

向海洋要淡水

核能海水淡化项目在不断发展

T. KONISHI 和 B. M. MISRA

世界的淡水需求在不断增加。2000 年世界水论坛在其最新的预测中,特别强调了到 2025 年世界不断发展的城市对淡水的日益需求。

淡水的可再生资源约为 40 000 立方千米。其中,仅提取了 10%,消费 5%。原因是,这些资源在地理上和季节上分布不均。

显然,为了实现淡水资源的可持续发展和管理,应该使用所有可供使用的适当技术,包括核技术和相关技术。一种具体方案是海水淡化。一些国家正在增强其从海洋获取淡水的能力(见第 6 页图)。运行淡化设备所需的能量,一般以蒸汽或电力形式供应。

传统化石燃料通常一直被用做一次能源。但是,它们的大量使用,正在加重环境问题。

由于海水淡化是一个能源密集工艺过程,使用核能大规模淡化海水的前景是诱人的。因此,一座核反应堆产生的热和/或这种设备产生的电力能够供应若干淡化设施。哈萨克斯坦阿克套的一座钠冷核动力堆(BN-350)的成功运行,已经证明这种热电联供的核反应堆的技术可行性、与安全要求的符合性以及可靠性。此外,在较小规模上,约 10 个与压水堆(PWR)相结合的淡化设施已经在日本成功运行。核淡化的大规模商业应用,将主要取决于它相对于

替代的能源供应方案的经济竞争性,以及那些急需水和能源的国家的市场需求。

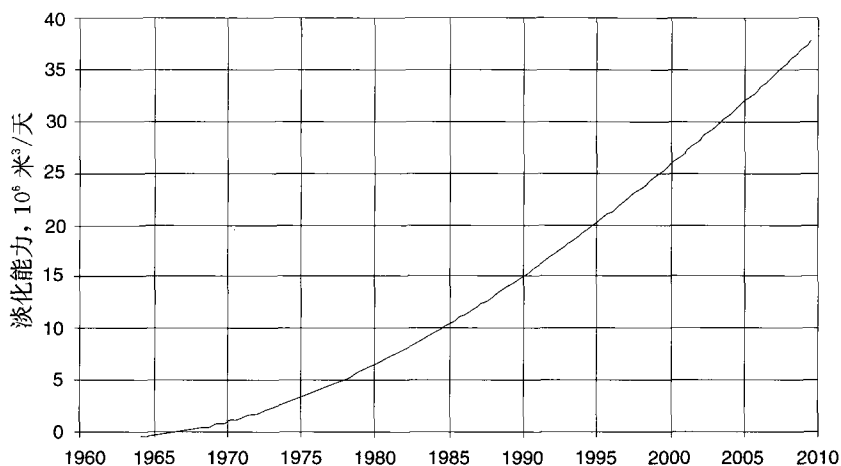
长期以来,IAEA 一直通过自己的相应计划,使来自不同国家的专家共同研究核淡化*的技术、经济和其他方面。所开展的活动包括编写和出版技术文件《核淡化论证方案确定计划》(TECDOC-898)以及 1997 年海水核淡化国际学术会议的论文集(论文集丛书 STI/PUB/1025)。这些成果极大地促进了对评价、计划或启动核淡化项目感兴趣的许多 IAEA 成员国的努力。

一切核反应堆都能够提供淡化工艺过程所需要的能量,因而能够被用于基于应用时间范围的淡化工艺过程。人们已从用于地区集中供热系统的核动力堆中获得

*核淡化定义为:在以核反应堆为淡化工艺过程的能量(电能和/或热能)来源的设施中,用海水生产饮用水。这种设施可以专门用于饮用水生产,也可以用于发电和生产饮用水。对后一种情况,反应堆总能量输出中只有一部分用于水生产。在上述两种情况下,核淡化概念都指这样的一体化设施:其中,反应堆和淡化装置都设在一个共同场地上,场内生产的能量供应淡化装置。它还涉及至少是一定程度的共同或共用的设施、工作人员以及构筑物。

Konishi 先生是 IAEA 核动力处核技术发展科职员。Misra 先生是印度巴巴原子研究中心淡化部主任。

淡化设施能力的预测增加



来源: Wangnick, 2000 年, IAEA 顾问会议提供的估计数字。

注: 数据包括运行能力和约定能力。

了某些相关的经验。地区集中供热是 IAEA 已在技术文件 (TECDOC-1056) 中介绍过的一个课题。核淡化中的安全、监管和环境问题是与核动力堆直接有关的问题, 同时要适当考虑核动力堆与淡化设施相结合的过程。现有的国际安全标准和导则, 似乎适当涵盖了这种淡化设施。

IAEA 的一个有关“核反应堆与淡化系统结合的最优化”的协调研究计划于 1998 年开始实施, 有 9 个国家的研究机构参加。研究工作涉及: 适合于与淡化系统结合的反应堆设计的评述; 这种结合的最优化; 设备性能改进; 以及用于核淡化的淡化系统的先进工艺技术。

IAEA 的一个称为

“淡化经济评价程序”或 DEEP 的软件包, 对许多国家提供了有益的帮助。这个软件包的输出包括: 与每个选定方案相应的水和动力的归一化成本; 成本构成明细表; 能量消耗; 以及可出售的净动力。通过调整包括设计功率、功率循环参数和各种费用在内的输入数据, 人们可用这个软件包模拟具体的动力堆。

DEEP 服务于 3 个目的。它使人们能够将电力和脱盐水的归一化成本作为数量、场地特有参数、能源以及淡化工艺技术的一个函数加以计算。第二, 它使人们能够在一个涉及若干共同假设一致的基础上, 对大量的设计方案进行平行比较。第三, 它使人们能够为在一给定地

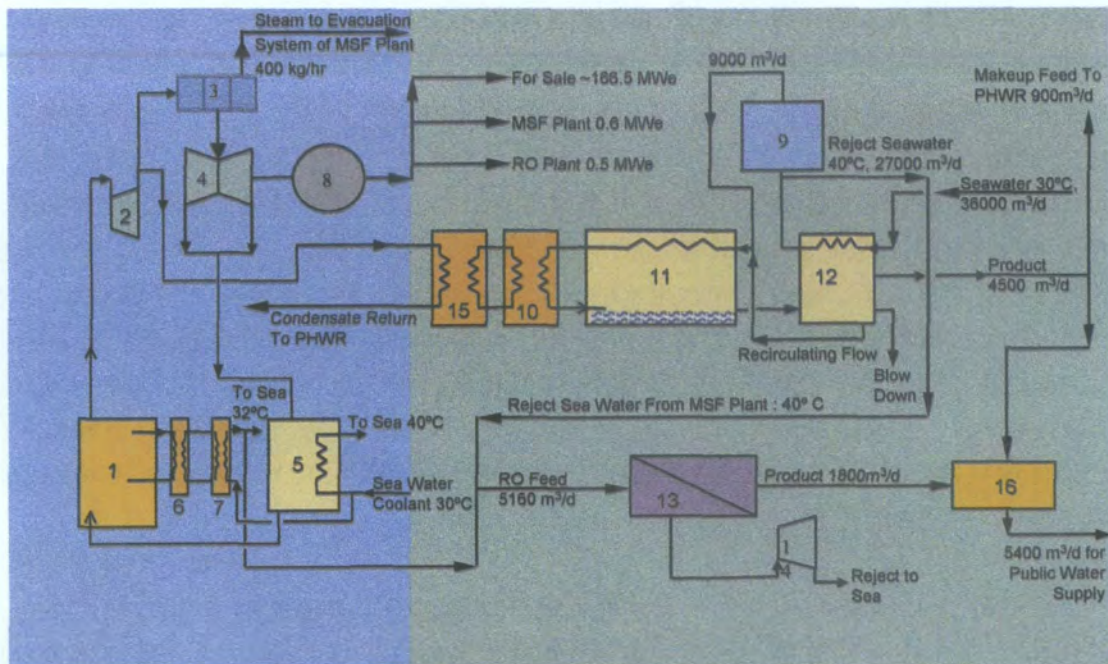
点提供所规定数量的脱盐水和/或电力迅速确定最低成本方案。

已运用这个软件, 相对于化石方案对核海水淡化进行全面的经济评估。评估结果——发表于 IAEA TECDOC-1186——普遍表明, 核淡化能够以与化石方案同样的成本提供饮用水; 因此, 这两种方案在许多地区都可以视为是有生命力的。

IAEA 的一种新的出版物即《核淡化入门: 指南》(技术报告丛书 STI/DOC/010/400) 概述了核淡化。它还提出了决策中要做的一些特别考虑, 并就核淡化方案决定做出后应该采取的步骤提供指导。

国际合作 为促进开发活动, IAEA 一段时间以来一直在有正在运行、设计、规划核淡化设施或对其感兴趣的成员国的专家出席的各种技术会议上, 收集和传播有关的信息。

除在日本和哈萨克斯坦取得的运行经验外, 预计若干个国家将建造一些新的用于论证目的的核淡化设施。例如, 大韩民国在利用称为 SMART 的 330 兆瓦(热)反应堆的水、电并供核淡化设施中已经取得进展。俄罗斯联邦已经开始实施一个使用一系列 KLT-40C 驳船机组的核淡化项目。印度通过把



一些新的淡化设备与现有的170兆瓦(电)加压重水反应堆(PHWR)相结合,已经成为核淡化论证方面的一个领先者。建造工作已经在钦奈(Chennai)南部的卡尔帕卡姆开始。

为促进工艺技术持有者和潜在的最终使用者之间的合作,IAEA于1999年开始实施一个名为“一体化核电和淡化系统设计”的地区间技术合作项目。该项目旨在为工艺技术的供应者与潜在的接受者联合开发旨在论证核淡化在具体地区的可行性的一体化核淡化概念提供一个机会。

印度尼西亚、突尼斯、巴基斯坦和伊朗已在这一框架下提出具体技术援助要求,以便在当地具体条件下开始



印度的核淡化论证项目

在印度的卡尔帕卡姆,上图所示的核淡化论证项目的建造工作已经开始。正如工艺流程图所示,两个淡化系统被结合到一座170兆瓦(电)PHWR上。流程图中的数字表示PHWR(1);高压汽轮机(2);汽水分离器/再热器(3);低压汽轮机(4);电厂冷凝器(5);慢化剂-水冷却回路(6);水-海水冷却回路(7);发电机(8);多级闪蒸(MSF)设施化学预处理段(9);MSF设施盐水加热器(10);MSF设施热回收段(11);MSF设施排热段(12);反渗透(RO)设施(13);RO设施能量回收汽轮机(14);中间热交换器(15);和产品贮槽(16)。

或计划可行性研究。预计会遇到更大的能源和水问题的其他发展中国家,也已对参加该项目表示强烈兴趣。

参与国际合作努力的潜在工艺技术供应者包括:大韩民国、俄罗斯联邦、阿根廷、加拿大、法国和中国。

和这些 IAEA 活动相配合,一些国家已在规划和评价论证项目,以论证在特定的条件下,利用核能进行淡化的可行性。

摩洛哥于 1998 年与中国联合完成一项项目前研究。该项目将利用一座 10 兆瓦(热)供热反应堆,并借助多效蒸馏方法,在坦坦每日生产 8000 立方米饮用水。埃及于 1999 年开始为在地中海海岸的达巴建造一座电力与饮用水并供工厂进行可行性研究。

印度的论证项目 为增加缺水地区的水源,巴巴原子研究中心(BARC)自 20 世纪 70 年代起,一直从事淡化研究与开发工作。结果,靠本地力量开发出来多级闪蒸(MSF)技术和反渗透(RO)技术。

为有效益地利用淡化活动各方面的经验和专门知识,BARC 正在设法建造一套混合的 MSF-RO 淡化论证设备,并将其与在印度东南部卡尔帕卡姆的马德拉斯核电站(MAPS)运行的 170

兆瓦(电)PHWR 堆相结合(见第 7 页方框)。

这个核淡化论证项目(NDDP)将包括一个日产 4500 立方米饮用水的 MSF 设备和一个日产 1800 立方米饮用水的 RO 设备。这两个设备合在一起,将提供足够的脱盐水,从而满足该核电站对工艺用水和附近人民对饮用水的两种需求。

这个论证项目的目标是:

- 建立本地设计、制造、安装和运行核淡化设备的能力;

- 为大规模的核淡化设备提供必要的设计输入和最优工艺参数;

- 对感兴趣的 IAEA 成员国起到一个示范项目的作用。欢迎感兴趣的成员国参与该项目。

卡尔帕卡姆的这个项目启动于 1998 年。起草了初步安全分析报告(PSAR)和初步设计基准报告。主要设备现在处于采购或制造阶段。土木工程正在取得进展。MSF 和 RO 设备厂房以及办公楼都将竣工。PSAR 已获得认可。正在编写最后安全分析报告(FSAR),以便提交。

大部分设备将于 2002 年运到现场,届时安装工作将能够开始。试运行和调试工作预计于 2002 年晚些时

候开始进行。调试一旦完成,NDDP 便将开放,供感兴趣的成员国在 IAEA 保护伞下进行国际参与,以便共享有关核淡化设施运行与维护的信息。

根据项目经验估计,到 2005 年,将建成一些日产 1000 万加仑饮用水的标准化设施。这些设施将采用 MSF 和 RO 工艺方法,并将在印度投入商业使用。

共享经验 对核淡化的大规模应用而言,最有决定性的因素之一(即使不是唯一的因素)是经济竞争性。哈萨克斯坦和日本取得的运行经验,在现正考虑核淡化的许多发展中国家中,也许不能有力地证明经济可行性。

人们强烈需要的是,在更多国家的当地条件下,论证核淡化的经济可行性。印度卡尔帕卡姆设施成功的调试和运行,将加深人们对核淡化的技术信心和经济信心。重要的是,印度和其他感兴趣的国家将共享该设施的运行和维护经验,。

IAEA 正计划在 2002 年举办一个国际学术会议,审视核淡化的全球状况,并探讨使之适应新要求的途径。随着更多经验的取得和共享,各国将能够更充分地评估这种多功能的核技术在满足日益增加的电力与水需求方面所能起的作用。 □