

高等学校遥感信息工程实践与创新系列教材

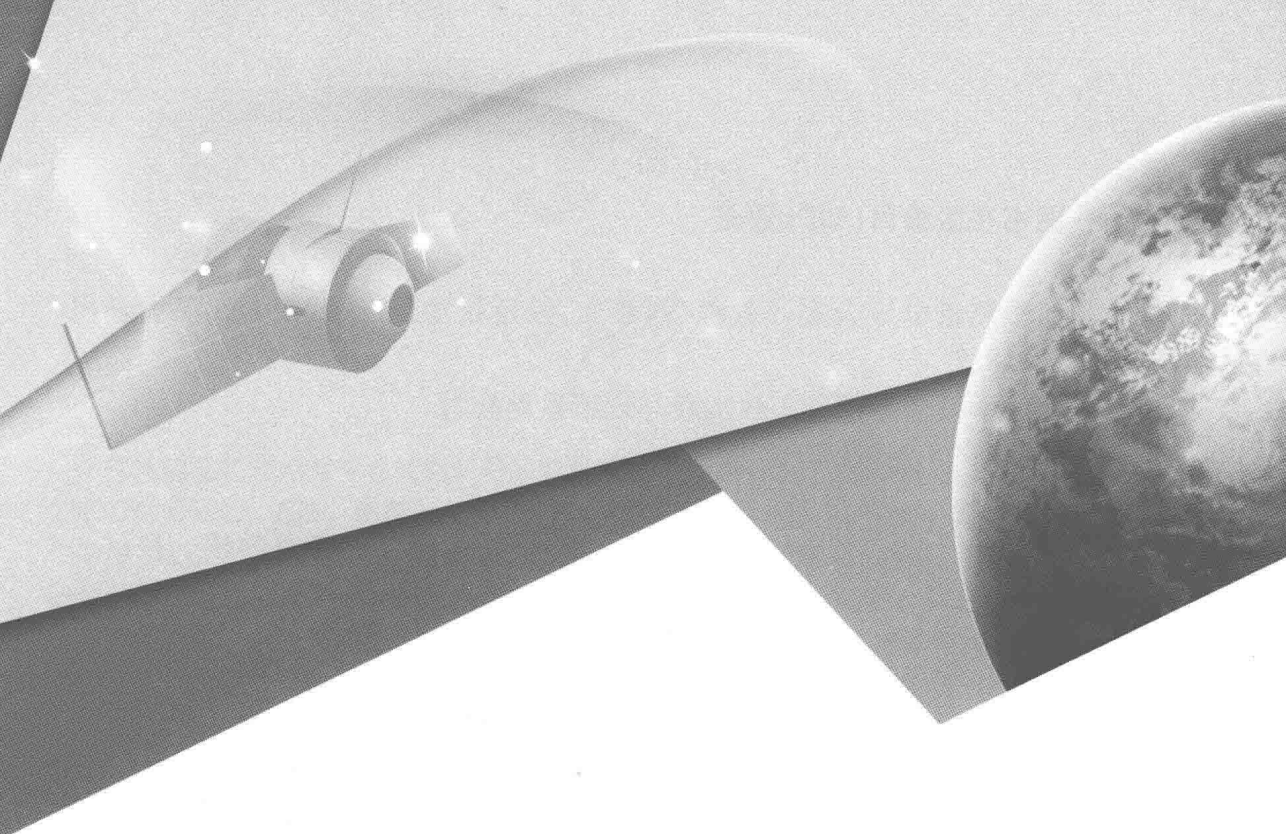
摄影测量学综合实习教程

主编 刘亚文 段延松



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



高等学校遥感信息工程实践与创新系列教材

摄影测量学综合实习教程

主 编 刘亚文 段延松
副主编 王 玥 柯 涛

高等学校遥感信息工程实践与创新系列教材编审委员会

顾 问 李德仁 张祖勋 龚健雅 郑肇葆
主任委员 秦 昆
副主任委员 胡庆武
委 员 (按姓氏笔画排序)
马吉平 王树根
巫兆聪 张 熠
高卫松 贾永红

李 欣 李建松
秦 昆 袁修孝

页 码 任 意 翻 阅



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

摄影测量学综合实习教程/刘亚文,段延松主编. —武汉:武汉大学出版社,2018.9

高等学校遥感信息工程实践与创新系列教材

ISBN 978-7-307-20427-0

I. 摄… II. ①刘… ②段… III. 摄影测量学—高等学校—教材
IV. P23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 167168 号

责任编辑:杨晓露

责任校对:李孟潇

版式设计:汪冰滢

出版发行: **武汉大学出版社** (430072 武昌 珞珈山)

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

印刷:湖北民政印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:8 字数:190千字 插页:1

版次:2018年9月第1版 2018年9月第1次印刷

ISBN 978-7-307-20427-0 定价:24.00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。

序

实践教学是理论与专业技能学习的重要环节，是开展理论和技术创新的源泉。实践与创新教学是践行“创造、创新、创业”教育的新理念，是实现“厚基础、宽口径、高素质、创新型”复合型人才培养目标的关键。武汉大学遥感信息工程类(遥感、摄影测量、地理国情监测与地理信息工程)专业人才培养一贯重视实践与创新教学环节，“以培养学生的创新意识为主，以提高学生的动手能力为本”，构建了反映现代遥感学科特点的“分阶段、多层次、广关联、全方位”的实践与创新教学课程体系，夯实学生的实践技能。

从“卓越工程师计划”到“国家级实验教学示范中心”建设，武汉大学遥感信息工程学院十分重视学生的实验教学和创新训练环节，形成了一套针对遥感信息工程类不同专业和专业方向的实践和创新教学体系，形成了具有武大特色以及遥感学科特点的实践与创新教学体系、教学方法和实验室管理模式，对国内高等院校遥感信息工程类专业的实验教学起到了引领和示范作用。

在系统梳理武汉大学遥感信息工程类专业多年实践与创新教学体系和方法的基础上，整合相关学科课间实习、集中实习和大学生创新实践训练资源，出版遥感信息工程实践与创新系列教材，服务于武汉大学遥感信息工程类在校本科生、研究生实践教学和创新训练，并可为其他高校相关专业学生的实践与创新教学以及遥感行业相关单位和机构的人才技能实训提供实践教材资料。

攀登科学的高峰需要我们沉下去动手实践，科学研究需要像“工匠”般细致入微地进行实验，希望由我们组织的一批具有丰富实践与创新教学经验的教师编写的实践与创新教材，能够在培养遥感信息工程领域拔尖创新人才和专门人才方面发挥积极作用。



2017年1月

前 言

摄影测量学是遥感科学与技术专业的主干课程之一，该课程体系主要由理论教学和综合实习两大部分组成。由于摄影测量学课程对实践要求很强，综合实习在课程体系中举足轻重，不可或缺，本书即为摄影测量学综合实习用书。

随着信息时代的到来，伴随着传感器、通信与计算机技术的发展，摄影测量技术取得了巨大的进步。各种新型传感器的发展，如三线阵 CCD 相机、倾斜摄影相机、全景相机、直接获取地物信息的激光扫描仪(LiDAR)、位置与姿态传感器(POS)等的发展，不仅提高了摄影测量的效率，也推动了摄影测量向更广阔的范围发展。大量开放的公众地理信息数据加快了摄影测量数据处理、生产与更新的流程。计算机科学与人工智能促使摄影测量的发展不仅要提高自动化程度，还要往智能化方向发展。这些变革对摄影测量学科的内涵、数据处理方法以及航测成图生产方式都产生了较大的影响，与之相适应的课程、实验的内容和教材也应及时更新，保持学科发展的现势性。

摄影测量学是一门信息科学，但它的发展与应用又具有一定的行业特点，本书在吸收摄影测量近期发展的基础上，充分结合行业应用的最新成果，同时兼顾与相关测绘学科的关联性，设计合理、可行的实习实践内容。主要特色有：(1)设计无人机航飞数据采集实习。以往的摄影测量实习大多从数据处理开始，本书增加了航飞数据采集实习，从而保证了摄影测量实习过程的完整性，与现行测绘行业生产模式相一致。(2)设计无人机影像空三、三线阵卫星空三实习模块，该部分内容与我国构建新型空间信息数据获取与处理网络战略模式相对应，目前无人机、卫星影像测图已成为航空影像测图、地面测图获取地理空间信息的有效补充方式，广泛应用于行业生产中。

本书主要由刘亚文、段延松完成，王玥和柯涛对全书进行审稿和修正。感谢武汉大学遥感信息工程学院的老师和研究生以及武汉兆格信息技术有限公司对本书的撰写提供的支持与帮助。王树根教授审阅了本书的第 1 章绪论，2016 级硕士研究生马振对本书的第 2 章无人机影像数据采集部分进行了审阅和补充，武汉大学遥感信息工程学院张祖勋院士团队为本书提供了航空影像定向和测图的实习软件 DPGGridEdu 及相应数据，武汉兆格信息技术有限公司提供了摄影测量云平台 VirtuoZoNet 作为本书卫星影像定向和测图的实习软件。在本书实习操作的写作过程中，得到了武汉兆格信息技术有限公司的艾慧丽、罗盼、张明丁及金玲的大力支持。

本书是在综合国内外相关教材和文献的基础上，经过思考整理写成的。书中的一些插

图和引用材料，可能由于对于其原始出处不明确，导致缺少引用标注，在此一一表示感谢。由于作者水平有限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

2018年5月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 摄影测量综合实习的目的与意义	2
1.2 摄影测量数据生产流程	2
1.3 数字摄影测量系统	3
1.4 实验安排	6
第 2 章 无人机影像数据采集	8
2.1 无人机遥感简介	8
2.2 无人机组成与操控	8
2.3 无人机操控软件介绍	10
2.4 无人机数据采集	17
第 3 章 无人机、航空数字影像定向	21
3.1 无人机、航空数字影像定向原理	21
3.2 DPGGridEdu 空中三角测量	26
第 4 章 卫星影像定向	39
4.1 卫星影像成像模型	39
4.2 卫星影像的定向原理	40
4.3 核线影像	42
4.4 三视卫星影像定向实习	44
第 5 章 数字高程模型	58
5.1 数字高程模型及数据采集方法	58
5.2 数字地面模型内插方法	59
5.3 影像密集匹配生成 DEM 实习	62
5.4 DEM 精度评定实习	76

第 6 章 数字正射影像	79
6.1 正射影像的制作原理与方法	79
6.2 正射影像的制作实习	82
6.3 正射影像的质量检查实习	100
第 7 章 数字线划图	104
7.1 数字线划图及制作方法	104
7.2 DLG 数据的采集	104
7.3 DLG 数据的入库和出版	105
7.4 地物和地貌数据采集实习	108
7.5 数字线划地图的出版实习	116

第1章 绪 论

摄影测量有着较悠久的历史,19世纪中叶,摄影技术一经问世,便应用于测量。它从模拟摄影测量开始,经过解析摄影测量阶段,现在已经进入数字摄影测量阶段。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^[1]。

近年来,与摄影测量有关的传感器有了快速的发展,除了能直接获取数字影像外,还可以直接获得影像的外方位元素,甚至直接获取数字高程模型和数字表面模型等。当今用于摄影测量的相机多种多样,不仅有大面阵、面阵拼接、线阵拼接(三线阵相机)、扫描摄影测量(以色列的A3相机)等常规相机,还有倾斜摄影相机及全景相机。倾斜相机的一个摄站是由垂直影像和不同倾角的倾斜影像构成,倾斜影像可以获取目标的侧面信息,为从影像进行目标的三维重建提供了丰富的纹理信息。由多台相机构成的全景相机获取的影像拼接后构成全景影像,具有广阔的应用前景。激光扫描(LiDAR)则可以直接获取地物信息,具有可见光摄影测量无法比拟的优势。位置与姿态传感器(POS,由GPS和IMU组成)可用于确定摄影传感器的位置和姿态,是新型传感器的重要组成部分。用于摄影测量的各种传感器互为补充,不仅提高了摄影测量的效率,也提供了摄影测量向更广阔的范围发展的契机^[2-3]。

传感器平台向着空地一体化方向发展,随着无人机系统(UAS)的应用,低空无人机摄影测量得到了快速发展。无人机作为航空摄影和对地观测的遥感平台,克服了有人航空遥感受制于长航时、大机动、恶劣气象条件、危险环境等的影响,弥补了卫星因天气和时间无法获取感兴趣区遥感信息的空缺,能提供多角度、高分辨率的影像。低空无人机摄影测量系统以其机动灵活、设备和维护成本低、可获得厘米级分辨率影像数据等特点,填补了空天摄影测量对局部地区高精度数据获取能力不足的空白,正逐步成为卫星、有人机遥感和地面遥感的有效补充手段^[4]。

在当今信息时代的促进下,数字摄影测量数据处理方式正向着信息化、智能化、网络化方向发展。新一代的数字摄影测量系统实现了基于网络与集群计算机的并行处理,建立了人机协同的网络全无缝测图系统,极大地提高了数字摄影测量作业效率。随着5G网络、云存储、云计算以及AI技术的进步,摄影测量在线服务模式发展起来,能够实现遥感数据云端的数据处理和分析,随时随地在线服务。同时,多源传感器相互补充,摄影测量和计算机视觉技术进一步结合,为数字摄影测量的理论和实践的发展提供了崭新的契机^[2]。

1.1 摄影测量综合实习的目的与意义

摄影测量综合实习是配合“摄影测量学”“解析摄影测量学”和“数字摄影测量学”等课程教学而设置的一门具有一定独立性的实践性教学课程，目的是使学生能够在实践中进一步理解所学摄影测量及相关专业理论知识，并系统全面地应用已学摄影测量知识，锻炼专业实践技能。该综合实习的组织结合现行测绘生产单位实际作业流程，将课堂理论与实践相结合，有利于学生进一步深入掌握和理解摄影测量学的基本概念和原理，加强摄影测量学的基本技能训练，培养学生分析问题和解决问题的实际动手能力。

本综合实习包含数据获取和数据处理两大部分：

(1)通过实际使用无人机航飞获取影像数据，了解航线设计、控制点布设、航空飞行及影像数据质量检查等过程；

(2)通过实际使用数字摄影测量系统，了解数字摄影测量的内定向、相对定向、绝对定向、空中三角测量、DEM、DOM、测图生产过程及方法，为以后从事有关摄影测量方面的工作打下坚实的基础。

1.2 摄影测量数据生产流程^[5]

航空摄影测量的整个流程主要有航空摄影、像片控制测量、空中三角测量、内业测图、外业调绘与补测、数据入库及质量检查与成果提交等。如图 1-1 所示。

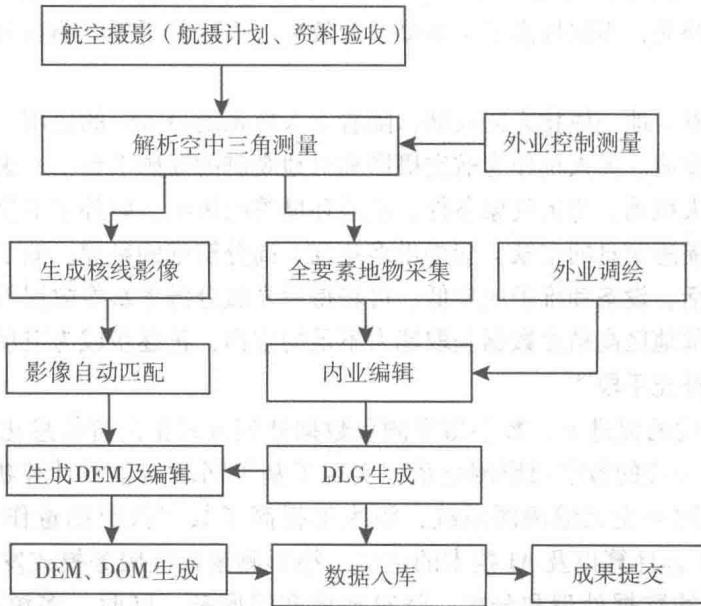


图 1-1 摄影测量生产流程图

航空摄影：航空摄影进行前，需要利用与航摄仪配套的飞行管理软件进行飞行计划的制定。根据飞行地区的经纬度、飞行需要的重叠度、飞行速度等，设计最佳飞行方案，绘制航线图。航空摄影完成后，应对测区的航空影像进行检查，检查项目一般包括飞行质量和摄影质量是否符合规范规定的要求。飞行质量主要包括像片重叠度、像片倾斜角和像片旋角、航线弯曲度和航高、图像覆盖范围和分区覆盖以及控制航线等内容。摄影质量包括影像是否清晰、反差是否适中、有无云遮挡等。

像片控制测量：根据测区提供的基础控制点资料即高等级的国家三角点和水准点，布设和实测像片控制点，作为内业空中三角测量的起算数据。平面控制点一般布设在测区的四角和周边，高程控制点根据精度要求按照基线数敷设高程导线。

空中三角测量：通过航测内业方法构建空中三角网并按严密的数学模型进行区域整体平差，解求出区域加密点的地面坐标和影像外方位元素。

内业测图：主要是数字高程模型 DEM、数字正射影像 DOM 生成及内业全要素地物采集生成数字线划图 DLG 等产品。

外业调绘与补测：内业立体测图过程中，受比例尺等因素的影响，有些地物的性质很难确定，或地物被遮挡，其位置无法确定，需要到野外进行调绘和补测。

数据入库：摄影测量生产的 4D(数字高程模型 DEM、数字正射影像 DOM、数字栅格图 DRG、数字线划图 DLG)产品是重要的基础空间数据，将其按照一定的规律进行分类和编码，存储到地理信息系统的数据库中，实现对其高效的管理，以满足各种应用需要。

质量检查与成果提交：数字测绘生产的全过程及每一个工序均应进行质量检查，成果质量合格后方可提交。

1.3 数字摄影测量系统^[3] [6-7]

数字摄影测量系统(Digital Photogrammetry System, 简称 DPS)、数字摄影测量工作站(Digital Photogrammetry Workstation, 简称 DPW)、软拷贝(Softcopy)摄影测量工作站均是摄影测量软件平台的称谓。

数字摄影测量系统的硬件主要由计算机及其外部设备组成。其中计算机可以是个人计算机(PC)、集群计算机(多台个人计算机联网)、小型机或者工作站。外部设备分为立体观测装置、操作控制设备及输入输出设备：

(1) 立体观测装置：红绿眼镜、立体反光镜、闪闭式液晶眼镜、偏振光眼镜等。

(2) 操作控制设备：手轮、脚盘、三维鼠标等。

(3) 输入输出设备：影像数字化仪(扫描仪)、矢量绘图仪、栅格绘图仪及批量出版用的印刷设备等。

数字摄影测量工作站的软件由数字影像处理软件、模式识别软件、解析摄影测量软件及辅助功能软件组成：

(1) 数字影像处理软件主要包括影像旋转、影像滤波、影像增强、特征提取等。

(2) 模式识别软件主要包括特征识别与定位(包括框标的识别与定位)、影像匹配(同名点、线与面的识别)、目标识别等。

(3)解析摄影测量软件主要包括定向参数计算、空中三角测量解算、核线关系解算、坐标计算与变换、数值内插、数字微分纠正、投影变换等。

(4)辅助功能软件主要包括数据输入输出、数据格式转换、注记、质量报告、图廓整饰、人机交互等。

具有代表性的国外数字摄影测量软件系统有 ImageStation SSK、InPho、LPS, 国内的有 VirtuoZo、JX4 和 DPGrid 等。

1. ImageStation SSK 摄影测量系统(Intergraph 公司)

ImageStation SSK(Stereo Soft Kit)是美国 Intergraph 公司推出的数字摄影测量系统, 它把解析测图仪、正射投影仪、遥感图像处理系统集成为一体, 与地理信息系统(GIS)以及数字地形模型(DTM)在工程 CAD 中的应用紧密结合在一起, 形成强大的具备航测内业所有工序处理能力的以 Windows 操作系统为基础的数字摄影测量系统。Intergraph 是目前世界上最大的摄影测量及制图软件的提供商之一, 提供完整的摄影测量解决方案, 其 ImageStation 系列软件已推出二十年以上, 具有深厚的理论基础。ImageStation SSK 不仅能处理传统的航摄数据和数字航摄相机的数据, 还具备强大的卫星数据处理能力, 包括 IKONOS、SPOT、IRS、QUICKBIRD、LANDSAT 等商业卫星。同时, 它亦具备近景摄影测量功能, 是涵盖摄影测量全领域的完全解决方案。

ImageStation SSK 包含项目管理模块 ImageStation Photogrammetric Manager (ISPM)、数字量测模块 ImageStation Digital Mensuration (ISDM)、立体显示模块 ImageStation Stereo Display (ISSD)、数据采集模块 ImageStation Feature Collection (ISFC)、DTM 采集模块 ImageStation DTM Collection (ISDC)、正射纠正模块 ImageStation Base Rectifier (ISBR)、遥感图像处理模块 (ISRASC)、空中三角测量模块 ImageStation Automatic Triangulation (ISAT)、自动 DTM 提取模块 ImageStation Automatic Evaluation (ISAE)、正射影像处理模块 ImageStation Ortho Pro (ISOP)。

2. InPho 摄影测量系统(Trimble 公司)

InPho 摄影测量系统由世界著名的测绘学家 Fritz Ackermann 教授于 20 世纪 80 年代在德国斯图加特创立, 并于 2007 年加盟 Trimble 导航有限公司。历经 30 年的生产实践、创新发展, InPho 已成为世界领先的数字摄影测量及数字地表/地形建模的系统供应商。InPho 支持各种扫描框幅式相机、数字 CCD 相机、自定义相机、推扫式相机以及卫星传感器获取的影像数据的处理。其主要功能已覆盖摄影测量生产的各个流程, 如定向处理(空中三角测量)、DEM、DOM 等的 4D 产品生产以及地理信息建库处理, 等等。InPho 以其模块化的产品体系使得它极为方便地整合到其他工作流程中, 为全球各种用户提供便捷、高效、精确的软件解决方案及一流的技术支持, 其代理经销商和合作伙伴遍布全球。

InPho 系列产品包括系统核心 Applications Master, 定向模块 MATCH-AT、inBLOCK, 地形地物提取模块 Summit Evolution、MATCH-TDSM, 影像正射纠正及镶嵌模块 OrthoMaster、OrthoVista, 以及地理建模模块 DTMaster、SCOP++。各模块既可以相互结合进行实践应用, 又可以独立实现各自功能, 并能够非常容易地整合到任何一个第三方工作流程中。

3. LPS 摄影测量系统(Leica 公司)

LPS (Leica Photogrammetric Suite) 是美国 Leica 公司研发的数字摄影测量系统, 具有简单易用的用户界面, 强大而完备的数据处理功能, 深受全球摄影测量和遥感用户的喜爱。LPS 为广泛的地理影像应用提供了高精度、高效能的数据生产工具, 是面向海量数据生产的优秀解决方案。LPS 对航天航空数字摄影测量传感器(如 SPOT5、QuickBird、DMC、Leica RC30、ADS、A3 系列等)的全面支持、影像自动匹配、空中三角测量、地面模型的自动提取、亚像素级点定位等功能, 在帮助我们提高数据精度的同时, 也大大地提高了数据生产的效率。LPS 采用模块化的软件设计, 支持丰富多样的扩展模块, 为用户提供了多种方便实用的功能选择, 可根据用户需求灵活配置, 具有功能强大、使用方便的优点。

LPS 也可以满足数字摄影测量人员的全部要求, 从原始图像分析到视线分析。这些任务可以使用多种图像格式、地面控制点、定向和 GPS 数据、矢量数据和处理过的图像完成。LPS 系列产品包括核心模块 LPS Core、LPS Stereo 立体观测模块、LPS ATE 数字地面模型自动提取模块、LPS eATE 并行分布式数字地面模型自动提取模块、LPS Terrain Editor (TE) 数字地面模型编辑模块、LPS ORIMA 空三加密模块、LPS PRO600 数字测图模块、Stereo Analyst for ERDAS IMAGINE/ArcGIS 立体分析模块和 ImageEqualizer 影像匀光器模块。

4. VirtuoZo 摄影测量系统(Supresoft 适普公司)

VirtuoZo 数字摄影测量工作站是根据 ISPRS 名誉会员、中国科学院资深院士、武汉大学(原武汉测绘科技大学)教授王之卓于 1978 年提出的“Fully Digital Automatic Mapping System”方案进行研究, 由武汉大学(原武汉测绘科技大学)教授张祖勋院士主持研究开发的成果, 属世界同类产品的知名品牌之一。最初的 VirtuoZo SGI 工作站版本于 1994 年 9 月在澳大利亚黄金海岸(Gold Coast)推出, 被认为是有许多创新特点的数字摄影测量工作站, 1998 年由 Supresoft 推出其微机版本。VirtuoZo 系统基于 Windows 平台利用数字影像或数字化影像完成摄影测量作业, 由计算机视觉(其核心是影像匹配与影像识别)代替人眼的立体量测与识别, 不再需要传统的光机仪器。VirtuoZo 系统中, 从原始资料、中间成果到最后产品等都是数字形式, 克服了传统摄影测量只能生产单一线划图的缺点, 可生产出多种数字产品, 如数字高程模型、数字正射影像、数字线划图、景观图等, 并提供各种工程设计所需的三维信息、各种信息系统数据库所需的空信息。

VirtuoZo 系统包括基本数据管理模块 VBasic、全自动内定向模块 VInor、单模型相对定向与绝对定向模块 VModOri、全自动空中三角测量模块 VAAT、DEM 自动提取模块 VDEM、正射影像生产模块 VOrtho、立体数字测图模块 VDigitize、卫星影像定向模块 VRSImage 以及诸多人工交互编辑的工具如 DEMEdit、TinEdit、OrthoEdit、OrthoMap 等。

5. JX4 数字摄影测量工作站

JX4 是由中国测绘科学研究院刘先林院士主持研制开发的一套半自动化的微机数字摄影测量工作站。该工作站结合生产单位的作业经验, 主要用于各种比例尺的数字高程模型(DEM)、数字正射影像图(DOM)及数字线划图(DLG)生产, 是一套实用性强, 人机交互功能好, 有着很强产品质量控制的数字摄影测量工作站。

JX4 系统包括 3D 输入、3D 显示驱动模块、全自动内定向、相对定向及半自动绝对定向模块、影像匹配模块、核线纠正及重采样模块、TIN 及 DEM 立体编辑模块、自动生成 DEM 及 DEM 拼接模块、自动生成等高线模块、自动生成 DOM 及 DOM 无缝镶嵌模块、整体批处理模块(内定向、相对定向、核线重采样、DEM 及 DOM 等)、等高线与立体影像套合及编辑模块、向量测图模块、地图符号生成器模块、栅格地图修测模块、Microstation 实时联机测图接口软件和数据转换模块、AutoCAD 实时联机测图接口模块、ArcGIS 实时联机测图接口模块,由 TIN 生成正射影像模块、空三加密数据导入模块、投影中心参数直接安置模块、三维立体景观图模块、影像处理 ImageShop 模块、数据转换和 DEM 裁切等多个实用小工具软件。

6. 数字摄影测量网格 DPGrid

数字摄影测量网格 DPGrid 是由中国工程院院士张祖勋提出并指导研制的具有完全自主知识产权、国际首创的新一代航空航天数字摄影测量处理平台。该软件打破了传统的摄影测量流程,集生产、质量检查、管理为一体,合理地安排人、机的工作,充分应用当前先进的数字影像匹配、高性能并行计算、海量存储与网络通信等技术,实现了航空航天遥感数据的自动化快速处理和空间信息的快速获取。其性能远远高于当前的数字摄影测量工作站,能够满足三维空间信息快速采集与更新的需要。DPGrid 的低空系统专门针对低空无人机航片的实际情况,能够处理飞行姿态与影像质量较差的无人机航片,实现了自动空三、自动 DEM 与正射影像自动生成,大大提高了影像数据处理自动化程度^[7]。

DPGrid 系统由两大部分组成:

(1) 自动空三 DPGrid. AT/光束法平差 DPGrid. BA/正射影像 DPGrid. OP 模块,这一部分的主要功能包括数据预处理、影像匹配、自动空三、数字地面模型以及正射影像的生成等。

(2) 基于网格的无缝测图系统 DPGrid. SLM,其中服务器负责任务的调度、分配与监控,客户机实际上是由摄影测量生产作业员进行“人机交互”生产线划图的客户端。整个系统是一个分布式集成、相互协调、基于区域的网络无缝测图系统。

本教程配套的摄影测量实习软件是 DPGrid 和 VirutoZoNet 教育版。该软件在 Windows 10 和 Windows 7 系统下均可运行,要保证为 64 位系统,教育版软件只能处理 200 张以下的测区。软件安装完成后,运行需要许可或软件狗,许可存放在安装目录下 Lic 文件夹内,软件狗不需要进行驱动安装,插上即可使用。

1.4 实验安排

根据摄影测量学课程教学要求,结合当前航测单位实际生产作业情况,本教程安排了以下 6 个实习:

1. 无人机影像数据采集实习

熟悉无人机的组成及无人机操控软件 DJI GO App 和 Pix4Dcapture,并能够利用 Pix4Dcapture 规划航线、设置参数,包括相机拍摄角度、重叠度、飞行速度等,完成测区影像数据采集任务。

2. 无人机、航空数字影像定向实习

理解光束法区域网空三内业加密的原理,能够利用所获取的无人机\航空影像、POS数据和少量地面控制点,解求满足摄影测量地形测图精度要求的加密点地面坐标及影像外方位元素。

3. 卫星影像定向实习

理解卫星影像的成像原理,重点掌握三线阵传感器成像原理及有理函数模型定向的含义,能够利用RPC(Rational Polynomial Coefficients)参数有理函数模型完成三视卫星影像定向。

4. 数字高程模型生产实习

理解影像匹配原理、方法,DEM内插方法及精度评定方法,掌握匹配后的基本编辑,能够在立体观察下根据视差曲线发现粗差,并对不可靠区域进行编辑,生成满足精度要求的DEM。

5. 数字正射影像生产实习

理解数字正射影像制作原理、流程和精度评定方法,能够利用影像定向结果和DEM生产正射影像及实现正射影像的拼接,并利用PS修补正射影像,制作满足生产要求的DOM。

6. 数字线划图生产实习

理解立体测图的原理和方法,能够在定向模型上立体切准、量测典型地貌(特征线、等高线、流水线等)和地物(包括建筑、道路、植被、地类等),并能够对量测地物进行编辑和文字注记。

◎ 参考文献:

- [1]张剑清,潘励,王树根.摄影测量学(第二版)[M].武汉:武汉大学出版社,2017.
- [2]张祖勋,吴媛.摄影测量的信息化与智能化[J].测绘地理信息,2015,40(4):1-5.
- [3]王树根.摄影测量原理与应用[M].武汉:武汉大学出版社,2009.
- [4]李德仁,李明.无人机遥感系统的研究进展与应用前景[J].武汉大学学报(信息科学版),2014,39(5):505-513.
- [5]数字测绘生产作业流程[DB/OL].[2012-12-28].<https://wenku.baidu.com/view/0892eb12ff00bed5b9f31d54.html>.
- [6]段延松.数字摄影测量4D生产综合实习教程[M].武汉:武汉大学出版社,2014.
- [7]邓非,闫利.摄影测量实验教程[M].武汉:武汉大学出版社,2012.

第 2 章 无人机影像数据采集

2.1 无人机遥感简介^[1]

无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)是一种机上无人驾驶的航空器,按结构可分为固定翼、旋翼、无人直升机和垂直起降等机型。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)则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、POS 定位定姿技术、GPS 差分定位技术和遥感应用技术,自动化、智能化、专业化快速获取国土、资源、环境、事件等空间遥感信息,并进行实时处理、建模和分析的先进新兴航空遥感技术解决方案。UAVRS 技术有其他遥感技术不可替代的优点,它既能克服有人航空遥感受制于长航时、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遥感信息的空缺,提供多角度、高分辨率影像,还能避免地面遥感工作范围小、视野窄、工作量大等因素。因此,UAVRS 正逐步成为卫星遥感、有人机遥感和地面遥感的有效补充手段。

UAVRS 技术最先应用在军事遥感领域,如战场侦查、作战效果和战损评估、目标追踪与识别等。21 世纪以来,越来越多的 UAVRS 关键技术,从军事应用领域扩展到商、民用市场,如用于自然灾害、环境保护、恐怖主义、海岸监视、城市规划、资源勘查、气象观测、林业普查等众多活动中。

2.2 无人机组成与操控

无人机主要由飞行器和遥控器组成,飞行器具备自动返航以及通过视觉定位系统实现悬停、飞行的功能,可以拍摄视频和照片,遥控器可在一定范围内控制飞行器的动作。以大疆精灵 Phantom 3 Advanced 为例,它的飞行器主要构成部件如图 2-1 所示。

遥控器主要构成部件如图 2-2 所示。

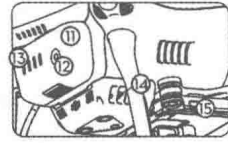
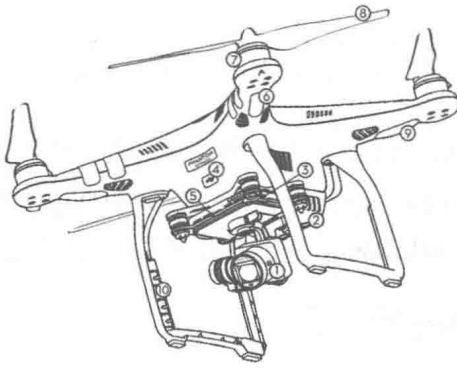


图 2-1 飞行器主要部件

- | | | |
|-----------------|-------------|----------|
| ①一体式相机云台 | ⑥机头 LED 指示灯 | ⑪智能飞行电池 |
| ②视觉定位系统 | ⑦电机 | ⑫电池开关 |
| ③相机 Micro-SD 卡槽 | ⑧螺旋桨 | ⑬电池电量指示灯 |
| ④Micro USB 接口 | ⑨飞行器状态指示灯 | ⑭对频按键 |
| ⑤相机状态指示灯 | ⑩天线 | ⑮相机数据接口 |

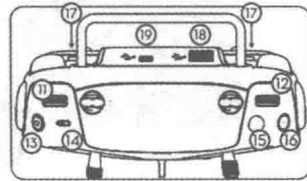
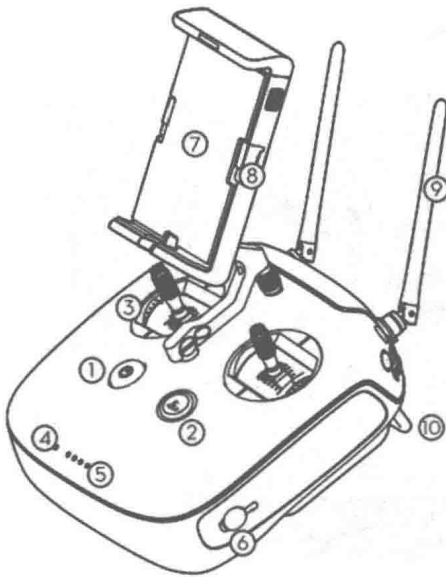


图 2-2 遥控器主要部件

- | | | |
|-----------|-----------|---------------|
| ①电源开关 | ⑧手机卡扣 | ⑮拍照按键 |
| ②智能返航按键 | ⑨天线 | ⑯回放按键 |
| ③摇杆 | ⑩握手 | ⑰自定义按键 |
| ④遥控器状态指示灯 | ⑪云台俯仰控制拨轮 | ⑱USB 接口 |
| ⑤电池电量指示灯 | ⑫相机设置转盘 | ⑲Micro-USB 接口 |
| ⑥充电接口 | ⑬录影按键 | |
| ⑦移动设备支架 | ⑭飞行模式切换开关 | |