

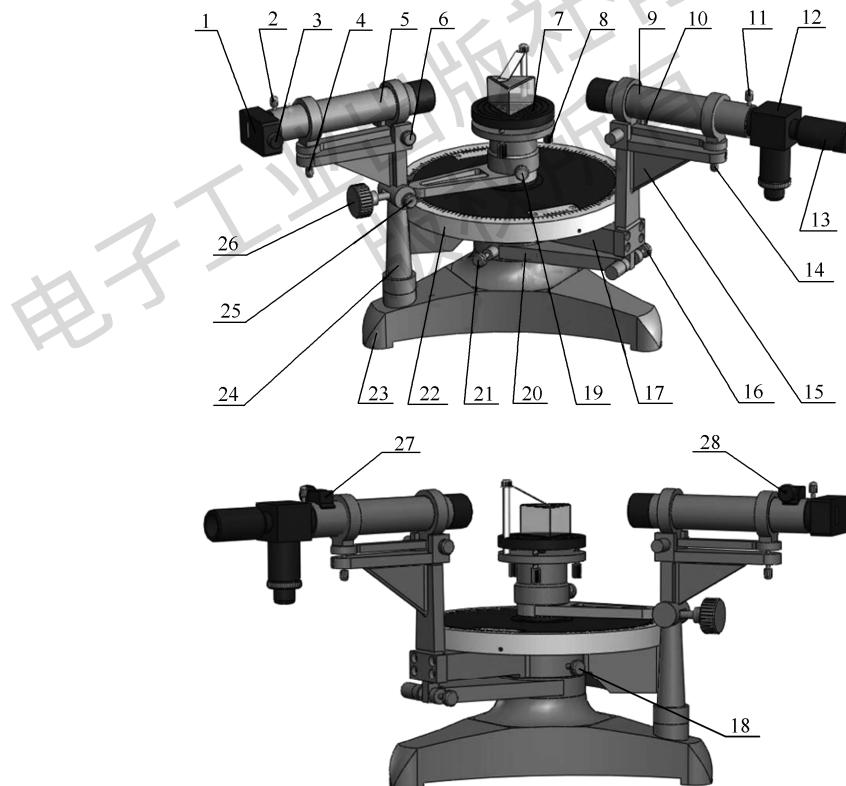
# 第3章 分光计的介绍及调节方法

本章主要介绍分光计的结构、分光计的调节和使用方法。

分光计是一种常用的光学仪器，本质上是一种精密的测角仪。在几何光学实验中，分光计主要用于测定棱镜角、光束的偏向角等；而在物理光学实验中，分光计加上分光元件（棱镜、光栅）即可作为分光仪器，用于观察、测量光谱线的波长等。本章以 JJY 型分光计为例，说明分光计的结构、工作原理、使用和调节方法。

## 3.1 分光计的结构

分光计主要由底座、望远镜、平行光管、载物平台和刻度圆盘等多部分组成。图 3-1-1 为 JJY 型分光计的结构外形图。



1—狭缝体；2—狭缝体锁紧螺钉；3—狭缝宽度调节手轮；4—狭缝体高低调节手轮；5—平行光管部件；6—平行光管水平调节螺钉；7—载物台；8—载物台调平螺钉；9—望远镜部件；10—望远镜水平调节螺钉；11—目镜组锁紧螺钉；12—目镜组；13—目镜调节手轮；14—望远镜光轴高低调节螺钉；15—支臂；16—望远镜微调螺钉；17—转座；18—一度盘止动螺钉；19—载物台锁紧螺钉；20—制动架；21—望远镜止动螺钉；22—一度盘；23—底座；24—立柱；25—游标盘微调手轮；26—游标盘止动螺钉；27—望远镜调焦机构；28—狭缝体调焦机构

图 3-1-1 JJY 型分光计的结构外形图

(1) 分光计的底座要求平稳而坚实。在底座的中央固定着中心轴，望远镜、刻度盘和游标内盘套在中心轴上，可以绕中心轴旋转。度盘上刻有 720 等分的刻线，每格的格值为  $30'$ ，对径方向设有两个游标读数装置，测量时，通过放大镜读出两个读数值，然后取平均值，这样可以消除偏心引起的误差。

(2) 平行光管固定在底座的立柱上，用于发射平行光。平行光管一端装有消色差的会聚透镜，另一端装有狭缝的圆筒，狭缝的宽度根据需要可在  $0.02\sim2\text{mm}$  范围内调节。

(3) 望远镜安装在支臂上，支臂与转座固定在一起，套在主刻度盘上，用于观察目标和确定光线的传播方向。望远镜由目镜系统和物镜组成，为了调节和测量，物镜和目镜之间还装有分划板，它们分别置于内管、外管和中管内，三个管彼此可以相对移动，也可以用螺钉固定。望远镜结构如图 3-1-2 (a) 所示，自准光路如图 3-1-2 (b) 所示。在中管的分划板下方紧贴一块  $45^\circ$  全反射小棱镜，将棱镜与分划板的粘贴部分涂成黑色，仅留一个绿色的小十字窗口，照明小灯发出的光线从小棱镜的另一直角边入射，从  $45^\circ$  反射面反射到分划板上，透光部分在分划板上便形成一个明亮的十字窗。

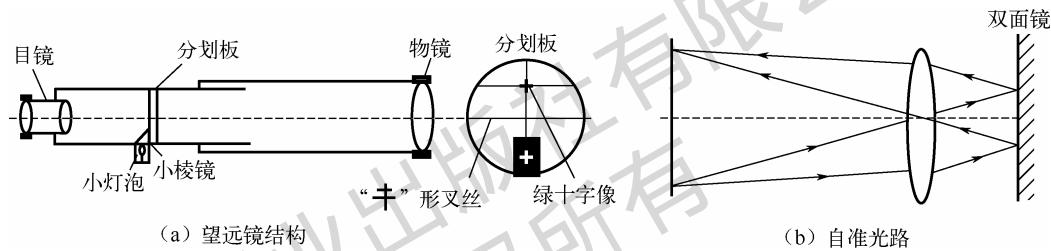


图 3-1-2 望远镜结构与自准光路示意图

(4) 分光计上控制望远镜和刻度盘转动的有三套结构，分别是望远镜制动和微动机构、分光计游标盘制动和微动控制机构、望远镜和刻度盘的离合控制机构，正确运用它们对于测量很重要。转动望远镜或移动游标位置时，都要先松开相应的制动螺钉；微调望远镜及游标位置时，要先拧紧制动螺钉。改变刻度盘和望远镜的相对位置时，应先松开它们间的离合控制螺钉，调整后再拧紧。一般将刻度盘的  $0^\circ$  线置于望远镜下，可以避免在测角度时  $0^\circ$  线通过游标引起的计算上的不方便。

(5) 载物平台是用于放置平面镜、棱镜、光栅等光学元件的圆形平台，套在游标内盘上，可以绕通过平台中心的铅直轴转动和升降。当平台和游标盘（刻度内盘）一起转动时，控制其转动的方式与望远镜一样，也分粗调和微调两种。平台下有三个调节螺钉，可以改变平台面与铅直轴之间的角度。

(6) 望远镜和载物平台的相对方位可由刻度盘上的读数确定。主刻度盘上有  $0\sim360^\circ$  的圆刻度，分度值为  $30'$ 。为了提高角度测量精密度，在内盘上设有两个游标，游标上有 30 个分格，与主刻度盘上 29 个分格相当，因此分度值为  $1'$ 。读数方法与游标卡尺的游标原理相同（该处称为角游标）。记录测量数据时，为了消除刻度盘的刻度中心和仪器转动轴之间的偏心差，必须同时读取两个游标的读数。安置游标位置要考虑具体实验情况，注意读数方便，且尽可能在测量中使刻度盘  $0^\circ$  线不通过游标。记录与计算角度时，左右游标分别进行，防止混淆，算错角度。

## 3.2 分光计的调节

分光计可在平行光中观察有关现象和测量角度，因此实验应满足三个要求：平行光管发出平行光，望远镜能接收平行光，望远镜、平行光管的光轴垂直于仪器公共轴。

用分光计进行观测时，其观测系统由以下三个观测平面构成，如图 3-2-1 所示。

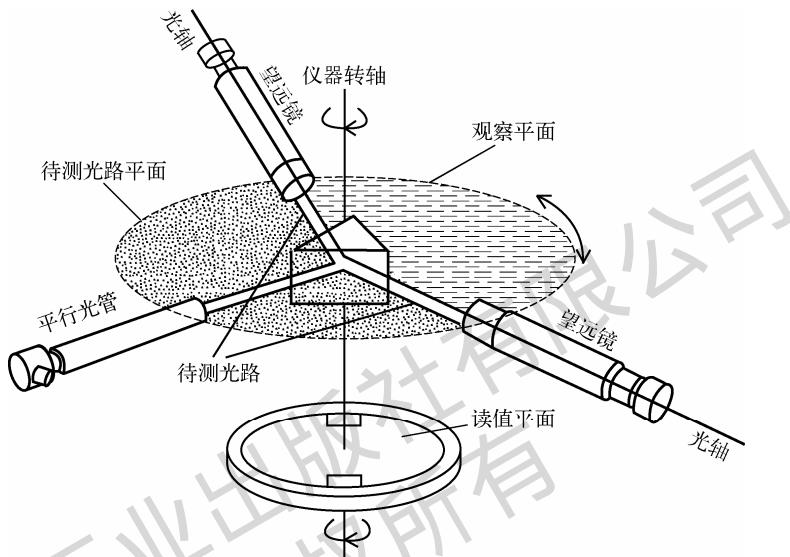


图 3-2-1 分光计的三个观测平面

### (1) 读值平面

读值平面是读取数据的平面，由主刻度盘和游标盘绕中心转轴旋转形成。对于每个具体的分光计，读值平面都是固定的，且和中心主轴垂直。

### (2) 观察平面

观察平面是由望远镜光轴绕仪器中心转轴旋转形成的。只有当望远镜光轴与转轴垂直时，观察面才是一个平面，否则将形成一个以望远镜光轴为母线的圆锥面。

### (3) 待测光路平面

待测光路平面是由平行光管的光轴和经过待测光学元件（棱镜、光栅等）作用后所反射、折射和衍射的光线所共同确定的。调节载物平台下方的三个调节螺钉，可以将待测光路平面调节到所需方位。

按调节要求，应将三个观测平面调节到相互平行状态，否则测得的角度将与实际角度存在误差，即引入系统误差。

### 3.2.1 目镜调焦

目镜调焦步骤可以使眼睛通过目镜清楚地看到图 3-1-2 所示分划板上的刻线。调节方法是把目镜调焦手轮轻轻旋出或旋进，从目镜中观察，直到分划板刻线清晰为止。

注：所有具有目镜的仪器，其目镜的调节方法都是类似的。

### 3.2.2 调节望远镜对平行光聚焦

本步骤实质是将分划板调到物镜焦平面上，如图 3-2-2 所示为载物台上双面镜放置的俯视图，调整方法如下。

(1) 把目镜照明，将双面平面镜放到载物台上，为了调节方便，平面镜与载物台下三个调节螺钉的相对位置如图 3-2-2 (a) 所示。

(2) 粗调使望远镜光轴与镜面垂直。通过目测将望远镜和载物台调成水平，使镜面大致与望远镜垂直。

(3) 观察与调节镜面反射像。固定望远镜，转动游标盘，使载物台跟着一起转动。转动平面镜使其正好对着望远镜时，在目镜中应看到一个绿色十字随着镜面转动而动，这就是亮十字的反射像。如果反射像有些模糊，只要沿轴向移动目镜筒，直到反射像清晰、无视差，再旋紧螺钉，此时望远镜已聚焦平行光。

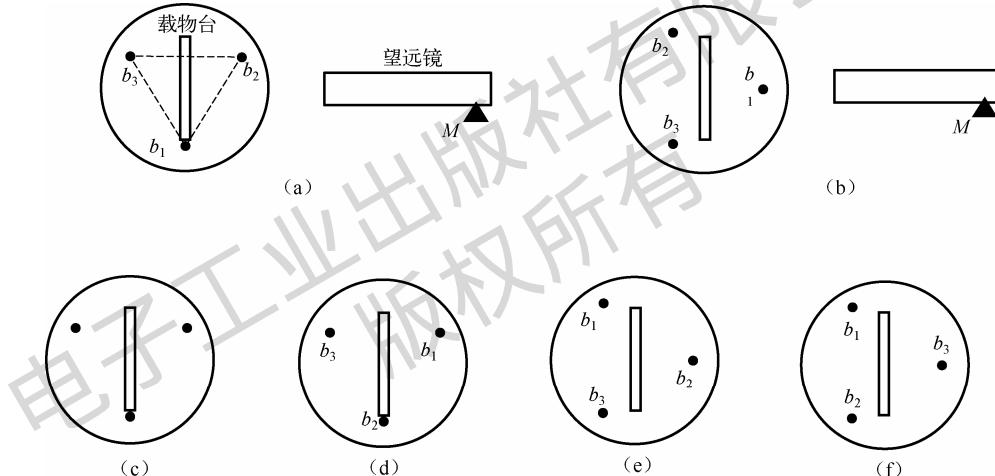


图 3-2-2 载物台上双面镜放置的俯视图

### 3.2.3 调整望远镜光轴与仪器主轴垂直

将平面反射镜置于载物台，如图 3-2-2 (a) 所示。当镜面与望远镜光轴垂直时，它的反射像应落在目镜分划板上与下方十字窗对称的十字线中心，如图 3-1-2 所示。平面镜绕轴转 180° 后，如果另一镜面的反射像也落在此处，则表明镜面平行于仪器主轴。当然，此时与镜面垂直的望远镜光轴也与仪器主轴垂直。具体调节步骤如下。

- (1) 调整望远镜光轴上下位置，使反射回来的亮十字精确地成像在十字线上。
- (2) 若将游标盘连同载物台三棱镜旋转 180°，观察到的亮十字与十字线之间存在一个垂直方向的位移，则说明亮十字可能偏高或偏低。
- (3) 调节载物台调平螺钉，使位移减小一半。
- (4) 调整望远镜光轴上下位置，使垂直方向的位移完全消除。
- (5) 把游标盘连同载物台、三棱镜再转过 180°，检查其重合程度。重复步骤 (3) 和步骤 (4)，使偏差得到完全校正。

调节望远镜光轴与分光计中心轴垂直主要利用的是自准光路。自准光路系统中，望远镜光轴是一维平面调节，而载物台是二维平面调节，因此，双面镜如何放置是调节的关键。下面介绍两种放置方法。

### 1. 双面镜先置于中垂线

支撑载物台高度的三个螺钉  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$  成等边三角形分布，双面镜放置在载物台上此等边三角形的中垂线或中位线位置，见图 3-2-2。先将双面镜按图 3-2-2 (a) (等边三角形中垂线) 放置，按照各半调节的方法，调节螺钉  $b_2$ 、 $b_3$  和望远镜仰角螺钉  $M$ ，使得载物台转动 180°前后，绿十字像都与方上黑十字重合，则望远镜光轴与分光计中心轴垂直。此时，只剩余载物台螺钉  $b_1$  的调节，可以采用以下三种方法：①将双面镜按图 3-2-2 (b) (等边三角形中位线) 放置，调节螺钉  $b_1$  (大多实验教程都采用此种方法)；②将双面镜按图 3-2-2 (c) 或图 3-2-2 (d) (等边三角形中垂线) 放置，调节螺钉  $b_1$ 。这样，载物台也垂直于分光计中心轴。

### 2. 双面镜先置于中位线

将双面镜按图 3-2-2 (b) (等边三角形中位线) 放置，同样按照各半调节的  $b_1$  和望远镜仰角螺钉  $M$ ，使载物台转动 180°左右，绿十字像都与上方黑十字重合。此后，可以按照以下三种方法调节：①将双面镜按图 3-2-2 (a) 放置，各半调节螺钉  $b_2$ 、 $b_3$ ；②先将双面镜按图 3-2-2 (c) 或图 3-2-2 (d) 放置，调节螺钉  $b_2$  (或  $b_3$ )，然后双面镜按图 3-2-2 (d) (或图 3-2-2 (c)) 放置，调节螺钉  $b_3$  (或  $b_2$ )。到此，载物台也垂直于分光计中心轴。

从上述调节过程可以看出，为实现使望远镜光轴垂直于分光计中心轴的目的，望远镜光轴的调节必须采用各半调节法；载物台的调节则相对灵活得多，根据双面镜放置位置的不同，调节方法也各异。

当镜面与望远镜光轴垂直时，它的反射像应落在目镜分划板上与下方十字窗对称的十字线中心，如图 3-2-2 所示。平面镜绕轴转 180°后，若另一镜面的反射像也落在此处，则表明镜面平行于仪器主轴。当然，此时与镜面垂直的望远镜光轴也与仪器主轴垂直。

## 3.2.4 调节过程中遇到的问题及解决方法

### 1. 载物台倾角没调好的表现及调整

假设望远镜光轴已垂直于仪器主轴，但载物台倾角没调好，如图 3-2-3 所示为载物台倾角没调好的表现及调整原理。平面镜  $A$  面反射光偏上，载物台转 180°后， $B$  面反射光偏下，在目镜中看到的现象是  $A$  面反射像在  $B$  面反射像的上方<sup>①</sup>。显然，调整方法是把  $B$  面像 (或  $A$  面像) 向上 (或向下) 调到两像点距离的一半，这一步要反复进行，最后使镜面  $A$  和  $B$  的像落在分划板上同一高度。

### 2. 望远镜光轴没调好的表现及调整

假设载物台已调好，但望远镜光轴不垂直于仪器主轴，如图 3-2-4 所示为望远镜光轴没调好的表现及调整原理。在图 3-2-4 (a) 中，无论是平面镜的  $A$  面还是  $B$  面，反射光都偏上，反射像落在分划板上十字线的上方。在图 3-2-4 (b) 中，镜面反射光都偏下，反射像都落在分划板上十字线的下方。调整方法是调整望远镜仰角调节螺钉，把像调到上十字线上，如图 3-2-4 (c) 所示。

<sup>①</sup> 基于光学学科习惯，结合本书的内容特点，为叙述简洁，本书光学元器件名称，以及其在几何上的点、线、面等，统一用同一个字母的斜体表示。例如， $S$  表示点光源，也表示光路图中点光源的几何上的点； $A$  表示平面镜，也代表平面镜的镜面。读者结合具体的图、文，可正确区分每处符号的具体含义。

## 3. 载物台和望远镜光轴都没调好的表现及调整

表现为两镜面反射像一上一下。先调载物台螺钉，使两镜面反射像像点等高（但像点没落在上十字线上），然后，调整望远镜仰角调节螺钉，把像调到上十字线上。

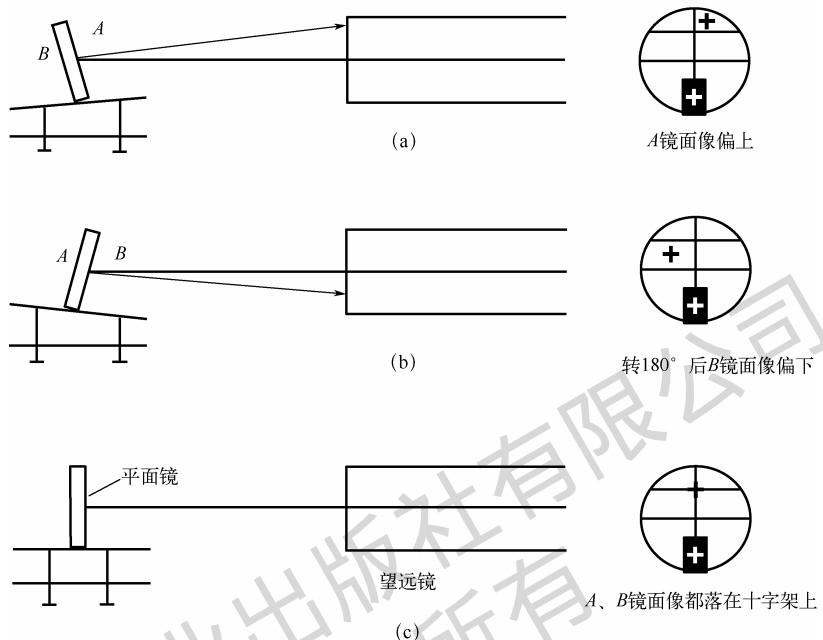


图 3-2-3 载物台倾角没调好的表现及调整原理

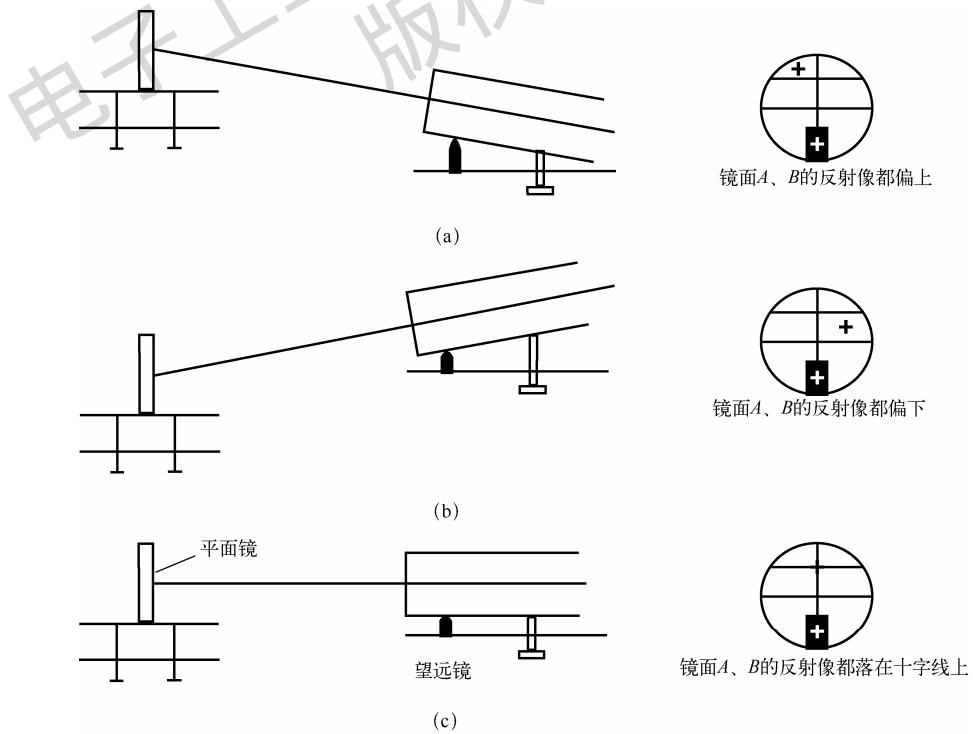


图 3-2-4 望远镜光轴没调好的表现及调整原理

#### 4. 将分划板十字线调成水平和垂直

当载物台连同三棱镜相对于望远镜旋转时，观察亮十字是否水平移动。如果分划板的水平刻线与亮十字的移动方向不平行，就要转动目镜组，使亮十字的移动方向与分划板的水平刻线平行。注意不要破坏望远镜的调焦，然后将目镜组锁紧螺钉旋紧。

#### 5. 平行光管的调焦

平行光管的调焦目的是把狭缝调整到物镜的焦平面上，也就是平行光管对无穷远调焦。具体调节方法如下。

- (1) 去掉目镜组照明器上的光源，打开狭缝，用漫射光照明狭缝。
- (2) 在平行光管物镜前放一张白纸，检查在纸上形成的光斑，调节光源的位置，使得光在整个物镜孔径上照明均匀。
- (3) 除去白纸，把平行光管光轴左右位置调节螺钉调到适中的位置，将望远镜管正对平行光管，从望远镜目镜中观察，调节望远镜微调机构和平行光管上下位置调节螺钉，使狭缝位于视场中心。
- (4) 前后移动狭缝机构，使狭缝清晰地成像在望远镜分划板平面上。
- (5) 调整平行光管的光轴垂直于旋转主轴，调整平行光管光轴上下位置调节螺钉，升高或降低狭缝像的位置，使得狭缝对目镜视场的中心对称。
- (6) 旋转狭缝机构，使狭缝与目镜分划板的垂直刻线平行，注意不要破坏平行光管的调焦，然后将狭缝装置锁紧、螺钉旋紧。