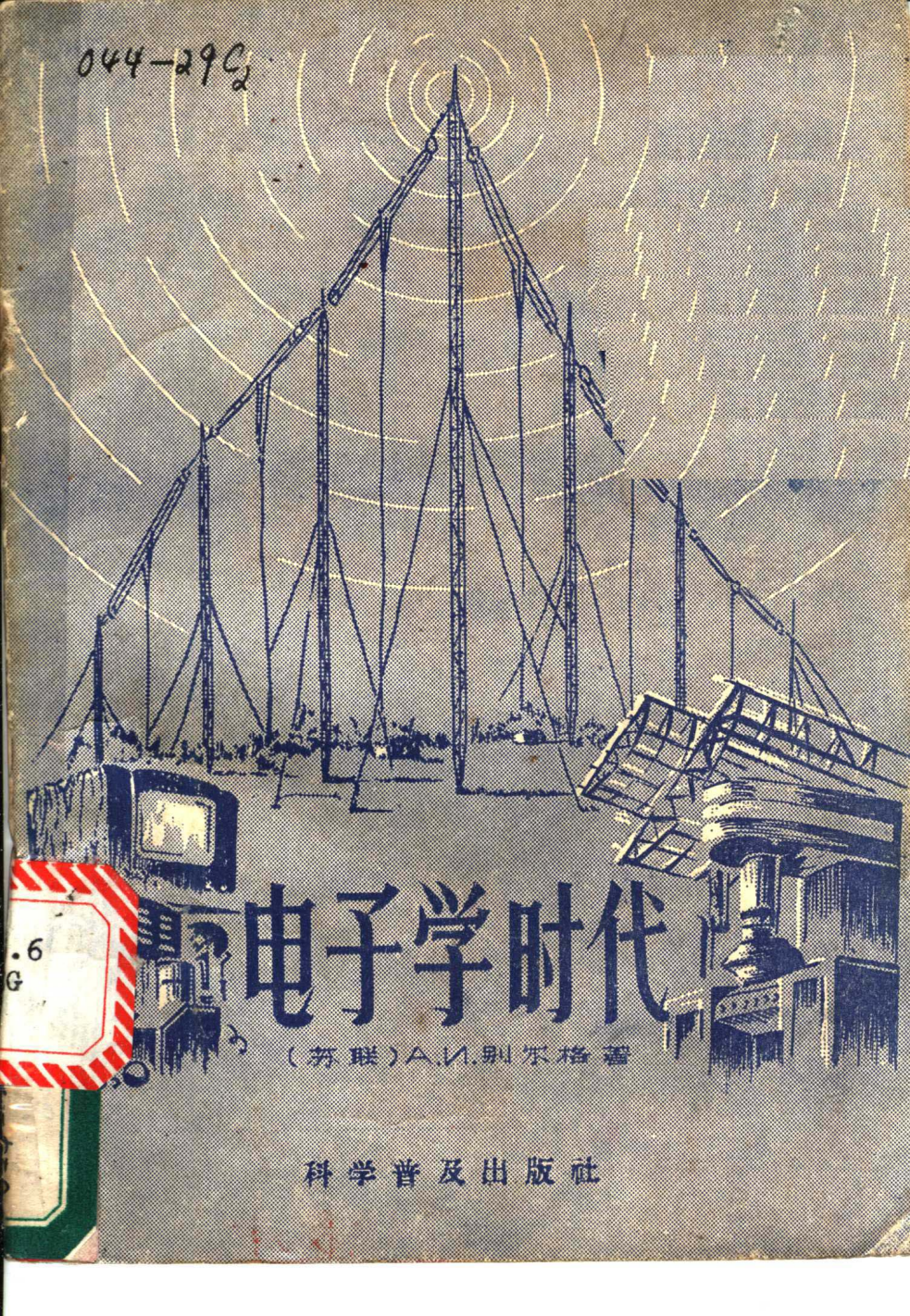


044-29C<sub>2</sub>



# 电子学时代

(苏联) A. M. 别尔格 著

科学普及出版社

## 本書提要

这本小冊子系統地介紹了近代科学中一个最有趣和發展最迅速的科学技术部門——無綫电电子学。它首先概括地敘述了無綫电的發展情况，無綫电的理論問題；其次詳細地介紹了無綫电电子学在各科学技术部門的广泛应用，例如：無綫电測位学、無綫电頻譜学、無綫电天文学、無綫电气象学、超声振动和它的应用、电子計算机、电子真空仪器、自动技术和遙控技术、半导体仪器的应用以及新的無綫电技术等；最后介紹了無綫电电子学的發展远景。作者根据無綫电电子学的广泛应用和發展前途，認為我們这个时代，固然可以称为原子能时代，但是把它称为电子学时代也同样是恰当的。

总号：442

电子学时代

БЕК ЭЛЕКТРОНИКИ

原 著 者： А. И. БЕРГ

原 載：“ТЕХНИКА МОЛОДЕЖИ”  
№9, 10, 11, 1955г

原出版者： ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦКВЛКСМ  
“МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ”

譯 者： 周 奇

校訂者： 鍾建安 李洛童 朱邦俊

出版者： 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西直門外郵家溝)

北京市書刊出版業營業許可証出字第011号

發行者： 新 華 書 局

印刷者： 北 京 市 印 刷 一 廠

(北京市西便門南大街乙1号)

开本：787×1092 $\frac{1}{2}$

印張：1 $\frac{1}{2}$

1957年1月第1版

字数：23,400

1957年1月第1次印刷

印数：23,570

統一書号：15051·24

定 价：(9)1角8分

校對

“必須广泛应用自动裝置，采用印刷电路，~~这一種標準化的無綫電~~零件、部件和机械，以便利用流水作業法生产广大群众所需要的各种無綫电机（广播收音机、电视接收机、無綫和有綫通信机等）；完成满足国内对于現代电真空仪器、半导体仪器和光源的需要的任务，并組織無綫电接力电台和超短波电台設備、傳真电报机和無綫电測量仪器的大規模生产。”

——1955年苏联共产党中央委员会七月全会決議

\*

\*

\*

我們这个时代往往被叫做原子能时代，我觉得把它叫做無綫电电子学时代也是同样正确的。因为，利用原子能之所以可能，在很大程度上是由于物理学上采用了無綫电电子学的方法；此外，無綫电电子学方法在各方面的广泛应用也都証明“电子学时代”这个說法是正确的。

如果說对于这一点还有所爭論的話，那目的也只不过是在于把術語弄得更确切一点而已，因为我們所生活的时代倒不如叫做無綫电电子学时代的开端更恰当。仅仅是开端，因为这一門正在飞躍發展着的包罗万象的科学所潜藏的巨大可能性和它已經取得的巨大成就，到現在还被利用得不够充分。

到1955年春天，是亞历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫發明無綫电报的60週年\*。这整个漫长的期間可以分成三个阶段。

前30年（1895—1925年）是一个阶段，在这个时期內，無綫电报基本上不是以工業生产方式而是以手工方式沿着非常曲折

---

\* 原文是1955年写的。——譯者



的道路發展着，這就是無綫電報時期。當然不能從字面上來理解，認為在這一時期內無綫電的其他部門都毫無進展。在這一時期內曾經研究出了無綫電技術的一些科學原理，從而促進了無綫電技術的進一步發展，但這個時期工作的主要方向是改進無綫電報。

第二個階段——由1925年到1945年的20年——可以叫做無綫電技術時期。在這個時期內，無綫電報繼續發展，但是，無綫電話同時也得到了廣泛的應用，無綫電廣播也蓬勃地發展起來，人們掌握了遠距離傳真、電視，無綫電導航有了廣泛的應用，無綫電測位法也產生了，而且得到了相當廣泛的發展。

從無綫電報過渡到應用電磁波的其他領域，這主要是依靠電子真空技術的成就和由它而開辟的運用新的無綫電波波段——米波、分米波、厘米波和毫米波——的可能性。

在這20年里，無綫電技術形成了一門獨立的技术科學。建立了無綫電工業，制定了無綫電技術儀器的工程計算方法，創立了應用無綫電電子學，進行了廣泛的科學研究工作——理論和實驗工作，它們為無綫電技術的各個部門奠定了鞏固的基礎。

最後一個階段——由1945年到1955年這10年，已經不能單純地叫做無綫電技術時期了。前面已經提到過，更恰當的是把它叫做無綫電電子學時代的開端，因為正是在這些年代里，無綫電電子學的方法開始在科學、技術和國民經濟的各個部門中獲得了極其廣泛的應用。無綫電技術和無綫電電子學是和最快的過程打交道的。電磁波以最大的速度——光速（每秒300,000公里）傳播。電磁振盪是頻率極高的週期性過程。這種頻率比我們所熟悉的交流電的頻率（50赫芝）要高幾千、幾百萬和幾十

万万倍。在电子仪器中所遇到的电子，运动速度极大，要用近似于光速的数值来量度。

特别值得注意的是，所有无线电电子学设备的工作条件和工作状态都是在异常迅速地变化着。因此，在无线电电子学中具有重大意义、甚至可以說是具有决定意义的，是随时间和空间而迅速开展的建起过程，或一般地说，非稳定过程。

关于无线电电子学的意义和它的发展规模，从下面的一个事实也可以判断出，例如在美国，无线电工业已经占据第三位，它仅次于炼钢工业和航空工业。

## 理論問題

社会主义工业和整个国民经济的飞跃发展，向科学和技术提出了更新、更复杂、更广泛而多种多样的实际任务。

这些任务大都是非常繁重而复杂，因此，企图只用类似的事实和现有理论为基础，最经济、最有效地解决它们，已经成为不可能。必须广泛地研究能为技术开辟新途径的基本理论问题。这个原则对于一切科学部门都是正确的，而对无线电电子学这个飞跃发展着的部门来说，就更有特别重大的意义。因此，理论的研究对无线电电子学的进一步发展具有特别的重要性。

目前应该研究的最重要的问题是以下几个方面：无线电波的传播、天线设备和天线馈线理论、通信理论（就是所谓信息理论）和高频真空电子学。

研究所有波段的无线电波的传播规律，来提高各种无线电通信、无线电广播和无线电导航的作用距离、工作可靠性和工作质量，仍然是理论无线电电子学中头等重要的课题；和这有

关的是研究地球大气層（电离層和对流層）的規律和其中所發生的各种物理过程的理論研究工作和实验工作。

在天綫理論和饋綫理論以及和它有关的电动力学等方面，苏联在战后年代里發表了一系列具有重大原則意义的著作。

近年来在研究通信的一般理論問題方面，已經取得了十分巨大的成就。这个理論中包含着兩個主要問題，就是效率問題和可靠性問題。第一个問題在于用最經濟的方法，也就是以最小的功率、最短的時間和最窄的頻帶傳送最大数量的通信。第二个問題——可靠性問題在于保證通信接收的高度真实性，也就是要使信号因干扰而引起的失真減到最小程度。高效率和高度可靠性這兩個要求是互相矛盾的，問題就在于找出一个能适合于各种具体情况的折衷的办法。

在通信一般理論方面所發生的困难正日益地增加。这是因为需要在各种各样的干扰条件下和功率受到严格限制的情况下，把信号以更快的速度和更高的可靠性發送到更远的地方去。

近年来，通信一般理論从所謂信息理論中获得了概括的总結。这个理論不但把我們的知識加以归納和提高到更高的水平，而且为我們指出解决困难問題的新途徑。这种嶄新的可能性，是由于对噪音和干扰的特性进行了广泛的研究而获得的。

在有噪音的情况下，發現和选出微弱信号的研究，目前引起了很大的注意。

在已往差不多30年間，电真空仪器（电子管）是無線电發射机和接收机中最重要的組成部分。近年来在这方面进行了广泛的理論研究工作，因而不断地設計出許多新型电子管。

但是，关于电子在复杂形狀的空腔內所存在的恒定和交变

電場和磁場中的運動問題，以及電子群和這些場的相互作用問題等，目前還沒有研究清楚。而這些過程在超高频範圍內，是有特殊意義的。

半導體電子儀器在無線電電子學上具有許多極有價值的特性，它實際應用的範圍也正在日益擴展。因此我們目前正在進行的關於固體電學特性（特別是晶體電學特性）的理論研究工作，迫切需要大規模地開展起來。

應該指出，無線電電子學雖然是一門以鞏固的理論為基礎的科學，但它在很大程度上也是一門實驗性的科學。在這裡，理論和實踐之間的聯繫是不可分離的。

作為這種聯繫的最好榜樣，可以舉出Л.И.曼傑爾什塔穆院士和 Н.Д. 巴巴列克西院士學派對於非線性振盪理論的深刻研究，以及他們對於用新的無線電技術方法來測量距離的卓越理論研究工作，這些測量方法無論在蘇聯或國外都已經得到了廣泛的實際應用。

上面所談的一切，迫切要求我們把我國科學家在無線電通信、無線電技術和電子學等領域內所進行的各種理論研究工作，大大擴展規模和提高質量。

## 無線電測位

無線電測位，就是利用無線電波來測定空中、水面和陸地上各種目的物所在位置的方法，這方法在很早以前就有了，但是直到第二次世界大戰前不久，它才達到了成熟階段。在第二次世界大戰期間，無線電測位在各種戰場上得到了廣泛的應用，現在它仍然在繼續飛躍地發展着。

在無線電測位中应用得最广泛的是無線電回波。这个方法是把無線電波的短促脈冲射向目的物，然后測量脈冲一去一回所耗費的时间，从而确定到目的物的距离。这个时间可以測得十分精确，因而距离也可以測得很准确。測量無線電波从目的物反射回接收天綫时在垂直面和水平面內所成的两个角度，就可以得到被测物体的角座标，測量的精确度可达 $0.1-0.2^{\circ}$ 。

無線電測位的宝贵特性是：不論白天或黑夜，不論在任何可見度和任何天气条件下，它都可以工作。它的作用距离的極限，通常就等于直視距离。在探测高空飞行的目的物时，这个距离可达几百公里。

为了得到有强烈方向性的無線電波束，就要利用尺寸比所用波長大得多的天綫。因为我們不希望用笨重的天綫，所以就須采用很短的無線電波——分米波和厘米波。

这样，無線電測位就刺激了脈冲技术的發展，推动了人們去掌握極短的無線電波和各种具有强烈方向性的天綫設備。

無線電測位給軍事上帶來了很大好处，但是由于無線電測位方法在天文学、大地測量学、頻譜学、导航、气象学、电子計算机綫路以及其他方面的广泛应用而开辟出来的技术可能性，它的价值更不知要大多少倍呢！上面所說的各个部門都应用了屬於無線電測位范围的一些元件。

## 無線電頻譜学

在第二次世界大战以后，由于無線電測位的發展，开辟出了許多新的技术可能性，在这个基础上就誕生了一个新的物理学部門——無線電頻譜学，并且得到了迅速的發展。無線電頻



譜學是應用無線電技術上的方法（無線電波諧振的吸收），來研究氣態、液態和固態的物質。無線電頻譜學和普通光譜學不同，它的基本特征是採用了電子單頻振盪源（例如速調管），能夠不用分譜儀器（稜鏡、衍射光柵等）而保證高度的分辨力，並且可以在很寬的範圍內進行調諧。現在已經制成了整套的電子管振盪器，可以用來研究波長極短的無線電波，從十分之几毫米到几十米，即差不多有10個倍頻程的頻率範圍，但光譜學里所用的頻譜卻狹得多。

無線電頻譜學的研究方法，主要是應用在物理學、化學、天文學和電子學等方面。

無線電頻譜學和理論物理學密切地聯系着，而且要以高等數學機器為基礎。

這門年輕的科學目前獲得的主要成就，有以下几个方面。

在天文學的歷史上第一次發現了星際空間固定頻譜的無線電輻射，也就是星際空間氫氣的輻射，它的波長約為21厘米。這種輻射和宇宙空間中各不同區域內的或多或少的原子氫的能級間極其細微的變化有關。

1944年，蘇聯科學院卡贊分院的 E.K.扎伏依斯基發現和研究了一種新的現象——電子的順磁性諧振。利用這種現象可以創造一種有效的新方法去研究固體和液體的特性。

已對許多種原子核的磁矩進行了測量（包括一些半衰期很短的放射性原子核），這些數據對原子核理論來講異常重要。

已經對許多種分子的結構進行了研究，這就促進了化學鍵理論的進一步制定和對化學鍵本性的研究。

無線電頻譜學方法正開始應用到混合氣體的定量和定性化

学分析上。这种方法的优点是分析得快，并且能实现对过程的不斷“監視”，而进行分析所需用的物質数量極少（几微克）。

無綫电頻譜学利用分子吸收高頻振盪能量而形成的窄譜綫，可以使超高頻振盪器保持頻率的高度稳定；根据这个原理，制出了頻率（時間）的原始标准器，即所謂分子鐘。

苏联科学院的一个研究所在無綫电頻譜学方面所作的研究工作具有重大的意义，特别是在制制噪音系数小的新型振盪器和放大器方面（利用分子束——电离了的气体分子流），这就是所謂分子振盪器和分子放大器，它使得將來可以制造極度精确的頻率标准器。

在国外，無綫电頻譜学方面的研究工作也在大規模地进行着。近 10 年来，在这方面已經發表了許多專門著作。

無綫电頻譜学的成就，使得極短無綫电波的發生和倍頻方法得到了發展，因而促进了無綫电电子学的这个新領域的迅速发展。目前，無綫电頻譜学的研究已經扩展到波長不足 1 毫米的电波上去了。

由于極短的無綫电波的窄方向射束具有巨大的空間分辨本领，現在已經有可能用無綫电波解决直接观察問題。

## 無綫电天文学

天文学是最古老的科学之一。在几千年的过程中，天文学家所观测的是天体發射出的可見光綫。

天文学家在观察星球时碰到的死敌，就是包圍着地球的大气圈。在大气圈中起散射的太陽光阻碍着人們在白天去观测其他天体。空气流可以引起一些不利的現象，例如星光的閃爍，

会使天文仪器中所得到的象变坏。云層和雨雪会完全阻断观测的进行。因此在建造天文台时，必須选择大气比較透明和晴朗夜晚最多的地方。

投射在大气層上的电磁能，要被它吸收掉大部分。原始宇宙綫、倫琴射綫和短波紫外綫的大部分——一句話，波長短于紫色光的一切电磁波，几乎都要被吸收掉。同样，所有的紅外綫，除最接近可見光譜紅色部分的外，也几乎全部被吸收了。

这样，留給天文学家的只剩一条狹縫——一扇探望宇宙的小“窗”，它只占有可見光譜附近一兩個倍頻程的頻率范围。

关于天体的物理状态、化学組成和位置的宝貴資料，絕大部分都是天文学家从可見光或接近于可見光的射綫中得到的。

光学天文学配备着極精密的仪器，不断地發展着和改善着观察的方法。直到第二次世界大战时期，还难望在原有的工作方法上作出什么根本的改革。

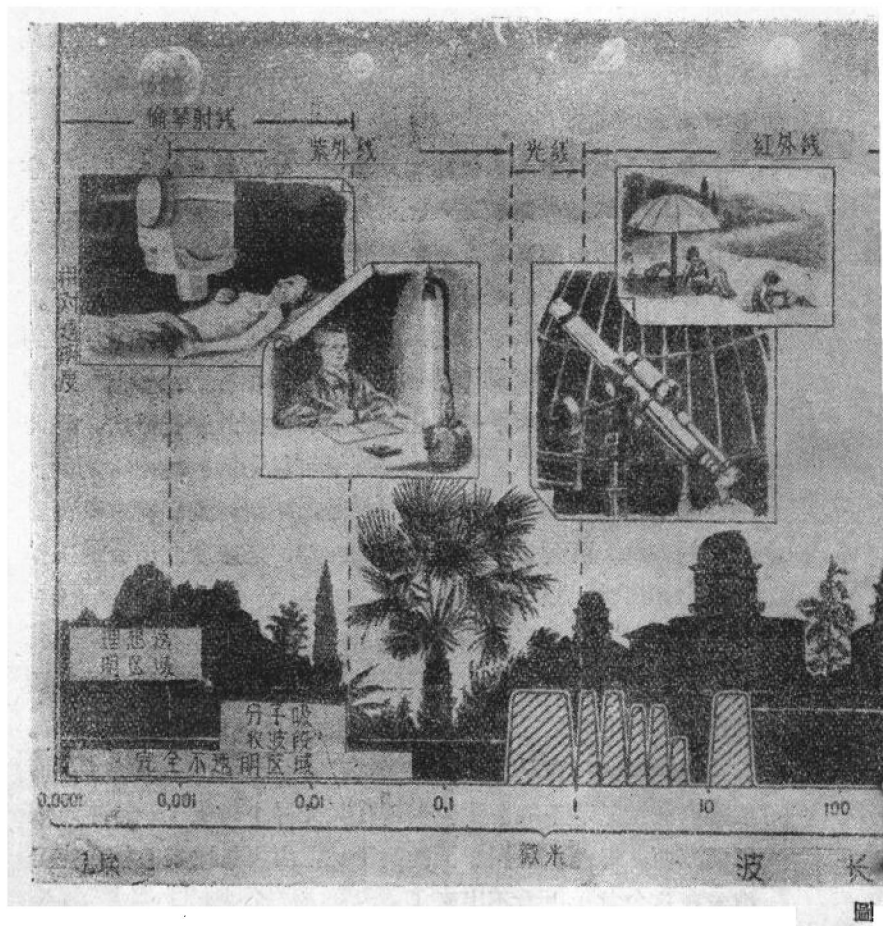
但是，却發生了另外的情况。

二次世界大战初期，在英国东海岸曾裝設了許多米波波段的強力無線电測位站，用来偵察从东部海面飞来的德国轟炸机。

但有时候，在早晨，德国飞机在海面上低低地出現了，而無線电測位站却不能發現它們，在熒光屏上出現了一种不可理解的东西：屏面上盖滿了混乱的干扰，由飞机傳来的信号完全消失在这个背景中看不出来了。

經過長期研究，才查明了当时看到的是太陽發出的無比強烈的無線电干扰，也就是說，太陽原来是一个無線电波發射源。

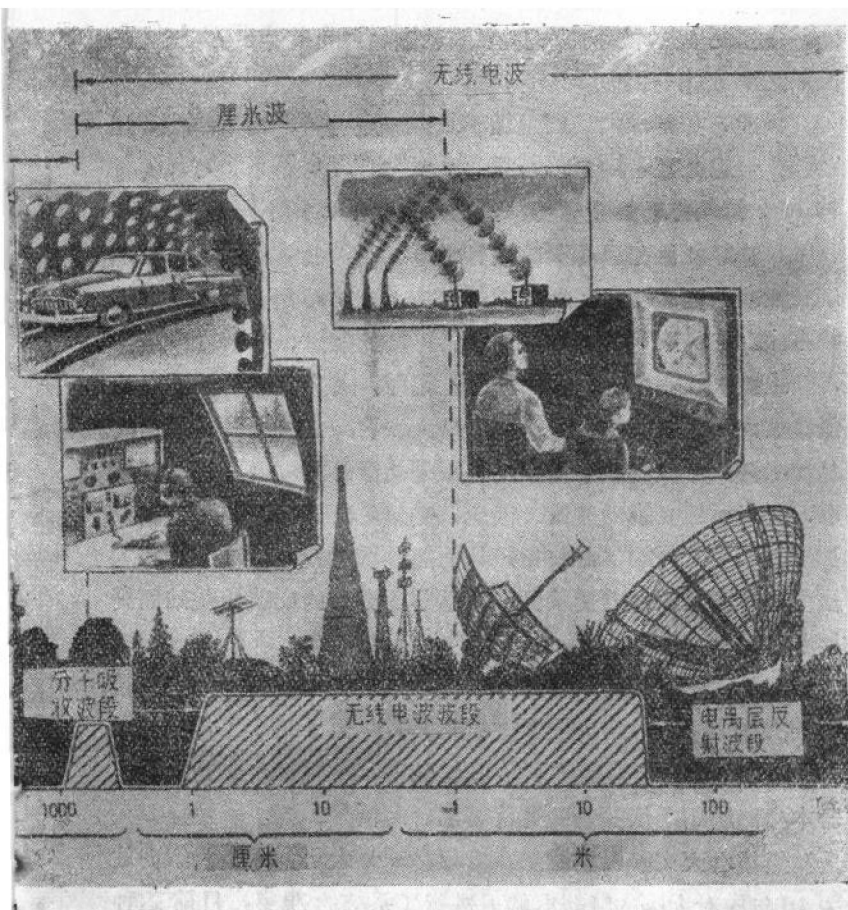
战后年代，才开始对太陽、月亮以及星际气体和所謂“無線电星”的無線电輻射进行了深入而有系統的研究，然而在这



10—15年以前，就已經在米波範圍內得到了一些最初的資料，說明在地球以外有从銀河系發出的無線電輻射。

于是天文学开始了一个新紀元——無線電天文学誕生了。

現在，無線電天文学已成为研究宇宙的最强有力的工具之



一。它的成就为解决天文学、物理学和天体演化学上许多基本问题开辟出新的途径，例如，太阳和恒星的构造问题、星际物质的组成和分布的问题、宇宙线的起源问题等等。

地球的大气圈不仅对于可见光谱附近的狭窄的波段是透明

的，波長从 1 厘米到 15—20 米的無線電波也能穿透整个大气圈而达到地球的表面。

因此，在地球大气圈里就不止有一扇“窗”，而是有兩扇“窗”：一扇是寬一兩個倍頻程的光学“窗”，另一个是可以通過約 10 个倍頻程的無線電“窗”。在任何气候条件下，在白天和夜晚，往往正是在目視觀測法有困难或不可能的时候，都可以进行無線電天文觀測，所以無線電技术方法乃是一种效果卓越的方法，它的应用为天文学开辟出广闊的前途。

上面已經講过，太陽的無線電輻射，首先是由米波波段的無線電測位站發現的。进一步的研究表明，無線電測位中用的从厘米波到米波的整个波段，也正是能穿过大气圈而也为無線電天文学所感兴趣的波段。因此，無線電天文学从無線電測位那里得到了良好的仪器装备，从而能够以無線電測位技术在天綫裝置、灵敏無線電接收机和指示器等方面的成就为基础而發展起来。

然而，由于宇宙射电源的無線電輻射是非常微弱的，無線電天文学家必須設法大大改进接收裝置。由于采取了特殊技术方法（輻射計型接收机），它能够从宇宙空間接收弱到只有仪器本身的所謂起伏噪音的几百分之一的信号。

無線電天文学觀察的基本对象之一是太陽。許多国家在过去 10 年內对太陽的無線電輻射进行了系統的觀察，目前这种觀測越来越深入，越来越扩大。已經确定，太陽能發射出波長从几毫米到 10—15 米的無線電波，它的輻射强度在很寬限度內变化，而在太陽活动性最大的年分达到最大值。在这些年分，太陽在米波上的無線電輻射要比平靜时期大几千倍。



已經查明，“無線電太陽”不是一個球體，而象一個在赤道平面上呈扁平的迴轉橢圓體。最强的米波輻射是從太陽表面很远的日冕區域發出的。厘米無線電波的輻射主要是從較稠密的色球區域發出的。

系統的研究太陽的無線電輻射，是研究太陽大氣的異常有效的方法。研究太陽在“攝動”時期的無線電輻射有特別重大的意義，可以解決關於太陽現象和地球現象的聯繫的重要問題。

例如大家知道，地球上的磁暴以及地球電離層中的強烈“攝動”在很大程度上妨礙着短波無線電通信，它們是和太陽活動性的增加密切關連着的。它們發生的時間也和太陽無線電輻射強度的急劇增加關連着，所以太陽輻射的觀察將成為無線電預報的有效方法。

蘇聯的理論家和實驗家已經詳細地研究了太陽大氣中發生的許多種現象。例如在1946年，蘇聯的理論家指出，太陽在平靜時期的無線電輻射，可以用太陽氣層的热輻射來解釋。在1947年日全食時，蘇聯研究人員曾在巴西海岸（在格里巴耶多夫船上）進行了觀測，第一次從實驗上証明了米波的無線電輻射是從日冕發出的。

以後幾年來，蘇聯科學家曾利用無線電天文學方法，特別是利用比太陽更远的“無線電星”所發出的輻射“透視”日冕的方法，對日冕進行了許多有趣的研究。

大約在10年以前，就已經發現了月亮發出的波長為1.25厘米的無線電輻射，並且查明了月面的溫度雖然由於朝向太陽或背向太陽而變化很大，但這種輻射在月相不同時期却改變得很小。這樣看來，月亮在1.25厘米波長上的無線電輻射是從

月面不深的（不到 50 厘米）層里發出來的。

在最近時期內，蘇聯科學家研究了月球在較長厘米波上的無線電輻射，查明了在這些波長上的無線電輻射的強度的變化還要小些。

銀河系和總星系的無線電輻射在無線電天文學中占着特殊的地位。過去 10 年來，利用無線電天文學方法，發現了一百多處無線電輻射點源。

這些無線電輻射點源的發現，引起了人們極大的興趣，其中有一部分還不能馬上和可見輻射源對應起來，因而被命名為“無線電星”。

主要是由於蘇聯物理學家和天文學家的研究，現在已經查明了，這些無線電輻射點源或者是各個遙遠的河外星系的輻射，或者是由於宇宙災變（例如超新星的爆發）而發生的。在後一種場合，無線電輻射和速度非常高（接近光速）的電子運動有關。天鵝星座的強力無線電輻射源中，有一個發出的無線電輻射比光還強，科學家們在這個位置上發現了兩個碰在一起的河外星系。

銀河系在米波波段上除了點輻射源以外的總的無線電輻射，很可能就是電離了的星際氣體的热輻射和在星際磁場中運動的高速電子的輻射。

對天體的主動式（反射式——譯者）無線電測位也是非常有趣的，這種測位是以向天體發射無線電波和記錄反射回來的無線電波為基礎的。例如，對月亮、行星和流星的無線電測位就是這樣進行的。這門新科學叫做無線電測位天文學。

蘇聯 Л.И. 曼傑爾什塔穆院士和 Н.Д. 巴巴列克西院士還在

1928 年就已經研究了对月亮进行無線电測位的可能性，并在 1942 年（远在 1946 年匈牙利和美国进行实验以前）从技术計算上論証了这个問題。不久以前的报导，德国在 1943 年已經記錄了从月亮反射回来的無線电波。用無線电回波方法測量出来的到月球的距离，和用其他方法測出的数值是完全符合的。

从理論上說，也可以应用無線电測位来研究行近地球的一些較大的小行星，还可以給太陽系的大行星进行無線电測位。

流星的無線电測位已經取得了許多重大的科学成果。

流星体飞入地球大气中的速度，决定于流星体和地球間的相对运动。因为地球沿軌道繞太陽运行的速度是每秒 30 公里，而流星相对于地球的速度达每秒 42 公里，所以，流星体相对于地球\*的速度的范围是在每秒 12 公里到 72 公里之間。

当流星体飞入地球大气的上層区域內时，它的表面受到气体粒子的强烈碰撞，撞击的能量大部分轉变为热，結果流星体的物質就蒸發。它的原子以热速度相对于流星体飞出来，当它們相对于流星体的速度接近每秒 40 公里时，能量达到 100—1,000 电子伏特。在和空气粒子碰撞时，流星体的原子就产生电离。結果在流星体后面就拖着一条圓柱形或綫形电离余迹，它的直徑为 20 厘米，长达 10 公里以上。

大家知道，米波波段的無線电波能从电离气体区域很好地反射回来，因此米波波段的無線电測位站很容易發現流星余迹。

对流星体进行無線电測位，是采用無線电測位技术上探测反射体（现在是探测电离气体柱）的主动式方法，也就是由無線电測位站發出短促的無線电脈冲，然后接收从流星的余迹反

---

\* “地球”二字可能是“太陽”之誤。——編者