

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXX—202X

水下滑翔机通用技术要求
(报批稿)

General technical requirements for autonomous underwater glider

202X-XX-XX 发布

202X-XX-实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 分类	3
5 技术要求	3
5.1 外观要求	3
5.2 基本技术指标	3
5.3 主要功能指标	4
5.4 环境适用性	4
5.5 电磁兼容性	5
5.6 电源适应性	6
5.7 安全	6
6 检验方法	6
6.1 外观检查	6
6.2 基本技术指标检查	6
6.3 主要功能检查	7
6.4 环境适应性检查	8
6.5 电磁兼容试验	9
6.6 电源适用性试验	9
6.7 安全要求试验	9
7 检验规则	9
7.1 出厂检验	9
7.2 型式检验	10
8 标志、包装、运输、贮存	11
8.1 标志	11
8.2 包装	11
8.3 运输	12
8.4 贮存	12

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（TC283）归口。

本文件起草单位：天津大学、自然资源部第一海洋研究所、自然资源部第二海洋研究所、北京蔚海明祥科技有限公司、中国船舶重工集团有限公司第七一〇研究所。

本文件主要起草人：王树新、王延辉、牛文栋、兰世泉、杨绍琼、马伟、刘玉红、张宏伟、杨亚楠、王岩峰、张涛、辛爱学、张云海。

水下滑翔机通用技术要求

1 范围

本文件规定了水下滑翔机的分类、技术要求、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。本文件适用于水下滑翔机的设计、生产和检验。

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 4793.1-2007 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求
- GB/T 4857.11 包装 运输包装件 基本试验 第11部分：水平冲击试验方法
- GB/T 4857.20 包装 运输包装件 碰撞试验方法
- GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3-2016 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.16-2007 电磁兼容 试验和测量技术 0Hz~150kHz 共模传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 32065.1 海洋仪器环境试验方法 第1部分：总则
- 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 32065.15 海洋仪器环境试验方法 第15部分：水压试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水下滑翔机 autonomous underwater glider, AUG

主要依靠调节重浮力差实现浮沉，借助水动力实现水中滑翔前进的水下无人飞行器。

3.2

耐压壳体 pressure hull

能够承受静水压力、具有良好的水密性能并提供有效载荷安装空间的舱体。

注：包括金属或玻璃、陶瓷、高分子复合材料等非金属制成的圆柱形、球形、椭球型等外形壳体。

3.3

剖面 profile

水下滑翔机在水中的运动方式，以一次下潜和上浮为一个周期。

3.4

最大滑翔速度 maximum gliding speed

水下滑翔机在静水环境中稳态滑翔时的最大运动速度。

3.5

最大工作深度 maximum working depth

在正常工作状态下，水下滑翔机能达到的最大水深。

3.6

负载重量 payload

水下滑翔机能够携带的附加仪器、作业工具等的总重量。

3.7

最大航程 maximum voyage

水下滑翔机配置满载电池和基本传感器，连续正常滑翔航行所累计的水平极限距离。

3.8

最长工作时间 maximum running time

水下滑翔机配置满载电池和基本传感器，连续正常滑翔航行所累计的极限时间。

3.9

甲板控制单元 deck control unit

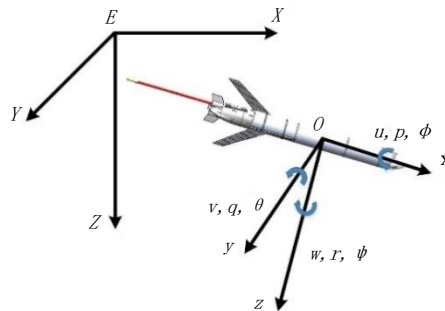
通过内部集成的通信设备与水下滑翔机本体通信设备进行相互通信的电气控制单元。

3.10

俯仰角 pitch angle

本体坐标系 Ox 轴与地面坐标系 EXY 平面的夹角，标记为 θ 。水下滑翔机坐标系定义见图 1。

注：水下滑翔机头部偏向 EXY 平面之上时，其值为正。



注 1：本体坐标系（标记为 S_o ）又称固连坐标系，该坐标系的各轴固连在水下滑翔机本体上，与飞行器同步运动。将水下滑翔机的浮心 O 选做本体坐标系的原点， Ox 轴沿水下滑翔机的纵轴，向前为正， Oz 轴位于水下滑翔机纵剖面内且垂直于 Ox 轴，当水下滑翔机在海面正常漂浮时，其指向下为正， Oy 轴垂直于 Ox 轴和 Oz 轴，方向满足右手定则。

注 2：地面坐标系（标记为 S_E ）的各轴与地面固连，其坐标系的原点 E 可选在地面任意处。将水下滑翔机的入水点作为坐标系原点，且 EX 轴在水平面内，指向水下滑翔机的初始运动方向， EZ 轴垂直水面朝下， EY 轴分别与 EX 轴和 EZ 轴垂直，方向由坐标系右手定则决定。

图 1 水下滑翔机坐标系定义

4 分类

4.1 根据搭载任务传感器种类不同，水下滑翔机可分为：

- a) 环境观测型；
- b) 目标探测型；
- c) 水下通信中继型。

4.2 根据最大工作深度 (H) 不同，水下滑翔机可分为：

- a) 浅水型 ($H \leq 200\text{m}$)；
- b) 深水型 ($200 < H \leq 1000$)；
- c) 大深度型 ($1000 < H \leq 6000$)；
- d) 深渊型 ($H > 6000\text{m}$)。

4.3 根据使用能源类型不同，水下滑翔机可分为：

- a) 电能型；
- b) 海洋环境能量收集型。

4.4 根据驱动方式不同，水下滑翔机可分为：

- a) 浮力驱动型；
- b) 混合驱动型。

4.5 根据排水量 (M) 不同，水下滑翔机可分为：

- a) 迷你型 ($M \leq 10\text{kg}$)；
- b) 微小型 ($10\text{kg} < M \leq 50\text{kg}$)；
- c) 小型 ($50\text{kg} < M \leq 300\text{kg}$)；
- d) 中型 ($300\text{kg} < M \leq 2000\text{kg}$)；
- e) 大型 ($2000\text{kg} < M \leq 10000\text{kg}$)；
- f) 巨型 ($M > 10000\text{kg}$)。

5 技术要求

5.1 外观要求

水下滑翔机外观要求主要有：

- a) 重量、尺寸符合产品设计要求；
- b) 结构布局合理、操作方便、便于维护维修；
- c) 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；
- d) 主体材料金属部分宜采用同种金属，采用了不同金属的部件应进行电化学隔离；
- e) 设备涂层完好，无损伤。漆皮表面应光洁，不应有漏漆、起皮、脱落等缺陷；镀件、硬质氧化等表面处理件应无漏底现象；橡胶件无老化、鼓包、凹坑；各零部件外表光洁平整，无毛刺、划痕、磨损、锈蚀等现象；
- f) 文字、符号和标志应清晰、端正。

5.2 基本技术指标

5.2.1 最大工作深度

根据 4.2 规定，满足产品设计要求，耐压壳体符合水压要求。

5.2.2 最大航程

满足产品设计要求。

5.2.3 最长工作时间

满足产品设计要求。

5.2.4 最大滑翔速度

满足产品设计要求。

5.2.5 最大负载重量

满足产品设计要求。

5.3 主要功能指标

5.3.1 运动功能

水下滑翔机应具备剖面滑翔运动功能，稳定运行阶段俯仰角误差范围一般在 $\pm 3^\circ$ 内。

5.3.2 导航控制功能

水下滑翔机应具备导航控制功能，可自主按预设的航线/航点信息进行导航控制，在表面流速小于 1kn 的条件下，定点误差不大于 5km。

5.3.3 远程通信与数据传输功能

水下滑翔机应具备远程通信与数据传输功能，可与岸基或船基操控单元建立通讯链路，进行数据、指令传输。数据传输带宽不小于 50Byte/min；数据误码率不大于 10^{-6} 。

5.3.4 故障检测与处理

水下滑翔机应具有一定的故障检测功能并能自动进行故障信息反馈，包含但不限于能源单元、导航控制单元、通讯单元、浮力调节单元。

5.4 环境适用性

5.4.1 适应海况

除另有规定外，应满足如下海况：

- a) 布放与回收作业：（0~4）级；
- b) 滑翔作业：（0~8）级。

5.4.2 工作环境

水下滑翔机工作环境一般应满足如下要求：

- a) 水下滑翔机本体工作温度：（2~40）℃；
- b) 甲板控制单元工作温度：（-20~60）℃，相对湿度不大于 90%RH。

5.4.3 贮存环境

水下滑翔机贮存温度一般为 $(-20\sim 50)$ ℃，相对湿度不大于90%RH。

5.4.4 温度变化

应满足低温2℃、高温40℃温度变化要求，试验循环3次。

5.4.5 交变湿热

应满足常温温度 (25 ± 2) ℃，高温温度 (40 ± 2) ℃；相对湿度常温阶段95%~100%，高温阶段90%~96%；试验周期为48h的交变条件要求。试验过程中以及试验后通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

5.4.6 耐盐雾性

按照GB/T 32065.10中规定，试验循环3次后，水下滑翔机金属结构不应出现明显腐蚀现象，应能正常实现通信、控制、运动等功能。

5.4.7 冲击

按照GB/T 4857.11中的规定进行，冲击速度为1.5m/s，试验结束后，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

5.4.8 碰撞

按照GB/T 4857.20规定的试验条件，碰撞试验结束后，水下滑翔机应能实现正常通信、控制、运动等功能。

5.4.9 振动

按照GB/T 32065.14的规定进行。振动条件满足：振动频率为 $(1\sim 16)$ Hz，位移幅值1.0mm，加速度幅值 10m/s^2 ；扫频试验的循环次数2，定频试验持续时间10min。试验完成后，系统不应出现变形、裂纹和断裂等机械损伤，紧固件不应松动，外观应符合5.1的要求，功能应符合5.3的要求。

5.4.10 水压

5.4.10.1 恒定压力

恒定压力为水下滑翔机最大工作深度压力的1.25倍，见公式(1)，持续时间1h。试验结束后水下滑翔机应能正常工作。

$$P_n=1.25P_s \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_n ——试验压力，单位为兆帕(MPa)；

P_s ——水下滑翔机最大工作深度压力，单位为兆帕(MPa)。

5.4.10.2 交变压力

高压阶段压力 P_s ，升压速率不超过2MPa/min，稳压时间不低于15min；低压阶段压力0.10% P_s ，降压速率不超过20MPa/min。循环次数不低于20次。试验结束后水下滑翔机应能正常工作。

5.5 电磁兼容性

5.5.1 静电放电抗扰度

应满足GB/T 17626.2-2018中第5章规定的1级试验等级要求，试验完成后，系统内部元器件不应出现损坏、故障现象。

5.5.2 射频电磁场辐射抗扰度

应满足GB/T 17626.3-2016中第5章规定的1级试验等级要求，试验完成后，系统内部元器件不应出现损坏、故障现象。

5.5.3 0Hz~150Hz 共模传导抗扰度

应满足GB/T 17626.16-2007中第5章规定的1级试验等级要求，试验完成后，系统内部元器件不应出现损坏、故障现象。

5.6 电源适应性

在电源额定电压的±15%范围内时，水下滑翔机甲板控制单元应能正常工作。

5.7 安全

5.7.1 电气安全

应符合GB 4793.1-2007中第6章和第14.8条的规定。

5.7.2 接地

甲板控制单元都应接地并有明显接地标志，接地阻值不超过0.1Ω。

5.7.3 绝缘电阻

水下滑翔机应满足如下绝缘电阻要求：

- a) 水下滑翔机甲板控制单元电源电路与壳体之间绝缘电阻不小于50MΩ；
- b) 水下滑翔机本体电源与壳体之间的绝缘电阻应不小于10MΩ。

6 检验方法

6.1 外观检查

水下滑翔机外观应符合5.1中的规定。检查方法如下：

- a) 目视和触摸检查水下滑翔机的外观和标志；
- b) 检查水下滑翔机的连接件和主体材料；
- c) 称量水下滑翔机的重量和尺寸。

6.2 基本技术指标检查

6.2.1 最大工作深度

在海试试验中，设定水下滑翔机的目标深度，并设定俯仰角度，布放后滑翔运动不少于2个剖面，记录最大工作深度均值作为最大工作深度。

6.2.2 最大航程

在水深不小于水下滑翔机的最大下潜深度的海域，水下滑翔机配置满载电池和基本传感器，进行

多周期剖面试验，测试水下滑翔机连续正常滑翔航行所累计的水平极限距离为最大航程。

6.2.3 最长工作时间

在水深不小于水下滑翔机的最大下潜深度的海域，水下滑翔机配置满载电池和基本传感器，进行多周期剖面试验，测试水下滑翔机连续正常滑翔航行所累计的极限工作时间为最长工作时间。

6.2.4 最大滑翔速度

与最大工作深度试验同步进行，记录运动过程中，水下滑翔机运行时间、深度、俯仰角的全部数据，并按照以下方法计算：

- a) 根据水下滑翔机深度-时间曲线，姿态角-时间关系，截取水下滑翔机开始稳定下滑至稳定下滑结束，及水下滑翔机开始稳定上滑至水面阶段，共两组数据。
- b) 针对上述两组数据，每隔固定时间间隔，计算时间段内深度方向平均速度 U_b ，平均滑翔俯仰角 θ ，并计算得到时间段内平均滑翔速度 U ($U=U_b/\sin\theta$)，记录2个剖面中该平均滑翔速度的最大值作为最大滑翔速度。

6.2.5 最大负载重量

6.2.5.1 将水下滑翔机所携带载荷进行称重，评估最大负载重量，符合5.2.5要求。

6.2.5.2 在实验室水池中，测试水下滑翔机携带载荷是否能配平和正常姿态调节，所携带载荷是否能正常工作。

6.3 主要功能检查

6.3.1 运动功能

6.3.1.1 在实验室中通过仿真模拟等手段验证水下滑翔机剖面滑翔流程是否工作正常，模拟测试过程中应包括水下滑翔机姿态调节能力测试、浮力调节功能测试等。

6.3.1.2 在湖上或海上试验中，设置水下滑翔机做剖面滑翔运动，滑翔时设定不同目标俯仰角，水下滑翔机浮出水面后，下载数据，检查水下滑翔机稳定运行阶段俯仰角是否在运行的误差范围 ($\pm 3^\circ$) 内。

6.3.2 导航控制功能

6.3.2.1 在实验室通过仿真模拟等手段验证水下滑翔机的导航控制流程，设置水下滑翔机目标航向与下潜深度使其做剖面滑翔运动，调整水下滑翔机航向，检查水下滑翔机是否会向目标航向调整，验证航向调节单元的控制策略；在下潜滑翔阶段修改水下滑翔机的深度接近目标深度，检查水下滑翔机是否转为上浮滑翔阶段，验证水下滑翔机的深度控制能力。

6.3.2.2 在湖上或海上试验中，布放水下滑翔机，设置水下滑翔机的观测目标点、下潜深度、浮力调节量等参数，启动滑翔，使水下滑翔机做定点观测，运行10个剖面后，下载数据，检查水下滑翔机的定点观测误差是否小于等于5km。

6.3.3 通信功能

水下滑翔机检查：将水下滑翔机放在空旷的室外，设置水下滑翔机通讯间隔小于等于10min，使其通过卫星通信或无线通信主动与岸基操控中心联系，应在30min内至少接收到一次岸基操控中心操控指令，并能正确响应操控指令。

岸基操控中心检查：岸基操控中心应在水下滑翔机发送消息30min内至少收到一次水下滑翔机消息，通过卫星通信或无线通信远程操控水下滑翔机，并且返回的状态数据可在岸基操控中心进行正确显示。

6.3.4 故障检测与处理功能

在实验室通过仿真模拟等手段验证水下滑翔机的故障检测与处理能力。根据水下滑翔机各单元工作原理，通过人工制造能源单元、导航控制单元、通讯单元、浮力调节单元的故障，检查水下滑翔机能否正常进行故障信息反馈。

6.4 环境适应性检查

6.4.1 通用要求

环境适用性试验按照GB/T 32065.1的规定进行，参照C类水下用仪器的试验项目进行。

6.4.2 适用海况

在海上试验过程中验证水下滑翔机适用海况。

6.4.3 低温试验

按照 GB/T 32065.2 的规定进行。水下滑翔机本体试验温度 (2 ± 2) °C，甲板控制单元试验温度 (-20 ± 2) °C。试验过程中以及试验后通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

6.4.4 高温试验

按照 GB/T 32065.4 的规定进行。水下滑翔机本体试验温度 (40 ± 2) °C；甲板控制单元试验温度 (60 ± 2) °C，相对湿度小于等于 90%RH。试验过程中以及试验后通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

6.4.5 低温贮存试验

按照 GB/T 32065.3 的规定进行。贮存试验温度为 (-20 ± 2) °C，贮存持续时间 8h。试验结束后，检查水下滑翔机外观应符合 5.1 要求；通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

6.4.6 高温贮存试验

按照 GB/T 32065.5 的规定进行。贮存温度为 (50 ± 2) °C，贮存持续时间 8h。试验结束后，检查水下滑翔机外观应符合 5.1 要求；通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能。

6.4.7 温度变化试验

按照 GB/T 32065.8 中规定的方法进行试验。试验温度低温 2 °C，高温 40 °C，试验循环次数为 3 次。试验过程中以及试验后通电检查，水下滑翔机应能正常实现通信、控制、运动等功能；试验结束后，检查水下滑翔机外观应符合 5.1 要求。

6.4.8 交变湿热

按照 GB/T 32065.7 规定的方法进行，结果应符合 5.4.5 的要求。

6.4.9 盐雾试验

按照GB/T 32065.10规定的方法进行，结果应符合5.4.6的要求。

6.4.10 冲击试验

按照GB/T 4857.11规定进行，结果应满足5.4.7的要求。

6.4.11 碰撞试验

按照GB/T 4857.20的规定进行，结果应符合5.4.8的要求。

6.4.12 振动试验

按照GB/T 32065.14规定的方法进行，结果应满足5.4.9要求。

6.4.13 水压试验

按照GB/T 32065.15的规定进行，结果应满足5.4.10要求。

6.5 电磁兼容试验

6.5.1 静电放电抗扰度试验

按照GB/T 17626.2-2018中第5章规定的1级试验等级要求进行。

6.5.2 射频电磁场辐射抗扰度试验

按照GB/T 17626.3-2016中第5章规定的1级试验等级要求进行。

6.5.3 0Hz~150Hz 共模传导抗扰度试验

按照GB/T 17626.16-2007中第5章规定的1级试验等级要求进行。

6.6 电源适用性试验

在电源额定电压的±15%范围内时，水下滑翔机甲板控制单元运行15min。

6.7 安全要求试验

6.7.1 电气安全

按照GB 4793.1-2007中第6章防电击和14.8印制线路板的规定进行。

6.7.2 接地试验

用数字电桥（LCR）测试仪测试水下滑翔机甲板控制单元的接地电阻。

6.7.3 绝缘电阻试验

用兆欧表测量水下滑翔机甲板控制单元电源电路与壳体之间绝缘电阻。

7 检验规则

7.1 出厂检验

水下滑翔机出厂前均进行检验，按照如下规定：

a) 按照表1规定进行；

- b) 若出厂检验产品有一项或一项以上检验项目不合格时，应分析原因，采取措施，返修后进行对应项目的第二次出厂检验。若合格，则确认该件产品出厂检验合格；若仍不合格，则认为该件产品出厂检验不合格；
- c) 产品检验合格后，方可出厂。

7.2 型式检验

水下滑翔机型式检验按照如下规定：

- a) 型式检验的项目按照表 1 要求；
- b) 水下滑翔机系统有下列情况之一时，应进行型式检验：
 - 1) 正式生产后，如设计、工艺、结构、材料有较大改变时；
 - 2) 转产或长期停产后，再次投产时；
 - 3) 出厂检验结果与上次的型式检验有较大差异时；
 - 4) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

表 1 检验规则

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
1	外观	6.1	6.1
2	最大工作深度	---	6.2.1
3	最大航程	---	6.2.2
4	最大工作时间	---	6.2.3
5	最大滑翔速度	---	6.2.4
6	最大负载重量	6.2.5.1	6.2.5.2
7	运动功能	6.3.1.1	6.3.1
8	导航	6.3.2.1	6.3.2
9	通信	6.3.3	6.3.3
10	故障检测与处理	6.3.4	6.3.4
11	适用海况	---	6.4.2
12	工作温度	---	6.4.3/6.4.4
13	贮存温度	---	6.4.5/6.4.6
14	温度变化	---	6.4.7
15	交变湿热	---	6.4.8
16	耐盐雾性	---	6.4.9
17	冲击	---	6.4.10

表 1 检验规则（续）

序号	检验项目	出厂检验	型式检验
18	碰撞	—	6.4.11
19	振动	—	6.4.12
20	水压	6.4.13	6.4.13
21	电磁兼容性	—	6.5
22	电源适用性	6.6	6.6
23	电气安全	—	6.7.1
24	接地	6.7.2	6.7.2
25	绝缘电阻	6.7.3	6.7.3
注：“—”为不需检测项目			

8 标志、包装、运输、贮存

8.1 标志

8.1.1 机身标志

每套水下滑翔机上均应有标志，标志至少应有以下内容：

- a) 产品名称、型号；
- b) 制造单位；
- c) 出厂编号。

8.1.2 包装标志

水下滑翔机的包装箱表面应标志以下内容：

- a) 产品名称、型号、件数；
- b) 箱体尺寸（单位为毫米）：长、高、宽；
- c) 箱体净重或毛重（单位为千克）；
- d) 运输作业安全标志。

8.2 包装

水下滑翔机包装应符合以下规定：

- a) 水下滑翔机系统采用专用包装箱包装，包装外表面有明确标志，标志符合 8.1.2 条的要求。包装箱应坚实可靠、经济美观，内部结构应具有加固减震功能。
- b) 水下滑翔机包装时应附有下列随机物品：
 - 1) 产品合格证；
 - 2) 产品使用说明书；
 - 3) 装箱单；
 - 4) 其他有关的技术资料。

8.3 运输

水下滑翔机运输要求应满足以下规定：

- a) 包装好的水下滑翔机，应能适应铁路、公路、水路运输要求；
- b) 敞篷运输时应进行遮蔽，防尘、防雨；
- c) 应遵守 8.1.2 中运输作业安全标志；
- d) 装卸时，应轻拿轻放。

8.4 贮存

水下滑翔机系统应贮存在温度为（-20~50）℃，相对湿度小于 90%的场所，周围无腐蚀性气体和粉尘，无强电磁场和强烈振动，避免较强的冲击或碰撞，产品不应倒立或倒放。
