

中国低空经济集团

——中国最大低空经济零配件集散地——

无人机系统原理

- ❖ 一、无人机的发展与现状
- ❖ 二、无人机的特点和用途
- ❖ 三、无人机系统构成
- ❖ 四、无人机飞行与控制原理
- ❖ 五、无人机作业流程
- ❖ 六、无人机展望



一、无人机的发展

1.1 无人机的起源与发展



无人机在军事中的应用：

- ❖ 第一次世界大战，美国开发了携带高爆炸药的双翼无人机；
- ❖ 越战中美军将无人机用于侦察；
- ❖ 以色列1973年第四次中东战争中使用无人机模拟有人机作战群，掩护有人机突防；
- ❖ 以色列1982年派无人机进入贝卡谷地上空，诱使叙利亚地空导弹雷达开机，锁定对方雷达位置；
- ❖ 海湾战争、科索沃战争、伊拉克战争和阿富汗战争中美军大量使用无人机。

全球鹰



长13.4m，翼展35.5m，最大起飞重量11610kg，最大载油量6577kg，有效载荷900kg。一台涡扇发动机置于机身上方，最大飞行速度740km/h，巡航速度635km/h，航程26000km，续航时间42h。

MQ-1 捕食者



机长8.27米，翼展14.87米，最大活动半径3700公里，最大飞行时速240公里。

可监视目标24小时，最大续航时间60小时。该机装有光电/红外侦察设备、GPS导航设备和具有全天候侦察能力的合成孔径雷达，在4000米高处分辨率为0.3米，对目标定位精度0.25米。

1.2 国内无人机发展概述

- ❖ 航模队 → 专业从事无人机应用或研究
- ❖ 无人靶机 → 多用途无人机

无人机行业发展的现状：

- ❖ 无人机近几年呈现出一种跨越式、跃迁式的发展；
- ❖ 我国无人机发展的正在步入“黄金年代”，目前中高端无人机研发与生产能力主要掌握在中航工业集团公司、航空航天类院校（西北工业大学第三六五研究所爱生集团，北京航空航天大学无人机所，南京航空航天大学无人机所）等国家队和其他科研院所；
- ❖ 尽管号称有百余家企业在从事无人机研究与生产，但真正能够严格按照研制程序开发无人机系统的并不多。



“翔龙”高空高速无人侦察机全机长14.33米，翼展24.86米，机高5.413米，正常起飞重量6800公斤，任务载荷600公斤，机体寿命暂定为2500Fh。巡航高度为18000米~20000米，巡航速度大于700公里/小时；作战半径2000~2500公里，续航时间最大10小时，起飞滑跑距离350米，着陆滑跑距离500米。连翼飞机具有结构结实、抗坠毁能力强、抗颤振能力好、飞行阻力小、航程远等优点。



机身长9.34米，翼展14米，机高2.7米，翼龙飞机的展弦比较大，因此升力较大、诱导阻力较小，巡航升阻比较大，可以长时间在空中滞留。最大起飞重量：1200公斤，最大飞行高度：5300米，最大飞行速度：280公里/小时，最大续航时间：20小时，最大航程：4000公里，起飞滑跑距离：800米，着陆滑跑距离：600米（刹车），最大燃油和任务载荷重量：350公斤，最大任务载荷重量：200公斤（机翼两个挂点），最大载燃油量：300公斤[6]

1.3 国外民用无人机应用概况

- ❖ 美国将全球鹰和捕食者修改后，应用于民用领域，全球鹰成为第一种被美国联邦航空管理局批准授权可在美国空域飞行的无人机；
- ❖ 美国NASA下属的德莱顿飞行研究中心正在研究将伊克纳无人机用于灭火；
- ❖ 美国海洋与大气局已成功将无人机用于风暴探测的研究；

1.4 国内民用无人机发展现状

- ❖ 民用无人机起步晚，与发展较好的军用无人机在技术上脱节；
- ❖ 主要无人机研究单位定位于军事技术，先进的军用无人机技术向民用无人机转化不足；
- ❖ 民营企业充分发挥了自己的市场优势，积极投身民用无人机行业；
- ❖ 民用无人机市场正在升温。

民用无人机行业存在的不足：

- ❖ 从航模转型的多，专业设计研究的少；
- ❖ 设计水平低，生产规模小；
- ❖ 测绘应用多，其它应用少；
- ❖ 机型小，总体质量水平较低。



二、无人机特点与用途

2.1 无人机与航模

无人机的定义：

机上没有驾驶员

能一次或多次使用

可以自行控制也可以远程引导

可携带有效载荷

升力主要靠空气动力

航模：只能在视距内遥控控制

2.2 无人机的特点

- ❖ 机上无驾驶员，不再考虑人的安危和生理承受能力；
- ❖ 没有机上驾驶员，不考虑人的生理承受能力（大机动）和体力限制，可执行枯燥、危险、污染性的工作，即3D任务（Dangerous, Dirty, Dull）
- ❖ 使用灵活，用途广泛；
- ❖ 成本低廉，生存力强。

2.3 无人机的分类

2.3.1 按功能分类

❖ 军用无人机

侦察机、电子对抗无人机、通信中继无人机、攻击无人机及靶标无人机等

❖ 民用无人机

各种用途的巡查和监视用无人机、航拍无人机、气象无人机、地质勘探无人机、测绘无人机等。

2.3 无人机的分类

2.3.2 按大小分类

- ❖ 微小型无人机 重量一般小于1Kg，尺寸在15cm以内
- ❖ 小型无人机 重量一般在1~100Kg内
- ❖ 中型无人机 重量一般在100~1000Kg内
- ❖ 大型无人机 重量一般大于1000Kg

2.3 无人机的分类

2.3.3 按活动半径分类

- ❖ 超近程无人机 活动半径在5~15km之间
- ❖ 近程无人机 活动半径在15~50km之间
- ❖ 短程无人机 活动半径在50~200km之间
- ❖ 中程无人机 活动半径在200~800km之间
- ❖ 远程无人机 活动半径一般大于800km

2.3 无人机的分类

2.3.4 按速度分类

- ❖ 低速无人机 速度一般小于0.3马赫
- ❖ 亚音速无人机 速度一般在0.3~0.7马赫
- ❖ 跨音速无人机 速度一般在0.7~1.2马赫
- ❖ 超音速无人机 速度一般在1.2~5马赫
- ❖ 高超音速无人机 速度一般大于5马赫

马赫：奥地利物理学家、哲学家、心理学家、生物学家恩斯特·马赫(Ernst Mach, 1838年~1916年)的简称，马赫在研究气体中物体的高速运动时，发现了激波。他确定了以物速与声速的比值（即马赫数）为标准，来描述物体的超音速运动。

音速：空气中的音速在1个标准大气压和15℃的条件下约为340米/秒。

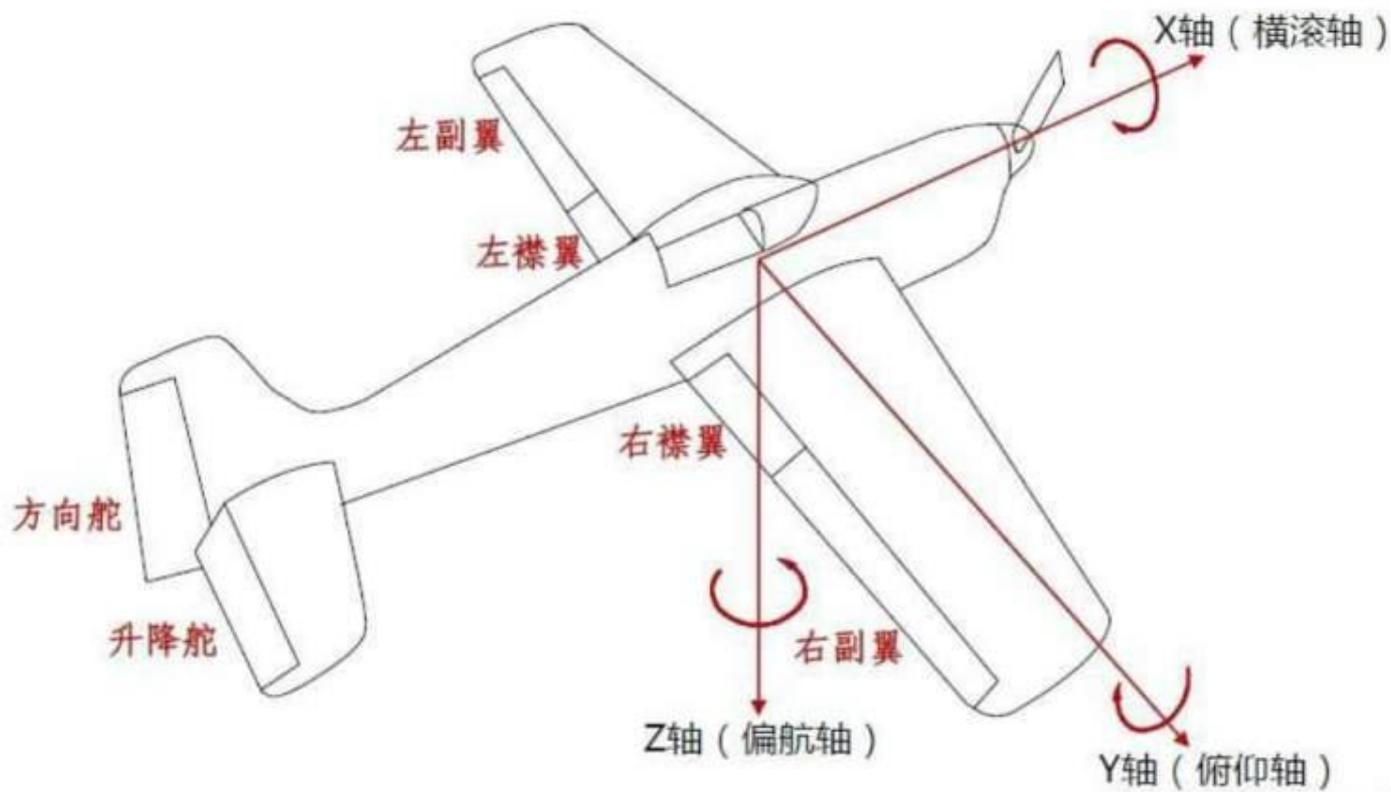
2.3 无人机的分类

2.3.5 按实用升限分类

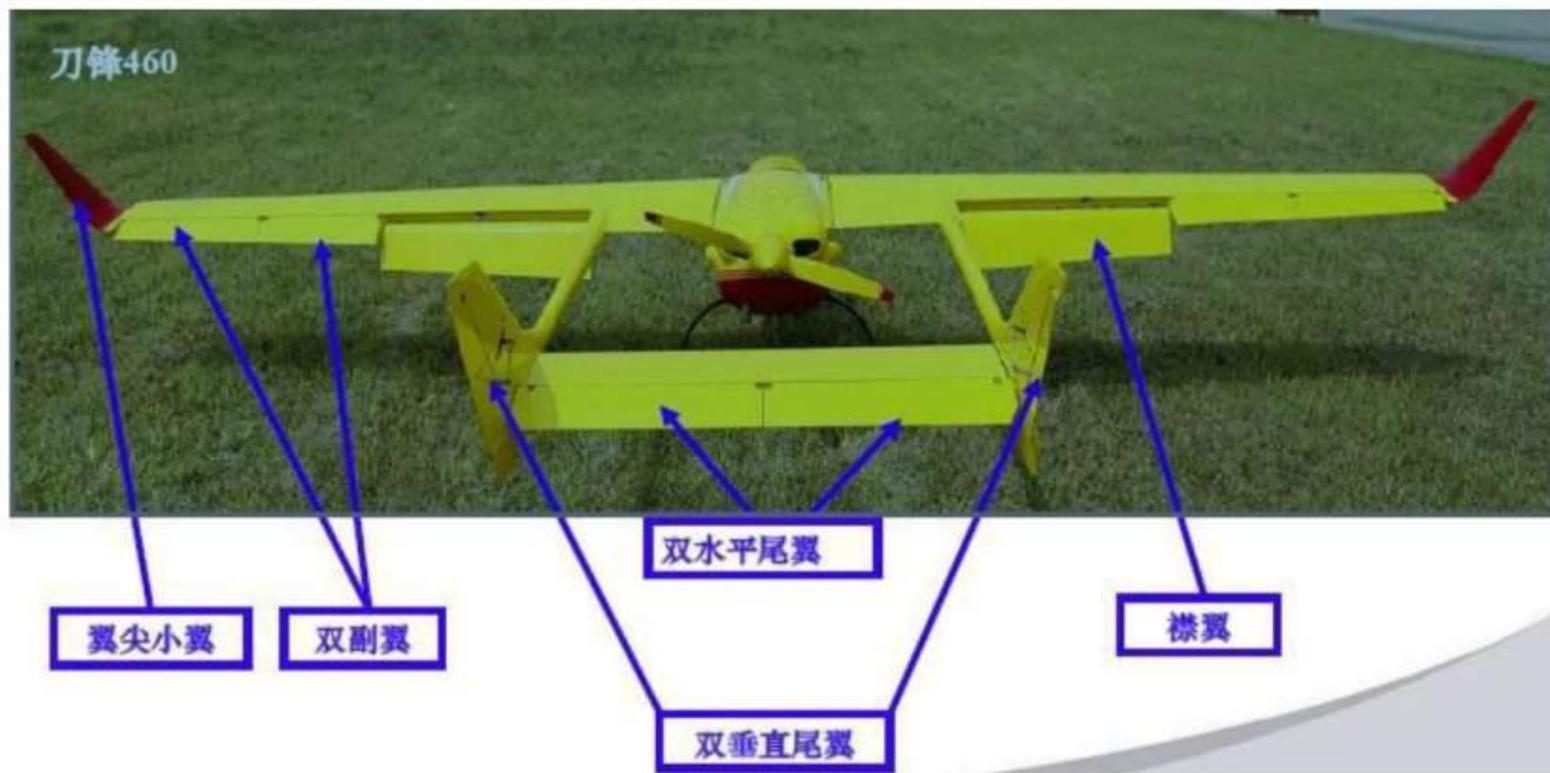
- ❖ 超低空无人机 实用升限一般在100m以下
- ❖ 低空无人机 实用升限一般在100~1000m之间
- ❖ 中空无人机 实用升限一般在1000~7000m之间
- ❖ 高空无人机 实用升限一般在7000~18000m之间
- ❖ 超高空无人机 实用升限一般大于18000m

2.4 常见无人机气动外形

2.4.1 常规布局



2.4.2 双尾撑（双尾梁）无人机



2.4.3 倒V尾无人机



2.4.4 飞翼无人机





机长：21.03米 机高：5.18米
翼展：52.43米 机翼后掠角：
33度
空重：45360-49900千克
最大武器载荷：18144千克
最大燃油量：81650-90720千
克
正常起飞重量：152635千克
最大起飞重量：170550千克
巡航速度：高亚音速，小于
331m/s；0.8马赫（12200m）
进场速度：259千米/小时
实用升限：15240米
航程：不加油10400km，空中
加油一次大于18520千米
翼负荷：329千克/平方米
推重比：0.205

2.5 认识无人机的主要技术指标

❖ 翼展	2.6m
❖ 最大起飞重量	16kg
❖ 有效载荷重量	4kg
❖ 燃料重量	2.5kg
❖ 巡航速度	110km/h
❖ 续航时间	2h
❖ 飞行半径	50km
❖ 实用升限	6000m
❖ 抗风性能	5级
❖ 起降方式	滑跑/弹射/伞降/撞网
❖ 任务载荷类型	航空测绘



三、无人机系统

无人机一般由以下部分组成：

- ❖ 飞行器-飞行载体
- ❖ 飞行控制系统
- ❖ 地面控制系统-地面站
- ❖ 任务设备-航拍仪器
- ❖ 起飞与降落回收系统

3.1 飞行载体

❖ ZC-1型无人飞机



3.2 飞行控制系统

飞行控制主要有中央计算机、飞行控制类传感器、伺服作动器、导航定位系统及通讯系统组成；

- ❖ 飞行控制类传感器包括高度/速度类传感器和姿态类传感器；
- ❖ 伺服作动器是将控制指令转化为舵面动作及发动机阀门动作的执行机构。
- ❖ 导航定位系统：惯性导航设备、卫星定位传感器、惯性/卫星组合定位
- ❖ 通讯电台

自动驾驶仪



电池

电台



舵机

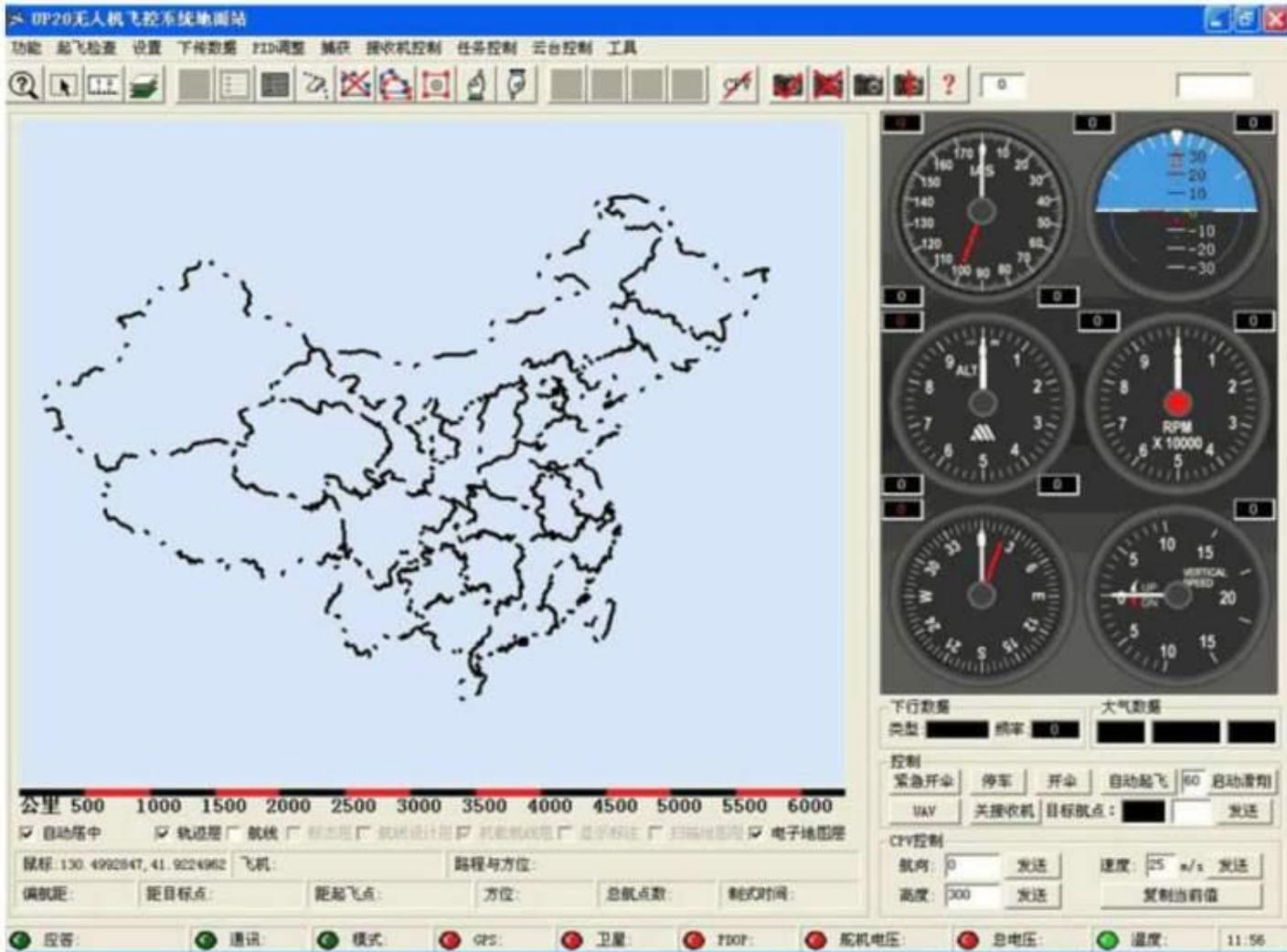


GPS天线

3.3 地面控制站

地面控制站主要功能：

- ❖ 任务规划；
- ❖ 飞机状态监控；
- ❖ 飞机和任务设备的操控；
- ❖ 信息处理



3.4 任务设备

常见的任务设备有：

- ❖ 照相机
- ❖ 电视摄像机
- ❖ 红外热像仪
- ❖ 光电侦察稳定平台
- ❖ 合成孔径雷达（SAR）

相机



可用于小飞机
航测的相机：

飞思
哈苏
莱卡
尼康

Canon 5Dmark II 2100万像素全画幅

3.5 起飞与降落

起飞方式	优点	缺点	适用范围
地面滑跑	简单可靠，配套地面设备少，使用成本低	依赖机场跑道或较好的地面环境条件，机动性差	几乎可适用于任何类型的无人机动性差
轨道弹射	机动性好，安全性好，使用成本较低	发射装置体积较大	一般适用于中小型、低速无人机。
火箭助推	简单可靠，配套地面设备少，使用成本低	发射装置体积较大，前期研制投入成本高	一般适用于中小型无人机
车载发射	简单可靠，配套地面设备少	无人机安全起飞速度需小于汽车所能达到的速度，发射时需有一定长度的平整路面	一般适用于小型、低速无人机
手抛发射	简单可靠	起飞重量受限	一般适用于微（小）型、低速无人机。

降落方式	优点	缺点	适用范围
伞降回收	技术成熟，应用广泛	回收过程受外界环境影响大，较难控制着陆精确性	几乎可适用于任何类型的无人机
滑跑着陆	简单可靠，配套地面设备少，使用成本较低	依赖机场跑道或较好的地面环境条件，机动性能较差，导引精度要求高，对起落架有较高的要求	几乎可适用于任何类型的无人机
撞网回收	可实现机动性、定点回收，适于在陆地或舰船等狭小场地回收	地面回收装置复杂、体积较大，对无人机入网的精确导引要求较高	一般适用于小型、低速无人机
气囊减震	可有效吸收无人机最终触地能量，实现无人机的无损回收	需占用无人机部分机载空间及重量	一般与伞降回收配合使用





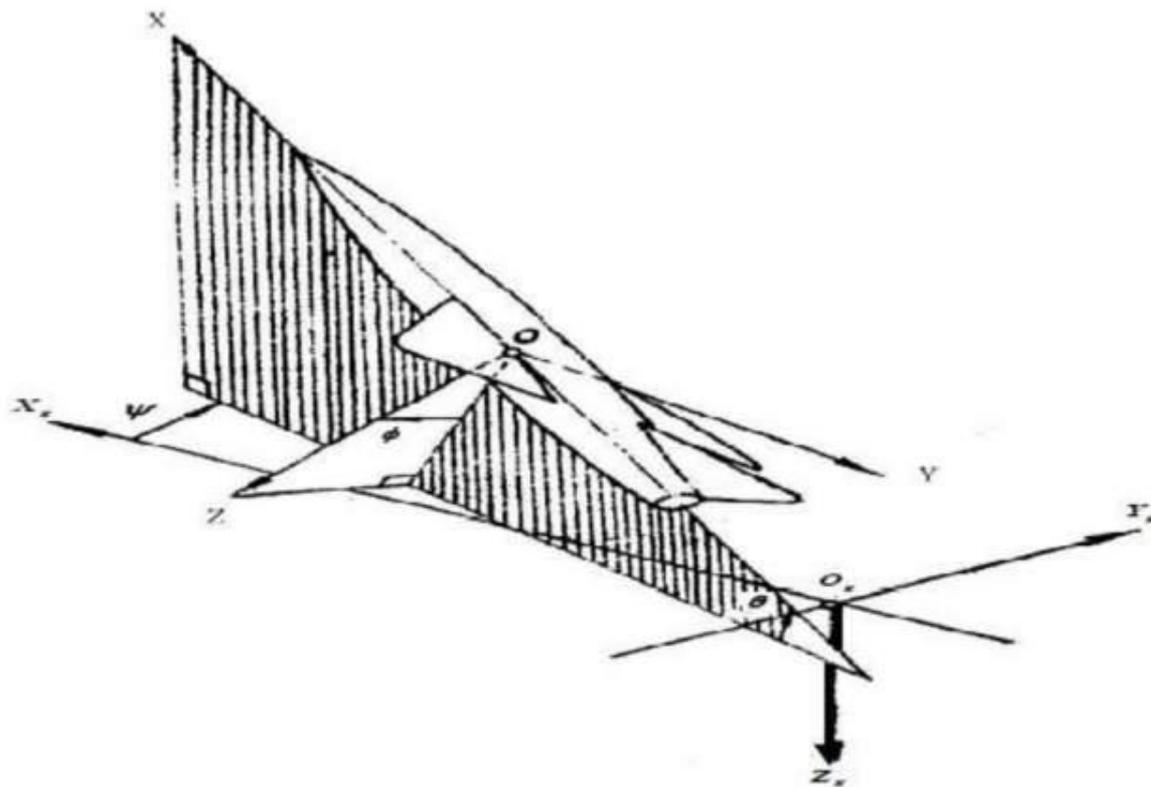


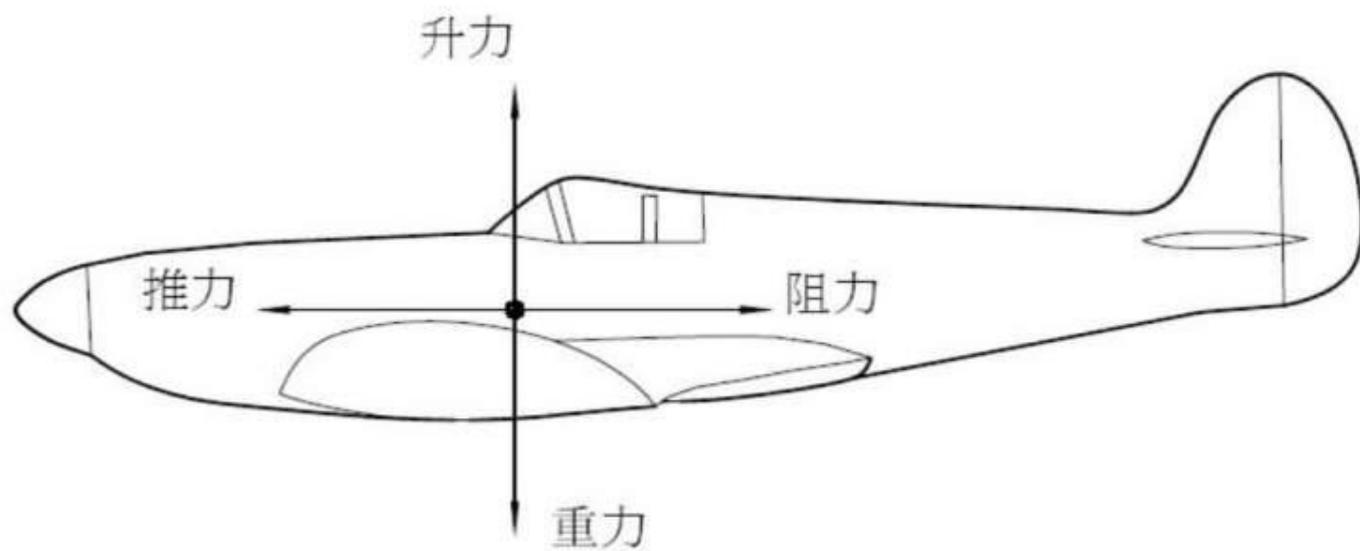


四、无人机飞行与控制原理

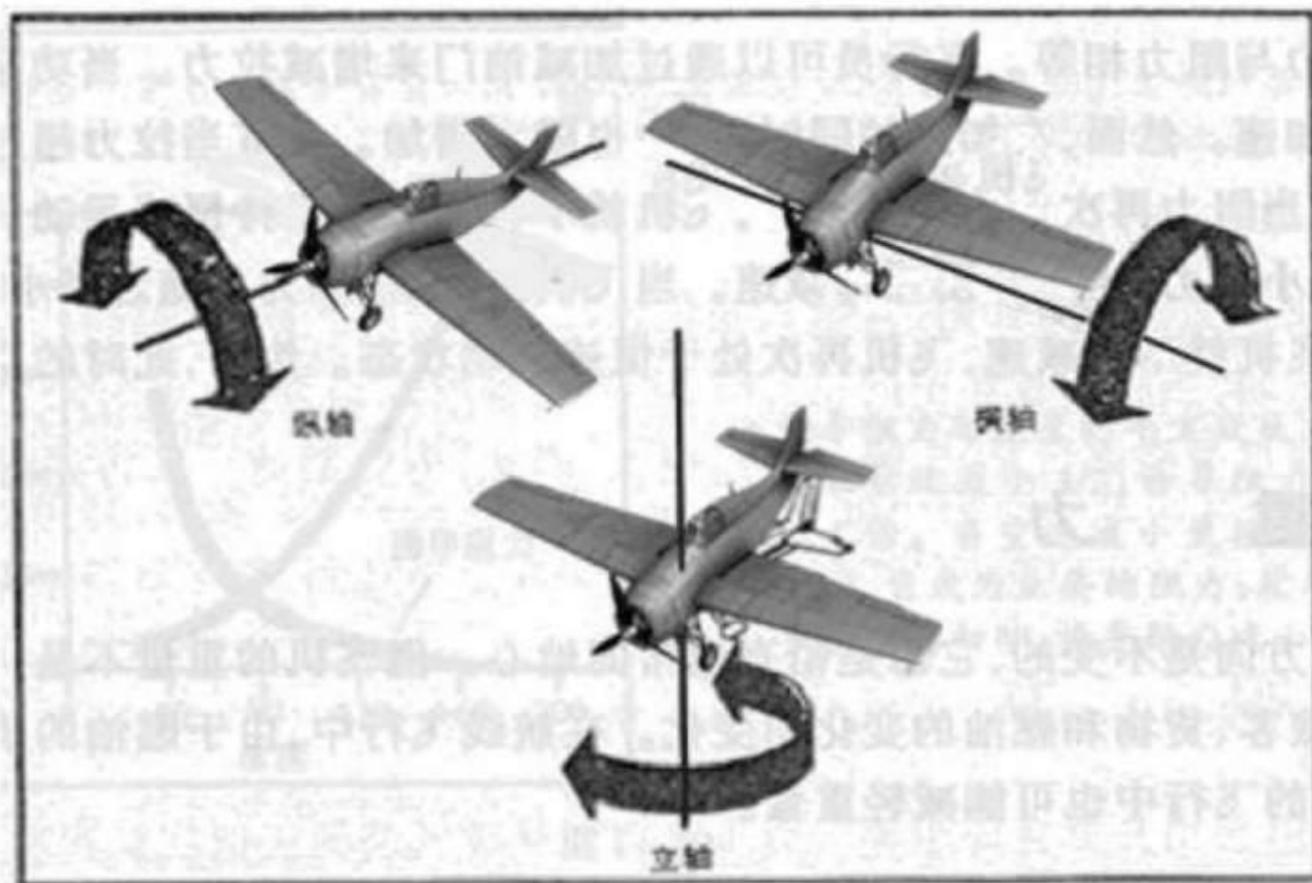
4.1 无人机飞行原理

❖ 飞机姿态角示意图

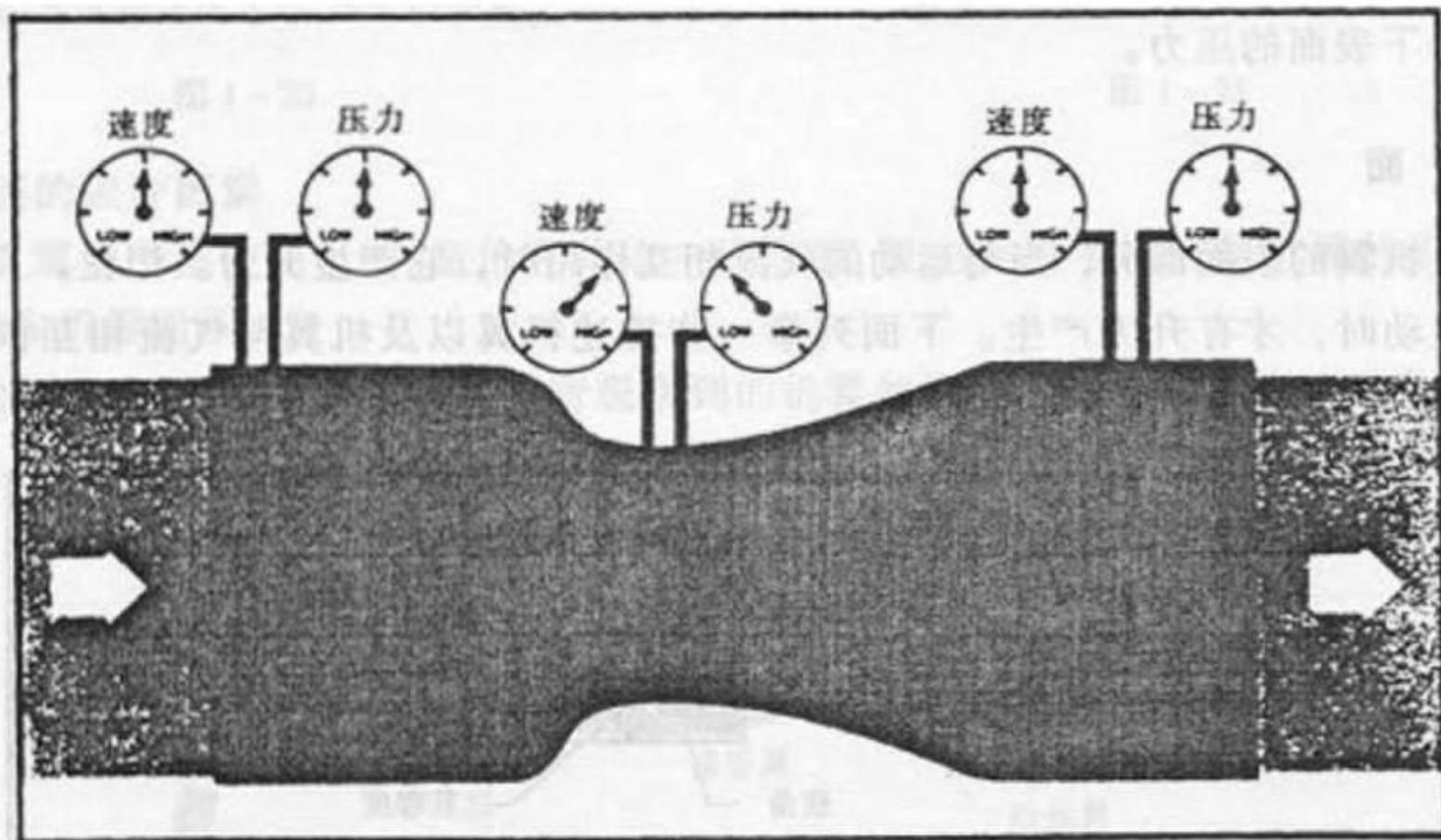


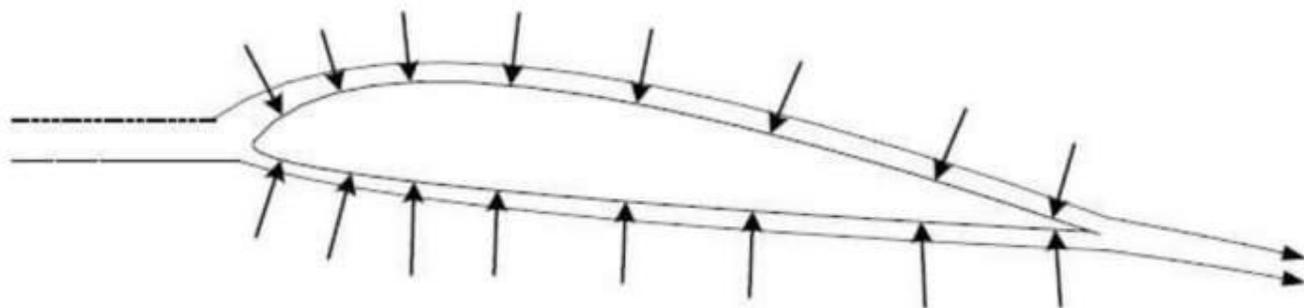


飞机受力示意图

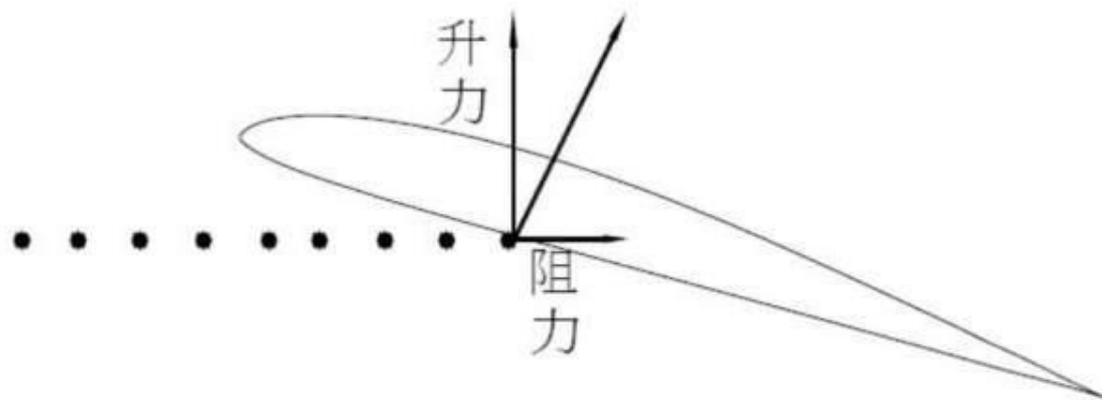


飞机三轴角运动示意图

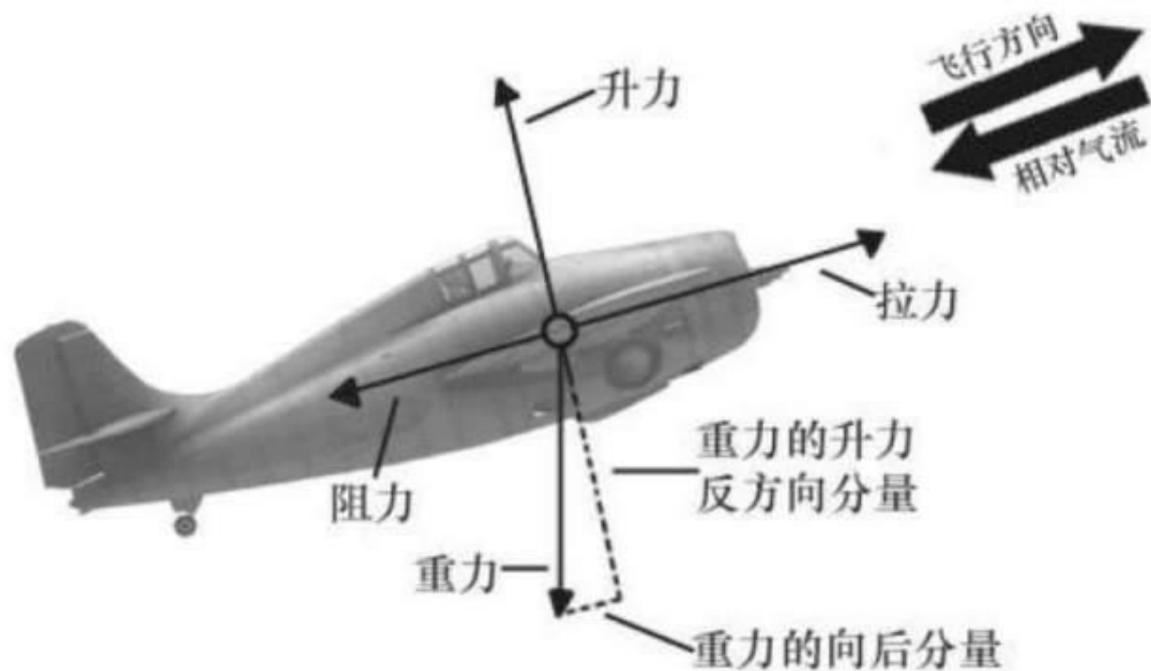




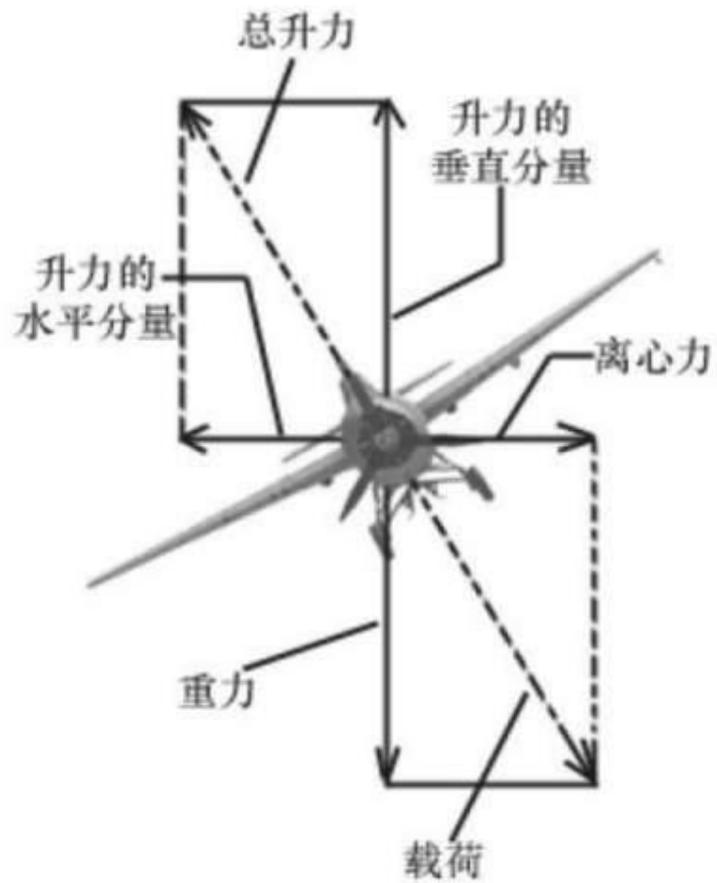
机翼上下表面压力示意图



机翼受力示意图



飞机爬升运动示意图

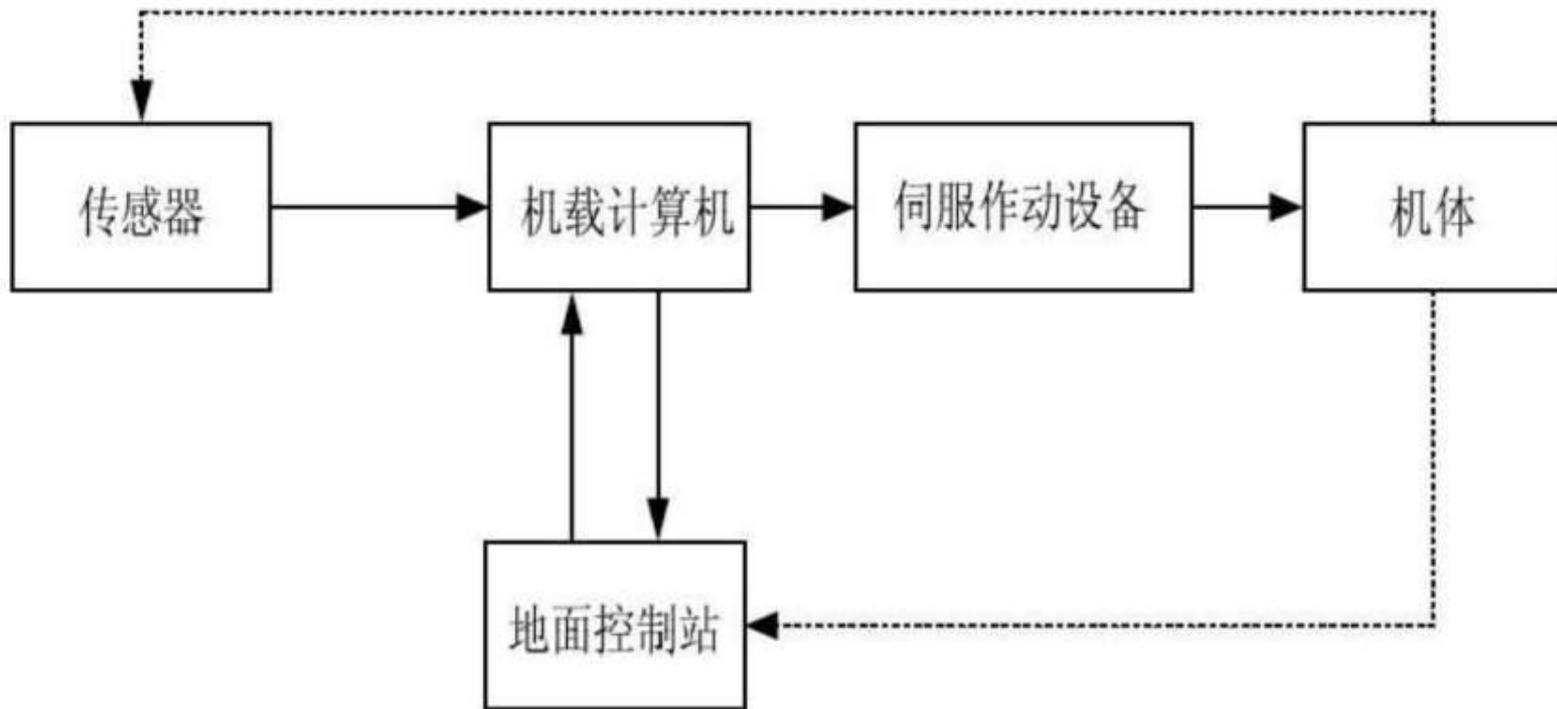


飞机转弯运动示意图

4.2 无人机控制原理

无人机的飞行控制系统主要包括传感器、机载计算机和伺服作动设备三部分，其功能有：

- ❖ 1) 无人机姿态稳定与控制；
- ❖ 2) 无人机导航与航迹控制；
- ❖ 3) 无人机起飞和着陆控制；
- ❖ 4) 无人机任务设备管理与控制等。



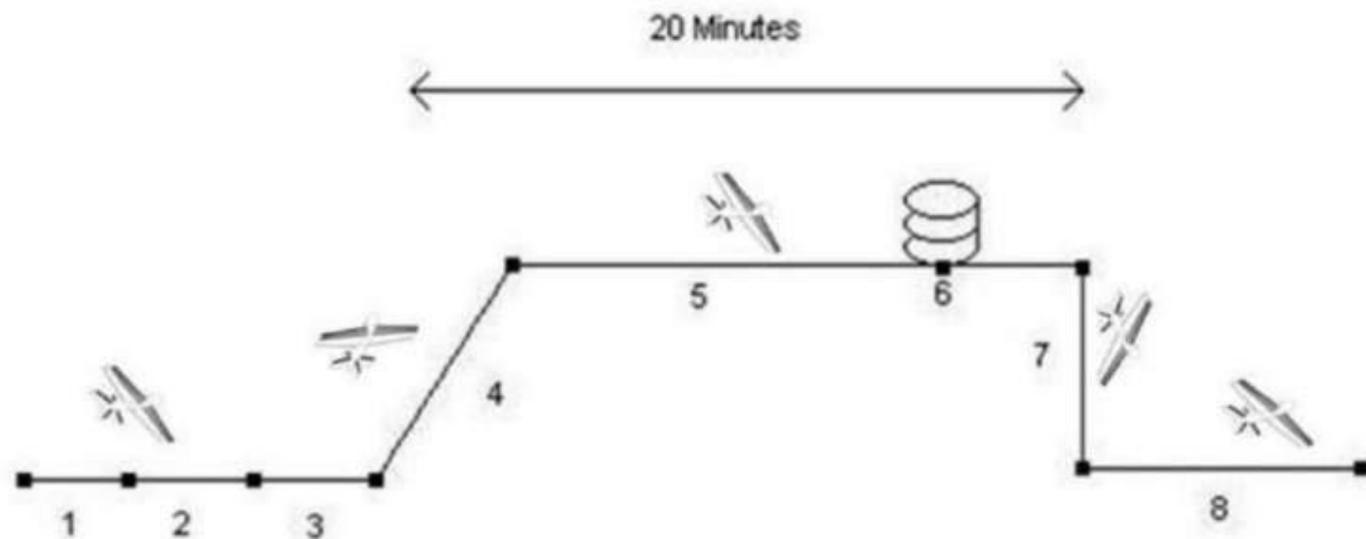
无人机控制系统原理图



五、无人机作业流程

- ❖ 设备地面展开
- ❖ 根据任务进行航线规划
- ❖ 飞行前全部设备检查
- ❖ 启动动力系统
- ❖ 飞机起飞
- ❖ 到达作业地点、作业
- ❖ 返回降落
- ❖ 飞机落地后检查维护
- ❖ 获取作业数据
- ❖ 作业数据的后期处理

- ❖ 1. 启动/预热
- ❖ 2. 滑跑
- ❖ 3. 起飞
- ❖ 4. 爬升
- ❖ 5. 巡航
- ❖ 6. 作业
- ❖ 7. 降高
- ❖ 8. 着陆





六、无人机发展展望

6.1 军用发展热点和趋势

- ❖ 高集成化、多任务平台、实现一机多用
- ❖ 根据用途，机身尺寸向两端发展
- ❖ 从平台武器化到专用猎杀平台

6.2 关键技术的发展

- ❖ 传感器技术
- ❖ 数据链及通信技术
- ❖ 自主技术
- ❖ 武器系统技术
- ❖ 生存能力及可靠性设计技术
- ❖ 动力技术
- ❖ 地面控制站技术

6.3 民用无人机应用前景展望

无人机的主要使命是空中观察和监视。

- ❖ (1) 科学研究；
- ❖ (2) 巡线飞行；
- ❖ (3) 应急情况监视；
- ❖ (4) 半军事用途；
- ❖ (5) 农林生产；
- ❖ (6) 特殊使命；

目前，无人机主要用于军事目的，军用无人机占世界无人机市场90%的份额。尽管目前民用市场的开发较少，但无人机用途广泛，它的应用前景远大，在多个领域具有极大的应用潜力。