

無線電學

高國瑞 編

郵電部教育司審定

人民郵電出版社

前 言

本教材是为省、市邮电学校（訓練班）無綫电通信專業而編写的，也可作为無綫电机务員的在职學習之用。

由于学生的对象可能是外招的一般具有初中文化的学生或內招的具有專業操作經驗但缺乏理論知識的在职員工，在教学时，教师应掌握学生对象結合教学大綱的要求，适当地来选定教材內容的分量。其余部分可指定或留待学生以后自学提高。

有关本教材的意見，請函寄北京邮电部干部司。

邮电部干部司

1958. 8.

目 录

前 言

第一章 緒論 (1)

1-1 無線電的發明 (1)

1-2 無線電的發展过程 (2)

1-3 苏联在無線電方面的成就与貢獻 (4)

1-4 無線電通訊方式的概念 (5)

1-5 我国無線電的概况 (7)

第二章 电路元件 (8)

2-1 电阻器 (8)

2-2 电容器 (15)

2-3 电感器 (23)

2-4 元件的符号 (26)

第三章 交流电路 (26)

3-1 交流的週期和頻率 (26)

3-2 交流的圖示法 (29)

3-3 相位・同相和不同相 (31)

3-4 交流的加法 (32)

3-5 平均值和有效值 (34)

3-6 交流电路 (35)

3-7 功率和功率因数 (42)

3-8 非正弦波 (42)

第四章 諧振电路 (43)

4-1 自由振盪 (43)

4-2 强迫振盪与諧振 (46)

4-3 串联諧振 (48)

4-4 并联諧振 (51)

4-5 諧振的尖峰 (53)

4-6 电路的通頻帶 (59)

第五章 耦合电路 (61)

5-1	基本概念	(61)
5 2	电感耦合	(62)
5-3	其他耦合形式	(67)
5-4	網絡和阻抗匹配	(69)
5-5	电路附近的物体对电路的影响	(72)
5-6	屏蔽	(73)
5-7	濾波器	(74)
第六章	二極管与整流器	(79)
6-1	热电子發射	(79)
6-2	二極管的構造	(80)
6-3	二極管电路	(81)
6-4	陰極的类型	(82)
6-5	二極管的特性曲綫	(84)
6-6	充气二極管	(86)
6-7	整流器的各种电路	(87)
6 8	平滑濾波器	(91)
6-9	整流器 (包括濾波器) 的元件	(94)
6-10	稳压及稳压管	(96)
第七章	三極管	(97)
7-1	三極管的構造	(97)
7-2	三極管的靜态特性曲綫	(93)
7-3	三極管的参数	(102)
7-4	柵偏压	(107)
第八章	多極管	(110)
8 1	四極管	(110)
8 2	五極管	(113)
8 3	集射管 (电子注管)	(115)
8 4	遙截止管 (可变放大因数管、变跨导管)	(116)
8 5	复合管和多柵管	(117)
8 6	电子管的使用常識	(119)
第九章	簡單放大器	(121)

9-1 电子管放大的基本概念	(121)
9-2 动态特性曲线	(122)
9-3 从动态特性曲线看电子管的放大工作	(124)
9-4 电流电压的相位关系	(126)
9-5 工作点与栅偏压的选择	(128)
9-6 失真	(129)
9-7 一般放大电路的说明	(130)
9-8 等效电路与增益	(132)
9-9 放大器的分类	(134)
9-10 低频电压放大器	(135)
9-11 功率放大器	(142)
9-12 推挽式放大器	(149)
9-13 负回输放大器	(153)
第十章 振荡器	(156)
10-1 振荡的概念	(156)
10-2 电子管振荡器的振荡原理	(158)
10-3 晶体振荡器	(170)
10-4 电子管振荡器的特点	(175)
10-5 振荡器的电源供给法	(176)
10-6 频率稳定性的重要性以及影响振荡频率的几个因素	(178)
第十一章 调制	(179)
11-1 关于声音的一般知识	(179)
11-2 话筒的种类构造和作用	(180)
11-3 听筒的构造和作用	(185)
11-4 调制的意义和调制的种类	(185)
11-5 调幅	(187)
11-6 调幅的方法	(193)
11-7 调频的概念	(201)
第十二章 发讯机	(204)
12-1 无线电发讯机的一般情况及其方框图	(204)
12-2 发讯机的电源供应与安全连锁系统	(207)

12-3 关于振盪器的問題	(213)
12-4 高頻功率放大器	(216)
12-5 緩冲放大器	(223)
12-6 倍頻器	(224)
12-7 电报發訊机的簡單說明	(225)
12-8 中和	(226)
12-9 寄生振盪的概念	(231)
12-10 等幅波电报鍵控法	(234)
12-11 对發訊机的要求	(237)
12-12 15瓦小型电报發訊机介紹	(240)
12-13 小型(55型) 报話發訊机介紹	(248)
12-14 中型报話發訊机介紹	(253)
12-15 中小型發訊机的障碍寻跡	(260)
第十三章 檢波及收訊机	(262)
13-1 無綫电收訊机概說	(262)
13-2 收訊机的主要参数	(263)
13-3 天綫和收訊机的耦合	(266)
13-4 高頻放大器	(267)
13-5 檢波与檢波器	(273)
13-6 收訊机的种类及方框圖	(298)
13-7 超外差式收訊机	(300)
13-8 揚声器	(321)
13-9 收訊机的噪声和干扰	(322)
13-10 收訊机的校准	(325)
13-11 收訊机的測試	(327)
13-12 收訊机的障碍寻跡	(329)
13-13 頻調訊号的接收	(330)
13-14 典型收訊机的介紹	(331)
第十四章 电磁波的輻射与傳播	(338)
14-1 电磁波的概念	(338)
14-2 赫芝偶極子及其輻射电磁波的过程	(339)

14-3 电磁波的傳播方式	(341)
14-4 电离層的一般情况	(342)
14-5 电离層对無綫电波的反射、折射和吸收	(344)
14-6 天空波的傳播	(345)
14-7 电离層的高度及变化	(347)
14-8 短波通訊与頻率选择	(348)
14-9 衰落現象	(349)
14-10 長波、中波、短波和超短波的应用	(351)
第十五章 天綫与饋电綫	(352)
15-1 天綫的概念	(352)
15-2 天綫(張开电路)与振盪电路(閉合电路)	(353)
15-3 高频电波在天綫內的振盪現象	(355)
15-4 天綫上电流与电压的分佈	(357)
15-5 天綫的种类和应用	(360)
15-6 饋电綫的概念	(363)
15-7 电流电压在饋电綫上的分佈情况	(364)
15-8 天綫的饋电方法	(366)
15-9 簡單天綫的計算	(367)
15-10 饋电綫与發訊机的耦合	(369)
15-11 饋电綫与天綫的耦合	(371)
15-12 保安裝置	(373)
15-13 架設天綫和饋电綫时应注意的事項	(374)
第十六章 遙控制及电报控制室(中央室)裝置	(375)
16-1 遙控制的必要性	(375)
16-2 架空明綫及电纜用作遙控綫	(378)
16-3 遙控綫的調度	(380)
16-4 遙控綫的測試与維護	(383)
16-5 电报控制室的任务和設備	(385)
16-6 無綫电报發报机綫	(385)
16-7 無綫电报收报机綫	(388)
16-8 电傳打字机	(390)
第十七章 有綫無綫轉換机(終端机)	(390)

17-1	有綫無綫轉換机的概念	(390)
17-2	有綫無綫轉換机中各部件的电路及其工作原理	(395)
17-3	有綫無綫轉換机中的其他部件	(405)
第十八章	無綫电測量仪表	(403)
18-1	热偶电表	(403)
18-2	頻率計	(408)
18-3	訊号發生器	(411)
18-4	欧姆計	(412)
18-5	电子管伏特計	(413)
18-6	电子管檢驗計	(415)
第十九章	电台維護	(415)
19-1	發訊台的佈置	(415)
19-2	收訊台的佈置	(418)
19-3	發訊机的值机与維護	(420)
19-4	收訊机的值机与維護	(423)
19-5	天綫及饋电綫的維護	(424)
19-6	收發訊机的机历卡片和天綫饋电綫的綫历卡片的填寫	(425)
19-7	电子管及無綫电器材的管理	(426)

第一章 緒 論

1-1 無線電的發明

偉大的俄羅斯科學家亞歷山大·斯捷潘諾維奇·波波夫是無線電的發明者。

早在 1889 年，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收訊機。1895 年 5 月 7 日，俄羅斯物理化學學會在彼得堡開會，波波夫在會上宣讀了他自己的研究報告，並表演了他所發明的收訊機。這一天被認為是無線電發明日。無線電這一偉大的發明，揭開了科學史和技術史上的新篇章。

在十九世紀九十年代，德國物理學家赫芝曾以實驗證明了輻射場的存在，並發現了電磁波能夠發射能夠接收和其他許多性質；但是他在室內範圍沒有對電磁場作過更進一步的研究。在赫芝以後，也有很多的科學家重複過這個實驗，可是他們誰也沒有做成一種機械，能以利用輻射電磁場來在任何較遠的距離間傳送訊號。只有波波夫綜合並發展了以前種種的零星發現，第一個完成了這個偉大的理想，並為現代無線電工學立下了全面的基礎。

在無線電發明後的幾年間，波波夫勝利地完成了不用導線的發送和接收訊號的試驗，增大了收發裝置間的通訊距離。他在 1896 年演示了第一次電報訊號的無導線傳送，距離為 250 公尺。到 1900 年，波波夫已經能夠實現 50 公里距離間的無線電通訊。

波波夫不但首先製造了收訊機，而且又製造出了無線電發訊機；他第一個建立了實用的双向無線電通訊，首先進行無線電話學方面的試驗；他發明了天線，他最先發表把無線電應用在航行等方面的理想與建議。波波夫不但是個天才的科學家，而且是個有才

干、有遠見的工程師。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繫的組織者。他創立了第一所製造電報儀器的工場，為俄羅斯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，但是他深深地忠於自己的人民。他有一句名言：“我是俄羅斯人，我有权將自己所有的知識、所有的勞動、所有的成就，貢獻給我的祖國。”

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，全世界的人民將永遠紀念着他；他的名字將永垂不朽。

1-2 無線電的發展過程

一切無線電通訊，一定要有兩種基本設備。第一必須有無線電發訊機，它產生高頻率的電振盪，然後把它以電磁波的形式向空間輻射出去。第二必須有無線電收訊機，接收這高頻率的振盪電波。

在無線電發展的过程中，最早的無線電發訊機是火花式發訊機。它的電路如圖 1-1 所示。

當開關 K 合上時，感應綫圈的原綫圈中就有電流流過，而使鐵心磁化；鐵心吸下銜鐵，電路立即斷開；於是電流中斷，並使磁場迅速消失。這時銜鐵又彈回復原，原綫圈電路又被閉合。這種過程將重復下去，一直到拉斷開關 K 時為止。當每次磁場迅速地生長或消失時，在匝數很多的副綫圈中，感應出很大的電勢，使導

綫 A （就是天綫）充電，並使放電器 P 充電。當天綫上的電位達到放電器 P 的击穿電壓時，就在 P 的兩極間放電。這種放電忽斷忽續，形成振盪，就有電磁能向空間輻射出去。

火花式發訊機的功率，隨着它的發展和改善而日漸增強；但是效率低、體積大，仍然是它的不可克服的缺點。

在火花式發訊機改進的同時，有改用电弧式發訊機和高頻交流

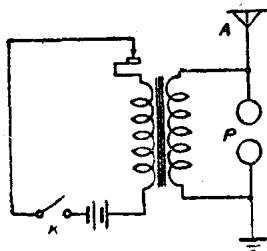


圖 1-1 火花式發訊機

發电机式發訊机的。這兩种發訊机虽較火花式的进步，但是由于前者的电能損失大，机件笨重，后者的發送頻率有限制，制造不易，成本昂貴和維護困难等缺点，因此限制了这些發訊机的發展。

自从电子管出現后，就有了电子管發訊机。它能产生等幅振盪，頻率可以任意調节，它的体积小，效率高；因此，上述各种發訊机就逐渐被淘汰了。所以，电子管的發明可以說是無綫电發展过程中的一个重大而且是划时代的事件。在現在，几乎沒有一部無綫电机是不用电子管的。

初期的电子管是小功率的，因此發訊机的輸出功率和傳輸距离都受到一定的限制；到大功率电子管發明后，电子管發訊机才發展到今天的形式。

最初用于接收火花式訊号的無綫电收訊机中，电磁波檢波的裝置是非常簡陋的。当时用的是金屬粉末檢波器（圖 1-2）。

粉末檢波器 K 是由一个装备了金屬屑的小玻璃管組成的。这玻璃管的兩端引入了导电的電極。具有很小导电率的金屬粉末，在由天綫 A 接收下来的电磁波的作用下，陡然增加了它的导电率。因此繼电器 P 內通过的电流增加， P 發生作用，銜鉄 R 与 S 接触，使自給電池 B 和莫尔斯收报机 M 構成回路，于是 M 就起作用，而把訊号記錄在紙条上。与这收报机發生作用的同时，繼电器 Q 也發生作用，小錘 T 即把粉末檢波器內的金屬屑震松，这样又減小了它的导电率，而为接收下面的一个訊号作了准备。

不久粉末檢波器和莫尔斯收报机就被晶体檢波器和收話机代替了。这就大大地增高了無綫电收訊机的灵敏度，并使接收無綫电訊号成为“可以听到”的了。以后这种收訊机漸趋复杂，由于过分复杂变成非常笨重。有些特制的檢波式收訊机的大小，竟达到和現代的 100

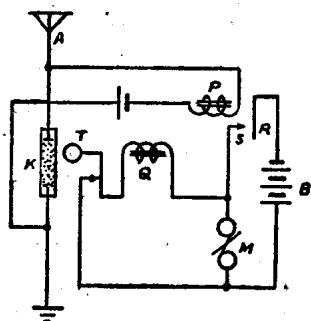


圖 1-2 金屬粉末收訊机

瓦电子管發訊机一样大。

在电子管發明后，电子管收訊机完全代替了晶体收訊机；此后经过不断的改进，才变成今天所用的各式收訊机。

与收發訊机發展的同时，天綫也有了很大的改进。在無綫电通訊的第一次实验中，天綫是借着風箏和气球之类的东西把一根导綫提到一定高度作成的。随着無綫电通訊的实现，天綫就有了極大的变化。到现在，在短波方面，我們有各种形式的定向天綫；在其他波段方面，也有了特殊結構的天綫。

上面所講的仅是無綫电通訊方面的發展概况。

自从电子管發明后，無綫电技术的应用范围也大大地扩展了。無綫电不但运用在通訊和广播方面，而且在航行、医学、探矿、冶金、有声电影和食品工業等部門中，也得到了广泛的应用。可以看出，無綫电技术在政治經濟、文化教育、新聞宣傳、海空航行、工矿生产以及国防建設等各方面，都有極重要的功用。現在，無綫电的理論还在繼續發展，無綫电的应用还在不断推广；可以肯定，今后的無綫电，还要更充分地發揮利用。

1-3 苏联在無綫电方面的成就与貢獻

苏联無綫电的迅速發展，是在偉大的十月社会主义革命之后才开始的。

列宁和斯大林早就注意到俄罗斯有创办無綫电通訊与無綫电广播的必要性。列宁把無綫电称为“不需紙張、沒有距离的报纸”，并且預言無綫电“將是一件偉大的事業”。遵循列宁的指示，在1918年创办了俄罗斯第一个無綫电工程科学研究中心——尼斯城無綫电實驗室。这里的工作人员，在極困难的条件下，于短时期內研究出收訊用和發訊用的电子管、發訊机、收訊机和各种無綫电裝置，为無綫电广播、無綫电工業以及無綫电大众化的广大發展奠定了基础。

在以后的30余年間，苏联的無綫电專家們遵照了党和政府的指示，已經使苏联的無綫电技术在这个世界上佔着重要的地位。

在电磁波和电子技术方面，在天綫、無線电發訊和收訊方面，以及在無線电导航、电视和雷达方面，苏維埃的学者們都作出了極其巨大的貢獻；他們的成績經常胜过其他国家的学者；他們用許多宝貴的發現和發明丰富了科学。不仅在苏联，而且在全世界都知道他們的成就。

苏联不仅是無線电的誕生地，而且也是無線电事業真正兴盛的国家。苏联現在建有世界上最大的無線电台，具有性能优良的通訊設備；苏联的無線电收訊網非常發展，电视發射机遍佈各地。無線电除运用在通訊方面外，在其他方面也得到了極其广泛的应用。因此，苏联的無線电技术是很先进的。

在党和政府的領導下，苏联的無線电事業获得了無比的成就；毫無疑問，苏联將來还会在这个技术領域中給世界以更多的發明。

1-4 無線电通訊方式的概念

無線电通訊这个名詞应当了解为：不用导綫傳輸电能，以傳送訊号的过程。

無線电通訊的方式可以有下列几种：

1. 电报；2. 电话；3. 傳真；4. 广播；5. 电视。

前三种用为無線电通訊。它們需要有特殊裝備的發訊台、收訊台及無線控制站。通訊用無線电一般都采用双工制，就是在两个互相聯絡的地点中，任何一端都可以同时發送和接收。其通訊系統如圖 1-3 所示。A 和 B 为兩方的無線电控制站各联接到一个發訊台和收訊台。A 站以一个波長 λ_1 向 B 站發送，而 B 站則用另一个波長 λ_2 向 A 站發送。在这样的無線电通訊系統里，可以进行收發電报、电话或傳真的工作。

广播和电视則按照另一个方式工作，是由一个电台向各方面發送消息。这个电台必須有無線电發訊設備（广播的或电视的），并且和發出广播节目的播音室相連。电台發送出去的节目，由任意只数的無線电收訊机接收。这种广播系統和通訊系統是不同的，如圖

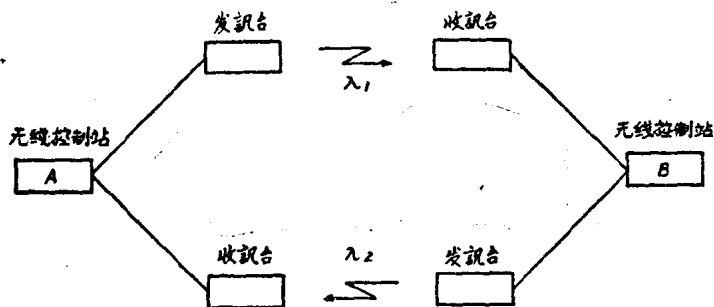


圖 1-3 無線電通訊系統

1-4 所示。但是不管在那一種系統中，無線電通訊都是由無線電發訊機、無線電收訊機和電波的傳播來完成的。

無線電發訊機可以用圖 1-5 的方框圖來代表。原始電源一般都用市電或自備發電設備供給 50 或 60 赫的交流電。它的任務是供給發訊機的電能。發生器把從原始電源所獲得的電能，轉變為高頻率振盪的電能。調制器的作用是使發生器內所產生的高頻率振盪的振幅、

頻率或相角隨調制訊號的作用發生相應變化。這種帶着變化的高頻率振盪能量，就從天線上輻射出去，在空間以電磁波的形式傳播。

無線電收訊機可以用圖 1-6 的方框圖來代表。發訊機送出的電磁波在收訊台被接收天線所接收；但這天線

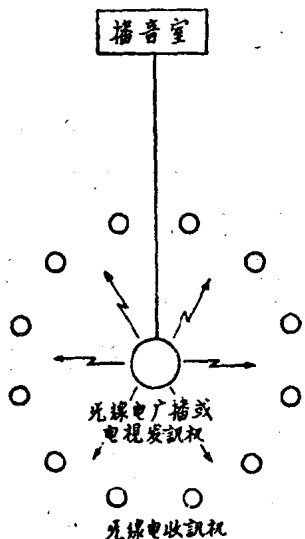


圖 1-4 無線電廣播系統

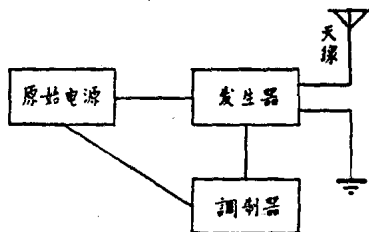


圖 1-5 無線電發訊機方框圖

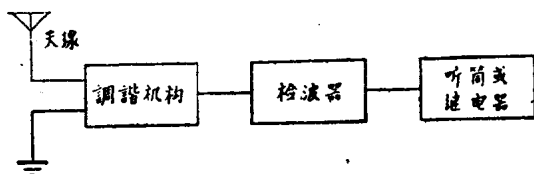


圖 1-6 無線電收訊機方框圖

同时也从空間接收其他發訊机所發来的电磁波。为了要使所需的訊号从其他訊号中划分出来，就需要一个調諧机构。調諧机构使接收天綫調整到与所要接收的訊号頻率相諧振，因而使有用訊号特別强大；再送入檢波器，变成可以記錄的脉冲。或可听的訊号电流，这种脉冲或音频电流經過电报继电器或电话听筒就变成电报符号或电话声音。

1-5 我国無綫電的概况

我国使用無綫电通訊，开始于 1908 年。当时所用的發訊机是从外国买来的火花式發訊机。由于旧中国是一个半封建半殖民地的国家，反动統治者貪污腐化，因此無綫电事業曾長期陷于支离破碎的状态。一切器材均从帝国主义国家輸入，机器程式繁多，技术落后不前；而各帝国主义者更多方摧殘，在我国擅設电台，进行通訊；这样，我国的無綫电事業，当然更沒有發展的可能了。

人民革命事業的偉大胜利，为我国的無綫电通訊事業和無綫电工業技术的發展，开拓了光明廣闊的道路。由于党和政府的正确領導，仅在解放后的數年間，我国已建立了东亚最大的無綫电台，裝置了最先进的無綫电机具；国内各电台的通訊和管理效率，也有普遍的提高。在苏联的無私帮助下，我国的無綫电工業也有飞速的进步。我們現在已有世界第一流的电子管厂和無綫电器材厂，能制造各式的收訊机，大电力發訊机和其它無綫电設備。

由于我国社会主义工業化的發展，和苏联無私的帮助，可以肯定，我国的無綫电事業，將會得到更加輝煌的成就。

第二章 电路元件

無綫电路中的基本元件有电阻器、电容器、电感器、电子管和石英晶体等。由于这些元件的不同組合，構成了各种簡單或复杂的电路。关于电子管和石英晶体，將在以后各章中分別介紹，本章則專門討論电阻器、电容器和电感器。

2-1 电 阻 器

关于电阻，在电工学內曾經談过，这里要介紹的是电阻器的構造、种类、形式，以及識別电阻器的方法和各种不同电阻器的一般使用范围。

依照电阻器的構造来分，它可以分为固定电阻器（又叫做定值电阻器）和可变电阻器兩大类。依照电阻器的質料来分，則可分为繞綫电阻器和合成电阻器兩大类。各种类型的电阻器是無綫电设备中最重要的、需用数量很多的一种元件，它們的数值可能从分之一欧姆到几千万欧姆。电阻器的阻值用“欧姆”(Ω)做單位，高的阻值則常用“千欧”(KΩ)或“兆欧”(MΩ)做單位。

1. 电阻器的种类、構造和一般特点:

(1) 繞綫电阻器:

一、構造——繞綫电阻器一般都用电阻系数較高的金屬导綫制成，如鎳、鉻、銅、錳等合金綫；这种綫叫做电阻綫。把电阻綫繞在瓷、陶、玻璃管上，或繞在膠木、紙柏、石棉片等絕緣物上，兩端各接出一根塗錫銅綫，作为引接綫；或將兩端各固定在一个引接用的焊片上。电阻器繞好以后，为保护起見，在外面还常塗一層瓷漆，或一种特制的水泥塗層。这样制成的固定繞綫电阻器，在裝置时，往往需要另裝支架。圖 2-1 表示这种电阻器的一种。可变繞綫电阻器的構造如圖 2-2 所示。在实用中，它有着各种不同的形式。

二、特性和应用——綫繞电阻器的特性，主要由所用的电阻綫決定。它的阻值与电阻綫的粗細、長短及質料有关。一般的阻值范围，大概从1欧到几万欧。这种电阻器的优点是工作可靠穩定、能够耐热、功率較大，例如銅錳合金电阻綫，温度系数很小，阻值几乎不随温度变动；因

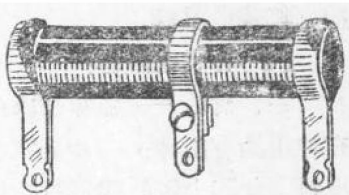


圖 2-1 固定綫繞电阻器

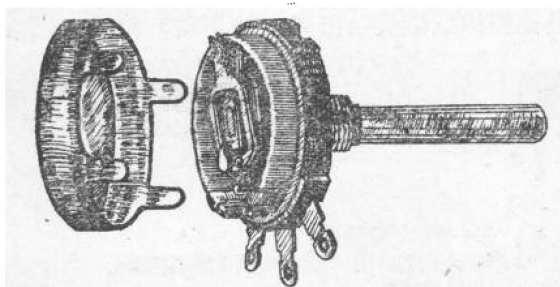


圖 2-2 可變綫繞电阻器

此，綫繞电阻器适用于通过电流較大的电路中，在需要高度准确和穩定的电阻时，也常用它。

綫繞电阻器的缺点是成本較貴，阻值不能太高；而且

由于它本身是个綫圈，所以有較大的电感。这个电感虽对低频电流影响較小可以不計，但对高频电流則影响很大。因此，除下述特种繞法的無感电阻器外，一般的綫繞电阻器不宜用在高频电路中。

三、無感电阻器——在电表仪器內所用的綫繞电阻器，阻值要准确，同时不能有电感存在。在繞制这种电阻器时，先将电阻綫按算定的長度剪下，把它对折，从折轉的地方开始，两个綫头同时順一个方向繞在絕緣管上（圖2-3）。这样繞成的电阻器，包含着两个同样电感的綫圈；在这两个綫圈內，电流的方向相反；因此，当电流通过时，两个綫圈內所产生的磁場互相抵消，由于磁場所产生的电感作用也就互相抵消；所以这种电阻器叫做無感电阻器。如果把剪下的單根电阻綫，在膠木管上正繞若干匝，然后再如数反繞若干匝，也同样能

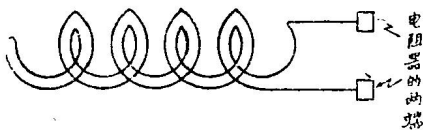


圖 2-3 無感电阻器的繞法