

《水质监测用无人艇技术要求（试行）》
（征求意见稿）

编制说明

《水质监测用无人艇技术要求（试行）》标准编制组

二〇二〇年七月

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

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，周滨，袁懋，王业耀，薛荔栋，王光，
张铃松，于洋，邓小文，吕天峰，孟凡生

标准所技术管理负责人：李旭华，余若祯

生态环境监测司质管处项目负责人：楚宝临

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.....	3
3.1	无人艇发展历程.....	3
3.2	无人艇在环境监测系统内应用情况调研.....	4
3.3	无人艇在环境监测系统内应用案例.....	4
3.4	主要国家、地区及国际组织相关分析方法研究.....	7
3.5	国内相关分析方法研究.....	7
4	标准制订的基本原则和技术路线.....	7
4.1	标准制订的基本原则.....	7
4.2	标准制订的方法.....	8
4.3	标准制订的技术路线.....	8
5	标准制订的适用范围和主要技术内容.....	8
5.1	标准的适用范围.....	8
5.2	主要技术内容.....	8
6	制订内容说明.....	8
6.1	适用范围.....	8
6.2	规范性引用文件.....	10
6.3	术语和定义.....	10
6.4	产品分类.....	11
6.5	组成与指标要求.....	12
6.6	检验要求.....	17
6.7	检验规则.....	22
6.8	包装、运输与贮存.....	22
6.9	交付与培训.....	23
6.10	保养.....	23
7	与开题报告的差异说明.....	24
8	标准实施建议.....	25
9	参考文献.....	26

《水质监测用无人艇技术要求（试行）》 （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《地表水无人艇水质监测技术规范》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、原天津市环境保护科学研究院。

1.2 工作过程

1.2.1 成立标准编制小组

中国环境监测总站于2017年6月承担了《地表水无人船水质监测技术规范》标准制订工作。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，标准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《水质在线监测设备及传感器-参数及功能测试》（《Water quality -- On-line sensors/analysing equipment for water -- Specifications and performance tests》），ASTM D3864 – 12《在线水质监测标准指南》（《Standard Guide for On-Line Monitoring Systems for Water Analysis》），OECD测试指南236号《水质监测及净化小型化系统》（《Nanosystems for Water Quality Monitoring and Purification》），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》（HJ 915-2017）。

1.2.3 开题论证

2017年11月14日，由中国环境监测总站科技处在北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和指标的要求及检验评估。3)进一步规范文本语言表达方式。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 征求意见稿技术审查

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达方式。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。

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。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。

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。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》和新环保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、环保、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。

3.2 无人艇在环境监测系统内应用情况调研

通过调研，初步了解国内环境监测系统开展地表水无人艇水质监测的地区和用户，截止 2019 年统计结果见图 1。



图 1 国内环境监测系统开展地表水无人艇监测的部分地区和用户

3.3 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，已逐步应用在各环保相关单

位，如在天津 8.12 爆炸事故危险区域水样采集，甘肃锑污染事故中，连云港、安徽东至县企业偷排应急事件中，以及镇江市在黑臭河的治理中曾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。

表 1 某市城市内河无人艇和实际水样检测比对结果

比 对 次 数	$p(\text{DO})/(\text{m/L}^{-1})$			ORP/mV			浊度/NTU			$p(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{m/L}^{-1})$		
	无人艇	比对值	绝对误差	无人艇	比对值	相对误差 /%	无人艇	比对值	相对误差 /%	无人艇	比对值	相对误差 /%
1	3.98	4.07	-0.09	190.32	180.6	5.38	29.12	35.2	-17.27	1.28	1.62	-20.99
2	4.28	4.65	-0.37	191.65	181.7	5.48	0	30.5	-100.00	1.581	2.04	-22.50
3	1.86	1.95	-0.09	158.24	172.5	-8.27	0	80.3	-100.00	2.56	3.11	-17.68
4	2.75	2.93	-0.18	159.84	173.6	-7.93	0	65.4	-100.00	2.259	2.86	-21.01
5	7.02	6.85	0.17	197.07	190.8	3.29	0	16.5	-100.00	3.36	3.94	-14.72
6	6.26	6.21	0.05	202.79	204.6	-0.88	0	25.3	-100.00	3.58	3.98	-10.05
7	6.20	6.11	0.09	138.22	126.4	9.35	195.95	23.1	748.27	3.608	4.10	-12.00
8	6.80	6.54	0.26	138.25	130.8	5.70	0	20.4	-100.00	3.849	4.21	-8.57
9	7.36	6.93	0.43	180.82	178.7	1.19	0	19.6	-100.00	5.401	4.89	10.45
10	5.81	6.13	-0.32	150.3	151.3	-0.66	49.1	31.1	57.88	5.307	4.75	11.73

3.4 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《水质在线监测设备及传感器-参数及功能测试》（《Water quality -- On-line sensors/analysing equipment for water -- Specifications and performance tests 》），ASTM D3864 – 12《在线水质监测标准指南》（《Standard Guide for On-Line Monitoring Systems for Water Analysis》），OECD 测试指南 236 号《水质监测及净化小型化系统》（《Nanosystems for Water Quality Monitoring and Purification》）均对水质连续自动监测进行了规范。

3.5 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。在水质自动监测标准化方面，2017 年 12 月 28 日原环保部发布《地表水自动监测技术规范》（试行）（HJ 915-2017），2014 年 12 月 23 日原环保部发布了《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 2007 年 7 月 12 日原环保部发布了《水污染源在线监测系统验收技术规范》（HJ/T 354-2007），该标准于 2007 年 8 月 1 日实施。

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《国家环境保护标准制修订工作管理办法》和《环境监测 分析方法标准制修订技术导则》（HJ 168-2010）的要求，以国内外标准文献为基础而编制。

（1）满足环境保护标准制订工作管理的各项要求，尤其是与《地表水和污水监测技术规范》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环保管理标准和环保工作的要求；

(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 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 2。

5 标准制订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主采样、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、交付与培训等技术要求。

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“水质监测无人艇技术性能和指标的要求及检验评估”，并规定了“适用于排水量低于 200 kg，能对内河、湖泊和近海水域进行自主采样、监测的无人艇”的适用范围。

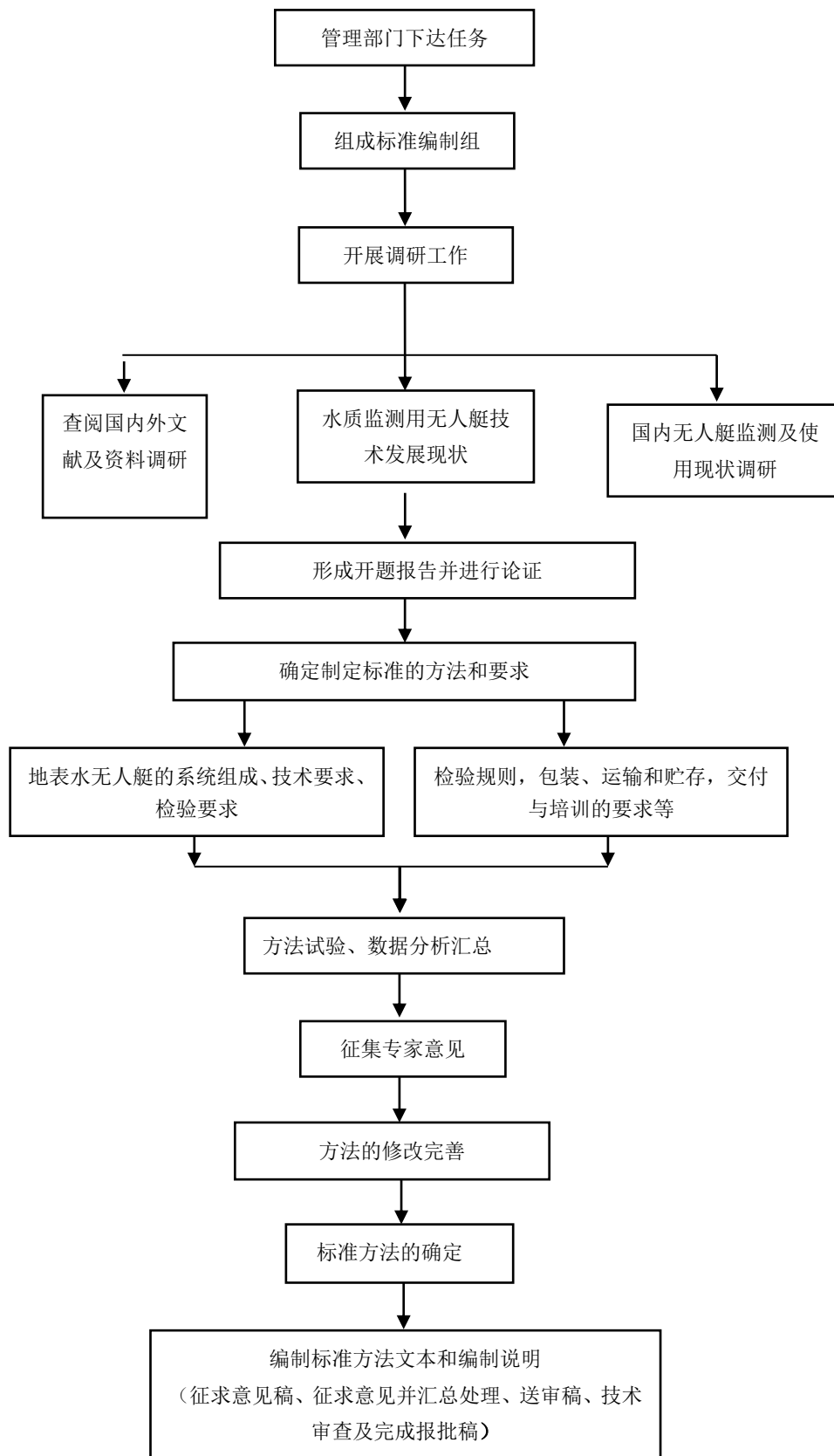


图 2 本标准制定的技术路线图

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。故本规范主要对 200 kg 以下，常用的水质无人艇进行规定。

对于采用柴油作为动力，具有海洋调查等大型复杂功能的大型无人艇，不在本规定范围内做要求。

6.2 规范性引用文件

本标准规范性引用文件共 14 个，包括国家标准、环境保护标准以及船舶行业中国船级社的标准；现行的《水质 湖泊和水库采样技术规定》（GB/T 14581）、《地表水和污水检测技术规范》（HJ/T 91）、《水质 采样技术指导》（HJ 494）、《水污染源在线监测系统验收技术规范》（HJ/T 354）、《水质自动采样器技术要求及检测方法》（HJ/T 372）等是标准的重要编制依据。《无人水面艇检验指南》（CCS 2018）规定了无人艇的一般指标要求和检验要求，其规定的指标和要求本标准直接进行了引用。此外，《信息技术设备 安全 第 1 部分：通用要求》（GB 4943.1）、《电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射》（GB 17799.4）、《机电产品包装通用技术条件》（GB/T 13384）等规范主要用于水质监测无人艇的检验以及包装运输等。

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/T 14581 水质 湖泊和水库采样技术规定
- 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 4943.1 信息技术设备 安全 第 1 部分：通用要求
- 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
- HJ 354 水污染源在线监测系统（COD_{Cr}、NH₃-N 等）验收技术规范
- HJ 91 地表水和污水监测技术规范
- 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
- CCS 2018 无人水面艇检验指南

6.3 术语和定义

本标准的术语和定义直接采用了船级社 CCS《无人水面艇检验指南》有关的术语和定义；另外，关于“采样”、“监测”的术语和定义在《水污染源在线监测系统验收技术规范》、《水质 采样技术指导》规定的术语和定义基础上增加了“无人艇上搭载的”相关定性描述。

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“水质监测无人艇”即：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。

(1) 无人艇 unmanned surface vehicle

是无人水面艇 (unmanned surface vehicle, USV) 的简称, 系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。

(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) 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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

(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。

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: 水质无人艇分为小型水质无人艇和大型水质无人艇。

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、湖泊等水域的 $0.5\text{ m}\sim 1\text{ m}$ 深地表水采样及监测。

b) 大型水质监测无人艇指排水量 $\geq 100\text{ kg}$ ，或艇体长度 $\geq 2\text{ m}$ 的无人艇。主要适用于沿海、近海或大江大河等水域，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。

根据 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

(1) 航行性能

a) 航速

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

小型水质监测无人艇 $\geq 3\text{ h}$ ；

大型水质监测无人艇 $\geq 6\text{ h}$ 。

c) 续航里程

小型水质监测无人艇 $\geq 10\text{ km}$ ；

大型水质监测无人艇 $\geq 50\text{ km}$ 。

标准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 3 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，3 h 续航时间即 10 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：±1°；
- c) 倾角精度：±1°（0°~15°）。

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 CCS《智能船舶规范》；

② 海上安全委员会第 MSC.112（73）号决议通过经修订的《船载全球定位系统（GPS）接收机设备的性能标准》；

③ SJ/T 11420-2010《GPS 导航型接收设备通用规范》。

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：≥2 km；

大型水质监测无人艇：≥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：≥4 Mbps。

d) 遥控器通信距离：≥1km。

(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；在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：

- 过电流、过热保护，充、放电保护，短路保护功能；
- 实时电量监测反馈功能；
- 不少于 300 次的充放电寿命；
- 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) 无人艇平台

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。

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： $\geq 10\text{ m}$ ；
- 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。

(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。

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、GPS/北斗位置。

(7) 任务载荷要求

A. 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 372-2007)、《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T 91-2002)和表 2, 制定了采样设备的具体要求。

表 2 地表水环境监测网各监测指标最优化采样瓶组合

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
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

续表

序号	指标	样品瓶种类	是否避光	最短有效期	最小采样体积
14	硝酸盐氮、亚硝酸盐氮	G	是	2d	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按 0~5℃冷藏运输					

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。

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±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±10%;
- d) 管路系统气密性应≥-0.05 MPa;
- e) 采样技术需满足: HJ/T 372 和 HJ/T 91。

B. 监测设备与监测要求

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准确度、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。本技术规范参考 2017 年 12 月 28 日环保部发布《地表水自动监测技术规范》(试行)(HJ 915-2017), 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 731-2014)。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验收技术规范》(HJ/T 354-2007), 规定了检测设备与监测要求, 见表 3。

表 3 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

续表

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	
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。

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。

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≥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。

(8) 维修性要求

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。

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。

6.6.2 水密性试验

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

喷水试验：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，编制组制定了自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

在控制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，温度控制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验收技术规范》（HJ/T 354-2007）中关于自动检测仪器检出限、精密度、准确度、漂移、实际水样比对等规定。

（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。

（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）计算采样量误差 ΔV ，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： ΔV ——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 4 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	

(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。

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

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 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4),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 ΔA ,即为准确度。

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

式中: ΔA ——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4),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4），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5）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。

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

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

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 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
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）

续表

项目	推荐分析方法	标准号
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 的规定进行。

6.7 检验规则

根据《GB/T 20000.1-2014 标准化工作指南 第1部分 标准化和相关活动的通用术语》的定义，结合编制组对国内无人艇企业的调研情况，标准中的检验分为出厂检验和型式检验 2 类，并分别规定了 2 类检验的时机和检验项目以及合格判据。

(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。

(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。

(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。

6.8 包装、运输与贮存

规定了产品在包装、运输、贮存方面的要求。

(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。

(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。

(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。

6.9 交付与培训

规定了产品交付和培训的要求。

(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。

(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。

6.10 保养

规定了产品每次任务结束后保养和定期保养的要求。

(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；

(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。

7 与开题报告的差异说明

(1) 根据专家意见,将题目改为“水质监测用无人艇技术要求(试行)”

根据征求意见技术审查会专家意见,将标准原有题目“地表水无人船水质监测技术规范”改为“水质监测用无人艇技术要求(试行)”,进一步明确了标准的内容和范围等。

(2) 根据开题论证专家意见,进一步明确标准的适用范围

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”,并规定了“适用于排水量低于 200 kg,动力系统采用清洁能源,能对内河、湖泊和近海水域进行自主采样、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。故本规范主要对 200 kg 以下,常用的水质无人艇进行规定。对于采用柴油作为动力,具有海洋调查等大型复杂功能的大型无人艇,不在本规定范围内做要求。

(3) 根据开题论证专家意见,将“无人船”统一改为“无人艇”

根据专家意见以及船舶分类标准,水面舰艇中,满载排水量在 500 t 以下的称为艇;满载排水量在 500 t 以上的称为舰;此外参照《无人水面艇检验指南》中规定艇长 20 m 以内的均适用于该规范。根据前期调研,目前国内常用的水质监测无人艇排水量多在 500 t 以下,且体长不超过 20 m。为了保证概念的统一,因此将文中的“无人船”统一改为“无人艇”。

(4) 进一步细化完善标准内容,修订和增加了相关定义。

根据船级社 CCS《无人水面艇检验指南》有关的术语和定义对本标准的相关术语和定义进行了完善;另外,增加和修改了“采样”、“监测”的术语和定义,在《水污染源在线监测系统验收技术规范》、《水质 采样技术指导》规定的术语和定义基础上增加了“无人艇上搭载的”相关性描述。同时,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“无人艇水质监测技术”即:通过系统集成,将水质采样仪器和水质监测仪器安装到无人艇上,能够实现自动化水质采样和监测的技术。

(5) 调整了无人艇的系统组成、分类

根据 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。将“地表水无人监测艇由艇体、数据采集器、艇载控制器、安全系统、传感器、采样系统、通讯系统、动力系统、控制平台 9 部分组成。”改为“水质监测无人艇系统由无人艇平台、通信系统、操控系统和任务载荷几部分组成”。

此外增加了无人艇“产品分类”内容作为单独一部分,在技术指标要求中不再分类,避免了对一些共性指标和参数的重复规定。

(6) 根据开题论证专家意见中明确的适用范围,进一步细化完善了标准内容

根据开题论证专家意见:“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”,因为标准文本内容围绕水质监测无人艇“技术性能和指标要求”及“检验评估”2 部分内容展开,其中第 5 部分为“指标及要求”,分别针对水质监测无人艇的 4 大组成部分无人艇平台、通信系统、操控系统和任务载荷从航行性能、系统指标(卫星导航系统、通信系统、动力系统、平台、操控系统)、任务载荷要求(采样设备及要求、监测设备及要求)

等方面进行了规定和说明。第 6 部分为“检验要求”，分别从外观、水密性试验、功能试验、采样及监测试验、安全要求、无线电干扰等方面规定了水质监测无人艇的检验评估要求。

此外，增加了检验规则，包装、运输与贮存，交付与培训等补充内容。

8 标准实施建议

本标准为现阶段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、交付与培训等技术要求等。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。

9 参考文献

- [1] HJ 168-2010 环境监测分析方法标准制修订技术导则
- [2] HJ/T 91-2002 地表水和污水监测技术规范
- [3] GB/T 6682-92 分析实验室用水规格和试验方法
- [4] GB 12997-91 水质 采样方案设计技术规定
- [5] GB 12998-91 水质 采样技术指导
- [6] GB 12999-91 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/T 354-2007 《水污染源在线监测系统验收技术规范》（试行）
- [16] CCS 2018 无人水面艇检验指南
- [17] GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求
- [18] GB/T 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法
- [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] 【连网】“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 <http://www.lyg01.net/news/lygxw/2018/0429/110926.shtml>
- [23] 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 《南方日报》2016 年 9 月 21 日.