

压力变送器检定及使用中的问题和解决策略

陈 雨 李建鹏 马 帅

河南省计量测试科学研究院 河南 郑州 450000

摘 要: 压力变送器作为工业自动化领域中不可或缺的传感器设备,广泛应用于石油、化工、电力、制药等多个行业,用于实时监测和控制生产过程中的压力参数。其准确性和稳定性直接影响到整个系统的安全运行和生产效率。然而,在实际应用中,压力变送器的检定和使用过程中会遇到诸多问题,如设备故障、测量误差、环境适应性等问题,不仅降低了仪表的性能,还导致生产过程的中断,甚至引发安全事故。本文旨在探讨压力变送器的基本工作原理,以及在检定和使用中可能遇到的问题,提出有效的解决策略,以期提高压力变送器的运行可靠性,保障工业生产的顺利进行。

关键词: 压力变送器; 检定; 使用; 问题

引言: 随着工业自动化和仪表技术的快速发展,压力变送器作为重要的过程控制元件,在石油、化工、电力、制药等领域中发挥着重要作用,可用于监测和控制生产过程中的各种压力参数,确保设备的安全运行和生产效率。然而,压力变送器在实际应用中面临着诸多挑战,如检定准确性、现场使用问题以及环境适应性等,导致测量误差,甚至引发安全事故^[1]。因此,深入研究压力变送器的检定方法、使用中的问题及解决策略,对于提高工业生产的安全性和效率具有重要意义。

1 压力变送器的工作原理

压力变送器,是一种用于测量气体或液体压力,并将其转换为可远传的标准电信号(如4-20mA DC、0-5V DC)的装置。其核心工作原理基于物理效应,如压阻效应、电容效应、压电效应或 piezoresistive 效应。以下为常见的工作方式: 1) 压阻效应。在硅膜片上扩散电阻,当外部压力作用于膜片时,膜片会发生微小变形,导致其内部电阻值变化。通过测量电阻的变化,可计算出对应的压力值^[2]。2) 电容效应。压力变送器包含一对电容器,其中一封闭腔体的膜片作为电容器的一极板。当压力变化时,膜片会向固定极板移动,改变两极板间的距离,进而改变电容值。电容的变化与压力成正比,从而实现压力测量。3) 压电效应。某些材料在受到压力作用时会产生电荷。在压力变送器中,这种效应被用于将压力转换为电信号。

2 检定中的问题及解决策略

2.1 导管堵塞问题及解决策略

在压力变送器的检定过程中,导管堵塞是一个常见的问题,尤其当被测介质含有颗粒物质或者黏稠成分时,容易导致导管内部积累杂质,阻碍压力传输,从而

影响变送器的测量精度。同时,导管堵塞导致压力信号无法正常传递,使得读数偏低或者完全失真^[3]。

解决策略: 1) 定期清理。设定定期清理计划,使用合适的清洁剂和工具对导管进行清洗,确保导管内壁无残留物。对于易堵塞的系统,应增加清理频率。2) 使用过滤器。在压力变送器的入口处安装高精度的过滤器,以捕获可能进入系统的颗粒物,防止其进入导管。3) 选择合适的材料。根据被测介质的性质,选择耐腐蚀、不易吸附杂质的导管材料,如不锈钢或特氟龙等。4) 系统设计优化。在系统设计阶段,考虑使用直角弯头或增加导管长度,以减少流体冲击造成的沉淀^[4]。

2.2 内部参数设置不合理及解决策略

在压力变送器的使用过程中,内部参数设置的合理性,直接影响其测量精度和稳定性。常见的内部参数包括零点偏移、量程设定、滤波时间常数以及传感器灵敏度等。错误的参数设定可能导致测量结果偏差过大,甚至使设备无法正常工作^[5]。例如,若零点偏移设置不当,会使变送器在无压力状态下输出非零信号,导致测量起点错误。此时,应通过专门的校准程序调整零点,确保在无压力时输出为零。量程设定错误则导致超量程测量,从而损坏传感器或降低测量精度,应根据实际工作范围精确设定。

解决策略: 首先要充分理解设备手册,确保了解每个参数的作用和影响。其次,进行系统性的校准和测试,通过比较理论值与实测值,找出参数设置的不足并进行修正。同时,定期进行参数检查和更新,以适应工作条件的变化。在必要时,可借助专业的仪表软件或技术人员的帮助,进行更精确的参数优化。

2.3 过载问题及解决策略

过载问题在压力变送器的使用中时有发生,通常表现为传感器超出其额定测量范围,导致内部元件损坏或测量数据严重失真。过载源于瞬态高压冲击、长时间工作在上限压力或者误操作。

解决策略:1)选择合适量程的压力变送器。根据实际应用中的最大压力值,合理选择具有足够过载保护能力的压力变送器,确保其最大测量范围远大于预期的最大工作压力。2)设定安全阈值报警。在控制系统中设定压力上限报警点,当压力接近或达到该阈值时,系统能够自动触发报警,提醒操作人员及时调整,避免过载。3)使用过载保护装置。安装适当的缓冲器或压力限制阀,以减少瞬时高压对变送器的冲击,这些装置在高压来临之前释放部分压力,从而保护变送器。

2.4 气体泄漏问题及解决策略

气体泄漏是压力变送器在检定过程中常见的问题之一,会导致测量数据失真,严重时甚至影响设备的安全运行。泄漏源于密封件老化、接头松动或者管道腐蚀等。解决气体泄漏问题的关键在于准确识别泄漏点并采取有效的修复措施。

解决策略:1)采用泄漏检测工具如氦质谱检漏仪,对变送器的接口、管道和密封部位进行细致检查,以定位泄漏源。一旦发现泄漏,应立即停止操作,避免有害气体泄漏对环境和人员造成危害。2)更换损坏或老化的密封件,确保所有连接部位的紧固,使用专用的密封脂增强密封效果。对于腐蚀造成的泄漏,需更换受损的管道部分或者进行防腐处理。3)定期进行泄漏检查,尤其是在高风险或高精度应用中。建立定期维护计划,对变送器进行全面检查,可早期发现并处理潜在的泄漏问题。

3 使用中的问题及解决策略

3.1 电源问题及解决策略

在压力变送器的实际使用中,电源问题是一个常见的故障源,影响其正常工作和测量精度。常见的电源问题包括电压不稳、电流不足以及电源干扰等。1)电压不稳。电压不稳导致变送器的供电不足,影响内部电路的稳定性和输出信号的准确性。例如,如果电源电压低于规定的最低值,会导致传感器的偏置电压变化,进而影响测量结果。解决策略是使用稳定可靠的电源系统,配备电压调节设备,确保输入电压始终在变送器允许的工作范围内。2)电流不足。电流不足将导致变送器无法正常启动或工作在低效率状态。当电流供应不足时,变送器的内部组件无法获得足够的能量,完成信号转换,导致测量延迟或数据丢失。为解决此问题,应检查电源线的电阻,确保电流传输无阻,同时保证电源线径足够大

以承载所需电流。3)电源干扰通常来自外部电气设备,如电机、开关设备等,这些设备产生的电磁噪声耦合到变送器的电源线上,影响其正常工作。为减少这种干扰,可采用屏蔽电缆,将电源线和信号线隔离,并确保接地良好,以降低噪声影响。此外,还可安装电源滤波器,过滤掉高频干扰信号。

3.2 膜片磨损或变形及解决策略

膜片是压力变送器的关键部件,直接感应压力并转化为可测量的电信号。在实际使用中,由于长期受压、化学腐蚀或机械冲击,膜片会出现磨损或变形,导致测量精度下降,甚至失效。解决策略如下:1)选择耐腐蚀材料。根据应用环境选择具有抗腐蚀性能的膜片材质,如不锈钢、哈氏合金或钛合金,以减少化学物质对膜片的侵蚀。2)定期检查与维护。设定定期检查周期,观察膜片是否有明显的磨损或变形迹象。利用视觉检查、厚度测量或无损检测技术,如超声波检测,来评估膜片状态。3)避免过压操作。确保压力变送器的工作压力始终在额定范围内,避免因过压导致膜片永久性变形。安装适当的保护装置,如溢流阀或减压阀,以防止压力峰值超出允许范围。4)改善安装位置。如果膜片受到持续的机械冲击,考虑改变变送器的安装位置,使其远离可能产生冲击的区域。5)及时更换与修复。一旦发现膜片磨损或变形,应及时更换新膜片,或通过专业维修恢复其原有性能。更换后,重新校准压力变送器以保证测量准确性。

3.3 介质温度问题及解决策略

在实际应用中,压力变送器需在各种温度环境下工作,其中介质温度的变化对传感器的性能影响显著。高温或低温环境导致内部元件的热膨胀或收缩,影响测量精度。同时,过高的介质温度会导致传感器密封材料的软化或老化,降低其密封性能,甚至引发内部电路故障。

解决策略如下:1)选择耐温材料。选用具有宽温度范围工作的传感器,其内部组件和密封材料应具备良好的耐热性和耐寒性,以确保在极端温度下仍能保持稳定性能。2)加装温度补偿装置。通过内置或外接温度传感器监测介质温度,利用温度补偿算法调整压力读数,以减小温度变化带来的测量误差。3)使用隔热防护。在传感器与高温介质接触处增加隔热层,如热绝缘套管,以隔离高温对传感器的影响。4)设计合理的安装位置。避免将传感器直接暴露于热源,尽可能使其远离高温区域,或者采用导压管将介质引入传感器,以降低温度影响。

4 压力变送器的检定方法与流程

4.1 检定前的准备工作

在压力变送器的检定过程中, 检定前的准备工作, 影响到检定的准确性和效率。首先, 需要对变送器进行全面的外观检查, 确保无明显的机械损伤、腐蚀或渗漏现象。接着, 确认设备的铭牌信息与待检定的压力变送器一致, 包括制造商、型号、量程范围等关键参数。此外, 要确保变送器处于断电和无压力状态, 以便进行零点调整和校准。在环境条件方面, 应将变送器置于稳定的温度和湿度环境中, 通常要求温度控制在 (20 ± 5) °C, 相对湿度不超过80%, 以减少环境因素对检定结果的影响。同时, 需准备合适的校验设备, 如标准压力源、数字多用表、校验仪等, 并确保这些设备已定期校准且在校准有效期内。在软件准备上, 需熟悉并理解压力变送器的校准程序和设定步骤, 根据设备的用户手册进行相关参数设置。对于具备智能功能的压力变送器, 还需准备相应的通讯工具和软件, 以便在检定过程中读取和修改内部参数。最后, 制定详细的检定计划, 明确检定点的选择、测量顺序以及预期的误差范围, 有助于保证检定工作的系统性和规范性。

4.2 标准设备与检定步骤

在压力变送器的检定过程中, 标准设备的选择和检定步骤的严谨性, 是确保检定结果准确性的关键。首先, 需使用经过权威机构认证的标准压力源, 如活塞式压力计或数字压力校验仪, 以提供精确的压力参考值。此外, 高精度的温度传感器也是必要的, 因为压力变送器的输出可能受到环境温度变化的影响。

检定步骤通常包括以下阶段: 1) 初始检查。在开始检定前, 应对压力变送器进行外观检查, 确认无明显损伤或污染, 并检查其铭牌信息是否清晰, 与实际使用参数一致。2) 零点调整。将压力变送器接入标准设备, 施加零压力, 观察并记录其输出, 如有偏离应进行零点调整。3) 压力梯度测试。逐步增加压力, 记录每个压力等级下的输出值, 形成压力-输出曲线, 检查其线性度和稳定性。4) 重复性和稳定性测试。在多个相同压力点进行多次测量, 评估变送器的重复性; 在一定时间间隔内重复测试, 以验证其稳定性。5) 最大量程测试。将压力提升至设备的最大工作压力, 检查变送器在极限条件下的性能。6) 回程误差检测。逐步降压回到零点, 比较升压

和降压过程中的输出差异, 以评估回程误差。7) 温度补偿。在不同温度条件下重复上述步骤, 考察温度对变送器性能的影响。

4.3 计量误差分析与校准方法

在压力变送器的检定过程中, 误差分析是确保其测量精度的关键环节。通常, 误差主要来源于非线性、迟滞、重复性、温度效应以及零点和量程漂移等多个方面。非线性误差是指压力变送器输出信号与输入压力之间的关系并非严格的线性关系; 迟滞误差则是指在同一输入压力下, 上升和下降过程中的输出差异; 重复性误差则关注在相同条件下多次测量的差异。对于这些误差, 采用标准压力发生装置和高精度比较仪进行对比测试, 以确定变送器的实际性能。校准方法主要包括零点调整和量程调整。零点调整是在无压力状态下, 使变送器输出达到预设的零点值; 而量程调整则是在最大工作压力下, 确保变送器输出符合其标称值。此外, 温度补偿也是重要的一步, 通过修正温度变化对传感器特性的影响, 以提高在不同环境温度下的测量精度。在具体操作中, 利用智能变送器的内置微处理器进行电子校准, 或者使用外部校准设备进行硬件调整。

结束语

综上所述, 对压力变送器的正确理解和妥善管理, 是保证其高效、安全运行的关键。未来的研究应继续关注新技术的发展, 以提升变送器的精度和适应性, 同时加强实际应用中的问题研究, 为工业生产和过程控制提供更加可靠的仪表支持。

参考文献

- [1] 温洁. 基于HART协议智能压力变送器的检定方法研究[J]. 计量与测试技术, 2023, 50(12): 85-87, 91.
- [2] 罗国健. 压力变送器自动检定技术及故障处理研究[J]. 大科技, 2022(44): 121-123.
- [3] 安静. 基于5G网络的压力变送器高精度测试平台设计[J]. 机械研究与应用, 2022, 35(5): 219-221.
- [4] 冯渝, 胡雪斌, 甘建红. 压力变送器常见故障及处理方法[J]. 大众标准化, 2022(11): 160-162.
- [5] 吕鹏勃, 何志强. 智能压力变送器的功能安全自诊断[J]. 自动化与仪器仪表, 2023(4): 301-304.