

Cavway X1 用户手册

2025 年 2 月 Rev. A

刺猬（田思维）饭饭喵（周佳）

Cavway X1 是全新一代的洞穴测量集成电子设备，其具有如下特点：

- 较为小巧：
重量 仅为 145g，且 体积 仅为 131*55*33 mm
- 高精度：
距离 < 5mm
航向角 < 0.4°
倾斜角 < 0.2°
- IP67 防水
- USB Type C 接口，可用于充电和数据下载交互
- 两套传感器，可良好的检测地磁干扰，同时具有较强的抗丢失校准性能



仪器上仅有 5 个按键：

- 测量：“DIST”
- 左：“<”
- 右：“>”
- 菜单 / 确认：“M”
- 关机 / 取消：“CLR”

测量模式

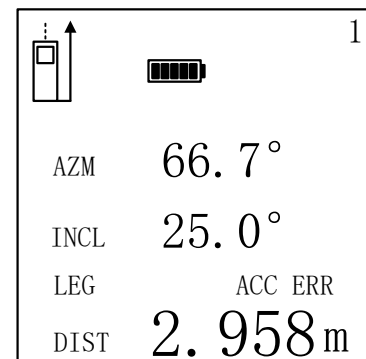
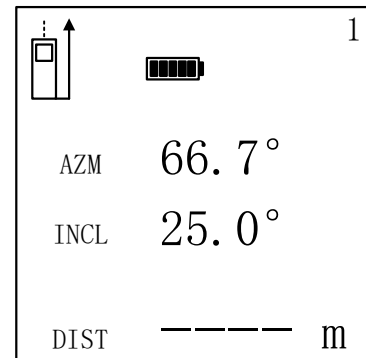
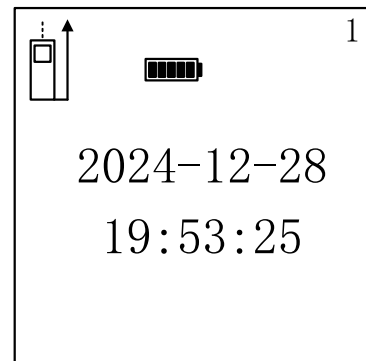
按下顶部的 “DIST” 按钮即可开启设备，屏幕会显示日期和时间。长按 “CLR” 按钮可以关闭 Cavway X1。

按下 “DIST” 按钮后，激光会打开，屏幕显示方位角和倾角。再次按下该按钮后，设备将进行距离测量，并将数据存储储在内存中，同时在屏幕上显示测量值。如果在测量中检测到错误（如激光模块无法返回值），屏幕会显示错误警告，并且蜂鸣声会持续更长时间。

当连续进行三次或更多的相似距离测量时，Cavway X1 会认为检测到主线，此时机器会发出双声蜂鸣并闪烁屏幕，同时屏幕上会显示“LEG”符号。如果屏幕上显示“ACC ERR”符号，可能是周围存在磁干扰。如果“ACC ERR”频繁出现且确认周围没有磁干扰（如四周有无铁器或磁铁），请检查设备校准情况。

热键：在测量后，长按左键 “<” 2 秒显示当前测点的精度错误详情。

长按右键 “>” 2 秒提示是否清除所有未通过蓝牙发送的测点数据。



历史数据模式

在测量模式中，按下“<”或“>”按钮，Cavway X1 将进入历史数据模式，屏幕上会显示存储的数据，最新的数据位于顶部。通过“<”按钮向上滚动（显示更新的数据），通过“>”按钮向下滚动（显示较早的数据）。

屏幕左侧的字符“E”表示数据错误，字符“C”表示校准数据，加粗的数字表示主线（Leg）。尚未传输的数据右侧会显示一个“*”。按下“M”按钮可进入测量详情页面。

SHOT # 1			
	DIST	AZM°	INCL°
	2.95	66.7	24.6*
E	5.26	163.8	22.2*
C	0.00	293.0	7.3
C	0.00	294.7	8.3
C	0.00	297.5	7.6

在测量详情页面，按下“M”按钮可循环查看所选数据的详细信息：读数、误差以及 G/M/dip 的值。“<”和“>”按钮可分别查看内存中的上一条或下一条测量数据，而无需切换详情页面。

热键：长按右键“>”2秒提示是否清除所有未通过蓝牙发送的测点数据。

SHOT # 1	*
DIST: 1.65m Q: 5	
AZM: 23.5°	
INCL: 1.7°	
2024-12-18 20:33	
Accuracy Error	
< >:Prev/Next shot	
M:Next page	

SHOT # 1	*
absM Err.	
absM1: 0.9822	
absM2: 1.0284	
Dip Err.	
Err1: 1.9°	
Err2: 0.9°	
< >:Prev/Next shot	
M:Next page	

SHOT # 1	*
absG: 0.988g	
absM: 53.74uT	
Dip: 56.9°	
< >:Prev/Next shot	
M:Next page	

菜单模式

按菜单按钮“M”进入 Cavway X1 的配置菜单，其有如下的菜单项：

- 校准 Calibration
- 清除蓝牙未发送数据 Clr. Unsent
- 选项 Options
- 信息 Information
- 高级菜单 Advan. Menu

通过左“<”和右“>”按钮来移动光标，选择菜单后，通过“M”按钮进入子菜单，“CLR”按钮返回上一级菜单。

Calibration
Clr. Unsent
Options
Information
Advan. Menu

< >:Prev/Next
M:Enter

校准 Calibration

选择此项菜单进入校准模式，在此模式中，用户可以对仪器进行快速校准。

清除未发送数据 Clr. Unsent

该子菜单进入清除蓝牙未发送数据的选项。当选择确认后，将清除所有未发送数据。

选项 Options

该子菜单完成以下设定 (粗体为默认值)

- 测量参考 (**尾部**, 尾巴, 三脚架, 前部, 自定义)
- 测量防抖延迟 (**0** 到 9 秒)
- 背光 (0 到 **10** 级; 0 为关闭背光, 10 为最大亮度)
- 音量
- 空闲关机时间 (**60**, 120, 180, 240, 300 秒)

左 "<" 和右 ">" 按钮移动光标。"M"按钮更改设定的值，"CLR"按钮返回上一级菜单。

测量参考可选的选项有：

- 尾部: 激光测距的参考点从仪器尾部平面开始计算。
- 尾巴: 激光测距的参考点从仪器尾部安装的可拆卸尾巴开始计算。
- 前部: 激光测距的参考点从仪器前部平面开始计算。
- 三脚架: 激光测距的参考点从三脚架螺丝孔开始计算。
- 自定义: 该选项用于自定义尾巴或加装额外壳子的情况。激光测距的参考点为仪器尾部平面加上自定义的偏移值。例如，该设定为 20mm，仪器尾部到激光点的距离为 1m，则实际仪器读数为 1.02mm。

背光设定可以实时调整仪器的背光亮度。当设定为 0 时，屏幕背光熄灭。

信息 Information

信息菜单显示仪器的硬件、固件版本号、序列号以及电池电压。Cavway X1 采用 1800mAh 无磁锂电池，充满电后其正常电压约为 4.1 至 4.2V

高级菜单 Advanced Menu

高级菜单有如下子菜单项

- 测点选项 Shot options
- 校准选项 Calibration options
- 时间设定 Time
- 单位设定 Units
- 恢复出厂设置 Factory reset

Clear unsent
Shot?

> Cancel
Confirm

< >:Prev/Next
M:Confirm CLR:Back

> Ref.	Rear
Shot delay:	0s
Backlight:	10
Volume:	5
Idle off:	180s

< >:Prev/Next
M:Adjust CLR:Back

Cavway X1

Hardware: 1.0
Firmware: 1.0.0
Serial: 0001
Battery: 4.18V

CLR:Back

Shot Options
Cal. Options
Time
Units
Fact. Reset

< >:Prev/Next
M:Enter

测点选项 Shot options

测点选项子菜单有如下选项 (粗体为默认值)

- 错误检测 (**ON** 或者 OFF)
- 双传感器角度误差 (0.2, 0.3, **0.4**, 0.5, 0.6, 1.0 角度)
- 模值 ABS 相对误差限制 (0.5, 0.8, **1.0**, 1.5, 2.0, 3.0 %)
- 磁倾角 dip 绝对误差限制 (0.5, 0.8, **1.0**, 1.5, 2.0, 3.0 角度)
- 恢复默认值
- 重置统计值

角度误差为两套传感器输出在空间上的角度误差。模值 ABS 误差为 G, M 传感器所测量的加速度和地磁矢量模值相对其平均值误差的阈值, 单位为百分比。磁倾角 Dip 绝对误差限制为仪器所测量的磁倾角相对其平均值的误差阈值。

```
> Err Detect:      ON
  Angle Diff:    0.4°
  ABS Lim:       1.0%
  dip Lim:       1.0°
  Reset Default
  Reset Statistic

< >:Prev/Next
M:Adjust CLR:Back
```

校准选项 Calibration options

校准有如下设置菜单 (粗体为默认值)

- 误差检测 (**ON** 或 OFF)
- 组误差百分比 (1, **3**, 4, 5, 6, 8, 10 %)

组限制角度是自动检测一组校准数据组误差的阈值。Cavway X1 在用户完成一组数据后自动检测到用户开始一组新的数据, 要完成一组数据, 用户必须在同一个方向上打四个点, 并每次将机器旋转约 90 度后打下一个点。如果在一组中打点超过四次, 则仅考虑最后四次作为该组的有效数据。当一组校准完成时 Cavway X1 会发出双声提示音。

```
> Err Detect:      ON
  Grp Limit:       3%

< >:Prev/Next
M:Adjust CLR:Back
```

时间设定 Time

时间设定子菜单内, 用户可以设定年, 月, 日, 小时, 分钟, 秒。通过左 "<" 和右 ">" 按钮, 用户可以调整每个项的值, "M" 按键可以调整光标到下一个设置项, 光标在移动至秒后, 自动回到年处。"CLR" 按键保存时间设置。

```
> Year:           2024
  Month:          12
  Day:            18
  Hour:           22
  Min:            21
  Sec:            55

< >:Adjust
M:Next CLR:Save
```

单位设定 Units

目前仅可以设定距离的单位, m (米) 或 ft (英尺)
航向角, 倾斜角的单位目前为角度 (°)。

```
> Length:         m

< >:Prev/Next
M:Adjust CLR:Back
```

校准指南

Cavway X1 采用了与 Disto X2/XBLE 相同的校准方法，并增加了校准辅助和错误检测的功能。值得一提的是，Cavway X1 可以独立进行校准，无需手机 App 辅助。要启动校准模式，请导航至菜单并选择“Calibration”

Cavway X1 也保留了传统的与手机 App 配合的校准方式，通过手机 App 同样可以进入校准模式。

校准过程

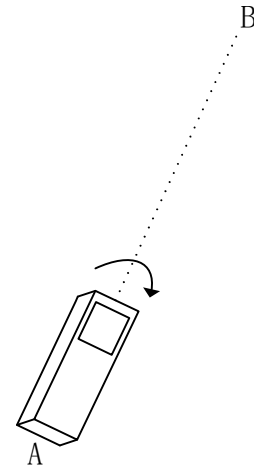
每组校准数据的需要在同一个方向打四个点，并遵循以下原则完成一组校准：

1. 将机器的尾部固定在点 A，并将激光束对准点 B。
2. 按下“DIST”，打第一个校准点，完成后将机器旋转 90 度
3. 打第二个校准点，之后旋转机器，以此类推完成第三个，第四个，直到完成四次打点（听到完成提示音哔哔声）。

虽然点 A 和点 B 之间的距离不会被记录，但建议两者之间的距离超过 5 米，以确保最佳校准精度。完成一组数据后，更换到新的方向，开始新一组的校准测点。

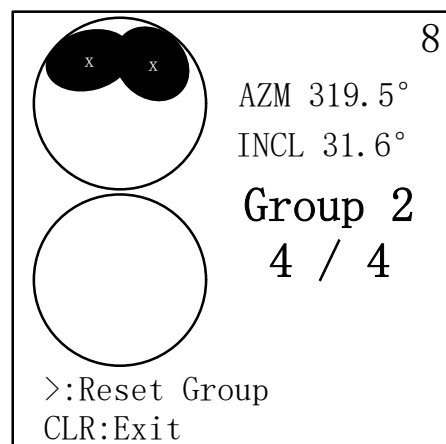
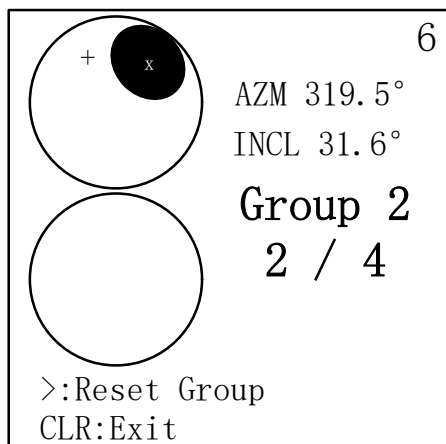
如果在一组校准数据中检测到错误，如其中某个测点误差较大（例如激光点偏离 B 较远），该组数据自动重置并发出错误提示长音哔声，用户需要重新开始该组的校准。

在正确完成一组校准后，机器能够自动识别并开始新的组计数。



校准显示

在校准过程中，屏幕会显示已完成校准组所覆盖的所有方位以及剩余未覆盖方位。两个圆圈分别代表上半球和下半球的所有方位。已覆盖的方向显示为黑色，其中间用“x”标记，当前机器指向的方向用“+”标记。良好的校准应使两个圆圈完全涂黑，通常至少需要 14 组校准才能覆盖两个上下球面。



校准数据组管理

显示屏还显示以下信息：

- 已完成的总组数.
- 当前组中已完成的测点

当一个组包含四个有效数据时，机器将存储该组数据。如果超过了四个数据，则仅存储最后四个数据。如果在打点过程中发生错误，可以重置该组（即清除该组所有数据）。如果某个点与之前的点偏差较大，则会自动重置该组数据并发出错误提示音。只有包含四个有效数据的组才会被保存，否则将被丢弃，组数据可以随时使用“>”按钮手动重置。

校准系数计算和报告

一旦捕获了超过八组完整数据，可以通过按下“M”按钮计算校准系数。此操作会为每套传感器（共 2 套）生成详细的校准报告，内容包括：

- 平均误差 Average Error: 组内数据的角度误差的平均
- 标准偏差 Standard Deviation: 角度误差标准差.
- 最大误差 Maximum Error: 最大角度误差

报告还提供以下信息：

- 计算过程中执行的迭代次数
- 磁倾角 (dip) 的值

校准的原始数据可以在内存对话框中查看，以便进一步分析审查。

计算校准系数后，用户可以选择：

1. 应用系数：按下“M”按钮以使用计算出的校准。
2. 丢弃系数：按下“C”按钮以丢弃校准并返回主校准界面。

在丢弃或应用校准后，用户可以选择继续捕获更多组数据以进一步优化校准过程。

Sensor 1	
Aver. Error:	0.25°
Err Stddev:	0.28°
Max Err:	1.28°
Iterations:	36
Magn. Dip:	57.30°
<>:Scroll report	
M:Apply CLR:Exit	

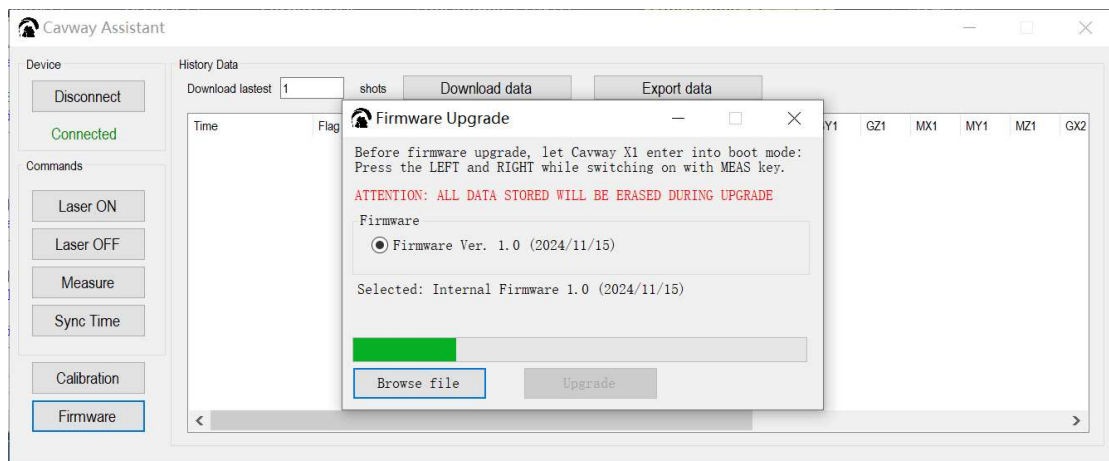
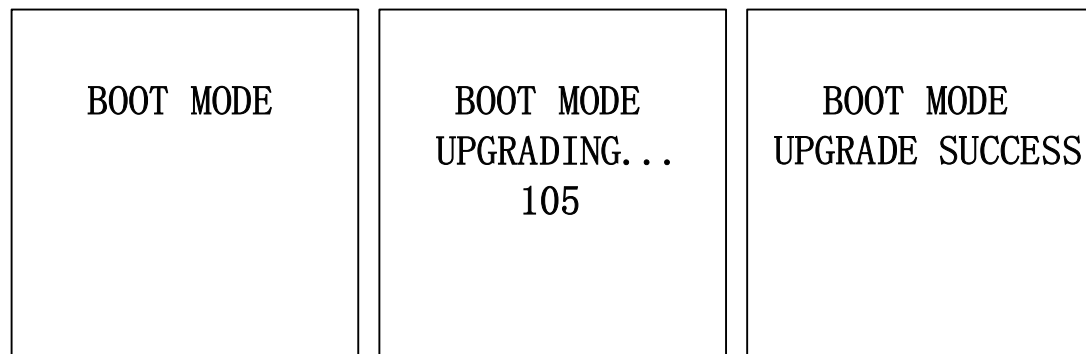
Calibration
Updated

固件升级

新固件的上传可以通过 Windows 程序 **Cavway Assistant** 完成。具体步骤如下：

- 在电脑上启动 Cavway Assistant 程序。
- 使用 USB 线将 Cavway X1 连接到电脑，并确保 Cavway X1 处于关闭状态。
- 进入 Boot 模式：同时按下“<”和“>”按钮并保持住，然后按下“DIST”按钮以启动 Cavway X1 进入 Boot 模式。
- 连接设备：在 Cavway Assistant 中点击“连接”按钮，可能需要多次点击，直到程序成功连接到 Cavway X1，并且按钮显示为“断开连接”。
- 选择固件文件：当程序显示已连接到 Cavway X1 时，点击“固件”按钮。在弹出的对话框中，您可以选择从电脑中打开固件文件，或使用程序中自带的固件文件。
- 开始升级：点击“升级”按钮并等待上传完成。固件上传过程也会在 Cavway X1 的显示屏上显示。
- 完成升级：上传完成后，Cavway Assistant 会报告上传是否成功（显示“成功”）。成功信息也会显示在 Cavway X1 的屏幕上。
- 关闭设备：当程序显示“成功”后，按“CLR”按钮关闭 Cavway X1。
- 正常启动：按下“DIST”按钮以正常模式启动设备

警告：固件升级过程中，所有存储的数据（包括校准数据和历史数据）都将被清除，请务必提前备份重要数据



Cavway Assistant 使用指南

所有存储的历史测点数据都可以通过 Cavway Assistant 下载。下载的数据将以表格形式显示，内容包括：

距离 (Distance)

方位角 (Azimuth)

倾角 (Inclinations)

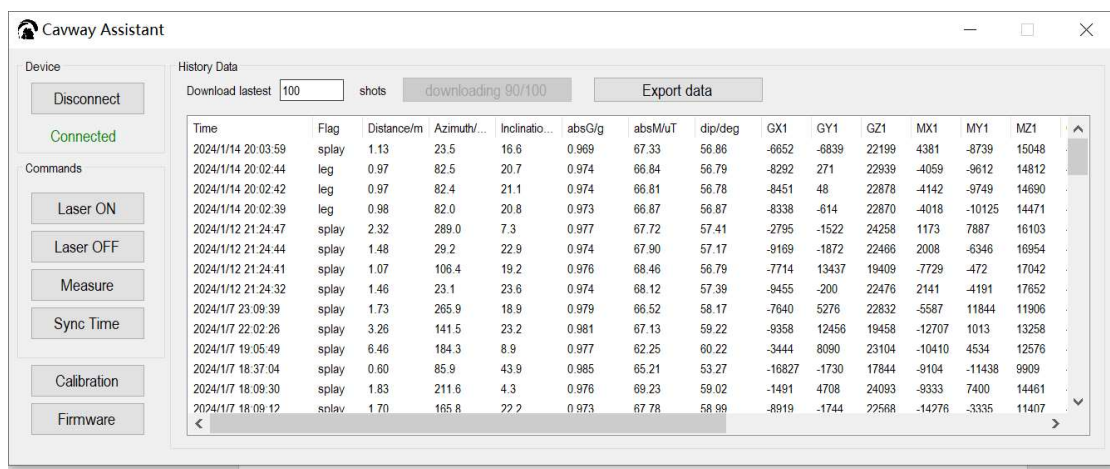
重力绝对值 (absG)

磁力绝对值 (absM)

磁倾角 (dip)

两组传感器的原始数据 (RAW data)

通过点击“导出数据”按钮，可以将数据导出为 CSV 格式，便于进一步分析或存档。



校准数据可以下载并存储在本机。

1. “下载系数”按钮，可以下载并显示两组传感器的校准系数参数。
2. “保存系数”按钮，可以将校准系数参数以 (.coe 格式) 存储在本地磁盘中。
3. 可以从本地磁盘加载校准系数参数，并将其上传到设备中。

