

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101323047 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 200810040910.7

(22) 申请日 2008.07.24

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 孟国香 王先锋 冯正进 谢文华
叶骞

(74) 专利代理机构 上海交达专利事务所 31201

代理人 王锡麟 王桂忠

(51) Int. Cl.

B23K 11/24 (2006.01)

B23K 11/11 (2006.01)

审查员 李徽

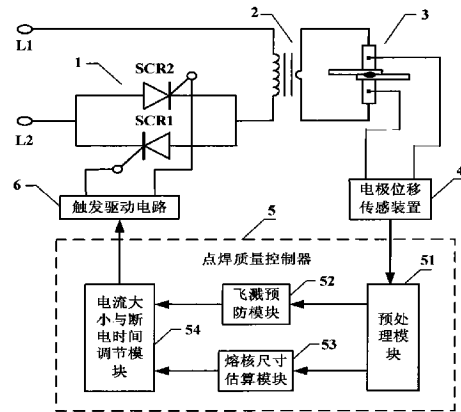
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

基于电极位移的电阻点焊质量控制装置与方法

(57) 摘要

本发明公开一种焊接技术领域的基于电极位移的电阻点焊质量控制装置与方法。在初级回路的输入端加上 380V 的交流电源,在反并联晶闸管的可控触发下,交流电压经变压器降压将焊接能量转换到次级回路;在次级回路里获得大电流对工件进行焊接,工件的点焊部位产生热膨胀,其膨胀量由电极位移传感装置进行测量;点焊质量控制器采集电极位移传感装置的位移测量值后进行数值处理,得到飞溅预防判断与熔核尺寸的估测,以此获得焊接电流控制电压信号输给触发驱动电路;触发驱动电路发出触发脉冲给反并联晶闸管来控制晶闸管的导通角,从而有效调节焊接电流与控制焊接质量。本发明能够较好地解决电阻点焊质量的实时监测与控制问题。



1. 一种基于电极位移的电阻点焊质量控制装置,包括一初级回路,一次级回路,一电极位移传感装置,一触发驱动电路和一点焊质量控制器,其中:

所述初级回路由一反并联晶闸管和一焊接变压器的原边串连而成,其输入端加上 380V 的交流电压;

所述次级回路由焊接变压器的副边和夹持工件的电极串连而成,当电极间压紧工件时形成电路闭环;

所述的反并联晶闸管处于初级回路,用来控制初级回路中交流电源电压的导通角,从而控制焊接电流的大小;

所述的焊接变压器处于初级回路与次级回路之间,用来将初级回路的高电压低电流变为次级回路的低电压高电流,从而为工件的点焊提供大电流;

所述的夹持工件的电极装在固定式点焊机的电极握杆上,用来压紧被焊工件和接通次级回路的电流以产生电阻热来焊接工件;

所述的电极位移传感装置固定在夹持工件的电极中的下电极,其位移触头与固定在夹持工件的电极中的上电极的挡块接触,用来测量电极间的电阻热膨胀,其信号输出线与点焊质量控制器的数据采集端口相连;

所述点焊质量控制器用来实现初始参数的设置、位移信号的采集、电极气缸的控制以及焊接电流的控制电压的输出,点焊质量控制器采集电极位移传感装置的位移测量值后进行数值处理,得到飞溅预防判断与熔核尺寸的估测,以此获得焊接电流控制电压信号输给触发驱动电路;

所述的触发驱动电路与点焊质量控制器的 D/A 输出端口连接,接收点焊质量控制器的控制电压信号后产生触发脉冲,触发驱动电路的脉冲输出端口与反并联晶闸管相连,其产生的触发脉冲用来触发反并联晶闸管的导通,不同控制电压对应不同的导通角,从而有效控制焊接电流的大小;

所述点焊质量控制器包括:预处理模块、飞溅预防模块、熔核尺寸估算模块、电流大小与断电时间调节模块,其中:预处理模块接收电极位移传感装置的位移信号,进行低通滤波和带通滤波处理,处理后的结果送入飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块,飞溅预防模块根据位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生,熔核尺寸估算模块采用 HMM 模型实时估算出熔核尺寸的大小,飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块的处理结果一并送入电流大小与断电时间调节模块,焊接电流大小与断电时间调节模块根据飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块的处理结果来调节焊接电流,并输出新的焊接电流的控制电压;

所述的飞溅预防模块根据位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生是指:在固液变相阶段,交流电流的每半周波脉冲能量的输入会使电极位移发生相应的热膨胀,通过 100Hz 的滤波处理将每半周波的位移热膨胀特征值提取出来,将 100Hz 带通滤波出来的曲线的峰值与对应条件下的阈值进行比较,判断是否超过阈值,如果超过阈值,则将焊接电流的控制电压下调,如果未超过阈值,则不发出电流调节信号。

基于电极位移的电阻点焊质量控制装置与方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种焊接技术领域的质量控制装置和方法,具体地说,涉及的是一种基于电极位移的电阻点焊质量控制装置与方法。

背景技术

[0002] 电阻点焊以其高效率、低成本、高自动化程度等优点,在工业生产中有着相当广泛的应用。但电阻点焊是一个高度非线性、有多变量耦合作用和大量随机不确定因素的过程,其接头质量易受诸多因素的影响,并且焊点质量信息提取困难。

[0003] 经对现有技术的文献检索发现,中国专利 ZL98102944.2 是通过电流传感器提供的控制角与导通角经查表得到功率因数角,再通过计算得到每半周波的平均电阻值,然后利用动态电阻曲线估算熔核尺寸,该方法的不足之处是获取的信息单一,无法有效防止点焊喷溅的产生,对分流、电极磨损等干扰较难建立精确的隐马尔可夫模型,且动态电阻曲线是由查表计算间接获取的,精度易受影响。检索中还发现,中国专利 200510047082.6 通过采集网压同步信号,次级回路电流信号、电流过零信号与电极位移信号提取有效特征信息,基于专家知识库进行信息融合处理估测出熔核直径,用模糊或 PID 控制方法进行点焊过程热量和时间调节,该方法采集的特征信息多,使专家知识库的建设难度增大,且该发明是基于电阻点焊电流、动态电阻和电极位移信号与熔核直径的线性对应关系进行建模的,而实际上,各点焊监控参数与熔核直径之间具有较强的非线性,从而降低信息融合模型估测熔核直径的准确性。

发明内容

[0004] 本发明针对现有技术存在的上述问题,提供一种基于电极位移的电阻点焊质量控制装置与方法,能够较好地解决电阻点焊质量的实时监测与控制问题。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0006] 本发明所涉及的基于电极位移的电阻点焊质量控制装置,包括初级回路、次级回路、电极位移传感装置、触发驱动电路和点焊质量控制器。其中:

[0007] 所述初级回路由一反并联晶闸管和一焊接变压器的原边串连而成,其输入端加上 380V 的交流电压;

[0008] 所述次级回路由焊接变压器的副边和夹持工件的电极串连而成,当电极间压紧工件时形成电路闭环;

[0009] 所述的反并联晶闸管处于初级回路,用来控制初级回路中交流电源电压的导通角,从而控制焊接电流的大小;

[0010] 所述的焊接变压器处于初级回路与次级回路之间,用来将初级回路的高电压低电流变为次级回路的低电压高电流,从而为工件的点焊提供大电流;

[0011] 所述的夹持工件的电极装在固定式点焊机的电极握杆上,用来压紧被焊工件和接通次级回路的电流以产生电阻热来焊接工件;

[0012] 所述的位移传感装置固定在夹持工件的电极中下电极,其位移触头与固定在夹持工件的电极中上电极的挡块接触,用来测量电极间的电阻热膨胀,其信号输出线与点焊质量控制器的数据采集端口相连;

[0013] 所述点焊质量控制器用来实现初始参数的设置、位移信号的采集、电极气缸的控制以及焊接电流的控制电压的输出,点焊质量控制器采集电极位移传感装置的位移测量值后进行数值处理,得到飞溅预防判断与熔核尺寸的估测,以此获得焊接电流控制电压信号输给触发驱动电路;

[0014] 所述的触发驱动电路与焊接控制器的 D/A 输出端口连接,接收点焊质量控制器的控制电压信号后产生触发脉冲,触发驱动电路的脉冲输出端口与反并联晶闸管相连,其产生的触发脉冲用来可靠触发反并联晶闸管的导通,不同的控制电压对应不同的导通角,从而有效控制焊接电流的大小。

[0015] 所述点焊质量控制器包括:预处理模块、飞溅预防模块、熔核尺寸估算模块、电流大小与断电时间调节模块。预处理模块接收电极位移传感装置的位移信号,进行低通滤波和带通滤波处理,处理后的结果送入飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块,飞溅预防模块根据位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生,熔核尺寸估算模块采用 HMM(隐马尔可夫模型)实时估算出熔核尺寸的大小,飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块的处理结果一并送入电流大小与断电时间调节模块,焊接电流大小与断电时间调节模块根据飞溅预防模块和熔核尺寸估算模块的处理结果来调节焊接电流,并输出新的焊接电流的控制电压。

[0016] 本发明所涉及的基于电极位移的电阻点焊质量控制方法,包括如下步骤:

[0017] 第一步,设置初始焊接参数,起动焊接循环;

[0018] 第二步,电极压下,夹紧工件,并预压一段时间;

[0019] 第三步,点焊质量控制器输出初始焊接电流的控制电压,开始焊接,同时采集电极位移信号;

[0020] 第四步,点焊质量控制器对电极位移信号进行数值处理,根据处理结果来调节焊接电流,并输出新的焊接电流的控制电压;

[0021] 第五步,重复第四步,直到焊接电流切断;

[0022] 第六步,保压一段时间后电极退回,人机界面显示估测的焊点熔核尺寸,一个点焊循环结束,等待下一个点焊循环。

[0023] 第四步中,所述点焊质量控制器对电极位移信号进行数值处理,具体如下:

[0024] 步骤一,将采集的位移信号进行低通滤波和带通滤波预处理;

[0025] 步骤二,根据步骤一得到的预处理数据和位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生;

[0026] 步骤三,根据步骤一得到的预处理数据,采用 HMM 实时估算出熔核尺寸的大小;

[0027] 步骤四,根据步骤二和步骤三的处理结果来调节电流大小与断电时间,并输出新的焊接电流的控制电压。

[0028] 步骤一中,所述的低通滤波是指虑掉 10Hz 以上的位移波动,然后每个焊接周波提取一个观测值,其观测值序列用于实时估算熔核尺寸。

[0029] 步骤一中,所述的带通滤波是指虑出 100Hz 附近的交流电阻热的位移波动曲线,

提取该曲线的峰值用于预防飞溅处理。

[0030] 步骤二中,所述根据位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生,是指:在固液变相阶段,交流电流的每半周波脉冲能量的输入会使电极位移发生相应的热膨胀,电流越大,半周波内膨胀的幅度越大,利用半周波内位移的热膨胀量可以有效地抑制飞溅的发生,通过 100Hz 的滤波处理能很好地将每半周波的位移热膨胀特征值提取出来。将 100Hz 带通滤波出来的曲线的峰值与对应条件下的阈值进行比较,判断是否超过阈值,如果超过阈值,则将焊接电流的控制电压下调,如果未超过阈值,则不发出电流调节信号。

[0031] 步骤三中,所述采用 HMM 实时估算出熔核尺寸的大小,包括三个步骤:第一,需对电极位移数据进行预处理,包括滤波和观测值的符号序列化;第二,进行 HMM 模型的匹配,HMM 模型的匹配采用前向后向算法,通过 HMM 模型库中每个模型对离散位移观测符号序列进行评估后选择出最匹配的模型;第三,用 HMM 模型进行解码,对观测序列 O 用最匹配的 HMM 模型进行解码,用 Viterbi 算法(一种现有的解码算法),在最佳意义上确定一个状态序列。

[0032] 步骤四中,所述调节电流大小与断电时间,是指:用 HMM 模型估测出熔核尺寸后,与储存在控制器里的预存参数进行比较,如果第 N 周波估测值 v_{est} 小于预定值 v_{pre} ,则在设定范围内增加焊接电流,如果大于预定值 v_{pre} ,则在设定范围内减小电流,直到达到预定的周波数,如果此时估测值 v_{est} 小于预定值 v_{pre} ,可以再延长一个或多个周波,否则断电,焊接结束。

[0033] 步骤四中,所述输出新的焊接电流的控制电压,是指:在给脉冲驱动电路发出焊接电流控制电压前,还考虑预防飞溅处理的结果,如果预测有飞溅发生的趋势,则输出的焊接电流控制电压取变化范围内的最小值,如果没有飞溅发生的趋势,则以熔核尺寸处理的结果为焊接电流控制电压的调节标准。

[0034] 本发明具有以下优点:1、采用高精度数字编码位移传感器进行位移信号采集,能有效排除因分流、电极磨损等因素的影响,且具有较强的抗电磁干扰能力;2、采用运算速度高的控制器,能满足焊接控制过程的实时性要求;3、利用位移信号中虑出的 100Hz 热膨胀脉冲曲线的最大峰值进行有效的飞溅预防;4、采用具有“双随机过程”的 HMM 模型进行熔核尺寸的实时估测,能较好的解决监控参数与焊接质量之间的非线性关系以及多种随机因素引起的焊接质量波动问题。

附图说明

[0035] 图 1 为本发明装置实施例结构框图;

[0036] 图 2 为本发明装置实施例中点焊质量控制器结构框图;

[0037] 图 3 为焊接循环流程框图;

[0038] 图 4 为 HMM 的组成示意图;

[0039] 图 5 为 HMM 模型训练过程示意图;

[0040] 图 6 为 HMM 模型的解码过程示意图;

[0041] 图 7 为基于熔核尺寸估算值的焊接电流调节的程序框图。

具体实施方式

[0042] 下面结合附图对本发明的实施例作详细说明：本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施，给出了详细的实施方式和具体的操作过程，但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0043] 实施例

[0044] 本实施例以 1mm 厚的低碳钢焊接为例，用采集的电极位移信号为观测值，采用隐马尔可夫模型进行建模，实时估测出熔核直径的大小。隐马尔可夫模型是一种具有“双随机过程”的概率模型，对焊接过程中出现的随机影响因素具有较好处理能力，能较好的适应实际焊接中有高度非线性、多变量耦合作用和大量随机不确定因素的过程。

[0045] 如图 1 所示，本实施例所述的电阻点焊质量控制装置，包括：反并联晶闸管 1，焊接变压器 2，夹持工件的电极 3，位移传感装置 4，点焊质量控制器 5，触发驱动电路 6。

[0046] 所述一反并联晶闸管 1 和一焊接变压器 2 的原边串连构成初级回路，其输入端加上 380V 的交流电压；

[0047] 所述焊接变压器 2 的副边和夹持工件的电极 3 串连而成次级回路，当电极间压紧工件时形成电路闭环；

[0048] 所述的反并联晶闸管 1 处于初级回路，用来控制初级回路中交流电的导通角，从而控制焊接电流的大小；

[0049] 所述的焊接变压器 2 处于初级回路与次级回路之间，用来将初级回路的高电压低电流变为次级回路的低电压高电流，从而为工件的点焊提供大电流；

[0050] 所述的夹持工件的电极 3 装在固定式点焊机的电极握杆上，用来压紧被焊工件和接通次级回路的电流以产生电阻热来焊接工件；

[0051] 所述的位移传感装置 4 固定在夹持工件的电极 3 中下电极，其位移触头与固定在夹持工件的电极 3 中上电极的挡块接触，用来测量电极间的位移量，其信号输出线与点焊质量控制器的数据采集端口相连；

[0052] 所述的电极位移的测量，采用德国海德汉公司的 HEIDENHAIN-SPECTO 系列长度计进行电极位移的检测。该系列长度计是基于光电扫描增量式刻度尺的测量原理，具有精度高、精度稳定的特点。本发明选用输出为 TTL 方波信号的长度计，具有较强的抗干扰性能，其准确度 $\pm 1\mu\text{m}$ ，响应频率最大 200KHz，满足点焊的测量精度与实时性要求。

[0053] 所述点焊质量控制器 5 用来实现初始参数的设置、位移信号的采集、电极气缸的控制以及焊接电流的控制电压的输出，点焊质量控制器 5 采集电极位移传感装置 4 的位移测量值后进行数值处理，得到飞溅预防判断与熔核尺寸的估测，以此获得焊接电流控制电压信号输给触发驱动电路 6；

[0054] 所述的触发驱动电路 6 与点焊质量控制器 5 的 D/A 输出端口连接，接收点焊质量控制器 5 的控制电压信号。触发驱动电路的脉冲输出端口与反并联晶闸管 1 相连，其产生的触发脉冲用来可靠触发反并联晶闸管 1 的导通，不同的控制电压对应不同的导通角，从而有效控制焊接电流的大小。

[0055] 在初级回路的输入端 L1 与 L2 之间加上 380V 的交流电源，在反并联晶闸管 1 的可控触发下，交流电压经焊接变压器 2 降压将焊接能量转换到次级回路；在次级回路里获得大电流对工件进行焊接，工件的点焊部位产生热膨胀，其膨胀量由电极位移传感装置 4 进

行测量；点焊质量控制器 5 采集电极位移传感装置 4 的位移测量值后进行数值处理，得到飞溅预防判断与熔核尺寸的估测，以此获得焊接电流控制电压信号输给触发驱动电路 6；触发驱动电路 6 发出触发脉冲给反并联晶闸管 1 来控制晶闸管的导通角，从而有效调节焊接电流来控制焊接质量。

[0056] 所述的点焊质量控制器 5 包括：预处理模块 51、飞溅预防模块 52、熔核尺寸估算模块 53、电流大小与断电时间调节模块 54，预处理模块 51 接收电极位移传感装置 4 的位移信号，进行低通滤波和带通滤波处理，处理后的结果送入飞溅预防模块 52 和熔核尺寸估算模块 53，飞溅预防模块 52 根据位移曲线 100Hz 的电阻热位移波动的物理特征来预防飞溅发生，熔核尺寸估算模块 53 实时估算出熔核尺寸的大小，飞溅预防模块 52 和熔核尺寸估算模块 53 的处理结果一并送入电流大小与断电时间调节模块 54，焊接电流大小与断电时间调节模块 54 根据飞溅预防模块 52 和熔核尺寸估算模块 53 的处理结果来调节焊接电流，并输出新的焊接电流的控制电压。

[0057] 如图 2 所示，本实施例中点焊质量控制器 5 采用 TI 公司的两个 DSP 芯片及外围电路实现，具体构件包括 DSP2407，DSP5402，D/A 输出模块，I/O 输出模块，I/O 输入模块，QEP 输入模块，UART 串口，LCD 液晶显示接口，LCD 液晶器，HPI 口，键盘以及直流电源等。

[0058] 所述的 DSP2407 与 4 通道 D/A 模块通过 DSP 总线连接，将焊接电流控制电压的数字信号经 D/A 模块后转换为模拟信号输出给触发驱动电路的控制电压输入端子。

[0059] 所述的 DSP2407 自带的 GPI/O 端口分别与焊接循环启动按钮、网压同步电路脉冲输出端子、气缸驱动电路电磁阀控制端子等连接，完成 I/O 模块的输入输出任务。

[0060] 所述的 DSP2407 自带的 QEP 输入端口与电极位移信号输出端子连接，用来对位移信号进行数字编码计数。

[0061] 所述的 DSP2407 与 2 通道的 UART 模块通过 DSP 总线连接，用来接收与发送焊接信号的数据。

[0062] 所述的 DSP2407 直流电源输入端口分别与直流电源的 +15V、-15V、5V、GND 的输出端子连接，为 DSP2407 提供电源。

[0063] 所述的 DSP5402 通过 HPI 端口与键盘相连，为焊接初始参数的输入提供输入人机界面。

[0064] 所述的 DSP5402 通过 LCD 液晶显示接口与 LCD 液晶器相连，为焊接初始参数的输入与焊点熔核尺寸估计值输出提供显示人机界面。

[0065] 所述的 DSP5402 与 1 通道的 UART 模块通过 DSP 总线连接，用来接收与发送焊接信号的数据。

[0066] 所述的 DSP5402 直流电源输入端口分别与直流电源的 5V、GND 的输出端子连接，为 DSP5402 提供电源。

[0067] 所述的 DSP2407 与 DSP5402 通过 COMS 电平进行通讯，实时传递焊接数据。

[0068] 本实施例的点焊质量控制器对位移数据的采集及处理过程如下：DSP2407 通过自带 QEP 输入电路对电极位移传感装置输出的位移信号进行编码和计数，并将位移数据存储到特定区域；DSP2407 将采集的位移数据通过 UART 串口以 COMS 电平发送给 DSP5402；DSP2407 对采集的位移数据进行 100Hz 的带通数字滤波处理，虑出因交流电阻热引起的 100Hz 的电极位移热膨胀波动曲线，并提取该曲线的峰值；DSP2407 对提取的峰值进行飞溅

预防判断,将峰值与预存的阈值进行比较,得出判断结果,等待 DSP5402 的熔核尺寸估测信息;DSP5402 通过 UART 串口接收到位移数字信号后,对位移信号进行低通滤波,滤掉 10Hz 以上的位移波动曲线,并进行周波离散化取样,得到离散的位移测量值;DSP5402 对离散的位移测量值进行符号序列化,得到离散的观测值序列;DSP5402 利用 HMM 模型库中每个模型对离散位移观测符号序列进行评估后选择出最匹配的模型;DSP5402 利用最匹配的 HMM 对观测序列 O 进行解码,在最佳意义上确定一个状态序列;DSP5402 对解码的状态序列进行估测值还原,获得熔核尺寸的估测值;DSP5402 将熔核估测值与预存的相应周波的熔核尺寸进行比较,作出对焊接电流控制电压的调节处理,给出调节值;DSP5402 将焊接电流控制电压的调节信号通过 UART 接口发送给 DSP2407;DSP2407 接收到焊接电流控制电压的调节信号后,综合考虑飞溅预防模块的处理结果,当预测有飞溅发生的趋势时,则输出的焊接电流控制电压取变化范围内的最小值,如果没有飞溅发生的趋势,则以熔核尺寸估算模块输出的信息为焊接电流控制电压的调节标准;DSP2407 通过 D/A 模块将焊接电流控制电压的调节信号输出给脉冲驱动电路的控制电压输入端子,从而对焊接电流进行调节,实现焊接质量的实时控制。

[0069] 如图 3 所示,本实施例所述的焊接循环流程如下:

[0070] 在点焊质量控制器人机界面设置焊接初始参数;启动焊接循环按钮进入点焊循环;

[0071] 输出 I/O 信号使气缸电磁阀动作,电极压下,进入预压定时阶段;预压结束后,程序进入焊接周波阶段,以初始参数进行焊接;

[0072] 点焊质量控制器采集位移传感装置输出的信号,并进行预处理;

[0073] 点焊质量控制器对位移信号进行飞溅预防与熔核尺寸估算处理;

[0074] 点焊质量控制器综合考虑飞溅预防与熔核尺寸估算信息对焊接电流与断电时间进行调节;焊接阶段结束后进入保压定时阶段;

[0075] 保压阶段结束后进入休止定时阶段;人机界面显示熔核尺寸的估测值;点焊质量控制器等待下一次焊接循环按钮的启动。

[0076] 如图 4 所示,本实施例所述的隐马尔可夫模型 (Hidden Markov Models, HMM) 是一个“双随机过程”,其中之一是 Markov (马尔可夫) 链,它描述了状态的转移,产生一定的状态序列 q_1, q_2, \dots, q_T ,但是状态序列是被隐藏起来,无法观察的;另外一个随机过程描述了状态和观测值之间的统计对应关系。不同的状态按照各自概率函数产生一定的观测序列 o_1, o_2, \dots, o_T 。观测者只能看到观测值,而不能看到 Markov 链中的状态,只能通过一个随机过程去感知状态的存在以及它的特征。

[0077] 本实施例所述的 HMM 模型可以表示为: $\lambda = (N, M, \pi, A, B)$,其中, N :模型中 Markov 链的状态数目; M :每个状态对应的可能出现的观测数目; π :初始状态的概率矢量; A :状态的转移矩阵; B :观测值的概率矩阵。

[0078] 图 4 为 HMM 的组成示意图,其中 Markov 链的模型用 (π, A) 表示,随机过程的统计对应模型用 (B) 表示。

[0079] 如图 5 所示,本实施例所述的 HMM 模型是通过样本数据训练来的, HMM 模型的训练采用 Baum-Welch 算法 (一种现有的训练算法),在确定初始 HMM 模型 $\lambda_0 = (\pi, A, B)$ 的基础上,输入观测值序列 O ,用该算法进行训练,得到新的 HMM 模型 $\lambda = (\pi, A, B)$,使得在

新的模型下产生的观察值序列 O 概率 $P(O|\lambda)$ 最大。

[0080] 如图 6 所示,本实施例所述的 HMM 模型的解码过程为,对观测符号序列 O 用最匹配的 HMM 模型 $\lambda = (\pi, A, B)$ 进行解码,用 Viterbi 算法,在最佳意义上确定一个状态序列 O 。

[0081] 如图 7 所示,本实施例所述的基于熔核尺寸估算值的焊接电流大小与断电时间调节的程序流程中,用 HMM 模型估测出熔核尺寸值后,与预存参数进行比较;如果第 N 周波估测值 v_{est} 大于预定值 v_{pre} ,则在一定范围内减小焊接电流的控制电压,否则在一定范围内增大焊接电流的控制电压;当达到预定的周波数 t_{pre} 时,如果估测值 v_{est} 小于预定值 v_{pre} ,可以延长一个(或多个)周波,程序进入中间环节,估测出下一周波的熔核尺寸值,否则断电,焊接结束。

[0082] 实施证明,本实施例能较好地解决电阻点焊质量的实时检测与控制问题,应用 HMM 模型估测熔核尺寸的精度可达到 95% 以上,说明 HMM 模型能很好地解决电阻点焊质量的实时估测问题。

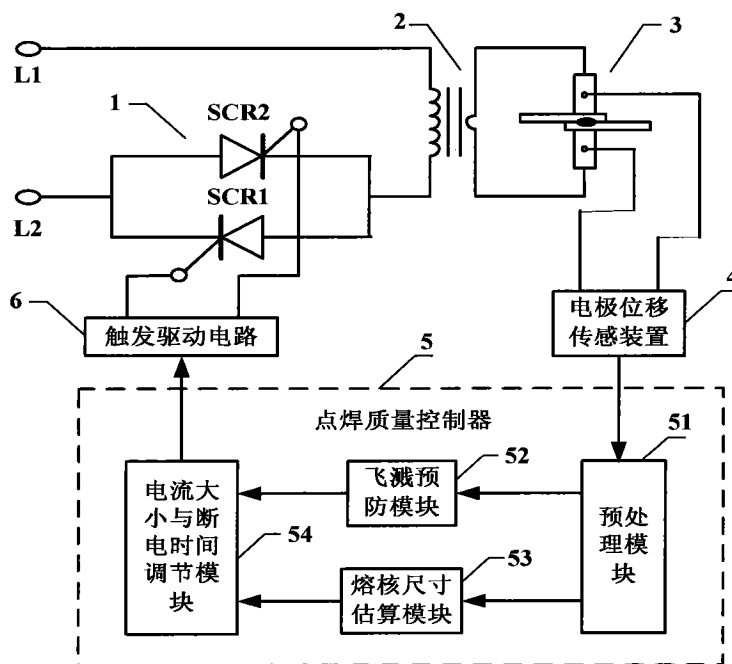


图 1

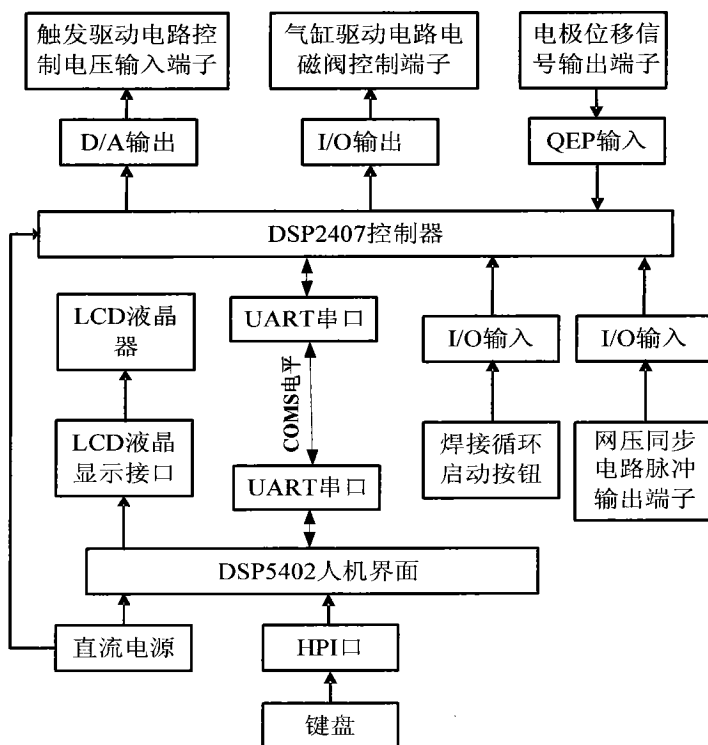


图 2

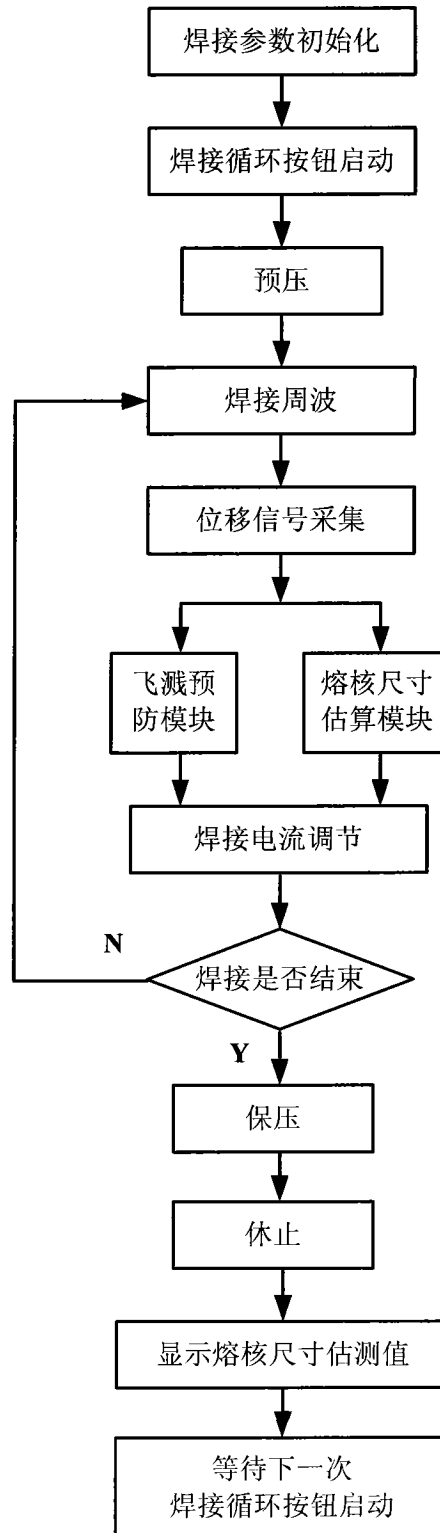


图 3

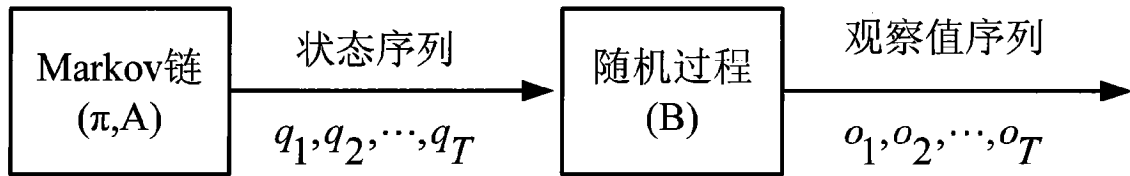


图 4

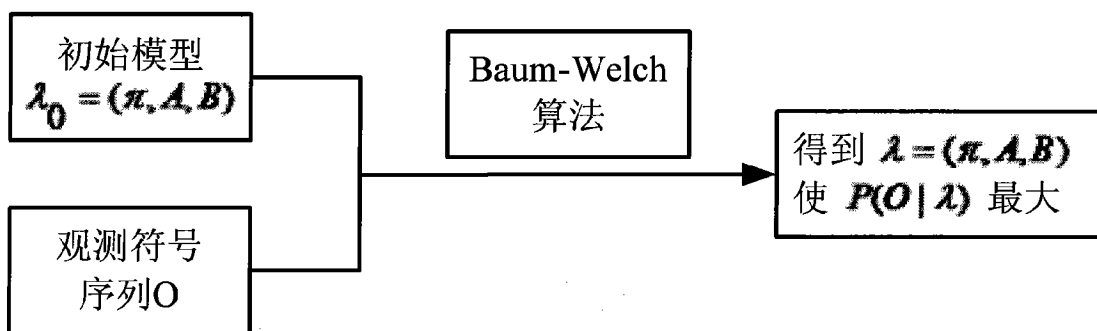


图 5

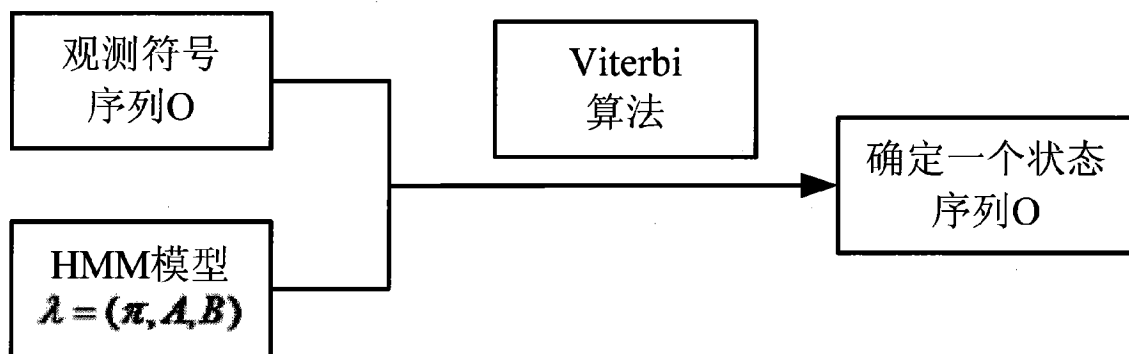


图 6

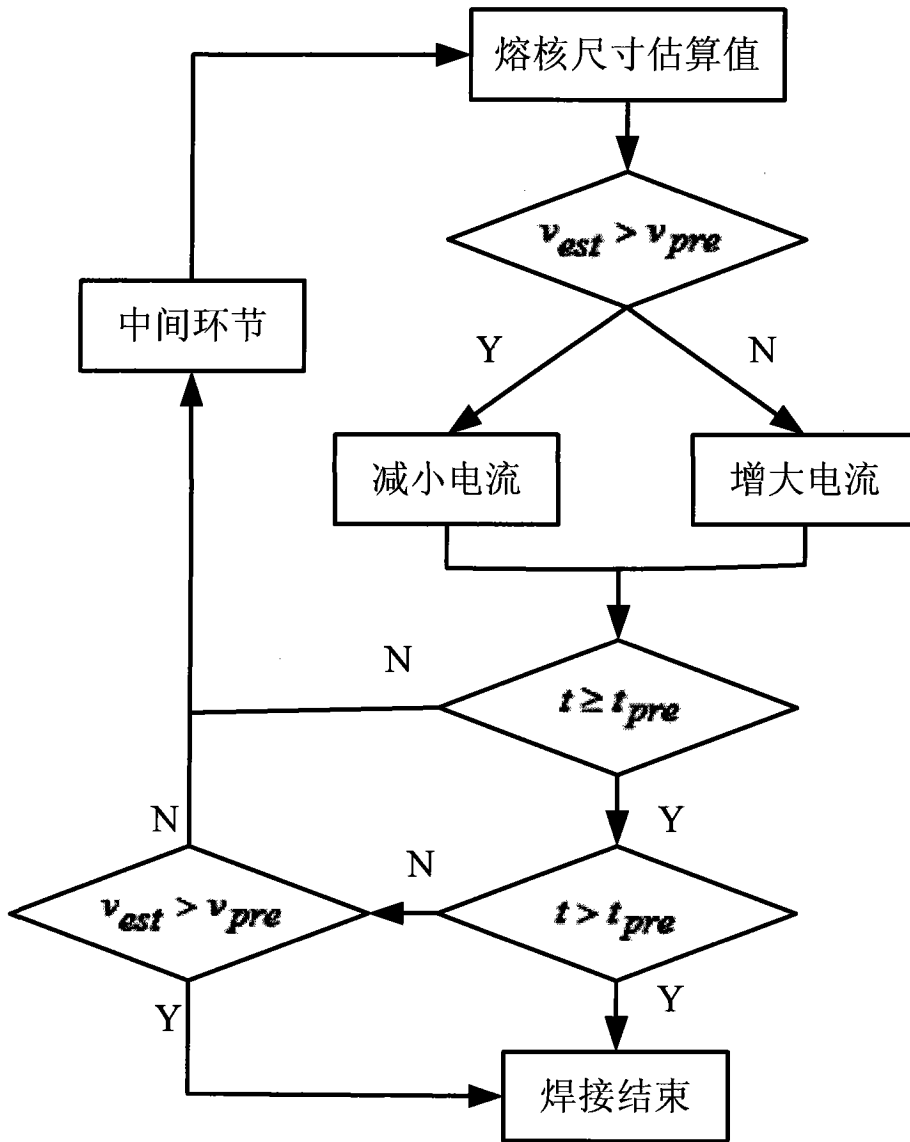


图 7