

MAT 同位素质谱计软件控制技术分析

方向 刘文贵 刘智洋

(中国地质科学院宜昌地质矿产研究所 443003)

〔摘要〕同位素质谱计主要由 MAT 和 VG 公司生产的两大系列构成, 在我国的众多同位素实验室中 90% 以上配备的是 MAT 系列同位素质谱计, 随着计算机技术的普及和提高, 以及同位素分析新方法的需要, 特别是仪器运行多年, 数字控制部分的故障率不断提高, 使得质谱工作者迫切需要了解和掌握其软件控制技术, 本文拟结合仪器的控制电路, 以测控程序实例, 对 MAT 系列同位素质谱计软件控制技术进行较为深入的分析, 运用软件对数字电路故障进行分析, 并对测控软件进行局部修改, 以满足应用需要。

关键词: 质谱计 控制技术 软件

1 前言

MAT 同位素质谱计主要包括气体稳定同位素质谱和固体同位素质谱, 以及 UF₆ 专用质谱等类型, 其各型仪器除进样和电离方式、数据处理方法等因不同应用目的不同外, 测控电路、软件控制等方面均采用了相同的技术和实现方法。计算机的配备则以采用 HP 系列计算机为主, 从 HP9815、HP9825 到 HP9836、HP300 等, 除早期的 HP9815A 和 HP9825A 限于当时技术条件而有较大的差别外, 后期均采用 HPBASIC 语言的各版本作为系统语言, 其应用程序除功能上有所不同外, 测控软件无明显差别, 甚至采用了一致的子程序, 因此我们将以一种仪器软件为主, 对 MAT 系列同位素质谱计软件控制技术进行剖析, 同时给出几个简单的小程序供读者试验时参考。

MAT261 是 MAT 系列质谱计中有代表性的固体同位素质谱计, 其控制电路几乎包括了其它各型仪器的主要部分, 而且其软件较成熟、完善, 因此本文将予以 MAT261 为例进行讨论。

2 软件的系统结构

MAT261 由系统程序和数据文件两大部分组成。

系统程序中又可分为数据管理程序和测控程序, 在此我们仅讨论测控程序部分, 其结构如图 1 所示, 两个主模块 ACQUISITION 和 MONITOR 构成了数据采集和仪器调校两个部分, 一些辅助功能如 TEST, INPUT CHANNEL 等几乎包括了仪器所有的测控功

1997-04-20 收

能,我们只要掌握了实现这些功能的过程,即可对整个程序的测控技术进行分析,本文着重讨论几个常用的辅助功能程序。

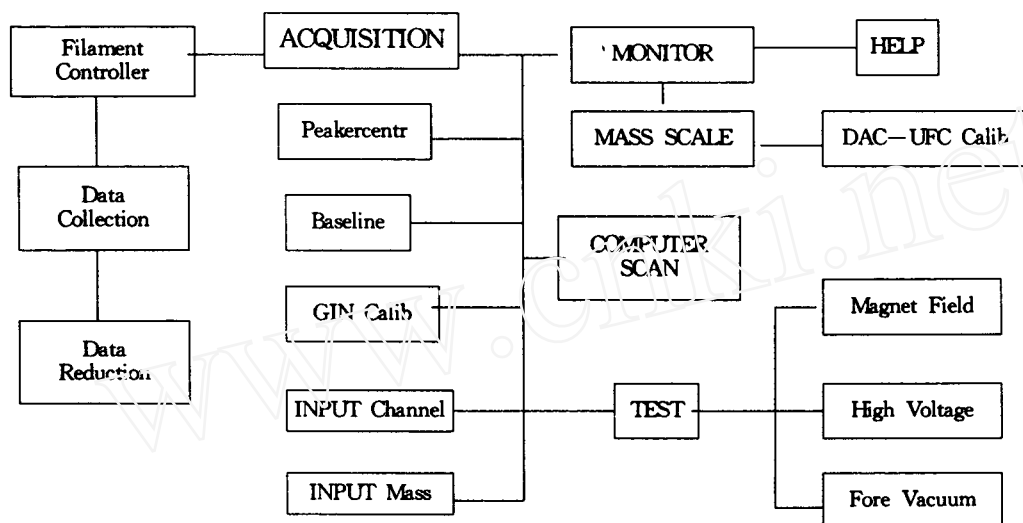


图1 MAT261 测控软件系统结构

3 接口及软件控制格式

3.1 接口及其指令系统

MAT 同位素质谱计均采用 GP-IB 即 IEEE-488 接口总线与计算机相连,在 GP-IB 指令集中有多达 37 条不同指令,而该仪器仅采用了其中的 OUTPUT(向设备写数据)、ENTER(从设备读数据)、CLEAR(接口或设备清零)和 TIMEOUT(超时时限)等四条指令,而最常用的只有 OUTPUT 和 ENTER,熟悉这两条指令,几乎可以完成仪器的全部控制功能。

3.2 指令格式

3.2.1 CLEAR Adr(Dev)

Adr: GPIB 接口主地址(HPIB 为 7)

Dev: 设备地址

3.2.2 ON TIMEOUT Adr, T

T: 超时时限(秒)

OFF TIMEOUT

3.2.3 OUTPUT Dev USING “#,B”;Code1,Code2,……

Code1,Code2……: 向 Dev 设备写入的代码以 ASCII 字符方式

3.2.4 ENTER Dev USING “#,B”;Data1,Data2……

Data1,Data2……: 从 Dev 设备读入的数据以 ASCII 字符方式

对于 HP 计算机,其 HPIB(GPIB)接口主地址为 7, MAT261 中,数字板地址为 725, DAC 磁场调节板地址为 717。

4 软件控制技术

4.1 磁场 DAC-16 的设置

我们首先分析简单的控制功能,DAC-16的设置由于不涉及状态读取,为单指令操作,参考《MAT 同位素质谱计数字控制电路分析》^[1]一文,可以得知,此板的主地址为717,DAC-16的数据分为低8位和高8位两次传输,地址分别为1和2。

设置指令为:OUTPUT 717 USING “# ,B”;N MOD 256,1,INT(N/256),2 N 为设置的 DAC-16 码,0— 2^{16} ,其对应的 MASS 由 MASS SCALE 曲线获得;

N MOD 256 为低 8 位数据,(即取 N/256 的余数);

INT(N/256)为高 8 位数据,(即取 N/256 的整数);

低 8 位通过 GPIB 总线先送到 IC23^[2]的输入端,随后写入地址码 1,使数据建立在 IC22 的低 8 位(BIT9~BIT16)^[2],再写高 8 位数,刷新 IC22 的高 8 位(BIT1~BIT8),完成 16 位数据建立后,写入地址码 2,使 IC22 即 DAC16 有效,在其输出端得到一稳定的模拟量,完成全部过程。

4.2 RELAY BOARD 继电器设置及状态读取

通过 RELAY BOARD 电路分析^{[1][2]},其地址与 DIGIT BOARD 共用,为 725,以 K8~K14 为例,其写地址为 01,状态读地址为 33,如果需要置 K8 为 ON(高压自动开),其操作码为 1,同时要保持其它 K 状态不变,因此首先需要读取 K8~K14 的状态,在置 K8 为 ON 时,同时写入 K9~K14 的当前状况。

程序 1:

10	Adr=33	读地址
20	Adw=1	写地址
30	Code=1	K8 操作码
40	OUTPUT 725 USING “# ,B”;Adr	写状态读地址
50	ENTER 725 USING “# ,B”;Codef	读地址为 Adr 的状态码 Codef
60	Code=BINIOR(Codef,Code)	取 Codef 与 K8 操作码 Code
70	OUTPUT 725 USING “# ,B”;Adw,Code	写入 Adw 的端口
80	END	

程序运行后,可观察到高压自动开启。

4.3 DIGIT BOARD 数据采集和 UFC BOARD 信号通道设置

此部分电路比较复杂,其软件控制过程也较难,几乎每执行一个操作,都涉及到多条指令代码和多处电路。本文以读取磁场值为例进行分析。

4.3.1 MAGNET FIELD 信号通道的设置

对 UFC BOARD 的分析可知^[1,2](MAT261 有两种 UFC 板,与 BME 控制面板配套的为新版,而与 BMI 配套的为旧板,这里以旧板为例),读取磁场值,须将 K6 置 TEST 位置,K7 置 FIELD 位置,用 UFC1 采集磁场信号,而从电路分析,只需设置 K7,即通过 IC14 同时将 K6 置于了 TEST 位置;

其代码为:Adw=3,Code=2。

再看 DIGIT BOARD1,由于 UFC1 与 UFC4 共用一个计数通道^[2](DIGIT BOARD1 也分为老板和新板两种,以老板为例),此时须将 UFC1 置于计数通道;

其代码为:Adw=21,Code=1。

4.3.2 设定采样积分时间,读取计数值

取积分时间为 1s,起代码为 $Adw=17, Code=0$ 。设定积分时间后,信号和时间计数器开始计数,BUSY 信号变为高电平,当积分完成后,BUSY 变为低电平,因此须对 BUSY 进行监测,通过 RELAY BOARD 完成,其代码为 $Adr=37$,BUSY 信号为第 4 位, $BIT(BUSY)=4$;

计数通道 1 读地址 $Adr=41$,信号计数器为前 3 位,时间计数器为后 2 位。

4.3.3 程序 2

10 CLEAR 725	设备清零
20 OUTPUT USING "#,B";21,1,3,2	置 TEST 通道和计数器 1
30 OUTPUT USING "#,B";17,0	置积分时间,启动计数器
40 REPEAT	
50 ENTER 725 USING "#,B";X	判断 BUSY 状态
60 UNTIL NOT BIT(X,4)	
70 OUTPUT USING"#,B";41	读写地址
80 ENTER /25 USING "#,B";Z1,Z2,Z3,Z4,Z5	读 5 个计数器
90 Signal=Z1+Z2 * 256+Z3 * 65536	信号计数值
100 Time=Z4+Z5 * 256+1048576	时间计数值
110 F=Signal/Time	计算频率
120 F=F * 10 ⁻⁷	由于参考频率为 10 ⁷ MHz
130 V=(F-200)/2000	计算磁场信号电压值
140 LOCATE10,8	UFC 零点为 200,每伏 2000 个计数
150 PRINT"Magnet Field=";V;"(V)"	
160 END	

5 几个常用功能的软件实现

5.1 INPUT CHANNEL

此功能是置某一通道为当前通道,并显示该通道对应离子的质量数,限于篇幅,在此不将原程序列出,可参考仪器的原程序,全过程见图 2。

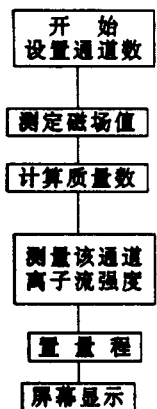


图 2 输入通道

- (1) 输入将设置的通道数;
- (2) 设置接收通道,将该通道置于记录通道,如果是 BME,自动联通记录仪,并将通道显示置相应位置;CALL Farsem(N)
- (3) 检测磁场值 $V_{磁}$,根据 DAC-UFC 校准系数 K1 和 K2,计算对应的 DAC-16 值 M16;
- (4) 根据 MASS SCALE 结果,计算出 M16 对应的质量数,并根据杯结构表的 Gama 值,计算出该通道对应的质量数;
 $Ma = FNMa(M16) * Gamma(N)$
- (5) 测量该通道离子流强度;CALL Simultan input(Vo-(*),0)
- (6) 设定量程;CALL Range
- (7) 显示新的屏幕结果;
- (8) 返回

N: 预置通道数
 Vo-(*): 各通道离子流强度
 Farsem(N): 通道设置子程序
 Simultan-input: 各通道信号测定子程序
 Range: 设置量程子程序
 FNMa: 质量数计算函数

5.2 GAIN CALIBRATION

增益校准程序见图 3。

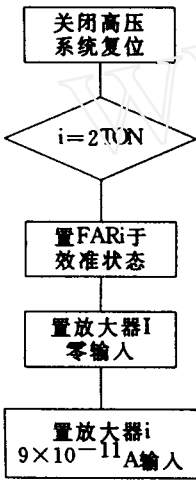


图 3 增益标准

- (1)关闭高压 CALL Hivoff
系统复位 CALL Multireset
 - (2)从 FAR 1 开始分别测定
 - (3)置 FARi 的放大器为 GAIN 状态,即置放大器上的 K 吸合;
OUTPUT725 USING“#,B”;29,i-1
 - (4)将零信号通过 K 置于放大器输入端;测量 10 次,得均值 Gain-0;CALL Funcno2(9,16)
CALL Func2(9,64)
 - (5)将 9×10^{-11} A 零信号通过 K 置于放大器输入端;测量 10 次,得均值 Gain9;
CALL Funcon2(9,8)
CALL Func2(9,2)
 - (6)计算 GAIN 值, $F(34+i) = (Gain9 - Gain0) / 9$
 - (7)如果 $i=N$ 完成 GAIN 测定,否则重复(3)~(6);
 - (8)存盘返回主程序。
- Funcno2(Adw,Code):向 Adw 写入码 Code,与原状态取或运算
 Func2(Adw,Code):向 Adw 写入码 Code,与原状态取与运算

6 结语

由于整个测控软件涉及过程太多,限于篇幅,不能一一列举,本文仅讨论了一些基本过程,希望对读者进一步分析测控软件有所帮助。

参考文献

- 1 方向等. MAT 同位素质谱计数字控制电路分析,质谱学报 1997,18(3):66
- 2 MAT261 线路图集
- 3 HPBASIC 语言手册

Analysis of Control and Measure Software for MAT Isotope Mass Spectrometer

Fang Xiang, Liu Wengui, Liu Zhiyang
(Yichang Institute of Geology and
Mineral Resource, Yichang 443003, China)

Received 1997-04-20

Abstract

The paper described the analysis of the control and measure software of MAT isotope mass spectrometer; introduced the instruction codes of GPIB interface, explained the application of the codes OUTPUT and ENTER in detail; introduced the control process of the software in some examples and showed some subprograms of controls and measures to the MAT261. It will be helpful to the technician of MAT isotope mass spectrometer.

Key words: mass spectrometer, technology of control, software