



中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 37551.3—2024

海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能 转换装置 第3部分：机械载荷测量

Marine energy—Wave, tidal and other water current converters—
Part 3: Measurement of mechanical loads

(IEC TS 62600-3:2020, MOD)

2024-08-23 发布

2025-03-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
1.1 概述	1
1.2 海洋能转换装置(MEC)类型划分	1
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 符号、下标和缩略语	4
4.1 符号	4
4.2 下标	6
4.3 缩略语	6
5 通则	7
5.1 文档结构	7
5.2 测试过程的安全性	7
5.3 技术鉴定	7
5.4 载荷测量	7
6 测试要求	8
6.1 概述	8
6.2 波浪能转换装置和水流能转换装置测试场地要求	8
6.3 子系统或结构部件室内载荷测试	8
6.4 所有波浪能转换装置和水流能转换装置的测量载荷工况	8
6.4.1 通则	8
6.4.2 稳态运行中的测量载荷工况	9
6.4.3 瞬态事件中测量载荷工况	9
6.4.4 动力学特性	10
6.4.5 异常工况	11
6.4.6 俘获矩阵	11
6.5 具有叶轮的海洋能转换装置测量载荷工况	12
6.5.1 概述	12
6.5.2 动力学特性	12
6.5.3 俘获矩阵	13
6.6 波浪能转换装置和水流能转换装置的可测参数	13
6.6.1 概述	13

6.6.2	载荷参数	13
6.6.3	气象水文参数	14
6.6.4	海洋能转换装置运行参数	15
6.7	具有叶轮的海洋能转换装置参数测量	15
6.7.1	概述	15
6.7.2	载荷参数	15
6.7.3	气象水文参数	16
6.7.4	海洋能转换装置运行参数	16
6.8	海洋能转换装置配置更改	17
7	测试设备	17
7.1	波浪能转换装置和水流能转换装置的载荷参数	17
7.1.1	概述	17
7.1.2	传感器种类	17
7.1.3	传感器安装位置的选择	18
7.1.4	能量俘获装置和能量提取系统之间的连接	18
7.1.5	能量提取系统与下部结构和(或)基础之间的连接	18
7.1.6	能量提取系统与浮体的连接	19
7.1.7	系泊定位载荷	19
7.1.8	能量俘获装置的绝对位置和相对位置	19
7.1.9	能量提取系统的绝对位置和相对位置	19
7.1.10	基础或浮体的绝对位置和相对位置	19
7.1.11	水压测量	19
7.2	波浪能转换装置和水流能转换装置的运行参数	20
7.2.1	概述	20
7.2.2	电功率	20
7.2.3	液压功率	20
7.2.4	发电机转速	20
7.2.5	制动力矩或制动力	20
7.2.6	海洋能转换装置状态	20
7.2.7	制动状态	20
7.2.8	吃水或干舷	20
7.3	具有叶轮的海洋能转换装置的载荷测量	20
7.3.1	概述	20
7.3.2	叶片根部弯矩	21
7.3.3	叶片弯矩分布	21
7.3.4	叶片扭转频率/阻尼	21
7.3.5	叶轮偏航和俯仰力矩	21

7.3.6	叶轮扭矩	21
7.3.7	支柱弯矩	21
7.3.8	达里厄型叶轮弯矩	21
7.3.9	能量提取系统(PTO)及其叶片的绝对位置和相对位置测量	22
7.4	适用于叶轮与转轴相连接结构的海洋能转换装置的运行参数测量	22
7.4.1	概述	22
7.4.2	叶轮转速或发电机转速	22
7.4.3	对流偏差	22
7.4.4	叶轮方位角	22
7.4.5	桨距角位置	22
7.4.6	变桨速率	22
7.4.7	制动力矩	22
7.5	海洋和气象参数	22
7.5.1	概述	22
7.5.2	测量与安装要求	22
7.5.3	海(河)冰载荷和积冰强度	23
7.6	数据采集系统	23
7.6.1	概述	23
7.6.2	分辨率和采样频率	23
7.6.3	抗混叠	23
8	标定系数确定	23
8.1	总则	23
8.2	概述	23
8.3	波浪能转换装置和水流能转换装置载荷通道标定	24
8.4	波浪能转换装置和水流能转换装置非载荷通道标定	24
8.5	具有叶轮的海洋能转换装置载荷通道标定	24
8.5.1	概述	24
8.5.2	叶片弯矩标定	25
8.5.3	主轴扭矩标定	26
8.5.4	支柱弯矩标定	26
8.6	具有叶轮的海洋能转换装置非载荷通道的标定	27
8.6.1	桨距角	27
8.6.2	叶轮方位角	27
8.6.3	偏航角	27
8.6.4	海洋和气象	27
8.6.5	制动力矩或力	27
9	数据校验	27

9.1	总则	27
9.2	概述	27
9.3	对波浪能转换装置和水流能转换装置的校验检查	28
9.4	对具有叶轮的海洋能转换装置的校验检查	28
9.4.1	总则	28
9.4.2	叶片弯矩	28
9.4.3	叶轮主轴	29
9.4.4	支柱	29
10	测量数据处理	30
10.1	总则	30
10.2	通则	30
10.3	载荷量	30
10.4	流速和(或)海况趋势检测	30
10.5	数据统计	30
10.6	雨流计数	30
10.7	累计雨流谱	31
10.8	等效疲劳载荷	31
10.9	流速或波能流分区	31
10.10	功率谱密度	32
11	不确定度评估	32
12	报告	32
附录 A (资料性)	本文件与 IEC-TS 62600-3:2020 技术差异及其原因	35
附录 B (规范性)	叶轮叶片的全尺寸结构实验室测试	38
附录 C (规范性)	直驱式海洋能转换装置示例坐标系	52
附录 D (资料性)	关于冰载荷和积冰在海洋能转换装置上的设计和测试建议	56
附录 E (资料性)	海上载荷测量	57
附录 F (资料性)	不确定度分析	59
附录 G (资料性)	载荷模型验证	60
附录 H (规范性)	叶片测试载荷设置	62
附录 I (资料性)	设计和试验载荷条件下叶片测试的差异	63
附录 J (资料性)	载荷循环次数对叶片疲劳测试的影响	66
参考文献		69

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。

本文件是《海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置》的第 3 部分。《海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置》已经发布了以下部分：

- 海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语(GB/Z 37551)；
- 海洋能系统的设计要求(GB/T 41088)；
- 海洋温差能转换电站设计和分析的一般指南(GB/Z 43521)；
- 海洋能转换装置电能质量要求(GB/Z 43464)；
- 波浪能转换装置 发电性能评估(GB/Z 40295)；
- 波浪能资源评估及特征描述(GB/T 39571)；
- 潮流能资源评估及特征描述(GB/T 39569)；
- 河流能资源评估及特征描述(GB/Z 43465)；
- 海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置 第 3 部分：机械载荷测量(GB/Z 37551.3)；
- 海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置 第 10 部分：海洋能转换装置锚泊系统评价(GB/Z 37551.10)；
- 海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置 第 102 部分：用已有运行测量数据评估波浪能转换装置在另一布放地点的发电性能(GB/Z 37551.102)。

本文件修改采用 IEC TS 62600-3:2020《海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能转换装置 第 3 部分：机械载荷测量》。文件类型由 IEC 的技术规范调整为我国的国家标准化指导性技术文件。

本文件与 IEC TS 62600-3:2020 相比做了下述结构调整：

- 第 4 章的 4.1 对应 IEC TS 62600-3:2020 中的 4.1 和 4.2，后续条号依次前移。

本文件与 IEC TS 62600-3:2020 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(⊥)进行了标示。这些技术差异及其原因一览表见附录 A。

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。

本文件由全国海洋能转换设备标准化技术委员会(SAC/TC 546)提出并归口。

本文件起草单位：上海海事大学、哈尔滨电机厂有限责任公司、哈尔滨大电机研究所有限公司、国家海洋技术中心、自然资源部第一海洋研究所、国电联合动力技术有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、国网上海市电力公司电力科学研究院、上海东海风电发电有限公司、哈尔滨工程大学、浙江大学、河海大学、中国海洋大学、中国长江三峡集团有限公司、上海临港电力电子研究有限公司、上海勘测设计研究院有限公司、上海能源科技发展有限公司、中国科学院广州能源研究所。

本文件主要起草人：王天真、陈昊、高迪驹、张帆、闫娜、蔡游明、汪小勇、汤天浩、刘婷婷、刘伟民、袁静、罗稜、贾法勇、张智伟、孙科、张继生、刘宏伟、史宏达、袁凌、方芳、陆忠民、陈凤云、张田田、何倩倩、王晓航、游亚戈、周虹丽、王文胜。

引 言

作为公用事业和广泛应用于社会供电的海洋能转换装置,机械载荷特性是其稳定运行的重要因素,需在设计、制造、使用过程中予以密切关注。本文件基于上述要求,为开发人员、制造商和用户供海洋能—波浪能、潮流能及其他水流能转换装置机械载荷测量的指导。

从概念上讲,除了波浪能转换装置外,许多海洋能转换装置的工作方式与风力机类似。但是,海洋能(包括波浪能、潮流能及其他水流能)转换装置机械载荷测量的标准或技术规范较少。因此,需要逐步协同制定详细的标准来解决这一问题。

在海洋能转换装置的结构设计过程中,对载荷的全面了解和准确量化极为重要。在设计阶段,利用相关标准对载荷进行预测。

本文件旨在:

- 规范波浪能、潮流能和其他水流能转换装置机械载荷测量的问题和参数(包括非设备特定参数和非规范性参数);
- 建立测量方法和应用技术指南。

除了包含相关定义、规范参考、符号和单位、表格、附录以及其他支撑材料外,本文件的核心内容还将包含以下主要内容:

- 识别特征参数,定义并明确表征海洋能转换装置的机械载荷测量所需参数值;
- 制定与海洋能转换装置有关的测量程序;
- 概述测量特性参数的标准化程序,包括测试和测量条件以及测试设备要求。

本文件将为设备开发和应用研究人员提供评估指导性文件。

《海洋能—波浪能、潮流能及其他水流能转换装置》拟由以下部分组成。

- 第1部分:术语。目的在于界定海洋能转换装置在环境、技术、转换装置三个方面的通用术语、波浪能术语、潮流能及其他水流能术语。
- 第2部分:海洋能系统的设计要求。目的在于规定波浪能、潮流能和其他水流能转换装置系统设计的要求,以确保其工程完整性。
- 第3部分:机械载荷测量。目的在于描述海洋能转换装置(MEC)(包括波浪能、潮流能及其他水流能)的机械载荷测量方法,规定机械载荷测量的要求以及子系统或部件的全尺寸结构测试要求。
- 第4部分:新技术鉴定。目的在于针对技术鉴定方法提供必要的实践和技术要求,以支持 IECRE 认证过程对海洋可再生能源系统的需求。
- 第10部分:海洋能转换装置锚泊系统评价。目的在于规定漂浮式海洋能转换装置(MEC)锚泊系统的设计、安装、运维及评价方法。
- 第20部分:海洋温差能转换电站设计和分析的一般指南。目的在于确立 OTEC 电站设计评价的一般准则,说明在各种条件下稳定发电的 OTEC 电站的设计和评价要求。
- 第30部分:电能质量要求。目的在于规定海洋能(波浪能、潮流能和其他水流能)转换装置电能质量特性参数的定义、测量程序和评估方法。
- 第100部分:波浪能转换装置—发电性能评估。目的在于给出波浪能转换装置在试验场发电试验的发电性能评估方法。
- 第101部分:波浪能资源评估及特征描述。目的在于规定波浪能资源评估等级和流程、数据收集、数值模拟、测量-关联-预测法、数据分析和资源评估技术报告的编写。

- 第 102 部分:用已有运行测量数据评估波浪能转换装置在另一布放地点的发电性能。目的在于规定用已有地点的运行测量数据评估波浪能转换装置在另一布放地点发电性能的方法。
- 第 103 部分:波浪能转换装置 预样机测试规程。目的在于描述波浪能转换装置预样机的最基本的测试程序及其先决条件、测试目标、定义、处理测试原始数据的方法,提供测量传感器与数据采集软件包的选取建议。
- 第 200 部分:潮流能转换装置 发电性能评估。目的在于提供为公用设施和地区网络供电的潮流能转换设备的电力性能评估系统方法、潮流能转换设备额定功率和额定水速率定义、潮流能转换设备电力性能曲线绘制方法、有关结果报告框架的规范。
- 第 201 部分:潮流能资源评估及特征描述。目的在于给出基于估算或直接测量来分析和描述理论潮流能资源的方法。
- 第 202 部分:潮流能转换装置 预样机测试规程。目的在于规定潮流能转换装置预样机的最基本的测试程序及其先决条件、测试目标、定义、处理测试原始数据的方法。
- 第 300 部分:河流能转换装置 发电性能评估。目的在于提出河流能转换装置发电性能系统评估方法,为河流能转换装置发电性能评估提供科学的方法和依据。
- 第 301 部分:河流能资源评估及特征描述。目的在于描述确定理论河流能资源的方法,以确保资源评估的一致性和准确性。规定河流能资源评估中可行的数据收集方法和/或建模技术,以及结果报告的框架。

海洋能 波浪能、潮流能及其他水流能 转换装置 第3部分：机械载荷测量

1 范围

1.1 概述

本文件描述了海洋能转换装置(MEC)(包括波浪能、潮流能及其他水流能)的机械载荷测量方法,规定了机械载荷测量的要求,包括:场地选择、被测对象选择、数据采集、标定、数据校验、载荷测量工况、俘获矩阵、后处理、不确定度计算和报告要求。

本文件还提供了资料性附录,也能用于其他目的的机械载荷测量,如测量载荷的统计分析、设计载荷的直接测量、安全和功能测试或部件载荷的测量。

通过技术鉴定,本文件的测试要求适用于特定的海洋能转换装置。

本文件还规定了子系统或部件的全尺寸结构测试要求,特别关注 MEC 叶轮叶片的全尺寸结构测试,以及对测试结果的解释和评估。本文件重点描述了与叶片结构完整性评估相关的测试,用以确认被测叶片的整个安装生产是否满足设计要求。

1.2 海洋能转换装置(MEC)类型划分

海洋能转换装置(MEC)包括波浪能转换装置(WEC)、潮流能转换装置(TEC)和其他水流能转换装置(CEC)。上述装置又分为座底式与漂浮式两类。TEC 和其他 CEC 的能量转换原理与风力机类似,而 WEC 的能量转换原理较为繁多。在海洋能转换装置的结构设计过程中,对载荷的全面了解和准确量化极为重要,在设计阶段需协同制定详细标准以解决载荷预测问题。

所有波浪能和水流能转换装置都能细分为座底式(见图 1)和漂浮式(见图 2)。座底式 MEC 由以下子系统组成:

- a) 能量俘获装置;
- b) 能量提取系统(PTO);
- c) 控制系统;
- d) 基础和(或)下部结构。

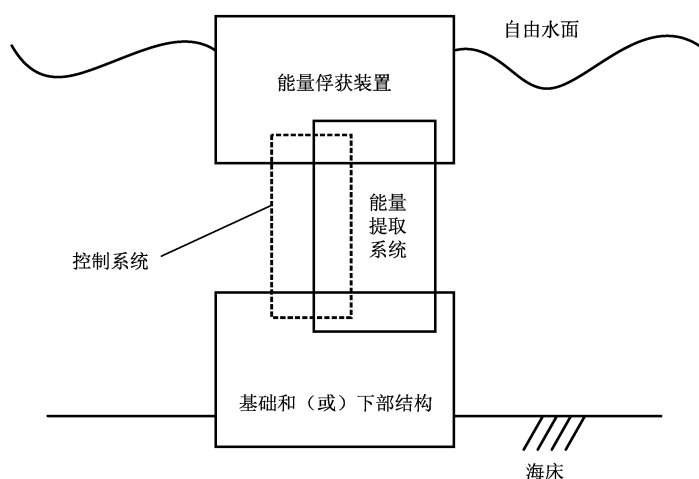


图 1 座底式 MEC 基本结构