

ICS 07.040
CCS A 76

CH

中华人民共和国测绘行业标准

CH/T XXXXX—XXXX

海洋内波遥感调查技术规范

Technical specification for remote sensing survey of oceanic internal waves

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 总则	2
4.1 调查目的	2
4.2 调查原则	2
4.3 调查范围	2
5 调查流程	2
6 调查过程	3
6.1 数据获取	3
6.2 数据处理	3
6.3 海洋内波的判定	3
6.4 海洋内波信息提取	3
6.5 海洋内波信息统计与分析	4
7 结果验证	4
7.1 验证内容	4
7.2 验证方法	4
8 图件制作	5
8.1 海洋内波位置分布专题图	5
8.2 海洋内波频次分布专题图	5
8.3 图件构成要素	5
8.4 地理坐标系	6
9 质量检查	6
9.1 检查内容	6
9.2 检查方法	6
9.3 符合性判定	6
10 数据汇总与资料归档	6
10.1 数据汇总	6
10.2 资料归档	7
附录 A（规范性）海洋内波遥感调查数据记录表	8
附录 B（资料性）海洋内波遥感图像典型样例	10

CH/T XXXXX—XXXX

附录 C（规范性）海洋内波遥感调查成果数据记录表.....	12
附录 D（资料性）海洋内波分布专题图样例.....	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、中国海洋大学、中国石油大学（华东）。

本文件主要起草人：孟俊敏、孙丽娜、范陈清、张晰、王晶、张杰、张昊、胡蓓蕾。

海洋内波遥感调查技术规范

1 范围

本文件规定了海洋内波遥感调查的总则、调查流程、调查过程、结果验证、图件制作、质量检查以及数据汇总与资料归档。

本文件适用于基于多源卫星遥感数据的海洋内波遥感调查。

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 14950-2009 摄影测量与遥感术语
- GB/T 15920-2010 海洋学术语 物理海洋学
- GB/T 19710-2005 地理信息 元数据

3 术语和定义

GB/T 14950-2009、GB/T 15920-2010和GB/T 19710-2005界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

海洋内波 oceanic internal waves
层化海洋内部发生的以重力为恢复力的波动。

3.2

波列 wave train
一种延伸与移动于空间的波动，在任意时刻，可以用周期函数来描述。

3.3

波包 wave packet
有限空间范围内，不同孤子谐波组成的整体包络波动现象。

3.4

波向 wave direction
波传播的方向。

3.5

下降型内波 depression internal wave
在跃层以上水深小于下层水深的海洋内部发生的等密度线向下凹陷的波动。

3.6

上升型内波 elevation internal wave
在跃层以上水深大于下层水深的海洋内部发生的等密度线向上凹陷的波动。

3.7

专题图 thematic map
反映海洋内波信息空间分布特征的地图。

4 总则

4.1 调查目的

利用可见光遥感图像和SAR遥感图像，开展海洋内波遥感调查工作，获取海洋内波波列位置、内波传播方向以及时空分布信息，统计分析调查海域海洋内波的波列位置分布、波向分布和时空分布特征，制作海洋内波时空分布和发生频率专题图。

4.2 调查原则

基于可见光遥感图像和SAR遥感图像提取海洋内波特征信息，严格做好卫星遥感图像处理过程中的质量控制和管理，统一成果编制过程所用的数据和图件格式，保证最终成果的科学性和实用性。

4.3 调查范围

近海、大陆架、深海、大洋等海洋内波发生海域。

5 调查流程

海洋内波遥感调查工作流程见图1。

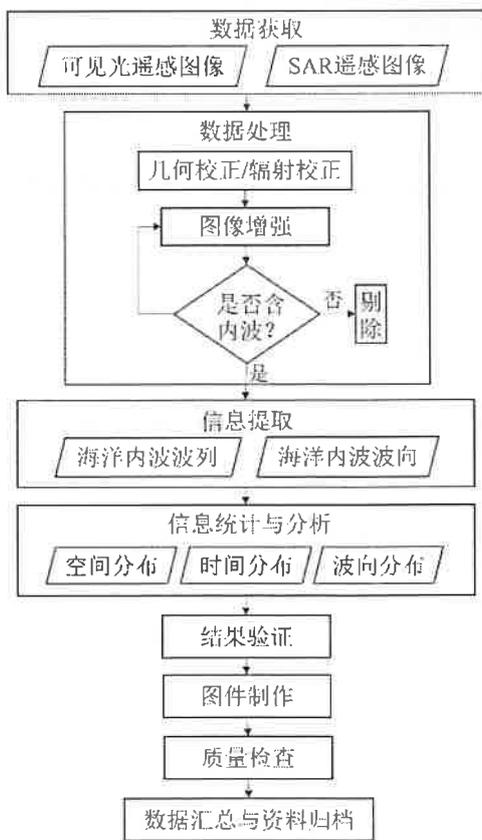


图1 海洋内波遥感调查工作流程图

6 调查过程

6.1 数据获取

收集调查区域范围内的可见光遥感图像和SAR遥感图像。遥感图像应覆盖整体或者部分调查区域，空间分辨率宜优于500 m。待原始遥感数据获取结束，填写海洋内波遥感调查原始数据获取记录表，表格样式按照图A.1执行。

6.2 数据处理

6.2.1 可见光遥感图像和 SAR 遥感图像应进行数据预处理：

- a) 可见光遥感图像应进行几何校正；
- b) SAR 遥感图像应首先进行辐射校正，然后进行几何校正。

6.2.2 可见光遥感图像和 SAR 遥感图像的读取和处理：

- a) 选取可见光遥感图像和 SAR 遥感图像专用处理软件对数据进行读取，剔除无法读取的数据；
- b) 对可读取的可见光遥感图像进行几何校正，对可读取的 SAR 遥感图像进行辐射校正和几何校正，待数据处理结束，填写处理后数据记录表，表格样式按照图 A.2 执行，填写处理后遥感数据的元数据文件表，表格样式按照图 A.3 执行；
- c) 可见光遥感图像和 SAR 遥感图像采用卫星自带的地理定位文件进行辐射校正或几何校正，并在元数据文件表中记录数据处理方法。

海洋内波遥感调查数据记录表应符合附录 A 的规定。

6.3 海洋内波的判定

海洋内波在可见光遥感图像和SAR遥感图像上一般具备以下特征：

- a) 海洋内波在遥感图像上呈现为先亮后暗或先暗后亮的条带；
- b) 海洋内波在 SAR 遥感图像上，呈现先亮后暗的条带为下降型内波，先暗后亮的条带为上升型内波；
- c) 以波包形式传播的海洋内波，每个波包包含若干个单孤波，单孤波间距依次递减；
- d) 海洋内波波峰线长度和振幅分级排列，最大的在波包前端，最小的在尾部；
- e) 沿海洋内波传播方向，波包中单孤波的波峰线长度和间距呈现递减趋势；
- f) 陆坡处向岸传播的海洋内波，波峰线基本与地形等深线平行；
- g) 海峡或海岛周边区域的海洋内波，多呈现不规则形状。

海洋内波遥感图像典型样例见附录 B。

6.4 海洋内波信息提取

6.4.1 海洋内波波列

6.4.1.1 海洋内波在可见光遥感图像和 SAR 遥感图像中多以波列的形式出现，提取海洋内波波列时要求如下：

- a) 遥感图像中可见的每个海洋内波条带均应提取；
- b) 每一幅遥感图像建立一个矢量层，存储海洋内波的波列位置信息；
- c) 记录前导波波峰线的中心经纬度和传播方向。

6.4.1.2 选取遥感图像专用处理软件读取几何校正后的海洋内波可见光遥感图像和 SAR 遥感图像，进行图像增强处理后，采用人机交互式方法提取海洋内波波列信息。待生成结果数据后，填写成果数据记录表，表格样式按图 C.1 执行；填写成果数据的元数据文件表，表格样式按图 C.2 执行。

6.4.2 海洋内波波向

采用遥感图像专用处理软件，导入提取的海洋内波波列矢量文件，通过海洋内波的传播方向和正北向顺时针夹角确定海洋内波波向，波向提取精度应不低于 10° 。待生成结果数据后，填写成果数据记录表，表格样式按图C.1执行；填写成果数据的元数据文件表，表格样式按图C.2执行。海洋内波遥感调查成果数据记录表应符合附录C的规定。

6.5 海洋内波信息统计与分析

6.5.1 空间统计与分析

根据提取的海洋内波波列成果数据，采用遥感图像专用处理软件统计海洋内波的位置空间分布，海洋内波波列位置应在调查区域范围内。通过统计海洋内波的空间位置分布，进一步分析海洋内波的空间分布特征。

6.5.2 时间统计与分析

海洋内波波列成果数据中的可见光遥感图像和SAR遥感图像自带获取时间，根据成果数据，统计海洋内波月、季、半年和年的发生天数，相同位置同一天探测到的海洋内波遥感图像仅统计一次。通过统计海洋内波的发生时间，分析海洋内波月、季、半年和年的时间分布特征。

6.5.3 波向统计与分析

根据海洋内波波向提取结果，统计海洋内波波向信息，进一步分析调查区域海洋内波波向的月、季、半年和年分布特征。

7 结果验证

7.1 验证内容

验证内容主要包括：

- 海洋内波位置；
- 海洋内波波向。

7.2 验证方法

7.2.1 遥感图像验证

7.2.1.1 利用准同步遥感图像验证提取的海洋内波位置和波向信息，遥感图像应满足如下要求：

- a) 遥感图像应包括可见光遥感图像或SAR遥感图像；
- b) 两幅遥感图像的时间间隔不大于8h；
- c) 两幅图像的空间分辨率在相同数量级范围内。

7.2.1.2 利用覆盖同一海域、时间间隔在8h之内的两幅遥感图像，分别在两幅遥感图像中确定海洋内波波列位置和传播方向，对比验证海洋内波位置信息和传播方向。

7.2.2 实测数据验证

7.2.2.1 利用准同步现场温盐观测数据验证提取的海洋内波位置信息，温盐观测数据应满足如下要求：

- a) 现场温盐观测数据与遥感图像的时间间隔不大于4h；
- b) 潜标/浮标获取的温盐观测资料，时间分辨率不低于10min。

7.2.2.2 选取与海洋内波遥感图像覆盖同一海域、时间间隔在 4h 之内的现场温盐观测数据，通过现场获取的海水密度剖面曲线获得海洋内波信息，与遥感图像中海洋内波条带位置进行对比验证。

7.2.3 符合性判定

利用准同步卫星遥感图像和现场观测数据验证调查结果，符合以下特征，则可用于海洋内波波列位置和波向的验证：

- a) 相邻两幅遥感图像时间间隔不大于 8h，获取的海洋内波波形在传播一段距离后无变化，则判定为同一条内波；
- b) 相邻两幅遥感图像时间间隔不大于 8h，获取的同一条海洋内波在传播一段距离后，传播方向几乎无变化，可用于海洋内波传播方向的验证；
- c) 遥感图像与现场观测时间间隔不大于 4h，遥感获取的海洋内波距离现场观测位置最近，则判定为同一条海洋内波。

8 图件制作

8.1 海洋内波位置分布专题图

海洋内波位置分布图件应包括以下要素：

- a) 调查区域位置和范围；
- b) 海洋内波月、季、半年和年位置统计信息；
- c) 输出分辨率不低于 300 dpi。

待海洋内波位置分布专题图生成后，填写海洋内波遥感调查专题图数据记录表，表格样式按图 C.3 执行；填写海洋内波遥感调查专题图数据的元数据文件表，表格样式按图 C.4 执行。海洋内波分布专题图样例见附录 D。

8.2 海洋内波频次分布专题图

海洋内波发生频次分布图件应包括以下要素：

- a) 调查区域位置和范围；
- b) 海洋内波月、季、半年和年发生频次；
- c) 输出分辨率不低于 300 dpi；
- d) 海洋内波发生频次统计区域网格优于 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 。

海洋内波频次分布专题图样例见附录 D。

8.3 图件构成要素

信息专题图的构成宜包括以下要素：

- a) 图名；
- b) 图号；
- c) 坐标系；
- d) 比例尺；
- e) 投影；
- f) 图例；
- g) 密级；
- h) 内外图廓线；
- i) 公里网；

- j) 经纬度及其注记;
- k) 图像类型;
- l) 成像时间;
- m) 制作单位;
- n) 制作时间;
- o) 主要地名。

8.4 地理坐标系

坐标系要求如下:

- a) 投影采用高斯-克吕格投影, 1:10000 及更大比例尺采用 3°分带, 小于 1:10000 比例尺采用 6°分带;
- b) 大地坐标系统宜采用 CGCS2000 坐标系;
- c) 高程基准宜采用 1985 国家高程基准, 时间系统宜采用世界标准时间 (UTC)。

9 质量检查

9.1 检查内容

海洋内波遥感调查过程中, 需要检查的内容如下:

- a) 原始遥感图像;
- b) 处理后遥感图像;
- c) 提取的成果数据;
- d) 专题图制作;
- e) 调查人员。

9.2 检查方法

采用遥感图像专用处理软件, 利用人机交互式方法进行检查。逐一打开用于海洋内波调查的原始遥感图像、处理后遥感图像、提取的海洋内波成果数据和制作的专题图, 检查数据的格式、类型、范围等, 检查中发现的问题应及时退回修改, 然后复查, 直至合格为止。调查人员应经过严格的岗前培训。

9.3 符合性判定

利用人机交互式方法对调查结果进行质量检查, 应符合以下要求:

- a) 原始遥感图像应覆盖调查区域, 且具有可读性;
- b) 处理后的遥感图像应满足投影和坐标要求;
- c) 提取的海洋内波信息结果应完成对比验证;
- d) 专题图应满足制图要求;
- e) 调查人员应具有岗前培训资质。

10 数据汇总与资料归档

10.1 数据汇总

调查工作结束后, 检查原始图像数据集、处理后图像数据集、要素成果数据集和专题图数据集的完整性、准确性和一致性。数据汇总要求如下:

- a) 原始遥感图像应覆盖整体或者部分调查区域，图像格式为标准图像产品格式或其他能为通用遥感处理软件读取的数据格式；
- b) 原始遥感图像采用图像收集购置时自带的名称；
- c) 处理后数据命名规则：原始数据文件名+_几何校正+_处理时间；
- d) 专题图应包括月、季、半年和年内波位置和频次分布。

10.2 资料归档

汇总调查工作获取的数据和提取的信息，包括原始遥感图像数据集，处理后遥感图像数据集，提取的内波信息成果数据集，以及制作内波位置分布专题图和频次分布专题图数据集，进行数据整编。

对调查工作整编的数据进行归档，归档数据包括：原始图像数据集、处理后图像数据集、成果数据集和专题图数据集。

附录 A

(规范性)

海洋内波遥感调查数据记录表

海洋内波遥感调查原始数据获取记录表格式见图 A. 1, 海洋内波遥感调查处理后数据记录表格式见图 A. 2, 海洋内波遥感调查处理后遥感数据的元数据文件表格式见图 A. 3。

海洋内波遥感调查原始数据获取记录表

序号	图像文件名称	卫星/传感器名称	成像时间	空间分辨率	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
....					
合计					

图 A.1 海洋内波遥感调查原始数据获取记录表格式

海洋内波遥感调查处理后数据记录表

序号	处理后图像文件名称	卫星/传感器名称	成像时间	处理时间	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
....					
合计					

图 A.2 海洋内波遥感调查处理后数据记录表格式

海洋内波遥感调查处理后遥感数据的元数据文件表

序号	数据项	内容（说明及举例）
1	文件名	（如：“海洋内波_GF1_WFV1_E97.0_N11.2_20160301_L1A0001444282_几何校正_20210320.img”）
2	卫星名称	（如“GF-1”）
3	传感器名称	（如“WVF”）
4	波段信息	（如“第二波段”）
5	极化方式	（可见光遥感图像填写“—”）
6	空间分辨率	（如“0.5m”）
7	成像时间	（YYYYMMDDHHMM）
8	图像数据格式	（如“*.img”）
9	覆盖区域	（如“SCS-YG01”）
10	坐标系名称	（CGCS2000）
11	投影名称	（高斯-克吕格）
12	中央经线	（如“119°E”）
13	几何校正方法	（如“正射校正/多项式法”）
14	定位误差	（单位为 m，小数点后 1 位，如“0.8m”）
15	处理人	（实际处理人）
16	处理单位	（单位全称）
17	处理日期	（YYYYMMDD）
18	检查人	（技术负责人）
19	检查单位	（单位全称）
20	检查日期	（YYYYMMDD）

图 A.3 海洋内波遥感调查处理后遥感数据的元数据文件格式

附录 B

(资料性)

海洋内波遥感图像典型样例

海洋内波可见光遥感图像典型样例见图B.1, 海洋内波SAR遥感图像典型样例见图B.2。

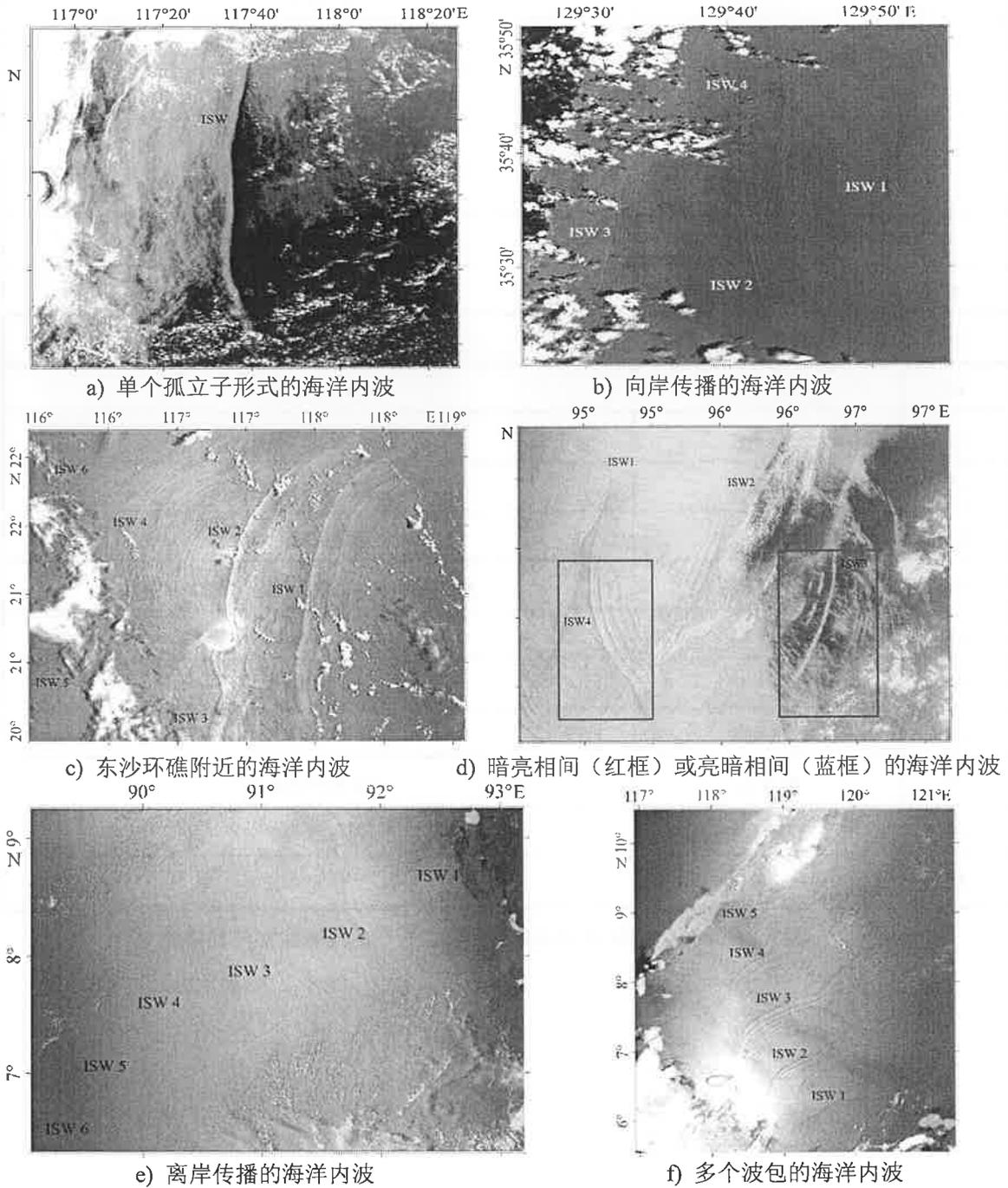
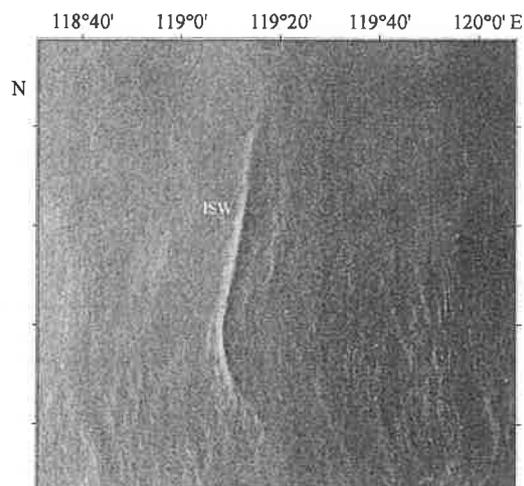
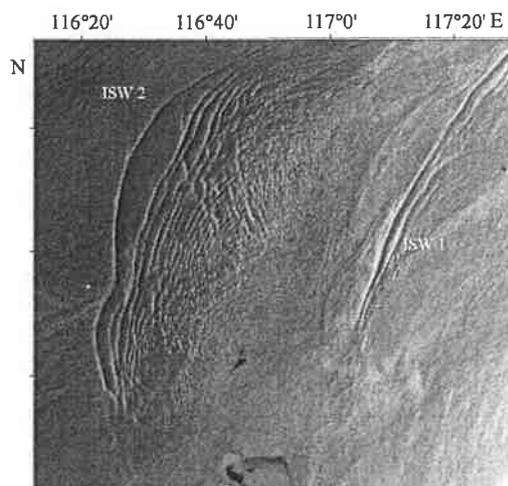


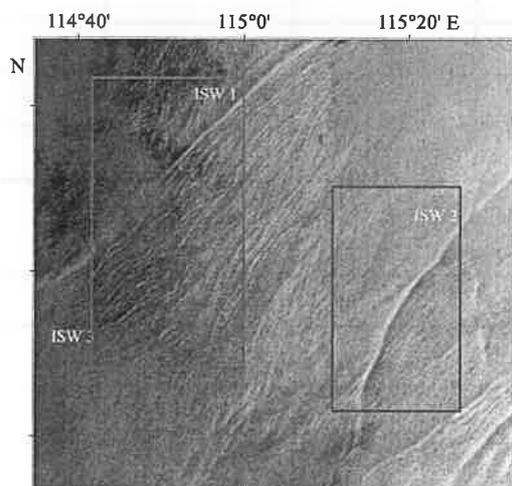
图 B.1 海洋内波可见光遥感图像典型样例



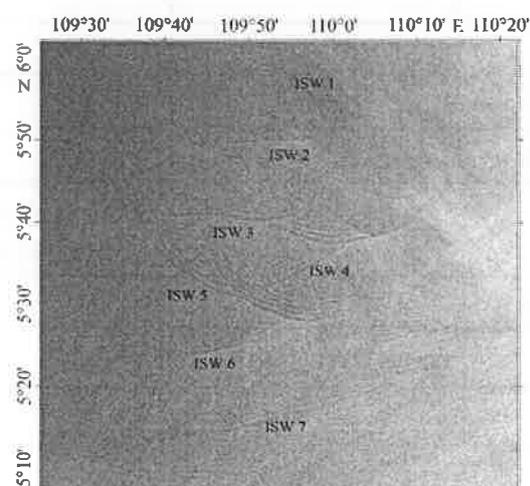
a) 单个孤立子形式的海洋内波



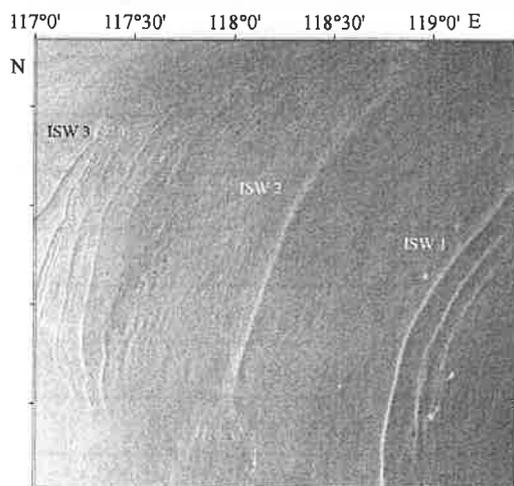
b) 陆坡处传播的海洋内波



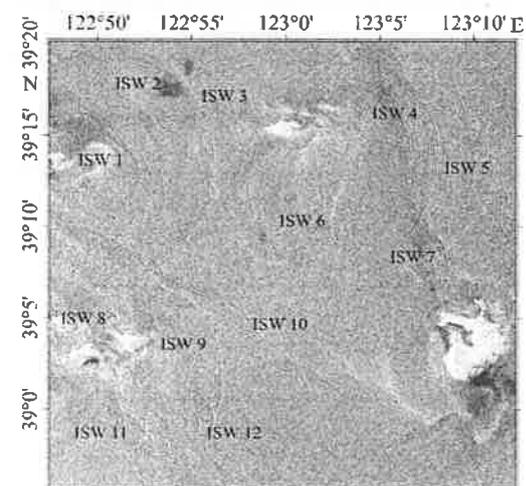
c) 上升型（红框）和下降型（蓝框）海洋内波



d) 纳土纳群岛附近的海洋内波



e) 波包形式传播的海洋内波



f) 岛屿附近的海洋内波

图 B.2 海洋内波 SAR 遥感图像典型样例

附录 C
(规范性)

海洋内波遥感调查成果数据记录表

海洋内波遥感调查成果数据记录表格式见图C.1，海洋内波遥感调查成果数据的元数据文件表格式见图C.2，海洋内波遥感调查专题图数据记录表格式见图C.3，海洋内波遥感调查专题图数据的元数据文件表见图C.4。

海洋内波遥感调查成果数据记录表

序号	成果数据文件名称	卫星/传感器名称	生成时间	处理时间	备注
1					
2					
3					
4					
5					
....					
合计					

图 C.1 海洋内波遥感调查成果数据记录表格式
海洋内波遥感调查成果数据的元数据文件表

序号	数据项	内容（说明及举例）
1	文件名	（文件名全称）
2	卫星名称	（如“GF-1”）
3	传感器名称	（如“WV2”）
4	空间分辨率	（如“0.5m”）
5	数据时间	（YYYYMMDDHHMM）
6	数据格式	（如“*.shp”）
7	中心经纬度	（如“20°N, 119°E”）
8	处理人	（实际处理人）
9	处理单位	（单位全称）
10	处理日期	（YYYYMMDD）
11	检查人	（技术负责人）
12	检查单位	（单位全称）
13	检查日期	（YYYYMMDD）

图 C.2 海洋内波遥感调查成果数据的元数据文件表格式

海洋内波遥感调查专题图数据记录表

序号	专题图文件名称	卫星/传感器名称	生成时间	处理时间	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
....					
合计					

图 C.3 海洋内波遥感调查专题图数据记录表格式

海洋内波遥感调查专题图的元数据文件表

序号	数据项	内容（说明及举例）
1	文件名	（文件名全称）
2	卫星名称	（如“GF-1”）
3	传感器名称	（如“WVF”）
4	空间分辨率	（如“0.5m”）
5	数据时间	（YYYYMMDDHHMM）
6	数据格式	（如“*.tiff”）
7	中心经纬度	（如“20°N, 119°E”）
8	处理人	（实际处理人）
9	处理单位	（单位全称）
10	处理日期	（YYYYMMDD）
11	检查人	（技术负责人）
12	检查单位	（单位全称）
13	检查日期	（YYYYMMDD）

图 C.4 海洋内波遥感调查专题图的元数据文件表格式

附录 D
(资料性)
海洋内波分布专题图样例

海洋内波位置月分布专题图样例见图D.1, 海洋内波频次月分布专题图样例见图D.2, 海洋内波位置年分布专题图样例见图D.3, 海洋内波频次年分布专题图样例见图D.4。

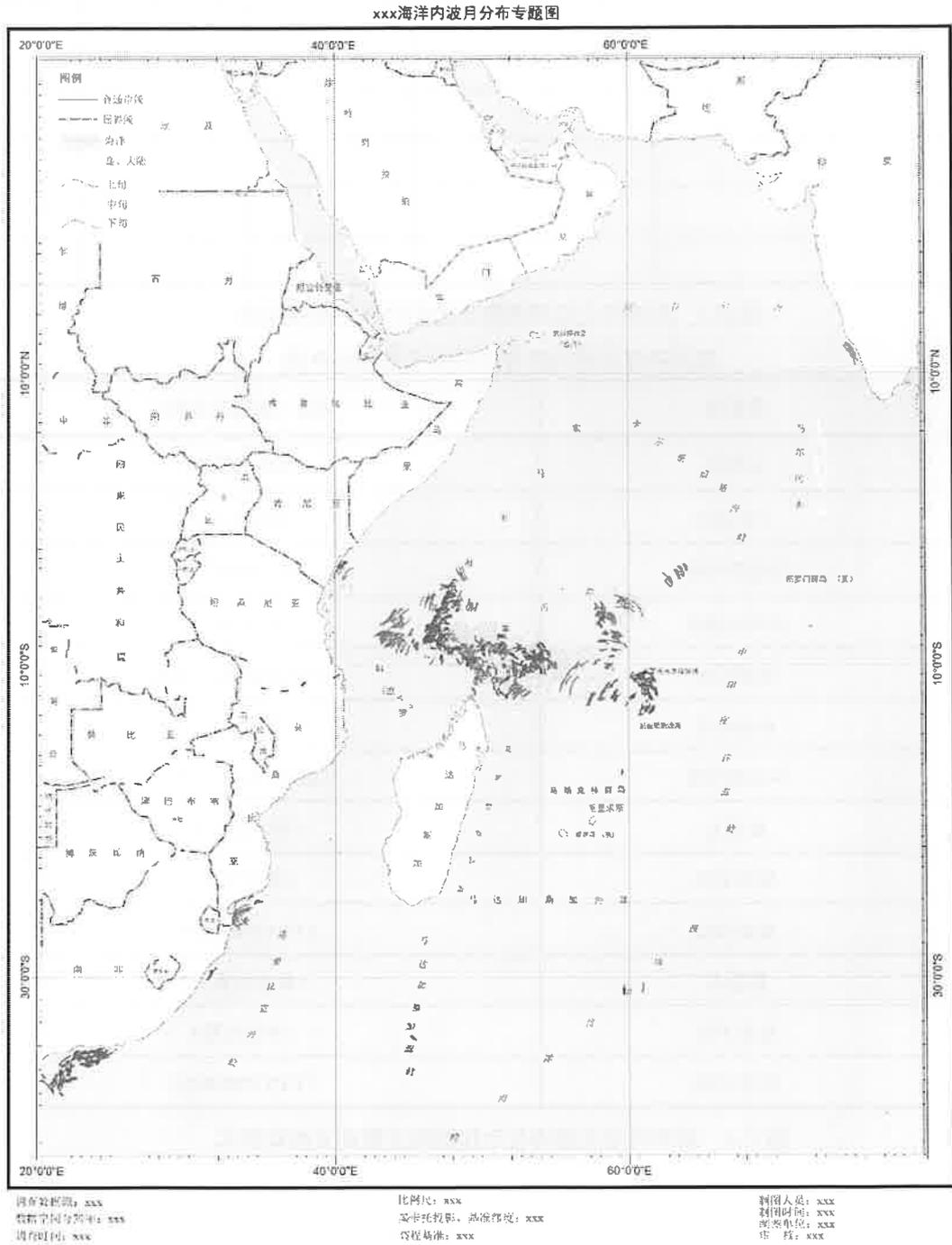


图 D.1 海洋内波位置月分布专题图样例

xxx海洋内波频次分布专题图

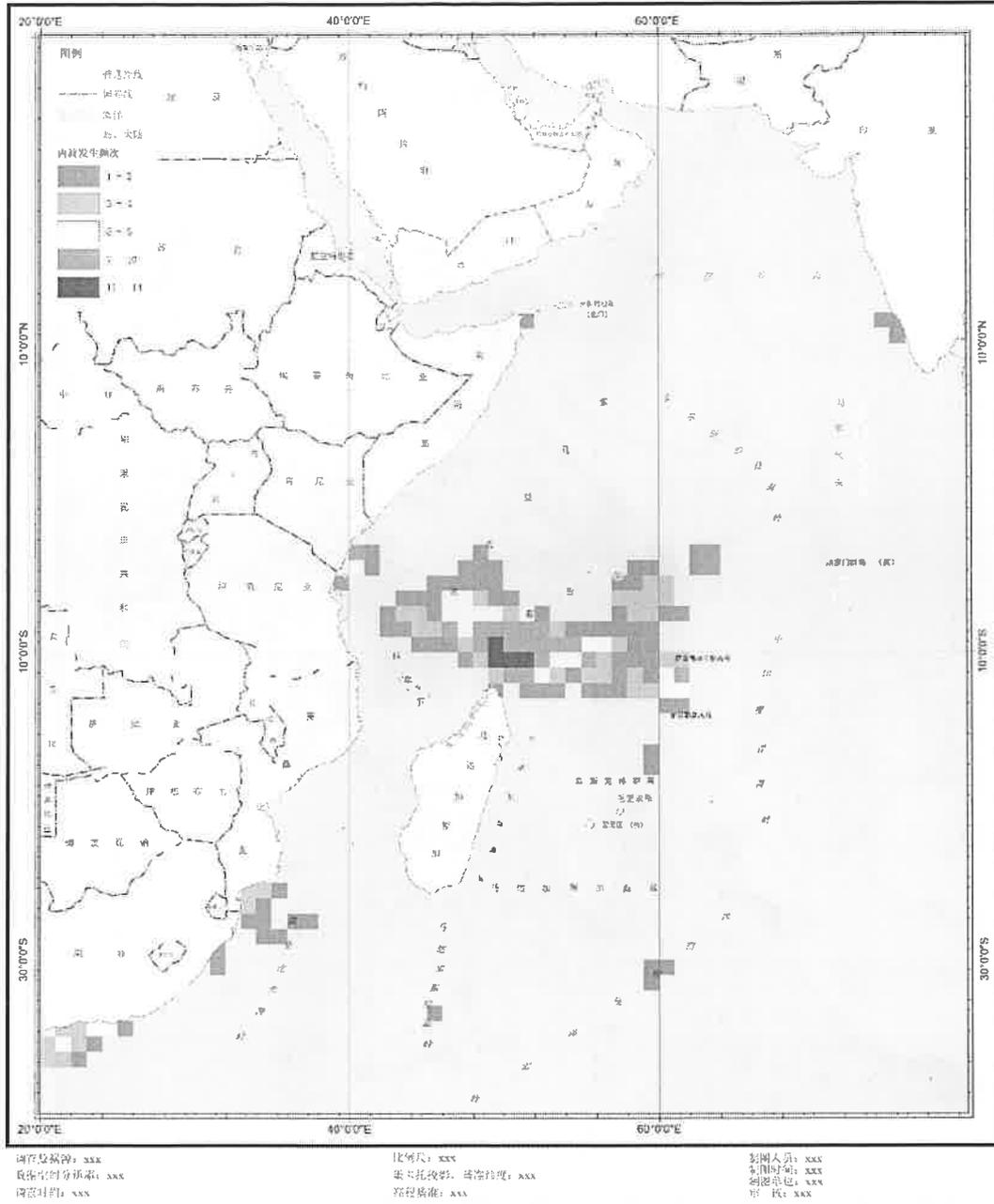


图 D.2 海洋内波频次月分布专题图样例

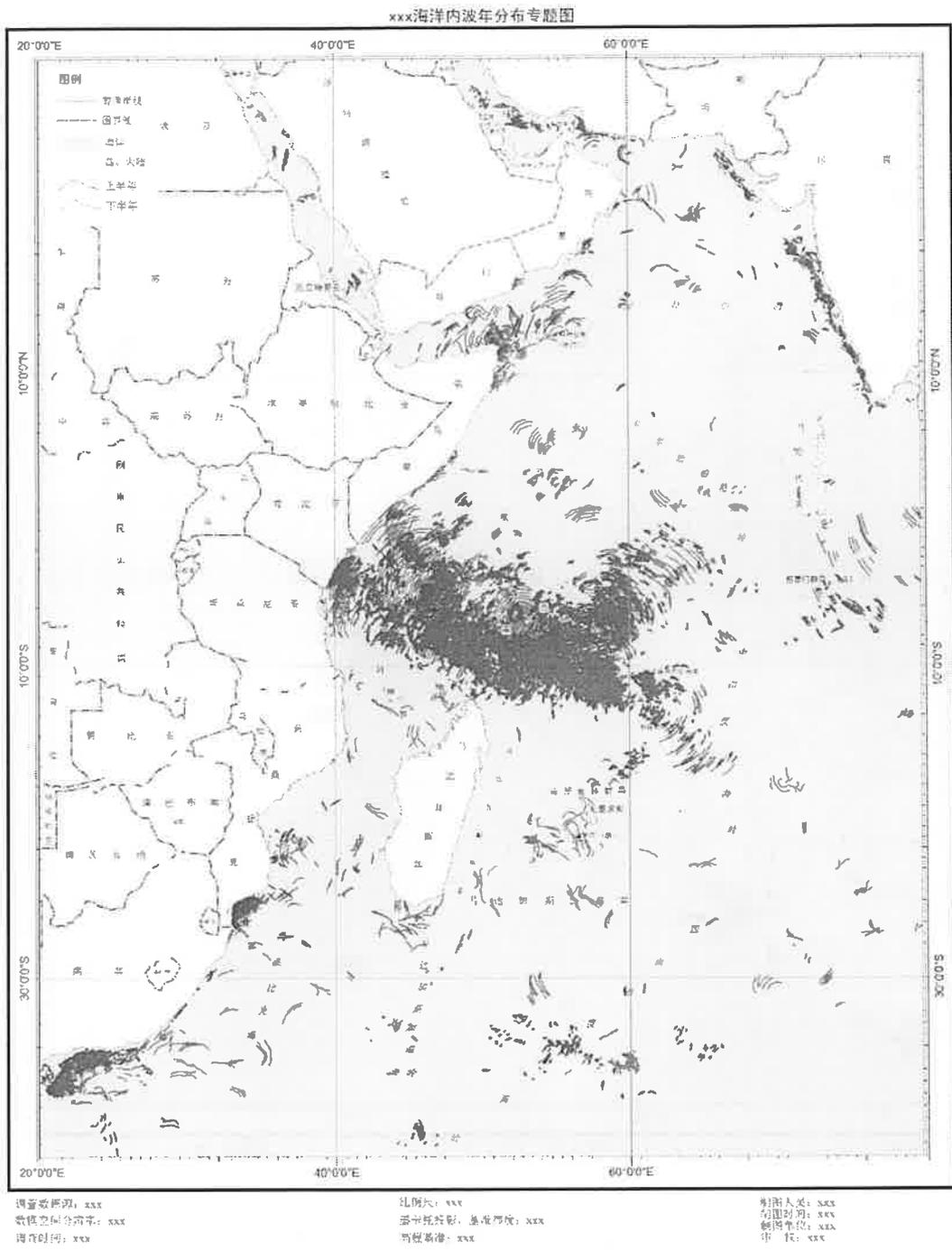


图 D.3 海洋内波位置年分布专题图样例

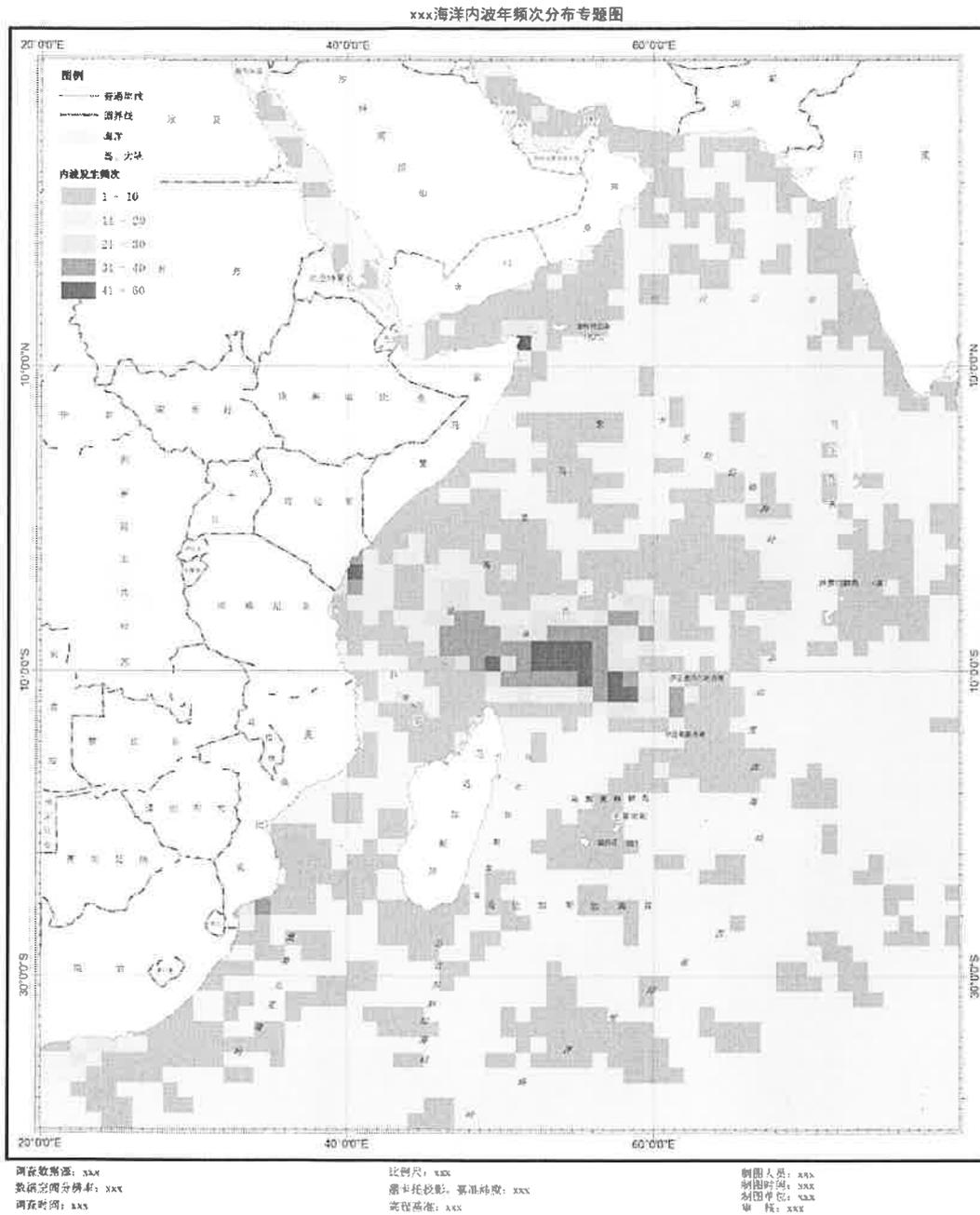


图 D.4 海洋内波年频次分布专题图样例

《海洋内波遥感调查技术规范》

编制说明

行业标准项目名称： 海洋内波遥感调查技术规范

行业标准项目编号： 201933001

送审行业标准名称： 海洋内波遥感调查技术规范

报批行业标准名称： 海洋内波遥感调查技术规范

承担单位： 自然资源部第一海洋研究所

当前阶段： 征求意见 送审稿审查 报批稿报批

编制时间： 二〇二二年六月

海洋内波遥感调查技术规范

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

2019年11月15日，自然资源部下达《自然资源部办公厅关于印发2019年度自然资源标准制修订工作计划的通知》（自然资办发[2019]49号），本标准是自然资源部发布的2019年自然资源卫星应用行业标准计划项目之一，标准计划名称《海洋内波遥感调查技术规范》，标准计划号201933001。本标准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归口，由自然资源部第一海洋研究所牵头起草。

2. 目的意义

海洋内波是发生在海水密度稳定分层的海洋内部的一种波动现象，振幅可达上百米，与表面波相比有更大的能量和破坏力，具有“水下魔鬼”之称。海洋内波传播过程伴随较大的速度切变和海表起伏，严重威胁水下潜艇航行安全，对海上石油平台和海上交通等都具有较大影响和破坏力。海洋内波发生在水下且空间尺度较大，而时间变化尺度小，发生时间只有数小时或几天，为了捕捉这些现象需要不间断监测。现场大范围探测存在一定困难，遥感手段可以直接获取海表面海洋内波特征物理量平面分布的全局信息，大范围观测它在海表面的特征。SAR具有全天时、全天候探测能力，但重访周期长，限制了SAR在海洋内波业务化监测中的应用。可见光遥感图像空间覆盖范围大、时间分辨率高，数据来源丰富，特别是自主高分辨率可见光遥感为海洋内波业务化监测提供了很好的数据源保障，具有明显的优

势。因此，开展基于遥感的海洋内波调查技术对国防安全保障、海洋工程、海洋生态和科学研究都具有重要意义。

遥感作为海洋内波探测的重要手段，可用的卫星遥感数据量庞大，且种类繁多。同时，遥感调查海洋内波技术已应用于全球变化与海气相互作用专项，但当前国内还没有国家或行业标准可以遵循，存在作业流程不规范、精度要求不明确等问题，影响海洋内波遥感调查信息提取的质量。因此，急需制定海洋内波遥感调查规范，来指导遥感数据应用于海洋内波调查的规范性，提高遥感图像在海洋内波调查方面的可靠性及应用水平。本项目拟制定可行实用并兼顾发展的海洋内波遥感调查技术标准，规范遥感数据的统一使用、作业流程和技术要求等，以及提高海洋内波遥感调查的可靠性。

3. 主要起草人及工作分工

编制任务下达后，由自然资源部第一海洋研究所牵头，中国海洋大学和中国石油大学（华东）参加，共同成立了编制组。编制组成员包括总体技术负责人和长期从事卫星应用、海洋内波遥感探测等专业领域的技术人员，编制组成员分工合作开展标准各章节的编写，主要人员组成及分工见表 1。

表 1 编制组人员分工

序号	姓名	单位	任务分工	备注
1	孟俊敏	自然资源部第一海洋研究所	标准负责人，标准总体技术负责，统筹安排标准的主体框架的制定及人员分工安排等工作。	
2	孙丽娜	自然资源部第一海洋研究所	负责标准编制、组织协调、审查报批等工作。	
3	范陈清	自然资源部第一海洋研究所	参与标准的编制	
4	张 晰	自然资源部第一海洋研究所	参与标准的编制	
5	王 晶	中国海洋大学	参与标准的编制	
6	张 杰	中国石油大学（华东）	参与标准的编制	

7	张昊	自然资源部第一海研 研究所	参与标准的编制	
8	胡蓓蕾	自然资源部第一海洋 研究所	参与标准的编制	

4. 主要工作过程

4.1 征求意见稿阶段

2019年12月-2020年4月，编制组开展了大量的调研工作，包括调研国内外有关现有标准，以及《海洋内波遥感调查技术规范》的实际实施情况，开始起草标准草案。

2020年5月-2020年9月，以标准草案为基础，编制组又以电话、社交软件、电子邮件和视频会议的形式与海洋遥感领域生产作业单位、大学、科研院所等多位技术专家和生产专家进行多次交流探讨，并根据专家意见对标准草案进行修改完善，于2020年9月完成了标准征求意见稿和编制说明。

按照全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会标准化工作管理规定要求，卫星应用分技委于2020年11月30日将征求意见稿和编制说明发至卫星应用分技委全体委员、海洋调查观测监测分技术委员会全体委员、相关测绘单位和相关单位的专家，并在自然资源标准化信息服务平台开始广泛征求有关单位及专家的意见。收到的回函单位数27个，回函并有建议或意见的单位数21个。共整理意见109条，其中采纳意见101条，部分采纳意见0条，未采纳意见8条。编制组按照专家的意见对标准征求意见稿进行了详细的修改，形成送审讨论稿。

4.2 送审稿阶段

2021年6月21日，由牵头单位自然资源部第一海洋研究所在青岛组织召开了标准预审会，来自自然资源部国土卫星遥感应用中心、

自然资源部北海标准计量中心、卫星应用分技术委员会、国家海洋信息中心和中国石油大学（华东）等相关单位的十余位专家参加了预审会。专家组听取了标准编制工作说明，审查了标准的编制说明和标准送审讨论稿，对标准送审讨论稿和编制说明提出了针对性意见，意见主要集中在标准的术语、技术要求、附录等方面。会后，编制组根据预审会专家提出的意见，对标准送审讨论稿及其编制说明进行了认真修改，形成了送审稿。

4.3 报批稿阶段

2022年3月8日，全国地理信息标准化技术委员会卫星应用分技术委员会在北京以线上和线下结合的方式组织召开了卫星应用行业标准《海洋内波遥感调查技术规范》送审稿审查会，参加审查会的有国家卫星海洋应用中心、自然资源部第一海洋研究所、中国海洋大学、国家海洋技术中心、国家海洋局北海预报中心、国家海洋信息中心、中国航天科技集团有限公司第九研究院第七零四研究所、中国科学院空天信息创新研究院、中国船舶工业综合技术经济研究院和国家海洋标准计量中心等相关单位的12名专家。会议对标准送审材料进行了认真审查，给出了审查结论，一致同意通过该标准送审稿的审查，并建议编制组按照专家审查修改意见修改后以推荐性行业标准报批。2022年4月，编制组根据审查会意见，对标准送审稿进一步修改完善，形成标准报批稿。

二、标准编制原则和确定标准主要内容的依据

1. 标准编制原则

(1) 一致性与规范性

本标准涉及的对象是海洋内波，采用的手段是遥感探测，因此规范中的术语及内容与 GB/T 15920-2010《海洋学术语 物理海洋学》、

GB/T 14950-2009《摄影测量与遥感术语》、GB/T 19710-2005《地理信息元数据》等相关标准相互协调，保持标准内容间的一致性，避免新制定标准同已经颁布实施或正在报批的相关标准之间的冲突和矛盾。标准编制的所有阶段均遵守国家标准 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，保证标准编制的规范性。

（2）科学性与系统性

本标准采用卫星遥感图像对海洋内波时空分布进行调查，首先要查找并下载调查区域的卫星遥感图像，根据不同卫星遥感图像的特点进行数据预处理，然后进行海洋内波信息提取，专题图制作及调查结果分析。整个调查流程，依据内容完整、技术规范科学合理的原则，从作业范围、一般要求、数据收集、数据处理、海洋内波信息提取和图件制作等分别开展相关内容的编制。

（3）有效性与可靠性

海洋内波遥感调查技术规范是基于专项调查的经验积累和总结编制的，并随着相关工作的不断发展和深入补充加入新的内容和方法。目前，在全球气候变化与海气相互作用专项调查和国家重点研发计划课题等任务中使用了本标准中的技术流程，有效保证了海洋内波遥感调查的工作效率，便于规范工作流程、统一数据格式、保证成果有效性和可靠性。

（4）实用性和可扩展性

本标准编制过程中充分考虑了数据质量、成像条件、海洋内波判别标准、提取方法等影响因素，依据海洋内波遥感调查多年的工作经验，能够满足未来一定时期内的海洋内波遥感调查需求，具有可扩展性。

2. 国内外调研情况

海洋调查是认识海洋的基本手段，为海洋开发保护及科学研究提供最基本和必需的数据资料，是一项长期的基础性工作，海洋调查标准体系的构建有助于海洋调查工作的科学、规范、有序开展。实现对区域和全球海洋的精确、实时和动态观测，获得充足、连续、有效的调查观测数据，是未来海洋调查发展的目标和方向。为此，海洋调查标准制定应该紧紧围绕现代海洋调查的需求，重点发展海洋卫星遥感、航空遥感等调查标准。

海洋调查通过调查一系列环境要素，揭示并阐明其时空分布和变化规律，是对海洋现象进行观测测量、采样分析和数据初步处理的全过程。为确保调查成果的质量及数据资料的对比交换，调查一开始就需要确定调查比例尺，制定调查手册，由此指导调查作业。上世纪60年代初制定这类手册叫“试行规范”，70年代中期制定的称“暂行规范”，90年代编制了国家标准，即形成了较为完整的《海洋调查规范》。2006年，对原《海洋调查规范》进行了修订，形成了包括11个部分的GB/T 12763-2007《海洋调查规范》，成为我国海洋调查、观测和勘查标准体系中最基础的技术标准，在规范调查活动过程和保证调查数据质量方面起到重要作用。

海洋内波是发生在海洋内部的一种常见的中尺度动力过程，对海洋内波的调查是认识海洋内波的基础和重要手段。海洋内波发生在海洋内部，尺度较大，波峰线长度上百公里，波长可达几公里，目前探测到的海洋内波最大振幅为240 m。因此，要大范围观测海洋内波，遥感是最佳手段。目前卫星遥感数据量庞大，种类繁多，可用于海洋内波遥感调查的数据海量。与此同时，遥感调查海洋内波技术已应用于全球变化与海气相互作用专项，经国家标准、行业标准共享服务平

台检索，尚未有相关国家标准、行业标准、国际标准和国外同类标准记录情况。由于当前国内外还没有国家或行业标准可以遵循，存在作业流程不统一、精度要求不明确等问题，影响海洋内波遥感调查的成果应用。因此亟需制定海洋内波遥感调查规范，来指导遥感数据应用的规范性，提高遥感图像在海洋内波调查方面的可靠性及应用水平。

3. 主要技术内容的说明

3.1 标准的范围

本标准针对全球海洋内波遥感调查的需求，根据近 10 年来从事海洋内波遥感调查的实践经验总结，充分考虑技术的实用性，规范相关作业过程。由于海洋内波发生在水下且尺度较大，现场大范围观测存在一定困难。卫星遥感具有大范围、高时空分辨率、全天候等特点，已成为海洋内波探测的重要手段。自从上世纪 70 年代以来，一系列卫星即可见光和 SAR 传感器都获得了大量的海洋内波遥感图像，为海洋内波的研究提供了丰富的遥感资料。基于遥感图像，可以直观看到海洋内波的空间分布情况，连续多景图像还可以得到海洋内波的传播特征，这是常规手段难以做到的，而对于海洋内波的生成机制、激发源地、传播路径的研究更需要大范围重复观测。

本标准针对利用卫星遥感图像开展海洋内波遥感调查工作制定了相关规范，包括用于海洋内波遥感调查所需原始数据的要求、数据处理过程中的要求、海洋内波信息提取的要求以及专题图制作的要求规范等。海洋内波遥感调查工作流程见图 1。

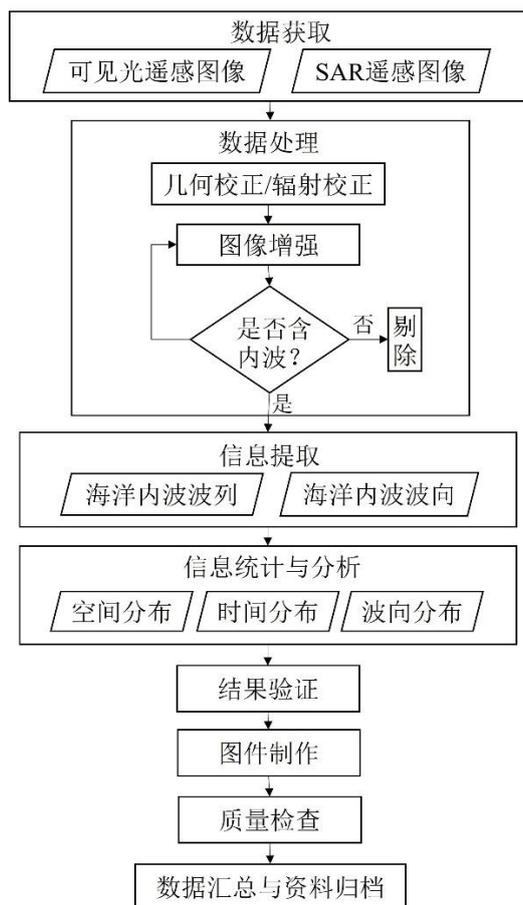


图1 海洋内波遥感调查工作流程图

3.2 海洋内波的判定标准

海洋内波在卫星遥感图像中表现为不规则的亮暗相间的条带，或直或弯曲，受背景环境和海底地形的影响，特征复杂多变，且易与遥感图像中其他特征（涡旋、船尾迹等）相混淆。因此，如何从复杂的海洋背景中识别出海洋内波，这需要建立一定的海洋内波特征判定标准。大量的海洋内波调查工作和研究表明，海洋内波在可见光遥感图像和 SAR 遥感图像中呈现特征相似，本标准规定具备以下特征综合判定为海洋内波：

- a) 海洋内波在遥感图像上呈现为先亮后暗或先暗后亮的条带；
- b) 海洋内波在 SAR 遥感图像上，呈现先亮后暗的条带为下降型内波，先暗后亮的条带为上升型内波；

c) 以波包形式传播的海洋内波，每个波包包含若干个单孤波，单孤波间距依次递减；

d) 海洋内波波峰线长度和振幅分级排列，最大的在波包前端，最小的在尾部；

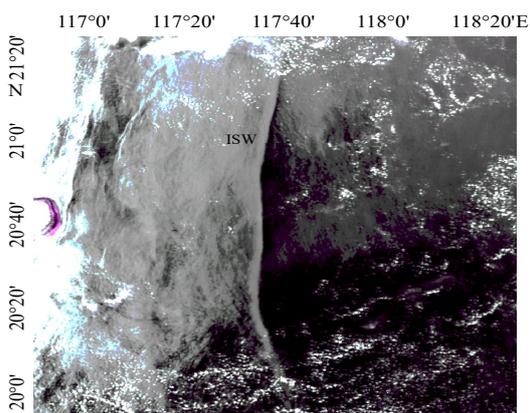
e) 沿海洋内波传播方向，波包中单孤波的波峰线长度和间距呈现递减趋势；

f) 陆坡处向岸传播的海洋内波，波峰线基本与地形等深线平行；

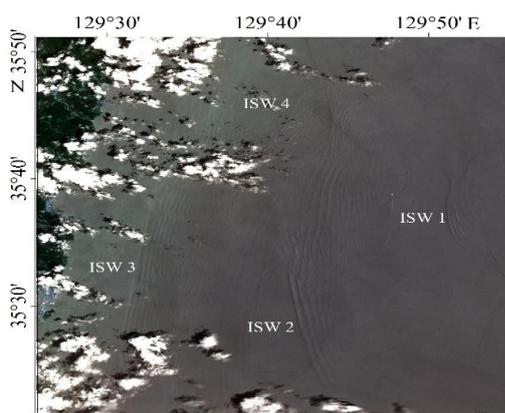
g) 海峡或海岛周边区域的海洋内波，多呈现不规则形状。

以下列举了一些典型的海洋内波可见光和 SAR 遥感图像。

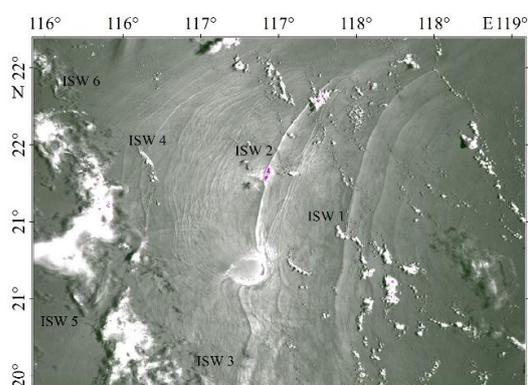
◇ 图 2 为海洋内波可见光遥感图像典型样例



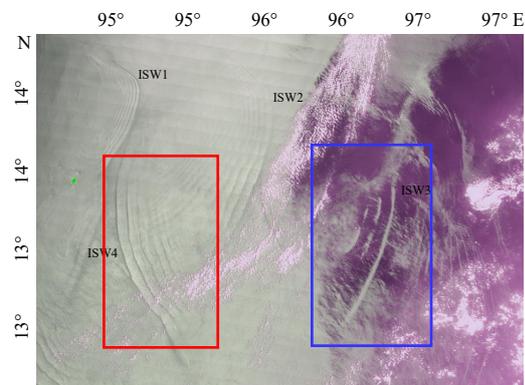
(a) 单个孤立子形式的海洋内波



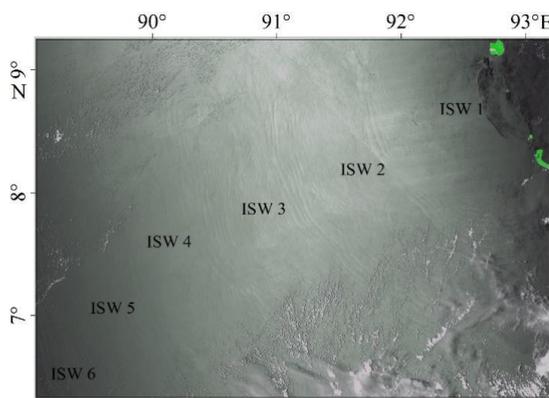
(b) 向岸传播的海洋内波



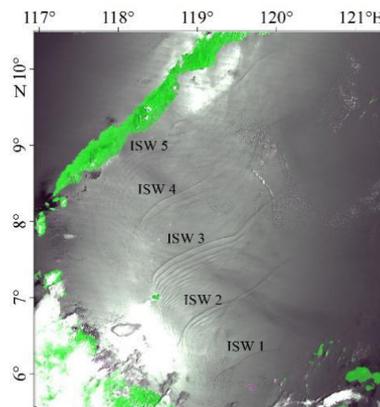
(c) 东沙环礁附近的海洋内波



(d) 暗亮相间或亮暗相间的海洋内波



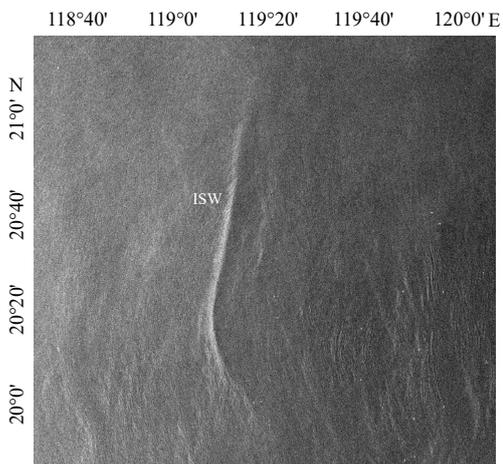
(e) 离岸传播的海洋内波



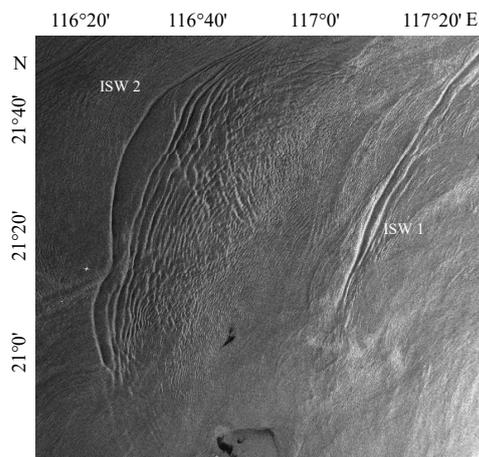
(f) 多个波包的海洋内波

图2 海洋内波可见光遥感图像典型样例

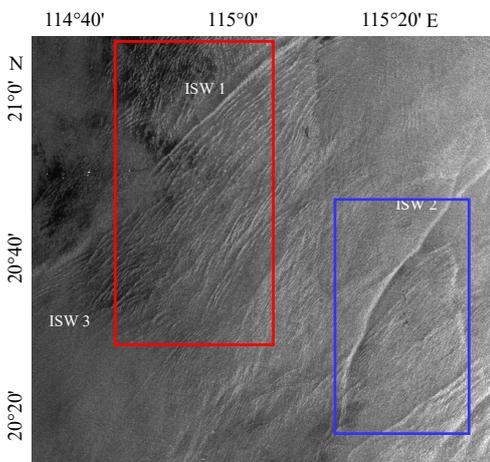
◇ 图3 为海洋内波 SAR 遥感图像典型样例



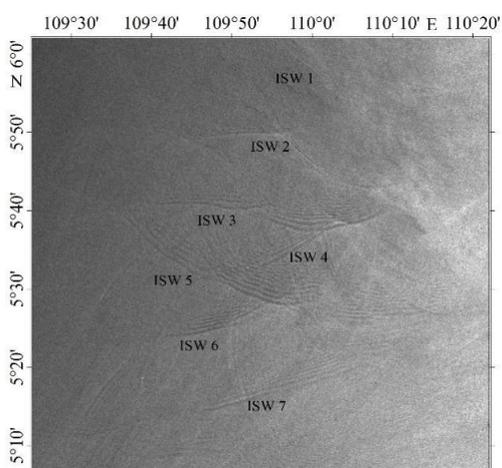
(a) 单个孤立子形式的海洋内波



(b) 陆坡处传播的海洋内波



(c) 上升型 (红框) 和下降型 (蓝框) 海洋内波



(d) 纳土纳群岛附近的海洋内波

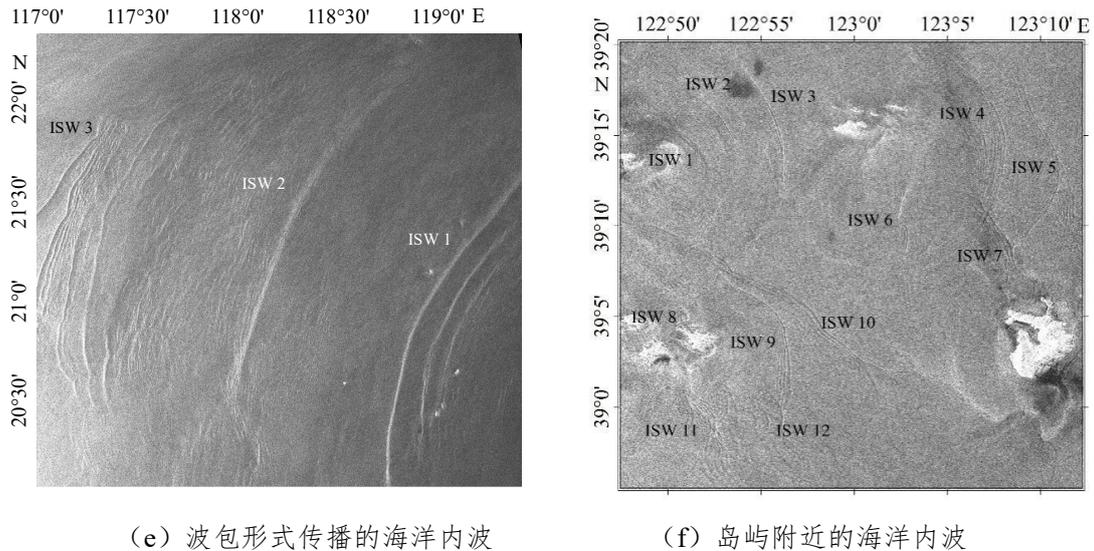


图3 海洋内波SAR遥感图像典型样例

3.3 卫星遥感数据的要求

虽然海洋内波生成和传播都在水下，但其在传播过程中的流场调制了海表面微尺度波的分布，形成辐聚辐散区，海表面的粗糙度随之发生了变化，在可见光图像和 SAR 图像上表现为明暗相间的条带。因此，本标准给出的海洋内波遥感调查所需的遥感数据类型，主要包括可见光遥感图像和 SAR 遥感图像。可见光遥感图像具有时间分辨率高、刈幅宽度大等优势，SAR 遥感图像不受云雾等外界环境的干扰，与可见光遥感图像结合可实现海洋内波的高时空分辨率的探测。

同时，由于海洋内波的水平尺度在几米至几千米的范围内，因此，对卫星传感器的空间分辨率具有一定的要求。利用中高分辨率的遥感图像开展海洋内波遥感调查，能够得到细节更丰富、结果更准确的海洋内波调查成果。本标准规定遥感图像空间分辨率宜优于 500 m。

3.4 卫星遥感图像的处理

卫星传感器在成像过程中，因物镜畸变、大气折光、地形起伏等因素导致的原始图像上各地物的几何位置、形状、尺寸、方位等特征与在参照系统中的表达要求不一致时产生的变形。因此，在进行海

洋内波信息提取前,需要对原始的卫星遥感图像进行几何校正和辐射校正等预处理,经过几何校正的遥感图像可以更好的给出海洋内波的准确位置。宽观测带的 SAR 遥感图像具有明显的入射角效应,它是影响 SAR 图像解译精度的重要因素。针对 SAR 遥感图像,需要进行辐射校正,以实现海洋内波位置信息的准确获取。因此,本标准给出了可见光遥感图像和 SAR 遥感图像的所需的预处理要求,对于海洋内波原始图像的几何校正,直接采用卫星自带的地理定位文件进行。

3.5 海洋内波信息提取与专题图制作

海洋内波在卫星遥感图像中多以波列的形式出现,本标准要求遥感图像中可见的每个海洋内波条带均应提取;每一幅遥感图像建立一个感兴趣区,存储海洋内波的波列位置信息。同时记录前导波的波峰线中心经纬度和传播方向。最后根据提取的海洋内波波峰线位置和方向结果,进行时空统计和波向统计分析,制作海洋内波月、季、半年和年位置分布专题图和频次专题图。

本标准对海洋内波时空分布和发生频次专题图进行规范,包括制作过程的技术要求和构成要素。海洋内波专题图要素众多,考虑到图件的美观、直观、全面和规范等要求,构成要素中设计图例一项,便于理解。

图 4~图 7 列举了海洋内波位置和发生频次月、年分布专题图样例。

xxx海洋内波月分布专题图

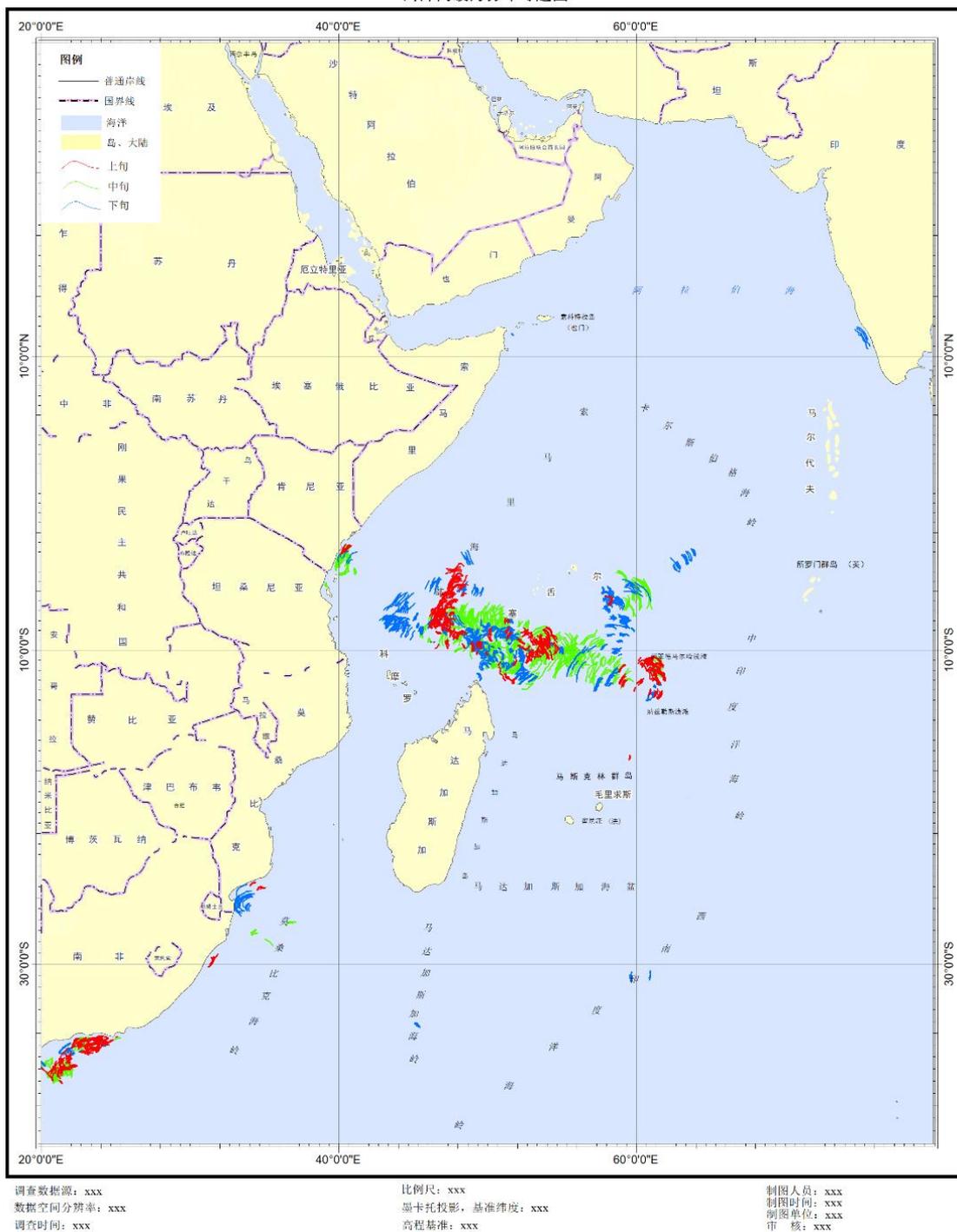


图4 海洋内波位置月分布专题图样例

xxx海洋内波频次分布专题图

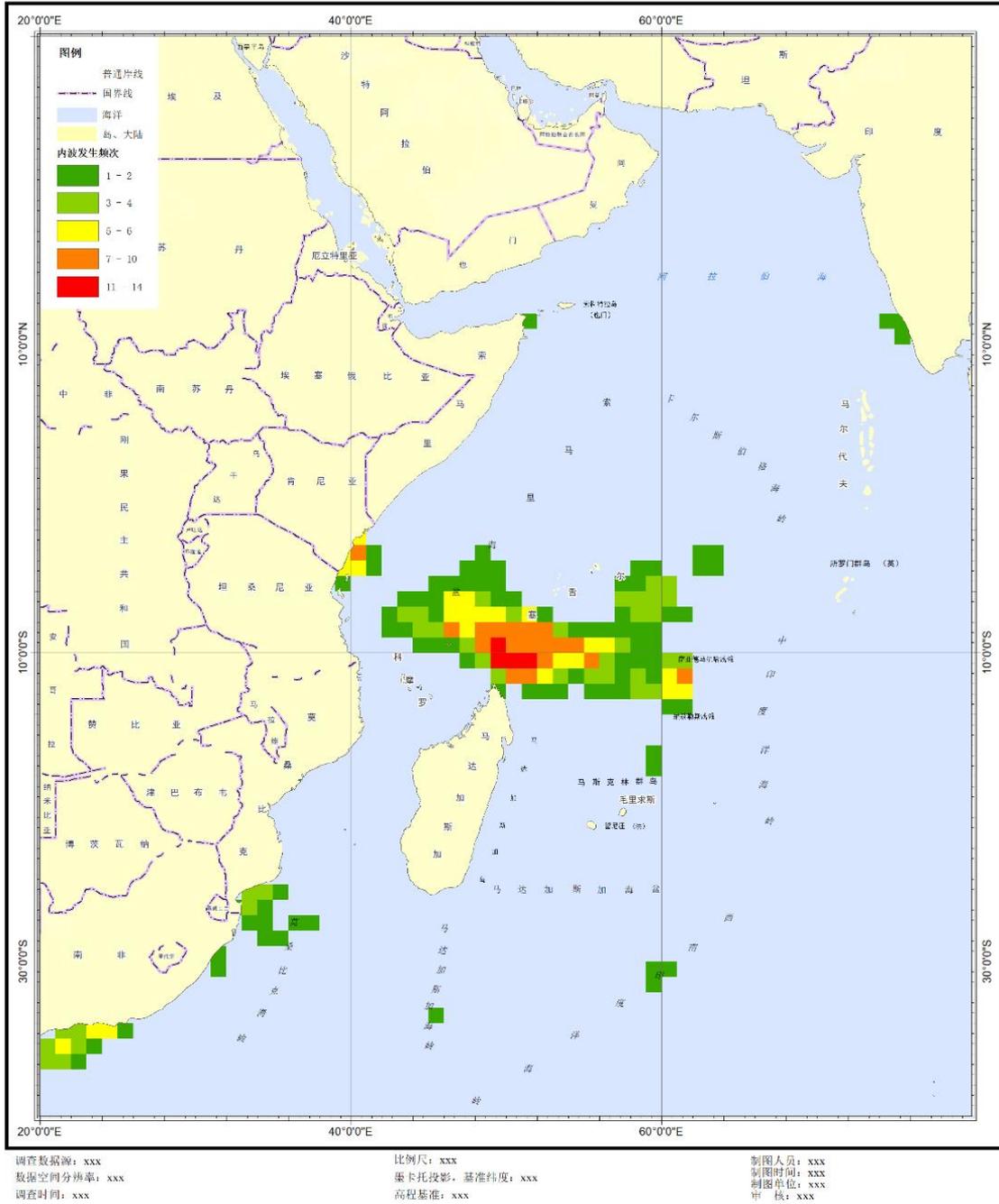


图5 海洋内波频次月分布专题图样例

xxx海洋内波年分布专题图

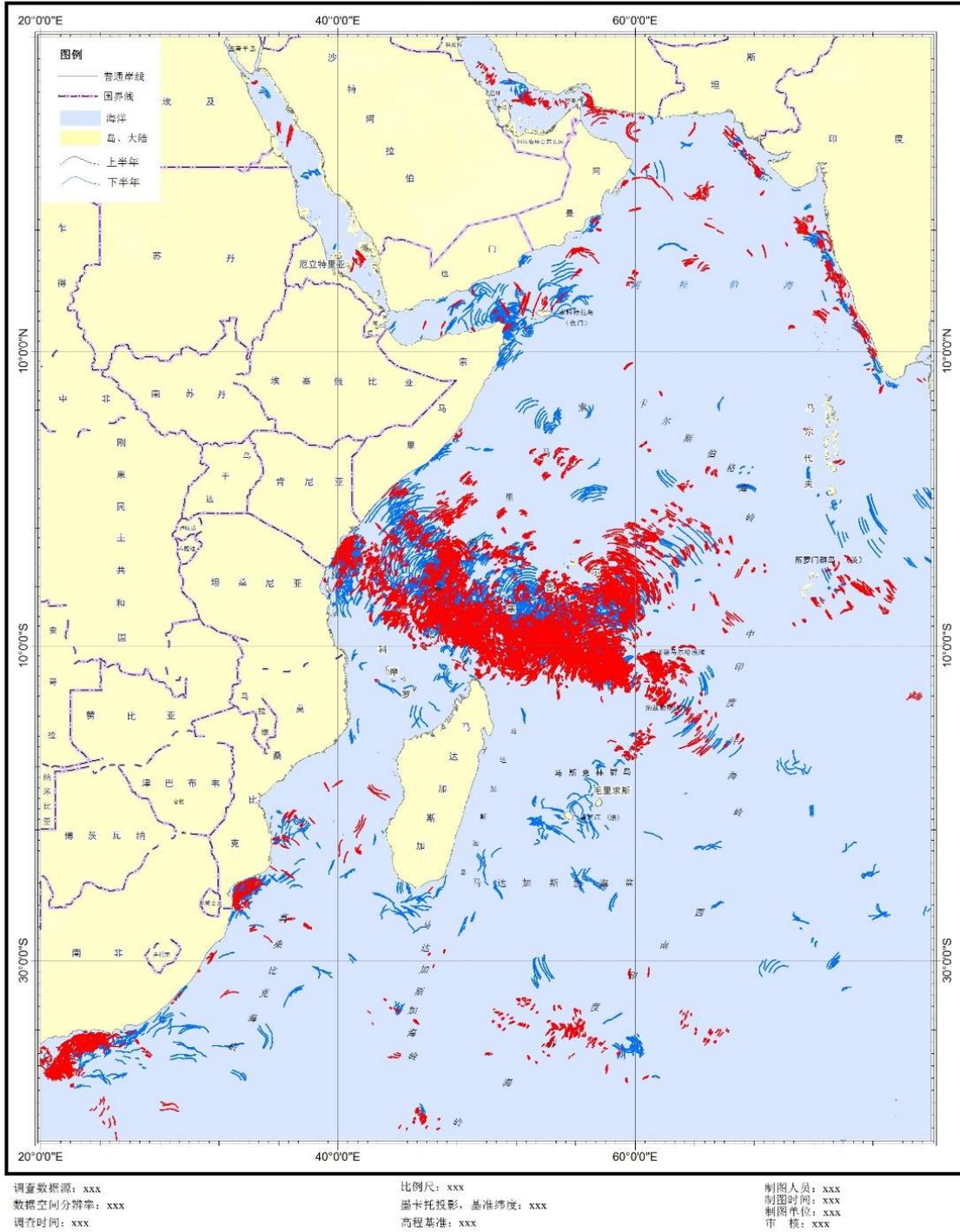


图6 海洋内波位置年分布专题图样例

xxx海洋内波频次分布专题图

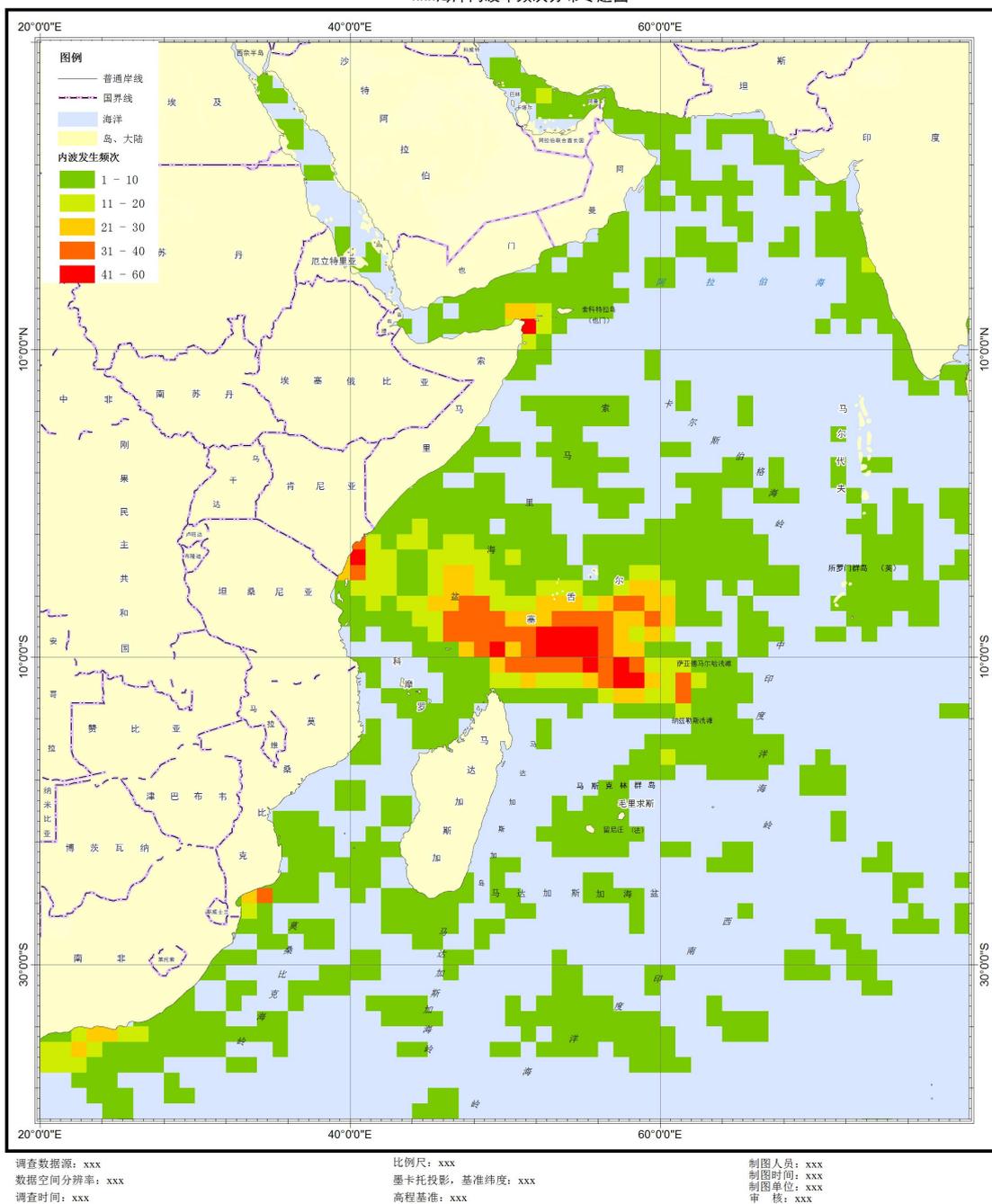


图7 海洋内波频次年分布专题图样例

三、验证试验的情况和结果

3.1 验证内容

本标准制定的是海洋内波位置和传播方向提取的主要工作流程，因此，要对提取的结果，即海洋内波的位置和波向信息进行验证。

3.2 验证方法

对海洋内波位置和波向调查结果的验证主要是利用卫星遥感图像验证。卫星遥感图像采用覆盖同一海域、时间间隔在 8h 之内的两幅遥感图像，分别在两幅遥感图像中确定海洋内波的波列位置和传播方向，对比验证海洋内波的位置信息和传播方向。验证海洋内波位置信息的另一种方法是利用现场实测数据进行验证，选取与海洋内波遥感图像覆盖同一海域、时间间隔在 4h 之内的现场温盐观测数据，通过现场获取的海水密度剖面曲线能获得海洋内波信息，进而与遥感图像中的海洋内波条带位置进行对比验证。

利用准同步遥感图像验证提取的海洋内波位置和波向信息，遥感图像应满足如下要求：

- a) 遥感图像应包括可见光遥感图像或 SAR 遥感图像；
- b) 两幅图像的时间间隔不大于 8h；
- c) 两幅图像的空间分辨率在相同数量级范围内。

利用准同步现场观测数据验证提取的海洋内波位置信息，现场观测数据应满足如下要求：

- a) 现场观测数据与遥感图像的时间间隔不大于 4h；
- b) 潜标/浮标获取的温盐观测资料，时间分辨率不低于 10min。

项目编写组长期从事海洋内波遥感调查工作，承担了全球变化与海气相互作用专项 I 期和 II 期“两洋一海”的中尺度遥感调查任务，

完成了 2010 年-2020 年“两洋一海”海洋内波的遥感调查工作。整个工作流程基本按照本标准执行，在总结了调查工作的经验基础上，对该标准进行了进一步的完善。试验结果证明，该标准可行。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

目前，利于卫星遥感大量数据提取海洋内波信息最准确的方法就是人机交互式方法。国外针对海量卫星遥感图像的海洋内波调查尚未发现，基于深度学习的海洋内波信息提取正在被广大学者研究，但该方法尚不成熟，准确率不高，不适用于大范围、大量遥感图像的海洋内波信息提取。关于海洋内波调查类文章中提到的海洋内波分布大都是采用人工提取的方法。

五、与现行法规、标准的关系

本标准涉及的对象是海洋内波，采用的手段是遥感探测，因此规范中的术语及内容与 GB/T 15920-2010《海洋学术语 物理海洋学》、GB/T 14950-2009《摄影测量与遥感术语》、GB/T 19710-2005《地理信息元数据》等相关标准相互协调，保证标准内容间的一致性，避免新制定标准同已经颁布实施或正在报批的相关标准之间的冲突和矛盾。标准编制的所有阶段均遵守国家标准 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，保证标准编制的规范性。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、废止现行有关标准的建议

无

八、实施标准的要求和措施建议

本标准可指导针对特定区域的海洋内波遥感调查工作。参与调查工作的人员首先要经过岗前培训，熟悉整个调查工作的具体流程；然后要培养调查人员识别海洋内波特征的能力，能够准确、快速识别海洋内波特征信息并提取。这需要一定的工作量来总结经验。

九、其他应予说明的事项

无

十、参考文献

[1] 全球变化与海气相互作用专项《海洋遥感调查技术规程》，国家海洋局科学技术司，2012.

[2] 908 专项《海岛海岸带卫星遥感调查技术规程》，国家海洋局 908 专项办公室，2005.

[3] 908 专项《要素分类代码和图式图例规程》，国家海洋局 908 专项办公室，2008.