

# 电厂燃机发电机振动故障分析及处理

李春风

华能彭州热电有限责任公司 四川 成都 610000

**摘要：**电厂燃机发电机振动故障是运行过程中的常见问题，原因复杂多样，包括机械失衡、电磁故障、共振因素等。本文深入分析了这些故障类型，并提出了针对性的检测方法和处理措施，旨在通过精准诊断和及时干预，确保电厂燃机发电机的稳定运行。同时，强调了预防措施的重要性，通过提高设备维护水平、优化操作流程和引入先进监测技术，有效减少振动故障的发生，提升电厂的整体运行效率。

**关键词：**电厂燃机发电机；振动故障；处理

引言：电厂燃机发电机振动故障是运行过程中的常见问题，原因复杂多样，包括机械失衡、电磁故障、共振因素等。本文深入分析了这些故障类型，并提出了针对性的检测方法和处理措施，旨在通过精准诊断和及时干预，确保电厂燃机发电机的稳定运行。同时，强调了预防措施的重要性，通过提高设备维护水平、优化操作流程和引入先进监测技术，有效减少振动故障的发生，提升电厂的整体运行效率。

## 1 燃机发电机振动故障的原因分析

### 1.1 机械故障

机械故障是导致燃机发电机振动的主要因素之一。其中，转子不平衡是一种常见的故障现象。转子不平衡可能是由于转子在制造过程中质量分布不均，或是在运行过程中受到磨损、腐蚀等因素的影响，导致转子质量分布发生变化。这种不平衡的转子在高速旋转时会产生周期性的离心力，从而引发振动。除了转子不平衡外，转子热变形也是导致机械故障的一个重要原因。在高温高压的运行环境下，转子的材料会发生热膨胀，而由于转子的结构特点和材料性能的差异，不同部位的热膨胀程度可能会有所不同，这就会导致转子在运行时发生热变形。热变形后的转子在旋转过程中会与定子发生接触，产生摩擦力，从而引起振动。此外，轴承故障和联轴器故障也是常见的机械故障类型。轴承故障可能是由于轴承安装不当、润滑不良、磨损过度等原因导致的，而联轴器故障则可能是由于联轴器安装偏差、连接螺栓松动等原因引起的。这些故障都会影响到转子的正常运行，进而引发振动。

### 1.2 电磁故障

电磁故障也是导致燃机发电机振动的一个重要因素。发电机内部的电磁力不平衡是导致振动的主要原因之一。电磁力不平衡可能是由于发电机的磁场分布不

均，或是由于定子绕组中的电流分布不均导致的。当电磁力不平衡时，发电机内部会产生周期性的电磁力波动，从而引发振动。此外，定子绕组短路或开路也是常见的电磁故障类型。定子绕组短路或开路会导致发电机内部的电流分布发生变化，进而影响到电磁力的平衡。这种不平衡的电磁力会引发振动，并可能对发电机的正常运行造成威胁。铁芯松动或变形也是电磁故障的一种表现形式。铁芯是发电机磁路的重要组成部分，如果铁芯发生松动或变形，就会导致发电机内部的磁场分布发生变化，进而影响到电磁力的平衡。这种不平衡的电磁力同样会引发振动。

### 1.3 共振因素

在燃机发电机的设计中，必须特别关注共振现象。发电机机座和铁芯在45~55Hz及90~110Hz频率范围内应避免发生共振，以减少结构损伤和故障风险。特别是100Hz的振动频率，发电机定子铁芯的设计应避免其影响，并采取降低铁芯端部的损耗。同频共振是指当两个或多个物体的振动频率相同时，它们之间的振动会相互增强，可能导致设备损坏。因此，在设计和维护过程中，应充分考虑共振风险，确保发电机的稳定、高效运行。

### 1.4 其他因素

除了前面详细阐述的机械故障、电磁故障和气流激励等主要因素外，燃机发电机振动故障还受多种其他因素的影响。环境条件的变化，如温度、压力的波动，可能导致发电机组某些部件产生微小的变形，从而影响到发电机组的正常运行稳定性。此外，安装过程中的疏忽或维护不当等人为因素也可能成为振动故障的诱因。例如，安装时未按照规范进行对中调整，或在维护时忽视了某些部件的保养与检查。这些因素虽然看似微小，但累积起来却可能对发电机组的整体运行产生重大影响。因此，在燃机发电机的全生命周期管理中，必须全面考虑并控

制这些潜在的影响因素。

## 2 燃机发电机振动故障的检测方法

### 2.1 振动信号采集与处理

振动信号采集是振动故障检测的第一步，它涉及到从发电机上采集振动信号，并将其转化为可以用于分析的数字信号。常见的振动信号采集方法包括使用加速度计、速度计或位移计等传感器直接测量振动。这些传感器能够测量出振动信号的加速度、速度或位移，然后将这些数据转换为电信号输出。在振动信号采集之后，需要进行信号处理以便进一步分析。信号处理的基本流程包括信号放大、滤波、数字化等步骤。信号放大可以提高信号的幅度，以便更容易地进行后续处理；滤波则可以去除信号中的噪声和干扰，提高信号的信噪比；数字化则是将模拟信号转换为数字信号，以便进行计算机分析<sup>[1]</sup>。在振动信号处理中，常用的技术包括数字信号处理（DSP）和模态分析。DSP技术可以通过数字滤波、频谱分析等方法提取出振动信号中的关键信息，如振幅、频率、相位等；模态分析则可以通过对振动信号进行模态分解，识别出发电机的固有频率和模态形状，为故障诊断提供重要依据。

### 2.2 频谱分析

频谱分析是一种重要的振动故障诊断技术，它可以通过对振动信号的频域分析，识别出故障特征并确定故障类型。频谱分析的基本原理是将时域的振动信号转换为频域的频谱图，观察各频率成分的幅值和相位信息，从而找出故障信号的特征。在频谱分析中，常用的分析方法包括快速傅里叶变换（FFT）、功率谱密度（PSD）和包络谱等。FFT是一种高效的频域分析方法，可以快速地将时域信号转换为频域信号；PSD则可以表示信号在不同频率下的功率分布情况，便于识别出主要的频率成分；包络谱则可以通过对信号的包络线进行频谱分析，识别出故障信号的调制特征。频谱分析在振动故障诊断中具有重要作用。通过分析频谱图中的频率成分和幅值信息，可以确定发电机是否存在不平衡、松动、裂纹等故障，并进一步判断故障的程度和位置。例如，当频谱图中出现较大的基频倍频成分时，可能意味着转子存在不平衡问题；而当频谱图中出现一些较弱的频率成分时，可能表示设备存在松动或裂纹等故障。

### 2.3 相位分析

相位分析是另一种重要的振动故障诊断技术，它可以通过对振动信号的相位信息进行分析，进一步确定故障的位置和性质。相位分析的基本原理是比较不同测点处振动信号的相位差异，从而推断出故障源的位置和性

质。在相位分析中，常用的方法包括相位比较和相干性分析。相位比较可以通过比较两个不同测点处振动信号的相位差异，判断故障是否位于这两个测点之间；相干性分析则可以分析两个信号之间的相干性程度，从而确定它们是否来自于同一故障源。相位分析在振动故障诊断中的应用非常广泛。例如，在判断轴承故障时，可以通过比较轴承处和转子处的振动信号相位差异，确定故障是否位于轴承处；在判断发电机内部电磁故障时，可以通过分析不同测点处振动信号的相干性程度，判断故障是否来源于发电机内部电磁场的不平衡等。

## 3 燃机发电机振动故障的处理措施

### 3.1 机械故障处理

机械故障是燃机发电机振动故障中最常见的一类，包括转子不平衡、转子热变形、轴承故障和联轴器故障等。针对不同故障，应采取以下处理措施：（1）转子不平衡处理。转子不平衡是导致振动故障的主要原因之一。处理转子不平衡，首先需要进行平衡试验，找出不平衡的原因。然后，可以采用加重或去重的方法对转子进行动平衡校正。对于严重不平衡的转子，可能需要更换新的转子或进行修复。（2）转子热变形处理。转子热变形是由于高温高压环境下转子材料热膨胀不均匀所致。处理转子热变形，首先需要降低发电机的运行温度或改善冷却系统以降低转子温度。同时，可以通过增加转子材料的热稳定性或改变转子的结构设计来预防热变形的发生。对于已经发生热变形的转子，可以采用机械或热处理的方法进行修复<sup>[2]</sup>。（3）轴承故障处理。轴承故障包括轴承损坏、磨损、松动等问题。处理轴承故障，首先需要对轴承进行检查和评估，确定故障类型和程度。对于轻微磨损的轴承，可以通过更换新的轴承或进行修复来恢复其性能。对于严重损坏或无法修复的轴承，则需要更换新的轴承。此外，加强轴承的润滑和保养也是预防轴承故障的重要措施。（4）联轴器故障处理。联轴器故障通常表现为联轴器对中不良或连接螺栓松动等。处理联轴器故障，首先需要对联轴器进行对中和调整，确保其对中精度符合要求。同时，需要定期检查连接螺栓的紧固情况，并及时更换损坏的螺栓。对于严重损坏或无法修复的联轴器，则需要更换新的联轴器。

### 3.2 电磁故障处理

电磁故障也是导致燃机发电机振动故障的重要因素之一。处理电磁故障，主要包括发电机内部电磁力平衡调整、定子绕组修复或更换、铁芯加固或更换等措施。（1）发电机内部电磁力平衡调整。电磁力不平衡是导致

振动故障的主要原因之一。处理电磁力不平衡,需要调整发电机的磁场分布和电流分布,使其达到平衡状态。这可以通过调整发电机的励磁系统、改变定子绕组的连接方式或增加补偿装置等方法来实现<sup>[3]</sup>。(2)定子绕组修复或更换。定子绕组短路或开路会导致电磁力不平衡和振动故障。处理定子绕组故障,需要对故障绕组进行检查和评估,确定修复或更换的方案。对于轻微故障的绕组,可以采用修复或重绕的方法进行恢复;对于严重故障或无法修复的绕组,则需要更换新的定子绕组。

(3)铁芯加固或更换。铁芯松动或变形也会导致电磁力不平衡和振动故障。处理铁芯故障,需要对铁芯进行检查和评估,确定加固或更换的方案。对于轻微变形的铁芯,可以采用加固或整形的方法进行恢复;对于严重变形或无法修复的铁芯,则需要更换新的铁芯。

### 3.3 发电机共振与铁芯设计

在燃机发电机的运行中,防止共振对于确保其长期稳定运行至关重要。特别是发电机机座和铁芯,在45~55Hz和90~110Hz频率范围内,必须严格避免发生共振现象。(1)发电机定子铁芯的设计应特别考虑避开100Hz振动的影响。这是因为当外部激励频率与铁芯的自然频率相近或相同时,会发生同频共振,导致振幅显著增大,甚至可能引发设备损坏。因此,设计时应通过精确计算和模拟,确保铁芯的自然频率远离这些敏感频段。(2)同频共振是一种非常危险的振动现象。当两个或多个物体的振动频率相同时,它们之间的振动会相互增强,导致振幅迅速增大。在发电机中,这种共振可能导致机座、铁芯等关键部件的损坏,严重影响发电机的性能和寿命。(3)为了降低同频共振的风险,除了在设计阶段进行精确计算和模拟外,还需要在运行过程中进行实时监测和诊断。一旦发现共振现象,应立即采取措施进行干预,如调整激励频率、增加阻尼装置等,以确保发电机的安全稳定运行。同时,降低铁芯端部损耗也是减少共振和提高发电机效率的重要措施。这可以通过优化铁芯材料和结构、改进制造工艺等方式实现。

### 3.4 预防措施

除了针对特定振动故障类型进行及时处理外,还应重视预防措施的实施,以减少振动故障的发生频率和严

重程度。以下是几项有效的预防措施:(1)加强设备维护和管理。定期对燃机发电机进行维护和检查是预防振动故障的重要措施。维护包括检查轴承、转子、联轴器等关键部件的磨损情况,及时更换磨损严重的部件。管理则涉及制定科学的维护计划、完善的巡检制度和严格的操作规程,确保设备在良好的状态下运行。(2)提高工作人员操作水平。工作人员的操作水平直接影响到设备的运行状况。因此,应加强对工作人员的培训和教育,提高他们的操作技能和安全意识。通过培训,使工作人员能够熟练掌握设备的操作方法和维护技巧,减少因操作不当导致的振动故障<sup>[4]</sup>。(3)引入先进监测和诊断技术。随着科技的不断发展,先进的监测和诊断技术在振动故障预防和处理中发挥着越来越重要的作用。引入先进的监测技术,如振动传感器、温度传感器等,可以实时监测设备的运行状态,及时发现潜在的振动故障。同时,采用先进的诊断技术,如频谱分析、相位分析等,可以对振动故障进行精确诊断和定位,为故障处理提供科学依据。

### 结束语

在电厂燃机发电机的振动故障分析及处理过程中,我们深入探究了故障原因,提出了切实可行的解决方案,并通过实践验证了其有效性。展望未来,我们将持续关注发电机组的运行状态,不断提升故障检测与处理的技术水平。同时,我们将进一步强化预防措施,减少振动故障的发生,确保电厂的安全、稳定运行。只有如此,我们才能为电力系统的稳定供电贡献更多力量,为经济社会发展提供坚实的能源保障。

### 参考文献

- [1]柴保桐,吴峥峰.某电厂燃机发电机振动故障分析及处理[J].山东工业技术,2020(6):75-76.
- [2]于彦宝,周佳.大型汽轮发电机组EH系统的典型故障分析及处理[J].应用能源技术,2019(1):18-20.
- [3]蒋小利,何荣尧.弹簧基础的汽轮发电机振动异常原因分析及处理[J].中国电力,2020,51(7):95-96.
- [4]张学延,张卫军,葛祥,等.电厂旋转机械设备振动问题处理案例分析[J].中国电力,2019,48(8):110-111.