

# 某2×1 000 MW燃煤电厂淡水获取方案探讨

伍明军<sup>✉</sup>

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广东 广州 510663)

**摘要:** [目的] 2×1 000 MW 燃煤机组的淡水用量约为 500 多 t/h, 如何获取这部分淡水对于电厂的安全、经济地运行至关重要。[方法] 文章通过对滨海电厂的几种淡水获取方案进行技术和经济方面的对比分析, 希望对特定边界条件下的淡水方案决策提供一些建议。[结果] 通过文章探讨发现, 自来水取水方案供水成本较低, 但存在取水协议、输水管线征地等问题。海水淡化虽然节省淡水资源, 具有良好的社会效益, 但投资较大, 运行维护工作量大, 运行费用较高, 供水成本高。[结论] 2 种淡水获取方案均可行, 在有充足的自来水可获取的情况下, 建议采用自来水作为电厂的淡水水源。

**关键词:** 滨海电厂; 淡水获取方案; 自来水取水; 海水淡化; 淡水水源

中图分类号: TM621;TV696

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2023)S1-0094-04

开放科学(资源服务)二维码:



## Discussion on Fresh Water Acquisition Scheme for 2×1 000 MW Coal-Fired Power Plant

WU Mingjun<sup>✉</sup>

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, Guangdong, China)

**Abstract:** [Introduction] The fresh water consumption of 2 × 1000 MW coal-fired units is about more than 500 tons per hour, and how to obtain this part of fresh water is very important for the safe and economic operation of power plants. [Method] In this paper, several fresh water supply schemes for coastal power plants were compared and analyzed from the aspects of technology and economy, aiming to provide some suggestions for the decision making of fresh water schemes under specific boundary conditions. [Result] Through the discussion of this paper, it is found that the water supply cost of tap water supply scheme is low, but there are some problems such as water intake agreement, land acquisition of water pipeline. Although seawater desalination saves fresh water resources and has good social benefits, it requires high investment, heavy operation and maintenance workload, high operation cost and high water supply cost. [Conclusion] The two fresh water supply schemes are feasible, and it is suggested that tap water should be used as the fresh water source of the power plant when sufficient tap water is available.

**Key words:** coastal power plants; freshwater supply schemes; tap water intake; seawater desalination; fresh water source

2095-8676 © 2023 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 0 引言

电厂是用水大户, 采用淡水冷却塔系统的电厂耗水量甚至高达数千方每小时<sup>[1-2]</sup>。电厂淡水有多种获取途径<sup>[3-5]</sup>, 包括: 自来水、海水淡化<sup>[6-7]</sup>、地表水、城市中水<sup>[8]</sup>、再生水<sup>[9]</sup>等。每种淡水水源有特定的适用条件及各自的优缺点, 具体到一个特定的电厂项目, 如何获取这部分淡水对于电厂的安全、经济地运

行至关重要。

文章将针对某个位于广东沿海的 2×1 000 MW 燃煤电厂项目进行研究和讨论。

## 1 项目概况

A 电厂建设规模为 2×1 000 MW, 位于广东省东南部的某镇, 距县城约 22 km, 毗邻南海。

## 2 淡水系统概述

### 2.1 淡水用量

电厂淡水主要用于锅炉补给水原水、脱硫系统用水、喷雾除尘用水、输煤系统冲洗用水、煤场喷淋用水、空调补充水、生活用水及消防用水等,总用水量如表 1 所示。

表 1 2×1 000 MW 机组淡水用量

Tab. 1 Freshwater consumption of 2×1 000 MW units

项目	2×1 000 MW 机组
平均小时用水量/(m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> )	552.0
年平均用水量/万 m <sup>3</sup>	283.896
百万千瓦容量耗水量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> ·1 000 MW)	0.073

注: 1. 机组年利用小时数为 5 000 h。

2. 百万机组耗水量包括脱硫工艺用水, 不包含厂外淡水管网漏损量。

### 2.2 淡水方案选择原则

本工程厂址东南向面临南海, 附近无较大的河流, B 河是本县唯一入海河流, 也是全县淡水资源的主要来源。考虑到 B 河距离电厂较远, 而且新建补给水系统证照办理手续较多, 办理周期较长, 而电厂位于海边, 海水资源丰富, 因此本报告主要对自来水和海水淡化 2 种淡水水源方案进行技术经济比较论证。

## 3 自来水取水方案

### 3.1 淡水水源

机组淡水水源采用市政自来水, 水源取自距厂址约 22 km 处的 C 自来水厂。

### 3.2 淡水供水设施

本项目需在自来水厂供水泵旁边增设 2 台供水泵(1 用 1 备)。

为提高供水泵的使用年限, 本项目新建一座自来水提升泵房, 泵房(含配电间)尺寸长×宽×高=20 m×9 m×6 m, 泵房内设有 2 台供水泵、1 台电动桥式起重机的、2 台移动式排污泵。

### 3.3 淡水输水管道

在供水泵出口新建 1 根 DN800 的输水管道直接敷设至厂区内, 管内流速约为 0.83 m/s。输水管道采用φ820×10 mm 焊接钢管, 以埋地敷设为主, 覆土埋深暂按 1.2 m 考虑, 距离厂区约 22 km。输水管道

沿途设有联络阀门井、泄水阀门井和排气阀门井。

## 4 海水淡化制水方案

### 4.1 海水淡化概述

海水淡化系统用于制取本项目电厂 2×1 000 MW 发电机组所需的全部工业用水和生活用水, 正常淡水需水量为 552 m<sup>3</sup>/h, 海水淡化系统出力也按此设计。

#### 1) 海水淡化方案的选择

目前, 世界上常用的海水淡化方法有蒸馏法和反渗透法 2 种。其中, 蒸馏法中常用多级闪蒸系统和多效蒸发系统。

多级闪蒸系统和低温多效蒸发系统的基本原理都是利用蒸汽对海水进行表面加热, 加热后的海水在具有一定真空度的多级蒸发器中连续蒸发而得到淡水。大容量多级闪蒸和低温多效装置需采用进口设备。

反渗透法是通过反渗透膜对海水中的溶解物质进行分离, 达到制取淡水的目的。

由于多级闪蒸系统和多效蒸发系统设备造价非常昂贵, 远高于反渗透系统。因此, 本报告着重对反渗透海水淡化系统进行比较。

#### 2) 反渗透法海水淡化技术

反渗透海水淡化系统通常采用以下系统流程: 自海边取水泵送来的海水, 经澄清池(凝聚加药)——贮水箱——清水泵——保安过滤器——超滤升压泵——超滤装置——超滤水箱——超滤水泵——保安过滤器——反渗透升压泵——反渗透装置——淡水箱。海水淡化系统的出水标准可达到工业用水的质量要求。生活用水和锅炉补给水需要另外的水处理系统进行深度除盐处理。

整套系统在国内制造, 关键部件如超滤膜、反渗透膜、高压泵组、能量回收装置、仪表等采用进口设备。

### 4.2 海水淡化系统设计

#### 1) 海水预处理

本项目电厂淡水按海水淡化考虑, 海水取自循环水泵房前池, 由 2×DN600 的管道输送至海水净化站, 经 3 个处理能力为 750 m<sup>3</sup>/h 的斜板沉淀池(2 用 1 备)处理后进入海水淡化车间处理, 处理后的淡水加压供全厂工业、生活、消防用水。

## 2) 海水淡化反渗透工艺

经预处理后的海水进入海水淡化车间,采用超滤过滤处理和反渗透脱盐处理。超滤过滤处理使后续的反渗透装置进水的 SDI 值达到要求;反渗透脱盐处理可脱除海水中的绝大部分溶解物质及有机物,经一级反渗透装置其出水质量可满足工业用水标准,

二级反渗透装置出水质量可作为锅炉补给水处理系统进水及生活用水。

## 5 技术经济比较

### 5.1 技术比较

两种淡水水源方案的技术比较详见表 2。

表 2 两种淡水水源方案技术比较表

Tab. 2 Technical comparison between the two fresh water supply schemes

方案	优点	缺点
自来水取水方案	1) 工艺成熟,水质稳定,水质较好。 2) 无需新建岸边取水建(构)筑物及设备。 3) 无需新建原水预处理建(构)筑物及设备。 4) 可利用一期已建的山顶水池和输水管道,互为备用。 5) 全厂#1~#6机组淡水水源统一运维管理,简单方便,运维费用较低。	1) 自来水厂距离电厂约 22 km, 距离较远。 2) 需在水厂新建 1 座自来水提升泵房,新增 2 台供水泵及配套起吊、排污设备。 3) 从供水泵出口新建 1 条 DN800 的输水管道,长度约 22 km, 输水管道沿途条件复杂,工程量大,施工工期长,需解决管道征地问题。 4) 需与当地相关部门协调关系,取得用水协议书。
海水淡化方案	1) 供水安全可靠,出水水质较好。 2) 建设工期较短,便于运行维护管理。 3) 新建取水管线(海里)短。 4) 节省淡水资源,具有良好的社会效益。	1) 初期投资费用较大。 2) 运行维护工作量大,运行费用高。 3) 制水成本高。

从表 2 技术比较来看,两种淡水水源方案从技术角度均是可行的,各有优缺点。

### 5.2 经济比较

两种淡水水源方案的投资估算详见表 3。

表 3 两种淡水水源方案投资估算比较表

Tab. 3 Comparison of investment estimates between the two fresh water supply schemes

项目	自来水取水方案	海水反渗透方案	备注
土建概算/万元	1 069	1 134	—
征地费用/万元	3 300	—	有一段自来水取水管
设备及安装概算/万元	4 541	10 136	—
合计	8 910	11 270	—

从表 3 投资估算来看,海水淡化方案投资估算较高。

两种淡水水源方案下的运行费用比较详见表 4。

从上述分析可以看出:

1) 设计出力为 552 m<sup>3</sup>/h 的反渗透海水淡化系统其工艺设备、控制投资总费用约 11 270 万元,淡水制水运行成本(包括设备维修、维护,化学药品消耗、电耗、膜更换、人工等)约为 6.78 元/t 水。

表 4 两种淡水水源方案年运行费用比较表

Tab. 4 Comparison of annual operating costs between the two fresh water supply schemes

方案	运行成本/(元·t <sup>-1</sup> )	备注
自来水取水方案	2.80	水价为 2.2 元/t, 考虑可能的输水管道检修维护等。
海水反渗透方案	6.78	考虑海水淡化系统的电费、设备维护修理、换膜、药品等。

2) 采用自来水取水方案时,投资总费用为 8 910 万元,自来水运行成本约为 2.8 元/t。

## 6 结论

自来水取水方案和海水淡化制水方案均可作为项目水源。自来水取水方案成本较低,但是存在水源距电厂较远、可能存在征地等问题。海水淡化方案虽然节省淡水资源,具有良好的社会效益,但投资较大,运行维护工作量大,运行费用较高,供水成本高。

在项目周边有充足的自来水水源的情况下,经综合比较推荐采用自来水作为电厂的淡水水源。

### 参考文献:

[1] 王芳. 我国火力发电厂耗水水平分析与节水措施 [J]. 河北电力

- 技术, 2001, 20(2): 6-9. DOI: [10.3969/j.issn.1001-9898.2001.02.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-9898.2001.02.003).
- WANG F. Analysis on water consumption level of the power plants in China and water-saving measures [J]. *Hebei electric power*, 2001, 20(2): 6-9. DOI: [10.3969/j.issn.1001-9898.2001.02.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-9898.2001.02.003).
- [2] 王翔, 王佩璋. 燃煤电厂耗水指标与节水技术措施 [J]. *华北电力技术*, 1998(5): 21-28,52. DOI: [10.3969/j.issn.1003-9171.1998.05.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9171.1998.05.008).
- WANG X, WANG P Z. Water consumption indexes of coal-fired power plant and technical methods for water saving [J]. *North China electric power*, 1998(5): 21-28,52. DOI: [10.3969/j.issn.1003-9171.1998.05.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.1003-9171.1998.05.008).
- [3] 史福祥. 电厂供水水源初步可行性论证 [J]. *科技情报开发与经济*, 2011, 21(1): 202-204. DOI: [10.3969/j.issn.1005-6033.2011.01.085](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6033.2011.01.085).
- SHI F X. The preliminary feasibility studies on water source of power plant [J]. *Sci-tech information development & economy*, 2011, 21(1): 202-204. DOI: [10.3969/j.issn.1005-6033.2011.01.085](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-6033.2011.01.085).
- [4] 李金燕, 唐莲. 电厂项目取水水源可靠性分析研究——以宁夏水洞沟电厂二期扩建工程为例 [J]. *中国农村水利水电*, 2010(3): 48-50.
- LI J Y, TANG L. Research on reliability analysis of water source for power plant projects [J]. *China rural water and hydropower*, 2010(3): 48-50.
- [5] 黄炬辉. 广东惠来某电厂一期3、4号2×1 000 MW机组工程淡水供水方案研究 [J]. *企业技术开发*, 2011, 30(1): 13-15. DOI: [10.14165/j.cnki.hunansci.2011.01.066](https://doi.org/10.14165/j.cnki.hunansci.2011.01.066).
- HUANG J H. Freshwater supply of a certain power plant I stage 3, 4# 2×1 000 MW unit in Guangdong Huilai [J]. *Technological development of enterprise*, 2011, 30(1): 13-15. DOI: [10.14165/j.cnki.hunansci.2011.01.066](https://doi.org/10.14165/j.cnki.hunansci.2011.01.066).
- [6] 吴舜华, 王永胜, 温德才, 等. 海水淡化技术的现状和存在的问题及对策 [J]. *龙岩师专学报*, 2004, 22(3): 81-82,88. DOI: [10.3969/j.issn.1673-4629.2004.03.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-4629.2004.03.037).
- WU L H, WANG Y S, WEN D C, et al. Present situation and existing problems of seawater desalination and their solutions [J]. *Journal of Longyan university*, 2004, 22(3): 81-82,88. DOI: [10.3969/j.issn.1673-4629.2004.03.037](https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-4629.2004.03.037).
- [7] 闫佳伟, 王红瑞, 朱中凡, 等. 我国海水淡化若干问题及对策 [J]. *南水北调与水利科技*, 2020, 18(2): 199-210. DOI: [10.13476/j.cnki.nsbdkq.2020.0043](https://doi.org/10.13476/j.cnki.nsbdkq.2020.0043).
- YAN J W, WANG H R, ZHU Z F, et al. Relevant issues on the problems and countermeasures of seawater desalination in China [J]. *South-to-North water transfers and water science & technology*, 2020, 18(2): 199-210. DOI: [10.13476/j.cnki.nsbdkq.2020.0043](https://doi.org/10.13476/j.cnki.nsbdkq.2020.0043).
- [8] 孙霞, 羊智成, 王龙胜, 等. 中水作为水源的超临界电厂水处理的工程实践 [J]. *山东化工*, 2020, 49(11): 258-259,265. DOI: [10.3969/j.issn.1008-021X.2020.11.102](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-021X.2020.11.102).
- SUN X, YANG Z C, WANG L S, et al. Engineering practice about the water treatment in the supercritical power plant using recycled water of city as water source [J]. *Shandong chemical industry*, 2020, 49(11): 258-259,265. DOI: [10.3969/j.issn.1008-021X.2020.11.102](https://doi.org/10.3969/j.issn.1008-021X.2020.11.102).
- [9] 彭博, 吴春霞. 再生水作为电厂生产水源有关问题的探究 [J]. *水利科技与经济*, 2014, 20(12): 96-98. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7175.2014.12.039](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7175.2014.12.039).
- PENG B, WU C X. Exploring the issues related to regenerated water as a production water source for power plants [J]. *Water conservancy science and technology and economy*, 2014, 20(12): 96-98. DOI: [10.3969/j.issn.1006-7175.2014.12.039](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-7175.2014.12.039).

## 作者简介:



伍明军

伍明军 (通信作者)

1978-, 男, 高级总工程师、注册公用设备工程师、注册一级建造师/注册咨询师、PMP, 硕士, 主要从事电力项目技术管理工作 (e-mail)wumingjun@gedi.com.cn。

(编辑 赵琪)