飞图 FLYTOUAV

飞图科技 SABER 无人机

使用手册

广州飞图信息科技有限公司

www.flytouav.com

飞图无人驾驶航空系统
及航测外业机长技能要求

2017-4-13

飞图 FLYTOUAV

Part2：无人机概述

按升力方式分类

优劣势对比

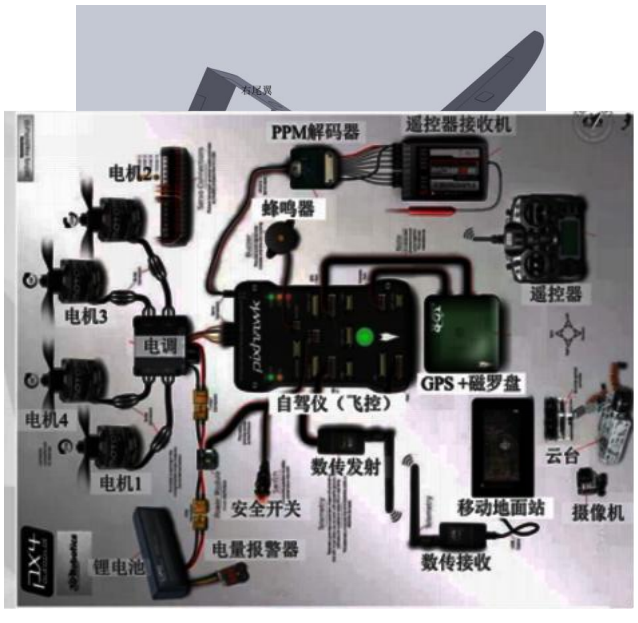
项目	直升机	多旋翼	固定翼	混合翼
续航时间	短	很短	长	长
速度	慢	慢	快	快
起降条件	垂直起降	垂直起降	需起降空域	垂直起降
悬停	可	可	不可	短时悬停
结构	极其复杂	简单	一般	一般
负载能力	一般	弱	强	一般

Part3：航飞外业机长技能要求

基础理论要求

一、无人机系统构成

1. 飞行平台—c型简介，部件与升力装置/稳定装置
2. 动力装置—电池、电机与电调
3. 传感器与飞控—GPs与罗盘、气压传感器、加速度传感器、角速度传感器飞控
4. 电气系统—各系统配电模块
5. 任务设备—航测模块、监控模块
6. 显示系统---地面控制站
7. 操纵系统---遥控器、地面站控制模块
8. 通信链路
9. 原则：全面维护、磁罗盘防磁化



基础理论要求

二、空气动力学/流体力学基础

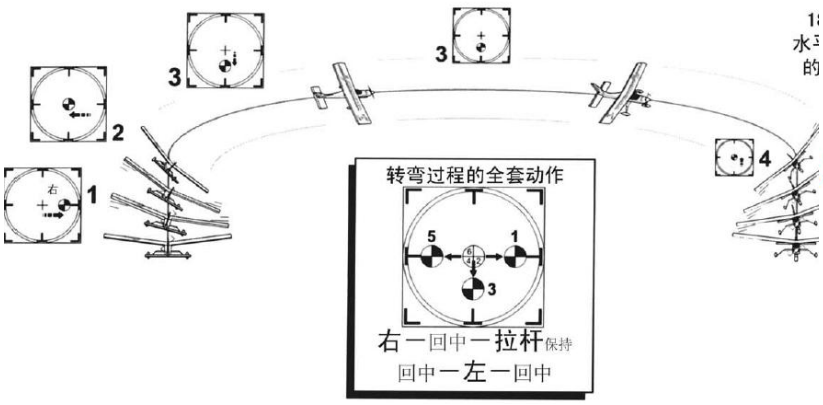
1. 机翼与螺旋桨升力—升力原理
2. 高度、速度、雷诺数与升力关系
3. 控制原理与舵面
4. 迎角与失速
5. 重心与飞行稳定性/配平与阻力
6. 风速、空速（真空速、制式空速）、地速
7. 速度、阻力与飞行功率/航时
8. 原则：禁止进入12度以上迎角、地速=空速+-风速、速度平方关系 、失速改出：推油推杆

基础理论要求

飞图 FLYTOUAV

三、飞行基础

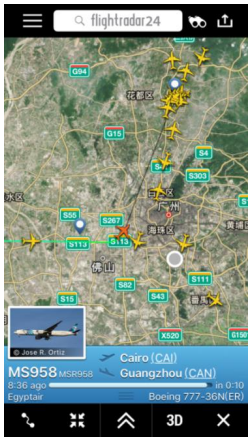
1. 遥控器的使用/双指捏杆、手不离杆、轻柔打舵、宁欠不过
2. 多旋翼4面悬停、4边航线
3. 固定翼4边航线及5边起降/对航向、进近、短距进近、
4. 混合翼飞行/飞行转换与风向：逆风、侧风、顺风悬停对升力的影响
5. 原则：想象自己坐在飞机上/逆风起降

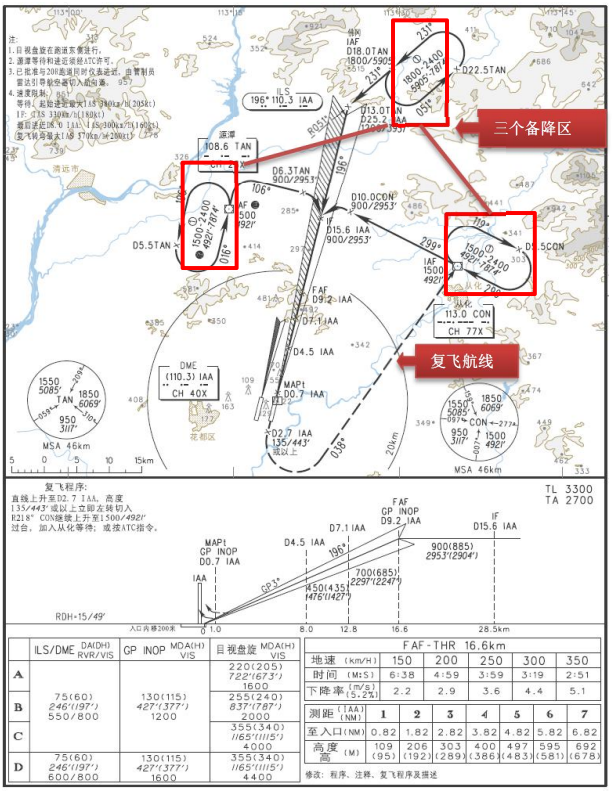


基础理论要求

四、空域与民航法规

1. 判读吉普森航图
2. Flighttradar24的使用
3. 禁飞区域
4. 《民用无人驾驶航空器系统驾驶员管理暂行规定》

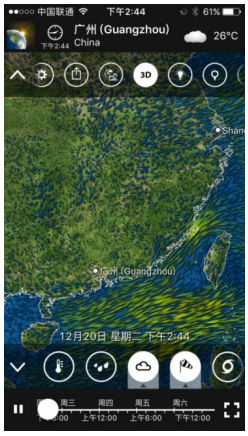


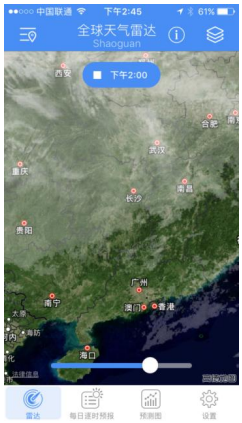


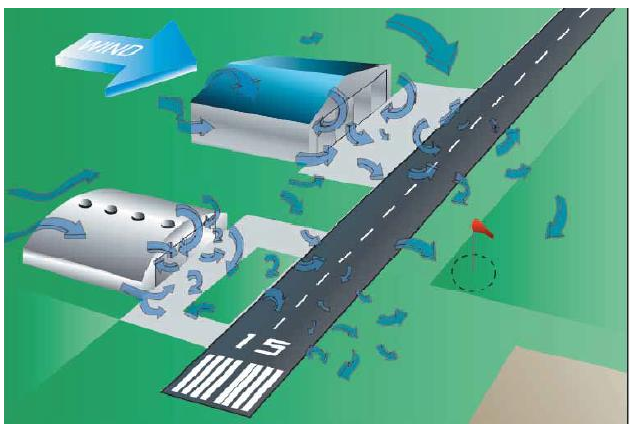
基础理论要求

五、气象与地形

1. 气流对飞行的影响—上升气流、下沉气流、风向与航线/航时
2. 收集和处理气象资料
3. 地形与小气象环境/地形与气流压缩/湍流与风切变/失速
4. 原则：功课不足，禁止起飞

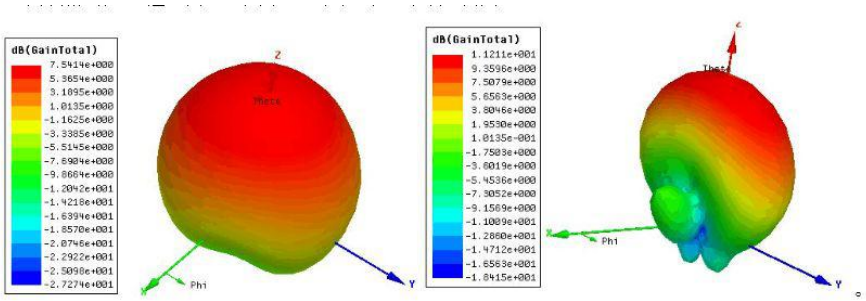






六、通信链路

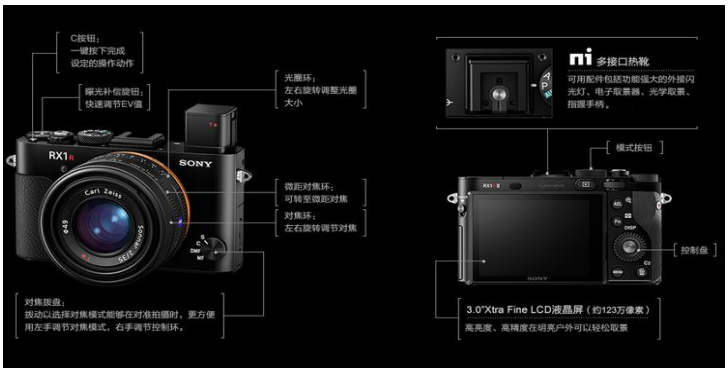
1. 天线（分类、频率、增益、波瓣、驻波比及匹配）
2. 数字电台的使用
3. 天线架设原则/通视/波瓣指向



基础理论要求

七、任务设备（相机）的使用

1. 合格照片的标准（对焦清晰、曝光准确、真实还原色彩）
2. 分辨率、像素、像元
3. 镜头、焦距、畸变及相机检校
4. 影响成像的要素：
   - Cmos
   - 光圈
   - 快门
   - ISO
   - 白平衡
   - 对焦
5. 曝光补偿及补偿原则/白加黑减



原则：最优光圈、准确曝光、对焦清晰

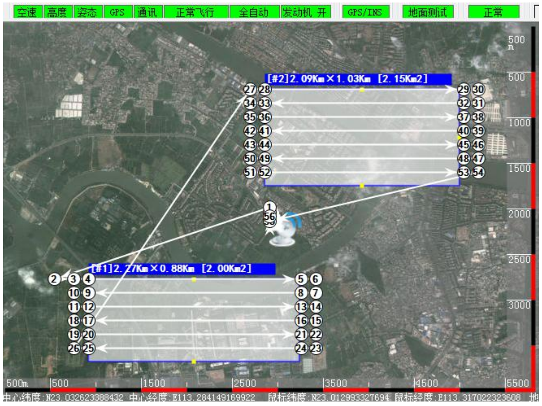
常用设置：

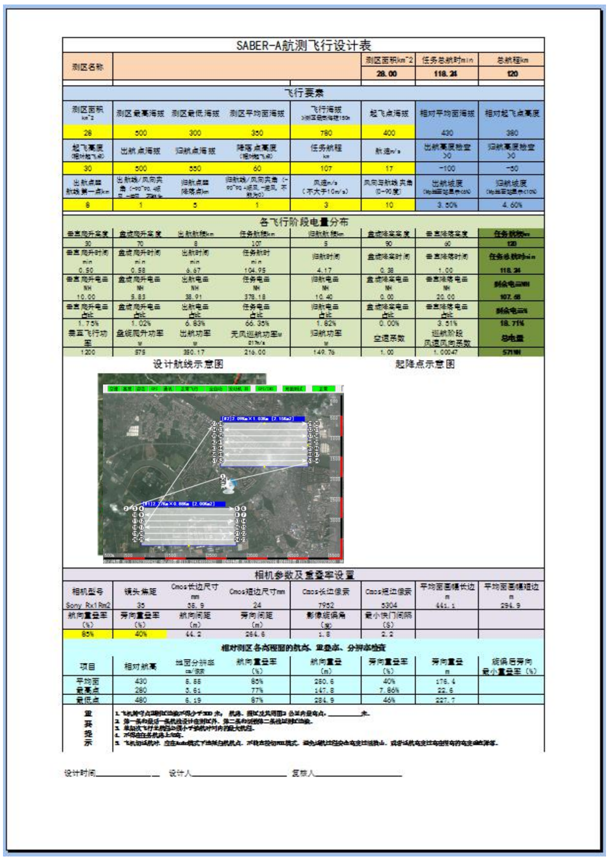
作业程序要求

飞图FLYTOUAV

一、任务规划

1. 基本任务流程
2. 地面控制站使用
3. 规划航线
4. 仿真检查飞行任务计划
5. 任务设计书





SABER-A航测飞行设计表

测区名称		测区面积km^2	任务总航时min	总航程km
		28.00	118.24	120

飞行要素

测区面积km^2	测区最高海拔	测区最低海拔	测区平均面海拔	飞行海拔	起飞点海拔	相对平均面海拔	相对起飞点高度
28	500	300	350	780	400	430	380
起飞高度(相对起飞点)	出航点海拔	归航点海拔	降落点高度(相对起飞点)	任务航程km	航速m/s	出航高度检查>0	归航高度检查>0
30	500	550	60	107	17	-100	-50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角	归航点距降落点km	归航线/风向夹角	风速m/s(不大于10m/s)	风向与航线夹角(0-90度)	出航坡度	归航坡度
8	1	5	1	3	10	3.50%	4.60%

各飞行阶段电量分布

垂直爬升高度	盘旋爬升高度	出航航程km	任务航程km	归航航程km	盘旋降落高度	垂直降落高度	任务航程km
30	70	8	107	5	90	60	120
垂直爬升时间min	盘旋爬升时间min	出航时间min	任务航时min	归航时间	盘旋降落时间	垂直降落时间	任务总航时min
0.50	0.58	6.67	104.95	4.17	0.38	1.00	118.24
垂直爬升电量MH	盘旋爬升电量MH	出航电量MH	任务电量MH	归航电量MH	盘旋降落电量MH	垂直降落电量MH	剩余电量MH
10.00	5.83	38.91	378.18	10.40	0.00	20.00	107.68
垂直爬升电量占比	盘旋爬升电量占比	出航电量占比	任务电量占比	归航电量占比	盘旋降落电量占比	垂直降落电量占比	剩余电量%
1.75%	1.02%	6.83%	66.35%	1.82%	0.00%	3.51%	18.71%
垂直飞行功率	盘旋爬升功率w	出航功率w	无风巡航功率w@17m/s	归航功率w	空速系数	巡航阶段风速风向系数	总电量
1200	575	350.17	216.00	149.76	1.00	1.00047	571MH

设计航线示意图　起降点示意图

相机参数及重叠率设置

相机型号	镜头焦距	Cmos长边尺寸mm	Cmos短边尺寸mm	Cmos长边像素	Cmos短边像素	平均面画幅长边m	平均面画幅短边m
Sony Rx1Rm2	35	35.9	24	7952	5304	441.1	294.9
航向重叠率(%)	旁向重叠率(%)	航向间距(m)	旁向间距(m)	影像旋偏角(度)	最小快门间隔(S)		
85%	40%	44.2	264.6	1.8	2.2		

相对测区各高程面的航高、重叠率、分辨率检查

项目	相对航高	地面分辨率cm/像素	航向重叠率(%)	航向重叠(m)	旁向重叠率(%)	旁向重叠m	旋偏后旁向最小重叠率(%)
平均面	430	5.55	85%	260.6	40%	176.4	
最高点	280	3.61	77%	147.8	7.86%	22.6	
最低点	480	6.19	87%	284.9	46%	227.7	

重要提示：1. [illegible] 2. [illegible] 3. [illegible] 4. [illegible] 5. [illegible]

设计时间______ 设计人______ 复核人______

作业程序要求

飞图FLYTOUAV

二、地勤程序

1. 设备清点程序
2. 电池充电及维护程序
3. 载具维护程序
4. 通勤规划

设备清点程序

	设备名	型号	数量		型号	数量
电池	动力电池			机载设备电池		
	相机电池			遥控器发射电池		
	电脑外挂电池			其他设备电池		
作业机	左机翼			左机翼（备用）		
	右机翼			右机翼（备用）		
	机身			机身（备用）		
	尾翼			尾翼（备用）		
	机身安装固定螺丝			机身安装固定螺丝（备用）		
机载设备	相机+电池			SD卡		
	镜头					

电池充电

部件

左机翼

右机翼

舵机延长线有无松动	长期拉扯容易拉开舵机延长线插头
舵机插头是否可靠	测试时连接舵机Y线母头检查，舵机插头多次插拔后会变松接触不再可靠，如发现插接不稳固需更换

作业程序要求

三、航飞作业程序

1. 考察现场要素
2. 安全检查程序
3. 飞行控制命令
4. 执飞注意事项

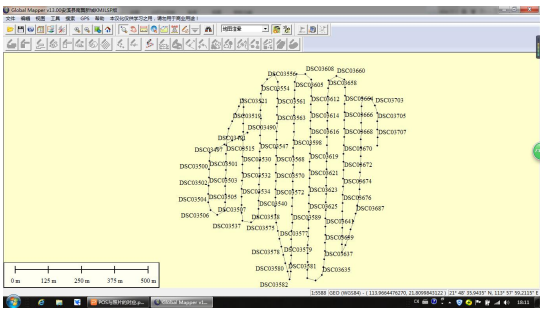
飞 行 检 查 记 录

飞行地点：		任务性质：	年 月 日 时					
设备名称	无人机	遥控器	弹射架	有	无	说明	地勤确认	飞控手二次确认
编号								
设计数据	总航程	单架次总航程： （km）； 须小于续航时间内能达到的最大航程						
	飞行高度	设计海拔高： 起飞点海拔高(m)； 相对起飞点的飞行高(m)；						
	航路点	各航点高度正确、 沿线飞、 航点须高于周围最高点 200 米以上						
	出、归航高度	出航和归航 （m），须高于周围及航路上最高点 200 米以上						
通电检查	遥 控 器	电池电量（v）；						
	信号干扰	舵机等有无被干扰； 天线不伸出。遥控距离： 米（应大于 30 米）						
	遥控响应	遥控器所有通道控制正常； 舵向、舵量响应正确 RTL和 AUTO 控制切换正常						
	数据传输链路	数据传输正常； 信号强度						
	GPS 定位	GPS 定位正常； 3D 定位； 卫星数量；						
	传感器静态	机体不动，陀螺零点正确； 地平仪显示正确						
	传感器响应	转动飞机，航向、横滚、俯仰响应正确，陀螺、加速度数据变化正确						
	航点上传	飞控接收正常； 下传航点数据，观察是否所有航点						
	曝光控制	等间距曝光； 曝光间隔： （m）						
	空速传感器	捏住空速管，空速清零； 堵住空速管加压，观察空速变化（应是增加）						
	相机控制	监控站发送拍摄指令，相机响应正确						
看手检查	飞控传感器	启动发动机，在整个转速范围内，各传感器数据跳动在正常范围内						
	舵面中立	各舵面中立位置正确，否则用遥控器调整； 舵向、舵量正确响应						
	电机响应	电机转动正常，无异常抖动						
	转 速	最大转速： 是否符合要求；						
	再次检查，	相机是否开机						
	起飞方式：	起飞时间： 降落时间： 飞行时间：						

作业程序要求

四、外业成果移交程序

1. 照片原片成像质量检查
2. POS信息导出及检查
3. 成果整理格式及文件夹命名要求



CZ-06-04

航 摄 成 果 汇 总 表

项目名称： 项目执行时间： 年 月 日～ 年 月 日

序号	摄区名称	文件夹编号	航线编号	航线首、尾影像编号	航片数	面积（Km²）
合 计						
说明：						

30

飞行技能要求

一、多旋翼基础飞行技能要求

1、多旋翼4面悬停漂移范围小于0.5m，高度漂移小于0.1m；

2、多旋翼完成4边航线及水平8字；

3、飞行经历大于30小时；

二、固定翼基础飞行技能要求

1、4边航线及水平8字航线准确，高度控制+-3m内；

2、完成熄火迫降；

3、飞行经历大于30小时；

任务规划及经验要求

一、仿真任务训练

1、不低于30个项目仿真训练；

2、不低于1次/周适应训练；

二、经验要求

1、不低于10次副驾驶员经历；

2、不低于30次地勤经历；

3、通过机长考核（无违章作业及飞行安全隐患设计）

系统维护技能

1. 熟悉Saber-A无人机各系统组成；
2. 伺服舵机及传动结构的检查标准及保养；
3. 动力电机的检查及保养；
4. 动力电池的充放电及保养；
5. 紧固件（螺丝、卡扣件）检查及装配标准；
6. 锡焊烙铁的使用；
7. 地磁罗盘的校准；
8. 加速度计的校准；
9. 相机的使用和维护；

谢　谢！

飞图SABER无人驾驶航空系统
航测外业机长技能要求

2017-4-13

飞图FLYTOUAV

第一节
SABER无人机系统构成

2017-4-13

SABER无人机系统构成

1. 飞行平台—SABER无人机简介，关键参数与模块
2. 动力装置—电池、电机与电调
3. 传感器与飞控—GPS与罗盘、气压传感器、加速度传感器、角速度传感器飞控
4. 显示系统---地面控制站
5. 操纵系统---遥控器、地面站控制模块
6. 通信链路
7. 原则：维护原则

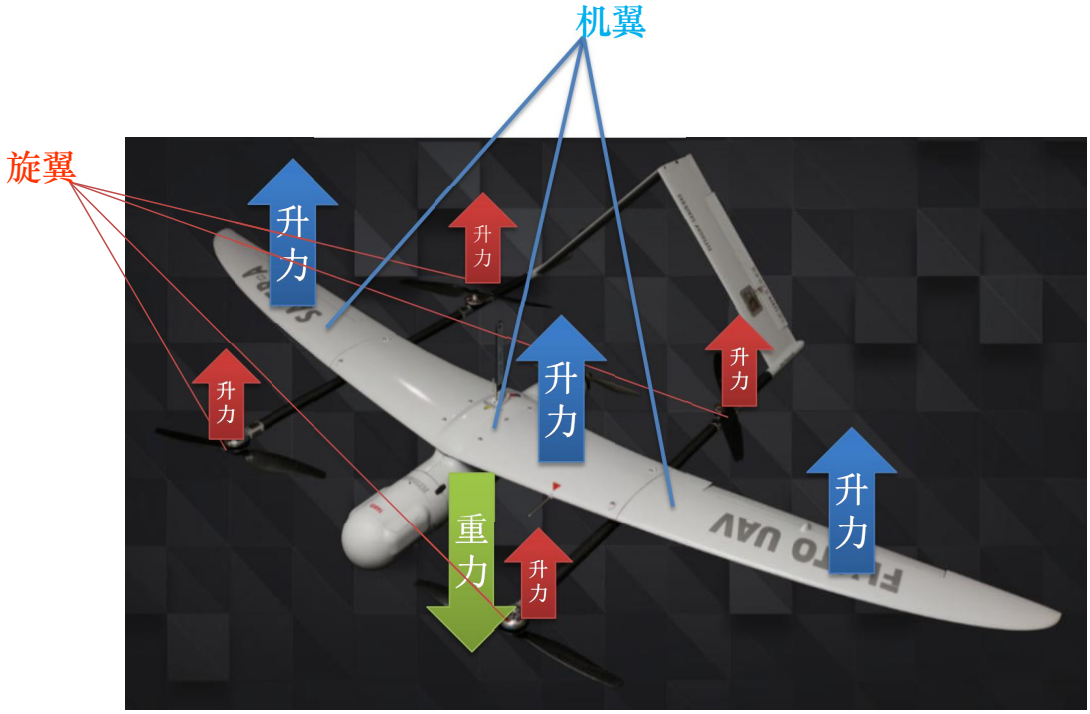
1、飞行平台—SABER无人机简介

1、飞行平台—关键参数

技术参数		
机体材质		碳纤维、凯芙拉、玻纤复合机体
翼展		2.5米
起飞重量		6.9kg（最小）-8.9kg（最大）
续航时间		*1、固定翼模式：150分钟　2、旋翼模式：25分钟*
飞行高度		海拔<=4000m
巡航速度		1m/s-25m/s（视任务模式，可固定翼多旋翼同时融合）
最大海平面速度		28m/s
最大爬升率		6m/s（海平面）
最大有效载荷		标准1kg，最大2kg
起降方式		垂直起降
航迹控制精度	水平航迹	5米
	垂直航迹	3米
测控半径		*15km@城区+7dbi全向天线；30km@野外+7dbi全向天线；50km@野外+14dbi定向跟踪天线；*
失控保护功能		低电量保护、电子围栏、低高度保护、失速保护
存储形式		RAW+jpg数字存储、pos数据存储
适航能力		抗风5级（8m/s风速），暂不支持雨雪天飞行

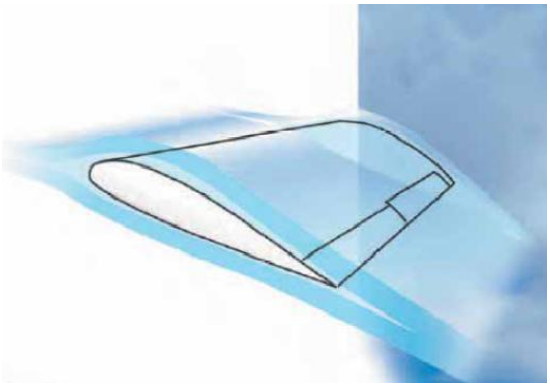
1、飞行平台—升力装置

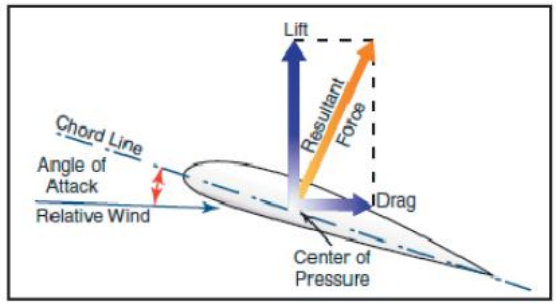
升力装置--用于克服重力/旋翼与机翼

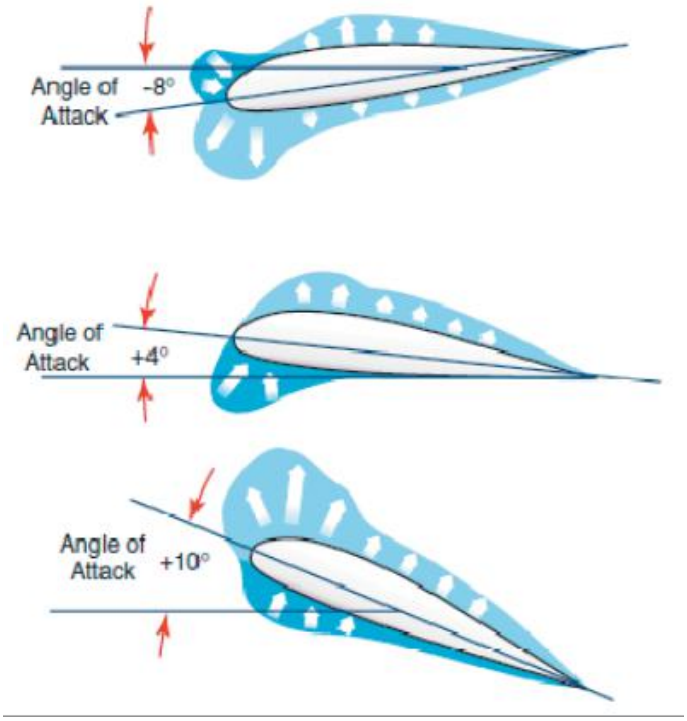


2、飞行平台—升力装置-机翼

升力的产生：上下表面流速差产生的压力差，在10度以下，升力随迎角增加而增加

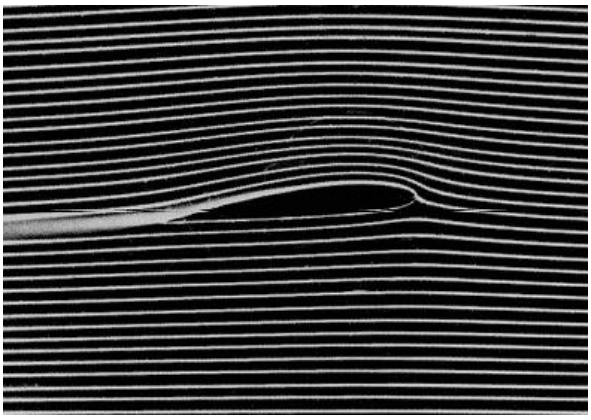


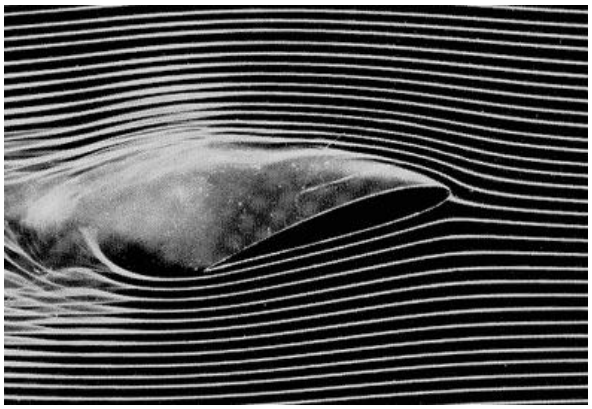




2、飞行平台—升力装置-机翼

失速:当机翼迎角大于一定角度（通常12度）机翼上表面气流产生紊乱离层升力大幅下降的情形

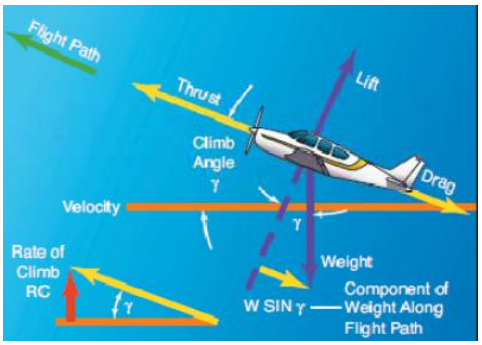


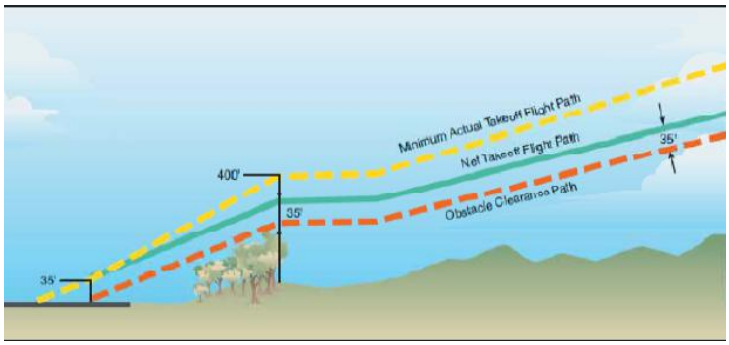


2、飞行平台—升力装置-爬升坡度

爬升坡度=（飞机每秒上升高度/飞机每秒前进距离）×100

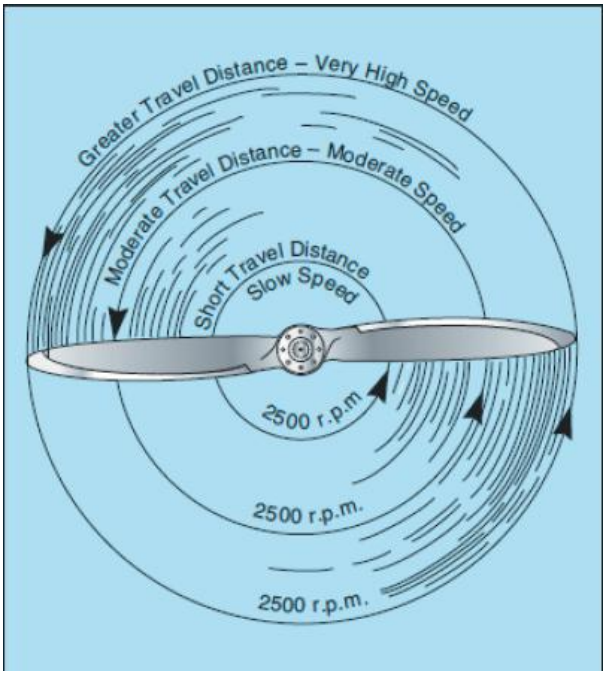
无风情况，SABER最大海平面爬升2m/s，平飞速度18m/s，坡度11；
但考虑在高原空气稀薄、以及顺风时地速增加，因此飞行坡度建议低于6；

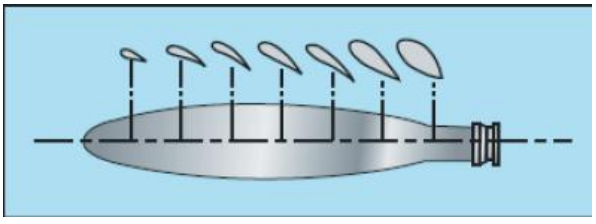


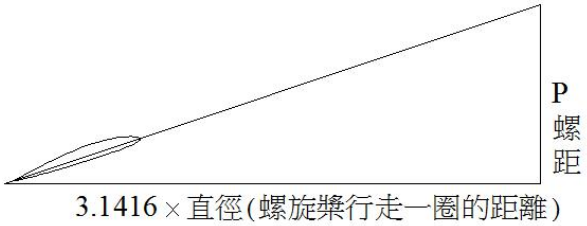


2、飞行平台—升力装置螺旋桨

螺旋桨：旋转的机翼　　标号：12X7表示直径12寸，螺距7寸







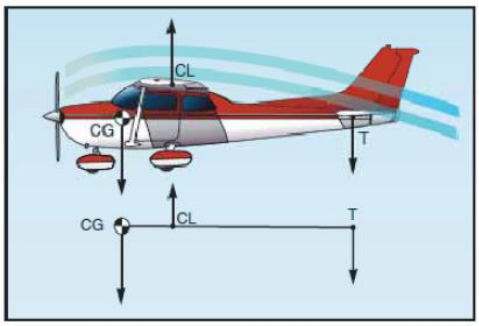
3.1416 × 直徑(螺旋槳行走一圈的距離)

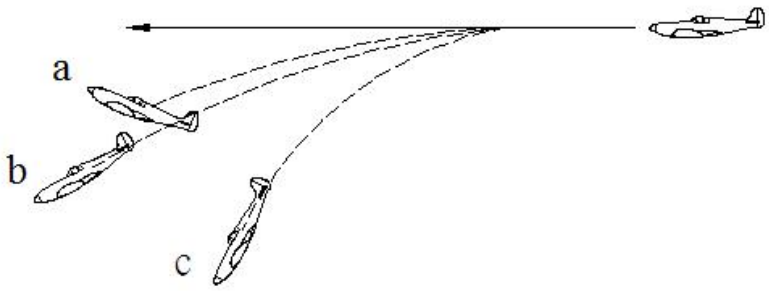
2、飞行平台—重心

重心：SABER 重心在机翼安装的第二个螺丝位前缘150mm处；

重心在机翼升力中心之前，失速以后飞机低头俯冲重新获取速度；但重心太靠前需要尾翼提供较大的配平力度，在遇突风时，俯仰姿态变化较大。（如图2C）

重心在升力中心后，失速情况产生抬头力矩使飞机进入更大的迎角，进入更深失速状态；





1、飞行平台—推力装置

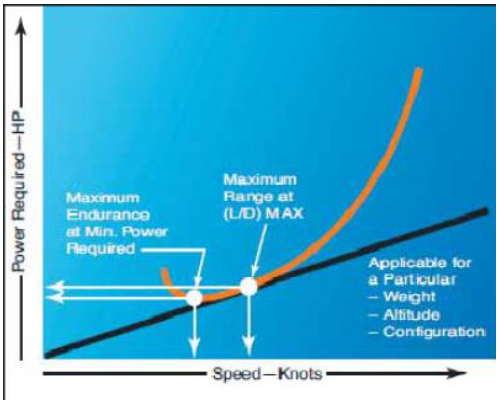
推力装置--克服阻力

1、飞行平台—阻力与飞行时间

阻力、速度、功率和飞行时间的关系

飞行功率与速度是平方关系，即提高一倍速度，功率须增加4倍，飞行时间下降到25%

Saber最大续航速度为17m/s



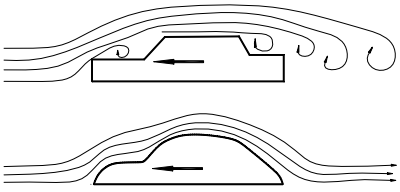
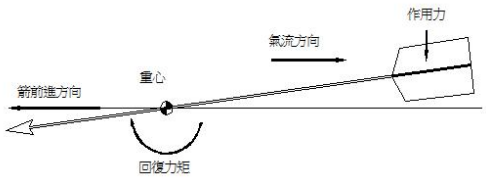


圖3-3

1、飞行平台—尾翼/安定面

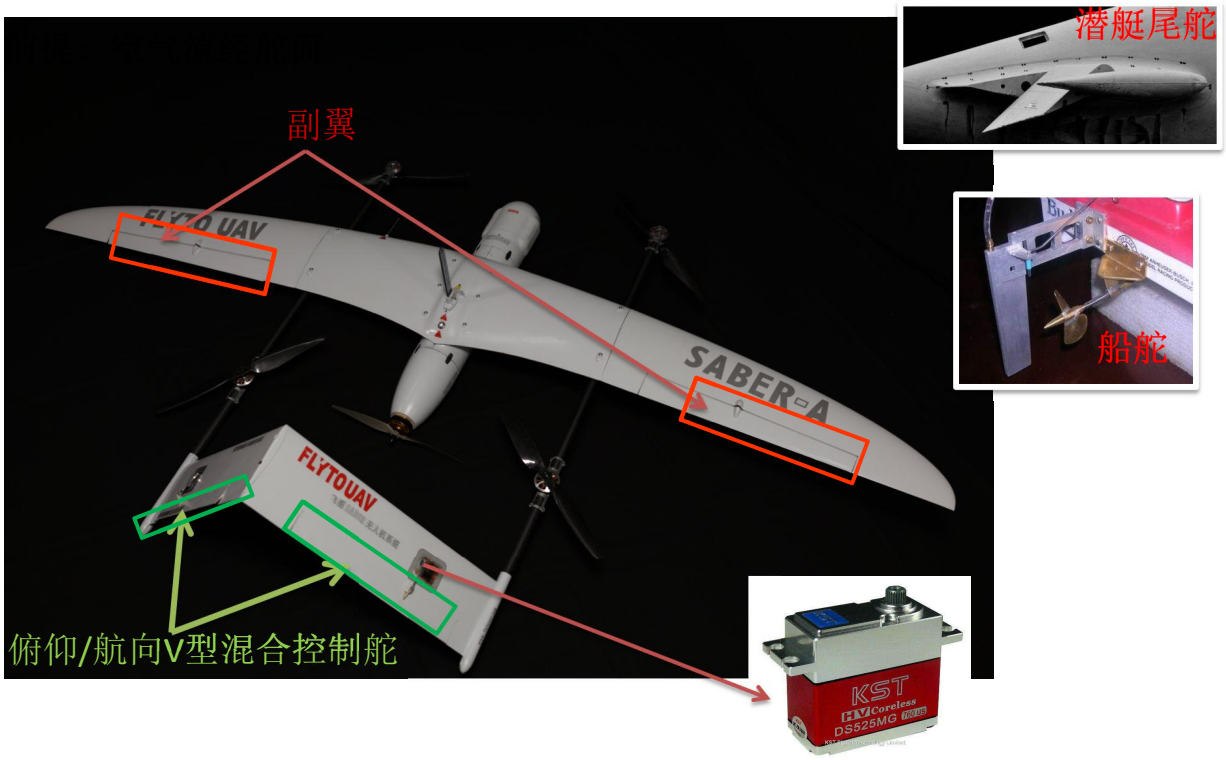
尾翼—安定面，提供俯仰及航向安定



1、飞行平台—控制舵面

飞图 FLYTOUAV

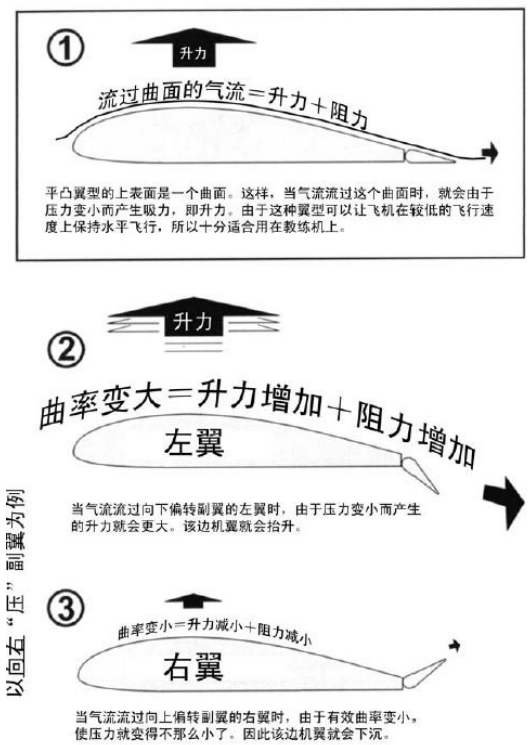
控制舵面----提供俯仰轴、滚转及航向控制

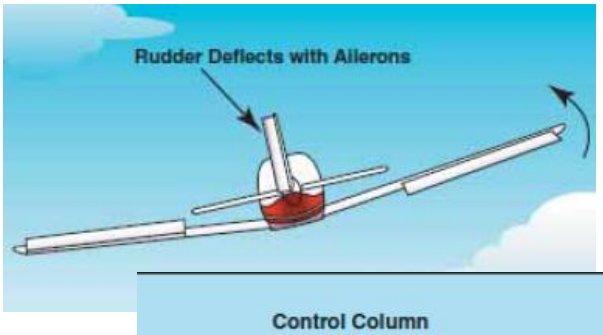


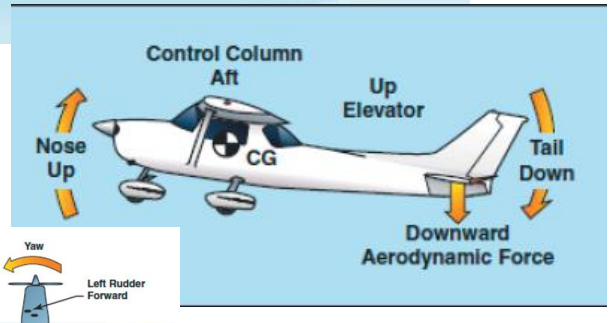
1、飞行平台—控制舵面

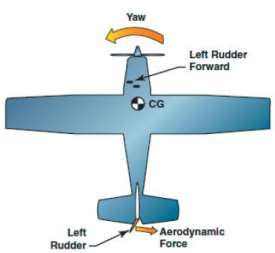
飞图 FLYTOUAV

舵面：放下舵面---增加翼面迎角—增加升力---产生升力差----产生扭转力矩

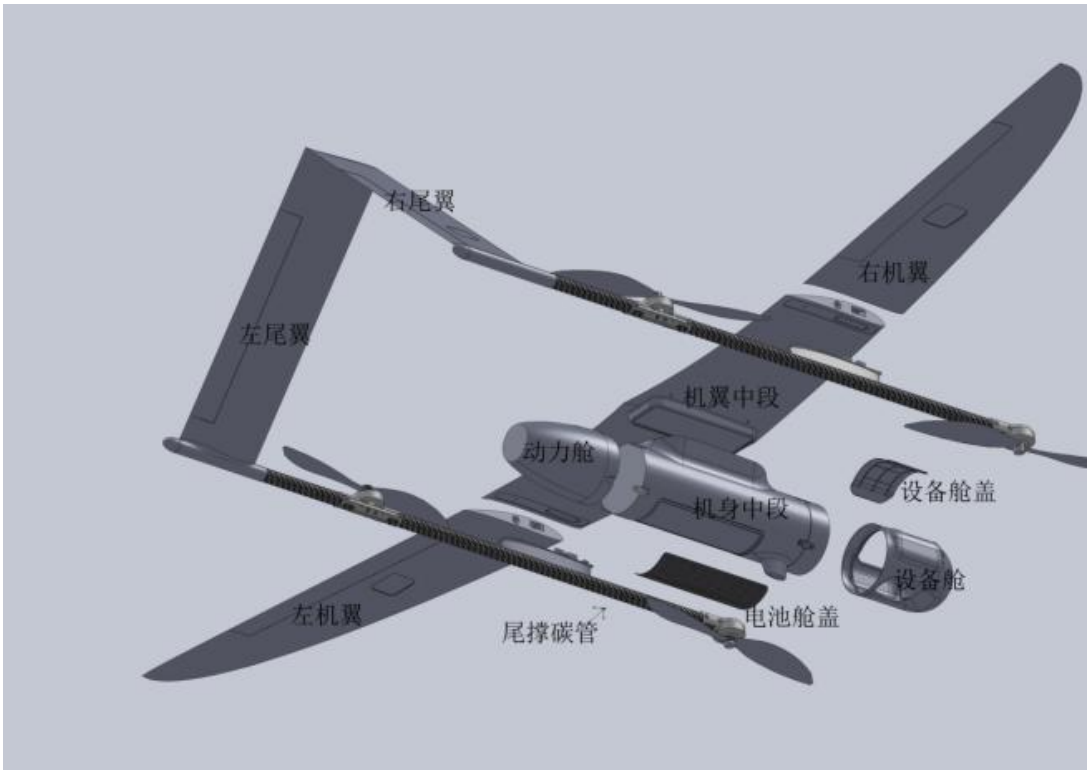








1、飞行平台—机体模块



2、 动力装置—电池、电机与电调

动力锂电池：
电量：24000mah
充电截止电压4.2V
最大放电电流208A
满电电压：25.2V
放电截止电压19.5V
内阻：满电单片<2毫欧

电子调速器：电机转速控制器

电机：电能转化为机械能

3、传感器—加速度计+陀螺仪

为无人机提供姿态信息：

加速度计测量三轴水平加速度及3轴角加速度

陀螺仪：角度传感器，用于测量无人机倾转角度

原则：无人机启动自检时禁止移动飞机，避免加速度和陀螺仪干扰

3、传感器—位置传感器GPS

为无人机提供平面经纬度及高度

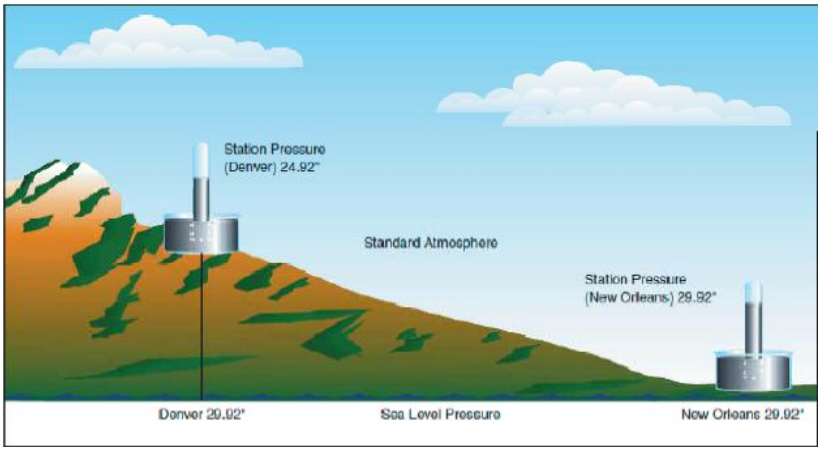
单点GPS定位精度1m，高度精度30m
差分GPS定位精度5cm，高度精度0.5m

3、传感器—高度传感器/气压计

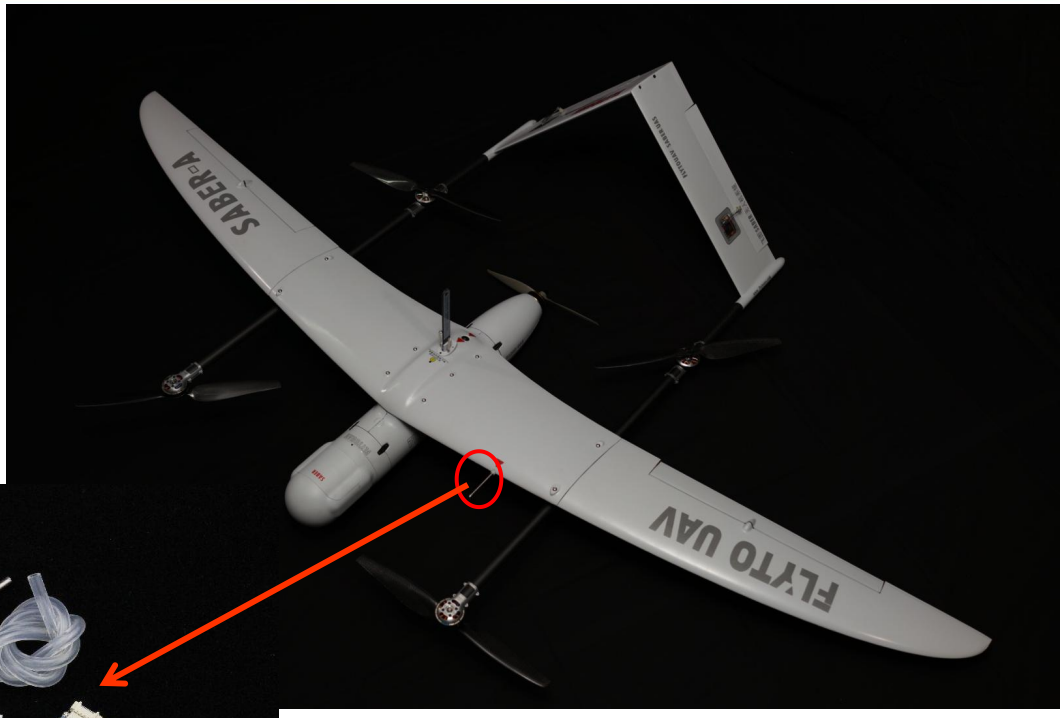
测量高度—气温、湿度会造成气压变化进而造成高度显示不准确；

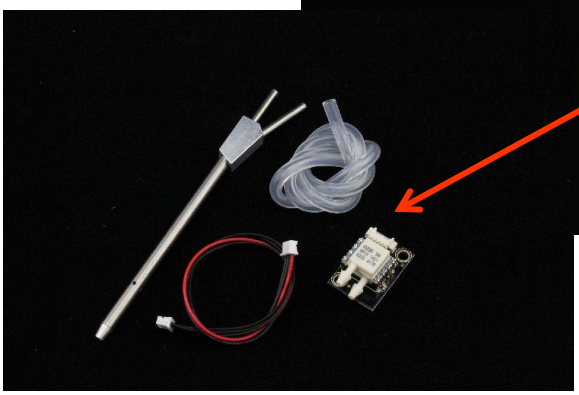
随着高度增加，空气密度下降，飞机升力下降；

在高原飞行需要提高飞行速度，以4000m海拔为例，飞机大约需要以1.5倍的速度飞行，才能达到与海平面相同的飞行性能（升力相当）



3、传感器—空速传感器/动压静压测量





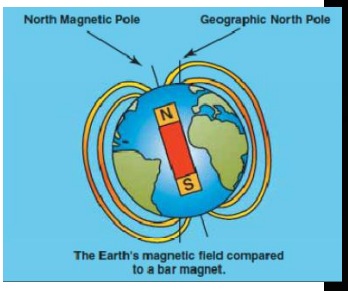
测量空速
严禁堵塞空速管

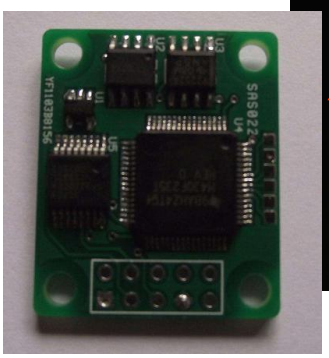
3、传感器—空速/地速

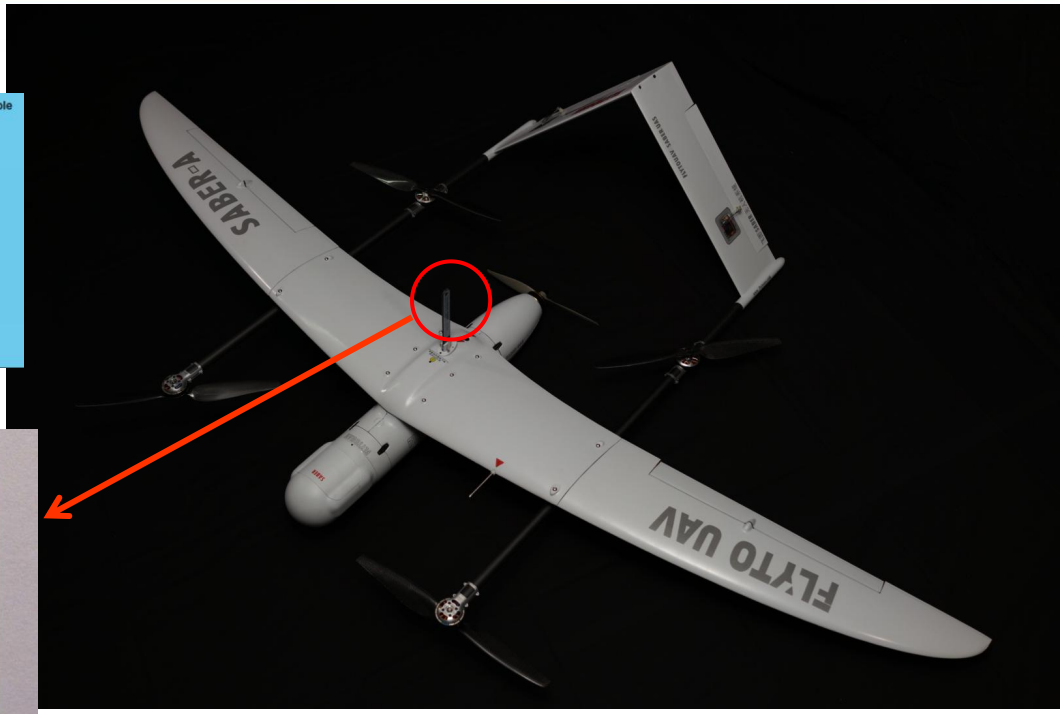
空速：相对空气的速度----参照系：气流-飞机
地速：相对地面的速度----参照系：人-飞机

飞行特性与空速相关，与地速无关

3、传感器—地磁传感器/指南针



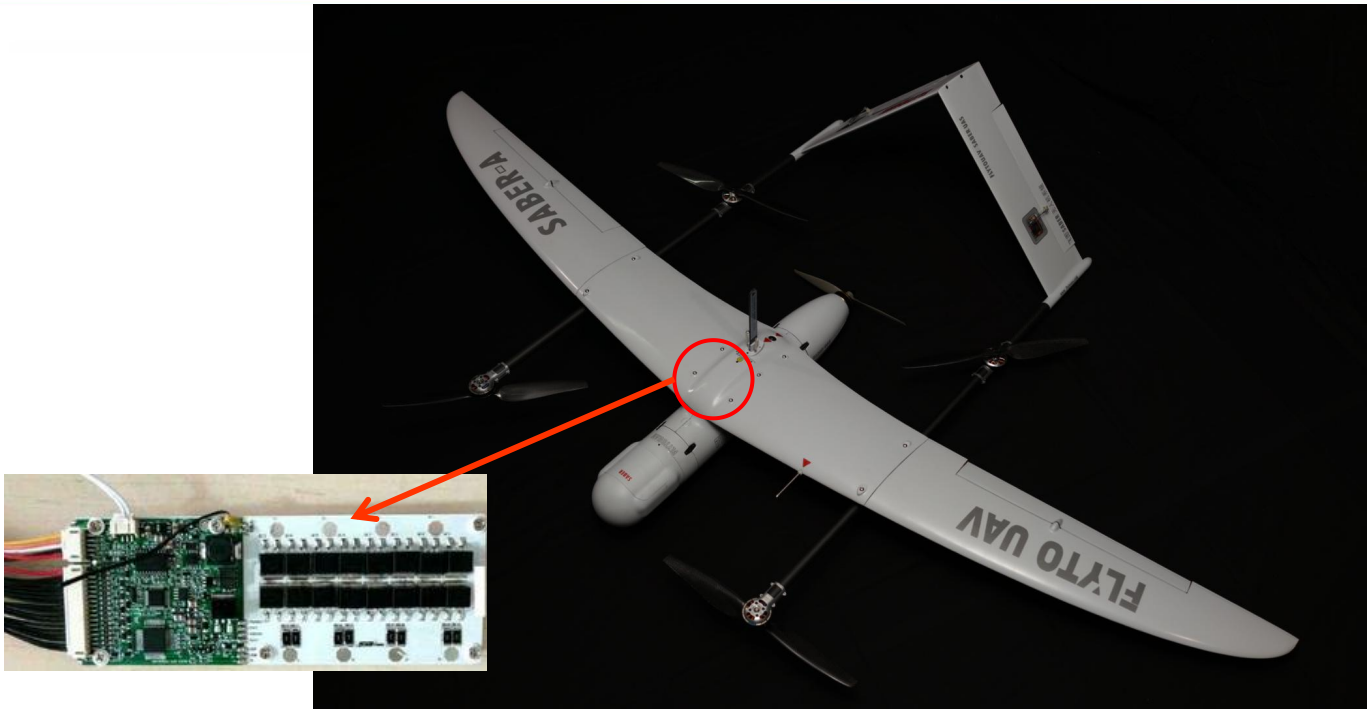




在天线末端，为无人机提供方向指示

特点：容易受磁场干扰，强磁体靠近容易造成饱和失效
禁止天线底座、电机靠近

3、传感器—电流电压传感器/库仑计



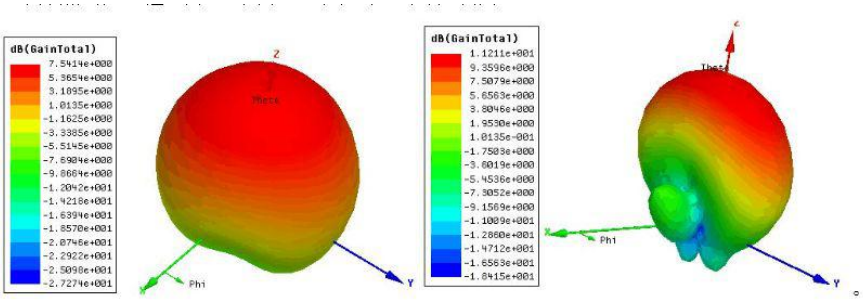
电流电压传感器
测量电池电压及电流，用于计算电量消耗

4、显示系统

5、操纵系统

6、通信链路

1. 天线（分类、900MHZ频率、增益、波瓣、驻波比及匹配）
2. 数字电台的使用
3. 天线架设原则/通视/波瓣相对



7、维护原则：遵章 全面维护

P2-1 **飞图SABER-A外场作业程序V1.12**

飞行地点		任务性质		日期	

一、现场环境及控制（机长）

云高m	能见度km	风向（北为0）	风速（<8m/s）	上风起飞山高m	下风降落山高m	建筑高度m	人员管理
							□

二、地面控制站及数据链路（机长）

□电脑满电	□天线连接	□架设天线	□电台供电	□遥控满电	□遥控编号	□Mult制式	□遥控微调0

三、相机设置（机长）

□镜面干净	□无穷远对焦	□MF对焦	□多点测光	□单张拍摄	□M档模式	□光圈 F4<F8	□快门 大于1/800
□曝光补偿 -0.3—-1EV	□ISO Auto	□白平衡 5500K-6000k	□SD卡清空	□安装电池	□安装相机	□装快门线	□相机满电

四、飞行器平台检查组装（机长）

□机身	□云台转动	□尾推电机	□机翼中段	□空速管	□对接杆	□左翼	□右翼
□右尾翼	□左尾翼	□尾翼组合	□动力上电	□立起机载天线	□平放飞机 静置/上电自检	□连接电台 电台信号满	□动力电压 大于25V
□HUD显示水平	□平放时 舵面中立	□空速清零 数值低于4m/s	□指南针 与实际指向一致	□模式切换	□遥控舵面	□舵面增稳	□云台增稳
□相机触发	□GPS定位 精度优于1m	□自动模式 锁定2号航点	□解锁测试 5个电机转动	□锁定0号航点 4个电机转动锁定	□锁定	□装桨 前翼凸面朝上 尾桨凸面朝前	□机头对准出航点

五、航线安全检查（*本栏由地勤填写）

任务航程	任务航时	剩余电量%	高度制式	起飞点海拔	测区最高海拔	航线海拔	航线安全高度
			□绝对/□相对				
1号航点（起飞点）Vtol_takeoff	2号航点（盘旋出航点）Loiter_ALT		倒数第4航点（归航点）	倒数第3航点（盘旋降高）Loiter_ALT		倒数第2航点（降落点）	倒数第1航点 Vtol_land
最后一格 垂直起飞高度	最后一格 出航高度	航点间不压 建筑&山体	最后一格 归航高度	最后一格 盘旋高度	航点间不压 建筑&山体	最后一格 垂直降落高度	垂直降落命令
测区面积	计划照片数	快门间隔	风向航线夹角	旋偏角	平均重航向重叠	平均重旁向重叠	制高点旁向重叠

我们已按单逐项完成SABER无人机外场起飞程序，确认①设备无故障 ②航线安全并对以上检查结果签字负责。

地勤________ 机长________ 时间________

六、起飞程序（*本栏由地勤填写）

□写入航线	□读取机载航线	□地勤口令：清场	□机长口令：清场完毕	□机长口令：准备解锁	□地勤口令：可以解锁	□机长口令：解锁	□机长口令：自动
□电压（大于22V）	□电流（起飞<30A爬升<60）	□空速>16	□地速>10	□高度	□航点	□姿态	□到达出航高度 关闭遥控

七、降落程序（*本栏由地勤填写）

□归航降高	□进入降落点	□垂直转换完成	□遥控自动模式	□开遥控	□切入定点	□收油降落	□锁定飞机
□卸桨	□检查照片	□导出pos	□断快门线	□断相机电	□断电台连接	□断飞控电	□断动力电

八、任务简报

照片清晰度		照片张数		故障或险情（如有）.
控制点		pos点对应		机长________时间

九、成果验收移交

我已按单检查作业成果，确认成果 □满足要求 □不满足要求
处理意见，□重飞 □补飞 原因，

成果接收人________时间________

十、设备入库

我已按单检查设备□设备完好□设备故障□设备缺失
处理意见，□修复 □赔偿 原因，

设备接收人________时间________

飞图FLYTOUAV

谢 谢！

Part1：MP地面控制站基本操作界面介绍

飞图FLYTOUAV

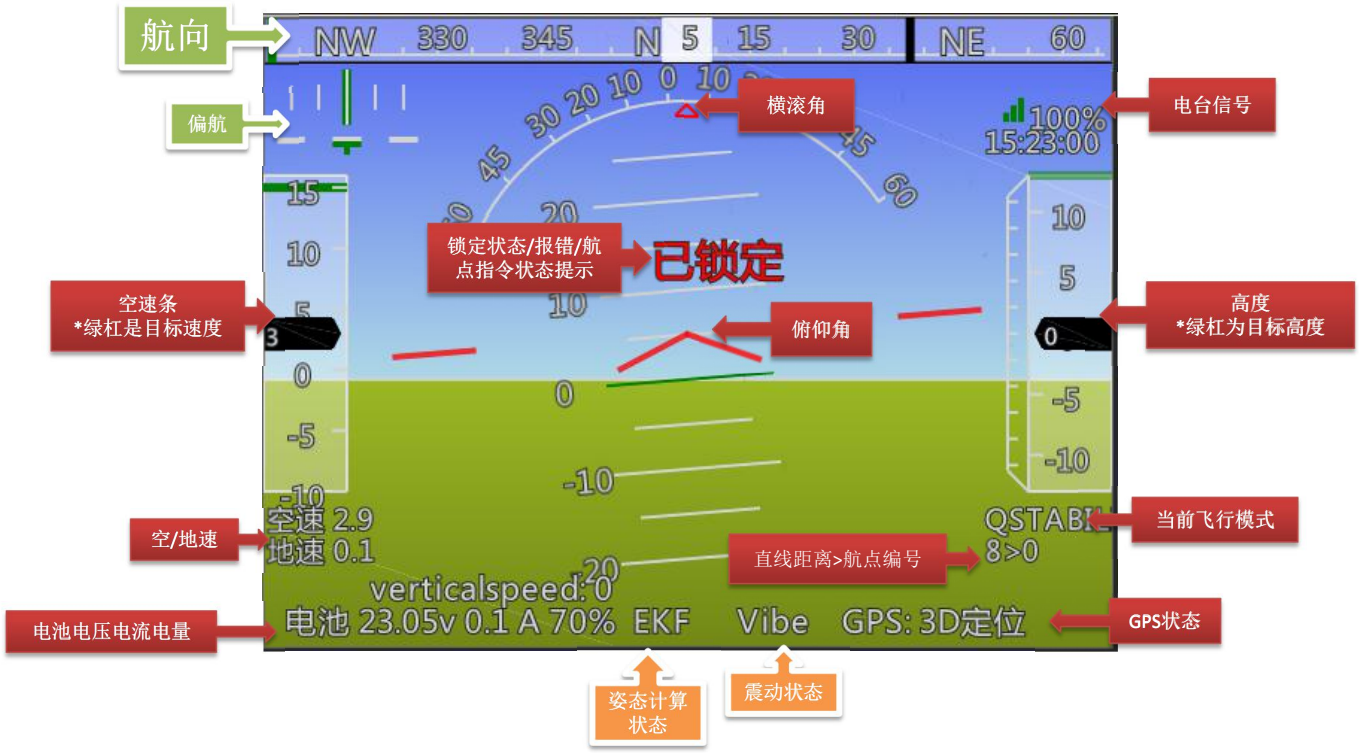
Part1.1 ： 飞行控制界面

功能：

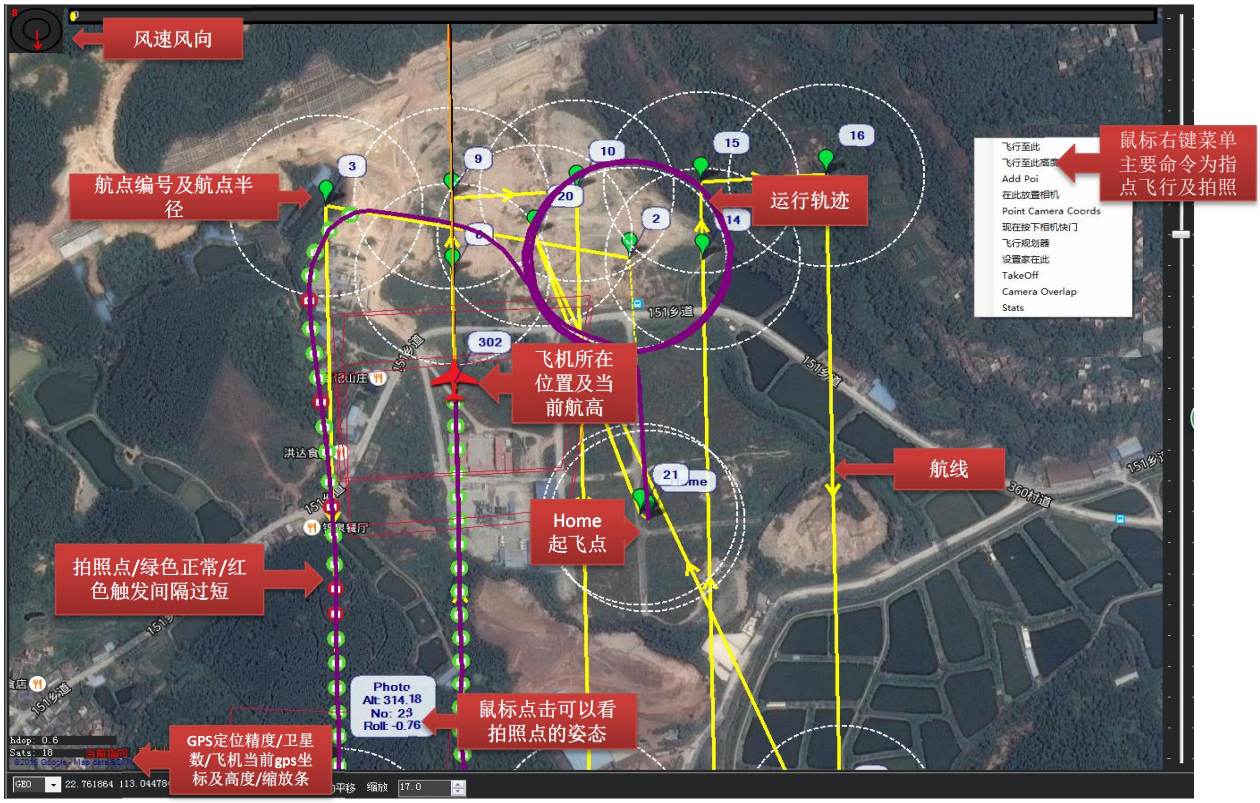
1、监视飞行状态；
2、控制飞机完成特定指令（模式切换、航点切换、指点飞行等）；
3、下载POS文件及回放遥测日志

1.1 MP地面站控制界面

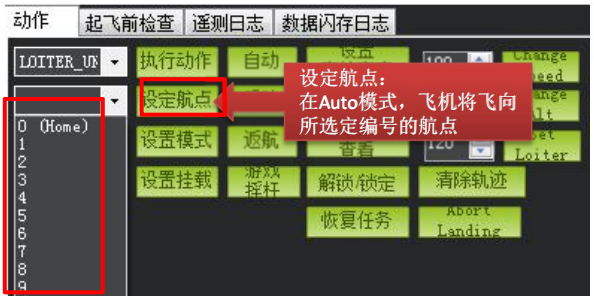
1.1.1 HUD抬头显示界面

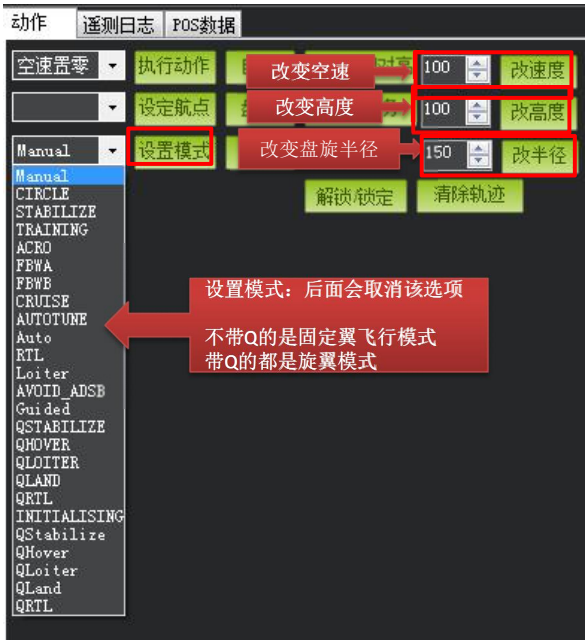


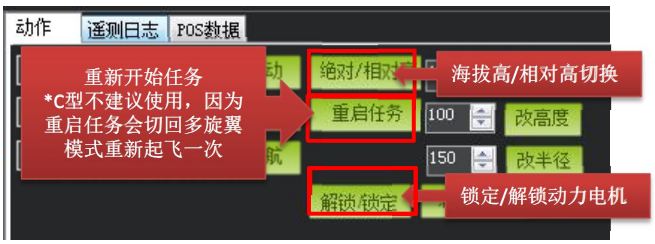
1.1.2地图及任务状态窗



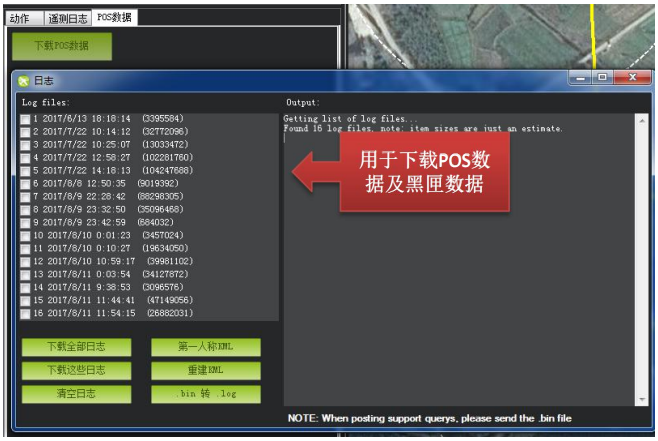
1.1.3飞行控制指令窗







1.1.3其他非飞行控制指令窗



Part1.2： 任务规划界面

功能：

1、规划离线飞行任务；

2、读取在线飞行任务；

3、设置相机参数；

4、选择地图源（常用google中国混合地图、google中国地形图、bing卫星图）

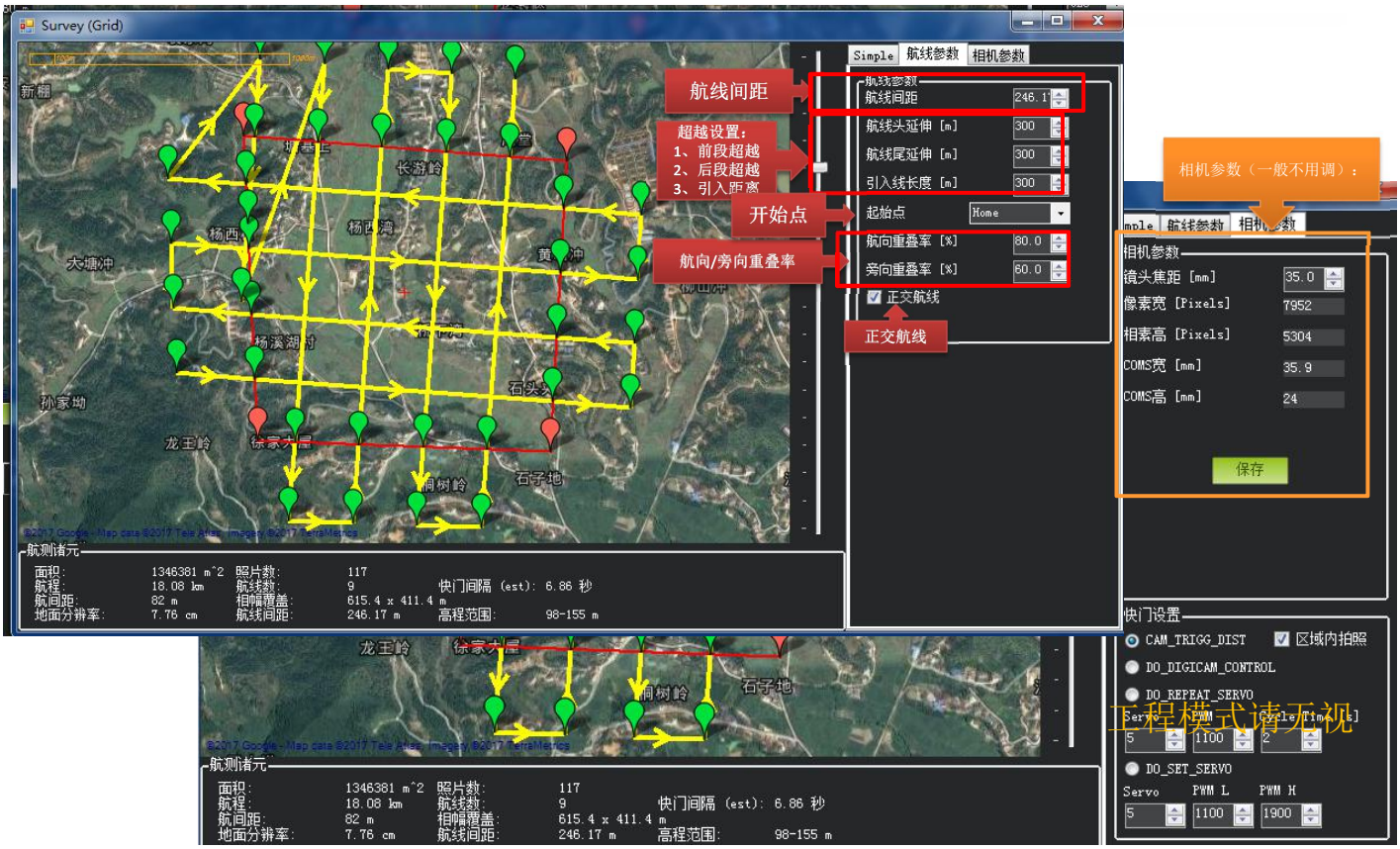
1.2.1 MP地面站任务规划界面

1.2.1 MP地面站任务规划界面

1.2.2 MP地面站航点命令界面

1.2.2 MP地面站任务规划二级界面

1.2.3 MP地面站任务规划二级界面



Part1.3： 仿真界面

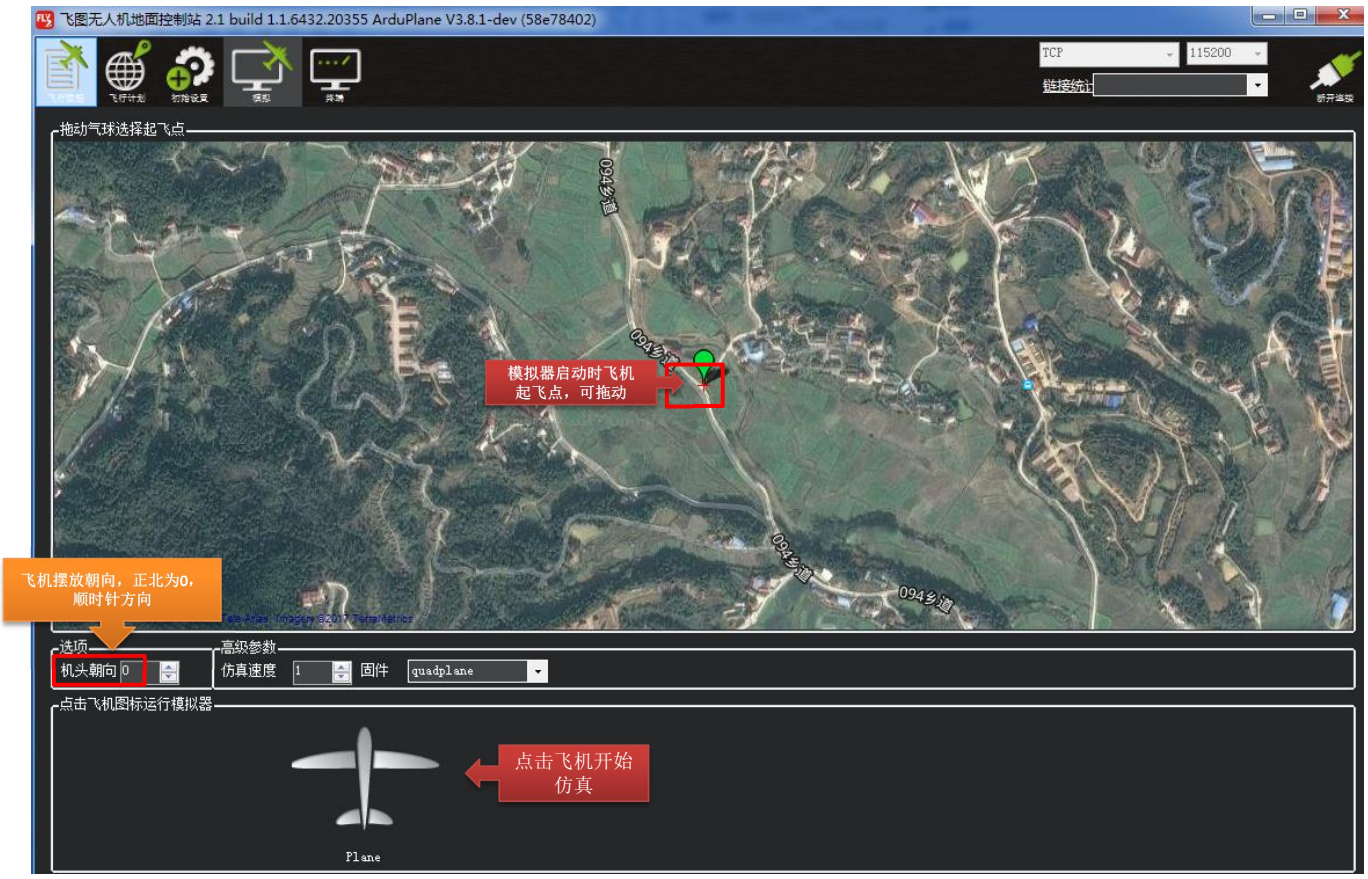
功能：

1、教学/日常训练；

2、仿真及检查任务；

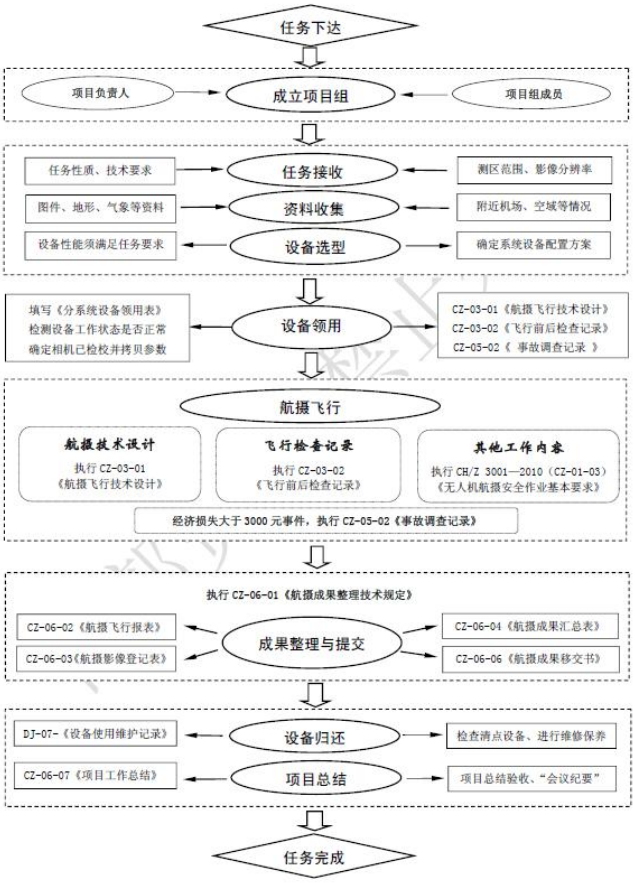
3、参数设置仿真；

1.3.1 仿真界面



Part2：一次完整的任务

Part2.0：项目组成立，工作会议研究任务；
Part2.1：收集资料，规划任务；
Part2.2：仿真检查及填写技术设计单；
Part2.3：设备领用及地勤程序；
Part2.4：外业飞行；
Part2.5：整理飞行成果（照片/POS）；
Part2.6：成果移交及设备回收；
Part2.7：项目总结；



飞图 FLYTOUAV

Part2.0：项目组成立，工作会议研究任务；

1、确定项目成员：商务负责人、外业机长、外业驾驶员、内业负责人；

2、了解项目性质：是试飞还是商飞，二维测量还是三维建模或者是巡线？

3、确定技术方案：测区范围kml文件、分析地形、空域及气候。选定载具及相机，根据分辨率要求确定航高及照片重叠率

Part2.1：收集资料，规划任务；

1、地形；
2、空域；
3、气象；
4、通勤情况；
5、规划飞行任务

Part2.1：收集资料；

1、了解测区范围及基本地形情况；

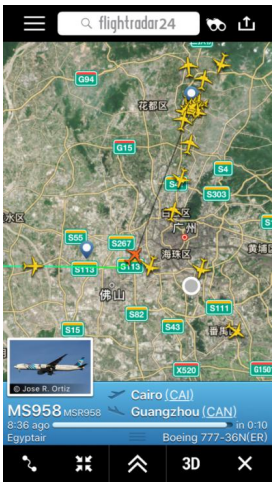
Part2.1：收集资料—空域；

除非有正式批文
否则直接回绝：禁飞

•合法飞行必须申报空域

•在与审批机关沟通申报空域前，我们可以通过以下方式了解哪些空域是几乎一定不会开放的，以避免商务人员的无谓工作；
•民航航线左右10km范围，高度相差600m范围内禁飞；
•军事设施10km范围内禁飞；
•边境线10km范围内禁飞；
•高铁沿线、火车站等重点公共设施禁飞；

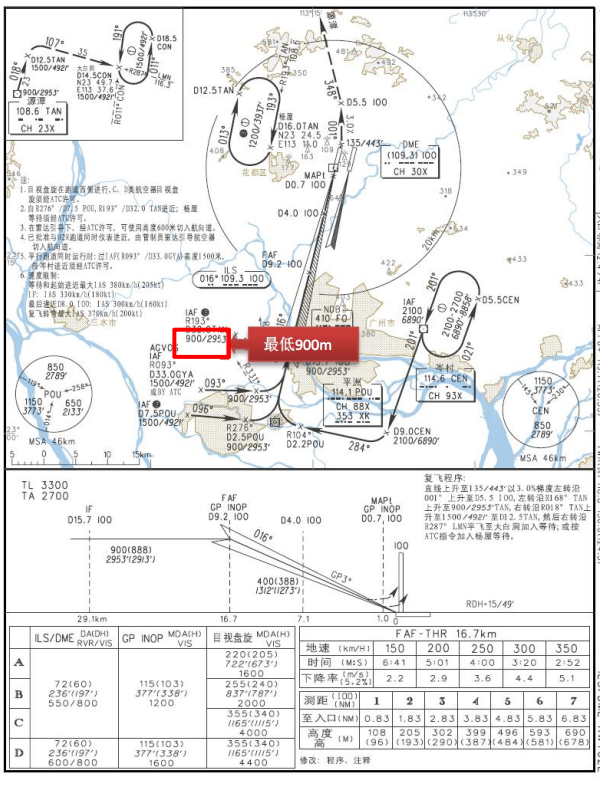
•可以通过手机APP—Flighttradar24跟踪测区民航航线，民航飞机通常离机场40km外开始进入4转弯进近（高度900m），因此不要觉得离机场很远就以为空域没问题；
•通过google卫星地图看看测区10km范围内有无敏感军事设施，像军航机场、陆航机场、海军码头、导弹基地等比较明显的设施是可以通过卫星地图看到的，对于兵站、指挥所等不明显的敏感设施，需要求甲方单位提前向安全机关了解，在甲方派工单时明确测区无敏感设施；

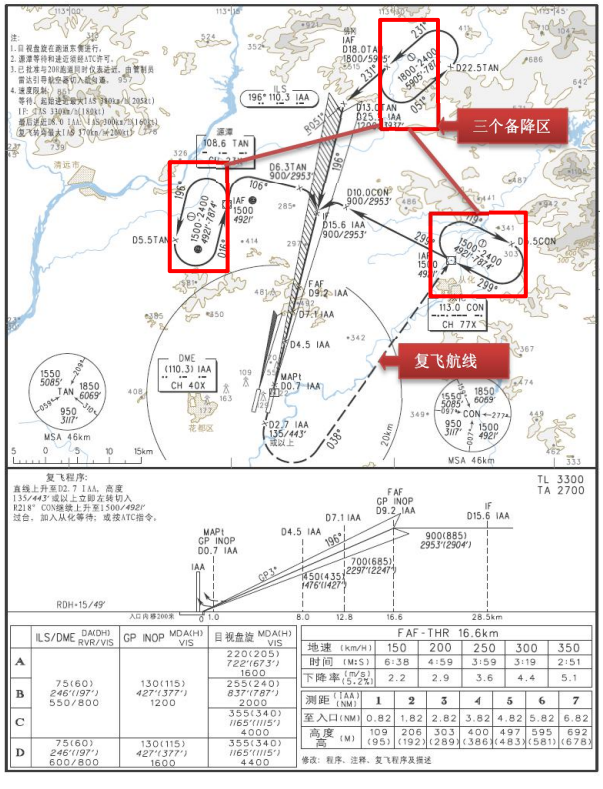


Part2.1：收集资料—空域/吉普森航图；

•合法飞行必须申报空域

•通过吉普森航图可以更加详细的了解所在机场的空域情况

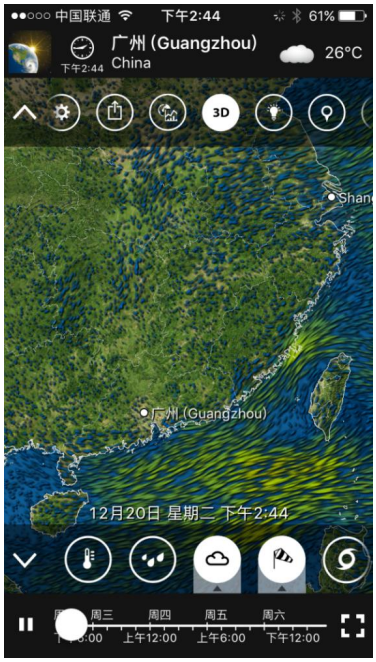


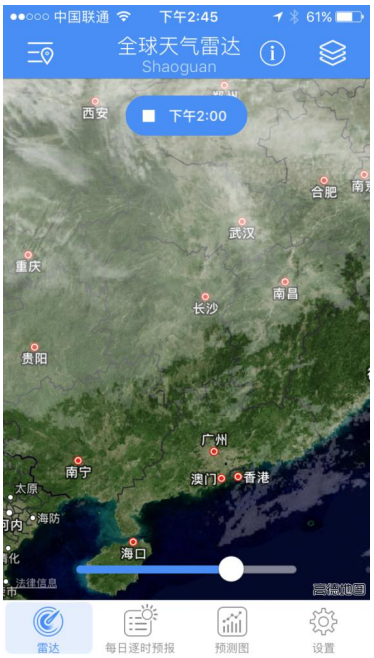


Part2.1：收集资料—气象；

•看天吃饭

2个APP：
•Meteoearth：重在预测，可比较准确的预测一周内风向风速、云量、雨量；
•全球天气雷达：实时卫星云图及过去几个小时的云图，可通过云图推测气象情况；





Part2.1：收集资料—通勤；

通过高德地图或者其他地图软件，导航作业区域：

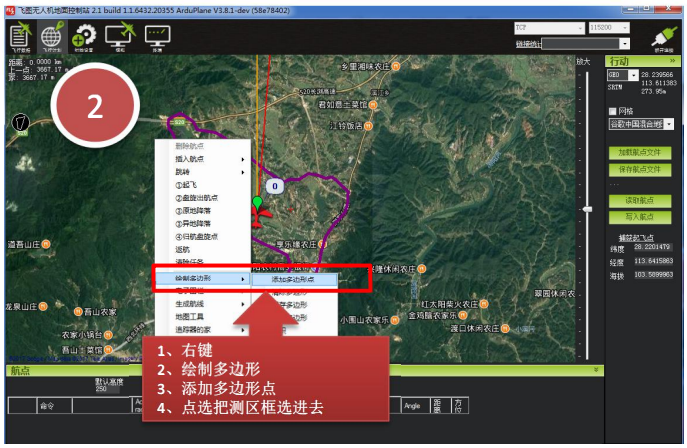
•选择合适的交通工具（注意坐飞机和高铁不能携带动力电池）；

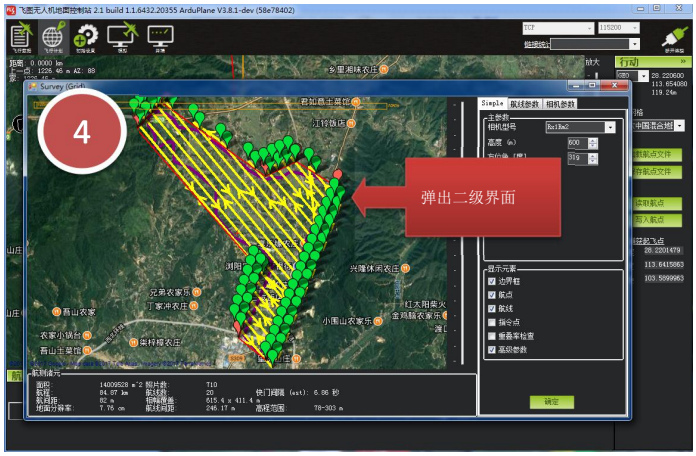
•根据天气情况规划行程；

•提前安排人员食宿；

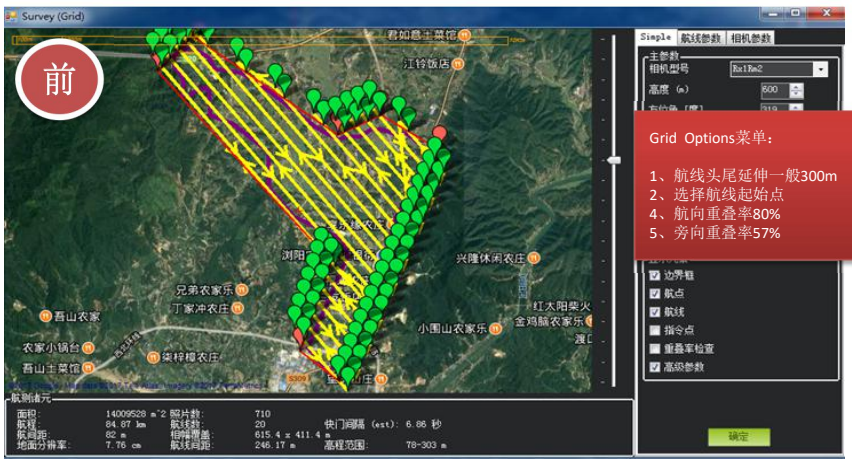
注意安全

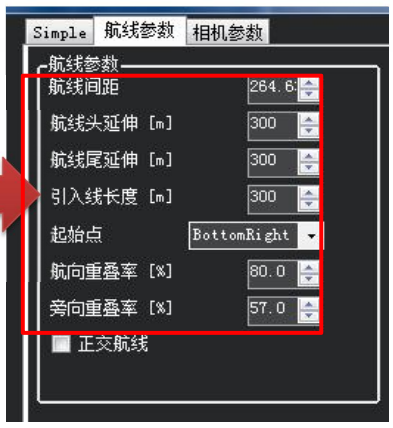
Part2.1：规划飞行任务（正射）



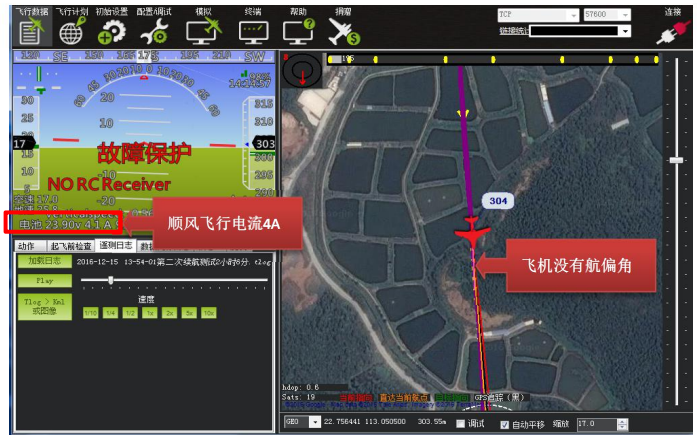


Part2.1：规划飞行任务（正射）



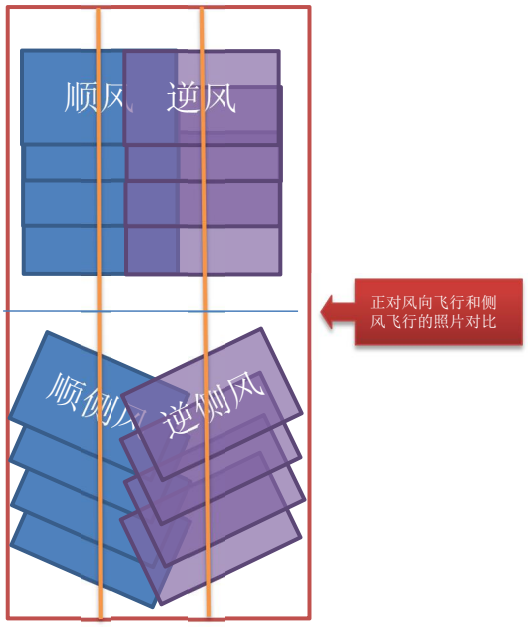


Part2.1：为什么不能侧风飞行

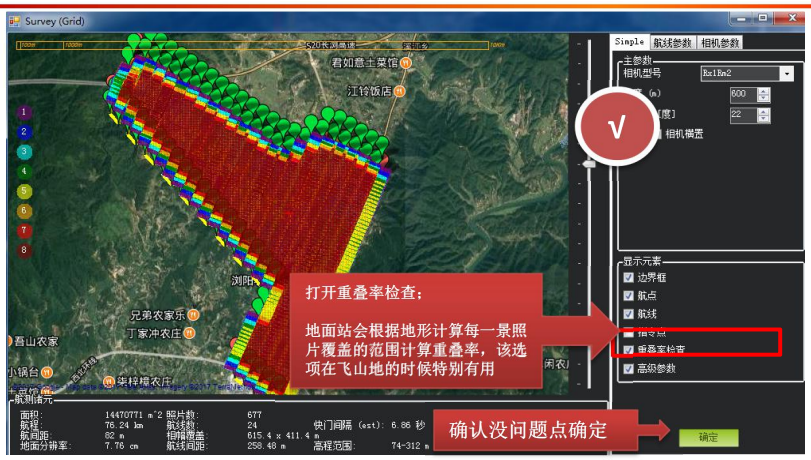


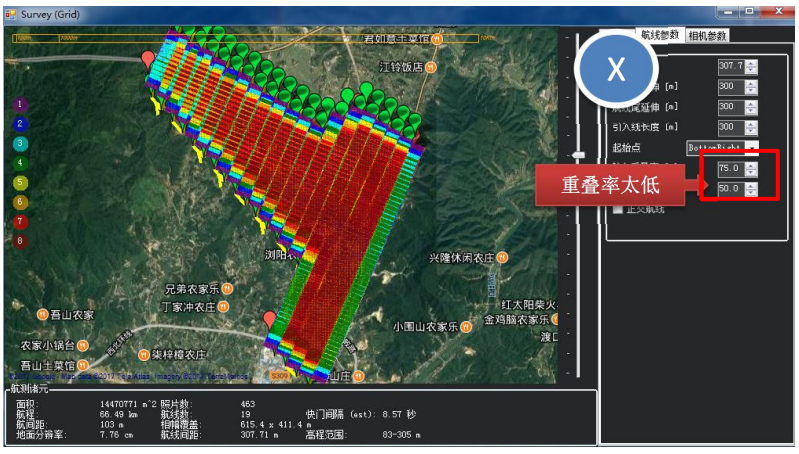
•侧风飞行的危害：

•1、航时大幅下降，严重时下降一半以上；
•2、照片成果质量下降，相同间距航线情况下旋偏角超出航测规范，重叠率大幅下降。在没有云台介入的情况下，俯仰角和滚转角也会超限，此时容易出现漏片，同时由于镜头边缘成像质量本来低于中心成像，重叠区域有集中在边缘的情况下，即使有重合也不能生产高质量成果。



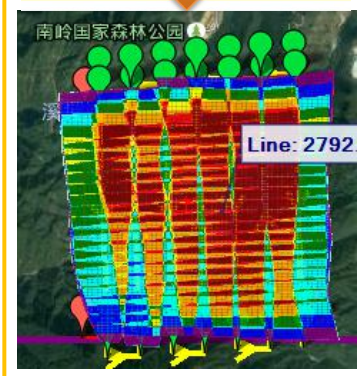
Part2.1：规划飞行任务（重叠率检查）；

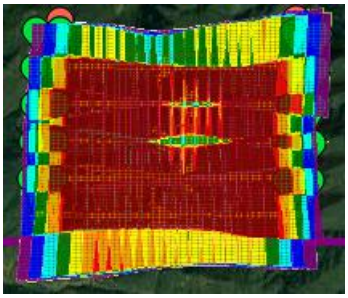




重叠率检查选项需要占用大量运算资源，耐心等待

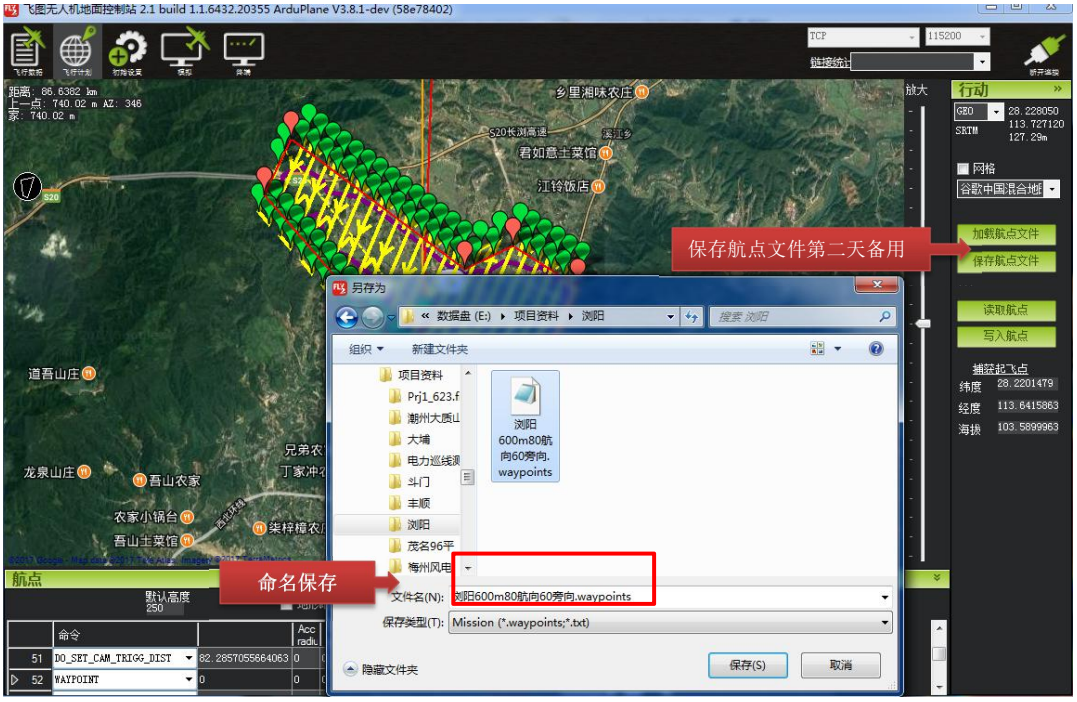
山区高差大时50%重叠率出现大面积重叠率不足的情况





Part2.1：保存航线，完成预作业

•养成良好的预作业习惯，不要在现场规划任务，原因为：
•1、避免无网络不能获取地图/地理高程数据；
•2、避免时间仓促，漏了必要的安全检查；



Part2.1：起飞、出航、归航及降落

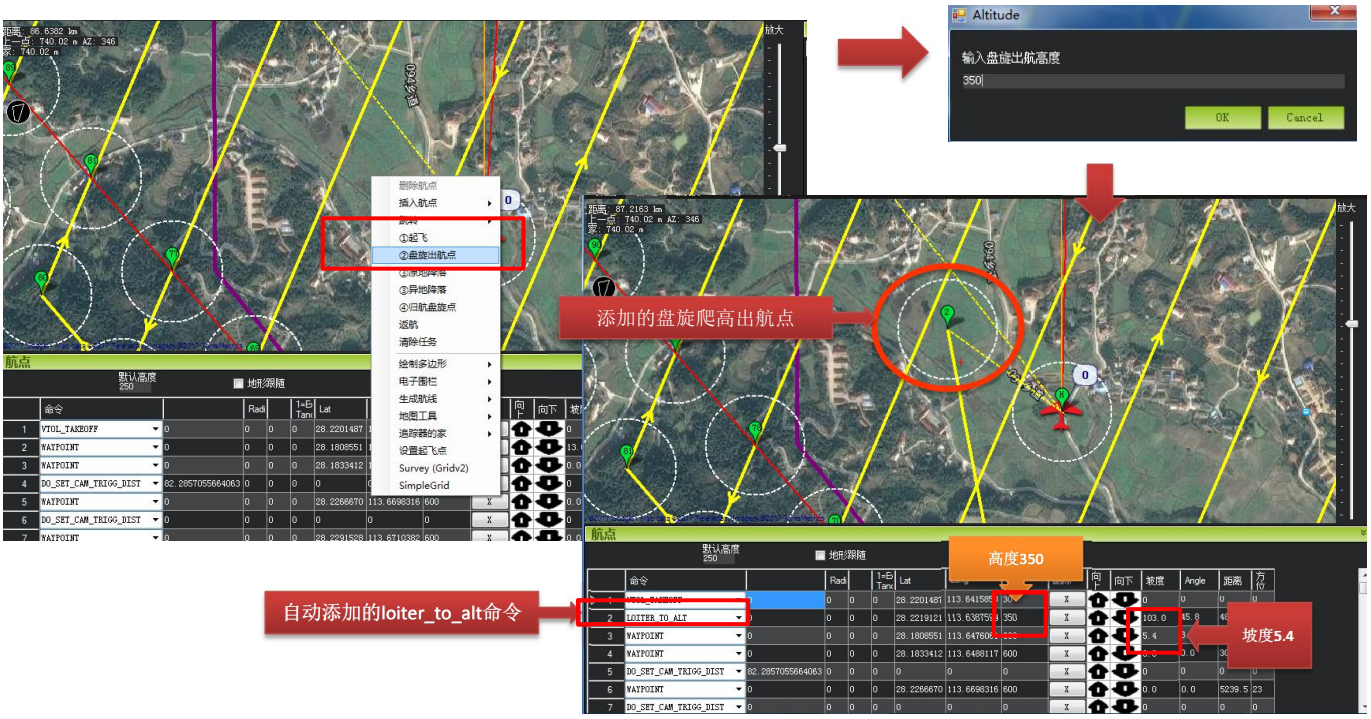
起飞：右键-“①起飞”—输入垂直起飞高度—自动在第一行添加一个

Vtol_takeoff（垂直起飞命令）

Part2.1：起飞、出航、归航及降落

盘旋出航：右键空地-“②盘旋出航点”—输入盘旋出航高度—自动在起飞命令后添加一个

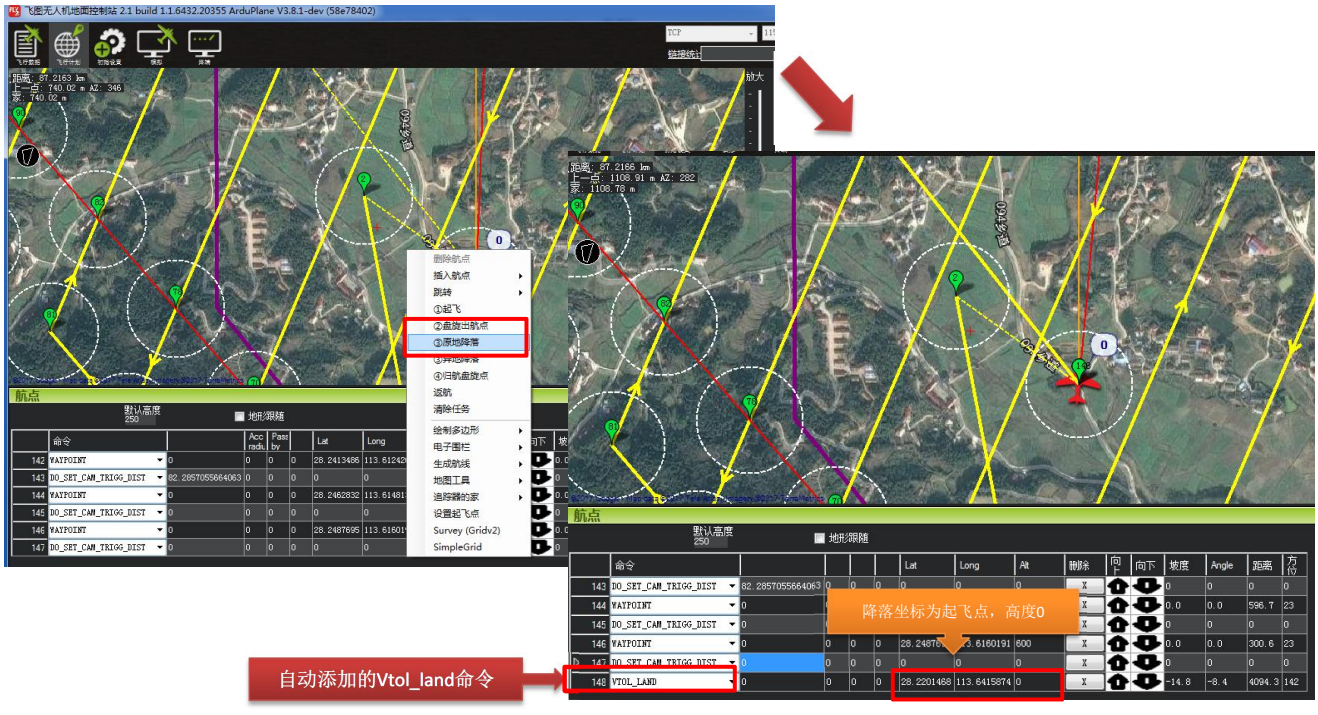
Loiter_to_ALT(盘旋至高度命令，坐标为鼠标当前点击的经纬度)



Part2.1：起飞、出航、归航及降落

原地降落：右键-“③原地降落”—在最后一行自动添加一个

Vtol_land(垂直降落命令，坐标为起飞点经纬度)



Part2.1：起飞、出航、归航及降落；

异地降落：右键地图-“③异地降落”—在最后一行自动添加一个

Vtol_land(垂直降落命令，坐标为鼠标当前点击的经纬度)

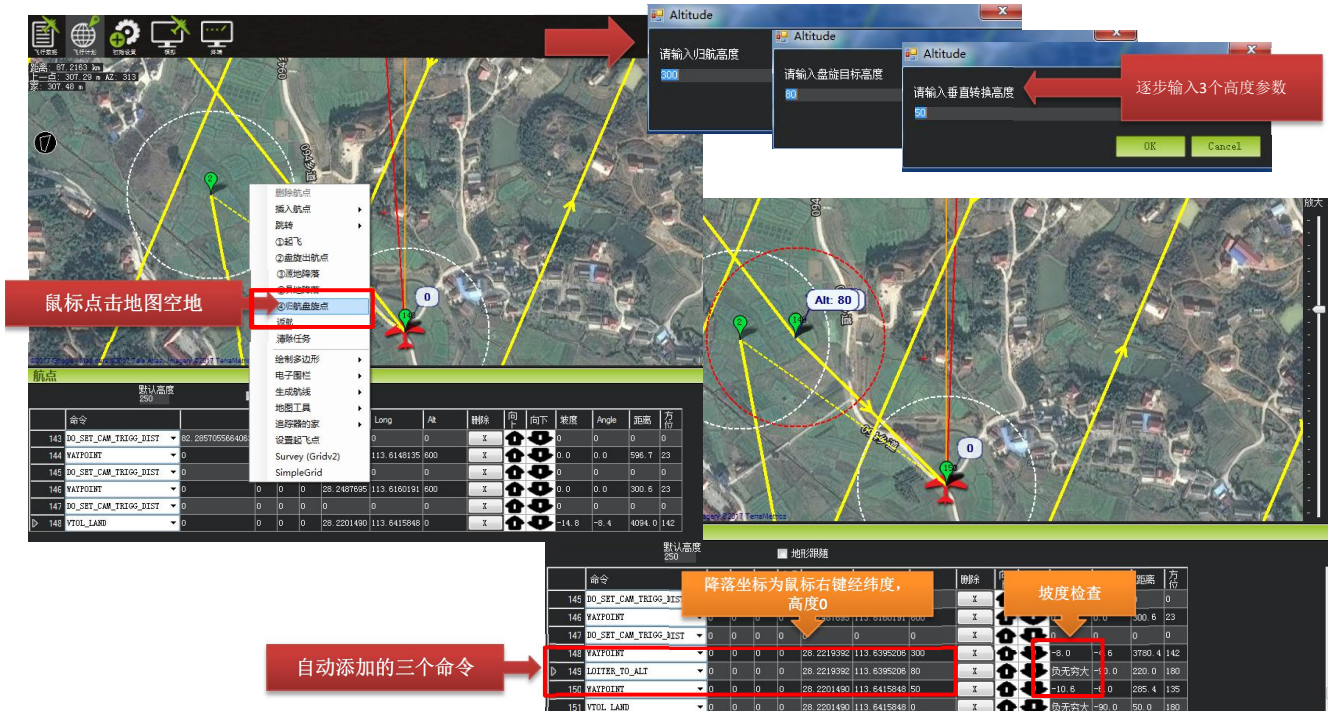
Part2.1：起飞、出航、归航及降落；

盘旋归航点：右键地图空地-“④归航盘旋点”—在垂直降落命令前自动添加3个航点：

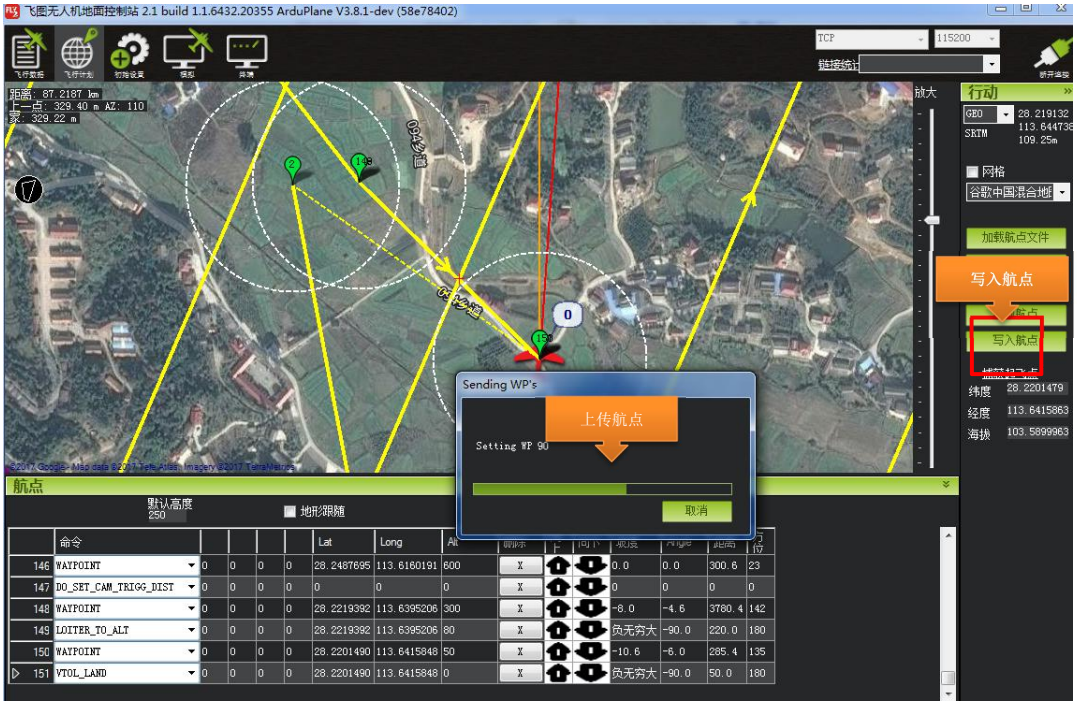
1、第一个航点waypoint，指定归航点及归航高度，避免归航撞山；

2、第二个航点Loiter_to_alt，从归航点盘旋降高到目标高度；

3、第三个航点waypoint ，在降落点上指定给飞机垂直转换高度；



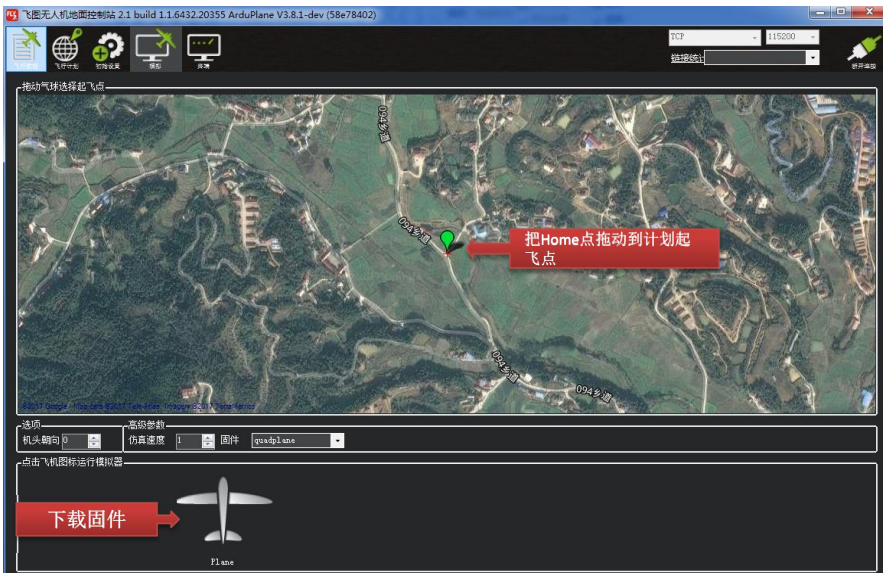
Part2.1：上传航点



Part2.2：仿真飞行；

1、**地面站仿真飞行，检查任务有无差错；**

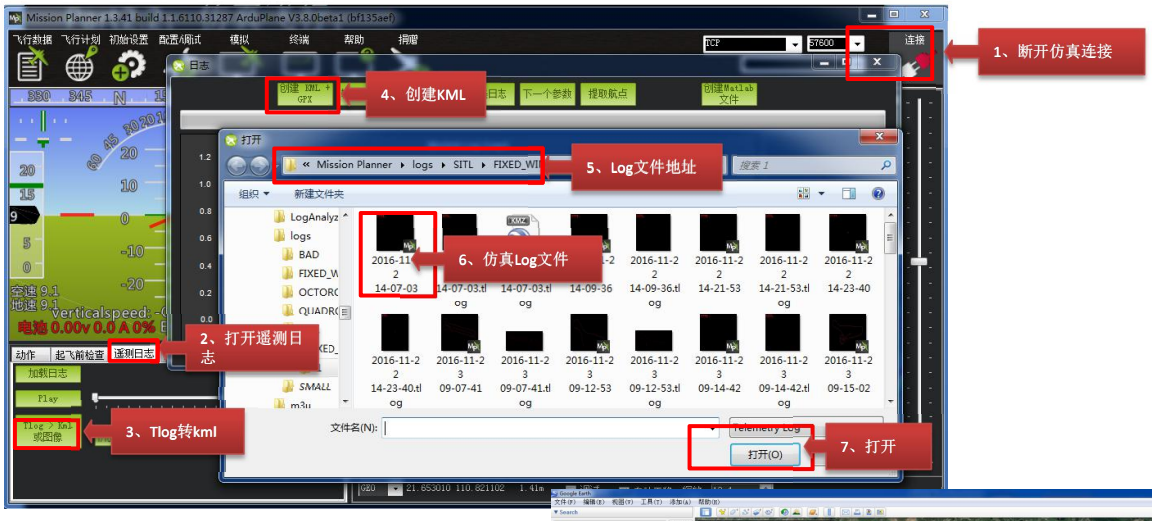
2、仿真结果导入Google earth检查；



点击飞机图标后自动下载仿真固件，然后自动建立连接，读取上一次仿真任务

Part2.2：仿真飞行；

Part2.2：仿真飞行结果GE分析；

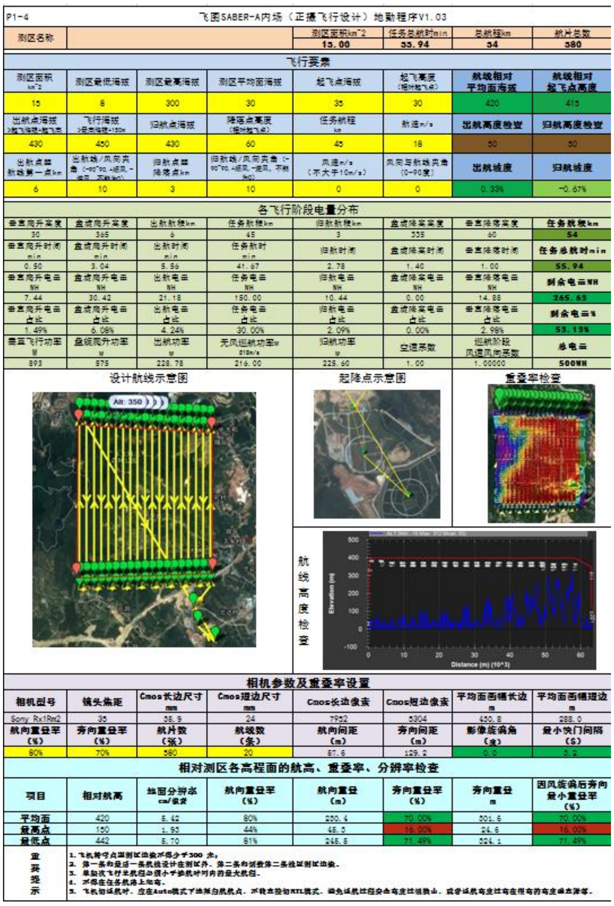


在同一目录下找到转出的KML文件，用Google earth打开，分析仿真飞行情况，重点观察有无航路过低的问题

Part5：预作业/正射技术设计书

原则5.0：至少提前一天进行预作业；
原则5.1：拒绝外场临时规划航线；
原则5.2：严格的双人审核制度；
原则5.3：禁止空中修改航线；
原则5.4：制定应急预案；

飞图FLYTOUAV



P1-4 飞图SABER-A内场（正摄飞行设计）地勤程序V1.03

测区名称		测区面积km^2	任务总航时min	总航程km	航片总数
		15.00	55.94	54	580

飞行要素

测区面积 km^2	测区最低海拔	测区最高海拔	测区平均面海拔	起飞点海拔	起飞高度（相对起飞点）	航线相对平均面海拔	航线相对起飞点高度
15	8	300	30	35	30	420	415
出航点海拔	飞行海拔	归航点海拔	降落点高度（相对起飞点）	任务航程 km	航速m/s	出航高度检查	归航高度检查
430	450	430	60	45	18	50	50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角	归航点距降落点km	归航线/风向夹角	风速m/s（不大于10m/s）	风向与航线夹角（0-90度）	出航坡度	归航坡度
6	10	3	10	0	0	0.33%	-0.67%

各飞行阶段电量分布

垂直爬升高度	盘旋爬升高度	出航航程km	任务航程km	归航航程km	盘旋降落高度	垂直降落高度	任务航程km
30	365	6	45	3	335	60	54
垂直爬升时间 min	盘旋爬升时间 min	出航时间 min	任务航时 min	归航时间	盘旋降落时间	垂直降落时间	任务总航时min
0.50	3.04	5.56	41.67	2.78	1.40	1.00	55.94
垂直爬升电量 WH	盘旋爬升电量 WH	出航电量 WH	任务电量 WH	归航电量 WH	盘旋降落电量 WH	垂直降落电量 WH	剩余电量WH
7.44	30.42	21.18	150.00	10.44	0.00	14.88	265.63
垂直爬升电量占比	盘旋爬升电量占比	出航电量占比	任务电量占比	归航电量占比	盘旋降落电量占比	垂直降落电量占比	剩余电量%
1.49%	6.08%	4.24%	30.00%	2.09%	0.00%	2.98%	53.13%
垂直飞行功率 W	盘旋爬升功率 W	出航功率 W	无风巡航功率W	归航功率 W	空速系数	巡航阶段风速风向系数	总电量
893	575	228.78	216.00	225.60	1.00	1.00000	500WH

相机参数及重叠率设置

相机型号	镜头焦距	Cmos长边尺寸 mm	Cmos短边尺寸 mm	Cmos长边像素	Cmos短边像素	平均面画幅长边 m	平均面画幅短边 m
Sony Rx1Rm2	35	35.9	24	7952	5304	430.8	288.0
航向重叠率（%）	旁向重叠率（%）	航片数（张）	航线数（条）	航向间距（m）	旁向间距（m）	影像旋偏角（度）	最小快门间隔（S）
80%	70%	580	20	57.6	129.2	0.0	3.2

相对测区各高程面的航高、重叠率、分辨率检查

项目	相对航高	地面分辨率 cm/像素	航向重叠率（%）	航向重叠（m）	旁向重叠率（%）	旁向重叠 m	因风旋偏后旁向最小重叠率（%）
平均面	420	5.42	80%	230.4	70.00%	301.6	70.00%
最高点	150	1.93	44%	45.5	16.00%	24.6	16.00%
最低点	442	5.70	81%	245.5	71.49%	324.1	71.49%

重要提示：
1. 飞机降落点距测区边缘不得少于300 米；
2. 第一条和最后一条航线设计在测区外，第二条和倒数第二条线压测区边缘。
3. 单架次飞行总航程必须小于续航时间内的最大航程。
4. 不得在任务航线上加点。
5. 飞机切返航时，应在Auto模式下选择归航航点，不能直接切RTL模式，避免返航过程安全高度过低撞山，或者返航高度过高在很高的高度盘旋降落。

Part5.1：航线安全检查部分

主要检查项：高度、坡度、风向

黄色框输入任务参数

结果框绿色表示安全，红色表示有安全隐患

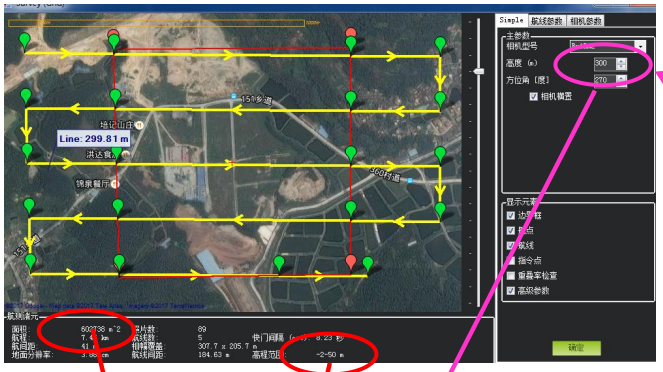
原则：1、不侧风飞行，2、顺风出航，3、顺风归航，4、不大风天飞行

Tips：10m/s风速下正侧风飞行，航时最高会下降35%

P1-4	飞图SABER-A内场（正摄飞行设计）地勤程序V1.03						
测区名称				测区面积km^2	任务总航时min	总航程km	航片总数
				15.00	55.94	54	580
飞行要素							
测区面积 km^2	测区最低海拔	测区最高海拔	测区平均面海拔	起飞点海拔	起飞高度（相对起飞点）	航线相对平均面海拔	航线相对起飞点高度
15	8	300	30	35	30	420	415
出航点海拔 >起飞海拔+起飞高	飞行海拔 >最高海拔+150m	归航点海拔	降落点高度（相对起飞点）	任务航程 km	航速m/s	出航高度检查	归航高度检查
430	450	430	60	45	18	50	50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角（-90~90，+顺风，-逆风，不能为0）	归航点距降落点km	归航线/风向夹角（-90~90，+顺风，-逆风，不能为0）	风速m/s（不大于10m/s）	风向与航线夹角（0-90度）	出航坡度	归航坡度
6	10	3	10	0	0	0.33%	-0.67%

Part5.1：航线安全检查部分填写方法

原则：测区最高海拔需要检查到航线延伸区域



P1-4	飞图SABER-A内场（正摄飞行设计）地勤程序V1.03						
测区名称				测区面积km^2	任务总航时min	总航程km	航片总数
				15.00	55.94	54	580
飞行要素							
测区面积 km^2	测区最低海拔	测区最高海拔	测区平均面海拔	起飞点海拔	起飞高度（相对起飞点）	航线相对平均面海拔	航线相对起飞点高度
15	8	300	30	35	30	420	415
出航点海拔 >起飞海拔+起飞高	飞行海拔 >最高海拔+150m	归航点海拔	降落点高度（相对起飞点）	任务航程 km	航速m/s	出航高度检查	归航高度检查
430	450	430	60	45	18	50	50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角（-90~90，+顺风，-逆风，不能为0）	归航点距降落点km	归航线/风向夹角（-90~90，+顺风，-逆风，不能为0）	风速m/s（不大于10m/s）	风向与航线夹角（0-90度）	出航坡度	归航坡度
6	10	3	10	0	0	0.33%	-0.67%

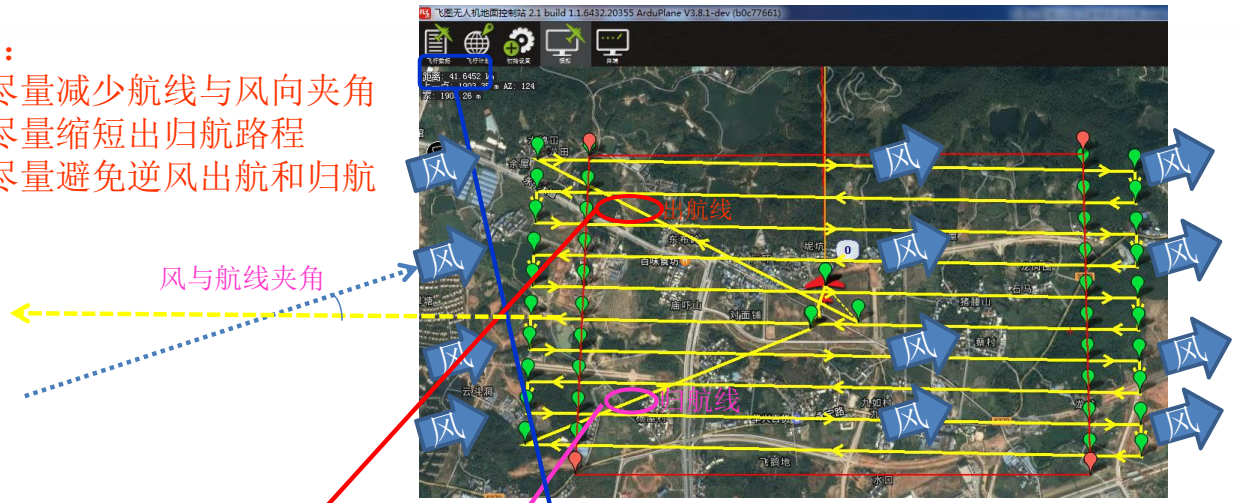
Part5.1：航线安全检查部分填写方法

原则：1、出航归航高度检查必须为绿色 2、出航归航坡度为绿色

P1-4	飞图SABER-A内场（正摄飞行设计）地勤程序V1.03						
测区名称				测区面积km^2	任务总航时min	总航程km	航片总数
				15.00	55.94	54	580
飞行要素							
测区面积 km^2	测区最低海拔	测区最高海拔	测区平均面海拔	起飞点海拔	起飞高度（相对起飞点）	航线相对平均面海拔	航线相对起飞点高度
15	8	300	30	35	30	420	415
出航点海拔 >起飞海拔+起飞高	飞行海拔 >最高海拔+150m	归航点海拔	降落点高度（相对起飞点）	任务航程 km	航速m/s	出航高度检查	归航高度检查
430	450	430	60	45	18	50	50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角（-90~90,+顺风,-逆风，不能为0）	归航点距降落点km	归航线/风向夹角（-90~90,+顺风,-逆风，不能为0）	风速m/s（不大于10m/s）	风向与航线夹角（0-90度）	出航坡度	归航坡度
6	10	3	10	0	0	0.33%	-0.67%

Part5.1：航线安全检查部分填写方法

原则：
1、尽量减少航线与风向夹角
2、尽量缩短出归航路程
3、尽量避免逆风出航和归航



P1-4	飞图SABER-A内场（正摄飞行设计）地勤程序V1.03						
测区名称				测区面积km^2	任务总航时min	总航程km	航片总数
				15.00	55.94	54	580
飞行要素							
测区面积 km^2	测区最低海拔	测区最高海拔	测区平均面海拔	起飞点海拔	起飞高度（相对起飞点）	航线相对平均面海拔	航线相对起飞点高度
15	8	300	30	35	30	420	415
出航点海拔 >起飞海拔+起飞高	飞行海拔 >最高海拔+150m	归航点海拔	降落点高度（相对起飞点）	任务航程 km	航速m/s	出航高度检查	归航高度检查
430	450	430	60	45	18	50	50
出航点距航线第一点km	出航线/风向夹角（-90~90,+顺风,-逆风，不能为0）	归航点距降落点km	归航线/风向夹角（-90~90,+顺风,-逆风，不能为0）	风速m/s（不大于10m/s）	风向与航线夹角（0-90度）	出航坡度	归航坡度
6	10	3	10	0	0	0.33%	-0.67%

Part5.2：电量安全检查部分

主要检查项：航程、航时、剩余电量

非输入项

结果框绿色表示安全，黄色表示有安全隐患、红色表示超出安全界限

表格同时显示了各飞行阶段的电量分布

原则：至少预留20%电量用于面对天气的变化，如果飞机离返航点较远，须根据现场实际飞行情况，引导飞机安全降落

各飞行阶段电量分布							
垂直爬升高度	盘旋爬升高度	出航航程km	任务航程km	归航航程km	盘旋降高高度	垂直降落高度	任务航程km
30	365	6	45	3	335	60	54
垂直爬升时间 min	盘旋爬升时间 min	出航时间 min	任务航时 min	归航时间	盘旋降高时间	垂直降落时间	任务总航时min
0.50	3.04	5.56	41.67	2.78	1.40	1.00	55.94
垂直爬升电量 WH	盘旋爬升电量 WH	出航电量 WH	任务电量 WH	归航电量 WH	盘旋降高电量 WH	垂直降落电量 WH	剩余电量WH
7.44	30.42	21.18	150.00	10.44	0.00	14.88	265.63
垂直爬升电量 占比	盘旋爬升电量 占比	出航电量 占比	任务电量 占比	归航电量 占比	盘旋降高电量 占比	垂直降落电量 占比	剩余电量%
1.49%	6.08%	4.24%	30.00%	2.09%	0.00%	2.98%	53.13%
垂直飞行功率 W	盘旋爬升功率 w	出航功率 w	无风巡航功率w @18m/s	归航功率 w	空速系数	巡航阶段 风速风向系数	总电量
893	575	228.78	216.00	225.60	1.00	1.00000	500WH

Part5.3：航线示意图

主要检查项：航线、起降点、无风重叠率、航线安全高度

原则：

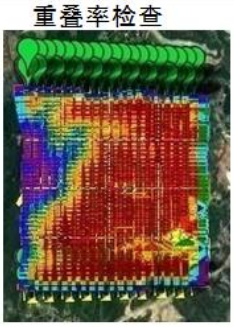
1、禁止顺风起飞、2、禁止顺风/侧风降落、3、航高大于地形高度150m

4、重叠率检查测区内不出现蓝色区域

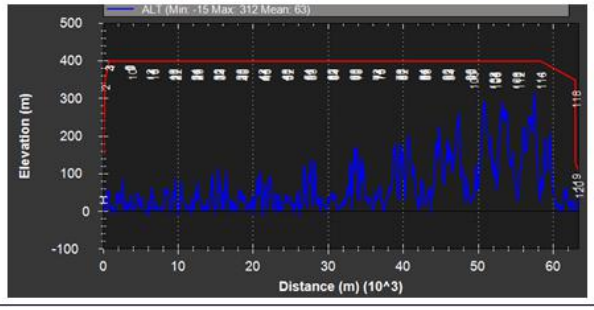
设计航线示意图

起降点示意图

重叠率检查



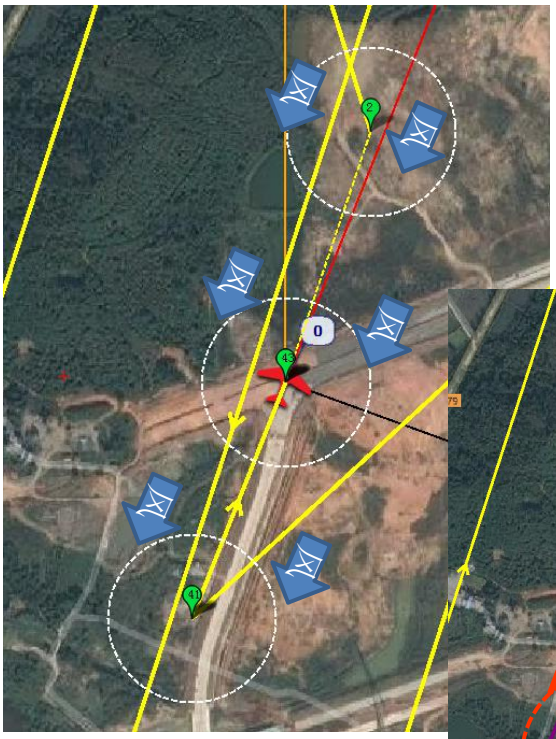
航线高度检查

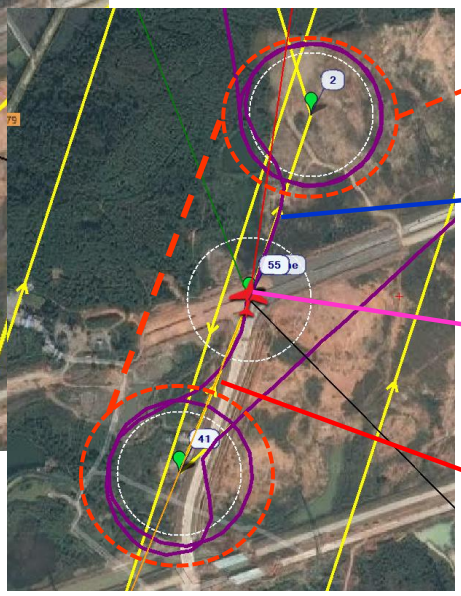


Part5.3：起降点/为什么？

一个标准的起降航线包含的元素：

1、一个虚拟的机场；
2、逆风起飞、逆风降落；
3、盘旋点与降落点间隔3个半径距离（共350m）；
4、机头指向起飞点；
5、起飞盘旋点不压建筑物及山体；
6、盘旋降高点不压建筑物及山体；





受风的影响，盘旋半径不会是正圆，须避免盘旋压障碍物，同时盘旋时高度受低空风切变影响可能突然下降

距离太短空速未达安全界限进入盘旋容易失速

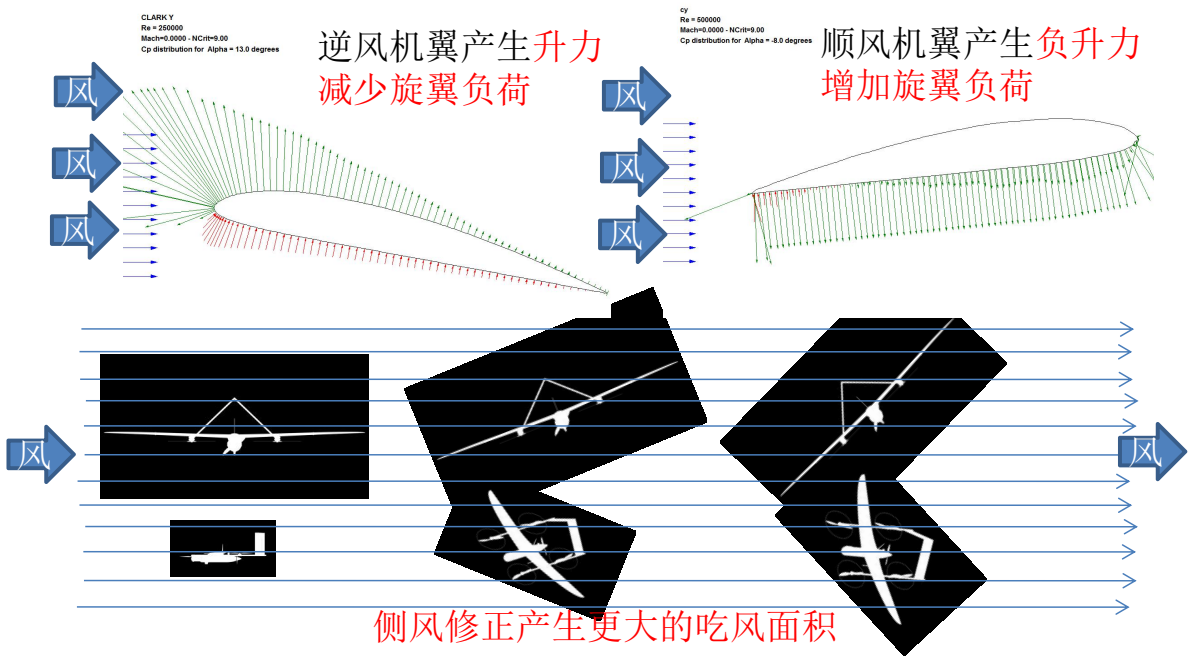
机头不指向盘旋点，在垂直转换加速过程中转弯容易失速

距离太短造成固定翼转旋翼模式时飞行姿态不佳

Part5.3：为什么必须逆风起降？

旋翼-固定翼转换时：

1、逆风机翼产生升力，4个旋翼有更大的余量纠正姿态及位置偏差；同时有更低的地速，避免过冲；
2、顺风时，机翼产生负升力，4个旋翼需要比无风时输出更大的功率进行姿态和位置修正，风大时甚至超出修正能力，造成坠机事故；相同空速下有更高的地速，容易冲过转换点。
3、严格禁止侧风起降，飞机的侧投影面积远大于正投影面积，在风力大于一定程度，倾转旋翼产生的侧向修正力小于吃风面积增加产生的偏移力，飞机会继续加大侧倾角与风较劲，增加侧倾角伴随更大的吃风面积和偏移力，此时飞机易被风吹跑，如果风力风向变化易导致坠机事故



Part5.4：重叠率设置

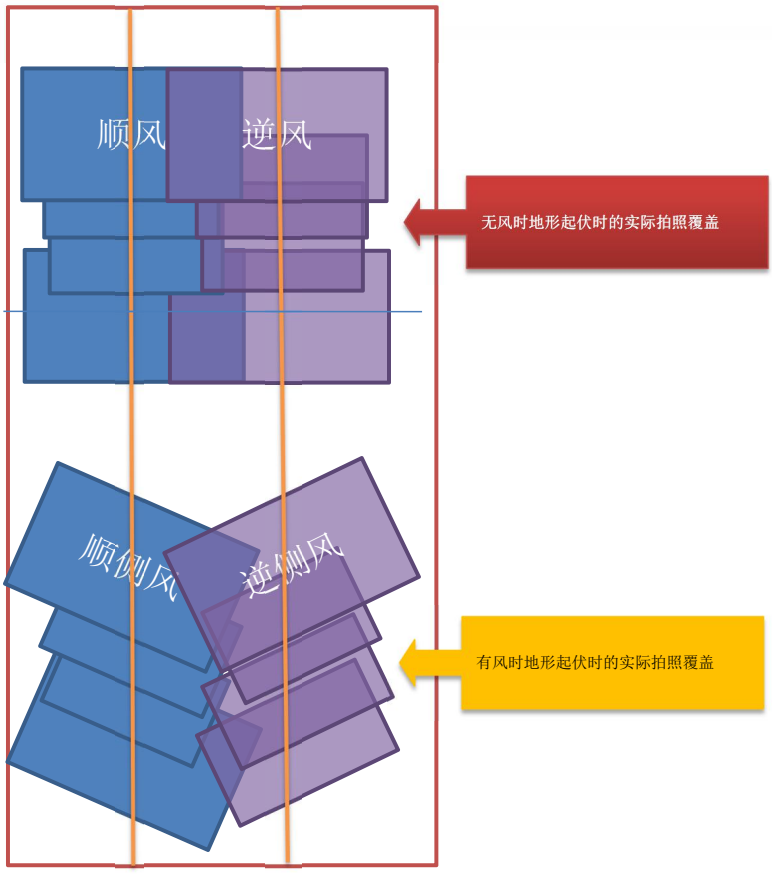
1、重点检查旁向重叠率，确保满足技术规范要求，尤其是最高点重叠率，在有风的情况下，旋偏后照片重叠率会进一步下降，必要时提高航向及旁向重叠率或分层飞行。

2、Sony Rx1Rm2相机保证快门触发间隔大于1.5s，A5100～A6500大于1s间隔。

3、规划航线时航线与风向平行，减少旋偏角；

相机参数及重叠率设置							
相机型号	镜头焦距	Cmos长边尺寸 mm	Cmos短边尺寸 mm	Cmos长边像素	Cmos短边像素	平均面画幅长边 m	平均面画幅短边 m
Sony Rx1Rm2	35	35.9	24	7952	5304	430.8	288.0
航向重叠率（%）	旁向重叠率（%）	航片数（张）	航线数（条）	航向间距（m）	旁向间距（m）	影像旋偏角（度）	最小快门间隔（S）
80%	70%	580	20	57.6	129.2	0.0	3.2
相对测区各高程面的航高、重叠率、分辨率检查							
项目	相对航高	地面分辨率 cm/像素	航向重叠率（%）	航向重叠（m）	旁向重叠率（%）	旁向重叠 m	因风旋偏后旁向最小重叠率（%）
平均面	420	5.42	80%	230.4	70.00%	301.6	70.00%
最高点	150	1.93	44%	45.3	16.00%	24.6	16.00%
最低点	442	5.70	81%	245.5	71.49%	324.1	71.49%

Part5.4：重叠率设置



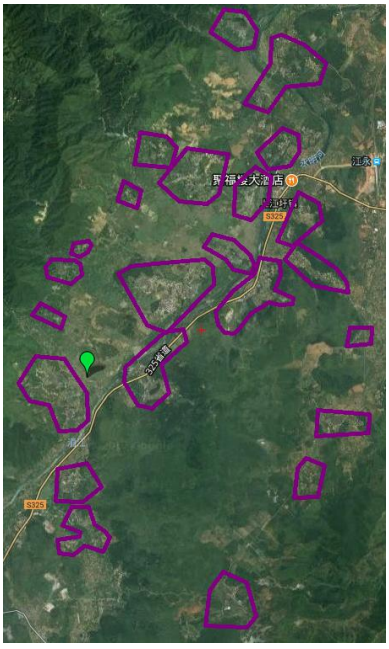
Part6：高级任务

1：组合多个任务；
2、单一任务多架次飞行；
3：指点飞行；
4：应急处理；

Part6.1：组合多个任务

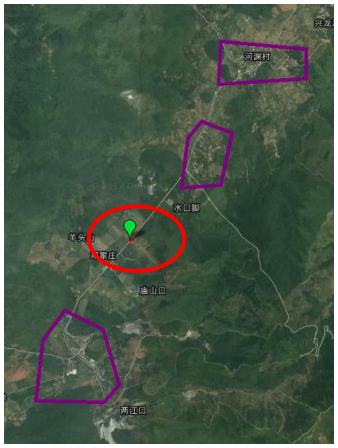
为避免频繁起降转场，充分发挥Saber航程优势，可以进行空中转场组合多个任务；
原则：

1、组合任务在一个架次航程内；
2、无线电保证通视，禁止盲飞；
3、转场航线提前考察，禁止穿越高山、河谷、峡谷等复杂气流区域；
4、高程落差不能超相对航高50%；

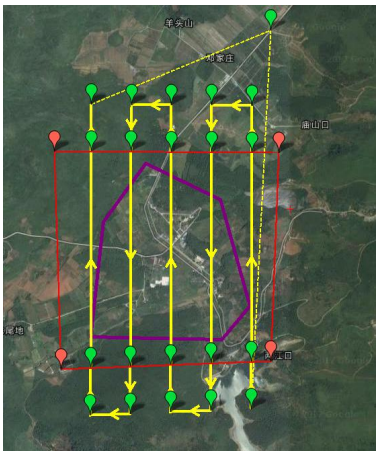


Part6.1：组合多个任务

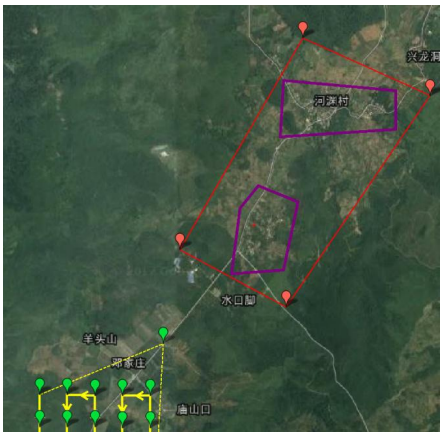
1、可以兼顾到多个测区的起降点



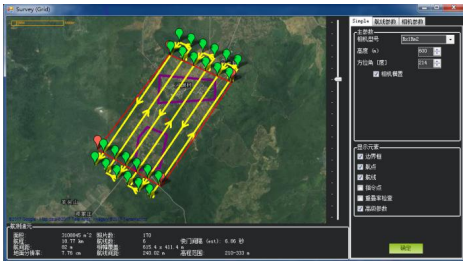
2、规划第一个测区航线，保存以免后面需要修改



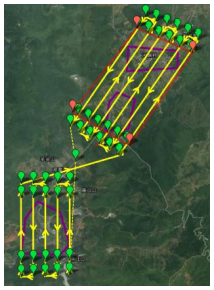
3、原有航线不动，新画一个测区



4、生成一个新航线

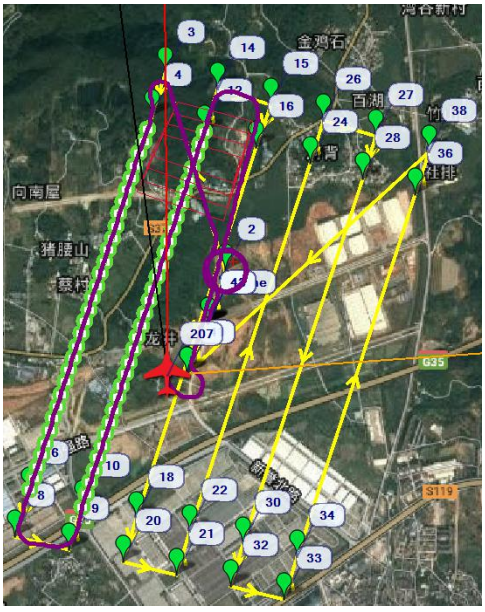


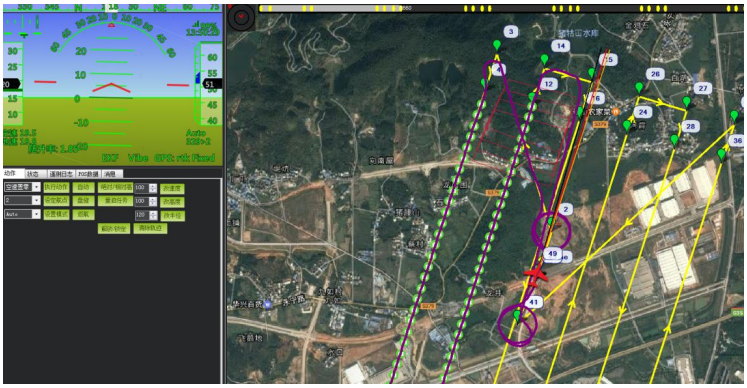
5、确定后生成组合航线



6、继续组合及添加起降指令

Part6.2：单个任务分割多架次飞行





Part6.3：指点飞行

免责声明：“指点飞行”超越了标准作业程序，用户清楚明了“指点飞行”轨迹没有经过严格的航线规划和检查，用户明确了解该行为可能造成撞击山体、穿越乱流、超出无线电监测范围、超出航程、进入飞行禁区等风险，飞图不承担该行为造成的任何损失。

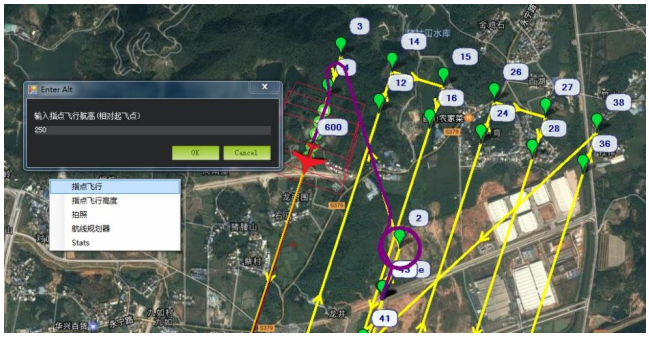
Part6.3：指点飞行

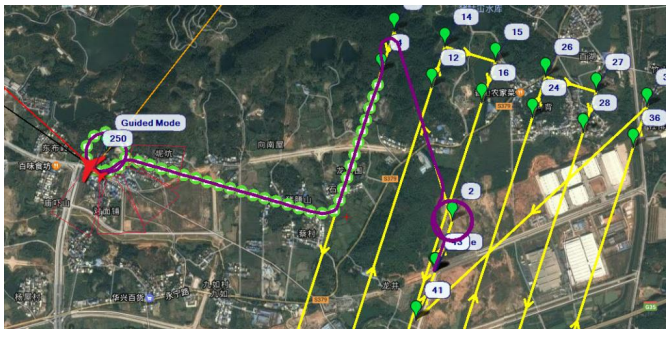
指点飞行的用途：

1、视频监控围绕兴趣点盘旋；
2、规避：指定一个临时盘旋点规避其他飞行器；
3、指点临时迫降点：对于某些原因（电量不足、鹰击、暴雨……）无法安全返航时，指定一个迫降盘旋点，将损失降至最低；

进入方法

1、飞机升空；
2、鼠标右键点击需要飞往的地点，在鼠标右键菜单选择“指点飞行”；
3、输入目标高度；
4、飞机到达引导点后无限盘旋等待新的指令。
5、飞行过程中可以通过控制台的 100 改高度 指令改变盘旋高度。





Part7 ： 应急处理

君子不立危墙之下-------按章作业；

冷静

事故=一个问题+n个错误应对举措

Part7.1： 应急处理原则

1、一个责任人：**谁飞上天，谁负责**；

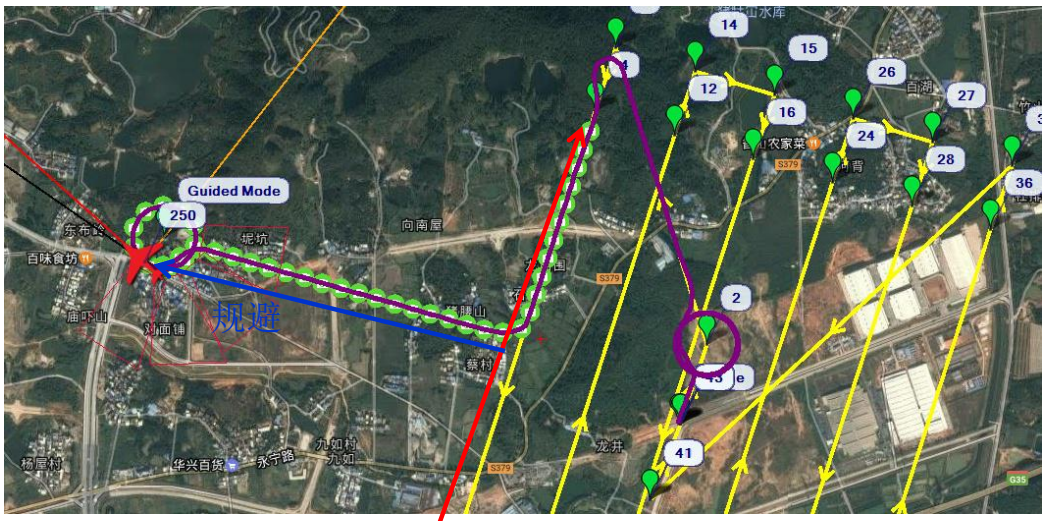
2、一个控制权：**谁负责，谁控制**；其他人禁止擅自执行飞行控制指令；

3、**高度超100m优先切盘旋**--冷静，进入盘旋有大量时间思考应对措施；

4、高度**低于100m优先切旋翼定点**，视情况迫降或返航；

Part7.2：应急处理情形

1、规避：对于突然出现的其他飞行器（通常为直升机或其他无人机或通航飞行器）采用指点飞行引导飞机向远离冲突目标的方向及高度飞行；



Part7.2：应急处理情形

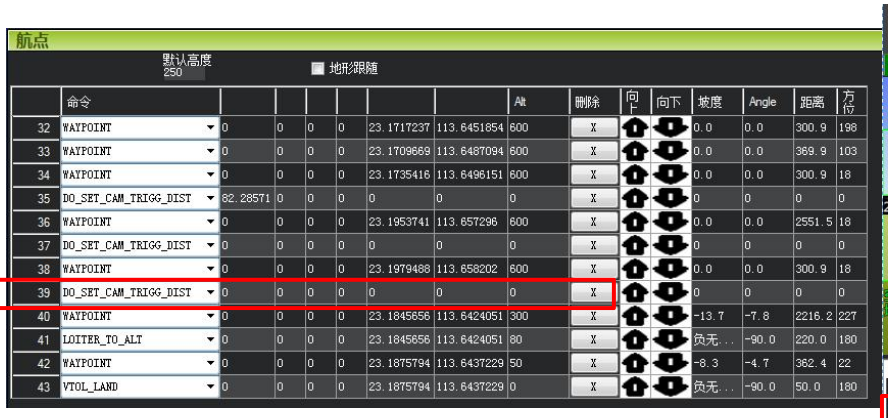
2、电量不足：

情形1：飞机未触发低电返航电量，但机长认为飞机的剩余电量完成任务有风险，主动给指令让飞机返航，操作指令为：

1、确认任务的最后一个关闭定距拍照命令（一般倒数第5个），如图示为39号航点；

2、在auto自动模式，选择39号航点后，点击设定航点；

3、飞机关闭拍照飞往归航点盘旋降高降落；



	命令							Alt	删除	向上	向下	坡度	Angle	距离	方位
32	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1717237	113.6451854	600	X			0.0	0.0	300.9	198
33	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1709669	113.6487094	600	X			0.0	0.0	369.9	103
34	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1735416	113.6496151	600	X			0.0	0.0	300.9	18
35	DO_SET_CAM_TRIGG_DIST	82.28571	0	0	0	0	0	0	X			0	0	0	0
36	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1953741	113.657296	600	X			0.0	0.0	2551.5	18
37	DO_SET_CAM_TRIGG_DIST	0	0	0	0	0	0	0	X			0	0	0	0
38	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1979488	113.658202	600	X			0.0	0.0	300.9	18
39	DO_SET_CAM_TRIGG_DIST	0	0	0	0	0	0	0	X			0	0	0	0
40	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1845656	113.6424051	300	X			-13.7	-7.8	2216.2	227
41	LOITER_TO_ALT	0	0	0	0	23.1845656	113.6424051	80	X			负无...	-90.0	220.0	180
42	WAYPOINT	0	0	0	0	23.1875794	113.6437229	50	X			-8.3	-4.7	382.4	22
43	VTOL_LAND	0	0	0	0	23.1875794	113.6437229	0	X			负无...	-90.0	50.0	180

Part7.2：应急处理情形

2、电量不足：

情形2：飞机触发低电返航

1、确认任务的最后一个关闭定距拍照命令（一般倒数第5个），如图示为39号航点；

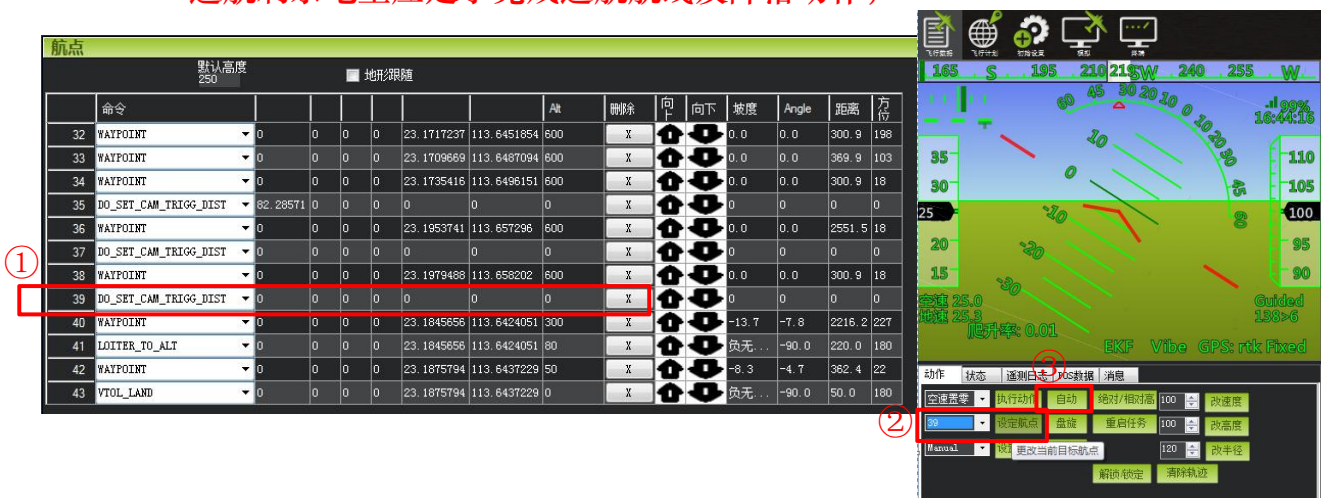
2、选择39号航点后，点击设定航点

3、将飞机切入auto自动模式；

4、飞机关闭拍照飞往归航点盘旋降高降落；

注意：1、默认返航至起飞点上方200m高，然后垂直降落，须保证自动返航航线高度；

2、返航剩余电量应足于完成返航航线及降落动作；



Part7.2：应急处理情形

3、迫降程序：

情形：①电量不足于返航②空中射桨③尾推电机烧毁③尾推电调烧毁④机壳损伤/鹰抓

1、指定一个安全迫降盘旋点；

2、指定一个低于当前飞行高度的目标高度，让飞机以-8度左右俯冲以减少电量消耗；

3、设定盘旋高度100m；

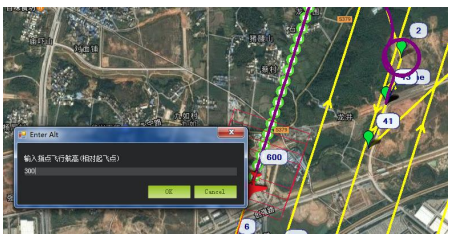
4、到达目标高度后，设定Qland命令，迫降。

注意：

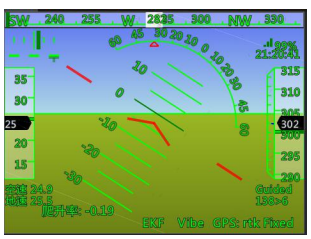
1、Saber固定翼模式滑降比约为1：10，表示无风时100m高度可以无动力滑行1km。

2、旋翼模式降落时下降速度为1.2m/s，从120m降落需要大约2分钟的时间，至少需要8%左右的剩余电量，电压低于19.5V飞机失去控制能力。

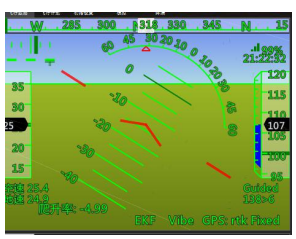
3、动力电池在低温状态的输出电量会大幅小于常温状态；



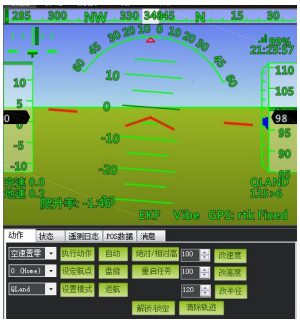
①指定迫降点



②到达300m高度



③到达100m高度



④切Qland迫降

⑤如果迫降点离家较近且通视无阻挡，切Qrtl用旋翼模式返航

4、信号遮挡，但电台处于连接状态（即盲飞）

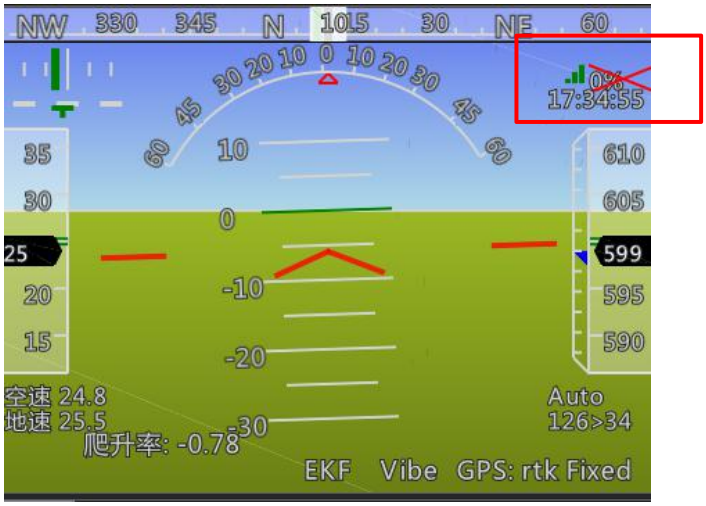
情形：

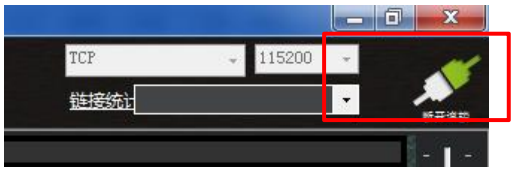
①障碍物遮挡②超出电台传输距离

处理措施：

1、冷静等待；

2、带着地面站电脑和电台，绕过障碍物；





Part7.2：应急处理情形

5、链路断开：

情形：

①地面站电脑没电、死机；

②地面站软件卡死、重启、或杀毒软件错报杀死进程；

③地面电台淋雨进水烧毁；

④误点断开电台连接；

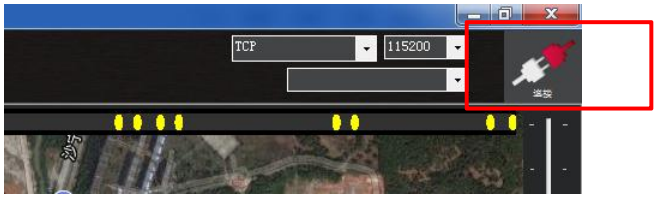
处理措施：

1、冷静，哪怕没有电台连接，飞机完成任务都会安全返航降落，禁止在飞行过程中乱给指令或在固定翼飞行模式打开遥控器；

2、换电脑、换电池、打开地面站软件重新建立连接，当信号强度大于70%时可以通畅的重新建立连接，这意味着在通视情况下，基本上300m高度10km范围内都可以重新建立连接。

3、如果有障碍物环境无法通视，带着地面站电脑和电台，绕过障碍物继续尝试。

4、保证任务设定的降落点有人值守；



6、旋翼模式手控时报低电压返航

情形：在完成任务归航降落时，由于落点不一定理想，因此通常需要切入Qloiter/旋翼定点模式进行微调，如果在该模式下停留时间太长，可能触发低电压返航进入QRTL模式强制自动降落，此时飞控取得控制权，往gps定位的起飞点降落，如果需要重新取回控制权，来回拨动模式开关，重新切入旋翼定点模式。

注意：1、起飞及降落点半径5m内，禁止闲杂人员进入；