

# 空冷汽轮机末级及末两级长叶片流动研究

张 恩

(上海能源科技发展有限公司 上海 201100)

**摘 要:** 随着科技水平的不断提高,空冷汽轮机也在不断完善中,这种汽轮机的主要工作原理是利用蒸汽的热能,在高速流动时所产生的动能使转子旋转,再带动发电机转子旋转,从而产生电能。末级及末两级长叶片流动对空冷汽轮机造成很大的影响,因此,工作人员需要对其进行深入探究,以提高空冷汽轮机的整体质量。

**关键词:** 空冷汽轮机;末级动叶片;研究

空冷汽轮机的整体性能会受到很多因素的影响,如蒸汽流量、叶片形状、转子转速等。末级及末两级长叶片的设计与制作更是关乎着整个机组的安全性与经济性,所以技术人员需要对其进行精心的设计与研究,确保空冷汽轮机末级及末两级长叶片能够适应高速和高压蒸汽条件下的工作。

## 一、空冷汽轮机末级及末两级长叶片流动特性

### (一)末级长叶片流动特性

在空冷汽轮机中,末级长叶片是转速和温度最高的部分,也是最容易受到磨损和腐蚀的一部分。所以为了提高末级长叶片的耐腐蚀性,工作人员往往会在叶片的表面涂一层耐腐蚀材料,比如钛合金。由于末级长叶片是温度最高的部位,所以蒸汽温度高、压力大、湿度大等各种因素会导致末级长叶片所处的流动十分不稳定。末级长叶片流动方向变化比较大,在工作的过程中容易产生涡流和回流区,这就有可能导致出现蒸汽泄漏的问题,影响着空冷汽轮机的工作效率。此外,这种涡流与回流区的存在,也容易导致叶片振动,提高空冷汽轮机出现故障的可能性。

### (二)末两级长叶片流动特性

末两级长叶片是位于末级叶片之后的二级叶片,二级叶片的主要作用是将气流进一步转化为旋转动力,同时为一级叶片提供相对稳定的流场。由于叶片长度的增加,流动面积也会随之提高,叶轮强度也会随之增加,蒸汽能够更加通畅地通过叶片通道,减低了流动阻力,所以二级叶片的流动效率比较高。在末两级长叶片中,蒸汽的速度分布相对边角均匀,叶片高压端蒸汽速度较低,低压端蒸汽速度较高,这种类型的速度分布有利于提高整体末级叶片效率<sup>[1]</sup>。

## 二、空冷汽轮机末级及末两级长叶片流动影响因素

### (一)叶片制造与设计因素

影响流动的最主要因素就是叶片的制造与设计,良好的叶片设计能够减少流体与叶面表面的摩擦和黏附,叶片的形状、光洁度、

粗糙度、划痕等都会对流体流动造成影响。叶片安装的角度也会影响着流体的流动,如果在进行安装的时候安装角度过小的话,容易导致流体在叶片上滞留,从而增加流动阻力,安装角度过大的话,可能会导致流体偏离叶面轴线增加涡流的可能性。

### (二)环境因素

空冷汽轮机一般都会被安装在户外,户外的环境十分多变,温度、湿度、风速等因素都有可能对汽轮机的流动造成影响。高温和低湿度可能会导致蒸汽的黏度增加,降低流动效率,而过高的风速会在一定程度上增加流动阻力。此外,空冷器的布置和设计也会对末级和末两级长叶片的流动造成一定影响,合理的空冷器能够最大程度保障流体在叶面上的均匀分布,提高流体的流通效率。

## 三、空冷汽轮机末级及末两级长叶片流动优化策略

### (一)优化叶面设计

在空冷汽轮机中,气流通过叶面的流动状态将会直接影响着汽轮机的效率,为了提高汽轮机的工作效率,一定要对末级叶片以及末两级长叶片进行优化设计,使气流更加通畅地通过叶面,从而提高汽轮机的工作效率。在对叶面进行设计的时候,可以对叶面的形状进行适当调整,使叶面能够更加适应气流的特性,比如,设计人员可以适当改变叶片的曲率,使气流在与叶面进行接触的时候能够更加贴合,提高气流的通过效率。叶面的角度也会对气流的流动状态造成一定影响,设计人员可以通过适当调整叶片角度来使气流更加均匀地分布在整个叶面上,从而提高气流的通过效率<sup>[2]</sup>。此外,在叶面设计中,叶面扭曲度是非常重要的一个参数,工作人员通过增加叶面扭曲度不仅可以提高汽轮机的性能,还可以使叶片更好地适应气流流动的特点,从而提高汽轮机的效率。在对空冷汽轮机末级及末两级长叶片进行设计的时候,可以利用计算机设计软件对叶面进行建模和仿真分析,根据企业的具体需求,设计最佳的叶片形状和叶片角度。

## (二) 加强对叶面表面的处理

叶面表面的粗糙度也会对汽轮机造成比较大的影响, 所以为了优化空冷汽轮机末级及末两级长叶片的流动, 一定要加强对叶面表面的处理。技术人员可以通过表面涂层和镀膜等方式, 如金属涂层、陶瓷涂层、二氧化硅涂层等多种涂层方式来加强叶面表面的光滑度, 避免流体与叶片表面之间产生过大的摩擦, 提高流动效率, 延长叶面的使用时间, 在降低维修成本的同时还可以避免多次维修。空冷汽轮机在运行的过程中, 流体中一定会存在某些杂质, 比如水分、盐分、微小颗粒等, 如果这些杂质长期没有得到有效清除和处理的话, 就会在叶片表面附着, 影响着叶片的流动效率。技术人员可以通过采用适当的密封材料和技术, 加强对叶片表面的处理, 避免流体中的颗粒进入叶片表面, 降低对叶片造成影响的可能性。在空冷汽轮机工作的时间内, 工作人员需要定期清除叶片表面上的杂质, 避免流动阻力的增加, 还可以通过合理的流道设计, 减少流体中杂质的附着, 避免杂质对叶片的阻力造成影响。

## (三) 控制流动参数, 优化气流分布

为了确保流道内的流体流动稳定, 工作人员需要对流体的速度、压力、温度等多种参数进行合理控制, 避免流体在流道内产生涡流、湍流等情况, 在降低流动损失的同时, 提高流体的能量利用率, 从而提高空冷汽轮机的整体效率<sup>[3]</sup>。还需要对末级及末两级长叶片中的气流分布进行及时优化, 如果气流不均的话, 可能会导致某些叶片处的气流太过集中或稀疏, 降低叶片做工的能力, 还可能引发气流的分离和旋涡, 进一步降低空冷汽轮机效率。工作人员在对进气口进行设计的时候, 需要使气流均匀地分布在各个叶面上, 避免气流过于集中或者是稀疏, 可以在设计的时候加入导流板或扩散器来增加气流的均匀性。此外, 在优化气流分布的时候, 可以考虑使用信息技术对流场进行分析和模拟, 在不断优化的过程中确定最佳气流分布模式, 提高汽轮机的性能和效率。

## (四) 采用新型冷却技术

空冷汽轮机末级及末两级长叶片是整个汽轮机中温度最高、流量最大、温度最热的地方, 为了确保叶片可以在持续的高温高压中进行巩固, 一定要加强对冷却系统的设计。末级叶片与轮缘靠近, 流动比较混乱, 并且叶片在医护轮缘的交界处存在间隙, 容易出现二次流动的情况, 增加热量损失。为了提高空冷汽轮机的工作效率, 减少热损失, 提高冷却效果, 技术人员需要积极采用新型冷却技术对末级及末两级长叶片流动进行优化。比如, 工作人员在进行流道设计的时候, 可以采用更细的冷却管路, 使冷却液更加有效地带走热量; 可以使用流体动力润滑冷却技术在叶片表面形成润滑膜, 降

低摩擦和热损失; 利用纳米颗粒的特殊性质, 使用纳米流体冷却技术来提高传热效率。通过多种多样的冷却技术, 能够大大提高空冷汽轮机思维末级及末两级长叶片性能, 提高其耐高温性, 延长叶面的使用寿命, 加强能源的转换效率。

## (五) 积极进行检修维护

为了使空冷汽轮机能够长期维持在正常的运行状态中, 工作人员需要定期对末级及末两级长叶片进行检查维修。工作人员需要对叶面表面进行严密的检查, 及时对叶面进行清洗, 去除积碳、污垢、杂质等, 保持叶片清洁, 保障在叶面表面不存在明显的磨损、腐蚀或者是其他损伤<sup>[4]</sup>。叶片之间的间隙将会直接关乎末级及末两级长叶片刘都能提高效率, 工作人员需要检查叶片之间的间隙是否均匀以及是否存在异常摩擦或碰撞, 及时对其进行调整。观察叶片根部是否存在裂纹、变形以及进行固定的螺栓是否紧固, 如果出现松动的话需要及时对其进行处理。除此之外, 工作人员还需要对润滑系统的供油情况进行检查, 保障润滑油路的畅通, 并及时检查叶面以及连接部件的温度, 可以对其进行适当的热处理, 以保障末级及末两级长叶片的强度和耐久性。流道的清洁度也是运维工作的重要内容, 如果流道内杂质过多的话, 会对流体的流动性能造成比较严重的影响, 增加流动损失, 降低空冷汽轮机的工作效率。工作人员需要定期对流道内部的清洁度进行检查, 及时清理附着在流道内的杂质, 保障流道内部通畅, 提高汽轮机的工作效率。

## 四、结束语

综上所述, 空冷汽轮机末级及末两级长叶片流动情况在整个空冷汽轮机运行中都占据着重要地位, 能够大大提高空冷汽轮机的运行效率, 降低能源损耗。在未来, 专业的技术人员将会研究更多优化空冷汽轮机中末级及末两级长叶片流动的方式, 为空冷汽轮机的运行提供更加全面的支持。

## 参考文献

- [1]丁晨, 隋永枫, 辛小鹏, 丁旭东, 张春梅, 刘象拯. 高背压大流量空冷汽轮机低压级组叶片设计及优化[J]. 热力透平, 2012, 41 (01): 31-34.
- [2]吴其林, 潘家成. 空冷汽轮机末级长叶片设计特点[J]. 热力透平, 2007, (02): 89-91+100.
- [3]李宇峰, 黄钢, 赵俊明. 空冷汽轮机低压末级系列长叶片的研制[J]. 热力透平, 2007, (01): 45-48.
- [4]周代伟, 张红梅. 大型空冷汽轮机低压长叶片的开发[J]. 热力透平, 2005, (02): 82-87.