

压力传感器计量检定过程中的干扰因素及抑制策略

孔建中

扎赉特旗产品质量检验检测中心, 内蒙古 兴安盟 137600

DOI:10.61369/ETQM.2026010014

摘要 : 设备自身性能缺陷或者状态欠佳, 会对检定精度产生直接影响, 标准压力源输出不稳定, 压力波动超出许可范围, 会致使检定基准出现失真, 传感器自身存在诸如零点漂移, 灵敏度衰减之类的性能问题, 会令测量数据偏离实际值, 检定仪的信号采集模块缺乏足够的精度, 数据处理算法存在缺陷, 执行信号转换与分析时会产生误差, 设备校准历时过长, 造成量值溯源失效, 这也是产生干扰的重要原因。

关键词 : 压力传感器; 计量检定过程; 干扰因素; 抑制策略

Interference Factors and Suppression Strategies in the Metrological Verification Process of Pressure Sensors

Kong Jianzhong

Zhalait Banner Product Quality Inspection and Testing Center, Xing'an League, Inner Mongolia 137600

Abstract : Defects in the equipment's inherent performance or suboptimal condition can directly affect verification accuracy. Unstable output from the standard pressure source, with pressure fluctuations exceeding permissible limits, may lead to distortion in the verification reference. Issues such as zero drift or sensitivity attenuation in the sensor itself can cause measured data to deviate from actual values. Insufficient precision in the signal acquisition module of the verification instrument, along with flaws in data processing algorithms, may introduce errors during signal conversion and analysis. Prolonged calibration duration can result in the failure of value traceability, which is also a significant source of interference.

Keywords : pressure sensor; metrological verification process; interference factors; suppression strategy

引言

压力传感器被全面应用到航空航天, 石油化工, 医疗设备, 智能制造等重要领当中, 它的测量数据是否准确无误, 直接关乎生产安全, 产品质量以及科研结论能否被人信服, 计量检定作为验证压力传感器测量精度, 保证量值统一与溯源的法定环节, 是保障传感器正常运转的基础性工作, 一旦在实际检定进程中, 受到外部环境, 设备自身状况, 操作流程等诸多因素的干扰, 各种各样的干扰就很容易渗入到检定系统当中, 造成检定数据发生失真, 量值传递出现偏差, 从而引发诸如设备运行出现故障, 生产效率降低等一连串问题。所以, 深入探究压力传感器计量检定过程中的干扰因素, 探寻科学有效的抑制策略, 对于改善检定工作质量, 完善计量检定体系, 保障各行业精准测量需求有着重要的现实意义, 本文凭借检定经验, 系统整理干扰类型, 给出对应的解决办法, 给相关工作人员给予参考。

一、压力传感器计量检定的重要意义

(一) 保障量值准确传递, 夯实计量基础

计量检定是完成压力传感器量值统一、溯源到国家基准的关键手段, 严格依照 JJG860-2015《压力传感器(静态)检定规程》等国家标准, 经由与标准压力源的量值比对, 保障传感器测量结果的溯源性, 经过规范的检定, 可以解决不同厂家、不同型号的传感器由于生产工艺差别而产生的量值偏差问题, 使各类传

感器测量数据具备横向可比性与纵向一致性, 免除由于数据混乱造成的生产调度失误或者科研结论偏差, 精准的量值传递还是计量工作本身的中心需求, 也是支撑工业生产、医疗检测、环境监测等各个行业测量工作有序进行的根基所在, 给之后的设备调试、工艺优化、数据归档等环节赋予无法替代的可信依据^[1]。

(二) 支撑设备可靠运行, 降低安全风险

在航空航天、石油化工等高危行业, 压力传感器属于关键监测部件, 测量精准度同生产安全和设备稳定直接相关, 石油化工

作者简介: 孔建中(1978.01-), 男, 扎赉特旗人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 计量检定。

管道压力监测时,传感器误差高于0.5%FS就有超压爆炸风险,经过严格检定合格的压力传感器,可以随时准确反馈实际压力值,给PLC控制系统供应精确信号,保证安全阀,减压阀等安全装置按时触发^[2]。免除因为测量误差造成设备过载,介质泄漏等安全事故,检定工作依靠按阶段的零点漂移,灵敏度等指标检测,可以马上察觉传感器因为长期使用而产生的性能衰减,精度漂移等状况,事先采取校对调整或者替换新品等手段,从源头上减小设备非计划停机,安全事故等风险,给企业安全生产构筑屏障^[3]。

(三) 规范行业市场秩序,提升产品质量

计量检定给压力传感器行业赋予了统一的质量评判准则,借助检定可以把不符合精度要求的产品筛选出来,进而促使生产企业增强研发水平和生产工艺,防止差质产品流入市场,规范的检定流程为企业的质量认证,市场准入等给予了重要依照,促使企业之间展开良性竞争,推动压力传感器产品质量整体向好发展。

(四) 助力科研创新发展,提供数据支撑

科研试验时,压力传感器的测量精度关乎试验结论的科学与否,计量检定精准,试验过程中的压力数据才真实可靠,科研人员才能得到准确的基础数据,从而推动技术创新,突破科研难题,新材料研发,新工艺探索,新设备研制,都离不开可靠的压力测量数据^[4]。

二、压力传感器计量检定过程中的干扰因素

(一) 电磁干扰

电磁干扰是检定过程中最常见的干扰类型之一,电气设备、供电线路和无线信号是检定环境中最常见的电磁干扰来源,检定装置中的电源、变频器等设备在运行过程中会辐射电磁波,通过空间耦合进入传感器信号线路,供电线路中的杂波信号也会通过导线路径干扰传感器的供电,电磁干扰会使传感器输出信号发生畸变、数据波动,严重时甚至造成信号中断,影响检定结果。

(二) 环境因素干扰

环境因素对压力传感器计量检定影响较为显著,环境因素主要包含温度,湿度,气压以及振动这四个部分,温度变化会使传感器敏感元件的性能产生漂移,从而影响零点和灵敏度,湿度太高容易导致传感器绝缘性能变差,出现漏电或者信号短路的情况,环境气压的波动会对标准压力源的稳定性造成干扰,检定台的振动会经由机械传导影响传感器的受力状况,进而使得测量数据出现波动。

(三) 安装操作干扰

安装操作不规范属于人为因素引发检定误差的重要部分,传感器安装位置不合适,若靠近热源,振动源或者电磁辐射源,外部干扰影响就会增大,安装过程中密封不到位,压力介质泄漏现象发生,实际压力与标准压力不相符的情况就会出现,接线错误,接触不良会导致信号传输出现异常,检定人员操作手法不统一,压力施加速度快慢不一,读数时机存在差异等,也都会造成检定结果存在偏差^[5]。

(四) 设备自身干扰

设备自身性能缺陷或者状态欠佳,会对检定精度产生直接影响

响,标准压力源输出不稳定,压力波动超出许可范围,会致使检定基准出现失真,传感器自身存在诸如零点漂移,灵敏度衰减之类的性能问题,会令测量数据偏离真实值,检定仪的信号采集模块缺乏足够的精度,数据处理算法存在缺陷,执行信号转换和分析时会产生误差,设备校准历时太久,造成量值溯源失效,这也是产生干扰的重要缘由^[6]。

表1压力传感器计量检定主要干扰因素影响程度统计

| 干扰因素类型 | 影响程度(1~5级,5级最强) | 出现频率 | 典型误差范围(%FS) |
|--------|-----------------|------|-------------|
| 电磁干扰 | 4级 | 高频 | ±0.3~1.2 |
| 环境因素干扰 | 3.5级 | 中频 | ±0.2~0.8 |
| 安装操作干扰 | 3级 | 中频 | ±0.1~0.6 |
| 设备自身干扰 | 4.5级 | 低频 | ±0.5~1.5 |

三、压力传感器计量检定干扰的抑制策略

(一) 电磁干扰抑制策略

压力传感器计量检定是保证传感器量值准确,提升应用可靠性的关键步骤,干扰因素的存在直接影响检定结果的精准性。本文经由对电磁干扰,环境因素干扰,安装操作干扰以及设备自身干扰这四类主要干扰因素展开系统分析,并给出了对应的抑制策略,为解决检定过程中的干扰问题给出了全方位的解决办法,经由科学运用电磁屏蔽,环境调控,规范操作以及设备优化等干扰抑制策略,可以有效地缩减干扰带来的影响,提升检定工作质量,往后看,伴随智能化,数字化技术持续发展,可以进一步探寻依靠人工智能的干扰预测与自适应抑制技术,不断完善压力传感器计量检定体系,给各行业高质量发展赋予更有力的计量支撑。

(二) 环境干扰控制策略

优化接地系统设计,采用“一点接地”模式,创建独立接地网,把传感器信号地,检定仪工作地,标准压力源接地端汇总总链接到同一接地桩上,接地桩深度大于等于2m,周围填入降阻剂,接地电阻维持在4Ω以下,为防止地环路干扰,传感器和检定仪的接地引线选用截面积大于等于4mm²的铜芯导线,长度限制在5m以内,不同设备的接地引线不可交叉缠绕。在供电回路中串联三级电源滤波器,第一级过滤电网中的低频杂波,第二级抑制中频干扰,第三级针对高频噪声过滤,滤波器的额定电流要高于检定设备总电流的1.2倍。而且,定期利用接地电阻检测仪来检测接地系统性能,每个月至少检测一次,一旦察觉接地电阻不合标准,就及时替换降阻剂或者外延接地桩,而且在雷雨天气过后还要加大检测次数,保证接地系统一直在有效状态^[7]。

(三) 安装操作规范策略

制定《压力传感器安装检定作业指导书,明确安装流程12个节点,安装位置需符合“三远离”原则:远离热源(≥1.5m、远离电磁辐射源(≥2m、远离气流通道。安装时使用扭矩扳手,按照传感器说明书扭矩值紧固,M12接口传感器扭矩控制在25±2N·m,避免过紧或过松造成测量误差。密封采用“双重密封”,第一重氟橡胶密封圈、第二重高温密封胶,安装后采用压力泄漏检测仪检测,泄漏率≤1×10⁻⁹Pa·m³/s。对于不同类型

的传感器（绝压、表压、差压）分别提供对应的压力安装示意图，在示意图中明确具体的取压点以及具体安装角度，例如对于差压传感器而言其正负压接口应该保持同一水平面，避免因存在液位差而导致的检定误差。建立压力传感器安装质量追溯体系，每一个安装的环节都要求相关人员签字，发生问题后可以准确追溯^[8]。

（四）设备自身优化策略

严格依照 JJG860-2015《压力传感器（静态）检定规程》的要求来制定设备校准计划，标准压力源每隔3个月就要校准一次，检定仪则需每6个月校准一次，校准工作要由具备CNAS资质的第三方机构来执行，要对零点漂移，灵敏度误差，重复性误差等关键项目实施校准，校准合格之后粘贴校准标识，并把校准数据予以记录，校准证书的保存期限不少于3年^[9]。针对那些使用频率较高或者所处环境较为恶劣的传感器，将校准周期缩短为2个月，而且还要增多稳定性测试项目，持续72小时监测传感器的输出信号，如果波动幅度超出 $\pm 0.1\%FS$ 就得及时修理。定期维护传感器的敏感元件，用无水乙醇擦拭表面污渍，防止油污和粉尘造成灵敏度下降，陶瓷电容式传感器每半年检查一次电容值变化，超出范围及时调整，建立设备维修档案，记录维修时间，故障原因，更换部件等信息，为设备全生命周期管理提供参考^[10]。

四、结束语

综上所述，压力传感器计量检定是保证传感器量值准确，提升应用可靠性的关键步骤，干扰因素的存在直接影响检定结果的精准性。本文经由对电磁干扰，环境因素干扰，安装操作干扰以及设备自身干扰这四类主要干扰因素展开系统分析，并给出了对应的抑制策略，为解决检定过程中的干扰问题给出了全方位的解决办法，经由科学运用电磁屏蔽，环境调控，规范操作以及设备优化等干扰抑制策略，可以有效地缩减干扰带来的影响，提升检定工作质量，往后看，伴随智能化，数字化技术持续发展，可以进一步探寻依靠人工智能的干扰预测与自适应抑制技术，不断完善压力传感器计量检定体系，给各行业高质量发展赋予更有力的计量支撑。

参考文献

- [1] 牛鑫,窦若兮,刘皓,等.规整微纳米维结构柔性压力传感器的研究[J].针织工业,2024,(12):66-70.
- [2] 刘义付,孙瑞霞.冲击激励校准下汽车压力传感器信号小波变换降噪[J].山西电子技术,2024,(06):35-37.
- [3] 张立品,彭瀚旻,唐雄峰.导丝头端柔性压力传感器设计及灵敏度分析[J].振动、测试与诊断,2024,44(06):1196-1200+1250-1251.
- [4] 杨健,许姣,赵晨曦,等.SiC压阻式压力传感器欧姆接触制备工艺及性能研究[J].实验流体力学,2024,38(06):93-98.
- [5] 向伟,张东光,刘治,等.柔性温度-压力传感器的设计与制备[J].传感器与微系统,2024,43(12):96-99+104.
- [6] 郭威,李辉,罗登玲,等.MEMS压阻式压力传感器梁-膜-三岛膜结构设计与优化[J].电子科技大学学报,2024,53(06):852-861.
- [7] 刘彩霞,李帅,胡若海,等.基于均匀微突结构的高灵敏柔性电容压力传感器[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2024,47(11):1448-1452+1471.
- [8] 薛振华,董延东,丁浩,等.薄膜压力传感器在铁路运输行业中的运用[J].科学技术创新,2024,(23):1-4.
- [9] 冯齐斌,姜毅蝉,周宇仁.浅谈静态压力传感器的计量检定[J].仪器仪表用户,2020,27(11):110-112,92.
- [10] 陈建峰,钱同伍,高雪.多通道压力传感器校准系统的研制[J].现代电子技术,2023,46(16):49-54.