

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

淡水水下救援机器人通用技术条件

General specification for freshwater underwater rescue robots

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2024年9月)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	2
4.1 按任务分类:	3
4.2 按拖缆方式分类:	3
4.3 按控制方式分类:	3
5 技术要求	3
5.1 一般要求	3
5.2 功能要求	3
5.3 零部件要求	4
5.4 性能要求	4
5.5 基本安全要求	5
5.6 环境适应性	6
6 试验方法	7
6.1 一般要求	7
6.2 功能检查	7
6.3 零部件检查	7
6.4 性能测试	8
6.5 安全要求试验	11
6.6 环境适应性试验	12
7 检验规则	13
7.1 检验分类	13
7.2 出厂检验	14
7.3 型式检验	14
8 标志、使用说明书、包装、运输、贮存	14
8.1 标志	14
8.2 使用说明书	14
8.3 包装	14
8.4 运输	15
8.5 贮存	15
参 考 文 献	16

前 言

本文件按照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》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国工业机械联合会提出。

本文件由全国机器人标准化技术委员会（SAC/TC591）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

淡水水下救援机器人通用技术条件

1 范围

本文件规定了淡水水下救援机器人（以下简称“机器人”）的分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、使用说明书、包装、运输和贮存等要求。

本文件适用于进入淡水水域灾害现场进行观测并执行水下生命等目标搜索与救援任务的机器人系统制造、使用和管理。应用于其他水域的机器人参照使用。

注：作业场景主要包括湖泊、池塘、水库、河流、水渠等水域，或因洪涝等灾害形成的水域空间。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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/T 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 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 11533 标准对数视力表
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 21412.5 石油天然气工业 水下生产系统的设计和操作 第5部分：水下脐带缆
- GB/T 32065.2 海洋仪器环境试验方法 第2部分：低温试验
- GB/T 32065.3 海洋仪器环境试验方法 第3部分：低温贮存试验
- GB/T 32065.4 海洋仪器环境试验方法 第4部分：高温试验
- GB/T 32065.5 海洋仪器环境试验方法 第5部分：高温贮存试验
- GB/T 32065.7 海洋仪器环境试验方法 第7部分：交变湿热试验
- GB/T 32065.8 海洋仪器环境试验方法 第8部分：温度变化试验
- 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 36239.2 特种机器人 术语 第2部分：通用术语
- GB/T 36896.1 轻型有缆遥控水下机器人 第一部分：总则
- GB/T 37703 地面废墟搜救机器人通用技术条件
- GB/T 38326 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 抗扰度试验
- GB/T 38336 工业、科学和医疗机器人 电磁兼容 发射测试方法和限值
- GB/T 39266 工业机器人机械环境可靠性要求和测试方法
- GB/T 43849 水下机器人整机及零部件基本环境试验方法 水静压力试验方法
- GJB 1916.4 舰船用低烟电缆和软线通用规范 第4部分：质量保证规定
- ISO 18646-2 机器人技术 服务机器人性能标准及相关测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

淡水水下救援机器人 freshwater underwater rescue robots

具备水下移动作业能力，可进入湖泊、池塘、水库、河流、水渠等水域，或因洪涝等灾害形成的水域空间，用于辅助或替代救援人员执行幸存者搜救、环境探测等任务的特种机器人。

注：一般由移动平台、感知装置和搜救装置等组成。

3.2

移动平台 mobile platform

能够移动机器人整体位姿发生改变的载体。

[来源：GB/T 36239-2018, 2.1.8]

3.3

感知装置 sensing device

获取机器人自身状态（艏向、俯仰、横滚）和基本环境信息（深度、舱外温度）的装置。

3.4

搜救装置 search and rescue device

可搭载于机器人用于水下生命等目标搜索和救援的装置，包括搜索载荷和救援载荷。

3.4.1

搜索装置 search device

可搭载于机器人用于目标探测的装置。

注：如声学探测载荷、光学探测载荷、物化探测载荷和其他载荷。

3.4.2

救援装置 rescue device

可搭载于机器人用于水下生命救援的装置。

注：如抓取移动载荷（机械手）、空气输送载荷、切割破拆载荷和其他载荷。

3.5

额定速度 rated speed

移动平台在额定负载及正常运行条件下，允许达到的最大速度。

[来源：ISO18646-2:2024, 3.8]

3.6

负载 load

在规定的速度和加速度条件下，沿着运动的各个方向，机械接口或移动平台处可承受的力和/或扭矩。

3.7

操控单元 operation control unit

通过操作员与机器人之间的信息交互，实现操作、控制机器人的装置。

[来源：GB/T 36239-2018, 2.5.2]

3.8

脐带缆 umbilical

功能部件的集合，如电缆、光缆、软管和金属管，通过成缆、捆扎或相互组合的方式制作，通常可提供液压、流体注入、电力与/或通信服务。

[来源：GB/T 21412.5-2017, 3.1.47]

4 分类

4.1 按任务分类:

- a) 搜索型;
- b) 救援型;
- c) 搜救型。

4.2 按拖缆方式分类:

- a) 有缆型;
- b) 无缆型;
- c) 混合型。

4.3 按控制方式分类:

- a) 遥控辅助型;
- b) 半自主控制型;
- c) 自主控制型。

5 技术要求

5.1 一般要求

机器人外观和结构应符合以下要求:

- a) 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;
- b) 主体材料若采用金属材料制作,宜采用同种金属,不同金属的部件间应进行电化学隔离;
- c) 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;
- d) 文字、符号和标识应清晰、端正。

5.2 功能要求

机器人的基本功能配置应符合表1规定。

表1 淡水水下救援机器人基本功能要求

功能		淡水水下救援机器人		
		搜索型	救援型	搜救型
平台功能	姿态感知	▲	▲	▲
	运动控制	▲	▲	▲
作业功能	环境信息获取	▲	▲	▲
	生命搜索	▲	-	▲
	生命救援	-	▲	▲
载荷接口	搜索载荷接口	▲	-	▲
	救援载荷接口	-	▲	▲
环境适应性	环境气候	▲	▲	▲
	防水密封、防腐蚀	▲	▲	▲

	耐运输性	▲	▲	▲
注：“▲”表示该分类机器人应配置的功能；“-”表示该分类机器人无此功能。				

5.3 零部件要求

零部件应满足以下要求：

- a) 机器人本体、控制台应采用经过检验的可靠零部件，所使用的材料、标准件、外购件应具有合格证或检验证明；
- b) 所采购的材料、标准件、机电零件应具有产品合格证或其他质量证明文件。

5.4 性能要求

5.4.1 运动能力

额定负载及正常工作状态下，机器人应具备三维运动能力。

5.4.2 抗流能力

额定负载及正常工作状态下，最大抗流能力宜不低于1节。

5.4.3 最大作业深度

机器人在额定负载及正常工作状态下，最大作业深度应不小于150m。

5.4.4 控制能力

机器人的响应应与输入指令协调一致，有缆机器人控制指令与动作延迟时间间隔小于0.2s，无缆机器人控制指令与动作延迟时间间隔小于2s。

5.4.5 感知能力

机器人应至少可获取姿态（艏向、俯仰、横滚）、深度、舱内温度、舱外温度等信息。

5.4.6 图像视频采集载荷

水下光学成像设备获取水下场景图像帧率应不小于30fps，要求返回图像和数据信息清晰完整。

5.4.7 声呐载荷

机器人若搭载探测成像声呐载荷，探测距离应不小于10米，测距精度应不低于0.1米。其他指标或搭载其他声呐载荷应符合产品设计要求（例如产品标准、合同等）。

5.4.8 定位精度

符合产品设计要求（例如产品标准、合同等）。

5.4.9 切割破拆能力

机器人可选配搭载切割工具，该工具应在水下可切割10mm厚的Q235钢板，切割速度应不低于20mm/min。

5.4.10 剪切能力

机器人可选配剪切工具，该工具应在水下可剪切不小于10mm直径的尼龙绳。

5.4.11 空气输送能力

机器人可选配空气输送载荷，可供1名受困人员呼吸不低于20分钟。

5.4.12 机械手作业能力

机器人可选配适用于具体救援场景的机械手，机械手末端夹持力应不小于7Kgf，末端闭合锁紧后抗拉力应不小于7Kgf，机械手末端工作范围应位于视觉部件可视范围内。

5.4.13 负载能力

机器人最低负载质量应不小于自身机器人本体质量20%，最小应不小于3kg。

5.4.14 载荷接口

搜索型机器人应搭载不少于2种生命搜索相关载荷接口，救援型机器人应搭载不少于2种生命救援相关载荷接口，搜救型机器人应搭载生命搜索相关载荷和生命救援相关载荷接口各不少于1种。

5.4.15 通信或存储能力

通信或存储能力应满足以下要求：

- a) 机器人可选配水声通信机，该通信机的平均通讯速率不应低于1000bps；
- b) 使用脐带缆进行通信的机器人的平均通信速率不应小于50Mbps，平均误码率不应大于 10^{-10} ；
- c) 存储空间不应小于机器人最大持续工作时间所采集数据量。

5.4.16 持续工作时间

若使用便携式能源供电（如锂电池等）的机器人在不更换能源模组的情况下，正常连续运行的持续工作时间不应小于4小时。

5.4.17 可靠性

机器人平均无故障工作时间（MTBF）不应低于100小时。

5.5 基本安全要求

5.5.1 漏水报警

48V以上用电的机器人密封舱体应具备漏水检测功能，如发生漏水，有缆型和混合型机器人应发出报警信息至操控单元，无缆型应将报警信息和发生时间记录于机器人工作日志中。

5.5.2 绝缘在线检测

外部供电有缆机器人应具备脐带缆电路在线绝缘检测功能，如绝缘电阻不满足5.5.5(d)要求，应发出报警信息至操控单元。

5.5.3 脐带缆破断力

脐带缆破断拉力应不小于机器人本体自重（空气中）的5倍。

5.5.4 接地

机器人、水面控制单元及动力源应可靠接地并有明显接地标识。如无法明显标识，应在其附近标明接地位置。水面控制系统接地电阻阻值不得超过 $0.1\ \Omega$ ，水下机器人电控系统接地电阻阻值不得超过 $1\ \Omega$ 。

5.5.5 绝缘电阻

机器人绝缘电阻应符合以下要求：

- 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 $50\text{M}\ \Omega$ ，热态阻值应不小于 $1\ \text{M}\ \Omega$ ；
- 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 $20\text{M}\ \Omega$ ，热态绝缘阻值应不小于 $1\ \text{M}\ \Omega$ ；
- c) 充油舱内的电路与壳体间的冷态绝缘阻值应不小于 $10\text{M}\ \Omega$ ，热态绝缘阻值应不小于 $0.5\text{M}\ \Omega$ ；
- d) 连接的水密电缆冷态绝缘电阻值应不小于 $10\text{M}\ \Omega$ ，热态阻值应不小于 $0.5\text{M}\ \Omega$ 。

5.5.6 电源适用性

机器人供电电源应能在下列电源条件下正常运行：

a) 外部供电式

机器人在电压波动不小于 $\pm 10\%$ ，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。

b) 内部供电式

采用电池作为动力源的机器人，应在 $0.85\sim 1.15$ 倍标称电压下正常工作。

5.6 环境适应性

5.6.1 温度适应性

5.6.1.1 工作温度

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

5.6.1.2 贮存温度

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

5.6.1.3 温度变化

机器人应在 $0\sim 40\ ^\circ\text{C}$ 工作温度范围内进行温度变化试验，试验后，机器人应能正常工作，且各电气部件无异常。

5.6.2 振动

在频率 $13.2\ \text{H z}\sim 100\ \text{H z}$ 、振幅 $7\ \text{m}/\text{S}^2$ 的条件下，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。

5.6.3 抗腐蚀能力

在浓度为 $4.9\%\sim 5.1\%$ ，pH 值 $6.5\sim 7.2$ （ $35\ ^\circ\text{C}$ ）盐雾条件下，放置16h，安装电子元器件的金属舱表面以及机器人本体金属结构不得出现明显腐蚀现象。

5.6.4 耐交变湿热

机器人应能承受严酷等级为温度40℃，相对湿度为93%±3%（当40℃±2℃）和相对湿度>95%（当25℃±3℃），时间为12h+12h的耐交变湿热试验。试验结束后，检测在交变湿热条件下产品的绝缘电阻，其值应符合7.5.1的规定，且产品应能正常运行。

5.6.5 耐泥沙

机器人应在沙子和水质量比例不低于1:20的泥沙环境中进行运行试验，试验后，机器人应能正常工作，且各电气部件无异常。

5.7 电磁兼容性

机器人应能在其使用运行的电磁环境下保证系统安全工作，且不对公共电磁信号产生干扰，电磁兼容性应符合表2要求。

表2 电磁兼容性要求

类型	项目	要求
发射	辐射发射	满足GB/T 38336中6.3规定的A类限值
抗扰度	静电放电	性能判据不低于B级，满足GB/T 38326中6.1的规定
	射频电磁场辐射	性能判据不低于A级，满足GB/T 38326中6.1的规定
	工频磁场	性能判据不低于A级，满足GB/T 38326中6.1的规定

6 试验方法

6.1 一般要求

6.1.1 一般试验条件

水池联调试验在系统完成各功能模块测试后进行，利用人工水池对机器人整机性能进行水下试验，并对其性能进行验收记录。

湖试在系统完成水池联调试验后进行，利用江河湖泊等天然水域对机器人整机性能进行水下试验，并对其性能进行验收记录。

6.1.2 外观和结构检查

应在常规环境条件、机器人处于初始状态下进行目测观察检验。

6.2 功能检查

按如下步骤进行检查：

- 机器人放置在水池中，水面控制单元与机器人建立通信后，水面控制单元应能够在屏幕上显示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；
- 输入相关指令控制机器人完成规定的相关运动，机器人的动作应与输入指令协调一致；
- 按照机器人的作业功能，输入相关指令控制机器人，实现生命等目标搜索或救援作业功能。

6.3 零部件检查

检查机器人所用的材料、标准件、机电零件应具有产品合格证、质量证明文件或第三方检测报告。

6.4 性能测试

6.4.1 运动能力

按如下步骤进行检查基本运动能力：

- a) 机器人按工作状态要求安装调试完毕；
- b) 将机器人放在水池中，机器人定深深度应大于1m；
- c) 通过操纵单元输入前进、后退、上浮、下潜、横移或转向等一系列控制指令，
- d) 观察是否可完成三维空间运动。

6.4.2 抗流能力

按如下步骤进行检查抗流能力：

- a) 将机器人放置在符合流速要求的试验水域内；
- b) 设定指定期望位置为机器人起始位置，对机器人进行操控；
- c) 连续航行5分钟，机器人需控制在距离起始位置5米的范围内，
- d) 若为有缆机器人，需在线缆松弛状态下进行测试；
- e) 测试过程中，机器人不应超过距离起始位置5米范围2次（含）为合格。

6.4.3 最大作业深度

机器人各承压零部件进行水静压力测试，最终以各承压零部件中承压能力最小的压力值对应水深为最大作业深度。

水静压力试验方法应参照GB/T 43849-2024。

6.4.4 控制性能

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人放置在空气中，建立与控制单元的通信；
- b) 通过操纵单元输入相关指令控制机器人完成对应响应，通过机器人内部计时器或外部计时设备进行计时并计算延时时间；
- c) 重复步骤b)10次，应全部满足5.4.4的规定。

6.4.5 环境信息获取

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人放置在水池中，建立与水面控制单元的通信；
- b) 通过目视检查显示界面正常显示姿态（艏向、俯仰、横滚）、深度、舱内温度、舱外温度等信息。

6.4.6 图像视频采集

按如下步骤进行检查：

- a) 在如图 1所示的水池中，装配标准视力表，标准视力表满足GB/T 11533的规定。检测人员视力不小于5.0，避免阳光或强光照射，且无其余干扰光源，模拟水下工作场景，将机器人浸没于该环境中，通过操纵单元控制机器人采集抵达A点附近，开启光学摄像机进行数据采集，采集1分钟数据；
- b) 检测人员能够清晰观察到视力表中视力4.0以上的“E”形视标；
- c) 软件对采集数据抽帧，确认每秒摄像机数据所包含图像帧数。

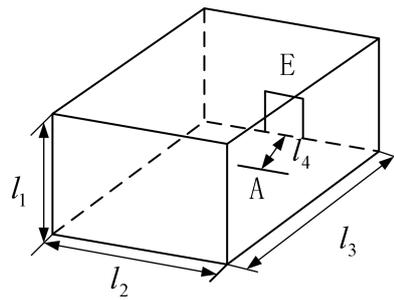


图 1 测试环境一

说明:

A——测试停止线

E——标准视力表

表 3 测试环境尺寸要求

单位: m

l_1	l_2	l_3	l_4
>2	>3	>3	>0.3

6.4.7 声呐指标

机器人若搭载探测成像声呐载荷,按如下步骤进行检查:

- 在如图2所示的水池中,模拟水下工作场景,将机器人浸没于该环境中,通过操纵单元控制机器人采集抵达A点附近,调整机器人艏向,使声呐载荷正对E面墙壁;
- 开启声呐载荷探测,至探测画面出现明显轮廓分界线,标定探测距离;
- 向后移动机器人,至机器人距探测墙壁距离 l_4 为10米,观察轮廓分界线是否清晰;
- 并记录此时声呐探测轮廓分界线距离测量值,该值与 l_4 的差值差记为测距精度;
- 继续向后移动机器人,至探测到的轮廓分界线不可清晰分辨,记录此时 l_4 值为探测距离;
- 比较试验结果与性能指标要求的符合程度。

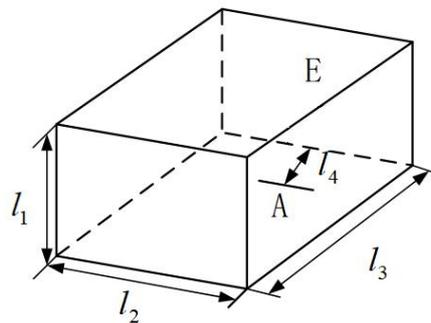


图 2 测试环境二

说明:

A——测试开始点

E——探测对象墙面。

6.4.8 定位精度

按如下步骤进行检查：

- a) 在外场水域中放置沉底目标物，放置水深不大于5米，目标物系挂浮标露出水面；
- b) 标记浮标绝对位置作为目标物真实位置坐标；
- c) 机器人携带组合导航及定位元件，运行50米后，在水面以下，航行至目标物位置；
- d) 读取机器人位置坐标数据，与目标物真实位置坐标进行对比，差值计为定位精度；
- e) 经3次重复试验测算平均定位精度。

6.4.9 切割破拆

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人携带切割破拆装置，在水下切割厚度为10mm的Q235钢板；
- b) 记录切割破拆装置的切割时间、切割厚度，以及切割长度；
- c) 重复5次步骤b)，单位时间内的平均切割长度作为最终的测量结果即测量值正负测量误差。

6.4.10 剪切装置

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人携带剪切装置，在水下剪切直径为不小于10mm的尼龙绳；
- b) 重复5次步骤a)，5次全部剪切成功为合格。

6.4.11 空气输送能力

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人携带空气输送载荷，在水池中，机器人打开压缩空气调节阀，在规定范围调节流量不低于1.5L/min，开启计时；
- b) 观测压力表，在0.2MPa的剩余压力时，停止计时，记录测量时间；
- c) 重复3次步骤a)和b)，多次重复记录，求取平均值作为载荷输送时间。

6.4.12 机械手性能试验

6.4.12.1 夹持力

机械手夹紧力按如下步骤进行检查：

- a) 将机械手固定在具有力测量能力的试验平台上；
- b) 闭合机械手末端执行器，末端执行器夹紧试验平台测量点，记录测量到的力的大小；
- c) 重复以上步骤 5次，计算平均值。

6.4.12.2 抗拉力

机械手抗拉力按如下步骤进行检查：

- a) 将机械手竖直向上固定在具备拉力测量能力的试验平台上；
- b) 将机械手末端执行器闭合并握紧，试验平台拉力牵引部件应被机械手末端握紧；
- c) 开启试验平台拉力测量；
- c) 重复以上步骤 5次，每次均稳定握紧。

6.4.13 负载能力

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人按工作状态要求安装调试完毕；

- b) 将机器人搭载额定负载放在水池中，让机器人定深在水面以下距离设备顶部1m左右的深度处；
- c) 测量机器人高度位置和水平角度变化，持续记录5min；
- d) 操作机器人进行垂直升降。

6.4.14 载荷接口

按如下步骤进行检查：

- a) 将机器人按使用状态完成接线；
- b) 根据厂商提供的使用手册或其他技术文件，目视确认载荷接口数量；
- c) 根据机器人载荷接口和协议类型，进行上电测试，应保证接口符合载荷使用要求。

6.4.15 通信或存储

6.4.15.1 水声通信

若机器人搭载水声通信机，按如下步骤进行检查：

- a) 将机器人正常上电工作，操作至置于水深不低于5米，收发距离不低于10米，水温25℃(±5℃)；
- b) 打开声通信机和接收器；
- c) 利用声通信机进行指令收发测试，接收器接收信号，通过相关软件反馈通信速率，其速率应不低于1000bps；
- d) 重复10次步骤c)，通讯成功次数应大于8次。

6.4.15.2 脐带缆通信

机器人的脐带缆通信测试应按GB/T 36896.1-2018规定的试验程序进行试验，其结果应符合6.3.5和6.3.6的要求。

6.4.15.3 存储能力

存储能力方面，按如下步骤进行检查：

- a) 将机器人正常上电工作，操作至置于水深不低于2米；
- b) 主要载荷处于工作状态并记录数据，持续工作4小时；
- c) 查验电子舱硬盘容量，能够存储工作时间内全部原始数据则认为该指标合格。

6.4.16 持续工作时间

按如下步骤进行检查：

- a) 机器人按工作状态要求安装调试完毕；
- b) 将机器人搭载额定负载放在水池中，操作机器人以典型工作状态在水下进行作业，观察功能和性能变化；
- c) 记录作业时间。

6.4.17 可靠性

应按GB/T 39266-2020规定的方法进行试验，机器人平均无故障工作时间（MTBF）应 ≥ 100 h。

6.5 安全要求试验

6.5.1 漏水检测

将具备漏水检测功能的机器人舱体内部元件与舱体分离,将漏水检测装置主要检测点浸没于淡水中,接通电源,有缆型和混合型机器人应能在操控单元上显示漏水检测报警信息,无缆型机器人应能在工作日志中读取漏水检测报警信息和发生时间。

6.5.2 绝缘在线检测

将机器人脐带缆与接地端串接 $\leq 10\text{M}\Omega$ 电阻,应能在操控单元上显示绝缘报警信息。

6.5.3 脐带缆破断力

取不少于25米拖缆两端用夹具固定,按照GJB 1916-1994中4.5.14进行,将拖缆卷绕在牵引轮上至少4圈,拉伸速度为不低于 600N/s ,记录破断时的最大力值 $F(\text{kN})$ 。

6.5.4 接地试验

应按GB/T 5226.1规定的保护接地电路的连续性试验方法检验。

6.5.5 绝缘电阻

应按GB/T 5226.1规定的绝缘电阻试验方法检验。

6.5.6 电源适用性

在5.5.6中规定的电压波动范围内,机器人运行15分钟,应能正常工作。

6.6 环境适应性试验

6.6.1 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,试验结束后按6.2的要求验证机器人功能。

6.6.2 振动试验

应按 GB/T 32065.14规定的方法进行试验。

6.6.3 抗腐蚀能力

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

6.6.4 贮存温度

将机器人整机分别按照 GB/T 32065.3 及 GB/T 32065.5 规定的方法,进行贮存温度的高低温试验。

6.6.5 交变湿热试验

应按 GB/T 32065.7 规定的方法进行试验。

6.6.6 温度变化试验

应按 GB/T 32065.8 规定的方法进行试验。

6.6.7 泥沙环境试验

按如下步骤进行试验:

- a) 机器人按工作状态要求安装调试完毕；
- b) 将机器人搭载额定负载放在沙子（标准河沙）和水质量比例不低于 1：20 的泥沙环境中，操作机器人以典型工作状态运行 2 小时；
- c) 观察机器人状态，应能正常工作。

6.7 电磁兼容

6.7.1 辐射发射

辐射发射试验按照GB/T 38336中5的规定执行。

6.7.2 静电放电抗扰度

静电放电抗扰度试验按照 GB/T 38326中表3的规定执行。

6.7.3 辐射抗扰度

辐射抗扰度试验按照 GB/T 38326中表3的规定执行

6.7.4 工频磁场抗扰度

工频磁场抗扰度试验按照 GB/T 38326中表3的规定执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验（交收检验）和型式检验（例行检验）。

表 4 检验类别适用表

序号	检验项目	技术要求	检验方法	出厂检验	型式检验	
1	外观和结构	5.1.2	6.1.2	√	√	
2	性能	运动能力	5.4.1	6.4.1	√	√
3		最大作业深度	5.4.2	6.4.2	√	√
4		控制性能	5.4.3	6.4.3	√	√
5		环境信息获取	5.4.4	6.4.4	√	√
6		图像视频采集	5.4.5	6.4.5	√	√
7		声呐指标	5.4.6	6.4.6	√	√
8		定位精度	5.4.7	6.4.7	√	√
9		切割破拆	5.4.8	6.4.8	√	√
10		空气输送量	5.4.9	6.4.9	√	√
11		机械手	5.4.10	6.4.10	√	√
12	负载能力	5.4.11	6.4.11	—	√	

序号	检验项目	技术要求	检验方法	出厂检验	型式检验	
13		载荷接口	5.4.12	6.4.12	—	√
14		通讯或存储	5.4.13	6.4.13	—	√
15		持续工作时间	5.4.14	6.4.14	—	√
16		可靠性	5.4.15	6.4.15	—	√
17	安全	基本安全	5.4.16	6.5.1	—	√
18		接地	5.4.17	6.5.2	√	√
19		绝缘电阻	5.4.18	6.5.3	√	√
20	环境适应性	温度	5.5.1	6.6.1	—	√
22		振动	5.5.3	6.6.3	—	√
23		抗腐蚀	5.5.4	6.6.4	—	√
24		电磁兼容	5.5.5	6.6.5	—	√
25		电源适用性	5.5.6	6.6.6	—	√
注：“√”表示进行该项检验，“—”表示不进行该项检验。						

7.2 出厂检验

出厂检验应逐台检验，全部检验合格后方可出厂。

7.3 型式检验

下列情况之一时，一般应进行型式检验：

- a) 定型样机鉴定时；
- b) 结构、工艺有重大改变，直接影响性能时；
- c) 合同规定。

8 标志、使用说明书、包装、运输、贮存

8.1 标志

机器人应有永久性铭牌，铭牌上应包括：产品名称、型号、识别编号、生产日期、制造厂家名称等。

8.2 使用说明书

使用说明书按GB/T 9969的规定编写，说明书应给出机器人关键指标，如运动能力等。

8.3 包装

包装应满足以下要求：

- a) 包装箱应选用轻质材料，符合 GB/T 13384 的规定；
- a) 包装标志应符合 GB/T 191 中的规定；

- b) 包装箱内用衬垫定位，不许串动、相碰撞；
- c) 包装箱应防尘、防雨、防腐蚀；
- d) 包装箱内应附装箱清单、产品质量合格证、使用说明书、备件及专用工具。

8.4 运输

在包装完好的条件下运输、装卸时，应按厂家要求放置，并不得堆放。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。

8.5 贮存

长期存放的机器人，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。

参 考 文 献

- [1] GB/T 32065.7-2015 海洋仪器环境试验方法第7部分：交变湿热试验
 - [2] GB/T 32065.8-2020 海洋仪器环境试验方法 第 8 部分：温度变化试验要求
 - [3] GB/T 37414.1-2019 《工业机器人电气设备及系统 第1部分：控制装置技术条件》
-