

Seawater Desalination and Ship Freshwater Security

海水淡化与舰船淡水保障

○ 方志刚 杨岳平 周德佳 编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

海水淡化与舰船 淡水保障

Seawater desalination and
ship freshwater security

方志刚 杨岳平 周德佳 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在通用海水淡化技术基础上,对舰船用海水淡化技术进行研究、总结和阐述,介绍了世界主要海域海水参数、反渗透海水淡化特点和趋势,分析了国外舰船淡水保障模式、技术现状、特点和趋势,阐述了其相关标准体系构成,提出了相关启示和建议。

本书读者对象为从事舰船和民用船舶海水淡化技术研究以及淡水保障系统设计、建造、使用、维护的技术和管理人员,可供高等院校非水环境专业学生作为教材使用,也可作为船舶装备设计、管理人员和海水淡化专业人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

海水淡化与舰船淡水保障/方志刚,杨岳平,周德佳编著.

—北京:国防工业出版社,2016.3

ISBN 978-7-118-10822-4

I. ①海… II. ①方… ②杨… ③周… III. ①海水淡化—保障—应用—军用船—研究 IV. ①P747②U674.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 040390 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 22 字数 451 千字

2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 98.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

水是生命的起源,是人类生活、生产的基本需求之一,是宝贵的自然资源。展望未来,随着全球人口的增长和人类生产活动的加快,水资源的供需矛盾将进一步加剧,加上环境污染对淡水资源的破坏,淡水短缺已经严重威胁到人类的生存和发展。联合国有关机构指出:水将成为世界最严重的资源问题,并将影响到人类生活的各个方面,供水不足将成为一个深刻的社会危机。为解决淡水资源危机,发展海水淡化已经成为各国共识,海水淡化技术必将发挥越来越大的作用并获得快速发展。人类对自然的开发、利用和战略制高点的抢夺已逐渐从陆地走向海洋,甚至太空。开发、经略海洋,从海洋大国发展成为海洋强国是我国今后相当长时间内的国家战略工程。在这个庞大的工程中,包括对海洋资源的勘探、开发、利用的海洋工程,物质交易运输的海运工程,护航舰船、守护岛屿的海监和海军工程等。“三海”工程的工程建设、设备正常运转、人员日常生活等都需要大量的淡水,靠简单的船运是数千年来人类最原始的办法,一则成本太高,二则会受到时域、空域的诸多限制,三则不利于对海水的综合利用。

随着我国船舶工业的发展,大中型船舶将越来越多投入使用,对影响船舶自持力及船员生活质量的海水淡化装置将提出更高的要求,新型、节能、操作简单、可靠性高的海水淡化装置必将在船舶上获得广泛应用。船舶海水淡化装置将向着高效率、易操作、高可靠的方向发展,根据船舶实际,海水淡化装置将逐步实现通用化、系列化。对于蒸馏式海水淡化装置,新材料的应用、强化传热技术、自动化水平将得到明显提高,能耗将显著降低,新型防垢剂、除垢剂的研究应用将提高装置的可靠性及效率;对膜分离技术而言,新型膜、能量回收装置的应用将明显降低产水能耗,预处理技术研究与应用将显著提高反渗透海水淡化装置的可靠性,为保障船舶续航力、自持力发挥重要作用。

舰船淡水保障的内容主要有淡水生产、淡水的接收补给、消毒处理、储存分配和水质监测、淡水使用管理等内容。海水淡化即淡水生产是舰船淡水保障的主要手段。作为为和平开发、利用海洋保驾护航的主要力量,舰船长期航行在海上,远离大陆和淡水补给点,海水淡化对海军舰船的重要性比其他领域要重要得

多。任何一个国家,特别是对于需要从近海走向远海的国家,必须重视舰船淡水保障技术发展。首先,要充分认识淡水保障的地位作用。舰船上的淡水用途广泛,可以供饮用、烹调、洗衣、医疗、个人卫生、消防、动力系统及其他用途。淡水保障关系到人员的生存和身体健康,影响军心和士气,关系到各种武器装备和设施的正常运转和功能发挥,是舰船上每天使用的必需品,对战斗力产生重大影响。其次,现代海军必须树立先进的舰船淡水保障理念。需要从重视人员生命和安全的高度来重视淡水保障,体现以人为本的思想,为淡水系统优先分配舱位、空间,重点考虑、优先支持与人有关的各种因素,充分考虑平时与应急(战时)保障,要求海军舰船上的产水设备能够满足舰船的自给自足,为海军常态化遂行远洋任务提供有力支持。三是应该完善舰船淡水保障管理体系。用体系化思想进行舰船淡水保障,从淡水保障军事需求提出、舰船设计、标准制定、操作使用等多个层面综合考虑,实现自我保障、分级保障、适度保障和规范保障。四是需要形成舰船淡水保障技术体系。舰船淡水保障主要涉及系统设计、材料选择、防腐处理、海水淡化、过滤消毒、检测检验等内容,应该重视以海水淡化为中心的技术群的同步发展,建立舰船淡水保障技术体系。

舰船淡水主要供人员和设备使用,本书研讨重点为人员生活用淡水,设备用淡水可以在人员生活用淡水基础上进一步处理或专门携带。舰船淡水保障与设计、建造和使用维护密切相关,涉及多个部门。要搞好舰船淡水保障,必须明确舰船淡水保障各部门职责,包含工程部门、卫生监督两大领域。工程部门又分为系统设计、建造和使用维护多个环节。从系统的角度来看,舰船淡水保障系统分为淡水的接收、补给、处理、贮存、分配和监测等多个分系统。总之,舰船淡水保障需要形成三大体系,即技术体系、管理体系、标准体系,我们就是尝试着从体系角度对舰船淡水保障概念和技术进行阐述。

本书由方志刚、杨岳平、周德佳主编,方志刚统稿。全书共分为11章。第1章由方志刚编写;第2章由周德佳、陈红、李鑫编写;第3章由方志刚、邹士洋、陈莎莎编写;第4章由杨岳平、甘树、徐百龙编写;第5章由杨岳平、陈莎莎、陈红、王烈匀编写;第6章由陈金增、方志刚编写;第7章由周德佳、杨岳平、杨万国编写;第8章由方志刚、舒海平、周德佳编写;第9章由方志刚、舒海平、周德佳、滕春娇编写;第10章由方志刚、杨岳平、张波、董彩常等编写;第11章由方志刚、曹京宜、周德佳编写。附录为美国海军预防医学手册第6章的节选,由张绪明、夏青峰、滕春娇翻译,程丽华校对。

本书综合了作者以及国内外近年来在海水淡化、舰船淡水保障的理论和研究成果编写而成。得到了姜义庆部长、王培生总工、周颖处长、崔戈高工等的大

力支持;得到了浙江大学、青岛海洋腐蚀研究所、常州康耐特特种设备有限公司、浙江至美环境科技有限公司等单位专家的参与和帮助;敖晨阳主任、刘云生副主任在课题研究、工作安排等方面给予了指导和全力支持,对本书的完成起到了不可或缺的作用;田志定、邵舜、王忆秦、黄彩霞、武兴伟等专家三年来的研讨和诸多有益的建议给予了我们编著工作极大的信心。对于以上人员和本书参考文献作者的辛勤劳动,在此一并表示感谢。本书编写目的是为舰船海水淡化技术研究以及淡水保障系统设计、建造、使用、维护保养和管理人员提供一本基础性书籍,可供高等院校非水环境专业学生作为教材使用,也可为舰船装备设计、管理人员和海水淡化专业人员提供参考。远洋船舶、邮轮等在淡水需求方面与舰船类似,本书当然可以作为这类船舶的设计、管理者参考使用。

海水淡化是一门新兴技术,正在快速发展之中。舰船淡水保障技术涉及面非常广,是一项复杂的系统工程。受篇幅所限,许多技术、方法和措施不能一一详述。由于水平有限,书中不足在所难免,敬请读者批评指正。

方志刚
2016年1月

目 录

第1章	绪论	1
1.1	淡水资源和海水利用	1
1.1.1	全球水资源概况	2
1.1.2	我国淡水资源概况	3
1.1.3	海水淡化的重要性	5
1.1.4	海水淡化的军事意义	6
1.2	国内外海水淡化发展现状	7
1.2.1	国外海水淡化发展情况	8
1.2.2	我国海水淡化发展情况	8
1.2.3	国内外船舶海水淡化技术发展	10
第2章	海水水质	12
2.1	海水水质及相关标准	12
2.1.1	海水的组成	12
2.1.2	海水的性质	15
2.2	海洋环境典型参数	21
2.2.1	我国海域海水温度	21
2.2.2	我国海域海水盐度	22
2.2.3	全球海域海水温度和盐度	23
2.3	海水水质标准	26
2.4	海洋污染	28
2.4.1	海洋污染概念	28
2.4.2	全球海洋污染	29
2.4.3	我国海域海洋污染	29
第3章	饮用水水质标准及相关指标	33
3.1	国内饮用水水质标准	33
3.1.1	生活饮用水卫生标准	33
3.1.2	矿化水水质标准	36
3.2	国外饮用水水质标准	37
3.2.1	WHO《饮用水水质准则》	37

3.2.2	欧盟《饮用水水质指令》	44
3.2.3	美国《饮用水水质指令》	46
3.2.4	日本《生活饮用水标准》	52
3.2.5	其他国家生活饮用水水质标准	55
3.3	我国主要城市水质调查	56
3.3.1	城市自来水和市售瓶装水检测结果	56
3.3.2	主要水质指标分析	59
3.4	舰船反渗透海水淡化水质指标	65
3.4.1	舰船反渗透海水淡化一般流程	66
3.4.2	舰船反渗透淡化水质控制指标建议浓度范围	67
3.5	舰船水质检测	72
3.5.1	美国海军饮用水检测方式	72
3.5.2	我国城市和村镇饮用水水质检测方式	74
3.5.3	舰船淡水水质检测频率	75
第4章	海水淡化技术概论	76
4.1	概述	76
4.2	热法海水淡化技术	77
4.2.1	多级闪蒸法	77
4.2.2	低温多效蒸馏法	78
4.2.3	压汽蒸馏法	80
4.2.4	冷冻法	81
4.3	膜法海水淡化技术	82
4.3.1	电渗析法	82
4.3.2	反渗透法	85
4.4	海水淡化新技术	86
4.4.1	膜蒸馏法	86
4.4.2	正渗透法	87
4.4.3	水合物法	89
4.4.4	太阳能海水淡化	90
4.4.5	核能海水淡化	92
4.4.6	风能海水淡化	92
第5章	反渗透法海水淡化技术	93
5.1	反渗透法基本原理	93
5.1.1	渗透和反渗透	93
5.1.2	反渗透的分离机理	94
5.2	反渗透膜及组件	95

5.2.1	反渗透膜概述	95
5.2.2	卷式反渗透膜组件	98
5.2.3	碟管式反渗透膜组件	101
5.2.4	其他反渗透膜组件	104
5.2.5	影响反渗透膜性能的因素	104
5.2.6	反渗透膜的清洗	106
5.3	反渗透海水淡化预处理	112
5.3.1	海水预处理的目的	112
5.3.2	预处理技术	113
5.4	系统组成及淡化工艺	118
5.4.1	海水淡化系统主要组成部分	118
5.4.2	反渗透海水淡化工艺流程	119
5.4.3	反渗透装置基本性能	125
第6章	船舶海水淡化技术	127
6.1	概述	127
6.2	船舶海水淡化技术现状与发展	128
6.2.1	国外现状	128
6.2.2	国内现状	129
6.3	典型船用海水淡化装置	130
6.3.1	单效蒸馏式海水淡化装置	130
6.3.2	多级闪发式海水淡化装置	132
6.3.3	电渗析海水淡化装置	134
6.3.4	机械蒸汽压缩海水淡化装置	135
6.3.5	反渗透式海水淡化装置	136
6.3.6	高效船用反渗透海水淡化	138
6.4	船用海水淡化技术发展趋势	141
第7章	淡化水后处理技术	142
7.1	淡化水后处理必要性	142
7.1.1	海水淡化水质	142
7.1.2	二次供水污染的危害	144
7.2	调质	148
7.2.1	反渗透淡化水调质必要性	148
7.2.2	反渗透淡化水调质技术	149
7.2.3	新型改性白云石调质剂及调质技术	154
7.2.4	矿石调质的影响因素	156
7.2.5	发展方向	158

7.3	消毒	159
7.3.1	氯化消毒	159
7.3.2	二氧化氯消毒	162
7.3.3	紫外线消毒	164
7.3.4	其他消毒方式	166
7.4	二次污染控制的过滤技术	168
7.4.1	二次污染起因	168
7.4.2	循环过滤与消毒	168
7.4.3	小结	175
第8章	国外舰船淡水保障模式	176
8.1	国外海军舰船淡水保障	176
8.1.1	舰船淡水水源	176
8.1.2	舰船淡水保障主要内容	177
8.1.3	舰船饮用水使用要求	177
8.1.4	舰船淡水保障系统组成	178
8.2	国外海军舰船淡水保障技术现状	179
8.2.1	海水淡化技术	179
8.2.2	消毒处理技术	186
8.2.3	淡水输送技术	192
8.2.4	水质检测技术	194
8.3	国外海军舰船淡水保障模式	196
8.3.1	平时保障模式	196
8.3.2	应急保障模式	199
8.4	国外海军舰船淡水保障特点	202
8.4.1	分级保障	202
8.4.2	分类保障	202
8.4.3	适度保障	203
8.4.4	科学保障	203
8.4.5	规范保障	204
8.5	相关启示	204
第9章	美国海军舰船淡水保障标准分析	206
9.1	概述	206
9.2	美国海军舰船淡水保障标准体系	206
9.2.1	水源水质标准	206
9.2.2	消毒处理标准	209
9.2.3	设施设备标准	210

9.2.4	系统操作标准	212
9.2.5	医学监测标准	213
9.2.6	使用管理标准	214
9.3	美国海军舰船淡水保障标准分析	214
9.3.1	标准体系完备	214
9.3.2	涉及多个发布主体	215
9.3.3	体现舰船淡水保障特点	216
9.4	美国海军舰船淡水保障相关标准的主要内容	217
9.4.1	水源水质	217
9.4.2	消毒处理	218
9.4.3	设施设备	222
9.4.4	系统操作	224
9.4.5	医学监测	229
9.4.6	职责管理	231
9.5	启示	232
第10章	舰船淡水保障系统设计及要求	233
10.1	概述	233
10.1.1	关于控制“水还原”的重要性	233
10.1.2	关于对水适时消毒的重要性	234
10.1.3	关于控制水中杂质含量的重要性	235
10.2	调查分析与研究基础	235
10.2.1	供水管路材质选择	235
10.2.2	淡水舱防腐蚀涂料	237
10.2.3	淡化水调质技术筛选	238
10.2.4	消毒技术筛选	239
10.2.5	淡化装置型式选择	241
10.3	材料和设备要求	244
10.3.1	系统材料设计	244
10.3.2	淡水舱涂料配套体系	246
10.3.3	反渗透海水淡化装置	247
10.3.4	调质技术要求	251
10.3.5	消毒装置要求	252
10.3.6	水舱循环过滤装置要求	254
10.3.7	水质监检测要求	257
10.3.8	末端用水装置	258
10.4	系统设计和要求	259

10.4.1	系统组成	259
10.4.2	一般要求	259
10.4.3	材料的防腐蚀及安全	260
10.4.4	注水系统要求	261
10.4.5	制水系统	261
10.4.6	储水系统	261
10.4.7	用水系统	261
10.4.8	电气、仪表及控制	262
10.4.9	水质监测	262
第 11 章	舰船淡水保障系统的安装、使用和维护	264
11.1	概述	264
11.2	工艺和安装	264
11.2.1	管路系统	264
11.2.2	涂装工艺	265
11.3	一级反渗透海水淡化装置使用规程	269
11.3.1	工艺流程	269
11.3.2	使用操作方法	270
11.3.3	一般故障分析及排除	272
11.3.4	安全保护措施及故障处理	273
11.3.5	运行时的维护保养	273
11.3.6	日常维护保养工作和计划	275
11.3.7	长期停放时的维护保养	275
11.3.8	检修周期	276
11.3.9	注意事项	276
11.4	二级反渗透深度处理装置	276
11.4.1	工艺流程	276
11.4.2	使用操作方法	276
11.4.3	一般故障分析及排除	278
11.4.4	安全保护措施及故障处理	279
11.4.5	维修保养	279
11.5	调质装置使用规程	279
11.5.1	工艺流程	279
11.5.2	调质装置使用规程	279
11.5.3	一般故障分析及排除	280
11.5.4	维修和保养	281
11.6	消毒装置使用规程	281

11.6.1	消毒工艺	281
11.6.2	使用规程	282
11.6.3	一般故障分析及排除	282
11.6.4	维修和保养	283
11.7	循环过滤装置使用规程	283
11.7.1	工艺流程	283
11.7.2	使用规程	283
11.7.3	一般故障分析及排除	284
11.7.4	维修和保养	284
11.8	终端处理装置使用规程	284
11.8.1	终端过滤工艺	284
11.8.2	终端处理装置使用规程	285
11.8.3	一般故障分析及排除	285
11.8.4	维修和保养	286
11.9	水质监检测仪	286
11.9.1	水质监检测指标	286
11.9.2	水质在线监测仪使用规程	287
11.9.3	一般故障分析及排除	290
11.9.4	维修和保养	290
11.10	清洗及其他要求	291
11.10.1	其他设备维护要求	291
11.10.2	水舱清洗	291
11.10.3	系统清洗	292
11.11	淡水保障系统管理职责	292
附录	美国海军预防医学手册节选	293
6-1	范围	293
6-2	职责	293
6-3	船上饮用水	294
6-4	饮用水的使用要求	295
6-5	饮用水的接收和转移	295
6-6	可靠的(获得批准的)水源	296
6-7	质量不明确的水源	296
6-8	船上饮用水软管和设备的维护	296
6-9	连接步骤	297
6-10	饮用水生产	297
6-11	储水箱	298

6-12	通风或溢流管线	299
6-13	检修孔	299
6-14	饮用水水位的测量	299
6-15	灌装线	299
6-16	饮用水的输送管道	300
6-17	维修	300
6-18	饮用水储存箱涂层	300
6-19	标签和颜色标记	301
6-20	饮用水软管储存柜	301
6-21	饮用水供给的消毒	301
6-22	饮用水箱和饮水系统的消毒	305
6-23	饮用水软管、测深带和棒的消毒	306
6-24	饮用水和烹调用水的紧急消毒	306
6-25	氯用量计算	307
6-26	卤素余量要求	309
6-27	潜艇	309
6-28	船厂工作艇	310
6-29	紧急情况下使用饮用水箱作为压舱物	311
6-30	货运水的处理	311
6-31	临时性的储水箱	312
6-32	医疗站	313
6-33	5加仑装的应急饮用水	313
6-34	灌装和瓶装水	314
6-35	一般的味道和气味问题排查	314
6-36	引起饮用水味道和气味问题的原因	314
6-37	味道和气味问题的指示器	315
6-38	最初的味道和气味问题排查	316
6-39	味道和气味问题的处理方法	317
6-40	需要的外围帮助	318
6-41	一般的交叉连接	318
6-42	交叉连接的说明	318
6-43	管道系统不恰当的安装	319
6-44	医药部门对交叉连接进行监督	320
6-45	冰的制造	320
6-46	冰处理的注意事项	320
6-47	制冰机的清洁与消毒	321

6-48	冰块的细菌质量·····	321
6-49	范围·····	322
6-50	温度和 pH 值测试 ·····	322
6-51	盐度(含氯量) ·····	322
6-52	卤素的残留(氯/溴) ·····	323
6-53	细菌收集和测试·····	326
6-54	饮用水记录日志·····	327
6-55	水样卫生系统宣传海报·····	327
参考文献·····		328

第1章 绪 论

水是基础性的自然资源,水资源是国家经济和社会可持续发展极为重要的保证。如今,淡水资源短缺已成为全球性问题,现状不容乐观。海水淡化是解决水资源危机的一个重要举措。本章简要概括我国及全球水资源分布情况及水资源短缺状况,分析海水淡化的必要性,介绍国内外在海水淡化方面的发展现状及趋势。

1.1 淡水资源和海水利用

水是人类及一切生物赖以生存的必不可少的重要物质,是工农业生产、经济发展不可替代的极为宝贵的自然资源。一般认为水资源具有广义和狭义之分,广义上的水资源是指能够直接或间接使用的各种水和水中物质,对人类活动具有使用价值和经济价值的水均可称为水资源;狭义上的水资源是指在一定经济技术条件下,人类可以直接利用的淡水,即与人类生活和生产活动以及社会进步息息相关的淡水资源。

我们先看两则关于淡水的报道。一是新华社2014年12月8日报道,12月4日马尔代夫首都马累市淡水厂发生火灾,为缓解该市用水危机,中国政府继续向马尔代夫提供紧急援助,装载近700吨淡水、每天可生产淡化水70余吨的中国海军援潜救生船“长兴岛”船已于当地时间7日晚抵马累,开始利用自带海水淡化装置为马民众供水。这次靠泊,“长兴岛”船将为马累市供应600吨淡水,需10余个小时。该船将定期为马累市供水,持续到马累市供水系统恢复正常工作为止。二是《环球时报》2010年1月19日报道,美国《时代》杂志网站1月18日发表文章称,由于外部援助物资运输力量有限,遭受强烈地震袭击的海地目前缺水状况严重。美国前往该国救灾的航空母舰正计划利用自身的淡水处理系统,将加勒比海水淡化处理后提供给灾民。文章指出,在遭受强烈地震袭击后,海地人面临身体伤痛、粮食短缺和露宿街头等多重痛苦。然而对于数百万灾民来说,缺水带来的威胁才是最紧迫和最致命的,能否提供足够的饮水将是决定灾民未来生活的关键因素。解决这一问题可能要依靠当地居民每天能看见的加勒比海水。停靠在海地海岸边的美国“卡尔·文森”号航空母舰凭借自带淡水处理设备每天可以提供大约40万加仑(约1500t)的淡水,其中一半可以向岸上提供,将使灾民得到的淡水援助总量增加一倍,而且比救援机构提供淡水的速度要

快。增加淡水供应还可缓和海地的紧张局势,近来该国已出现数起抢夺救灾物资的骚乱事件。

由此可见:水是一个国家、一个城市、一个人最基本的物质;水是一个国家、一个民族的战略物质;现在船舶不仅向岸上要水,而且必要时可以向岸上供水;海水淡化是解决淡水短缺的有效手段。

进入 21 世纪以来,日益严重的水资源短缺和水资源污染问题严重影响着人们的生活,也严重制约着社会经济的可持续发展,是现代社会发展过程中必须解决的重点问题。目前,全球范围内有 100 多个国家面临着缺水问题,其中,严重缺水的国家有 40 多个。全世界约有 12 亿人口得不到安全的饮用水,每年有 500 万人因此而丧生,其中近 90% 是不满 5 岁的儿童。联合国教科文组织 2009 年公布的报告指出:到 2030 年,全球半数人口将生活在缺水的环境中,在未来的几十年间全球将有 2400 万到 7 亿人会因缺水而背井离乡。另据报道,全球用水量在 20 世纪增加了 7 倍,其中工业用水量增加了 20 倍。特别是近几十年来,全球用水量都以 4% ~ 8% 的速度持续递增,淡水供需矛盾日益突出。

1.1.1 全球水资源概况

地球上的水总量约为 $1.386 \times 10^{18} \text{ m}^3$,其中海洋水为 $1.338 \times 10^{18} \text{ m}^3$,约占全球总水量的 96.5%,覆盖了地球表面积的 71%,在余下的水量中地表水占 1.78%,地下淡水占 0.76%,地下咸水占 0.94%,见表 1.1 和图 1.1。人类主要利用的淡水资源约 $3.5 \times 10^{16} \text{ m}^3$,只占地球上水体总量的 2.53%,主要分布在南北两极地区的固体冰川。虽然科学家正在研究冰川的利用方法,但在目前的技术条件下还无法大规模利用。除此之外,地下水的淡水储量也很大,但绝大部分是深层地下水,开采利用的也很少。人类目前比较容易利用的淡水资源,主要是河流水、淡水湖泊水以及浅层地下水。这些淡水储量只占全部淡水的 0.3%,占全球总水量的十万分之七,即全球真正有效利用的淡水资源每年约有 9000 km^3 。

表 1.1 全球水储量及分布情况

水体类型	分布面积/万 km^2	水量/万 km^3	占淡水储量比例/%	占总水储量比例/%
海洋水	831069000	133800	—	96.5
冰川及永久雪盖	14946297	2406.41	68.7	1.74
地下水	14534646	2340	—	1.7
地下淡水	6539814	1053	30.1	0.76
地下咸水	7994832	1287	—	0.94
土壤水	10250	1.56	0.05	0.001
永冻土底冰	186330	30	0.86	0.022
湖泊水	109566	17.64	—	0.013