

江苏电网 1000 MW 超超临界机组可靠性分析

蒯狄正

(江苏省电力公司电机工程学会, 江苏 南京 210024)

摘要:1000 MW 燃煤发电机组的稳定可靠运行不仅是对机组自身稳定性的一种保障,也是对电网安全稳定运行的可靠保障。文中对江苏电网 1000 MW 机组异常停运情况进行了统计,分析了异常停运原因的影响因素,提出减少机组异常停运的技术和管理措施,从而提高 1000 MW 机组的可靠性,保障电力系统的安全稳定运行。

关键词:1000 MW 机组;可靠性;异常;停运;分析

中图分类号:TK229.2

文献标志码:A

文章编号:1009-0665(2014)06-0073-03

自 2007 年 12 月 6 日国电泰州发电厂 1 号 1000 MW 机组正式投产以来,到 2013 年 12 月 31 日,江苏电网共有 15 台百万千瓦等级超超临界燃煤发电机组投入运行。

1 1000 MW 机组装机情况

江苏 1000 MW 燃煤发电机组主机配置如表 1 所示。百万千瓦级的燃煤发电机组在电网总装机容量中所占的比重越来越大,截至 2013 年底,江苏全省统调装机容量为 7 833.26 万 kW,其中火电机组为 7 266.04 万 kW,百万千瓦级燃煤机组的装机容量占总装机容量的 19.15%,占火电装机容量的 20.64%,其运行可靠性的高低直接影响到江苏电网的安全稳定运行。

表 1 江苏 1000 MW 燃煤发电机组主机配置

机组编号	锅炉	汽轮机	发电机	投产年月
国电泰州 1 号	哈锅	哈汽	哈电	2007-12
国电泰州 2 号	哈锅	哈汽	哈电	2008-03
华能金陵 1 号	哈锅	上汽	上电	2009-12
华润铜山 5 号	上锅	上汽	上电	2010-06
华润铜山 6 号	上锅	上汽	上电	2010-07
华能金陵 2 号	哈锅	上汽	上电	2010-12
国电谏壁 13 号	上锅	上汽	上电	2011-05
国华徐州 1 号	上锅	上汽	上电	2011-12
国华徐州 2 号	上锅	上汽	上电	2011-12
国电谏壁 14 号	上锅	上汽	上电	2012-06
新海电厂 1 号	上锅	上汽	上电	2012-11
常熟电厂 5 号	上锅	上汽	上电	2012-12
华电句容 1 号	东锅	上汽	上电	2013-08
华电句容 2 号	东锅	上汽	上电	2013-10
常熟电厂 6 号	上锅	上汽	上电	2013-12

2 机组异常停运统计

2013 年全年,江苏 1000 MW 等级超超临界燃煤发电机组共发生非正常停运 25 次,平均每台机组 1.67 次。引发异常停运的原因按专业划分如表 2 所示。其中锅炉原因引起的异常停运 10 次,占异常停运总数的 40%,因热控原因引起的异常停运 9 次,占总数的 36%;汽机原因引起的异常停运 6 次,占总数的 24%,但未发生电气原因引起的异常停运。

表 2 1000 MW 级燃煤机组异常停运原因统计

停运原因	停运次数 / 次	所占比例 / %
锅炉	10	40
汽机	6	24
热控	9	36
电气	0	0

按百万千瓦级机组异常停运发生的季节统计,异常停运主要发生在第二季度和第三季度,分别为 7 次和 8 次,2013 年第四季度发生异常停运 7 次,主要是因为当年新投产机组在第四季度发生了 4 次非停。

表 3 1000 MW 机组异常停运按发生季节统计

季度	1	2	3	4
次数 / 次	3	7	8	7

按照单台机组 2013 年全年发生异常停运次数统计,1 台机组发生 6 次异常停运,1 台机组发生 5 次异常停运,2 台机组发生 3 次异常停运,1 台机组发生 2 次异常停运,6 台机组发生 1 次异常停运。另外 4 台机组未发生异常停运。发生异常停运次数最多的 4 台机组全年累计异常停运 14 次,占 15 台百万千瓦级机组 2013 年异常停运总数的 56%。按照单台机组发生异常停运次数的统计如表 4 所示。

表 4 按照单台机组发生异常停运次数的统计

发生次数 / 次	6	5	3	2	1	0
机组台数 / 台	1	1	2	1	6	4

3 异常停运分析

3.1 锅炉原因引起的停运分析

(1) 炉管泄漏引起 6 次异常停运中,有 2 次是因水冷壁磨损引起的泄漏,3 次是因水冷壁焊缝缺陷引起的泄漏,1 次是因低温过热器焊缝缺陷引起的泄漏。可见锅炉四管爆漏仍是导致百万千瓦级机组异常停运的主要因素^[1],进一步抓好锅炉四管的防磨防爆工作仍然是减少百万千瓦级燃煤发电机组异常停运和提高设备可靠性的工作重点。

(2) 设备故障引起的 3 次异常停运中,1 次是因送风机动叶调节系统故障引起,2 次是因捞渣机故障,锅炉无法排渣引起。其中 1 次是因捞渣机链条连接销断裂,1 次是因捞渣机被炉膛掉落的大焦块卡死。

送风机动叶调节系统出现问题的主要原因是目前动调风机转子与动调系统无法进行现场检修,通常都采取返厂检修;检修单位少、部分检修单位检修质量控制体系运行不正常,存在漏检漏修的问题。今后应加强动叶可调轴流风机检修过程控制与检修质量验收,防止出现漏检漏修状况。捞渣机链条连接销断裂,原因为链条连接销材质抗疲劳性能较差,存在质量缺陷。捞渣机卡涩,主要是炉膛结焦引起。由于降低发电燃料成本的需要,大部分电厂都采取了掺烧劣质煤的方法,导致大量易结焦煤种进入炉膛燃烧,结焦现象较为普遍;此外,结焦还与燃烧设备及系统设计布置不当和运行调整和巡检看火不及时有一定关系。今后一方面要严控锅炉辅助设备质量,另一方面要结合锅炉特点进行配煤,从源头上减少结焦,此外还要加强运行调整和监视,发现结焦及时予以清除。

(3) 运行操作原因引起的异常停运 1 次。机组运行时锅炉出口主蒸汽温度偏低,运行人员拟通过调整分离器出口蒸汽温度来提高主蒸汽温度,调整操作过程不当导致水冷壁出口温度超过高二值,机组跳闸。今后需加强运行人员技能培训,增强参数监控的责任心,熟悉事故处理的方法,杜绝相反方向地调节。

3.2 汽机原因引起的停运分析

3.2.1 轴承振动

在 4 次振动大引起的异常停运中,1 次是因为机组大修期间汽封间隙调整偏小导致机组启动时发生碰摩引起的轴承振动大跳闸。今后机组大修进行汽封间隙调整时,不应片面追求经济性,将间隙调得过小,还应兼顾安全性。另外 3 次停运均是机组的 1 号轴瓦振动大引起。第一次停运后,经测试分析,发现振动存在低频分量,振动原因诊断为轴瓦油膜失稳,因该地区负荷偏紧一直未能处理,此后又重复发生 2 次因同样原因的异常停运事件。在异常停运原因查明后,要尽可能

及时安排停机处理,不能心存侥幸,带病运行,以免重复发生此类情况,造成更大的损失。

3.2.2 蒸汽泄漏

某 1000 MW 超超临界机组因中压调门螺栓断裂,引发中压调门严重漏气,机组紧急停运。中压调门螺栓材质为 IN783 低膨胀高温合金,失效的 6 只螺栓均断裂在螺栓腰部,而非螺纹齿根部,且在失效螺栓的断口附近均发现从螺栓加热孔内壁向外表面存在扩展的沿晶裂纹,说明螺栓断裂与螺栓装配或拆卸时螺栓孔内壁不当加热有关。今后应加强检修人员的资质审核和检修工艺的控制。

3.2.3 油路故障

油路故障 1 次则是中调门因控制油路故障自行关闭导致负荷指令和实际值偏差过大,触发机组甩负荷。

3.3 热控原因引起的停运分析

3.3.1 热工设备故障

热工设备故障引起的 3 次异常停运中,1 次是因一次风机反馈齿条与反馈连杆之间的连接轴承损坏,造成动叶开度反馈异常,动叶迅速全开,电机超电流跳闸,另一台风机出力未能及时增大,锅炉主燃料中断保护动作。今后在设备巡检时除了对主设备进行检查外,还要加强对相关的附属设备进行检查,以便发现问题能及时处理。而 2 次是因热控卡件异常引起。某厂汽轮机 1 号中压主汽门、2 号高压主汽门、2 号中压主汽门、1 号高压主汽门先后从 100% 开度缓慢下降至 70% 左右后快速关闭,机组负荷从 700 MW 开始下降,由于主汽压力升高,锅炉给水泵出力下降,给水流量下降至跳闸值,锅炉 MFT 保护动作。某厂西门子 DEH 系统在机组降负荷过程中因汽轮机进汽压力 3 个测点间偏差大,在进入 DEH 卡件进行坏点剔除时运算异常,导致汽机调门关闭机组跳闸。经过更换卡件以及对 DEH 坏点剔除运算逻辑优化后,未再发生此类情况。

3.3.2 设计不合理

某厂 ETS 系统中,汽轮机 3 个遮断信号集中设计在一块 FDO 卡件上,该卡件故障后 3 个遮断信号同时消失,导致机组跳闸。设计时应先将信号引至不同的卡件上,再辅之以三取二逻辑计算,避免出现保护误动或拒动。

3.3.3 定值设置不当

因定值设置不当引发自足异常停运 1 次。某厂机组负荷 400 MW 时,给水流量约 1090 t/h,低于干湿态转换设定值 1100 t/h,锅炉给水控制未能转换为干态控制,由于煤水比失调,导致水冷壁出口温度高,锅炉 MFT。将干湿转换定值按机组实际情况调低后此问题解决。热工定值设定时不能完全一味照搬照抄厂家设计说明,部分定值应结合机组的实际进行相应调整。

3.3.4 快速减负荷功能不完善

因为机组快速减负荷(RB)功能缺陷引起的异常停运2次。某厂1台汽动给水泵跳闸,引起给水流量降低,锅炉减煤跟不上给水流量降低的速度,煤水比失调,造成汽水分离器出口温度高,锅炉MFT动作。某厂锅炉给煤机煤块将皮带卡塞,手动停C磨煤机,导致B磨煤机点火能量不足跳闸,燃料RB动作。燃料控制指令大幅下降,D磨煤机的煤量低于40 t/h,造成C磨煤机,E磨煤机点火能量不足跳闸,锅炉全炉膛灭火保护动作。今后应对快速减负荷的自动控制逻辑进行优化,并开展RB试验,在设备故障时能自动完成快速减负荷运行,减少快速减负荷过程中的人为干预,避免出现异常停运。

3.3.5 检修维护

检修维护中2次是因热工人员检修维护不当引起,其中1次发生在软件下装时,某厂DCS系统中涉及EH油泵和润滑油泵控制的控制器冗余功能退出,处于单DPU运行状态。在对该控制器进行软件增量下装过程中,导致运行DPU通信故障并重新启动。在此过程中,EH油箱油位信号质量判坏,导致EH油泵跳闸,引起EH油母管压力低跳闸汽轮机。另外1次发生在强置信号时,某厂一台一次风机润滑油接头密封垫为橡胶垫,老化渗漏,停该一次风机将处理润滑油接头垫片更换为纸板垫。在停一次风机时停机状态显示错误,热控人员在做强置信号时失误,误置另一台正常运行的一次风机,引起一次风机跳闸,2台一次风机全停后,锅炉MFT保护动作,机组跳闸。今后应加强检修维护的过程监护,杜绝因人为失误引起的机组停运。

4 减少机组异常停运的管理措施

(1) 重视基建,消除萌芽。从源头做起,把好发电设备的设计、制造、施工、调试各环节的质量检验和生产准备工作,根据同类型机组异常停运的原因统计和分析,提早采取相应的防范措施,提高设备的制造质量、安装质量和调试质量,并加强生产人员的技能培训,提高日常运行水平和事故处理能力,从而提高新投产机组可用系数。

(2) 吸取教训,举一反三。认真对待机组每次异常停运事件,重点是要查清诱发原因,从技术上、管理上查找漏洞,采取对策,确保不重复发生同类型的异常停运事件。有针对性地认真开展好专项安全检查工作,特别是对易发生重大事故的部位进行全面排查,杜绝因人为责任而造成的机组异常停运。

(3) 重视预防,加强监督。加强锅炉“四管”管理,周密部署,措施到位,严防“四管”爆漏导致停运的发生,四管泄漏是锅炉故障停运的主要因素,因此,各电厂要进一步健全各级锅炉运行安全监督管理和金属监督体系。形成“横向到边、纵向到底”的监督网络,以适应大容量机组新的管理体制的要求。从而提高设备安全可靠。

(4) 加强检修,修必修好。相关发电企业应结合百万千瓦级机组的特点,合理安排好检修计划,严格计划检修周期管理,认真执行规范,保证机组检修质量。进一步加强发电设备日常维修消缺工作,及时消除各类缺陷,如设备缺陷、隐患能在低谷期间消缺处理的,在电网允许的前提下,及时联系调控中心予以安排消缺,以提高机组健康水平。

5 结束语

百万千瓦级燃煤发电机组的异常停运不仅会危及电厂和电网的安全稳定运行,异常停运带来的电量损失、设备修复费用、启动燃油消耗、设备使用寿命损耗等也会给发电企业造成经济上的损失。异常停运次数的多寡直接反映了发电企业的技术和管理水平。统计分析大机组异常停运的原因和规律,落实有效措施,总结经验教训,超前管理和防范,对降低百万千瓦级机组的异常停运次数,保证电网和电厂的安全稳定运行有着重要的作用。

参考文献:

- [1] 伍健伟,吕杰,金光亮,等. 1000 MW 机组锅炉受热面超温应用分析及对策[J]. 东北电力技术,2012,33(9):18-20.

作者简介:

蒯狄正(1963),男,江苏丹阳人,研究员级高级工程师,从事电力生产管理和电力科学研究工作。

Reliability Analysis on 1000 MW Ultra-supercritical Power Units in Jiangsu Power Grid

KUAI Dizheng

(Society of Electrical Engineering of Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: Reliable and stable operation of 1000 MW coal-fired power units is especially important for not only themselves but also the whole electric power grid. Based on the statistical data of the unscheduled shut-down accidents encountered in the 1000 MW power units of Jiangsu power grid, this paper analyzed the main factors influencing the operation of the units and subsequently proposed several solution measures to improve the reliability of the 1000 MW power units.

Key words: 1000 MW power unit; reliability; unscheduled; shut-down; analysis