

# 200MW汽轮机低压缸“零出力”运行分析

陆 亮

宁夏电投银川热电有限公司 宁夏 银川 750021

**摘要:** 低压缸零出力技术的应用不仅增加了机组在冬季的供热能力还提高了机组运行的经济性,所以本文首先对200MW汽轮机低压缸零出力技术改造进行了简述,然后详细的解释了零出力投运前的注意事项及投入条件、投入/退出步骤、投入前后机组运行的参数对比和投入运行后的相关事故处理措施等。通过分析和制定详细的预防措施为机组的安全运行提供有力的保障,同时为电厂运行人员处理相关汽轮机运行故障提供一定的帮助。

**关键词:** 200MW汽轮机; 低压缸; 零出力

## 一、200MW汽轮机低压缸零出力技术改造的简述及系统图

我厂汽轮机为东方汽轮机有限公司生产的C200/140-12.75/0.245/535/535型超高压、单轴、三缸双排汽、工业用不可调整抽汽、采暖用可调整抽汽、一次中间再热抽汽凝汽式汽轮机,与东方锅炉厂生产的DG670/13.7-21型超高压一次中间再热,燃煤自然循环汽包炉,锅炉与汽轮机热力系统为单元配置。采用以热定电的设计原则,利用蝶阀控制采暖抽汽,调速系统和调压系统为两个独立的调节系统。其中,调压执行机构为开环系统,电负荷和热负荷不能同时调整。

随着城市的快速发展,供热面积在不断的增加,原来设计的供热抽汽量已经不能满足目前的需要,为了增加机组的供热能力,提高机组运行的经济性,2019年我厂委托西安电科院分别对#1、2机组的低压缸进行了零出力技术改造。本机组共有八段抽汽,来自锅炉过热器的新蒸汽通过主蒸汽管道进入高压缸做功后,由高压缸前端下部的2个高排逆止门排出,经2根冷段再热蒸汽管去锅炉再热器加热,加热后的再热蒸汽通过2根热段再热蒸汽管进入中压缸,中压缸的排汽一部分供低压加热器,一部分通过上半排汽口的2个低压连通管蝶阀(LCV阀)通向低压缸,另一部分从中压外缸后端下半抽汽口排出进行供热。系统经改造后在中压缸和低压缸之间重新加装了最大流量为40T/H的冷却蒸汽旁路,2个低压连通管蝶阀(LCV阀)执行机构也单独设置了油站进行控制,热网加热器的通流量也由原来的4000T/H增加到6000T/H。在冬季供暖期可以将2个LCV阀完全关闭,通过新设置的旁路来调整低压缸进汽量减少鼓风摩擦损失降低低压缸排气温度和末级、次末级叶片温度,从而实现低压缸零出力运行的过程。

## 二、冬季供暖期汽轮机低压缸零出力投入前/后的主要参数对比分析(如下表)

	机组负荷(MW)	蒸发量(T/H)	燃煤量(T/H)	抽汽量(T/H)	供热量(GJ/H)	机组真空(kpa)	供热温度(℃)
投入前	137	570	104	328	856	-84.3	90
投入后	137	628	115	397	1150	-85.3	98

通过上表参数对比分析得出机组在相同负荷下低压缸零出力投入前后蒸发量增加了58T/H,燃煤量增加了11T/H,热网系统抽汽量增加了69T/H,供热量增加了294GJ/H,供热温度提高了8℃同时机组真空也增加了-1Kpa,不仅使供热能力有了增加同时机组的运行经济性也得到了明显的提高。

## 三、汽轮机低压缸零出力投入前的注意事项

机组热网系统水侧投运正常,有两台以上热网加热器运行,热网供水流量应达到4000T/h以上。中压缸排汽压力#1机不超过0.15Mpa, #2机不超过0.2Mpa。在中压缸和低压缸之间的LCV阀动作灵活可靠,油站油压、油位正常,冷却蒸汽旁路调节阀开度在90%以上,凝汽器和除氧器的水位维持在正常范围之内,低压缸的末级、次末级、排汽温度等测点正常,参数处于安全范围之内,各主要监视画面指示准确且在允许的范围内、状态及报警保护信号指示正确可靠,机组轴向位移、胀差、振动、轴承温度及其他监视参数也在正常范围内。

## 四、汽轮机低压缸零出力投入条件及投/退步骤

### 1. 低压缸零出力投入条件

热网系统汽侧投运正常且六段抽汽抽汽快关调节阀全开,LCV阀关至13%以下,“供热请求”已投入,供热抽汽逆止门未关,无“低压缸零出力”切除信号,机组负荷大于50MW。

## 2. 低压缸零出力投入步骤

锅炉负荷保持稳定(主蒸汽流量不变),开启供热抽汽操作画面,点击“投入”按钮,投入低压缸零出力控制模式,开启低压缸喷水减温水调节阀至100%,在低压缸零出力操作画面,将切缸机组LCV阀开度逐渐关为0,严密监视并保持中压缸排汽压力,#1机中排压力不超过0.245MPa,#2机组中排压力不超过0.325MPa。LCV阀关闭后,调整低压缸冷却蒸汽调节阀开度,控制低压缸冷却蒸汽流量,维持次末级温度100~120℃之间,在安全范围内尽可能减小冷却蒸汽的投入(冷却蒸汽调节阀最低开度不得小于30%)。根据低压缸末级温度、排汽缸温度调整低压缸喷水流量,及时调整除氧器、凝汽器及各低加水位至正常。加强对汽轮机本体参数运行情况的监视,并记录。如果零出力切缸操作使机组的负荷发生大幅波动,操作结束、参数稳定后应及时进行调整,满足电网调度要求。

## 3. 低压缸零出力退出步骤

首先全开机组低压缸冷却蒸汽旁路调阀,然后缓慢开启切缸机组LCV阀开度至10%以上。在低压缸零出力操作画面,点击“切除”按钮,退出低压缸零出力控制模式,切缸机组恢复正常抽凝供热方式,关闭低压缸喷水减温水调节阀,投入自动控制方式。操作过程中应加强对除氧器、凝汽器和各低加水位的监视及调整水位至正常的范围内。加强对汽轮机本体参数运行情况的监视,并做好相关的记录。

## 五、低压缸零出力投入运行期间存在的安全隐患及采取的措施

### 1. 零出力投入运行期间存在的安全隐患

①当低压缸叶片冷却蒸汽<40t/h,遇寒冷天气环境温度过低时,导致循环水供水温度低(<10℃),冷却塔填料层及水池水面结冰加剧;②个别热网加热器出水温度>110℃,加速加热器结垢,加热器的运行性能逐渐下降,中排压力过高导致“低压缸零出力”频繁自动退出;③低压缸次末级及末级叶片后蒸汽温度偏低或偏高。

### 2. 针对以上安全隐患,采取的预防措施

当循环水进水温度<10℃时,通过开大冷却塔直通门进行调整,如温度无回升,开大低压缸冷却蒸汽调门,以增大低压缸热负荷。经过调整后,循环水进水温度无回升且<9℃时,退出瞬时热量明显较低机组的低压缸“零出力”运行方式,如遇有机组存在安全隐患时,可优先退出该机组低压缸“零出力”运行方式。若热网加热器出水温度>110℃时,保证“零出力”投运方式下,

联系热网调度提高供水流量,降低回水温度,如无法有效调整时,可节流对应加热器进汽电动门,期间若中排压力过高,可申请降低机组电负荷,若负荷低于125MW时,热网加热器出水温度仍>110℃时,退出“零出力”运行方式。若由于中排压力过高“零出力”频繁自动退出时,在保证“零出力”模式下,联系热网调度提高供水流量,以降低中排压力,如无法有效调整时,申请降低机组电负荷,若负荷低于125MW时,中排压力高“零出力”仍频繁自动退出时,手动退出“零出力”运行方式。退出低压缸“零出力”运行方式后,按照“以热定电”原则,保证最大供热为前提,调整机组电负荷。

## 六、汽轮机低压缸零出力运行方式下相关事故的处理

### 1. 低压缸零出力原则性预防措施

机组在低压缸零出力投入运行后,除了满足低压缸冷却蒸汽流量外,其余中压缸排汽全部进入热网抽汽系统,一旦热网加热器水位发生剧烈波动,热网抽汽系统保护动作,切断热网加热器进汽,则中压缸排汽无处可去,将会产生大量的鼓风热量以及机组负荷大幅度波动,此时需要快速开启LCV阀以确保中压缸排汽的正常流动,以确保机组安全运行。在操作过程中,应加强各参数的监视,确保机组安全稳定的运行,如遇异常现象,则停止操作,及时恢复抽汽凝汽式运行方式。如遇紧急情况切除低压缸零出力运行方式时,应注意机组真空的变化,防止凝汽器突然进汽导致真空突降。

### 2. 汽轮机中压缸排汽压力异常的处理

机组在低压缸零出力运行期间,通过供热抽汽快关调节阀调整中排压力,#1机中排压力不超过0.245MPa,#2机组中排压力不超过0.325MPa。当中压缸排汽压力≤0.1Pa,可通过提高机组负荷或临时减小供热抽汽快关调节阀开度,以提高中压缸排汽压力。当中压缸排汽压力高报警时,可通过调整供热抽汽快关调节阀的开度,并适当降低机组负荷,以降低中压缸排汽压力。若上述措施均不能使中压缸排汽压力恢复至正常运行范围,则需快速开启中低压连通管蝶阀(LCV)至操作前状态,直至中压缸排汽压力恢复至正常运行范围。

### 3. 热网系统故障的处理

若热网系统突发紧急故障,如热网加热器泄漏、供热抽汽快关调节阀误关、热网循环泵跳闸、热网疏水泵跳闸等状况发生时,中压缸排汽压力必然突升,并可能伴随相应轴系振动增大的现象,应及时开启LCV阀恢复低压缸进汽量,保证中压缸排汽压力在安全范围内。在

操作过程中,及时调整切缸机组主蒸汽压力、汽包水位、除氧器水位、凝汽器水位;加强机组振动、胀差、轴向位移、次末级叶片温度、末级叶片温度、低压缸排汽温度等参数的监视,保证在正常范围内。机组在脱离紧急状态后,应按照低压缸零出力退出操作规定切除低压缸零出力,保证机组安全稳定的运行。

#### 4. 汽轮机低压缸排汽温度高的处理

当低压排汽缸温度 $\geq 60^{\circ}\text{C}$ 时,联开后缸喷水;当低压排汽缸温度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 时,机组开始报警,可以通过提高低压缸减温水调门开度和凝泵出口压力的方式,增加低压缸减温水流量,并适当增大冷却蒸汽调节阀开度,提高进入低压缸的进汽流量,直至排汽缸温度恢复正常水平。当低压排汽缸温度 $\geq 85^{\circ}\text{C}$ 且无明显停止上涨趋势,应快速开启LCV阀,提高进入低压缸进汽流量,直至低压排汽缸温度恢复正常水平。当低压排汽缸温度 $\geq 120^{\circ}\text{C}$ 时,采取措施无效后应按破坏真紧急故障停机处理。

#### 5. 汽轮机低压缸末级叶片温度高的处理

当低压缸末级叶片温度 $\geq 50^{\circ}\text{C}$ 时,开启排汽缸喷水;低压缸末级叶片温度 $\geq 80^{\circ}\text{C}$ 时,通过提高低压缸减温水调门开度和凝结水水泵出口压力,增加低压缸减温水流量,并适当增加冷却蒸汽调节阀开度,提高进入低压缸进汽流量,直至低压缸末级温度恢复至正常水平。当低压缸末级叶片温度 $\geq 120^{\circ}\text{C}$ 时,快速开启LCV阀,提高进入低压缸进汽流量,直至低压排汽缸温度恢复正常水平;当低压缸末级温度 $\geq 130^{\circ}\text{C}$ 时,采取措施无效后应按破坏真紧急故障停机处理。

#### 6. 汽轮机低压缸次末级叶片温度高的处理

当低压缸次末级叶片温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ 时,通过提高低压缸减温水调门开度和凝结水水泵出口压力,增加低压缸减温水流量,并适当增大冷却蒸汽调节阀开度,提高进入低压缸进汽流量,直至低压缸次末级叶片温度恢复正常水平。当低压缸次末级叶片温度 $\geq 170^{\circ}\text{C}$ 时,快速开启LCV阀,提高进入低压缸进汽流量,直至低压排汽缸温度恢复正常水平。当低压缸次末级叶片温度 $\geq 190^{\circ}\text{C}$ 时,采取措施无效后应按破坏真紧急故障停机处理。

#### 七、结语

总之,低压缸零出力供热技术是在低压缸高真空运行条件下,切除低压缸全部进汽,通过旁路仅通入少量的冷却蒸汽,实现低压缸“零出力”运行模式,从而提高机组供热能力、供热经济性和电网调峰能力。通过对本机组低压缸零出力运行方式的详细分析使机组在冬季供暖工况下稳定运行,切实保证人身和设备的安全。

#### 参考文献:

- [1]李文林.宁夏电力投资西夏热电有限公司运行规程[J]电力运行规程,2008,(1):141-143
- [2]奚守谱.200MW三缸三排汽汽轮机低压缸“零出力”运行抽汽供热[J]中国设备工程,2018,(16):125-126.
- [3]王国清.汽轮机设备运行技术问答[J]中国设备工程,2017,(10):201-203.
- [4]张岩.600MW机组汽轮机低压缸改造效果评价研究[D]华中电力大学,2014,(8):156-159.