

# 一种水轮发电机导轴承改造的新结构设计及应用研究

骆廷海

贵州黔源电力股份有限公司引子渡分公司 贵州安顺 561105

**摘要:** 导轴承是水轮发电机组中用于约束转轴位置、保证轴系稳定运行的重要部件,其工作状态直接影响机组振动水平和整体运行安全。在实际运行过程中,一些机组采用的支柱螺钉式导轴承结构在长期受力和振动作用下容易出现松动现象,进而导致导瓦间隙逐渐增大。同时,该结构在检修时调整过程较为繁琐,操作空间受限,间隙调整精度也较难控制。针对上述问题,本文结合电厂运行维护实践,对传统支柱螺钉结构导轴承存在的不足进行了分析,并提出一种基于楔子板调节方式的结构改造方案,以改善导瓦间隙调整和运行稳定性。

**关键词:** 导轴承; 间隙调整; 支柱螺钉; 楔子板

导轴承是水轮发电机组中非常关键的部件之一,在机组运行过程中主要承担限制转轴径向位移和稳定轴系位置的作用。机组转动时,不仅会产生一定的机械不平衡力,同时还会受到电磁不平衡拉力的影响,这些作用力都会通过轴系传递到导轴承上。因此,导轴承需要保持良好的工作状态,确保轴系摆度始终处于允许范围内。如果导轴承瓦与轴系之间的工作间隙发生变化,往往会导致机组振动增大,轴承温度升高,严重时甚至会影响机组的安全稳定运行<sup>[1]</sup>。

近年来,随着我国电力需求的持续增长,大量水电站相继建成并投入运行。在长期运行和维护实践中,一些电厂逐渐发现,传统支柱螺钉结构的导轴承在使用过程中容易出现导瓦间隙逐渐增大的情况<sup>[2]</sup>。基于运行维护经验,部分电厂提出希望对原有结构进行改造,将支柱螺钉式导轴承更换为调节更加方便、结构稳定性更好的楔子板式导轴承<sup>[3]</sup>。

## 一、支柱螺丝结构导轴承结构特点分析

支柱螺钉式导轴承是水轮发电机中较为常见的一种结构形式,其基本结构如图1所示。在安装过程中,通常需要先使导轴承瓦与滑转子表面紧密贴合,保证两者之间不存在初始间隙,随后在支撑块与支柱螺钉之间放入与设计导瓦间隙相对应厚度的垫片,借助拧紧支柱螺钉使其顶紧支撑部位,最后再将锁紧螺母固定,完成导轴承的安装与间隙设定。

这种结构整体形式相对简单,但在实际运行和检修过程中逐渐暴露出一些问题。首先,导瓦背部支撑块之间需要安装槽型绝缘件,如果安装质量控制不当,容易

在接触面处形成微小间隙。同时,支撑块一般采用组合式结构,中部支撑点多设置高铬钢块,并通过螺栓进行固定连接,如果加工精度或装配质量不足,也可能在高铬钢块与支撑座之间形成不完全贴合的情况。其次,在导瓦间隙调整过程中往往需要借助敲击方式对支柱螺钉进行松紧操作,而机组内部空间较为狭小,操作条件受限,检修工作量较大。随着多次检修以及机组长期运行振动的影响,螺纹连接部位可能逐渐出现磨损、螺纹配合在长期使用过程中可能逐渐出现间隙增大,甚至局部磨损或损伤,从而使原先调整好的导瓦间隙在运行一段时间后再次发生变化。另一方面,在机组正常运行时,转动部件所产生的机械不平衡力以及电磁不平衡力,会经由导轴承瓦逐级传递至支柱螺钉结构,并由螺纹连接结构逐级传递至机架。在长期交变载荷作用下,螺纹部位容易产生疲劳变形,从而进一步影响导瓦间隙稳定性,并可能导致机组振动摆度增大。

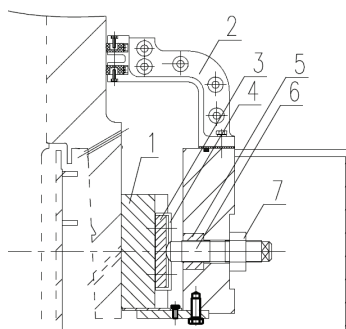


图1 支柱螺丝导轴承结构

(1.导轴承瓦; 2.密封盖; 3.支撑块; 4.槽型绝缘; 5.套筒; 6.支柱螺丝; 7.锁紧螺母)

## 二、楔子板结构导轴承结构特点分析

楔子板结构导轴承的典型形式如图2所示。安装时,先将导轴承瓦、槽型绝缘、支撑块与顶头组合装配为整体,并使导瓦与滑转子表面紧密贴合,以保证初始状态下无工作间隙。随后在顶头与垫块之间安装楔子板,两者通过相同斜率的斜面进行配合。安装过程中先将楔子板向下楔紧,使各接触面完全贴合并记录其位置,再根据导瓦设计间隙及楔面斜率计算需要调整的距离,最后将楔子板移动至计算位置并借助压板及紧固件进行固定。该结构调节过程较为简便,间隙可借助计算实现精确控制,同时斜面配合具有一定自锁作用,有助于保持导瓦间隙的稳定。检修时若需重新调整,也只需重新楔紧并按计算距离调整即可,维护相对方便。

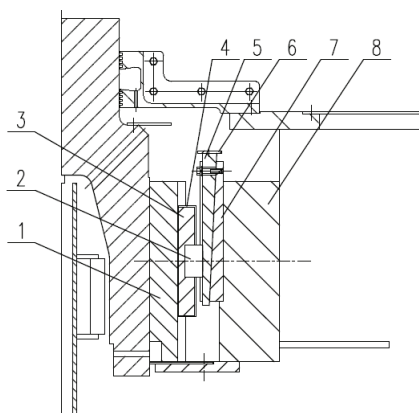


图2 典型楔子板导轴承结构

(1.导轴承瓦; 2.顶头; 3.支撑块; 4.槽型绝缘; 5.楔子板; 6.调整板; 7.垫块; 8.座圈)

通过前述结构分析,并结合多个水电站的运行和检修经验可以看出,与传统支柱螺钉结构相比,楔子板式导轴承在使用过程中具有一定优势。

## 三、支柱螺丝结构导轴承改造分析

根据多家电厂的运行反馈,一些机组希望对原有支柱螺钉式上导轴承结构进行改造,以便在检修时能够更加方便地调节导瓦间隙。为保证垫块与座圈之间能够可靠贴合,往往需要对中心体内圈进行重新加工;若不对相关部位进行加工处理,在垫块焊接时往往难以准确定位。此外,垫块需焊接在座圈表面,而其顶部厚度相对较薄,焊接过程中容易产生热变形,从而影响楔子板与垫块斜面的贴合状态。若变形较为严重,还可能导致结构无法正常使用,部分电站在改造实践中曾出现类似问题。对于一些中大型机组,由于机架尺寸较大,整体运输和加工更加困难。基于上述情况,本文结合电厂实际

运行和检修条件,对支柱螺钉结构与楔子板结构的支撑原理进行了分析,并在原有楔子板结构基础上提出了一种优化方案,使原支柱螺钉结构能够在较短周期内完成改造。

## 四、优化后的楔子板导轴承结构

优化后楔子板导轴承改造方案如图3所示。安装时,首先需要对原支柱螺钉套筒孔进行清理,确保孔内无杂物、无油污,使其表面保持良好的接触状态。随后将圆柱垫块放入孔内,并使其底部与孔底面紧密贴合,不留间隙。待位置确认后拧紧锁紧螺母,使圆柱垫块固定在座圈上,再将螺母与垫块进行点焊处理,防止在运行过程中出现松动。在螺母侧边设置限位挡块并焊接于座圈上,以避免螺母在运行中发生转动,使圆柱垫块与座圈形成稳定连接。随后安装绝缘板和顶头等部件,通过绝缘结构实现电气隔离。卡块一侧为平面、另一侧为斜面,与楔子板配合,通过调整楔子板位置完成导轴承安装。

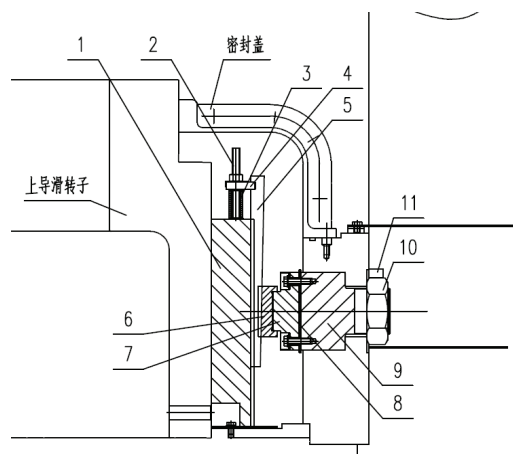


图3 楔子板导轴承结构

(1.导轴承瓦; 2.调整螺杆; 3.定位套筒; 4.卡板; 5.楔子板; 6.卡块; 7.顶头; 8.绝缘板; 9.圆柱垫块; 10.锁紧螺母; 11.挡块)

## 五、优化后楔子板导轴承结构方案的优点

采用上述优化后的楔子板结构对原有支柱螺钉式导轴承进行改造,可以在不改变机组整体结构的条件下实现支撑方式的调整,具有较好的工程应用意义。与传统改造方式相比,该方案在实施过程中无需对滑转子、中心体座圈等关键部件进行重新加工,机组原有结构基本保持不变,仅需更换相关导轴承支撑部件即可完成结构转换,因此施工难度相对较小,对机组整体结构影响也较为有限。

在受力形式方面,原支柱螺钉采用螺纹传递载荷的

方式被楔子板与顶头支撑结构所替代。导瓦所承受的力通过接触平面直接传递至机架，从而避免螺纹在长期交变载荷作用下可能出现的松动或疲劳变形问题，使导轴承支撑结构更加稳定可靠。同时，楔子板与卡块之间采用斜面配合形式，并结合安装时的计算调整，可以较为准确地控制导瓦工作间隙，使导轴承安装状态更加合理<sup>[4]</sup>。

## 六、应用案例

某水电站一台机组已连续运行二十余年，其上导轴承仍采用传统的支柱螺钉支撑结构。根据电厂长期运行记录以及检修人员的反馈情况可以发现，导瓦工作间隙在多年运行过程中逐渐增大，同时机组振动摆度也呈现出缓慢上升的趋势。每次机组检修时，都需要应用敲击支柱螺钉的方式反复进行间隙调整，不仅操作空间受限、劳动强度较大，而且调整过程较为依赖经验，间隙控制精度难以保证。这种状况在一定程度上增加了机组运行的不稳定因素，也给设备安全运行带来隐患<sup>[5]</sup>。

为改善上述问题，电厂提出对原有支柱螺钉式导轴承进行结构优化，希望将其调整为采用楔子板方式进行间隙调节的结构形式。但由于机组仍承担较重的发电任务，运行安排较为紧张，目前尚未进入计划中的大修阶段，现场仅能利用约15天的小修时间完成相关改造工作，这对方案实施提出了较高要求。

经过技术论证后，最终采用本文提出的优化楔子板结构方案对该机组上导轴承进行改造。所有改造零部件在厂内提前加工完成，并统一运至现场进行安装。现场施工过程中仅对原支柱螺钉结构相关部件进行拆除并安装新结构，整体安装与调试过程共用时7天，顺利完成了改造任务。改造完成后，机组运行状态明显改善，上导摆度显著减小，同时轴瓦温度分布更加均匀，机组运行稳定性得到提升。具体运行参数对比如表1所示。

表1 具体运行参数对比数据

	+X 摆度	+Y 摆度	导瓦最高温度	导瓦平均瓦温
改造前	~140	~140	~41	~38
改造后	~80	~80	~42	~41

从表1数据可以看出，改造后机组上导摆度明显降

低，轴系运行状态更加平稳。改造后由于设计的工作间隙相对减小，导轴承瓦的最高温度较改造前略有升高。但从温度分布情况来看，平均瓦温与最高瓦温之间的差距明显缩小，这表明各导瓦的受力状态更加均衡，运行条件也更加稳定。

## 结语

通过对传统支柱螺丝结构导轴承的结构特点及运行问题进行分析，本文提出了一种适用于既有机组改造的楔子板导轴承优化结构，并给出了具体的结构形式与实施方法。研究表明，该结构利用楔子板斜面配合实现导瓦间隙的精确调整，并采用平面接触方式传递载荷，改变了传统螺纹受力的支撑形式，从而有效提高了导轴承支撑结构的稳定性与可靠性。工程应用结果表明，采用该结构改造后，机组上导摆度及轴瓦温度均明显降低，导瓦间隙稳定性得到显著改善，验证了该结构方案在实际工程中的可行性与适用性。未来，相关工作人员可结合更多运行数据，对楔子板结构受力特性及长期运行稳定性进行深入研究，进一步完善导轴承改造技术并扩大其工程应用范围。

## 参考文献

- [1]唐浩东.基于极限学习机的水轮发电机下导轴承异常振动状态检测[J].水电站机电技术, 2025, 48(10): 133-136.
- [2]官标.百万千瓦水轮发电机组水导轴承润滑性能分析[J].水电与新能源, 2025, 39(03): 75-78.
- [3]周小建, 张智旺, 韩勇, 等.水轮发电机组静转动部件间异常现象分析及处理[J].水电与新能源, 2025, 39(02): 69-72.
- [4]杨冬, 杨勇, 蔡朝东.大型水轮发电机组导轴承摆度偏大分析处理[J].水电与抽水蓄能, 2024, 10(06): 65-68+115.
- [5]叶祥友, 李湧博, 孔祥力, 等.水轮发电机组导瓦间隙测量工装的设计与应用[J].水电能源科学, 2024, 42(11): 169-171.