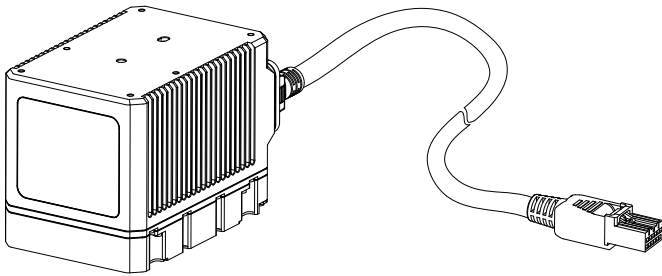


Livox Horizon

用户手册 v1.0

2019.10



快速搜索关键词

PDF 电子文档可以使用查找功能搜索关键词。例如在 Adobe Reader 中，Windows 用户使用快捷键 Ctrl+F，Mac 用户使用 Command+F 即可搜索关键词。

点击目录跳转

用户可以通过目录了解文档的内容结构，点击标题即可跳转到相应页面。


打印文档


本文档支持高质量打印。

阅读提示

符号说明

 禁止

 重要注意事项

 操作、使用提示

 词汇解释、参考信息

下载文档

点击以下链接下载最新版用户手册及其他与 Livox Horizon 激光探测测距仪相关的文档。

www.livoxtech.com/horizon

下载 Livox Viewer

通过以下地址下载 Livox Viewer 软件：

www.livoxtech.com/horizon

下载 Livox SDK

通过以下地址可获取开源 Livox SDK：

<https://github.com/Livox-SDK>

目录

阅读提示	2
符号说明	2
下载文档	2
下载 Livox Viewer	2
下载 Livox SDK	2
产品概述	4
简介	4
产品特性	4
部件说明	6
接口定义	8
激光探测测距仪接口定义	8
电源线及同步信号线接口	9
以太网接口	9
安装	10
有效视场角 (FOV) 范围	10
安装注意事项	10
拆卸主动散热模块	11
安装尺寸	11
准备	13
设计外部电源	13
连线	14
使用	16
坐标系	16
输出数据	16
工作状态及工作模式	18
多回波模式	19
IMU 传感器信息	19
Livox Viewer	19
软件开发工具包	24
存储、运输与保养	24
存储	24
运输	24
保养	24
疑难解答	25
售后保修信息	25
附录	26
附录一	26
附录二	27
附录三	27
参数	28

产品概述

简介

Livox Horizon (以下简称 "Horizon") 的远量程、高精度、宽视场角和高可靠性等特点,使其可广泛应用于无人驾驶、机器人、物流小车、无人机等领域。

高视场覆盖率: Horizon 采用 Livox 自主研发的高速非重复扫描技术和自主设计的多线封装激光器,同等时间内的点云视场覆盖率是 Mid-40 的三倍,可快速捕捉视场中的每个细节。

宽视场角: 相比于 Mid-40 的圆形视场, Horizon 的视场形状接近于矩形,水平和垂直视场角分别为 81.7° 和 25.1°, 扫描轨迹接近于横向水平扫描模式,提高了对常见点云处理算法的适配能力。

可配置单 / 双回波: Horizon 支持配置为双回波模式。该模式下,点云数据率可达 480,000 点 / 秒,是单回波时的两倍。

高稳定可靠: Horizon 采用先进的系统设计方案,无需旋转发射接收等电子器件,因此大幅度地提升了产品的可靠性。Horizon 经过规范测试,在 GB 4208-2008 (国内) / IEC 60529 (海外) 标准下达到 IP67 防水防尘级别 (除对外接头和线材)。

自适应环境: 即使在 100 klx 强烈日照干扰下, Horizon 的噪点率仍低于 0.01%。Livox 特殊设计的滤波算法可有效降低来自其它激光探测测距仪的杂散光干扰。另外,通过 Horizon 点云数据中的标签信息,用户可在上层算法中快速识别该点云是否为误检测的噪点。

内置 IMU 模块: Horizon 内置型号为 BMI088 的惯性测量单元,用户可通过 Livox Viewer 或 SDK 开启或关闭 IMU,开启情况下推送频率为 200 Hz。

便捷易用的 Livox Viewer 软件: Livox Viewer 是一款可实时显示、录制、回放、解析三维点云的操作软件,并支持产品设置、外参调节等高级功能。Livox Viewer 简洁的界面让用户入门更轻松。

开源 Livox SDK: 用户可基于开源的 Livox SDK 进行高级算法开发,有效提高开发效率。Livox SDK 支持 Windows/Linux/Mac OS/ROS 等多种开发环境。



- 当环境温度为 25°C, 目标物体的表面反射率为大于等于 80% 时 (水泥地或路面的反射率为 15~30%, 白色石膏墙的反射率为 90~99%) 测得最大探测距离为 260m。
- 使用前, 请移除 Horizon 窗口的保护膜, 以免影响 Horizon 的性能。

产品特性

Horizon 采用 Livox 自主研发的高速非重复扫描技术和自主设计的多线封装激光器,同等时间内的点云视场覆盖率是 Mid 系列的三倍。随着积分时间的增大,点云视场覆盖率还会继续增大,探测到视场中的更多细节。

下面以 Horizon 在 0.1s 的扫描图案来说明点云分布。Horizon 在中间区域的扫描密度大,扫描线间隔平均约 0.2° (主要在 0.1°~0.3° 范围内),超过常见机械旋转式 64 线激光雷达。两边圆形区域的扫描密度比中间低,扫描线间隔平均在 0.4° (主要在 0.2°~0.8° 范围内),0.1s 的综合扫描效果与常见机械旋转式 64 线激光雷达相当。

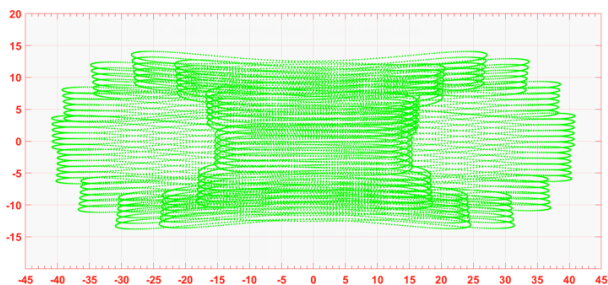


图 1.2.1 0.1s 时间内 Horizon 点云分布图 (坐标单位: 度)

下图所示为不同积分时间内 Horizon 的点云图。

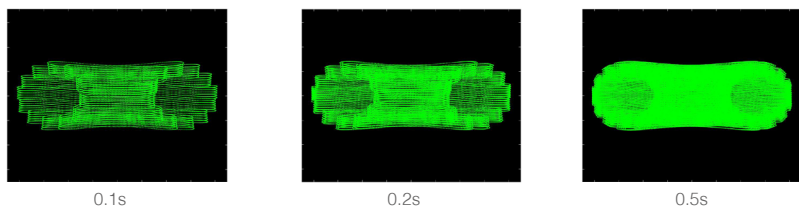


图 1.2.2 不同积分时间内 Horizon 点云图

下图 (图 1.2.3) 给出了不同积分时间下 Horizon 的视场覆盖率, 和当前市场上常见的几款多线机械旋转式激光探测测距仪的对比。从图中可以看出, 当积分时间小于 0.1s 时, Horizon 的视场覆盖率接近 60%, 即与常见 64 线机械旋转式激光雷达相当; 当积分时间继续增大, 达到 0.5s 左右时, 视场覆盖率将会接近 100%, 即视场中几乎所有区域都会覆盖到。

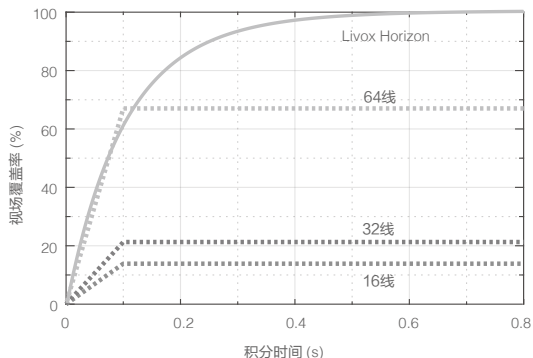



图 1.2.3 Horizon 以及当前市场上常见的几种多线机械旋转式激光探测测距仪不同积分时间下的视场覆盖率。

其中, 64 线/32 线/16 线产品的竖直 FOV 分别是 $27^{\circ}/41^{\circ}/30^{\circ}$ 。


 视场内激光照射到的区域面积，关系到激光探测测距仪的测量性能。为了表征该指标，可以定量地用激光探测测距仪视场中被激光探测到的区域的比例，即为视场覆盖率 (C) 来进行说明。其计算公式为：

$$C = \frac{\text{被激光光束照射到的区域面积}}{\text{视场内的所有区域面积}} \times 100\%$$

查看 Livox 网站了解关于视场覆盖率的更多信息。

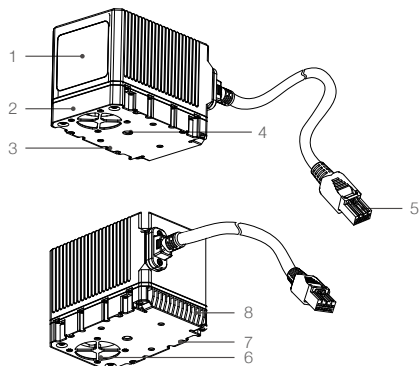
表 1.2.1 点云参数

激光波长	905 nm
人眼安全级别	Class 1 (IEC 60825-1:2014) 人眼安全
量程 (@100 klx)	90 m @ 10% 反射率 130 m @ 20% 反射率 260 m @ 80% 反射率
FOV	81.7° (水平) × 25.1° (竖直)
距离随机误差	(1σ @ 20m) < 2 cm
角度随机误差	1σ < 0.05°
光束发散角度	0.28° (竖直) × 0.03° (水平)
数据率	240,000 点 / 秒 (可配置第一回波或最强回波) 480,000 点 / 秒 (双回波)
虚警率 (@100 klx)	< 0.01%

-  • 当被测物距离 Livox Horizon 小于 0.5 m 时，Livox Horizon 无法对其进行测量。此时，Livox Horizon 将会输出遮挡预警，Livox Viewer 中相应的测距仪 SN 码将会变换颜色，用户也可通过 SDK 得到预警数据包。被测物处于 0.5~3 m 的范围时，点云图像可能会产生不同程度的畸变。对近处探测有进一步需求的用户，请联系 Livox。
- 环境温度 25℃，目标物体距离 20 m，反射率为 80% 时测得 Horizon 的距离精度为 2 cm。具体指标与测试条件相关，以实测结果为准。
- 在极端环境如 -40℃ 或 85℃、强烈振动等环境下，Livox Horizon 性能将有小幅下降。

部件说明

Livox Horizon



1. 窗口

激光光束通过窗口向外发射，从而对 FOV 范围内的物体进行扫描。

2. 主动散热模块

主动散热模块为可拆卸部分，拆卸后用户需要自行设计散热通道，保证外壳温度低于 85℃，超温后 Horizon 会进入错误状态并停止工作，重启可恢复。主动散热模块不适合反复多次拆装，请确认使用场景后再进行拆除。

3. 主动散热模块固定螺丝

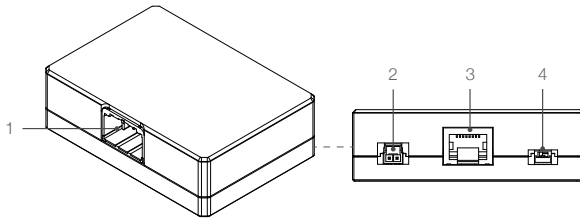
固定散热模块所使用的螺丝共有 7 颗，尺寸为 M2，颜色为黑色。拆卸主动散热模块时，请注意保管好散热模块及螺丝，以备将来可能装回散热模块的需要。

4. 1/4 英寸安装孔
适配安装口为 1/4 英寸的平台，如三脚架等。
5. 激光探测测距仪连接头
使用该连接头连接激光探测测距仪至电源转接插座。同时用户也可根据该连接头线序进行配置，激光探测测距仪连接头的线序请查看接口定义章节。Livox Horizon 的工作电压为 10-15V，推荐使用 12V。低温情况下，最低工作电压需要适当提高。当通过激光探测测距仪连接头直接连接外部直流电源时，请确保外部电源的输出电压在 Livox Horizon 的工作电压范围之内。当需要延长电缆的时候，需要提高外部电源的输出电压以弥补电缆延长部分带来的额外压降，但最高电压仍然不可超过 15V。需

要注意，由于某些原因（例如受到干扰、并联在同一个电源是的其他设备突然断电等情况）在电缆上产生的高于 15V 的电压波动可能会造成设备工作不正常甚至损坏。

6. 风扇（入风口）
散热功能。安装时请确保入风口周围 10mm 空间无遮挡。
7. M3 安装孔
可通过此安装孔，使用 M3 螺丝将 Horizon 固定至合适的位置。
8. 出风口
散热功能。安装时请确保出风口周围 10mm 空间无遮挡。

电源转接插座 2.0



1. 激光探测测距仪连接头接口
连接激光探测测距仪激光雷达连接头。使用连接器型号为 JAE MX34012NF1，对应激光探测测距仪雷达连接头型号为 JAE MX34012SF1。
2. 电源接口
连接至外部电源。电源转接插座 2.0 的工作电压为 9-30V，因此将 Horizon 通过电源转接插座 2.0 连接至外部电源时，外部电源的输出电压可为 9-30V。该电源使用连接器型号为 MOLEX 105313-1102，对应线端连接器型号为 MOLEX 105307-1202。
3. 以太网线接口
连接至以太网线。使用标准 RJ45 以太网接口。
4. 同步信号线接口
连接至同步信号线。电源转接插座 2.0 的同步信号接口支持 3.3V LVTTTL 电平同步，内部线芯为 3Pin，信号顺序请参阅表 2.2.2。如果有自配线缆的需求，对应的线端连接器为 Famfull 9.510A0-003-1R0，可以兼容使用 JST GHR-03V-S。

接口定义

激光探测测距仪接口定义

Horizon 的接头线序及其详细描述如下：

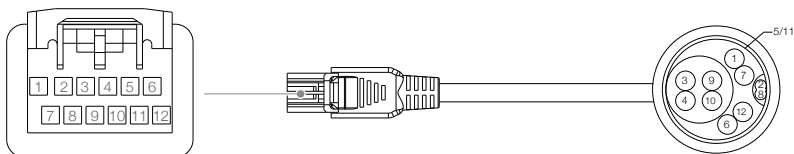


图 2.1.1 激光探测测距仪接口定义

表 2.1.1 激光探测测距仪接头线序表

针	信号	属性	描述	线束颜色
1	Power+	Power	DC 10-15V(最高 15V)	蓝 / 白
2	Ground	Power	Ground	银色裸线
3	Ethernet_TX+	Output	100BASE-TX, TX+	橙 / 白
4	Ethernet_TX-	Output	100BASE-TX, TX-	橙
5	Ground	Power	Ground	银色编织线
6	Sync+	Input	RS485_A, 秒脉冲	灰 / 白
7	Power+	Power	DC 10-15V(最高 15V)	蓝
8	Ground	Power	Ground	银色裸线
9	Ethernet_RX+	Input	100BASE-TX, RX+	绿 / 白
10	Ethernet_RX-	Input	100BASE-TX, RX-	绿
11	Ground	Power	Ground	银色编织线
12	Sync-	Input	RS485_B, 秒脉冲	灰

Sync 信号描述

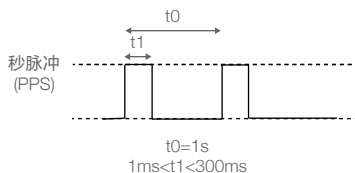


图 2.1.2 Sync 信号描述

* 关于同步信号的详细内容，可查阅《SDK 使用说明》。

电源线及同步信号线接口

Livox Horizon 线材包中包含一根电源线和一根同步信号线，线序如下：

电源线

A 端接电源转接插座 2.0 电源接口，B 端用户可外接直流稳压电源。电源线使用连接器型号为 MOLEX 105307-1202。



图 2.2.1 电源线示意图

表 2.2.1 电源线线序

针	信号	属性	说明	颜色
1	Power+	Power	DC 9-30V(最高 30V)	红
2	Ground	Power	Ground	黑

同步信号线

A 端接电源转接插座 2.0 同步信号接口，B 端用户可外接同步信号。同步信号线使用了 3Pin 的连接器，对应线端连接器型号为 Famfull 9.510A0-003-1R0，可以兼容使用 JST GHR-03V-S。查看同步信号章节了解更多信息。

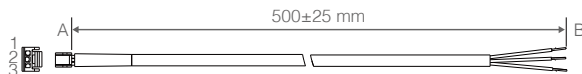


图 2.2.2 同步信号线示意图

表 2.2.2 同步信号线线序

针	信号	属性	说明	颜色
1	Ground	Power	Ground	黑
2	Sync+	Input	3.3V LVTTTL 电平，秒脉冲	蓝
3	Reserved	Reserved	未定义信号	白

以太网接口

为了便于调试，Horizon 的电源转接插座 2.0 直接支持 100BASE-TX 标准的 RJ45 以太网接口，Horizon 使用两对双绞线发送和接收数据。

安装

有效视场角（FOV）范围

Livox Horizon 的 FOV 为水平 81.7°，竖直 25.1°，如下图所示。安装时请注意 FOV 的有效范围，避免遮挡。可到 www.livoxtech.com/horizon 下载 Horizon 与 FOV 的 3D 模型。

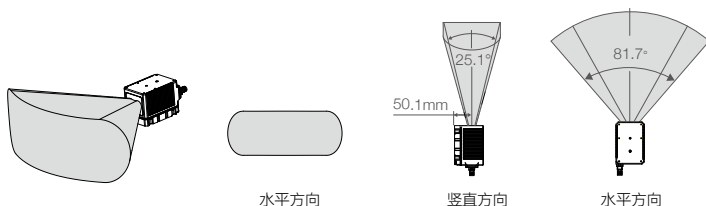


图 3.1.1 Livox Horizon 有效 FOV 范围

请注意，Livox Horizon 的有效量程在不同的 FOV 区域内有所区别，越靠近 FOV 边缘的时候有效量程越短，越靠近 FOV 的中间位置，有效量程越接近最大值，可参考下图：

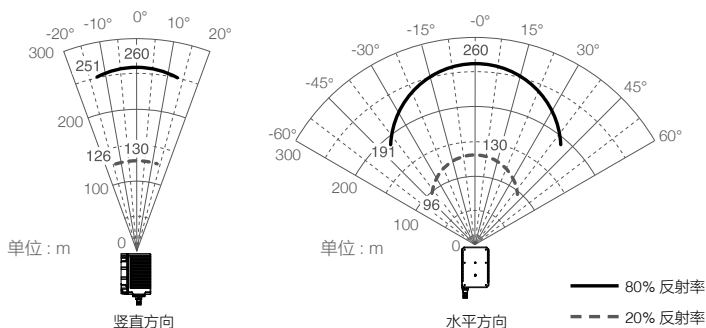


图 3.1.2 Livox Horizon 不同 FOV 区域内有效量程

如上图所示，当目标物体的反射率为 80% 时，FOV 的中间位置的最远探测距离为 260 m 左右；FOV 的边缘位置，最远探测距离将会相应缩短，在使用时请注意。

安装注意事项

正式安装 Livox Horizon 前，请阅读以下注意事项：

1. 使用前请取下窗口玻璃上的保护膜。
2. 窗口玻璃上严重的灰尘或脏污将会影响激光探测测距仪的性能。推荐按照本文档保养章节中说明的方式，使用气吹、酒精或者光学擦拭布进行清洁。清洁完毕后再进行安装。
3. 激光探测测距仪安装时不可遮挡其 FOV（如图 3.1.1 所示），即使是于窗口前安装透明玻璃也会对激光探测测距仪性能产生影响。

4. 安装时，激光探测测距仪的进风口应保证足够的空间，否则将会影响激光探测测距仪的性能和寿命。进出风端面到遮挡结构之间的距离需大于 10mm。
5. 激光探测测距仪的安装方向没有限制，可使用其上表面或下表面进行安装。安装时，建议保持安装面与地面平行。
6. 激光探测测距仪安装结构只能保证本身的可靠性，激光探测测距仪机身上不能承受额外的负载。
7. 通过使用 1/4 英寸螺纹孔将激光探测测距仪安装至三脚架的方式只能用于静态展示，无法保证在冲击、震动负载下的可靠性。

拆卸主动散热模块

Livox Horizon 底部为主动散热模块，用户可拆除主动散热模块，单独使用 Livox Horizon。拆卸散热模块后请设计合适的散热系统，否则可能导致 Livox Horizon 的最高工作温度降低。主动散热模块不适合反复多次拆装，确认不使用再拆除散热模块。

拆卸主动散热模块时，将 Livox Horizon 带风扇一侧朝上，然后使用内六角扳手将 7 颗主动散热模块固定螺丝（黑色）取下。螺丝取下后即可移除主动散热模块。如需重新安装主动散热模块，请确保 Livox Horizon 机身上的插口和主动散热模块上的插口对齐，然后再使用原来的 7 颗黑色 M2 螺丝进行固定。请注意，主动散热模块取下后，请将包装中的风扇接口保护胶塞如图所示安装于散热模块与 Livox Horizon 接口处，确保胶塞塞紧以防水防尘。

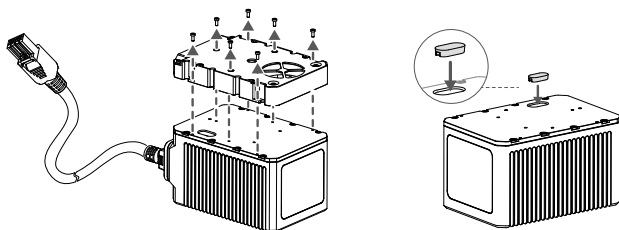
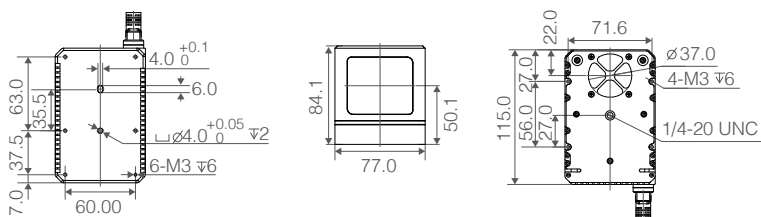


图 3.3.1 拆卸主动散热模块示意图

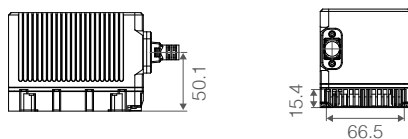
安装尺寸

Livox Horizon（含主动散热模块）

Livox Horizon 上表面有 6 个 M3 深度 6mm 的螺丝孔、下表面有 4 个 M3 深度 6mm 的螺丝孔用于安装，安装螺丝需拧入螺纹孔深 4mm 以上。同时，Livox Horizon 下表面中央位置有一个 1/4 英寸螺纹孔，可通过此安装口将 Livox Horizon 固定至三脚架上，请注意此方式只能用于静态展示，无法保证在冲击、震动负载下的可靠性。



单位：mm



单位: mm

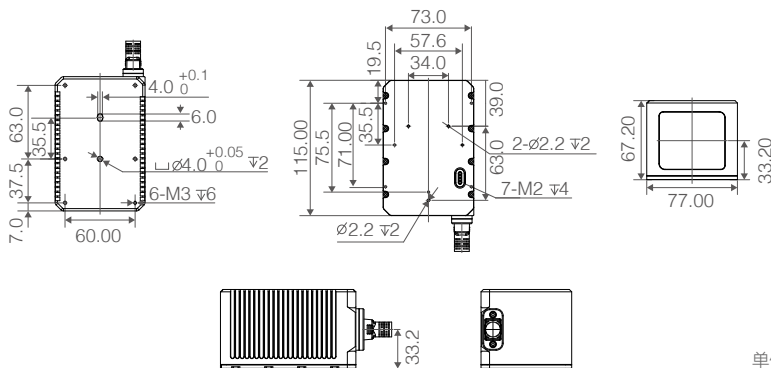
图 3.4.1 Livox Horizon 含主动散热模块尺寸结构
(大图请查看附录 1)

表 3.4.1 Livox Horizon 含主动散热模块重量及尺寸

重量 (含线)	约 1180 g (标配连接线长度约为 1.5 m, 重量约为 150 g)
尺寸	77 × 115 × 84 mm

Livox Horizon 不含主动散热模块

当主动散热模块卸下时, 可使用 Livox Horizon 上表面的 6 个 M3 深度 6mm 螺丝孔进行安装。



单位: mm

图 3.4.2 Livox Horizon 不含主动散热模块尺寸结构 (大图请查看附录 2)

表 3.4.2 Livox Horizon 不含主动散热模块重量及尺寸

重量 (含线)	约 1010 g
尺寸	77 × 115 × 67 mm

电源转接插座 2.0

如需使用 Livox 电源转接插座，请根据下图所示的电源转接插座尺寸大小及安装孔位尺寸，将其安装至合适位置。

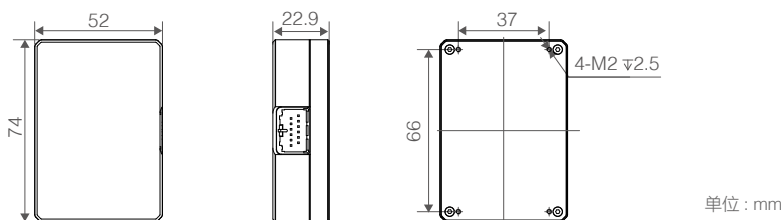


图 3.4.3 电源转接插座 2.0 尺寸结构（大图请查看附录 2）

表 3.4.3 电源转接插座 2.0 重量及尺寸

重量	约 88 g
尺寸	74 × 52 × 23 mm

准备

设计外部电源

Livox Horizon 支持的输出电压为 10 ~15V 的直流电源直接为其供电。当需要延长电缆的时候，请考虑提高外部电源的输出电压以弥补电缆延长部分带来的额外压降，但最高电压仍然不可超过 15V。低温情况下，最低工作电压需要适当提高。需要注意，由于某些原因（例如受到干扰、并联在同一个电源的其他设备突然断电等情况）在电缆上产生的高于 15V 的电压波动会造成设备工作不正常甚至损坏。

Livox Horizon 在通常情况下，功率为 12 W，当低温环境下，例如 -40°C 至 -20°C 是，Livox Horizon 首先会进入自动加热模式，持续时间至少 3 分钟。自动加热模式时，Horizon 的功率最大可达 42 W。根据环境温度不同，Horizon 的功率有所不同，具体如下图所示，请按照 Horizon 的实际工作功率，合理设计电源。

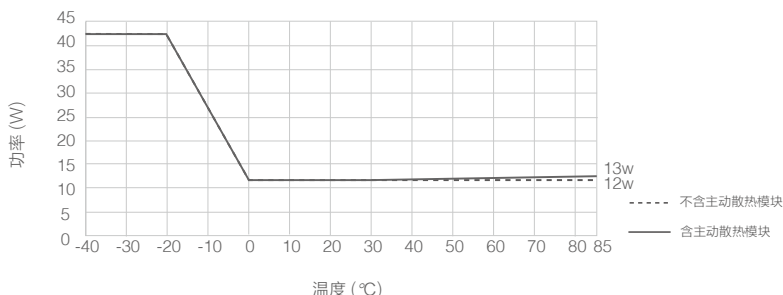


图 4.1.1 Horizon 在不同环境温度下的工作功率

连线

Livox Horizon 的连接头可提供外部电源，并传输数据。关于该连接头的具体线序，请查看接口定义章节内容。使用 Livox Horizon 激光探测测距仪时，推荐使用 Livox 电源转接插座 2.0，Livox 电源转接插座 2.0 集成了激光探测测距仪连接头接口、同步信号接口、电源接口以及以太网接口。

Livox Horizon 支持 2 种 IP 模式：动态 IP 地址模式以及静态 IP 地址模式。所有 Livox Horizon 出厂默认为静态 IP，IP 地址为 192.168.1.1XX(XX 为序列号最后两位数字)，子网掩码为 255.255.255.0，默认网关为 192.168.1.1。第一次使用时无需使用路由器，即可直接与电脑连接。两种 IP 地址设置下连接方式有所不同：1. 静态 IP（出厂默认，可直接与电脑连接）；2. 动态 IP（采用动态主机配置协议 DHCP 分配地址，需使用 Livox Viewer 或 SDK 将设备切换至动态 IP 模式，再通过路由器进行连接）。

静态 IP:

1. 连接前，将电脑的 IP 设置为静态 IP。设置方法如下：

Windows 系统

- 在控制面板中，进入网络和共享中心
- 点击“以太网”跳转到以太网状态界面，点击“属性”按钮进入以太网属性设置
- 双击“internet 协议版本 4(TCP/IPV4)”
- 将 IP 地址设置为：192.168.1.50，子网掩码设置为：255.255.255.0，点击“确认”，完成对电脑静态 IP 的设置

Ubuntu-16.04 系统

IP 地址的配置可以在终端中通过 ifconfig 命令配置，配置的示例代码如下：

```
~$ sudo ifconfig enp4s0 192.168.1.50（其中，需要将 enp4s0 替换为本机的网卡名称）
```

2. 电脑静态 IP 地址设置完成后，请按照图示连接。

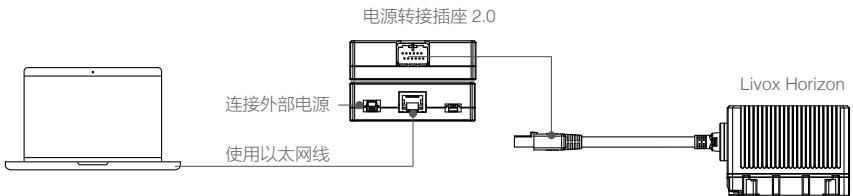



图 4.2.1 静态 IP 模式的连接方式

- 将 Livox Horizon 上的激光探测测距仪连接头插入电源转接插座 2.0 的激光探测测距仪连接头接口。
- 使用以太网线，将电源转接插座 2.0 连接至个人电脑。
- 通过电源转接插座 2.0 的电源接口连接外部电源。



- 如果需要将多台静态 IP 模式的 Livox Horizon 同时与 PC 连接，请将每台 Livox Horizon 设置成不同的 IP 地址，并且通过交换机与 PC 连接。
- 按照图示 4.2.1 连接后，于电脑上运行 Livox Viewer，选择需要更改静态 IP 地址的设备后，点击 ⚙️ 进入设备参数设置界面，设置该 Livox Horizon 的静态 IP 地址。
- 如果连接超过 6 台 Livox Horizon，请使用千兆交换机，否则可能导致数据丢失或无法连接。

动态 IP:

1. 首先按照上图（4.2.1）所示的方式连接 Livox Horizon、电源转接插座 2.0、外部电源和电脑。
2. 在电脑上运行 Livox Viewer，于设备参数设置界面  中将局域网内激光探测测距仪的 IP 地址设置为动态 IP 地址。
3. 设置完毕后，断开 Livox Horizon 的所有连接，注意动态 IP 重启后生效。
4. 然后将电脑设置为动态 IP 模式。设置方法如下：

Windows 系统

- a. 在控制面板中，进入网络和共享中心
- b. 点击“以太网”跳转到以太网状态界面，点击“属性”按钮进入以太网属性设置
- c. 双击“internet 协议版本 4(TCP/IPV4)”
- e. 选择“自动获得 IP 地址”以及“自动获得 DNS 服务器地址”，点击“确认”，完成对电脑动态 IP 的设置

Ubuntu-16.04 系统

- a. 打开 ubuntu 网络连接编辑器
 - b. 在网络连接编辑器中的操作依次如下：编辑连接名称，然后“方法”选项中选择“自动（DHCP），最后点击“保存”
5. Livox Horizon 和电脑的动态 IP 设置完成后，请按照图示进行连接。

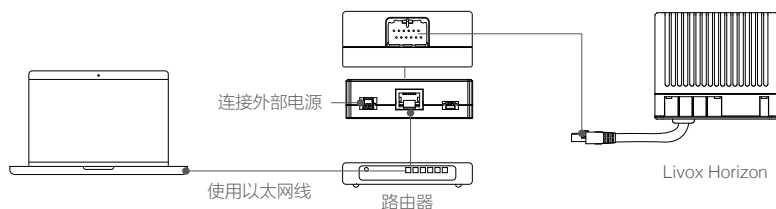


图 4.2.2 动态 IP 模式的连接方式

- a. 将 Livox Horizon 上的激光探测测距仪连接头插入电源转接插座 2.0 的激光探测测距仪连接头接口。
- b. 使用以太网线，将电源转接插座 2.0 和个人电脑分别连接至路由器 LAN 口。
- c. 通过电源转接插座 2.0 的电源接口连接外部电源。

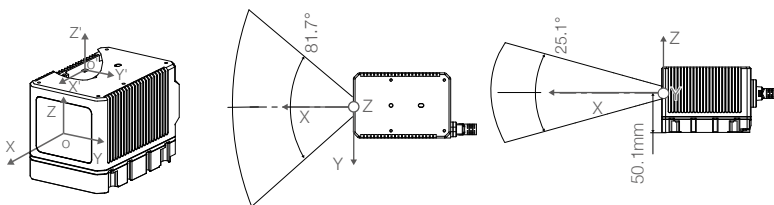


- 若需要同时连接超过 6 台 Livox Horizon，请使用千兆路由器，请注意所有的 Livox Horizon 和个人电脑都应接入 LAN 口。
- 每台激光探测测距仪的广播码可通过 Livox Viewer 的设备管理器或 SDK 进行查看。Livox Horizon 的广播码是其序列号尾部加一个字符“1”。

使用

坐标系

Livox Horizon 中内置 IMU，点云坐标系 O-XYZ 和 IMU 坐标系 O'-X'Y'Z' 的定义如下图所示。



IMU 坐标原点 O' 在点云坐标系 O-XYZ 上的坐标为 (-55.12, -22.26, 29.70) (单位: mm)

图 5.1.1 Livox Horizon 坐标定义

输出数据

Livox Horizon 的输出数据中包含点云数据和 IMU 数据。其中点云数据和 IMU 数据中都包括了时间戳信息以及状态指示码信息，而点云数据中还包括了目标反射率、坐标信息及标记信息。

点云数据

点云数据是激光探测测距仪于视场角中于被测物表面所探测到的所有点云的总和。每个点云包含以下信息。

目标反射率：以 0 至 255 表示。其中 0 至 150 对应反射率介于 0 至 100% 的漫散射物体；而 151 至 255 对应全反射物体。

坐标信息：Livox Horizon 的坐标信息可表示为直角坐标 (x, y, z) 或球坐标 (r, θ , ϕ)，其直角坐标和球坐标的对应关系如下图所示。如果前方无被探测物体或者被探测物体超出量程范围（例如 600 m），在直角坐标系下，点云输出为 (0, 0, 0)；在球坐标系下，点云输出为 (0, θ , ϕ)。

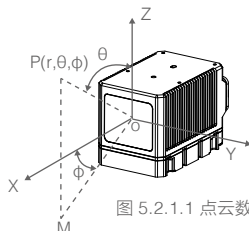


图 5.2.1.1 点云数据中球坐标与直角坐标关系

$$\begin{aligned}x &= r \times \sin(\theta) \times \cos(\phi) \\y &= r \times \sin(\theta) \times \sin(\phi) \\z &= r \times \cos(\theta)\end{aligned}$$

标记 (Tag)：主要指示多回波信息及噪点信息。标记信息的格式如下：

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
保留位		回波序号：		基于强度的点属性：		基于空间位置的点属性：	
		00: 第 0 个回波		00 正常点		00 正常点	
		01: 第 1 个回波		01 回波能量噪点置信度高		01 空间噪点置信度高	
		10: 第 2 个回波		10 回波能量噪点置信度中		10 空间噪点置信度中	
		11: 第 3 个回波		11 保留位		11 空间噪点置信度低	

每个标记信息由 1 字节组成，该字节中 bit7 和 bit6 为第一组，bit5 和 bit4 为第二组，bit3 和 bit2 为第三组，bit1 和 bit0 为第四组。

第二组表示的是该采样点的回波次序。由于 Livox Horizon 采用同轴光路，即使外部无被测物体，其内部的光学系统也会产生一个回波，该回波记为第 0 个回波。随后，若激光出射方向存在可被探测的物体，则最先返回系统的激光回波记为第 1 个回波，随后为第 2 个回波，以此类推。如果被探测物体距离过近（例如 1.5 m），第 1 个回波将会融合到第 0 个回波里，该回波记为第 0 个回波。

第三组基于回波能量强度判断采样点是否为噪点。通常情况下，激光光束受到类似灰尘、雨雾、雪等干扰产生的噪点的回波能量很小。目前按照回波能量强度大小将噪点置信度分为二档：01 表示回波能量很弱，这类采样点有较高概率为噪点，例如灰尘点；10 表示回波能量中等，该类采样点有中等概率为噪点，例如雨雾噪点。噪点置信度越低，说明该点是噪点的可能性越低。

第四组基于采样点的空间位置判断是否为噪点。例如，激光探测测距仪在测量前后两个距离十分相近的物体时，两个物体之间可能会产生拉丝状的噪点。目前按照不同的噪点置信度分为三档，噪点置信度越低，说明该点是噪点的可能性越低。

时间戳

Livox Horizon 的点云数据及 IMU 数据中包含时间戳信息。Livox Horizon 支持三种同步方式：IEEE 1588-2008 同步、脉冲同步 (PPS) 和 GPS 同步 (PPS+UTC)。

IEEE 1588-2008: IEEE 1588-2008 是指“Precision Time Protocol”即“精确时间协议”，通过以太网对测量以及系统控制实现精确的时钟同步。Livox 激光探测测距仪，作为 PTP 中的普通时钟，仅支持 UDP/IPv4。Livox 激光探测测距仪支持以下报文格式：Sync、Follow_up、Delay_req 以及 Delay_resp。

PPS: 脉冲同步通过同步信号线实现数据同步。查看接口定义章节了解更多信息。其同步逻辑如下图所示。脉冲同步的脉冲周期为 t_0 ($t_0=1\text{ s}$)，高电平时间 t_1 ($1\text{ ms}<t_1<300\text{ ms}$)。脉冲同步上升沿到来时，点云中时间戳清零，因此点云数据的时间戳表示的是点云数据采样与上一个脉冲同步上升沿的间隔时间。

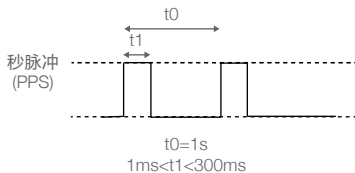


图 5.2.2.1 脉冲同步

GPS 同步: GPS 同步通过同步信号线和 UTC 时间实现数据同步。PPS 接口逻辑与上述 PPS 同步方式一致，用户可以通过 SDK 通信协议，将每个脉冲的 UTC 时间发送给 Horizon。UTC 时间指令的逻辑如下图所示。使用 GPS 同步后，点云数据的时间戳表示点云采样的 UTC 时间。具体通信指令请查看 SDK 通信协议相关章节。

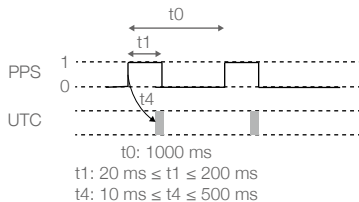


图 5.2.2.2 UTC 时间指令逻辑

状态指示

Livox Horizon 的点云数据及 IMU 数据中包含状态指示代码信息。状态指示代码显示当前 Livox Horizon 的工作状态。通过状态指示代码，用户可查看温度状态、电压状态、电机状态、脏污预警、剩余工作寿命预警以及脉冲同步信号状态。用户可于 Livox Viewer 或 SDK 中查看状态指示代码。查看 Livox Viewer 章节设备管理窗口部分了解如何查看状态指示代码。

状态	描述
温度状态	提示是否温度异常。温度状态包括：正常、警告和错误。
电压状态	提示是否出现内部电压异常。电压状态包括：正常、警告和错误。
电机状态	提示是否出现内部电机异常。电机状态包括：正常、警告和错误。
脏污警告	提示是否于窗口检测到严重的灰尘，以及是否有物体遮挡窗口或是否距离激光探测测距仪近处有障碍物。
剩余工作寿命预警	提示是否当前激光探测测距仪已临近其使用寿命。当该预警出现时，激光探测测距仪还能使用一段时间，请及时更换。
脉冲同步信号状态	提示脉冲同步信号是否正常接入。

工作状态及工作模式

Livox Horizon 工作状态包括初始化状态、正常工作状态、待机状态、低功耗状态以及错误状态。

工作状态	描述
初始化状态	激光探测测距仪正在启动。
正常工作状态	激光探测测距仪已经启动，且正常工作。
待机状态	激光探测测距仪已经启动，但还未发射激光光束。
低功耗状态	除通信模块外，其他部分已停止工作。
错误状态	检测到错误后，激光探测测距仪将会进入错误状态。除通信模块外，其余部分将会关闭。

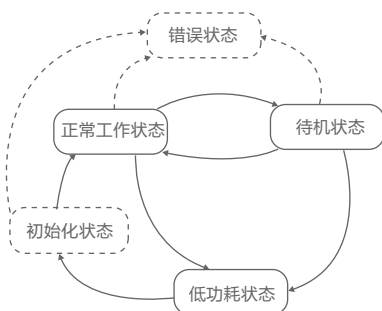


图 5.3.1 不同工作状态的关系示意图

Livox Horizon 有三种工作模式：正常工作模式、待机模式以及低功耗模式。用户可前往 Livox Viewer 或 SDK 设置不同的工作模式。

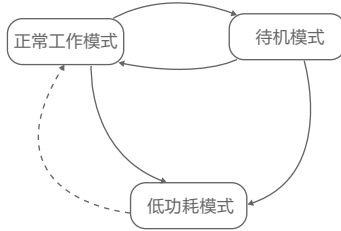



图 5.3.2 Livox Viewer 中可设置的不同工作模式之间的关系

多回波模式

Livox Horizon 支持多回波模式，可前往 Livox Viewer 或 SDK 进行配置。若选择多回波模式后，Livox 将最多支持输出两个回波的点信息。

Livox Horizon 的点云输出为每秒 240,000 点，若开始多回波模式，则点云输出为每秒 480,000 点。使用 Livox Viewer 可以快速设置回波模式，方法如下：

正确连接 Horizon 后，选择需要设置的设备，然后进入设备参数设置界面 ，即可更改回波模式。

IMU 传感器信息

Horizon 中内置 IMU 传感器，提供 Horizon 的姿态数据。

用户可通过 Livox Viewer 或 SDK 设置 IMU 的数据推送频率，其设置方法与多回波模式的设置方法类似。

Livox Viewer

Livox Viewer 是一款可实时显示、录制、回放、解析三维点云的操作软件，并支持产品设置、外参调节等高级功能。Livox Viewer 简洁的界面让用户入门更轻松。

前往 www.livoxtech.com 下载最新版本的 Livox Viewer。Livox Viewer 当前支持 Windows 7/8/10（64 位）以及 Ubuntu 16.04（64 位），请按照以下步骤使用 Livox Viewer。



- 在 Windows 系统下使用 Livox Viewer 时，请注意关闭操作系统的防火墙，否则后者可能会拦截特定端口的 UDP 数据包，导致 Livox Viewer 无法扫描到设备。另外，请注意 PC 的显卡驱动已正确安装，否则可能导致 Livox Viewer 无法打开或者程序崩溃。

Windows 用户：解压文件，并于已解压的文件根目录中打开文件名为 Livox Viewer 的程序。

Ubuntu 用户：需要在解压后文件的根目录下启动终端（或者直接启动终端后进入到解压后文件夹的根目录），运行指令：`./livox_viewer.sh` 即可启动。

Livox Viewer 主界面

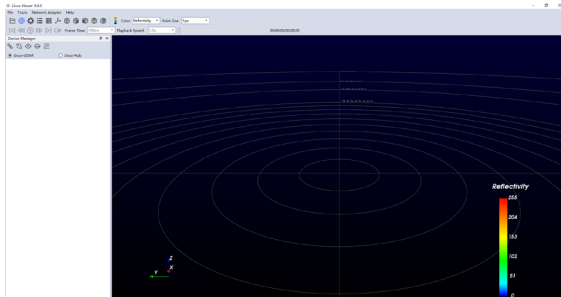


图 5.1.1 Livox Viewer 主界面

File: 点击“Open->Open File”可以打开一个以 LVX 格式储存的点云文件；点击“Open->Open Device Manager”将会打开设备管理器，用来扫描和连接在线设备；点击“Save as->.las file”可以将当前主界面下的点云储存为 LAS 格式文件；点击“Save as->.csv file”可以将当前主界面下的点云储存为 CSV 格式文件；点击“Clear”将清空主界面下的点云；

Tools: 点击“Grid property”，可设置网格坐标的样式、颜色、以及显示范围；点击“Device Settings”可查看当前连接的设备的参数，并对其进行设置；点击“Firmware Update”可下载并升级最新固件；点击“Extrinsic Calibration”，可导入外部参数；点击“Lvx to Las Tool”允许用户将 Lvx 格式点云文件转换为 Las 文件，请注意该工具的转换方式是将一个 Lvx 文件转内所有帧的点云转换为一个 Las 文件，转换后的 Las 文件只有一张云图，暂时不支持将 Lvx 文件按帧为单位转存；点击“Options”可选择录制的点云数据文件的存储路径，可更改点云着色策略，也可以启动一些高级功能。

Net Adapter: 选择指定的网络适配器。

Help: 查看帮助。

📁: 打开已保存的 Lvx 格式点云数据文件。

🔍: 打开设备管理窗口，搜索局域网内的所有 Livox 激光探测测距仪和 Livox Hub。

⚙️: 打开设备参数设置界面，查看当前设备状态以及更改设备参数。

🎞️: 点击当播放录制的点云数据图像时，打开 Lvx 管理器。


📊: 显示 / 隐藏所框选区域点云的相关数据，然后选择某个区域，以查看该区域点云数据的详细信息。

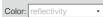
📏: 显示 / 隐藏网格坐标。Livox Viewer 中的网格坐标默认是由 13 个从圆心散开的圆形组成。中间 10 个圆形距离相等，显示的是距离激光探测测距仪模块 10m~100m 范围内所测到的物体。11 至 13 个圆形分别表示距离激光探测测距仪模块 150m, 200m 以及 300m 范围内的物体。


🔄: 重置点云界面，缩放以于 Livox Viewer 显示所有点云图像。

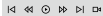
👁️👁️👁️👁️: 选择所查看的点云数据视角，分别为右视图、正视图、俯视图以及后视图。除点击图标切换视图外，用户还可通过以下方式切换点云视图：

- A. 滑动鼠标滚轮放大 / 缩小视图；
- B. 按住鼠标左键的同时，移动鼠标可调整视图；
- C. 按下“ctrl”按键，并按住鼠标左键，此时移动鼠标可旋转点云视图；
- D. 按下“shift”，并按住鼠标左键，此时移动鼠标可调整点云位置；
- E. 按住鼠标右键并移动鼠标，可平滑缩放点云视图。

: 显示或隐藏颜色指示条。颜色指示条可作为点云数据的参考。用户可设置根据色深或反射率来显示颜色指示条。


: 设置点云着色方案, 可按照反射率、激光探测测距仪 ID 设置点云颜色, 同时也可选择设置点云为固定默认色 (默认按照反射率对点云进行着色)。


: 设置点云大小, 可选择: 1px, 2px, 3px, 4px 和 5px。


 播放按钮, 功能如下:



: 回到开始。(查看实时点云图像时, 该按钮不可用)


: 进入片尾。(查看实时点云图像时, 该按钮不可用)

: 退后 1 帧。(查看实时点云图像时, 该按钮不可用)

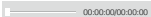
: 前进 1 帧。(查看实时点云图像时, 该按钮不可用)

: 播放 / 暂停。

: 录制。当一个或多个激光探测测距仪成功连接后, 可点击  录制按钮开始录制, 再次点击停止录制。

: 帧时间: 可设置: 50、100、200、500、1000、3000ms, 选择的帧时间越长, 所能看到的点云图越密集。Livox Horizon 推荐选择 200 ms。


: 播放速度。可设置: x0.5, x1.0, x2.0 以及 x4.0(查看实时点云图像时, 该功能不可设置)。

: 进度条: 显示当前帧。用户可拖动进度条查看所需帧。(查看实时点云图像时, 进度条不可拖动)。


设备管理窗口





图 5.1.2 Livox Viewer 设备管理窗口

: 连接所有设备。

: 断开所有设备。

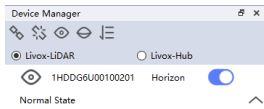
: 显示所有已连接激光探测测距仪的点云数据。

: 隐藏所有已连接激光探测测距仪的点云数据。

: 基于广播码对当前列表中的设备进行排序。

注意，上述两个图标 只是关闭或开启 Viewer 本身对点云的显示，并不会关闭或者启动设备的采样功能。

选择需查看的设备类别。



: 显示局域网内所选设备类别下的所有设备。

- : 查看工作模式，或错误模式下的错误码。
- : 显示或隐藏所选择的激光探测测距仪的点云图像。
- : 点击可连接或断开所选择的激光探测测距仪。

查看实时点云图像

1. 正确连接 Livox 激光探测测距仪或 Livox Hub，然后打开 Livox Viewer。点击 ，将会弹出设备管理窗口。管理窗口中将会自动显示局域网内的所有设备。
2. 于管理窗口上方勾选 LiDAR。
3. 选择需要查看的设备，点击图标 完成连接。或选择需要查看的设备后，单击鼠标右键，选择 Connect 完成连接。同时，用户也可直接点击 连接局域网内的所有设备。
4. 连接完成后，点击开始播放图标 ，即可观察到所选设备的点云图像。

录制点云图像

当一个或多个激光探测测距仪成功连接后，可点击录制按钮 ，再次点击 停止录制。

播放存储的点云图像

点击 或通过通过 File>Open file 打开已保存的 Lvx 格式点云数据文件。播放存储的点云数据文件时，可通过使用播放按钮设置播放速度。查看存储的点云图像时，可点击主页的 显示 Lvx 管理窗口。点击 隐藏或显示所选择的激光探测测距仪点云。

外部参数标定

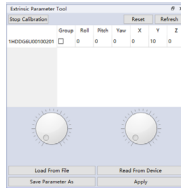
若用户有外部参数标定需求，请按照以下方式进行操作：

点击 Tools>External Param Tool, 可进入外部参数标定页面。

外部参数格式需满足以下要求：

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<Livox>
  <Device roll="0" pitch="0" yaw="0" x="0" y="0" z="0">1HDDG6U00100201</Device>
</Livox>
```

其中，“1HDDG6U00100201”表示激光探测测距仪的广播码。点击右上角“Start Cali”可查看当前所有成功连接设备的坐标信息，用户可选择于表格中逐一手动输入数字：



或使用下面的调节拨盘对坐标信息进行调整。使用调节拨盘时，支持按住“Ctrl”的同时选择表格纵向上的多个数据进行同步更改。

选择 Load from file 可快速导入外部参数。

选择 Read from device 可读取当前设备的坐标信息，当前激光探测测距仪具有储存外参功能，但该外参不会对激光探测测距仪输出的点云数据造成影响，仅为储存功能，详情请参考 SDK 通讯协议文档。

选择 Save param as 可将当前所设置的设备的坐标信息导出进行存储。

选择 Apply 将新的设置应用于当前设备，可选择是否将当前外参写入激光探测测距仪。选择写入时参数才会对本地生效，如果点否，则不进行任何形式的修改。



- 通过手动输入数字，或使用调整图标来改变设备的坐标位置后，需点击 Apply 才可将新的坐标位置应用于设备上。
- 查看 SDK 通讯协议文档，了解关于外部参数标定的更多详细信息。

切换点云图视角

点击下面的图标切换点云图视角，分别可切换至：



右视图



前视图



俯视图



后视图

同时也可通过：

- 滑动鼠标滚轮放大 / 缩小视图。
- 按住鼠标左键的同时，移动鼠标可调整视图。
- 按下“ctrl”按键，并按住鼠标左键，此时移动鼠标可旋转点云视图。
- 按下“shift”，并按住鼠标左键，此时移动鼠标可调整点云位置。
- 按住鼠标右键并移动鼠标，可平滑缩放点云视图。

固件升级

用户可使用 Livox Viewer 检查并升级 Livox 激光探测测距仪及 Livox Hub 的固件，具体方法如下：

1. 点击 Tools>Firmware Update, 此时将会弹出固件升级窗口，并显示所有已连接的设备。
2. 于 Update Mode 中选择 Lidar Update, 然后将会显示相应设备。
3. 于 Firmware Download 下方点击 Check Firmware 检查设备的当前固件版本。
4. 于 Firmware Version 中选择所需下载的固件版本，然后点击 Download 下载。
5. 下载完成后，于 Firmware Update 下方选择所需升级的设备，然后点击…导入刚才所下载的固件。
6. 点击 Start 更新设备固件。
7. 更新完成后，设备将会自动重启并自动重新连接至计算机，若更新失败，请再次尝试。



下载固件时，请确保计算机可接入互联网。固件下载完毕后，升级过程中，无需互联网连接。

软件开发工具包

除使用 Livox Viewer 查看实时点云数据外，用户还可使用软件开发工具包（SDK），ROS 工具包等将通过 Livox 激光探测测距仪所获取的点云数据和 IMU 数据应用于各自定义场景。

SDK 通讯协议

用户与 Livox 激光探测测距仪之间可通过 SDK 通信协议进行交互，包含以下三种不同数据。

控制命令数据：激光探测测距仪参数以及状态信息配置及查询。

点云数据：激光探测测距仪生成的点云坐标数据。

IMU 数据：激光探测测距仪内置 IMU 生成的 IMU 数据。

上述数据均采用小端存储。

访问 <http://www.livoxtech.com/sdk> 查看关于 SDK 通讯协议、Livox SDK API 文档以及 ROS 工具包的更多详细信息。

存储、运输与保养

存 储

Livox Horizon 系列的存储温度为 -40 °C ~85 °C，请将其存储于干燥无尘的环境中，并注意：

- 严禁将产品暴露在有毒有害及腐蚀性的环境中。
- 保存时轻拿轻放，切勿摔落产品。
- 对于超过三个月保存期的，请定期检查外观与接口，避免使用时出现异常。

运 输

运输前，请仔细检查产品是否已牢固安装到位，确认无误后将产品装入包装箱。

包装箱中务必放入缓冲泡棉，并保证包装箱内干燥清洁，无水汽。

运输过程中请务必小心轻放，切勿磕碰、撞击或摔落产品。

保 养

Livox Horizon 在设计中充分考虑了可靠性和稳定性的要求，具有先进的光学、机械以及电气性能。正常使用下故障概率较小，仅需对激光探测测距仪窗口进行清洁。

若激光探测测距仪窗口无污点或灰尘等杂质，无需对其清洁。由于污点或灰尘等杂质会影响激光探测测距仪的性能，因此，若发现窗口上有污点等杂质，请按照以下步骤进行清洁：

1. 使用压缩空气清洁剂：

使用镜头清洁布擦拭窗口前，请首先使用压缩空气清洁剂对准窗口需清洁的部分进行点喷。**注意：**当窗口上有颗粒状的灰尘等杂质时，直接擦拭可能会导致窗口玻璃被刮花，影响激光探测测距仪的探测性能。

2. 擦拭污点

使用用酒精湿润的镜头清洁布擦拭窗口，使用干的镜头清洁布可能会损坏窗口。

如果窗口仍然存在污点，请使用温和的肥皂溶液清洗窗口。然后重复步骤 2 去除肥皂残留物。

疑难解答

使用中若出现任何问题，请查看下表获取解决方案，若依旧无法解决，请联系 Livox 或 Livox 授权的经销商。

问题	解决方案
无法检测到 Livox 激光探测测距仪	<ul style="list-style-type: none"> • 确认是否所有线材已正确连接。 • 确认电压正确，Livox Horizon 激光探测测距仪的工作电压为 10 ~ 15V。若通过 Livox 电源转接插座 2.0 连接，可支持 9-30V 的外部电源。 • 确认 Livox 激光探测测距仪未连接至其他软件。 • 确认 PC 和设备在同一个局域网中。 • 确认未安装杀毒软件等屏蔽以太网广播的软件。 <p>以上确认完毕后，若还无法检测到设备，请关闭所有的防火墙并重启 Livox Viewer，再次搜索局域网内的激光探测测距仪。</p> <p>请使用网络分析软件对 UDP 数据包进行分析（例如 Wireshark）</p>
能检测到 Livox 激光探测测距仪，但无法建立连接 / 或无法开始采样	<ul style="list-style-type: none"> • 确认是否所有线材已正确连接。 • 确认电压正确，Livox Horizon 激光探测测距仪的工作电压为 10 ~ 15V。若通过 Livox 电源转接插座 2.0 连接，可支持 9-30V 的外部电源。 <p>若问题依旧存在，请重启激光探测测距仪以及 Livox Viewer 软件。</p>
无数据	<p>请使用网络封包分析软件对输出的数据进行分析（例如 Wireshark）</p>

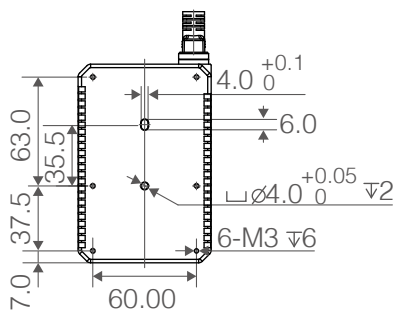
售后保修信息

前往 www.livoxtech.com/support 了解更多关于 Livox 激光探测测距仪的保修信息。

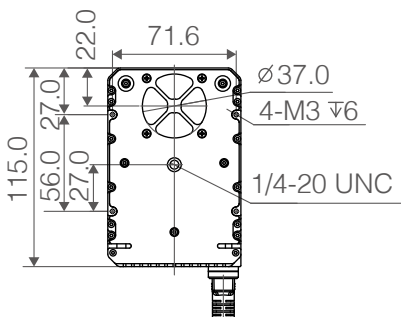
附录

附录一

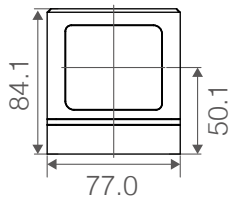
Livox Horizon 含主动散热模块结构尺寸 (单位 :mm)



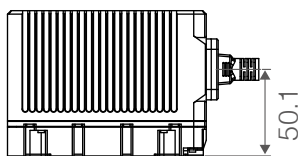
上视图



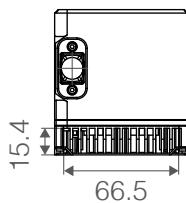
下视图



前视图



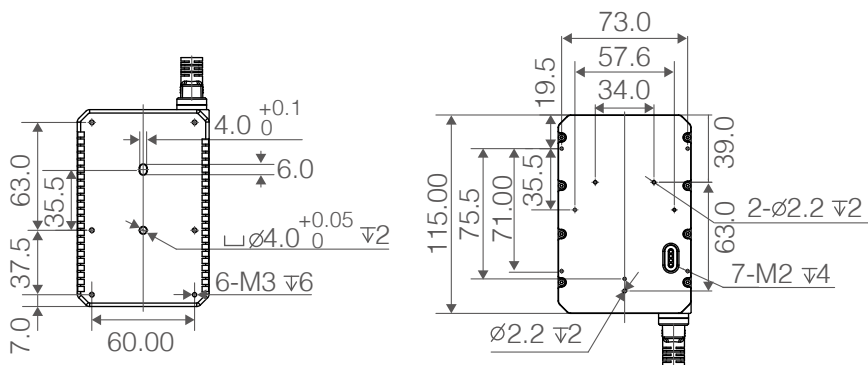
侧视图



后视图

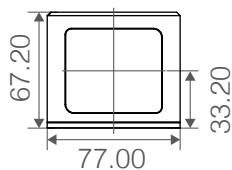
附录二

Livox Horizon 不含主动散热模块结构尺寸 (单位 :mm)

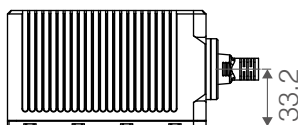


上视图

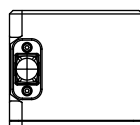
下视图



前视图



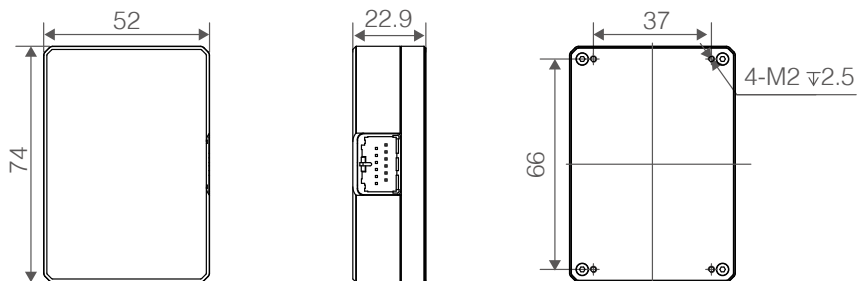
侧视图



后视图

附录三

电源转接插座 2.0 结构尺寸 (单位 :mm)



上视图

侧视图

下视图

参数

Livox Horizon	
工作环境温度	-40 °C 至 85 °C (含主动散热模块)
存储环境温度	-40 °C 至 85 °C
激光波长	905 nm
人眼安全级别	Class 1 (IEC 60825-1:2014) 人眼安全
量程 (@100 klx)	90 m @ 10% 反射率 130 m @ 20% 反射率 260 m @ 80% 反射率
FOV	81.7° (水平) × 25.1° (竖直)
测距随机误差	1σ (@ 20 m) < 2 cm
角度随机误差	1σ < 0.05 °
光束发散角度	0.03° (水平) × 0.28° (竖直)
点云输出	240,000 点 / 秒 (可配置第一回波或最强回波) 480,000 点 / 秒 (双回波)
数据延迟	≤ 2 ms
数据网口	100 Mbps 以太网接口
数据同步方式	IEEE 1588-2008 (PTP v2), PPS (秒脉冲), GPS(PPS + UTC)
虚警率 (@100 klx)	< 0.01%
防护级别	IP67
IMU	内置 IMU 型号 : BMI088
功率	12 W (启动 30 W)
供电电压范围	Livox Horizon: 10 ~ 15 V DC (推荐 12 V 大于 30W 的直流电源) 电源转接插座 2.0: 9 ~ 30 V DC
噪音	40cm 全方向 <50 dB (风扇不转时) -
尺寸	77 × 115 × 84 mm (含主动散热模块) 77 × 115 × 67 mm (不含主动散热模块)
重量	约 1180 g (含主动散热模块) 约 1010 g (不含主动散热模块)
电源转接插座 2.0	
供电电压范围	9 ~ 30 V DC
尺寸	74 × 52 × 23 mm
重量	88 g

Livox 和 Livox Mid 是香港览沃科技有限公司的商标。
Windows 是美国微软公司及其子公司的注册商标。