

# 滨海电厂循环水泵消波研究

韩建民

(浙江省电力设计院, 杭州 310012)

**摘要:** 针对滨海电厂波浪对循环水泵安全运行的影响及消波的重要性进行了分析, 结合浙江某发电厂的工程实例, 计算和分析了循环水泵进水流道几种有效消波措施, 并进行了技术经济比较。选取进水前池内短暗沟消波方案进行了物理模型试验验证和优化, 设计采用了能确保循环水泵安全运行且简单易行的 18 m 短暗沟消波方案, 以达到循环水泵稳定运行的目的。

**关键词:** 循环水泵; 消波; 短暗沟; 物理模型

中图分类号: TK222

文献标志码: B

文章编号: 1007-1881(2015)08-0049-03

## Research on Wave Damping of Circulating Water Pump in Coastal Power Plants

HAN Jianmin

(Zhejiang Electric Power Design Institute, Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** The paper analyzes impact of waves on safe operation of the circulating water pump in coastal power plants and the importance of wave damping. Combining with a power plant project in Zhejiang, the paper calculates and analyzes several effective measures of wave damping in inlet channel of circulating water pump and compares their technical and economic efficiency. The wave damping scheme for short blind ditch in the front pool is verified and optimized by physical model test. The simple and feasible wave damping scheme for eighteen-meter short blind ditch that can ensure operation safety of circulating water pump is adopted to make sure the pump can operate stably.

**Key words:** circulating water pump; wave damping; short blind ditch; physical model

## 0 引言

浙江某发电厂濒临东海, 地处台风频发、波浪影响严重区域, 装机容量  $2 \times 1\,000$  MW, 循环冷却水采用海水直流循环供水系统, 配置 6 台大型斜流式循环水泵取水, 单泵流量  $10.78 \text{ m}^3/\text{s}$ , 扬程 17.8 m。循环水泵房附近海域开阔, 外海波浪可直接影响泵房区域, 最大波向波高达 6.7 m, 平均波高 1.4 m, 最大波长 144 m, 对大型循环水泵安全运行构成威胁。

## 1 波浪对循环水泵运行的影响

滨海电厂岸边循环水泵房位于海边, 从海域近岸取水, 水泵运行直接受到潮汐变化和波浪运动的影响, 潮汐变化周期较长, 变化缓慢, 对水泵的运行影响不大, 而波浪的波动周期较短, 实测周期为十几秒钟, 对水泵的影响较大。波浪传递到循环水泵房前, 受循环水泵房迎水面建筑物

阻挡, 一部分被破碎消能, 其余波能传递到循环水泵房内, 引起循环水泵房内水面剧烈波动, 波动的周期和幅度取决于外来波和传入到循环水泵房吸水井内全波能的特性。循环水泵房吸水井内水面剧烈波动对循环水泵的安全运行主要带来以下 3 种不利影响:

(1) 引起循环水泵静扬程骤变。

循环水泵房吸水井内水面在波能作用下发生短周期性骤变, 循环水泵的静扬程也随之骤变, 如果泵组的机械惯性能够阻尼这种骤变, 泵组的运行受影响较小。当泵组的机械惯性阻尼不了这种骤变时, 泵组的运行工况发生快速变化, 引起循环水泵运行特性发生急变, 泵组的机械和传动系统荷载也发生快速变化, 材料易受到疲劳破坏。另外, 电动机的电流和功率也随之快速变化, 运行不稳定, 甚至可能造成电机过载。

(2) 诱导循环水泵汽蚀。

如果循环水泵房吸水井内水面骤变幅度较

大,在低潮位时,将造成吸水井内水位过低,导致叶轮的淹没深度不够、汽蚀余量不足,形成吸水漏斗和漩涡,空气被吸入循环水泵,造成循环水泵效率降低,同时还会由于空气泡被吸入而引起循环水泵叶轮的汽蚀,造成循环水泵被迫停运。

(3)导致振动和噪声。

泵组的运行工况点骤变、泵的汽蚀等现象都是激振源,若泵组和泵房结构的固有频率与某个激振源的激振频率相耦合,会产生共振,严重时 will 影响泵组和循环水泵房的安全。

## 2 循环水泵房波浪控制标准

因波浪对循环水泵房和泵组可能产生危害,必须对传输至循环水泵房吸水井内的波能加以有效控制,以保证循环水泵房和泵组的运行安全。

国内外对此问题研究得还不够深入,各国的控制标准也不尽相同,大多数国家要求泵房前沿因波浪引起的水位骤变不超过 0.5 m,泵房吸水井内水位骤变幅度不大于 0.3 m。

DLGJ 150-1999《火力发电厂循环水泵房进水流道及其布置设计技术规定》第 2.1.1 条规定:“吸水池水面波高不宜超过 0.3 m”;DL/T 5339-2006《火力发电厂水工设计规范》第 6.1.3 条规定:“进水前池波浪波动幅度一般不宜超过 0.3 m”;NB/T 25002-2011《核电厂海工构筑物设计规范》第 7.3.2 条及条文说明规定:“水泵房外的前池水面波动不宜超过 0.5 m,水泵房进水池水面一般不宜超过 0.3 m”。

综合国内外各项标准,本项目消波按吸水池水面波动不超过 0.3 m 考虑。

## 3 循环水泵房布置

电厂海域前沿为运煤船舶进出和停靠的港池,设有 2.8 km 长的挡沙防波堤。为满足取水水深及循环水泵消波要求,循环水泵房取水明渠布置在港池内,循环水泵房前池与取水明渠衔接,其北至东北方向有煤码头和挡沙防波堤,防波堤与取水明渠的轴线基本平行,其西至西南侧为陆域。循环水泵房布置在港池岸边,面朝港池,尽管东北侧防波堤对偏北至东向的外海波浪有较好的掩护作用,但其东南侧口门较宽、风区长,水深也较大,外海波浪经折射绕射后仍可传播至泵房

前沿,与当地小风区风浪叠加后最大波高仍有 2.8 m,最大波长 142.4 m,波浪仍将对循环水泵运行安全构成威胁。

## 4 循环水泵房消波措施

循环水泵房消波措施主要有长距离自流引水暗沟消波、循环水泵房进水闸门口潜孔消波、进水前池底部短暗沟消波等。

本项目波高较高、波长较长,进水闸门口潜孔厚度仅 1 m,显然达不到有效消波的要求,因此拟考虑长距离自流引水暗沟消波及进水前池底部短暗沟消波 2 种方案。

### 4.1 长距离自流引水暗沟消波方案

循环水通过淹没式取水头部取水,由引水暗沟自流进入循环水泵房,每台机组设 1 个淹没式取水头部和 1 条引水暗沟,每条引水暗沟长度为 100 m。水流从海底淹没式取水头部进入,水深较大,波浪在进水口处已大大减弱,引水暗沟长度较长,波浪难以传入循环水泵房。采用 NB/T 25002-2011《核电厂海工构筑物设计规范》附录 K 推荐公式,经消波计算,循环水泵房吸水井内的波高小于 0.15 m,由于港池内每年淤积泥沙约 0.5 m,需每年清淤,淹没式取水头部周围清淤困难,取水头部及自流暗沟需水下施工,施工难度大,本方案造价达 6 000 万元以上。

### 4.2 进水前池底部短暗沟消波方案

在循环水泵房进水前池底部短暗沟消波是既简单又经济的方案,每个进水流道设 1 条引水短暗沟,布置在进水前池底部,如图 1 所示。消波计算方法同上,考虑短暗沟流速要求,经初步优化计算可知,短暗沟断面尺寸为 6.8 m(宽)×2.3 m

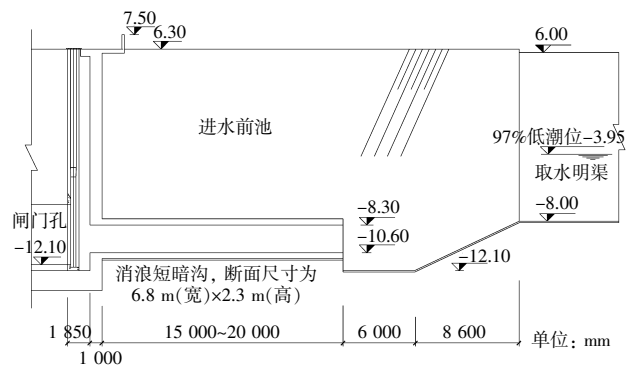


图 1 进水前池底部短暗沟消波方案

(高),长度约 20 m,能使循环水泵房吸水井内的波高降至 0.3 m 以内。本方案只需在每台循环水泵进水闸门口设置 20 m 长的短暗沟,布置在进水前池内,造价仅 360 万元左右。

进水前池底部短暗沟消波方案造价较低,施工方便,运行维护简单,因此,本项目的循环水泵房消波措施推荐采用该方案。

## 5 模型试验验证及优化

为确保循环水泵房消波效果及对暗沟长度进行优化,电厂委托河海大学海岸及海洋项目研究所进行物理模型试验,对进水前池底部短暗沟消波方案进行验证,并对 17 m, 18 m, 20 m 3 种短暗沟长度进行对比试验,模型比尺为 1:30。在高水位时,进水短暗沟的顶板淹没水下较深,波浪能量沿水深衰减较快,传入循环水泵房内的波动能量也较小,循环水泵房内的波高都较小。

经过循环水泵房波浪试验,得到如下结论:

(1)短暗沟长 20 m 方案,在平均潮位及其以下各种低潮位与 50 年一遇风浪组合情况下,入射波高(口门波高)经暗沟胸墙、拦污栅、旋转滤网、闸室等结构物的阻滞、收缩、扩散作用,波能有所损耗,波高小于 0.30 m,没有发现涡流及共振现象,能满足循环水泵取水安全要求。

(2)针对不同长度的暗沟方案进行试验,量测结果表明,短暗沟长度为 18 m 的方案也能够满足循环水泵房内波高不超过 0.30 m 的电厂循环水泵房使用要求,也没有出现涡流及共振。若采用 17 m 暗沟长度,试验结果表明,循环水泵房内的波动幅度已达到 0.38 m,不能满足电厂循环水泵房实际使用要求。

## 6 结论和建议

循环水泵是发电厂主要辅机设备之一,其安全运行直接关系到发电机组的运行。滨海电厂的波浪对循环水泵的安全运行构成威胁,需采取安全可靠的消波措施。

通过波浪对循环水泵的影响分析、消波措施的优化比较及物理模型试验验证,浙江某发电厂循环水泵房采用在进水前池设置长 18 m 的短暗沟消波方案,能满足吸水井波高不超过 0.30 m 的循环水泵安全运行要求。电厂投运以来,循环水泵消波效果明显,达到设计要求,循环水泵运行安全稳定。

## 参考文献:

- [1] 邹志利.水波理论及其应用[M].北京:科学出版社,2005.
- [2] 刘小波,曾琳,张文江.印尼巴齐丹燃煤电站波浪对泵房流道流态影响的试验研究[J].黑龙江水专学报,2008,35(4):30-32.
- [3] NB/T 25002-2011 核电厂海工构筑物设计规范[S].北京:中国电力出版社,2011.
- [4] DL/T 5339-2006 火力发电厂水工设计规范[S].北京:中国电力出版社,2006.

收稿日期:2015-05-26

作者简介:韩建民(1965),男,高级工程师,从事火电厂及变电站水工艺设计研究工作。

(本文编辑:徐 晗)

\*\*\*\*\*

## 下 期 要 目

- 架空绝缘导线带电接续技术的研究
- 基于色谱数据流体分析的并联电抗器多源局部放电的识别与定位研究
- 智能变电站二次回路可视化研究与应用
- 110 kV 双回路直线塔兼作单 T 接搭的探讨
- 输电线路架空地线融冰特性的研究
- 智能变电站计量系统非整周期采样的误差分析与补偿
- 500 kV 变电设备带电水冲洗方法的研究
- 汽轮机防超速功能失效的典型案例分析
- 合理确定汽轮机调节阀开关时间的标准
- DEH 扫描周期对汽轮机控制系统的影响