

# 火力发电厂汽轮机常见故障分析及解决措施

赵 龙 王志勇 段一飞 孙毅轩

内蒙古和林发电有限责任公司 内蒙古 呼和浩特 010000

**摘要:** 为了了解火力发电厂汽轮机常见故障及相应的解决措施, 本文将分为以下几个部分进行讨论。第一部分将介绍汽轮机的基本原理和结构; 第二部分将列举汽轮机常见故障并进行分析; 第三部分将详细介绍相应的解决措施; 最后, 我们将总结讨论的内容并提出应对汽轮机故障的建议。

**关键词:** 火力发电厂汽轮机; 常见故障; 解决措施

**引言:** 随着我国经济的不断发展, 我国的科学技术在不断的进步, 机械设备的可靠性、可用性、可维修性与安全性等问题日益突出, 促进了人们对机械设备故障与检修的问题进行研究。汽轮机作为火力发电中的重要组成部件, 它的安全问题的检测一直是火力发电厂的工作的重点, 本文将对火力发电的汽轮机的工作原理进行阐述, 对汽轮机在运行时常出现的问题进行分析, 并寻找出解决这些问题的有效措施, 希望能对火力大电厂的汽轮机的维护工作有所帮助。

## 1 汽轮机的基本原理和结构

### 1.1 原理

汽轮机是一种能够将热能转化为机械能的热力机械, 其工作原理是利用高速旋转的轴转动涡轮, 通过轮叶的作用将蒸汽的热能转化为机械能, 最终带动发电机发电<sup>[1]</sup>。汽轮机结构通常分为高压缸、中压缸、低压缸和减速器四个部分, 每个部分都有其各自的特点和功能

### 1.2 结构

(1) 高压缸是汽轮机的第一个部分, 是连接锅炉的部分。锅炉产生的高温高压蒸汽经过高压缸, 通过轮叶将其能量转化为机械能, 从而启动汽轮机的运转。在高压缸中, 蒸汽的温度和压力都比较高, 一般在500-600度之间, 压力也会在65-90巴之间。高压缸的轮叶是由高温合金材料制成的, 以提高其耐受高温高压的能力。(2) 中压缸是高压缸后的一个部分, 通过管道和高压缸相连。在中压缸中, 蒸汽的温度和压力相对较低, 在400-500度之间, 压力也会略有下降。中压缸的轮叶通常比高压缸的轮叶小一些, 以适应蒸汽的条件变化。在中压缸中, 蒸汽的流量也会逐渐增大, 使得机器的转速得以逐渐提高。(3) 低压缸是中压缸的下一个部分。同样, 低压缸通过管道和中压缸相连。在低压缸中, 蒸汽的温度和压力都比较低, 一般在200-300度之间, 压力也最多只有2-3巴。低压缸的轮叶数目最多, 直径也最大。一方

面是为了适应低压蒸汽的流量, 另外一方面也是为了提高机器的转速, 使蒸汽的能量能够充分地利用。(4) 减速器是最后的一个部分, 其功能是将高速旋转的轴转速减低至发电机所需的转速。减速器内部通常是由齿轮箱、离合器等部件组成<sup>[2]</sup>。当转速逐渐趋于稳定时, 发电机的转速也会逐渐提高, 从而达到稳定的发电状态。减速器的设计与选择非常重要, 因为其大小和功率将会对机器的整体工作性能产生直接的影响。

总之, 汽轮机的工作原理是将热能转化为机械能。随着蒸汽在汽轮机内部依次流过高压缸、中压缸、低压缸等部分, 因轮叶的作用而产生机械能, 在减速器的作用下最终输出电能。汽轮机的设计和选择非常关键, 要根据不同的需求和条件进行选择, 以达到最大的工作效率和经济效益。

## 2 汽轮机常见故障分析

### 2.1 涡壳内壁

火力发电厂汽轮机中的涡壳是一个非常重要的部件, 主要用于转换高温高压的蒸汽能量为机械能, 推动发电机发电。然而, 由于长期运行, 涡壳的内壁可能会受到磨损, 这是一种常见的问题。涡壳内壁受磨损会影响汽轮机的功率和效率, 进而影响整个发电厂的发电能力。通过定期的检测和维护可以减缓涡壳内壁磨损的速度, 并及时发现问题, 及时进行修复。当然, 选择合适的涡壳材料和涂层技术也是防止涡壳内壁磨损的重要手段。

### 2.2 涡轮轴承故障

涡轮轴承故障可能会导致轴承温度升高、振动等问题。造成这个问题的原因主要是轴承受损或磨损、润滑油不足或油质不良等。

### 2.3 中空轴发生裂纹

由于汽轮机工作温度较高, 中空轴可能会发生裂纹, 严重影响机器的正常运转。这个问题的主要原因是中空轴的质量不良、工艺不合理等。

## 2.4 真空段喘振

汽轮机在真空段时,由于低压运转,叶片容易产生喘振,因而造成噪音大、振动大等问题。造成这个问题的原因主要是场强大小、转速、叶片长度等不合理。

## 2.5 汽机内部部件磨损

汽轮机在长时间的运行过程中,内部部分的件件容易出现磨损。比如密封件老化, bearing 温度过高,齿轮异响等等。

## 3 汽轮机故障解决方案

### 3.1 涡壳内壁受磨损

涡壳作为汽轮机重要的结构部件之一,其内壁长期承受着高温高压的蒸汽冲击和摩擦,因此不可避免地会发生磨损,如不及时修复将会严重影响汽轮机的运行效率和寿命。为了保证涡壳的正常工作,应及时采取措施修复涡壳内壁的磨损<sup>[3]</sup>。目前,表面喷涂技术已成为涡壳修复的主要方法。相比传统的焊接或更换新部件的方法,表面喷涂修复涡壳具有成本低、修复周期短、对零部件损伤小等优点。修复涡壳的表面喷涂技术主要分为热喷涂和冷喷涂两种方式。

3.1.1 热喷涂是指将高温高速喷射的金属或陶瓷材料喷涂到涡壳内壁上,通过高温高速冷却或化学反应,使喷涂层与内壁紧密结合。该方法的优点是能够在较短的时间内完成涡壳修复,且喷涂层具有良好的耐热、耐腐蚀和耐磨损性能。但其缺点是喷涂温度较高,易引起内部应力集中和变形,同时对设备要求较高,容易出现热裂纹等问题。

3.1.2 冷喷涂是指将低温高速喷射的高分子、金属或陶瓷材料喷涂到涡壳内壁上,通过冷却或氧化,使喷涂层与内壁形成化学键结合。该方法的优点是喷涂温度低,不会引起内部应力集中和变形,喷涂层与内壁结合牢固且质量稳定,可防止涡壳内壁腐蚀和磨损,延长设备寿命<sup>[4]</sup>。但其缺点是涂层厚度较大,易导致喷涂层与内壁之间的应力分布不均匀,同时喷涂速度慢,效率相对较低。

无论采用热喷涂还是冷喷涂修复涡壳,都需要事先对涡壳表面进行专业的加工和清理。一般情况下,涡壳面清理采用爆砂、喷砂或刮削等方法,以保证表面光洁度和粘附性;随后,对涡壳内壁进行磨损评估,确定涡壳的磨损状态和涂层的厚度,并制定相应的喷涂计划和技术参数。

### 3.2 涡轮轴承故障

涡轮轴承是汽轮机中至关重要的一个部件。它主要承受着涡轮转动时所产生的重大载荷,对于汽轮机的正

常运行起着至关重要的作用。如果涡轮轴承遇到故障,将会影响到整个汽轮机的工作效率和发电能力。因此,发现涡轮轴承故障应及时解决,以免带来更大的损失。涡轮轴承遇到故障的原因很多,如长期运转、磨损、腐蚀、过度疲劳等。当轴承故障发生时,我们需要通过检查和分析来判断故障的具体原因。在确认故障原因后,我们可以选择采用更换或者修理的方法来解决。

3.2.1 如果涡轮轴承故障较为严重,则需要更换轴承。更换轴承需要在机器停止工作的时候进行,这可以最大程度地降低对机器运行的干扰。更换轴承之前,我们需要先对机器进行彻底检查和清洁,确保机器中不存在其他故障和影响。

在更换轴承时,首先需要拆下旧的轴承,清洗其所在的轴承座,然后逐一拆卸轴承,并逐一安装新的轴承<sup>[1]</sup>。安装过程中需要特别注意轴承的方向和位置,并检查轴承座与轴承的配合情况。如果安装不当,轴承容易受损,甚至导致机器运行不稳定。

3.2.2 如果涡轮轴承故障较轻,可以考虑采用修理的方式。修理主要是对轴承进行修整或更换配件来修复轴承问题。修理过程中需要特别注意维护和保养,以确保修复后的轴承正常运作。修理完成后,我们需要再次对机器进行彻底检查和清洗,确保轴承已经完全恢复正常。

### 3.3 中空轴发生裂纹

中空轴是汽轮机的核心组成部分之一,负责将高速旋转的涡轮轴承载并传递动力,将热能转换成电能。但是,由于长期高速旋转,中空轴会不可避免地面临一些问题,如裂纹、变形、腐蚀等,其中中空轴发生裂纹问题是常见的一种。中空轴的裂纹形成是由于长期受到高温、高压、高速等因素的作用,使得中空轴内部受到拉伸或压缩,产生内应力承载能力不足,从而导致了中空轴的裂纹。中空轴裂纹不仅会导致机器的运行异常,还可能威胁到人员的生命安全,因此如果中空轴出现裂纹问题,需要及时采取措施予以处理。针对中空轴发生裂纹问题,可以采用以下几种方法进行修复:

#### 3.3.1 热处理

热处理是一种通用的中空轴修复方法。这种方法主要是利用高温对中空轴进行加热,使其达到临界温度,然后在恰当的速度下,将中空轴快速冷却<sup>[2]</sup>。这种方法能够消除中空轴内部产生的应力,使其恢复到原来的状态。

#### 3.3.2 加工抛光

加工抛光是一种适用于中空轴出现小裂纹的修复方法。这种方法主要是利用研磨和抛光技术,对中空轴进行重新加工和抛光,使裂纹得以封闭和平滑处理。这种

方法可以有效地改善中空轴的表面质量,并提高其承载能力和传递效率。

### 3.3.3 钎焊

钎焊也是中空轴的一种有效修复方法。这种方法主要是利用钎焊技术对中空轴进行加固,使得中空轴的结构能够重新得到加强。这种方法特别适用于中空轴上出现的小坑洼、小裂纹等,但需要保证钎焊的选材和焊接工艺质量的可靠性。

### 3.3.4 更换中空轴

如果中空轴的裂纹属于严重的破损或者所在位置不宜采取修复措施,那么只能考虑更换中空轴。更换的时候需要考虑新的中空轴与汽轮机其他部分之间的配套和替换后的平衡问题,以确保更换后涡轮机的可靠性和安全性。

## 3.4 真空段喘振

真空段喘振是涡轮机在运行过程中经常遇到的一种故障,它往往给涡轮机的安全稳定运行带来很大的威胁。因此,及时解决喘振问题是非常必要的。

所谓真空段喘振,是指当涡轮机在运行过程中进入真空阶段,机轮叶片和导叶之间会出现空气振动,而这种振动通常都是周期性的,且对于涡轮机的叶片、导叶等部件就会产生较大的压力,甚至有可能造成机器的破坏<sup>[3]</sup>。因此,解决真空段喘振问题非常关键。有很多方法可以用来解决涡轮机真空段喘振的问题,其中最常用的方法之一是改善叶片几何尺寸。在涡轮机的设计过程中,我们可以通过多种方法来改变叶片的形状、尺寸和角度等参数,以便降低叶片的空气动力压力,减少共振现象的发生。

此外,为了降低涡轮机的共振频率,我们还可以采用增加柔性的方式。具体来说,可以通过增加叶片的弹性等方式来提高涡轮机的柔度,并减小叶片在运行过程中的刚性。这不仅可以减少叶片与导叶之间的空气动力相互作用,还可以避免叶片产生共振振动,从而提高涡轮机的稳定性和可靠性。

在解决涡轮机真空段喘振问题时,还可以采用其他方法,例如调整运行参数、改变气流路径、降低进口动压等。这些方法虽然效果不如改善叶片几何尺寸和增加柔性,但可以进一步降低涡轮机的共振频率,从而减少喘振的发生。

## 3.5 汽机内部部件磨损

汽轮机是以水蒸气作为工作介质来转换热能为机械能的发电设备。因为其高效、可靠、灵活等优点,已成为现代工业和能源领域中不可或缺的主要动力设备之一。但在实际使用过程中,由于各种原因的影响,汽轮

机内部的某些部件会发生磨损,这会降低发电效率、缩短机器的寿命甚至引起安全事故。因此,如何有效地对汽轮机内部部件的磨损问题,成为了一个亟待解决的难题。针对汽轮机内部部件磨损问题,可以采取以下措施:

3.5.1 更换部件。当汽轮机内部的某些部件出现磨损时,我们可以采取更换部件的方法来解决。比如,如果叶片磨损较严重,我们可以更换新的叶片来保证汽轮机内部的正常运转。

3.5.2 增加润滑。适当增加润滑可以有效地减少摩擦,延长汽轮机内部部件的使用寿命。在实际应用中,可以通过增加润滑油的喷注量、改变润滑油的品种等方式增加机器的润滑程度。

3.5.3 进行维护保养。定期的维护保养可以有效地减少机器内部部件的磨损和损坏<sup>[4]</sup>。对于汽轮机的维护保养工作,必须按照规定操作流程有序地进行操作,以确保机器的运行安全。

3.5.4 采用复合材料材料。复合材料具有轻、强、耐磨等特点,能够在一定程度上改善汽轮机内部部件的磨损状况。比如,可以将叶片表面喷涂复合材料材料,这样可以避免叶片表面的摩擦磨损。

总之,对于汽轮机内部部件的磨损问题,我们可以通过合适的措施来解决,从而延长机器的使用寿命、提高发电效率。除此之外,汽轮机的维护保养工作也非常重要,必须根据指导图和规定的操作步骤进行有序操作。只有这样,才能确保汽轮机的长期、稳定运行。

结语:通过上述的分析和讨论,我们可以看到汽轮机在长时间的运行过程中有可能会各种故障,这些故障严重影响机器的正常运转和工作效率。为了避免这些问题,我们应该采取预防措施。其中最重要的措施就是建立全面的机器维护体系,定期检修机器,发现并解决问题。另外,我们应该加强建立日常维护文件,收集各个机器的工作记录,并做好分类存档。这样可以及时分析和定位机器故障点,做到精准维修,提高机器的工作效率和使用寿命。

### 参考文献

- [1]孙鹏飞,李冠和.汽轮机常见故障处理浅析[J].科技资讯,2013(15):127.
- [2]朱军.发电厂汽轮机系统优化策略分析[J].河南科技,2012(09):22.
- [3]李立言.火力发电厂汽轮机常见故障分析与检修[J].机电信息,2014(30):84-85.
- [4]冯彦锋,厉彦会.汽轮机故障分析方法与检修[J].民营科技,2013(02):45.