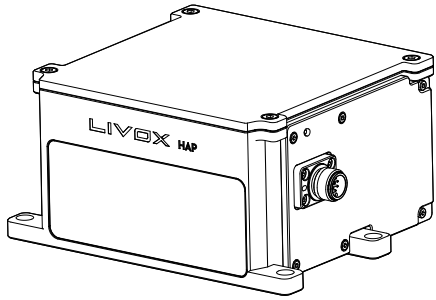
# LIVOX HAP

## HAP (TX)

# 用户手册

v1.0 2022.07




LIVOX LiDAR

### 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。

### 点击目录转跳

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 HAP (TX) 激光探测测距仪相关的文档。
https://www.livoxtech.com/hap/downloads

## 下载 Livox Viewer 2

通过以下地址下载 Livox Viewer 2 软件：
https://www.livoxtech.com/downloads

## 下载 Livox SDK

通过以下地址可获取开源 Livox SDK：
https://github.com/Livox-SDK


© 2022 览沃科技 版权所有

# 目 录


**阅读提示** 2

符号说明 2

下载文档 2

下载 Livox Viewer 2 2

下载 Livox SDK 2

**产品概述** 4

简介 4

产品特性 5

部件说明 7

**接口定义** 8

M12 航空插头 8

Livox 航插一分三线 8

**安装** 9

有效视场角（FOV）范围 9

安装注意事项 10

安装尺寸 10

**准备** 11

设计外部电源 11

连线 11

**使用** 13

坐标系 13

输出数据 13

Livox Viewer 2 16

软件开发工具包 16

**存储、运输与保养** 17

存储 17

运输 17

保养 17

**疑难解答** 18

**售后保修信息** 18

**附录** 19

HAP (TX) 尺寸结构 19

**规格参数** 20


© 2022 览沃科技 版权所有 

# 产品概述

## 简介

Livox HAP 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。Livox HAP 分为 HAP (T1) 和 HAP (TX) 两种型号。本文档适用于 HAP (TX)。

**高视场覆盖率：**HAP (TX) 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，可快速捕捉视场中的每个细节。

**宽视场角：**HAP (TX) 的视场形状接近于矩形，水平和垂直视场角分别为 120° 和 25°，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。

**高稳定可靠：**HAP (TX) 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。

**自适应环境：**即使在 100 klx 强烈日照干扰下，HAP (TX) 的噪点率仍低于 0.01%。Livox 特殊设计的滤噪算法可有效降低来自其它激光探测测距仪的杂散光干扰。

**便捷易用的 Livox Viewer 2 软件：**Livox Viewer 2 是一款可实时显示、录制、回放、解析三维点云的操作软件，并支持配置产品参数、外参调节等高级功能。Livox Viewer 2 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 支持在 Windows/Linux/Mac OS/ROS 等多种开发环境下使用。

⚠
- 当环境温度为 25℃，目标物体的表面反射率为大于等于 35% 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 200 m。
- 使用前，请务必移除 HAP (TX) 窗口的保护膜。

 © 2022 览沃科技 版权所有

## 产品特性

HAP (TX) 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，随着积分时间的增大，点云视场覆盖率会继续增大，探测到视场中的更多细节。

下面以 HAP (TX) 在 0.1s 的扫描图案来说明点云分布。HAP (TX) 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。两端的扫描密度比中间低，扫描线间隔平均在 0.3° （主要在 0.2°~0.5° 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。

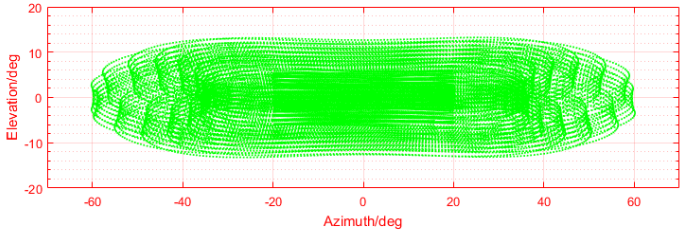



图 1.2.1 0.1s 时间内 HAP (TX) 点云分布图（坐标单位：度）

下图所示为不同积分时间内 HAP (TX) 的点云图。

0.1s　　0.2s　　0.5s

图 1.2.2 不同积分时间内 HAP (TX) 点云图

下图（图 1.2.3）给出了不同积分时间下 HAP (TX) 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，HAP (TX) 的视场覆盖率接近 80%，优于常见 64 线机械旋转式激光雷达；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 99%，即视场中几乎所有区域都会覆盖到。

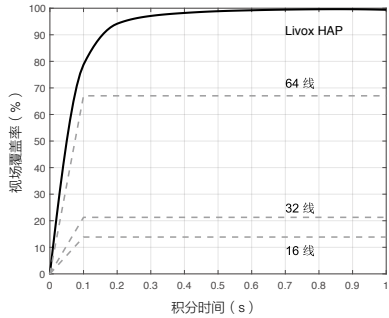



图 1.2.3 HAP (TX) 以及当前市场上常见的几种多线机械旋转式激光探测测距仪不同积分时间下的视场覆盖率。其中，64 线 /32 线 /16 线产品的竖直 FOV 分别是 27° /41° /30° 。

© 2022 览沃科技 版权所有

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。

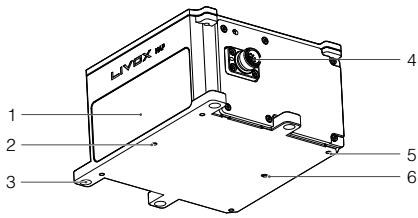
表 1.2.1 点云参数

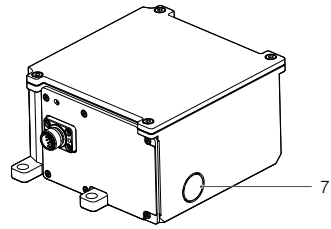
| | |
|---|---|
| 激光波长 | 905 nm |
| 人眼安全级别 | Class 1（IEC60825-1:2014）人眼安全 |
| 量程（@100 klx） | 150 m@10% 反射率 |
| 近处盲区 | 0.5 m |
| FOV | 120°（水平）×25°（竖直） |
| 测距随机误差（1σ） | < 2 cm @ 20 m（80% 反射率） |
| 测距系统误差 | < ±3 cm @ 20 m |
| 角度随机误差（1σ） | < 0.1° |
| 光束发散角度 | 0.03°（水平）×0.28°（竖直） |
| 点云输出 | 452,000 点 / 秒 |
| 点云帧率 | 10 Hz |
| 虚警率 (@100 klx) | 0.01% |

- 当被测物距离 HAP (TX) 小于 0.5 m 时，HAP (TX) 无法对其进行测量。此时，HAP (TX) 将会输出遮挡预警，Livox Viewer 2 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 0.5~2 m 的范围时，点云图像可能会产生不同程度的畸变。
- 环境温度 25℃，目标物体距离 20 m，反射率为 80% 时测得 HAP (TX) 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，HAP (TX) 性能将有小幅下降。

 © 2022 览沃科技 版权所有

## 部件说明




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. 定位孔 1

   设计固定支架时，可通过定位孔提高整机定位精度。具体尺寸请查阅安装尺寸章节。

3. M6 螺钉安装通孔（ϕ 6.5）×4

   可通过此安装孔，使用 M6 螺钉将 HAP (TX) 固定至合适的位置。

4. M12 航空插头

   M12 航空插头搭配 Livox 航插一分三线（需额外购买），可实现激光探测测距仪性能的快速测试。同时用户可以根据该插头线序设计其它线材，提高其防护能力（如防尘防水性）。M12 航空插头的线序请查阅接口定义章节。

5. M3 安装孔 ×4

   可通过此安装孔，使用 M3 螺丝将 HAP (TX) 固定至合适的位置。

6. 定位孔 2

   设计固定支架时，可通过定位孔提高整机定位精度。具体尺寸请查阅安装尺寸章节。

7. 防水透气阀

   防水透气阀可辅助激光探测测距仪平衡内外压差，请勿堵塞。

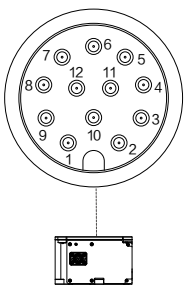
可访问 DJI 商城购买 Livox 航插一分三线。Livox 航插一分三线仅适用于调试验证，对可靠性要求高的其他应用场景，建议用户自行定制并使用适配场景需求的线材和连接器。

© 2022 览沃科技 版权所有 

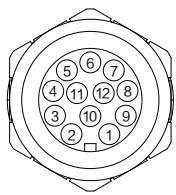
# 接口定义

## M12 航空插头

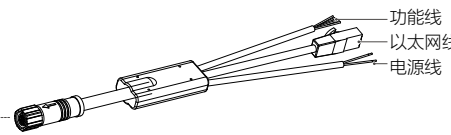
HAP (TX) 使用高可靠性的 M12 航空插头（公头）。该插头为符合 IEC 61076-2-101 标准的 M12 12P A-CODE 全屏蔽公头连接器，型号为 Finecables MA12MAHD12STXXXB14，对应的母头连接器型号为 Finecables MA12FAHD12STXXXB14，均符合 IP67 防护要求。用户可以通过 Livox 航插一分三线（需额外购买）连接至 HAP (TX)，实现电源连接、控制信号传输及数据传输等，也可以根据自身需求使用其它线材来代替 Livox 航插一分三线，提高防护能力（如防尘防水性）。




M12 航空插头（公头）




M12 航空插头（母头）




## Livox 航插一分三线

用户可以通过 Livox 航插一分三线（需额外购买）连接 HAP (TX)。Livox 航插一分三线一端为 M12 航空插头（母头），另一端分为电源线、以太网线以及功能线。

M12 航空插头（母头）连接 HAP (TX) 的 M12 航空插头（公头）。电源线外接直流稳压电源。以太网线自带 RJ-45 以太网连接器，可连接至 RJ-45 以太网接口，用于发送和接收数据，便于调试。功能线在 HAP (TX) 内部无电气连接，无需使用。

M12 航空插头（公头）和 Livox 航插一分三线的线序及其定义如下：

| M12 航空插头（公头 / 母头）管脚 | 信号 | 属性 | 描述 | 线束颜色 | 功能 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Power+ | Power | DC VCC | 红（正极） | 电源线（接直流电源） |
| 9 | Power+ | Power | DC VCC | | |
| 2 | Ground | Power | Ground | 黑（负极） | |
| 3 | Ground | Power | Ground | | |
| 4 | Ethernet-TX+ | Output | Ethernet-TX+ | 橙白 | 以太网线（接电脑或路由器） |
| 5 | Ethernet-TX- | Output | Ethernet-TX- | 橙 | |
| 6 | Ethernet-RX+ | Input | Ethernet-RX+ | 绿白 | |
| 7 | Ethernet-RX- | Input | Ethernet-RX- | 绿 | |

 © 2022 览沃科技 版权所有

| M12 航空插头（公头 / 母头）管脚 | 信号 | 属性 | 描述 | 线束颜色 | 功能 |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | N/A | N/A | N/A | 紫白 | 功能线（不适用，可不接；勿与其他电源线或信号线相接导致短路） |
| 10 | N/A | N/A | N/A | 灰白 | |
| 11 | N/A | N/A | N/A | 灰 | |
| 12 | N/A | N/A | N/A | 紫 | |
| 2&3 | Ground | Ground | Ground | 黑 | |

# 安装

## 有效视场角（FOV）范围

HAP (TX) 的 FOV 为水平 120°，竖直 25°，如下图所示。安装时请注意 FOV 的有效范围，避免遮挡 FOV 区域。可访问 www.livoxtech.com/hap/downloads 下载 HAP (TX) 与其 FOV 的 3D 模型。

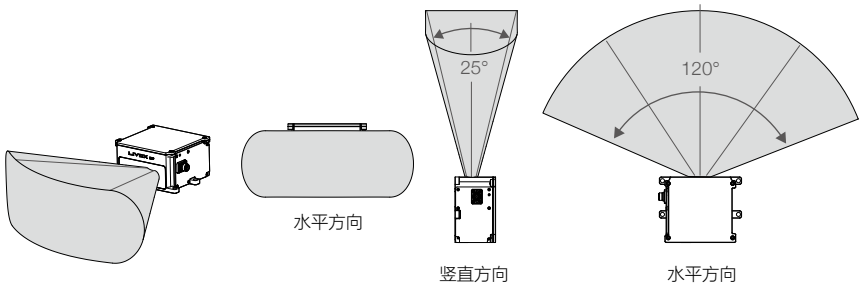



图 3.1.1 HAP (TX) 有效 FOV 范围

请注意，HAP (TX) 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。使用时请格外注意有效量程的范围。

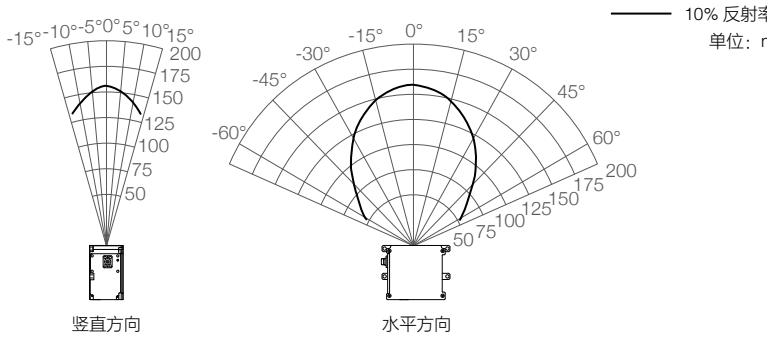



图 3.1.2 HAP (TX) 不同 FOV 区域内有效量程

如上图所示，当目标物体的反射率为 10% 时，竖直方向的 FOV 内，最下方的最远探测距离为 125 m 左右，在使用时请注意。

© 2022 览沃科技 版权所有 

## 安装注意事项

正式安装 HAP (TX) 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，建议在 HAP (TX) 壳体周围留有 10mm 以上的空间用于通风散热，并确保防水透气阀不被堵塞。
5. 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。

## 安装尺寸

HAP (TX) 的底部有 4 个深度为 5mm 的 M3 安装孔，以及四个 M6 螺钉安装通孔（ϕ6.5）。请根据下图所示的 HAP (TX) 尺寸大小及安装孔位尺寸，将 HAP (TX) 安装至合适位置。

单位：mm

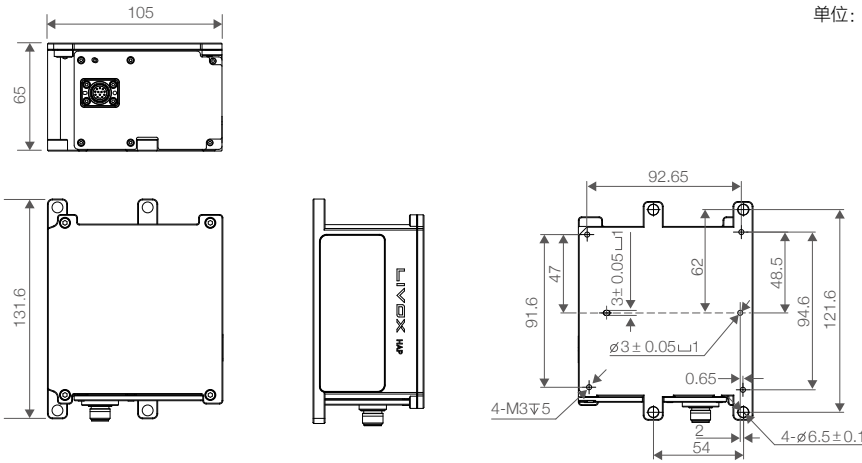



图 3.2.1 HAP (TX) 尺寸结构（大图请查看附录 1）

表 3.2.1 HAP (TX) 重量及尺寸

| | |
|---|---|
| 重量 | 约 1120 g |
| 尺寸 | 105 × 131.6 × 65 mm |

 © 2022 览沃科技 版权所有

# 准备

## 设计外部电源

HAP (TX) 的工作电压为 9~18 V，推荐使用 12 V。低温情况下，最低工作电压需要适当提高。当通过 M12 航空插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 HAP (TX) 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带来的额外压降，但最高电压仍然不可超过 18 V。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 18 V 的电压波动可能会造成设备工作不正常甚至损坏。

HAP (TX) 在常温稳定工作情况下，运行功率约为 10 W，但不同个体间运行功率存在差异，最大不超过 12W。在低温或高温环境下，HAP (TX) 启动功率最高可达 40 W。当环境温度范围为低于 0℃时，HAP (TX) 将自动运行自加热模式。温度越低，功率越大。此外，HAP (TX) 支持窗口加热模式，用于窗口除雾除霜，用户可根据需要自行开启或关闭。开启窗口加热模式后，运行功率最大会增加 10 W。根据环境温度不同，HAP (TX) 的功率有所不同，具体如下图所示。使用时请根据 HAP (TX) 的供电电压范围和启动时峰值功率，合理设计供电电源，保证设备正常工作。图示值仅供参考，实际使用中，启动峰值功率个体之间存在一定的差异。

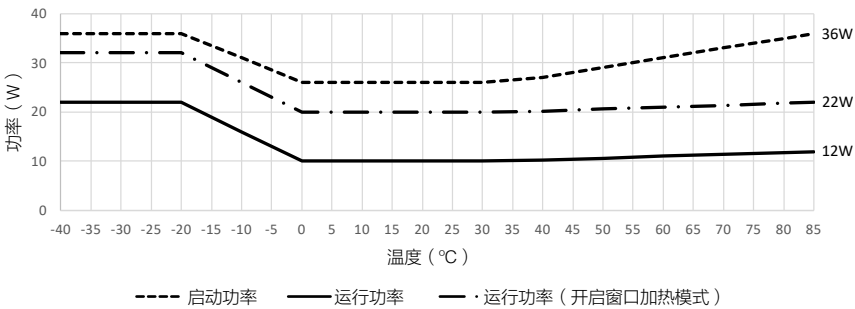



图 4.1.1 HAP (TX) 在不同环境温度下的功率

## 连线

HAP (TX) 的 M12 航空插头可提供外部电源，并传输数据。关于该插头的具体线序，请查看接口定义章节内容。如需连接电脑调试 HAP (TX)，推荐使用 Livox 航插一分三线（需额外购买）。Livox 航插一分三线集成了 M12 航空插头（母头）、电源线（裸线）、功能线（带绝缘层线束）以及以太网线（带 RJ-45 连接器）。

HAP (TX) 通过以太网进行数据通信（UDP），所有 HAP (TX) 出厂默认为静态 IP，地址为 192.168.1.100，子网掩码为 255.255.255.0，默认网关是 192.168.1.1。可直接将 HAP (TX) 与电脑相连。

1. 连接前，将电脑的 IP 设置为静态 IP，并将 IP 地址设置为与 HAP (TX) 的 IP 地址同一个网段。设置方法如下：

© 2022 览沃科技 版权所有 

Windows 系统

a. 在控制面板中，进入网络与共享中心。

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）”。

d. 将 IP 地址设置为 192.168.1.XX（确保和所连接的激光探测测距仪 IP 地址不同），如 192.168.1.50，子网掩码设置为 255.255.255.0，点击“确认”，完成电脑静态 IP 的设置。

Ubuntu-18.04 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 替换为本机的网口名称）

2. 电脑静态 IP 地址设置完成后，请按照图示连接。

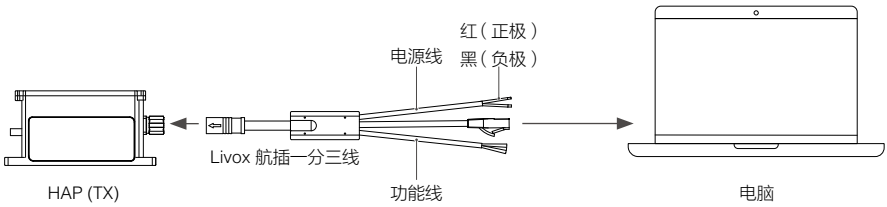



图 4.2.1 HAP (TX) 连线示意图

a. 将 Livox 航插一分三线上的 M12 航插母头与 HAP (TX) 上的 M12 航插公头连接。为确保连接稳固，需用扳手将航插母头的锁紧螺母拧至与航插公头的锁紧螺母端面完全贴合，检查确认无缝隙。

b. 将 Livox 航插一分三线上的 RJ45 网口接头连接至个人电脑。

c. 将 Livox 航插一分三线上的电源线连接至外部电源，注意输入电压范围和极性。

⚠
- Livox 航插一分三线的功能线不适用于 HAP (TX)，无需进行连接。
- 如果需要将多台静态 IP 模式的 HAP (TX) 同时与 PC 连接，请将每台 HAP (TX) 设置成不同的 IP 地址，并且通过交换机与 PC 连接。
- 如需同时连接超过 6 台 HAP (TX)，请使用千兆路由器或千兆交换机。
- 每台激光探测测距仪的广播码可通过 Livox Viewer 2 的设备管理器或 SDK 进行查看。Livox HAP 的广播码是其序列号尾部加一个字符“1”。
- 按照图示 4.2.1 连接后，于电脑上运行 Livox Viewer 2，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，修改该 HAP (TX) 的静态 IP 地址。

 © 2022 览沃科技 版权所有

# 使用

## 坐标系

HAP (TX) 的坐标定义如下图所示。

**定位坐标系 O'-X'Y'Z'：**点 O' 为底面与定位孔 1 的交点，Z' 轴为 HAP (TX) 底面法向量，X' 轴为窗口平面法向量。

**点云坐标系 O-XYZ：**点 O 为窗口平面中心，向量朝向同定位坐标系。

点云坐标系相对于定位坐标系的位姿关系为：（X，Y，Z，Roll，Pitch，Yaw）->（8mm，0 mm，23 mm，0°，0°，0°）。

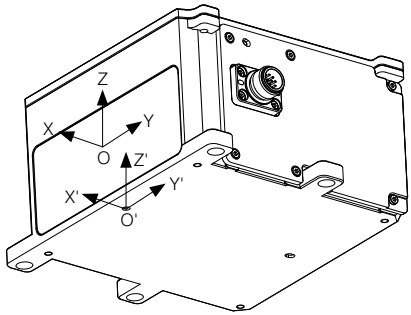



图 5.1.1 HAP (TX) 坐标定义

## 输出数据

HAP (TX) 的主要输出数据为：

- 点云数据（包含时间戳）
- 控制命令 ACK
- 信息推送

© 2022 览沃科技 版权所有 

## 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% 的漫反射物体；而 151 至 255 对应全反射物体。

坐标信息：HAP (TX) 的坐标信息可表示为直角坐标系（x，y，z）。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）。

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：<br>00：第 0 个回波<br>01：第 1 个回波<br>10：第 2 个回波<br>11：保留位 | | 基于强度的点属性：<br>00：正常点<br>01：不符合强度预期的噪点<br>10：保留位<br>11：保留位 | | 基于空间位置的点属性：<br>00：正常点<br>01：空间噪点置信度高<br>10：空间噪点置信度中<br>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 HAP (TX) 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。

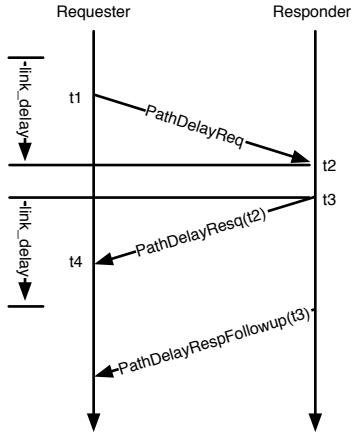
第三组基于回波能量强度判断采样点是否为噪点。通常情况下，激光光束受到类似灰尘、雨雾、雪等干扰产生的噪点的回波能量很小。目前按照回波能量强度大小将噪点置信度分为二档：01 表示回波能量很弱，这类采样点有较高概率为噪点，例如灰尘点；10 表示回波能量中等，该类采样点有中等概率为噪点，例如雨雾噪点。噪点置信度越低，说明该点是噪点的可能性越低。

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。

## 时间戳

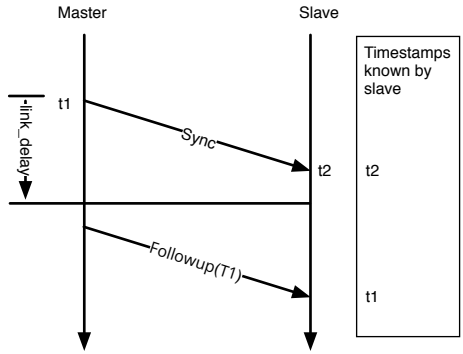
HAP (TX) 仅支持 gPTP 同步方式，其同步过程遵循 IEEE 802.1AS 标准，其中域控制器作为 master，HAP (TX) 作为 slave:

 © 2022 览沃科技 版权所有




通过上述过程计算传输延迟：

link_delay =[(t4 - t1 ) - (t3 - t2)] / 2




由 sync，follow_up 计算时间偏移：

offset = (t2' - t1') - link_delay

AUTOSAR 标准《Specification of Time Synchronization over Ethernet》中，对 IEEE 802.1AS 在车载领域应用做了特殊要求，如：

- 取消 Announce 报文
- 不支持 BMCA 算法
- master 端不发送 delay_req 报文

HAP (TX) 时间同步方式集成 AUTOSAR gPTP，所以其也遵循上述要求。

© 2022 览沃科技 版权所有 

### 控制命令 ACK

master 发送命令给激光探测测距仪，激光探测测距仪收到命令后，发送 ACK 报文响应命令，具体定义见 SDK 协议 -> 控制指令协议章节。

### 信息推送数据

正常情况下，激光探测测距仪以 1 Hz 频率推送状态信息（如激光探测测距仪状态，错误码，flash 状态）；异常情况下，激光探测测距仪会以 100 Hz 频率推送的状态信息，持续 100 ms，方便用户及时识别错误，采取动作。

激光探测测距仪发生异常时会主动推送 log 数据，用户需要将该数据保存起来以供 LIVOX 售后工程师分析异常发生原因。激光探测测距仪异常信息详细定义请咨询 LIVOX 售后。

## Livox Viewer 2

Livox Viewer 2 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 2 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 2。Livox Viewer 2 当前支持 Windows®10（64 位）以及 Ubuntu™ 18.04（64 位），请按照以下步骤使用 Livox Viewer 2。

在 Windows 系统下使用 Livox Viewer 2 时，由于操作系统的防火墙对网络数据的拦截，可能导致 Livox Viewer 2 无法扫描到 LiDAR。若出现此情况，请用户在电脑控制面板中关闭防火墙，然后再重启 Livox Viewer 2。

**Windows 用户：**解压文件，并于已解压的文件中打开文件名为 Livox Viewer 2 的程序。

**Ubuntu 用户：**需要在解压缩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缩后文件夹的根目录），运行指令：./livox_viewer_2.sh 即可启动。

访问官网 www.livoxtech.com，下载《Livox Viewer 2 用户手册》获取更多使用详情。

## 软件开发工具包

除使用 Livox Viewer 2 查看实时点云数据外，用户还可使用软件开发工具包（SDK）将通过 Livox 激光探测测距仪所获取的点云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，包含以下四种不同数据。

- 控制命令数据
- 点云数据
- log 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 通讯协议以及 Livox SDK API 文档的更多详细信息。

 © 2022 览沃科技 版权所有

# 存储、运输与保养

## 存储

HAP (TX) 的存储温度为 -40°C~95°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

HAP (TX) 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. 使用压缩空气清洁器：

   使用镜头清洁布擦拭窗口前，请首先使用压缩空气清洁器对准窗口需清洁的部分进行点喷。

⚠ 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。

© 2022 览沃科技 版权所有

# 疑难解答

使用中若出现问题，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 | • 确认是否所有线材已正确连接。<br>• 确认电压正确，HAP (TX) 激光探测测距仪的工作电压为 9-18 V。确保所连接的外部电源电压在允许范围内，并注意电源接口按照正负极正确连接。<br>• 确认 Livox 激光探测测距仪未连接至其他软件。<br>• 确认设备与上机位连接至同一局域网。<br>• 确认未安装杀毒软件等屏蔽以太网广播的软件。<br>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 2，再次搜索局域网内的激光探测测距仪。<br>请使用网络分析软件对 UDP 数据包进行分析（例如 Wireshark）。 |
| 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 | • 确认是否所有线材已正确连接。<br>• 确认电压正确，HAP (TX) 激光探测测距仪的工作电压为 9-18 V。确保所连接的外部电源电压在允许范围内，并注意电源接口按照正负极正确连接。<br>若问题依旧存在，请重启激光探测测距仪以及 Livox Viewer 2 软件。 |
| 无数据 | 请使用网络封包分析软件对输出的数据进行分析（例如 Wireshark）。 |

# 售后保修信息

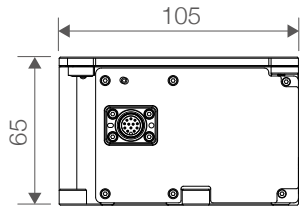
前往 www.livoxtech.com/support 了解更多关于 Livox 激光探测测距仪的保修信息。

 © 2022 览沃科技 版权所有

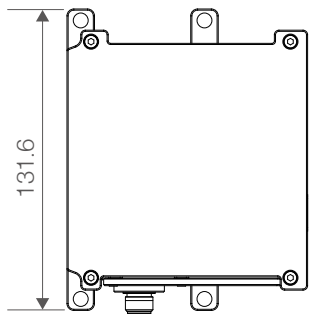
# 附录

## HAP (TX) 尺寸结构

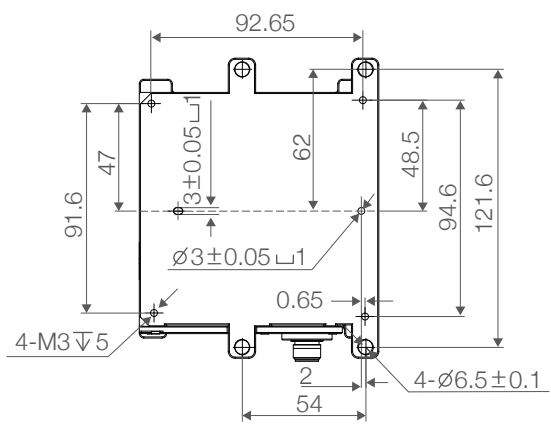
单位：mm




侧视图




俯视图




仰视图

© 2022 览沃科技 版权所有

# 规格参数

| | |
|---|---|
| 型号 | HAP (TX) |
| 激光波长 | 905 nm |
| 人眼安全级别① | Class 1 (IEC 60825-1:2014) 人眼安全 |
| 量程 (@100 klx)② | 150 m @ 10% 反射率 |
| FOV | 120° （水平）× 25° （竖直） |
| 测距随机误差 (1 σ )③ | < 2 cm @ 20 m (80% 反射率 ) |
| 测距系统误差 | < ±3 cm @ 20 m |
| 角度随机误差 (1 σ ) | < 0.1° |
| 光束发散角度 | 0.03° （水平）× 0.28° （竖直） |
| 点云输出 | 452,000 点 / 秒 |
| 数据网口 | 100 BASE-TX 标准以太网 |
| 数据同步方式 | gPTP |
| 虚警率 (@100 klx) ④ | 0.01% |
| 工作环境温度 | -40℃至 85℃ |
| 存储环境温度 | -40℃至 95℃ |
| 防护级别 | IP67 |
| 功率⑤ | 额定功率 12 W<br>启动功率 26 W<br>低温加热功率 40 W |
| 供电电压范围⑥ | 9-18 V DC<br>若需要支持 9-32 V DC 供电电压范围的版本，请联系 Livox 客户经理团队或通过 www.livoxtech.com/contact 提交需求。 |
| 噪音 | < 45 dB (A) (40 cm 全方向 ) |
| 尺寸 | 105 × 131.6 × 65 mm |
| 重量 | 约 1120 g |

① 激光探测测距仪中内置激光器辐射光的发散角为 25.2° （水平）× 8° （竖直）（半高宽，FWHM），最大激光功率可能达到 65 W。切勿拆开 HAP (TX)，以免造成危险。

② 当被测物体距离 HAP (TX) 小于 0.5 m 时，HAP (TX) 无法对其进行测量。

③ 测试条件为环境温度 25℃。具体指标与测试条件相关，以实测结果为准。被测物处于 0.5~2 m 的范围内时，HAP (TX) 的点云图像可能会产生不同程度的畸变。

④ 在 100klx 日光条件下，环境温度 25℃，环境杂散光产生的虚警噪点的比例。

⑤ 额定功率和启动功率的测试条件为环境温度 25℃。在低温环境下，HAP (TX) 将自动运行低温加热模式，最大功率可达 40 W，请合理设计电源。

⑥ 请确保所使用的电源，其输出电压无论何时都不可超过此范围。

 © 2022 览沃科技 版权所有

WE ARE HERE FOR YOU
在线技术支持

Contact
**DJI SUPPORT**

**https://www.livoxtech.com/support**

本手册如有更新，恕不另行通知。
您可以在 Livox 官方网站查询最新版本《用户手册》

**https://www.livoxtech.com/hap/downloads**

Livox 和 Livox HAP 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。
Ubuntu 是 Canonical Ltd. 的注册商标。

Copyright © 2022 LIVOX 版权所有