

基于航电枢纽的水力发电机组振动与噪声控制

付爱彬

江西省港航建设投资集团有限公司新干航电枢纽分公司 江西 吉安 331300

摘要: 航电枢纽作为重要的水上交通枢纽和电力生产基地,其水力发电机组的稳定运行对能源供应和航道畅通具有至关重要的作用。然而,随着机组的长期运行,振动与噪声问题逐渐凸显,对周边环境和设备本身造成了一定的影响。本文将从振动与噪声的来源、对环境和设备的影响以及有效的控制策略等方面进行深入探讨,以期对航电枢纽的水力发电机组提供更加稳定、低噪声的运行环境。

关键词: 航电枢纽;水力发电机组;振动控制;噪声控制

引言

随着能源需求的不断增长,水力发电作为一种清洁、可再生的能源形式,在全球范围内得到了广泛的推广和应用。然而,水力发电机组在运行过程中产生的振动与噪声问题却不容忽视。特别是在航电枢纽这样的重要节点,振动与噪声不仅会对周边环境产生污染,还可能影响机组的稳定运行和寿命。因此,本文旨在深入分析这些问题,并提出有效的控制措施。

1 水力发电机组振动与噪声的来源

1.1 机械振动与噪声

机械振动与噪声是航电枢纽水力发电机组中不可避免的问题,主要源于机组内部的机械部件运动和相互作用。以下详细探讨其中的三个主要原因:转子不平衡、轴承磨损和齿轮啮合不良。

1.1.1 转子不平衡

转子不平衡是机械振动和噪声的常见源头。转子,作为水力发电机组的核心部件,其质量分布的均匀性对机组的稳定运行至关重要。当转子质量分布不均时,机组在高速运转过程中会产生明显的不平衡力。这种不平衡力会导致机组整体振动,进而激发出噪声。不平衡可能是由于制造过程中的误差、材质不均、或是在运输、安装过程中产生的损伤所导致。转子不平衡引发的振动和噪声,其频率通常与转速相关,因此,这种噪声往往呈现出一种周期性特点。

1.1.2 轴承磨损

轴承磨损是另一个重要的机械振动与噪声来源。轴承在机组中起着支撑和定位转子的关键作用。然而,随着运行时间的增长,轴承会受到持续的摩擦和冲击,从而导致其表面材料的逐渐损失。这种磨损不仅会影响轴承的精度和性能,还会在机组转动时产生不规则的振动。这种振动传递到机组的其他部分,进而激发出噪声^[1]。轴承磨损

产生的噪声通常表现为一种持续的、不规则的声响,严重时可能伴随有尖锐的刺耳声。

1.1.3 齿轮啮合不良

齿轮啮合不良也是机械振动和噪声的一个重要原因。在水力发电机组中,齿轮承担着传递动力和扭矩的关键任务。然而,由于制造误差、安装不当或长期使用导致的磨损,齿轮之间的啮合可能会变得不良。当齿轮啮合不良时,会产生冲击和振动,这些振动进一步转化为噪声。齿轮啮合不良产生的噪声通常呈现出一种有节奏的、周期性的特点,且随着转速的增加而加剧。

1.2 水力振动与噪声

水力振动与噪声是水力发电机组在运行过程中常见的问题,主要来源于水流与水轮机之间的相互作用。以下详细分析两个主要原因:水流激荡和涡流。

1.2.1 水流激荡

水流激荡是由于水流在流经水轮机时,受到不合理的流道设计或过快的水流速度影响而产生的一种现象。当水流通过这些区域时,可能会形成不稳定的流动状态,产生强烈的动荡和冲击。这种激荡不仅会影响水轮机的效率,还会导致整个机组的振动。激荡产生的水动力噪声,其特点是频率范围广泛,强度高,对周边环境产生较大的影响。水流激荡的原因可能包括流道形状的突变、水流速度的突然变化或水流中的空气囊等。在设计水轮机时,应尽量优化流道设计,确保水流平稳过渡,减少激荡的产生。同时,控制水流速度在合理范围内也是关键,过快的水流速度容易导致激荡加剧。

1.2.2 涡流

涡流是水流在流经某些特定部位时形成的一种旋转流动现象。在水力发电机组中,涡流可能在水轮机叶片的尾部、流道转弯处或其他几何形状复杂的区域产生。涡流的形成会对机组产生冲击,引发机组的振动和噪

声。这种噪声通常表现为一种低频的嗡嗡声，对周边环境造成干扰。涡流的产生与流体的粘性、流速、以及流道的几何形状密切相关。为了减少涡流对机组的影响，应在设计阶段就充分考虑流道的优化，避免产生急剧的转弯或截面变化。此外，通过合理的流速控制和流场分析，也可以有效减少涡流的产生。总的来说，水力振动与噪声是水力发电机组运行中不可避免的问题，但通过深入了解其产生机理，可以在设计和运行阶段采取有效的措施来降低其影响。

2 基于航电枢纽的水力发电机组振动与噪声的影响

2.1 对周边环境的影响

水力发电机组的振动与噪声对周边环境产生的负面影响不容忽视。这种污染不仅会降低居民的生活质量，还可能对人们的身体健康造成直接威胁。长时间暴露在高强度的噪声环境中，人们的听力可能会受到严重损伤。水力发电机组的噪声往往包含高频成分，这些高频噪声对听力的损害尤为严重。持续的高强度噪声刺激会损伤耳蜗内的毛细胞，进而导致听力下降或失聪。除了听力损伤，噪声还会对人的神经系统产生不良影响。高强度的噪声会刺激大脑皮层，使人感到烦躁、焦虑，长期下来可能导致神经衰弱、失眠等症状。这些症状会严重影响人们的日常生活和工作效率。噪声引发的心理健康问题也不容小觑。长期暴露在噪声环境中，人们可能会出现情绪波动、焦虑甚至抑郁等心理问题。这些问题不仅会降低个人的生活质量，还可能对家庭和社会造成负面影响。此外，水力发电机组的振动也可能对周边环境造成破坏。强烈的振动可能会传播到周围的建筑物和设施，导致其结构松动、损坏甚至倒塌。这种物理性的破坏不仅危及居民的安全，还可能对公共设施造成严重影响。水力发电机组的振动与噪声对周边环境的影响是多方面的，包括对听力的损伤、对神经系统的干扰以及对心理健康的威胁等。因此，我们必须高度重视这些问题，并寻求有效的措施来降低这种影响。

2.2 对设备本身的影响

振动与噪声对水力发电机组设备本身的影响是深远而复杂的。主要体现在以下几个方面：

(1) 降低运行效率：振动和噪声往往意味着能量的无效耗散，这直接导致设备在运行过程中效率降低。振动会导致机组各部件之间的摩擦增大，进而增加能量损耗。(2) 加速磨损和老化：持续的振动会加速设备各部件，尤其是轴承、齿轮等关键部件的磨损。这种磨损不仅缩短设备的使用寿命，还可能引发更严重的机械故障。噪声虽然不会直接造成物理磨损，但高强度的噪声

环境可能干扰设备的电子控制系统，导致系统不稳定，间接加速设备老化。(3) 设备故障风险增加：严重的振动可能导致设备内部的精细部件（如传感器、控制器等）发生误动作或损坏，进而引发设备故障。振动还可能导致电气连接松动，造成电气故障，影响电力生产的稳定性和安全性。(4) 机组基础松动与连接部件失效：长期的振动会使机组基础逐渐松动，这不仅影响设备的稳定性，还可能对整体结构造成安全隐患。振动还会导致连接部件（如螺栓、螺母等）松动甚至失效，进一步加剧设备的不稳定性和故障风险^[2]。振动与噪声对水力发电机组设备本身的影响是多方面的，它们不仅降低设备的运行效率，还可能加速设备的磨损和老化，增加设备故障的风险，并导致机组基础松动和连接部件失效等问题。因此，在设计和运行水力发电机组时，必须充分考虑减振降噪的措施，以确保设备的长期稳定运行。

3 基于航电枢纽的水力发电机组振动与噪声的控制策略

3.1 优化机组设计

在控制水力发电机组的振动与噪声方面，优化机组设计是一个关键策略。这涉及到机组内部的多个关键部件和结构的设计改进，以下是一些具体的优化方法：

(1) 改进轴承布置：合理布置轴承位置是减少振动传递的重要步骤。通过精确计算和分析，可以确定最佳的轴承布局，以减少不平衡力和振动在机组内部的传递。例如，在轴承的设计中，可以考虑采用双列或多列轴承配置，以提高机组的稳定性和减少振动。(2) 优化转子结构：转子是水力发电机组的核心部件，其质量分布的均匀性直接影响到机组的振动水平。通过精确计算和仿真模拟，可以优化转子的结构设计，确保其质量分布更加均匀，从而降低振动产生的可能性。此外，采用高品质的材料和先进的制造工艺，也可以进一步提高转子的稳定性和耐用性。(3) 选用低噪声、高效率的关键部件：水轮机和水泵等关键部件的选用对机组的噪声水平有重要影响。选择低噪声、高效率的水轮机和水泵等部件，可以从根本上降低机组的噪声水平。在选购这些部件时，应综合考虑其性能、效率和噪声等指标，选择符合环保标准且性能优越的产品^[3]。通过改进轴承布置、优化转子结构和选用低噪声、高效率的关键部件等优化机组设计的策略，可以有效地控制水力发电机组的振动与噪声水平。这些措施不仅可以提高机组的稳定性和运行效率，还可以减少对周边环境的影响，实现更加环保和可持续的电力生产。

3.2 加强维护与检修

为确保水力发电机组的稳定运行并控制振动与噪声,加强维护与检修工作至关重要。这一环节不仅关乎设备的寿命和性能,更直接影响到整个发电系统的可靠性和安全性。在维护与检修的过程中,首要任务是进行定期的检查与调整。这一步骤要求技术人员具备深厚的专业知识和丰富的实践经验,以便能够准确识别并处理各种潜在问题。例如,轴承的磨损情况需要密切关注,因为轴承的状态直接关系到机组的旋转平稳性和噪声水平。一旦发现轴承出现磨损,必须立即采取措施进行修复或更换,以防进一步恶化导致更严重的后果。与此同时,齿轮的啮合状态也是检查的重点。齿轮的不良啮合不仅会产生刺耳的噪声,还可能导致机组运行不稳定,甚至引发故障。因此,技术人员需要仔细检查齿轮的齿面磨损、点蚀等情况,确保其啮合良好,必要时进行调整或更换。除了对特定部件的检查与调整,保持机组的整体清洁与润滑也是至关重要的。机组在运行过程中,难免会产生各种杂质和污垢,这些不仅会影响机组的工作效率,还可能加剧磨损和摩擦,进而增加噪声水平。因此,定期清理机组内部的灰尘、油污等杂质是必不可少的步骤。此外,良好的润滑是机组正常运行的关键。润滑不仅可以减少部件之间的摩擦和磨损,还能起到冷却和防锈的作用。技术人员需要定期检查润滑油的质量和油位,确保其清洁无异物,并及时更换变质的润滑油。同时,选择合适的润滑油类型和粘度也是保证机组润滑效果的重要因素。加强维护与检修工作对于控制水力发电机组的振动与噪声至关重要。通过定期检查与调整以及保持机组清洁与润滑等措施,可以确保机组的稳定运行并延长其使用寿命,从而为电力生产的稳定性和安全性提供有力保障。

3.3 采用隔振与降噪技术

在控制水力发电机组的振动与噪声方面,采用隔振与降噪技术是至关重要的措施。这些技术可以有效减少振动传递和噪声辐射,保护机组免受损坏,并降低对周边环境的影响。首先,隔振措施的应用对于减少振动传递具有显著效果。在机组安装过程中,可以采用隔振支座来减少振动向基础的传递。这些支座通常由橡胶、弹簧等特殊材料制成,具有良好的隔振效果。此外,阻尼材料也被广泛应用于减少振动和噪声。这些材料可以有

效地吸收和消耗振动能量,从而降低机组的振动幅度^[4]。其次,降噪设施的设置对于降低噪声传播也至关重要。在机组周围设置隔音墙和吸音板等可以有效阻断和吸收噪声,减少对周边环境的影响。隔音墙通常由高密度材料构成,能够有效隔绝噪声的传播。而吸音板则采用多孔材料,能够吸收声波能量,从而降低噪声的强度。值得注意的是,在选择隔振支座和阻尼材料时,需要考虑机组的重量、运行频率等因素,以确保隔振效果的最大化。同样,在设置隔音墙和吸音板时,也需要根据机组的实际情况和周边环境进行合理布局,以达到最佳的降噪效果。采用隔振与降噪技术是控制水力发电机组振动与噪声的有效手段。通过合理应用这些技术,可以显著提高机组的运行稳定性和降低噪声污染,为周边居民创造一个更加宁静的生活环境。同时,这些措施也有助于延长机组的使用寿命和提高发电效率,对于实现可持续发展具有重要意义。

结语

本文通过对航电枢纽中水力发电机组的振动与噪声问题进行深入分析,提出了针对性的控制措施。这些措施的实施不仅可以改善周边环境质量,提高居民的生活品质,还能提高设备的运行效率和安全性,延长机组的使用寿命。未来,随着科技的进步和新能源的发展,我们期待更多创新技术的出现,为航电枢纽的可持续发展贡献力量。同时,也需要进一步加强振动与噪声控制的研究和实践,不断完善和优化控制措施,以适应日益严格的环保要求和电力生产需求。

参考文献

- [1]刘悠勇.水电机组振动与噪声故障特征提取方法研究[D].湖南大学,2024.
- [2]高扬.水力发电机振动和噪声监测系统的设计与研究[D].中国矿业大学,2022.
- [3]韩伶俐,高瑜.某大型水电站机组特定负荷区间厂房振动噪声成因分析与探讨[J/OL].水力发电,1-6[2024-05-04].
- [4]郝国文,何铮,陆小康,等.基于噪声特征的水电机组故障诊断技术研究与实践[J].水电与抽水蓄能,2023,9(06):98-102.