

增感在天文上之效用

高中組地球科學科第二名

高雄市立高雄高級中學

作者：王舒民

指導教師：蔡國泰、謝俊駒



一、研究動機

天文攝影向來是忠實的天文記錄者，它不但記錄了近數年來天文景象，近年來人類更經由它發現前所未有的宇宙奧秘，今日眾多經由天文攝影而發現新星體的事例即可證明天文攝影對天文學的貢獻實不可磨滅。

但是自從電波望遠鏡採用及 H.S.T 進入地球軌道後，天文攝影慢慢地轉變為有錢人家比較儀器優劣的話題，如何使業餘級的設備發揮最大功能，達到每個觀測者皆可成為天文記錄者？這正是我所探討的主題。

二、研究目的

- (一)提高底片感度，使照片攝入更暗淡之星體，增加星等範圍。
- (二)抑制底片相反則不軌(The Reciprocity Failure of Film)現象，使底片攝影時之持久性增長。
- (三)天文攝影推廣至天文學應用。

三、研究器材

Telescope: Vixen R100S 反射赤道儀

GA-3 導星鏡

Camera: Canon FT-b

Film: KODAK T-MAX100

KODAK T-MAX400

KODAK Technical Pan 2415

KODAK GOLD- 100

KODAK GOLD-400

KODAK T-Max 400

FUJI SUPER HG 100

FUJI SUPER HG 400

FUJI SUPER HR 1600

FUJI SUPER HR 3200

KONICA GX 100

KONICA GX 400

KONICA SR-G1600

KONICA SR-G3200

Develop: KODAK D-19

KODAK D-72

中外顯影劑

Paper: GEKKO SP-VR2

GEKKO SP-VR3

GEKKO SP-VR4

Filter: Kenko C₁₂, Bol, Y2, R64 R1

自製增感器：(如附圖一)

四、實驗過程及原理

一、倒易律失效(The Reciprocity Failure of Film)

一般風景攝影照片，均為短時間之攝影，若以光圈 $F=8$ ，露光時間為 $1/250$ 秒為基準，根據 $E=I \times T$ (露光量 = 照度 \times 露光時間，倒易律亦稱相反則) 則光圈 $F=11$ ，露光時間為 $1/125$ 秒或光圈 $F=5.6$ ，露光時間為 $1/500$ 秒的露光量也會有差不多相同的效果，但是天文攝影就不同，若光圈 $F=2.8$ ，露光時間為 5 分鐘恰當的，而光圈 $F=4$ ，露光時間為 10 分鐘及 $F=5.6$ ，露光時間

因此星體攝影感光材料上注重的是“P 值（失調率）”的大小（失調率愈接近 1 則感度愈不易下降）而非大家印象中的感光度高低，現代攝影學上雖有很多增感方法可提高底片感度，但真正能抑制低照度倒易律失效效應無幾種，而且又兼具反差大，粒子細等特點者更是少之又少，其中以氫氣增感最具潛力，讓我們共同探討其奧秘。

二、氫氣增感

實驗器材：氫氣增感器（如附圖一）

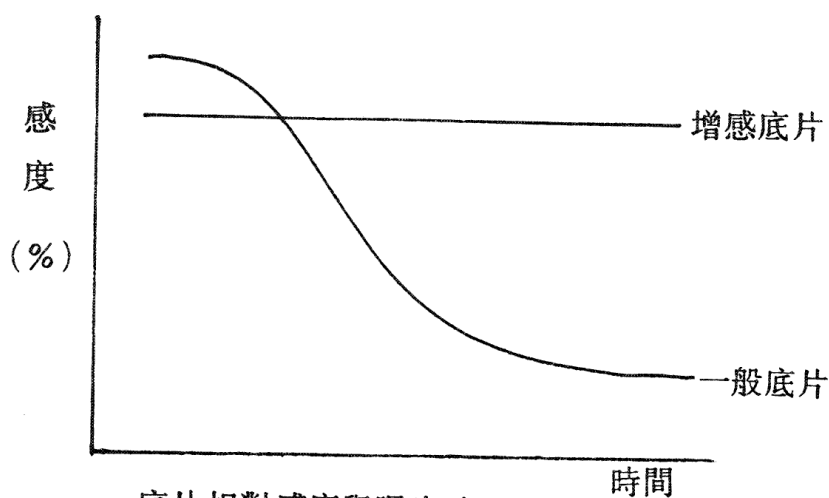
BLACKFILM: KODAK T-MAX 100
KODAK T-MAX 400
KODAK Technical Pan 2415
COLORFILM: KODAK GOLO-100
KODAK GOLO-400
FUJI SUPER HG 100
FUJI SUPER HG 400
FUJI SUPER HR 1600
FUJI SUPER HR 3200
KONICA GX 100
KONICA GX 400
KONICA SR-G1600
KONICA SR-G3200

實驗步驟：

1. 首先先把底片放入增感器中，加熱至攝氏 40~50 度之間，放置三十分鐘。
2. 真空 BUMP 抽氣至 1/30atm 以下，關閉閥門，放置十分鐘。
3. 加壓 1atm 的純氮氣進入處理容器中，再次使用真空 BUMP 抽氣，放置十分鐘後，再一次灌入純氮氣，以求容器中 N_2 99% 以上的純度。
4. 容器氣壓保存約 1/2atm 溫度約攝氏 40-50 度。
5. 每過一小時重複換灌氮氣的手續，以求容器內底片完全乾燥。
6. 重複三次後，抽掉氮氣，灌入混合氣（氮氣 80% 氫氣 20%）。
7. 保持溫度，計算所須時間。

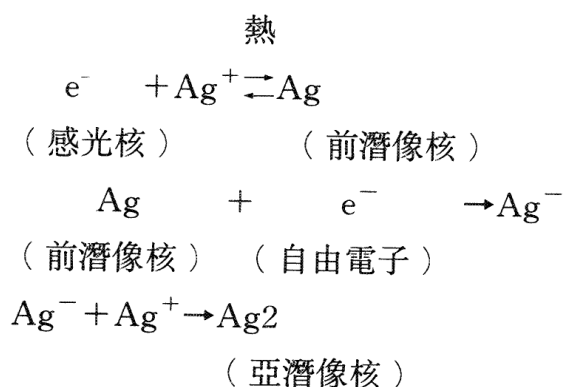
氫氣增感主要是利用純 N_2 的乾燥特性平均底片上的水份，使其離子不易擴散，而不至於造成感度低下，再則利用氫具良好催化作用之特性，將底片做一次先期性的化學性曝光，使其含有快突破生成潛像的活化能，此時只要稍

為 20 分鐘的曝光量雖和前者相同，結果卻明顯曝光不足，此低照度長時間露出致使底片感度下降稱為低照度倒易律失效（又稱相反則不軌），修正後的公式為 $E = I \times T^p$ （ p 為失調律） p 值愈接近 1，則底片感度不易下降，倒易律失效效應弱。



底片相對感度與曝光時示意圖

底片曝光反應



究竟低照度倒易律失效是如何產生的呢？首先讓我們探討一下底片的感光，Film 是由鹵化銀等銀金屬鹽 (AgX) 所組成的化合物，在底片曝光時電子會從銀鹽中跳出而只留下銀離子，此時感光核和正銀離子結合成潛像核，若再加以光照，則生成自由電子，正負離子結合成較安定的亞潛像核，反覆上述過程後得銀子數目由 3 個到 4 個以上。

此時則變為可顯像的顯像核，星體攝影則因為照到銀鹽的光極端的弱度，因此在底片粒子中吸收第一個光量子和兩光量子的時間差變的很長，如此因由露光而產生的電子粒中吸收第一個光量子和兩光量子的時間差變的很長，如此因由露光而產生的電子雖和銀離子結合為前潛影像核，而在下一個電子與其結合前便因熱分解而回復原來的正銀離子及負電子，此影響了影像核的形成效率，亦即感度下降。

五、實驗結果及討論

一、增感前後之比較

增感後較增感前有較暗的星等，而且較亮的星體較不會因曝光過度向周圍擴散。

二、以往利用底片或相片作星等測定時，因其存在有相反則不軌效應，照片常有較明亮的星體因其曝光過度，向周圍擴散，因而造成星體星等不同，但在照片上的亮度相等數據，觀察增感前後之差別。

1. 研究器材：日光燈

拍攝過之增感照片（獵戶座參宿一至參宿七）

拍攝過之未增感照片（同前）

測深計（自製）

燒杯

定濃度稀釋墨水

2. 實驗步驟：(1)熟記相片上同等級星之位置，並將照片置於日光燈上方，上覆燒杯並調整使之水平。

(2)關掉室內燈光（本實驗須在晚上或暗室進行），僅餘實驗用日光燈。

(3)慢慢滴入墨水，注意擬星光慢慢減弱，至星光消失為止。

(4)待眼睛恢復後再重覆步驟(3)。

(5)將測深計插入，測量液深。

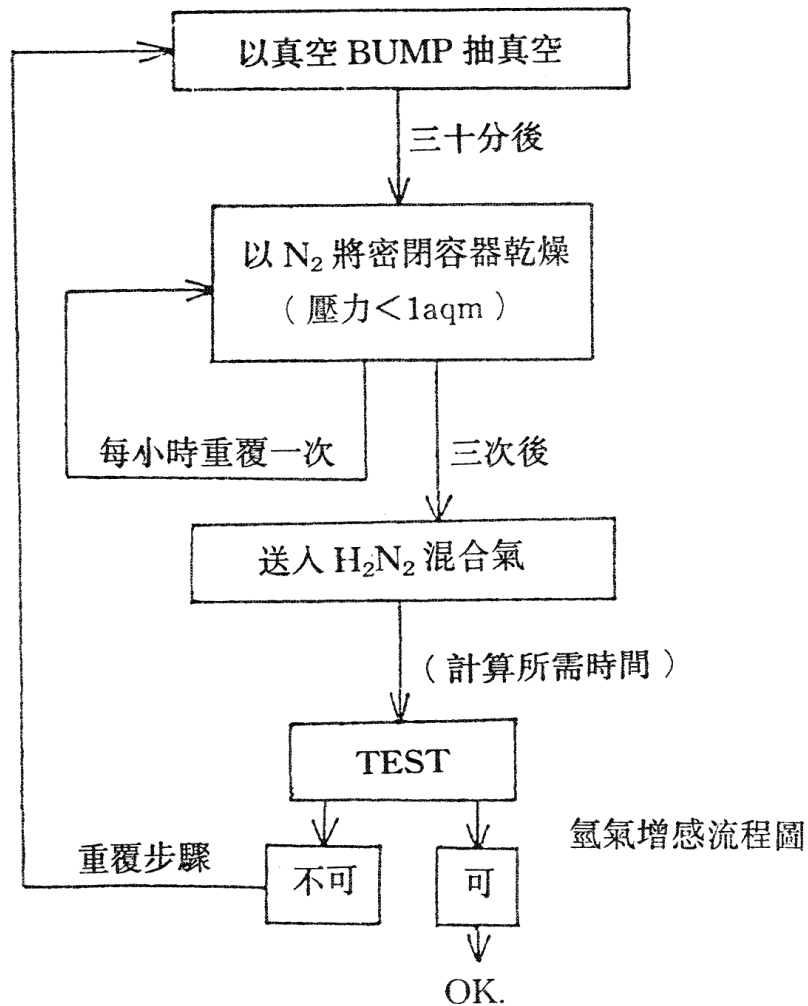
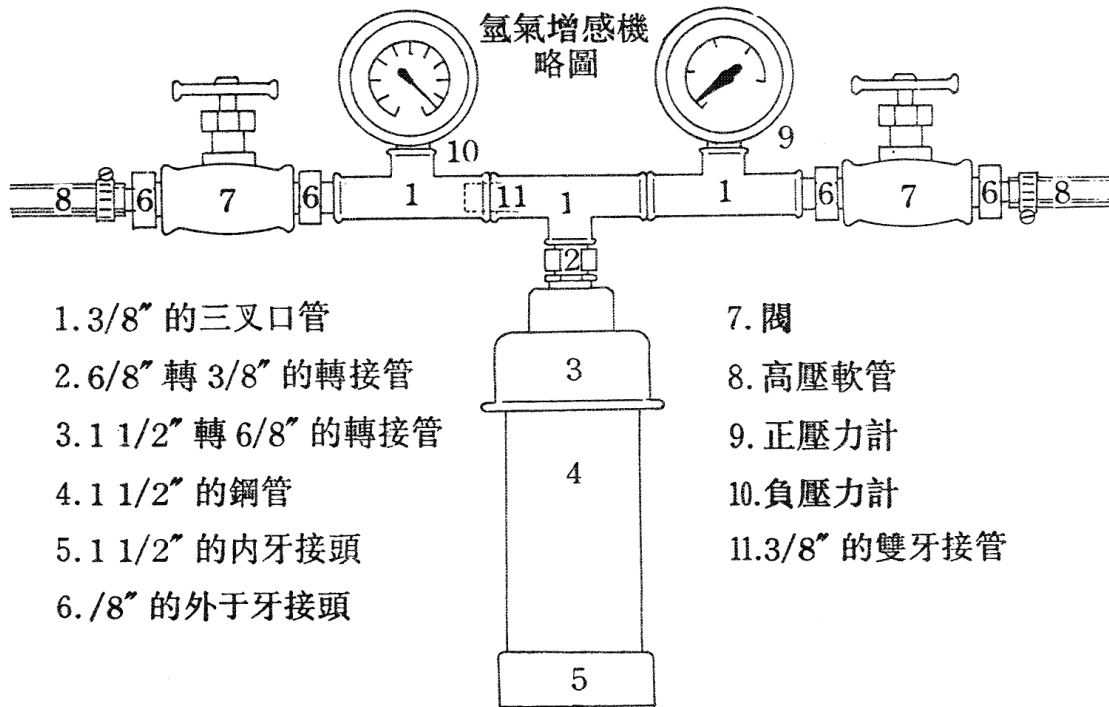
附註：本實驗採用第二十六屆全國科展優勝作品專輯高中組第一名作品。「新的星等測定法與哈雷彗星光度的探討」之星等測定法。

作者：查修智、陳晃明

增感前之測定：

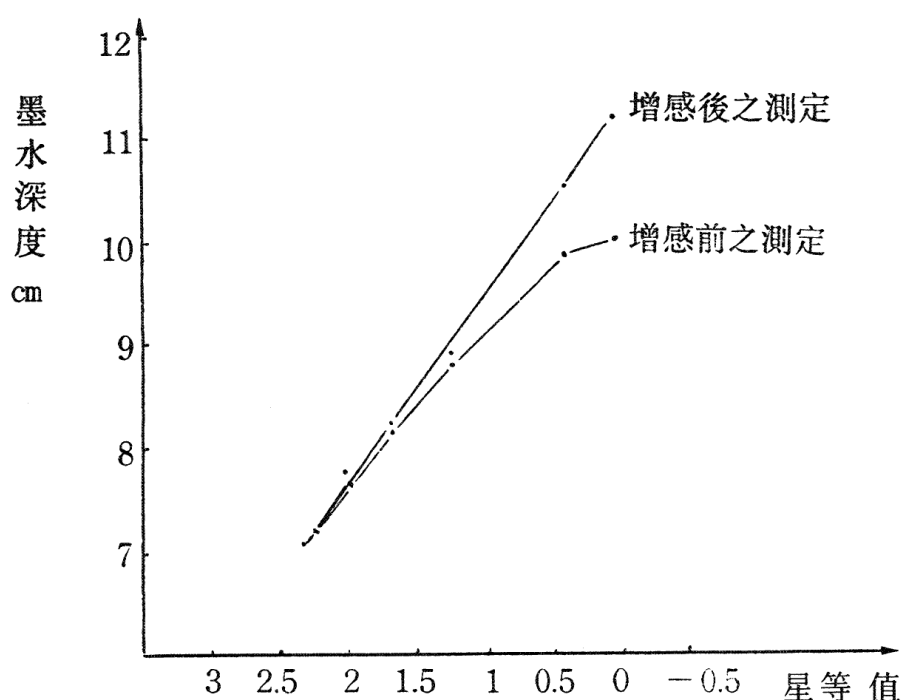
	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值	星表之星等值
參宿一	7.62cm	7.59cm	7.65cm	7.62cm	2.0
參宿二	8.10cm	8.25cm	8.10cm	8.15cm	1.7
參宿三	6.95cm	7.05cm	7.00cm	7.01cm	2.3
參宿四	10.01cm	9.94cm	9.96cm	9.97cm	0.1
參宿五	8.80cm	8.81cm	8.76cm	8.79cm	1.3
參宿六	7.20cm	7.25cm	7.22cm	7.23cm	2.2
參宿七	9.92cm	8.85cm	9.87cm	9.88cm	0.3

微一點微光照射便能生成可顯像的潛像核，故氫氣增感具有提高感度及提高失調律的特性。



增感後之測定：

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	平均值	星表之星等值
參宿一	7.68cm	7.64cm	7.63cm	7.65cm	2.0
參宿二	8.22cm	8.26cm	8.27cm	8.25cm	1.7
參宿三	7.02cm	7.10cm	7.03cm	7.05cm	2.3
參宿四	11.22cm	11.17cm	11.24cm	11.21cm	0.1
參宿五	8.93cm	8.85cm	8.92cm	8.90cm	1.3
參宿六	7.24cm	7.25cm	7.20cm	7.23cm	2.2
參宿七	10.52cm	10.55cm	10.49cm	10.52cm	0.3



根據第二十六屆全國科展地科第一名“新的星等測定法與哈雷彗星光度的探討”作品中指出“墨水深度與星等差之間成直線關係”，但如超過反應度外則因底片感光離子會向四周擴散而使星點擴大，適度的加以增感則可使此擴散現象抑制住，使之直線性範圍加大，增加正確性。

三、由攝影照片得知 Kodak Technical Pan 2415 (簡稱 TP2415)對各單色光敏感度不一，對於長波長的紅光感度特佳，而對於短波長的藍光感度不盡理想，這也就是 Kodak 公司未標明其感度的原因，利用此一特性分別加上 Kenko 彗星 1 型，R64 (紅色光)，C12 (藍色光) Filter

反差效果：R64 > 彗星 1 型 > C12 > 未加濾鏡

實驗結果表示增感後的 TP2415 加上 R64 Filter，對於紅色散光星雲能有高反差解析，對研究此類星雲雲氣狀況極理想。

六、推廣

若將底片加以增感後的高感度、低相反則不軌效應，所以可拍出銳利照片，尤其是散開星雲，更可嘗試使用單色光濾鏡拍攝分析。由於氫氣增感的超高感度，故可應用於尋找新星或新彗星，定大有斬獲。且氫氣增感後的照片，除去了星光擴散更增加了底片測定星等值的準確性，所以這是個值得推廣的好方法。

七、誌謝

本次作品承蒙 高雄中學天文社全體社員、東海大學葉秉宜學長、中山大學沈宗麟學長及多位老師、教授指導協助，得以完成，在此一併致上感謝之意。

評語

能自製底片增感設備，使底片能攝入更暗淡之星體，更能提高對天文攝影的興趣及對器材的掌握和要求，有實用價值。

希望繼續多用此法實際拍攝較多的天體。