

引 言

安全生产是电力企业赖以生存和发展的基础，安全生产风险是企业面临的最大风险。本标准依据“一切事故都可以预防”安全理念，按照“安全生产风险管理体系”理论，规范了输电线路无人直升机电力输电线路巡检工作。

本导则的目的是为无人直升机电力输电线路巡检作业的运行提供依据，确保其有效运行并受控可控。

本标准的附录 A、B、C 为规范性附录，附录 D、E 为资料性附录。

本标准由 提出、归口和解释。

本标准起草本部门： 。

本标准主要起草人： 。

本标准主要审核人： 。

本标准由 批准。

无人直升机电力输电线路巡检技术导则

1 总则

本导则规定了无人直升机系统的巡检作业规程，包括职责分工、航线规划与杆塔坐标信息采集、巡检操作流程、巡检设备日常维护保养和飞行安全应急预案等方面的规范性要求。

本导则适用于贵州电网公司输电运行检修分公司无人直升机的电力输电线路巡检工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- 1、依据《通用航空飞行管制条例》
- 2、依据《民用无人机空中交通管理办法》

3 术语与定义

3.1 无人直升机电力巡线

无人直升机电力巡线：它通过无人直升机挂载可见光摄像机等设备，对高压输电线路导线、杆塔、绝缘子、金具、线夹、防震锤、树木生长、线路结构等进行影像采集拍摄，并对巡检资料进行分析评估，检查出输电线路可能存在的安全隐患。

3.2 航线

飞行器飞行所经过的空中交通线称为航线。

4 总则

4.1 巡视方案的原则

确保无人直升机巡线飞行工作的施工安全，提高无人直升机巡线的技术水平，实现电力系统的安全稳定运行。

无人直升机巡检作业必须贯彻“安全第一，预防为主”的方针，确保无人直升机巡检作业过程中的人身安全、线路安全以及无人直升机的安全飞行。

4.2 装置对巡视环境的要求

- a) 适用范围：在35kV~500kV的输电线路电磁环境下正常工作
- b) 环境温度：-10℃~+60℃范围内正常工作
- c) 在相对湿度：5%~80%
- d) 在大气压：86kPa~106kPa
- e) 抗风能力：不大于5级阵风
- f) 相对导线最低安全距离：15m

4.3 技术导则编修的周期

5 职责与权限

飞行作业小组最低配置三名专项技术人员：一名无人机操作手，一名地面站操作手，一名云台操作手。另根据实际工作情况配置若干地勤人员。

5.1 巡检工作负责人

- 5.1.1、负责作业现场的安全，并负责编制安全作业预案
- 5.1.2、负责统筹安排现场作业工作
- 5.1.3、负责监督安排各职位人员职责
- 5.1.4、负责制定和实施飞行应急预案实施
- 5.1.5、一般作业情况下，巡检工作负责人由无人机操控手担任

5.2 飞控手

- 5.2.1、负责飞行任务与架次的大致规划。
- 5.2.2、负责飞机实飞航线的检查。
- 5.2.3、负责飞机遥控操作。
- 5.2.4、负责监督无人机飞行过程的状态监控。
- 5.2.5、负责组织对无人机进行调试，检查和维护。
- 5.2.6、负责整个飞行小组现场工作的临时调配。
- 5.2.7、组织实施对作业成果资料进行故障分析和汇编工作。

5.3 地面站操作手

- 5.3.1、负责地面站设备的展开和状态检查。
- 5.3.2、负责 GPS 数据的导入。
- 5.3.3、负责飞机航线的编辑，航线上传。
- 5.3.4、负责飞机自动驾驶期间的数据监控。
- 5.3.5、负责数传系统的状态检查和维护。

- 5.3.6、协助操控手对无人机进行调试，检查和维护
- 5.3.7、负责无人机设备电源的准备、安装、维护和检查。
- 5.3.8、负责前期航线规划，GPS 数据采集。
- 5.3.9、负责 GPS 数据汇总。
- 5.3.10、负责作业成果资料的整理和存档。

5.4 云台操作手

- 5.4.1、负责机载设备的检查和维护。
- 5.4.2、负责云台的操作。
- 5.4.3、负责云台系统的检查和维护。
- 5.4.4、负责机载端图传系统的检查和维护。
- 5.4.5、协助飞控手执行对无人机系统的调试，检查和维护。
- 5.4.6、负责监督地面站操作手对杆塔 GPS 数据进行采集、汇总。
- 5.4.7、负责飞机油料的配备。
- 5.4.8、负责现场飞机机械部分的安装和准备。

5.5 其他配合人员

- 5.5.1 维护作业现场安全作业的秩序
- 5.5.2 协助各操作手的完成巡检工作
- 5.5.3 负责工作票的开具和现场作业表单的填写和记录工作

6 巡线工作方法与内容

- 6.1 执行无人直机电力巡检工作的小组及单位在进行航空活动时应当遵守相关法规和规定，其中包括《中华人民共和国民用航空法》、《中华人民共和国飞行基本规则》、《通用航空飞行管制条例》及民航局规章等。
- 6.2 使用低空空域，执行无人机电力巡检工作应当按照国家有关规定向飞行管制部门提出申请，经批准后方可实施。
- 6.3 组织实施民用无人机活动的单位和个人应当按照《通用航空飞行管制条例》等规定申请划设和使用空域，接受飞行活动管理和空中交通服务，保证飞行安全。
- 6.4 为了避免对运输航空飞行安全的影响，未经地区管理局批准，禁止在民用运输机场飞行空域内从事无人机飞行活动。申请划设民航无人机临时飞行空域时，应当避免与其它载人民用航空器在同一空域内飞行。
- 6.5 执行电力巡检工作前，应根据各线路的地理环境情况，根据航线规划的标准，由地面站操作手准确规划各架次的航线，飞控手负责监督和检查。
- 6.6 无人机电力输电线路巡检主要工作有航前准备、飞行巡检和巡检成果处理三部分组成。
- 6.7 航前准备工作包括：杆塔gps数据采集、汇编、航线规划、编制等，航前准备工作的标准根据附件A的要求执行。
- 6.8 飞行巡检的工作包括：起降场地的选择、无人机的检查、巡飞等。巡飞的工作标准根据附件C的要求执行。
- 6.9 巡检成果处理工作包括飞行数据的采集、照片、视频资料的采集、分析和处理、存储等。
- 6.10 无人直升机的巡检操作人员必须是经过无人机专项培训获得无人直升机系统操作资格的专业操作人员。

附录 A 巡检操作程序

1 飞行前准备工作

1.1 准备待用工具

- 1.根据准备工具表准备
- 2.根据飞行任务选用工具
- 3.确保待用工具的可用性

1.2 规划飞行架次和时间

- 1.确定飞行的总架次
- 2.预计飞行时间

根据编好的航线、架次，预测好飞行时间，从而确定出油量做好。

- 3.规划飞行航线

提前踩点，并在电脑上设好航点，规划好飞行航线、架次。

注：

根据杆塔的地理环境，规划好每个架次，每个架次尽量规划在通视范围内，以便实现更好的通讯状态。

1.3 检查待飞飞机完好性

1.检查机体

- 1.1 检查飞机、机身、机翼、是否有损坏
- 1.2 起落架是否安装牢固
- 1.3 发动机底座螺丝是否上紧
- 1.4 检查发动机机匣是否有裂痕
- 1.5 磁电机是否正常
- 1.6 排气管螺丝是否松动
- 1.7 各个地方的球头扣是否松动

2.检查辅助设备的完好性

1.4 引擎及油路检查

1. 确认油针位置
2. 确认引擎的油门在高速位置和低速位置是正确
3. 伺服机的中立点和化油器阀门的中立点是相同
4. 油路的确认 加油管、增压管、进油管
5. 加油时候注意油中不得夹杂杂质
6. 加油过程注意关闭进油管

1.5 伺服机及各舵面检查

1. 各舵角舵量及方向的正确性
2. 固定螺丝是否稳固
3. 连杆的顺畅度
4. 舵角固定物要检查有无脱落现象
5. 躲角能否轻易的活动
6. 伺服机座是否稳固，是否适合伺服机的大小，滑行中前轮偏向修正

1.6 重心检查

确定飞机重心偏移不超过设计极限

1.7 电台天线通讯是否正常

1. 电台天线是否锁紧，连线是否松动。
2. 电台天线通讯是否正常

1.8 准备备份设备

1. 设备备份种类和数量
2. 检查备用设备的完好性

1.9 工作电脑充电

1. 确保电脑处于满电状态，确保飞行软件可用
提前一天将电脑点充满，并确保地面站软件能用

1.10 准备飞行用油

根据飞行时间富余准备

1.11 待飞飞机电源充电

1. 机载电源（飞控、接收、点火、任务设备等）
2. 备份电源

类型	使用对象	数量	额定电压	额定容量	充电电流	饱和电压
镍氢电池	舵机	1	4.8V	2200mAH	0.8~1.0A	5.3V
锂电池	飞控	1	7.4V	2200mAh	0.8~1.0A	8.4V
锂电池	云台与图传	1	11.1V	3700mAh	0.8~1.2A	12.5V
镍镉电池	遥控器	1 块	9.6V	600mAH	60mA	10.6V

1.12 预测飞行环境

1. 飞行时实时气候
飞行前一天查询当地天气
2. 明细的飞行时间
根据计划飞行架次，巡线速度，巡线距离确定出飞行时间

1.13 确定飞行场地

1. 预设飞行场地
采点的同时，注意观察是否有合适的空地，在垂直高度上不得有线，离所拍的塔最好在 30 米外。

1.14 检查接插件

1. 准备好需用接插件
2. 检查各接插件的完好性

1.15 准备飞控系统

1. 地面站设备
2. 电台
3. 其他辅助设备

2 起降场地

实地踏勘时，应携带手持或者车载 GPS 设备，记录起降场地和重要目标的坐标信息，根据重要目标坐标与起降场坐标的对比，可计算出飞行所需的相对高度。

2.1 场地选取

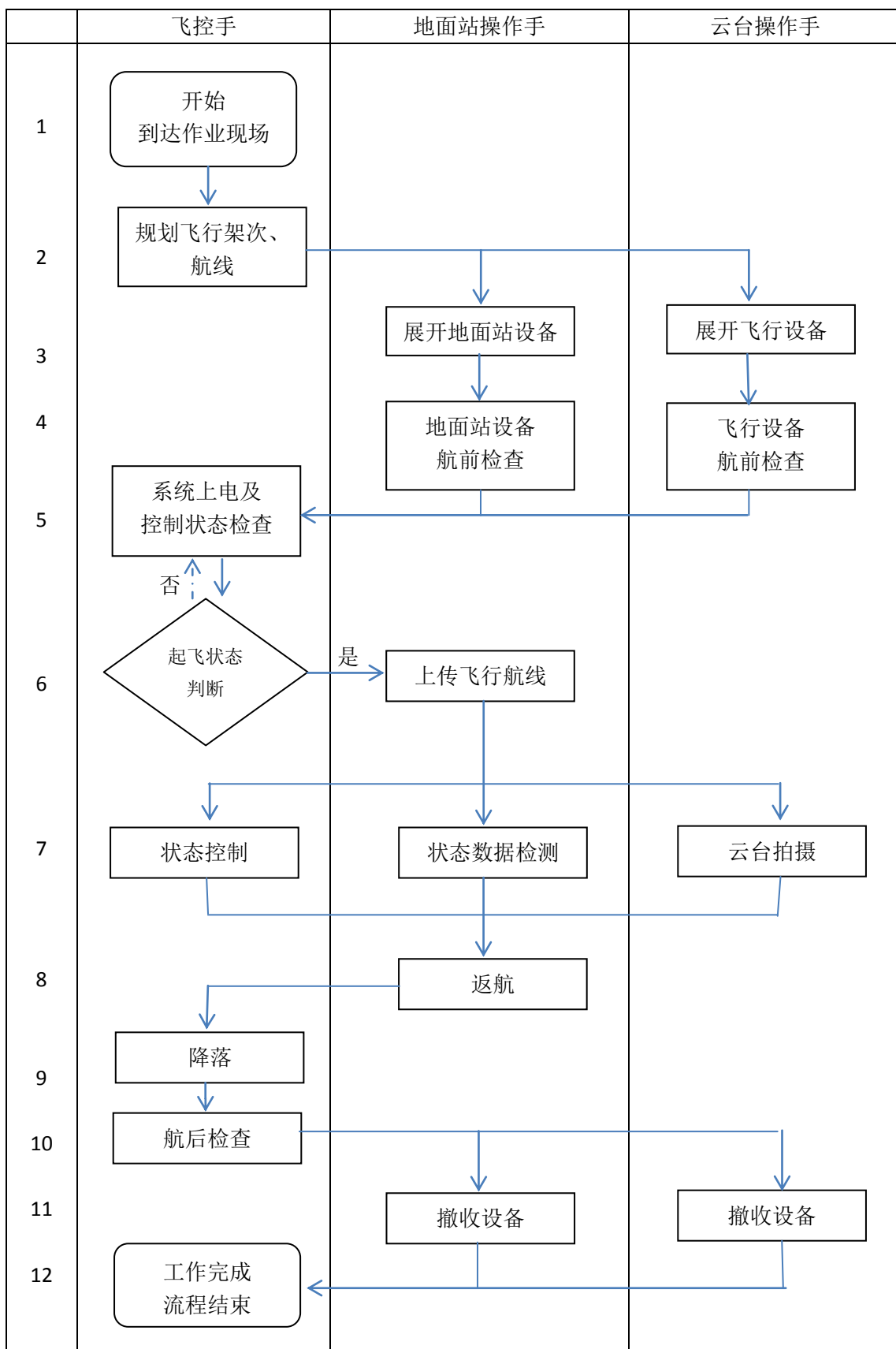
根据无人机的起降方式，寻找并选取合适的起降场地，非应急性质的巡线作业，起降场地应满足以下要求：

- 1 至少有 4*4m 以上的场地
- 2 距离军用、商用机场须在 10KM 以上；
- 2 起降场地相对平坦，通视良好；
- 3 远离人口密集区，半径 200M 范围内尽量避免高大建筑物、重要设施等；
- 4 附近应无正在使用的雷达站、微波中继站、无线通信等干扰源，在不确定的情况下，应测试信号的频率和强度，如对系统设备有干扰，须改变起降场地；

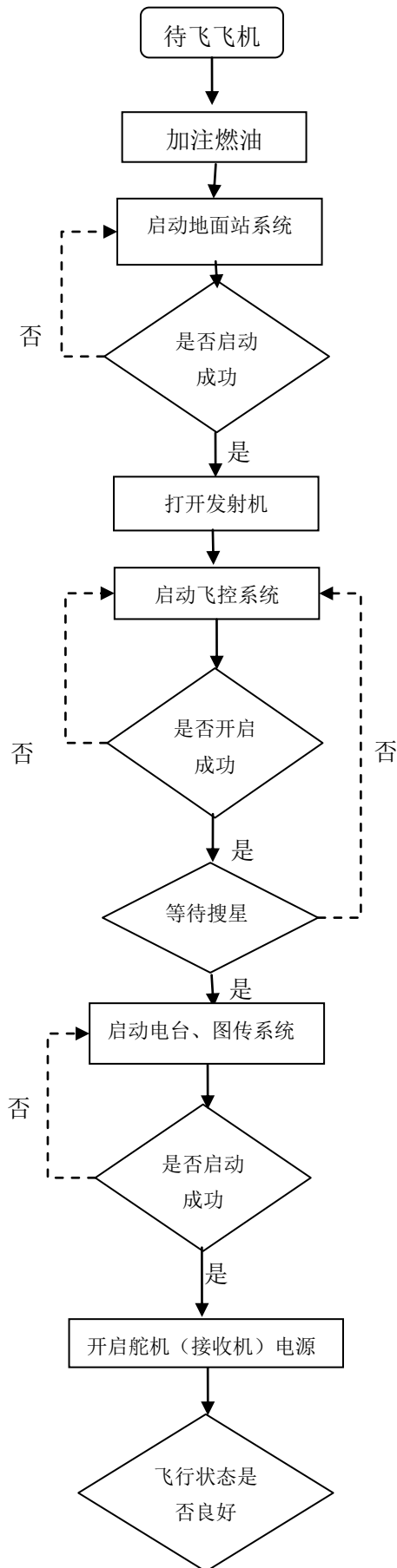
附录 B 巡飞操作步骤

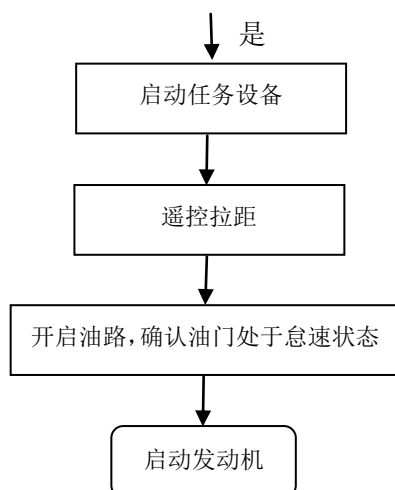
3.1 现场工作安排

现场巡飞操作流程



3.2 飞行系统启动步骤





3.3 飞行任务

1、编好航线并至少两人检查无误后上传航线

编好航线，通过至少两人的检查确认无误后在飞机起飞前上传航点数据

2、飞机起飞至指定起高度后切入自驾

3、在切换自驾后，通过电脑执行飞行任务，在飞机飞行过程，需实时报告飞行的状态（飞机高度、速度、距离）以便更好地看出飞机是否指定的状态飞行，以及云台操作手更好的知道拍照的时机。

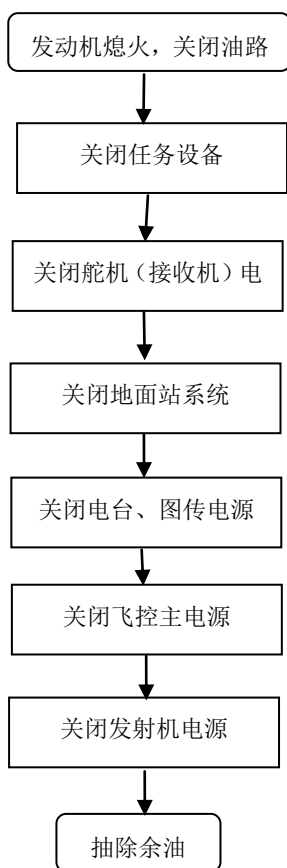
4、操作云台，控制相机的拍照位置。

控制好拍摄的角度，根据报告的飞机位置，找好拍照的时机。在离塔还有一定的距离时，先对塔，在到达塔的时候，先拍塔基，由下至上扫描整个杆塔。

5、在飞机到达返航点时，飞控手切换到手动模式，控制飞机的着陆。

在着陆点一定距离范围内，不得有人。

3.4 飞行系统的关闭步骤



注：遥控器、舵机、飞控电源的开关顺序

1). 开机顺序：

检查遥控器各开关位置——》开启遥控器——》开启飞控——》开启舵机

遥控器检查内容：

- 侧面四个拨动开关向下；
- 右边第二个在上(手动驾驶控制)；
- 油门处于最小；

2). 关电顺序：

关闭舵机电源——》关闭飞控电源——》关闭遥控器

4 航前航后检查注意事项

4.1 航后检查

4.1.1、飞行平台检查

对无人机飞行平台进行飞行后检查并记录,如果无人机以非正常姿态着陆并导致无人机损伤时,应优先检查受损部位。

检查项目	检查内容
动力装置	检查发动机有无损伤,排气管、化油器中是否有泥土等污物;检查大桨有无损伤,与机体连接处有无松动
机体	检查机身、机翼、副翼、尾翼等有无损伤
连接机构	检查机翼、副翼、尾翼与机身连接机构有无损伤
执行机构	检查舵机、连杆、舵角等执行机构有无损伤
供油系统	检查油箱是否漏油;检查油路有无损伤和漏油

飞行平台检查

4.1.2、油量、电量检查

检查所剩的油量、电量,评估当时天气条件和地形地貌情况下油量和电量的消耗情况,为后续飞行提供参考数据。

检查项目	检查内容
油量	检查剩余油量,计算每小时的油耗
电量	检查点火电池、飞控电池、舵机电池、任务设备电池的剩余电量,计算每小时的电量消耗

油量、电量检查

4.1.3、机载设备检查

检查项目	检查内容
机载天线	检查接收机、GPS、数传等机载设备的天线有无损伤,接插件有无松动
飞行控制设备	检查飞控有无损伤,接插件有无松动;检查减震机构位置有无变化、有无变形
任务设备	检查任务设备有无损伤,位置有无变化,接插件有无松动

机载设备检查

4.1.4、影像数据检查

从机载设备中导出影像数据及其位置和姿态数据，并进行检查

检查项目	检查内容
影像数据	检查影像质量是否合格、数量与技术设计是否相符
位置和姿态数据	检查影像的位置和姿态数据与影像是否一一对应

影像数据检查

- 5、抽掉油箱剩余燃油，防止堵塞油路现象发生；
- 6、清洁飞机所有部位的污渍；
- 7、工具设备检查；
- 8、现场恢复；

飞行日志



记录人员：_____

审核人员：_____

使用日期：_____年 月 日

飞行前准备工作				
序号	项目	要求	明细	处理人员
01	检查各待用工具	1、种类齐全		
		2、实用可靠		
02	确定需待飞飞机、规划飞行架次和时间	1、待飞机型		
		2、飞行的总架次		
		3、预计飞行时间		
		3、规划飞行航线		
		4、飞行分工		
03	检查待飞飞机完好性	1、按航前检查表检查机体		
		2、检查辅助设备的完好性		
04	准备备份设备	1、设备备份种类和数量		
		2、检查备用设备的完好性		
05	工作电脑充电	1、确保电脑处于满电状态		
		2、确保飞行软件可用		
06	准备待用工具	1、根据准备工具表准备		
		2、根据飞行任务选用工具		
		3、确保待用工具的可用性		
07	准备飞行用油	1、根据飞行时间富余准备		
08	待飞飞机电源充电	1、记载电源（飞控、接收、点火、任务设备等）		
		2、备份电源		

09	预测飞行环境	1、飞行时实时气候		
		2、明细的飞行时间		
10	确定飞行场地	1、预设飞行场地		
11	检查接插件	1、准备好需用接插件		
		2、检查各接插件的完好性		
12	准备飞控系统	1、地面站设备		
		2、电台		
		3、其他辅助设备		
审核:				

飞行任务规划

机型一			负责人员	
	明 细			
子任务 1				
子任务 2				
子任务 3				
子任务 4				
子任务 5				
机型二			负责人员	
	明 细			
子任务 1				
子任务 2				
子任务 3				
子任务 4				
子任务 5				
机型三			负责人员	
	明 细			
子任务 1				
子任务 2				
子任务 3				
子任务 4				
子任务 5				

审核：

外场工具准备清单

序号	常用工具	备注	序号	选带工具	备注
01	待飞飞机		01	功放	
02	遥控器		02	显示器	
03	启动器		03	飞行用电脑	
04	启动电		04	电台	
05	飞控电		05	各需用天线	
06	舵机电		06	图传	
07	点火电		07	望远镜	
08	各备用电		08	对讲机	
09	飞行用油		09	测向电台	
10	点火器		10	备用舵机	
11	充电器		11	医疗卫生用品	
12	排插		12	测温计	
13	各种常用胶		13	标记笔	
14	焊接工具		14	毛刷	
15	各种尺寸起子		15	酒精	
16	常用扳手		16	化油器清洗剂	
17	常用钳子		17	止血钳	
18	热缩管		18	卷尺	
19	打火机		19	转速表	
20	各种刀具		20	各种胶	
21	转接插头		21	螺距尺	
22	加长线		22	备用火花塞	
23	扎带		23	卫生纸	
24	扫频仪		24	电显	
25	偏光镜		25	备用桨	
26	降落伞		26		
27	逆变器		27		
28	风向标		28		
29	油泵		29		
30	备用油管		30		
31	橡皮筋		31	简易工具箱	
32	万用表				
33	电显		1		
34	扎丝		2		
35	舵盘		3		
36	各种尺寸螺丝		4		
37	启动杆		5		

备注：以上仅为一些常用外场工具的列表，具体待用工具请根据实际飞行任务选带。

准备人员：

审核：

航前检查流程				
序号	名称	明细	状态	处理人员
1	频率扫描	检查方法：用频率扫描仪器以及和飞行场地周围的航空器核对频率		
2	机载电池电量的检查	1. 飞控电源		
		2. 舵机电源		
		3. 点火电源电压检测。		
		4. 电台		
		5. 任务设备		
		检查标准：（舵机电不低于 4.8v、飞控电不低于 11.1v；舵机起飞电压不低于 5.0v，锂电起飞电压不低于 11.6v。），根据飞行时间适当控制起飞电压		
3	机械及其电子硬件设备的检查	1 电源线是否虚接。		
		2 飞机、机身、机翼、是否有损坏		
		3 起落架或机轮是否安装牢固。		
		4 螺旋桨螺丝是否松动。		
		5 发动机底座螺丝是否上紧		
		6 检查发动机机匣是否有裂痕		
		7 磁电机是否正常		
		8 排气管螺丝是否松动等		
4	发射机及接收机的检查	1.电量的检查		
		2.内部设定		
		3.接头连结		
		4.频率与发射机相同		
		5.确认接收机功能		
		6. 测试遥控距离		
		7. 手自动切换是否正常		
5	引擎及油路检查	1 确认油针位置		
		2 确认引擎的油门在高速位置和低速位置是正确		
		3 伺服机的中立点和化油器阀门的中立点是相同		
		4 油路的确认 加油管、增压管、进油管		
		5 加油时候注意油中不得夹杂杂质		
		6 加油 加油过程注意关闭进油管，加油量。		

6	伺服机及各舵面检查	1 各舵角舵量及方向的正确性		
		2 固定螺丝是否稳固		
		3 连杆的顺畅度		
		4 舵角固定物要检查有无脱落现象		
		5 躲角能否轻易的活动		
		6 伺服机座是否稳固, 是否适合伺服机的大小, 滑行中前轮偏向修正		
7	重心检查	确定飞机重心偏移不超过设计极限		
8	电台通讯的检查	1 电台天线是否索紧, 连线是否松动。		
		2 电台天线通讯是否正常		
9	任务设备的检查	1、任务设备的完好性		
		2、任务设备与飞机的连接		
		3、任务设备的附属设备		
		4、电源情况		
10	飞控系统的检查	1、地面站设备		
		2、飞控辅助设备		
11	各插接件的连接	1、机翼与机体, 拉纤等		
		2、电线路间的链接		

审核:

飞行概况

地点			
现场负责人			
记录		场地维护	
参与人员			
参飞机型			
地面环境			
气候环境			
空域环境			
无线电环境			
到达飞行场地时刻			
离开飞行场地时刻			
有无飞行故障			

审核：

飞行记录

机型	操控手		地面站		
架次	架次规划				
01					
起飞时刻		降落时刻			
完成情况					
航前		航后		负责人	

飞行记录

机型	操控手		地面站		
架次	架次规划				
02					
起飞时刻		降落时刻			
完成情况					
航前		航后		负责人	

飞行记录

机型	操控手		地面站		
架次	架次规划				
03					
起飞时刻		降落时刻			
完成情况					
航前		航后		负责人	

飞行记录

机型	操控手		地面站		
架次	架次规划				
04					
起飞时刻		降落时刻			
完成情况					
航前		航后		负责人	

飞行间检查流程

序号	区域	内容	状态/架次					
			1/2	2/3	3/4	4/5	5/6	6/7
1	机体硬件部分	1 电源线是否虚接。						
		2 机身、机翼、尾翼、是否有损坏						
		3 起落架或轮胎是否安装牢固。						
		4 螺旋桨螺丝是否松动						
		5 发动机/电机是否固定牢靠						
		6 机体各部分连接是否可靠						
		8 排气管螺丝是否松动						
		9 其他部分						
		2	任务设备部分	1、设备是否完好可用				
2、线路连接是否可靠								
3、是否固定牢靠								
3	电源部分	1、舵机电						
		2、点火电						
		3、飞控电						
		4、电台电						
		5、任务设备电						
		6、发射机电源						
		7、电脑电源						
4	燃油部分	1、油量						
		2、油路是否通畅						
5	飞控及电台	1、地面站连接						
		2、电台连接						
		3、电脑是否可用						
6	电子设备部分	1、舵机是否固定、连接牢靠						
		2、电调是否固定、连接好						
		3、其他电子设备是否连接好						

		4、各电子设备是否有损伤						
7	外部环境影响	1、是否有外来无线电干扰						
		2、空域是否安全						
		3、起降场地是否可用						
		4、其他						
		审核						

航后检查及基本维护				
序号	类型	明细	状态	处理人员
01	电量	1、飞控电		
		2、接收电		
		3、点火电		
		4、发射电		
		5、其他		
02	机械及其 电子硬件 设备的检 查	1 电源线是否虚接。		
		2 飞机、机身、机翼、是否有损坏		
		3 起落架或轮胎是否安装牢固。		
		4 螺旋桨螺丝是否松动。		
		5 发动机底座螺丝是否上紧		
		6 检查发动机机匣是否有裂痕		
		7 发动机机匣是否有裂痕。		
		8 排气管螺丝是否松动等		
03	伺服机及 各舵面检 查	1 各舵角舵量及方向的正确性		
		2 固定螺丝是否稳固		
		3 连杆的顺畅度		
		4 舵角固定物要检查有无脱落现象		
		5 躲角能否轻易的活动		
		6 伺服机座是否稳固，是否适合伺 服机的大小，滑行中前轮偏向修正		
05	工具设备 检查	1、清点工具		
		2、清点设备		
		3、现场恢复		
04	检查后未 处理问题			

审核：

飞行总结

整体
意见

飞行
结果

备注

附录 D 《直升机巡线参数设置表操作说明》

一、遥控器基础设置

用户通过遥控器对飞机的设置全都保留了，其中两个地方是需要用户首先设置的，其一是十字盘模式的设置，其二是自驾开关的设置。

1. 【十字盘模式设置】：无论用户使用何种品牌的遥控器，都务必要把遥控器模式改成直升机模式，即每个通道只控制一个舵机的模式。

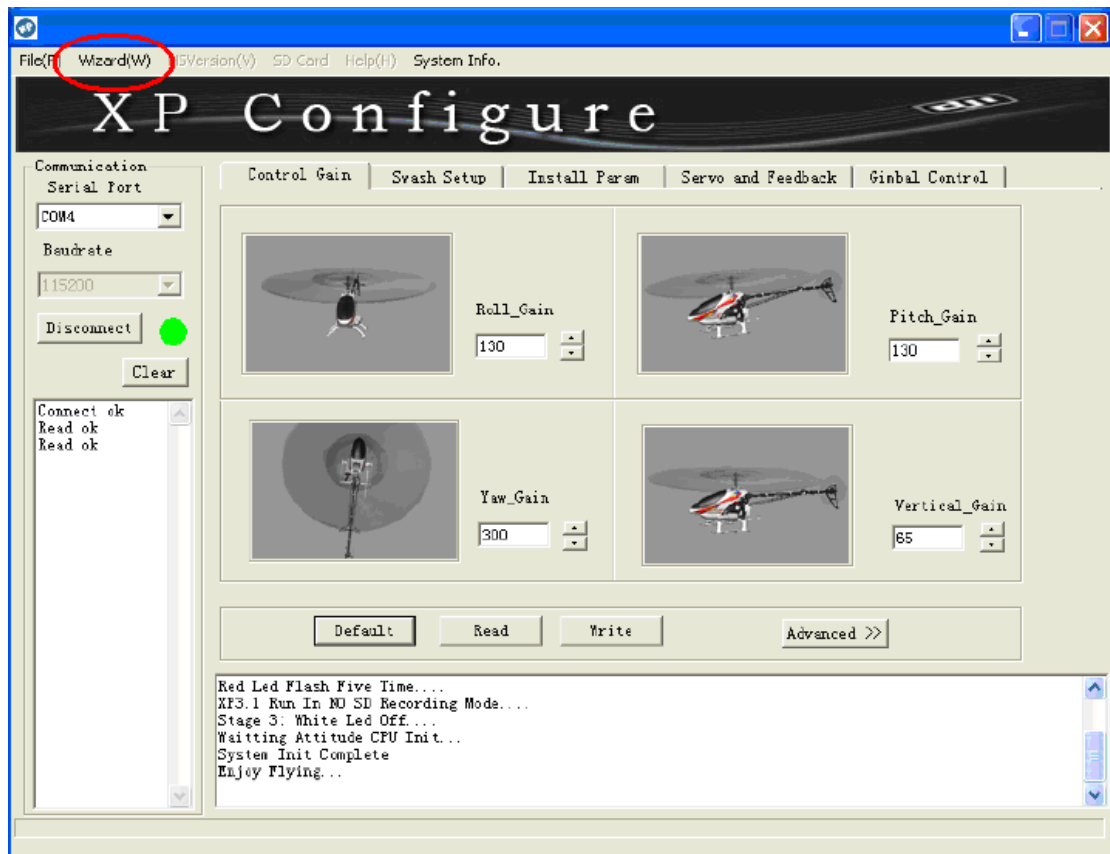
2. 【自己开关设置】：用户需要在遥控器上设置一个便于自己控制的三段开关作为自自驾/姿态控制/手动切换开关，用来在手动模式与自驾模式间切换。

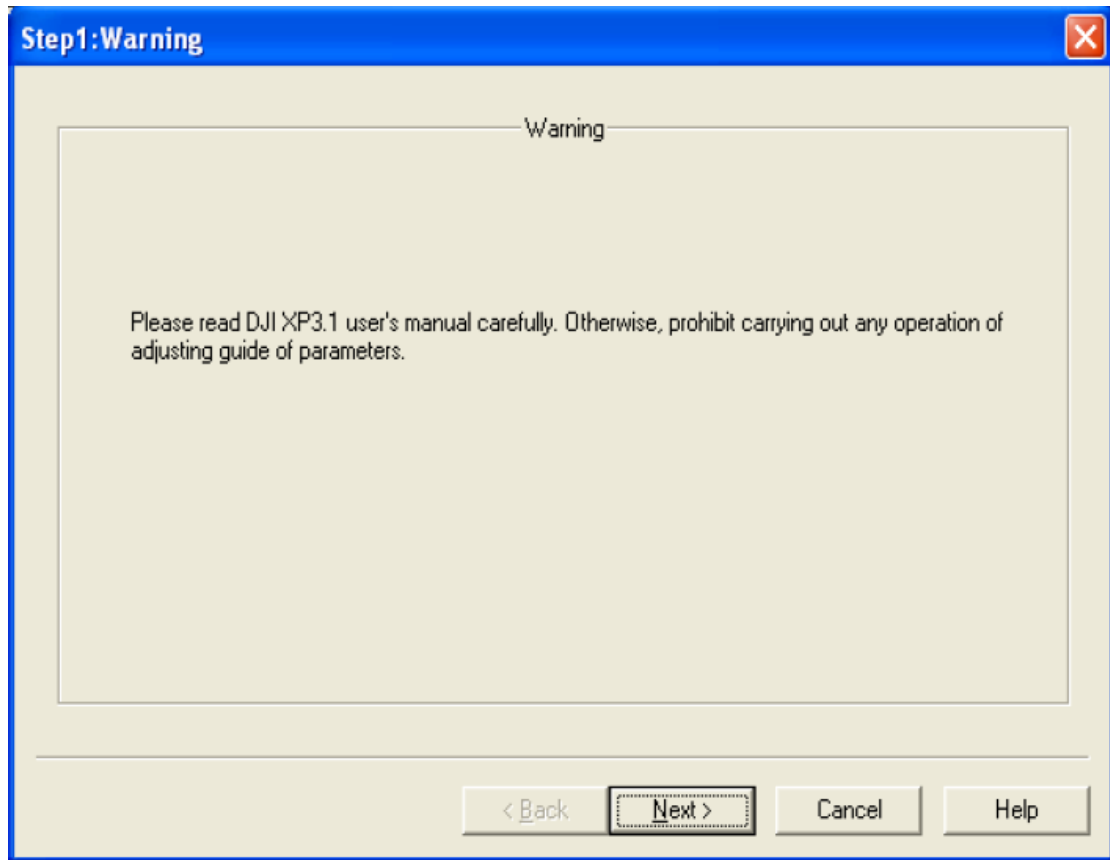
二、通过软件向导完成第一次试飞调试

用户可以打开飞控系统的电源（先不要打开舵机电源），待系统正常启动后，双击电脑中图标进入软件调试界面，当窗口左边的状态指示灯由红色变为绿色后，软件开始工作，单击左上“向导”进入调试向导

注意：

请暂时不要打开舵机电源，以免调试过程中舵机因抱死而烧坏。

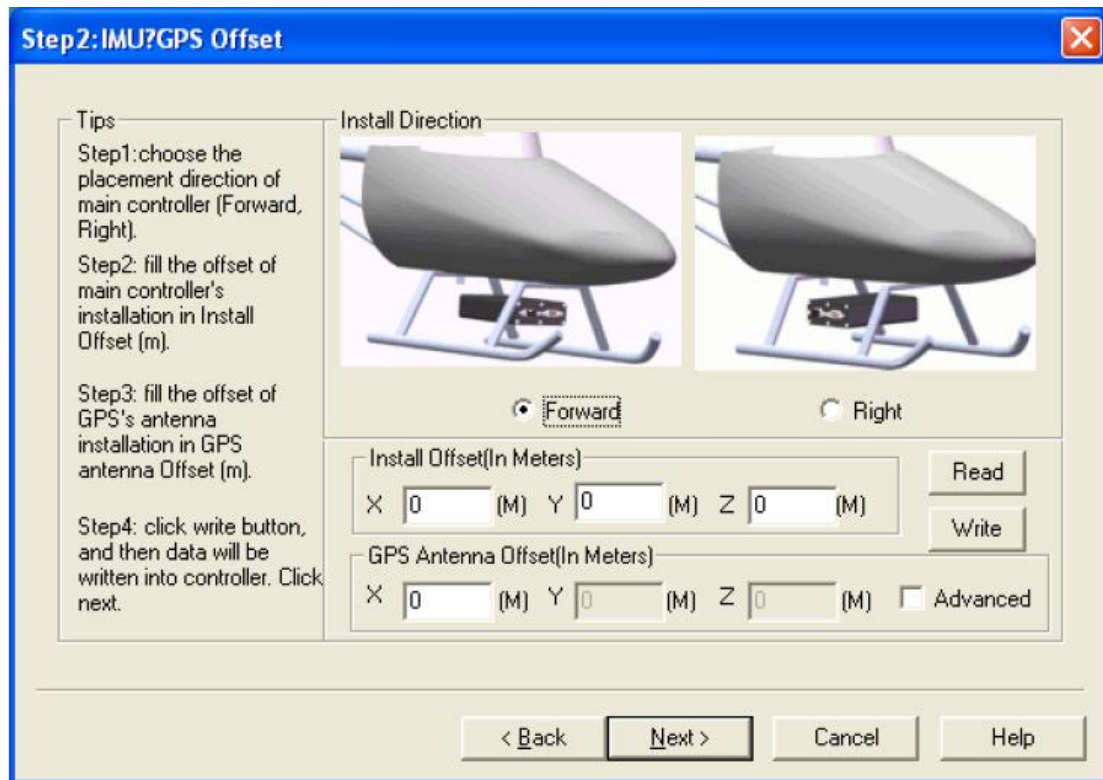




STEP1. 【主控制器、GPS 偏移量设定】

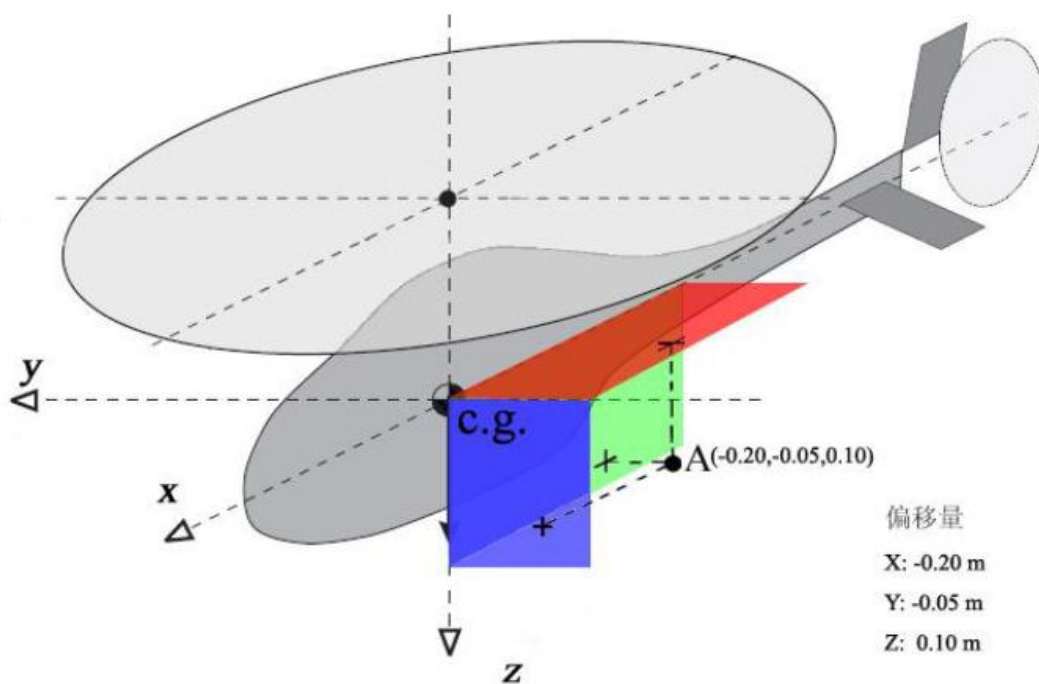
进入向导第一个界面以后，单机“NEXT”，进入“主控制器、GPS 偏移量设定”界面

1) 主控制器放置方向。



2) 主控制器安装偏移量

偏移量：以飞机重心（c.g.）为原点的 X、Y、Z 坐标系，目标物体在该坐标系的坐标值。例如主控制器放置在 A 点，那么主控制器偏移量的设定值则应与 A 点在该坐标系的坐标值。

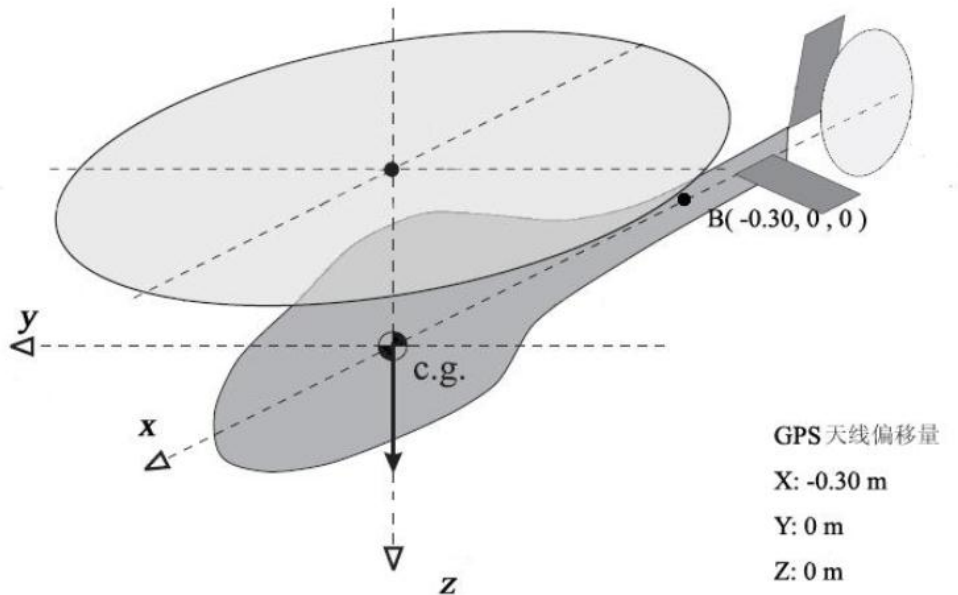


用户按自己安装的主控盒的位置与飞机重心的位置比较得出偏移量填入图中。

Install Offset(In Meters)

X (M) Y (M) Z (M)

3) 如果 GPS 天线放置在 B 点，那么 GPS 天线偏移量的设定值则对应 B 点在该坐标系的坐标值。



同理根据 GPS 安装的位置确定 GPS 偏移量，如果用户按前面说明安装在尾管与 1/2 处，那么 Y 与 Z 的偏移量通常情况下是 0，只需要找到 X 方向 GPS 离重心的长度即可，注意正负号，通常是负的。

GPS Antenna Offset(In Meters)

X (M) Y (M) Z (M) Advanced

注意：

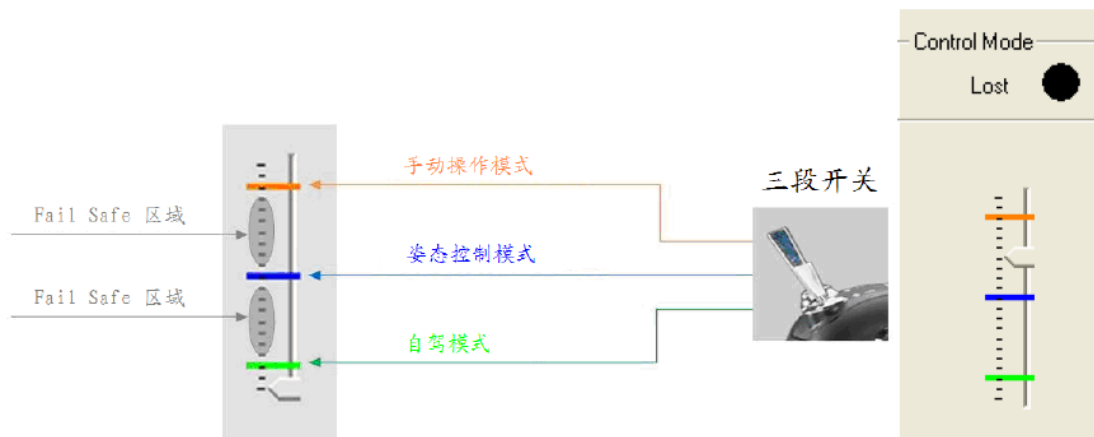
- 1、在默认情况下是软件中 GPS 的 Y 和 Z 偏移量是不需要用户修改的，但如果用户没有把 GPS 安装在推荐位置，请单击后面高级的复选框后就可以调整 Y 和 Z 的数值。
- 2、确定数值并且填入之后一定要单击“写入”才能使预设数值进入主控制器完成设定。
- 3、所有偏移量的单位是“米”

STEP2. 【自驾/姿态控制/手动模式设置】

1) 完成上述操作之后单击“NEXT”，进入自驾/姿态控制/手动模式设置。打开遥控器，用户可以尝试拨动自己设定的自驾/姿态控制/手动切换开关。可以看到滑块在最上和最下跳动，说明自驾/姿态控制/手动开关的已经正常连接。在遥控器重设置自驾/姿态控制/手动通道方向，请注意通过校准后，将会有三个可切换的模式。

2) 请拨动三段开关进入每个对应的模式，可以观察到滑块到不同的位置。当滑块移动至橙色、绿色或蓝色区域，并且在左边出现微调滑块，则说明该模式的设定已经完成。请完成三段开关所对应的模式设定，并确定滑块在正确的位置上。

3) 然后请设置通道的 Fail Safe 点的位置。Fail Safe 点可以设置在除了上面设置的三个模式以外的任何位置，建议当 Fail Safe 点位置设置完毕后，重新检查一遍刚才的设置。



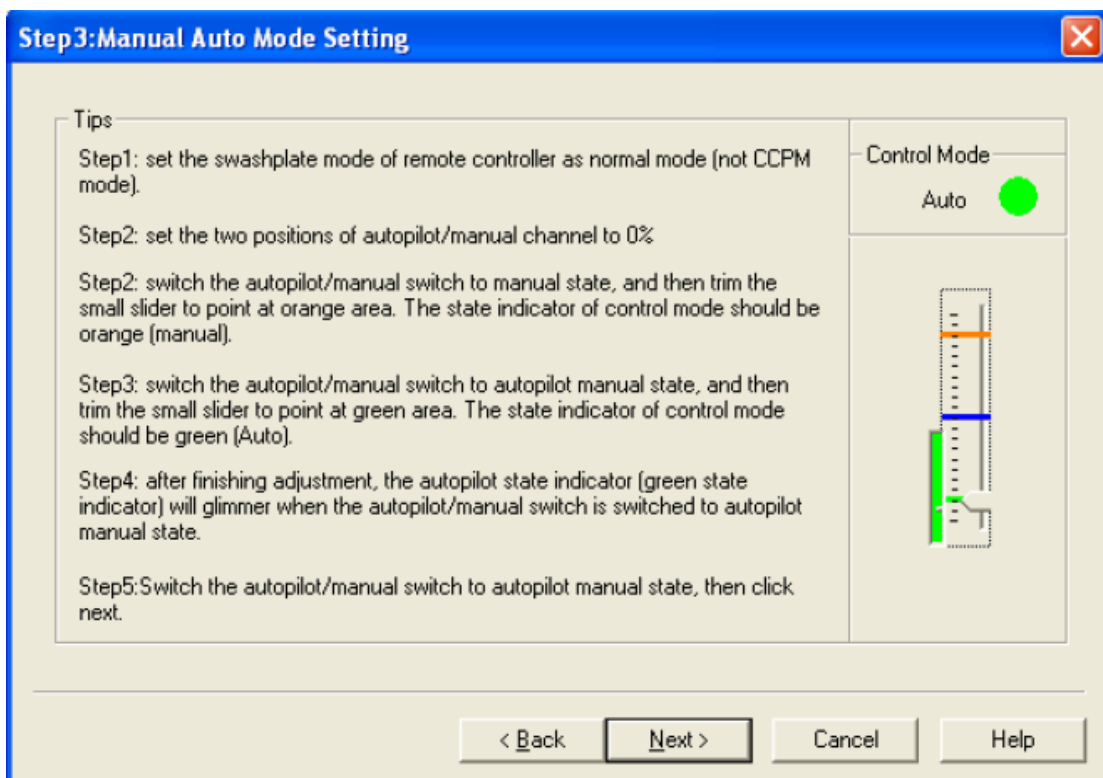
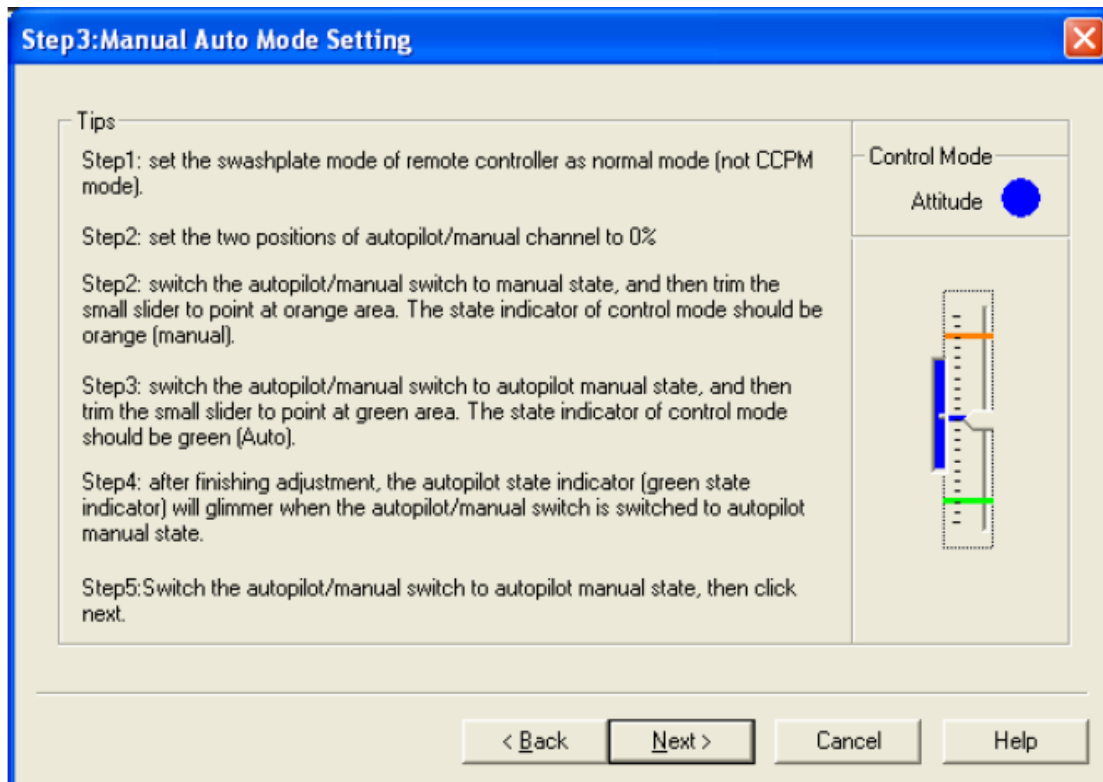
Step3: Manual Auto Mode Setting

Tips

- Step1: set the swashplate mode of remote controller as normal mode (not CCPM mode).
- Step2: set the two positions of autopilot/manual channel to 0%
- Step2: switch the autopilot/manual switch to manual state, and then trim the small slider to point at orange area. The state indicator of control mode should be orange (manual).
- Step3: switch the autopilot/manual switch to autopilot manual state, and then trim the small slider to point at green area. The state indicator of control mode should be green (Auto).
- Step4: after finishing adjustment, the autopilot state indicator (green state indicator) will glimmer when the autopilot/manual switch is switched to autopilot manual state.
- Step5: Switch the autopilot/manual switch to autopilot manual state, then click next.

Control Mode
Manual

< Back Next > Cancel Help



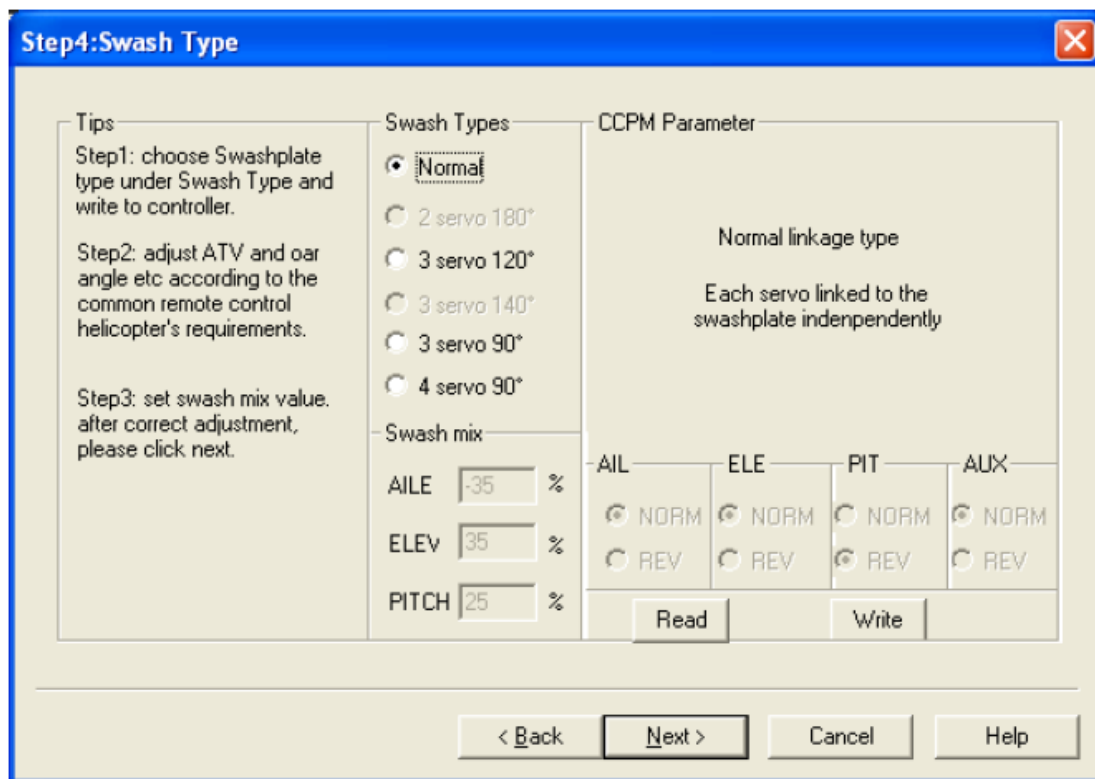
4)开关在上面与橙线相平，这时 LED 指示灯绿灯应该常亮，这时是手动模式，开关在下面于绿线相平，这时 LED 指示灯中绿灯应该开始慢闪，说明进入自驾模式。如果用户能够得到上述现象，那这一步已经调试完毕请单击 NEXT 进入下一步。

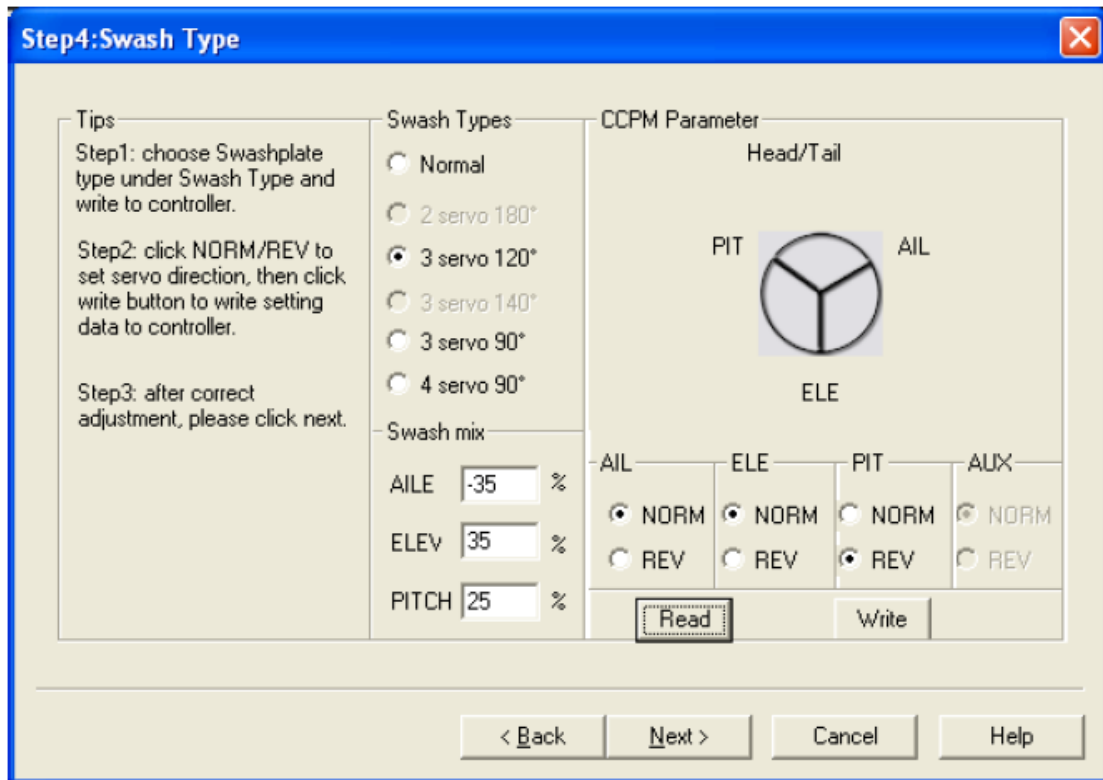
STEP3.【十字盘设置】在手动模式下，把飞机按照普通遥控直升机要求进行调整

- 1) 进行这一步前，先把遥控器模式设置为 NORMAL 模式。
- 2) 如果用户飞机为非 CCPM 模式，在调参软件里面把十字盘模式设置为 NORMAL。点击写入。然后点击下一步直接进入“获取各通道控制器的反馈方向”的界面。

十字盘类型：

	十字盘模式	Ccpm 参数
普通模式	Normal	-
Ccpm 模式	1. 3_Servo_120° 2. 3_Servo_140° 3. 3_Servo_90° 4. 4_Servo_90°	Swash Mix
		NORM 、REV（舵机的正、反方向）





3)如果是 CCPM 模式，首先选定于飞机相应的 CCPM 类型，再将 Swash Mix、舵机方向参数设定正确。

- a) 先把遥控器控制 PITCH,AILE,RUDD,ELEV 的行程量 (TRAV ADJ) 调到最大。
- b) 检查遥控器是否设置为 NORM 模式。
- c) 十字盘方向有多急的方向以及 Swash Mix 的正负号决定，幅度由多音的 Swash Mix 大小决定。

■推动 PITCH 遥感上下，看控制十字盘的舵机运动方向是否一致，如果不一致，点击“NORM”、“REV”，调整相应舵机的方向。

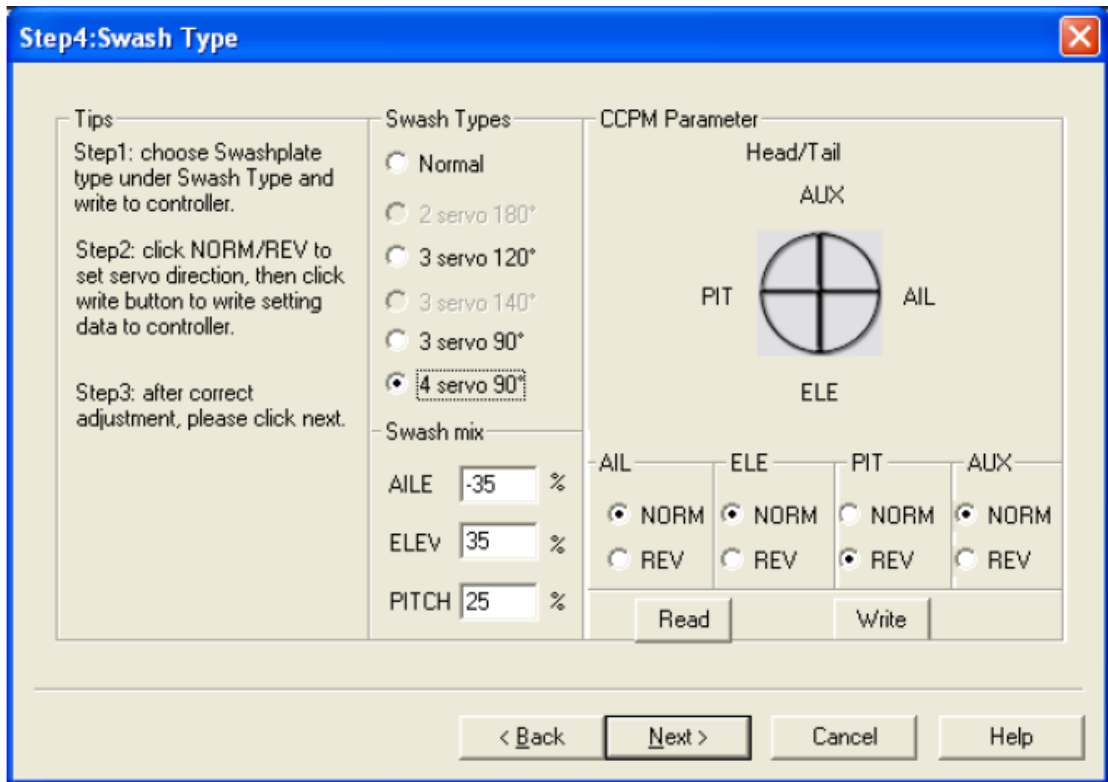
■推动 PITCH 摇杆，该通道的摇杆前后运动对应桨角大小变化，如果方向相反，改变 Swash Mix 中 PITCH 的+—符号

■推动 ELEV 摇杆，该通道的摇杆前后运动对应十字盘的前后运动，调整方向同上

■推动 AIL 摇杆，该通道的摇杆左右运动对应十字盘的左右运动，调整方向同上

4) 如果十字盘稍微倾斜，可以再遥控器上进行微调。如果倾斜幅度太大，请调节盘的机械中位。

5) 如果您的飞机的十字盘模式是 CCPM 4_SERVO_90，如图那么需要特别注意。



■先连接三个舵机拉杆，比如：左前右的舵机

■在调参软件“十字盘设置”界面，配置十字盘模式，三个舵机的方向。

■在完全调整好三个舵机相互之间不会抱死，且十字盘活动正常

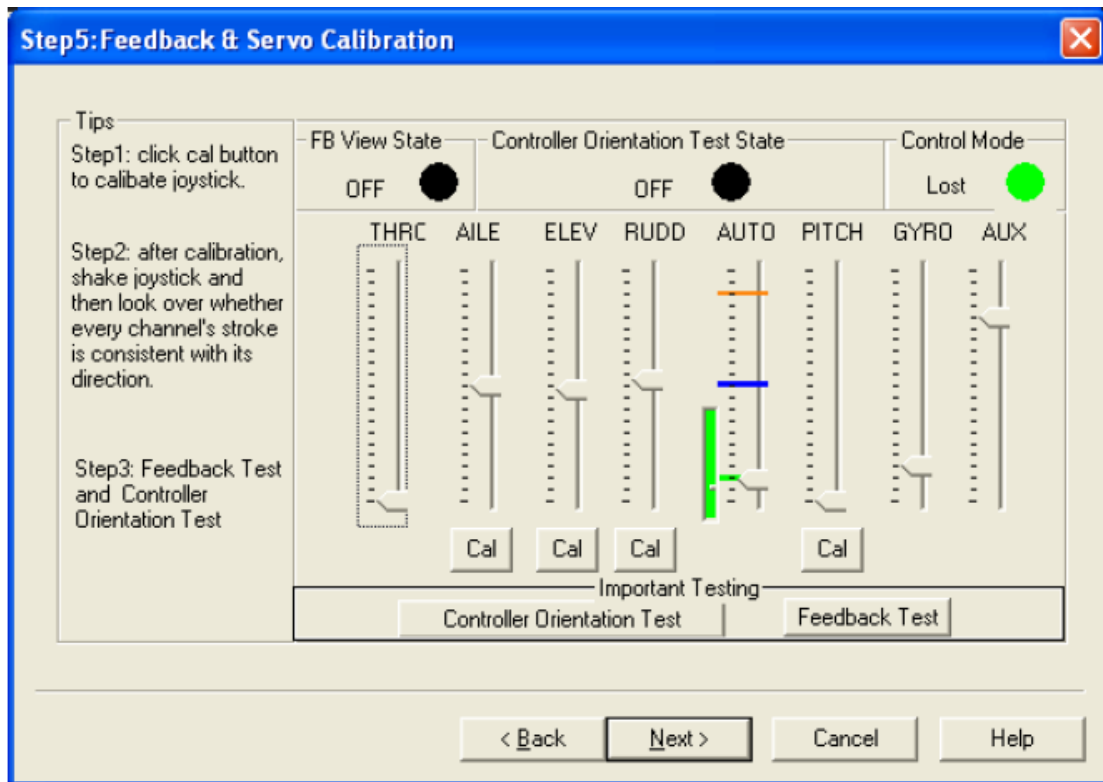
6) 结合遥控器中的 PITCH 曲线，调节最小桨角到-2，最大桨角+10~11.中位角到 5

7) 在设置完成后，点击“下一步”进入“获取各通道控制的反馈方向”界面。

STEP4.【获取各通道控制的反馈方向】

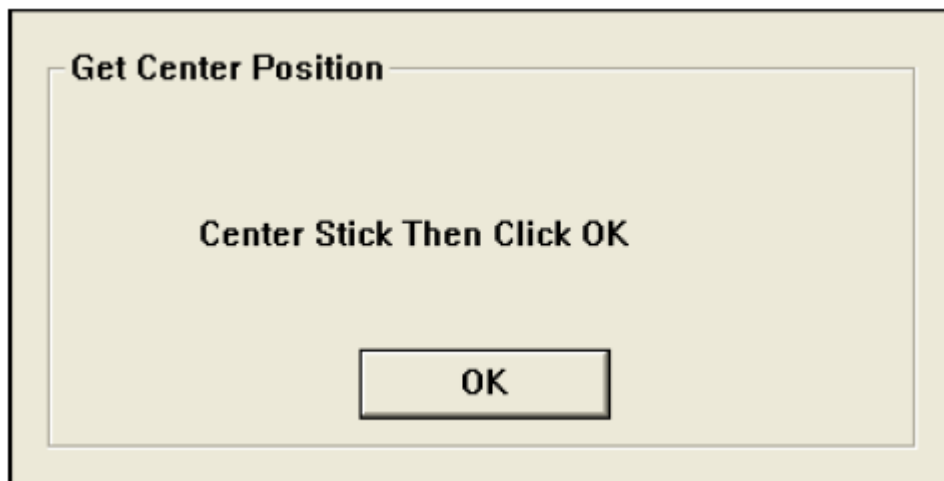
这步是获取通道控制的反馈方向的校准。主要为了获取遥控器各通道正负方向及最大最小值。

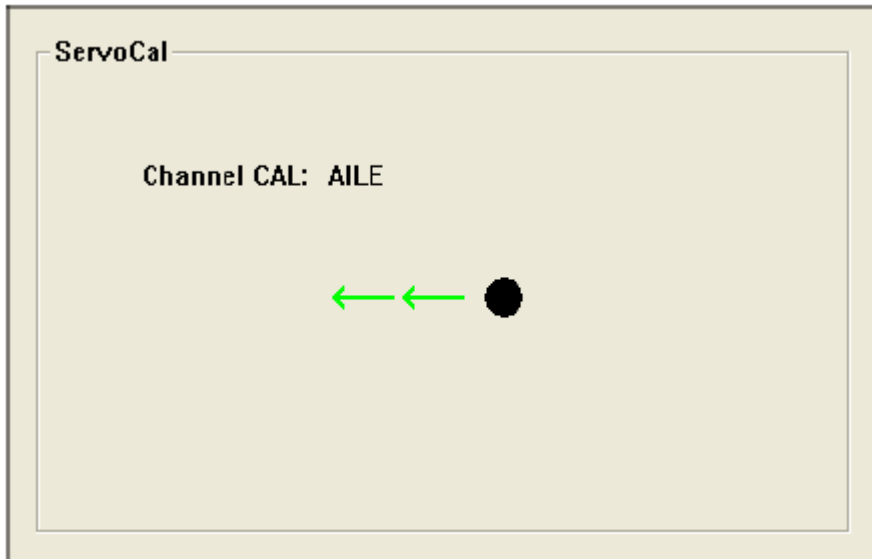
a) 进入“获取各通道的反馈方向”界面，依次点击 AILE、ELEV、RUDD、PITCH、的校准按钮。



注：油门通道与 PITCH 通道时联动的，因此校准 PITCH 通道的同时也在校准油门。

b) 进入校准界面，先把摇杆推到中位，然后点击“确定”，按照箭头指示方向相应地摇动摇杆，最后回到中位。在相应通道校准完之后，软件会自动退出界面。





c) 此时，用户摇动操作杆，查看方向和行程是否一致。如果校准正确，则操作杆向右或向下对对应于调参软件的滑调的最上面。同样，操作杆底部或最右边应对应调参软件的滑调最下面。如果滑调过早到达最上面、最下面，或者无法到达最上面、最下面，则需要重新进行校准。

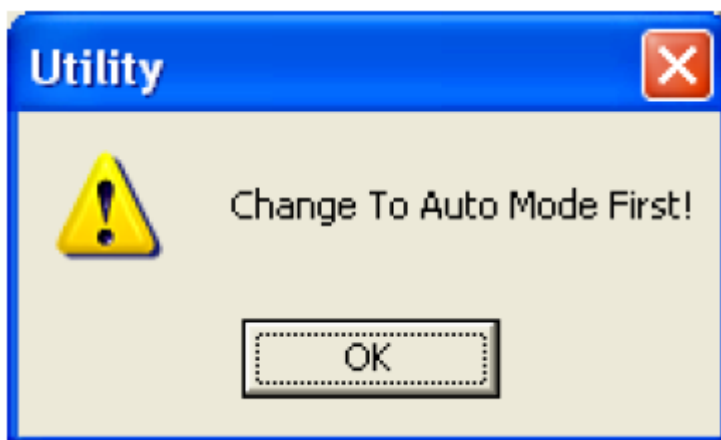
d) 检查反馈方向。

■先把遥控器切换到自驾模式

■点击反馈方向测试按钮

■此时，用户需要注意查看十字盘。十字盘将自动运动，方向应该依次为：桨角——>小、十字盘前——>后——>左——>右、尾舵——>右、油门大——>小。如果方向不一致，用户则需重新静茹校准界面，校准相应的通道。

■切换回手动模式，退出测试。



- e) 先把遥控器切换到自驾模式
- f) 点击安装主控制器方向测试按钮后
 - 把飞机左倾时，十字盘向右运动
 - 把飞机右倾时，十字盘向左运动
 - 把飞机前倾时，十字盘向后运动
 - 把飞机后倾时，十字盘向前运动
 - 切换回手动模式，退出测试

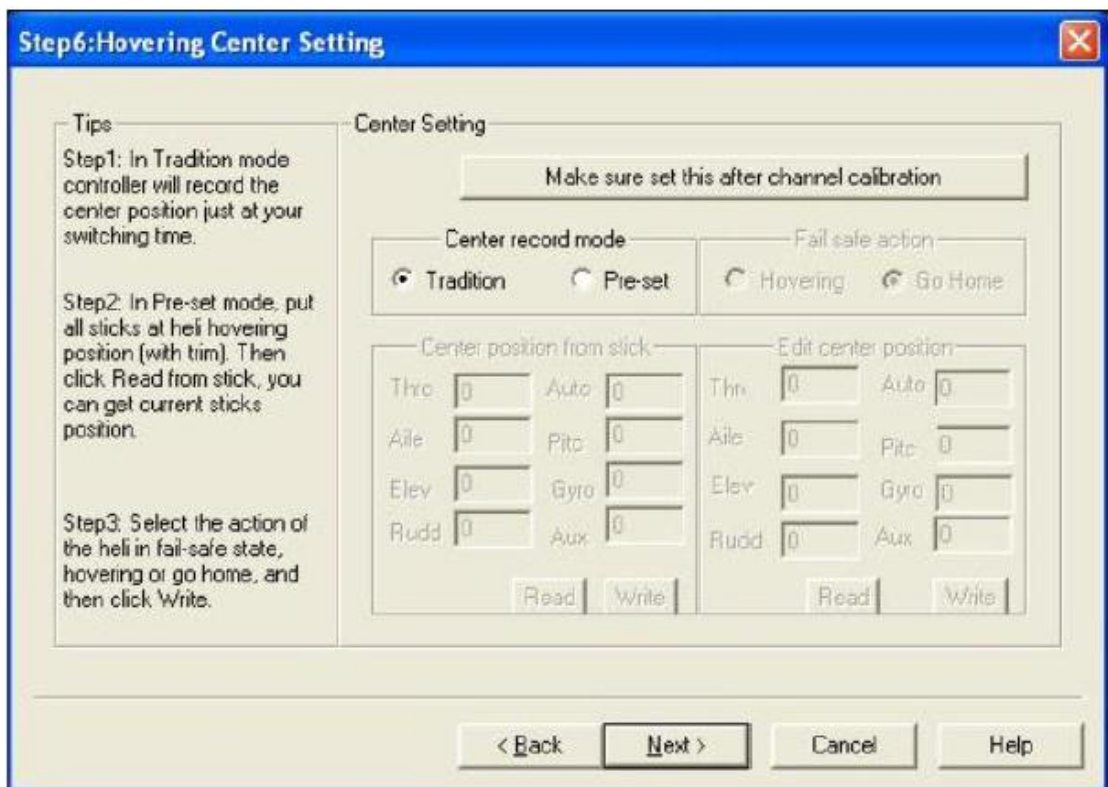
注：主控制器将会使十字盘尽量水平，飞机倾斜水平角 10，对应十字盘最大量程

g) 如果方向不对，请用户检查主控盒的安装方向。然后重新点击反馈方向测试，检查是否正常，否则重新进行反馈方向的校准。

STEP5. 【中位设定】

这一步是让使用者设定设置中立的方式，在第一次的手动飞行中，这个是不起作用的。

所以请保持原始的设定即可，即选择传统模式。



STEP6.以上测试完成后，固定适配盒到飞机上。

二、设置参数调试

1、手动模式的飞机性能测试

1) 测试天线遥控距离：第一次测试时，把主旋翼取下来，发动发动机，然后把电线收起来，在手动模式下，距离飞机约 20m 进行测试。如果此时绿色状态指示灯进入自驾模式，表示遥控器遥控距离不够。这时，用户需要检查适配器、接收机安装位置是否远离发动机等干扰，特别是汽油发动机。

2) 把飞机按照普通飞机安装调整后，在手动状态下，进行完整的飞机调试，并且可以达到稳定的飞行性能。

3) 调整飞机的微调，使得飞机即使不控制也可以在短时间内较为稳定，此时，您需要记 PITCH 摇杆的大致位置。

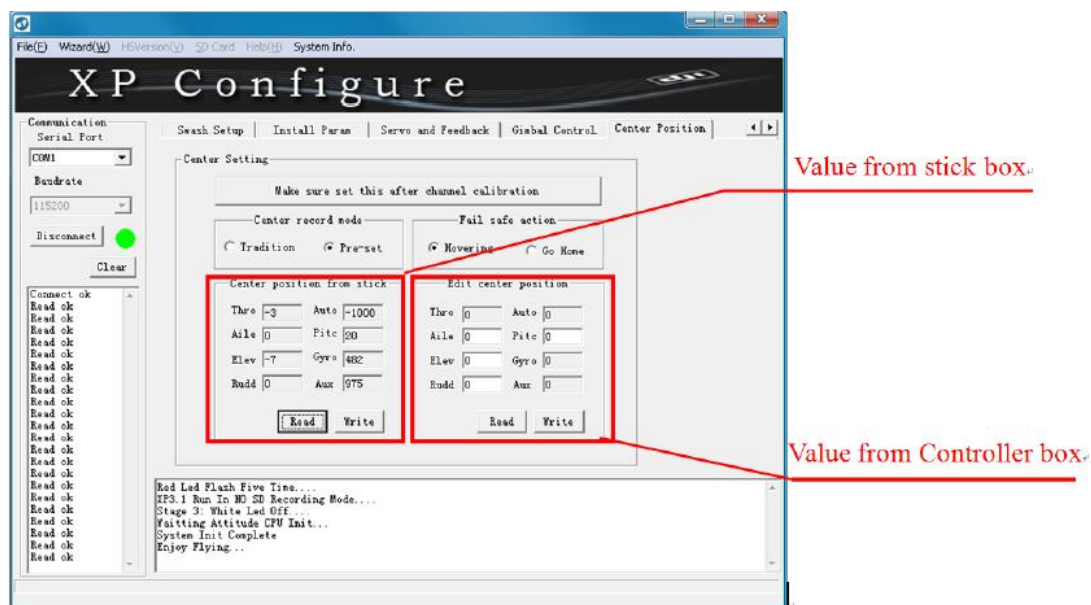
2 中位设定

点击主面板上的【Center Position】，进入中立设定界面，一共有两种方式记录自驾时的中位。

1) 传统模式

在这种模式下，自驾的中位是用户在切入自驾时的操纵杆位置。在这种情况下，中位可能每次进入自驾的时候都不懂，因为在手动模式下，用户设定可能有不同的微调数值。这种模式多用于用户在调试飞机时。

如果切换手动/姿态/自驾通道的 Fail-safe 在遥控器中的设定是正确的，飞机在进入 Fail-safe 之后的状态取决于其他通道的设定是否完全正确。如果其他的通道 Fail-safe 设定的完全正确，飞机将会悬停。在这种模式下，用户是不能启动自动的 Go Home 功能的。



2) 预先设定模式

在这种模式下，自驾中位是预先设定在控制器里的。当用户已经完成飞机的调试后，也就是不再用调整微调以及桨角曲线后，我们建议使用这种模式。这种模式将使您的飞行更安全。在这个模式下，用户只需要把手动/姿态/自驾的 **Fail-safe** 设定。在遥控器丢失信号就如了 **Fail-safe** 模式之后，飞机将会悬停或者自动返航，具体动作取决于用户的选择。

3、指南针的校准

1) 在手动状态下，快速地来回拨动自驾/手动切换开关10次(来回为一次)，将进入指南

针校准模式，此时，绿色状态指示灯常亮。

2) **【校准水平轴】**：红色状态指示灯熄灭，此时，保持飞机水平(橙色状态指示灯常亮)，

缓慢将飞机水平转动3~4圈，转动过程中注意保持橙色状态指示灯常亮（详见指南

针校准视频）。校完水平轴之后，接着校准垂直轴。

注意：如果橙色状态指示灯熄灭，则表示飞机偏离水平角度较大。这时，可调整飞机位置，

使飞机保持在水平状态，再做转动。

3) **【校准垂直轴】**：红色状态指示灯常亮，此时，竖起飞机(机头朝下)，同样保持橙色

状态指示灯常亮，水平缓慢转动飞机3~4圈（详见指南针校准视频）。

4) 校准数据是否更新：

a) 更新校准数据：快速地来回拨动自驾/手动切换开关10次。此时，三个状态指示灯快闪五秒，这表示更新此次校准数据成功，并将退出指南针校准模式(绿色状态指示灯熄灭)，校准后请用户重新启动系统。

b) 不更新校准数据：拨动自驾/手动切换开关一次，此时，将放弃此次校准的数据，并且退出指南针校准模式(绿色状态指示灯熄灭)。

5) 系统重新上电。

6) 校准后检查：正常工作模式下，顺时针转动飞机10次，每次转动90°，且每两次中间间隔最少5秒钟。

d) 校准成功：在每次停止转动后，橙色状态指示灯不闪烁的次数达到8次以上。

e) 校准失败：在每次停止转动后，橙色状态指示灯闪烁的次数达到2次以上。此时，您需要再进行一次指南针的校准。

注意：

1) 注意校准指南针的地方，周围不能有磁性、铁性物质，比如：磁铁、汽车、地面下的钢筋等。

2) 校准过程中一定要缓慢转动，保持橙色状态指示灯常亮。

3) 保持飞机水平，缓慢转动飞机3~4圈，是为了确保在水平转动360°，系统都可以取到数据。

4) 以下情况均要重新进行一次指南针的校准：

a) 飞机上有任何改动，包括如：系统安装了新的电子设备、更换过舵机、主控制器安装位置移动了、其他机械结构的改变了，电池安装位置改变。

- b) 飞行过程中，飞行方向偏差较大。
 - c) 经常发现飞机转向后，橙色状态指示灯即开始闪烁（偶尔属于正常）。
- 5) DJI-XP3.0 不适合在南极圈、北极圈内工作，因为这里磁航向计将失效或者接近失效。

4、ROLL—P/PITCH—P值的调整

打开调参软件，先点击“默认”按钮，然后点击“写入”按钮，此时，会下载默认的控制参数到主控制器。

a) 将第8 通道（AUX3）设置在一个模拟通道（Pitch LEV 或AUX3 LEV）。在校准之后第8 通道的最大位置为对应Roll_P 和Pitch_P 的值为250，最小位置对应Roll_P 和Pitch_P 的值为50。

b) 进入自驾悬停时，用户可以实时地调整第8 通道中的模拟量，同时调整Roll_P和Pitch_P 的值。

c) 在切换为手动状态时，Roll_P 和Pitch_P 的数据将被保存起来。

注：

- 1) 在线调试功能，在默认状态下是被禁止的。
- 2) 在线调试下，调整第8 通道中的模拟量将同时改变Roll_P 和Pitch_P 的值。
- 3) 打开在线调试功能：如果用户需要在飞机飞行中实时调整飞机飞行参数，可以选择“在线调试功能”下的“打开”（选择“禁止”将禁止在线调试功能），并且点击“写入”按键，下载到主控制器。
- 4) 进行飞行测试。飞机可能出现的问题及解决方法：
 - a) 悬停有低频的左右、前后的漂移：

如果打开了在线调试功能：可以增加第8 通道的模拟量。

如果禁止了在线调试功能：应切换回手动状态，在手控降落后，打开调参软件，适当增加相应的Roll_P/Pitch_P 的值，再继续进行飞行调试。
 - b) 飞机在飞行时出现高频的抖动、摇晃（比如每秒2、3 次以上）：不管是否打开了在线调试功能，都应立刻切换回手动状态，在手控降落后，减小相应的Roll_P/Pitch_P，再继续进行飞行调试。
- 5) 关闭在线调试功能：当飞机已经可以稳定飞行的之后，在调参软件“在线调试功能”下选择“禁止”，并且点击“写入”按键，下载到主控制器，将关闭在线调试功能。

5、自驾模式的参数设置

- 1) 自驾模式的参数在调参软件的第一页“控制参数”，目前软件暂时开放了4个参数共用户测试，在软件版面上，Roll_Gain是调整飞机横滚方向运动的参数，Pitch_Gain是调整飞机俯仰方向运动的参数，Yaw_Gain是调整飞机尾部转动方向运动的参数，Vertical_Gain是调整飞机垂直方向运动的参数。

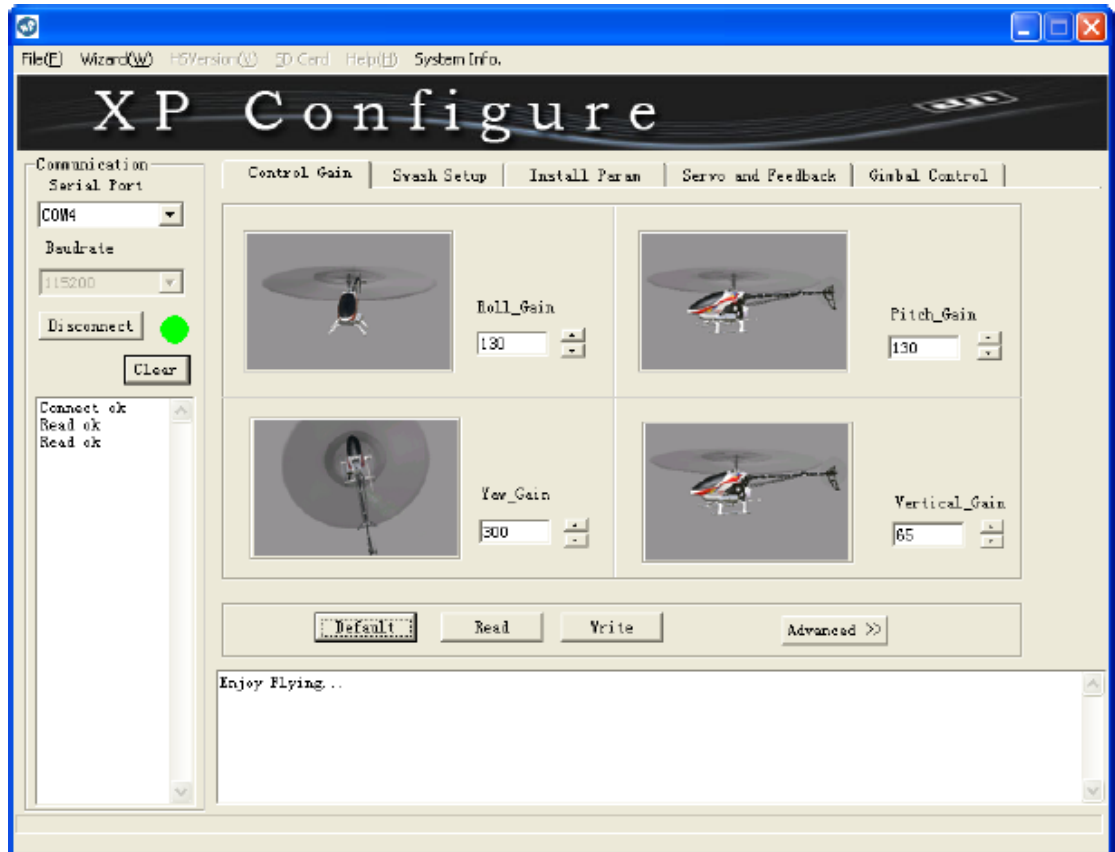


图 4.2
Roll



图 4.3
Pitch

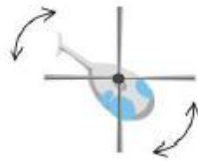
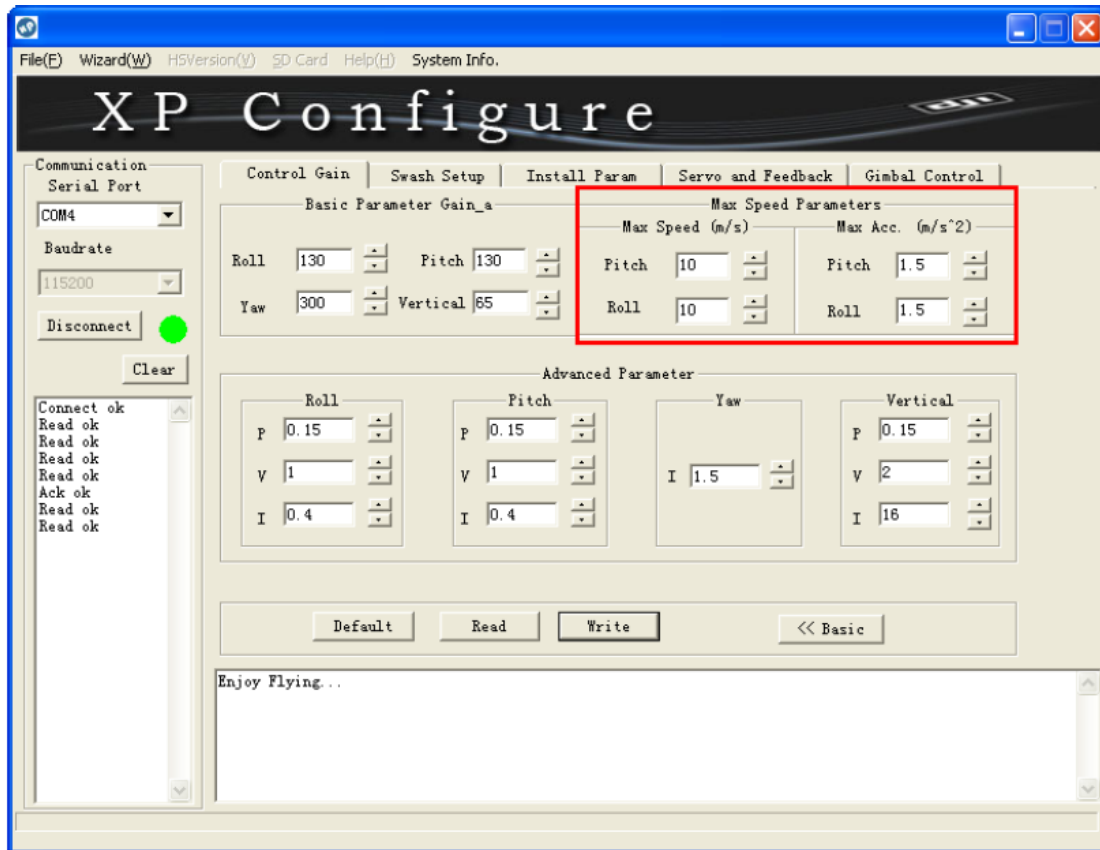


图 4.4
Yaw



图 4.5
Vertical

如果想改变系统的最大速度和加速度的值，请点击“Advance”按钮，可以再此界面中设置最大速度的值，和Pitch和Roll各个方向的加速度值。请确认修改后的值适合飞行



这四个数值的调整类似飞机锁尾陀螺仪感度的调节,如果数值过大可能会引起该方向的高频抖动,如果数值过小,则会在该方向上锁不住位置,缓慢的来回漂移。

2) 请用户单击默认恢复默认值,然后单击写入。把默认数值写入飞机之后用户可以尝试改参数下的自驾飞行。

3) 用户起飞悬停飞机,然后并切换至自驾模式。请用户仔细观察进入自驾后的飞行状态:

■Roll_Gain

如果飞机出现横滚方向的高频抖动,说明 ROLL_GAIN 太大,请用户及时切回手动模式并且降落飞机,减小该数值,每次变化粗调可以再 20 左右

如果飞机出现横向的左右周期性慢速移动,说明 roll_gain 太小,请切回手动并降落,增大该数值。调整方法同上。

■pitch_gain

飞机在该方向一班不会出现高频振动,用户可以相对把该方向调的稍微大一点,一般数值是 roll_gain 的 1.5 倍

■Yaw_Gain:

由于飞机已经有锁尾陀螺的存在,并且锁尾陀螺感度已经调节适中。该方向一般也不会出现高频抖动和低频漂移,该数值可以理解为 Rudder 的速度,数值越大速度越快。但是用户注

意，在自驾模式下，尾巴速度相对比较慢的，请不要和手动模式的速度比较，如果数值调整过大，会引起尾巴的高频抖动。

■ Vertical_Gain

如果飞机出现垂直方向的高频抖动，说明 `vertical_gain` 太大，请用户及时切回手动并降落，减小竖直，每次变化粗调可以在 3~5。

如果飞机出现垂直方向上下周期性慢速漂移，说明 `vertical_gain` 太小，请切回手动模式并降落，增大该数值。调整方法同上。

■ 正常状态

飞机各个方向都调试正常的情况，飞机可以在空中稳定悬停。用户可以尝试依次推动各个方向操纵杆，感觉飞机启动的速度和停止过程稳定程度。如果飞机在飞行过程中出现某方向启动或停止反应很慢请增大该方向控制参数的数值。

注意：

- a) 调试过程中可能会出现以上现象的两种或以上，请用户每次只调整其中的一个数值，待该方向的非正常现象消失以后，再调整另一个方向的。
- b) 建议数值调试到临界值偏小 15% 左右，以保证在各种飞行状态下都不会高频抖动。
- c) 在调整的过程当中，如果飞机出现任何不稳定的现象，应立即切换成手动装态。
- d) 用户也可以随时通过调参的界面恢复默认的控制参数。

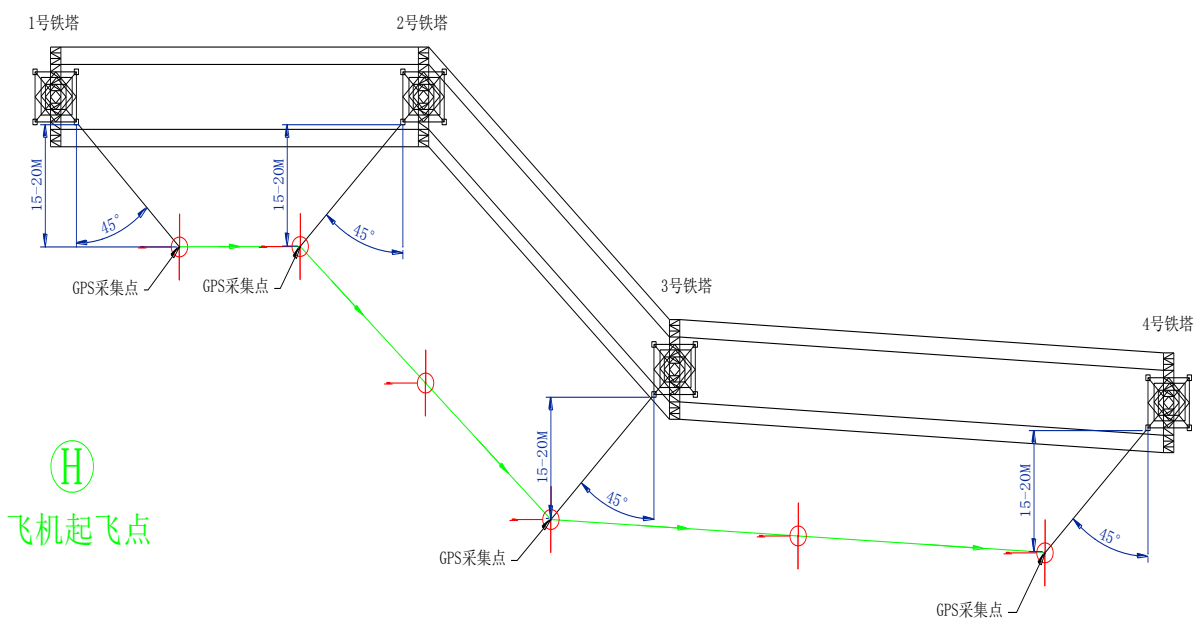
附件 E 数据采集与航线规划

6.1 航线规划

- 1、到达线路周边（以通视一个飞行架次为周边的标准）。
- 2、依据线路走向及周边环境划分架次。
- 3、在每个架次的规划区段选取最优飞机起降场地。
- 4、记录架次规划，起降大体位置，与环境状况。

注意事项

- 1、同一架次飞机必须处于通视范围以内。
- 2、同一架次应避免交叉线路。或以交叉点为分隔点规划两个架次。
- 3、同一架次应选线路跟山体的相对面，高大建筑。
- 5、架次规划应尽量选择空旷一侧。
- 6、架次规划应与采集 GPS 数据一并记录。
- 7、电力线路呈 S 形规划的架次应处于 S 形包围以外，（参见图一）。
- 8、起降位置是大体的规划，为实际巡飞做准备。



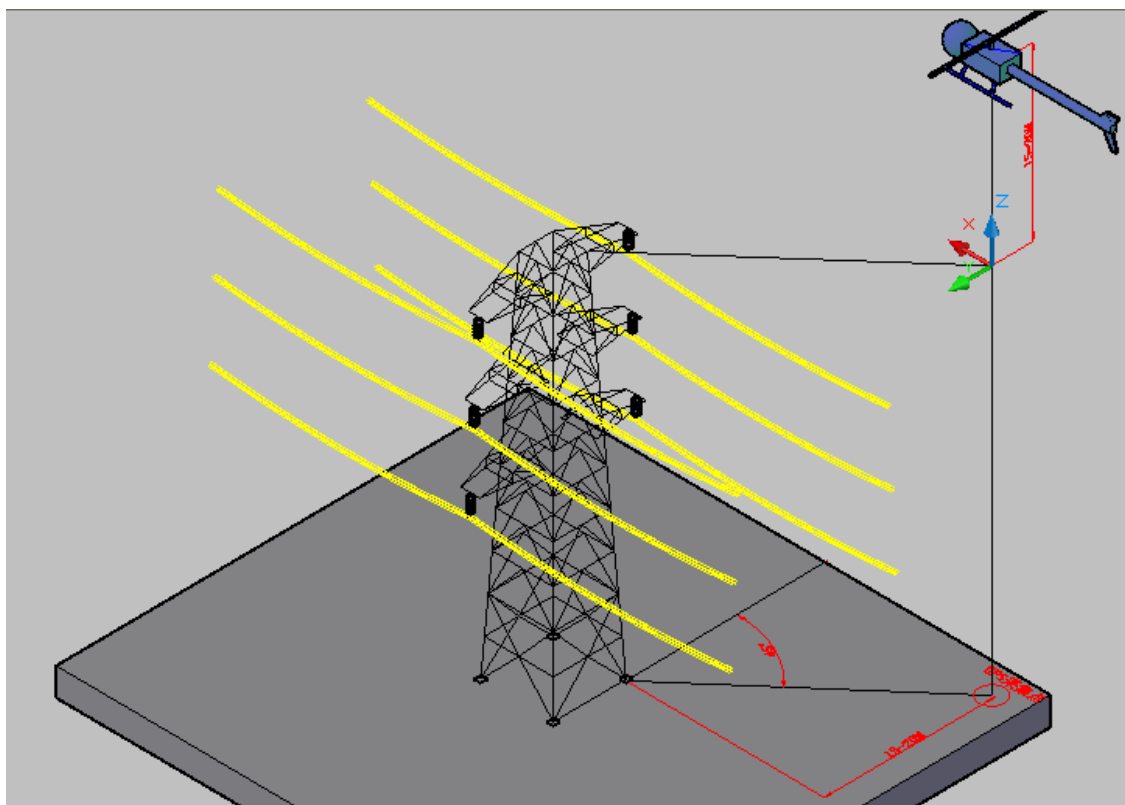
图一

6.2 杆塔数据采集

- 1、 进入采集区观察杆塔及线路周围环境。
- 2、 选择相对空旷区域依据前期规划航线确定采集点。
- 3、 记录采集点与杆塔塔基高差。
- 4、 开启采集设备放置十分钟至数据最后位浮动不大于 10。
- 5、 记录采集点经纬度数据与采集位置信息。
- 6、 离开采集区，恢复环境原样。

注意事项：

- 1、 采集 GPS 数据时，采集设备放置在设备采集点至数据浮动不大于 10 时方可记录数据。
- 2、 采集设备最少应有同型号的两台以上，对比数据。
- 3、 GPS 坐标采集点必须离杆塔在杆塔一角斜 45 度方向，（参见图二）。
- 4、 GPS 坐标采集点离塔位置应在 15-20 米以内，（参见图二）。
- 5、 飞机必须离塔 15 米-45 米，（参见图二）。
- 7、 起始点 GPS 坐标采集点应靠杆塔侧前，其余点应靠杆塔侧后。
- 8、 应根据规划起飞方向，起降场地选取 GPS 坐标采集点。
- 9、 记录数据时应同时估测采集点跟杆塔塔基的高度差并记录。
- 10、 采集设备应置于空旷的位置防止其受局部环境因素干扰。
- 11、 杆塔实际情况与航线规划冲突则应根据杆塔现场状况重新规划航线。



图二