

Static Characteristic Analysis on Cooling System of a Thermal Power Plant

Jiaoyang Song, Jianhua Qian

Shanghai Shipyard CO. LTD., Shanghai
Email: sunnysong1984@163.com

Received: Aug. 30th, 2015; accepted: Sep. 10th, 2015; published: Sep. 17th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The cooling water system of a certain thermal power plant has been simulated using one-dimensional method. The drag characteristic of circulating water pipe and main value has been considered, so the whole pipe net drag characteristic curve was calculated, with combinations of axial pump operating curve, the static operating and flow characteristics of the cooling water system have been analysed. This paper could provide some references for the cooling water system real operation.

Keywords

Static Characteristic, Circulating Water, Pipe Drag, Flow Characteristic

某热电厂循环水系统静特性分析

宋骄阳, 钱建华

上海船厂船舶有限公司, 上海
Email: sunnysong1984@163.com

收稿日期: 2015年8月30日; 录用日期: 2015年9月10日; 发布日期: 2015年9月17日

摘要

利用一维数学模型对某热电厂循环冷却水系统进行了计算分析。考虑循环水管路及各主要设备阀门的阻

力特性, 计算得到了整个冷却水管网阻力特性曲线。并结合泵特性曲线, 分析了循环水泵组与管网匹配后的系统特性及流量特性。为循环水泵系统实际运行提供理论基础。

关键词

静特性, 循环水, 管道阻力, 流量特性

1. 概述

循环冷却水系统是热电厂中不可缺少系统, 在整个热力系统中, 循环水系统一般要长期运行, 并且其泵组效率的大小、与管网匹配性的好坏将直接影响系统经济性[1]-[4]。

某热电厂的冷却水系统采用两台电动循环水泵, 循环水泵为两档定转速运行, 因此, 该循环水系统具有单台泵低工况、单台泵高工况、两台泵低工况、两台泵高工况四种运行方式, 由于水泵特性已知, 但是根据现场管路和阀门布置情况, 管路阻力会随着流量的变化而变化, 因此需要对泵与管网系统的匹配特性进行计算, 进而得到各个工况下系统的运行特性。

2. 循环水系统数学模型

2.1. 系统组成

根据该循环水泵的随机资料, 可以得到该泵在高、低工况下的特性曲线。依照现场管路布置情况, 可以得到管路弯头与只管段的参数, DN600 管路长度 12.18 m, 共有 90°弯头 4 个。DN900 管路长度 50.2 m, 共有 90°弯头 7 个, 此外, 管路中还有一个三通管。系统接管原理如图 1 所示, 循环水泵进、出口各有一个闸阀, 两台泵出口通过三通管接至换热设备, 换热设备冷却水出口管路有一个蝶阀。

2.2. 管网阻力模型

该凝水系统管网阻力主要三部分构成, 一是凝汽器内部冷却水管的阻力, 包括凝汽器换热管、集箱以及其他过渡段结构; 二是冷却水管路及弯头阻力损失; 三是冷却水管路中的 4 个闸阀及 1 个蝶阀的阻力[5]。其中, 凝汽器内部冷却水阻力由供货商提供, 对于闸阀及蝶阀阻力根据设计手册查得其在全开状态下的阻力系数。

根据管道的设计流量和尺寸规格, 可以得到雷诺数为 3.68×10^6 , 为完全发展湍流, 对于完全粗糙管路, 管路摩擦系数可按式计算[6]:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{3.7}{e/D} \right)$$

式中: f 为摩擦系数, e 为粗糙度, D 为管路直径。

计算得到管路阻力后, 将凝汽器、阀门的阻力系数与管路阻力系数相加, 得到整个管网的阻力特性。

2.3. 循环水泵特性

该系统的循环水泵为电动立式轴流泵, 两工况运行。根据该泵特点, 在低流量时工作电流高于额定电流, 最低流量下工作电流为额定工况的 1.7 倍, 因此其启动方式为开阀启动, 即单台泵启动之前, 全开系统阀门将泵内注满水, 盘车后启动电机至给定工况。在低工况, 最小流量与设计流量比为 0.32, 效率为 75%; 高工况最小流量与设计流量之比为 0.48, 效率为 72%。

3. 工况运行分析

图 2, 图 3 给出了单台循环水泵在低、高工况下与管网阻力匹配后的运行点(实线为泵特性曲线), 虚线为管道阻力特性曲线。单台泵的低工况运行时, 在管道阀门全开状态下, 系统流量为 3.42, 效率为 66.68%, 低工况设计流量为 3.13, 效率为 72.66, 因此, 可以看出在单台泵低工况运行, 系统管路阀门全开时, 该泵没有工作在设计点, 而是向大流量方向偏离, 并且在阀门全开情况下, 效率比设计工况低 8%, 流量比

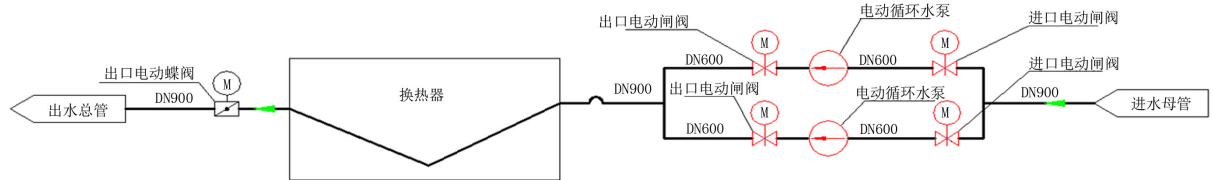


Figure 1. Scheme of cooling system
图 1. 循环冷却水系统构成

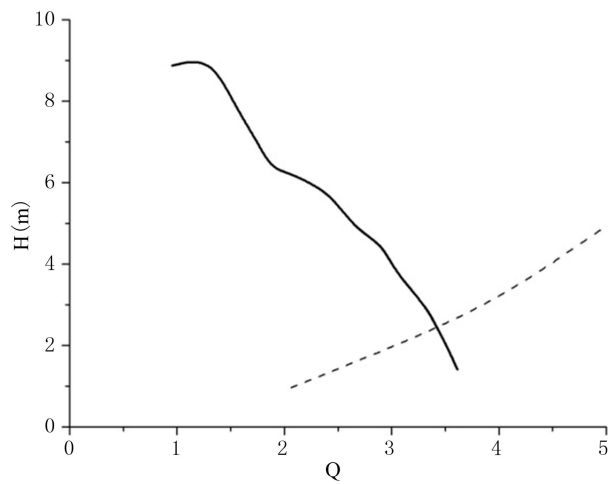


Figure 2. H-Q at one pump running low load condition
图 2. 单台泵低工况运行匹配

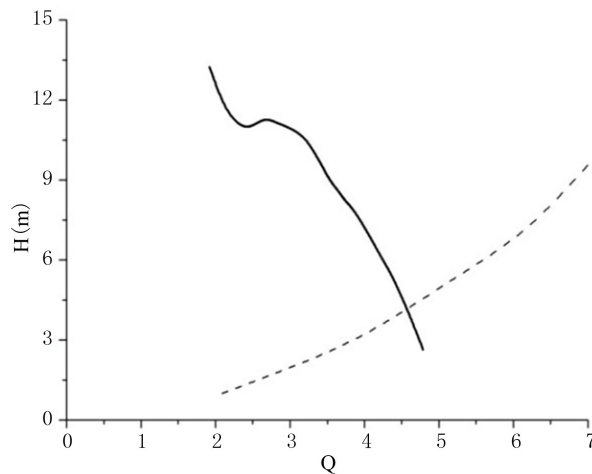


Figure 3. H-Q at one pump running high load condition
图 3. 单台泵高工况运行匹配

设计工况高 9.3%。在实际使用过程中, 如果阀门全开时流量比所需流量偏高, 则可以通过减少泵出口阀门开度的方式调节, 使得管网整体阻力增大, 泵的运行点向着流量减少的方向调节。

当单台泵高工况运行时, 在管道阀门全开状态下, 系统流量为 4.57, 效率为 67.2%, 高工况设计流量为 4.12, 效率为 75.9%, 与单台低工况相同, 如果实际使用过程中, 可以通过减少出口阀门的开度来调节系统流量, 使得泵运行在设计工况点。如果泵在高工况下阀门全开运行, 则流量比设计工况高 10.87%, 效率比设计工况下低 11.46%。

图 4, 图 5 给出了两台泵并联低工况运行时的匹配情况, 当两台泵同时低工况运行时, 流量为 5.14, 单台泵的效率为 69.5%, 两台泵低工况运行时的理论流量为 6.26, 当两台泵并联运行时, 系统管路阻力较一台泵同工况运行大, 因此系统流量低于理论值, 根据计算结果该系统的低工况运行最大冷却水流量为 5.14。当两台泵高工况运行时, 流量为 6.93, 单台泵的效率为 66.12%, 两台泵高工况运行时的理论流量为 8.24。因此, 根据上面的计算结果可知, 该系统的最大通流能力为 6.93。

通过上面计算得到了两台水泵在单台、组合使用时的运行特性, 并结合泵的单体试验曲线, 可以得到不同工况下系统阀门全开时, 系统运行静特性参数, 如表 1 所示。当两台泵低工况运行时, 流量仅比

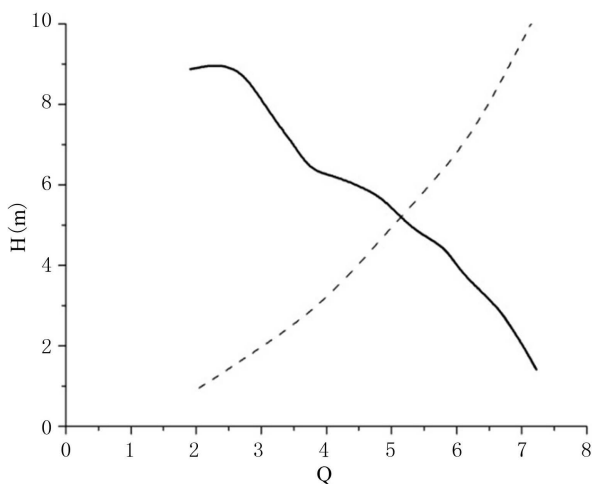


Figure 4. H-Q at two pumps running low load condition
图 4. 两台泵低工况运行匹配

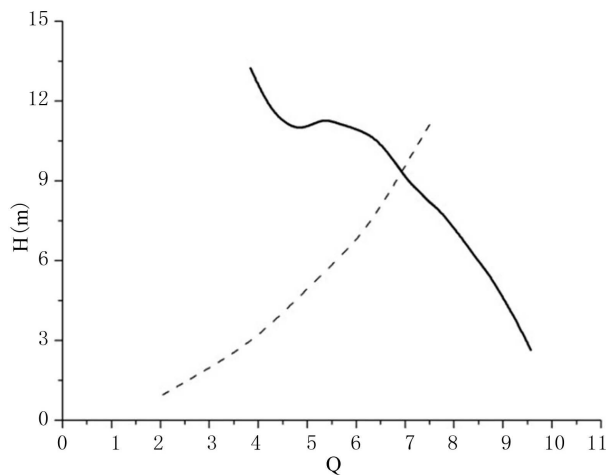


Figure 5. H-Q at two pumps running high load condition
图 5. 两台泵高工况运行匹配

Table 1. Static parameters at the outlet valve fully open conditions

表 1. 循环水系统在出口阀门全开工况静特性参数

运行工况	每台泵效率	流量	运行总功率(KW)
单台泵低工况	66.8%	3.42	33.13
单台泵高工况	67.2%	4.57	78.79
两台泵低工况	69.5%	5.14	106.94
两台泵高工况	66.1%	6.93	260.40

一台泵高工况运行高 12.5%，但是总功率比单台泵运行的高 35.7%。当两台泵高工况运行时，流量比一台泵高工况运行高 51.6%，但是总功率比单台泵运行时高 2.3 倍。对于该系统来讲，当泵组并联使用后，系统的整体经济性下降。如果要想在泵单台或并联使用的情况下减少系统流量，则可以采用阀门限流的方法，增大系统阻力，使得泵体工作在设计点。

4. 结论

通过对某循环水系统管网阻力的计算分析，并结合泵的特性曲线，得到了该循环水系统在各运行工况下的运行参数。结果表明在单台泵运行时，低速工况和高速的流量均高于设计值，而在并联运行时，单台泵的流量均低于设计值。在单台运行工况，可以通过节流的方式来增加系统阻力，而使得泵体工作在设计点，而在并联工况，由于管网阻力过大，使得泵体无法在设计点工作，在实际使用中如果循环水流量能够满足要求，则应尽量避免使用并联工况。

参考文献 (References)

- [1] 王飞, 侯宏娟 (2001) 热水供暖系统中多台泵的并联选型. *太原理工大学学报*, **4**, 361-362.
- [2] 张亚新, 李桦 (2009) 某热电站循环水泵优化组合的可行性计算与节能分析. *暖通空调*, **8**, 125-127.
- [3] 于加午 (2010) 供热管网循环水泵效率研究. *大连工业大学学报*, **1**, 66-69.
- [4] 刘吉臻, 王炜, 曾德良 (2011) 火电机组定速循环水泵的全工况运行优化. *动力工程学报*, **9**, 682-687.
- [5] 《动力管道设计手册》编写组 (2011) 动力管道设计手册. 机械工业出版社, 北京.
- [6] (美国)E·约翰芬纳莫尔 (2009) 流体力学及其工程应用. 机械工业出版社, 北京.