

小型汽轮机控制系统原理及应用研究

倪忠良 姜浩

哈尔滨电气集团海洋智能装备有限公司 黑龙江 哈尔滨 150028

【摘要】对于超临界直流机组在参与深度调峰的过程中频繁出现的水冷壁超温现象,通过分析其产生原因,对控制系统进行具有针对性的科学、合理的优化。直流锅炉在变负荷过程中,因水煤比短时间失衡而引起的超温现象,本文给出了一套通过提前增加给水流量的控制策略,解决了水冷壁超温情况的同时,又降低了运行人员的劳动强度,也提升了机组自动化水平,在实际应用中获得了较好的控制品质。

【关键词】小型汽轮机;控制系统;系统原理

引言

提升汽轮机经济运行的措施和改造很多,这里仅就几个项目进行了粗浅分析,而影响汽轮机经济性和稳定性的因素相互影响,相互制约,只有认真思考,做好精细化的设备检修维护工作,方能提高整体的安全稳定性,为电力企业创造良好的经济价值。目前国内煤化工项目以高能耗为特点,煤化工企业为降低成本,利用生产装置内部所产生的余热,一部分大型离心泵的驱动装置选择小型汽轮机组或水轮机。这样做不仅可以有效降低电能消耗,而且提高了能源利用效率,符合低碳环保绿色发展理念。本文就此进行了探究。

1.汽轮机系统概述

1.1.锅炉

某发电有限公司两台机组锅炉采用上海电气集团生产的2×350MW超临界CFB机组,锅炉为超临界参数变压运行直流炉,循环流化床燃烧方式,单炉膛、单布风板布置,一次中间再热、平衡通风、全钢构架结构,受热面采用全悬吊方式,锅炉采用汽冷式旋风分离器进行气固分离,最大连续蒸发量1164t/h,过热器出口蒸汽参数25.4MPa(g)/571℃,再热器出口蒸汽参数5.109MPa(g)/569℃。

1.2.锅炉烟风系统

锅炉烟风系统组成:锅炉采用平衡通风,炉膛的压力零点设计在汽冷式旋风分离器的进口烟道;每台炉配置前墙6条皮带给煤机、后墙2条刮板给煤线;50%容量的一次风机、二次风机、引风机各2台,一次风机、二次风机、均采用变频器调节双吸双支承离心风机,引风机采用双级动叶可调轴流风机;每台锅炉配置3×50%容量的多级离心式流化风机,2台运行,1台备用;空预器为四分仓回转式空预器。

1.3.汽轮机

汽轮机采用上海汽轮机厂生产的350MW超临界、

一次中间再热、高中压合缸、两缸两排汽、单轴凝汽式汽轮机,型号:N350-24.2/566/566。汽轮机额定出力350MW,最大连续出力为375.251MW,采用复合变压运行方式,额定转速为3000转/分。汽轮机设置2个高压主汽门、4个高压调门以及2个中压主汽门、2个中压调门。机组采用喷嘴+节流调节,第一级采用调节阀级。汽轮机具有八级非调整回热抽汽,设有三台高压加热器、一台除氧器、四台低压加热器。第四级抽汽用于除氧器加热、驱动给水泵汽轮机及厂用辅助蒸汽系统正常汽源。驱动给水泵汽轮机的备用汽源采用冷再热蒸汽或辅助蒸汽。机组设有两台50%容量的汽动给水泵及一台30%容量的启动电动给水泵。

1.4.DCS系统

DCS系统采用艾默生过程控制有限公司的O-VaTION分散控制系统,主要包括汽机顺序控制系统(T-SCS)、模拟量控制系统(MCS)、锅炉顺序控制系统(B-SCS)、锅炉炉膛安全监控系统(FSSS)、主燃料跳闸系统(BT/MFT)和电气控制系统(ECS)等,其中DEH系统(包含ATC系统和ETS系统)为整体设计,与单元机组DCS系统相同品牌。

2.调速系统工作原理

液压调速系统能够在复杂情况及干扰下,实现汽轮机转速的快速跟踪响应,因而实现机组做功与离心泵负荷之间的能量平衡。它的输出量能够准确、快速地跟随输入的变化,且跟踪线性好。同时,可大幅度地放大系统的输出功率。液压调速系统的特点是响应快、功率大、负载大等,其独特的优点在大负荷、高灵敏度控制要求中得到了广泛的应用。电液伺服系统使用电液转换器,将4mA~20mA标准信号转换为油压的变化并通过错油门的位移变化实现行程控制,从而解决了一些大型、重型机械设备的伺服控制问题。本文列举某企业离心泵在实际使用中选择WOODWARDPEAK150/200作为调速系统实现转速控制。PEAK150/200作为汽轮机组调速控制

的核心子系统,可按照汽轮机不同的特性自主升速曲线,其内部结构具备升速特性曲线自定义功能,通过自定义模式转速自动输出曲线实现最优化^[1]。为保证转速在安全运行区域内加以调节,也可以依据机泵实际负荷的实际功率对控制曲线进行优化。转速控制回路由转速探头(该项目配有5支磁阻式速度探头:两组转速信号送至PEAK150/200作转速调节,另外3组信号供给GII做独立的超速打闸)、PG-PL执行器等组成。机组的转速脉冲信号被转速探头测量回路直接送至调速系统,调节器根据转速设定值的不同生成一个20mA~160mA的电信号,发出给PG-PL执行器调节蒸汽量。该项目中,GII系统负责超速保护,为保证工作的可靠性,联锁逻辑设计为三取二动作。PEAK150/200系统负责实现汽轮机转速的控制曲线,SETPOINT系统负责实现对机组轴位移、轴振动的监控和保护。PEAK150/200调速系统作为整个汽轮机控制系统的核心部分,通过标准4mA~20mA信号可以与相关的集散控制系统、紧急停车系统等共同组成一个完整的信号回路,使信号在不同系统之间有效动作^[2]。

3.小型汽轮机控制系统机组改造

3.1.轴封系统改造

3.1.1.加装热控测点

1、2号机组的轴封系统设计测点布置少,在机组运行期间运行人员对轴封系统全管段真实压力和温度掌握不够,对机组安全生产运行形成很大风险隐患。技术部利用C修和调停检修机会,完成了1、2号机轴封系统重要位置测点增加改造项目,2台机组分别增加温度测点11个压力测点和2个。轴封系统的测点的顺利增加,使运行人员掌握了轴封全管段的实际工况,通过精确的温度调节和压力控制,在机组启动时可有效地控制机体升温,缩短了暖机时间^[3]。而在汽轮机打闸停机及凝汽器需要维持真空的整个热态停机过程中,可有效避免冷空气窜入轴封造成热变形超过正常范围,减少了汽轮机轴承碰磨的风险,提高了1、2号机组安全生产运行的保障。

3.1.2.轴加疏水系统改造

轴加疏水系统原设计的轴加水封筒高度为15M,预埋入地下,轴加疏水出水接入凝汽器热井,接入高度约2M,水封有效高度太高,造成轴加运行过程中疏水不畅。根据机组历史运行数据可知,轴加与凝汽器间的压差,冬季约为90.8KPa,夏季约为86.3KPa。

3.2.EH油模块接管改造

在接头更换后,又对EH油模块和供油管道进行持

续数天的观察,发现左、右侧主汽阀门组的供油管道存在间歇性大幅振动现象。公司EH油站为上海电气生产,系统供油压力为16.5MPa,分4个管路分别向左侧主汽门、1、3号高调门油动机,右侧主汽门、1、3号高调门油动机,左侧中主门、中调门油动机,油侧中主门、中调门油动机供油,管道材质为304,供主汽门及调门管道规格为 $\Phi 48.3\text{MM} \times 5.08\text{MM}$ 。经过讨论分析,计划在EH油模块接管竖管段约3.3M加装三组重型减震管卡,管卡支架固定在地面及墙面上,可靠固定,可有效降低管道振动^[4]。

3.2.1.PG-PL执行器故障及改造情况

该项目中两台离心泵汽轮机的PG-PL执行器在实际使用中效果较差:一是运行5年期间多次发生故障,严重影响了设备运行的稳定性,对工厂连续生产造成了恶劣的影响;二是PG-PL执行器中的油动机由离心泵主轴配合蜗轮蜗杆机构驱动,当离心泵无转速时,调速器无法动作^[5]。PG-PL执行器在实际使用中有两种典型故障:一是液压油更换不及时、油质差导致其内部油路堵塞,部件磨损严重,出现故障后需要专业维修平台及人员维修,无法满足工厂生产需求;二是涡轮蜗杆机构齿轮啮合不良,甚至导致齿轮破裂,装置生产被迫中断。2020年将故障的PG-PL调速执行器拆检维检,外观检查完好,配件齐全。对调速器进行维修前检测,无动作;脱开电控箱使用模拟信号给定,调速器仍无动作。因此,认为是PG-PL调速器内部故障导致无动作,电控箱是否正常工作不能确定^[6]。对PG-PL调速器进行完全解体,发现内部腔体内附着大量油泥胶质物和锈蚀物,包括壳体内部、线圈、油道、阀口等多处均被油泥完全堵死,动力活塞、阀芯、飞铁、传动轴等关键部件表面附着大量油泥胶质物和锈蚀物。调速器完全解体后进行清洗,对重要备件进行检查校验,发现部分备件磨损或损坏需要更换。其中,中间体内部单向阀卡住,经各种方法尝试均无法取出,已经与壳体抱死,需要整体更换。线圈由于内侧起鼓且油泥胶质物大量附着,根据经验会影响性能,需要更换^[7]。除以上显而易见的备件损坏以外,备件的磨损以及锈蚀还对上盖、油腔、动力缸、底座造成了磨损,这很可能导致新的备件安装后仍有配合间隙或者对新备件造成更快的磨损,使PG-PL调速器不一定能够恢复到出厂实验报告的性能标准,并且在以后长期的运行当中,仍有可能出现波动或卡涩的问题。所以最终将这台PG-PL调速执行器进行报废处理,主要原因总结两点:(1)除需要更换的备件外,PG-PL调速执行器大部分备件仍存在不可逆的磨损,必然影响使用寿命和稳定性^[8]。

(2)如中间体、线圈等不易损备件,从美国 WOODWARD 订购周期较长,且价格昂贵,维修的性价比极低。鉴于以上两种情况,该厂将 PG-PL 执行器改造气动执行机构、配备智能阀门定位器实现调速阀阀位远程给定。经过两年时间检验,运行稳定。

3.3. 联锁及超速保护系统

3.3.1. 超速保护系统

根据 API670 对于超速保护系统的规范,独立性方面要求电子超速保护系统必须与其他速度控制系统分离配置,不应同其他调节、保护系统组合或构成同一系统,否则可能会影响整个超速保护系统的应答时间^[9]。当部分信号通过通讯方式实现互联时,不应该使用通讯信号参与到跳车逻辑中。即使通讯信号中断,超速保护系统的保护功能仍然能够可靠动作。功能性方面要求转速测量采用 3 个独立的测量电路。当机组转速超过设定值时,3 个测量电路都可以触发超速信号。当真正超速时,通过三取二逻辑触发打闸信号^[10]。两个或以上通道失效,应该触发打闸动作,且必须使用手动复位,每个超速触发电路都要使用单独的安全型继电器。当检测到超速触发时,3 个超速保护的安全继电器可以同时断开输出触点。

3.3.2. 蒸汽系统及机械状态监测保护系统

蒸汽相关的停机保护参数有蒸汽压力、温度、过热及真空度。相关参数达到限值将触发保护联锁,通过 SIS 系统进行打闸停机。机械状态监测系统(MMS)采集轴振动、位移参数,当振动、位移达到限值,MMS 系统动作,通过 SIS 系统打闸停机。

4. 结束语

综上所述,以往对压缩机组控制保护系统的重点研究方向主要集中在大型离心式压缩机方面,对小型汽轮

机组的控制系统组成、调速控制、机组保护等方面通常不够重视,在实际的工程应用中出现了一些问题。本文描述分析并研究某工程所采用的离心泵配套汽轮机的控制系统及实际使用情况,并根据实际应用情况进行了部分改造,有较广泛的借鉴意义。

【参考文献】

- [1]马海迎,李奕彤,袁晓舒,桑梓,何立栋.基于时间自动机的汽轮机控制保护系统建模[J].东方电气评论,2021,35(04):12-17+22.
- [2]娄琦,张雷,潘正伟,黄河.国产 NT6000 系统在超超临界汽轮机控制中的应用[J].热力透平,2021,50(04):293-295+299.
- [3]印勇.核电汽轮机控制系统翻译仿真技术改进研究[J].仪器仪表用户,2021,28(12):67-70.
- [4]张宇,曹冬敏,陈国民,崔凯峰,陈臻.汽轮机控制系统的应用实践分析与研究[J].电子测试,2021,(12):97-98.
- [5]张建,侯耀,杨林远,张宇.核电厂汽轮机控制系统 DEH 可靠性提升方案的研究[J].中国仪器仪表,2021,(04):58-62.
- [6]刘晓强,石兆元.1000 MW 核电汽轮机控制系统与 DCS 通信解决方案[J].热力透平,2020,49(02):158-161.
- [7]唐蕊.关于汽轮机控制系统的优化设计[J].现代制造技术与装备,2020,(02):187+189.
- [8]郭孝忠.东方汽轮机控制系统直流电源切换方案优化[J].江西电力职业技术学院学报,2020,33(01):6-8.
- [9]方明.汽轮机控制系统改造优化分析[J].电工技术,2019,(20):8-9.
- [10]张淑娟.关于汽轮机控制系统的优化设计[J].科技创新与应用,2019,(17):88-89.