

MS400 系列多光谱相机用户手册

(v2.2)



长光禹辰信息技术与装备（青岛）有限公司

2025 年 4 月

[illegible]

目 录

1. 概述	1
2. 使用步骤	2
2.1 连接	2
2.1.1 插入 Micro SD 卡	2
2.1.2 连接 DLS 模块	2
2.1.3 连接电源线	3
2.1.4 连接网线	4
2.1.5 成像模组替换	4
2.2 相机的使用	4
2.2.1 设备上电	4
2.2.2 设备下电	4
2.2.3 LED 灯状态	5
3. 相机配置和预览显示	6
3.1 建立 WiFi 连接	6
3.2 监控页面	7
3.3 设置页面	8
3.3.1 定时触发模式	8
3.3.2 重叠率触发模式	9
3.3.3 外部触发模式	10
3.3.4 手动曝光模式	11
3.3.5 高级设置	11
3.4 预览页面	15
3.4.1 预览功能	15
3.4.2 预览过程中的触发拍照	17
3.4.3 自动灰板拍摄功能	17
3.5 规划页面	18
4. 采集数据	19
4.1 数据采集前检查	19
4.2 灰板拍摄	19
4.3 数据采集建议	20

4.4 航向重叠度与飞行器速高比约束关系	20
4.5 级联触发	21
4.6 Ysense Net	21
4.7 文件存储	21
5. 固件升级	23
6. 安装和接口定义	24
6.1 机械接口	24
6.2 电气接口	24
6.2.1 主机接口	24
6.2.2 DLS 接口	26
6.2.3 通信接口	27
7. 参数说明	29
结束页	31

免责声明

我公司旨在提供优质的产品，为客户创造价值，保持对客户认真负责的态度；为了方便客户对我司的了解以及我司更好的运作，我公司对此进行质量保证与免责声明：

1、我们保证向客户提供完全合格的产品，如果产品确实存在质量问题，经过我公司核实后，责任由我公司承担。

2、客户应按照产品说明书的要求操作仪器，因客户操作不当所引起的问题，我公司不予承担责任。

3、客户在运输或者存放过程中产生的产品性能下降或损坏，我公司不予承担责任。

4、因人为、自然灾害或不可抗拒因素造成产品损坏，我公司不予承担责任；

5、除产品质量原因外的其它任何问题，我公司不予承担责任，也不接受非质量原因引起的客户投诉。

6、电子产品和电磁存储介质，极少情况下存在数据丢失情况，请使用前自行负责设备状态确认，使用后及时备份数据，我公司不承担任何由于数据丢失导致的直接或间接损失。

该产品质保期限为 1 年、保修期限为 3 年，具体售后政策请联系销售人员或前往官网查阅《长光禹辰产品技术支持及售后政策》。

特此声明！

文中标识说明



: 注意事项，操作不当可能导致设备不能正常使用，但是不会损坏设备。



: 警告事项，操作不当可能导致设备不能正常使用，且可能导致设备损坏。



: 说明事项，查看该说明事项，将有助于对内容的理解。

1. 概述

MS400 系列多光谱相机作为高性价比的无人机、地基光谱遥感装备，能够同时获取多个波长的光谱图像数据。为增加使用的灵活性，成像模组部分可独立拆卸替换，根据使用场景的不同可分为 MS400、MS400G0、MS400G1 与 MS400G2 四种产品类型，均可支持定制波段。

型号	MS400	MS400G0	MS400G1	MS400G2
产品特性	搭载无人机	地基实时观测， 适合集成使用	地基实时观测， 配套便携式支 架	塔基准实时、静 态长周期观测
对焦距离	无穷远对焦	3m 对焦	3m 对焦	定制对焦距离
应用场景	搭载轻小型无 人机	植物表型研究、 实验室植被测 量	植物表型研究、 野外植被测量	植被物候观测、 大田广域监测

MS400 系列多光谱相机主要包括成像模组、相机主机、下行光传感器（“Down-welling Light Sensor”，以下简称“DLS”）三部分。成像模组实现光谱能量接收和采集，主机实现相机工作模式和参数的配置，图像接收和存储；DLS 主要在飞行过程中同步测量环境光变化和 GPS 信息，并记录在获取图像的元数据中。



成像模组



相机主机



DLS



注意

以下内容若无特指均为 MS400 与 MS400G0, MS400G1 与 MS400G2 详细功能使用请查阅《MS400G1 系统用户手册》与《MS400G2 系统用户手册》。

2. 使用步骤

2.1 连接



相机系统连接需要用的线缆包括相机 COMM 线缆、电源线缆、通信线缆和 DLS 线缆。

2.1.1 插入 Micro SD 卡

确保按照正确方向插入 Micro SD 卡，如下图所示。



注意

1. Micro SD 卡最大容量不超过 64GB;
2. Micro SD 卡文件格式为 exFAT/FAT32;
3. Micro SD 卡写入速度不低于 60MB/s;
4. 首次拆封时，Micro SD 卡放置在卡片式读卡器内而非直接安装在相机卡槽内;
5. Micro SD 卡不支持热插拔，请勿带电插拔 Micro SD 卡。

2.1.2 连接 DLS 模块

使用 DLS 线缆连接 DLS 模块的 CAM 口和相机航空圆形插头，DLS 线缆需保证双凹槽/白点朝上，如下图所示。



DLS 测量获取的环境光、位置和姿态信息作为元数据记录在捕获图像中。



警告

- 1.请完成连接 DLS 模块后再进行主机开机，而在主机上电后再连接 DLS 模块可能会造成 DLS 模块的损坏。
- 2.相机、DLS 和 DLS 线缆的接口定义请查阅“6.2 电气接口”章节相关内容。

2.1.3 连接电源线

按照正确方向将相机 COMM 线缆插入相机 COMM 端插座，通过电源线缆接入外部电源。



警告

相机供电电压 9VDC~26VDC，典型 12VDC 输入，请确保极性正确。若不遵循此条，将会永久导致相机主机、DLS 模块损坏，且不属于质保范围之内。线序定义请查阅“6.2 电气接口”章节相关内容。

2.1.4 连接网线

如果集成使用中有网络环境的支持，可直接将网线插入 RJ45 接口，开机后对网口进行设置，具体操作请查阅“3.3.6 高级设置”章节的“API 物理接口选择”相关内容。



2.1.5 成像模组替换

相机支持成像模组的冷插拔替换，相机断电情况下可将 4 颗 M2 螺钉拧下后沿导向拆掉并替换其他模组，相机开机后将自动识别对应的成像模组。



2.2 相机的使用

2.2.1 设备上电

当外部电源连接并使能后相机即上电。

当相机上电后相机状态灯、DLS 状态灯为白色常亮，当初始化完成后根据运行状态开始闪烁，具体状态定义请查阅“2.2.3 LED 灯状态”章节相关信息。

2.2.2 设备下电

工作完成后直接关闭外部电源，相机将完成断电。

2.2.3 LED 灯状态

LED 灯的显示状态对应相机不同的工作状态和故障信息，具体见下表所示。

 状态显示		
颜色	闪烁频率	意义
红色	10Hz	系统温度过高
红色	2Hz	GPS 未连接或 GPS 无信号
红色	1Hz	DLS 未连接
红色	0.5Hz	SD 卡未插入/SD 卡容量已满
红色	常亮	软件升级失败
黄色	1Hz	GPS 信号质量差
黄色	0.5Hz	SD 卡容量不足
蓝色	10Hz	SD 卡清除
蓝色	2Hz	软件升级过程中
绿色	10Hz	写入 SD 卡
绿色	1Hz	正常
绿色	常亮	升级成功
白色	常亮	相机初始化或相机固件异常
 警告		
在移除 SD 卡前确保电源已经关闭，若不遵循该操作将会导致 SD 卡仍在写入过程中文件的错误和丢失，且可能永久无法恢复。		

3. 相机配置和预览显示

确保相机主机已插上随机携带的 USB-WiFi 模块,随后可通过任何具备 WiFi 功能的设备连接相机,并通过该设备的浏览器对相机进行配置和图像预览显示。

3.1 建立 WiFi 连接

通过 WiFi 连接设备的具体步骤如下:

- 1) 正确连接相机、DLS 和电源,通电并等待初始化完成;
- 2) 相机指示灯开始闪烁后搜索 WiFi,选择名称为“MS400-相机 SN”的热点,输入密码“yusense2021”进行连接;
- 3) 成功连接后,打开任意浏览器输入“192.168.18.1”访问相机的 WEB 配置页面;
- 4) 首先进入欢迎页面,可选择中英文显示,点击“点击进入”按钮进入相机页面。



注意

1. USB-WiFi 模块不支持热插拔,请勿带电插拔 USB-WiFi 模块。
2. 连接相机 WiFi 后提示“该网络不可用”是正常现象,该 WiFi 仅为连接相机配置界面,无互联网功能。
3. 移动设备连接 WiFi 时,建议关闭移动数据功能。
4. 建议只用一台设备连接相机 WiFi 配置相机。
5. 若连接不上 WiFi 或者登陆不进去 Web 界面,请按照以下步骤依次检查:
 - 1) 关闭电源重新插拔 USB-WiFi 模块,并检查是否松动;(如果为松动导致信号不

稳定，请及时联系商务人员进行更换）

- 2) 清除浏览器的缓存和 cookie，再重新尝试连接；
- 3) 若附近存在信号干扰源导致连接缓慢或者失败，请耐心等待或者移至干扰较弱区域连接；
- 4) 如无法判断相机状态，请及时联系技术支持人员协助。

WEB 配置页面包括 4 个页面内容：



3.2 监控页面

本页面提供了相机系统的主要状态，具体包括：

- 1) 存储状态：显示 MicroSD 卡的总容量、剩余容量、工作状态信息；
- 2) DLS 状态：显示 DLS 的连接状态、工作状态；
- 3) GPS 状态：显示目前搜星颗数和信号质量；
- 4) 坐标位置：显示当前经纬度信息；
- 5) 高度：显示当前海拔高度和地表相对高度；
- 6) 时间：显示当前时间，时区为东八区，当 GPS 无信号或信号质量差时，显示的起始时间无实际意义；
- 7) 飞行方向：显示内置磁罗盘角度；
- 8) 温度：显示当前相机内部温度；
- 9) 捕获状态：显示当前设置生效的自动捕获模式；
- 10) 图像存储格式：显示当前设置的存储格式，包括 TIFF-16bit、REF-JPG 两种；
- 11) 相机状态：显示当前相机状态，与 LED 灯状态一致；
- 12) 软件版本号：显示相机程序版本，升级方法请查阅“5.固件升级”章节相关内容；
- 13) 产品序列号：显示相机 SN 号；
- 14) 生产商信息：显示生产商信息及邮箱。



3.3 设置页面

本页面用于配置相机的自动捕获模式，主要包括定时触发，重叠率触发，外部触发等三种模式。



注意

设置自动捕获模式后，可通过主页上的捕获状态和相关参数进行确认，该模式设置将会自动保存为默认设置，相机重启后仍将保持。

3.3.1 定时触发模式

- 1) 自动捕获模式下拉菜单选择“定时触发”；
- 2) 设置定时触发周期间隔；
- 3) 设置定时触发使能高度；
- 4) 设置完毕后保存确认；

5) 当起飞高度（地表高度） $\geq$ “最低限制高度”时，相机开始触发拍照。



注意

1. 定时触发模式设定后，相机将在飞行器起飞达到预期的相对高度后才开始进行触发拍照，旨在避免因立即生效而造成的在未执行飞行任务前产生大量冗余图像数据。
2. 设置定时触发周期间隔不得低于 1s；考虑存储设备性能衰减和环境等因素，外场作业时建议定时触发周期间隔不小于 1.5s。
3. 最低限制高度不能高于实际工作高度，否则相机将不拍照。

3.3.2 重叠率触发模式

- 1) 自动捕获模式下拉菜单选择“重叠率触发”；
- 2) 输入目标飞行高度值；
- 3) 输入目标飞行速度值；
- 4) 航向重叠率下拉菜单选择两次触发拍照图像之间的航向重叠率；
- 5) 设置完毕后保存确认，相机将根据预设参数自动计算触发的距离间隔；
- 6) 当位移量=触发距离间隔时，相机将触发拍照。



**注意**

1. 考虑存储设备性能衰减和环境等因素，重叠率触发拍照的最小拍照间隔不得低于 1.5s；
2. 拍照距离间隔=0.56*飞行高度*（1-航向重叠率）；
3. 拍照时间间隔=0.56*飞行高度*（1-航向重叠率）/飞行速度；
4. 用户可根据预飞行情况，修改飞行速度的默认值，避免实际工作在重叠率触发模式下，超过相机最快捕获速率的限制。一旦超出，用户可采用增加飞行高度，或降低飞行速度，或降低重叠率的方法来解决；设置航线时请查阅“4.4 航向重叠度与飞行器速高比约束关系”章节相关内容。

**警告**

1. 重叠率模式只会根据设置界面保存的参数计算拍照距离间隔，不会根据无人机实时飞行高度进行计算，所以无人机执行航线时的飞行高度必须和相机设置的飞行高度保持一致；（此飞行高度指相对无人机起飞点高度，不是绝对海拔高度）
2. 相机在相对起飞点高度高于 10 米为触发条件，请客户严格注意 WEB 中设定的飞行高度和实际飞行高度的匹配，否则影响内业预处理。

3.3.3 外部触发模式

- 1) 连接无人机飞控的触发输出配线与 PWM_IN 配线，连接无人机飞控的地线与任意一根 DGND 配线；
- 2) 自动捕获模式下拉菜单选择“外部触发”；
- 3) 下拉菜单包括 3 种触发设置，具体如下：

设置	说明
上升沿	相机根据脉冲的上升边沿触发拍照
下降沿	相机根据脉冲的下降边沿触发拍照
PWM	相机将从小于阈值转换到大于阈值的时刻触发



- 4) 设置完毕后保存确认；
- 5) 通过外部触发源校验相机正确响应外部触发信号。（可根据相机和 DLS 指示灯的绿色快闪判断相机正常响应）

**注意**

1. 请提前确定无人机飞控提供的触发信号类型，确保正确设置外部触发模式；
2. 若无人机飞控需要接受触发反馈信号，请将飞控的触发反馈配线与 PWM_OUT 配线连接，并使用高级设置的同步信号类型功能设置反馈信号类型；
3. PWM 触发方式还需要设置阈值时间 T，范围是 $0 < T < 20\text{ms}$ ，PWM 信号频率范围 50Hz-400Hz。
4. 通讯线缆的接口定义请查阅“6.2.3 通信接口”章节相关内容。

**警告**

如果触发信号的地与电源地不同，不得在相机处单点接地。

3.3.4 手动曝光模式

将自动触发模式设置为关闭后，将自动显示手动曝光模式选项；选择开启手动曝光模式并保存设置后，可在预览模式下调整多光谱或 RGB 通道的相对曝光量，具体操作请查阅“3.4 预览页面”章节相关内容。

**注意**

手动曝光模式仅推荐地基静态场景使用。

3.3.5 高级设置

高级设置菜单包括图像存储格式、存储设备格式化、DLS 信息、API 物理接口选择、同步信号类型、校准功能、成像模组信息、恢复出厂设置等功能。



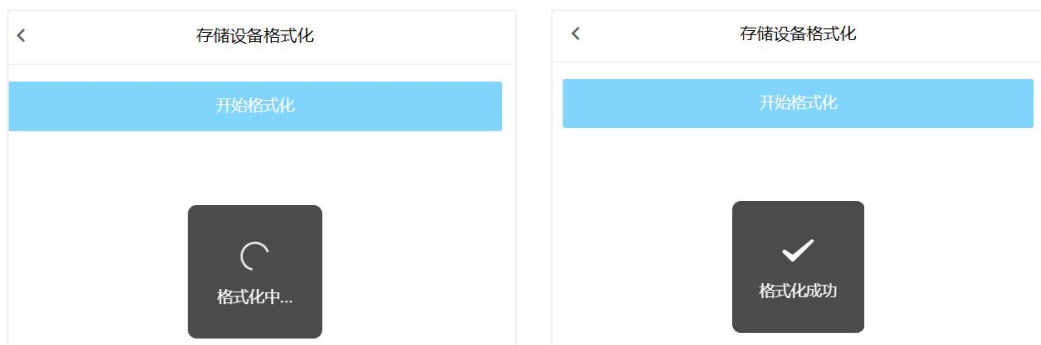
➤ 图像存储格式

可以设置相机保存的多光谱图像数据格式为 TIFF-16bit 或 REF-JPG；两种存储格式的存储方式和数据区别请查阅“4.7 文件存储”章节相关内容。



➤ 存储设备格式化

当 Micro SD 卡容量不满足使用或已满时，可通过该功能进行格式化。



过程中状态

完成状态

**警告**

- 1、执行存储设备格式化功能，将会清除 Micro SD 卡内所有内容，不可恢复。
- 2、使用电脑快速格式化容易更改 Micro SD 卡的格式，造成相机无法识别，不建议使用电脑快速格式化。

➤ DLS 信息

可通过该功能查看 DLS 的序列号和软件版本号。

**➤ API 物理接口选择**

相机的 API 功能可以通过串口或千兆网口实现，在选择千兆网口时，IP 地址可以手动配置，提交后重启相机生效，API 相关功能请查阅《API 功能快速入门_v2.0》，可登录官网或联系销售人员获取 yusense sdk 开发资料包。

**➤ 同步信号类型**

同步信号输出主要用于多台相机的级联触发或其他曝光同步需求，可以设置为上升沿、下降沿和 PWM 三种类型，其中上升沿触发时为 1ms 的正脉冲信号，下降沿触发时为 1ms 的负脉冲信号；设置为 PWM 时，触发脉宽阈值为 1.5ms。

级联触发相关内容请查阅“4.5 级联触发”章节相关内容。

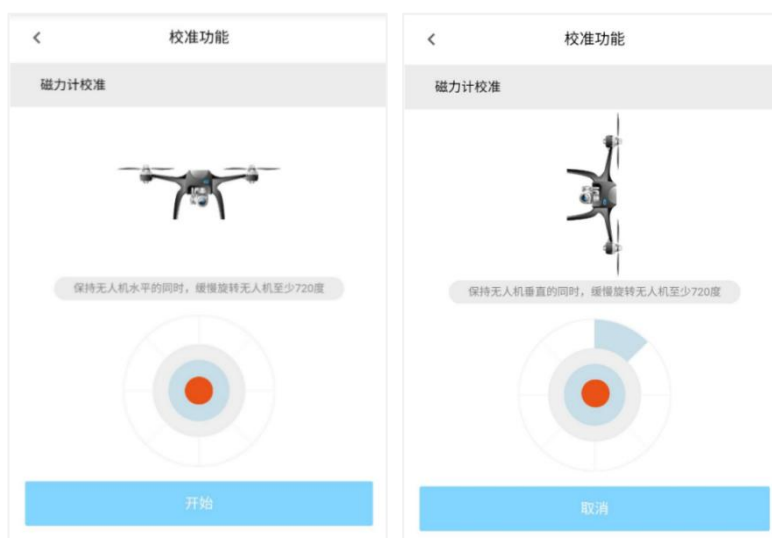


➤ 校准功能

当监控页面下的飞行方向与相机实际方向相差较大时,可通过该校准功能进行校准。建议多光谱相机安装到无人机上后再进行地磁校准。校准时,请确保周边没有金属和强磁场干扰。

地磁校准步骤如下:

- 1) 进入校准功能界面, 点击“开始”按钮进行地磁校准;
- 2) 首先进行水平校准模式, 水平朝一个方向缓慢旋转无人机至少 720° , 旋转的同时保持校准界面中的红色圆点不超出蓝色范围;
- 3) 当最外层白色圆圈的 8 个部分全部变成蓝色后, 水平校准完成, 进入竖直校准模式;
- 4) 竖直校准模式下, 首先按照界面中的提示竖直朝一个方向缓慢旋转无人机至少 720° , 旋转的同时保持校准界面中的红色圆点不超出绿色范围;
- 5) 当最外层白色圆圈的 8 个部分全部变成蓝色后, 磁力计校准完成。



注意

1. 校准完成后需要使用第三方指南针进行校验, 可对比主页上的“飞行方向”栏中的角度进行确认, 对应正北方向不应超过 $\pm 10^{\circ}$, 如果误差超过该值建议重新校准。
2. 地磁校准过程中, 设备禁止断电。
3. 相机方向 = 显示方向 + 90° 。

➤ 成像模组信息

点击“成像模组信息”选项, 可以看到有关于成像模组的具体信息。

成像模组信息

模组类型：MS401

模组编号：CD310222003

➤ 恢复出厂设置

点击恢复出厂设置按钮后，重新启动相机，自动捕获模式、图像存储格式等配置即可恢复至出厂默认状态，Micro SD 卡内数据不受影响。



3.4 预览页面

预览页面提供显示准实时刷新的图像，该页面主要辅助飞行前的灰板定标工作，也可以判断相机目前的成像角度和效果。

点击预览页面的“”可查看各成像通道的状态。

预览页面的图像和相机上对应通道的关系如下图所示：



3.4.1 预览功能

当切换到该页面时，预览使能按键默认为“”，当点击启动后变为“”，将会在预览区域看到对应选通开关“ RGB  多光谱”的多光谱或 RGB 通道近似实时的图像（约 2 帧/秒），同时右上角的刷新计数将会不断累计更新。

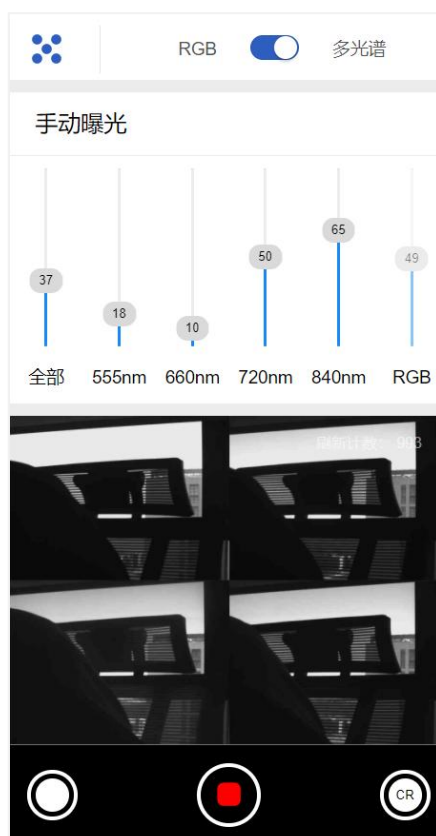


多光谱预览

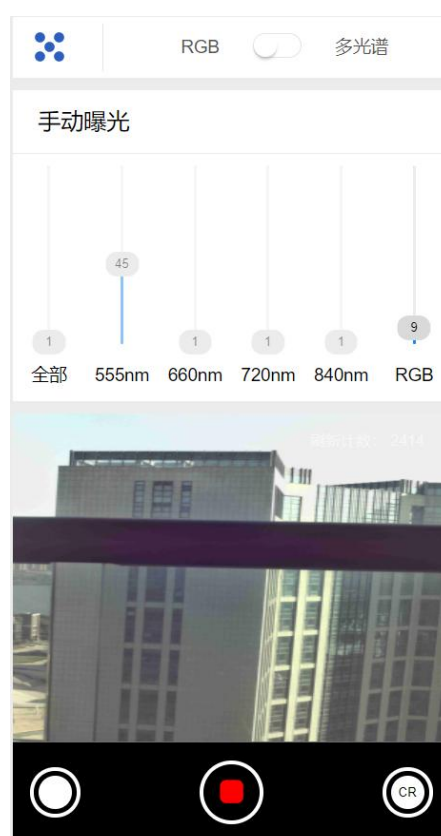


RGB 预览

当设置为手动曝光模式时，可在预览页面下灵活调整 RGB 或多光谱通道的相对曝光量以达到合适的曝光。



多光谱通道手动曝光调节



RGB 通道手动曝光调节

**注意**

1. 未插存储卡或者存储卡写满时，不能进行预览；
2. 设置完任意自动捕获模式后，切换预览页面并开启预览使能按键，将自动暂停之

前设置的自动捕获模式，退出预览模式后，自动恢复之前设置的自动捕获模式；

3. 动态成像使用场景请避免使用手动曝光模式；

4. 手动曝光调节的是相对曝光量，具体的曝光参数需要到实际拍摄存储的图像文件 XMP 信息中查看。

3.4.2 预览过程中的触发拍照

在预览过程中可进行触发拍照，触发拍照按键等同于机械快门按键，未拍照时为“”，拍照过程中图标变暗为“”，结束后恢复为“”，并提示拍照成功。



注意

1. 预览拍照必须在打开预览模式的情况下才能操作；

2. 因多光谱图像传感器的长宽比特殊，对应的预览显示比例略有失真，不影响实际获取的图像。

3.4.3 自动灰板拍摄功能

当选择 REF-JPG 图像存储格式时，拍摄前必须执行自动灰板拍摄，否则不会生成反射率数据或者反射率数据不准确。

在预览过程中，点击“”按钮开始进入自动灰板拍摄模式，同时弹出“已打开自动灰板拍摄功能”提示，此时相机处于自动灰板拍摄模式；此时再次点击“”图标关闭自动灰板拍摄模式，同时弹出“自动灰板拍摄功能关闭”提示。



自动灰板拍摄过程中，调整相机的位置，使灰板和二维码全部处于每个通道的视野中，等待一段时间，当提示“灰板自动拍摄成功”时，说明拍摄灰板成功

并退出自动灰板拍摄模式；当提示“灰板自动拍摄失败”时，说明未成功拍摄灰板，并退出自动灰板拍摄模式，需要重新进行灰板拍摄工作。

3.5 规划页面

该页面提供了简单的飞行任务规划和评估功能。飞行前估计器作为评估飞行任务的计算器工具，输入任务参数，按“计算”键可显示计算结果。飞行后可使用 KML 下载功能，将 KML 文件导入移动设备的地图 APP 中，可以查看航点，用于判断航点是否均匀、是否存在漏拍等。

The screenshot shows the '飞行前预估器' (Flight Pre-estimator) interface. At the top is a navigation bar with icons for '监控' (Monitor), '设置' (Settings), '预览' (Preview), and '规划' (Planning). Below the title bar is a section for '任务参数输入' (Task Parameter Input) with the following fields:

参数名称	输入值	单位/选项
飞行高度	120	m
飞行速度	6	m/s
飞行面积	10000	m ²
航向重叠率	80	%
旁向重叠率	70	%
图像存储格式	tif16	

Below the input fields are two large blue buttons: '计算' (Calculate) and 'KML 下载' (Download KML). At the bottom, there is a status bar showing '相机状态' (Camera Status) and 'GPS信号质量差' (Poor GPS signal quality).

计算结果可以得到飞行时间、图像幅宽、捕获次数和所需存储容量等预估值。

计算结果	
照片高度	79.7 m
照片宽度	67.3 m
拍摄距离间隔	15.9 m
拍摄时间间隔	2.7 s
飞行时间	83.3 s
拍摄次数	24
拍摄照片张数	120 张
需要的存储容量	0.2 GB



注意

飞行前估计器的评估结果仅供参考，请根据实际情况和使用经验判断。

4. 采集数据

4.1 数据采集前检查

在使用 MS400 系列多光谱相机拍照采集数据前，请确认以下工作已完成：

- 1) 确保相机的箭头和 DLS 模块的箭头所指方向与飞行方向保持一致；
- 2) 确保 DLS 线缆双凹槽/白点朝上；
- 3) 飞行前请保证相机镜头窗口的清洁；
- 4) 确保 GPS 模块接收的信号质量良好；
- 5) 确认图像存储格式；

6) 已拍摄灰板，TIFF 格式可以使用自动灰板拍摄和手动拍摄两种方式，JPG 格式必须使用自动灰板标定；

- 7) 已设置触发模式。

4.2 灰板拍摄

若需要获取精确的反射率数据，每次飞行前后应立即通过灰板进行标定，且灰板不过曝或响应过低。灰板拍摄步骤如下：

- 1) 打开灰板盒，放置于平整地面，使灰板完全暴露在阳光下；
- 2) 使多光谱相机平稳处于灰板正上方的 80cm 处，确保无阴影或其他障碍物遮挡灰板；

3) 打开 web 配置中的预览页面，开始预览，调整相机的位置，使灰板和二维码全部处于每个通道的视野中，点击“”按钮，等待一段时间，当提示“灰板自动拍摄成功”时，说明拍摄灰板成功并退出自动灰板拍摄模式；当提示“灰板自动拍摄失败”时，说明未成功拍摄灰板并退出自动灰板拍摄模式，需要重新进行灰板拍摄工作；

4) 若自动灰板拍摄一直失败，需要点击触发拍摄按钮“”手动拍摄灰板，使用预览拍照功能，调整相机的位置使灰板处于每个通道的视野中，可以参考自动灰板拍摄模式下预览窗口中灰板的位置，拍摄完成后会提示“拍照成功”，没有“灰板自动拍摄成功”的提示。



注意

1. 需使用出厂标配的灰板盒，自动灰板拍摄需识别灰板盒上的二维码。

2. 需在外部光线充足的情况下使用自动灰板拍摄功能，阴天情况下建议使用手动方式拍摄灰板；
3. TIFF 格式可以选择自动拍摄和手动拍摄两种方式，JPG 格式必须使用自动拍摄；
4. 可扫描灰板盒背面的二维码获取全部通道的灰板反射率数值；

4.3 数据采集建议

为了使用 MS400 系列通用型多光谱相机更加有效精确的采集多光谱图像数据，当规划航线触发拍摄时，有以下建议可以参考：

- 1) 航向重叠率建议为 80%，旁向重叠率建议为 70%；
- 2) 至少有 1 条航线超出规划飞行采集区域的边缘，以确保边缘数据的有效获取；
- 3) 确保相机视轴天顶 10° 范围内变化，并垂直地面，为了更高精度的获取可使用具备垂直下视功能的云台；
- 4) 若需要精确的反射率数据，每次飞行前后应立即通过灰板进行标定，且灰板不过曝或响应过低；
- 5) 建议在天气晴朗的条件下进行数据采集，为了更好的数据结果建议在当地正午时间前后 2.5 小时内进行数据采集，涉及水面除外，避免太阳耀斑影响；
- 6) 在进行包含水域场景的多光谱图像数据采集作业时，需避免太阳耀斑现象，为此数据采集时间尽量避开当地正午时间，建议在太阳高度角稍降低后飞行采集。进行水域拍摄且有拼接需求时，建议至少一条航线的影像中陆地面积占比不低于 $2/3$ ；
- 7) 在进行农作物多光谱图像数据采集作业时，为了获取农作物的高度信息，建议垂直农作物种植垄的方向规划飞行采集；
- 8) 如果规划的飞行区域面积较大而需要多架次采集，建议前后两次飞行要保证至少 1 条航线的重叠区间；
- 9) 建议避开大量动态目标的场景使用。

4.4 航向重叠度与飞行器速高比约束关系

MS400 系列多光谱相机最小拍摄间隔为 1 秒，拍摄间隔小于该值会发生漏拍现象，为避免出现此情况进行航线设置时可参考下表。

飞行高度(m)	航向重叠度(%)	最高飞行速度(m/s)	多光谱 地面分辨率(cm/pixel)	多光谱 成像幅宽 (m×m)
80	80	8.9	4.16	45×53

100	80	11.2	5.2	56×67
120	80	13.4	6.23	67×80
150	80	16.8	7.8	84×100
200	80	22.4	10.38	112×133

**注意**

1. 上表中的飞行速度指的是相对地面的速度，飞行高度是指无人机的航线高度，一般是相对于起飞点的高度。
2. 使用保存 REF-JPG 格式时，需要保证拍照间隔时间 $\geq 5s$ ，以免造成拍照异常。
3. 最高飞行速度为理论值，实际作业场景中需要充分考虑存储介质性能衰减、飞机性能与环境风速等情况，适当降低飞行速度。

4.5 级联触发

级联触发主要用于 2 台及以上多光谱相机的同步拍摄。

使用级联触发时把相机分为 1 台主相机和若干台从相机 2 个部分，主相机的同步信号输出 PWM_OUT 引脚与从相机的 PWM_IN 引脚连接，同时把主从相机的 GND 连接在一起；主相机首先配置好同步信号类型（详见 3.3.4 中同步信号类型），然后按照正常流程设置拍摄模式；从相机设置为外部触发模式，触发信号类型与主相机的同步信号类型保持一致（当信号类型为 PWM 时，时间阈值设为 1.5ms），设置完成后执行任务，主相机拍摄时会同步触发所有的从相机拍照，主从相机触发时间间隔小于 1ms。

**注意**

为保证后期数据处理效果，在无人机平台挂载多台多光谱相机使用级联触发时，需要保证多台相机的刚性安装连接。

4.6 Ysense Net

Ysense Net 是一款用于地基多光谱成像监测终端管理的应用软件，支持多台 MS400G 地基多光谱相机的独立或组网使用，可实现终端的参数配置、原始数据采集、传输和分析，满足远程可视化监测、植物表型研究、物候观测等应用需求。具体使用请查阅《Ysense Net 用户手册》。

4.7 文件存储

每次相机上电后，在首次触发拍照时会自动在存储卡内新建“IMG_REF_XXX”、“IMG_SET_XXX”两个文件夹，RGB 影像和多光谱影像将根据设置的存储格式自动存储到对应的文件夹（REF 文件夹存储 REF-JPG 格式，SET 文

件夹存储 TIFF 格式），若文件夹未做删除，每次重新上电触发拍照建立的文件夹名称序号将依次增加。

使用自动灰板拍摄功能拍摄的灰板图片仅存储多光谱通道，图像将以“MS400_XXXX_(greyboard)XXXnm.tif”的形式存储在“IMG_SET_XXX”文件夹内；手动拍摄的灰板图片为触发拍照，不会另做区分。

1) TIFF-16bit

每次触发将会在“IMG_SET_XXX”文件夹内建立 5 个图像文件，多光谱和 RGB 照片文件将以“MS400_XXXX_XXXnm.tif”和“MS400_XXXX_RGB.jpg”的形式存储，每个文件夹可存储 1000 组文件，当拍摄次数超出 1000 次时，会新建文件夹存储，文件序号续上一个文件夹。

名称	修改日期	类型	大小
 MS400_0001_555nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0001_660nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0001_720nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0001_840nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0001_RGB	2021/7/23 16:06	JPG 图片文件	4,624 KB
 MS400_0002_555nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0002_660nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0002_720nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0002_840nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0002_RGB	2021/7/23 16:06	JPG 图片文件	4,628 KB
 MS400_0003_555nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0003_660nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0003_720nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0003_840nm	2021/7/23 16:06	TIF 图片文件	2,705 KB
 MS400_0003_RGB	2021/7/23 16:06	JPG 图片文件	4,630 KB

当选择 TIFF 存储格式时，每张多光谱影像的数据量为 2705KB，影像量化位数为 12bit，包含 1080×1280 像元信息，元数据以 EXIF、XMP 格式存在每个文件中；

2) REF-JPG

每次触发拍照将会在“IMG_REF_XXX”文件夹内建立 5 个图像文件，多光谱图像和 RGB 图像将分别以“MS400_XXXX_XXXnm”和“MS400_XXXX_RGB”的形式命名，每张多光谱影像的数据量一般不会超过 500KB，影像量化位数为 8bit，元数据以 EXIF、XMP 格式存在每个文件中。



注意

1. TIFF 格式存储 DN 值信息，记录传感器响应灰度值，REF-JPG 格式存储反射率信息，反映地物本身反射特性。
2. 由于 JPG 格式为有损压缩，JPG 格式记录的反射率数据与 TIFF 格式计算的反射率数据存在一定误差，误差范围在 10% 以内。
3. TIFF 格式的影像量化位数为 12bit，JPG 格式的影像量化位数为 8bit。

**警告**

1. 保存 JPG 格式反射率数据时，执行拍摄任务之前必须先进行自动灰板拍摄，且保证灰板区域完整、不过曝，否则会造成反射率数据不准确或者无法生成反射率数据。
2. 由于 JPG 格式为机上实时计算反射率，会占用相机部分算力，降低运行性能，需要保证拍照间隔 $\geq 5s$ ，否则存在数据漏存的隐患。
3. 数据处理仅支持 Ysense Map。

5. 固件升级

请关注公司官网、公众号，将不定时推出有关于 MS400 系列多光谱相机的产品固件升级信息，您也可以通过联系销售人员或在经销商处获得产品的固件升级信息。

升级过程步骤如下：

- 1) 确保 DLS 与相机正确连接；
- 2) 将升级包文件(.bin 格式)拷贝到存储卡根目录下；
- 3) 相机电源为关闭状态，插入存储卡；
- 4) 相机上电开机开始自动升级；
- 5) 升级过程中，相机状态灯蓝色闪烁；
- 6) 升级成功后，相机/DLS 状态灯变为绿色常亮；如果升级失败，状态灯变为红色常亮，重复步骤 4) 直至升级成功，若多次仍无法升级成功，请联系公司技术支持；
- 7) 升级完成后需重启相机，在 WEB 页面查看固件版本号，确认升级成功。

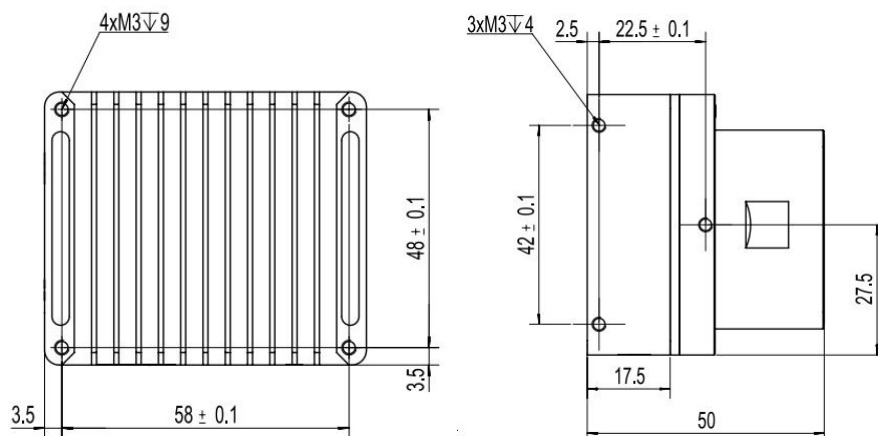
**注意**

1. 严禁将 2 个及以上不同版本的升级包放在同一张存储卡内；
2. 在固件升级后，重新使用移动端 WEB 页面配置设备时，建议清除浏览器的缓存。

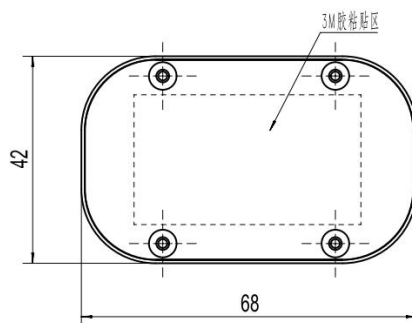
6. 安装和接口定义

6.1 机械接口

MS400 系列主机底部和侧面分别有 4 个和 3 个 M3 的螺钉孔用于固定安装。



DLS 模块尺寸如图所示，可通过 3M 胶与无人机粘接固定。



注意

1. 保证相机的所有表面有空气对流，对于散热是非常必要的；相机在安装到无人机上时注意不要完全覆盖或隔离相机的安装面。
2. DLS 安装时需保证水平放置，半球空间内无遮挡。

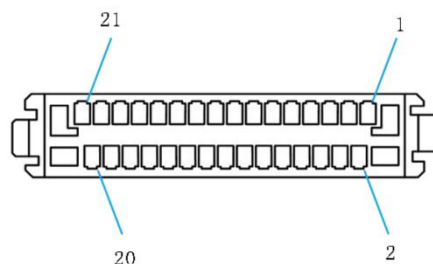
6.2 电气接口

6.2.1 主机接口

MS400 系列相机连接器说明见下表所示。

MS400 系列相机连接器说明		
序号	名称	功能
1	21Pin 外部接线连接器	电源、触发、DLS 供电与通信、串口 API 等功能
2	USB2.0 插座	WiFi 功能，用于配置相机、状态查看等
3	RJ45 接口	网口 API 功能
4	MicroSD 插槽	TF 卡数据存储

外部接线连接器定义如下图所示。



连接器名称：外部接线连接器			
节点	定义	说明	描述
1-3	PWR_IN	外部供电电源 （红色）	相机输入电压 9VDC-26VDC@典型 12VDC 平均 5W，峰值 7W（包含外部 DLS 模块）
4-6	PWR_GND	外部供电地 （黑色）	
7	SYNC	同步触发输出	标准电压：5VDC
8	PWM_IN	外部触发输入	标准电压：3.3VDC; 输入电压范围：3.3VDC-5.0VDC; 典型输入电流：10mA PWM 信号频率范围 50Hz-400Hz
9	NC	保留	-
10	NC	保留	-
11	NET_TRXP0	百兆网线	568B-橙白
12	NET_TRXN0		568B-橙
13	NET_TRXP1		568B-绿白
14	NET_TRXN1		568B-绿
15	GND	信号地	-
16	UART1_TXD	API 串口 TTL	相机端发送
17	UART1_RXD		相机端接收
18	UART2_TXD	DLS 串口 TTL	相机端发送
19	UART2_RXD		相机端接收
20	5V	外部 DLS 供电	最大电流≤500mA
21	GND	信号地	
型号规格			
连接器型号		SM21B-SHLVS-G-TB	
适配连接器插头		SHLVP-21V-S-1 建议 AWG28 导线	

**警告**

如果触发信号的地与电源地不同，不得在相机处单点接地。

6.2.2 DLS 接口

MS400 系列的 DLS 有 2 个外部连接器接口，分别为相机连接接口、第三方 GPS 连接接口；DLS 内置 Ublox M8N GPS 模块，默认情况下不需要连接第三方 GPS 模块。

支持符合 NMEA-0183 协议的 UBLOX M8N 第三方 GPS 模块，GPS 模块插在 EXT 接口上，这时 DLS 会自动切换为使用第三方 GPS 模块；推荐使用雷迅 UBLOX M8N GPS 模块 Pixhawk 版本（非 Pixhawk 版本）。

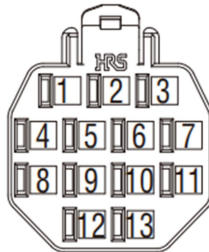


连接器名称：CAM（相机连接接口）				
A 面	定义	B 面	定义	描述
A1	GND	B1	GND	信号/电源地
A2	NC	B2	NC	-
A3	NC	B3	NC	-
A4	VCC	B4	VCC	DLS 供电，5V
A5	RXD	B5	NC	3.3V 电平 UART
A6	NC	B6	NC	-
A7	NC	B7	NC	-
A8	TXD	B8	NC	3.3V 电平 UART
A9	VCC	B9	VCC	DLS 供电，5V
A10	NC	B10	NC	-
A11	NC	B11	NC	-
A12	GND	B12	GND	信号/电源地
型号规格				
连接器型号		Type-C		
适配连接器插头		Type-C		



连接器名称：EXT（第三方 GPS 连接接口）		
节点	信号	描述
1	NC	NC
2	NC	NC
3	UART1-TX	3.3V UART
4	UART1-RX	3.3V UART
5	5VDC	输出给 GPS 供电，≤500mA
6	GND	信号/电源地
型号规格		
连接器型号	SM06B-GHS-TB	
适配连接器插头	GHR-6V-S 建议 AWG28 导线	

6.2.3 通信接口



线对线接插件名称：触发+串口+网口通信		
节点	信号	描述
1	SYNC	同步触发输出，5V
2	NC	-
3	NET_TRXP1	百兆网线：568B-绿白
4	PWM_IN	外部触发输入
5	NC	-
6	NET_TRXP0	百兆网线：568B-橙白
7	GND	信号地
8	NET_TRXN0	百兆网线：568B-橙
9	NET_TRXN1	百兆网线：568B-绿
10	UART_TXD	相机 API 串口发送 TTL
11	UART_RXD	相机 API 串口接收 TTL
12	NC	-
13	NC	-

型号规格	
连接器型号	DF62B-13EP-2.2C
适配连接器插头	DF62B-13S-2.2C 建议 AWG28 导线

7. 参数说明

基本参数表

总体参数	
产品名称	MS400 系列
尺寸	55mm×65mm×50mm
重量	总重: 215g; 相机: 170g; DLS: 43g; WiFi 模块: 2g
功耗	平均 5W, 峰值 7W (包含 DLS 模块)
相机参数	
传感器类型	CMOS
快门类型	多光谱: 全局, RGB: 卷帘
靶面尺寸	多光谱: 1/4", RGB: 1/4"
视场角	多光谱: 31.32°×36.76°, RGB: 28.66°×37.57°
焦距	多光谱: 5.2mm, RGB: 5.4mm
光圈	多光谱: F/2.2, RGB: F/2.5
有效像素	多光谱: 1.30Mpx, RGB: 8.0Mpx
像元尺寸	多光谱: 2.7μm, RGB: 1.12μm
图片分辨率	多光谱: 1080H×1280V, RGB: 2464H×3280V
传感器尺寸	多光谱: 2.92mm×3.46mm, RGB: 2.76mm×3.67mm
照片格式	多光谱: 16bit 原始 TIFF & 8bit 反射率 JPEG, RGB: 8bit JPEG
地面像元分辨率	多光谱: 6.23cm@h=120m, RGB: 2.49cm@h=120m
典型幅宽	多光谱: 67m×80m@h=120m, RGB: 61m×82m@h=120m
最大捕获速率	TIFF-16bit : 1 秒/所有通道, REF-JPG : 5 秒/所有通道
存储介质规格	标配 64G micro SD 卡 最大支持 64 GB, 传输速度达到 UHS-I Speed Class 3 (U3)评级
环境参数	
工作环境温度	-10℃ ~+50℃ (相对风速≥1m/s)
储存环境温度	-30℃ ~+70℃

MS400 系列的多光谱通道提供 18 种可选的波段配置, 具体见下表所示。

波段配置表

TIFF 内波段名称	中心波长典型值	带宽(FWHM)典型值
蓝色(blue)	410nm	35nm
蓝色(blue)	450nm	30nm
绿色(green)	490nm	25nm
绿色(green)	530nm	27nm
绿色(green)	555nm*	27nm
黄色(yellow)	570nm	32.5nm
橙色(orange)	610nm	30nm
红色(red)	650nm	27nm
红色(red)	660nm*	22nm
红色(red)	680nm	25nm

红边(red edge)	<u>720nm(窄带)*</u>	10nm
红边(red edge)	720nm(高通)	15nm
红边(red edge LP)	750nm	10nm
近红外(near infrared)	780nm	13nm
近红外(near infrared)	800nm	35nm
近红外(near infrared)	<u>840nm*</u>	30nm
近红外(near infrared)	900nm	35nm
近红外(near infrared)	940nm	30nm

*——表示 MS400 系列相机默认波段

结束页

我们始终追求“所见即所得”的产品目标！

我们始终追求“让每一个用户用得起，用得好”的客户体验！

FC RoHS CE



©2025 长光禹辰信息技术与装备（青岛）有限公司

如有其他技术问题，请联系我们：

support@yusense.com.cn

