ICS

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

Specifications for IMU/GNSS supported aerial photography of islands or reef

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持文件一并附上。

（本稿完成日期：2020.3.16）

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　术语与定义 1
4　总则 2
4.1　数学基础 2
4.2　工作流程 2
5　资料收集与现场踏勘 3
5.1　资料收集 3
5.2　现场踏勘 3
6　航摄计划与航摄设计 3
6.1　航摄计划的制定 3
6.2　航摄设计 3
6.3　地面 GNSS 基站布测 6
6.4　航摄地面标志的布设 7
6.5　框幅式航摄检校场布测 7
7　系统安装 8
8　航摄飞行准备与飞行实施 8
8.1　飞行准备 8
8.2　飞行实施 8
8.3　飞行质量与影像质量检查 9
8.4　补摄与重摄 11
9　飞行数据处理 12
9.1　IMU/GNSS 数据处理 12
9.2　影像数据预处理 12

10 成果质量检查 12
10.1 检查范围..... 12
10.2 数据质量检查..... 12
10.3 飞行质量..... 12
10.4 影像质量..... 13
10.5 附件质量检查..... 13
11 成果整理与验收 13
11.1 成果资料整理 13
11.2 验收与移交 13
附 录 A （资料性附录） 推扫式航空摄影基线 15
附 录 B（资料性附录） 海岛礁摄影分区及航线敷设示意图 16

前　　言

本标准起草依据GB/T 1.1-2009。

本标准的附录A、附录B为资料性附录。

本标准由中华人民共和国自然资源部提出并归口。

本标准起草单位：　　。

本标准主要起草人：　。

海岛（礁）IMU/GNSS 辅助数字航空摄影规范

1 范围

本标准规定了海岛礁数字航空摄影的技术设计、航摄飞行、飞行数据处理、航摄成果质量检查，以及成果整理与提交等内容。

本标准适用于利用框幅式数字航摄仪集成 IMU/GNSS 辅助航空摄影系统，或推扫式数字航摄仪系统等，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

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 19294 航空摄影技术设计规范

GB/T 27919 IMU/GNSS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 术语与定义

3.1

海岛 island

四面环水、在平均高潮水位时高于水面、自然形成的陆地区域。

3.2

干出礁 dried reef

低潮时四面环水、高潮时没入水中自然形成的陆地。

3.3

暗礁 submerged reef

低潮时位于水面以下的礁石，沙洲。

3.4

框幅式数字航空摄影 frame digital photography

采用框幅式数字航摄仪，在曝光瞬间对整个幅面同时成像的航空摄影，简称框幅式航摄。

3.5

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，简称推扫式航摄。

[GB/T 27920.2-2012，定义 3.1]

3.6

推扫式数字航空摄影基线 push-broom digital photographic base line

航摄仪前视扫描线与后视扫描线所获取的影像构成立体时，这两个成像时刻航摄仪摄影中心之间的连线（参见附录A.1）。

[GB/T 27920.2-2012，定义 3.2]

3.7

0 级数据 level0 data

原始数据经过分离处理生成的 0 级影像数据、每条扫描线的位置姿态数据和相关信息描述数据。

[GB/T 27920.2-2012，定义 3.6]

3.8

粗纠正影像 roughly rectified image

利用直接获取的每条扫描线位置姿态数据，将 0 级影像纠正到摄影基准面生成带地理坐标的影像。

[GB/T 27920.2-2012，定义 3.7]

4 总则

4.1 数学基础

数学基础要求如下：

a） 坐标系应采用 2000 国家大地坐标系，亦可采用依法批准的独立坐标系；

b） 高程基准应采用 1985 国家高程基准，亦可采用依法批准的其他高程基准；

c） 地图投影采用高斯-克吕格投影，按经差 3°分带，亦可采用 1.5°分带。

4.2 工作流程

海岛礁航空摄影工作主要由航摄计划、航摄设计、系统安装、任务实施、数据处理、质量检查、成果整理与验收等部分构成，其工作流程如图1所示。

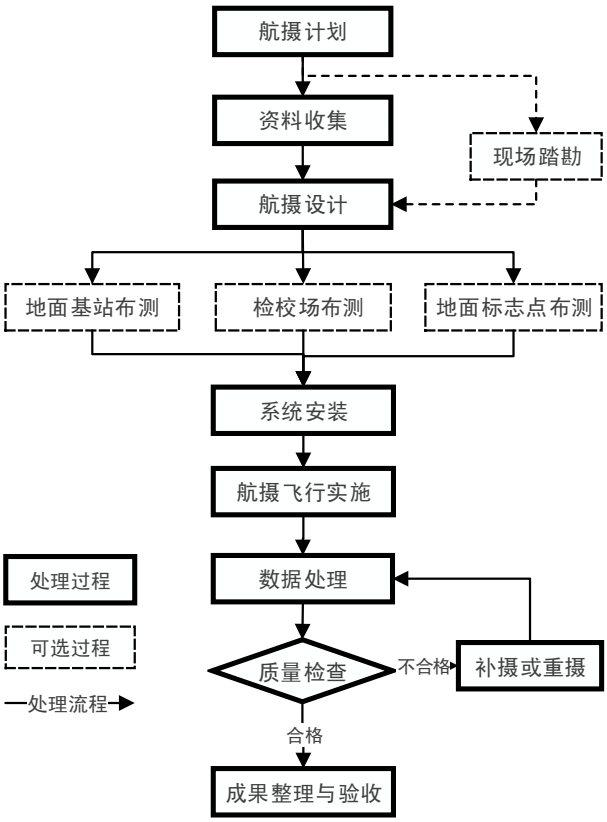

图 1　海岛礁航空摄影工作流程

5　资料收集与现场踏勘

5.1　资料收集

摄区资料收集的内容包括基础地理空间数据、海岛礁专题信息，以及气象海洋专题信息等，具体要求如下：

a) 收集设计用基础地理空间数据，应选择摄区最新制作的地形图、影像图、数字高程模型。地形图和影像图的比例尺不低于1:10 000、数字高程模型比例尺不低于1:50 000；
b) 收集海岛礁岸线等可表明岛礁范围的专项调查成果；
c) 收集摄区基础控制信息等；
d) 收集摄区降水、台风等气象资料，以及所在海域潮汐预报等水文资料，用于航摄季节、摄影时段选择。

5.2　现场踏勘

海岛礁航摄前应尽可能进行现场踏勘，踏勘内容包括：

a） 测区周边机场的位置分布及其使用条件、空域申请要求等；
b） 测区范围内及周边CORS站、GNSS点的分布及完好情况，使用的技术要求，基站布设的可行性；
c） 作业区的地形概况、地貌特征，居民地、道路、水系、植被等要素的分布与主要特征、地形类别；
d） 了解登岛作业条件、岛礁分布特征；
e） 收集岛礁平均高潮水位线、及暗礁、干出礁等水下地形等信息；
f） 作业区的气候情况，气候特征、风雨季节等；
g） 测区需说明的其他情况，如测区有关工程地质与水文地质的情况，以及测区经济发达状况等。

6　航摄计划与航摄设计

6.1　航摄计划的制定

依据成图需求制定航摄计划，航摄计划的制定应包括以下内容：

a） 摄区范围；
b） 测图比例尺和摄影地面分辨率；
c） 航线敷设方法、像片航向和旁向重叠度；
d） 航摄仪类型、技术参数和航摄附属仪器参数；
e） 需提供的航摄成果名称和数量；
f） 执行航摄任务的季节、时段和工期；
g） 其它技术要求。

6.2　航摄设计

6.2.1　设计用基础地理数据的选择

设计用基础地理数据应采用现势性较好的影像图、地形图或数字高程模型，以及岛礁岸线等可表明摄区内岛礁位置及边界的专题数据，其比例尺一般应根据测图比例尺按表1规定选用。

表1　设计用基础地理数据

<table>
<tr><th>测图比例尺</th><th>设计用图比例尺</th><th>设计用数字高程模型</th></tr>
<tr><td>1:500</td><td rowspan="3">1:10 000</td><td rowspan="4">格网间距25m
（比例尺1:50 000）</td></tr>
<tr><td>1:1 000</td></tr>
<tr><td>1:2 000</td></tr>
<tr><td>1:5 000</td><td>1:50 000</td></tr>
</table>

6.2.2　地面分辨率的选择

各摄影分区基准面的地面分辨率应根据1:500～1:5 000不同比例尺航摄成图要求，结合测区的地形条件、测图等高距及影像用途等，在确保成图精度的前提下，本着有利于缩短成图周期、减低成本、提高测绘综合效益的原则，在表2的范围内选择。

表 2　摄影基准面地面分辨率

测图比例尺	地面分辨率 cm
1:500	≤5
1:1 000	≤10，宜采用 8
1:2 000	≤20，宜采用 16
1:5 000	≤50，宜采用 40

6.2.3　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）　推扫式航摄相邻两条扫描线时间间隔应大于航摄仪存储时间；

b）　框幅式航摄相邻两次曝光时间间隔应大于航摄仪存储时间。

6.2.4　航摄分区的划分

框幅式航摄分区划分原则应遵循GB/T 27920.1，推扫式航摄分区划分原则应遵循GB/T 27920.2的相关要求。主要要求如下：

a）　当地面分辨率大于20 cm时，分区内的地形高差不应大于四分之一摄影航高；当地面分辨率小于20 cm时，分区内的地形高差不应大于六分之一摄影航高；

b）　在地形高差符合a）条规定，且能够确保航线直线性情况下，分区的跨度应尽量划大；

c）　分区的划分应顾及海岛礁的大小、形状及分布等特征，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。

d）依据海岛礁的面积、分布及形状等特征，可分为面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区、零散分布但相对聚集的海岛礁摄区、零散分布面积较小的孤小岛摄区三种类型（见附录B.1）

6.2.5 分区基准面高程的确定

依据分区数字高程模型统计分区内高差，以及飞行安全条件等确定分区基准面高程，具体计算公式框幅式航摄按照GB/T 27920.1执行；推扫式航摄按照GB/T 27920.2执行。

6.2.6 航线敷设原则

航线敷设时应根据海岛礁摄区分区类型，遵循以下原则：

a) 航线敷设的方向一般沿东西方向或南北方向，亦可按海岛礁分布走向敷设；
b) 面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区，按常规航摄的重叠度要求敷设航线，见附录 B.2；
c) 零散分布的海岛礁摄区，宜根据海岛分布走向设置航向，并适当加大重叠度，可局部调整曝光点位置避免落水，见附录 B.3；
d) 面积较小且零散分布的海岛礁摄区，应加大重叠敷设航线确保立体模型构建，见附录 B.4；
e) 在航线敷设时，每条航线直线飞行时间不应大于 30 min；
f) 在统一重叠度参数自动敷设曝光点的基础上，根据影像落水情况，通过手动调整，加密曝光点数、加大重叠度，确保海岛礁立体模型构建。

6.2.7 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，应尽量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，确保航摄影像能够真实地显现地面细部；
b) 航摄时，既要保证具有充足的光照度，又要避免过大的阴影。航摄时间一般应根据表 3 规定的摄区太阳高度角和阴影倍数确定；
c) 为避免水面反光，正午前后 2h 内不宜摄影；
d) 在满足航摄光照要求的前提下，应顾及海洋气象和潮汐的影响，尽可能选择各摄区低潮位季节及时段摄影。

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

6.2.8 航摄设备的选择与检定

6.2.8.1 航摄仪的选择要求

航摄仪的选择主要根据飞行平台、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不应低于以下要求：

a) 内方位元素可精确测定；
b） 综合分解力每毫米内不应少于 40 线对；
c） 框幅式航摄仪综合畸变差改正后的残差不应小于 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，误差不应大于 0.3 个像素；

d） 数据动态范围不应低于 12 bit；
e） 面阵探测器连续出现的坏点数一般不应多于 4 个，总坏点数不应大于总像素数的百万分之一；
f） 线阵探测器像元不得有暇点，同一条线阵探测器的像元应处于同一直线上，误差不得大于像元尺寸的三分之一；
g） 数据存储设备应满足一个满架次数据存储要求；
h） 航摄仪应定期检校，一般不超过 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，应重新检校。

6.2.8.2 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 接收机应为动态测量型双频 GNSS 接收机；
b) GNSS 接收机的最小采样间隔：框幅式航摄应达到 0.5s、推扫式航摄应达到 0.05s；
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 数据记录频率不应小于 200Hz。

6.3 地面 GNSS 基站布测

6.3.1 基站布设原则

基站布设遵循以下原则：
a） 摄区范围具有 CORS 站网覆盖或采用精密单点定位技术时，则无需布设地面基站；
b） 应优先采用沿海区域已建成的 CORS 站网；
c） CORS 基站频率应尽量选用 2 Hz；
d） 当摄区海岛礁超出 CORS 站网的作用范围，应布设地面基站。根据航摄区域大小、航摄成图比例尺合理布设地面基站进行差分 GNSS 定位。摄区内任意位置与最近基站间的距离不应大于表 4 的规定。

表 4 摄区内任意位置与最近地面GNSS基站距离表 单位：km

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

6.3.2 地面 GNSS 基站选址、布设与测量

6.3.2.1 基站选址

基站选址除按照 GB/T 27919 相关要求执行外，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。

6.3.2.2 基站布设

基站布设应按照 GB/T 27919 相关要求执行：

a） 基站位置选定后，应制作固定的中心标识，要求地基稳固、标识清晰、便于仪器架设和对中，同时应保证整个航摄期内不移位、不丢失；

b） 基站布设完毕后应填写点之记，并拍摄基站现场数码照片。具体按照 GB/T 27919 相关要求执行。

6.3.2.3 基站测量

基站测量应按照 GB/T 27919 相关要求执行：

a） 采用已有大地控制点（要求 GNSS D 级及以上）的地面基站不需要进行点位测量解算；

b） 新选地面基站需按照 GNSS D 级以上要求进行观测。

6.4 航摄地面标志的布设

6.4.1 地面标志的布设原则

6.4.1.1 当摄区缺少地面明显地物点，或有特殊需要时（如检校场的像控点、检查点需要清晰成像、精确定位、施测方便），应在需要的地点位置布设人工地面标志。

6.4.1.2 地面标志应在航摄前布设完毕，并在整个航摄、像控测量、测图期间保持完好可用。

6.4.2 地面标志的布设的方法与要求

a) 地面标志形状如图2，标志形状、规格应确保标志在航摄影像上可准确辨认和量测。

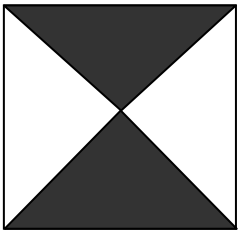

图 2 人工标志形状

b) 地面标志中心应固定，地面标志的颜色应根据摄区地形景物的光谱特性选定，要确保其余周围地面具有良好的反差。

6.5 框幅式航摄检校场布测

6.5.1 框幅式航摄检校场布设原则

框幅式航摄检校场应按下列原则布设：

a) 检校场应尽量布设在摄区内，也可布设在摄区附近，所选区域应能够实施野外像片控制测量；

b) 摄区可布设一个或多个检校场；

c) 检校场的基准面应尽量与摄区基准面一致。

6.5.2 框幅式航摄检校场的布设方法与要求

框幅式航摄检校场布设方法与要求如下：

a) 检校场可按2条航线、4条航线方案进行布设，具体按照GB/T 27919相关要求执行；
b) 摄区内难以满足a)的布设条件时，可选取与摄区临近且地形相似的同架次陆地区域作为检校场；
c) 作为检校场像控点、检查点的特征点应可清晰成像、精确量测、GNSS测量施测方便，且位于像片成像的重叠区；当无法选取满足上述要求的点位时，需人工布设地面标志，按 6.4 规定执行。

6.5.3 框幅式航摄检校场像控点、检查点测量

框幅式航摄像控点、检查点测量应按下列要求进行：
a) 像控点、检查点平面、高程测量，宜采用 RTK 同步测量；
b) 像控点、检查点高程测量，可采用高精度似大地水准面模型拟合方法获得高程。

6.5.4 框幅式航摄检校场航摄方案

框幅式航摄检校场航摄时应满足：
a) 航摄比例尺或地面分辨率应与摄区尽量接近；
b) 当采用直接定向法测图时，应每架次航摄检校场；当采用辅助定向法测图时，应至少航摄一次检校场；
c) 检校场航摄一般应安排在进入摄区航线之前；如果一个架次内需要进行多种航摄比例尺的飞行，则在每个比例尺航摄高度上都应进行检校场航摄；
d) 当机载IMU/GNSS系统或航摄仪发生外力碰撞、重新安装、气候变化较大或航摄间隔时间较长等情况，应重新航摄检校场。

7 系统安装

IMU、GNSS 与航摄仪的系统安装、机载 GNSS 接收机的天线安装、偏心分量的测定等按 GB/T 27919 相关要求执行，整个系统安装连接完成后，应进行通电测试，确保其正常工作。

8 航摄飞行准备与飞行实施

8.1 飞行准备

框幅式航摄飞行实施按 GB/T 27919 及 GB/T 27920.2 相关规定执行；推扫式航摄飞行实施按 GB/T 27920.2 相关规定执行。飞行前应进行设备检查，确保设备安装和参数设置正确，需着重检查的内容为：
a) 飞机停机位四周应视野开阔，视场内障碍物的高度角不应大于15°；
b) 所有基站须在航摄飞行前完成电源、存储系统等检查，做好观测准备；
c) 基站GNSS接收机开机应早于机载GNSS接收机开机；
d) 检查系统中存储设备容量是否满足满架次航摄作业的要求；
e) 检查飞行计划是否完整，与当前摄区是否吻合；
f) 检查机载GNSS偏心分量设置是否正确。

8.2 飞行实施

8.2.1 框幅式航摄

a) 机载设备开机后，进行 5 min 以上的初始化和静态观测，飞机方能滑行；
b) 飞行期间基站和机载 GNSS 接收机数据采样间隔均不应大于 1s；
c) 飞机停稳后，IMU/GNSS 系统应继续观测 2min 以上，再关闭航摄系统，最后关闭飞机发动机。

8.2.2 推扫式航摄

a) 应待飞机上所有发动机启动并稳定向载荷供电后，方可打开航摄系统的电源开关。
b) 飞机上升、下降速率不应大于 10 m/s，且飞行过程中转弯坡度不宜超过 20°；
c) 每架次，在进入第一条航线前、出最后一条航线后、或中断飞行前后都必须进行 IMU/GNSS 初始对准飞行。采用地面 GNSS 基站时，当地面分辨率大于 25 cm，初始对准飞行的位置与其最近的基站之间的距离不应大于 50 km；否则，不应大于 20 km；
d) 进入摄区航线时，应采用左转弯和右转弯交替方式飞行，且每次直线飞行时间不应大于 30 min；
e) 在摄区航线飞行过程中，飞行地速与设计飞行地速之差不应大于设计值的 20%；
f) 航摄飞行过程中应及时观察系统的工作情况，重点观察 GNSS 信号失锁现象，根据实际情况及时处理。出现 GNSS 信号失锁时，应立即中止摄影，并在信号恢复正常 5 min 后再进入航线进行摄影，若 GNSS 信号始终无法恢复正常，应立即终止本架次飞行，并查明原因；
g) 摄影过程中，飞机俯仰、侧滚和航偏角不应大于座架可调整角度的限定要求；
h) 基站 GNSS 接收机应在飞行过程中持续观测，基站 GNSS 接收机应在机载 GNSS 接收机关机后关机，并填写基站同步观测记录表。

8.3 飞行质量与影像质量检查

8.3.1 飞行技术要求

8.3.1.1 像片重叠度

海岛礁数字航摄应满足下列要求：

a) 采用框幅式航摄时，对于面积较大或岛礁聚集度较密的摄区，按 GB/T 27920.1 执行；对于分布零散、面积较小的岛礁，出现相邻影像大面积落水导致模型连接困难时，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，对于面积较大或岛礁聚集度较密的摄区，按 27920.2 执行；对于分布零散、面积较小的岛礁，当出现相邻航带影像大面积落水导致模型连接困难时，旁向重叠度一般不应小于 60%。

8.3.1.2 像片倾斜角

采用框幅式航摄时，像片倾斜角按GB/T 27920.1-2011 5.1.2条执行；采用推扫式航摄时，像片倾斜角不做要求。

8.3.1.3 像片旋偏角

采用框幅式航摄时，像片旋偏角按 GB/T 27920.1-2011 5.1.3 条执行；采用推扫式航摄时，像片旋偏角不做要求。

8.3.1.4 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%。

8.3.1.5 航高保持

框幅式航摄航高保持按 GB/T 27920.1 规定执行；推扫式航摄航高保持按 GB/T 27920.2 规定执行。

8.3.1.6 摄区、分区覆盖保证

摄区、分区覆盖保证应满足下列要求：

a） 框幅式航摄的摄区、分区覆盖保证按GB/T 27920.1规定执行；

b） 推扫式航摄的摄区、分区覆盖保证按GB/T 27920.2规定执行；

c） 应确保摄区内所有海岛礁完整覆盖。

8.3.2 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、无无效像元。

8.3.3 IMU/GNSS 联合解算技术要求

8.3.3.1 采用差分GNSS定位，IMU和GNSS数据联合解算的平面、高程和速度偏差不应大于表5的规定：

表 5 IMU 和 GNSS 数据联合解算偏差限值

成图比例尺	平面偏差限值（m）	高程偏差限值（m）	速度偏差限值（m/s）
1:500 1:1 000	0.08	0.3	0.4
1:2 000 1:5 000	0.1	0.4	0.5

8.3.3.2 采用GNSS精密单点定位，IMU和GNSS数据联合解算的平面位置偏差不应大于0.15 m，高程位置偏差不应大于0.5 m，速度偏差不应大于0.6 m/s。

8.3.4 检校场数据计算

8.3.4.1 如设有检校场，应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不应大于表6规定。

表 6　偏心角及线元素偏移值中误差限值

成图比例尺	线元素偏移值平面中误差限值（m）	线元素偏移值高程中误差限值（m）	偏心角侧滚角、俯仰角中误差限值（°）	偏心角航偏角中误差限值（°）
1:500 1:1 000	0.5	0.5	0.03	0.02
1:2 000 1:5 000	1.0	0.8	0.03	0.03

8.3.4.2　飞行结束后，航摄执行单位应对飞行质量与摄影质量按8.3进行检查。

8.4　补摄与重摄

无论出于何种原因造成飞行质量或摄影质量存在缺陷都需进行补摄或重摄，具体依据 GB/T 27919、GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

8.4.1　框幅式航摄

补摄与重摄按以下要求进行：

a) IMU/GNSS 数据在曝光时刻的解算精度一般应满足表 5 的规定，当一条航线连续超过三片的解算精度超出限值的 50％时，需补摄；
b) 由于相机脉冲输出装置故障，致使一条航线上连续超过三片 event mark 信号丢失，需在 event mark 信号丢失区间进行补摄；
c) 不用于测图的检校场航线，在 IMU/GNSS 数据正常的情况下，如果出现局部相对漏洞或有其它缺陷（如云影等），在不影响整条航线进行检校场空中三角测量与后续作业的情况下，可不补摄；
d) 由于影像大面积落水，造成立体模型无法构建或者模型连接受到影响的区域，需补摄；
e) 补摄航线的两端一般应超出补摄范围外 1 条基线，同一航线补摄不应超过 2 处；重摄应按照原方案进行；
f) 因飞行质量或摄影质量存在缺陷需补摄或重摄时，依据航摄仪的类型和成图比例尺分别按 GB/T 27919 和 GB/T 27920 执行。

8.4.2　推扫式航摄

补摄与重摄按以下要求进行：

a) 航摄中出现的相对漏洞和绝对漏洞均应及时补摄；
b) 机载 GNSS 信号失锁或数据无记录造成扫描线外方位元素无法解算时，需对此区间进行补摄；整条航线机载 GNSS 信号失锁或数据无记录时，需整条航线重摄；
c) 地面基站 GNSS 信号失锁、中断或其他原因导致扫描线外方位元素无法解算时，可采用 GNSS 精密单点定位技术进行解算；当解算精度不能满足要求时，应根据无法解算范围的大小，进行补摄或重摄；
d) 因 IMU 数据记录中断、初始对准飞行不充分等原因造成整架次数据无法正确解算时，需重摄；
e) 当地面分辨率小于或等于 25 cm 时，补摄航线两端不应少于两条基线；当地面分辨

率大于 25 cm 时，补摄航线两端不应少于一条基线；

f) 补摄与重摄应采用前一次航摄飞行的航摄仪补摄，应按照原设计要求进行。

9 飞行数据处理

9.1 IMU/GNSS 数据处理

IMU/GNSS数据处理内容与要求参照 GB/T 27919 相关规定执行，包括数据预处理、IMU和GNSS数据联合解算与检校场计算等。

9.2 影像数据预处理

影像数据预处理包括框幅式、推扫式航摄仪影像预处理，具体可参照 GB/T 27920.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

10 成果质量检查

10.1 检查范围

航摄执行单位应按 8 的相关规定，对飞行质量、影像质量、机载IMU/GNSS数据质量、基站GNSS数据质量以及基站质量、检校场质量、附件质量等进行全面检查。

10.2 数据质量检查

10.2.1 IMU/GNSS 数据质量

IMU/GNSS 数据质量检查的主要内容包括：

a） 偏心分量测定精度是否满足要求；

b） 基站 GNSS 和机载 GNSS 卫星信号有无失锁、缺失；

c） event mark 信号有无重复和丢失；

d） IMU 数据是否正常和连续，并与 GNSS 时间同步；

e） IMU/GNSS 数据处理精度是否满足要求。

注：当采用 GNSS 精密单点定位技术时，无基站 GNSS 相关检查内容。

10.2.2 基准点位测量和检校场控制测量质量检查

基站点位和检校场控制测量质量检查的主要内容包括：

a） 基站点位的测量是否满足精度要求；

b） 检校场控制测量的精度。

注：当采用 GNSS 精密单点定位技术时，无基站点位测量相关检查内容。

10.3 飞行质量

检查的主要内容包括：

a） 一般应检查航摄设计、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；

b） 推扫式航摄还应检查飞行姿态以及飞行地速是否满足要求；

c） 当有检校场时，还应检查检校场航摄飞行是否按照设计方案进行。

10.4 影像质量

检查的主要内容包括：

a） 一般应检查影像清晰度、影像纹理等外观、几何精度、影像完整等；

b） 对采用多镜头拼接航摄仪时，还应检查影像拼接几何精度和辐射精度；

c） 对采用推扫式航摄，还应检查原始数据、0 级影像数据、浏览影像数据是否齐全、完整；

d） 对有检校场、布设地标点的航摄影像，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。

10.5 附件质量检查

检查的主要内容包括：

a） 技术文档，应按照航摄合同、航摄设计书，按照资料移交清单检查技术文档的齐全性、完整性；

b） 检定资料，核查航摄仪技术参数鉴定报告、地面基站与机载 GNSS 接收机鉴定报告、IMU 设备鉴定报告的完整性、符合性；

c） 整饰包装，检查输出片、过程计算资料、最终成果资料、电子文档资料的完整性、符合性；

d） 附图和附表，检查、核查各类附图、附表等的完整性、符合性。

11 成果整理与验收

11.1 成果资料整理

航摄成果整理，分别按 GB/T 27921.1、GB/T 27920.2 相关规定执行。

11.2 验收与移交

11.2.1 验收程序

航摄委托单位代表应按以下程序进行验收：

a） 航摄执行单位按本标准和摄区合同的规定对全部航摄成果资料逐项进行认真的检查，并详细填写检查记录手簿；

b） 航摄执行单位质检合格后，将全部成果资料整理齐全，移交委托单位代表验收；

c） 航摄委托单位代表依据本标准、航摄合同规定对全部成果资料验收合格后，双方在移交书上签字，并办理移交手续。

11.2.2 移交的资料

a） 移交的资料包括航空摄影纸质文档资料、IMU/GNSS 相关纸质文档资料、地面基站测量相关纸质文档资料、影像输出片、数据资料；

b） 具体移交资料内容应分别按 GB/T 27921.1、GB/T 27920.2、GB/T 27919 相关规定执行。

11.2.3 验收报告

航摄委托单位代表完成验收后，应写出验收报告。报告的主要内容应包括：

a） 航摄的依据——航摄合同和技术设计；
b） 完成的航摄图幅数和面积；
c） 对成果资料质量的基本评价，包括 IMU/GNSS 数据、外方位元素成果的质量评价；
d） 存在的问题及处理意见等。

附　录　A
（资料性附录）
推扫式航空摄影基线

推扫式航摄仪前视扫描线与后视扫描线所获取的影像构成立体时，这两个成像时刻航摄仪摄影中心之间的连线。

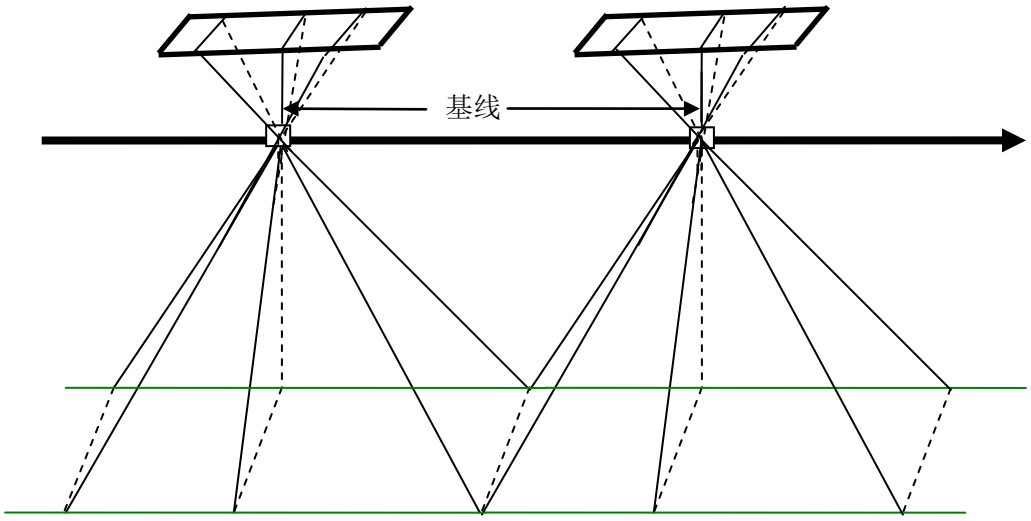

图 A.1　推扫式航空摄影基线示意图

附　录　B
（资料性附录）
海岛礁摄影分区及航线敷设示意图

从摄影分区的角度，可分为（a）面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区（b）零散分布但相对聚集的海岛礁摄区（c）零散分布面积较小的孤小岛摄区三种类型，见图 B.1。

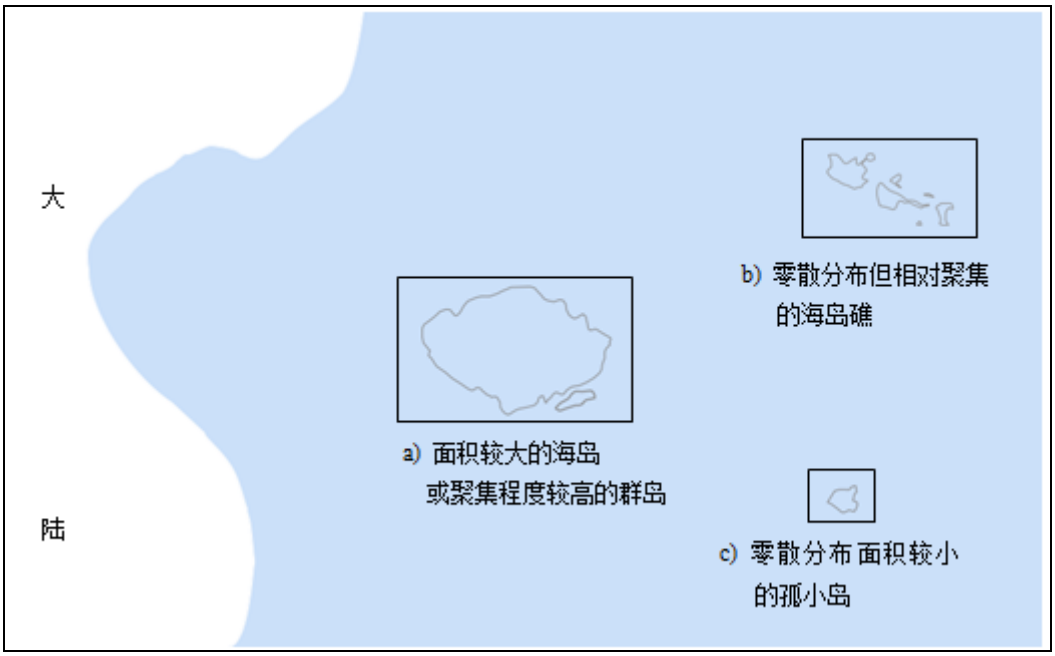

图 B.1　三种海岛礁摄影分区类别

B.2　面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区

a)　面积较大的海岛或聚集程度较高的群岛摄区，按常规航摄的重叠度要求敷设航线，见图 B.2。

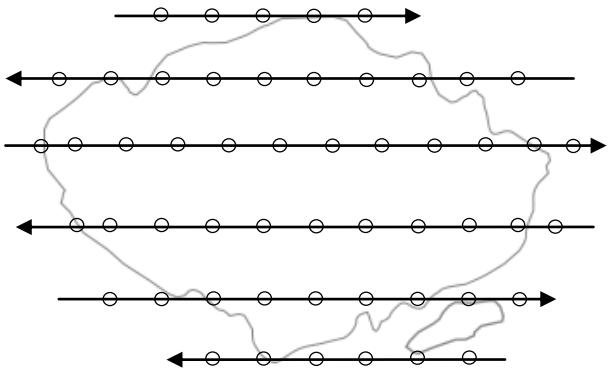

图 B.2　面积较大的海岛礁摄区航线敷设示意图

B.3　零散分布但相对聚集的海岛礁摄区

b)　零散分布的海岛礁摄区，宜根据海岛分布走向设置航线方向，适当加大摄影重叠度，可在自动敷设的基础上，局部调整曝光点间隔、或增加曝光点，以加大重叠度避免大面积落水，见图 B.3。

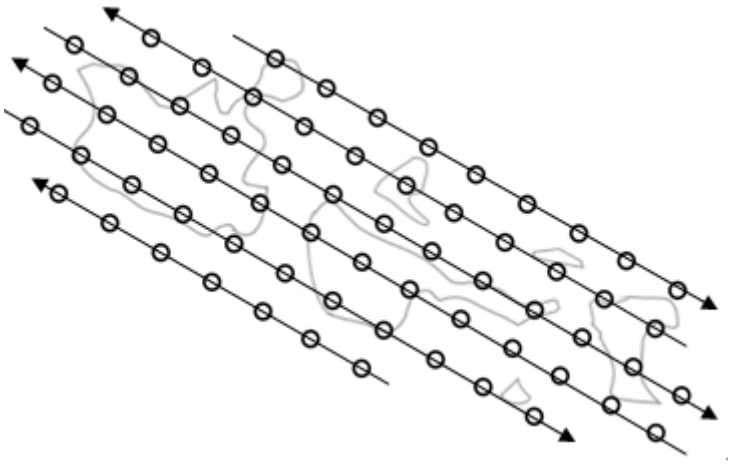

图 B.3　零散分布的海岛礁航线敷设示意图

B.4　零散分布面积较小的孤小岛摄区

c)　对于面积较小且零散分布的孤小岛礁，加大像片重叠度敷设航线，确保立体模型构建，见图 B.4。

图 B.4　面积较小且零散分布的孤小岛礁航线敷设示意图