

286740



高等学校教学用书

无线电接收设备

(上册)

原编者：北京邮电学院无线电接收设备教研组

审校者：邮电学院无线电接收设备教材选编组



人民邮电出版社

2
751

高等学校教学用书

无线电接收设备

(上册)

原编者：北京邮电学院无线电接收设备教研组

审校者：邮电学院无线电接收设备教材选编组

人民邮电出版社

无线电接收设备（上册）

原编者：北京邮电学院无线电接收设备教研组

审校者：邮电学院无线电接收设备教材选编组

出版者：人民邮电出版社

北京东四六条13号

（北京市书刊出版业营业登记证出字第〇四八号）

印刷者：邮电部北京邮票厂

发行者：新华书店

开本 850×1168 1/32

1961年8月北京第一版

印张 7 6/32 页数 230

1961年8月北京第一次印刷

印刷字数 191,000 字

印数 1-6,450 册

统一书号：15045·总1262—无325

定价：（10）1.05元

序 言

本书是在党的领导下，以毛澤东思想作指导思想，根据党的社会主义建設总路綫的精神，貫徹教育为无产階級政治服务、教育与生产劳动相結合的方針，吸取近年来教育革命的成果和教学实践中的經驗，集体編写而成。

在体系上，本书分中、短波接收机、超高频接收机、晶体管接收机和抗干扰接收四个部分。編写时力求理論联系实际，反映生产实际的主要問題和当前科学技术发展的情况，以适应我国社会主义建設的需要。为此我們对接收机的各主要部件，都結合典型的实际綫路进行分析；并尽量介紹实际生产技术知識。例如晶体滤波器、天綫共用器、电机式自动頻率微調等就是为适应这个要求而提出的。在适应当前科学技术发展情况方面，編写时在內容上，特別加强对新的科学技术知識的闡述。同时还考虑到专业的要求，在份量上作了适当的安排，例如在中、短波接收机一編中，对广播接收机的內容，仅作簡要敘述，而对于超高频接收机，則考虑到超高频通信技术迅速发展的需要；适当增加了內容和篇幅。其他关于移相电报、参量放大器、晶体管接收机、抗干扰接收等內容的介紹，也体现了这一意图。在內容敘述方面，我們也力图符合人們的認識規律，以物理概念为主，使数学和物理概念紧密結合。例如敘述接收机各主要部件的步驟大致为：以部件的功用和实际綫路为前提，着重以物理概念进行定性分析，再以数学工具作定量分析，导出有用的公式和結論，并进一步以物理概念闡明結論的本質，最后再說明如何应用于实际，以及設計和制作中的主要問題。

本书的內容可概括为三个方面：首先是对各种不同波段无綫电接收机的主要部件的功用、物理現象、指标、特性等进行定性和定量的分析，并敘述具体設計和制作的方法。其次是研究各种无綫电

信号的接收理論和方法；最后探討无线电接收时的干扰及新的抗干扰接收方法。

本书原稿由北京邮电学院无线电接收教研組集体編写，曾經經過初步教学实践，作过修訂。后經邮电学院无线电接收教材选編小組审校，作为无线电通信和广播专业的教学用书。

参加原稿編写的同志是：陈炳南、段东山、陈劍青、朱云龙、詹汉强、丁忠之、张志远、王曼丽、张新政、李明田、李克潛等。

参加审校的教材选編組成員是北京邮电学院教师陈炳南、武汉邮电学院教师何耀樞、南京邮电学院教师毕厚杰、西安邮电学院教师黄嘉义等同志。

参加本书繪图和繕稿等工作的还有北京邮电学院工程画教研組教师和同学。参加本书校对工作的还有北京邮电学院的一部分同学。

由于思想、业务水平和經驗不足，以及审編時間短促等原因，本书內容难免有不够妥善，甚至錯誤之处。希望讀者，特别是使用本书的教师和同学们积极提出批評和改进意見，以便今后修訂提高。

緒 論

§ 0.1 无綫电接收設備的功用和类型

在祖国辽阔的大地上，遍佈着无数大大小小的无綫电收发信台、广播电台、超短波站和成千累万的广播接收机，构成了一个完整的无綫电通信网和广播网。它們为广大的邮电工作者和广播工作者所掌握，昼夜不停地在为祖国的社会主义建設事业服务，成为党和人民羣众的有力的通信工具和宣传工具。它們好比是人們的神經系統，是国家建設和人民生活中一个不可缺少的組成部分。

无綫电接收設備是无綫电通信网或广播网中的最主要的組成设备之一。一般說來，它是由接收天綫、无綫电接收机和終端机件（如耳机、揚声器、电子射綫管或收报机等）三部分組成，如图-0.1a所示。从发信台发射出来的电磁波，經過空間傳播到收信台或接收点所在的地方，作用于接收天綫，在天綫上产生高频电流，传给无綫电接收机，接收机再把这些高频电流变换成为能使終端机件工作的信号，最后，由終端机件发出声音、光，或使机械动作。

現代的无綫电接收机根据其用途大約有专门用途的接收机和广播接收机之分。广播接收机又有广播收音机和电视接收机之分。无綫电广播的特点是每一部发射机所发出的信号为成千累万部接收机所接收，所以应该尽量提高这一部发射机的质量和功率，以使千万部接收机的結構简单，价格低廉。专用的无綫电收、发設備則不然，一部发射机发出的信号往往只由一部接收机来接收。这时必須同时改进发射和接收設備的結構，以提高电路的质量，所以专用的接收机常較复杂。由于目前在国民經济各部門和科学研究等領域中大量使用无綫电技术的結果，专用接收机有了很多类型，主要可分为：无綫电通信接收机；无綫电遙控接收机；无綫电遙測接收机、无綫

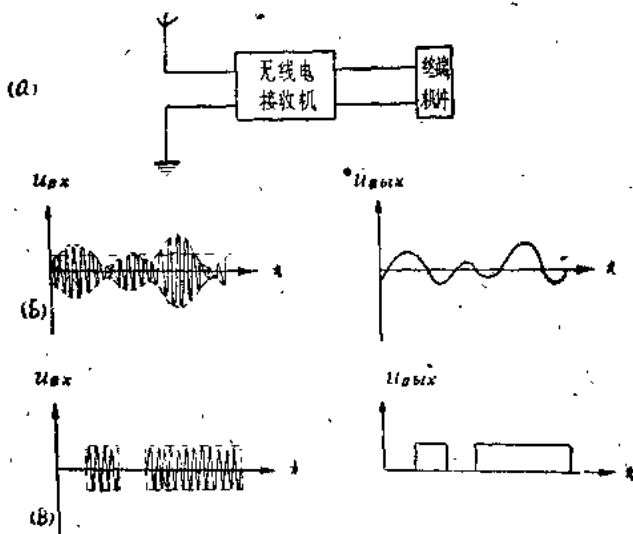


图 0.1

电导航接收机和无线电定位(雷达)接收机等等。

在整个接收过程中,无线电接收机究竟担负了哪些任务呢?它的任务有三:第一,在空间传播着的电磁波是很多很多的,有从我们所要收的发信台发射出来的电磁波,有其他发信台发射出来的电磁波,也有雷电和各种电气设备火花放电所引起的电磁波,等等。它们都可能作用在接收天线上,传给接收机,引起干扰,所以接收机必须从各种各样的电磁波中选出我们所要收的电磁波。这种选择的任务可在接收机内使用谐振回路来完成。第二,发信台发射出来的电磁波在空间传播过程中有很大的损失,到达接收天线上时,往往极为微弱,如果对这微弱的高频电压不加以放大,是不能使终端机件工作的(如使扬声器发出声音),所以接收机必须能放大所收到的高频电压。这种放大任务可使用放大器来完成。第三,接收天线上所收到的高频电压,都是一些在发射机中经过调制(或键控)的高频电压,直接把这些高频电压放大后送给终端机件,仍旧不能使它们动作起来,所以接收机还必须把这种已调制(或已键控)

的高頻电压变换成为能使终端机件工作的电压或电流，这种变换过程叫做“检波”，它是和“调制”相反的一种过程，也是接收机的任务之一，这任务可用检波器来完成。图0.1表示接收机中电压的这种变换过程。图0.16是接收調幅无綫电话时天綫上的高頻电压和終端机件（如揚声器）中电压的曲綫，接收机必須把天綫上为語言所調制的高頻电压变换成为能使揚声器或耳机等工作的音頻电压。图0.16是接收振幅键控无綫电报时的电压曲綫，接收机必須把天綫上代表电报“点”和“划”的高頻电压变换成为能使电报机械动作的直流脈冲电压。

§ 0.2 超外差式接收机的組成部分

綜上所述，一部无綫电接收机为了完成这三种主要任务，就必需具有調諧回路、放大器和检波器，从整个无綫电接收机組成綫路的演进过程来看，也始終是圍繞着如何更好地完成这些任务而提出的。从波波夫发明的第一架接收机起，演进为矿石接收机、直接放大式接收机、再生式接收机，以至現在的超外差式接收机，虽然它們的綫路形式不同，但基本上都是完成上述三种任务。現在除超外差式接收机外，其他形式的接收机都逐渐淘汰，所以下面就只介紹超外差式接收机。

图 0.2 是一部超外差式接收机的方框簡图。把住接收机“大門”的是由諧振回路构成的“輸入电路”。它和天綫之間有适当的耦合。

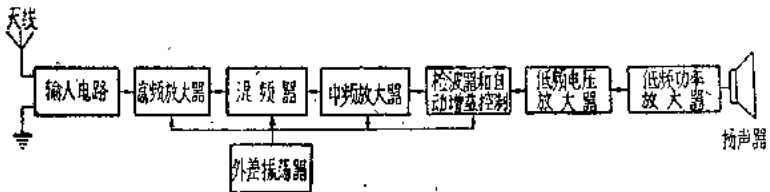


图 0.2

依靠諧振回路的选择性能，当許多各式各样的电磁波“敲”着接收机的大門时，接收机只选出它所需要的那一个电磁波，让它进来，而把

其他电磁波都拒之于门外，所以输入电路主要是完成选择任务的。输入电路的后面就是电子管和谐振回路组成的“高频放大器”，其中的电子管具有放大所收信号的能力，而其中的谐振回路也具有选择有用信号的能力，对信号再作一次选择。所以高频放大器同时担负了放大和选择的双重任务。信号经过放大后，本来就可以用“检波器”进行检波，例如直接放大式接收机就是这样的，但是当接收机所收的频率提高（如从中波变为短波）时，各个谐振回路的谐振频率也要提得高些，这时各回路的谐振曲线就变得较宽较钝，这就使接收机的放大和选择能力降低，频率越高，这种现象越加显著，为了克服这种缺点，可以想法在收到各种不同频率的信号时，在保持调制规律不变的条件下，把它们变成一个固定不变的较低频率，频率低了，放大器中所用谐振回路的谐振频率也低，放大和选择能力就可以提高；同时也由于频率是固定不变的，就可用较多的由固定的电感和电容组成的谐振回路，进一步提高选择性能。图0.2中的“变频器”就是完成这种频率变换的过程的。由高频放大器把所收信号送给变频器，而另由一专门的振荡器（常叫做“外差振荡器”或“本机振荡器”）供给变频器以另一频率的电振荡，在变频器内经过混频作用得出一较低的固定不变的频率，这个频率常叫做“中频”。对这个中频再应用“中频放大器”把它放大。中频放大器是用电子管和两个或多个互相耦合的谐振回路（常称“中频变压器”）构成。如上所述，由于中频频率较低，而且是固定不变的，所以中频放大器大大提高了接收机的放大和选择能力。到此为止，接收机已对所收信号完成了主要的选择和放大作用，但是所收信号还是一些已调制的中频振荡，必须用检波器把“载”在中频振荡上面的反映原调制频率的成分取出来，并滤去中频振荡。经过检波后剩下的是原调制频率的振荡，再用“调制频率放大器”（如收声音则为“音频放大器”）放大后，送给终端机件（如扬声器）。由它们发出声音、光，或使机械动作。

从超外差式接收机的频率变换上来看，是由高频（信号频率）、中频而至低频（原调制频率）；其中变频器和检波器是两个“频率

轉換站”。从其組成部件上看，外來信號在檢波的前後都有放大器進行放大，檢波前所以必須放大是因為外來信號很弱，和避免弱信號檢波時產生大的非線性失真和低的檢波效率（詳後）；檢波後所以需要放大是由于加到終端機件（如揚聲器等）上面的功率要求相當大的緣故。

§ 0.3 無線電接收機的一些主要電指標

無線電接收機的质量指标充分地說明了接收機的质量和性能。根据接收機用途的不同，质量指标也有所不同，但是对其主要的電的指标約可歸納为下列各項：

(1) 灵敏度 灵敏度是反映接收機在保持正常工作状态下可以接收到最微弱信號的能力，在数量上就是用接收機保持正常工作状态時信號在天綫上所需感应的最小电动势来表示，这个数值越小，接收機的灵敏度越高，好比人的耳朵能听到越小的声音，他的耳朵就越灵敏。一般广播接收機的灵敏度約自50微伏至数百微伏，而通信接收機則可达几个微伏，甚至不到1微伏。

(2) 选择性 选择性是反映接收機从信號和干扰中选择出有用信號的能力。在数量上一般可近似地从接收機的諧振曲綫来估計。例如，某一接收機調諧于某一所收信號頻率 f_c 時的諧振曲綫如图 0.3 所示，收 f_c 的放大系数为 K_c ，而收某一干扰頻率 f_n 時的放大系数为 K_n ，則接收機对这个干扰 f_n 的选择性可以表示为：

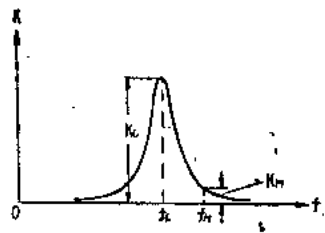


图 0.3

$$\sigma = \frac{K_c}{K_n}。$$

(3) 波段（頻率范围）“波段”是指接收機能够接收的頻率范围。例如广播接收機的波段，中波自520~1600千赫；短波約自

3.9~12兆赫；通信接收机则约自3~25兆赫。

(4)逼真度 “逼真度”是反映由接收机恢复出来的原调制（或键控）信号（如语言或音乐）和原来的信号相差的程度。通常就以失真（有时称作“畸变”）的程度来表示接收机的逼真度。收电话信号时只需考虑频率失真和非线性失真；收传真电报或电视信号时，除频率失真和非线性失真外，还必须考虑相位失真；如接收矩形脉冲信号（如电报信号）时，则需考虑因瞬变现象和于扰等的作用所引起的脉冲形状变形的失真。

(5)频率稳定度 “频率稳定度”反映超外差式接收机中振荡器频率的稳定程度。振荡器频率的不稳定将引起各种指标的降低，信号失真，甚至接收完全中断。

(6)输出功率 “输出功率”指接收机所能加给终端机件的功率，其数值视接收机的用途及所用终端机件的类型而定。例如广播接收机的输出功率常以几瓦计，而通信接收机则只要几毫瓦就够了。

除此之外，还有工作稳定性、供电方式和耗电大小、操纵方式、安全系数、体积、重量、价格等等指标。这些指标的重要性视接收机的用途而定。譬如对于目前自动化的通信接收机，则在操纵方式方面就有特殊的重要性。

以上只是对接收机的一些主要电的指标作一简单的介绍。关于指标的分析以及它们的测试方法等，下面还要详谈。

內 容 提 要

本书共有四編，計十八章，分上、下兩册出版。上册为第一編；下册包括第二、三、四編。

第一編为中、短波接收机，討論接收机的綫性級、變頻器、檢波器及自动增益控制电路等各組成部分；并对調幅信号、单边帶电话、移頻及移相电报等的接收方法有专章論述。第二編为超高频接收机，着重討論多路微波接收机的各主要部件，如超高频放大器、超高频變頻器、寬頻帶中頻放大器、頻率檢波器及限幅器等，并有专章讲述接收机的噪声、參量放大器和調頻信号、脈冲調制信号的接收方法。在第三編晶体管接收机中，主要討論晶体管高频放大器、晶体管變頻器等，并对晶体管接收技术发展的方向有需要的介紹。第四編簡要讲述潛在抗干扰性理論，并介紹目前实用的一些抗干扰接收方法。

本书可供高等学校无线电通信类型专业作为教学用书，也适合一般讀者自学参考。

目 录

序 言

- § 0.1 无线电接收设备的功用和类型 (5)
- § 0.2 超外差式接收机的组成部分 (7)
- § 0.3 无线电接收机的一些主要电指标 (9)

第一編 中、短波接收机

- 第 一 章 无线电接收机的线性级** (1)
 - § 1.1 概述 (1)
 - § 1.2 接收机的输入电路 (3)
 - § 1.3 天线共用器 (16)
 - § 1.4 高频放大器 (20)
 - § 1.5 高频放大器的工作稳定性 (26)
 - § 1.6 高频放大器的非线性失真 (29)
 - § 1.7 中频放大器 (34)
 - § 1.8 具有晶体滤波器的中频放大器 (45)
 - § 1.9 具有机械滤波器的中频放大器 (60)
- 第 二 章 变频器** (64)
 - § 2.1 概述 (64)
 - § 2.2 变频器的基本原理 (66)
 - § 2.3 变频时的干扰和失真 (76)
 - § 2.4 双栅变频器 (81)
 - § 2.5 接收机的统一调谐 (86)
 - § 2.6 变频器工作状态的选择和工程计算 (94)
 - § 2.7 超外差接收和二次变频 (98)
- 第 三 章 振幅检波器** (98)
 - § 3.1 概述 (98)

§ 3.2	振幅检波的物理过程、检波参量和等效电路	(100)
§ 3.3	二极管振幅检波器	(104)
第四章	无綫电接收机的人工和自动控制	(122)
§ 4.1	概述	(122)
§ 4.2	无綫电接收机的人工控制	(123)
§ 4.3	无綫电接收机的自动控制	(126)
§ 4.4	自动增益控制的原理和电路	(126)
§ 4.5	自动增益控制电路的工程計算(延迟式)	(133)
§ 4.6	自动频率微調的原理	(136)
§ 4.7	无綫电接收机的自动化	(138)
第五章	調幅信号的接收和接收机的測試	(140)
§ 5.1	概述	(140)
§ 5.2	无綫电接收机的質量指标及其測試方法	(141)
§ 5.3	通信接收机	(147)
§ 5.4	广播接收机	(154)
第六章	单边带无綫电话的接收	(156)
§ 6.1	概述	(156)
§ 6.2	四路单边带接收机的組成	(157)
§ 6.3	单边带信号的检波——环形平衡检波器	(160)
§ 6.4	四路单边带无綫电接收机的自动频率微調系統	(166)
§ 6.5	单边带无綫电话通信的优越性	(171)
§ 6.6	单边带信号的分集接收	(172)
§ 6.7	四路单边带通信接收机的結構、安装和調整測試	(175)
第七章	无綫电报的接收	(178)
§ 7.1	概述	(178)
§ 7.2	振幅键控电报的接收	(182)
§ 7.3	单路频率键控电报的接收	(186)
§ 7.4	频率键控电报信号的分集接收	(193)
§ 7.5	频率键控电报接收时的抗干扰性	(195)
§ 7.6	双路移频电报	(197)
§ 7.7	移相电报	(200)

第一編 中、短波接收机

第一章 无綫电接收机的綫性級

§ 1.1 概 述

超外差式无綫电接收机的各个組成部分，在緒論中已經作了簡單的介紹，它的方框图如图 0.2 所示。其中輸入电路、高频放大器和中频放大器都称为接收机的綫性級。輸入电路是由調諧于所收信号頻率的諧振回路和耦合元件組成的，它不包括非綫性元件。高频放大器和中频放大器都包含有非綫性元件（电子管），但是，由于高频和中频放大器輸入端的信号电压很小，約几分之一微伏至几十毫伏，因此，电子管一般只运用在板流~栅压特性曲綫的直綫部分，所以，統称它們为綫性級。当然，如果輸入信号的电压相当大，或者运用超出了板流~栅压特性曲綫的直綫部分，那就要产生非綫性失真，輸出信号中将出現輸入信号中原来沒有的新頻率，而它們也就不再成为綫性級了。

輸入电路是指連接在天綫与接收机第一个电子管——高频放大管（如接收机沒有高频放大器，第一个电子管就是指变频管）之間的电路，它的功用就是把天綫上所感应的各种不同頻率的信号，經過一次頻率的选择，选出所要接收的信号并尽量增大，再傳輸到第一个电子管的栅极上去，以压低該电子管的噪声。所以它主要是完成选择 and 傳輸信号的任务。

高频放大器的功用是把輸入电路輸出的信号，再經過一次頻率的选择，同时把信号放大，以便使信号电平比其后电子管及諧振回路等产生的噪声电平为大，从而提高接收机的信号噪声比以及接收机的灵敏度。

高频放大器的输出电压，经过变频器之后，就送到中频放大器。設高频信号的频率为 f_c ，中频信号的频率为 f_{np} ，如果接收机没有特殊的要求的话，一般是 $f_c > f_{np}$ 。信号频率从 f_c 变至 f_{np} 是由变频器来完成的。变频器内包括有一个外差振荡器，它的频率是 f_r 。从“无綫电基础”变频原理的分析可以知道，如果 $f_r > f_c$ ，当 f_r 与 f_c 的频率同时送到混频电子管时，电子管的板极电流中，就包含有许多不同频率的分量，其中也包含有 $f_{np} = f_r - f_c$ （如果取 $f_c < f_r$ ，则 $f_{np} = f_c - f_r$ ）的分量。很明显，如果在混频电子管的板极负载上接入一谐振于中频频率 f_{np} 的并联回路，在这一回路的两端，就可以得到中频电压，并送到下一级中频放大器的栅极上去。

应该注意，在 $f_{np} = f_r - f_c$ 的情况下，如果在天线上感应的电动势的频率中有某一干扰的频率 f_s ，它满足于条件 $f_{np} = f_s - f_r$ 的话，就将和信号同样地在变频器中变为中频 f_{np} ，这就是說，由于变频器中 f_r 的作用，不但把所要接收的信号频率 f_c 变成中频 f_{np} ，同时也把有害的干扰频率 f_s 也变成中频了。这样，在接收机中就产生了 f_s 频率的干扰， f_s 通常称为“鏡象频率”，且 $f_s = f_c + 2f_{np}$ （如果 $f_r < f_c$ ，则 $f_s = f_c - 2f_{np}$ ）。因此，輸入电路和高频放大器的选择作用，主要是把 f_c 选择出来，而把 f_s 抑制下去，使它不能产生干扰。

通常，频率 f_{np} 是固定的，而所要接收的频率 f_c 是可变的，这就是說，当 f_c 变化时，要求 f_r 也变化，以便永远保持 $f_r - f_c = f_{np}$ 的关系。为了保持整个波段内接收机灵敏度稳定不变，对于波段内不同的 f_c 来說，輸入电路的电压传输能力和高频放大器的电压放大能力应该是稳定不变的，但是实际上绝对的稳定不变是做不到的，所以只能力求輸入电路的电压传输能力和高频放大器的电压放大能力在波段内尽量稳定不变。

还应该指出，各个通信和广播发射台所用的频率是由国家統一規定的，两个調幅电台发射的載波频率之間相差至少应该是 20 千赫，相互叫做“邻近电台”。每一个电台又有它自己的旁频，为了使邻近电台的旁频不至干扰所接收电台的信号，要求接收机应该对 f_c

士 10 千赫的频率有能力把它抑制，而 $f_c \pm 10$ 千赫的频率称为“邻近频率”（对调频或其他调制方式的接收机而言，邻近频率不是 $f_c \pm 10$ 千赫，而是根据通频带和技术条件而定）。但是， $f_c \pm 10$ 千赫的频率和 f_c 的频率不会相差太大，要依靠输入电路和高频放大器来抑制是困难的，尤其是频率相当高时更是如此，这是因为选择回路的等效品质因数 Q 要相当大才有可能，但 Q 值增大太多；技术上做不到，因此，抑制邻近频率的任务，应由中频放大器来完成，这是因为中频 $f_{中}$ 较低的缘故。

§ 1.2 接收机的输入电路

上节已经指出，超外差式接收机输入电路的主要功用是提高接收机对镜象频率干扰的选择性以及尽量增大信号的强度。下面就针对这两点要求来进行分析。因为输入电路是与天线、馈线紧紧地连接在一起的，因此，输入电路的设计和天线、馈线的类型与参量有密切的关系。所以首先让我们简单介绍短波通信接收机常用的天线类型。

(一) 长距离干线短波无线电通信接收机常用的天线类型

这种接收机常用菱形、鱼骨形及简单的对称振子等方向性天线。现在，以菱形天线为例，说明现代短波无线电收信台从天线到无线电接收机的设备情况（见图 1.1）。

菱形天线是一种适宜于宽波段用的天线，它的特性阻抗为 600

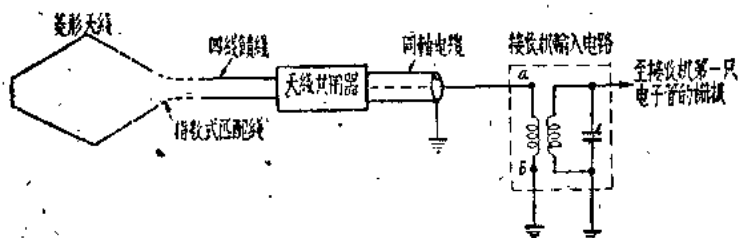


图 1.1