

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXX—XXXX

领海基点所在海岛稳定性监测技术规程

Technical specification for stability monitoring of islands

where the territorial sea base point is located

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义、缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	3
4 总则与要求	3
4.1 监测目的	3
4.2 监测范围	3
4.3 监测内容	3
4.4 空间基准	3
5 监测技术流程	4
6 岛体沉降与抬升监测	5
6.1 监测要素	5
6.2 监测要求	5
6.3 监测频次	5
6.4 监测方法	5
6.5 监测结果分析	9
7 海岛滑坡监测	10
7.1 监测要素	10
7.2 监测控制网布设	11
7.3 监测精度	11
7.4 监测频次	11
7.5 监测方法	11
7.6 监测结果分析	15
8 海岸侵蚀与淤积监测	15
8.1 监测要素	15

8.2 监测要求	15
8.3 监测频次	16
8.4 监测方法	16
8.5 监测结果分析	17
9 海岛稳定性状态评估	18
10 成果检查与验收	18
10.1 总体要求	18
10.2 检查内容	19
10.3 检查项目和方法	19
10.4 验收	19
10.5 汇交成果	19
附录 A（资料性）岛体沉降与抬升监测方法及适用条件	21
附录 B（资料性）InSAR 技术方法及适用条件	22
附录 C（规范性）海岸侵蚀与淤积现状等级划分标准	23
附录 D（资料性）领海基点所在海岛稳定性监测报告大纲格式	24
参考文献	25

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。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC 283）归口。

本文件起草单位：自然资源部第一海洋研究所、自然资源部海岛研究中心、长安大学、国家海洋局南海调查技术中心。

本文件主要起草人：麻德明、刘焱雄、徐金燕、李振洪、周巨锁、田梓文、杜军、徐文学、李梦昊。

领海基点所在海岛稳定性监测技术规程

1 范围

本文件规定了领海基点所在海岛稳定性监测的总则与要求、监测技术流程、岛体沉降与抬升监测、滑坡监测、侵蚀与淤积监测、稳定性状态评估和成果检查与验收等。

本文件适用于领海基点所在海岛的稳定性监测工作，其他海岛的稳定性监测可参照执行。

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 12897 国家一、二等水准测量规范

GB/T 12979 近景摄影测量规范

GB/T 18314-2009 全球定位系统（GPS）测量规范

GB/T 24356-2009 测绘成果质量检查与验收

GB/T 17501-2017 海洋工程地形测量规范

GB/T 39612 低空数字航摄与数据处理规范

GB 50026 工程测量标准

CH/T 1028 变形测量成果质量检验技术规程

CH/T 3017 地面三维激光扫描作业技术规程

CH/T 6006 时间序列 InSAR 地表形变监测数据处理规范

CH/T 8023 机载激光雷达数据处理技术规范

CH/T 8024 机载激光雷达数据获取技术规范

DZ/T 0154 地面沉降测量规范

DZ/T 0283 地面沉降调查与监测规范

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

领海基点所在海岛 island where the base point of territorial sea is located

用于计算领海、毗连区和专属经济区的各起始点所在的海岛。

注：包括有居民海岛、无居民海岛和低潮高地。

3.1.2

海岛稳定性监测 island stability monitoring

对海岛的稳定性进行测量、分析和评估的活动。

注：包括岛体沉降与抬升监测、海岛滑坡监测、海岸侵蚀淤积监测等。

3.1.3

岛体沉降与抬升监测 island subsidence and uplift monitoring

对海岛地面高程变化进行观测、分析和评估的活动。

3.1.4

海岛滑坡监测 island landslide monitoring

对海岛坡面位移进行观测、分析和评估的活动。

3.1.5

侵蚀与淤积监测 erosion and siltation monitoring

对海岸和保护范围地形侵蚀与淤积进行观测、分析和评估的活动。

3.1.6

海岸线 coastline

多年大潮平均高潮位时海陆分界痕迹线。

[来源：GB/T 18190-2017, 2.1.1]

3.1.7

海岸 coast

海岸线向上，海洋营力显著影响的狭长陆域地带。

[来源：GB/T 18190-2017, 2.1.2]

3.1.8

合成孔径雷达干涉测量 interferometric synthetic aperture radar; InSAR

对合成孔径雷达在不同空间位置获取同一地区单次或多次观测数据的相位差等信息进行分析处理，获取三维地形信息的技术。

[来源：CH/T 6006-2018, 3.1.3]

3.1.9

地基雷达干涉测量 ground-based interferometric radar; GBIR

基于地面非接触式主动微波干涉测量的技术。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

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

CR: 角反射器 (Corner Reflector)

CR-InSAR: 角反射器合成孔径雷达干涉测量 (Corner Reflector InSAR)

DEM: 数字高程模型 (Digital Elevation Model)

D-InSAR: 差分合成孔径雷达干涉测量 (Differential InSAR)

GACOS: 通用大气校正在线服务 (Generic Atmospheric Correction Online Service)

GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)

IPTA-InSAR: 相干点目标分析干涉测量 (Interferometric Point Target Analysis InSAR)

RTK: 实时动态 (Real-time Kinematic)

LiDAR: 激光雷达 (Light Detection and Ranging)

PS-InSAR: 永久散射体合成孔径雷达干涉测量 (Persistent Scatterer InSAR)

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

Offset-SAR: 合成孔径雷达数据偏移变形测量 (Offset SAR)

SBAS-InSAR: 短基线集成孔径雷达干涉测量 (Small Baseline Subsets InSAR)

TS-InSAR: 时序合成孔径雷达干涉测量 (Time Series InSAR)

4 总则与要求

4.1 监测目的

掌握领海基点所在海岛的岛体沉降与抬升、滑坡、侵蚀与淤积等现状, 获取领海基点所在海岛稳定性信息, 为领海基点所在海岛综合管理、保护利用以及防灾减灾提供统一完整、及时准确的基础资料和决策依据。

4.2 监测范围

有居民海岛和低潮高地为领海基点保护范围; 无居民海岛为零米等深线以上的岛体及领海基点保护范围。

4.3 监测内容

监测内容包括岛体沉降与抬升监测、海岛滑坡监测和侵蚀与淤积监测。

4.4 空间基准

- 4.4.1 大地基准：采用 2000 国家大地坐标系（CGCS2000）。
- 4.4.2 高程基准：采用 1985 国家高程基准，远离大陆的领海基点所在海岛可采用当地平均海平面。
- 4.4.3 深度基准：采用理论深度基准面。
- 4.4.4 地图投影：采用高斯-克吕格投影，以与海岛范围中心相近的 0.5 度整数倍经线为中央经线。

5 监测技术流程

领海基点所在海岛稳定性监测流程主要包括工作准备、数据获取、数据处理与分析 and 监测结果评估，具体流程见图 1：

- a) 工作准备环节，包括资料收集和方案设计；
- b) 数据获取环节，应根据监测内容选择合适的监测方法来获取数据；
- c) 数据处理与分析环节，包括数据预处理、数据处理与形变计算、质量检查与精度评估；
- d) 监测结果评估环节，包括形变图制作与稳定性分析、监测报告撰写。

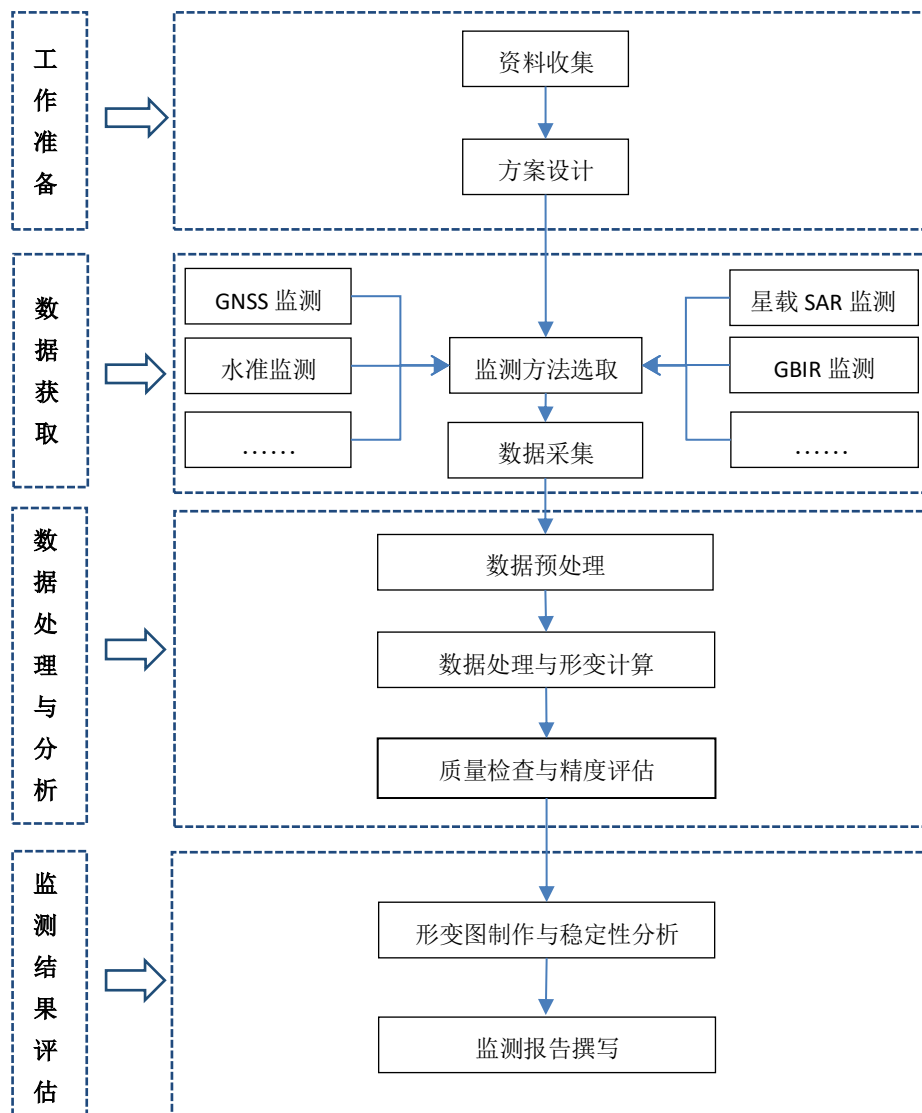


图1 领海基点所在海岛稳定性监测流程

6 岛体沉降与抬升监测

6.1 监测要素

监测要素包括海岸线以上岛体平均沉降与抬升速率、累计沉降与抬升量，识别岛体沉降与抬升位置和范围。

6.2 监测要求

6.2.1 参考基准要求

参考基准要求如下：

- a) 岛体沉降与抬升监测网的参考基准，可根据沉降与抬升地区的具体情况采用固定基准或拟稳基准。如监测网中存在不动点，则应优先采用固定基准；如监测网中因某种原因仅存在相对稳定点，则可采用拟稳基准；
- b) 采用精密水准、GNSS技术进行监测时，应定期复测参考基准网的稳定性；
- c) 当采用精密水准测量和GNSS进行复测时，如平差后两期监测点的沉降与抬升量差值小于两倍中误差，可认为该点是稳定的；
- d) 同一海岛采用不同的测量方法时，应统一测量基准。

6.2.2 监测精度

采用精密水准、GNSS和InSAR监测时，垂向监测精度不低于10mm。

6.3 监测频次

监测频次每年不少于一次，因自然灾害或其他原因等造成岛体明显沉降与抬升时应加密监测。

6.4 监测方法

岛体沉降与抬升监测方法应采用精密水准测量、GNSS技术或InSAR技术，测量方法选择参见附录A。

6.4.1 精密水准测量

6.4.1.1 水准监测网布设

监测网采用国家一、二等水准网，应覆盖整个岛体区域，并充分考虑海岛不稳定性近期发展的可能范围：

- a) 岛体沉降与抬升监测水准网应按GB/T 12897和DZ/T 0283的技术要求布设。水准路线宜沿道路布设，应闭合成环，并构成网状；
- b) 应选全基岩或其他稳定的点作为基准点，避开易发生振动、海岸松软填土和滑坡等区域；
- c) 布设间距宜按0.5 km，可根据领海基点所在海岛面积大小适当调整；
- d) 岛体整体沉降与抬升，GNSS静态测量点可作为沉降与抬升观测基准点；岛体局部沉降与抬升，

须在岛体稳定的区域布设不少于3个沉降与抬升观测基准点，对于面积较小的海岛，可布设不少于2个沉降与抬升观测基准点；

- e) 沉降与抬升监测点应根据海岛地质现状均匀布设在岛体沉降与抬升区域，观测点的数量和位置应能全面反映沉降区域的沉降情况，尽量布置在沉降与抬升变化可能显著的地方；
- f) 在岛体沉降与抬升显著发育区和有建（构）筑物的区域，应当适当加密监测点。

6.4.1.2 水准测量精度要求

精密水准测量以每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} 和每千米水准测量的全中误差 M_w 划分精度等级。各等水准测量的每千米水平测量的偶然中误差 M_{Δ} 和每千米水准测量的全中误差 M_w 不应超过GB/T 12897和DZ/T 0283的误差规定。

6.4.1.3 水准观测

水准观测设备和观测方法应满足 GB/T 12897 水准测量要求。

6.4.1.4 数据处理

水准监测完成后，应按 GB/T 12897 相关规定进行质量检查，质量检查合格后方可进行解算与分析，数据处理应符合 GB/T 12897、DZ/T 0283 和 DZ/T 0154 的有关规定，监测数据应绘制成等值线图等成果图件。

6.4.2 GNSS 测量

6.4.2.1 GNSS 监测网

- a) 岛体沉降与抬升GNSS监测网按一级网、二级网布设，应符合GB/T 18314和DZ/T 0283的有关规定，且需与大陆高等级点联测；
- b) 监测基准点应建于基岩或其他稳定的区域上，均匀分布，按GB/T 18314中A级GNSS点要求执行；
- c) 基准点埋设应根据海岛类型不同（基岩岛、沙泥岛等）布设不同的观测墩，具体按照GB/T 18314中A级GNSS点要求执行。

6.4.2.2 GNSS 监测精度要求

GNSS 监测精度应符合表 1 的要求。

表 1 GNSS 监测精度要求

级别	相邻点基线分量中误差		相对精度
	水平分量 mm	垂直分量 mm	
一级	±3	±6	10^{-7}
二级	±5	±10	10^{-6}

6.4.2.3 GNSS 监测

要求如下：

- a) GNSS 一级网、二级网观测应符合 GB/T 18314 和 DZ/T 0154 的要求；
- b) 监测点采用 GNSS 静态同步观测的方式，位移监测点和基准点组网观测，按照 GB/T 18314 中 B 级 GNSS 点观测的要求进行观测。

6.4.2.4 数据解算

6.4.2.4.1 成果解算精度应满足 GB/T 18314 要求。

6.4.2.4.2 GNSS 监测数据处理与分析应符合下列要求：

- a) GNSS 数据基线处理、平差应在外业成果的检查验收通过后进行；
- b) 起算数据使用前应进行完整性、正确性与可靠性检验；
- c) GNSS 网平差应在 GNSS 监测数据与水准监测结果之间进行对比分析，符合精度要求时应绘制等值线图成果图件，如达不到精度要求应重新计算或重测。

6.4.2.4.3 根据解算结果，编绘位移监测点分布图，通过多期 GNSS 观测数据，绘制位移量曲线图，并计算位移速率和变化量等。

6.4.3 InSAR 监测

6.4.3.1 监测精度要求

星载 SAR 监测视线向形变精度优于 10mm，采用角反射器监测视线向形变精度优于 5mm。

6.4.3.2 SAR 数据获取

要求如下：

- a) 数据的选用应根据拟采用的 InSAR 技术方法（参见附录 B）和测量精度要求，并考虑影像成像模式、覆盖范围、雷达波长、地面分辨率和成像重复周期等因素，SAR 数据选择应符合 DZ/T 0283 的有关规定；
- b) 定制编程 SAR 数据，应综合考虑现有存档数据和成像模式，确定定制数据的波长、覆盖范围、分辨率、时间基线、空间基线和极化信息等参数；
- c) 选择同极化 SAR 数据，有精密轨道的卫星数据宜优先使用精密轨道；
- d) 对海岛重点监测目标，宜采用分辨率优于 3m 的 X 波段 SAR 影像；植被覆盖较少的海岛，宜采用分辨率优于 10m 的 C 波段 SAR 影像；植被覆盖较多的海岛，宜采用分辨率优于 20m 的 L 波段 SAR 影像；
- e) 可综合运用 D-InSAR、SBAS-InSAR、PS-InSAR 及其他 TS-InSAR 方法进行监测；

f) 当需要布设角反射器时，选点和埋设应符合 DZ/T 0283 的相关规定。

6.4.3.4 SAR 数据解算

6.4.3.4.1 SAR 数据的质量检查

要求如下：

- a) 检查干涉对的垂直基线是否超过干涉的要求，一般C波段数据垂直基线小于500m，L波段数据垂直基线小于1500m；
- b) 干涉图的相干性应大于0.3。

6.4.3.4.2 InSAR 监测数据处理要求

要求如下：

- a) 影像配准精度要求方位向不低于0.125个像元，距离向不低于0.2个像元；
- b) 相邻两轨InSAR观测应在重叠区选择同一参考基点，在重叠区内二者变形量相关系数宜大于0.9。

6.4.3.4.3 InSAR 监测数据处理流程

根据算法不同，可分为 D-InSAR、TS-InSAR（PS-InSAR、SBAS-InSAR 等）、CR-InSAR 和 Offset-SAR 等 InSAR 监测数据处理：

- a) D-InSAR数据处理步骤包括图像配准、干涉图生成、去地形相位、相位滤波、相位解缠、差分干涉图、形变计算、地理编码等，按照CH/T 6006的相关规定执行；
- b) PS-InSAR数据处理步骤包括图像配准、干涉相位计算、PS点目标选取、差分干涉计算、线性形变计算、大气相位校正、非线性形变计算和时间序列形变计算等；
- c) SBAS-InSAR数据处理步骤包括图像配准、相干点目标选取、差分干涉计算、线性形变计算、奇异值分解、大气相位校正、非线性形变计算和时间序列形变计算等；
- d) CR-InSAR数据处理步骤包括图像配准、CR点探测、CR点相位差分、CR点二次差分、CR点相位解缠和形变解算等；
- e) Offset-SAR数据处理步骤包括主影像选择、匹配窗口和计算步长设置、初始偏移估计、精确偏移估计和形变解算等。

6.4.3.4.4 数据解算结果检校

要求如下：

- a) 解算结果采用内符合精度或外符合精度两种方法进行评估，应符合DZ/T 0283和CH/T 6006的有关规定；
- b) 对InSAR岛体沉降与抬升监测的岛礁进行实地踏勘，并与布设基准点相验证；

- c) 可采用最临近法、区域半径法、区域融合法和形变格局法（见表2），对获取的监测信息进行检校解译。

表 2 InSAR 监测结果检校解译方法

评价方法	评价要求	适用范围
最临近法	选择在实测点 3 个像元等等的地面实距范围内与之最接近的点目标作为评价的验证点	TS-InSAR
区域半径法	对实测点一定半径范围的所有点目标形变值进行平均，验证其与实测点的形变值	TS-InSAR
区域融合法	在整个区域上用所有点目标形变值生成等值线面，验证与实测点位置相同的形变值	D-InSAR、TS-InSAR
形变格局法	用实测结果与解译结果分布生成形变等值线面，进行空间分布上的格局分析	D-InSAR、TS-InSAR

6.5 监测结果分析

6.5.1 沉降与抬升量计算

要求如下：

- 当应用精密水准测量方法监测岛体沉降与抬升时，水准点的沉降与抬升量为在相同的参考基准下，两期平差结果所获得的正常高之差，即两期监测所得到的正常高变化量；
- 当采用GNSS方法监测岛体沉降与抬升时，沉降与抬升量为在相同的参考基准下，两期平差结果所获得的大地高之差，即两期监测结果的大地高变化量。

6.5.2 沉降与抬升量精度评估

监测点第*i*与第*j*两期之间的岛体沉降与抬升量的精度由沉降与抬升量中误差评估，应小于等于2倍中误差，沉降与抬升量中误差按下式计算。

$$m_{\Delta h} = \pm \sqrt{m_i^2 + m_j^2}$$

式中：

$m_{\Delta h}$ ——监测点第*i*与第*j*两期之间的沉降与抬升量中误差，单位为毫米(mm)；

m_i ——监测点第*i*期正常高或大地高中误差，单位为毫米(mm)；

m_j ——监测点第*j*期正常高或大地高中误差，单位为毫米(mm)；

i, j——观测周期数。

6.5.3 岛体沉降与抬升等值线图 and 剖面图绘制

6.5.3.1 异常点核查

在编制岛体沉降与抬升等值线图 and 剖面图前，应检查监测成果中是否存在异常点。针对InSAR技术发现的异常点应进行核查，查明产生异常的原因，予以取舍。

6.5.3.2 岛体沉降与抬升监测点的位置分布图

应在底图上标出水准点、GNSS监测点以及InSAR测量角反射器等各类监测点位置；沉降与抬升量特征点采用InSAR测量成果时应按照成图比例尺进行结果抽稀。

6.5.3.3 沉降与抬升量标注

对分布图上的各类监测点应清晰标注其沉降与抬升量。

6.5.3.4 沉降与抬升等值线图绘制

沉降与抬升等值线图可采用合适的插值方法，加密监测点生成。插值方法的选择应考虑到海岛沉降与抬升的分布特点。

6.5.3.5 剖面图比例尺

剖面图比例尺选择应合理反映海岛地面沉降与抬升现状，并按DZ/T 0154的相关规定执行。

6.5.4 稳定性等级

根据平均沉降与抬升速率或累计沉降与抬升量，按表3确定海岛的稳定性等级。

稳定性等级的划分，采用10年以来的累计沉降与抬升量或近3年的平均沉降与抬升速率作为评价指标；两项指标满足一项即可，并按不稳定至稳定的顺序确定。

表3 稳定性等级判断依据

稳定状态	平均沉降与抬升速率 (mm/a)	累计沉降与抬升量 (mm)
不稳定	≥ 30	≥ 400
基本稳定	10~30	150~400
稳定	≤ 10	≤ 150

7 海岛滑坡监测

7.1 监测要素

7.1.1 滑坡监测分为海岛区域滑坡识别和单体滑坡形变特征监测。

7.1.2 海岛区域滑坡识别要素包括滑坡位置、规模、数量以及与背景环境的速度差值等。

7.1.3 单体滑坡形变特征监测要素包括滑坡范围、滑坡变形量、滑坡不同部位的变形差异、滑坡形变速率等。

7.2 监测控制网布设

监测控制网布设应符合下列要求：

- a) 监测控制网纳入岛体沉降与抬升控制网；
- b) 当滑坡有明显的主滑方向和滑动范围时，监测网可布设成十字形和方格形；滑动方向和滑动范围不明确的，监测网宜布设成扇形；
- c) 一般滑坡监测区应设置不少于1个基准点，可根据规模适当调整；当使用GNSS测量方法进行平面或三维控制测量时，基准点满足GB/T 18314中A级GNSS点的要求；
- d) 监测剖面及观测点应根据滑坡的规模、变形方位和形态特征，采用主、副剖面法进行布设，纵、横向剖面数量不少于1条；当需布设多条监测剖面时，间距宜为10m~20m，可根据滑坡规模适当调整；
- e) 监测剖面布设应穿过滑坡的不同变形地段或部位，兼顾到滑坡以外的小型滑坡及次生复活的滑坡；
- f) 纵向监测剖面应与滑坡变形方向一致，由中部向两侧对称布设。横向监测剖面宜与纵向剖面垂直，由中部向上下方向对称布设；
- g) 观测点可布设在监测剖面或监测剖面两侧2m范围内，以绝对位移监测点为主，并在剖面所经过的滑带上布设相对位移监测点；
- h) 在滑坡体的鼓张裂隙带、拉张裂隙带、剪切裂隙带等部位应加密布设变形观测点。

7.3 监测精度

监测精度按表4的要求执行。

表4 滑坡监测精度要求

类型	水平位移监测的点位中误差（mm）	垂直位移监测的高程中误差（mm）
岩质滑坡	±5	±5
土质滑坡	±10	±10

注：水平位移和垂直位移的监测中误差是相对于基准点或工作基点

7.4 监测频次

应至少半年监测一次。可根据旱、雨季或滑移速度的变化进行适当调整。

7.5 监测方法

7.5.1 总体要求

监测方法应根据监测要素、监测精度和适用性等因素，参照表5确定，并宜采用多种方法组合，做到点、线、面监测相互补充。

表 5 滑坡主要监测方法及适用性

监测方法		适用条件及对象
常规监测方法	交会法	单体滑坡，监测点地表可通达
	极坐标法	单体滑坡，区域开阔、量距方便，监测点地表可通达
	水准测量	单体滑坡，监测点地表可通达，地形起伏不剧烈
	三角高程测量	单体滑坡，监测点地表可通达
全站仪自动监测		单体滑坡，监测点间需通视，监测点地表可通达
GNSS 测量		单体滑坡，监测点地表可通达
近景摄影测量		300m 以内滑坡监测，适用于变形速率较大的滑坡监测，特别适用于陡峭危岩体滑坡监测
三维激光扫描		1km 以内小范围滑坡，不宜通达海岛滑坡
InSAR 监测		大范围的滑坡、不宜通达海岛滑坡
GBIR 监测		小范围滑坡，不宜通达海岛滑坡体

7.5.2 常规监测方法

采用交会法、极坐标法、水准测量法、三角高程测量法等常规监测方法开展滑坡监测，应符合 GB 50026 的规定。

7.5.3 全站仪自动监测

采用全站仪自动监测系统（测量机器人）监测滑坡地表形变应符合下列要求：

- a) 测站应设立在基准点或工作基点上，并采用有强制对中装置的观测台或观测墩，测站视野应开阔无遮挡，周围应设立安全警示标志，同时具有防水、防尘设施；
- b) 滑坡体上的变形监测点宜采用观测棱镜；
- c) 采用自动化监测模式时，作业前应将自动观测成果与人工测量成果进行比对，确保自动观测成果无误后，方可进行自动化监测；
- d) 数据处理软件应具有自动检核观测数据、自动处理超限数据和自动重测不合格数据等功能；观测目标被遮挡时，可自动延时观测处理和变形数据自动处理、分析、预报和预警。

7.5.4 GNSS 测量

采用 GNSS 测量方法，应满足 GB/T 18314 的有关规定，并符合下列要求：

- a) 应设立固定参考站作为变形监测的基准点；
- b) 参考站应设立在变形区以外或受变形影响较小的海岛地势较高区域。

7.5.5 近景摄影测量

采用近景摄影测量方法进行监测，应符合下列要求：

- a) 监测距离宜小于 300m；
- b) 测量精度、物方控制、摄影方式、数据获取、数据处理等应符合 GB/T 12979 的规定。

7.5.6 三维激光扫描

采用三维激光扫描监测滑坡地表形变，应符合下列要求：

- a) 参考点的数量应不少于 3 个，并均匀分布于滑坡体影响范围以外，参考点的坐标应采用全站仪进行测定；
- b) 参考点和监测点应设置标靶，并应采用三维激光扫描仪配套的标靶；
- c) 数据获取和处理按照 CH/T 3017 的相关规定执行。

7.5.7 InSAR 监测

7.5.7.1 数据要求

- a) SAR 数据宜首选存档时间长的数据，用于滑坡变形监测的 SAR 数据宜首选波段长、观测频率高的数据；
- b) SAR 数据分辨率宜优于滑坡长度和宽度二者小值的 10%；
- c) 宜结合实际地形情况评估 SAR 升降数据的适宜性；
- d) SAR 入射角水平方位以顺滑动方向为最佳，逆滑动方向次之，宜避免垂直滑动方向。

7.5.7.2 方法选择及适用性

- a) 应采用 D-InSAR、PS-InSAR、SBAS-InSAR、IPTA-InSAR 等两种及两种以上方法同时进行数据处理；
- b) D-InSAR 方法结合 GACOS 大气校正可获得较稳定的干涉观测结果，适合各类滑坡监测；
- c) 对大于 1m/a 的滑坡，可采用 Offset-SAR 数据处理方法探测变形；
- d) 对绝大多数滑坡，宜采用 PS-InSAR 与 SBAS-InSAR 交叉结合应用的 TS-InSAR 方法；
- e) 植被覆盖可采用 CR-InSAR 技术，加强雷达波反射效果，CR 角反射器宜沿滑坡方向布设两排以上，每排不少于 3 个，以便于对比验证。

7.5.7.3 数据处理结果验证

数据处理结果验证宜采用以下方式：

- a) 采用年平均变形速率中误差进行监测精度评定；
- b) 将不同 SAR 数据、不同处理方法的结果进行交叉检验；
- c) 采用水准或 GNSS 观测点等高精度地面观测数据对 InSAR 变形监测结果进行验证。

7.5.8 GBIR 监测

7.5.8.1 GBIR 监测要求

- a) GBIR 设备应安置在滑坡影响之外的区域，测站位置应稳定，不存在地面沉降；
- b) GBIR 监测设备与监测目标之间应通视，视野开阔，无障碍物，没有遮挡；
- c) 沿滑坡运动方向布设 GBIR 监测设备；
- d) 监测目标与监测设备之间的距离应小于有效观测距离；
- e) 在条件允许区域应布设角反射器增强干涉效果，角反射器布设按照 DZ/T 0283 执行。

7.5.8.2 测量精度要求

常规 GBIR 监测视线向形变精度优于 2mm，采用角反射器监测视线向形变精度优于 1mm。

7.5.8.3 数据获取

- a) 地基 SAR 影像应连续观测并获取所需数量的影像，并考虑数据的覆盖范围和分辨率等信息；
- b) 监测范围应从区域上兼顾宏观和微观，依据滑坡的形变特征、监测区域地理气候条件选取合适的 SAR 影像，SAR 影像在时间和空间范围上应略大于实际监测滑坡的范围；
- c) 对监测数据在时间和空间上的空白区域，应采用水准或 GNSS 等监测方法进行补充。

7.5.8.4 数据处理

7.5.8.4.1 处理流程

GBIR 数据处理流程见图 2。

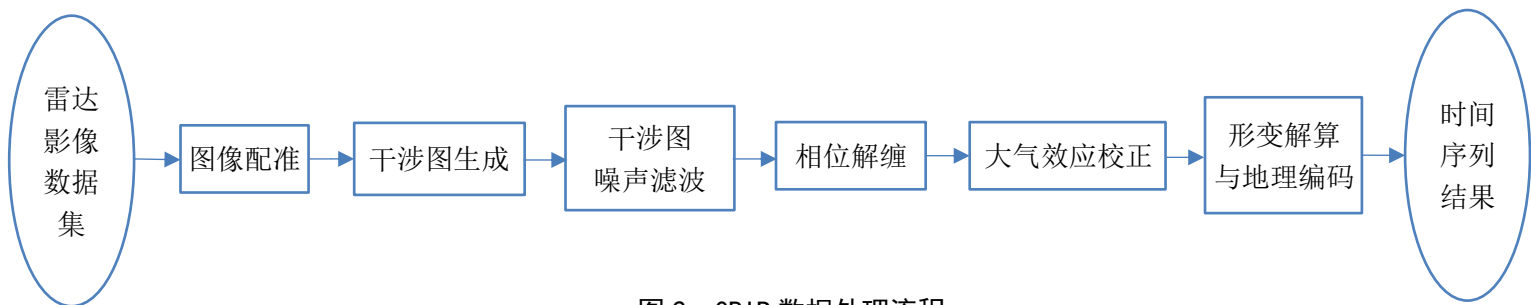


图 2 GBIR 数据处理流程

7.5.8.4.2 图像配准

干涉图生成前需要对地基雷达影像进行高精度配准。影像配准的步骤主要分为影像匹配、仿射变换和影像重采样等。

7.5.8.4.3 干涉图生成

对滑坡监测前后获取的两幅雷达影像经过高精度的配准后，进行共轭相乘并取相角，生成干涉条纹图。

7.5.8.4.4 干涉图噪声滤波

对干涉图进行滤波，消除系统的噪声和数据处理引起的噪声，滤波方法可采用周期均值滤波或频率域滤波。

7.5.8.4.5 相位解缠

干涉相位图经过去除地形效应和滤波后，需进行相位解缠，使相位主值 $[-\pi, \pi)$ 恢复到真值，得到反映真实滑坡形变量的相位。

7.5.8.4.6 大气效应校正

对大气相位进行校正消除大气效应的影响，以提高监测精度。

7.5.8.4.7 形变解算与地理编码

干涉条纹图的初始相位经过解缠后，得到滑坡的真实相位，然后计算雷达视线向方向的形变量监测值。对监测结果进行地理编码，将雷达坐标系中的结果投影到同一地理坐标框架下。

7.6 监测结果分析

7.6.1 滑坡识别

根据形变量及其空间分布，辅助坡体形态、高程、坡度、植被类型、岩土体性质等，综合识别滑坡位置及范围。

7.6.2 单体滑坡形变特征分析

要求如下：

- a) 对于降雨诱发性滑坡，根据重点部位变形速率和时间曲线，结合滑坡地质特征，分析变形趋势及其危险性；
- b) 对于受同一因素诱发的滑坡，应结合已有滑坡案例和区域统计特征分析其危险性；
- c) 对绝对位移监测资料应编制水平位移、垂直位移矢量图及累计水平位移、垂直位移矢量图、绝对位移（或变化速率）-时间曲线图；
- d) 对于相对位移，编制相对位移（或变化速率）-时间曲线图。

8 侵蚀与淤积监测

8.1 监测要素

监测要素包括岸线位置、长度、类型、开发利用现状和岸滩及保护范围内地形变化。

8.2 监测要求

要求如下：

- a) 监测范围为零米等深线至海岸线；
- b) 解译遥感影像分辨率优于 0.5m；
- c) 监测断面宜垂直于岸线，应根据岸线长度和岸段侵蚀程度布设，数量不少于 4 条，对于侵蚀严重岸段应根据实际情况适当加密；
- d) 重点岸段应全覆盖地形地貌监测。砂质海岸、粉砂淤泥质海岸等地形坡度较小的海岸宜采用无人机航摄或无人机 LiDAR 监测；陡崖式等坡度较大的海岸宜采用近景摄影测量或三维激光扫描。

8.3 监测频次

每年开展冬季和夏季两次监测，遇风暴潮、寒潮等特殊天气，应另行加测。

8.4 监测方法

采用遥感监测和实地测量相结合的方式。岸线位置变化实地测量可采用GNSS-RTK方式；岸滩地形地貌变化实地测量采用断面测量和全覆盖监测两种方式；保护范围地形变化采用水深测量方式，低潮高地在低潮时也可采用无人机LiDAR监测方式。各方法精度要求按表6执行。

表6 海岸侵蚀淤积监测方法精度要求

监测方法		精度要求
遥感监测		测量精度优于20cm
实地测量	岸线现场测量	平面定位精度优于5cm
	断面测量	高程精度优于10cm
	全覆盖监测	平面定位精度优于10cm，高程精度优于5cm
	保护范围水深地形测量	$H_{\text{水深}} \leq 20\text{m}$ ，测量中误差 $\leq 0.2\text{m}$ ； $H_{\text{水深}} > 20\text{m}$ ，测量中误差 $\leq 1\% \times H_{\text{水深}}$

8.4.1 遥感监测

遥感监测包括卫星遥感监测和航空遥感监测。采用遥感监测，应符合下列要求：

- a) 根据监测要求，获取满足精度要求的遥感影像；
- b) 通过无人机航摄获取遥感影像，应在最低潮时进行；
- c) 可采用自动分类或者人工分类等解译方式，提取岸线特征地物，主要包括植被边界、干湿滩边界，人工构筑物和陡崖崖顶及崖底等。

8.4.2 岸线现场测量

采用岸线现场测量，应符合下列要求：

- a) 根据监测频率, 选择合适的时间窗口, 采用 GNSS-RTK 方式进行现场测量;
- b) 测点间距不大于 20m, 对侵蚀岸段或岸线类型变化岸段等可适当加密监测点。

8.4.3 岸滩断面测量

采用岸滩断面测量, 应符合下列要求:

- a) 岸滩剖面测量应选择低潮时开展, 采用 GNSS-RTK 方式进行现场测量;
- b) 监测剖面不少于 4 条, 测点间隔一般根据地形起伏等因素确定, 对所有监测剖面的地形拐点应全部测量。

8.4.4 全覆盖监测

8.4.4.1 无人机航空监测

8.4.4.1.1 无人机航摄

采用无人机航摄, 应符合下列要求:

- a) 无人机航摄应提前布设像控点, 像控点间隔不大于 200m, 且应均匀分布整个监测区域;
- b) 应在低潮时航摄, 要求光线条件较好, 且岸滩阴影较少;
- c) 无人机影像数据获取与处理按 GB/T 39612 相关规定执行。

8.4.4.1.2 无人机 LiDAR 监测

- a) 无人机 LiDAR 监测应在低潮时进行, 点云密度不少于 25 个/m²;
- b) 数据获取和处理分别按照 CH/T 8024 和 CH/T 8023 的相关规定执行。

8.4.4.2 近景摄影测量

采用近景摄影测量方法进行监测, 应符合下列要求:

- a) 监测距离宜小于 100m;
- b) 测量精度、物方控制、摄影方式、数据获取、数据处理等应符合 GB/T 12979 的规定。

8.4.4.3 三维激光扫描

采用三维激光扫描方法进行监测, 按照 7.5.6 的要求执行。

8.4.5 保护范围地形测量

- a) 保护范围水深地形测量应在高潮时进行, 按照 GB/T 17501-2017 的相关规定执行;
- b) 低潮高地无人机 LiDAR 监测应在低潮时进行, 点云密度不少于 25 个/m², 数据获取和处理分别按照 CH/T 8024 和 CH/T 8023 的相关规定执行。

8.5 监测结果分析

要求如下:

- a) 通过多期岸线监测成果，量算海岸线、等深线位置的变化，统计计算不同时段侵蚀与淤积岸线长度、岸线侵蚀后退与淤积平均速率、岸线侵蚀后退与淤积最大速率及其位置，以及最大侵蚀与淤积宽度、侵蚀与淤积总面积；
- b) 通过布设断面重复监测结果，计算岸滩下蚀与淤积速率；
- c) 通过岸滩地貌监测，编制岸滩地貌类型分布图，分析岸滩地貌特征与变化；
- d) 根据海岸侵蚀与淤积监测内容，编制海岛侵蚀与淤积监测剖面图和平面图；
- e) 根据岸线或等深线侵蚀后退与淤积速率或岸滩下蚀与淤积速率，按附录 C 海岸侵蚀与淤积等级划分标准要求进行海岸侵蚀与淤积现状评价，评估海岸侵蚀与淤积等级；
- f) 根据水深地形监测成果，生成水下 DEM，对多期 DEM 进行空间分析，得到水下地形侵蚀与淤积情况。

9 海岛稳定性状态评估

要求如下：

- a) 根据多期的海岛稳定性监测要素结果（沉降与抬升速率、滑坡位移速率、海岸侵蚀速率等），判断海岛稳定性状态，只要存在表 7 中任何一种结果即为不稳定状态；
- b) 编制各监测要素的形变速率、形变量和形变曲线图等成果，结合海岛气象、地质等环境要素，对监测对象进行综合分析，编制稳定性监测报告，并给出结论和建议。

表 7 海岛稳定性状态表

监测对象	监测结果	稳定性状态
岛体	局部沉降与抬升	局部不稳定
	整体沉降与抬升	整体不稳定
滑坡	存在滑坡	局部不稳定
海岸及保护范围	存在侵蚀或淤积	局部不稳定

10 成果检查与验收

10.1 总体要求

按照 GB/T 24356-2009 的 4.1 “二级检查一级验收” 要求开展质量检查和验收，应依次通过监测单位作业部门的过程检查、监测单位质量管理部门的最终检查和领海基点所在海岛管理部门组织的验收或委托具有资质的质量检验机构进行的质量评估后，方可进行最终成果验收工作。

10.2 检查内容

应对基准点和监测点布设、控制网、各类监测方法精度、观测质量、数据质量、成果完整性等进行检查。

10.3 检查项目和方法

检查项目包括原始观测记录、监测方法、平差计算、数据处理、成果质量等，具体指标和方法按照 GB/T 24356 和 CH/T 1028 要求执行。

10.4 验收

要求如下：

a) 由领海基点所在海岛稳定性监测任务下达部门组织验收，可采用抽样核查方式进行，具体可按 GB/T 24356 的规定执行，并应符合下列规定：

- 1) 应对各类稳定性观测成果分别进行质量验收；
- 2) 首期监测成果应为必查样本；
- 3) 对其他各期成果，应随机抽取不少于期数的 10% 作为样本，且至少为 1 期；
- 4) 对抽取的样本，应进行内业全数核查、外业针对性核查。

b) 验收的重点应包括下列内容：

- 1) 测量是否符合规范和技术设计要求；
- 2) 数据处理软件是否符合要求，处理的项目是否齐全，起算数据是否正确；
- 3) 各项技术指标是否达到要求；
- 4) 报告、图、表格式的规范性，技术内容的全面性、科学性，结论的准确性、合理性。

10.5 汇交成果

10.5.1 总体要求

监测成果包括文档资料、图件、数据表和影像资料等。一般应以单个海岛为单元进行监测成果编制，对连片集中分布的多个面积较小的领海基点所在海岛，且这些海岛稳定性相似的，监测成果也可整体编制。

10.5.2 文档资料

文档资料成果按以下内容逐项登记整理并上交：

- a) 技术设计书；
- b) 技术总结报告；
- c) 稳定性监测报告，监测报告大纲参见附录 D；
- d) 检查报告与验收报告；

e) 其他相关资料。

10.5.3 图件

图件成果按以下内容逐项登记整理并上交：

- a) 基准点点之记（GNSS 点含环视图）；
- b) 角反射器分布图；
- c) 各监测点分布图；
- d) 各形变监测图、平均形变速率图、累计形变图；
- e) 时间-位移曲线图；
- f) 水下地形图。

10.5.4 数据表

数据表按以下内容逐项登记整理并上交：

- a) 外业观测记录、测量手簿及其他记录；
- b) 数据处理中生成的文件、资料和成果表；
- c) 各监测点成果表。

10.5.5 影像资料

影像资料按以下内容逐项登记整理并上交：

- a) 基准点、工作基点照片；
- b) 监测点照片；
- c) 角反射器照片；
- d) 其他相关照片。

附录 A

(资料性)

岛体沉降与抬升监测方法及适用条件

表A.1给出了岛体沉降与抬升监测方法选择参考表。

表A.1 岛体沉降与抬升监测方法选择参考表

监测内容	监测方法	一般适应范围
岛体沉降 与抬升	精密水准测量	方便登岛且有道路的领海基点所在海岛
	GNSS技术	方便登岛，面积较小领海基点所在海岛
	InSAR技术	适应于人员难以登岛领海基点所在海岛；面积较大领海基点所在海岛；岛体沉降与抬升资料空白区或者资料较少

附录 B

(资料性)

InSAR 技术方法及适用条件

InSAR 技术方法及适用条件详见表 B.1。

表 B.1 InSAR 技术方法及适用类型和条件表

InSAR 技术方法		应用环境	适应类型	SAR 数据 频率 (景/a)	SAR 数 据数量 (景)	最高监测 精度	监测幅度 (年累计 变形量)
D-InSAR	单 D-InSAR	适用于 SAR 数据时间间隔短和天气/季节接近的环境, 以避免受到过多的时间去相干和大气的影响。高相干、中短空间基线, 辅以 GACOS 大气改正	岛体沉降与抬升、滑坡	/	2	mm	cm-dm
TS-InSAR	PS-InSAR	适用于 SAR 数据时间间隔长、监测区天气条件差异大的环境。可以获取 PS 点的变形时间序列、DEM 改正值和所有 SAR 影像的大气延迟量。点相干、短空间基线	岛体沉降与抬升、滑坡	≥ 10	≥ 20	mm	mm-dm
	SBAS-InSAR	短时间基线高相干、长时间基线低相干。通过较多的 SAR 干涉组合, 获取变形时间序列信息	岛体沉降与抬升、滑坡	≥ 8	≥ 15	mm	mm-dm
	IPTA-InSAR	适用于 SAR 数据时间间隔长、监测区天气条件差异大的环境。可以获取 PS 点的变形时间序列、DEM 改正值和所有 SAR 影像的大气延迟量	岛体沉降与抬升、滑坡	≥ 10	≥ 20	mm	mm-dm
CR-InSAR		低相干、CR 需提前布设	岛体沉降与抬升、滑坡	/	≥ 2	mm	mm-dm
Offset-SAR		适用于 SAR 数据时间间隔长、监测区天气条件差异大、监测体变形量大、变形梯度大的环境	岛体沉降与抬升、滑坡	/	≥ 2	亚像素分辨率	dm-百 m
方法组合	所有变形尺度的地质灾害稳定性监测						

附录 C

(规范性)

海岸侵蚀与淤积现状等级划分标准

表 C.1 给出了海岸侵蚀与淤积现状等级划分标准。

表 C.1 海岸侵蚀与淤积现状等级划分标准

侵蚀与淤积等级	海岸侵蚀与淤积速率		岸滩侵蚀与淤积
	砂质海岸 m/a	淤泥质海岸 m/a	岸滩蚀淤速率 cm/a
淤涨	$r \geq +0.5$	$r \geq +1$	$s \geq +1$
稳定	$-0.5 < r < +0.5$	$-1 < r < +1$	$-1 \leq s < +1$
微侵蚀	$-0.5 \geq r > -1$	$-1 \geq r > -5$	$-1 \geq s > -5$
侵蚀	$-1 \geq r > -2$	$-5 \geq r > -10$	$-5 \geq s > -10$
强侵蚀	$-2 \geq r > -3$	$-10 \geq r > -15$	$-10 \geq s > -15$
严重侵蚀	$r \leq -3$	$r \leq -15$	$r \leq -15$

注：“+”表示淤涨；“-”表示侵蚀。当某段岸线同时具有海岸线位置变化和岸滩蚀淤速率时，侵蚀与淤积现状等级按照由强到弱的顺序（从严重侵蚀到淤涨），采用就高不就低的原则，如岸线后退但岸滩淤涨时，判断海岸变化主要为岸线后退，即海岸侵蚀。

附录 D

(资料性)

领海基点所在海岛稳定性监测报告大纲格式

图 D.1 给出了领海基点所在海岛稳定性监测报告大纲格式。

领海基点所在海岛稳定性监测报告大纲	
1	概述
1.1	任务来源及监测意义
1.2	监测目标和依据
1.3	监测内容
1.4	监测精度及监测频次
2	海岛地区自然地理和社会经济发展概况、区域地质环境背景
3	监测方法和工作流程
3.1	监测方法
3.2	工作流程
3.3	监测人员、仪器设备及组织管理
4	监测数据获取与处理
4.1	岛体沉降与抬升监测数据获取与处理
4.2	海岛滑坡监测数据获取与处理
4.3	侵蚀与淤积监测数据获取与处理
5	海岛稳定性监测结果分析
5.1	岛体沉降与抬升监测结果分析
5.2	海岛滑坡监测结果分析
5.3	侵蚀与淤积监测结果分析
6	结论与建议
6.1	主要结论
6.2	存在的问题与建议
	参考文献
	附图表及相关附件

图 D.1 领海基点所在海岛稳定性监测报告大纲格式

参考文献

- [1] GB/T 32874-2016 机载 InSAR 系统测制 1: 10000 1: 50000 3D 产品技术规程
- [2] CH/T 2008-2005 全球导航卫星系统连续运行参考站网建设规范
- [3] CH/T 1021-2010 高程控制测量成果质量检验技术规程
- [4] CH/T 2010-2011 海岛（礁）大地控制测量外业技术规程
- [5] DZ/T0261-2014 滑坡崩塌泥石流调查技术规范（1: 5 万）
- [6] DZ/T0221-2006 崩塌、滑坡、泥石流监测规范
- [7] DD2014-11 地面沉降干涉雷达数据处理技术规程
- [8] DD2015-01 地质灾害遥感调查技术规定
- [9] DD2006-02 地面沉降监测技术要求
- [10] DZ/T 0286-2015 地质灾害危险性评估规范
- [11] DB/11 1677-2019 地质灾害监测技术规范
- [12] DD2014-11 地面沉降干涉雷达数据处理技术规程
- [13] T/CAGHP 013-2018 地质灾害 InSAR 监测技术指南（试行）
- [14] T/CAGHP 014-2018 地质灾害地表变形监测技术规程（试行）
- [15] 自然资源部 全国海岸线修测技术规程（自然资办函〔2019〕1187 号）
- [16] 自然资源部 全国无居民海岛岸线勘测技术规程（自然资办函〔2023〕1187 号）
- [17] 国家海洋局 908 专项办公室 海洋灾害调查技术规程