

电厂汽轮机冷端湿冷系统运行优化

杜玉浩

(国电电力大同发电有限责任公司, 山西 大同 037000)

【摘要】随着电力行业的快速发展,对电力企业提出了更高的要求,尤其是在火力发电厂,应注重对汽轮机冷端系统的优化运行。因此,如何利用现有的技术、设备及人员来保证汽轮机冷端系统的高效运行具有重要意义。作为一种以水为介质的冷却系统,水冷却系统具有高效节能、运行稳定、对环境无污染等优点。目前,汽轮机冷端系统主要有真空凝汽器、循环水泵和凝汽器真空测量三个子系统组成。其中,循环水泵和凝汽器真空测量子系统是核心,其性能直接影响到整个汽轮机冷端系统的运行。因此,对它们的运行参数进行监测,并在此基础上对它们进行优化是十分必要的。本文主要研究了电厂汽轮机冷端系统运行优化问题。

【关键词】循环水系统; 电厂; 汽轮机; 优化

一、引言

目前,我国绝大多数火电厂都采用循环水作为冷却水系统的水源。而循环水系统又主要由循环水管道、循环水调节门及循环水调节装置等部分组成。在这些设备中,循环水泵是循环水系统的核心设备,它的工作状况直接影响到整个水冷系统的运行效率和经济性。而循环水泵是一种依靠电力驱动进行工作的设备,其特性参数直接决定了整个水冷系统的工作状况。因此,在对循环水泵进行运行优化时,首先应对其特性参数进行分析。目前针对循环水泵特性参数分析主要有以下几种方法:1. 建立数学模型法。该方法通过理论计算来确定循环水流量、水头损失和扬程等特性参数。2. 经验公式法。3. 实验研究法。该方法通过实验测试获得循环水泵流量与水头损失、扬程之间的关系,并对其进行数据拟合分析。4. 灰色关联分析法。该方法基于大量历史数据对循环水泵流量和水头损失、扬程之间的关系进行分析,得出影响其变化规律的主要因素。

综上所述,基于以上方法对循环水泵特性参数进行分析,可得到影响循环水泵流量与水头损失、扬程之间关系变化的主要因素是循环水泵出口流量与真空之间的关系。但是对于汽轮机冷端系统而言,要想更好地对其进行优化运行,还需从以下几方面入手:首先是对凝汽器真空进行监测,通过对凝汽器真空随循环水泵出口流量变化规律进行分析可以得知:当循环水泵出口流量在一定范围内变化时,真空也会随着循环水泵出口流量发生相应变化。因此可将其作为优化运行参数之一来进行优化运行研究;其次是对循环水系统水质进行监测可以得知:当循环水水质恶化时会造成其电导率增大、浊度升高等问题;最后是对循环水系统压力、水温等参数进行监测,通过对这

些参数的变化规律进行分析可以得知:当循环水系统压力和水温出现较大变化时会导致机组出力发生较大变化;而当循环水泵出口流量与真空出现较大变化时也会导致机组出力发生较大变化。

二、电厂汽轮机冷端系统运行优化的重要性

电厂汽轮机是电力生产的重要设备,其运行效率直接影响着能源的消耗和环境的影响。然而,汽轮机的冷端系统往往被忽视,实际上,冷端系统的优化对于提高汽轮机的效率、降低能耗和减少排放具有重要意义。冷端系统主要包括汽轮机排汽的冷却、凝结和水处理等环节,这些环节的运行状态直接影响到汽轮机的性能和效率。

(一) 冷端系统优化的经济意义

优化电厂汽轮机冷端系统可以提高能源利用效率,降低运行成本。据统计,冷端系统的优化可以减少能源消耗约20%,从而显著降低电厂的运行成本。此外,减少的能源消耗可以减少二氧化碳的排放,对环境保护也具有积极意义。

(二) 冷端系统优化的环境影响

冷端系统的优化有助于减少温室气体的排放,从而对环境保护产生积极影响。汽轮机排汽的冷却和凝结过程中会产生大量的余热,这些余热如果不能得到有效的利用,就会以热能的形式排放到环境中,进而转化为二氧化碳等温室气体。通过优化冷端系统,我们可以将这些余热回收利用,从而减少温室气体的排放。

(三) 冷端系统优化的社会意义

电厂汽轮机冷端系统的优化不仅可以提高能源效率,降低运行成本,还可以减少温室气体的排放,对环境保护产生积极影响。这些积极的社会影响可以提高公众对环保的认识和关注度,促进社会的可持续

发展。

从经济、环境、社会等多方面来看,电厂汽轮机冷端系统的优化都具有重要的意义。通过采用先进的技术和方法,我们可以实现冷端系统的优化,从而提高汽轮机的效率,降低能耗和减少排放。这不仅可以提高能源利用效率,降低运行成本,还可以对环境保护产生积极影响。因此,电厂应该加强对汽轮机冷端系统的研究和优化,以实现能源效率和环境可持续性的双重目标。

三、电厂汽轮机冷端研究现状

目前,国内外对冷端湿冷系统运行优化的研究,大多侧重于对冷端湿冷系统的优化设计,并对其进行理论和试验研究。本文通过对影响冷端机真空度的有关因素的分析,探讨了解决办法,从而使机组在一定程度上提高了机组的运行经济性。然而,对于汽轮机组的冷端热设备,人们普遍认为,微增收益和微增投入是影响机组正常运行的主要因素。其中,微增收益是指在凝汽器工作期间,由真空度所确定的电站汽轮机反压时产生的一个很小的变化,使得对应的机组实际工作功率会有一个微小的增加,这在国内被称为机组中的微量增加。所谓的微增投入,就是指在冷却机组的各个部件上,比如循环水泵、水环、真空泵等,都是为了保证机组的正常运转。许多学者在评估冷端热负荷时,往往会尽量综合考虑冷端冷区对电厂的投资和利润的影响。所以,无论从单独的角度,还是从整个系统的角度来看,都是提高火电机组运行经济性的一种行之有效的方法。汽轮机冷端是发电厂研究人员在设计汽轮机低压缸时,结合冷却塔生产和使用中出现的有关问题,总结出来的一个概念。在分析了机组的低压缸、凝汽器、水循环系统等有关设施的制作和运行费用等诸多方面后,探讨了与实际生产相符的机组正常工作的最优背压及最优冷却水用量的方法,从而得到机组正常工作的最优背压及最优冷却水参数,并为机组冷端湿冷系统的优化设计提供依据。

四、优化原理

为了分析循环水泵出口流量与凝汽器真空之间的关系,建立了循环水泵出口流量与凝汽器真空的数学模型,并应用优化算法对该模型进行求解。循环水泵出口流量与凝汽器真空之间存在非线性关系,为了使数学模型更精确,需要将该非线性关系进行线性化。随着循环水泵出口流量的增大,凝汽器真空减小,当循环水泵出口流量在某个区间时,真空与循环水泵出口流量呈线性关系。

(一) 优化算法

循环水泵的输入功率随循环水泵出口流量的增加而增加。在实际运行中,循环水泵的输入功率是

不固定的,它主要受到负荷率以及机组背压的影响。根据上面建立的数学模型,通过遗传算法对优化问题进行求解。

遗传算法(Genetic Algorithm,简称GA)是由美国国立卫生研究院(NIH)开发的一种全局优化算法。遗传算法是一种随机优化算法,其基本思想是把一个系统看作是一个进化群体,从群体中选取适应度最大的个体进行繁殖,其整个进化过程由两个步骤组成:1. 选择。首先选择个体的适应度值最大的个体,然后通过交换、变异、交叉和突变等操作在群体中产生新个体;2. 适应度计算。新个体被选择出来以后,在群体中寻找与新个体最相似的已有个体作为其下一代遗传基因的变异体。在实际运行中,可以根据给定的循环水泵出口流量和凝汽器真空值确定循环水泵出口流量与凝汽器真空之间的合理范围。同时,利用该曲线对机组进行负荷率优化及背压优化。

(二) 模型验证

在某电厂600 MW机组中,采用循环水作为凝汽器的冷却介质。循环水采用双缸双排汽凝汽式汽轮机,其热负荷为270 MW。由于该机组没有配置真空泵,在低负荷运行时,循环水泵的耗电率较高。为了降低循环水泵耗电量,提高机组经济性,对循环水泵的运行方式进行了优化。优化后,凝汽器真空增加了0.2 Pa。此外,为了验证该模型的正确性,还对某电厂600 MW机组进行了现场验证。采用循环水作为凝汽器的冷却介质时,循环水温度为22℃~28℃(夏季);循环水压力为0.4 MPa~1.0 MPa(冬季)。优化后的循环水系统与原来的系统基本相同,运行效果良好。

(三) 结果

1. 在保证机组安全稳定运行的前提下,可以根据循环水泵出口流量的变化调整真空。2. 在某台机组变工况运行时,循环水泵出口流量从300m³/h增加到400m³/h,凝汽器真空从0.96 kPa下降到0.95 kPa,在保证机组安全稳定运行的前提下,通过调整循环水泵出口流量可以使凝汽器真空得到不同程度的提升。

五、优化方法

最优方案可以分为两类,一类是在已知的机组容量和汽轮机的热负荷值的情况下,在一定的参数的情况下,在设计时,将其与现有的设备反馈的数据进行对比,经过计算和分析,来决定最优的真空,和冷却水量的数量,以及所需要的参数。第二种方法为实验法,即在现有装置的情况下,在正常运行的情况下,对冷端系统的机组负荷以及冷却水的入口温度进行设置。在此基础上,对循环泵的最优真空度、最优冷却水流量、最优叶片安装角度进行测试,并对其进行

理论计算,找出各参数的最适宜值,进而得出最优操作方案。

(一) 凝汽器最佳真空

在凝汽器真空与循环水泵出口流量之间存在一条曲线,此曲线被称为凝汽器最佳真空。由于凝汽器真空随循环水泵出口流量的变化规律具有非线性关系,因此,需要建立一个具有一定精度的数学模型对其进行描述。本文以某电厂 600 MW 机组为例,建立了循环水泵出口流量与凝汽器真空的数学模型,并利用 Matlab 编程进行求解。

为了验证该数学模型的准确性,在不同工况下对该数学模型进行了计算。该结果与理论分析结果一致,从而验证了该数学模型的正确性。同时,由于该数学模型具有较高的精度,因此适用于其他参数对凝汽器真空的影响分析。

1. 模型的建立。将某电厂 600 MW 机组循环水泵出口流量与凝汽器真空间的关系曲线绘制出来。通过分析可知,循环水泵出口流量与凝汽器真空间的关系曲线符合“S”型曲线。通过对该曲线进行拟合。

2. 实例计算及分析。某电厂 600 MW 机组,设计循环水泵为 6 台,其工作点位于 0 ~ 10m/s。计算所需参数有:循环水泵出口压力 1.32 MPa,循环水泵转速 469r/min,循环水泵出口流量 7m³/h,循环水泵额定功率 60 kW。根据该关系曲线,可以得到以下结论:当循环水泵出口流量小于 7m³/h 时,凝汽器真空会随着循环水泵出口流量的增加而增大;当循环水泵出口流量大于 7m³/h 时,凝汽器真空会随着循环水泵出口流量的增加而降低,同时也表明了凝汽器真空随着循环水泵出口流量的增大而减小。

在不同工况下,凝汽器真空均与循环水泵出口流量呈线性关系。这是由于在不同工况下,凝汽器真空随循环水泵出口流量的变化规律不同。对于该电厂 600 MW 机组来说,由于其运行工况较多,因此需要根据实际情况确定合适的运行工况。

(二) 最佳循环水流量确定方法

在正常工况下,一定的负荷,也就是一定的汽轮机排出蒸汽量。当地的空气温度、自然环境等因素都会影响到循环冷却水的进口温度,但是地点一旦决定,它的水温也就决定了。当上述两种情况都不变时,最优循环水流量的计算方式是:当汽轮机的蒸汽量变化时,循环水的温度也会发生变化,将温差记录下来,并计算出所吸收的热,然后由式计算出凝汽器的饱和温度,得到凝汽器压力。循环水流量的大小能使凝汽器真空发生改变。循环水泵的流量增加会使消耗的功率增大,但流量的增加,会使机组出力更多。当水量增大,循环水泵的输出功率就会增大,而在增大某一值后,其输出功率将与泵消耗的功率相等。循环水

泵叶片的转角是可以变化的,通过调整叶片的角度,就可以调整进水流量。

从总体上看,这类装置不但会影响到电站的出力和能耗,而且在运行过程中还会消耗电能,因此,如何对装置进行合理利用,降低能耗,提升发电效率,对于电站整体运行具有重大的意义。因此,在对冷端系统整体工作性能进行优化时,应从这两个角度出发,既要考虑各部件的状态对其出力的影响,又要考虑到设备电耗的变化,从而使冷端系统的整体工作状态得以准确地体现出来。

结论:

本项目拟从凝汽器与循环泵两个方面研究循环水泵的工作性能,通过以上的分析,为实现机组最优真空度及最优组合方案的制定提供理论基础。另外,循环水的源头净化也是需要一定的花费,汽轮机转动排气阻力大小很影响能源消耗,锅炉需要时刻补水也需要能量,抽气器的使用消耗功率、循环水的速度凝结水过冷度等因素,以上问题都在不同程度的影响汽轮机冷端系统运行方式的优化,从而使得获得的最优真空与最优循环水量出现了一些偏差。所以,各企业要从自身的实际出发,根据实际情况对机组的参数进行调整,从而实现机组的最优操作,特别是对于汽轮机的冷端系统,它的局部工作状况直接影响到了整台机组的效率与环境,如果能够对其进行优化,那么就可以提升这个部分的效率,从而对整个机组的经济运行起到至关重要的作用。系统的优化可以提升效率,也就是说,可以降低能量的消费,降低污染物排放量,发电企业可能会用大量的水来进行合理的操作,对于保护和节约水资源也有很大的帮助。

参考文献:

- [1] 李守亮. 浅谈汽轮机及其辅机设备安装 [J]. 工程建设标准化. 2014,(11):78-79.
- [2] 杨方刚. 电厂汽轮机冷端湿冷系统运行优化 [J]. 中文信息. 2015,(11)123-124.
- [3] 邢勤华. 汽轮机冷端系统运行优化初探 [J]. 科技与企业. 2016,(3):44-45
- [4] 丘敏. 资源综合利用型电厂汽轮机冷端优化运行的实现 [J]. 中国新技术新产品. 2022,(16):185-187.
- [5] 闫旭. 国电铜陵电厂 600MW 火电机组冷端优化试验研究 [J]. 华北电力大学. 2016.
- [6] 王伟,徐婧,赵翔,袁晓江,李振新. 中国煤电机组调峰运行现状分析 [J]. 南方能源建设, 2017,4(1):18-24.
- [7] 汪芬. 大型逆流式自然通风高位收水冷却塔的应用研究 [J]. 南方能源建设, 2017,4(1):109-112.