

Discussion on Reasonable and Optimum Operation Mode of Rotary Filter Screen in a Coastal Power Plant

Chengfu Xiong

Eastern Power Plant of Shenzhen Energy Group Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518120, China

Abstract

Rotary filter screen is an essential filtering and cleaning equipment in the circulating cooling water system of power plant, due to the different sea conditions and the growth and reproduction of marine organisms in various sea areas in coastal areas, how can the power plant reasonably select the appropriate operation mode according to its own environmental conditions and the infrastructure construction of water intake, at the same time, the cooling water can meet the purposes of safe and stable operation of the unit, energy saving and consumption reduction of the filtration system and equipment wear reduction. This paper discusses the optimal operation mode of rotary filter screen.

Keywords

coastal power plant; circulating cooling water system; rotary screen; operation mode; energy conservation

某沿海发电厂旋转滤网合理优化运行方式的探讨

熊乘甫

深圳能源集团股份有限公司东部电厂, 中国·广东 深圳 518120

摘要

旋转滤网是发电厂循环冷却水系统中必不可少的过滤清污设备, 沿海地区各海域由于海况及海生物生长、繁殖情况不同, 发电厂根据自身所处环境条件和取水口基础设施建设情况, 如何合理选择适当的运行方式, 同时达到冷却水满足机组安全稳定运行和过滤系统节能降耗、减少设备磨损的目的。论文对旋转滤网优化运行方式进行探讨。

关键词

沿海发电厂; 循环冷却水系统; 旋转滤网; 运行方式; 节能

1 引言

一直以来, 关于海生物(论文主要指小鱼、小虾、水母、贝壳类)、水中杂物、海菜入侵循环水冷却系统导致旋转滤网堵塞、过载、设备损坏、循环水泵因水位低而停运, 严重导致机组降低负荷运行甚至导致机组跳闸的非停事件时有发生。

某沿海发电厂建设有 $3 \times 390\text{MW}$ 燃气—蒸汽联合循环发电机组, 为日启停调峰机组, 机组在不同的季节所承担的负荷则不同, 夏季承担的负荷较大, 机组在夜间有时会连运, 冬季负荷较小, 机组通常在夜间停机备用。海生物繁殖主要集中在春夏季, 生长成熟主要集中在秋冬季, 结合机组投产多年来该海域的实际情况和取水设施建设的实际条件, 总结相关经验后, 以期达到合理运行的目的。

【作者简介】熊乘甫(1988—), 男, 中国四川广安人, 本科, 从事燃气轮机电厂汽机及辅机检修管理等研究。

下面论文以本厂的实际情况进行分析和探讨。

2 设备、设施概况

2.1 取水口海域及设施设备安装情况

电厂位于中国广东省深圳市大鹏湾东海岸、大鹏半岛西北侧秤头角。大鹏湾位于深圳市东南部, 毗邻香港, 东临大亚湾, 濒临南海, 水域面积近 400km^2 , 是一个半封闭的海湾, 具有优越的地理位置和丰富的旅游资源, 被称为“黄金海岸”。湾内渔业资源丰富, 东部浅海养殖区是深圳市重点海水增养殖区, 面积达 106km^2 , 西北部的盐田港是四大国际中转深水港之一^[1-2]。电厂周边为休闲旅游度假区和农渔业区, 同时电厂附近建设有两座已运营的LNG接收站和一座近年来正在填海造陆施工的LNG接收站, 电厂近岸海域取水口水质状况整体良好, 已达到国家一、二类水质标准^[3-4]。

电厂因机组生产特点和地理条件因素, 建设之初未设置引水明渠和港池, 因此不具备增设安装新的海生物防控、拦截设备设施条件, 且取水沉箱直接建设在大海边, 外围即为

公海航道,时常有海警船和LNG运输船及渔船通行。3台机组采用“一机一泵”、循环水母管并联模式,无备用循环水泵,即1台机组对应一台循环水泵,相应的只有独立的1条取水流道和1台旋转滤网。由于采用母管制供水,任一台循泵可供任1台机组冷却用水。机组冷却水取水方式为面向大海直接取水,通过沉箱取水流道至凝汽器,依次设置有粗拦污格栅(栅条间距150mm)、制氯消杀加药口(加药方式为“泵启药投”)、细拦污栅(栅条间距50mm)、旋转滤网(网孔直径6.43mm)、二次滤网(网孔直径5mm)。

2.2 旋转滤网型式、特征

电厂安装的旋转滤网为XKC-2500型滤网,即全框架侧面进水型,网板宽度2500mm,如图1所示,详细技术参数见表1。根据实际使用经验,电厂制定每3个月为一个周期进行一次定检,更换磨损和腐蚀后的部件。

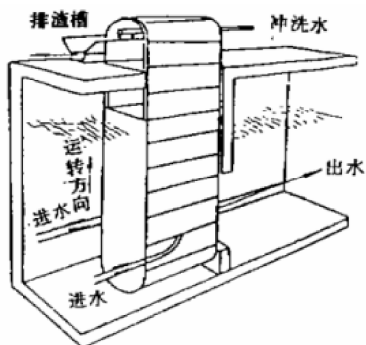


图1 侧面进水型旋转滤网示意图

表1 XKC2500型全框架侧面进水旋转滤网技术参数

序号	技术参数名称	规格
1	单块网板名义宽度(链条节距)	600mm
2	最大使用深度	20m
3	标准网孔净尺寸	6.3×6.3mm
4	设计允许过网水流量	0.8m ³ /s
5	设计允许网前后最大水位差	600mm
6	冲洗运行水位差	100mm
7	报警水位差	300mm
8	滤网旋转时网板上升速度	3.6/1.8m(双速可选) m/min
9	电动机功率	4kw
10	一台滤网冲洗水量	110m ³ /h
11	淹没深度1.0m时的过水量	4575m ³ /h
12	实际使用水深	约7.5~9.5m

主要技术特征:该旋转滤网主要由框架(包括上、中、下段)、链条与网板、驱动与传动系统、冲洗管路、安全保

险装置等部分组成。滤网工作面积利用率较高,过水量大,基本不存在“污物夹带”问题,且没有被冲洗掉的杂物通常不会被携带入净水侧;污水只流过网板一次,且总是沿着一个方向,使得可通过网板的小污染物不会集留在滤网内侧,可以有效减少因停工清洗而造成的时间及资金的浪费;当滤网旋转时,在网板外收集的杂物被提升到地面操作平台上,并被冲洗到排污水槽中,从而达到过滤水质的目的。

3 电厂附近海生物生活及生长特性

经过多年观察,发现对电厂循环冷却水系统产生有影响的海生物分别是:鱼群、水母、藤壶和海虹。其生活生长特性如下^[5]。

3.1 鱼群

电厂附近海域渔业资源丰富,各种鱼群一般在4~5月发育成熟,5~6月出现幼鱼群体。此外,每年5月16日12时起至8月1日12时止,南海进入一年一度的伏季休渔期。

3.2 水母

水母不擅长游泳,其往往需靠风、海浪和水流来移动,水母常以浮游生物、鱼卵等为食。近年来随着沿海渔业的过度捕捞和人类生产生活污水的过度排放使沿海水污染加重,鱼类大量减少,浮游生物增多,水母则繁衍过剩。而电厂海域附近的水母种类主要是黄斑海蜇和白色霞水母。其中黄斑海蜇主要分布于中国东南沿海一带,生长期在2~5月,而到6~9月(水温平均值约30℃)由幼生期成长为水螅期时则为无性繁殖高峰期。白色霞水母则每年5、6月由水母幼体生长到水珠大小。进入8月份左右,随着海水温度达到23~26℃时便大量出现于沿海海面。每年夏末初秋,当台风及北方的冷空气活动较弱时,沿海水域的霞水母则开始旺盛地繁殖。

3.3 藤壶

藤壶附着力极强,无论在礁石上,还是船体及其他金属上,都可以附着生长,而且仅靠风浪吹打是无法清除的。其原因是藤壶在每一次脱皮之后,便分泌出一种叫藤壶初生胶的粘性液体,这种液体含有多种生化成分和极强的粘合力,使其有极强的吸附能力。此外,每当它准备附着时,还会分泌一种胶质,使本身能牢牢地粘附在硬物上。

3.4 海虹

南方又名青口,适宜水温10~35℃。南方青口贝壳长达13~14cm,北方渤海地区则通常为8cm内。壳长是壳高的2倍。

其中,电厂近年来经过采取制氯消杀加药口和加药方式的改造以及对前池进行涂刷防污漆,藤壶与海虹已基本得到抑制。

4 实际投运状况

4.1 按厂家原始设计方式运行

旋转滤网可以定时人工启动运行,亦可由水位差计程序控制装置,根据网前后水位差,自动投入运转,冲洗和停止。

建议采用自动运行方式。从2005年安装完毕投用至2010年,根据设备使用说明书要求,旋转滤网采用自动运行程序^[6],即:

①当水位计检测到网前后水位差超过100mm时,水位差计发出信号,启动冲洗水泵,打开冲洗阀门,启动旋转滤网。旋转滤网冲洗,运行1.5~2圈后,自动停运旋转滤网,关闭冲洗阀门,停运冲洗水泵。

②当水源中悬浮脏污物较多,或遇到特殊情况,网前后水位差增加到300mm时,水位差计检测装置发出报警信号,通知值班或检修人员到现场处理。旋转滤网在水位差低于600mm时,旋转滤网连续运转。

③在水源较清洁,长时间网前后水位差小于100mm的情况下,旋转滤网由程序控制装置的指令,每间隔8小时自动运行冲洗一次,每次运行冲洗0.5~1.5圈。

这5年期间,3台旋转滤网共发生过3次在小鱼繁殖的季节因数量众多和聚集而压损网板(如图2所示)和过载的缺陷,但从未发生过滤网前后水位差超过300mm而导致检测装置发出报警信号和水位差低于600mm时,旋转滤网连续运转的现象。因此,通过长期观察,从未发生过海生物入侵而造成旋转滤网堵塞的现象,即便在某些年份各种鱼类、海虾繁殖生长旺盛的季节,只要巡检人员发现前池内海生物聚集,则采取人工干预启动旋转滤网的方式,直到水面可见的海生物消散。而海水中的杂物,如塑料垃圾、玻璃瓶、轮船生活垃圾等,只要能通过两道拦污栅进入旋转滤网,都能被收集上岸,旋转滤网足以应对,起到打捞、过滤、冲洗干净的目的。



图2 被海生物压损后的滤网过滤网板

2010年,因为捞渣机受海水和海边烟雾影响,腐蚀严重,加之自投用以来该海域并无多少杂物需要清理,无实际使用意义,同时为减小运行维护成本,综合评估后,拆除了移动式垂直耙斗式清污机。

4.2 旋转滤网处于全天候运转方式运行

在2011年,因大鹏海域渔业资源较往年丰富,尤其在生长繁殖季节,通过巡检人员发现后启动旋转滤网经过一个夜晚12小时打捞上来的海虹和小型鱼虾类海生物,在早晨已堆满滤网冲洗水排水集污池,如图3所示收集到的小鱼虾。



图3 旋转滤网打捞上来的小鱼虾

同年秋季,由于有位于珠江口西侧同属南海大片区域海域的发电厂因台风后水母聚集而导致旋转滤网被堵塞后跳闸和循环水泵因水位低而停运,以致3台机组的二次滤网也出现堵塞情况,并相继跳闸进入手动反洗程序,使机组处于低负荷运行状态才避免停机的案例。因此电厂出于机组安全和预防同类事故发生起见,将旋转滤网运行方式调整为:除检修停机外,只要机组运行,循环水泵不停,则旋转滤网随循环水泵同时运转,冲洗水泵持续运行冲洗的方式。

此种运行方式虽在一定程度上避免了海生物聚集于旋转滤网附近,但极大地加速了设备的磨损和消耗了太多设备的自耗电量,且在秋冬季海生物很少见的情况下,此种方式更是不可取。综合起来浪费了许多物力、人力成本,加速了设备备件更换率,减少了设备使用寿命,同时增加了检修维护人员的工作负担。

此种运行方式一直持续至2014年,但这4年期间未发生1例旋转滤网过载和网板因海生物聚集而压损的缺陷,也从未发生过海生物入侵而造成旋转滤网堵塞的现象。

4.3 修改逻辑调整为冬、夏季模式方式运行

电厂在2014年通过取水口海域的实际情况和旋转滤网持续运行的效果来综合分析,再结合节能降耗的目的,通过修改重组旋转滤网与循环水泵的控制逻辑,将旋转滤网控制模式分为冬季运行模式和夏季运行模式。冬季(每年11月至次年4月间海水清洁度较好,垃圾及海生物较少)设定定时运行,按每日24小时计算,停运11小时,运行1小时,即每隔11个小时,运行1个小时。夏季(每年5月至10月间为海生物繁殖、生长旺盛期,小鱼小虾较多)旋转滤网随循环泵一起运行,循环泵停滤网停。修改控制逻辑控制按夏、冬两季模式运行,做到两季节能自动转(切)换。具体按以下两种逻辑控制方式实施:

①水位差控制方式:当滤网前后水位差高于400mm时,启动滤网低速运行;当滤网前后水位差低于50mm时,停止滤网运行。

②定时控制:当对应的循环水泵运行时,启动计时,计时满11个小时后启动滤网低速运行,运行1个小时后停运滤网(旋转滤网每旋转1圈需15分钟,约旋转4圈)。

其中,定时控制方式优先,即定时启动后,若差压低于

50mm, 也不能停运滤网。

经过一段时间运行后, 由于提出旋转滤网设定时间运行异动时考虑不全面, 从执行后情况来看, 按循环水泵运行启动计时, 计时满 11 个小时后启动滤网低速运行, 运行 1 个小时的定时控制, 运行巡检人员和检修维护巡检人员均都难以观察到旋转滤网启动运行时间, 也无规律可循, 不利于旋转滤网安全可靠运行。于是电厂相关部门、专业再次经过探讨、研究决定按以下方式对旋转滤网定时运行进行优化完善改进:

①水位差控制方式不变。

②由先前泵启动触发计时改为定时触发计时, 冬季时将一天 (24 小时) 2 次启停, 调整到一天 (24 小时) 3 次启停, 3 次时间设在上午 9:00 时、下午 16:30 时和夜晚 0:00 时 (正好处于运行部白、中、夜三班交接完工作开始巡检的时间)。为避免瞬间三台旋转滤网同时启动过电流, 调整启动时间间隔为 5 分钟。例如, #1 旋转滤网 9:00 时、16:30、0:00 启动; #2 旋转滤网 9:05 时、16:35、0:05 启动; #3 旋转滤网 9:10 时、16:40、0:10 启动。各自运行半个小时后停运 (即运转 2 圈)。

③夏季运行模式不变, 即旋转滤网随循泵一起运行, 循泵停滤网停。

④夏季旋转滤网设定时间运行每次启动时, 设自动报警提示, 预防旋转滤网过载不启动, 有利于巡检人员观察。

⑤每台滤网的故障信号、运行信号均入报警, 当启停失败或运行故障时均会在 DCS 出现报警提示。

同样定时控制方式优先, 即定时启动后, 若差压低于 50mm, 也不能停运滤网。另外, 若巡检发现海生物数量增加, 运行及时调整旋转滤网的运行周期。

经过优化运行方式后, 大大减少了设备磨损和备件的消耗, 同时节约了相当可观的电量, 为电厂创造了一定的经济效益。按此种优化后的运行方式从 2015 年 9 月一直运行至 2020 年 6 月, 期间只发生过 1 例旋转滤网网板因海生物聚集而压损的缺陷, 但从未发生过海生物入侵而造成旋转滤网堵塞的现象。

4.4 优化运行方式为全年冬季模式运行

2020 年 6 月, #1 旋转滤网定检时发现大量滚轮被导轨啃噬的现象, 随即判断为导轨水下部位有焊缝开裂的缺陷, 如图 4 所示。由于此时电网处于“迎峰度夏”时机, 机组无检修窗口隔离处理此缺陷。为保证机组安全稳定运行和旋转滤网满足机组冷却用水的品质, 结合近几年来取水口的鱼虾大量减少的迹象, 同时分析自 2017 年开始, 附近正在为建造一座 LNG 接收储备站而进行填海造陆施工, 在电厂取水口时常能听见水下传来震动的声响, 一定程度上驱赶了大量海生物, 因此果断对旋转滤网采取冬季模式运行 (因 3 台旋转滤网为同步连锁方式, 无法针对某一台滤网单独采取独立运行模式, 故三台旋转滤网同时进入冬季运转模式), 同时将 #1 旋转滤网就地切换开关至反转模式, 改变转动方向, 以此减少 #1 旋转滤网的磨损, 等待适宜的检修窗口。



图 4 旋转滤网导轨水下部位断裂缺陷

此方式经过近半年的运行, 发现旋转滤网每日打捞上来的海生物、杂物依然很少, 根据电厂自身所处海域环境实际情况, 自建厂以来循环水取水口从未发生过海生物入侵而造成旋转滤网堵塞的现象。因此再进行运行方式的优化选择, 决定对 3 台旋转滤网全年选择冬季模式运行。理由如下:

①冬季运转模式已优于设备设计使用运行方式, 每日增加了合理的运转次数。

②采用夏季运转模式, 若遇旋转滤网水下导轨断裂、链条卡涩等缺陷, 将无法进行机组正常运行期间进行流道口阻水隔离抢修的条件和所需要的窗口工期, 反而给机组安全稳定运行带来一定隐患。

③若遇海生物突发入侵的情况, 可以随时切换至夏季模式或连续运转的方式, 具有高度灵活性。

④受同年某核电厂因海生物入侵导致多台机组短时间内相继跳机事件的影响启发, 电厂已签订了一支渔业应急救援队伍, 若遇海生物突发入侵现象, 将及时组织捕捞、清理作业。

5 结语

针对沿海发电厂的取水口所处海域环境的具体情况, 因地制宜, 积累循环水系统的实际运行、检修管理经验; 通过定量、定性分析, 因材施教, 对旋转滤网运行方式不断调整和优化, 选择最适宜的模式, 达到设备长久、安全、可靠地运转, 从而保障机组安全、稳定运行, 同时达到节能效果。论文可供同行及安装有旋转滤网设备企业的生产技术管理人员参考借鉴。

参考文献

- [1] 党二莎, 龙超, 张楠. 大鹏湾近岸海域水质状况与富营养化水平[J]. 环境工程技术学报, 2020, 10(4): 623-630.
- [2] 广东省人民政府关于印发《广东省海洋功能区划 (2010-2020 年)》文本的通知[A/OL]. http://www.gd.gov.cn/gkmlpt/content/0/141/post_141627.html?jump=#7,2019-03-02.
- [3] 深圳市环境监测中心站. 2020 年大鹏新区平水期近岸海域水质状况[Z].
- [4] GB 3097—1997 国家海洋局. 海水水质标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [5] 王军伟, 李世涛. 沿海电厂海生物危害及对策[J]. 广东电力, 2015 (9): 33-36.
- [6] 南京电力自动化设备总厂. XKC 板框式旋转滤网技术说明书[Z].