

# 微机红外热像处理系统

汪南杰 姜礼正

(浙江省机械科学研究所)

华蕴博 徐卢生 徐佩坤

(浙江医科大学)

**摘要**——本文报道了以通用微型计算机 CROMEMCO CS-3 与热象仪联机构成的红外热象处理系统。该系统将经过放大的碲镉汞红外元件输出的图象电压直接送计算机,保持了较高的温度分辨率;并实现了热象的假彩色显示、打印、贮存等功能。由于采用通用计算机,具有丰富的软件支持;可以编制各种软件,进行热象标定、温度校正和图象处理;还可以按用户需要编制各种应用软件,具有很大的灵活性。

## 一、引 言

红外热像仪是一种先进的温度场测量仪器。但是常规的热象仪,信息处理落后,大大限制了仪器性能的提高。采用微型计算机与红外热象仪组成的联机处理系统后,热象仪的功能可以进一步得到提高。主要表现在:

- 1) 可使数字化热象基本达到碲镉汞红外探测器噪声等效温度(约  $0.1^{\circ}\text{C}$ ) 的温度分辨率。
- 2) 可恢复被测温度场的真实温度。
- 3) 实现了热象的假彩色显示,数字化贮存,噪声滤除,图象打印等功能。
- 4) 编制应用软件,对热象进行统计分析、模式识别等处理,使热象处理智能化。

为此,我们以 CROMEMCO C-S3 通用计算机与国产光机扫描热象仪为基础,研制了一套通用计算机红外热象处理系统。

通用计算机的突出优点是具有较强的软件支持,可以使用高级语言编制功能复杂的热象图处理及应用程序,便于用户开发。我们研制的这套系统,针对乳腺癌的诊断,研制了乳房热象特征抽提,乳房热象模式识别。乳房肿块计量诊断及汉字诊断报告的显示和打印输出等应用程序。目前已在浙江医科大学附属第二医院作乳癌、脉管炎等体表病变的无损检查。取得了良好的效果。

本文 1983 年 11 月 21 日收到。修改稿 1984 年 4 月 26 日收到。

## 二、微型计算机红外热象处理系统

国外比较典型的微型计算机红外热象处理系统目前有两种处理方案，一种是专用计算机联机处理方案，热象信号由红外探测器放大器引出，直接输入计算机。这种方案的优点是所得的数字热象保持了红外探测器及放大器的精度。同时它采用了程序固化及专用键盘等技术，操作方便。然而它不具备通用机的灵活性和丰富的软件，不便于开发各种复杂的图象处理功能和应用软件。另一种是通用计算机联机处理方案。这种方案的优点是利用现成的设备，不必改装，而且软件丰富，可编各种处理程序，灵活性大。

我们吸取了联机处理精度高及通用计算机灵活性好的优点研制了通用微型机联机方案。基本上不改变热象仪原来的结构，只用一块8位的模数数模转换器接口板(D+7A)，就完成了热象仪与CROMEMCO微型机之间的联接(见图1)。这种方案不足的是因热象仪中显象管及拍照等精度较低，分辨率不高，对计算机分析效果有一定影响。

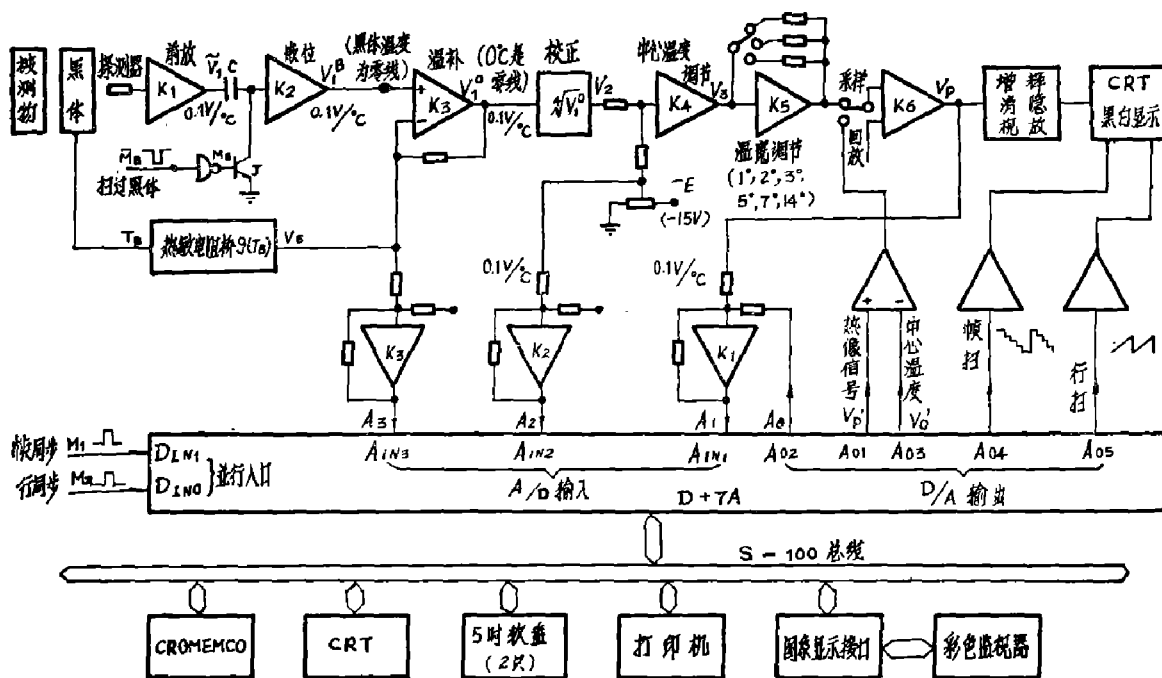


图1 通用微型机红外热象处理系统

### 1. 热象的数字化采集

(1) 热象数字化采集接口电路。为保证所得的数字图象，保持红外探测器的温度分辨率，联机采样时，从热象信号通道部分引出电压信号，进行A/D变换。

计算机对帧同步信号 $M_1$ 进行查询，当查到 $D_{IN1}$ 为1时，表明热象仪已进入一帧的开始，而后通过 $D_{IN0}$ 检测行同步脉冲 $M_2$ ，每当 $D_{IN0}$ 出现1时，表明热象仪正进入行扫描，这时经模数变换口 $A_{IN1}$ 对热象电压信号 $V_P$ 进行采样，每行连续采样200个像素点。共采样200行，完成一帧热象的数字化。

由图1可见， $V_P$ 值并非只由被测温度 $T$ 所决定，热象通道中前置放大器是一个低噪声的交流放大器，为了恢复热象电压信号中的直流成分，通道中设置了钳位和温度补偿环节。当红外探测器扫过热象仪黑体 $T_B$ 时，发出脉冲 $M_B$ ，使前置放大器的输出电压 $\tilde{V}_1$ 在 $M_B$

来到时钳位在零电平上(见图 2), 得到  $V_1^0$ , 显然这是以热象仪黑体温度  $T_B$  为零线的图象信号。通过温度补偿调节, 在  $V_1^0$  上叠加了黑体温度  $T_B$  对应的电压信号  $V_B$ , 得

$$V_1^0 = V_1^0 + V_B,$$

其中,  $V_B$  值是黑体温度  $T_B$  对应的热象电压值。当  $T_B = 0^\circ\text{C}$  时,  $V_B$  取零值, 这样  $V_1^0$  信号恢复成以  $0^\circ\text{C}$  为零线的图象电压信号, 再经非线性校正、中心温度调节、温宽调节等环节, 就得到  $V_P$ 。可见  $V_P$  是被测温度  $T$ 、黑体温度  $T_B$  对应的电压  $V_B$  以及中心温度电压  $V_0$  的复合函数, 即

$$V_P = f(T, V_B, V_0)。 \quad (1)$$

不难看出, 只有测出  $V_P$ 、 $V_B$  及  $V_0$ , 才有可能反演出被测物体的真实温度  $T$ 。因此在图 1 中, 还通过模数转换口  $A_{IN3}$  及  $A_{IN2}$  对  $V_B$  及  $V_0$  进行了 A/D 变换。在一帧热象中,  $V_B$  及  $V_0$  是保持不变的, 只需采样一次。

(2) 热象数字化采集接口参数的调整。该热象仪行扫描正程的时间  $T_{H1} = 4\text{ms}$ , 回程时间  $T_{H2} = 16\text{ms}$ , 按照热象仪的水平扫描分辨率, 每行的采样点数为 200 点; 每个点的采样周期应为  $20\mu\text{s}$ 。D+7A 采样指令 INA, (n) 的执行周期为  $7.5\mu\text{s}$ , 加上其它辅助指令, 是可以保证  $20\mu\text{s}$  的采样周期的。

采样接口中  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  三个放大系数的调整应能保证 A/D 变换后, 每个计数单位所对应的温度值小于热象仪通道部分的温度分辨率, 据此得出接口放大系数列于表 1。

表 1 接口放大系数

输入量	热象仪分辨率 ( $^\circ\text{C}$ )	A/D 变换分辨率 ( $^\circ\text{C}$ )	一个字节 (-128~+127) 所对应的温度范围 ( $^\circ\text{C}$ )	接口放大系数
$V_P$	0.1	0.05	-6.4~+6.35	$K_1=4$
$V_0$	0.1	0.1	-12.8~+12.7	$K_2=2$
$V_B$	0.1	0.1	-12.8~+12.7	$K_3=2$

可通过调整  $K_2$ ,  $K_3$  放大器的电阻  $R_2^0$  及  $R_3^0$ , 使  $V_B$ ,  $V_0$  进入到 A/D 变换的有效范围内。为此我们要求当被测温度  $T$ , 中心电压  $V_0$ , 环境温度  $T_B$  都取它们常用温度范围的中间值 ( $T^0$ ,  $V_0^0$ ,  $T_B^0$ ) 时, 对应的  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  均取零值。调整方法如下:

把被测对象(调试用黑体)的温度调到中间值  $T^0$ , 热象仪黑体温度调到中间值  $T_B^0$ , 然后调整中心温度电位器, 使  $V_P = 0$ , 该中心温度电位器输出电压为  $V_0^0$ , 这时为了使  $A_2 = 0$ , 应取

$$R_2^0 = 15R_2/V_0^0 \quad (2)$$

为了使  $A_3 = 0$ , 应取

$$R_3^0 = 15R_3/g(T_B^0) = 15R_3/V_B^0 \quad (3)$$

(3) 采样程序。采样程序可由键盘设置采样窗口, 即给出开始采样的行数  $R_k$ , 每幅采样的总行数  $R_H$ , 每行开始采样的点数  $R_i$  及每行采样的总点数。为节省内存, 只在窗口中数字化热象。为了提高数字化热象的信噪比, 程序中设置了重复采样并将同一象素点采样值叠

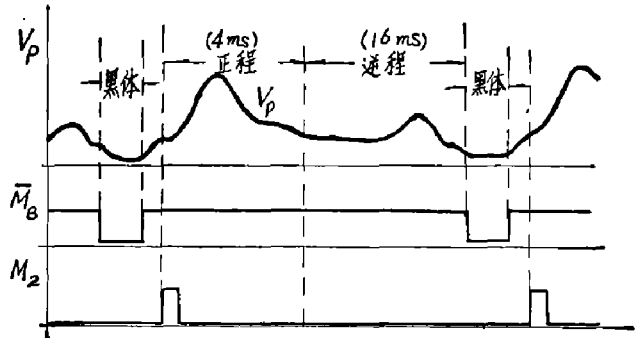


图 2 行同步  $M_2$ 、黑体同步  $\bar{M}_B$  与热象电压  $V_P$  的关系

加的功能。

在实际操作中,当中心温度电压  $V_0$  可能调节不当时,  $V_P$  偏大,以致超出了 A/D 变换的上界,出现  $V_{Pmax}=127$  的情况;这时可由计算机从模拟输出口  $A_{OUT2}$  送出一个  $A_0$  负值电压与  $V_P$  叠加,使  $A_1=K_1(V_P+A_0)$ ,计算机自动调节  $A_0$  值,把  $A_1$  拉回 A/D 变换的有效范围,不再出现  $V_{Pmax}=127$  的溢出情况。

(4) 温度校正。上述被测点的温度  $T$  是黑体温度  $T_B$  所对应的电压  $V_B$  中心温度电压  $V_0$  以及  $V_P$  的多元函数:

$$T=f_T(V_P, V_B, V_0)。(4)$$

一般热象仪可通过模拟线路进行上述多元函数变换,实现温度校正,求出被测点的真实温度  $T$ ;但用模拟线路校正得到的  $T$  精度低。本处理系统通过对  $V_P$ 、 $V_B$ 、 $V_0$  的精确采样,完全可以运用计算机进行上述多元函数变换,并对被测温度场的每一点进行温度校正,因此得到各点的温度数值  $T$  比较精确。

计算机温度校正的关键是得出校正关系式 (4),然后通过温度标定定出模型中的各未知系数。当改变黑体的温度时,一方面精确地测出黑体温度  $T$ ,同时由该系统对相应的  $V_P$ 、 $V_0$ 、 $V_B$  进行采样,然后在这些实测数据的基础上用计算机按照数学模型 (4) 拟合出其中的未知参数,作为热象误差修正和温度校正的依据。

这种用计算机软件进行误差修正和温度校正的方法,不仅具有较高的精度,而且当更换元件等原因使系统参数发生变化时,可以随时进行标定,修正公式 (4),具有较大的灵活性。

## 2. 热象的显示、打印和贮存

(1) 黑白显示。对采集的数字热象,经过必要的处理之后,可以通过  $D+7A$  的模拟输出口,仍向热象仪原有的 CRT 显示器输出扫描及热象电压信号,不必增添专门的图象监视器,该系统就能显示黑白热象,这时的输出信号接口如下:

如图 1 所示,从 D/A 口  $A_{OUT4}$  输出 200 个台阶的帧扫描阶梯波,对应每个台阶从  $A_{OUT5}$  输出周期为 4ms 的行扫描锯齿波。这两个扫描信号直接送到 CRT 显示器的扫描电路上,与此同时把这一行的数字热象值经  $A_{OUT1}$  口变换为模拟电压回送到 CRT 的图象通道,从而在 CRT 监视器上显示出经计算机处理的热象来,接口中还可从  $A_{OUT3}$  送出了一个中心电压值与  $A_{OUT1}$  相减,以便调节显示图象的亮度。

在显示中设置了键盘控制的可移动光标,最多可设置 30 个光标,光标坐标  $(x_i, y_i)$  处的数字热象温度值都存入缓冲区,这些点的温度值可以在计算机 CRT 终端上显示。

(2) 假彩色显示。为了更清楚地观察热象,该系统还采用了 CROMEMCO 通用的彩色显示接口 SDI 及双口存贮器 48KTP。通过软件,按温度高低进行 16 色和 8 色的假彩色显示,该假彩色显示软件还具有以下功能:键控移动光标,由键盘控制画出大小及位置可变的矩形窗口,用来指定热象上的关键区,以便进一步处理;还可显示汉字诊断报告。

(3) 打印机打印。通过计算机原有的 MX-80 点阵式打印机可进行 4, 8, 16 等灰度等级的热象图打印。亦打印 ASCII 字符热象图,可打印 4, 8, 16, 32, 64 等各种灰度等级的热象图,这是用不同的字符来表示象素的温度值。

(4) 磁盘贮存。数化热象图作为热象图文件存入 5 吋软盘,磁盘容量为 171 KB,整幅热象最多为 40000 个字节,因此每个磁盘至少可存四幅数字热象。这种数字式的贮存方式,既能保持热象图的精度,又便于用计算机作各种处理。

## 参 考 文 献

- [1] Ziskin M. C., M. D., Negin M., D Ph., Piner C., M. S., and Lapayowker M. S., M. D., *Computer Diagnosis of Breast Thermograms Radiology*, 1975, 115: 341~347.
- [2] Negin M., Ziskin M. C., Piner C., and Lapayowker M. S., *A Computerized Breast Thermographic Interpreter*, IEEE JULY 1977, BME-24: 347~352.
- [3] CROMEMCO Inc, **CROMEMCO** 微型计算机软件资料汇编, 清华大学计算中心译编, 1980.
- [4] CROMEMCO Inc, *D+7 A I/O Instruction Manual*, CROMEMCO Inc, 1979.
- [5] Hall D. V., *Microprocessors and Digital Systems*, McGraw-Hill Inc, 1980.

## INFRARED THERMOGRAPH PROCESSING SYSTEM WITH MICROCOMPUTER

WANG NANJIE, JIANG LIZHENG

*(Zhejiang Institute of Mechanical Science)*

HUA YUNBO, XU LUSHEN, XU PEIKUN

*(Zhejiang Medical University)*

### ABSTRACT

An infrared camera combined with Oromemco OS-3 to compose a thermograph computer processing system online is reported. In this system, the signal from the HgCdTe detector amplifier is directly put into A/D interface of a computer, thus making the system keep a higher resolution. This system can implement the functions of signal-storing, image-printing out and image-displaying in pseudocolor form. Also it can compile application programs, calibrate the absolute temperature scale and make the image processing.