

实验二 天文望远镜使用方法与观测实验

一、实验目的

- (1) 掌握天文望远镜的光学指标含义；
- (2) 了解天文望远镜的基本原理；
- (3) 了解天文望远镜的安装步骤与使用方法。

二、基本概念

天文望远镜的光学性能，衡量天文望远镜光学性能的好坏主要有六个参量：(1) 光有效口径，(2) 光力（相对口径），(3) 分辨率，(4) 视场，(5) 放大倍数，(6) 极限星等；

2.1 口径

无论是折射镜还是反射镜，口径指的都是望远镜的主要集光面（即物镜）的直径，显然，口径于望远镜而言是一个关键参数，小口径成像暗淡，模糊，大口径成像更清晰，锐利。口径增大到两倍，集光能力增加到四倍，因此能聚集的光线和所成的像的亮度也是四倍。就分辨率而言，口径增倍分辨率也增倍，例如 100mm 口径可以分辨相隔 1 角秒的恒星，200mm 口径的可分辨间隔为 0.5 角秒。

2.2 光力

光力 (A)：相对口径，即口径 D 和焦距 F 之比， $A=D/F$ 。观测到的天体亮度与 A^2 成正比。

焦比：望远镜的焦距除以口径 F/D ，就得到一个最重要的参数-焦比。焦距 1000mm，口径 200mm 的望远镜，焦记作：f/5，属于较亮的一种；焦距 1500mm，口径 100mm 的望远镜，焦比为 f/15，属于较暗的。所谓亮暗，源自于摄影，当用望远镜进行深空天体摄影时，拍摄同一星云，较亮的 f/5 望远镜所需的曝光时间为 f/10 望远镜的 1/4。但是在用望远镜目视观测时，焦比不同所带来的差别就不那么明显。

在摄影时，焦比数字越大，光力越弱；照相机镜头上称为光圈。

2.3 分辨率

天文望远镜的分辨率单位是角秒。它是这台望远镜所能分辨的最小角距离。

天文望远镜的分辨率角度值与它的口径成反比（角度值越小分辨率越高）。公式为 $1.22 \times \text{工作波长} \div \text{口径}$ 。

2.4 视场

视场：用目视望远镜观测星空时所能见到的天空部分的角直径叫视场。当目镜的工作视场一定时，望远镜的视场与放大率成反比。

望远镜主要解决“看得见”和“看得清”两方面的问题。

光的衍射现象限制了“看得清”的能力。

2.5 放大倍数

放大倍数：目镜也有焦距，物镜的焦距除以目镜焦距，就是望远镜的放大倍数 $= F_{\text{物}}/F_{\text{目}}$ 。一架望远镜观测时所能适应的最大放大倍数，最好不要超过望远镜以毫米为单位表示的口径数据的 2 倍。例

如口径 60mm 的望远镜，放大倍数不能高过 120 倍。否则，如果超过这一极限，所见的物像更大，但是也会更暗，并且显得模糊。

2.6 极限星等

极限星等：将望远镜指向天顶，肉眼所能看到的最暗恒星的星等称为极限星等，也叫贯穿本领。

极限星等 m_l 与以厘米为单位的望远镜有效口径之间的简单关系由公式 $m_l=6.9+5\lg D$ 给出。例如有效口径 15 厘米的望远镜，极限星等约为 12.8 等。

三、天文望远镜使用步骤

3.1 安装三脚架

CGEM 的三脚架带有全金属的三脚架中心支撑/附件盘结构，为赤道仪提供坚实稳固的保护。三脚架已预先和金属平台（三脚架云台）安装在一起，使得三脚架腿能够在云台处合拢。此外，中心杆从三脚架云台中伸出来，用于将赤道仪连接到三脚架。三脚架安装步骤：

1. 竖起三脚架并使其金属支架完全展开。三脚架便能在水平面上保持站立。一旦三角架组装完毕，便能调节它的高度。
2. 松开三脚架腿上的锁紧螺栓，使得三脚架腿能够进行调节。
3. 将三脚架脚的内芯从底部拉出来到所需要的高度。
4. 旋紧每条腿上的锁紧螺栓使得每条腿都固定好。

3.2 安装方位角调节螺栓

为了确保 CGEM 赤道仪的运输安全，方位角调节螺栓被从赤道仪上拆下来，现在必须安装上去。在这之前，请将赤道仪固定到三脚架上，请见图 1：

1. 从装 CGEM 赤道仪的箱子里找出方位角调节螺栓。
2. 将两个螺栓分别从位于赤道仪两边的螺孔中旋转进去。
3. 只要旋进去一半就行了，留下足够的空间给三脚架校准榫头与螺丝头的调整。

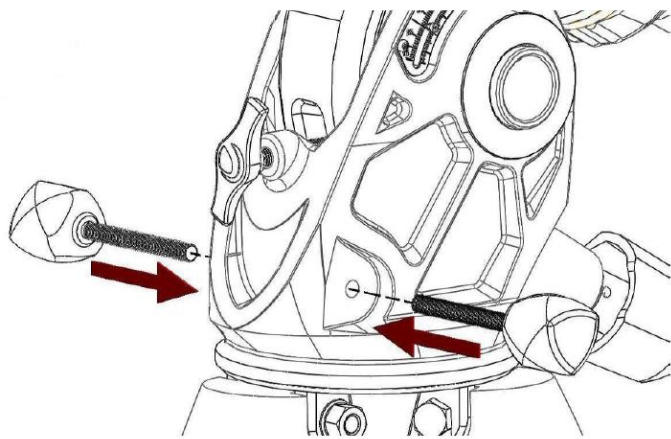


图 1 安装方位角调节螺栓

3.3 安装赤道仪

赤道仪能倾斜望远镜的旋转轴，能轻松地跟踪运动着的天空中的星体。CGEM 是德国式赤道仪，安装在三脚架云台上。在三脚架云台的一侧是一个金属校准棒头，用于校准赤道仪。这一侧在天文观测时将会朝向北方。安装赤道仪到云台的步骤：

1. 找到赤道仪上的方位角调节螺栓。
2. 将螺栓旋出赤道仪的方位角槽。
3. 将方位角槽对准三脚架云台的金属棒头，
4. 将赤道仪放在三脚架云台上，使得两者紧密吻合。
5. 旋紧三脚架云台下面的赤道仪固定螺栓（附着在中心杆上），使得赤道仪能够固定住。



图 2 安装赤道仪

3.4 安装附件盘

1. 将附件盘滑入三脚架中心位路，这样附件盘能抵住三脚架的三条支撑腿。
2. 将附件盘螺栓旋进中心杆并旋紧。

3.5 安装平衡锤杆

想要保持天文望远镜的平衡，赤道仪将通过一根平衡锤杆以及至少一个平衡锤来进行平衡调节。安装平衡锤杆步骤：

1. 将平衡锤杆旋入平衡锤杆锁紧螺帽。
2. 找到赤道仪的赤纬轴上安插平衡锤杆的螺孔。
3. 将平衡锤杆旋入螺孔。
4. 将锁紧螺帽拧紧。



图 3 安装托盘

3.6 安装平衡锤

选择的望远镜型号不同，含有的平衡锤数量也不同，有一个、两个或者三个。安装平衡锤步骤如下：

1. 调节赤道仪使平衡锤杆指向地面。
2. 移除平衡锤杆保险螺帽。
3. 松开平衡锤锁紧螺栓。
4. 将平衡锤滑入平衡锤杆（见图 2-5）。
5. 旋紧平衡锤上的锁紧螺栓，这样就可将平衡锤安放到位。
6. 将平衡锤杆末端的保险螺栓旋紧。

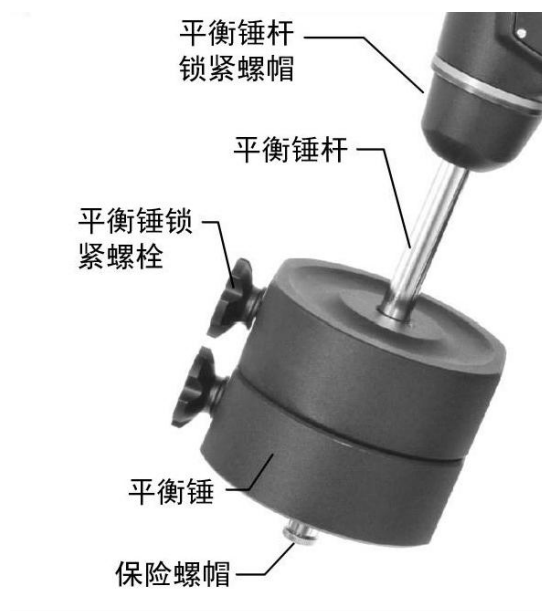


图 4 安装平衡锤

3.7 将望远镜筒安装到赤道仪上

望远镜主镜筒通过一个鸠尾板安装到赤道仪上。在安装主镜筒以前，请先确认赤经及赤纬锁紧夹已旋紧（见图 5），以及平衡锤已经安全地装好。这将确保在安装主镜筒过程中镜筒不会突然移动。安装镜筒的步骤如下：

1. 松开赤道仪平台上的鸠尾槽螺丝，使得能将鸠尾板滑入赤道仪平台的鸠尾槽中。
2. 移除鸠尾板前端的保险螺丝。
3. 将鸠尾板滑入赤道仪平台的鸠尾槽中，使鸠尾板的后端接近鸠尾槽的后端。
4. 旋紧鸠尾槽螺丝，使望远镜安装牢固。

在安全装好主镜筒之后，才能装上目视附件。



图 5 安装镜筒

3.8 安装目镜

目镜是这样一种光学器件，它具有把物镜聚焦后的像放大的功能。目镜与目镜基座或者天顶镜直接吻合。安装目镜步骤如下：

1. 松开目镜转接器的止动螺丝，使得它不会阻碍管筒的内径。
2. 将目镜的铬金属部分插入调焦座。
3. 拧紧止动螺丝，使目镜固定。

如需移除目镜，需要松开调焦座上的止动螺丝，将目镜拔出即可。

通常，目镜的性能取决于焦距和直径。每一个目镜的焦距都会刻在目镜镜筒上。焦距越长（即数字越大），目镜的放大倍率越低；焦距越短（即数字越小），放大倍率越高。通常，在观测时，仅需要使用低-中等倍率的目镜。

3.9 赤道仪的赤经平衡

若要减轻赤道仪所承受的不适当的压力，望远镜尽可能的在赤经方向的极轴进行平衡。此外，适当的平衡调整对于精确跟踪而言是至关重要。平衡赤道仪步骤如下：

1. 确保望远镜已经被安全安装到望远镜的赤道仪上。
2. 松开赤经锁紧夹，并将望远镜置于赤道仪一侧。平衡锤杆此时将在赤道仪的另一侧处于水平位置。
3. 慢慢地放开望远镜，观察望远镜向哪个方向转动。
4. 松开平衡锤锁紧螺栓，使其能够在平衡锤杆上自由移动。
5. 移动平衡锤到某一点，使得望远镜能保持平衡（即，即使赤经夹松开，仍能保持平衡）。

6. 旋紧平衡锤锁紧螺栓使平衡锤固定。

以上说明是调节赤经平衡的完整步骤，以确保望远镜的跟踪精度，并且赤道仪所承受的压力会得到减轻。当进行天体摄影的时候，将对特定天区进行长时间跟踪，这样的平衡过程是非常重要的。

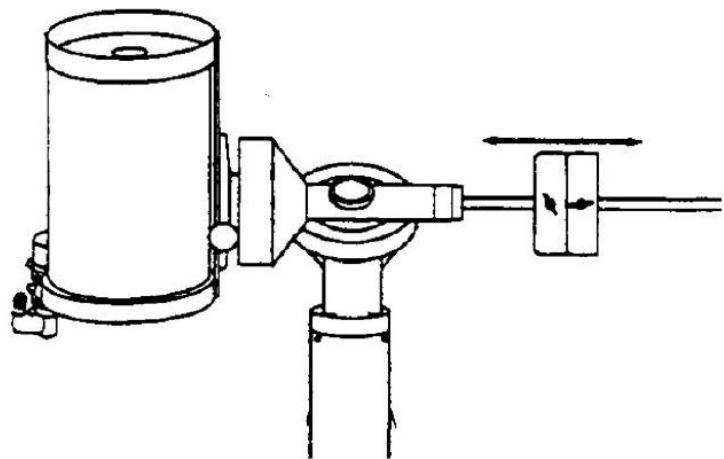


图 6 赤道仪的赤纬平衡

尽管望远镜在赤纬轴方向上不跟踪，赤纬轴上也需要进行类似的平衡过程来防止赤纬锁紧夹的突然释放。在赤纬方向上平衡天文望远镜：

1. 松开赤经锁紧夹并将望远镜旋转至赤道仪的另一侧。

2. 锁定赤经锁紧夹，固定好天文望远镜。

3. 松开赤纬锁紧夹，并旋转望远镜，使镜筒与地面平行。

4. 请用手扶着缓慢地松开镜筒，观察镜筒沿着赤纬轴的旋转方向。请不要完全放开望远镜的镜筒！

5. 在松开鸠尾槽锁紧螺栓之前，必须要旋转望远镜，使得望远镜的平衡锤杆指向地面。松开鸠尾槽锁紧螺栓并向前或后的移动镜筒，然后锁紧鸠尾槽，重复步骤 1-4，再重复步骤 5 直到镜筒保持平衡。注意，鸠尾槽锁紧螺栓是松的时候不要放开望远镜的镜筒。

6. 旋紧鸠尾槽锁紧螺栓使望远镜固定好。

就像调节赤经平衡一样，这些就是调节赤纬平衡状态的简要步骤，赤道仪所承受的压力会得到减轻。当进行天体摄影的时候，将对特定天区进行长时间跟踪，这样的平衡过程是非常重要的。

3.10 调整赤道仪

为了使电跟踪准确，望远镜旋转轴需与地球自转轴平行，即所知的极轴校准程序。极轴校准并不是通过调整赤经或赤纬轴来实现的，而是在垂直方向上（高度角）和水平方向上（方位角）调整赤道仪。

（1）调整赤道仪的高度角

要增加极轴的纬度，旋紧后端纬度调节螺栓，松开前端螺栓（如果需要的话）。

要降低极轴的纬度，松开后端的纬度调节螺栓，旋紧前端螺栓（如果有需要的话）。

CGEM 的赤道仪的高度角调节范围约为 15 度到 70 度。

通常，在高度上调节赤道仪最终的好方法是通过调节赤道仪（即用纬度调节螺栓）来抬高赤道仪。要进行该操作请先松开两颗纬度调节螺栓并推动赤道仪前端使其降低。然后旋紧后端调节螺栓使赤道

仪达到想要的纬度。



图 7 调整赤道仪的方位角

(2) 方位角调整

如果要进行方位角的粗调，仅需要简单地搬起望远镜和三脚架，移动就行了。进行方位角的精密校准步骤如下：

旋转方位角槽两边的方位角调节螺栓。当站在望远镜后面的时候，螺栓位于赤道仪的前部。

顺时针旋转右部的调节螺钉使赤道仪向右移动。

顺时针旋转左部的调节螺钉使赤道仪向左移动。

两颗螺丝都能推动三脚架云台上的榫头，这意味着必须在旋紧一颗的同时松开另一颗。固定赤道仪到三角架的赤道仪固定螺栓需要稍微松开些。

请记住只能在极轴校准过程中对赤道仪进行调节。一旦完成了极轴校准，请勿再移动赤道仪。

3. 11 启动 CGEM

CGEM 可以使用 12V 车载电源供电或者可选的 12V AC 电源适配器。请只使用星特朗提供的电源适配器。使用其他适配器也许会破坏电子元器件，或者导致望远镜不能操作。

1.用车载电源（或 12V AC 电源适配器）启动 CGEM，只要把圆柱形插头插入控制面板 12V 电源插座中，把另一端插入车子或者便携式电源的电子点烟器接口。

2.按下电源开关启动 CGEM，开关位于控制面板的 12V 电源插座旁边，按下“On”。

3. 12 手控器

CGEM 望远镜通过星特朗的 NexStar 手控器控制。手控器能够自动导向 40, 000+的天体，下面是关于 CGEM 的 NexStar 手控器的一个简要描述：

1.液晶显示器（LCD）窗口：上下两行、16 个字符显示屏，舒适的背光用来阅读望远镜的说明和滚动文本。

2.校准键（Align）：命令 CGEM 利用一颗星或者一个天体作为校准位路。

3.方向键（Direction Keys）：能够完全控制 CGEM 指向任何方向。使用方向键能够使望远镜指向一开始的校准星或者使天体位于目镜中。



图 8 手控器

4.目录键（Catalog Keys）：NexStar 手控器有几个按键能够直接在数据库里选择需要的目录。手控器包括数据库里的以下几个目录：

梅西叶（Messier）- 梅西叶天体的完整清单

星云星团新总表（NGC）- 修订版深空天体新总表的完整清单

科德韦尔深空天体表（Caldwell）- NGC 星表和 IC 星表中的最佳深空天体合集。

行星（Planets）- 我们太阳系的 8 大行星再加上太阳和月亮。

恒星（Stars）- 一份 SAO 目录里的最亮恒星的汇集清单。

明细表（List）- 用于快速访问，NexStar 数据库中所有最佳以及最著名的天体都基于它们的类型或者是常用名分别细分为：

已命名恒星（Named Stars） 天空中最亮恒星的常用名清单。

已命名天体（Named Objects） 按字母表顺序的超过 50 个最著名的深空天体清单。

双星（Double Stars） 按数字-字母顺序的天空中最常见的双星，三合星和四合星的清单。

变星（Variable Stars） 经过选择的最亮且星等变化周期最短的变星清单。

星群（Asterisms） 一份独一无二的清单，含有天空中最容易辨别的星群。

CCD 天体（CCD Objects） 一份自定义的包括许多有趣的双重星系、三重星系以及星团等，这些天体适合于 CGEM 加 CCD 拍照。

IC 天体（IC Objects） 星云星团新总表的续编。

Abell 天体（Abell Objects） Abell 深空天体星表。

5.信息（Info）：从 NexStar 数据库中显示选择的的天体的坐标以及其他有用的信息。

6.巡天（Tour）：激活巡天模式后，此模式将会查找当前日期和时刻最佳的观测天体并会自动地调整 CGEM 指向这些天体。

7.确认键（Enter）：按下确认键（ENTER），允许选择 CGEM 的任意功能，接受输入的参数，且望远镜执行这些命令。

8.撤销键(Undo): 撤销键(UNDO)能退出当前菜单并且显示上一级菜单。重复或者长按撤销键(Undo)可以退回主菜单或者是利用它来删除误输入的数据。

9.菜单键(Menu): 显示设路及功能选项, 例如跟踪速率及自定义目标及其他。

10.滚动键(Scroll Keys): 实现菜单选项的上下滚动。LCD 右边的双箭头符号表示滚动键能够查看子菜单的显示。使用这些键能够滚动子菜单。[滚动键即上下滚动键(Up/Down)(10), 以下都称为滚动键(Up/Down)]。

11.速率键(Rate): 当方向键被按下时能迅速改变电机的速率。

12.RS-232 接口: 可以接入电脑, 并且遥控 CGEM。

3.13 校准步骤

为了使 CGEM 能精确指向天空中的天体, 它必须首先利用天空中天体的坐标位路进行校准。利用这些信息, 天文望远镜能建立一个天空的模型, 这个模型将会建立坐标系来帮助定位任何天体。有很多方法可以校准 CGEM, 这取决于用户所能提供的相关信息: 两星校准(Two-Star Alignment)要求输入的时间和位路信息, 并要求用户自己选择两颗校准星, 然后望远镜会自动转向他们。一星校准(One-Star Align)和两星校准相同, 但只需要使用一颗恒星用来校准。太阳系天体校准(Solar System Align)能列出一些白天可见的天体(行星或者月亮)来进行天文望远镜的校准。快速校准(Quick-Align)将会要求输入以上自动校准所需的日期和时间信息。但是望远镜不会转向校准星进行路中和校准, 望远镜会跳过这个步骤, 然后会基于给定的信息, 简单地建立天体坐标系模型。最后校准>Last Alignment)能恢复上一次保存的星体校准信息和归零位路(switch position)。万一望远镜断电, 最后校准同样能够使用。

(1) 启动步骤

1.按确认键(ENTER)开始进行校准步骤。

2.手控器会显示并要求使用者先设路赤道仪的基准位路。手动或者使用手控器转动赤道仪, 使赤经轴和赤纬轴的指针标记(Index Marks)分别对齐(见图 3-2)。按确认键(ENTER)继续。

- 手控器会显示上一次输入的时间、时区和日期。
- 使用滚动键(Up/Down)选择当前参数。
- 按确认键(ENTER)同意当前参数。
- 按撤销键(UNDO)输入当前日期、时间和经纬度信息。手控器显示屏上会显示以下信息:

经纬度-手控器将会显示一系列可供选择的清单。从数据库中选择离观测地点最近的城市。日期-输入观测时的月、日、年。显示为 mm/dd/yy。

(2) 两星校准

两星校准需要用户选择两颗星的位置来校准望远镜。下面是关于两星校准的步骤:

1. 使用滚动键(UP/Down)从菜单中选择两星校准(Two-Star Align), 基于已输入的日期和时间信息, 手控器会自动选择一颗位于地平线上的亮星并显示在显示屏上。

- 按确认键(ENTER)选择这颗星作为第一颗校准星。

- 如果由于一些原因这颗校准星看不到（也许被树或者建筑物挡住了），按撤销键（UNDO），手控器会自动选择下一颗最亮的星。

- 或者可以使用滚动键（Up/Down）浏览整个已命名恒星（Named Stars）的清单，从 200 多颗校准星中选择任意一颗。

2. 望远镜将自动转向第一颗校准星，在转动停止后，显示屏会提醒使用方向键将该星居于寻星镜的十字丝中心。在居于寻星镜中间之后，按下确认键（ENTER）。

3. 接下来显示屏会告知要将该星居于目镜视场的中心，然后按下校准键（ALIGN）。

4. 在第一颗校准星成功之后，手控器会自动选择第二颗校准星，然后重复上述过程。

当望远镜两颗星都校准完之后，显示屏上会询问是否要添加定标星（Calibration Stars）。定标星通过补偿望远镜光学部分和基座之间的细小的光学-机械不重合误差，来改进望远镜的指向精度。因此这是一个很好的方法，添加至少一颗定标星来改进望远镜的全天指向精度。

5. 按确认键（ENTER）选择一颗定标星。选择星的方法和之前的两颗校准星一样，然后按下确认键（ENTER）。将会注意到显示屏上的定标星与刚才的校准星的位置不同，分别位于天子午圈的两侧。这对于赤道仪的高精度定标是很重要的。

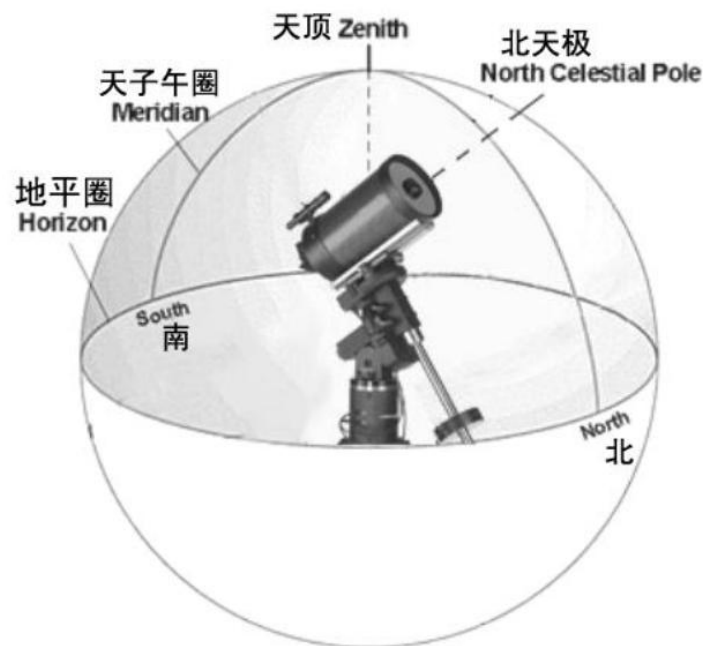
然后可以选择继续添加定标星或者按撤销键（UNDO）完成校准。

添加定标星的注意事项：

- 尽管对于偶尔观测来说，添加定标星是不必要的，但还是推荐添加三颗定标星来增强指向精度。
- 用靠近天赤道的星比靠近极轴的星作为定标星能得到更佳精度。
- 如果从初始校准开始，赤道仪就没有被移动过，可以不使用定标星，但是如果主镜筒不论什么原因被移动/转动过，都需要重新校准/定标。

（3）一星校准

一星校准和两星校准的步骤一样，但只需要用一颗星来校准。一星校准不如两星校准精确，推荐使用在基座永久固定式并且极轴精确校准的望远镜上。



(4) 快速校准

快速校准使用开机时输入的所有日期和时间信息进行校准望远镜。但是，望远镜不会转向校准星，望远镜会跳过这个步骤，然后会基于给定的信息，简单地建立天体坐标系模型。这能让粗略地找到明亮的天体，比如月亮和大行星，然后会把需要跟踪的天体的信息传给望远镜（这个依赖极轴校准的精度）。快速校准并不适用精确定位小而暗的深空天体，或者高精度跟踪拍摄。

使用快速校准，只要从校准选项里选择快速校准（Quick Align），然后按确认键（ENTER）即可。望远镜将会自动使用输入的日期/时间参数来校准它自己，并显示校准成功。

(5) 选择一个天体

现在望远镜已经被校准完毕了，可以从 CGEM 望远镜庞大的数据库里选择一个天体了。手控器上有一组按键（4），对应数据库里的相应目录分类。从数据库里选择天体有两种方法：滚动天体名字列表和输入天体编号。

四 实验内容

- 1、 标注本实验用天文望远镜的主要部件，并说明其用途。
- 2、 简述什么是 CCD，并给出评价 CCD 性能的指标。
- 3、 简述通过天文望远镜的观测月球或者木星的实验步骤。
- 4、 通过星图软件查询给出本地观测月球的月相信息、并给出观测结果。
- 5、 通过 registax 软件对木星 CCD 视频进行处理，并给出处理后的图像。