

无线电视 60年



上海科学技术出版社

无綫电 60 年

紀 念 文 集

〔苏联〕 A. Д. 福尔屠申科 主編
H. Д. 普苏尔采夫等 著
电信科学研究所 譯

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本書是苏联邮电出版社为紀念 A. C. 波波夫发明无线电六十周年而出版的科学技术論文集。

它总结了无线电技术的各个部門,包括天綫,电波傳播,电子管,半导体,发送设备,接收设备,超短波通信,无线电导航和雷达,电视,有綫广播,有綫通信等十余个方面,在 1945~1955 年間的重要成就,并指出了发展方向。

它介绍了 A. C. 波波夫的生平,苏联出版的无线电書刊,苏联无线电技术年表等方面的資料。

本書的执笔者都是无线电技术有关方面的著名的專家,如 B. A. 符維堅斯基, M. П. 多魯汗諾夫, B. Ф. 符拉索夫, З. П. 莫杰里, B. C. 西福罗夫等。

本書適合中級以上的无线电技术人員閱讀。

本書經集体翻譯与互校,最后并經過虞承中同志校对。

无 綫 电 6 0 年

紀 念 文 集

60 ЛЕТ РАДИО

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

原 著 者 [苏联] А. Д. Фортунченко
Н. Д. Псурцев 等

原出版者 Связьиздат, 1955 年版

譯 者 电信科学研究所

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經管

开本 787×1092 毫米 1/27 印张 13 17/27 插圖 2 字数 236,000

1959 年 4 月第 1 版 1959 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

印数 1—10,000

統一書号: 15119·1152

定 价: (十四) 2.00 元



A. Novich

序 言

自从 A. C. 波波夫发明无线电以来，已经六十年了。在这 60 年中，这个最重要的科学技术部门已有了很大的发展。无线电利用了各种科学部门的成就，反过来又不断充实它们，这样就使新的科学部门例如射电天文学等建立起来。

现代无线电技术及其各种用途的巨大成就是由于全世界千百万科学家和工程师，包括许多苏联专家在内的劳动的结果。

现在，无线电技术已经成为一门多面性的科学，即使一个渊博的科学家，也难以看到它的全面成就。1945 年邮电出版社出版的“无线电 50 年”文集的经验证明，概述一下无线电技术的现状是有必要而且有益的。

我们记得，上述文集是介绍从 A. C. 波波夫的偉大发明——无线电诞生以来，每个无线电技术部门的发展历史。这本文集的执笔者都是全国著名的专家，例如：B. A. 符维坚斯基和 Ю. И. 卡兹那切耶夫合写了关于超短波的论文，A. И. 明茨分析了无线电发送设备技术。与这篇文章有密切联系的是 B. A. 沙尔沙文的论苏联的强力无线电发射台和 Г. В. 舒列金的天线塔的建造。И. Г. 克里雅茨金在其论文中讨论了天线技术的进展，М. И. 多鲁汉诺夫探讨了电波传播问题。最老的苏联无线电专家之一 И. А. 奥斯特利雅科夫写了关于建立电子管理论和电子管设计制造方法的论文，П. Н. 库克先科写了无线电接收技术发展史。在 B. C. 梅利尼科夫和 И. И. 捷乌明的论文中讨论了无线电报防干扰系统的发展前途。С. В. 诺瓦科夫斯基的论文介绍了电视系统的发展和改进

的历史。通信兵元帅 И. Т. 別列綏波金总结了軍用无綫电的經驗。

在“无綫电 50 年”文集中,除了上面說的論文外,还講到許多直接或間接与无綫电技术及其应用有关的問題。

在过去的十年中,无綫电技术的各个部門:天綫,电波傳播,无綫电发送設備等,在苏联和世界各国都有了很大的发展。因此,出版社在着手准备出版“无綫电 60 年”文集时,以保持与“无綫电 50 年”文集相銜接为原则,力求將主要注意力放在近 10 年来发生的新問題上,而不重复以前已經講过的若干方面的史料。此外,出版社認為,在这本新文集中还必须包括关于俄国科学家 A. C. 波波夫发明无綫电的比較詳細的史料,以及苏联无綫电技术由誕生到 1940 年的簡要年表。由于某些原因,还不能將此年表列到現在。

所以,这本文集內的論文虽然大多数是其他作者写的,但其中主要的文章可以看作上一文集中有关各篇文章的繼續。同时,这本文集也結合了技术的发展而登載一些有关某些新部門的文章。

屬於这方面的例如有:在近年来才实际应用的无綫电中繼通信綫等这类最新而最重要的部門。介紹这方面的发展史及其主要問題的有 B. A. 斯米尔諾夫的文章。直接与这个問題有关的有 Ю. И. 卡茲納切耶夫的关于波导的文章,波导是应用毫米波原理的寬頻帶通信的进一步发展。

在各种通信和无綫电广播器材等等的发展上,半导体管开辟了一个新的阶段,这也是一个极有前途的部門。在 B. A. 奥斯特罗烏莫夫和 B. Ю. 罗金斯基的文章中討論了这个重要的題目。

这本文集中还有 B. C. 格利高里耶夫写的关于近十年来苏联出版的无綫电書刊的評論。

所有对本書的意見与批評均請寄莫斯科邮电出版社。(Москва-центр, Чистопрудный бульвар, 2)。

A. 福尔屠申科

目 录

序言

1. 苏联无线电的发展道路	Н. Д. 普苏尔采夫	1
2. 无线电的发明者——波波夫	Б. А. 符維坚斯基、 А. Д. 福尔屠申科	7
3. 现代天线	А. А. 皮斯托里科尔斯	17
4. 无线电波的传播	М. И. 多魯汗諾夫	41
5. 电子学和电真空器件	В. Ф. 符拉索夫	63
6. 半导体器件	Б. А. 奥斯特罗烏莫夫、 В. Ю. 罗金斯基	83
7. 无线电发送设备	З. И. 莫杰里	110
8. 无线电接收技术的发展	В. И. 西福罗夫 А. Д. 弗罗洛夫	149
9. 无线电通信制的技术发展道路	В. С. 梅利尼科夫	179
10. 超短波无线电中继通信	В. А. 斯米尔諾夫	192
11. 波导管	Ю. И. 卡茲納切耶夫	208
12. 无线电导航和无线电定位	И. В. 布列涅夫、 И. Я. 謝果列夫	219
13. 现代的电視	С. В. 諾瓦科夫斯基、 П. В. 施馬科夫	245
14. 有线广播系統	И. А. 沙穆申	279
15. 有线载波通信	В. Ф. 阿諾索維奇	297
16. 国民經济和科学部門中的无线电技术方法	С. И. 納金宁科	312
17. 无线电技术文献	В. С. 格利高里耶夫	324
18. 苏联无线电技术发展史	В. И. 沙姆舒尔	353

1. 苏联无线电的发展道路

● Н. Д. 普苏尔采夫

自从苏联政府为了紀念俄罗斯科学家亞历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫发明无线电 50 周年而規定出无线电节以来,到現在已經有十年了。每年的 5 月 7 日在我国都要进行一次无线电技术的发展及其各种应用的总结。在苏联有很多的科学家、工程师、技术員及工人在这个重要的部門中一起劳动着,他們每年都以新的成就来迎接无线电节,給世界科学和技术的发展作出自己的贡献。現在,当我們庆祝无线电发明 60 周年并回顧已往 10 年中所走过的道路时可以滿意地指出,在无线电技术的所有部門中,都已取得了极大的进展。

无线电报通信是无线电的主要应用之一,无线电通信线路的数量不断地在增加着;但是由于頻帶的限制,无线电台的互相干扰也就随着增多了。这就决定了无线电通信技术的主要发展道路(实际上这也就是已往 10 年中所走过的道路):提高稳定度,創造各种抗扰制,增辟新的頻帶。

由于对通信路数的要求不断增长,終于建立起利用單个无线电线路作多路通信的各种制度,即用時間分割制或頻率分割制来达到多路应用的目的。不幸早亡的天才工程师 Н. Ф. 阿加波夫所設計的两路調频电报机 ДЧТ,从 1949 年起就已經普遍应用于我們的許多无线电通信线路上。这种制度的每一路都安裝着多路电报机。这种型式的无线电通信特別需要无线电波道的工作稳定。理論和实践都証明調頻比調幅优越得多,調頻在功率方面和发射頻帶方面都較有利。由于采用了积分接收、提高稳定度及改进天

綫等这样一些方法，就大大地提高了无綫电通信的可靠性。目前的任务，就是要进一步提高无綫电发射机頻帶和功率的利用率。需要尽快解决的具体問題之一，是設計一种能够和有綫音频电报机相結合的多路无綫电通信机。但是，一部无綫电发射机的 N 路中任何一路的功率，只占发射机总功率的 $1/N$ 。这就是建立此种无綫电通信时的主要困难。要克服这个困难，只有从每路电报最大負載時間不同的原理出发来想办法，并且要用压缩頻帶的方法使发射机的功率使用得最經濟。为了达到这个目的，应当更广泛地采用單边帶傳輸制。这种制度在功率和頻帶方面都很經濟。

長途无綫电通信仍以利用短波为主。在短波範圍內应当进一步系統地研究短波傳播的条件和提高通信穩定度的方法。目前，分米波和厘米波的多路无綫电中繼通信已得到十分广泛的发展。无綫电中繼通信在組織原則上类似于同軸電纜通信，因此，在这两种通信中都采用了同一类型的載波机。这样一来，最現代化的无綫通信和有綫（電纜）通信終於消除了已往的差別：电信成了一个完全統一的通信系統。多路通信制的进一步发展无疑地將會巩固这个原則，在不久的将来，可以期望采用用波导管傳輸的特寬頻帶的通信制。

談到无綫电应用中最大众化的形式——无綫电广播时，首先必須肯定，由于西欧美国占領当局罪惡地破坏了关于无綫电頻率分配的国际协定，造成的情况是非常复杂的。他們非法地在各个波段都建立了强力的无綫电台，因而造成了很高的干扰电平；要想消除这种干扰，必須提高我們无綫电台的功率，并寻求能保證正常接收无綫电的其他技术途徑。在設計強力无綫电台方面，苏联的无綫电專家們永远是走在前面。从 1922 年建立第一个莫斯科广播电台时起就已經这样，在以后无綫电广播的各个发展阶段也是这样。苏联專家們在最近几年設計了功率相加的新方法、新型的

功率管、各种波段的新式高效率天线结构；这样就创造了一些先决条件，使得苏联无线电在最近期内可望克服所遇到的种种困难。

在直接接收无线电信号时干扰日益增长的情况下，在苏联普遍发展的无线电广播转播站（有线广播站）的重要性又一次得到了证实。这种转播站除了对居民方便以外，它又不怕各种人为干扰和天然干扰。现在在苏联已经有一千六百多万个收音点，并且每年都在进行着继续发展有线广播（特别是在农村中）的巨大工作。这方面的主要任务之一，应当是在技术上改进每个收音点的音质。为了保证播送给各个无线电转播站的节目的音质高超，越来越广泛地采用了专用的无线电波道和长途通信的广播话路。为了改进农村中的无线广播，正进行着无线电转播站的合并工作，并采用遥控方法来控制各个小转播站的机器。在最近几年内急待解决的一个技术任务是应用载波原理在现有的广播网上实现多节目广播，以改进有线广播制。在采用半导体元件的基础上，可以不用化费很多的资金而解决这个问题。

特别迫切的一个任务是建立普及的超短波无线电广播网。经验证明，采用调频制的超短波无线电广播几乎不会受到干扰，并能保证音质良好。我国的工业已经制造出了几种典型的超短波发射机，安装在许多城市中。为了发展超短波广播，需要生产足够数量的超短波无线电接收机。此外，在将来生产电视机时，必须考虑到能用它来收听超短波语言广播节目。

过去十年在发展电视方面已经取得了一些成就。莫斯科、列宁格勒及基辅的电视中心站在战后已经过重建，并采用了625行扫描线的标准，这个标准已达到应有的清晰度。今后提高图象的质量不是采取增加行数的方法，而是精细地制造发射和接收系统的全部元件。我国居民对电视广播极感兴趣。最近几年，在哈尔科夫、里加、鄂木斯克及托姆斯克等地已经建立了电视中心站。现

在还有許多电视中心站正在建設中，以后还要逐年增加。需要立刻解决的主要問題之一是增加主要电视中心站的有效距离。显然，主要的方法是在外圍安裝无綫电轉播发射台，各台用特別的寬頻帶通信綫路即同軸電纜同电视中心站連接，（例如在加里宁城就是用这种電纜），或是用无綫电中繼台（例如在斯大林格勒最近就將采用这种方法）。

此外，对于莫斯科、基輔等地的电视节目能在远距离接收到的許多事实必須加以認真地研究。时常会遇到米波的远距离傳播甚至超过了一千公里；同时也会偶然遇到分米波和厘米波远距离傳播的現象。

以上这些現象說明对超短波傳播的規律还研究得不充分，而为了广泛地发展超短波語言广播及有声电视广播，却要求我們具有很完整的关于超短波傳播規律的知識，以便于正确地选择波長、发射机功率、接收机灵敏度和天綫的型式等。

进一步发展电视的方向，应当是研究和采用彩色电视。1954年在莫斯科电视中心开始用順序制試放彩色影片，最近还将大大扩展这些試驗。在實驗室中还在研究其他制度的彩色电视。对其中任何一种制度的共同要求是要能使黑白电视机和彩色电视机結合起来工作；同时要求彩色电视所占用頻帶的寬度不大于現定的黑白电视。毫无疑问，这些問題最近就会得到圓滿解决。

无綫电器材和无綫电技术在国民經济和各个科学部門中的应用是越来越广泛了。如果不广泛地利用无綫电，現代的航空就很难設想，因为只有无綫电才能保証飞机与机場或基地間不間断的通信联系，保証在任何时候能够找到飞机的所在地点，保証飞机能够“盲目”降落等等。在上次大战中，雷达曾起了很大的作用。最近十年来，特别是由于无綫电脉冲減短到百分之几微秒，波長減短到几毫米，雷达技术已大大地向前推进了一步。因此，雷达的辨别能力提高了，而且被偵察的目标在屏幕上的輪廓的清晰度也相

应地增加了。在这方面所取得的成就，使我們可以实际地談論直接电视的問題；直接电视与电视不同，它沒有中間的光电变换器。現代的无线电定位法不仅用于空軍，而且也在航海、气象学、測地学和其他領域内广泛地应用着。

超短波天綫和接收技术的改进，使一門嶄新的科学——射电天文学——的出現成为可能。根据太阳和其他天体的电磁波輻射，可以观察它們的位置和狀況。所以，以前的科学仅可能在能見度良好时用望遠鏡来观察宇宙，現在則观察的可能性无比的扩大了。目前已經有了專門的射电望遠鏡；所謂射电望遠鏡主要是由方向性尖銳的天綫和高灵敏度的接收設備所組成；不管能見度如何，在任何时候都能用它来观察天体。

在最近十年来无线电技术的重大事件中，必須指出半导体（晶体）三极管和四极管的发展。这种管子在原理上是以1922年C. B. 罗塞夫所設計的“晶体檢波器”为基础的。但是制造和应用这种管子的广闊远景是从1948年設計成第一个鍍三极管时展开的。最近几年各国在改进半导体二极管、三极管和四极管的工艺方面都进行了无数次的研究。研究的結果証明：半导体管比电子管經用得，消耗的电能要少許多倍，并且尺寸也小的多。現在已經做成了使用半导体管的各种无线电接收机、电视机、測試仪表以及其他机器的样品。半导体管的大量使用，标志着无线电技术的一个新阶段。

在俄罗斯科学家A. C. 波波夫发明无线电的这个有重大意义的日子里，苏联人民永远是自豪地認為：无线电，按其最广泛的意义來說，是发展人类文化的强有力工具。无线电在技术方面和在政治方面主要的特点是普及化，人类偉大的天才B. H. 列宁对无线电这个特点給予很高的評价。

苏联人民坚信，尽管某些国家的侵略势力企图利用无线电来煽动战争，无线电主要的高尚的用途，今后仍然是为最广大的人

民、为和平及各国人民合作的事业而服务。

現代无綫电是向着多方面在发展着。由于各国專家的努力,无綫电的发展异常迅速。我国的富有創造力的龐大的无綫电專家队伍积极参加无綫电理論和技术的改进工作,毫无疑問,在解决当前存在的无綫电技术問題中,他們一定会作出更大的貢獻。

2. 無線電的發明者——波波夫

B. A. 符維堅斯基、A. Л. 福爾屠申科

60年前^①，1895年5月7日，亞歷山大·斯捷潘諾維奇·波波夫在彼得堡俄國物理化學協會年會上做了“關於金屬粉末對電振蕩的關係”的著名的報告，並用他所發明的儀器——雷電指示器作示範；他說，這種儀器“有可能用來向遠處發射信號”。

從那時起，無線電通信及其各個分支技術又走過了漫長的道路。但我們總是帶着感激的心情追念着：是誰用他自己的創造使現代無線電技術的驚人發展成為可能，也因此之故，我們這個世紀就常常被稱為“無線電世紀”。

在A. C. 波波夫發明無線電作不用導線通信的工具以前，在電磁學方面已經有了許多發現。例如，18世紀末庫倫發現了電荷互相作用的定律。加伐尼和伏特奠定了電流學說的基础，而在1820年，奧斯忒首先確定了電的現象和磁的現象之間的關係。那時，已開始找尋用電流傳送信息的方法了。在這些嘗試中，特別值得指出的是И. Л. 希林格在1832年提出的電報這是電報發展的開始。莫爾斯在1837年發明的電磁電報是電報的進一步改進，這種電報的工作原理是利用電磁鐵吸動裝有筆尖的簧片。

上世紀40年代，有線電報已經在許多國家中迅速發展起來，首先由俄國科學院士B. C. 雅科比，以後由法國的博多和其他人設計出了印字電報機。到20世紀初，已經有了大約900萬公里的電報線，其中包括敷設在海底的成千累萬公里的海底電纜。1876年出現了電磁電話機，這種電話機的第一個專利權是由蘇格蘭人貝

① 本書中的年代都是按原書出版年份1955年起算。

耳在美国获得的。

到那时，已經創造了实现无綫电通信的条件。英国物理学家法拉第通过对电磁場的研究于 1831 年发现了电磁感应定律，这个发现实际上奠定了以电磁波的形式不用导綫傳播电磁場的学說的基础。

1840 年，美国科学家亨利証明火花放电具有振荡性質，1885 年，英国物理学家湯姆生(凱尔文)研究出了放电的振荡理論。

法拉第的思想，他的和其他科学家的实验，經過英国科学家馬克思威尔的創造性的理論發揮后，成为一个关于电磁过程波动傳播的完整数学理論，馬克思威尔將光波也列入电磁波中。这个理論是馬克思威尔在 1864 年开辟的，但其名著“电学和磁学論文”到 1873 年才发表。根据馬克思威尔的理論，有交流电流通过的金属导綫会向空中“发射”載有电磁能的电磁波。这种电磁波以光的速度傳播，受光的基本規律支配，即是会受到金属(电磁波穿透不过的物体)的吸收和反射，但很容易通过非导体。

开始时，馬克思威尔的理論受到人們的怀疑，直到 1888 年德国科学家亨利·赫茲才設法产生出电磁波，并在发现之后用实验証明了馬克思威尔的理論結論是正确的。在赫茲的实验中，用放电小球和高压交流电源(魯門閣感应綫圈)相連接，引起振荡火花放电。在放电器上接有由两个金属棒做成的振子，这些金属棒的尺寸便决定着振荡周期。赫茲实验的波長大約是 60 厘米到 6 米。赫茲在其实验中用到这样高的頻率是因为他想尽可能接近光波的頻率，并且仪器尺寸减小了也易于实验。

探索由振子輻射出来的电磁波是用一种最簡單的仪器“赫茲諧振器”，这个諧振器是一个有不大的火花隙的單匝綫圈，在振子工作时，火花隙上便有火花跳过。赫茲成功地用这种方法探索到离振子三米的电磁波(“电的射綫”)。赫茲用自己的实验証明了他所得到的波服从于可見光波的基本定理。但赫茲沒有想到將电磁

波用来通信。而且在其1889年12月給古別尔工程师的信中，直截了当地否認將电磁波用于实际目的的可能性。

在赫茲實驗中最大的缺点是接收机的灵敏度很低，許多研究者重复了赫茲的實驗，企图找到在远处探察电振蕩的新方法。

1890年，法国科学家布冉利发现，放电能大大地增加疏散地撒在附近的金屬粉末的电导率。布冉利把两端裝有引出接头的內装金屬細屑的玻璃管称作“无綫电导体”。英国物理学家洛治改进了“无綫电导体”，而且在1894年制作了用来試驗赫茲射綫的所謂“粉末檢波器”。

这就是在无綫电通信发明之前的情况。

亞历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫在1859年3月16日生于烏拉尔別尔穆斯克省“图林斯克矿山”工人鎮的一个牧师家庭里，波波夫的教育开始于达勒馬托夫斯克教会学校，以后在別尔穆斯克教会中学学习。他对物理和数学有濃厚的兴趣，1877年到彼得堡投考大学，考入物理数学系。1882年波波夫以优秀的成績結束了大学課程，1883年在喀琅施塔得水雷学校任教。这个学校除了教育工作外，还进行大規模的电磁方面的研究活动。这个学校的物理試驗室是俄国最好的一个。A. C. 波波夫极其醉心于物理方面、特别是很有前途的电現象方面的各种实验。1887年波波夫参加了全日蝕观察队，他在那里負責用光度計研究日暈。

到赫茲发表証明馬克思威尔理論正确性的实验結果时，亞历山大·斯捷潘諾維奇已經是一位很熟練的科学工作者了。他在电工問題方面的意見屢次被海軍技术委员会采纳，1894年，他被选为法蘭西物理学会的会员。

1889年初，A. C. 波波夫重复了赫茲的實驗，在一次公开演講中提出电磁波可以用来向远处发送訊号的設想。在以后的数年中，他根据这种想法进行了电磁波方面的多种多样的实验和研究，改进了布冉利和洛治的粉末檢器波。为了使粉末檢波器在受到电

磁波影响而粘在一起后恢复原来作用，波波夫利用电鈴小錘自动把檢波器內的粉末震散。这个电鈴由在訊号的影响下发生作用的电磁繼电器帶动。不久，波波夫观察到接收电路在接上一根导綫之后，有效距离便大大地增加。这样一来，便出現了第一根天綫，这是現代各种无綫电台的最重要的組成部分之一。

1894年，用了这样的电路，A. C. 波波夫及其最亲密的同事И. H. 雷波金观察到了电路对閃电能起反应。波波夫就將莫尔斯电报机接在这种电路上，开始在电报纸条上录下大气放电。这样便制成了世界上第一部无綫电接收机，A. C. 波波夫起初叫它“雷电指示器”。

1895年5月7日，A. C. 波波夫在俄国物理化学协会物理学部年会上表演了它的“雷电指示器”。表演时，电磁振蕩的来源是放在附近的赫茲式振子。亞历山大·斯捷潘諾維奇·波波夫以这样的話来結束他的表演：“……最后，可以希望我的仪器經過进一步改进后，能利用迅速电振蕩来向远处发送訊号”。A. C. 波波夫介紹这个仪器的文章发表在1896年俄国物理化学协会杂志一月号上。

1896年3月24(12)日，A. C. 波波夫和И. H. 雷波金在俄国物理化学协会年会上作了用无綫电訊号发送莫尔斯电碼到250米远的表演。由雷波金拍发，波波夫接收的第一份无綫电报文是“亨利·赫茲”。

因为在这次表演以前，A. C. 波波夫已經用同样电路的“雷电指示器”作了表演，所以，第一次表演这个发明的日子1895年5月7日便被認作是无綫电发明日。

1896年1月初，A. C. 波波夫出席俄国技术协会喀琅施塔得分会的海軍軍官集会时，曾經指出无綫电报通信及其在軍艦上应用的可能性。波波夫曾奉命不得泄露以后他在无綫电通信方面的工作情形，这就是波波夫后来的实验結果发表得很少的原因。