

压力试验机性能校准与精度提升方法研究

欧 邹

乐山市计量测试所 四川 乐山 614000

摘 要：压力试验机在材料力学性能测试领域占据着关键地位，其测量精度对评估材料性能和把控产品质量起着决定性作用。本文深入探讨了压力试验机性能校准与精度提升方法。首先介绍了压力试验机校准的基本方法，接着详细分析了影响其精度的因素，包括测力传感器、加载系统、数据采集与处理系统等方面。重点阐述了精度提升的方法，如基于标准测力仪的校准修正、测力传感器的维护与更换、机械系统的调整与维护等。通过这些方法，可有效提高压力试验机的测量精度，保障测试结果的准确可靠。

关键词：压力试验机；性能校准；精度提升

引言

压力试验机作为材料力学性能测试的关键设备，广泛应用于工业生产、科研等领域。其测量精度直接影响对材料性能的判断和产品质量的控制。然而，在实际使用过程中，由于多种因素的影响，压力试验机的精度会逐渐下降，导致测量结果不准确。因此，研究压力试验机的性能校准与精度提升方法具有重要的现实意义。本文将围绕这一主题展开深入探讨，为提高压力试验机的精度提供理论支持和实践指导。

1 压力试验机校准的基本方法

压力试验机校准以标准测力仪作为量值传递基准，其原理是利用标准测力仪输出已知力值并施加于试验机测力系统，通过比对试验机示值与标准测力仪输出值来确定示值误差，校准过程涵盖试验机量程的多个点位，且每个点位需重复加载、卸载并记录数据，而标准测力仪需经上级计量机构检定，不确定度满足要求，校准结果可判断试验机是否在允许误差范围内运行^[1]。在实施校准时，要先将标准测力仪安装于试验机承压板之间并调整对中，确保施力轴线与加载轴线重合；接着按量程选取不少于五个校准点，从下量程到上量程依次加载，每个校准点先进行三次预压，再进行三次正式测量，记录好标准测力仪输出值与试验机示值，进而计算各点示值误差与重复性，最后根据数据判断试验机各指标是否合格。此外，校准过程中还有诸多需关注的事项，环境温度要控制在规定范围内，校准前试验机应预热运行，以保证其性能稳定；标准测力仪与试验机之间的连接必须牢固，防止出现偏载情况影响校准结果；加载速率要与试验机日常使用速率保持一致，模拟实际工作状态；同时，要保留好校准数据的原始记录，这些数据不仅是本次校准结果的重要体现，更是后续对试验机进行精度调

整的关键依据，能为试验机的长期稳定运行和准确测量提供有力支持。

2 影响压力试验机精度的因素

2.1 测力传感器的因素

测力传感器其性能优劣直接决定测量精度。长期使用后，传感器内的应变片易出现零点漂移现象。应变片通过感知弹性体形变来产生电信号，但受时间和环境因素（如温度、湿度变化）影响，其电阻值会发生改变。即便传感器未受力，也会输出非零电信号，这在小力值测量时误差尤为明显，会严重干扰测量结果的准确性。弹性体的蠕变同样不容忽视。作为承受外力并产生形变的关键部件，在长期持续受力作用下，弹性体会发生缓慢的塑性变形，即蠕变。这会使弹性体形变与受力关系改变，导致传感器输出信号偏离真实值。特别是在长时间持续加载或高温环境下，蠕变现象更为显著，对测量精度的损害极大。传感器安装位置的机械连接松动也会引入误差。安装时，传感器需通过螺栓等连接件与试验机机械系统固定。若连接螺栓松动，受力时传感器与机械系统会产生相对位移，使传感器所承受的力与试验机实际施加的力不一致，进而产生测量误差。此外，机械连接松动还可能引发振动和冲击，进一步影响传感器的测量稳定性。随着使用时间增加，传感器的线性度和滞后性也会发生变化。线性度反映传感器输出信号与输入力值的线性关系程度。初期，传感器线性度较好，但长期使用后，受应变片老化、弹性体疲劳等因素影响，线性度变差，不同力值范围内输出信号与输入力值比例关系不一致，影响全量程示值准确性。滞后性指传感器加载和卸载时输出信号变化不一致，使用中其也可能改变，导致加载和卸载示值有差异，影响测量结果重复性。

2.2 加载系统的因素

加载系统是压力试验机的关键组成部分,包含丝杠、横梁、导轨等机械部件以及液压系统或伺服电机等动力元件,其性能和状态直接影响加载精度与稳定性。丝杠磨损是常见问题之一。作为实现加载运动的关键传动部件,长期使用中,丝杠与螺母摩擦磨损会导致螺距变化,产生间隙。加载时,这些间隙会使加载力传递不连续,出现空程现象,使试验机示值产生误差,小力值测量时影响更为明显^[2]。横梁与立柱之间的导轨磨损会引入偏载问题。导轨保证横梁加载时沿垂直方向平稳运动,但长期使用和受力会使导轨表面磨损,导致横梁运动偏移,改变加载轴线,产生偏载现象,使测力系统受力不均,增大示值误差。此外,导轨磨损还会影响横梁运动直线度,使加载过程产生振动和冲击,影响测量结果稳定性。对于液压试验机,油缸密封件老化会造成内泄。油缸是核心动力部件,通过密封件密封液压油实现力传递。长期受压、磨损和老化会使密封件失去弹性,密封性能下降,出现内泄现象,导致加载力不稳定,示值波动,长时间持续加载或大力值测量时影响更显著。伺服电机控制精度下降也会影响加载系统性能。伺服电机是电动压力试验机的动力源,通过精确控制算法实现加载速率精确控制。但长期使用后,编码器可能出现故障,导致位置反馈不准确;驱动器性能下降,影响电机控制精度,使加载速率波动,间接影响测力读数稳定性,对加载速率要求高的测试影响尤为突出。

2.3 数据采集与处理系统的因素

数据采集与处理系统负责将测力传感器输出的模拟信号转换为数字信号并处理分析,最终得到试验机示值。数据采集卡的分辨率和采样频率影响测力信号数字化精度。分辨率越高,能表示的信号细节越丰富,测量精度越高;采样频率越高,能捕捉的信号变化越快,越能准确还原原始信号。若分辨率或采样频率不足,会导致测力信号数字化精度降低,使测量结果产生误差。滤波参数设置不当会导致信号失真。数据采集时,传感器输出信号可能受电磁干扰、机械振动噪声等影响。为去除噪声,提高信号质量,需用滤波器滤波处理。但滤波参数需根据信号特点和噪声频率合理调整,设置不当,如截止频率选择过低,可能滤除有用信号;截止频率选择过高,则无法有效去除噪声,都会影响测量结果准确性。软件算法中的标度换算、零点修正若未及时更新,会使示值产生系统偏差。标度换算将数字信号转换为实际力值,零点修正校正传感器零点误差。随着时间和环境变化,传感器灵敏度和零点可能改变,若软件算法参

数未及时更新,会导致示值偏差。通信接口的干扰也可能导致数据传输丢包或错位。数据采集卡与计算机通过通信接口传输数据,但通信接口可能受电磁干扰、信号衰减等因素影响,导致数据传输丢包或错位,影响测量结果准确性和正确反映试验机受力情况。

3 压力试验机精度提升的方法

3.1 基于标准测力仪的校准修正

使用标准测力仪对试验机进行全量程校准后,将各校准点的示值误差数据导入试验机控制软件是精度提升的关键步骤。试验机控制软件通常具有数据修正功能,它可以根据导入的示值误差数据建立修正表。修正表是一个包含各校准点对应修正系数的表格,在后续试验中,软件会根据当前测量力值所在的量程段,查找对应的修正系数,并自动对示值进行补偿。这种修正方式能够有效地减小试验机的系统误差,提高测量结果的准确性。修正表应覆盖试验机的全量程,确保在整个工作量程内都能对示值进行准确修正。每个校准点对应一个修正系数,修正系数的计算需要根据示值误差的大小和方向进行确定。例如,如果某校准点的试验机示值大于标准测力仪输出值,说明试验机在该点存在正误差,修正系数应小于1,用于减小试验机的示值;反之,如果试验机示值小于标准测力仪输出值,说明存在负误差,修正系数应大于1,用于增大试验机的示值。修正后需再次用标准测力仪验证,确认修正后的示值误差在允许范围内。验证过程应按照校准的规范要求进行,选取与校准相同的校准点,进行加载和测量,并记录相关数据^[3]。通过与允许误差范围进行比对,判断修正效果是否满足要求。如果修正后的示值误差仍超出允许范围,需要分析原因,重新调整修正系数,直至示值误差在允许范围内为止。对于非线性误差较大的试验机,可采用分段修正的方式提升修正效果。分段修正是指将试验机的量程划分为多个不同的量程段,在每个量程段内分别设置不同的修正系数。由于非线性误差在不同量程段内的表现可能不同,通过分段修正可以更精确地对示值进行补偿,提高修正的准确性和有效性。在进行分段修正时,需要根据试验机的非线性误差特点合理划分量程段,并通过大量的实验数据确定每个量程段的修正系数。

3.2 测力传感器的维护与更换

测力传感器作为压力试验机的核心元件,其性能直接影响测量准确性,定期维护十分关键。零点校准与量程校准是保证传感器性能的基础。零点校准是在传感器不受力时,调整其输出信号为零,以此消除零点漂移误差,提升小力值测量的准确性。量程校准则是在传感

器量程内施加已知标准力值,让传感器输出与标准值一致,确保全量程测量准确,减小线性度和滞后性误差。使用标准测力仪与传感器输出比对,是判断传感器性能是否合格的实用方法。将二者同时安装于试验机,施加相同力值后对比输出值。若偏差在允许范围内,传感器性能良好;若超出,则需分析是零点漂移、线性度劣化还是其他问题。针对不同问题,要采取相应措施。若零点漂移超范围,需进行零点调整。调整方法因传感器类型和校准设备而异,一般可调整内部电位器或用校准软件操作,且要保证传感器不受力、环境稳定^[4]。若传感器线性度劣化,通常由应变片老化、弹性体疲劳等导致,难以修复,需更换传感器。更换时要选同型号、规格产品,确保与试验机机械和电气系统兼容,更换后还要重新进行全机校准,涵盖零点、量程及全量程校准。此外,传感器安装与线缆布置也不容忽视。安装时应使用规定扭矩的螺栓,用扭矩扳手拧紧,避免过紧或过松,防止受力不均或产生间隙影响精度。传感器线缆要远离强电线路,布线时分开布置,并采取屏蔽措施,如用屏蔽线缆、穿管等,减少电磁干扰,保证信号不失真,进而保障压力试验机测量结果的准确可靠。

3.3 机械系统的调整与维护

压力试验机的机械系统是其稳定运行与精准测试的基石,做好调整与维护工作至关重要。丝杠是加载过程中的关键传动部件,长期使用后,丝杠与螺母之间会因摩擦产生间隙,导致加载时出现空程现象,严重影响测试的准确性。因此,需要定期对丝杠进行间隙调整,通过合理调整丝杠螺母的预紧力,消除间隙,确保加载过程中丝杠紧密配合,让试验机能够精准地施加力值。导轨滑块对横梁运动的直线度起着决定性作用。在长期运行中,导轨滑块会逐渐磨损,配合间隙增大,使横梁运动出现偏差,影响加载的稳定性。所以要定期检查导轨滑块的磨损情况,一旦发现磨损严重,及时更换新的导轨滑块,保证横梁能够平稳、直线地运动,为准确测试提供保障。对于液压试验机,液压系统的正常运行不可或缺。要定期更换老化的密封件,防止液压油泄漏,保

证系统的密封性能。同时,仔细排查油缸内泄问题,可通过观察油缸压力变化和液压油泄漏情况来判断,发现问题及时修复或更换油缸^[5]。此外,要及时补充液压油至规定液位,确保液压系统有足够的动力。伺服电机的编码器是精确控制加载速率的关键,要定期检查其信号,确认位置反馈准确无误,避免因控制不精准导致测力读数不稳定。所有机械调整完成后,使用标准测力仪重新对试验机进行校准,通过实际测量验证调整效果,确保压力试验机在调整维护后能够恢复到最佳的工作状态,为各类测试提供可靠的数据支持。

结语

压力试验机的性能校准与精度提升是一个系统工程,涉及多个方面的因素和方法。通过对压力试验机校准基本方法的研究,我们明确了校准的原理和实施步骤,为准确评估试验机的性能提供了依据。深入分析影响精度的因素,使我们能够有针对性地采取措施进行改进。而精度提升方法的探讨,如基于标准测力仪的校准修正、测力传感器的维护与更换、机械系统的调整与维护等,为实际操作提供了具体的指导。在实际应用中,我们应综合运用这些方法,不断提高压力试验机的测量精度,为材料力学性能测试提供更加准确可靠的数据支持。

参考文献

- [1]曹祖仁,蔡文超,屈文治,韦惠馨.一种成本低稳定性好的标准测力仪核查方法[J].大众科技,2023,25(8):82-86.
- [2]胡翔,彭煜,陈俊,李海蓉,包福,聂祯一,孙维.基于智能终端的无线标准测力仪系统设计[J].中国计量,2023(1):48-52.
- [3]张寅,袁贵红,刘希豪,王侃,任洪涛.标准测力仪布置方式对商用车静压台校准结果影响的研究[J].计量与测试技术,2023,50(3):47-50.
- [4]杨洋.压力检测仪器的校准与维护技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(12):247-250.
- [5]胡俊有,王健锋,秦懿.压力试验机测量数据自动采样装置研究[J].计量与测试技术,2024,51(3):106-107+110.