

調適光學（續）

傅學海

國立臺灣師範大學 地球科學系

人類仰望星空、觀察天象數千年，看著繁星滿天，星辰轉移，都是用眼睛直接觀察，但是有人認為如果能擴張眼睛的尺寸，應該可以看得更清楚，也可以看清楚許多細節，王陽明一首具禪意的詩，最能反映這個想法，「山高月遠覺月小，便道此山大於月；若人有眼大如天，還見山高月更闊」。

在天文數千年歷史洪流中，「江山代有人才出」，而且也發展出許多一窺天體奧秘的「葵花寶典」與「尙方寶劍」。時序進入十七世紀，伽利略風聞望遠鏡的發明，自行依據光學原理，製作了觀天利器一望遠鏡，用來觀察太、月亮、星星。發現太陽星子，月球表面布滿坑洞，銀河是由無數更暗的恆星所組成，……。王陽明的想法藉著望遠鏡實現了。

人的眼睛，在黑暗中經過十五鐘以上，瞳孔充分放大，直徑可達零點八公分。望遠鏡的口徑愈做愈大，雖然無法「大如天」，在目前也達到口徑為八公尺，所蒐集到的星光是人眼的一百萬倍，也就是說能比人眼看到更暗一百萬倍以上的天體，隨著光學技術的進展，望遠鏡的光學品質也日益精進。照理說，隨著大型望遠鏡的建立，也應該可以看得清楚天體的細節。不幸，由於地球大氣無時不刻都在擾動、翻騰，星光在穿過大氣層的過程中，遭到扭曲、偏折，使得天體的影像變得模糊，而無法看清細節。

兩、三百年來，天文學家束手無策，祇能遷就擾動的大氣，放棄探究天體細節的功能。但是仍有一些人潛心探討克服大氣擾動的技術。到了 1970 年代，用來克服大氣擾動，還天體影像原貌的調適光學，已具有理論與技術的雛型。當歐洲與美國的天文學家正在為克服大氣擾動的理論與技術，而紛擾時，美國空軍早在 1970 年代，已在研究地球大氣如何影響雷射光束的傳送，美國空軍主要的目的是看清楚在環繞地球軌道中的前蘇聯人造衛星，這就必須克服大氣的擾動，不然就無法辨認是哪一種衛星。美國空軍在 1982 年成立星火計劃 (starfire project)，研究雷射光束打在高空大氣產生人造星光的方法。

美國在雷根總統主政時，在 1984 年發展戰略防衛計劃（又稱為星戰計劃）。調適光學小組擁有兩項潛在的技術，如何使雷射光束通過大氣時維持聚焦，以及使用望遠鏡拍攝前蘇聯間衛星影像的能力。從美國空軍與星戰計劃爭取到一百萬美金的經費，建立一具口徑一點五公尺的望遠鏡，傅蓋特(Fugate)主持的研究小組在 1989 成功運作了雷射光束導引，橡皮鏡面的調適光學。經過三百多年，科學家終於克服了大氣的擾動。

雖然美國空軍已經獲得成功，從理論與技術上建立了克服大氣擾動的調適光學。但是

基於國防軍事上的考量，此項技術列為機密，因此外界無從得知此消息。法國兩位科學家還在 1985 年發表論文描述調適光學如何還原閃爍不定的恆星影像。

當全球天文學術圈還在討論調適光學的前景時，美國空軍早在八年前便已發展成功。雖然前蘇聯已經解體，冷戰終止，但是美國空軍基於調適光學潛在的軍事價值，仍然不願將此技術解密。一些有識之士花了兩年多時間，寫了數百封信件，希望說服美國空軍解密。

美國天文學會在 1991 年五月於西雅圖召開研討會，傅蓋特終於在趕赴西雅圖前獲得許可：解密。六百多位天文學家聚集一堂，聆聽傅蓋特的發表。立刻引起轟動，人人都知道調適光學不祇是紙上談兵，而是早已成功了。

很快的，除了一些新型的望遠鏡，例如歐南天文台(ESO)將 1989 年啓用的口徑 3.5 公尺就技術望遠鏡(NTT)裝置了調適光學。口徑在六公尺以上的巨無霸望遠鏡都裝上了調適光學，例如等效口徑十公尺的兩座凱克望遠鏡，日本國家天文台 8.3 公尺速霸陸望遠鏡，大雙筒望遠鏡，以及兩具口徑 8.1 公尺雙子座望遠鏡都已或將會配備調適光學。當這些巨無霸望遠鏡使用調適光學克服了大氣擾動，便能達到望遠鏡應有的解析度。由於哈伯太空望遠鏡口徑祇 2.4 公尺，所有這些巨無霸望遠鏡所得到天體影像，例如木星、土星、海王星、獵戶座生電、……，清晰度，將直追甚至超過哈伯太空望遠鏡的解析度。

如果望遠鏡太大的話，平滑的鏡面會因玻璃本身的重量而扭曲，因此望遠鏡最大只能達到五公尺。前蘇聯六公尺的望遠鏡，其光學性能便大打折扣。近二十年來，由於光學製作技術的突破，口徑朝八公尺以上邁進。其中凱克望遠鏡是由三十六個口徑一點八公尺的望遠鏡組合而成，形成有效口徑為十公尺。但口徑八公尺等級的望遠鏡是由單一鏡面製成，速霸陸望遠鏡是其中的代表。這些配置調適光學的望遠鏡，能夠克服地球大氣的擾動，達到望遠鏡的解析度，得到等同於將這些望遠鏡送上太空的效果。可以說，配置調適光學的望遠鏡是窮人的太空望遠鏡。

文獻參考

1. Snarping the stars, Gombert and Wolf, Astronomy magazine, Juaruary 1998. P.36.
2. Making, the Stars Stand Still, Mark Sincell Astronomy magazine, June 2000, p.42.
3. Sharper eyes on the Sky, Dr. John O'Byrne, Sky & Space magazine, December 1996, 9.20.