

通讯链路和地面站

启飞智能

无人机链路系统

- 控制站与无人机之间进行的实时信息交换需要通过通讯链路系统来实现。地面控制站需要将指挥、控制以及任务指令及时地传输到无人机上；同样，无人机也需要将自身状态（速度、高度、位置、设备状态等）以及相关任务数据发回地面控制站。
- 无人机数据链路按照传输方向可分为：上行链路和下行链路。
 1. 上行链路主要完成地面站到无人机遥控指令的发送和接受；
 2. 下行链路主要完成无人机到地面站的遥控数据以及红外或电视图像的发送和接受。

衡量无人机数据链的标准

1. 跳频扩频功能。跳频组合越高，抗干扰能力越强，一般的设备能做到几十、几百跳频组合；
2. 存储转发功能；
3. 数据加密功能。使数据传输的可靠性提高，防止数据泄密。常见的加密方式有：**DES**、**AES**等。
4. 高速率。无人机数据链属于窄带远距离传输的范畴，**115200bps**的数据速率即属于高速率；
5. 低功耗，低误码率和高接受灵敏度。无人机采用电池供电，而且传输距离又远，所以要求设备的功耗低，接受灵敏度高。

民用旋翼无人机的通讯链路

1. **RC**遥控器和无人机上的遥控接收机构成的，上传的单向链路；
2. 数传，由笔记本连接的一个模块和飞机上的一个模块构成双向链路；人发修改航点等指令，飞机收；飞机发位置、电压等信息，人接收；
3. 图传，飞机上的发射模块和地面上的接收模块构成，下传的单向链路；飞机发图像，我们接收，用于监控摄像头方向和效果。



RC遥控器

- RC遥控器主要用于视距范围内地面人员对飞行器的手控操纵。也是目前大多数消费级多旋翼飞行器必备的一条数据链系统。
- RC是radio control的缩写，无线电控制。
- RC遥控设备分为手里的遥控发射机和天上的接收机两部分，配对后使用。



遥控器发展

- 模拟遥控器
早期遥控设备是模拟式的，频率有35M、40M、72M，每个下设几个频点，如72.670M、72.810M、72.830M等。同场飞行第一件事对频。
缺点：容易相互干扰；
优点：绕射能力强，容易增加距离。
- 数字遥控器
广泛使用2.4G系列遥控器，发射功率0.5W以下，遥控距离1公里左右。使用跳频技术，不用再受同频干扰的制约。
- 遥控与数传、图传整合
- 网络化
用手机替代遥控器，或者用VR眼镜实现对飞机的操控。

美国手、日本手



美国手：右手俯仰、滚转，
左手油门、偏航

日本手：右手油门、滚转，
右手俯仰、偏航

典型遥控设备



FUTABA



WFLY天地飞



FLYSKY富斯



WALKERA华科尔



大疆

图传设备

- 模拟图传

早期图传设备采用模拟制式，图传发射端和接收端工作在一个频段上即可。

- 优点：

1. 价格低廉；
2. 可以同时多个接受机接受视频信号，只要接收端的频率和发射端的频率一致，就可以接收到视频信号，方便多人观看；
3. 工作距离远，常用模拟图传设备在开阔地带一般都能达到2km以上；
4. 信号没有延迟，是穿越机的首选装备。

缺点：

1. 易受到同频干扰，两个发射端的频率若接近，有可能导致本机的视频信号被别人的图传信号插入；
2. 视频带宽小，画质较差，通常分辨率在640*480。

图传设备

- 数字图传

现在厂商开发的无人机套机通常都搭载了专用的数字图传，它的视频传输方式是通过**2.4G**或**5.8G**的数字信号进行。

- 优点：

1. 使用方便，通常只需在遥控器上安装手机/平板电脑作为显示器即可；
2. 图像传输质量高，分辨率可达**720p**甚至**1080p**；
3. 回看拍摄的照片和视频方便；
4. 集成在机身内，可靠性较高，一体化设计较为美观。

- 缺点：

1. 中高端产品价格昂贵；
2. 低端产品有效距离短，图像延迟问题非常严重，影响飞行体验和远距离飞行安全。

链路天线

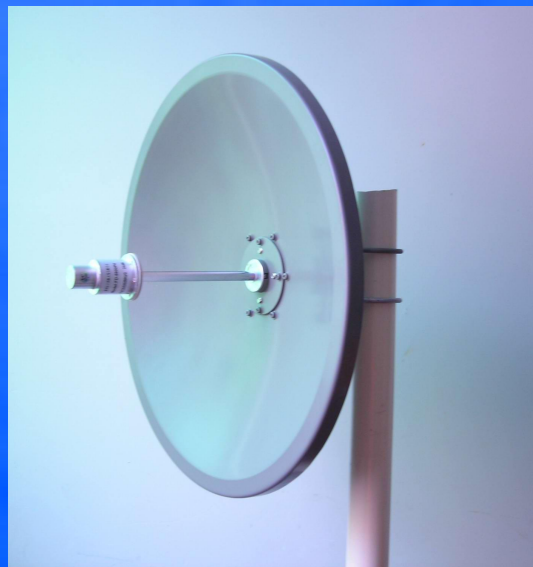
- 通讯链路——天线极化
- 天线的基本指标：功率
功率代表单位时间内发射出去的能量，距离越远的，方向性越好。
比如一个数传模块功率是0.5W，用不同的天线发射出去的最远距离是不一样的。均匀向四周发射可能2km，集中发射的话可能能达到20km。
- 这种电磁波的空间形态，就是极化的概念。

天线类型

- 全向天线
360° 方向上均匀辐射，表现为无方向性。
- 定向天线
在水平方向图上表现为一定角度范围辐射，也就是平常所说的有方向性。



全向天线

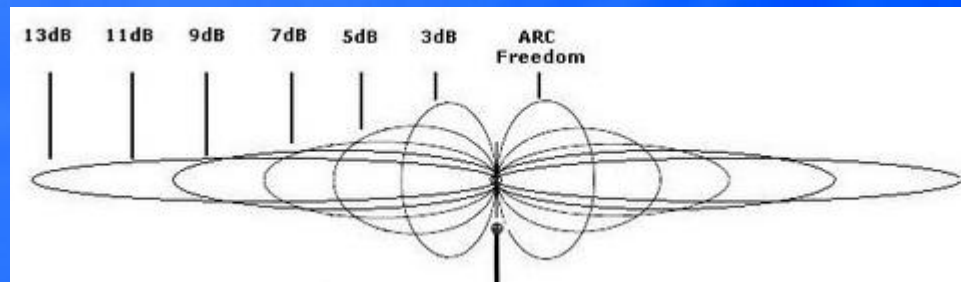
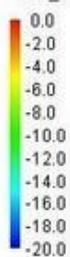


定向天线

全向天线

- 电磁波向四周发射的天线，极化出来的是个苹果型，距离很近，除了苹果柄的两头，所有地方都有信号，这也是天线不能直对飞机的原因。
- 增益高一点就会变成甜甜圈，越高越扁，直到变成大饼。

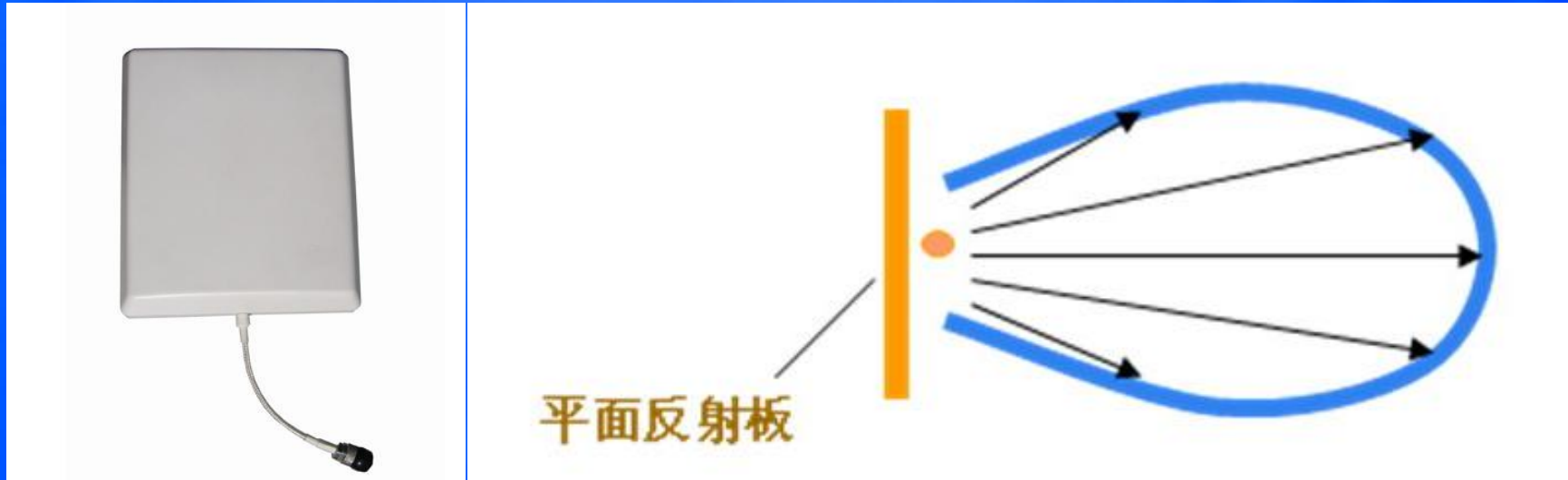
Gain_Tot[dB]



- 72M、2.4G遥控器发射机天线，机载900M的数传天线，机载5.8G的图传天线都是全向天线。
- 全向天线有杆状、蘑菇头、三叶草、四叶草等各种形状。

定向天线

- 定向天线不向四周发射电磁波，而是集中到一个方向发射，距离明显比同功率的全向天线远。多旋翼视距外远距离飞行时地面数传模块和图传模块可以换装成定向天线。



- 平板天线极化出来是个圆锥体，上下大概 30° 范围内有信号，对飞机基本对个大概方向。天线增益增高范围就会变细，直到变成抛物面天线的手电筒光束。
- 定向天线有平板、八木、螺旋、抛物面等。

地面站系统

- 无人机地面站系统是整個无人机系统的指挥控制中心，也称地面站、控制站、遥控站或任务规划与控制站。
- 多旋翼地面站硬件部分一般包含地面站计算机、各类其他显示屏，遥控器、数传地面模块、图传地面模块等。
- 地面站分为遥测子系统和遥控子系统，所有跟“飞机向地面传递信息”有关的归入遥测子系统；所有跟“地面向飞机传递信息”有关的归入遥控子系统。



地面站硬件

- 用于显示的
两部分内容：飞行信息（飞行参数）、
任务图像信息（航拍类多旋翼摄像头
拍摄的画面）
- 用于操纵的
分两部分：多旋翼本身的飞行、云台
角度与变焦（航拍类）、喷洒系统
（植保类）
- 用于通讯的
RC遥控发射机、数传链路地面模块、
图传链路地面接收机。



地面站软件

- 地面站软件是地面站的重要组成部分，驾驶员通过地面站系统提供的电脑屏幕、鼠标、键盘、按钮等硬件来与地面站软件进行交互。
- 地面站软件的三大功能：
 1. 显示与修改飞行数据、状态；
对信息进行实时采集，包括姿态、高度、速度、电机状态、电池、GPS。
 2. 关键数据、状态告警；
视觉告警：指示灯告警、颜色告警、文字告警；
听觉告警：语音告警、音调告警。
 3. 地理信息、任务规划与航迹显示。
飞行环境限制、多旋翼飞行平台物理限制、飞行任务要求、实时性要求。

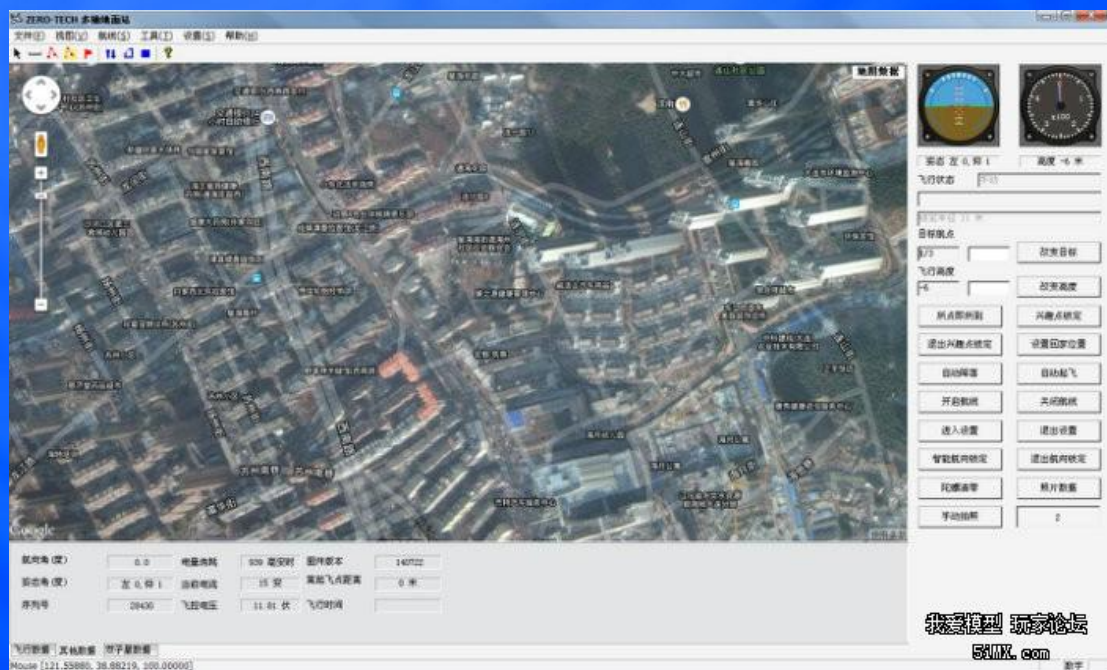
地面站软件

- 常见的地面站软件

大疆地面站软件



零度地面站软件



地面站软件

- Mission Planner地面站软件



Mission Planner

- Mission Planner地面站程序，由Michael Osborne开发，应用于采用APM开源飞控的无人飞行器。
- Mission Planner主要的功能集中在航线规划和飞行数据分析上。
- Mission Planner功能：
 1. 使用Google Maps进行即点即得的航点输入；
 2. 下载任务日志文件然后分析；
 3. 配置APM飞控的各项参数；
 4. 可以作为二次开发平台，有很强的可扩展性；
 5. 从APM的串口终端监控飞行器飞行状态。
- 由于APM和Mission Planner都是开源的，现在市面上很多飞控和地面站系统就是依托它们研制出来的。在实际设计研发多旋翼无人飞行器时，也可以参考这个开源系统。