

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXXX—XXXX

海上船只目标卫星遥感监测技术规范

Technical specification for maritime ship targets monitoring by satellite remote
sensing

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

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 缩略语	2
5 基本要求	2
5.1 船只目标监测	2
5.2 空间参考	2
5.3 控制点	2
6 监测流程	2
7 卫星遥感图像获取	3
7.1 获取要求	3
8 数据预处理	3
8.1 技术要求	3
8.2 处理方法	4
9 船只目标检测	4
9.1 检测要求	4
9.2 检测方法	4
10 评价方法	5
10.1 检测结果评价	5
10.2 指标计算	5
11 专题图制作	6
11.1 制作要求	6
11.2 构成要素	6
11.3 制作程序	6
12 质量控制	7
13 数据整理与资料归档	7
13.1 数据整理	7
13.2 资料归档	8
附录 A（规范性） 中值滤波和 Lee 滤波	9
附录 B（规范性） 海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型	11

附录 C（资料性） 卫星遥感图像真实船只目标样例 12

附录 D（规范性） 船只目标位置要素属性字段 14

附录 E（资料性） 卫星遥感监测船只分布专题图样例 15

参考文献 17

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卫星应用分技术委员会(SAC/TC230/SC3)归口。

本文件起草单位：自然资源部第一海洋研究所、中国人民解放军国防科技大学、西南交通大学、中国人民解放军海军航空大学。

本文件主要起草人：孟俊敏、张晰、刘根旺、计科峰、陈思伟、高贵、冷祥光、熊博莅、熊伟、姚力波、张驰。

海上船只目标卫星遥感监测技术规范

1 范围

本文件确立了海上船只目标卫星遥感监测的基本要求和监测流程，并规定了卫星遥感图像获取、数据预处理、船只目标检测、评价方法、专题图制作、质量控制、数据整理与资料归档等内容。

本文件适用于基于恒虚警率（CFAR）方法的可见光遥感图像和合成孔径雷达（SAR）遥感图像海上船只目标监测。

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 15920 海洋学术语 物理海洋学

GB/T 17833—1999 渔业用图编绘规范

CH/T 3019—2018 1:25 000 1:50 000光学遥感测绘卫星影像产品生产技术规范

CH/T 3034—2023 海洋内波遥感调查技术规范

DZ/T 0265—2014 遥感影像地图制作规范（1:50 000、1:250 000）

3 术语和定义

GB/T 15920 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

陆地掩膜 land masking

遮蔽或移除卫星遥感图像中陆地区域的方法。

3.2

AIS 数据匹配 AIS data matching

采用插值方法将船只AIS信息与卫星遥感图像的时间和空间位置进行匹配。

3.3

虚警 false alarm

监测范围内，检测出来的非真实目标。

注：本文件中目标指船只目标。

3.4

虚警率 false alarm rate

监测范围内，虚警的个数占真实目标个数与虚警个数之和的比率。

3.5

品质因数 figure of merit

正确检测的目标个数占真实目标个数与虚警个数之和的比率。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AIS: 自动识别系统 (Automatic Identification System)

CFAR: 恒虚警率 (Constant False-Alarm Rate)

CGCS2000: 2000国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000)

RFM: 有理函数模型 (Rational Function Model)

RPC: 有理多项式系数 (Rational Polynomial Coefficients)

SAR: 合成孔径雷达 (Synthetic Aperture Radar)

TIFF: 标签式图像文件格式(Tagged Image File Format)

XML: 可扩展标记语言 (eXtensible Mark-up Language)

5 基本要求

5.1 船只目标监测

利用卫星遥感图像进行海上船只目标监测, 监测流程应满足操作要求。对于目标的最终确认, 应通过AIS数据匹配或者结合专家经验进行判定。

5.2 空间参考

5.2.1 坐标系统

采用 CGCS2000 坐标系。必要时, 可采用经批准的其他坐标系。

5.2.2 地图投影

按照 GB/T 17833—1999 中 5.1.3.1 的规定执行。在极地区域, 可采用其他地图投影。

5.2.3 时间基准

采用北京时间。

5.3 控制点

选取卫星遥感图像四个角点或可获取已知经纬度信息的目标点作为控制点, 利用多个控制点的位置信息构建校正模型, 进行几何校正。控制点来源于:

- a) 卫星遥感图像提供的坐标信息;
- b) 卫星遥感图像中典型地物目标, 通过与地面控制点匹配得到其坐标信息。

6 监测流程

海上船只目标卫星遥感监测工作流程见图1。

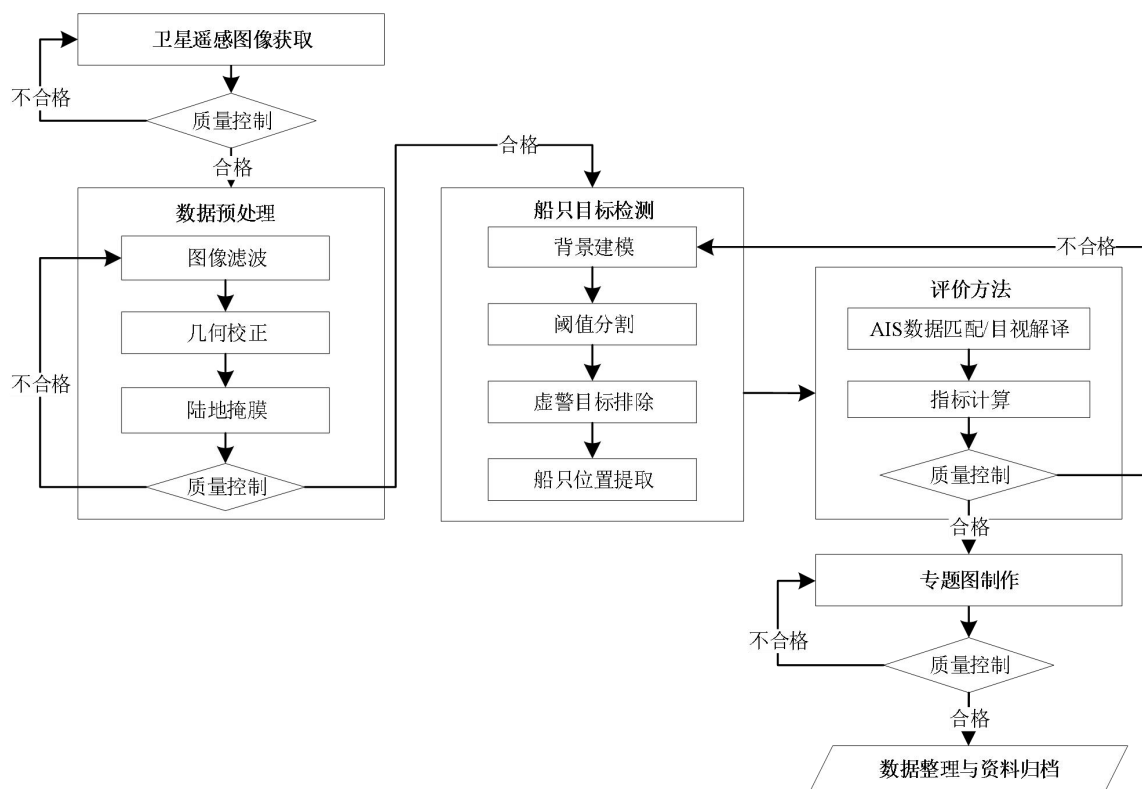


图 1 海上船只目标卫星遥感监测工作流程

7 卫星遥感图像获取

7.1 获取要求

获取的卫星遥感图像资料应满足以下要求：

- 可见光遥感图像分辨率应优于 16 m，SAR 遥感图像分辨率应优于 20 m；
- 可见光遥感图像的集中云量应小于 5%，海上总云量不应超过 10%，且图像接边处、船只目标特征区域不应有云；
- SAR 遥感图像应无明显坏线、陆地虚影等干扰；

注：虚影俗称“鬼影”。

- 卫星遥感图像格式为标准产品格式或其他能被通用遥感图像处理软件读取的数据格式；
- 卫星遥感图像资料应包括但不限于以下文件：
 - 图像文件，一般为 TIFF 或其他标准图像格式的图像文件；
 - 利用严密几何模型构建的有理多项式函数模型参数文件，一般为 RPC 文件；
 - 元数据文件，包含分辨率、入射角、波段、经纬度等具体参数信息，一般为 XML 文件。

8 数据预处理

8.1 技术要求

数据预处理技术要求如下：

- a) 数据预处理应包含图像滤波、几何校正、陆地掩膜等步骤；
- b) 卫星遥感图像滤波处理后，图像的均值方差比应提升（1~2）倍；
- c) 卫星遥感图像几何校正后，位置误差应小于 5 个像元。

8.2 处理方法

8.2.1 图像滤波

利用图像滤波方法降低可见光遥感图像和 SAR 遥感图像中噪声的干扰，应根据图像类型选取合适的图像滤波方法：可见光遥感图像宜采用中值滤波；SAR 遥感图像宜采用 Lee 滤波。中值滤波和 Lee 滤波应符合附录 A 的规定。

8.2.2 几何校正

8.2.2.1 在有地面控制点情况下，采用 RFM 模型。可见光遥感图像按照 CH/T 3019—2018 中 7.4 的方法进行几何校正；SAR 遥感图像按照 DZ/T 0265—2014 中 6.3 的方法进行几何校正。

8.2.2.2 在无地面控制点情况下，采用卫星遥感图像自带的坐标信息进行几何校正。

8.2.3 陆地掩膜

采用目视解译方法，沿海陆边界线划分出陆地区域和海洋区域，将卫星遥感图像中的陆地区域遮蔽或移除，仅在海洋区域进行船只检测。

9 船只目标检测

9.1 检测要求

海上船只目标检测要求如下：

- a) 目标检测位置与图像位置误差应小于 2 个像元；
- b) 对于可见光遥感图像，船只目标检测的品质因数应不低于 0.70；
- c) 对于 SAR 遥感图像，船只目标检测的品质因数应不低于 0.80；
- d) 对于可见光遥感图像和 SAR 遥感图像，虚警率均应不高于 0.25。

9.2 检测方法

9.2.1 背景建模

分别对可见光遥感图像和 SAR 遥感图像按照如下方法进行背景建模：

- a) 对于可见光遥感图像，宜在选取全部波段的均值图像后，计算可见光遥感图像中海洋区域灰度的直方图分布。对于 SAR 遥感图像，计算 SAR 遥感图像中海洋区域幅度或强度的直方图分布；
- b) 计算直方图分布的形状和尺度等参数；
- c) 将参数代入海杂波统计分布模型进行背景建模。可见光遥感图像宜采用高斯分布模型；SAR 遥感图像宜采用 K 分布模型。海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型应符合附录 B 的规定。

9.2.2 阈值分割

采用 CFAR 方法。基于背景建模结果，利用设置的虚警概率计算分割阈值。将可见光遥感均值图像和 SAR 遥感图像中的每个像素与分割阈值进行对比，如果像素值大于分割阈值则将该像素判为疑似

船只目标。阈值分割计算见公式（1）。

$$1 - P_{fa} = \int_0^{I_c} p(x) dx \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_{fa} ——虚警概率，初始值可选为 10^{-3} ，通常调节范围为 $10^{-5} \sim 10^{-1}$ ；

I_c ——分割阈值；

$p(x)$ ——海杂波幅度或强度值的概率密度分布函数。

9.2.3 虚警目标排除

对阈值分割得到的全部疑似船只目标区域进行目视解译，排除岛礁、海上构筑物、海杂波等虚警目标，确定真实船只目标。卫星遥感图像真实船只目标样例见附录C。

9.2.4 船只位置提取

对检测出来的船只目标几何中心位置进行坐标转换，得到船只目标检测结果的经纬度位置信息，并记录船只目标信息。船只目标位置要素属性字段应符合附录D的规定。

10 评价方法

10.1 检测结果评价

应对检测结果的真实性进行检验，从卫星遥感图像中检测到的目标位置信息进行AIS数据匹配，具体方法如下：

- a) 选取遥感卫星成像时刻前后15min内，共30min的船只AIS数据；
- b) 以卫星遥感图像成像时刻为中心时刻，结合船只目标的速度和方向，对船只AIS数据进行线性插值，提取与卫星遥感图像成像时间相同的船只AIS数据，实现船只AIS与卫星遥感图像的时空匹配；
- c) 将提取的船只AIS数据与卫星遥感图像的目标检测结果在地图上进行标示和匹配；
- d) 对于无匹配数据的情况，通过目视解译的方法判别真实目标个数。

10.2 指标计算

统计正确检测的目标个数、虚警个数、真实的目标个数。按照公式（2）和公式（3）分别计算虚警率和品质因数。

$$R_{fa} = \frac{N_{fa}}{N_{gt} + N_{fa}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

R_{fa} ——虚警率；

N_{fa} ——虚警个数；

N_{gt} ——真实目标个数。

$$R_{fom} = \frac{N_{tt}}{N_{gt} + N_{fa}} \dots\dots\dots(3)$$

式中：
 R_{fom} ——品质因数；
 N_{tt} ——正确检测的目标个数。

11 专题图制作

11.1 制作要求

- 卫星遥感监测船只分布专题图制作要求如下：
- a) 专题图中应包含地理底图、卫星遥感图像和目标位置；
 - b) 卫星遥感图像应清晰、色调均匀和反差适中；
 - c) 不同卫星遥感图像和数据得到的目标位置信息应使用不同的颜色区分；
 - d) 输出分辨率应不低于 300dpi。

11.2 构成要素

- 卫星遥感监测船只分布专题图构成要素如下：
- a) 图名；
 - b) 经纬度及其注记；
 - c) 卫星遥感图像；
 - d) 指北针；
 - e) 比例尺；
 - f) 卫星名称；
 - g) 成像时间；
 - h) 监测海域；
 - i) 极化方式；
 - j) 分辨率；
 - k) 入射角；
 - l) 船只检测结果；
 - m) 船只 AIS 数据；
 - n) 虚警率；
 - o) 品质因数；
 - p) 制作时间；
 - q) 制图人员；
 - r) 制作单位；
 - s) 审核；
 - t) 图例。

卫星遥感监测船只分布专题图样例见附录 E。

11.3 制作程序

11.3.1 地理底图制作

地理底图制作步骤如下：

- a) 加载海洋和陆地的地图图层；
- b) 设定专题图的边框格式、经纬度等分线；
- c) 添加卫星图像的参数信息、指北针、比例尺等图例信息。

11.3.2 卫星遥感图像加载

卫星遥感图像加载步骤如下：

- a) 加载几何校正后的卫星遥感图像，卫星遥感图像的图层应叠加在陆地图层之下，海洋图层之上；
- b) 当需要添加多幅卫星遥感图像时，应对图像进行色调调整，使接缝处图像的灰度、色调与整幅图像协调。

11.3.3 目标位置信息加载

目标位置信息加载步骤如下：

- a) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据转化为遥感制图软件可以读取的格式；
- b) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据图层叠加在最上方；
- c) 显示船只目标检测结果和船只 AIS 数据的经纬度位置；
- d) 将船只目标检测结果和船只 AIS 数据的图层分别用不同颜色区分表示。

12 质量控制

应严格执行“两级检查、一级验收”制度。上一级检查未进行前不应进行下一级检查，各级检查应单独进行。过程质量控制包括下列内容：

- a) 卫星遥感图像获取：卫星遥感图像应符合 7.1 要求，文件资料应齐全；
- b) 数据预处理：检查卫星遥感图像在图像滤波后的均值方差比、几何校正后的定位误差以及陆地掩膜后海洋和陆地区域图像是否完整。若满足 8.1 要求，执行船只目标检测；若不满足，应按照 8.1 要求重新进行数据预处理；
- c) 船只目标检测：背景建模中应检查是否选取了合适的模型以及模型计算的正确性；阈值分割中应检查虚警概率设定和阈值计算的正确性；应安排经验丰富的人员参照附录 C 对检测结果进行目视解译，排除岛礁、杂波等虚警目标；最后，检验目标检测位置与图像位置的误差，若满足 9.1 a) 的要求，执行评价方法；若不满足，应按照 9.1 a) 的要求重新进行船只目标检测；
- d) 评价方法：AIS 数据匹配要经过插值处理后计算品质因数和虚警率，当无法获取 AIS 数据时，通过目视解译判断真实目标再计算品质因数和虚警率。品质因数和虚警率的精度若满足 9.1b)、9.1c) 和 9.1d) 的要求，执行专题图制作；若不满足，应调节虚警概率，按照 9.1b)、9.1c) 和 9.1d) 的要求重新进行船只目标检测和指标计算；
- e) 专题图制作：专题图的格式应规范，构成要素应完整。若满足 11.1 要求，执行数据整理与资料归档；若不满足，应按照 11.1 要求重新进行专题图制作。

13 数据整理与资料归档

13.1 数据整理

监测工作结束后，对获取的数据和提取的信息进行整编，包括原始卫星遥感图像数据、预处理后卫星遥感图像数据、船只目标检测结果、AIS数据匹配信息以及专题图。数据整编按照CH/T 3034—2023中10.1的规定执行。

13.2 资料归档

应对整理的数据进行归档，归档内容包括：

- a) 原始的卫星遥感图像和船只 AIS 数据；
- b) 处理后的卫星遥感图像和插值后的船只 AIS 数据；
- c) 船只目标检测结果和 AIS 数据匹配信息；
- d) 专题图数据集。

附录 A
(规范性)
中值滤波和 Lee 滤波

A.1 中值滤波

中值滤波是指利用非线性平滑技术，将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内所有像素点灰度值的中值。中值滤波的方法如下：

- a) 设定中值滤波的滤波窗口大小，例如长宽为 3×3 的矩形窗口， $A=9$ ；
- b) 对于图像中的像素，以位于 (i, j) 坐标处的待求像素 $f(i, j)$ 为中心，选取滤波窗口大小的像素，利用公式 A.1 计算全部像素的中值 $g(i, j)$ ：

$$g(i, j) = Med_A \{f(i, j)\} = Med \{f_{i+r, j+s}, (r, s) \in A(i, j)\} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

- i ——当前像素点所在位置的横坐标；
- j ——当前像素点所在位置的纵坐标；
- $g(i, j)$ ——滤波后图像的灰度值；
- $f(i, j)$ ——含噪图像的灰度值；
- $Med\{\}$ ——取中值；
- A ——滤波窗口大小；
- r ——沿行方向移动的像素距离；
- s ——沿列方向移动的像素距离；
- $f_{i+r, j+s}, (r, s)$ —— $f(i, j)$ 沿行列分别移动了 r 和 s 个像素位置后的灰度值；
- $A(i, j)$ ——滤波窗口中的像素。
- c) 计算得到中值 $g(i, j)$ ，替代待求像素的值 $f(i, j)$ ；
 - d) 遍历图像中的全部像素，得到最终的中值滤波图像。

A.2 Lee 滤波

Lee 滤波是指基于乘性斑点噪声模型，通过滑动窗口获得图像局部统计特征进行滤波处理，实现噪声处理。Lee 滤波的方法如下：

- a) 设定 Lee 滤波的滤波窗口大小；
- b) 计算滤波窗口内全部像素的均值 $\bar{u}$ 和标准差 σ_u ；
- c) 对于图像中的像素，以待求像素为中心，选取滤波窗口大小的像素，利用公式 A.2 计算全部像素的图像去噪后的灰度值 $\hat{R}(t)$ ：

$$\hat{R}(t) = \bar{I}(t) + [1 - (\frac{\sigma_u / \bar{u}}{\sigma_I(t) / \bar{I}(t)})^2] (I(t) - \bar{I}(t)) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- t ——当前像素位置；

$\hat{R}(t)$ —— 图像去噪后的灰度值；

$\bar{I}(t)$ —— 噪声去除后 $I(t)$ 的数学期望；

σ_u —— 噪声斑 u 的标准差；

$\bar{u}$ —— 噪声斑 u 的均值；

$\sigma_I(t)$ —— 图像 $I(t)$ 的标准差；

$I(t)$ —— 图像去噪前的灰度值。

d) 计算得到 $\hat{R}(t)$ ，替代待求像素的值 $I(t)$ ；

e) 遍历图像中的全部像素，得到最终的 Lee 滤波图像。

附录 B

(规范性)

海杂波高斯分布和海杂波 K 分布模型

B.1 海杂波高斯分布模型

高斯分布模型的计算方法如下：

- a) 选取待计算的海杂波区域，进行直方图统计；
- b) 计算所选海杂波区域的像素值均值 μ 和标准差 σ ；
- c) 将计算得到的均值 μ 和标准差 σ ；带入 B.1 得到高斯分布模型的概率密度函数 $f(x)$ 。

高斯分布模型见公式 (B.1)。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- x ——海杂波直方图分布的海面背景幅度值；
- $f(x)$ ——海杂波概率密度函数；
- σ ——海杂波区域的像素值标准差；
- μ ——海杂波区域的像素值均值。

B.2 海杂波 K 分布模型

K 分布模型的计算方法如下：

- a) 选取待计算的海杂波区域；
- b) 利用对数累量法计算所选海杂波区域的 L 、 α 、 λ 参数；
- c) 将计算得到的 L 、 α 、 λ 带入 B.2 得到 K 分布模型的概率密度函数 $f(x)$ 。

K 分布模型见公式 (B.2)。

$$f(x) = \frac{4}{\Gamma(L)\Gamma(\alpha)} (L\lambda)^{\frac{L+\alpha}{2}} x^{L+\alpha-1} K_{\alpha-L}(2x\sqrt{L\lambda}), L, \alpha, \lambda > 0 \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

- $\Gamma(\)$ ——伽马函数；
- L ——海杂波直方图分布的等效视数；
- α ——海杂波直方图分布的形状参数；
- λ ——海杂波直方图分布的尺度参数；
- $K_{\alpha-L}(\)$ —— $(\alpha-L)$ 阶第二类修正 Bessel 函数。

附录 C
(资料性)
卫星遥感图像真实船只目标样例

各类不同分辨率的可见光遥感图像船只目标样例见图 C.1，SAR 遥感图像船只目标样例见图 C.2。



图 C.1 可见光遥感图像船只目标样例

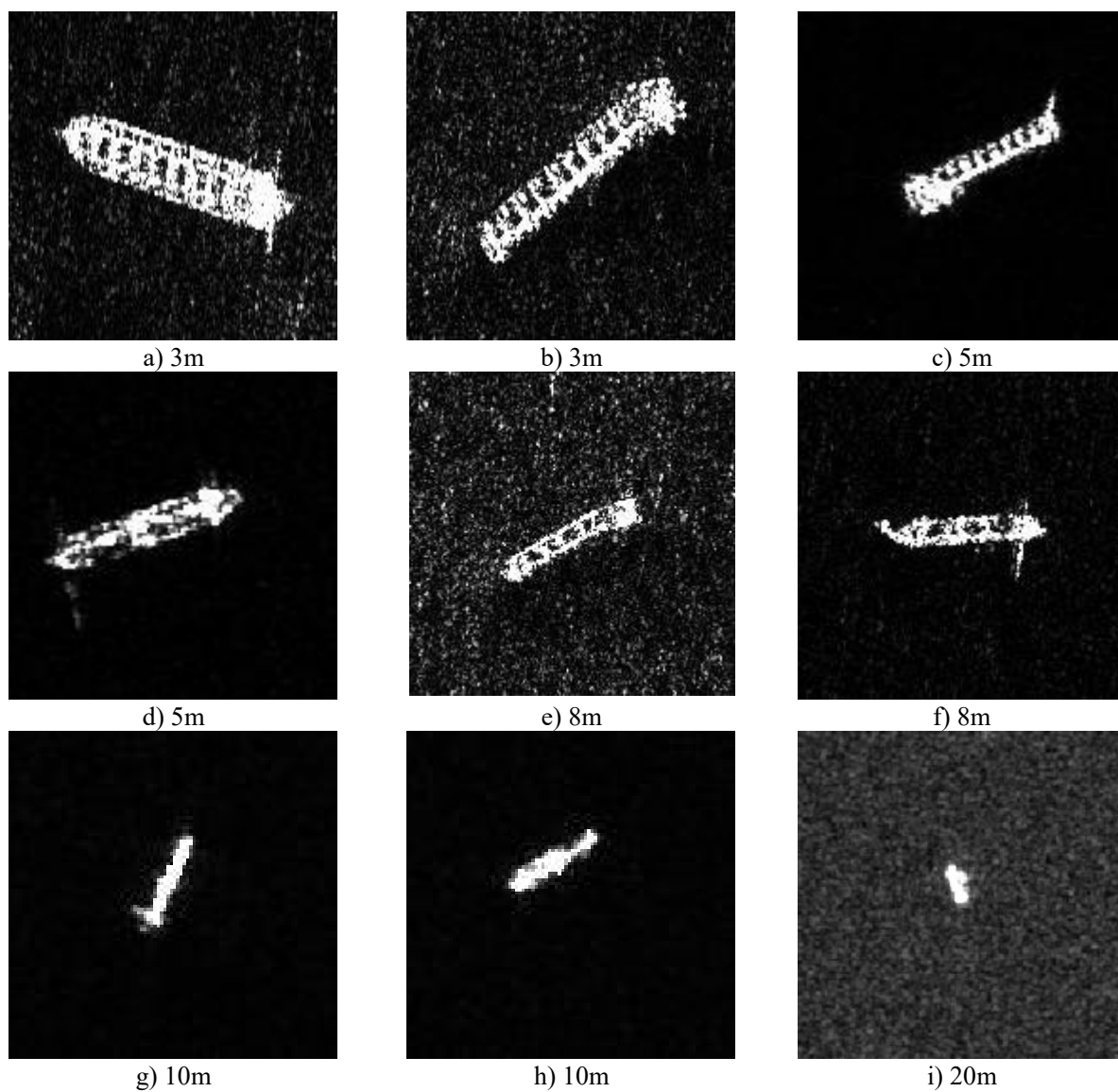


图 C.2 SAR 遥感图像船只目标样例

附录 D
(规范性)
船只目标位置要素属性字段

船只目标位置要素属性字段内容按照表 D.1 的规定执行。

表 D.1 船只目标位置要素属性字段内容

序号	字段名称	数据类型	说明	示例
1	船只目标经纬度	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	122.37834E,23.66487N
2	船只 MMSI 号	整型	AIS 自有字段, 9 位数字	367837000
3	船只 AIS 位置	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	122.37834E,23.66487N
4	船只 AIS 速度	浮点型	单位:节(kn), 保留小数点后 1 位	9.5 kn
5	经纬度精度	浮点型	按照十进制度保留小数点后 5 位	0.00001
6	所用图像来源	字符型	卫星平台名称	GAOFEN-3
7	坐标系	字符型	采用 CGCS2000 坐标系	CGCS2000
8	成像时间	日期型	采用“YYYY-MM-DD HH:MM”格式	2022-12-28 12:12
9	空间分辨率	浮点型	卫星遥感图像的分辨率	0.5m
10	船只目标验证数据	字符型	验证数据来源	AIS 或目视解译
11	目标批号	字符型	监测任务中自定义的任务批次号	1
12	图像切片	字符型	所用图像是否切片, 第几个切片	“chip1”表示第一个切片, “”表示整幅图像
13	图像长度	整型	图像横向所占像元个数	300
14	图像宽度	整型	图像纵向所占像元个数	300

附录 E
(资料性)
卫星遥感监测船只分布专题图样例

可见光卫星遥感监测船只分布专题图样例见图 E.1，SAR 卫星遥感监测船只分布专题图样例见图 E.2。

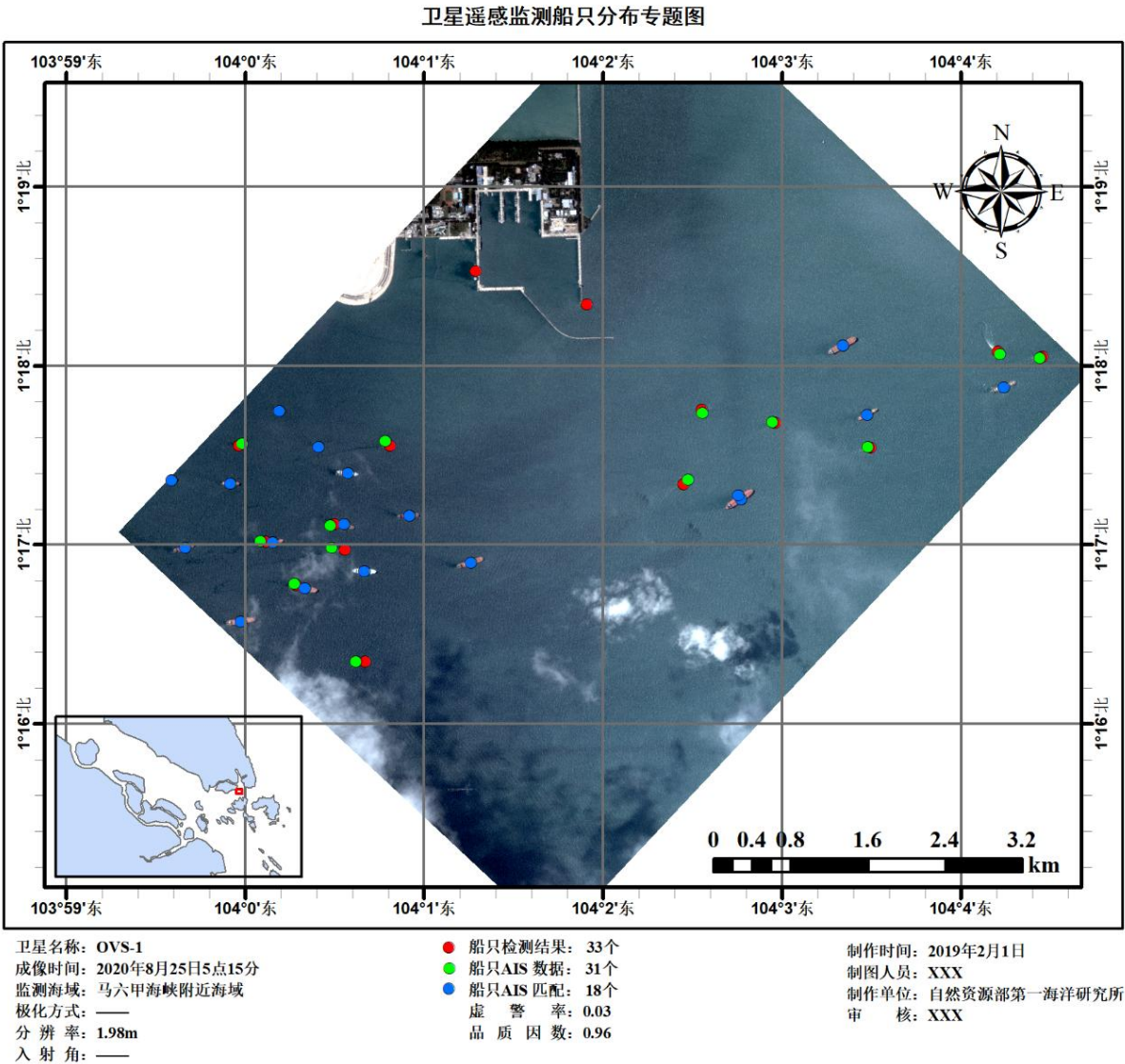


图 E.1 可见光卫星遥感监测船只分布专题图样例

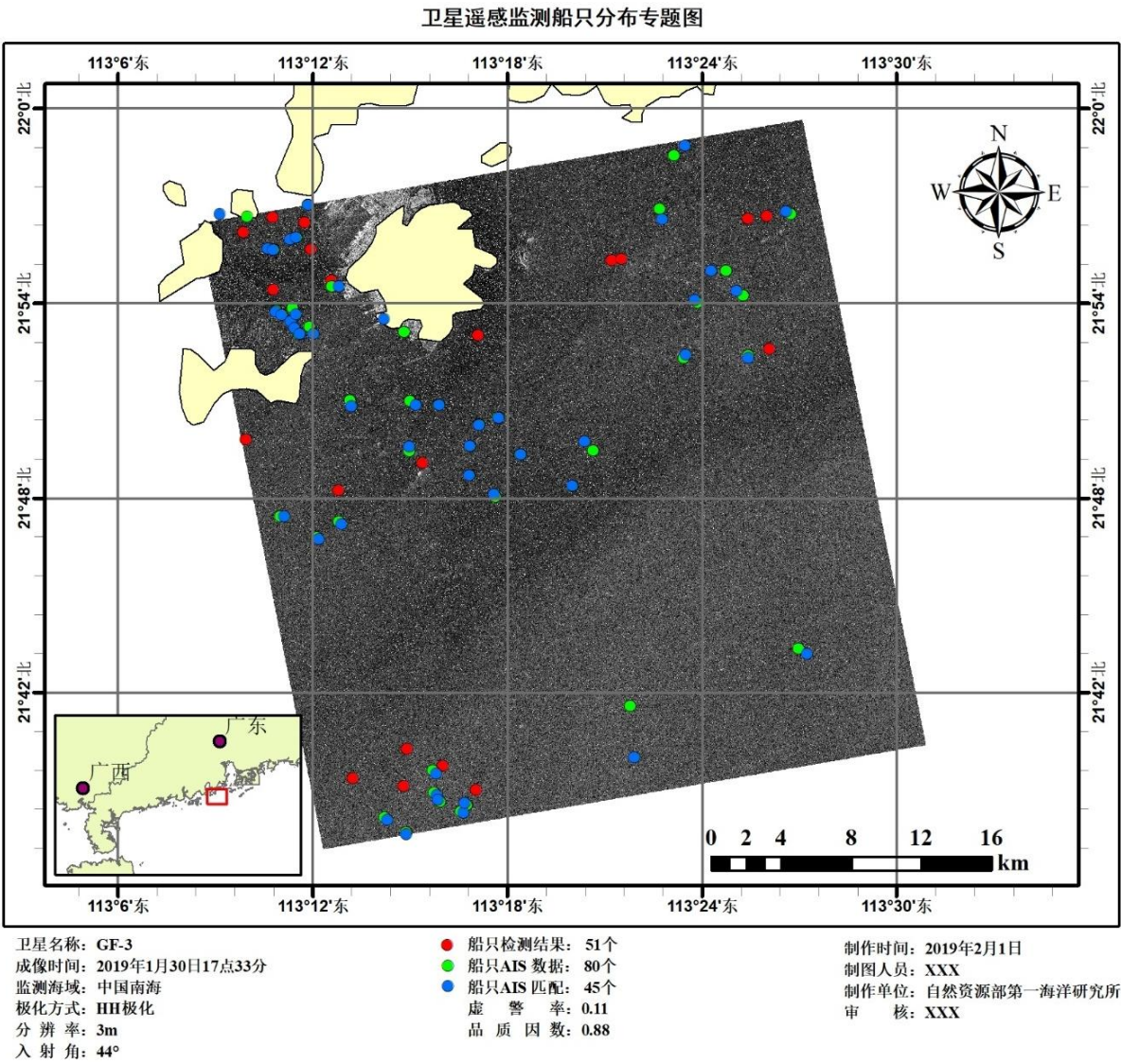


图 E.2 SAR 卫星遥感监测船只分布专题图样例

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950—2009 摄影测量与遥感术语
 - [2] GB/T 40523—2021 1:25 000 1:50 000光学测绘卫星几何检校技术规范
 - [3] CH/T 1043—2018 地理国情普查成果质量检查与验收
 - [4] QX/T 460—2018 卫星遥感产品图布局规范
-