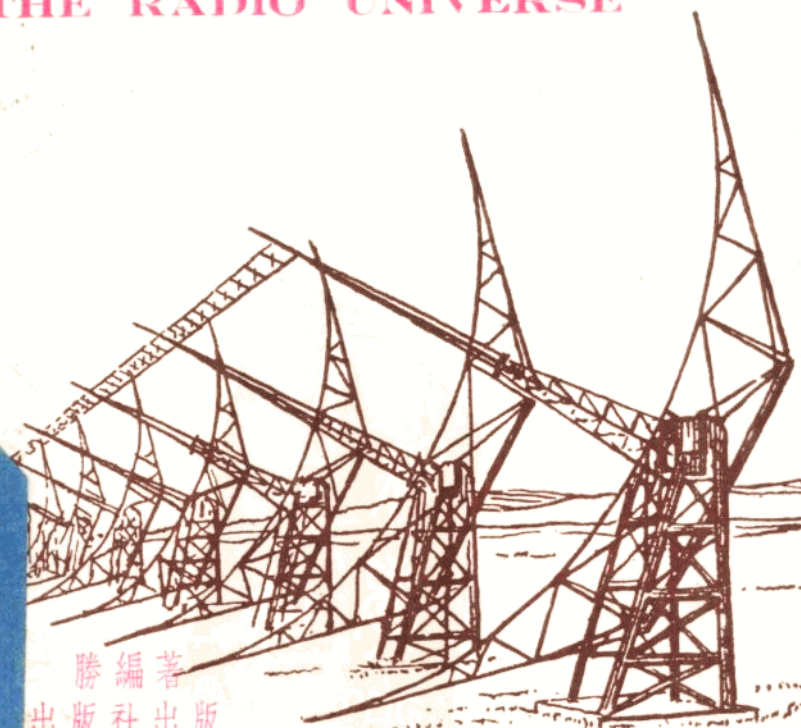




射電 天文 淺說

THE RADIO UNIVERSE



勝編著
出版社出版

前 言

無線電天文學是第二次世界大戰後才發展起來的一門年青科學，它研究來自各種各樣天體的無線電波，或者使用雷達向鄰近天體發出雷達波，然後研究反射回來的雷達回音，從而獲知天體的距離及其表面情況。

無線電波與光波不同，用肉眼無法看見，可藉以研究那些肉眼無法看見的天體或星際氣體等。例如星際冷氫，月亮上極稀薄的大氣，流星飛過後不久所留下的痕跡等，都是肉眼無法看見的，但利用無線電的方法却可以探察得到。因此，無線電天文學可以補助光學天文學的不足，是我們認識宇宙真相的有效方法之一。

無線電天文學雖然是比較專門的科學，但談起來却相當趣味，即使門外漢也不難明白其道理。本書力求寫得通俗淺顯，目的是引起一般讀者對這門科學產生興趣。如果讀者由此而繼續研究，以求深造，那當然是筆者最大的願望了。

盧 勝 一九七〇年冬於九龍

目 次

前 言

第一章 天文學家的兩隻「眼睛」	1
-----------------------	---

第二章 無線電天文學的起源	5
---------------------	---

第三章 無線電望遠鏡概述	9
--------------------	---

一 拋物面反射鏡	9
----------------	---

二 無線電干涉儀	12
----------------	----

三 無線電接收器	14
----------------	----

第四章 無線電望遠鏡探測太陽	16
----------------------	----

一 太陽何以會發射無線電波？	16
----------------------	----

二 研究太陽射電的用途	17
-------------------	----

三 從寧靜太陽而來的無線電波	18
----------------------	----

四 太陽無線電亮度分佈與無線電日蝕	20
-------------------------	----

五 無線電掩星及其他	24
------------------	----

六 擾動太陽的無線電輻射	29
--------------------	----

第五章 銀河系中的廣播電台	34
---------------------	----

一 銀河的光學景象	34
-----------------	----

二 銀河的無線電景象	39
三 誰在銀河系中廣播?	44
第六章 星際氫發射的無線電波	46
一 光和光譜的秘密	46
二 星際熱氫發射無線電波	50
三 星際冷氫發射無線電波	53
第七章 超新星是電台的創設者	55
一 怎樣叫做超新星?	55
二 超新星創設的無線電台	57
第八章 來自河外星雲的無線電波	62
一 種種式式的河外星雲	62
二 仙女座星雲的無線電像	63
三 麥哲倫雲與銀河系的演化	64
四 銀河系組成的集團	65
五 有河外銀河在碰撞麼?	67
第九章 神秘的準星	70
第十章 無線電天文對月亮的研究	73
一 月球大氣的無線電觀測	73
二 無線電測量月面溫度	75
三 月球反射太陽電波與雷達測月	77
第十一章 行星的無線電研究	79
一 力學和光學天文學獲得行星知識的方法	79

二 來自行星的無線電波·····	82
三 木星的輻射帶·····	84
四 木星上有雷雨嗎?·····	85
第十二章 流星與彗星的無線電觀測·····	91
一 日落流星百萬顆·····	91
二 彗星是流星雨的「母親」·····	92
三 流星痕跡與雷達回音·····	95
四 彗星有無線電波發射嗎?·····	97

第一章 天文學家的兩隻「眼睛」

翹首觀看無雲的天空，晝則蔚藍一片，陽光普照，夜則星月交輝，清澈無邊。這情形，似乎顯示：地球的大氣，是完全透明的，對於天上傳來的東西，全無保留地讓它們到達地面。然而究其實，則並非如此。

讀者曾見過篩米的情形嗎？人們把米倒在篩子上，一篩，所有比成粒米小的碎米及砂粒都篩出來了，剩下的是成粒的白米。這是由於篩孔比成粒米略小，而比碎米略大之故。地球的大氣，正好比是一個篩子，它只讓某些東西通過，而將某些東西扣留起來。

大氣這個「篩子」，到底「篩」些什麼東西，及如何「篩」法呢？爲了明白這個問題，得先談談電磁波。

原來，任何一個熾熱的物體，例如太陽或恒星（恒星也是跟太陽一樣，能自行發光的天體），均發出波長自零以至無限大的全套輻射。這全套的輻射，便統稱之爲「電磁波」。在電磁波中，波長由0.4微米（紫光）至0.75微米（紅光）的區域之內，是肉眼可以看見的光線。波長比紫光短的電磁波，叫做「紫外線」。最短波的紫外線，其波長要比紫光的短一百倍。比紫外線波

長更短的電磁波，是 α 射線，而比 α 射線波長更短的是 γ （伽瑪）射線。比紅光波長較長的電磁波是紅外線，也有稱之為「熱輻射」的。紅外線的波長約自0.75微米至1厘米止。波長在1厘米以上的電磁波，均算作無線電波。

現在且回說到大氣「篩子」來。大氣「篩子」「篩」的是電磁波，但篩法却稍異於米篩之篩米。大氣「篩子」有兩種不同的特殊「篩孔」；一種把0.4微米左右至0.75微米的可見光波「篩」到地面上；另一種則把自1厘米至16米左右的無線電波「篩」落地面。其餘波長的電磁波，包括 α 射線、 γ 射線、大部份較短波紫外線、紅外線及16米以上的長無線電波在內，一律為大氣「篩子」擋着不讓通過（大概情形如圖1所示）。

大氣中，擋着 α 射線、 γ 射線及大部份紫外線的，主要是氣體分子；而不讓紅外線通過的，則主要是大氣中的水汽。它們不獨不讓通過，而且還將之吸收。至於不讓16米以上長無線電波通過的，則是大氣上層的電離層。它是把要通過的長無線電波反射回去。電離層是太陽短波輻射把高層大氣中的各式分子與原子解離成帶電的離子。由於這些離子的確是整層存在的，所以我們稱它做電離層。

我們人類的兩隻眼睛，自我們一生下來，就能夠看見光波。因此，自有人類以來，人們就能通過大氣漏光的「篩孔」，日間看見太陽，晚間看見滿天星斗。不過以宇宙的規模來說，我們的肉眼，雖然能夠由大氣的漏

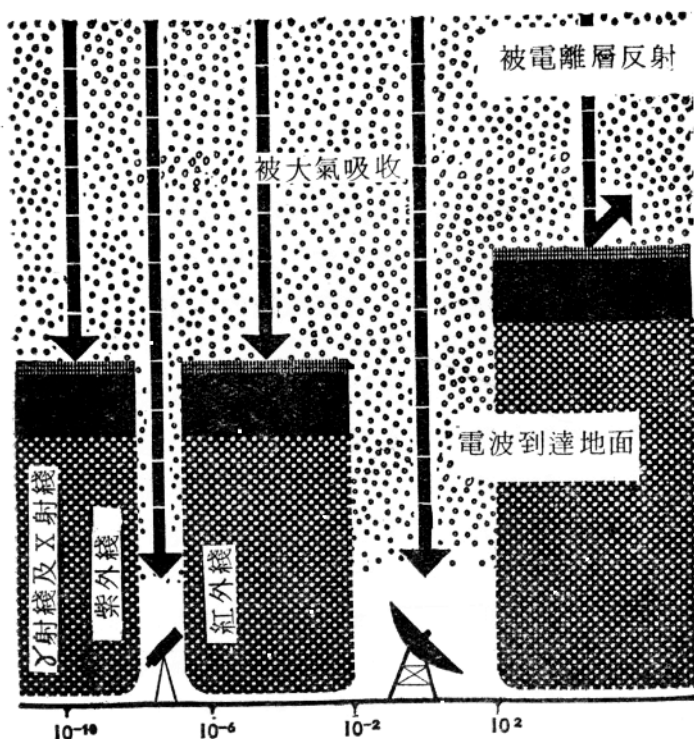


圖 1 地球大氣只讓電磁波中的光波和無線電波通過之示意

光「篩孔」看出去，却好比是一個不戴眼鏡的大近視，所見有限，遠一點的東西，就模糊一片。望遠鏡的發明，等於替天文學家配了近視眼鏡，使他看得較遠較清楚。

前面說過，大氣「篩子」有兩類「篩孔」。我們只能看見漏光那種「篩孔」漏下來的光，雖然已配備了望

遠鏡，仍不過是一個「單眼」人而已！這也無法，因為人類沒有一種器官能感覺出大氣另一類「篩孔」漏下來的無線電波；故長期以來，對於由大氣漏下來的無線電波一無所知。

無線電望遠鏡的發明，使天文學家「看」到大氣另一類「篩孔」漏下的無線電波了。換言之，可通過大氣漏無線電波的「篩孔」，看無線電的宇宙了。這，好比是替天文學家多安裝了一隻眼睛了。

由上述的意義看來，我們可以說，天文學家本來只有一隻光學的眼睛，而且是「近視」的。望遠鏡的發明，使光學的近視獨眼，視力趨於正常；而無線電望遠鏡的發明，則為天文學家裝上一隻無線電的眼睛。

第二章 無線電天文學的起源

天文學是一門最古老的科學，中國早在公元前二千多年，已經有了很系統的天文觀測，故「尚書」有云：「堯命羲和，欽若昊天曆象，日月星辰，敬授民時。」然而，無線電天文學，却是一門極其年輕的科學，是天文學中一個重要的分支。

公元 1887 年，德國物理學家赫芝(Heinrich Hertz)，作出了他的著名的無線電波的發現，便奠定了無線電天文學孕育的基礎。

當無線電只有三歲大的時候，已有人暗示了無線電天文學的一點苗頭。這個人就是發明家愛迪生(Thomas Edison)。他於 1890 年 11 月 2 日，寫了一封信給加利福尼亞(California)的立克(Lick)天文台長荷爾甸(Holden)。信中有如下的詞句：「我們由太陽接收到我們認作是光和熱的短波電磁擾動，假定和這些短波電磁擾動一起，會有許多較長波長的擾動，並不是不合理的事。倘若是如此，我們可以將之轉變為聲音。」

然而此後，愛迪生等並未有接收到太陽的無線電波。這有兩種原因：第一，縱然極強的太陽射電波，亦

必須有當時所無的高度靈敏的接收器才可收到。第二，太陽射電波若波長長至足以爲當時的無線電接收機所接收，則爲大氣上層的電離層反射回去，無法到達地面。

第一個實際接收到由外太空而來的無線電波的人，是冉斯基(Karl Jansky)。他是在1932年12月發表了他的發現的。如果1932年是高度太陽黑子活動年，那麼毫無疑問，冉斯基已發現了太陽射電波了。可是，那一年却不是太陽黑子活動年，所以他首先發現的，是由銀河系而來的無線電波。

當時，冉斯基正在實驗室裏進行一項噪音程度的研究，而此種噪音，本來是認爲在長距離通訊中使用定向天線系統，只要有一個靈敏的短波無線電接收機便可以聽到的。冉斯基研究用的靈敏短波接收機，有一個可動的定向天線系統，可以偵察天空任何一部份，以發現噪音訊號來自何方。他聽到了由雷雨而來的爆裂聲（雷雨雲放電會產生電波），但他發覺，噪音的程度從不減至某一水平之下，而且此種噪音的程度，隨着白天時間之推移而漸漸變更。更奇怪的是，當冉斯基用一個普通的揚聲器收聽接收機的輸出時，他聽到的竟是穩定的嘶嘶聲，完全不同於由雷電而來的爆裂聲。

冉斯基又發覺，最大的訊號常是發生於天線指向天空某一定方向之時，那是相對於恒星的一定方向，而不是相對於地球，甚至也不是相對於太陽的一定方向。後來一查，這個方向竟是銀河系中心的方向，那兒恒星最密集。毫無疑問，冉斯基可以說，他聽到了由銀河系而

來的「廣播」了。

其時，冉斯基的發現，也曾在美國的報紙發表，並且電台還有轉播由他收到的銀河系「廣播」嘶嘶聲的節目，可謂轟動一時。可是當時美國正忙於解決經濟危機，許多企業老闆認為無利可圖的東西，當然不會予以重視，因而此項重大的發現，不久即沒有多少人去理會，成了「聲沉影寂」之勢。直至第二次世界大戰之後，無線電天文學才真正建立起來，成為天文學的一個分支，收聽「太空廣播」才成為有規模有系統的科學研究工作。

一位業餘天文學家，把冉斯基天外無線電波的發現，至第二次大戰後這段時期內無線電天文學的缺口，搭上了一條小橋。這位業餘天文家便是李柏（Grote Reber）。好幾年來，他一直是從事無線電天文學的研究，並且製造了一具無線電望遠鏡。

李柏的無線電望遠鏡，使他能够首次看出，光學的天空與無線電的天空，實在有驚人的不同。他發覺，除了太陽以外，沒有無線電波從任何肉眼可見的天體發射出來，而銀河系中不同的部份，則有強無線電波發出。這些部份，我們現在可認作是分立的無線電來源的，是位於仙后星座（Cassiopeia）、天鵝星座（Cygnus）和金牛星座（Taurus）中。李柏認識到他的實驗觀測的重要性，於1940年寫成論文發表，但沒有引起科學界的注意。

第二次世界大戰時，J. S. 海（J.S. Hey）及其

同事在研究雷達設備效率時，發現太陽能發送米波區（Metre wavelength region）的電波。同時也發現，每一顆隕星，均在上層大氣中留下一條電離的尾巴，像一條長長的金屬導線那樣，有效地反射無線電波，可以利用此種隕星餘迹對雷達的回聲，以研究上層大氣的狀況，並且可以探測隕星流的密集程度。

J. S. 海也步冉斯基及李柏的後塵，偵查宇宙無線電波。不久，他即描出北天無線電發射源的天圖，顯出銀河系在圖中有最明顯的面貌。他發現了天鵝座（Cygnus）是一分立的無線電源。

這是無線電天文學建立的最初階段。後來由於無線電技術的提高，許多國家開始製造無線電望遠鏡，這門科學才蓬勃發展起來。

第三章 無線電望遠鏡概述

一 拋物面反射鏡

無線電天文學不曾經過肉眼觀測的階段，自它一誕生時起，即已依靠無線電望遠鏡了。無線電望遠鏡究竟是怎樣的呢？這裏且大概地談一談。

你有用過凸透鏡把陽光焦聚成一點以取火嗎？對於一片紙，要把它燃燒起來，陽光是不夠強的。如用透鏡，把那麼大面積的陽光焦聚成一點，就強到足以令紙着火了。凹面的反射鏡，也同樣可以焦聚陽光，只是反射焦聚，而不是透過焦聚罷了。

前面第一章已述及，無線電波與光，同是電磁波的一部份。光既可焦聚，當然無線電波亦無不可。但無線電波的波長比光波的長得多，故用以焦聚無線電波的鏡也須大得多。由宇宙而來的無線電波很弱，故天文學家必須用鏡子將之焦聚，使增加至足夠強度，才可聽見，就如同用陽光取火，必須將之焦聚的道理一樣。

最常用的焦聚無線電波的鏡，是拋物面反射鏡，它是用金屬片或金屬線網構成。這是無線電望遠鏡的主要

部份。它把宇宙間射來的無線電波，焦聚在一處，俾能饋入一無線電接收器，被擴大和被記錄起來。

一個直徑二百吋的光學望遠鏡，是可用以焦聚無線電波（因它相當大）的。不過用它來焦聚無線電波，未免屬於浪費，因為無線電波比光波長得多，鏡面無須造得如此精緻，而且可造得比二百吋大得多。根據所接受的無線電波之波長，無線電望遠鏡的拋物面反射鏡，可用金屬片或金屬網造成，其精密程度只要達到所接受電波波長的十分一便足够了。無線電望遠鏡與光學望遠鏡之間的不同，除了結構上的明顯不同外，在焦點處的安排也大大不同。光學望遠鏡形成全體星像於一相當的視場中；反之，無線電望遠鏡只有一個唯一的拾波器於拋物面的焦點處，拾取電波。由無線電望遠鏡而來的天空情況，不是成為一幅圖畫，而是作為一種電壓 (Voltage)；並且，這種電壓，並不代表來自一單獨方向的輻射，而是代表某方面一整個區域的平均情況。這區域的大小，則視無線電望遠鏡的分辨本領 (Resolving power) 而定。所謂分辨本領，即一個無線電望遠鏡區別兩個相距最低限度為若干角距的無線電源的能力。譬如，遠處的樹林，在我們肉眼看來只覺得一片綠，無法看見樹葉是分離的，這是由於我們眼睛的分辨本領有一限度之故。兩件分離的物體，離我們愈遠，則二者在眼中所張的角度（角距）愈小，看來二者便連成一片。我們能夠看出較遠的兩件物體的分離，這便是眼睛的分辨本領。上述望遠鏡的分辨本領的意義亦類此。

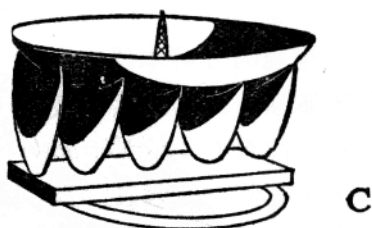
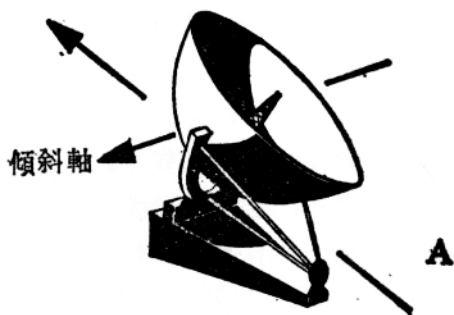


圖 2 可轉動無線電望遠鏡的支承拋物面反射鏡的三種支架

由金屬片或金屬網構成的巨大拋物面反射鏡，當要它隨意指向天空任一部份時，必須保持其正確的形狀。然而由於結構巨大的緣故，當轉動時常常扭曲變形，甚至微風一吹，亦會如此。這種變形，必須小於所接收無線電波長的十分之一，這反射鏡才有用。故建造巨大的無線電望遠鏡不是一件容易的事情。

可轉動的無線電望遠鏡，靠支架上的軸支承着，轉動時因重力改變方向，最易發生扭曲，故不能造得過大。不久前，美國曾企圖造一 600 呎口徑的拋物面反射鏡，已耗費了近一億美元，但却失敗了。

通常，可轉動無線電望遠鏡的支承拋物面反射鏡的支架，有如圖 2 的幾種方式。

固定而不能轉動的無線電望遠鏡，其拋物面反射鏡可造得大些而不至於扭曲，因為它不必把全部的重量由一二個軸承支撐。

二 無線電干涉儀

無線電望遠鏡的分辨本領比光學望遠鏡的差得多，爲了增加分辨本領，就利用了電波的干涉現象，而設計造成了無線電干涉儀（Interferometer）。無線電干涉儀其實是無線電望遠鏡之一種。

爲了明白電波的干涉現象，且以打鞦韆爲例。一個小孩子在盪鞦韆，當他盪過去時，你適時順勢用力一