

—《能源工程技术丛书》—

海洋能 ——蓝色的宝藏

肖钢 马强 马丽 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

能源工程技术丛书

湖北省学术著作出版专项资金资助项目

海洋能——蓝色的宝藏

肖 钢 马 强 马 丽 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

海洋能:蓝色的宝藏/肖钢,马强,马丽编著. —武汉:武汉大学出版社,2015.10

能源工程技术丛书

ISBN 978-7-307-16229-7

I. 海… II. ①肖… ②马… ③马… III. ①海洋动力资源—资源开发 ②海洋动力资源—资源利用 IV. P743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 140290 号

责任编辑:郭芳

责任校对:王小倩

装帧设计:张希玉

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市金港彩印有限公司

开本:720×1000 1/16 印张:10.75 字数:205千字

版次:2015年10月第1版 2015年10月第1次印刷

ISBN 978-7-307-16229-7 定价:68.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前言

海洋被誉为是蓝色的油田！地球的表面积为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，其中海洋面积达 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ ，占 71%。一望无垠的大海，不仅为人们提供航运、水产和丰富的矿藏，而且还蕴藏着巨大的能量。包括丰富的潮汐能、潮流能、波浪能、海上风能，并且拥有潜力无限的温差能、盐差能、水合物、水下矿产等资源。据联合国教科文组织权威统计，全世界海洋能理论可再生量超过 766 亿 kW。其中温差能约 400 亿 kW，盐差能约 300 亿 kW，潮汐能约 30 亿 kW，波浪能约 30 亿 kW，潮流能约 6 亿 kW。海洋能的开发和利用不污染环境，不占用陆地，取之不尽用之不竭，是一种储量丰富、可循环利用、低碳清洁的新型能源。

从 20 世纪 70 年代石油危机以来，海洋受到了许多国家的高度重视，纷纷把寻找新能源的希望转向海洋。根据世界能源署海洋能协会(IEA-OES)官方统计，目前英国、美国、加拿大等国在海洋能领域发展速度迅猛，已有近百个商业项目即将陆续运行，从设计、研发、加工制造到工程维护形成了完善的海洋能开发产业链体系，发展势头堪比 21 世纪初的风电市场。近年来，国外不少公司已建成兆瓦级海洋能发电商业化项目，如英国 MCT 公司的 1.2 MW SEAGEN 是世界上第一个大规模的商业潮汐流发电装置。此外，英国 SMD Hydrovision、Atlantis Resources Co、美国 Verdant Power、OPTT 等公司均在开发兆瓦级海洋能发电项目。潮汐能、潮流能、波浪能的开发利用已趋于成熟，达到或接近商业化应用阶段；而被国际公认的最具有开发潜力的海洋热能转换(OTEC)技术、水合物开采技术也取得实质性进展，将在不久的将来为人类提供源源不断清洁的蓝色能源。

我国是海洋资源大国，海洋能市场前景非常广阔。全国大陆海岸线长达 18 000 多公里，还有 5 000 多个岛屿，其海岸线长约 14 000 多公里，整个海域达 490 万平方公里。据统计，我国近海区域可利用资源量为 $3 \times 10^8 \text{ kW}$ ，若用于民用发电，每天可创造 3.6 亿元的经济效益。如果将我国的海洋能资源转换为电能，相当于目前我国电力总装机容量的 2 倍多。海洋能近期可为近海小型孤岛或具有军事意义的偏远岛屿(如黄岩岛、钓鱼岛等)提供分布式供电服务。中远

期若具备产业化条件,可成为鲁、江、沪、浙、闽、粤等沿海省市的一种新型绿色电力品种,甚至可为“深水大庆”建设目标提供配套服务,为深水油气田、深远海物资中继补给基地带来电力支持。目前,我国正在开展国内首个多能互补海洋能发电示范工程项目,结合我国海洋资源分布情况,不断推进海洋能发电装置和多能互补电力系统的前瞻性研究,为海洋能发电装置规模化开发、商业化运行奠定基础!

本书共分7章。第1章简要介绍了海洋能资源的分类及特点,帮助读者快速统揽海洋能基本知识。从第2章至第7章,系统地介绍了潮流能、波浪能、温差能、盐差能、潮汐能这5种海洋能的资源情况、发电技术、国内外典型项目,以及国内外海洋能政策概况和海洋能开发未来展望等。

作者查阅了大量国内外最新的文献,从全球的视野全面介绍了海洋能的发电技术和典型项目进展。此外,本书在编撰过程中,得到了张理、兰志刚、李志川、尹丰、张琳、于汀、齐宁等同事的大力帮助,在此致以感谢。本书可供政府决策人员、高等院校、企业科技工作者、海洋能发电技术和管理人员参考。由于时间和作者能力有限,书中不妥之处,恳请读者批评指正。

本书有关彩图及扩展阅读材料可扫描书末二维码获取。

编 者

2015年6月

目 录

1 海洋能概述	1
1.1 海洋能概况	1
1.2 我国开发海洋能资源的必要性	3
1.3 海洋能总体概况	6
1.4 国内外海洋能发展概况	8
2 潮流能	13
2.1 概述	13
2.2 潮流能资源	15
2.3 潮流能利用的原理与关键技术	17
2.4 潮流能发电项目概况	26
2.5 海洋能发电装置的基础结构形式	55
2.6 小结与展望	61
3 波浪能	65
3.1 概述	65
3.2 波浪能资源	66
3.3 波浪能发电技术	69
3.4 波浪能发电项目概况	78
3.5 小结与展望	105
4 温差能	107
4.1 概述	107
4.2 温差能资源	108
4.3 温差能发电原理	108
4.4 温差能发电项目概况	113
4.5 小结与展望	121
5 盐差能	122
5.1 概述	122

2 | 海洋能——蓝色的宝藏

5.2	盐差能资源	123
5.3	盐差能发电原理	123
5.4	盐差能典型项目	128
5.5	小结与展望	131
6	潮汐能	132
6.1	概述	132
6.2	潮汐能资源	133
6.3	潮汐能发电技术	133
6.4	潮汐能发电项目概况	140
6.5	小结与展望	147
7	国内外海洋能政策概况	148
7.1	国外海洋能政策	148
7.2	我国海洋能政策	152
	展望	157
	参考文献	159

1 海洋能概述

海洋能资源通常是指蕴藏于海洋中的可再生资源。它们都以海水为能量载体,以潮汐、波浪、海流、温度差、盐度梯度等形式存在于海洋之中,形成了潮汐能、波浪能、海流能、温差能、盐差能。

1.1 海洋能概况

浩瀚的海洋,蕴藏着丰富的资源,远远超过了陆地上已知的同类资源的蕴藏量。海洋生物资源、海底矿产资源、海水化学资源、海洋能源及海洋空间的开发,是海洋资源开发的主要领域。随着陆地资源的不断消耗、逐渐减少,人类赖以生存与发展的能源,将越来越依赖海洋。拥有地球上最丰富资源的海洋,是一个新兴的具有战略意义的开发领域。

海洋能是海水中蕴藏着的一切能量资源的总称,通常指海洋中所蕴藏的可再生的自然能源。广义的海洋能,甚至还包括海洋上空的风能、海洋表面的太阳能,以及海洋生物质能、海洋地热能等。狭义的海洋能,通常是指蕴藏于海洋中的可再生资源,它们都以海水为能量载体,以潮汐、波浪、海流、温度差、盐度梯度等形式存在于海洋之中,形成了潮汐能、波浪能、海流能、温差能、盐差能。除了潮汐能和海流能来源于太阳和月亮对地球的引力作用以外,其他几种能源都来源于太阳辐射。按存在形式,海洋能可分为机械能、热能和化学能。其中,潮汐能、波浪能和海流能为机械能,海水温差能为热能,海水盐差能为化学能。

海洋被认为是地球上最后的资源宝库,也被称为能量之海。地球表面的总面积约 5.1 亿平方千米,其中海洋的面积为 3.6 亿平方千米,占地球表面总面积的 71%,汇集了地球 97% 的水量。占据地球表面 71% 的海洋,是个超级巨

2 | 海洋能——蓝色的宝藏

大的太阳能接收体和存储器。太阳辐射到地球的能量,大部分落在海洋的上空和海水中,其中一部分被海洋吸收,转化为各种形式的海洋能,包括波浪能、温差能、盐差能、海流能等,每年大约对应 37 万亿千瓦时(3.7×10^{13} kW·h)的电量。每平方千米的大洋表面水层所含有的能量,相当于 3 800 桶石油燃烧放出的热量,因此有人把海洋称为“蓝色油田”。

蕴藏于海水中的海洋能是十分巨大的,其理论储量是目前全世界各国每年能耗量的几百倍甚至几千倍。而且,这些海洋能可以不断得到补充,都是取之不尽、用之不竭的可再生能源。根据联合国教科文组织 1981 年出版物的估计数字,5 种海洋能理论上可再生的总量为 766 亿千瓦。其中,温差能为 400 亿千瓦,盐差能为 300 亿千瓦,潮汐能和波浪能各为 30 亿千瓦,海流能为 6 亿千瓦。实际上,上述能量是不可能全部取出利用的,只能利用较强的海流能、潮汐能和波浪能,以及大降雨量地域的盐度差,而温差能的利用则受热机卡诺效率的限制。估计技术上允许利用的总功率约为 64 亿千瓦,其中,盐差能 30 亿千瓦,温差能 20 亿千瓦,波浪能 10 亿千瓦,海流能 3 亿千瓦,潮汐能 1 亿千瓦。也有学者估计,全球海水温差能可利用功率达 100 亿千瓦,潮汐能、波浪能、海流能及海水盐差能等可再生功率均为 10 亿千瓦。

海洋能的特点主要体现在以下几个方面:

① 蕴藏量丰富。海洋水体中蕴藏的能量巨大,而且可以持续再生,取之不尽,用之不竭。

② 稳定性较好或者变化有规律。海洋能作为自然能源是随时变化着的,但海洋是个庞大的蓄能库,可以将太阳能以及派生的风能等以热能、机械能等形式储蓄在海水里,不像在陆地和空中那样容易散失。

海洋能中的温差能和海流能比较稳定,昼夜波动小,只稍有季节性的变化。潮汐能(包括因海水涨落带来势能的潮汐能和因潮水流动产生动能的潮流能)虽然变化,但其变化有规律可循。人们根据潮汐、潮流的变化规律,编制出各地逐日、逐时的潮汐与潮流预报,预测未来不同时间的潮汐大小与潮流强弱。目前对大潮、小潮、涨潮、落潮、潮位、潮速、方向等潮汐和潮流的变化都可以准确预测。盐差能变化较慢,也是比较稳定的。海浪能是海洋中最不稳定的能源,有季节性、周期性,相邻周期也是变化的。但海浪是风浪和涌浪的总和,而涌浪源自辽阔海域持续时日的风能,不像当地太阳和风那样容易骤起骤止和受局部气象的影响。

③ 清洁无污染。海洋能属于清洁能源,其开发利用过程对环境影响很小。

④ 能量密度低。各种形式的海洋能分散在广阔的海域,除盐差能外,能流密度都相当低(即单位空间的能量很少)。潮汐能较丰富地区的较大潮差为 7~10 m,通常只有 3~6 m,近海较大潮流流速只有 7~13 km/h。波浪能的大波高值为 8~12 m,通常为 1~3 m(即使是浪高 3 m 的海面,波浪能的密度也比常规火电站热交换器单位时间、单位面积的能量低一个数量级)。海洋表层(海洋表面层为 500~1 000 m)和深层的海水温差一般不超过 25 °C,海水浅深层间的温差通常为 20 °C 左右。要想实现较大规模的能量利用,就需要对大量的海水进行利用。

1.2 我国开发海洋能资源的必要性

我国是个陆地大国,更是海洋大国。我国海洋面积达 299.7 万平方千米,约为陆地面积的 1/3。从拥有海洋资源的绝对数量来看,我国海岸线长度为 1.8 万千米,居世界第四位;大陆架面积位居世界第五;200 海里专属经济区面积为世界第十。

我国海洋能资源非常丰富,在目前严峻的能源形势下,国家现在已非常重视海洋能的开发与利用,我国海洋能的开发与利用有望迎来新一轮发展契机,开发利用的前景十分广阔,主要有以下几点必要性:

(1)我国海洋能储量丰富、开发潜力巨大。

我国是一个海洋大国,海洋能资源丰富,开发前景可观。

我国潮汐能可开发的资源量约为 2 283 万千瓦,其中潮汐能资源最丰富的地区集中于福建和浙江沿海,潮差最大的地区(如浙江的钱塘江口、乐清湾,福建的三都澳、罗源湾等)平均潮差为 4~5 m,最大潮差为 7~8.5 m。

我国潮流能可开发的资源量约为 166 万千瓦,其中以浙江沿岸最多,有 37 个水道,资源丰富,占全国总量的一半以上,其次是台湾、福建、辽宁等地区和省份的沿岸,约占全国总量的 42%。

我国波浪能可开发的资源量约为 1 471 万千瓦,可开发利用的区域较多,其中以台湾沿岸丰度最大,占 30% 以上,浙、闽、粤三省沿海共占 40% 以上,山东沿海也有较丰富的蕴量,占 10% 以上。

我国温差能资源蕴藏量在各类海洋能中占居首位,可开发的资源量超过 2 579 万千瓦,其中海域表、深层水温差在 20~24 °C,是我国近海及毗邻海域中温差能能量密度最高、资源最富的海域。

从总体上看,我国海流能、温差能资源丰富,能量密度位于世界前列;潮汐能资源较为丰富,位于世界中等水平;波浪能资源具有巨大的开发潜力。

(2)我国海洋能开发符合社会经济与环境发展的需要。

海洋能开发满足沿海社会经济发展需要。我国沿海十几个省区市能源生产总量为 3.5×10^8 吨标准煤,占全国 25%,消费总量为 7.7×10^8 吨标准煤,占全国 52%。能源消费主要集中在沿海经济发达地区。沿海省区市年国内生产总值占全国 70% 左右,但能源资源占全国比例不足 20%。能源瓶颈已经成为制约沿海地区持续快速发展的重要问题。发挥沿海可再生能源的资源优势,大规模发展海洋可再生能源。这也充分体现了海洋能开发的科学发展观。

海洋能开发能满足节能减排和应对气候变化需要。为应对全球气候变化,我国政府已向国际社会庄严承诺,到 2020 年,单位 GDP 二氧化碳排放比 2005 年降低 40%~45%,非化石能源占能源消费比重达到 15%,并将此目标作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划。海洋能是零排放的清洁能源。由此可见,开发利用海洋能对应对气候变化作用巨大。

(3)我国海洋能发电已初具规模,积累了一定的技术储备。

我国从 20 世纪 50 年代开始陆续进行海洋能研究开发,目前,潮汐能和近海风能发电已初具规模,波浪能研究已进入示范试验并取得一定的成果,海流能利用技术已有多个部门正在进行关键技术研究并取得一定的突破。

潮汐能方面,我国从 20 世纪 50 年代中期开始建设潮汐电站,至 80 年代初共建设潮汐电站 76 个。在 80 年代运行的潮汐电站有 8 座,目前我国还在运行的潮汐能电站分别是:总装机容量 3 900 kW 的浙江温岭的江厦站、总装机容量 150 kW 的浙江玉环的海山站和总装机容量 640 kW 的山东乳山的白沙口站。其中,江厦电站是目前中国最大的潮汐电站,已正常运行近 20 年,是世界第四大潮汐电站。

潮流能方面,我国起步于 20 世纪 90 年代。2002 年哈尔滨工程大学自行设计建造了我国第一座 70 kW 的潮流能试验电站;2005 年国家“863”计划支持的 40 kW 潮流能发电试验电站在浙江省舟山市岱山县建成并发电成功;同年东北师范大学研制成功了放置于海底的低流速潮流发电机;2006 年 4 月,由浙江大学研制的 5 kW、叶轮半径为 1 米的“水下风车”在浙江省舟山市岱山县发电成功。2010 年之后,潮流能研究进入快速发展时期,我国在潮流能转换与发电系统的设计方法研究、关键技术和试验装置研发等方面取得了长足的进步,积累了海试经验。其中由中国海油承担了“500 kW 海洋能独立电力系统示范工程”,这是国内首个以潮流能为主的技术集成研究项目。该示范工程建成了两

套潮流能装置,分别为 2×100 kW 漂浮式水平轴式潮流能发电装置和 2×50 kW 重力座底式潮流能发电装置,标志着我国已经具备了自主研制百千瓦至数百千瓦级潮流能发电装置的技术条件。

波浪能方面,经过 20 多年的开发研究,获得了较快的发展,波浪能技术处于示范试验阶段,并已取得了一系列发明专利和科研成果。相关成果有:额定功率为 20 kW 的岸基式广州珠江口大万山岛电站;额定功率为 8 kW 采用摆式波浪发电装置的小麦岛电站;额定功率为 100 kW 广东汕尾岸式波力实验电站;青岛大管岛 30 kW 摆式波力实验电站等。40W 漂浮式后弯管波浪能发电装置已向国外出口,处于国际领先水平;10W 航标灯用波浪能发电装置已趋商品化;小型岸式波力发电技术已进入世界先进行列。

其他形式的海洋能如海水温差能、盐差能等的研究与开发尚处在实验室试验阶段。在温差能方面,我国 20 世纪 80 年代初开始在广州、青岛和天津等开展温差能发电研究,1986 年广州研制完成开式温差能转换试验模拟装置,实现电能转换,1989 年又完成了雾滴提升循环试验研究。目前,天津大学正在研究利用海水温差能作为推动水下自持式观测平台的动力。

(4) 我国海洋能开发逐渐受到重视。

2005 年《中华人民共和国可再生能源法》颁布,在国家一系列法规、政策激励下,我国的海洋能研发渐趋活跃,关于海洋能的学术研讨渐多。

2009 年以来,国家的资金支持渐序启动,研究和开发的重点初步明确。2009 年,国家投资约 5 000 万元支持“海洋能开发利用关键技术研究及示范项目”等项目,2010 年 6 月国家海洋局会同财政部制定了《海洋可再生能源专项资金管理暂行办法》,拨付 2 亿元专项资金以加大对海洋能研发利用的投入。国家海洋局在调研的基础上,制定了《海洋可再生能源专项资金项目申报指南》,明确了以下资金投向的重点:海洋能独立电力系统示范工程、海洋能并网电力系统示范工程、海洋能开发利用关键技术产业化规范、海洋能综合利用技术研究与实验、标准制定及支撑服务体系建设和。

2013 年 12 月,国家海洋局颁布了《全国海洋经济发展规划纲要》,发展海洋经济对于促进沿海地区经济合理布局和产业结构调整,保持我国国民经济持续健康快速发展具有重要意义。我国从 2010 年起,每年投入 2 亿元专项资金用于海洋能开发应用。相对于其他可再生能源和海洋能开发的需求来说,尽管财政资金的投入力度和规模可能远远不够,但毕竟向前迈出了可喜的一步,我国海洋能开发利用将逐渐步入良性循环的发展轨道。

(5) 海洋能开发可为海上油气工程做配套支持。

国务院近期印发了《全国海洋经济发展“十二五”规划》(简称《规划》),明确

加大海洋油气勘探力度,稳步推进近海油气资源开发,加强勘探开发全过程监管和风险控制。到 2015 年年底,争取实现新增海上石油探明储量 10 亿~12 亿吨,新增海上天然气探明储量 4 000 亿~5 000 亿立方米;海上油气产量达到 6 000 万吨油当量。与此同时,我国将提高渤海、东海、珠江口、北部湾、莺歌海、琼东南等海域现有油气田采收率,加大专属经济区和大陆架油气勘探开发力度。依靠技术进步加快深水区勘探开发步伐,提高深远海油气产量。《规划》还提到,将重点发展海洋油气资源勘探开发装备。

此外,深水是世界油气的重要接替区,近十年来,人们新发现的探明储量在 1 亿吨以上的油气田 70% 都在海上,其中一半以上位于深海。相关资料显示,全球深水区最终潜在石油储量高达 1 000 亿桶。在中国,南海被认为有潜力成为继墨西哥湾、巴西和西非深水油气勘探开发“金三角”之后,世界上第四大深水油气资源勘探海域。

而海洋能颇具战略价值,以温差能、潮流能为代表的海上新能源发电装备,有望助力我国的海上油气田的开发。

(6) 海洋能开发可为保卫祖国保疆作出贡献。

海洋能开发能满足保卫祖国边疆的需要。海洋能可以给南海偏远海岛进行供电、供热、造淡。

我国海域散布着众多的海岛,面积大于 500m^2 的有 6 961 个(不含海南省本岛和台湾地区、香港地区、澳门地区所属海岛),其中有居民海岛 433 个,无居民海岛 6 528 个;面积在 500m^2 以下的海岛和岩礁上万个。在一些远离大陆的渔村、海岛、海上平台,供电成本很高,达到 $4\sim 5$ 元/(kW·h),因而海洋能已经具备了很好的市场竞争力。海洋能分布广泛、就地可取;取之不尽、用之不竭;周而复始、可以再生。立足当前,海洋能是解决我国沿海海岛地区,以及南海偏远海岛能源补给的一个重要途径。

1.3 海洋能总体概况

1.3.1 潮汐能

潮汐能是指海水潮涨和潮落形成的水的势能,其利用原理和水力发电相似。潮汐能的能量与潮量和潮差成正比。或者说,与潮差的平方和水库的面积成正比。与水力发电相比,潮汐能的能量密度很低,相当于微水头发电的水平。世界上潮差的较大值为 $13\sim 15$ m,我国的最大值(杭州湾澈浦)为 8.9 m。一般说来,平均潮差在 3 m 以上就有实际应用价值。

全世界潮汐能的理论估算值为 10^9 kW 量级,我国的潮汐能理论估算值虽为 10^8 kW 量级,但实际可利用数远小于此数。根据中国海洋能资源区划的统计结果,沿海潮汐能可开发的潮汐电站坝址为 424 个,总装机容量约为 2.2×10^7 kW。浙江和福建沿海地区潮汐能较丰富。

1.3.2 波浪能

波浪能是指海洋表面波浪所具有的动能和势能。波浪的能量与波高的平方、波浪的运动周期以及迎波面的宽度成正比。波浪能是海洋能中能量最不稳定的一种能源。台风导致的巨浪,其功率密度可达每米迎波面数千千瓦,而波浪能丰富的欧洲北海地区,其年平均波浪功率也仅为 $20 \sim 40$ kW/m,中国海岸大部分的年平均波浪功率密度为 $2 \sim 7$ kW/m。全世界波浪能的理论估算值为 10^9 kW 量级。根据中国沿海海洋观测台站资料估算,中国沿海理论波浪年平均功率约为 1.3×10^7 kW,但由于不少海洋台站的观测地点处于内湾或风浪较小位置,故实际的沿海波浪功率要大于此值。其中,浙江、福建、广东和台湾沿海地区波浪能较为丰富。

1.3.3 海流能

海流能是指海水流动的动能,主要是指海底水道和海峡中较为稳定的流动以及由于潮汐导致的有规律的海水流动。因此,广义的海流能包括洋流和潮流,而狭义的海流能指的是潮流能。海流能的能量与流速的平方和流量成正比。相对波浪而言,海流能的变化要平稳且有规律得多。海流能随潮汐的涨落每天两次改变大小和方向。一般来说,最大流速在 2 m/s 以上的水道,其海流能均有实际开发的價值。全世界海流能的理论估算值约为 10^8 kW 量级。利用中国沿海 130 个水道、航门的各种观测及分析资料,计算统计获得中国沿海海流能的年平均功率理论值约为 1.4×10^7 kW。其中,辽宁、山东、浙江、福建和台湾沿海地区的海流能较为丰富,不少水道的能量密度为 $15 \sim 30$ kW/m²,具有良好的开发价值。值得指出的是,中国是世界上海流能功率密度最大的地区之一,特别是浙江舟山群岛的金塘、龟山和西堠门水道,平均功率密度在 20 kW/m² 以上,开发环境和条件很好。

1.3.4 温差能

温差能是指海洋表层海水和深层海水之间水温之差的热能。一方面,海洋表面把太阳辐射能的大部分转化成为热水并储存在海洋的上层;另一方面,接

近冰点的海水大面积地在不到 1 000 m 的深度从极地缓慢地流向赤道。这样,就在许多热带或亚热带海域终年形成 20 °C 以上的垂直海水温差。利用这一温差可以实现热力循环并发电。全世界海洋温差能的理论估算值为 10^9 kW 量级。根据中国海洋水温测量资料计算得到的中国海域的温差能约为 1.5×10^8 kW,其中 99% 在南海。南海表层的水年平均温度在 26 °C 以上,深层水温(800 m 深处)常年保持在 5 °C,温差为 20 °C,属于温差能丰富区域。

1.3.5 盐差能

盐差能是指海水和淡水之间或两种含盐浓度不同的海水之间的化学电位差能,主要存在于河海交接处。

同时,淡水丰富地区的盐湖和地下盐矿也可以利用盐差能。盐差能是海洋能中能量密度最大的一种可再生能源。通常,海水(3.5%盐度)和河水之间的化学电位差有相当于 240 m 水头差的能量密度。这种位差可以利用半渗透膜(水能通过,盐不能通过)在盐水和淡水交接处实现。我国的盐差能估计为 1.1×10^8 kW,主要集中在各大江河的出海处。同时,我国青海省等地也有不少内陆盐湖可以利用。

1.4 国内外海洋能发展概况

根据世界能源署海洋能协会官方统计,目前,以英国、美国、加拿大、欧盟等国为代表的国家在海洋能领域发展速度迅猛,在潮汐能、海流能、波浪能、温差能等领域已有近百个商业项目陆续运行,如图 1-1 所示。得益于发展规划、技术研发、产业推广方面的优势,以英国、美国为代表的国家在海洋能领域处于较为领先的地位。

第一,在海洋能发展规划方面,英国、美国、欧盟等国家制定了全面、详细、具有可操作性的海洋能发展规划和资金扶持方案。如欧盟的 JOULE 计划、英国的《海洋能源行动计划》、日本的“阳光计划”、美国的《能源政策方案》等都规定了海洋能强制购买条款等刺激方案。在政策、规划、资金的支持和配合下,国外海洋能项目发展迅猛,如图 1-2 所示。

第二,在技术研发手段上,国外海洋能技术先进,已形成可靠、高效和低成本的海能发电关键技术。国外海洋能发电装置普遍集成化程度较高,除发电机本身外,机组内还集成了变频器、变压器、控制系统、维修吊车、安全系统、冷却系统等,可实现远程控制和管理。如图 1-3 所示为国外海洋能技术应用现状。

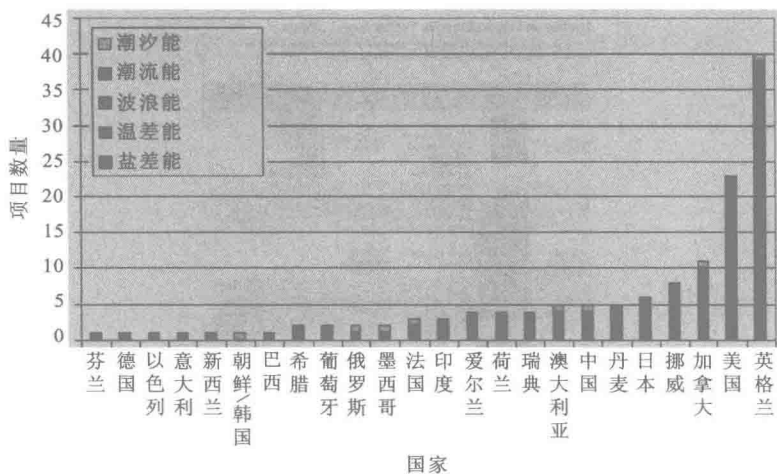


图 1-1 世界海洋能项目统计表



图 1-2 国外海洋能项目示意图

(a) 欧洲; (b) 北美

Marine and Hydrokinetic Technology Listings

In order to sort columns, please click the column's header title. For more detail on a particular company, technology, or project, please click on the respective hyperlink.

[illegible]

图 1-3 国外海洋能技术应用现状统计表(节选部分)