

ICS 65.150

CCS B 56



团体标准

T/CEATEC XXX—2025

深远海养殖网箱通用技术规范

General technical specification for deep-sea aquaculture cages

2025-X-XX 发布

2025-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 网箱分类	2
5 技术要求	2
5.1 结构要求	2
5.2 材料要求	2
5.3 智能化系统要求	3
5.4 环境适应性要求	4
5.5 安全要求	4
5.6 使用寿命要求	4
6 试验方法	4
6.1 结构试验	4
6.2 材料试验	5
6.3 智能化系统试验	5
6.4 环境适应性试验	6
6.5 安全试验	6
6.6 使用寿命试验	6
7 运行与维护	7
7.1 日常巡检	7
7.2 清洗与维护	7
7.3 记录与档案	7

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件为首次编制。

深远海养殖网箱通用技术规范

1 范围

本文件规定了深远海养殖网箱的网箱分类、技术要求、试验方法、运行与维护等内容。

本文件适用于在深远海水域（距岸 $\geq 10\text{km}$ ，水深 $\geq 30\text{m}$ ）进行养殖的鱼类、贝类及其他水生生物的网箱产品的设计、生产、验收、使用与维护。

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 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法
- GB/T 1040.1 塑料 拉伸性能的测定 第1部分:总则
- GB/T 2423.63 环境试验 第2部分:试验方法 试验:温度(低温、高温)/低气压/振动(混合模式)综合
- GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)
- GB/T 5080.7 设备可靠性试验 恒定失效率假设下的失效率与平均无故障时间的验证试验方案
- GB/T 10125 人造气氛腐蚀试验 盐雾试验
- GB/T 18216.4 交流1000V和直流1500V及以下低压配电系统电气安全 防护措施的试验、测量或监控设备 第4部分:接地电阻和等电位接地电阻
- GB/T 24343 工业机械电气设备 绝缘电阻试验规范
- GB/T 32065.1 海洋仪器环境试验方法 第1部分:总则
- GB/T 37079 设备可靠性 可靠性评估方法
- GB/T 41154 金属材料 多轴疲劳试验 轴向-扭转应变控制热机械疲劳试验方法
- SC/T 4045 水产养殖网箱浮筒通用技术要求
- SC/T 6049 水产养殖网箱名词术语

3 术语和定义

SC/T 6049界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

网箱 cage

用于深远海水域养殖鱼类、贝类或其他水生生物的封闭或半封闭容器，由框架、浮力系统、网体及系泊系统组成。

3.2

浮力冗余率 buoyancy redundancy rate

网箱在满载状态下，浮力系统提供的总浮力超过维持网箱漂浮所需浮力的百分比。

3.3

系泊安全系数 mooring safety factor

网箱锚系在最大设计载荷下的承载能力与设计载荷的比值。

4 网箱分类

网箱可按照形状、结构类型及功能进行分类，具体类别见表1。

表1 网箱分类

分类维度	分类类型	主要参数/说明	适用范围
形状	圆形网箱	直径10m~30m, 高度6m~15m	鱼类养殖, 中等深海环境
	方形/矩形网箱	边长8m~20m, 高度6m~12m	贝类及多物种联合养殖, 可组合成网箱群
	球形网箱	直径8m~15m	特殊养殖区域或浮力要求高环境
结构类型	刚性框架网箱	钢结构或复合材料框架, 整体稳定性高	风浪较大深远海区域
	柔性框架网箱	高强度索具为主支撑, 浮力筒和网体承载	中低风浪区域, 便于运输和安装
	半刚性网箱	框架与索具混合结构	风浪中等, 需一定移动性区域
功能	常规网箱	基本养殖功能, 无智能监测系统	普通养殖场
	智能网箱	配备环境传感器、视频/声呐监控及远程数据传输	需实时监控和管理的深远海养殖场

5 技术要求

5.1 结构要求

5.1.1 框架及承载构件

网箱框架及主要承载构件应能承受深远海环境下的风浪、流速和养殖生物载荷作用，保证安全系数不低于1.5。

5.1.2 浮力系统

浮力系统应满足以下要求：

- 满载状态下浮力冗余率应 $\geq 20\%$ ；
- 浮力筒应闭合良好，无渗水或泄漏现象。

5.1.3 倾覆和漂移控制

倾覆和漂移控制要求如下：

- 网箱整体倾覆角度应 $\leq 15^\circ$ ；
- 在风速40m/s、浪高6m、流速1.5m/s的综合海况条件下，网箱位置偏移应 $\leq 5\text{m}$ ；
- 不同结构类型网箱的最大设计载荷及系泊安全系数应符合表2的规定。

表2 不同结构类型网箱的最大设计载荷及系泊安全系数

结构类型	最大设计载荷 (kN)	系泊安全系数	适用水深 (m)
刚性框架	≥ 100	≥ 1.5	≥ 30
半刚性	≥ 70	≥ 1.3	30~50
柔性	≥ 50	≥ 1.2	≤ 50

5.2 材料要求

5.2.1 网衣材料

网衣材料应满足以下要求：

- 应采用高强度聚酰胺（PA）、高密度聚乙烯（HDPE）或经认证的等效材料；
- 初始拉伸强度应 $\geq 500\text{N}/50\text{mm}$ ；经紫外老化5000h后拉伸强度保持率应 $\geq 85\%$ ；
- 孔径均匀度误差应 $\leq \pm 5\%$ ；
- 材料损失质量应 $\leq 5\%$ 。

5.2.2 框架及承载构件材料

框架及承载构件材料应满足以下要求：

- a) 应采用钢、铝合金或复合材料，材料性能应符合表3的规定。
- b) 铝合金及复合材料表面应进行防紫外线及耐海水腐蚀处理。

表3 框架及承载构件材料性能要求

材料类型	指标	要求
钢材	屈服强度	$\geq 355\text{MPa}$
	延伸率	$\geq 12\%$
	耐腐蚀性	盐雾试验 $\geq 1000\text{h}$ ，无明显腐蚀
铝合金	屈服强度	$\geq 240\text{MPa}$
	延伸率	$\geq 10\%$
	耐腐蚀性	盐雾试验 $\geq 1000\text{h}$ ，无明显腐蚀
复合材料	抗拉强度	$\geq 500\text{MPa}$

5.2.3 浮力筒及浮力组件材料

浮力筒及浮力组件材料应满足以下要求：

- a) 浮力筒及浮力组件应采用HDPE、玻璃钢或经认证的复合材料，材料应符合SC/T 4045的要求；
- b) 壁厚应 $\geq 20\text{mm}$ ，抗冲击能力 $\geq 5\text{kJ}$ 。

5.2.4 系泊及连接件材料

系泊及连接件材料应满足以下要求：

- a) 索具、锚链及连接件应采用高强度钢、合金钢或高强度合成纤维；
- b) 拉断强度应 \geq 设计载荷2.5倍。

5.3 智能化系统要求

5.3.1 监测功能要求

智能化系统应具备以下监测能力：

- a) 环境监测：包括风速、浪高、流速、流向、水温、盐度等；
- b) 结构监测：包括网箱框架受力、系泊载荷、浮体姿态、连接节点应变等；
- c) 生产监测：包括鱼群活动状态、饵料投喂量、摄食情况等。

5.3.2 数据采集与传输要求

数据采集与传输要求如下：

- a) 系统采集频率不应低于1Hz；
- b) 监测数据应支持本地存储，连续存储时间不应少于30d；
- c) 数据传输方式应满足海上通信要求，可采用4G/5G、北斗、卫星或其他可靠通信方式；
- d) 数据传输过程应具备加密与完整性校验。

5.3.3 控制与告警要求

控制与告警要求如下：

- a) 系统应具备关键参数阈值设定功能；
- b) 当监测数据超过设定阈值时，应在10s内触发声光或远程告警；
- c) 对于饵料投喂系统、增氧设备等可控装置，应具备远程控制能力。

5.3.4 可靠性与防护要求

可靠性与防护要求如下：

- a) 智能设备外壳防护等级不应低于IP66；
- b) 关键电子元件的平均无故障时间（MTBF）不应低于10000h。

5.3.5 电源与供电要求

电源与供电要求如下：

- a) 系统可采用市电、太阳能、风能或多能互补方式供电；
- b) 后备电池在断电情况下的持续供电时间不应少于12h；
- c) 供电系统应具备过载、短路和反接保护功能。

5.3.6 接口与兼容性要求

接口与兼容性要求如下：

- a) 系统应提供标准化数据接口，如RS485、CAN、以太网或无线接口；
- b) 数据格式应兼容主流养殖管理平台，并支持标准协议（如NMEA、MODBUS等）；
- c) 系统软件应具备远程升级功能。

5.4 环境适应性要求

5.4.1 温度要求

网箱结构及其附属设备应能在 -10°C ~ 50°C 环境温度内正常运行。

5.4.2 耐流能力要求

在流速 1.5m/s 条件下，网箱框架和网衣不应产生影响正常使用的永久变形。

5.4.3 抗风浪能力要求

在风速 40m/s 、显著波高 6m 的海况条件下，网箱整体结构不应出现开裂、连接失效或严重变形。

5.4.4 耐海水腐蚀性要求

水下金属结构在正常使用条件下，年腐蚀速率不应超过 0.1mm/a ；非金属结构应具备抗海水老化能力，使用年限不低于5年。

5.4.5 盐度要求

网箱结构及其材料应能在 0% ~ 40% 盐度范围内长期使用。

5.5 安全要求

5.5.1 电气安全

电气设备应满足以下要求：

- a) 网箱上使用的电气设备及其智能监测设备的绝缘电阻应不低于 $1\text{M}\Omega$ ；
- b) 接地电阻不应大于 4Ω 。

5.5.2 应急安全

应配备应急照明、应急通讯设备（如卫星电话）、救生设备（救生衣、救生圈）等，应急照明持续工作时间不应少于 8h ，应急通讯设备在恶劣海况下应正常通讯。

5.5.3 环境安全

环境安全要求如下：

- a) 网箱所有材料应不含有害物质，符合海水养殖使用要求；
- b) 网衣材料应具备抗生物附着性能，生物附着层厚度在 180d 运行后不应超过 5mm ；
- c) 浮力材料在长期使用过程中不应释放微塑料或对海洋生态产生影响的碎屑；
- d) 清洗、维护及更换作业不应向海洋排放污染物；
- e) 废弃网衣、浮力体、连接件等应按国家环保要求进行回收、分类与处理，不应遗弃于海上；
- f) 如网箱发生重大结构破损，应采取措施防止养殖物种逃逸，减少对海洋生态系统的冲击。

5.6 使用寿命要求

5.6.1 总体寿命要求

深远海养殖网箱整体设计寿命应不低于15年。

5.6.2 关键构件寿命要求

关键构件寿命要求如下：

- a) 框架及承载构件设计寿命应不低于15年；
- b) 浮力筒寿命应不低于15年，浮力保持率 $\geq 95\%$ ；
- c) 网衣使用寿命不应低于5年；
- d) 系泊系统设计寿命不应低于10年。

5.6.3 疲劳性能要求

框架、连接件及系泊材料应满足长期循环载荷条件下的疲劳性能要求，关键受力构件疲劳寿命不应低于 1×10^6 次循环。

6 试验方法

6.1 结构试验

6.1.1 框架及承载构件试验

在实验室或现场环境中，通过加载装置施加1.5倍设计载荷，测量构件应力和变形，验证安全系数是否满足要求。

6.1.2 浮力系统试验

应按照以下方法进行：

- a) 浮力冗余率测定：将网箱满载放置水面，测量沉入水深，按照式（1）计算浮力冗余率；
- b) 浮力筒密封性试验：应按照SC/T 4045的规定执行。

$$\text{浮力冗余率} = \frac{F_{\text{总浮力}} - W_{\text{满载}}}{W_{\text{满载}}} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$F_{\text{总浮力}}$ ——浮力系统在水中的总浮力（单位：N或kN）；

$W_{\text{满载}}$ ——网箱及养殖物在满载状态下的总重量（单位：N或kN）。

6.1.3 倾覆和漂移控制试验

在风浪模拟池或模型试验场中，施加相应风速、浪高及流速条件，测量网箱倾覆角度和位置偏移。

6.2 材料试验

6.2.1 网衣材料试验

应按照以下方法进行：

- a) 拉伸试验：按照GB/T 1040.1的规定测定材料初始及老化后的拉伸强度；
- b) 孔径均匀度误差测定：随机测量孔径，计算误差；
- c) 材料损失质量：模拟网箱在海上养殖环境下的长期摩擦，测量试样磨损后的质量。

6.2.2 框架及承载构件材料试验

应按照以下方法进行：

- a) 机械性能试验：按照GB/T 228.1的规定测定屈服强度和延伸率；
- b) 耐腐蚀性试验：按照GB/T 10125的规定执行。

6.2.3 浮力筒及浮力组件材料试验

- a) 壁厚测量：采用卡尺或超声检测；
- b) 抗冲击能力试验：按照SC/T 4045的规定执行。

6.2.4 系泊及连接件材料试验

采用拉力试验机施加载荷至破坏，记录拉断强度。

6.3 智能化系统试验

6.3.1 监测功能验证

通过实际安装或模拟环境测试各类传感器数据采集能力，验证测量范围、精度及数据完整性。

6.3.2 数据采集与传输试验

应按照以下方法进行：

- a) 采集频率测试：运行系统并读取数据输出时间戳，计算数据输出周期；
- b) 存储可靠性测试：启动系统连续运行不少于24h，按存储速率换算存储容量；
- c) 通信性能测试：模拟海上环境，验证传输稳定性和加密完整性。

6.3.3 控制与告警试验

模拟关键参数超限，验证声光或远程告警触发时间；在远程端发送执行指令（如启动或停止投喂/增氧装置）记录响应时间，检查控制动作是否准确执行。

6.3.4 可靠性与防护试验

应按照以下方法进行：

- a) 防护等级测试：按照GB/T 4208的规定执行；
- b) MTBF验证：按照GB/T 5080.7的规定执行。

6.3.5 电源与供电试验

应按照以下方法进行：

- a) 多能互补供电试验：模拟市电、太阳能、风能输入，验证系统可自动切换并保持正常运行；

- b) 后备电池持续供电测试：切断主电源，仅使用电池供电，记录连续供电时间；
- c) 保护功能试验：模拟过载、短路和反接输入，系统应自动保护或断电。

6.3.6 接口与兼容性试验

应按照以下方法进行：

- a) 数据接口功能测试：依次测试RS485、CAN、以太网及无线接口的通信功能，数据应稳定传输，无数据包丢失；
- b) 协议兼容性测试：向主流养殖平台上传测试数据，验证NMEA、MODBUS等协议可正常解析；
- c) 远程升级验证：通过网络发送升级包，验证系统能正确完成版本更新并正常重启。

6.4 环境适应性试验

6.4.1 温度试验

应按照GB/T 2423.63的规定执行。

6.4.2 耐流能力试验

将整箱或代表性结构按设计系泊固定在流道或现场流区，将流速升至1.5m/s并稳定运行24h，记录位移、应变与变形数据，试验结束后检查是否有永久变形或损伤。

6.4.3 抗风浪能力试验

在波浪—风模拟装置或按谱生成海况的试验场布置试件，施加相应风况与波浪工况，连续作用若干小时或完成规定波浪循环次数，实时记录受力、倾覆角与连接载荷，试验后检查是否有开裂、连接失效或严重变形。

6.4.4 耐海水腐蚀试验

应按照GB/T 32065.1的规定执行。

6.4.5 盐度试验

在可控盐度水槽中准备0%、10%、20%、30%、40%等若干工况，将代表性样件在各盐度下浸泡或运行14d~30d并保持流动/静水状态，观察并记录外观、尺寸、密封性与电气性能变化，判定是否有影响正常使用的退化或失效。

6.5 安全试验

6.5.1 电气安全试验

绝缘电阻试验应按照GB/T 24343的规定执行，接地电阻试验应按照GB/T 18216.4的规定执行。

6.5.2 应急安全试验

应按照以下方法进行：

- a) 应急照明持续工作时间测试：将应急照明设备完全充电后切断主电源，使设备进入应急模式，连续计时运行至熄灭或亮度明显不足；
- b) 应急通讯设备功能测试：在实验场或海上试验区域开启通讯设备，在风浪或模拟恶劣环境条件下进行拨号、接听和数据连接测试，记录通讯质量及成功率。

6.5.3 环境安全试验

应按照以下方法进行：

- a) 材料有害物质检查：提取材料样品，按检测清单检查是否含禁用物质；
- b) 网衣抗生物附着能力测试：安装网衣样片于海域或模拟海水环境中暴露180d，取回样片，用刮板和量规测量生物附着层厚度；
- c) 浮力材料长期使用碎屑/微塑料检查：将浮力材料样件在海水或模拟海水环境中浸泡90d~180d，定期收集周围水样并通过过滤检查是否有颗粒脱落；
- d) 清洗及维护过程环保检查：模拟或现场观察清洗、维护、网衣更换过程，检查是否存在废水、油污、化学物质等直接排放入海的行为。

6.6 使用寿命试验

6.6.1 寿命试验

应按照GB/T 37079的规定执行。

6.6.2 疲劳性能试验

应按照GB/T 41154的规定执行。

7 运行与维护

7.1 日常巡检

巡检包括框架、浮力筒、网衣、系泊系统及智能化设备等，具体内容如下：

- a) 框架、连接件是否松动、变形；
- b) 浮力筒是否渗水，浮力是否稳定；
- c) 网衣是否破损或附着物过多；
- d) 系泊是否张紧正常；
- e) 监测设备、电源和数据传输是否正常；
- f) 巡检周期不应超过1次/日，恶劣天气前后应增加巡检。

7.2 清洗与维护

清洗与维护要求如下：

- a) 网衣、浮力筒和框架表面应定期清洗，清洗周期一般为3~6个月；
- b) 网衣破损应及时修补或更换；
- c) 浮力筒渗水或浮力下降应及时处理；
- d) 智能监测设备应定期检查和校准。

7.3 记录与档案

所有巡检、维修、更换和异常情况应形成记录并保存备查，保存期限应不低于使用寿命。
