

水土保持规划中低空遥感数据的获取及应用

张养安¹, 宋晓强², 段怡红³, 李俊锋⁴, 夏积德¹

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 陕西省水土保持局, 陕西 西安 710004;
3. 国家测绘地理信息局测绘标准化研究所, 陕西 西安 710054; 4. 陕西测绘地理信息局, 陕西 西安 710054)

摘要: [目的] 为实现水土保持规划设计的高精度、高效率及及时性要求, 探求低空遥感技术在水土保持规划设计中的应用基础和前景。[方法] 选取陕西省榆林市横山区鲍家寺景区进行低空遥感试验, 通过建立数字高程模型(DEM)和数字正射模型(DOM), 从 3 个方面比较分析低空遥感数据的优势, 并进一步探索了低空遥感成果在水土保持规划前期基础信息获取阶段的基本应用。[结果] 低空遥感不但具有灵活性好, 时效性好, 数据精度高为基础优点, 而且借助其他地理信息系统软件可方便、快捷提取地形现状信息和水土保持治理现状信息等水土保持规划基础资料, 大大提高工作效率, 能满足水土保持规划设计的要求。[结论] 低空遥感数据应用于水土保持规划设计具备广阔前景。

关键词: 低空遥感; 水土保持规划; 数字高程模型; 数字正射模型

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)05-0338-04

中图分类号: S157, V279

文献参数: 张养安, 宋晓强, 段怡红, 等. 水土保持规划中低空遥感数据的获取及应用[J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 338-341. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 05. 057; Zhang Yangan, Song Xiaoqiang, Duan Yihong, et al. Acquisition and application analysis of low altitude remote sensing data in soil and water conservation planning[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 338-341. DOI: 10. 13961/j. cnki. stbctb. 2017. 05. 057

Acquisition and Application Analysis of Low Altitude Remote Sensing Data in Soil and Water Conservation Planning

ZHANG Yangan¹, SONG Xiaoqiang², DUAN Yihong³, LI Junfeng⁴, XIA Jide¹

(1. Yangling Vocational & Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Provincial Bureau of Soil and Water Conservation, Xi'an, Shaanxi 710004, China; 3. Institute of Surveying and Mapping Standardization of State Bureau of Surveying and Mapping Geographic Information, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 4. Shaanxi Surveying and Mapping Geographic Information Bureau, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: [Objective] To realize the conservation planning of the high precision and high efficiency and current requirements, and to explore the application of remote sensing technology in foundation and prospects in the planning and design of soil and water conservation. [Methods] The Baojia Temple scenic spot in Hengshan District of Yulin City, Shaanxi Province was chosen to carry out the low altitude remote sensing experiment. Through the establishment of digital elevation model (DEM) and digital orthophoto model (DOM), this paper analyzed comparative advantage between low altitude remote sensing data and other data, and further explored the basic application of low altitude remote sensing in soil and water conservation planning. [Results] By comparison and application analysis, low altitude remote sensing not only has the advantages of good flexibility, good timeliness, high data accuracy and other basic advantages, but also can easily and quickly extract the status quo information and soil and water conservation management information such as basic information of soil and water conservation planning by using other geographic information system software. It can improve work efficiency greatly, and meet the requirements of soil and water conservation planning. [Conclusion] The application of low altitude remote sensing data to soil and water conservation planning has broad prospects.

Keywords: low altitude remote sensing; soil and water conservation planning; DEM; DOM

收稿日期: 2017-08-21

修回日期: 2017-09-24

资助项目: 陕西省 2015 年水土保持科研示范项目“低空遥感在水土保持规划设计中的应用”(1502)

第一作者: 张养安(1964—), 男(汉族), 陕西省商洛市人, 学士, 副教授, 主要从事水土保持与工程测量教学及研究工作。E-mail: 895903758@qq.com。

水土保持规划是水土保持综合治理开发的总体部署和实施安排的工作计划,它在防止水土流失,做好国土整治,合理开发和利用水土及生物资源,改善生态环境,促进农林牧及经济发展等方面具有重要作用^[1]。对于大面积的水土保持规划,在自然条件方面应收集规划区地质、地貌、气象、土壤(地表组成物质)、植物等资料,这些基础资料的精度和时效性直接决定了后期工作质量和效果。依靠传统人工作业和可公开获取的影像数据都难以客观全面地反映调查区域的基本情况和动态变化^[2-5]。而应用低空遥感技术,进行水土保持规划工作,是一种既便捷又准确的新技术手段,对于准确掌握规划区内的自然条件,推进水土保持规划工作的定量化、精细化和信息化发展,具有重要引领作用^[3-7]。

低空遥感技术是以无人机为空中平台,通过搭载传感器可快速获取地理、资源、环境等空间遥感信息^[4],经过计算机进行处理后,可结合具体区域特点及需求制作数据成果。随着可搭载的数据化探测设备及新型传感器的研发成功,低空无人机遥感技术的应用领域得到迅速拓展,与早期的卫星遥感手段相比,低空无人机遥感技术很好地解决了卫星影像固定时空分辨率影响监测精度的问题,它在各个领域的应用研究也全面展开,但在水土保持规划设计方面的应用研究还处于起步阶段^[5-10]。笔者结合实际工作情况,选取陕西省榆林市横山区鲍家寺景区进行低空遥感的试验,通过建立数字高程模型(DEM)和数字正射模型(DOM),进一步探索其在水土保持规划前期基础资料获取阶段的基础应用,以期能够为促进水土保持规划设计工作的信息化进程,改变传统的规划设计工作模式,提高效率与标准化水平提供技术支撑。

1 低空遥感影像数据的获取

低空遥感影像基础数据的获取包括航线规划、航测数据获取与整理、数字高程模型(DEM)和数字正射模型(DOM)的制作 3 个步骤。

1.1 航线规划

通过试验区踏勘,根据试验区范围和精度要求规划设计航线,包括飞行高度、角度、航向和旁向重叠度等,其主要航摄因子见表 1,航线规划图见图 1。同时,为提高影像数据的精度还应布设一定数量的像控点,其具体规格和要求可参考《1:500,1:1000,1:2000地形图航空摄影测量外业规范(GB/T 7931-2008)》及《低空数字航空摄影测量外业规范(CHZ 3004-2010)》。

表 1 低空遥感航摄因子相关参数

航摄因子	参数	航摄因子	参数
地面分辨率/m	0.074	最低点地面分辨率/m	0.08
基准面高/m	1020	航线敷设方法	沿河流走向
最高点高程/m	1060	摄影基线长度/m	54.4
最低点高程/m	980	航线间隔/m	136.0
相对航高/m	530	航线条数/条	12
绝对航高/m	1550	航线总长度/km	15.4
航向重叠度/%	85	航摄影像数/张	252
旁向重叠度/%	75	Pos 数据坐标系	WGS84

注:高点重叠度的最小航向 P_x 为 83.8%, 最小旁向 P_y 为 73%。



图 1 低空遥感航线设计

1.2 航测数据获取与整理

当设备配置完毕后,即可根据设计好的飞行路线,实施无人机飞行和拍摄,获取原始的遥感影像数据。获取的原始影像资料应包含航飞影像、航摄鉴定表、航带结合表、航摄仪技术参数等^[6-7]。经过拼图软件可实现影像的拼接,再利用外业像控点控制成果,采用摄影测量解析法确定区域内所有影像的外方位元素,实现空中三角网的加密结算,形成具有控制信息的遥感影像数据。

1.3 数字高程模型(DEM)和数字正射模型(DOM)的生成

数字高程模型(DEM)的制作主要是根据空中三角网加密成果,建立立体模型,进行影像自动匹配,生成 DEM,并对 DEM 进行编辑^[8]。同时还可根据空中三角网成果,创建立体模型,并进行相对定向、绝对定向,并利用立体模型采集等高线、高程点、居民地、道路、水系、地貌等其它地形特征点、线。为了获取更高精度的 DEM 数据,可利用等高线、高程点以及地形特征点、线来构建不规则三角网,并利用构建的不规则三角网,生成精细 DEM 数据。而数字正射模型(DOM)则是借助已建立的 DEM 和其他相关参数,利用相应的构像方程式,或按照一定的数学模型进行

控制点解算,从原始非正射投影的数字影像获取正射影像,再将经过数字微分纠正的影像进行匀光、镶嵌、拼接、裁切等操作,生成符合要求的 DOM 数据。其基本流程可归纳为图 2 模式。附图 9 和图 3 分别为 2017 年 1 月获取的试验区 DEM 和 DOM 模型。

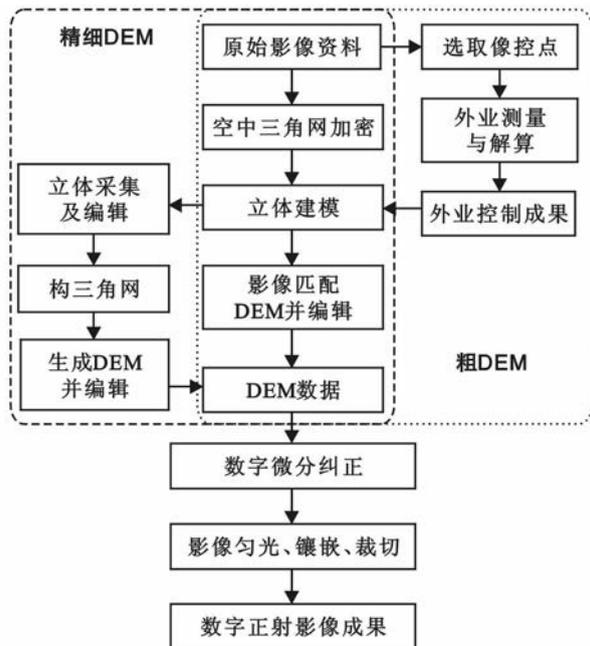


图 2 利用低空遥感数据制作 DEM, DOM 的流程



图 3 2017 年 1 月低空遥感 DOM(分辨率 0.1 m)

2 低空遥感数据的优势分析

2.1 DEM 数据对比

目前,全球可公开获取的 DEM 数据包括美国的 GTOPO30, ASTER-GDEM, SRTM, GMTED 2010 卫星以及德国的 DLR 卫星^[11]。以下从 3 个方面进行对比分析两者差异。

(1) 时效性。全球可公开获取的 DEM 数据一般为 2010 年前获取,后期只进行局部修正,时效性较差;低空遥感可随时进行无人机航测及外业像控,制

作获取最新的 DEM 数据,相对而言,低空遥感获取 DEM 的更新速度更快,时效性更好。

(2) 分辨率。全球可公开获取的 DEM 数据分辨率最高只有 30 m,无法细致刻画黄土高原丘陵沟壑的地形起伏变化;低空遥感获取的 DEM 数据分辨率高达 1 m,地形起伏变化、地形地貌细节刻画清晰,对现实地形反映逼真,地形分析数据更加精准细致,能满足水土保持规划设计各项数据分析需求。

(3) 高程精度。DEM 高程精度直接决定了 DOM 的精度。全球可公开获取的 DEM 数据中能覆盖中国区域的高程精度一般在 20 m 以上,仅有的德国 DLR 数据高程精度为 10 m^[12],但只覆盖了中国约 40% 的国土范围。本次试验区内低空遥感获取的 DEM 数据高程精度高达 0.53 m,已经达到了 1:1 000 比例尺地形图的高程精度要求,用其纠正的 DOM 数据精度也会随之提高。因此,利用低空遥感获取的 DEM 数据进行相应地形分析,结果准确性高,能满足水土保持规划设计各项数据分析需求。

2.2 DOM 数据对比

为对可公开获取的 DOM 数据和低空遥感影像数据进行对比,特下载了不同时期榆林市鲍家寺、定边县、横山区、榆阳区、绥德县的部分谷歌及其他来源卫星影像,并从以下 3 个方面进行了对比分析。

(1) 时效性。从更新时间来看,可公开获取的 DOM 数据更新周期从 2 个月到 3 a 不等,一般情况下,靠近城市的地区更新周期相对较短,靠近郊区或山区的地方一般更新周期较长,有些地方甚至多年没有更新。低空遥感获取的鲍家寺 2.3 km² 的影像数据从航拍到处理出成果只需 7 d 时间,且可随时进行无人机航测,更新速度快,周期短,效率高,不受天气限制,灵活性高。

(2) 分辨率。可公开获取的 DOM 数据最高分辨率只有 0.6 m(《遥感影像公开使用管理规定》中明确公开使用的遥感影像地面分辨率不得低于 0.5 m),低空遥感影像数据分辨率高达 0.1 m,对地物细节刻画清晰明确,有利于准确识别和判读地物类别及划定地物边界,对不同时期地物变化的判读也较为准确、容易(如图 4 所示)。

(3) 位置精度。选取试验区内具有对比性的多个像控点进行位置精度检测对比。谷歌上下载的试验区影像偏移量中误差约为 1.75 mm,低空遥感获取的试验区影像偏移量中误差约为 0.47 mm。可以看出,低空遥感获取的试验区影像偏移量更小,能真实地反映地物的绝对位置。



201611 谷歌下载(0.6 m) 201701 低空遥感获取(0.1 m)

图 4 试验区两种 DOM 数据分辨率比较

3 低空遥感在水土保持规划中的应用

通过上述分析,可以看出低空遥感 DEM 和 DOM 数据成果在时效性、分辨率和位置精度上都有巨大的优势,能够满足水土保持规划的要求。通过 DEM 和 DOM 数据,可以很方便地提取到试验区内的水土保持治理现状信息。主要包括土地利用现状、沟道现状分布、图斑采集及工程区域内地形的坡度、坡向分布情况等。水土保持治理现状信息的准确性直接决定了后期水土保持规划方案的合理性。

3.1 土地利用现状信息获取

根据相关规范标准,借助 ArcGIS 软件,采用目视解译的方法,按照用地类型,可绘制试验区水保治理工程土地利用现状图(附图 10),并可对不同类别现状图斑数量、面积及其所占比例进行统计,为后期水土保持规划提供了详细的基础数据支持。

3.2 沟道现状分布信息获取

沟道分布图能够分析试验区的沟蚀强度,从而更准确地了解试验区的水土流失现状,为水土保持规划提高支撑。在 ArcGIS 中加载 DEM 成果,借助其 Spatial Analyst 工具中的“水文分析”模块,可提取试验区沟道现状分布图(图 5)。



图 5 利用低空遥感资料提取的试验区沟道现状分布

3.3 图斑采集

依据 DOM 中不同像元的灰度值所反映出的地物光谱特性,综合目标物的大小、形状、阴影、颜色、纹理、

图案、位置及周围的系统进行分析、比较和判断,划定范围并赋相应属性,完成图斑采集(图 6)。同时,为提高获取图斑的精度,可在 DOM 基础上,叠加 DEM,利用 DEM 包含的地形高程信息构建三维场景,从而进行地物判读、划定图斑边线并赋相应属性(图 7)。

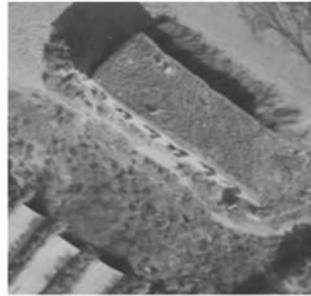


图 6 DOM 图斑采集

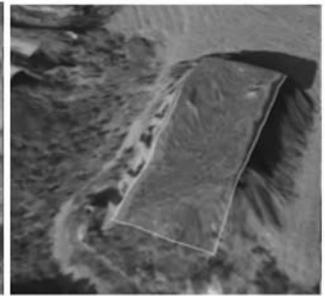


图 7 DOM 叠加 DEM 图斑采集

3.4 坡度、坡向信息提取

坡度、坡向信息的提取主要依据 DEM 成果来完成。在 ArcGIS 软件中,执行 3D Analyst 工具下的坡度或坡向分析功能,设置坡度分级和阳坡、阴坡参数,可提取试验区内的坡度分析结果(附图 11)和坡向分析结果(图 8)。

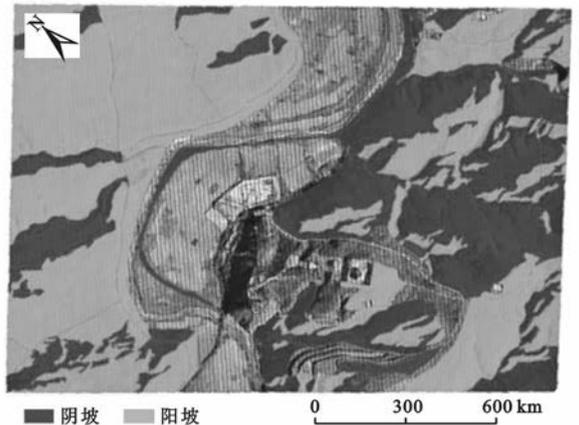


图 8 利用低空遥感数据完成的试验区地形坡向分析

4 结论

通过分析低空遥感技术的基本特点,结合水土保持规划的相关要求,选取特定试验区进行低空遥感数据的获取。从 3 个方面比较分析了低空遥感数据的优势所在,探索了低空遥感成果在水土保持规划前期基础信息获取阶段的基础应用。试验结果表明,低空遥感不但具有灵活性好,时效性好,数据精度高等基础优点,而且借助其他地理信息系统软件,可方便、快捷提取地形现状信息和水土保持治理现状信息,大大提高工作效率(实际试验约节省 2/3 时间),更能满足水土保持规划设计的要求。低空遥感数据应用于水土保持规划具备广阔前景。

- 47(7): 699-707.
- [13] Zhang X C. New insights on using fallout radionuclides to estimate soil redistribution rates[J]. Soil Science Society of American Journal, 2014,79:1-8.
- [14] Porto P, Walling D E. Using plot experiments to test the validity of mass balance models employed to estimate soil redistribution rates ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ measurements[J]. Journal of Applied Radiation and Isotopes, 2012,70:2451-2459.
- [15] Porto P, Walling D E, Ferro V, et al. Validating erosion rate estimates provided by caesium-137 measurements for two small forested catchments in Calabria, Southern Italy[J]. Land Degradation and Development, 2003,14:389-408.
- [16] Porto P, Walling D E. Validating the use of ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ measurements to estimate rates of soil loss from cultivated land in Southern Italy[J]. Environmental Radioactivity Journal, 2012,106:47-57.
- [17] Porto P, Walling D E, Callegari E, et al. Using caesium-137 and unsupported lead-210 measurements to explore the relationship between sediment mobilization, sediment delivery and sediment yield for a Calabrian catchment [J]. Marine and Freshwater Research, 2009,60:680-689.
- [18] Wakiyama Y, Onda Y, Mizugaki S, et al. Soil erosion rates on forested mountain hillslopes estimated using ^{137}Cs and $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ [J]. Geoderma, 2010,159:39-52.
- [19] Zhang X C, Zhang G H, Wei X, et al. Evaluation of ^{137}Cs conversion models and parameter sensitivity for erosion estimation [J]. Journal of Environmental Quality, 2015,44:789-802.
- [20] Walling D E, Zhang Y, He Q. Models for deriving estimates of erosion and deposition rates from fallout radionuclide (caesium-137, excess lead-210, and beryllium-7) measurements and the development of user friendly software for model implementation[C]// Impact of soil conservation measures on erosion control and soil quality. IAEATECDOC-1665. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2011:11-33.
- [21] Walling D E, Quine T A. Calibration of caesium-137 measurements to provide quantitative erosion rate data [J]. Land Degradation and Rehabilitation, 1990,2:161-175.
- [22] Walling D E, He Q. Improved models for estimating soil erosion rates from cesium-137 measurements[J]. Journal of Environmental Quality, 1999,28:611-622.
- [23] Li S, Lobb D A, Tiessen H D, et al. Selecting and applying cesium-137 conversion models to estimate soil erosion rates in cultivated fields[J]. Journal of Environmental Quality, 2010,39:204-219.
- [24] Zhang X C, Zhang G H, Wei X. How to make ^{137}Cs erosion estimation more useful: An uncertainty perspective[J]. Geoderma, 2015,239/240:186-194.
- [25] 方华军,杨学明,张晓平,等. ^{137}Cs 示踪技术研究坡耕地黑土侵蚀和沉积特征[J]. 生态学报,2015,25(6):1376-1382.
- [26] 李俊杰,李勇,王仰,等. 三江源区东西样带土壤侵蚀的 ^{137}Cs 和 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 示踪研究[J]. 环境科学研究,2009,22(12):1452-1459.
- [27] 唐翔宇,杨浩,赵其国,等. ^{137}Cs 示踪技术在土壤侵蚀估算中的应用研究进展[J]. 地球科学进展,2000,15(5):576-582.

(上接第 341 页)

[参 考 文 献]

- [1] 王勇,鄢铁平,刘岩松. GIS 在水土保持规划设计中的应用[J]. 中国水土保持,2005(10):39-40.
- [2] 王继军,谢永生,赵昭侠,等. 水土保持规划设计系统初论[J]. 水土保持通报,1996,16(1):23-27.
- [3] 胡恒,王臻. 关于“精准水土保持”的实践与思考[J]. 中国水土保持,2016(2):30-32.
- [4] 汪沛,罗锡文,周志艳,等. 基于微小型无人机的遥感信息获取关键技术综述[J]. 农业工程学报,2014,30(18):1-12.
- [5] 张雅文,许文盛,沈盛彧,等. 无人机遥感技术在水土保持监测中的应用:方法构建[J]. 中国水土保持科学,2017,15(1):134-140.
- [6] 李志学,颜紫科,张曦. 无人机测绘数据处理关键技术及应用探究[J]. 测绘通报,2017(S1):36-40.
- [7] 彭大雷,许强,董秀军,等. 无人机低空摄影测量在黄土滑坡调查评估中的应用[J]. 地球科学进展,2017,32(3):319-330.
- [8] 宋月君,周春波,廖凯涛. 无人机遥测系统在水保监测中的需求分析与引进探讨[J]. 水土保持应用技术,2016(5):24-27.
- [9] 冯晓东. 试论无人机遥感在水土保持中的应用[C]// 中国水土保持学会预防监督专业委员会. 中国水土保持学会预防监督专业委员会第九次会议暨学术研讨会论文集. 2015.
- [10] 王志良,付贵增,韦立伟,等. 无人机低空遥感技术在线工程水土保持监测中的应用探讨:以新建重庆至万州铁路为例[J]. 中国水土保持科学,2015,13(4):109-113.
- [11] 王利勇. 无人机低空遥感数字影像自动拼接与快速定位技术研究[D]. 郑州:解放军信息工程大学,2011.
- [12] 自由路,金继运,杨俐苹,等. 低空遥感技术及其在精准农业中的应用[J]. 土壤肥料,2004(1):3-6.