

快速 GNSS 精密布网在偏远海岛无人机遥感监测中的应用

鲍平勇¹, 张钊¹, 谢家颀¹, 高宁², 蔡志刚³, 刘微微³

(1. 国家海洋局温州海洋环境监测中心站 温州 325013; 2. 国家海洋环境监测中心 大连 116023;
3. 浙江省第一测绘院 杭州 310012)

摘要: 文章提出快速 GNSS 精密布网技术在无通信信号、无控制点的偏远海岛无人机遥感监测中的应用, 并在浙闽交界的七星列岛进行实践, 结果表明: 采用 GNSS 精密布网技术融合无人机遥感方法, 能够快速获取高精度的海岛 3D(DLG、DEM、DOM) 和实景三维数据, 可为偏远海岛监测评价提供重要的基础地理信息, 实现对偏远海岛资源环境和开发利用状况的动态监控。

关键词: 海岛管理; 无人机; 遥感技术; 动态监视监测

中图分类号: P74 文献标志码: A 文章编号: 1005-9857(2016)S2-0101-04

Application of GNSS Precise Control Network Rapid Setting Technology for UAV Remote Sensing Monitoring in Remote Islands

BAO Pingyong¹, ZHANG Zhao¹, XIE Jiaqi¹, GAO Ning²,
CAI Zhigang³, LIU Weiwei³

(1. Wenzhou Marine Environmental Monitoring Center Station of State Oceanic Administration, Wenzhou 325013, China; 2. Marine Environmental Monitoring Center, Dalian 116023, China; 3. The First Survey Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The paper described the application of Global Navigation Satellite System(GNSS) Precise Control Network Rapid Setting Technology in remote islands where there are no communication signal or control points. The conclusion based on the test in Qixing Archipelago demonstrates that it is able to obtain high-precision 3D(DLG, DEM, DOM) data and Real Three-Dimensional data of remote islands quickly by combining GNSS Precise Control Network Set-up Technology and Unmanned Aerial Vehicle(UAV) Remote Sensing Technology. This application provided a series of crucial basic geographic information for remote island monitoring and evaluation, in order to dynamic monitor the resources, environment, as well as development and utilization status in remote islands.

Key words: Island management, Unmanned aerial vehicle, Remote sensing technique, Dynamic monitoring and monitoring

基金项目: 海岛监视监测体系建设与业务化运行项目(2200204)。

作者简介: 鲍平勇, 工程师, 硕士, 研究方向为海域海岛监测, 电子信箱: baopingyong@eastsea.gov.cn

通信作者: 高宁, 助理研究员, 硕士, 研究方向为海域海岛监测, 电子信箱: 15907691@qq.com

海岛是人类开发海洋的前进支点,是特殊的海洋资源,也是海洋生态系统的组成部分^[1]。对海岛进行常态化监视监测是动态掌握海岛资源环境和开发利用状况、分析变化趋势和潜在生态风险的重要途径。无人机遥感作为一种新型监测手段应用于海岛监测,有效弥补传统监测技术手段的不足^[2],尤其在远离陆地、交通不便、登岛条件差的偏远海岛区域,无人机遥感技术在快速获取高精度岛陆地形信息方面具有明显优势。但在无通信信号、无高等级控制点的偏远海岛的无人机遥感监测中,监测精度和效率主要受制于地面控制网的布设方法。本文提出采用快速 GNSS 精密布网技术融合无人机遥感的方法获取高精度的海岛 3D(DLG、DEM、DOM)和实景三维数据,为偏远海岛监视监测提供重要的基础地理信息,有效提升海岛监视监测的效率和精度。

1 常用无人机遥感地面控制网布设方法

目前无人机遥感地面控制网布设方法主要有经典 GPS 静态相对定位测量法、RTK 或网络 RTK 测量法、精密单点定位法。

经典 GPS 静态相对定位测量法是在目标海岛区域布设至少 3 个地面控制点同步静态观测,并联网已有 GNSS 控制点,再进行空间基线网的解算与平差计算,获取无人机遥感影像后续处理所需的厘米级精度地面控制网成果^[3]。

RTK 测量是在目标海岛区域选取一个高等级 GNSS 控制点架设基准站,在通信范围内对流动站观测数据进行实时差分解算,获取厘米级精度地面控制网成果。网络 RTK 技术是指基于 GNSS 基站网、数据通信网、实时数据处理中心组成的 GNSS 连续运行系统,对流动站观测数据进行实时差分改正,获取厘米级精度地面控制网成果。

GPS 精密单点定位(PPP)是一种非差分定位技术,利用若干 IGS(最终精密星历)跟踪站数据计算出的精密卫星轨道参数和卫星钟差,对单台接收机采集的相位和伪距观测值进行非差分定位处理,实现单点定位计算^[4]。

使用经典 GPS 相对定位静态测量法、常规 RTK 测量技术时均要求目标海岛区域有高精度

GNSS 控制点,通常偏远海岛区域无法满足这一要求。使用当前应用最广泛的网络 RTK 测量技术时需要有稳定的 GPRS 通信信号,而偏远海岛地区 GPRS 信号弱甚至无信号。使用精密单点定位技术虽不要求有已知控制点,同时不受网络通信条件限制,但其需要使用 IGS 发布的事后精密星历,而事后精密星历的发布至少要 10 d 以后,会影响海岛监视监测的时效性。

2 偏远海岛无人机遥感地面控制解决方案

针对常规地面控制网布设方法在偏远海岛无人机遥感监测应用中的不足,本文提出快速 GNSS 精密布网法。快速 GNSS 精密控制网主要由沿岸高精度 GNSS 基准站点、海岛长时段 GNSS 测站控制点、海岛短时段 GNSS 测站控制点 3 个层次的控制网点组成。

2.1 沿岸高精度 GNSS 基准站点

快速 GNSS 精密控制网的布设首先需要有高精度的连续运行的 GNSS 站点作为参考基准,提供高精度起算基准与连续运行观测数据。对没有高精度 GNSS 连续运行基准站点的区域可考虑在国家 927 工程建设的海岛(礁)B 级卫星定位大地控制点架设临时基准站,提供高精度观测数据。

2.2 海岛长时段 GNSS 测站控制点

在偏远海岛上为获取高精度的区域 GNSS 控制成果,需在目标海岛区域选择若干个观测条件良好的标志点作为长时段 GNSS 测站控制点,观测时长大于 4 h。

为确保长时段观测数据的精确可靠与冗余,同时兼顾效率,设置 2 个长时段 GNSS 测站控制点。

2.3 海岛短时段 GNSS 测站控制点

短时段 GNSS 测站控制点是在长时段测站控制点观测的同步周期内,以相对定位静态 GNSS 测量方式快速采集特征点的观测成果资料(观测时段约为 15 min)。短时段 GNSS 测站控制点采用快速固定装置直接将设备天线安置在特征点上,观测过程中应确保点位的绝对静止。

3 快速 GNSS 精密布网在偏远海岛的试验

七星列岛位于浙江省苍南县霞关渔港东偏南海域约 40 km 处,通信信号未正常覆盖,星仔岛、东

星仔岛 2 个主岛植被覆盖度大、无登岛码头,其余小
岛周围礁石众多、船只无法靠近,常规监测方法受
到限制。

3.1 无人机遥感数据获取

本次选用德国 MD4-1000 无人机遥感系统,
其抗风性能达到 12 m/s,安全性高,适用于偏远海
岛条件的特殊需求。飞行设计地面分辨率为
2.6 cm、航高 200 m、航向和旁向重叠均为 75%,共
获取遥感影像 259 幅,影像分辨率为 7 630 像素×4
912 像素。

3.2 快速 GNSS 精密控制网数据获取

快速 GNSS 精密控制网布设中采用距离测区
最近的省级 GNSS 基站霞关(XIAG)和国家 GNSS
基准站苍南(ZJCN)两个站点全天候不间断的观测
数据。在星仔岛、东星仔岛两个主岛上布设两座长
时段 GNSS 测站控制点(JZ01、JZ02),数据采集时
间为 4 h。在长时段 GNSS 测站控制点观测的同步
周期,同时使用 4 台 GNSS 观测设备观测短时段
GNSS 测站控制点,每个测点数据采集平均时间为
15.3 min。

3.3 快速 GNSS 控制网数据处理

将省级 GNSS 基准站霞关(XIAG)和国家
GNSS 基准站苍南(ZJCN)两个基准站数据与两个
长时段测站控制点数据(JZ01、JZ02)进行联合解
算,获取两个长时段测站控制点(JZ01、JZ02)的
CGCS2000 坐标。然后利用长时段测站控制点
(JZ01、JZ02)的解算成果,对 20 个短时段测站控
制点数据进行基线解算与坐标成果推算,获取 20 个
短时段测站控制点的 CGCS2000 坐标。地面控制网
布设如图 1 所示。

3.4 遥感影像数据处理

选取均匀分布的 10 个地面控制点,对无人机遥
感获取的数字影像进行控制点转刺、空中三角测
量、点云提取及数字微分纠正等处理,获取七星列
岛数字正射影像图(DOM)及实景三维地图,在空三
处理的基础上生成数字地形图(DLG)和数字地面
高程模型(DEM)。

3.5 成果数据精度分析

以 20 个短时段 GNSS 测站控制点解算成果的均

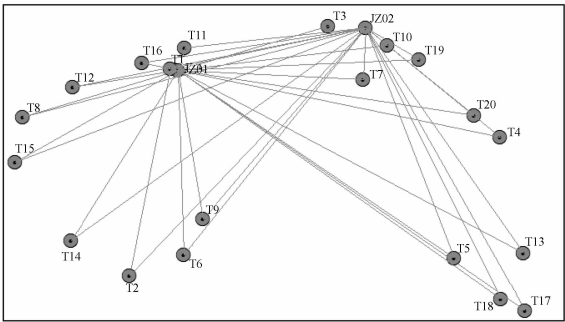


图 1 地面控制网布设示意

值作为真值,对分别基于两个长时段测站控制点
(JZ01、JZ02)成果为起算数据推算获取的每个短时段
测站控制点成果进行比较,计算 20 个点观测中误差
评定本次 GNSS 精密测量控制网点位精度(表 1)。

表 1 GNSS 精密测量控制网点位精度评定 m

精 度	JZ01				JZ02			
	m_x	m_y	m_{xy}	m_H	m_x	m_y	m_{xy}	m_H
	0.002 8	0.003 2	0.004 3	0.006 4	0.003 3	0.003 3	0.004 6	0.005 3

利用未参与空中三角测量的 10 个地面控制点作
为检查点与成果图上对应的特征点分别进行平面及
高程精度检测(表 2)。x 方向最大误差为 0.10 m、中
误差为 0.06 m,y 方向最大误差为 0.08 m、中误差为
0.05 m,平面位置最大误差为 0.13 m、中误差为
0.08 m,高程最大误差为 0.12 m、中误差为 0.10 m,
均满足 1:500 比例尺成图精度要求。

表 2 地形数据精度评定 m

点号	Δx	Δy	ΔH
T5	0.06	0.01	-0.09
T8	-0.07	-0.03	-0.11
T9	0.08	0.08	0.10
T10	-0.04	0.08	-0.11
T13	0.05	-0.04	-0.02
T14	0.04	0.04	-0.12
T15	0.04	0.03	0.12
T16	0.03	0.05	-0.04
T17	-0.07	-0.02	-0.12
T20	0.10	0.01	-0.08

4 结语

本研究提出基于沿岸陆地基准站、海岛长时段测站控制点、海岛短时段测站控制点 3 级布网的方法快速获取无人机遥感地面控制网数据,解决偏远海岛无人机遥感监测精度受通信信号和控制点制约的问题。该方法在七星列岛的无人机遥感监测实践中表明,基于无人机遥感获取的高精度基础地理信息对海岛资源环境和开发利用状况进行常态化监视监测的方法具有可行性和优越性。

(上接第 87 页内容)

[22] KENNEDY A, GRAVOIS U, ZACHRY B, et al. Origin of the Hurricane Ike Forerunner Surge[J]. Geophysical Research Letters, 2011; L08805.

[23] KENNEDY A B, KIRBY J T, CHEN Q, et al. Boussinesq-type equations with improved nonlinear performance [J]. Wave Motion, 2001, 33; 225—243.

[24] LEHRMAN J B, HIGGINS C, COX D. Performance of Highway Bridge Girder Anchorages under Simulated Hurricane Wave Induced Loads[J]. Journal of Bridge Engineering, 2012, 17; 259—271.

[25] LIN N, VANMARCKE E, YAU S C. Windborne debris risk analysis; Part II. Application in structural vulnerability modeling[J]. Wind and Structures, 2010, 13(2); 207—220.

[26] LYNETT P J, LIU P L F. A two-layer approach to wave modelling[J]. Proc. Roy. Soc., 2004, 460; 2637—2669.

[27] MADSEN P A, SCHAFFER H A. Higher order Boussinesq-type equations for surface gravity waves-derivation and analysis[J]. Phil. Trans. Roy. Soc. A, 1998, 356; 1—59.

[28] MUSUMECI R E, SVENDSEN I A, VEERAMONY J. The flow in the surf zone; a fully nonlinear Boussinesq-type of approach[J]. Coastal Eng., 2005, 52; 565—598.

[29] SHIMOZONO T, TAJIMA Y, KENNEDY A B, et al. Combined infragravity wave and sea-swell runoff over fringing reefs by super typhoon Haiyan[J]. Geophys. Res. -Oceans,

参考文献

[1] 林宁, 赵培剑, 丰爱平. 海岛资源调查与监测体系研究[J]. 海洋开发与管理, 2013, 30(3); 36—40.

[2] 邓才龙, 刘焱雄. 无人机遥感在海岛海岸带监测中的应用研究[J]. 海岸工程, 2014, 33(4); 41—48.

[3] 赵庆志, 张书毕. GPS 静态相对定位技术在城市区域控制测量中的应用[J]. 全球定位系统, 2012(4); 64—66.

[4] 袁修孝, 付建红, 楼益栋. 基于精密单点定位技术的 GPS 辅助空中三角测量[J]. 测绘学报, 2007, 36(3); 251—255.

2015, 120; 1002.

[30] SYNOLAKIS C E. The run-up of solitary waves[J]. Fluid Mech, 1987, 185; 523—545.

[31] TOMICZEK T, KENNEDY A, ROGERS S. Collapse Limit State Fragilities of Wood-Framed Residences from Storm Surge and Waves during Hurricane Ike[J]. Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 2014, 140(1); 43—55.

[32] WESTERINK J J, LUETTICH R A, FEYEN J C, et al. A Basin-To Channel-Scale Unstructured Grid Hurricane Storm Surge Model Applied To Southern Louisiana [J]. Monthly Weather Review, 2008, 136(3); 833—864.

[33] ZHANG Yao, KENNEDY A B, PANDA N, et al. Boussinesq—Green—Naghdi Rotational Water Wave Theory[J]. Coastal Engineering, 2013, 73; 13—27.

[34] ZHANG Yao, KENNEDY A B, PANDA N, et al. Generating-absorbing sponge layers for phase-resolving wave models[J]. Coastal Engineering, 2014, 84; 1—9.

[35] ZHANG Yao, KENNEDY A B, TOMICZEK T, et al. Validation of Boussinesq-Green-Naghdi Modelling for Surf Zone Hydrodynamics[J]. Ocean Engineering, ELSEVIER, 2016, 111; 299—309.

[36] ZHENG JH, MASE H, DEMIRBILEK Z, et al. Implementation and evaluation of alternative wave breaking formulas in a coastal spectral wave model[J]. Ocean Eng, 2008, 35; 1090—1101.