|  |  |
| --- | --- |
| ICS | F14 |
| CCS | 27.180 |

|  |
| --- |
| T/HNBX |

海南省标准化协会团体标准

T/HNBX XXXXX—2025

海洋温差能发电装置海上试验技术指南

Technical guidelines for offshore testing of ocean thermal energy conversion Devices

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

海南省标准化协会  发布

1. 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。

本文件由广州海洋地质调查局三亚南海研究所提出。

本文件由海南省标准化协会归口。

本文件起草单位：广州海洋地质调查局三亚南海地质研究所。

本文件主要起草人：田霏、黄磊、夏长发、郭旭东、宁波、房晓宸、李学林、陈梅、路东宇、张江勇。

海洋温差能发电装置海上试验技术指南

* 1. 范围

本文件规定了海洋温差能发电装置海上试验的试验准备、海上运输、设备安装、海试实施、海试回收、海试总结的流程。

本文件仅适用于漂浮式海洋温差能发电装置的海上试验流程。

* 1. 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 21065 船舶电气装置 安装和完工试验

GB/T 12763.2 海洋调查规范 第2部分: 海洋水文观测

SO 12944-9 海上和相关结构的防护漆体系和实验室性能试验方法

IEC TS 62600-21 海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置 第 21 部分：海洋温差能发电装置-电力性能评估(Marine energy - Wave, tidal and other water current converters - Part 21: Electricity producing ocean thermal energy converters - Power performance assessment)

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

海洋温差能 ocean thermal energy

由海洋表层温水与海洋深层冷水之间的温度差所蕴含的能量。

[来源：GB/T 19834—2005，定义8.3]

海洋温差能发电装置 ocean thermal energy conversion power plant

利用海水表层温水和深层冷水之间的温度差，通过循环工质使其蒸发和凝结，驱动涡轮机发电的装置。

工质 working fluid

在海洋温差能发电装置中用于传递能量的流体，该流体在高温侧蒸发、在低温侧凝结，从而驱动涡轮机发电。

半潜式 semisubmersible

一种漂浮式温差能发电装置结构，通过在水面下的多根浮筒和垂直支柱保持浮力和稳定性。

立柱浮筒式 spar

一种深吃水的、类似于大型浮筒的漂浮式温差能发电装置结构，使用系泊系统垂直或倾斜地固定在深水区域。

船载式 ship-based

一种利用传统船体的漂浮式温差能发电装置结构。

* 1. 试验准备
     1. 编写试验方案

编写详细的试验方案，包括试验目的、试验流程、时间安排、人员分工、风险和应急预案等。

* + 1. 人员培训

参与海洋温差能发电装置的人员应在海试前完成技术和安全培训。

* + 1. 出海前测试

参与海试的海洋温差能发电装置应完成出海前测试，确保装置的水上各部件和检测设备等工作状态良好，水下管道连接完好。

* + 1. 检查船舶状态

船舶搭载运输应符合以下要求：

1. 实验船舶结构完好：实验船舶应经过检查，确保船体、引擎、舵等主要部件结构完好，没有损坏或漏水等情况；
2. 设备齐全：实验船舶上的通信设备、导航设备、安全设备、起吊设备、拖曳设备应齐全并处于正常工作状态；
3. 实验船舶甲板应有足够的作业空间，并配有海试装置的存放空间；
4. 油水分离装置正常：实验船舶应配备有效的油水分离装置，并确保其处于正常工作状态；
5. 燃料和水供应充足：确保实验船舶携带足够的燃料和淡水供应，以满足试验期间的需要；
6. 通风系统正常：确保实验船舶的通风系统正常工作，保证船舱内空气清新；
7. 紧急情况应急设备完备：实验船舶上应配备应急救生设备。
8. 如采用半潜船搭载运输的情况，还应满足以下要求：
   1. 半潜船应经过检查，确保船体、引擎、舵等主要部件结构完好，没有损坏或漏水情况；
   2. 半潜船应配备齐全的固定和支撑设备，以确保装置在运输过程中的稳定性；
   3. 半潜船应能够正常沉降和浮升，以确保装置在半潜船上的装载和卸载操作安全顺利。

船舶拖航运输除了满足船舶搭载运输的船舶状态外，还需满足：

1. 拖航设备齐全：拖航船舶应配备齐全的拖曳设备，包括拖缆、系缆和防护设施，确保设备在拖航过程中不会移动或损坏；
2. 被拖设备状态良好：确保被拖设备的结构完好，并且已妥善固定，防止在拖航过程中发生位移或损坏。
   * 1. 试验材料及备件准备

为保障海洋温差能发电装置海试工作的顺利开展，应提前准备并核实以下材料和备件：

1. 关键测量传感器及检测设备的备件，包括温度传感器、压力传感器、流量计、工质循环泵等；
2. 水下管道及连接件备件，确保管路接口完好、密封性能良好；
3. 电气设备及控制系统的备件，如电缆接头、保险丝、断路器等；
4. 机械部件备件，包括泵、阀门、换热器关键部件等；
5. 常用工具及维修器材，满足现场突发故障的快速处理需求；
6. 试验用消耗材料，如密封胶、润滑油、防腐涂料等；
7. 对所有备件和材料进行清点验收，确保数量充足、性能合格，并做好存放和管理，便于现场快速调用。
   1. 海上运输

海上运输前须确认海上运输路线畅通无阻。

实验船舶搭载运输应符合以下要求:

1. 发电装置的系统部件及独立部件应固定牢固；
2. 到达海试区域后，逐一检查设备和部件的状态，确保未受损坏。

半潜船搭载运输应符合以下要求：

1. 确认装载区域的水深适合半潜船下潜至装载所需的深度，宜在小于 3 级海况条件下进行装载操作。
2. 使用吊机、拖船等吊装设备将发电装置吊装至半潜船甲板上，确保所有部件在装载过程中固定牢固。
3. 确认发电装置已安全装载并固定后，开启半潜船的压载系统，使其逐步浮升至正常航行状态。
4. 到达海试区域后，再次开启半潜船的压载系统，使其逐步下潜至卸载所需的深度。
5. 使用吊机、拖船等卸载设备，将发电装置从半潜船甲板上逐步卸载。确保卸载过程中的所有部件固定牢固。
6. 卸载后逐一检查设备和部件的状态，确保未受损坏。

船舶拖航运输应符合以下要求：

1. 宜在小于 4 级海况条件下拖航。
2. 拖缆所承受的最大负荷不应超过破断负荷的 50%。
3. 到达海试区域后，逐一检查设备和部件的状态，确保未受损坏。
   1. 设备安装
      1. 船载式

设备安装应按照试验方案设计的安装流程进行，并同时满足GB/T 21065 的规定执行，主要的安装内容包括：

1. 使用适当的连接件将冷水进水端、温水进水端与相应的取水装置连接固定，并将连接处密封保温；
2. 安装检测海洋温差能发电装置运行时的温度、压力、流量的监测设备；
3. 安装控制海洋温差能发电装置的启停和调节的控制系统；
4. 安装强、弱电路，应避免与其他设备或导管发生干扰，确保线路正常工作。
   * 1. 半潜式、立柱浮筒式

设备安装应按照试验方案设计的安装流程进行，且满足以下环境适应性要求：

1. 波浪适应性：在不超过4级海况的工况下，应保证结构完整性及系统功能正常；
2. 防腐要求：所有浸没部件应满足ISO 12944-9 的防腐标准，其中关键承力部件宜采用 316L不锈钢或等效防腐材料。

除了与船舶搭载设备相同的安装内容外，还需安装的内容包括：

1. 安装浮体，确保浮体稳固。
2. 安装系泊系统。
   1. 海试实施

完成上述所有设备测试和安装后，开始进行海洋温差能发电试验。试验流程如下：

1. 在实验前测量并记录海水温度，海水表层温水与深层冷水之间的温度差应不少于 14 ℃。温度测量可参照GB/T 12763.2，使用温盐深仪（CTD）定点测温。
2. 采用动力定位或系泊等方式确保装置停留在原地，检查定位系统的稳定性，在操作期间装置偏离其初始位置应不超过 30 米。
3. 下放取暖、冷水装置的取水管道至海水中，确保管道连接处连接牢固。
4. 启动取暖、冷水电动机，运行海洋温差能发电装置。
5. 监测并记录温差、流量、压力和电力输出等关键参数，可参照IEC TS 62600-21第 8 章进行。（海试测量记录表、装置运行能耗及发电电参记录表分别参照附录A、附录B）
6. 试验结束后，关闭海洋温差能发电装置。对于船载式装置，恢复船舶正常工作的电路连接，确保船舶设备正常运行，对于半潜式和立柱浮筒式装置，确认装置停止后，检查所有连接部位的固定状态，确保安全。
   1. 海试回收

在确保安全的前提下对试验物资进行回收，回收的作业流程如下：

1. 小心地将取水管道从海水中回收，存放于管道收纳区域。如有其他配件，也一并回收，并存放于指定收纳区域。
2. 将海洋温差能发电装置的工质回收至工质储存罐中。
3. 若在海面上有海试过程产生的废弃物，应及时打捞清理。
4. 确认各物资固定牢固后返航。
   1. 海试总结

汇总试验过程中记录的所有数据并分析装置的性能指标是否达到设计要求。处理试验数据时应进行数据可靠性检查并剔除异常值。

根据试验数据和观察结果编写详细的试验报告，包括试验过程、数据分析、性能评估等内容，提纲可参照附录B。

2. （规范性）  
   海试测量记录表

海试测量记录表见表A.1。

* 1. 海试测量记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验船/平台： | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | 实验日期： | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | 经纬度： | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | | 海况： | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| 时间 | 深度  （m） | | 表层  温度  （˚C） | 深层  温度  （˚C） | | 温差  （˚C） | 发电量  （kW） | | 暖水  流量  （m3/h） | 冷水  流量  （m3/h） | 工质  流量  （m3/h） | | 暖水管道压力（Pa） | 冷水管道压力（Pa） | | 换热器工质压力  （Pa） | 涡轮机工质压力（Pa） | | 备注 |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  |  | |  |  | |  |  | |  |
| 记录人： 校对人： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

记录表说明：

时间：记录每个物理量数据的时间点。以协调世界时（UTC）为准，并在试验期间保持一致的时间偏移量 T h。建议时间偏移量为 1 h。

深度（m）：记录测量的海水深度。

表层温度（˚C）：记录暖水入口处表层海水的温度。

深层温度（˚C）：记录冷水入口处深层海水的温度。

温差（˚C）：计算并记录表层和深层海水的温差。

发电量（kW）：记录海洋温差能发电装置的实时发电量。

暖水流量（m3/h）：记录表层暖水进入海洋温差能发电装置时的流量，通常在暖水入口管道处测量。

冷水流量（m3/h）：记录深层冷水进入海洋温差能发电装置时的流量，通常在冷水入口管道处测量。

工质流量（m3/h）：记录装置工质管道中的工质流量。

暖水管道压力（Pa）：记录暖水管道中的实时压力。

冷水管道压力（Pa）：记录冷水管道中的实时压力。

换热器工质压力（Pa）：记录换热器中的实时压力。

涡轮机工质压力（Pa）：记录涡轮机中的实时压力。

1. （资料性）  
   装置运行能耗及发电电参记录表

装置运行能耗及发电电参记录表见表B.1。

* 1. 装置运行能耗及发电电参记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 试验船/平台： | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | 实验日期： | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | 经纬度： | | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | 海况： | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | |
| 时间 | 取暖水泵功率（kW） | | 取冷水泵功率（kW） | | 工质泵功率（kW） | | 其他辅助设备功率（kW） | | 总能耗（kW） | 发电电压（V） | | 发电电流（A） | | 瞬时发电功率（kW） | | 备注 |
|  |  | |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  | |  | |  |  | |  | |  | |  |
| 记录人： 校对人： | | | | | | | | | | | | | | | | |

记录表说明：

时间：记录每个物理量数据的时间点。以协调世界时（UTC）为准，并在试验期间保持一致的时间偏移量 T h。建议时间偏移量为 1 h。

取暖水泵功率（kW）：记录用于输送表层暖水的水泵实时功率消耗。

冷水泵功率（kW）：记录用于输送深层冷水的水泵实时功率消耗。

工质泵功率（kW）：记录海洋温差能发电装置中工质循环泵的实时功率消耗。

其它辅助设备功率（kW）：记录换热器辅助泵、控制系统、定位系统等其他辅助设备的实时功率消耗。

总能耗（kW）：各设备功率的总和，反映装置整体运行时的电力消耗。

发电电压（V）：记录海洋温差能发电装置输出的发电电压。

发电电流（A）：记录海洋温差能发电装置输出的发电电流。

瞬时发电功率（kW）：由电压和电流计算得出，反映实时发电功率。

备注：用于记录特殊工况说明，如设备启停、异常状态或环境变化等。

1. （规范性）  
   海试总结报告提纲示例

C.1给出了海试总结报告提纲的示例。

一、引言

1.试验背景

2.试验目的和意义

3.试验装置和试验方法简介

二、试验准备

1.运输安排

2.安装步骤

3.试验地点选择

三、试验过程

1.运输过程

2.安装过程

3.海试过程

4.试验期间出现的问题及处理措施

四、试验结果

