

联合循环机组不设启动锅炉的可行性分析及应用实践

李书才, 魏静, 张力

(山东电力工程咨询院有限公司, 济南 250013)

摘要:针对燃气-蒸汽联合循环机组轴系的不同配置特点,论述了机组不配置启动锅炉的适用性及可行性。结合某工程实践,在无启动锅炉、无外来蒸汽情况下,通过余热锅炉所产生的蒸汽作为启动蒸汽,研究了机组辅汽系统设计及其实际应用状况。

关键词:联合循环机组;燃气轮机;启动锅炉

中图分类号:TK 263; TM 621 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2016)12-0025-03

0 引言

新建火力发电厂,通常没有外来蒸汽汽源。为了保证新建机组的正常启动,一般都同期建设启动锅炉,以提供机组所需的启动蒸汽,其优点是启动快,压力低,系统简单,但启动锅炉能耗大,效率低,投资高。当机组投运以后,启动锅炉较少使用,其一次投资较高,连续使用价值较低。所以,针对联合循环机组,在满足正常启动和调试的情况下,研究无启动锅炉的系统方案,对减少投资,加快工期很有意义。

1 联合循环机组的轴系配置

燃气-蒸汽联合循环机组有多轴和单轴两种配置方式^[1]。多轴配置时,燃机、汽轮机各自带发电机运行,如图1所示;单轴配置时,燃机、汽轮机和发电机同轴布置,分为发电机中置(如图2所示)和发电机尾置(如图3所示)^[2]。

2 启动蒸汽作用

在联合循环机组启动过程中,启动蒸汽的主要作用如下^[3]。

(1)提供汽轮机轴封蒸汽:为防止汽轮机内进入冷空气,汽轮机在冲转之前,需要先提供蒸汽供轴封。

(2)提供汽轮机冷却用汽:对发电机尾置单轴联合循环机组,燃气轮机启动时,会同时带动蒸汽轮机旋转,而汽轮机空转会产生较多鼓风热量,必须有额外冷却蒸汽供给汽轮机进行冷却。

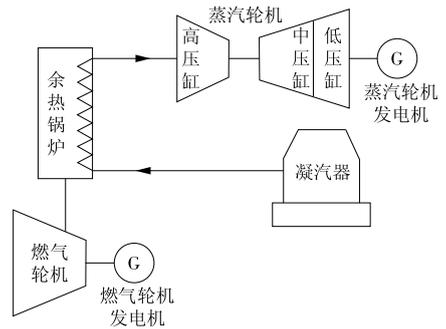


图1 多轴联合循环机组

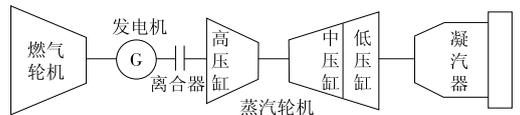


图2 发电机中置单轴联合循环机组

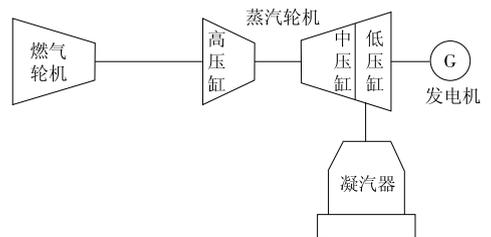


图3 发电机尾置单轴联合循环机组

(3)提供除氧器和给水加热蒸汽:加热给水,可以排出水中的气体,同时使给水中的含氧量降低,减少对余热锅炉的腐蚀,而且可以缩短锅炉冷态启动时间^[4]。

(4)余热锅炉首次启动时,提供酸洗、碱洗、吹管和水压试验用加热蒸汽^[5]。

3 可行性分析

不设置启动锅炉,利用余热锅炉产生的蒸汽,为机组启动提供合适参数的蒸汽,存在以下问题。

(1)汽缸轴封区域的转子金属表面温度要求轴封蒸汽温度与之相匹配,但机组启动过程中,余热锅炉所产生的蒸汽参数随着负荷变化而不断变化,通过减温减压器调节冷却水流量以及蒸汽流量,控制轴封蒸汽参数,其系统运行操作和控制比较复杂,而且难以实现全自动调节。

(2)蒸汽轮机在轴封建立之前,排汽不允许进入凝汽器。余热锅炉排汽能力较小,一般为 5% ~ 10%,所以须增加排汽装置及相应管道,会增加部分投资。

(3)燃机点火产生高温烟气,通过余热锅炉加热工质,产生汽轮机需要的启动蒸汽,耗时较长,而且凝汽器抽真空并具备除氧功能也需要一定的时间,在此期间,余热锅炉的受热面处于高氧环境中,对其有一定的腐蚀。

(4)燃机、汽机、余热锅炉须都具备启动条件后,才可进行整体调试,影响机组的调试进度。

针对不同形式联合循环机组特点,是否设置启动锅炉有如下建议:对于发电机尾置的单轴机组以及燃汽轮机设置了空气冷却器(TCA)的多轴机组,燃机启动和蒸汽轮机轴封系统需同时投入运行,必须要设置启动锅炉或有外来蒸汽;对于发电机中置的单轴机组或燃汽轮机无需空气冷却器的多轴机组,燃机启动无需冷却水向凝汽器回水,可以由余热锅炉产生的蒸汽提供轴封用蒸汽,不需要设置启动锅炉。

4 应用实践

某电厂工程为一拖一单轴联合循环机组,燃机为西门子 SGT5 - 4000F(燃油、燃气双燃料),汽机为西门子 SST5 - 3000,发电机为西门子 SGen5 - 2000H,余热锅炉为阿尔斯通 GT13E1。蒸汽轮机的轴封蒸汽由辅助蒸汽(以下简称辅汽)提供,辅汽来源为两路,一路取自主蒸汽,一路取自再热冷段蒸汽,经各自的减温减压器后,汇至母管供到蒸汽轮机的轴封调节阀前。本工程未设置启动锅炉,在机组启动阶段,由主蒸汽供辅汽,在机组正常运行阶段,由再热冷段维持辅汽。初始设计时,根据启动曲线,燃气轮机带 40% 负荷时,主蒸汽温度为 397℃,压力为 7.6 MPa,经减温减压后,辅汽的温度为 290℃,压力为 0.5 MPa。蒸汽轮机对轴封蒸汽的要求为:冷态条件下,温度达到 240 ~ 320℃,压力达到 0.3 ~ 1.6 MPa;热态条件下,温度达到 260 ~ 340℃,压力达到 0.3 ~ 1.6 MPa,此设计理论上满足轴封系统要求。

在调试过程中发现,由于余热锅炉启动排汽能

力只有 5%,而且在轴封建立之前,排汽不能进入凝汽器,所以当燃机稍微带负荷时,低压汽包和中压汽包会超压而引发安全阀起跳。如图 4 所示:如果燃气轮机只在空载满速条件下运行,主蒸汽温度上升到 290℃之后,温度继续上升缓慢,且最高只能升到 305℃,此时压力为 6.0 MPa;主蒸汽经减温减压后,辅汽的压力能达到 0.8 MPa,温度上升到 190℃。此过程将近 2 h,耗时太长且不能满足轴封进汽要求。

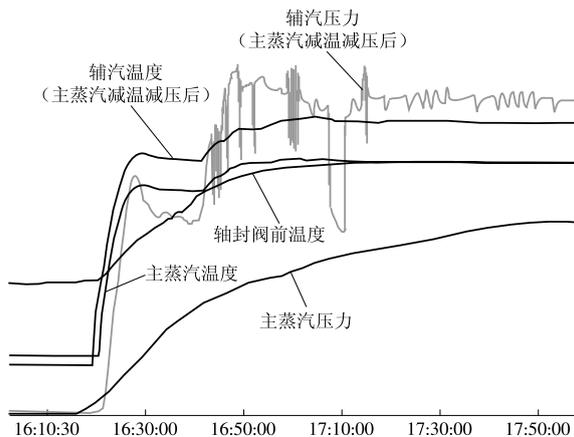


图 4 2015 - 11 - 20 主蒸汽与辅汽运行曲线 (无对空排汽)

针对以上问题,采取如下措施。

(1)提高减温减压器后的辅汽压力:蒸汽的减压节流过程为一等焓变化过程,提高减温减压器后安全阀的设定值,将温度为 305℃、压力为 6.0 MPa 的主蒸汽减温减压后,辅汽压力能达到 1.5 MPa,辅汽温度升高到 230℃,此时辅汽温度得到显著提升。

(2)增设辅汽上排汽管道,加快蒸汽流速,缩短暖管时间,有利于提高蒸汽温度。如图 5 所示,在主蒸汽、冷段及辅汽母管上各增设了一路对空排汽管道,以加快暖管速度及阀后蒸汽流速。

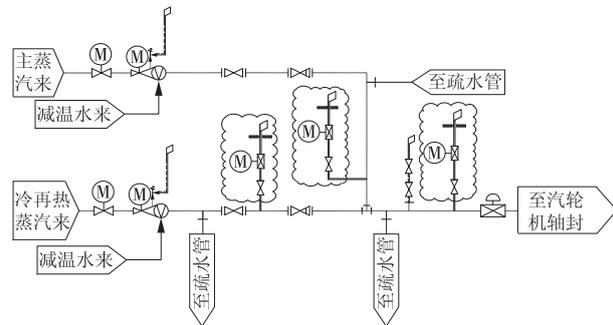


图 5 辅汽系统增加对空排汽管道

通过采用上述方案改造后,再次启机。如图 6 所示,燃机负荷可逐渐升到 50 MW,主蒸汽温度迅速上升至 365℃;经减温减压后,辅汽的温度也随之上升达到 256℃,轴封阀前温度达到 244℃,而且时间缩短到 30 min,满足了汽轮机轴封进汽要求。

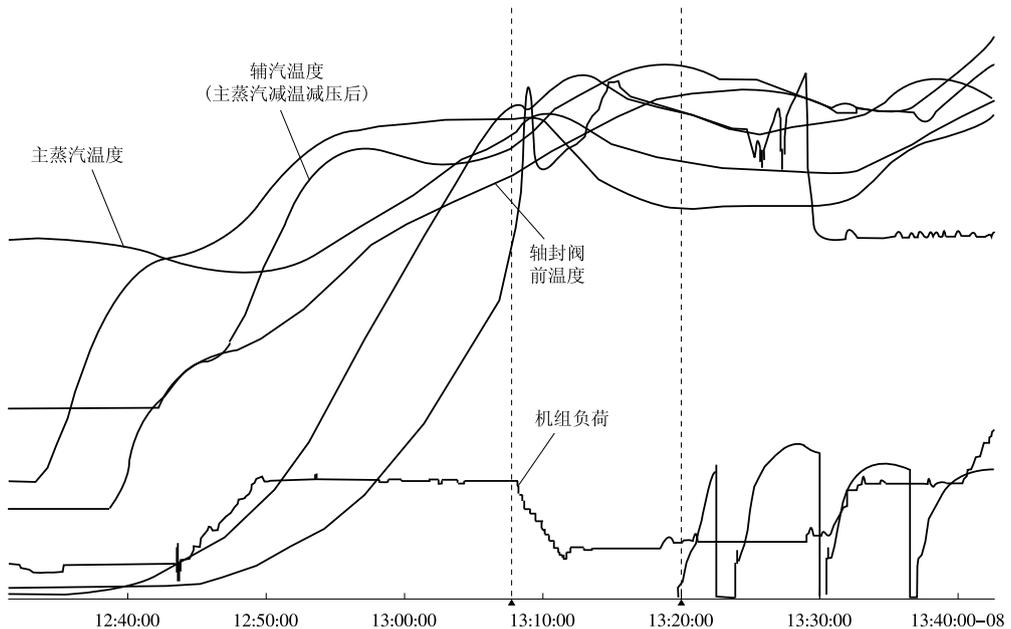


图 6 2015-12-08 主蒸汽与辅汽运行曲线(增加对空排汽)

5 结论

对于不同轴系配置的联合循环机组,辅助蒸汽的作用不同,可根据实际应用情况,考虑是否设置启动锅炉。一般来讲,发电机中置的单轴和多轴机组可以不设置启动锅炉,其他情况均需设置启动锅炉。当不设置启动锅炉而用余热锅炉产生的蒸汽提供启动蒸汽时,将使机组的启动时间延长,并且使得启动期间机组控制与电网调度变得相对复杂。本文的应用实践,证明了不设置启动锅炉的可行性,为以后的类似工程提供了参考。

参考文献:

[1]何语平.大型天然气联合循环电厂机组的轴系配置[J].中国电力,2004,37(8):7-9.

(上接第 20 页)原子能科学技术,2013,47(9):1514-1521.

[5]刘强.基于神经网络方法的 AP1000 非能动系统可靠性分析[D].清华大学,2014.

[6]KANG D I,HWANG M J,HAN S H. Estimation of common cause failure parameters for essential service water system pump using the CAFE-PSA[J]. Progress in nuclear energy,2011,53:24-31.

[7]尹慧琳,杨筱菡.核电安全仪控四取二冗余系统的失效概率分析[J].电气自动化,2015,37(2):57-59.

[8]贺理,陈杰,周继翔,等.共因失效对平均失效概率计算结果的影响分析[J].核动力工程,2014,35(6):158-161.

[9]仇永萍.UPM 共因失效分析方法在概率安全评价中的适

[2]马悦.F级联合循环电站不设置启动锅炉的可行性分析[J].热力发电,2013,42(8):102-106.

[3]侯国威.新建火电厂无外来蒸汽而不设启动锅炉的启动研究[J].中国电力,2008,41(7):51-54.

[4]史红梅,席广辉,李峰.火电厂机组全停情况下的启动探讨[J].江苏电机工程,2010,29(4):75-76.

[5]张晓军.三压余热锅炉中压蒸汽供辅助蒸汽启动的探索及实践[C]//中国电机工程学会燃汽轮机发电专业委员会.中国电机工程学会燃汽轮机发电专业委员会2010年年会论文集,2010:5-8,22.

(本文责编:刘炳锋)

作者简介:

李书才(1983—),男,山东聊城人,工学硕士,工程师,主要从事是电力系统设计及控制研究方面的工作(E-mail:lishucai_work@126.com)。

用性[J].核科学与工程,2008,28(4):376-380.

[10]孙汉虹.第三代核电技术 AP1000[M].北京:中国电力出版社,2010.

[11]马明泽.核电厂概率安全分析及其应用[M].北京:原子能出版社,2010.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

周蓝宇(1995—),女,山东滕州人,本科在读,从事核科学与核技术方面的研究(E-mail:zly9582@163.com)。

齐实(1994—),男,吉林长春人,硕士在读,从事核反应堆热工水力方面的研究(E-mail:qishi666666@126.com)。

周涛(1965—),男,山东滕州人,教授,博士生导师,博士,从事核热工安全研究工作(E-mail:zhoutao@ncepu.edu.cn)。