



中华人民共和国国家标准

GB/T 36896.1—2018

轻型有缆遥控水下机器人 第 1 部分：总则

Light duty remotely operated vehicles—
Part 1: General provisions

2018-12-28 发布

2019-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类和组成 2

5 要求 2

6 试验方法 5

7 检验规则 7

8 标识和随机文件 9

9 包装、运输及贮存..... 9

前 言

GB/T 36896《轻型有缆遥控水下机器人》分为四个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：机械手与液压系统；
- 第3部分：导管螺旋桨推进器；
- 第4部分：摄像、照明及其云台。

本部分为 GB/T 36896 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本部分由中华人民共和国自然资源部提出。

本部分由全国海洋标准化技术委员会(SAC/TC 283)归口。

本部分起草单位：上海交通大学、浙江大学、国家海洋标准计量中心、国家海洋局第二海洋研究所、上海大学、杭州宇控机电工程有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所。

本部分主要起草人：葛彤、顾临怡、牟长青、郑旻辉、张曦、张培培、李智刚。

轻型有缆遥控水下机器人

第1部分:总则

1 范围

GB/T 36896 的本部分规定了轻型有缆遥控水下机器人分类、技术要求、试验方法、检验规则、标识、包装、运输和贮存。

本部分适用于海洋水下环境观察与作业,水下部分起吊(空气)重量不大于1 t的水下机器人的设计、生产、采购、检验等。江河湖泊用水下机器人(包括额定工作水深不小于100 m的观测型水下机器人,和额定工作水深不小于300 m的作业型水下机器人)也可参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第1部分:通用技术条件

GB/T 10250 船舶电气与电子设备的电磁兼容性

GB 11291.1 工业环境机器人 安全要求 第1部分:机器人

GB/T 32065.2 海洋仪器环境试验方法 第2部分:低温试验

GB/T 32065.4 海洋仪器环境试验方法 第4部分:高温试验

GB/T 32065.10 海洋仪器环境试验方法 第10部分:盐雾试验

GB/T 32065.14 海洋仪器环境试验方法 第14部分:振动试验

GB/T 32065.15 海洋仪器环境试验方法 第15部分:水压试验

SJ 2737 光纤光缆带宽测量方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

有缆遥控水下机器人 remotely operated vehicle; ROV

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。

3.2

观测型水下机器人 observatory remotely operated vehicle

以水下摄像为主,并通过水面控制单元进行实时监控的有缆遥控水下机器人。

3.3

作业型水下机器人 work-class remotely operated vehicle

具有水下摄像系统,机械手装置或其他作业工具,可通过水面监控站进行实时监控,并能完成水下设备维护、打捞、切割、焊接、采样等工作的有缆遥控水下机器人。

3.4

稳态误差 steady-state error

系统实际达到的稳态值与控制指令值之间的偏差。

3.5

脐带缆 subsea umbilicals

为水下机器人提供数据传输、供电以及环境载荷的线缆及附属装置组合体。

4 分类和组成

水下机器人按功能方式不同分为观测型水下机器人和作业型水下机器人。组成分别如下：

——观测型水下机器人分为水下部分、脐带缆和水面部分，水下部分由主体结构、浮力部件、传感器与控制、供配电与通信、螺旋桨推进器和水下摄像系统与云台等组成；水面部分由水面控制单元、水面监控站和收放系统等组成；

——作业型水下机器人分为水下部分、脐带缆和水面部分，水下部分由主体结构、浮力部件、传感器与控制、供配电与通信、螺旋桨推进器、机械手与液压系统和水下摄像系统与云台等组成；水面部分由水面控制单元、水面监控站和收放系统等组成。

注：本部分提到的水下机器人，如未指明具体类型，则所述条件同时适用于观测型和作业型。

5 要求

5.1 外观和结构

要求如下：

- a) 结构应布局合理、操作方便、便于维修。
- b) 成套设备中，所有紧固件，连接件，应装配牢固、严密。所有相对转动，相对滑动部位应灵活可靠。
- c) 主体材料若采用金属材料制作，宜采用同种金属，有不同金属的部件应进行电化学隔离。
- d) 漆皮表面应光洁，不应有漏漆、起皮、脱落等缺陷，镀件、阳极氧化件等表面处理件应无露底现象。
- e) 文字、符号和标识应清晰、端正。

5.2 功能

要求如下：

- a) 水下机器人应能通过脐带缆与水面控制、供电单元建立通信和供电传输，实现水下姿态、部件工作状态以及周围环境等实时监控及供电；
- b) 水下机器人通过水面遥控操作应能完成水下前进、后退、旋转、上浮和下潜等运动，指令和动作应协调一致；
- c) 作业型水下机器人通过水面控制单元应能完成其标称功能的相关动作。

5.3 性能要求

5.3.1 最大静水速度

水下机器人最大前进静水速度应不小于 3 kn，后退速度应不小于 2 kn，垂向速度应不小于 0.5 kn。

5.3.2 总系柱推力

水下机器人的系柱前进推力应不小于 150 N,系柱后退推力应不小于 120 N,系柱横移推力和系柱升沉推力应不小于 75 N。

5.3.3 负载能力

观测型水下机器人最低负载重量应不小于 5 kg(水中),作业型水下机器人最低负载重量应不小于 20 kg(水中)。

5.3.4 控制精度等级

偏航角控制精度等级是指偏航角控制稳态误差与水下机器人最小旋转角度之比;深度控制精度等级是指深度控制稳态误差与水下机器人额定深度之比;高度控制精度等级是指高度控制稳态误差与水下机器人高度计量程之比。各控制精度等级见表 1、表 2 和表 3。

表 1 偏航角控制精度等级

等级	偏航角控制精度 α
1	$\alpha \leq 0.005$
2	$0.005 < \alpha \leq 0.01$
3	$0.01 < \alpha \leq 0.03$
4	$0.03 < \alpha \leq 0.1$

表 2 深度控制精度等级

等级	深度控制精度 D
1	$D \leq 0.005$
2	$0.005 < D \leq 0.01$
3	$0.01 < D \leq 0.03$
4	$0.03 < D \leq 0.1$

表 3 高度控制精度等级

等级	高度控制精度 L
1	$L \leq 0.005$
2	$0.005 < L \leq 0.01$
3	$0.01 < L \leq 0.03$
4	$0.03 < L \leq 0.1$

5.3.5 通信带宽

水下机器人的脐带缆通信带宽应不小于 50 MHz。

5.3.6 误码率

水下机器人的脐带缆通信平均误码率应不大于 10^{-10} 。

5.4 安全

5.4.1 基本安全

水下机器人的水面部分的安全应符合 GB 11291.1 中设计要求及保护措施的相关规定。

5.4.2 接地

水下机器人、水面控制单元、手持式操纵盒以及动力源都应接地并有明显接地标识。不能明显表明 的接地点,应在其附近标明明显的接地标识。水面控制系统阻值不得超过 0.1 Ω ,水下机器人电控系统 阻值不得超过 1 Ω 。

5.4.3 绝缘电阻

要求如下:

- a) 水面控制单元动力交流电源电路与壳体之间绝缘电阻冷态时阻值应不小于 50 M Ω ,热态阻值 应不小于 1 M Ω ;
- b) 水下控制舱的电路与壳体之间的冷态绝缘电阻应不小于 20 M Ω ,热态绝缘阻值应不小于 1 M Ω ;
- c) 充油舱内的电路与壳体间的冷态绝缘阻值应不小于 10 M Ω ,热态绝缘阻值应不小于 0.5 M Ω ;
- d) 连接的水密电缆冷态绝缘电阻值应不小于 10 M Ω ,热态阻值应不小于 0.5 M Ω 。

5.5 环境适应性

5.5.1 环境温度

水下机器人在低温 0 $^{\circ}\text{C}$,高温 40 $^{\circ}\text{C}$ 的环境中,应能正常工作。

5.5.2 贮存温度

水下机器人的贮存温度在 -10 $^{\circ}\text{C}$ ~60 $^{\circ}\text{C}$ 之间。

5.5.3 静水压力

水下机器人的空舱、浮力材料,应能在标称的压力条件下不产生残余形变,试验结束后应能正常 工作。

5.5.4 振动

在频率 13.2 Hz~100 Hz、振幅 7 m/s² 的条件下,水下机器人的结构应运动灵活无明显变形,设备 表面无裂痕,紧固件无松动,以及各电性能稳定。

5.5.5 盐雾环境

在浓度为 4.9%~5.1%,pH 值 6.5~7.2(35 $^{\circ}\text{C}$)盐雾条件下,安装电子元器件的金属舱表面以及水

下机器人本体金属结构不得出现明显腐蚀现象。

5.6 电磁兼容

水下机器人各电子部件的射频电磁场辐射抗扰度和发射应符合 GB/T 10250 中最小抗扰度和发射要求,试验中应能正常工作。

5.7 电源适应性

水下机器人在电压波动不小于 $\pm 15\%$,频率波动不小于 $\pm 10\%$,零线电压波动不小于 $\pm 10\%$ 各自的范围内运行,工作应正常。

6 试验方法

6.1 外观和结构检查

方法如下:

- a) 目视和触摸检查水下机器人的外观、文字和标识;
- b) 检查水下机器人的连接件和主体材料。

6.2 功能检查

按如下步骤进行检查:

- a) 水下机器人放置在水池中,水面控制单元通过脐带缆与水下机器人建立通信后,水面控制单元应能够在屏幕上显示水下机器人水下姿态数据、部件工作状态反馈值以及监控视频等相关内容;
- b) 在空载下,输入相关指令控制水下机器人完成 5.2b)规定的相关运动,水下机器人的动作应与输入指令协调一致;
- c) 按照作业型水下机器人的作业功能,输入相关指令控制水下机器人,应能完成 5.2c)其中一项动作,实现作业功能。

6.3 性能试验

6.3.1 最大静水速度

在水下机器人的本体上安装惯导系统,将水下机器人放在水池中,让水下机器人定深在水面以下距离设备顶部 1 m 左右的深度处,通过手持操纵盒给定输入控制其进退和左右横移方向,让水下机器人本体以最高速度进退或左右横移,来回重复三次,记录惯导系统在测试界面上速度所显示的数据参数,最终的测量结果即测量值正负测量误差(方法误差+仪器误差+安装误差)。

6.3.2 总系柱推力

按如下步骤进行检查:

- a) 将水下机器人固定在系柱推力测试台上,一起放到水下测试;
- b) 系柱推力测试台与水下机器人本体通过 5 根钢丝绳连接,其中水平 4 根,底部 1 根,前进、横移和垂直方向各有一根钢丝绳带拉力传感器;
- c) 收紧不带拉力传感器的 2 根水平钢丝绳,使对应的拉力传感器显示有 120%左右的推力值,记录 3 个拉力传感器的输出值;
- d) 分别控制操纵手柄在三个方向的给定输入,让水下机器人本体以 0.005 Hz 左右的频率在进

退、左右移、升沉的极限转速之间正反向运动,来回重复五次取平均值;

- e) 记录 3 个拉力传感器读到的最大值与最小值,减去它们的初始值,就是机器人本体在前进、后退、侧向以及升沉三个方向上的最大系柱推力,最终的测量结果即测量值正负测量误差(方法误差+仪器误差+安装误差)。

6.3.3 负载能力

水下机器人的相关位置固定与最低负载能力相当的重块,机器人在水池中应处于基本水平的状态,且仍然可以通过垂直推进器实现垂直升降运动,最终的测量结果即测量值正负测量误差(方法误差+仪器误差+安装误差)。

6.3.4 控制精度等级

按以下步骤进行试验:

- a) 偏航角控制精度试验步骤如下:

- 1) 在水下机器人整机上加装标准的罗盘;
- 2) 用计算机代替水下机器人的操作手柄控制其偏航角;
- 3) 以 0.005 Hz 左右的频率控制水下机器人在 360°范围内正反向运动;
- 4) 记录计算机输入值与标准罗盘读到的水下机器人输出偏航角,来回重复五次取平均值;
- 5) 零速度下稳定后 5 min,计算闭环控制误差的最大均方差 E_{σ} ,计算最大均方差 E_{σ} 与水下机器人最小旋转角度的比值。

- b) 深度或高度控制精度试验步骤如下:

- 1) 在水下机器人整机上加装标准的深度或高度传感器;
- 2) 用计算机代替水下机器人的操作手柄控制其深度或高度;
- 3) 以 0.005 Hz 左右的频率控制水下机器人在额定工作水深的正负 10 m,或额定离底高度的正负 5 m 范围内正反向运动;
- 4) 记录计算机输入值与标准深度或高度传感器读到的水下机器人输出深度或高度,来回重复 6.3.4b)3) 五次取平均值;
- 5) 零速度下稳定后 5 min,计算闭环控制误差的深度和高度最大均方差 E_{σ} ,计算深度最大均方差 E_{σ} 与水下机器人额定工作深度比值,并计算高度最大均方差 E_{σ} 与高度计量程的比值。

6.3.5 通信带宽

光纤缆按 SJ 2737 光纤光缆带宽测量方法进行检测。脐带缆中的双绞线或同轴缆通过网络测试仪进行测试,以一定的速率发送一定长度的数据包,同时以一定的速率发送背景流量,通过观察数据包丢包率的变化情况来确定脐带缆的有效带宽。

6.3.6 误码率

对于带光纤缆的脐带缆的光纤缆两端分别连接误码率监测仪和数字发生器,通过数字发生器和光缆之间连接的光端机作为光发送部分,然后在误码率检测仪和光缆之间的光端机进行接收,测试值应不大于 10^{-10} 。脐带缆中的其他信号缆可直接通过误码率测试仪进行测试。

6.4 安全要求试验

6.4.1 基本安全

按 GB 11291.1 设计要求及保护措施规定的方法对水下机器人水面部分进行功能检测。

6.4.2 接地试验

测试水下机器人的接地电阻。

6.4.3 绝缘电阻

按 GB 5226.1 规定的绝缘电阻试验要求检验。

6.5 环境适应性试验

6.5.1 温度试验

将推进器、液压源、控制舱、摄像和灯等搭载部件或整机分别按照 GB/T 32065.2、GB/T 32065.4 规定的方法,进行储存温度和工作温度的高低温试验。

6.5.2 静水压力试验

水下机器人的空舱、浮力材料静水压力,按照 GB/T 32065.15 规定的方法进行试验;充油电路按照 GB/T 32065.15 进行带电试验,电路工作应正常。

6.5.3 振动试验

按 GB/T 32065.14 规定的方法进行试验。

6.5.4 盐雾试验

按 GB/T 32065.10 规定的方法,对安装电子元器件的金属舱以及水下机器人本体金属结构进行试验。

6.6 电磁兼容

按 GB/T 10250 规定的方法进行检测。

6.7 电源适应性

在电源额定电压的 $\pm 15\%$ 范围内时,水下机器人各运行 15 min,运行中工作应正常。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验,具体情况如下:

- a) 有下列情况之一者需要进行型式检验:
 - 1) 定型样机鉴定时;
 - 2) 结构、工艺有重大改变,直接影响性能时;
 - 3) 合同规定。
- b) 正常生产时仅进行出厂检验。

7.2 型式检验

7.2.1 检验项目

检验项目按表 4 规定执行。

7.2.2 抽样

不足 1 台按 1 台计,数量大于 5 台时,抽取 20%。

7.2.3 合格判据

所有检验项目均符合规定的要求时,则判定检验合格。若发现某个检验项目不合格,应停止检验,并在采取纠正措施后,根据缺陷的严重程度,经协商可重新进行全检或仅对不合格项进行检验。若再次检验仍不合格,则判定检验不合格。

7.3 出厂检验

7.3.1 检验项目

检验项目按表 4 规定执行。

7.3.2 抽样

检验抽样应全检或按合同规定。

7.3.3 合格判据

经过对规定检验项目的检验,其性能符合规定的要求,判为合格。若有不合格的检验项目,应查明原因,采取纠正措施后再对不合格项目和相关项目进行检验,若仍有不合格项目,则判为不合格。

表 4 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	外观和结构	√	√
2	功能要求	√	√
3	最大静水速度	√	√
4	总系柱推力	√	√
5	负载能力	√	√
6	控制精度等级	√	√
7	通信带宽	√	√
8	误码率	√	√
9	基本安全	√	√
10	接地	√	√
11	绝缘电阻	√	√
12	环境温度	—	√
13	贮存温度	—	√
14	静水压力	—	√
15	振动	—	√
16	盐雾环境	—	√
17	电磁兼容	—	√
18	电源适应性	—	√
注:“√”为应选;“—”为不选。			

8 标识和随机文件

8.1 标识

8.1.1 标牌

水下机器人的产品上应装有标牌。标牌上应包括下述内容：

- a) 产品名称；
- b) 型号规格；
- c) 主要参数；
- d) 制造者名称及地址；
- e) 出厂编号。

8.1.2 包装标识

包装箱外表面上，应按 GB/T 191 规定做图示标识。

8.2 随机文件

随机文件包括：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证明书；
- c) 使用说明书及安装图；
- d) 随机备件、附件及软件；
- e) 其他相关技术资料。

9 包装、运输及贮存

9.1 包装

9.1.1 包装应适合陆运和水运的运输装载要求。

9.1.2 包装箱内应填有防震材料。

9.1.3 包装箱外壁应有明显而不易涂抹的文字和标识，内容包括：

- a) 防火、防潮、防震、小心轻放、严禁倒置标识；
- b) 产品名称型号；
- c) 产品数量及编号；
- d) 出厂日期。

9.1.4 控制装置应单独包装，随机文件应用塑料袋封装，放在包装箱内，并在箱外注明内装技术文件。

9.2 运输

9.2.1 应在 9.1 所述包装完好的条件下运输、装卸时，应保持包装箱的竖立位置，并不得堆放。

9.2.2 配套设备及配件应同时发送，单独提供的配件可另行装箱发货。

9.3 贮存

长期存放的水下机器人，贮存在岸上时应防油、防火、防潮、防烈日暴晒等。其周围环境应无腐蚀、易燃气体，无强烈机械振动、冲击及强磁场。

中 华 人 民 共 和 国
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

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)

网址:www.spc.org.cn

服务热线:400-168-0010

2019 年 1 月第一版

*

书号:155066·1-61988

版权专有 侵权必究



GB/T 36896.1—2018