

用 PILE&MDL 实现硬 HDR

@HG

拍摄 M42、M31 时，中心常常会过曝而没有细节，令人头疼。虽然说我个人不太喜欢为了显示细节而让星云中心亮度和周围暗云气差不多，但偶尔搞一搞还是别有一番风味。

弥补中心细节缺失的方法是 HDR，分为软 HDR 和硬 HDR 两种。软 HDR 指的是同一张图片混合不同拉伸方式来弥补亮部细节，对于不是真正过曝的片子用软 HDR 就可以了，比如下面这张 M31，中心似乎很亮，但实际上除了最核心的地方，其他地方是没有达到满井的，也就是说中心依然有细节。



这种图直接软 HDR 就行了，本篇不再讨论软 HDR。

而对于一些图而言，亮部已经达到满井，信息已经丢失，后期再怎么弄也不可能补回这些信息。比如下面这个 M42，过曝得中心都断层了，曝光数据是 F5.3 的折射镜、8300 的 CCD，单张 30min……怎么看 M42 中间也不可能有细节了。对于这种情况我们需要拍摄另一组相对较短曝光时间（保证亮度不过曝）的图像，把没过曝的图混进去，修复过曝部分的细节。



但是做硬 HDR 有一个问题，就是非线性下合成，星点大小经常会对不上（其实软 HDR 也会有这样的问题，但相对没有这么严重）。很容易理解，对于长曝光的影像，假如存在饱和的星点，一大坨亮斑，而在短曝光时间里这个星点并没有饱和，整个星点的直径远小于长曝光里的，合成一下就可能出现星点周围一圈一圈的亮斑或者暗圈，很难看。



如果线性下合成，星点能匹配得比较好，其中原因留给大家思考，这里就不多说了。但是线性下合成面临的问题更难解决：让两张图亮度匹配。如果两张图亮度不匹配，就容易出现 ringing、断层等问题，大家可以自己去试。

因此我们首先需要解决的是亮度匹配问题。

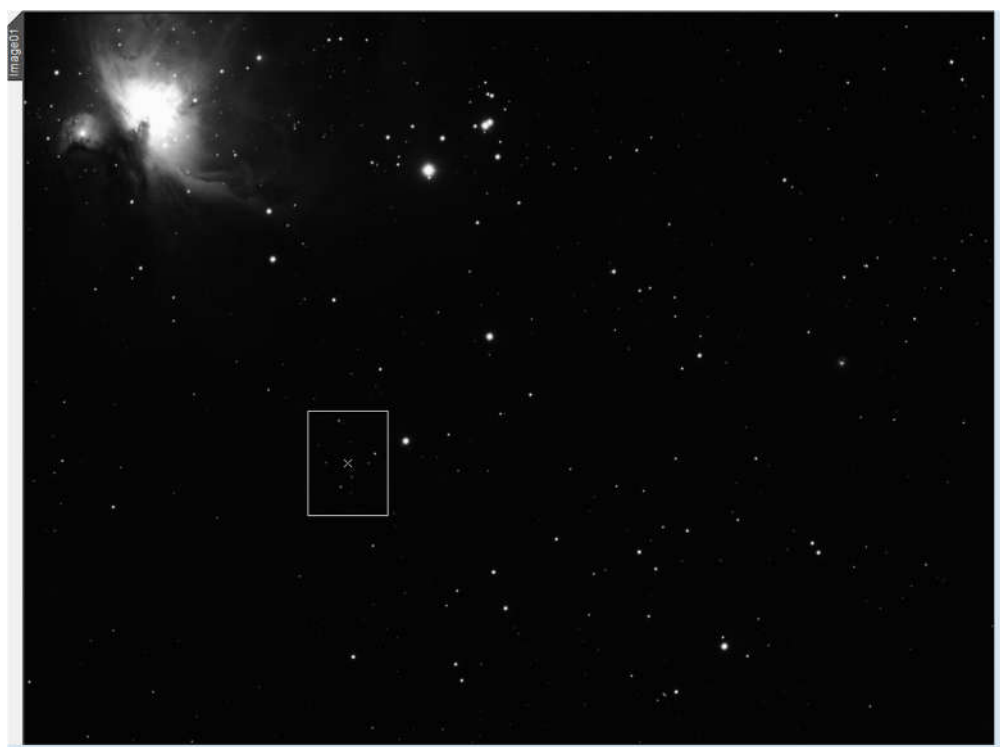
首先，我们肯定要让背景的亮度值相匹配，这个简单，框一块背景出来，长短曝光两张图的这个区域的均值都相等就行了。

但是这又出现另一个问题，亮度匹配不只是总体亮度的匹配，还有反差的匹配。如果两张图反差差得很远的话，合成之后照样会出问题。

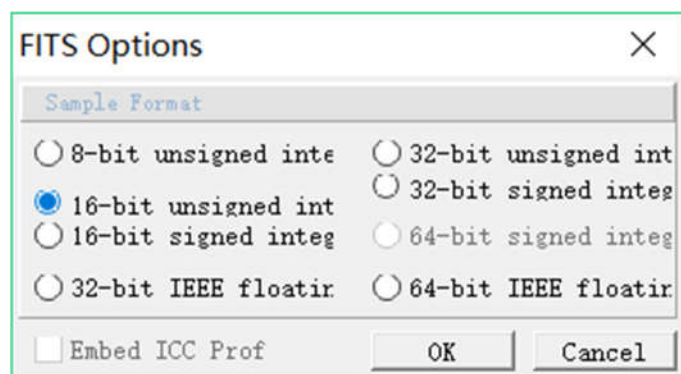
有人可能会想到用标准差衡量反差，实际上是不可行的。长曝光图在背景的信噪比一般会比短曝光的高很多——短曝光的图就修正一下亮部细节，叠这么多有意义么？那么背景区的标准差肯定是短曝光图要高出不少。而拿全图的标准差相匹配肯定也不行。

被这个问题卡死了一段时间之后，我想到一个很奇异的思路。影像中的 ADU 值，只要不过曝，是和天体亮度成正比的， $ADU = kL + b$ ， L 是天体实际亮度。如果 k 值越大，影像的反差就越大，这样就解决了衡量反差的问题。在短曝光图里找一系列不过曝的星点，记录下其亮度值，同时在长曝光里也记录下同样星点的亮度值，做一下线性回归，就能知道长曝光图和短曝光图的 k 的差异。

老杨搞过一个 M42 马赛克，长曝光是 1800s 的单张，短曝光是 1 分钟的单张。实际上这样对于硬 HDR 来说，曝光差距太大了，但是拿来做示范是没问题的。范例里的图是叠加后的线性图。先从两张图的 L 通道里面裁剪出一块区域，要求里面的星点都没有过曝。



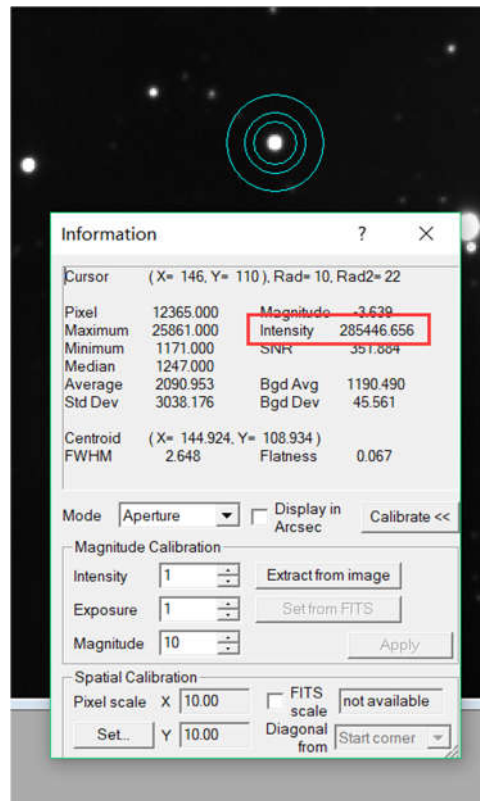
两张图都裁这一个区域。然后存为 16bit int 格式，方便 MDL 计算。32 位其实也行。



用 MDL 打开两张图。

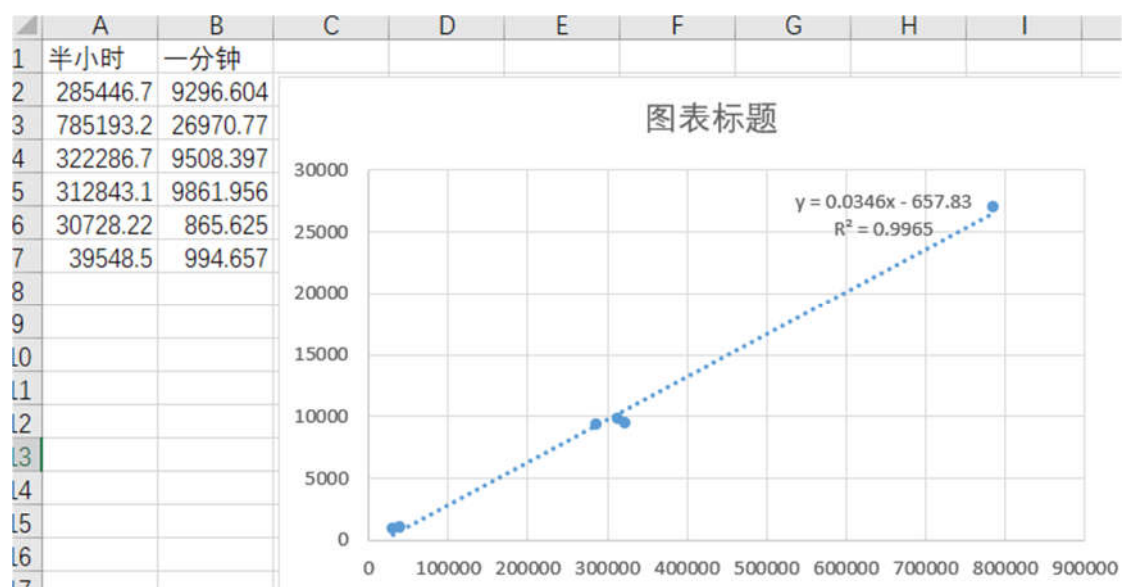


叫出 information 窗口，用孔径测光模式，看 Intensity 值，这个是整个星点的所有像素值的和，表征着星点的亮度。我们测一个 60s 图像中的星点，然后测 1800s 图像中的同一个星点，记录下这两个值。多测几组，用 Excel 表格记录。然后做线性拟合。

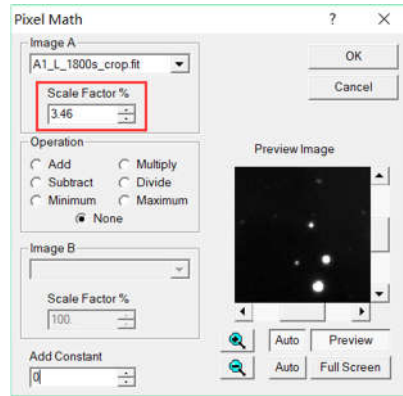


我们要做的事情是以 60s 叠加的图为基础，将 1800s 叠加的图匹配上去。为什么不是反过来？反过来你难道要让 60s 的亮部过曝吗？

以 1800s 的数据为 x，60s 的数据为 y，线性回归。

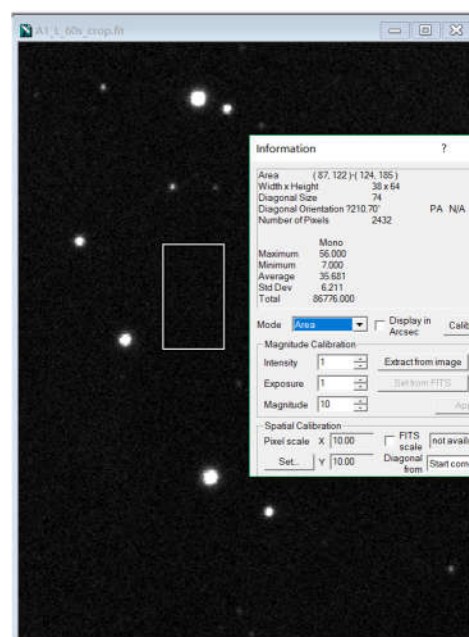
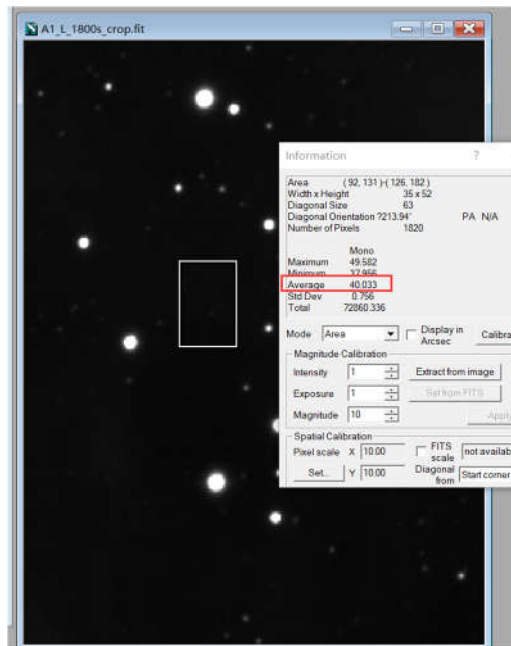


此时先不要急着用原图，还是用这两块裁剪的区域。先给 1800s 的那个乘上系数 0.0346，可以用 MDL 也可以用 PI，这里图方便用了 MDL。

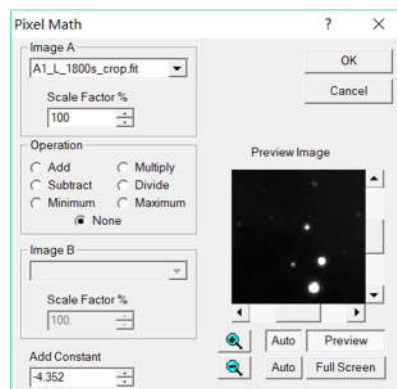


注意这个是带百分号的，0.0346 对应 3.46%，所以这里我们填 3.46。然后点 OK。

这样我们就对齐了两张图的 k，还有一个截距 b 没对齐。找两张图大致相同的背景区域，测量均值，然后通过 PixelMath 让均值相等。

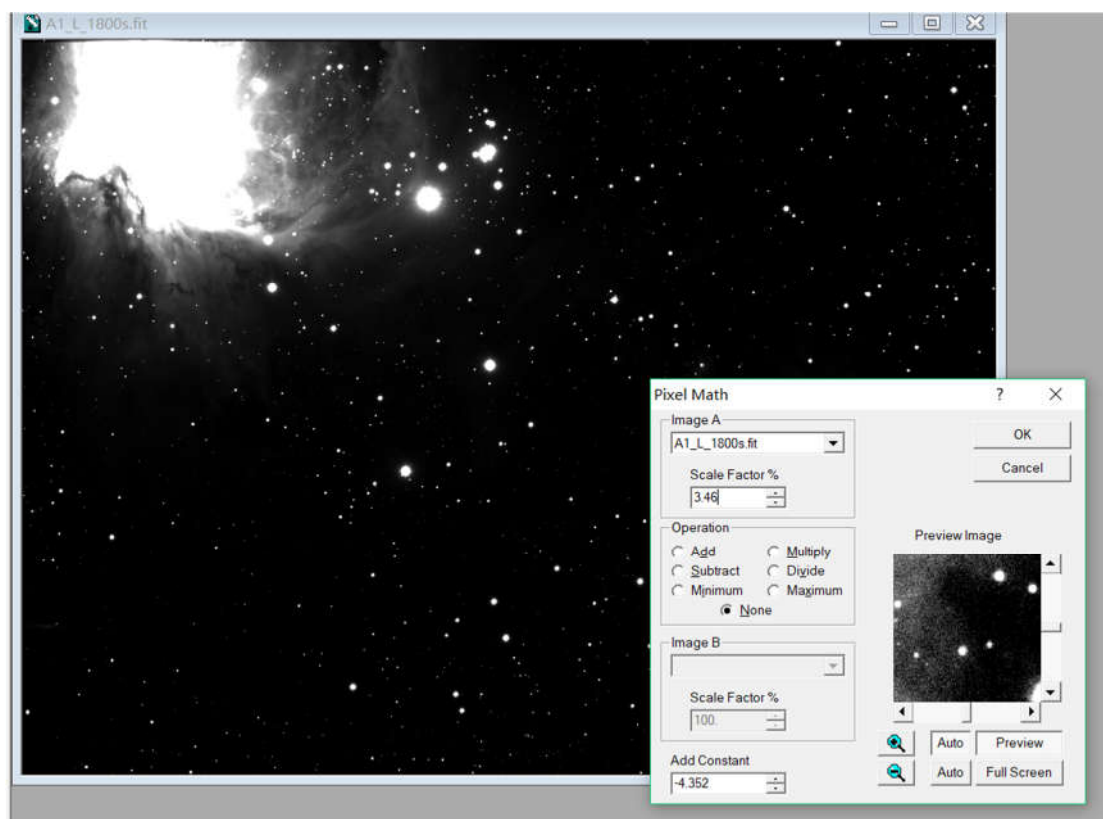


这里 1800s 的比 60s 的大了 4.352，要减去 4.352。

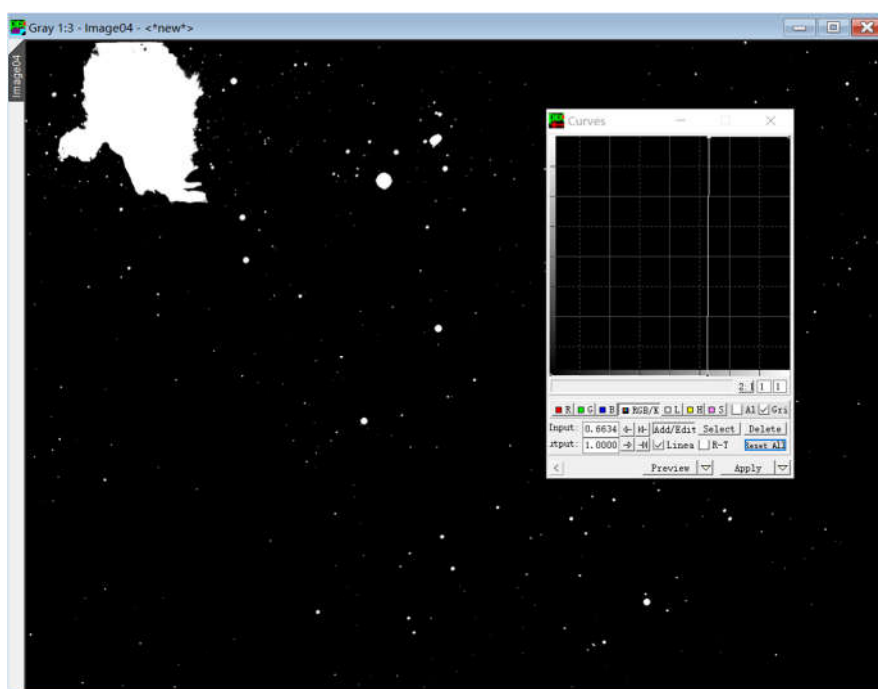


实际上不需要减，因为我们只需要知道这个数值。这是要用于未裁剪的原图的。

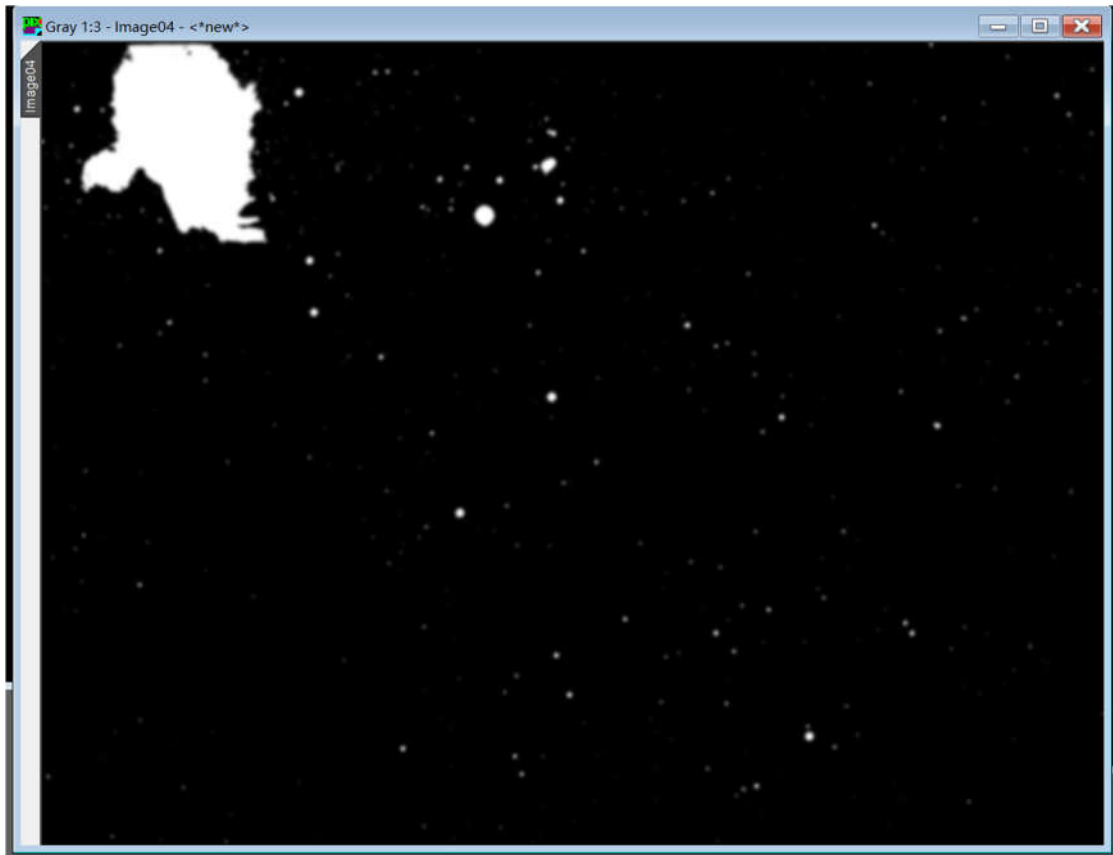
打开原图，填上刚才计算到的 3.46 和-4.352，点 OK，就完成了图像亮度的匹配。



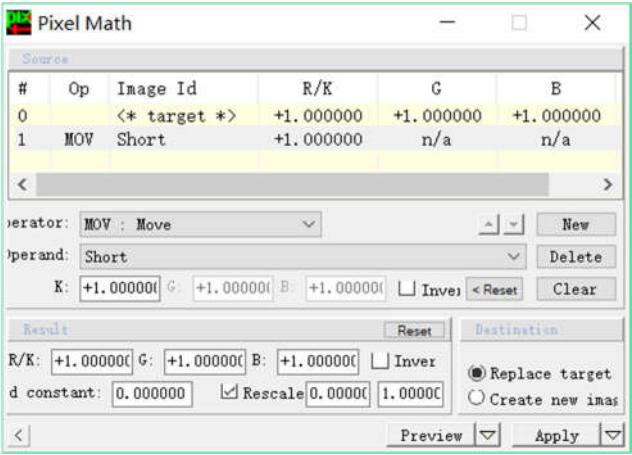
在 PILE 里打开匹配好的 1800s 图像和 60s 图像，复制一张 60s 的，拉伸，然后做一个二值化曲线。



然后再对这张图做一个 ATWT 变换，让它稍微模糊一点，如下图。这样就完成了 HDR 蒙版的制作。毕竟，60s 的图像暗部信噪比惨不忍睹，我们肯定不希望两张图的暗部相混合。



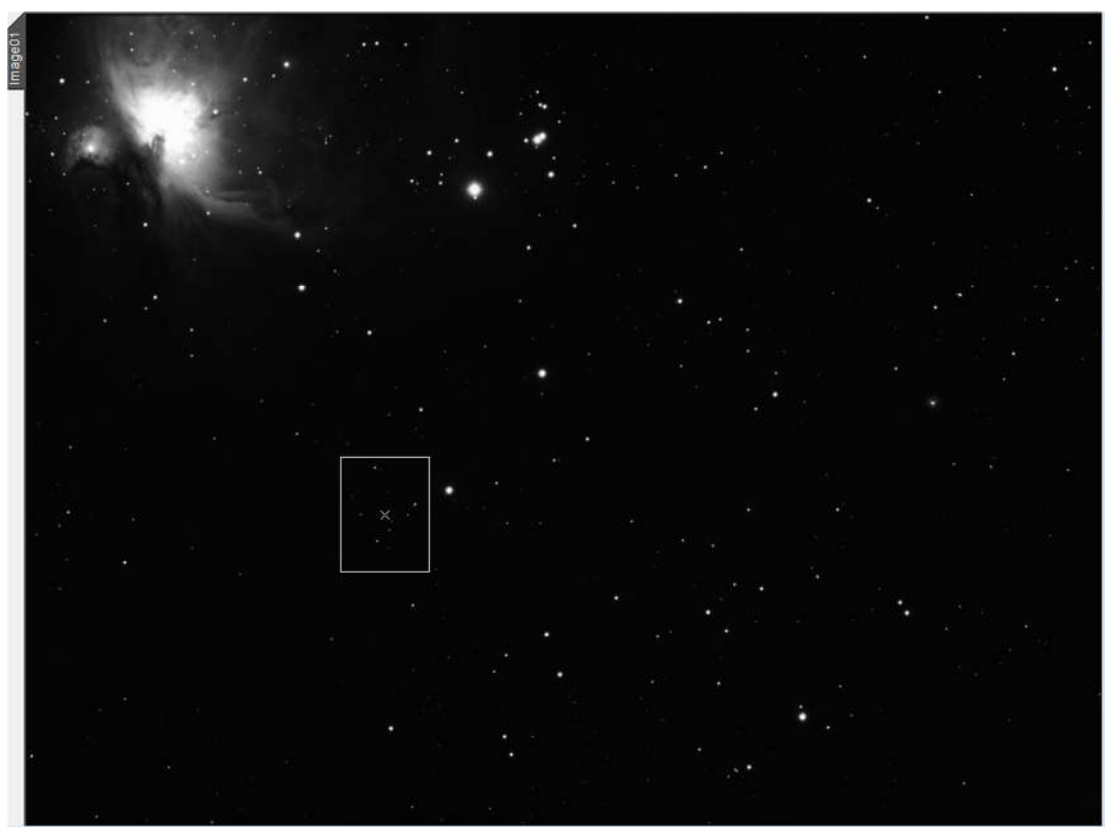
把这个蒙版应用于 1800s 的图像，用 PixelMath 做一个 Mov（就是直接覆盖）的运算，把 60s 的图像盖上去。



Rescale 勾不勾选都没太大关系。Operand 选 60s 曝光的图像，我这里命名为“Short”。完成之后如下图。

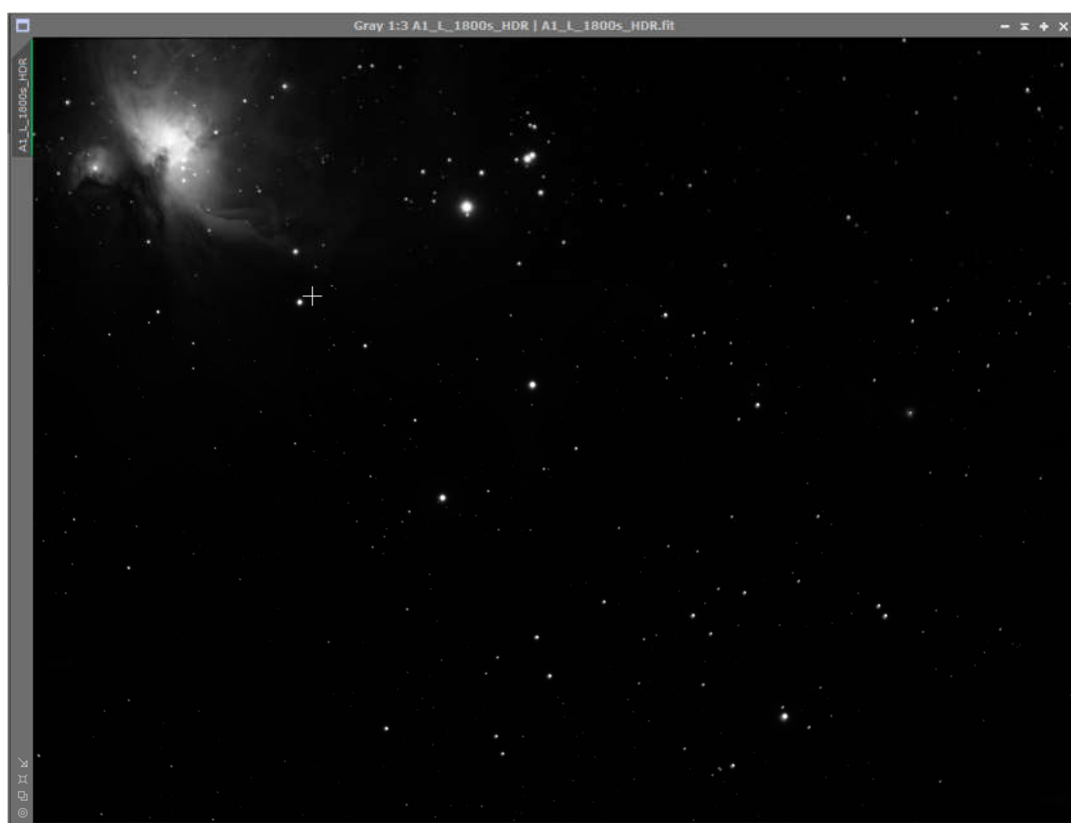


原图如下，作为对比。



可以看见效果还是很明显的。把 HDR 的图拉伸一下，看看有没有什么违和之处。

这两张图一个是拉伸到极限，一个是轻微拉伸。可见 HDR 是成功了，星点没有遭到破坏，亮部细节依然保留着。当然直接拉伸，亮部细节也看不见，需要做软 HDR 才行。



软 HDR 大家就自由发挥，本文不再详述。