

# 偏远岛礁就地供水保障模式分析

姜海波, 赵云鹏, 程忠庆

(海军工程大学勤务学院, 天津 300450)

**[摘要]** 分析了偏远岛礁依靠大陆船运送水的远距离供水保障模式在复杂军事斗争环境和台风频发环境存在的主要问题,提出了能提高岛礁独立生存能力的淡水自给自足的保障模式,重点探讨了利用雨水收集和可再生能源发电制水这两种方式解决偏远岛礁就地供水保障问题的特点、互补性、具体方式和技术途径。研究表明,采用“珊瑚沙滩浅层暗湖雨水收集利用系统”和“光伏直接供能反渗透海水淡化系统”这两种具体的淡水就地保障模式具有很高的发展潜能,特别是其联合工作模式具有较强的互补性和可靠性,适合在偏远岛礁推广应用。

**[关键词]** 雨水收集;光伏发电;海水淡化;偏远岛礁;淡水保障

**[中图分类号]** TU991.14;TM615 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742-(2014)03-0099-04

## 1 前言

偏远岛礁通常没有淡水水源,淡水保障一般依靠从大陆船运解决。这种保障方式在平时基本能满足日常淡水需要,但是由于西沙、南沙等偏远岛礁距大陆数百甚至数千公里,保障距离很长,在特殊时期很容易受到复杂军事斗争环境干扰和频发的台风的影响,在极端情况下会严重威胁驻岛人员的生命安全。因此远距离船运淡水的保障模式不适合特殊时期需要,必须解决就地供水保障问题。

研究建设环境友好、运行可靠、成本低廉的就地供水设施,以根治偏远岛礁淡水极度匮乏这个长期存在的老大难问题是十分必要的,它会减少偏远岛礁对大陆远距离运送淡水的依赖性,提高岛礁的独立生存能力,具有重要的战略和经济意义。

## 2 就地供水水源特点

就地供水,是指在偏远岛礁上直接开辟淡水水源,并保障应急用水需求,实现淡水的自给自足,减少甚至脱离对大陆远距离供水的依赖。由于偏远岛礁一般没有地下水,直接开采地下水的保障模式在岛礁并不适用。实际上偏远岛礁就地供水的水

源只能来自两个渠道:一是向天要水——进行雨水收集;二是从海取水——进行海水淡化,别无其他途径可选。

### 2.1 雨水水源特点

雨水主要是海水受阳光照射后蒸发产生的蒸馏水,是天然的淡水,在偏远无污染环境非常洁净的地区,只要做简单的处理就能饮用,在应急的情况下可以直接使用。

南海岛礁雨水充沛,但是大部分雨水渗流入海,没有有效利用。1998年南海某岛建造了大型雨水收集设施,每年利用已有水泥地面收集雨水超过万吨,基本解决了该岛的用水需求,这说明雨水收集是解决南海岛礁缺水难题的一个有效途径。雨水可以作为主要应急水源,但由于受制于气候环境的影响,稳定性不高,还需其他水源作为补充。

### 2.2 海水水源特点

岛礁周边的海水取之不尽用之不竭,但海水中的盐类和微量元素浓度太高,远远超过饮用水卫生标准,如果大量饮用,会导致某些元素过量进入人体,影响正常的生理功能,严重的还会引起中毒。饮用海水必须预先进行海水淡化,滤除大部分盐类和微量元素。

**[收稿日期]** 2013-11-14

**[作者简介]** 姜海波,1962年出生,男,山东乳山市人,博士,教授,研究方向为可再生能源的开发利用;E-mail:jianghaibo022@126.com

由于海水淡化过程需要消耗很多能量,如果这些能量是大陆提供的,那么这种供水方式就不是就地供水,只有利用当地可再生能源进行海水淡化才能彻底切断对大陆长距离保障的依赖性。由于当地风能、太阳能等可再生能源不稳定,使得海水淡化过程也缺乏稳定性,因此海水作为一种水源,也需要其他水源作为补充。

### 2.3 两种水源的互补性

单一的雨水水源受季节、气候影响很大,并不稳定,单一的海水淡化过程受可再生能源影响很大,实质上也是受制于当地气象条件,但是由于降雨天气和阳光照射天气一般是交替出现的,因此将两种水源合并使用就会提高互补性,降低不稳定性,结合淡水储存调节技术,就能较稳定地实现淡水的就地保障。

## 3 就地供水保障模式

在水源基本满足要求的情况下,实现淡水就地保障的关键问题就是具体保障方式,这需要大量的技术措施的支持。

### 3.1 雨水收集模式

一般地,岛礁可利用屋顶、直升机停机坪、球场等平整水泥地面收集雨水,然后汇流入蓄水池,经过水质处理后使用。雨水收集量与收集地的面积成正比,通常收集的雨水数量有限,难以满足用水需求。要将雨水作为主要水源,就必须专门建造大型雨水收集设施。集雨设施的建设需考虑当地的地理环境条件、对环境可能造成的影响及成本费用等因素。

集雨设施可以有多种不同形态,建造大型水泥地面是技术含量最简单的一种,但这种集雨设施需要占用大量宝贵的沙滩面积,对环境也有很大的破坏作用,必须深入探索技术含量高、收集雨量大、对环境影响小的技术方案。针对西沙的特定环境,笔者所在课题组对此问题进行了探讨,提出了一种“珊瑚沙滩浅层暗湖雨水收集利用系统”,其初步方案如图1所示。

暗湖的形态犹如被珊瑚沙掩埋的倒立的雨伞,周边区域为集雨区,中央部位是由雨水蓄存模块堆砌而成的储水区。暗湖湖底敷设防渗土工膜,其作用是集雨、防止雨水渗流、隔绝岛水和腐殖质以防污染;中央部位的雨水蓄存模块用于扩张储水空间,设置有泵水设备;雨水蓄存模块被透水土工布

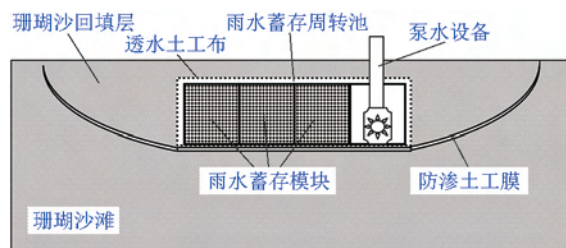


图1 珊瑚沙滩浅层暗湖雨水收集利用系统截面构造图

Fig.1 The sectional view of shallow dark lake rainwater harvesting system under coral sand beaches

包裹,土工布的作用是透水且阻挡珊瑚沙侵占雨水蓄存模块的储水空间;湖体最后被珊瑚沙回填覆盖,回填层的主要作用是对雨水进行沙滤、保护塑料建材不受阳光照射老化、恢复珊瑚沙滩原貌。

暗湖的主要功能是直接收集雨水(在混凝土道面附近可收集更多雨水)和蓄存雨水(与岛水、腐殖质隔离,不会污染、不渗流)。这种集雨设施的主要特点是:a.生态友好,必要时面层可种植植被,变沙滩为绿洲;b.成本低廉,雨水蓄存模块材料便宜(已量化生产),沙滩施工简单(开挖深度一般在1.5 m以内);c.运行可靠,主要设施埋于地下受到保护,除水泵外没有转动部件,不易损坏。

### 3.2 海水淡化模式

从海水中取得淡水的过程称为海水淡化。现在常用的海水淡化方法有海水冻结法、电渗析法、蒸馏法、反渗透法等。

在海岛上进行海水淡化,应尽可能利用当地的可再生能源,必须减少对外部能源的依赖。最可行的方法是利用太阳能进行海水淡化,利用方式主要有两种:一是太阳能蒸馏法;二是太阳能光伏反渗透法。

太阳能蒸馏法就是利用太阳热能对海水加热,并收集因蒸发而产生的蒸馏水的方法<sup>[1,2]</sup>。为降低沸点,有时还用抽真空产生负压的方法进行辅助。人类早期利用太阳能进行海水淡化,主要是利用太阳能进行蒸馏,由于它结构简单、取材方便,至今仍受到人们重视。但是普通的太阳能蒸馏法产水量很低,而低温多效蒸馏、多级闪蒸<sup>[3]</sup>等产水量大的技术工艺由于一般用于规模化生产,不适合较小的海岛使用,因此太阳能蒸馏法在岛礁上基本没有应用前景。

在整个南海范围太阳的辐射强度都很高,光伏发电具有很大的开发应用潜力<sup>[4,5]</sup>。太阳能光伏反

渗透法是利用太阳能光伏阵列产生的电能去驱动反渗透淡化装置生产淡水的方法。反渗透法是利用只允许溶剂透过、不允许溶质透过的半透膜,将海水与淡水分隔开的。反渗透法的最大优点是节能,且设备大小几乎没有任何限制,适合在岛礁上使用。向反渗透装置提供的电能可来自太阳能光伏发电设备,一般方式是将光伏电能储存在蓄电池组中,需要进行海水淡化时,通过逆变器将直流电转化为交流电使用,这种方式的主要缺点是要使用大量的蓄电池组,这就需要占用宝贵的存放空间,

另外蓄电池的寿命一般只有两年,在南海高温、高湿、高盐环境很容易损坏,频繁更换蓄电池又会产生人力、财力、物力的浪费。为此笔者所在课题组研究了光伏直接供能的反渗透海水淡化装置<sup>[6]</sup>(见图2),使光伏电能不经蓄电池组储存而直接转变为标准交流电供淡化装置使用,它可将“发电—整流—蓄电—逆变—用电制水”的一般技术路径,简化为“发电直接制水”的简洁过程,变蓄电为蓄水,可省却所有蓄电池组,大大减少中间环节,降低故障率,消减生产、维护成本和工作量,占地面积也大幅减少。

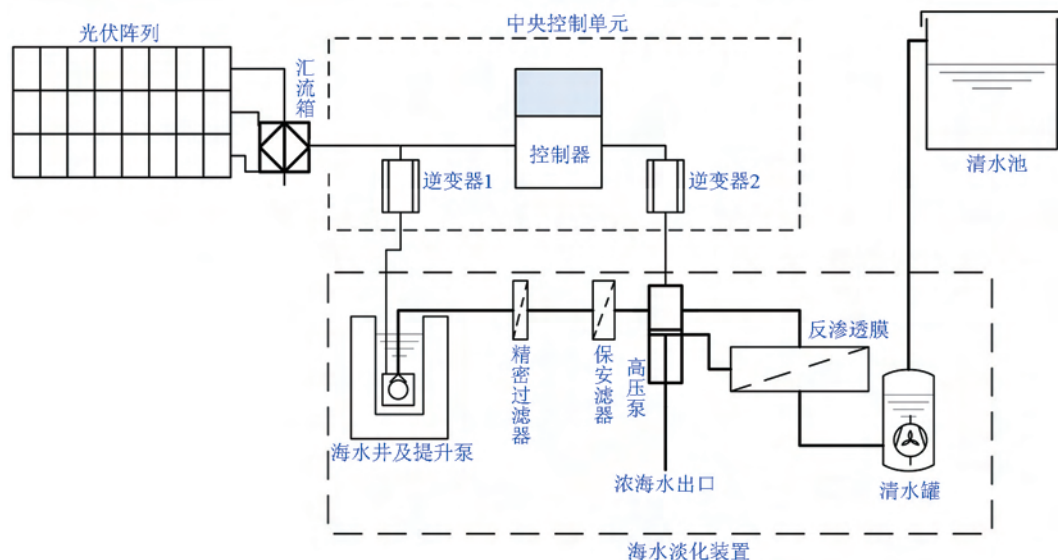


图2 太阳能光伏直接供能的反渗透海水淡化装置原理图

Fig.2 Schematic diagram of reverse osmosis desalination device powered directly by solar photovoltaic energy

该装置已在南海某岛礁进行了试验,利用当地太阳能光伏装置直接驱动带能量回收的高压泵进行海水淡化。当太阳辐射强度高时,高压泵会快速运转多产淡水,能用安全可靠的蓄水池取代问题较多的蓄电池,克服了技术和经济上的一个重要难题。试验系统日产淡水5 t,产水能耗约3.5 kW·h/t,已经稳定运行了3年时间,这说明在偏远岛礁利用太阳能、风能等可再生能源就地生产淡水具备了技术和经济的可行性<sup>[7,8]</sup>,该模式具有向其他偏远岛礁推广应用的前景。

#### 4 结语

岛礁现有的远距离船运供水保障方式在平时起到了重要作用,但是在复杂军事斗争环境和台风多发期间会遇到长距离补给线不安全等严重问题,

较好的解决办法是帮助岛礁自产淡水以降低对大陆的依赖性。岛礁淡水的自给自足可以通过两种方式实现:一是建造雨水收集设施收集雨水;二是利用当地太阳能等可再生能源发电进行海水淡化,同时利用这两种方式的互补性效果会更好。本文经过分析和工程实践的探索,提出了珊瑚沙滩浅层暗湖雨水收集利用和光伏直接供能反渗透海水淡化这两种具体的淡水就地保障模式。不论采用哪种供水模式,都需要预先做好准备,设施设备都应在平时建造、安装完毕,并持续地发挥作用,以此来应对应急时的用水需求。

#### 参考文献

- [1] 郑宏飞,何开岩,陈子乾. 太阳能海水淡化技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,2005.
- [2] 左 潞,郑 源,周建华,等. 海水淡化太阳能蒸馏技术研究现

- 状与展望[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2008, 36(6): 753-756.
- [3] 田 禾, 张于峰, 江菊元. 太阳能闪蒸-多效蒸发海水淡化系统研究[J]. 工业水处理, 2010, 30(7): 36-39.
- [4] 葛富余, 赵云鹏, 姜海波. 光伏发电技术在海岛供电中的应用探讨[J]. 智能建筑电气技术, 2011, 27(2): 11-13.
- [5] Jiang Haibo, Liu Jie, Yang Ping. Problems and solutions of solar energy development and utilization in coral reefs[J]. *Advanced Materials Research*, 2012, 512-515: 254-257.
- [6] 赵云鹏, 姜海波. 光伏反渗透海水淡化装置的设计与优化[J]. 中国给水排水, 2012, 28(1): 77-80.
- [7] Bilton A M, SWiesman R, SARif A F M, et al. On the feasibility of community-scale photovoltaic-powered reverse osmosis desalination systems for remote locations[J]. *Renewable Energy*, 2011, 36(12): 3246-3256.
- [8] 刘 杰, 姜海波. 偏远岛礁可再生能源开发利用技术经济分析[J]. 可再生能源, 2012, 30(3): 118-121.

## Analysis for freshwater supply mode in situ of remote islands

Jiang Haibo, Zhao Yunpeng, Cheng Zhongqing  
(Logistics College, Naval University of Engineering, Tianjin 300450, China)

**[Abstract]** This paper analyzed the main problems of remote islands on long-distance water supply from the mainland by shipping in typhoon-prone environment. The freshwater protection mode of self-sufficiency in situ was proposed. The features, complementarities, specific methods and technical means of water supply problems in situ of remote islands and reefs by two methods of rainwater harvesting and desalination by renewable energy power generation system were discussed. Research shows that the two specific fresh water supply modes of “the underground shallow lake rainwater harvesting system in coral sand beach” and “the reverse osmosis desalination systems powered directly by photovoltaic energy” have complementary and a high development potential, which are suitable for application in remote islands.

**[Key words]** rainwater harvesting; photovoltaic power generation; sea water desalination; remote islands; freshwater protection

---

(上接 85 页)

of degeneracy were analyzed, then the bidirectional actions between degeneracy in networks and the robustness of functions were proved in order to fill the gap to deal with the need of interference-proof. Based on the creation of the neuron networks and the electrical synapses in character of plasticity, the effective of the distribution in the weight of synapse to the character of network self-restoration was studied afterwards so that the corresponding mechanism could be defined. In this way, the research laid a theoretical foundation for electromagnetic protection and the self-restoration.

**[Key words]** bionics; electromagnetic bionics; electromagnetic protection; degeneracy; plasticity; robustness