

话说中国海洋

HUASHUO ZHONGGUO HAIYANG



资源系列 侍茂崇 主编

◎ 侍茂崇 编著

Huashuo Haiyang Dongli Ziyuan

话说海洋动力资源



SPM

南方出版传媒

广东人民出版社

话说海洋动力资源

侍茂崇 编著

SPM

南方出版传媒

广东人民出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

话说海洋动力资源/ 侍茂崇编著. —广州: 广东经济出版社,
2014. 10
(话说中国海洋资源系列)
ISBN 978 - 7 - 5454 - 3520 - 7

I. ①话… II. ①侍… III. ①海洋动力资源 - 中国 IV. ①
P743

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 162382 号

出版 发行	广东经济出版社(广州市环市东路水荫路 11 号 11 ~ 12 楼)
经销	全国新华书店
印刷	广州市岭美彩印有限公司 (广州市荔湾区芳村花地大道南, 海南工商贸易区 A 幢)
开本	730 毫米 × 1020 毫米 1/16
印张	11 2 插页
字数	200 000 字
版次	2014 年 10 月第 1 版
印次	2014 年 10 月第 1 次
印数	1 ~ 5 000 册
书号	ISBN 978 - 7 - 5454 - 3520 - 7
定价	45.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

发行部地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 38306055 38306107 邮政编码: 510075

邮购地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 37601950 营销网址: <http://www.gebook.com>

广东经济出版社新浪官方微博: <http://e.weibo.com/gebook>

广东经济出版社常年法律顾问: 何剑桥律师

· 版权所有 翻印必究 ·

《话说中国海洋》丛书编委会

- 主 任：林 雄（中共广东省委常委、宣传部部长）
- 副 主 任：顾作义（中共广东省委宣传部副部长）
- 朱仲南（广东省新闻出版局局长）
- 王桂科（广东省出版集团董事长）
- 于志刚（中国海洋大学校长）
- 潘迎捷（上海海洋大学校长）
- 何 真（广东海洋大学校长）
- 徐根初（中国人民解放军军事科学院原副院长、中将）
- 张召忠（国防大学教授、博导，海军少将）
- 张 偲（中国科学院南海海洋研究所所长）

编 委

- 王殿昌（国家海洋局规划司司长）
- 吕彩霞（国家海洋局海岛管理司司长）
- 朱坚真（广东海洋大学副校长）
- 张海文（国家海洋局海洋发展战略所副所长）
- 郑伟仪（广东海洋与渔业局局长）
- 李立新（国家海洋局南海分局局长）
- 吴 壮（农业部南海渔政局局长）
- 杜传贵（南方出版传媒股份有限公司总经理）
- 倪 谦（中共广东省委宣传部出版处处长）
- 刘启宇（中共广东省委宣传部发改办主任）
- 何祖敏（南方出版传媒股份有限公司副总经理）
- 李华军（中国海洋大学副校长）

封金章（上海海洋大学副校长）
陈 勇（大连海洋大学副校长）
何建国（中山大学海洋学院院长）
金庆焕（广州海洋地质调查局高级工程师、中国工程院院士）
李 杰（海军军事学术研究所研究员）
沈文周（国家海洋局海洋战略研究所研究员）
黄伟宗（中山大学中文系教授）
司徒尚纪（中山大学地理科学与规划学院教授）
侍茂崇（中国海洋大学海洋环境学院教授）
向晓梅（广东省社会科学院产业研究所所长、研究员）
庄国土（厦门大学南洋学院院长、教授）
李金明（厦门大学南洋学院教授）
柳和勇（浙江海洋学院海洋文化研究所所长、教授）
齐雨藻（暨南大学水生物研究所所长、教授）
黄小平（中国科学院南海海洋研究所研究员）
陈清潮（中国科学院南海海洋研究所研究员）
何起祥（国土部青岛海洋地质研究所原所长）
莫 杰（国土部青岛海洋地质研究所研究员）
秦 颖（南方出版传媒股份有限公司出版部总监）
姚丹林（广东经济出版社社长）

总序

Zong Xu

林 雄

自古以来，在华夏文明的辞典中，就不乏“海国”一词。华夏民族，并不从一开始就是闭关锁国的，而是有着大海一般宽阔的胸怀。正是大海，一直激发着我们这个有着五千年历史的文明古国的想象力和创造力。一部中国海洋文化的历史是波澜壮阔的历史，让后人壮怀激烈，意气风发。

金轮乍涌三更日，宝气遥腾百粤山。

影聚帆樯通累译，祥开海国放欢颜。

古人寥寥几行诗，便把广东遍被海洋文明之华泽，充分地展现了出来。两千多年的海上丝绸之路，就是从广东起锚，不仅令广东无负“天之南库”之盛名，更留下千古传诵的“合浦珠还”等众多的神话传说。而指南针的发明，造船业的兴盛，尤其是航海牵星术，更令中国之为海国，赢得了全世界的声望。唐代广州的“通海夷道”、南汉的“笼海得法”、宋代的市舶司制度，充分显示了我们作为海洋大国的强势地位。明代郑和七下西洋，更创造了古代对外贸易、和平外交的出色典范。尽管自元代开始，有了禁海的反复，但明清“十三行”在推动开海贸易上功不可没，并带来了大航海时代先进的人文与科学思潮，也为中国近代革命作出长期的铺垫，成为两千多年海上丝绸之路上的华彩乐段。新中国的广交会，可以说是“十三行”的延续，为打破列强的海上封锁，更为今日走向全面的对外开放，功高至伟。改革开放之初，以粤商为主体的国际华商，成为中国来自海外投资最早的，也是最大的份额。这也证实了中国民主革命的先驱孙中山先生所说的，国力强弱在海不在陆。海权优胜，则国力优胜。他的

海洋实力计划，更在《建国方略》中一一加以了阐述。进入21世纪，中国制定了《全国海洋经济发展规划纲要》，提出了要把我国建设成为海洋强国的宏伟目标。海洋强则国家强，海业兴则民族兴。曾经有着辉煌的海洋文明的中国历史和现实充分印证了这一点。

正是在这个意义上，国家的强盛，历史之进步，无不与海洋相关。今日改革开放之所以取得如此巨大的成功，包含了当日海洋文化传统得以发扬光大的成果。在经济腾飞的今天，文化在综合竞争力中的地位已日益突出。而作为华夏文化的重要组成部分之一——海洋文化，更早早显示出其强劲的势头。当我们致力于提高文化的创新力、辐射力、影响力与形象力之际，更应当从海洋文化中吸取取之不竭、用之不尽的活力源泉。

为此，我们出版《话说中国海洋》丛书，给海洋文化建设添加一汪活水，为推动广东乃至全国的海洋经济建设，使我国在更高层次、更宽领域参与国际合作与竞争，发挥一份力量。丛书亦可进一步增强国民的海洋意识，让国民认识海洋，了解海洋，普及海洋知识，激发开发海洋、维护海权的热情。这在当前，是一件很有现实意义的事情。

历经千年不息的海上丝路，来往的何止是数不胜数的宝舶，奔腾而来的更是始终推动世界文明进步的海洋文化。灿烂的东方海洋文化走到今天，当有更辉煌乐章，从展开部推向高潮部，愈加丰富多彩，愈加激动人心。《话说中国海洋》丛书的出版，当为这一高潮部增色，令高亢、激越的乐曲久久回荡在无边的海面上，永不止歇！

是为序。

（作者系中共广东省委常委、宣传部部长）

前言

耕耘蓝色的海水，播种人类的希望

海水没有生命，但是它是生命的本源。大海是人类的母亲，人类起源于大海，在大海的怀抱里度过他们幼稚的童年。大海是自由的元素，大海是豪迈、雄奇、辽阔的象征。大海有巨大的、取之不尽、用之不竭的再生能源，大海是21世纪人类解决自身难题、回归本源的重要条件。

能源是人类赖以生存发展的基础因素之一，人类历史上每一次巨大的飞跃无不与能源的开发利用有关，而一次次的全球危机也与能源紧密相连。第一次能源变革实现煤炭代替薪柴的能源转换；第二次世界大战之后，石油的消费从1950年的27%上升到1967年的40.4%，同期煤炭比重则从61%下降到38.8%，标志着人类社会进入到“石油时代”。随着石油时代的到来，带给人类的不仅仅有经济的高速发展和前所未有的繁荣，还有一次次石油危机和随之而来的战争，以及在开发利用能源的过程中产生的温室气体导致气候变暖、固体废弃物污染等等所产生的一系列隐患。20世纪70年代起，人类面临三大难题：适宜居住的空间越来越小，人类生活的环境越来越差，可资利用的陆地资源越来越缺乏：据估算结果，石油储量约为1180亿~1510亿吨，以1995年开采量3.2亿吨计算，大约到2250年基本告罄；天然气估计储量为131800兆~152900兆立方米，按年开采量2300兆立方米计算，那么在57~65年内也将枯竭；煤的储量约为560亿吨，1995年煤炭开采量为33亿吨，据此计算，可以供应169年，形势也是不容乐观的。此外，上述计算是按每年不变的结果，实际上石油和煤炭消耗每年递增1%。而石油、天然气和煤炭都是有限的、不可再生的。只有使用可再生的、无污染的能源，再能最终使人类走出生存的困境。

可再生能源主要包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能和海洋能等。海洋能中有的可以看得见的，如波涛汹涌的海浪，规律性涨落的潮汐，往复或旋转着的潮流，以及朝一个方向奔流不息的海流等。有的用肉眼却不易察觉，如大气与海洋的热量交换，海水的运动以及海水因浓度差而引起的运

动等等，这些都是可再生的能源。即它们在自然界中是可以不断再生、永续利用、取之不尽、用之不竭的资源。

因此，科学家提出，人类起源于海洋，现在要重新返回到海洋中去，只有广阔富饶的海洋才能解决上面所说的三大难题。人类的口号是：耕耘蓝色的海水，播种人类的希望。

可再生能源对环境无害或危害极小，为了说明这个问题，我们在表1中列出部分海洋再生能源的污染物排放数量，从表1中可以看出：每生产1度电量，CO₂排放量最多不超过22克，SO₂最多不超过0.19克，NO_x最多不超过0.08克。且源分布广泛，适宜就地开发利用。有资料显示，风力发电一度，可相应减少960克CO₂的排放量，每千瓦时风电创造0.25元的环境效益，被誉为“绿色电力”。

表1 部分岸外再生能源中产生的污染物^[16]

污染物	潮流能发电 (g/kWh)	波能发电 (g/kWh)	风能发电 (g/kWh)	1993年英国平均产生 (g/kWh)
CO ₂	12	14 ~ 22	12	654
SO ₂	0.08	0.12 ~ 0.19	0.09	7.8
NO _x	0.03	0.05 ~ 0.08	0.03	2.2

地球表面积约为5.1亿平方公里，其中陆地面积为1.4亿平方公里，占总面积的29%，海洋面积达3.61亿平方公里，占总面积的71%。在浩瀚的海洋里，蕴藏着极为丰富的自然资源和巨大的可再生能源，据专家估计，全世界的波浪能量每秒钟为 2.7×10^{12} 瓦，每年的波能总量为236520亿千瓦·小时；潮汐能约为255442亿千瓦·小时，海流能约为473040亿千瓦·小时，温差能约为189216亿千瓦·小时，盐差能约为245980亿千瓦·小时。此外，海面上的太阳能蕴藏量约为756864亿千瓦·小时，风能约为94608 ~ 946080亿千瓦·小时。这样巨额的海洋能源含量如能充分开发利用，将是何等巨大的能源库。

海水中巨大能量的来源主要是太阳。到达地球上的太阳能每年为 3.8×10^{24} 焦耳，每秒钟平均为 10^{17} 瓦，约为目前人类年耗能量的1万倍。辐射到地球上的太阳能，使得大气与海洋之间不停顿地发生着各种运动，其中大约3/4转变为风、洋流和波浪的能量；大约20%转变为海水的蒸发和凝结，也就是说，海水所取得的热量和海水蒸发与凝结的热量差有关。因此，从能量的角度上来

看，太阳能是海水动力能量的主要供给者。而海洋动力资源的总量相当于地球上全部动植物生长所需能量的1000多倍。

我国海洋能资源非常丰富，而且开发利用的前景广阔。全国大陆海岸线长达18000多公里；还有6000多个岛屿，其海岸线长约14000多公里；整个海域达490万平方公里。其地处低纬度的南海，海域达360万平方公里。入海的河流淡水量约为2.3万亿立方米/年。如果将我国的海洋能资源转换为有用的动力值，至少可达13140亿千瓦·小时，比我国目前电力总装机容量还多。在海洋能的开发利用方面，当前我国还仅仅处于起步阶段，一些沿海地区先后研制成了各种试验性的发电装置，并建成了试验性的潮汐电站等，为今后进一步开发利用海洋能源打下了初步基础。

海洋能开发市场化运作难度大。我国乃至世界海洋能利用都还处于初级阶段，技术不成熟，投入有风险，难以和其他类型能源开发在同一个市场上竞争，使得海洋能利用除国家投资的少数试验电站外，其他民营资本很难插足其中，能源已成为目前制约中国经济进一步发展的瓶颈之一，能否找到大量的、可持续的能源供应，将决定中国今后几十年经济发展的成败。

从长远来看，石油和煤炭等化石能源总会耗尽，重视海洋能源开发是未雨绸缪。提高能源效率和发展可再生能源已成为全球共识，世界各国都将推动可再生能源的发展当作21世纪的基本发展战略。欧盟提出可再生能源在一次能源中的比例要由1997年的6%提高到2010年的12%，2020年的20%，2050年将达到50%，可再生能源电力在整个电力中的比例由1999年的14%提高到2010年的22%；美国到2025年除水电外可再生能源生产将为2000年的2倍，其中加利福尼亚可再生能源发电将从2002年的12%提高到2017年的20%。国际社会发展可再生能源出于以下考虑：能源安全和能源供应多元化；减少温室气体排放；减少化石燃料造成的环境污染；替代核能；创造就业机会，发展中小型企业；扩大技术和装备出口。

近年来，随着我国能源消费的迅速增长，能源安全问题和能源环境问题越来越成为国内各界和国际社会高度关注的问题。国家发改委日前确定了6种可再生能源（水力、风力、生物质、太阳能、海洋能、地热能），并且通过《中华人民共和国可再生能源法》，将大大促进我国可再生能源的利用。可再生能源的开发利用是新世纪重要战略任务。

从我国现代化建设和能源结构优化、能源可持续利用以及能源科技进步的长期进程来看，加快可再生能源的开发利用，对保障我国能源安全，缓解我国能源环境压力，促进新农村建设，实现建设资源节约型和环境友好型社会的目

标，都具有深远的意义。特别是西沙、南沙及其他远离大陆的岛屿，完全依靠大陆供应能源，供应线过长，生产生活困难，很大程度上阻碍了这些岛屿的发展和国防力量的提高。而再生能源法的适时通过和实施，不仅为我国可再生能源的发展奠定了比较完整的法律框架，也向国际社会宣示了我国走能源清洁发展之路的坚强决心。对这些可再生能源进行研究和开发利用，可以为我国沿海及海岛农村提供新能源，对保持海洋经济社的持续、稳定、协调发展意义重大。

前言 耕耘蓝色的海水，播种人类的希望 /1

第一章 琼鳌驾水，日夜朝天阙 /1

——浅谈潮汐能利用

第一节 早潮才落晚潮来 /1

——恪守信用的潮汐

何谓潮汐 /1

潮汐运动是怎样引起的 /3

潮汐中一些常用名字 /5

潮汐类型 /6

我国海区的潮型 /7

第二节 翻江倒海山为摧 /8

——巨大潮汐能

潮汐能量和它高度有关 /8

中国近海潮汐能量 /11

潮汐能利用历史 /12

第三节 从磨坊到电厂的华丽转变 /15

潮汐发电的基本原理 /15

单库单向电站 /17

单库双向电站 /19

双库双向电站 /22

大型潮汐发电典范——朗斯发电站 /22

第四节 风物长宜放眼量 /26

潮汐电站喜忧参半 /26

现状与展望 /29

第二章 川流不息 涓涓不壅 /32

——浅谈海流发电

第一节 有生命之海的大动脉 /32

何谓海流 /32

海流能量的估算 /37

第二节 一把“伞”，开创了一个时代 /38

发电基本原理 /38

花环式发电装置 /39

水平轴式涡轮机发电 /40

垂直轴式涡轮机发电 /44

振荡水翼式系统 /46

第三节 放飞新的梦想 /47

世界海流能分布 /47

海流能开发的投资 /48

发展中的问题 /49

南海潮流能密度最大海域 /50

我国海流能资源发展规划建议 /52

第三章 惊涛拍岸，卷起千堆雪 /54

——浅谈波浪能发电

第一节 警笛的启示 /54

神奇的警笛 /54

第一个波浪发电装置问世 /55

波浪发电方兴未艾 /56

第二节 大风吹起“翠瑶山” /58

无风不起浪 /58

无风也有三尺浪 /59

第三节 海浪是怎样运动的 /60

波形向前传送 /60

描述波形常用哪些名字 /61

第四节 波浪能是怎样计算的 /63

总能量 /63

全世界海洋波能估计 /64

波能集中在表层 /65

第五节 波能的利用 /65

分类 /66

波能转换过程 /67

第六节 振荡水式柱 /68

——波浪发电之一

固定式气体传动 /68

浮动式气体传动 /69

固定式气—水—气传动 /70

第七节 上下抽动式 /72

——波浪发电之二

抽水泵式 /72

打气筒式 /73

最新进展 /74

电磁感应式 /76

海明号 /78

第八节 前后摇摆式 /79

——波浪发电之三

荡波 (WaveRoll) 式 /79

布里斯托尔 (Bristol) 圆柱 /80

牡蛎式 /81

萨蒂尔鸭子 /82

谐振弧线式 (WRASPA) /84

第九节 波浪爬高式 /86

——波浪发电之四

固定式 /86

浮动式 /87

第十节 垂直摇摆式(筏式) /89

——发电波能利用之五

柯克魁尔筏式发电 /89

“海蛇”(Pelamis)的出现是这一思想的得力体现 /90

“巨蟒”带给人又一个巨大惊喜 /93

第十一节 商机评估 /96

投资 /96

维护 /97

第十二节 我国波浪发电进展 /99

我国波能利用现状 /99

我国海域哪里波能密度最大 /101

第十三节 前景光明,问题不少 /103

发电装置在岸上 /103

发电装置在海上 /104

提高波能发电实用化水平 /105

是否离岸越远,波能越大 /107

第四章 气蒸云梦泽,冰心在玉壶 /110

——浅谈温差发电

第一节 克劳德的“魔术”实验 /110

水可以使电灯亮起来 /110

若问此中深浅,天高浮云远 /111

第二节 如何将温差变成电能 /114

选择能量传递流体 /114

封闭还是开放 /118

新材料带来新思考 /121

热量能无限转化 /122

第三节 国外温差发电现状 /123

第四节 我国利用温差能的诱人前景 /128

南海诸岛利用温差发电的潜在商机 /128

广厚的黄海冷水团有巨大的利用前景 /129

海南岛东部夏季也存在巨量的低温水 /135

温差能利用有巨大前景 /137

第五章 浓度差、压力差和风力发电 /139

第一节 多情反被无情妒 /139

——浅谈浓度差发电

小实验大道理 /139

第一座浓度差发电机问世 /142

前景瞻望 /143

第二节 水上风车连广宇 /144

——风力发电种种

风能——太阳能的另一种存在形式 /144

风能怎样变成电能 /145

浅水风力发电代表作 /146

向深水进军的困难 /147

海上风力发电的现状 /149

战斗正未有穷期 /153

第三节 深海压力也有用 /154

第四节 海上太阳能利用 /155

第五节 未来海洋很精彩 /158

波浪送你去远航 /158

海洋远处建家乡 /158

第一章

琼鳌驾水，日夜朝天阙

——浅谈潮汐能利用

据古籍《列子·汤问篇》中记载，渤海之东有个无底洞，名曰“归墟”。归墟里有条大海鳅（又称鳌），能纳水弄潮。每天早晨它出来找吃的东西就掀起一阵阵潮水，于是大海开始涨潮了；当它回到归墟睡觉的时候，它又把大量的海水带回去，于是大海开始落潮了。这一涨一落，就形成了大海的“潮汐”。由于古海鳅的活动十分准时，所以大海的潮汐很有规律。实际这只是神话传说。

第一节 早潮才落晚潮来

——恪守信用的潮汐

唐代诗人白居易：“早潮才落晚潮来，一月周流六十回。不独光阴朝复暮，杭州老去被潮催”，就是对潮汐最好的注释。

何谓潮汐

凡是到过海边的人都会发现：有时候海水涨到了岸边，一望无际的海面上，滚动着万顷波涛，船只往来如梭，奔驰船只，浮沉于波光霞影之中；有时候海水却退到了离岸很远的地方，大片的泥滩、沙洲露出水面，儿童们卷起裤腿，嬉笑着在海滩上捡拾贝壳、藻类和落在水湾中小鱼（图1-1）。居住在台湾海峡以北沿海的人，能看到海水一天有两涨两落；而居住在南海特别是北部湾沿岸的人，大多数时间内每天只能看到一涨一落。不管一天两涨两落，还是