

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T XXXXX—XXXX

潮流能发电装置研制技术要求

Technical requirements for development of tidal current energy converter

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语	1
4 一般规定	1
4.1 一般要求	1
4.2 海洋环境条件	2
5 关键过程技术要求	2
5.1 数值模拟	2
5.2 物模试验	3
5.3 部件研制与整机组装	3
5.4 室内测试	5
5.5 海试	7

前 言

本文件按 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》的要求起草。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。

本文件由国家海洋技术中心提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会海洋观测及海洋能开发利用分技术委员会（SAC/TC 283/SC2）归口。

本文件起草单位：国家海洋技术中心，国电联合动力技术有限公司。

本文件主要起草人：李扬眉、杨立、邱泓茗、褚景春、袁凌、贾法勇、方芳、马越。

潮流能发电装置研制技术要求

1 范围

本文件规定了潮流能发电装置研制中一般规定和关键过程的技术要求。
本文件适用于潮流能发电装置研制中的质量控制与技术管理。

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 3097	海洋水质标准
GB/T 14914.2	海洋观测规范 第2部分 海滨观测
GB 18421	海洋生物质量
GB/T 19073	风力发电机组齿轮箱
GB/T 33628	风力发电机组 高强螺纹连接副安装技术要求
GB 50205	钢结构工程施工质量验收规范
HY/T 087	近岸海洋生态健康评价指南
NB/T 31094	风力发电设备 海上特殊环境条件与技术要求
ISO 20340	色漆和清漆—海上平台及相关结构防护涂料体系的性能要求 (Paints and varnishes—Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures)

3 术语

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 一般规定

4.1 一般要求

潮流能发电装置由发电机组、支撑平台及基础组成,研制中的关键过程主要包括数值模拟、物模试验、部件研制与整机组装、室内测试和海试。潮流能发电装置研制应符合以下要求:

- 潮流能发电装置应按 20 a 的使用寿命进行设计;
- 测试依据应首选国家标准、行业标准,无相关标准应具有通过授权认可的试验依据,并具有测试报告;
- 环境安全满足以下要求:
 - 对水质的影响应符合 GB 3097 的要求;
 - 对海洋生物的影响应符合 GB 18421 的要求;
 - 对生态健康的影响应符合 HY/T 087 的要求。

- d) 安装使用满足以下要求：
 - 1) 安装环境应符合 NB/T 31094 的要求；
 - 2) 齿轮箱安装应符合 GB/T 19073 的要求；
 - 3) 高强螺栓连接副安装应符合 GB/T 33628 的要求；
 - 4) 钢结构工程施工应符合 GB 50205 的要求。
- e) 测试所使用的仪器设备满足以下要求：
 - 1) 应进行量值溯源，并在溯源有效周期内；
 - 2) 性能指标应满足测试要求。

4.2 海洋环境条件

4.2.1 海洋水文气象条件

潮流能发电装置研制应明确应用海域的以下海洋水文气象条件：

- a) 潮型：半日潮、全日潮或者混合潮；
- b) 潮流表层流速和流向；
- c) 潮流中层流速和流向；
- d) 潮流底层流速和流向；
- e) 波高和周期；
- f) 平均海平面；
- g) 最高潮位；
- h) 最低潮位；
- i) 潮差；
- j) 海水温度；
- k) 海水密度；
- l) 海水中含盐量；
- m) 海生物；
- n) 海水含沙量；
- o) 风速与风向；
- p) 空气温度；
- q) 空气湿度；
- r) 太阳辐射强度。

4.2.2 地质条件

潮流能发电装置研制应明确应用海域的以下地质条件：

- a) 海底岩土分层；
- b) 海底岩土特性；
- c) 水下地形地貌。

5 关键过程技术要求

5.1 数值模拟

5.1.1 工况数值模拟

工况数值模拟应包括以下内容：

- a) 1 a 一遇和 50 a 一遇海况条件；
- b) 正常发电、正常发电兼故障、启动、正常停机、紧急停机、空转等运行工况；
- c) 运行工况应规定切入流速、额定流速、切出流速，进行海流正、反向流动模拟；
- d) 自存工况宜按 50 a 一遇极端海况模拟。

5.1.2 结构受力数值模拟

针对5.1.1规定的工况，考虑水动力与结构的流固耦合效应，结构受力数值模拟应包括以下内容：

- a) 海流和波浪组合条件下的水动力载荷；
- b) 水动力载荷条件下的发电机组、支撑平台与基础受力；
- c) 发电装置结构强度、疲劳、模态与运动响应。

5.1.3 发电性能数值模拟

应针对5.1.1规定的工况，发电性能数值模拟应包括以下内容：

- a) 不同流速下动力输出装置（以后简称 PTO）阻力特性；
- b) 发电功率曲线与发电效率曲线，主要流向变化范围不小于 $\pm 10^\circ$ 。

5.1.4 验证

数值模拟结果应通过物模试验验证。

5.2 物模试验

5.2.1 一般要求

潮流能发电装置研制应进行物模试验，并满足以下要求：

- a) 物理模型尺寸根据实际需要选择，叶轮直径应不小于 0.6m；
- b) 物模试验时应考虑物模试验的尺度效应和池壁效应。

5.2.2 结构物模试验

结构物模试验应包括以下内容：

- a) 构型设计、水动力性能的验证试验；
- b) 载荷数值验证及部件强度试验。

5.2.3 发电性能物模试验

发电性能物模试验应包括以下内容：

- a) PTO 阻力特性试验；
- b) 发电功率曲线与发电效率曲线，主要流向变化范围不小于 $\pm 10^\circ$ 。

5.3 部件研制与整机组装

5.3.1 部件研制

5.3.1.1 材料与工艺

材料与工艺至少应满足以下要求：

- a) 色漆和清漆的性能要求应符合 ISO 20340 的要求；

- b) 复合材料应进行抗压强度、涂料流平性、耐磨性及表面粗糙度测试；
- c) 焊接应进行射线（RT）、超声（UT）、磁粉（MT）或渗透（PT）等无损探伤检查（NDT）和焊缝的外观质量检查；
- d) 材料和部件应进行防腐蚀、防生物附着和盐雾测试。

5.3.1.2 机械部件

机械部件应进行安全性、可靠性和环境适应性等方面的测试，主要测试项目至少应包括振动测试、噪声测试、静载测试、密封性能测试、润滑分配性能测试、温升测试、焊缝表面探伤检查、超声波探伤检查和材料强度测试。

5.3.1.3 电气与控制部件

电气与控制部件应进行安全性、可靠性和环境适应性等方面的测试，主要测试项目至少应包括高低温测试、防护等级测试、电气绝缘测试、过载能力测试、效率测试、防盐雾测试、负载特性测试和动态特性测试、湿热测试、电磁兼容测试和雷击试验。

5.3.1.4 主体结构

主体结构至少应进行以下检查和试验：

- a) 构件尺寸、焊接质量、防腐处理的检查；
- b) 舱室的密闭性试验、渗漏试验、冲水试验或其它替代试验；
- c) 锚泊和系泊设备安装后的检查和试验；
- d) 漂浮式装置进行倾斜试验。

5.3.1.5 机械系统

机械系统至少应进行以下检查和试验：

- a) 管路制造、安装的检查 and 试验；
- b) 机械系统如液压系统、锚机装置的控制系统等安装后的检查和功能试验；
- c) 传动系统的同轴度、阻力矩、密封性的检查。

5.3.1.6 电气与控制系统

电气与控制至少应进行以下检查和试验：

- a) 电气系统如发电机、电动机、电缆、控制柜等安装后的检查和试验；
- b) 控制器控制功能的检查和试验；
- c) 应急操作系统的检查和试验；
- d) 装置内的通信系统和报警系统的检查和试验；
- e) 电气部件的接地检查。

5.3.2 整机组装

5.3.2.1 环境要求

整机组装环境应满足以下要求：

- a) 保持装配现场整洁、明亮、有序、无杂物；
- b) 现场必须的工具、设备分区存放，位置明确；
- c) 物品逐一分类，标识齐全、醒目、美观、规范；

- d) 零部件应放置在指定位置，分类摆放整齐；
- e) 保证调试仪器用电安全。

5.3.2.2 操作要求

人员和设备应满足以下要求：

- a) 操作人员应该进行培训，关键岗位持证上岗；
- b) 合理选择吊具，吊装过程中注意安全；
- c) 检查吊装设备、吊具、信号、限位开关、刹车机构等是否安全；
- d) 操作人员必须佩带安全装备；
- e) 严格按照操作规程进行。

5.3.2.3 工艺方案

整机组装工艺应满足以下要求：

- a) 工艺方案经过论证和计算机三维模拟；
- b) 工艺方案明确部件安装的先后顺序、所用的工具及型号、各部件组装过程中的关键点；
- c) 对于潜在的风险制定相应的应急措施；
- d) 部件组装时，严禁各部件接触面之间的磕碰与划痕；
- e) 密封圈组装时，检查密封圈的表面和密封沟槽的清洁度，沟槽内均匀涂抹润滑油脂；
- f) 涂抹密封圈表面严禁磕碰与划痕，密封胶涂抹均匀；
- g) 轴、键的安装保证在设计公差范围之内。

5.4 室内测试

5.4.1 关键部件测试

5.4.1.1 叶片测试

叶片测试应包括以下内容：

- a) 叶片静力试验；
- b) 叶片疲劳试验；
- c) 叶片模态试验；
- d) 叶片密封性测试。

5.4.1.2 发电机测试

发电机测试应包括以下内容：

- a) 启动转矩试验；
- b) 空载试验；
- c) 负载、稳态参数测量与温升试验；
- d) 振动、噪声试验；
- e) 防水性能试验；
- f) 正、反向功率特性试验。

5.4.1.3 齿轮箱测试

齿轮箱测试应包括以下内容：

- a) 启动、停机试验；

- b) 正、反向转矩试验;
- c) 油池、轴承温度检测;
- d) 主轴、轴承振动检测;
- e) 油位检测;
- f) 密封性检测。

5.4.2 系统测试

5.4.2.1 一般要求

系统测试应满足以下要求:

- a) 至少应具备以下资料:
 - 制造商提供的技术规范、操作说明书、出厂试验记录及有关图纸和系统图;
 - 订货合同及技术文件、设备安装记录、监理报告以及其它图纸和资料;
- b) 制定安全措施及安全制度;
- c) 测试前应编制测试大纲, 调试完成后应提交测试报告。

5.4.2.2 陆地联调

陆地联调至少应包括以下内容:

- a) 检查发电机组电气与控制系统线缆的连线是否正确;
- b) 检查发电机组动力、控制和通讯线缆的外观及连接紧固程度是否满足要求;
- c) 确认金属构架、电气装置、通讯装置和导体的等电位连接、接地与绝缘水平;
- d) 调试基本按钮开关、信号动作、数值显示等指标;
- e) 调试齿轮箱、发电机、变流器、控制柜、变桨机构等的运行状态;
- f) 调试安全链、电能质量、密封、温度、压力、振动和速度等指标;
- g) 调试控制系统与监控系统的通讯状态、保护指令和故障报警状态;
- h) 调试发电机组远程监控状态。

5.4.2.3 整机全功率试验

全功率试验至少应监测以下内容:

- a) 齿轮箱的润滑油位、油压、温度、振动和泄漏指标;
- b) 主轴承的温度、振动指标;
- c) 发电机的润滑油位、碳刷磨损、绕组温度和振动指标;
- d) 变流器水冷压力与温度、电压与电流波动指标;
- e) 主轴与发电机的转速;
- f) 发电机输出功率曲线。

5.4.2.4 整机密封性试验

密封性试验应满足以下要求:

- a) 密封性试验可以进行外压试验, 也可以进行内压试验;
- b) 密封性内压试验介质一般为空气, 也可以用惰性气体;
- c) 试验最高压力至少为机组运行位置海水压力的 1.5 倍;
- d) 增压过程分阶段进行, 以最高压力的 20%为梯度递增, 每个阶段保压时间不少于 30 min;
- e) 最高压力保压时间不小于 8 h。

5.5 海试

5.5.1 一般要求

一般要求包括：

- a) 海试前应编制海试大纲，并经过项目承担单位评审。海试大纲至少应包括海洋环境条件、海试方案、海试内容、拖行和投放方案、安全及保障措施和维修措施等方面内容；
- b) 海试前，应对发电机组、支撑平台和基础进行喷涂防腐涂层和安装阴极保护，满足使用寿命要求；
- c) 应有根据海试结果进行改进的措施内容；
- d) 海试后，编制海试报告。

5.5.2 海洋环境条件

应具应用海域的海洋环境资料，包括水文、气象、地质和灾害等。

5.5.3 海试方案

海试方案至少应包括以下内容：

- a) 试验目的：测试发电装置实海况运行性能；
- b) 试验项目：主要测试参数以及必需的环境参数；
- c) 试验仪器：主要试验用测试仪器及设备的技术状态和数量，及其有效的检定或校准证书；
- d) 试验方法：包括测量站点布设位置、测试及其数据处理方法以及作业方案。

5.5.4 海试内容

海试至少应储存、记录如下试验内容：

- a) 海洋环境指标应按 GB/T 14914.2 测试，至少包括：
 - 潮流速度与方向；
 - 波高、周期和波速；
 - 风速与风向；
 - 海水深度；
 - 潮位和潮差。
- b) 机组性能指标测试至少应包括：
 - 机组双向潮流下的效率和功率曲线；
 - 机组电压波动和谐波畸变率；
 - 主轴承振动加速度；
 - 齿轮箱与发电机温度；
 - 叶轮转速。
- c) 支撑平台与基础指标测试至少应包括：
 - 平台倾角；
 - 平台振动；
 - 漂浮式还应包括锚泊系统。
- d) 其它指标测试应至少包括：
 - 机组故障统计；
 - 机组无故障运行时间；
 - 机组累计运行时间；

——累计发电量。

5.5.5 拖行和投放方案

海试应具有拖行和投放方案，并至少包括布放海洋环境条件要求、布放和回收工具以及布放和回收步骤等方面。

5.5.6 安全及保障措施

海试的安全及保障措施应至少包括以下方面：

- a) 海上作业安全培训；
- b) 海上作业安全措施；
- c) 现场意外情况紧急处理预案。

5.5.7 维修措施

海试的维修措施应至少有备件以及下水后故障处理预案。
