

高等学校教学用书



无线电电子学

WUXIANDIAN DIANZIXUE

上册

华东师范大学物理系电子学教研组编著

群书出版社

本书是作者根据几年来在华东师范大学物理系无线电电子学课程所用的讲义编写而成的。书中着重介绍了基础知识，并注意联系实际：对收音机、扩音机、电视接收机和一些常用的电子仪器都作了适当的介绍，某些地方列入了设计和许多实际线路，对于无线电电子学方面的新成就也作了较详细的介绍：如脉冲技术、微波与雷达、晶体管及其线路、电子计算技术和电子自动控制等。

本书可供高等学校物理专业学生作为教科书，也可作为工科非无线电专业学生及无线电爱好者作为参考书。

本书共15章，分上下两册出版。第一章至第九章为上册，第十章至第十五章为下册。

簡 明 本 說 明

目前850×1168公厘規格紙張較少，本書曾以787×1092公厘規格紙張印刷，定價相應減少20%。希鑒諒。

无 线 电 电 子 学

上 册

华东师范大学物理系电子学教研组編著

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编辑组
北京宣武门外大街恩惠寺7号

(北京市書刊出版業營業許可證出字第2号)

民族印刷厂印装 新华书店发行

統一書号13010·867 开本787×1092 1/32印張13 9/16插頁2

字數342,609 印數0001—25,000 定價(6)¥1.10

1960年9月第1版 1960年9月北京第1次印刷

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科书用的还是不多。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編写而成，可供师范院校物理专业、綜合大学物理专业或工科大学非无綫电专业学生作为教科书。

全书包括：緒論，振蕩迴路，电子管，放大器，整流器及濾波电路，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，电视，傳輸綫、天綫及电波傳播，微波与雷达，晶体管及其綫路，电子仪器，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。也着重联系实际：对于最常用的收音机、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着重介紹，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。在天綫一章中介紹了电视天綫，在放大器一章中介紹了最近发展的无管放大包括量子放大、磁放大、介質放大及參量放大等。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。

如果每周講課6課时，本书可供一学期教学之用。学习第十章傳輸綫、天綫及电波傳播与第十三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。

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。

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

1960年5月

上册目录

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 几个基本概念的介绍(15)	
第二章 振荡迴路	19
2.1 自由振荡(19)	
2.2 强迫振荡·串联諧振(22)	
2.3 串联諧振的应用(28)	
2.4 并联諧振(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(121)	
4.7 射频电压放大器(142)	
4.8 中频电压放大器(148)	
4.9 射频功率放大器(151)	
4.10 寬頻带放大器(155)	
4.11 反饋放大器(166)	
4.12 阴极輸出器(172)	
4.13 音频选頻放大器(174)	
4.14 放大器的穩定問題(176)	
4.15 放大器的接地問題(180)	
4.16 放大器的輸入阻抗(182)	
4.17 放大器的噪音問題(184)	
4.18 直流电压放大器(192)	
4.19 无管放大器(193)	
第五章 电子管整流器及滤波电路	205
5.1 半波整流器(205)	
5.2 全波整流器(207)	
5.3 桥式整流器(209)	
5.4 倍压整流器(210)	
5.5 充气两极管整流器(212)	
5.6 閘流管整流器(214)	
5.7 电容滤波(218)	
5.8 电感滤波(222)	
5.9 L-形滤波器及II-形滤波器(224)	
5.10 穩压器(229)	
5.11 穩流器(234)	
第六章 - 电声仪器与扩音机	259
6.1 电声仪器(259)	
6.2 扩音机的綫路分析(250)	
6.3 揚声器阻抗匹配和有綫广播网(255)	
第七章 振荡和脉冲綫路	261
7.1 电子管振荡器工作原理的分析(261)	
7.2 振荡条件和振荡頻率(264)	
7.3	

振荡器作为自激放大器(268) 7.4 振荡器的各种线路(270) 7.5 电子耦合式振荡器(276) 7.6 振荡频率的稳定法·晶体振荡器(277) 7.7 超高频振荡器(280) 7.8 音频振荡器(282) 7.9 负阻振荡器(286) 7.10 锯齿形波发生器(289) 7.11 脉冲的基本知识(294) 7.12 阴极耦合多谐振荡器(296) 7.13 多谐振荡器的同步(306) 7.14 阻塞振荡器(308) 7.15 触发电路(311) 7.16 限幅器(314) 7.17 微分电路和积分电路(320) 7.18 强脉冲发生器(325)

第八章 调制及发射机.....331

8.1 调幅原理(331) 8.2 平方律调幅或小讯号调幅(333) 8.3 直线性的调幅(336) 8.4 平衡调幅器(346) 8.5 调频和调相(347) 8.6 调频波的频谱分析(349) 8.7 调频波的产生方法(353) 8.8 干扰对于调制波的影响(357) 8.9 无线电台广播台的组成(359)

第九章 检波及接收机.....363

9.1 晶体检波(363) 9.2 强讯号两极管检波(366) 9.3 栅路检波(373) 9.4 板路检波(377) 9.5 再生检波(381) 9.6 差频检波。变频原理(385) 9.7 调频检波(388) 9.8 接收机的类别及特征(395) 9.9 超外差式接收机线路的分析(403) 9.10 调频超外差接收机(422) 9.11 超短波的接收(424)

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年发明到現在还不过六十多年的历史。最早,这門学科的名称是无綫电,就是現在,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,是与有綫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,但是更确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。

苏联大百科全书上給无綫电电子学所下的定义是“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，說話、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、鑼、鈔、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年有綫電話的发明，使通訊的距离扩展到数百数，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電話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 年赫茲在实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。

这是在没有无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，其中有俄羅斯的亚·斯·波波夫，法国的布芝里及英国的洛奇。赫茲实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 月他在給古尔別尔工程师的信中，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勛，应归功于偉大的俄羅斯科学家亚历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫。

早在 1889 年波波夫就已經提出了电磁波有可能被利用来为人类服务的創見。在一次公开的演講会上他曾說过：“人类的机能中尚沒有能够觉察以太中电磁波的感觉器官，假設发明了这样的仪器，使我們能够觉察电磁波的感觉，則电磁波可能应用以傳播訊号于远距离。”

經過了多年的努力，在 1895 年 5 月 7 日波波夫終於实现了自己的理想，在俄罗斯物理化学协会上表演了他自己做成的世界上第一个无綫电接收机，并作了题为“金属屑与电振荡关系”的报告。后来在 1896 年，他在俄罗斯物理化学协会杂志物理之部第 28 卷上又发表了“用来显示和記錄电振荡的仪器”为题的論文，詳細地說明了他的接收机的构造与原理。

在他表演了世界上第一架无綫电接收机的一年以后——1896 年 3 月 24 日，波波夫再度出現在俄罗斯物理化学协会上，傳遞了世界上第一份无綫电报，他将电文为“亨利·赫兹”的电报，送至相距約 250 公尺以外的地方。

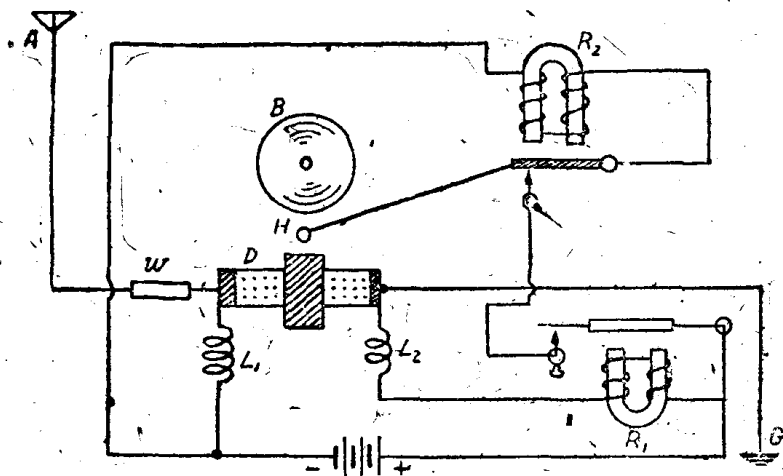


图 1-1 波波夫在 1895 年 5 月 7 日发明的世界上第一个无綫电接收机(雷电指示器)

波波夫发明的第一个接收机的綫路如图 1-1 所示，在这个图里 A

是天綫, D 是檢波器, R_1 和 R_2 是二个繼电器, B 是一个鈴, H 是一个小錘, 每当电磁波为接收机所接收时, 小錘打鈴一次。工作的过程是这样的: 在电磁波未为天綫所接收前, 繼电器 R_1 的电路是閉合的, 但是由于檢波器 D 的电阻較大, 通过的电流在强度上不足以使它把所控制的鉄片吸下; 当电磁波为天綫所接收时, 在 $AwDG$ 的迴路中感生了一个高频电流, D 是一个內装金属粉末的檢波器, 当高频电流通过时因金属粉末受高频电流的作用, 檢波器的电阻降低, 通过繼电器 R_1 的电流增加而能将鉄片吸下, 并使 R_2 的电路接通, 因而将它的鉄片連同小錘吸上, 击鈴一次。 R_2 的鉄片吸上后, 它的电路自动断开, 故小錘在击鈴后又复下落, 在落下时利用它的重力作用, 将檢波器敲了一下, 經過小錘的敲击, 檢波器回复它的灵敏度, 它的电阻又回复到高频电流沒有通过以前的数值, 繼电器 R_1 也就失去作用, 这时繼电器 R_2 的控制接触虽然閉合, 但因 R_1 的接触已經断开, R_2 的电路不通。这时整个接收机回复到电磁波未为天綫接收以前的状态, 等待电磁波的再次到来。繼电器 R_1 与 R_2 虽然同是繼电器, 它們的性能却是不同的, R_2 因須吸引小錘使之击鈴, 故需是强电流的, 而 R_1 的作用主要是控制 R_2 电路的启閉, 是弱电流的。綠圈 L_1 与 L_2 的作用是限制高频电流, 不使从檢波器的旁路中通过, 电阻 w 的作用是限制通过檢波器的电流不致过大(特别是在接收空中放电的时候)。接收时采用天綫也是波波夫发明的。

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, 連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訊是在 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 日被人們公認为是无綫电的发明日。

在无綫电的发明史上, 資产阶级的投机分子意大利人馬可尼曾經

企图窃取波波夫的发明。1896年馬可尼偷偷地从意大利潜往倫敦在6月2日向英国政府申請專利权,說他发明了一种无綫电机,先在英国杂志上发表一个报导,1897年6月才把实际綫路发表出来,但是把他所发表的号称自己发明的无綫电机核对一下,却是与波波夫在1896年所发表的綫路完全相同。

关于究竟誰是最先发明无綫电的問題,俄罗斯物理化学协会,曾在1908年組織了一个專門委员会認真地进行了調查研究,从搜集的資料中完全証實了波波夫发明的优先。專門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年写过下列的話“虽然我所常常称作原理性試驗的无綫电导体試驗,能够成为无綫电报的基础,但我却沒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訊号…。无綫电报实际上是从波波夫的試驗中产生的。”

馬可尼在无綫电方面曾經做了一些工作,他在1899年3月实现了英国海岸与法国海岸間相隔45公里的通訊,在1901年12月曾发送“S”字以完成跨越大西洋距离3700公里的越洋通訊。但是他所做的工作只是延长了无綫电的通訊距离。我們不能同意馬可尼窃取无綫电发明权的罪恶勾当,并且不能听任資本主义集团利用馬可尼窃取的发明专利权向全世界劳动人民进行剝削。

为了紀念波波夫发明无綫电的偉大貢獻,苏联政府在1945年即波波夫发明无綫电50周年时,規定每年5月7日为无綫电日,并制定以亞·斯·波波夫为名的金質奖章,每年一枚,授給在无綫电方面有卓越著作和发明的苏联或国外的学者。1957年即波波夫誕生100周年,世界和平理事会把他列为1959年度紀念的世界文化名人之一。

1.3 无綫电电子学在科学技术及国民經济中的应用

一、在通訊上

无綫电电子学的最基本的一个应用是通訊,广义地說来,这一方面

包括无线电报、无线电话、无线电话广播、无线电传真、无线电视广播、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。船只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計算机、电视机及各种精密的电子仪器来代替人的操作。

采用无綫电电子学的方法能够实现遙控(即所謂远距离操纵)与遙测。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의示数可以用无綫电送至另一个地点。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即所謂超声切削,能够用来鉆孔,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,即所謂超声处理。它还能用来焊接金属。农作物受了超声波的照射能加速增长。苏联研究結果将植物种子在播种前經過3至5分鐘的超声波照射后,生长速度加快,并且产量也得到增加。

超声波不是无綫电波,前一个是縱波,而后一个則是橫波。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无綫电电子学发展的結果。

无綫电加热与无綫电淬火現在在工业上也被广泛的采用,无綫电加热是利用金属在高频磁場中得到加热与介質在高频电場中得到加热的現象。高频电場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,需要經過100至500小时,现在应用高频电場进行干燥仅需3至8小时。淬火是使金属表面硬化,采用无綫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結实,达到完全合

乎理想的要求。

三、在軍事國防上

在軍事和國防上，無線電電子學也起着重要的作用，蘇聯歷史上記載着，在具有歷史意義的解放白俄羅斯的一役中，蘇聯軍隊使用了將近 27,000 個無線電台。一個戰鬥機上的無線電電子儀器的價值超過了飛機本身的價值；一個現代的戰鬥艦上裝有凡十個雷達。

過去雷達的最遠探測距離是五六百公里，現在人們已經做成了一種超遠程雷達，探測距離可達 5,000 公里。現在還做成了一種毫米波雷達，這種雷達的分辨力很高，能在示波器的螢光屏上顯示 30 公里內的目标，如同電視顯象一樣。與此同時，人們還在研究無源雷達，即根據飛機上或船上引擎的紅外輻射來探測目标，這樣使敵機或敵艦無法使用反雷達的手段。

四、在天文學及氣象學上

由於無線電電子學的發展，人們做成了無線電望遠鏡，為科學家提供了研究宇宙天體的新方法。光學望遠鏡在使用時受到氣候及觀測時間的限制很嚴，一方面也不能用來觀察非可見光的輻射，無線電望遠鏡大大補償了光學望遠鏡的不足。雖然從第一個無線電望遠鏡的制成以來到現在還不過 25 年，但是由於它的出現，大大地豐富了天文學的發展而產生了一門新的無線電天文學的學科。通過無線電望遠鏡對太陽輻射的研究，能夠更好的了解太陽的各个方面，例如從無線電輻射來看，太陽不是一個球體而是一個橢球體，發現了太陽的輻射是圓偏振。宇宙無線電輻射的研究使人們發現了新的無線電天體，發現了氫氣充滿着宇宙星際。近來的研究顯示着通過宇宙無線電輻射的研究有可能找到宇宙射線的起源。

無線電電子學與氣象學結合起來便產生了無線電氣象學。無線電技術可以幫助研究雲雨的分布情況，對流層下層的不均勻性和旋流的形成。使用電子計算機對氣象進行迅速而準確的預報。在水文氣象

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

五、在物理学上

在物理学的研究上，无线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遥控与遥测；放射性的测量、宇宙线的测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；对等离子区的研究上也要用到电子学的方法。最近无线电波谱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。

无线电波谱学是根据物质对无线电波的吸收的性质来研究它的结构的一门科学。应用了波谱学，人们已经得到了大量有关原子物理的数据。量子电子学是无线电波谱学的发展。化学反应在进行的时候，利用产生的新物质对无线电波吸收的性质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。分子振荡器，分子放大器及固体量子放大器都是人们对无线电波谱学研究所得的结果。这种放大器的特点是具有非常低的噪音。分子放大的频宽较窄，固体量子放大比起分子放大来具有较宽的频带。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级放大，固体量子放大已经开始用在无线电望远镜和超远程的雷达中，能将视距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讯是一个问题，这个问题可能在采用了新型的量子放大后得到解决。

六、在计算技术上

电子计算机的出现是无线电电子学对于计算技术一个极大的贡献，它节省了人们大量的劳动。在进行全国性的天气预报中，要解上千个联立方程，这只有在采用了电子计算机以后才有可能。电子计算机特别在计算工作量很大同时要求在短时间迅速获得计算结果时值得采用。电子计算机有数字的与模拟的两种，它们各有不同的用途。一个数字