

无人机低空遥感技术在大藤峡工程中的应用实践

孙雨¹,黄鹏嘉²,杨健达¹

(1.中水珠江规划勘测设计有限公司,510610,广州;2.广西大藤峡水利枢纽开发有限责任公司,537226,桂平)

摘要:为满足大藤峡水利枢纽的工程全生命周期建设管理需求,采用多种类型低空遥感无人机对大藤峡主要施工区域进行周期性航摄,建立了一套快速生产无人机航摄成果的技术流程,获取了360度全景图、航摄视频、正射影像、三维实景模型、数字地形图等多种航摄成果。对各项成果进行融合集成和综合利用,对不同时期的成果进行比较分析,为大藤峡水利枢纽的工程设计、工程移民、施工进度安全与质量管理、工程形象展示、BIM系统构建、智慧大藤峡建设等方面提供技术支持。

关键词:低空遥感;无人机;大藤峡水利枢纽;实景模型

Application of low altitude remote sensing technology of UAV in Datengxia Hydraulic Project//SunYu, Huang Pengjia, Yang Jianda

Abstract: In order to meet the needs of the whole life cycle construction management of Datengxia Hydraulic Project, a periodic aerial photography of the main construction areas of Datengxia Hydraulic Project is carried out by using the low-altitude remote sensing technology of UAV, a set of technical flow for the rapid production of UAV aerial results is established, and 360 degree panoramic map, aerial video, orthophotoimage, three-dimensional reality model, digital topographic map and other aerial results are obtained. The results of integration and comprehensive utilization and the results of different periods of comparative analysis provided technical support for the design, immigration schedule safety and quality management, image display, BIM system construction, "intelligent Datengxia" and other aspects of the project.

Keywords: low-altitude remote sensing; UAV; Datengxia Hydraulic Project; three-dimensional reality

中图分类号:TP79+TV61

文献标识码:B

文章编号:1000-1123(2020)04-0095-03

大藤峡水利枢纽开发任务为防洪、航运、发电、补水压咸、灌溉等综合利用。近年来低空遥感技术已成为获取地理信息数据的重要手段。大藤峡工程建设者综合利用多种类型无人机搭载不同传感器进行航空摄影,采集枢纽坝址重点施工区及库区施工区域影像数据,制作正射影像及三维实景模型,为大藤峡水利枢纽设计、建设、运营提供全生命周期服务。

一、无人机航摄技术现状

近年来随着无人机软硬件技术

的迅猛发展,无人机低空遥感技术已成为一种快速、高效获取地形信息的必备科技手段。无人机低空遥感具有机动性强、成本低、精度高等特点,可快速获取影像生产全景图、正射影像、数字地表模型、数字线划图、三维实景模型等产品。旋翼无人机平台适用于机动性强、面积小的航摄测区,固定翼平台适用于高飞场合高效获取影像。成果可用在工程设计、工程移民、施工进度安全与质量管理、工程形象展示、BIM系统构建、智慧大藤峡建设等方面,航摄成果具有直观性强、现势性强、精度

高等特点,各项航摄成果在大藤峡水利枢纽建设过程中融合综合、比较分析,助力大藤峡水利枢纽工程建设。

二、技术路线

根据航摄区域特点,将测区分为三种类型航摄区域,分别采用三种不同采集设备(见表1)。一是坝址重点施工区域,施工强度大,构筑物建设形象变化快,监测量测等需求对采集精度要求较高,通过采用大疆六旋翼无人机挂载倾斜摄影五镜头进行航摄采集,满足高效高精度航摄建模需

收稿日期:2019-11-18

作者简介:孙雨,公司空间技术所副总工程师,高级工程师。

求;二是坝址区库区淹没、抬田工程、防护设施等大面积航摄区域,采用油动固定翼无人机进行航摄采集,搭载正射相机吊仓,以高重叠度方式采集,满足高效大面积航摄采集需求;三是小于1 km²零星点状区域,如移民安置点、库区零星泵站、零星护岸工程等,该类小面积采用大疆精灵4pro进行航摄采集处理,满足分散作业和小面积航摄要求。

1.航摄采集

航摄采集六旋翼五镜头倾斜相机航向和旁向重叠度为75%,相对航高120~200 m;大疆精灵4pro因像幅小,正射和倾斜采集重叠度80%,相对航高120 m以下;油动固定翼飞机航向重叠度75%,旁向重叠度60%。

利用大疆精灵4Pro进行无人机航摄视频和360°全景图采集生产,周期性航摄采集,视频动态记录枢纽区的不同时期的施工面貌,融入解说和字幕及设计方案,全方位动态展示工程现场。360°全景图进行定点周期性航摄,提供交互性较强的定点静态展示,客观真实地展示施工现场全貌,让工程参与各方和社会各界便捷了解施工现场。

2.像控布设

为更好地控制精度,采用飞行前布测像控方案。因测区在飞行情况下难以找到地面固定点作为像控点,在飞行前布测像控对于提高成果精度尤为重要。根据测区地形及测区条件,针对坝址区及库区测区采用均匀布点,周边加密布设方案,按相邻点间距700m内进行点布设,满足2点/km²的技术要求。重点施工区及零星测区采用均匀布点方案,按相邻点间距

300 m进行布设。

3.内业处理技术路线

正射影像和三维点云生产,首先对采集的影像和像控进行预处理,将处理好的影像及外业像控点成果导入全数字摄影测量处理软件pix4d中进行像控刺点,通过采用空中三角测量,求得加密点的大地坐标和影像的外方位元素,之后可生成三维点云模型、正射影像及数字地表模型,生产三维实景模型。

三维实景模型生产:首先对采集的影像和像控进行预处理,像控密度对模型精度影响较大,高精度模型需要较密的像控密度,将处理好的影像及外业像控点成果导入三维建模Context Capture软件中进行空中三角测量,求得加密点的大地坐标和影像的外方位元素,之后可生成三维实景模型、正射影像及三维点云。

大藤峡水利枢纽涉水较多,水域范围连接点少,在三维建模和正射生产过程中存在大量漏洞和变形,需将生产后的OBJ模型导入修模软件进行修整,如水域压平浮块删剪等,再将修整好的OBJ模型导入Context Cap-

ture软件进行重建可得到修饰后的实景模型和正射影像。

重点施工区高精度建模需基于较高密度的像控点,但是施工区施工地表变化较快,周期性飞行像控经常被破坏,在每次航摄前需确认更新像控点,以保证像控数量,提高精度。重点施工区三维实景模型如图1所示。

三、成果精度

通过量测正射影像或模型上检查点的三维坐标与外业实测值进行比对,检查正射影像和实景模型精度。经实际检测,某期坝址区正射影像平面误差为±0.14 m,模型高程误差为±0.08 m。某期主要施工区倾斜摄影三维精模检查点中平面误差为±0.09 m,满足使用要求;高程误差0.05 m,满足使用要求。可以看出,主要施工区三维建模精度可满足枢纽建设需求。

四、成果应用

1.设计阶段

基于航摄影像的空三计算完成



图1 重点施工区三维实景模型

表1 无人机平台及挂载的航摄仪

无人机平台	无人机参数	搭载航摄像机	航摄像机参数	适用区域
DJI phantom4pro	续航 26 min 电动四旋翼	phantom4pro 相机	20 mm 焦距/200 万像素	全景图,小面积倾斜航摄
DJI-M600P	续航 28 min 电动六旋翼	五镜头倾斜相机	25 mm/35 mm 焦距/1.2 亿像素	坝址重点施工区域倾斜航摄
LT-150	续航 2 h 油动固定翼	尼康 D800	35 mm 焦距 /3600 万像素	坝址区库区区域正射航摄

后,进行快速3D数字测图,也可基于三维实景模型进行裸眼3D测图,快速生成地形图成果,获取测区地形地貌,基于该成果完成副坝区部分地形的测量;基于三维点云模型及DSM模型,可直接在模型上进行断面提取,整个库区范围基于模型进行库容估算和洪水淹没分析。

移民安置方面,在封库令下达后及时获取并生产正射影像及模型,作为抢建执法留底证据。在有历史价值的拆迁搬迁地点采集影像和模型数据,作为历史存档,为枢纽博物馆建设积累素材。对移民安置村庄在拆除建设前后分别进行飞行航摄,用以比较拆迁群众拆迁前后的变化,也为拆迁群众留下拆迁前的宝贵记忆资料。

水土保持监测方面,利用无人机低空遥感技术并结合传统定位观测手段,能够精细化、量化完成土地利用类型、扰动范围及流失量、弃渣场挖填方量、水土流失隐患及危害和水土保持措施等监测工作。通过高分辨率正射影像可以清晰辨识工程扰动面的现状及变化情况,详细监测水土流失和植被覆盖情况。

2.建设阶段

(1)施工组织管理

制作高分辨率坝址区正射影像图,生产正射影像挂图,方便全面施工组织管理,为坝址选址、施工布置、料场选择等提供实时素材。高分辨率正射影像可详细监控各个施工面变化,各期资料为不同时点对比分析提供有效参考。

(2)工程进度管理

三维模型具有精确的地理尺度及定位信息,可精确量测各点高程及坐标,方便各方测量各点坐标信息,掌握不同时点水工建筑物的高度尺度等,量出构筑物如大坝填筑高度,方便分析监控施工进度落实情况。

(3)工程安全管理

航摄成果助力施工现场场地管理,施工场地在材料设施堆放、废物废渣清理、临时建筑物布设等方面,通过无人机航摄视频或全景图周期性飞行可清晰看到场地堆放情况,及时掌握施工场地现场状态,节约人工巡视时间及成本。施工现场的危险源也可通过无人机视频和影像进行巡视检查,如对深沟、边坡、临水边围栏或警示牌,以及孔、井口等标志设置情况进行快速巡查,通过无人机影像或视频定期监控危险源的分布与防范措施落实情况。

(4)土方平衡计算

针对料场渣场周期性航摄获得的点云模型和三维实景模型,实时计算场地方量变化。对不同期数据分析比较得出方量变化,高效准确地掌握现场填挖方情况,比传统人工测量提高效率三倍以上,节约人力物力。对于大坝的填筑方量也可在三维实景模型上精确量测,因航摄三维点云模型的点密度可达到厘米级别,相对于人工RTK测量其测得方量精确度更高。

(5)工程形象展示

通过全景图,交互式展示施工现场状况,清晰形象展示施工形象进度,为工程宣传和文明工地建设提供展示窗口。航摄视频可作为工程宣传素材,提升工程影响力。

3.管理系统支持

基于三维实景模型作为大藤峡水利枢纽BIM系统构建的原始地形,与设计模型相结合构建大藤峡BIM系统。三维实景模型及高分辨率正射影像也可作为智慧工地地理信息数据基础,并在不同时点及时更新。

五、结语

在大藤峡水利枢纽工程航摄项目中,通过采用电动四旋翼、油动无

人机单镜头高重叠率航摄、五镜头倾斜摄影联合作业模式,实现了库区和坝址施工区域正射摄影和实景模型的高效生产,实现了不同航摄仪采集数据无缝融合的技术流程。获取得到360°全景图、正射影像、三维实景模型等成果。航摄成果表明:无人机航摄成果能够满足工程设计、库区移民、施工进度安全与质量管理、BIM系统构建、智慧大藤峡建设等方面工程需要。

参考文献:

- [1] 李德仁,等.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(5).
- [2] 张祖勋,等.数字摄影测量学(第二版)[M].武汉:武汉大学出版社,2014.
- [3] 林宗坚.UAV低空航测技术研究[J].测绘科学,2011(1).
- [4] 张国卿,等.实景建模技术在水利工程中的应用探索及精度分析[J].水利规划与设计,2018(2).
- [5] 秦修功.无人机单相机倾斜摄影方案对三维模型定位精度影响分析[D].中国科学院大学,2016.
- [6] 曲林,等.基于无人机倾斜摄影数据的实景三维建模研究[J].测绘与空间地理信息,2015(3).
- [7] 王永生,等.无人机实景三维建模在水利BIM中的应用[J].测绘通报,2018(3).
- [8] 施明新.无人机技术在生产建设项目水土保持监测中的应用[J].水土保持通报,2018(2).
- [9] 高利敏,冯耀楼.多旋翼无人机在工程方量测绘中的应用[J].测绘通报,2018(4).
- [10] 水利水电工程测量规范[S].2013.
- [11] 低空数字航空摄影测量内业规范[S].2010.
- [12] 低空数字航空摄影测量外业规范[S].2010.
- [13] 数字航空摄影测量空中三角测量规范[S].2009.

责任编辑 张金慧