

计 量 电 信

編 南 国 赵

社 出 版 电 邮 人 民

73.4
778

电 信 量 計

赵 国 南 編

人民邮电出版社

內 容 提 要

本書共分十章，第一章和第二章敘述量測使用的标准元件、电源；第三章至第五章敘述音頻和高頻电流，电压，以及頻率，阻抗，衰減的量測方法和原理；第六章敘述波形分析和非綫性的量測；第七章至第九章敘述綫路量測和确定故障地点的方法，并介紹脉冲測試器；第十章敘述同軸電纜的測試方法。

电 信 量 計

編 者：趙 國 南

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北京東四 6 條 13 號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 048 號)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

發行者：新 華 書 店

开本 850 1168 1/32

印張 20/32 頁數 138

印刷字數 230,000 字

印數 1—2,500 冊

1959 年 1 月北京第一版

1959 年 1 月北京第一次印刷

統一書號：15045·总 931—有 156

定價：(10)1.35 元

自序

在教学工作中，根据各方资料，编写了一份电信量测的讲义，以供同学参考。同时二三年来，在电信量测一课的讲授和实验中，也积累了一些微薄的经验。这些收获也都陆续充实在讲义中。讲义因此也增删了三次。最近一年来，并参考北京邮电学院吉傑列夫專家專業量計講稿內容及成都電訊工程學院魯琴斯基專家無綫電量測講稿內容，斟酌損益，重行編排整理，遂成此稿。定名为“电信量計”。鑒于目前出版界該类書籍不多，因此勉力出版，以供同好。

本書稿特点在于：在各个具体問題中力求貫穿理論与实际相結合的精神，諸如量測技术中遭遇到的寄生耦合問題、非綫及諧波問題、以及各种內外干扰影响問題等等，凡对于量測結果的准确度起決定影响者，一般均加以分析介紹，以便讀者对于个别量測具体問題具有一定独立思考能力，早日掌握量測技术。

必須指出，在我所工作的交通大学電訊工程系及成都電訊工程學院有綫電設備制造系的各个實驗室中的良好教学环境和科学研究工作条件，对于我業務水平的提高起着一定的作用。我深切認識到这都是党和政府正确領導高等教育和科学研究的結果。如果這本書对讀者有一些帮助，那也应该归功于党对我们不断教育的成績。

編者學習量測技术未久，經驗很少，同时書中內容有錯誤不当之处，希讀者指教。

編者 赵国南

写于成都電訊工程學院

1957年12月

緒 論

近代的電訊工具十分複雜，不論電報、電話、傳真以及電視，不論是有線的或是無線的，不論是高頻的或是低頻的，不論是長途的或是近距離的，其中都包括種種收發設備和傳輸設備。這些設備中有着許多很複雜的機件，有的是電磁機械的，有的是電子管的，有的是半導體的。這些機件的構造十分精巧，因此不但對於製造并設計這些機件的技术要求很高，就是對於運用這些機件的技术要求也是很高。同時在近代電訊設備中，由於工作頻譜的一再擴大，頻率自零至數萬以至數萬萬赫，這樣更增加了電訊技術的複雜性。

必須強調：近代電訊技術的如此飛躍發展是和準確可靠的量測方法以及量測設備的研究有着不可分離的關係的。事實上，任何科學技術部門如果要求突飛猛進，它的有關的量測技術必須相應地進一步的發展。電訊技術和電訊量計同時發展的事例是不可勝數的。

電訊量測可以按照下列各項分類：

I、按照電訊設備所處的過程分類，有：

1、電訊設備的製造、安裝及驗收過程中的所有量測，即電訊設備的生產過程中的所有量測。這類量測，照例在準確度方面要求較低，但在量測方法上必須簡單可靠。

2、電訊設備運用過程中的所有量測。這類量測，必須保證電訊設備運用的不中斷，同時量測方法也須簡單可靠。

3、發明或改進新的電訊設備的過程中所有研究性質的量測，這類量測可能是各種各樣的，但主要在準確度方面有着較高的要求。

II、按照量測的對象分類，有：

1. 話頻電話設備的量測；

2. 高頻電話設備的量測；

3. 直流電報設備的量測；

4. 交流電報設備的量測；

5. 广播设备的量测;
6. 传真电报设备的量测;
7. 电视设备的量测;
8. 特种电讯(号誌、遙控等)设备的量测。

由此可見, 电訊量計面臨的任務不但是十分複雜, 而且是多样化的。可是上述各類電訊設備中絕大多數的量測是相同的, 只是運用的頻率範圍不同而已。因此, 學習電訊量計主要是在學習電訊設備的一般量測方法、量測原理以及所用量測儀器的結構及其工作原理。

既然電訊量計必須在很寬廣的頻率範圍內進行量測, 這就決定了電訊量計的量測方法必須是多式多樣的。電訊量計的量測方法主要可以分為直流量測、交流量測及脈沖量測三種, 現分別說明如下:

I、直流量測: 直流量測中包括量測導體電阻、絕緣電阻、耐壓、介質強度以及電容量等等。在電訊綫路上直流量測是用得很多的。

II、交流量測: 交流量測中包括量測電壓、電流、功率、電平、頻率、電阻、電感、電容、阻抗、衰減、增益、相角、時延、羣速、失配衰減、平衡衰減、幅度畸變、相位畸變、調制、電路的穩定度以及干擾電壓、雜音電壓、串音防衛度、元件的非綫畸變等等。

交流量測的目的是:

1. 查明電訊設備中各部件中各點的電壓、電流及功率等電的量值。

2. 確定收發設備、綫路、濾波器、增音機、變量器、以及電訊系統中其他組成部件的各項參數, 從這些參數上得以了解在一定頻率或一定頻帶內這些組成部件的交流電流的傳輸特性。

3. 檢查電訊系統運用情況下, 各電訊系統相互之間的干擾程度以及電訊系統受到外來的干擾程度。

4. 確定電訊設備的故障的性質以及故障的所在地, 以便進行檢修改進。

Ⅲ、脉冲量测：利用脉冲量测，可直接测定傳輸系統中訊号的傳播特性，例如畸变及时延等等。脉冲量测常用在均匀迴路上以确定故障点或結構不均匀点的所在及其性質。通过脉冲量测，并可进行頻譜分析以及电路暫态性能等其他种种試驗。

必須說明，电訊量計中所应用的物理現象都是不能直接由人的感官直覺覺察的，而必須通过一定的电訊量测儀器的輔助才能加以認識。这些量测儀器不可能是完善無缺的，它免不了会引入一些誤差。所以量测的准确度問題，始終是电訊量計上必須密切关心的中心問題。如何創造新的更准确的量测方法以及新的更准确可靠的量测电路及量测儀器，便是电訊量計工程技术人員的重要任务。

目 录

自 序

緒 論

第一章 量測用标准元件1

§ 1.1 音频及高频时进行量测的特点1

§ 1.2 电阻器3

§ 1.3 电容器9

§ 1.4 电感器及互感器10

§ 1.5 衰减器12

§ 1.6 分压器及分流器14

第二章 量測用电源17

§ 2.1 量测用的直流电源17

§ 2.2 量测用的交流电源17

§ 2.3 电焊和音叉振荡器19

§ 2.4 量测用的电子管振荡器20

§ 2.5 量测用振荡器的附加设备34

§ 2.6 量测用变量器35

§ 2.7 量测用滤波器38

§ 2.8 量测用稳压器40

第三章 音频和高频时电流及电压的量测46

§ 3.1 音频和高频时量测电流和电压的仪表46

§ 3.2 热电式仪表47

§ 3.3 整流式仪表52

§ 3.4 真空管电压表55

§ 3.5 电平指示器66

§ 3.6 电流及电压指示器69

§ 3.7 阴极射线示波器71

第四章 频率的量测82

§ 4.1 对量测频率的准确度的要求82

§ 4.2 吸收波長計83

§ 4.3 利用均匀迴路的諧振特性量測頻率	84
§ 4.4 电桥頻率計	85
§ 4.5 利用电容器充放电量測頻率	87
§ 4.6 用比較法量測頻率	88
§ 4.7 晶体校正差頻頻率計	90
第五章 阻抗、衰減和相位的量測	93
§ 5.1 量測阻抗的各种方法	93
§ 5.2 各种阻抗电桥	95
§ 5.3 电桥平衡的灵敏度及收斂度	99
§ 5.4 电桥中的寄生耦合問題	106
§ 5.5 用电桥量測对地对称或对地不对称的輸入阻抗	111
§ 5.6 电桥中元件的屏蔽	115
§ 5.7 量測四端網絡的固有衰減及固有相移的理論	118
§ 5.8 量測四端網絡的介入衰減、工作衰減和介入相移及工作相移的理論	121
§ 5.9 量測衰減时必须注意之点	125
§ 5.10 相位的量測	127
§ 5.11 量測相位时必须注意之点	137
第六章 波形分析和非直綫性畸变的量測	139
§ 6.1 波形分析和非直綫性畸变概論	139
§ 6.2 量測非直綫畸变的振幅特性曲綫法	147
§ 6.3 量測非直綫畸变的电桥法	149
§ 6.4 利用示波器分析波形的的方法	151
§ 6.5 波形分析器	153
§ 6.6 頻譜仪	155
§ 6.7 諧波相位仪	157
第七章 电信綫路上的量測	158
§ 7.1 电信綫路上常見的一些量測	158
§ 7.2 架空明綫的導綫电阻的量測	158
§ 7.3 架空明綫的絕緣电阻的量測	162
§ 7.4 導綫电阻与絕緣电阻的真实值与測定之間的差別——修正系数	163
§ 7.5 用直流量測来确定架空明綫上的故障点	166

§ 7.6	明線上碰地和碰綫等故障点的确定	168
§ 7.7	明線上导綫电阻不对称及断綫等故障点的测定	172
§ 7.8	電纜迴路上进行量测的特点	172
§ 7.9	用直流测试来确定電纜綫路上的故障点	175
§ 7.10	地下電纜地位的找寻及故障点的精确测定	183
§ 7.11	接地电阻的量测	184
§ 7.12	均匀迴路的参数的量测	187
第八章	确定電信綫路上故障点的先进方法	194
§ 8.1	史宝聚确定電信綫路上故障点的先进工作方法	194
§ 8.2	测试均匀迴路輸入阻抗的绝对值来确定 電信綫路上的故障点	198
§ 8.3	用示波器的相位法来确定電信綫路上的故障点	203
§ 8.4	利用量测实路与幻路間串音衰减的方法来确定 集总的故障点	211
§ 8.5	确定变动不定的电阻不对称的故障点	216
§ 8.6	用脉冲法来确定電信綫路上的故障点	220
§ 8.7	脉冲测试綫障器具体电路举例	226
第九章	電信設備上的一些專門量测	236
§ 9.1	電信設備上常見的一些專門量测	236
§ 9.2	幅度調制的量测	236
§ 9.3	平衡衰减及失配衰减的量测	240
§ 9.4	傳播時間的量测	242
§ 9.5	串音衰减的量测	245
§ 9.6	傳輸電平的量测	247
§ 9.7	干扰电压的测定和杂音电压的概念	249
§ 9.8	利用脉冲量测来进行均匀迴路之間沿途分佈耦合的分析	251
第十章	同軸電纜上的量测	254
§ 10.1	同軸電纜参数的量测	254
§ 10.2	量测同軸迴路的輸入阻抗来判断同軸迴路結構的不均匀性	260
§ 10.3	用脉冲法来确定同軸電纜結構的不均匀性	266

第一章 量測用标准元件

§1.1 音頻及高频时进行量測的特点

我們知道：电流、电压、电荷等等电的量值的量測，一般是把被测电系統中一定量部分的，电能通常是極小的部分，轉变为另一种形式的能量，例如机械能、光能、热能及化学能等等；然后用适当的指示器把这些变换后的能量显示出来，由此可以确定被测电量的量值。这样看来，相应于被测电量的电能量是否以一定量的部分轉变为另一种形式的能量，和这一部分能量的是否得到全部变换，以及指示器的是否正确工作，对于量計的准确度起着决定性的作用。

上述三个有关量計准确度的因素由于頻率的增高而愈益复杂。因此在音頻和高頻时进行量測和电力方面工業頻率 50 赫时进行量測是有着一些不同之点的，在更高頻率时进行量測更有着一些特殊之点。

在音頻和高頻的量測中，和电力方面工業頻率 50 赫的量測中的不同点很多，而最主要的就是由于頻率比較高，从而寄生电容的影响显著。

在电路中，这些寄生电容就引起电路各部分之間的电容寄生耦合，同时这些寄生电容还形成了对地的电容寄生电路。因此在电路中，当联結那些具有对鄰近仪器的寄生电容及对地寄生电容較大的仪器时，必須密切加以注意。例如当量測負載中的电流而需要联結毫安計时，該毫安計不但应和負載串联，并且要联結得愈近負載愈好，那末負載中的电流和毫安計中的电流的相差程度可以愈小；同时还要尽可能在接近地电位的地点联結毫安計，以便減少毫安計的对地寄生电容中分流的影响。

举个例說，在圖 1.1—1 中所示的板調諧迴路振盪器电路中，当用两个毫安計 A_1 及 A_2 分別来量測板流及栅流时，如果該兩毫安計

放在圖中虛綫圓圈所示的地位，那末由于該兩毫安計之間以及該兩毫安計對地都有着較大的寄生电容，因此当頻率較高時，這些寄生电容的影响必須加以考慮。毫安計 A_1 及 A_2 之間的寄生电容如圖中 C_0 所示，這樣使振盪電路的板柵之間，除了原來具有的互感耦合以外，現在因此還存在了寄生的电容耦合。同時毫安計 A_1 的對地寄生电容，圖中以 C_1 表示，便成為板調諧迴路的一部分，這樣便影响振盪器的振盪頻率。此外毫安計 A_2 的對地寄生电容，圖中以 C_2 表示，使真空管柵陰極之間存在了額外的分流影响。總的說來，這樣的聯結影响了電路原有的工作情況，因此毫安計的讀數也就不能代表該電路中原來應有的數值。

可是如將該兩毫安計放在圖中實綫圓圈所示的地位，那末由于該兩毫安計所處的電位相等，且同為地電位，因此它們之間的以及它們對地的寄生电容都被短路掉了（ C_n 為大电容，對高频交流而言相當于短路）。由此可見，這樣的聯接就避免了上述那種聯接的缺點。

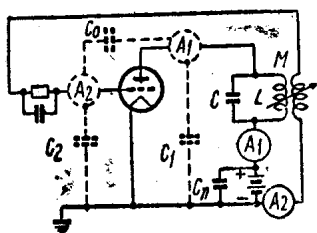


圖 1.1-1 板調諧迴路振盪器的電路

對於減免這些寄生电容的影响，也可採取一些措施，例如採取屏蔽及接地等等措施使雜散的寄生电容固定，再用適當的方法消除這些寄生电容的作用，以便儘量減免由于电容寄生耦合所引起的量測誤差，這在以後討論。

由于寄生电容中的分流作用，因此在音頻及高频廣闊的頻率範圍內，儀器本身的準確度是否能夠經常保持一定的等級，很成問題。

頻率較高時，不但儀器本身及電路中寄生电容的影响更是顯著，就是儀器本身及電路中的寄生的分佈電感的影响也顯著了。因此在一定的高頻率時，表面上一個簡單的綫圈，但由于它的分佈的寄生电容，事實上已成為一個複雜的諧振迴路；而表面上一個簡單的電

容器，也往往必須考慮它的接綫电感了。至于在高頻率時，接綫之間的互感耦合的影響也顯著了。

此外，頻率愈高，集膚效應及介質損耗的作用也愈益顯著。例如在高頻率時，並不能夠獲得高品質的电感繞組，這就是由於集膚效應等等的原因。

§ 1.2 电阻器

量測用的电阻器，通常外形有插塞式的和轉柄式的兩種。不論量測用电阻器的外形如何，其中电阻通常皆為繞綫，但也有炭質的和金屬薄膜的。

各式电阻器除結構上有不同外，在準確度方面也有等級。準確度的等級分為 0.1%、0.2%、0.5%、1.0% 及 2.0% 等。

理想的标准电阻器，必須在任何頻率時及任何情況下皆是定值不變的純电阻。电阻器不夠理想的原因主要在於繞組有着寄生的电感和寄生的分佈电容，在於存在集膚效應，在於电阻隨溫度、濕度以及年長月久而變值，此外电阻器中接觸點的接觸电阻也是一個很重要的因素。

對於繞綫电阻說來，繞組的寄生电感及分佈电容首先應加以考慮，因此实际的繞綫电阻的近似的等值电路可如圖 1.2-1 所示。圖中以并聯的电容 C 代表分佈电容，以串聯的电感 L 代表寄生电感。從該圖中，可見繞綫电阻的表觀阻抗為：

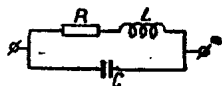


圖 1.2-1 电阻繞組的近似等值电路

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{(R + j\omega L) \cdot \frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{(R + j\omega L)}{1 - \omega^2 LC + j\omega RC} \\
 &= R \frac{1 + j\omega \left(\frac{L}{R} - RC - \frac{\omega^2 L^2 C}{R} \right)}{1 + \omega^2 (\omega^2 L^2 C^2 - 2LC + C^2 R^2)} \quad (1.2-1)
 \end{aligned}$$

設令繞組的電感時間常數為 τ_L ，即 $\tau_L = \frac{L}{R}$ ；又令繞組的電容時間常數為 τ_C ，即 $\tau_C = RC$ ；又令繞組的固有諧振頻率為 ω_0 ，即 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ ；利用上述三個符號，這樣(1.2-1)式可化成下式：

$$Z = \frac{R}{1 + \frac{\omega^4}{\omega_0^4} - 2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega^2 \tau_C^2} + j\omega R \frac{\left(\tau_L - \tau_C - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \tau_L \right)}{1 + \frac{\omega^4}{\omega_0^4} - 2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega^2 \tau_C^2}. \quad (1.2-1a)$$

根據上式所示的實數部分，可見繞組電阻的有效電阻 R' 等於：

$$R' = \frac{R}{1 + \frac{\omega^4}{\omega_0^4} - 2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega^2 \tau_C^2}, \quad (1.2-2)$$

而繞組電阻的電抗分量 x' 等於該式所示的虛數部分，即：

$$x' = \omega R \frac{\left(\tau_L - \tau_C - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \tau_L \right)}{1 + \frac{\omega^4}{\omega_0^4} - 2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega^2 \tau_C^2}. \quad (1.2-3)$$

在上式中代入(1.2-2)式所示的 R' 值，可得：

$$x' = \omega R \left(\tau_L - \tau_C - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \tau_L \right). \quad (1.2-3a)$$

由此可見，當 $\omega = \omega_0$ 時，根據(1.2-2)式及(1.2-3)式，可得繞組電阻的有效電阻及電抗分量分別為：

$$R' = \frac{R}{\omega_0^2 \tau_C^2} = \frac{1}{\omega_0^2 C^2 R},$$

$$x' = -\frac{\omega_0 \tau_C}{\omega_0^2 \tau_C^2} R = -\frac{1}{\omega_0 C}.$$

這樣看來，顯而易見，繞組電阻的運用頻率範圍實際上是不允許等於或接近繞組的固有諧振頻率的，而必須遠低於繞組的固有諧

振頻率，這就是 $\frac{\omega}{\omega_0} \ll 1$ 。

根据这个条件，因此在(1.2-3a)式中，可忽略 $\frac{\omega^2}{\omega_0^2}$ 一項，于是便得：

$$x' = \omega R' (\tau_L - \tau_C).$$

这样，整个繞綫电阻的时间常数为：

$$\tau = \frac{x'}{\omega R'} = \tau_L - \tau_C = \frac{L}{R} - RC. \quad (1.2-4)$$

又如在(1.2-2)式及(1.2-3)式的分母項中首先忽略 $\frac{\omega^4}{\omega_0^4}$ 一項，这样有效电阻 R' 便等于：

$$R' = \frac{R}{1 - 2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \omega^2 \tau_C^2} = \frac{R}{1 - \omega^2 \left(\frac{2}{\omega_0^2} - \tau_C^2 \right)}. \quad (1.2-5)$$

从上式中，可見分母項內如果存在下列关系： $\frac{2}{\omega_0^2} = \tau_C^2$ ；也就是存在下列条件：

$$2LC = C^2 R^2$$

或

$$2 \frac{L}{R} = CR,$$

即

$$2\tau_L = \tau_C, \quad (1.2-6)$$

这时，有效电阻 R' 將不随頻率而变化；同时这时的电抗分量，可在(1.2-3a)式中代入 $2\tau_L = \tau_C$ ，便得：

$$x' = \omega R \left(\tau_L - \tau_C - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \tau_L \right) = -\omega R \tau_L \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right),$$

这样，有效电感 L' 便等于：

$$L' = \frac{x'}{\omega} = -R \tau_L \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right),$$

同时整个电阻繞組的等效時間常数 τ ，当 $\frac{\omega^2}{\omega_0^2} \ll 1$ 时，便是：

$$\tau = \frac{L'}{R} = -\tau_L \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right) \approx -\tau_L,$$

上式的近似結果也可从(1.2-4)式直接代入条件 $2\tau_L = \tau_C$ 求得。

由此可得結論：繞組电阻在它的运用頻率範圍內 ($\omega \ll \omega_0$)，如果要求滿足它的电阻分量儘量不隨頻率而改變的条件時，必須要求繞組电阻的电感時間常數等於其电容時間常數的一半；這時整個繞組电阻的等效時間常數 τ 將與繞組的电感時間常數 τ_L 在量值上相等，而在符號上相反。

這也就是說，時間常數是繞組电阻品質的主要指標。優良的繞組电阻， τ 值約為 $10^{-8} \sim 10^{-7}$ 秒數量級，因此通常以毫微秒 (10^{-9} 秒) 表示。

以上的分析，沒有考慮到繞組电阻的集膚效應的影響。事實上，由於集膚效應，有效电阻將隨頻率而增加。所以(1.2-6)式中所表示的等式是不必要完全滿足的，而須視集膚效應隨頻率的變化關係而定。

可是不論怎樣，从(1.2-4)式看來，要保證繞組电阻有一定等級的準確度的條件下，無論如何必需保證繞組的电感時間常數和电容時間常數均小於一定量以下。

要求獲得很小很小的時間常數，例如比毫微秒還要小的時間常數在製造上是有困難的。从(1.2-3a)式並且可以看出，頻率愈高，要滿足一定的準確度等級，那末所需的時間常數要求愈小。因此那些像0.1%或0.2%級準確度的繞組电阻的頻率使用範圍是不高的，它們一般因此只能用在幾十千赫以內。

為了欲製造高等級準確度的繞組电阻，必須在採用材料及繞制方法上用功夫。現在先討論繞制方法。

要求減低电阻繞組的寄生电感，即減小电感時間常數，那末可以如此繞法，務使繞組的截面最小以及繞組中相鄰導線中的電流方

向相反，同时量值相等。这样，相等而相反的电流所产生的磁場可以相互抵消。

要求減低电阻繞組的分布电容，即減小电容時間常数，那末可以如此繞法，务使繞組中相鄰導線之間的电容以及电位差減低到最小，例如采用分段繞法等措施，以便減小电容的分流影响，从而減小整个繞組的等效寄生电容。

通常因此有下列各种繞法，如圖 1.2-2 中所示。圖中可見，最簡單的一种繞法就是在云母薄板上單層地纏繞，如圖中(a)所示。这种繞法，如果云母板愈薄，那末附帶的寄生电感量也愈小。当然，云母薄板总是有一定的厚度的，因此这种繞法的寄生电感量还是不太小的。

圖 1.2-2(b)中所示的双繞并联双向繞法也是在云母薄板上單層地繞制的。由于在这种繞法中有着两个并联的相同的繞組，它們的繞向又是相互相反的，因此总的磁場等于零。同时由于繞組中相鄰導線之間电位差極小，所以电容分流的影响也是很小的。

圖 1.2-2(c)(d)中所示的單繞来回穿插繞法及 8 字形繞法也可以获得很小的电感量，只是繞制比較不便。

圖 1.2-2(e)中所示的来回繞法可以获得極小的电感量；可是其中电容分流的影响很是严重，这是因为电阻繞的首尾相鄰，而它們之間电位差是很大的。減低这种电位差的措施，便是將电阻繞分成数段，每段再行来回繞，如圖中(g)所示。可以証明，这时繞組的等效寄生电容約与分段的数目直接成反比。

圖 1.2-2(f)中所示的編織法結構比較簡單，作成帶狀，徑繞为絲或羊毛，取其有高的絕緣电阻。編織法繞制的电阻可达数千欧，且电容及电感均很小，可是它对地的寄生电容及对鄰近繞組的寄生电容較大，运用頻率可自零至数十万赫。

在电阻箱中及衰減器中，上述各种繞法的电阻繞組均常采用。除編織法通常用作高值的电阻外；对于来回繞法，因其等效寄生电容較大，所以只作低值的、如 0.1 欧量級的电阻繞組用。