

利用一个双稳电路来计时,即触发发射脉冲的同时触发这个双稳,当反射的回波前沿到达接收器时,再用这个接收波前沿脉冲触发双稳,使之翻转。因此,这个双稳电路输出的方波脉宽就是所要测的回波时间。如果采用数字显示,就可以利用一个门电路,使得在双稳输出方波的这段时间内对由脉冲信号发生器送来的脉冲计数,用脉冲数来表示方波延续的时间。最后用数字显示此脉冲数。如果校正具长度为1米(来回声程为2米),调整脉冲信号发生器的频率,使之在双稳输出的方波脉宽 t_0 时间内共有1000个脉冲,则每个脉冲对应的液位变化为1mm。因此,测量探头计得的脉冲个数就代表了对应的液位高度。

回鸣测时法是当触发探头发射的第一个超声脉冲经被测液面反射,回波回到探头上时,这个回波的前沿又触发探头,使探头发出第二个超声脉冲。从第一个脉冲前沿到第二个脉冲前沿所经过的时间就是被测时间。在进行校正时,同双稳法一样。如果校正具长度为1米,液位单位用mm,则应用1000倍频,得到1000个脉冲,每个脉冲相当于1mm。因此在调整时,只需将超声波脉冲的发射与接收切换到校正具上,调整振荡器(如可控硅振荡器)的振荡频率,使计数器显示部分正好等于校正具的定长即可。

标定时,只需用数字频率计标定振荡器的振荡频率。

超声波测相界面位置,主要是利用固定校正具测超声波在介质中的速度,而速度的标定工作仍然归于频率的标定。例如,若设声脉冲在被测介质中的速度为 $U_0 = 1300 \text{ m/s}$,以毫米作为计量单位时,则脉冲的周期为 $T_0 = 2/1300 \times 1000 = 20/13 \mu\text{s}$,而该脉冲的频率为 $f_0 = 1/T_0 = 650 \text{ kHz}$ 。如果校正具长度 $L_0 = 1 \text{ m}$,则调节振荡器的频率使校正探头发出的声脉冲到接收脉冲的时间 t_0 内,计数器刚好计数1000个脉冲。然后用这个650kHz脉冲去计量声脉冲从测量探头到液界面的往返时间 t ,从计数器计得的脉冲数目便可知液界面的具体位置。

§ 2.14.3 激光式传感器的标定

对于激光干涉法测长的标定,主要是标定干涉条纹的数目,然后再换算为距离。由于干涉条纹数目由光电探测器检出后,变为光电脉冲数目,因此可用精密的数字计数装置来标定。对于较为精密的干涉测长仪,需对激光采取稳频措施,并且在测长仪内部有反射镜的激光管的轴向附加一个磁场。由于塞曼效应,附加磁场将产生两个具有一定相位差的振荡频率。当移动反射镜时,两个振荡频率的差频波对其中心频率产生多普勒频偏,将它们分别记数,用计算机作信号处理。

对激光调制法测距的标定,可用相位计标定相位差。

对激光雷达测距的标定,主要标定起始脉冲和终止脉冲之间的时间。

对激光扫描法测厚的标定,主要标定旋转反射镜转速,并用示波器测得扫过厚度为 d 的扫描时间。

对微波测厚的标定,主要标定补偿短路器的位移。其位移可用千分表测量。

§ 2.15 各种形式的测长、测厚传感器性能比较及发展方向

本章已对电阻式、电感式、电容式、核辐射式、超声式、微波式、激光式等各类长度、厚度传感器的工作原理、结构、主要性能等分别作了介绍。为了进一步了解它们的特点,用其所长。现将它们作一简单的综述和比较。

电阻式各类长度、厚度传感器,它们的结构简单,使用方便,输出信号大,应用范围广,精度较高,适宜于测量几毫米至几十毫米长度或厚度。但这类传感器由于因接触点的磨损,会

带来测量误差。从线路构成上来看,目前多为电桥式的,线路较简单。若采用恒流源供电,则可使各项指标有所提高,尤其是线性度。

电容式数字千分表、数字式游标卡尺和电容式测厚仪环形测孔,它们的测量精度较高,线性度好,量程范围宽。但要求传感器有一定屏蔽措施,以防杂散电容干扰。这类传感器除测量长、厚度、测孔外,还可以测量绝缘材料的含水量。如纸张、织物和木材等。

电感式各类长度、厚度传感器的精度高,已数字化显示,可与计算机接口。它们广泛用于各种机械设备的长、厚度参数的测量。其中电涡流式还可用来测量金属材料镀层厚度、绝缘材料导电层厚度及绝缘材料厚度。

核辐射式各类长度、厚度传感器,包括 α 、 β 、 γ 射线测厚和同位素单点对应物位计,均为非接触式测量。它们共同的特点是可以用于危险场合及高速运行物体的厚度(如热轧钢板和冷轧钢板厚度的测量,它们的运行速度在 $5\sim 37\text{m/s}$ 之间)测量。另外,可探测密封容器内的物位。这类传感器独特的优点是它们的分辨力较高。它们的共同弱点是射线对人体有害。因此,在使用过程中必须有相应的保护措施,以保人身安全。

超声式测厚、测物位传感器为非接触式测量。它们可用于危险场所。超声换能器寿命较高,它们对人体无害。透射式可用于测量有毒有腐蚀、高粘度流体及固体的料位。反散式可用于测金属镀层厚度。由于它有“盲区”存在,所以对小于“盲区”以内的物位(或距离)的测量有困难。

激光式测量是在上述所有测量法中精度最高的,其测量范围也大。由于激光具有和普通光线同样性质的一面,如反射、透射、折射、干涉等,又具有和普通光线不同性质的另一面,如它的能量集中、强度高、单色性好、扩散面小而方向性好等,因此激光传感器可用于强光照下和火焰照射下,甚至照射在 1500°C 左右的高温液态玻璃上,也能正常工作。它在各种工业设备的自控、军工中自动火炮的瞄准、动目标的自动跟踪以及作标准计量工具等方面都得到了应用。不过由激光传感器构成的测量系统,设备较复杂。这是它的美中不足之处。

光电式反射法、透射法及准直定位均为非接触式测量,测量精度虽不及激光式,但设备简单,也颇常用。尤其是光电式轮廓传感器和光电跟踪图形传感器,它们可以配合机械装置将被测对象的概貌直接反映出来。

空气测微计是利用气源作动力,可测量孔径、圆筒的纯直情况。它可用于易燃易爆的工作环境。

光纤式图像传感器能直接经光学系统和光纤传感器复现原图尺寸,既形象又逼真。但温度变化时,对光纤其性能影响较大。

临近传感器作为人体行走(或手动)定距,保证人身安全操作,都有着极为重要的意义。它的性能可靠,设备也简单。

由于各种检测仪表目前都在向重量轻、体积小、智能化、高精度、宽量程、多用途、集成化、高速化等方向发展,这就要求传感元件相应地发展。在实际应用中,往往利用多种原理构成新型传感元件。如核辐射式,最近发展为将光导纤维及放射性传感元件二者合为一体,构成功能式光纤传感器。又如微波式在向集成化微波元件发展。激光式的关键部件为激光管,正在进一步采取措施在电路方面进行稳频,提高其稳定性。

为了提高精度,各种传感技术广泛应用光学、电学的细分原则,进行更精细的细分。

本章所述的各类长度、厚度传感器的主要性能汇总列于表2.15.1中。

表 2.15.1 各种形式的测长、测厚传感器的主要性能汇总表

原 理	量 程	精 确 度	线性度	分辨力(分辨率)	优 点	缺 点	
电阻应变计	0~25mm	0.01~0.05%	0.03%	(0.1~0.2%)	精确度高, 输出稳定可靠, 适用温度范围宽	配用二次仪表较为复杂, 高精度时, 贴片工艺要求较高	
电 容 式	数字千分表	几个至几十个毫米	0.3μm		0.1μm	精确度高, 量程范围宽, 线性度好	要求有一定屏蔽措施
	数字式游标卡尺	100~几百mm	0.02~0.05mm		0.01mm		
	测厚仪	200μm(间隙)			0.01μm		
	环 形 测 孔				0.01~0.001μm	结构简单, 精度高, 分辨力好, 线性好	量程小, 可测小孔径
电 感 式	差动电感式或螺管形差动变压器式	100 多mm	0.2%	0.1%	最高0.01μm	精确度高, 数字显示, 可和计算机联	价格较机械式千分表要贵
	数字式千分卡尺	最大2m	0.2%	0.2%	最高0.1μm	量程宽, 精确度高, 可和计算机联	价格较机械式千分卡尺要贵, 分辨力较差, 电感式数字千分表要稍低
电涡流式	1~100mm	3%	1~3%	0.1μm	结构简单, 非接触式测量, 耐油污, 耐水	精确度不高, 易漂移	
核 辐 射 式	α 射线绕线测厚	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁸ mm	1%	2%	(1%)	可测晶体晶格面间距, 微小厚度, 非接触测量	线性度较差, 设备复杂
	电离室(²⁴¹ Am源β射线)	20~120 g/m ²			测厚灵敏度(10 ⁻¹⁰ A·g/m ²)	非接触式测量, 绝缘电阻大(大于10 ¹² Ω)	射源对人体有害, 需有安全措施
	α 射线测厚(透射式)	1~10mm(钢板厚)	1%	2%	(1%)	非接触式测量, 可测高速轧钢时钢板厚度(5~37 m/S)	同 上
	β 射线测厚(透射式)	质量厚度3000~8000 mg/cm ² (折合6~100mm钢板厚度)	±0.2%~±0.75%	1~2%	(1%)	较α射线测厚大, 而量程宽, 精确度高, 非接触式测量	除上述相同点外, 还需增加线性化措施, 超过射源半衰期后, 误差较大(这时需更换射源)
	β 射线及散射测厚	100~200 mg/cm ²	1~2%	1~2%	(1%)	可测镀层厚度, 非接触测量	量程范围小, 精确度差, 需有安全措施

续表

原 理		量 程	精 确 度	线性度	分 辨 力 (分 辨 率)	优 点	缺 点
核 辐 射 式	γ 射线 测厚	30~40mm (钢板厚)	测<1mm厚 时, 为 0.1 mm, 测 10~ 30mm 厚时, 为1%, 测30 ~40mm 厚 时, 为0.3mm	1~2%	(1%)	穿透钢板能力 最强, 量程范围 宽, 非接触式测 量	需有安全措施, 射源超过半衰期需 更换射源
	单点对应 物位计	300~500mm (水)	1~2%	1~2%	(1%)	安装简单 调整方便	测量范围窄
超 声 式	单探头 物位计	毫米~万米	没有校正具时 1% 有校正具时 0.1%			可进行非接触 式测量, 测量精 度高, 能用于危 险场所, 换能器 寿命长	不能测小于盲区 的距离, 液体波浪 大时, 误差大
	双探头法 物位计	毫米~万米	同 上			同上, 但盲区 很小	同 上
	测厚仪	<10m	同 上		±0.2mm	同上	同 上
激 光 式	全息显 微测长	45×60mm (全息图尺寸)	0.2~0.01%		αμm (显微镜分辨力)	精度高, 分辨 力强, 可从全息 图上测得所需尺 寸, 非接触测量	被测物尺寸受 全息图尺寸限制
	调制法 测距	白天测距 30km 夜间测距 80 km			±1mm (最高)	测量范 围 宽, 分辨力高	空气折射率变 化时, 影响测量 精度, 设备复杂
	雷达测 距	数千 km			10cm	可远程测距, 分辨力高	设备复杂、庞大
	扫描法 测厚	数 米			3×10^{-6} cm	分辨力高, 量 程范围宽	需用光学细分 法细分, 电路复 杂
	衍射法 测镀层 厚度	镀 层 厚 10~50μm (材料基体 直径0.5~ 200μm)	1%			非接触式测量, 可测金属、非金 属、透明体材料 镀层厚度	当被测物体直 径过大时, 不产 生衍射条纹
	量子干 涉测长	40cm	1%		10^{-11} cm	将尺寸测量变 为频率测量, 量 程大, 分辨力高	精确度一般
光 式 电	反射法 检测表 面缺陷	可加机械 移动装置, 扩大检测面	1%			非接触式, 装 置简单	精度一般
	透射法 测孔径 尺寸	一般为几 毫米至几厘 米	1%			同 上	同 上
	准直定位		1%			同 上	同 上

续表

原 理		量 程	精 确 度	线性度	分 辨 力 (分 辨 率)	优 点	缺 点
光 电 式	轮廓传感器	可测表面凸凹不平, 最大量程为±13μm 被测物长度不限	(绝对误差最大为0.25 μm) 一般为1%	± (1~2%)	1μm	非接触式测量, 可检验机械部件表面光洁度	只能在一维座标轴上移动被测物体
	跟踪图形	跟踪图形尺寸与扫描盘尺寸同			与光电检测元件的分辨力同	可二维跟踪、仿形, 可测各种奇异形尺寸	图形尺寸大小受扫描圆盘尺寸大小限制, 分辨力受光电检测元件分辨力限制
空气测微计		0.1mm		0.5%	0.1μm	非接触式, 可用于易燃易爆环境, 测小孔径尺寸及钝圆度	精度一般
光纤式图象传感器		可传输图形数十米				非接触式, 可直观检测尺寸	温度对性能影响大
微波式	测 厚	6mm	1%		0.01mm	非接触式, 性能稳定	精确度不太高, 量程范围小
	测物位	几毫米至几米	2%			量程范围大, 性能稳定	精确度不高
临近传感器		几厘米至几十厘米				结构简单, 工作可靠, 非接触式定距检测	限于人体或金属导体临近时起作用

参 考 文 献

[1] 《工程检测技术》，陈守仁主编，中央广播电视大学出版社，1984年5月第一版。

[2] 《仪器分析》，蒋光中编著，香港新兴图书公司出版，1979年3月版。

[3] 《微波技术基础》，北京邮电学院微波专业编，人民邮电出版社，1976年2月第一版。

[4] 《电子通信ハンドブック》，电子通信学会编，オーム社书店株式会社，1979年3月30日第一版。

[5] 《化工测量仪表》，《化工测量及调节仪表》编写组，上海人民出版社，1977年4月第一版。

[6] 《国外计量》，《国外计量》编辑部编辑，计量出版社出版，1980年第2期、第3期、第4期、第6期。

[7] 物位测量仪表，秦永烈编，机械工业出版社，1978年1月第一版。

[8] 《セニサ活用事例集》，青木 顺治，日本レギュレーター(株)，p48~p49。

[9] 《体效应半导体器件》，片冈照荣馆野 博著，科学出版社，1973年10月，第一版。

