水下机器人标准体系框架构建探索

郭小勇，汤海荣，徐春红

（国家海洋标准计量中心　天津　300112）

摘要：水下机器人作为一类特种机器人，日益成为探索海洋奥秘、开发海洋资源的重要工具，被称为海洋高技术的皇冠，正逐步成为国家间海洋技术竞争的制高点。水下机器人标准体系最直接的作用是指导、规范水下机器人标准制定工作，使人们清楚水下机器人标准化工作方向和重点，有助于推动水下机器人研发和产业化进程，促进快速、健康发展。文章在介绍国内外水下机器人标准制订的基础上，探讨水下机器人标准体系框架构建思路，提出标准体系建设路径，明确水下机器人标准化工作范围和领域，并构建了水下机器人标准体系序列结构、三维结构、层次结构 3 种框架模型，为构建我国水下机器人标准体系提供了有价值的参考。

关键词：水下机器人；标准体系；海洋技术；框架；人工智能

中图分类号：P754.4　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005－9857(2021)01－0053－04

Exploration on the Construction of Underwater Robot Standards System Framework

GUO Xiaoyong，TANG Hairong，XU Chunhong

(National Center of Ocean Standards and Metrology，Tianjing 300112，China)

Abstract：As a special type of robot，underwater robots are increasingly becoming an important tool for exploring ocean mysteries and developing ocean resources.They are called the crown of ocean high-tech，and are gradually becoming the commanding heights of ocean technology competition among nations.The most direct role of the underwater robot standard system is to guide and regulate the standard formulation of underwater robots，so that people are aware of the direction and focus of the standardization of underwater robots，which will help to promote the development and industrialization of underwater robots，and promote rapid and healthy development.Based on the introduction of domestic and international standards for underwater robots，the paper discussed the construction of the standard system framework for underwater robots，proposed a path for standard system construction，clarified the scope and field of standardization of underwater robots，and constructed the three models of underwater robot standards system，including sequence structure，three-dimensional structure，and hierarchical structure，and provided a

收稿日期：2020-09-07；**修订日期：**2020-12-15

作者简介：郭小勇，研究员，硕士，研究方向为海洋标准化

valuable reference for the construction of the underwater robot standard system.

Keywords: Underwater robot, Standards system, Ocean technology, Framework, Artificial intelligence

0 引言

《中国制造 2025》将机器人作为“大力推动重点领域突破发展”的技术之一，要求“促进机器人标准化、模块化发展”。水下机器人作为一类特种机器人，日益成为探索海洋奥秘、开发海洋资源的重要工具，被称为海洋高技术的皇冠，正逐步成为国家间海洋技术竞争的制高点。标准作为人类科学、技术、知识和经验的总结，得到我国高度重视。标准是经济活动和产业合作的最重要技术基础，谁把握了标准谁就把握了市场竞争主动权。标准体系是根据水下机器人产业化需求，应用系统论、模块化、流程化的思想，将水下机器人市场需求调研、研发设计与方案评审、样机试制与测试、小批量试生产与验证、正式批量生产与售后服务等过程中，重复性、共性的事物转化为标准，并按其内在联系形成的科学有机整体。标准体系最直接的作用是指导、规范水下机器人标准制定工作，使人们清楚水下机器人标准化工作方向和重点，有助于推动水下机器人研发和产业化进程，促进快速、健康发展。我国标准化主管部门和各行业部门都重视标准体系的建设，国家发布了《标准体系构建原则和要求》(GB/T 13016—2018)进行规范和指导我国标准体系的建设。

1 现状

1.1 我国水下机器人标准情况

1.1.1 我国发布了 5 项水下机器人国家标准

我国发布的 75 项机器人国家标准里，有 5 项是水下机器人标准，分别是《轻型有缆遥控水下机器人 第 1 部分：总则》《轻型有缆遥控水下机器人 第 2 部分：机械手与液压系统》《轻型有缆遥控水下机器人 第 3 部分：导管螺旋桨推进器》《轻型有缆遥控水下机器人 第 4 部分：摄像、照明与云台》《石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第 8 部分：水下生产系统的水下机器人(ROV)接口》。通过制定这 5 项国家标准，为我国加快水下机器人标准制定工作探索了道路。

1.1.2 正在组织制定一项水下机器人行业标准

目前，自然资源部北海局海洋技术保障中心和计量中心正在联合制定《小型有缆水下机器人精细探测系统操作技术规程》行业标准。

1.1.3 《国家机器人标准体系建设指南》

国家标准化管理委员会联合国家发展和改革委员会、科技部、工业和信息化部于 2017 年印发了《国家机器人标准体系建设指南》，规定了指导思想、基本原则、建设目标、建设内容、组织实施，明确从基础标准、检测评定方法标准、零部件标准、整机标准、系统集成标准等 5 个方面构建机器人标准体系。《国家机器人标准体系建设指南》将“水下机器人”作为 14 类特种机器人之一，并将水下机器人术语标准，自主和遥控式水下机器人的载体机构和导航定位系统研发设计标准，水下机器人及行业亟须的自主水下机器人功能和性能标准，水下机器人电磁兼容测试标准，水下机器人寿命评估可靠性试验标准等[1]，纳入“近期拟研制重点标准领域”。水下机器人标准体系建设应遵循《国家机器人标准体系建设指南》规定的指导思想和有关要求。

1.2 国际标准情况

国际标准化组织机器人技术委员会出台了 23 项国际标准，正在制定 8 项国际标准，但没有水下机器人方面的标准。

国际电工委员会制定出台了 6 项机器人方面的标准，但没有水下机器人方面的标准。

1.3 发达国家情况

美国有关组织出台了 41 项机器人标准，日本出台了 26 项，德国出台了 39 项，英国出台了 12 项，但都没有水下机器人方面的标准。

2 水下机器人标准体系框架构建思路

2.1 遵循国家标准《标准体系构建原则和要求》

《标准体系构建原则和要求》明确标准体系构建应遵循目标明确、全面成套、层次适当、划分清楚

等 4 项基本原则[2]。水下机器人标准体系构建必须始终坚持这 4 项基本原则：明确支撑、服务、规范、促进水下机器人商品化和产业化发展的建设目标；全面成套要求构建的标准体系要涵盖水下机器人全生产过程、产品的全生命周期，既包括现行标准，又包括正在制修订的标准和未来需要制修订的标准；层次适当指标准体系结构层次不宜过多或过少，过多容易碎片化，过少容易导致一个领域标准数量过多而管理、维护困难；划分清楚指标准化工作领域划分要避免交叉重叠，不能一项标准放哪个领域都可以，或者找不到归口领域。

2.2　水下机器人标准体系建设路径

广泛收集国内外水下机器人研制、生产和应用情况，以及标准制定情况，搞清楚有哪些科研团队和生产企业，水下机器人技术进展情况和发展方向，国内外差异，对标准的需求等。信息收集尽量全面、准确，掌握现状和问题、未来发展方向和趋势。

(1)积极争取各个方面的支持，将“水下机器人标准体系建设”纳入国家或行业科研范围，获得支持，得到国家和行业的重视，为建设“水下机器人标准体系”提供保障，使工作能够顺利启动和完成。

(2)成立由标准化专家、水下机器人科研人员、生产人员、检验人员和用户等有关方面组成的“水下机器人标准体系”编制组，制订工作方案，明确分工，确定编制原则和思路，开展“水下机器人标准体系”编制工作。

(3)“水下机器人标准体系”在编制组内部协商一致后，广泛征求生产、科研、检验、用户和管理部门等各个方面的意见，充分吸纳行业内外专家的意见和建议，修改后组织专家审议；完善后，发布实施；指导、促进水下机器人标准制定工作。

2.3　明确水下机器人标准化工作范围和领域

国家标准《特种机器人分类、符号、标志》(GB/T 36321—2018)界定“水下机器人主要包括潜水机器人、水下滑翔机器人、水底作业机器人等”。国家标准《轻型有缆遥控水下机器人第 1 部分：总则》(GB/T 36896.1—2018)界定了“有缆遥控水下机器人”，定义为“通过脐带缆进行信号和电力传输，在水下可自动定向、定深、悬浮或航行，通过水面控制单元被遥控进退、横移、转向或升沉，进行水下观察、检查和/或作业的遥控无人潜水器”。

由于水下视线不好、通信难度大、水中阻力大耗电快、海水腐蚀性强，所以水下机器人研发难度大大高于空中机器人和陆地机器人，需要有的部件能防水，携带照明设备或者逻辑路径导航，电力供应充足，材料要抗压、耐腐蚀等。水下机器人技术包括仿真技术、智能控制技术、水下目标探测和识别技术、水下导航(定位)技术、通信技术、能源系统技术等。

水下机器人标准化对象首先是术语与定义等基础标准；其次是总体设计，航行性能优化，载体模块化，材料评估应用，仿生技术评估应用等设计制造标准；然后是水声通信和光纤通信等水下通信技术标准，能源供电技术和运动推进技术标准；最后是水下导航(定位)技术，目标探测与识别技术，智能控制技术标准，以及检测检验标准等。

3　水下机器人标准体系框架模型

《标准体系构建原则和要求》规定了层次结构、序列结构、三维结构、矩阵结构和功能归口结构等标准体系框架模型。结合水下机器人标准化特点，本研究构建了水下机器人标准体系序列结构、三维结构、层次结构等 3 种框架模型。

3.1　序列结构

序列结构是按照水下机器人全寿命周期顺序排列的标准群，相互之间具有逻辑序列关系，产品生产前的标准需要先行出台；随着水下机器人产品研发的推进，其标准紧跟着出台。序列结构见图 1。

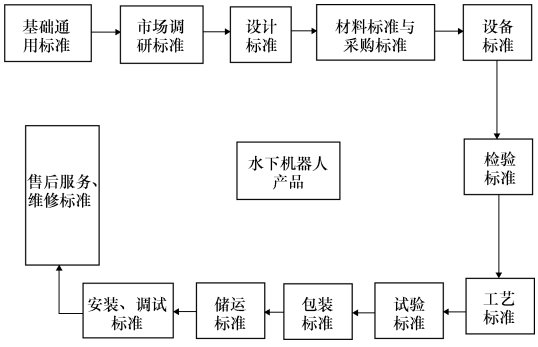

图 1　水下机器人标准体系序列结构

3.2 三维结构

三维结构如图 2 所示。X 轴按标准化对象分为材料与采购标准、设备与检验标准、工艺与试验标准、包装与储运标准、安装调试与售后服务维修标准；Y 轴按标准级别分为国家标准、行业标准和团体标准；Z 轴按标准类型分为基础标准、工作标准和管理标准；以立体的形式显示了水下机器人标准化工作。

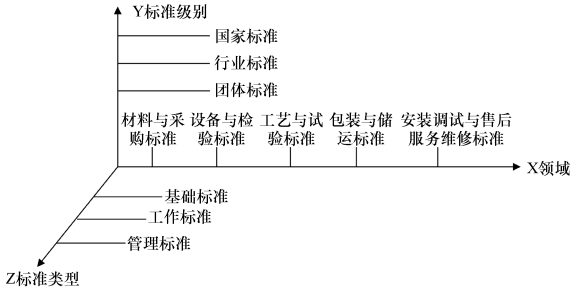

图 2 水下机器人标准体系三维结构

3.3 层次结构

层次结构表达水下机器人标准横向分类、纵向隶属分层的关系。这种结构不仅表达标准体系的层次关系，更多的是表达标准体系的分类关系。顶层是基础通用标准，适用于水下机器人各个领域的工作。层次结构见图 3。

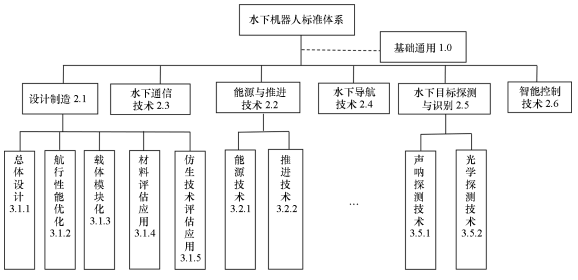

图 3 水下机器人标准体系层次结构

4 结果分析

本研究首先介绍了国内外水下机器人标准化情况。然后明确了水下机器人标准体系框架构建思路，即遵循国家标准《标准体系构建原则和要求》的规定、水下机器人标准体系建设路径探讨、水下机器人标准化工作范围和领域。最后构建了 3 种水下机器人标准体系框架模型，即序列结构、三维结构、层次结构。序列结构，更适用于单个企业建立内部水下机器人标准体系；三维结构从多个视角展示了水下机器人标准化工作，易于理解；层次结构能将水下机器人标准化工作统分结合，细化工作领域和对象，易于对标准项目实施信息系统管理，适用广泛。

参考文献

[1] 国家标准化管理委员会，国家发展和改革委员会，科技部等.国家机器人标准体系建设指南[R].2017.

[2] 国家质量监督检验检疫总局，国家标准化管理委员会.GB/T 13016—2018 标准体系构建原则和要求[S].2018.