

发电厂汽轮机运行故障与对策

帅 猛

东方电气集团东方汽轮机有限公司 四川 德阳 618000

摘要: 汽轮机是发电厂生产中重要的生产设备,因此,只有保证汽轮机可以稳定运行才能减少发电厂生产过程中的安全问题。在进行汽轮机安装与检修过程时,由于其结构相对复杂,在应用过程中应对汽轮机振动等问题进行有效控制,并对问题进行分析,找到汽轮机安装与检修过程中的重点与难点,制定安装与检修方案,保证汽轮机安装与检修效果,从而确保汽轮机运行的安全性,更好地推动发电厂发展。

关键词: 发电厂;汽轮机;运行故障;解决对策

引言

发电厂在人们生产生活中起到了重要的作用,既能帮助社会稳定生产,又能为生产建设、工业建设、商业建设等输送丰富的电力资源,满足生产与建设用电需求。在电厂发电设备中,电厂汽轮机尤为关键。要想保证发电厂可以稳定运行,应确保汽轮机具有良好的运行状态,认识到汽轮机安装与检修工作的重要性并制定相应的方案,从而可以对汽轮机运行过程中的问题进行处理,保证发电厂的运行效率,更好地推动发电厂的发展。

1 发电厂汽轮机概述

在我国各类规模发电厂生产运行的过程中,汽轮机及机组都是对其运行效果有着重要影响的一类核心设备,汽轮机设备的工作原理为利用发电厂锅炉工作过程中产生的高压蒸汽提供动力来源,从而实现热能向机械能的转化过程。汽轮机设备的构造较为复杂,其运转过程中对各类构件的精密程度也有着一定要求,具体来说就是锅炉运转过程中形成的高压蒸汽要能够以较高的速度通过设备上的喷嘴并将转子带动起来,为机械设备的发电过程提供动力。

2 火电厂汽轮机的运行原理

火电厂中所使用的汽轮机主要功能是通过提供蒸汽给整体的发电系统,使蒸汽中含有的热能能够直接转化为机械能,能通过机械能带动其他设备的转动,从而把机械能转化成电能^[1]。锅炉进行燃烧,并且在锅炉中增加热水,能够进一步促进蒸汽的形成,进而带动汽轮机的运转,所以在这样的工作原理一下,燃料的化学能通过燃烧能够更加迅速地转变为热能,从而结合高温蒸汽形成的压力汽轮机不断进行旋转,则能够使汽轮机成为发电机的动力来源,最终起到发电的效果。

3 发电厂汽轮机的运行中常见故障原因分析及解决对策

3.1 轴封漏气

3.1.1 轴封间隙偏大。轴封间隙过大,会导致蒸汽发生泄漏。在机组设计时,通常会在汽封弧段、汽封齿与转子之间预留了一定的间隙,并将间隙设定值控制适当的范围,既要保证机组的运行安全、又要保证轴封不会漏汽。

3.1.2 轴封结合面连接件紧固顺序不合理,导致结合面间隙超差,进而导致蒸汽从结合面漏出。轴封安装时,根据轴封结合面结构,应选择合理的紧固顺序,确保轴封结合面紧密贴合。

3.1.2 轴封压力过大,将导致蒸汽从轴封间隙部位漏至大气。在满足凝汽器真空要求的基础上,现场可以将轴封压力控制在设计范围偏上限。

3.1.3 轴封回汽不畅:

轴封回汽不畅,将导致轴封漏气无法及时回汽至轴加,致使轴封压力逐渐升高,最后形成轴封漏气的现象。

现场主要排查轴封抽、送汽管路是否接反、排查轴封至轴加之间的管路是否积水、排查轴封加热器汽侧进出口是否堵塞(可以将轴加单独独立出来进行运行试验)、排查轴加风机出口管路逆止阀安装反向、排查风机出口逆止阀阀瓣是否能够轻松灵活地启闭、排查风机出口管路是否积水。

现场排查轴加风机旋转方向是否正确、排查轴加风机动力是否充足,如果轴加风机旋向不正确或风机动力不足,将导致轴加负压值不足,轴封回汽管路就会出现回汽不畅的现象,进而导致轴封可能出现漏气现象。

现场排查轴加疏水水位是否正常、排查轴加冷却水温升是否正常设计范围内。轴加水位过高,将导致轴加有效换热面积减小;轴加水位过低,将导致汽气混合物随疏水进入凝汽器,此时蒸汽的流速加快,致使低加传热系数降低,导致轴加换热量降低,致使轴加冷却水温升降低,进而影响轴加真空^[2]。同时水位过低还会影响凝汽器真空,因

为轴加正常运行时,轴封加热器疏水对轴加的疏水口形成一个水封,依靠轴封风机使轴加形成微负压,若疏水水位低于疏水口,则水封被破坏,将会直接将轴加中的汽水混合物拉入凝汽器,进而影响凝汽器真空。

3.2 汽轮机振动

汽轮机在应用过程中,振动故障是比较常见的故障之一。当汽轮机出现振动问题时,就无法保证静子、转子运行的稳定性,最终给汽轮机设备运行的稳定性带来影响。汽轮机出现振动问题时,应由专业的检修人员进行检修,同时做好相关数据、资源等方面的管理,对汽轮机异常情况进行排除,并对汽轮机运行过程中的运行参数、杂音等进行全面管理并制定相应的排除方案,找到导致故障的原因并进行解决^[3]。因此应认识到振动给汽轮机设备所带来的不利影响,并对其进行有效的处理。引起汽轮机设别振动的原因为转子质量不平衡、转子不对中、油膜失稳、受热膨胀不均匀、动静摩擦以及气流震荡等。

3.2.1 转子质量不平衡。转子质量不平衡的主要原因有原始质量不平衡、转子热弯曲、转动部件飞脱或松动^[4]。

(1) 转子质量不平衡引起的转轴振动,振动的频率成分以旋转频率为主(1X振动为主),实际情况中,可能包含少量的二倍旋转频率及以下的成分(2X、3X等),且频率越高振动量值越小,不存在分数倍的振动成分。

(2) 单纯的质量不平衡引起的振动,其轴心轨迹形状接近为一个圆或椭圆。

(3) 质量不平衡引起的振动,除了对转速非常敏感外,对机组的其他运行参数不是很敏感。其转轴升速曲线的典型特征是,在临界转速附近的共振峰比较明显;在临界转速前后,振动相位突然发生变化。

根据现场振动测量数据判定为转子质量不平衡后,可以采用动平衡(转子突然失衡需要通过动平衡定位飞脱或松动转动部件,消除隐患)消除转子不平衡、通过盘车消除转子临时弯曲(永久弯曲需要将转子返回制造厂上机床检查转子跳动值,并根据检查结果进行加工返修,并做动平衡)。

3.2.2 动静碰磨

汽轮机产生动静碰磨的原因主要有转子轴振过大、动静间隙偏小、汽缸变形、机组膨胀不畅、胀差超标、转子偏心超差^[5]。

汽轮机转子与静子部件产生动静摩擦,将会导致转子表面在圆周方向温度分布不均匀,使转子产生热弯曲,导致机组振动,甚至出现轴承的变形破坏掉整个轴承结构,造成汽轮机设备停机,引发更大的安全事故及经济损失。

根据动静碰磨产生的原因:

(1) 现场需要停机检查动静间隙,对于动静间隙超差的情况,需要对动静间隙进行返修;

(2) 汽缸变形主要是由于汽缸进冷气或进水造成上下缸温差大、汽缸产生猫拱北的现象,进而造成上半汽缸天地方向间隙增大、下半天地方向间隙减小,造成转子在径向发生不对称温差而产生弯曲,甚至是永久弯曲。

在设计方面,需要设计完善的疏水系统,以防止积水或积水发生闪蒸后,在管道内部存在指向汽缸内部的压差时,进入汽缸内部,造成机组发生进冷空气或进水事故^[6]。现场排查时,可以采用测温设备测量排查管道上下外壁温度,如果管道上下壁温差大,说明管道有积水,可能造成机组进冷空气或进水。当发生汽缸进水或进冷空气事故后,需要根据汽缸中分面间隙、转子弯曲情况、动静碰磨情况,制定对应的检修方案进行检修。

(3) 对于机组膨胀不畅的问题,现场通过可以检查滑销系统的间隙、接触;检查轴承箱的绝对膨胀值是否正常来进行排查。如果滑销系统存在问题,需要通过检修恢复值设计值。

3.2.3 转子不对中,主要包括联轴器不对中、转子轴承不对中

联轴器不对中会在转子连接处产生2倍频作用的弯矩和剪切力,相邻轴承也将承受工频径向作用力,从而导致机组的振动。导致联轴器不对中的主要原因有:

(1) 制造误差导致的不对中;

(2) 安装误差和运行原因导致的不对中。

转子不对中故障对于转速敏感,转速越高,不对中故障产生的振动越大;转子不对中故障对转矩敏感,转子传递的扭矩越大(即机组的有功负荷越大),不对中故障产生的振动越大。因此,存在不对中故障的机组,其振动值随机组的负荷增加而增大;如果转子的不对中(特别是联轴器不对中)是由机组热状态变化引起的,则振动值与机组的热状态(如温度值、热膨胀值、差胀值)有关^[7]。

3.2.4 滑动轴承油膜失稳

转子正常旋转时可以看做时两种运动的合成,一种是转子绕其轴线的定轴转动;一种是动扰度线回绕静扰度线的空间回转,也就是涡动。在转子在升速过程中,当升到某一转速后,有时转子会突然进行异步涡动,当转子转速升高到比第一阶临界转速的两倍稍高时,由于此时半速涡动的涡动速度正好和转子的第一阶临界转速相重合,因而半速涡动被共振所放大,表现为剧烈振动,这就是油膜振动现象。油膜振动震荡发生的条件是

工作转速 $\omega \geq 2\omega_{\text{临}1}$ 和 $2\omega_{\text{临}1} \geq \omega$ 失稳。因此,防止油膜震荡的途径就有两条,一是改进转子的设计,尽量提高 $\omega_{\text{临}1}$;二是改进轴承的型式、间隙、比亚、长径比和润滑油粘度等因素,使 ω 失稳尽量提高。但是提高 $\omega_{\text{临}1}$ 在设计上非常困难,一般是尽量提高 ω 失稳,而提高失稳转速、增加稳定区域的主要手段是增大相对偏心率。

当转子出现油膜涡动时,振动信号的时域波形在一个周期内有一半发生“畸变”,轴心轨迹呈内“8”字形,在振动信号频谱图中,可发现有明显的1X、0.5X成分。

在进行汽轮机设计时就应适当提高轴系稳定性以及系统阻尼,尽量采用可倾瓦、适当减小长径比,一方面提高了轴承的比压,另一方面使下瓦的油膜力减小,轴瓦的偏心率增大,这两方面都会使油膜的稳定性提高。

在实际运行中可以适当提高油温或将粘度较高的透平油换成粘度较低的透平油。

3.2.5 受热膨胀不均匀。引起这种现象的原因主要是因为气缸膨胀受阻或加热不均匀造成的,使得汽轮机设备转子中心出现偏差,轴承位置标高出现变化,产生了机械振动。

在机组运行过程中,为防止机组受热膨胀不均,可以在启机过程中适当延长暖机时间或采用闷缸的措施,使机组受热均匀^[8]

3.2.6 气流激振。汽轮机内部的蒸汽间隙,理论上应该是均匀对称的、无偏差的,但由于转子热态弯曲、汽缸变形、气流作用等因素,可能导致转子与静子之间的轴向、径向间隙在对称位置出现偏差,这种偏差会使蒸汽产生一个作用于转子上的促使其涡动的作用力,使转子绕汽缸中心产生涡动运动,这就是气流激振。使汽轮机转子产生涡动运动的汽流力主要由以下几个方面构成:

(1) 叶顶间隙产生的激振力。当转子偏心时,转子叶轮和汽缸之间的间隙沿周向不均匀,使间隙的漏气量重新分布,小间隙处因泄漏蒸汽量小而产生大推力,大间隙处因泄漏蒸汽量大而产生小的推力。

(2) 汽封产生的激振力。汽封产生的激振力包括围带汽封、隔板汽封、轴端汽封产生的激振力。在汽轮机的高压级中蒸汽在汽封处产生的激振力的大小与汽封前蒸汽的参数(压力、温度)、汽封后蒸汽的参数(压力)、汽封间隙处的半径以及进去汽封的蒸汽周向速度有关。一般来说,汽封前蒸汽的参数越高,进入汽封的蒸汽的周向速度越大,蒸汽的激振力越大。

气流激振往往可能通过改变汽轮机的某些结构,如调门投入顺序、通流部分结构和放大围带汽封间隙来解决。

3.3 优化汽轮机运行系统

汽轮机系统是一种综合性强的系统,一旦某个子系统出现问题,都会直接影响整个汽轮机的运行效果。因此,在汽轮机运行中,应注重汽轮机整个运行系统的优化。在实践中,火电厂应组织专业工作人员全面深入检测汽轮机系统,避免因为子系统的故障问题而影响整个汽轮机系统的运行^[9]

3.4 确定检修周期与等级

设置检查周期时应先对汽轮机设备具体使用情况进行全面了解,同时将汽轮机各项参数作为依据,在此基础上,对检修内容进行设置。汽轮机设备检修时,应综合管理所产生的各项参数,将产生的所有参数作为检修工作的依据。要想合理处理检修过程中的问题,应认识到零件检修工作的重要性^[10]

综上所述,在社会发展与工业生产中,发电厂起到了重要的作用,可以为供热、发电等提供支持,保证电力生产、供热企业等顺利开展工作。目前,热电厂已经成为我国主要的发电企业,因此应全面保证热电厂运行的稳定性,保证热电厂生产效率与质量。热电厂生产过程中,汽轮机已经成为主要的生产设备,因此应做好汽轮机安装与检修工作,保证汽轮机运行的稳定性与安全性。

参考文献

- [1]宋照川.发电厂汽轮机设备的安装与检修[J].冶金管理, 2022(22):70-74.
- [2]苏东宏.发电厂汽机的运行问题与对策分析[J].集成电路应用, 2021, 38(01):102-103.
- [3]裴智慧.火电厂汽轮机运行问题与应对措施[J].集成电路应用, 2020, 37(2): 120-121.
- [4]吕泰萍, 马壮, 滕九洋.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].现代工业经济和信化, 2021, 11(11):235-237.
- [5]吕泰萍, 马壮, 滕九洋.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].现代工业经济和信化, 2021, 11(11): 235-237.
- [6]温建廷.火电厂汽轮机运行故障处理技术探讨[J].设备管理与维修, 2021(20): 38-39.
- [7]李跃林.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].百科论坛电子杂志, 2021(20):1863-1864.
- [8]杨理中.发电厂设备检修及维护的探究[J].科技创新与应用, 2022, 12(01):120-122.
- [9]于超, 张玉娟, 王健.火电厂汽轮机运行存在的问题与对策[J].化工管理, 2021(17): 133-134.
- [10]李录平, 陈向民, 晋风华.汽轮机振动故障与现场诊断方法.中国电力出版社