

《水质监测用无人艇技术要求（试行）（送审稿）（二次征求意见）》编制说明

《水质监测用无人艇技术要求（试行）》

标准编制组

二〇二四年十二月

项目名称：水质监测用无人艇技术要求（试行）

项目统一编号：2017-26

项目承担单位：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

编制组主要成员：金小伟、左 航、刘丰羽、周 滨、贾世琪、解鑫、
王业耀、薛荔栋、张铃松

环境标准研究所技术管理负责人：裴淑玮

生态环境部华南环境科学研究所技术管理负责人：谢丹平、韩静磊

生态环境监测司项目负责人：仇 鹏

目 录

1	项目背景	1
1.1	任务来源	1
1.2	工作过程	1
2	标准制订的必要性分析	3
3	国内外相关分析方法研究	4
3.1	无人艇发展历程	4
3.2	无人艇在环境监测系统内应用案例	4
3.3	主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究	5
3.4	国内相关分析方法研究	5
4	标准制订的基本原则和技术路线	6
4.1	标准制订的基本原则	6
4.2	标准制订的方法	6
4.3	标准制订的技术路线	7
5	标准的适用范围和主要技术内容	9
5.1	标准的适用范围	9
5.2	主要技术内容	9
6	制订内容说明	9
6.1	适用范围	9
6.2	规范性引用文件	9
6.3	术语和定义	10
6.4	产品分类	11
6.5	组成与指标要求	11
6.6	检验要求	17
7	与开题报告的差异说明	22
8	标准征求意见稿技术审查情况	22
9	标准实施建议	22
10	标准征求意见情况	23
11	参考文献	24
	附件一：国内外生态环境监测无人艇主要品牌汇总表	25
	附件二：国家生态环境标准征求意见稿情况汇总处理表	36

《水质监测用无人艇技术要求（征求意见稿）》编制说明

1 项目背景

1.1 任务来源

2017年，原环境保护部办公厅公布了《关于开展2017年度国家环境保护标准项目实施工作的通知》（环办科技函〔2017〕413号），下达了《地表水无人船水质监测技术规范》的项目计划，项目统一编号为2017-26。

本标准制订的承担单位为中国环境监测总站，协作单位为中国环境科学研究院、天津市生态环境科学研究院（原天津市环境保护科学研究院）。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制组

中国环境监测总站接到工作任务后，按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国环规科技〔2017〕1号），立即组织协作单位中国环境科学研究院、原天津市环境保护科学研究院的有关人员成立了标准编制组（以下简称“编制组”），召开了标准编制工作启动会。

1.2.2 查询国内外相关标准和文献资料

2017年4月~2017年10月，编制组调研了国内外相关试验方法的研究进展，经过对标准的全面查询，目前国外尚无地表水无人艇监测相关标准；在自动监测方面，查阅了ISO国际标准及其他国内外有关标准和文献（包括OECD、ASTM等以及国内相关标准）中关于水质自动监测标准化的内容，如ISO 15839-2003: Water quality – On-line sensors/analysing equipment for water – Specifications and performance tests（《水质在线监测设备及传感器-参数及功能测试》），ASTM D3864 – 12: Standard Guide for On-Line Monitoring Systems for Water Analysis（《在线水质监测标准指南》），OECD测试指南236号: Nanosystems for Water Quality Monitoring and Purification（《水质监测及净化小型化系统》），对以上资料进行了整理。同时也参考了《近岸海域水质自动监测技术规范》（HJ 731-2014）以及《地表水自动监测技术规范》（试行）（HJ 915-2017）。

1.2.3 召开开题论证会

2017年11月14日，由中国环境监测总站科技处在京组织召开了该标准的开题站内评审会。专家组听取了标准主编单位关于开题报告的汇报，经质询、讨论，形成以下意见：1）明确地表水无人船的定义；2）明确本技术规范的适用范围，建议将适用范围限定为：采用地表水无人船进行水质监测的技术检验和评估；3）调整技术规范全文结构。会后，编制组根据专家意见对开题报告和标准草案进行了修改完善。

2018年2月1日，由原环境保护部环境监测司在北京组织召开了该标准的开题论证会。与会专家就编制组提交的标准开题论证报告和标准草案内容进行了质询和讨论，认为标准编制

单位提供的材料齐全，内容较完整，格式规范；制订标准的技术路线合理，能满足制订工作需要。论证委员会通过该标准的开题论证，同时提出了修改意见和建议。具体的论证意见和建议如下：1）将题目改为：水质无人艇监测技术规定（试行）。2）将适用范围改为：本规定适用于水质监测无人艇技术性能、指标和检验要求。3）进一步规范文本语言表述方式。会后，编制组根据专家意见对开题报告和标准草案进行了修改完善。

1.2.4 编写标准征求意见稿和编制说明

2018年3月~8月，编制组完成《水质无人艇监测技术规定（试行）》征求意见稿及编制说明初稿的编写工作。

1.2.5 召开技术研讨会、开展调研及通讯评审

2018年8月29日~30日，编制组在珠海市组织召开了该标准的技术研讨会。就水质无人艇监测相关技术问题集中研讨，并对标准文本及编制说明进行修改完善。同时编制组前往珠海云洲智能科技有限公司、珠海市环境保护监测站开展集中调研，广泛听取意见及建议，进一步完善标准文本及编制说明。

2018年11月10日~22日，编制组对形成的征求意见稿及编制说明邀请3名行业内专家开展通讯评审，广泛听取意见及建议，进一步完善标准文本及编制说明。

2019年6月~10月，编制组先后与珠海云洲智能科技有限公司、四方智能(武汉)控制技术有限公司、安徽科微智能科技有限公司等无人艇生产企业进行交流与调研，在了解无人艇最新技术发展的基础上，对标准文本进行了进一步的修改完善。

1.2.6 召开征求意见稿技术审查会

2020年5月9日，由中国环境监测总站科技处通过视频会议形式组织召开了该标准征求意见稿的站内评审会。与会专家就编制组提交的标准的征求意见稿和编制说明进行了质询和讨论，认为标准编制单位编制的标准文本格式规范，技术路线合理，内容较为全面。并建议进一步规范术语和定义等文本语言表述方式。会后，编制组根据专家意见对征求意见稿和编制说明进行了修改完善。

2020年6月23日，由生态环境部生态环境监测司通过视频会议形式组织召开了该标准征求意见稿技术审查会。审查委员会听取了标准编制单位所做的标准征求意见稿及编制说明的内容介绍，经质询、讨论，认为标准编制单位提供的材料齐全、内容完整，对国内外应用情况、标准及文献进行了充分调研，标准定位准确，技术路线合理可行，技术内容完整。审查委员会通过该标准征求意见稿的技术审查。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：1）建议题目改为《水质监测用无人艇技术要求（试行）》；2）进一步梳理规范性引用文件，修改完善采样要求，监测仪器的性能指标和技术要求；3）按照HJ 168和HJ 565对标准文本进行编辑性修改。会后，编制组根据专家意见对征求意见稿和编制说明进行了修改完善。

1.2.7 公开征求意见

2020年7月30日，生态环境部发布《关于征求〈水质监测用无人艇技术要求（试行）〉国家环境保护标准意见的函》（环办标征函〔2020〕43号），征求了水利部、相关直属单位、地方生态环境部门以及部内有关司局的意见，并面向社会公开征求意见。编制组共收到36条书面意见，编制组认真处理和汇总所有反馈意见，修改完善标准征求意见稿和编制说明，形成标准送审稿和编制说明。

1.2.8 召开站内技术审查会

2022年8月25日，由中国环境监测总站科技处通过视频会议形式组织召开了该标准站内评审会。与会专家就编制组提交的标准的文本和编制说明进行了质询和讨论，认为编制组的汇报内容、标准文本及编制说明较全面；征求意见处理得当，符合监测实际情况。并建议：1）将标准名称更改为《水质监测用无人艇技术要求》；2）按照HJ 168及HJ 565要求，对标准文本及编制说明进行进一步修改完善。会后，编制组根据专家意见对征求意见稿和编制说明进行了修改完善。根据相关管理要求，现提请再次公开征求意见。

2 标准制订的必要性分析

对地表水环境进行采样监测是我国各级政府生态环境保护主管部门履行辖区内生态环境保护监督管理的基础工作。随着经济不断发展，人民群众对生态环境质量的需求不断提高，环境管理对监测工作的要求越来越高。其中，日常监测、突发环境污染事件应急监测、环境科研监测中断面不断加密、点位数量不断增加，使监测工作任务负荷增加；此外受到自然地理环境的影响，采样人员往往处于危险的采样环境中，其生命安全受到威胁也成为日益凸显的问题之一。

无人艇技术是确保生态环境应急监测采样人员人身安全、缓解监测任务负荷的关键技术手段，是提高突发性污染事故应急处置效率的重要技术支撑。实现多地点全自动标准化水质采样，可降低水环境管理成本，大幅提升应急响应速度，及时掌握污染事态发展，降低污染事件损失，保障采样人员生命健康安全。因此，亟需一种规范合理、安全可靠的技术装置、采样方法来解决和满足目前地表水环境监测中所面临的问题和需求，并逐渐向智能化方向转型。

随着无人艇技术的不断提高，使用无人艇技术对地表水进行采样监测成为可能。生态环境部印发《关于加强生态环境应急监测工作的意见》（环办监测〔2018〕40号）中提到“积极推广无人机(船)等新型载体以及高光谱、激光雷达等先进技术在应急监测领域的应用”。

《“十四五”生态环境监测规划》（环监测〔2021〕117号）也强调“推进卫星遥感、热点网络、无人机无人船等非现场执法监测手段应用”。但目前我国尚未制定相关的技术标准或规范，因此有必要开展相关技术规范的制定研究工作。相关技术规范制定后，可以为无人艇用于地表水采样监测操作提供科学、明确的技术要求，更好地为环境管理工作提供技术支撑。

本标准的制订有利于进一步贯彻落实国务院印发的《水污染防治行动计划》和《中华人民共和国环境保护法》有关完善标准体系的要求。

3 国内外相关分析方法研究

3.1 无人艇发展历程

无人驾驶艇，其英文名字为（Unmanned surface vehicles 或者 Autonomous surface vehicles），简称无人艇（USV），它基于船舶，同时载有特殊功能设备包括控制设备以及通讯设备等，进而在水面执行某些特殊操作。通常，可以将无人艇定义为能够进行远程控制或是在没有操作人员参与的情况下选择自主操作模式，能够接收相应指令，完成指定任务的智能化水面平台。无人艇包括具有路径规划、自动航行、自主环境感知能力的全自主型无人艇，以及非自动航行的遥控型无人艇和按照内置程序航行并执行任务的半自主型无人艇。它集船舶设计、人工智能、信息处理、运动控制等专业技术为一体，涉及自动驾驶、自主避障、规划与导航、模式识别等多方面，可根据其使用功能的不同，采用不同的模块，搭载不同的传感器及设备。执行情报收集、监视侦察、扫雷、反潜、反恐、精确打击、搜寻救助、水文地理勘察、环境监测等任务。

无人艇的发展最早可追溯到1898年，当时著名发明家尼古拉·特拉斯发明了名为“无线机器人”的遥控艇。无人艇在实战中的首次亮相是二战时期，最初只作为一次性的制导武器使用。20世纪50年代，前苏联曾利用小型遥控式无人水面艇，用于向敌舰发动自杀式攻击；20世纪90年代，随着人们对无人艇认识的深入，无人水面艇在反潜、反水雷、海上侦察监视、目标搜索等方面的潜能渐渐显露出来。进入21世纪，随着通信、人工智能等技术的发展，制约无人艇发展的诸多技术瓶颈得以部分解决，各国加大了无人艇的研发力度，无人艇迎来了一段高速发展期。除国防军事上的应用外，无人艇在民用领域发挥的作用也越来越大。2000年美国MIT的无人艇研究小组针对自主海岸勘探系统设计出“Auto Cat”号双体无人艇，可方便地部署并进行勘测作业；2003年，雅马哈公司研制的“Kan-Chan”号无人艇可用于监控海洋和大气的化学和物理参数，具有很长的续航能力；2004年英国普利茅斯大学MIDAS科研小组研发的“Springer”号无人艇可用于内河、水库和沿海等浅水水域污染物追踪、环境和航道信息测量等。

我国的无人艇技术发展迅速，尽管当下依旧是美国和以色列掌握着无人艇的核心技术，但是近年来随着国内改革开放的继续深化和经济的不断发展，我国在无人艇的研制方面显示出了后来居上的趋势。据不完全统计，目前中国已有超过200家无人艇公司。中国智慧、中国技术、中国产品已经引领了世界无人艇行业的发展。各种不同的无人艇产品相继推出，应用涵盖了交通运输、环境保护、测绘、安防巡逻、石油/天然气等多个领域。目前已有“SeaFly”“追梦壹号”“筋斗云0号”“天象系列”“精海系列”“瞭望者3号”“遥测5号”“环保无人艇”等多款无人艇产品（见附件一）。

3.2 无人艇在环境监测系统内应用案例

目前关于智能无人艇在水环境中监测的实例报道逐年增多，已逐步应用在各环境保护相关单位，如在天津8.12爆炸事故危险区域水样采集，甘肃锑污染事故，连云港、安徽东至县企业偷排应急事件，以及镇江市在黑臭河的治理中尝试使用过智能无人艇进行水样监测和监管。

2016年5月~6月,利用无人艇对镇江市建成区内8条河流水质状况进行普查监测,范围共包括了7条城市内河和1个湖泊,7条内河总长度约为72 km,湖泊总面积约为8.8 km²,监测因子为溶解氧(DO)、氨氮(NH₃-N)、氧化还原电位(ORP)和浊度。无人艇搭载在线监测仪器航行时所测量的项目中,溶解氧项目的质控比对结果一致性较好,氧化还原电位和氨氮项目次之,浊度项目最差。分析原因主要与各项目的测量原理以及实际水样中含有大量杂质干扰有关。浊度测量是利用红外光穿过样品池来测定水样中悬浮物颗粒散射的光量,转化为浊度值,该方法需样品保持稳定,无人艇航行时无法保证很好的稳定性,导致浊度测量时多为无效值。

3.3 主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究

通过ISO、ASTM、OECD等国外标准的详细查新发现,目前尚未颁布地表水无人艇水质监测相关技术规范。

环境监测的自动化、智能化、网络化已成为目前世界环境监测领域发展的趋势。发达国家在近十多年的发展过程中,自动监测已在诸多领域得到广泛应用。水质自动监测的目的主要是实时监视所监测断面的水质变化趋势,对水污染事故起到预警作用,为流域环境管理提供及时的科学依据。目前,自动监测设备已经商品化,能够实现连续自动监测的水质项目包括:温度、盐度、浊度、pH值、电导率、溶解氧、叶绿素、氧化还原电位、蓝绿藻、氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、活性磷酸盐、石油类等。

在水质自动监测的标准化方面,2000年美国国家地质调查局(U.S. Geological Survey)制定了《连续的水质监测指南和标准程序:选址、现场操作、校准、记录计算和报告》(《Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water - Quality Monitors - Site Selection, Field Operation, Calibration, Record Computation, and Reporting》),2006年又制定了《水质连续监测指南和标准程序:水质监控站操作、记录计算和数据报告》(《Guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors - Station operation, record computation, and data reporting: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 1 - D3》)。此外,ISO 15839-2003: Water quality - On-line sensors/analysing equipment for water - Specifications and performance tests(《水质在线监测设备及传感器-参数及功能测试》),ASTM D3864 - 12: Standard Guide for On-Line Monitoring Systems for Water Analysis(《在线水质监测标准指南》),OECD测试指南 236号: Nanosystems for Water Quality Monitoring and Purification(《水质监测及净化小型化系统》)均对水质连续自动监测进行了规范。

3.4 国内相关分析方法研究

目前,国内尚未颁布水质监测用无人艇相关技术规范。在水质自动监测通用标准方面,2017年12月28日原环境保护部发布《地表水自动监测技术规范》(试行)(HJ 915-2017),2014年12月23日原环境保护部发布了《近岸海域水质自动监测技术规范》(HJ 731-2014),该标准于2015年1月1日实施,此外2019年12月24日生态环境部发布了《水污染源在线监测系统(COD_{Cr}、NH₃-N等)验收技术规范》(HJ 354-2019),该标准于2020年3月24日实施。

2020年12月，山东省市场监督管理局发布了山东省地方标准《无人船近岸海水采样技术规范》（DB37/T 4300-2020），该标准规定了无人船近岸海水采样的船只性能、采样航线、样品采集及无人船维护等技术要求，2021年10月和2023年11月，广东省珠海市市场监督管理局发布《无人水面艇海上测试管理规范》（DB4404/T 18-2021）和《无人水面艇近岸水质采样作业规范》（DB4404/T 47-2023）规范了无人艇和智能船舶在海上测试的基本要求和业务流程，规定了无人艇进行近岸水质采样的监测项目、设备选型、环境条件、人员能力、准备工作、现场操作、质量控制、数据记录和作业安全等要求，但以上标准均未涉及有地表水采样无人艇技术要点。2021年1月，中国质量检验协会和中国水利企业协会发布了两项团体标准《无人船船载水质监测系统》（T/CAQI 169-2021）和《水质监测无人船巡查作业技术导则》（T/CAQI 170-2021）。《无人船船载水质监测系统》（T/CAQI 169-2021）主要规定了无人船船载水质监测系统的组成、功能、技术要求、检验方法、标志、包装、运输及贮存等要求。《水质监测无人船巡查作业技术导则》（T/CAQI 170-2021）属于水质监测用无人艇作业标准，对作业的准备、过程及结果的规定较为细致全面，适用于采用小型水质监测无人船对地表水进行的巡查作业，但该两项团体标准涉及水质监测用无人艇技术性能和指标的要求及检验评估方法较少。

因此，为方便技术使用、规范技术发展，统一形成行业内对于水质监测用无人艇系统的认识，亟待建立适用于河流、湖库等地表水环境水质监测用无人艇技术性能和指标的要求及检验评估方法。

4 标准制订的基本原则和技术路线

4.1 标准制订的基本原则

本标准依据《国家生态环境标准制修订工作规则》（国环规法规〔2020〕4号）和《环境监测分析方法标准制订技术导则》（HJ 168-2020）的要求，以国内外标准文献为基础而编制。

（1）满足生态环境标准制订工作管理的各项要求，尤其是与《地表水环境质量监测技术规范》（HJ 91.2-2022）中对采样的要求相配套；

（2）充分借鉴美国和欧盟相关标准方法，综合考虑我国环境监测的实际情况，保证方法的科学性、先进性、可行性和可操作性；

（3）方法的检测能力满足相关生态环境标准和生态环境管理工作的要求；

（4）方法准确可靠，满足环境监测方法标准特性指标的要求；

（5）方法具有普遍适用性，取材方便，操作简明，易于推广使用，适合各级环境监测部门日常检测工作。

4.2 标准制订的方法

（1）文献资料查询；

（2）广泛深入调研；

（3）分析研究研讨；

(4) 依法依规编制。

4.3 标准制订的技术路线

本标准制订以国内外现有相关自动监测标准为基础，具有较强的科学性、先进性、可行性和可操作性，可以为无人艇用于地表水采样监测操作提供科学、明确的技术规范，更好地为环境管理工作提供技术支撑。标准制订程序将按照 HJ 168-2020 的程序开展，主要包括：

(1) 调研我国目前地表水环境质量日常监测及水环境污染突发事件中的采样方式、方法现状及存在的困难与不足；(2) 调研国内外水质监测用无人艇发展技术现状；(3) 确定本标准的适用范围、无人艇的系统组成、指标要求、检验要求、检验规则、包装、运输与贮存、交付与培训等；(4) 对技术规范广泛征求意见及进行技术审核。技术路线详见图 1。

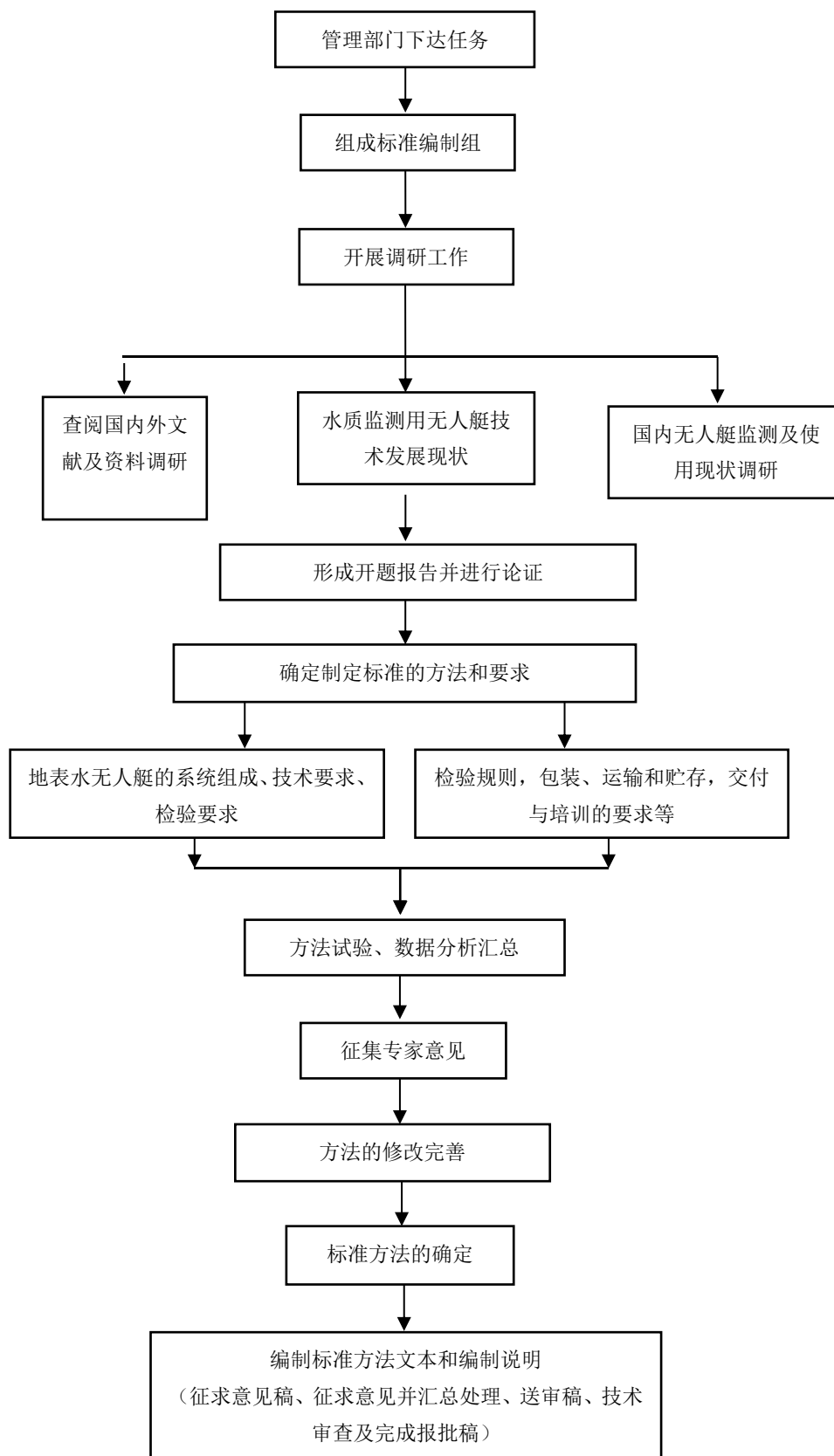


图 1 本标准制订的技术路线图

5 标准的适用范围和主要技术内容

5.1 标准的适用范围

本标准规定了水质监测用无人艇技术性能、指标和检验要求。

本标准适用于排水量低于200 kg，能对内河、湖泊和水库进行自动采样、监测的无人艇。

5.2 主要技术内容

本标准规定了水质监测用无人艇的产品分类、组成与指标要求、检验要求。

6 制订内容说明

6.1 适用范围

本标准的适用范围中规定了“水质监测用无人艇技术性能、指标和检验要求”，并规定了“适用于排水量低于200 kg，能对内河、湖泊和水库进行自动采样、监测的无人艇”的适用范围。

超过200 kg的无人艇，在适应水域、布放与回收、运输与保养等方面都有较大的局限性，不适合开展江河湖库等的水质调查分析工作。故本标准主要对200 kg以下，常用的水质监测用无人艇进行规定。

6.2 规范性引用文件

本标准规范性引用文件共10个，现行的《地表水环境监测技术规范》（HJ 91.2）、《水质 采样技术指导》（HJ 494）、《水质自动采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 372）、《水质 溶解氧的测定 电化学探头法》（HJ 506）、《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》（HJ 535）、《水质 叶绿素a的测定 分光光度法》（HJ 897）、《水质 水温的测定 温度计或颠倒温度计测定法》（GB 13195）等是标准的重要编制依据。此外，《音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求》（GB 4943.1）、《电磁兼容 通用标准 第4部分：工业环境中的发射》（GB 17799.4）等规范主要用于水质监测用无人艇的检验要求等。

本标准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 4943.1 音视频、信息技术和通信技术设备 第1部分：安全要求

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 第4部分：工业环境中的发射

HJ 91.2 地表水环境监测技术规范

HJ/T 372 水质自动采样器技术要求及检测方法

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 1147 水质 pH 值的测定 电极法

6.3 术语和定义

本标准的术语和定义直接采用了中国船级社CCS《无人水面艇检验指南》有关的术语和定义。

为了更加明确水质监测无人艇与其他无人艇的区别，突出无人艇水质监测的特点，特别增加了“水质监测用无人艇”即：集成水质采样、监测设备或仪器，实现水质自动采样、监测功能的无人艇。

(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、操控及作业的水面机器人。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。

(2) 水质监测用无人艇 USV for water quality monitoring

是指集成水质采样、监测设备或仪器，实现水质自动采样、监测功能的无人艇。

(3) 平台系统 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。

(4) 任务载荷系统 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或仪器。

(5) 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。

(6) 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、交换的系统。

(7) 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。

(8) 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。

(9) 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，无需人工干预的航行模式。

(10) 显控基站 display and control base

位于岸基或母船上，能够远程监控无人艇航行状态、周边环境、平台设备状态等数据内容，并能对无人艇进行手动、自主航行控制的图形及数据信息显示工作站。

(11) 遥控器 remote controller

在远程遥控的模式下，对无人艇进行操控的手持式设备。

(12) 工作航速 working speed

满足采样监测任务需要的航行速度要求条件下,综合考虑作业效率、续航时间设定的航行速度,该速度受到艇体大小、重量、推进能力、水流、天气等因素影响。

6.4 产品分类

本标准将无人艇按照排水量和功能进行了分类:

(1) 按照排水量分类:水质监测用无人艇分为小型水质监测用无人艇和大型水质监测用无人艇。

a) 小型水质监测用无人艇指排水量 $<100\text{ kg}$,且艇体长度 $<2\text{ m}$ 的无人艇。主要适用于内陆河道、湖泊等水域,具有定深采样及监测功能。

b) 大型水质监测用无人艇指排水量 $\geq 100\text{ kg}$,或艇体长度 $\geq 2\text{ m}$ 的无人艇。主要适用于沿海、近海或大型河流、湖泊等水域,具有定深采样或分层采样、监测等功能。

编制组调研了国内主要的无人艇企业,广泛听取了各企业的意见,按照目前无人艇行业的通用做法,根据排水量的不同,分为小型水质监测无人艇和大型水质监测无人艇;目前国内企业推出的水质监测无人艇排水量基本都在 200 kg 以内。

(2) 按照功能分类:编制组调研了国内各地行政机构和监测站使用情况,根据使用情况,按照功能分为:采样艇、监测艇和采样/监测艇。

6.5 组成与指标要求

6.5.1 基本组成

水质监测用无人艇系统由以下部分组成:

- a) 平台系统: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) 任务载荷系统:水质采样/监测用设备或仪器,包含水质采样仪器、水质监测仪器等。

根据中国船级社CCS《无人水面艇检验指南》的规定,常见无人艇多为由无人艇平台、通信系统、操控系统和任务载荷几部分组成,因此将水质监测无人艇系统组成参照此条规定。

6.5.2 指标要求

本标准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。

(1) 航行性能

a) 航速

静水最大航速: $\geq 2\text{ m/s}$ 。

无人艇应具备航速手动调节设置功能。

b) 续航时间

工作航速下,小型水质监测用无人艇续航时间: $\geq 2\text{ h}$,大型水质监测用无人艇续航时间: $\geq 6\text{ h}$ 。

编制组收集了国内大部分河流丰水期和枯水期流速相关水文资料,结合目前国内无人艇企业的产品标准和采样、监测的作业场景;规定了航速、续航时间、续航里程3个指标要求。

查阅历史水文记录,长江、黄河的常规流速都在1.5 m/s以下,普通湖泊和水库、近海水域等流速基本在0.5 m/s以下。流速超过3 m/s时,水利和环保监测作业基本停止。因此综合以上因素,基本艇速在2 m/s,已经能覆盖基本的水质监测作业要求。

续航时间,主要考虑作业时间,按照小型无人艇连续作业2 h,大型无人艇连续作业6 h作出规定。按照无人艇的续航时间,平均工作航速1 m/s,2 h续航时间即7 km;小型无人艇需满足的最小续航里程需大于10 km;考虑到近海或大江大湖的作业距离,大型无人艇需具备远程航行的能力,50 km是基本配置。

(2) 定位系统

- a) 水平定位精度: ≤ 2.5 m;
- b) 定向精度: $\pm 2^\circ$;
- c) 纵/横摇倾角精度: $\pm 1^\circ$ ($-15^\circ \sim +15^\circ$)。

本标准规定的卫星导航系统指标参考了以下标准和规定:

- ① 中国船级社CCS《智能船舶规范》(GD 24-2017);
- ② 《北斗卫星导航系统测量型接收机通用规范》(GB/T 39399-2020);
- ③ 《北斗卫星导航系统公开服务性能规范》(GB/T 39473-2020)。

结合采样、监测的作业场景,最终确定了水平定位精度、定向精度和纵/横摇倾角精度要求。

(3) 通信系统

根据编制组调研的情况,考虑水样的时效性要求,结合采样、监测的作业场景,本标准规定了通信距离和传输带宽的要求。

a) 无人艇与显控基站之间通信可采用公共网络、专用网络等方式;无人艇与遥控器之间应具有专用网络能力;

b) 显控基站专网数据通信距离:

小型水质监测用无人艇: ≥ 2 km;

大型水质监测用无人艇: ≥ 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: ≥ 9600 ;

视频通讯带宽: ≥ 2 Mbps;

d) 遥控器通信距离: ≥ 1 km;

e) 监测数据应能够同时本地储存与远程传输,本地数据与远程数据应一致。本地储存数据不受信号传输能力影响,并可通过有线连接的方式读取;

f) 监测时应同时自动记录监测时间、监测点位(北斗)、监测位置深度。

(4) 动力系统

立足于现行有效的环境监测方法标准和技术规范,为了保证采样、监测过程的质量,对动力系统特别明确了清洁能源要求;参考CCS《无人水面艇检验指南》中对“蓄电池组电力

推进无人艇的附加要求”和UN38.3《运输规则》要求，规定了电池组的安全、寿命及运输要求。

- a) 动力系统不应对水体造成污染；
- b) 动力系统不应对水质采样、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) 电池模组应通过 UN38.3 认证，满足陆运、海运、航空运输安全要求。
- d) 供能系统应具有不低于 IP67 的防护等级，且更换便利；
- e) 动力系统适用电池供能的无人艇，应具备平台给监测仪器提供电能的接口和能力。

(5) 平台系统

编制组参考了CCS《无人水面艇检验指南》中对“艇体”、“航行和信号设备”的规定，在本标准中规定了无人艇平台应满足的艇体、环境耐候性、功能要求。

平台系统具有下列功能：

- a) 应具有卫星定位系统；
- 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) 具有自主航行功能的艇体应具备自动避障功能，避障检测距离： $\geq 10\text{ m}$ ；
- d) 艇应具有状态指示功能，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) 通讯信号中断或低电量等异常情况下，可自动返航，其中通讯中断时长、低电量报警阈值，可设置及更改）；
- 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；
- i) 艇体具备蒲氏3级风、3级浪的生存能力，蒲氏3级风、2级浪的工作能力；
- j) 无人艇操控软件具有避障功能开关键。对特殊环境的水体（如渠道、过窄过复杂的水面），由用户自行选择是否开启避障功能。

(6) 操控系统

编制组参考了CCS《无人水面艇检验指南》中对“操控系统”的规定，规定了“操控系统应能检测控制推进、操纵及执行指定任务的装置、并具有远程遥控和自动航行2种航行模式”，结合采样、监测的作业场景，提出了显控基站、遥控器应具有的功能要求。

A. 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；

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：

自动生成采样工作报告；

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。

g) 实时显示显控基站电量。

B. 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、北斗位置。

(7) 任务载荷要求

A. 采样设备与采样要求

编制组调研了目前国内水质监测用无人艇标准采样设备与采样要求部分现状发现均依据《海洋监测规范第3部分：样品采集、贮存与运输》（GB 17378.3），未涉及地表水采样设备与采样要求，编制组参考《水质自动采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 372）、《地表水环境质量监测技术规范》（HJ 91.2）和表1，制定了采样设备的具体要求。

表 1 地表水环境监测网各监测指标优化采样瓶组合

序号	指标	样品瓶种类	是否避光	最短有效期	最小采样体积
1	高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、总氮	G	是	24 h	1 L
2	总磷	G	否	24 h	500 ml

序号	指标	样品瓶种类	是否避光	最短有效期	最小采样体积
3	铜、锌、铅、镉	P	否	14 d	250 ml
4	五日生化需氧量	G	是	24 h	1 L
5	砷、硒、汞	P	否	14 d	250 ml
6	六价铬	G	否	24 h	250 ml
7	氟化物	P	是	14 d	250 ml
8	氰化物	P	否	24 h	500 ml
9	挥发酚	G	否	24 h	500 ml
10	石油类	G	否	3 d	1 L
11	阴离子表面活性剂	G	否	24 h	250 ml
12	硫化物	G	否	7 d	250 ml
13	叶绿素 a	G	是	48 h	500 ml
14	硝酸盐氮、亚硝酸盐氮	G	是	2 d	500 ml
注 1: 表中 G 表示硬质玻璃瓶, P 表示聚乙烯瓶;					
注 2: 表中所有样品瓶均应参照相关方法标准规范 (HJ 91.2, HJ/T 372) 保存和运输。					

a) 采样设备功能

- 1) 用于存放水样的采样瓶, 根据具体监测项目, 应符合采样规范中对采样瓶材质要求;
- 2) 具备反吹水路 (含采样瓶)、管路自动清洗功能;
- 3) 满足快拆快装要求;
- 4) 非单点采样时, 管路应具有单向独立通道, 防止水样相互污染或影响;
- 5) 采用耐腐蚀不易生锈且不污染水体的元器件;
- 6) 具有通信接口, 具备远程启用、远程设置等功能;
- 7) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息 (包括但不限于采样时间、采样点位 (北斗)

采样深度) 的功能。

b) 采样要求

- 1) 水样采集总量:
小型水质监测用无人艇不小于 2 L;
大型水质监测用无人艇不小于 7 L。
- 2) 分层/定深采样:
采样深度精度应控制在 ± 0.3 m 内;
深度不小于 10 m。
- 3) 采样量误差应控制在 $\pm 10\%$;
- 4) 管路系统气密性应 ≥ -0.05 Mpa;
- 5) 采样技术需满足: HJ/T 372、HJ 494和HJ 91.2;
- 6) 使用底阀式取样器、底部式取样器。

B. 监测平台与监测仪器要求

无人艇搭载设备仪器性能核查是获得有效数据的基本保证和无人艇水质监测系统正常运行的关键, 内容包括但不限于定期的正确度、精密度、检出限、标准曲线、加标回收率、零点漂移、量程漂移检查及每次仪器维护前后的校准工作, 并针对各个内容明确了规范的计

算方法与频次要求。本标准参考2017年12月28日环境保护部发布《地表水自动监测技术规范（试行）》（HJ 915），以及2014年12月23日发布、2015年1月1日实施的《近岸海域水质自动监测技术规范》（HJ 731）。同时编制组调研了目前国内、外主流的在线监测仪器，结合《水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N等）验收技术规范》（HJ 354），规定了检测设备与监测要求，见表2。

表2 水质监测用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	正确度	稳定性		实际水样 比对
						零点漂移	量程漂移	
pH 值	电极法	2~12	—	—	±0.1	—	±0.1	±0.1
水温（℃）	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	0~5000	—	±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	—	—	②	±10%	±10%	≤±1%	±10%	±10%
① 无人艇可以根据监测任务搭载不同监测设备； ② 应优于 GB 3838 规定的Ⅰ类标准浓度限值。								

2020年10月在某市随机抽取2处水样，通过无人艇搭载设备仪器和监测站实验室检测，无人艇搭载设备仪器现场出结果，监测站通过送样到实验室监测，最终检测结果见表3。

表3 某采样点无人艇搭载设备仪器和实际水样检测比对结果

分析项目	检测方法	样品	实验室监测	无人艇移动监测数据	实际水样比对
pH 值	电极法	样品 1	8.05	8.02	<0.1
		样品 2	7.84	7.92	<0.1
水温（℃）	电极法	样品 1	24.3	21.35	/
		样品 2	24.2	21.36	/
溶解氧（mg/L）	电极法	样品 1	9.06	8.78	<0.3
		样品 2	8.83	8.59	<0.3
电导率（μs/cm）	电极法	样品 1	353.5	357.2	<1%
		样品 2	353.8	357.1	<1%
氨氮（mg/L）	电极法	样品 1	0.415	0.418	<10%
		样品 2	0.500	0.509	<10%
叶绿素 a （μg/L）	体内荧光法	样品 1	17.80	18.5	<10%
		样品 2	18.44	18.7	<10%

- 1) 监测平台配置
 - a) 配置光学或离子选择传感器的无人艇适配仪器接口, 可选择性地实现pH值、水温、溶解氧、电导率、氨氮、叶绿素a以及其他可加载指标的原位监测;
 - b) 具有接收远程控制, 定点监测功能。
- 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少于5 M Ω ;
 - 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) 溶解氧参数应为浸没式测量。

(8) 可维修性

为了保障采样、监测任务的按时、及时实施, 编制组从应用场景、企业调研和互换性等方面提出了水质无人艇的维修性要求。

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

6.6 检验要求

6.6.1 外观

根据船舶行业对船舶外观的要求, 规定了水质监测用无人艇表面涂层、产品标识、外露件的环境适应性和艇内布线要求。

产品表面涂层应平整光滑, 色泽均匀, 不应有明显的划痕、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、耐候性等要求。

艇体内舱应做到接线工整、美观, 仪器固定可靠。

6.6.2 水密性试验

编制组根据CCS《内河船舶入级规则》(2016)“冲水实验”, 规定了水质监测用无人艇的水密性试验方法。

水密性试验: 使用喷嘴口径为14 mm, 出水口压力 ≥ 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。

6.6.3 功能试验

根据标准5.2.2.5操控系统的指标要求，编制组制定了手动控制试验和自动控制试验方法。

(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。

(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。

6.6.4 采样及监测试验

为了确保采样及监测功能正常，结合采样及监测的任务场景；编制组规定了遥控采样/监测和自动采样/监测的试验方法。

采样器性能试验主要参考《水质自动采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 372-2007）中关于采样量误差以及管路系统气密性的相关规定。

监测仪器设备性能试验主要参考《地表水自动监测技术规范》（试行）（HJ 915-2017），《近岸海域水质自动监测技术规范》（HJ 731-2014），以及《水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N等）验收技术规范》（HJ 354-2019）中关于自动检测仪器检出限、精密度、正确度、漂移、实际水样比对等规定。

试验在静水条件下进行，无风无浪零流速。

(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、测量参数及监测时长，发送监测命令，监测完成后，监测结果应与任务一致。

(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。

(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）计算采样量相对误差，取3次采样量误差的算术平均值作为评判值。

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

式中： ΔX ——采样量相对误差；

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1个量程为-0.1 MPa~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。

(4) 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4），连续测定8次，按照公式（2）计算检出限。

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

式中：DL——检出限；

2.998——连续测定8次，置信度为99%时的分布值；

n ——测量次数；

x_i ——第*i*次测定值；

$\bar{x}$ ——8次标准溶液测量值的算术平均值。

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4），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，即为重复性。

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

式中：RSD——相对标准偏差；

n ——测量次数，6；

x_i ——第*i*次测定值；

$\bar{x}$ ——6次标准溶液测量值的算术平均值。

c) 正确度

正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4），连续测定该标准溶液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溶液标准值的相对误差，即为正确度。

$$RE = \frac{\bar{x} - c}{c} \times 100\% \quad (4)$$

式中：RE——相对误差；

$\bar{x}$ ——6次标准溶液测量值的算术平均值；

c ——标准溶液标准值。

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4），连续测定该标准溶液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溶液标准值的绝对误差，即为正确度。

$$d = \bar{x} - c \quad (5)$$

式中： d ——绝对误差；

$\bar{x}$ ——6次标准溶液测量值的算术平均值；

c ——标准溶液标准值。

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4），连续测定24 h，每隔1 h记录1条数据，取前3次测定值的算术平均值为初始测定值 $\bar{x}$ ，根据表2中所列出的技术指标，分别按照公式（6）、公式（7）计算后续测定值 x_i 与初始测定值 $\bar{x}$ 的最大变化幅度RD（绝对误差）或最大变化幅度相对于量程上限值的百分比RE（相对误差），即为漂移。

$$RD = x_i - \bar{x} \quad (6)$$

式中：RD——仪器的漂移（绝对误差）；

x_i ——第 i （ $i \geq 3$ ）次测定值；

$\bar{x}$ ——前3次标准溶液测量值的算术平均值。

$$RE = \frac{x_i - \bar{x}}{A} \times 100\% \quad (7)$$

式中：RE——仪器的漂移（相对误差）；

x_i ——第 i （ $i \geq 3$ ）次测定值；

$\bar{x}$ ——前3次标准溶液测量值的算术平均值；

A ——工作量程上限值。

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1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5）进行分析，根据表2中所列出的技术指标，分别按照公式（8）、公式（9）计算水样相对误差绝对值的平均值和水样误差绝对值的平均值，取最大作为评价指标。

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

式中： $\bar{A}$ ——水样相对误差绝对值的平均值，%；

X_i ——仪器测定水样第 i 次的测量值；

$\bar{B}$ ——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。

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

式中： $\bar{a}$ ——水样绝对误差绝对值的平均值；

X_i ——仪器测定水样第 i 次的测定值；

$\bar{B}$ ——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 4 水质监测用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	正确度	稳定性		实际水样 比对
				零点漂移	量程漂移	
pH 值	—		酸性标准液或 弱碱性标准液	—	中性标准液	实际水样
水温 (°C)	—	—	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	

表 5 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
----	--------	-----

项目	推荐分析方法	标准号
pH 值	电极法	HJ 1147
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

6.6.5 安全要求

按照GB 4943.1的规定进行。

6.6.6 无线电骚扰限值

按照GB 17799.4的规定进行。

7 与开题报告的差异说明

编制组于 2018 年 2 月 1 日在北京召开了开题论证会，邀请专家对编写的开题报告和标准草案进行了预审。专家提出意见如下：1）将题目改为：水质无人艇监测技术规定（试行）。2）将适用范围改为：本规定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。3）进一步规范文本语言表述方式。会后，编制组根据专家意见对开题报告和标准草案进行了修改完善。

8 标准征求意见稿技术审查情况

由生态环境部生态环境监测司通过视频会议形式组织召开了该标准征求意见稿技术审查会。建议按照以下意见修改完善后，提请公开征求意见：1）建议题目改为《水质监测用无人艇技术要求（试行）》；2）进一步梳理规范性引用文件，修改完善采样要求，监测仪器的性能指标和技术要求；3）按照 HJ 168 和 HJ 565 对标准文本进行编辑性修改。会后，编制组根据专家意见对征求意见稿和编制说明进行了修改完善。

9 标准第一次公开征求意见情况

2020年7月30日，生态环境部发布《关于征求〈水质监测用无人艇技术要求（试行）〉国家环境保护标准意见的函》（环办标征函〔2020〕43号），征求了水利部、相关直属单位、地方生态环境部门以及部内有关司局的意见，并面向社会公开征求意见。编制组共收到36条书面意见，编制组认真处理和汇总所有反馈意见，修改完善标准征求意见稿和编制说明，形成标准送审稿和编制说明。

10 标准实施建议

本标准现阶段为无人艇水质监测的指导性技术规范，与我国现有地表水水质监测相关标准、水质自动监测技术水平以及无人艇水质监测技术水平相匹配，确定了水质监测无人艇的产品分类、组成与指标要求、检验要求、检验规则、包装、运输与贮存、交付与维护等技术要求等。随着技术发展，必将在技术要求方面有所提高和优化，因此，建议标准发布实施用于指导无人艇水质监测工作，同时建议本标准应当随水质自动监测技术和我国无人艇水质监测技术的发展，适时进行修订。

11 标准征求意见情况

2020年7月，生态环境部发布了《关于征求〈水质监测用无人艇技术要求（试行）〉（征求意见稿）国家环境保护标准意见的函》（环办标征函〔2020〕43号），征求了水利部、相关直属单位、地方生态环境部门以及部内有关司局的意见，并面向社会公开征求意见。编制组共收到36条意见，采纳意见27条，占75%；原则采纳意见7条，占19%；未采纳意见2条，占6%。具体意见和未采纳理由见附件二：国家生态环境标准征求意见情况汇总处理表。

12 参考文献

- [1] HJ 168-2010 环境监测分析方法标准制订技术导则
- [2] HJ 91.2-2022 地表水环境质量监测技术规范
- [3] GB/T 6682-2008 分析实验室用水规格和试验方法
- [4] HJ 495-2009 水质 采样方案设计技术规定
- [5] HJ 494-2009 水质 采样技术指导
- [6] HJ 493-2009 水质采样 样品的保存和管理技术规定
- [7] HJ/T 372-2007 水质自动采样器技术要求及检测方法
- [8] ISO 15839:2003 Water quality - On-line sensors/analysing equipment for water - Specifications and performance tests
- [9] ASTM D3864 - 12 Standard guide for on-line monitoring systems for water analysis
- [10] OECD 236 Nanosystems for water quality monitoring and purification
- [11] USGS 2000 Guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors-Site selection, field operation, calibration, record computation, and reporting
- [12] USGS 2006 Guidelines and standard procedures for continuous water-quality monitors-Station operation, record computation, and data reporting: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 1-D3
- [13] HJ 731-2014 近岸海域水质自动监测技术规范
- [14] HJ 915-2017 地表水自动监测技术规范（试行）
- [15] HJ 354-2019 水污染源在线监测系统验收（COD_{Cr}、NH₃-N 等）技术规范（试行）
- [16] GD 24-2017 无人水面艇检验指南
- [17] GB 4943.1-2022 音视频、信息技术和通信技术设备 第 1 部分：安全要求
- [18] GB/T 9254.2-2021 信息技术设备、多媒体设备和接收机 电磁兼容 第 2 部分：抗扰度要求
- [19] GB/T 13384-2008 机电产品包装通用技术条件
- [20] 崔文连, 金久才, 王艳玲, 等. 无人船技术在湖泊/水库水体监测中的应用探讨[C]// 2013 中国环境科学学会学术年会论文集(第四卷). 2013.
- [21] 罗刚, 张然. 无人监测船在城市内河水质监测中的应用[J]. 环境监控与预警, 2017, 9(1):18-20.
- [22] 黄威, 王从帅, 李斌华. “黑科技”助力消除黑臭水体 声呐无人船可探查水下 100 米排污暗管 [EB/OL]. (2018-04-29)[2018-06-26]. <http://www.lyg01.net/news/lygxw/2018/0429/110926.shtml>.
- [23] 谢庆裕, 郑秀亮. 广东本月启动环境执法大练兵 无人船摸查“四河”流域排污口[N]. 南方日报, 2016-09-21[2018-06-26]. https://wenku.baidu.com/view/bf4e10b411661ed9ad51f01dc281e53a580251b3.html?_wks_=1677288407589.

附件一

国内外生态环境监测无人艇主要品牌汇总表

厂商	图片	型号	功能	搭载设备	技术参数	产品特点
云洲		20 系列无人船	流速流量测量、水下地形测绘、水质采样及监测	1 套采样设备或 1 个小型调查设备	1) 尺寸: 1050×550×350mm 2) 船体: 单体深 V/碳纤 3) 自重/负载: 15kg/10kg 4) 航速: 工作航速 2.5m/s, 最高航速 4.0m/s 5) 续航: 2h@2.5m/s, 1h@4.0m/s 6) 推进形式: 喷泵×2	/
		40 系列无人船	流速流量测量、水下地形测绘、水质采样及监测	1 套采样设备和 1 个小型调查设备 1 根水质监测棒	1) 尺寸: 1600×600×400mm 2) 船体: 三体 M/碳纤 3) 自重/负载: 34kg/25kg 4) 航速: 工作航速 2.5m/s, 最高航速 6.0m/s 5) 续航: 4h@2.0m/s, 2h@5.0m/s 6) 推进形式: 喷泵×1	/
		120 系列无人船	流速流量测量、水下地形测绘、水质采样及监测	1 个大型调查设备或多个水质监测设备	1) 尺寸: 2500×1400mm 2) 船体: 双体/碳纤 3) 自重/负载: 150kg/60kg 4) 航速: 工作航速 2.0m/s, 最高航速 5.0m/s 5) 续航: 6h@2.0m/s, 2h@5.0m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	/

华测		华微 3 号	水下地形测绘、流速流量调查	1 个小型调查设备	1) 尺寸: 1000×650×300mm 2) 船体: 三体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 7kg/25kg 4) 航速: 最大 8.0m/s 5) 续航: 6h@2.0m/s, 选配 12h@2.0m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	航速快、尺寸小、重量轻; 浅滩自动倒车、超声波避障、低电量自动返航、失联自动返航; 本地存储、远程存储
		华微 4 号	水下地形测绘、流速流量测量	2 个小型调查设备	1) 尺寸: 1200×750×300mm 2) 船体: 三体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 9kg/30kg 4) 航速: 最大 7.0m/s 5) 续航: 6h@2.0m/s, 选配 12h@2.0m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	同上; 绝对直线、定点悬停
		华微 6 号	水下地形测绘、流速流量测量、水质监测	搭载测深仪、小型多波束+三维激光扫描	1) 尺寸: 1800×500×250mm 2) 船体: 三体可拆卸/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 15kg/60kg 4) 航速: 最大 6.0m/s 5) 续航: 6h@2.0m/s, 选配 12h@2.0m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	同上; 三体可拆卸; 标配单波束; 水上水下一体化测绘
科微		C100X	流速流量测量	以 ADCP 为主	1) 尺寸: 1050×555×250mm 2) 船体: 双 M/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 20kg/10kg 4) 航速: 最大 4.5m/s 5) 续航: 4h@2.0m/s, 可增配 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	/

		C120	水质监测	/	1) 尺寸: 1050×560×310mm (充气前); 1200×700×310mm (充气后) 2) 船体: 双 M/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 26kg/15kg 4) 航速: 最大 4.5m/s 5) 续航: 3h@2.0m/s, 可增配 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	带气囊、载重大、易投放
		C170	水质采样及监测	以总磷总氮为主 (谱育); 采样最大 2L×3 瓶	1) 尺寸: 1370×680×450mm (充气前); 1650×890×540mm (充气后) 2) 船体: 双 M/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 40kg/75kg 4) 航速: 最大 4.5m/s 5) 续航: 4h@2.0m/s, 可增配 6) 推进形式: 涵道式桨叶×2	
智汇空间		S12	水下地形测绘	单波束	1) 尺寸: 1150×690×320mm 2) 船体: 三体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 14kg/~ 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 5h@2.0m/s 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	高清摄像、声光报警、声音对讲
		A12	水下地形测绘、流速流量测量	ADCP、测深仪	1) 尺寸: 1100×580×320mm 2) 船体: M 型/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 14kg/~ 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 5h@2.0m/s 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	视频避障、失联返航; 本地存储、远程存储; 平板电脑操控

		C12	水下地形测绘、水质采样及监测	侧扫声呐、水质采样	1) 尺寸: 1200×600×380mm 2) 船体: 双体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 15kg/~ 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 5h@2.0m/s 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	同上; 20cm 升降支架
		M18	水下地形测绘、流速流量测量、水质采样及监测	多波束、船载三维激光扫描仪、水质分析仪、浅剖、ADCP、侧扫、测深仪	1) 尺寸: 1800×850×450mm 2) 船体: 双体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 25kg/~ 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 5h@2.0m/s, 电池可拆卸 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	/
		M24	水下地形测绘、流速流量测量、水质采样及监测	多波束、侧扫声呐等大中型传感器	1) 尺寸: 2400×1300×600mm 2) 船体: 双体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 100kg/50kg 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 5h@2.0m/s, 电池可拆卸 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	风冷+半导体双制冷; 30cm 升降支架
南测		SU30	水下地形测绘、流速流量测量	测深仪、ADCP	1) 尺寸: 1205×560×350mm 2) 船体: M 型/高强度玻璃钢 3) 自重/负载: 7kg/~ 4) 航速: 最大 6m/s 5) 续航: 4h@自动航行 6) 推进形式: 涵道式桨叶	/

中海达		iBoat BS3	水下地形测绘	测深仪	1) 尺寸: 1100×520×300mm 2) 船体: 三体/碳纤维+凯夫拉 3) 自重/负载: 6kg/30kg 4) 航速: 最大 6.5m/s 5) 续航: 6h@2.0m/s 6) 推进形式: 插拔式涵道推进器×2	/
合众思壮		UB110	水环境调查、水下地形测绘、流速流量测量	采样系统、水质多参数、ADCP、单波束测深仪	1) 尺寸: 1150×550×300mm 2) 船体: 三体 M/碳纤维复合材料+凯夫拉 3) 自重/负载: 15kg/20kg 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 6h@1.8m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶	选配超声波避障
		UB115	水环境调查、水下地形测绘、流速流量测量	单波束测深仪、侧扫声呐、ADCP、水质在线探测仪、水质采样	1) 尺寸: 1150×600×340mm 2) 船体: 三体 M/碳纤维复合材料+凯夫拉 3) 自重/负载: 15kg/15kg 4) 航速: 最大 6m/s 5) 续航: 6h@1.5~2.0m/s 6) 推进形式: 涵道式桨叶	超声波避障、选配毫米波; 低电量返航、失联返航;
		UB140	水环境调查、水下地形测绘、流速流量测量	测深仪、ADCP、采样、水质多参数分析仪	1) 尺寸: 1450×630×370mm 2) 船体: 三体 M/高强度纤维增强玻璃钢材料 3) 自重/负载: 23kg/10kg 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 3h@2.0m/s 6) 推进形式: 喷泵	选配超声波避障

欧卡		SMURF 无人驾驶清洁船	水面清洁、智能巡检、数据监测	/	1) 尺寸: 2510×1560×1050mm 2) 船体: 铝合金 3) 自重/负载: 115kg/20kg 4) 航速: 最大 2m/s 5) 续航: 6~8h, 自主无线充电 6) 智能路径规划、自主精准避障、垃圾识别; 双船拉网; 搭载水质监测仪器	/
		TITAN 无人驾驶清洁船	水面垃圾清理、水质监测、智能巡检	/	1) 尺寸: 4030×2980×1480mm 2) 船体: 铝合金 3) 自重/负载: 430kg/100kg 4) 航速: 最大 2m/s 5) 续航: 6~8h, 自主无线充电 6) 智能路径规划、自主精准避障、垃圾识别、岸线冲洗; 搭载水质监测仪器	/
翌明		水智星全自动水面保洁无人船	/	/	1) 尺寸: 4950×2000×2000mm 2) 船体: 铝镁合金+玻璃钢 3) 自重/负载: 1.3t/1t 4) 航速: 最大 3m/s 5) 续航: 10h 6) 激光雷达、超声波雷达、双目识别; 智能识别、智能打捞、水下探测及测量、语音交互、综合水质识别	外形科技感

Seafloor(美国)		HyDrone	水下地形测绘	单波束	1) 尺寸: 1160×730mm; 单片体宽 210mm 2) 船体: 双体/抗紫外高密度聚乙烯 3) 自重/负载: 9.8kg/15kg 4) 航速: 最大 3m/s 5) 续航: 8h@1.5m/s 6) 推进形式: 螺旋桨×2	专门的单波束测量船简化和轻量化设计 标准的防水手孔盖做密封
		TriDrone	水下地形测绘	单波束	1) 尺寸: 1220×325mm (折叠); 1220×860mm (展开) 2) 船体: 双体/抗紫外高密度聚乙烯 3) 自重/负载: 10kg/11kg 4) 航速: 最大 3m/s 5) 续航: 8h@1.5m/s 6) 推进形式: 螺旋桨×1	可折叠
		EchoBoat-160	水下地形测绘	单波束、多波束、侧扫声呐、浅剖、磁力计、ADCP/DVL; SVP/CTD、绞车、激光雷达、热像仪	1) 尺寸: 1680×800×810mm 2) 船体: 单体/抗紫外高密度聚乙烯 3) 自重/负载: 45kg/29kg 4) 航速: 最大 2.5m/s 5) 续航: 8h@1.5m/s 6) 推进形式: 螺旋桨×2	PE 材料船体耐磨和刮蹭 双天线定位安装航架 小型绞车
		EchoBoat-240	水下地形测绘	单波束、多波束、侧扫声呐、浅剖、磁力计、ADCP/DVL; SVP/CTD、绞车、激光雷达、热像仪	1) 尺寸: 2400×900×1200mm 2) 船体: 单体/抗紫外高密度聚乙烯 3) 自重/负载: 158kg/90kg 4) 航速: 最大 2m/s 5) 续航: 8h@1.5m/s 6) 推进形式: 螺旋桨×2	/

				仪		
Teledyne (美国)		Q-Boat 1250	流速流量测量	ADCP	1) 尺寸: 1270×640×320mm (折叠); 1220×940×320mm (展开) 2) 船体: 三体/ABS 塑料 3) 自重/负载: 18kg/4.5kg 4) 航速: 最大 2.3m/s 5) 续航: 4h@1.0m/s, 1h@1.5m/s 6) 推进形式: 直流无刷电机×2	可折叠
		Q-Boat 1800	流速流量测量	ADCP	1) 尺寸: 1800×900mm 2) 船体: 单体/抗紫外线 ABS 塑料 3) 自重/负载: 30kg/30kg 4) 航速: 最大 5m/s 5) 续航: 4h 6) 推进形式: 直流无刷电机×2	/
		Z-Boat 1250	水下地形测绘	单波束	1) 尺寸: 1270×640×320mm (折叠); 1220×940×320mm (展开) 2) 船体: 三体/ABS 塑料 3) 自重/负载: 18kg/4.5kg 4) 航速: 最大 2.3m/s 5) 续航: 4h@1.0m/s, 1h@1.5m/s 6) 推进形式: 直流无刷电机×2	/

		Z-Boat 1800-T	水下地形测绘	单波束	1) 尺寸: 1800×1000×1100mm 2) 船体: 单体/抗紫外线 ABS 塑料 3) 自重/负载: 27kg/9kg 4) 航速: 最大 2.3m/s 5) 续航: 4h@1.5m/s 6) 推进形式: 直流无刷电机×2	Trimble 双天线
		Z-Boat 1800-RP	水下地形测绘、流速流量测量、水质采样及监测	多波束、ADCP、侧扫	1) 尺寸: 1800×1000×1100mm 2) 船体: 单体/抗紫外线 ABS 塑料 3) 自重/负载: 38kg/30kg 4) 航速: 最大 4~5m/s 5) 续航: 4.5 6) 推进形式: 直流无刷电机×2	/
Maritime Robotics (挪威)		OTTER PRO	水下地形测绘、流速流量测量	多波束、侧扫、ADCP、CTD; 绞车	1) 尺寸: 2000×1080×1065mm 2) 船体: 双体/聚乙烯 3) 自重/负载: 65kg/~ 4) 航速: 最大 3m/s; 最大 2m/s (带声呐) 5) 续航: 20h@1m/s, 9h@1.5m/s 6) 推进形式: 螺旋桨×2	模块化, 单件重量小于 20kg; 绞车
USS (英国)		Inception MK1	水下地形测绘	单波束、侧扫	1) 尺寸: 1400×1320×530mm 2) 船体: 双体/铝合金 3) 自重/负载: 37kg/~ 4) 航速: 1.25m/s (测量时) 5) 续航: 4h 6) 推进形式: 螺旋桨×2	铝合金船体

		Inception MKII	水下地形测绘	多波束、单波束、侧扫	1) 尺寸: 1920×1200×800mm 2) 船体: 双体/铝合金 3) 自重/负载: 40kg/~ 4) 航速: 1.75m/s (测量时) 5) 续航: 4h 6) 推进形式: 螺旋桨×2	模块化; 多种任务仓
		Accession	水下地形测绘、海洋调查	多波束	1) 尺寸: 3500/4250/5000×1300×1650mm 2) 船体: 单体/玻璃钢 3) 自重/负载: 250kg/~ 4) 航速: 最大 4m/s 5) 续航: 12h~8day 6) 推进形式: 螺旋桨×2	组合船体、内倾船艏、减摇鳍
L3 ASV (美国)		C-CAT3	测绘	/	1) 尺寸: 3020×1550×1400mm 2) 船体: 双体/~ 3) 自重/负载: 270kg/70kg 4) 航速: 最大 4m/s 5) 续航: ~ 6) 推进形式: 螺旋桨×2	/
SeaRobotics (美国)		Hycat	水质监测、流速流量测量、水下地形测绘	单波束、侧扫声呐、ADCP/DVL	1) 尺寸: ~1800mm 2) 船体: 双体	/

		SR-Surveyor M1.8	水质监测、流速流量测量、水下地形测绘	多波束、侧扫声呐、ADCP/DVL、激光雷达	1) 尺寸: ~1800mm 2) 船体: 双体	/
		SR-Utility 2.5	水质监测、流速流量测量、水下地形测绘	多波束、侧扫声呐、ADCP/DVL、激光雷达	1) 尺寸: ~2500mm 2) 船体: 双体	/

附件二

国家生态环境标准征求意见情况汇总处理表

标准名称		水质监测用无人艇技术要求（试行）				
标准主编单位		中国环境监测总站				
序号	标准条款编号	意见内容	提出单位	处理意见及理由	修改前内容	修改后内容
一、国务院有关部门的意见						
1	总体	考虑到实际使用情况，建议按照应用区域的水文气象条件（流速、风速）条件对产品进行分类。建议在标准中明确与相应水质监测项目相匹配的航行速率、水质传感器的监测频率等，并说明标准中水质分析项目选择的依据。	水利部办公厅	部分采纳，本标准中筛选的监测指标为常规监测指标中容易搭载的电极法的探头，同时对于其他具备搭载条件的指标也设定了开放式的搭载要求。航速要求未采纳。普通河流正常流速一般低于 1 m/s，因此要求船体静水速度大于 2 m/s。国家幅员广阔，不同地域、不同时期水流速度差距较大。具体的船速要求由用户自行结合实际选择；检测频率由仪器决定，由用户按照作业标准自行设定，不便统一。	/	/
2	标准文本 5.2.2.4	无人艇平台组成部分中的电气设备，建议根据水上水下等具体情况对防水要求提出界定。		未采纳。本标准只对无人艇的整体做出防水要求，整体要求能满足无人艇水质采样监测任务即可。无人艇内部的电气设备较多，如果对厂家提出防水要求，会出现以下问题：1、符合要求的厂家会减少，选择会减少。2、配件成本会增加，直接导致无人艇成本增加。3、设备体积重量会增加，直接导致无人艇重量体积增加，导致使用便携性	/	/

				减小。4、有些电气设备需要散热，不便做密封防水。		
3	标准文本 5.2.2.2	建议明确传输的数据格式名称，统一数据格式的标准。		未采纳。5.2.2.2 这一部分讲的是通信功能，通信功能只是规定了传输能力，不对传输内容和格式做要求。数据格式是软件处理部分的功能。数据格式由监测仪器决定，涉及到各种仪器和船的接口适配，建议暂不做统一要求。	/	/
4	标准文本 5.2.2.4	建议补充对河道横向距离 $<10\text{ m}$ 时（如城市水系河道距离较窄河流）无人艇监测避障相关技术。		采纳。无人艇操控软件增加避障功能开关键。对特殊环境的水体（如渠道、过窄过复杂的水面，由用户自行选择是否开启避障功能。）	修改前“具有自主航行功能的艇体应具备自动避障功能，避障检测距离： $\geq 10\text{ m}$ ”	更改“河道横向距离 $<10\text{ m}$ 无人艇操控软件增加避障功能开关键。对特殊环境的水体（如渠道、过窄过复杂的水面，由用户自行选择是否开启避障功能。）。”
5	标准文本 5.2.2.4	建议给定异常情况中遥控器断电和通讯中断的持续时间、低电量的建议阈值。		采纳。一般建议：遥控器断电、通讯断电时间 30 秒，具体值由用户根据作业环境自己调整；低电量阈值 10%，具体请用户根据实际工作现场情况自行设置。	修改前“通讯信号中断或低电量等异常情况下，可自动返航，其中通讯中断时长、低电量报警阈值，可设置及更改）”	补充“遥控器断电、通讯断电时间 30 秒，具体值由用户根据作业环境自己调整；低电量阈值 10%，具体请用户根据实际工作现场情况自行设置。”
6	标准文本 5.3.1.2	建议明确水样的分层采样实现方法和要求。		采纳。分层采样（不含浅层地表水采样）要求使用底阀式取样器、底部式取样器。	/	增加“f）使用底阀式取样器、底部式取样器。”
7	标准文本 5.3.2	建议补充监测传感器的安装方式，比如常用的安装方式有浸没式安装、抽水式测量安装等。		采纳。	/	增加“f）溶解氧参数应为浸没式测量。”
8	标准文本 5.2.1.2	关于“5.2.1.2 续航时间”，建议说明针对何种航行速度的续航能力。	国家海洋环境监测中心	采纳。定义的是工作航速的续航时间。经济航速是各船的物理特性。	小型水质监测用无人艇 $\geq 2\text{ h}$ ；大型水质监测用无人艇 $\geq 6\text{ h}$ 。	工作航速下，小型水质监测用无人艇续航时间： $\geq 2\text{ h}$ ，大型水质监测用无人艇续航时间： $\geq 6\text{ h}$ 。”

9	标准文本 6.4	“6.4 采样及监测试验”，建议补充说明试验的环境背景条件，如流速、风力、波浪等，确保仪器设备稳定性和结果可靠性。		采纳。静水条件。无风无浪零流速。	/	6.4.1 试验条件 试验在静水条件下进行，无风无浪零流速。
二、地方有关部门、科研机构、高等院校、有关企业及其他单位的意见						
10	标准文本 3.6	删除“监测”的术语和定义，理由：监测的定义远广于利用无人艇搭载的仪器开展检测、化验，此处易产生歧义。	重庆市生态环境局	采纳。	监测定义：指利用无人艇上搭载的仪器对指定位置水域水样进行检测和化验，并得到相应范围的数据。	删除“监测”定义
11	标准文本 5.2.2.2	建议增加 e) 监测仪器应同时具备数据本地储存与远程传输功能，本地数据与远程数据应一致。本地储存数据不受信号传输能力影响，并可通过有线连接的方式读取。f) 监测时应同时自动记录监测时间、监测点位（GPS/北斗）、监测位置深度。 理由：现实应用过程中有远程通讯信号不佳导致数据漏传情况，为确保监测数据的完整性和一致性，建议增加以上内容。		采纳。	/	e) 监测数据应能够同时本地储存与远程传输，本地数据与远程数据应一致。本地储存数据不受信号传输能力影响，并可通过有线连接的方式读取； f) 监测时应同时自动记录监测时间、监测点位（北斗）、监测位置深度。
12	标准文本 5.2.2.3	建议增加：d) 动力系统适用电池供能的无人艇，应具备平台给监测仪器提供电能的接口和能力。 理由：为保障无人艇配备的监测仪器有稳定供电系统的选择。		采纳。很多仪器是从主控供电的。	/	e) 动力系统适用电池供能的无人艇，应具备平台给监测仪器提供电能的接口和能力。
13	标准文本 5.3.1.1	g) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息的功能细化为“g) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息（包括但不限于采样时间、采样点位（GPD/北斗）采样深度）的功能” 理由：采样时间、采样地点、采样		采纳。	g) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息的功能。	g) 具有自动记录采样瓶信息与采样点信息（包括但不限于采样时间、采样点位（北斗）采样深度）的功能。

		深度为水质监测中最重要的信息之一、宜予以明确提出。				
14	标准文本 5.3.2.1	监测平台配置（第6页）进一步明确可配置的所有传感器接口，增加浊度、流量接口和柱状采水器（采集石油类用）功能	西藏自治区生态环境厅	采纳。一般是无人艇适配仪器接口。	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；	a) 配置光学或离子选择传感器的无人艇适配仪器接口，可选择性地实现pH值、水温、溶解氧、电导率、氨氮、叶绿素a以及其他可加载指标的原位监测；
15		对无人艇搭载现场测定指标所使用的标准，建议详细列出方法依据		部分采纳。无人艇可以搭载的现场便携监测设备，其中pH值（HJ 1147-2020）、溶解氧（HJ 506-2009）、其他尚没有国家标准支持，只有仪器相关的技术要求和检测方法，如HJ/T 96，HJ/T 97，HJ/T 99，HJ/T 101。	/	/
16	标准文本表1	结合西藏咸水湖较多电导率较高实际，《技术要求》表1中水质监测用无人艇监测系统仪器性能指标技术要求中电导率量程太短，建议选择测量范围改为0~2000 μs/cm		采纳。	0~100 μs/cm	0~5000 μs/cm
17	标准文本 5.3.1.1	采样设备功能a)改为用于存放水样的采样瓶，根据具体监测项目，应符合采样规范中对采样瓶材质要求。	海河流域北海海域生态环境监督管理局	采纳。	a) 用于存放水样的采样瓶，由惰性材料制成，易清洗；	a) 用于存放水样的采样瓶，根据具体监测项目，应符合HJ 91.2中对采样瓶材质要求；
18	编制说明 6.4.1.1	第二段，设置监测点及监测时长，改为设置监测点、测量参数及监测时长。		采纳。	设置监测点及监测时长。	设置监测点、测量参数及监测时长。
19	标准文本表1	“表1水质无人艇监测系统仪器性能指标技术要求”中氨氮监测方法制定为电极法，检出限为≤0.1 mg/L，准确度±10%，与“氨氮水质在线自动监测仪技术要求及检测方法（HJ 101-2019）”中技术性	中国环境科学研究院	采纳。HJ 101-2019为氨氮水质在线自动监测仪的技术要求，主要适用于化学法氨氮在线监测仪，本标准中的氨氮仪主要是只搭载在无人艇上的电极法氨氮监测设备，其检出限与正确度指标不能完全参	/	表格标注中增加“②本标准主要为搭载在无人艇的电极法氨氮监测，其检出限与正确度不能完全参照HJ 101-2019”

		能指标,定量下限 $\leq 0.15 \text{ mg/L}$ (示值误差 $\pm 30\%$),两个标准的精度要求差距较大,建议进行补充说明或参考调整		照 HJ 101-2019,该部分内容将在编制说明中予以说明。		
20	标准文本 4.1	按排水量分类 a):目前自动化、智能化设备发展较快,无需将小型水质监测无人艇采样深度限定在 $0.5 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$ 。 建议改为: a) 小型水质监测无人艇指排水量 $< 100 \text{ kg}$,且艇体长度 $< 2 \text{ m}$ 的无人艇。主要适用于内陆河道、湖泊等水域,具有定深采样及监测功能。	江苏省环境监测中心	采纳。	小型水质监测用无人艇指排水量 $< 100 \text{ kg}$,且艇体长度 $< 2 \text{ m}$ 的无人艇。主要适用于内陆河道、湖泊等水域的 $0.5 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$ 深地表水采样及监测。	a) 小型水质监测用无人艇指排水量 $< 100 \text{ kg}$,且艇体长度 $< 2 \text{ m}$ 的无人艇。主要适用于内陆河道、湖泊等水域,具有定深采样及监测功能。
21	标准文本 5.3.2.2	监测仪器要求表 1 注:因部分搭载于无人艇的快速监测仪器检出限不能满足 GB 3838 规定的 I 类标准浓度限值,但在污染源调查、溯源等监测工作中也能发挥较大作用,建议对搭载仪器检出限不作具体限定。 建议改为:注:①须满足相关监测工作需求。		原则采纳。无人艇可以根据监测任务搭载不同监测设备,符合表 1 指标不影响开展污染源调查、溯源等监测工作。	须优于 GB 3838 规定的 I 类标准浓度限值。	表 1 中注:① 无人艇可以根据监测任务搭载不同监测设备。
22	标准文本 9.3.1	任务后保养 h):因部分监测设备分析及维护耗时较长,并产生废液,建议全系统确认正常后即可收储。 建议改为: h) 将艇置于艇架之上,以清水作为样品进行采集、监测,对全艇采样、监测、清洗等功能进行全系统测试,确认正常后妥善存放。		采纳。虽然结果正常,但可能清洗不干净不彻底。	h):因部分监测设备分析及维护耗时较长,并产生废液,建议全系统确认正常后即可收储。	g) 将艇置于艇架之上,用清水进行 3~5 次的采样、监测作业流程,清洗采样系统和监测系统。
23	标准文本 9.3.2	定期保养 b):因不同类型电池保养需求不一,建议以厂家使用手册为准。 建议改为:定期按厂家的使用手册		采纳。	b):因不同类型电池保养需求不一,建议以厂家使用手册为准。	d) 定期按厂家的使用手册中的操作及要求对艇体电池、遥控器电池、显控基站电池进行充电

		中的操作及要求对艇体电池、遥控器电池、显控基站电池进行充电维护。				维护。
24	标准文本 5.3.2.2	表 1 中“实际水样比对”技术要求依据不充分，建议在编制说明中补充“实际水样比对”相关试验数据	江苏省南京环境监测中心	采纳。在编制说明中，可以将相关数据补充，进行详实的佐证。	/	编制说明中 6.5.2 表 3 中已补充相关数据，进行佐证。
25	标准文本 6.4.2	e) 实际水样比对中，列出实际水样实验室国家环境监测分析方法标准，但未明确给出比对结果判定参考值，且未说明如比对合格后是否可替代现行实验室国家环境监测分析方法标准		部分采纳。本标准为产品技术要求，列出的指标及检测方法均为了检测产品的性能；同时在表 1 中补充了与实际水样比对结果评价标准。无人艇监测数据作为传统监测数据的补充，是一种新的管理工具。但是符合本标准要求的产品所监测的数据能否替代现行实验室标准分析方法，还需要其他政策法规予以规定。	/	/
26	6.2	编制说明 6.2 中“《地表水和污水检测技术规范》”应为“《地表水和污水监测技术规范》”		采纳。	《地表水和污水检测技术规范》	《地表水环境监测技术规范》（HJ 91.2）
27	编制说明表 2	编制说明表 2 中部分指标“最短有效期”的保存条件不只是冷藏，建议参照相关方法标准规范执行；表中列出地表水环境监测网各监测指标最优化采样瓶组合，其中部分监测指标在手工监测时需要单独采样，如石油类需要在水面至 300 mm 采集柱状水样，但标准中未注明具体监测指标特别是有特殊采样要求监测指标的采样方法。		采纳。	表中所有样品瓶均应按 0~5℃冷藏运输。	表中所有样品瓶均应参照相关方法标准规范（HJ 91.2, HJ/T 372）保存和运输。
28	标准文本 5.3.2.1	“监测平台配置”中提出了对监测指标的具体要求，但未提及浊度和总磷指标。鉴于长江中下游和太湖流域普遍存在悬浮物较高、透明度偏低的情况，且总磷是反映河湖	上海市生态环境局	采纳。文本表 1 中已规定了其他可加载的指标，可以将浊度和总磷也列为可选择性实现的指标。	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；	a) 配置光学或离子选择传感器的无人艇适配仪器接口，可选择性地实现 pH 值、水温、溶解氧、电导率、氨氮、

		富营养化问题的关键指标之一，从解决主要水环境问题的角度出发，可考虑利用无人艇对浊度和总磷开展监测，建议将浊度和总磷也列为可选择性实现的指标。				叶绿素 a 以及其他可加载指标的原位监测；
29	标准文本 4.1	4 产品分类中 4.1 按排水量分类：其中 a) 小型水质监测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。水深 0.5 m~1 m，使用范围较窄，建议将水深范围扩至 0.5 m~10 m。	四川省达州市环境监测站	原则采纳。	a) 小型水质监测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。	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，具有定深采样及监测功能；
30	标准文本 5.3.2.2	5.3.2.2 监测仪器要求中表 1：水质无人艇监测系统仪器性能指标技术要求中，电导率（ $\mu\text{s}/\text{cm}$ ）检测方法：电极法，测量范围为：0~100。测量范围较窄，建议将测量范围扩大为 0~1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。		采纳。	0~100 $\mu\text{s}/\text{cm}$	0~5000 $\mu\text{s}/\text{cm}$
31	标准文本 5.3.1.1	“采样设备功能”中，采样设备应具备对采样瓶的反冲洗功能；	武汉市环境监测中心	采纳。反吹水路，已包含采样瓶。当然更改为：“具备管路自动清洗功能”表述更清晰。	具备反吹水路、管路自动清洗功能。	具备反吹水路（含采样瓶）、管路自动清洗功能。
32	标准文本 5.3.2.2	“监测仪器要求”表 1 “水质无人艇监测系统仪器性能指标技术要求”中所列电导率测量范围为 0~100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，鉴于地表水实际水样电导率多大于 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$ ，因此，应考虑电导率测量范围的合理性，以满足实际监测工作需要。		采纳。	0~100 $\mu\text{s}/\text{cm}$	0~5000 $\mu\text{s}/\text{cm}$
33	标准文本 表 2	为准确测定 pH 值大于 7 的水体中的 pH 值，建议将“表 2 水质无人艇监测系统仪器性能测试测试液”中，pH 值准确度的测试液由“酸性标准液”改为“酸性标准液或弱碱性标准液”	新疆维吾尔自治区生态环境监测总站	采纳。	酸性标准液	酸性标准液或弱碱性标准液
34	标准文本 5.2	考虑到在大江大河及工程影响水域的运用，建议在“5.2 指标与要	长江流域生态环境监	采纳。	/	5.2.2.4 平台系统 i)艇体具备蒲氏 3 级风、

		求”中对无人艇平台的抗风浪设计提出明确要求。	督管理局			3 级浪的生存能力；蒲氏 3 级风、2 级浪的工作能力。
35	标准文本 5.2.2.3	基于值守型监督的长时间运用需求，建议在“5.2.2.3 动力系统”中考虑增加设计双电池模式。		原则采纳。特殊需求项可以和厂家对接。可考虑增加电池模块化设计，更换便捷的要求。	/	/
36	标准文本表 1	建议“表 1 水质无人艇监测系统仪器性能指标技术要求”中，列全所有能通过流动注射法或其他艇载设备监测的指标并完善对应的实验分析方法等内容	浙江省生态环境厅	原则采纳。本标准中已经列出电极法、体内荧光法，对于其他可加载的指标，持有开放的态度。	/	/
三、生态环境部有关业务司局的意见						
无						
四、通过生态环境部政府网站留言、寄送信函等方式提出的意见						
无						
五、征求意见单位名单及返回意见情况：						
序号	发送征求意见稿单位名称	是否复函	是否提出书面意见	备注		
1	水利部办公厅	是	是			
2	国家市场监督管理总局办公厅	否	否			
3	生态环境部环境应急与事故调查中心	否	否			
4	中国环境监测总站	否	否			
5	中国环境科学研究院	是	是			
6	生态环境部环境发展中心	是	否			
7	生态环境部南京环境科学研究所	是	否			
8	生态环境部华南环境科学研究所	否	否			

9	国家环境分析测试中心	否	否	
10	生态环境部卫星环境应用中心	否	否	
11	国家海洋环境监测中心	是	是	
12	中国科学院生态环境研究中心	否	否	
13	北京市生态环境局	否	否	
14	天津市生态环境局	否	否	
15	河北省生态环境厅	是	否	
16	山西省生态环境厅	否	否	
17	内蒙古自治区生态环境厅	否	否	
18	辽宁省生态环境厅	否	否	
19	吉林省生态环境厅	否	否	
20	黑龙江省生态环境厅	否	否	
21	上海市生态环境局	是	是	
22	江苏省生态环境厅	否	否	
23	浙江省生态环境厅	是	是	
24	安徽省生态环境厅	否	否	
25	福建省生态环境厅	否	否	
26	江西省生态环境厅	是	否	
27	山东省生态环境厅	否	否	
28	河南省生态环境厅	否	否	
29	湖北省生态环境厅	否	否	
30	湖南省生态环境厅	是	否	
31	广东省生态环境厅	否	否	

32	广西壮族自治区生态环境 厅	是	否	
33	海南省生态环境厅	否	否	
34	重庆市生态环境局	是	是	
35	四川省生态环境厅	否	否	
36	贵州省生态环境厅	否	否	
37	云南省生态环境厅	是	否	
38	西藏自治区生态环境厅	是	是	
39	陕西省生态环境厅	否	否	
40	甘肃省生态环境厅	是	否	
41	青海省生态环境厅	是	否	
42	宁夏回族自治区生态环境 厅	是	否	
43	新疆维吾尔自治区生态环 境厅	否	否	
44	新疆生产建设兵团生态环 境局	是	否	
45	北京市生态环境监测中心	否	否	
46	天津市生态环境监测中心	否	否	
47	河北省生态环境监测中心	否	否	
48	山西省生态环境监测中心	否	否	
49	内蒙古自治区生态环境监 测中心	否	否	
50	辽宁省生态环境监测中心	否	否	
51	吉林省生态环境监测中心	否	否	
52	黑龙江省生态环境监测中	否	否	

	心			
53	上海市环境监测中心	否	否	
54	江苏省环境监测中心	是	是	
55	浙江省生态环境监测中心	否	否	
56	安徽省生态环境监测中心	否	否	
57	福建省生态环境监测中心	否	否	
58	江西省生态环境监测中心	否	否	
59	山东省生态环境监测中心	否	否	
60	河南省生态环境监测中心	否	否	
61	湖北省生态环境监测中心	否	否	
62	湖南省生态环境监测中心	否	否	
63	广东省生态环境监测中心	否	否	
64	广西壮族自治区生态环境 监测中心	否	否	
65	海南省生态环境监测中心	否	否	
66	重庆市生态环境监测中心	否	否	
67	四川省生态环境监测中心	否	否	
68	贵州省生态环境监测中心	否	否	
69	云南省生态环境监测中心	否	否	
70	西藏自治区生态环境监测 中心	否	否	
71	陕西省生态环境监测中心	是	否	
72	甘肃省生态环境监测中心	否	否	
73	青海省生态环境监测中心	否	否	
74	宁夏回族自治区生态环境	否	否	

	监测中心			
75	新疆维吾尔自治区生态环境监测总站	是	是	
76	新疆生产建设兵团生态环境监测中心	否	否	
77	河北省石家庄生态环境监测中心	否	否	
78	太原市环境监测中心站	否	否	
79	呼和浩特生态环境监测站	否	否	
80	辽宁省沈阳生态环境监测中心	否	否	
81	吉林省长春生态环境监测中心	否	否	
82	哈尔滨市环境监测中心站	否	否	
83	江苏省南京环境监测中心	是	是	
84	杭州市环境监测中心站	否	否	
85	合肥市环境监测中心站	否	否	
86	福州环境监测中心站	否	否	
87	江西省南昌生态环境监测中心	否	否	
88	山东省济南生态环境监测中心	否	否	
89	河南省郑州生态环境监测中心	否	否	
90	武汉市环境监测中心	是	是	

91	湖南省长沙生态环境监测中心	否	否	
92	广州市环境监测中心站	否	否	
93	广西壮族自治区南宁生态环境监测中心	否	否	
94	海口市环境保护监测站	否	否	
95	成都生态环境监测中心站	否	否	
96	贵阳市环境监测中心站	否	否	
97	昆明市环境监测中心	否	否	
98	拉萨市环境监测中心站	否	否	
99	西安市环境监测站	否	否	
100	兰州生态环境监测中心	否	否	
101	西宁市环境监测站	否	否	
102	银川市环境监测中心站	否	否	
106	乌鲁木齐市环境监测中心站	否	否	
107	辽宁省大连生态环境监测中心	否	否	
108	山东省青岛生态环境监测中心	否	否	
109	宁波市环境监测中心	否	否	
110	福建省厦门环境监测中心站	否	否	
111	深圳市环境监测中心站	否	否	
112	江苏省苏州环境监测中心	否	否	

113	江苏省无锡环境监测中心	否	否	
114	生态环境部长江流域生态环境 环境监督管理局生态环境 监测与科学研究中心	否	否	
115	生态环境部黄河流域生态 环境监督管理局生态环境 监测与科学研究中心	否	否	
116	生态环境部淮河流域生态 环境监督管理局生态环境 监测与科学研究中心	否	否	
117	生态环境部海河流域北海 海域生态环境监督管理局 生态环境监测与科学研究 中心	否	否	
118	生态环境部珠江流域南海 海域生态环境监督管理局 生态环境监测与科学研究 中心	否	否	
119	生态环境部松辽流域生态 环境监督管理局生态环境 监测与科学研究中心	否	否	
120	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	否	否	
121	生态环境部长江流域生态	是	是	

	环境监督管理局			
122	生态环境部黄河流域生态环境监督管理局	是	否	
123	生态环境部淮河流域生态环境监督管理局	否	否	
124	生态环境部海河流域北海海域生态环境监督管理局	是	是	
125	生态环境部珠江流域南海海域生态环境监督管理局	否	否	
126	生态环境部松辽流域生态环境监督管理局	否	否	
127	生态环境部太湖流域东海海域生态环境监督管理局	否	否	
128	浙江省舟山海洋生态环境监测站	否	否	
129	广西北海海洋环境监测中心站	否	否	
130	福建省近岸海域环境监测站	否	否	
131	四川达州市环境监测站	是	是	
132	法规与标准司	否	否	
133	水生态环境司	否	否	
134	海洋生态环境司	否	否	
135	生态环境执法局	否	否	
136	珠海云洲智能科技有限公司	否	否	

137	四方智能（武汉）控制技术有限公司	否	否	
138	安徽科微智能科技有限公司	否	否	
六、附加说明				
收到反馈意见数目：36 条， 采纳及原则采纳意见 34 条， 占 94%； 未采纳意见 2 条， 占 6%。				