

钢件表面裂纹深度的定量电测

高锷君 张泉林

(自动化系)

摘要 提出了利用交流电信号源注入测量探头的“交流电位法”无损检测原理,测定钢件表面裂纹侵入深度的定量数显方法。文中对这一测试原理作了简要论述,并提供了实施该测试原理的一个简易可行的电路,同时对该检测装置的精度进行了全面的分析。该装置中首次采用了单片机系统。

关键词 无损检测;交流电位法;表面裂纹;单片机;数显

0 概 述

凡是以安全和可靠作为主要要求的任何地方,诸如造船业、汽车制造业、建筑业、机器制造业及型材、制造中的压力容器、锅炉、管道、轴类、轨道、机加工零件等,在用肉眼或探伤仪器发现了钢材零件表面有裂纹时,都应测出表面裂纹的侵入深度,这对决定该零件是否能继续使用,应该修理或必须报废提供了一个可靠的依据,以保证安全和节约原材料及工时。裂纹深度的定量电测,就是要解决这个问题。

本文介绍的裂深定量电测装置,其主要元器件采用了低漂移、低失调的高精度集成电路,并配有单片机系统,裂纹深度数字显示可达三位半,还附设声光报警。因此该装置是一台高度集成化和智能化的数字设备。在保证了一定的测试条件下,它能较精确地测出0~30mm深度范围内的裂纹,并具有较好的稳定性。

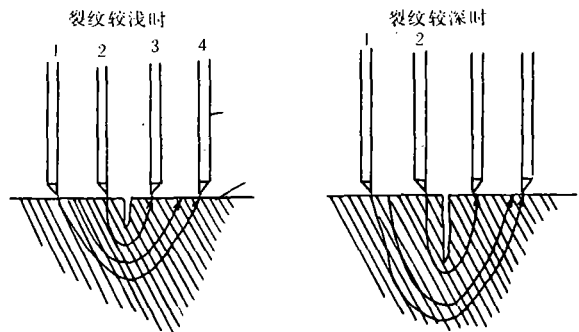


图1 导体中电流的分布

1 工作原理

裂纹深度定量电测的基本原理是根据电流通过金属时,由于受到裂纹阻碍的影响,使裂

纹两边的电位差,在不同深浅的裂纹时产生差异。裂纹越深,电流流过金属表面的距离越大,电位亦越大。在不考虑其他因素的影响时,该电位差与裂纹深度有一定的函数关系,电位差的差值大小由测量探头上的探针接受。测量探头上安装4根互相绝缘的探针,针上装有弹簧,以保证探针与被测件表面有良好的电接触。探头用电缆与装置插接。图1表示探头与被测件表面接触后,在两种不同深浅的裂纹时,导体中电流的分布情况。

图中探头两侧的二根探针1,4组成电流探针,注入足够大的交流电流;中间两根探针2,3组成电位探针,当其间夹有裂纹时,则2与3之间有一定的电位差。由于该电位差很微弱,故必须经电子电路处理后才能指示出裂纹深度。图2表示了测试原理框图。

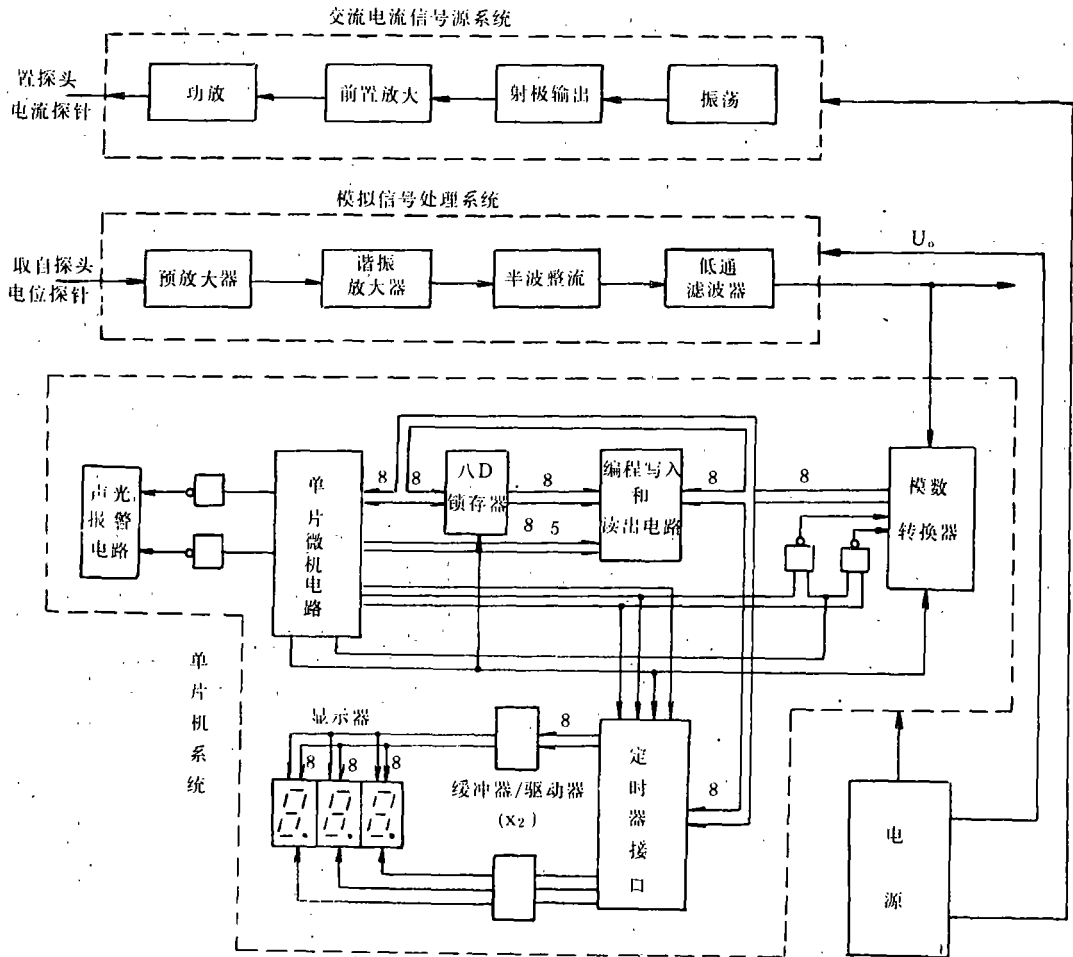


图2 电测装置的原理框图

由图可见,整个装置由探头、交流信号源系统、模拟信号处理系统、单片机系统及电源五部分组成。现将各部分原理简述如下:

1.1 探头

其原理上面已有介绍。

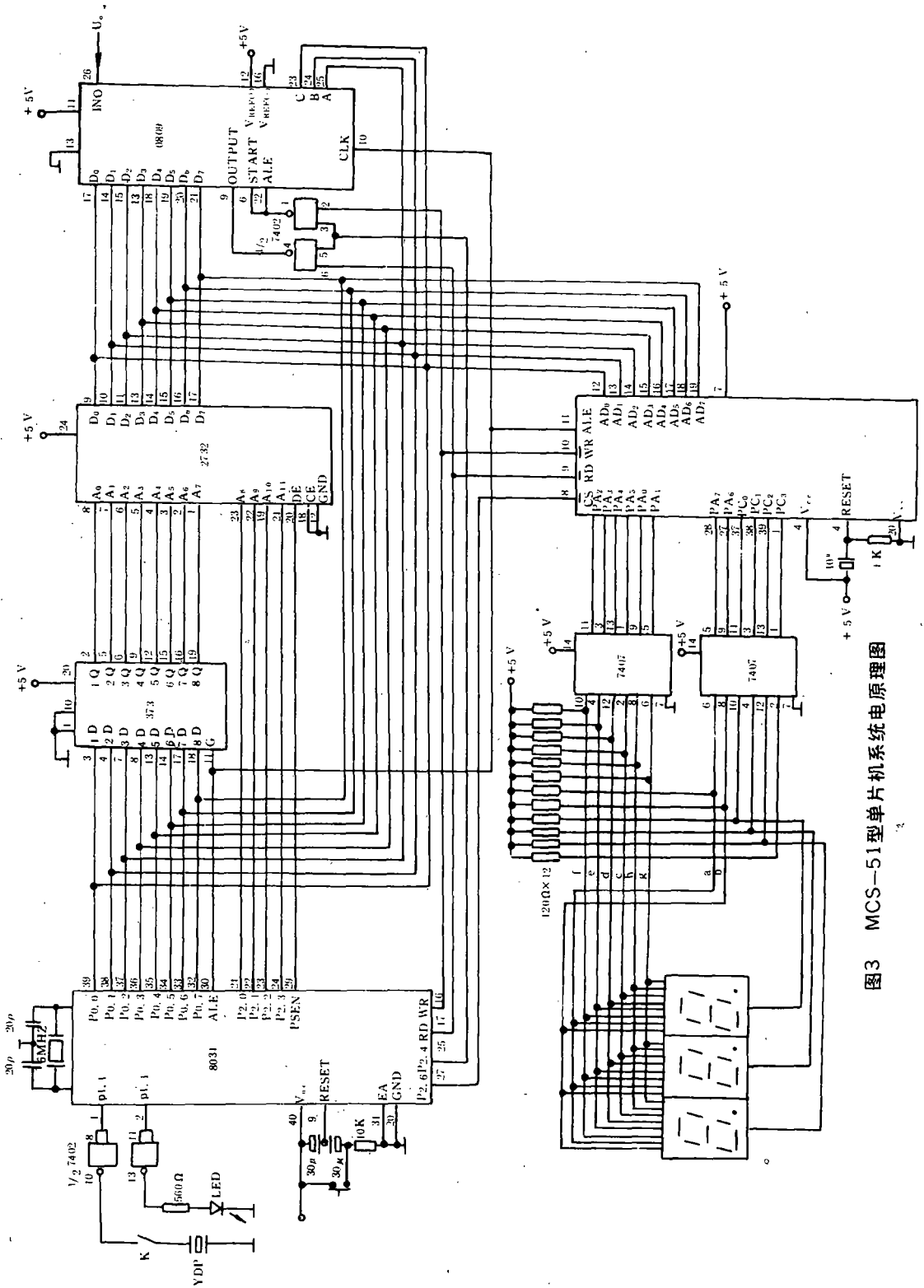


图3 MCS-51型单片机系统电原理图

1.2 交流信号源系统

该系统作为恒流源给探针提供一个频率为 2kHz 左右,有效值为 500mA 左右的电流。该系统由振荡器、射极输出器、前置放大器和功率放大器等组成。

1.3 模拟信号处理系统

该系统的主要作用是将电位探针接受到的微弱交流信号有选择地进行放大,并变成正的直流模拟电压作为单片机的输入信号。

系统的组成如下:高精度、低漂移斩波稳零运算放大器构成预放大器,它将电位探针接受到的微弱信号进行放大。使低通滤波器输出的直流电压 U_0 。在探头测试标准试块上的裂纹为 30cm 深度时,以满足单片机对输入的模拟信号的要求,又有利于数显的稳定性。

超低失调运算放大器和双 T 窄带滤波器构成谐振放大器,谐振频率 $f_0 \approx 2\text{kHz}$,双 T 网络参数的选择应尽量吻合交流信号源输出的电流频率,以减小杂波扰动的影响。

通用型运算放大器构成半波整流器,它将送来的 2kHz 左右的交流信号进行整流,输出正半波信号。然后经低通滤波器滤波后变成平滑的直流电压 U_0 输出。

1.4 单片机系统

裂纹深度和探头上电位探针接受到的电位差信号,在忽略其他因素的影响后成一定的函数关系,但并非是线性关系。单片机系统的主要任务就是进行非线性校准,因而裂纹深度直接以数字显示,同时发出声光报警。

本装置中采用了 MCS-51 型单片机系统,其电路见图 3。

其中 0809 为 8 位 A/D 转换器,它将模拟信号处理系统送来的直流电压 U_0 变换成八位二进制数字信号。非线性校准的主要任务是由单片微机电路 8031 完成的。测量信号的数字显示由接口器件 8155 和六缓冲器/驱动器 7407 实现,8155 的 A 口控制字形,C 口控制灯位。显示器采用三个八段共阴极数码显示器 LTS547R. 2732 为编程写入和读出电路,所有程序均固化在一块 4K 字节的 EPROM 中,其中主要程序流程框图:

初始化程序流程框图(见图 4),和中断服务程序流程框图(见图 5)。

说明:

a. A/D 片先启动间隔 10ms,即一个中断周期后再取数。在子程序中表现为先取样后启动,实为启动后间隔 10ms,定时采样,以保证定时大大超过规定值,这样既省时间又使 A/D 转换值正确。

b. 数字滤波是软件抗干扰措施,使滤波值接近实际值,以防干扰值作为样本。

c. 查表求裂纹值,以解决裂纹深度与转换成电压值的非线性问题。

1.5 电源

本装置共需 4 组直流稳压电源,均采用塑封三端固定式稳压集成块组装。其中 9V (0.3A) 供给交流电流信号源系统用;±15V (0.1A) 供给单片机系统用。

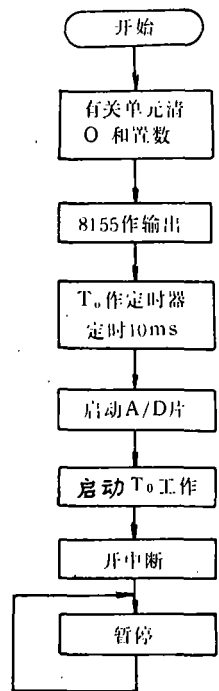


图 4 初始化程序流程框图

2 测量精度探讨

利用本装置测量时,首先应以厚度 $\geq 40\text{mm}$ 的,用45#钢制作的标准试块为基准,对装置作校正测量,以判断装置是否正常。装置的测量精度与探头的加工精度及探头与被测工件表面的接触情况密切相关。探头在滑动测量时,力求探针作纵向垂直位移。此外,由于工件表面的油污、锈痕引起的接触不良等也有可能影响电位探针接受到的电位差信号的大小,从而引起测量误差,可以规定一些测试条件以克服这些系统误差。

使用本装置测量时,还应注意以下几种特殊情况:

a. 开口裂纹的长度 L 与从表面开始的开口裂纹深度 D 的比值 (L/D) 值变化时,则测定值也随之变化。表1给出了不同开口裂纹长度 L 和开口裂纹深度 D 时,测得的直流输出电压 U_0 。由表可见,当 L/D 比值较大时,测量精度相对较高。

表1 不同 L 和 D 时 U_0 的值(V)

D(mm)	L(mm)				
	40	45	50	55	60
0	0.42	0.43	0.44	0.44	0.44
3	0.72	0.73	0.74	0.74	0.74
6	0.94	0.95	0.96	0.96	0.96
15	1.72	1.74	1.75	1.76	1.76
30	2.34	2.36	2.37	2.38	2.38

b. 当开口裂纹中间夹有导电物质或裂纹断续时,电流从导电物质或非断截面短路,装置将失去应有的精度。

c. 当被测工件带有磁性时,使电流流过线路的阻抗发生变化,测定值也随之变化,测量精度降低。磁性越强,精度越低。

总之,影响裂深无损检测精度的因素较多,但有些因素是可以设法消除的,在基本消除了某些因素的影响时,实际检测精度一般不低于 $\pm 5\%$ 。

3 结论

本装置采用的是“交流电位法”无损检测原理,结论如下:

a. 若被测裂纹的形状是弯曲或斜向伸入金属内部的,则装置显示出的裂纹尺寸是裂纹的全部尺寸,而不是与表面垂直的尺寸,对于斜裂纹的倾角不能测量。

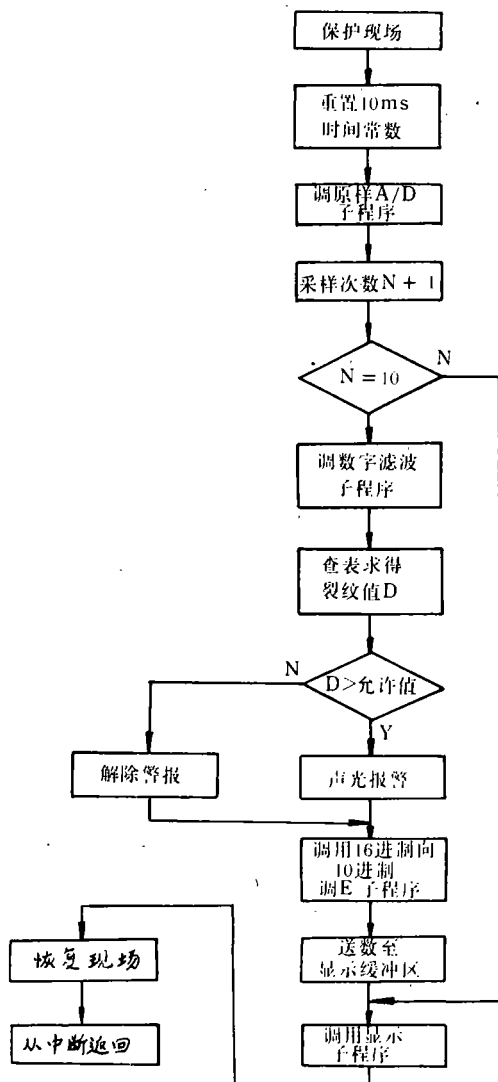


图5 中断服务程序流程框图

b. 适合用于各种碳素钢及合金钢材制作的工件的裂纹测量。对铸、锻件裂纹的测量具有一定的局限性,同时对用有色金属材料制作的工件的裂纹测量一般不适用。

c. 经实际使用表明:在保证探头精度和一定的测试条件下,证明性能良好,完全可达到预定的检测精度要求,具有一定的实用价值。

The Quantitative Electrical Measurement of the Crack depth on the Surface of Steel Products

Gao Ejun Zhang Quanlin

(Dept. of Auto.)

Abstract A method of quantitative digital display in measuring the depth of surface crack on the steel products is introduced. The principle of harmless detection, eg, alternative potentiometry, injecting the alternative current signal into measurement sensor's head is chiefly discussed. A simple and used circuit of measurement was given. Also the precision of this measurement instrumentation is analysed particularly. In this instrumentation the single-chip microprocessor was used. The report about this has not yet been made in China.

Key-words Harmless detection; alternative potentiometry; Surface crack; Single-chip microprocessor; Digital display