

OCEAN
ENERGY
INDUSTRY

海洋能产业 技术创新体系研究

夏登文 李拓晨 丁莹莹 薛彩霞 著



海洋出版社

海洋能产业技术创新体系研究

夏登文 李拓晨 丁莹莹 薛彩霞 著

海洋出版社

2015年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海洋能产业技术创新体系研究 / 夏登文, 李拓晨, 丁莹莹, 薛彩霞著.
—北京: 海洋出版社, 2015. 1
IISBN 978 - 7 - 5027 - 9052 - 3

I. ①海… II. ①夏… ②李… ③丁… ④薛… III. ①海洋动
力资源 - 产业 - 技术革新 - 研究 - 中国 IV. ①P743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 307503 号

责任编辑: 钱晓彬

责任印制: 赵麟苏

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

北京旺都印务有限公司印刷 新华书店经销

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 12

字数: 200 千字 定价: 56.00 元

发行部: 62132549 邮购部: 68038093 总编室: 62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

随着石油、煤炭等传统化石能源的日渐枯竭,世界各国均在积极开发风能、太阳能、海洋能等可再生能源,探索开发新能源是人类面临的艰巨任务。海洋能在一定情况下可转化成电能和机械能,这种“再生性能源”,总体蕴藏量大、永远不会枯竭,不会造成任何污染,且在开发的同时可以和种植、水产养殖、旅游、交通运输结合在一起,是人类新能源的璀璨之星。海洋能真正发展始于20世纪70年代,进入21世纪以后,传统能源价格的上涨以及人类环保意识的逐渐上升,海洋能开发受到高度重视,海洋能这一战略性新兴产业发展正焕发出勃勃生机,特别是在波浪能和潮流能技术方面进展迅速。广阔的发展前景促使全球很多国家和地区都将目光投向了这一新兴产业,我国在“十二五”规划中明确规定,将海洋能列为国家战略开发能源。但是,海洋能开发目前还存在一定的局限性,如技术瓶颈、材料制约、施工作业难度大、社会投资关注度低等,尤其技术创新不足是当前海洋能产业发展的最主要制约因素。

海洋能产业作为我国战略性新兴产业,技术创新是其发展的源动力。在全球推进新能源发展的环境下,世界主要海洋国家已将海洋能开发利用作为本国战略性新兴产业的发展重点,以高新技术为基础的海洋战略性新兴产业成为各国经济快速发展的战略重点。世界经济发达国家,如美国、日本、欧盟等,逐渐将战略重点转向新兴产业,并给予其前所未有的政策支持,希望通过战略性新兴产业振兴本国经济,并成为本国经济发展新的领航标。我国政府十分重视海洋可再生能源发展。2006年颁布的《可再生能源法》明确将海洋可再生能源纳入可再生能源范畴,并确定了专项资金支持方向。《国家海洋事业发展规划纲要》、《国家“十一五”海洋科学和技术发展规划纲要》、《全国科技兴海规划纲要(2008—2015年)》和《国家“十二五”海洋科学和技术发展规划纲要》中,均明确了海洋可再生能源的发展目标,争取在2020年使我国的海洋可再生能源技术研发水平和应用规模跻身于世界前列。

本书通过追踪国际海洋能技术发展概况,归纳总结国外海洋能技术创新

和产业发展的成功经验,结合我国海洋能技术发展现状,研究我国海洋能产业技术创新体系的构建及评价问题,阐述我国海洋能产业技术创新体系的各个子系统和我国海洋能产业技术创新体系的运行绩效评价。总结国内外现有关于海洋能技术创新体系的研究内容和研究方法,旨在能够推动我国海洋能产业和海洋能技术发展方式的转变,提高我国海洋能产业技术创新的运行绩效,尽快形成与我国现阶段经济发展要求相匹配的海洋技术创新实力与自主技术创新能力。

本书研究了海洋能及海洋能产业的内涵,介绍了国内外海洋能技术发展概况;阐述了国外海洋能产业的发展情况,归纳总结了国外海洋能产业发展的成功经验;分析了我国海洋能产业发展的基本情况、优势条件和存在的主要问题;阐述了我国海洋能产业技术创新体系的内涵和特征,根据我国海洋能产业技术创新体系的特点归纳总结了系统构建原则,提出了海洋能产业技术创新体系构成,即创新主体子系统和创新支撑子系统,阐述了我国海洋能产业技术创新体系的运行机制;构建了我国海洋能产业技术创新体系框架模型,阐释了系统内各构成要素之间的相互关系,对我国海洋能产业技术创新体系进行了实证评价,使用 UCINET 6.0 软件研究我国海洋能产业技术创新体系主体子系统;研究了我国海洋能产业技术创新体系支撑子系统,使用结构方程模型实证分析环境要素对我国海洋能产业技术创新体系创新活动的影响及贡献程度;基于实证分析结果和相关研究,提出了提升我国海洋能产业技术创新体系运行绩效的对策,包括基于创新主体子系统提升我国海洋能产业技术创新体系运行绩效的对策和基于创新支撑子系统提升我国海洋能产业技术创新体系运行绩效的对策。

在本书的写作过程中,哈尔滨工程大学的陈伟教授、范德成教授、史丽萍教授、陈恒教授、张玉喜教授、肖振红教授、王玉晶老师、张秀华老师、何志勇老师、于雪霞老师和姜波老师以及国家海洋技术中心的罗晓玲研究员、高艳波研究员、王海峰高工、刘玉新高工、麻常雷工程师、李雪临工程师、李芝凤工程师、王芳工程师、吴迪工程师、黄翠工程师、王萌工程师与张多助理提供了很多的资料和修改意见,在此表示感谢。由于作者水平有限,书中错误和疏漏之处,恳请各位专家、读者批评指正。

目 次

第1章 海洋能产业概述	1
1.1 海洋能	1
1.1.1 潮汐能	3
1.1.2 波浪能	4
1.1.3 潮流能	4
1.1.4 温差能	5
1.1.5 盐差能	5
1.2 海洋能技术	5
1.2.1 潮汐能技术	5
1.2.2 波浪能技术	9
1.2.3 潮流能技术	20
1.2.4 温差能技术	27
1.2.5 盐差能技术	31
1.3 海洋能产业	34
1.3.1 国外海洋能产业发展现状分析	35
1.3.2 国外海洋能产业发展的启示	43
1.3.3 我国海洋能发展现状分析	44
第2章 我国海洋能产业技术创新体系构建与运行机制	50
2.1 海洋能产业技术创新体系内涵及特征	50
2.1.1 海洋能产业技术创新体系内涵	50
2.1.2 海洋能产业技术创新体系特征	51
2.2 我国海洋能产业技术创新体系构建原则	52
2.3 我国海洋能产业技术创新体系的构成	54
2.3.1 创新主体子系统	54
2.3.2 创新支撑子系统	56

2.4 我国海洋能产业技术创新体系的运行机制	58
第3章 我国海洋能产业技术创新主体子系统研究	61
3.1 我国海洋能产业技术创新体系主体分析	61
3.1.1 海洋能产业技术创新——专门研究机构	61
3.1.2 海洋能产业技术创新——高等院校	62
3.1.3 海洋能产业技术创新——生产企业	64
3.2 我国海洋能产业技术创新体系主体间的合作现状分析	66
3.2.1 合作现状的元分析	66
3.2.2 主体子系统内产学研合作现状	67
3.3 我国海洋能产业产学研合作创新网络运行评价	75
3.3.1 社会网络分析法理论基础	75
3.3.2 子系统的社会网络图谱评价	78
3.3.3 产学研合作创新网络运行评价结果分析	83
第4章 我国海洋能产业技术创新支撑子系统研究	88
4.1 我国海洋能产业技术创新体系硬环境分析	88
4.1.1 基础设施条件	88
4.1.2 自然环境	89
4.2 我国海洋能产业技术创新体系软环境分析	89
4.2.1 经济环境	89
4.2.2 资源环境	90
4.2.3 服务环境	91
4.2.4 法律政治环境	92
4.3 创新支撑环境要素的作用分析	93
4.4 我国海洋能产业技术创新体系支撑子系统运行评价	95
4.4.1 结构方程模型基本原理及步骤	95
4.4.2 研究假设的提出	96
4.4.3 调查问卷设计	97
4.4.4 调查问卷的收集与整理	100
4.4.5 结构方程模型构建	103

4.4.6 运行评价结果分析	105
第5章 我国海洋能产业技术创新体系运行机制研究	107
5.1 我国海洋能产业技术创新体系的动力机制	107
5.1.1 海洋能产业技术创新体系的创新动力要素	107
5.1.2 海洋能产业技术创新体系的创新动力机制模型	112
5.1.3 海洋能产业技术创新体系创新动力机制运行评价	115
5.2 我国海洋能产业技术创新体系的发展机制	127
5.2.1 我国海洋能产业技术创新体系的创新扩散机制	127
5.2.2 我国海洋能产业技术创新体系的信息传导机制	129
5.3 我国海洋能产业技术创新体系的协调和保障机制	131
5.3.1 我国海洋能产业技术创新体系的协调机制	131
5.3.2 我国海洋能产业技术创新体系的保障机制	132
第6章 我国海洋能产业技术创新体系运行绩效评价	135
6.1 我国海洋能产业技术创新体系运行绩效的内涵	135
6.2 我国海洋能产业技术创新体系运行绩效评价指标体系的构建	136
6.2.1 评价指标体系的构建原则	136
6.2.2 评价指标体系的构建维度	137
6.2.3 评价指标体系的确定	139
6.3 我国海洋能产业技术创新体系运行绩效的实证分析	142
6.3.1 运行绩效评价方法的选取	142
6.3.2 运行绩效评价指标权重的确定	145
6.4 运行绩效评价结果计算及分析	149
第7章 我国海洋可再生能源发展战略目标与重点	152
7.1 战略的指导思想和基本原则	152
7.1.1 战略指导思想	152
7.1.2 海洋能战略遵循的原则	154
7.2 海洋可再生能源发展的战略目标与任务	156
7.2.1 总目标	156

7.2.2 阶段目标	156
7.2.3 阶段重点任务	157
第8章 促进我国海洋能产业发展对策	160
8.1 加大政府科技创新投入	160
8.2 加强产学研技术创新平台建设	161
8.3 增强创新主体单位技术创新能力	162
8.3.1 加大创新主体单位的科技投入	162
8.3.2 强化创新主体单位信息获取能力	163
8.4 完善创新主体单位内部激励机制	164
8.4.1 实现多种形式的物质激励	164
8.4.2 实现多种方式的精神激励	165
8.5 强化技术创新法规政策体系	167
8.6 完善有利于创新的宏观经济环境	169
8.7 提升成果转化中介平台服务能力	170
8.8 加强产业与国际间的合作	170
主要参考文献	172

第 1 章 海洋能产业概述

1.1 海洋能

进入 21 世纪以来,科技的进步和工业的加速发展,使地球资源消耗日益增加,能源问题更加突出。海洋覆盖了地球 70% 的表面,蕴涵着无穷的能量,其中可利用的能量大大超过了目前全球能源需求的总和。由于海洋能是清洁的、可永续利用的可再生能源,海洋能的开发和利用对缓解能源危机和环境污染问题具有重要的意义,利用海洋能发电已经成为国际新能源市场的一大热点。

海洋能指以海水为能量载体,以潮汐、波浪、海流/潮流、温度差和盐度梯度等形式存在的潮汐能、波浪能、海流能/潮流能、温差能和盐差能。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、潮流能和波浪能为机械能,海水温差能为热能,海水盐差能为化学能。按所获取能量的稳定性,海洋能可分为:较稳定的海洋能,如温差能、盐差能和海流能;不稳定的海洋能,如潮汐能、潮流能和波浪能。

海洋能普遍存在于浩瀚的海洋水体中,开发利用潜力巨大,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。海洋能可开发利用资源潜在量评估受技术水平的影响较大。目前,对海洋能资源评估研究尚处于初期阶段,采用的评估方法不同,评估结论差别较大。联合国政府间气候变化专门委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)第五次评估报告提到,世界海洋能的技术可开发潜力理论估计值为 $7\,400\text{ EJ/a}$ (Rogner et al, 2000),而 2009 年 Krewitt 等预计,2050 年全球海洋能技术可开发潜力为 331 EJ/a ,且主要为海洋温差能(300 EJ/a)和波浪能(20 EJ/a)。

我国大陆沿岸和海岛附近蕴藏着较为丰富的海洋能资源。新中国成立以来,我国开展了 4 次海洋能调查,分别为 1958 年、1978 年、1986 年和 2004 年。其中,2004 年由国家海洋局组织的“我国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908 专项”)首次对我国近岸海域潮汐能、波浪能、潮流能、温差能、盐

差能、海洋风能资源进行全面普查。调查成果表明，我国近岸海洋能资源潜在量约为 15.8×10^8 kW，技术可开发量达 6.47×10^8 kW。具体统计数据见表 1.1。

表 1.1 我国近海海洋可再生能源蕴藏量和技术可开发量统计

序号	能源	蕴藏量	技术可开发量
		理论装机容量/ $\times 10^4$ kW	装机容量/ $\times 10^4$ kW
1	潮汐能	19 286	2 283
2	潮流能	833	166
3	波浪能	1 600	1 471
4	温差能	36 713	2 570
5	盐差能	11 309	1 131
6	海洋风能	88 300	57 034
合 计		158 041	64 655

注：统计范围为：

- 1. 潮汐能：我国 10 m 等深线以浅的蕴藏量和技术可开发量；
- 2. 潮流能：我国近海主要水道的潮流能资源蕴藏量和技术可开发量；
- 3. 波浪能：我国近海离岸 20 km 一带的波浪能资源蕴藏量和技术可开发量；
- 4. 海洋风能：我国近海 50 m 等深线以浅海域风能资源蕴藏量和技术可开发量；
- 5. 温差能：我国南海区域表层与深层海水温差 $\geq 18^\circ\text{C}$ 水体蕴藏的温差能；
- 6. 盐差能：我国主要河口盐差能资源蕴藏量和技术可开发量；
- 7. 不包括台湾省。

我国潮汐能富集地区主要集中在东海沿岸，以江苏、浙江、福建三省最多。渤海、黄海沿岸潮汐能相对较小，其中辽宁省较大。南海沿岸为我国潮汐能最小的区域，其中广东省较大。潮流能以各省区沿岸的分布状况来看，浙江省沿岸最为丰富，占全国潮流能资源总量的一半以上，其次是山东、江苏、海南、福建和辽宁，约占全国总量的 36%，其他省份沿岸潮流能蕴藏量较少。我国波浪能密度南方沿岸比北方沿岸高，外海比大陆岸边高，外围岛屿附近海域比沿岸岛屿附近海域高；时间上秋冬季较高，春夏季较低。我国渤海、黄海、东海温差能蕴藏量较小，南海和台湾以东海区蕴藏量巨大。我国沿海城市或地区盐差能蕴藏量丰富，统计 22 条主要入海河流盐差能理论功率为 113.08×10^6 kW，主要分布在长江及长江以南，约占全国的 94%；就海区而言，东海最大，其次是南海、渤海、黄海。中国近海最优的风能资源区位于台湾海峡，年平均风功率密度达到 600 W/m^2 以上。长江口以南的东海海域，南海的粤东以及粤西的上川岛附近海域，北部湾的海南岛以东海域以及

山东半岛附近海域都是风能资源的丰富区,年平均风功率密度都在 200 W/m^2 以上。

海洋可再生能源的特点主要包括以下几个方面。

- 1) 海洋能存在于海洋环境中,普遍开发难度大。
- 2) 资源总量大,但能量密度小,即单位体积、单位面积或单位长度上所蕴藏的能量小。
- 3) 由于波、潮、流等海洋物理现象的不稳定性,使得海洋能的稳定性较常规化石能源差。海洋能源随时间、海域变化,各有规律,给开发利用海洋能带来了一定的难度。

4) 海洋能的开发通常需要良好的海洋工程技术基础。

5) 海洋能清洁无污染,其开发利用过程对环境影响很小。在生产使用过程中,不产生有害物质,对环境不造成污染并且在消耗后可得到恢复补充。

在当今环境污染日益严峻的今天,海洋能的发展具有重要意义。海洋能开发利用技术是海洋、蓄能、土工、水利、机械、材料、发电、输电、可靠性等技术的集成,在海洋能开发设计中需要多学科交融,尤其是依靠高科技作支撑。由于一次性投入高,新技术应具有足够的前瞻性和实践性,以确保其在足够的年限发挥应有的作用。

1.1.1 潮汐能

潮汐是指由于月球和太阳引潮力的作用或因大洋潮波传入,海面发生周期性涨落的现象。潮汐能指海水受月球和太阳对地球产生的引潮力的作用而周期性涨落所储存的势能。

海洋潮汐中蕴藏着巨大的能量,世界动力会议 1974 年资料表明,全球潮汐能资源理论潜在量约为 $3.0 \times 10^9 \text{ kW}$,其中技术可开发量约为 2%。

我国潮汐能富集地区主要集中在东海沿岸,其中,浙江省最多,约为 $5.699 \times 10^7 \text{ kW}$,其次为江苏省,约为 $4.875 \times 10^7 \text{ kW}$,福建省约为 $3.305 \times 10^7 \text{ kW}$ 。福建省的潮汐能年平均功率密度最大,全省平均值约为 $3\,276 \text{ kW/km}^2$ 。渤海、黄海沿岸潮汐能相对较小,辽宁省、河北省、天津市、山东省等沿海地区中潮汐能潜在量以辽宁省较大。南海沿岸为我国潮汐能最小的区域,广东省、广西区、海南省等沿海地区中潮汐能潜在量以广东省较大。

经统计,我国近海潮汐能资源技术可开发装机容量大于 500 kW 的坝址共

171 个, 总技术装机容量为 2.283×10^7 kW, 其中, 浙闽两省潮汐能技术可开发装机容量为 2.067×10^7 kW, 占全国技术可开发量的 90.5%。

1.1.2 波浪能

波浪是指海面在外力的作用下, 海水质点在其平衡位置附近的周期性或准周期性的运动。实际海洋中的波浪十分复杂, 人们通常近似地把实际波浪视为由许多振幅不同、周期不等、位相杂乱的简单波动叠加而成。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、波浪的运动周期及波面的宽度成正比。

波浪能是海洋能中能量最不稳定的一种能源, 可利用的波浪能大小随季节变化发生短期或周期性的变化。世界波浪能潜力从理论上计算约为 32 000 TWh/a(115 EJ/a), 技术可开发量为 500 GW(Sims et al, 2007)。

我国近海离岸 20 km 一线的波浪能资源理论潜在量为 $1\,599.52 \times 10^4$ kW, 理论年发电量 $1\,401.17 \times 10^8$ kWh; 技术可开发装机容量为 $1\,470.59 \times 10^4$ kW, 年发电量为 $1\,288.22 \times 10^8$ kWh。辽宁、河北、天津、江苏及山东半岛大部沿岸海域为波浪能资源贫乏区, 上海、浙江北部及海南北部等沿岸海域为可利用区, 浙江南部、福建北部及广东西南部等沿岸海域为较丰富区, 福建南部、广东东北部、海南西南部及台湾大部分沿岸海域为丰富区。

1.1.3 潮流能

潮流是潮汐引起的周期性水位升降而伴随产生的海水周期性水平流动。潮流与潮汐有相同的周期, 潮流发生时间和幅度基本不受气候变化的影响, 具有很好的可预测性。潮流能指引潮力使海水产生周期性往复水平运动时所具有的动能。其能量主要集中在狭窄的海峡或某些海湾。

评估潮流能资源量的方法有很多, 但对于具体的某个海峡或岛屿间的水道, 计算资源量还有很多制约因素。在欧洲, 英国、爱尔兰、希腊、法国和意大利已经确定了 106 个有前景的潮流能利用站位, 其中多数在英国。若采用当今最先进的技术开发, 这些站位的技术可开发量估计为 48 TWh/a(0.17 EJ/a)。

我国潮流能资源丰富, 近海主要水道(99 条水道)的潮流能资源潜在量约为 832.51×10^4 kW, 技术可开发装机容量约为 166.49×10^4 kW, 技术可开发年发电量 145.86×10^8 kWh。我国浙江省沿岸海域潮流能资源最为丰富, 约为

$516.77 \times 10^4 \text{ kW}$ ，占我国潮流能潜在量的 $1/2$ 以上，主要集中于杭州湾口和舟山群岛海域；其次是山东、江苏、福建、广东、海南和辽宁，共约占我国潮流能潜在量的 38% ；其他省份沿岸海域潮流能资源较少。

1.1.4 温差能

海洋温差能亦称“海洋热能”，海洋表、深层海水间的温差储存的热能，其能量与表、深层温差和与深层海水具有足够温差的表层水量成正比。海水温差最小要达到 20°C 才可能进行温差能发电。

海洋温差能比其他类型的海洋能资源储量大，全球海洋温差能资源量的理论值估计为 $30\,000 \sim 90\,000 \text{ TWh/a}$ ($108 \sim 324 \text{ EJ/a}$)，广泛分布于热带海域。

我国渤海、黄海、东海温差能潜在量较小，南海和台湾以东海区水深较深，表层水温较高，蕴藏着丰富的温差能。我国南海区域温差能理论装机容量约为 $36\,713 \times 10^4 \text{ kW}$ ，技术可开发装机容量为 $2\,570 \times 10^4 \text{ kW}$ 。

1.1.5 盐差能

盐差能亦称“浓度差能”，指两种浓度不同的溶液间以物理化学形态贮存的能量。这种能量有渗透压、稀释热、吸收热、浓淡电位差及机械化学能等多种表现形态，目前最受关注的是渗透压形态。

盐差能是海洋能中能量密度最大的一种可再生能源，主要集中在河口处，其储量与江河的入海径流量和外海盐度值密切相关。全球盐差能的技术可开发量估计为 $1\,650 \text{ TWh/a}$ (6 EJ/a)。

统计我国 22 条主要入海河流，盐差能理论装机容量约为 $11\,309 \times 10^4 \text{ kW}$ ，技术可开发装机容量约为 $1\,131 \times 10^4 \text{ kW}$ 。我国盐差能资源分布不均，上海、广东为盐差能资源丰富区。

1.2 海洋能技术

1.2.1 潮汐能技术

潮汐能发电技术是指建筑拦潮坝，利用潮水涨落形成的水位差——水头，使具有一定水头的潮水流过安装在坝体内的水轮机带动发电机发电的技术。

潮汐电站一般建在港湾或河口地区，由筑坝形成。潮汐电站的运行方式有单库单向、单库双向、双库单向、双库双向、多库等，电站的运行方式、经济性等因素决定了潮汐电站水轮发电机组的形式，通常可采用常规的竖轴机组、斜轴管式机组、卧轴灯泡式机组和贯流式机组，其中，灯泡型贯流式水轮发电机组是目前应用最广泛的潮汐发电装置。

潮汐能发电技术研究已有 100 多年的历史。国外利用潮汐发电应用始于欧洲，20 世纪 60 年代，第一个商业性电站——法国朗斯潮汐电站建成，70 年代开始，潮汐发电技术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，但 90 年代初开始，由于国际上环境问题的关注热点是生物多样性，因而制约了潮汐能发电技术的发展。直到 21 世纪初，气候变暖问题成为国际环境问题的新热点，潮汐能利用出现新的形势，潮汐能发电技术得以快速发展。目前，潮汐能发电技术在海洋能开发技术中最成熟，已经基本实现了市场化。国际上规模较大的潮汐电站有法国朗斯潮汐电站、韩国始华湖潮汐电站。

(1) 法国朗斯潮汐电站

法国朗斯潮汐电站(图 1.1)为单库双向型电站，位于法国西北部大西洋沿岸圣马洛湾的朗斯河口圣马洛以南 2.5 km 处，由法国电力公司于 1961 年动工建设，1967 年建成运行。电站装机容量 24×10^4 kW，安装 24 台单机容量 1×10^4 kW 的可逆贯流灯泡式机组，年发电量 5.44×10^8 kWh，目前运行正常，效益良好，该电站的成功运行，标志着潮汐能进入实用阶段。



图 1.1 法国朗斯潮汐电站

(2) 韩国始华湖潮汐电站

韩国始华湖潮汐电站(图 1.2)为单库单向型潮汐电站,位于朝鲜半岛的西海岸,韩国京畿道安山市大福洞始华里;首都首尔市西南约 25 km 处,由韩国水资源集团公司(K-water)于 2004 年开工建设,2011 年正式运行发电。电站总装机容量 254 MW,安装了 10 台 25.4 MW 的灯泡贯流式水轮发电机组,是目前世界上最大规模的潮汐发电站。

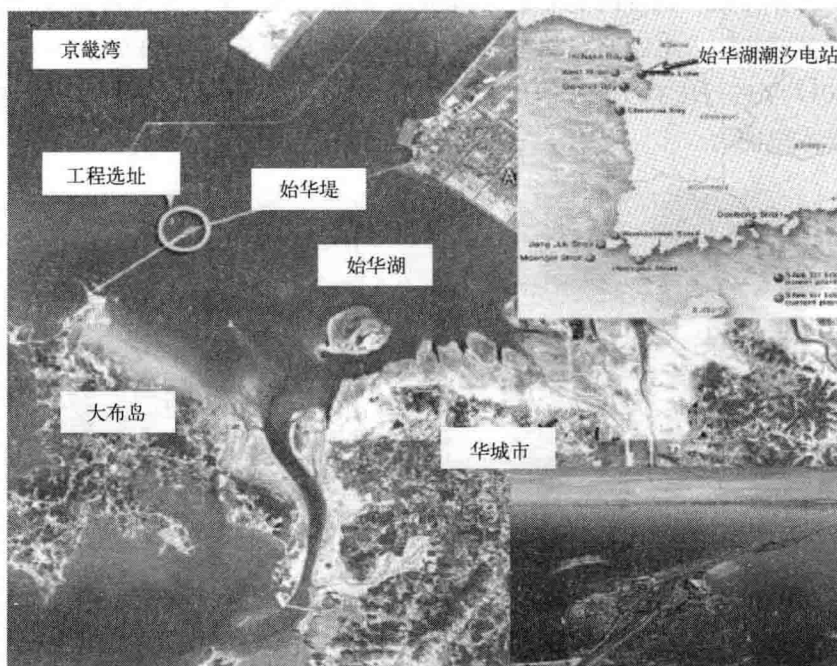


图 1.2 韩国始华湖潮汐电站

世界范围内,已计划开工建设多个超大型潮汐电站,如韩国的 1 000 MW 仁川湾潮汐电站、俄罗斯的 15 000 MW 美晋潮汐电站、加拿大的 3 800 MW 芬迪湾潮汐电站以及英国的 72 000 MW 塞文河口潮汐电站。但潮汐发电对环境有潜在的负面影响,近年来,“潮汐潟湖”发电受到各国的青睐,即在远离河口处的近海,利用天然地理环境或者新建设(单个或多个)蓄水设施进行发电,这样不仅能提供更加灵活和更大的电力输出,同时又很少或不会影响到河口脆弱的生态环境。

我国潮汐发电技术经过 50 多年的实践,是世界上建造潮汐电站最多的国

家。20 世纪 50 年代以来,我国先后建造了近 50 座小型潮汐电站。80 年代中期大电网到达以前,建在海岛和偏僻沿海地区的小型潮汐电站曾为当地社会经济发展发挥了促进作用,但由于没有科学研究及正规的勘测设计,大多数电站已不再使用,目前仍在运行的仅有浙江江厦潮汐电站和海山潮汐电站。

(3) 江厦潮汐电站

江厦潮汐电站(图 1.3)是我国最大的潮汐电站,位于浙江温岭,采用单库双向工作方式,首台机组于 1980 年并网发电,2007 年,投入新型双向卧轴灯泡贯流式机组,电站的总装机容量由 3 200 kW 增至 3 900 kW,并于 2009 年、2012 年进行技术改造和增效扩容改造,提高了电站的自动化水平、安全水平及发电能力。



图 1.3 江厦潮汐电站

(4) 海山潮汐电站

海山潮汐电站(图 1.4)位于浙江玉环,为双库单向型潮汐电站,于 1975 年建成,是我国仍在运行的最早的潮汐电站。2008 年,电站更名为“浙江省玉环县双流潮汐发电有限公司”。电站装机容量 250 kW,目前正在实施技术改造工程,计划增容 2×250 kW。