编制说明

水电站大坝水下表面缺陷机器人智能检测作业技术规范

编 制 说 明

目次

[1 编制背景 1](#_Toc149296203)

[2 编制主要原则 1](#_Toc149296204)

[3 主要工作过程 1](#_Toc149296205)

[4 标准结构和内容说明 2](#_Toc149296206)

[5相关标准对比说明 2](#_Toc149296207)

[6标准实施措施说明 3](#_Toc149296208)

1 编制背景

中国电机工程学会标准《水电站大坝水下表面缺陷机器人智能检测作业技术规范》（以下简称“本文件”）的制定任务来源于《关于印发“中国电机工程学会2024年标准计划（第二批）”的通知》（电机咨〔2024〕535号），项目序号15（202412230010）。

由中国长江电力股份有限公司牵头，大连理工大学、河海大学、中国科学院沈阳自动化研究所、中国长江三峡集团有限公司、清华四川能源互联网研究院、北京航空航天大学、哈尔滨工程大学、水利部信息中心、国网电力工程研究院有限公司等单位负责起草，由中国电机工程学会电力机器人专业委员会归口管理。

随着我国水电技术的不断发展与进步，大坝智能检测的手段与技术体系日益丰富。目前，基于水下机器人的智能检测技术已在部分水电站开展试点应用，逐步探索其在大坝水下表面缺陷识别、精细测量等方面的实际成效。水下机器人在水下成像、缺陷识别、水下定位、深度测量等任务中展现出较高的适应性与准确性，有效降低了人工潜水检测的作业风险，提升了检测效率与精度，为水电站日常运行中的结构安全管理提供了重要支撑，对推动水下检测智能化、信息化的发展具有重要意义。

水下机器人主要应用于混凝土坝等水工建筑物长期服役过程中，其水下结构易受到水流冲蚀、化学腐蚀、温差应力等因素影响，导致裂缝、剥蚀、孔洞等隐患的产生。由于我国现有各类在役水库大坝数量众多，水下缺陷检测的任务量庞大，因此该技术具有广阔的应用前景与市场潜力。

然而，目前水电行业尚无针对水下机器人开展大坝水下表面缺陷检测的统一技术标准或作业规程。为保障水下机器人在水电站检测任务中的可靠性和成效，有必要对其智能检测作业流程与技术指标进行系统规范，提供科学的检测技术指导，推动其在水电站安全管理中的广泛应用与推广。

本规程制定的目的是规范水下机器人在水电站大坝水下表面缺陷检测中的作业技术要求和检验方法，支撑检测单位、科研机构与设备制造商在现场应用、性能评估、技术验证等方面形成标准化流程。通过对检测流程、方法与质量控制的系统规范，可有效提升水下检测结果的准确性和可比性，为保障水电站大坝结构安全运行提供技术依据与制度支撑。

2 编制主要原则

本文件是首次制定版本。编制遵循“统一性、协调性、适用性、一致性和规范性”的原则，严格按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》进行编制，并与相关标准协调统一。

3 主要工作过程

2024年11月，通过中国电机工程学会组织的立项审查。

2024年12月，中国电机工程学会下达标准编制计划，起草单位开展资料收集和编制准备等相关工作。

2025年1月，完成对水电站大坝水下表面缺陷机器人检测作业相关企业的调研，完成标准初稿编制。

2025年2月，成立编写组，由中国长江电力股份有限公司组织召开标准第一次工作组启动会议，对标准大纲及草案进行了详细讨论，并确定了标准编制任务和分工。

2025年4月，由中国长江电力股份有限公司组织召开标准第二次工作组会议，与会专家对标准各个章节逐条进行详细讨论，提出了修改意见和建议。

2025年6月，编写组依据专家修改意见和建议对机器人关键功能和性能的测试方法进行了分组内部讨论并完成了标准修改，形成标准征求意见稿。

4 标准结构和内容说明

标准的主要结构和内容如下：

1）目次；

2）前言；

3）标准正文共设11章：

第1章：范围——描述标准的适用范围。

第2章：规范性引用文件——列出所引用的标准和相关条款。

第3章：术语和定义——规范并定义标准中涉及的专业术语。

第4章：系统——规范了水电站大坝水下表面缺陷检测机器人的系统组成及各组成部分的主要功能要求。

第5章：检测作业要求——规范检测作业中的人员资质、设备配置、作业环境、安全保障及操作流程等方面的基本要求。

第6章：声呐检测——规范声呐检测项目的适用条件、操作流程、数据获取与处理的技术要求。

第7章：光学成像检测——规范光学成像检测的设备配置、成像要求、照明条件、检测流程及质量控制措施。

第8章：坝面清理与机械臂辅助探测——规范了坝面清理及机械臂辅助探测操作的实施要求及工作规范。

第9章：缺陷智能识别与定位——规范了基于图像处理的缺陷识别流程，包括图像增强、目标识别、缺陷分类与空间定位等技术要点。

第10章：多源探测数据集成处理——规范了多种检测手段获取的数据在获取、存储、管理与集成分析等方面的技术要求。

第11章：检测报告编制——规范了检测报告的格式、内容及质量要求，确保检测结果表达的完整性、准确性和可追溯性。

5相关标准对比说明

水电站大坝水下表面缺陷机器人智能检测系统属于水工检测领域的服务机器人应用范畴。在编制过程中，参考了水下机器人、混凝土坝安全监测、水工建筑物检测与评估、工程测量及施工安全等相关领域的国家标准、行业标准和规程，主要包括《轻型有缆遥控水下机器人 第一部分：总则》（GB/T 36896.1）、《混凝土坝安全监测技术规范》（DL/T 5178）、《水工混凝土建筑物缺陷检测和评估技术规程》（DL/T 5251）、《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》（JTS 239）、《水运工程水工建筑物检测与评估技术规范》（JTS 304）、《测量误差及数据处理》（JJG 1027）、《水利水电工程施工通用安全技术规程》（SL 398）、《水工混凝土结构缺陷检测技术规程》（SL 713）、《水利工程质量检测技术规程》（SL 734）等。

目前，关于针对水电站大坝水下表面缺陷机器人智能检测作业技术尚无国际标准、国家标准、行业标准等相关标准。其中，针对桥梁工程水下缺陷声学检测发布了团体标准T/CCTAS 67-2023，标准规定了桥梁水下结构声呐法检测技术的检测仪器设备、桥梁水下构件检测、基础冲刷检测、河床断面检测等内容，针对解决水下工程质量检测中声纳技术的规范化应用问题编写了团体标准T/CDSA-305.23-2017，标准规定了声纳技术在水下工程渗漏检测中的操作流程、设备参数要求、数据处理方法及结果判定标准，未涉及面向水电站大坝的机器人智能检测作业的完整流程及技术标准。

标准工作组在标准编制前期组织开展了大量调研与试验验证工作，围绕水下机器人在水电站大坝智能检测中的应用场景、作业规模、功能性能、适用环境等方面进行了系统评估，积累了丰富的技术经验，并据此完成了本标准的编制。本标准已广泛征求电力相关单位的意见，不断修改完善标准。

6标准实施措施说明

本标准的制定有助于推动水电站大坝水下缺陷智能检测技术的发展，完善水下机器人检测作业的技术体系和实验验证方法，支撑检测机构、科研单位及设备制造企业在设备选型、作业实施、质量评估等方面实现标准化、规范化操作。标准发布实施后，将优先在从事水下检测设备研发、生产和应用的单位中推广应用，涵盖水利行业主管部门、水电站运行管理单位、水下检测服务企业及相关第三方检测机构。随着技术应用的深入与检测需求的增长，未来本标准可根据实践经验和技术发展进行优化提升，逐步形成行业或国家层级的技术规范。