

中华人民共和国国家标准化指导性技术文件

GB/Z 43521—2023

海洋温差能转换电站设计和 分析的一般指南

General guidelines for the design and analysis of ocean thermal energy
conversion plant

(IEC TS 62600-20:2019, Marine energy—Wave, tidal, and other water current
converters—Part 20: Design and analysis of an Ocean Thermal Energy
Conversion(OTEC) plant—General guidance, MOD)

2023-12-28 发布

2024-07-01 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	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 缩略语	3
5 现场特定参数与海洋气象设计参数	3
5.1 环境因素	3
5.2 生物影响	5
6 漂浮式海洋温差能转换电站——一般信息和指南(闭式循环、深海水)	6
6.1 海水注意事项	6
6.2 冷海水系统	6
6.3 温海水系统	9
6.4 海水排放安排和羽流分析	9
7 工艺系统	10
7.1 工质选取	10
7.2 热交换器选取	10
7.3 材料兼容性	10
7.4 工艺系统的风险和危险源	10
8 平台类型	11
8.1 通则	11
8.2 系泊、定位	11
9 电力输出	12
9.1 概述	12
9.2 设计注意事项	12
9.3 平台设备	12
9.4 电力传输系统	12
9.5 陆基设备	13
10 储能和运输系统	13
10.1 概述	13
10.2 氢	13
10.3 氨	13
10.4 甲醇	13
10.5 蓄电池储存	13

11	陆基和海床基海洋温差能转换电站	13
11.1	一般信息和指南	13
11.2	冷海水管设计	14
12	风险工况下的海洋温差能转换电站设计与运行方法	14
12.1	风险评估	14
12.2	风险工况下的设计	15
12.3	风险工况下的运行指南	15
13	运输和安装	16
14	试运行与移交	16
15	运行、检查与维护	16
15.1	概述	16
15.2	运行	17
15.3	检查和维护	17
15.4	危险源和安全	17
16	退役	18
	附录 A (资料性) 本文件与 IEC TS 62600-20:2019 技术差异及其原因	19
	附录 B (资料性) 海洋温差能转换的潜在用途及历史	22
	B.1 海洋温差能转换的潜在用途	22
	B.2 安装站址	22
	B.3 海洋温差能转换电站项目	23
	B.4 海洋温差能转换开式循环	23
	参考文献	24

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。

本文件修改采用 IEC TS 62600-20:2019《海洋能 波浪能、潮流能与其他水流能转换装置 第 20 部分：海洋温差能转换(OTEC)电站设计和分析 一般指南》。文件类型由 IEC 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 62600-20:2019 相比，存在较多技术差异，这些技术差异及其原因一览表见附录 A。

本文件做了下列编辑性改动：

——标准名称改为《海洋温差能转换电站设计和分析的一般指南》。

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：自然资源部第一海洋研究所、南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)、山东大学、中海油研究总院有限责任公司、中国海洋大学、国家海洋技术中心、中广核研究院有限公司、山东电力工程咨询院有限公司、重庆工商大学、哈尔滨大电机研究所有限公司、中国船舶科学研究中心、中国长江三峡集团有限公司、河海大学、上海海事大学。

本文件主要起草人：刘伟民、刘蕾、陈风云、葛云征、彭景平、张理、李大树、汪小勇、方芳、朱月涌、刘婷婷、刘延俊、杨朝初、袁瀚、郑文慧、张守杰、张田田、张继生、王天真。

引 言

海洋覆盖了地球表面百分之七十的面积,大部分进入海洋的太阳能被 100 m 内的上层水体吸收,并以热能的形式保留下来。被加热的表层海水轻微地膨胀后继续吸收太阳能,导致热带地区表层海水温度通常超过 25 ℃。深层海水温度则要低得多,海水深度为 800 m~1 000 m 时,温度一般为 4 ℃~5 ℃,见图 1,这类深层冷海水通过海洋温盐环流由极地地区补充。利用表层和深层海水之间的温差,通过海洋温差能转换(OTEC)能够持续地获取大量能源。

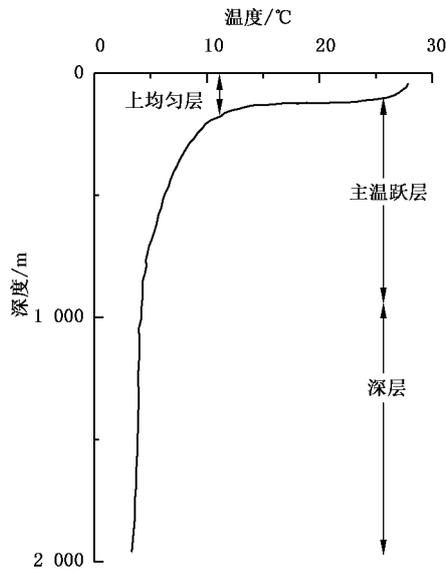


图 1 热带海洋温深剖面图

在热带地区,海洋水层之间的温差日变化、年变化很小且能够预测,OTEC 电站利用该稳定性温差可以连续产生电力,海洋温差能的其他潜在用途及历史详见附录 B。由于 OTEC 的过程相对简单,与大多数其他形式的可再生能源相比有很高的容量系数。容量系数指一段时间内实际发电量与同一时间段内可能的最大发电量之比。特定设备最大发电量是假定其在相关时间段内以额定功率连续运行时产生的电量。与大多数可再生能源的连续性以及低容量系数相比,OTEC 功率输出具有良好的可靠性和可预测性。

0.1 OTEC 工作原理

OTEC 电站利用热力循环,将可持续的低品位海洋热能转换为电能。理论最高的热转换效率由卡诺循环决定,其中海洋绝对温度以开尔文为单位。当热源温度为 27 ℃、冷源温度为 4 ℃时,卡诺循环效率为:

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_{\text{cold}}}{T_{\text{hot}}} = 1 - \frac{4 + 273.15}{27 + 273.15} = 7.66\%$$

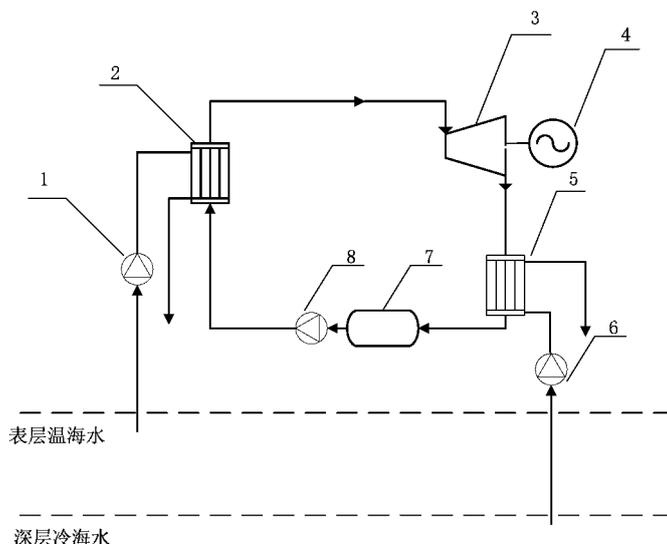
假定转换过程是由理想的可逆热机完成,效率可达 7.66%。在实际应用中,由于热交换器内的换热温差以及其他因素,实际热交换是不可逆的,在计算实际效率时,宜考虑这类传热损失以及透平与发电机的实际性能。因此,在以上海水温度条件下,非理想状态下的实际效率为 3%~4%。

根据系统工质与外界空气接触的程度,OTEC 电站可以分为:闭式、开式和混合式循环系统,选用

哪种循环系统形式,需根据当地的电力和淡水需求等条件确定。

0.2 闭式循环

闭式 OTEC 系统最基本的循环方式是朗肯循环,闭式朗肯循环 OTEC 电站的主要装置及流程见图 2,工质在系统封闭管道中运行,工质泵将液态工质送入蒸发器,工质吸收温海水热量气化产生的高压蒸气进入透平,驱动透平带动发电机;透平出口乏气进入冷凝器,被冷海水冷凝成液体。液态工质随后进入工质泵,完成这一循环。



标引序号说明:

1——温海水泵;
2——蒸发器;
3——透平;
4——发电机;

5——冷凝器;
6——冷海水泵;
7——储液罐;
8——工质泵。

图 2 闭式朗肯循环海洋温差能转换电站原理示意图

温海水将热量传递给蒸发器内的工质使其沸腾,温海水的温度降低,深层冷海水吸收冷凝器内蒸汽冷凝过程中放出的热量后温度升高。温海水提供的热量比冷海水的吸热量多 3%~6%,这一差值是透平做功和由于摩擦而损耗的能量造成的。

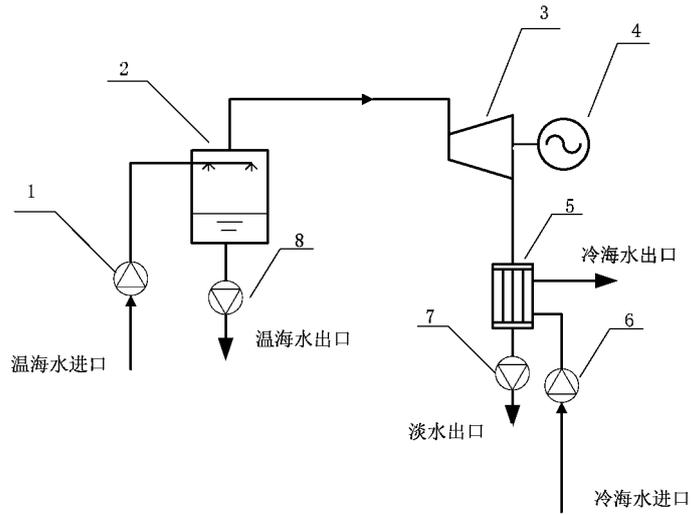
不同工质具有不同的流体物性,如氨(R717)、二氟甲烷(R32)、1,1,1,2-四氟乙烷(R134a)等。对于特定工质来说,宜选取其合适的蒸发、冷凝特性和热交换器热工性能,以获得最佳效率。在循环系统中,最高压力发生在工质泵出口,最低压力发生在冷凝器中,最大压降发生在透平中。

0.3 开式循环

开式循环是以表层温海水为工质,在蒸发器内转化为低压蒸汽,驱动透平做功,然后排入冷凝器中冷却的循环系统。流程为温海水进入真空度约 96% 的大型蒸发器,其中一部分蒸发成低压蒸汽,剩余海水提供蒸发所需的热量,冷却后的温海水从蒸发器中泵出。低压蒸汽驱动低压透平运转,然后进入真空度约 98% 的冷凝器,蒸汽冷凝为液体后泵出冷凝器。连续运行的真空泵去除溶解的空气和由其他路径进入的微量气体,以保持系统内的真空。

开式循环 OTEC 既可以发电又能通过大型表面式冷凝器将蒸汽与冷海水隔离产生淡水。

闭式循环和开式循环 OTEC 电站主要区别是开式循环系统使用大型真空室和超大体积的低压蒸汽透平,而闭式循环使用热交换器、较小的透平和工质泵。开式循环 OTEC 系统示意图见图 3。



标引序号说明：

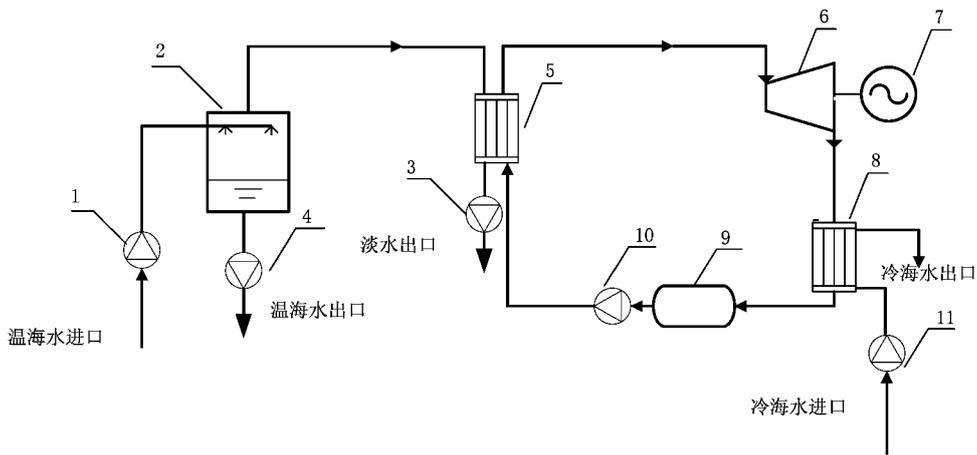
- 1——温海水泵；
- 2——闪蒸器；
- 3——透平；
- 4——发电机；

- 5——冷凝器；
- 6——冷海水泵；
- 7——淡水泵；
- 8——温海水排水泵。

图 3 开式循环海洋温差能转换电站原理示意图

0.4 混合式循环

混合式循环结合了闭式循环和开式循环系统的特点，可以同时发电和产生淡水。系统采用多级布置的热交换器、真空室和其他组件可以从温、冷海水中提取更多的热量。混合式循环 OTEC 系统示意图见图 4。



标引序号说明：

- 1——温海水泵；
- 2——闪蒸器；
- 3——淡水泵；
- 4——温海水排水泵；
- 5——蒸发器；
- 6——透平；

- 7——发电机；
- 8——冷凝器；
- 9——储液罐；
- 10——工质泵；
- 11——冷海水泵。

图 4 混合式循环海洋温差能转换电站原理示意图

海洋温差能转换电站设计和 分析的一般指南

1 范围

本文件确立了 OTEC 电站设计评价的一般准则,目的是说明在各种条件下稳定发电的 OTEC 电站的设计和评价要求。目标受众是开发人员、工程师、银行、风险投资从业人员、企业家、金融机构和监管机构等。

本文件适用于陆基(即在岸上)、海床基(即安装在近岸海床)和漂浮式 OTEC 系统。本文件适用范围通常止于连接到电网的主电力输出电缆连接点处。

本文件是一般性文件,重点介绍 OTEC 特有或独有的发电设备装置和零部件,特别是与温、冷海水进水部分相关的设备。OTEC 系统与其他类型电站和浮式油气生产船(如浮式生产储油系统和浮式液化天然气系统)之间的通用组件引用已制定的标准,本文件根据适用情况列出了相关标准。

漂浮式、海床基或陆基 OTEC 系统主要设计过程见图 5。

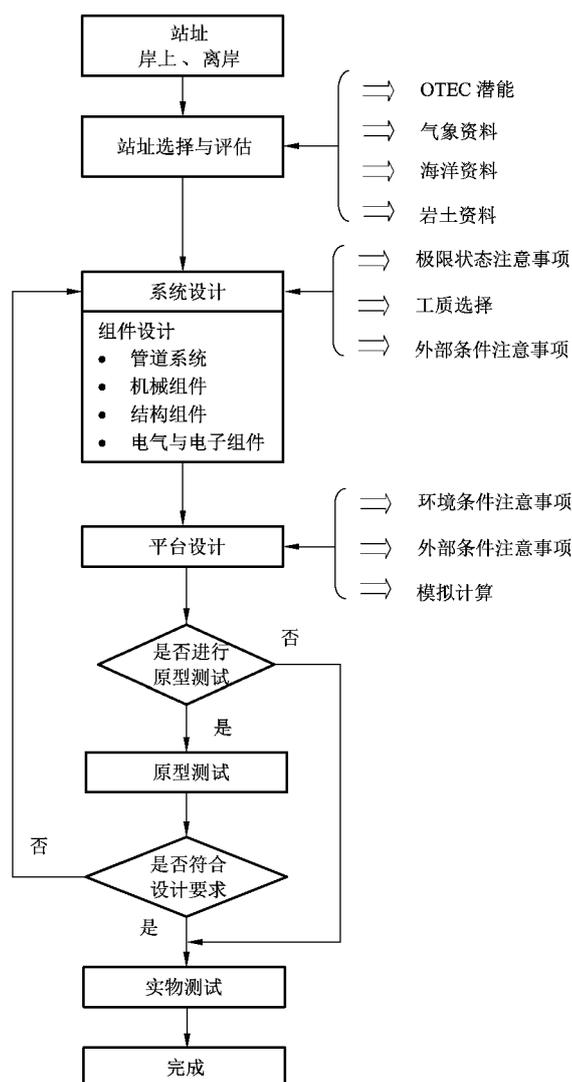


图 5 OTEC 系统开发与测试代表性流程图