感器）。

☆ 进入 **Setting → Constants** 后，

- ◆ **Absorption** 选项用来设置 Absorption（吸收率）的大小（从 0.5 到 1.0），默认值为 0.85；
- ◆ **ELADP** 选项用来设置椭圆叶角分布参数，取值范围 0 到 1024。

☆ 进入 **Setting → Time & Date** 后，

- ◆ **Local time** 选项可以设置测量时当地时间，格式：小时：分钟：秒 上下午；
- ◆ **Date** 选项可以设置测量的日期，格式：日 / 月 / 年 ；
- ◆ **Local time is GMT** 选项可以设置当地时区与标准天文时间的差别（计算天顶角用）。

☆ 进入 **Setting → Site** 后，

- ◆ **Site Name** 选项中可以输入所在地区的名称，如：输入 Beijing ；
- ◆ **Latitude (°)** 选项中可以输入所在地区的纬度，范围-90 到 90，西、北方用正数，东、南方用负数；
- ◆ **Longitude (°)** 选项中可以输入所在地区的经度，范围-180 到 180，西、北方用正数，东、南方用负数。

第五部分 实验设计(Experiment design)

本部分讨论了测量目标和因素，它可帮助你回答如下问题：

- ☞ 所需的设备
- ☞ 所需要采集的数据
- ☞ 是否必须等待合适的测量的时间和合适的气候因素

你计划的研究类型，比如，生长时期截获的太阳辐射，或者冠层结构等决定了年中的实验时间和实验的持续时间。

一些冠层类型（不整齐的冠层）使用 SunScan 系统不能直接获得 LAI 读数，但可以描述不同高度的冠层沿横切面的三维光分布特性，在下面的讨论中我们简称其为“PAR 图”。

回答上述的问题是比较复杂的，下面的内容可作为主要相关问题的一个参考。

上层冠层测量需求(Above-canopy reference requirements)

本部分涉及测量冠层上截获的 PAR，同时也可对测量冠层下部进行测量。问题焦点在于是否使用 BFS。

漫射系数传感器 (Beam Fraction sensor)

因为可在最少的限制下进行测量，BFS 与 SunScan 探头连接是最好的选项。然而对于某些类型的冠层来说，这种方法不足取的。

其次的选择是在冠层上下使用 SunScan 探头（不用 BFS），但必须在光照水平不会快速变化时测量。

独立的 PAR 传感器 (independent PAR sensor)

如果上述方法不可行，你则必须依赖探头上独立的传感器所截获的 PAR。除了缓慢的改变光照水平，你也可以在一地点定期对读数平均，此外直接的 LAI 读数是无效的。这是一种最麻烦的情况，在下面的分析中这种情况通常不采用。

在这种状况下，通常你不能使用 SunData 软件来合并单独传感器上传输的 PAR (transmitted PAR) 和截获的 PAR (incident PAR) 以求得 LAI。

直射和漫射光的组分 (Direct and Diffuse component)

假如你使用 SunScan 在冠层上方进行测量(使用或不使用 BFS)，以下的表格概括了你是否需要测量截获光中的直射部分和漫射部分。如果你不需要分别测量，可用 BFS 来快速设置是比较有益的（当设置正确后，不用重新调整阴影环）。

研究类型	仅测量总截获的 PAR	截获光中直射和漫射部分组分
拦截系数	是	否
LAI	否	是
PAR 绘图	是	视情况而定

冠层类型和 BFS 的应用 (Canopy type and BFS practicalities)

冠层类型是下一个要求确认的参数。一般来说，冠层上方测量的读数会比较接近或高于 SunScan 探头的位置的读数。较高的冠层要达到此要求则需要一定的技巧。如果你想利用 BFS 来获得 LAI 读数，则必须将其置于冠层顶部并正确设置阴影环的位置。

冠层类型	选项	评述
低	BFS 已连接，如必要时，使用延长电缆	最优，电缆较长则需要处理
低	没有 BFS	较慢，需要缓慢改变的光照状况
高	设计一轻便的 BFS 装置，使用延长电缆	有时较好，但检查 BFS 阴影环较困难
高	使用脱离冠层的空旷地（不需要 BFS）	需要稳定的光照状况，光照可能被部分覆盖
高	使用独立的传感器获取冠层上方的 PAR	需要缓慢改变的光照，需要时对读数平均，LAI 读数无效

冠层类型和叶面积指数 (Canopy type and LAI estimates)

许多冠层的类型在用 SunScan 计算 LAI 时与假定的冠层结构并不一致，下

面的表格给你提出建议是否适合于你的冠层。你可以阅读 LAI 理论一章来更详细的理解。下一章中将对冠层的叶角类型 (ELAPD 参数) 和叶面吸收的意义做较详细的说明。

冠层类型	评 述
低矮, 均匀的 (如谷物、实验田)	对 LAI 较合适
低的, 有规律, 但不均匀 (如成行的农作物)	对 LAI 测试有疑问, 显示出无效的趋势 可进行 PAR 绘图
独立的树或灌木 (如果园中的果树)	仅可进行 PAR 绘图
散落的植被 (如灌木丛)	仅可进行 PAR 绘图
高、不均匀、不丛生 (如人造林)	理论上适于 LAI, 但对冠层顶部参数测量有一定的难度
高、丛生的植物 (如天然丛林)	仅可进行 PAR 绘图

冠层取样体积(Canopy Sampling volume)

当计算 LAI 时,要清楚 SunScan 探头所能监测到的冠层体积, 在进行采样设计时需用此值进行计算。

对于直射光, SunScan 仅可监测到探头和阳光之间一米宽的部分。对于漫射光, SunScan 可监测到更大的体积, 包括以探头为中心, 与冠层有相同高度的体积, 但在探头上方的冠层对漫射光的作用最大。这两种孑然不同的取样体积在测量直射光和漫射光时要取相同的光照面积。

这就意味着在强光下, 冠层取样的体积较小并要精确界定。随着光强的降低, 取样体积增加, 并且界定限制也会降低。

首选的光照和气象状况 (Preferred light and weather conditions)

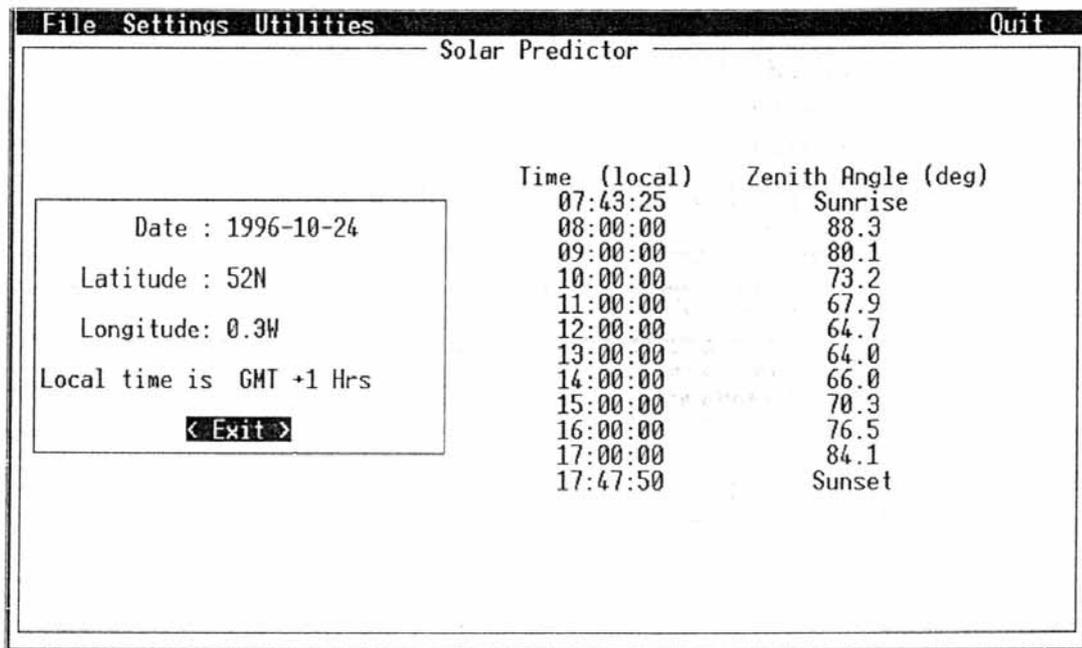
这将严重影响着你的田间操作。

限制因素	评 述
一天中的测量时间	根据所处的地理位置和季节, 最好的测量时段为正午前后各 3 小时, 参考下面的两种情况。
天顶角	当太阳较高时测量较容易, 天顶角高于 60 度时, 由于过于接近垂直角度, Probe 和 BFS, 特别是 LAI 会出现错误
绝对的截获光水平	最好高于 $200\mu\text{mol}^{-2}\text{s}^{-1}$, 低于此值时精确度会下降

光照水平的变化率	使用 BFS 时，尽仅须避免阴晴的剧烈变化；当不使用 BFS 时，需要缓慢变化的光照条件；不使用 BFS 测量 LAI 时，需要直射光和漫射光组分变化缓慢的光照条件。
完全阴天，或完全为晴天	SunScan 的 LAI 模式可处理这两种状况，通常晴天时结果较理想。多云的情况下也可达到满意的效果。

太阳位置的选择 (Planning for the sun's position)

PC上SunData软件可用来计算任一天的天顶角，可以帮助你安排合适的测量时间。你可方便地使用 *Utilities* 菜单，按 **Alt+Utilities**, **Zenith** 键则可计算。默认值为当前你所使用的设置（菜单的 *Settings* 选项中），但您可在阳光预设（*Solar Predictor*）选项中更改，而不会影响程序的其他部分。



第六部分 田间测量过程

在田间测量前你必须检查设备如电池的状态、内置干燥剂等，对此如要详细了解，可参考仪器的维护这一章节。

野外探头操作（Probe handling in the field）

在前面的章节（测量操作和实验设计）中介绍了你所需要使用的设备（包含或不包含 BFS）以及你所要测量的参数类型（LAI、PAR 或全部），在此将涉及具体的操作。

探头的 GO 键（The probe GO button）

你可以用探头手柄上的红色按键反复读取和储藏数据而无须对照工作记录仪的显示屏，通过工作记录仪的蜂鸣声可以了解自己所进行的操作。

☞ 一次蜂鸣—开始读数 READ

☞ 二次蜂鸣—存贮读数 STORE

探头手柄上的 Go 键的功能就象工作记录仪上的 Enter 键。

探头的水平（Levelling the probe）

探头安装一个小小的气泡水平仪可在测量时帮助调节水平。

在很多冠层下方的的情况下，并不要求非常严格的水平

在读数时，最好不要让自己的阴影对探头产生影响。如果你在探头的反应范围之内，探头会将你做为天空散射光的一部分。在探头上一块遮挡直射光的浓重的阴影会导致严重错误。

最好的方法是在每次读数时尽量简单和快捷，而不必去追求完美。这可以计算很多冠层空间的变化，而且在你不得不在不稳定光照条件下工作时，这一点很

有用。

当使用 GO 键时，集中注意在“读”操作（一声蜂鸣）时，尽量保持水平后再读取数据。在你第二次 GO 键来储藏读数时，探头是否水平并不重要。

在出现下面状况时，水平气泡的调节要求比较严格。

- ☞ 在冠层上方截获太阳辐射，并且
- ☞ 直接太阳辐射较强，并且
- ☞ 太阳较低

使用三角架 (Use of the tripod)

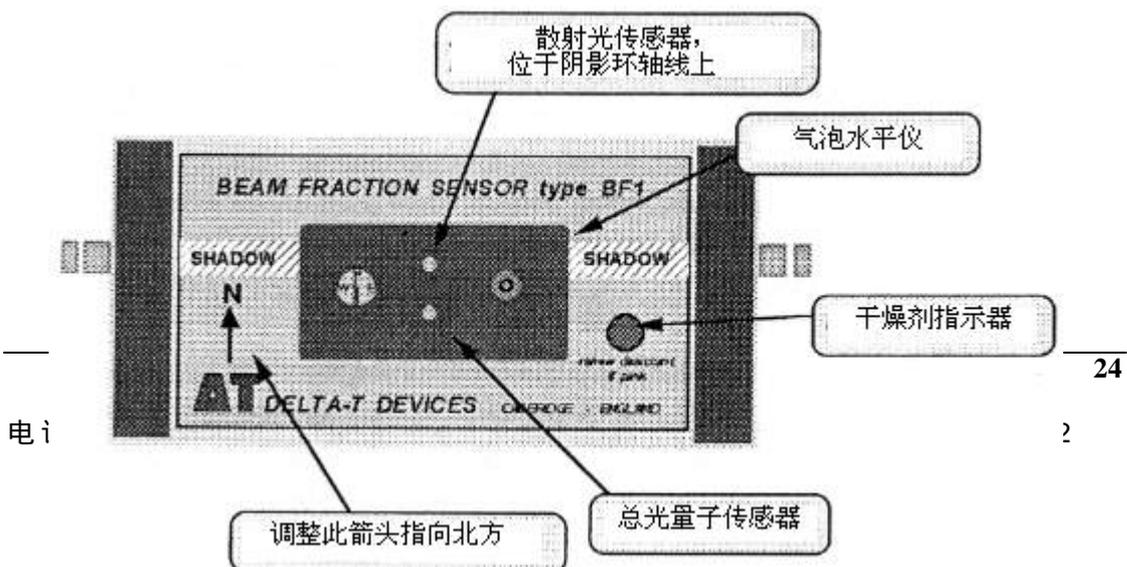
探头有一个标准的相机位置槽与三角架相配。你也许不会用它，也许你会用它，例如，你将探头安放在一个合适的位置以自动模式来测量一天的数据。

数据记录仪 (The Workabout)

不论你是否测量，你总是将探通过线缆与你的数据记录仪或数据采集器相连。终端的工具箱和背带可使你单手来操作键盘。

BFS 的田间操作 (BFS handling in the field)

BFS 可用来测量大多数的数据，然而使用线缆连接到 SunScan 的探头额外增加了实践操作的复杂性。如果你另外使用笔记本电脑来代替数据记录仪，你会发



现二人组合比一个人单独工作能更好地操作和处理问题。

三角架的使用 (Using the tripod)

BFS 有一三角架来非常方便地安放它，在冠层较低的田间使用将非常方便（三角架最高可伸至近 1.8 米）。如你要研究的冠层较高，则需要设计一种方法来安放 BFS。

找出北极，设置阴影环 (Finding North, and setting the shade ring)

如果你想测量的仅仅是冠层截获的总辐射光，你可以忽略 BFS 上罗盘的方向并且你应该将阴影环水平放置而不去使用它。

如你要测量太阳辐射的直射和散射部分，则需要调整阴影环，使阴影可落在散射传感器上，(散射传感器位于阴影环枢轴的连线上)，并将其完全覆盖。

如你经常移动 BFS, BFS 指南针的方向则不需要过于精确，如果要长期跟踪阴影，则 BFS 必须小心地设置为指向正北，同样，此指令可应用在南半球。

由于受 BFS 简单、灵活的设计限制，在一整天中阴影不会始终跟随阳光调整，你应该经常检查阴影环并在必要时对其进行调整。

在阴天的环境下，精确地调整阴影环并不非常重要（并且这相当难估计），如果有任何机会阳光破云而出，你就应该等阳光出来后再调整。

调节 BFS 的水平 (Levelling the BFS)

BFS 上装有一小小的气泡水平仪，三角架有三个轴可容易地调整水平。

精确地调整 BFS 的水平要比调整探头的水平重要。

通常调节的方法为

☞ 调节 BFS 面向正北方；

☞ 调节 BFS 水平；

☞ 调节阴影环，使阴影完全覆盖于散射传感器上（最北面的一个）。

扩展电缆，定位 BFS（Extension cables , and the location the BFS）

用来连接 BFS 和探头延长电缆的长度有 10、25、50m 等几种，扩展电缆可扩大我们的测量范围。测量范围越大，需要重新定位 BFS 的时间越少，但对于电缆的操作则要求更多的时间。

扩展电缆可连接在一起，使用两根连接的线缆可能要比使用一根长的线缆更可取。

你应该意识到 SunScan 系统会同时读取 BFS 和探头的读数，如果不同的区域有很宽的空间部分，光照水平会发生突然变化（云的阴影能以 20 米/秒的速度移动）。

解决方法是避免在快速变化的条件下使用并避免在临界状态下进行读数。

过长的缆线会在读取 BFS 的数据时引入小的系统误差。在缆线长度为 100 多米时，这种误差并不重要（ $< 10 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ），在线缆长度超过 200 米后，对读数的累计误差可以达到 $20 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ，此时需要对线缆进行校正。

使用扩展可以扩大监测范围，但电缆过长，则易造成系统误差，因此电缆过长，则需对电缆校正。

第七部分 仪器的维护

检查电池

SunScan 系统要求在掌上电脑和探头内都有电池。BFS 不需要电池，因为它是靠探测器来提供电量的。

探测器探头的电量由安放在探测器中的 4 节 AA 碱性电池来提供，通常这些电池可以使用 6 到 12 个月。探测器上没有电源开关键，当不进行测量操作时，探测器内的电路会自动切断电源，进入“休眠”状态。

将探测器与掌上电脑相连接，用读数（读数对光线没有特别要求，只要能激活电池的感应电路即可）。按下掌上电脑的 \surd +B（按住掌上电脑上的 \boxtimes 键，然后再按 B 键），或者使用 SunData 程序的菜单：

Menu \rightleftarrows *Utils* \rightleftarrows *About*

掌上电脑的显示屏将会显示版本号与电池的毫伏读数，mV。当电池的读数低于 4700 mV 时，需要更换电池；当读数在 5000 mV 以上时，表明电池状态正常。当电池电量过低时，掌上电脑的显示屏将会出现警告，此时，请尽快更换电池。如果掌上电脑的显示屏显示电池读数为 0 mV，表明探测器的电源线路没有被激活，请将探测器重新与掌上电脑相连后，放在有光线处再试一次。

在探测器中放入新电池后，您可以读取 30000 个读数。如果您不进行任何测量，电池可以持续 6 到 12 个月。

注意：如果您要长期存放探测器，或有很长一段时间不使用，请将电池取出。

在更换或取出探测器中的电池时，需要将探测器拆开。将与探测器相连的所有设备从探测器上拔下来，小心地拧下探测器底盘上的 4 个十字头螺丝，打开底盘后可以看见电池安放槽，取下或更换电池（此时，注意扶住探头）后，将底盘拧上。

通过按下掌上电脑的 *Shift* + *Ctrl* + *B* 可以检查掌上电脑的电池电量，当电池电压过低时，掌上电脑会提示您，请尽快更换电池。当电池电量不足时，掌上电脑中的数据可能会遗失，建议请在更换电池前，将数据下载到计算机上。

检查干燥剂

在 SunScan 探测器和 BFS 中都内置有干燥剂包，当在野外使用时，它可以吸收仪器内的水气。在探测器和 BFS 上有显色片来指示仪器内的干湿程度：蓝色表示干燥；粉红色表示干燥剂需要更新。掌上电脑没有内置干燥剂。

干燥剂包在加热后可以再次使用，将探测器或 BFS 中的干燥剂包取出，在 140℃ 下烘几小时，在干燥环境（如在干燥器）中冷却后可装入仪器中使用。

揭起面板上的红色塑料带，拧下螺丝，可以打开 BFS。

附件：1

术语表

- ☞ **漫射系数传感器 (Beam Fraction Sensor , BFS):** 由两个 PAR 传感器和一个阴影环组成，用来测量冠层上方的直射光和漫射光。
- ☞ **余弦响应 (Cosine response):** 测量光线的传感器的响应与光线入射角（被测量的光线角度为从垂直到传感器水平表面的夹角）的余弦成比例。
- ☞ **漫射光 (Diffuse light):** 大气中的散射光。它被认为是来自天空中所有地区的具有相同强度（例如在云量均匀的阴天）的光线。
- ☞ **直射光 (Direct beam):** 直接来自太阳的没有散射的光线，通常被描述成来自一个点光源。
- ☞ **数据采集终端 (Data Collection Terminal):** Psion 的一种掌上电脑，用来驱动 SunScan 的探头，同时进行数据显示和储存。
- ☞ **仿真模式 (Emulator):** SunData 软件中的一个设置项，无论 SunScan 的探头是否与掌上电脑相连接，都可以产生一个随机的结果，用来学习软件的使用。
- ☞ **GMT:** 格林威治时间，也称为世界时间 (UT)，为进行天文学测量和计算所使用的标准时间。
- ☞ **当地时间 (Local time):** 在您所在时区所使用的时间。对于不同的纬度、不同的行政界限、不同的日出补偿时间等，它在读数上不同于 GMT。
- ☞ **叶角分布 (Leaf Angle Distribution , LAD):** 一种描述冠层元素在空间方向上的分布的方法，我们用椭圆叶角分布来模拟它。椭圆叶角分布将冠层元素的分布描述成具有相同比例的椭圆球体的表面。使用这种方法，一个在大范围内存在差异的冠层类型能够被表示成一个单一的参数：椭圆叶角分布参数 (ELADP)，它是椭圆球体水平轴与垂直轴的比率。ELADP 远大于 1 表示冠层的叶片都近乎水平；ELADP 趋近于 0 表示冠层的叶片都近乎垂直。
- ☞ **叶面积指数 (Leaf Area Index , LAI):** 单位面积土地上叶片的表面积（假定叶片是平整的，且每个叶片只包含一面）。类似 SunScan 的仪器并不能区分出叶与径，因此它被称为植物面积指数 (Plant Area Index) 要更确切。
- ☞ **叶吸收 (Leaf absorption):** 截获的 PAR 确实被叶片吸收的部分，其余部分被反射或散射。
- ☞ **平均叶角 (Mean Leaf Angle):** 也称为平均顶角 (Mean Tip Angle)、平均倾

角 (*Mean Inclination Angle*), 指所有的叶元素在水平方向上的平均角度, 它与 ELADP 直接相关。

- ☞ **光合有效辐射 (*Photosynthetically Active Radiation* , *PAR*):** 波长在 400nm ~ 700nm 间的可见光。它的度量单位是 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ (微摩尔每平方米每秒) 或过去使用的 μE (微爱因斯坦)。通常状况下, 日光的最大值略微超过 $2000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。
- ☞ **PAR 分布图 (*PAR mapping*):** 用来研究冠层中或冠层下方 PAR 的变化与分布。
- ☞ **总 PAR (*Total PAR*):** 直射光 PAR 与漫射光 PAR 的和。
- ☞ **传输光 (*Transmission fraction*):** 穿透给定冠层的部分截获光, 它可以指直射光部分、漫射光部分或总截获光。
- ☞ **天顶角 (*Zenith angle*):** 太阳中心与天顶间的夹角。
- ☞ **变化系数 (*Spread*):** 测量沿着 SunScan 的探头光强的变化关系。它以标准偏差计算与平均数区分。
- ☞ **SunScan 探头 (*SunScan Probe*):** 手持式长棍状光敏探头, 用来在冠层中读取光参数。
- ☞ **SunData 软件 (*SunData software*):** 用来驱动 SunScan 探头并且计算和储存结果的软件。它有两种版本, 一种用在 Psion 的手持式掌上电脑上; 一种用在 IBM 兼容机上, 他们的功能非常相似。

本说明书由北京澳作生态仪器有限公司独家提供，未经许可，不得用于商业用途。

说明书的不尽之处，还望各位用户批评、指正。在仪器使用过程中
的问题还可参考仪器附带的英文说明书或与本公司联系。

最后，感谢您对我们的信任和支持。

北京澳作生态仪器有限公司

Aozuo Ecology Instrumentation Ltd.

北京市海淀区中关村东路 89 号·恒兴大厦 19B 邮政编码：100080
电话：(010) 82675321/2/3 传真：(010) 82623152
公司网址：www.aozuo.com.cn Email：sales@aozuo.com.cn