

# 微计算机图象法测示和控制 焊接过程的探索

陈定华教授 吴林副教授 徐庆鸿讲师 李严助教\*

(哈尔滨工业大学)

## 摘 要

计算机图象法是计算机应用的新发展。本文对微计算机图象法在焊接领域中的应用作了一些探索。研究和配置了不同分辨力的图象输入接口(8BIT、4BIT、二化值)，并进行了焊接图象处理、模式识别和反馈自动控制方面的研究。简介了采用微计算机图象法在焊接过程中面积和尺寸形状的测量、焊接温度场测定、焊缝X光底片判断、焊缝对中等方面的研究工作，从而证明计算机图象法在焊接领域中具有广阔的前途。

## 一、序 言

计算机图象法在国外已广泛应用于人造卫星遥测、航天制导、医疗诊断和罪犯鉴定等许多领域，七十年代中期，英国、日本、西欧等焊接工作者开始研究把微计算机图象法应用于焊接领域，我国也从八十年代初开始研究，并已获得初步成果<sup>[1~3]</sup>。本文对微计算机图象法在焊接中的应用做了初步研究，配置了微计算机图象法系统，设计和配制了计算机和摄象机连接接口，并设计了焊接应用程序，而且进行了运行试验。结果表明，这一项有独特优点的计算机技术在焊接领域中具有广阔的前途。

\* 参加本项工作的还有郭启雯、邓亲恺、邓刚、刘家发、宋彦波等。

## 二、微计算机图象法的基本原理

微计算机图象法是将被监控对象直接摄成图象，或记录到诸如磁带等中间载体上，然后将图象信息转换成计算机所能接受的数字化灰度矩阵，存入计算机，由计算机进行数据处理，并和已预置的标准量或标准模型相比较，如有差异，则经过数模转换，修正输出调整控制信息或检测显示。

### 1. 图象法的优点

1) 监控对象不仅可以是单参数、多参数，而且可以是对象的实体，因而其监控功能大大提高，如焊接对中跟踪控制，图象法不仅可以找出焊缝位置，而且可以监测控制电弧或焊丝与焊缝的相对位置。2) 快速。以本系统为例，采用8 BIT A/D 接口转换一幅64K点图象为4s，而采用4BIT或二值化A/D接口转换64K点图象只要1/60S。因而为实时控制提供了可能。3) 高精度。计算机可以方便地对图象数据灰度矩阵进行空域处理或频域处理，从而消除噪音和干扰，大大提高控制精度和其可靠性。4) 智能控制。通过运行程序可预置标准值或标准模型于计算机内存，因而计算机可以准确地对受测状态进行比较、判断、推理并发出修正命令，以保证过程按标准模式进行。

### 2. 图象法的程序

1) 摄取图象。图1（图版5）为摄象系统，包括三部分，图1由左至右分别为摄象机、录象机和监视器。

摄象机为WV-5500型，被控或被摄实体由光学系统在摄象管靶面上成象，摄象管电子枪对靶面按图2所示方式扫描，从而将图象各点的不同灰度变成相应的连续变化的电平信号。每一幅画面水平扫描256次，扫描周期为64 $\mu$ s，所以每幅画面摄取时间为16.4ms也即1/60s。摄象机可以以1/60s之速度连续摄取焊接过程，其图象的电平信号可以由录象机录入磁带，然后送入计算机转换接口，也可以不经磁带记录直接送入计算机转换接口。

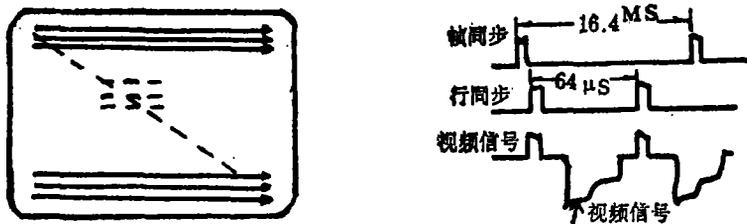


图2 摄像扫描及其信号波形

2) 模数转换。摄象机摄取的图象信息为连续的电平信号，数字计算机不能直接输入这个电平信息，必须将它转换成非连续的数字化信息，这就是离散化处理，即将图象连续的电平变化转换成非连续的数字化灰度矩阵，并存入计算机内，如图3所示。

每一幅图象所取的行数、列数可以由接口硬件和应用软件共同设定，行列数愈多，则图象清晰度愈高，但取象时间就长，占用内存量也大。因而应根据具体要求而定。本

系统中最大行数为256行, 最大列数为256列. 实现上述功能的器件为模数转换接口.

3) 计算机处理. 计算机处理系统如图4 (图版5), 自左至右是磁盘机、微计算机、输入接口、自动绘图机、电传打字机、彩色显示器. 微计算机型号为MZ-80C. 系统原理如图5所示.

灰度矩阵取入计算机内存后, 首先由计算机对灰度矩阵进行数据处理, 一般采用空域处理, 也可采用频域处理, 以减小噪音, 扩大灰度差, 以提高图象的清晰度, 数据处理还可实现其他功能, 如加强轮廓线、局部放大等, 但需采用相应的处理方法.

经过处理的灰度矩阵由计算机按具体控制要求进行分析、比较、判断, 并根据判断结果发出必要的调整命令也即进行对实时过程的智能控制.

上述处理由应用软件赋予计算机按设置的程序实施, 因此, 这一步的主要工作是设计和编制实施上述处理的应用程序.

4) 数模转换实现控制. 计算机对摄取的实时图象进行了处理、分析、比较和判断后, 将发出调整命令, 其命令是以数字方式输出. 因此, 不能直接输给执行机构, 必须进行数模转换, 将数字信息转换成电平信息, 再输给执行机构.

设计和研制了实现上述目的数模转换接口, 当数字信息由00H→FFH, 则转换后电平值为-10V—0V—+10V, 呈线性关系.

### 三、图象转换接口的研制

模数转换接口是微计算机图象法系统的关键装置, 由它实现摄象系统和计算机系统的连接. 在本系统中研究和配置了三种不同分辨力的图像接口.

#### 1. 8BIT图象接口.

参考了日本大阪大学焊接研究所井上教授提供的接口图, 设计和研制了8BIT图象转换接口, 图6是其原理方框图.

图象转换接口的主要指标是:

- (1) 灰度分辨力, 8BIT;
- (2) 图像分割像元数: 256×128、256×256、256×512;
- (3) 取样时间, 4s(256×256);
- (4) 取样窗口可任意取舍, 主要特点是该接口全部采用集成电路. A/D转换器采

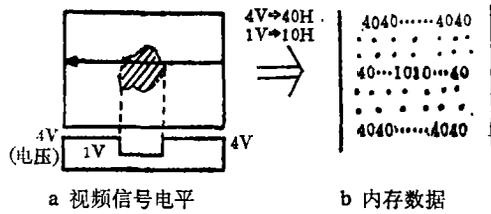


图3 模数转换示意图

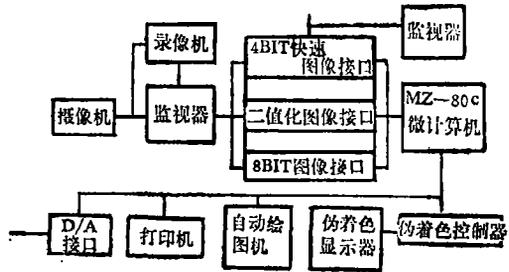


图5 微计算机系统方框图

用 DATEL 公司 EH8B1, 8BIT 分辨率转换时间为  $4\mu s$ , 采样保持器为 SHM-2, 采样时间为  $1\mu s$ 。

图象取样采用纵列式。考虑到 A/D 转换器的转换速度, 采取每帧画面取一纵列数据。同步信号处理采用硬软件结合, 取样过程既考虑到硬性具有高速的特点, 又考虑到程序具有灵活可变的优点。为了实现计算机与接口的联系, 设置三组地址译码 AFH、AEH、BDH, 和计算机 INPUT、OUTPUT 指令线复合, 可组成六个港口通道。

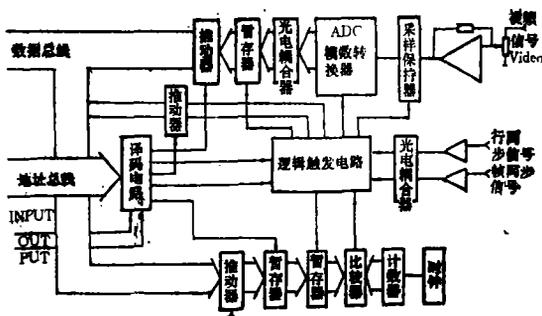


图6 8BIT图象接口原理方框图

每行扫描分割取样点数可调。每一行扫描、取样点数影响图像进入计算机后灰度矩阵的真实性。在接口里增设时钟, 来决定取样的疏密。时钟频率可调, 每行扫描取样点数可以分三档: 128, 256, 512。

2. 4 BIT图象接口

主要技术指标:

- 1) 灰度分辨率: 4BIT;
- 2) 图象分割象元数:  $256 \times 256$ ;
- 3) 量化时间: 每幅图象  $1/60s$ ;
- 4) 计算机取样窗口可任意取舍。

接口的功能方框图如图7。其主要特点是转换速度快,  $256 \times 256$  象元的转换仅需  $1/60s$ 。为保证快速转换除采用快速 A/D 转换器外, 主要是增设接口内部的缓冲用存贮器 32k, 量化数据进入缓冲采用 DMA 技术。为了节省存贮器, 每个字节存放两个象元的量化值。

该接口具有电视信号同步分离电路, 故不用另取帧同步和行同步信号。

量化后的数据可以通过高速 D/A 转换与同步合成为电视信号在电视监视器上显示, 后面应用中的一些照片就是在这监视器显示的结果。

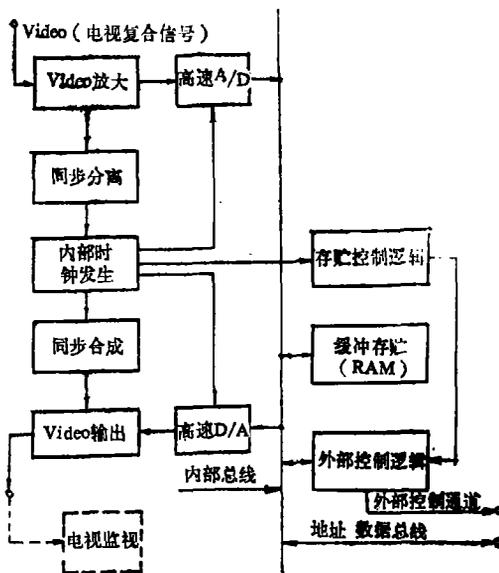


图7 4BIT图象接口方框图

3. 二值化图象接口

二值化图象接口也就是分辨率为 1BIT 的图象接口, 此类接口具有快速、简单、可靠的优点, 被用于焊缝对中控制方面。

图8是二值化图象接口的原理图, 电视信号的转换是依靠比较器来实现的, 当摄像机

扫描到图象为亮区时，输出的电视信号为高电平，经比较器与给定电压  $V_x$  比较，如高于  $V_x$  值时，它将输出高电平。如电视信号的电平低于给定电压  $V_x$  时，即图象亮度相对较暗时，比较器输出低电平，这两种电平分二路由两个单独的计数器计数，并通过锁存器、驱动器经数据总线进入计算机。行扫描分割由时钟脉冲和与门控制，而各锁存器和驱动器的开闭由电视信号行同步、帧同步及计算机数据线的逻辑电路控制。

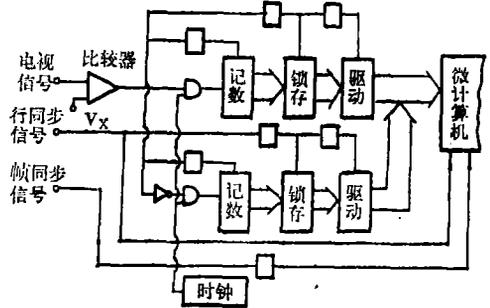


图8 二值化图象接口结构原理图（其他符号分别是与非门、反相门及驱动门）

二值化图象接口输入图象的速度是与帧周频率一致的，行分割由时钟脉冲控制，是可调节的。计算机取样窗口亦可以通过程序来决定取舍。虽然这种接口分辨能力不如前面两种接口，但结构简单，价格便宜，并且很容易与单板计算机相连接，对简单图象的实时控制是有实用价值的。

#### 四、图象法测量面积及几何尺寸

焊接过程研究中，经常有很多面积和几何尺寸的测量工作，例如焊缝X光照片中缺陷尺寸测定和统计，焊接熔池面积测定，表面高温区的宽度测量，金相分析中铁素体的比例，钎焊过程焊着面积的测定等等。这些工作过去是用方格统计或用标准图进行比较，与观察者有直接关系，很难有精确的定量。我们利用计算机图象法对面积及一些几何尺寸进行测定，得到满意的结果，这不仅能减轻人的繁琐工作，而且对一些复杂的图形可以得到较为精确的数据，进而还能进行实时的动态分析。

图9（图版5）是钎焊过程填缝时的X光电视摄影照片的一部分，a、b、c分别是填缝开始后5、16、23s瞬时钎着情况。采用8BIT图象接口经计算机图象法测量面积，分别如照片下面4000、4001地址所示的数据，此数是十六进制数据，4001地址内存数是高位，4000地址内存是低位，转换成十进制数据分别是2609、4205、7006，此数乘上比例系数即可得到实际焊着面积，经运算还可得到填缝速度。

上面面积测量的运行程序是按图10的流程图进行的。

通过运行程序的设计，还可以测出诸如：一定灰度值的位置、宽度、重心、几何形状数分类等。这在焊接应用上都具有实际意义。

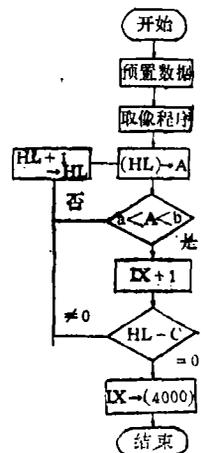


图10 面积测量流程图

## 五、焊接温度场的测定

焊接温度场及其动态过程是保证焊接质量的基本问题，因为它影响和决定了焊接接头的性能、组织、应力、变形以及是否产生缺陷等。因而实时测定和控制焊接温度场及其热过程始终是焊接发展中的最基本课题之一。

利用前面所提到的计算机系统，用8BIT图象接口，进行焊接温度场的计算机测定研究。用红外摄像进行焊接背面温度场的摄像，摄像现场装置如图11所示。为了温度定标。采用监视热电偶和同步数码管的方法确定温度场不同区域的温度值。

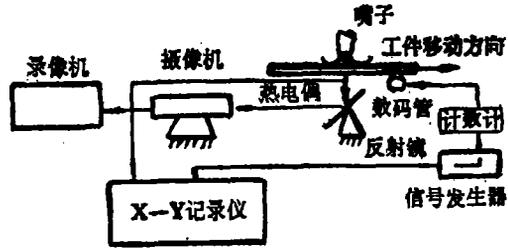


图11 监视热电偶动态定标简图

在现场得到的红外摄像的录像带和X—Y记录仪测得的热电偶电压记录，经计算机的接口和程序处理，在伪着色显示器上得到彩色的温度场分布图象，图12（图版5）所示为厚度3mm的18-8不锈钢、TIG焊（120A）时的背面温度场。利用8BIT接口其分辨率可达 $2^{\circ}\text{C}$ 以下。

## 六、焊缝X光底片的自动检测

焊接质量检验是保证焊接质量的最后一个环节，它对确保焊接产品的安全运行有特别重要意义，但是，目前焊接检验的自动化程度很低，基本上仍处于手工操作和人工识别的水平，因而，是焊接过程自动化的薄弱环节。

如果采用微计算机图象处理和模式识别方法对X光片上焊缝缺陷进行自动识别和分类，用微计算机识别代替目前的人工读片实现了X光片焊接缺陷分析自动化，从而提高了效率，减少了误判和错判率，为统一检验标准和统一质量管理提供了条件。

利用前面的系统和接口，对焊缝X光底片进行自动识别和分类取得了初步成果。X光底片经摄像机、接口进入计算机，进行去干扰、图像增强、勾边寻找缺陷、二值化等一系列处理，如图13（图版6）所示。然后再经计算机模式识别，在CRT电视屏幕上显示出缺陷的种类、面积大小、位置等人机对话字幕，如图14（图版6）所示。

缺陷模式识别是采用“双树枝”状的分类方法，如图15所示。缺陷有无的判别采用扫描一行过程中，产生黑白灰度跃变的次数来判别。因为，如无缺陷则扫描一行不发生黑白灰度跃变；如有缺陷，则至少产生二次以上的灰度跃变。

缺陷种类的区分，主要是利用缺陷图形的周边长度和面积的比例、边缘方向数、长短轴比例、端部夹角等数学特征来进行判断的。

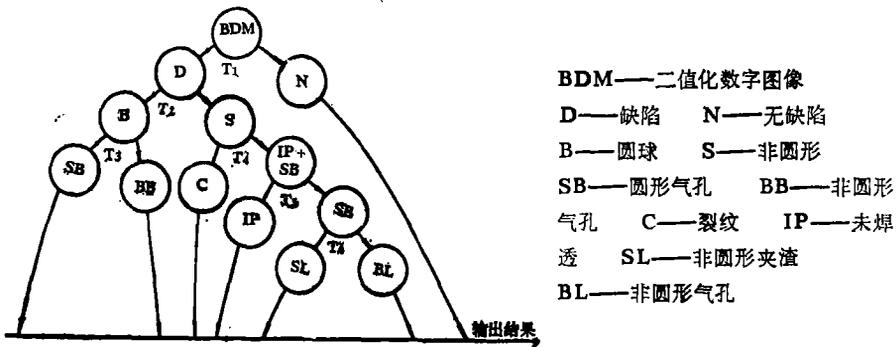


图15 分类总方案设计

### 七、焊缝对控制

用摄像机经传像束对电弧区域进行摄像，图像信息经二值化图像接口进入计算机，然后进行判断，调整输出，实现焊缝对中控制，控制系统如图16所示，机头部分如图17（图版6）所示。

不同焊接方法电弧区（或近弧区）有不同特征。熔化极焊丝温度较低，摄像机经滤光片对其摄像是暗区，可直接对焊丝和工件坡口进行摄像，取得焊丝与坡口的相对位置。非熔化电极电弧焊钨极的温度较高，可取近弧的高温区位置代表喷嘴焊枪的位置，而以高温区下部的的位置和缺口的位置（图18）代表坡口的位置，用计算机判

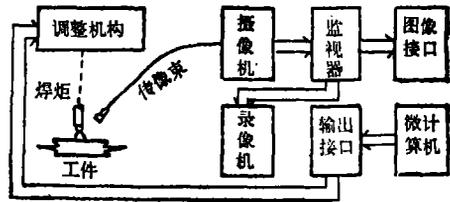


图16 焊缝对中控制系统

别近弧高温区上部的中心线和下部中心线的偏差来确定焊枪是否与坡口对中。

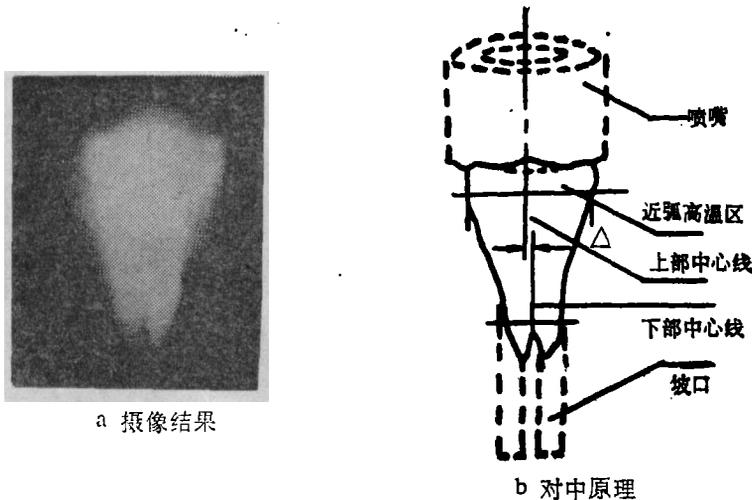


图18 焊缝对中图像法原理

## 八、结 论

1. 计算机图像法具有对对象实体进行实测、监控的能力,使控制功能大大提高,可以实现快速监测,为实时控制提供了可能性,所以,在焊接领域具有广阔的前途。

2. 本工作成功地设计了图像输入接口和输出接口,实现了摄像机—微计算机—控制执行机构的连接。

3. 在焊接领域内研究了面积测量、X光底片自动检测,对中闭环控制和焊接温度场测量的可能性。这些工作足以说明焊接领域运用计算机是有实际意义的。

(1982年2月27日收到)

## 参 考 文 献

- [1] 陈定华, 吴林, 徐庆鸿: 《微计算机测定焊接温度场的研究》, 哈尔滨工业大学学报(1982), №4。
- [2] K. Inoue: Image Processing for On-line Detection of Welding Process (Report I), *Trans. OF JWRZ* (1979), №2.
- [3] Y. Arata: Automatic Control of Arc Welding (Report V), *Trans OF JWRZ* (1970), №1.

### STUDY ON MEASURING AND CONTROLLING WELDING PROCESS BY DIGITAL IMAGE TECHNIQUE

*Professor Chen Dinghua, Associate Professor Wu Lin,  
Lecturer Xu Qinghong, Assistant Li Yen  
(Harbin Institute of Technology)*

#### Abstract

Digital image technique is one of the newest development in the application of computer science. The paper has made some approaches to the new applications of digital image technique in welding field. Three different resolutional interfaces for inputting image (8 bit, 4 bit, binary) are designed and built. And welding image processing, welding image pattern recognizing and feedback auto-controlling have been made by these interfaces. The paper introduces also some research works by this technique in brief, including the measuring of brazed area, the measuring of temperature distribution in welding process, the detection of welding defects on x-ray film, and the on-line detection of welding line. It has been shown that development of digital image technique would make possible its wide application in welding processes.