

地形测绘中机载合成孔径雷达技术的运用

赵军锋

克孜勒苏柯尔克孜自治州国土空间规划研究中心, 新疆 克州 830002

[摘要]合成孔径雷达因吱声具备全天候与全天时的优势,近些年来在摄影测量与遥感领域有着极为广泛的应用,并且,通过机载 SAR 系统为其提供了极为丰富可靠的数据支撑,并且,在信息时代背景之下,机载合成孔径雷达也能够令回测工作精度得到大幅度提升。基于此,文中将主要针对如何在地形测绘当中有效应用机载合成孔径雷达技术展开相关探讨研究。

[关键词]地形测绘;机载合成孔径雷达;测量技术

DOI: 10.33142/ec.v5i5.5920

中图分类号: TP79

文献标识码: A

Application of Airborne Synthetic Aperture Radar Technology in Terrain Mapping

ZHAO Junfeng

Kyzylsu Kirgiz Autonomous Prefecture Land and Space Planning Research Center, Kezhou, Xinjiang, 830002, China

Abstract: Synthetic aperture radar has the advantages of all-weather and all-weather due to the squeaking sound. It has been widely used in photogrammetry and remote sensing in recent years. It has been provided with extremely rich and reliable data support through the airborne SAR system. Under the background of the information age, airborne synthetic aperture radar can also greatly improve back testing accuracy. Based on this, this paper will mainly discuss how to effectively apply the airborne synthetic aperture radar technology in terrain mapping.

Keywords: terrain mapping; airborne synthetic aperture radar; surveying technology

引言

在地形测绘中,技术人员通过在飞机或卫星上搭载各种测绘设备,实现了大范围、高精度的地形测绘工作,并且根据不同的测绘环境,设计创造了不同的测绘设备。机载合成孔径雷达技术作为目前较为成熟的地形测绘技术,由于其操作快捷简便并具有测绘精度较高的特点,所以得到了广泛的运用。在测绘图像清晰度上,甚至能达到分米级别,并具有穿透云层的能力,因此该技术在岛屿、海洋、沙漠等区域的探测有着明显的优势。

1 研究背景

21 世纪初期,随着航天测控技术的发展,机载 SAR 图像与干涉仪的研制与应用取得了重大突破。采用先进的惯性导航技术,使得 AIESAR 的载机在接近理想状态 SAR 和 INSAR 图像的空间分辨率快速地提升到了分米级。图像聚焦;辐射修正技术的改善。在干涉和多波段的同时,可以改善雷达图像的辐射品质;多极模式成像技术的应用研究,使 SAR 图像的地物识别性能得到了显著的提高。美国、德国等 SAR 技术成熟的国家,已经将航空高分辨率 SAR 技术用于地形测绘、森林资源调查、环境测绘、地质环境、灾害监控等领域,并不断拓展新的应用领域。在 863 项目的技术攻关中,机载 SAR 的成像分辨率已经达到 05 m,并且获得了多波段多极化图像;同时,对地面进行了地面标绘实验。在国家测绘局的大力支持下,郑州、自贡等地进行了 AIR-SAR 成像技术在航空摄影难点地区的应用,正

快速走向实用^[1]。

2 机载合成孔径雷达的介绍

2.1 合成孔径雷达的干涉技术

这种技术一般都是以飞机和卫星为基础,通过单轨和双轨的方式来进行。综合孔径雷达的干涉条纹图是通过将测量对象与前几日的探测点的几何关系与复轨影像的相位差相结合,得出了 SAR 的干涉条纹图。另外, SAR 干涉技术还能对测量对象进行立体成像和 DEM 数据采集。本文将详细地阐述如下:首先,通过对目标的三维图像的采集,将其与雷达的相位差值进行比较,得出相应的测量结果。其次, DEM 数据的采集主要是利用雷达采集到的数据,采集的过程是将数据处理到干扰条纹上,再将这些数据中的平地效应、相位噪声、相位解缠绕等信息提取出来。

2.2 合成孔径雷达的极化干涉技术以及永久散射体雷达干涉技术

首先分析了极化干涉技术,从名称上看,极化干涉技术就是将 SAR 的偏振和干扰技术结合起来。两者相结合,使 SAR 干涉仪的优势得到了最大程度的发挥,这就是它的极化技术克服了散射机理带来的限制。这种结合的方法,不但可以提高测量的准确度,还可以大大提高测量的效率。其次,对永久散射体雷达干扰技术进行了分析,该技术可以有效地改善远距离测量的准确性,减少大气对测量工作的影响,并对测量对象进行实时监测,从而获得精确的测量结果。

3 机载合成孔径雷达系统的特征

3.1 高精度

SAR 的工作原理是通过接收和发送固定频率的脉冲信号来实现对 SAR 的高精度测量。该系统属于一个独立的收发系统,它的作用是将天线的各个部件集成在一起,然后发送出去,它的数据处理能力很强,可以对接收到的频率脉冲进行处理和分析,从而提高了测量和测量的效率,保证了地图的精度。在新的历史条件下,随着科技的进步,SAR 技术将会得到进一步的提升,系统的功能也会更加完善,使用的准确度也会更高。通过对该系统的调研,发现该雷达的定位精度为 300~1500 M,其平面位置的测量误差为 1 mm,与其它测量方法相比,该方法具有很好的精度^[2]。

3.2 操作简便、探测效益高

机载 SAR 技术将会随着技术的发展而不断更新,性能也会得到改善,测量的准确度也会随之提高。机载 SAR 技术具有操作简单、探测效益高等特点,其应用领域将随着其功能的进一步完善而逐步扩展。以 SAR 为例,无人机在地形测绘中的应用较为广泛,在 25 公里以内,使用人工合成孔径雷达进行地面测量,只需 15-20 分钟即可完成。当测量距离变窄时,会有一个合适的提高。因此,采用 SAR 技术进行测绘,可以节约工作时间,提高工作效率,保证测绘工作的精确度。机载 SAR 是一种集成式的应用系统,它可以实现对采集到的数据进行自动处理,减少了地图绘制的难度,提高了工作的效率^[3]。

4 关键技术的解决途径

4.1 INSAR 地形测量系统的完善

巴西 OBESXT 公司的 ORBEAR1 在市场上具有很强的竞争力;机载 SAR 干扰测试的实用应用。该仪器采用三副 X 波段和一副 P 波段天线,其空间分辨率可达 0.5 米新开发的传感器可达到 0.2 米的分辨率。数字制程模式:数字表面模式,DSM,DSM,DOM,等高线。它对多波段、多极化的彩色合成图像进行了高效率、高的数据采集和数据产品的生产。我国目前研制的 AIRSAR 系统在地形测量中具有多种功能和技术特点。其空间分辨率达到 0.5 米以上,其成像质量与国外的双天线在涉法测量系统及多频带多极化成像实验均取得了较好的效果。目前,参考国外成熟的 AIRSAR 技术体系,以提高其集成程度和实用性。毫无疑问,这是一种更好的研究方式。

4.2 飞行和导航

在郑州等地进行了大量的飞行实验,证明了 AIRSAR 成像质量与飞机平台在空中的稳定性有着很大的关系。所以。在进行地面测绘时,需要选用合适的机载雷达;装有高精密度自动驾驶系统的飞机。机载 SAR 的干扰与成像需要在一条直线上;匀速等高飞行时,飞行品质直接影响到图像、干扰测量的精确性和品质,同时也会对采集到的资料产生影响。因此,必须按照差分定位系统和惯性导航系统

所记录的航迹,来及时地检验飞机的飞行状态。对获得的资料的正确性和回波信号的品质检验相结合进行评估。

4.3 成像

多普勒参数估计与运动补偿是机载合成孔径雷达图像处理中的核心问题。通过 DGPS、NS 等数据,可以将不理想的飞行状态修正为准理想状态。同时,还对多普勒的中心频率和频偏进行了数值模拟。ORBISAR 1 图像的焦点处理。它是按照这种位置和姿势来自动地记录的。目前我国的多普勒参数提取主要依靠雷达的回波资料。如果将这两种方法结合起来,可以提高图像的工作效率,同时也可以提高图像的质量。雷达图像的辐射修正与改善,主要是利用多视处理、天线方向图、以及对地形坡度进行辐射修正,而多波段 SAR 图像则可以利用图像数据进行融合,从而使雷达图像的清晰度和分辨率得到明显改善^[4]。

4.4 DGPS/INS 测量系统

利用高精度的时差测量系统,可以实现对雷达回声、DGE、INS 等数据的实时同步,校正机载 SAR 的相位中心和机载 GPS 天线中心的空间位置偏差。对其进行预处理,并对其进行了绘制,并进行了绘制。该系统能在很小的控制点的情况下,实现图像的几何处理和高程的精确计算。

4.5 INSAR 数据处理

NSAR 的数据处理过程主要有:对共轭天线进行单视复像配准;消除平地效应,相位噪声过滤,相位解缠,高程计算,地理编码 24. INSAR 信号处理中的核心问题是三个子天线的相位解缠 ORBEAR1。利用一对短基线天线所获得的相位值为模式,有效地解决了求解相位解缠问题的难题。

4.6 合成孔径雷达地形测量的几何问题

航空 SAR 采集到的影像要经过多种几何处理:几何前处理;计算 DEM、DSM、雷达图像的正射校正等。(1)基于倾斜图像的几何预处理:采用 DGK、INS 等方法进行插值,得到了雷达天线中心的位置和姿态。图像的几何前处理与再取样。(2)测绘带校正:地图带校正的目标是在测量过程中,排除不同观测数据造成的系统误差。测绘带的调整可以单独或联合构造航线同时进行。(3)计算 DEM 和 DM;在干涉测量结束后,DEM 和 DSM 可以根据基准坐标系统进行计算。采用 X 波段天线,利用 P 频带穿透植被,实现了对 DEM 和 DSM 的同步计算。(4)对雷达图像进行正射校正;在 SAR 干涉仪系统中,一般采用(1)(3)的步骤,用计算出的 DEM 和 DCM 对雷达图像进行正射校正。在无干涉测量功能的情况下,利用已有的 DEM 资料,对雷达图像进行正射校正等^[5]。

4.7 正射影像和 DEM 的镶嵌

SAR 采集到的图像具有很大的侧视图,在山地和丘陵地带,为了获得更多的数据,必须要从不同的角度来获得数据,所以不管是正射修正的雷达图像,还是 DEM、DSM,都要经过多个角度的处理,虽然技术上比较复杂,但也能大大提升数据的质量。

4.8 多波段、多极化雷达影像的合成

随着机载 SAR 成像技术的推广,尤其是在地形测量方面,越来越多的人将注意力集中在雷达图像上,因为 SAR 的成像原理和成像方法与光学图像有很大的区别。不同频率、不同极化模式、不同波段的雷达图像在不同区域的不同情况下,可以根据不同区域的不同情况,选用合适的雷达系统工作参数。

5 机载合成孔径雷达技术在地形测绘中的应用与进展分析

5.1 机载合成孔径雷达技术在地形测绘中的应用

机载 SAR 技术最初是用于导航的;随着技术的进步,该系统的功能得到了极大的提高,其应用范围也越来越广,在地形图中得到了广泛的应用。机载 SAR 的技术工作原来是由 SAR 接收的;该系统能够满足海洋、天空和地面测绘的要求,能够实时监测测绘对象。该系统可用于地形图的大型测控网络,能够采集大量的测量对象的资料,能够对岛屿、丘陵、平原等地貌进行地貌形态的测量,能够监控地壳的活动。SAR 技术是一种广泛的工程测绘技术,它可以利用 SAR 进行空间摄影和监视,实现多角度、多方位的测量和监测,全方位地采集数据,提高测量的准确率。很多地方,地形都很复杂。由于气候变化速度快,常规的测绘手段已不能适应这种情况,因此,利用机载 SAR 技术可以解决这一问题,利用雷达干扰来实现测量,可以克服气候和地形等因素的干扰,保证了测量的准确性^[6]。

5.2 机载合成孔径雷达应用于工程测量

除地形探测外,机载 SAR 还可以用于工程测量。与常规的方法相比,机载 SAR 技术的进步使这种技术更为经济和精确。由于测量技术的精确度是工程安全的关键,因此相对于其它方法,设计者更倾向于使用机载 SAR 技术。该系统不但能够准确地为工程实体提供有效的数据,而且能够从多个角度进行检测与监测,从而达到高效率的工作。

6 机载合成孔径雷达技术的前景展望

在信息时代,科学技术发展迅速;机载 SAR 技术正在逐步完善,已在各方面得到了较为成熟的应用,并取得了明显的成效。国内对 SAR 技术的研究相对滞后,许多学者都在致力于提高 SAR 的精度;准确的测量,保证资料的可靠采集。机载 SAR 技术发展很快,但也有其局限性。在未来,雷达测量的解析度可以得到改善,比如,雷达测量系统的解析度,机载 SAR 的解析度,主要是由合成孔的长度和发射的雷达宽度所决定的。通过改进雷达测量的解析度,可以在不调节平台高度的情况下,保证测量的精确度,避免了无载荷平台的不稳定对测量精度的影响,机载 SAR 是一种新的测量技术,它被广泛地用于地形测绘,

具有高精度和高效率,机载 SAR 技术发展潜力巨大,技术开发领域和应用领域均有广阔的发展前景^[7]。

7 结语

综合上文所述,机载合成孔径雷达技术以及相关勘测系统目前在诸多行业领域当中有着广泛应用范围,特别是在地形勘探领域的测绘工作而言有着极为重要的显示意义,虽然这一技术在现阶段仍存有一定缺陷,但是,伴随相关技术发展,其必然会得到进一步完善,为测绘领域可持续健康发展打下坚实基础,并拥有更加广阔的发展前景。

[参考文献]

- [1]金林,吴福伟,杨予昊,等.机载视频合成孔径雷达成像技术研究[J].微波学报,2020,36(1):4.
- [2]王茂枚,王刘宇,蔡军,等.合成孔径雷达干涉测量技术在水利工程形变监测应用方面的研究进展[J].江苏水利,2021(2):6.
- [3]高彦军.隧道工程测绘中 InSAR 测绘技术应用分析[J].中国勘察设计,2020(11):3.
- [4]黄岩,赵博,陶明亮,等.合成孔径雷达抗干扰技术综述[J].雷达学报,2020,9(1):89.
- [5]赵春,杨会臣,付湘宁.合成孔径雷达干涉测量技术在卫星监测大坝中的应用[J].中国勘察设计,2022(6):67.
- [6]薛继群.合成孔径雷达干涉测量技术在地基形变监测中的应用[J].城市建筑,2020,17(14):2.
- [7]韦立登,李永杰,孙中昶,等.机载毫米波 InSAR 测绘困难地区地形测图实践[J].南京信息工程大学学报:自然科学版,2020,12(2):10.
- [8]闫飞飞,常文革,黎向阳,等.星机双基地合成孔径雷达方位向成像性能分析[J].国防科技大学学报,2017(6):89.
- [9]杨琰之,董继先,乔丽洁,等.多通道烘缸通道内蒸汽冷凝流动对传热特性的影响[J].中国造纸,2019(5):89.
- [10]丁孝超,杨媛,陈福,等.多通道超声波数据采集传输实现方法[J].信息技术与网络安全,2018(7):89.
- [11]跃春.基于图像信号采集的多通道模拟前端集成电路设计[J].计算机产品与流通,2018(3):89.
- [11]宋占军,张继贤,黄国满,等.基于斜距测量误差改正的机载 SAR 间接定位方法研究[J].遥感信息,2011(8):78.
- [12]崔月菊.飞利浦针对移动应用推出先进的高分辨率显示器[J].电源世界,2004(8):56.

作者简介:赵军锋(1979.5-)男,乌鲁木齐陆军学院,政法专业,克州国土空间规划研究中心,高级工程师,测绘规划设计。