

星载红外遥感仪器辐射定标用 微机数据采集及控制系统

龚惠兴 张建新 李良新

(中国科学院上海技术物理研究所)

摘要——本文简要介绍了星载红外遥感仪器辐射定标系统的结构,报道了利用微型计算机测量控制黑体温度、数据同步采集及微型计算机之间的协调控制,数据传递和处理的方法。

一、引 言

为了能从地面接收的地球目标图象信息中判断目标的等效黑体温度,对于采用长波红外 HgCdTe 探测器的全数字化星载红外遥感仪器,必须在发射前进行红外通道的地面辐射定标。辐射定标的任务是用标准黑体模拟地球目标的辐射;用遥感仪器输出信号作为过渡,校准遥感仪器内部参考黑体的实测温度与等效黑体温度间偏差;建立目标黑体温度 $T_{\text{目}}$, 内部参考黑体温度 $T_{\text{参}}$, 及仪器看到目标和内部参考黑体时的信号比 $V_{\text{目}}/V_{\text{参}}$ 之间的函数关系

$$T_{\text{目}} = F(T_{\text{参}}, V_{\text{目}}/V_{\text{参}})。$$

红外遥感仪器的输出有码速率为 0.6654 Mb/s 的 HRPT 数字信号及带宽 1.6 kHz 的模拟信号两种。为减少噪音及测温偏差的影响,在每个温度定标点需测量 512 个数据,整个定标需测量 1.75×10^5 个数据。鉴于数据的输出速度及数据量的庞大,必须建立以微机为中心的辐射定标数据采集、控制、及数据实时处理显示系统。

二、辐射定标数据采集及控制系统的结构

该系统是由四台 CMC-80 单板微处理机和一台 TRS-80II 型微计算机联机组成的多机系统。每台仪器及黑体目标等的温控和仪器输出信号数据的同步采集分别由两台 CMC-80 单板计算机完成。数采单板计算机还兼有数据预处理及打印输出功能,在整个定标系统中起到初级数据管理的作用。两台仪器的辐射定标数据最后汇总到 TRS-80II 微型计算机系统中,用高级语言处理后显示,打印输出,并将原始数据存储在软磁盘中。图 1 是数据采

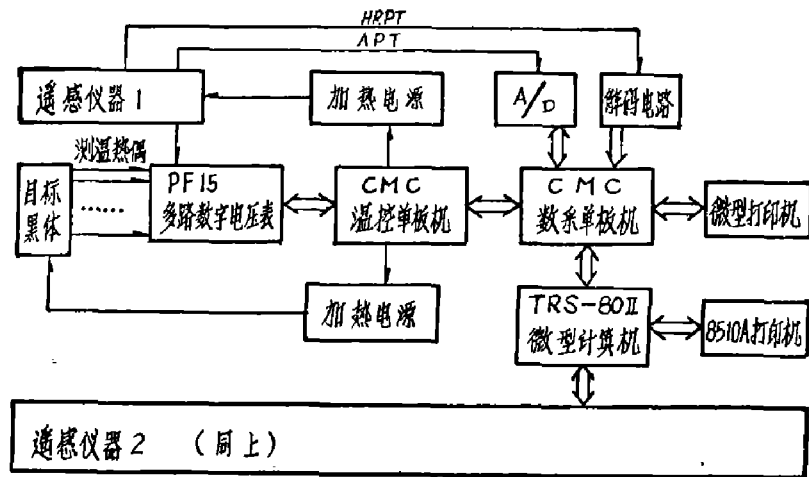


图1 辐射定标数据采集及控制系统结构

集及控制系统的结构。

三、利用微机测量控制黑体温度

定标时的辐射基准是开口直径为400 mm的腔形面源黑体。研究表明^[1]，腔形面源黑体在法向附近的辐射主要来自腔底，为避免主动温控加热产生的温度梯度，改善辐射主要来源的腔底的温度均匀性，腔底与腔壁做成两体，中间绝热，利用90 K的冷辐射背景温度条件，使腔底以辐射冷却的方式在90 K热沉环境中自然降温。腔壁温度加热，连续跟踪腔底的温度。内部参考黑体温度恒定。这样就得到了辐射定标时所需的各目标温度状态。温度测量用的铜-康铜温差电偶预先经过标定，它在320 K和200 K时的灵敏度分别为 $43 \mu\text{V}/\text{K}$ 和 $33 \mu\text{V}/\text{K}$ 。电势测量用国产PF-15多路直流数字电压表；分辨率为 $1 \mu\text{V}$ ，最多能对40个电压输入巡回检测，所以温控系统的灵敏度优于0.1 K。

CMC-80单板计算机中的软件延时程序，可按设置要求定时启动PF-15，对各目标上的25个铜-康铜温差电偶电势顺序测量，利用PF-15的打印指令作为计算机的外部中断申请，将PF-15的四位并送BCD码输出电压值，从PIO取入，并存于RAM中。在目标测温后，程序转入目标黑体腔壁对腔底的温度跟踪控制。将RAM中暂存的腔壁及腔底的温度电势取出，结合电势值的正负，绝对值大小及腔底升降温模式；由计算机判定是否对腔壁温控加热。在降温情况下，其可能的组合状态见表1。

表1 降温情况下可能的组合状态

	$T_{\text{腔底}} \geq 0^\circ\text{C}$	$T_{\text{腔底}} < 0^\circ\text{C}$
$T_{\text{腔壁}} \geq 0^\circ\text{C}$	$\begin{cases} T_{\text{腔底}} \geq T_{\text{腔壁}}, \text{加热} \\ T_{\text{腔底}} < T_{\text{腔壁}}, \text{不加热} \end{cases}$	不加热
$T_{\text{腔壁}} < 0^\circ\text{C}$	加热	$\begin{cases} T_{\text{腔底}} \geq T_{\text{腔壁}} , \text{不加热} \\ T_{\text{腔底}} < T_{\text{腔壁}} , \text{加热} \end{cases}$

对仪器内部参考黑体的恒温控制方法与上述温度跟踪基本一致，只是前者将预置温度值代替腔底的温度测量值作为是否对仪器内部参考黑体加热的判别依据。温控加热指令是将温度跟踪控制和恒温控制状态组合后从CMC-80的PIO-2统一发出。

系统的工作,要求有目标黑体腔底是否达到预定温度值的判别,以便一旦达到预定温度值就立即查询数据采集系统状态,决定是否对所有各点温度值测量一次,将这些与腔底预定温度值对应的一组有价值的温度数据暂存,并发出脉冲使处于等待中断申请的数据采集系统启动,实现了温度与仪器输出信号的同步采集。采用两者温度值的接近程度——容限法则,作为计算机对腔底是否达到预定温度值的判据。以便根据实际腔底温度测量值与预定值间的偏差决定该定标点的取舍。

图2是温控系统信息流程,其中预定温度点自动搜索程序是为了在开机时不需人的干预,对于任何腔底的起始温度值都能自动搜索到腔底要达到的最邻近的预定温度值。

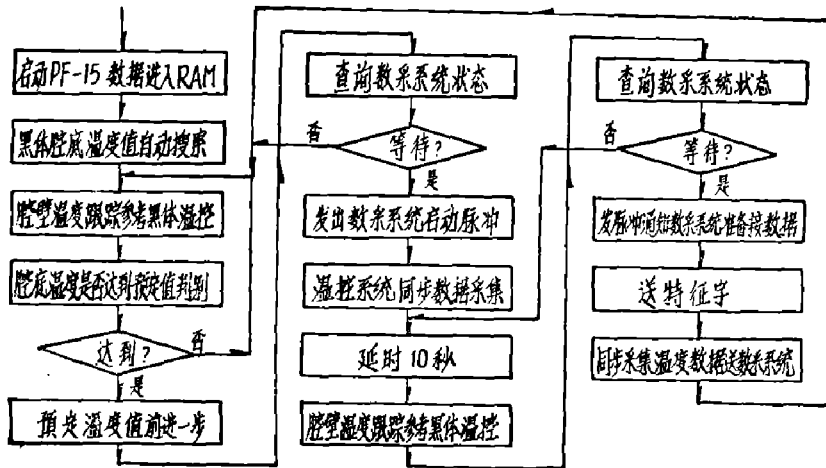


图2 温控系统信息流程

四、数据采集系统

红外遥感仪器的输出信号码速率为 665.4 kb/s 的串行数字信息。对于时钟为 2 MHz 和 CPU 为 Z80 系列的微计算机来说,串行信息速率已超出了它的接收和逻辑判断能力。为此,在两者之间插入了硬件解码电路。解码电路的功能是由伪码鉴别器给出兼作字同步的帧同步脉冲,把串行信息变为 10bit/字的并行信息(实际使用时舍去最低二位成为 8 bit/字),字速率降为 66.54 千字/s。Z80 CPU 在执行 INA(n), LD(ss)r, INCSS 三条指令时,只用 12 μs 就能把外部数据装入指定的 RAM 单元中,并为接受下一个数据作好准备。红外遥感仪器并送字之间时间间隔为 15 μs,因此用 Z80 单板计算机可以完成 HRPT 数据的同步采集。

采集时,用帧同步脉冲作外部中断申请,待 CPU 响应中断后就按预定的时序对 HRPT 信号采集。对单板机来说,帧同步脉冲是随机出现的,CPU 的工作方式规定,它只在任一指令末尾的最后一个时钟周期的上升沿对中断信号 \overline{INT} 取样,单板机由 HALT 状态到响应中断完成,需要 $19T + (0 \sim 4T)$,即可以有 2 μs 的随机时间偏差。数据采集时间 1 μs,用指令调节软件延时最小时间单位 2 μs(NOP 指令)。因此,为保证单板机对 HRPT 数据采集不错字,在单板机与遥感仪器时钟独立情况下,允许的最大时钟频率变化 Δf 为

$$\Delta f = \frac{\Delta T \cdot f^2}{T_0 \cdot f \cdot N + \Delta T \cdot f} = 120 \text{ Hz}$$

其中, $\Delta T = 10 \mu s$, 是每帧时钟频变允许的最大延时偏差; $T_0 = 15 \mu s$ 是字周期; $N = 11090$ 是每帧字数; $f = 2 \text{ MHz}$ 是时钟频率。在数据采集系统中, 我们还可以用遥感仪器 8 MHz 时钟频后作为单板机时钟, 这样从根本上消除了频率变化可能带来的取样字错位现象。

对遥感仪器 APT 模拟信号的采集由接在 CMC-80 单板机总线上的 ADC 0809 A/D 转换器完成。

数据采集系统具有数据预处理的能力, 包括各种数据均值化, BCD 码至二进制转化, 温差电偶电势转换成温度, 及数据的算术运算等。处理结果按编排的格式由 CMCP-16 微型打印机输出。由于数据采集单板机具有一定的数据处理和打印输出能力, 一旦 TRS-80II 微机数据处理系统出故障, 仍能维持红外遥感仪器辐射定标继续进行, 提高了系统运行的可靠性。

温控系统与数据采集系统之间的数据传递, 采用温控系统向数据采集系统发出中断申请脉冲和立即在数据传递线上送出特征字的方式, 使数采系统响应中断后首先判断数据线上是否有特征字, 决定程序转入取数或重新设置中断。数据采集系统的信息流程见图 3。

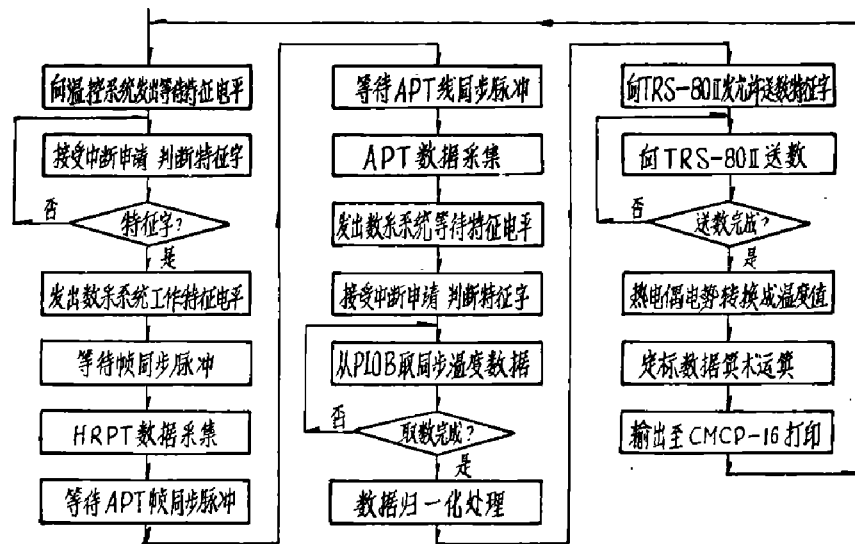


图 3 数据采集系统信息流程

五、数据处理系统

红外遥感仪器辐射定标数据处理, 是使用内存为 64 K 的 TRS-80II 微型计算机系统; 它的主要任务是: (1) 用高级语言程序对数据进行处理; (2) 原始数据进入软磁盘保存, 以备进一步处理; (3) 依靠实时显示的数据对定标系统的运行状态作监视。

TRS-80II 是 Z80A 芯片 8 位字长的微机, 它与外部设备数据交换的并行接口已被打印机占去, 实际供使用的共有两只 RS-232 串行接口, 考虑到它的数据传送速率较低和今后工作的需要, 利用空余的母线插板扩展了一片 Z-80A PIO, 它的两个 8 位并行数据口分别用来接收两台独立的遥感仪器数据采集系统的输出数据。

TRS-80II 微机是在 BASIC 程序控制下, 用 DEFUSRN 语句定义机器语言程序入口, 用 USRn 语句调用机器语言子程序, 以查询方式从扩展的 PIO 获取从两台独立的数据采集系统输出数据。

为了使 TRS-80 II 区分数据来源, 规定数据采集系统在允许传送数据时各输出一个特征字, 这样 TRS-80 II 就以交替方式查询两台数据采集系统的状态, 以决定 PIO 从哪个口子取数。在程序结束之前, 送特征字 A0A0 或 B0B0 至寄存器 HL 中, 在返回 BASIC 时, 调用 MAKINT 子程序把 HL 中特征字作为变量返回, BASIC 程序就能判断取到的是哪一台数据采集系统的数据, 并将暂存于 RAM 中数据逐个取出, 用顺序输入方式作为 BASIO 变量存入磁盘, 然后再用顺序读出方式将变量读出, 进行数据的运算处理, 显示和打印。图 4 是 TRS-80 II 微机的 BASIC 程序流程。

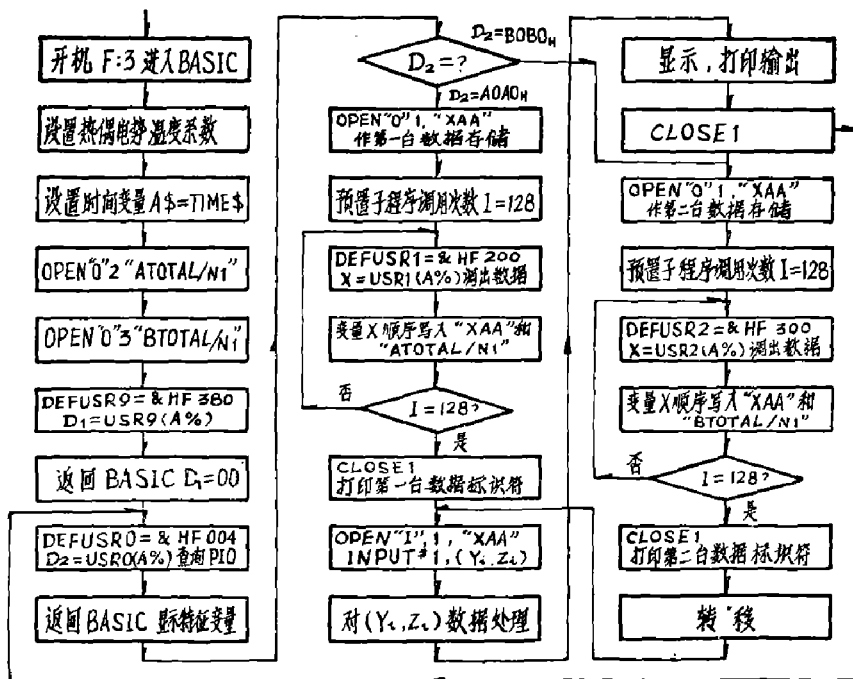


图 4 TRS-80 II 微机数据处理系统 BASIC 程序流程

这套以微机为中心的数据采集、温控及数据处理系统在红外遥感仪器辐射定标实验中, 连续运行 120 小时, 工作正常, 满足了设计要求。

参 考 文 献

- [1] Karoli A. R., Rickey J. R., and Nelson B. E., *Applied Optics*, 6(1967), 1183.
- [2] PB-283859 (1978).

COMPUTER-AIDED COLLECTION AND CONTROL SYSTEM FOR RADIOMETRIC CALIBRATION OF SATELLITE-BORNE INFRARED REMOTE SENSORS

GONG HUIXING, ZHANG JIANXING, LI LIANGXING
(Shanghai Institute of Technical Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

The structure of radiometric calibration system of satellite-borne infrared remote sensors is described briefly. The methods of blackbody temperature control, synchronous data collection, realtime processing by means of microcomputers and data transmission between microcomputers are presented.