

153197

苏联
业余无线电丛书

[苏联] И. П. 热列勃佐夫著

无线电工学

(上册)

科学技术出版社

無線電工学

(上 冊)

〔苏联〕И. П. 熱列勃佐夫著
奚 良 譯

科学技術出版社

內 容 提 要

本書根據蘇聯國立電訊書籍出版社И.И.熱列勃佐夫著無線電工學(Радиотехника)第二版譯出。原書在蘇聯是供無線電訓練班、無線電小組作為教材,并供無線電愛好者自學之用。對於我國的以上三部分讀者也是同樣適宜的。

蘇聯是無線電的誕生地,她在無線電的理論研究和技術裝備上,一直在全世界居于先進和領導地位。本書以極其通俗和簡練的文字對無線電的基本原理作了系統的、全面的敘述,而又處處結合實際應用,故對於初學無線電的讀者,在理論的了解上極有幫助。

本書分上下兩冊出版,上冊包括六章,下冊包括四章。每章章末都附有豐富的習題,足供授課或自修時複習之用。

無 綫 電 工 學

(上 冊)

РАДИОТЕХНИКА

原 著 者 [蘇聯] И. П. Жеребцов

原出版者 Связьиздат · 第 二 版

譯 者 奚 良

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可証出○七九號

上海市印刷五廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119 · 145

(原機電版印 1,500 冊)

開本 850×1168 耗 1/32 · 印張 6 3/16 · 字數 171,000

一九五六年四月新一版

一九五六年七月第二次印刷 · 印數 1,521—3,520

* 道林紙本定價: (10) 一元三角

第 二 版 原 序

在本書的再版中，爲了要改進某許多問題的敘述方法，書中的很多材料都已被改寫過。本書第一版的實驗，表明了本書不僅對無線電初學者，而且對在無線電技術中已有一些基礎者，在研究無線電原理時，都是一本指導讀物。此外，它還可作爲很多無線電課程的教學參考書。

在進行第二版的工作時，著者已考慮了讀者們的無數願望。

對向本書第一版寄來批評及建議的所有讀者們，著者不能親自致以回信，現在向他們表示衷心的感謝。著者同樣也歡迎讀者們對這一版的尖銳批評，這些批評請寄到下列地址：莫斯科市中心，淨池大街 2 號，電訊出版社。

著 者

第一版原序

著者編著本書之宗旨爲：以通俗淺顯的方式闡述近代無線電技術的原理，以及在無線電技術中所發生的各種物理過程。書中還略述了無線電技術在過去的發展歷史及最近的成就，以及那些保證蘇聯無線電技術在世界科學技術中居於主要地位的蘇維埃學者們的光輝勞績。

在材料的選用上，著者考慮到本書的讀者都已經受過 6-7 年級的普通教育並事先學習過電工原理。本書應該被認爲是一本無線電初學者的教科書，所以有許多問題都沒有被羅列進去。這些問題應該屬於比較更進一步的無線電愛好者教科書之內。這些書是：振盪電路及其零件的設計，電源變壓器及輸出變壓器的設計，扼流圈的設計，自耦變壓器的設計及濾波器的設計等。爲了同樣的原因，在本書中也不敘述短波及超短波，超高頻技術，無線電定位（雷達），電視，錄音，脈衝無線電通訊，脈衝技術要義，以及無線電技術上的其它各種最新部門。

由於本書篇幅的限制，著者不能把各式收音機的電路、各式無線電機件的測試、裝置及構造原理、故障的找尋及消除方法、以及許多參考材料，例如電子管及零件的數據、放大器的標準工作方式等等，一一詳列。關於這些問題，都各有它自己的參考書。在本書每一章的末尾，都錄有編寫本章材料時所使用的參考資料。（因係俄文，故譯本從略）。

書中大量的問題及練習，想必能幫助讀者們更好地掌握書中的內容。

本書供無線電教程及無線電小組用，也可供無線電愛好者自學用。

在編著本教科書時，曾利用了著者的 1948 年出版的“無線電基礎”一書，那本書曾在中央無線電俱樂部中受過公開討論及業務評定。由於中央無線電俱樂部對那本書組織了討論，著者向那裏的領導及圖書委員會表示衷心的感謝。著者也向所有對那本書提出過批評及意見的讀者們致謝。在編著本書時，這些批評及意見都已儘可能地被考慮進去了。

目 錄

第二版原序

第一版原序

導 論	1
1. 蘇聯是無線電的誕生地	1
2. 蘇聯無線電的發展	3
第一章 無線電通訊的一般知識	8
3. 無線電廣播與無線電通訊	8
4. 無線電波的波長	11
5. 無線電波的波帶	12
6. 習題與作業	14
第二章 振盪電路	15
7. 電振盪的產生	15
8. 電路中自由振盪的振幅與頻率	19
9. 阻尼振盪和無阻尼振盪	21
10. 強制振盪和諧振	23
11. 串聯諧振	25
12. 並聯諧振	29
13. 電路的通頻帶	34
14. 耦合電路	36
15. 屏蔽	42
16. 振盪電路的幾種型式	43
17. 振盪電路的零件	44
18. 習題	53

第三章 天線結構和無線電波的傳播.....55

19. 電磁波.....	55
20. 天線(張開電路).....	56
21. 天線的固有頻率與波長.....	61
22. 天線上電流與電壓的分佈.....	62
23. 接收天線.....	66
24. 環形天線.....	68
25. 接地和地網.....	70
26. 發送天線.....	71
27. 無線電波的傳播.....	75
28. 問題和作業.....	84

第四章 電子管.....85

29. 二極管的構造和工作原理.....	85
30. 二極管電路.....	88
31. 陰極的類型.....	91
32. 二極管的特性曲線.....	95
33. 三極管的構造和作用.....	97
34. 三極管的放大作用.....	100
35. 電子管振盪器中的三極管.....	102
36. 三極管的特性曲線.....	104
37. 三極管的參數.....	109
38. 電子管動態工作方式的概念.....	116
39. 收信放大三極管.....	118
40. 三極管的缺點.....	122
41. 四極管的構造和工作.....	123
42. 四極管的接法.....	125
43. 四極管的特性曲線和參數.....	128
44. 四極管的二次放射電子.....	129
45. 五極管的構造和工作.....	131
47. 電子注功率四極管.....	134
48. 有逆截止特性曲線的四極管和五極管.....	135
49. 四極管和五極管的類型.....	136
50. 複合電子管.....	137
51. 電子管的互代.....	140

22. 電子管的試驗與檢查	141
53. 離子管	143
54. 問題和作業	144

第五章 整流器 146

55. 二極管整流電路	146
56. 平滑濾波器	150
57. 整流管的類型及結構	154
58. 整流管整流器的零件	155
59. 充氣整流管及閘流管	157
60. 離子穩壓管	161
61. 乾式整流器	163
62. 振盪換流器	165
63. 穩流器	167
64. 問題及習題	168

第六章 電聲機件 170

65. 聲音的性質、人類的聽覺	170
66. 傳聲器及聽筒	172
67. 揚聲音	178
68. 拾音器	184
69. 分貝的概念	185
70. 問題及習題	188

導 論

1. 蘇聯是無線電的誕生地

早在 1889 年，天才的俄羅斯科學家，無線電發明者亞歷山大·斯契潘諾維契·波波夫，就發表了關於運用電磁波進行無導線通訊的意見；到 1895 年，他又製造了世界上第一架無線電接收機。

1895 年 5 月 7 日，俄羅斯物理化學學會物理組在彼得堡開會，波波夫在會上宣讀了他自己的研究報告，並演示了他所發明的接收機。這一天就成為科學史、文化史、技術史上的無線電發明日。為了紀念無線電發明的五十週年，約·維·斯大林在 1945 年 5 月 2 日，在英勇的蘇聯軍隊攻克柏林這一歷史性的日子裏，簽署了蘇聯人民委員會決議的一項命令，規定 5 月 7 日為國內每年要慶祝的“無線電節”。無線電這一偉大的發明，揭開了科學和技術史上的新篇幅：蘇聯人民重視每年的無線電節，並因自己的國家是無線電的誕生地而自豪。

在 1895 年 7 月，波波夫製成一架記錄大氣放電的新儀器，後來他將它稱做“雷電指示器”。

在幾年之間，波波夫勝利地完成了不用導線的發送和接收信號的試驗，增大了收發裝置的通訊距離。他在 1896 年演示了世界上第一次電報信號的無導線傳送，距離為 250 米。1897 年春天，他在相隔 500 米以上的輪船與河岸之間建立了無導線通訊；同年夏天，通訊距離增加到 5 千米。到 1900 年，波波夫已經能夠實現 50 公里距離間的無線電通訊。

波波夫以及後來的其他俄羅斯科學家們的工作，對於無線電工學

的產生與發展起了決定性的作用，他們使俄羅斯科學在有關無線電理論與實用各項問題的處理上，確定了無可爭議的優先地位。

無線電的發明在我們國家中，不是一件偶然的事，這是俄羅斯物理學家們和電工學家們努力的成果。傑出的物理學家、電工學家、研究工作中好學不倦的科學家、祖國的熱愛者波波夫，他綜合並發展了以前種種零星的發現，也就為現代無線電工學立下了全面的基礎。

波波夫不但能够在全世界首先製造出無線電接收機來，而且又製造出了無線電發送機；他第一個建立了實用的雙向無線電通訊；首先進行無線電話學方面的試驗；他發明了天線，沒有這天線，現在任何一個無線電台就不可能進行工作；他最先發表把無線電應用在航行等等方面的理想與建議。波波夫的親密助手波·恩·雷勃金和德·斯·特羅依茨，發現無線電報信號有被收聽的可能。

後來有些外國“科學家”竭力想貶低波波夫的工作價值，想奪取波波夫在無線電通訊的發明事業中的主導地位，結果完全失敗了。要騙取全世界的公意是不會成功的。很早以前，全體進步人類都已經明瞭，無線電的真正發明者，現代的無線電工學、無線電定位，無線電導航的奠基人，是偉大的俄羅斯科學家波波夫。

波波夫不但是一個天才的科學家，而且又是一個有才幹的、能推陳出新的工程師。他從不讓自己的活動範圍只限於在實驗設備中做試驗和研究，他竭力想法把自己卓越的發現和發明付諸實用，他是科學與生產之間密切聯系的組織者。

波波夫最早試驗將無線電通訊應用到艦隊、陸軍以至於航空方面。他還建立了最早的民用通訊電台。1897年夏天，在波羅的海艦隊的旗艦上試驗無線電通訊的時候，波波夫發現一些現象，他根據這些現象預言了無線電導航的可能。他所發現的這個現象後來成為發展無線電定位的基礎。

他在克倫斯塔特創立了第一所製造無線電報儀器的工場，給祖國的無線電工業創立了基礎。

雖則波波夫在沙皇俄國時代的工作條件是困難的，可是他深深地忠心於自己的人民，把自己所有的力量都用來發展祖國的無線電工程。

他有一句名言：“我是俄羅斯人，我有權將自己所有的知識、所有的勞動、所有的成就祇貢獻給我的祖國”。

在1905年革命時期，波波夫因為同情革命運動而受到沙皇政府的迫害。他的身體衰弱了，終於在1906年初逝世，沒有來得及實現他自己進一步發展無線電通訊的計劃。

蘇聯人民尊崇天才的發明家、科學家亞歷山大·斯契潘諾維契·波波夫對祖國的貢獻，並將永遠追念他。波波夫將現代科學與技術上最偉大的成果之一——無線電交給了人類，他的名字已經與穆·符·羅蒙諾索夫、德·伊·門德列葉夫、波·恩·列別傑夫等卓越的俄羅斯科學家的名字連在一起，永垂不朽！

2. 蘇聯無線電的發展

蘇聯無線電的迅速發展，是在偉大的十月社會主義革命之後才開始的。

弗·伊·列寧和約·維·斯大林早就深切地注意到蘇維埃俄羅斯有創辦無線電通訊與無線電廣播的必要性。他們憑着非凡的見地，預知無線電在社會主義建設和國防上的重大價值。列寧與斯大林一再下令把無線電台使用到國內戰爭前線上去，同時又提出了創辦無線電工業的問題。他們是蘇維埃俄羅斯無線電化的真正創始者。弗拉基米爾·伊里奇把無線電稱為“不需紙張、沒有距離的報紙”，並且預言無線電“將是一件偉大的事業”。現在，蘇聯的無線電廣播確實已經獲得了巨大的發展，莫斯科之聲早已能够在我們祖國的每個角落裏被聽到。從西方的邊界到遠東，從炎熱的阿爾明尼亞到嚴寒的阿爾克齊加。在我們國境以外的千百萬朋友也能聽到莫斯科的廣播。數百甚至數千公里的距離不可能成為無線電發送的障礙，任何極遙遠的地方，無線電發送在一剎那間就可以到達。

遵循列寧的指示，在1918年創辦了俄羅斯第一個無線電工程的科學研究中心——尼日哥羅德無線電實驗室，它後來又被定名為列寧無線電實驗室。列寧和斯大林對於無線電發展的關懷，鼓舞了這裏面的工作人員。他們在極困難的條件下於短時期內研究出接收用和發送用

的電子管、大功率的無線電發送機、接收機和其他各種無線電裝置，爲無線電廣播、無線電工業以及無線電大衆化的廣大發展奠定了基礎。

在尼日哥羅德實驗室的各項成就中，我們卓越的科學家、工程師穆·阿·邦奇-布洛也維奇的貢獻特別大。早在1919年，他公佈了電子管的理論基礎和設計原理。不到幾年之後，這一理論就被國外科學家們所抄襲了。在邦奇-布洛也維奇所研究出來的無線電發送機上用的振盪管，在品質方面遠勝過國外所製造的。在二十年代初製造的最早的大功率廣播發送機，也是邦奇-布洛也維奇及他的同事們的創造性成就。

所有這些工作都是按照列寧和斯大林的建議進行的，他們認爲組織無線電廣播與無線電通訊是件非常重大的事業。列寧在1922年致斯大林同志的一封信裏說，必須撥出100,000金盧布給尼日哥羅德無線電實驗室，以便創辦無線電廣播。列寧和斯大林始終密切地注意着蘇維埃國家無線電化的發展，經常對我國無線電專家們給予指示。

在1919年到1920年間，當實用無線電話試驗成功之後，莫斯科就建立了最早的廣播電台，從1922年起就進行定期的廣播。在國內其他許多城市中，廣播電台也相繼成立，並開始工作。從此，無線電化、無線電工業與無線電業餘活動就蓬勃地發展起來了。

在斯大林同志的指示和直接領導之下，蘇聯的無線電事業不斷成長，不斷改進。早在1927年，斯大林同志在第十五次黨代表大會上就強調指出，無線電廣播是提高蘇聯人民文化水平的最重要工具。在1934年第十七次黨代表大會上的報告中，斯大林同志又指出無線電在社會主義農村新生活中所起的作用，以及加強發展無線電的必要性。第十八次黨代表大會的決議，規定在第三個斯大林五年計劃中，要大量增加無線電收音轉播站，在許多城市中建造電視中心站。

遵照了黨和政府的決議以及斯大林同志親目的指示，蘇聯無線電專家們使祖國的無線電工程在世界科學中居於領導地位。

在幾個斯大林五年計劃的年份內，創辦了祖國的强大無線電工業、幾十個無線電工廠、從事無線電部門工作的科學研究院和實驗室、堅強

的無線電專業幹部，使我們有可能把現代無線電工學的最新成就迅速地運用到日常生活中去。

蘇聯無線電廣播從開始發展那一天起，一直在電台總功率方面，穩固地居世界第一位。在1933年，建造了世界上最強大的、500千瓦的無線電廣播電台。因為這座電台在技術上非常完備和新穎，以致當美國在建造一座類似的電台的時候，竟把它在構造方面的整套新成就完全竊去應用。美國的那座電台要比我們的遲一年才開始工作。在衛國戰爭期間，依照斯大林的指示，創設了一座更強大的舉世無雙的無線電廣播電台。

在建造發送電台的技術方面，蘇聯一向佔着領導地位。除了科學院通訊院士穆·阿·邦奇-布洛也維奇出色的成就以外，科學院通訊院士、斯大林獎金獲得者、波波夫金獎章獲得者阿·勒·明茲，對於大功率廣播電台的建造也作出了巨大的貢獻。

蘇維埃無線電台在功率、質量指標、自動化的應用、線路與構造的獨創性等方面，都要遠勝過國外的無線電台。蘇維埃科學家和工程師們表現在我國大功率無線電台中的先進觀念，常被國外專家偷竊到西歐和美洲去建造類似的電台。

關於無線電發送機精密的工作原理和工程計算法是由波波夫金獎章獲得者阿·伊·別爾格，以及斯·伊·葉夫恰諾夫、斯·阿·德羅包夫等等科學家的辛勤勞動所首先創立起來的。

除了無線電廣播以外，蘇聯還創造並發展了一種普及到千百萬勞動者的有線廣播。1921年6月，在莫斯科的廣場上，運用了全世界最早的有線廣播的揚聲器。

由於穆·符·舒列金、阿·阿·皮斯托勒科爾斯、符·符·塔塔林諾夫、格·茲·艾津別爾加、穆·斯·涅馬那、斯·伊·那傑年柯等的工作，我們的國家在天線構造的理論與技術上，也佔着領導的地位。一些現代的天線的主要型式更是由我國專家們發明和製成的。

由於波波夫金獎章獲得者布·阿·費堅斯基、符·阿·福克、勒·伊·曼傑勒施塔、恩·德·巴巴列克基院士、阿·恩·舒金以及其他許多蘇聯學者們的勞動，創造出了無線電波傳播的理論。

院士穆·符·舒列金、勒·伊·曼傑勒施塔、恩·德·巴巴列克基、阿·伊·貝爾格，教授德·阿·羅然斯基、伊·格·弗列曼與其他許多傑出的科學家們所創造的蘇聯理論無線電工學與理論無線電物理學學派經常在工作上勝過國外學者，並且培養出了千百個年輕有為的科學家。他們用許多寶貴的發現和發明豐富了科學。

無線電接收理論上最重要的工作，是由蘇聯學者符·伊·西福羅夫、阿·恩·舒金、符·阿·柯捷勒尼柯夫、恩·恩·克雷洛夫等擔任的。

我們出版的關於無線電工程方面的各種問題的課本及書籍，可以說是行銷各國。

我國不少的科學家與工程師，因為在各個無線電工程部門中完成了具有世界意義的傑出成就而獲得了斯大林獎金。我們可以很自豪地說，我們的無線電技術是世界上最先進的。

無線電在蘇聯，廣泛地運用在工業和農業上。在我國的田野裏，有幾千座無線電台在工作着。國營農場、拖拉機站、集體農莊和各個地方機關靠着這些電台有效地領導着農業工作、交換經驗並互相協助。

無線電廣播在很大程度上使鄉村與城市接近起來，每個集體農莊莊員，都備有收音機或“無線電站”，所以能夠聽到來自莫斯科或其他城市的廣播。農村無線電化已在全國各地廣泛地展開。在最近幾年內，還要完成全國無線電化的重大任務。

在偉大的衛國戰爭年份內，無線電曾經發揮了它的巨大作用。戰爭初期，遵照斯大林同志的命令，使無線電成為英勇紅軍反法西斯侵略的一切戰鬥行動中的工具。無線電工業能夠充份地對蘇聯陸、海、空軍供應無線電通訊材料。由於我們無線電工作人員的英勇的忘我勞動，部隊有了明確的指揮，這對擊潰法西斯德國和帝國主義日本都起了極大的作用。部隊中有好幾千個無線電人員由於在軍事上的貢獻，受到了政府的獎勵，他們中間有許多人還會獲得“蘇聯英雄”的崇高稱號。

由於蘇聯無線電事業的不斷發展，需要着大量的優秀專家；而無線電工作幹部的永不枯竭的源泉，就是與祖國無線電工程的發展一同長成和壯大起來的業餘無線電家的隊伍。不同職業和不同年齡的人，對於無線電的能夠產生多種多樣值得注意的作用，發生了興趣，他們鑽研

着無線電通訊的技術、製造收音機和電視接收機以及其他的無線電裝置，研究無線電工程在國民經濟中的應用方法。在業餘無線電家中又產生出能幹的無線電專家、設計師和技師。

業餘無線電家們的工作是由蘇聯陸海空軍志願促進會領導的。在促進會的系統內，辦有無線電俱樂部、訓練班、無線電工程研究小組。促進會有系統地進行着無線電員和接線員的有獎競賽，業餘無線電家和短波無線電家的競賽，並且每年舉行全蘇業餘無線電家和無線電設計師的數千種珍貴的展覽品，其中有許多獎品、獎狀。現在這些從事社會活動的業餘無線電家們正在積極地參加農村地區的無線電裝備工作。

在斯大林同志的領導下，我國的無線電事業獲得了無比的成就，在我們的文化、經濟、政治、科學各方面的生活中，無線電佔着極重要的地位。

無線電逐日地在滲透到蘇維埃國家一批一批的建設部門中去。無線電工業不斷地在增長和發展。許多科學研究院在廣泛的戰線上引導着蘇聯無線電工程進一步的發展工作。高等工程學校、技術學校、訓練班為祖國培養了無線電工程師、技師、無線電員的新幹部。

我們的無線電廣播用多種的民族語言向全世界報導：蘇維埃人創造性的和平勞動，共產主義的偉大工程，蘇聯在斯大林同志英明領導下堅定不移地為和平事業，為各國人民的幸福與繁榮而鬥爭的情況。

第十九次黨代表大會上規定了我們國家在最近幾年內進一步發展無線電的偉大新任務。

按照第十九次黨代表大會關於第五個蘇聯五年發展計劃（1951—1955）的訓令：要展開大規模超短波無線電廣播和無線電中繼通訊的運用，又要把無線電接收機和電視接收機的產量提高一倍。

蘇聯的業餘無線電家應該參加完成這些歷史性決議的實現，特別重要的是要使我們廣大的業餘無線電家隊伍精通超短波通訊技術，這種技術的發展有它特別重大的價值。

第 一 章

無線電通訊的一般知識

3. 無線電廣播與無線電通訊

圖 1-1 表示無線電廣播的傳播線路。裝在播音室裏的傳聲器使語言或音樂的聲音振動，轉變為交變電流。這電流叫做聲頻電流或低頻電流，大約有幾十赫到 10,000 赫的頻率。從傳聲器出來的聲頻電流到達以電子管工作的放大器。放大後的聲頻電流沿着電纜進入無線電台。

無線電台的主要部分是無線電發送機。發送機是一種利用電子管產生高頻交流的裝置，而高頻交流就能造成廣播所必需的無線電波。這種電流通常有 10,000 赫到幾億乃至幾十億赫的頻率。

從播音室出來的聲頻電流，對於發送機所製造的高頻電流產生作用，使高頻電流的幅度按照聲音的振動而起變化。這個過程就叫做調制過程(調幅)。

調制以後的高頻電流從無線電發送機進入天線，在天線週圍的空間造成無線電波。無線電波以每秒 300,000 公里左右的速度向各方面傳播出去；而聲音在空氣中的傳播速度祇有每秒 330 米而已。

在無線電波的作用下，接收天線中發生高頻電流，這個電流的變化情況完全和發送天線中的電流一樣，不過強度很弱。接收天線中的電流進入接收機後，經過電子管的放大，轉變為聲頻電流。這種轉變叫做檢波或解調。聲頻電流進入揚聲器(或聽筒)後，就轉變為聲音的振動。

無線電接收機的一項重要特性是選擇性，也就是接收機祇去放大與一定頻率相近的、極狹頻帶的電流的能力。不同的無線電台用不同

頻率的電流工作着。因此許多無線電台的無線電波就會在接收天線中造成各種頻率的電流。由於有選擇性的緣故，接收機只去放大與某個確定電台相應的電流。假使說一架接收機沒有選擇性，那末，凡是有無線電波傳到接收天線的電台，都同時可以被收聽到了。

一般的無線電報通訊的線路圖，大體和圖 1-1 所示的相同。祇是在無線電報通訊方面不需要傳聲器，發送機是與電鍵相聯接的。電鍵能使發送機的工作斷斷續續地進行，這樣就發出電報信號（點和線）。在軍事、航空等等方面所用的小型電台中，無線電報上所用的電鍵和在無線電話上所用的傳聲器，都直接裝在發送機旁邊。在強力電台中，傳聲器和電鍵通常離開發送機很遠，用導線加以聯接。

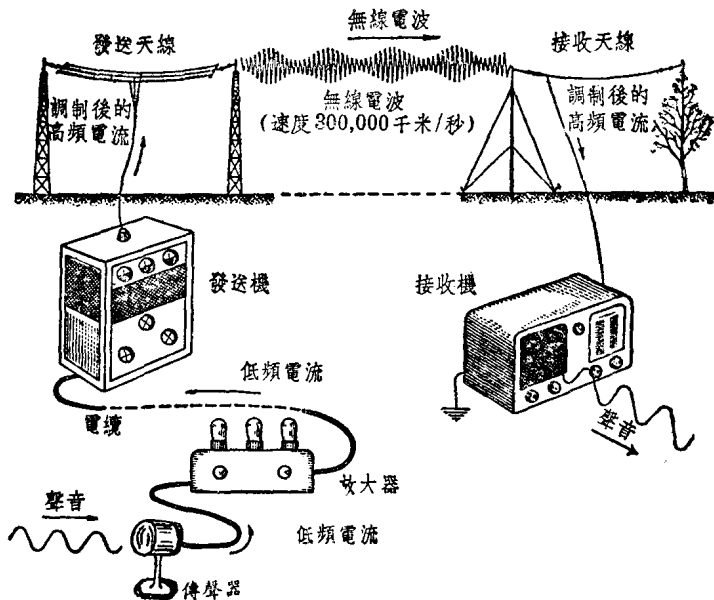


圖 1-1 無線電廣播傳播線路

在圖 1-1 中，信號只從發送機到接收機向一個方向傳播，這叫做單向無線電通訊。要進行雙方向的無線電通訊，每座電台就既要有發送機又要有接收機。