

汽轮机安装过程中的轴系对中精度控制分析

杨成冬 倪廷伍

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：汽轮机作为发电厂的重要设备，其运行效率与可靠性对整个电力系统具有重要影响。在汽轮机的安装过程中，轴系对中精度直接决定了设备的运行平稳性和寿命。为了实现高精度的对中，需要通过精密的测量工具和技术手段，在安装过程中进行有效控制。通过对轴系对中精度控制技术的深入分析，能够发现并解决影响汽轮机运行的潜在问题，确保其长期稳定运行。本研究分析了当前轴系对中技术的应用现状，并提出了一些优化措施，旨在提高安装过程中轴系对中精度，降低设备故障率。

【关键词】：汽轮机；轴系对中；安装精度；控制技术；设备可靠性

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.040

引言

汽轮机作为发电行业的重要组成部分，其运行状态直接影响发电系统的稳定性与效率。轴系的对中精度是保证汽轮机稳定运行的核心因素之一。轴系对中不当会导致机器振动、温升及磨损，严重时甚至导致设备故障，影响整体的发电效率与安全。因此，在汽轮机安装过程中，如何有效控制轴系的对中精度，成为确保其正常运转的关键。精确的对中技术不仅能够延长设备使用寿命，还能提高发电系统的经济性与安全性。本文将探讨汽轮机安装过程中轴系对中精度控制的重要性，分析当前的对中方法及其优化路径，旨在为实际应用提供有效的技术支持与参考。

1 轴系对中精度的影响因素分析

1.1 轴系对中与设备运行的关系

轴系对中精度在汽轮机的运行过程中扮演着至关重要的角色，直接影响设备的运转稳定性和工作效率。轴系的精确对中有利于保证转子与定子之间的相对位置关系，减少不必要的磨损和振动，避免因不对中产生的过大力矩对设备的冲击。精确的轴系对中能够确保机械部件的均匀负载分布，降低设备因长期运行带来的轴承负担，提高设备的使用寿命。在高速运转时，轴系的微小偏差也可能导致严重的性能下降，甚至对汽轮机的安全造成威胁，因此，保持轴系对中精度对延长设备使用周期、确保平稳运行至关重要。

1.2 影响轴系对中精度的关键因素

安装工艺中的操作步骤是否规范、工人技术水平的高低对对中精度产生显著影响^[1]。设备安装现场的环境条件，如温度、湿度、振动等因素，都会对轴系的对中精度造成不同程度的干扰。温度变化可能导致材料的热膨胀，从而影响对中精度的保持。轴系的设计参数与材料的选择也会对对中的稳定性产生影响，特别是在高温、高速运行的条件下，对中精度更容易受到外部因素的影响，因此在安装过程中需要对这些因素进行严格控制。

1.3 轴系不对中对汽轮机的影响

轴系不对中对汽轮机的影响主要表现为振动、热量产生、以及轴承磨损等方面。轴系偏差会导致转子与定子之间的接触不均匀，造成不必要的振动，这些振动不仅会降低设备的工作效率，还可能引起结构疲劳和早期损坏。振动的增大还会对设备的其他部件产生冲击，如轴承和密封装置，增加摩擦损耗，加剧磨损。随着时间的推移，这种不对中所带来的问题将可能导致设备频繁停机、修复及更换部件，严重时甚至可能引发设备的永久性故障，影响整个发电系统的运行稳定性和经济效益。

2 轴系对中精度测量技术研究

2.1 常见的轴系对中测量方法

轴系对中精度的测量方法众多，不同的测量技术适用于不同的安装环境和精度要求。常见的测量方法包括机械测量法、激光对中法和光学对中法。机械测量法通常使用对中工具，如百分表和千分表，通过直接接触轴承与转子的表面，检测偏差。这种方法操作简便，适用于普通设备的安装，适合低精度要求的场合。激光对中法则借助激光传感器与反射器，通过激光束的精确测量，能够在高速运转条件下实时监测轴系对中状态，具有较高的精度和稳定性。该方法适用于高精度要求的汽轮机等设备。光学对中法通过相对运动的光束投射来测量轴系的位置，精度高，且不受环境条件的干扰，适合用于精密装配和维修工作。每种方法的选择都应根据轴系的尺寸、转速、对中精度要求以及使用环境来决定。

2.2 测量工具与技术的选择

选择合适的测量工具和技术对于确保轴系对中精度至关重要。机械工具，如百分表和千分表，由于其简单易操作，广泛应用于现场安装和设备检查中。这些工具便于快速检测并定位轴系偏差，适用于小型设备的对中。随着精度要求的提高，激光对中技术逐渐成为主流工具。激光对中设备能够提供更高的测量精度，尤其在动态工作状态下，能够实现无接触测量，减少外界干扰对结果的影响。激光对中仪器通常配备高精度的

数字处理系统，可实时显示轴系对中偏差并提出调整建议^[2]。现代测量技术还发展出了一些智能化工具，利用自动化数据采集和分析系统，帮助技术人员在较短时间内完成高精度的轴系对中检测工作。最终选择何种工具，需根据设备运行的工况、对精度的需求以及施工环境来综合评估。

2.3 测量精度与误差控制

轴系对中精度的测量需要高度重视误差控制，以确保最终测量结果的准确性。误差的来源主要包括仪器误差、操作误差、环境误差以及被测对象本身的变形等因素。仪器误差通常来自测量工具的精度限制，不同类型的工具有着不同的精度范围，选择不当可能导致测量结果的偏差。操作误差则源于技术人员的操作技巧和测量时的误差控制。在使用机械表时，操作人员的细微差异可能影响对中精度的判断。环境因素如温度变化、湿度波动、振动等也可能导致测量误差，尤其在动态测量时，外界环境的影响更为显著。为了减少这些误差，常采取的方法是定期校准测量设备、使用高精度的仪器和合理的测量技术，同时优化测量操作流程，减少人为因素的干扰。在实际应用中，测量过程中的多次重复测量和对比分析能够有效提高测量结果的可靠性。通过细致的误差控制，能够确保轴系对中精度测量结果更加精确，从而提升设备安装与维修的质量。

3 轴系对中精度控制方法与技术

3.1 机械对中技术

机械对中技术一直以来是轴系对中精度控制中的基础方法。此技术主要通过百分表、千分表、机械量具等设备来实现精密测量和调整。在安装过程中，操作人员通过手动调整轴承、联轴器等部件，利用百分表测量轴系偏差，达到微调轴系精度的目的。该方法的优点在于设备简单、成本低，并且操作直观，易于理解和使用。机械对中技术的精度受限于仪器的分辨率和操作者的技能，且在动态测量和复杂结构中，难以获得高精度的数据。在面对高精度要求的汽轮机等设备时，机械对中技术往往需要配合其他更先进的测量技术以提升测量结果的可靠性。在实际应用中，机械对中技术仍广泛用于对中精度要求不高的领域或作为其他方法的辅助手段。

3.2 激光对中技术的应用

激光对中技术在近年来得到了广泛应用，尤其是在需要高精度轴系对中的场合。该技术通过激光发射器和接收器的结合，利用激光束在转子与定子之间的相对运动变化来精确测量对中状态^[3]。激光对中系统能提供实时、高精度的反馈数据，即使在高速运转的环境中，也能保持高水平的测量精度。与传统的机械方法相比，激光对中不依赖于物理接触，能够有效减少因摩擦和温度变化带来的误差，尤其适用于高速、高负载设备如汽轮机。该技术不仅提高了测量精度，还缩短了安装调试时间，并且能够对动态工况下的轴系状态进行实时监控，确保

在实际运行中轴系的长期稳定性。

3.3 对中过程中的常见问题与解决方案

在实际的轴系对中过程中，常常会遇到一些问题，如测量误差、安装误差、轴系热膨胀等。测量误差通常是由于仪器的分辨率和操作人员的操作不当引起的，这需要通过严格的校准和操作者的培训来减少。安装误差则主要由设备安装过程中部件的偏差和对中工具的选择不当造成。解决这一问题的关键在于严格遵循安装规范，并使用符合精度要求的对中设备。在温度变化较大的环境下，轴系热膨胀会导致对中精度的波动，此时需要在安装时考虑温度补偿机制，通过温度传感器实时监控环境温度变化，并根据变化调整对中位置。另一个常见问题是轴系的老化与磨损，这可能导致对中精度的下降，解决方法是定期进行设备维护和更新磨损部件，确保设备长期运行中的对中精度。在对中过程中，采用多重测量手段和智能化控制系统能够有效提高对中精度，减少人为干预，提高轴系的整体精度和稳定性。

4 精度控制优化措施与建议

4.1 提升对中精度的技术路径

为了提升轴系对中精度，技术路径的选择至关重要。采用先进的测量设备，如激光对中仪器和高精度传感器，能够显著提高测量精度。在对中过程中，精细的调整方法是关键，例如通过动态调整和多次对比测量，减少环境因素对测量结果的影响。选择适应性强的测量系统，能够在不同工作环境下进行高效测量，提高精度控制的稳定性。进一步优化对中操作流程，采取连续数据记录与反馈机制，有助于对轴系状态的实时监控，确保对中过程中的每一步都在精度范围内。加强工艺控制和安装环境的管理，避免温度、湿度、振动等外部因素干扰，确保对中精度始终处于最佳状态。

4.2 对中过程中的质量监控与保障

在轴系对中过程中，质量监控与保障是确保精度的必要环节。建立完整的质量监控体系，对每一个环节进行详细记录和追踪，确保每一次测量、调整的结果都具备可追溯性^[4]。使用实时监测系统，可以在安装过程中即刻发现误差并及时调整，避免精度损失。加强对操作人员的技能培训和质量意识，提高其对细节的关注度，能够有效减少人为误差对对中精度的影响。配备先进的误差检测与修正工具，如自动化控制系统和智能反馈机制，将提升对中精度的保障能力。通过这些措施的综合应用，能够确保对中过程中的质量持续稳定，达到精度控制的最佳效果。

4.3 现代化对中技术的未来发展

现代化对中技术在精度控制方面的发展潜力巨大，未来的技术将更注重自动化与智能化的结合。通过引入人工智能和大数据分析，能够更精确地预测轴系对中的变化趋势，从而在设

备运行前就进行预测性维护和调整。新一代的激光对中设备将融合更加先进的传感器技术,提供更加精细的测量结果,并能够在极端环境条件下稳定运行。数字化与云计算的结合,也将使得对中精度数据的收集与分析更加高效,实时数据将传输到云端进行处理,帮助技术人员更好地进行远程监控和调整。

5 精度控制的实际应用与案例分析

5.1 典型汽轮机安装案例

在某大型电力厂的汽轮机安装过程中,精确的轴系对中控制是保障设备长期稳定运行的核心。安装团队采用激光对中技术,通过精确测量转子和定子的相对位置,确保轴系对中精度达到毫米级别。整个过程中的每一步都进行了多次校验,测量数据实时反馈并根据实际情况调整安装位置。通过这一方法,成功消除了由于轴系不对中而引起的运行振动和过度磨损现象,提高了设备的效率和使用寿命。该案例表明,精确的轴系对中技术在汽轮机的安装过程中起到了至关重要的作用,显著降低了设备维护成本,并提升了发电效率。

5.2 精度控制技术的实际应用效果

精度控制技术的应用效果体现在多个方面,尤其在减少设备故障和提升设备运行效率方面取得了显著成果。在实际应用中,采用激光对中系统进行动态测量,使得轴系对中精度达到了前所未有的高度^[5]。设备在高速运转下,能够保持极小的偏差,减少了轴承的磨损和不必要的振动,提升了设备的平稳性

与稳定性。通过连续的在线监测,实时调整对中精度,进一步减少了由于对中不良造成的早期故障,确保了汽轮机设备的高效运行。

5.3 精度控制对设备故障率的影响

精度控制的有效实施直接降低了设备故障率,尤其在汽轮机等高精度要求的设备中表现尤为突出。通过高精度的轴系对中技术,能够有效避免因轴系不对中引起的过度磨损、振动、热损失等问题。与传统的安装方式相比,精度控制技术减少了设备在长期运行中因不对中导致的故障发生率,延长了设备的使用寿命。通过精确调整轴系位置,减少了轴承和其他关键部件的负荷,避免了因部件损坏导致的设备停机。精度控制技术使得设备在整个生命周期内维持了较低的故障率,降低了维护和更换部件的频率,最终提高了整体系统的可靠性和经济效益。

6 结语

精度控制在汽轮机安装过程中扮演着至关重要的角色,直接影响设备的稳定性和使用寿命。通过采用现代化的对中技术,如激光对中系统,可以有效提高轴系对中精度,减少由于不对中导致的设备故障和维护成本。通过持续优化测量工具和技术,提升轴系安装精度,最终实现设备运行的高效、稳定与长寿命。精度控制技术的不断发展将为工业设备的安装与维护带来更加可靠的保障。

参考文献:

- [1] 李金科.发电厂汽轮机轴系振动分析与处理措施研究[J].电力设备管理,2025(13):284-286.
- [2] 张毅.大型汽轮机轴系振动故障诊断与动平衡关键技术实践[J].科技视界,2025,15(27):89-92.
- [3] 陈鹏,吴晓成,王要波,杨源远,徐起秀.汽轮机电流信号分析在水系统状态监测中的应用研究[J].行车指南,2025(3):0120-0122.
- [4] 张泽,周斌,董伟,张鹏,吕蒙,王涛,杨宇星.配备 Vorecon 的同轴驱动给水泵汽轮机振动分析及处理[J].发电设备,2025,39(2):136-140.
- [5] 王保田.某核电汽轮机轴瓦电腐蚀问题分析和处理[J].电站系统工程,2025,41(2):59-62+65.