

海水淡化工程 技术与工艺

□ 赵国华 童忠东 编著

HAISHUI DANHUA GONGCHENG
JISHU YU GONGYI

化学工业出版社

郑州大学 *U4U107/90053*

海水淡化工程 技术与工艺

□ 赵国华 童忠东 编著

HAISHUI DANHUA GONGCHENG
JISHU YU GONGYI



化学工业出版社

· 北京 ·

国家“十二五”规划对我国海水淡化进一步提出了发展的目标,使我国海水淡化产业化成为支撑国民经济稳定发展的现代化节能产业。

本书的特点是把“海水淡化工程技术与工艺”和“能源短缺/节能减排”、国家“十二五”“我国海水淡化的发展目标”主题有机地结合,较系统地对各类海水淡化技术进行了分类和总结,包括海水淡化技术与设计、海水淡化工程原水预处理技术与工艺、海水淡化装置与设备、海水淡化技术与工程、海水淡化技术应用。

全书共分六章,内容翔实,资料丰富,实用性强,专业应用实例众多,通俗易懂,具有广泛参考价值。

本书可作为海水淡化、太阳能热利用、能源工程和水处理等部门的科研、工程技术人员的参考书;可供政府相关管理部门的管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

海水淡化工程技术与工艺/赵国华,童忠东编著.
北京:化学工业出版社,2012.2
ISBN 978-7-122-13072-3

I. 海… II. ①赵…; ②童… III. 海水淡化-工程技术 IV. P747

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 272208 号

责任编辑:夏叶清

文字编辑:陈 雨

责任校对:周梦华

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 447 千字 2012 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

世界上淡水资源不足,已成为人们日益关切的问题。有人曾预言,19世纪争煤,20世纪争油,21世纪可能争水。

作为水资源的开源增量技术,海水淡化已经成为解决全球水资源危机的重要途径。

海水淡化既省钱又环保,大力发展海水淡化和海水直接利用,这对于长远解决我国水资源短缺问题具有战略意义。向海洋要淡水,取之不尽、用之不竭,不受时空和气候影响,且水质好、供水稳定。海水淡化随着科技进步,成本还会降低,接近于自来水价格。到2010年,世界上已有150多个国家和地区在应用海水淡化技术,全球有海水淡化厂1.3万多座,海水淡化日产量约5560万立方米,相当于0.5%的全球用水量,其中85%用于饮用水,解决了1.5亿多人的供水问题。

据联合国2008年公布的数据,全球超过10亿人口居住在水资源稀缺地区。到2025年,这个数字将会攀升至18亿。这样的差距让众多商家把海水淡化产业誉为朝阳产业。专家称,未来20年国际市场在海水淡化领域有近700亿美元的商机。

中国海水淡化技术是在政府支持和国家重点攻关项目驱动下发展起来的,电渗析、反渗透和蒸馏法(多级闪蒸、压气蒸馏和低温多效蒸馏)等海水淡化技术的研究开发,都取得相当大的进展。“十二五”规划中对我国海水淡化进一步提出了发展的目标,使我国海水淡化产业化成为支撑国民经济稳定发展的现代化节能产业。

本书参考了国内外大量文献资料,在此谨向这些作者表示感谢。陈德全、郭爽、丰云、蒋洁、王素丽、刘殿凯、王瑜、王月春、韩文彬、俞俊、周国栋、高巍、周雯、耿鑫、陈羽、朱美玲、方芳、高新等同志为本书的资料收集和编写付出了大量精力,在此一并致谢。

因编撰此书时间仓促,再加之编者水平有限,难免会有遗漏或不准确之处,请读者指正。

编者
2011年8月

目 录

第一章 水资源 1

第一节 概论	1
一、水资源定义与特性	1
二、世界水资源问题	2
三、中国的水资源概况	4
四、中国水资源开发利用	5
五、海水淡化与水资源可持续利用	6
第二节 国内外海水淡化技术的发展	9
一、全球海水淡化发展现状与趋势	9
二、我国海水淡化技术与工程	12
三、苦咸水淡化技术	15
第三节 国内外海水淡化技术创新与淡化方法及应用	17
一、海水淡化技术创新	17
二、国外海水淡化突破性技术	18
三、国内外海水淡化方法简介	21
四、国内外海水淡化技术与方法的应用	23
第四节 海水淡化工程原水的组成、性质与开发	26
一、海水淡化工程原水的组成	26
二、海水和河流水及区别	27
三、海水化学资源的开发价值与淡化海水的开发	28
第五节 我国海水利用产业发展与海水资源化和脱盐技术	34
一、海水利用现状	34
二、产业化发展态势	36
三、海水资源化和脱盐技术与综合利用	37
第六节 海水淡化浓盐水零排放技术	40
一、海水淡化技术及应用	40
二、海水淡化对环境的影响	40
三、应对措施与解决方法	43

第二章 海水淡化技术设计 46

第一节 海水淡化技术的概念	46
一、海水淡化定义与用途	46
二、海水淡化的发展与技术方向	46
三、反渗透海水淡化技术与设计	48
第二节 海水淡化过程的理论耗能量的设计	54

一、我国海水淡化过程的能耗与成本	54
二、海水淡化过程的经济性比较	56
三、去硼膜减少了反渗透海水淡化的费用	57
第三节 海水淡化技术和苦咸水淡化技术与设计	58
一、中东海湾国家、北美地区的技术情况	58
二、海水淡化技术近期的技术进展	58
三、苦咸水淡化技术的进展	65
四、海水与苦咸水资源利用的技术方向与设计进展	69
第四节 海水淡化工程技术与海水淡化方法及工业应用设计	72
一、概述	72
二、海水淡化方法的选择	73
三、海水淡化工程技术的工业应用设计	78
第五节 反渗透技术在 Ashkelon 海水淡化项目中的工艺设计	80
一、反渗透技术与 Ashkelon 海水淡化	80
二、Ashkelon 海水淡化工艺设计	81
三、Ashkelon 反渗透创新技术和运营经验	83
第六节 电渗析淡化工程技术与创新工艺设计	84
一、概述	84
二、电渗析淡化工程技术	85
三、电渗析法海水淡化预处理的创新工艺设计	86
四、电渗析苦咸水淡化黄骅市示范工程设计典型实例	88
第七节 反渗透海水淡化的预处理工艺设计	90
一、概述	90
二、反渗透淡化工程技术	90
三、反渗透法苦咸水淡化与工艺设计实例	90
四、超滤技术海水淡化预处理与设计举例	93
五、反渗透苦海水、苦咸水淡化典型的工艺实例及解决方案	95
第八节 100000m ³ /d 低盐度海水淡化系统工艺设计	96
一、设备装置及工艺设计	96
二、施工和运转情况	99
三、成本与效益分析	99
四、超滤膜法预处理工艺设计	100
第九节 日本太阳能反渗透法海水淡化系统设计	100
一、设计概述	100
二、冲绳市濑户太阳能反渗透法海水淡化系统工程设计	101
三、因岛市细岛太阳能反渗透法海水淡化系统工程设计	101
四、海水淡化系统工程设计	101

第三章 原水预处理和后处理新技术与新工艺

103

第一节 反渗透海水淡化预处理新技术与新工艺	103
一、概述	103
二、工艺流程与试验方法	103

三、原海水预处理技术新的改进方法	104
第二节 预处理工艺主要设计参数要求与选择	104
一、概述	104
二、原水分析	105
三、结垢控制	105
第三节 海水淡化预处理常用药剂与新产品研究	109
一、常用混凝剂和絮凝剂与海水淡化预处理	109
二、高锰酸钾对原水水质助凝及除污染的应用	109
三、海水淡化预处理絮凝剂研究实例	111
第四节 海水原水混凝沉降工艺中除浊与除铝及过滤器（后处理）去除新技术	114
一、铝的危害及来源	114
二、常规水处理工艺除铝的可能性	115
三、多介质过滤器（后处理）去除新技术	115
第五节 用超滤膜处理高浊度海水原水的新技术与新工艺	116
一、概述	116
二、超滤膜的新工艺装置及工艺流程	116
三、处理高浊度海水原水的去除新技术	117
第六节 黄浦江微污染原水的预处理工艺	120
一、概述	120
二、工艺流程对比	120
三、运行参数和挂膜情况	120
四、原水水质和分析测定方法	120
五、预处理工艺结果与讨论	121
六、生物接触氧化预处理工艺结论	124
第七节 海水淡化原水预处理工艺净化水技术	125
一、水处理滤料选用的 KDF 滤料	125
二、微滤成膜技术——含藻类低浊水处理技术新思路	127
三、海水淡化原水除余氯与铁和锰氧化过滤设备净化水技术	127
第八节 海水淡化 RO 系统预处理工艺流程	128
一、海水淡化反渗透（RO）概述	128
二、超滤膜分离特点及应用	129
三、超滤中试试验条件及方法	129
四、超滤-纳滤海水淡化预处理工艺中的超滤膜稳定性中试试验数据分析	130
五、超滤中试结论	131
第九节 原水灭菌杀生与除有机物、异臭和异味技术	132
一、消除与控制恶臭除异味工程	132
二、国家对恶臭的法规要求	132
三、除臭工艺比较	132
四、超滤膜用于海水淡化预处理的试验研究	132
第十节 反渗透系统预处理疵病分析、工艺质量控制与故障排除	133
一、反渗透预处理系统常规设备	133
二、在线氧化还原表计（ORP 表）与实际值偏差问题	133

三、地表水超滤系统出水浊度问题	134
四、多介质过滤器适用的流速范围	134
五、多介质过滤器滤料乱层现象	135
六、过滤器性能恢复	135
七、保安过滤器滤芯的更换周期	135
八、原水中铁锰去除	136
九、原水中 Sr、Ba 去除	136
十、与原水相匹配的阻垢剂及加药量	136
十一、PAC、PAM 加药量选择	137
十二、活性炭滤料质量与更换周期	137
十三、澄清池的“翻池”现象	137
十四、淤泥密度指数测定	138
十五、反渗透系统故障排除与解决方法	139

第四章 海水淡化装置与设备

145

第一节 海水淡化装置的分类及原理	145
一、反渗透装置膜的形态分类	145
二、CECO 反渗透膜海水淡化装置分类	145
三、海水淡化法原理	146
四、太阳能海水淡化装置（太阳能蒸馏器）分类	147
五、太阳能海水淡化装置的开发与生产	148
第二节 海水淡化装置中的基本传热传质关系	149
一、真空蒸馏式海水淡化的热力分析	149
二、真空蒸馏式海水淡化技术的原理	149
三、热力分析及模型的建立和模拟	149
四、海水淡化技术原理和性能	151
第三节 太阳能海水淡化装置的传热性能与结构	151
一、太阳能海水淡化装置的结构和工作原理	152
二、太阳能海水淡化装置中的传热传质研究	153
第四节 国内外太阳能光伏反渗透海水淡化装置与设备	154
一、概述	154
二、国内太阳能反渗透海水淡化装置	154
三、国外太阳能反渗透海水淡化装置	155
第五节 传统的太阳能海水淡化装置	156
一、传统太阳能海水淡化技术的问题	156
二、太阳能海水淡化方案	157
第六节 新型太阳能海水淡化装置 CPC 优化设计	158
一、概述	158
二、系统的组成及原理	158
三、系统的 CPC 太阳能集热器匹配研究	159
第七节 多级闪蒸发技术过程和设备	161
一、多级闪蒸过程原理	161

二、多级闪蒸海水淡化技术过程	161
三、多级降膜闪蒸高效紧凑式太阳能海水淡化装置和设备	161
第八节 多效蒸发淡化试验过程和试验系统与设备	162
一、试验系统设备	162
二、系统与设备及流程的初步结果	163
三、双塔竖直接管多效蒸发海水淡化特点	164
第九节 低温多效蒸馏法海水淡化技术和装置与设备	165
一、低温多效蒸馏法海水淡化技术	165
二、海水淡化技术的优点及其发展趋势	166
三、低温多效蒸馏淡化技术装置和设备	166
第十节 高效节能型反渗透海水淡化装置与设备	167
一、概述	167
二、高效节能反渗透装置	167
三、高效节能型反渗透海水淡化装置	168
四、传统反渗透海水淡化装置比较	168
五、装置与设备应用范围及市场前景	169
第十一节 海水和苦咸水淡化反渗透膜装置与设备	169
一、概述	169
二、反渗透海水淡化方案	170
三、反渗透设备（反渗透装置）基本原理及特点	170
四、常规工艺流程	171
五、反渗透膜装置和设备实例	171
第十二节 海水淡化及在污水处理中曝气器装置的应用	174
第十三节 钛制板式换热器在海水淡化中的应用	177
一、概述	177
二、板式换热器概述	178
三、钛制板式换热器产品系列	178
四、钛制板式换热器在海水淡化中的应用	179
第十四节 电极化海水淡化方法及装置	179
一、概述	179
二、电极化海水淡化方法设计	180
三、淡化过程中材料及电极反应	180

第五章 海水淡化技术与工程

181

第一节 海水淡化工程概述	181
一、概述	181
二、海水淡化工程中的几种主要工艺	184
第二节 电渗析海水淡化苦咸水技术与工程	184
一、概述	184
二、电渗析苦咸水淡化方法	185
三、西沙电渗析苦咸水淡化工程	185
四、纳滤膜在苦咸水淡化中的应用现状	187

第三节 蒸馏法海水淡化技术与工程	187
一、概述	187
二、海水淡化的方法原理及技术性能	188
三、电厂海水淡化系统	190
四、海水淡化系统的运行状况及特点	191
第四节 反渗透海水淡化技术与工程	192
一、反渗透海水淡化预处理评述	192
二、沧化公司淡化工程	194
第五节 纳滤技术用于反渗透海水淡化与苦咸水工程	198
一、概述	198
二、纳滤技术用于反渗透海水淡化预处理	198
三、纳滤技术用于水处理国内外概况	198
四、纳滤给水预处理的技术优势与影响纳滤膜脱盐效率的因素	199
五、纳滤技术用于慈东自来水管的工程	200
六、纳滤技术与建议	202
第六节 国内外反渗透海水淡化工程实例	203
一、巴塞罗那反渗透海水淡化工程	203
二、浙江马迹山淡化工程	203
三、浙江玉环发电站反渗透海水淡化工程	204
四、大连长海海水淡化工程	205
第七节 核能海水淡化技术与工程	207
一、概述	207
二、世界核能海水淡化的发展	207
三、中国核能海水淡化的应用	208
四、核能海水淡化的项目所需设备和投资估算	210
第八节 核能海水淡化供热技术与工程	211
一、核能的非发电应用	211
二、城市供热与海水淡化技术的发展趋势	211
三、核能是大规模供热与海水淡化的理想热源	212
四、一体化壳式供热堆技术的商业目标和新进展	213
第九节 摩洛哥坦坦地区核能海水淡化示范工程	215
一、概述	215
二、核能海水淡化示范工程技术方案	215
三、投资与经济分析	217
四、海水淡化工程结论	217
第十节 太阳能和风能海水淡化技术与工程	218
一、概述	218
二、技术发展现状	218
三、应用实例	219
第十一节 海水淡化工程与海洋环境	220
一、浓盐水影响海洋环境、海水淡化当走盐化工路线	220
二、海水淡化浓盐水排放与海域环境产生影响	221
三、降低浓缩海水危害，实现资源综合利用	226

第一节 膜法海水淡化技术的应用	228
一、膜法应用概况	228
二、反渗透海水淡化技术的进展	231
三、脱盐、浓缩在废水资源化方面的应用	232
第二节 超滤技术在反渗透海水淡化预处理中的应用	233
一、海水淡化技术发展应用概况	233
二、渗透海水淡化技术的新进展	233
三、我国反渗透技术的进展	234
第三节 反渗透法在海水淡化方面的应用	235
一、反渗透法	235
二、反渗透预处理	236
三、反渗透膜元件的选择	238
四、反渗透装置的清洗	238
五、影响反渗透运行的因素	238
第四节 反渗透海水淡化能量回收技术的发展及应用	239
一、概述	239
二、国外 SWRO 能量回收技术的发展	239
三、国内的研究状况	241
四、能量回收装置性能比较及发展趋势	241
五、能量回收装置在国内的应用	242
第五节 海水淡化技术在火力发电厂中的应用	243
一、应用概况	243
二、火力发电厂有利于海水淡化的相关条件	243
三、火力发电厂海水淡化的系统设计	244
四、低温多效 (LT-MED) 在电厂中的设计应用	244
五、电厂反渗透海水淡化的系统设计	246
六、按最低温度作为设计点的设计方案	247
七、两个设计方案比较	249
八、淡化水后处理	251
九、投资与成本预测	251
第六节 浙江舟山地区海水淡化技术的应用	252
一、舟山海岛地区水资源现状	252
二、海水淡化技术	253
三、舟山地区的海水淡化技术应用	254
第七节 海水淡化技术的发展与工业应用	255
一、大唐王滩电厂简介	256
二、王滩电厂海水淡化系统介绍	256
第八节 太阳能海水淡化产业链开发与生产	258
一、太阳能海水淡化技术的研究与产业链发展现状	258
二、太阳能海水淡化系统的重要意义与新特点	259
三、HM/HD 型太阳能海水淡化系统未来的竞争优势	260

第九节 磁流体发电技术在海水淡化等方面的应用	261
一、磁流体发电技术的产生和发展	261
二、淡水危机	262
三、海水淡化技术的发展	262
四、海水淡化的新思路	263
五、磁流体发电技术的改进及应用	263
第十节 Vontron 苦咸水膜在山西铝厂的应用	264
一、概述	264
二、工艺流程	264
三、系统运行情况	264
四、Vontron 苦咸水膜结论	266
第十一节 玻璃钢管在海水淡化厂中的应用	266
一、概述	266
二、逆向渗透为解决淡水需求与严重的缺水问题的技术	266
三、海水淡化设施选用材料	267
第十二节 国内外海水淡化方法在城市用水中的应用	267
一、概述	267
二、海水淡化在城市给水系统中的应用	268
三、城市给水致臭物质的来源及去除方法	270

第一章 水资源

第一节 概 论

一、水资源定义与特性

1. 水资源定义

“水资源”一词从出现至今，仅有 100 多年历史，尽管不同学者对水资源的内涵有不同理解，但是，水资源作为维持人类社会赖以生存和发展的重要资源之一是无置疑的。广义来说，水资源为一切可被人类利用（直接或间接）的天然水，包括于人类所及空间各种相态（液、固、气态）的水。联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）在 1988 年定义的水资源为“作为资源的水应当是可供利用或有可能被利用，具有足够数量和可用质量，并可适合某地水的需求而能长期供应的水源”。我国对水资源的理解在《中国大百科全书》中，在“大气科学，海洋科学，水文科学”卷将水资源定义为“地球表层可供人类利用的水，包括水量（质量）、水域和水能资源。一般指每年可更新的水量资源”。在“水利”卷中水资源的定义则是依《大不列颠百科全书》为蓝本，为“自然界各种形态（气态、液态或固态）的天然水，供评价的水资源是指可供人类利用的水源，即具有一定数量和可利用的质量，并在某一地点能够长期满足某种用途的水资源”。在“地理”卷中，则有明确时间概念，认为水资源是“地球上目前和近期人类可直接或间接利用的水，是自然资源的一个重要组成部分”，并指出“随着科学技术的发展，被人类所利用的水在增多”。

2. 水资源特性

水资源是人类社会一切生产、生活的物质基础，没有水和水资源就没有人类，但水和水资源在自然物质概念上是不同的，地球上的天然水不等于水资源，只有作为人类生产与生活资料的天然水才是水资源。这样一来，作为资源的水在地球上就非常有限，只占地球系统中水的十万分之三，约有 4.7 亿立方千米。这种水资源具有以下自身的特性。

① 水资源是人类社会赖以生存和发展不可替代的自然资源。包括人类、动物、植物在内的一切生命，从孕育的第一天起，就与水融为一体，生命的任何现象都与水密切相连、休戚相关。绿色植物如果缺水就要枯萎，如果长时间缺水，就会死亡，动物和人也不例外。水又是不可替代的资源，如果将来某一天，地球上没有水资源存在，那么，地球上的动、植物就无法生存，目前人类还无法找到水资源的替代品，这也是水资源区别于其他自然资源的一个显著特点，所以，人类要加倍珍惜数量有限的水资源。

② 水资源是循环再生的资源，在一时间限度内是有限的。水资源遵循水循环的规律可以更新，但不是“取之不尽，用之不竭”的资源。它不像煤、石油、天然气、森林等资源，一旦开采利用，将会用一点少一点，用完就会消失。而水则不同，在人类使用以后的一段时间内，它会如约而来，供人类再次利用，但数量也是有限的。但是水资源的这种循环性和可



再生性,是一个动态概念,人类合理利用水资源,就可以得到良性循环;反之,如果人类过度开采,或污染水体,也即破坏了水资源的循环及其周期性,使循环恶性发展,或是水循环周期拉长,导致更新水资源不能如期而至,乃至减少。

③ 水资源具有很强的时间性,具有动态变化特性。这是水资源区别其他自然资源的特性之一,降水、河川径流、冰川消融等都有明显的年际变化和年内分配。年际变化是指某地区今年的水源并不等于去年的水资源,也不与明年的水资源相等,年与年之间存在着明显的差异。许多干旱地区最大年径流与最小年径流之比在几倍甚至10倍以上。年内分配是指一年之中存在着明显的丰季。水资源的这种变化特性,不仅受气候变化的控制,而且也受人类活动的影响,这给水资源开发利用带来许多障碍。人类针对资源变化的时间特性,采用了许多工程和非工程措施,投入大量人力和财力,修建引取、积聚、调节、储存和分配水资源的工程,发展适应水资源特点的种植利用、保护水源、涵养功能等措施。

④ 水资源具有区域性特色。水从地球形成起,便依附于地壳、地表和大气,不断地进行物理和化学变化,其中大气水和河川水最活跃。这部分淡水在全球水量中所占比例很小,但有其循环特性,如果人类合理开发利用,基本上保持一种动态平衡,可供人类连续利用,成为我们水资源的重要组成部分。由于大气水和河川水受到地球大气、地形地貌、地质、土壤、植被等因素的影响,在地域上分布极不平衡,区域与区域相差悬殊,这就是说,水资源具有区域性差异。

⑤ 水是一种很特殊的资源,同时具有生态效益、社会效益和经济效益。水是自然生态系统的重要组成部分,并且是极其活跃的,因为不论在湿润地区,还是干旱地区,水可以调节气候、改善环境成为生命乐园,具有独特的环境资源价值。随着人类社会对水的用途越来越广泛,对水的需求也越来越大,水的使用价值与时俱进。在水资源综合开发利用时,还要涉及许多问题,如水分配、保护、引用、控制、调节、处理等,都要付出一定的劳动和代价,也即水具有一定的价值。水与其他商品一样,也具有价值和使用价值,这种水的经济特性,与其他自然资源,如煤炭资源、石油资源、森林资源等一样。然而,水的这种经济特性在过去没有引起注意,当水资源紧缺时就显得特别重要。为此,我们不仅认识到水资源的价值,还要处理好这个问题。水资源的社会性主要是指水属于整个人类,地球的水资源是全人类的财富,一个流域的水资源是全流域共享的资源,任何国家、地区、工厂、个人在使用时,都应该按照水资源自身形成、循环规律来合理利用。

⑥ 水资源可以重复利用,这也是区别其他自然资源的又一特性。如煤、石油、天然气、森林等其他自然资源,一旦被人类使用,将消耗掉这种资源,很难再重复利用。而水资源则不同,如果一次使用后水的质量仍能满足某种需要,它仍然可以被再次利用。这种重复利用,可以在相同行业和部门被重复利用,例如,工业生产中的冷却水,因为水质在使用后没有明显变化,当其温度降低以后,完全可以再次作为冷却水被利用,还可以在不同行业和部门被重复利用,例如,在家庭,淘米水可用来洗菜,用后的生活水,可以作为灌溉用水被重复利用;大量的工业用水和生活用水使用后,其量损失很小,但水质遭到破坏就无法再次利用,这时候,如果采用适当的方法对污水进行处理,则这部分水可以在相同的或不同的行业和部门被重复利用。在水资源日益紧张和科技发展的今天,污水资源化,可使这部分水资源得到重复利用。

二、世界水资源问题

世界水资源总量为410220亿立方米,人均水资源量为7342立方米/人。1995年,全世



界水资源利用量 38000 亿立方米,消耗量 21000 亿立方米,其中农业用水量 25000 亿立方米,工业用水量 7500 亿立方米,居民生活用水量 3500 亿立方米,各种损失量 2000 亿立方米。

在全球范围内面临以下的水资源问题:

全球供水安全面临严峻挑战。根据世界水理事会发布的《全球水展望》统计,目前世界上有 12 亿人(占全球人口的 1/5)得不到安全饮用水,有 30 亿人(占全球人口的 1/2)缺乏卫生设施,每年有 300 万~400 万人死于水致性疾病。

水资源短缺日益成为全球性的问题。从 1900 年到 1995 年,全球用水量从 6000 亿立方米增加到 38000 亿立方米,增加了 5 倍,是同期人口增幅的两倍以上。1993 年联合国对世界淡水资源的评价表明有 1/3 的人口居住在水资源中度和高度紧缺的地区。联合国的报告显示,2025 年世界用水总量将达到 44840 亿立方米,届时受水资源短缺困扰的世界人口将增加到总数的 2/3,人均可利用水资源量将从 1990 年的 7800 立方米减少到 2025 年的 4800 立方米。

世界水环境状况趋于恶化。在大多数发达国家和经济转型国家,许多经济进步都是以严重破坏自然环境为代价的。在 20 世纪中,世界湿地面积已经减少半数,造成重大的生物多样性损失。在发展中国家,所有大城市的地表水和地下水水质都在迅速恶化,威胁人的健康和自然价值。

2000 年 3 月 17~22 日,世界水理事会在荷兰海牙召开了第二届世界水论坛暨部长级会议,中日两国都派政府代表团参加了这次会议,这是一次极为重要的世界水资源政策大会,会上对保证 21 世纪全球水安全达成了共识,发表了海牙部长级宣言,会上中国水利部原部长汪恕诚先生在发言中提出了在统一认识的基础上,立即开始行动的倡议,赢得了与会代表和会议组织者的广泛赞同。

2003 年在日本召开第三届世界水论坛暨部长级会议。联合国大会提议把 2003 年作为国际淡水年,表明了国际社会对水资源可持续利用问题的高度重视。中日在水资源领域已经开展了广泛的交流与合作,我们参与了日本建设省河川局主办的河流中的水系列专题咨询活动。

第四届世界水论坛于 2006 年 3 月在墨西哥首都墨西哥城召开。第四届世界水论坛的主题为“采取地方行动,应对全球挑战”。论坛已经从第二届论坛的主题“世界水展望”和第三届水论坛的“实施的具体行动和承诺”,发展到如何将地方行动融入世界水利建设,如何将不同机构和组织发出支持的声音转化为实际的地方行动,从而进一步实现所做的承诺,这也是我们面临的主要挑战。

第五届世界水论坛在通过了《部长宣言》后,在 2009 年 3 月土耳其伊斯坦布尔圆满闭幕。论坛期间,中国政府代表团团长、水利部部长陈雷全面阐述了中国政府在防范重大自然灾害、强化水资源管理、保障饮水安全和粮食安全、应对全球气候变化等方面的主张,介绍了中国的治水思路和水利建设成就,与各国同行就水领域的热点问题进行了广泛深入的交流探讨,学习借鉴国外先进理念和经验,提出了加强水领域国际合作的建议,得到了国际社会的广泛关注。

第六届世界水论坛 2011 年 3 月在奥地利首都维也纳开幕,气候变化、城市未来发展以及卫生保健是本届大会的三大议题。

2011 海水淡化及水再利用国际研讨会由天津市政府、国家海洋局和国际脱盐协会共同主办,会议主题为“海水淡化,人类的生存和发展”。

21 世纪,水资源问题已成为困扰世界各国经济和社会发展的一个制约因素。目前全世

界约有 80 多个国家和地区严重缺水, 占地球陆地面积的 60%, 有 15 亿人缺少饮用水。20 亿人得不到安全的用水。预计未来 25 年内, 世界上半数人口将极难找到足够的农用和饮用淡水。

众所周知, 全球水资源中海水占 97%。人类可直接利用的淡水不足总量的 1%, 而且时空分布极不均匀。在 21 世纪, 水资源的重要性将不亚于能源。我国淡水人均占有量只有世界平均水平的 1/4, 1993 年以来已有 300 个沿海城市缺水, 减少年产值约 1200 亿元。而到 21 世纪中叶, 我国 50% 的人口将集中到沿海地区。面对淡水资源危机, 海水利用已经刻不容缓。

目前世界各国常用的局部地区缺水解决方案有远程调水、地下取水、建造水库等, 但是长期使用造成了水源枯竭、浪费土地、地面下沉和破坏生态等诸多弊端, 且均属于淡水存量调整, 不能从根本上解决淡水危机。另外雨水的收集利用、废水回用和加强水资源的立法管理等也可以缓解部分地区的淡水短缺。

海水淡化作为一种开辟新水源的相对成熟的技术, 已成为世界上公认的解决缺水的最佳方案。

据世界银行提供的数据, 我国年人均水资源拥有量约为 2151 立方米, 这只有世界平均水平的 1/4, 是世界上人均拥有水资源量最低的国家之一; 而北方人均水资源拥有量每年只有 757 立方米, 不到南方的 1/4, 约为世界平均水平的 1/11, 低于通常界定为“水稀缺”的阈值水平 1000 立方米。

我国加速海水直接利用, 降低海水淡化成本, 发展海水农业(农业用水占 80%)等海水利用的高新技术开发及产业化已成为具有战略意义的紧迫问题。我国海水淡化的研发队伍、机构及设施已初具规模, 研究开发已取得较大进展, 有的已开始实施产业化。大力推进相关工程技术的集成、开发和应用, 海水淡化产业化必将取得突破性的进展。

三、中国的水资源概况

1. 水资源总量

中国水资源总量为 2.8 万亿立方米。其中地表水 2.7 万亿立方米, 地下水 0.83 万亿立方米, 由于地表水与地下水相互转换、互为补给, 扣除两者重复计算量 0.73 万亿立方米, 与河川径流不重复的地下水资源量约为 0.1 万亿立方米。按照国际公认的标准, 人均水资源低于 3000 立方米为轻度缺水; 人均水资源低于 2000 立方米为中度缺水; 人均水资源低于 1000 立方米为重度缺水; 人均水资源低于 500 立方米为极度缺水。中国目前有 16 个省(区、市)人均水资源量(不包括过境水)低于严重缺水线, 有 6 个省、区(宁夏、河北、山东、河南、山西、江苏)人均水资源量低于 500 立方米。

2. 中国水资源的主要特点

总量并不丰富, 人均占有量更低。中国水资源总量居世界第六位, 人均占有量为 2240 立方米, 约为世界人均的 1/4, 在世界银行连续统计的 153 个国家中居第 88 位。

地区分布不均, 水土资源不相匹配。长江流域及其以南地区国土面积只占全国的 36.5%, 其水资源量占全国的 81%; 淮河流域及其以北地区的国土面积占全国的 63.5%, 其水资源量仅占全国水资源总量的 19%。

年内年际分配不匀, 旱涝灾害频繁。大部分地区年内连续四个月降水量占全年的 70% 以上, 连续丰水或连续枯水年较为常见。



四、中国水资源开发利用

水资源是指由当地降水产生的,可以用于人们生产与生活各类用途,存在于河流、湖泊、地下含水层中的逐年可更新的动态水资源,主要包括地表水和地下水。水资源具有循环性和有限性、时空分布不均匀性、不可替代性、经济上的利害两重性四种特性。

1. 水资源开发利用成就

中华民族 5000 年文明史也是与水旱灾害斗争的历史,新中国成立后,水利建设取得了举世瞩目的成就。到 2000 年,建成水库 8.5 万座,总库容 5100 亿立方米;发展灌溉面积 8.2 亿亩;修建堤防 27 万千米,初步控制了大江大河常遇洪水;治理水土流失面积 80 万平方公里;水电装机 7680 万千瓦,653 个县实现了农村电气化。

2. 水资源开发利用分析

2000 年全国用水总量 5498 亿立方米,其中农业 3784 亿立方米,占 68.8%,工业 1139 亿立方米,占 20.7%,生活用水 575 亿立方米,占 10.5%。从开发利用程度分析,全国水资源开发利用率达到 20%,水资源开发利用程度最高的海河流域地表水控制利用率达到 94%,平原区浅层地下水开采率为 100%,水资源总量消耗率达到 96%。从用水指标分析,全国人均用水量 430 立方米,万元 GDP 用水量 610 立方米,万元工业产值用水量 78 立方米,农田灌溉亩均用水量 479 立方米,城镇生活人均用水量为每日 219L,农村生活人均用水量为每日 89L。

3. 水资源开发利用中存在的主要问题

(1) 供需矛盾日益加剧

首先是农业干旱缺水。随着经济的发展和气候的变化,中国农业,特别是北方地区农业干旱缺水状况加重。目前,全国仅灌区每年就缺水 300 亿立方米左右。20 世纪 90 年代年均农田受旱面积 2667 万公顷,干旱缺水成为影响农业发展和粮食安全的主要制约因素;全国农村有 2000 多万人口和数千万头牲畜饮水困难,1/4 人口的饮用水不符合卫生标准。

其次是城市缺水。中国城市缺水现象始于 20 世纪 70 年代,以后逐年扩大,特别是改革开放以来,城市缺水愈来愈严重,见 2010~2020 年北方沿海四省市(天津、河北、山东、辽宁)缺水预测表(表 1-1)。据统计,在全国 663 个建制市中,有 400 个城市供水不足,其中 110 个严重缺水,年缺水约 100 亿立方米,每年影响工业产值约 2000 亿元。

(2) 注重区域与行业市场问题

从地理区位分析,东部沿海地区有着得天独厚的丰富的海水资源,可直接投资建设生产。我国沿海城市的水资源量占全国的 1/4,人均水资源量为 1356 立方米(全国平均水平为 2186 立方米),工业用水量以及生活用水量为 570 亿立方米和 279 亿立方米,分别占全国总量的 50.1%和 48.6%,缺水态势十分明显。预计 2020 年中国东部沿海省市人口将达到 5.92 亿,比 2000 年的 5.11 亿净增 0.81 亿,按当年人均需水 469 立方米计算,到 2020 年新增净需水量为 380 亿立方米,累计年缺水量为 669 亿立方米。在沿海地区投资海水淡化产业必须根据海水资源地理位置定位的同时,应该认真地分析和把握区域用水量及缺水量的状况,准确定位海水淡化产品的销售市场。从地理位置上分析,海水淡化企业应该注重京津冀地区、辽东半岛、山东半岛、长三角地区、珠三角地区、北部湾地区,重点关注目前已经比较严重缺水的省份。