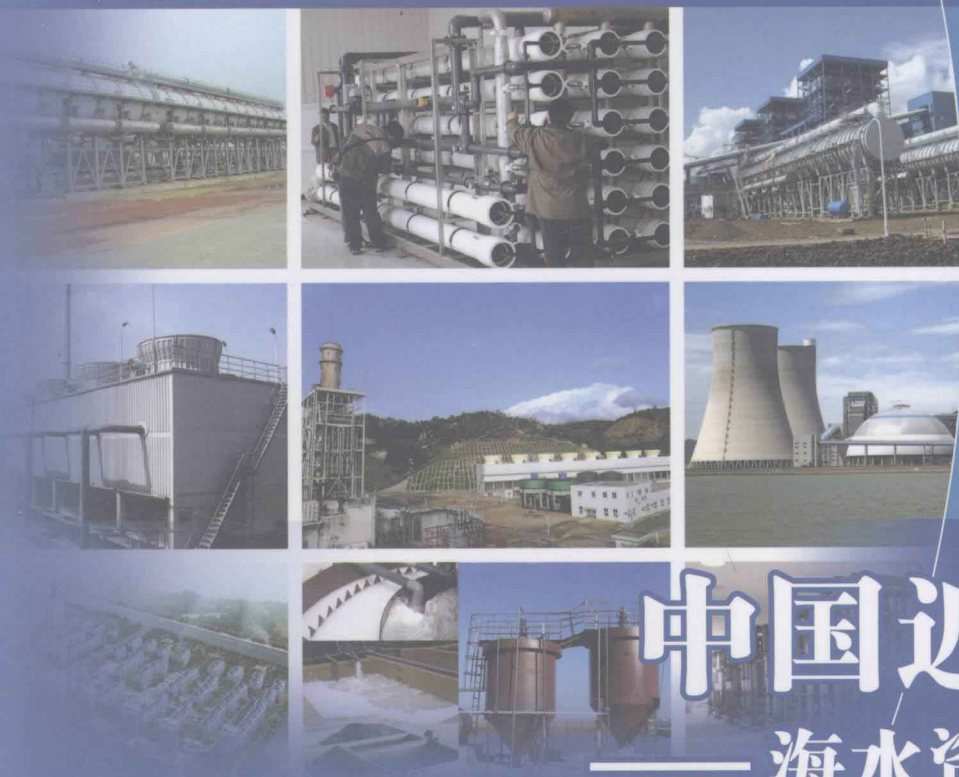




我国近海海洋综合调查与评价专项成果
“十二五”国家重点图书出版规划项目



ZHONGGUO JINHAI
HAIYANG
——HAISHUI ZIYUAN
KAIFA LIYONG

中国近海海洋 ——海水资源开发利用

侯纯扬 主编

我国近海海洋综合调查与评价专项成果

中国近海海洋 ——海水资源开发利用

侯纯扬 主编



海洋出版社

2012年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

中国近海海洋: 海水资源开发利用/侯纯扬主编.

—北京: 海洋出版社, 2012. 11

ISBN 978 - 7 - 5027 - 8076 - 0

I. ①中… II. ①侯… III. ①近海 - 海水资源 - 资源
开发 - 研究 - 中国②近海 - 海水资源 - 资源利用 - 研究 -
中国 IV. ①P746.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 152207 号

责任编辑: 王 溪

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

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所经销

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

开本: 787 mm × 1092 mm 1/16 印张: 21

字数: 460 千字 定价: 120.00 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

《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会 组成名单

主 任 刘赐贵

副主任 陈连增 李廷栋

委 员 周庆海 雷 波 石青峰 金翔龙 秦蕴珊 王 颖 潘德炉
方国洪 杨金森 李培英 蒋兴伟 于志刚 侯一筠 刘保华
林绍花 李家彪 蔡 锋 韩家新 侯纯扬 高学民 温 泉
石学法 许建平 周秋麟 陈 彬 孙煜华 熊学军 王春生
暨卫东 汪小勇 高金耀 夏小明 吴桑云 苗丰民 周洪军

《中国近海海洋——海水资源开发利用》 编著委员会名单

主 编 侯纯扬

副主编 刘淑静 武 杰

编 委 (按姓氏笔画为序):

马珊珊 王 静 付锦凤 史玉莲 刘淑静 邢淑颖 李兆魁
李运平 单 科 尚言武 武 杰 侯纯扬 黄鹏飞 葛云红
谢 峰

总前言

2003年,党中央、国务院批准实施“我国近海海洋综合调查与评价”专项(简称“908专项”),这是我国海洋事业发展史上一件具有里程碑意义的大事,受到各方高度重视。2004年3月,国家海洋局会同国家发展与改革委员会、财政部等部门正式组成专项领导小组,由此,拉开了新中国成立以来最大规模的我国近海海洋综合调查与评价的序幕。

20世纪,我国系列海洋综合调查和专题调查为海洋事业发展奠定了科学基础。50年代末开展的“全国海洋普查”,是新中国第一次比较全面的海洋综合调查;70年代末,“科学春天”到来的时候,海洋界提出了“查清中国海、进军三大洋、登上南极洲”的战略口号;80年代,我国开展了“全国海岸带和海涂资源综合调查”,“全国海岛资源综合调查”,“大洋多金属资源勘查”,登上了南极;90年代,开展了“我国专属经济区和大陆架勘测研究”和“全国第二次污染基线调查”等,为改革开放和新时代海洋经济建设提供了有力的科学支撑。

跨入21世纪,国家的经济社会发展也进入了攻坚阶段。在党中央、国务院号召“实施海洋开发”的战略部署下,“908专项”任务得以全面实施,专项调查的范围包括我国内水、领海和领海以外部分管辖海域,其目的是要查清我国近海海洋基本状况,为国家决策服务,为经济建设服务,为海洋管理服务。本次调查的项目设置齐全,除了基础海洋学外,还涉及海岸带、海岛、灾害、能源、海水利用以及沿海经济与人文社会状况等的调查;调查采用的手段成熟先进,充分运用了我国已具备的多种高新技术调查手段,如卫星遥感、航空遥感、锚系浮标、潜标、船载声学探测系统、多波束勘测系统、地球物理勘测系统与双频定位系统相结合的技术等。

“908专项”创造了我国海洋调查史上新的辉煌,是新中国成立以来规模最大、历时最长、涉及部门最广的一次综合性海洋调查。这次大规模调查历时8年,涉及150多个调查单位,调查人员万余人次,动用大小船只500余艘,航次千余次,海上作业时间累计17000多天,航程200余万千米,完成了水体调查面积102.5万平方千米,海底调查面积64万平方千米,海域海岛海岸带遥感调查面积151.9万平方千米,获取了实时、连续、大范围、高精度的物理海洋与海洋气象、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海岛海岸带遥感与实地调查等海量的基础数据;调查并统计了海域使用现状、沿海社会经济、海洋灾害、海水资源、海洋可再生能

源等基本状况。

“908 专项”谱写了中国海洋科技工作者认知海洋的新篇章。在充分利用“908 专项”综合调查数据资料、开展综合研究的基础上,编写完成了《中国近海海洋》系列专著,其中,按学科领域编写了 15 部专著,包括物理海洋与海洋气象、海洋生物与生态、海洋化学、海洋光学特性与遥感、海洋底质、海洋地球物理、海底地形地貌、海岛海岸带遥感影像处理与解译、海域使用现状与趋势、海洋灾害、沿海社会经济、海洋可再生能源、海水资源开发利用、海岛和海岸带等学科;按照沿海行政区划划分编写了 11 部专著,包括辽宁省、河北省、天津市、山东省、江苏省、浙江省、上海市、福建省、广东省、广西壮族自治区和海南省的海洋环境资源基本现状。

《中国近海海洋》系列专著是“908 专项”的重要成果之一,是广大海洋科技工作者辛勤劳作的结晶,内容充实,科学性强,填补了我国近海综合性专著的空白,极大地增进了对我国近海海洋的认知,它们将为我国海洋开发管理、海洋环境保护和沿海地区经济社会可持续发展等提供科学依据。

系列专著是 11 个沿海省(自治区、直辖市)海洋与渔业厅(局)、国家海洋信息中心、国家海洋环境监测中心、国家海洋环境预报中心、国家卫星海洋应用中心、国家海洋技术中心、国家海洋局第一海洋研究所、国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局第三海洋研究所、国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所等牵头编著单位的共同努力和广大科技人员积极参与的成果,同时得到了相关部门、单位及其有关人员的大力支持,在此对他们一并表示衷心的感谢和敬意。专著不足之处,恳请斧正。

《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会

序一

21 世纪是海洋的世纪，海洋资源的开发越来越引起世界各国的重视，海洋经济日益成为一个国家或地区发展的重要增长极。海水资源开发利用是海洋资源开发的重要组成部分，是解决全球沿海水资源危机的重要途径，并已经形成了相当规模的产业集群。作为实现水资源可持续发展的开源增量和替代技术，海水利用主要包括：海水淡化、海水直接利用和海水化学资源利用三个方面。截至目前，全球淡化水总产量已经达到了每天 7 484 万吨（海水淡化占 59%），海水冷却水每年用量超过 7 000 亿立方米，海水制盐每年达到 6 000 万吨，制镁 260 万吨，溴素 50 万吨。

我国的海水资源开发利用事业起步于 20 世纪 60 年代，是我国海洋事业和科技兴海战略的重要组成，是战略性海洋新兴产业的重要方向之一。经过多年发展，特别是在国家“九五”、“十五”、“十一五”科技攻关的支持下，我国海水资源开发利用技术取得突破，先后建成一批具有自主知识产权的千吨级和万吨级示范工程，初步构建起具有我国特色的海水利用技术体系，具备规模化应用和产业化发展的基本条件。党和国家高度重视海水利用工作。2005 年，国家发展和改革委员会、国家海洋局和财政部颁布实施了我国首部《海水利用专项规划》，为我国海水资源开发利用产业发展提供了良好契机。沿海各地也积极发展海水利用，海水资源开发利用作为海洋经济的重要组成，已逐步应用于人民的生产和生活中。

2003 年，国务院批准实施了“我国近海海洋综合调查与评价”专项，海水资源开发利用被首次列入其中。国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所联合杭州水处理技术开发中心等单位，自 2004 年起承担了海水资源开发利用调查与评价任务，在反复摸索、实践中，相继完成了“海水资源开发利用调查与研究”、“海水资源开发利用前景评价”、“海水资源开发利用调查与评价成果集成”等 5 个专题任务，这对于摸清我国海水资源开发利用现状，全面推进海水资源开发利用工作开展发挥了重要作用。

《中国近海海洋——海水资源开发利用》这本书是海水资源开发利

用调查、评价成果及其他研究成果的总结、凝练和集成，是我国首部较为全面系统地介绍海水资源开发利用现状、技术发展、发展模式、环境影响以及政策标准等综合性研究专著，凝聚着老、中、青三代海水利用科技工作者的心血和劳动。该书主要包括基础篇、技术篇、环境保护与科学用海篇、政策法规标准篇和展望篇。纵览全书，内容丰富，资料翔实，旁征博引，见解独特，令人有耳目一新之感，具有较高的学术水平和实用价值，对广大海水资源利用的科研、工程技术和管理人员有重要的借鉴作用，对海水利用事业的发展有重大的促进作用。该书是作者7年来心血和智慧的结晶之作，品读这本书，我欣喜地看到了我国年轻一代的海水利用科技工作者正在茁壮成长，我国的海水利用事业后继有人、大有希望。

鉴于海水资源开发利用在我国尚处于初期发展阶段，从核心技术突破、自主规模示范和产业战略研究等仍需要不断进行摸索和尝试。期待更多关注海水资源开发利用的有志之士共同参与到海水资源开发利用事业中来。

欣然作序。

中国工程院院士

高从堦

2012年11月18日

序二

水是基础性的自然资源和战略性的经济资源。水资源的可持续利用，既是重要的民生问题，也是经济和社会可持续发展的重要保证，更关系到整个民族的兴衰。但是，我国是个水资源短缺的国家，水资源短缺形势十分严峻。在全国 660 多个城市中，有 400 多个城市缺水，其中 100 多个为严重缺水城市。海水利用是解决我国沿海地区水资源短缺的重要途径。实施海水开源替代战略，提高海水资源利用效率，对于应对我国水资源危机、优化沿海水资源结构、保障国家水安全和经济社会又好又快发展，需求迫切、前景广阔。

我国是一个海洋大国，海岸线绵延 18 000 多千米，海水资源十分丰富。如何从浩瀚无垠的滔滔碧水中变换出那清澈的人间甘露，是人类百年来从未停止的寻梦之旅。新中国成立半个世纪以来，经过几代人的共同努力，海水资源开发利用事业取得了长足进步。在海水淡化、海水循环冷却、大生活用海水和海水化学资源利用的技术研发和工程应用上取得重大突破，建成多个千吨级和万吨级示范工程，并已有领域进入世界先进行列。随着海水资源开发利用技术的发展和市场需求的不断增加，产业发展迅速，其在我国海洋经济中的地位不断提高。

侯纯扬同志长期致力于海水资源开发利用的技术研发和发展战略研究，是近年来活跃在我国海水利用领域的学科带头人之一。本书是其带领国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所“908 专项”研究课题组的科研人员，在客观总结集成海水资源开发利用调查、评价成果的基础上，结合近年来战略研究成果，共同编写完成。共分为五篇十四章，内容丰富，论证缜密，逻辑清晰，图文并茂。

本书以系统的观点和全球的视角首次全面论述了中国海水资源开发利用的历史、现状和发展需求；用丰富翔实的资料阐明了海水资源开发利用的技术进程、发展趋势。以实事求是的态度分析了中国海水资源开发利用的环境保护和科学用海，理性客观地剖析了中国海水资源开发利用的政策环境和制约瓶颈，并提出了未来发展模式、思路和建议。我相

信，对于关心和研究中国海水资源开发利用的读者来说，无论从文献获取、资料论证还是拓展思路、建言献策上，此书都不失为海水资源开发利用领域的一部力作，是一本难得的专著。它有助于推进中国海水资源开发利用事业的发展，有助于推进中国水资源短缺问题的解决和海洋经济的发展。

特此作序。

中国工程院院士

侯保荣

2012年11月20日

前言

海洋是生命之源，也是人类未来可持续发展之希望。

水资源危机问题是 21 世纪人类面临的最为严重的问题之一。我国人多水少，是一个淡水资源严重短缺的国家，人均 2 100 立方米，只相当于世界人均水平的 1/4，而且时空分布不均衡。水资源短缺和污染问题，已成为制约经济社会可持续发展的主要瓶颈。海水占地球总水量的 97% 以上，海水资源开发利用，作为非常规水资源开发利用的重要方面，是解决我国沿海城市和地区（海岛）水资源短缺的开源增量和有效替代的重要途径。

我国的海水资源开发利用，经历了 20 世纪 50 年代末至“八五”期间的探索研究、“九五”至“十一五”期间的示范工程和“十二五”开始的产业化等三个自主创新发展阶段。以前辈们早期的探索性研究为基础，伴随《中国 21 世纪议程》和首部《海水利用专项规划》的制定和实施，我国海水淡化、海水直接利用和海水化学资源利用等海水资源开发利用关键技术取得了重大突破，建成一批标志性示范工程。随着国家“十二五”规划的启动，特别是今年初国务院“关于加快发展海水淡化产业的意见”的出台，我国海水资源开发利用产业化发展的春天已经到来，海水利用有望成为战略性海洋新兴产业之一。

本书在 908 专项“海水资源开发利用调查与研究”、“海水资源开发利用前景评价”、“潜在海水资源开发利用区评价选划和示范试验研究”、“海水利用信息系统建设”和“海水资源开发利用调查与评价成果集成”等研究成果基础上，结合作者多年的海水利用发展战略研究成果编著而成。主要包括：基础篇、技术篇、环境保护与科学用海篇、政策法规标准篇和展望篇等五篇十四章。全书力求全面系统阐述我国海水资源开发利用现状、发展需求、技术经济、环境保护、科学用海、政策法规、标准规范、发展模式、前景评价以及对策建议等，旨在加快推进海水资源开发利用产业化进程，促进沿海城市和地区（海岛）水资源合理开发、优化配置、高效利用、有效保护和科学管理。

本书是在《中国近海海洋》系列专著编著指导委员会的关怀指导下完成的,并得到国家海洋局 908 专项办公室、国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所、杭州水处理技术研究开发中心、国家海洋局北海分局、国家海洋局东海分局、国家海洋局南海分局等单位的大力支持和帮助。除编者以外,还有一大批科技人员参加了面上普查、海上调查、资料收集、现场监测、检测分析、数据处理、图件制作、专家咨询、以及书稿校对等基础性工作,因此,本书是有关海水资源开发利用科技工作者共同劳动和集体智慧的结晶。

鉴于海水资源开发利用调查与评价在我国尚属首次,本书作为我国海水资源开发利用技术、经济、政策、市场等有关问题的初步探讨与尝试,谨供关注我国水资源问题和海水资源开发利用的各界人士参考。由于作者水平有限,难免有疏漏和错误之处,敬请有关专家和读者指正。

中国工程院高从堦院士和侯保荣院士百忙中为本书欣然作序,在此谨表崇敬和谢意! 特别感谢国家海洋环境监测中心温泉研究员对本书整体结构的重要意见和建议! 许多关心、关注和支持海水利用事业发展的领导、专家和学者也提出了很多建设性的意见,在此一并表示诚挚的感谢!

侯纯扬

2012 年 11 月 25 日于天津

目次

中国近海海洋——海水资源开发利用

第一篇 基础篇	(1)
第1章 海水资源及利用现状	(3)
1.1 海水及其特性	(3)
1.1.1 海水的组成	(3)
1.1.2 海水的特性	(4)
1.2 海水资源利用现状	(5)
1.2.1 海水淡化利用	(5)
1.2.2 海水直接利用	(8)
1.2.3 海水化学资源利用	(13)
第2章 海水资源利用发展需求	(15)
2.1 我国沿海水资源现状	(15)
2.1.1 我国沿海陆地水资源现状	(15)
2.1.2 我国海岛地区水资源现状	(18)
2.2 我国沿海地区海水利用发展需求	(19)
2.2.1 沿海水资源短缺对海水利用发展需求	(19)
2.2.2 沿海区域发展战略调整对海水利用发展需求	(20)
2.2.3 沿海战略性新兴产业的推进对海水利用发展需求	(21)
2.3 沿海各地海水利用发展目标	(22)
第二篇 技术篇	(27)
第3章 海水淡化技术	(29)
3.1 多级闪蒸海水淡化	(29)
3.1.1 概述	(29)

3.1.2	多级闪蒸海水淡化技术进展	(30)
3.1.3	多级闪蒸海水淡化工程实例	(33)
3.2	多效蒸馏海水淡化	(35)
3.2.1	概述	(35)
3.2.2	低温多效蒸馏海水淡化技术进展	(36)
3.2.3	低温多效蒸馏海水淡化工程实例	(39)
3.3	反渗透海水淡化	(42)
3.3.1	概述	(42)
3.3.2	反渗透海水淡化技术进展	(42)
3.3.3	反渗透海水淡化工程实例	(46)
3.4	海水淡化新技术	(53)
3.4.1	太阳能海水淡化	(53)
3.4.2	核能海水淡化	(54)
3.4.3	风能海水淡化	(54)
3.4.4	膜蒸馏海水淡化	(55)
3.4.5	正渗透海水淡化	(56)
3.4.6	新型电容去离子技术 (CapDI)	(57)
3.5	海水淡化技术、经济与市场分析	(59)
3.5.1	海水淡化技术分析	(59)
3.5.2	海水淡化经济分析	(61)
3.5.3	海水淡化市场分析	(72)
3.6	海水淡化技术发展趋势	(77)
3.6.1	国外海水淡化技术发展趋势	(77)
3.6.2	我国海水淡化技术发展展望	(78)
第4章	海水直接利用技术	(84)
4.1	海水直流冷却	(84)
4.1.1	概述	(84)
4.1.2	海水直流冷却技术进展	(85)
4.1.3	海水直流冷却工程实例	(91)
4.2	海水循环冷却	(96)
4.2.1	概述	(96)
4.2.2	海水循环冷却技术进展	(97)
4.2.3	海水循环冷却工程实例	(101)
4.3	海水脱硫	(111)
4.3.1	概述	(111)

4.3.2 海水脱硫技术进展	(111)
4.3.3 海水脱硫工程案例	(114)
4.4 大生活用海水	(121)
4.4.1 概述	(121)
4.4.2 大生活用海水技术进展	(121)
4.4.3 大生活用海水工程实例	(125)
4.5 海水直接利用新技术	(129)
4.5.1 海水源热泵技术	(130)
4.5.2 海水灌溉农业	(130)
4.5.3 深海水利用技术	(132)
4.6 海水直接利用技术、经济与市场分析	(133)
4.6.1 海水冷却技术、经济与市场分析	(133)
4.6.2 海水脱硫技术、经济与市场分析	(135)
4.6.3 大生活用海水技术、经济与市场分析	(137)
4.7 海水直接利用技术发展趋势	(138)
4.7.1 国外海水直接利用技术发展趋势	(138)
4.7.2 我国海水直接利用技术发展前景	(139)
第5章 海水化学资源利用技术	(144)
5.1 海水(浓海水)制盐	(144)
5.1.1 概述	(144)
5.1.2 海水(浓海水)制盐技术进展	(145)
5.1.3 海水(浓海水)制盐工程实例	(150)
5.2 海水提钾	(152)
5.2.1 概述	(152)
5.2.2 海水提钾技术进展	(153)
5.3 海水提镁	(157)
5.3.1 概述	(157)
5.3.2 海水提镁技术进展	(158)
5.3.3 海水提镁工程实例	(162)
5.4 海水提溴	(163)
5.4.1 概述	(163)
5.4.2 海水提溴技术进展	(164)
5.4.3 海水提溴技术工程实例	(168)
5.5 海水提取其他微量元素	(170)
5.5.1 海水提铀	(170)

5.5.2 海水提锂	(171)
5.5.3 海水提碘	(173)
5.6 海水化学资源利用技术与经济分析	(174)
5.6.1 海水化学资源利用技术分析	(174)
5.6.2 海水化学资源利用经济分析	(174)
5.7 海水化学资源利用技术发展趋势	(175)
5.7.1 国外海水化学资源利用发展趋势	(175)
5.7.2 我国海水化学资源利用发展展望	(176)
第三篇 环境保护与科学用海篇	(179)
第6章 我国重点海水利用项目环境影响调查	(181)
6.1 重点海水利用项目环境影响调查方法	(181)
6.1.1 重点海水利用调查项目的选取	(181)
6.1.2 重点海水利用项目环境影响调查要素	(181)
6.1.3 重点海水利用项目环境影响调查站位布设	(182)
6.2 重点海水利用项目环境影响调查结果分析	(182)
6.2.1 天津大港电厂海水利用项目环境影响调查结果分析	(182)
6.2.2 天津临港工业区海水淡化项目(拟建)环境影响调 查结果分析	(190)
6.2.3 浙江嵊泗海水淡化项目环境影响调查结果分析	(194)
6.2.4 浙江宁海电厂海水循环冷却项目环境影响调查结果分析	(197)
第7章 海水利用环境影响控制	(200)
7.1 海水利用环境影响评价	(200)
7.1.1 海水利用规划的环境影响评价	(200)
7.1.2 海水利用项目的环境影响评价	(202)
7.1.3 海水利用项目的环境影响后评价	(205)
7.2 海水利用项目环境保护“三同时”	(207)
7.2.1 海水利用过程中“三同时”制度的实施	(208)
7.2.2 海水利用的环境保护技术措施	(208)
7.3 海水利用环境影响监测	(213)
7.3.1 国外海水利用环境影响监测案例	(214)
7.3.2 海水利用环境监测发展方向	(218)

第8章 海水利用功能区划	(220)
8.1 海水资源利用区的概念及划分	(220)
8.2 沿海地区海水资源利用区的划分及利用情况	(220)
8.2.1 沿海地区海水资源利用区调查	(220)
8.2.2 我国典型地区海水资源利用区划分情况	(221)
8.2.3 我国部分海水利用企业在海洋功能区的分布情况	(223)
第四篇 政策法规标准篇	(225)
第9章 海水利用政策	(227)
9.1 海水利用规划计划	(227)
9.1.1 国外海水利用规划计划	(227)
9.1.2 我国现有海水利用规划计划	(228)
9.2 海水利用现有政策分析	(235)
9.2.1 国外海水利用相关政策	(235)
9.2.2 我国海水利用相关政策	(236)
9.3 进一步促进我国海水利用产业发展的政策思考	(239)
9.3.1 促进海水利用产业发展的资金支持和补贴政策	(239)
9.3.2 促进海水利用产业发展的财税及投融资政策	(240)
第10章 海水利用法规	(241)
10.1 国外海水利用立法情况	(241)
10.1.1 国外海水利用资助法规	(241)
10.1.2 国外海水利用环境监管法规	(243)
10.2 我国海水利用相关法规基础	(244)
10.2.1 海域管理法规	(244)
10.2.2 环境保护法规	(245)
10.2.3 项目建设法规	(245)
10.3 加快我国海水利用立法进程的建议	(246)
10.3.1 提高海水利用立法意识, 加快海水利用立法进程	(246)
10.3.2 确立海水利用立法原则, 明确拟解决的关键问题	(246)
10.3.3 确立海水利用立法框架, 开展管理基本制度研究	(247)
第11章 海水利用标准	(248)
11.1 海水利用标准现状	(248)
11.1.1 国外海水利用标准现状	(248)
11.1.2 我国海水利用标准现状	(255)
11.2 海水利用标准体系	(257)