

## 一. 引言

大气光学是研究光波在大气媒介中传播时, 光辐射发生各种变化的一种科学。由于与大气物质作用的结果, 光波在传播时发生的变化主要有: 光波的折射、吸收、散射、相位畸变等效应。本文所述的大气传输光学参数综和观测仪正是用于大气分子和气溶胶粒子的散射、吸收及湍流效应的测量, 通过测量数据可反演出气溶胶粒子谱和浓度、某些吸收分子含量、湍流结构常数等重要光学参数。

太阳光透过大气到达地表, 各种气体分子和粒子吸收并且散射太阳光能, 传输过程可用朗伯定律表述为:

$$I(\lambda, h) = I_0(\lambda) * \varepsilon * e^{-\tau_g(\lambda) * M(h)} \quad (1.1)$$

$\tau_g(\lambda)$  是大气光学厚度, 它是波长的函数;  $M(h)$  是指太阳高度角为  $h$  时的大气相对质量;  $I_0(\lambda)$  是大气层顶太阳辐射强度,  $I(\lambda, h)$  为地面太阳辐射强度,  $\varepsilon$  是一个修正地球与太阳距离的参数,  $\varepsilon = L_m^2 / L^2$ ,  $L_m$  是太阳与地球的平均距离而  $L$  为实际距离。

当辐射能传播中遇到大气粒子后, 大气粒子从入射光波中吸收能量, 并且将吸收的能量再次发射到以该粒子为中心的全部立体角中去, 这就是散射效应。散射辐射与入射辐射的强度、入射辐射的波长、粒子的几何性质以及粒子的光学性质 (主要是折射率) 有关。根据粒子尺寸分类, 散射可以分为两种: Rayleigh 散射和 Mei 散射。一般来说, 较小粒子的前向和后向半球散射趋于相等; 当粒子加大时, 整个散射加大了, 而且更集中于向前方向; 对于更大粒子, 绝大部分散射集中前向的一瓣, 在不同散射角出现次级的极大极小。

若入射光为自然光, 电矢量在垂直于入射光线平面内可任意取向, 散射粒子为球形, 其半径为  $a$ , 并且  $a \ll \lambda$ ,  $F_0$  为入射通量密度,  $\theta$  为入射光与散射光之间的夹角,  $n$  为折射率, 则在距散射粒子  $r$  处的 Rayleigh 散射辐射通量密度表示为:

$$F_\theta = F_0 \frac{16 \pi^4 a^6}{\lambda^4 r^2} \left( \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right)^2 (1 + \cos \theta) \quad (1.2)$$

Rayleigh散射理论只适用于 $a/\lambda < 1/10$ 的情况,当粒子加大时,就要用到Mie散射理论:直径为 $d$ ,复折射率为 $m$ ,散射角为 $\theta$ 的散射截面可写成:

$$\sigma = \frac{\lambda^2}{8\pi^2} (i_1 + i_2) \quad (1.3)$$

$i_1$ 、 $i_2$ 是米散射强度分布函数,它是 $d, m, \theta$ 的函数,关于它们的计算,前人作了大量的工作,根据他们总结的大气粒子强度分布函数表,我们可以方便地求出不同 $d, m, \theta$ 下的 $i_1$ 、 $i_2$ 值。

光波在大气中传播还有大气湍流效应。引起大气湍流效应的根本原因是空气折射率的变化,折射率是气压、温度、水气压的函数:

$$N(\lambda) = 2.8438 \cdot 10^{-3} \cdot N_0(\lambda) \cdot p/T - 0.1127 \cdot e/T \quad (1.4)$$

$N$ 为折射率模数, $N_0(\lambda)$ 是标准大气条件下的折射率模数, $N_0(\lambda)$ 可用Cauchy公式计算:

$$N_0(\lambda) = 273.5794 + 1.5832 \lambda^{-2} + 0.015 \lambda^{-4} \quad (1.5)$$

在一般情况下,小尺度范围内因为 $p$ 和 $e$ 的变化相对较小,所以研究湍流时,我们往往可以通过测量温度变化的方法。

## 二: 大气传输光学参数综合观测仪简介

### (一) 总体功能

大气综合观测仪包含下面四个功能模块:

1. 测量太阳直接辐射: 本仪器可测量可见光到近红外八个波长下的太阳直接辐射强度,进而得到这些波长下的大气光学厚度。

2. 测量散射辐射: 这部分功能用于测量一定散射角下的角散射特性,也可以选取八个滤光片。

3. 测量气溶胶粒子谱: 将采样空气中的气溶胶粒子通过散射腔产生的散射光转换成电信号,输入计算机,计算粒子谱。

4. 测量湍流结构常数 $C_n$ : 通过对两点间温度差的测量求出温度结构常数 $C_T$ ,进一步就可算出 $C_n$ 。

## (二) 仪器组成

整个仪器由IBM-PC个人计算机控制, 硬件根据功能可分成以下几个部分。

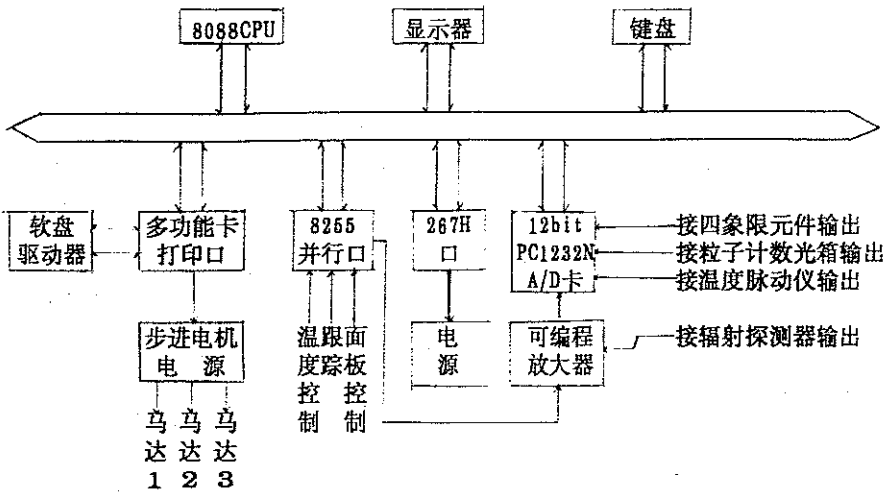
- 跟踪台: 用四相限元件和步进电机完成对太阳的主动跟踪和散射角的选取, 八个滤光片和辐射探测元件完成八个波段辐射强度的测量。为保证测量精度, 探测室内有恒温加热装置。

- 光电粒子计数器机箱: 测量散射腔中大气粒子的散射辐射强度, 把光信号转换成电信号送入计算机分析处理。

- 高灵敏度温度湍流仪: 用两根长1.5cm直径 $10\mu\text{m}$ 的铂丝作为探头, 经过放大, 可以测出探头很小的温差。

- 步进电机电源箱: 用计算机控制, 三路输出, 分别驱动跟踪台的方位、仰角步进电机以及更换滤光片的步进电机。

整个仪器的框图2-1



(图2-1)

## 三. 太阳直接辐射测量

### (一) 基本原理

假定 $J(\lambda)$ 是探测元件的输出读数,它受两种辐射的影响:太阳直接辐射与天空散射辐射。在干洁空气下,视场角 $<1^{\circ}30'$ ,天空散射光影响可忽略,具体可写成:

$$J(\lambda) = C \varepsilon I_0(\lambda) \exp[-M(h) \tau_g(\lambda)] \quad (3.1)$$

$C$ 为仪器光学系统和电路的综合参数,假定 $J_0(\lambda) = C_1 I_0(\lambda)$ ,其含义是将太阳辐射计放在大气圈外时读数, $J(\lambda)$ 可以进一步简化成(3.2):

$$J(\lambda) = J_0(\lambda) \varepsilon \cdot \exp[-M(h) \tau_g(\lambda)] \quad (3.2)$$

$J_0(\lambda)$ 计算一个简单也精确的方法是Langley方法。

将(3.2)式两边求对数,并忽略 $\varepsilon$ 的影响得(3.3):

$$\ln J(\lambda) = \ln(J_0(\lambda)) - \tau_g(\lambda) M(h) \quad (3.3)$$

只要 $\tau_g(\lambda)$ 不变, $\ln J(\lambda)$ 与 $M(h)$ 就有线性关系,此直线的截距是太阳常数,斜率为 $\tau_g(\lambda)$ ,实际使用时,取晴朗、干洁的大气条件下,最好在高山测量,此时 $\tau_g(\lambda)$ 变化很小,得到不同 $M(h)$ 下的一系列 $\ln J(\lambda)$ 值。用最小二乘法拟合,求出 $J_0(\lambda)$ 。

## (二) 仪器设计

这一部分功能主要由跟踪台完成,整个设计包括PC机箱、步进电机电源和跟踪台三个部分。

四相限元件把四路输出信号经计算机反馈到俯仰和方位两个步进电机,实现太阳的主动跟踪。滤光片驱动电机更换不同波长的滤光片。温度控制器测量并控制探测室的温度,以减少温度漂移造成探测元件输出误差。

硅光电二极管探测元件把光辐射转变成电信号,经两级可变增益放大器(用CMOS开关改变放大倍数),经A/D板送入计算机。

模数转换由12位,32通道,转换时间 $25 \mu s$ 的PC-1232N板完成,其中15通道分配给信号采样,10~13通道分配给四相限跟踪元件。

打印机接口中378H和37AH可被作为信号的输出端口。我们采用

这两个端口的相应输出线作为步进电机的相应控制相线。

为了满足控制需要,增加一片8255作为接口扩展,用于面板按钮输入、指示灯和放大器增益控制、温度控制器的数据输入。

软件设计由于这一部分功能涉及了大量端口操作,所以程序主要部分由8088汇编写成,汇编语言速度快、功能强,能充分发挥A/D转换速度,代码质量明显优于高级语言。扫描与跟踪程序用于寻找太阳并能自动精确跟踪;8个滤光片测试一周时间小于12秒,计算机自动记录各波长的辐射探测值;自动控制放大增益使数据采集器输入电压有适当的范围,共13个增益档次,增益值 $2^0 \sim 2^{12}$ ,以提高A/D精度并且保持足够的测量动态范围。

#### 四. 太阳角散射辐射测量

和太阳直接辐射测量一样,太阳角散射辐射测量主要也是由跟踪台完成的。在跟踪台完成对太阳的跟踪后,保持俯仰步进电机不动,将方位步进电机旋转后自动测量角散射辐射强度。

仪器设计要求能选择八波长滤光片之一,能自动测量角散射辐射强度、自动记录放大器增益、自动记录探测器温度及采样日期、时间等数据。仪器自动化程度较高,使用方便。

仪器可以根据用户设定的散射角值自动计算出达到此散射角所对应的方位步进电机的旋转角度,测量该散射角下的散射辐射强度。

水平方位角 $\varphi$ 和太阳高度角 $h$ ,天空散射角 $\beta$ 对应的的关系见(4.1):

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin(\sin(\beta/2) \cdot \operatorname{sech} h) \quad (4.1)$$

对于 $\beta$ 很小时,可用下面近似公式:

$$\varphi \approx \beta \cdot \operatorname{sech} h \quad (4.2)$$

## 五. 气溶胶粒子谱测量

### (一) 基本原理

米散射相函数是变化剧烈的函数, 沿  $\theta$  角的散射光强对散射角和波长积分, 较快把变化平滑了。输出电压正比于下式:

$$R_1(a, m, \theta) = \int_{\Omega} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(a, m, \theta, \lambda) E(\lambda) S(\lambda) d\lambda d\theta \quad (5.1)$$

$E(\lambda)$  为光源辐射能量,  $S(\lambda)$  是探测元件的灵敏度,  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  是光学系统通带限,  $\Omega$  为探测元件视场。这样, 探测器输出事实上成了粒径  $a$ , 折射率  $m$  和散射角  $\theta$  的函数, 其中  $\theta$  的选取对仪器性能有很大的影响, 它有两个方面的要求:

1: 仪器响应曲线单调变化。这样对一定的输出电压可以对应一定的粒径而不致于出现模糊区。

2: 尽量减少折射率  $m$  对响应曲线的影响。近前向散射响应曲线几乎不受折射率的影响, 但仪器响应曲线不单调变化; 而  $90^\circ$  散射角响应曲线虽能单调变化, 但受粒子折射率影响较大。再考虑加工上的原因, 本仪器采用  $60^\circ$  散射光路, 尽量做到响应曲线单调变化并受粒子折射率影响不大。

### (二) 仪器组成

采样空气在散射腔中气柱的散射光由光电倍增管接收, 光源用白炽灯, 有三路气体泵: 采样泵、气套泵、稀释泵。气套泵是为了避免虚假计数和采样气体对散射腔的污染而提供的经过过滤器的干净空气。当空气中气溶胶粒子浓度较大, 引起通过散射腔粒子几率变大, 这样会造成计数误差加大, 这时可利用稀释泵采来的干净空气, 在混合腔与采样空气混合, 以降低采样气体中的粒子浓度。

三个气体泵均使用动圈式喇叭改装成的薄膜泵。泵体电源利用两个非门构成的正反馈产生脉冲振荡信号, 经过整形和功率放大而成。

光电倍增管输出经放大送入 A/D 板, 软件上一次采样 32K 个点 (约 0.

8秒),用五点判峰法判定峰值,再将分道量化值与峰值比较,得出该峰值对应的粒子分档数,求出粒子谱。目前软件将 $0.3\mu\text{m}\sim 12\mu\text{m}$ 的粒子分成17道,分道的门限电压、相应量化值和名义粒子直径可以查表。

### (三) 结果校正

仪器的响应曲线与折射率是有关系的,仪器只给出17道分道量化值及其对应的名义粒子半径。名义粒径在本仪器中是指假定粒子折射率为1.59时相应的半径。实际使用时由于所测气溶胶粒子的折射率不同而要对名义粒径进行订正,才能得到正确的粒子谱。

## 六. 湍流结构常数的测量

### (一) 基本概念

温度脉动仪可以测出两点的瞬时温差 $\Delta T = T_1 - T_2$ , 温度结构常数 $C_T$ 可由式(6.1)给出:

$$C_T^2 = \Delta T^2 / r^{2/3} \quad (6.1)$$

其中 $r$ 是两点间距离。

折射率结构函数 $D_n$ 由(6.2)定义:

$$D_n = (N_1 - N_2)^2 \quad (6.2)$$

$N$ 是折射率模数。

将(1.4)式简化去水汽压影响,(1.5)式取平均波长,得:

$$N \approx 8 \cdot 10^{-5} \cdot p / T \quad (6.3)$$

代入(6.3)有:

$$D_n = 64 \cdot 10^{-10} p^2 / T^4 \cdot C_T^2 \cdot r^{2/3} \quad (6.4)$$

根据Kolmogorov的 $2/3$ 定律,最后可得:

$$C_n^2 = 64 \cdot 10^{-10} p^2 C_T^2 / T^4 \quad (6.5)$$

这样,根据温度脉动测量给出的数据,我们就可以求出温度结构常数 $C_T$ ,进而求得折射率结构常数 $C_n$ 了。

## (二) 仪器结构和使用:

直接测量大气微小温度变化的仪器是铂丝电阻温度计, 温度脉动引起两个铂丝电阻变化, 惠斯顿电桥平衡打破而输出信号。温度脉动仪有两路输出: 交流输出和直流输出。其中交流输出是与  $\Delta T$  相关的, 我们将它直接接在 PC-1232N 的第三路通道上送入计算机。

探测器交流输出与温差基本上保持线性关系, 我们设  $V_t$  为计算机读数, 则有:

$$K \cdot V_t = \Delta T = T_1 - T_2 \quad (6.6)$$

其中  $K$  与仪器的结构性能有关。为减少误差  $V_t$  可以取一定时间范围内的平均值, 代入 (6.1) 有:

$$C_T^2 = K^2 \cdot \bar{V}_t^2 / r^{2/3} \quad (6.7)$$

由于仪器频谱范围 0~50Hz, 即最大可测量 50Hz 的温度脉动, 根据这一要求, 软件设计连续采样 40 秒钟, 每秒采 100 个点。每点数据实际上是连续采三点, 再取平均值, 以减少偶然误差。

## 七. 软件设计

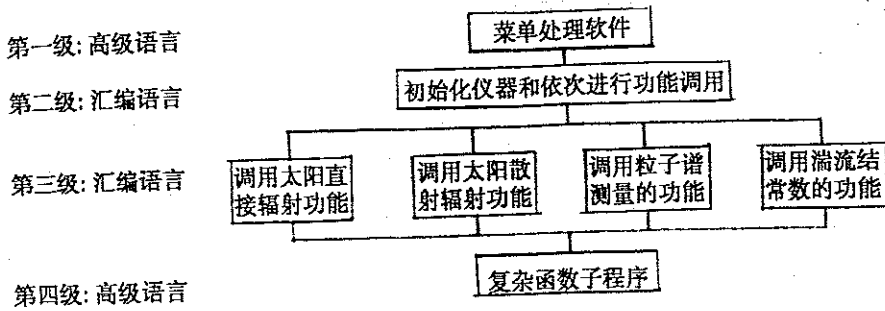
### (一) 总体软件设计

由于软件涉及大量的端口操作, 所以主要程序部分用汇编语言写成。但是它也有不利的一面: 可读性差以及工作量浩大。在大气综合观测仪中, 汇编程序还难以实现函数功能和良好用户界面, 所以我们使用汇编、高级语言混合编程的技巧。一方面, 大多数程序, 包括四个功能模块中的数据采集与仪器控制用汇编语言写成; 另一方面, 用户界面和函数部分用高级语言写成。由于 C 语言功能强大, 加上各软件公司纷纷推出 PC 机上 C 语言编译系统, 所以我们采用它作为我们使用的高级语言。

Turbo C 2.0 具有系统规模小、编译速度快及用户界面好的优点, 但是它的兼容性差是其一个重要的弱点, 与汇编语言的相互调用

也是往往出错。经过长期摸索,在资料不全的情况下,我们顺利实现了混合语言的编程。

程序结构总流程如框图 I:



框图 I

## (二) 西文状态下汉字菜单的实现:

为了满足国内用户的需要,汉字菜单是必需的。汉字菜单最简单的实现方法是在CCDOS或UCDOS等汉字操作系统下直接进行的,但有以下问题:

1: 由于修改了显示模块,一些西文状态下的软件不能使用,大气综合观测仪软件中的作图程序不能画出正确的图形。

2: 占用大量的内存空间,一些大型软件不能装入。

3: CCDOS等汉字操作系统本身的装入速度慢,影响整个软件的运行速度。

由于以上原因,我们必须在非汉字操作系统下完成汉字的显示,经过分析,我们认为有下列两种方法:

方法一: 屏幕“拍照法”:

这种方法实现西文状态下汉字主要分以下几个步骤:

1. 在汉字操作系统下编辑一个汉字的文本文件,这个文件的汉字排列与我们的汉字菜单一致。

2. 编写一段汇编程序,它先把前面的文本文件中的汉字在汉字操

作下的系统屏幕上显示出来,再将显示缓冲区的内容构造成一个图形文件存储起来,完成“拍照”过程。

3. 在西文状态下,将产生的图形文件写回显示缓冲区,完成非汉字操作系统下汉字显示。

方法二:小型汉字压缩字库法:

汉字库包含了不同汉字的点阵信息。一般显示汉字用16\*16点阵,这样每个汉字要32个字节的字模。我们设想从CCDOS的字库文件CCLIB中把要显示的汉字的字模信息提取出来构成一个小的汉字库,西文状态下从小字库中调出点阵信息并在显示器上显示。但由于不同汉字操作系统下CCLIB的结构不同,又无法查到CCLIB文件结构的资料,我们可以采用一种折中的办法。这种办法分下列两个步骤:

1. 建立小型汉字压缩字库。

在汉字操作系统下把需要的汉字依次显示在屏幕上,每显示一个把点阵信息取到数组中,把每个汉字字模以二进制方式顺序存盘,建立压缩字库。

2. 在西文状态下显示汉字。

汇编子程序用该汉字的序号找到要显示汉字在小字库中的位置。再根据坐标将点阵信息送入显示缓冲区从而实现汉字显示。

以上两种方法各有利弊。我们采用第一种方法顺利实现了汉字菜单。实际上,我们用了四步完成:

第一步:在CCDOS下,用WordStar编辑一个汉字文件zh,文件包含软件使用说明和四个功能的选取,附加一个返回DOS的功能。

第二步:汇编程序crt.com在CCDOS状态下将汉字按一定位置显示在显示器上,把单色显示器的第一页显示缓冲区,即以B000:0H为首的32K字节的内容,写到文件zh.crt中去。

第三步:西文状态下的汉字菜单构成。

显示汉字的程序部分是用汇编语言写的子程序menu(),它打开zh.crt文件并把它写入显示缓冲区。由于Turbo C有强大的图形功能,

它可以在屏显示显示汉字后再显示各种字形的西文、边框、填色的各种图形,构造出很好的菜单。但是这样做有两点不足:首先要在当前盘中放入字符图形库;其次图形形成速度太慢。为解决上述问题,采用类似屏幕"拍照"的方法:在汉字和边框、填色、特殊字形字符等汉字菜单画面生成后,将显示缓冲区的内容写入文件zh.map中去。完成这一功能的C语言程序名是zh2.c。

#### 第四步:主控程序设计。

这部分程序首先将文件zh.map内容写入显示缓冲区,恢复步骤三形成的菜单图形。选择命令序列,放入命令序列会话框,最后调用汇编子程序完成仪器初置和最多四个功能的调用。软件中含发声子程序,用于键盘确认和出错报警。

### (三)单色显示器图形功能的实现

仪器采用单色显示器,所以提出了用单色显示器开发图形软件的要求。

我们知道,单色显示器的显示缓冲区VRAM从B000:0开始,有64KB,一屏占用32K,分辨率是720\*348,由于没有颜色属性,所以可用VRAM的一个位元(bit)的信息代表一个点:当二进制信息为1时,对应屏幕的像素为亮;若为0时,该点为暗。

彩色显示器CGA的显示缓冲区VRAM从B800:0开始,VRAM大小为16KB,分辨率640\*200。

开始我们用单色显示器仿真彩色图形显示器CGA的方法。利用对Motorola公司的6845显示控制芯片和DOS通讯区的操作,可以使单色显示器的显示缓冲区改为以B800:0为首地址,单色卡可以仿真CGA卡使用,当然,彩色只能用灰度表示。下面我们简单介绍一下实现原理。

程序首先修改DOS通讯区的设备状态字,使操作系统认为是在CGA状态下工作,同时打开单色显示器Hercules卡,将6845的数据寄存器分别赋值。

单色显示卡的第二页 (32K) 是从B800: 0开始的, 要仿真CGA卡, 必须使用第二页, 修改6845显示模式控制寄存器, 再用DOS功能调用完成CGA显示模式设置和清屏。

用这种方法我们成功地完成了图形功能的实现和汉字菜单的制作, 许多只能在彩显上运行的软件在单显上也能执行, 但也存在两个问题:

1: 由于单色显示器的分辨率大于CGA, 所以整个图形只能占用屏幕中央的一块, 象素利用率只有一半。

2: 有些单显在模拟CGA显示器后, 水平同步不好, 图象不稳定。

鉴于上述情况, 我们要求用单显直接作出图形。

要使单色显示器作图。首先要将它置成图形方式。PC BIOS没有提供这方面的功能, 我们用汇编语言直接完成: 打开Hercules卡, 并修改DOS通讯区, 将6845数据寄存器分别赋值。修改显示模式控制器和DOS通讯区, 完成图形方式设置。

下一步直接对VRAM操作可以使屏幕上相应的点亮或黑。屏幕上的点都有行、列坐标: 左上角点为(0, 0), 右下角点坐标是(347, 719), 绘图程序要把点坐标换算成显示缓冲区的位置, 根据需要, 对VRAM进行置0或置1操作。屏幕上一点的VRAM位置是:

字节地址 =  $B0000H + 2000H * (\text{行号除以4的模})$

$+ 90 * (\text{行号除以4}) + (\text{列号除以8})$

字节内地址 =  $(\text{列号除以8的模})$

根据这两个公式, 我们很快能找到每一点在VRAM中的位置, 对它的操作只有置位(亮)和清零(暗)两种, 非常简单。

# 理学硕士学位论文

论文

题目：

多功能大气传输光学参数

综合观测仪

研究生：刘 峰

导 师：谭 锬

中国科学院安徽光学精密机械研究所

一九九一年六月

## 论文摘要

特殊气象参数包含影响高能激光在大气中传输的非气象台站所提供的大气传输性能参数。大气传输光学综合观测仪正是用于这些参数的测量,它包括四方面的功能:(1)太阳直接辐射测量,以获得可见光到近红外光谱段的大气光学厚度;(2)天空角散射辐射的测量;(3)气溶胶粒子谱的测量;(4)湍流结构常数的测量。

汉字的显示一般要在中文操作系统下进行,用单色显示器直接作图也比较困难。在本系统软件中,西文状态下的汉字菜单、单色显示器作图及混合语言编程是必需的,本文详细论述这些功能实现的原理和方法。

## ABSTRACT

Special meteorology parameters can't be provided by meteorological observatories, and effect the atmospheric transmission of high-energy laser. The synthesize surveying instrument for the atmospheric transmission optical parameters is designed for measuring them. The instrument has four functions: (1) measurement of the incoming flux of direct solar radiation to get the atmospheric optical thickness at eight wavelengths in visible and near infrared spectral range; (2) measurement of the angular scattering characteristic of the sun in atmospheric; (3) measurement of the aerosol particle size distribution; (4) measurement of the atmospheric turbulence temperature structure coefficient.

To display chinese characters under DOS operation system and to draw picture on monochrome display are difficult and necessary in our software. The method and principle are illustrated in detail in this dissertation.

# 目 录

|       |               |    |
|-------|---------------|----|
| 第一部分  | 综述            | 1  |
| 第二部分  | 大气传输光学参数综合观测仪 | 7  |
| 第一章   | 总体结构和四个功能     | 7  |
| 第二章   | IBM-PC微型机及其接口 | 9  |
| 第三章   | 太阳直接辐射测量      | 13 |
| § 3.1 | 引言            | 13 |
| § 3.2 | 国外发展状况        | 13 |
| § 3.3 | 基本原理          | 14 |
| § 3.4 | 仪器构造          | 17 |
| § 3.5 | 软件设计          | 25 |
| 第四章   | 太阳角散射辐射测量     | 27 |
| 第五章   | 气溶胶粒子谱测量      | 30 |
| § 4.1 | 基本原理          | 30 |
| § 4.2 | 仪器组成          | 31 |
| § 4.3 | 仪器标定          | 35 |
| § 4.4 | 结果订正          | 35 |
| 第六章   | 湍流结构常数的测量     | 37 |
| § 6.1 | 基本概念          | 37 |
| § 6.2 | 仪器结构与使用       | 38 |
| 第三部分  | 软件设计          | 40 |
| 第一章   | 总体软件设计        | 40 |
| 第二章   | 良好用户界面的要求     | 42 |
| 第三章   | 西文状态下汉字菜单的实现  | 43 |
| 第四章   | 单色显示器图形功能的实现  | 50 |

## 第一部分 综 述

大气光学是研究光波在大气媒介中传播时,光辐射发生各种变化的一种科学。由于与大气物质作用的结果,光波在传播时发生的变化主要有:光波的折射、吸收、散射、相位畸变等效应。这些效应一方面影响了激光在大气中的应用,如大气的剧烈吸收使激光武器不能把能量传得很远,湍流使得相干光成像发生畸变;另一方面,也正是由于这些现象提供了大量的大气物理性质的信息,成为遥感探测的基础。本文所述的大气传输光学参数综和观测仪正是用于大气分子和气溶胶粒子的散射、吸收及湍流效应的测量,通过测量数据可反演出气溶胶粒子谱和浓度、某些吸收分子含量、湍流结构常数等重要光学参数。

在讨论光与大气相互作用之前我们先来研究一下大气本身。大气根据高度、温度、气体成分等物理性质分成若干层。

1. 对流层:从地面开始到对流层顶,厚度约十公里,它集中了大约80%的大气质量与90%以上的水分,温度随高度增加递减。

2. 平流层:距地面约10~50km,集中20%大气质量,水汽含量少但臭氧丰富,温度随高度增加递增。

3. 中间层:从平流层顶至80~85km,温度廓线变化与对流层相近。

4. 电离层:从中间层顶到200~500km,空气在强烈的太阳紫外辐射与宇宙射线的作用下呈电离状态,温度随高度增加而递增。

5. 逸散层:500~750km以上,是大气圈与星际空间的过渡地带。

大气是由多种元素与化合物混合而成,其中影响最大的是臭氧、二氧化碳、水汽与气溶胶粒子等。

氮气是大气最多的气体成份,约占75%,对太阳光紫外光谱30~130nm区有选择性吸收。

氧气占大气质量的23%,在波长 $\lambda < 242\text{nm}$ 的紫外照射下分解,形成臭氧。在可见光谱区有两个吸收带,一个在690nm附近,一个在769nm附近。

二氧化碳含量大致稳定, 近地面浓度约322ppm, 对长波辐射吸收比较强烈, 特别是在波长在12.9nm~17.1nm范围内。

臭氧是地球大气中能有效吸收太阳紫外辐射的唯一气体, 其最强烈的吸收带在于220nm~320nm区域。

气溶胶粒子是大气重要组成部分, 它包括水滴、冰晶、悬浮的固体灰尘微粒、各种凝结核以及带电离子等, 其形态各异, 分布极广, 从小至100pm的分子团到大至10cm的冰雹。其中, 我们把半径小于 $0.1\mu\text{m}$ 粒子称为爱根核(Aitken);  $0.1\sim 1\mu\text{m}$ 粒子称为大粒子;  $1\mu\text{m}$ 以上粒子称为巨粒子。大气气溶胶对辐射的吸收与散射、云、雾, 降水的形成、大气污染及大气光学与电学现象的产生有极其重要的作用。

当辐射通过某种介质时, 必然受到介质的吸收与散射而减弱, 辐射受介质衰减的一般规律, 可以用朗伯定律来描述: 辐射通量的相对变化 $d\Phi/\Phi$ 与吸收介质层厚度 $L$ 成正比, 即:

$$d\Phi/\Phi = -\mu dL \quad (1.1)$$

假定介值均匀, 积分后可知:

$$\Phi(\lambda) = \Phi_0(\lambda) * e^{-\mu(\lambda) * L} \quad (1.2)$$

同样有:

$$I(\lambda, h) = I_0(\lambda) * e^{-\mu(\lambda) * L} \quad (1.3)$$

其中,  $\mu$  为线性衰减系数,  $I_0(\lambda)$  为入射光强,  $L$  为光程。

我们来稍详细研究一下太阳辐射的情况。当太阳光从星际空间透过大气到达地表时, 各种气体分子和小粒子, 包括 $\text{SO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CO}_2$ 等等吸收并且散射太阳光能, 这就是我们以后要描述的Rayleigh散射。另外, 较大的气溶胶粒子对太阳光也有散射效应, 这就是Mie散射, 传输过程可进一步用朗伯定律表述为:

$$I(\lambda, h) = I_0(\lambda) * \varepsilon * e^{-\tau_g(\lambda) * M(h)} \quad (1.4)$$

$\tau_g(\lambda)$  是衰减系数, 也叫大气光学厚度, 它是波长的函数。  $M(h)$  是指太阳高度角为 $h$ 时的大气相对质量, 它是以太阳光位于天顶时光线从大气上界至某一水准面的距离为单位, 去度量太阳位于高度角 $h$ 时

从大气上界至该水平面的单位数。Kasten 推荐使用下列近似公式来计算 $M(h)$ ：

$$M(h) = \frac{1}{\sinh 0.15 * (h + 3.885)^{-1.263}} \quad (1.5)$$

我们要注意的， $I_0(\lambda)$  是大气层顶太阳辐射强度， $I(\lambda, h)$  为地面太阳辐射强度， $\varepsilon$  是一个修正地球与太阳距离的参数， $\varepsilon = L_m^2/L^2$ ， $L_m$  是太阳与地球的平均距离而  $L$  为实际距离。

以上我们研究了太阳光的直接辐射，下面我们来看看散射辐射的情况。

到达我们眼睛的大多数光，不是直接来自光源，而是借助散射间接传来的，除非我们正视一个光源。就大气而言，散射有多种形式，范围涉及到一切大气物质，包括各种气体分子和来源成份极不相同，体积悬殊的大气气溶胶，这些大气物质的分布及其变化是我们感兴趣的课题。

当辐射能传播中遇到这些粒子后，能量在空间上要重新分布，除了在辐射方向外，其它方向亦有辐射能发出，这就是所谓的散射效应。这就是说，大气中的粒子能连续从入射光波中吸收能量，并且将吸收的能量再次发射到以该粒子为中心的全部立体角中去。散射辐射与入射辐射的强度、入射辐射的波长、粒子的几何性质（包括大小和形状）以及粒子的光学性质（主要是折射率）有关。另外，散射辐射的偏振状态也随散射角变化。根据粒子尺寸分类，散射可以分为两种：Rayleigh 散射和 Mie 散射。一般来说，较小粒子的前向和后向半球散射趋于相等；当粒子加大时，整个散射加大了，而且更集中于向前方向；对于更大粒子，绝大部分散射集中前向的一瓣，在不同散射角出现次级的极大极小。对所有情况，分布的型式都受粒子的相对折射率的影响，对于散射，有两种观测方法：当我们关心散射强度时，我们要处理“角散射”；当我们关心的是光束中消失的总能量时，我们要处理总散射。

让我们来看一下Rayleigh散射的情况: 假设粒子为球形, 其半径为 $a$ , 并且 $a \ll \lambda$ , 理论上有下列结果:

一: 若入射辐射为线偏振光, 电矢量在观测平面, 即入射辐射矢量与散射辐射矢量所决定的平面内, 则在距散射粒子 $r$  处的辐射通量密度表示为:

$$F_{\parallel} = F_0 \frac{16 \pi^4 a^6}{\lambda^4 r^2} \frac{(n^2 - 1)^2}{(n^2 + 2)^2} \cos^2 \theta \quad (1.6)$$

式中,  $F_0$  为入射通量密度,  $\theta$  为入射光与散射光之间的夹角,  $n$  为折射率, 不难看出, 当  $\theta = 0^\circ$  和  $\theta = 180^\circ$  时,  $F_{\parallel}$  最大

二: 若入射辐射为线偏振光, 电矢量垂直于观测平面, 则有:

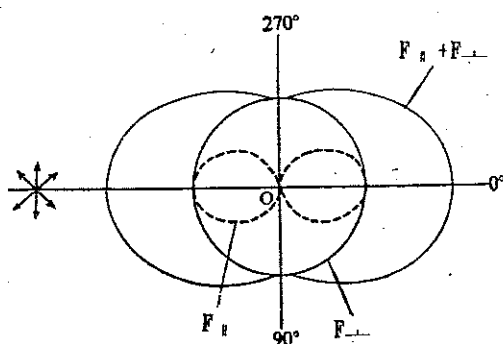
$$F_{\perp} = F_0 \frac{16 \pi^4 a^6}{\lambda^4 r^2} \frac{(n^2 - 1)^2}{(n^2 + 2)^2} \quad (1.7)$$

此时, 散射辐射能量分布与散射角无关。

三: 若入射光为自然光, 电矢量在垂直于入射光线平面内可任意取向, 我们把它看成由两个互相垂直的线偏振光构成, 则有:

$$F_{\circ} = \frac{1}{2} (F_{\parallel} + F_{\perp}) = F_0 \frac{16 \pi^4 a^6}{\lambda^4 r^2} \frac{(n^2 - 1)^2}{(n^2 + 2)^2} (1 + \cos^2 \theta) \quad (1.8)$$

$F_{\parallel}$ 、 $F_{\perp}$  散射合成的情况见图1-1



(图1-1)

经过一系列推导, 在空气中, 我们可以求得体积散射系数为:

$$s_{\lambda} = \frac{8 \pi^4}{3 N \lambda^4} (n^2 - 1)^2 \quad (1.9)$$

其中 $N$ 为每立方厘米中含分子个数,  $N \approx 2.7 \cdot 10^{19}$ 个/立方厘米。

可见, 粒子的散射能力与波长的四次方成反比。

Rayleigh散射理论只适用于 $a/\lambda < 1/10$ 的情况, 当粒子的尺度可与波长相比时, 就要用到Mie散射理论。

Mie散射理论认为, 散射辐射通量密度 $F$ 为气溶胶粒子半径 $a$ 、入射波长 $\lambda$ 、及散射角 $\theta$ 、粒子折射率 $n$ 的函数:

$$F = F_0 f(a, \lambda, \theta, n) \quad (1.10)$$

和Rayleigh散射一样, 可以从三方面加以考虑:

一: 若入射光线为线偏振光, 且电矢量在观测平面内, 有:

$$F_{\parallel} = \frac{F_0 \lambda^2}{4 \pi^2 r^2} \left| \sum [a_m \frac{d}{d\theta} P_m^{(1)}(\cos \theta) + b_m \frac{P_m^{(1)}(\cos \theta)}{\sin \theta}] \right|^2$$

m取0至 $\infty$ 。

$$(1.11)$$

若 $\rho = 2 \pi a / \lambda$ 为宗量密度函数, 有:

$$a_m = (-1)^m i \frac{2m+1}{m(m+1)} \frac{\psi_m'(n\rho) \psi_m(\rho) - n \psi_m(n\rho) \psi_m'(\rho)}{\psi_m'(n\rho) \xi_m(\rho) - n \psi_m(n\rho) \xi_m'(\rho)}$$

$$b_m = (-1)^m i \frac{2m+1}{m(m+1)} \frac{\psi_m(n\rho) \psi_m'(\rho) - n \psi_m'(n\rho) \psi_m(\rho)}{\psi_m(n\rho) \xi_m'(\rho) - n \psi_m'(n\rho) \xi_m(\rho)}$$

$$(1.12)$$

其中,  $\psi_m(x) = \sqrt{\pi x/2} J_{m+1/2}(x)$

$$\xi_m(x) = \sqrt{\pi x/2} [J_{m+1/2}(x) + (-1)^n J_{-m+1/2}(x)]$$

$$\psi_m' = a \psi_m(x) / a x$$

$$\xi_m' = a \xi_m(x) / a x$$

$J_{m+1/2}(x)$  是半整接阶贝塞尔函数

$J_{m-1/2}(x)$  是负半整接阶贝塞尔函数

$$P^{(1)}(\cos(\theta)) \text{ 是球函数} \quad (1.13)$$

二: 若入射辐射是线偏振光, 其电矢量垂直于观测平面, 则有:

$$F_{\perp} = \frac{F_0 \lambda^2}{4 \pi^2 r^2} \left| \sum [a_m \frac{P_m^{(1)}(\cos \theta)}{\sin \theta} + b_m \frac{d}{d\theta} P_m^{(1)}(\cos \theta)] \right|^2$$

$$(1.14)$$

三: 对于自然光, 相仿有:

$$F_{\theta} = \frac{1}{2} (F_{\parallel} + F_{\perp}) \quad (1.15)$$

对Rayleigh散射与Mie散射, 散射光频率不发生变化, 而拉曼散射则不同。值得注意的是, 由于大气中各种成份的拉曼频移量是已知的, 所以通过测量拉曼散射频率可以反过来确定大气中污染气体的含量。限于篇幅, 我们对拉曼散射不作进一步的介绍。

我们要介绍的光波在大气中传播的最后一个效应是大气湍流。假设光束直径为  $D$ , 湍流尺度为  $l$ , 若  $D \ll l$ , 则湍流的主要作用是使光束产生随机偏折, 也就是说, 光束接收面的投影位置随机漂移; 当  $D \approx l$  时, 湍流使光束截面发生随机偏转, 从而形成到达角起伏; 当  $D \gg l$  时, 光束截面将包含许多涡流, 从而使光束的强度和相位在空间和时间上出现随机分布, 光束面积也会扩大。所以说, 我们虽然假设湍流不吸收辐射能量, 但是光波强度、相位及传播方向等参数会随湍流而起伏。所以, 对湍流的研究显得非常重要。

引起大气湍流效应的根本原因是空气折射率的变化, 也即空气密度的变化。我们知道, 折射率是温度、气压和水气压的函数, 这几个参数中任意一个的变化都会引起折射率的相应变化, 我们广泛应用以下的公式:

$$N(\lambda) = 2.8438 \cdot 10^{-3} \cdot N_0(\lambda) \cdot p/T - 0.1127 \cdot e/T \quad (1.16)$$

$N$  为折射率模数, 它与折射率  $n$  的关系是:

$$n = 1 + 10^{-6} \cdot N \quad (1.17)$$

$N_0(\lambda)$  是标准大气条件下 (气压  $p = 1.01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ , 温度  $T = 288.15 \text{ K}$ , 水气压  $e = 0$ ,  $\text{CO}_2$  含量  $300 \text{ ppm}$ ), 波长  $\lambda \text{ } \mu\text{m}$  时的折射率模数,  $N_0(\lambda)$  可用Cauchy公式计算:

$$N_0(\lambda) = 273.5794 + 1.5832 \lambda^{-2} + 0.015 \lambda^{-4} \quad (1.18)$$

在一般情况下, 小尺度范围内, 诸多因素中影响最大的是温度  $T$ , 它对折射率的影响大大超过气压  $p$  和水气压  $e$ , 这主要是因为在一条件下,  $p$  和  $e$  的变化较小, 所以研究湍流时, 我们往往可以通过测量温度变化的方法。

## 第二部分: 大气传输光学参数综合观测仪

### 第一章: 总体结构与功能

大气传输光学参数综合观测仪可以测量太阳直接辐射、 散射辐射、 气溶胶粒子谱、 湍流结构常数等重要的大气传输光学参数, 大气综合观测仪包含下面四个功能模块:

1. 测量太阳直接辐射: 本仪器可测量可见光到近红外八个波长下的太阳直接辐射强度, 进而得到这些波长下的大气光学厚度, 根据这些数据来反演大气中粒子浓度、 尺寸谱以及折射率。 更换滤光片可达到测量不同波段的效果。

2. 测量散射辐射: 这部分功能用于测定特定波长下的角散射特性。 和功能一相仿, 可以选取八个滤光片。 仪器的跟踪台在跟踪正常后保持仰角不变, 改变水平转角来测试辐射随散射角的变化。 例如可以控制水平转动步进电机从 $0^{\circ}$  ~  $50^{\circ}$ , 连续测量51个点; 也可以给出具体的散射角, 实时计算出所需的方位角, 进行测量。 修改软件可以满足不同用户的要求。

3. 测量气溶胶粒子谱: 将采样空气中的气溶胶粒子通过散射腔产生的散射光转换成电信号, 以电脉冲幅度确定粒子大小, 以电脉冲的计数反映粒子浓度。 采用响应曲线单调变化并对折射率影响不太敏感的 $60^{\circ}$  散射光路。 目前软件将 $0.3\mu\text{m}$ ~ $12\mu\text{m}$ 的粒子分成17道, 计算机自动进行分类、 计数、 记录。

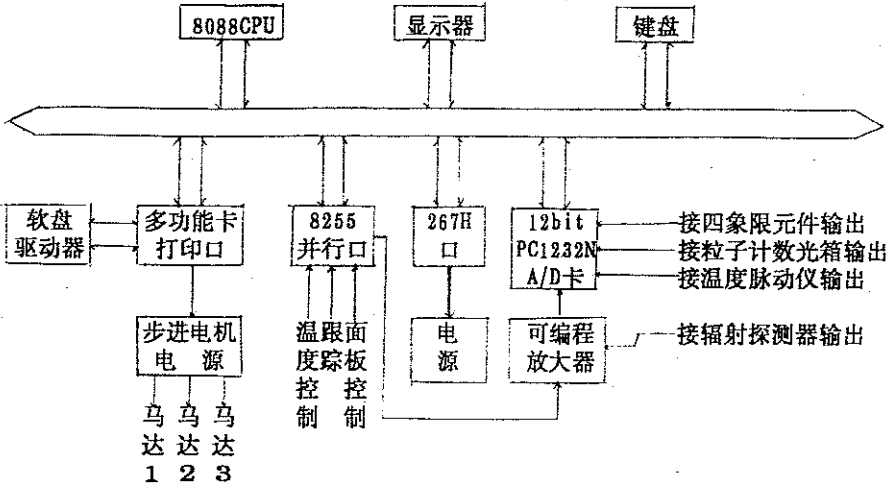
4. 测量湍流结构常数 $C_n$ : 利用湍流效应中温度变化起主要作用这一原理, 通过对两点间温度差的测量求出温度结构常数 $C_T$ , 进一步就可算出 $C_n$ 。 仪器最高可测出50Hz的温度脉动谱。

整个仪器由IBM-PC个人计算机控制, 硬件根据功能可分成以下几个部分。

· 跟踪台: 用四相限元件和步进电机完成对太阳的主动跟踪和散射角的选取, 八个滤光片和辐射探测元件完成八个波段辐射强度的测量。 为保证测量精度, 探测室内有恒温加热装置。

- 光电粒子计数器机箱: 测量散射腔中大气粒子的散射辐射强度, 把光信号转换成电信号送入计算机分析处理。
- 高灵敏度温度湍流仪: 用两根长1.5cm直径 $10\mu\text{m}$ 的铂丝作为探头, 经过放大, 可以测出探头很小的温差。
- 步进电机电源箱: 用计算机控制, 三路输出, 分别驱动跟踪台的方位、仰角步进电机以及更换滤光片的步进电机。

整个仪器的框图2-1



(图2-1)

## 第二章: IBM-PC微型机及其接口

微型计算机一经问世就受到广大计算机用户的普遍关注,其低廉的价格使它能迅速发展起来,因为能占用全部系统资源,用户可以编制一些功能特殊的软件。在70年代末,世界上很风行美国苹果公司的APPLE-II计算机,它曾经占有当时整个微机容量的80%。然而,八十年代初,计算机世界巨人IBM公司开始打入微型机领域,自1981年8月第一台PC机问世以来,其卓越的性能使得PC机迅速占领了微型机的大多数市场,成为我国引进微型机台数中最多的一种。据1990年统计资料表明,我国微型机装机容量中91%是PC机,其中10%左右用于工业控制或其他仪器控制,其余主要用于管理、计算、教学等等。

IBM-PC机之所以这样备受青睐,主要因为以下几个优点。

1. 很高的性能/价格比。对于PC/XT型计算机,主时钟4.77Hz,高档时钟可达到10MHz,中央处理机为8088,外部总线8位,内部总线16位,四路DMA控制器,八个扩展槽可满足大多数控制的需要。

2. 软件丰富。软件产品的丰富程度是标志一种计算机性能的重要指标。由于PC机一经问世就受到诸如Microsoft、Boland等大软件公司的支持,大量的应用软件使得用户得心应手,充分发挥PC机的优越性能。主要操作系统DOS版本不断翻新,功能不断加强。我国的软件工作者在PC机的汉化中作了大量的工作,汉字系统的开发与应用非常成功,使PC机能被更多的中国人所使用。

3. 产品系列化。自基础型PC问世之后,不到八年,IBM公司极其它一些兼容厂家相继推出IBM-PC/XT、IBM-PC/AT、IBM-PC/386、IBM-PC/486以及PS2系列产品,速度越来越快,功能也越来越强。软件向上兼容,使用户以前的投资不至于浪费。

4. 开放式结构。IBM公司公布了PC机的结构原理和BIOS的所有清单。使许多其它计算机公司制成许多兼容机。这固然影响了IBM公司的利润;但是正由于系统的开放,用户可以充分利用系统资源,PC机才能以迅猛的速度发展起来。

5. 相应的硬件产品丰富, 价格低而功能强。国内许多家计算机公司与研究所都研制生产PC机专用硬件产品。许多产品因市场大而使价格能够相应降低。使用这些硬件产品可大大降低研制周期和费用, 避免重复劳动。

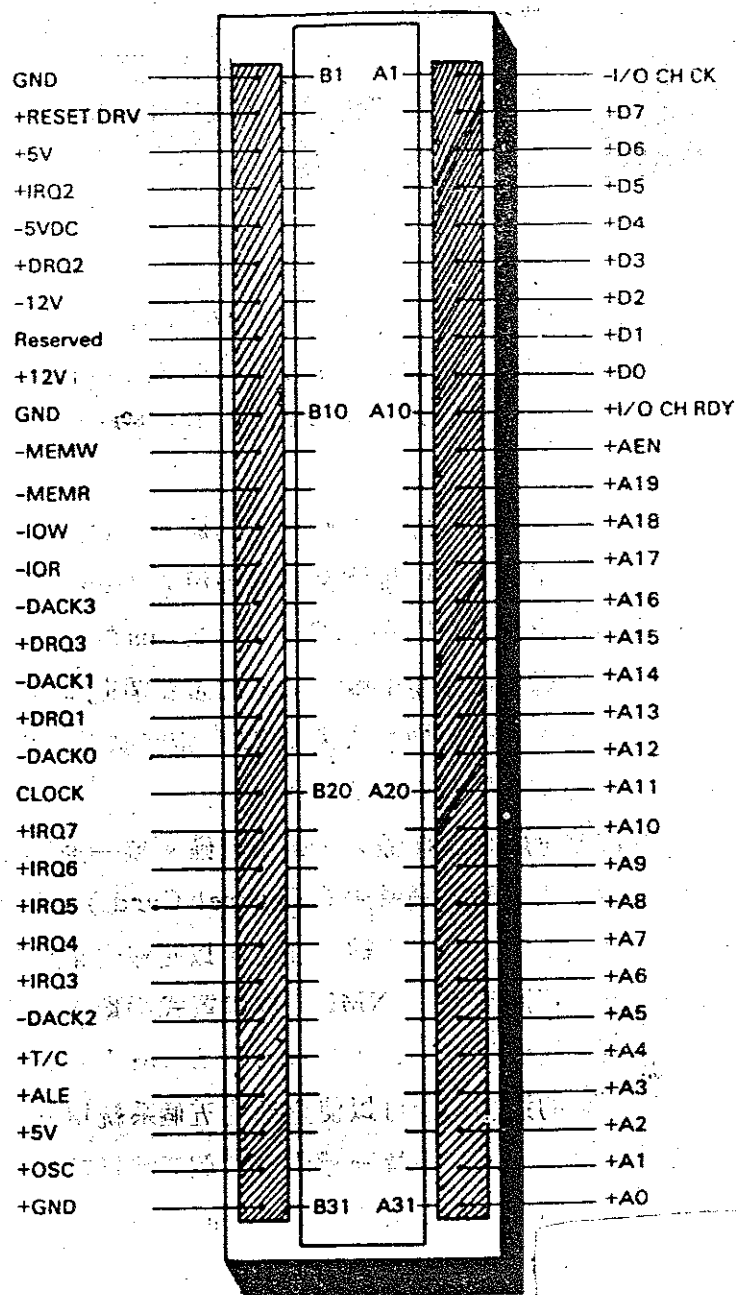
IBM-PC机的输入输出采用隔离接口方式, 输入输出用专用控制信号来进行控制, 有专门的I/O指令IN和OUT, 与内存影射方式相比, 可达到最大存储空间的利用率。

IBM-PC与外部设备的联络是用I/O通道进行的。I/O 通道可以简单看成8088微处理器总线的扩充。PC机的I/O通道是指机箱的八个扩展槽, 每个槽是一个62脚插座, 引脚包括: 八位双向数据总线、二十根地址线、六路中断请求线、四路DMA请求线、电源、地线、时钟以及许多控制线等等。(图2-2)给出了通道引脚的位置。

图中的'-'号表示负电位有效。

下面简单介绍一下这些信号线的功能。

| 信号        | 输入/输出 | 用途                                  |
|-----------|-------|-------------------------------------|
| OSC       | OUT   | 振荡信号: 17. 31818MHz (70ns) 脉冲输出。     |
| CLK       | OUT   | 系统时钟: OSC信号3分频得到, 4. 77MHz (210ns)。 |
| RESET DRV | IN    | 用于开机或电源电压不足时重新启动系统逻辑。               |
| A0~A19    | OUT   | 地址线: 提供对存储器和I/O设备的寻址。               |
| D0~D7     | I/O   | 八位双向数据线。数据流向包括处理机、存储器和I/O设备。        |
| ALE       | OUT   | 地址锁存: 8288提供此信号用于锁存来自CPU的有效地址。      |
| I/OCHCK   | OUT   | 向CPU提供存储器或I/O设备奇遇校验错, 低电平有效。        |
| AEN       | OUT   | DMA允许。                              |



(图2-2)

IRQ2~IRQ7 IN

中断请求。IRQ2优先级最高, IRQ7优先级最低。



## 第三章: 太阳直接辐射测量

### § 3.1 引言

这一部分功能主要由跟踪台完成。它可以方便地测量可见光到红外大气窗口直接辐射强度, 据此可推算出大气光学的重要参数: 大气光学厚度。从这些数据可以反演出大气中粒子浓度, 尺寸谱及折射率。

本仪器设计要求能够实现自动跟踪太阳、自动调整放大器增益、自动调整八种波长的滤光片、自动记录太阳直接辐射数据、自动记录放大器增益、探测器温度以及采样日期、时间等。仪器高度自动化, 使用灵活方便。整个设计包括PC机箱、步进机电源和跟踪台三个部分, 用户根据需要可以增加键盘和显示器。

### § 3.2 国外太阳辐射计发展近况

1959年F. Votz 研制了世界上第一台用来测量太阳直接辐射的仪器, 人工读数, 其结构简单、价格便宜, 60年代风靡一时。但是因为它对浑浊度较高的情况下灵敏度不够高, 所以不适用于风沙或是大气污染严重的地区, 因为在这种情况下, 要对准太阳显得不太可能。

70年代人们设计利用卫星来测量地球大气的浑浊度, 它利用卫星在高空测量大气向空间的散射辐射强度。卫星测量的主要优点是测量的范围大, 但是由于地表的非均匀性以及反射率随空间和时间的变化较大, 卫星测量的误差较大, 有一定的局限性。

激光雷达可以用来测量地球大气的浑浊度。作为一种主动式设备, 激光雷达的成本很高, 结构也比较复杂, 它通过测量大气粒子散射光强来确定大气浑浊度, 在某些情况下已被用来作为大气污染的监测, 但是昂贵的价格使其不能很快推广应用。

70年代末, 许多单位开始研制新一代太阳辐射计。1978年, WMO在Boulder举行的浑浊度会议上, 提出一个推荐标准, 其中有温度控制和自动测量。我们所查到资料中有所介绍的有日本气象研究所的新型

太阳辐射计 [13]; 意大利CNR研究所多波长太阳辐射计 [3], 作者C. Tomasi; 西德新型太阳辐射计 [4]。这些系统都有一个滤光片轮, 上面有若干个滤光片, 探测元件使用硅光电二极管, 探测室用加热元件恒温, 光学系统的视场都很小, 以减少散射光引起的测量误差。除西德太阳辐射计外, 都具有太阳非主动或主动自动跟踪系统, 使用方便。

### § 3.3 基本原理

太阳光从大气顶层穿越大气到达地球表面, 由于大气的散射和吸收, 使辐射能量减少, 这种衰减满足Lambert-Bouguer定律:

$$I(\lambda, h) = I_0(\lambda) \cdot \varepsilon \cdot \exp[-\tau g(\lambda) \cdot M(h)] \quad (2.3.1)$$

$\tau g(\lambda)$  是大气衰减系数, 亦叫大气光学厚度;  $M(h)$  是太阳高度角为  $h$  时的大气质量, 它用于度量光波穿越大气的程;  $I_0(\lambda)$  是大气质量为零时波长为  $\lambda$  的辐射强度  $\varepsilon$  是一个日地距离的参数:

$$\varepsilon = L_m^2 / L^2$$

其中,  $L_m$  是太阳与地球的平均距离而,  $L$  为实际距离。

大气质量  $M(h)$  是太阳高度角的函数, Kasten推荐公式 (1.5)。

太阳高度角  $h$  的计算比较复杂, 可用公式 (2.3.2) 算出。

$$h = \arcsin(\sin \delta \sin \psi + \cos \delta \cos \psi \cos \omega) \quad (2.3.2)$$

其中,  $\psi$ : 当地纬度

$\delta$ : 赤律

$\omega$ : 时角

赤律可由下面公式近似求出:

$$\begin{aligned} \delta = & (0.006918 - 0.399912 \cdot \cos \gamma + 0.070257 \cdot \sin \gamma \\ & - 0.006758 \cdot \cos \gamma + 0.000907 \cdot \sin 2 \gamma \\ & - 0.002697 \cdot \cos 3 \gamma + 0.00148 \cdot \sin 3 \gamma) \cdot (180 / \pi) \end{aligned}$$

$$\gamma = 2 \pi \cdot (d_n - 1) / 356$$

$d_n$  表示一年中的第几天。二月份算计28天。

时角  $\omega$  可由下列公式求出:

$$\omega = (\text{北京时间} + \text{当地纬度} \cdot 24/360 + E_t - 20) \cdot 15^\circ$$

$E_t$  是时差:

$$E_t = (0.000075 + 0.001868 \cdot \cos 2\gamma - 0.0320077 \cdot \sin \gamma - 0.014615 \cdot \cos 2\gamma - 0.04089 \cdot \sin 2\gamma) \cdot 299.18$$

假定  $J(\lambda)$  是探测元件的输出读数, 它受两种辐射的影响: 太阳直接辐射与天空散射辐射。具体可写成:

$$J(\lambda) = C_1 \varepsilon I_o(\lambda) \exp[-M(h) \tau_g(\lambda)] + C_2 \int_{\Omega} I_a[\lambda, h, \varphi, A(\lambda), \tau_g(\lambda)] d\omega \quad (2.3.3)$$

$C_1, C_2$  为仪器光学系统和电路的综合参数;  $\Omega$  是太阳辐射计的视场;  $I_a$  是天空光散射强度, 它依赖于波长  $\lambda$ 、高度角  $h$ 、太阳方位角  $\varphi$  和地表反射率  $A(\lambda)$ 。研究表明, 在干洁空气下, 视场角  $\Omega < 1^\circ 30'$ , 天空散射光影响很小, 故  $J(\lambda)$  可简化为 (2.3.4)。

$$J(\lambda) = C_1 \varepsilon I_o(\lambda) \cdot \exp[-M(h) \tau_g(\lambda)] \quad (2.3.4)$$

假定  $J_o(\lambda) = C_1 I_o(\lambda)$ , 其含义是将太阳辐射计放在大气圈外时读数,  $J(\lambda)$  可以进一步简化成 (2.3.5)。

$$J(\lambda) = J_o(\lambda) \varepsilon \cdot \exp[-M(h) \tau_g(\lambda)] \quad (2.3.5)$$

d'Almeida 在 [4] 中详细讨论了各种因素对  $J_o(\lambda)$  的影响, 他给出这样的公式:

$$J_o(\lambda) = G \bar{T}(\lambda) \bar{S}(\lambda) I_o(\lambda) \cdot \Delta \lambda \quad (2.3.6)$$

其中  $G$ : 整个仪器参数, 包括运算放大器倍数、A/D 转换以及镜筒视场角等等。

$\bar{T}(\lambda)$ : 滤光片的平均透过率。

$\bar{S}(\lambda)$ : 探测元件的灵敏度。

$\Delta \lambda$ : 滤光片的通带宽度。

$$\tau_g(\lambda) = \tau_r(\lambda) \cdot P/P_o + \tau_a(\lambda) + \tau_{gas}(\lambda) \quad (2.3.7)$$

式 (2.3.7) 中,  $\tau_r(\lambda)$ : 大气粒子散射率

$\tau_{gas}(\lambda)$ : 气体吸收率

$\tau_a(\lambda)$ : 粒子衰减率

由于我们想实测不同大气质量 $M(h)$ 下的大气光学厚度 $\tau_g(\lambda)$ , 所以,  $J_o(\lambda)$ 的计算显得非常重要。事实上,  $J_o(\lambda)$ 就是 $M(h)=0$ 时的太阳辐射计的读数。当然, 使用一个已知辐射强度的光源来求 $J_o(\lambda)$ 理论上固然可以, 但是实际做起来却不容易。一个简单也精确的方法是Langley方法。

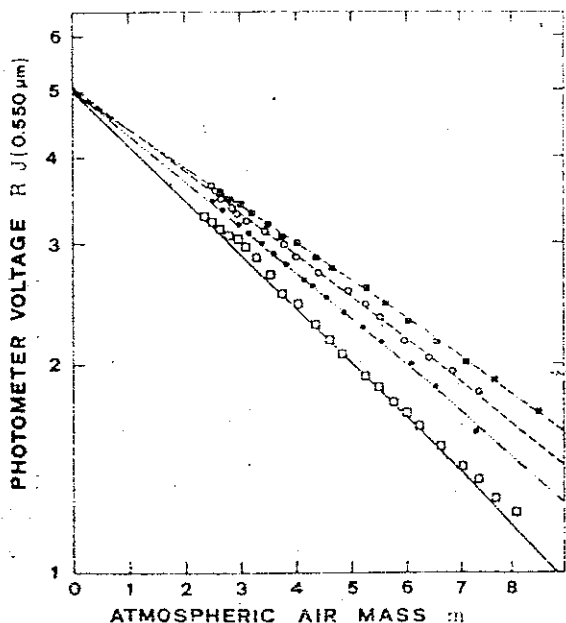
将(2.3.5)式两边求对数, 得(2.3.8):

$$\ln J(\lambda) = \ln(J_o(\lambda)) - \tau_g(\lambda)M(h) + \ln \varepsilon \quad (2.3.8)$$

由于 $\varepsilon \approx 1$ , 故 $\ln \varepsilon \approx 0$ , (2.3.8)简化为:

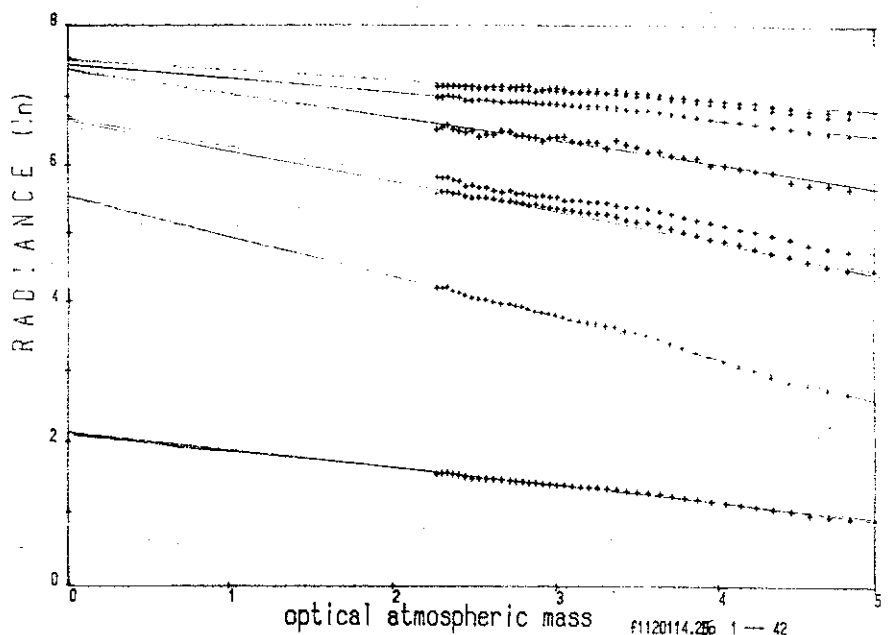
$$\ln J(\lambda) = \ln(J_o(\lambda)) - \tau_g(\lambda)M(h) \quad (2.3.9)$$

只要 $\tau_g(\lambda)$ 不变,  $\ln J(\lambda)$ 与 $M(h)$ 就有线性关系, 此直线的截距是太阳常数, 斜率为 $\tau_g(\lambda)$ , 实际使用时, 取晴朗、干洁的大气条件下, 最好在高山上海测量, 此时 $\tau_g(\lambda)$ 变化很小, 得到不同 $M(h)$ 下的一系列 $\ln J(\lambda)$ 值。用最小二乘法拟合, 求出 $J_o(\lambda)$ 。图(2-3)是一个拟合的例子。



(图2-3)

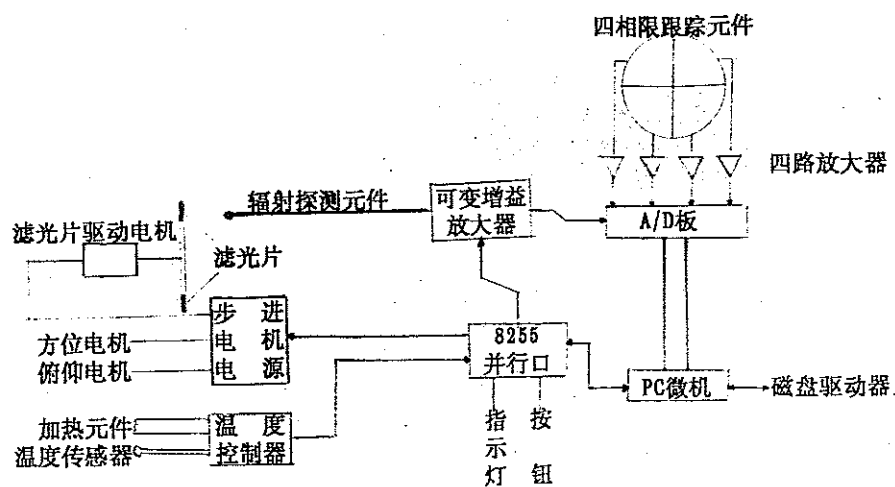
Tomasi详细研究了 $\tau_g(\lambda)$ 的微小变化对 $J_o(\lambda)$ 结果的影响, 有兴趣的读者可以去参阅[3]。一般来说, 中午 $\tau_g(\lambda)$ 变化较小, 但是由于 $M(h)$ 的变化也小使拟合误差变大。我们在九〇年十二月一日下午对仪器较准的实际测量中发现, Langley 点图中测量点与直线符合得很好(图2-4), 其离散均方误差最小值为0.0091, 最大值为0.0581。这一方面说明太阳辐射计的灵敏度高、使用可靠; 另一方面, 也说明Langley方法的精确性。



(图2.4)

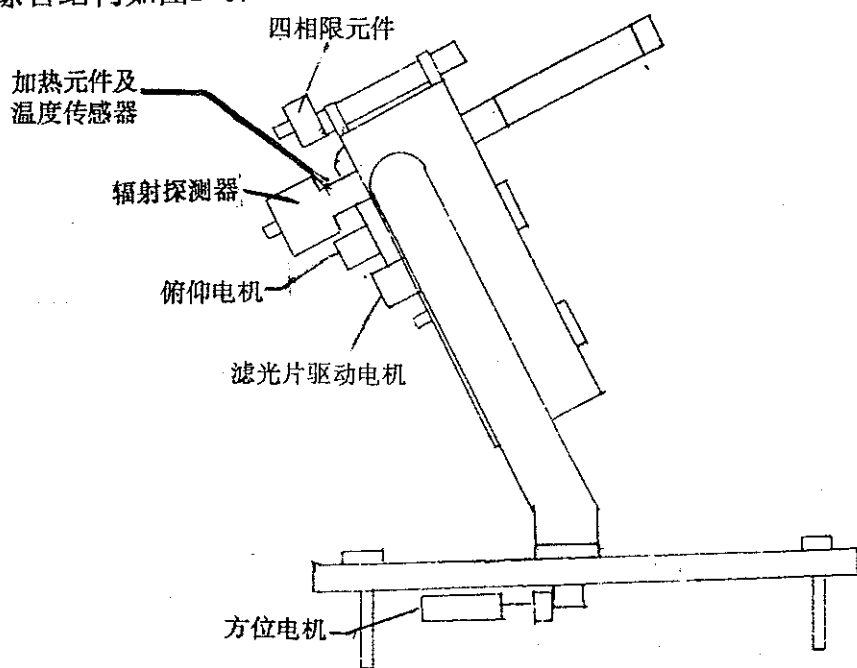
### § 3.4 仪器构造

从外观上讲, 这部分功能分三个部分: PC计算机、跟踪台和步进电机电源。整个仪器结构框图如下:



(图2-5)

跟踪台结构如图2-6:



(图2-6)

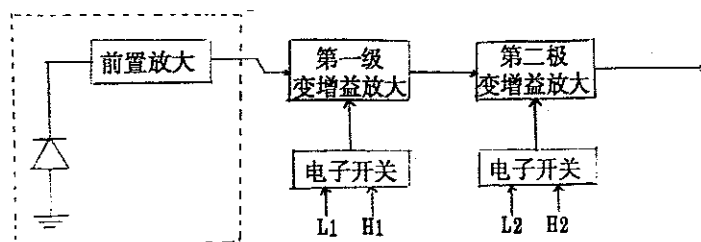
四相限元件把输出信号经滤波、放大、A/D转换传送给计算机, 计算机把这些信号处理后反馈到跟踪台, 控制俯仰和方位两个步进电机, 使跟踪台的镜筒始终对准太阳, 实现太阳的主动跟踪。滤光片驱动电机更换不同波长的滤光片, 探测元件测出此种波长下辐射强度,

经可变增益放大器,再用A/D板转换成数字信号送入计算机。温度控制器测量并控制探测室的温度,以减少温度漂移造成探测元件输出误差。滤光片波长在可见光和红外区,分别是:1030.7nm, 872.9nm, 787.5nm, 671.2nm, 613.0nm, 524.3nm, 440.6nm及400.9nm, 用户根据需要可自行更换。

下面分别介绍仪器的各部分:

#### 一: 辐射计部分。

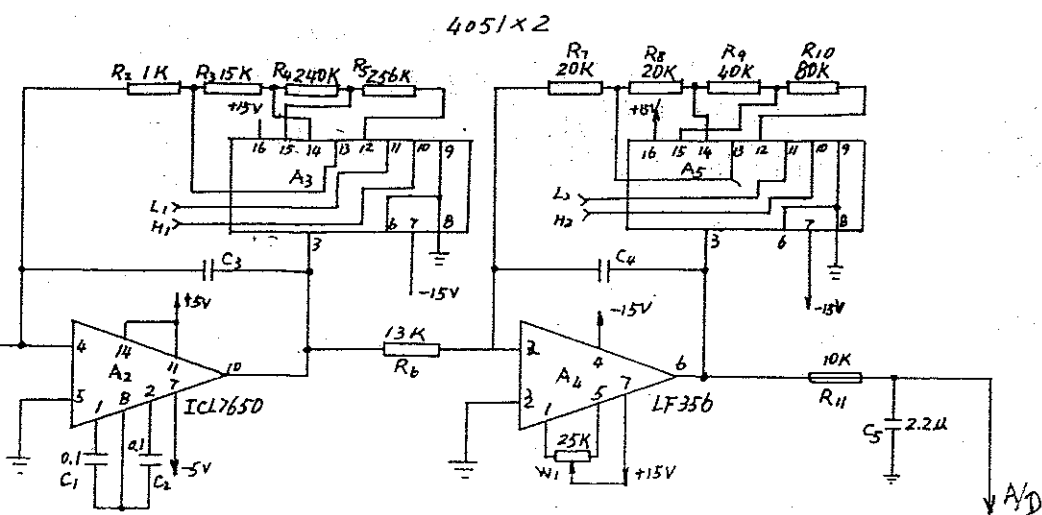
该部分包括辐射探测元件与可变增益放大器。它将硅光电二极管得到的光电流信号经前置放大和可变增益放大, 输出结果送ADC, 电路原理见图2-7:



(图2-7)

探测元件采用美国EG&GELECTRO-OPTICS公司生产的HUV-1100BQ, 它是一个带前置放大的硅光电二极管, 测量光谱范围185~1150nm, 噪声 $<4 \times 10^{-3} \text{V/Hz}^{1/2}$ 。温度漂移 $5 \mu\text{V/}^\circ\text{C}$ 。为减少温度漂移对输出结果的影响, 采用温控器。

可变增益放大器分为两级。第一极采用ICL7650运算放大器, 它的温漂极小。增益变化由改变反馈电阻实现, 用CMOS开关CD4051, 将不同阻值的反馈电阻接入反馈电路来改变放大器的放大倍数, 增益值分别为: 1, 16, 256, 512。第二极放大采用LF356运算放大器, 和前一极一样, 也是用CMOS电子开关CD4051改变增益, 放大倍率分别为2, 4, 8, 16。为保证精度, 我们选用高精度、低温漂的金属膜电阻, 电路原理图见图2-8:



(图2-8)

图中, L1, H1, L2, H2是CMOS电子开关控制线, 两极变增益放大器的放大倍率从 $2^0 \sim 2^{12}$ , 分成十三级, 编码如下:

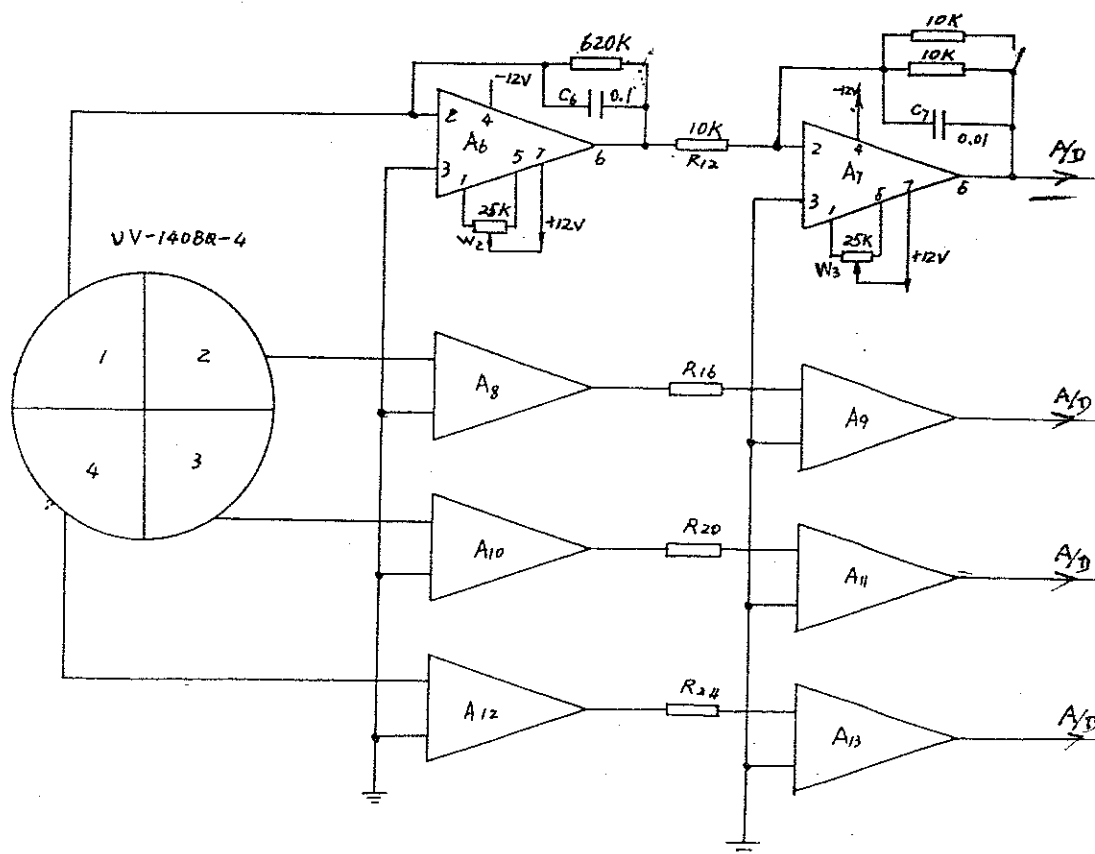
|    |       |       |       |          |          |          |       |
|----|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------|
| H1 | 0     | 0     | 0     | 0        | 0        | 0        | 0     |
| L1 | 0     | 0     | 0     | 0        | 1        | 1        | 1     |
| H2 | 0     | 0     | 1     | 1        | 0        | 0        | 1     |
| L2 | 0     | 1     | 0     | 1        | 0        | 1        | 0     |
| 增益 | $2^0$ | $2^1$ | $2^2$ | $2^3$    | $2^4$    | $2^5$    | $2^6$ |
| H1 | 0     | 1     | 1     | 1        | 1        | 1        |       |
| L1 | 1     | 0     | 0     | 0        | 0        | 1        |       |
| H2 | 1     | 0     | 0     | 1        | 1        | 1        |       |
| L2 | 1     | 0     | 1     | 0        | 1        | 1        |       |
| 增益 | $2^7$ | $2^8$ | $2^9$ | $2^{10}$ | $2^{11}$ | $2^{12}$ |       |

以后我们将知道, L1、H1、L2、H2接8255输出。

## 二: 四相限跟踪系统。

这一部分包括探测器、放大器、A/D板、计算机控制软件、两个跟踪步进电机以及步进电机电源。

四相限探测元件采用EG&GELECTRO-OPTICS公司的UV140BQ-4, 它是四个排成正交的光电二极管组成。当光斑对准中心位置时, 每个二极管的输出电流相等, 如果不平衡, 则输出电流不等。将四路二极管的输出电流信号经放大后做A/D转换送入计算机, 计算机经识别判断, 控制俯仰和方位两个步进电机, 使四个二极管输出电流相等, 从而达到跟踪目的。原理图如图2-9:



(图2-9)

放大器分为两级, 使用LF356运算放大器。第一级把二极管的电

流信号转换成电压信号；第二极改变电压极性并把电压幅度调整到ADC允许的范围。步进电机使用国产的36BF003, 三相六拍, 步进角 $1.5^\circ$ , 采用120减速比使跟踪台的步进角为 $0.75'$ 。由于机械加工精度的原因, 跟踪精度为 $\pm 1.5'$ 。太小的步进角不仅没有必要, 而且使跟踪速度减慢。步进电机用计算机标准打印口控制。

### 三: 温度控制器。

光电探测器HUV-1100BQ温度漂移相对较大( $5\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ), 再加上仪器一般连续工作时间较长, 温度动态范围可能很大。为了减少温漂带来的误差, 我们采用北京东星公司的KDX温度控制器控制加热电路, 把探测室温度保持在 $41\pm 1^\circ\text{C}$ 。PC机通过8255口, 直接从温控器上读出探测室温度, 一旦超温就发出警报。

### 四: 接口部分。

PC机的接口有三个: 一个是PC-1232N A/D板, 它完成探测元件及四相限元件信号的输入; 另一个是计算机打印口, 它完成对步进电机电源的控制; 第三个是8255接口电路, 它用于面板按钮输入、指示灯和放大器增益控制、温度控制器的数据输入。

PC-1232N的32路通道中15通道分配给信号采样, 10~13 通道分配给四相限跟踪元件。

打印机接口占用三个口地址: 378H、379H和37AH。其中用于数据输出的378H和用于打印控制的37AH可被作为信号的输出端口。为减少系统的复杂性我们采用这两个端口的相应输出线作为步进电机的相应控制相线, 378H的2、3、4位控制方位步进电机, 378H的 5、6、7位控制滤光片步进电机, 37AH的0、1、3位控制俯仰步进电机。

为了满足控制需要, 增加一片8255作为接口扩展。8255称为通用并行输入/输出接口, 它的功能可用程序来改变, 通用性能强。它具有三个八位I/O端口A、B、C, 用反相器74LS04和与非门74LS133控制 PC地址线, 使8255的口地址为:

A口: 3CCH      B口: 3CDH      C口: 3CEH      控制口: 3CFH

在8255初始化时使用下列程序:

```
MOV DX, 3CFH
```

```
MOV AL, 10010000B
```

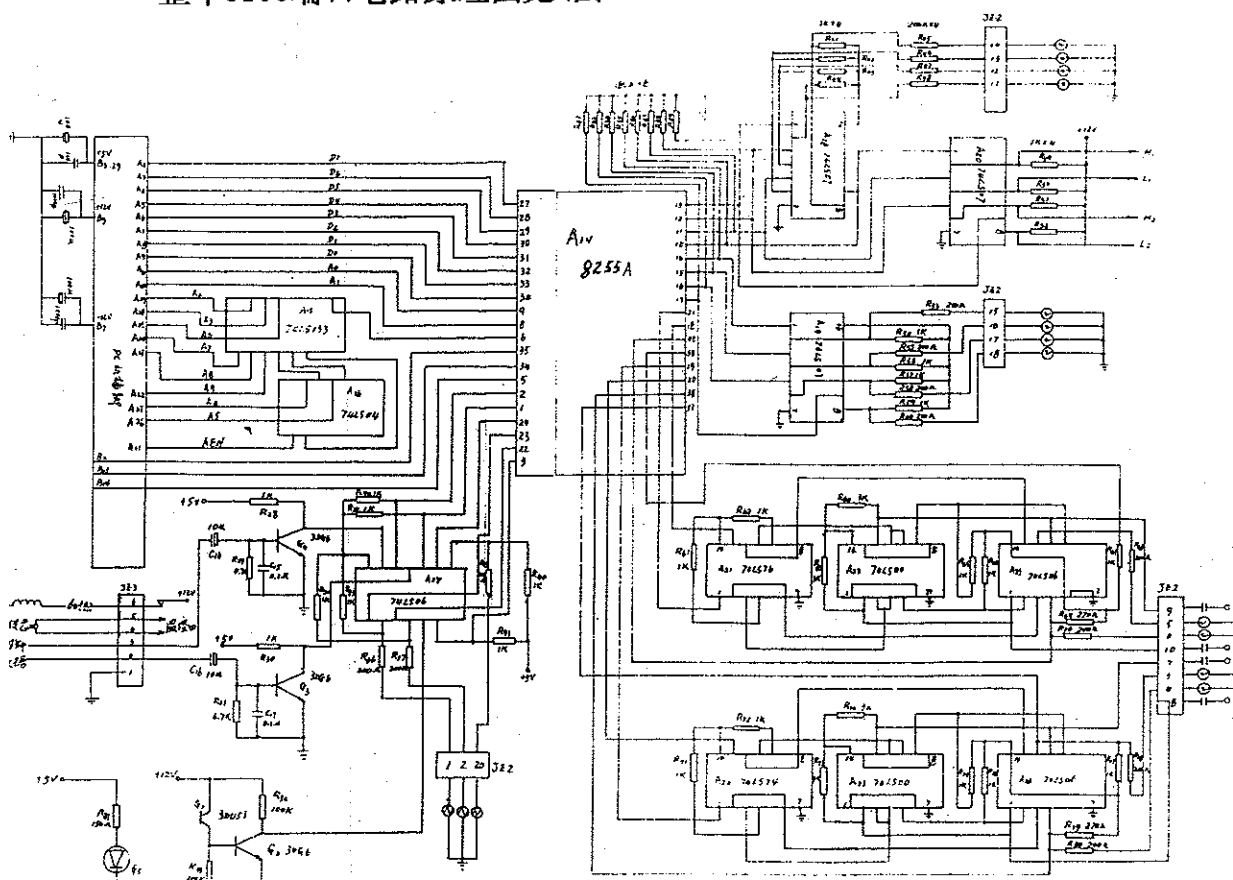
```
OUT DX, AL
```

使得A通道为输入通道, B、C为输出通道, 各通道每根线的含义见下表:

| 通道  | 功能     | 引脚 | 有效电平 | 输入/输出 |
|-----|--------|----|------|-------|
| PA0 | 没用     | 4  |      |       |
| PA1 | 读滤光片0位 | 3  | 正    | 输入    |
| PA2 | 读温度时钟  | 2  | 正    | 输入    |
| PA3 | 读温度数据  | 1  | 正    | 输入    |
| PA4 | 读按钮1信号 | 40 | 正    | 输入    |
| PA5 | 读按钮2信号 | 39 | 正    | 输入    |
| PA6 | 读按钮3信号 | 38 | 正    | 输入    |
| PA7 | 读按钮4信号 | 37 | 正    | 输入    |
| PB0 | 清按钮2信号 | 18 | 正    | 输出    |
| PB1 | 清按钮3信号 | 19 | 正    | 输出    |
| PB2 | 清按钮4信号 | 20 | 正    | 输出    |
| PB3 | 清按钮1信号 | 21 | 正    | 输出    |
| PB4 | 跟踪正常指示 | 22 | 负    | 输出    |
| PB5 | 出错指示   | 23 | 负    | 输出    |
| PB6 | 超温报警指示 | 24 | 负    | 输出    |
| PB7 | 没用     |    |      |       |
| PC0 | 滤光片指示1 | 14 | 正    | 输出    |
| PC1 | 滤光片指示2 | 15 | 正    | 输出    |

| 通道  | 功能     | 引脚 | 有效电平 | 输入/输出 |
|-----|--------|----|------|-------|
| PC2 | 滤光片指示3 | 16 | 正    | 输出    |
| PC3 | 滤光片指示4 | 17 | 正    | 输出    |
| PC4 | 放大器增益1 | 13 | 正    | 输出    |
| PC5 | 放大器增益2 | 12 | 正    | 输出    |
| PC6 | 放大器增益3 | 11 | 正    | 输出    |
| PC7 | 放大器增益4 | 10 | 正    | 输出    |

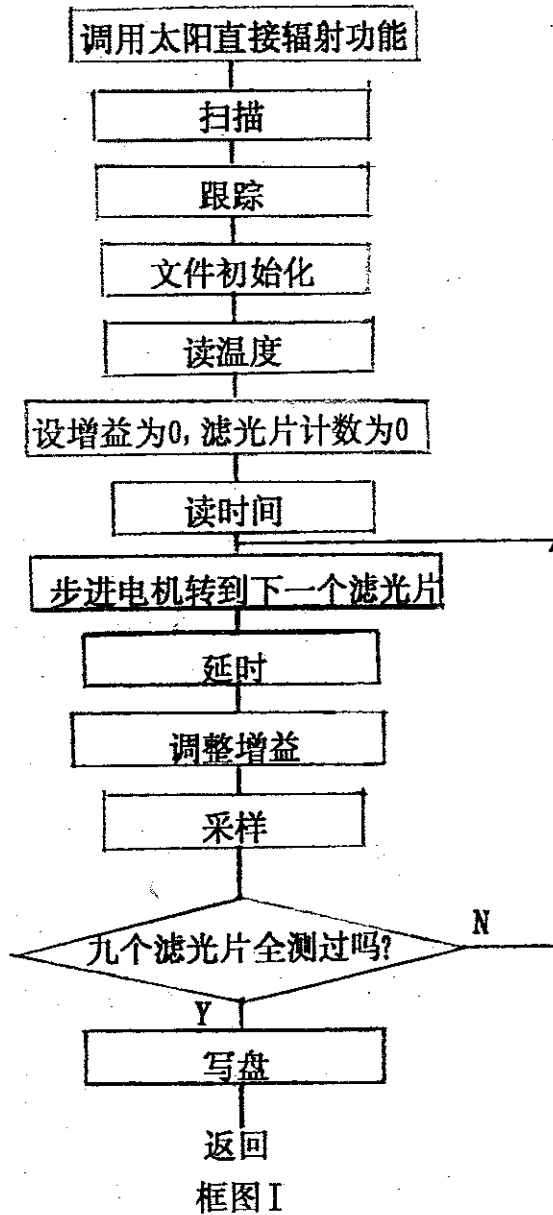
整个8255端口电路原理图见(图2-10):



(图2.10)

### § 3.5 软件设计

从前面仪器构造中我们可以看出,这一部分功能涉及了大量端口操作,所以程序主要部分由8088汇编写成,汇编语言速度快、功能强,能充分发挥A/D转换速度,代码质量明显优于高级语言。这部分源程序约20KB,分成20多个子程序。程序结构如框图I:



其中,扫描与跟踪程序用于寻找太阳并能自动精确跟踪;8个滤光片测试一周时间小于12秒,太阳偏移小于3',光斑未移出探测器外,所以中间可以不插入跟踪程序。

自动控制增益放大使数据采集器输入电压有适当的范围。越过上界增益减少一倍,直至输入电压小于等于上界;低于下界增益增加一倍,直至电压数据大于等于下界。共13个增益档次,增益值 $2^0 \sim 2^{12}$ ,以提高A/D精度并且保持足够的测量动态范围。

计算机时间确定是从PC机的日历钟上获得的,它自备干电池,关机后能继续正常工作。由于太阳高角计算要用到精确的北京时间,所以该日历钟的误差不能超过1秒钟。

数据文件名格式:

F 1 x x x x x x . x x D

月 日 时 分  $\rightarrow$ 表示是数据文件

数据文件用ASCII码存储,本底和八个滤光片测试一周形成一个记录,每个记录80个字节,包括:年、月、日、时、分、秒、温度、9个增益、9个采样数据(含本底值)。

#### 第四章 太阳角散射辐射测量

由于测量太阳直接辐射只能反演半径 $0.1\sim 1.5\mu\text{m}$ 的气溶胶谱分布,要增加反演粒子的谱分布范围,就要进行天空角散射辐射的测量。

和太阳直接辐射测量一样,太阳角散射辐射测量主要也是由跟踪台完成的。仪器设计要求能选择八波长滤光片之一,能自动测量角散射辐射强度、自动记录放大器增益、自动记录探测器温度及采样日期、时间等数据。仪器自动化程度较高,使用方便。

仪器测量过程是:在跟踪台完成对太阳的跟踪后,保持俯仰步进电机不动,将方位步进电机旋转,每旋转 $1^\circ$ 测量一次,共测到 $50^\circ$ ,51个数据。

在用户选择本功能后,喇叭发声要求用户选择滤光片,这个选择既可由面板完成,也可配接键盘,用户从键盘输入。用户可以对同一滤光片重复测试,也可以不断更换新的滤光片。软件流程图如框图Ⅱ:

太阳角散射辐射数据文件名格式定义:

F 2 x x x x x . x x D

月 日 时 分  $\rightarrow$ 表示是数据文件

数据文件用ASCII码存储,本底和一个滤光片测试一周形成一个记录,每个记录476个字节,包括:本底值增益、55个散射数据、滤光片号、年、月、日、时、分、秒、测量温度等信息。

仪器也可以根据用户设定的散射角值自动计算出达到此散射角所对应的方位步进电机的旋转角度,测量该散射角下的散射辐射强度。

下面我们看看如何求出方位步进电机的旋转角的。

设太阳高度角 $h$ ,天空散射角为 $\beta$ ,对应的方位角是 $\varphi$ ,看图2-11:

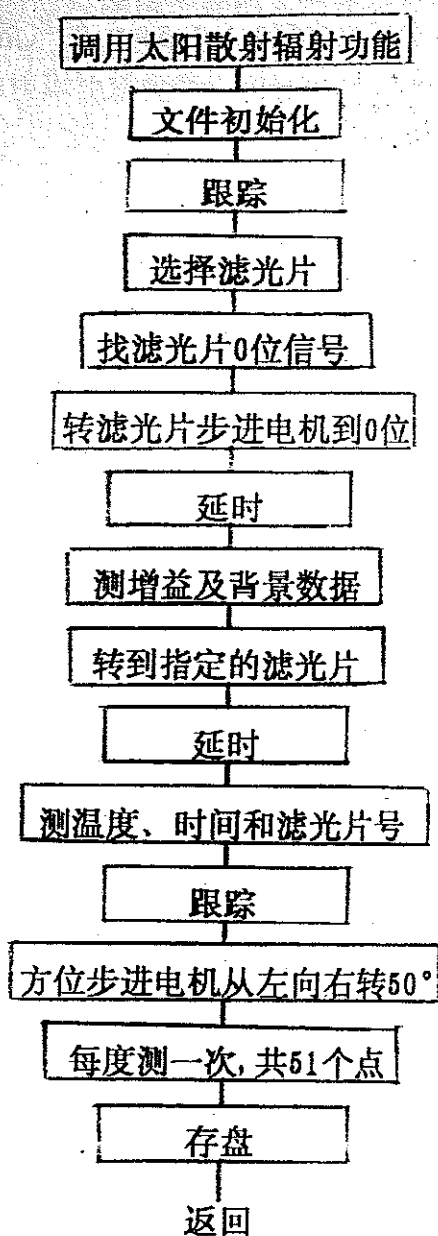
其中O点为太阳,A点是探测器,B点是散射点。

因为俯仰步进电机保持不动,所以 $\angle BAE = \angle OAD = h$ 。

$$\because OA \approx OB > AB$$

$$\therefore \beta \approx \angle OAB$$

在OA上取一点C,使 $AB=AC$ ,作 $\angle BAC$ 的平分线AG,进一步得到图2

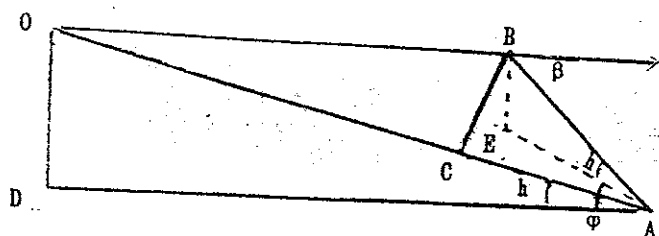


框图Ⅱ

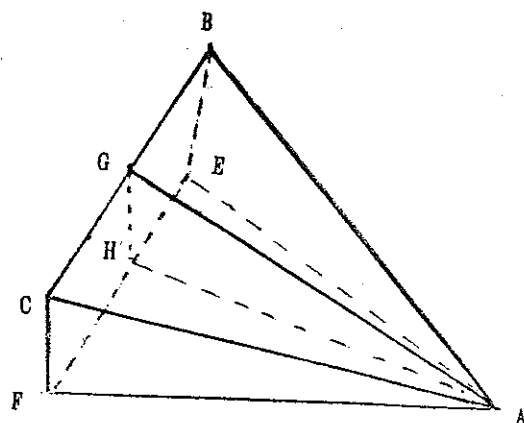
-12:

设 $AB=AC=L$ ,  $AF=L \cdot \cosh$

$CG=FH=L \cdot \sin(\beta/2)$



(图2-11)



(图2-12)

又  $FH = AF \cdot \sin(\varphi/2) = L \cdot \cosh \cdot \sin(\varphi/2)$

故有:  $\sin(\beta/2) = \cosh \cdot \sin(\varphi/2)$  (2.4.1)

即:

$$\varphi = 2 \cdot \arcsin(\sin(\beta/2) \cdot \operatorname{sech}) \quad (2.4.2)$$

根据 (2.4.2), 我们可以方便地求出散射角  $\beta$  下对应的方位角  $\varphi$ 。

对于  $\beta$  很小时, 可用下面近似公式:

$$\varphi \approx \beta \cdot \operatorname{sech} \quad (2.4.3)$$

## 第五章 气溶胶粒子谱测量

### § 5.1 基本原理

在气溶胶粒子研究与微粒尺寸谱测量方面, 光学粒子计数器是一种使用方便又测量迅速的仪器, 可以实时测量和实时监控。由于其测量粒子谱的可靠性好, 因而近十几年发展很快。根据需要, 我所于 79 年研究出 LG-79 光电粒子计数器, 该仪器将采样空气中气溶胶粒子通过散射腔所产生的光信号转换成电信号, 用电脉冲幅度反映气溶胶粒子的大小、用电脉冲的计数表示气溶胶的浓度。不同粒子产生的不同幅度的电脉冲与一个个门限电压比较, 大于门限电压引起相应的比较器翻转和计数器增一, 从而得到各档次粒子的计数。随着大规模集成电路技术的发展, 微型计算机日益普及和 A/D 转换等数据采集器件的完善, 我们在原来 LG79 的基础上, 将气溶胶粒子产生的电脉冲信号用高速数据采集板转换成数字信号送入微机中, 利用计算机高速灵活的特点, 用信号处理软件对信号进行判峰、计数等处理, 大大简化了硬件的复杂性。这就是 LG-90 光电计数器的设计原理。

根据球形米散射理论, 直径为  $a$ , 复折射率为  $m$ , 散射角为  $\theta$  的散射截面可写成:

$$\sigma = \frac{\lambda^2}{8\pi^2} (i_1 + i_2) \quad (2.5.1)$$

$i_1$ 、 $i_2$  是米散射强度分布函数, 其中:

$$\begin{aligned} i_1(a, m, \theta) &= \left| \sum \frac{2n+1}{n(n+1)} (a_n \pi_n + b_n \tau_n) \right|^2 \\ i_2(a, m, \theta) &= \left| \sum \frac{2n+1}{n(n+1)} (a_n \tau_n + b_n \pi_n) \right|^2 \end{aligned} \quad (2.5.2)$$

$n$  取值  $1 \sim \infty$ 。

$a_n$ 、 $b_n$  是粒子特性  $a$  与  $m$  的函数, 与散射角  $\theta$  无关;  $\pi_n$ 、 $\tau_n$  仅与  $\theta$  有关。关于  $i_1$  与  $i_2$  的计算, 前人作了大量的工作, 如 Loman, D. Deirmendjian 等等。根据他们总结的大气粒子强度分布函数表, 我们可以方便地求出不同  $a, m, \theta$  下的  $i_1$ 、 $i_2$  值, 进而求出散射截面  $\sigma$ 。更详细的散射知识见文献 [11]。

米散射相函数是变化剧烈的函数, 沿  $\theta$  角的散射光强对散射角和

波长积分, 较快把变化平滑了。输出电压正比于下式:

$$R_1(a, m, \theta) = \int_{\Omega} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \sigma(a, m, \theta, \lambda) E(\lambda) S(\lambda) d\lambda d\theta \quad (2.5.3)$$

$E(\lambda)$  为光源辐射能量,  $S(\lambda)$  是探测元件的灵敏度,  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$  是光学系统通带限,  $\Omega$  为探测元件视场。

这样, 探测器输出事实上成了粒径  $a$ , 折射率  $m$  和散射角  $\theta$  的函数, 其中  $\theta$  的选取对仪器性能有很大的影响, 它有两个方面的要求:

1: 仪器响应曲线单调变化。这样对一定的输出电压可以对应一定的粒径而不致于出现模糊区。

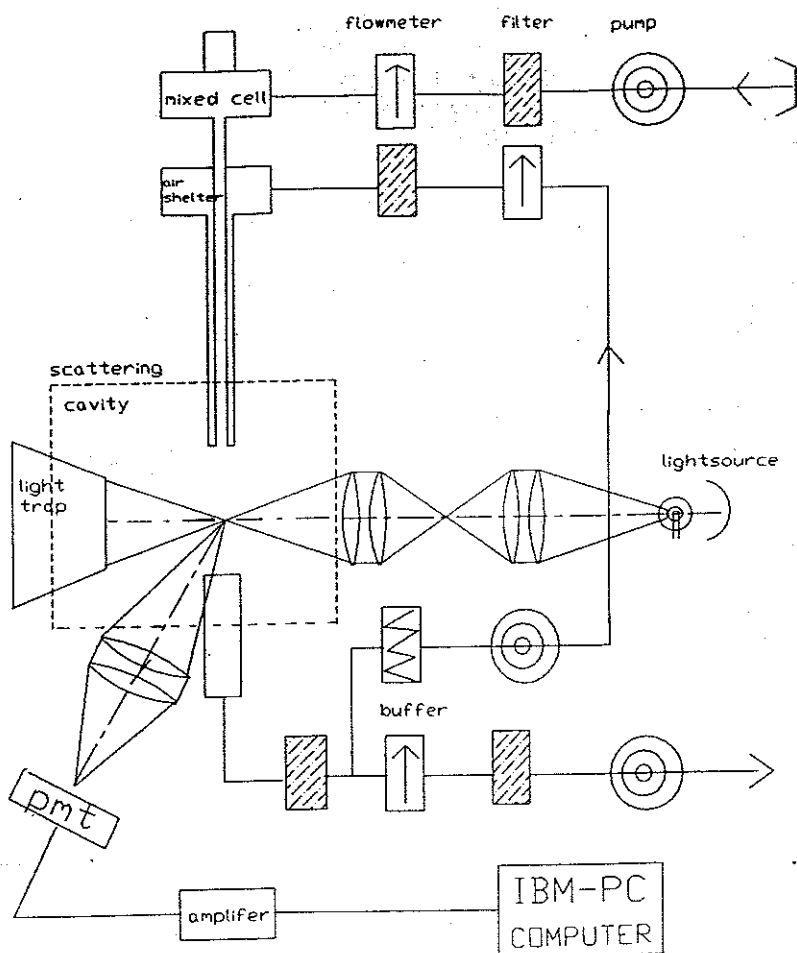
2: 尽量减少折射率  $m$  对响应曲线的影响。近前向散射响应曲线几乎不受折射率的影响, 但仪器响应曲线不单调变化; 而  $90^\circ$  散射角响应曲线虽能单调变化, 但受粒子折射率影响较大。再考虑加工上的原因, 本仪器采用  $60^\circ$  散射光路, 尽量做到响应曲线单调变化并受粒子折射率影响不大。

仪器只给出17道分道量化值及其对应的名义粒子半径。名义粒径在本仪器中是指假定粒子折射率为1.59时相应的半径。实际使用时由于所测气溶胶粒子的折射率不同而要对名义粒径进行订正, 才能得到正确的粒子谱。

## § 5.2 仪器组成

仪器结构框图如图2-13:

PMT是光电倍增管, 采样空气在散射腔 (Scattering Cavity) 中的气柱直径约1毫米, 气柱散射长度0.8毫米。有三路气体泵 (pump): 采样泵、气套泵、稀释泵。气套泵是为了避免虚假计数和采样气体对散射腔的污染而提供的经过过滤器 (filter) 的干净空气, 经实验, 其流量为采样流量的两倍为宜, 典型值采样流量300毫升/分钟, 稀释流量600毫升/分钟, 可以用流量计 (flowmeter) 调节控制。当空气中气溶胶粒子浓度较大, 引起通过散射腔粒子几率变大, 这样会造成计数

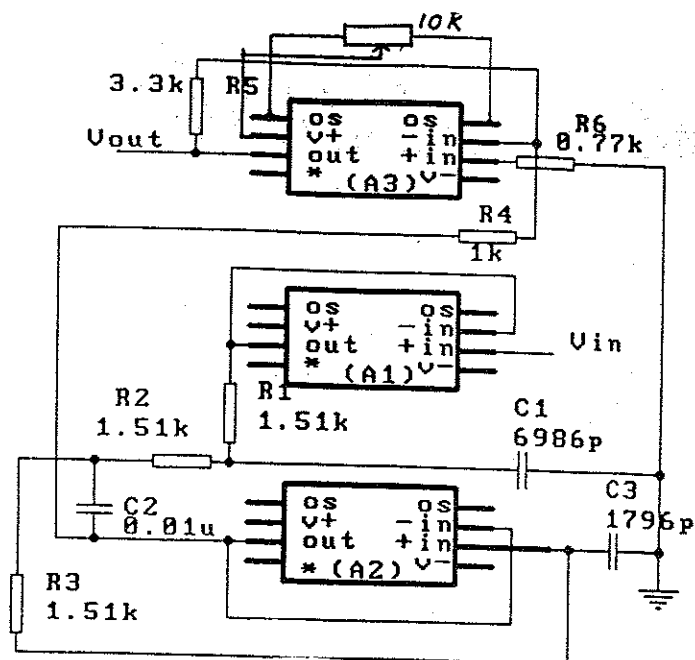


(图2-13)

误差加大, 这时可利用稀释泵采来的干净空气, 在混合腔 (mixed cell) 与采样空气混合, 以降低采样气体中的粒子浓度。

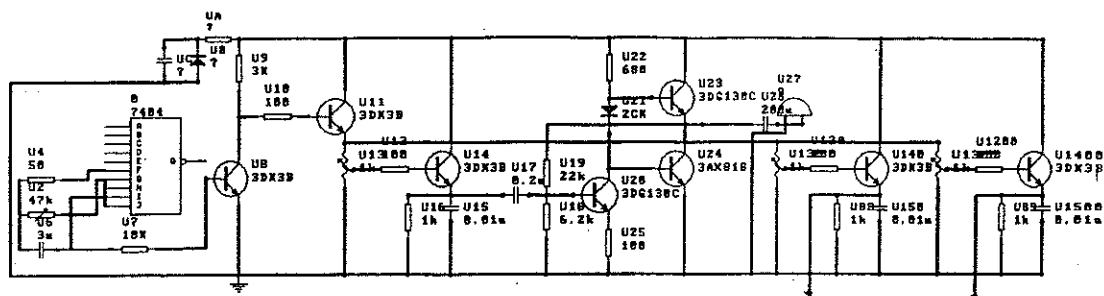
LG-90采用 $60^\circ$  散射光路, 光源用8V 9w白炽灯泡, 光电倍增管用IP21或IP28型。从光电倍增管出来的电信号叠加有高频背景噪音, 必须进行滤波处理, 滤波放大电路均采用OP07运算放大器, 共三路, 电路原理如图2-14:

三个气体泵均使用动圈式喇叭改装成的薄膜泵。泵体电源利用两个非门构成的正反馈产生脉冲振荡信号, 经过整形和功率放大而成。



(图2-14)

电路原理见图2-15:



(图2-15)

大气综合观测仪测量中,对太阳辐射、气溶胶粒子谱和湍流结构常数的测定是轮流进行的,粒子计数和湍流的测量每半小时进行一次,它们的供电也由计算机控制,由267H口送出命令经MC1413P 反相驱动器触发继电器,控制电源开关。命令操作含义如下:

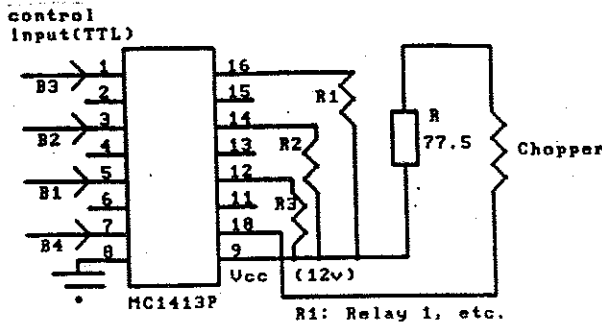
写入30H: 粒子计数器工作。

写入40H: 温度脉动仪工作。

写入00H: 两者都不工作。

比较特殊的是写入B0H, 它使粒子计数器光箱斩波器工作, 用于仪器测试。

这部分原理图如下:



(图2-16)

B1、B2、B3、B4由267H口送入,R1、R2、R3是控制电源的三个继电器, chopper 是斩光器。

软件上一次采样32K个点(约0.8秒)放入内存,用五点判峰法判定峰值,再将分道量化值与峰值比较,得出该峰值对应的粒子分档数。连续采集积累1分钟,得出300毫升体积大气中粒子总数和对应各道粒子个数,求出粒子谱。目前软件将0.3 $\mu$ m~12 $\mu$ m的粒子分成17道,分道的门限电压、相应量化值和名义粒子直径如下表:

|                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 道数             | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| 门限电压(V)        | .032 | .045 | .060 | .085 | 0.12 | 0.17 | .235 | .325 | .455 |
| 量化值            | 26   | 37   | 49   | 69   | 98   | 139  | 192  | 266  | 373  |
| 名义粒径( $\mu$ m) | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.8  | 1.0  | 1.2  | 1.5  | 2.0  |
| 道数             | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   |      |
| 门限电压(V)        | .545 | .650 | .900 | 1.25 | 1.70 | 2.40 | 3.35 | 4.20 |      |
| 量化值            | 446  | 532  | 737  | 1024 | 1392 | 1966 | 2744 | 3439 |      |
| 名义粒径( $\mu$ m) | 2.5  | 3.0  | 4.0  | 5.0  | 6.0  | 8.0  | 10   | 12   |      |

### § 5.3 仪器标定

仪器在使用之前必须进行标定。最原始的标定是在光箱组装后,使用斩光器看看光电倍增管能否正常工作。调整包括光路和光电倍增管灵敏度的调节,调整结果使得光路通畅,光电倍增管能有正常信号输出。

仪器的绝对标定是用标准粒子进行的。标准粒子是用直径 $0.71 \pm 0.005 \mu\text{m}$ 的聚苯乙烯小球,它的折射率为1.59。标定时将标准粒子气溶胶通过散射腔,调整光电倍增管高压,使计数峰值落入第四道。标准粒子源的产生是将标准粒子乳状液用二次蒸馏水稀释,经洁净的压缩空气喷雾,然后通过过滤过的干燥空气使雾液中的水分蒸发,用采样泵送入散射腔,形成仅含标准粒子的气柱。

仪器在更换灯泡、运输颠簸、或是长时间运行后要进行测试。测试利用测试软件完成。用光导纤维将白炽灯辐射直接传送给光电倍增管,若测试值在一定范围内,认为仪器正常;如果输出值超出正常值范围,就必须进行光学调整。

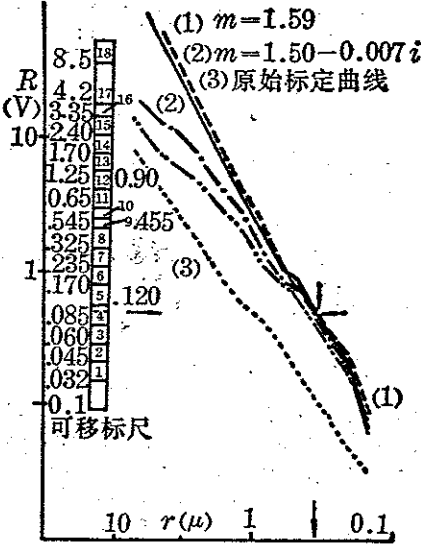
### § 5.4 测量结果的订正

前面我们讲过,仪器的响应曲线与折射率是有关系的,仪器给出的名义粒径只是一种特定折射率下粒子的分挡值,实际气溶胶粒子由于折射率的不同而必须修正。

原始标定曲线是指一条确定的对仪器输出电压分挡值作相对调整的响应曲线。而仪器本身的灵敏度则是利用一种粒径和折射率已知的所谓标准粒子给出的。在计算出仪器对不同折射率下的响应曲线后,我们有可能对仪器测出的名义粒径进行修正。

我们通过实例来说明粒子谱的订正方法:图2-17中(3)是原始标定曲线,仪器标定时对标准粒子进行测量,调整光电倍增管高压使计数落入第四道,约108mv,这样就必须将曲线(3)上移,使108mv对应标准粒子直径 $0.71 \mu\text{m}$ ,半径约 $0.8 \mu\text{m}$ ,得到曲线(1),它是折射率1.59的

标准粒子对应的响应曲线。相应地, (2) 是折射率为 $1.50-0.007i$ 的大陆性晴天气候下对应的响应曲线, 根据这些曲线, 我们可以读出各分挡电压及其所对应的实际粒径。为方便起见, 可不移动原始标定曲线段而作一根活动标尺, 利用标尺的移动代替原始标定曲线的移动。



(图2-17)

## 第六章湍流结构常数的测量

### § 6.1 基本概念

大气对光波的影响, 其中很重要的是大气湍流。湍流效应产生的根本原因是空气密度的变化也即空气折射率的随机变化引起的。塔塔尔斯基对此进行了精辟的研究, 认为大气湍流可用折射率结构函数和折射率起伏频谱密度函数描述。这两个函数都有一个重要的参量: 折射率结构常数 $C_n$ 。温度脉动仪设计要求就是要测量折射率结构常数 $C_n$ 。

温度脉动仪可以测出P1和P2点的瞬时温差:

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (2.6.1)$$

温度结构常数 $C_T$ 可由式(2.6.2)给出:

$$C_T^2 = \Delta T^2 / r^{2/3} \quad (2.6.2)$$

其中 $r$ 是P1与P2点间距离。

折射率结构函数 $D_n$ 由(2.3.6)定义:

$$D_n = (N_1 - N_2)^2 \quad (2.6.3)$$

$N$ 是折射率模数, 它与折射率 $n$ 的关系见式(1.17)。

将(1.16)简化去水汽压影响, (1.18)取平均波长, 得:

$$N \approx 2.8438 \cdot 10^{-5} \cdot N_0 \cdot p / T \quad (2.6.4)$$

$$N_0 \approx 279.4423 \quad (2.6.5)$$

将(2.6.4)中气压 $p$ 由帕(Pa)改取毫巴(mb)为单位, 由(2.6.4)和(2.6.5)得:

$$N \approx 8 \cdot 10^{-5} \cdot p / T \quad (2.6.6)$$

设 $a = 8 \cdot 10^{-5}$ , 将(2.6.6)代入(2.6.3)有:

$$\begin{aligned} D_n &= (ap/T_1 - ap/T_2)^2 \\ &= a^2 (\Delta T / (T_1 \cdot T_2))^2 \cdot p^2 \end{aligned}$$

代入(2.6.2):

$$D_n = a^2 p^2 / T^4 \cdot C_T^2 \cdot r^{2/3} \quad (2.6.7)$$

根据Kolmogorov的'2/3'定律:

$$D_n = C_n^2 \cdot r^{2/3} \quad (2.6.8)$$

由 (2.6.7)、(2.6.8) 得:

$$C_n^2 = a^2 p^2 C_T^2 / T^4$$

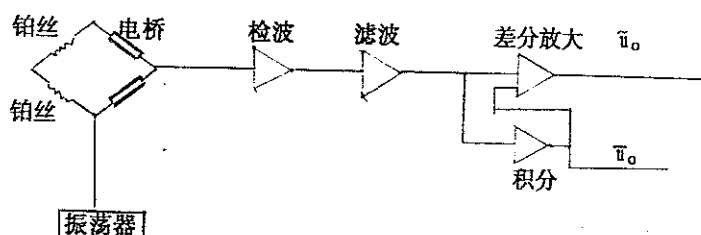
$$= 64 \cdot 10^{-10} p^2 C_T^2 / T^4 \quad (2.6.9)$$

这样, 根据温度脉动测量给出的数据, 我们就可以求出温度结构常数  $C_T$ , 进而求得折射率结构常数  $C_n$  了。

## § 6.2 仪器结构和使用

直接测量大气微小温度变化的仪器是铂丝电阻温度计, 其中交流电桥式探测器铂丝短, 灵敏度高, 但是仪器结构复杂; 直流电桥式探测器虽然结构简单, 但是噪音大, 铂丝长, 铂丝须绕在骨架上, 骨架影响会带来误差。我室203组研制的高灵敏度湍流探测器结构简单, 既可以用于地面使用, 也可用于无线电探空。

测量铂丝测温度变化一般用惠斯顿电桥, 温度脉动引起铂丝电阻变化。电桥平衡打破而输出信号。由于工作电流导致铂丝发热, 所以风速会严重影响测量结果, 而工作电流过小又会降低灵敏度。对于这种情况一般用加长铂丝的方法。本仪器采用一种特殊方法, 不增加铂丝长度而减少铂丝发热, 从而提高仪器灵敏度。仪器框图如下:



(图2-18)

温度脉动仪有两路输出: 交流输出和直流输出。其中交流输出是与  $\Delta T$  相关的, 我们将它直接接在 PC-1232N 的第三路 A/D 输入通道上, 经过模数转换, 送入计算机。

探测器交流输出与温差基本上保持线性关系, 我们设 $V_t$ 为计算机读数, 则有:

$$K \cdot V_t = \Delta T = T_1 - T_2 \quad (2.6.10)$$

其中 $K$ 与仪器的结构性能有关, 在使用中要具体测定 $K$ 值, 典型值如 $1.1 \text{ v}/^\circ\text{C}$

为减少误差,  $\Delta T$ 、 $V_t$ 都可以取一定时间范围内的平均值, 即:

$$K \cdot \overline{V_t} = \overline{\Delta T} = \overline{T_1 - T_2} \quad (2.6.11)$$

代入(2.6.2)有:

$$C_T^2 = K^2 \cdot \overline{V_t^2} / t^{2/3} \quad (2.6.12)$$

由于仪器频谱范围 $0 \sim 50 \text{ Hz}$ , 根据这一要求, 软件设计连续采样 40 秒钟, 每秒采100个点。由于PC-1232N板的采样频率 $40 \text{ KHz}$ , 采样周期 $20 \mu \text{ s}$ , 完全满足要求。每点数据实际上是连续采三点, 再取平均值, 以减少偶然误差。

## 第三部分 软件设计

### 第一章 总体软件设计

从前面仪器介绍中我们可以看到, 软件涉及大量的端口操作, 所以主要程序部分用汇编语言写成。汇编语言速度快、代码质量高、控制功能强, 但是它也有不利的一面: 可读性差以及工作量浩大使得大多数用户不太喜欢使用它。在大气综合观测仪中, 汇编程序还有两个局限性:

一: 函数功能的实现。我们从前面的介绍中可以看出, 程序中有相当多较复杂的计算公式, 而8086宏汇编只提供基本的加、减、乘、除整数算术运算, 显然, 如果采用汇编语言数值分析的方法, 工作量非常大。

二: 良好用户界面的实现。PC机BIOS中提供一些基本的图形功能, 但是这些功能过于简单, 对于单色显示器也缺乏必要的手段。所以只用汇编语言, 用户界面会做得很差, 不能充分发挥计算机的优点。

由于以上原因, 我们使用现在非常流行的汇编、高级语言混合编程的技巧。一方面, 大多数程序, 包括四个功能模块中的数据采集与仪器控制用汇编语言写成, 它实现了仪器的主要功能; 另一方面, 用户界面和函数部分用高级语言写成。由于C语言功能强大, 加上各软件公司纷纷推出C语言编译系统, 所以我们采用C语言作为我们使用的高级语言。

开始我们选用microsoft公司的Quick C编译系统, 由于这个公司同时为PC机配置了MS-DOS操作系统, 所以兼容性特别好。实际使用中我们发现它没有配置单色显示器的图形驱动程序, 所以我们转向使用具有这种驱动程序的Boland公司的Turbo C 2.0。

Turbo C 2.0 具有系统规模小(整个系统六张低密盘)、编译速度快及用户界面好的优点, 但是它的兼容性差是其一个重要的弱点, 与汇编语言的相互调用也是往往出错, 主要有下面三个问题:

一: 程序编译连接时, 对大小写敏感, 不管源程序怎样写, 所有的

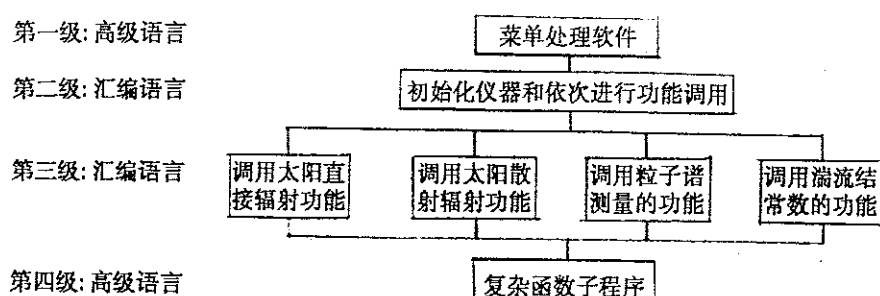
汇编子程序都被转换成大写, 而用C语言写的子程序名被转换成小写, 这在编程中要特别小心。连接程序不能用操作系统原配的link. exe 而要用专门的tcl. exe。

二: 在不同的存储模式下, 传递参数要特别小心, 要精确计算栈位移量。

三: 存储模式改变时, 汇编语言子程序的far和near定义要作相应的改变, 要使用相应的长调用返回和短调用返回, 否则极易引起死机。

经过长期摸索, 在资料不全的情况下, 我们顺利实现了混合语言的编程。

程序结构总流程如框图Ⅲ:



框图Ⅲ

第一级用C语言写的菜单程序用汉字提示, 用户允许最多自定义四个功能的调用序列, 高级语言负责把命令序列传输给第二级的汇编子程序。

第二级汇编子程序接收第一级高级语言程序的指令, 根据需要对仪器进行初置, 进而根据调用序列依次调用第三级汇编子程序。

第三级汇编子程序具体完成数据采集、控制、数据处理等功能。如果需要, 它将调用第四级高级语言编成的函数子程序。

第四级高级语言子程序是针对汇编程序函数功能弱的缺点, 编制的一些复杂函数的计算子程序。

## 第二章 良好用户界面的要求

用户界面是指软件运行过程中, 用户进行程序控制及数据输入的方式。现代的一些著名软件, 包括PCSHELL、WINDOWS等, 用户界面做得非常好。这些软件一方面在显示器上尽量把软件功能键提示出来, 避免用户记忆大量的软件约定; 另一方面, 充分利用控制键, 使用户能迅速向软件说明自己的要求。

由于计算机显示器的功能越来越强, 就PC机而言, 由单色显示器(Mono)不断向彩显CGA、EGA、VGA方向发展, 分辨率愈来愈高, 色彩愈来愈丰富, 所以好的软件应该充分发挥这些显示器的功能。

现代软件菜单一般用两种方法:

一: 光标键控制亮色带进行功能选择。

二: 下拉式菜单的运用。

在功能较简单时, 一般采用第一种方法, 但在功能复杂时, 在显示器上不可能显示所有的菜单。过去的软件, 如AutoCAD 采用多个分子菜单, 一次只显示一个, 这种方法使用不灵活, 有其局限性。自从microsoft公司首先推出第二种方法后, 这种方式就迅速流行起来。它采用'平移选项'(Entry More)、'下拉菜单'(Pull-down Menu), 当用户要显示菜单时, 它可利用异或操作(XOR)在背景中开辟窗口, 显示菜单, 用户不用菜单时, 用相同的操作恢复背景图案, 方便灵活; 当背景很复杂时, 只用XOR指令有缺陷, 特别是outtext() 指令缺乏异或操作, 可以先把背景图案事先存储起来, 在使用完菜单后, 再将背景恢复。

由于大气综合观测仪的菜单选择较少, 所以我们采用第一种方法, 光标与数字键控制亮色带移动, 并有发声程序进行输入键的确认和出错警告。

### 第三章 西文状态下汉字菜单的实现

为了满足国内用户的需要,汉字菜单是必需的,这样可使非专业人员可以方便地进行程序的控制。汉字菜单最简单的实现方法是在CCDOS或UCDOS等汉字操作系统下直接进行的。在汉字操作系统下,PC机的显示部分模块被修改,代码从10000000B~11111111B的字符被定义成汉字的内码,显示模块在显示这些字符时自动从字模库中调出汉字的点阵信息并在屏幕上显示出来。用这种方式制作汉字菜单有下面几个弱点:

一:由于修改了显示模块,一些西文状态下的软件不能使用,大气综合观测仪软件中的作图程序不能画出正确的图形(Turbo C 2.0在这种状态下作图出现混乱,并且在作图后也无法再显示汉字)。

二:占用大量的内存空间,一些大型软件不能装入。

三:CCDOS等汉字操作系统本身的装入速度慢,影响整个软件的运行速度。

由于以上原因,我们必须采取新的办法,也就是说,怎样在非汉字操作系统下完成汉字的显示,这方面工作国内软件做得很少,经过分析,我们认为有下列两种方法:

方法一:屏幕'拍照法':

这种方法实现西文状态下汉字主要分以下几个步骤:

1. 在汉字操作系统下编辑一个汉字的文本文件,这个文件的汉字排列与我们的汉字菜单一致,也就是说,此时用type命令,屏幕上所显示的汉字及其排列位置与我们的汉字菜单的要求相符。

2. 编写一段汇编程序,它先把前面的文本文件中的汉字在汉字操作下的系统屏幕上显示出来,再将显示缓冲区的内容构造成一个图形文件存储起来,完成'拍照'过程。

3. 在西文状态下,将产生的图形文件写回显示缓冲区,完成非汉字操作系统下汉字显示。

要注意的是,上述工作显示器一定要首先置于图形状态下。

## 方法二: 小型汉字压缩字库法:

汉字库包含了不同汉字的点阵信息。一般显示汉字用16\*16点阵, 这样每个汉字要32个字节的字模。本来我们设想从CCDOS的字库文件CCLIB中把要显示的汉字的字模信息提取出来, 构成一个小的汉字库, 西文状态下从小字库中调出点阵信息并在显示器上显示。但由于不同汉字操作系统下CCLIB的结构不同, 又无法查到CCLIB文件结构的资料, 我们可以采用一种折中的办法。这种办法分下列两个步骤:

### 1. 建立小型汉字压缩字库。

在汉字操作系统下运行Basic, 用Print语言把需要显示的汉字依次显示在屏幕的左上角, 每显示一个汉字用GET (0, 0) - (15, 15), A 语句把汉字点阵信息取到整形数组A中, A (2) ~A (17) 中存放的就是该汉字的32字节字模 (A数组每个元素两个字节)。把每个汉字字模以二进制方式顺序存盘, 建立压缩字库。

### 2. 在西文状态下显示汉字。

汇编子程序用该汉字的序号找到要显示汉字在小字库中的位置。用MOVB指令将点阵信息送入显示缓冲区从而实现汉字显示。这里汉字序号不是汉字内码而是形成汉字小字库时显示汉字的顺序, 另外要注意将汉字显示位置换算成具体的DI值, PC机显示器是隔行扫描的, 奇偶扫描线的起始地址不同, 编程时要特别当心。

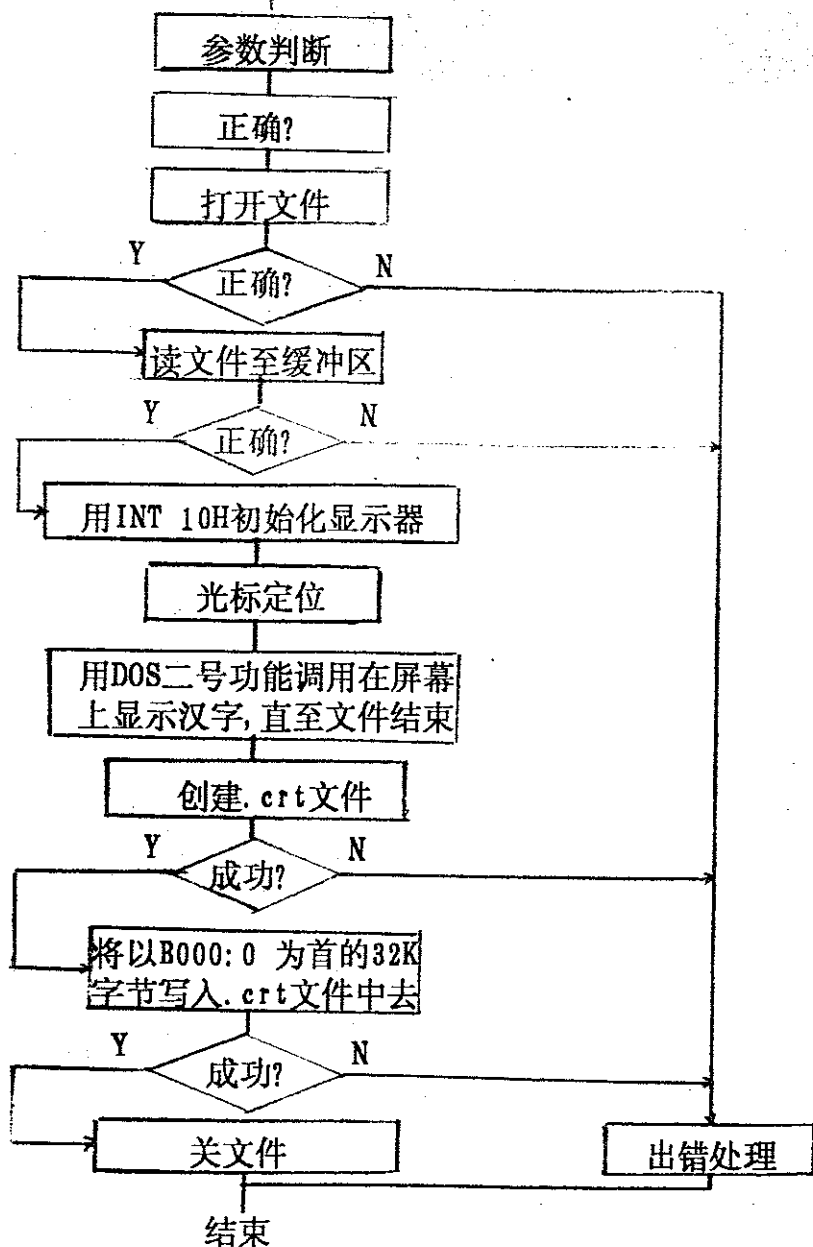
以上两种方法各有利弊。我们采用第一种方法顺利实现了汉字菜单。实际上, 我们用了四步完成:

第一步: 在CCDOS下, 用WordStar编辑一个汉字文件zh, 文字包含软件使用说明和四个功能的选取, 附加一个返回DOS的功能。

第二步: 汇编程序crt.com在CCDOS状态下将汉字按一定位置显示在显示器上, 把单色显示器的第一页显示缓冲区, 即以B000: 0H为首的32K字节的内容, 写到文件zh.crt中去。程序流程如框图IV:

第三步: 西文状态下的汉字菜单构成。

显示汉字的程序部分是用汇编语言写的子程序menu(), 它打开zh.

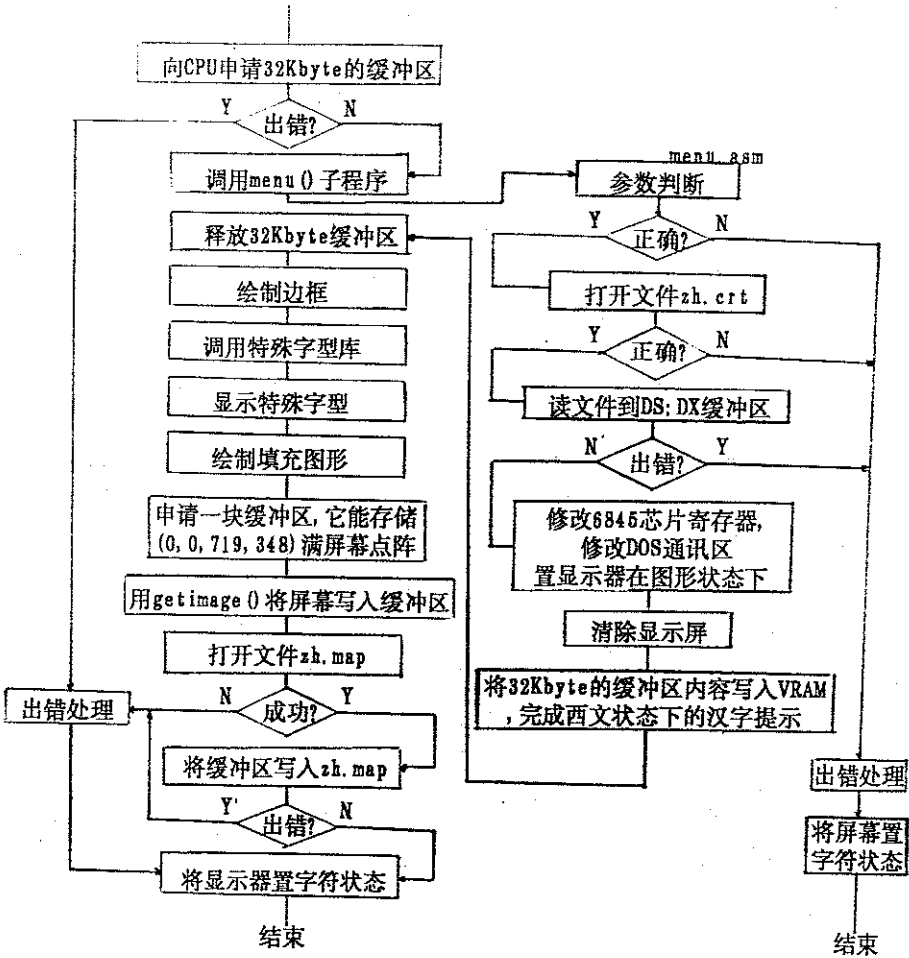


框图IV

crt文件并把它写入显示缓冲区完成汉字显示。

由于Turbo C 有强大的图形功能, 它可以在屏显示显示汉字后再

显示各种字形的西文、边框、填色的各种图形, 构造出很好的菜单。但是这样做有两点不足: 首先要在当前盘中放入字符图形库, 占用磁盘空间, 运行中有读盘操作; 其次图形形成速度太慢, 用户有明显的等待时间。为解决上述问题, 采用类似屏幕“拍照”的方法: 在汉字和边框、填色、特殊字形字符等汉字菜单画面生成后, 用 Turbo C 的 `getimage()` 语句, 将整个屏幕画面放入缓冲区, 再将缓冲区的内容写入文件 `zh.map` 中去。完成这一功能的C语言程序名是 `zh2.c`。程序流程如图V:



框图V

#### 第四步: 主控程序设计。

这部分程序首先打开文件zh.map, 再用putimage() 语句恢复步骤三形成的菜单图形。程序用↑↓或数字键控制亮色带, 选择形成命令序列, 最后调用汇编子程序zhsmm2(), 由zhsmm2() 完成仪器初置和最多四个功能的依次调用。这部分程序主要由C语言程序zh3.c 和汇编程序zhsmm2.asm完成。zh3.c流程如框图VI, zhsmm2.asm 框图如框图VII。

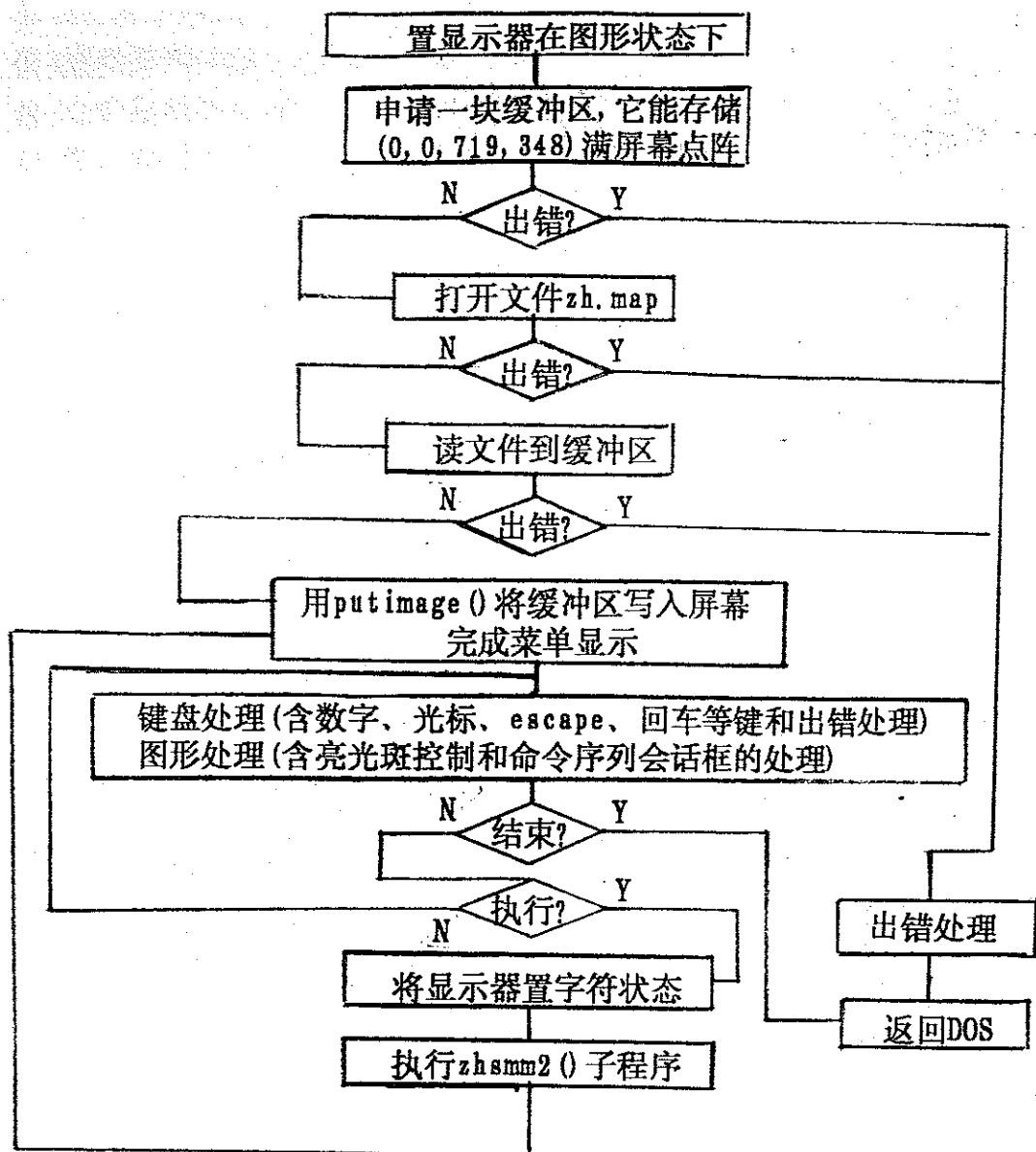
采样时间间隔是指太阳直接辐射一次功能调用所占用的连续时间片, 由程序自动设置。自早晨5时到晚上八时之间为2~7分钟, 随太阳高度角变化。在太阳高度角较小时, 大气质量变化快, 采样时间间隔小; 反之较大。

软件中含发声子程序, 用于键盘确认和出错报警, 子程序名sound(), 它有两个参数: 声音频率和连续发声时间。喇叭发声由8255 (口地址61H) 的PB1和PB0线决定, 它们的控制可使喇叭发出不同的音调。

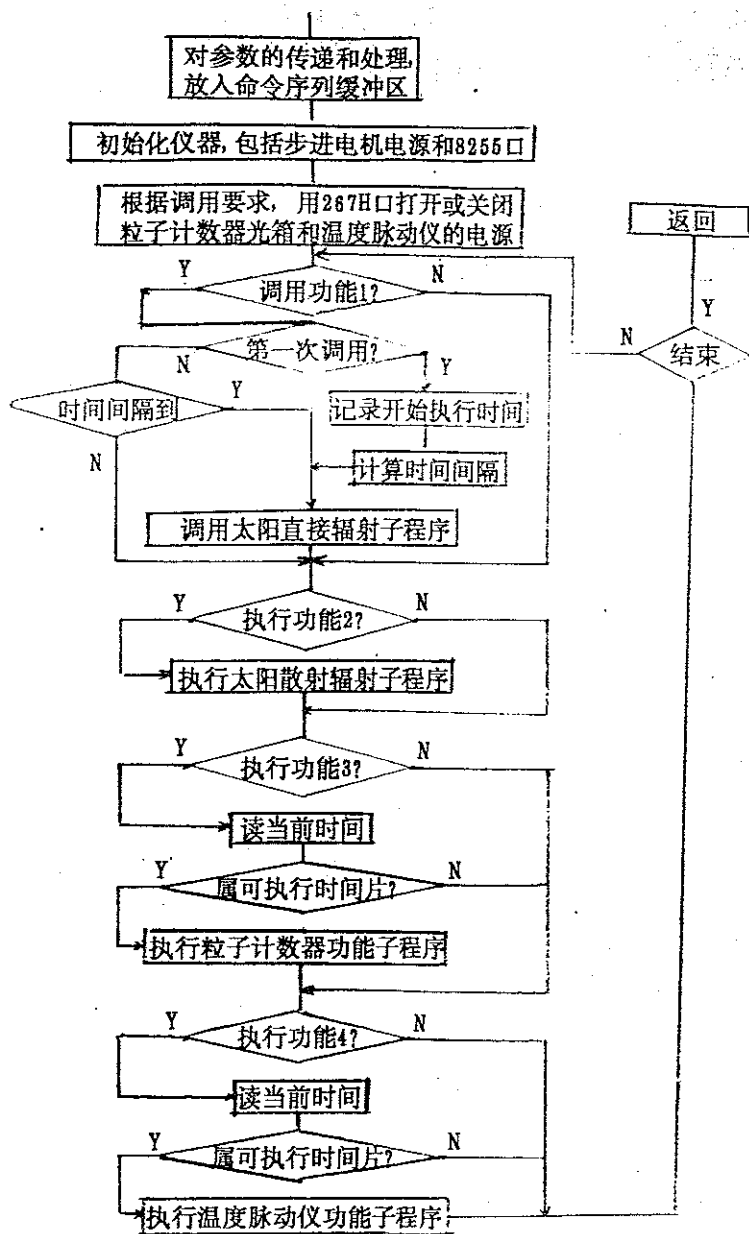
```
喇叭通电: IN  AL ,  61H
            OR  AL ,  00000010B
            OUT 61H, AL

喇叭断电: IN  AL ,  61H
            AND AL ,  11111100B
            OUT 61H,  AL
```

由于单色显示器在图形状态下, 汇编语言无法在屏幕上显示字符 (C语言只能用outtext指令而不能用printf指令), 所以在进入汇编子程序之前, 必须将显示器置成字符状态。



框图Ⅵ



框图Ⅷ

#### 第四章 单色显示器图形功能的实现

单色显示器价格低、辐射小、分辨率高。为降低成本,大气综合观测仪采用这种显示器。由于要求把采样数据用图形方式进行显示和分析以及汉字菜单的要求,所以提出了用单色显示器开发图形软件的要求。

我们知道,单色显示器的显示缓冲区VRAM从B000:0开始,有64KB,一页占用32K(一屏只用一页VRAM),分辨率是720\*348,共250560个点。由于单色显示器没有颜色属性,所以可用显示缓冲区的每个位元(bit)的信息代表一个点:当二进制信息为1时,对应屏幕的象素为亮;若为0时,该点为暗。所以显示缓冲区的每个字节包含了八个点的信息。

彩色显示器CGA的显示缓冲区VRAM从B800:0开始,显示缓冲区大小为16KB,分辨率640\*200,共128000个点。所以,在高分辨率下,CGA的象素与单色显示器一样,用一个bit表示,只有两种灰度。当分辨率为320\*200时,一个象素用两个bit表示,所以一屏上可以最多出现四种颜色,改变调色板(实际上是改变查色表)能在众多的色彩中选择这四种颜色。

开始我们考虑用单色显示器仿真彩色图形显示器CGA的方法。利用对Motorola公司的6845显示控制芯片和DOS通讯的操作,可以使单色显示器的显示缓冲区改为以B800:0为首地址,单色卡可以仿真CGA卡使用,当然,彩色只能用灰度表示。这部分程序名herc.asm,下面我们简单介绍一下实现原理。

作为显示控制的6845芯片使用下列端口:

3B4: 6845地址寄存器      3B5: 6845数据寄存器

3B4: 6845显示模式控制器    3B4: 6845显示状态端口

6845的数据寄存器有18个,我们只使用其中的12个:

$R_0$ : 水平同步时间       $R_1$ : 每行字符数

$R_2$ : 水平同步位置       $R_3$ : 水平同步宽度

$R_4$ : 垂直扫描时间       $R_5$ : 垂直总调节

R<sub>6</sub> : 每帧行数

R<sub>7</sub> : 垂直同步位置

R<sub>8</sub> : 隔行扫描模式

R<sub>9</sub> : 最大扫描行地址

R<sub>10</sub> : 光标起始行

R<sub>11</sub> : 光标结束行

程序首先修改DOS通讯区的设备状态字,使操作系统认为是在CGA状态下工作:

```
MOV AX, 40H
```

```
MOV DS, AX
```

```
MOV AX, 6DH
```

```
MOV [10H], AX
```

在单色显示卡上有个I/O端口,用于打开Hercules卡:

```
MOV DX, 3BFH
```

```
MOV AL, 03H
```

```
OUT DX, AL
```

设置显示器模式:

```
MOV DX, 3B8H
```

```
MOV AL, 02H
```

```
OUT DX, AL
```

将6845的R<sub>0</sub>~R<sub>11</sub>分别赋值为: 38H、28H、2DH、0AH、7FH、06H、64H、70H、02H、01H、06H、07H。

单色显示卡的第二页(32K)是从B800:0开始的,要仿真CGA卡,必须使用第二页,这只要将3B8H的第七位置1即可:

```
MOV DX, 3B8H
```

```
MOV AX, 10001010B
```

```
OUT DX, AL
```

再用DOS功能调用完成CGA显示模式设置和清屏。

用这种方法我们成功地完成了图形功能的实现和汉字菜单的制作,但也存在两个问题:

1: 由于单色显示器的分辨率远远大于被模拟的CGA显示器,所以

整个图形只能占用单色显示器屏幕中央的一块, 其它部分不能用于作图, 造成很大浪费, 象素利用率只有一半。

2: 有些单色显示器在模拟CGA显示器后, 水平同步不好, 图象不稳定。这固然可以调整同步旋钮或是修改6845 的水平扫描寄存器来进行消除, 但是在回到单色显示器非仿真状态时图象水平扫描又不好, 使用起来很不方便。

鉴于上述情况, 我们要求用单色显示器直接作出图形。

要使单色显示器作图。首先要将单色图形卡置成图形方式。标准的PC宏汇编BIOS没有提供这方面的功能, 我们用汇编语言直接完成: 首先打开Hercules卡, 并修改DOS通讯区:

```
MOV AL, 3
MOV DX, 3BFH
OUT DX, AL
MOV AX, 40H
MOV DS, AX
MOV BYTE PTR ES: [49H], 6
MOV BYTE PTR ES: [63H], 3B4H
```

将显示模式控制器写入2, 以便将数据寄存器分别写入35H、2DH、2EH、07H、5BH、02H、57H 02H、03H、00H、01H。

修改显示模式控制器和DOS通讯区:

```
MOV AL, 0AH
MOV DX, 3B8H
OUT DX, AL
MOV WORD PTR ES: [50H], 0
MOV BYTE PTR ES: [65H], 0AH
```

下一步直接对单色显示器的显示缓冲区操作可以使屏幕上相应的点亮或黑。屏幕上的点都有行、列坐标: 左上角点为(0, 0), 右下角点坐标是(347, 719), 绘图程序就是要把点坐标换算成显示缓冲区的

位置, 根据需要, 对VRAM进行置0或置1操作。

单色图形卡把32K视频缓冲区VRAM分成四个区: 0区、1区、2区、3区, 每个区8KB。0, 4, 8, ... 344行在第一区; 1, 5, 9, ... 345行在第二区; 2, 6, 10, ... 346行在第三区; 3, 7, 11, ... 347行在第四区; 四个区的起始地址分别是: B000: 0, B000: 2000, B000: 4000, B000: 6000。每行占用 $720/8=90$ 个字符。

设行号为H, 列号为V, 此点所在的区号就是H除以4的余数  $H \bmod 4$ ; 区内位移由行号除以4的商  $[H/4]$  和列号除以8的商  $[V/8]$  共同决定; 字节内的位移由列号除以8的余数  $V \bmod 8$  决定。

区号=行号  $\bmod 4$

区内位移= $90 * [行号/4] + [列号/8]$

字节地址= $B0000H + 2000H * 区号 + 区内位移$

字节内地址=(列号  $\bmod 8$ )

所谓字节内位移就是一个字节中的第几位。

根据这几个公式, 我们很快能找到每一点在显示缓冲区中的位置, 对它的操作只有置位和清零两种, 非常简单。

上述操作只能完成基本的画点功能, 制作图形还是很麻烦, 所以我们选用了具有单色显示器驱动程序的Turbo C 2.0, 它的丰富的图形库使大气综合观测仪单色显示器作图程序变得非常精练。

## 参考文献

- [1] 宋正芳: 应用大气光学基础 气象出版社
- [2] Volz F. E.: Appl. Opt, Vol13 (1974) P1732
- [3] Tomasi, C. etc: Appl. Opt, Vol22 (1983) p622
- [4] d' Almeida, G. A. etc: Appl. Opt., Vol22 (1983) 3796
- [5] 王献忠: 太阳辐射能的测量标准 科学出版社
- [6] R. Barletti, Rev. Sci Instrum., Vol45, No12, Dec (1974) P1563
- [7] 谭锐、胡欢陵: 光学粒子计数器测量结果与订正 光学学报 Vol4, No1, Jan. (1984)
- [8] 邹进上等: 大气物理基础 气象出版社
- [9] J. Ven. Mieghem: 大气能量学 科学出版社
- [10] 伏. 耶. 祖也夫: 激光的大气传播 中国工程物理研究所
- [11] EO. 麦卡特尼: 大气光学——分子和粒子散射 科学出版社
- [12] B. E. 祖耶夫: 光信号在地球大气中的传播 科学出版社
- [13] T. Kobayash: Papers in Meteorolgy and eophisics, June 1987
- [14] David Buchanser: Microprocessor Controlled Active Solar Tracking System University of Arizona, 1983
- [15] 太阳辐射学 气象出版社
- [16] <<计算机世界月刊>> 1990. 9 P67
- [17] <<微小型计算机应用>> 1991. 3 p19
- [18] <<计算机世界月刊>> 1990. 3 P22
- [19] IBM PC宏汇编 希望电脑公司
- [20] <<计算机世界月刊>> 1990. 5 P25
- [21] <<计算机世界月刊>> 1991. 3 P19
- [22] PC 高程序员手册 科海电脑公司
- [23] <<计算机世界月刊>> 1990. 9 P67
- [24] 斯蒂芬: C语言程序设计 电子工业出版社
- [25] <<微小型计算机应用>> 1990. 4 p29

[26] PC DISK OPERATION SYSTEM

[27] <<计算机世界月刊>> 1988.5 P32

[28] IBM PC 硬件技术手册 天源出版社

[29] <<中国计算机用户>> 1989.11 P16

[30] 于春凡等 IBM PC 及长城0520宏汇编 南开大学出版社

[31] 舒志勇等: BIOS实用手册 希望电脑公司

[32] Turbo C 2.0使用大全 科海电脑公司

[33] 吴双等: Quick C 参考手册 国防工业出版社

[34] <<计算机世界月刊>> 1990.12 P10

[35] 夏东涛: MS-DOS设备驱动程序 科海电脑公司

[36] <<中国计算机用户>> 1988.12 p23

[37] 混合语言程序设计指南与软件开发工具 希望电脑公司

[38] 白素怀: 十六位微型计算机硬件软件及接口技术 陕西科学技术出版社

[39] 张载鸿: IBM-PC/XT软硬件系统分析与应用 中科院计算所

[40] 孙兰荪: 数据采集与处理 能源出版社