

# 《水质监测智能无人实验室建设与运维 技术要求（征求意见稿）》

## 编制说明

《水质监测智能无人实验室建设与运维技术要求》

标准编制组

二零二四年三月

# 目次

1、工作简况 .....	1
1.1 任务来源 .....	1
1.2 工作背景 .....	1
1.3 工作过程 .....	2
2、标准编制原则 .....	2
2.1 科学性与现实性相统一的原则。 .....	2
2.2 前瞻性和适用性兼顾的原则。 .....	2
2.3 普适性与准确性相结合。 .....	3
3、标准技术内容的依据 .....	3
3.1 前言 .....	3
3.2 范围 .....	3
3.3 规范性引用文件 .....	3
3.4 术语和定义 .....	4
3.5 智能无人实验室结构和功能 .....	4
3.6 智能无人实验室建设 .....	5
3.7 智能无人实验室验收 .....	11
3.8 智能无人实验室运行维护 .....	12
4、主要试验、验证及试行结果 .....	13
5、与相关标准的关系分析 .....	20
6、采用国际标准的程度及水平说明 .....	20
7、重大分歧或重难点的处理经过和依据 .....	20
8、标准推广应用措施及预期效果 .....	20
9、其他应说明的事项 .....	21

## 1、工作简况

### 1.1 任务来源

为进一步规范智能无人实验室技术在环境监测领域的发展和应用，2022年8月，中国环境科学学会将《水质环境监测智能无人实验室技术规范》列入2022年度团体标准制定计划，项目编号为20211110027，由中国环境监测总站牵头组织，上海北裕分析仪器股份有限公司作为技术承担单位，负责标准的起草和研制工作，力合科技（湖南）股份有限公司、杭州谱育科技发展公司宁波市北仑区环境监测站、（浙江省杭州生态环境监测中心）作为协作单位，参与标准制定工作。

### 1.2 工作背景

近年来，我国高度重视智能化产业的发展及应用，国内政策也在大力推动检测智能化的全面普及，国务院印发了《关于新一代人工智能发展规划的通知》（国发〔2017〕35号），根据通知内容环境监测部门首先进行生态环境监测技术体系的完善，发展智慧监测，推动物联网、传感器、区块链、人工智能等新技术在监测监控业务中的应用。

一方面，省、市各级监测中心及区监测站，往往存在人员编制缩减，人手不足的趋势，难以满足逐步提高的监测及监管需求。另一方面，商业性第三方检测机构，基层检测人员流动较大，对新人的培训和监督可能会出现不到位的情况，进而在一定程度上影响到检测数据的准确性和可靠性。

目前，不同制造商生产的智能无人实验室已经在全国多地生态环境监测站建成并运行，主要应用于地表水、生活污水、工业废水的检测。已建成的实验室包括：浙江省杭州生态环境监测中心、中国环境监测总站、中国环境监测总站南京基地、重庆市生态环境监测中心、深圳市生态环境监测中心、宁波市北仑区环境监测站、无锡新吴环境监测站、江苏环保集团。各地实验室也希望出台相应的标准文件，以指导智能无人实验室的设计、建造、验收、运行、维护与管理的过程，并对检测结果的质量控制和数据应用给出指导性意见。

因此，制定水质环境监测智能无人实验室技术规范，有利于促进智能无人实验室技术的应用和发展，不仅符合了国家产业升级的要求，也能在一定程度上

上解决地方及商业环境监测实验室面临的人员困难，可以提高水质环境监测的工作效率和结果的准确性、可靠性，有助于更好地为生态环境保护部门的管理决策提供技术支撑。

### 1.3 工作过程

2023年2月，中国环境监测总站和中国环境科学学会签订合作协议，由中国环境科学学会为本标准的制定提供咨询服务、组织专家或团体进行标准审查把关及帮助完善团体标准。

2023年6月，成立标准编制组。

2023年7月~10月，对智能无人实验室应用单位、生产制造单位及其他第三方检测机构进行调研。

2023年11月，资料收集、文献检索，完成标准草案和编制说明（初稿）起草，开展标准申报和立项工作。

2023年12月，完成开题报告并召开标准立项论证会。

2024年1月，发布立项公告。

2024年1月~2月，开展标准文本与编制说明（征求意见稿）编制工作。

2024年3月~5月，召开专家咨询会，修改完善标准文本与编制说明（征求意见稿），公开征求意见。

## 2、标准编制原则

### 2.1 科学性与现实性相统一的原则。

在深入调研我国现有智能无人实验室知识产权技术积累现状与国内相关仪器设备生产厂商的基础上，充分考虑我国水质环境监测的实际需求，使技术规范制定既符合我国国情又具有科学的严谨性。

### 2.2 前瞻性和适用性兼顾的原则。

为后续智能无人实验室的发展提出指导意见，指出智能无人实验室必须具备的硬件及软件功能，使智能无人实验室发展更具前瞻性。综合分析本标准实现的社会效益的可行性，使标准更具适用性。

## 2.3 普适性与准确性相结合。

确保本标准各项要求的必要性与普适性；保证各项要求准确可靠，符合水质环境监测技术需求。

## 3、标准技术内容的依据

### 3.1 前言

前言中给出了本标准制定的目的、规定的内容、起草规则、标准提出单位、起草单位、起草人、标准批准部门及批准时间、标准实施时间及标准的解释单位等。该内容参考国家近期发布标准中的规定。

### 3.2 范围

(1) 本标准规定了水环境监测智能无人实验室建设、验收、运行和管理等方面的技术要求，以及分析仪器的性能指标要求。

本标准提出了水环境监测智能无人实验室建设（需包含基础模块）、验收（包括基本条件、环境条件和技术内容）、运行和管理等方面（包括例行维护、保养检修和故障维修）的技术要求，以及智能分析仪器的性能指标要求。

### 3.3 规范性引用文件

本标准规范性引用文件共有 10 项，为 GB/T 27025-2019 《检测和校准实验室能力的通用要求》

GB/T 38113 《分析仪器物联规范》

GB/T 31190 《实验室废弃化学品收集技术规范》

GB/T 40343 《智能实验室 信息管理系统 功能要求》

GBT 32146.1 《检验检测实验室设计与建设技术要求 第 1 部分：通用要求》

GBT 37140 《检验检测实验室技术要求验收规范》

GB/T 2887 《电子计算机场地通用规范》

GB/T 50174 《电子信息系统机房设计规范》

GB/T 21052 《信息安全技术-信息系统物理安全技术要求》

GB/T 9361 《计算机场地安全要求》

### 3.4 术语和定义

本标准中规定了 2 个术语和定义，包括水样、智能分析仪器和智能无人实验室。

#### (1) 智能分析仪器

**“3.1 智能分析仪器 smart analytical instrument** 可接入智能无人实验室，用于分析物质成分、化学结构及部分物理特性，并将取样、加试剂、预处理、检测、结果计算等步骤自动化完成的仪器，不包含在线监测仪器。”

智能分析仪器相较于普通实验室分析仪器，首先需要具备同等的分析精密度及准确度水平；其次设备应当适用于 24 小时不间断分析，即在不配备试剂补充模块时，每 24 小时仅需要检查一次试剂、纯水及废液的存量，不需参与额外的设备操作或分析操作。智能分析仪的范畴不包含在线监测仪器，此处在定义中予以说明。

#### (2) 智能无人实验室

**“3.2 智能无人实验室 smart unmanned laboratory** 集合多种智能分析仪器、预处理装置、主控系统及各相关模块等，可实现多个项目的 24 小时不间断分析的实验室，不包含在线监测系统。”

智能无人实验室根据用户选定的检测项目，由相应的基础模块和选配模块组合而成，搭载主控系统，实现 24 小时不间断的水样分析。

从定义上看，智能无人实验室也包含在线监测系统，为做明确区分，在定义中做出不包含在线监测系统的说明。

**“没有特殊限定要求时，智能无人实验室的水质检测结果与手工分析实验室的水质检测结果有同等效力。”**

智能无人实验室已在全国多地建环境监测站建成并运行，也有许多智能无人实验室在建中。对于由智能无人实验室产生的检测结果是否适用与监测站各类水质任务，各地实验室希望能在标准中给出支持性的意见。

### 3.5 智能无人实验室结构和功能

本部分规定了智能无人实验室基础模块和选配模块及相应的模块功能。

### 3.5.1 结构

“智能无人实验室的结构包括必要的模块和选配的模块。”

“基础模块有：样品流转模块、样品识别模块、样品预检模块、样品预处理模块、样品分样模块、智能分析仪器、废液收集模块、安全模块、主控系统。”

“选配模块包括：样品保存模块、展示模块、纯水供应模块、清洗模块、试剂补充模块等。”

智能无人实验室的基础模块是系统需要实现必备功能的模块，主要包括必要的分析流程、安全防护、废液收集及操作系统。而选配模块则是根据客户的实际需求来增强系统整体便捷性和展示性的模块。

模块的名称可以根据不同厂家的内部规定有所不同，本标准仅强调相应模块功能在系统中的实现。

### 3.5.2 模块及功能

本节对智能无人实验室的实验必备功能和选配功能，以及系统软件的功能做了明确。作为一个整体的系统，智能无人实验室系统的主控电脑应当能深入控制各智能分析仪器，有关于检测计划、优先级、质控计划及各模块和仪器的运行日志和故障情况，都应当统一指挥及管理，实现智能控制的总体目标。

## 3.6 智能无人实验室建设

### 3.6.1 场地要求

场地要求主要关注智能无人实验室的分区布局，以及水、电、排风、供气、网络、照明、温湿度等基础条件和环境条件。

“一般智能无人实验室项进行常规水质 4-20 个项目分析时，主体建筑面积约为 50-200 平方米，用电功率约为 15-40kW。”

收集和比较了市面上已建成各家智能无人实验室的项目数量、占地面积及用电负荷数据，给规划建设智能无人实验室的标准使用方提供一个参考数据。实际占地面积及用电负荷，与具体的无人分析选择的项目及方法原理有很大关系，具体每个项目的实际情况不一定局限在给出的参考范围内。

### 3.6.2 智能分析仪器要求

智能分析仪是智能无人实验室核心组成部分，对分析数据质量有决定性作用，有必要对其性能提出具体要求。

本标准关注智能无人实验室在水环境监测领域的应用，选用的分析项目主要参照《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）的要求。本标准未对各项目智能分析仪器所采用的检测方法做强制要求，《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）中推荐的分析方法和生态环境部颁布的其他标准方法都可作为选用方法使用。

本标准代表性地选取了《地表水环境质量标准》（GB 3838-2002）基本项目中的 20 项（24 项除去部分现场监测项目和微生物指标），对其所用智能分析仪器提出了最小检测范围、检出限、精密度和正确度的控制建议。标准参考了各项目的检测方法及其在地表水中的一般浓度水平，建议了最小检测范围；依据各项目的检测方法和实际水样测试数据，给出了检出限、精密度和正确度控制范围的建议。限值以资料性附录的方式放在附录 A.1 及 A.2 中。

下表中列出了附录 A.1 及 A.2 中部分限值的来源。当检测项目使用不同于列表中方法的其他方法时，限值也随方法改变而相应改变。

表 3-1 附录 A.1 检出限来源

序号	项目	检出限 (mg/L)	来源
1	pH	/	/
2	高锰酸盐指数	≤0.5	水质 高锰酸盐指数的测定 GB/T 11892-1989
3	化学需氧量	≤15	快速消解分光光度法 HJ/T 399-2007
4	氨氮	≤0.025	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法 HJ 535-2009
5	总磷	≤0.01	水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB/T 11893-1989
6	总氮	≤0.05	水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 HJ 636-2012
7	铜	≤0.08 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014
8	锌	≤0.67 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ



序号	项目	检出限 (mg/L)	来源
		g/L	700-2014
9	氟化物	≤0.02	《水质 无机阴离子 (F <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 、Br <sup>-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 、SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 的测定 离子色谱法》 HJ 84-2016
10	硒	≤0.41 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014
11	砷	≤0.12 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014
12	汞	≤0.04 μg/L	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》 HJ 694-2014
13	镉	≤0.05 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014
14	铬 (六价)	≤0.004	水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法 GB/T 7467-1987
15	铅	≤0.09 μg/L	水质 65 种元素 电感耦合等离子体质谱法 HJ 700-2014
16	氰化物	≤0.004	《水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法》 HJ 484-2009
17	挥发酚	≤0.0003	《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》 HJ 503-2009
18	石油类	≤0.01	《水质 石油类的测定 紫外分光光度法 (试行)》 HJ 970-2018
19	阴离子表面活性剂	≤0.05	《水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法》 GB/T 7494-1987
20	硫化物	≤0.003	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》 HJ 1226-2021

表 3-2 附录 A.1 精密度来源

序号	项目	精密度	来源
1	pH	±0.2	
2	高锰酸盐指数	≤5%	地表水自动监测技术规范 (试行) HJ 915-2017 表 A.2
3	化学需氧量	≤5%	
4	氨氮	≤5%	地表水自动监测技术规范 (试

序号	项目	精密度	来源
			行) HJ 915-2017 表 A.2
5	总磷	≤10%	地表水自动监测技术规范(试行) HJ 915-2017 表 A.2
6	总氮	≤10%	地表水自动监测技术规范(试行) HJ 915-2017 表 A.2
7	铜	≤5%	
8	锌	≤5%	
9	氟化物	≤3%	
10	硒	≤5%	
11	砷	≤5%	
12	汞	≤5%	
13	镉	≤5%	
14	铬(六价)	≤3%	
15	铅	≤5%	
16	氰化物	≤5%	
17	挥发酚	≤5%	
18	石油类	≤5%	
19	阴离子表面活性剂	≤5%	
20	硫化物	≤5%	

表 3-3 附录 A.1 正确度来源

序号	项目	正确度	来源
1	pH	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书
2	高锰酸盐指数	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书
3	化学需氧量	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书
4	氨氮	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书
5	总磷	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书
6	总氮	CRM 证书范围内	国家地表水环境质量监测网监测任务作业指导书

序号	项目	正确度	来源
7	铜	±10%	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
8	锌	±10%	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
9	氟化物	±10%或 CRM 证书范围内	
10	硒	±10%或 CRM 证书范围内	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
11	砷	±10%或 CRM 证书范围内	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
12	汞	±20%或 CRM 证书范围内	《水质 汞、砷、硒、铋和 锑的测定 原子荧光法》HJ 694-2014
13	镉	±10%	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
14	铬（六价）	CRM 证书范围内	国家地表水环境监测 网监测任务作业指导书
15	铅	±10%	水质 65 种元素 电感耦合 等离子体质谱法 HJ 700-2014
16	氰化物	±5%或 CRM 证书范围内	国家地表水环境监测 网监测任务作业指导书
17	挥发酚	±10%或 CRM 证书范围内	国家地表水环境监测 网监测任务作业指导书
18	石油类	±10%或 CRM 证书范围内	《水质 石油类的测定 紫 外分光光度法（试行）》HJ 970-2018
19	阴离子表 面活性剂	CRM 证书范围内	国家地表水环境监测 网监测任务作业指导书
20	硫化物	±10%或 CRM 证书范围内	《水质 硫化物的测定 亚 甲基蓝分光光度法》HJ 1226-2021

表 3-4 附录 A.2 部分限值来源

序号	项目	要求	来源
1	pH	±0.2	
2	高锰酸盐指数	含量<2.0mg/L, 相对偏差≤±30%; 含量≥2.0mg/L, 相对偏差≤±25%;	参考《水和废水监测分析方法》(第四版)表 2-5-3 室间精密度
3	化学需氧量	5mg/L<含量≤50mg/L, 相对偏差≤±20%; 50mg/L<含量≤100mg/L, 相对偏差≤±15%; 含量>100mg/L 含量>, 相对偏差≤±10%;	参考《水和废水监测分析方法》(第四版)表 2-5-3 室间精密度
4	氨氮	0.02mg/L<含量≤0.1mg/L, 相对偏差≤±25%; 0.1mg/L<含量≤1.0mg/L, 相对偏差≤±20%;	参考《水和废水监测分析方法》(第四版)表 2-5-3 室间精密度
5	总磷	含量≤0.025mg/L, 相对偏差≤±30%; 0.025mg/L<含量≤0.6mg/L, 相对偏差≤±15%;	参考《水和废水监测分析方法》(第四版)表 2-5-3 室间精密度
6	总氮	0.025mg/L<含量≤1.0mg/L, 相对偏差≤±15%; 含量>1.0mg/L, 相对偏差≤±10%;	参考《水和废水监测分析方法》(第四版)表 2-5-3 室间精密度
7	铜	相对偏差≤±20%	/
8	锌	相对偏差≤±15%	/
9	氟化物	含量≤1.0mg/L, 相对偏差≤±20%; 含量>1.0mg/L, 相对偏差≤±15%;	/
10	硒	相对偏差≤±15%	/
11	砷	含量≤0.05mg/L 时, 绝对偏差≤±0.01mg/L 以内; 含量>0.05mg/L 时, 相对偏差≤±15%	/
12	汞	含量≤0.5 μg/L 时, 绝对偏差≤±0.1 μg/L 以内; 含量>0.5 μg/L 时, 相对偏差≤±20%	/
13	镉	含量≤0.005mg/L 时, 绝对偏差≤±0.001mg/L 以内; 含量>0.005mg/L 时, 相对	/

序号	项目	要求	来源
		偏差 $\leq\pm 15\%$	
14	铬（六价）	含量 $\leq 0.01\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 20\%$ ； $0.01\text{mg/L} < \text{含量} \leq 1.0\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 15\%$ ；	参考《水和废水监测分析方法》（第四版）表 2-5-3 室间精密度
15	铅	含量 $\leq 0.05\text{mg/L}$ 时，绝对偏差 $\leq\pm 0.010\text{mg/L}$ ；含量 $> 0.05\text{mg/L}$ 时，相对偏差 $\leq\pm 15\%$	/
16	氰化物	含量 $\leq 0.05\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 25\%$ ； $0.05\text{mg/L} < \text{含量} \leq 0.5\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 20\%$ ；	参考《水和废水监测分析方法》（第四版）表 2-5-3 室间精密度
17	挥发酚	含量 $\leq 0.05\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 30\%$ ； $0.05\text{mg/L} < \text{含量} \leq 1.0\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 20\%$ ；  含量 $> 1.0\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 15\%$ ；	参考《水和废水监测分析方法》（第四版）表 2-5-3 室间精密度
18	阴离子表面活性剂	含量 $\leq 0.2\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 30\%$ ； 含量 $> 0.2\text{mg/L}$ ，相对偏差 $\leq\pm 25\%$ ；	参考《水和废水监测分析方法》（第四版）表 2-5-3 室间精密度
19	硫化物	相对偏差 $\leq\pm 20\%$	/

### 3.7 智能无人实验室验收

#### 3.7.1 总体要求

智能无人实验室验收包智能分析仪器验收以及系统运行整体验收。仪器设备验收主要包括设备的各项技术参数是否满足相关检测方法标准、技术规范及合同中约定的要求；主控系统的验收除满足国家标准中规定的功能外，还应当满足客户定制的功能性需求。

#### 3.7.2 验收基本条件

**“实验室的供电、通讯、供水等基础设施满足要求。”**

智能无人实验室在定制设计的过程中，需充分结合具体场所的条件和所需

应用的检测方法，提前规划好水、电、供气、排风、废液、网络的排布位置。在条件具备的情况下，适当预留多余的空间及用电负荷，以备后续增加新的仪器、或因方法变更带来仪器变更。

### 3.7.3 验收技术内容

“完成智能无人实验室连续 7 天无故障运行，每日运行时间应满足 16 小时或 16 小时以上。。”

智能无人实验室模块及仪器较多，在现场组装完成后，需要经过初步的磨合调试阶段再进入验收阶段。调试前，应保证系统能够连续七天正常运行。

## 3.8 智能无人实验室运行维护

### 3.8.1 总体要求

日常维护值的是正常操作过程中，每天或每次开机必须进行的检测和相应的维护工作。保养检修指一年一次或多次的固定检修，主要检测的是耐用耗材及易老化零件的性能是否仍然达标。故障维修是指智能无人实验室系统出现故障时发生的针对性检修。

收集汇总三家制造商的常见异常情况和处理办法，为附表 B-1：

异常情况	处理方式
实验室跳闸	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 切勿贸然重启开机</li> <li>2. 条件允许由单位电工检测电路查明跳闸原因</li> <li>3. 仪器复位，将检测中的样品移除</li> <li>4. 视情况添加试剂，确认纯水是否充足</li> </ol>
机器人暂停无动作	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仪器自行修复，点击“清楚故障”，点击“运行”</li> <li>2. 确认保护光栅状态(若触发保护状态则复位光栅即可恢复)</li> <li>3. 确认仪器状态（若因碰撞停机则需重新启动仪器）</li> <li>4. 若爪套破损，更换机械爪爪套</li> </ol>
数据无法上传甲方服务器	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检测网络情况是否异常。</li> <li>2. 若为内网则向网管核实网络权限是否开放。</li> <li>3. 以上无法解决则联系相关售后人员</li> </ol>
无人服务器检测结果部分缺失	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查相关检测仪器是否开机</li> <li>2. 检查网线是否连接，电脑网卡是否正常</li> <li>3. 检查试剂是否充足</li> </ol>

异常情况	处理方式
气相分子项目检测波形异常	1. 检查试剂是否充足 2. 检查气源气压是否符合要求（0.3MP~0.4MP） 3. 检查废液管是否阻塞 4. 以上若无异常则联系相关售后人员
智能总磷分析仪结果异常	1. 检查试剂是否充足 2. 检查油浴锅温度是否达标 3. 检查样品瓶内外壁洁净度
传送带偏移或者不移动	1. 仪器自动修复，点击“清楚故障”，重新启动 2. 调试APP复位 3. 以上若无法恢复则联系相关售后人员
管路漏液	1. 手动拧紧手拧接头 2. 检查软管接头是否密封 3. 检查软管是否老化或破裂
扫码失败	1. 检查检测编码是否在样品任务内 2. 重新贴码或者调整编码位置
开盖异常	1. 检查胶垫磨损，并更换胶垫 2. 检查旋瓶工位是否打滑或瓶盖拧过紧

### 3.8.2 管理要求

“为确保智能无人实验室的正常运行和监测数据的准确可靠，必须建立相应的保障制度，包括但不限于下列内容：

- a) 实验室运行管理办法；
- b) 实验室运行管理人员岗位职责；
- c) 实验室质量管理保障制度；
- d) 仪器及分析系统操作规程；
- e) 实验室建设、运行维护和质量控制的档案管理制度。

实验室应对接触和使用智能无人实验室的人员进行授权、培训及后续的能力跟踪，保证相应的人员有能力正确使用、维护系统，有必要的时候，可要求相应人员对操作过程中获取的数据和信息保密。

实验室应授权不同员工有不同权限，确保员工根据权限进行无人实验室的操作、维护，并对相应的检测数据进行收集、处理、记录、审核、统计、储存及清除操作。

#### 4、主要试验、验证及试行结果

国内目前有能力开展智能无人实验室的整体设计建造，并具有成熟的客户应用案例的的制造商并不多，主要包括上海北裕分析仪器股份有限公司、湖南力合科技股份有限公司及杭州谱育科技发展有限公司，前期调研也基于这三家公司的制造及应用现状。

不同的制造商对于无人实验室的功能设计和实现有不同的设计和路线，但都能够满足样品自动输送及仪器自动分析等基本功能。附加的功能往往与具体用户的实际项目情况，包括水样类别、采样方式、样品量大小、检测频次、检测方法依据等需求有关，并未形成统一模式。

各制造商在无人实验室中的配置的分析仪器，性能指标都可满足国标或行业标准中相应检测方法标准对于质量控制方面的要求。收集汇总三家制造商的部分分析仪器的调试过程产生的质量控制数据及水样比对数据见下表：



表 4-1 部分项目智能分析仪器质量控制数据

序号	检测项目	方法依据	检出限		正确度		精密度	
			标准要求	实测结果	标准要求	实测结果	标准要求	实测结果（地表水）
1	氨氮	HJ·535-2009 水质·氨氮的 测定·纳氏试 剂分光光度 法	≤0.025 mg/L	0.008~0. 020mg/L	-	有证标准样品测定值 在允许的范围内；≤ 1.00mg/L 地表水加标 回收率实测 85%-112%； >1.00mg/L 时，加标回 收率实测 94%-106%	-	0.025mg/L≤样品含量≤0.10mg/L 时，平行双样相对偏差≤20%；样 品含量>0.10mg/L 时，平行双样相 对偏差≤10%
2	氨氮	HJ 195-2023 水质 氨氮的 测定 气相分 子吸收光谱 法	0.02mg/L	0.015-0. 018mg/L	有证标准 物质在范围 内；加标回收率 75%-130%	有证标准物质在范围 内；地表水加标回收率 92%-105%	≤1.00mg/L 时，RSD≤ 20%；>1.00mg/ L 时，RSD≤15%	0.2mg/L≤样品含量≤1.0mg/L，6 次测试 RSD 为 0.5%-5.8%； 1.0mg/L≤样品含量≤2.0mg/L，6 次测试 RSD 为 0.4%-4.9%；
3	总氮	HJ·636-2012 水质·总氮的 测定·碱性过 硫酸钾消解 紫外分光光 度法	≤0.05 mg/L	0.025mg/ L~0.035m g/L	加标回收 率 90%-110%	有证标准样品测定值 在允许的范围内； 地表水加标回收率实 测 92%-110%	-	0.20mg/L≤样品含量≤1.00mg/L 时，平行双样相对偏差≤10%；样 品含量>1.00mg/L 时，平行双样相 对偏差≤5%
4	总	HJ 199-2023	0.05mg/L	0.04-0.0	有证标准	有证标准物质在范围	≤1.00mg/L	0.2mg/L≤样品含量≤1.0mg/L，6

T/CSES XXX—202X

序号	检测项目	方法依据	检出限		正确度		精密度	
			标准要求	实测结果	标准要求	实测结果	标准要求	实测结果（地表水）
	氮	水质 总氮的测定 气相分子吸收光谱法		5mg/L	物质在范围内；加标回收率70%-130%	内；地表水加标回收率85%-112%	时，RSD≤20%；>1.00mg/L时，RSD≤10%	次测试 RSD 为 1.3%-5.3%； 1.0mg/L≤样品含量≤2.0mg/L，6次测试 RSD 为 1.0%-5.5%；
5	硫化物	HJ 200-2023 水质 硫化物的测定 气相分子吸收光谱法	0.005mg/L	0.003-0.005mg/L	有证标准物质在范围内；加标回收率75%-120%	有证标准物质在范围内；地表水加标回收率84%-108%	RSD≤25%	0.05mg/L≤样品含量≤0.5mg/L，6次测试 RSD 为 0.4%-6.2%； 0.5mg/L≤样品含量≤1.0mg/L，6次测试 RSD 为 0.3%-3.3%；
6	高锰酸盐指数	GB/T 11892-1989 水质 高锰酸盐指数的测定	≤0.5mg/L	0.05mg/L~0.08mg/L	-	有证标准样品测定值在允许的范围内	-	0.50mg/L≤样品含量≤1.00mg/L时，平行双样相对偏差≤15%；样品含量>1.00mg/L时，平行双样相对偏差≤10%
7	总磷	GB/T 11893-1989 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法	≤0.01mg/L	0.005mg/L~0.008mg/L	-	有证标准物质在范围内；>0.04mg/L地表水加标回收率85%-115%	-	样品含量>0.04mg/L时，平行双样相对偏差≤10%

序号	检测项目	方法依据	检出限		正确度		精密度	
			标准要求	实测结果	标准要求	实测结果	标准要求	实测结果（地表水）
8	化学需氧量	HJT399-2007 水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法	2.3 mg/L	≤10mg/L	-	有证标准样品测定值 在允许的范围内	-	样品含量≥200 mg/L 时，平行双样 相对偏差≤5 %； 50 mg/L≤COD<200 mg/L 时，平 行双样相对偏差≤10 %； 样品含量<50 mg/L 时，平行双样相 对偏差≤15 %；
9	化学需氧量	HJ 828-2017 水质 化学需氧量的测定 重铬酸钾法	4mg/L	4mg/L	有证标准 物质在范 围内	有证标准物质在范围 内	RSD≤10%	16mg/L≤样品含量≤50mg/L，6次 测试 RSD 为 1.5%-6.6%； 100mg/L≤样品含量≤300mg/L，6 次测试 RSD 为 0.6%-5.7%；

表4-2 部分项目智能分析仪与经典方法比对数据

序号	参数	经典方法方法名称	大溪港 (地下水)		相对标准 偏差 RSD (%)	梅东河 (地表水)		相对标准 偏差 RSD (%)	新城污水厂 (生活污水)		相对标准 偏差 RSD (%)	香泾浜 (工业废水)		相对标准 偏差 RSD (%)
			自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法	
1	总磷	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》GB/T 11893-1989	0.076	0.08	3.63	0.115	0.10	9.87	0.243	0.22	7.03	0.181	0.19	3.43
2	总氮	《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法》HJ 636-2012	0.57	0.60	3.63	1.05	0.87	13.26	1.47	1.40	3.45	1.53	1.66	5.76
3	氨氮	《水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法》HJ 536-2009	0.079	0.086	6.00	0.534	0.585	6.45	0.935	0.917	1.37	1.694	1.84	5.84
4	高锰酸盐指数	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892-1989	2.84	3.1	6.19	4.51	4.2	5.03	/	/	/	/	/	/
5	化学需氧量	《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》HJ 828-2017	8.8	11	15.7	17.7	14	16.5	24.4	20	14.0	26.8	22	13.9
6	六价铬	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467-1987	0.044	0.052	11.8	0.052	0.054	2.67	0.051	0.057	7.86	0.006	0.007	10.9
7	挥发酚	《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》HJ 503-2009	0.0107	0.0114	4.48	0.0109	0.0132	13.5	0.0112	0.0119	4.29	0.0113	0.0121	4.83
8	阴离子表面活性剂	《水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法》GB/T 7494-1987	0.264	0.28	4.16	0.043	0.05	10.64	0.271	0.29	4.79	0.053	0.06	8.76

T/CSES XXX—202X

序号	参数	经典方法名称	大溪港 (地下水)		相对标准 偏差 RSD (%)	梅东河 (地表水)		相对标准 偏差 RSD (%)	新城污水厂 (生活污水)		相对标准 偏差 RSD (%)	香泾浜 (工业废水)		相对标准 偏差 RSD (%)
			自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法		自动分 析仪	经典方 法	
9	硫化物	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》 HJ 1226-2021	0.201	0.19	3.98	0.21	0.20	3.45	0.216	0.24	7.44	0.218	0.24	6.79
10	氰化物	《水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法》 HJ 484-2009	0.0106	0.013	14.4	0.0699	0.063	7.34	0.0068	0.008	11.5	0.0712	0.075	3.68
11	石油类	《水质 石油类的测定 紫外分光光度法 (试 行)》 HJ 970-2018	1.005	1.22	13.7	1.013	1.07	3.87	1.016	国标方法 不适用	/	1.018	国标方法 不适用	/
12	氟化物	《水质 无机阴离子 (F <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> 、NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> 、Br <sup>-</sup> 、 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 、SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) 的测定 离子色谱法》 HJ 84-2016	0.411	0.404	1.21	0.508	0.532	3.26	0.962	0.994	2.31	0.943	1.08	9.58
13	锌	《水质 65 种元素的测 定 电感耦合等离子体 质谱法》 HJ 700-2014	0.488	0.504	2.28	1.995	2.12	4.30	3.878	4.09	3.76	6.012	6.39	4.31
14	镉		0.047	0.049	2.95	0.187	0.194	2.60	0.366	0.386	3.76	0.588	0.541	5.89
15	铅		0.048	0.054	8.32	0.211	0.205	2.04	0.423	0.407	2.73	0.608	0.625	1.95
16	铜		0.221	0.235	4.34	0.937	0.961	1.79	1.752	1.89	5.36	3.108	3.16	1.17
17	砷		0.0082	0.010	14.0	0.0189	0.0202	4.70	0.0401	0.041	1.57	0.0512	0.0525	1.77
18	硒		0.063	0.061	2.28	0.061	0.0648	4.27	0.068	0.0695	1.54	0.074	0.0776	3.36
19	汞	《水质 汞、砷、硒、铋 和锑的测定 原子荧光 法》 HJ 694-2014	0.00033	0.0004	13.6	0.00073	0.00086	11.6	0.0011	0.00094	11.1	0.00144	0.00163	8.75

## 5、与相关标准的关系分析

目前，国际与国内尚未有已发布关于水质监测智能无人实验室建设的国家、行业或地方标准。重庆市生态环境监测协会于2023年12月份发布了团体标准《自动化水质检测实验室运行管理规范》（征求意见稿）。该标准侧重与实验室运行过程及采样检测过程中的质量技术规范管理，而本标准更侧重于智能无人实验室的构成、功能及仪器的性能要求。

## 6、采用国际标准的程度及水平说明

未采用国际标准。

## 7、重大分歧或重难点的处理经过和依据

无重大分歧及重难点。

## 8、标准推广应用措施及预期效果

智能无人实验室是以标准化为核心的多系统集成体系。整套系统参照国家、行业、地方手工水质分析标准方法设计，实现样品运送、上样、清洗、下样存档及自动分配样品分析优先级等功能，满足水样分析检测过程全自动化智能执行与管理。将人工分析转为自动化、智能化分析，保障测定结果准确的同时，提升检测与管理的标准。在调研过程中，不少检测机构反馈因为缺乏相应的规范标准，对智能无人实验室的应用仍有担忧，不能确定以无人系统代替手工操作的方式完成分析是否会在事后监管过程中被认定为对原有分析标准方法存在偏移。因此，尽快出台一系列相应的技术规范及管理细则，对于消除智能无人实验室技术在环境监测领域的应用顾虑是十分必要的。

通过本标准的制定及实施，有以下几方面的意义：

### （1）填补国内相关标准的空白

近年来，智能无人实验室技术在水质环境监测领域已经陆续有了应用案例。无人实验室的操作过程是对人工实验的模仿，两者之间的共性和差异性，对于必备的软硬件功能，技术发展的方向等一系列问题还需要相应的文件、标准和技术规范进行引导和约束。

(2) 促进智能无人实验室技术的健康发展

使用智能无人实验室的仿生耦合技术进行水质环境监测分析，与手工操作之间的异同点，需要得到一个环境监测监管部门及本领域的技术专家的共同认可与指导。其共同之处应当得到认可，相异之处，优点应当鼓励，不足之处应当进行约束和改进，以保证水质环境监测数据的准确度与可靠性。

通过制定相应的技术规范统一认识，有利于引导智能无人实验室制造方明确其产品研发方向，也有利于技术用户免除不必要的担心，有助于推动智能无人实验室技术在水质环境监测领域的应用和发展。

(3) 提升水质环境监测的工作效率和数据稳定性

使用传统的手工监测进行水质分析，对分析人员的实验操作技能要求较高，不同的分析经验及熟练水平的人员分析结果可能存在偏差；另外，由于人工长时间手工操作，可能带来疲惫与注意力不集中，可能影响检测结果的准确度和稳定性，也不利于提升监测频次及应对突发状况。

## 9、其他应说明的事项

标准实施过程中，建议：

(1) 鼓励现有设备及技术生产商进一步发展智能无人实验室检测技术，扩展可以实现智能无人实验室分析的检测参数，逐步扩展及覆盖到地表水、地下水、生活污水、工业废水的大部分监测项目。

(2) 鼓励智能无人实验室在地方各监测中心、监测站及商业第三方监测机构的应用，针对智能无人检测与人工检测的区别，出台相应的技术规范及管理细则实现规范性引导与管控。