

实验目录:

实验一：月面结构观测	2
实验二：太阳黑子的投影观测	4
实验三：日冕日珥观测	9
实验四：邻近行星图象观测（土星、金星、木星、火星等）	10
实验五：恒星的光谱观测处理	11
实验六：目视双星的 CCD 观测	18
实验七：变星的 CCD 测光	24
实验八：邻近星团、星云和星系的 CCD 成像观测	30
实验九：恒星的多色测光	33
实验十：大气消光的 CCD 观测	39

实验一 月面结构观测

一、实验目的

拍摄月球的白光像，掌握天体照相的方法，熟悉月面结构

二、实验仪器

KP400 折反射望远镜和 Nikon4500 照相机

把照相机的机身通过一个带螺纹接口的目镜连接到望远镜上，拍摄月面结构。

三、实验指导

1. 月球的大小

当望远镜物镜的焦距为 F (以 mm 为单位)时，月面像的直径 d (以 mm 为单位)为：

$$d = 2F \tan(\theta / 2),$$

式中， θ 为月球的视角直径，平均为 $31'$ ，故月球像的直径 $d = 0.009F$ ，若使 400/4800 的折射望远镜，可以得到的月像直径为 43.2mm。

2. 拍摄清晰的月面像

调焦 利用照相机上的取景器反复调焦，直到月像清楚为止。

曝光时间 曝光时间无严格标准，它取决于望远镜的光力、月相、月球的地平高度等。可经过反复多次试验后，确定曝光时间。一般情况下，当望远镜的光力为 1/15，使用 IS0100 底片拍满月像时，曝光时间约为 1/15s。在上、下弦月时拍照，曝光时间为满月时的 4 倍。在新月残月时拍照，曝光时间为满月时的 12 倍。

四、实验步骤及要求

1. 在教师指导下，熟悉望远镜和照相机的结构。
2. 将照相机连接在望远镜上，调节望远镜的平衡装置，使其达到平衡。
3. 将望远镜对准月球，使望远镜自动跟踪。
4. 认真调焦，使取景器中的月像达到最清楚为止。
5. 把月像位置调至视场中央，选定曝光时间，进行拍照。
6. 将数码照片从照相机存储卡内导出到计算机上。

在月球照片上，熟悉月球的主要结构，并标出主要环形山和月海的名称。

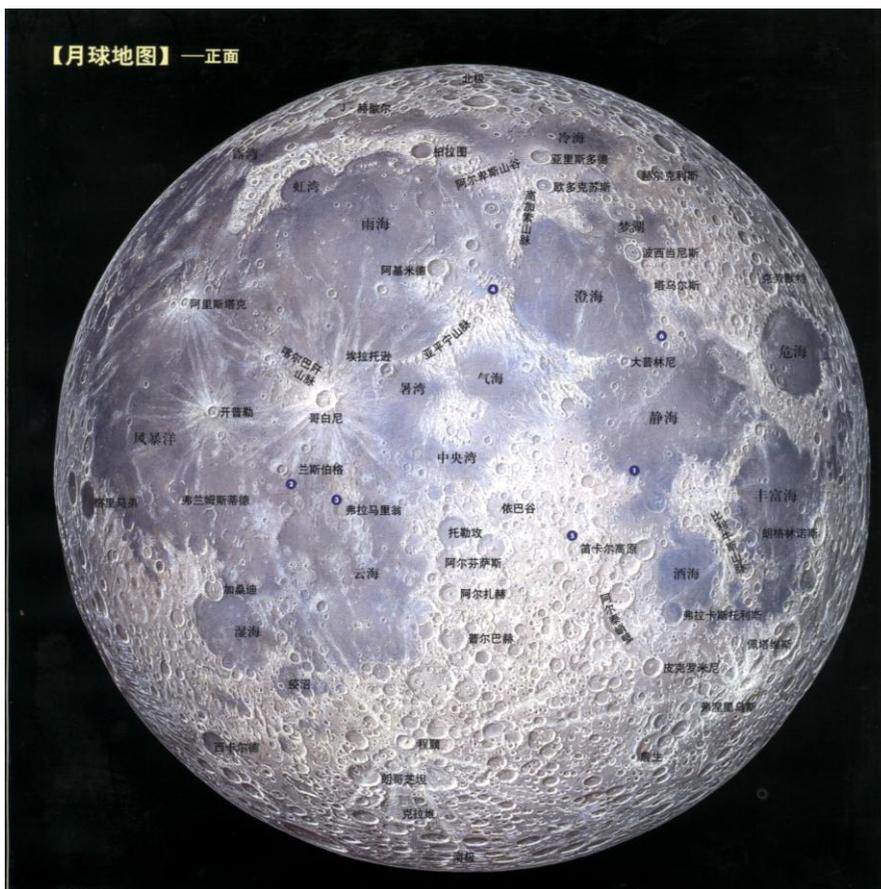


图 sh1.1 月面的正面结构图



图 sh1.2 月面
签名:

日期:

实验二 太阳黑子的投影观测

一、实验目的

1. 学会太阳黑子的投影观测方法；
2. 运用太阳球面坐标，黑子分型的相关知识，学会太阳黑子相应观测资料的处理方法。

二、实验仪器

天文望远镜附加太阳投影屏，黑子观测记录纸（图 sh2.1）

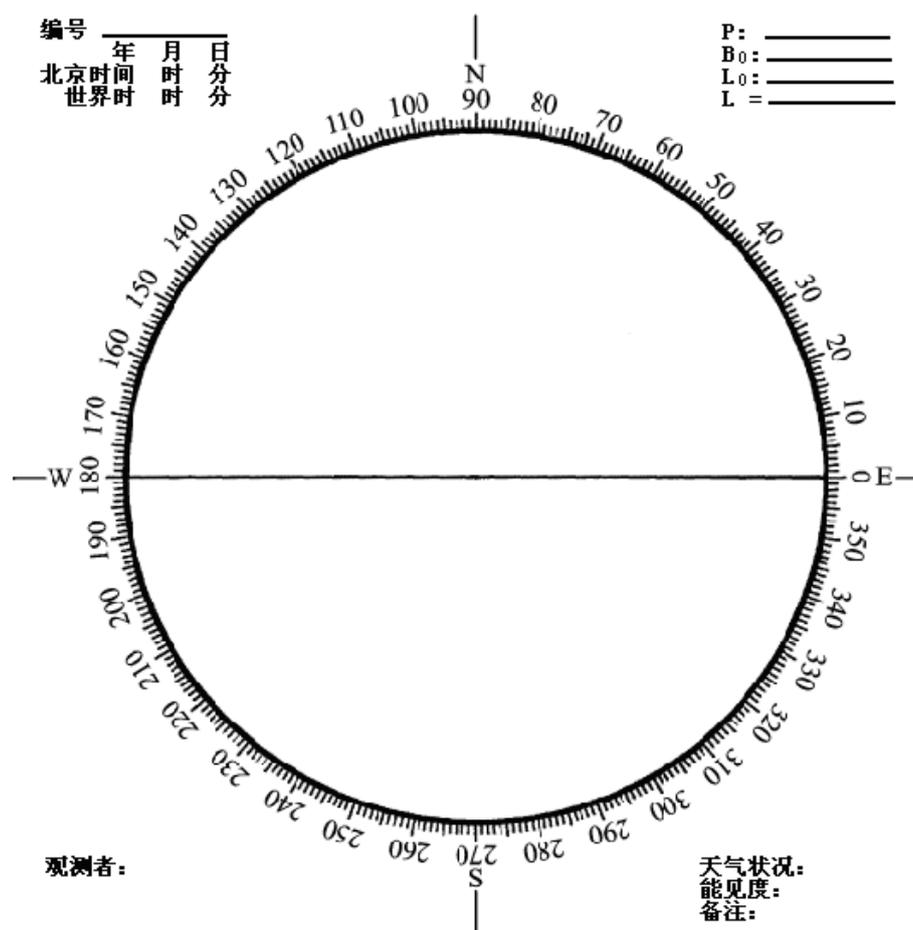


图 sh2.1 黑子观测记录纸

三、太阳黑子的投影观测

1. 调节望远镜，使日面像进入视场，并按要求把记录纸固定在投影屏上，启动跟踪。
2. 调节望远镜的焦距，使日像最清楚。
3. 调整投影屏的前后位置，使日像大小与观测记录纸上的圆重合。
4. 确定投影屏上图纸的东西方向：调节望远镜，使其沿着赤经方向来回微动（利用电钮控制来实现），移动图纸，使黑子移动方向严格地沿图纸上的东西方向运动（即图纸上的东西线与黑子移动方向一致）。
5. 描绘黑子时要求大小、形状尽可能一致，位置要准确。下笔时先轻描，当位置准确后再重描。先描本影，后描半影，全部描完后，再检查一遍，看是否有遗漏的小黑子
6. 最后记录观测完毕的时刻及观测当日世界时为 0^h 的 P (日轴方位角)、 B_0 (日面中心纬度)、 L_0 (日面中心经度) 和天气状况等。

四、观测资料的分析处理

太阳黑子投影观测每日数据处理包括：

1. 黑子的分群、编号、分型

一般相距极近的几个黑子常属于同一群，但也有仅一个单独黑子而相当于一群的。分群后，按黑子出现的先后，自西向东给黑子群一个顺序编号(见图 sh8. 2)。依据黑子的分型标准，给各群黑子标出所属类型。

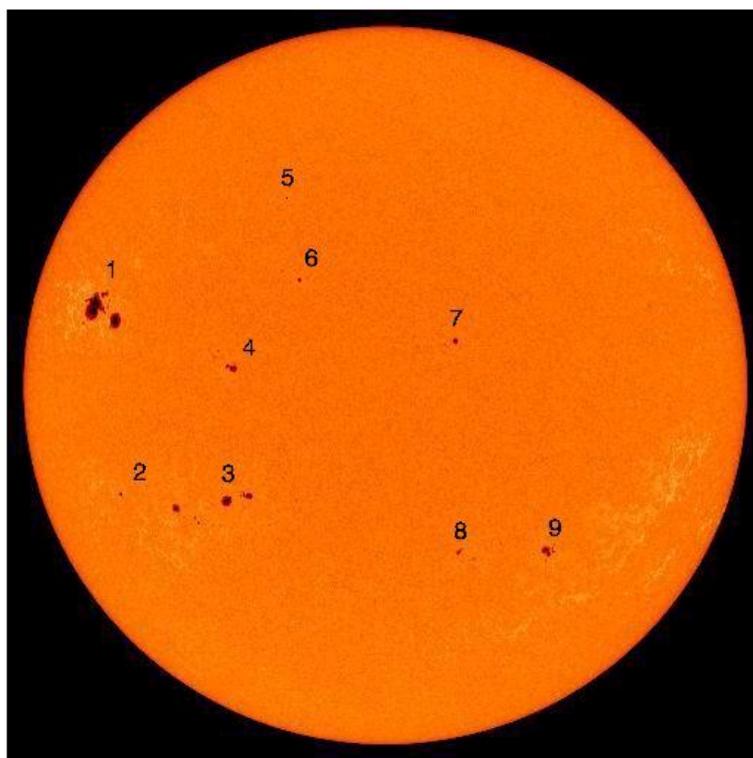


图 sh2. 2 太阳黑子图

黑子群有好几种分类方法，在此我们只介绍苏黎世天文台的分类法：按照黑子群演变的发展阶段分为 A、B、C、D、E、F、G、H、J 共 9 种类型。演变到最强是 E 型和 F 型，演变到最末是 J 型。

A 类：没有半影的黑子或者单极小黑子群。

B 类：没有半影的双极黑子群。

C 类：同 B 类相似，但其中一个主要黑子有半影。

D 类：双极群，两个主要黑子都有半影，其中一个黑子是简单结构；东西方向延伸不小于 10° 。

E 类：大的双极群，结构复杂，两个主要黑子都有半影，在两个主要黑子之间有些小黑子；东西方向延伸不小于 10° 。

F 类：很大的双极群或者很复杂的黑子群；东西方向延伸不小于 15° 。

G 类：大的双极群，只有几个较大的黑子；东西延伸不小于 10° 。

H 类：有半影的单极黑子或者黑子群，有时也具有复杂的结构；直径大于 2.5° 。

J 类：有半影的单极黑子或者黑子群；直径小于 2.5° （见图 sh8. 3）。

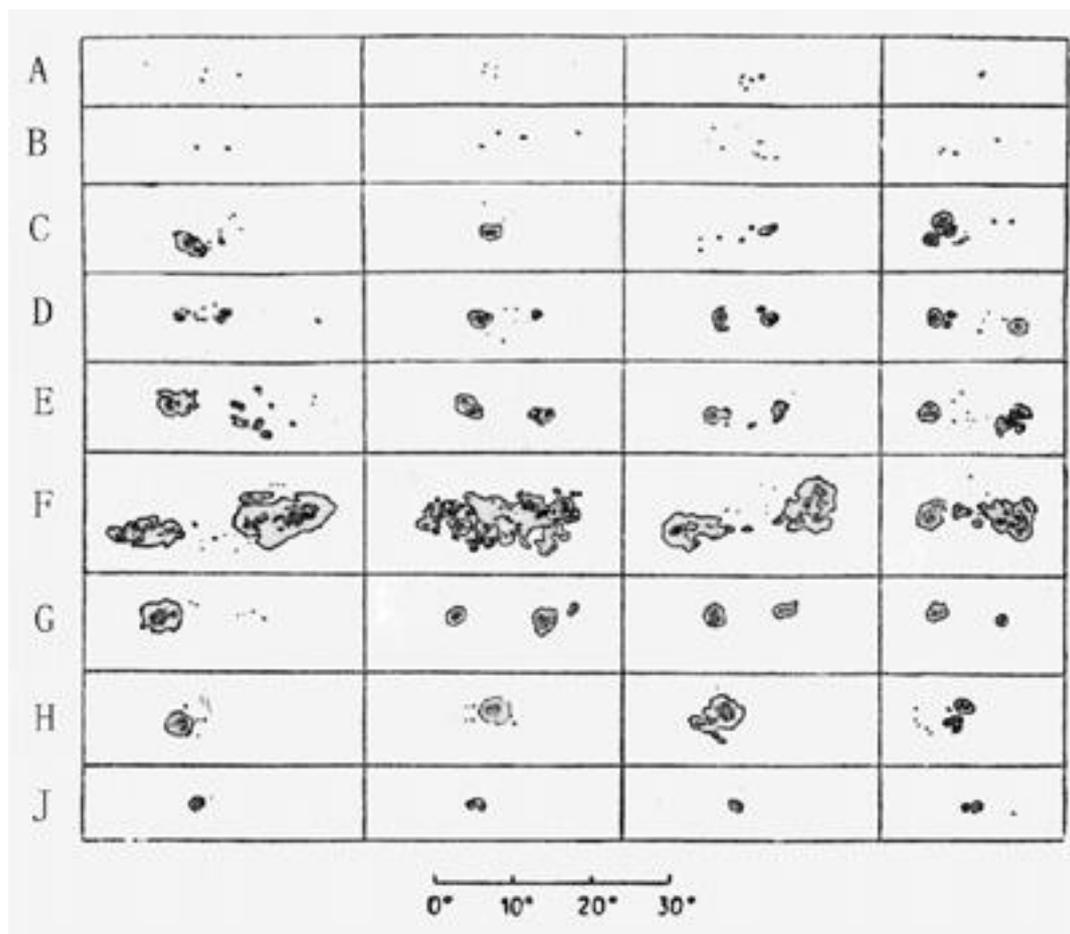


图 sh2.3 太阳黑子分型图

由于太阳是个球体，黑子群在日面边缘时形状会发生很大的变化，东西长度会大大缩短。因此对于刚从东面转出来的黑子群，等过两三天看到全貌后再确定类型比较妥当。

确定类型还要注意连续性，如果前后好几天都是 E 类，另有中间一天是 C 类，那么这一天也应记 E 类。当然，黑子群的类型有小的反复也是可能的，如从 C 类变到 D 类再回到 C 类等。

2. 黑子和黑子群日面位置的测定

(1) 日面坐标

日面经度 L : 从本初子午圈向西计量 ($0^\circ - 360^\circ$)。

日面纬度 B : 从太阳赤道分别向南北两极量度 $\pm 90^\circ$ 。

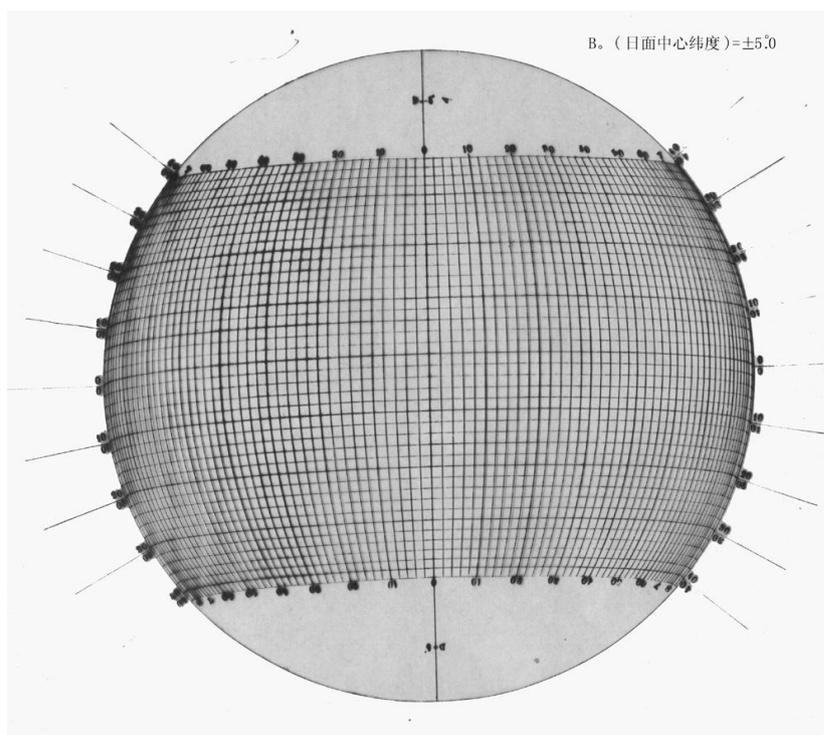
日轴方位角 P : 太阳自转轴与地球自转轴夹角的投影，由 P 值可确定日面坐标的北点。范围： $\pm 26.30^\circ$ 。

(2) 日面位置的测定

查天文年历中的太阳表，记录下观测日世界时为 0^h 的 B_0 (日面中心纬度)， L_0 (日面中心经度)， P (日轴方位角)。因 B 、 P 值一天内变化不大，不必做改正，而 L_0 在一天内变化较大，要用线性内插法进行改正，求出观测时刻的日面中心经度 L 值。

(3) 根据 P 值，在黑子投影图上画出日期日轴， $P > 0$ 时，日轴偏于北点之东。

(4) 根据 B 值选出合适的日面经纬网格图 (见图 sh8.4，日面经纬网格图从 $0^\circ - \pm 7^\circ$ ，每隔 $\pm 0.5^\circ$ 一张，共 15 张，光盘中只给出日面中心纬度 $B_0 = \pm 1.5^\circ, \pm 5^\circ, \pm 7^\circ$ 的日面经纬网格图，其他纬度的日面经纬网格图请自查相关资料)，将其按日面坐标套在描述的黑子观测记录纸上。在黑子网格图上，读出黑子和黑子群的日面纬度、日面经度 (先读出中经距，再加上日心经圈的经度)。测量日面经纬度时，对黑子群应选取其面积重心度量。

图 sh2.4 日面经纬网格图($B_0 = \pm 5^\circ.0$)

3. 黑子面积的测定

- (1) 用毫米直尺量出黑子或黑子群至日面中心的距离 r (mm)。
- (2) 用特制的毫米方格纸, 数出黑子和黑子群的毫米方格数 A (mm^2), 计算出日面上的黑子面积 $Sd = A \times 10^6 / (\pi R^2)$

R : 为日面半径 (mm), Sd 以太阳半球面积的百万分之一为单位。

- (3) 考虑日面的投影效应, 应对 Sd 进行改正, 使其归化到球面面积 $SP = Sd \sec[\arcsin(r/R)]$ (太阳半球面的百万分之一)。

- (4) 对各黑子、黑子群分别归算, 最后进行累计。

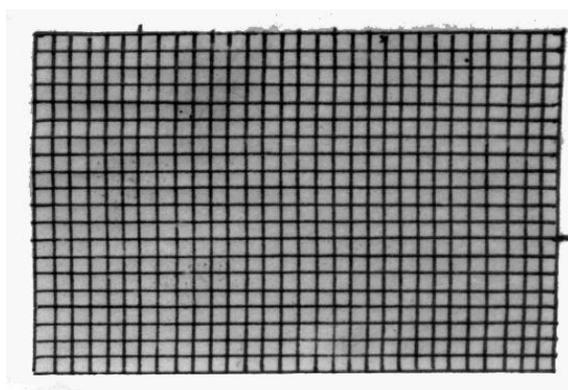


图 sh2.5 毫米方格示意图

4. 求太阳黑子相对数 R

可按公式 $R = K(10^{g+f})$ 计算太阳黑子相对数。

式中, g 为观测到的黑子总群数, f 为黑子的总个数, K 为台站转换系数, 一般可取 $K=1$ 。
注意: 一个半影中有 5 个本影黑点, 黑子个数应为 5。只有一个本影点算一个黑子。

5. 将计算结果填入表格

200 年 月 日 世界时: P: B₀: L:

编 号	坐 标			r/R	方格数		Sd		Sp		r	分型
	纬 度	经 度	中 经 距		全群	最大 黑子	全群	最大 黑子	全群	最大 黑子		

相对数: S: —— 总: —— 面积 S: —— 总: ——
 N: —— N: ——

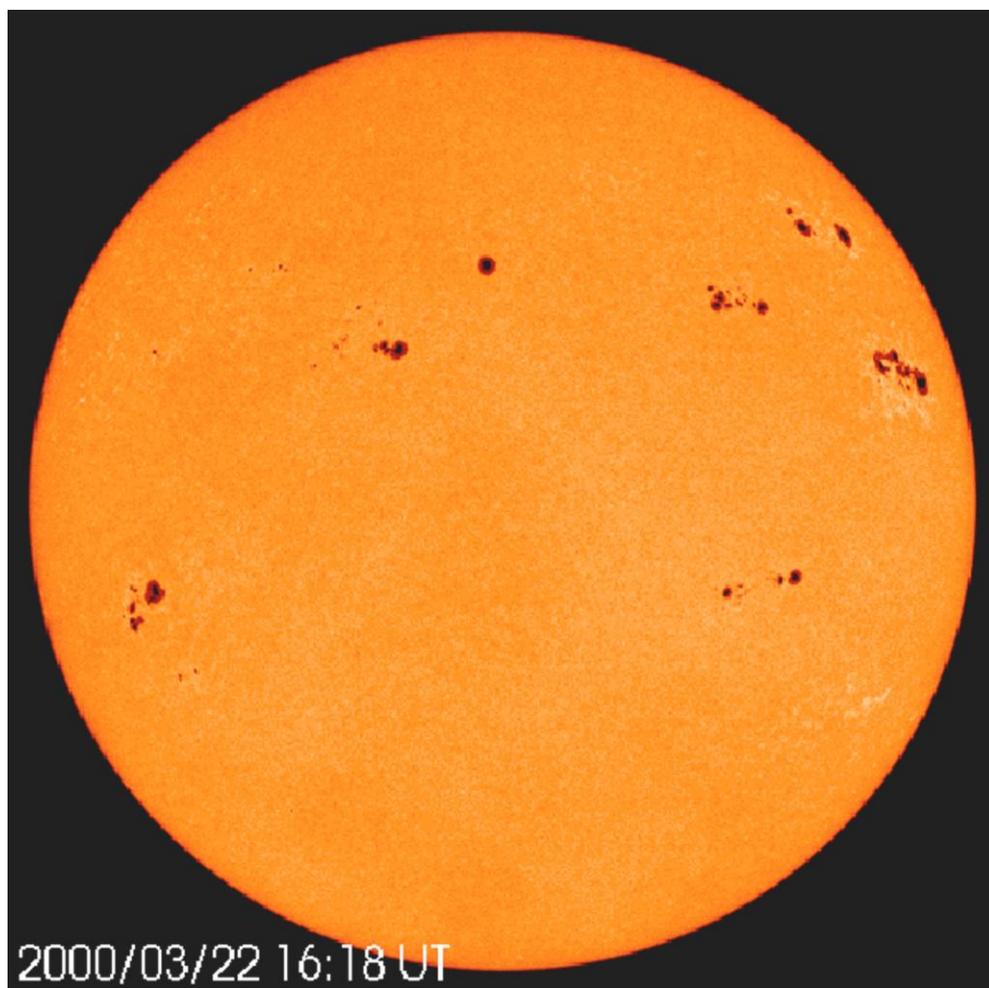


图 sh2.6 太阳黑子待测图

签名:

日期:

实验三 日冕日珥观测

一、实验目的

拍摄日冕日珥，掌握天体照相的方法。

二、实验仪器

KP400 折反射望远镜、H α 太阳滤镜、Nikon4500 照相机

把照相机的机身通过一个带螺纹接口的目镜连接到望远镜上，拍摄日冕日珥。、、

三、实验步骤及要求

1. 在教师指导下，熟悉望远镜和照相机的结构。
2. 把 H α 太阳滤镜装到望远镜寻星镜上。H α 太阳滤镜由镜筒前置滤镜组及后群滤镜组所构成，使用时需同时搭配使用，分别安装于望远镜的前端与后端。
3. 调节望远镜，使日面像进入视场，启动跟踪。
4. 调节望远镜的焦距，使取景器中的日冕日珥像达到最清楚为止。
5. 把太阳位置调至视场中央，选定曝光时间，进行拍照。
6. 将数码照片从照相机存储卡内导出到计算机上。

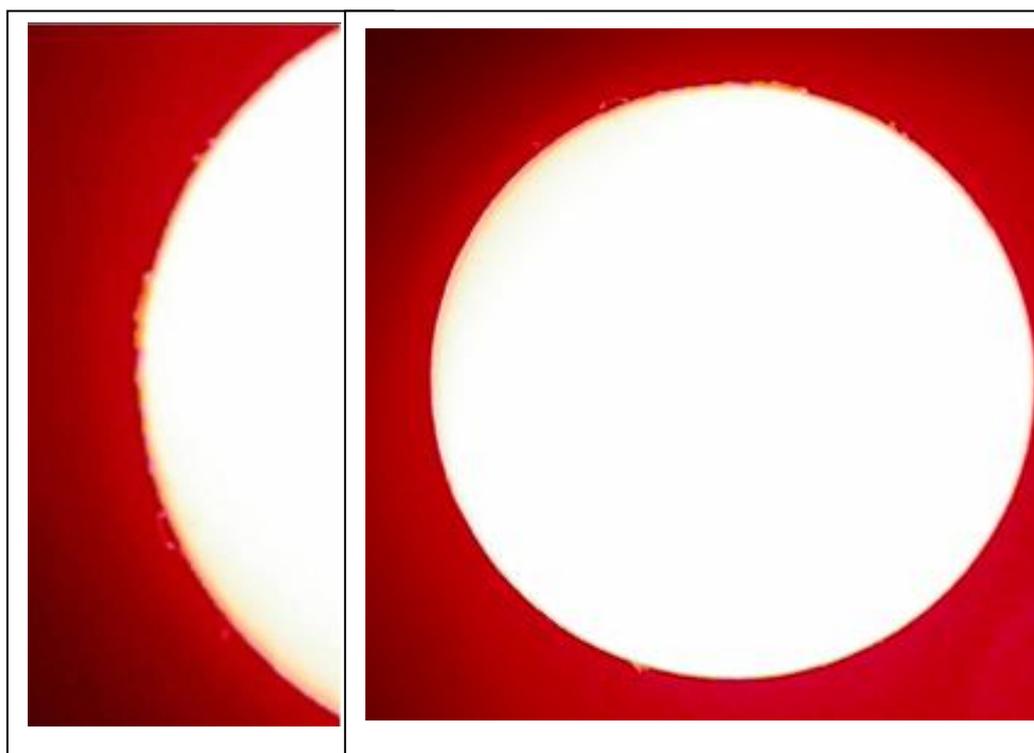


图 sh3.1 日珥照片

四、观测资料的分析处理

签名：

日期：

实验四 邻近行星图象观测（土星、金星、木星、火星等）

一、实验目的

拍摄邻近行星图象，掌握天体照相的方法，熟悉邻近行星

二、实验仪器

KPW400 折反射望远镜和 Nikon4500 照相机

把照相机的机身通过一个带螺纹接口的目镜连接到望远镜上，拍摄邻近行星。

三、实验指导

拍摄清晰的月面像

调焦 利用照相机上的取景器反复调焦，直到图像清楚为止。

曝光时间 曝光时间无严格标准，它取决于望远镜的光力、行星的地平高度等。可经过反复多次试验后，确定曝光时间。

四、实验步骤及要求

1. 在教师指导下，熟悉望远镜和照相机的结构。
2. 将照相机连接在望远镜上，调节望远镜的平衡装置，使其达到平衡。
3. 将望远镜对准要观测的行星，使望远镜自动跟踪。
4. 认真调焦，使取景器中的图像达到最清楚为止。
5. 把图像位置调至视场中央，选定曝光时间，进行拍照。
6. 将数码照片从照相机存储卡内导出到计算机上。

在行星照片上，熟悉各行星的主要结构。



图 sh4.1 土星

签名:

日期:

改 fits 文件头 (header)，这一步是处理的准备工作。

处理过程分为上下两个部分，上部处理包括扣除 bias、flat 及剔除宇宙射线。下部处理分为抽取一维谱、波长定标、流量定标等三大步。

由于我们的 40cm 折反射望远镜没有安装定标灯，以至没有办法做波长定标和大气消光改正，所以处理过程比较粗糙，下部处理只做了抽取一维谱，其他波长定标与流量定标需要进一步完善。

二、准备工作

1. IRAF 的启动及基本操作。

(1) 启动

在 Linux 系统的 X-window 环境下，打开 xgterm，改变路径到工作目录之下，运行 mkiraf 命令并指定 Iraf 的工作环境 (xterm、xgterm 等，建议使用 xgterm)，当前目录下会出现文件 login.cl 和目录 uparm，前者是 Iraf 的环境变量及各种设置的配置文件，可按照自己的喜好修改该文件。在此目录下，运行 cl 命令启动 IRAF。

另一种较为规范的启动方式，在主目录下创建一个目录 (如 iraf)，在此目录下运行 mkiraf，并用 cl 启动 IRAF，再转换到工作目录下。

(2) 基本操作

在 Iraf 环境下，所敲的命令被认为是 Iraf 的命令或操作系统的命令。对于 IRAF，可用 ? 显示当前的软件包 (package，名称以点 "." 结束) 或任务 (task，名称末尾无点)，直接敲 package 或 task 名可进入 package 或 task。

常用命令：

reference string	查找与 string 相关的 package 或 task
epa task	编辑 task 的参数 (:q 退出; :g 执行)
display file	在图象工具 (如 ds9) 中显示 CCD 图象
imstatistics	统计
imexamine	检查图象
imcombine	图象合并
immatch	图象对正
imgeom	图象旋转
imfit	图象拟合
imarith	图象运算
imfunction	用函数运算
imheader file l+	显示 fits 文件头 (长格式)
wfit a.imh b	将 imh 文件转成 fits 文件
rfit a.fits b	将 fits 文件转成 imh 文件
e	显示以前用过的命令 (用上下键翻找)
^	重新执行命令 (如 ^e, 执行最近以 e 开头的命令)
!	调用操作系统命令 (如 !rm)
lang	显示 CL 命令

2. 修改 fits 文件头

对文件头的修改主要是为了计算大气质量，即 Iraf 在做流量定标的时候会根据 fits 文件头所给的信息自动计算大气质量。需要修改的参量主要包括：

OBJECT	目标名称
IMAGETYP	目标类型 (object,comp,stand,zero,flat,dark 等)
BT	开始时间
EXPOSURE	曝光时间

RA 赤经
 DEC 赤纬
 EPOCH 历元
 DATE-OBS 观测日期

笔者建议使用 CL 脚本对所有 fits 文件头的修改做批处理，具体操作如下：

(1) 下载 readlog2 脚本

```
cp pub/data/readlog2.cl .
```

(2) 修改 login.cl 文件

```
vi login.cl
```

加一行语句，如下：

```
task readlog2="readlog2.cl 所在目录/readlog2.cl"
```

(3) 在工作目录下编辑一个新的 log 文件，如下例（文件名例如 09.log）：

2002-01-09

2002-01-10

c0109007	MRK322	19:01:23	1800	23:20:09.9	26:12:57	2000	object
c0109009	NGC449	19:40:40	1800	01:16:07.2	33:05:22	2000	object
c0109010	Feige25	20:15:15	300	02:38:37.70	05:28:11.3	2000	standard
c0109012	NGC1343	20:28:13	1800	03:37:49.8	72:34:16	2000	object
c0109013	NGC1569	21:04:00	1800	04:26:04.6	64:44:23	1950	object
c0109015	G191B2B	21:38:10	450	05:05:30.60	52:49:56.5	2000	standard
c0109017	ZW468.002	21:51:32	1800	05:08:19.7	17:21:47	2000	object
c0109019	NGC1961	22:26:30	1800	05:42:04.8	69:22:43	2000	object

注：第一行和第二行分别为观测当晚和第二天的日期

(4) 运行 readlog2 任务（如不作说明，以下所有命令均在 Iraf 中进行）

```
epa readlog2
```

（修改参数如下）（未说明的参数视为不作修改，以下同）

```
bf        yes
```

```
keyfile    09.log
```

```
:go                //执行
```

(5) 检查结果（如下例），fits 头应修改完毕（包括大气质量）

```
imheader c0109007.fits l+
```

3. 检查所有文件（主要是 bias 和 flat）

(1) 统计检查

```
imstat *.fits
```

注：检查平均值和最大值，bias 和 flat 文件各自的平均值应基本相同，目标源的最大值不超过 65535.

(2) 图象显示

打开图象工具 ds9（在另外的窗口中运行 ds9&）

```
display c0109012.fits
```

或作批处理，如下

```
ls *.fits > all.cl
```

```
vi all.cl
```

（以下 vi 中）

```
:%s/^/display
```

（操作的结果）

```
display c0109001.fits
```

```
display c0109002.fits
```

```
display c0109003.fits
```

```
...  
    (退出 vi)  
:wq  
task $a=all.cl  
a
```

三、上部处理

1. 去 bias

(1) 进入 ccdred 包

```
noao  
imred  
ccdred
```

(2) 合并 bias

```
ls *.fits > b  
vi b          //保留所有 bias 文件名  
epa zerocombine  
    (编辑参数如下)  
input        @b  
output       bias  
ccdtype  
:go          //=>bias.imh
```

(3) 去除 bias

```
ls *.fits > b1  
vi b1        //保留非 bias 文件名  
epa ccdproc  
    (编辑参数)  
images       @b1  
output  
ccdtype  
zerocor      yes //其余为 no  
zero         bias  
:go          //去过 bias 的文件以.imh 结尾  
ccdlist *.imh //显示[Z]表示已去过 bias
```

2. 去 flat

(1) 合并 flat

```
ls *.imh > f  
vi f          //保留所有 flat 文件名  
epa flatcombine  
    (编辑参数)  
input        @f  
output       flat  
ccdtype  
:go          //=>flat.imh
```

(2) 平场归一化

```
twod  
long  
    (以下 lo 包中)  
    (长缝方向拟合)  
epa illumin
```

```

(编辑参数)
images      flat
illumina    flat1
nbins       5 //可改
:go         ==>flat1.imh
(归一)
imarith flat / flat1 flat2
(色散方向拟合归一)
epa response
(编辑参数)
calibrat    flat2
normal      flat2
respons     flat0
:go         ==>flat0.imh, 处理好的平场

```

(3) 去除平场

```

bye
bye
(以下 ccdred 包中)
ls *.imh > f1
vi f1 //保留源
epa ccdproc
(编辑参数)
images      @f1
flatcor     yes //其余为 no
flat        flat0
:go
ccdlist *.imh //标记[F]表示已去除平场

```

3. 去宇宙射线

Noao->imred->crutil

对于目标源只有一副图的情况，按下面方法操作
设文件名如下：

```

c0110029.imh //源
epa cosmicrays //去除目标源图象上的宇宙射线
(编辑参数)
input       c0110029
output      c0110029c //为避免误操作，用新文件名
fluxrat     2.
:go

```

(以下在 xgterm 的子窗口中)

将鼠标置于待检查的数据点之上，按 s 键查看，尖锐山峰状视为宇宙射线，按 s 键回到起始状态，按 d 键剔除该点；否则不按 d 键，若误按 d 键，可按 u 键取消。细心检查，尽量剔除所有处于源上的宇宙线。

按 q 键退出 //=>c0110029c.imh,去过宇宙线的源

4. 旋转图像

在做完上面的处理后，用 imgeom 下的 rotate 来旋转图像，

```

>> input = hd47105015c2 Input data //旋转前的图像
>> output = hd47105015c2r Output data // 旋转后的图像
>> rotation= -13. Rotation angle in degrees // 旋转角度

```

四,下部处理-抽取源的一维谱

```

接上文,设需要处理的目标源文件  c0109029c.imh      //目标源
twod
epa apex
(参数)
dispaxi      1      //指定下面的抽取都沿横向方向(即色散方向)
:go
epa apall      //抽取目标源谱
(参数)
input      c0110029c
output
apertur      1
format      onedspec
referen
(以下全为 yes)
interac      yes
find      yes
...
review      yes
(以上全为 yes)
nfind      1      //抽取一条谱,可设为其他值以抽取多条谱
backgro      fit
weights      variance
:go
(以下在 xgterm 辅助窗口中)
将鼠标置于孔径下限处按 l 键,以指定孔径的下边界
将鼠标置于孔径上限处按 u 键,以指定孔径的上边界
(注:若有多条峰,用 d 键删除 Iraf 缺省给定的孔径,将鼠标置于需要抽取的孔径,
按 m 键指定该孔径为抽取孔径)
按 b 键显示背景,若觉不理想,可按 t 键清除,然后在孔径左右两侧各按两个 s 键指定
两侧的背景范围
按 q 键退出背景,按 q 键退出孔径
进入拟合窗口,按 f 键对背景进行拟合,若拟合不好,敲:order n 指定拟合阶数,如
:order 6
按 f 键再次拟合
直至拟合好(看屏幕右上角 RMS 值小为好)
按 q 退出      //=>c0110029c.0001.0001.imh,抽取的谱

```

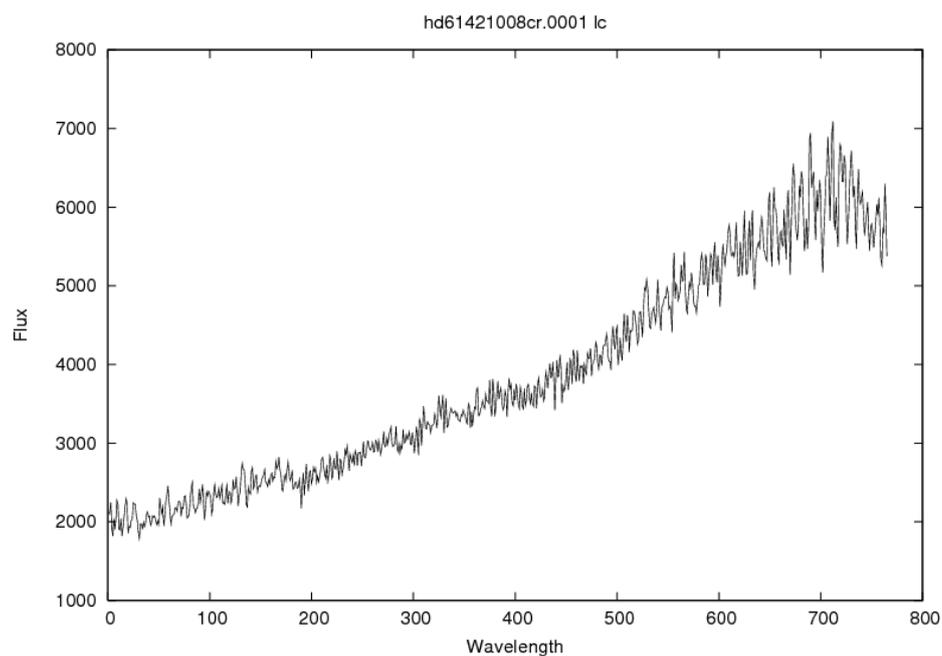
五,画图

```

listpix c10029dopc.fits wcs=world > c10029dopc.txt
(退出 Iraf)
log
至此 CCD 图像处理完毕!
(以下在系统 terminal 中)
vi c10029dopc.txt      //保留第二列和第三列均为"1."的部分
gnuplot      //运行 gnuplot 画图软件
(以下在 gnuplot 中)

```

```
plot 'c10029dopcor.txt' using 1:4 t " with line
set xlabel 'Wavelength'
set ylabel 'Flux'
set title 'C20020110029'
replot
set terminal postscript
set output 'c10029dopcor.ps'
replot
exit //退出 gnuplot
gv c10029dopcor.ps
```



签名:

日期:

实验六 目视双星的 CCD 观测

一、实验目的

掌握 CCD 照相方法及对目视双星角距和方位角的测量方法

二、实验仪器

40 厘米折反射望远镜附加 ST 系列 CCD 照相机

本实验是通过双星的 CCD 成像，直接用计算机软件来确定双星的角距(ρ)和方位角(θ)，这比传统的用动丝测显微镜来测量更加简单，且精度也较高。

ST-7XE CCD 照相机 (Camera) 性能

CCD 型号	靶面大小	像素数量	像素点大小	视场大小 (F/11)
KAF-0401E	6.9mm×4.6mm	765×510	9 μ m×9 μ m	6.1'×4.1'

CCD 控制软件 CCDops，它具有一般 CCD 图像处理的功能。

选择双星的原则为：

1. 两个子星的星等范围在 4^m ~ 9^m。
2. 角距较大(根据观测所在地的大气情况，最好大于 5")。
3. 根据观测季节，选取赤经赤纬合适的双星。双星在观测时天顶距不要太大，以免影响观测效果。

表 sh6.1 可供选择的目视双星

ADS	SAO 星号	赤经(2000) (h) (m) (s)	赤纬(2000) (°) (') (")	m_1, m_2	角距离 ρ / "	方位角 /(°)	光谱型
<u>ADS 1 A</u>	<u>10937</u>	00 02 36.09	+66 05 56	6.0, 7.5	15.2	070	G0
<u>BDS 71 A</u>	<u>4062</u>	00 14 02.61	+76 01 37	7.1, 7.9	76.3	103	Ma
<u>ADS 191 A</u>	<u>109087</u>	00 14 58.82	+08 49 15	5.9, 8.1	11.6	148	F0
<u>ADS 1563 A</u>	<u>75051</u>	01 57 55.72	+23 35 45	4.8, 7.6	37.4	046	A5
<u>BDS 1116 AC</u>	<u>75171</u>	02 09 25.34	+25 56 23	5.1, 8.6	105.9	278	F0
<u>ADS 1683 A</u>	<u>55330</u>	02 10 52.83	+39 02 22	6.0, 6.7	16.6	035	A0
<u>BDS 1094 A</u>	<u>4594</u>	02 12 49.91	+79 41 29	6.5, 7.1	55.3	276	A3
<u>ADS 2582 A</u>	<u>75970</u>	03 31 20.75	+27 34 18	6.5, 6.9	11.3	270	A0
<u>ADS 2735 A</u>	<u>76122</u>	03 44 37.18	+27 53 50	6.7, 7.0	126.7	043	F0
<u>ADS 2984 A</u>	<u>13031</u>	04 07 51.39	+62 19 48	7.0, 7.1	17.9	304	B0
<u>ADS 3137 A</u>	<u>76558</u>	04 20 21.22	+27 21 02	5.1, 9.0	52.1	250	K0
<u>ads4200AB</u>	<u>77313</u>	05 36 26.38	+21 59 35	7.2, 7.8	3.6	268	F8
<u>BDS 2867 A</u>	<u>112980</u>	05 37 53.45	+00 5 807	7.2, 7.9	80.1	031	B6V
<u>ADS 5705 AC</u>	134061	07 01 27.05	-03 07 03	7.9, 9.0	23.2	005	B3
<u>HD 72965</u>	97952	08 36 22.31	+13 45 55	7.7, 8.4	43.5	133	A0
<u>ADS 6900</u>	136111	08 37 50.4	-06 48 25	6.7, 8.5	61.0	202	G0
<u>HD 73665</u>	<u>80333</u>	08 40 06.4	+20 00 28.	6.5, 6.5	149.8	151	K0
<u>HD 76813</u>	<u>61177</u>	08 59 32.6	+32 25 06	5.6, 8.7	89.6	295	G5
<u>HD 78610</u>	<u>136612</u>	09 09 08.6	-01 35 16	7.4, 12.0	53.2	328	K5
<u>ADS7260</u>	<u>80723</u>	09 15 33.32	+27 55 19	7.9, 10.3	8.0	061	F8
<u>HD 77600</u>	27112	09 05 45.18	+50 16 36	8.1, 8.3	79.2	258	G5
<u>ADS7182</u>	117428	09 06 44.43	+02 48 36	7.9, 8.2	11.5	273	F5
<u>HD88849</u>	<u>7099</u>	10 17 50.55	+71 03 38	6.7, 7.3	16.6	171	A7
<u>HD 90125</u>	<u>118278</u>	10 24 13.18	+02 22 04	6.4, 6.7	212.2	64	G9V
<u>HD 90386</u>	<u>118299</u>	10 26 09.20	+03 55 57	6.6, 8.5	116.3	192	A2
<u>HD 90839</u>	<u>27670</u>	10 30 37.58	+55 58 49	4.8, 9.0	120.0	304	F8V
<u>ADS 7979 A</u>	<u>81583</u>	10 55 36.82	+24 44 59	4.5, 6.3	6.5	110	A1V

<u>HD 97334</u>	<u>62451</u>	11 12 32.35	+35 48 50	6.3, 7.9	138.7	070	G0V
<u>ADS 8100 A</u>	<u>7320</u>	11 15 11.90	+73 28 30	7.6, 8.2	54.5	104	K5
<u>ADS 8162 A</u>	<u>118864</u>	11 26 45.32	+03 00 47	6.2, 7.9	28.7	149	K0IV
<u>ADS 8434 A</u>	<u>28253</u>	12 08 07.07	+55 27 50	8.0, 8.4	22.3	082	F8
<u>ADS 8450 A</u>	<u>28287</u>	12 11 27.76	+53 25 17	7.5, 7.7	12.7	221	K0
<u>ADS 9338 A</u>	<u>101138</u>	14 40 43.57	+16 25 06	4.9, 5.8	5.6	108	A0
<u>ADS 9728 A</u>	<u>140672</u>	15 38 40.08	-08 47 29	6.5, 6.6	11.9	188	F8
<u>BDS 7631 A</u>	<u>29607</u>	15 38 54.58	+57 27 42	7.6, 9.1	91.2	205	M3
<u>ADS 9737 A</u>	<u>64834</u>	15 39 22.67	+36 38 08	5.1, 6.0	6.3	305	B8
<u>BDS 7480 A</u>	<u>65024</u>	16 01 02.66	+33 18 12	5.5, 9.9	89.6	071	F8
<u>BDS 7535 A</u>	<u>8415</u>	16 04 48.96	+70 15 42	6.7, 9.3	46.7	084	A0
<u>ADS 9922 A</u>	<u>101922</u>	16 06 02.83	+13 19 15	6.7, 8.5	36.6	323	K0
<u>ADS 9933 A</u>	<u>101951</u>	16 08 04.53	+17 02 49	5.3, 6.5	28.4	012	G5
<u>HD 149632</u>	<u>102259</u>	16 35 26.29	+17 03 26	6.3, 7.3	156.6	360	A0
<u>HD 157789</u>		17 24 54.70	+13 19 43	8.4, 9.3	26.4	326	F8
<u>ADS 10562 A</u>	<u>102835</u>	17 27 52.25	+11 23 25	7.0, 8.6	27.3	283	A3
<u>ADS 10715 A</u>	<u>85310</u>	17 41 05.49	+24 30 47	6.5, 6.1	16.3	008	K0
<u>ADS 10759 A</u>	<u>8890</u>	17 41 56.36	+72 08 55	4.9, 6.1	30.3	015	F5
<u>ADS 11061 A</u>	<u>8996</u>	18 00 09.22	+80 00 14	5.8, 6.2	19.0	234	F5
<u>ADS 11086 A</u>	<u>103406</u>	18 07 48.35	+13 04 16	6.5, 10.2	42.3	138	A0
<u>ADS 11089 A</u>	<u>85753</u>	18 07 49.56	+26 06 04	5.9, 6.0	14.2	183	A3
<u>HD 184170</u>	<u>31711</u>	19 30 12.25	+55 25 21	6.8, 9.3	76.3	086	K0
<u>ADS 12540 A</u>	<u>87301</u>	19 30 43.28	+27 57 34	3.2, 5.4	34.3	054	K0
<u>BDS 9448 A</u>	<u>18395</u>	19 33 10.07	+60 09 31	6.4, 8.4	76.2	287	K5
<u>ADS 12750 A</u>	<u>105104</u>	19 39 25.34	+16 34 16	6.6, 9.4	28.2	302	K5
<u>ADS 12815 A</u>	<u>31898</u>	19 41 48.95	+50 31 30	6.3, 6.4	39.0	134	G0
<u>ADS 13092 A</u>	<u>18575</u>	19 52 47.68	+64 10 33	6.8, 8.9	27.8	184	G5
<u>ADS 13087 A</u>	<u>143898</u>	19 54 37.65	-08 13 38	5.8, 6.5	35.7	170	B3
<u>BDS 9825 A</u>	<u>69252</u>	20 00 44.81	+36 35 23	6.7, 8.4	70.6	202	B9
<u>ADS 13783 A</u>	<u>69929</u>	20 22 57.65	+39 12 39	6.6, 8.4	43.0	256	B9
<u>ADS 14710 A</u>	<u>89505</u>	21 10 32.07	+22 27 16	6.9, 7.7	17.9	300	A0
<u>BDS 10923 A</u>	<u>33323</u>	21 19 40.77	+53 03 29	6.8, 8.8	48.5	301	K2
<u>ADS 15493 A</u>	<u>127196</u>	21 58 01.45	+05 56 25	7.3, 7.6	10.68	55.23	A2
<u>ADS 15600 A</u>	<u>19827</u>	22 03 47.45	+64 37 40	4.6, 6.5	7.5	278	A3
<u>ADS 15670 A</u>	<u>34101</u>	22 08 36.05	+59 17 22	7.2, 7.4	21.6	316	A0
<u>ADS 16642</u>	<u>146605</u>	23 16 35.40	-01 35 08	7.1, 7.7	5.0	031	G5
<u>ADS 17020 AC</u>	<u>20866</u>	23 48 38.97	+64 52 34	6.4, 8.5	50.4	351	A0
<u>ADS 17079 A</u>	<u>108883</u>	23 52 59.94	+11 55 27	7.3, 7.9	19.0	282	F0

三、实验步骤

1. 将 CCD 与计算机相连,

(主要包括 CCD 与计算机相连,启动 CCD 与计算机,启动 CCDops 软件并给 CCD 制冷。)

步骤一: 将 CCD 与计算机连接,即将 CCD 连线连接在计算机的 USB 口上。

注意: 要在 CCD 和计算机均不加电的情况下进行连接。

步骤二: 给 CCD 和计算机加电,启动 CCD 和计算机 (CCD 本身没有电源开关,电源开关在变压器上)。

注意: 要将 CCD 放在一个平稳的地方, CCD 风扇不能被挡住, 不要打开 CCD 的镜头盖,

也不要将 CCD 装到望远镜上。

步骤三：启动 CCDops for Windows 软件。该软件在启动时，自动检测 CCD 并进行软件连接，如无法建立连接，请关闭计算机，并检查连线的连接及 CCD 是否已加电启动。

步骤四：启动 CCD 制冷装置

(1) 在 CCDops 环境下，鼠标单击“Camera”菜单项，在该项下拉菜单中选择“setup”项，出现 CCD 设置对话框，如图 sh6.1 所示。

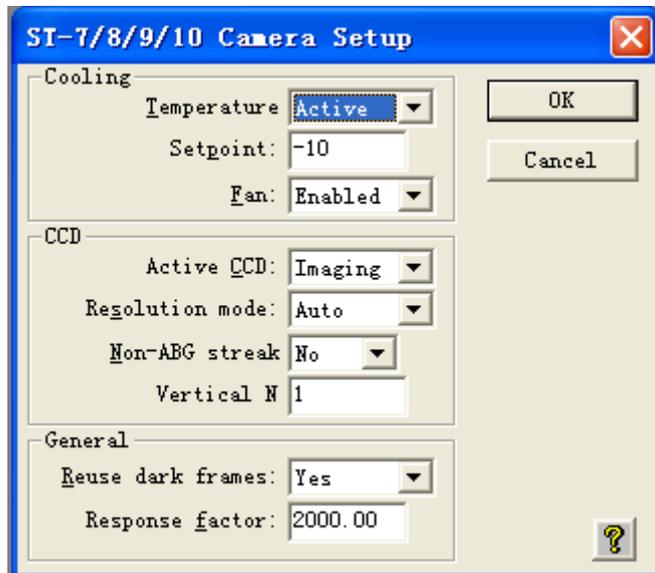


图 sh6.1 CCD 设置对话框

(2) “Temperature regulation” 列表框中有两个选项：“off”——关闭制冷系统；“Active”——打开制冷系统。

注意：每次开始使用 CCD 时应首先打开制冷系统。停止使用 CCD，关闭退出 CCDops 前必须先关闭制冷系统。

(3) “setpoint” 正文框内输入所需的最低温度（最低只能比环境温度低 30~40℃），单击“ok”按钮，即可启动 CCD 制冷系统。此时，在 CCDops 窗口下方的“Temp……”提示框内显示出当前 CCD 的工作温度。

注意：先不要将 CCD 安装到望远镜上。

2. 将望远镜指向所要拍摄的天体。用眼睛在导星镜和主镜中观察天体，并将其移到视场中心。若天体不在目镜视场中，可更换焦距更长的目镜，以扩大视场。

3. 安装 CCD 到望远镜主镜上。首次观测可由教师选定所观测的双星。

4. 启动对焦系统。

(1) 在 CCDOPS 中，鼠标单击“Camera”菜单项，在下拉菜单中选择“Focus”（对焦）项，会弹出“Focus”对话框，如图 sh6.2 示。

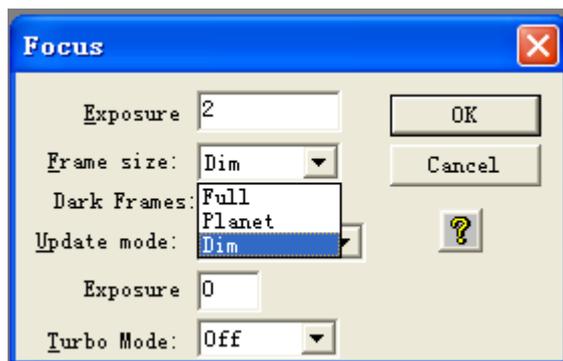


图 sh6.2 “Focus”对话框

(2) 在“Exposure time”框内填入曝光时间。对于较亮的天体曝光时间可选在 1s 内。

(3) 在“Frame size”列表框中有三个选项：Full、Planet、Dim。一般应选“Dim”，此

种方式以降低分辨率来得到较快的下载与显示速度。

(4) 单击“OK”，CCD 即开始按曝光时间进行曝光，并不断将图像传回计算机，在显示器上会显示 CCD 拍得的图像。

注意：望远镜已对好焦距时，不要拧动望远镜的对焦旋钮。

5. 在 CCD 对焦图像中对中天体

若天体在 CCD 对焦图像中没有对中，可按动望远镜控制手柄，调整天体位置，直至对中。

注意：应选择望远镜的最低速移动方式，每次移动不要太多，以免天体移出 CCD 视场。

6. 拍照

(1) 单击“Camera”菜单项，选择“Grab”选项，出现“Grab”对话框。

(2) “Exposure time”正文框中输入曝光时间，恒星一般为 1~10s。注意若两子星的星等相差较多，应适当选择曝光时间。

(3) “Dark frame”列表框中若选“Also”，则先拍暗流，再拍天体。为节省时间，也可选“None”，只拍天体，在以后处理时再去掉暗流。

(4) “Image size”列表框中应选“Full”项。

(5) 单击“OK”，即开始曝光。曝光结束，应将拍得的图像保存起来。

(6) 保存格式有几种：ST9 格式，Fits 格式等，可根据需要保存。若要用 CCDops 软件处理，应选用 ST9 格式存储；若要用 IRAF 等软件处理，应选用 Fits 格式。

注意：在曝光期间应保持观测室内的黑暗，关闭大门，将计算机显示器亮度调暗，并不要在室内走动。

7. 双星角距与方位角测量

双星角距离是目视双星在天球上的角距离，用角分或角秒为单位。方位角 θ 是两子星的连线与南北连线的夹角，从北点向东量度为正，在 CCD 图像中顺时针方向为正（北点向西量度），用度，分，秒表示，处理时要加以改正。

在 CCDops 环境下，打开已保存的双星图像，用“Display”菜单项下的“Show Crosshair”选项打开十字丝窗口，查看并证认要分析的目视双星，并辨认出子星一和子星二，确定赤经赤纬的方向，进而确定北（N）的方向。

8. 检查望远镜的焦距参数

CCD 是二维成像系统，我们在 CCD 上直接得到的是直角坐标 x, y 的值。CCDops 软件能将两子星的直角坐标间隔 $\Delta x, \Delta y$ 转换并用下式计算出用角分角秒表示的角距 ρ 。

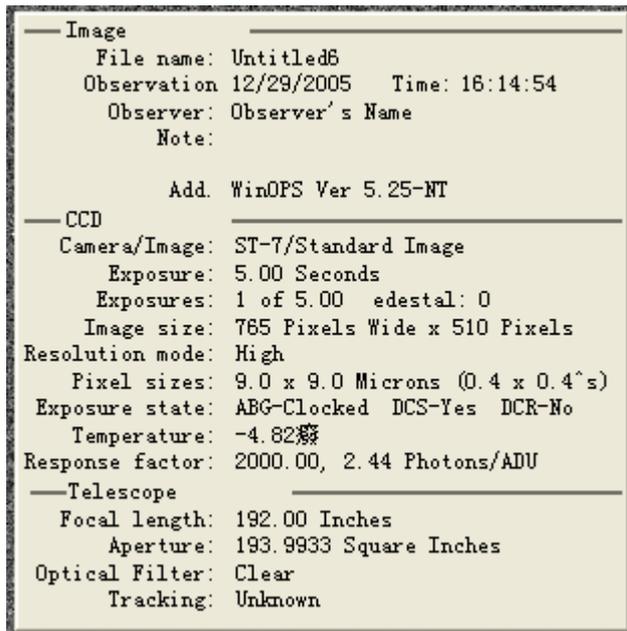


图 sh6.3 “Parameters” 参数窗口

$$\rho = 206265 \times \frac{\sqrt{(\Delta x \times 0.009)^2 + (\Delta y \times 0.009)^2}}{25.4 \times f_l}$$

式中的 f_l 为用英寸表示的望远镜焦距，不同的焦距会得到不同的角距值。

例如：40CM 折反射望远镜口径为 40cm(16inch)，焦距为 4.8m(192inch) 则 $f_l=192$ 。

单击“Display”菜单项，选择“Parameters”选项可弹出参数窗口，显示当前文件的各种参数，如图 sh6.3 所示。

查看“Telescope”一栏，看“Focal length”项，是否为“192.00 Inches”(4.8m)，若不是，则需修改望远镜的焦距参数。

9. 修改望远镜的参数

在用 CCD 照相之前，可先根据你所使用的望远镜的口径和焦距等参数来修改 CCDops 软件的望远镜参数设置。

- (1) 单击“Misc”菜单项，选择“Telescope Setup”选项，可弹出“Telescope Setup”窗口，如图 sh6.4 所示。

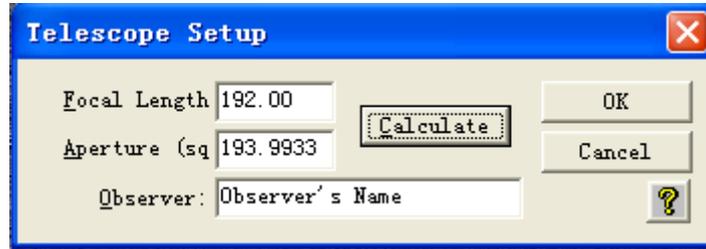


图 sh6.4 “Telescope Setup”窗口

在“Focal length”栏内，输入所使用望远镜的焦距（用英寸表示），如 4.8m，可输入 192。另外还可修改观测者姓名(Observer)。

- (2) 单击“Calculate”按钮，出现“FOV Calculate”窗口，如图 sh6.5 所示，在“Camera”栏内选择所使用的 CCD 的型号，在“F/Ratio:”（焦比）栏内输入所使用的望远镜的焦比，如对 40CM 折反射望远镜，输入 12。单击“Calculate”按钮。

- (3) 单击“Done”按钮。

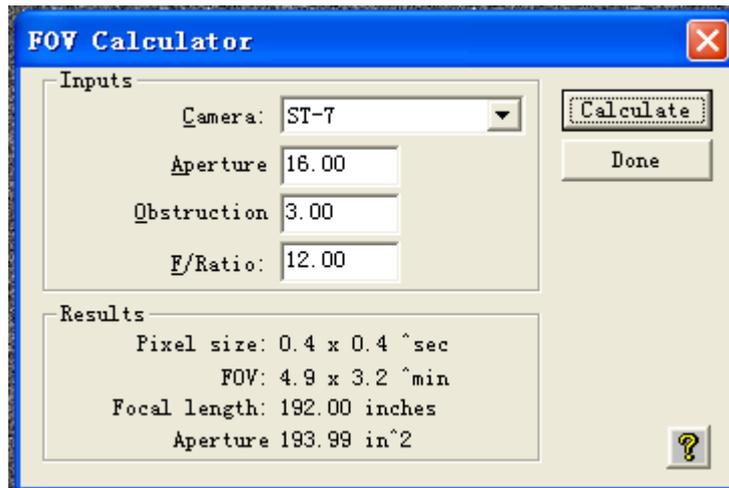


图 sh6.5 “FOV Calculate”窗口

10. 修改 CCD 照片的参数

在用 CCD 照相之后，也可根据你所使用的望远镜的口径和焦距等参数来修改 CCD 照片的参数设置。

- (1) 打开所拍摄的照片。

- (2) 单击“Utility”菜单项，选择“Edit Parameters”选项，可弹出“Image Parameters”窗口，如图 sh6.6 所示。

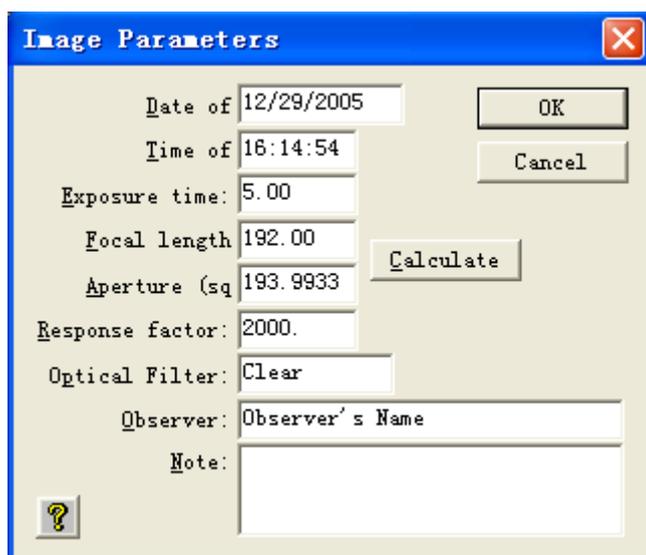


图 sh6.6 “Image Parameters” 窗口

3) 单击“Calculate”按钮，出现“FOV Calculate”窗口，如图 sh6.8 所示，可按图中参数设置。单击“Calculate”按钮。

11. 测量双星角距和方位角

单击“Display”菜单项，调出十字丝。

将光标十字丝移到子星 1 的位置，单击一下鼠标，出现一个小方框，这时键入大写“C”(Shift C)，这时系统将子星 1 的光心(Light of center)置为零点；然后将十字丝移到子星 2 的位置，键入大写“P”(Shift p)，这时在“X hair”窗口中的“Geometry”栏内的“sep”项显示双星角距，“Angle”项显示方位角，方位角是以子星 1 与正北方(y 轴方向)顺时针量度到子星 2 的角度(注意：一般双星星表的方位角是按逆时针方向给出的)。

12. 分析处理

记录下双星的角距与方位角，与星表中查到的数据进行比较，**注意：因 CCDops 软件是顺时针量度(北点向西量度)，所以应用 360° 减去所测量值。??**

注意：在“X hair”窗口中的“Seeing”项显示的是所拍恒星的像质量，它与大气的宁静度和望远镜对焦有关，也与曝光时间有关，一般来讲，恒星像越小越好，说明大气状况好，焦距对得好，曝光时间也合适。拍摄时可用不同的曝光时间拍 2~3 幅。

签名:

日期:

实验七 变星的 CCD 测光

一、实验目的

掌握变星的 CCD 测光方法

二、实验仪器

40cm 折反射望远镜附加 CCD 照相机

三、实验原理

CCD 测光最好用较差法,即选一颗光度不变的标准星(可参见实验十的表 sh10.1)与变星(参见表 sh7.1)做比较测量。要求被选的比较星与变星有三近:位置相近,亮度相近和颜色相近。

利用变星星表选取一些较亮的变星(根据望远镜的口径和观测地的大气情况而定)作为测光对象。在大气内测量变星(x)与比较星(c)的星等差,

$$\Delta m(t) = m_x(t) - m_c(t)$$

式中 $m_x(t)$ 为 t 时刻所测的变星的星等; $m_c(t)$ 为 t 时刻所测比较星的星等。 $\Delta m(t)$ 是变星与比较星的星等差。如果同时观测变星和比较星,且两者位置相近,则变星与比较星的大气质量函数 $F(z)_x$ 和 $F(z)_c$ 几乎相等。根据大气消光方程 $m = m_0 + K' \cdot F(z)$, 大气外观测两颗星的星等差 Δm_0 与大气内观测两颗星的星等差 Δm 相等。变星的大气外星等可表示为: $m_{x0} = m_{c0} + \Delta m$ 。

四、观测步骤

1. 首先选择好滤光片(如黄色,对应 V 星等),然后把比较星导入望远镜视场,测量比较星的亮度。

2. 把变星导入望远镜视场,测量变星的亮度。

3. 上述过程重复。

可按如下程序进行(在计算机中先预定好观测程序与记录的项目)

比较星—变星—比较星—变星

记录比较星与变星的观测时间(北京时间)和曝光时间。

五、资料处理和分析

1. 变星与比较星的星等差的计算

按照实验十的步骤,分别测量比较星与变星的仪器星等(大气内星等)。

2. 对资料作大气消光改正

如果在大气外观测两颗星的星等差为 Δm_0

$$\Delta m_0 = \Delta m - K_V [F(z)_x - F(z)_c]$$

方程式中 K_V 为大气消光系数, $F(z)_x$ 和 $F(z)_c$ 分别为变星与比较星的大气质量函数, Δm 为大气内观测两颗星的星等差。由于天体高度 h 不同(或说天顶距 z 不同),所穿过的地球大气的密度不同,对天体的消光程度就不同。在天体的天顶距 $z \leq 75^\circ$ 时有, $F(z) = \sec z$ 。利用最小二乘法可解出大气消光系数和大气外的星等差(详见实验十“大气消光的 CCD 观测”实验)。

在用较差方法进行观测时,可以不做二次大气消光系数的改正和星等归化。

当用 CCD 照相时,若变星与比较星同时出现在 CCD 视场内,同时拍摄,可不用作大气消光改正,直接测量得到变星与比较星的星等差 Δm 。

表 sh7.1 较亮的变星星表

星名	星座名	赤经(2000) (h) (m)	赤纬(2000) (°) (')	极大 极小 /星等	周期 /天	其他星名
CG And	仙女座	0 00.7	+45 15	6.32 6.42	3.73975	SAO 53568
β Cas	仙后座	0 09.6	+59 12	2.25 2.31	0.10430	

γ Peg	飞马座	0 13.7	+15 14	2.80 2.87	0.157495	
AO Cas	仙后座	0 17.7	+51 26	6.07 6.24	3.523487	
U Cep	仙王座	1 02.3	+81 53	6.75 9.24	2.4930475	
ζ Phe	凤凰座	1 08.8	-55 12	3.92 4.42	1.6697671	
UV Cet	鲸鱼座	1 38.8	-17 58	6.8 12.95		
\circ Cet	鲸鱼座	2 19.8	-02 56	2.0 10.1	333.80	刍藁增二
ι Cas	仙后座	2 29.8	+67 26	4.45 4.53	1.74050	
δ Cet	鲸鱼座	2 39.9	+00 22	4.05 4.10	0.16113668	
α UMi	小熊座	2 42.1	+89 18	1.92 2.07	3.969778	北极星
β Per	英仙座	3 08.7	+40 59	2.12 3.40	2.86730	大陵五
GK Per	英仙座	3 31.2	+43 54	0.2 14.0		
\circ Per	英仙座	3 44.9	+32 19	3.79 3.85	4.419171	
DO Eri	波江座	3 55.3	-12 06	5.97 6.00	12.448	
γ Eri	波江座	3 58.4	-13 29	2.95		
λ Tau	金牛座	4 01.2	+12 31	3.3 3.80	3.952955	
VW Hyi	水蛇座	4 09.1	-71 18	8.4 14.4	27.8	
T Tau	金牛座	4 42.8	+22 58	8.4 13.5		
\circ^1 Ori	猎户座	4 53.0	+14 16	4.65 4.88	30.29	
π^5 Ori	猎户座	4 54.7	+02 27	3.7 3.77	3.70045	
ϵ Aur	御夫座	5 02.6	+43 50	2.92 3.83	9892	
ζ Aur	御夫座	5 03.1	+41 05	3.70 3.97	972.160	
μ Lep	天兔座	5 13.3	-16 12	2.97 3.36	2	
α Aur	御夫座	5 17.3	+46 00	0.06 0.15	104.023	五车二
η Ori	猎户座	5 24.9	-02 23	3.14 3.35	7.98926	
ϵ Ori	猎户座	5 36.7	-01 12	1.68 1.71		参宿二
ζ Tau	金牛座	5 38.2	+21 09	2.90 3.03		
SU Tau	金牛座	5 49.1	+19 04	9.1 16.0		
T Aur	御夫座	5 49.8	+39 11	4.1 15.5		N1891
λ Col	天鸽座	5 53.4	-33 48	4.85 4.92	0.64	
BH Cam	鹿豹座	5 55.0	+64 59	2.37 2.53		
α Ori	猎户座	5 55.6	+07 24	0.40 1.3	2110	参宿四
β Aur	御夫座	6 00.2	+44 57	1.89 1.98	3.9600421	
θ Aur	御夫座	6 00.3	+37 13	4.85 4.92	3.62	
δ Pic	绘架座	6 10.5	-54 58	4.65 4.9	1.672541	
η Gem	双子座	6 15.4	+22 30	3.2 3.9	232.9	钺
β CMa	大犬座	6 23.1	-17 58	1.93 2.00	0.25003	军市一
μ Gem	双子座	6 23.5	+22 31	2.76 3.02		
ξ^1 CMa	大犬座	6 32.2	-23 26	4.33 4.36	0.2095755	
WW Aur	御夫座	6 32.5	+32 27	5.79 6.54	2.52501922	
RR Pic	绘架座	6 35.6	-62 38	1.2 12.42		N1925
ζ Gem	双子座	7 04.6	+20 33	3.66 4.16	10.15082	
L^2 Pup	船尾座	7 13.5	-44 39	2.6 6.2	140.42	
29 CMa	大犬座	7 19.0	-24 35	4.84 5.33	4.393407	
YZ CMi	小犬座	7 44.7	+03 34	8.6 12.93	2.780964	
U Gem	双子座	7 55.1	+22 00	8.2 14.9	103	
V Pup	船尾座	7 58.2	-49 15	4.7 5.2	1.4544877	

ρ Pup	船尾座	8 07.9	-24 20	2.7 2.8	0.14088143	
γ^2 Vel	船帆座	8 09.8	-47 22	1.6 1.8		
CP Pup	船尾座	8 11.8	-35 21	0.5 >17.0		N1942
λ Vel	船帆座	9 08.3	-43 28	2.14 2.22		
W UMa	大熊座	9 43.8	+55 57	7.9 8.63	0.33363696	
R Leo	狮子座	9 47.6	+11 26	4.4 11.3	312.43	
υ UMa	大熊座	9 51.6	+59 00	3.77 3.86	0.16	
AD Leo	狮子座	10 19.7	+19 52	9.41 10.94		
η Car	船底座	10 45.1	-59 52	-0.8 7.9		
β Hya	长蛇座	11 53.4	-33 57	4.2 4.22	2.36	
δ Cen	半人马座	12 08.8	-50 46	2.51 2.65		
UW Cen	半人马座	12 43.3	-54 32	9.1 >14.5		
β Cru	南十字座	12 48.2	-59 44	1.23 1.31	0.19	
ϵ UMa	大熊座	12 54.4	+55 55	1.76 1.79	5.0887	玉衡(北斗五)
α^2 CVn	猎犬座	12 56.4	+38 16	2.84 2.98	5.46939	常陈一
RS CVn	猎犬座	13 10.6	+35 56	7.93 9.14	4.79781	
α Vir	室女座	13 25.7	-11 12	0.97 1.04	4.01454	角宿一
78 Vir	室女座	13 34.6	+03 37	4.91 4.99	3.722	
μ cen	半人马座	13 50.1	-42 31	2.92 3.47		
β Cen	半人马座	14 04.4	-60 25	0.61 0.045	0.157	
τ^1 Lup	豺狼座	14 26.7	-45 16	4.36 4.43	0.177365	
η Cen	半人马座	14 36.1	-42 12	2.30 2.41	1.28	
α Lup	豺狼座	14 42.5	-47 26	2.28 2.31	0.259864	
44 Boo	牧夫座	15 04.1	+47 37	6.5 7.1	0.2678160	
β CrB	北冕座	15 28.2	+29 04	3.65 3.72	18.487	
α CrB	北冕座	15 35.1	+26 41	2.21 2.32	17.359907	贯索四
RR CrB	北冕座	15 41.4	+38 33	8.4 10.1	60.8	
R CrB	北冕座	15 48.6	+28 09	5.71 14.8		
T CrB	北冕座	15 59.5	+25 55	2.0 10.8	29000	N1946
SX Her	武仙座	16 07.5	+24 55	8.6 10.9	102.90	
σ Sco	天蝎座	16 21.7	-25 37	2.94 3.06	0.2468406	心宿一
α sco	天蝎座	16 29.9	-26 27	0.88 1.80		心宿二(大火)
ϵ UMi	小熊座	16 45.1	+82 01	4.22 4.28	39.4809	
μ^1 Sco	天蝎座	16 52.5	-38 04	2.80 3.08	1.44026907	
α Her	武仙座	17 15.0	+14 23	3 4		帝座
θ Oph	蛇夫座	17 22.5	-25 00	3.25 3.29	0.140531	
V843 Oph	蛇夫座	17 30.6	-21 29	-2.5 >19.0		SN1604
λ Sco	天蝎座	17 34.2	-37 07	1.59 1.65	0.2137015	尾宿八
κ Sco	天蝎座	17 43.1	-39 02	2.39 2.42	0.19987	
V566 Oph	蛇夫座	17 56.9	+04 59	7.5 7.96	0.40964660	
DQ Her	武仙座	18 07.5	+45 51	1.3 15.6		N1934
AC Her	武仙座	18 30.3	+21 52	7.43 9.74	75.4619	
α Lyr	天琴座	18 37.2	+38 48	0.03 0.02	0.07	织女一
δ Sct	盾牌座	18 42.8	-09 03	4.98 5.16	0.19377	
R Sct	盾牌座	18 47.5	-05 42	4.45 8.20	140.05	
V603 Aql	天鹰座	18 48.9	+00 35	-1.4 12.03		N1918

β Lyr	天琴座	18 50.4	+33 22	3.34 4.34	12.93578	渐台二
κ Pav	孔雀座	18 57.8	-67 13	3.94 4.75	9.088	
ϵ CrA	南冕座	18 59.3	-37 06	4.74 5.00	0.5914264	
V3880 Sgr	人马座	19 08.9	-22 14	1.8 2.8	550	
RY Sgr	人马座	19 16.5	-33 31	6.00 >15.0		
υ Sgr	人马座	19 22.2	-15 56	4.3 4.4	137.939	
RR Lyr	天琴座	19 25.5	+42 47	7.06 8.12	0.566867	
CK Vul	狐狸座	19 47.6	+27 19	2.7 >17.0		N1670
χ Cyg	天鹅座	19 50.6	+32 55	3.3 14.2	406.93	
SV Vul	狐狸座	19 51.5	+27 28	6.73 7.76	45.035	
V476 Cyg	天鹅座	19 58.4	+53 37	2.0 16.2		N1920
V1300 Aql	天鹰座	20 10.4	-06 16	2.2 3.2	680	
R Sge	天箭座	20 14.1	+16 44	9.46 11.46	70.594	
V444 Cyg	天鹅座	20 19.5	+38 44	8.3 8.6	4.212424	
U Cyg	天鹅座	20 19.6	+47 54	5.9 12.1	462.40	
α Cyg	天鹅座	20 41.7	+45 19	1.25		天津四
HR Del	海豚座	20 42.3	+19 10	3.70 12.38		N1967
δ Del	海豚座	20 43.9	+15 06	4.39 4.49	0.158	
V1489 Cyg	天鹅座	20 46.4	+40 07	0.38 1.10	1280	
V1500 Cyg	天鹅座	21 11.6	+48 09	2.22 >21		N1975
β Cep	仙王座	21 28.8	+70 36	3.16 3.27	0.1904881	上卫增一
SS Cyg	天鹅座	21 42.7	+43 35	8.2 12.4	50.1	
μ Cep	仙王座	21 43.8	+58 49	3.43 5.1	730	
ϵ Peg	飞马座	21 44.6	+09 55	0.7 3.5		危宿三
δ Cap	摩羯座	21 47.5	-16 05	2.81 3.05	1.0227688	
PR Cep	仙王座	21 58.0	+56 44	1.48 1.86		
CP Lac	蝎虎座	22 15.7	+55 37	2.1 15.6		N1936
δ Cep	仙王座	22 29.5	+58 28	3.48 4.37	5.366341	
DI Lac	蝎虎座	22 35.8	+52 43	4.3 14.9		N1910
β Gru	天鹤座	22 43.2	-46 50	2.0 2.3		
EV Lac	蝎虎座	22 46.9	+44 20	8.28 11.83		
β Peg	飞马座	23 04.2	+28 08	2.31 2.74		室宿二
λ And	仙女座	23 38.0	+46 30	3.69 3.97	54.33	
Z Aqr	宝瓶座	23 52.2	-15 51	9.5 12.0	135.5	

*在“其他星名”栏中，N 是新星，N 后的数字是发现年份

*本星表摘自《星座奥秘探索图典》，作者林完次，渡部润一，2002 年。

表 Sh7.2 较暗的变星星表

星名	星表名	赤经 2000.0 (h) (m) (s)	赤纬 2000.0 (°) (′) (″)	光谱型	周期 /天	Vmax	Vmin	类型	光变极小 时刻历元 JD2448500+
GP And	HIP 4322	00 55 18.1	+23 09 49	A3	0.0786828	10.571	11.078	DSCT	0.0385
TW Cet	HIP 8447	01 48 54.1	-20 53 35	G5	0.316852	10.413	11.167	EW	0.1750
V1128Tau	SAO 93621	03 49 27.8	+12 54 44	G0	0.3053732	9.649	10.241	EB	0.0620
EZ Cep	HIP 18548	03 58 05.4	+81 14 23		0.379004	12.192	13.550	RR	0.0376
RR Gem	HIP 35667	07 21 33.5	+30 52 59	A8	0.397292	10.847	12.096	RR	0.3535

VZ Cnc	SAO 98035	08 40 52.1	+09 49 27	A9III	0.178363	7.362	7.994	SXPHE	0.0830
AE UMa	HIP 47181	09 36 53.2	+44 04 01	A9	0.0860175	11.049	11.576	SXPHE	0.0176
GW UMa	SAO 43453	10 44 11.3	+44 40 44	F3V	0.203194	9.474	9.976	RR	0.1160
AM Leo	SAO 99413	11 02 10.9	+09 53 43	F8Vn	0.365798	9.256	9.760	EW	0.3310
RZ Com	HIP 61414	12 35 05.1	+23 20 14	G0Vn	0.338509	10.483	11.224	EW	0.2160
U Com	HIP 61809	12 40 03.2	+27 29 56	A9	0.292736	11.525	12.106	RR	0.2650
HW Vir	HIP 62157	12 44 20.2	-08 40 17		0.2334390	10.501	11.039	EA	0.1981
AU Vir	HIP 65445	13 24 48.0	-06 58 45	A0	0.343221	11.441	12.037	RR	0.0040
SX UMa	HIP 65547	13 26 13.5	+56 15 25	A8.5	0.3071395	10.618	11.221	RR	0.2340
TV Boo	HIP 69759	14 16 36.6	+42 21 36	B9	0.312557	10.714	11.349	RR	0.0510
VW Boo	HIP 69826	14 17 26.1	+12 34 04	G5	0.342318	10.604	11.203	EW	0.0510
AC Boo	HIP 73103	14 56 28.1	+46 21 44	F8Vn	0.352441	10.084	10.683	EW	0.2960
VZ Lib	HIP 76050	15 31 51.8	-15 41 10	F5	0.358256	10.377	10.940	DSCT	0.0730
RV CrB	HIP 79974	16 19 25.9	+29 42 48	A1	0.331588	11.206	11.796	RR	0.3036
DY Her	HIP 80903	16 31 17.9	+11 59 52	A9III	0.1486309	10.238	10.788	SXPHE	0.1385
TW Her	HIP 87681	17 54 31.2	+30 24 38	F6	0.399599	10.546	12.103	RR	0.2590
V417 Aql	SAO 124824	19 35 24.1	+05 50 18	G2V	0.370315	10.617	11.297	EW	0.3680
XX Cyg	HIP 98737	20 03 15.7	+58 57 17	A	0.1348658	11.386	12.318	SXPHE	0.0014
YZ Cap	HD 358431	21 19 32.4	-15 07 01	F5	0.273461	11.129	11.632	RR	0.1830
AV Peg	HIP107935	21 52 02.8	+22 34 29	F0	0.390378	9.948	11.072	RR	0.2202
BB Peg	HIP 110493	22 22 56.9	+16 19 28	F8	0.361505	11.055	11.731	EW	0.0150
CY Aqr	HIP 111719	22 37 47.8	+01 32 04	B8	0.610388	10.511	11.260	SXPHE	0.0300
DY Peg	HD 218549	23 08 51.2	+17 12 56	F5	0.072926	10.116	10.695	SXPHE	0.0370
VZ Peg	HIP 116942	23 42 16.3	+24 54 58	A0	0.306493	11.714	12.251	RR	0.1070
U Peg	SAO 108933	23 57 58.5	+15 57 10	G2V	0.374778	9.596	10.171	EW	0.1320

注：第 2 栏：SAO—Smithsonian 天体物理台星表；HIP—依巴谷星表；HD—Henry Draper Catalogue，简称 HD 星表。第 9 栏类型：DSCT—盾牌座 δ 型变星，SXPHE—凤凰座 SX 型变星，类似盾牌座 δ 型变星；RR—天琴座 RR 型变星；EW—大熊座 W 型食双星；EB—天琴座 β 型食双星；EA：大陵五型食双星

本星表由中国科学院国家天文台胡景耀研究员提供

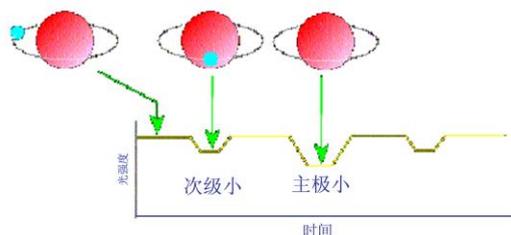


图 sh7.1 食变双星的光变示意图

3. 星等归化

由于各台站尽管都使用镀铝的反射望远镜及采用规定的滤光片和光电倍增管，但是其仪器系统的分光响应与标准系统还会有差别，因此在光度测量中要进行星等系统的归化，即将测量仪器系统的大气外星等值归化到国际标准的 *UBV* 系统，如 *V*

星等归化的计算可按如下方程式:

$$V = v_0 + \epsilon (B - V)$$

式中 ϵ 为观测台站的仪器系统与标准系统之间的星等归化系数。实际测量一批标准星可以测定此归化系数。公式左端 V 为国际系统,右端 v_0 为观测站所测该星的大气外星等, $(B - V)$ 为该星的色指数(由星表可知)。由于比较星的 UBV 值可由星表查出,则由上述的方程式可以求出变星的国际 UBV 系统的星等。

4. 绘制光变曲线

为了研究变星的光度随时间的变化要绘制光变曲线。它是以 V 星等(或星等差 ΔV)为纵坐标,以时间(世界时或儒略日)为横坐标绘制的曲线。

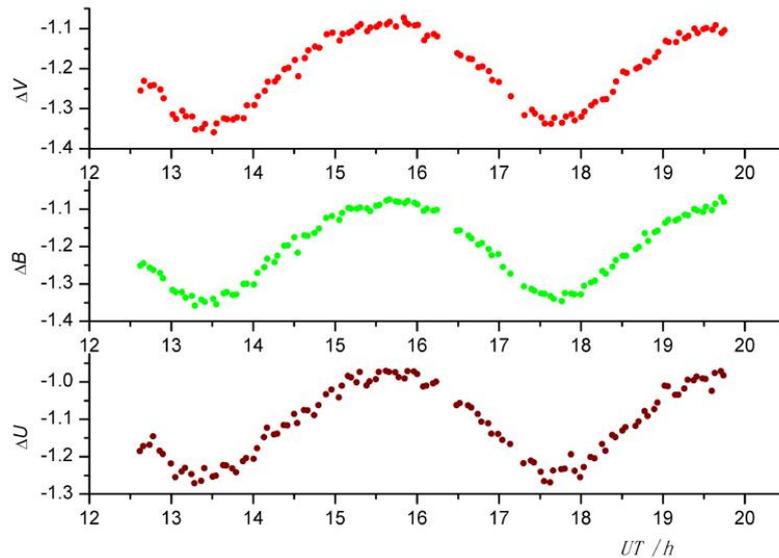


图 sh7.2 1991 年 5 月 9—10 日在国家天文台兴隆观测站用光电测光得到的牧夫座 CK(CK Boo) 食变双星的 UBV 光变曲线,图中横坐标 UT 为世界时,已作了日心儒略日改正。

5. 求解光变周期 P 和光变幅 Δm

变星的光变曲线的最小值叫光变极小;最大值叫光变极大,二者的差值为光变幅 Δm 。用绘图法或最小二乘法求出两个邻近极小的时间间隔长度就是变星的光变周期 P 。

6. 光变历元公式的计算

由观测求出光变周期 P 和光变极小时刻,可以写出此变星的历元公式,例如食变双星 CK Boo 的历元公式为:

$$\text{Min}(I) = \text{JD}2442537.433 + 0.3551501^d E$$

此公式告诉我们可以利用变星的光变极小时刻(儒略日 2442537.433)和周期(0.3551501 天)的整数倍 E 来推算此变星以后发生光变的极小时刻。

7. 分析周期的变化

除了自己测量的变星的光变极小时刻外,可以收集其他人的观测结果(可参阅匈牙利天文台出版的《变星快报(IBVS)》)。算出观测的极小时刻(O)与按历元公式推算的极小时刻(C)之差,这个差叫($O - C$)(以天为单位)。绘制($O - C$)与 E 的图,此图称为($O - C$)曲线。由此曲线的趋势可以研究光变周期的变化。

签名:

日期:

实验八 邻近星团、星云和星系的 CCD 成像观测

一、实验目的

通过对邻近星团星云、星团和河外星系的 CCD 成像观测，熟悉 CCD 的天体成像观测和图像处理方法。

二、实验仪器

KPW400 折反射望远镜及附加 ST 系列 CCD 照相机

三、实验步骤

实验步骤一到四，主要包括 CCD 与计算机相连，启动 CCD 与计算机，启动 CCDops 软件并给 CCD 制冷。

1. 将 CCD 与计算机相连，

步骤一：将 CCD 与计算机连接，即将 CCD 连线连接在计算机的 USB 口上。

注意：要在 CCD 和计算机均不加电的情况下进行连接。

步骤二：给 CCD 和计算机加电，启动 CCD 和计算机（CCD 本身没有电源开关，电源开关在变压器上）。

注意：要将 CCD 放在一个平稳的地方，CCD 风扇不能被挡住，不要打开 CCD 的镜头盖，也不要将 CCD 装到望远镜上。

步骤三：启动 CCDops for Windows 软件。该软件在启动时，自动检测 CCD 并进行软件连接，如无法建立连接，请关闭计算机，并检查连线的连接及 CCD 是否已加电启动。

步骤四：启动 CCD 制冷装置

(1) 在 CCDops 环境下，鼠标单击“Camera”菜单项，在该项下拉菜单中选择“setup”项，出现 CCD 设置对话框，如图 sh8.1 所示。

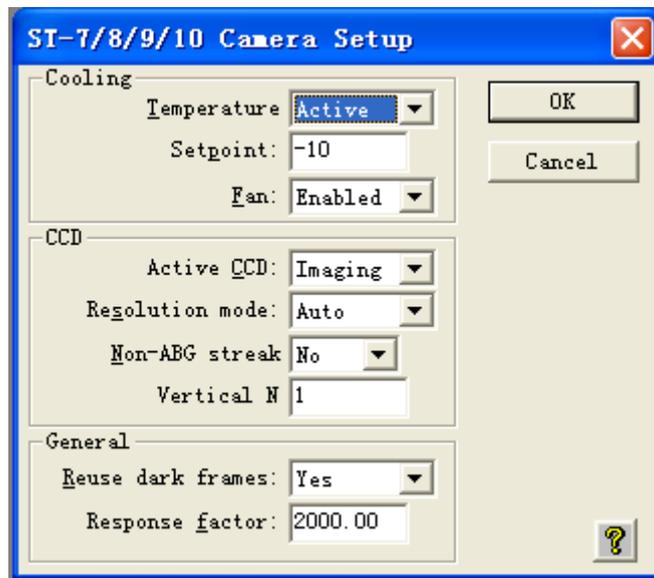


图 sh8.1 CCD 设置对话框

(2) “Temperature regulation”列表框中有两个选项：“off”——关闭制冷系统；“Active”——打开制冷系统。

注意：每次开始使用 CCD 时应首先打开制冷系统。停止使用 CCD，关闭退出 CCDops 前必须先关闭制冷系统。

(3) “setpoint”正文框内输入所需的最低温度（最低只能比环境温度低 30~40℃），单击“ok”按钮，即可启动 CCD 制冷系统。此时，在 CCDops 窗口下方的“Temp……”提示框内显示出当前 CCD 的工作温度。

主要包括 CCD 与计算机相连，启动 CCD 与计算机，启动 CCDops 软件并给 CCD 制冷。

注意：先不要将 CCD 安装到望远镜上。

步骤五：启动望远镜并指向所要拍摄的天体。在秋季，第一次观测可选：

M57 天琴座行星状星云，9.7^m；

M31 仙女座大星云, 3.5"。

步骤六:用目镜观察天体,并将其移到视场中心。若天体不在目镜视场中,可更换焦距更长的目镜(如 20mm)。最后要用带十字丝的目镜,将天体移到视场中心。

注意:每次更换目镜时要十分小心,不要碰望远镜,小心拧开固定螺丝,并将新目镜插入,目镜对焦后拧紧固定螺丝。

步骤七:安装 CCD 到望远镜上

天体对中后,小心拿下目镜,将已制冷的 CCD(此时 CCD 带电正在运转),小心安装在目镜位置,并拧紧固定螺丝。

步骤八:启动对焦系统

1. 在 CCDOPS 中,鼠标单击“Camera”菜单项,在下拉菜单中选择“Focus”(对焦)项,弹出“Focus”对话框,如图 sh8.2 所示。

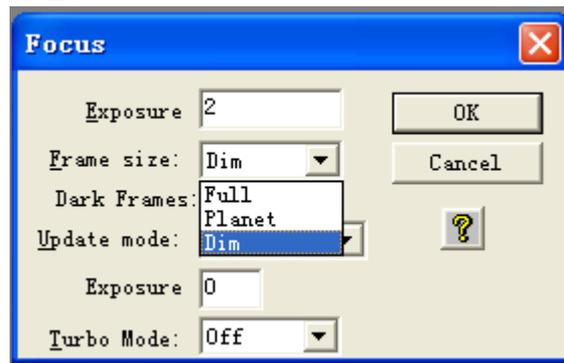


图 sh8.2 “Focus”对话框

2. 在“Exposure time”框内填入曝光时间。对于较亮的天体可在 10s 内。

3. 在“Frame size”列表框中有三个选项: Full、Planet、Dim。一般应选“Dim”,此种方式以降低分辨率来得到较快的下载与显示速度。

4. 单击“OK”,CCD 即开始按曝光时间进行曝光,并不断将图像传回计算机,在显示器上会显示 CCD 拍得的图像。

注意:望远镜已对好焦距,不要拧动望远镜的对焦旋钮。

步骤九:在 CCD 对焦图像中对中天体

若天体在 CCD 对焦图像中没有对中,可按动望远镜控制手柄上的赤经赤纬+、- 键,调整天体位置,直至对中。

注意:应选择望远镜的最低速移动方式,每次移动不要太多,以免天体移出 CCD 视场。

步骤十:拍照

当天体在 CCD 视场已对中,即可开始拍照。

1. 单击“Camera”菜单项,选择“Grab”选项,出现“Grab”对话框,如图 8.3 所示。

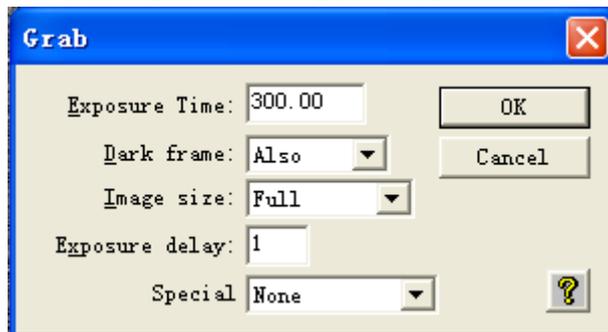


图 sh8.3 “Grab”对话框

2. “Exposure time”正文框中输入曝光时间,星云一般为 120s~300s。

3. “Dark frame”列表框中若选“Also”,则先拍暗流,再拍天体。为节省时间,可选“None”,只拍天体,在以后处理时再去掉暗流。

4. “Image size”列表框中应选“Full”项。

5. 单击“OK”，即开始曝光。曝光结束，应将拍得的图像保存起来。

6. 保存格式有几种：ST 格式，Fits 格式等，可根据需要保存。若要用 CCDops 软件处理，应选用 ST 格式存储；若要用 IRAF 等软件处理，应选用 Fits 格式。

注意：在曝光期间应保持观测室内的黑暗，关闭大门，将显示器亮度调暗，并不在室内走动。

步骤十一：分析天体图像

1. 调出已保存的星云或星系图像，调出十字丝：用“Display”菜单项下的“Show Crosshair”选项打开十字丝窗口。此时鼠标指针变成十字丝状，十字丝窗口显示的是十字丝所指处的 x 、 y 坐标、亮度值（Value，ADU 为单位）、小方框内的平均亮度（AvgVal）和噪音（Noise）。查看天体亮度和噪音的大小。若天体的 ADU 值太小（一般在 40000~50000 比较合适），可加长曝光时间再拍一幅。

2. 若曝光时选择“None”，则应去掉暗流，单击“Utility”菜单项，出现下拉菜单，如图 sh8.4 所示。选择“Dark Subtract”项，会弹出一个文件对话框，可选择一个已保存的暗流文件，系统会自动在当前图像中减去暗流。

注意：应选择与所拍摄天体相同曝光时间和温度的暗流文件。

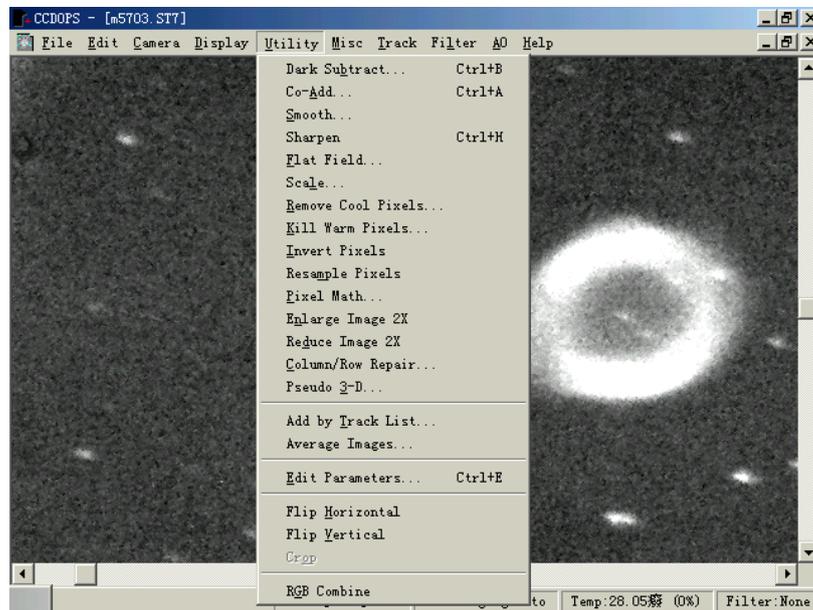


图 sh8.4 “Utility”菜单项的下拉菜单

1. 删除冷点，即 CCD 中反应不灵敏的像素点。在“Utility”菜单下的“Filter Utilities”中，选择“Remove Cool Pixels”项，选择“Medium”单选框，即可自动删除冷点。

2. 删除热点：即 CCD 中反应太灵敏的像素点。在“Utility”菜单下的“Filter Utilities”选项中，选择“Kill Warm Pixels”项，选择“Medium”单选框，即可自动删除热点。在每处理一次图像后，应观察处理结果，并存盘。

签名：

日期：

实验九 恒星的多色测光

一、实验目的

掌握恒星的多色测光方法

二、实验仪器

40cm 折反射望远镜附加 CCD、滤光片

三、实验原理

恒星单色测光的推广。

四、观测步骤

1. 首先选择好滤光片(如黄色, 对应 V 星等), 然后把比较星(标准星)导入望远镜视场, 测量比较星的亮度。

2. 把要观测的恒星导入望远镜视场, 测量待测恒星的亮度。

3. 上述过程重复。

可按如下程序进行(在计算机中先预定好观测程序与记录的项目)

比较星—待测恒星—比较星—待测恒星

记录比较星与待测恒星的观测时间(北京时间)和曝光时间。

4. 更换其它滤光片, 重复上述操作。

五、资料处理和分析

处理步骤同实验七中的资料处理和分析的前三步。

附: 使用 IRAF 进行测光处理的一般步骤

(2006 年 6 月)

一. 引言

1. 观测数据

拿到一份观测数据后, 首先就是看一下观测的记录文件。

观测数据一般有如下几类:

(1) Bias 零秒曝光, 拍摄偏栅压所造成的噪声, 在处理中应去掉。

(2) Flat 平场, 应扣除。

(3) object 目标源。

(4) stand 标准星, 用于流量定标。

完整的观测, 应在观测之前拍摄五幅以上 bias, 在观测之后再拍摄五幅以上 bias; 应拍摄五幅以上 flat; 每一幅目标源应配有一副定标灯; 原则上每拍一组源应紧接着拍一组标准星。

2. 处理过程

由于 BA02.16m 系统较为老旧, 不能准确详尽地在 fits 文件中写入观测信息, 故在处理之前需要修改 fits 文件头(header), 这一步是处理的准备工作。

处理过程分为上下两个部分, 上部处理包括扣除 bias、flat。下部处理主要对标准星和目标星进行测光。

二、准备工作

1. IRAF 的启动及基本操作。

(1) 启动

在主目录下创建一个目录(如 iraf), 在此目录下运行 mkiraf, 并用 cl 启动 IRAF, 再转换到工作目录下。

```

鼠标右键点击New Terminal, 打开一个Terminal窗口
mkdir iraf(创建一个iraf目录)
mkdir iraf
xgterm &
ds9 &
xgterm & (打开一个xgterm窗口, Iraf的工作环境)
cd iraf
cl

```

(2) 其本操作

在Iraf环境下, 所敲的命令被认为是Iraf的命令或操作系统的命令。对于IRAF, 可用?显示当前的软件包(package, 名称以点"."结束)或任务(task, 名称末尾无点), 直接敲package或task名可进入package或task。

常用命令:

reference string	查找与string相关的package或task
epa task	编辑task的参数 (:q退出; :g执行)
display file	在图象工具(如ds9)中显示CCD图象
imstatistics	统计
imexamine	检查图象
imcombine	图象合并
immatch	图象对正
imgeom	图象旋转
imfit	图象拟合
imarith	图象运算
imfunction	用函数运算
imheader file l+	显示fits文件头(长格式)
wfit a.imh b	将imh文件转成fits文件
rfit a.fits b	将fits文件转成imh文件
!	调用操作系统命令(如!rm)
lang	显示CL命令

2. 修改fits文件头

对文件头的修改主要是为了计算大气质量, 即Iraf在做流量定标的时候会根据fits文件头所给的信息自动计算大气质量。需要修改的参量主要包括:

OBJECT	目标名称
IMAGETYP	目标类型(object, comp, stand, zero, flat, dark等)
BT	开始时间
EXPOSURE	曝光时间
RA	赤经
DEC	赤纬
EPOCH	历元
DATE-OBS	观测日期

建议使用CL脚本对所有fits文件头的修改做批处理, 具体操作如下:

(1) copy readlog2脚本

```

cd /pub
cp readlog2.cl .

```

(2) 修改login.cl文件

```

vi login.cl

```

加一行语句，如下：

```
task readlog2="readlog2.cl所在目录/readlog2.cl"
```

(3) 在工作目录下编辑一个新的log文件，如下例（文件名例如11.log）：

2006-06-11

2006-06-12

```
hd164058b051 HD164058 21:01:20 0.8 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058b052 HD164058 21:01:25 0.8 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058b053 HD164058 21:01:35 0.8 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058u054 HD164058 21:05:00 12 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058u055 HD164058 21:05:50 12 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058u056 HD164058 21:06:30 12 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058v057 HD164058 21:08:10 0.1 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058v058 HD164058 21:08:20 0.1 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd164058v059 HD164058 21:08:30 0.1 17:56:36.4 51:29:20 2000 object
hd172167b060 HD172167 21:15:20 0.1 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167b061 HD172167 21:16:00 0.1 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167b062 HD172167 21:17:00 0.1 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167v063 HD172167 21:19:20 0.01 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167v064 HD172167 21:19:40 0.01 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167v065 HD172167 21:20:00 0.01 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167u066 HD172167 21:21:00 0.7 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167u067 HD172167 21:21:00 0.7 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
hd172167u068 HD172167 21:21:00 0.7 18:36:56.3 38:47:01 2000 standard
```

注：第一行和第二行分别为观测当晚和第二天的日期。第三行起分别为图像名、目标名称、观测时间、曝光时间、赤经、赤纬、历元、目标类型（object为源，standard为标准星）。

(4) 运行readlog2任务（如不作说明，以下所有命令均在Iraf中进行）

```
epa readlog2
```

（修改参数如下）（未说明的参数视为不作修改，以下同）

```
bf yes
```

```
keyfile 11.log
```

```
:go //执行
```

(5) 检查结果（如下例），fits头应修改完毕（包括大气质量）

```
imheader hd172167v065.fits l+
```

3. 检查所有文件（主要是bias和flat）

(1) 统计检查

```
imstat *.fit
```

注：检查平均值和最大值，bias和flat文件各自的平均值应基本相同，目标源的最大值不超过65535.

(2) 图象显示

打开图象工具ds9（在另外的窗口中运行ds9&）

```
display c0109012.fits
```

或作批处理，如下

```
ls *.fit > all.cl
```

```
vi all.cl
```

（以下vi中）

```
:%s/^/display
```

```

    (操作的结果)
display hd172167v065.fits
...
    (退出vi)
:wq
task $a=all.cl
a

```

三、预处理

1. 去bias

(1) 进入ccdred包

```

noao
imred
ccdred

```

(2) 合并bias

```

ls *.fit > b
vi b          //保留所有bias文件名
epa zerocombine
    (编辑参数如下)
input        @b
output       bias
ccdtype
:go          //=>bias.imh

```

(3) 去除bias

```

ls *.fit > b1
vi b1        //保留非bias文件名
epa ccdproc
    (编辑参数)
images       @b1
output
ccdtype
zerocor      yes //其余为no
zero         bias
:go          //去过bias的文件以.imh结尾
ccdlist *.imh //显示[Z]表示已去过bias

```

(1': 此时还可做额外的一个步骤, 减去dark.)

2. 去flat

(1) 合并flat

```

ls *.imh > fb
vi fb          //保留所有B波段flat文件名
epa flatcombine
    (编辑参数)
input        @fb
output       flatb
ccdtype
:go          //=>flatb.imh

```

(注意:ubv多波段测光, 所以应分别合并各自的平场, 以此类推合并uv波段)

(2) 平场归一化(此步骤可以不做)

```

twod
long
(以下lo包中)
(长缝方向拟合)
epa illumin
(编辑参数)
images      flatv
illumina    flat3
nbins       5 //可改
:go         //=>flat3.imh
(归一)
imarith flatv / flat3 flatz
(色散方向拟合归一)
epa response
(编辑参数)
calibrat    flatx
normal      flatx
respons     flatv0
:go         //=>flatv0.imh, 处理好的平场

```

(以此类推做其他波段)

(3) 去除平场

```

bye
bye
(以下ccdred包中)
ls *.imh > f1
vi f1 //保留目标源、标准星
epa ccdproc
(编辑参数)
images      @f1
flatcor     yes //其余为no
flat        flat0
:go
ccdlist *.imh //标记[F]表示已去除平场

```

四、对源进行测光

```
displ hd172167b062.imh (displ 文件名)
```

```
imexa
```

(分别displ打开标准星和目标星文件, 在星像上敲“a”记下其seeing即FWHM半高全宽(对应于ENCLOSED MOFFAT OIRECT)的大概平均值; 在无星处敲“m”记下STDDEV大概平均值)

```
q (退出)
```

```
(Task: noao/digiphot/apphot)
```

```
epa datapar (( FWHM (半宽); sigma (天光); itime曝光时间 ))
```

```
:go
```

```
epa centerp (( cbox (3*半宽) ))
```

```
:go
```

```
epa fitskyp (( annulus (7*半宽); dannalus (2*天光) ))  
:go
```

```
epa photpars (( aperture(2.5*半宽) ))  
:go
```

```
epa phot ((image=图像文件名; interac:yes交互式模式))  
:go  
(用“空格”键选取目标源或标准星，测得实际测得的星等，软件会将所得数据存放到一个  
*.mag.1文件中)
```

重复四的步骤，分别测得标准星、目标星的UBV三色的观测星等。
标准星的实际星等可以由星表查得，则可由较差法算出目标星的实际星等。

签名:

日期:

实验十 大气消光的 CCD 观测

一、实验目的

学会用 CCD 进行大气消光观测的方法，测定本台站的主大气消光系数。

二、实验仪器

KPW400 折反射望远镜及附加 ST 系列 CCD 照相机

三、实验原理

在地面上对天体的测光观测和光谱观测的结果都要进行大气消光的改正。本实验是用 KPW400 折反射望远镜及附加 ST-7XE 型 CCD 照相机为例，利用全天测量的方法，介绍大气消光的实际观测与计算，求主大气消光系数 (K')。

大气消光方程为：

$$m_z = m_0 + K' \cdot F(z)$$

式中， m_z 为大气内天顶距为 z 的恒星视星等， m_0 为恒星的大气外视星等， $F(z)$ 称大气质量， $F(z)$ 可由下式近似求得：

当天顶距 $z < 75^\circ$ 时，大气层可近似看作平面平行层，故有

$$F(z) \approx \sec z$$

当天顶距 z 较大时，应考虑到大气层的弯曲和大气折射，此时大气质量按下式近似计算：

$$F(z) = \sec z - 0.0018167(\sec z - 1) - 0.002875(\sec z - 1)^2 - 0.0008083(\sec z - 1)^3$$

计算天体的天顶距 Z 已知观测地的地理纬度 φ ，天体的赤纬 δ 和时角 t 时，天体的天顶距 Z 为：

$$\sec z = (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t)^{-1}$$

天体的时角 t 可以通过地方恒星时 S 和天体的赤经 α 来计算，即

$$t = S - \alpha$$

而地方恒星时 S 可由区时 T 计算出来，如北京时间是第八区时，则有：

$$S = S_0 + (T - 8)(1 + \mu) + \lambda$$

式中 S_0 为观测当天，世界时为零时的恒星时（可查天文年历）， T 为北京时间， μ 为 $1/365.2422$ ， λ 为当地的地理经度，以小时计算。

大气消光与色指数（由两个不同波长的光测得的星等差）有关，因此，消光系数通常应包括两项：一项是与波长无关的系数称作主消光系数 k' ，另一项为与色指数 C 有关的二次消光系数 k'' ；即大气消光公式为：

$$m_z = m_0 + k' F(z) + C k'' F(z)^2$$

四、大气消光的 CCD 实测

1. 选星

本实验所采用的是全天测光的方法。即在全天不同的地平高度测量一批标准星（即已知大气外 UB_V 星等的星），来做大气消光的改正。这种方法对所选取的标准星有一定的要求：

- (1) 恒星的目视星等必须比 4.0^m 暗；
- (2) 恒星的色指数 $-0.15 \leq (B - V) \leq +0.15$ ；
- (3) $-0.15 \leq (U - B) \leq +0.15$ ；
- (4) 恒星是单星，不能选目视双星或分光双星；
- (5) 光谱型一般为 A 型星；

(6) 不能选择变星。

根据观测季节的恒星位置，在不同地平高度和方位角选择一批标准星，以待观测。表 sh10.1 给出了适合于秋冬季观测的消光标准星。更多的标准星（二级标准星）可依据本书附录中“网上资源”查亮星星表。

表 sh10.1 大气消光标准星及其有关参数

HR	SAO	R.A.(2000)	DEC(2000)	V	B-V	U-B	SP
63	53777	00 17 05.5	+38 40 54	4.619	+0.06	+0.04	A2V
378	109793	01 17 48.0	+03 36 52	5.145	+0.07	+0.08	A3V
383	74637	01 19 28.0	+27 15 51	4.752	+0.03	+0.10	A3V
718	11054	02 28 09.5	+08 27 36	4.277	-0.06	-0.12	B9III
879	56047	02 58 45.7	+39 39 46	4.685	+0.06	+0.12	A2V
932	4840	03 11 56.3	+74 23 37	4.840	+0.02	+0.05	A2V
972	75810	03 14 54.1	+21 02 40	4.880	-0.01	-0.01	A1V
1448	111896	04 34 08.27	+05 34 07.0	5.681	+0.05	+0.12	A2V
1724	112588	05 16 41.04	+01 56 50.4	6.410	-0.02	+0.02	A0V
2209	13788	06 18 50.78	+69 19 11.2	4.80	+0.03	+0.00	A0V
2543	114525	06 51 39.38	+03 02 31.2	6.38	+0.04	+0.09	A2V
2629	114798	07 01 41.44	+04 49 05.1	6.63	+0.06	+0.10	A3V
2946	26474	07 43 00.42	+58 42 37.3	4.96	+0.08	+0.09	A3IV
3067	79774	07 53 29.81	+26 45 56.8	4.98	+0.09	+0.11	A3V
3412	116975	08 38 05.17	+09 34 28.6	6.53	-0.02	-0.04	A1V
3651	117492	09 12 12.88	+03 52 01.1	6.14	-0.01	+0.01	A0V
3799	27298	09 34 49.43	+52 03 05.3	4.51	+0.00	+0.04	A2V
4356	118731	11 13 45.55	-00 04 10.2	5.42	-0.03	-0.05	A0V
4386	118804	11 21 08.19	+06 01 45.6	4.05	-0.06	-0.12	B9.5V
4585	119156	11 59 56.91	+03 39 18.7	5.37	+0.00	+0.00	A1V
4805	119503	12 38 04.42	+03 16 56.8	6.33	+0.01	+0.01	A1V
5021	119867	13 18 51.12	+03 41 15.5	6.62	+0.06	+0.03	A1IV
5037	119899	13 21 41.64	+02 05 14.1	5.69	+0.06	+0.03	A2V
5859	121170	15 45 23.48	+05 26 50.3	5.58	+0.04	+0.03	A0V
5972	84155	16 02 17.69	+22 48 16.0	4.83	+0.07	+0.05	A3V
6161	17107	16 27 59.01	+68 46 05.3	5.01	-0.06	-0.11	A0III
6436	65921	17 17 40.25	+37 17 29.4	4.66	+0.05	-0.03	A2V
6789	2937	17 32 13.00	+86 35 11.3	4.36	+0.02	+0.03	A1V
7085	123947	18 49 37.1	+00 50 09	6.236	+0.04	+0.01	A1V
7313	124478	19 17 48.2	+02 01 54	6.181	+0.02	+0.01	A1V
7371	18299	19 20 40.09	+65 42 52.3	4.58	0.02	0.06	A2III
7546	105298	19 48 58.7	+19 08 32	5.000	+0.10	+0.05	A3V
7857	125960	20 33 53.6	+10 03 35	6.542	+0.08	+0.05	A2V
8098	126597	21 10 31.2	+10 02 56	6.073	+0.02	+0.04	A2V
8328	127060	21 47 14.0	+02 41 10	5.631	0.00	-0.01	A1V
8491	127420	22 15 59.8	+08 32 58	6.195	+0.02	-0.04	A1V
8641	90717	22 41 45.4	+29 18 27	4.797	-0.01	-0.01	A1IV

9042	128436	23 53 04.8	+02 05 26	6.292	-0.01	-0.01	A1V
------	--------	------------	-----------	-------	-------	-------	-----

表中的 HR 表示亮星星表号；SAO 表示 Smithsonian 天体物理台星表；R.A.(2000), DEC(2000)分别为 2000 年的赤经和赤纬， V 为大气外的 V 星等， $B-V$ 和 $U-B$ 为色指数，SP 为光谱型。

观测要在晴朗无月夜进行，对所选标准星用望远镜分别进行观测。使用 CCD 分别对这些星进行拍照；同时记录每颗星当时的地平高度(EL)，此数值可由 skymap 找星软件提供。天顶距 z 也可计算。

2. 观测与数据处理步骤

步骤一到步骤十一与实验八相同。主要包括 CCD 与计算机相连，启动 CCD 与计算机，CCD 照相等。

步骤十二：分别测量所观测星的仪器星等，即 m_z 的值。

(1) 打开已保存的待测星图像，调出十字丝（参看实验八的步骤十一，将鼠标指向待测天体附近，但不包含待测天体，如图 sh10.1 所示。

(2) 调整方格的大小：用 T 键(Shift+t) 调整方格的大小，或在十字丝窗口调整“box”的大小，直到方格能包含整个天体。

(3) 在天体附近按 B 键(Shift+b)，测量背景天光的噪音大小。

(4) 将鼠标指向待测天体，按下鼠标左键，在十字丝窗口的“Magnitudes”栏内的“absolute:”处将显示该星的星等值，此即为大气内的仪器星等 m_z (已扣除了背景天光的影响)。

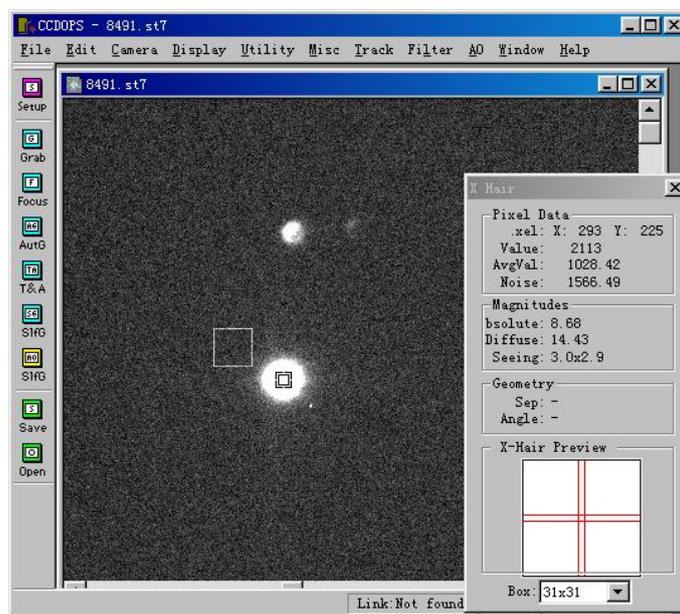


图 sh10.1 星等的测量

步骤十三：绘制大气消光曲线

根据大气消光改正的原理，由观测时记录的每颗星当时的 EL(地平高度) 值，计算出其天顶距 $z = 90^\circ - EL$ ，再计算出该天顶距处的大气质量 $F(z)$ ，所得数据可记录在一个表内，见表 sh10.2。

表 sh10.2 数据处理结果

HR	m_0	m_z	$m_z - m_0$	EL	$F(z)$	AZ

表中 m_0 为表 sh10.1 中列出的大气外 V 星等。AZ 表示该星所处的方位，可用 E 表示子午面以东，W 表示子午面以西。

这样，用星等差 $\Delta m = m_z - m_0$ 为纵坐标，大气质量 $F(z)$ 为横坐标，可得到它们的关系图，应用最小二乘法，便可以得到大气消光曲线(见图 sh10.2)，并同时确定出大气消光系数 K' ，也就是直线的斜率。

也可以按东、西半边天空分别绘制大气消光曲线。

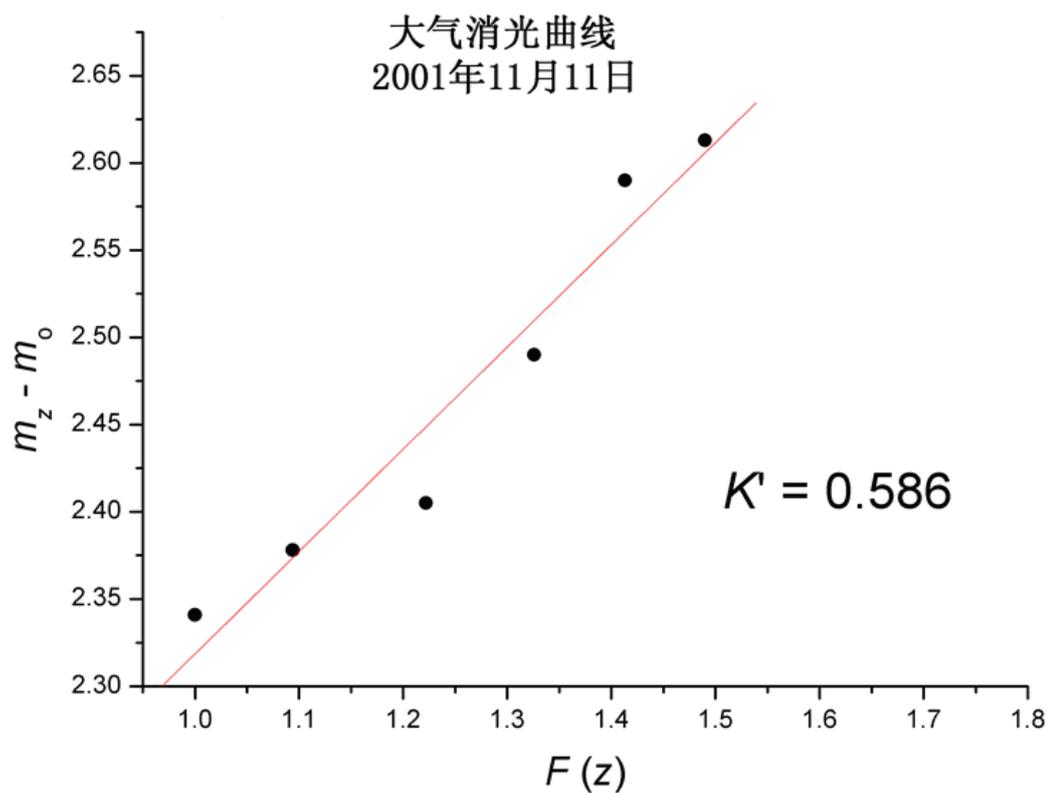


图 sh10.2 大气消光曲线

签名:

日期: