



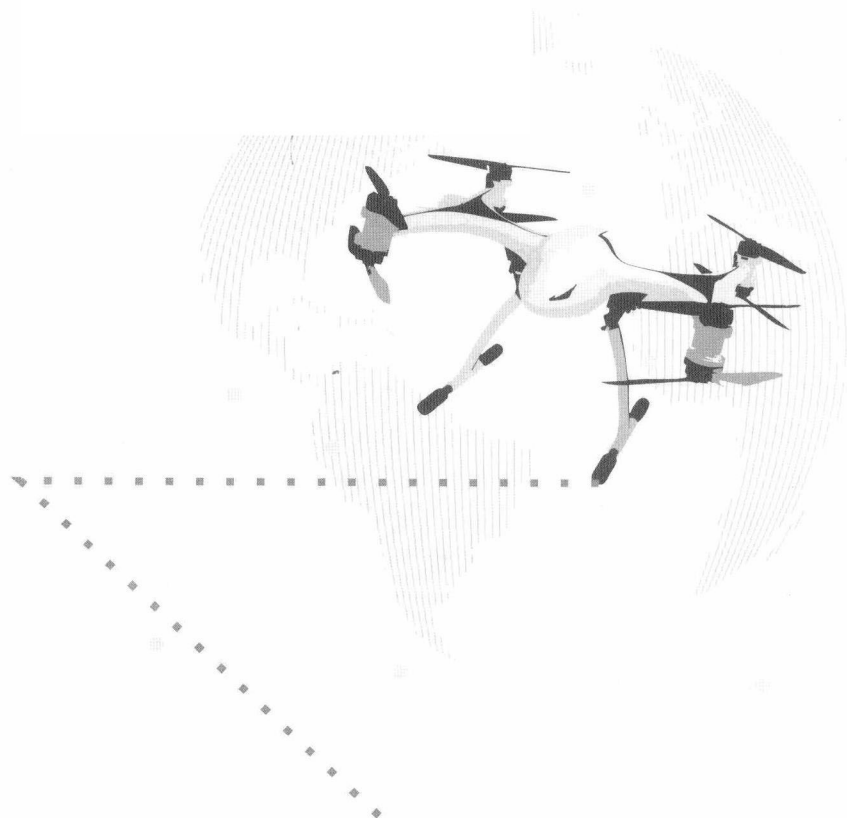
# 无人机测绘生产

主编 段延松



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



# 无人机测绘生产

主 编 段延松

副主编 王 玥 刘亚文



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

无人机测绘生产/段延松主编.—武汉:武汉大学出版社,2019.7

ISBN 978-7-307-20916-9

I.无… II.段… III.无人驾驶飞机—航空摄影测量 IV.P231

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第090206号

责任编辑:杨晓露

责任校对:汪欣怡

版式设计:马佳

---

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮箱:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉图物印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:23 字数:542千字 插页:1

版次:2019年7月第1版 2019年7月第1次印刷

ISBN 978-7-307-20916-9 定价:48.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

航空摄影测量有着悠久的历史，但由于涉及的仪器设备昂贵，一直以来属于贵族型的行业。自数字摄影测量发展并普及后，航空摄影测量内业走出了贵族门槛，但航空摄影的飞行成本仍然很昂贵，而无人机的出现使航空摄影测量彻底变革为大众化、平民化行业。早在 20 世纪 80 年代，国际上就开始将无人机应用于测绘工程，无人机全称无人驾驶飞行器，英文 Unmanned Aerial Vehicle，缩写为 UAV，是利用无线电遥控或自备程序控制操纵的不载人飞机。随着技术发展的成熟，无人机生产成本大幅降低，在各个领域无人机都得到了广泛应用，特别是在现代测绘领域，无人机颠覆了传统测绘的作业方式，通过无人机摄影获取高清晰立体影像数据，自动生成三维地理信息模型，快速实现地理信息的获取，具有效率高、成本低、数据精确、操作灵活等特点，无人机正逐渐成为测绘部门的新宠儿，今后或将成为航空遥感数据获取的“标配”。为了让更多人快速地学习和掌握这种“标配”生产技术，编者收集整理了大量无人机生产软硬件的操作说明以及地面控制点测量常用测量方法，归纳总结为《无人机测绘生产》这本书。

撰写本书的目的在于提供基础性的生产操作技能，因此编者把本书的重点放在具体流程操作方面。同时，作为一本入门教材，编者尽可能地保证文字叙述通俗易懂，以具体操作的图形界面为主导，图文并茂地讲解作业操作过程，希望可以给测绘生产技术人员提供一些综合参考，给即将从事测绘工作的学生奠定一些应用基础。

本书题材大部分来自武汉大学本科生摄影测量综合生产的课程讲义。外业生产部分总结自 GPS 测量学讲义和 GPS 仪器使用说明等，内业生产部分总结自数字摄影测量 4D 生产综合实习材料、DPGrid 软件使用说明等。无人机航空摄影部分是全新的内容，教学现在也还处于初始阶段，无人机相关材料主要来自大疆无人机说明书、飞控软件操作说明书，部分材料也参考了大疆无人机论坛等网站的信息。

全书分为 9 个章节，每章以基础知识入手，概要介绍所涉及的基础理论知识，详细介绍在实际生产中的具体操作步骤。第 1 章介绍航空摄影测量的设备，包括无人机、摄影测量内业处理工作站等。第 2 章讲述无人机航空摄影作业方法。第 3 章讲述地面控制点测量作业方法。第 4 章到第 7 章分别介绍内业生产的空中三角测量、DEM 生产、DOM 生产、DLG 生产的作业方法。第 8 章讲述了从航空摄影到生产出测绘成果的综合生产过程。第 9 章介绍了近年来在实际生产单位中比较流行的几款摄影测量内业处理软件。

本书大部分内容由段延松撰写完成，王玥和刘亚文参加了部分内容的编写，并对全书进行了审稿和修正。感谢武汉大学遥感信息工程学院摄影测量课程组和实习组所有老师提供的教学环节的宝贵经验，还要特别感谢北京达北公司、武汉兆格信息技术有限公司为本教材提供的大量实例以及在编写过程中给予的大力帮助，本书所用的所有软件和数据均存

放于武汉兆格信息技术有限公司为作者免费提供的云桌面空间中，若读者有需要可前往空间下载体验。

由于编者水平有限，书中难免存在诸多不足与不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2018年12月于武汉大学

（此处为大量模糊文字，疑似扫描错误或水印，内容不可辨识）

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 无人机测绘的基本概念	1
1.1.1 无人飞行器构造	1
1.1.2 无人机工作原理	3
1.1.3 无人机在测绘中的应用	5
1.2 无人机测绘系统的组成	8
1.2.1 无人机航空摄影系统	8
1.2.2 无人机摄影测量系统	9
第 2 章 无人机航空摄影	25
2.1 无人机航空摄影基础	25
2.1.1 航空摄影概念	25
2.1.2 航空摄影机	27
2.1.3 航线规划	30
2.1.4 航空摄影质量检查	32
2.2 无人机航空摄影系统	34
2.2.1 无人机飞控软件 DJI GO	34
2.2.2 无人机飞控软件 UMap	44
2.2.3 无人机飞控软件 RTechGo	54
2.2.4 无人机飞控软件 Pix4Dcapture	68
第 3 章 地面控制点的测量	74
3.1 地面控制点概念	74
3.1.1 控制点获取途径	76
3.1.2 像控点布设要求	76
3.1.3 像片控制点的施测	77
3.2 大地测量基础	78
3.2.1 坐标系统	78
3.2.2 常用大地测量仪器	83
3.2.3 GPS 测量原理及 RTK	89
3.3 RTK 测量地面控制点	93

3.3.1	RTK 测量的步骤	93
3.3.2	RTK 测量像控点的建议	93
3.3.3	南方 RTK 仪器操作	94
<b>第 4 章</b>	<b>无人机影像空中三角测量</b>	<b>114</b>
4.1	空中三角测量基础	114
4.2	建立测区自由网	119
4.2.1	新建无人机工程	119
4.2.2	匹配连接点	124
4.3	交互编辑与平差	129
4.3.1	处理功能	129
4.3.2	常用操作	135
4.4	iBundle 平差软件	148
4.4.1	处理功能	148
4.4.2	常用操作	149
4.5	XSBM 平差软件	156
4.5.1	处理功能	157
4.5.2	常用操作	157
<b>第 5 章</b>	<b>无人机影像 DEM 生产</b>	<b>167</b>
5.1	DEM 基础概念	167
5.2	密集匹配	169
5.2.1	处理功能	169
5.2.2	常用操作	172
5.3	点云处理	173
5.3.1	处理功能	174
5.3.2	常用操作	177
5.4	Mesh 编辑	196
5.4.1	处理功能	196
5.4.2	常用操作	198
5.5	DEM 编辑	201
5.5.1	处理功能	202
5.5.2	常用操作	206
5.5.3	常见用法举例	209
5.6	DEM 拼接	210
5.6.1	处理功能	211
5.6.2	常用操作	213
5.7	DEM 质检	214

<b>第 6 章 无人机影像 DOM 生产</b> .....	217
6.1 DOM 基础概念 .....	217
6.2 快拼图生产 .....	218
6.3 正射影像制作 .....	220
6.4 正射影像拼接 .....	221
6.4.1 处理功能 .....	221
6.4.2 常用操作 .....	224
6.5 正射影像编辑 .....	227
6.5.1 处理功能 .....	227
6.5.2 常用操作 .....	230
6.5.3 常见用法举例 .....	238
6.6 正射影像精度评定 .....	240
6.7 正射影像图制作 .....	244
6.7.1 处理功能 .....	244
6.7.2 常用操作 .....	246
<b>第 7 章 无人机影像 DLG 生产</b> .....	253
7.1 DLG 基础概念 .....	253
7.2 DLG 要素采集 .....	254
7.2.1 处理功能 .....	254
7.2.2 常用操作 .....	258
7.2.3 常用测图方法 .....	264
7.3 DLG 入库 .....	270
7.4 DLG 出版 .....	272
7.4.1 处理功能 .....	273
7.4.2 常用操作 .....	275
<b>第 8 章 综合生产案例</b> .....	280
8.1 综合生产概述 .....	280
8.2 航空摄影 .....	281
8.2.1 航线规划 .....	282
8.2.2 航空摄影 .....	282
8.2.3 飞行质量检查 .....	284
8.3 航测外业 .....	289
8.3.1 设计布控方案 .....	289
8.3.2 控制点联测 .....	290
8.4 内业生产 .....	290
8.4.1 数据整理 .....	291



8.4.2	空中三角测量 .....	291
8.4.3	DEM 生产 .....	297
8.4.4	正射影像生产 .....	298
8.4.5	DLG 生产 .....	302
8.5	成果评价 .....	304
8.5.1	航空摄影成果 .....	304
8.5.2	像片控制成果 .....	304
8.5.3	内业成果 .....	304
<b>第9章 其他摄影测量软件</b> .....		<b>306</b>
9.1	无人机影像处理软件 ContextCapture .....	306
9.1.1	新建工程 .....	308
9.1.2	设置控制点 .....	311
9.1.3	开启自动处理 .....	312
9.1.4	Mesh 产品生产 .....	314
9.2	无人机影像处理软件 Pix4Dmapper .....	319
9.2.1	原始资料准备 .....	319
9.2.2	建立工程 .....	320
9.2.3	控制点管理 .....	323
9.2.4	全自动处理 .....	329
9.2.5	质量分析 .....	336
9.3	无人机影像处理软件 PhotoScan .....	338
9.3.1	新建工程 .....	338
9.3.2	空三定向 .....	346
9.3.3	产品生产 .....	351
<b>参考文献</b> .....		<b>359</b>

# 第 1 章 绪 论

无人机测绘是无人机遥感的重要组成部分，一般是指通过无人机搭载数码相机获取目标区域的影像数据，同时在目标区域通过传统方式或 GPS 测量方式测量少量控制点，然后应用数字摄影测量系统对获得的数据进行全面处理，从而获得目标区域三维地理信息模型的一种技术。

## 1.1 无人机测绘的基本概念

无人机全称无人驾驶飞行器，英文 Unmanned Aerial Vehicle，缩写为 UAV，是利用无线电遥控或自备程序控制装置操纵的不载人飞机。随着地理信息科学与相关产业的发展，各国对遥感数据的需求急剧增长，低成本的 UAV 作为航空摄影和对地观测的遥感平台得到快速发展。

无人机遥感 (UAV remote sensing, UAVRS) 是利用先进的无人驾驶飞行器技术、遥感传感器技术、遥测遥控技术、通信技术、GPS 定位技术和 POS 定位定姿技术实现获取目标区域综合信息的一种新兴解决方案。无人机遥感具有自动化、智能化、专业化快速获取空间信息的特点，可实现对目标进行实时获取、建模、分析等处理。UAVRS 技术有其他遥感技术不可替代的优点，它能克服传统航空遥感受限于长航时、大机动、恶劣气象条件、危险环境等的影响，又能弥补卫星因天气和时间无法获取感兴趣区信息的空缺，可提供多角度、大范围、宽视野的高分辨率影像信息。

无人机测绘是无人机遥感的一种特殊应用，主要通过无人机对目标区域进行航空摄影，然后利用地面处理系统对数据进行处理，最终制作出目标区域的正射影像图、数字地形图以及三维地物模型。无人机测绘在基础地理信息测绘、地理国情监测、地理信息应急监测方面起到了无可替代的作用。因此，近年来国家测绘地理信息局多次举办无人机航摄影系统推广会，在全国范围内大力推广应用国产低空无人飞行器航测遥感系统，同时率先在各省级测绘单位配备使用。在现代测绘中，无人机测绘颠覆了传统测绘的作业方式，通过无人机摄影获取高清晰立体影像数据，自动生成三维地理信息模型，快速实现地理信息的获取，具有效率高、成本低、数据精确、操作灵活等特点，可满足测绘行业的不同需求，正逐渐成为测绘部门的新宠儿，今后或将成为航空遥感数据获取的“标配”。

### 1.1.1 无人飞行器构造

无人机主要由飞行器和遥控器组成，一些飞行器具备自动返航以及视觉定位系统等，可实现稳定飞行甚至悬停等功能。根据无人飞行器的结构不同，无人飞行器分为固定翼飞

行器和旋翼飞行器，固定翼飞行器和旋翼飞行器的结构和动力方式差异非常大，固定翼飞行器与载人的飞机一样，主要由机身、发动机、机翼、尾翼、起落架五部分组成。

①机身——将固定翼飞行器的各部分联结成一个整体的主干部分叫机身。同时机身内可以装载必要的控制机件、设备和燃料等。

②发动机——它是固定翼飞行器产生飞行动力的装置。固定翼飞行器常用的动力装置有：橡筋束、活塞式发动机、喷气式发动机、电动机。

③机翼——是固定翼飞行器在飞行时产生升力的装置，并能保持固定翼飞行器飞行时的横侧安定。

④尾翼——包括水平尾翼和垂直尾翼两部分。水平尾翼可保持固定翼飞行器飞行时的俯仰安定，垂直尾翼可保持固定翼飞行器飞行时的方向安定。水平尾翼上的升降舵能控制固定翼飞行器的升降，垂直尾翼上的方向舵可控制固定翼飞行器的飞行方向。

⑤起落架——供固定翼飞行器起飞、着陆和停放的装置。前部一个起落架，后面两面三个起落架叫前三点式；前部两面三个起落架，后面一个起落架叫后三点式。

旋翼飞行器一般由电机、螺旋桨、飞控板、电调、遥控器、电池等部分组成。

①电机：电机给螺旋桨提供旋转的力量。将电机每分钟的空转速度定义为kV值。kV值越小，转动力量越大。电机要与螺旋桨匹配，螺旋桨越大，需要较大的转动力量和较小的转速就可以提供足够大的升力。因此螺旋桨越大，匹配电机的kV值越小。

②螺旋桨：螺旋桨主要提供升力，同时要抵消螺旋桨的自旋，所以需要正反桨，即对角的桨旋转方向相同，正反相同。相邻的桨旋转方向相反，正反也相反。

③飞控板：通过3个方向的陀螺仪和3轴加速度传感器控制飞行器的飞行姿态。如果没有飞控板，飞行器就会因为安装、外界干扰、零件之间的不一致性等原因形成飞行力量不平衡，左右、上下胡乱翻滚，根本无法飞行，如果飞控板安装错误，会剧烈晃动，无法飞行。

④电调：电调的作用就是将飞控板的控制信号，转变为电流的大小，以控制电机的转速。电机的电流很大，平均有3A左右，如果没有电调，飞控板无法承受这样大的电流。

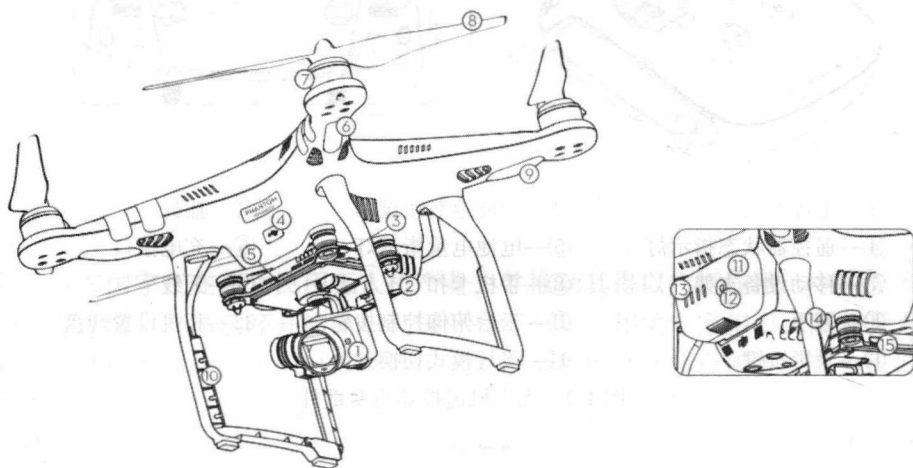
⑤遥控器：需要控制俯仰（y轴）、偏航（z轴）、横滚（x轴）、油门（高度），最少4个通道。所谓遥控器油门，在飞行器当中控制供电电流大小，电流大，电动机转得快、飞得高、力量大。判断遥控器的油门很简单，遥控器2个摇杆当中，上下扳动后不自动回到中间的那个就是油门摇杆。

⑥电池：给飞行器提供能源。电池的型号一般是mAh，表示电池容量，如1000mAh电池，如果以1000mA放电，可持续放电1小时。如果以500mA放电，可以持续放电2小时。电池后面的2s，3s，4s代表锂电池的节数，锂电池1节的标准电压为3.7V，那么2s电池，就代表有2个3.7V电池在里面，电压为7.4V。电池后面的C代表电池的放电能力，这是普通锂电池和动力锂电池最重要的区别，动力锂电池需要很大的电流放电，这个放电能力是用C来表示的，如1000mAh电池的标准为5C，得出电池可以以5000mAh的电流强度放电。

测绘无人机最重要的功能是对目标拍摄照片，因此需要增加额外的摄像设备，通常摄像设备被称为云台相机。

云台相机：目前无人机所用的航拍相机，除无人机厂商预设于飞行器上的相机外，有部分机型容许用户自行装配第三方相机，例如 Canon 5D 系列单反相机，Panasonic GH4 微单相机等。航拍相机主要通过云台（Gimbal）装设于飞行器之上，云台可以说是整个航拍系统中最重要部件，航拍视频的画面是否稳定，全要看云台的表现如何。云台一般会内置两组电机，分别负责云台的上下摆动和左右摇动，让架设在云台上的摄像机可维持旋转轴不变，使航拍画面不会因飞行器震动而晃动起来。

以无人机测绘设备大疆精灵 Phantom 3 为例，主要构成部件如图 1-1、图 1-2 所示。



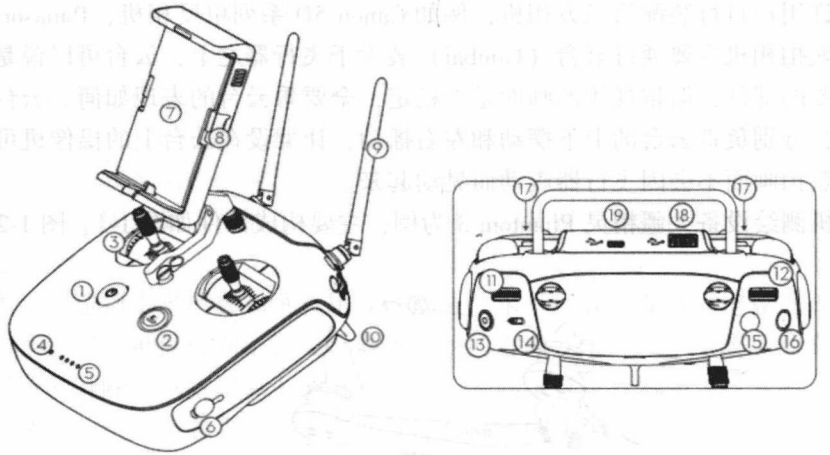
- |                |           |                  |
|----------------|-----------|------------------|
| ①—体式相机云台       | ②—视觉定位系统  | ③—相机 Micro-SD 卡槽 |
| ④—Micro USB 接口 | ⑤—相机状态指示灯 | ⑥—机头 LED 指示灯     |
| ⑦—电机           | ⑧—螺旋桨     | ⑨—飞行器状态指示灯       |
| ⑩—天线           | ⑪—智能飞行电池  | ⑫—电池开关           |
| ⑬—电池电量指示灯      | ⑭—对频按键    | ⑮—相机数据接口         |

图 1-1 无人机飞行器主要部件

### 1.1.2 无人机工作原理

根据牛顿第一运动定律可知：除非受到外来的作用力，否则物体的速度会保持不变，因此若要让飞机平稳飞行，必须保证所有外力合力为零。当飞机在天上保持等速直线飞行时，这时飞机所受的合力为零。与一般人想象不同的是，当飞机保持相同下沉率降落时，这时升力与重力的合力仍是零，升力并未减少，否则飞机会越掉越快。当物体受一个外力后，即在外力的方向产生一个加速度，飞机起飞滑行时引擎推力大于阻力，于是产生向前的加速度，速度越来越快，阻力也越来越大，引擎推力迟早会等于阻力，于是加速度为零，速度不再增加，当然飞机此时早已飞在天空中了。

作用于飞机上的力要刚好平衡，如果不平衡就是合力不为零，根据牛顿第二运动定律就会产生加速度，为了分析方便我们把力分为  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个轴力的平衡及绕  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  三个轴弯矩的平衡。轴力不平衡则会在合力的方向产生加速度，飞行中的飞机受的力可分为



- |            |            |          |
|------------|------------|----------|
| ①—电源开关     | ②—智能返航按键   | ③—摇杆     |
| ④—遥控器状态指示灯 | ⑤—电池电量指示灯  | ⑥—充电接口   |
| ⑦—移动设备支架   | ⑧—手机卡扣     | ⑨—天线     |
| ⑩—握手       | ⑪—云台俯仰控制拨轮 | ⑫—相机设置转盘 |
| ⑬—录影按键     | ⑭—飞行模式切换开关 |          |

图 1-2 无人机遥控器主要部件

升力、重力、阻力、推力，如图 1-3 所示。升力由机翼提供，推力由引擎提供，重力由地心引力产生，阻力由空气产生，我们可以把飞机受的力分解为两个方向的力，称  $X$  及  $Y$  方向的力（还有一个  $Z$  方向的力，但对飞机不是很重要，除非是在转弯过程中）。飞机等速直线飞行时， $X$  方向阻力与推力大小相同，方向相反，故  $X$  方向合力为零，飞机速度不变； $Y$  方向升力与重力大小相同，方向相反，故  $Y$  方向合力亦为零，飞机不升降，所以会保持等速直线飞行。

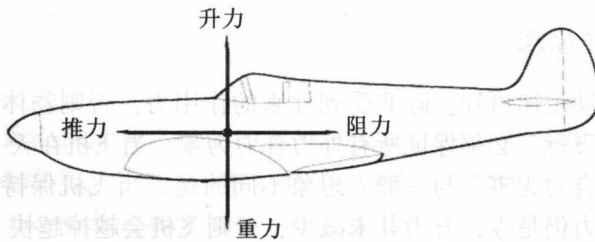


图 1-3 飞机受力示意图

弯矩不平衡则会产生旋转加速度，对飞机来说， $X$  轴弯矩不平衡飞机会滚转， $Y$  轴弯矩不平衡飞机会偏航， $Z$  轴弯矩不平衡飞机会俯仰，如图 1-4 所示。

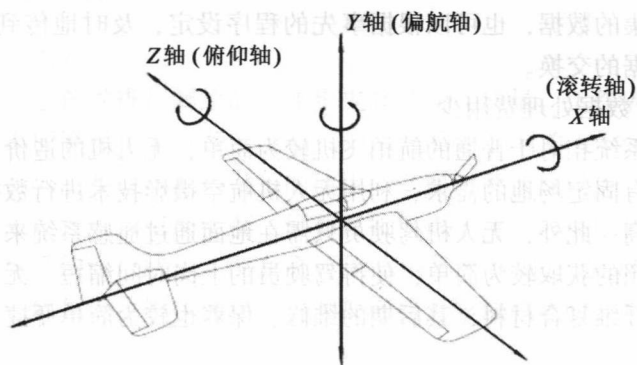


图 1-4 飞机运动角定义

### 1.1.3 无人机在测绘中的应用

世界上许多国家正在建立民用无人机产业，并推动其得以广泛应用，中国无人机产业也取得了很大进展，产品已经开始出口到国外高端市场。相关专家指出，随着无人机装备的发展和服务队伍的建设，我国已能够利用无人机为国民经济建设服务，无人机发展已经进入社会应用的新时期。

基础测绘在国民经济和社会发展中，起着基础性、先行性、公益性的作用。航空摄影测量方式是基础测绘获取数据的最有效的途径之一，但局限于数据处理工作复杂、分辨率低，时效性和灵活性也远不能满足实际需求。无人机航摄系统作为传统航空摄影测量技术的有益补充，日益成为获取空间数据的重要手段，其具有机动灵活、高效快速、作业成本低的特点，已在困难地区大比例尺地形图测绘、应急救援和土地执法监察等领域开展应用。为适应城镇发展的总体需求，提供综合地理、资源信息，各地区、各部门在综合规划、田野考古、国土整治监控、农田水利建设、基础设施建设、厂矿建设、居民小区建设、环保和生态建设等方面，无不需最新、最完整的地形地物资料，这已成为各级政府部门和新建开发区亟待解决的问题。无人机测绘技术也可以广泛应用于国家生态环境保护、矿产资源勘探、海洋环境监测、土地利用调查、水资源开发、农作物长势监测与估产、农业作业、自然灾害监测与评估、城市规划与市政管理、森林病虫害防护与监测、公共安全、国防事业、数字地球以及广告摄影等领域，在这些领域有着广阔的市场需求。

#### 1. 无人机测绘的优势

##### 1) 安全性和可靠性

随着科学技术的进步，无人机技术已经有了较大的发展，在地形测量方面的可靠性已经有了较大的提高。利用无人机，可以不需要机上工作人员，所以在使用过程中，可以充分发挥出无人机自身的优越性。不同于直升机等载人的飞机，无人机的起落不需要专门的场地，在不同的地形中也可以正常运作，大大提高了无人机的使用效率。经过设置后，无

人机可以根据预先的路线进行作业，事先制订的计划可以充分发挥作用，保证数据的准确性。经过无人机采集的数据，也可以根据事先的程序设定，及时地传到地面的工作地点，可以及时地进行数据的交换。

### 2) 成本较低，数据处理费用少

无人机的控制系统相对于普通的航拍飞机较为简单，无人机的造价要远低于普通的航拍飞机，起降也没有固定场地的需求，利用无人机航空摄影技术进行数据处理时，总的费用较低，性价比较高。此外，无人机驾驶员只需在地面通过遥感系统来进行操作，因此无人机驾驶员上岗执照的获取较为简单，使得驾驶员的上岗时间缩短。无人机通常采用的材料都是轻质量的碳纤维复合材料，其后期的维修、保养也较为简单便捷。

### 3) 机动灵活性

无人机相对于普通的航拍飞机而言，其体型更加娇小，升空的时间更短，不需要专门的升降起跑场地就可以快速升空，并且正常运行。通常情况下，在进行测量前会先给无人机制定出其在测量时的飞行路线，在进行测量时，无人机能够根据设定好的路线自动飞行。因其稳定性较好，不仅能够进行高强度的航拍工作，还能够提高航拍的准确性与精准度。在无人机飞行用油的情况下，由于无人机并不需要载人，在耗油量相同时，无人机与普通的航拍飞机相比能够飞得更远、飞的时间更长。

### 4) 高分辨率、多角度的影像

无人机搭载的数码成像设备都是一些新型、高精度的设备，能够从多个方向进行摄影成像，例如从垂直角度、倾斜角度和水平角度等。无人机在进行拍摄时，拍摄的角度可以多变，还可以进行多角度的交错拍摄，全方位地获取测量地点的数据，可以解决建筑物的遮挡问题，从而使得测量的精度更高，而传统的单一角度拍摄很难做到这一点。

## 2. 无人机测绘的不足

### 1) 飞行不够平稳

机体轻是无人机的一大优点，但同时由于无人机机体很轻，当飞行高度升高时，容易受高空风力的影响，从而导致无人机飞行不稳定。在测绘领域的应用中，处理一些突发性事件时，工作的环境大多是山区及高原地区。在空进行无人机飞行会受风向和风速的影响，而无法进行低空拍摄作业，或拍摄的遥感影像无法达到精度要求。一般情况下，只有增加飞机的自身重量才能提高无人机的抗风性能，然而这样就无法满足现实起降要求。如何解决测绘无人机的起降技术和抗风性能，是目前测绘无人机的关键技术之一。

### 2) 传感器不够完善

普通的无人机由于技术的限制和要求，尚不能搭载精度较高的传感器，这使得监测工作无法获取精度较高的信息和图像，无法满足大比例尺的测绘要求。

### 3) 对通信系统的依赖性大

由于无人机是通过技术人员进行操作，利用传感器的传递信号来实现和完成的，无人机的控制程序对通信系统的依赖程度很高。无人机对 GPS 和通信系统的依赖使黑客很容易通过编码程序来干扰无人机的正常飞行，引发安全问题。

### 3. 无人机测绘注意事项

#### 1) 定期检查相关设备

在使用无人机遥感技术进行测绘前,要想提高其测绘质量,工作人员还需定期检查和调适其相关设备:①应确保相关设备符合相关的质量标准,且都是经过检定合格的设备,并根据工程测绘的实际需要适当调整设备的使用。②要对其通信设备、地面电台、电源系统、记录系统等相关设备进行定期检查,例如连接航摄平台进行通电检查等,从而确保这些设备和系统具备良好的运行状态。③在进行遥感测绘工作时,还应检查像片的重叠度、航线弯曲度、倾角、旋角以及影像的质量。例如在检查影像质量时,可目测其清晰度、色彩等效果。

#### 2) 严格控制飞行和摄影质量

为提高无人机拍摄工作的效率与水平,在实际使用中,相关操作人员还应严格控制无人机飞行和摄影的质量:①需要严格按照规定的时间进场,并明确相关的起飞和降落方式、起飞重量等,还应控制好飞行速度,进而获取更加高清的测绘影像。②应设计和控制好无人机飞行的高度,掌握好拍摄区域实际航高与设计行高之间的高度差,并将其控制在合理范围内。还应控制好无人机的飞行状态,避免GPS定位系统等产生信号混乱现象而影响拍摄的准确性。同时,在无人机飞行过程中还应控制好其上升和下降的飞行速率。除此之外,工作人员还应规划并制定出完善的安全保护方案,从而保证无人机在飞行过程中的安全。在进行拍摄时,应确保没有航摄遗漏的现象发生,若有遗漏则需要进行补摄。

#### 3) 优化像控点测量流程

为提高无人机遥感技术拍摄像控点布设工作的有效性,需要不断优化像控点测量的流程:①应根据工程需要明确具体的拍摄区域和范围,并检验拍摄区域自由网的效果,快速生成自由网快拼图等。②应根据测量区域的地形地势特点等设计并制作出像控点测量布设方案,并确保像控点像片的质量。在进行数据采集和处理时,相关工作人员需要注意不能将原始观测记录进行删除或修改,也不能在无人机数据处理等系统中设定任何能够对数据进行重新加工组合的操作指令,进而保存真实的原始工程测绘数据,以便日后能够进行科学的调整等。

### 4. 无人机在测绘中的具体用途

#### 1) 影像资料获取

无人机遥感技术在进行测量时,首先要选择合适的飞行平台,飞行平台要根据地形地貌的特点进行适当的选择。与传统的影像获取手段不同,无人机的飞行旋偏角大而像幅小,因此,在获取影像资料时,可以采用空中三角测量技术,空中三角测量技术通过对拍摄进行纠正和修复,可以有效地防止拍摄中的漏洞。

#### 2) 突发事件处理

在突发事件中,如果用常规的方法进行地形图测绘与制作,往往达不到理想效果,且周期较长,无法实时进行监控。如2008年汶川地震救灾中,由于震灾区是在山区,且自然环境较为恶劣,天气比较多变,多以阴雨天为主,利用卫星遥感系统或载人航空遥感系



统,无法及时获取灾区的实时地面影像,不便于进行及时救灾。而无人机的航空遥感系统则可以避免以上情况,能迅速进入灾区,对震后的灾情调查、地质滑坡及泥石流灾害等实施动态监测,并对道路损害及房屋坍塌情况进行有效的评估,为后续的灾区重建工作等方面提供了更有力的帮助。

### 3) 特殊目标获取

无人机遥感在特殊目标获取方面的应用主要是专题测绘目标的获取等,利用无人机遥感对该特殊目标进行获取,所获得的影像精度高,并且特殊目标位置准确,对大比例尺图幅的快速制作有很大的帮助,大大节省了人力、物力。

## 1.2 无人机测绘系统的组成

无人机测绘系统主要由数据获取和地面数据处理两部分组成。数据获取部分的功能是通过无人机对目标进行影像数据获取。数据获取系统由无人机、摄影机(相机)、无人机飞控系统组成,通常将这一部分称为航空摄影系统。地面数据处理部分的功能是对获得的数据进行专业处理,包括空中三角测量、DEM生产作业、DOM生产作业、DLG生产作业等,最终形成目标区域的三维模型信息,这一部分也被称为摄影测量系统(软件)。

### 1.2.1 无人机航空摄影系统

#### 1. 无人机航空摄影概念

无人机操作系统是通过无线电遥控控制器或机载计算机远程控制系统对不载人飞行器进行控制。无人机航拍摄影就是以无人机操作系统为平台媒介,通过以高分辨率的数字遥感设备作为信息的获取载体,通过低空高分辨率的摄像机进行遥感数据的获取。当前,数字化时代建设进程速度明显加快,建立定期更新的地理信息数据库,对地形地貌的动态监测变化情况进行实时关注,都离不开无人机航拍系统的运用。目前,我国对于无人机航拍系统硬件技术的掌握还不够成熟,相关的软件信息技术也不够完善,无人机航拍测图的最大精度只能达到1:2000比例尺要求,1:1000的数据生产还处于试验研究阶段。

#### 2. 无人机航空摄影常用操作

##### 1) 准备拍摄阶段

准备拍摄阶段包括对无人机的选型、资料收集及现场勘测和航拍线路设计等环节。无人机航拍器的现场勘测工作是通过组织一些经验丰富的专业技术人员和航拍专业人员进行现场勘察,检查四角坐标是否在规定的的数据范围内,基准面的实际情况和航拍飞行器的航拍难度及对起飞、降落点的选定。

##### 2) 外部作业拍摄调查阶段

外部作业拍摄调查阶段的基本工作是对无人机进行飞行路线、布控方案的制定,用来展开无人机航拍器的外部影像拍摄控制点测量工作及外部的调绘工作。无人机在进行外部拍摄作业调查时,由于受天气原因的影响,可能会导致局部影像信息的旋转角度过大,需