

海洋能资源 分析方法及储量评估

王传崑 卢 苇 编著



海洋出版社

责任编辑:王 溪

封面设计:徐蓓蓓

电脑制图:徐伟嘉 李 喆

Analysis Methods and Reserves Evaluation of Ocean Energy Resources

ISBN 978-7-5027-7467-7



9 787502 774677 >

定价: 80.00元

海洋能资源分析方法及 储量评估

王传崑 卢苇 编著

海洋出版社

2009年·北京

内容简介

本书利用笔者 30 年从事海洋能资源储量及开发利用环境条件调查研究与评价工作的积累和收集到的国内外学者的研究成果,对全球和中国的各类海洋能资源储量及计算方法进行了较全面系统的论述、分析和评价。并指出了尚存在的、有待研究的问题。最后,提出了今后我国开展海洋能资源储量调查计算和资源研究的建议。

书中还引用了各类海洋能资源储量调查计算的大量成果图表资料,以便读者查阅。为便于非物理海洋专业的读者阅读,书中对一些物理海洋的专业名词、术语做了较详细的解释。

本书的读者对象为海洋能源和可再生能源领域的科技工作者,各级相关管理部门的官员,各相关大专院校的教师及学生。

图书在版编目(CIP)数据

海洋能资源分析方法及储量评估/王传崑,卢苇编著. —北京:海洋出版社,2009. 5
ISBN 978 - 7 - 5027 - 7467 - 7

I. 海… II. ①王…②卢… III. ①海洋动力资源 - 分析方法②海洋动力资源 - 储量 - 评估 IV. P743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 059104 号

责任编辑:王 溪

责任印制:刘志恒

电脑制图:徐伟嘉 李 喆

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京顺诚彩色印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2009 年 5 月第 1 版 2009 年 5 月北京第 1 次印刷

开本:787mm × 1092mm 1/16 印张:17.75

字数:454 千字 定价:80.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

能源是人类生存和社会发展的基础,它对于人类的重要性众所周知。20世纪70年代两次石油危机后,西方工业化国家过分依赖石油的能源机制受到冲击,开始出现寻找替代能源的热潮。进入80年代以后,人们认识到长期推动人类文明发展的常规化石燃料能源必然会越来越少,同时,燃料能源在燃烧中会放出有害物质,这不仅污染人类的现实生活环境,还对大气产生温室效应等长远的破坏影响,将危及人类的生存和发展。90年代以来,为了人类社会的可持续发展,国际社会对今后应逐步减少对化石燃料能源的依赖,加速开发利用有利于人类社会可持续发展的、数量巨大、清洁的、可再生能源已形成共识。这时对开发利用可再生能源的重视,已不再是70年代受石油危机形势所迫意义上的重视,而是为了人类社会的持续发展,为了人类的子孙后代文明幸福生存的、自觉理智的战略行为。

作为可再生能源之一的海洋能,自20世纪70年代开始,就受到各沿海国家特别是发达国家的重视。各国有关专家在海洋能开发热潮的鼓舞和迫使下,在各国政府支持下,相继对世界各地的海洋能资源储量开展了大量的调查研究和分析评价工作。

本书利用笔者30年从事海洋能资源储量和开发利用环境条件调查研究与分析评价工作的积累,以及收集到的国内外学者的研究成果,对全球和中国的各类海洋能资源储量及计算方法进行了较全面系统的论述、分析和评价。并指出了尚存在的、有待研究的问题。最后,提出了今后我国开展海洋能资源储量调查计算和资源特性研究的建议。

本书具有以下特点:①系统性。书中概括了国内外诸位专家对各地、各类海洋能资源储量(功率)计算的各种方法及其结果。②科学性。书中不仅讲了各类海洋能储量(功率)的计算方法和结果,还讲了各类海洋能资源产生的原理、机制,各类海洋能能量计算的经典公式,决定资源能量及其密度分布变化的各种物理海洋要素的地域和时间分布变化规律。③创新性。据笔者所见,迄今国内尚无,国外未见与本书内容相同的书。20年前本书笔者主笔内部交流的研究成果《中国沿海农村海洋能资源区划》的内容与本书相近,本书以其为基础扩展编撰而成,内容上远比其更广泛、丰富,理论上远比其更深厚。④实用性。书中在论述海洋能资源储量计算分析理论、方法的同时,还给出了

全球海洋,特别是中国沿岸、近海及毗邻海域各类海洋能资源储量(功率)的大量图表资料。这些计算分析方法和结果可供海洋能开发利用工作者查阅参考。另外,为便于非物理海洋专业的读者阅读,书中对所涉及到的一些物理海洋的基础理论、概念、名词、术语均做了较详细的解释。

各类海洋能资源储量状况是国家制定海洋能资源开发利用规划和政策的重要依据。本书对未来海洋能资源调查计算,开发试验选址及开发站点的可行性研究均具有指导意义和参考价值,可大大减少工作量和时间及经费投入,从而对我国的海洋能开发利用起到促进作用。本书为从事海洋能开发利用研究,特别是从事海洋能资源调查计算的科技工作者,提供了国内外海洋能资源调查计算的现状,也为他们提出了需要进一步研究的课题。

本书第1章第3节,第3章第3节2、3、5,第4节5和第6节由卢苇编写。其他章节由王传崑编写。全书由王传崑统稿。

本书承蒙余志教授及羊天柱教授级高工、梁进楚研究员审稿,并提出了宝贵意见,在此表示衷心感谢。

本书编写过程中参考了不少相关领域的著作,借鉴了国内外许多专家发表的研究成果以及图表资料,在此也向有关作者致以谢忱。

限于作者的学术水平和收集的资料、文献不足,书中存在缺点、错误在所难免,敬请有关专家和读者批评指正。

作者

2009年2月

目 次

第1章 海洋能概述和开发利用现状	(1)
第1节 海洋能及其分类	(1)
第2节 海洋能的特点	(2)
1 能量密度低,但总蕴藏量大,可再生	(2)
2 能量随地域时间变化,但有规律可循	(3)
3 开发环境严酷,一次性投资大,但不污染环境,不占用良田,可综合利用	(4)
第3节 海洋能开发利用现状	(4)
1 潮汐能	(4)
2 波浪能	(9)
3 潮流能	(11)
4 海流能	(12)
5 温差能	(13)
6 盐差能	(15)
7 海洋能开发技术的发展趋势	(17)
第2章 潮汐能资源	(19)
第1节 潮汐基础理论概述	(19)
1 潮汐的生成和传播	(19)
2 潮汐要素	(20)
3 潮差的时空变化	(21)
4 调和分潮和潮汐分类	(24)
第2节 潮汐能量及功率的估算	(25)
1 潮汐能的特征量	(25)
2 潮汐能储量的数学表达式	(26)
3 潮汐能量的平衡	(26)
4 潮汐电站的理论储量和理论功率的估算	(27)
第3节 全球海洋的潮汐分布	(29)
1 潮汐类型分布	(29)

2 潮差分布·····	(29)
第4节 全球海洋的潮汐能资源储量 ·····	(32)
第5节 中国沿岸的潮汐分布 ·····	(34)
1 海岸类型分布·····	(34)
2 潮汐类型分布·····	(35)
3 潮差分布·····	(37)
第6节 中国沿岸的潮汐能资源储量 ·····	(38)
1 中国沿岸潮汐能资源调查·····	(38)
2 中国沿岸潮汐能资源储量与评价·····	(41)
3 各省(市、区)沿岸潮汐能资源储量 ·····	(44)
4 规划设计研究中的潮汐电站·····	(45)
第7节 潮汐能资源评价 ·····	(49)
1 能量密度低,单位装机造价高,但总储量大,可再生 ·····	(49)
2 能量不稳定,周期性地变化,但规律很强,可提前精确地预报 ·····	(49)
3 开发环境严酷,但不占用良田,不迁移人口,不污染环境 ·····	(50)
4 资源分布不均,良好站址多在发达国家 ·····	(50)
第8节 潮汐电站站址选择 ·····	(50)
1 有较大的平均潮差·····	(50)
2 有较大的海湾和适度的湾口·····	(51)
3 有良好的坝基和环境条件·····	(51)
4 距负荷中心和电网尽量较近·····	(51)
5 社会经济和生态条件较好·····	(51)
6 电力系统中有水电站与潮汐电站配合·····	(51)
第3章 波浪能资源 ·····	(52)
第1节 波浪基础理论概述 ·····	(52)
1 波浪的生成·····	(52)
2 波浪要素·····	(52)
3 各种波高与周期·····	(54)
4 波浪的分类·····	(55)
5 风浪的成长和消衰·····	(56)
6 海浪的随机性和波谱·····	(57)
7 小振幅波·····	(58)
第2节 波浪能量及功率密度的计算 ·····	(60)
1 波浪能的特征量·····	(60)

2 波浪能量的计算.....	(61)
3 波能功率密度的计算.....	(61)
第3节 全球海洋的波浪状况	(62)
1 太平洋西北部的波况.....	(62)
2 南太平洋西北部的波况.....	(70)
3 大西洋欧洲近海和沿岸的波况.....	(79)
4 南大西洋的波况.....	(85)
5 印度洋的波况.....	(87)
第4节 全球海洋的波浪能资源储量	(87)
1 全球海洋的总波能和总波功率.....	(87)
2 全球海洋各地的波功率密度(气候学法)	(92)
3 欧洲近海和沿岸的波能资源.....	(92)
4 北美洲西部沿岸的波功率密度.....	(93)
5 南太平洋西北部的波功率密度.....	(97)
6 日本沿岸的波功率.....	(101)
7 通过帕帕站(气象船)的波能	(103)
第5节 中国沿岸的波浪分布	(104)
1 波型分布.....	(104)
2 波向分布.....	(105)
3 波高分布.....	(106)
4 周期分布.....	(106)
第6节 中国沿岸的波浪能资源储量	(107)
1 中国沿岸波浪能资源区划资源统计方法.....	(107)
2 中国沿岸波浪能资源储量与评价.....	(108)
3 各省(市、区)沿岸波浪能资源储量与评价	(112)
4 广东省布袋澳和遮浪角波浪能资源.....	(114)
第7节 中国近海及毗邻海域的波浪能资源储量	(122)
1 中国近海及毗邻海域的波浪能资源储量.....	(122)
2 中国近海及毗邻海域的波浪能资源分布.....	(124)
第8节 波浪能资源评价	(127)
1 波功率密度低,但适于密集,可再生,总储量大	(127)
2 资源分布广泛,但分布明显不均	(127)
3 能量随时间变化剧烈,既有短时间变化,又有季节和年际变化.....	(127)
4 能量具有多向性,且随时间、地域变化.....	(128)
第9节 波浪电站的站址选择	(128)

1 平均波高大,且离散度小	(128)
2 基岩港湾海岸的突出部位和外围海岛的向外海一侧海岸	(129)
3 前方无岛礁遮挡,且海域开阔的地方	(129)
4 平均潮差较小	(129)
5 适量的居民和社会经济条件	(129)
6 较良好的生态环境	(129)
第4章 潮流能资源	(130)
第1节 潮流的生成和分类	(130)
1 潮流的生成	(130)
2 潮流的分类	(130)
3 潮流和潮汐的对应关系	(131)
第2节 潮流能各特征量的计算	(132)
1 潮流能的特征量	(132)
2 潮流能能量的计算	(133)
3 潮流能能量密度的计算	(133)
4 潮流能功率密度的计算	(133)
5 一个周期内潮流能总能量的计算	(133)
6 一年中通过水道横断面的潮流总能量的计算	(133)
第3节 全球海洋的潮流分布	(134)
1 潮流的水平分布	(134)
2 潮流的垂直分布	(135)
第4节 欧洲和北美洲沿岸的潮流能储量	(135)
1 欧美等潮流能资源的调查研究	(135)
2 欧洲沿岸的潮流能储量	(137)
3 奥尔德尼水道可开发的潮流能功率	(140)
第5节 中国沿岸的潮流分布	(141)
1 渤海沿岸	(142)
2 黄海沿岸	(143)
3 东海沿岸	(143)
4 南海沿岸	(143)
第6节 中国沿岸的潮流能资源储量	(143)
1 中国沿岸潮流能资源储量调查	(143)
2 中国沿岸潮流能资源储量与评价	(146)
3 各省(市、区)沿岸潮流能资源储量和评价	(149)

第7节 潮流能资源评价	(150)
1 资源地域分布不均,富集区域开发条件优越	(150)
2 能量密度低,但远高于风能密度	(151)
3 能量随时间变化,但规律性很强	(151)
4 开发环境严酷,无需大型水工建筑	(151)
第8节 潮流电站站址选择	(151)
1 资源条件	(151)
2 环境条件	(151)
3 社会经济条件	(152)
第5章 海流能资源	(153)
第1节 海流的生成和分类	(153)
1 海流的生成	(153)
2 海流的分类	(153)
第2节 海流能量和功率的计算	(154)
1 海流能的特征量	(154)
2 海流能量的计算	(154)
3 海流能功率的计算	(154)
第3节 全球海洋的海流分布	(154)
第4节 全球海洋的海流能资源储量	(155)
1 佛罗里达海流	(155)
2 黑潮	(156)
第5节 中国近海及毗邻海域的海流分布	(156)
1 渤海、黄海、东海	(156)
2 南海	(157)
第6节 海流能资源评价	(158)
1 资源地域分布不均,富集区域开发条件优越	(158)
2 能量密度低,但远高于风能密度	(158)
3 开发环境严酷,应重视可能发生的环境影响	(158)
第6章 温差能资源	(159)
第1节 海洋的热量交换	(159)
1 影响海洋温度的因素	(159)
2 海面的热量收支	(159)
3 海面热收支随纬度的变化	(159)

4 海洋内部的热交换·····	(160)
第2节 全球大洋的水温分布·····	(161)
1 大洋水温的水平分布·····	(161)
2 大洋水温的垂直分布·····	(163)
第3节 全球海洋的温差能资源分布和储量·····	(166)
1 温差能的特征量·····	(166)
2 大洋表、深层温差分布·····	(166)
3 各国的温差能资源状况·····	(166)
4 全球温差能资源储量·····	(170)
5 日本近海及毗邻海域的温差能资源储量(当量法)·····	(171)
第4节 中国近海及毗邻海域的水温分布·····	(177)
1 渤海和黄海·····	(177)
2 东海·····	(177)
3 南海·····	(178)
第5节 中国近海及毗邻海域的温差能资源储量·····	(181)
1 温差能资源储量·····	(181)
2 温差能资源评价·····	(182)
第6节 温差能资源评价·····	(184)
1 资源分布广,总储量大·····	(184)
2 能量密度高,且稳定·····	(184)
3 转换效率低,但资源可再生·····	(184)
4 开发条件有利有弊·····	(184)
5 开发利用的各项指标与温差密切相关·····	(185)
第7节 温差电站站址选择·····	(185)
1 资源条件·····	(185)
2 海洋环境条件·····	(185)
3 社会经济条件·····	(185)
4 综合利用潜力和环境影响预测·····	(186)
第7章 盐差能资源 ·····	(187)
第1节 海水盐度与盐差能的产生·····	(187)
1 海水盐度·····	(187)
2 盐差能的产生·····	(188)
第2节 盐差能的计算·····	(189)
1 渗透压计算·····	(189)

2 盐差能理论能量和理论功率计算·····	(190)
第3节 全球海洋的盐度分布·····	(190)
第4节 全球海洋的盐差能资源储量·····	(191)
第5节 中国沿岸的盐度分布和入海水量·····	(193)
1 中国沿岸的盐度分布·····	(193)
2 中国沿海的江河入海水量及分布·····	(194)
第6节 中国沿岸的盐差能资源储量·····	(196)
1 中国沿岸的盐差能资源储量估算·····	(196)
2 中国沿岸的盐差能资源特点·····	(197)
第7节 盐差能资源评价·····	(197)
1 能量密度高,总能量大·····	(197)
2 开发利用难度大,费用高·····	(197)
第8章 海洋能资源储量计算方法的评价·····	(198)
第1节 潮汐能资源·····	(198)
第2节 波浪能资源·····	(199)
第3节 海流能和潮流能资源·····	(200)
第4节 温差能资源·····	(202)
第5节 盐差能资源·····	(203)
第6节 资源储量估算现状分析·····	(204)
第9章 开展我国海洋能资源调查和研究的建议·····	(206)
第1节 海洋能资源调查和研究的必要性·····	(206)
第2节 海洋能资源研究的内容·····	(207)
第3节 海洋能资源储量调查的方针和内容·····	(208)
1 资源储量调查应贯彻的方针和原则·····	(208)
2 海洋能资源能量要素调查·····	(210)
3 海洋能资源自然环境要素调查·····	(211)
4 电力输入地的社会经济要素调查·····	(213)
结束语·····	(214)
参考文献·····	(215)
附录1 中国沿岸潮汐能资源统计表和分布图·····	(219)
附录2 中国沿岸波浪能资源分布图·····	(251)
附录3 中国沿岸潮流能资源分布图·····	(262)

第 1 章 海洋能概述和开发利用现状^①

第 1 节 海洋能及其分类

海洋能 通常是指海洋中所特有的依附于海水的可再生自然能源,即潮汐能、潮流能、波浪能、海流能、温差能和盐差能。有的学者把海上风能和海洋中的生物质能也列为海洋能,但它们都不是海洋中所特有的,本书不予讨论。按能量储存形式分类,海洋能可分为机械能,如潮汐能、海流能、潮流能、波浪能;热能,如温差能;物理化学能,如盐差能。究其成因,除潮汐能和潮流能是月球和太阳引潮力的作用产生的以外,其他均产生于太阳辐射。

潮汐能和潮流能 在月亮和太阳引力作用下产生的地球表面海水周期性的涨落潮运动,一般统称潮汐。这种运动中包含着两种运动形式:一种是海水的垂直升降,也称为潮汐;一种是海水的水平流动,称为潮流。海水的涨落潮运动所携带的能量也由两部分组成,前者为势能,即潮汐能;后者为动能,即潮流能。涨潮时,随着海水逐渐向岸边流动,岸边水位逐渐升高,动能变为势能;落潮时,随着海水逐渐离岸流去,岸边水位逐渐下降,势能变为动能。潮汐能的能量与潮水量和潮差成正比,或者说与潮差的平方和水库面积成正比;潮流能的能量与流速的平方和流量成正比,或者说与流速的立方成正比。

波浪能 波浪是海洋表层海水在风力的作用下产生的波动,波浪中所储存的能量,称为波浪能。其能量与波高的平方和波动水面的面积成正比。

海流能 海流是海洋中由于海水温度、盐度的分布不均而形成的密度和压力梯度,或海面上风的作用等原因产生的海水定向流动。海流中所储存的动能,称为海流能。其能量与流速的平方和流量成正比,或者说与流速的立方成正比。

温差能 在低纬度海洋中,由于海洋表层和深层吸收太阳辐射热量的不同,以及大洋环流的经向热量输送而形成表层水温高,深层水温低的现象。以表、深层海水温度差的形式所储存的热能,称为温差能。其能量与具有足够温差(通常要求不小于 18℃)海区的暖水量和温差成正比。

盐差能 在海洋的沿岸河口地区,由流入海洋的江河淡水与海水之间的盐度差(溶液浓度差)所储存的物理化学能,称为盐差能,亦称浓差能。最引人关注的盐差能是淡水通过半透膜向海水渗透时以渗透压形态表现的势能。其能量与渗透压和淡水量(渗透水量)成正比。

各类海洋能的主要特性见表 1-1。

^① 王传崑等,中国沿海农村海洋能资源区划,国家海洋局科技司、水电部科技司,1989 年。

表 1-1 各类海洋能的特性

种类	成因	富集区域	能量大小	时间变化
潮汐能	由作用在地球表面海水上的月亮和太阳的引潮力产生	45°~55° N 大陆沿岸	与潮差的平方和港湾面积成正比	潮位(潮差)和流速、流向以半日(日)和半月为主的周期变化,规律性很强
潮流能			与流速的平方和流量成正比	
波浪能	由海面上风的作用产生	北半球两大洋东侧	与波高的平方和波动水面面积成正比	随机性的周期性变化,周期范围 10 ⁰ ~10 ² s
海流能	由于海水温度、盐度分布不均引起的密度、压力梯度或海面上风的作用产生	北半球两大洋西侧	与流速的平方和流量成正比	比较稳定
温差能	由海洋表、深层吸收太阳辐射热量的不同和大洋环流经向热量输送而产生	低纬度大洋	与具有足够温差海区的暖水量和温差成正比	相当稳定
盐差能	由淡水向海水渗透形成的渗透压产生	大江河入海口附近	与渗透压和入海淡水量成正比	随入海水量的季节和年际变化而变化

第 2 节 海洋能的特点

与其他常规能源相比,海洋能具有如下特点。

1 能量密度低,但总蕴藏量大,可再生

各种海洋能的能量密度一般较低。潮汐能的潮差世界最大值约为 17 m,我国最大值(江苏小洋口外)为 9.28 m;潮流能的流速世界最大值约为 5 m/s,我国最大值(舟山海区)达 4 m/s 以上;海流能的流速世界最大值约为 2.5 m/s,我国毗邻海域最大值(东海东部黑潮区)为 1.5 m/s;波浪能的波高世界沿岸最大单站平均波高为 2 m 以上,我国沿岸最大单站平均波高值(东海沿岸)为 1.6 m;温差能的表、深层海水温差世界最大值约为 24℃,我国最大值(南海深水海区)也可达此值;盐差能是海洋能中能量密度最大的一种,其渗透压一般为 24 个大气压(2.43 Mpa),相当 240 m 水头,我国也可接近此值。

威克(Gerald L. Wick)和施密特(W. R. Schmitt)^[1]1977 年提出用等效能量的方法,把各类海洋能的能量密度转换成当量水头(h)表示。如海流能与水力能由 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$, $h = \frac{1}{2}v^2/g$ 。当流速 $v = 1\text{ m/s}$ 时,可得 $h = 0.05\text{ m}$ 。同理,可得出各类海洋能能量密度的当量水头为:潮汐能 10 m,波浪能 2 m,盐差能 240 m,温差能 210 m。由此可见,各类海洋能与水力能相比,能量密度是低的。盐差能和温差能的水头很难严格地进行比较,因为提取化学能和热能比提取机械能要困难得多。

表 1-2 各类海洋能的资源储量

单位: W

能类	理论储量	技术可利用量	实际可开发量
潮汐能	3×10^{12}	1×10^{11}	3×10^{10}
波浪能	3×10^{12}	1×10^{12}	3×10^{11}
海流能	6×10^{11}	3×10^{11}	3×10^{10}
盐差能	3×10^{13}	3×10^{12}	3×10^{11}
温差能	4×10^{13}	2×10^{12}	1×10^{11}

注:潮流能储量未有全球的估算。

因为海洋能广泛地存在于占地球表面积 71% 的海洋上, 所以其总蕴藏却是巨大的。据联合国教科文组织出版的《海洋能开发》^[2] 认为, 全球各种海洋能的理论可再生功率约为 7.66×10^{10} kW (表 1-2)。其中, 各类海洋能的数量级以温差能和盐差能最大, 各为 10^{10} kW, 波浪能和潮汐能居中, 各为 10^9 kW, 海流能最小, 为 10^8 kW。由于海洋将永不间断地接受太阳辐射及受月亮和太阳引潮力的作用, 所以海洋能又是可再生的, 可谓取之不尽, 用之不竭。

当然也必须指出, 以上巨量的海洋能资源, 并不是全部可以开发利用的, 全球海洋能技术上可利用的功率^[2] 仅为 6.4×10^9 kW。

2 能量随地域时间变化, 但有规律可循

各种海洋能均按其各自的规律发生和变化, 通过长期的观测资料分析可以发现, 它们在地域和时间上的分布变化均呈现各种不同的统计性规律。

就地域而言, 各种海洋能既因地而异, 此有彼无, 此大彼小, 且不能搬迁, 却又明显地呈现各有各自的富集海域。如温差能主要集中在低纬度大洋深水海域 (远海、深海), 我国主要在南海水深 800 m 以上的海域; 潮汐、潮流能的大潮差、强流速宏观上, 主要集中在北纬 $45^\circ \sim 55^\circ \text{N}$ 的大陆沿岸海域 (沿岸、浅海)。微观上, 潮差在沿岸较大, 尤其是在喇叭形港湾的顶部最大。如加拿大的芬迪湾, 俄罗斯鄂霍次克海的品仁湾, 法国的圣马洛湾, 英国的塞汶河口、彭特兰湾等。我国在东海沿岸, 尤其是浙江三门湾至福建平潭岛之间的海湾。潮流速度在沿岸近海较大, 尤其是在群岛中的狭窄海峡、水道最大, 如英伦三岛沿岸的海湾、海峡等。我国在东海沿岸, 尤其是舟山群岛海域的诸水道最富集; 海流能主要集中在北半球两大洋西侧, 最著名的有太平洋西侧的黑潮、大西洋西侧的墨西哥湾流等 (外海、深海)。我国近海及毗邻海域主要在东海的黑潮流域; 波浪能近海、外海都有 (全海域), 但以北半球两大洋东侧西风盛行的中纬度 ($30^\circ \sim 40^\circ \text{N}$) 和南极风暴带 ($55^\circ \sim 65^\circ \text{S}$) 最富集。我国东海和南海东北部较大, 沿岸以台湾、浙江、福建、广东东部沿岸最富集; 盐差能主要在高降雨量地区的大江河入海口附近, 如亚马逊河、刚果河等河口 (沿岸、浅海), 我国主要在长江和珠江等河口。

就时间而言, 除温差能和海流能较稳定外, 其他均明显地随时间变化。潮汐能的潮差具有明显的半日 (日)、半月周期性变化; 潮流能的流速不但量值变化, 方向也变化; 盐差能的江河入海径流量具有明显的年际和季节变化; 波浪能的波高、周期、浪向既有长时间

的年、季变化,又有短时间的分、秒随机变化。故海洋能发电多存在不稳定性。不过,各种海洋能能量密度的时间变化一般均有规律性,例如波浪的大小取决于作用在海面上风速的大小、同一方向同一风速作用时间的长短和距离的远近。波高(在季风气候区)一年中冬季大、夏季小,波向一般随风向按季节变化。微观波浪的波群中波高的分布服从瑞利分布,波能集中存在于某一比较狭窄的频带内等。波浪发生、成长与衰减的规律,已可以预报。特别是在月亮和太阳引潮力作用下形成的潮汐和潮流的变化,目前海洋学家根据潮汐与天体运行的关系已能做出较准确的预报。

3 开发环境严酷,一次性投资大,但不污染环境,不占用良田,可综合利用

由于不论在沿岸近海,还是在外海深海,开发海洋能资源都存在风、浪、流等动力作用,海水腐蚀、海生物附着以及能量密度低等问题,致使转换装置设备庞大(如潮汐、潮流、海流能转换装置中大直径的水轮机,温差能转换装置中大面积的热交换器,盐差能转换装置中大面积的半透膜等),要求材料强度高、防腐性好,设计施工技术复杂,施工环境严酷,投资大造价高。但是,由于海洋能发电在沿岸和海上进行,所以一般不占用已开垦的土地资源,不需要迁移人口,而且还多具有综合利用效益。同时,由于海洋能发电不消耗一次性矿物燃料,所以既不付燃料费,又不受能源枯竭的威胁。另外,海洋能发电几乎不伴有氧化还原反应,不向大气排出有害气体和热,对环境的影响很小,并且多是限于对局部环境的影响,不存在对全球性气候的影响,也不存在常规化石燃料能源和核能发电类似的环境污染问题,这就避免了很多社会问题的处理。

第3节 海洋能开发利用现状

海洋能利用的历史至少可以追溯到中世纪时期。9世纪前在我国的唐朝时期,劳动人民在生产实践中就开始应用潮汐的能量。据考古发现,山东蓬莱地区当时已出现以潮汐为动力的潮汐磨。11世纪在高尔、安达卢西亚和英国沿岸已有原始的潮汐水车在运转。波浪能和温差能利用的设想也早在19世纪末就已提出。但是,有规模地对海洋能进行开发研究是在20世纪50年代以后,首先是潮汐能,然后是波浪能、温差能等。海洋能利用的主要方式是发电。除潮汐发电已实际应用之外,其他海洋能的利用尚处于技术开发、示范研究,或基础研究阶段。近期可能利用的海洋能源主要有潮汐、波浪、潮流和温差能。

1 潮汐能^[3]

潮汐能是海洋能中开发研究和利用最早、最成熟的一种。潮汐发电研究的历史已有100多年,英国、法国、加拿大、美国和俄国不少电站开发规划和设计论证已长达几十年,最长的已有七八十年。20世纪60年代第一个商业性潮汐电站在法国建成,70年代开始进入以大规模商业性生产为目的,以降低造价为目标的科研论证阶段。迄今全世界在运行的潮汐电站有6座,总装机容量约为 $26.6 \times 10^4 \text{ kW}$ (表1-3)。据不完全统计目前有法国、英国、俄国、加拿大、中国、印度、韩国等13个国家在进行潮汐电站的规划论证和设计