

# 仪器仪表的抗干扰措施研究

闫亮亮 刘小弟

陕西延长石油榆林煤化有限公司 陕西 榆林 719000

**摘要:** 本文聚焦仪器仪表抗干扰措施展开研究。首先介绍了电磁干扰、静电干扰、热电势和化学电势干扰、振动与机械干扰、光干扰等常见干扰类型及其影响。接着分析干扰源特性、传输路径、接收端敏感性等干扰原因。随后探讨了屏蔽、滤波、接地、隔离以及硬件与软件结合等抗干扰措施。最后展望了新技术在抗干扰中的应用前景以及抗干扰措施标准化与规范化的发展趋势,为提高仪器仪表抗干扰能力提供参考。

**关键词:** 仪器仪表; 干扰; 抗干扰措施

## 1 仪器仪表干扰类型

### 1.1 电磁干扰

电磁干扰是仪器仪表运行过程中常见且影响较大的干扰类型之一。在现代工业和科技环境中,充斥着各种电磁波源,如高压输电线路、无线电发射设备、电动机、变压器等。这些设备在工作时会产生交变电磁场,当仪器仪表处于这些电磁场中时,电磁场会在仪器仪表的电路中感应出电动势和电流,从而干扰其正常工作。例如,在工业自动化生产线上,大型电动机频繁启动和停止,会产生强烈的电磁脉冲。这些脉冲可能会耦合到附近的仪器仪表信号线上,导致信号失真。对于高精度的测量仪器,如数字电压表,电磁干扰可能会使测量结果出现较大偏差,影响测量的准确性。在一些通信设备密集的场所,不同频率的电磁信号相互干扰,也会对仪器仪表的正常通信和数据传输造成阻碍,导致数据丢失或错误。

### 1.2 静电干扰

静电干扰主要是由于物体之间摩擦、接触和分离等过程产生的静电积累而引起的。当带有静电的物体靠近仪器仪表时,静电场可能会对仪器仪表内部的电子元件产生影响。在干燥的环境中,静电积累更为容易发生<sup>[1]</sup>。例如,在电子工厂的生产车间,工作人员在操作过程中,衣物与设备之间的摩擦可能会产生静电。如果这些带有静电的工作人员接触到仪器仪表,静电放电可能会瞬间产生高电压和大电流,直接损坏仪器仪表内部的敏感电子元件,如集成电路芯片。即使静电放电没有直接损坏元件,静电场也可能导致元件的性能发生变化,影响仪器仪表的稳定性和可靠性。

### 1.3 热电势和化学电势干扰

热电势干扰是由于不同金属之间存在温度差异而产生的热电效应引起的。在仪器仪表中,常常会使用不同

金属制成的导线、连接器和元件。当这些不同金属的连接点处于不同温度时,就会产生热电势。例如,在温度测量系统中,热电偶是常用的测温元件,热电偶由两种不同金属丝焊接而成,当测量端和参考端存在温度差时,就会产生热电势。如果仪器仪表的电路中存在其他不同金属的连接点,且这些连接点也存在温度差异,就会产生额外的热电势,叠加在测量信号上,导致温度测量误差。化学电势干扰则是由于不同金属之间存在化学电位差而引起的。在一些含有电解质的环境中,不同金属之间会发生电化学反应,产生化学电势。这种化学电势可能会干扰仪器仪表的电信号测量,特别是在电化学分析仪器中,化学电势干扰可能会导致测量结果不准确。

### 1.4 振动与机械干扰

振动与机械干扰主要来自于仪器仪表所处的环境中的机械振动源,如机器设备的运转、车辆的行驶、地震等。振动会使仪器仪表内部的机械部件产生相对运动,导致元件松动、接触不良等问题。如果仪器仪表安装在这些设备附近,振动可能会导致仪器仪表内部的电路板上的元件焊接点松动,使电路连接不可靠,从而影响仪器仪表的正常工作。振动还可能影响仪器仪表的测量精度。对于一些高精度的机械测量仪器,如三坐标测量机,振动会导致测量探头的位置发生变化,使测量结果出现误差。机械干扰还可能表现为对仪器仪表外壳的冲击,导致外壳变形或损坏,进而影响仪器仪表的密封性和防护性能。

### 1.5 光干扰

光干扰主要是指外界光线对仪器仪表的光学系统或光电元件产生的干扰。在一些光学测量仪器中,如光谱分析仪、光电传感器等,外界光线的干扰可能会导致测量信号不准确。例如,在光谱分析仪中,如果外界光线进入仪器的光路系统,会与待测光信号混合,影响光

谱分析的结果。在光电传感器中,外界光线的强度变化可能会使光电元件产生的电信号发生变化,导致传感器输出错误的信号。此外,在一些具有显示屏的仪器仪表中,强光照射可能会使显示屏的可读性变差,影响操作人员对仪器仪表的读数和操作。

## 2 仪器仪表干扰原因分析

### 2.1 干扰源特性

干扰源的特性是导致仪器仪表干扰的重要因素之一。不同类型的干扰源具有不同的频率、幅度、波形和持续时间等特性。例如,电磁干扰源的频率范围很广,从低频的工频干扰到高频的无线电干扰都有可能。高频电磁干扰具有更强的穿透能力和耦合能力,更容易对仪器仪表产生干扰。静电干扰源的特点是瞬间产生高电压和大电流,虽然持续时间很短,但可能会对仪器仪表造成严重的损坏。热电势和化学电势干扰源的幅度通常较小,但会随着温度和化学环境的变化而变化,具有一定的稳定性和持续性<sup>[2]</sup>。振动与机械干扰源的频率和幅度与振动源的特性有关,低频大振幅的振动可能会导致仪器仪表的机械损坏,而高频小振幅的振动可能会影响仪器仪表的测量精度。光干扰源的强度和波长会影响其对仪器仪表的干扰程度,不同波长的光线对光学系统和光电元件的影响也不同。

### 2.2 传输路径

干扰信号需要通过一定的传输路径才能到达仪器仪表的接收端。常见的传输路径包括空间辐射、导线传导和公共阻抗耦合等。空间辐射是指干扰源产生的电磁波通过空间传播到仪器仪表的天线或电路中。例如,无线电发射设备产生的电磁波可能会通过空间辐射干扰附近的无线电接收仪器仪表。导线传导是指干扰信号通过导线直接传输到仪器仪表的电路中。在仪器仪表的信号线、电源线等导线上,都可能会耦合到干扰信号。例如,在工业现场,电动机的启动电流可能会通过电源线传导到仪器仪表的电源部分,影响仪器仪表的正常工作。公共阻抗耦合是指当多个电路共享一个公共阻抗时,一个电路中的电流变化会在公共阻抗上产生电压降,从而干扰其他电路。例如,在仪器仪表的电路中,如果电源线和信号线共用同一个接地回路,当电源线上有大电流流过时,会在接地回路上产生电压降,从而干扰信号线上的信号。

### 2.3 接收端敏感性

仪器仪表接收端的敏感性也是影响干扰程度的重要因素。不同的仪器仪表对于干扰信号的敏感程度不同,这取决于仪器仪表的电路设计、元件性能和信号处理方式

等。一些高精度的测量仪器,如高精度的电压表、频率计等,对干扰信号非常敏感,即使是很小的干扰信号也可能导致测量结果出现较大误差。而一些对精度要求不高的仪器仪表,如普通的温度指示仪,可能对干扰信号的敏感性相对较低。仪器仪表的接收端电路的带宽、输入阻抗等参数也会影响其对干扰信号的敏感性。带宽较宽的电路更容易耦合到高频干扰信号,输入阻抗较高的电路更容易受到静电干扰的影响。

## 3 仪器仪表抗干扰措施研究

### 3.1 屏蔽技术

屏蔽技术是防止电磁干扰和光干扰的有效方法之一。对于电磁干扰,可以采用金属屏蔽罩将仪器仪表或其关键部件包裹起来,使外界电磁场无法进入屏蔽罩内部。屏蔽罩的材料通常选择导电性能良好的金属,如铜、铝等。屏蔽罩的接地也非常重要,只有将屏蔽罩良好接地,才能使干扰电流通过接地线流入大地,从而达到屏蔽的效果。例如,在一些高精度的电子测量仪器中,会采用全金属外壳进行屏蔽,以防止外界电磁干扰。对于光干扰,可以采用遮光罩或遮光材料对仪器仪表的光学系统进行屏蔽。

### 3.2 滤波技术

滤波技术主要用于抑制通过导线传导的干扰信号。根据干扰信号的频率特性,可以选择不同类型的滤波器,如低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和带阻滤波器等。低通滤波器可以滤除高频干扰信号,让低频信号通过,常用于电源线和信号线的滤波。例如,在仪器仪表的电源输入端,可以安装低通滤波器,滤除电源线上的高频干扰信号,保证仪器仪表的电源稳定。高通滤波器则可以滤除低频干扰信号,让高频信号通过。带通滤波器只允许特定频率范围内的信号通过,带阻滤波器则阻止特定频率范围内的信号通过。在实际应用中,可以根据仪器仪表的工作频率和干扰信号的频率特性,选择合适的滤波器进行滤波。

### 3.3 接地技术

良好的接地是仪器仪表抗干扰的重要措施之一。接地可以为干扰信号提供一个低阻抗的通路,使干扰电流能够迅速流入大地,从而减少干扰对仪器仪表的影响。接地可以分为工作接地、保护接地和屏蔽接地等。工作接地是为了保证仪器仪表的正常工作而进行的接地,如电源的零线接地、信号的参考地等。保护接地是为了防止人员触电和设备损坏而进行的接地,将仪器仪表的金属外壳接地,当设备发生漏电时,电流可以通过接地线流入大地,保护人员的安全<sup>[3]</sup>。屏蔽接地是将屏蔽罩或屏

蔽线接地,使屏蔽层能够有效地发挥作用。在接地时,要注意接地电阻的大小,接地电阻越小,接地效果越好。同时要避免不同接地系统之间的电位差,防止产生接地环路干扰。

### 3.4 隔离技术

隔离技术可以切断干扰信号的传输路径,防止干扰信号从干扰源传输到仪器仪表的接收端。常见的隔离技术有光电隔离、变压器隔离和继电器隔离等。光电隔离是利用光电耦合器将输入信号和输出信号进行电气隔离,输入信号通过发光二极管转换为光信号,光信号再通过光敏三极管转换为电信号输出,从而实现输入和输出之间的电气隔离。例如,在一些工业控制系统中,会采用光电隔离器将控制信号和执行机构进行隔离,防止干扰信号从执行机构传输到控制系统。变压器隔离是利用变压器的电磁感应原理,将输入信号和输出信号进行隔离。变压器隔离常用于电源隔离,可以防止电源线上的干扰信号传输到仪器仪表的电路中。继电器隔离是利用继电器的触点来控制电路的通断,实现输入和输出之间的隔离。

### 3.5 硬件与软件结合抗干扰措施

除了上述硬件抗干扰措施外,还可以结合软件抗干扰措施来提高仪器仪表的抗干扰能力。在硬件方面,可以采用冗余设计、看门狗电路等。冗余设计是指在仪器仪表的关键部位采用多个相同的元件或电路,当其中一个元件或电路出现故障或受到干扰时,其他元件或电路可以继续正常工作,保证仪器仪表的可靠性。看门狗电路可以监测仪器仪表的程序运行状态,当程序出现死机或跑飞等异常情况时,看门狗电路会自动复位仪器仪表,使其重新恢复正常运行。在软件方面,可以采用数字滤波算法、软件陷阱等。数字滤波算法可以对采集到的信号进行处理,滤除干扰信号,提高信号的质量。软件陷阱是在程序的关键位置设置一些特殊的指令,当程序运行到这些位置时,可以捕获程序的异常情况,并进行相应的处理。

## 4 仪器仪表抗干扰措施的发展趋势

### 4.1 新技术在抗干扰措施中的应用前景

随着科技的不断进步,一些新技术逐渐应用于仪器仪表的抗干扰措施中。例如,纳米技术在屏蔽材料方面的应用前景广阔。纳米材料具有独特的电学、磁学和光学性能,可以制备出高性能的屏蔽材料。纳米复合屏蔽材料可以在较低的厚度下实现较高的屏蔽效能,同时还具有重量轻、柔韧性好等优点,有望在未来仪器仪表的

屏蔽设计中得到广泛应用。人工智能技术也可以用于仪器仪表的抗干扰,通过机器学习算法,可以对仪器仪表采集到的信号进行分析和处理,自动识别和滤除干扰信号。例如,在复杂的电磁环境中,人工智能算法可以根据信号的特征和历史数据,判断信号是否为干扰信号,并进行相应的处理。量子技术也可能为仪器仪表的抗干扰带来新的突破。量子通信具有高度的安全性和抗干扰能力,未来可能会应用于仪器仪表的数据传输中,保证数据传输的可靠性和安全性。

### 4.2 抗干扰措施的标准化与规范化

为了提高仪器仪表的抗干扰能力和互换性,抗干扰措施的标准化与规范化是未来的发展趋势。目前,国内外已经制定了一些相关的标准和规范,如电磁兼容性(EMC)标准。这些标准和规范对仪器仪表的电磁发射和抗扰度等方面进行了规定,要求仪器仪表在设计和生产过程中必须满足相应的标准要求。未来,随着仪器仪表应用领域的不断扩大和技术的不断发展,抗干扰措施的标准化与规范化将更加完善<sup>[4]</sup>。不仅会在电磁兼容性方面制定更严格的标准,还会在静电干扰、热电势和化学电势干扰、振动与机械干扰、光干扰等方面制定相应的标准和规范。会加强对仪器仪表抗干扰性能的测试和认证,确保仪器仪表在实际应用中能够满足抗干扰要求。这将有助于提高仪器仪表的质量和可靠性,促进仪器仪表行业的健康发展。

### 结束语

仪器仪表的抗干扰能力对其性能与可靠性至关重要。本文详细剖析了多种干扰类型及成因,并系统阐述了各类抗干扰措施。随着科技发展,新技术在抗干扰领域展现出巨大潜力,同时抗干扰措施的标准化与规范化也是必然趋势。未来,应持续深入研究,将新技术与标准化措施相结合,不断提升仪器仪表的抗干扰水平,以适应日益复杂的工业和科技环境,推动仪器仪表行业持续进步。

### 参考文献

- [1]徐立佳.仪器仪表的可靠性分析及抗干扰设计[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2021(5):167-168.
- [2]王磊.化工电气仪表安装使用关键技术研究[J].科学技术创新,2023(9):1-4.
- [3]刘志刚.电磁干扰对仪器仪表精度的影响及防护措施[J].仪器仪表学报,2023,44(5):67-72
- [4]陈晓燕.现代仪器仪表抗干扰技术研究进展[J].电子技术应用,2024,50(3):45-50