



指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
GD08-2019

中国船级社

# 无人潜水器检验指南

2019

生效日期：2019年7月1日

北京

# 前 言

随着无人潜水器技术的发展，对无人潜水器的检验需要有一份内容明确、详细、适用的技术指导文件。中国船级社潜水系统和潜水器入级规范《潜水系统和潜水器入级规范》尽管已经涵盖了无人潜水器的内容，但鉴于无人潜水器的多样性，规范中无法包含更多、更详细的技术、检验要求。本指南旨在为无人潜水器的检验提供更加详细、适用的技术标准，指导现场的无人潜水器入级、检验工作。

本指南在编写过程中得到了哈尔滨工程大学海洋装置与控制技术研究所、中国科学院沈阳自动化研究所、哈尔滨船海智能装备科技有限公司、哈尔滨工程大学边信黔教授、哈尔滨工程大学严浙平教授等单位和个人的大力支持，在此表示感谢！

# 目录

<b>第1章 一般规定</b> .....	<b>1</b>
<b>第2章 入级与检验</b> .....	<b>2</b>
第1节 一般要求 .....	2
第2节 入级检验 .....	2
第3节 图纸资料 .....	4
第4节 保持级的检验 .....	5
第5节 维护保养及部件更换.....	6
第6节 制造 .....	6
第7节 建造厂评估 .....	7
<b>第3章 主结构及吊钩、拖拽装置</b> .....	<b>9</b>
第1节 主结构 .....	9
第2节 吊钩装置、拖拽装置.....	9
<b>第4章 材料</b> .....	<b>11</b>
第1节 铝合金 .....	11
第2节 钛合金 .....	11
第3节 浮力材料 .....	11
<b>第5章 机械与设备</b> .....	<b>15</b>
第1节 功能目标 .....	15
第2节 一般规定 .....	15
第3节 压力容器 .....	15
第4节 推进系统 .....	15
第5节 转舵装置 .....	16
第6节 抛载装置 .....	17
<b>第6章 电气装置</b> .....	<b>18</b>
第1节 功能目标 .....	18
第2节 一般规定 .....	18
第3节 系统设计 .....	19
第4节 主电源 .....	19
第5节 备用电源 .....	19
第6节 蓄电池 .....	20
<b>第7章 航行与水面定位通信设备</b> .....	<b>21</b>
第1节 功能目标 .....	21
第2节 一般规定 .....	21
第3节 配备要求 .....	21
<b>第8章 浮性和稳性</b> .....	<b>23</b>

<b>第 9 章 遥控无人潜水器 (ROV)</b> .....	<b>24</b>
<b>第 10 章 试验与试航</b> .....	<b>25</b>
第 1 节 试航前检查 .....	25
第 2 节 航行试验 .....	25
第 3 节 航行试验后的检查.....	26
<b>第 11 章 符合性检验</b> .....	<b>27</b>
第 1 节 一般规定 .....	27
第 2 节 建造厂评估 .....	27
第 3 节 图纸和技术文件审查.....	27
第 4 节 检验和试验 .....	28
第 5 节 制造检验 .....	28
第 6 节 型式检验证书与符合性证明.....	28
<b>附录 1 无人潜水器产品持证清单</b> .....	<b>29</b>

# 第1章 一般规定

## 1.1 目的和适用范围

1.1.1 《无人潜水器检验指南》(以下简称“本指南”)为中国船级社(以下简称CCS)《潜水系统和潜水器入级规范》的补充,旨在为无人潜水器提供详细、合理和安全可靠的制造、检验标准,以满足水下作业、科学考察等海洋开发活动和保险业的需要。

1.1.2 本指南适用于申请CCS检验的无人潜水器。

1.1.3 本指南不包含吊放系统,吊放系统的要求详见CCS《潜水系统和潜水器入级规范》和《船舶与海上设施起重设备规范》中相关要求。

1.1.4 对于无人潜水器的入级和检验要求,除本指南有明确要求外应按照《潜水系统和潜水器入级规范》的要求执行。

## 1.2 定义

1.2.1 无人潜水器(UUV- Unmanned Underwater Vehicle)——也可称为无人潜航器,系指不搭载乘员,靠遥控或者自动控制实现无人驾驶,在水中实现正常航行并在水下完成预定任务的航行平台。无人潜水器可通过搭载各种任务载荷执行特定的任务。无人潜水器一般包含AUV(自主无人潜水器)、ARV(自主遥控无人潜水器)、ROV(遥控无人潜水器)等。

1.2.2 平台——系指由框架、浮力材料、动力装置、电气系统、通导设备等组成的组合体,具备最基本的导航、控制、通信和安全等功能。

1.2.3 任务载荷——为完成指定任务在平台的基础上额外配置的设备。

1.2.4 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)——自主无人潜水器。不搭载乘员,在水下不依靠母船物理链接自带能源的无人潜水器,是具有智能行为的无人潜水器。

AUV可以根据对母船的依赖程度分为三种。一种是布放后不需要母船伴航,自主执行任务后返航并主动与母船建立联系完成回收及信息下载工作的AUV。第二种是布放后在执行任务的整个过程中需要母船伴航,并监测无人潜水器的航行姿态,自主完成任务后由母船回收并完成信息下载工作的AUV。第三种是完全不需要母船,从岸基直接布放和回收的AUV。

1.2.5 ARV(Autonomous Remote Vehicle)——自主遥控无人潜水器。不搭载乘员,在水下依靠与母船的光纤连接并自带能源的无人潜水器,具有智能行为同时可以切换为人工遥控操作的混合控制无人潜水器。

1.2.6 ROV(Remote Operated Vehicle)——遥控无人潜水器。不搭载乘员,在水下依靠甲板人员遥控方式操纵的自带能源或不带能源的无人潜水器。

1.2.7 安全工作负荷——系指经设计和试验证明能承受的的最大载荷

1.2.8 附连水——潜水器在水中运动过程中(起吊回收时)会导致其周围的水随之一起运动,因而所需的作用力必须增大,即相当于物体的质量增大,这个相当于物体增大的质量称为附连水质量。产生附连水质量的水我们称之为附连水。

1.2.9 包络水——潜水器起吊回收时,残留在设备与外壳空间内来不及流走的水称为包络水。

## 第 2 章 入级与检验

### 第 1 节 一般要求

#### 2.1.1 申请

2.1.1.1 申请方一般应使用 CCS 统一的服务协议格式，向 CCS 指定的审图和/或检验单位提交申请。

2.1.1.2 服务协议应是定义明确、内容完整的书面文件。CCS 应对申请进行评审并确认。

#### 2.1.2 图纸提交与审图

2.1.2.1 在 CCS 检验下建造的无人潜水器的图纸提交与审图按本章 2.2.2 和第 3 节的有关规定执行。

2.1.2.2 不在 CCS 检验下建造的现有无人潜水器的图纸提交与审图按本章 2.2.3 和第 3 节的有关规定执行。

2.1.2.3 入级的无人潜水器的修理、改装及更换设备的图纸提交与审图，按本章第 4 节的有关规定执行。

#### 2.1.3 检验

2.1.3.1 在 CCS 检验下建造的无人潜水器的入级检验按本章 2.2.1 和 2.2.2 的规定执行。

2.1.3.2 不在 CCS 检验下建造的无人潜水器的入级检验按本章 2.2.3 的规定执行。

2.1.3.3 产品检验按本章 2.2.4 的规定执行。

2.1.3.4 保持级的各种检验按本章第 4 节的规定执行。

### 第 2 节 入级检验

#### 2.2.1 对无人潜水器建造厂及其产品制造厂的要求

2.2.1.1 无人潜水器建造厂的资质及应具备的技术条件应按本章第 6 节的有关规定执行。

2.2.1.2 无人潜水器建造厂所实行的质量管理体系，包括检验、试验、试验设备、计量设备、管理制度等均应按本章第 7 节的有关规定执行。

2.2.1.3 对制造无人潜水器用材料、零部件、产品、设备等的工厂，可根据 CCS 建立的适用程序，申请 CCS 进行工厂认可、型式认可。

#### 2.2.2 在 CCS 检验下建造的无人潜水器的入级检验

2.2.2.1 无人潜水器开工前应将相关图纸提交 CCS 审查。

2.2.2.2 无人潜水器的检验、试验及工艺文件，如焊接工艺、无损检测、压力试验、试验及试航大纲等，以及制造过程中需要的与产品有关的试验大纲、工艺文件等，如将零部件组装成大部件之后需要的水压试验大纲、与浮力材料加工安装有关的工艺等，均应提交给执行检验单位审查。

2.2.2.3 无人潜水器建造厂应确认所用原材料、设备和装置根据本指南附录 1 “无人潜水器产品持证清单”的要求，取得 CCS 证书。

2.2.2.4 无人潜水器建造厂应保证制造过程中使用的工艺，如焊接工艺、无损检测、浮力材料粘贴工艺等，与经我社批准的工艺文件相一致。如对相关工艺文件进行了原则性修改，则在施工前应将修改后的工艺文件提交执行检验单位审查并批准。

2.2.2.5 无人潜水器应按照 CCS 批准的试验大纲进行相关试验，试验应在验船师在现场的情况下进行，试验结果应当满足试验大纲的要求。

2.2.2.6 无人潜水器制造完成后，应进行一次抵达最大工作深度的潜水和航行试验。以验证无人潜水器的操作和功能达到设计要求。

### **2.2.3 不在 CCS 检验下制造的无人潜水器的入级检验**

2.2.3.1 不在 CCS 检验下制造的无人潜水器，包括：

- (1) 已经开工但未向 CCS 申请入级检验的无人潜水器；
- (2) 已经完工但还没投入营运的无人潜水器；
- (3) 已投入运营的现有无人潜水器。

2.2.3.2 不在 CCS 检验下制造的无人潜水器的入级检验，一般应由船东或所有人提出申请，并应提交足够的图纸资料供审查/审核/评估和检验。必要时，应补充做验证性试验。

2.2.3.3 已开工制造的无人潜水器申请 CCS 入级检验时，一般应按新造无人潜水器的要求办理。

2.2.3.4 已完工但还没有投入营运的无人潜水器进行入级检验时：

- (1) 图纸资料的提交与审查，按新建无人潜水器的程序办理；
- (2) 船东或所有人应提交原制造过程中的有关试验、检验和测量记录、报告，以及主要产品的证书及试验等资料；
- (3) 验船师应对主要结构尺寸进行检查，同时应进行普遍检查，以确认该无人潜水器符合 CCS 的有关要求；
- (4) 必要时，应进行确认试验或/和检验。

2.2.3.5 对现有无人潜水器进行转级或初次入级检验时：

- (1) 船东或所有人应按本章第 3 节中注有\*号的图纸资料提交 CCS 审查。如按上述规定范围送审图纸资料有困难时，经 CCS 同意，可适当减少；
- (2) 除(1)中规定的图纸资料之外，船东或所有人还应提交该无人潜水器在制造、改造和修理中的有关资料 and 文件以及其他船级社签发的证书和检验文件；
- (3) 初次入级检验的范围按规定的特别检验的检验范围进行。根据该无人潜水器的实际技术状况，经 CCS 同意，可适当减免检验项目。

### **2.2.4 产品检验**

2.2.4.1 拟在 CCS 入级的无人潜水器上使用的材料、零部件和设备等产品应按照本指南附录 1 的要求持有 CCS 证书。

2.2.4.2 拟在 CCS 入级的无人潜水器上使用的材料、零部件和设备等产品，产品制造厂在制造前应将规范规定批准的图纸资料提交给 CCS 指定的审图单位进行审查。

2.2.4.3 在特殊情况下，经 CCS 同意，产品制造厂可直接将图纸资料提交给执行检验单位审查。

2.2.4.4 无人潜水器图纸中已包含的零部件和设备图纸已获得批准时，可不必再提交。

2.2.4.5 验船师应参加规定项目的试验，并按批准的图纸进行检验。

2.2.4.6 经检验和试验确认符合 CCS 要求后，验船师应签发 CCS 产品证书。

2.2.4.7 对不在 CCS 检验下制造的产品，应提交一份图纸资料和相关试验报告供审查，必要时应进行试验或/和拆检。

## 第 3 节 图纸资料

### 2.3.1 需要送审的图纸资料

#### 2.3.1.1 总体和结构部分：

\* (1) 总体说明书，包括无人潜水器的使用条件和营运要求、正常操作和应急操作程序说明、主尺度、最大工作深度、最大布放海况等；

\* (2) 总布置图；

\* (3) 基础（承重框架及支撑结构）及支座的配置图；

\* (4) 浮性及稳性分析，包括正常和应急条件下的潜浮计算；

\* (5) 基础结构图；

\* (6) 结构强度计算书；

\* (7) 无人潜水器布放回收系统的详细结构和强度计算；

\* (8) 结构材料规格；

\* (9) 浮力材料性能和规格；

(10) 压力容器强度计算书。

#### 2.3.1.2 机械部分：

\* (1) 推进与操纵系统控制原理图和说明书；

\* (2) 推进系统装配图；

(3) 轴系布置图及强度计算书；

(4) 浮力均衡装置布置图及说明书

(5) 悬停、操纵和定位装置布置图；

(6) 机械设备布置图；

(7) 机械手总装图（如适用）；

(8) 机械设备明细表；

(9) 压力容器强度计算书；

\* (10) 抛载装置原理及布置图。

#### 2.3.1.3 电气部分：

\* (1) 电气部分说明书；

\* (2) 电力负荷计算书及电力系统图；

(3) 电动机、电池布置及接线图；

(4) 电气设备明细表；

(5) 通信导航系统布置图；

(6) 声呐系统图；

(7) 内部固定安装的电气设备详细技术资料；

\* (8) 电力推进装置单线图和控制原理图；

(9) 电子计算机系统的组成框图、功能示意图及其安装位置图。

#### 2.3.1.4 其他资料：

\* (1) 浮力材料的产品说明书（如有时）；

\* (2) 无人潜水器操作维护手册；

\* (3) 非耐压壳体结构图及强度计算书（如有时）；

- (4) 焊接工艺规程 (WPS) 及焊接工艺评定报告 (PQR);
- (5) 焊工/无损检测人员资质。

## 第 4 节 保持级的检验

### 2.4.1 损坏和修理检验

2.4.1.1 损坏造成无人潜水器不能满足本指南的要求而影响到其级时, 应及时通知 CCS 进行检验, 其检验范围应为验船师认为查明损坏程度和原因所必须的范围。

2.4.1.2 对无人潜水器做任何影响到级的修理时, 修理工作应在验船师监督下根据适用的要求进行。如修理地点无 CCS 验船师时, 应及时与 CCS 联系。

### 2.4.2 改装或更换设备检验

2.4.2.1 无人潜水器的结构尺寸或装置进行任何改装或更换而影响到其级时, 改装或更换的图纸和资料应提交 CCS 批准, 改装或更换检验应按新建的检验程序处理。

2.4.2.2 如无人潜水器的改装造成无人潜水器具有新的级的特征或附加标志(如类型的改变和航区的扩大)时, 应发给新的入级证书。

### 2.4.3 保持级的各种检验

2.4.3.1 已在 CCS 入级的无人潜水器, 为保持其已获得的级, 应履行下列保持级的各种定期检验:

- (1) 年度检验;
- (2) 中间检验;
- (3) 特别检验。

2.4.3.2 验船师认为必要时, 可扩大检验和试验范围。

### 2.4.4 年度检验

2.4.4.1 无人潜水器的年度检验应于完工、投入使用或特别检验日期 (按其适用情况) 的每周年前后 3 个月内进行。

2.4.4.2 年度检验的检验项目为:

(1) 压力容器的外观检验, 包括所有附件、贯穿件等, 除有明显的腐蚀或验船师认为需要检查和做无损探伤以外, 检验焊缝时, 一般不需要除去防腐涂层;

- (2) 正常和应急潜浮系统功能试验;
- (3) 通信与航行设备功能试验;
- (4) 电气设备外观检查;
- (5) 推进和操纵装置外观检查;
- (6) 监控仪器功能检查;
- (7) 结构及防腐涂层外观检查;
- (8) 吊钩装置、拖拽装置外观检查;
- (9) 浮力材料外观检查;
- (10) 维修保养记录及相关文件的审查。

上述分项检验和试验完成后, 应进行一次潜水或航行试验, 并作各系统的运行试验。潜水或航行试验的深度应取得验船师的同意, 试验报告应提交验船师审核。

#### **2.4.5 中间检验**

2.4.5.1 所有特别检验间隔期超过 3 年的无人潜水器，在每一特别检验间隔期内应接受一次中间检验。中间检验应安排在特别检验间隔期的中间进行，或在靠近中间的一个年度检验时进行，该次的年度检验由中间检验代替。

2.4.5.2 中间检验应按照 2.4.4.2 中规定的项目进行。

#### **2.4.6 特别检验**

2.4.6.1 无人潜水器应接受检验间隔期不超过 5 年的特别检验。第一次特别检验应在入级检验日期后 5 年内完成，以后的每次特别检验应从上次特别检验期满之日起 5 年内完成。

2.4.6.2 特殊情况下，可以考虑特别检验到期后不超过 3 个月的展期。在这种情况下，下次特别检验的日期仍应从展期前的特别检验到期之日算起。

2.4.6.3 特别检验时除应进行年度检验的所有检验项目外，还应检验下列项目：

- (1) 压力容器按照第 5 章第 3 节的要求进行耐压试验；
- (2) 吊钩装置、拖拽装置按照第 3 章第 2 节的要求进行拉力试验；
- (3) 在验船师在场的情况下，进行下潜至最大工作深度的潜水和航行试验。对于特殊情况，CCS 予以特殊考虑。

## **第 5 节 维护保养及部件更换**

#### **2.5.1 无人潜水器说明书**

无人潜水器设计方应在说明书中详细说明无人潜水器各部件的故障诊断、维修保养周期、更换周期及维护保养和更换时的注意事项。

#### **2.5.2 人员培训**

在无人潜水器由设计方/建造厂交付使用方之前，无人潜水器设计方应对无人潜水器的使用方进行足够的培训和考核，以使使用方取得足够的能力以正确的操纵无人潜水器、处理一般的故障和完成日常的维护保养。培训和考核记录应在无人潜水器设计方和使用方分别存档。

#### **2.5.3 无人潜水器维护保养记录**

无人潜水器使用方在使用过程中，应对任何设备/部件的维护保养和更换进行记录并至少在无人潜水器的一个换证周期内保存记录以备 CCS 核查。

2.5.4 无人潜水器需要更换的设备/部件应按本指南附录 1 持证清单的要求持证。

## **第 6 节 制造**

#### **2.6.1 建造厂资质**

2.6.1.1 无人潜水器的建造厂应为独立法人机构，并获得权威机构的质量管理体系认证。

2.6.1.2 初次申请无人潜水器建造入级检验的建造厂应在开工制造前，申请 CCS 对建造厂进行评估，并获得 CCS 的同意。

2.6.1.3 当无人潜水器的设计方和建造厂为不同机构时，无人潜水器的建造厂应获得无人潜水器设计方的书面授权。

2.6.1.4 建造厂应针对无人潜水器整个制造过程中的铆焊、加工、探伤、装配、试验、防腐处理、涂装等重要工序制定详细的工艺文件，相关工艺文件应取得无人潜水器设计方的确认。重要结构材料的加工工艺（通常应包括金属材料的焊接工艺、非金属材料的粘贴工艺）应提交工艺文件和工艺试验报告，使验船师满意。

2.6.1.5 对于无人潜水器制造过程中的重要零部件的采购和外协加工，应取得无人潜水器设计方的同意方可进行。

## 2.6.2 制造

2.6.2.1 当无人潜水器的设计方和建造厂为不同机构时，建造厂和设计方应当就制造过程达成协议，该协议应包含工艺流程和重要的工艺文件要求、制造过程中的质量控制节点及相关节点的验收要求、协议双方责任的明确描述等内容。

2.6.2.2 金属材料的焊接工艺、非金属材料的粘贴工艺应按照本指南相关章节的要求进行必要的试验，或提供 CCS 接受的试验报告。

2.6.2.3 建造厂应提供制造过程中的工艺流程和质量控制节点供 CCS 审批，并根据 CCS 的要求在相关节点申请 CCS 进行现场检验。

2.6.2.4 建造厂应当按照 CCS 批准的图纸和确定的工艺文件制造，在制造过程中发生的任何与审批图纸、确定的工艺、质量节点的控制、建造厂与设计方协议不一致的情况，均需由建造厂召集 CCS、设计方、建造厂共同商定处理意见和措施并形成书面文件。

2.6.2.5 建造厂应保留所有制造过程中的质量记录并对质量记录负责，在制造结束后向 CCS 提交必要的质量记录供审查。

## 第 7 节 建造厂评估

### 2.7.1 一般要求

2.7.1.1 无人潜水器建造厂在申请 CCS 进行入级检验时，应接受 CCS 对建造厂进行的建造厂评估。

2.7.1.2 建造厂评估应由无人潜水器检验单位执行，包含建造厂的制造过程评估和质量体系评估。

2.7.1.3 无人潜水器的建造厂在下列情况之一，应及时申请本社评估：

- (1) 首次申请无人潜水器检验；
- (2) 本社检验业务在该厂中断连续 12 个月及以上；
- (3) 制造无人潜水器的主要设施发生重大变更。

### 2.7.2 制造过程评估

2.7.2.1 验船师将根据申请制造的无人潜水器的情况，到有关的部门、车间、储备场所、试验室等场所进行审核，确认其生产装备、制造工艺以及试验能力满足无人潜水器制造的要求。

2.7.2.2 建造厂应提供无人潜水器的制造经历、相关的质量记录和验收记录，以及无人潜水器交付后订货方的质量反馈记录，以验证其能够按照设计文件的要求制造。验船师应审核建造厂的质量记录与图纸/工艺文件的一致性。

2.7.2.3 对涉及进货的材料和部件，根据其对产品的重要程度，CCS 应当要求建造厂提供在供方车间进行检查的记录、进货验证时进行相关试验的记录。

### **2.7.3 质量体系评估**

2.7.3.1 验船师在建造厂的制造场所进行质量体系核查，可参照 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章 3.9.2 要求进行。

## 第3章 主结构及吊钩、拖拽装置

### 第1节 主结构

#### 3.1.1 一般要求

3.1.1.1 无人潜水器的主结构应设计成由承重框架、支撑结构、保护外壳（如适用）等部分组成。

3.1.1.2 在确定无人潜水器主结构能够承受的设计负荷时，应当考虑以下因素：

- (1) 无人潜水器的自重；
- (2) 无人潜水器的包络水；
- (3) 无人潜水器出水时由于附连水作用在无人潜水器上的负荷；
- (4) 起吊无人潜水器时允许的最大加速度产生的负荷等；
- (5) 母船系固的因素（如适用）。

3.1.1.3 浮力材料应有可靠的方式固定在承重框架和支撑结构上，浮力材料的布置和固定点的数量应经特殊考虑，避免浮力材料在碰撞损坏时导致无人潜水器的浮力储备不足无法保持预定的作业深度和上浮。

#### 3.1.2 材料及防腐

3.1.2.1 无人潜水器的结构材料应当耐海水腐蚀，如采用不耐海水腐蚀但经过耐海水腐蚀的表面防腐处理的材料应经 CCS 特别批准。

3.1.2.2 对于经过表面防腐处理的金属材料还应当在适当位置增加牺牲阳极的防腐蚀措施，以保证任何情况下结构强度都不会因为腐蚀的原因而降低。

#### 3.1.3 试验

3.1.3.1 承重框架和支撑结构的制造应当符合相应的工艺要求，外观应无影响强度的缺陷。

3.1.3.2 承重框架和支撑结构如有焊接结构，焊缝还应进行探伤。

3.1.3.3 对于承重框架和支撑结构整体应进行试验载荷的强度试验，试验载荷的大小应结合本指南 3.1.1.2 考虑并符合设计要求，试验总载荷至少为无人潜水器自重的 2 倍。试验载荷的布置应充分考虑承重框架和支撑结构所受的弯矩。

3.1.3.4 对于采用拖曳的方式布放和回收无人潜水器的，承重框架和支撑结构的试验载荷可根据无人潜水器设计方的要求进行，试验载荷应充分考虑无人潜水器在布放、回收及运输存放过程中可能承受的最大载荷。

### 第2节 吊钩装置、拖拽装置

#### 3.2.1 一般要求

3.2.1.1 对于释放和回收时采用吊放型式的无人潜水器应在适当位置设置吊钩装置或吊环。

3.2.1.2 对于采用托盘或其他形式释放和回收无人潜水器的，应在适当位置设置拖钩。

3.2.1.3 建议对布置吊钩、拖钩等布放装置的位置进行标注。

3.2.1.4 吊钩装置、吊环或拖钩应为金属材料，并且应当与无人潜水器的承重框架牢固连接。

3.2.1.5 对于无人潜水器中的压力容器等重要的承压设备，设备本体上应设置方便设备拆卸吊装的吊环，该吊环可以设计成可拆卸型式，无人潜水器作业时如果吊环没有安装在相应设备本体上，则固定吊环的螺栓孔应经适当的保护。

3.2.1.6 对于吊钩、拖拽装置用材料，应有可靠的资料和试验数据表明主要构件的材料完全适合于其最低设计温度。对于钢材应当进行冲击试验，试验温度为最低设计温度减 10℃，结果应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 章第 2 节至第 4 节中对不同强度等级材料的冲击值要求。

### **3.2.2 试验**

3.2.2.1 用于释放/回收无人潜水器的吊钩装置、吊环或拖钩应当进行 2 倍安全工作负荷的吊重试验。如可能，该吊重试验应在吊钩、吊环或拖钩与承重框架和支撑结构装配后整体进行。

## 第 4 章 材料

### 第 1 节 铝合金

**4.1.1** 无人潜水器上铝合金的使用应满足 CCS《材料与焊接规范》和《潜水系统和潜水器入级规范》第 6 章第 3 节的要求。

**4.1.2** 铝合金材料的使用应经 CCS 同意并关注其耐海水腐蚀性能,日常维护保养中加强表面近观检查。

**4.1.3** 如进行阳极氧化处理,铝合金出厂前应进行阳极氧化膜厚度检查。

**4.1.4** 应参照《材料与焊接规范》第 3 篇第 3 章要求进行铝合金的焊接工艺评定。

### 第 2 节 钛合金

**4.2.1** 钛合金原材料应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 9 章要求,规范规定以外的材料经 CCS 同意后,可按公认的标准验收。钛合金原材料一般应按 GB/T 5193 进行超声波探伤。

**4.2.2** 钛合金焊接工艺的评定可参照 CCS《船舶焊接检验指南》的相关要求。

**4.2.3** 钛合金的焊接应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 11 章的相关要求。同时按 GB/T 35361 和 GB/T 35367 进行超声波探伤及 X 射线探伤。

### 第 3 节 浮力材料

本节适用于无人潜水器使用的合成固体浮力材料,由中空玻璃微珠均匀混杂在树脂中复合而成的微珠树脂型材料,它具有可粘接性和可机械加工性能。采用本节规定以外的其他形式的浮力材料时,应向 CCS 提交相关性能参数,经同意后,可按公认的有关标准验收。

#### **4.3.1** 型式试验

**4.3.1.1** 符合以下情形需要进行型式试验:

- (1) 新产品定型生产前;
- (2) 产品工艺、配方或者生产条件发生重大变化时;
- (3) 船级社要求时。

**4.3.1.2** 进行型式试验的试样表面应为产品原始表面,无其他保护涂层。表面没有裂纹、疤痕、气孔或树脂堆积区域。

4.3.1.3 型式试验试验项目：密度测试，吸水率试验，压溃试验，压缩强度试验，体积弹性模量测试。

#### 4.3.1.4 密度测试

(1) 试样数量、尺寸：按 GB/T 1033.1-2008 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法要求；

(2) 试验方法：GB/T 1033.1-2008 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第 1 部分 浸渍法、液体比重瓶法和滴定法；

(3) 试验结果：结果满足设计或者订货方的要求。

#### 4.3.1.5 吸水率试验

(1) 试样尺寸：样品的实际尺寸；

(2) 试验方法：

将制备好的试样浸泡在静水压模拟试验装置缸体内的水中 10s，用滤纸擦干后立即称量试样的质量  $m_0$ （准确至 1g）。试验压力为最大工作压力×吸水率安全系数确定，吸水率安全系数参见《潜水系统和潜水器入级规范》表 6.4.1.2，试验时间根据《潜水系统和潜水器入级规范》要求进行 24h 或 168h。试样在试验压力下进行试验时间的测试，试验完成后取出试样，用滤纸擦干后立即称量试样的质量  $m_1$ （准确至 1g）。

吸水率  $W$  按下式计算：

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100 \quad \%$$

式中： $m_1$ ——在水中保压 24h 或 168h 后试样的质量，g；

$m_0$ ——在水中浸泡 10s 后试样的质量，g；

计算两次试验的算术平均值，结果保留到小数点后一位。

(4) 结果判定，满足《潜水系统和潜水器入级规范》表 6.4.1.1 要求。

#### 4.3.1.6 压溃试验

(1) 试样尺寸：样品的实际尺寸；

(2) 试验方法：

将制备好的试样放置于静水压模拟试验装置缸体内，以每分钟不大于 2.0MPa 等速缓慢加载的静水压力直至压溃安全系数×最大工作深度为止，并在最大压力处保持 15 分钟，压溃安全系数参见《潜水系统和潜水器入级规范》表 6.4.1.2。试验完成后，均匀减少压力取出试样。

(3) 结果判定：试样表面无凹坑，无破坏无变形即为合格。

#### 4.3.1.7 压缩强度试验

(1) 试样数量、尺寸：按 GB/T 1041-2008 塑料 压缩性能的测定要求；

(2) 试验方法：按照 GB/T 1041-2008 塑料 压缩性能的测定进行测定。

需要测定静水压力前、静水压力 24h 后和静水压力 168h 后的压缩强度，静水压力为最大工作压力×吸水率安全系数。

(3) 结果判定：满足建造厂或设计方的要求。

#### 4.3.1.8 体积弹性模量

(1) 试样尺寸：与对比用不锈钢块尺寸一致；

(2) 试验方法：

① 在静水压模拟试验装置的缸体内放入不锈钢块，待系统内部充满水后，首先静水压模拟试验，试验压力通过最大工作压力×吸水率安全系数确定，吸水率安全系数参见《潜水系统和潜水器入级规范》表 6.4.1.2，然后按照每分钟不大于 2.0MPa 进行加压试验，当压力达到设定值时，记录不锈钢块与水的体积变化 ( $\Delta V_w$ )；

② 用电子天平准确称量被测固体浮力材料试样的质量  $W_0$ （准确至 1g）；

③ 取出不锈钢块，将固体浮力材料试样放入静水压模拟试验装置的缸体内，待系统内部充满水后，首先按照①步试验确定的静水压强度，然后按照每分钟不大于 2MPa 进行加压试验，当压力达到设定值时，记录试样与水的总体积变化 ( $\Delta V_c$ )；

④ 取出试样，用滤纸擦干后立即称量试样的质量  $W_1$  (准确至 1g)。

(3) 计算：

① 试样吸水体积  $\Delta V_f$  按下式计算：

$$\Delta V_f = \frac{W_1 - W_0}{\rho} \quad \text{ml}$$

式中： $W_1$ ——试样加压测试后的质量，g；

$W_0$ ——试样加压测试前的质量，g；

$\rho$ ——测试温度下试验用水的密度，g/ml。

② 试样压缩比  $K$  按下式计算：

$$K = -\frac{\Delta V_s}{V_s} = -\frac{\Delta V_c - \Delta V_w - \Delta V_f}{V_s}$$

式中： $\Delta V_s$ ——试样的体积变化（对试样吸水体积进行修正后），ml；

$V_s$ ——试样的初始体积，ml；

$\Delta V_c$ ——试样与水的总体积变化，ml；

$\Delta V_w$ ——不锈钢块与水的体积变化，ml；

$\Delta V_f$ ——试样加压测试后的吸水体积，ml。

③ 体积弹性模量  $EB$  按下式计算：

$$EB = \frac{\Delta P}{K} \quad \text{MPa}$$

式中： $\Delta P$ ——压力变化，MPa；

$K$ ——试样压缩比。

④ 计算两次试验的算术平均值，结果保留到个位。

(4) 结果判定：满足建造厂或设计方的要求。

### 4.3.2 出厂检验

4.3.2.1 取样：在相同原材料、相同配方和相同的生产工艺条件下，一次投料生产的不大于 50 块的同型号产品为一批，每批取样数量不低于 10%。对于压溃强度试验，可随机每批取一块进行试验；

4.3.2.2 试验项目：吸水率试验，压溃强度试验，密度；

4.3.2.3 试验方法：见型式试验相关要求；

4.3.2.4 试验结果：吸水率和压溃强度满足《潜水系统和潜水器入级规范》要求，密度满足建造厂或设计方的要求。

### 4.3.3 工艺性能试验

#### 4.3.3.1 粘结工艺性拉伸试验

(1) 试样数量：3 个；

(2) 试样要求：

① 浮力材料母材、浮力材料粘结后分别制备试样；

② 浮力材料母材直接加工成哑铃形试样，加持段可适当加强保证试验顺利进行；

③ 浮力材料粘接后的试样是由两段经机械加工的浮力材料块粘接而成的，每段浮力材料块尺寸为  $40\text{mm}\times 10\text{mm}\times 10\text{mm}\pm 0.25\text{mm}$ ，其形状和尺寸，如图 4-1 所示（试样尺寸单位：mm；未注尺寸公差： $\pm 0.25\text{mm}$ ），非粘接面可以做适当加强保证试验顺利进行。试样再加工成哑铃形，加工出合适的圆弧过渡和夹持段，试样厚度减少为  $4\pm 0.25\text{mm}$ 。

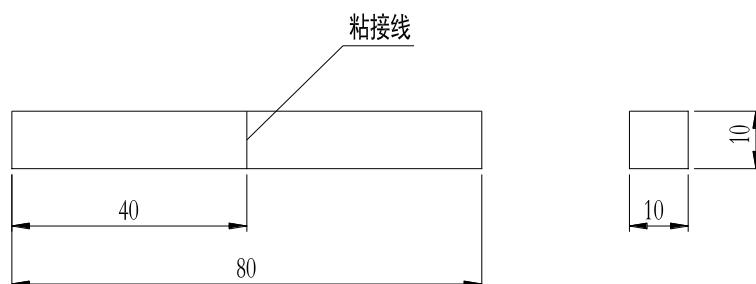


图 4-1 对接试样形状和尺寸

(3) 试验方法：

每个试样夹持在拉伸试验机的工装上，沿着垂直的方向加载，加载速度为  $1\text{mm}/\text{min}$ 。任何一根试样测量的结果应不低于三根试样测量结果平均值的  $80\%$ ，否则应重新加工试样并进行测试。

(4) 结果判定：

- ① 拉伸试验粘结试样的拉伸强度大于母材拉伸强度；
- ② 测试中剥离部位不应在粘接界面。

4.3.3.2 预埋件的结合力试验（如需要时）

金属预埋件形状为圆柱体，其外表面可进行滚花工艺处理或者加工外螺纹，以增加浮力材料与金属预埋件之间的粘接面积；预埋件内孔预制成螺纹孔，以便于与紧固件进行连接和固定。

- (1) 试样尺寸：根据实际预埋件的尺寸制作试样；
- (2) 试验方法：测试预埋件的拔拉力；
- (3) 结果判定：最大拔拉力和安全系数应满足设计方要求。

## 第 5 章 机械与设备

### 第 1 节 功能目标

无人潜水器机械设备的的设计和制造应充分考虑其预定用途及使用环境,实现其预定的性能,为无人潜水器的水下作业提供必要的安全保障。

### 第 2 节 一般规定

**5.2.1** 防撞壳体内的机械设备(包括压力容器、推进装置、转舵装置、潜浮装置等)及配重,应采用适当的方式固定在无人潜水器的框架上,不应采用绑扎带等临时性的固定措施。

**5.2.2** 对于维修保养时需要拆卸的机械设备应当设置吊环等适当的装置,便于吊装。

**5.2.3** 直接与海水接触的机械与设备中容易受腐蚀的部件应采取适当的防腐蚀措施。

### 第 3 节 压力容器

#### 5.3.1 设计

5.3.1.1 承受内压的压力容器符合 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6 章的相关规定。

5.3.1.2 承受外压的压力容器按照《潜水系统和潜水器入级规范》第 4 章的要求进行。

5.3.1.3 最大工作压力根据最大工作深度确定。

#### 5.3.2 检验

5.3.2.1 焊接压力容器的生产和制造应在有具备相应资质的制造厂进行。

5.3.2.2 压力容器的焊接工艺应按 CCS 要求进行评定并使验船师满意,焊工具备船级社接受的资质。

5.3.2.3 承受外压的压力容器除进行必要的内压试验外,还应进行外压试验。当潜深不超过 4000m 时,试验压力不应小于 1.25 倍设计压力;当潜深达到 6000m 及以上时,试验压力不应小于 1.15 倍设计压力;当潜深在 4000~6000m 之间时,采用插值法确定。对于最大潜深超过 10000m 的无人潜水器试验压力为 1.1 倍设计压力。其中,设计压力应考虑及超深。对于配有水密插件的压力容器,应安装水密插件后进行外压试验。

### 第 4 节 推进系统

#### 5.4.1 一般规定

5.4.1.1 推进系统一般由推进电机（或液压马达）、减速器（如适用）、传动轴、螺旋桨等组成。

5.4.1.2 推进系统和它们的支承结构应设计成能在所要求的潜水深度下持续工作。

5.4.1.3 除特殊考虑外，一般应设置用于无人潜水器推进的主、辅推进系统、用于无人潜水器下潜和上浮的推进系统和用于无人潜水器转向的推进系统。

5.4.1.4 推进系统的数量和功率应根据无人潜水器的用途和航速确定。

#### 5.4.2 推进系统的设计

5.4.2.1 推进系统传动轴的强度应按照公认的方法进行计算。

5.4.2.2 推进系统传动轴应有可靠的轴封装置，保证推进电机和减速器在正常情况下不会浸水。

5.4.2.3 推进系统的传动轴应能够耐海水腐蚀。

5.4.2.4 推进系统可以设计成具备推进、潜浮、转向中一种及一种以上功能。

5.4.2.5 推进系统应设计成出现故障无法使用时，可以更换的型式。

#### 5.4.3 螺旋桨的设计

5.4.3.1 螺旋桨的外形设计计算应符合公认的标准或根据已有的经验从设计方的型谱表中选择。当以上方法不可行时，可以通过水池试验确定螺旋桨的外形设计。

5.4.3.2 螺旋桨的材料应选择耐海水腐蚀的材料。当对螺旋桨采用了 CCS 接受的防腐处理工艺时可以采用不耐海水腐蚀的材料，但每次保持级的检验时应当确认螺旋桨的防腐层是否有效。

5.4.3.3 对于仅有一个推进系统或左右舷各只有一个推进系统用于无人潜水器推进用途时，一般应对螺旋桨采用适当的方式进行保护（如导流罩），避免航行过程中因礁石或其他硬物的碰撞引起的螺旋桨损坏导致无人潜水器无法按照设定的程序保持预定的航向和航速。

5.4.3.4 螺旋桨应设计成方便更换的型式。

#### 5.4.4 试验及备品

5.4.4.1 推进系统（除螺旋桨外）如采用承压外壳结构，应按照承受外压的压力容器的要求进行水压试验。

5.4.4.2 推进系统应在水池试验时通过航行控制系统验证各项功能，并在航行试验时验证各项性能。

5.4.4.3 对于推进、潜浮推进系统和螺旋桨，应每种规格至少配备一个备品以便应对意外情况下的推进系统或螺旋桨损坏。如推进、潜浮推进系统及螺旋桨可互相通用，可以适当减少备品数量。

## 第 5 节 转舵装置

### 5.5.1 一般规定

5.5.1.1 转舵装置一般由转舵电机、减速器（如适用）、传动轴三部分组成。

5.5.1.2 转舵装置和他们的支撑结构应设计成能在所要求的潜水深度下持续工作。

### 5.5.2 转舵装置的设计

5.5.2.1 转舵装置的传动轴与舵叶之间应有可靠的连接。

5.5.2.2 转舵装置的传动轴应能够耐海水腐蚀。

5.5.2.3 转舵装置的传动轴应有可靠的轴封装置，保证转舵电机和减速器在正常情况下不会浸水。

5.5.2.4 舵叶与无人潜水器框架之间有灵活、可靠的连接。

### 5.5.3 试验

5.5.3.1 转舵装置（除舵叶外）如采用承压外壳结构，应按照承受外压的压力容器的要求进行水压试验。

5.5.3.2 转舵装置应进行一定时间的可靠性试验，并满足设计方的要求。

5.5.3.3 转舵装置应在水池试验前进行功能试验及规定转舵角的试验。

5.5.3.4 转舵装置及舵叶应在航行试验时验证转舵的性能。

## 第6节 抛载装置

### 5.6.1 一般要求

5.6.1.1 抛载装置应按故障安全原则设计，保证无人潜水器在正常情况下能够抛载上浮，在故障情况下，能够达到预期的功能效果。

5.6.1.2 对于无人潜水器故障后不允许浮出水面的设计（特殊情况，例如特定区域），应设计为供电抛载，在电池耗尽的情况下无人潜水器也无法抛载，重力始终大于浮力，无法浮出水面。对于这种设计，抛载装置必须同时由主电源与备用电源供电，保证在允许的情况下，无人潜水器在失去主电源时仍能够依靠备用电源浮出水面。

5.6.1.3 对于无人潜水器故障后允许浮出水面的设计，应设计为失电抛载，在电池耗尽的情况下无人潜水器会自动抛载，浮出水面。

5.6.1.4 抛载装置应在下水前进行抛载试验

5.6.1.5 抛载装置应进行一定次数的可靠性试验，并满足设计方的要求。

## 第6章 电气装置

### 第1节 功能目标

#### 6.1.1 一般要求

##### 6.1.1.1 电气系统的设计和建造应能确保:

- (1) 在正常的情况下, 确保对所有为无人潜水器操纵和正常作业所必需的电气设备供电;
- (2) 在应急情况下, 确保对安全所必需的电气设备供电;
- (3) 在所有可预见的操作条件下正常操作;
- (4) 具有与操作和安全要求相一致完整性;
- (5) 尽实际可能的降低发生火灾和爆炸的风险;
- (6) 人员及无人潜水器的安全, 免受电气事故的危害;
- (7) 能够按照既定的原则进行维护和修理。

### 第2节 一般规定

#### 6.2.1 一般要求

6.2.1.1 电气设备的设计、制造、安装和试验, 均应符合本节的有关规定或有关标准的规定。

6.2.1.2 电气设备和装置应持有产品证书或应经本社认可或合格证。电缆及电缆贯穿装置、电动机应持有产品证书, 蓄电池及蓄电池管理系统应持有本社认可证书, 其他电气设备和装置应持有合格证。

6.2.1.3 本规定不包括无人潜水器为完成指定作业任务而配备的电气设备的检验要求, 但其供电保护、设备安装与外壳耐压要求等应参照本规定的要求执行, 不能影响无人潜水器的安全。例如, 磁力计、成像设备等。

#### 6.2.2 电压波动

6.2.2.1 对于由蓄电池供电的电气设备, 其电压偏离额定值 $+20\% \sim -25\%$ 时, 应能可靠地工作。

#### 6.2.3 设备的外壳

6.2.3.1 电气设备和装置的承压外壳应满足本指南第5章第3节压力容器的要求。

6.2.3.2 充油设备的补偿器应有足够的补偿量。

#### 6.2.4 电气设备的安装

6.2.4.1 电气设备的布置应使电气设备之间的水密电缆尽可能短, 并在考虑了冗余情况下尽量降低电缆贯穿件的使用数量。

6.2.4.2 水密电缆应有防护, 尽量避免受到来自于无人潜水器外部的损害。

6.2.4.3 电气设备的安装应牢固，不能有任何位移，导致无人潜水器的重心和浮心改变。

### 第3节 系统设计

#### 6.3.1 配电系统

6.3.1.1 可采用直流双线绝缘系统或负极接地的双线系统。

#### 6.3.2 系统保护

6.3.2.1 配电系统装置中应设置合适完善而协调的包括短路在内的偶然过电流保护，以确保：

(1) 在某处发生故障时，通过保护装置的选择性保护，仅分断故障电路，而不影响非故障电路的连续供电；

(2) 消除故障影响，以尽可能减少对系统的损坏和导致火灾的危险；

(3) 对系统允许的非正常工作状态，如电动机的启动电流和变极电机的换接电流等，保护装置应具有合理的延时。

6.3.2.2 在配电系统的每一不接地的极（或相）上均应设有短路保护。

6.3.2.3 过载保护应设置在直流双线绝缘系统的一个绝缘极（或相）上；

6.3.2.4 蓄电池组应设置蓄电池组管理系统进行过载和短路保护。

6.3.2.5 对于绝缘配电系统，应具有绝缘低保护。

6.3.2.6 电气设备外壳应具有漏水检测保护。

### 第4节 主电源

#### 6.4.1 一般要求

6.4.1.1 设有主电源的无人潜水器应满足本节要求。

6.4.1.2 主电源能确保为保持无人潜水器处于正常操作状态及专用设备所必需的所有电气设备供电，主电源容量能够保证能够完成潜次任务并保证无人潜水器的回收。

6.4.1.3 主电源的电压波动范围为+15%～-20%。（需要确认）

### 第5节 备用电源

#### 6.5.1 一般要求

6.5.1.1 设有备用电源的无人潜水器，应满足本节要求。

6.5.1.2 无人潜水器应设有独立于主电源的备用电源。

6.5.1.3 备用电源的电池舱应与主电源的电池舱完全隔离，并尽可能的远离布置。

6.5.1.4 当主电源失效时，备用电源应能自动投入运行，并至少向下列设备供电：

(1) 抛载装置（如需得电抛载时）；

(2) 水面定位系统；

(3) 无人潜水器回收装置（如设有时）；

6.5.1.5 供电时间应大于无人潜水器自最大设计潜深上浮至水面时间加设计等待救援时间，其中设计等待救援时间如不大于1小时，按1小时计。

6.5.1.6 备用电源的电压波动范围为+15%~ -20%。

## 第6节 蓄电池

### 6.6.1 一般要求

6.6.1.1 蓄电池的设计和结构应确保在任何倾角时无电解液溢出。

6.6.1.2 蓄电池应能承受无人潜水器的倾斜和摇摆。

### 6.6.2 蓄电池的安装

6.6.2.1 电池在电池舱中的安装应牢固无任何晃动。

6.6.2.2 电池舱应具有防止电解液腐蚀的防护措施。

# 第 7 章 航行与水面定位通信设备

## 第 1 节 功能目标

### 7.1.1 航行设备的功能目标

7.1.1.1 航行设备的配备应能满足无人潜水器设计航行系统功能的需求，至少包括对无人潜水器深度/高度、航向、速度的控制，并能实现避碰功能（ROV 不适用）。应能降低无人潜水器搁浅、碰撞和环境影响的风险。

### 7.1.2 水面定位通信的功能目标

7.1.2.1 水面定位通信的配备应能满足无人潜水器在水面回收时将自身位置信息发送给母船。应能降低无人潜水器丢失的风险。

## 第 2 节 一般规定

### 7.2.1 一般要求

7.2.1.1 航行与水面定位通信设备的设计、制造、安装和试验，均应符合本节的有关规定或有关标准的规定。

7.2.1.2 航行与水面定位通信设备应持有产品证书或应经本社认可或合格证。航行控制（包括避碰）单元、水面定位通讯控制单元应持有产品证书，水面定位设备、卫星/VHF 通信设备、计程仪、深高度计、惯性导航系统、姿态传感器应持有本社认可证书，其他电气设备和装置应持有合格证。

## 第 3 节 配备要求

### 7.3.1 无人潜水器至少应配备如下航行设备：

- (1) 计程仪；
- (2) 深度计、高度计；
- (3) 惯性导航系统；
- (4) 姿态传感器
- (5) 避碰声呐。

其他配备如能达到上述航行设备配备所获得的导航信息，实现本指南 7.1.1 条款要求的航行设备的功能目标，经 CCS 同意，可以与上述航行设备的配备不一致。

### 7.3.2 无人潜水器至少应配备如下水面定位通信设备：

- (1) 定位设备；
- (2) 卫星通信设备（示位功能）；
- (3) VHF 通信设备；
- (4) 示位灯。

**7.3.3** 行与水面定位通信设备可按照无人潜水器作业需求进行增加配备。

**7.3.4** 航行控制单元与水面定位通信单元应相互独立。

## 第 8 章 浮性和稳性

**8.1** 无人潜水器在水下或水面操作时应有足够的初稳性。稳性分析中应考虑可能的最大负载重量。

**8.2** 当使用油囊等通过体积变化改变无人潜水器浮力和/或调节无人潜水器重心的装置时，该装置应采用可靠的材料，保证在相应水深的水下自然环境中，不至于无人潜水器因该装置失效导致无人潜水器的任一水下操作能力丧失。如装置采用非金属材料，应每航次前检查，如有异常应进行更换，检查和更换记录应当至少保存一个换证周期。

## 第9章 遥控无人潜水器（ROV）

**9.1** 对遥控无人潜水器的入级和检验要求，除本章有明确要求外按照本指南其他章节中适用要求执行。

**9.2** 在遥控无人潜水器的各种设备和仪器的周围应留有足够的空间，以便于安装和维修这些设备和仪器。

**9.3** 遥控无人潜水器控制台上应有必要且充分的显示设备，便于对遥控无人潜水器的操纵和作业进行有效和可靠的控制。

**9.4** 遥控无人潜水器控制室不应安置在海上平台的危险区内。如不可避免地要安置在1类或2类危险区内时，应采取必要措施，并经CCS审查同意。

**9.5** 遥控无人潜水器应具有水下照明装置与水下摄像机，其配备数量与安装位置应能为水面遥控提供足够的无人潜水器环境信息。

**9.6** 对于配备脐带缆为无人潜水器提供动力和电源，并传输控制指令和信息的遥控无人潜水器，。脐带缆的水密性与耐压性应适用遥控无人潜水器的最大设计潜深。

**9.7** 遥控无人潜水器的电源配电柜，高低压元器件的配置应隔离，避免相互干扰；应至少具有过载、短路、欠压、缺相、漏电保护功能。

## 第 10 章 试验与试航

### 第 1 节 试航前检查

**10.1.1** 检查配载情况，包括下潜压铁质量、上浮压铁质量、配载铅块质量与质心等。

**10.1.2** 外观检查，包括确认容器密封性、确认浮力材料固定牢固、表面无损伤。

**10.1.3** 检查水面控制设备工作状态，包括控制计算机工作状态、定位与通信设备工作状态、声通讯机工作状态（如适用）、水面遥控装置工作状态。

**10.1.4** 无人潜水器控制程序检查，按照试航任务书规定的要求检查控制软件的程序版本是否正确。

**10.1.5** 检查传感器工作状态，包括定位通信设备、深/高度计、计程仪、惯性导航系统、姿态传感器、避碰声呐等传感器工作状态。

**10.1.6** 检测无人潜水器电池组电压是否正常。

**10.1.7** 检查水面定位设备，包括频闪灯效用试验、无线电与定位通信设备效用试验。

**10.1.8** 检查抛载设备，包括下潜抛载、上浮抛载模拟试验。

**10.1.9** 检查推进、操舵设备，进行入水前的模拟动作试验。

### 第 2 节 航行试验

**10.2.1** 下潜试验，无人潜水器应根据设计要求进行有动力和/或无动力下潜到预定深度。

**10.2.2** 水下通信功能试验（如适用），无人潜水器与母船数据通信效用试验。

**10.2.3** 航行功能试验，至少包括定深、定高、定向航行试验，航行控制精度应在设计范围内。

**10.2.4** 最大潜深试验，无人潜水器在最大设计深度进行航行功能试验，至少保持 1 小时。

**10.2.5** 避碰功能试验，如航行试验时不具备避碰功能试验的条件，可在水池或其他具备试验条件的水域进行避碰功能试验。

**10.2.6** 安全功能试验，可在水池或其他安全试验条件下，模拟容器进水等故障，无人潜水器应急抛载上浮，或按照既定设计动作。

**10.2.7** 上浮试验，无人潜水器在完成航行任务后，能够安全上浮到水面。

**10.2.8** 水面定位功能试验，包括频闪灯效用试验、无线电与定位通信效用试验。

**10.2.9** 水面遥控功能试验，可通过遥控装置，控制无人潜水器水面航行。

### **第 3 节 航行试验后的检查**

**10.3.1** 检查浮力材料表面是否有压溃、破损等现象。

**10.3.2** 检查各压力容器是否有漏水、密封损坏等现象。

**10.3.3** 检查声呐、推进器、舵等设备是否有漏油、表面碰损等现象。

**10.3.4** 检查吊钩装置、吊环、拖钩与潜水器的连接部位是否异常。

# 第 11 章 符合性检验

## 第 1 节 一般规定

**11.1.1** 凡申请本社无人潜水器符合性检验，并确认符合本指南要求，本社签发无人潜水器符合性证明。

**11.1.2** 按照本指南的要求完成原型无人潜水器和/或首制无人潜水器的图纸和技术文件审查、检验和试验合格后签发“无人潜水器型式检验证书”。产品无人潜水器经制造检验合格后签发“无人潜水器符合证明”。

**11.1.3** 申请方也可申请按本指南的部分要求进行部分检验，本社将在相应无人潜水器证书中清楚表明检验范围。

**11.1.4** 如申请方不申请无人潜水器型式检验证书，则无人潜水器符合证明应在完成第 4 节和第 5 节要求后签发。

## 第 2 节 建造厂评估

**11.2.1** 无人潜水器建造厂应经 CCS 评估。

**11.2.2** 对无人潜水器建造厂的评估应符合本指南第 2 章第 6 节和第 7 节的要求。

**11.2.3** 无人潜水器建造厂初次评估后一般每 2 年进行一次检查。如果第 2 次检查认为条件保持持续满足，则此后可同意每 4 年进行一次检查。如果本社的检验业务在该厂中断连续 12 个月以上，无人潜水器建造厂在重新申请本社无人潜水器检验之前应申请本社进行一次检查。

**11.2.4** 如无人潜水器建造厂发生影响评估条件的任何改变，如生产设备、生产程序等，应立即通知本社，并将新程序及相关文件在实施前提交本社。

## 第 3 节 图纸和技术文件审查

**11.3.1** 图纸和技术文件的审查应根据申请我社检验的无人潜水器的实际情况，按开工前申请我社检验，开工后申请我社检验，营运中申请我社检验的三种情况，分别符合本指南第 2 章第 2 节和第 3 节的要求。

## 第 4 节 检验和试验

**11.4.1** 通过本社建造厂评估后，原型无人潜水器和/或首制无人潜水器一般应在本社检验下制造，并符合批准的图纸和技术文件。

**11.4.2** 原型无人潜水器和/或首制无人潜水器的检验和试验应当分别符合本指南相关章节的适用要求。

## 第 5 节 制造检验

**11.5.1** 产品无人潜水器的制造过程应经本社检查，以确定其能够持续符合原型无人潜水器的试验结果以及批准的图纸和技术文件的要求。

**11.5.2** 产品无人潜水器制造检验过程的要求应符合本指南第 2 章第 6 节的规定，无人潜水器制造完成后还应当进行本指南第 2 章第 4 节中特别检验要求的试验，相关试验可以接受模拟试验的方式或者在水池中进行。

**11.5.3** 制造检验过程中和制造完成后的试验可以根据无人潜水器的型式和数量和建造厂的质量控制水平进行抽检，抽检的比例应经本社批准。

## 第 6 节 型式检验证书与符合性证明

**11.6.1** 无人潜水器型式检验证书的有效期为 5 年，并应标明下列内容

- (1) 无人潜水器的型号；
- (2) 制造厂名称/地址；
- (3) 无人潜水器的类别；
- (4) 试验范围；

**11.6.2** 无人潜水器符合性证明应阐明无人潜水器的型号、制造厂名称/地址、无人潜水器的类别、制造年月、制造编号和无人潜水器型式检验证书编号。

## 附录 1 无人潜水器产品持证清单

序号	产品名称	审图	产品证书	认可证书	备注
1	浮力材料		X		浮力材料粘贴工艺应提交审查
2	吊钩、吊环、拖钩		X		
3	压力容器	X	X		
4	螺旋桨	X	X		
5	槽道推进系统	X	X		
6	侧推器	X	X		
7	主、辅推进系统	X	X		
8	舵机	X	X		
11	抛载装置	X	X		
12	电缆及电缆贯穿装置	X	X		
13	电动机	X	X		
14	蓄电池	X		X	
15	蓄电池管理系统	X		X	
16	航行控制（包括避碰）单元	X	X		
17	水面定位通讯控制单元	X	X		
18	水面定位设备（GPS、北斗、示位灯等）	X		X	
19	卫星/VHF 通信设备	X		X	
20	计程仪	X		X	
21	深度计、高度计	X		X	
22	惯性导航系统	X		X	
23	姿态传感器	X		X	

注：1、“X”表示适用；

2、如外购件持证要求无法满足，则应按照审批的图纸进行检验。