

## 天文望远镜基础知识与天文望远镜的光学系统

根据物镜的结构不同，天文望远镜大致可以分为三大类：以透镜作为物镜的，称为折射望远镜；用反射镜作为物镜的，称为反射望远镜；既包含透镜，又有反射镜的，称为折反射望远镜。往往有的天文爱好者买了一块透镜，以为这就解决了望远镜的物镜问题。其实，一块透镜成像会产生象差，现在，正规的折射天文望远镜的物镜大都由 2~4 块透镜组成。相比之下，折射天文望远镜用途较广，使用方便，比较适合做天文普及工作。

反射望远镜的光路可分为牛顿系统和卡塞格林系统等。一般说来，对天文普及工作，特别是对观测经验不足的爱好者来说，牛顿式反射望远镜使用起来不太方便，其物镜又需经常镀膜，维护起来也麻烦。折反射望远镜是由透镜和反射镜组成。天体的光线要受到折射和反射。这类望远镜具有光力强，视场大和能消除几种主要像差的优点。这类望远镜又分施密特系统、马克苏托夫系统和施密特卡塞格林系统等。根据我们多年实践的经验，中国科学院南京天文仪器厂生产的 120 折射天文望远镜对于天文普及工作和广大天文爱好者来说，是一种既方便又实用的仪器。

### 望远镜的光学性能

在天文观测的对象中，有的天体有视面，有的没有可分辨的视面；有的天体光极强，有的又特微弱；有的是自己发光，有的是反射光。观测者应根据观测目的，选用不同的望远镜，或采用不同的方法进行观测；一般说来，普及性的天文观测多属于综合性的，要考虑“一镜多用”。选择天文望远镜时，一定要充分了解它的基本光学性能。

口径--指物镜的有效直径，常用  $D$  来表示；

相对口径--指物镜的有效口径和它的焦距之比，也称为焦比，常用  $A$  表示；即  $A=D/F$ 。

一般说来，折射望远镜的相对口径都比较小，通常在  $1/15\sim 1/20$ ，而反射望远镜的相对口径都比较大，通常在  $1/3.5\sim 1/5$ 。观测有一定视面的天体时，其视面的线大小和  $F$  成正比，其面积与  $F^2$  成正比。象的光度与收集到的光量成正比，即与  $D^2$  成正比，和象的面积成反比，即与  $F^2$  成反比。

放大率--指目视望远镜的物理量，即角度的放大率。它等于物镜焦距和目镜焦距之比。

不少人提到天文望远镜时，首先考虑的就是放大倍率。其实，天文望远镜和显微镜不一样，地面天文观测的效果如何，除仪器的优劣外，还受地球大气的明晰度和宁静度的影响，受观测地的环境等诸因素的制约。而且，一架天文望远镜有几个不同焦距的目镜，也就是有几个不同的放大倍率可用。观测时，绝不是以最大倍率为最佳，而应以观测目标最清晰为准。

分辨角--指望远镜能够分辨出的最小角距。目视观测时，望远镜的分辨角 =  $140$ （角秒）/ $D$ （毫米）， $D$  为物镜的有效口径。

视场--指天文望远镜所见的星空范围的角直径。

贯穿本领--指在晴朗的夜晚，望远镜在天顶方向能看到最暗弱的恒星星等。贯穿本领主要和望远镜的有效口径有关。

例如，南京天文仪器厂生产的 120 折反射天文望远镜的光学性能为：主镜的有效口径为 120mm，焦距为 1500mm，相对口径为 1/12.5，目镜放大倍率有：37.5 倍，60 倍，100 倍，200 倍，理论分辨角为 1"–2"，目视极限星等为 12 等，视场小于 10。它的寻星镜物镜有效口径为 35mm，焦距为 175mm，放大率为 7 倍，视场为 500。

### 天文望远镜的目镜

当人们了解了天文望远镜的基本光学性能以后，有人往往只注意物镜，而忽视了做为望远镜终端设备之一的目镜。其结果常常使再好的望远镜也不能充分发挥应有的本领，只能望天兴叹。

天文望远镜的目镜主要有两个作用：其一，将物镜所成的像放大，这对于观测有视面的天体和近距双星是十分重要的；其二，使出射光束为平行光，使观测者观测起来舒适省力。目镜的种类很多，比较常用的有：惠更斯目镜，用字母 H 表示，MH 或 HM 表示惠更斯目镜的改进型，这类目镜适用于低倍率或中倍率的观测。冉斯登目镜，以字母 R 表示，适于用作装有十字丝或标尺的目镜，用在低倍率或中倍率的测量性观测。凯尔纳目镜，以字母 K 表示，是冉斯登目镜的改进型，消除了冉斯登目镜的色差，这种目镜，视场大，常用在低倍率观测上，如彗星或大面积的天体。斯坦海尔的单心目镜，蔡斯的无畸变目镜，阿贝无畸变目镜，希克无畸变目镜都用在高放大率的观测上，如对行星或月球表面细节的观测等。

一架天文望远镜应备有多种目镜，这样才能便于不同的观测，也才能最大限度地发挥它应有的作用。曾见到这样一个情况：某部门从国外订购一架较好的天文望远镜，但是只有两个目镜。可是说明书中介绍它有多种目镜。为什么只有两个呢？卖方说，买方订货时没写明。这是一个教训。因此，订购天文望远镜时，事前一定要充分做好调研，有完整可靠的信息，有比较内行的人把关，认真审核好订货程序才行。

### 寻星镜和导星镜

天文望远镜的主镜担负着观测的主角。但是，许多天文观测不是光靠主镜就能全部顺利完成的。它也需要有助手，这就是寻星镜或导星镜。

为了能迅速地搜寻到待观测的天体，常常在主镜旁附设一个小型天文望远镜，它就是寻星镜。寻星镜一般都采用折射式的天文望远镜。它的光轴与主镜光轴平行，这样才能保持与主镜的目标一致。寻星镜物镜的口径一般在 5~10 厘米左右，视场在 30~50 左右，放大率在 7~20 倍左右，焦平面处装有供定标用的分划板。观测时，先用寻星镜找到待观测的天体，将该天体调到，视场中央。这时，该天体自然也就在主镜视场中央。

主镜在进行较长时间的观测时，为了及时纠正跟踪中的误差，在主镜旁设一个起监视作用的望起镜，它就叫导星镜。天文普及用的望远镜也就用导星镜代替了导星镜。

### 望远镜的装置与跟踪

一架理想的天文望远镜不仅应有优良的光学系统，还必须解决好一系列机械结构问题。比如说，镜筒如何架起来呢？为了能观测到地平上任意天体，根据对轴线方向的选择不同，通常天文望远镜的装置分为两大类：地平装置和赤道装置。在地平装置中，镜的是天体的地平经度，沿水平轴变化时，表示的是天体的地平纬度。由于天球的周日视运动，天体在地平坐标中，两个量都随时而变，表示的只是瞬时位置。因此，一般说来，地平装置不便于做较长时间的连续观测。

赤道装置就解决了这个问题。它的一条轴和天轴平行，叫极轴。另一条轴和极轴垂直，叫赤纬轴。当镜筒绕极轴旋转时，这是对角的变化，绕赤纬轴旋转时，是赤纬的变化。天体的赤纬不随周日运动而变化，是常量。因此，只要使镜筒跟随着天体绕极轴运动即可达到使天体保持在视场内的目的。这就是跟踪天体的基本原理。显然，这就是克服由地球自转引起的相对位置变化。地球以每 4 分钟 10 的速度由西往东自转着，跟踪天体也应以每 4 分钟 10 的匀速从东往西绕极轴运动。如何使镜筒这样转动呢？驱动跟踪装置的机械系统叫转仪钟。本世纪以前的转仪钟，其动力靠链条式的重锤或发条提供，转仪钟的速度靠离心调速器来控制。现在转仪钟的动力靠马达带动，速度由天文钟或无线电振荡器来控制。导星就是弥补跟踪中的误差问题。

可见，对于天文普及工作来说，天文望远镜最好是能跟踪天体的赤道装置。

### 注意事项

完整的天文望远镜是由光机电组成的精密的光学仪器，要遵守使用规则：加强维护；赤道装置的，极轴应调到观测地的纬度，并在子午面内；天文望远镜的调焦是十分重要的，注意人差和方法差；观测环境引起的小气候不容忽视；应使望远镜总处在各向平衡的状态。

### 天文望远镜的光学系统

天文光学望远镜是观测天体的重要仪器之一。望远镜的作用就是放大远处物体的张角，使人眼能看清角距更小的细节。望远镜的另一个作用是把物镜收集到的比瞳孔直径（最大约 8mm）粗得多的光束，送入人眼。使观测者能看到原来看不到的暗弱物体。

望远镜由物镜和目镜两组镜头及其他配件组成。通常按照物镜的种类，将望远镜的光学系统分为三类：折射系统、反射系统及折反射系统。

#### 一、折射系统

用透镜将光线会聚的系统就是折射系统。早期的折射系统用一块单透镜制作，由于玻璃对不同颜色的光的折射率不同，会产生严重的色差。为了克服色差引起的成像模糊，用不同折射率的玻璃可搭配成各种消色差的折射系统。常见的有双胶合物镜、双分离物镜、三分离物镜等，分述于下：

##### 1、双胶合物镜

这是一种常用的消色差望远物镜，用不同折射率的冕牌玻璃和火石玻璃搭配而成，当合理选配时可同时校正球差，色差及正弦差。但由于热胶合会产生玻璃变形而影响精度，一般口径不宜超过 80mm。自从有了紫外固化冷胶后，胶合透镜的口径大大增大。南京天文仪器研制中心的 KP150SR，口径为 150mm，为冷胶双胶合透镜，成像质量颇为理想。但由于这种物镜不能校正轴外像差，视场角不宜太大，相对孔径也不宜过大。双胶合物镜不能校正二级光谱，其值与焦距成正比，是个定值。只有用特种火石玻璃做负透镜时，二级光谱可减少三分之一（例如 ED 镜头）。如果萤石玻璃作正透镜，二级光谱可以再降低六分之一。

##### 2、双分离物镜

用于口径较大的望远镜物镜。由于可以利用正负透镜之间的间隙设计，使带球差有所降低，

但色球差依然不能校正，二级光谱反而有所增大，其他像差校正与双胶合透镜雷同。但装备稍困难一些，对物镜框的要求高一些。南京天文仪器研制中心的 KP200R 物镜即为双分离物镜。

### 3、三分离物镜

由于可以任意选择镜面的曲率半径、透镜材料、透镜厚度及相互间隙，可以有利地校正色球差。在相对孔径很小时，如果玻璃选择合适，是可以消除二级光谱的，我们将此类物镜称之为复消色差物镜。三合透镜也可设计成天体照相物镜。

### 4、四片以上的物镜

为了获得大口径、大相对孔径的透镜系统，满足拍摄和观测大视场天体的需要，可以设计不同组合的折射式天体照相物镜系统。南京天文仪器研制中心的 KPI50P 及 KP80P 分别是口径为 150mm 及 80mm 的照相物镜。特别是 KPI50P（见下图），为了消除残余球差将第五面修成非球面，60° 视场像质优良（相对孔径 1/4.5）

但是，由于天体照相物镜的材料及制作费用都十分高，因此价格也十分可观。

以上折射系统仅是几种例子，根据使用者不同要求，还可有多种设计，像质也可十分优良

## 二、反射系统

反射望远镜在天文望远镜中应用十分广泛。由于这种系统对玻璃材料在光学性能上没有特殊要求，光线不需透过材料本身，而重量较轻无色差又是反射镜的一大优点，因此大口径的望远镜都采用反射式。但是反射物镜表面精度对光程的影响是双倍的，如果仅由一个反射表面来成像，则此表面所需的精确度（垂直入射光）比单个折射表面的精确度要高四倍。可见反射表面磨制的要求是很高的。再加上需经常重新镀反射面及部件组装、校正的困难，反射系统在科普望远镜中应用受到限制。

反射望远镜中常用的有牛顿系统、卡塞格林系统、格雷果里系统、折轴系统，等等。现代的大型反射望远镜，大都通过镜面的变换，在同一个望远镜上得到不同的系统，以用于不同的观测项目 B。下面分别介绍常用的几种系统。

### 1、牛顿系统

牛顿系统是反射系统最简单的光学系统（见下图）。为了消去球差，主镜一般制成抛物面。但当相对孔径减小到 1/12 以下，主镜可制作为球面。它的结构简单，磨制比较容易，成本低廉。国内外爱好者自制的天文望远镜大多采用此系统。但由于轴外像差较大，视场不宜做得过大，且眼望方向与镜筒指向方向不一致，使观测者寻星较为困难。但是，相对孔径较大的抛物面牛顿系统，往往被采用作为口径较大的物镜系统，其像质优良，光力强对拍摄视场不大的视面天体十分合用。

### 2、经典卡塞格林系统及 R-C 系统

经典卡塞格林系统的主镜为抛物面，副镜为双曲面（见下图），而 R-C 系统主镜为双曲面，副镜也是双曲面。此二类系统在大望远镜制作中经常使用，光学质量甚佳。由于主副镜均

为非球面，加工难度甚大，制作成本高昂，再加上视场角较小，所以科普天文望远镜中不常用。南京天文仪器研制中心的 **KP400K** 采用卡塞格林系统。

### 3、格雷高里系统

这个系统也是由二个反射面组成（见下图），主镜仍为抛物面；而副镜为椭球面。此系统形成正立像，其镜筒比卡塞格林及 **R-C** 系统的长一些。

在反射望远镜中，有时会设计成多个焦点，用以产生不同的相对孔径、视场角及焦距。在大型望远镜设计中，在一个镜筒中分别留有主焦点、卡焦及折轴焦点。而在科普仪器中将卡焦与牛顿焦点并存，对使用者大有益处。例如南京天文仪器研制中心的 **KP350KIV** 型反射望远镜中，巧妙地用装插 **45°** 反射镜来切换卡焦和牛顿焦点，从而使相对孔径分别为 **1/12** 和 **1/4.2**，拓宽了望远镜的应用范围。

### 三、折反射望远镜

此系统便于校正轴外像差，以球面镜为基础，加入适当的折射元件，用来校正球差，得以取得良好的光学质量。应用最广泛的有施密特望远镜与马克苏托夫望远镜两类。

#### 1、施密特系统及施密特-卡塞格林系统

施密特系统由球面反射镜和施密特正镜组成（见下图），改正镜是一个透射元件（也有反射式施密特），其中一面是平面，另一面是非球面。非球面的面形能够使中央的光束略有会聚，而边缘的光束略有发散，这样能使整个系统的球差得到很好的校正，且主镜不产生彗差、像散和畸变，而仅有场曲。专业望远镜往往把接收器制成球面而得以消除场曲，它的大视场、优像质，在专业天文望远镜中得以青睐。

但是，施密特系统不能用于目视，在科普天文望远镜中甚少应用。

将施密特系统稍加改型，加一球面反射镜使成像在卡焦上，此系统即为施密特-卡塞格林系统。这种系统在科普望远镜中应用很多。南京天文仪器研制中心的 **KP300S** 即为此类型。由于此系统除反射面外仅有一薄改正镜，因此色差很小，再加上改正镜封住镜筒。克服了卡塞格林系统主镜裸露而易积尘的缺点。特别需要指出的是，目前有些国外商家将仅有一平面封口玻璃的反射系统称之为“施-卡系统”是不正确的。

#### 2、马克苏托夫系统和马克苏托夫-卡塞格林系统

马克苏托夫望远镜系统由球面反射主镜和负弯月形透镜组成。在一定条件下，弯月形副镜可不产生色差，且能补偿球面主镜所产生的球差。此外，光阑和厚透镜的位置接近于主镜的球心，产生的轴外像差很小。由于全部光学表面均为球面，加工比较容易。但口径增大时，厚透镜大而重很不利，且此系统与施密特系统一样而无法目视。

科普望远镜中用的马克苏托夫望远镜一般是指马克苏托夫-卡塞格林式望远镜（见上图）。加一球面反射镜使成像在卡焦。此系统像质优良，且光学零件表面均为球面，容易加工，较易装、校，在小型天文望远镜中时有应用。南京天文仪器研制中心的 **KPI20M**（**120** 望远镜）及 **KPI60M** 均采用此系统。除上述较著名的折反射望远镜的物镜光学系统外，尚有一些多种结构型式，成像质量也很好，不一一赘述。

## 天文望远镜的基本光学性能参数

### 1、物镜的口径（D）

望远镜的物镜口径一般是指有效口径，也就是通光直径，即望远镜的入射光瞳直径，是望远镜聚光本领的主要标志，而不是指镜头的玻璃的直径大小。

### 2、焦距（f）

望远镜光学系统往往有二个有限焦距的系统组成，其中第一个系统（物镜）的像方焦点与第二个系统（目镜）的物方焦点相重合。物镜焦距常用  $f$  表示，而目镜焦距用  $f'$  表示。物镜焦距  $f$  是天体摄影时底片比例尺的主要标志。对于同一天体，焦距越长，天体在焦平面上的影像尺寸就越大。

### 3、相对口径（A）与焦比（1/A）

望远镜有效口径  $D$  与焦距  $f$  之比，称为相对口径或相对孔径  $A$ ，即  $A=D/f$ 。这是望远镜光力的标志，故有时也称  $A$  为光力。彗星、星云或星系等有视面天体的成像照度与相对口径的平方（ $A^2$ ）成正比；流星或人造卫星等所谓线性天体成像照度与相对口径  $A$  和有效口径  $D$  之积（ $D^2/f$ ）成正比。因此，作天体摄影时，要注意选择合适的  $A$  或焦比  $1/A$ （即  $f/D$ 。照相机上称为光圈号数或系数）。

### 4、分辨角（它的倒数称分辨本领）

刚刚能被望远镜分辨开的天球上两发光点之间的角距，称为分辨角，以  $\delta$  表示。理论上根据光的衍射原理可得

$$\delta=1.22\lambda/D$$

式中  $\lambda$  为入射光波长。在取人眼敏感波长（ $\lambda=5.55\times 10^{-4}\text{mm}$ ）时， $\delta$  用弧度表示，有

$$\delta''=140''/D \text{ (D 以 mm 为单位)}$$

对于照相望远镜， $\delta$  取下式：

$$\delta''=(3100A+113)/D \text{ (D 以 mm 为单位)}$$

此为理论的分辨角，实际上因光学镜头的加工质量及观测条件的影响，很难达到此理想的数值。而对于照相观测，对于同一天体，物镜焦距越长在焦平面上天体影像就越大，此为比例尺，以每毫米对应天体上的张角  $\alpha''$  来表示：

$$\alpha''=206265/f$$

例如对于 KP200R 的主镜筒， $f=2400\text{mm}$ ，则比例尺  $\alpha''=206265/2400=86''/\text{mm}$

### 5、放大率（G）

对目视望远镜而言，物镜焦距为  $f$ ，目镜焦距为  $f'$ ，则放大率为

$$G=f/f'$$

由式可知，只要变换目镜，对同一物镜就可以改变望远镜的放大倍数。由于受物镜分辨本领，大气视宁度及望远镜出瞳直径不能过小等因素的影响，一台望远镜的放大倍数不是可以任意过大的配备的。根据观测目标及大气视宁度的实际情况，放大率一般控制在物镜口径毫米数的  $1\sim 2$  倍。

## 6、视场角 ( $\omega$ )

能够被望远镜良好成像的天空区域，直接在观测者眼中所张的角度，称为视场或视场角( $\omega$ )。望远镜的视场往往在设计时已被确定。折射望远镜受像质的限制而约束了视场角，反射望远镜或折反射望远镜往往受副镜尺寸影响而约束了视场角。但对于天体摄影，视场还可能受接收器像素尺寸大小的约束。

望远镜的视场与放大率成反比，放大率越大，视场越小。

在未知视场的数值时，可以自行测量。以望远镜对准天赤道附近某一颗恒星，调好仪器，使星像在视场中央通过。仪器不动（不开转仪钟），记录该星经过视场的时间间隔，设为  $t$  秒，星体的赤纬为  $\delta$ ，则视场角为

$$\omega=15ts \cos\delta$$

## 7、极限星等或贯穿本领

在晴朗无月的夜间，用望远镜观察天顶附近的最暗星的星等，称为极限星等 ( $mb$ )，极限星等与望远镜的有效口径、相对口径、物镜的吸收系数、大气吸收系统和天空背景亮度等多种因素有关。不同作者给出的经验表达式，略有差异。较简单的估计式为

$$mb=6.9+5lgD$$

式中  $D$  用  $cm$  为单位，对于照相观测，极限星等还跟露光时间及底片特性等有关。有一个常用的经验公式：

$$mb=4+5lgD+2.15lgt$$

式中  $t$  为极限露光时间，不考虑底片的互易律失效，也没有考虑城市灯光的影响。检验望远镜极限星等的方便方法，是利用昴星团中央处选标星的标准星等（见下图），或者用北极星（ $NPS$ ）的标准星等（照相星等，仿视星等）来估计或推算。

## 望远镜的目视系统

没有终端接收设备的望远镜不能组成一个完整的望远镜。望远镜的物镜将无穷远的天体成像在焦平面上，而后由各个不同的终端设备来接收所需要的信号。

物镜和目镜系统一起组成目视望远镜系统，此为没有焦点的光学系统。每颗星的光线由于是无穷远而作为平行光束射入物镜，成焦在物镜的焦平面上，此亦为目镜焦平面，光束仍

成为平行光束而离开目镜。此平行光束通过人眼成像于人眼视网膜被接收。值得指出的是，目镜的像质直接影响目视系统的质量，特别在分辨天体的细节时，目镜的质量尤为重要。

目镜有各种不同的类型，在普及型望远镜中，目镜的设计几乎和专业望远镜相同。

### 1、惠更斯目镜（H 或 HW）

由二片分离的同种牌号玻璃的平凸透镜组成，两凸面皆朝向物镜（图 2.12）。较大透镜的焦距近似于较小透镜的三倍。此类目镜消除了彗差，倍率色差，像散也很小，但球差和位置色差还较大。像场非常弯曲，向眼睛这一边突出，因此视场角较小，仅为 250~400。由于目镜的第一主焦点在二块透镜之间，故不能安装十字或分划板，不能作为测微目镜。此类目镜容易制造，价格低廉，但眼睛必须很靠近接目镜而不方便，在望远镜中不常用。

将惠更斯目镜的场镜不用平凸透镜而改成弯月形透镜，不仅使场曲有所改善，有效视场可增至 50°，这种目镜常用于一般折射望远镜中。

### 2、冉斯登目镜（R 或 SR）

此类系统目镜特别适用于小型望远镜使用。由于它仅由二片同种光学材料制成，且有一面是平面，二凸面相对而置（图 2.12），价格则比较便宜，也容易制造。此目镜没有畸变，但有色差。因为球差小，且视场光阑在目镜的场镜前，因此可以作为测微目镜和导引目镜。此目镜的场镜平面离视场光阑甚近，场镜平面上的小点及灰尘都能在接目镜上看到。视场的视尺寸约 250~400。

业余爱好者在自制望远镜时往往采用此类目视系统。自制者可按下法计算：

两镜片可取完全相同的材料及尺寸，每片的焦距为  $f' = 4/3 \times f$ （ $f$  为目镜焦距），镜片的一面是平面，另一面的曲率半径  $R = (n-1) \times f'$ 。此式中  $n$  为所选取光学玻璃的折射率，一般采用 K9 玻璃，可取  $n_D = 1.5163$ （ $n_D$  是波长为 5893Å 时的折射率）。而二片镜片之间的间隔  $d = 2/3 \times f'$ （ $d$  为二球面顶点间的距离）。

### 3、凯涅尔目镜（K）

一种改进型的冉斯登目镜，二片组成的接目镜及双凸透镜作为场镜。它能校正倍率色差，同时也减小了位置色差、像散和畸变。视场角大于 400，可达 500。此目镜系统在天文望远镜中普遍采用，特别适用于低、中倍率。

### 4、阿贝无畸变目镜（OR）

由一组负透镜在中间的三胶合透镜和一块简单的平凸透镜组成。它很好地消除了球差和色差，特别是校正了畸变；在要求放大率的场合和观测行星的细节时最适宜。视场角 400~450，适用于高倍率。

### 5、普罗斯尔目镜（PL）

成像质量甚佳，镜目距大，可达 3/45'。由二组相同或略有不同的消色差胶合透镜组成。畸变小，视场角可达 42°~45°，适用于高倍率目镜及投影目镜。一般配备较高级的天文望

远镜中。

## 6、广角目镜

视场角大于  $50^\circ$  的目镜称为广角目镜。但视场大时轴外非对称像差（畸变、倍率色差、彗差）很大，往往采用较复杂的结构型式来减小这些像差。图中表示的二种目镜是配套于广角望远镜及寻彗镜等大视场角的目视望远镜中目镜视场角可达  $70^\circ$  以上，适用于低倍率。

除上述比较常用的目镜系统外，在天文望远镜中还采用了一些其它型式的目镜系统，例如斯坦海尔单心目镜，厄弗尔广角目镜等。其它还有一些特殊用途的目镜，如导引目镜，太阳目镜等不再一一介绍。

### 天文望远镜的选择

天文望远镜的选择最重要的一条是价格，根据需要购置天文望远镜的单位及个人可提供的经费而定。本书中无法议论价格事宜，仅从观测者的角度进行一些比较。

天文望远镜对于科普观测一般可分固定式及便携式二种，而固定便携二用式兼有以上两种的特点。在选用时，请注意以下的介绍：

#### 一、固定式天文望远镜

固定式天文望远镜一般都装在天文圆顶室或其它观测室内，当安装调试完毕后，一般不再轻易搬动。

##### 1、固定式装置

固定式天文望远镜的装置稳定、可靠，结构比较复杂，有完整的调整极轴指北的结构，且有良好的、较高精度的调整及锁定结构，以保证望远镜极轴稳定地、精确地指向北天极。

固定式装置的形式是最丰富的，无论是赤道式中的德国式，或叉式，或者是地平式都被广泛应用。但是一般以德国式比较常用，德国式装置的稳定，镜筒及接收器的换用方便等优点在固定式装置中得以充分发挥。

当然，对于一些反射望远镜及折反射望远镜，特别是口径大于  $500\text{mm}$  的时，叉式结构还是很有利的

##### 2、固定式望远镜的转仪钟

固定式望远镜的转仪钟一般都以精度高、自动化程度高作为基础。它的传动系统必须稳定、可靠，末级蜗轮(或齿轮)的直径一定要与望远镜的口径相当，且一般要求模数较大、精度较高。选择时应充分注意这一点。跟踪系统一定有自动跟踪系统，并且赤经、赤纬传动一定有慢动及微动。从可靠角度来考虑，快动采用手动比较有利。但随着计算机技术的普及，应用计算机寻星及演示时，则要求望远镜的快动必须是电动。由于固定式望远镜的驱动装置不必为电源负荷担忧，因此无论是同步电机驱动系统，直流电机驱动系统以及步进电机

驱动系统都被广泛应用。例如南京天文仪器研制中心为全国配备的几十台 KPI50R, KP200R, KP300S#0;C 以及 KP400K(的固定式天文望远镜中广泛地采用了多速同步电机或步进电机, 有快动是手动的, 也有全部是电动的。

### 3、固定式望远镜的光学系统

原则上讲, 所有的天文望远镜光学系统都可以用于固定式望远镜中。但是, 固定式望远镜的稳定性要求高, 对于折射望远镜来讲则优点最多。如:

- (1)光轴稳定。折射镜镜头装在一个稳定的镜框内, 长时间使用不会变动。
- (2)透光性不易改变, 使用寿命特别长。
- (3)维护、装修比较简单。
- (4)比较壮观。通俗地讲就是看起来像个大型望远镜。
- (5)同等口径下, 因为其没有中间反射的元件而通光量大于反射或折反射望远镜。

但是, 同等口径条件下, 折射镜的价格将是最高的, 因为镜筒长, 其它的所有构件都要加大, 成本就高。此外, 镜筒长, 观测室就得大, 增加建设费用。

此外, 普通单位采用的折射望远镜的口径不宜太大, 一般不超过 200mm。6m 的圆顶室内可容纳的折射望远镜的最大口径约为 250mm。若要求更大口径, 建议采用反射望远镜或折反射望远镜,

## 二、便携式天文望远镜

绝大部分的天文爱好者都希望拥有一台轻便结实, 各项性能好, 拆装调方便, 而且价格不太高的便携式天文望远镜。由于城市光污染过于严重, 要得到一张高质量的天文照片, 必须携带仪器到农村或山上去。当然有条件在光污染少的地区建立天文台安装较大的望远镜不在此例。

星迹, 黄道光等的拍摄, 需要有一座稳固的且携带方便的照相机三角架或摄像机三角架, 一般购买国产的三角架即可。使用任何品牌的 135 相机或 120 相机均可, 照相机焦距一般选用 28#0;80mm。

### 1、便携式装置

便携式装置一般采用德国式或叉式二种, 脚架采用伸缩式或拆装式。一般以伸缩式较为方便。由于便携式要求轻便而不失稳定, 三角架一般用铝合金制成。为了较为稳定, 三角架的截面要宽而大, 但管壁则不必太厚, 三角架的横撑对稳定度起着重大的作用

(1)德国式装置不仅广泛用于小型折射望远镜中, 同时也应用于折反射和反射望远镜中。相对口径较小的折射望远镜在同样口径的望远镜中焦距过长, 因而在便携式望远镜中一般口径不能太大, 相对口径在 1/12 左右的折射镜一般不宜超过 100mm 的口径。而对于反射

或折反射望远镜则当别论，对于短镜筒的折反射望远镜，甚至将便携式望远镜的口径做到 300mm。当然 300mm 口径的便携式望远镜一般都必须有二人以上装拆才行。德国式装置对于业余观测者来讲，最大的好处在于可以根据拍摄天体对象的不同“随心所欲”地更换不同的镜筒和接收器。

(2)叉式装置一般仅用于折反射望远镜。由于这种装置没有笨重的平衡锤，因此在同等口径的望远镜中自重较轻，再加上赤纬系统有二个固定点，赤经传动系统的末级也可做得较大而十分稳定，精度也比较容易做得高，因此叉式装置在便携式望远镜中十分重要，为很多业余观测者所青睐。

当然，叉式结构最大的缺点是不能任意调换镜筒及接收器，平衡问题较难解决。KPI20M 马克苏托夫望远镜即是此例。

## 2. 便携式望远镜的转仪钟

便携式望远镜的转仪钟设计中一般考虑重量与精度的相匹配，有时为了重量原因而降低一些精度。一般来讲，便携式望远镜的跟踪精度不及固定式的精度，末级蜗轮(或齿轮)也小于固定式。便携式望远镜的拍摄过程，靠不停地导星来提高拍摄精度。

对于电机选用，小功率的直流电机，步进电机及同步电机都在可选范围。其相互比较在前面已有论及，不再赘述！但有一点，由于便携式望远镜安放在不一定有市电供应的地方观测，可用电池或蓄电池供电的将为首选。

便携式望远镜的转仪钟一般仅有“恒动”为电动，其余快、慢、微动均为手动。但具备慢、微电动的转仪钟，将会对拍摄导星带来很多方便之处。近来，单片机控制的小型转仪钟控制器已问世，这对于寻星及导星更带来方便。例如用笔记本式计算机控制，可以输入几千颗星的数据。

## 3. 便携式望远镜的光学系统

便携式望远镜的光学系统选择应根据业余观测者的拍摄目标而定，列于下表：

拍摄对象  
光学系统  
拍摄方法  
装置形式  
备注

### 星迹

任何照相机镜头，以短焦或中焦为宜  
光圈开至最大，灯光强时及有月光时不宜拍摄  
照相机直接架在照相机或摄像机三脚架上  
用一般彩色胶卷曝光在 10min 以上

### 月球

以焦距超过 1m 的望远镜为佳。折射，反射，折反射均可  
直焦拍摄全月面，放大拍摄局部像

直焦拍摄可不用转仪钟，放大摄影需稳定的转仪钟  
用黑白胶卷优于彩色胶卷，曝光时间慢于  $1/60s$

### 太阳

口径大于  $50mm$  的折射、反射、折反射，焦距超过  $1m$  为佳  
直焦拍摄全日面，放大拍摄黑子像使用中性滤光片  
直焦拍摄可不用转仪钟，放大摄影需转仪钟  
使用中性滤光片，用彩色片较佳

### 星云

$D/f$  的值宜大，望远镜口径大有利，照相机镜头宜长焦  
月光强且近时不宜拍摄，一般直焦或缩焦拍摄  
必须有稳定的基架及转仪钟，需要导星方便  
 $D/f$  值大则曝光时间短，宜使用快速底片。彩色片，黑白片均可

### 星团星系

望远镜口径大为宜，照相镜头宜用长焦距，焦距短则视野大  
一般采用直焦拍摄或望远镜缩焦拍摄  
必须有稳定的基架及转仪钟，需要导星  
曝光时间与口径有关，而与  $D/f$  无关，宜用快速彩色或黑白片

### 行星

望远镜口径大为宜， $D/f$  要小，约为  $1/16 \sim 1/100$   
一般采用直焦拍摄或放大拍摄，月光强时不宜拍摄  
必须有稳定的基架及转仪钟，需要良好的导星  
曝光时间  $1 \sim 10s$ ，宜采用快速微粒黑白或彩色片

### 彗星

望远镜口径大为宜。 $D/f$  要大，约为  $1/3$ ，长焦强光力相机镜头亦可采用  
一般采用直焦或缩焦拍摄，月光强时不宜拍摄  
必须有稳定的转仪钟并有偏置导星机构及其他导星机构  
曝光时间一般较长，从几分至几十分，宜采用快速微粒黑白或彩色片

### 流星或流星雨

以相机加上广角镜头为宜，四台相机组合为佳  
光圈开至最大并有自制旋转快门片  
照相机直接架在三脚架或架在专用脚架上  
**B** 门或 **T** 门曝光以等待流星出现，用一般黑白片即可