

高从堦 陈国华 主编

海水淡化技术与工程手册



化学工业出版社

海水淡化技术与工程手册

高从堦 陈国华 主编

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

海水淡化技术与工程手册/高从堦, 陈国华主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 2
ISBN 7-5025-5206-5

I. 海… II. ①高…②陈… III. 海水淡化-技术手册 IV. P747-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 010906 号

海水淡化技术与工程手册

高从堦 陈国华 主编

责任编辑: 叶 露

文字编辑: 丁建华

责任校对: 郑 捷

封面设计: 关 飞

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

http: // www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 31 字数 763 千字

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5206-5/X · 380

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《海水淡化技术与工程手册》

编 委 会

主 编：高从堦 陈国华

编 委：阮国岭 张维润 陈淑珠

编写人员

(以姓氏汉语拼音为序)

安逢龙	国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所	高级工程师
陈国华	中国海洋大学化学化工学院	教授
陈淑珠	中国海洋大学海洋环境工程学院	教授
陈益棠	国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心	教授级高级工程师
高从堦	国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心	中国工程院院士 研究员
林斯清	国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心	教授级高级工程师
吕庆春	国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所	教授级高级工程师
阮国岭	国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所	教授级高级工程师
谭永文	国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心	教授级高级工程师
尹建华	国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所	高级工程师
张维润	国家海洋局杭州水处理技术研究开发中心	教授级高级工程师
赵河立	国家海洋局天津海水淡化与综合利用研究所	高级工程师

编 写 分 工

第1章、第3章、第11章、第12章	高从堦
第2章、第14章	陈国华、高从堦
第4章、第13章、第15章	陈国华
第5章	阮国岭、尹建华、吕庆春、赵河立
第6章	赵河立、尹建华、阮国岭
第7章、第8章	高从堦、张维润、陈益棠、谭永文
	林斯清
第9章	安逢龙、阮国岭、尹建华、赵河立
第10章	阮国岭、安逢龙、赵河立、吕庆春
第16章	陈淑珠

内 容 提 要

我国是人均水资源占有率低于世界水平的国家之一，淡水资源的匮乏已成为制约我们社会进步和发展的瓶颈问题。而我国的海水与苦咸水资源比较丰富，淡化并利用海水与苦咸水是解决我国淡水资源不足问题的重要途径。

本书由我国水处理技术首席专家高从堦院士领衔编写。在介绍世界水资源概况与海水、苦咸水淡化技术知识的基础上，全面介绍了各种现代海水淡化技术与工程，包括热法（如蒸馏法、冷冻法），膜法（如反渗透膜和纳滤膜、电渗析），利用核能、太阳能、风能和其他方法（电容吸附、气体水合物、嵌镶离子交换膜压渗析、溶剂萃取）等的海水淡化技术与工程，并介绍了各种水质标准和水质检测方法。本手册以介绍各种海水淡化技术与工程为主，注重实用，从大型海水淡化厂到船用、家用淡化设施，从海岛、陆地的海水淡化技术应用到救生用淡化方法，结合了一些工程实例都予以较详细的介绍，同时还兼顾了海水淡化技术的延伸、海水资源综合利用、海水淡化相关新理论的发展等内容。本书对不同规模、不同用途的海水、苦咸水淡化工程（产业）都有参考价值。

本书可供海洋、水资源及环境等学科相关专业师生、工程技术人员、管理人员参考。

前 言

水是生命的源泉，是社会经济发展的命脉，是人类宝贵的、不可替代的自然资源。联合国有关机构指出“水将成为世界最严重的资源问题”，“供水不足将成为一个深刻的社会危机，世界上在石油危机之后的下一危机便是水的危机”。缺水问题是一个世界性问题。我国也早认识到缺水已成为制约社会进步和经济发展的瓶颈，这一认识是付出沉重代价获取的。认为水是取之不尽用之不竭的思想和把水作为最廉价生产资料的意识长期支配着人们的行为。随着经济的持续发展和人民生活水平的提高，对水量的需求越来越大，对水质的要求越来越高，而水资源的不足、时空分布的不均，加上超限度的开采、无节制的浪费、随意的污染以及管理不善等，使本来紧张的水资源供需矛盾更加尖锐，所以，为了我国经济可持续发展，对水资源问题的解决是非常迫切的，是势在必行的。

我国水资源总量 2.81 万亿 m^3 ，居世界第 6 位，但人均均为世界人均的四分之一，为第 121 位，是世界上 21 个贫水国家之一。全国有 300 多个城市缺水，其中 110 多个严重缺水；我国沿海地区仅占全国土地面积的 15%，占全国人口的 40%，但创造着 60% 以上的社会总产值，和全国一样，沿海城市，特别是北方地区以及岛屿的供水严重不足，形势严峻。沿海地区有丰富的海水资源，用海水淡化技术向大海要淡水，满足沿海城镇和岛屿对淡水的需求或紧急需求，是十分紧迫的。海水淡化已在我国的一些地区开始应用，表明其对解决沿海地区和岛屿缺水问题是一重要手段，在许多情况下是最佳的选择。

海水淡化就是将海水中的盐和水分离的技术和过程，以从中获得淡水或浓缩盐水，或取两者。据盐水分离方法分类，有从盐水中取出水的方法和从盐水中取出盐的方法之分。前者有蒸发（馏）、反渗透、纳滤、水合和冰冻法等，后者有电渗析、离子交换、填充床电渗析和压渗法等。据分离过程分类，可分为热过程、膜过程和其他过程。热过程中有多级闪蒸（MSF）、低温多效蒸馏（LT-MED）、压汽蒸馏（VC）和冰冻法等；膜过程有反渗透（RO）、纳滤（NF）、电渗析（ED）和填充床电渗析（EDI）等；其他过程有离子交换、水合等。尽管上述方法很多，但目前真正实用的只有 MSF、LT-MED、VC 和 RO 等几种方法。MSF 于 1957 年实用化，LT-MED 是 20 世纪 70 年代对 MED 的改进，海水 RO（SWRO）也是 70 年代进入市场的，其中 SWRO 由于无热效应、无相变，发展最为迅速，随着 RO 膜性能大幅度的提高、高压泵的改进和能量回收效率的提高，更增加了 SWRO 的竞争力。目前世界上脱盐水产量超过 3200 万 m^3/d （1997 年），主要解决饮用，其中海水淡化约 2000 万 m^3/d ；在淡化水的产量中 MSF 和

RO 法几近相等。我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，反渗透海水淡化技术和蒸馏法海水淡化技术（多级闪蒸、压汽蒸馏和低温多效蒸馏）的研究开发等，都取得相当大的进展。随着淡化技术的进步和海水综合利用的发展，随着日益严重的水资源短缺，海水淡化会变得越来越重要。

基于社会的需求，政府的重视，为了加快我国海水淡化事业的更快发展，特编此书，以供相关学者、工程技术人员、管理人员、研究生和其他人员参考。希望本手册出版和发行后，能为读者喜欢，成为读者的朋友，为推动我国海水淡化事业的进步尽一份力。

本书出版得到中国海洋大学教材建设资金的资助。欧阳秀欢同志协助打印部分书稿及整理工作。在此一并表示感谢。

鉴于水平有限，如有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

高从堦

2003 年 10 月

目 录

第 1 篇 水资源概况和海水、咸水淡化技术综述

第 1 章 水资源概况	1
1.1 世界水资源概况	1
1.2 我国水资源概况和用水紧张状况	2
参考文献	4
第 2 章 淡化工程原水的组成和性质	5
2.1 淡化工程原水来源与组成	5
2.1.1 河流水组成	5
2.1.2 咸水与卤水的组成	6
2.1.3 海水组成	8
2.2 海水性质	10
2.2.1 海水氯度与盐度	10
2.2.2 海水密度和 1980 年国际标准海水状态方程	13
2.2.3 海水恒压比热容	15
2.2.4 海水冰点	15
2.2.5 海水渗透压	15
2.2.6 海水蒸气压	16
2.2.7 海水沸点升高	16
2.2.8 海水黏度	17
2.2.9 海水绝对电导率	17
2.2.10 海水表面张力	17
2.2.11 海水中的溶解气体	18
参考文献	18
第 3 章 海水淡化技术概述	19
3.1 海水淡化技术概况	19
3.2 海水淡化理论耗能量	20
3.3 海水淡化的简要发展历史	22
3.4 主要海水淡化方法简介	22
3.4.1 蒸馏法	22
3.4.2 反渗透法	24
3.4.3 电渗析法	24
3.4.4 冷冻法	24
3.4.5 水合物法	25
3.4.6 电容吸附法	26
3.4.7 嵌镶离子交换膜压渗析	26

3.4.8 溶剂萃取法	26
3.4.9 海水淡化方法的组合	26
3.5 淡化技术在水资源利用中的地位和前景	26
参考文献	27
第4章 海水淡化工程原水预处理技术综述	28
4.1 预处理的目与内容	28
4.2 淡化工程原水采集方法	28
4.3 预处理常用药剂	29
4.4 原水混凝沉降除油技术	29
4.4.1 混凝剂适用原水最大含砂量	29
4.4.2 影响混凝剂混凝效果的因素	30
4.4.3 混凝剂投加方式与设备	30
4.4.4 淡化工程原水除油沉降	30
4.5 原水灭菌杀生技术	31
4.5.1 D 值	31
4.5.2 消毒剂分类	31
4.5.3 氯消毒剂消毒	32
4.5.4 臭氧消毒	35
4.5.5 紫外线消毒	36
4.5.6 过氧乙酸消毒	36
4.5.7 超滤和微滤除菌	36
4.6 原水过滤除油技术	36
4.6.1 机械过滤法	36
4.6.2 混凝过滤	39
4.6.3 吸附过滤	39
4.6.4 微孔膜过滤法	40
4.6.5 超滤法	42
4.7 原水软化与阻垢技术	42
4.7.1 化学反应沉淀软化法	42
4.7.2 离子交换法	44
4.7.3 酸化法	45
4.7.4 加入阻垢分散剂法	45
4.7.5 纳滤法膜软化	46
4.8 原水脱气技术	47
4.8.1 酸化脱气——脱 CO_2 气	47
4.8.2 加热脱气	47
4.8.3 真空式除气	47
4.8.4 除氧剂脱氧气	47
4.8.5 脱 H_2S 气	48
4.9 原水除铁和锰的技术	48

4.9.1 混凝沉淀法	48
4.9.2 离子交换法	48
4.9.3 曝气氧化法	48
4.9.4 氯氧化法	48
4.9.5 接触氧化法	48
4.9.6 铁细菌除铁法	49
4.10 原水除余氯技术	49
4.11 原水除有机物、异臭和异味	49
4.12 原水预处理工艺流程	49
4.12.1 电渗析法淡化原水预处理工艺流程	50
4.12.2 反渗透法淡化原水预处理工艺流程	51
4.12.3 蒸馏法淡化原水预处理工艺流程	52
4.13 淡化技术的原水预处理后的水质要求	53
参考文献	54

第2篇 热法海水淡化技术与工程

第5章 蒸馏法海水淡化技术与工程	55
5.1 多级闪蒸	55
5.1.1 多级闪蒸原理概述	55
5.1.2 多级闪蒸工艺过程设计	56
5.1.3 多级闪蒸装置及运行	74
5.1.4 多级闪蒸工程实例	84
5.2 多效蒸馏	91
5.2.1 多效蒸馏概述	91
5.2.2 多效蒸馏的分类	91
5.2.3 低温多效蒸馏海水淡化的原理	92
5.2.4 塔式多效蒸馏	93
5.2.5 低温多效蒸馏海水淡化技术的应用范围	95
5.2.6 多效蒸馏海水淡化装置的工艺设计	96
5.2.7 多效蒸馏海水淡化装置的工程实例	100
5.2.8 和太阳能结合的多效蒸馏海水淡化技术	103
5.2.9 低温多效海水淡化技术的优点及发展趋势	105
5.3 压汽蒸馏	106
5.3.1 压汽蒸馏概述	106
5.3.2 压汽蒸馏的工艺设计	110
5.3.3 压汽蒸馏海水淡化装置的基本组成和模式	114
5.3.4 压汽蒸馏海水淡化工程实例	114
5.3.5 压汽蒸馏海水淡化技术的发展趋势	121
参考文献	121
第6章 冷冻法海水淡化技术与工程	123

6.1 冷冻法海水淡化原理	123
6.1.1 冷冻法淡化原理简介	123
6.1.2 冷冻法淡化技术分类	124
6.1.3 冷冻法海水浓缩率	124
6.1.4 冷冻法淡化的优缺点	125
6.2 冷冻法淡化流程	125
6.2.1 间接冷冻法	125
6.2.2 蒸汽压缩式真空冷冻法	126
6.2.3 蒸汽吸收式真空冷冻法	126
6.2.4 丁烷冷冻法	127
6.3 冰晶的生成与洗涤	128
6.3.1 冰晶的生成	128
6.3.2 冰晶的洗涤	129
参考文献	130

第3篇 膜法海水淡化技术与工程

第7章 反渗透和纳滤海水淡化技术与工程	131
7.1 绪言	131
7.1.1 发展概况	131
7.1.2 渗透和反渗透	131
7.1.3 反渗透和纳滤膜及组器件	132
7.1.4 反渗透过程的特点和应用	132
7.1.5 纳滤过程的特点和应用	133
7.2 反渗透和纳滤的分离机理	133
7.2.1 反渗透的分离机理	133
7.2.2 纳滤的分离机理	135
7.3 反渗透膜和纳滤膜	137
7.3.1 膜材料	137
7.3.2 膜的分类	139
7.3.3 非对称膜的制备和成膜机理	140
7.3.4 复合膜的制备和成膜机理	141
7.3.5 不同构型的膜的制备	142
7.3.6 反渗透膜和纳滤膜结构和性能表征	144
7.4 反渗透膜和纳滤膜组器件技术	148
7.4.1 膜组器件的构型及特征比较	148
7.4.2 板式构型	148
7.4.3 管式构型	149
7.4.4 卷式构型	150
7.4.5 中空纤维式	150
7.5 反渗透和纳滤海水淡化工艺过程设计	157

7.5.1	系统设计要求	157
7.5.2	浓差极化	159
7.5.3	过程基本方程式	161
7.5.4	工艺流程及其特征方程	165
7.5.5	装置的组件配置和性能	169
7.5.6	基本设计内容和过程	171
7.6	反渗透和纳滤系统的淡化工程设计和运行	173
7.6.1	预处理系统	173
7.6.2	反渗透和纳滤装置	197
7.6.3	辅助设备和主要零部件	200
7.6.4	设备的操作与维修	207
7.6.5	清洗、再生、消毒和存放技术	210
7.6.6	计算机监控	215
7.7	反渗透和纳滤在海水和苦咸水淡化中的应用示例	219
7.7.1	反渗透海水淡化	219
7.7.2	反渗透苦咸水淡化	227
7.7.3	纳滤海水和苦咸水淡化	230
7.7.4	反渗透和纳滤的其他应用示例	234
7.8	反渗透和纳滤过程的经济性	244
7.8.1	成本考虑的基础	244
7.8.2	直接投资成本	245
7.8.3	间接投资成本	246
7.8.4	操作成本	246
7.8.5	投资回收成本	248
7.8.6	评价成本的方法	248
7.8.7	敏感性分析	249
7.8.8	小规模和特种系统	251
7.8.9	国内外 RO 代表性成本示例	252
7.9	展望	253
	参考文献	254
第 8 章	电渗析海水淡化技术与工程	258
8.1	电渗析法概述	258
8.2	基础理论	259
8.2.1	电渗析原理	259
8.2.2	电渗析能耗	260
8.2.3	Donnan 平衡理论	262
8.3	离子交换膜	264
8.3.1	离子交换膜分类	264
8.3.2	离子交换膜的制备	264
8.3.3	离子交换膜的性能	267

8.3.4 商品化离子交换膜	269
8.4 电渗析器	271
8.4.1 电渗析器的主要部件	271
8.4.2 电渗析器的组装	273
8.4.3 国产电渗析器的规格和性能	274
8.5 极化和极限电流密度	275
8.5.1 极化现象	275
8.5.2 极限电流密度及极限电流系数	276
8.5.3 影响极限电流的因素	279
8.5.4 极限电流密度经验式	281
8.5.5 极限电流测定方法	282
8.6 电渗析淡化工艺过程设计	283
8.6.1 基础计算式	283
8.6.2 四种脱盐流程	284
8.6.3 流程设计计算	285
8.7 电渗析淡化工程设计	286
8.7.1 工程参数(水量)计算	286
8.7.2 进水水质要求	289
8.7.3 预处理系统	290
8.7.4 场地布置	291
8.8 电渗析系统和运行	293
8.8.1 操作参数的选取与调整	293
8.8.2 控制沉淀物生成	294
8.8.3 EDR 运行方式	295
8.9 应用实例	297
8.9.1 沙漠苦咸水淡化车	297
8.9.2 海水淡化装置	298
8.9.3 海水浓缩制盐	302
8.10 电渗析淡化的经济性	304
8.10.1 产水成本	304
8.10.2 经济操作电流密度	305
8.10.3 几种淡化过程的比较	306
符号说明	306
参考文献	307

第4篇 核能海水淡化技术与工程

第9章 核能海水淡化概述	308
9.1 核能海水淡化涉及的三种技术	309
9.2 具体工艺的选择	309
9.3 核能海水淡化的方式	309

9.4	核能海水淡化的安全考虑	310
9.5	核能海水淡化的技术、安全、经济和组织	310
9.5.1	电与水比例的周密考虑	310
9.5.2	选择核能淡化的决定因素——经济竞争力	311
9.6	启动核能海水淡化产业必须考虑的相关问题	312
9.7	国际原子能机构成员国引进核能海水淡化的步骤	312
9.7.1	明确相关政策条款	312
9.7.2	策划核能和水供应发展的长期规划及相应的财政经济计划	313
9.7.3	选择厂址	313
9.7.4	可行性研究	313
9.7.5	建设工厂	314
9.7.6	工程管理	315
9.7.7	设施运行	315
	参考文献	316
第 10 章	核能海水淡化技术与工程	317
10.1	海水淡化用反应堆	317
10.1.1	当代的重要能源——核能	317
10.1.2	核能及其机理	317
10.1.3	核反应堆	318
10.1.4	核电站	320
10.1.5	核安全	321
10.1.6	海水淡化用反应堆	326
10.2	国际原子能机构的软件包 DEEP (脱盐经济评价程序)	331
10.2.1	DEEP 软件包的产生及其目的	331
10.2.2	DEEP 软件包涉及的技术范围	332
10.2.3	DEEP 软件包考虑的工艺流程	333
10.2.4	DEEP 软件包使用上需要注意的事项	345
10.3	核能海水淡化的选择	346
10.3.1	能源选择	346
10.3.2	核能用途的主次问题的选择	347
10.3.3	热电淡化方法的选择	347
10.3.4	对产品水质要求的影响	348
10.3.5	所在地区对核能淡化的影响	348
10.3.6	电水需求比	348
10.3.7	经济性	349
10.3.8	核能海水淡化的工艺选择	349
10.3.9	安全可靠性的	350
10.3.10	厂址的选择	350
10.4	核能海水淡化工程设计	350
10.4.1	海水淡化装置和核电站连接	351

10.4.2	海水淡化装置和供热用核反应堆连接	352
10.4.3	海水淡化装置和热电联产的核反应堆连接	354
10.4.4	核反应堆与海水淡化装置连接的设计要求	356
10.4.5	输送蒸汽方法:背压式和抽取式	357
10.4.6	其他需要考虑的问题	358
10.4.7	船用核能海水淡化厂	359
10.4.8	海水淡化的石油燃料和核能能源的比较	360
10.5	核能海水淡化工程实例	361
10.5.1	哈萨克斯坦核能海水淡化	361
10.5.2	日本的核能海水淡化	361
10.5.3	和核能海水淡化相似的核能用途	364
10.6	核能海水淡化的经济性	365
10.6.1	核能海水淡化的经济指标	365
10.6.2	产品水的成本及其组成	366
10.6.3	成本估算的方法	372
10.6.4	成本估算的可靠性	374
10.6.5	与化石燃料海水淡化厂的经济比较	375
10.6.6	水的成本和价格	375
10.6.7	融资	376
参考文献		376

第5篇 其他海水淡化技术与工程应用

第11章	太阳能和风能海水淡化技术	377
11.1	太阳能海水淡化	377
11.1.1	太阳能采集系统	377
11.1.2	直接法太阳能海水淡化	378
11.1.3	间接法太阳能海水淡化	379
11.1.4	盐度梯度太阳池脱盐	382
11.2	风能海水淡化	385
参考文献		385
第12章	其他制取淡水技术	387
12.1	电容吸附法脱盐	387
12.1.1	脱盐原理	387
12.1.2	脱盐特性	388
12.1.3	应用领域	389
12.1.4	存在问题及展望	390
12.2	气体水合物法	390
12.2.1	水合物法的基本原理	390
12.2.2	水合物的结构	390
12.2.3	水合物生成条件	392

12.2.4	水合物的性质	396
12.2.5	水合物法海水淡化	398
12.3	嵌镶离子交换膜压渗析	401
12.3.1	嵌镶膜脱盐的基本原理	401
12.3.2	嵌镶膜的制造方法	402
12.3.3	压渗析淡化试验	403
12.4	冰山取水	403
12.4.1	开发冰山利用的出发点	403
12.4.2	冰山的探测	404
12.4.3	冰山的运输和保护	404
12.4.4	冰山淡化厂	404
12.4.5	经济性	405
12.5	应急救生离子交换药剂	406
12.6	溶剂萃取淡化	406
12.6.1	溶剂萃取法的基本原理	406
12.6.2	萃取剂的选择	407
12.6.3	混合萃取剂	408
12.6.4	原水含盐量对萃取性能的影响	408
12.6.5	萃取剂的回收	408
12.6.6	盐析剂	409
12.6.7	溶剂萃取法海水淡化过程	409
12.6.8	溶剂萃取法的优缺点	411
12.7	海水淡化方法的组合	412
12.7.1	方法本身的组合与方法之间的组合	412
12.7.2	发电-淡化组合	414
12.7.3	海水淡化与综合利用	416
	符号说明	422
	参考文献	422

第6篇 海水淡化产水的后处理和海水综合利用

第13章	海水淡化产水的后处理	424
13.1	海水淡化工程产水脱气处理	424
13.1.1	酸化脱气——脱 CO_2 气	424
13.1.2	加热脱气	424
13.1.3	真空式除气	424
13.1.4	除氧剂脱氧气	425
13.1.5	膜法真空脱氧	425
13.1.6	脱 H_2S 气	425
13.2	pH 调整	425
13.3	消毒和杀菌	425

参考文献	425
第 14 章 海水淡化后浓缩水的综合利用和后处理	426
14.1 海水淡化后浓缩水综合利用的研究进展	426
14.2 海水淡化后浓缩水提钾	426
14.2.1 化学沉淀法	427
14.2.2 有机溶剂法	427
14.2.3 无机离子交换剂法	427
14.3 海水淡化后浓缩水提溴	427
14.3.1 水蒸气蒸馏法	428
14.3.2 空气吹出法	428
14.4 海水淡化后浓缩水制盐	429
14.4.1 离子交换膜电渗析浓缩海水制盐工艺流程	429
14.4.2 蒸发法制盐	431
14.5 海水淡化后浓缩水的后处理	431
参考文献	431
第 7 篇 各种水质标准和水质检测方法	
第 15 章 水质指标和标准	433
15.1 淡化工程原水水质指标与分类	433
15.1.1 淡化工程原水水质指标	433
15.1.2 淡化工程原水分类	433
15.2 各类用水水质标准	434
15.2.1 生活饮用水水质标准	435
15.2.2 农用灌溉水水质标准	435
15.2.3 地面水环境质量标准	435
15.2.4 人工游泳池水质标准	436
15.2.5 工业用水水质标准	436
15.2.6 医药注射用水水质标准	437
参考文献	437
第 16 章 海水、卤水的水质分析	438
16.1 海水、卤水中阳离子分析	438
16.1.1 钾的测定	438
16.1.2 钠的测定	441
16.1.3 钙的测定	444
16.1.4 镁的测定	446
16.1.5 锰的测定	448
16.1.6 铁的测定	450
16.2 海水、卤水中阴离子分析	452
16.2.1 活性硅酸盐的测定	452
16.2.2 亚硝酸盐、硝酸盐的测定	455