

电阻应变效应与电阻应变式传感器

李洪津 邹来智 史延龄

电阻应变式传感器是直接利用电阻应变片将应变转化为电阻变化的传感器,具有灵敏度高、稳定性好等优点,因此广泛应用于力矩、压力、加速度、重量等测量领域。

一、电阻应变效应

外力作用于金属或半导体材料,使其发生机械变形,此时金属或半导体材料的电阻值就会随之发生变化,这种现象称为“电阻应变效应”。

对于一根金属电阻丝,设其电阻率为 ρ 、长度为 l 、横截面积为 S ,则在未受力时,金属电阻丝的原始电阻为 $R = \rho l / S$ 。当金属电阻丝受到拉力作用时将伸长 dl ,横截面积相应减少 dS ,电阻率改变 $d\rho$,从而引起金属电阻的变化 $dR = \rho dl / S + l d\rho / S - \rho l dS / S^2$ 。半导体材料在受到外力作用时,除产生形变外,其能带结构也要发生变化,从而引起电阻率更大的改变。一般情况下,半导体材料的灵敏度比金属丝高 50~80 倍。

二、电阻应变片

电阻应变片形式多样,常见的金属丝式电阻应变片和金属箔式电阻应变片都是由敏感栅、基片、覆盖层和引线等部分组成的(如图 1)。敏感栅是核心部件,由具有电阻应变效应的金属材料制成。敏感栅粘在由绝缘材料制成的基片上,其上的覆盖层保护敏感栅。基片受力后发生形变,带动敏感栅变形,于是敏感栅电阻产生变化。测得应变片电阻值变化量后,便可得到外力的大小。

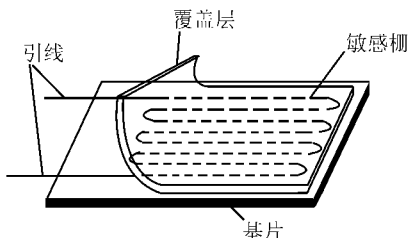


图 1 金属电阻应变传感器元件

敏感栅材料需要达到如下要求:灵敏系数大,且在相当大的应变范围内保持常数; ρ 值大,即在同样长度、同样横截面积的电阻丝中具有较大的电阻值;电阻温度系数小,否则阻值会因环境温度变化而改变;与铜线的焊接性能好,与其他金属的接触电势

小;机械强度高,具有优良的机械加工性能。

半导体材料的电阻应变片,一般是在单晶硅的基片上用扩散工艺或离子注入工艺及溅射工艺制成一定形状的应变元件。摩托罗拉公司的产品就是在单晶硅膜边缘上倾斜安置应变元件。当压力垂直施加于硅膜片时,产生剪切应力,使电阻变化。半导体材料的电阻应变片灵敏度比金属丝式和金属箔式电阻应变片要高,但半导体材料受温度影响大,所以其应用受到一定限制。

电阻应变片测量电路多采用电桥。根据所用电源的不同,电桥可分为直流电桥和交流电桥。4 个桥臂均为纯电阻时,用直流电桥精确度高;若有的桥臂为阻抗(即有电容、电感与电阻的组合)时,必须用交流电桥。实际测量中多采用交流电桥,理由有二:其一,电桥输出信号极弱,需要加放大器,加直流放大器容易产生零点飘移,加交流放大器可避免这一现象;其二,由于应变片与电桥电路采用电缆连接,当引线分布电容的影响不能被忽略时,也需要采用交流电桥。

三、电阻应变传感器应用举例

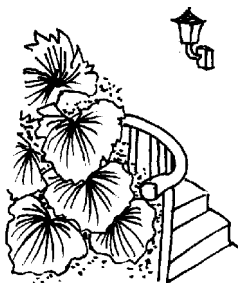
由电阻应变片及一些附件(补偿元件、保护罩等)组成的装置,称为电阻应变式传感器。电阻应变式传感器与其他类型传感器相比,具有测量范围广(既能检出 10Pa 的微压,又可检出 60MPa 的高压)、精度高(一般精度为 0.1%、高的可达 0.02%)、性能稳定、工作可靠、以及能够在恶劣环境条件下工作等优点,因此被广泛应用于压力、液体重量、加速度等物理量的测量。

压力的测量 压力的测量可用环式力传感器,其结构如图 2。图中 h 为圆环厚度, R 为圆环内径, R_1 、 R_2 为应变片, F 为所测压力。只要测出 A、B 两点处应变片的应变,即可得到压力 F 。

液体重量的测量 容器内液体的重量可用液体重量传感器测量,其结构如图 3。该传感器有一根传压杆,下面安装感压膜,上面安装两个微压传感器(里面有电阻应变敏感元件)。当形状不变的容器内液体增多时(即液体与空气接触的面积不变时),随着液体增多,感压膜受到的压力增大,此压力经传压

热泵与节能

李洪斌 杨先



能源是重要的战略资源之一,在社会可持续发展中起着举足轻重的作用。目前的世界能源消费以煤炭、石油、天然气等常规能源(不可再生能源)为主,然而现有探明储量显示,石油还能再开采 50 年左右、天然气 60 年、煤炭多一些约 170 年。去年的国际原油价格一度突破每桶(一桶等于 159 升) 70 美元,创下历史新高。我国沿海的一些大城市也首次出现汽车排队限量加油的现象。专家指出,能源供应在今后较长一段时间内将处于紧张状态。世界各国纷纷在能源研究领域投入大量的人力、物力。目前较为普遍的认识是,除大力开发新能源和可再生能源外,节约现有能源、延缓常规能源枯竭的最终期限也非常重要。因此有人把“节能”称为新开发的“第五大能源”,与煤炭、石油、天然气、水能四大能源相提并论。

20 世纪 50 年代中期第一次中东战争爆发,阿拉伯产油国家对石油实行了禁运政策,导致石油价格上涨,酿成世界范围内的第一次能源危机。热泵(heat pumps)是继第一次能源危机之后发展起来的一项节能技术,利用该技术系统消耗 1 个单位的电能可以获得 3~4 个单位甚至更多的热量,这并不违

背能量转化和守恒定律,具有显著的节能效果,是缓解目前能源供应紧张的一种有效手段。

热泵技术其实并不是新技术,其发展已历经一个多世纪。1824 年法国青年工程师卡诺首先提出热力学循环理论,1852 年开尔文又具体提出了热泵的设计思想,但是由于当时条件所限并未立即投入实际研发。直到 1917 年德国卡赛伊索达制造厂首次把热泵应用于工业生产,这一技术才引起较大轰动。但是当时热泵的初期投资远远高于其他采暖设备,加上那个时代燃料能源价格低廉,而驱动热泵工作的电能却十分昂贵,因此在经济上并不合算。另外,由于当时压缩机、换热器等核心部件的制造工艺还不成熟,导致该技术并未得到发展和推广。进入 20 世纪 50 年代,特别是 70 年代以来,随着社会生产力的进一步发展,常规能源供应日趋紧张。能源危机给欧美、日本等发达地区和国家的经济造成极大损失,才使热泵技术再次受到关注。

热泵的工作原理

单从名字上看,热泵和水泵有相似之处,只不过水泵是将水从低处送到高处,而热泵则是将热量从低温热源送到高温热源的一种装置。

热力学第二定律告诉我们,热量不可能自发地

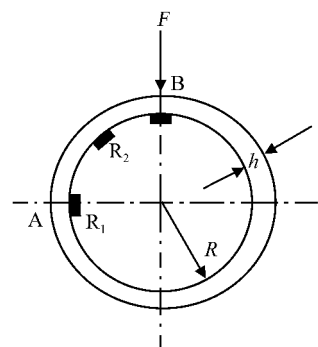


图 2 环式力传感器结构

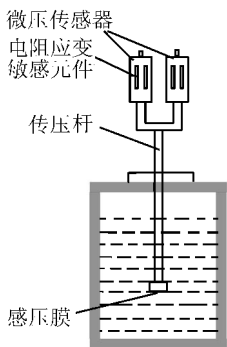


图 3 液体重量传感器

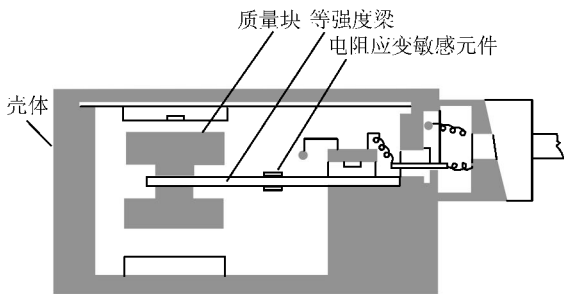


图 4 电阻应变式加速度传感器

杆上传给微压传感器,引起电阻应变敏感元件的反应,从而测得容器内液体的重量。

加速度的测量 电阻应变式加速度传感器主要用于物体加速度的测量,其结构如图 4。等强度梁的自由端安装质量块,另一端固定在壳体上,电阻应变元件粘贴在等强度梁上,壳体内充满硅油,用以调

节振动系统阻尼系数。测量时,将传感器壳体与被测对象连接,当被测对象以加速度 a 运动时,质量块受到一个与加速度方向相反的惯性力作用,使悬臂梁变形,该变形被粘贴在悬臂梁上的应变片感受到并随之产生应变,从而使应变片的电阻发生变化,由此得出加速度的大小。

(江苏省徐州工程兵指挥学院基础部 221004)