

海岛地区淡水资源的保护与开发

鲍艳红¹, 王恒兵², 张兴文¹

(1. 大连理工大学环境与生命学院 辽宁 大连 116024; 2. 大连热电股份有限公司 辽宁 大连 116021)

摘要 综述了解决海岛缺水问题的途径及存在的问题: 节约用水和废水资源化提高了有限水资源的使用率, 但不能增加淡水总量。修建水库、开采地下水、收集雨水和大陆引水虽然能为海岛居民补充淡水, 但受地质、气候、经济等因素影响较大, 只有具备条件的海岛才能采用。进口虚拟水是补充海岛淡水的新颖方式, 也只能在一定程度上缓解海岛缺水问题。与上述方式相比, 海水淡化以海水为水源, 是解决海岛水资源匮乏问题、实现海岛水资源可持续发展的最佳途径。随着海水淡化技术的提高, 将海水淡化与移动水处理技术相结合, 应用在海岛地区, 必将为海岛水资源的可持续发展提供广阔的前景。

关键词 海岛; 水资源; 可持续发展; 海水淡化

中图分类号 TV213 **文献标识码** B **文章编号** 1004-693X(2007)S1-0065-03

我国海岛众多, 面积在 500 m² 以上的海岛共有 6900 多个, 其中有人居住的海岛 433 个^[1]。与陆区相比, 海岛降水量低, 蒸发量大, 绿化程度低, 水土流失严重, 多数海岛属于资源型缺水, 淡水总量不足。以广东省为例, 全无水源的海岛 1250 个, 占全省海岛总数的 87.35%, 有常年流水河流的海岛仅 27 个, 即使东海岛、上川岛、南三岛、南澳岛、淇澳岛等面积较大的海岛也均存在淡水资源匮乏的问题^[2]。与南方海岛不同, 受地理、气候等影响, 北方海岛降水少, 水环境的整体调节能力较南方海岛弱。随着海岛经济的迅速发展, 淡水需求不断增加, 一些海岛通过过度开发地下水等措施满足目前经济发展的需求, 必然会进一步加剧水量不足与需求增加的矛盾。为了保护海岛现有水资源, 提高海岛居民生活水平, 促进海岛地区经济发展, 必须开发新的淡水补给途径, 才能实现海岛水资源的可持续发展。

1 节约用水

海岛的淡水水源有水库、井水、山溪水、山泉水等, 以水库和井水为主, 淡水补给主要靠大气降水。提高这些现有水源的使用效率, 首先想到的是节约用水, 要通过制定法规和宣传教育等手段, 让海岛居民明确水不是取之不尽、用之不竭的, 而是宝贵、有限的自然资源, 必须自觉节约用水。同时还要推行节水技术, 改善水利设施, 制定节水目标和规

划, 研制、引进、推广节水设备, 加强节水科技工作, 杜绝无效供水和水资源浪费。

2 开发本地淡水资源

2.1 修建水库

对于有地表径流的岛屿, 水库工程是开发当地水资源的常规方式。浙江省海岛地区已建成中型水库 1 座, 小型水库 218 座, 10 万 m³ 以下山塘 1300 余个, 蓄水总库容达到 1.55 亿 m³。但修建水库成本较高, 对于一些没有后续可供开发库址的海岛, 应考虑其他方式。

2.2 开采地下水

对于远离大陆且无地表河流的海岛, 地下水是非常重要的淡水来源。地下水开采方式以机井为主, 其次是民井、手摇井以及引泉井^[3]。另外对于具有合适地形和地质条件的岛屿可建设坑道井^[4], 既能集水又能蓄水。地下水应适度开采, 否则会使地下水水位长期处于海平面以下, 形成以局部地段为中心的地下水区域降落漏斗, 引起海水倒灌、水质恶化等后果。例如位于北部湾的涠洲岛是我国最大最年轻的火山岛, 生产生活用水几乎全部取自地下, 但因开采过度导致岛内腹地的地下水位已下降 2 ~ 4 m, 部分民井出现干枯^[5]。山东省长岛县近几年也因长期开采地下水, 使得地下水位平均下降 5.3 m, 海水入侵面积达 39 km², 相当于全岛面积的 70%^[6]。

针对海水入侵,目前采取的方法有限量开采、引水补源、设置地下截渗墙等^[7]。

2.3 收集雨水

雨水利用从20世纪80年代开始引起世界各国的关注,在我国始于“八五”计划初期^[8],先是甘肃省在实施“121”工程中采用,随后,内蒙古、河南、陕西、宁夏及广西等地相继实施雨水集流工程。对于具备雨水集流条件的岛屿,可通过这种方法利用岛上较丰富的降雨资源,既可直接用于供水,又可通过回灌补给地下水,增加地下水量,再抽取地下水用于供水,从而提高水资源的利用率^[9]。屋檐接水是一种简便的雨水集流方式,利用居民的屋面作为集雨场接引雨水,通过接水、过滤、贮水、消毒、抽水、输水等工程设施,建立家庭小水厂。普陀区的葫芦岛,自从1985年推广屋檐接水工程以来,已有85%的居民修建了屋檐接水工程,总蓄水量达到16 100 m³^[10]。实践证明这种方法对远离大陆的孤岛实现水资源可持续利用是切实可行的。

3 大陆引水

对于一些实在无淡水可用的海岛,可采用大陆引水的方法解决岛上的供水问题。大陆引水的方式有铺设海底管道、船运和跨海架桥等。

a. 海底铺设管道。为了给大长山岛补充淡水,2007年4月23日大连市第一个跨海引水工程正式开通。虽然采用管道调水水质易于控制、渗漏蒸发小、节省土地、运行可靠,但输水量相对较小,且需要复杂的技术和巨额资金,调水还受水源区水资源量的制约,当水源区处于枯水期时,受水地区尤其是远端受水区就会处于无水可用的被动局面,此外还存在被引水地区的环境危害和间接经济影响以及引水的质量等诸多问题。

b. 船运。我国南沙群岛的永暑岛相距海南岛约有1 000多千米。守岛部队的生活用水靠两艘排水量为4 000 t的运输船,每次运输水量1 500 m³。但是,由于航程较远,容易造成水质污染;且有时一年只能运输4次,水量远远不能满足部队需要^[11]。

c. 跨海架桥。跨海架桥调水需要复杂的技术和巨额资金,因此很难实现。

4 进口虚拟水

虚拟水是由伦敦大学的托尼·艾伦(Tony Allan)于20世纪90年代提出的新概念,并不是真实意义上的水,而是指生产商品和服务所需要的水资源数量^[12-13],进口虚拟水即缺水国家或地区通过贸易的方式从富水国家或地区购买水资源密集型产品(尤

指粮食)^[14]。目前大量进口虚拟水的国家有日本、斯里兰卡、意大利、韩国以及中国,世界水资源委员会(WWC)以产品使用地为基础估计了2000年全球的虚拟水贸易流量为13 400亿m³,其中60%体现在农作物产品中,14%体现在鱼类和海洋产品中,26%体现在动物(包括肉类)产品中。如果每年进口2 000万~3 500万t粮食,相当于进口200亿~350亿m³的水资源。缺水的海岛地区也可以通过引进虚拟水来节约岛内有限的水资源,缓解水资源短缺状况,对于实现海岛水资源可持续发展具有重大意义。

5 海水淡化

海水淡化技术是指用天然或人工合成的高分子薄膜,以外界能量或化学位差为推动力将海水溶液中盐分和水分离的方法。按分离过程可分为膜法、蒸馏法、结晶法、溶剂萃取法和离子交换法等。而以反渗透膜法、蒸馏法、电渗析法应用较广。

5.1 海水淡化的方法

5.1.1 反渗透膜法

反渗透(RO)膜法海水淡化技术是利用选择性半透膜装置,当连通器盐水侧对液体压力大于渗透压时,盐水中的水分子将通过半透膜进入淡水侧而溶质仍被半透膜隔离于盐水侧,致使盐水浓度加大,这个过程与自然界正常渗透过程相反,称为反渗透^[15]。由于反渗透装置投资省、能耗低、建设周期短、易于自动控制^[16],因此是海水淡化技术中近20年来发展最快的技术。我国对反渗透法淡化海水在海岛地区的应用日益广泛,先后建成浙江省嵊泗县嵊山镇500 m³/d,长海县大长山岛1 000 m³/d(后扩成1 500 m³/d),大连獐子岛500 m³/d,山东长岛1 000 m³/d,浙江舟山市岱山2 000 m³/d,大亚湾马鞭洲岛及嵊泗县马迹山岛等多台反渗透海水淡化装置^[17-20]。小型的海水淡化设备也有应用,山东省胶南市引进美国世界水系统公司生产的AQUA-SEP1525215海水淡化器,为岛上船、舰等海上作业船只提供生活用水,缓解海岛吃水困难。

5.1.2 蒸馏法

蒸馏法是把海水加热使之沸腾蒸发,再把蒸汽冷凝成淡水的过程即为蒸馏法。蒸馏法是最早采用的淡化法,工艺简单易于实现,不受水中含盐量的限制,设备容量大,所产淡水水质纯度高,装置进水可不经预处理直接引用海水。但存在能耗多、设备费用高、结垢与腐蚀等问题。

蒸馏法种类很多,如多效蒸发、多级闪蒸、压气蒸馏、膜蒸馏等,其中多级闪蒸最具实际应用价值。多级闪蒸(MSF)^[21]是一种在20世纪50年代发展起来的海水淡化法,其原理是海水经过预热后,进入闪

蒸室 ,该闪蒸室的压力低于将要进入的盐水所对应的饱和蒸汽压力 ,盐水进入后即因过热而进行闪蒸。闪蒸出的蒸汽冷凝后即为淡水。由于它安全可靠 ,因此发展迅速。

另一种常用蒸馏法是压汽蒸馏法(VC) ,这种方法利用机械压缩机把蒸汽压缩、升压和升温 ,并作为加热和使海水蒸发的热源 ,因此压汽蒸馏在运行后不需外部提供加热蒸汽 ,靠机械能转化为热能 ,过程效率高、比能耗低 ,而且过程不需冷却水 ,结构紧凑 ,但压汽机造价较高 ,容易腐蚀、结垢 ,难于进一步大型化。

5.1.3 电渗析

电渗析是电解和渗析扩散过程的组合 ,其原理是在直流电场作用下利用离子交换膜的选择透过性 ,把电解质从水中分离出来的过程^[22-23]。用电渗析法淡化含盐量 3 500 mg/L 的海水 ,制得含盐量小于 400mg/L 的饮用水的吨水耗电超过 16kW·h ,可见此法能耗大、造价高 ,因而大型的海水淡化装置基本上不采用电渗析法^[24]。

5.2 海水淡化的能耗与成本

能耗是决定海水淡化成本高低的关键。几十年来 ,随着海水淡化技术的提高 ,其能耗指标降低了 90% 左右(从 26.4kW·h/m³ 降到 2.9kW·h/m³) ,成本随之大大降低。目前我国海水淡化的成本已经降至 4~7 元/m³ ,苦咸水淡化的成本则降至 2~4 元/m³ ,如天津大港电厂的海水淡化成本为 5 元/m³ 左右 ,河北省沧州市的苦咸水淡化成本为 2.5 元/m³ 左右。如果对海水淡化进一步综合利用 ,将淡化后的浓水用来制盐和提取化学物质等 ,则其淡化成本会进一步降低。几种淡水获取方式的成本比较见表 1。

表 1 几种淡水获取方式的成本比较

取 水 方 式		平均成本/ (元·m ⁻³)	情况说明
开采地下水	水井类工程	5~10	限量开采
	引滦入津	2.3	直接成本
远程调水	南水北调	5~20	到北京平均水价
	海水	4~7	综合成本
海水淡化	苦咸水	2~4	综合成本

5.3 海冰融化

除了海水 ,北方岛屿还以海冰融化为海水淡化的来源。徐学仁等^[25]对长兴岛附近的海冰融化水进行研究 ,认为海水结冰后可除掉大约 76% 盐分 ,如果能进行人为干预使得盐分进一步脱掉 ,可达到农田灌溉用水标准。

6 其 他

6.1 环境保护

植树造林对于控制水土流失 ,涵养水源 ,增加地下水水量是十分有效的措施。当植被覆盖率在

30%~40% 时 ,植被覆盖率每增加 1% ,则年平均径流深度增加 5.1 mm ;当植被覆盖率在 40%~65% 时 ,覆盖率每增加 1% ,年平均径流深度增加 6.8 mm ;当植被覆盖率达到 90% ,则淡水资源量将翻一番。因此 ,在海岛植树造林 ,种植草地 ,增加植被 ,涵养水源 ,既美化了环境 ,又保护了海岛有限的水资源。

6.2 废水资源化

目前很多海岛地区生活废水直接排放 ,既浪费了水资源 ,又污染了地下水。如果能够在海岛也坚持治污、回用的方针 ,开展废水资源化和中水回用 ,把居民排掉的废水收集起来 ,统一处理 ,达到回用的标准 ,用于海岛旅游业的喷洒、绿化或海岛居民的农田灌溉 ,也会大大促进海岛水资源的可持续发展。

7 展 望

解决海岛缺水、实现水资源可持续发展的根本出路是增加淡水总量 ,大陆引水虽然增加了海岛淡水总量但存在诸多问题。海水淡化以海水为水源 ,排污量小、环境友好 ,可以有效遏制目前广泛存在的地下水超采、地面下沉、海水倒灌、区域生态环境恶化等环境问题 ,而且具有建设工期短 ,产水水质好 ,投资灵活等特点 ,可以建造大、中、小各种规模的淡化厂(站) 。随着海水淡化技术的提高 ,将海水淡化与移动水处理技术相结合 ,研制一种体积小、重量轻、便于操作、维护方便、性能可靠 ,所产饮水卫生安全 ,能根据需要随处移动 ,满足海岛用水的直饮水机 ,将为海岛水资源的可持续发展提供广阔的前景。

参考文献 :

[1] 《全国海岛资源综合调查报告》编写组. 全国海岛资源综合调查报告[M]. 北京 :海洋出版社 ,1996 :768.

[2] 罗民刚. 广东省海岛资源开发与相关产业选择[J]. 热带地理 ,1996 ,16(3) :244-249.

[3] 施周 ,李宜革 ,吴慧英 ,等. 涠洲岛水资源现状评价与可持续利用对策[J]. 南华大学学报 ,2003 ,17(2) :27-31.

[4] 陈国伟. 浙江省海岛地区供水配置探讨[J]. 水利规划与设计 ,2006(1) :19-22.

[5] 陈杏文. 涠洲岛地下水资源现状与地质环境问题[J]. 广西地质 ,1999 ,12(1) :61-65.

[6] 刘光 ,董温荣. 长岛县水资源紧缺的严峻形势及对策[J]. 山东水利 ,2000(3、4) :34.

[7] 李景兰 ,吕太光. 长岛县地下水污染的根源与防治[J]. 水资源 ,1999(12) :23.

[8] 吴普特. 集流灌溉农业的发展现状与存在问题[C]//山区可持续发展理论与实践[M]. 北京 :中国林业出版社 ,1987.

态环境建设的基础上,全面控制各种新的水环境恶化和水土流失。

- c. 开展节水和小流域治理。
- d. 实施水资源可持续利用战略。实施节流优先,多渠道开源,调整产业结构和工业布局,创建节水农业、节水工业、节水城市、节水社会。实现污水资源化和污染补偿机制。
- e. 实现水环境实时监控和生态水量的监控。

5 沂沭河洪水资源开发利用风险防范

- a. 沂沭河洪水资源开发利用的措施包括工程和非工程措施两个方面,对应风险既有工程措施风险,又有非工程措施风险。工程措施风险主要包括工程规划设计风险、工程施工、工程监理等工程建设风险。非工程风险主要包括洪水预报、洪水调度信息采集处理以及大洪水利用时决策风险等。可通过开展洪水资源利用工程前期工作,精心规划设计,避免设计失误,达到设计优化,大幅度节省工程投资;同时,通过招投标优选施工队伍,节省工程资金;通过工程监理,减少建设失误;通过加设水文站点,加强洪水预报、洪水调度;建立防灾减灾信息系统,尽量加大对低频率洪水资源的利用;重点研究中等洪水、较大洪水的资源化,充分合理调蓄配置洪水资源;发生大洪水、特大洪水的地区首先确保洪水安全;洪水过境地区可考虑引用洪水资源,达到减少洪水资源开发利用风险的目的。
- b. 洪水资源化的区域选择要优先考虑风险小的重点区域,逐步扩展全流域洪水资源化。目前首

要的是开展沂沭河洪水资源化的战略研究,包括:洪水资源化工作目标、研究方向、库河重点区域、库河试点区域等。

- c. 通过对工程实施后出省断面多年平均枯水期水量月值分析,平均出省水量月值达 0.43 万 m³,出省生态水量较大,满足河道生态用水规划值要求。
- d. 将沂沭河大、中型水库和沂、沭河干流列入洪水风险图编制计划,开展全流域洪水风险分析和洪水风险图编制,以达到洪水风险管理和更好实现洪水资源化。在防洪工程体系的规划指导思想上,从“蓄泄兼筹、以泄为主”调整为“蓄泄兼筹,以蓄为主”。除了发挥山区水库调蓄洪水以及上游山丘区水土保持工程增强截流、加大蓄滞、减少泥沙的作用之外,通过拦河建闸、平原水库、河网连通增强平原蓄滞洪涝水的能力,使得防洪工程体系能够在不继续增大河道行洪负担的前提下,充分发挥河道、水域拦蓄洪水的功能,实现洪水资源化利用,协调人-水关系,减轻洪涝损失,为增强抗旱能力与生态环境的修复创造条件。

参考文献:

[1] 孙贻让. 山东水利[M]. 济南:山东科学技术出版社, 1997.
[2] 武瑞锁, 齐春三, 吕绍红. 山东省水资源面临的主要问题分柝[J]. 山东水利, 2005(4): 21-22.
[3] 张军, 陈升玉, 王华. 浅析流域洪水资源利用[J]. 山东水利, 2005(2): 38-40.

(收稿日期: 2006-11-30 编辑: 高渭文)

(上接第 67 页)

[9] 周作旺. 论雨水集流对涠洲岛水资源可持续利用的意义[J]. 广西地质, 2000, 13(4): 71-74.
[10] 陈成金, 程祖德. 舟山市水资源开发利用的规划与设想[J]. 水利规划, 1998(1): 58-60.
[11] 杨延州. 中国沿海岛屿的淡水资源及几种可行的海水淡化方案[J]. 应用科技, 1995(3): 61-65.
[12] GUAN D, HUBACEK K. Assessment of regional trade and virtual water flows in China[J]. Ecological Economics, 2007, 61: 159-170.
[13] 张敦强. 虚拟水: 缓解我国水短缺的新途径[J]. 中国水利, 2004: 24-26.
[14] WHEIDA E, VERHOEVEN R. The role of 'virtual water' in the water resources management of the Libyan Jamahiriya[J]. Desalination, 2007, 205: 312-316.
[15] MALEK A, HAWLADER M N A, Ho J C. Design and economics of RO seawater desalination[J]. Desalination, 1996, 105: 245-261.
[16] 谭永文, 沈炎章, 卢光荣, 等. 崂山 500 吨/日反渗透海水

淡化示范工程[J]. 膜科学与技术, 2004, 20(2): 49-54.
[17] 解利昕. 水处理工程典型设计实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2001: 48-51.
[18] 谭永文, 张希建, 陈文松, 等. 荣成万吨级反渗透海水淡化示范工程[J]. 水处理技术, 2004, 30(3): 157-161.
[18] 樊雄, 张希建, 沈炎章, 等. 长岛 1000 吨/日反渗透海水淡化示范工程[J]. 水处理技术, 2003, 29(6): 354-356.
[20] 解利昕, 阮国岭, 张耀江. 反渗透海水淡化技术现状与展望[J]. 中国给水排水, 2000, 16(3): 24-27.
[21] 刘树才, 任照双, 赵维军. 海水淡化设备在海岛供水工程中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2000(7): 36-37.
[22] 林斯清. 海水和苦咸水淡化[J]. 水处理技术, 2001, 27(1): 57-62.
[23] PILAT B. Practice of water desalination by electrodialysis[J]. Desalination, 2001, 139: 385-392.
[24] ABOU R M, KHALED I. Seawater desalination by reverse osmosis (case study) [J]. Desalination, 2003, 153: 245-251.
[25] 徐学仁, 陈伟斌, 刘现明, 等. 长兴岛沿岸海域海冰融化水质状况[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(2): 33-36.

(收稿日期: 2007-05-11 编辑: 徐娟)