

# 无人机航测技术在农村土地承包经营权确权中的应用探析

高 玉

中国煤炭地质总局物测队 河北邢台 054000

**摘 要:** 相对于传统的土地测量方法,无人机航测技术具有很大的优势。就农村土地承包经营权确权工作而言,由于其范围广、基数大以及交通状况差等问题导致了确权工作难以高效开展,因此,无人机航测技术以其快速、高精度的特点,被广泛用于农村土地承包经营权的确权工作中。本文从常规的土地测量技术出发,分析了无人机航测技术的基本原理及流程,并对其在农地承包经营权确权中的实际应用进行论述。

**关键词:** 无人机航测技术; 农村土地; 承包经营权; 实际应用

## Analysis of the Application of UAV Aerial Survey Technology in the Determination of Rural Land Contract Management Right

Yu Gao

China Coal Geology Administration material survey team, Hebei Xingtai 054000

**Abstract:** Compared with the traditional land measurement method, the uav aerial survey technology has great advantages. In terms of the confirmation of contracted management rights of rural land, it is difficult to carry out the confirmation work efficiently due to its wide scope, large base and poor traffic conditions. Therefore, UAV aerial survey technology is widely used in the confirmation of contracted rural land management rights with its characteristics of speed and high precision. Based on the conventional land survey technology, this paper analyzes the basic principle and process of UAV aerial survey technology, and discusses its practical application in the confirmation of agricultural land contract and management right.

**Keywords:** UAV aerial survey technology; Rural land; Contracted management right; Practical application

### 引言:

通过农村土地承包经营权确权登记,可以有效地管理和维护当地的耕种、收获、使用和管理,使得农民的土地拥有更加稳定的收入来源,同时也能够更好的保护他们的合法权益。无人机航测技术用于土地承包经营权确权底图的绘制工作,具有运行成本低、灵活性高、精细准确、获取数据实时等优点,是继卫星遥感、航空摄影测量等之后,另一种重要的数字影像获取方式。近几年,无人机低空摄影测量在测绘中得到了越来越多的应用,其图像分辨率达到了0.05m以上,使得通过该图像可以精确地获取地籍信息,从而实现对地块及植被类型的精确识别。本文以河北邯郸的武安市为例,探讨了无人机航测技术获取数字正射影像的技术流程和数据处理方法。

### 1 地块界址常用的测量方法综述

#### 1.1 实地测量法

这是一种通过GNSS接收机和全站设备,在地面上获取地理坐标的方法。在实践中,经常将二次国土调查时所用的影像图作为基础工作的底图。采用野外作业可能会耗费大量的人力物力,而且由于地形、气候等多种因素的影响,成本也会相应提高。如果底图的清晰度较低,那么在进行权属调查时,可能会导致实际效果不理想,甚至可能存在地块遗漏的情况,从而产生纠纷。

#### 1.2 图解法

图解的方法是根据已测量的大比例尺的航空航天数字的正射影像、地图比例等,通过图解的方法进行测量和获取界址点的坐标的测量方法。受已有的航天正射影像数据、

地图的形状、地籍图等的覆盖度和分辨率等因素的影响，满足农村土地承包经营权条件的资源比较稀少，而且目前已有的数据在农地经营权中的使用率也比较低，难以满足相关标准的需要。

### 1.3 航空测量法

与其他测量方法相比，航空测量法具有较大的优势，不仅成本低、自动化程度高且实施方便，而且图像的点位精度和底图的图像分辨率也比较高。因此，这项技术应用于农地承包经营权的登记公布工作中，是一条比较切实可行的途径。

## 2 无人机航测技术概述及优势分析

### 2.1 无人机航测技术及系统组成

通过使用无人机作为飞行平台，航测技术可以将航拍仪器安装在其上。飞机在按照指定的航向飞行的过程中，其搭载的航拍仪器将拍摄出高精度的遥感图像，这些图像将被用于地面控制点的测量、调绘和立体测绘，最终可以获得各种规格的地形图。航测技术包括两个重要领域：外业观察与分析，以及内业数据处理。外业包括航摄、测量、航线布置和实地调绘等，而内业则涉及影像拼接、空间三维加密和地形图编辑等技术。其中，无人机航测系统由飞行控制器、地面观测站以及高清摄影技术三个部分构成，为用户提供全方位的观测服务。

#### 2.1.1 飞行控制系统

无人机作为飞行控制系统的核心组成部分，其主要功能是搭载先进的测量设备，如航拍摄影相机等，以实现高精度的飞行控制。在农村土地确权的低空航摄无人机上，其基本性能要求包括：总体载重不低于2kg，电池续航时间不低于1.5h，巡航速度在60~160km/h之间，航测设备安置仓尺寸不低于 $\geq 0.25\text{m (L)} \times 0.2\text{m}$ ，以及具有良好的抗风能力，不低于4级。通过使用先进的飞行控制技术，可以确保无人机在执行任务时始终处于最佳状态。当无人机飞行时，它会通过GPS导航定位信号获取目标地点，并根据预先规划的航线自动前往目标地点，从而完成测绘和摄影任务。

#### 2.1.2 地面站控制系统

使用先进的技术，将地面站控制系统安装到操作员的笔记本电脑上，并利用高精度的数字传输技术，实现对飞行器的远程监测。当进行航测任务时，地面控制软件将会自动生成一个可视化的电子图表，用于展示航拍区域的状况，并且还会对收集到的数据进行实时监控，从而更好地了解飞机的飞行路径、姿态和航向等重要参数。此外，

地面站操作者可以利用先进的技术，如优化航线规划、优化飞行路径，来实现对无人机的精确控制和高效的航测任务。通过使用数字线划地图技术，可以通过对无人机拍摄的照片进行数值分析，并生成DLG (Digital Line Graphic) 矢量图。图1展示了无人机地面站的控制系统。

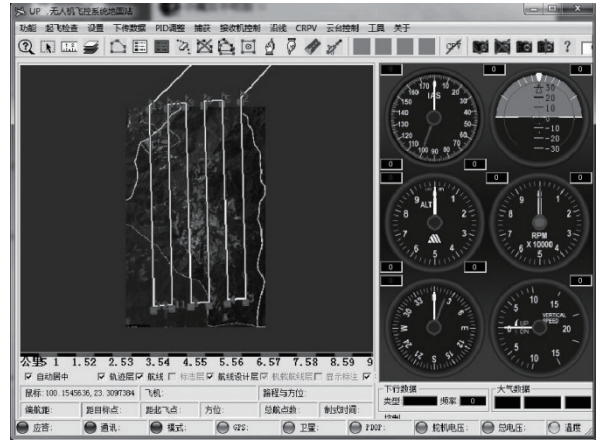


图1 无人机地面站控制系统界面

#### 2.1.3 航拍摄像系统

通过安装不同种类的摄像头，航拍摄像系统可以满足不同的任务需求，包括高清、彩色、红外、激光、雷达等。

### 2.2 无人机航测技术的优势

#### 2.2.1 测绘高效迅速，工作效率高

通过采用无人机航测技术，能够大幅度改善农村土地确权的工作流程，并能够快速检测出任何潜在的问题，从而为相关部门提供更加准确、快捷的服务。当遇到特殊情况时，可以迅速地拓宽检测范围，同时也能够准确地生成精确的影像资料，从而为相关部门的后续数据分析和政策调整提供更多的依据，极大地提高了勘探工作的效率，也增强了相关工作人员的应急处置能力。

#### 2.2.2 测绘流程更顺畅

在农地承包经营权确权工作中，无人机航测技术遵循以下流程：第一，利用无人机对农地承包经营权调查区域进行详细的调查，获得高精度的影像资料。第二，对内业数据进行空域三次加密，得到符合要求的正射图像。第三，利用DOM作为工作底图，适应内业和外业对农地承包经营权确权登记及数据库建设与更新的要求，为构建空间数据框架提供重要的组成基础。

## 3 无人机航测技术在农村土地承包经营权确权中的实际应用

### 3.1 基本原理

通过使用无人机作为飞行平台，航测技术可以将航拍仪器安装在其上。飞机在按照指定的航向飞行的过程中，其

搭载的航拍仪器将拍摄出高精度的遥感图像，这些图像将被用于地面控制点的测量、调绘和立体测绘，最终可以获取各种规格的地形图。航测技术包括两个重要领域：外业观察与分析，以及内业数据处理。外业包括航摄、测量、航线布置和实地调绘等，而内业则涉及影像拼接、空间三维加密和地形图编辑等技术。

### 3.2 无人机航测技术流程

通过使用Phantom4RTK无人机，对农村土地进行了无人机航测，并对其进行了外业和内业数据处理，最终得到了正射图像和相应的确权数据。该技术的实施方案如图2所示。

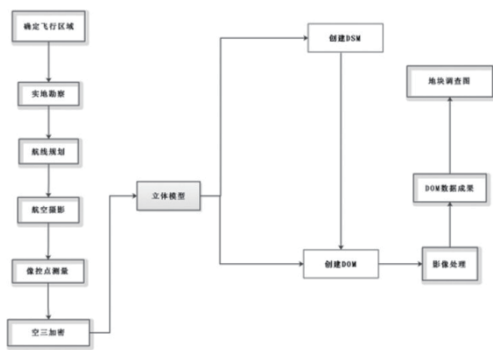


图2 技术路线

### 3.3 项目简介

武安市坐落在河北省的南部，太行山的东部，与河北省的邯郸市毗邻，是两省交界的地方。武安市被列为全国58个重要的煤炭生产基地之一。为了确保武安市农村土地承包经营权确权登记发证工作能够顺利进行，在时间紧迫、任务重大的情况下，采用无人机航测技术获取影像图，根据调查底图的要求，调整地面分辨率和飞行高度，完成航空摄影，获取原始影像，以此为基础，制作出调查底图，为农村土地承包经营权登记工作的快速开展提供了有力的支持。

表1无人机的性能指标表

任务载荷	2.5kg	翼展	3.3m
续航时间	2h	最大起飞重量	25kg
飞行速度	90—120km/h	巡航速度	90km/h
测控半径	60km	实用升限	4000m
起飞方式	弹射	控制方式	自主、遥控
机高	0.5m	降落方式	伞降、滑降
机长	2.2m	翼展	3.3m
驱动方式	电动	最大抗风能力	6级

### 3.3.1 测前准备工作

无人机航拍测区以河北省邯郸市武安区为例，通过使用Phantom4RTK无人机，对这块土地进行了精准的航空摄影测量。该无人机的主要特点如表1所示，而其航测相机参数如表2所示。主要的技术准备工作包括如下内容：

表2航摄相机性能指标表

拍摄地点：武安市	相机型号：尼康D810
相对飞行高度：300m	相机焦距：35MM
旁向重叠：15%以上	地面分辨率：0.05m
航带间距：140m	航向重叠：53%以上
拍摄间距：50m	

(1) 地面分辨率的选择。根据成图比例尺要求，结合分区的地形条件和测图等高距等因素确定合适的地面分辨率，确定相对航高。本次航摄设计地面分辨率为0.05m，飞行设定高度约300m。

(2) 划分航摄分区。在此基础上，根据各分区的地形高差不超过六分之一的原则，根据每架飞机的飞行里程，确定了每架飞机的航拍范围，因武穴市乡镇分布较广，本次安排了10次班次的飞机。

(3) 航线设计。一般来说，飞行路线可以沿着在特殊情况下图廓线的东西方向，也可以沿着南北方向，甚至沿着一条河流、一条海岸等地形，为了提高飞行效率，可以采用Z型法或者套耕法。此次航拍采取Z形法，共计72个航拍条带，23728幅照片。

(4) 确定摄区基准面。由于微型无人机的作业范围较小，因此在航线设计时，可以忽略地球曲率的影响，并且根据作业摄区的最大高程值和最小高程值的平均值，进行相应的调整，以确定摄区的基准面。在航行路径上，两张图片之间的高度差异不得超过30m，最高点与最低点的高度差距也不得超过50m，实际高度与设计高度的高度差也不得超过50m。

(5) 确定航摄合适的航向重叠度和旁向重叠度。通过微型无人机航摄，可以确保飞行的有效性，同时也能够确保摄影区域内的最低点和最高点的重叠度达到数据处理的要求，从而尽可能地减少重叠度的影响。通常来说，航向重叠度在60%~80%之间，但最低不得低于53%；旁向重叠度在15%~60%之间，但最低不得低于8%。本次试验区设计像片航向重叠度为70%，旁向重叠度为50%。

(6) 通过测量摄影区域的基准面高程、最高点和最低点的高度，以及相对于航线的高度，可以计算出摄

影区域最高点的航向和旁向重叠度，以及最低点的地面分辨率。当地面的最小分辨率达到绘制标准，或者地面的重合程度低于规定的阈值时，就必须对其分辨率进行调节，并且重新计算所有相关参数，以确保达到规定的要求。

### 3.3.2 布置像控点

在具体的像控点布设中，要提前做好相应的采集工作。如航测数据，中、大比例尺地图，工作区内的测量结果等等。同时，在采集了有关资料的基础上，制订了像控点的布置方案。另外，有关工作人员还应依据像控点布置的具体需要，建立更加严谨的像控点的三维坐标。

通过将GPS和IMU系统整合在一起，尽管无人机的精确性不高，但它们能够通过使用合适的惯性导航软件来优化并利用惯性导航数据，从而有效降低地面控制点的数量。在这个区域，布置了144个平高点，它们的航线方向跨度分别为6条基线和3条侧向航线。相邻航线的控制点呈现出品字形分布，并且选择在有针对性的地点进行控制。选择5个人工位标点为检测点，以保证后期的精度，检测点与像控点之间的距离通常大于3个基线。像控点将使用CORSRTK卫星连续跟踪定位法，对每一点进行3次重复测量，并将其平均计算为3次，以周边现有的D级GPS站点为校验点，其像控点在平面内的误差为1.8厘米，在高度上的误差为2.7厘米，满足CORS的精度要求。

### 3.3.3 影像预处理

对于图像参数，一般都是用摄像机来检验的。如果影像中有失真的地方，要结合实际情况，用Correct软件对失真的地方进行校正。在完成了所有的准备工作后，使用无人机航测系统（UAS master）来创建影像文件，并对其进行了均匀的光照和色彩处理。

### 3.3.4 制作数字高程模型

在构建数字高程模型时，一般会将其分为两个组成部分：一是绘制出的数字地形图；另一个是进行空间三角测量的结果。利用数字线划图技术，可以大大减轻DEM的编辑负担，从而更好地构建出精确的数字高程模型，这种方法已经被广泛地应用于各个领域。具体的制作方法包括以下三个方面：（1）为了更好地制作数字线划图，应该先关闭自然地表面高程，如建筑工程、电力杆等，然后再进行DXF数据输出，以获得更准确的结果。（2）使用Map Matri来筛选DEM，从而产生准确的数据。（3）DEM数据的检查一般需要依赖于人工的技术手段，但是，只有经过精确的审核和评估，才可以将其转换为可供编辑的格式。

### 3.3.5 空中三角测量

相比于空中三角测量，它更多地被用于绘制地图，并且可以用来精确控制海拔高度。无人机影像规模小，数量多，一个小型区域网络可能包含数千幅图像，并且无人机飞行时受到外部环境的影响，其航向、姿态变化很大，常规的加密算法和软件都不能满足需求。在本次研究中，使用了INPHO无人机专用模块UAS Master软件，它可以自动完成无人机搭载的相机的边缘失真校正，从而使得空三加密更加准确可靠。此外，UAS Master还可以自动完成模型内定向、提取加密点、相对定向、模型连接转刺加密点以及生成整个测区像点网络，从而更加精确地完成空三加密任务。经过精确测量，最终得出了空中三角测量的结果。表3为基本定向点残差及检查点较差精度情况。

表3空中三角测量精度统计（m）

序号	类别	X分量	Y分量	P平面
1	基本定向点残差	0.124	0.150	0.195
2	检查点较差	0.119	0.145	0.188

在作业区域网平差中，连接点的上下视差保持在1个像素以内（ $3.9\mu\text{m}$ ），这表明模型的连接质量良好，符合规范的要求。通过立体观察，能够准确地测量出控制点和检查点，并通过加密计算得出它们的平面精度，分别达到0.195m和0.188m。

### 3.3.6 正射影像图生产及技术要求

#### （1）制作流程

在上述基础上，利用UAS Master软件，对新增加的连接点及地面控制点进行数据的精细化处理。利用点云数据构建的DSM，采用内插、噪声处理、边缘建模和粗差探测等方法对DSM进行优化，使其在曲面上表现出丰富的细节信息，并输出DEM结果。利用DEM生成的DOM，对DOM进行匀光、匀色、拼接和调色，最终生成正射影像。DOM制作的流程如图2所示。

#### （2）技术要求

1) DOM影像镶嵌。利用左右两张航片的中心区进行图像拼接，保证两张航片间的灰度一致，对比度适中，使得图像不会出现明显的拼接迹象，同时也可以避免图像中的凹凸现象及地物缺失问题，将嵌入线尽可能地选在开阔地或公路上，并避免高层建筑，以确保小区中的房屋倾斜方向大致相同，从而降低高层建筑间的相互压盖。

2) DOM图像处理。在完成影像截切之后，应当采取均匀的光照和色彩处理，以确保图像的纹理清晰、色彩鲜艳、

对比度恰到好处，同时，要求整个测量区域的色调保持一致，以避免由于镶嵌而引起的变形、延伸和重影等问题。

3) 处理DOM图像的边缘。这个测试区域使用了无缝拼接技术，拼接差异很小，在进行了均匀的颜色、对比度和亮度处理之后，拼接的偏差不会超过2个像素。

4) DOM精度检查。对测区60km<sup>2</sup>的正射影像成果位置精度进行抽样检查，利用外业15个CORSRTK测量点与影像的特征点进行叠加比对，通过公式  $M = \pm \sqrt{[\Delta] / n}$  求得，成果精度为0.245m，满足规范CH/T9008.3—2010要求的平地、丘陵地0.60m的平面点中误差要求。

### 3.4 地块分布图的制作

以农村土地承包经营权的权属调查结果为基础，利用清华山维EPS2008平台，导入精编后的数字正射影像(DOM)，划分地块界线的矢量面数据，再利用Arc GIS For iOS的iPad平台，到村民到实地调查，根据核实、确认的结果，进行编辑、整理，制作出地块分布图。

### 3.5 测量结果公示审核

经过公示图审查，必须将所有相关信息公开，并且要认真履行公示程序，以确保信息的准确性和完整性。首先，所有相关工作人员都应该负责处理承包方的所有信息。其次，重点加强对地块的实际位置、地形等信息的审查，以确保它们与登记数据完全一致。再次，在检查过程中，如果发现有任何遗漏或不足，应立即进行补充调查，并将结果公开。最后，如果土地承包表与测量面积存在较大差异，则需要核实，以确保其准确性。

### 3.6 构建数据库、做好成果归档工作

经过确权登记结果的公布，应该立即对可能出现的问题进行调整，以便更好地满足社会的需求。在没有争议的前提下，基于农村土地所有权的最终结论，将构建一个完善的数据库。为了确保农村土地承包经营权确权工作的顺利进行，将相关数据信息存储到数据库中，并对测绘结果进行统一归档，这样就能够更好地管理和监督这项工作。

### 结语：

当前，在农村土地承包经营权确权登记颁证工作中，大部分单位使用的都是0.5m的卫星影像图，这种情况下，很难确保确权的精度。其中，农地承包经营权确权工作底图的绘制，直接关系到农地承包经营权登记和发证工作的成功与否。与卫星影像相比，使用无人机航测遥感技术，它拥有更高的地面空间分辨率，在小范围的区域中，其灵活性的优势更加明显。因此，使用无人机航测获得数字正射影像图，可以有效地确保结果的准确性，并提高工作效率，对促进农村土地确权相关工作的顺利开展，具有巨大的应用潜力和发展前景。

### 参考文献：

- [1] 李敏义. 无人机航测技术在农村土地承包经营权确权中的应用探析[J]. 西部资源, 2019(3): 155-156.
- [2] 黄娟, 曾腾方. 无人机航测在农村土地承包经营权中的应用[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(2): 1179.
- [3] 张明娟, 刘燕. 无人机航测遥感技术在农村土地确权工作中的应用[J]. 青海国土经略, 2017(4): 82-85.
- [4] 翟娜, 王静茹, 武晓莉. 低空无人机在农村土地承包经营权确权中的应用[J]. 测绘标准化, 2016, 32(3): 38-40.
- [5] 伍道林. 无人机航测技术在农村土地承包经营权确权中的应用[J]. 智能城市, 2018, 4(13): 67-68.
- [6] 胡龙华, 王向忠, 崔贵彦. 北斗高精度无人机航测技术在农村土地承包经营权确权项目中的应用[J]. 测绘通报, 2016(4): 85-87, 137.
- [7] 史经, 谢伟秋. 无人机航测技术在农村土地承包经营权确权调查底图制作中的应用[J]. 测绘通报, 2017(9): 92-95.
- [8] 杨波. 基于无人机航测技术的农村土地承包经营权确权研究[J]. 华北自然资源, 2019(5): 90-91.
- [9] 张明娟, 刘燕. 无人机航测遥感技术在农村土地确权工作中的应用[J]. 青海国土经略, 2017(4): 82-85.