



中国人民大学研究报告系列

中国水处理行业 可持续发展战略研究报告

膜工业卷 II

REPORT FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT STRATEGY OF
CHINA WATER TREATMENT INDUSTRY
MEMBRANE INDUSTRY II

主编 郑 祥 魏源送
王志伟 张振兴



中国人民大学研究报告系列

中国水处理行业 可持续发展战略研究报告

膜工业卷Ⅱ

REPORT FOR SUSTAINABLE
DEVELOPMENT STRATEGY OF
CHINA WATER TREATMENT INDUSTRY
MEMBRANE INDUSTRY II

主 编 郑 祥 魏源送 王志伟 张振兴
副主编 杨 昆 陈凌云 胡承志 蒋岚岚
梁 恒 黄建元
主 审 李圭白 樊耀波

编 委 (以姓氏笔画为序)

于 淼	王 军	王 琪	王学军	王亚炜
王健行	石 磊	田志刚	朱利平	华河林
刘 鹏	李 昆	肖庆聪	张万里	陈 迪
陈晓芬	郁达伟	周 华	周玉芬	孟广帧
柳杨薇	徐慧芳	殷春霞	蒋兰英	程 文
程 荣	蔡木林	管 策	谭渊清	熊 鹰

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

中国水处理行业可持续发展战略研究报告. 膜工业卷. Ⅱ/郑祥等主编. —北京: 中国人民大学出版社, 2016. 5

(中国人民大学研究报告系列)

ISBN 978-7-300-22931-7

I. ①中… II. ①郑… III. ①水处理-化学工业-可持续发展战略-研究报告-中国②水处理-膜材料-可持续发展战略-研究报告-中国 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 113896 号

中国人民大学研究报告系列

中国水处理行业可持续发展战略研究报告 (膜工业卷Ⅱ)

主编 郑祥 魏源送 王志伟 张振兴

Zhongguo Shuichuli Hangye Kechixu Fazhan Zhanlüe Yanjiu Baogao (Mogongyejuan Ⅱ)

出版发行	中国人民大学出版社		
社 址	北京中关村大街 31 号	邮政编码	100080
电 话	010-62511242 (总编室)		010-62511770 (质管部)
	010-82501766 (邮购部)		010-62514148 (门市部)
	010-62515195 (发行公司)		010-62515275 (盗版举报)
网 址	http://www.crup.com.cn		
	http://www.ttrnet.com (人大教研网)		
经 销	新华书店		
印 刷	北京易丰印捷科技股份有限公司		
规 格	185 mm×260 mm 16 开本	版 次	2016 年 5 月第 1 版
印 张	16.75 插页 1	印 次	2016 年 5 月第 1 次印刷
字 数	298 000	定 价	68.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

“中国人民大学研究报告系列”编委会

主 任 陈雨露

副主任 冯惠玲

委 员 (以姓氏笔画为序)

马 中	王孝群	毛基业	冯惠玲	刘大椿
杜 鹏	李路路	杨伟国	杨瑞龙	吴晓求
陈雨露	陈 岳	郝立新	贺耀敏	袁 卫
倪 宁	郭庆旺	董克用	韩大元	温铁军

总序

陈雨露

当前中国的各类研究报告层出不穷，种类繁多，写法各异，成百舸争流、各领风骚之势。中国人民大学经过精心组织、整合设计，隆重推出由人大学者协同编撰的“研究报告系列”。这一系列主要是应用对策型研究报告，集中推出的本意在于，直面重大社会现实问题，开展动态分析和评估预测，建言献策于咨政与学术。

“学术领先、内容原创、关注时事、咨政助企”是中国人民大学“研究报告系列”的基本定位与功能。研究报告是一种科研成果载体，它承载了人大学者立足创新，致力于建设学术高地和咨询智库的学术责任和社会关怀；研究报告是一种研究模式，它以相关领域指标和统计数据为基础，评估现状，预测未来，推动人文社会科学研究成果的转化应用；研究报告还是一种学术品牌，它持续聚焦经济社会发展中的热点、焦点和重大战略问题，以扎实有力的研究成果服务于党和政府以及企业的计划、决策，服务于专门领域的研究，并以其专题性、周期性和翔实性赢得读者的识别与关注。

中国人民大学推出“研究报告系列”，有自己的学术积淀和学术思考。我校素以人文社会科学见长，注重学术研究咨政育人、服务社会的作用，曾陆续推出若干有影响力的研究报告。譬如自2002年始，我们组织跨学科课题组研究编写的《中国经济发展研究报告》、《中国社会发展研究报告》、《中国人文社会科学发展研究报告》，紧密联系和真实反映我国经济、社会和人文社会科学发展领域的重大现实问题，十年不辍，近年又推出《中国法律发展报告》等，与前三种合称为“四大报告”。此外还有一些散在的不同学科的专题研究报告也连续多年，在学界和社会上形成了一定的影响。这些研究报告都是观察分析、评估预测政治经济、社会文化等领域重大问题的专题研究，其中既有客观数据和事例，又有深度分析和战略预测，兼具实证性、前瞻性和学术性。我们把这些研究报告整合起来，与人民大学出版社资源相结合，再做新的策划、征集、遴选，形成了这个“研究报告系列”，以期放大

规模效应，扩展社会服务功能。这个系列是开放的，未来会依情势有所增减，使其动态成长。

中国人民大学推出“研究报告系列”，还具有关注学科建设、强化育人功能、推进协同创新等多重意义。作为连续性出版物，研究报告可以成为本学科学者展示、交流学术成果的平台。编写一部好的研究报告，通常需要集结力量，精诚携手，合作者随报告之连续而成为稳定团队，亦可增益学科实力。研究报告立足于丰厚素材，常常动员学生参与，可使他们在系统研究中得到学术训练，增长才干。此外，面向社会实践的研究报告必然要与政府、企业保持密切联系，关注社会的状况与需要，从而带动高校与行业企业、政府、学界以及国外科研机构之间的深度合作，收“协同创新”之效。

为适应信息化、数字化、网络化的发展趋势，中国人民大学的“研究报告系列”在出版纸质版本的同时将开发相应的文献数据库，形成丰富的数字资源，借助知识管理工具实现信息关联和知识挖掘，方便网络查询和跨专题检索，为广大读者提供方便适用的增值服务。

中国人民大学的“研究报告系列”是我们在整合科研力量，促进成果转化方面的新探索，我们将紧扣时代脉搏，敏锐捕捉经济社会发展的重点、热点、焦点问题，力争使每一种研究报告和整个系列都成为精品，都适应读者需要，从而铸造高质量的学术品牌、形成核心学术价值，更好地担当学术服务社会的职责。

编者简介

郑祥，男，博士，中国人民大学环境科学与工程系硕士生导师。国际水协会（IWA）膜技术专家委员会中国分委员会委员、全国膜分离标准化技术委员会委员、中国膜工业协会专家委员会委员、教育部膜与水处理技术工程研究中心技术委员会委员，担任《工业水处理》《水处理技术》杂志编委。2008年入选“北京市科技新星计划”，2012年入选教育部“新世纪优秀人才支持计划”。

郑祥博士长期致力于膜分离技术、水污染控制技术、公共卫生安全领域的研究。近年来一直从事污水再生利用工程中病原微生物风险评估及其控制方面的研究工作，在利用膜分离与人工湿地技术对病原微生物的去除方面做了大量探索性的工作，在此领域积累了相当丰富的知识和经验。近年来作为项目负责人，承担国家自然科学基金项目、霍英东教育基金项目、国家水体污染控制与治理科技重大专项的子课题、国家重点实验室开放基金项目、北京市科技新星计划项目等科研项目。已获得授权专利3项，在国内外核心期刊发表论文90多篇，其中43篇在 *Journal of Membrane Science*, *Chemical Engineering Journal*, *Ecological Engineering*, *Biotechnology Advances*, *Desalination* 等SCI刊物收录。英文论文被SCI引用100余次，中文论文被CNKI（中国学术文献网络出版总库）引用1000余次，其中5篇论文的单篇被引用超过100次。2008年至今，主持编写了《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷）》等9部行业分析报告。

魏源送，博士，中国科学院生态环境研究中心研究员、博士生导师。2000年7月毕业于中国科学院生态环境研究中心环境工程专业，获理学博士学位。2001年3月至2002年3月在荷兰应用科学研究院环境、能源和过程创新研究所（TNO Environment, Energy and Process Innovation）做博士后。2002年4月进入中国科学院生态环境研究中心工作至今。2008年3月至2009年3月为瑞士联邦水科学与技术研

究所(Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology)访问学者。主要研究领域包括污水处理与再生利用、污泥处理与资源化、河流生态治理与修复。已在国内外刊物发表学术论文100余篇,获授权发明专利13项。

王志伟, 博士, 注册环保工程师, 同济大学环境科学与工程学院教授、博士生导师。主要从事膜法水处理技术研究工作, 近年来承担国家级、省部级等科研项目8项, 在 *Water Research*, *Journal of Membrane Science*, *Chemical Engineering Journal*, *Separation Science and Technology* 等国内外核心期刊发表研究论文90余篇(其中SCI论文60篇), 申请国家发明专利十余项, 研究成果获教育部科学技术进步奖、上海市科学技术进步奖等省部级奖4项, 中国国际博览会铜奖1项, 2012年获第三届SCOPUS“寻找青年科学之星”环境科学领域铜奖(Elsevier出版集团联合中国科学报社、中国科学网举办)和第十四届霍英东教育基金会高等院校青年教师奖。

张振兴, 博士, 伊利诺伊大学香槟分校研究员。分别于武汉大学、北京大学、美国纽约州立大学获得环境科学学士、硕士、博士学位。长期从事水环境系统、水文模型和水资源优化利用研究。致力于水环境系统模拟、水环境随机过程分析、水环境风险分析、随机水文学、环境系统不确定性分析和灵敏度分析等领域的研究。在环境系统模拟和随机水文学领域取得创新性成果, 在 *Water Resources Research*, *Journal of Hydrology*, *Journal of Hydrologic Engineering (ASCE)*, *Water Resources Management* 等学术期刊发表科研论文10余篇。2001年以来, 参与多项美国国家科学基金委(NSF)、美国地质局(USGS)、美国陆军工程兵团(USACE)的水资源与环境系统研究项目。

序

膜技术是材料科学和过程工程科学等诸多学科交叉结合、相互渗透而产生的新领域，特别适于现代工业对节能降耗、低品位原材料再利用和环境治理与保护等的重大需求。“十二五”期间，中国在膜领域取得了长足的进步，应我国水资源、能源、传统工业技术改造和环境保护等方面的重大需求，初步建立了面向应用过程的膜材料设计与制备理论框架，形成了一系列具有自主知识产权、性能达到国际先进水平的膜材料与膜过程，在水处理膜、气体分离膜、离子交换膜、无机膜、膜反应器、新型膜的理论和应用研究方面取得了重要的创新进展，为我国的节能减排与传统产业改造做出了突出贡献。“十三五”是实现我国膜产业发展的重要机遇期。希望膜行业同人能够以全产业链的创新为核心，在若干重要应用领域形成具有自主知识产权和自主品牌的国产膜材料、膜元件、膜组件、膜分离装置、工业化膜应用系统。在“十三五”末期，我们能够实现膜系统由中国制造向中国创造的转变，完成中国膜制造由大变强的战略任务。

郑祥博士在2013年出版的《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷）》的基础上，结合近年国家宏观产业政策、膜市场格局、商业模式研究的最新成果，与多位青年学者合作编写了《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷Ⅱ）》。我相信新报告的出版能够为宏观经济管理和企业经营管理提供扎实的决策依据，推动我国膜产业科学健康发展。

希望本报告的撰写团队——来自中国人民大学和中国科学院等顶级科研机构的年轻科学家与工程师们，以国家水环境治理为重大契机，围绕国家环境保护宏观战略与膜产业发展政策设计、绿色金融与膜产业发展融资机制、膜材料和传递机理研究、膜技术应用实践等领域，突出科学技术与经济管理相融合、突出基础研究与技术应用相结合，在科技开发、人才培养、平台建设、成果转化、合作交流、咨询服

务等方面进一步扩大与高校、科研机构、政府、企业的合作空间和领域，努力提升我国膜技术水平和膜产业的国际竞争力。

高从堦

2016年4月5日

前言

膜分离技术在我国水资源、能源、环境、健康和传统技术改造等领域已发挥关键性作用，成为推动国家支柱产业发展，改善生存环境，提高生活质量的共性技术。膜技术推广应用的覆盖面可以反映出一个国家过程工业、能源利用和环境保护的水平。

当前，水资源保护与水污染治理已成为生态文明建设的重要领域。2015年国务院发布《水污染防治行动计划》，在“十三五”期间对工业污染防治、城镇生活污染治理、饮用水安全保障、再生水利用四大领域提出明确要求。水资源短缺与水环境污染并存的严峻形势，使得高效实现水资源循环利用的水处理技术显得尤为重要。同时，随着膜技术的大规模应用，膜工艺也将进入技术成熟和成本降低双重驱动时代。国家“一带一路”战略的实施也为我国膜企业走国际化发展道路，开拓海外市场奠定了良好的基础。

我们团队于2013年出版的《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷）》得到高校和科研机构、金融机构和咨询机构的研究人员和环保及膜行业从业人员的高度评价，成为学术界、环保界、金融界、咨询界人士了解中国膜工业的窗口，并荣获第五届“中国膜工业协会科学技术奖”，对我国膜行业的发展起到了积极的推动作用。《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷Ⅱ）》在延续2013年膜报告体系结构的基础上，内容上继续秉承精华，总结膜行业面临的新问题与新挑战，从技术竞争力、市场格局、企业运行模式等角度对我国膜产业进行全方位和多维度的研究与分析，从而为宏观经济管理和企业经营管理提供扎实的决策依据。

本报告分三大部分十章对中国膜产业发展现状及发展趋势进行了阐述。报告的第一部分全面分析压力驱动膜（微滤、超滤、纳滤、反渗透四大膜过程）及无机膜、电驱动膜与气体分离膜在全球的发展状况，以及这些膜过程在中国、美国、日

本、欧洲、印度等国家与地区的应用状况；采用文献计量学方法对各国在膜技术研发方面的新动向与发展前沿进行详细评述。报告第二部分对膜技术在我国市政领域中的应用进行系统调查，特别是膜在市政污水处理、市政饮用水处理与民用净水产品三大领域的应用现状及未来的应用前景。报告第三部分系统分析了国内具有代表性的 14 家膜企业与全球 13 家平板膜企业的经营业绩、核心业务及核心竞争力。

《中国水处理行业可持续发展战略研究报告（膜工业卷Ⅱ）》由郑祥博士、魏源送博士、王志伟博士与张振兴博士带领中国人民大学和中国科学院两方团队共同完成。陈亚楠、邱天然、王江权、尚闽、陈晓芬、刘丽、沈志鹏、王晋琳和况彩菱等多位研究生参加了资料收集与整理工作。陈晓芬同学对全部书稿进行了文字校对与形式统稿。

非常感谢哈尔滨工业大学李圭白院士、浙江工业大学高从堦院士、北京工业大学彭永臻院士、中国科学院生态环境研究中心樊耀波研究员、浙江大学陈欢林教授在报告撰写过程中给予的指导与帮助！在调研过程，我们得到北京京城中水总工周军博士，北京时代沃顿总工金焱博士，北京碧水源总工俞开昌先生、李锁定博士，北京坎普尔董事长孟广帧博士，蓝星东丽副总王宇彤先生，北京特里高董事长张保成博士，安徽国祯总工侯红勋博士，日东电工集团美国海德能公司张秀刚先生，德国滢格张瑞金先生，LG 公司马玲玲女士，陶氏化学吴鸣颖女士，北京膜华李娜女士，大连天邦总经理徐徜徉博士，津膜科技副总经理徐平博士、总工戴海平博士，海南立昇总工陈杰博士，上海斯纳普总经理梁国明博士，河南大河董事长苗伟先生，南京瑞洁特总经理周保昌先生，江阴金水董事长汤建强先生，中信证券研究部王海旭先生，金元证券秦燕女士，上海申银万国证券谷风小姐等业内同行以及金融界人士的大力支持与帮助，从而确保了报告中数据的准确性。向各界人士所给予的大力支持表示衷心感谢！

虽然我们做了多方面的努力，但由于水平和经验所限，难免存在不妥之处，恳请读者和同人批评指正。

郑祥

2016 年 4 月 5 日

目 录

第一部分 总体情况篇

第一章 全球膜产业发展概况	3
第一节 全球膜市场概况	3
第二节 RO/NF 膜市场	5
第三节 UF/MF 膜市场	9
第四节 无机膜市场	14
第五节 电驱动膜市场	15
第六节 气体分离膜市场	16
第二章 全球主要国家膜应用概况	19
第一节 美国膜市场	19
第二节 日本膜市场	25
第三节 欧洲膜市场	33
第四节 印度膜市场	36
第五节 新加坡膜市场	40
第三章 中国膜产业发展概况	45
第一节 中国膜市场发展概况	45
第二节 中国膜产业发展现状	55
第三节 海外膜企业在中国市场的影响力	62

第四节 中国膜产业面临的挑战与机遇	65
第四章 新型膜市场发展概况	72
第一节 纳滤膜	72
第二节 正渗透膜	79
第三节 离子膜	87
第四节 膜相关设备	91
第五章 中国膜产业竞争力分析	99
第一节 中国膜科学基础研究领域竞争力分析——基于文献计量学的 分析	99
第二节 全球膜技术公开专利数分析	116
第三节 中国膜技术与产业竞争力分析	127

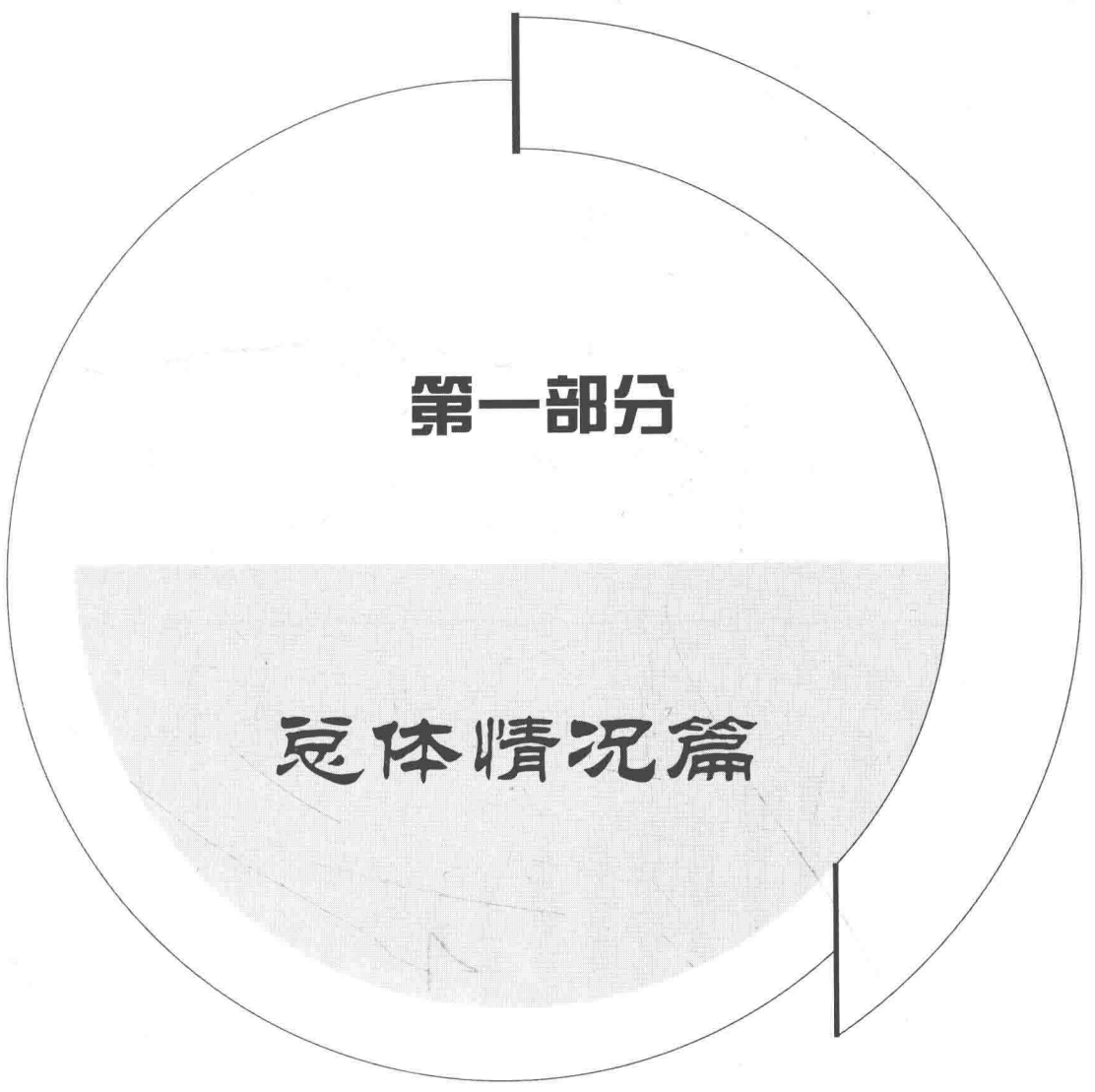
第二部分 应用篇

第六章 膜在市政污水处理中的应用（MBR 部分）	139
第一节 工艺概述	139
第二节 应用情况及特点分析	142
第三节 争议问题	154
第四节 我国市政领域膜产业市场容量预测	161
第七章 膜在市政饮用水处理中的应用	169
第一节 应用背景	169
第二节 发展历程	171
第三节 应用现状	175
第四节 运行效果	178
第五节 小 结	186
第八章 膜在民用净水产品中的应用	193
第一节 民用净水设备概述	193

第二节 技术发展现状	196
第三节 市场发展现状	198
第四节 我国民用净水设备标准现状	209
第五节 我国民用净水设备发展前景和市场空间预测	212

第三部分 市场篇

第九章 膜市场竞争主体	217
第一节 膜制造商	217
第二节 膜工程商	231
第三节 膜服务商——河南大河水处理有限公司	238
第十章 平板膜主要企业及市场应用情况	242
第一节 平板膜简介	242
第二节 国外知名平板膜企业	243
第三节 国内知名平板膜企业	247



第一部分

总体情况篇

