

ICS 07.040
CCS A 77
备案号：XXXX—202X

CH

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXXX—XXXX

海岛（礁）IMU/GNSS 辅助数字航空摄影规范

Specification for IMU/GNSS supported aerial photography of islands
(reefs)

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国自然资源部发布

目 次

| | |
|----------------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 数学基础 | 2 |
| 5 工作流程 | 2 |
| 6 资料收集 | 3 |
| 7 航摄计划与设计 | 3 |
| 7.1 航摄计划 | 3 |
| 7.2 航摄设计 | 3 |
| 7.3 框幅式航摄检校场布测 | 6 |
| 7.4 地面 GNSS 基站布测 | 6 |
| 7.5 航摄地面标志布设 | 7 |
| 8 航摄准备 | 7 |
| 9 航摄实施 | 7 |
| 9.1 航摄执行 | 7 |
| 9.2 飞行质量与影像质量要求 | 8 |
| 9.3 补摄与重摄 | 9 |
| 10 数据处理 | 9 |
| 11 成果质量检查 | 9 |
| 12 成果整理与移交 | 9 |
| 12.1 成果整理 | 9 |
| 12.2 成果移交 | 10 |
| 附录 A (资料性) 框幅式航线敷设示意 | 12 |
| 参考文献 | 14 |

前　　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国地理信息标准化技术委员会测绘分技术委员会（SAC/TC 230/SC2）归口。

本文件起草单位：中测新图（北京）遥感技术有限责任公司、浙江中测新图地理信息技术有限公司、中国测绘科学研究院、国家基础地理信息中心、武汉中测晟图遥感技术有限公司、河南中测新图信息技术有限公司、自然资源部第一航测遥感院、自然资源部国土卫星遥感应用中心。

本文件主要起草人：李英成、叶冬梅、薛艳丽、廖明、杨振凯、赵俊霞、毕凯、郑安武、王光辉、任亚锋、李昌柯、周伟锋、孙一铭、李振翔、沈梁涛、吴燕平。

海岛（礁）IMU/GNSS 辅助数字航空摄影规范

1 范围

本文件规定了海岛（礁）数字航空摄影的资料收集、航摄计划与设计、航摄准备、航摄实施、数据处理、成果质量检查，以及成果整理与移交等内容。

本文件适用于利用 IMU/GNSS 辅助框幅式和推扫式数字航摄技术，开展海岛（礁）1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000 基础地理信息产品生产的数字航空摄影工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18314 全球定位系统(GPS)测量规范

GB/T 27919 IMU/GPS辅助航空摄影技术规范

GB/T 27920.1 数字航空摄影规范 第1部分：框幅式数字航空摄影

GB/T 27920.2 数字航空摄影规范 第2部分：推扫式数字航空摄影

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海岛 island

四面环水，在高潮时高于水面自然形成的陆地区域。

[来源：GB/T 18190—2017，2.1.13]

3.2

礁 reef

临近海面，由岩石、珊瑚体及牡蛎等生物残体自然形成的海底突起。

注：高潮时露出水面者为明礁；高潮时不露出水面，低潮时露出水面者为干出礁；低潮时未露出水面者为暗礁。

[来源：GB/T 18190—2017，2.1.20]

3.3

框幅式数字航空摄影 frame digital photography

采用基于面阵成像探测器的数字航摄仪，在曝光瞬间对整个幅面同时成像的航空摄影。

注：简称框幅式航摄。

3. 4

推扫式数字航空摄影 push-broom digital photography

采用基于相互平行的双线阵或多线阵成像探测器的数字航摄仪, 沿垂直于线阵方向推进扫描获取影像的竖直航空摄影。

注: 简称推扫式航摄。

[来源: GB/T 27920. 2—2012, 3. 1]

3. 5

惯性测量单元 inertial measurement unit

测量物体三轴姿态角(或角速率)以及加速度的装置。

注: 常用英文缩写IMU表示。

3. 6

GNSS精密单点定位 using GNSS precise point positioning

利用单台GNSS双频双码接收机的观测数据, 以及GNSS卫星精密星历和精密卫星钟, 进行分米级的实时动态定位和厘米级的快速静态定位。

[来源: GB/T 17159—2009, 6. 116]

4 数学基础

数学基础要求如下:

- a) 坐标系宜采用 2000 国家大地坐标系, 根据需要亦可采用依法批准的独立坐标系, 且应与 2000 国家大地坐标系建立联系;
- b) 高程基准应采用 1985 国家高程基准;
- c) 地图投影宜采用高斯-克吕格投影, 一般情况下按经差 3° 分带, 当采用独立坐标系时, 亦可采用 1.5° 分带。

5 工作流程

海岛(礁)航空摄影工作主要由资料收集、航摄计划与设计、航摄准备、航摄实施、数据处理、成果质量检查、成果整理与移交等部分构成, 其工作流程见图1。

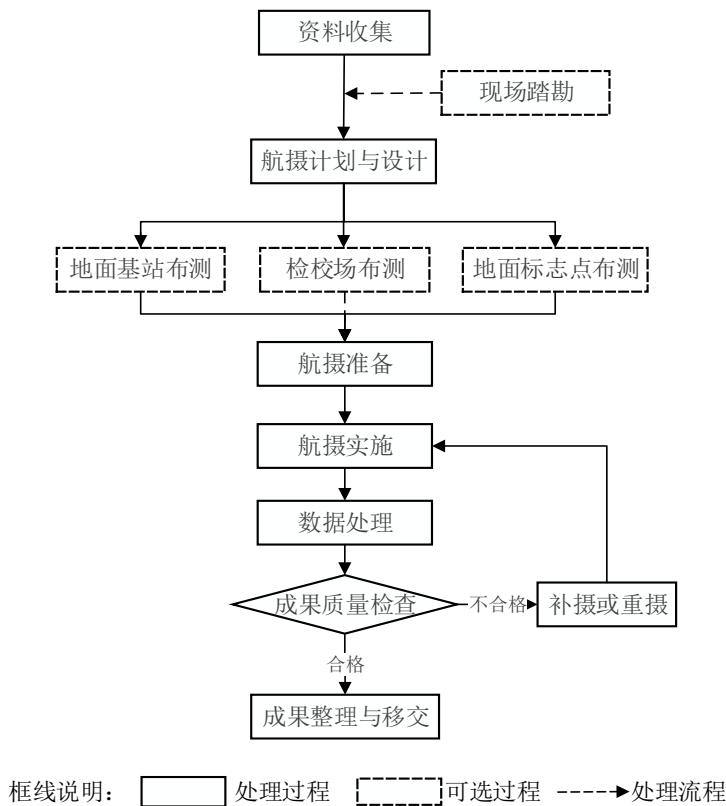


图1 海岛（礁）航空摄影工作流程

6 资料收集

6.1 应收集覆盖摄区的以下资料:

- 满足相应成图比例尺要求的摄区基础控制信息，以及摄区周边CORS站、GNSS点位分布与可利用性信息；
- 满足航摄设计要求的、现势性强的地形图、影像图、数字高程模型等基础地理信息数据；
- 海岛（礁）岸线、干出礁、潮汐、海图等专题信息；
- 其他相关资料。

6.2 在海岛（礁）航摄前，当条件允许时应开展现场踏勘，踏勘内容包括地形、重要设施、登岛作业条件、地面基站布设条件等。

7 航摄计划与设计

7.1 航摄计划

航摄计划按照 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

7.2 航摄设计

7.2.1 设计用基础地理信息数据的选择

设计用基础地理信息数据应采用现势性较好的影像图、地形图或数字高程模型，以及海岛（礁）岸线等可表明摄区内海岛（礁）位置及边界的专题数据，根据不同测图比例尺按表1规定选用。

表 1 设计用基础地理信息数据

| 测图比例尺 | 设计用图比例尺 | 设计用数字高程模型 |
|---------|------------------|------------------|
| 1:500 | $\geq 1:10\ 000$ | $\geq 1:50\ 000$ |
| 1:1 000 | | |
| 1:2 000 | | |
| 1:5 000 | $\geq 1:50\ 000$ | |

7.2.2 航摄分区类型及划分原则

7.2.2.1 海岛（礁）航摄分区划分原则

海岛（礁）航摄分区划分原则按 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2相关规定执行，此外还应顾及海岛（礁）的大小、形状及分布特征等，可破图廓划分航摄分区，避免将一个海岛（礁）分割为不同的航摄分区。

7.2.2.2 海岛（礁）航摄分区类型

依据海岛（礁）面积、分布及形状等特征，可将海岛（礁）航摄分区设置成以下三类，见图2。

- a) A类摄区：面积较大或聚集程度较高的海岛（礁）摄区（以下简称“A类摄区”）。
- b) B类摄区：走向分布有一定规则且相对聚集的面积中小的海岛（礁）摄区（以下简称“B类摄区”）。
- c) C类摄区：零散分布面积较小的孤小岛（礁）摄区（以下简称“C类摄区”）。

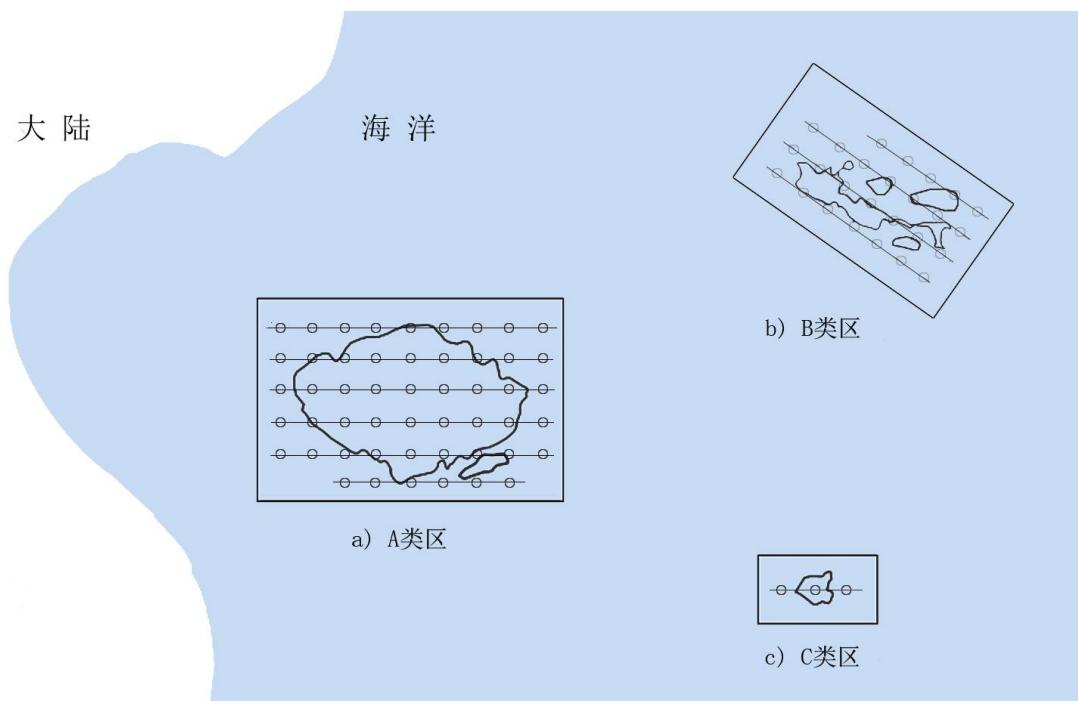


图2 海岛（礁）摄区三种典型类型示意

7.2.3 地面分辨率的选择

摄影分区相对于高程基准面的影像地面分辨率，根据测图比例尺及不同摄区的类型确定，应按表2执行。

表 2 地面分辨率

单位为厘米

| 测图比例尺 | 地面分辨率 | |
|---------|-------|--------|
| | A类摄区 | B、C类摄区 |
| 1:500 | ≤5 | ≤4 |
| 1:1 000 | ≤10 | ≤8 |
| 1:2 000 | ≤20 | ≤16 |
| 1:5 000 | ≤50 | ≤40 |

7.2.4 飞行地速设计

飞行地速设计应确保相邻摄影单元间数据完整存储，设计要求如下：

- a) 推扫式数字航空摄影飞行地速设计按GB/T 27920.2相关规定执行；
- b) 框幅式数字航空摄影相邻两次曝光时间间隔应大于航摄数据存储时间。

7.2.5 分区基准面高程的确定

航空摄影分区基准面高程按照GB/T 27920.1、GB/T 27920.2相关规定执行。

7.2.6 航线敷设原则

航线敷设并应遵循以下原则：

- a) 航线敷设的方向可沿东西方向或南北方向，亦可按海岛（礁）分布走向敷设；
- b) 在航线敷设时，每条航线直线飞行时间不宜大于 25 min，最大不应大于 30 min；
- c) 框幅式航线敷设航向重叠度时，按照 A、B、C 三类摄区分别设置，见附录 A。其中，A 类摄区，宜按常规航摄的重叠度要求敷设航线，见附录 A.1；B 类摄区，宜根据海岛（礁）分布走向设置航向，并适当加大重叠度，可局部调整曝光点位置避免影像大面积落水，见附录 A.2；C 类摄区，宜适当加大重叠度敷设航线，确保立体模型构建，见附录 A.3。

7.2.7 航摄季节与摄影时间选择

航摄季节与摄影时间的选择应遵循以下原则：

- a) 航摄季节应选择摄区最有利的气象条件，宜避免或减少地表植被和其它覆盖物对摄影和测图的不利影响；
- b) 航摄时，应保证具有充足的光照度，避免过大的阴影。航摄时间宜根据表 3 规定的摄区太阳高度角和阴影倍数确定；
- c) 摄影不宜在正午前后 2 h 内进行，避免水面反光；
- d) 在满足航摄光照要求的前提下，宜选择低潮位时段摄影，潮间带窄的海岛（礁）摄区（例如基岩岛）航摄时间段选择可适当放宽。

表 3 摄区太阳高度角和阴影倍数

| 地形类别 | 太阳高度角 ° | 阴影倍数 倍 |
|----------|------------|-----------|
| 平地 | >20 | <3 |
| 丘陵地和一般城镇 | >25 | <2.1 |
| 山地和大、中城市 | ≥40 | ≤1.2 |

7.2.8 航摄设备的选择与检定

7.2.8.1 航摄仪的选择要求

航摄仪的选择应根据飞行平台、地面分辨率和测图精度等要求综合考虑确定。所选航摄仪的基本性能应满足以下要求：

- a) 框幅式航摄仪综合分解力每毫米内不少于 40 线对；推扫式航摄仪综合分解力每毫米内不少于 50 线对；
- b) 框幅式航摄仪综合畸变差改正后的残差不大于 0.3 个像素；推扫式航摄仪同一条线阵探测器的像元应处于同一直线上，误差不大于 0.3 个像素；
- c) 数据动态范围不低于 12 bit；
- d) 框幅式航摄仪面阵探测器连续出现的坏点数不多于 4 个，总坏点数不大于总像素数的百万分之一；推扫式航摄仪线阵探测器像元无暇点，同一条线阵探测器的像元处于同一直线上，误差不大于像元尺寸的 1/3；
- e) 数据存储设备满足一个满架次数据存储要求；
- f) 航摄仪定期检校，周期不超过 2 年；当航摄仪大修、关键部件更换、遭受剧烈震动冲击等情况下，重新检校。

7.2.8.2 机载 IMU/GNSS 选型要求

机载IMU/GNSS系统应符合以下要求：

- a) 机载 GNSS 接收机为动态测量型多频 GNSS 接收机；
- b) GNSS 接收机的最小采样间隔：框幅式航摄达到 0.5 s、推扫式航摄达到 0.05 s；
- c) IMU/GNSS 联合解算测角中误差：侧滚角、俯仰角不大于 0.005° ，航偏角不大于 0.008° ；
- d) IMU 数据记录频率不小于 200 Hz。

7.3 框幅式航摄检校场布测

框幅式航摄检校场布测除按 GB/T 27919 相关规定执行外，还应满足以下要求：

- a) A、B 类摄区宜在摄区内布测，当条件不允许时可在摄区外布测；C 类摄区在摄区外布测；
- b) 在摄区外布设的检校场，选取与摄区地形相似且可布测像控点的区域。

7.4 地面 GNSS 基站布测

7.4.1 基站布设原则

基站布设应遵循以下原则：

- a) 当采用 GNSS 精密单点定位技术时，无需布设基站；
- b) 摄区内或周边已有 CORS 站网时，应优先采用；

- c) 摄区内任意位置与最近地面 GNSS 基站的距离应符合表 4 的规定；当该距离超过表 4 规定时，应增补基站。

表 4 摄区内任意位置与最近地面GNSS基站距离表

单位为千米

| 测图比例尺 | 摄区内任意位置与最近基站间距离 |
|-----------------|-----------------|
| 1:500、1:1 000 | ≤50 |
| 1:2 000、1:5 000 | ≤80 |

7.4.2 地面 GNSS 基站选址、布设与测量

7.4.2.1 基站选址

基站选址除按照 GB/T 27919 相关规定执行外，还应满足以下要求：

- a) 优先选择摄区内海岛（礁）已有 CORS 站或已有大地控制点（要求 GNSS D 级或 D 级以上）作为地面 GNSS 基站；
- b) 地面 GNSS 基站选址应优先布设在有常住居民海岛，且岛上交通、食宿、通讯条件良好，便于实地观测和数据传输。

7.4.2.2 基站布设

基站布设应按照 GB/T 27919 相关要求执行。

7.4.2.3 基站测量

基站测量应按照以下要求执行：

- a) 采用已有大地控制点（要求 GNSS D 级或 D 级以上）的地面基站不需要进行点位测量；
- b) 新选地面基站应按照 GNSS D 级或 D 级以上要求进行观测；
- c) CORS 基站频率宜不少于 1 Hz，条件允许时应选用 2 Hz；
- d) 其他要求应满足 GB/T 27919、GB/T 18314 中相关规定。

7.5 航摄地面标志布设

航摄地面标志的布设按照 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

8 航摄准备

航摄准备按 GB/T 27919、GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

9 航摄实施

9.1 航摄执行

9.1.1 测区航摄，按照 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

9.1.2 检校场航摄

采用框幅式航摄时，对检校场的航摄应满足以下规定，并在技术设计书中进行明确：

- a) 对于可登岛测量像控的摄区，应每架次对检校场航摄一次；
- b) 对于不可登岛测量像控的摄区，应于每架次起飞后、降落前各对检校场航摄一次。

9.2 飞行质量与影像质量要求

9.2.1 飞行质量要求

9.2.1.1 像片重叠度

像片重叠度应满足下列要求：

- a) 采用框幅式航摄时，A类摄区按GB/T 27920.1执行；B、C类摄区，以及完全无法布测像控的摄区，航向重叠度不应低于80%，旁向重叠度不应低于60%；
- b) 采用推扫式航摄时，对于A类摄区按GB/T 27920.2执行；对于B、C类摄区，以及完全无法布测像控的摄区，旁向重叠度不宜小于60%。

9.2.1.2 像片倾斜角

采用框幅式航摄时，像片倾斜角按GB/T 27920.1执行；采用推扫式航摄时，像片倾斜角不做要求。

9.2.1.3 像片旋偏角

采用框幅式航摄时，像片旋偏角按GB/T 27920.1执行；采用推扫式航摄时，像片旋偏角不做要求。

9.2.1.4 航线弯曲度

航线弯曲度一般不大于1%；当航线长度小于5 000 m时，航线弯曲度最大不大于3%。

9.2.1.5 航高保持

航高保持按GB/T 27920.1、GB/T 27920.2规定执行。

9.2.1.6 摄区、分区覆盖要求

摄区、分区覆盖应满足下列要求：

- a) 应确保摄区内所有海岛（礁）完整覆盖；
- b) 摄区、分区覆盖应按GB/T 27920.1、GB/T 27920.2规定执行。

9.2.2 影像质量要求

影像质量应满足下列要求：

- a) 影像表观质量应清晰、层次丰富、反差适中、色调柔和、不偏色、无色斑；
- b) 影像上不应有噪声、条纹、雾霾、烟、云、云影、大面积反光、污点等缺陷；若存在少量缺陷，但不影响立体模型连接的，可适当放宽要求；
- c) 影像能辨认出与地面分辨率相适应的细小地物，海岛（礁）平均大潮高潮痕迹线、地面标志点等要素应清晰可见；
- d) 对于面积较小的海岛（礁），应可构建立体模型；
- e) 采用多镜头拼接航摄仪时，影像拼接处应无模糊、重影和错位现象；
- f) 影像波段应完整无缺、没有无效像元。

9.2.3 IMU/GNSS 联合解算要求

GNSS 数据与 IMU 数据进行联合处理的要求按照 GB/T 27919 的相关规定执行。

9.2.4 检校场数据计算

对检校场进行空中三角测量计算，并对每张像片的位置和姿态进行系统误差改正。偏心角及线元素偏移值的解算中误差按照GB/T 27919的相关规定执行。

9.3 补摄与重摄

飞行质量或影像质量存在缺陷应进行补摄或重摄，具体按照GB/T 27919、GB/T 27920.1、GB/T 27920.2的相关规定执行。

10 数据处理

IMU/GNSS数据处理按GB/T 27919相关规定执行，影像数据预处理按GB/T 27920.1、GB/T 27920.2相关规定执行。

11 成果质量检查

成果质量依据GB/T 27919相关规定，对数据质量、飞行质量、影像质量、附件质量等进行全面检查。重点包括以下内容：

- a) IMU 数据是否正常和连续，并与 GNSS 时间同步；
- b) IMU/GNSS 数据偏心分量测定精度是否满足要求；
- c) 基站 GNSS 和机载 GNSS 卫星信号有无失锁、缺失；
- d) event mark信号有无重复和丢失；
- e) 基站点位的测量是否满足精度要求；
- f) 检校场控制测量的精度是否满足要求；
- g) 航摄设计、像片重叠度、覆盖完整性、像片倾斜角、航线弯曲度、旋偏角、航迹、像点位移、航高保持等是否符合设计要求；
- h) 检查航摄时间是否在低潮位时间段内；
- i) 对个别超出 7.2.6 规定的航线直线飞行时间的航线，验证精度是否满足要求；
- j) 影像清晰度、影像纹理等外观、几何精度、影像完整性等；
- k) 对有检校场、布设地标的航摄影像，若含有少量云或雾，还需检查是否影响空中三角测量与后续作业。

注：当采用 GNSS 精密单点定位技术时，无基站 GNSS 相关检查内容。

12 成果整理与移交

12.1 成果整理

按照GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

12.2 成果移交

12.2.1 IMU/GNSS 相关纸质文档资料

IMU/GNSS 相关纸质文档资料包括如下内容:

- a) IMU/GNSS 辅助数字航空摄影技术设计书;
- b) IMU/GNSS 设备检定资料;
- c) 航摄飞行 IMU/GNSS 记录报告;
- d) 航摄期间摄区潮汐资料
- e) 检校场影像资料清单;
- f) 像片外方位元素成果表;
- g) IMU/GNSS 数据处理检查手簿;
- h) IMU/GNSS 辅助航空摄影项目工作总结报告;
- i) IMU/GNSS 辅助航空摄影资料移交书;
- j) 其他相关资料。

12.2.2 地面控制测量相关纸质文档资料

地面控制测量相关纸质文档资料包括如下内容:

- a) IMU/GNSS 辅助航空摄影地面测量技术设计书;
- b) 地面测量设备检定资料;
- c) 基站、像控点和检查点点之记;
- d) 基站、像控点和检查点 GNSS 观测手簿;
- e) 联测国家大地点的 GNSS 观测手簿;
- f) 水准联测记录手簿;
- g) 地面基站点位测量报告;
- h) 基站、像控点和检查点 GNSS 成果, 含联测网图;
- i) 水准联测成果, 含水准路线图;
- j) 地面测量资料检查报告;
- k) IMU/GNSS 辅助航空摄影地面测量技术总结报告;
- l) 其他相关资料。

12.2.3 数据资料

数据资料包括如下内容:

- a) 机载 IMU/GNSS 原始观测及解算数据;
- b) 基站同步观测数据;
- c) 基站、像控点和检查点 GNSS 观测数据;
- d) 联测国家大地点的 GNSS 观测数据;
- e) GNSS 观测现场照片;
- f) 检校场相关的航摄影像、控制数据;
- g) 12.2.1 和 12.2.2 中除手簿外的所有电子文档资料;
- h) 其他相关资料。

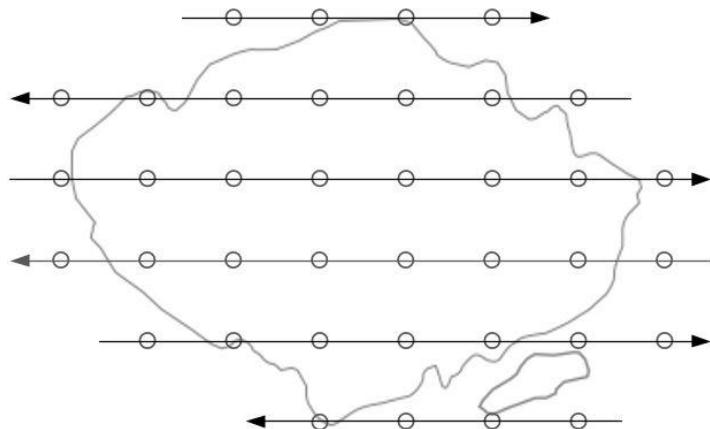
注 1: 当地面基站采用已有控制点时, c)中不含基站相关内容。

注 2：当采用 GNSS 精密单点定位技术时，成果中不含基站测量相关内容。

附录 A
(资料性)
框幅式航线敷设示意

A. 1 面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区 (A类摄区)

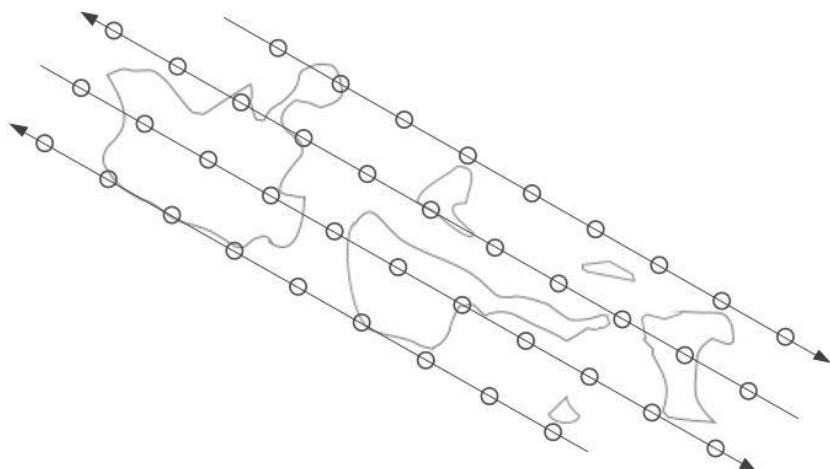
A类摄区，按常规航摄的重叠度要求敷设航线，见图A.1。



图A.1 A类摄区航线敷设示意图

A. 2 零散分布但相对聚集的海岛(礁)摄区 (B类摄区)

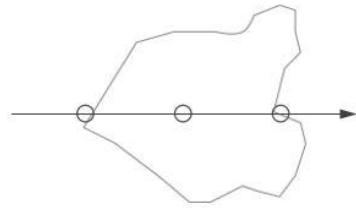
B类摄区，宜根据海岛(礁)分布走向设置航向，并适当加大重叠度，可局部调整曝光点位置避免影像大面积落水，见图A.2。



图A.2 B类摄区航线敷设示意图

A.3 零散分布面积较小的孤小岛摄区（C类摄区）

C类摄区，应加大重叠度敷设航线，确保立体模型构建，见图A.3。



图A.3 C类摄区航线敷设示意图

参 考 文 献

- [1] GB/T 17159 大地测量术语
 - [2] GB/T 18190 海洋学术语 海洋地质学
-