

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ □□□□—202□

水生植被遥感监测技术规范

Technical specification for remote sensing monitoring of aquatic
vegetation

（征求意见稿）

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 监测内容与要求	2
5 技术流程与方法	3
6 质量控制与保证	8
7 成果形式要求	8
附录 A（资料性附录） 水生植被遥感监测指数及阈值确定方法示例	9
附录 B（资料性附录） 水生植被野外现场核查记录表示例	11
附录 C（资料性附录） 水生植被遥感监测产品示例	12

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国长江保护法》《中华人民共和国黄河保护法》《生态环境监测条例》，防治生态环境污染，改善生态环境质量，指导内陆水体的水生植被遥感监测工作，规范水生植被遥感监测方法，制定本标准。

本标准规定了湖泊、河流、水库等水体水生植被遥感监测的技术流程和方法等。

本标准的附录 A～附录 C 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部卫星环境应用中心、中国科学院空天信息创新研究院、生态环境部长江流域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心、生态环境部太湖流域东海海域生态环境监督管理局生态环境监测与科学研究中心。

本标准由生态环境部 20□□年□□月□□日批准。

本标准自 20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

水生植被遥感监测技术规范

1 适用范围

本标准规定了基于光学遥感数据的水生植被遥感监测技术流程和方法等。
本标准适用于湖泊、河流、水库等水体开展水生植被遥感监测。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。其他文件被新文件废止、修改、修订的，新文件适用于本标准。

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 36296 遥感产品真实性检验导则

HJ 1176 全国生态状况调查评估技术规范——数据质量控制与集成

DD 2013—12 多光谱遥感数据处理技术规程

TD/T 1055 第三次全国国土调查技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

水生植被 aquatic vegetation

生长于水体或与水体紧密联系的周边区域范围内的植被。

3.2

沉水植被 submerged vegetation

在大部分生活周期中植株沉水生活、根生于底质中的水生植被，如马来眼子菜、金鱼藻、狐尾藻等。

3.3

浮水—浮叶植被 floating vegetation

茎叶浮水，根固着或自由漂移的水生植被，如睡莲、浮萍、凤眼莲等。

3.4

挺水—湿生植被 emergent and hygrophilous vegetation

茎叶高于水面的水生植被和生长在潮湿环境且不能较长时间忍受水分不足的水生植被，

如芦苇、慈姑、荷花等。

3.5

遥感影像空间分辨率 spatial resolution of remote sensing image

单个遥感影像像元所覆盖的地面范围大小。

3.6

决策树 decision tree

一种基本的分类与回归方法，其模型呈树状结构，在分类问题中，表示基于特征对实例进行分类的过程。

3.7

解译标志 interpretation indicator

能够直接反映和判别水生植被覆盖的遥感影像特征，包括形状、大小、颜色、纹理、图案、位置及布局等直接标志。

3.8

目视解译 visual interpretation

根据水生植被解译标志，在遥感图像上定性、定量提取水生植被的类型、面积和分布等有关信息的方法。

3.9

最小制图单元 minimum mapping unit

水生植被覆盖的最小图斑，可以用像素数、面积等定义。

4 监测内容与要求

4.1 监测原理

水生植被在近红外波段反射率较高，形成“反射峰”；而水体对近红外波段有强烈的吸收作用，导致反射率较低。利用水生植被和水体在近红外波段的光谱差异，开展水生植被遥感监测识别。

4.2 监测指标

湖泊、河流和水库等水体中水生植被空间分布位置、面积。

4.3 监测时间和频次

4.3.1 监测时间：水生植被生长期，同一地区在不同年份应尽量保持监测时间的一致性，不同地区可结合目标水体主要水生植被优势种的生活史和管理需求进行调整。

4.3.2 监测频次：结合具体工作需要，可选择周、月、季、年开展监测。

4.4 一般要求

- 4.4.1 坐标系：所有矢量和影像数据均采用 2000 国家大地坐标系（CGCS 2000），地理坐标系以度为单位，投影方式采用高斯-克吕格投影标准 3 度分带。
- 4.4.2 计量单位：面积单位采用 km^2 ，保留小数点后两位，依据 GB/T 8170 进行处理。
- 4.4.3 最小制图单元：识别的水生植被最小图斑应不小于 3×3 个像元。
- 4.4.4 遥感影像云覆盖度：监测区云覆盖度小于 10%。

5 技术流程与方法

5.1 监测技术流程

基于卫星遥感数据，监测水生植被的技术流程包括遥感数据准备、水体边界确定、水生植被遥感监测、野外核查、精度分析和水生植被覆盖度计算等 6 个部分。技术流程见图 1。

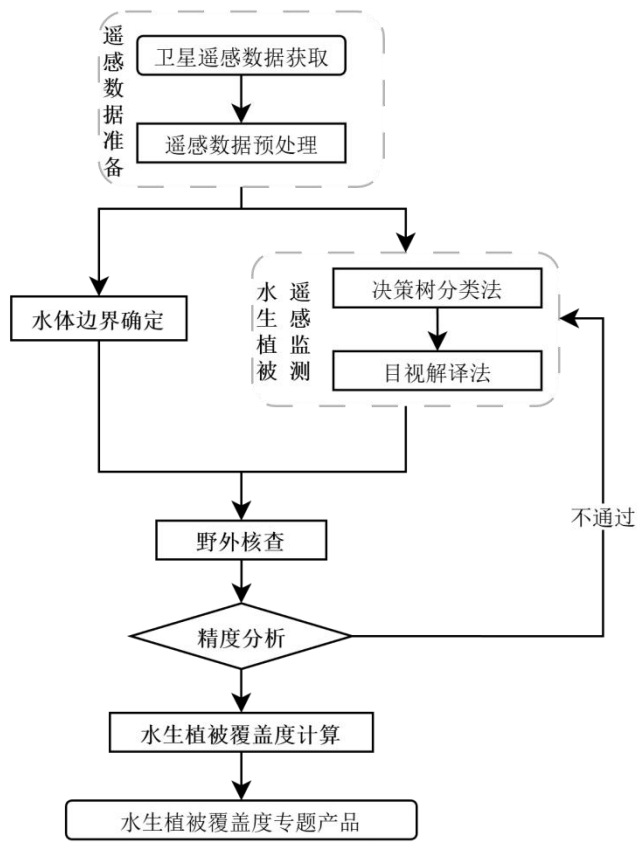


图1 水生植被遥感监测技术流程图

5.2 卫星遥感数据准备

5.2.1 空间分辨率要求：对于湖泊、水库水体，优先使用 10 m 空间分辨率影像数据，可结合时间分辨率等实际情况放宽至 30 m 空间分辨率影像数据；对于河流水体，根据不同河段的水面宽度，推荐采用对应空间分辨率的影像数据，具体见表 1。

表1 不同水面宽度适用的卫星遥感影像空间分辨率

水面宽度 (w)	空间分辨率
$w > 100 \text{ m}$	10~30 m
$50 < w \leq 100 \text{ m}$	优于 10 m
$20 < w \leq 50 \text{ m}$	优于 5 m
$w \leq 20 \text{ m}$	优于 2 m

5.2.2 波段要求：至少包含可见光和近红外波段，宜采用包含窄近红外波段和短波红外波段的多光谱卫星遥感影像。

5.2.3 影像预处理要求：针对卫星影像数据，开展辐射定标、大气校正和几何精校正等预处理，获取地表反射率数据，可参考 DD 2013—12 和 TD/T 1055 的规定执行。

5.3 水体边界确定

湖泊、河流和水库等水体边界是以基准年堤防工程内侧堤脚线或汛期平均水位为基础，保留湿地公园、生态修复区以及潜在生态修复区，最大程度剔除边界范围内的岛屿、建筑物、农田、林地等要素，得到较为完整的水体边界范围。水体边界采用“基准固定，动态微调”的原则。

5.4 水生植被遥感监测

5.4.1 决策树分类法

针对具有近红外、窄近红外和短波红外波段的卫星数据，利用决策树分类法开展水生植被遥感监测，包括阈值确定和植被识别两部分内容，具体流程见图 2，相关指数计算方法见附录 A。

a) 阈值确定：

- 1) 当图像的像元值分布呈现明显双峰结构，可采用最大类间方差法初步确定各水体的提取阈值，计算方法见附录 A；
- 2) 在阈值选取时，应对照假彩色合成图像，根据提取结果人工修正阈值来提高结果准确性。

b) 植被识别：

- 1) 识别挺水—湿生植被：根据挺水—湿生植被敏感指数 (EVS) 选取大于阈值 a 的像元识别为挺水—湿生植被，否则为其他（水体、浮水—浮叶植被、沉水植被、藻华），其中 a 为挺水—湿生植被判别临界值；
- 2) 识别藻华：根据浮游藻类指数 (FAI) 选取大于阈值 b 的像元识别为藻华，否则为其他（水体、浮水—浮叶植被、沉水植被），其中 b 为藻华判别临界值；
- 3) 识别浮水—浮叶植被：根据归一化差值植被指数 (NDVI) 选取大于阈值 c 的像元识别为浮水—浮叶植被，否则为其他（水体、沉水植被），其中 c 为浮水—浮叶植被判别临界值；
- 4) 识别沉水植被：根据沉水植被敏感指数 (SVSI) 选取小于阈值 d 的像元识别

为沉水植被，否则为水体，其中 d 为沉水植被判别临界值。

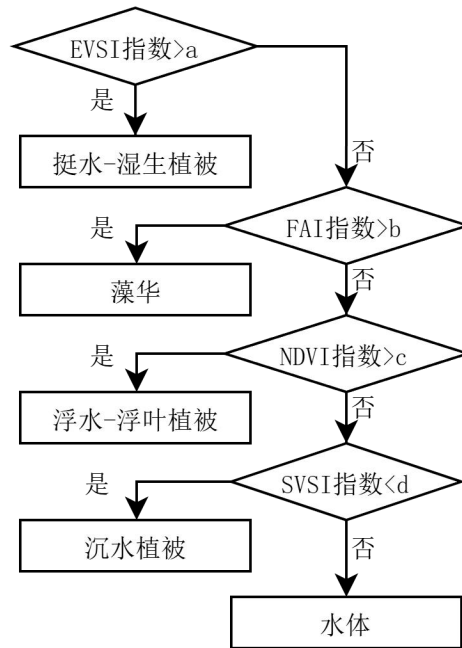
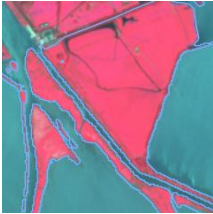
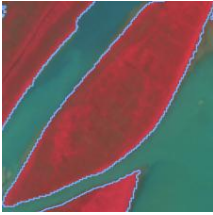
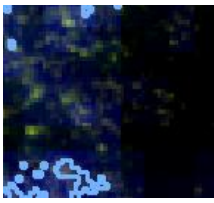
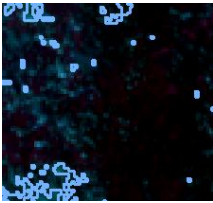


图 2 水生植被决策树分类法流程图

5.4.2 目视解译法

针对具有蓝绿红和近红外波段的遥感影像，结合颜色、形态等解译标志对水生植被进行目视解译见表 2。在真彩色遥感图像上，植被信息显示为绿色；在标准假彩色遥感图像上，植被信息显示为红色。

表 2 目视解译水生植被解译标志

水生植被类型	真彩色遥感图像	标准假彩色遥感图像	描述
挺水—湿生植被			颜色特征： 挺水—湿生植被在真彩色图像上显示为深绿色、草绿色，在假彩色图像上显示为红色、粉红色； 形态特征： 在岸边区域呈面状分布。
			
浮水—浮叶植被			颜色特征： 浮水—浮叶植被在真彩色图像上显示为亮绿色，在假彩色图像上显示为粉色、亮粉色； 形态特征： 在湖泊中心或岸边周围区域呈片状分布。
			
沉水植被			颜色特征： 沉水植被在真彩色图像上显示为墨绿色、蓝绿色，在假彩色图像上显示为暗红色、淡粉色、红黑色； 形态特征： 呈絮状分布。
			

5.5 野外核查

5.5.1 核查点位选取原则

- a) 优先选取存疑区域；
- b) 采用 GB/T 36296 中的分层抽样方式，按照水体和水生植被分布区域等确定核查样本和数量，并确保样本空间分布均匀；
- c) 地面核查时间宜选取与卫星过境时间相近，且晴天、无云或少云的时间段。

5.5.2 信息采集

- a) 信息采集工具：定位拍照设备、核查记录表、塞氏盘、水草夹和无人机等。
- b) 采集要求：
 - 1) 到达不同类型区域边界，可看清具体类型位置，每个点位至少拍摄东南西北四个方向照片，照片能清晰地反映水生植被类型；无人机在样点正上方位置拍摄全貌及植被细节照片；
 - 2) 以核查点为中心设置 1 个 10 m×10 m 的样方记录水生植被；
 - 3) 若样方内存在沉水植被，则对打捞上来的沉水植被拍照记录，按顺序对照片编号，同时测量样方区域水体透明度与沉水植被顶部距水面距离；
 - 4) 填写《水生植被野外现场核查记录表》，见附录 B。

5.5.3 信息分析

根据水生植被野外现场核查记录表与遥感监测结果开展对比分析，监测正确的点位情况如下：

- a) 遥感监测结果为水体，现场核查符合下列情形之一：
 - 1) 样方核查点位为水体；
 - 2) 样方水生植被覆盖度<50%；
 - 3) 样方水生植被覆盖度≥50%，但该区域不满足最小制图单元要求；
 - 4) 样方水生植被覆盖度≥50%，样方内主要为沉水植被，沉水植被顶部距水面距离大于样方区域水体透明度。
- b) 遥感监测结果为水生植被，现场核查符合下列情形之一：
 - 1) 样方水生植被覆盖度≥50%；
 - 2) 样方水生植被覆盖度<50%，但该区域水生植被满足最小制图单元要求。

5.6 精度分析

精度采用核查点位准确率指标。对检查、核查过程中发现的错误及时修正，核查点位准确率低于 80%时应返回检查修正。

$$TA_p = \frac{N_{CP}}{N_{TP}} \quad (1)$$

式中：TA_p——核查点位准确率，%；

N_{CP}——监测准确的点位数；

N_{TP} ——核查点位的总数。

5.7 水生植被覆盖度计算

基于遥感影像提取的水生植被分布区,利用水生植被面积除以水体边界面积获得水生植被覆盖度。

$$P = \frac{V}{W} \times 100\% \quad (2)$$

式中: P ——水生植被覆盖度, %;

V ——水生植被面积, 根据水生植被矢量计算, km^2 ;

W ——水体边界面积, 根据水体边界矢量计算, km^2 。

6 质量控制与保证

6.1 卫星遥感数据预处理: 依据 HJ 1176 的相关要求执行。

6.2 水生植被遥感监测: 检查水生植被矢量结果与水体边界是否存在拓扑错误, 相关结果是否满足一般要求。

6.3 野外核查: 检查样方水生植被覆盖度、沉水植被顶部距水面距离、水体透明度填写是否正确。

6.4 精度: 核查点位准确率不低于 80%。

7 成果形式要求

7.1 水生植被遥感监测成果包括监测数据集和报告。

7.2 监测数据集包括原始遥感数据、预处理后遥感数据、水生植被提取结果矢量数据、水体边界矢量数据, 栅格数据采用标准 GeoTIFF (.tif) 格式, 矢量数据采用 Shapefile (.shp) 格式。

7.3 报告编制包括监测区域、数据来源和成果内容等信息。

附录 A

(资料性附录)

水生植被遥感监测指数及阈值确定方法示例

A.1 挺水—湿生植被敏感指数 (EVS I)

挺水—湿生植被在近红外区间反射率远高于其他地物，且在窄近红外波段反射率最高，在红光波段反射率最低。

$$EVS I = \frac{\rho_{NIR窄} - \rho_R}{\rho_{NIR窄} + \rho_R} \quad (A.1)$$

式中：EVS I——挺水—湿生植被敏感指数，取值范围为[-1, 1]；

$\rho_{NIR窄}$ ——Sentinel-2 MSI 的 B8A 窄近红外波段的地表反射率；

ρ_R ——红光波段经过大气校正的地表反射率。

A.2 浮游藻类指数 (FAI)

藻华在水面聚集形成水华时会改变该区域水体在红光、近红外、短波红外波段对辐射能量的强吸收特性，使水体光谱表现出与植被光谱相似的特征。FAI 方法采用红光、近红外、短波红外波段组合的方式，利用藻华和水体光谱特征差异，能够有效识别藻华。

$$FAI = \rho_{NIR} - \rho_R - (\rho_{SWIR} - \rho_R) \times \frac{\lambda_{NIR} - \lambda_R}{\lambda_{SWIR} - \lambda_R} \quad (A.2)$$

式中：FAI——浮游藻类指数；

ρ_{NIR} ——近红外波段地表反射率；

ρ_R ——红光波段地表反射率；

ρ_{SWIR} ——短波红外波段地表反射率；

λ_{NIR} ——近红外的中心波长；

λ_R ——红光的中心波长；

λ_{SWIR} ——短波红外波段的中心波长，宜选用 Sentinel-2 MSI 的 B11 (1610nm) 波段。

A.3 归一化差值植被指数 (NDVI)

水生植被具有典型的植被光谱特征，近红外区间的反射率大于水体。

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (A.3)$$

式中：NDVI——归一化差值植被指数，取值范围为[-1, 1]；

ρ_{NIR} ——近红外波段经过大气校正的地表反射率；

ρ_R ——红光波段经过大气校正的地表反射率。

A.4 沉水植被敏感指数 (SVSI)

沉水植被整体反射率较低，植被光谱特征不明显，但利用缨帽变换后的亮度指数与绿度指数的差值能较好地识别沉水植被。

$$SVSI = TC_1 - TC_2 \quad (A.4)$$

式中：SVSI——沉水植被敏感指数；

TC₁——缨帽变换后的亮度指数；

TC₂——缨帽变换后的绿度指数。

亮度指数与绿度指数计算公式如下。

$$TC_1 = \sum_{i=1}^n c_{1i} \times B_i \quad (A.5)$$

$$TC_2 = \sum_{i=1}^n c_{2i} \times B_i \quad (A.6)$$

式中：TC₁——亮度指数；

TC₂——绿度指数；

C_{1i}——TC₁对应的第*i*个波段系数；

C_{2i}——TC₂对应的第*i*个波段系数；

B_i——第*i*波段的反射率或灰度值。

A.5 最大类间方差法

最大类间方差法是一种基于灰度特征确定图像分割阈值的算法，以前景（灰度值 $\geq i$ ）与背景（灰度值 $< i$ ）两类像元之间方差最大的灰度值作为分割阈值，计算公式如下：

$$Th = arg \max_{0 \leq i \leq K-1} \sigma^2(i) \quad (A.7)$$

式中：Th——使类间方差最大的分割阈值；

i——图像灰度值；

$\sigma^2(i)$ ——阈值为*i*时的类间方差；

K——图像灰度级数。

类间方差计算公式如下：

$$\sigma^2(i) = \omega_1 \times \omega_2 \times (\mu_1 - \mu_2)^2 \quad (A.8)$$

式中： ω_1 ——前景像元概率；

ω_2 ——背景像元概率；

μ_1 ——前景平均灰度；

μ_2 ——背景平均灰度。

附 录 B

(资料性附录)

表 B.1 水生植被野外现场核查记录表示例

记录人: *** 核查人: *** 现场核查时间: ****年**月**日

点位 序号	核查 时间	经纬度	天气状 况	植被类型 (沉水、浮水—浮叶、 挺水—湿生、无)	优势种	样方水生植被 覆盖度 (%) *	沉水植被情况			拍摄方式(无 人机、手机、 其他方式具 体写明)	照片 编号(照片名 称要标注编 号)	备注
							沉水植被 顶部距水 面距离	水体透明度	沉水植被是否 现场可见			
例: TH-1	13:45	经度: 120.3861 纬度: 31.1747	晴/多 云/小 雨	沉水为主、挺水-湿生 混合	苦草、狐尾藻、 芦苇	沉水 75%、挺水- 湿生 25%	15cm	60cm	☒ 可见 ☐ 不可见	无人机、手机	TH-1-WRJ (001-023)、 TH-1-SJ (001-005)	
*样方水生植被覆盖度 (%) 判断参考依据:  25%;  50%;  75%												

附录 C
(资料性附录)
水生植被遥感监测产品示例

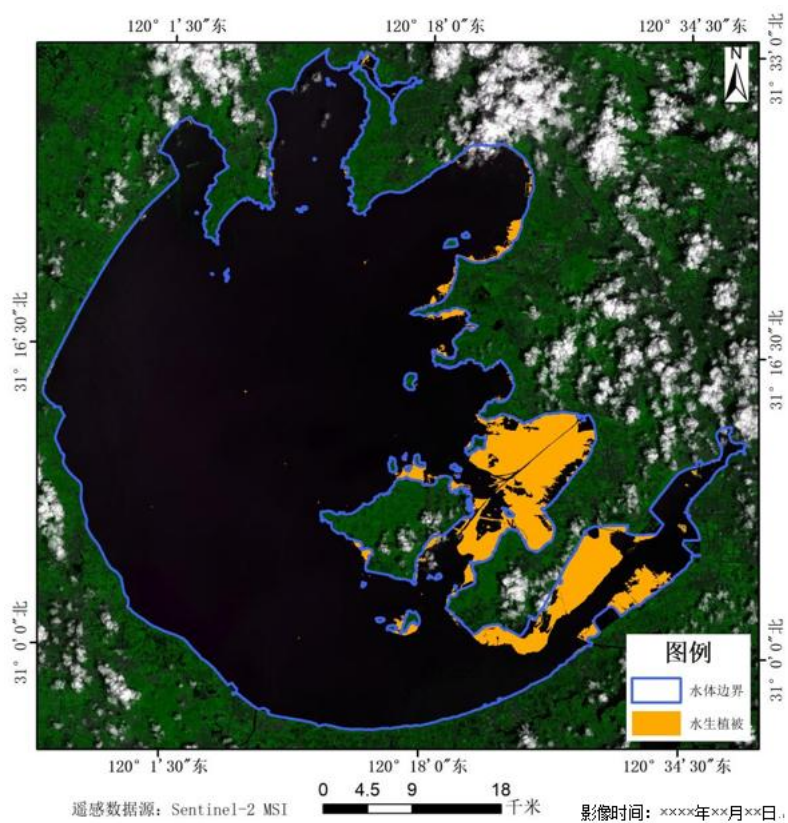


图 C.1 某湖泊水生植被空间分布图