



# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□□□-20□□

## 水质监测用无人艇技术要求（试行）

Technical specification for water quality monitoring of unmanned  
surface vessel

（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 产品分类.....	3
5 组成与指标要求.....	3
6 检验要求.....	7
7 检验规则.....	12
8 包装、运输与贮存.....	12
9 交付与培训.....	13

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，保护生态环境，保障人体健康，规范无人艇水质监测工作，制定本标准。

本标准适用于水质监测无人艇技术性能和指标的要求及检验评估。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部生态环境监测司、法规与标准司组织修订。

本标准起草单位：中国环境监测总站、中国环境科学研究院、天津市生态环境科学研究院。

本标准生态环境部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。

# 水质监测用无人艇技术要求（试行）

## 1 适用范围

本标准规定了水质监测无人艇技术性能和指标的要求及检验评估。

本标准适用于排水量低于200 kg，能对内河、湖泊和近海水域进行自动采样、监测的无人艇。

## 2 规范性引用文件

本规定引用了下列文件或其中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本规定。

- GB 4943.1 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求
- GB 6920 水质 pH值的测定 玻璃电极法
- GB 13195 水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法
- GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14581 水质 湖泊和水库采样技术规定
- HJ 354 水污染源在线监测系统（COD<sub>Cr</sub>、NH<sub>3</sub>-N等）验收技术规范
- HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- HJ 494 水质 采样技术指导
- HJ 506 水质 溶解氧的测定 电化学探头法
- HJ 535 水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法
- HJ 897 水质 叶绿素 a 的测定 分光光度法
- HJ/T 372 水质自动采样器技术要求及检测方法
- CCS 2018 无人水面艇检验指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规定。

### 3.1

**无人艇** unmanned surface vehicle

是无人水面艇（unmanned surface vehicle, USV）的简称，指一种直接通过自动航行或远程遥控以实现正常航行、操控及作业的水面小艇。无人艇可通过搭载各种任务载荷执行指定任务。无人艇包括平台、任务载荷、通信系统和操控系统。

### 3.2

**水质监测无人艇** USV for water quality monitoring

是指集成水质采样、监测设备或仪器，实现自主水质采样、监测功能的无人艇。

### 3.3

#### **无人艇平台 platform**

由艇体、电气设备、任务载荷接口、定位系统、动力系统等组合而成的智能化平台。

### 3.4

#### **任务载荷 mission loading**

指搭载在无人艇平台上，为完成指定任务而配置的设备。

### 3.5

#### **水样采集 water sampling**

指在无人艇上搭载采样仪器，对指定位置水域进行水样的采样、储存，便于进一步分析处理。

### 3.6

#### **监测 monitoring**

指利用无人艇上搭载的仪器，对指定位置水域进行水样的检测、化验，以得到相应范围的数据。

### 3.7

#### **原位监测 in-situ monitoring**

采用在线监测方法，在指定位置上对水域水样进行在线监测。

### 3.8

#### **通信系统 communication system**

指用以完成平台与任务载荷、控制终端、显示终端等之间各种指令、状态、图像、视频、音频等数据的传输、交换和存储的系统。

### 3.9

#### **操控系统 control system**

指位于平台和母艇/岸基上对采集的各种信息进行识别、处理和决策，从而实现平台的自主或遥控航行的系统。

### 3.10

#### **远程遥控 remote control**

指在母艇/岸基上采用遥控器对平台推进装置和各种设备及系统进行远程操控的航行模式。

### 3.11

#### **自主航行 autonomous sailing**

指无人艇按照预先规划的路径进行安全航行，无需人工干预。

### 3.12

#### **显控基站 display and control base**

位于地面或母船上，对采集的各种信息进行接收、处理，以实现无人艇平台控制的设备。

### 3.13

#### 遥控器 remote controller

在远程遥控的模式下，对无人艇进行手动操控的设备。

## 4 产品分类

### 4.1 按排水量分类

按排水量的不同，水质监测用无人艇分为小型水质监测无人艇和大型水质监测无人艇。

- a) 小型水质监测无人艇指排水量 $<100$  kg，且艇体长度 $<2$  m的无人艇。主要适用于内陆河道、湖泊等水域的 $0.5$  m~ $1$  m深地表水采样及监测；
- b) 大型水质监测无人艇指排水量 $\geq 100$  kg，或艇体长度 $\geq 2$  m的无人艇。主要适用于沿海、近海或大江大河等水域，具有定深采样或分层采样、监测等功能。

### 4.2 按功能分类

水质监测无人艇产品按功能的不同，分为采样艇、监测艇和采样/监测艇。

## 5 组成与指标要求

### 5.1 基本组成

水质监测无人艇系统由以下部分组成：

- a) 无人艇平台：艇体、电气设备、任务载荷接口、定位系统、动力系统等；
- b) 通信系统：包含信息传输设备、中继转发设备、通信软件等；
- c) 操控系统：显控基站控制设备，无线电遥控设备等；
- d) 任务载荷：水质采样/监测用仪器，包含水质采样仪器、水质监测仪器等。

### 5.2 指标与要求

注：本规定中所有关于艇体的参数均基于0级无流速、无风浪环境的平静水面所测数据。

#### 5.2.1 航行性能

##### 5.2.1.1 航速

最大航速： $\geq 2$  m/s。

无人艇应具备航速手动调节设置功能。

##### 5.2.1.2 续航时间

小型水质监测无人艇 $\geq 3$  h；

大型水质监测无人艇 $\geq 6$  h。

### 5.2.1.3 续航里程

小型水质监测无人艇  $\geq 10$  km;

大型水质监测无人艇  $\geq 50$  km。

### 5.2.2 系统指标

#### 5.2.2.1 定位系统

a) 水平定位精度:  $\leq 2.5$  m;

b) 定向精度:  $\pm 1^\circ$  ;

c) 倾角精度:  $\pm 1^\circ$  ( $0^\circ \sim 15^\circ$ ) 。

#### 5.2.2.2 通信系统

a) 无人艇与显控基站之间通信可采用公共移动通信、专用设备通信等方式;无人艇与遥控器之间须具有专用设备通信能力。

b) 显控基站专网数据通信距离:

小型水质监测无人艇:  $\geq 2$  km;

大型水质监测无人艇:  $\geq 5$  km。

注: 数据通信指任务控制命令、监测数据、视频等数据。

c) 通信带宽:

电台通信波特率:  $\geq 9600$ ;

视频通讯带宽:  $\geq 4$  Mbps。

d) 遥控器通信距离:  $\geq 1$  km。

#### 5.2.2.3 动力系统

a) 动力系统不允许对水体造成污染;

b) 动力系统不允许对水质采样、监测结果造成影响;

c) 使用电池供能的, 电池需具备:

1) 过电流、过热保护, 充、放电保护, 短路保护功能;

2) 实时电量监测反馈功能;

3) 不少于 300 次的充放电寿命;

4) 电池模组须通过 UN38.3 认证, 满足陆运、海运、航空运输安全要求。供能系统应具有不低于 IP67 的防护等级, 且更换便利。

#### 5.2.2.4 无人艇平台

艇体具有浮性、稳性、抗沉性、耐波性的特点。艇体材质具有质轻、耐磨、抗腐蚀、耐候等特点。艇体具有下列功能:

a) 须具有卫星定位系统;

b) 能接受遥控器的手动遥控指令及显控基站的手、自动遥控指令;

c) 具有自动航行功能的艇体须具备自动避障功能, 避障检测距离:  $\geq 10$  m;

- d) 艇须具有状态指示功能，异常时能采取声光等方式报警；
- e) 具有对数据进行实时传输和本地备份的功能；
- f) 异常情况下，艇体可自动返航（遥控器断电、通讯信号中断、低电量报警等情况）；  
低电量报警值，能够在软件中手工设置及更改；
- g) 艇端具备原始数据直接实时回传控制终端的功能；
- h) 具有 IP66 的防护等级。

#### 5.2.2.5 操控系统

##### 5.2.2.5.1 显控基站

显控基站具有下列功能：

- a) 任务编辑：
  - 可在卫星地图上规划路径；
  - 任务可以保存、载入。
- b) 手动遥控无人艇：
  - 操纵无人艇行驶；
  - 控制无人艇的声光报警。
- c) 无人艇系统状态监控与显示：
  - 实时显示无人艇的位置（纬度、经度）、航向、剩余能量、航速等；
  - 可发出无人艇低能量警报；
  - 实时显示监测无人艇搭载的水质分析仪器的监测结果；
  - 显示无人艇检测到的障碍物距离（检测范围内）；
  - 可实时显示无人艇搭载摄像头（如有装载）拍摄的画面；
  - 实时显示显控基站电量；
  - 显示无人艇任务完成状态，包括任务已完成的百分比、预计剩余时间等信息。
- d) 数据存储：存储无人艇收集到的各种数据；
- e) 存储无人艇工作日志；
- f) 自动生成水质时空变化图及工作报告：
  - 采样艇/采样监测艇：
    - 自动生成采样工作报告；
  - 监测艇/采样监测艇：
    - 自动绘制水质参数空间变化图；
    - 自动绘制水质参数时间变化图。

##### 5.2.2.5.2 遥控器

- a) 手动遥控无人艇：
  - 切换无人艇自动、手动模式；
  - 操控无人艇；
  - 控制无人艇的声、光警报；



- 调节无人艇航行速度档位；
  - 进行遥控采样、监测作业。
- b) 监控并显示系统状态：
- 无人艇工作状态、模式、能量剩余比例；
  - 遥控器电量；
  - 通信信号强度、状态；
  - 显示无人艇的速度、横摇、纵摇、GPS/北斗位置。

### 5.3 载荷要求

#### 5.3.1 采样设备与采样要求

##### 5.3.1.1 采样设备功能

- a) 用于存放水样的采样瓶，由惰性材料制成，易清洗；
- b) 具备反冲洗水路、管路自动清洗功能；
- c) 满足快拆快装要求；
- d) 非单点采样时，管路必须具有单向独立通道，防止水样相互污染或影响；
- e) 采用耐腐蚀不易生锈且不污染水体的元器件；
- f) 具有通信接口，具备远程启用、远程设置等功能；
- g) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息的功能。

##### 5.3.1.2 采样要求

- a) 水样采集总量：
  - 小型水质监测无人艇不小于 2 L；
  - 大型水质监测无人艇不小于 7 L；
- b) 分层/定深采样：
  - 采样深度精度必须控制在 $\pm 0.1$  m 内；
  - 深度不低于 10 m；
  - 不允许使用管抽水式采样；
- c) 采样量误差应控制在 $\pm 10\%$ ；
- d) 管路系统气密性应 $\geq -0.05$  MPa；
- e) 采样技术需满足：HJ/T 372 和 HJ/T 91。

#### 5.3.2 监测平台与监测仪器要求

##### 5.3.2.1 监测平台配置

- a) 配置不少于 5 个光学或离子选择传感器接口，可选择性的实现 pH、水温、溶解氧、电导率、氨氮、叶绿素 a 等指标的原位监测；
- b) 具有接收远程控制，定点监测功能。

### 5.3.2.2 监测仪器要求

- a) 具有时间设定、校准、数据存储及数据输出功能；
- b) 具有手动校准功能；
- c) 装备电池或可充电电池等便携式电源，电池满电量情况下仪器连续工作时间应大于 2 h，仪器应有欠压指示；
- d) 仪器外接电源相、中线对地的绝缘电阻应不小于 5 MΩ；
- e) 仪器电源相、中线对地，施加 50 Hz，1500 V 正弦交流电压，历时 1 min，不应出现击穿和飞弧现象；
- f) 监测仪器具有自清洗功能。

表 1 水质无人艇监测系统仪器性能指标技术要求

分析项目	检测方法	测量范围	检出限	精密度	准确度	稳定性		实际水样比对
						零点漂移	量程漂移	
pH	电极法	0~14	—	—	±0.1	—	±0.2	±0.1
水温 (°C)	电极法	-5~50	—	—	±0.2	—	±0.2	—
溶解氧 (mg/L)	电极法	0~50	—	—	±0.3	—	±0.3	±0.3
电导率 (μs/cm)	电极法	0~100	—	±1%	±1%	—	±0.2	±1%
氨氮 (mg/L)	电极法	0~5	≤0.1	±5%	±10%	≤1%	±10%	±10%
叶绿素 a (μg/L)	体内荧光法	0~200	≤0.3	±15%	±10%	≤0.1%	±10%	±10%
其他可加载的指标	—	—	①	±10%	±10%	≤±1%	±10%	±10%

注：①须优于 GB 3838 规定的Ⅰ类标准浓度限值。

### 5.4 维修性

无人艇水质数据采集设备应方便拆装，型号（或类别）相同单元应能互换，在设备安装运行现场维修保障时，应可在不影响其它单元和结构的条件下更换。

## 6 检验要求

### 6.1 外观

产品表面涂层应平整光滑，色泽均匀，不应有明显的流疤、划痕、起泡、漏涂等缺陷。

产品表面标识应清晰、明确、易识别。

艇体外装件应满足防锈、防腐蚀、耐候等要求。

艇体内舱应做到接线工整、美观，仪器固定可靠。

## 6.2 水密性试验

喷水试验: 使用喷嘴口径为 14 mm, 出水口压力 $\geq 98$  kPa 的水枪, 在向被测部位喷水时, 喷口应距离检测点 1 m 范围内, 水柱移动速度应保持在 0.1 m/s 以内, 先喷淋 30 s 后检查艇舱内进水情况, 如果舱内无进水则再继续喷水 3 min, 再检查舱内进水情况, 无进水视为合格。

## 6.3 功能试验

### 6.3.1 手动控制试验

将无人艇放置于水面, 等遥控器连接成功后, 推动摇杆, 确认动力系统正常, 确认无人艇的航行没有偏向, 姿态和重心正常。

将无人艇切换为自动控制状态, 操纵遥控器摇杆, 循环试验 3 次, 无人艇应无响应。

### 6.3.2 自动控制试验

在显控基站中设置自动任务后, 将遥控器切换至自动航行状态, 无人艇应根据预设任务自动航行。

确认显控基站软件上能显示无人艇的轨迹、实时坐标、航速、姿态、剩余能量、雷达避障距离、贴线精度等参数。使用遥控器将无人艇切换为手动模式, 遥控器能正常操控无人艇; 再切换为自动模式后, 无人艇应恢复自动航行状态, 循环试验 3 次。

## 6.4 采样及监测试验

### 6.4.1 采样功能试验

#### 6.4.1.1 遥控采样/监测

操作遥控器, 选择手动模式, 进入采样界面, 选择采样瓶号, 采样深度, 采样容量, 发送采样命令。采样完成后, 采样结果应与任务一致。

操作遥控器, 选择手动模式, 进入监测界面, 设置监测点及监测时长, 发送监测命令, 监测完成后, 监测结果应与任务一致。

#### 6.4.1.2 自动采样/监测

使用显控基站编辑至少 3 个路径作为采样/监测点, 并编辑不同的采样容量。采样完成后采样瓶号对应无误, 基站软件可自动生成采样/监测报告。

#### 6.4.1.3 采样器性能试验

##### a) 采样量误差

采样器采样量设置为 $V_1$ , 按照设定的采样量执行自动采样, 采样结束后, 取出采样瓶, 量取实际采样量 $V_2$ , 重复测定 3 次, 按照公式 (1) 计算采样量误差 $\Delta V$ , 取 3 次采样量误差的算术平均值作为评判值。

$$\Delta V = \frac{|V_2 - V_1|}{V_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $\Delta V$ ——采样量误差；

$V_1$ ——设定的采样量，ml；

$V_2$ ——实际量取的采样量，ml。

b) 管路系统气密性

在采样器进水口外接一个量程为（-0.1~0）MPa 的负压表，启动水质自动采样器，在正常工作状态下，堵塞进水口，读取压力表读数，即为管路系统气密性。

表 2 水质无人艇监测系统仪器性能测试测试液

分析项目	检出限	精密度	准确度	稳定性		实际水样比对
				零点漂移	量程漂移	
pH			酸性标准液	—	中性标准液	实际水样
水温（℃）	—	—	实际水样	—	实际水样	
溶解氧（mg/L）	—	饱和溶解氧溶液	饱和溶解氧溶液	无氧水	饱和溶解氧溶液	
电导率（ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）	—	0.01 mol/L KCl 溶液	0.01 mol/L KCl 溶液	纯水	0.03 mol/L KCl 溶液	
氨氮（mg/L）	3-5 倍检出限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	检出限浓度的标准溶液	80% 测量范围上限浓度的标准溶液	
叶绿素 a（ $\mu\text{g}/\text{L}$ ）	3-5 倍检出限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	检出限浓度的标准溶液	80% 测量范围上限浓度的标准溶液	
其他可加载的指标	3-5 倍检出限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	50% 测量范围上限浓度的标准溶液	检出限浓度的标准溶液	80% 测量范围上限浓度的标准溶液	

#### 6.4.2 监测仪器设备性能试验

a) 检出限

按照说明书调整仪器，待仪器稳定运行后，采用测试液（表 2），连续测定 8 次，按照公式（2）计算检出限 DL。

$$DL = 2.998 \times \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

式中：DL——检出限；

$x_i$ ——第*i*次测定值；  
 $\bar{x}$ ——标准溶液测量值的平均值；  
*n*——测量次数。

b) 精密度

按照说明书调试仪器，待仪器稳定运行后，采用测试液（表2），连续测定该标准溶液6次，按公式（3）计算6次测定值的相对标准偏差 $S_r$ ，即为重复性。

$$S_r = \frac{\sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (3)$$

式中： $S_r$ ——相对标准偏差；  
 $\bar{x}$ ——6次测量值的算术平均值；  
*n*——测定次数，6；  
 $x_i$ ——第*i*次测量值。

c) 准确度

准确度的检测可以采用相对误差或绝对误差进行判定。

采用相对误差进行判定的仪器：按照说明书调试仪器，待仪器稳定运行后，采用测试液（表2），连续测定该标准样品6次，按照公式（4）计算6次仪器测定值的算术平均值与标准样品标准值的相对误差 $\Delta A$ ，即为准确度。

$$\Delta A = \frac{\bar{x} - B}{B} \times 100\% \quad (4)$$

式中： $\Delta A$ ——相对误差；  
*B*——标准样品标准值；  
 $\bar{x}$ ——6次仪器测量值的算术平均值。

采用绝对误差进行判定的仪器：按照说明书调试仪器，待仪器稳定运行后，采用测试液（表2），连续测定该标准样品（标准溶液）6次，按照公式（5）计算6次仪器测定值的算术平均值与标准样品（标准溶液）标准值的相对误差*A*，即为准确度。

$$A = \bar{x} - B \quad (5)$$

式中：*A*——误差；  
*B*——标准溶液标准值；  
 $\bar{x}$ ——6次仪器测量值的算术平均值。

d) 漂移

按照说明书调试仪器，待仪器稳定运行后，采用测试液（表2），连续测定24 h，每隔1 h记录一条数据，取前3次测定值的算术平均值为初始测定值 $x_0$ ，按照公式（6）、（7）计算后续测定值 $x_i$ 与初始测定值 $x_0$ 的最大变化幅度或最大变化幅度相对于量程上限值的百分比，即为漂移，用*RD*表示。

$$RD = x_i - x_0 \quad (6)$$

式中：RD——仪器的量程漂移；

$x_i$ ——第*i* ( $i \geq 3$ ) 次测定值，mg/L；

$x_0$ ——前3次测量值的算术平均值，mg/L；

$$RD = \frac{x_i - x_0}{A} \times 100\% \quad (7)$$

式中：RD——仪器的量程漂移；

$x_i$ ——第*i* ( $i \geq 3$ ) 次测定值，mg/L；

$x_0$ ——前三次测量值的算术平均值，mg/L；

A——工作量程上限值，mg/L。

e) 实际水样比对

按照说明书调试仪器，待仪器稳定运行后，采用实际水样，连续测定，每隔10 min记录一条数据，记录10条数据，实际水样按照国家环境监测分析方法标准（表3）进行分析，按照公式（8）、公式（9）计算水样相对误差绝对值的平均值（ $\bar{A}$ ）和水样误差绝对值的平均值（ $\bar{a}$ ），取最大作为评价指标。

$$\bar{A} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{B}|}{nB} \times 100\% \quad (8)$$

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - \bar{B}|}{n} \quad (9)$$

式中： $\bar{A}$ ——水样相对误差绝对值的平均值；

$\bar{a}$ ——水样绝对误差绝对值的平均值；

$X_i$ ——仪器测定水样第*i*次的测量L；

$\bar{B}$ ——手工方法测定水样的平均值；

$n$ ——每种水样测试所得数据的总个数；

$i$ ——比对试验次数。

表 3 实际水样实验室国家环境监测分析方法标准

项目	推荐分析方法	标准号
pH	玻璃电极法	GB 6920
水温	温度计法	GB 13195
溶解氧	电化学探头法	HJ 506
电导率	电导仪法	《水和废水监测分析方法》（第四版）
氨氮	纳氏试剂分光光度法	HJ 535
叶绿素 a	分光光度法	HJ 897

## 6.5 安全要求

按 GB 4943.1 的规定进行。

## 6.6 无线电骚扰限值

按 GB 17799.4 的规定进行。

## 7 检验规则

### 7.1 检验分类

水质监测用无人艇产品检验分为出厂检验和型式检验。

### 7.2 出厂检验

- a) 每艘艇出厂前应经厂家质量检验部门按本规定及产品规范的要求完成相关检验项目，检验合格并签发合格证明后方可出厂；
- b) 出厂检验项目为外观与结构、产品标识和功能；
- c) 检验结果全部符合本规定要求，判该艇合格。检验结果如有不符合项目，允许修复后复验，如复验仍不合格，则判该艇不合格。

### 7.3 型式检验

正常生产时，每年应进行一次型式检验。有下列情况之一时，亦应进行：

- a) 产品试制完成后；
- b) 正式生产后产品设计、原材料、零部件或工艺有较大改变，可能影响产品质量时；
- c) 产品停产 1 年以上又恢复生产时；
- d) 出厂检验结果和上次型式检验结果有较大差异时；
- e) 国家质量监督部门提出进行型式检验要求时。

型式检验项目为本规定要求的全部项目。

型式检验应从出厂检验的合格品中抽取。

检验结果全部符合本规定要求，判定该型式检验合格。检验结果如有不符合项目，允许修复后复验，如复验仍不合格，则判定该型式检验不合格。

## 8 包装、运输与贮存

### 8.1 包装

产品及配件的包装应具有防潮措施，包装箱中应附合格证明、使用说明书和装箱清单等资料。包装箱上须标明产品名称、产品型号、商标、厂名厂址、制造日期、外形尺寸等。包装应符合 GB/T 13384 的规定。

## 8.2 运输

产品在运输时应轻装轻卸，不得倒放，防止重压，避免剧烈振动、日晒、雨淋及机械损伤。

## 8.3 贮存

产品的存放场所应清洁、干燥，周围无强烈的机械振动及强磁场作用。

## 9 交付与培训

### 9.1 交付

产品交付应在订购方指定地点进行或按合同规定，产品应具有技术说明书和使用维护说明书。

### 9.2 培训

培训一般应分为理论培训和实操培训；产品厂家提供培训教材，必要时提供培训录像；应具有培训考核，通过考核人员可获得上岗证，持有上岗证的人员可获得独立操作无人艇的资格。

### 9.3 保养

#### 9.3.1 任务后保养

- a) 无人艇执行完任务后，及时用清水对艇体进行冲洗，将表面擦拭干净；
- b) 打开采样箱，倒出剩余水样，将采样瓶洗净备用；
- c) 将监测探头内剩余的水倒出，仪器的保养参考厂家的使用手册中的操作及要求；
- d) 检查艇体是否有裂纹、破损，防护条是否老化脱落，桨叶是否完整、采水口是否堵塞；
- e) 确认艇体、显控基站、遥控器的电池电量，并充满电备用；
- f) 存储前，将艇体内电池接头与电控断开；
- g) 检查舱内电控及设备载荷是否有异常，舱内是否有进水；
- h) 将艇置于艇架之上，用清水进行 3~5 次的采样、监测作业，清洗采样系统和监测系统。

#### 9.3.2 定期保养

- a) 每月检查整艇，确认功能是否正常；
- b) 每月对艇体电池、遥控器电池、显控基站电池进行一次满额充电；
- c) 舱内放置吸潮剂，防止电气受潮。使用前将吸潮剂取出；
- d) 无人艇零部件按仪器厂家要求定期进行保养。