

叶角测量仪快速教程

User Guide of LAMDA



一、叶角测量仪与 APP 功能介绍	2
二、叶角的定义	3
三、叶倾角测量	4
四、叶夹角测量	8
五、测量精度与常见问题	9

叶角测量快速教程

Quick Tutorial of Leaf Angle Measurement with LAMDA

一、叶角测量仪与 APP 功能介绍

叶角测量仪（leaf angle measurement device alpha version, LAMDA）是专门用于测量各类阔叶与针叶植物叶片倾角与夹角的仪器。LAMDA 由`手持杆`、`测角传感器`、`接触片`三部分构成：+ 手持杆有可伸缩长度与固定长度两款，分别适用于高大植被与低矮植被。+ 测角传感器固定于可调整角度的平台上，通过调整平台的角度，以便于不同位置处叶片的灵活接触。+ 接触片同时被固定在该平台上，与测角传感器处于同一平面。测量叶倾角时，将接触片平行置于叶片上方，进行测量。

配套的应用程序 LeAngle 用于可视化与记录叶角测量仪采集的数据，**当前仅支持安卓、鸿蒙等系统手机。**LeAngle 应用程序主要包含四部分功能：+ 连接设备：通过蓝牙连接测角传感器。+ 倾角记录：实时显示倾角并记录测量到的叶倾角。+ 夹角记录：设置基准角度并记录测量到的叶夹角。+ 其他信息：叶倾角及其相关量的定义与说明。

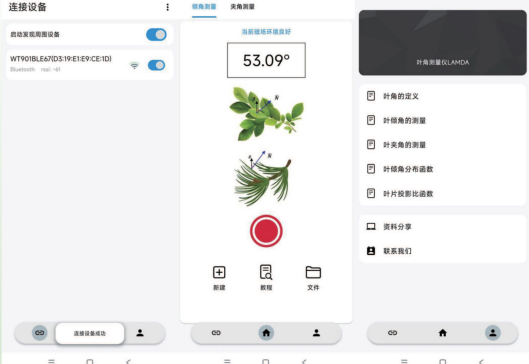


图 1-1. 应用程序 LeAngle APP 的界面

二、叶角的定义

2.1. 叶倾角

叶倾角（leaf inclination angle, LIA）定义为叶平面的法线与水平面法线（天顶方向）之间的夹角，等效于叶平面与水平面之间的夹角。

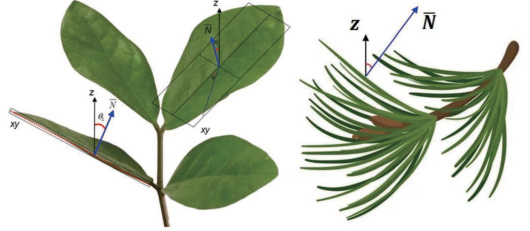


图 2-1. 叶倾角的定义：左图为平整叶片叶倾角的定义，右图为针叶叶片叶倾角定义 (Credit: Google)

由于叶倾角是叶片法线与天顶方向的夹角，因而也被成为叶片天顶角（leaf zenith angle）。由于叶片的法线具有方位朝向，因而叶片法线在水平分量与正北方向（0°）的夹角称为叶片方位角（leaf azimuth angle）。

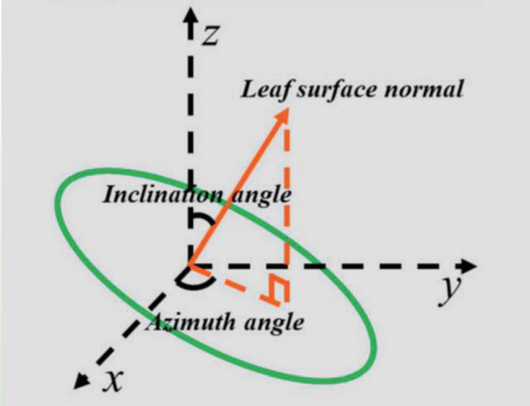


图 2-2. 叶片天顶角(叶倾角)与叶片方位角的示意图 (Credit: Google)

2.2. 分蘖角、茎叶夹角

茎叶夹角（leaf angle）：叶片中脉和茎之间的角度；禾本科的茎叶夹角称分蘖角。当母枝竖直时，茎叶夹角与叶倾角互余；当母枝不竖直时，茎叶夹角不可以直接由叶倾角计算。

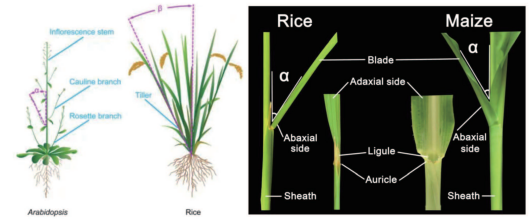


图 2-3. 分蘖角与茎叶夹角的示意图 (Credit: Google)

三、叶倾角测量

3.1. 详细测量步骤

平整叶片的叶倾角测量与数据记录步骤：

第一步：**叶角测量仪开机**。打开叶角测量仪的`开关键`>> 短按 1 秒，绿灯连续闪烁即开机成功，表明正在等待蓝牙连接。

第二步：**蓝牙连接叶角测量仪与 APP**。打开手机蓝牙，打开 LeAngle 应用程序，在连接设备页面打开`启动发现周围设备`，会自动搜索叶角测量仪。>> 搜索设备成功后，连接设备，连接成功后页面会提示“连接设备成功”，此时绿灯缓慢闪烁，表面测量仪正常运行。

第三步：**确认倾角读数有效**。转换到 LeAngle 的倾角记录主界面，通过转动叶角测量仪，可发现接触片的倾角实时显示在主界面上。>> 正式测量前，将叶角测量仪稳定地放置在一个固定平面上，查看倾角读数的变化情况。**如果发现倾角读数剧烈跳动，**

则关机重启。

第四步：**新建文本文件用于保存即将测量的倾角数据**。点击`新建`，在对话框中填写文件名。新建成功后，`新建`按钮会变为`结束`按钮，当本测区测量完成后，点击`结束`，即可结束记录。

>> 如果有多个测区，则可针对每个测区逐次测量，即每个测区均新建一个文本文件，用于保存该测区的数据。

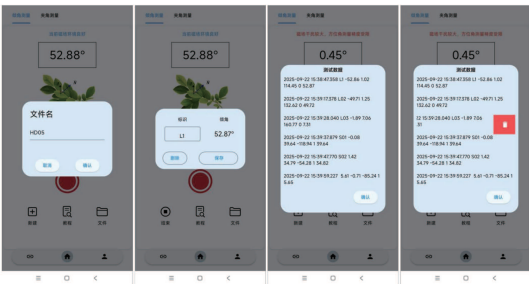


图 3-1. 叶倾角数据测量与记录：左一图为用于记录数据的文本文件的创建，左二图为叶倾角数据的标识与保存，右二图为记录的叶倾角数据的缓存显示，右一图为删除测量错误的记录

第五步：**采集和记录叶倾角数据**。手持叶角测量仪，**将接触片尽可能平行且稳定地置于待测叶片表面**，点击`采样`按钮，在对话框中的`标识`框处标记本次测量。

>> 例如：分别测量测区内多个植株时，可针对于不同的植株分别进行标记。**如不需要标记，则可以保持文本框的空白。**

>> 如果想删除某次测量，则点击`结束`按钮，此时会显示缓存中的所有记录，**左滑某条记录，点击删除。继续测量时，则需要重新新建文件，特别注意，新建文件名一定要与原文件名一致**，此时数据不会覆盖，而是继续增加。

第六步：**测量完成后查看并导出测量数据**。完成测量后，点击`结束`按钮停止记录。点击`文件`按钮查阅测量数据。打

开文本文件后，点击右上角的分享图标，将数据导出。

>> 文件路径在"...\\Download\\LeafAngleData*.txt"

时间	标识	pitch	roll	yaw	叶倾角
2024-06-29 15:55:18.24	plot 1	7.10	6.09	130.63	9.34

第七步：**关闭叶角测量仪**。测量结束后，长按叶角测量仪的`**开关键**`关机，关机后绿灯不再亮。

3.2. 长弯曲叶片的叶倾角测量

很多单子叶植物（作物：小麦、水稻、玉米，草：羊草、苔草、莎草）有着宽或窄的长叶子，对于这些植物的叶倾角测量，遵循分段测量的原则，即按照一定的间隔均匀分段，将每段视为一个等效叶片，分别进行测量。**由于不同用户的需求并不一致，请按照用户自身需求进行测量。**



图 3-2. 长弯曲叶片的叶倾角测量示意图

3.3. 针叶的叶倾角测量

诸多针叶树（如松、柏、杉）的叶子的形状为针状或鳞状。针叶树的叶子有半圆柱、多棱柱、圆柱，测量叶倾角时，均需要将接触片平行置于针叶的最上表面。针叶的测量较为困难，需要小心翼翼地保持接触片与针叶的最上表面（极窄的截面）平行，建议尽量保持接触片的朝向与针叶的朝向一致。

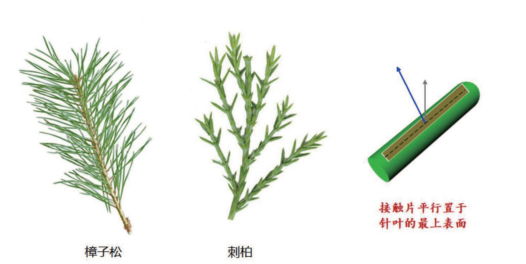


图 3-3. 针叶的叶倾角测量示意图

3.4. 卷曲叶片的叶倾角测量

叶片的受到干旱等胁迫以及强光照射时，通常发生卷曲现象，此时可将卷曲叶片等效为变窄的平整叶片。由于不同用户的需求并不一致，请按照用户自身需求进行测量。



图 3-4. 卷曲叶片的叶倾角测量示意图

3.5. 复叶与叶簇倾角的测量

较多植物是具有复叶或者叶簇的，部分用户关心的是复叶或叶簇的倾角而非每个叶或针的倾角。对于阔叶植被的复叶而言，各个叶片的叶倾角较为近似，因而可以将复叶等效为一个较大的叶片。对于针叶植被的叶簇而言，可以将叶簇等效为一个较大的圆柱体。



图 3-5. 复叶与叶簇倾角的测量示意图

四、叶夹角测量

4.1. 详细测量步骤

夹角测量与数据记录步骤：

第一步：开机并蓝牙连接后，选择`**夹角测量**`功能。新建文件、导出文件等功能均与倾角测量部分一致。

>> 开机后默认页面为倾角测量，需点击页面上方的夹角测量功能，方能跳转。

第二步：**采集和记录夹角数据**。手持叶角测量仪，先将接触片尽可能平行地轻贴于茎秆，点击左下角`**基准测量**`按钮，则将茎秆方向设置为 0°。然后保证接触片的方位不变，旋转至叶片方向，将接触片尽可能平行地轻贴于叶片，点击右下角`**夹角测量**`按钮，此时完成夹角测量。

>> 例如：分别测量测区内多个植株时，可针对于不同的植株分别进行标记。如不需要标记，则可以保持文本框的空白。

>> 如果想删除某次测量，则点击`**结束**`按钮，此时会显示缓存中的所有记录，左滑某条记录，点击删除。继续测量时，则需要重新新建文件，特别注意，新建文件名一定要与原文文件名一致，此时数据不会覆盖，而是继续增加。

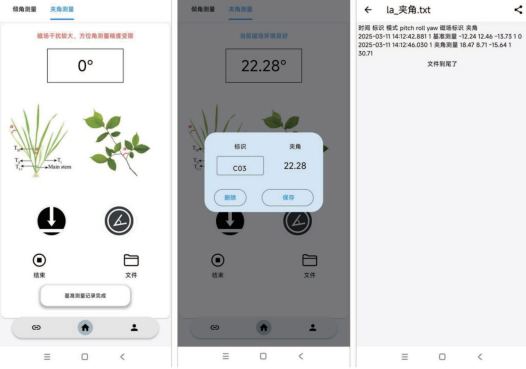


图 4-1. 夹角数据测量与记录：左图为夹角测量页面，其中左下方按钮为基准测量，右下方按钮为夹角测量，中图为夹角数据的标识与保存，右图为记录的夹角数据的文本文件显示

五、测量精度与常见问题

5.1.测角精度

> 叶角测量仪的测角传感器内部集成了姿态解算器，配合动态卡尔曼滤波算法，能在动态环境下准确输出模块的当前姿态以及倾角，测量精度为 0.2°，稳定性高。采用蓝牙 BLE5.0 无线传输，传输稳定，在野外环境下传输距离高于 20 米（农田场景可达 50 米以上，密集森林场景不低于 10 米）。

5.2. 常见问题

+ 该叶角测量仪可以测量方位角吗？

> 理论上可以，但是不建议使用。如需使用，需要进行较为复杂的磁场校正。且测量时尽量远离磁干扰区域。磁场校正后，进行叶片方位角测量时，接触片的朝向要沿着待测叶片的叶脉。

+ 测量时显示“磁场干扰较大”时怎么办？

> 可能是由于附近的金属导致的磁场干扰，请尽可能远离金属。

+ 测量时倾角读数出现很大的跳变、或者在大范围内波动、或者读数明显错误，该怎么办？
> 可能是受到干扰发生临时故障，请关机重启即可。

+ 测量时手持不稳定，一直在抖，导致倾角读数一直在变怎么办？
> 手工测量在所难免，尽量保证手抖的不厉害时点击`采样`按键，点击后，叶倾角读数被固定住。

+ 叶角测量仪的指示灯代表什么意思？
> 开机后但未连接到蓝牙：快速双闪；
> 开机后 1 分钟后没有连接，则进入休眠状态，休眠模式下灯不会闪；24 小时未连接则自动关机。
> 开机后连接到蓝牙：缓慢单闪；当电量为 80%以上时，每 2 秒闪一次；20%~80%电量，每 1 秒闪一次；20%以下电量快闪。

+ 叶倾角测量读数的输出速率是多少？
> 输出速率默认为 10Hz，最小为 0.2Hz，最大为 200Hz，默认输出速率足以应对绝大多数叶倾角的测量场景。

+ 叶角测量仪的充电时长与工作时长？
> 充电时长为 2 小时（充电电压为 5V），工作时长一般为 40 小时。当电量较低时使用，指示灯会快速闪烁，用于提示用户需要充电。