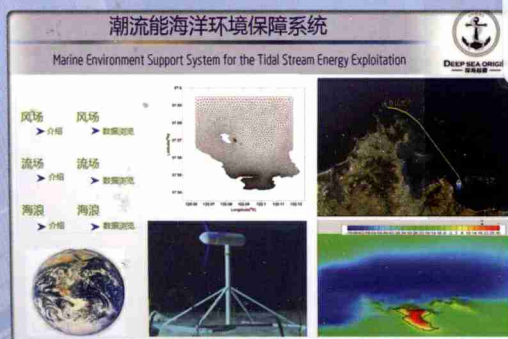


The Development and Prospect
of the Marine Renewable Energy

海洋可再生能源 发展现状与展望

于华明 刘容子 鲍献文 刘华栋 主编



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

海洋可再生能源发展现状与展望

于华明 刘容子 鲍献文 刘华栋 主编



中国海洋大学出版社

· 青岛 ·

图书在版编目(CIP)数据

海洋可再生能源发展现状与展望/于华明等主编.

—青岛:中国海洋大学出版社,2012. 12

ISBN 978-7-5670-0191-6

I. ①海… II. ①于… III. ①海洋动力资源—再生能源—研究 IV. ①P743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 292797 号

出版发行 中国海洋大学出版社

社 址 青岛市香港东路 23 号

邮政编码 266071

出版人 杨立敏

网 址 <http://www.ouc-press.com>

电子信箱 cbsebs@ouc.edu.cn

订购电话 0532—82032573(传真)

责任编辑 邓志科

电 话 0532—85902342

印 制 青岛海蓝印刷有限责任公司

版 次 2012 年 12 月第 1 版

印 次 2012 年 12 月第 1 次印刷

成品尺寸 185 mm×260 mm

印 张 11.75

字 数 270 千字

定 价 50.00 元

编 委 会

于华明	刘容子	鲍献文	刘华栋
王会永	王大政	陈学恩	蔡德泉
于 宁	张学超	王 军	张 平
李京梅	朱丽岩	吴宝兰	史为超
匡 良	张 爽	宋箐阳	李晓荣
李思齐	于海庆	王照华	孙宇辰
姚恒恺	卢 绿	唐 珉	宋威娇

序

能源是人类生存和人类社会发展的基础。自 20 世纪以来,人类对能源的需求越来越大、对环境的要求越来越高,可再生能源便应运登上了历史舞台,如太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。海洋能是其中的重要组成部分,因为海洋占地球表面的 70.8%,蕴藏着巨大的可再生能源,诸如潮汐能、潮流能、波浪能、温度差能、盐梯度能等等,为人类提供了一个取之不尽、用之不竭的清洁能源宝库。

世界许多沿海国家已在开发利用海洋能。自 20 世纪 70 年代以来,英国、日本、法国、美国、加拿大、荷兰、挪威等国家,出于海洋经济的可持续发展和海洋生态环境保护的需要,已开始对海洋能进行尝试性开发利用,在普查海洋可再生能源资源、编制科学合理的发展计划、组织科技研发项目、制定相关补贴政策 and 商业化运作海洋能产业等方面,均投入了大量人力、物力和财力。进入 21 世纪,清洁的海洋可再生能源已经吸引了众多国家和跨国公司的注意力,大量资金和技术攻关力量投入这一领域,一场以开发海洋可再生能源为标志的“蓝色革命”正在世界范围内兴起。

中国是一个具有漫长海岸线和辽阔海域的海洋大国,其拥有的海洋能源十分丰富。中国几十年来开发利用海洋可再生能源的重点是潮汐能、波浪能、潮流能,但开发利用的总体水平还不高,仅潮汐能的开发技术较为成熟,其他类型海洋能的开发技术尚处于研究和示范试验阶段。

二千多年前的战国时代,韩非子就强调海洋开发的

重要性,有“历心于山海而国家富”的著名论断;早在马汉提出“海上权力论”的500年前,中国伟大的海洋战略家和航海家郑和就向明仁宗朱高炽进言:“欲国家强富,不可置海洋于不顾。财富取之于海,亦来自海上……我国船队战无不胜,可用之扩大经商,制服异域。”美国海洋战略家马汉在《海权论》中说道:“一个民族的强大与发展,将取决于这个民族的海洋文化的建设,海洋意识观念的强弱。”21世纪是海洋的世纪,是中华民族走向伟大复兴的世纪,更是中国从海洋大国走向海洋强国的重要时期,增强全民海洋意识和努力开发海洋可再生能源是我们的必由之路!

《海洋可再生能源发展现状与展望》一书,面对时代需求,较系统而全面地阐述了国内外海洋可再生能源的研发现状,介绍了当今世界先进的海洋能开发技术;汇集了发展海洋可再生能源研究与开发方面可资参考的系统理论、方法和实例,有助于专业人士的深入研究;深入浅出,简明扼要,图文并茂,有助于海洋能知识的普及,增进有兴趣的初学者对海洋可再生能源的认识。

世界各国对海洋可再生能源的高度关注及不断探索必将推动海洋可再生能源向着技术专业化、利用广泛化、效益更大化的方向发展,绿色海洋经济时代的到来将为期不远。

中国工程院院士



2012年11月20日

前 言

2012年11月党的十八大报告提出,“高度关注海洋、太空、网络空间安全”,“提高海洋资源开发能力,发展海洋经济,保护海洋生态环境,坚决维护国家海洋权益,建设海洋强国”。发展海洋可再生能源技术,有利于提高海洋资源开发能力;加大海洋可再生能源开发利用力度,是发展绿色海洋经济的重要内容,也是保护海洋生态环境的举措之一;大力发展深远海可再生能源利用,是拓展海洋发展空间、维护国家海洋权益的新方向。总之,发展绿色海洋新能源产业对于建设海洋强国意义重大,任重道远。

海洋可再生能源的开发利用是当今世界解决能源供应、低碳减排等紧迫问题的重要途径。发达国家在海洋能利用技术方面发展迅速,已进入商业化前期的应用阶段。英国、美国、加拿大、澳大利亚、新西兰、葡萄牙、西班牙等国大多制定了具体政策措施,引导、支持海洋能的开发利用,新兴的海洋能产业正在成长。中国经过30年的海洋能科技攻关,在波浪能和潮流能转换技术方面取得了一定的突破。2010年,国家财政部、国家海洋局联合启动海洋可再生能源专项资金,全面推进中国海洋能的技术研发、示范应用和产业化。

本书正是在这样的大环境、大背景下应运而生,同时应大学教学的需要,在搜集、整理、汇编、提炼国内外海洋可再生能源发展相关资料的基础上,对各类海洋可再生能源的技术发展前沿、资源分布特点以及各国的支持政策和发展水平等进行多方面分析与评价,并针对中国海洋能发展的测试场等基础性工作进行了专门研究。

书中引用了来自参考文献以及网络中有关研究成果和知识,希望为从事和关心海洋能的有关人士提供参考,同时本书也可作为大学相关专业的教材使用。本书内容包括:第一章,总体分析海洋可再生能源发展,并提出相关建议;第二、三、四、五、六章,分别介绍潮汐能、潮流能、波浪能、温差能和海上风能的技术发展和资源情况;第七章,阐述中国近海海上风能资源的分布及开发利用前景;第八章,介绍国内外海洋能测试场建设的情况。

本书历经5年,以国家海洋局海洋发展战略研究所和中国海洋大学为主的研究团队承担了多项研究,主要有:2008年中国科学技术协会调宣部“我国海洋区域新能源开发利用调研”课题;2010~2012年国家海洋局科技司“海洋可再生能源发展规划制定”课题;2011~2012年山东省蓝色经济发展委“山东建设海洋新能源国家级科技创新平台思路及措施研究”课题;以及自2010年启动的国家财政部、国家海洋局“海洋可再生能源专项资金”项目,“福建沙埕港八尺门万千瓦级潮汐电站站址勘查及工程预可研”,“乳山口4万千瓦级潮汐电站站址勘查及预可研”,“新型永磁直驱式潮流发电装置研究与实验”,“海洋能资源勘查和选划成果整合和集成”,“锚定式双导管涡轮潮流发电系统研究”等课题。在上述多项课题、项目研究基础上,我们系统地归纳总结了海洋可再生能源发展情况,以期推进中国海洋可再生能源开发利用技术及其战略性新兴产业的发展。

本书的完成受到有关各方的支持与帮助,我们在此一并鸣谢:国家海洋局第二海洋研究所金翔龙院士,中国科协调宣部王春法部长、周大亚处长,国家海洋局科技司康健副司长、周志刚处长,国家海洋技术中心罗续业主任、夏登文副主任,国家海洋局第一海洋研究所丁永耀研究员,国家海洋局第二海洋研究所王传崑研究员,中国海洋大学海洋工程学院史宏达院长,以及山东省蓝办宋军继副主任、邵长城处长等,威海市政府宋林继副秘书长,威海市海洋与渔业局许祖强局长等。

由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,还请读者批评指正。

主编
2012年岁末

目 次

序.....	(1)
前言.....	(1)
1 绪论	(1)
1.1 发展海洋可再生能源的意义	(2)
1.2 海洋可再生能源发展概况	(5)
1.3 海洋可再生能源发展面临的困难和挑战	(6)
1.4 支持政策与建议	(7)
2 潮汐能.....	(13)
2.1 国外潮汐能的开发利用.....	(14)
2.2 中国潮汐能开发.....	(35)
3 潮流能.....	(41)
3.1 潮流能开发利用技术.....	(41)
3.2 中国潮流能开发进展.....	(57)
3.3 国外潮流能开发进展.....	(65)
4 波浪能.....	(70)
4.1 波浪能转换装置.....	(71)
4.2 中国波浪能开发进展.....	(76)
4.3 国外波浪能开发进展.....	(82)
5 温差能.....	(92)
5.1 海洋温差能发电技术.....	(92)
5.2 中国温差能开发进展.....	(93)
5.3 国外温差能开发进展.....	(95)
6 海上风能	(100)
6.1 概念和定义	(101)

6.2	海上风电技术	(107)
6.3	中国海上风能开发进展	(110)
6.4	国外海上风能开发进展	(118)
7	中国海上风能资源分析	(128)
7.1	风能评估参数的计算方法	(129)
7.2	海上风能资源观测方法	(132)
7.3	中国海上风能资源估算	(134)
8	国内外海洋可再生能源海上试验场概况	(152)
8.1	英国	(152)
8.2	爱尔兰	(157)
8.3	丹麦	(159)
8.4	美国 Oregon 波浪能测试站	(160)
8.5	西班牙	(161)
8.6	法国 SEM-REV 近海试验场	(162)
8.7	葡萄牙	(162)
8.8	挪威	(164)
8.9	瑞典吕瑟希尔(LYSEKIL)波能研究站	(166)
8.10	澳大利亚肯布兰海洋能平台	(167)
8.11	荷兰潮流能测试中心	(167)
8.12	意大利墨西拿海峡试验基地	(168)
8.13	加拿大瑞斯礁试验基地	(168)
8.14	中国成山头海洋能试验场	(169)
	参考文献	(174)

1 绪 论

通常,海洋可再生能源是指海洋中蕴藏的依附于海水的可再生自然能源,主要包括潮汐能、波浪能、海流能(潮流能)、温差能和盐差能。该定义所强调的海洋能是以海水为基本载体的。但是,有的学者也把海上风能、海上太阳能和海洋中的生物质能归为海洋可再生能源的范畴,这是从更广泛的范畴来诠释海洋能,也是随着海洋技术的进步和海洋产业的发展,人们深入开发利用海洋的自然结果。海上风能丰富,海上风能的开发比陆上风能开发效率更高,而且不占用土地;海上太阳能的利用已经应用于海表浮标的供电系统;海洋中生物资源丰富,发展海洋生物质能的潜力巨大,它们都是可再生的清洁能源。同时,在海上风能、海上太阳能和海洋生物质能的开发过程中,不得不涉及海洋科学技术,并且目前海上风能产业发展已经超越原有海洋能产业,成为重要的海洋能源开发增长点,将它们归为海洋能范畴也是顺其自然、大势所趋。总的来讲,海洋可再生能源具有如下特点:①能量密度较低但总蕴藏量巨大、可再生,据 IPCC2011 报告称,海洋中的理论潜在能量为 7 400 EJ/a,大大超过了人类对能源需求的总和;②能量变化具有较强的规律性和可预见性;③开发环境复杂,一次性投资大,但环境负荷小、不占用土地、可综合利用;④能源源地靠近沿海电力负荷中心,也可解决偏远海岛的能源需求问题。

自 20 世纪 70 年代以来,随着世界煤炭和油气等化石能源供需矛盾的加剧,人类的工业化进程导致温室气体过量排放,引起全球气候变化加剧。发展可再生清洁能源,减少碳排放,成为全球许多发达国家和发展中国家的基本国策。1992 年 6 月,在巴西里约热内卢举行的联合国环境与发展大会上,150 多个国家制定了《联合国气候变化框架公约》,其最终目标是将大气中的温室气体浓度稳定在不对气候系统造成危害的水平。为了人类免受气候变暖的威胁,1997 年 12 月,《联合国气候变化框架公约》第 3 次缔约方大会在日本京都召开,149 个国家和地区的代表通过了旨在限制发达国家温室气体排放量以抑制全球变暖的《京都议定书》。《京都议定书》规定,到 2010 年,所有发达国家二氧化碳等 6 种温室气体的排放量要比 1990 年减少 5.2%。2007 年 12 月,在印尼巴厘岛举行了《联合国气候变化框架公约》第 13 次缔约方会议暨《京都议定书》第 3 次缔约方会议,会议着重讨论“后京都”问题,制定了“巴厘岛路线图”,其核心是促进公约和议定书的全面、有效和持续实施。在 2009 年哥本哈根世界气候大会上,温家宝总理代表中国政府庄严承诺,到 2020 年中国单位国内生产总值二氧化碳排放量比 2005 年下降 40%~45%,这一指标已作为约束性指标纳入国民经济和社会发展中长期规划,并制定相应的国内统计、监测、考核办法。

海洋可再生能源作为可再生清洁能源的重要组成部分,已成为当今许多发达国家和发展中国家能源战略的重要内容;特别是欧盟、美国、日本、韩国等,都出台了一系列法规

和政策,为海洋可再生能源开发技术的研发和设备制造提供经费支持,建立发电补偿激励机制,配套相关基础设施,建立海洋能装置测试场,颁布相关标准,进行海洋能开发区域区域划和资源开发规划,支持海洋可再生能源的开发与发展,从而使海洋可再生能源产业得到快速发展。

中国大陆岸线为 1.8 万多千米,岛屿岸线为 1.4 万多千米,约有 300 多万平方千米的管辖海域,面积大于 500 平方米的岛屿 6 961 个,海洋可再生能源十分丰富。据最新估算,中国沿岸及近海区域海洋能的理论装机容量超过 18 亿千瓦(包括潮汐能、波浪能、海/潮流能、海洋温差能、盐差能与近海风能,不包括海洋生物质能)。但是,目前海洋可再生能源在中国能源消费中的比重还很低,技术发展缓慢,尚未形成产业,很多有人居住的海岛没有电力供应,沿海城镇和乡村主要依靠水电和火电。电力的不足,制约了沿海城镇经济社会的发展,传统能源的使用也给沿海地区的环境造成了巨大的压力。

对于海洋能的研究,中国已经开展了相关工作,具有一定的前期工作基础。最早的海洋能资源调查始于 1958 年;1985 年中国完成了第二次全国沿海潮汐能资源普查;1989 年完成了中国沿海农村海洋能资源区划;由“908”海洋专项支持、中国于 2010 年前后完成了“我国近海海洋可再生能源调查与研究”,并在此基础上进行了“海洋可再生能源开发与利用前景评价”工作。这些工作让我们对于中国海洋可再生能源的分布尤其是近海海洋能的储量有了最基本的了解。自 2010 年开始,中国设立了“海洋可再生能源专项资金项目”,大力推进支持海洋能相关技术及示范项目的发展,国家海洋局也成立了“海洋可再生能源开发利用管理中心”,管理协调中国海洋能事业的发展。

我们有理由相信,在海洋可再生能源世界发展大潮流的推动下,在中国各级人民政府、科研机构、企业等社会各方面的大力支持下,在合理的资金支持、政策鼓励、市场调节等有利环境中,中国海洋可再生能源将实现健康快速发展,拥有美好的未来。

1.1 发展海洋可再生能源的意义

20 世纪 90 年代以来,开发利用新能源和可再生能源已经成为中国的一项战略选择。正如《1996~2010 年新能源和可再生能源发展纲要》所指出的,“发展新能源和可再生能源的战略目标是逐步改善和优化中国的能源结构,更加合理、有效地利用可再生资源,保护环境,促使中国能源、经济和环境的发展相互协调,实现社会的可持续发展。发展海洋能是实现这一战略目标重要的有效路径之一”。发展清洁能源、降低碳排放已成为世界的发展趋势。海洋可再生能源作为绿色、清洁、零排放的可再生能源,一直以来都受到国际社会的广泛关注,以欧美国家为代表的发达国家纷纷将海洋能作为战略性产业进行培育。尤其是近年来在全球温室气体减排、发展清洁能源的大背景下,海洋可再生能源开发更是成为一项重要的国家需求。

中国高度重视科技创新和战略性新兴产业的发展,海洋能正面临前所未有的发展机遇。作为高新技术和战略性新兴产业,海洋能产业受到党和国家领导人的高度重视。在 2012 年召开的全国科技创新大会上,胡锦涛总书记指出“战略性高技术领域技术研发实现跨越式发展”是中国科技发展至 2020 年要实现的目标之一,并就深化科技体制改革、加

快创新型国家建设提出了 6 点意见,其中包括“大力培育和发展战略性新兴产业”。2012 年 5 月 30 日,温家宝总理主持召开国务院会议,讨论通过了《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》,对中国 7 大战略性新兴产业的重点发展方向和主要任务进行了部署,其中包括“积极推进可再生能源技术产业化”。在党和国家的高度重视下,相关领域和部门相继把海洋可再生能源开发纳入法律或规划。《可再生能源法》明确把海洋能纳入可再生能源领域加以开发利用。国务院批准的《全国海岛保护规划》将“海岛可再生能源建设”作为海岛开发、建设和保护中的一项重大工程,要求“充分利用海岛可再生能源,保障边远海岛用电需求,改善人居环境”,并明确提出在西沙群岛的 30 多个海岛建立海岛可再生能源独立电力系统示范基地。

经济社会发展和海洋综合管理对海洋可再生能源的需求日趋迫切,主要体现在以下方面。首先,开发利用海洋可再生能源并实现产业发展,对于培育战略性新兴产业、促进海洋经济发展具有重要作用。国家“十二五”规划作出了“推进海洋经济发展”的战略部署,明确提出要优化海洋产业结构,加快战略性新兴产业发展。海洋能产业是典型的海洋战略性新兴产业,具有技术含量高、多专业交叉、综合性强、产业链长的特点,发展前景极为广阔,对于贯彻落实国家促进经济结构转型、实现经济增长方式转变战略具有重要的现实意义。其次,发展海洋能是调整能源结构的必然选择。2009 年 11 月 25 日,中国政府率先公布了控制温室气体排放的行动目标,成为中国政府的一项重要国际性承诺。发展海洋可再生能源产业,可有效地缓解能源消费带来的温室气体排放等环境问题。据初步估计,每建成 100 kW 海洋可再生能源发电站,预计可减少二氧化碳年排放量约 160 吨。东部城市是中国经济发达地区,对能源的需求巨大,海洋能作为未来重要的替代能源,对其进行开发利用能够优化中国能源结构。最后,提升海洋开发、保护和维权等管控能力也迫切需要成熟的海洋能开发技术。中国拥有面积大于 500 平方米的海岛近 7 000 个,其中有居民海岛 400 多个,而绝大多数海岛都面临能源短缺的问题。尤其是电网不能覆盖的边远海岛地区,电力缺乏已经成为制约中国海岛管控和开发的重要因素之一。黄岩岛等南沙岛礁的驻守和开发都需要充足、稳定、低廉的能源和淡水资源,三沙市的建设更有大规模的海洋能开发需求。因此,因地制宜在海岛地区建设适合海岛环境的海洋可再生能源发电系统,能够有效提升中国对南海管辖海域及岛礁的管控能力,把这些海岛建设成宜居、可守的海岛。

(1) 发展海洋可再生能源有利于调整中国的能源电力结构

谈到发展海洋可再生能源的必要性,不能不对中国能源电力产业有个大概认识。总体上说,中国国民经济的能源体系是以石油和电力使用为主的,并表现出很强的依赖性。但由于长期以来中国采用低能源价格来鼓励重工业发展,不可避免地造成了对能源的过度消耗。然而,中国的化石能源资源有限。以石油为例,截至 2004 年年底,中国石油剩余可采储量为 2.3×10^9 t,位居世界第 13 位,但仅占世界总量的 1.4%;石油储采比为 13.4 : 1,远低于世界平均水平的 40.5 : 1。从 1993 年起,中国已由一个石油净出口国转变为石油净进口国,中国经济的增长面临着能源供应和需求结构上的严峻挑战。

从电力产业来讲,中国目前以燃煤获取的火电为主。火电的生产,在大量消耗一次性资源煤炭的同时,也大量排放 CO_2 和 SO_2 等污染气体,对中国的环境保护和发展极为不

利。中国核电和天然气电资源有限,开发潜力不大。综合考虑中国的资源禀赋和能源安全,我们不得不采用一种多元的能源发展战略,也就是在未来的发展中,仍将煤炭作为重要的能源,通过提高技术水平,降低污染和提高煤炭的使用效率;积极拓宽石油进口渠道,建立石油储备;重点开发与使用其他能源,包括海洋能、风能、水能、太阳能等,形成多元的能源生产和使用经济体系。

相对于核电、气电能源的有限性,中国的海洋能和风能资源十分丰富。发展海洋可再生能源,一方面有利于中国电源结构的调整,另一方面又有利于减少污染气体的排放,从而缓解全球气候变暖的威胁,而且有利于减少能源进口方面的压力,为提高中国能源供应的多样性和安全性作出积极的贡献。

另外,由于风能、太阳能都具有不稳定性,对电网供电有一定的影响。例如,太阳能的主要发电时间是在晴朗的白天,风能需要达到一定的启动风速。相对而言,海洋中的潮汐能、潮流能、海浪能规律性较强。大力发展沿海地区融风能、光能、潮汐能、潮流能、波浪能于一体的综合可再生能源发电体系,有利于稳定电网的输出功率,合理调整能源结构。

(2) 发展海洋能有利于补充中国电力供应

中国经济发展对电力的旺盛需求,为海洋能提供了广阔的市场发展空间。近年来中国 GDP 以年均 10% 的速度快速增长,人民的生活水平也随之快速提高,共同拉动了全国的电力需求。以工业大省浙江为例,“八五”期间,全省用电量年均增长率为 13.8%。“九五”期间,全省用电量年均增长率为 10.6%。“十五”期间,全省最高用电负荷年均增长率为 14.3%,用电量年均增长率为 14.1%。到 2005 年,全省最高用电负荷达 2 260 万 kW,用电量达 1 404 亿 kWh。到 2010 年,全省最高用电负荷达 3 560 万 kW,用电量达 2 160 亿 kWh。原有的电力建设难以适应经济的迅猛发展,电力供应已成为制约全省经济发展新的瓶颈。2003 年浙江净调入电量 150 亿 kWh,比上年增长 17.2%。2004 年浙江缺电最为严重,1~9 月间,累计拉限电 55.12 万条次;拉限负荷 8.57 亿 kWh;拉限电损失电量占到全国同期总量的近 60%。

2004 年的“电荒”已经凸显电力对经济发展的强力制约。可以预见,在不远的将来,中国有相当一部分能源需求不能由常规的能源供应来满足,必须寻求新的办法解决能源短缺的问题。海洋能作为一种新型的可再生能源,全球的可开发量远远超过目前的发电功率,大规模地开发海洋能可以缓解能源紧缺,是解决中国能源问题的一条有效途径。中国沿海地区的经济发展水平在国内位居前列,但又是化石能源相对匮乏的地区,随着能源取得成本的日益上升,如浙江省 90% 以上的化石能源要从外省输入,平均运输距离在 1 500 km 以上,价格也由此而上升了 1 倍,能源问题已经成为制约该地区经济发展的瓶颈。然而,中国沿海地区有着较为丰富的海洋能资源,如果能因地制宜,有效地开发利用海洋能,将对这一地区的经济发展起到很好的推动作用。随着技术的不断成熟,海洋能发电的成本也不断下降,再加上常规能源价格飙升,人们对包括海洋能在内的可再生能源越来越重视。目前某些海洋能发电技术已经接近实用,有望在经济建设中发挥作用。

党的十六大报告提出了国内生产总值(以下简称 GDP)到 2020 年力争比 2000 年翻两番的目标,按照这一目标,未来 10 年中国经济将保持 7.18% 的增长速度。国民经济的发展是电力消费需求的主要推动力量,如按 1980 年至 2000 年 20 年间电力消费弹性系数

的平均值 0.81 推算,中国电力需求将在较长时间内保持 5.5% 以上的年增长率,这样才能与 2000 年到 2020 年 GDP 翻两番的目标相适应。按此推算,平均每年装机要达到 30 GW,是现在每年投产容量的 2 倍。在发展传统的水电、火电的同时发展海洋能、风能等,这样既可以使中国电源结构趋于合理,也能补充中国电力供应的不足。

(3) 发展海洋能有利于保护环境

20 世纪人类文明的发展在相当程度上依赖于煤炭、石油、天然气等化石能源的开发利用。但是,利用化石能源也给地球环境造成了严重危害,使人类生存空间受到了极大的威胁。相较于传统能源和核电,海洋能具有不可多得的环境和能源优势——它取代了传统能源对于化石燃料的依赖,也不需要核电所需要的核燃料,更不会产生核污染,是无污染、可再生的清洁能源。化石能源对环境的污染主要表现在温室效应、酸雨、破坏臭氧层、大气颗粒物污染以及开采、运输、加工过程所造成的生态环境破坏。随着现代工业的发展,环境问题日趋严重。为了减轻污染对环境和公众健康的危害,《中华人民共和国清洁生产促进法》已于 2003 年 1 月 1 日正式施行,它指明了生产领域,特别是工业生产的发展方向。因此,如何更加有效地利用能源就成为国内保护环境、改善环境质量的重要突破口。而在能源利用中,节能降耗和开发新能源必然成为核心问题。海洋能作为一种清洁、可再生的能源,储量丰富。其中,理论上全球可再生的海洋能总量为 76.6 TW,发展前景非常可观,尤其是在远离大陆的岛屿上,海洋能是所有能源中获取较为方便和成本相对低廉的能源。大力发展海洋能,可以大大降低开发其他海上资源的成本,促进岛屿的开发利用。

1.2 海洋可再生能源发展概况

当前,全社会对海洋能技术与示范、培育产业化等形成了共识,相关部门和单位都积极行动,参与海洋可再生能源发展工作。自 2010 年起,财政部设立了海洋可再生能源专项资金,至 2012 年已安排专项资金约 6 亿元,为中国海洋能技术研究、示范应用以及培育产业化提供了有力的财政支持。海洋可再生能源专项资金的规模超过了新中国成立以来中国对海洋能工作投入的总和。依托专项资金,国家海洋局共组织实施项目 73 个,包括 10 个大型海洋能示范工程。国家海洋局与国家能源局还共同组织编制了海洋能发展“十二五”规划草案。同时,社会对海洋能开发利用的关注度显著提高,一些社会资金希望进入海洋能领域。据统计,专项资金带动社会资金达 5 亿多元;例如,2012 年,大唐福建分公司提出在厦门市马銮湾建设潮汐能电站,可实现装机规模 2.4 万 kW。

经过几年的努力,中国海洋可再生能源的技术研究、示范应用以及产业发展取得了长足的进步,一批具有自主知识产权的关键技术和装备有望获得突破。一批有实力的企业和研究机构纷纷进军海洋能领域,中船重工、中海油、华能、大唐、国电、哈电集团、中节能及三一电气、青岛海斯壮铁塔有限公司等一批有实力的企业集团高度重视并纷纷投身海洋能的开发利用。大专院校及科研院所,包括中国海洋大学、哈尔滨工程大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、东北师范大学、国家海洋研究所、中国科学院等等,也纷纷作为技术支持和技术研发部门参与研发。人才队伍迅速壮大,海洋能从业队伍从 3 年前的几百人猛

增到现在几千人。中国海洋能产业呈现出强劲的发展态势,社会影响力日益扩大,必将成为新一轮能源革命的重要组成部分。

在海洋能技术方面,海上风能已经成熟,现已被规模化开发。除了技术与市场化比较成熟的海上风能外,潮汐能技术最为成熟,近期发展迅猛。波浪能基本成熟,多项技术正开展技术示范。研究利用潮汐能和波浪能发电在发达国家已取得了一定的进展,已经有一部分商业化项目开始运行。潮流能技术基本成熟,近期发展迅速;温差能处于示范试验阶段。潮流能和温差能的利用目前正处于实验研究阶段,并迅速向着商业化方向迈进。盐差能和生物质能还处于实验室研究阶段。虽然这些技术产生的电力在经济性方面可能还远不能和陆上风电等相比,但是随着相关国家在这些领域的不断投入,必然会带来全新的规模化海洋能产业,不久的将来将具有更为廉价的电能输出。另外,除了利用海洋能进行发电,利用海水温差的热泵技术已有了长足的发展,已经有不少项目开展了示范应用,应用效果显著,是海洋能利用的另一种重要方式。

1.3 海洋可再生能源发展面临的困难和挑战

前面讲到中国发展海洋可再生能源的需求迫切,又处于前所未有的战略机遇期,这是中国发展海洋可再生能源的优势。但是,中国海洋能发展与发达国家在技术上的差距仍然不小,海洋能开发的经济性相比风电、太阳能等其他新能源还有较大差距,距离产业化发展还需较长的一段时间。

(1) 海洋可再生能源技术还不成熟,研发力量比较薄弱

中国海洋能研究虽然起步较早,但缺乏对核心技术的掌握,整体技术水平较低,有关设备制造能力和生产能力与国际先进水平相比存在一定差距;同时,缺少专门从事海洋可再生能源开发利用的研发机构,仅有少数从事相关技术研究的科研人员分布在大专院校、中国科学院、国家海洋局和地方科研院所,力量较为分散,没有形成合力,创新力度明显不足。

(2) 示范应用规模小,公共支撑服务平台建设滞后

中国海洋能利用技术的应用仍局限于小型示范项目和试验电站,产业服务体系尚未形成。中国还没有海洋能样机测试和示范的测试场,缺少针对海洋能发电设备的试验标准、技术标准和产品检测体系,这成为制约中国海洋可再生能源产业发展的一个瓶颈。

(3) 激励政策措施有待完善

海洋可再生能源开发利用投入高、风险大、技术工艺复杂,缺乏市场竞争力,尚处于起步阶段,需要政策扶持和经济激励。目前,国家支持海洋可再生能源开发利用的政策扶植较弱,财政、税收等经济激励措施不够明确,很难实现海洋能资源开发利用的产业化,在海域使用和海洋环境保护方面也缺少相应的政策措施。

海洋可再生能源事业发展既面临新的形势,同时也面临着发展中的困难,能否把海洋可再生能源培育成有生命力的新兴产业,关键在于技术创新和政策引导。

1.4 支持政策与建议

1.4.1 支持政策及重要项目

中国政府十分重视可再生能源的开发利用,近年来制订了一系列相关规划和计划支持可再生能源的开发利用,尤其是加大了对于海洋能开发利用的支持力度,《海洋能发展“十二五”规划》即将出台,国家设立海洋可再生能源专项资金支持海洋能技术、装备研发及公共服务平台的建设,海洋能开发利用出现了空前蓬勃发展的局面。

2003年9月,“我国近海海洋综合调查与评价专项”(908专项)支持的“我国近海海洋可再生能源调查与研究”及“海洋可再生能源开发与利用前景评价”专题启动实施,现已完成。该专题初步查清了我国近海海洋能资源蕴藏量和分布状况。

2005年2月,《中华人民共和国可再生能源法》公布。该法明确指出,国家将可再生能源的开发利用列为能源发展的优先领域,通过制定可再生能源开发利用总量目标,并采取相应措施,推动可再生能源市场的建立和发展。

2005年,在国家863计划支持下,中国自主研发的40 kW座底式潮流能独立发电系统建成,并在浙江舟山海域完成了海试,海洋水下直驱式水平轴海流发电技术及装置研制完成。

2006年,在国家“863”计划的支持下,中国自主研发了40 kW岸式波浪能振荡浮子系统。海上试验表明,该系统大幅提高了波浪能转换的总效率,大幅提高波浪能发电质量;在建造方法上提出分块预制、现场组装、最后浇灌成一个整体的建造方案,并成功实施。

2008年以来,国家在常规能源日益紧缺的严峻局势下逐渐开始重视可再生能源,尤其是海洋能资源、科研与产业现状。国家科技部开始就海洋能开发项目和其中的关键问题立项,对各科研单位开展海洋能各能种的科研情况进行调研工作。

2008年2月中旬,中国工程院成立“中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究”咨询项目组,对包括海洋能在内的中国可再生能源进行全面调研,提出中国海洋能中长期发展规划。

2008年3月27日,中国成立中国可再生能源协会海洋能专业委员会,全国高校及科研院所,如国家海洋局第一、第二、第三海洋研究所,中科院广州能源所,华东勘测设计研究院,西北勘测设计研究院,哈尔滨工程大学,大连理工大学,浙江大学,上海交通大学,中国海洋大学,华中科技大学,华北电力大学,以及江夏潮汐电站、海山潮汐电站、幸福洋潮汐电站等海洋能企业的代表,共70多人参加会议。

2008年5月10日,科技部发布“海洋能开发利用关键技术研究及示范”国家科技支撑计划重点项目课题申请指南。国家科技部计划共拨付经费3200万元,从2008年5月至2011年4月,针对中国边远海岛电力短缺的现状,重点研究中国海洋能开发利用的关键技术,建立相关规程和检测方法,攻克中国波浪能、潮流能、温差能开发利用的关键技术,开展现场示范试验,提高中国海洋能源开发利用的自主创新能力,为中国海洋可再生能源开发利用的产业化发展奠定基础。重点支持项目包括100千瓦漂浮式波浪能电站关