

HY/T

中华人民共和国海洋行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

海洋能发电装置性能评价导则

Directives for performance evaluation of the marine devices

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(报批稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 基本原则	3
5 海洋能发电装置性能指标	4
5.1 电量指标	4
5.2 电能质量指标	4
5.3 装置运行指标	5
5.4 可靠性指标	6
5.5 维护指标	6
5.6 其他指标	7
6 评价方法	7
6.1 单指标评价方法	7
6.2 综合评价方法	7
参 考 文 献	9

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。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC283）归口。

本文件起草单位：国家海洋技术中心。

本文件主要起草人：李健、王冀、王项南、路宽、徐红瑞、马晓琨、邱泓茗、麻常雷、王海峰、王世昂、夏海南、张原飞、郭毅。

海洋能发电装置性能评价导则

1 范围

本文件规定了海洋能发电装置性能指标的基本原则、内容、计算和评价方法等要求。

本文件适用于并网运行或离网运行的波浪能、潮流能发电装置的性能评价，温差能、盐差能发电装置的性能评价可参照执行，不适用于潮汐能发电装置。

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 6384-2008 船舶及海洋工程用金属材料在天然环境中的海水腐蚀试验方法
- GB/T 12325-2008 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 14549-1993 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15945-2008 电能质量 电力系统频率偏差
- GB/T 20320-2023 风能发电系统 风力发电机组电气特性测量和评估方法
- GB/T 35050-2018 海洋能开发与利用综合评价规程
- GB/T 35724-2017 海洋能电站技术经济评价导则
- GB/Z 40295-2021 波浪能转换装置发电性能评估
- GB/T 41342-2022 潮流能发电装置功率特性现场测试方法
- DL/T 793.3-2019 发电设备可靠性评价规程 第3部分 水电机组
- IEC/TS 62600-40:2019 Marine energy - Wave, tidal and other water current converters - Part 40: Acoustic characterization of marine energy converters（海洋能-波浪能、潮流能和其他水流能转换装置-第40部分：海洋能转换装置声学特性）

3 术语和定义

GB/T 35724-2017和DL/T 793.3-2019界定的术语和定义适用于本文件。

3.1

技术成熟度 technology readiness

技术满足预期的装备应用目标的程度。

[来源:GB/T 35724-2017, 3.2]

3.2

利用小时 utilization hours

机组毛实际发电量折合成额定容量时的运行小时数。

[来源:DL/T 793.3-2019, 3.11.9]

4 基本原则

4.1 指标齐全

海洋能发电装置性能指标包含电量指标、设备运行指标、可靠性指标、维护指标及其他指标。

4.2 技术成熟

海洋能发电装置的性能评价工作宜在海洋能发电装置完成设计、制造及安装调试后开展。当海洋能发电装置技术成熟度等级（TRL）大于 5 时（可依据 GB/T 35724-2017 中 4.2.1 规定的技术成熟度评定等级确定），可进行发电装置在海洋模拟环境条件下的性能评价工作。

4.3 评价全面

海洋能发电装置的性能评价应全面收集装置运行的基本情况和数据资料，并结合发电装置布放海域的水文气象条件进行，波浪能和潮流能发电装置评价的统计周期宜选择 0.5 年（4380 h）或 1 年（8760 h）。

5 海洋能发电装置性能指标

5.1 电量指标

5.1.1 发电量

统计周期内海洋能发电装置发电量的总和，可从发电装置出口处电度表统计，潮流能发电装置发电量可按照 GB/T 41342-2022 的规定测量，波浪能发电装置发电量可按照 GB/Z 40295-2021 的规定测量。

5.1.2 上网电量

统计周期内海洋能发电装置向电网输送的全部电量，可从发电装置与电网的关口计量表中获取。

5.1.3 非上网电量

当海洋能发电装置为离网运行时，上网电量应统计发电装置向负载（不包含监控系统、照明系统、暖风及空调系统等设施）输送的全部电量。

5.1.4 发电装置用电量

统计周期内海洋能发电装置消耗的全部电量，如监控系统、照明系统、暖风及空调系统等用电量及变压系统、储能系统等消耗的电量。

5.1.5 发电装置能量转换率

统计周期内波浪能发电装置能量转换率按公式（1）计算：

$$R = \frac{(E_p / L)}{E_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R ——波电总转换率；

E_p ——统计周期内发电装置的发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

L ——波浪能发电装置的迎浪宽度，单位是米（m）；

E_1 ——统计周期的单位长度的平均入射波浪能资源能量，单位为千瓦时每米（kW·h/m）。

统计周期内潮流能发电装置能量转换率按公式（2）计算：

$$\eta = \frac{E_p}{E_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η ——潮流能发电装置能量转换效率；

E_p ——统计周期内发电装置的发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_2 ——统计周期内发电装置叶轮扫掠面积（装置迎流面）潮流能能量，单位为千瓦时（kW·h）。

5.2 电能质量指标

5.2.1 有功功率

海洋能发电装置电能质量的有功功率应按照GB/T 20320-2023中8.3.3的规定测量。

5.2.2 无功功率

海洋能发电装置电能质量的无功功率应按照GB/T 20320-2023中8.3.4的规定测量。

5.2.3 功率因数

海洋能发电装置电能质量的功率因数按公式（3）计算：

$$PF = \frac{E_{\text{REAL}}}{\sqrt{E_{\text{REAL}}^2 + E_{\text{REACTIVE}}^2}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

PF ——发电装置功率因数；

E_{REAL} ——发电装置有功电量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_{REACTIVE} ——发电装置无功电量，单位为千乏时（kvar·h）。

5.2.4 功率曲线/功率矩阵

潮流能发电装置功率曲线指标可按照GB/T 41342-2022中7.1的要求确定，波浪能发电装置的功率矩阵指标可按照GB/Z 40295-2021中9.2的要求确定。

5.2.5 频率

海洋能发电装置电能质量的频率应按照GB/T 15945-2008中第四章的要求确定。

5.2.6 电压偏差

海洋能发电装置电能质量的电压偏差应按照GB/T 12325-2008中第五章的要求确定。

5.2.7 总谐波畸变率

海洋能发电装置电能质量的总谐波畸变率应按照GB/T 14549-1993的规定测量。

5.3 装置运行指标

5.3.1 发电装置可用小时

发电装置可用小时按公式（4）计算：

$$T_k = T_y + T_b \dots\dots\dots (4)$$

式中：

T_k ——发电装置可用小时，单位为小时（h）；

T_y ——发电装置运行小时，单位为小时（h）；

T_b ——发电装置备用小时，单位为小时（h）。

5.3.2 发电装置利用小时

发电装置利用小时按公式（5）计算：

$$T_l = \frac{E_p}{P} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

T_l ——发电装置利用小时，单位为小时（h）；

E_p ——统计周期内发电装置发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

P ——发电装置总装机容量，单位为千瓦（kW）。

5.3.3 可利用率

海洋能发电装置的可利用率为在统计周期内海洋能发电装置正常运行时间与统计时间的比值,应按公式(6)计算:

$$C = \frac{T_y}{T} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

C ——海洋能发电装置的可利用率;

T_y ——规定的期间内发电装置的运行小时,单位为小时(h);

T ——统计周期内的时间,单位为小时(h)。

5.4 可靠性指标

5.4.1 技术成熟度指标

海洋能发电装置的技术成熟度应按照GB/T 35724-2017中4.2.1.1的要求确定。

5.4.2 平均故障间隔时间

平均无故障工作时间为在规定的条件下和规定的期间内,海洋能发电装置总正常运行时间与总故障次数之比,应按公式(7)计算:

$$MTBF = \frac{T}{N} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$MTBF$ ——平均故障间隔时间,单位为小时(h);

T ——统计周期内的时间,单位为小时(h);

N ——统计周期内发电装置的总故障次数。

5.4.3 平均故障修复时间

平均故障修复时间为在规定的条件下和规定的期间内,在规定的维修级别上,海洋能发电装置维修总时间与该维修级别上被修复故障次数之比,应按公式(8)计算:

$$MTTR = \frac{T_w}{N} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$MTTR$ ——平均故障修复时间,单位为小时(h);

T_w ——统计周期内发电装置维修总时间,单位为小时(h);

N ——统计周期内发电装置的总故障次数;

5.4.4 耐腐蚀程度

海洋能发电装置的耐腐蚀程度应按照GB/T 6384-2008第8章的要求确定。

5.5 维护指标

5.5.1 单位容量维护费用

单位容量维护费用按公式(9)计算:

$$F_{kw} = \frac{F}{P} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

F_{kw} ——单位容量维护费用,单位为万元每千瓦(万元/kW);

F ——统计周期内发电装置的维护费用,单位为万元;

P ——发电装置的装机容量,单位为千瓦(kW);

5.5.2 度电维护费用

度电维护费用按公式（10）计算：

$$F_{\text{kwh}} = \frac{F}{E_p} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

F_{kwh} ——度电维护费用，单位为万元每千瓦时（万元/ kW·h）；

F ——统计周期内发电装置的维护费用，单位为万元；

E_p ——统计周期内海洋能发电装置的发电量，单位为千瓦时（kW·h）；

5.6 其他指标

5.6.1 噪声指标

潮流能发电装置叶片、能量转换系统产生的噪声可采用IEC/TS 62600-40中7.5的要求测量，波浪能发电装置浮子、能量转换系统、系泊系统产生的噪声可采用IEC/TS 62600-40中7.4的要求测量。

5.6.2 其他环境影响指标

海水水质环境指标、海洋沉积物环境指标、海洋生态和生物资源环境指标、海洋地形地貌与冲淤环境指标、海洋水文动力环境指标可按照 GB/T 35050-2018 中 6.3 的要求确定。

6 评价方法

6.1 单指标评价方法

6.1.1 海洋能发电装置单指标性能评价方法主要有：

- a) 目标法。以海洋能发电装置的设计值、理论预测值为基准值，通过实际测量值或统计值与基准值的比较来评价；
- b) 预算法。以海洋能发电装置的建设预算为基准值，通过衡量发电装置实际的运行费用与基准值的比较来评价；
- c) 标杆法。以行业或同区域先进的海洋能发电装置指标值为基准值，通过实际测量值或统计值与基准值的比较来评价；
- d) 历史数据法。以海洋能发电装置同期的历史数据或统计周期内的历史数据为基准值，通过实际测量值或统计值与基准值的比较来评价。

6.1.2 海洋能发电装置单指标性能评价宜按以下要求进行：

- a) 电量指标评价可采用目标法、历史数据法等方法；
- b) 电能质量指标可采用目标法、历史数据法等方法；
- c) 装置运行指标可采用目标法、标杆法、历史数据法等方法；
- d) 可靠性指标可采用目标法、标杆法等方法；
- e) 维护指标可采用目标法、预算法等方法；
- f) 其他指标可采用目标法、历史数据法等方法。

6.2 综合评价方法

6.2.1 海洋能发电装置性能综合评价指标体系

海洋能发电装置性能综合评价指标体系见表1。

表1 海洋能发电装置性能综合评价指标体系表

目标层	准则层	指标层
海洋能发电装	1. 电量指标	1.1 发电量

置性能综合评价指标体系		1.2 上网电量
		1.3 非上网电量
		1.4 发电装置用电量
		1.5 发电装置能量转换率
	2. 电能质量指标	2.1 有功功率
		2.2 无功功率
		2.3 功率因数
		2.4 功率曲线/功率矩阵
		2.5 频率
		2.6 电压偏差
		2.7 总谐波畸变率
	3. 装置运行指标	3.1 发电装置可用小时
		3.2 发电装置利用小时
		3.3 可利用率
	4. 可靠性指标	4.1 技术成熟度指标
		4.2 平均故障间隔时间
		4.3 平均故障修复时间
		4.4 耐腐蚀程度
	5. 维护指标	5.1 单位容量维护费用
		5.2 度电维护费用
6. 其他指标	6.1 噪声指标	
	6.2 其他环境影响指标	

6.2.2 指标权重与综合评价方法

海洋能发电装置性能评价指标权重可通过层次分析法确定, 指标权重的数值由层次分析法的判断矩阵通过归一化后确认, 可按照GB/T 35050-2018 附录A中A.2.1的要求确定。

海洋能发电装置性能综合评价的隶属度矩阵可按照GB/T 35050-2018 附录A中A.2.4所规定的单因素评价方法确定。综合评价分值按照A.2.5规定的要求进行综合计算, 综合评价分值的高低反映了发电装置的综合能力。

参 考 文 献

- [1] GB/T 19485-2014 《海洋工程环境影响评价技术导则》
 - [2] GB/T 19939-2005 《光伏系统并网技术要求》
 - [3] GB/T 36549-2018 《电化学储能电站运行指标及评价》
 - [4] GB/T 37551-2019 《海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语》
 - [5] GB/T 40862-2021 《输变电设施运行可靠性评价指标导则》
 - [6] NB/T 31045-2013 《风电场运行指标与评价导则》
-