

减速机找正对设备运行稳定性的影响研究

常利萍 李铭 杨喜顺

安阳钢铁建设有限责任公司, 河南 安阳 455000

[摘要] 本篇文章主要以探讨减速机在机械传动系统的对安装精度对设备长期运转稳定性的各方面的影响为主旨。对中工作是机械设备安装及维修工作的重中之重, 它的优劣程度直接影响传动系统动力学特性和可靠性, 本篇文章首先明确了对中的基本定义及对中误差的不同形式, 在此基础上全面地剖析了对中误差会引发哪些电磁振动及异响、轴承与密封件磨损加速甚至损坏、传动性能变差能耗加大等系列连锁反应的发生机理。

[关键词] 减速机; 找正对中; 运行稳定性; 振动噪声

DOI: 10.33142/aem.v8i2.19045

中图分类号: TM76

文献标识码: A

Research on the Impact of Gearbox Alignment on Equipment Operation Stability

CHANG Liping, LI Ming, YANG Xishun

Anyang Iron & Steel Construction Co., Ltd., Anyang, He'nan, 455000, China

Abstract: This article mainly explores the impact of installation accuracy of reducers in mechanical transmission systems on the long-term operational stability of equipment. Alignment work is of utmost importance in the installation and maintenance of mechanical equipment. Its quality directly affects the dynamic characteristics and reliability of the transmission system. This article first clarifies the basic definition of alignment and the different forms of alignment error. Based on this, it comprehensively analyzes the series of chain reactions that alignment error can cause, such as electromagnetic vibration and abnormal noise, accelerated or even damaged bearing and seal wear, and increased energy consumption due to decreased transmission performance.

Keywords: reducer; alignment; operational stability; vibration noise

引言

在当代工业生产庞大的系统当中, 旋转机械设备占有重要的地位, 而减速机是作为原动机到工作机间的中间重要传动装置, 它工作的稳定与否直接关系到整条生产线的工作效率及安全性, 在实际的应用现场, 减速机必须借助联轴器与电动机、工作机等其他旋转设备相联从而达到传递功率的作用, 理想的联接状态应该是使两个被联接旋转轴的中心线完全重合, 但是因为安装误差、基础下沉、运转过程中的热变形、负荷引起的变形等一系列复杂的因素使得理想的对中情况很难存在, 这就出现了对中偏差。所以分析研究减速机的找正精度对运转性能的影响规律, 并寻求更优的找正工艺和精度管理措施以及在此基础上制定合理的保养维护方式, 对提高企业设备管理水平和设备使用寿命, 减少企业非计划停车次数和能耗, 有很现实也很迫切的意义。

1 减速机找正的基本概念

1.1 找正的定义与目的

对中, 在回转机械的安装检修中, 是指经过一系列测

量及调整的过程, 使得相联接的两个回转部件的轴心线, 在运转状态时, 尽量处在同一直线上的一种操作工艺。这一系列工作根本的目的绝不是简单的为了达到静止时的几何对中, 而是为了预测设备在正常运行工况下由于温升造成的热膨胀、由于载荷作用带来的构件弹性形变等一系列动态变化并进行补偿, 从而使得轴系能在真正的运行条件下的对中良好。理想的对中结果能避免或者减少因为轴心线不同心, 迫使联轴节、轴承、轴封等部件必须接受不必要的附加负载状况的发生, 这些附加负载是由径向力、轴向力以及弯矩组成的合力, 它们常常成为机械装置过早损坏及振动的原因。

1.2 常见找正偏差类型

找正偏差依据其几何性质, 大致可分类为两类基础形式, 一是平行偏差, 二是角度偏差, 在实际设备安装过程中遇到的情况多数都是此两种基础偏差的结合形式。所谓平行偏差是指两根轴心线在径向上相互平行的错位, 简单来说就是两轴“平行”却不“共线”。角度偏差是指两轴

之间的中心线在其相交处成一定的角度,直观的理解就是两者是“歪着”联接起来的。这两种偏差在实际检测中一般呈现出来的就是联轴器端面及外表圆在上下左右四个方位不同的读数差,由此便可得出具体偏差大小及方向,不同类型偏差对机器造成的破坏原因及严重性也有所不同,大的角度偏差往往会造成较大的轴向振动以及推力瓦磨损,而大的平行偏差往往会引起较为严重的径向振动和轴承径向负载突增。

2 找正偏差对设备运行稳定性的影响

2.1 对振动与噪声的影响

对于减速机以及所连接的机器出现对中误差的情况下,最直观及最容易察觉出来的一种现象就是运转振动和噪音的明显增大。由于两根轴轴线未对齐,在旋转的过程中,连接轴会不断的去“拽”或者“顶”着对方的轴系,迫使对方来满足自身不对应的条件,因此这个反复的作用力就是引发机器振动的激振源,它会引发一种同转速及其倍数紧密联系的特征频率振动,一般体现为工作频率振动或二倍频、三倍频振动等异常强烈。长时间在这种强迫振动下工作的机器,地脚螺丝会出现松弛,机体焊接处会产生疲劳裂痕,管线也容易在共振条件下损坏。同时强烈的机械振动必然也会激起空气振动造成刺耳噪音的产生,污染环境。

2.2 对轴承与密封寿命的影响

对中误差带来的附加负荷,最主要而且最直接的受害者就是支承轴系的轴承及与轴相配的密封件。对于滚动轴承来讲,始终存在的附加径向载荷或者轴向载荷会使轴承滚道和滚动体过早地出现疲劳剥落现象,加速磨损过程,出现轴承温度升高、游隙变大的异常情况,使得轴承不得不提前退出服役生涯。滑动轴承如果发生不对中会造成油膜压力分布不均匀,在某些地方油膜厚度不足,甚至会出现两金属表面的直接摩擦而造成黏着磨损,或者出现抱轴的现象^[1]。从密封来说,不论是骨架油封还是机械密封,在设计的时候都是以轴处在理想状态下的回转中心为前提,轴线的漂移以及径向力的作用都会使密封唇部或端面受力不均出现局部磨损,导致密封迅速失效,进而出现漏油或者外界污染物的入侵,形成润滑恶化和污染加重的恶性循环,使轴承和密封寿命大大降低。

2.3 对传动效率与能耗的影响

在能量转换的角度分析,对中误差就是在动力传输路线上增设了新的壁垒,在克服两轴心线不同轴的情况下出现的摩擦阻力、挤压力和形变的过程中必然需要占用部分原来进行有用功的输入功率份额,这一份额的功率主要

用于以下几点:轴承由于承受附加负荷而加大了摩擦损失功;连接件间相互间产生相对位移或者互相挤压变形损失的能量;机器整机振动增强引起的机械能量耗散。所有这些能量损失均使整个传动链的传动效率降低。要想保证原有的输出功率不变,则驱动电动势必须要增大输入功率,即电能的耗费加大。在提倡低碳减排的现代工业环境下,对不合格引起这样的长期的潜在的能量流失累积起来是非常大的,无形中提高了工厂的生产支出,违背了绿色制造的理念。

3 找正方法与精度控制

3.1 传统找正方法概述

在激光对中仪应用前,工业现场普遍采用基于简易量具的传统对中方式,主要有采用直尺塞尺的粗略对中和采用百分表或者千分表的精密对中。直尺塞尺法虽然快速方便,但是精度较差,常用于一些简单的、精度要求低的工况下。而百分表对中法则属于传统方法中精度最高的,即将磁性表座吸附在某一侧的半联轴节上,表针分别检测另外一侧的联轴节的外圈以及端面转动一定角度后的读数差异,再经过计算或经验判定得出偏差数值,再进行加减垫片或水平推动电机或减速机的方式进行调节,在电机或减速机的地脚处进行。该方式很大程度上依赖于工作人员的经验技术和责任感,测量步骤复杂,时间长,同时对于有轴向窜动现象及盘不动车的情况,测量误差会被扩大。

3.2 激光对中技术应用

伴随着光电技术的进步,激光对中仪已经成为当前工业高精度校准的主要仪器。其工作原理是利用发射器发出一道激光束然后由装在其轴上的传感器来接受这一束激光,经过测算出这一束激光位置的变化,内置有微电脑处理器实时处理计算并显示两个轴处于水平或者垂直方向的平行误差和角度误差值,还可依照设备升温参数做出动态热补偿预设。激光对中技术带来了巨大变革:对中的准确度能达到微米级别,超越百分表很多倍;校准步骤直观明了,通过屏幕图像指引操作人员一步步校正,极大地减少了校准操作员的经验要求;校验的速度快,大幅度地减少设备停运的时间;可以产生详尽的校准记录方便以后查询和统计。激光对中技术的应用,使我们能够达到更加严苛的设备对中精准变得可能而且高效,为我们追求的更高的机械运转稳定提供技术支持。

3.3 找正精度标准与规范

为了合理准确评判并引导找正工作的进行,相应的国内外行业规范以及设备厂家都会提出明确的找正精度公

差标准。这些标准往往并非固定不变的数值,而是与机器运转速度、联轴器型式、机器 criticality 级别等有关联的数值,通常情况下,转速越高对联轴器不同心就越敏感,则需要的找正精度也就越高。比如对于一个 3000 转/min 的高速泵来说,他的找正要求肯定要比一个 300 转/min 的冷却风机要精确得多。普遍的标准像 ISO 或者 API 标准内,以表格或计算公式的方式列出不同的转速对应的平行偏差量和角度偏差量等。遵守这样的共识性的准则,而不是只靠手感或者“差不多了”,是使找正精度由主观臆断到客观量化管控的重要一步,它们为现场施工给出了是否合格的清晰判断尺度。

3.4 找正操作关键点

要想得到良好的、持续有效的找正结果,在选择方法和工具的同时,还应注意整个过程中的几个要点问题:第一个,稳定的装置基座为第一前提,任何基座的不均匀沉降以及软弱都将使得精细的找正在后期运行中失效;第二个,必须要保证装置本体的各部件状态良好,例如轴承间隙、联轴器内孔与轴之间的配合度等,避免本体上的问题影响到测量值;第三个,找正的过程中应当“先找角度,再找平行”,并且在对地脚垫片进行调整的时候要注意底座钢性的变化所带来的“虚脚”问题,就是一处地脚的变动会带来其他测量位置的变化^[2];最后一个,拧紧地脚螺丝一定要做到对称、递进、均匀加力,并且在拧紧之后还要重新检验一次对中的情况,因为在拧紧的过程当中也会改变装置的位置关系。

4 找正质量与设备运行稳定性的关联分析

4.1 稳定性评价指标

衡量一台减速机或者整个传动机构工作稳定性的指标是一个综合指标群。最主要的量化指标有振动速度或位移的有效值、频谱特征,这是直接反映机械振动强度与来源的指标。轴承座温升是直接反映轴承工作状态的一个窗口;润滑介质定期取样检测的铁谱、理化指标可以了解内部的磨损状况。输出扭矩或电流的变化可以间接反映出传动的均匀度,以及意外停车次数和平均故障间隔时间 MTBF 等可靠性参数。这些都是组成设备运行稳定性“肖像”的重要组成部分,而对中的质量就是决定这个肖像底色深浅的一项重要因素。

4.2 找正精度与故障率关系

大量的工程实践及研究发现,找正精度与机组的故障之间有着很强的负相关性。找正精度保持在标准允许误差以内,甚至更好,因不同轴直接导致的剧烈振动,轴承磨损,密封泄露等缺陷出现的概率就会很低。反之,随着找

正误差的增加,机组的故障也不是简单的成比例增加,而有可能呈几何倍数的增长,这主要是因为微小的误差长期承受着循环应力的作用会导致材料加速疲劳,并且与其他损伤缺陷相互耦合,造成缺陷危害性的叠加。所以,在设备使用周期内,前期花费一定的时间和精力进行精密找正是十分值得的投资行为,是对后期长期连续生产的一种保障,减少了整寿命期间设备维护的整体费用,是一种有效的“防患于未然”的措施。

4.3 维护周期与运行成本影响

对中质量的好坏,直接延展影响着机器设备的检修频次及总的运营成本。一台对中优异的机器设备,其轴瓦、密封面、联轴器等磨损消耗部件的寿命会大大延长,这就意味着其预定的大修间隔或者更换备件周期可以相对延长,减少停机检修时间和频率,增加设备可用度。在经济上计算,哪怕高精度的对中花费了较高的首次投入或外协费用,但相比较低质对中导致的频繁故障性维护耗费的备件费、修理工时费,以及因停机而产生的产耗损失来说,几乎都可以忽略不计。更不用提由于传动效率改进后所带来的长期能耗节省效益。

4.4 预防性维护中的找正管理

综上所述,将减速机的找正是工作有序性的纳入到企业的设备预防维修体系之中是对企业设备管理水平提升的必然选择。不仅要在新装设备及大修后的必须做好找正并做好记录,更应该建立健全定期的找正状态复核机制^[3],尤其是处在重要位置,高速运转或者工况波动大的设备,要通过振动监测曲线,在其运行过程中适时停机进行对中检查,做到及时发现由于基础沉降、零部件摩擦损耗等因素导致的对中恶化趋势并予以及时调整。同时,需制定标准化作业指导书,对维保人员进行规范化指导,实现统一的方法及评价标准,将找正记录纳入到设备技术档案资料中管理。

5 结束语

减速机的找正也不是设备安装过程中的一个可有可无的一般步骤,它是决定着设备振动大小和重要配件使用寿命、传动效率及消耗及整个机组运行可靠性的关键技术基础环节。由传统的百分表找正技术到现在的激光找正技术的发展历程就是工业生产在不断的提高要求着找正精度与速度。所以,在实际项目工程中以及后期的设备管理过程中一定要摒弃“差不多”的思想意识,强化精度概念,严格按相关标准进行,并且积极运用先进的手段方式等,而且把精确地找正融入到以预防为主设备维护理念当中去,定期对设备开展相应的检测校正。

[参考文献]

- [1]李荣富.一种减速机检测试验平台的设计与应用[J].煤炭加工与综合利用,2026(1):31-34.
- [2]魏政委.一种起重机用减速机及行走链传动设计研究[J].锻压装备与制造技术,2025,60(6):64-68.
- [3]张继琛.对称式三环减速机在水利工程中的质量隐患识别与标准化检测方法探析[J].中国品牌与防伪,2025(15):175-177.
- [4]刘展.轧钢机械设备联轴器快速精准找正方法探索[J].中国设备工程,2019(23):3.
- [5]乔贤君,钟建刚,何敬森.辊压机电动机与减速机同轴度偏差的找正方法[J].水泥,2014(2):29-30.

作者简介：常利萍（1981.8—），性别：女，毕业院校：郑州轻工业学院，所学专业：机械工程及自动化，当前就职单位：安阳钢铁建设有限责任公司，职称级别：工程师。