

燃气-蒸汽联合机组蒸汽吹管方案选择及吹扫参数的确定

吴 飞

(中国电建集团核电工程有限公司, 山东 济南 250000)

摘要:燃气-蒸汽联合循环机组由于具有高效低耗、启动快、调节灵活、可用率高、建设周期短及环境污染小等优点,在国际电力行业得到广泛应用。燃气-蒸汽联合循环机组的燃气轮机选择单机容量较小、年利用小时低的燃气轮机,可以采用单循环,余热锅炉选择应根据燃料和烟气特性设计,能适应燃气轮机快速启动的特点。其最大蒸发量应与燃气轮机的烟气量和烟气特性相匹配。余热锅炉型采用强制循环或自然循环,应根据工程情况经技术经济比较确定。余热锅炉在投用前,需要对蒸汽系统管道进行吹扫,根据现场实际情况选择吹扫方案及参数,编制余热锅炉蒸汽吹管方案。

关键词:余热锅炉;稳压吹扫法;蒸汽吹管;方案优化

[DOI]10.12231/j.issn.1000-8772.2021.09.205

本项目机组设计安装五个单元的燃气-蒸汽联合循环机组,每个单元由两台燃机+两台双压再热余热锅炉和一台纯凝汽轮机组成,燃气轮机为西门子研发的SGT6-5000F(5)型,配备16个油气双燃料燃烧器,额定功率242MW,额定转速3600rpm,设计运行环境温度在-20.5到50℃。

余热锅炉为荷兰NEM公司生产的双压、再热、两级补燃、全露天卧式汽包炉,锅炉额定压力10.08Mpa,额定蒸发量88.77kg/s,最大连续蒸发量103.9kg/s。中压汽包产生的蒸汽经中压过热器过热后,汇入冷再入口,与高压缸乏汽一起加热后送入中压缸做功。

汽轮机为西门子生产的三缸、三抽汽、四排汽纯凝机组,额定转速3600rpm,额定功率282MW。本文探讨余热锅炉蒸汽吹扫工艺和参数,主要设计参数见表1。

表 1

	蒸汽温度 (°C)	蒸汽压力 (Mpa)	蒸汽流量 (T/H)
高压蒸汽	586.6	11.08	406.44
中压蒸汽	297.8	1.94	55.8
再热蒸汽	555.8	1.718	376.56

1 吹扫范围

蒸汽吹管范围包括:高压主蒸汽及其旁路系统、中压蒸汽系统、再热蒸汽及其旁路系统、低压蒸汽系统、超高压蒸汽系统、高高压蒸汽系统、高压蒸汽系统。

2 吹扫方法

两台燃机并网运行,利用余热锅炉自产蒸汽进行管路吹扫。根据厂家提供的吹扫规范,高压主蒸汽吹扫流速不大于87m/s,冷段

吹扫流速不大于89m/s,再热蒸汽吹扫流速不大120m/s,和现场实际的制水能力,最终选择稳压吹扫的方法进行吹扫。整个机组共分为高、中、低三个压力等级,为了保证安全高效的得吹扫,确定三个不同压力等级的吹扫参数,逐一进行吹扫,最终分别打靶验收。

3 吹扫参数

根据厂家要求,吹扫系数DPR的计算公式如下:

$$DPR=P(\text{blow out})/P(\text{max normal operation}) \quad (1)$$

$$P=0.5 \times \rho \times v^2 \quad (2)$$

式中:DPR-吹扫系数;P(blow out)-吹扫工况阻力,Mpa;P(max normal operation)-最大连续运行工况阻力,Mpa;P-蒸汽密度,kg/m³;V-蒸汽流速,m/s;

根据DL/T 1269-2013《火力发电建设工程机组蒸汽吹管导则》,吹扫系数计算公式如下:

$$K=(D_b^2 \times V_b)/(D_m^2 \times V_m) \quad (3)$$

式中:K-吹扫系数;D_b-吹扫工况蒸汽流量,t/h;V_b-吹扫工况蒸汽比体积,m³/kg;D_m-锅炉最大连续蒸发量工况蒸汽流量,t/h;V_m-锅炉最大连续蒸发量工况蒸汽比体积,m³/kg。

4 余热锅炉吹扫流程

两台余热锅炉的汽水系统和燃机系统基本相同,吹管采用的流程也相同。高压主蒸汽系统及高压过热器,中压主蒸汽系统及中压过热器、再热蒸汽系统,低压蒸汽系统和对外供汽系统均采用独立吹扫的方式。因为吹扫参数不同、管道材质不同,吹管采用的临时管道需要分开单独布置。各蒸汽系统分开吹扫,各自独立打靶验收。

(1)高压主蒸汽系统的蒸汽管道吹扫流程如图1所示。

(2)再热蒸汽系统的蒸汽管道吹扫流程如图2所示。

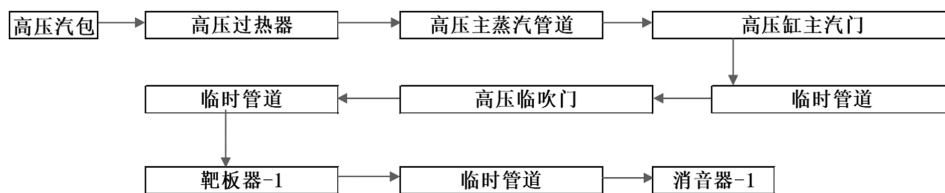


图 1 高压主蒸汽系统吹扫流程

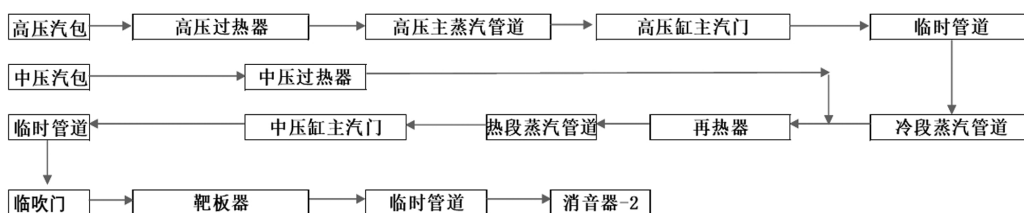


图 2 再热蒸汽系统吹扫流程

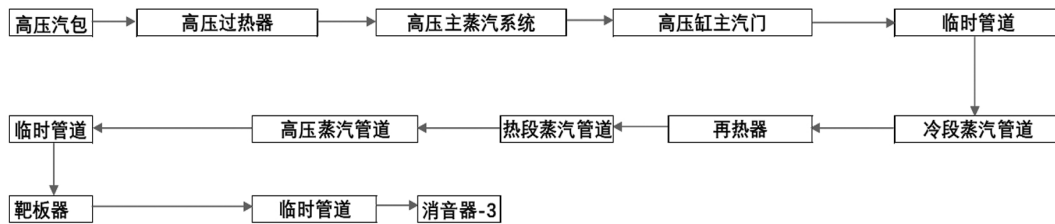


图3 高压蒸汽系统吹扫流程

(3)高压蒸汽系统的蒸汽管道吹扫流程如图3所示。
三个吹扫回路,三套临时系统,独立吹扫,单独打靶。

5 吹扫过程

本项目两台余热锅炉吹管分为三个阶段,高压主蒸汽系统,中压蒸汽系统,再热蒸汽系统。在吹扫高压主蒸汽系统期间,按照以下热力循环方式对主蒸汽管道进行稳压吹扫:在燃机最小负荷下吹扫15分钟;然后升负荷至吹扫系数大于1.2并保持吹扫45分钟;降燃机负荷至最小负荷吹扫15分钟。重复这种吹扫回路10次以后,放置一块靶板进行检查吹扫效果。根据靶板清洁情况,安排锅炉停炉冷却一次,停炉时间不小于10小时,通过锅炉的冷却加快杂物的剥离。重新点火燃机进行吹扫,并重复步骤2中的热力循环吹扫回路,直到连续两块靶板符合打靶标准。

由于余热锅炉内蒸发器及过热器的换热方式以对流换热为主,所以为了保证中压过热器蒸汽流量满足吹扫要求。需要调整中压蒸发器及过热器的吸热量。高旁阀的投用就是通过调整主蒸汽流量,来调节中压系统的吸热量,来实现提高中压蒸汽流量。

主蒸汽管道吹扫合格后,恢复高旁阀投入使用。重新启动余热锅炉,在满速无负荷的工况下手动调节主蒸汽进行再热蒸汽系统。逐渐提高燃机负荷,并根据主蒸汽压力进行调整高旁阀,当主蒸汽压力接近50bar时,计算中压蒸汽的吹扫系数。当吹扫系数大于1.2时,停止燃机升负荷和高旁阀操作。这里注意高旁阀与燃机负荷调节的一个互相影响因素,必须保证吹扫系统的系数。

中压蒸汽系统吹扫完成后,按照类似主蒸汽吹扫的热力循环方式吹扫再热器系统,在吹扫10循环后开始放置靶板检查吹扫效果,然后继续吹扫直到连续两块靶板符合靶板接受标准。

选择#1号锅炉的高压、高旁和再热系统作为典型吹管过程,主要吹扫参数见表2、表3、表4。

使用公式(3)计算吹扫系数,高压过热器吹扫系数1.4左右,高旁吹扫系数1.3左右,再热器吹扫系数1.2。

6 蒸汽吹管清洁度验收的要求

表2 高压主蒸汽系统吹扫参数

系统名称	吹扫温度 (°C)	吹扫压力 (Mpa)	吹扫流量 (T/H)	吹扫系数
高压系统	459.4	1.8	209.16	1.38

表3 中压蒸汽吹扫参数

系统名称	吹扫温度 (°C)	吹扫压力 (Mpa)	吹扫流量 (T/H)	吹扫系数
中压系统	278.3	0.48	33.84	1.29

表4 再热系统吹扫参数

系统名称	吹扫温度 (°C)	吹扫压力 (Mpa)	吹扫流量 (T/H)	吹扫系数
再热系统	447	0.565	280.476	1.22

在吹管方案编制过程中,首先确认的是蒸汽吹管的合格标准。项目初期拿到的标准有两个,一是业主内部的蒸汽吹扫标准,只要求对金属靶板进行打靶,未明确具体点数。另一个是汽轮机厂家西门子提供的标准:在合格的吹扫系数下,连续打靶15分钟,且两块靶板均合格;其中靶板要求为Q235钢,靶板点数要求在任意40mmX40mm的范围内没有大于mm的点,大于0.5mm的点不大于4个,0.2-0.5mm的点不大于10个。经过与业主进行商议,统一使用西门子厂家标准。唯一分歧的在于靶板材质,业主提出使用铝板或铜板代替钢板,但西门子提出钢靶板更能接近模拟叶片材质。为了能体现出靶板冲击效果,最后坚持选择了钢靶板。

7 结束语

上述内容以燃气-蒸汽联合循环余热锅炉为研究对象,从机组配置、参数选择和机组的吹扫方式进行了描述,并且成功实践了稳压吹管工艺,实际靶板验收结果良好。