

第六章

测控电路的抗干扰措施

第一节 干扰的类型及产生

一般来说,电子测量装置由电量或非电量转换电路、计算机(如单片机)及电源电路三

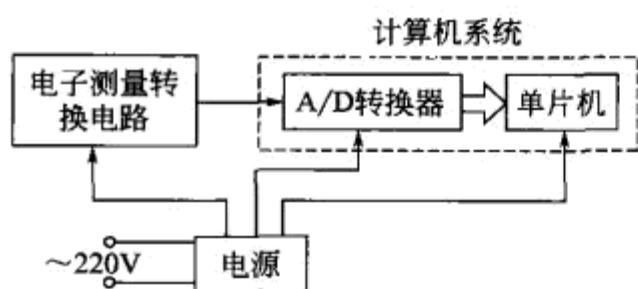


图 6-1 电子测量装置

大部分组成(图 6-1)。测量仪表或传感器工作现场的环境条件常常是很复杂的,各种干扰通过不同的耦合方式进入测量系统,使测量结果偏离准确值,严重时甚至使测量系统不能正常工作,测量中来自测量系统内部和外部,影响测量装置或传输环节正常工作和测试结果的各种因素的总和,称为干扰(噪声)。为保证测量装置或测量系统在各种复杂的环境条件下正常

工作,就必须研究抗干扰技术。把消除或削弱各种干扰影响的全部技术措施,总称为抗干扰技术或称为防护。

一、干扰的类型

干扰影响测量电路的可靠性和稳定度,从而影响测量电路的性能。干扰严重时,使测量电路无法工作。但在实际环境中,干扰是客观存在的,很难完全消除,要使电路具有抑制干扰的能力,必须在设计中,采取抗干扰的措施。

干扰产生于干扰源。干扰源有的在电子电路(设备)外部,也有的在电子电路(设备)内部。根据干扰产生的原因,通常可分为以下几种类型。

(一) 电磁干扰

这是在电测系统中对于传感器或各种检测仪表来说最普遍最严重的一种干扰形式。电磁干扰最普遍的形式是空间电磁场干扰。它是由测量系统周围的强电磁场使测量装置的导线或元件,特别是电感元件产生感应电压,这个电压进入信号通道产生干扰。这种强电磁场的来源可能是由于周围电气设备的火花放电。例如电焊机、整流子电机、汽油机点火设备、大电流的接触器和断路器等;也可能来自有急剧电流变化的导线。例如大功率电力电缆、可控硅调压设备、脉冲电源和电子开关等。

电磁干扰的另一种形式是干扰信号经过导线直接进入仪器内部,再由仪器的缺陷部分(如漏电、漏磁、滤波或屏蔽不良)窜入信号通道。最常见的是电源干扰和某个信号通道中

的信号窜入另一信号通道中形成干扰。因此，必须认真对待这种干扰，研究这种干扰的抑制措施。

（二）机械干扰

纯机械运动是不会对电测系统造成干扰的。机械干扰是指由于机械的振动或冲击，可以通过测量系统的传感器转变为电信号进行干扰。使仪表或装置中的电气元件发生振动、变形，使连接线发生位移，使指针发生抖动、仪器接头松动等。从而使电参数发生变化，最后产生附加的干扰信号进入测量系统。这在位移、流量、压力、应力和加速度等测量系统中是很容易产生这类干扰的。

对于机械类干扰主要是采取减震措施来解决，例如采用减震弹簧、减震软垫、隔板消震等措施。

（三）热干扰

热干扰和机械干扰一样，也是通过传感器的温度变形或温度应力使传感器产生附加干扰信号；另一方面是通过仪器受热后引起元件电参数改变而产生干扰信号。另外某些测量装置中因一些条件的变化产生某种附加电势等，都会影响仪表或装置的正常工作。

在直流检测系统中，热干扰是重要的干扰来源。对于热干扰，工程上通常采取下列几种方法进行抑制。

1. 热屏蔽

把某些对温度比较敏感或电路中关键的元件和部件，用导热性能良好的金属材料做成的屏蔽罩罩住，使罩内温度场趋于均匀和恒定。

2. 恒温法

可将石英振荡晶体与基准稳压管等与精度有密切关系的元件置于恒温设备中。

3. 对称平衡结构

对于差分放大电路、电桥电路等，使两个与温度有关的元件处于对称平衡的电路结构两侧，使温度对两者的影响在输出端互相抵消。

4. 温度补偿元件

采用温度补偿元件以补偿环境温度的变化对电子元件或装置的影响。

（四）光干扰

在检测仪表中广泛使用各种半导体元件，但半导体元件具有光敏特性，在光的作用下会改变其导电性能，产生电势与引起阻值变化，从而影响检测仪表正常工作。因此，半导体元器件应封装在不透光的壳体内，对于具有光敏作用的元件，尤其应注意蔽光问题。

（五）湿度干扰

湿度增加会引起绝缘体的绝缘电阻下降、漏电流增加、电介质的介电系数增加、电容量增加；吸潮后骨架膨胀导致线圈阻值增加，电感器变化；应变片粘贴后，胶质变软，精度下降等。通常采取的措施是：避免将其放在潮湿处，仪器装置定时通电加热去潮，电子器件和印刷电路浸漆或用环氧树脂封灌等。

（六）化学干扰

酸、碱、盐等化学物品以及其他腐蚀性气体，除了其化学腐蚀性作用将损坏仪器设备和元器件外，还能与金属导体产生化学电动势，从而影响仪器设备的正常工作。因此，必须根

据使用环境对仪器设备进行必要的防腐措施，将关键的元器件密封并保持仪器设备清洁干净。

(七) 射线辐射干扰

核辐射可产生很强的电磁波，射线会使气体电离，使金属逸出电子，从而影响电测装置的正常工作。射线辐射的防护主要用于原子能工业等方面。

二、干扰的产生

(一) 测量电路外部干扰

1. 测量电路外部产生的干扰

- ① 电弧灯、日光灯、弧光灯、辉光放电管、火花点火装置等产生的干扰。
- ② 直流发电机及电动机，交流整流子电动机等旋转设备，以及继电器、开关等产生的干扰。
- ③ 由大功率输电线产生的工频干扰。
- ④ 无线电设备辐射的电磁波等。

2. 测量电路外部干扰的抑制

对电子设备外部干扰源，应该根据干扰的性质采取不同的有效措施，削弱或消除干扰。其方法如下。

- ① 电子设备应当远离高压电网、电台、电视台、电机、交流接触器等干扰源。
- ② 对于以电场或磁场形式进入放大电路的干扰，可利用屏蔽将电子电路放在金属罩里，例如用导电性好的材料做成罩并接地，必要时加上高导磁材料屏蔽，使干扰削弱。
- ③ 对于通过电子电路输入线引入的干扰可通过加入不同的滤波器来削弱。例如，如果信号频率较低，可在输入端加低通滤波器。如果干扰源的频率基本不变，可加带阻滤波器等。

(二) 测量电路内部干扰

1. 电子电路设备内部产生的干扰

- ① 交流声。
- ② 不同信号的互相感应。
- ③ 寄生振荡。
- ④ 线绕电位器的动点、电子元件的引线和印刷电路板布线等各种金属的接点间，由于温度差而产生的热电动势等。
- ⑤ 在数字电路和高频电路中，由于传输线各部分的特性阻抗不同或与负载阻抗不匹配时，所传输的信号在终端部位发生一次或多次反射，使信号波形发生畸变或产生振荡等。

2. 电子电路设备内部干扰的抑制

为减少设备内部产生的干扰，制作人员应注意以下几点。

- ① 元器件布置不可过紧、过密。
- ② 改善电子设备的散热条件。
- ③ 分散配置稳压电源，避免通过电源内阻引进干扰。
- ④ 在配线和安装时，尽量减少不必要的电磁耦合。
- ⑤ 尽量减少公共阻抗的阻值。
- ⑥ 低频信号采用一点接地。

(三) 放电干扰

1. 天体和天电干扰

天体干扰是由太阳或其他恒星辐射电磁波所产生的干扰。天电干扰是由雷电、大气的电离作用、火山爆发及地震等自然现象所产生的电磁波和空间电位变化所引起的干扰。

2. 电晕放电干扰

电晕放电干扰主要发生在超高压大功率输电线路和变压器、大功率互感器、高电压输变电等设备上。电晕放电具有间歇性，并产生脉冲电流。随着电晕放电过程将产生高频振荡，并向周围辐射电磁波。其衰减特性一般与距离的平方成反比，所以对一般检测系统影响不大。

3. 火花放电干扰

电动机的电刷和整流子间的周期性瞬间放电、电焊、电火花、加工机床、电气开关设备中的开关通断、电气机车的放电等。

4. 辉光、弧光放电干扰

通常放电管具有负阻抗特性，当和外电路连接时容易引起高频振荡。如大量使用荧光灯、霓虹灯等。

(四) 电气设备干扰

1. 射频干扰

电视、广播、雷达及无线电收发机等对邻近电子设备造成干扰。

2. 工频干扰

大功率配电线与邻近检测系统的传输线通过耦合产生干扰。

3. 感应干扰

当使用电子开关、脉冲发生器时，因在工作中会使电流发生急剧变化，形成非常陡峭的电流、电压前沿，具有一定的能量和丰富的高次谐波分量，会在其周围产生交变电磁场，从而引起感应干扰。

三、信噪比和干扰叠加

(一) 信噪比

干扰对测量的影响必然反映到测量结果中，它与有用信号交连在一起。衡量干扰对有用信号的影响通常用信噪比 (S/N) 表示：

$$\frac{S}{N} = 10 \lg \frac{P_S}{P_N} = 20 \lg \frac{U_S}{U_N}$$

式中 P_S ——有用信号功率；

P_N ——干扰信号功率；

U_S ——有用信号电压的有效值；

U_N ——干扰信号电压的有效值。

从上式可知，信噪比越大，干扰的影响越小。

(二) 干扰的叠加

1. 非相关干扰源电压相加

各干扰电压或干扰电流各自独立且互不干扰时，它们的总功率为各干扰功率之和。其电压之和为

$$U_N = \sqrt{\sum U_{Ni}^2}$$

2. 两个相关干扰电压之和

当两个干扰电压并非各自独立，存在相关系数 γ 时，其总干扰电压为

$$U_N = \sqrt{U_{N1}^2 + U_{N2}^2 + 2\gamma U_{N1} U_{N2}}$$

显然， $\gamma=0$ 时为非相关， γ 在 $0\sim 1$ 或 $-1\sim 0$ 时，两电压为部分相关。