

高等学校交流讲义

无线电电子学

WUXIANDIAN DIANZIXUE

第一册

华东师范大学物理系电子学教研组编著

人民教育出版社

序

无綫电电子学这几年来发展很快，各种科学技术都需要这一方面的知識。国内虽然已經出版了許多关于无綫电技术的书籍，但是能作为适当的教材用的还是不多。这本书是根据我們多年来在华东师范大学物理系講授无綫电电子学課程所用的讲义修改而成，可作为高等师范学校物理专业、綜合大学物理各专业无綫电基础課程的教材也可供高等工业学校相近专业选用。

全书包括：緒論，振蕩迴路，电子管，放大器，整流器及滤波电路，电声仪器及扩音机，振蕩和脉冲綫路，調制及发射机，檢波及接收机，电子仪器，晶体管及其綫路，电视，傳輸綫、天綫及电波傳播，微波与雷达，电子計算技术及电子自动控制等共十五章。

本书着重介紹基础理論，对无綫电技术中的几个基本过程——放大、整流、振蕩、調制、檢波作了詳細的介紹。也对最常用的收音机、扩音机、电视接收机及一些典型的电子仪器都作了适当的介紹；在放大器、整流器及振蕩器的各章里列入了設計；許多地方都列入了实际的綫路，并且作了分析。对于无綫电电子学的新成就也作了介紹，例如对于脉冲技术、电视、微波与雷达、晶体管及其綫路、电子計算技术与电子自动控制等都設有专章加以討論。在天綫一章中介绍了电视天綫，在放大器一章中介绍了最近发展的无管放大包括量子放大、磁放大、介質放大及参量放大等。对于学习天綫和微波的重要基础的傳輸綫理論也作了專門的介紹。

学习第十三章傳輸綫、天綫及电波傳播与第十四章微波与雷达二章需要具有电动力学方面的基础知識，对于仅需电子綫路方面知識的专业，这二章可以不講。对于其余各章的学习，如有普通物理及微积分

的基础便能足够应付。

本书緒論,振蕩迴路,放大器,傳輸綫、天綫及电波傳播,微波与雷达,电子計算技术及电子自动控制等章由陈涵奎編写。电子管,整流器及滤波电路,振蕩器及脉冲綫路,調制及发射机,檢波及接收机,晶体管及其綫路等章由万嘉若編写。电声仪器与扩音机,电视二章由馬幼源編写。电子仪器一章由鄔学文、沈成耀、郭三宝、曹揆申等編写,核物理电子仪器由翁默穎同志編写。

在編写中曾得到本組陆瑞沅、殷杰羿、汪燮华等同志及物理系同学的許多帮助。今年修改时电子学研究班全体同学参加了工作。

由于无綫电电子学的内容广泛与編写过程的仓促,书中錯誤之处在所难免,希望使用本书的教师和同學們提出宝贵意見,以便改正。

华东师范大学物理系电子学教研組

1961年4月

第一册目录

序	v
---	---

第一章 緒論	1
--------	---

1.1 什么是无线电电子学?	1
1.2 无线电发明簡史	2
1.3 无线电电子学在科学技术及国民經济中的应用	6
1.4 无线电电子学的发展方向	13
1.5 我国的无线电事业	14
1.6 几个基本概念的介紹	15

第二章 振荡迴路	19
----------	----

2.1 自由振荡	19
2.2 强迫振荡·串联谐振	22
2.3 串联谐振的应用	28
2.4 并联谐振	30
2.5 耦合振荡迴路	35

第三章 电子管	51
---------	----

3.1 热电子发射和电子管的阴极	51
3.2 二极管·空間电荷效应	57
3.3 栅极的作用·三极管	61
3.4 四极管和五极管	69
3.5 电子注管	75
3.6 充气管	77

第四章 放大器	83
---------	----

4.1 电子管放大器的基本原理	83
4.2 放大器的畸变	94
4.3 放大器的效率	96
4.4 放大器增益的表示法	101
4.5 音频电压放大器	104
4.6 音频功率放大器	124
4.7 射频电压放大器	145

4.8 中频电压放大器	151
4.9 射频功率放大器	154
4.10 宽频带放大器	158
4.11 反馈放大器	165
4.12 阴极輸出器	171
4.13 音频选频放大器	173
4.14 放大器的稳定問題	175
4.15 放大器的接地問題	179
4.16 放大器的輸入阻抗	181
4.17 放大器的噪音問題	183
4.18 直流放大器	191
4.19 无管放大器	204

第五章 电子管整流器及濾	
--------------	--

波电路	215
-----	-----

5.1 半波整流器	215
5.2 全波整流器	217
5.3 桥式整流器	219
5.4 倍压整流器	220
5.5 充气两极管整流器	223
5.6 闸流管整流器	224
5.7 电容滤波	228
5.8 电感滤波	232
5.9 L-形滤波器及II-形滤波器	234
5.10 稳压器	239
5.11 稳流器	244

第六章 电声仪器与扩音机	249
--------------	-----

6.1 电声仪器	249
6.2 扩音机的线路分析	260
6.3 揚声器阻抗匹配和有綫广播网	265

第一章 緒論

1.1 什么是无綫电电子学？

无綫电电子学是一門新兴的学科，这門学科从无綫电在 1895 年发明到现在还不过六十多年的历史。最早，这門学科的名称是无綫电，就是现在，仍旧还是有許多人习惯于用这个名称。“无綫电”实际是指无綫电通訊，是与有线电通訊相对立的名称，有強調着利用电磁波在空中的傳播来完成通訊的含义，这种称呼在本世紀的四十年代以前是恰当的，因为那时，无綫电电子学的主要的或几乎是唯一的用途确是在于通訊。

苏联著名的无綫电专家波波夫奖金的获得者貝尔格提出无綫电电子学的发展可以分为三个时期：第一个时期从 1895 年至 1925 年的三十年可以称为无綫电报时期，在这一个时期人們在无綫电方面的主要活动是为了实施电报通訊；第二个时期从 1925 年至 1945 年的二十年可以称为无綫电技术时期，人們在无綫电方面的主要活动中心是无綫电话、无綫电广播、无綫电傳真、无綫电电视及无綫电导航等等，在这一时期人們在无綫电电子学方面的主要活动仍然不出通訊(广义的)的范围，在所有的应用中，利用着电磁波在空中傳播的性能；但是从 1945 年第二次世界大战結束开始，无綫电电子学的应用就广泛地展开到科学技术及国民經济的各个領域，而不再局限于通訊的一个方面了。一个实验室内用来纪录物質的放射粒子数的仪器，虽然可以称它为无綫电仪器，很多人也的确是如此称呼的，但是更恰当的是应当称为电子仪器，因为在这个仪器里没有利用到电磁波在空中傳播的这一性能，因此严格說来，“无綫”二字是加不上的。同样电子计算机也是一个电子仪器。由于这个緣故从 1945 年起人們称为是无綫电电子学时代的开端，

而无綫电电子学这一名称也就明确地提出来了。

苏联大百科全书所說无綫电电子学包含的内容是“所有各种类型的无綫电通訊、无綫电广播、电视、雷达、水下探测器、无綫电导航、紅外綫技术、无綫电天文学、无綫电气象学、无綫电頻譜学、无綫电遙控技术、工业电子学、电子计算机、电真空技术、半导体技术等等都属于无綫电电子学”。

1.2 无綫电发明簡史

虽然无綫电电子学的应用已經展开到科学技术与国民經济中的各个部門，无綫电通訊是无綫电电子学的最早的和基本的应用之一，了解无綫电电子学的发展必須了解无綫电通訊的发展。我們應該了解在无綫电报发明以前的通訊方法，了解在无綫电报发明以前的物理学及其它学科的发展，以及无綫电报的发明經過。

通訊是把自己的意思傳達給別人，講話、做手勢、都是通訊，它們是利用人类自己的器官完成的通訊。为了扩展通訊的距离，人們逐漸采用了工具，在人类历史上最先采用的是旗、鐸、钟、鼓等简单的工具，借以扩充人的视觉与听觉所能到达的距离。在我国古时有举烽火以号諸侯的故事，在国外，三千年前希腊人使用了一个长列的火焰将推罗城陷落的消息傳到雅典，这也是一种利用工具的通訊。利用这些工具之后通訊的距离可以較远，但是所能表达的仅限于简单的意思。人类在历史上对于通訊方式的划时代的改变是在利用了电气之后，1832年有綫电报的发明及1876年有綫电话的发明，使通訊的距离扩展到数百里、数千里以上，并且不受山河海洋的阻隔。但是人們对于这种方式还不滿足，因为有綫电报及有綫电话仅限于有綫路通到的地方，才能完成相互間的通訊，在当时人們希望有一种更方便与更有效的通訊方式的出現。

在人类的科学史上，人們在很长的一段时期內对于电与磁的認識

是停留在定性的阶段上的，并且把它們看作是兩個无关的各自独立的現象。自 1875 年庫侖发现了电荷的相互作用以后，人們对电与磁的研究才开始进入了定量的阶段。1820 年奧斯特发现了电流的磁效应，才开始認識到电与磁二个現象在本質上的联系。1831 年法拉第又发现了电磁效应。庫侖、奧斯特、法拉第的发现使人类对电与磁的認識进入了一个新的境地。

在法拉第的工作基础上麦克斯韦在 1864 年至 1873 年提出了电磁波理論，他从理論上推測到电磁波的存在。在 1864 年他首次提出这个理論，而在 1873 年才发表了“論电与磁”的完整的著作。1888 年赫茲在實驗室中获得了波长为 60 厘米至数米的电磁波，証实了麦克斯韦的理論。

这是在没有綫电发明以前的物理学科发展的情形。

无綫电的发明，一方面是由于人們希望获得一种比有綫电报及有綫電話更为便利的通訊方式的客观需要，另一方面是由于当时的科学基础已經具备了发明无綫电的物质条件。如同其它发明的产生一样，无綫电的发明是物理学及其它科学发展至一定程度的自然产物。

在赫茲获得了电磁波以后，很多人重复了赫茲的工作，其中有俄罗斯的亚·斯·波波夫，法国的布芝里及英国的洛奇。赫茲實驗中最大的缺点是檢波器的灵敏度太低，布芝里及洛奇二人根据金属粉末因受电磁波的作用，电导率会改变的性能，提出了一种灵敏度較高的金属粉末的檢波器。

但是到那时为止，人們对电磁波的研究完全是属于純理論性的，赫茲虽然在 1888 年得到了电磁波，但他沒有意識到电磁波有为人類服务的可能，1889 年 12 月他在給古尔别尔工程师的信中，曾断然地否認了电磁波有为人類服务的这一可能。

利用电磁波为人類服务的这一功勋，应归功于偉大的俄罗斯科学家亚历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫。

早在 1889 年波波夫就已經提出了電磁波有可能被利用來為人類服務的創見。在一次公開的演講會上他曾說過：“人類的機能中尚沒有能夠覺察以太中電磁波的感覺器官，假設發明了這樣的儀器，使我們能夠覺察電磁波的感覺，則電磁波可能應用以傳播訊號於遠距離。”

經過了多年的努力，在 1895 年 5 月 7 日波波夫終於實現了自己的理想，在俄羅斯物理化學協會上表演了他自己做成的世界上第一個無線電接收機，並作了題為“金屬屑與電振蕩關係”的報告。後來在 1896 年，他在俄羅斯物理化學協會雜誌物理之部第 28 卷上又發表了“用來顯示和記錄電振蕩的儀器”為題的論文，詳細地說明了他的接收機的構造與原理。

在他表演了世界上第一架無線電接收機的一年以後——1896 年 3 月 24 日，波波夫再度出現在俄羅斯物理化學協會上，傳遞了世界上第一份無線電報，他將電文為“亨利·赫茲”的電報，送至相距約 250 公尺以外的地方。

波波夫發明的第一個接收機的線路如圖 1-1 所示，在這個圖里 A 是天綫， D 是檢波器， R_1 和 R_2 是二個繼電器， B 是一個鈴， H 是一個小錘，每當電磁波為接收機所接收時，小錘打鈴一次。工作的過程是這樣的：在電磁波未為天綫所接收前，繼電器 R_1 的電路是閉合的，但是由於檢波器 D 的電阻較大，通過的電流在強度上不足以使它把所控制的鐵片吸下；當電磁波為天綫所接收時，在 $AwDG$ 的迴路中感生了一個高頻電流， D 是一個內裝金屬粉末的檢波器，當高頻電流通過時因金屬粉末受高頻電流的作用，檢波器的電阻降低，通過繼電器 R_1 的電流增加而能將鐵片吸下，並使 R_2 的電路接通，因而將它的鐵片連同小錘吸上，擊鈴一次。 R_2 的鐵片吸上後，它的電路自動斷開，故小錘在擊鈴後又復下落，在落下時利用它的重力作用，將檢波器敲了一下，經過小錘的敲擊，檢波器回復它的靈敏度，它的電阻又回復到高頻電流沒有通過以前

的数值，继电器 R_1 也就失去作用，这时继电器 R_2 的控制接触虽然闭合，但因 R_1 的接触已经断开， R_2 的电路不通。这时整个接收机回复到

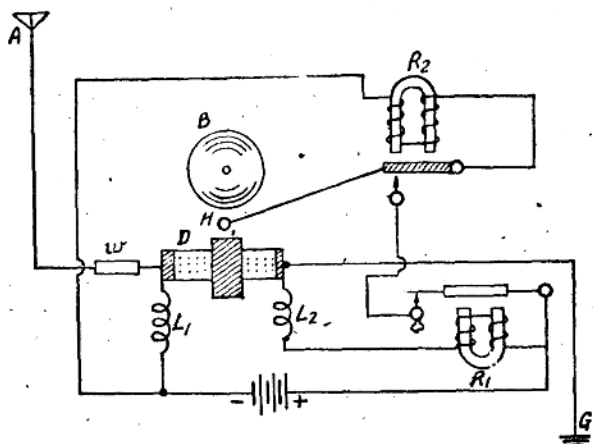


图 1-1 波波夫在 1895 年 5 月 7 日发明的世界上第一个无线电接收机(雷电指示器)

电磁波未为天线接收以前的状态，等待电磁波的再次到来。继电器 R_1 与 R_2 虽然同是继电器，它们的性能却是不同的， R_2 因须吸引小锤使之击铃，故需是强电流的，而 R_1 的作用主要是控制 R_2 电路的启闭，是弱电流的。线圈 L_1 与 L_2 的作用是限制高频电流，不使从检波器的旁路中通过，电阻 W 的作用是限制通过检波器的电流不致过大（特别是在接收空中放电的时候）。接收时采用天线也是波波夫发明的。

这个接收机实际上波波夫在 1894 年就已发明，原先的意图是用来

研究大气放电。他在1894年曾用了莫尔斯电报机，连同这个接收机来纪录大气放电。所以这个接收机在当时被称为雷电指示器，就是在1895年5月7日波波夫在俄罗斯物理化学协会上表演的时候，还是用的这个名称。波波夫实际用这个接收机来完成通讯是在1896年，但是由于波波夫在1896年所用的是与在俄罗斯物理化学协会上表演的仪器是同样的，故1895年5月7日被人们公认为是无线电的发明日。

关于究竟谁是最先发明无线电的问题，俄罗斯物理化学协会，曾在1908年组织了一个专门委员会认真地进行了调查研究，从搜集的资料中完全证实了波波夫发明的优先。专门委员会找到在与波波夫同时代的法国著名科学家布芝里在1898年写过下列的话“虽然我所常常称作原理性试验的无线电导体试验，能够成为无线电报的基础，但我却没有任何侵占这个发明权的念头，因为我从来没有想到过发送讯号…。无线电报实际上是从波波夫的试验中产生的。”

马可尼在无线电方面曾经做了一些工作，他在1899年3月实现了英国海岸与法国海岸间相隔45公里的通讯，在1901年12月曾发送“S”字以完成跨越大西洋距离3700公里的越洋通讯。但是他所做的工作只是延长了无线电的通讯距离。

为了纪念波波夫发明无线电的伟大贡献，苏联政府在1945年即波波夫发明无线电50周年时，规定每年5月7日为无线电日，并制定以亚·斯·波波夫为名的金质奖章，每年一枚，授给在无线电方面有卓越著作和发明的苏联或国外的学者。1957年即波波夫诞生100周年，世界和平理事会把他列为1959年度纪念的世界文化名人之一。

1.3 无线电电子学在科学技术及国民经济中的应用

一、在通讯上

无线电电子学的最基本的一个应用是通讯，广义地说来，这一方面

包括无线电报、无线电电话、无线电电话广播、无线电传真、无线电电视广播、无线电导航等。电话与广播不同，电话是点与点之间的联系，广播的接收对象却是很多。传真与电视也是不同，它们的区别在于：传真所传送的是静止的图象，电视所传送的则是活动的图象。传真除无线之外，还有有线传真，报纸上刊载的照片许多是用无线电传真得到的。无线电广播按使用波长的不同有长波广播、中波广播、短波广播及超短波广播等，按使用的调制方法的不同分有调幅与调频等。无线电电视广播是超短波广播。现在广播事业已发展到这样的程度，电台的数目已是难于数计，以电视广播台为例，根据 1955 年的统计，到 1955 年下半年为止全世界已建立的电视广播台的总数是 513 台，估计现在的总数总在一千台以上，并且在这些电台里彩色电视台占着较大的比例。

多路通讯是在一条线路上同时传送许多路的电报或电话。当工农业生产日益发展，城乡交通及通讯业务日益频繁的时候，多路通讯的实施愈有必要。特别是自动长途电话的实现，只有在多路通讯的实现的基础上才有可能。在一对架空线上，人们早就实现了同时有几十对人的同时通话，在采用了同轴电缆以后，同时通话的路数增至了几百。利用架空线及同轴电缆的多路通讯是属于有线多路通讯的一种，虽然是有线，实际所用的却完全是无线电的方法。现在又发展了一种微波接力，是属于无线多路通讯的一种。微波接力通讯是在每隔四五十公里的地方设立一个电台，每一个电台将收到的讯号再转发到另一电台，这样信号从一个电台传到另一电台，依次传递下去。由于微波接力所使用的载波频率较同轴电缆上所用的为高，微波接力的通话路数比同轴电缆要多。现在微波接力通讯在全世界各国正在以很快的速度发展着。

采用同轴电缆及微波接力，虽然多路通讯的路数已经很高，人们对此并不满足，现在正从事于利用波导来作远距离通讯的试验。这种试验如果成功，通话的路数将增至万路以上，例如，如果在北京与上海之间敷设一根波导管，便可有上万对人同时通过这根管子通话，如果用它

來傳送電視，同時傳送的節目能在數十種以上。

在通訊中脈沖調制的方式，正在被普遍採用，脈沖調制的方式很多，有脈沖的幅度調制，寬度調制，相位調制及頻率調制等等，此外還有一種編碼調制，這種調制是將訊號的強度用對應的編碼脈沖訊號傳送出去，這種方式的最大優點是抗干擾的能力很強。

增加多路通訊的一個方法是提高載波頻率，微波接力及遠距離波導傳輸都是沿這一方向發展的，現在載波頻率已由厘米波而進入于毫米波。與此同時增加訊路的另一種方法是壓縮頻帶，在傳輸一定的信息中並不要求將信息的全部內容傳送出去，我們將信息中一些無關重要的部分去掉，這樣一來，就可大大降低傳送信息所需要頻帶寬度，這就是所謂壓縮頻帶，壓縮頻帶的方法很多，在許多情況下現在已能將頻帶壓縮數倍至幾百倍，也就是在一定的載波頻率下，採用了壓縮頻帶以後，能將訊路增加數倍至數百倍。信息論是無線電電子學中專門研究壓縮頻帶的一門學科。

無線電電子學方法在導航方面的應用發展得也是很快，導航有船隻導航與飛機導航。船隻在惡劣的氣候進入港口以及飛機在機場的降落都是十分重要的問題，現在都是在採用了電子學的方法以後很好的得到了解決，安全程度增加了，通行率也得到了很大的提高。

二、在工農業生產上

無線電電子學方法現在也被普遍採用在工農業生產上。為了提高勞動生產率，人們正在採用無線電電子學的方法來實現生產過程自動化。例如人們已經做成了各種各樣的程序控制自動機床，這種機床的工作程序完全用電子學的方法來控制。除自動程序控制外，電子自動化的方面還有自動調節、自動監視、自動保護及自動檢驗等等。自動調節能把溫度、壓力、速度及液面等準確地調節在一定的數值。自動監視與保護能對機器的運轉給以監視，在危險的時候能發出警報或採取保護措施。現在利用電子自動調節設備能把溫度調節在不出規定值千分

之一度。电子自动調节的特点就是調节得很准。无人工厂是工业生产的最高級形式,这种工厂在苏联已經实现,在这种工厂中采用了电子计算机、电视机及各种精密的电子仪器来代替人的操作。

采用無線电电子学的方法能够实现遙控(即所謂远距离操纵)与遙測。在水力发电站中,水力发电机的接通与切断,都可用电子学方法进行遙远控制。一个水电站里几百个电表的示数可以用無線电送至另一个地点。通过电子学的方法能够監視与控制相隔几百里之外的水电站的运转。在苏联已有几十个鎖着門不用人管理的水电站在运转。

超声波在工农业上的用途很大,它可以用来清洁和磨光金属制件的表面,同时还能够用来钻孔,用来洗濯,如表的洗濯与鍋炉管的洗濯。它可以用来加速化学反应,同时它还能用来帮助焊接金属。农作物受了超声波的照射后能够加速增长。苏联研究結果将植物种子在播种前经过3至5分钟的超声波照射后,生长速度加快,并且产量也得到增加。

超声波不是無線电波,前一个是纵波,而后一个則是横波。不过超声波是用电子学的方法产生的,超声波的广泛应用是無線电电子学发展的結果。

無線电加热与無線电淬火現在在工业上也被广泛的采用,無線电加热是利用金属在高频磁场中得到加热与介质在高频电场中得到加热的現象。高频电场加热可以用来干燥木材、陶制品及羊毛等。由于这种加热过程是內发的,热量产生于被加热物体本身,所以加热比較均匀。在干燥的过程中不会使干燥器件发生裂痕或弯曲等現象,因此产品的质量較高,廢品很少,速度也快。以木材为例,以前在特殊的加热室里干燥,需要经过100至500小时,現在应用高频电场进行干燥仅需3至8小时。淬火是使金属表面硬化,采用無線电淬火能够使淬火过程仅限于金属的表面,因而能使金属的表面硬而內部结实,达到完全合

乎理想的要求。

三、在軍事国防上

在軍事和国防上,无綫电电子学也起着重要的作用,苏联历史上記載着,在具有历史意义的解放白俄罗斯的一役中,苏联軍隊使用了将近27,000个无綫电台。一个战斗机上的无綫电电子仪器的价值超过了飞机本身的价值;一个現代的战斗舰上装有几十个雷达。

过去雷达的最远探测距离是五六百公里,現在人們已經做成了一种超远程雷达,探测距离可达5,000公里。現在还做成了一种毫米波雷达,这种雷达的分辨力很高,能在示波器的螢光屏上显示30公里內的目标,如同电视显象一样。与此同时,人們还在研究无源雷达,即根据飞机上或船上引擎的紅外辐射来探测目标,这样使敌机或敌舰无法使用反雷达的手段。

四、在天文学及气象学上

由于无綫电电子学的发展,人們做成了无綫电望远镜,为科学家提供了研究宇宙天体的新方法。光学望远镜在使用时受到气候及观测时间的限制很严,一方面也不能用来观察非可見光的辐射,无綫电望远镜大大补偿了光学望远镜的不足。虽然从第一个无綫电望远镜的制成以来到现在还不超过25年,但是由于它的出現,大大地丰富了天文学的发展而产生了一門新的无綫电天文学的学科。通过无綫电望远镜对太阳辐射的研究,能够更好的了解太阳的各个方面,例如从无綫电辐射来看,太阳不是一个球体而是一个椭球体,发现了太阳的辐射是圆偏振。宇宙无綫电辐射的研究使人們发现了新的无綫电天体,发现了氫气充滿着宇宙星际。近来的研究显示着通过宇宙无綫电辐射的研究有可能找到宇宙射綫的起源。

无綫电电子学与气象学結合起来便产生了无綫电气象学。无綫电技术可以帮助研究云雨的分布情况,对流层下层的不均匀性和旋流的形成。使用电子计算机能对气象进行迅速而准确的预报。在水文气象

站装置无綫电电子仪器能对水文气象进行自动的探测。现在为了研究气象設有专用的气象雷达。

五、在物理学上

在物理学的研究上，无綫电电子学也起着十分重要的作用。各种高能粒子加速器中都需用到高频电源；在原子能反应堆的研究中需要用电子学的方法来进行遙控与遙測；放射性的測量、宇宙綫的測量都需要用电子学的方法；在可控制热核反应的研究上需要用到强电流脉冲放电；对等离区的研究上也要用到电子学的方法。最近无綫电波譜学及电子学的发展为物理学的研究更是提供了极其有利的条件。

无綫电波譜学是根据物質对无綫电波的吸收的性質来研究它的結構的一門科学。应用了波譜学，人們已經得到了大量有关原子物理的数据。量子电子学是无綫电波譜学的发展。化学反应在进行的时候，利用产生的新物質对无綫电波吸收的性質能够对化学反应作出定量的分析，并且控制化学反应的进行。分子振蕩器，分子放大器及固体量子放大器都是人們对无綫电波譜学研究所得的結果。这种放大器的特点是具有非常低的噪音。分子放大的頻寬較窄，固体量子放大比起分子放大来具有較寬的頻帶。固体放大或分子放大所得的功率不大，因之特别适宜于采用作为前級放大，固体量子放大已經开始用在无綫电望远镜和超远程的雷达中，能将視程或探测距离提高很多倍。在发射宇宙火箭上，如何完成超远程宇宙通訊是一个問題，这个問題可能在采用了新型的量子放大后得到解决。

六、在計算技术上

电子計算机的出現是无綫电电子学对于計算技术一个极大的貢獻，它节省了人們大量的劳动。在进行全国性的天气預报中，要解上千个联立方程，这只有在采用了电子計算机以后才有可能。电子計算机特別在計算工作量很大同时要求在短時間迅速获得計算結果时值得采用。电子計算机有数字的与模拟的两种，它們各有不同的用途。一个数字

計算机的能力是以它的計算速度以及它的儲藏數字的能力來衡量的。1956年以前數字計算机最大的計算速度是每秒50,000次,1957年達到了200,000次。最近人們正在試制一種微波計算机,這種計算机如果試制成功,計算速度更比現在的計算机快上百倍。

現在電子計算技術廣泛地用在生產上,根據蘇聯報導,蘇聯在石油工業中採用了電子計算机來確定油層的分布及油井的合理開采,僅在韃靼自治共和國巴福林油田每年就能節省幾十萬盧布。在冶金工業中採用電子計算机,可以保證冶煉操作處於最好的冶煉條件,使每套設備每年增產數十萬噸鋼。在鋁的生產方面採用了電子計算机以後,僅在蘇聯克那刻爾煉鋁廠每年就能節約一千萬到一千五百萬盧布。在橋梁及飛機的機翼等的工程設計中,常需將幾種設計方案加以比較,採用了電子計算机能在幾十小時內算出幾十種甚至幾百種的方案,使在短時間內迅速決定最好的設計方案成為可能。

電子計算机不僅可用作數學的運算,它還可以用來作邏輯的運算。現在利用了電子計算机已經做成了自動的閱讀机和自動的翻譯机。閱讀机能自動地把文字讀出聲音。從英文到俄文的翻譯机,在蘇聯的計算技術研究中已經制成了好幾年了。蘇聯還做了一種六國外文譯為俄文的翻譯机。

七、在宇宙火箭的發射上

眾所周知在完成宇宙火箭的發射上,使用了大量的無線電電子儀器。依靠了電子計算机、雷達等的控制設備,宇宙火箭才能被準確地引入軌道。在完成宇宙高空的科學探測的任務上,在火箭上裝置了各種各樣的無線電電子儀器。

八、在探礦及醫療上

無線電電子學方法還用在探礦及醫療上。在診斷上人們做成了各種各樣的電子診斷儀器,例如測量心電波及腦電波的記錄儀、計數血球的分析器、探測病患部位的超聲波探測儀及利用電子計算机做成的自

动诊断仪等等。用电子分析器计数血球比上人工计数的速度快上百倍,并能将各种不同类型的血球区别开来。自动诊断仪根据心电波、脑电波及由人体各个器官得到的电讯号,自动进行诊断,它能帮助医生正确可靠的诊断,现在对眼部病患的诊断仪器已经成功。在治疗上实现了低频治疗、高频治疗及脉冲治疗。低频治疗是将低频率的电流通过人身能治疗失眠、瘫痪及肥胖等疾病;高频治疗是利用短波、超短波及微波等高频率的无线电波通过人们的机体内部,使得部分机体加热;脉冲治疗是利用脉冲刺激心脏而使其维持正常的跳动。现在利用电子学的方法还能使聋子听到声音瞎子看见光线。

九、在测量技术上

无线电电子学的方法可用来作各种精密的测量。在时间的测量上,应用了石英钟可使准确度达到在30年内误差不超过一秒;原子钟的准确度更高,能达到300年内误差不超过一秒。在长度测量上,利用电子测微计能测出千万分之一毫米(一埃或 10^{-8} 厘米)的位移;微波测距仪能够达到相对误差不超过20万分之一的准确度。在温度测量上,利用电子仪器能够准确到千分之一度。在功率测量上,能测量小到 10^{-17} 瓦的功率,用一位苏联专家的话,这相当于在月球上点一根火柴辐射到地球上1平方米面积内的功率。电子显微镜能将物体放大40万倍,现在有一种新的电子投影机能将微小物体放大到200万倍。即使是在几个微秒内发生的瞬变过程也能在示波器上显示出来。

各种非电量都可用适当的方法变为电量之后再进行测量,因为在测量时可以使用放大器,就使各种非电量的测量达到了本来所远不能达到的程度。

1.4 无线电电子学的发展方向

现代的无线电电子学正在沿着几个显著的方向发展着。一个是频率的提高,现在已经进入毫米波的区域;一个是超小型化,就是人们正