

直接空冷机组凝结水回水管振动大原因分析及解决策略

安雪敏

内蒙古蒙泰不连沟煤业有限责任公司煤矸石热电厂 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 本文针对直接空冷机组中凝结水回水管振动大的问题,进行了深入的原因分析,并提出了相应的解决策略。通过综合考虑内部流体特性、管道结构以及外部环境因素,揭示了振动产生的根源。进而,从加装稳流器、管道保温、调整风机频率、优化管道设计以及采用多级降压措施等方面,提出了具体的减振措施,为提高直接空冷机组的稳定性和安全性提供了有力支持。

关键词: 直接空冷机组; 凝结水回水管; 振动分析; 减振策略

引言

直接空冷机组作为现代电力工业中的重要组成部分,其稳定运行对于保障电力供应具有重要意义。然而,在实际运行过程中,凝结水回水管振动大的问题时有发生,严重影响了机组的安全性和可靠性。因此,对凝结水回水管振动的原因进行深入分析,并提出有效的解决策略,对于提高机组运行稳定性和延长设备寿命具有重要意义。

1 直接空冷机组概述

直接空冷机组,作为现代电站的关键设备之一,其结构复杂且功能强大;该机组主要由主机排汽装置、空冷凝汽器以及一系列辅助设备构成,这些部件共同协作,确保了机组的高效稳定运行。在机组的工作流程中,主机排汽装置扮演着至关重要的角色;它负责将主机产生的高温高压蒸汽引出,并通过排汽管道将其输送至空冷凝汽器。这一过程是机组热能转换的关键环节,也是直接空冷技术得以实现的基础。空冷凝汽器作为机组的另一核心部件,其内部布满了密集的翅片管束;这些管束通过空气自然对流或强制通风的方式,将蒸汽中的热量散发到大气中,从而实现蒸汽的冷却和凝结;凝结后的水通过凝结水回水管被回收,并再次输送到机组中进行循环利用;这一循环过程不仅提高了机组的热效率,还显著降低了水资源的消耗。凝结水回水管作为连接空冷凝汽器和机组的重要纽带,其稳定运行对于整个机组的性能具有至关重要的影响;一方面,它必须承受高温高压凝结水的冲击和腐蚀;另一方面,它还要确保凝结水能够顺畅地流回机组,避免任何形式的泄漏或堵塞。在设计和制造过程中,对凝结水回水管的材料选择、结构设计以及安装工艺都提出了极高的要求^[1]。

2 直接空冷机组凝结水回水管振动大原因分析

2.1 内部因素

(1) 汽水两相流。在直接空冷机组中,蒸汽在空冷凝汽器内冷却凝结成水的过程中,往往伴随着未完全凝结的汽泡;这些汽泡随着凝结水一起流动,在管道内形成汽水两相流。当这些汽泡在管道中汇聚并突然破裂时,会释放出大量的能量,产生瞬时的冲击力;这种冲击力直接作用于管道壁面,导致管道产生振动。汽水两相流的存在不仅增加了管道振动的频率和幅度,还可能引发水锤效应,进一步加剧管道的振动。汽水两相流的形成与多种因素有关,包括蒸汽的凝结速度、管道的几何形状、流体的流速等;在机组运行过程中,这些因素可能随着工况的变化而发生变化,导致汽水两相流的状态也随之变化,从而增加了管道振动的复杂性和不确定性。(2) 管道内部流体下落落差大。凝结水在管道中下落时,由于管道布局和地形的原因,往往存在较大的落差。当凝结水从高处流向低处时,其重力势能转化为动能,流体速度增加,同时伴随着动能的释放和转化;当这种动能释放不均匀或受到管道约束时,就会产生振动;特别是在管道落差大的地方,流体的动能释放更加集中,振动也更加剧烈。管道内部的流体下落落差大还可能导致流体在管道内形成涡旋和湍流,这些复杂的流动状态也会增加管道的振动。涡旋和湍流的存在不仅加剧了管道的振动,还可能对管道壁面造成冲刷和磨损,降低管道的使用寿命。(3) 弯头激发振动。在凝结水回水管中,弯头是不可或缺的组成部分;但流体在通过弯头时,由于流向的改变和局部阻力损失,会产生合力作用在管道壁面上。这种合力不仅改变了流体的流动状态,还可能激发管道的振动;特别是在高流速和高压力的情况下,弯头对流体产生的扰动更加显著,激发的振动也更加剧烈。弯头激发振动的原因主要与流体的动力学特性和弯头的几何形状有关,流体的流速、压力、密度等参数以及弯头的半径、角度等几何特征都会影响流

体通过弯头时的流动状态和激发的振动；在设计和安装凝结水回水管时，需要充分考虑弯头的布置和选型，以减少其对管道振动的影响。

2.2 外部因素

(1) 外部设备振动传递。直接空冷机组中包含了大量的泵、风机等旋转机械，这些设备在运行时会产生振动，这些振动会通过连接管道和支架等结构传递给凝结水回水管。特别是当泵和风机发生喘振、汽蚀等异常振动时，传递给凝结水回水管的振动会更加剧烈；这种由外部设备振动传递导致的管道振动往往具有频率高、振幅大的特点，对管道及其附件的损害也更加严重。外部设备振动传递对凝结水回水管的影响程度取决于多种因素，包括设备的振动特性、管道与设备的连接方式、管道的刚性和阻尼等；为了减小外部设备振动对凝结水回水管的影响，需要在设计和安装过程中采取有效的隔振和减振措施。(2) 自然环境影响。自然环境因素也是导致凝结水回水管振动的重要原因之一，其中，风力作用是最为显著的自然环境因素之一；当风力较大时，风会对管道产生直接的作用力，导致管道产生振动。特别是在管道暴露在室外或高处时，风力的影响更加显著；地震、温度变化等自然环境因素也可能对管道产生间接的影响，导致管道振动。自然环境对凝结水回水管振动的影响具有随机性和不可预测性，为了减小自然环境对管道振动的影响，需要在设计和安装过程中考虑管道的抗风、抗震等性能，并采取相应的加固和防护措施；还需要加强对管道的日常监测和维护，及时发现并处理可能存在的安全隐患^[2]。

3 直接空冷机组凝结水回水管振动大的解决策略

3.1 加装稳流器

(1) 稳流器的设计原理基于流体动力学特性，其核心目标是改变流体的流动状态，减少气泡的形成和破裂。在凝结水回水管中，未完全凝结的汽泡随水流动，并在某些位置汇聚后破裂，产生瞬时的冲击力，这是导致管道振动的重要原因之一；稳流器通过其特殊的结构，能够引导流体平稳流动，避免汽泡的急剧汇聚和破裂，从而有效降低振动。(2) 在加装稳流器时，需对管道系统进行详细分析，确定振动最为剧烈的位置。通常，这些位置包括弯头处，因为流体在弯头处流向改变，容易产生涡旋和湍流；以及落差大处，因为流体下落时动能释放，容易激发振动；稳流器应安装在这些关键位置，以最大程度地发挥其稳定作用。(3) 稳流器的设计应充分考虑流体的流速、压力、密度等参数，以及管道的几何形状和材质。其结构应能够适应流体的流动

特性，既要保证流体的顺利通过，又要避免产生新的振动源；稳流器的材质应具有良好的耐腐蚀性和耐磨性，以确保其长期稳定运行。(4) 加装稳流器后，需对管道系统进行全面的测试和监测，以验证稳流器的效果。通过对比加装稳流器前后的振动数据，可以直观地评估稳流器对降低振动的作用；还需定期检查稳流器的运行状态，及时发现并处理可能存在的问题，确保其长期有效地发挥稳定作用。

3.2 管道保温

(1) 保温处理的核心目的是减少因温度变化导致的气泡形成。在凝结水回水管中，温度的变化会直接影响流体的物理状态，特别是气泡的生成和破灭；当流体温度降低时，溶解在水中的气体容易析出形成气泡，这些气泡在管道中流动时会增加流体的不稳定性，进而加剧管道的振动；通过保温处理保持流体的温度稳定，是减少气泡形成、降低振动的有效途径。(2) 在选择保温材料时，应充分考虑其隔热性能和耐腐蚀性。隔热性能是保温材料的基本指标，它决定了材料对热量传递的阻挡能力；优质的保温材料应具有良好的隔热性能，能够有效地减少热量损失，保持流体温度的稳定。由于凝结水回水管中流体可能含有腐蚀性物质，因此保温材料还应具备出色的耐腐蚀性，以确保在长期运行过程中不会因腐蚀而失效。(3) 在实施保温处理时，还需注意保温层的厚度和安装方式。保温层的厚度应根据管道的直径、流体温度以及环境温度等因素综合考虑，以确保达到最佳的保温效果；安装方式则应确保保温材料紧密贴合管道表面，避免出现空隙或脱落现象，从而影响保温效果^[3]。

3.3 调整风机频率

(1) 风机在直接空冷机组中扮演着至关重要的角色，它们负责为空冷凝汽器提供必要的冷却风量，从而确保蒸汽能够顺利凝结。但如果风机的运行频率不当，就可能导致空冷各列的抽真空效果不平衡，进而引发凝结水参数（如温度、压力）的剧烈波动；这些波动会直接传递到凝结水回水管中，加剧管道的振动。(2) 为了缓解这一问题，我们需要对风机控制系统进行精细调整，确保各列风机的协调运行。这包括手动和自动调节两种方式。手动调节需要操作人员根据机组的运行状态和凝结水回水管的振动情况，适时地调整风机的运行频率；这种方式虽然灵活，但对操作人员的经验和判断力要求较高。(3) 相比之下，自动调节则更加智能和高效。通过引入先进的控制系统和传感器技术，我们可以实时监测空冷各列的抽真空效果和凝结水参数的变化情况。但根据这些反馈信息，控制系统能够自动调整风机

的运行频率,以确保各列风机的抽真空效果达到平衡状态;这样不仅可以有效减小凝结水回水管的振动幅度,还能提高机组的整体运行效率和稳定性。(4)在实施调整风机频率的策略时,我们还需要充分考虑机组的实际运行情况和风机的性能特性。通过不断的实践和优化,我们可以找到最佳的风机运行频率组合,从而实现凝结水回水管振动的最小化;这一策略的实施不仅有助于提升机组的运行安全性,还能延长管道系统的使用寿命,为电厂的长期稳定运行提供有力保障。

3.4 优化管道设计

(1)更改流动路径是减少振动激发的有效手段。在原始设计中,过多的弯头会增加流体在管道中的能量损失,并可能激发振动;通过重新设计管道布局,我们可以减少弯头的数量,使流体在管道中的流动更加顺畅;这不仅能够降低流体的能量损失,还能显著减少振动源,从而降低凝结水回水管的振动幅度。(2)合理设计支吊架对于增强管道系统的刚性、避免共振现象至关重要。支吊架作为管道系统的支撑结构,其位置和形式的设计直接影响着管道的振动特性和承载能力;在设计过程中,我们需要根据管道的实际运行状况,如流体流速、压力变化以及管道材质等,来确定支吊架的最佳位置和形式;通过增加支吊架的数量或调整其布局,我们可以有效地提高管道系统的刚性,使其更加稳固地承受流体的冲击和振动;支吊架的设计还应充分考虑其承载能力,确保在极端工况下也能保持管道的稳定运行。

3.5 采用多级降压措施

(1)多级降压的核心原理是通过控制流体的压力变化率,减少因压力突变导致的流体状态变化。在凝结水回水管中,如果二次压力过低,就容易引发汽蚀和闪蒸现象;汽蚀是指流体中的气泡在低压区域迅速膨胀并破裂,对管道壁面造成冲击和侵蚀;而闪蒸则是指流体在压力降低时突然汽化,形成大量的蒸汽泡,这些蒸汽泡

在管道中流动时会增加流体的不稳定性,进而加剧振动。(2)通过安装节流孔板或减压阀,我们可以将凝结水再循环管道的压力分为多个阶段进行降低。节流孔板通过其特殊的孔径设计,能够限制流体的流量,使压力在孔板前后形成一定的压差,从而实现降压效果;而减压阀则能够根据设定的压力值自动调节开度,保持管道中的压力稳定在一定的范围内。(3)多级降压措施的实施不仅能够有效地降低凝结水回水管中的二次压力,还能显著减少汽蚀和闪蒸现象的发生。这有助于减少管道中的汽水两相流现象,降低流体的不稳定性,从而减小振动幅度;多级降压还能提高管道系统的安全性和稳定性,延长管道的使用寿命,为机组的长期稳定运行提供有力保障。

结语

本文通过对直接空冷机组凝结水回水管振动大的原因进行深入分析,并提出了具体的解决策略。这些策略的实施可以有效降低管道振动,提高机组运行的稳定性和安全性。然而,由于直接空冷机组的复杂性和多样性,不同机组的具体振动原因和解决方案可能有所不同。因此,在实际应用中,应根据机组的具体情况和运行数据,对解决策略进行灵活调整和优化,以达到最佳的减振效果。

参考文献

- [1]崔亚辉,张俊杰,刘亚林,等.高真空下低压转子振动故障处理方案研究及应用[J].汽轮机技术,2020,60(6):453-456.
- [2]彭烁,周贤,李启明,etal.有机朗肯循环回收直接空冷机组排气余热系统的热力性能研究[J].热科学与技术,2020,17(3):219-224.
- [3]黎渊博,赵建,牛全兴,etal.直接空冷机组冷端乏汽节能减排技术的分析[J].发电设备,2020,32(2):99-103.