

第 3 章—进行观测

观测步骤说明

1. 找到天区——使用一本星图集或者活动星图，找到要观测的变星所在的天区。如果您对星座非常熟悉，在这一步时它会对您很有帮助。然后拿出您的“A”或“B”规格的星图，并把它对向您刚才找到的天区，使它与您看到的天空吻合好。

2a. 找到变星（使用寻星镜/红点寻星镜）——仔细观察“A”或“B”规格的证认星图，找出一颗在变星附近的亮星作为“导引星”，然后您需要在天空中找到它。如果用肉眼无法找到（比如有月光或其它不利条件），您可以使用寻星镜或者一只倍率非常低、视野较大的目镜，并把望远镜指向尽可能接近这颗亮星应该出现在天空的位置。需要记得的是，由于您使用了光学仪器，在望远镜里看到的星空的方向可能会和肉眼直接观测不一样。您要慢慢习惯在您自己的望远镜里看到的北、东、南、西各方位的指向。（更多细节见 13、14 页。）您可以通过视场中一些较暗的星的排布来确认望远镜是否指向了正确的导引星。

现在您就可以通过“星桥法”（先找到一些星星排列的特定形状，然后循着这些形状和特征找到目标的找星法）一步一步慢慢地向目标变星进发了。先观察星图，然后看天空，再用寻星镜寻找；然后再对照星图，继续重复这个步骤——在最终看到目标变星附近的天区之前，您可能需要这样重复很多次。一定要花些时间确认您找对了星。有时，在证认星图上连上线将会很有帮助。

2b. 找到变星（使用定位环）——如果您的望远镜配有比较精确的定位环（普通的或电子的都可以），它将为您提供另一个找到变星所在天区的方法。在开始之前，请您确认您的望远镜已对好极轴并调好定位环的初始位置。然后您就可以用证认星图顶部的历元 2000 的坐标“定位”目标变星了。

要记得，变星一般并不会立刻就能明显地看到。因此，

尽管它可能已经在您的视场里了，您仍需要证认一下它旁边的星的排布，以进一步确认它。通常您会发现，巡视附近天区并找到一颗证认星图中标出了的亮星或特征星形会很有帮助，您可以用星桥法从它们开始向变星进发。

3. 找到比较星——当您确认已经正确地找到（证认出）了变星的位置，您就要准备对它的亮度进行估计了——具体的做法就是把它的亮度与其它亮度已知而且固定的星进行比较。这些证认星图中的“比较星”（comp stars）通常就位于变星附近。用您的望远镜找到它们。并且再次仔细地确认您找的位置是正确的。

4. 估计亮度——估计变星的亮度，先要确定哪颗（哪些）比较星的亮度和您要观测的变星最接近。只要变星的亮度不是跟某颗比较星一模一样，您就要在分别比变星亮和暗的两颗比较星之间进行内插。图 3.1（12 页）的内插练习将为您详细说明这个步骤。

5. 记录您的观测——在每观测一颗变星之后，您都要马上在观测记录本上记下如下的信息：

——变星的**名字或代码**（有关的介绍详见 19-21 页）

——您观测时的**日期和时间**

——您对这颗变星星等的**估计**

——用于进行估计的**比较星的星等（省略小数点）**

——所使用的**证认星图的编号**

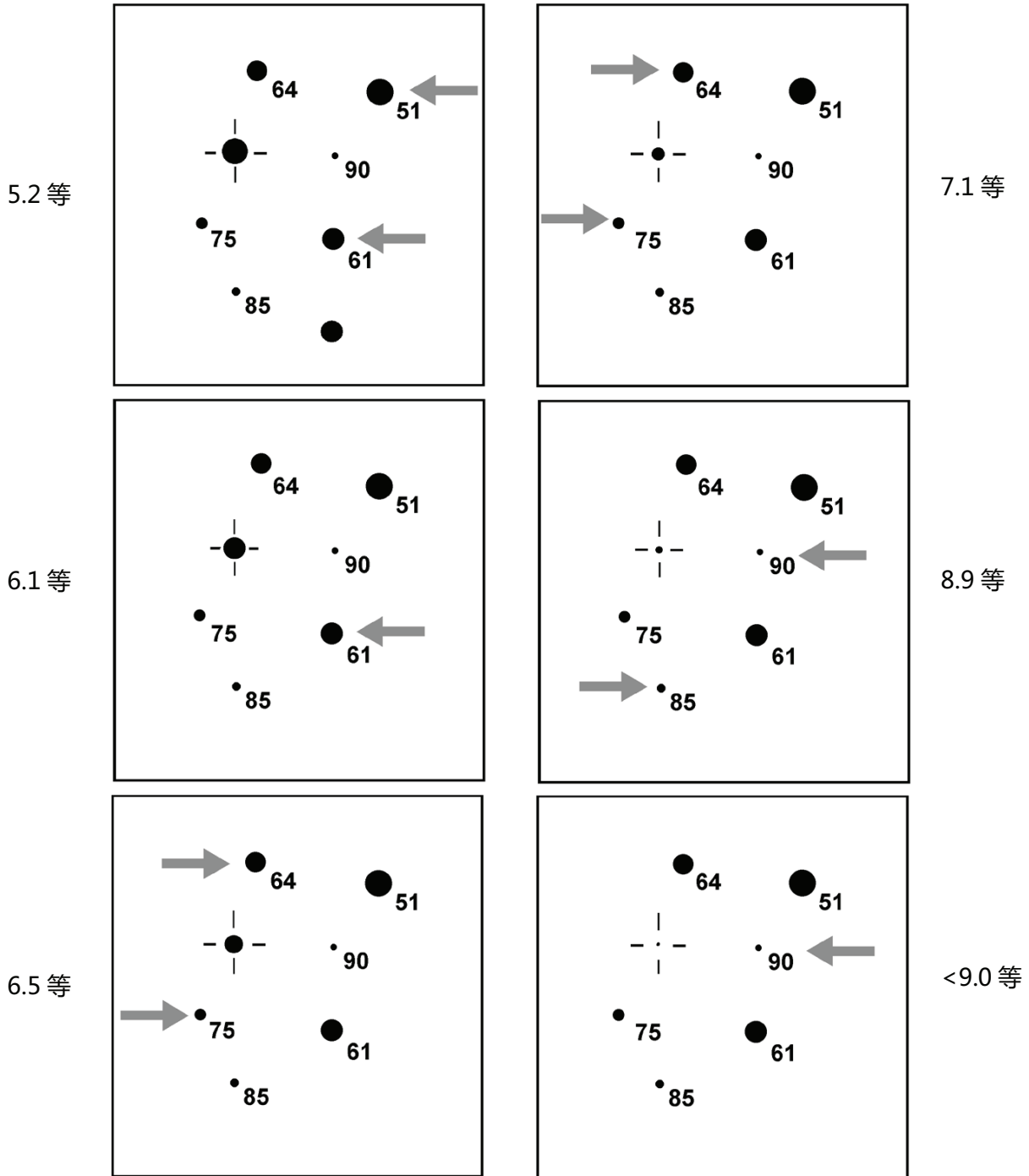
——对任何可能影响视宁度（seeing）的因素（比如云、雾霾、月光、高空风等）的**注释**

6. 准备您的报告——您在报告观测时需要用一个特定的格式。我们为您提供了一些专门的工具来向 AAVSO 提交您的观测。关于报告您的观测的细节的指导，参见本手册第 7 章。

图 3.1-内插练习

下面展示了一些利用比较星之间的内插来确定变星的星等的几个例子。不过要记住的是，在实际观测时所有的恒星都会呈现为光点而不是大小不同的圆盘。下面每幅图中用于内插的比较星都用箭头标出。

了解更多关于使用内插法的介绍，参见“Telescope Simulator”（望远镜模拟器）<http://www.aavso.org/sites/default/files/publications/vstelescope.ppt>，这是一个关于进行变星亮度估计的演示文稿。



另外的观测提示

视野

新观测者应该弄清楚自己的望远镜在不同目镜下的大致视野（亦见第 4 页）。具体的方法是：把望远镜指向一片离天赤道不远的天区，固定住望远镜不动，让一颗亮星穿过视场。这颗星会以每四分钟一度的速率移动。举个例子说，如果这颗星从边缘穿过中心到另一边需要两分钟，那么这个视场的直径就是半度。

一旦确定了设备的视野，您就可以在证认星图上画出一个以变星为圆心、以这个视野为直径的圆圈，以帮助您证认新的天区。或者，您也可以在一个纸板上挖出合适大小的圆洞或者制作一个金属圆环放在星图上面。

证认星图中的方向

为了能顺利地使用证认星图，您一定要知道如何在生成证认星图的时候正确地设定北-南（N-S）和东-西（E-W）的方向，并且知道它们与实际的天空是怎样对应的。

比如说，当您使用双筒镜或用肉眼直接观测的时候，

您会希望拿到一张北在上、东在左的证认星图。而如果您使用的是有偶数个反射面的反射镜（这时您看到一幅完全的倒像），您就会想要一张北在下、东在右的星图了。

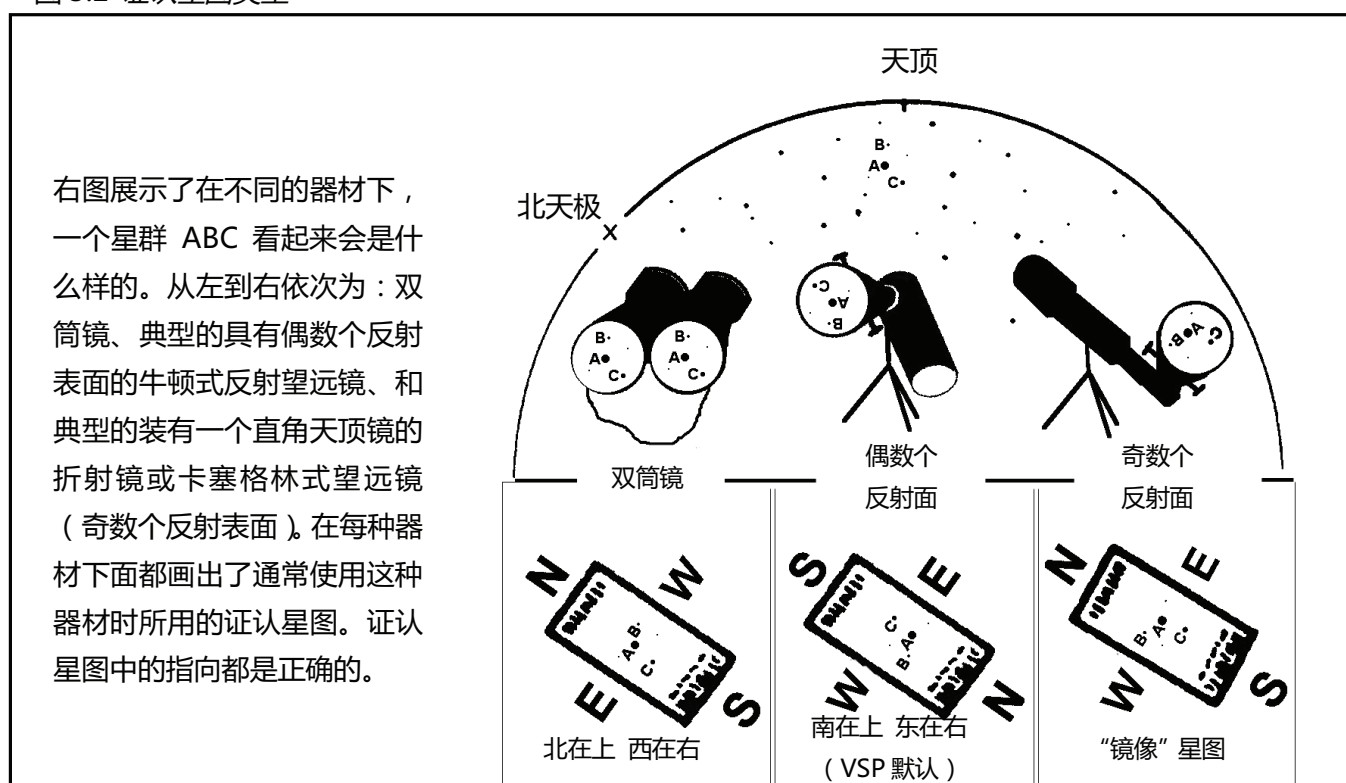
折射镜和施密特-卡塞格林式望远镜经常使用一只 90°天顶镜（直角棱镜或平面镜），此时整个系统的反射面的个数为奇数，这就产生了上下不变，但左右颠倒的图像（也就是**镜像**）。这种情况下，您会发现 AAVSO 提供的北在上而东在右的镜像星图用起来会很方便。图 3.2（下图）展示了设置证认星图的几种不同类型，下页的图则具体讲解了不同情况下把星图与星空对应起来的方法。

星等标度

“星等”这个标度总会让初学者感到迷惑，因为星等值越大，星的亮度越暗。平均来说，良好条件下人肉眼的极限星等在 6 等左右。像心宿二、角宿一、北河三这样的星就是 1 等星，大角和织女星则是 0 等星。非常明亮的老人星是 -1 等，而最亮的天狼星是 -1.5 等。

在 AAVSO 证认星图上，比较星旁边都标有表示精确

图 3.2- 证认星图类型

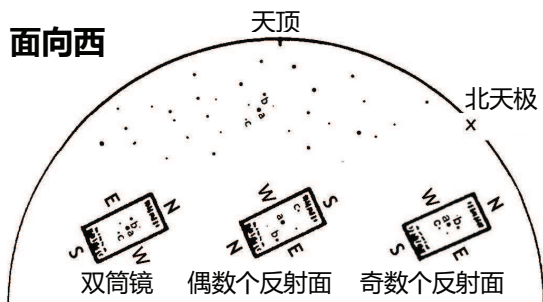
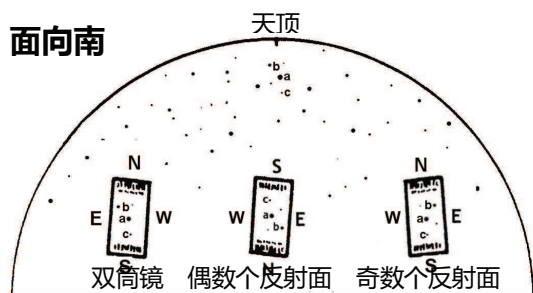
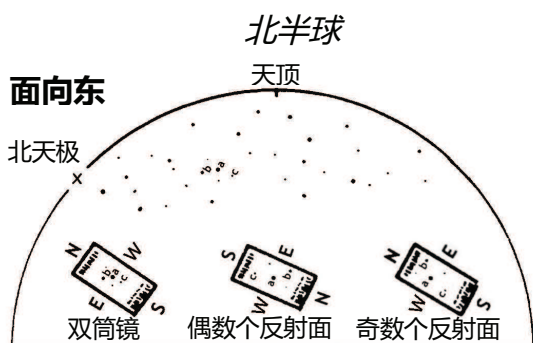


证认星图中的方向

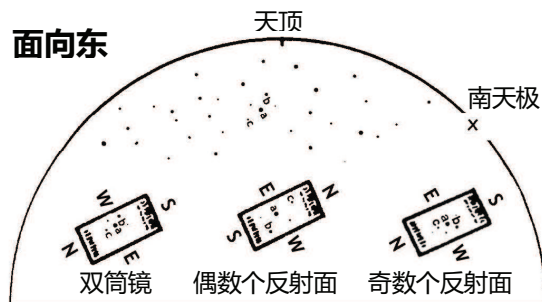
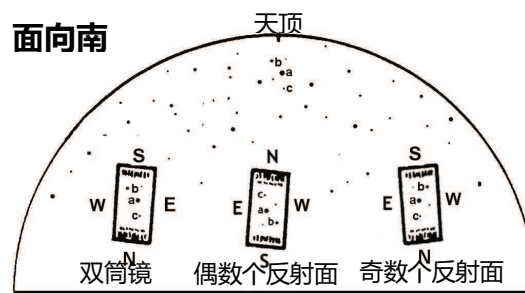
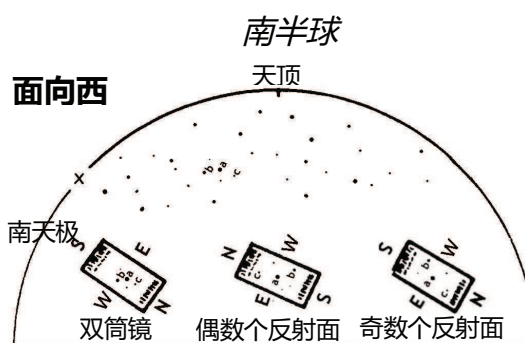
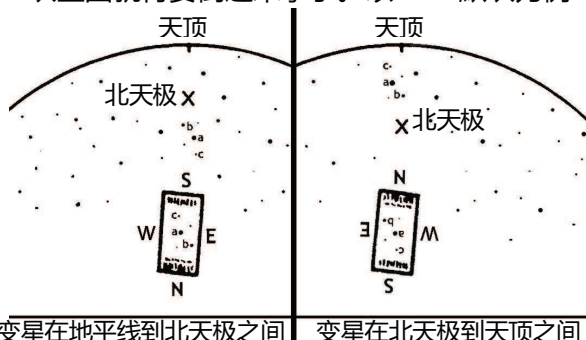
无论您使用的是哪种模式的证认星图,随着地球的自转,变星和地平线的相对位置都会随之改变。因此,在拿证认星图比照视场的时候,您要按照以下的方法进行:

- 1.面向使变星到地平线上一点距离最短的方向(也就是变星所在地方位角的方向)。
- 2.把证认星图拿过头顶,使它看上去和天空中的变星差不多在同一位置上。

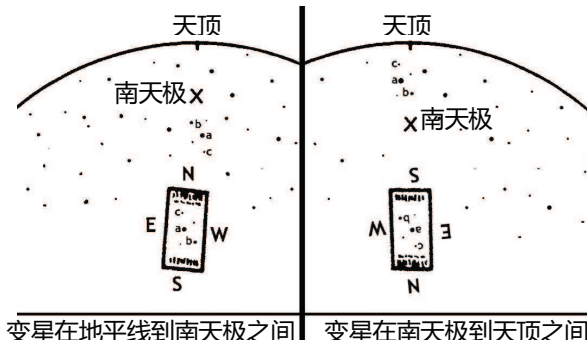
- 3.对于 VSP 默认设置(北在下、东在右)的证认星图,旋转星图以使星图中的“南”(标有“S”的方向)指向北极星。(对于南半球的观测者,就让“北”指向南天极。)对于为双筒镜准备的完全正像星图,或是一幅“镜像”星图,则是把“北”指向北极星。
- 4.不要改变星图的方向,把它放到一个舒服的位置上,然后您就可以以此比照望远镜中的视野进行证认和观测了。



面向北——如果变星在北天极上方,那么证认星图就得要倒过来拿了。以 VSP 默认为例



面向南——如果变星在南天极上方,那么证认星图就得要倒过来拿了。以 VSP 默认为例



到 0.1 星等亮度的数字的标签。小数点省略了没有写出来，以避免与同样用小圆点表示的暗弱恒星混淆。比如，我们用 84 和 90 分别表示亮度为 8.4 和 9.0 等的比较星。

AAVSO 证认星图中使用的比较星的亮度都是用光电测光管 (PEP) 或电荷耦合器 (CCD) 仔细地测量得出的，它们就作为您估计变星亮度的标杆。在您估计一颗变星的亮度时，记下您所使用的比较星 (一般用它的标签表示就可以了)，这是非常重要的。

由于星等标度实际上是对数的标度，当一颗星的亮度是另一颗的一半，它们星等的关系并不是简单的二倍的关系。(详见右边《度量星星的亮度》。)因此，在估计亮度的时候，观测者一定要注意不要使用亮度相差太多的比较星——最好不要超过 0.5 到 0.6 等。

极限星等

对于要观测的变星，您最好使用刚好能舒服地看到它的器材。一般来说，对于亮于 5 等的变星，最好直接用肉眼观测；对于 5-7 等的变星，我们建议使用寻星镜或一副好的双筒镜；如果目标暗于 7 等，那么您可以根据具体情况使用稍大的双筒镜或者 3 英寸 (约 76mm) 或以上口径的望远镜。

在目标亮度比所用器材的极限星等亮 2 到 4 个星等的时候，对它亮度的估计会更容易和更准确。

度量星星的亮度

——摘自《AAVSO 变星天文学手册》

现在我们使用的比较星星视亮度的方法源于古希腊时代。一般认为，公元前 2 世纪的希腊天文学家伊巴谷建立了对星星亮度进行分级的系统。他把每个星座中最亮的那些星称为“1 等星”。公元 140 年左右，托勒密完善了伊巴谷的亮度系统，并用 1 到 6 等表示星星的亮度，1 等表示最亮的，6 等表示最暗的。

19 世纪中叶的天文学家们量化了这些星等数字并改进了这个古老的传统。测量表明，1 等星的亮度是 6 等星的 100 倍。我们还可以算出，星等每相差 1 等，意味着眼睛所接收到的光相差约 2.5 倍，因为这样差 5 等大概就会相差 2.5^5 (约为 100) 倍。因此，人们规定，5 个星等的差别，就等于视亮度相差整整 100 倍。

于是，每一个星等就等于 100 倍的五次方根 (2.512...)，也就是大约 2.5 倍；这样一来，要比较两颗星的视亮度，就可以用暗星的星等减去亮星的星等，然后以它为指数，以 2.5 为底数计算乘幂，就算出了亮星的亮度是暗星的多少倍。比如，金星和天狼星的星等差约为 3，这就是说，用肉眼看上去金星是天狼星的 2.5^3 (约为 15) 倍亮。或者说，要在天空中一点上放 15 个天狼星亮度的星星，它的亮度才和金星一样。

在这种标度下，很多明亮的天体就会具有负数星等，而威力最大的望远镜 (比如哈勃望远镜) 则能够“看到”暗至 30 等的天体。

一些天体的视亮度：

太阳	-26.7	天狼星	-1.5
满月	-12.5	织女星	0.0
金星	-4.6(最亮时)	北极星	2.0

下表(表 3.1)给出了不同口径望远镜下极限星等的大致参考值。实际观测中,由于视宁度和望远镜质量的不同,您用自己的望远镜看到的极限星等有可能与表中相差很多。您可以把那些标出了容易找到而且亮度不变的星的亮度的星图集或证认星图作为参考,用自己望远镜进行实际观测,得到一张自己的极限星等表。

表 3.1-极限星等参考表

		肉眼	双筒	6 吋 15cm	10 吋 25cm	16 吋 40cm
城市中	平均	3.2	6.0	10.5	12.0	13.0
	最好	4.0	7.2	11.3	13.2	14.3
半黑暗	平均	4.8	8.0	12.0	13.5	14.5
	最好	5.5	9.9	12.9	14.3	15.4
完全黑暗	平均	6.2	10.6	12.5	14.7	15.6
	最好	6.7	11.2	13.4	15.6	16.5

当您发现在变星的旁边有一颗比较星,您一定要注意别把两颗星搞混了。另外,如果变星的亮度在极限星等附近,而您对它的证认可能不很确定时,请您在报告中说明。

有经验的观测者不会把时间花在那些亮度在自己望远镜的极限星等之下的变星上。

变星的证认

要时刻记得,您正在寻找的变星并不是在所有的时候都能被您的望远镜看到的,这取决于它是处在亮度极大还是极小,亦或是在两者之间。

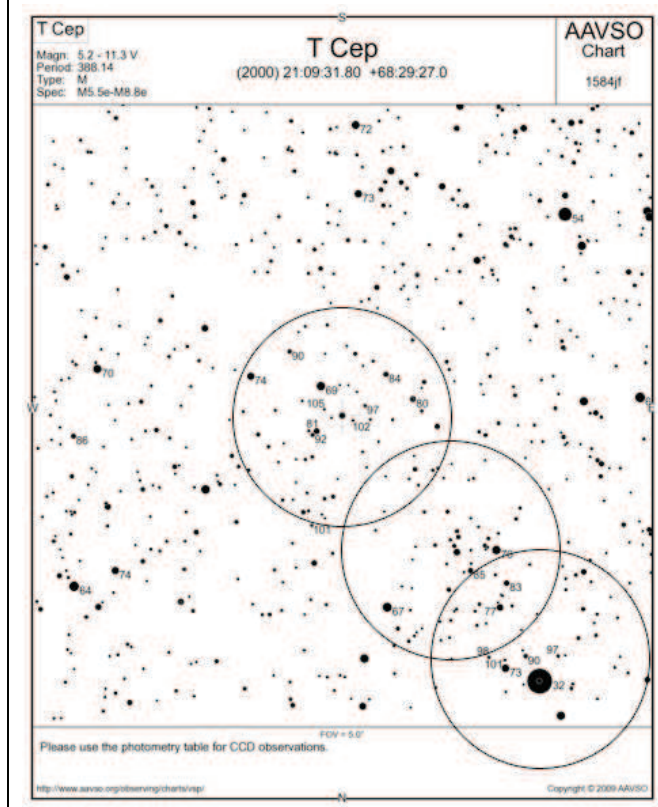
当您认为自己找到了要观测的变星,请务必仔细地把周围的星空与星图比较证认。如果有任何一颗星的亮度或位置与星图上的不一致,那都有可能是您找错了天区(尤其是位置,不能有丝毫偏差)。如果出现这

样的情况,一定要从头再来一次。

如果变星比较暗,或者处在密集星场里,那么就有必要使用一只高倍目镜了。同时,您也可能需要使用 D 或 E 规格的证认星图,以更好地证认这颗变星。在您观测时,记得要放松。不要把时间浪费在您找不到的变星上面:如果您在做了适当的努力之后仍然不能找到,请把它记录下来,然后转向另一颗变星。观测结束之后,重新检查您的星图集和证认星图,看看能不能确定是什么使您找不到那颗变星。等下次观测的时候,再去尝试一下!

图 3.3-星桥法

下图展示了典型的星桥法的使用:从明亮的仙王座β(beta Cep)出发,最终到达变星仙王座 T(T Cep)。图中画出了观测者望远镜的视野,注意观测者借助一个明亮的星群找到从 beta 到 T 的方向和路径。



估计变星的亮度

任何光学设备的成像质量在视场中心都是最好的。因此,当比较星和目标变星离得比较远的时候,不要把它们同时放在视场的两端,而应该使它们相继进入视场中心观测。

如果变星和比较星相距不是很远,则应该把它们放在距中心相同的距离上观测,而且它们的连线要尽量与您双眼的连线平行,以避免所谓的“方位角误差”(人眼对于视场中不同方位角的目标的响应不一样)。如果视场不能满足以上要求,您可以转动您的头部,或者转动天顶镜(如果有的话)以满足需要。方位角效应有可能导致多达 0.5 等的系统误差。

需要再次强调的是,所有的观测都需要在设备视场中心附近进行。多数望远镜并不能保证在所有目镜的全视野都有 100%的照明。越接近边缘,光线的损失会越多。

在观测时,请您使用至少 2 颗比较星,而且如果可能的话,可以使用更多。如果比较星的亮度相差非常大,比如说有 0.5 等或者更多,那么就要特别仔细地比较变星与亮、暗两颗比较星亮度差的关系。

您的观测可能会与您想象的有些出入。不要去管它们,每次观测都要保持清醒的头脑,如实地记录下您所看到的。不要受之前的观测或您“觉得这颗变星应该是怎么样”的干扰!

如果因为某些原因,如比较星太暗、天空有雾霾、或者有月光影响而不能看到目标变星,请您记下所在天区里能看到的最暗的比较星。比如这颗比较星是 11.5 等,那么您就可以把这颗变星的观测结果记作 <11.5 ,这表示目标变星不可见,它一定比 11.5 等要暗。这里小于号表示“暗于”。

当您观测一颗明显是红色的变星时,我们建议您用“扫视法”而不是持续的凝视观测来估计它的亮度。这是因为,由于普肯页效应(Purkinje effect),凝视时与瞥视时相比,红色的星更能刺激视网膜(因为凝视可以积累足够的光线以对视锥细胞产生刺激,视锥细胞对红光敏感而对蓝光不敏感),这样一来红色星在凝视时就会显得比蓝色星更明亮,因而造成对亮度错误的估计。

另一个我们强烈推荐的估计红色星亮度的方法是“散焦法”。使用这个方法时,把目镜调离焦点,直到原来红色的星点看上去成为分辨不出颜色的圆盘为止。用这种方法,就可以避免由普肯页效应引起的系统误

差。如果发现即使在散焦后那颗变星仍然能看出颜色来,那么您可能就需要换一架口径小一些的望远镜,或者在主镜前加装一个光阑了。

对于暗弱的变星,您可能会想到要用侧视法来观测它们。侧视法观测的做法是,保持变星和比较星在目镜视场中心附近不动,然后将您的目光移向一边,用余光进行观测。下一页将为您解释这样做的原因。

保留记录

您应当准备一个用于永久保存您的观测记录的本子(最好是一个硬皮本,这样不容易损坏)。要妥善保存这个原始数据的记录本,另外,任何您后来对记录做的修改或删除,都要用不同颜色的笔标注,并同时写下修改的日期。您还可以在手边准备一个活页本用来把每个月提交的观测报告誊写在上面,或者记录警报通知以及其它有用的信息。而在电脑中把这些数据存档,则会方便您日后查询参考。

您的观测笔记中还应包括这样一些内容:比如观测时在旁边的人、周围的光源和噪音的情况,等等。总之,任何可能影响到您观测或分散您的注意力的情况都应该记录下来。

如果出于某些原因,您对自己估计的星等不是很有把握,请您在记录中加以说明,并写下您为什么会觉得这样。

在记录的格式上,最重要的一点,就是不要让您以前的观测数据有可能在下次观测时被看到,因为这样您就很容易会受到它们的影响。要时刻记住,观测的独立性是最重要的:每次观测都不要对以前的观测有任何参考!

您可以在观测记录每一页的页眉处记下当天的儒略日(我们将在第 5 章中介绍)、星期几和日期。如果是跨夜的观测,为了避免混淆,您可以记下两天的日期。举个例子:JD2455388,星期六-日,2010 年 7 月 10-11 日。这样万一有哪一项写错了,其它几项可以帮您找回正确的日期。

如果您在观测时使用了不止一种器材,那么请您记下每个观测分别用的是哪个器材。

在您眼睛里的星光——来自 AAVSO 变星天文学手册

人的眼睛就好像一架照相机，它配有自己的清洁和润滑系统、测光表、自动寻找和跟踪目标的系统，还有连续供应的底片。来自物体的光线首先进入覆盖在眼睛前表面的透明的角膜，然后穿过由睫状肌控制的透明的晶状体。晶状体前表面上的虹膜会通过不自觉地收缩和扩张调节其上瞳孔的大小，以适应不同亮度的环境，就像照相机的光圈一样。随着年龄的增长，虹膜会逐渐收缩：儿童和年轻人瞳孔的直径可以扩张到 7 至 8 毫米甚至更大；但到了 50 岁，瞳孔的最大直径一般就只有 5 毫米了。这将极大地减弱眼睛的集光能力。角膜和晶状体一起可以看作一只焦距可变的镜头，能够把物体发出的光会聚到眼球后部的视网膜上，形成物体的实像。由于瞳孔随着年龄增长而缩小，一个 60 岁的人的视网膜所收到的光只相当于一个 30 岁的人的三分之一。

视网膜就如同照相机的底片。视网膜上有约 1.3 亿个感光细胞，分为视锥细胞和视杆细胞。光线通过细胞上的光化学反应被吸收，同时反应产生电脉冲信号传给相邻的神经细胞。每个单独的锥状或杆状细胞产生的信号会在复杂的神经网络中结合并最终经由视神经传输到大脑。因此，我们所看到的图像取决于哪些锥状或杆状细胞吸收光并产生了电脉冲、不同的感光细胞的信号如何在神经网络中结合、以及大脑如何解读这些信号。实际上，在向大脑发出信号之前，我们的眼睛就已经对哪些信号要发出、那些信号要放弃进行过一番“思考”了。

视锥细胞在视网膜中一个称为“中央凹”的地方分布特别集中。中央凹直径大约 0.3mm，在那里分布着 10,000 个视锥细胞，而没有视杆细胞。在这个区域里的每个锥状细胞都有一条独立的神经纤维与大脑相连。正因为从如此小的面积穿出了如此多的神经，中央凹成为了视网膜上分辨明亮物体细节的最佳区域。除了提供了一个高分辨率的区域，分布在中央凹和其它区域的锥状细胞还是专门用来分辨不同颜色的。而由于星光的光辐射密度还不足以激发锥状细胞的反应，我们“看出”星星的颜色的能力便大大地减弱了。这还有一个原因，那就是晶状体由于年龄增长会愈发浑浊，因而透明度随之下降。婴儿的晶状体就十分透澈，它们甚至连波长在 3500 埃的深紫色光都能通过。

在中央凹之外的地方，视锥细胞的密度会有所下降。在这些

外围区域里，视杆细胞将占主导。视杆细胞在视网膜上的密度跟视锥细胞在中央凹上的密度是一样的，只不过大约 100 个相邻的杆状细胞才共享一个神经细胞。它们发出的信号都会进入这个视神经细胞并传向大脑。这样把杆状细胞结合起来，降低了它们分辨物体细节的能力，但提高了暗环境下感知物体的能力，因为很多小信号被结合起来形成一个大得多的信号。这就是为什么朝一颗暗弱的变星的一侧看，而不是直视它时，我们更容易估计它的星等。

正常的人眼可以对从 8cm 到无穷远任一位置的物体聚焦。这种能够聚焦不同距离上目标的能力称为合焦。不像照相机那样用一只焦距固定的镜头而通过调整像距来进行合焦，我们的眼睛的像距是固定的，约为 2.1cm（即从角膜和晶状体到视网膜的距离），但它的屈光系统的焦距是可变的。当眼睛向远处看时，附着在晶状体上的睫状肌放松，于是晶状体的形

状就变得平坦一些。当晶状体变得比较平，它的焦距就会增加，并把像成在视网膜上。如果物体向眼睛靠近而晶状体仍保持扁平的状态，物体的像就会向视网膜后面移动，使得视网膜上的图案变得模糊（此时落在视网膜上的称为光斑而不再是像）。为了避免这种情况发生，这时候睫状肌就会收缩以使晶状体变得弯曲一些，焦距变得短一些。当焦距变短，像就会向前移动并重新清晰地成在视网膜上。当您看书的时间过长，眼睛会感到疲劳，

这就是因为您的睫状肌为了保持晶状体的弯曲而长期紧张的缘故。

眼睛的远点指的是眼睛在放松状态下能够聚焦的最远的物体的距离。近点则是指紧张的眼睛所能聚焦的最近距离。对于正常的眼睛，远点应相当于在无穷远处（我们可以对月亮和遥远的恒星聚焦），而近点大约在 8cm。但眼睛这个“变焦镜头”会随着年龄的增长而变化，它所能聚焦的最小距离会增加，直到甚至连 40cm 远处的物体都难以看清（也就是“老花眼”）——这样便难以看清观测用的证认星图和仪器了。衰老的眼睛会逐渐改变我们观察世界的方式。

