

650 MW 汽轮发电机组设备结构与系统优化的探讨

张永明,高宏明,费学军
(江苏常熟发电有限公司,江苏 苏州 215536)

摘 要:对 650 MW 汽轮发电机组在系统设计、设备选型方面存在的问题提出了改进意见,对系统设计优化提出了设想,有的已在实际工作中付诸实施,同时提出了在电厂基建阶段设备选型时,采用具有节能效果的设备,避免投产后进行节能改造造成的浪费。

关键词:650 MW 汽轮发电机组;系统设计;设备选型;优化;节能

中图分类号:TM62

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)06-0074-04

在长江中下游地区的某火力发电厂,建设有 3 台东方电气生产的 650 MW 汽轮发电机组,第一台机组于 2005 年 3 月投运、第二、三台机组分别于当年 6 月和 9 月投运。3 台机组自投运以来,运行状况一直良好。首台机组第一次投运就连续运行 100 天以上,机组连续运行时间最长达 400 多天,2006 年创造了 3 台机组全年无非停的记录。但在 5 年多的运行维护工作中,也发现了一些系统设计不尽合理、系统可以进一步优化、设备选型不合理或不匹配等问题,给运行、维护工作带来一系列的不便,有的已经在大小修工作中进行了改进完善,有的正在考虑改进、有的可能已无法更改,只在能同类型电厂设计选型时加以考虑。本文着重对设备结构、系统的优化进行探讨。

1 系统设计存在不合理问题

1.1 高加系统进水门前后加装注水门

高加系统在运行过程中由于各种原因需要退出,通过高加旁路系统运行,但在高加系统正常投用时,高加系统进水门因前后压差大而无法打开,高加系统进水门前后加装注水门后,能平衡前后压差大的问题,确保运行中高加系统能顺利投用。

1.2 加装滤油系统

该机组投用后,油系统没有考虑安装油净化装置,机组投用初期主机小机油系统容易进水、杂质多,造成滤油频繁,维护工作量很大。结合机组检修,加装了主机、小机、EH 油油箱的固定式滤油系统,作为正常的运行设备移交运行管理,确保了油质符合运行要求。滤油装置采用 POLL 公司生产的 HCP20038050AC 型滤油机,可以滤去油中的杂质和水份,经多年来的使用实践证明,使用效果好,省时省力,使用成本低。

1.3 循泵与循泵出口管道固定点之间无膨胀节

该公司循泵由长沙水泵厂生产的 88LKXA-19.5 型立式、单级单吸、转子可抽出式斜流泵作为循环水泵,在安装过程中对泵座的水平要求为小于 0.05 mm/m,要求高。由于在循泵与循泵出口管道固定点之间无膨胀节,结果循泵安装好后,在循泵出口管道固定时,由于焊接引力等原因,造成泵座的水平变化很大,导致循泵运行 3 个月就出现振动故障,并且多台循泵出现振动故障。在循泵大修中发现泵座的水平变化很大,调整泵座水平,确保循泵大修结束后泵座水平符合要求,大修后循泵运行良好。因此,循泵与循泵出口管道固定点之间必须加装膨胀节,防止管道联接时对泵座水平的破坏。

1.4 缺少设备检修用的起重设施或起吊点

重要设备一般多考虑安装了起吊设施,但有一些设备却没有考虑,如化学补水大厅没有起吊设施,除氧层没有起吊设施,给设备检修带来很大不便。对于一些阀门、容器、小型风机及泵等上方缺少检修用的起吊点,同样给设备检修带来很大的不便。因此,重视安装设备检修用的起吊设施,在设备上方,土建安装时应考虑放置预埋填铁或直接安装起吊点。

1.5 汽机房的排水系统不合理

汽机房排水系统只采用了一条 400 mm 口径的排水管道,并且汽机房屋顶雨水排水也直接进入汽机房排水系统,导致下暴雨时,雨水不能及时排出,排水系统大量泛水。同时,设备的疏水管由于过细过长汇集至排水系统,导致疏水管道堵塞且无法疏通。建议在汽机房采用排水明沟,用盖板覆盖,便于对排水明沟定期进行清理。缩短疏水管道的长度,便于今后管道堵塞时疏通。

1.6 没有设置合理的设备检修放水点

前置泵设置在 0 m,没有设置检修放水点,导致设备检修存水满地流。同样情况,在 0 m 的开式水泵,设置的放水点在出口隔绝阀后,起不到设备检修时的放水作用,影响了文明生产。有的放水点是检查

系统是否泄压的重要判断依据。

1.7 6 kV 母线低电压保护二次接线不合理

该公司3台机组主厂房6 kV高压开关柜采用厦门ABB公司生产的金属铠装中置式真空开关柜,其中的1 000 kW以下电动机和1 250 kV·A以下变压器采用真空接触器柜(F-C),其他采用真空断路器柜(VD4),6 kV保护装置选用北京四方CSC系列微机综合保护装置。

为防止电压互感器(TV)断线低电压保护误切电动机,CSC系列微机综合保护设置了当单相或两相TV断线时出现的负序电压来闭锁低电压保护。在2005年7月19日,该公司6 kV 1A2段母线上运行中的汽泵前置泵1B、引风机1B、送风机1B、一次风机1B、磨煤机1C、1D跳闸,均为低电压保护动作(整定为二次电压70 V,延时0.5 s),就地检查发现1A2段母线TV二次开关A相(SM61)、B相(SM62)跳闸,母线一次电压三相正常。经过仔细检查分析,造成低电压保护误动的原因是母线TV低压柜就地电压表与保护装置母线TV共用同一组绕组,当电压切换开关置于线电压位置时,通过电压表使相应的失电相电压与有电相电压完全一致,发生TV二次开关跳闸后,实际二次电压将影响低电压保护对TV断线的判断(负序电压闭锁不能识别),从而造成断线闭锁失灵,低电压保护误动作。后在该公司3号机组试验,拉开6 kV母线TV二次开关一相或两相时,低电压保护动作,电动机开关跳闸。

为防止误保护动作,采取以下改进措施:正常运行时,将母线TV柜电压表切换开关打至切除位,保证相间电压的互连,保证低电压保护负序电压闭锁的可靠性。母线TV二次小开关使用空气开关的,不能使用三相联动的,每相电压应使用独立的小开关。

1.8 事故按钮接线不合理

该公司电缆走向大部分使用电缆桥架,在基建工程时,施工人员将部分事故按钮电缆接成上进线,造成事故隐患。2005年7月2日,暴雨,主厂房漏水,雨水沿着固定在框架上的2A前置泵事故按钮电缆进入事故按钮内部,造成2A前置泵跳闸,而2B前置泵正在检修失去备用,机组跳闸。

针对上述情况,采取了以下改进措施:将所有上进线接线的事故按钮改成下进线,室外事故按钮加装防雨箱。这也新建电厂室外事故按钮加布线时的注间事项。

1.9 MCC 电缆安装接线不合理

该公司MCC开关柜采用GE公司的国内合资企业“上海通用电气广电有限公司”生产的MLS型产品。由于该公司电缆走向大部分使用电缆桥架,

锅炉房MCC动力、控制电缆均采用上进线,在雨季发生多次雨水顺着电缆进入MCC盘柜,造成MCC紧急迫停以及柜内多台马达控制器ST500进水烧毁,给机组正常运行带来严重事故隐患。

针对上述情况,采取了以下改进措施:所有锅炉房MCC盘柜均安装防雨小室,防雨小室周围砌高20 cm左右的防雨围堰。建议新建电厂MCC动力、控制电缆均采用下进线方式进入MCC盘柜。

1.10 锅炉尾部烟道设计不合理

布置在锅炉尾部竖井烟道下部的省煤器灰斗,汇集着从烟气中靠自身重力分离下来的一部分飞灰,从而减小了烟气中灰尘含量和对预热器堵灰的影响。而且当省煤器发生泄漏事故时,可以排出部分漏水,减轻空气预热器受热面的堵灰现象。而原设计尾部烟道下部没有灰斗及输灰系统,这样是欠妥的。事实证明在运行了2年多,空预器的堵灰现象明显上升,同时换热效果也降低,后部烟风道的磨损明显加剧。虽然后来改造增加了7只灰斗,但总是不尽人意,因此建议在初期设计上还应考虑周全。

2 系统设计优化问题

2.1 取消凝汽器水侧真空泵

凝汽器水侧真空泵是为了在循环水系统投用时建立虹吸状态而投用,循环水系统正常投用后就不再使用。因此该设备经常闲置。可以从汽侧真空泵的某一出口引出一根管道至凝汽器水侧,并加装隔离门。这样在循环水系统投用阶段该泵用于建立循环水虹吸状态而投用,正常运行时可关闭隔离门,作为汽侧真空泵运行或备用。这样系统改进,节约投资约50万元,减少了维护成本。

2.2 旋转滤网冲洗水系统与原升压系统合并

旋转滤网冲洗水系统只需定时使用,每天用3~4次,每次使用约1 h。原冲洗水泵每台旋转滤网配1台,共6台,选用的是立式长轴深井泵,型号为200AL2-46,流量200 m³/h,扬程45 m。该泵属于细长轴型,再加上取水在循环水泵进口,取水口水流急,对泵的影响很大,易发生振动等故障。并且该泵维修工作量大,维护成本高。

原升压系统的取水自3台机组的循环水母管,安装3台300S12和1台250S14的离心泵向3台机加池供水。在实际使用过程中,发现能用循环水母管的压力足以直接向机械加速澄清池供水。于是,改造加装了旁路管道,可用循环水不经过原升压泵直接向机械加速澄清池供水,原升压泵作为备用泵,实践证明效果显著,节约了厂用电。

受上述改进启发,对于新建电厂可以设想将旋

转滤网冲洗水系统与原升压系统合并。正常情况下循环水直接向机械加速澄清池供水。另外安装2台离心泵,水泵扬程满足冲洗水压力要求,约30 m水柱,流量满足机械加速澄清池供水要求,约700 m³/h,既可作为向机械加速澄清池供水的备用泵,以可用来不定时作为旋转滤网冲洗水系统水源。这样可以少投资6台冲洗水泵,节约投资约60万元。

2.3 取消开式水滤水器冲洗泵

开式水滤水器冲洗泵是设备配套用泵,可以在设备定货时取消该泵,直接可以从开式水泵出水母管引一路管道至开式水滤水器,并加装阀门,使用时打开阀门即可。这样可节省投资,减少了维护成本。

2.4 净化站加药系统改造

原净化站加药系统由于药品质量问题,导致加药系统管道堵塞,原管道埋在混凝土地坪底下,无法疏通。现将净化站加药系统重新布置管道,管道布置在明沟里,并且管道中间每隔5 m加装活接,便于今后堵塞后清理。在加药系统上,加装了一路清水管道,在运行方式上进行了改进,加药结束后及时用清水对系统管道冲洗,确保了加药管道不再堵塞。

2.5 励磁调节器安装位置移位

该公司发电机励磁系统采用的是机端自并励静止励磁系统。主要由励磁功率放大单元和励磁调节器(AVR)两大部分组成。该励磁调节器在机组投运不到半年(进入夏季高温期间)就接连发生励磁调节器温度高报警,严重威胁到设备的安全稳定运行。分析原因主要是励磁调节器安装在发电机平台上,周围环境温度高,尤其是进入夏季,设备运行条件恶劣。后在发电机平台励磁调节器上安装了一个近密闭的玻璃房,玻璃房内根据实际情况安装了4台5匹的空调,大大提高了励磁调节器的运行可靠性。值得关注的是,应注意空调冷凝水的排水问题,防止空调排水不畅冷凝水进入励磁调节器柜内。建议新建电厂设计时考虑将励磁调节器安装在6.9 m层合适的位置,避开高温区域。

2.6 烟气调温挡板布置欠合理

该公司烟气调温挡板垂直布置在尾部水平烟道上,运行至今发生严重变形下垂,造成调节机构经常发生卡涩,虽然从热工方面更换了更大扭矩的气缸体,但这不能从根本上解决问题,经常性的还得用葫芦辅助后才能满足运行调节要求。建议在设计上能否改进为水平安装,让挡板两轴端都能分担其自重,这样在变形及调正方面应该都会有所改善。

3 设备选型不合理

3.1 泵的改型

工业废水系统、生活污水系统、回用水系统都采用了AL型立式长轴泵,该类型泵由于介质中杂物多,经常性堵塞进口滤网,再加上厂房高度不够,无法将泵整体吊出进行清理滤网,维护工作量非常大,一般每台泵3天进行清理1次。现选用靖江市优耐机械造有限公司生产的WFB系列无密封自控自吸泵,并且将进水管采用PVC管,这样进口滤网万一堵塞,只要将进口管道吊出,清理滤网即可。因此,对于电厂的生活污水系统、废水系统、排污系统、雨水系统等介质中杂质比较多的,采用WFB系列无密封自控自吸泵比较合适。

3.2 开式水出口逆止阀改型

逆止阀是热力系统中常用到的设备,其质量好坏将影响系统的运行。原摇摆式逆止阀的密封面采用橡胶板密封,使用一段时间后橡胶板烂掉了,无法起到密封作用。后来选用了短销轴摇摆式逆止阀,由于固定销轴的压块通过M16的螺栓固定在阀体上,经常使用后导致螺纹损坏,销轴松动移位,逆止阀无法关闭。又重新选用了长销轴摇摆式逆止阀,销轴直接固定在阀体上,这种逆止阀使用效果良好。

3.3 再热器减温水调阀改型

该公司原设计选用的美国Valtak进口再热器减温水调阀在运行中存在内漏大,三道密封圈容易磨损,且备品价格贵。后来通过调研选购了上海阀特公司V1000的调阀,可在运行中发现存在较大的冲击,特别是在15%~17%时常引发系统共振,虽然经过了阀门位置的调整、阀笼通流面积改变等改造,但还是没有彻底解决问题。在2009年利用调停和大修的机会对3台炉的再热器减温水调阀又更换为由上海电力修造总厂有限公司提供的型号为TMQ1-32/50气动锅炉减温水调节阀(迷宫式结构),到目前使用半年多情况良好。

4 设备节能改造

4.1 汽轮机汽封改造

该公司的汽轮机结构为超临界、一次中间再热、单轴、三缸四排汽、双背压、纯凝汽式汽轮机,高中压合缸结构。为提高机组运行经济性,结合国内机组汽封改的成功经验,将低压缸部分的隔板汽封改为刷式汽封,改造范围为低压A、B缸正反第2~7级隔板汽封,共计24圈。汽封改造后低压缸效率比修前提高2%。机组大修改造后的发电煤耗比修前下降了5 g/(kW·h)。

4.2 凝泵电机变频改造

对于大容量机组在电网中起着调峰作用,一天中的负荷范围经常在40%至100%之间波动,相对

应的凝泵流量变化很大,定速泵只能靠节流来调节流量。凝泵电机加装了西门子鲁宾康公司生产的NBH 高压变频器后,实现了通过改变凝泵的转速来调节流量,节约了能源。据测算,凝泵电机加装变频调节器,投资 200 多万元,1 年多基本能收回成本。

4.3 工业水泵永磁变频改造

电厂工业水系统的用户很多,并且流量变化很大,因此对工业水泵的节能改造潜力很大。该公司工业水泵采用了中达电通股份有限公司生产的永磁调速器,实现了工业水泵从 0%~100% 额定流量范围内的调整。起到了很好的节能效果。

4.4 锅炉微油点火技术改造

该公司的锅炉是由哈尔滨锅炉厂有限责任公司引进三井巴布科克能源公司技术生产的超临界参数变压运行直流锅炉,单炉膛、一次再热、平衡通风、露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构 II 型锅炉,型号为 HG1952/25.4-YM1。启动阶段存在着点火时间长、耗能高及低负荷时燃烧不稳定等问题。利用大修由烟台龙源承担了对锅炉进行微油点火技术改造,将 A 磨对应的锅炉 A 层(即最下层)前墙 4 只燃烧器和后墙 4 只燃烧器共 8 只燃烧器改成专门设计制造的兼有微油点火功能的主燃烧器。

系统主要由微油点火煤粉燃烧器、强化燃烧油燃烧器、炉前油管路系统、助燃风系统、冷炉制粉系统、图像火检系统和热工监控系统等组成。改造后启动时整个点火过程控制可靠,小油枪火焰明亮,煤粉燃烧充分,经测算灰渣含碳量小于 1%,启动过程微油点火系统运行 24 h,共计耗油 9.8 t,达到了节油率 90% 的预期目标,也为行业 600 MW 机组双进双出磨煤机微油点火改造积累了宝贵的经验。与传统的油枪功能相比,微油点火更具有经济、安全、可靠等优点。

4.5 空预器密封改造

空预器的漏风现象随着运行时间增加会不断增大,空预器漏风率的增大会给锅炉带来很大的影响,

比如:(1)空预器漏风使进入炉膛的风量减少,这样会导致锅炉负荷降低,严重时会使流化不良导致结焦。(2)空预器漏风使进入炉膛的风减少,为满足燃烧需要增加送风量;为保持正常的炉膛负压需要加大引风量,这样就增加了厂用电量。(3)引风量的增加,增大了空预器后至引风机前设备的磨损。(4)空预器漏风使排烟温度降低,低于酸的露点时会对设备造成酸腐蚀等等,而原设计的三向密封虽然在如何控制漏风方面也作了改进,但在实际运行中,随着工况的不断变化,密封片间隙很难调到最佳位置,曾也发生过空预器转子卡涩,电流突增跳停的事故。而现在出现了一种新型的密封片形式,它是在原密封片的基础上加上了一段类似钢丝刷性质的材料,这样在与扇形板接触时它能自然弯曲而脱离时又恢复原状,就给间隙调正带来了很大的余量,又能更好地达到了密封效果。本次 1 号炉进行改造后漏风率由原来的 11% 降为 4.8%~5%。节能效果明显。

5 结束语

从 20 世纪 70 年代的国产 300 MW 汽轮发电机组很难达到连续运行 100 天,到现在的 600 MW 等级汽轮发电机刚投产就能达到连续运行 100 天,说明发电设备、设计、施工、运行等已过技术关。但对于 600 MW 等级汽轮发电机组这个由许多设备组成的庞大系统,如何从系统设计、设备选型、基建施工等各个环节进行合理优化,着眼于细节和现场环境,以方便今后机组的运行、维护,仍是一个研究的重要课题。

作者简介:

张永明(1966-),男,江苏常熟人,高级工程师,主要从事汽机、化学检修和管理工作;

高宏明(1973-),男,江苏无锡人,技师,主要从事电气设备和保护的检修、管理工作;

费学军(1972-),男,江苏常熟人,技师,主要从事锅炉本体及辅机的检修、管理工作。

Discussion About Equipment Structure and System Optimization of 650 MW Steam Turbine Units

ZHANG Yong-ming, GAO Hong-ming, FEI Xue-jun

(Jiangsu Changshu Power Generation Co., Ltd., Suzhou 215536, China)

Abstract: Suggestions for the equipment selection and system design of 650 MW steam turbine units are proposed in the paper, and schemes for the optimization of the system design with some of them already put into effect are also introduced. Moreover, the paper includes the proposal that energy-saving equipment should be adopted during the equipment selection period to avoid the unnecessary investment caused by the energy-saving retrofit.

Key words: 650 MW steam turbine units; system design; equipment selection; optimization; energy-saving