

一种校准 R-C 和其他卡塞格林家族望远镜的方法

版本 1.0

Rich Simons – Deep Sky Instruments

翻译: 巨神像

简介

本文描述了一种校准 R-C 和其他卡塞格林家族望远镜的方法；
该方法非常简单而且不需要副镜中心的标志或校准目镜；
该方法实际就是反复消除轴上彗差和离轴像散的过程；
所有的照片都是在焦外拍摄的。



www.DeepSkyInstruments.com
support@DeepSkyInstruments.com

传统校准方法

这部分不看也无所谓，主要就是说用校准目镜进行校准的概述，以及使用这种校准方法存在的问题，然后就是夸我们研究出来的这种方法有多么多么好。。。  不过人家总结的确实很到位！！！！

传统校准方法

作为比较，我们先简短的介绍一下传统的校准 R-C 望远镜的方法。更详细的介绍可以在其他资料中找到。

传统的校准方法分两步。首先，我们通过调整副镜使副镜中心的小圈和校准目镜视野里的中心重合。然后，调整主镜使内部的挡板同心。下图展示了使用高桥校准目镜校准 R-C10 望远镜的过程。



右图显示的是校准之前的样子。

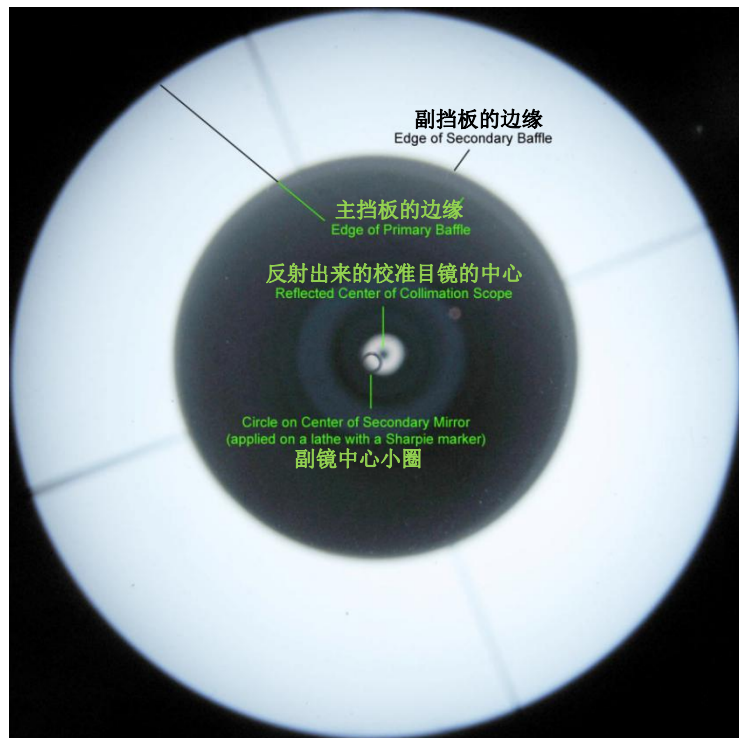
校准目镜里的视野就是透过主挡板观察副镜。

我们透过主挡板看到的所有像都是副镜反射的像。正因为是如此，你可以想象成你位于副镜的中心，向校准目镜的方向看。当你从视野的中心向外看的时候，你就会看到主挡板的内部。通过主挡板的边缘，您将看到主镜和反射在其中的任何东西。副挡板的边缘在主镜和副镜中都有反射。

第一个校准步骤是调整副镜，使校准目镜视野的中心落在副镜中心小圈的正中央。然后一步就是调整主镜，使所有挡板边缘都是同心的。

传统校准方法存在的问题

传统的校准方法引用了系统中的几个物理点，并且依赖于某些假设，这些假设可能是真的，也可能是假的。首先，该方法需要在副镜上有一个中心点(或圈)。这个点通常位于副镜的物理中心。它假定副镜的机械中心也是副镜的光学中心。



此外，该方法还用到了主挡板和副挡板的边缘。它假定这两个挡板与 OTA（望远镜桶）同轴，并且系统光轴最终也将与这些轴同轴。

至少在某种程度上，以上的情况都不会同时发生。这就是为什么经常有人说，当校准视野调整到与传统的校准方法呈现的视野一致时，望远镜仍然表现不佳。相反的，一个被校准的非常完美的望远镜在校准目镜中观察到的视野可能看起来像没有校准过一样。

下面是一些具体的问题示例：

1. 副镜中心没有中心点标志（小圈）。
---- 无法用校准目镜去校准副镜。
2. 副镜中心的标志与其光学中心不一致。
---- 会导致副镜校准错误。
3. 主镜光学中心与视野的中心不一致。
---- 光轴和机械中轴不共线。
4. 副镜的中心点标志与副镜的中心不重合。
---- 第二步会失败或导致校准错误。
5. 在调整主挡板和副挡板时没有精确同心。
---- 第二步会失败或导致校准错误。

6. 就算是已经校准好了，但是在望远镜的搬运过程中发生了碰撞仍然会影响镜子性能的发挥。

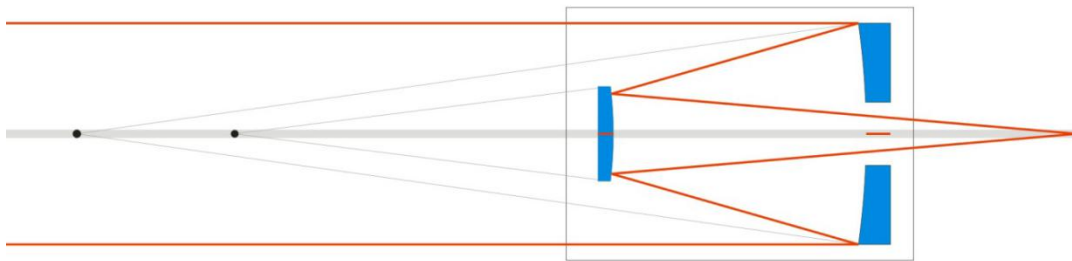
---- 谁知道还会有什么问题发生？

就算是可以在望远镜出厂时就调整好，但没有多少制造商会去这样做。虽然在生产中会产生制造误差，但许多人还是信赖制造商生产的产品质量是符合要求的，可是传统的校准方法并不能很好的消除这种制造误差。一些制造商允许组装好副镜之后再去调整副镜，但是对于那些没有经过训练的人来说，这样的调整可能会有问题。最后，如果副镜的中心标记不正确，则传统方法无法获得最佳校准。

但传统的校准方法也有优点比如校准方法比较简单，且在白天就可以进行。

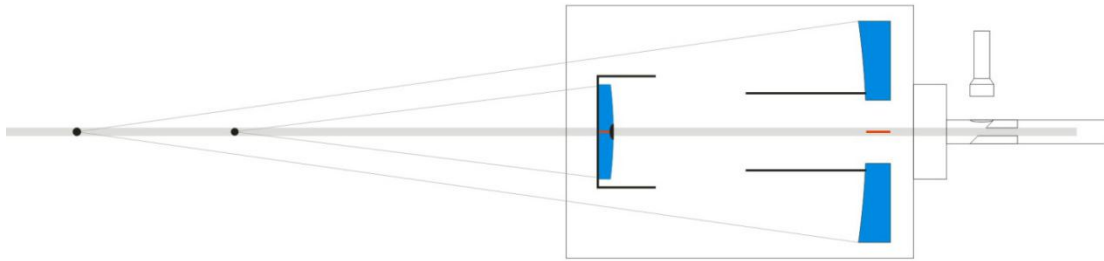
另一种看待校准的方法

如果只考虑主镜和副镜，通过简单地将主镜指向副镜的光学中心，并将副镜指向主镜的光学中心，您就可以对系统进行校准。上述说法虽是正确的，但前提是不管镜子的其他任何特征，如挡板位置或副镜中心点。但光学系统与 OTA 还有独立的关系。下面让我们看看到底是怎么回事。



这是一个被完美校准过的系统。移动任何一面镜子将改变完美的校准结果。现在我们可以向系统中添加副镜中心点、主挡板、副挡板和校准目镜。那么理想情况

下应该是下图这样。



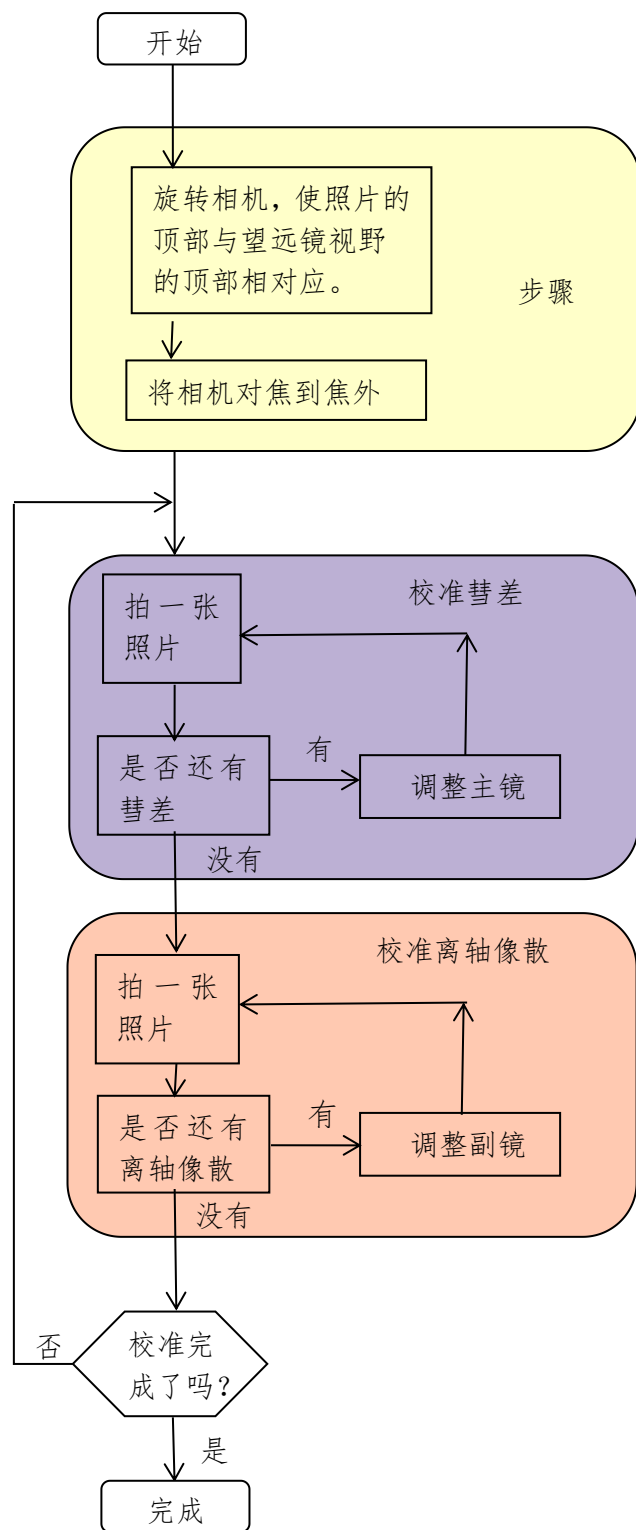
现在，从校准目镜的视野看，副镜光斑看起来是位于中心的，挡板也是同心的。但是，这些加了这些部件后会产生一个假象，使系统看起来像未校准的。(尽管系统已经是校准过的了)。这个地方实在是翻译不明白，其实大概意思就是尽管系统已经被完美的校准了，但是你瞅它好像还是没校准一样。。。任何想要使系统看起来更好的(通过校准目镜看)对主镜和/或副镜的调整，都将导致系统不再完美。

一些制造商在望远镜出厂时会进行校准，对挡板进行调整，并尽可能将副镜调整至中心。这可能会有帮助，但还远远不够。因为如果望远镜在装运过程中发生了变化，几乎没有办法知道发生了什么变化或如何修复。

DSI 校准方法-概述

校准程序概述

该程序采用的方法是首先通过调整主镜的倾斜来消除彗差。然后，通过调整副镜的倾斜来消除离轴像散。这个过程是反复迭代的，并且能快速收敛到一个良好的准直条件。下面的流程图说明了这个过程。



本文档后面将给出详细的过程。

DSI 校准方法-理论

理论

许多校准卡塞格林望远镜的方法都依赖于副镜中心的标记。然后就会用到校准目镜将副镜的光学中心与校准目镜视野里的光学中心对齐。这只有当校准目镜比较精确的情况才能进行校准。同时还存在一个问题，那就是副镜上的中心点通常标记的是它的机械中心，而不是真实的光学中心。

一些现行校准程序的另一个问题是，它们依靠内部挡板环和边缘作为校准的标准。这依赖于在机械和光学上的一切都是完美的，但很少是这样的。例如，如果主挡板稍微离轴，或者产生的光轴不完全位于 OTA 的机械中心，那么就算挡板都是同心的也不会产生准直的光学系统。

主镜和副镜的机械中心几乎都不是光学中心。它们可能相差千分之一英寸至十分之一英寸或更多 (1 英寸=2.54 厘米)。这些误差在仪器的装配过程中并不被重视。这些误差对我们马上要介绍的校准方法来说基本没有影响。光学分析和实际经验都表明，在这些类型的问题存在的情况下，这个方法也能产生了良好的疗效。

该方法既不依赖于副镜的中心点，也不依赖于对齐内部的挡板。它易于执行并能快速达到校准结果。用它校准之后的图像在整个成像区域都有良好的效果。该程序的最终结果是在像场的每个角落都提供了最佳校准处理。它能产生平衡的结果。也就是说，任何残留的光学伪影都被最小化，并且在整个图像中保持一致。星点只在图像的一角被拉长的情况通常就是不平衡的结果。

这个方法利用了大多数卡塞格林望远镜的一个特点，那就是主镜和副镜的调整是如何相互作用的。具体来说，对副镜的调整将影响离轴像散和由此产生的图像的总体平衡，它同时也会影响轴向彗差。然而，对主镜的调整主要影响轴向彗差。这是一个快速收敛的过程。还需要注意的是，对副镜的调整所引起的任何彗差都可以通过与主镜同样的但是是反向的调整来消除。

关于镜面光学中心的一点注记

镜子的机械中心不一定是它的光学中心。因为没有直接的方法来确定反射镜的光学中心。理想情况下，您希望主镜和副镜的光学中心位于 OTA 的机械轴上。但大多数制造商在机械可控公差范围内都会直接把每一面镜子的机械中心当成是光学中心。

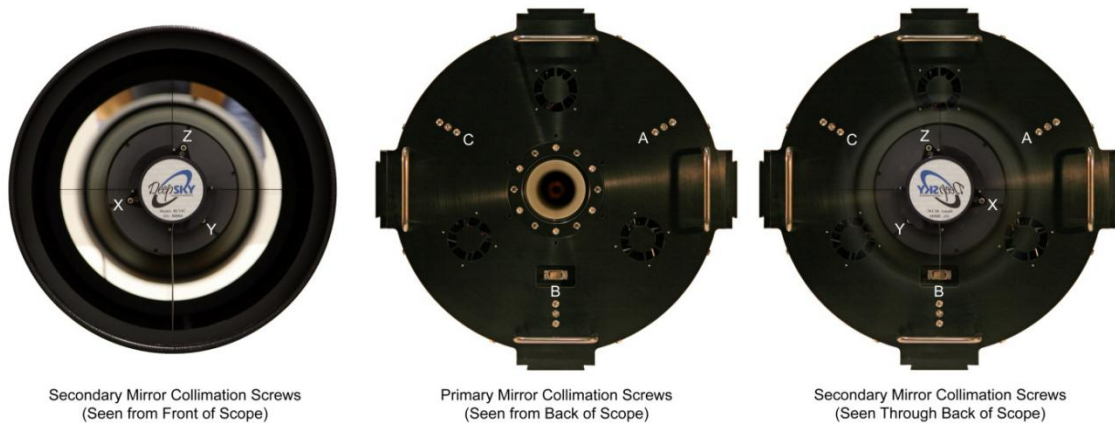
本文所描述的新方法不依赖于反射镜的光学中心。相反，该校准是基于提升 CCD 图像质量的一种优化程序。

DSI 校准方法-协议

调节螺丝

在讨论校准程序之前，应来先了解调节系统的机械构造。以 R-C14C 为例。主镜和副镜的倾斜可以通过三套校准螺丝来调节。每套螺丝之间相隔 120° 。从镜子的尾部向前看，主镜的校准螺丝从 12 点方向顺时针依次标为 A、B 和 C。同样的，副

镜的校准螺丝从 12 点方向顺时针依次标记为 X、Y 和 Z，如下所示。



这是从镜子的后面向前看所有 6 套校准螺丝的位置。

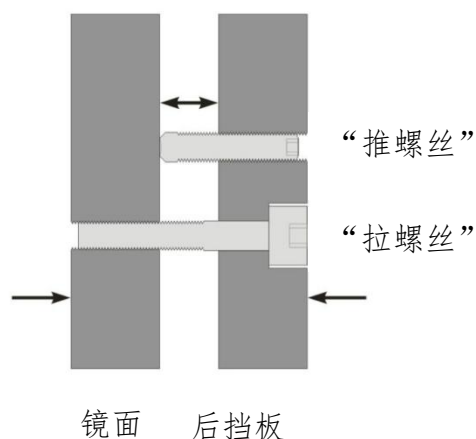


每套主镜校准螺丝还由三个单独的螺丝组成。中心的螺丝是“拉螺钉”，周围的两个螺丝是“推螺丝”。每组的两个“推螺丝”应以大致相等的力紧固。这就能减小在主镜上产生的任何扭矩。每套副镜校准螺丝由两个独立的螺丝组成。外螺纹的为“拉螺丝”，内螺纹为“推螺钉”。如上图所示。在 R-C8 上，主镜的调节螺丝每组只有 2 个，一个提供推力，另一个提供拉力。而在副镜上每组只有 1 个调节螺丝。

调整校准螺丝

为了使主镜或副镜倾斜，可以调整一组或多组校准螺丝。为了使镜面的一侧更接近一组螺钉，应该按照拧松“推螺丝”然后再拧紧“拉螺丝”的顺序。为了使镜面的一侧远离一组螺钉，则应该按照拧松“拉螺丝”并拧紧“推螺丝”的顺序。为了

保证镜片的安全，每次调节只需轻到中等的力量，但如果发现校准的还不够，可能需要更多的力。



- ※ “推螺丝” 将后挡板推远
- ※ “拉螺丝” 将后挡板拉近
- ※ 想要使后挡板远离
 - 松开 “拉螺丝”
 - 拧紧 “推螺丝”
- ※ 想要使后挡板靠近
 - 松开 “推螺丝”
 - 拧紧 “拉螺丝”

为了调整指定的校准螺钉，通常会给出调整的名称、方向和数量。

校准螺丝调整示例

主镜校准螺丝调整示例

“把 A 拧紧 1/4” 是指通过拧紧 1/4 圈的“A”的“拉螺钉”来进行调整。具体方法是先松开对应的“推螺丝”，然后拧紧“拉螺钉”1/4 圈，最后再用大致相等的力去拧紧“推螺丝”来完成的。用轻到适中的扭矩拧紧，不要拧过劲。

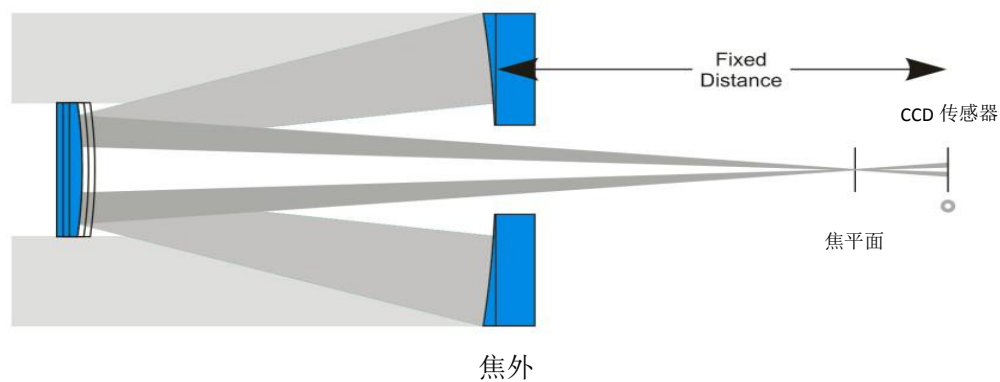
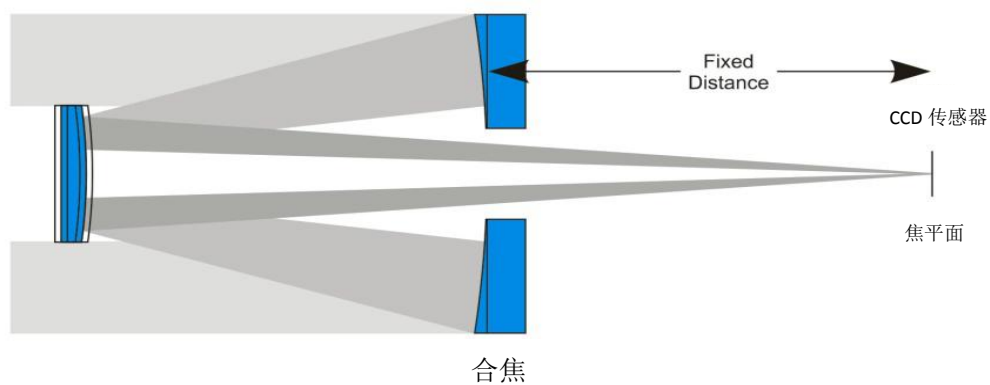
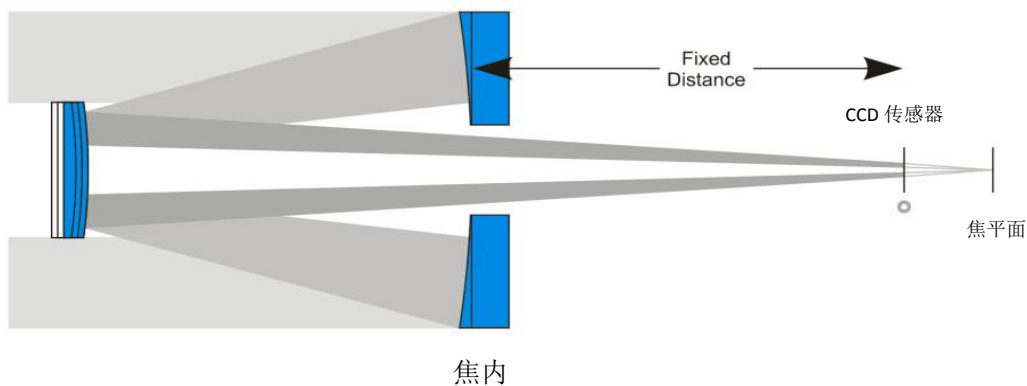
副镜校准螺丝调整示例

“把 Y 松开 1/8” 是指通过松开 1/8 圈的“Y”的“拉螺钉”来进行调整。具体方法是先松开对应的“拉螺丝”1/8 圈，然后拧紧“推螺钉”。用轻到适中的扭矩拧紧，不要拧过劲。

调焦位置和方向

校准调整是基于对焦外拍摄的离焦图像当做参考的。下面的最后一幅图片就是焦外的情况。为了拍摄焦外图像，你需要把焦平面从一个合焦的位置移进去。这意味着副镜应该移向次级调焦器，并且远离主镜。调焦座上的 IN 按钮就是控制这个用的。对于 R-C14C 来说，要想调整到焦外通常需要从合焦的位置按 IN 按钮 50 次。如果是使用外部调焦器的话则需要把 CCD 传感器平面从合焦的位置向远离望远镜的方

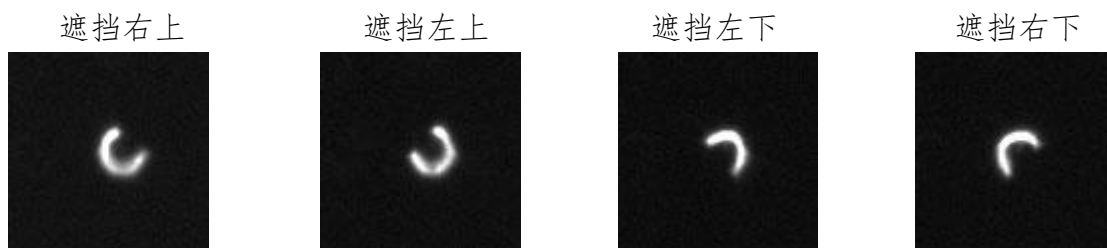
向调整。



可能是 R-C14C 的构造与 R-C8 不同吧，R-C8 并没有什么 IN 按钮，其实调到焦外没他说的那么复杂，整个过程就是先把调焦座拉到最长，然后向内调（往调焦座缩短的方向调）发现星点由特别大的一个圈慢慢变小，快成为一个点但还仍是一个圈的时候即是焦外，再将调焦座向内调，星点成为一个细点，即是合焦了（可能不是特别准确），继续向内调，星点又变回一个圈即是焦内。我们要的是焦外的图像，所以在合焦的那个位置再把调焦座再往外调回来一点就又回到焦外了。有点绕口，自行脑补吧！

相机传感器定位

建立相机图像传感器与望远镜之间的关系是非常重要的。当望远镜的一个象限被遮住时，这种关系可以由观察到的恒星的焦外图像定义。根据我们的惯例，望远镜被遮住的象限位置被定义为从望远镜的后面向前看。如果您的相机拍出的图像的缺口与望远镜被遮住的象限的位置不一致，则需要翻转和/或旋转图像。当然也可以任意的旋转你的相机，以达到预期的结果。为了确保你的相机的方向是正确的，你至少需要在遮住两个不同的象限的情况下拍摄两张照片作为对比。（说白了就是遮住望远镜的一个角，看照片缺哪个角，如果不对应，就旋转相机，直到让他俩始终一致就得了！不推荐不动相机只通过旋转图片使之对应，因为后面要通过图像反推该动哪个螺丝，每次你都得逆着顺序把图片先还原，整几次你就脑瓜子就得嗡嗡的。。。）



记住，遮挡的位置都是从望远镜的后面向前看的。如果从望远镜的后面看是“右上”的话，那么从前面看就是“左上”。

DSI 校准方法-轴上的校准

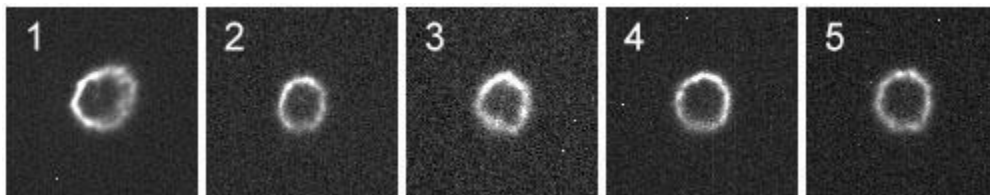
通过校准主镜消除彗差

校准主镜的轴上彗差有很多种方法，任何你习惯的方法都可以。我们使用的方法是观察轴上、焦外恒星图像的相对光强。当星点图像的光强不均匀时，就是产生了彗差。

调整原则：星点图像哪一侧亮，就拧紧与对应的主镜的“拉螺丝”。

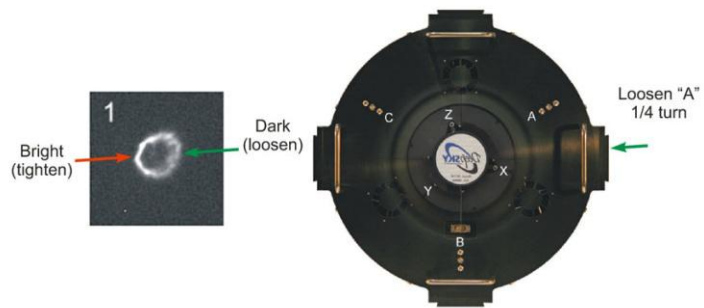
举个例子

这是一个消除轴上彗差的例子。选择一颗离你图像的中心相当近的星点。调整焦点，使图像在焦外。这倒不是关键。下面的图片是基于所选星点一秒曝光的亮度。每次曝光后，对主镜进行调整。

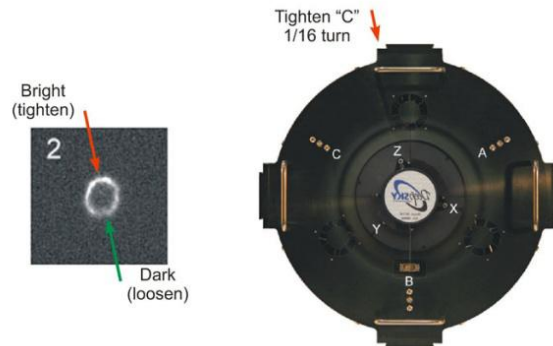


下面的各图显示了各种情况的调整方法。

左下更亮。
 松开 1/4 圈的 “A” 。
(因为主镜在左下没螺丝可以拧紧，所以就拧松对面的)

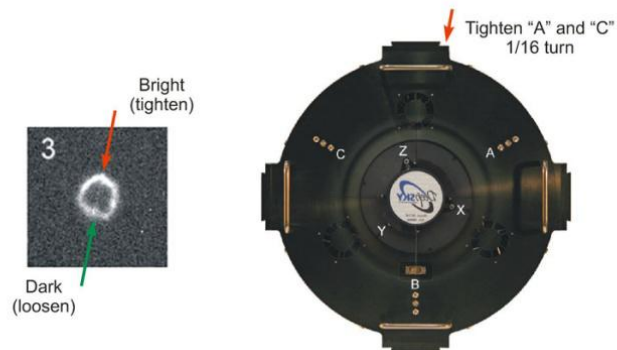


左上更亮。
 拧紧 1/16 圈 “C” 。

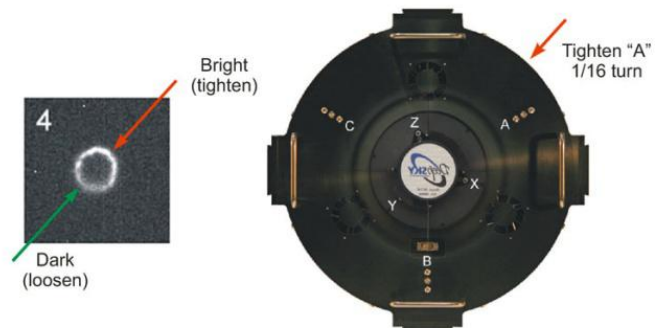


右上更亮。
 把 “A” 和 “C” 都拧紧 1/16 圈。

(有的同学要问了，右上亮你拧 C 干啥？因为 C 那个位置也亮，所以这个应该是整个上面和偏右都亮，注意看图中红色箭头方向的区别)

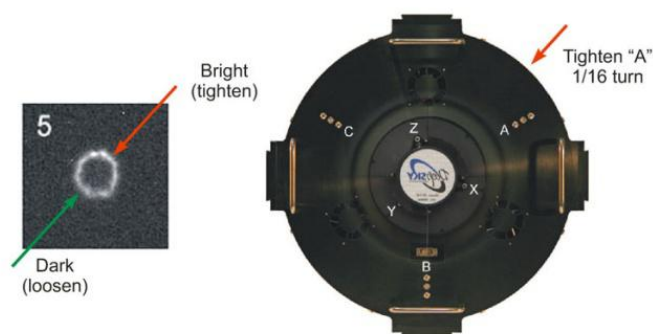


还是右上亮。
 拧紧 1/16 圈 “A” 。
(注意看图中红色箭头的方向，这个就是纯右上方向亮了，所以只拧 A)



右上亮。
拧紧 1/16 圈 “A”。

注意：调成这样就可以进入步骤 2 了。



DSI 校准方法-平衡图像

平衡图像

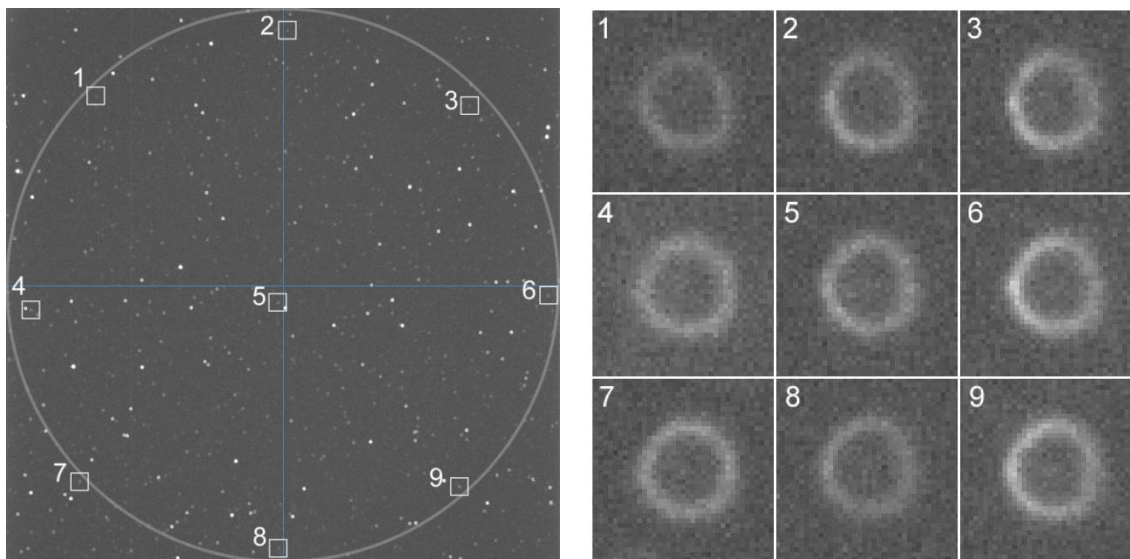
在一个准直的、旋转对称的光学系统中，任何由其产生的图像也应该是旋转对称的。我们称之为“平衡”。在一个平衡的系统中，离轴的星点也会被精确的对焦，产生精确的星点图像。这当然是我们的目标。

一张平衡的图像

下图是一副平衡的图像的例子

www.DeepSkyInstruments.com/collimation/example_balanced.fit (33MB)

www.DeepSkyInstruments.com/collimation/example_balanced_compressed.fit (15MB)



左边这幅图像是由 DSI 使用 R-C14C 望远镜 (14.5", f/7.0, 2557mm) 和柯达 16803 ($9\mu\text{m} \times 9\mu\text{m}$, 4096x4096) CCD 拍摄的。视场大小约为 $0.85^\circ \times 0.85^\circ$ 。曝光时间为 10 秒，但从 5 秒到 30 秒不等都是可以的。赤道仪应该做精确的极轴对准以保证跟踪精度。不要偷懒粗对极轴而使用较短的曝光时间。

右边的图像是由 9 颗星点图像组成的组合。这 9 颗星点的图像取自离轴距离大致相等的周边星点图像。

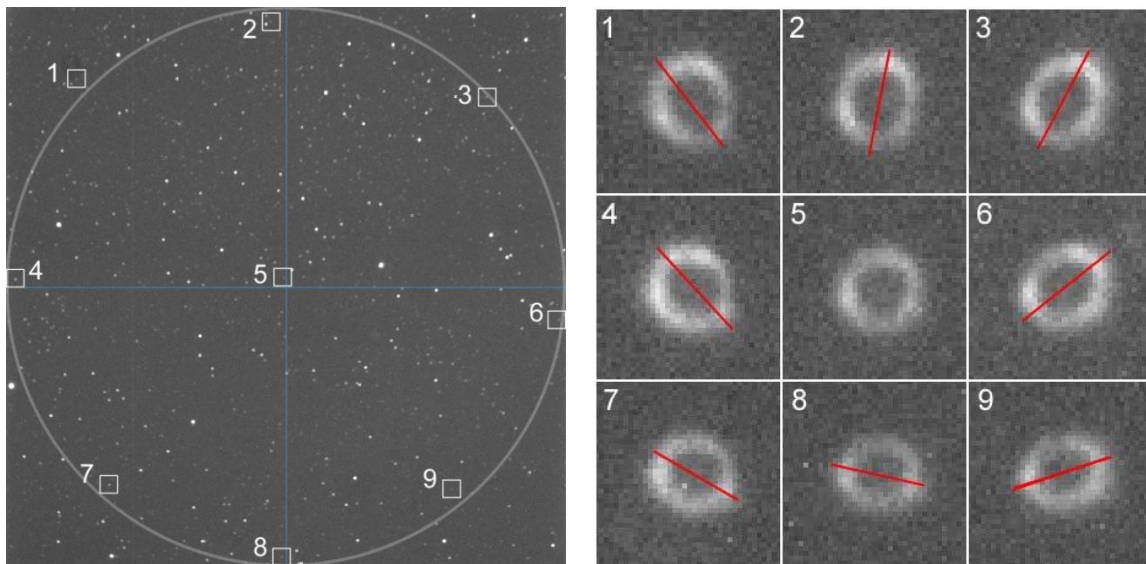
右边所有的周边恒星图像大致都是圆形并且是相似的。它们是旋转对称的。也就是说，从图像的中心看，它们看起来都是一样的。保持了良好的平衡。在光轴上的恒星图像 5 的亮度均匀，表明没有明显的轴上彗差。该系统具有良好的准直性。

一副不平衡的图像

相比，下图是一副不平衡的图像的例子

www.DeepSkyInstruments.com/collimation/example_unbalanced.fit (33MB)

www.DeepSkyInstruments.com/collimation/example_unbalanced_compressed.fit (15MB)



左边的图像是在与前一图像相同的条件下使用同样的系统拍摄的，曝光时间为 30 秒。

周围的星点不再是圆的，而是椭圆的。它们不是旋转对称的，表示存在离轴像散。在光轴上的星图 5 亮度是均匀的，表明没有轴上彗差。

每颗椭圆形恒星都有一个长轴(用红色表示的长轴)和一个短轴。这些周边星点的长轴与图像中心的关系表明系统不是准直的。星点图像呈椭圆程度的大小也表明了系统偏离准直程度的多少。

当你沿着一个不平衡的图像周围移动时并观察这些离轴椭圆形星点的长轴，你可能会注意到长轴会旋转 180 度。此外，在周边图像的某个位置，长轴将指向图像的中心。我们称这种长轴指向图像中心的星点为“指向型星点”。在“指向型星点”的正对面，你会发现那的星点的短轴指向图像的中心。我们称这种短轴指向图像中心的星点为“扁平型星点”

原文为“pointy” stars，我们姑且翻译成指向型星点吧，看图也是这个造型，只是个名字而已。扁平型星点也是同理（原文“flat” stars）

圆的，椭圆的，指向型的和扁平型的星点

让我们用另一种方式来说明椭圆形周边星点及其与图像中心的关系。我们将用前面那个不平衡的例子。

以下是同一事物的三种表现形式。

图 1 实际的周边和中心星点的图像。

图 2 ZEMAX 射线追踪程序 (一种光学分析软件) 生成边角星点和中心星点的光斑图。通过移动右上角的副镜(仍然是从望远镜的后面向前看)使其远离主镜使该系统不再准直。然后对主镜进行调整消除彗差。

图 3 用 CAD (computer aided design 计算机辅助设计) 画的同样的非准直系统的中心和边角的星点图。

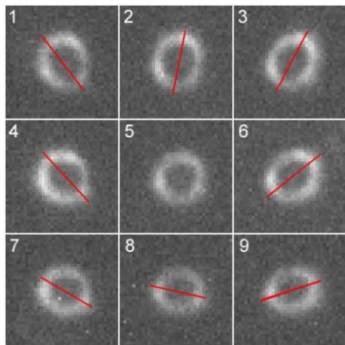


图 1
实际星点图

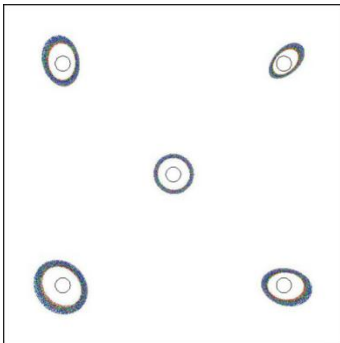


图 2
ZEMAX 生成的星点图

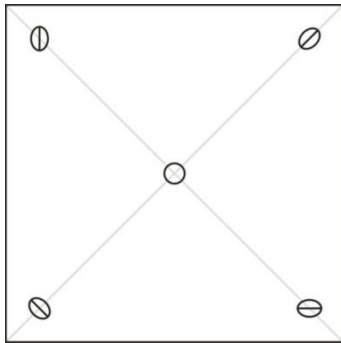


图 3
CAD 画的星点图

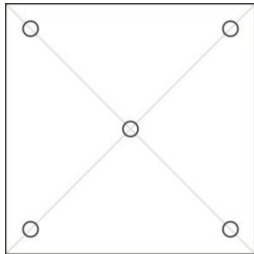
让我们来定义一些术语。所有这些术语都是对焦外的周边星点的图像而言。

- 圆星 星型是圆的。
- 椭圆型星 星型是椭圆的。
- 指向型星点 星型是椭圆形的，它的长轴指向图像的中心(在本例中右上)。
- 扁平型星点 星型是椭圆形的，其短轴指向图像的中心(在本例中左下)。

重要提示： 术语“指向的”和“扁平的”是相对术语。并非所有具有离轴像散的设备都会有相对于扁平型星的指向型星。有些会有“更有指向性”和“没那么具有指向性”的恒星图像，而另一些则会有“更扁平的”和“没那么扁平”的恒星图像。

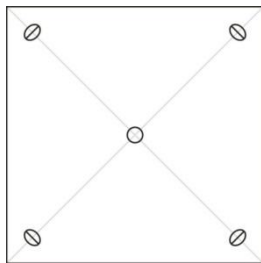
平衡的图像的例子

这里三个平衡的图像和一个不平衡图像的例子。



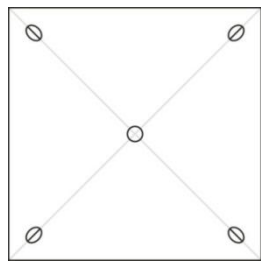
平衡的图像

所有的周边恒星都是“圆”的。图像是旋转对称的。也就是说，如果你围绕它的中心旋转，周边的恒星形状看起来是一样的。



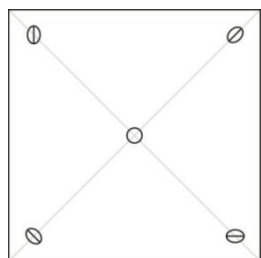
平衡的图像

所有的周边恒星都是“扁平”的。图像是旋转对称的。也就是说，如果你围绕它的中心旋转，周边的恒星形状看起来是一样的。



平衡的图像

所有的周边恒星都是“指向”的。图像是旋转对称的。也就是说，如果你围绕它的中心旋转，周边的恒星形状看起来是一样的。



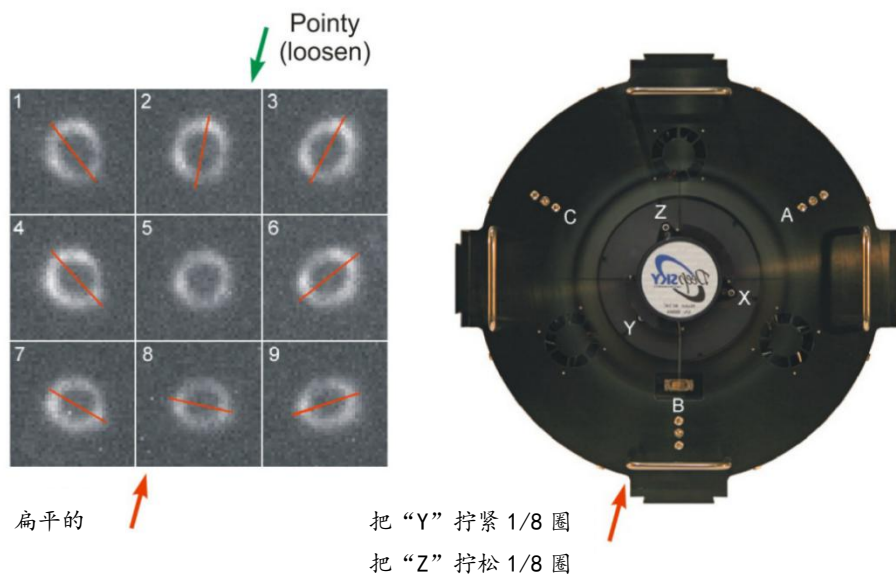
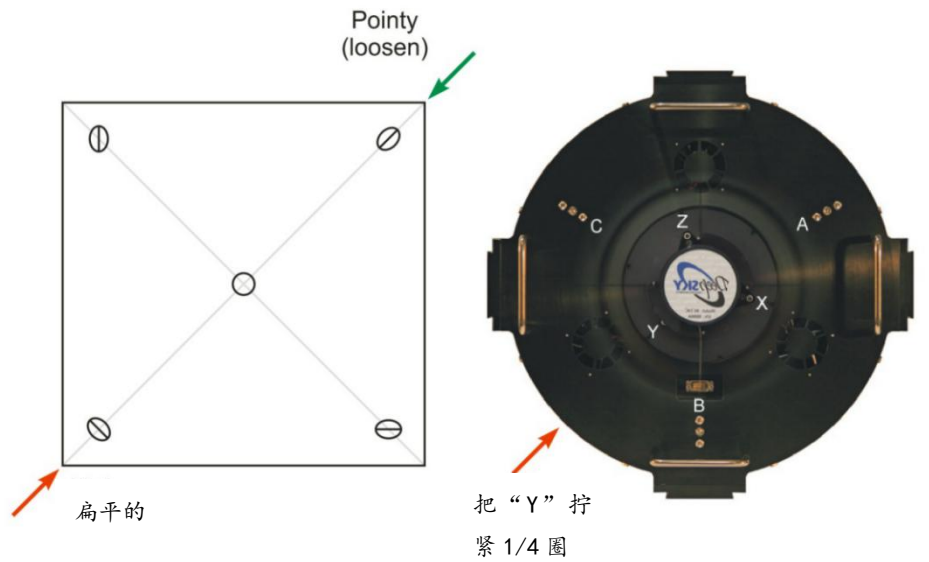
不平衡的图像

周围的恒星是混合的。“扁平的”星在左下角。“指向型的”星在右上角。

调整副镜消除离轴像散

副镜用于消除离轴像散和平衡图像。此调整应在消除轴上彗差后进行。

调整原则：哪一侧的星点是“扁平型的”，就拧紧与对应的副镜的“拉螺丝”。



DSI 校准方法-摘要

校准原则摘要

主镜校准原则:

星点图像哪一侧亮，就拧紧与对应的主镜的“拉螺丝”。这将使星点远离正在校准的“拉螺丝”。使用此方法可消除轴向彗差。

副镜校准原则:

哪一侧的星点是“扁平型的”，就拧紧与对应的副镜的“拉螺丝”。这将使星点远离正在校准的“拉螺丝”。使用此方法可消除离轴像散。

协议摘要

- 所有的引用都是从望远镜的后面向前看的。
- 所有的对焦图像都是在焦外拍摄的。
- 定位相机，使照片的顶部与望远镜视野的顶部相对应。
- 拧紧“A”的意思是拧紧对应的“拉螺丝”。
- 曝光时间是 5 到 30 秒。常用的是十五秒。

卡塞格林望远镜对比

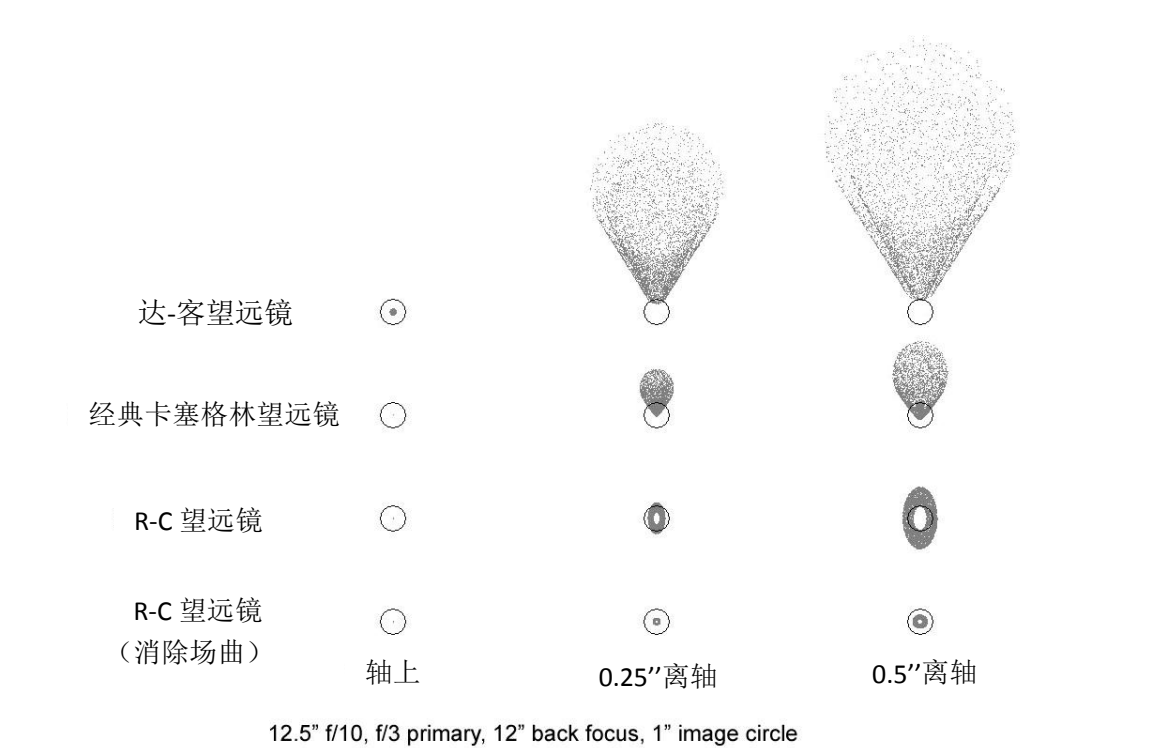
卡塞格林望远镜对比
镜面图

	主镜	副镜
达-客望远镜 1	椭圆面	球面
经典卡塞格林	抛物面	双曲面
R-C	双曲面	双曲面

像差

	场曲	色散	彗差	球差	色差
达-客望远镜	✓	✓ ✓	✓ ✓ ✓		
经典卡塞格林	✓	✓	✓		
R-C	✓	✓			

光斑尺寸 2



- 1.达-客望远镜的设计不能用这种方法来校准，因为倾斜副镜对球面没有任何影响。
- 2.图中的圈表示在视觉光谱中心的艾里斑圆盘的大小。

术语

术语表

轴上	由平行于望远镜光轴入射的光在图像中心或附近产生的星点。
离轴	由与望远镜光轴成一定角度的入射光在图像周边产生的星点。
轴上彗差	一种看起来像彗星一样的像差。
离轴像散	当恒星图像不对称于图像中心时存在的恒星图像畸变。
焦内	望远镜的焦点在相机焦平面之后。
焦外	望远镜的焦点在相机焦平面之前。
圆星点	星型是圆。
椭圆星点	星型是椭圆的。
指向型星点	星型是椭圆形的，它的长轴指向图像的中心(在本例中右上)。
扁平型星点	星型是椭圆形的，其短轴指向图像的中心(在本例中左下)。
平衡的图像	旋转对称的图像(焦外)。

要诀和技巧

要诀和技巧

- 要调整到足以清楚地看出星点的形状和特征的离焦程度。
- 更接近焦点将产生更小的星点甜甜圈，你将会看不到更多的细节。
- 为了避免跟踪问题，曝光时间通常为 5~30 秒。
- 您的赤道仪极轴必须对的很好以保证您的望远镜能准确跟踪。即使是短时间的曝光也是如此。
- 如果可能的话，在银河位置拍摄一个星场。这将有助于平衡您的图像。
- 保持一致以避免混淆。坚持所定义的惯例。
- 最好使用离地平线 70 度左右的天区拍摄的星点进行校准。
- 在一侧拧紧“拉螺丝”跟在相对的一侧松开“拉螺丝”的效果是一样的。
- 对副镜的调整会重新引入轴上彗差。对主镜施加同样的但相反的调整通常会将其移除。一旦你掌握了这个技巧就可以轻轻松松的节省你的时间。(原文为 An equal but opposite adjustment to the primary, 我有点没太理解, 但我感觉笔者的意思可能是: 对与副镜相对位置的主镜螺丝实施与副镜螺丝相同的操作, 比如在调整副镜时拧紧了“x”, 这个调整重新引入了彗差, 为了消除需要拧紧C (因为C与x位置相对,)。不一定对, 如果错了, 还请指出, 防止误导其他同好!!!)
- 这种方法对于大口径望远镜和宽视场的相机是非常有用的。
- 调整校准螺丝将会改变您望远镜各镜片之间的距离，这将改变焦点。较大的调整量可能需要你重新进行对焦。

- 校准主镜的时候只动两组校准螺丝是一个明智的选择。保留一个螺丝不要动，就可以保证不会调过头。这也适用于副镜的调整。我们建议“B”和“Z”螺丝不要动。
- 最终的校准结果应通过拍摄合焦的图像来验证。
- 在花大量时间进行校准之前，先确保您的望远镜在指向不同的天区时仍能保持准直。（意思是说镜子要稳定，别调半天调好了，一goto又歪了，你脑瓜子不得嗡嗡的？）
- 即使在光学系统中存在着各种倾斜，这一过程也能在整个成像面上都提供最佳效果。如果你用了一个旋转器，那么你必须消除相机和旋转器之间的任何相对倾斜。（翻译的有点别嘴，我大概理解他的意思应该是这样的，现在的调焦座都有旋转功能，能方便你进行构图，但是你在校准时用的什么角度，那么拍摄时就还保持这个角度，因为当你校准完再进行旋转后，如果调焦座的旋转部分的平面与相机焦平面不完美的平行，用东北话讲叫这玩意“飘了”，那么你一转，相机的焦平面就和转之前的不同了。）
- 随着你的调整越来越接近准直状态，望远镜安装的其他次要问题将会产生更大的影响。你可能需要一双更加挑剔的眼睛，把你的图像调整到更接近焦点的位置再去进行评估也许会有帮助。
- 一副只在图像的一侧显示出拉长的星点的合焦图像通常不是最佳准直状态，可以继续改进。
- 就算图像是平衡的，但可能仍然有其他问题，如安装，光学，跟踪或极轴对准。
- 校准调整将改变你的焦点。如果校准调整量很大，您可能需要重新对焦。
- 一旦你变得熟练，整个过程大约只需要 10 到 15 分钟。
- 校准望远镜的大部分时间都花在等待图像下载的过程中。在校准主镜时使用 bin 模式或者只对光轴附近位置进行局部曝光将能节省很多时间。
- 如果你记录下你的调整过程，那么必要时，你就可以回到之前的某个已知的状态。

关于 CCDInspector 的简记

CCDInspector 和其他图像评估工具都非常有用。但是请记住，在这些工具中使用的模型并不一定精确地适合于您的望远镜。如果适合，那就太好了。如果不适合，也不要惊讶。此外，这些工具所报告的信息都是相对的，因此您不能在两台望远镜之间比较它们的结果。一旦确定了哪些数据对于您的望远镜来说是好的，那么您就可以使用这些范围来对您的望远镜进行评估。

我不建议在两面镜片都能进行调整的卡塞格林系统中使用这些校准程序工具。如果你还是要使用这些工具，我的经验是，这些工具的分析过程需要对焦十分精确的图像。这意味着你在每一步校准调整后都需要重新对焦。如果你不这样做，你就会得到错误的结果。