

高校无人机应用技术专业新形态系列教材（总主编：何先定 刘建超 李屹东）

# 无人机

## 航空摄影测量数据获取与处理

（活页式）

主 编 ◎ 李 艳 张秦罡

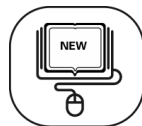
副主编 ◎ 谢燕梅 屈仁飞 张 松



课程思政



活页式



新形态



课件



微课



校企合作

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

---

图书在版编目 ( C I P ) 数据

无人机航空摄影测量数据获取与处理 / 李艳, 张秦  
罡主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2022.1

ISBN 978-7-5643-8386-2

I. ①无… II. ①李… ②张… III. ①无人驾驶飞机  
—航空摄影测量—数据处理 IV. ①P231

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 229796 号

---

Wurenji Hangkong Sheying Celiang Shuju Huoqu yu Chuli

无人机航空摄影测量数据获取与处理

主编 李 艳 张秦罡

---

责任编辑 李 伟

封面设计 吴 兵

---

出版发行 西南交通大学出版社  
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号  
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564 028-87600533

网址 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川玖艺呈现印刷有限公司

---

成品尺寸 185 mm × 260 mm

印张 10.25

字数 235 千

版次 2022 年 1 月第 1 版

印次 2022 年 1 月第 1 次

定价 35.00 元

书号 ISBN 978-7-5643-8386-2

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

# 高校无人机应用技术专业新形态系列教材

## 编写委员会

### 主任委员

刘建超 国家教学名师 成都航空职业技术学院

### 副主任委员

何敏 云影系列无人机总设计师 成都飞机工业(集团)有限责任公司  
李屹东 翼龙系列无人机总设计师 中航(成都)无人机系统股份有限公司  
李中华 国家英雄试飞员 中国人民解放军空军指挥学院  
冯文全 北京航空航天大学  
任斌 成都纵横自动化技术股份有限公司  
董秀军 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室  
张秦罡 自然资源部第三航测遥感院

### 总主编

何先定 刘建超 李屹东

### 执行编委(按拼音排序)

陈世江	重庆电子工程职业学院	江启峰	西华大学航空航天学院
李乐	国网乐山供电公司	李兴红	成都理工大学工程技术学院
刘清杰	四川航天职业技术学院	卢孟常	贵州航天职业技术学院
王福成	黑龙江八一农垦大学	王晋誉	上海民航职业技术学院
王利光	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	王永虎	重庆交通大学
魏永峭	兰州理工大学	吴道明	重庆航天职业技术学院
许云飞	成都航空职业技术学院	徐绍麟	云南林业职业技术学院
查勇	天府新区通用航空职业学院	周军	厦门大学

### 委员(按拼音排序)

陈宗杰	成都航空职业技术学院	戴升鑫	成都航空职业技术学院
邓建军	成都航空职业技术学院	段治强	成都航空职业技术学院
范宇航	成都航空职业技术学院	房梦旭	成都航空职业技术学院
冯成龙	成都航空职业技术学院	付鹏	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
何达	成都航空职业技术学院	何国忠	四川航天中天动力装备有限责任公司
何云华	成都工业学院	胡浩	天府新区航空旅游职业学院
姜舟	成都航空职业技术学院	蒋云帆	西华大学航空航天学院

李恒	成都航空职业技术学院	李林峰	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
李艳	成都航空职业技术学院	李宜康	成都航空职业技术学院
李懿珂	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	李志鹏	中航(成都)无人机系统股份有限公司
李志异	成都航空职业技术学院	廖开俊	中国人民解放军空军第一航空学院
刘驰	四川航天中天动力装备有限责任公司	刘奔	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
刘佳嘉	中国民用航空飞行学院	刘静	重庆科创职业学院
刘明鑫	成都航空职业技术学院	刘霞	重庆航天职业技术学院
马云峰	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	梅丹	中国人民解放军海军工程大学
牟如强	成都理工大学工程技术学院	潘率诚	西华大学
屈仁飞	成都西南交大研究院有限公司	瞿胡敏	四川傲势科技有限公司
任勇	重庆电子工程职业学院	沈挺	重庆交通大学
宋勇	四川航天中天动力装备有限责任公司	唐斌	成都航空职业技术学院
田园	成都航空职业技术学院	王聪	成都航空职业技术学院
王国汁	中航(成都)无人机系统股份有限公司	王进	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
王朋飞	西安航空职业技术学院	王强	成都航空职业技术学院
王泉川	中国民用航空飞行学院	王思源	成都航空职业技术学院
王文敬	中国民用航空飞行学院	王旭	成都航空职业技术学院
王洵	成都航空职业技术学院	魏春晓	成都航空职业技术学院
吴可	重庆交通大学	吴爽	中航(成都)无人机系统股份有限公司
谢燕梅	成都航空职业技术学院	邢海涛	云南林业职业技术学院
熊斌	重庆交通大学	徐风磊	中国人民解放军海军工程大学
许开冲	成都纵横自动化技术股份有限公司	闫俊岭	重庆科创职业学院
严向峰	成都航空职业技术学院	杨芳	成都航空职业技术学院
杨谨源	中航教育科技(天津)有限公司	杨琴	成都理工大学工程技术学院
杨锐	成都纵横自动化技术股份有限公司	杨少艳	成都航空职业技术学院
杨雄	重庆航天职业技术学院	杨雪	成都航空职业技术学院
姚慧敏	成都航空职业技术学院	尹子栋	成都航空职业技术学院
游玺	成都纵横大鹏无人机科技有限公司	张捷	贵州交通技师学院
张梅	成都农业科技职业学院	张松	四川零坐标勘察设计有限公司
张惟斌	西华大学	张伟	成都纵横大鹏无人机科技有限公司
赵军	重庆电子工程职业学院	郑才国	成都理工大学工程技术学院
周彬	重庆电子工程职业学院	周佳欣	成都航空职业技术学院
周仁建	成都航空职业技术学院	邹晓东	中航(成都)无人机系统股份有限公司



# 前言

PREFACE

航空摄影测量历史悠久，自数字摄影测量发展普及之后得到大力发展，但是摄影测量仪器成本较高，使得摄影测量成为贵族型行业。无人机的出现使航空摄影测量彻底变革成为大众化、平民化行业。随着科学技术的发展，无人机生产成本大幅度降低，无人机在各个领域都发挥了自己独特的优势。特别在现代测绘领域，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、数据精准、操作灵活等特点。

撰写本书的目的是为高校学生提供基础性的无人机操作技能和相关理论知识参考用书。本书从无人机航空摄影发展、解析空中三角测量、无人机航空摄影测量数据获取、无人机航空摄影测量数据处理、无人机航空摄影测量数据成果与应用五个方面展开，全面详细地介绍了无人机航空摄影测量的操作流程及其相关成果。全书以任务形式引入相关知识，明确每个模块的主要内容，同时模块后有相对应的课后任务，进一步帮助学生巩固相关技能。

参加本书编撰工作的有：李艳、张秦昱、谢燕梅、屈仁飞、张松。另外，本书在编写过程中，参考了许多其他摄影测量与测绘学方面的书籍和有关论著，吸收了许多专家同仁的观点和例句，但为了行文方便，不便一一注明。在此，特向相关作者表示诚挚的谢意。

由于时间和编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请广大读者和同行专家予以批评指正。

编者

2021年9月

于成都航空职业技术学院



# 目录

CONTENTS

<b>模块 1</b>	<b>无人机航空摄影测量的认识</b>	<b>001</b>
任务 1	航空摄影测量的认识	001
知识点 1	摄影测量的概念	001
知识点 2	摄影测量的任务与分类	003
知识点 3	摄影测量的发展过程	004
任务 2	无人机航空摄影测量基础知识	008
知识点 1	无人机摄影测量的现状	009
知识点 2	航空摄影测量的基本知识	011
任务 3	无人机航空影像解析基础	019
知识点 1	航空摄影测量常用的坐标系	019
知识点 2	空间直角坐标系的旋转变换	022
知识点 3	影像的内外方位元素	025
知识点 4	空间前后方交会	026
<b>模块 2</b>	<b>解析空中三角测量</b>	<b>029</b>
任务 1	空中三角测量的认识	029
知识点 1	空中三角测量的目的与意义	030
知识点 2	空中三角测量的分类	030
知识点 3	空中三角测量所需的信息	032
任务 2	空中三角测量的方法	032
知识点 1	航带法空中三角测量	033
知识点 2	独立模型法区域网空中三角测量	039
知识点 3	光束法区域网空中三角测量	041
知识点 4	GPS 辅助空中三角测量	043
知识点 5	自动空中三角测量	048

任务 3	机载 POS 系统对地定位 .....	051
知识点 1	机载 POS 系统的认识 .....	051
知识点 2	机载 POS 系统测量原理 .....	053
知识点 3	POS 与无人机摄影测量系统集成 .....	056
知识点 4	POS 系统对地定位的主要误差源 .....	059
<b>模块 3</b>	<b>无人机航空摄影测量数据获取 .....</b>	<b>063</b>
任务 1	无人机航空摄影测量系统 .....	063
知识点 1	传统数字摄影测量系统 .....	063
知识点 2	倾斜摄影测量系统 .....	067
任务 2	无人机航空摄影测量外业工作 .....	079
知识点 1	外业工作任务及作业流程 .....	079
知识点 2	无人机航空摄影技术设计 .....	079
知识点 3	无人机航空摄影作业 .....	081
知识点 4	影像控制点基础 .....	083
知识点 5	GNSS 影像控制点测量 .....	087
<b>模块 4</b>	<b>无人机航空摄影测量数据处理 .....</b>	<b>093</b>
任务 1	航空摄影测量数据处理基础 .....	093
知识点 1	地理空间参照系统 .....	093
知识点 2	地图投影 .....	097
知识点 3	地图比例尺 .....	099
任务 2	正射影像数据处理 .....	101
知识点 1	正射数据处理流程 .....	101
知识点 2	原始资料准备与导入数据 .....	102
知识点 3	空中三角测量 .....	110
知识点 4	正射影像拼接 .....	112
知识点 5	正射影像编辑 .....	114
任务 3	倾斜模型数据处理 .....	115
知识点 1	倾斜数据处理流程 .....	115
知识点 2	资料准备与导入数据 .....	116
知识点 3	空中三角测量 .....	119
知识点 4	实景三维模型建立 .....	119
知识点 5	倾斜模型成果输出 .....	122



<b>模块 5</b>	<b>无人机航空摄影测量数据成果与应用</b> .....	123
任务 1	无人机摄影测量数据成果 .....	123
知识点 1	数字高程模型 .....	123
知识点 2	数字正射影像图 .....	128
知识点 3	数字栅格地图 .....	132
知识点 4	数字线划图 .....	135
任务 2	无人机摄影测量技术的应用 .....	138
知识点 1	在基础测绘行业中的应用 .....	138
知识点 2	在交通道路勘测中的应用 .....	141
知识点 3	在水利相关领域中的应用 .....	142
知识点 4	地质灾害行业应用 .....	145
知识点 5	在智慧城市建设中的应用 .....	146
<b>参考文献</b>	.....	149



## 模块 1

# 无人机航空摄影测量的认识

## 任务 1 航空摄影测量的认识

### 【情景创建】

中国的首次航空摄影测量是浙江省水利局于 1928 年至 1931 年年底主持实施的航空摄影测量，其主要目的是为水利建设提供详图，这对航空摄影测量应用与水利应用具有积极意义。但此次航空摄影测量也出现了很多问题：① 工业落后，遇上飞机意外损坏事故，不能自行修理而只能依赖国外厂家，以致延误计划的实施；② 无航测人员，只能高薪聘请外籍人员工作，而许多吃苦耐劳的国内熟练地面测量人员又无事可为，既消耗外汇又浪费人才；③ 3 年的航测计划，共耗资 15.5 万银元以上，野外实测 1 个月左右，有效实测时间仅半个月，经济效益极差。

### 【任务实施】

为什么中国的首次航空摄影测量会出现这些问题？那就需要详细了解摄影测量的概念、任务与分类以及发展过程。

### 知识点 1 摄影测量的概念

1839 年，法国人路易达盖尔（Louis Daguerre）发明了摄影术，为摄影测量提供了基础。约 10 年后，1851—1859 年，法国陆军上校劳赛达（A. Laussedat，被认为是“摄影测量之父”）提出和进行的交会摄影测量，标志着摄影测量学的开始。

传统摄影测量学是利用光学摄影机获取影像，通过影像来研究和确定被摄物体的形状、大小、位置及其相互关系的一门科学技术。通俗地讲，摄影测量学是信息的获取及对信息加工、处理的一门科学，它包含的内容有：获取被摄物体的影像，研究单张和多张影像的处理方法，包括理论、设备和技术，以及将所测得的结果以图解形式或数字形式输出的方法。

摄影测量学的主要特点是对影像或像片进行量测和解译，无须接触被研究物体本身，因而很少受各种条件限制（如人们不能到达、不能触及等条件），而且可摄得动态物体的瞬间影像。像片及其他各类影像均是客观物体或目标的真实反映，信息丰富、图像逼真，人们可以从中获取所研究物体的大量几何与物理信息。由于现代航天技术

和电子计算机技术的飞速发展，摄影测量学的学科领域更加广阔。可以这样说，只要物体能够被摄影成像，就可以使用摄影测量技术研究摄物体的几何与物理特性。这些被摄物体可以是固体的、液体的，也可以是气体的；可以是静态的，也可以是动态的、变化着的；可以是微小的，如在电子显微镜下放大几千倍的细胞，也可以是巨大的，如宇宙星体。这些灵活性使得摄影测量成为可以多方面应用的一种测量手段和数据采集与分析方法。

与其他测制地形图的方法比较，利用摄影测量，不仅速度快、成本低、机械化与电子化程度高，图面精度有保证，而且减少了野外工作量，改善了作业条件。因此，摄影测量是我国测制国家基本比例尺地形图的主要方法，也是测制大比例尺地形图、地籍图的重要方法，在国民经济建设以及军事国防等方面发挥着重要的作用。随着时代的前进和科技的发展，如今，摄影测量无论在信息的获取、处理，还是在成果的表达方面都发生了革命性的变化，摄影测量所处理的信息不再局限于单一的框幅式航摄影仪，CCD（电荷耦合元件）固态数字摄影机影像、合成孔径雷达影像、卫星传感器多光谱多时相遥感影像、全球卫星定位系统（Global Positioning System, GPS）定位数据应有尽有。为了快捷地处理并充分利用这些信息，发展基于计算机的摄影测量信息处理系统、提供可满足各行各业的多样化产品需要的产业结构已势在必行，如今的摄影测量学科已远远超出了其传统测量与制图的狭窄范围。

国际摄影测量与遥感协会（International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS）于1988年在日本京都召开的第十六届大会上做出新的定义：摄影测量与遥感是非接触成像和其他传感器系统，通过记录、量测、分析与表达等处理，获取地球以及环境和其他物体可靠信息的工艺、科学与技术。其中，摄影测量侧重于提取几何信息，遥感侧重于提取物理信息。摄影测量是一种非接触式成像系统，通过记录、量测、分析与表达等处理，获取地球及其环境和其他物体的几何、属性等可靠信息的工艺、科学与技术。

## 课程思政内容 1 中国在国际摄影测量与遥感学会的发展历程

国际摄影测量与遥感学会（ISPRS）成立于1910年，是一个具有百年历史的国际学术组织。第一届国际摄影测量大会1913年在奥地利维也纳举行。1980年在西德汉堡举办的第14届国际摄影测量大会上，中国测绘学会被接纳入会，代表中国成为该组织的国家会员，这是中国首次派代表团出席国际摄影测量大会。在这次大会上，该组织名称由国际摄影测量学会改名为国际摄影测量与遥感学会。1984年在巴西里约热内卢举办的第15届国际摄影测量与遥感大会，中国测绘学会派出了由副理事长王之卓教授任团长的代表团，并在科技展览中展示了中国测绘科研、教育、生产、仪器制造等方面的情况和成果，这是我国首次在国际会议上系统展示、宣传中国摄影测量与遥感发展状况。第16届国际摄影测量与遥感大会于1988年在日本京都召开。在这次大会上，中国获得两项显著成果：一是王之卓教授成为ISPRS荣誉会员。按照会章规定，

荣誉会员总数同时不超过 7 位，获此荣誉的都是在国际上有声望、有贡献的老资格摄影测量与遥感学家和学会活动家，只有在原成员去世后才能递补。二是武汉测绘科技大学李德仁教授当选为 ISPRS 第三委员会主席。1992 年在美国华盛顿召开了第 17 届国际摄影测量与遥感大会。在这次大会上，中国首次表达了申办 ISPRS 大会的意向。2000 年 7 月在荷兰举行了第 19 届国际摄影测量与遥感大会，中国组成了以杨凯教授为团长的代表团参会。在这次大会上，中国为申办 ISPRS 大会进行了首次冲刺，预定目标是取得 2004 年第 20 届大会的主办权。ISPRS 技术委员会领导人竞选中，国家基础地理信息中心陈军教授当选为第二委员会主席。2004 年 7 月在土耳其伊斯坦布尔举行的第 20 届国际摄影测量与遥感大会上，中国成功获得 2008 年第 21 届国际摄影测量与遥感大会主办权。陈军教授当选为第 21 届大会主席，进入 ISPRS 执行局。大会还增设了“王之卓奖”，这是为纪念中国摄影测量与遥感学科的创始者、ISPRS 荣誉会员王之卓院士而设立的奖项。2008 年 7 月起，国家基础地理信息中心承担了国际摄影测量与遥感学会（ISPRS）秘书处（总部）工作。2012 年 8 月，在澳大利亚召开的第 22 届大会上，中国首次成为主席国。

## 知识点 2 摄影测量的任务与分类

摄影测量的主要任务是测制各种比例尺的地形图，建立地形数据库，为地理信息系统和各种工程应用提供基础测绘数据。数字摄影测量的发展及各种形式的数字化与可视化产品的生产，极大拓展了摄影测量的应用领域。

摄影测量的分类方法有多种，根据摄影机平台位置的不同可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面摄影测量和水上摄影测量；按摄影机平台与被摄目标距离的远近可分为航天摄影测量、航空摄影测量、地面摄影测量、近景摄影测量和显微摄影测量。航空摄影测量是摄影测量中采用得最为普遍的方式。航空摄影测量是根据航摄像片所提供的图像信息，在特定的航测仪器上测制各种比例尺地形图，为各种地理信息系统和土地信息系统提供最原始的基础数据，是摄影测量的重要组成部分。摄影测量按用途可分为地形摄影测量和非地形摄影测量。地形摄影测量的目的是测制各种比例尺的地形图及城镇、农业、林业、地质、交通、工程、资源与规划等部门需要的各种专题图，为各种地理信息系统提供三维基础数据，这也是摄影测量的主要任务之一。非地形摄影测量的应用面非常广，服务的领域和研究对象千差万别，但其主要方法与地形摄影测量一样，即使用二维影像重建三维模型，在重建的三维模型上提取所需的各种信息，如应用于工业、建筑、考古、军事、变形监测、公安侦破、军事侦察、弹道轨迹、爆破、矿山工程以及生物医学等各个方面。摄影测量按技术处理的方法可分为模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量。当代的数字摄影测量是传统摄影测量与计算机视觉相结合的产物，它研究的重点是从数字影像自动提取所摄对象的空间信息。基于数字摄影测量理论建立的数字摄影测量工作站和数字摄影测量系统正在取代传统

摄影测量所使用的模拟测图仪与解析测图仪。图 1-1-1~图 1-1-4 分别为航天、航空、地面摄影测量搭载平台及仪器。



图 1-1-1 航天摄影测量搭载平台——卫星



图 1-1-2 航天摄影测量搭载平台——航天飞船



图 1-1-3 航空摄影测量搭载平台——无人飞机



图 1-1-4 地面航空摄影测量——激光扫描仪

### 知识点 3 摄影测量的发展过程

摄影测量的技术手段有模拟法、解析法与数字法。随着摄影测量技术的发展，摄影测量也经历了模拟摄影测量、解析摄影测量和数字摄影测量三个阶段。

#### 1. 模拟摄影测量阶段

模拟摄影测量是在室内利用光学或机械方法模拟摄影过程，恢复摄影时影像的空间方位、姿态和相互关系，建立实地的缩小模型，即摄影过程的几何反转，再在该模型的表面进行测量。该方法主要依赖于摄影测量内业测量设备，研究的重点主要放在仪器的研制上，这导致摄影测量内业测量设备十分昂贵，一般的测量单位无法开展摄影测量的生产任务，如图 1-1-5 为 Wild A10 模拟立体测图仪、图 1-1-6 为 JX-3 立体测图仪。

模拟摄影测量存在明显的缺点与局限性。首先是精度低，由于大面积摄影时，光束在空间构成复杂的几何关系，所以用模拟方法不可能达到使用像片来精确地测定点位的目的。即使对于单个模型，由于模拟仪器结构复杂，受机械和光学加工的限制，精度也有一定的限度，这种系统误差在模拟仪器上是难以顾及的。其次受原始资料的限制和约束，主要有像片的内方位和外方位元素及仪器上的模拟比例尺等因素，内方位必须已知其精确值，而且对于不同主距的像片，必须有相应主距的投影器，否则就要采用不便于作业且理论上不完全严格的变换光束测图。此外，模拟仪器受结构、体积大小和光机加工的限制，对影像倾斜角和基线分量有较为苛刻的

要求。最后，模拟摄影测量的产品单一，一般只能提供图解产品的图件，而且不便于修改和更新。

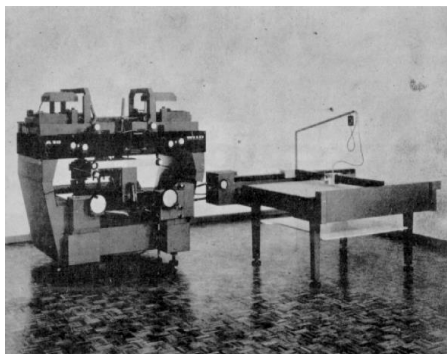


图 1-1-5 Wild A10 模拟立体测图仪



图 1-1-6 JX-3 立体测图仪

## 2. 解析摄影测量阶段

随着计算机的问世，摄影测量工作者开始研究如何利用计算机这种快速的计算工具来完成摄影测量中复杂的计算问题，于是便出现了解析测图仪。由于当时受计算机发展水平的限制，直到 20 世纪 70 年代中期解析测图仪才进入商用阶段，其价格与一级精度的模拟测图仪价格相近，在全世界得到了广泛的推广和应用，图 1-1-7 为 WILD BC2 解析测量系统。



图 1-1-7 WILD BC2 解析测量系统

解析测图仪与模拟测图仪的主要区别在于，前者使用的是数字投影方式，后者使

用的是模拟投影方式，由此导致了结构的不同：前者是计算机控制的坐标测量系统，而后者是纯光学机械的模拟法测图。在操作方面，前者是计算机辅助的人工操作，而后者是完全的手工操作。由于解析测图仪是利用解析数学模型的方式工作，在解析过程中可引入改正的各项系统误差以及按最小二乘法进行数据处理，能保证获得高精度的成果，作业时无论用何种摄影机，采用什么方式取得的影像对，几乎都能在解析测图仪上作业而不受限制。图 1-1-8 为解析立体测图仪。

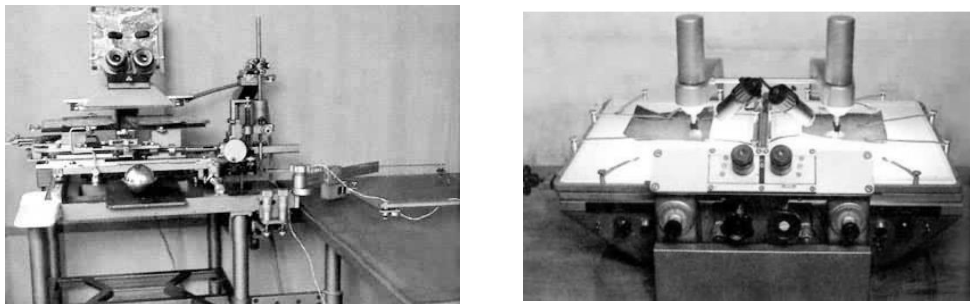


图 1-1-8 解析立体测图仪

解析空中三角测量是用摄影测量方法在大面积范围内测定点位的一种精确方法，通常采用的平差模型有：航带法、独立模型法及光束法。在解析空中三角测量的长期研究中，人们解决了影像系统误差的补偿及观测误差的自动检测，从而保证了成果的高精度与可靠性。

随着解析摄影测量技术的发展，非地形摄影测量不再受模拟测图仪器的限制，特别是近景摄影测量，可采用普通的 CCD 数码相机对被测目标进行摄影和监测，应用领域极其广泛。

### 3. 数字摄影测量阶段

解析摄影测量的进一步发展是数字摄影测量。数字摄影测量系统是基于摄影测量原理，利用现代计算机技术、图形图像处理技术的理论和方法，实现影像上被摄地物的量测和识别的测图软硬件系统。数字摄影测量采用数字影像相关技术（也称为影像匹配技术）代替人类的双眼立体观测，真正实现不需要人工参与的自动化测图。数字摄影测量与解析摄影测量、模拟摄影测量最显著的区别是它处理的影像是数字影像而不是胶片影像。数字摄影测量系统因处理的影像、经过处理得到的测图成果都是数字的，所以称为全数字摄影测量系统。数字产品包括数字地图、数字高程模型、数字正射影像、测量数据库等。可视化产品包括地形图、专题图、纵横断面图、正射影像图、电子地图、动画地图等。数字摄影测量对现代测绘产生了深远影响，成为国际公认的地球空间数据获取的重要手段，为地理信息数据的获取注入了新的活力。图 1-1-9 为数字摄影测量工作站。

目前，数字摄影测量系统主要包括计算机硬件、摄影测量软件和必要的外设三部分。

(1) 目前带有支持立体功能显卡的计算机，其硬件性能基本上都能满足数字摄影



测量的基本要求。随着无人机航空摄影技术的快速发展和大量应用，影像获取便捷高效，只是满足基本要求的计算机是远远不够的，因为数字摄影测量系统需要处理的数据量急剧增加，摄影测量项目的顺利完成将取决于计算机处理速度和效率，新配数字摄影测量系统都会根据投资情况尽可能选择性能较高的计算机。

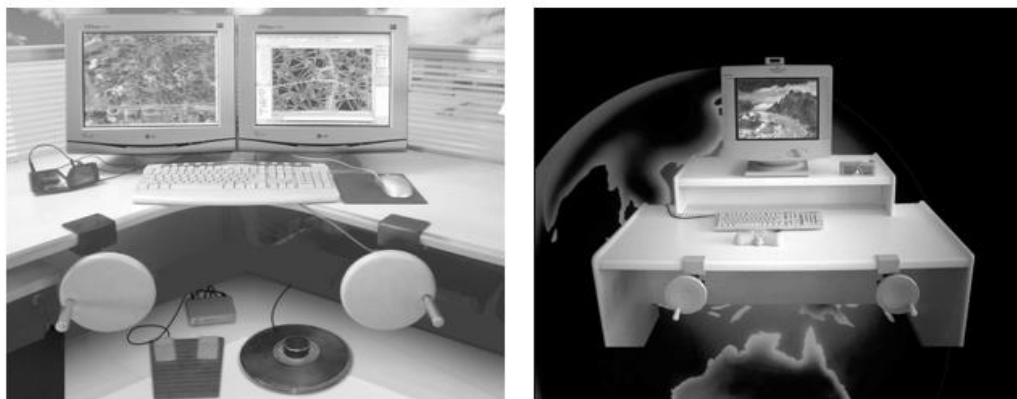


图 1-1-9 数字摄影测量工作站

(2) 摄影测量软件是数字摄影测量系统最重要的部分，一般都需要具备影像处理、空中三角测量解算、数字表面内插、等高线绘制、地物量测、交互编辑等功能，主要制作空中三角测量加密成果、数字高程模型、数字正射影像图、数字线划图等测绘产品。市面上摄影测量软件很多，比较常见的有 Virzoto、VirtaoZo、GEDWAY DPS、DPGrid、Pixel Grid、Pixel Factory、INPHO、Pix4D 等软件，如图 1-1-10 所示。



图 1-1-10 数字摄影测量软件

(3) 摄影测量系统必要的外设主要是用来实现摄影测量过程中的立体影像显示、观测和辅助量测，比如立体显示器、立体眼镜、手轮、脚盘、脚踏开关等外设设备。

数字摄影测量与模拟摄影测量、解析摄影测量的最大区别在于：它处理的原始资料是数字影像或数字化影像，最终是以计算机视觉代替人的立体观测，因而使用的仪器最终将只是通用计算机及其相应外部设备；其产品是数字形式的，传统的产品只是该数字产品的模拟输出。表 1-1-1 列出了摄影测量三个发展阶段的特点。

表 1-1-1 摄影测量三个发展阶段的特点

发展阶段	模拟摄影测量	解析摄影测量	数字摄影测量
时间	大致在 20 世纪 60 年代及之前	大致在 20 世纪 70—90 年代	大致在 20 世纪 80 年代及之后
原始资料	航摄像片	航摄像片	航摄像片经过扫描得到的数字化影像； 数字影像
投影方式	物理投影	数字投影	数字投影
测图工具	模拟测图仪	解析测图仪	数字摄影测量系统
测图工具特点	精密光学机械	精密光学机械； 电子计算机； 模数转换； 自动控制	现代计算机； 图形图像处理
测图方式	作业员手工推动机械装置绘图	作业员操作脚盘、手轮，仪器辅助绘图	全自动绘图； 作业员操作脚盘、手轮，系统辅助绘图
测图产品类型	模拟产品	数字产品	数字产品
测图产品特点	只能在测图的同时通过绘图装置绘出地图	可以在测图的同时通过绘图装置绘出地图，也可以在测图工作完成后通过绘图仪绘出地图	只能在测图工作完成后通过绘图仪打印地图，大多数时候不需要打印即可直接使用

## 【课后任务】

- (1) 数字摄影测量与传统摄影测量的区别是什么？
- (2) 摄影测量三个发展阶段的特点有哪些差异？