

# 大型机组振动原因及处理研究

祁宏涛 (甘肃刘化(集团)有限责任公司, 甘肃 临夏 731603)

**摘要:** 近年来我国大型机组的使用数量和规模日益增长, 在某种程度上使我国三大动力生产厂商的生产能力基本达到饱和状态, 有效缩短了机组的生产制造工期, 但在各种客观因素的影响下我国大部分已投产的机组都存在不同程度的振动超标问题, 且不同机组的振动强度也有所不同, 长此以往很可能直接影响机组的正常运行状态。本文深入研究了机组振动的发生原因, 有针对性地提出了机组振动处理对策, 旨在为机组的正常运行提供基本保障, 有效降低异常振动对机组运行造成的不利影响和经济损失。

**关键词:** 大型机组; 振动原因; 处理

在我国电力工业水平不断提升的背景下, 大型汽轮发电机组已在电力行业得到了广泛应用, 为现代社会火力发电的正常运行创造了良好的先决条件。我国汽轮发电机组大多为跨度大、参数大的高速旋转机械, 在机械设备的结构上具有一定的复杂性, 在运行过程中极易产生各种安全故障, 尤其是异常振动问题。这就需要相关工作人员深入研究机组异常振动问题的发生原因, 掌握机组异常振动的基本特征, 有针对性地采取科学有效的处理措施。

## 1 机组振动原因分析

### 1.1 高中压转子轴振振动

我国大型机组在大负荷运行状态下极易发生高中压转子突发波动振动现象, 尤其是机组负荷在某个特定数值条件下, #1、#2 轴振动可以保持相对良好的状态。一旦负荷超出此特定范围, 将会导致 #1、#2 轴振动呈现不稳定波动状态, 而振幅也会严重偏离于报警值, 且振动大多以低频的形式存在。针对这一故障问题, 在处理过程中需要及时调整高压调节阀进汽顺序, 以此有效消除此振动现象, 使轴振动幅值重新调节到正常范围内。对于这种随机波动或低频振动的情况, 需要从转子动力学角度着手进行分析, 综合考虑多种因素后判断此类振动可划分到蒸汽激励振动范畴。实际上发生高中压转子轴振动故障的原因具体包括以下几点: 第一, 转子在汽缸中受外力影响偏斜于原始轨迹, 间接导致汽封间隙随之发生变化, 无法保证轴系受力的均匀性。第二, 在机组安装检修过程中, 受热膨胀不均匀带来的消极影响, 轴承标高将会逐渐下降, 导致轴承与转子之间无法紧密衔接。第三, 调节阀的进汽顺序与开启大小同样会导致蒸汽激励振动故障的发生<sup>[1]</sup>。

### 1.2 低压侧轴瓦振动超标

目前我国大型机组中的低压侧轴瓦振动超标问题主要集中在以下几方面: 第一, 机组 #6 轴振动已达到合格标准, 但瓦振动却处于超标状态。分析此类故障时可知低压侧轴振动幅度并不高, 这意味着转子无激振力过高的问题。结合现场检查结果, 轴瓦振动过大的原因很可能与轴承座对轴瓦的支撑刚度不足有关。在解决此类故障时, 尽管可以在现场采取一定的加固处理措施, 但

最终取得的效果并未达到预期设想目标, 仍需从设计方面着手优化形式, 同时选择刚度较好的轴承座材料。第二, 机组在试行过程中 #6 轴 Y 方向振动在某个波动范围内变化, 但基频振动处于相对稳定的状态, 且两侧轴振动也处于正常范围, 在此振动轴承附近还伴随着一定的异响。结合现场分析检测报告可知, 振动故障主要围绕着 #6 轴承发生, 将 #6 轴瓦进行停机处理后, 可以发现上瓦块定位弹簧发生断裂现象, 更换此处弹簧后重启机组, 此类振动故障问题将会逐渐消失。第三, 机组振动故障以基频的形式存在, 且幅值和相位也保持在相对稳定的状态, 这时可通过调整动平衡来解决此类故障问题<sup>[2]</sup>。

### 1.3 发电机侧轴振超标

实际上我国大部分已投产的机组都存在不同程度的发电机 #7 轴瓦振动超标故障问题, 主要以普通强迫振动的形式存在, 且与励磁电流存在密不可分的关联。引发此类故障的根本原因在于发电机转子的不平衡质量发生变化, 如发电机转子及其部件面临热变形、护环可恢复性位移、通风不畅、端部线圈热变形、转子与油挡和密封瓦发生摩擦等情况。另一种原因与制造厂中转子的“热老化”工艺实施不到位有关, 或者转子线棒、槽楔在励磁电流变化的影响下发生不同程度的径向位移或匝间短路等故障问题。解决此类故障问题时可以加大低发对轮的配重, 并对低压缸两侧轴瓦的振动过程进行全方位监督与检测。第三, #8 轴瓦振动超标故障。在此过程中轴振动已达到合格标准, 但瓦振动却严重超标。此振动故障的发生原因与低压侧轴瓦振动超标原因大体相似, 都是由飞轴承座支撑轴瓦刚度不足引起的。

### 1.4 励磁端轴振动超标

我国大型机组的 #9 轴承主要由滑环外种端支撑轴承组成, 在现场极易发生 #9 轴振动超标故障。机组在额定转速条件下, 若发生 #9 轴承振动超标问题, 那么此处的振动将会随着转速加快而增大。究其根本原因主要与机组设计和安装方面的问题有关。实际上我国机组发电机转子和延伸段主要以三支撑结构为主, 且延伸端转子较为细长。一旦延伸端处于不平衡或发电机转子中的延伸段联轴器安装不理想, 就会导致 #9 轴颈晃动

加大,从而在#9轴承处产生轴振动过大的问题。若发电机转子中的延伸段联轴器连接螺栓未拧紧或受力不均匀,同样会导致联轴器中心在运行时间不断延长的影响下产生明显偏差,致使发电机电子不平衡,振动频率也会随之增加。在现场处理此类故障时,仍需要做好动平衡处理工作。

### 1.5 低压对轮螺栓挡风护板脱落

在汽轮机冲转过程中,若转速已达到某个特定的数值标准,那么大型机组的#4、5、6轴振动也会随之突然升高,尤其以#5轴振动超标为最。在此过程中采取紧急停机处理后,将会发现#5轴承附近的对轮螺栓挡风板脱落,且挡风板由上下两部分组成,在对轮上设有一个环形槽,需要利用螺丝将护板固定在环形槽内。若飞护板尺寸过小或对轮螺栓不符合要求,同样会导致护板脱离于环月封内,致使离心力在某个特定标准下剪短固定螺栓。基于此,在实际安装过程中必须认真对比护板的尺寸大小和规模,并将其牢牢固定在飞环形槽内,避免外露在飞环形槽之外。

## 2 机组振动处理对策

### 2.1 高中压转子轴振振动

在处理机组高中压转子轴振振动故障问题时,可以通过调整高压调节阀门进汽顺序、汽封间隙、转子中心或适当提高轴承座标高等方式进行处理,但以上措施无法从根本上解决这类故障问题,必须从机组设计着手进行优化处理,从源头上避免高中压转子轴振振动现象的发生。

### 2.2 低压侧轴瓦振动

处理低压侧轴瓦振动故障问题时,具体可从以下几方面着手:

#### 2.2.1 消除轴电流

轴电流极容易导致轴瓦与瓦枕接触面发生不同程度的电流腐蚀现象,尤其是上瓦瓦枕的轴电流腐蚀情况最为严重,长此以往很可能对瓦枕的接触造成不良影响。基于此,在检修过程中必须重点关注轴电流接地情况,避免瓦枕接触面受到腐蚀而加剧轴瓦异常振动现象。

#### 2.2.2 及时调整轴瓦顶部间隙

首先,拉紧轴瓦瓦块,经深度千分尺测量后,将轴瓦顶部间隙值控制为轴瓦 $45^\circ$ ,并在深度千分尺测量中将数值反馈出来。在实际调整过程中,应尽可能将轴瓦顶部间隙控制在 $0.80\text{mm}-0.85\text{mm}$ 之内,以此保证轴瓦处于正常运行状态。此外,适当降低轴瓦顶部间隙,还有助于提高轴瓦的稳定性。因此,在轴瓦顶部间隙调整过程中还可以参考我国已颁布的最新标准降低轴瓦振动,有效规避油膜振荡、轴瓦瓦块钨金损坏等现象带来的安全风险。

#### 2.2.3 实现轴承负载的合理化配置

在机组检修完毕后,还需要重启顶轴油泵,利用百分表测量不同轴瓦处的轴顶起高度,确保顶起高度与顶轴油压呈正比关系,同时将顶起高度调整为一条平滑的

曲线。

### 2.2.4 有效控制轴瓦瓦块探伤、油质的参数标准

待轴瓦瓦块备件的金相检验合格后才能投入生产使用,在此过程中需要全面检测轴瓦钨金与胎体接触边缘处是否存在脱胎、裂纹现象。对油系统油质进行化验时,还需要严格按照特定的要求和标准,及时处理油质劣化问题。若油质和清洁度未达到合格标准,则需禁止启动机组。

### 2.3 发电机侧轴振

处理发电机侧轴振故障问题时,需要在现场中注意以下几方面的问题:第一,安装机组时,为发电机基础的二次灌浆质量提供基本保障,全面监测轴承座底板与台板、台板与基础、轴承座中分面间的接触状态。第二,保证发电机端盖螺栓的紧度和受力的均匀度,实现定子负荷的合理化配置,严格按照安装要求和标准安设阶梯形垫片,保障定子承载的均匀程度。第三,注意氢气冷却器等部件共振故障对发电机轴瓦振动的影响。

### 2.4 励磁端轴振动

在机组设计安装过程中,可以在发电机励磁端的轴承支架和底座之间,安设一个绝缘垫,并对油管、螺杆、螺钉等部件进行绝缘处理。

### 2.5 挡风护板脱落

在机组检修过程中,可以及时更换低压转子,对汽轮机进行多次启停磨合处理,待机组运行达到正常状态后,进入人机组超速试验模式。结合机组故障特点可知,在超速状态下轴系转子振动将会突然增加,重新启动后的额定转速未达到 $3000\text{r}/\text{min}$ 便跳闸停机,扰动激励成分主要以基频模式为主。若机组升、降速过程中的监测点振动幅相响应具有一定的重复性,那么则可以将机组振动判定为强迫振动故障类型。实际上转子强迫振动的机理主要与转子不平衡或未达到对中条件有关,而设备振动在升速、超速过程中增加则是由临界转速谐振响应和间隙失调引起的,需要及时调整动平衡进行处理。

## 3 结语

在机组运行过程中极容易发生各种异常振动问题,而振动产生的不均匀磨损何可能破坏转子端部轴封,从而使汽轮机平台中的空气渗入低压缸,严重影响了机组的正常运行状态。而加大高、中压缸的漏气量后,为满足机组的负荷要求同样需要是调门加大,以此增加漏气量,从而产生恶性循环问题。究其根本原因在于漏气现象会导致润滑油系统中渗入蒸汽,使润滑油带水而影响油膜,在某种程度上加大了机组的异常振动情况,进而造成严重的经济损失。

### 参考文献:

- [1] 崔亚辉,张俊杰,徐亚涛,范永胜,江涛,冯坤.大型机组振动故障的早期预警技术[J].电力系统自动化,2016,40(04):136-139+151.
- [2] 黎通.浅谈大型机组自控系统检修[J].化工管理,2016(14):27.