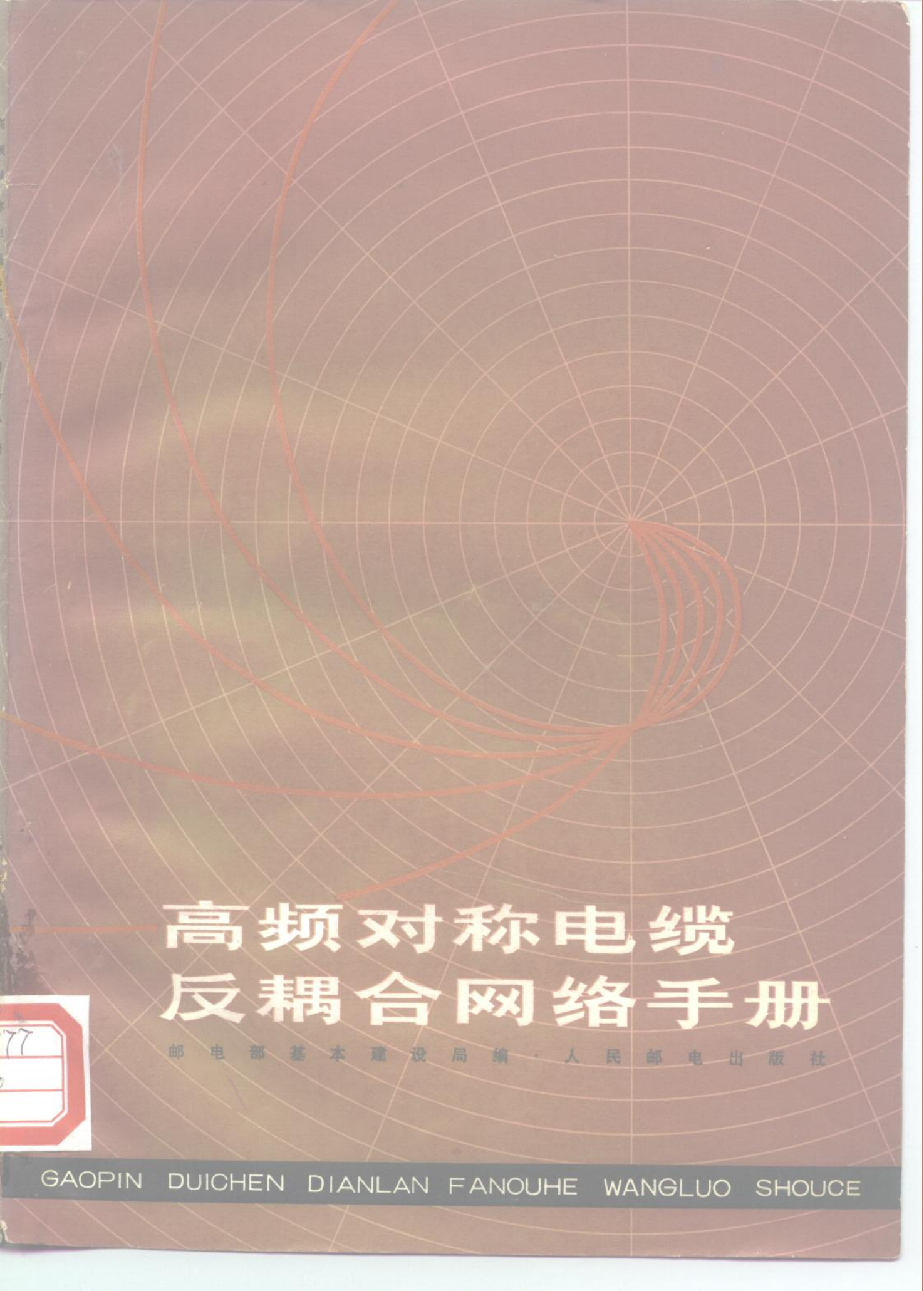




高频对称电缆 反耦合网络手册

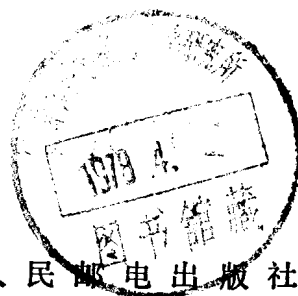
邮电部基本建设局编 · 人民邮电出版社

GAOPIN DUICHEN DIANLAN FANOUHE WANGLUO SHOUCHE

73.177
340

高频对称电缆反耦合网络手册

邮电部基本建设局编



人民邮电出版社

内 容 提 要

在电缆心线间接入适当的反耦合网络,是消除串音的有效措施。本手册主要介绍高频对称电缆平衡用的各种反耦合网络的导纳频率特性曲线、元件计算表,以及相应的图表使用说明。有关电缆平衡原理和平衡方法,可参看《高频对称电缆平衡》一书。

本手册主要读者对象是从事对称电缆平衡工作的工人、技术人员以及其他有关人员。

高频对称电缆反耦合网络手册

邮电部基本建设局编

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16 1978年2月第 一 版

印张: 6 12/16 页数: 54 1978年2月河北第一次印刷

字数: 163千字 插页: 3 印数: 1— 8,500 册

统一书号: 15045·总2198-有577

定价: 0.65 元

前言

建国以来，我国邮电通信事业在伟大领袖和导师毛主席和敬爱的周总理的亲切关怀下，得到了很大的发展。在长途通信干线建设方面，先后建设了高频对称电缆、小同轴电缆和中同轴电缆载波干线；采用新技术，逐步开通了多种通信。

在高频对称电缆干线建设中，广大工人、干部、工程技术人员坚持“抓革命，促生产”的伟大方针，发扬了“独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国”的革命精神，从实践中积累了丰富的经验。本手册的内容就是在工程实践中通过大量的理论计算与电缆平衡工作的实践，总结出来的成果。实践证明，在高频对称电缆集总平衡时，使用本手册可以直接查图表得到组成网络的元件数值，省去大量复杂的计算工作，可以大大提高平衡工作的效率。

本手册主要介绍电缆平衡工作中常用的网络图表及其使用方法。有关电缆平衡的原理和平衡方法，可参见《高频对称电缆平衡》一书。

参加编写工作的有邮电部第五研究所、邮电部设计院以及邮电部第四工程公司等单位的同志。

对本手册的意见，请寄邮电部基本建设局。

邮电部基本建设局

一九七六年八月

目 录

一、概述	(1)
二、简单反耦合网络的应用及图表使用说明	(5)
(一) C 网络	(5)
(二) $R-C$ 网络	(5)
(三) $R-C-C'$ 网络	(7)
三、复杂反耦合网络的应用及图表使用说明	(10)
(一) 四端网络	(10)
(二) 双 $R-C$ 网络	(12)
四、移相反耦合网络的应用及图表使用说明	(16)
(一) 单支网络	(16)
(二) 对顶压缩网络	(17)
(三) 单动网络(又称一动一不动网络)	(19)
五、其他	(21)
(一) 反耦合网络在近端所呈现的耦合矢量	(21)
(二) 并联电阻及串联电容计算诺谟图	(21)
(三) 奈一微西门子对照表(表 $T_{0.3-1}$)	(21)
六、符号及单位一览表	(22)
七、计算公式一览表	(23)
八、反耦合网络图表及诺谟图	(35)
(一) 简单网络	(35)
1. $R-C$ 网络	(35)
(1) 图 $J_{0.1-1} R-C$ 网络频率特性 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(35)
(2) 图 $J_{0.1-2} R-C$ 网络元件计算图表 (250千赫)	(插页)
(3) 表 $J_{0.1-1} R-C$ 网络频率特性计算表 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(36)
(4) 表 $J_{0.1-2} R-C$ 网络元件计算表 (250千赫)	(37)
2. $R-C-C'$ 网络	(40)
(1) 图 $J_{0.2-1} R-C-C'$ 网络频率特性 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(40)
(2) 图 $J_{0.2-2} R-C-C'$ 网络元件计算图表 (250千赫)	(41)
(3) 表 $J_{0.2-1} R-C-C'$ 网络频率特性计算表 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(43)
(4) 表 $J_{0.2-2} R-C-C'$ 网络元件计算表 (250千赫)	(44)
(5) 图 $J_{0.2-3} R-C-C/5$ 网络频率特性 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(48)
(6) 图 $J_{0.2-4} R-C-C/5$ 网络元件计算图表 (250千赫)	(插页)
(7) 表 $J_{0.2-3} R-C-C/5$ 网络频率特性计算表 (250千赫时 $ Y =10\mu S$)	(49)
(8) 表 $J_{0.2-4} R-C-C/5$ 网络元件计算表 (250千赫)	(50)

(9) 图 $J_{02-5} R-C-C'$ 网络频率特性各种 ϕ_{RC} 值 ($ Y' = 10\mu S, \phi' = 15^\circ, 30^\circ$)	(54)
(10) 图 $J_{02-6} R-C-C'$ 网络频率特性各种 ϕ_{RC} 值 ($ Y' = 10\mu S, \phi' = 45^\circ, 60^\circ$)	(54)
(11) 图 $J_{02-7} R-C-C'$ 网络频率特性各种 ϕ_{RC} 值 ($ Y' = 10\mu S, \phi' = 75^\circ, 90^\circ$)	(55)
(二) 复杂网络	(56)
1. 四端网络	(56)
(1) 图 F_{01-1} 第一型四端网络及等效双 RC 网络频率特性 ($ Y_{ox} = 10\mu S, Q = 0.433, 0.353$)	(56)
(2) 图 F_{01-2} 第一型四端网络及等效双 RC 网络频率特性 ($ Y_{ox} = 10\mu S, Q = 0.288, 0.204$)	(57)
(3) 图 F_{01-3} 第一型四端网络及等效双 RC 网络频率特性 ($ Y_{ox} = 10\mu S, Q = 0.151, 0.070$)	(57)
(4) 图 F_{01-4} 第二型四端网络及等效双 RC 网络频率特性 ($ Y_{ox} = 10\mu S, Q = 0.433, 0.353$)	(58)
(5) 图 F_{01-5} 第二型四端网络及等效双 RC 网络频率特性 ($ Y_{oy} = 10\mu S, Q = 0.288, 0.204$)	(59)
2. 双 RC 网络	(60)
(1) 图 F_{02-1} 第一型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{ox} ($m = 1.1, Y_{ox} = 10\mu S$)	(60)
(2) 图 F_{02-2} 第一型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{ox} ($m = 2, Y_{ox} = 10\mu S$)	(61)
(3) 图 F_{02-3} 第一型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{ox} ($m = 3, Y_{ox} = 10\mu S$)	(62)
(4) 图 F_{02-4} 第二型双 RC 网络频率特性参考频率 f_o ($m = 1.5, Y_{\infty} = 10\mu S$)	(63)
(5) 图 F_{02-5} 第二型双 RC 网络频率特性参考频率 f_o ($m = 8, Y_{\infty} = 10\mu S$)	(63)
(6) 图 F_{02-6} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{oy} ($m = 1.5, Y_{oy} = 10\mu S$)	(64)
(7) 图 F_{02-7} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{oy} ($m = 2, Y_{oy} = 10\mu S$)	(65)
(8) 图 F_{02-8} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{oy} ($m = 8, Y_{oy} = 10\mu S$)	(66)
(9) 图 F_{02-9} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{ox} ($m = 1.5, Y_{ox} = 10\mu S$)	(67)
(10) 图 F_{02-10} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{ox} ($m = 4, Y_{ox} = 10\mu S$)	(68)

(11)图 F_{02-11} 第三型双 RC 网络频率特性参考频率 f_{0x} ($m=8$, $ Y_{0x} =10\mu S$)	(69)
(三)移相网络	(70)
1. 单支网络	(70)
(1)图 Y_{01-1} 单支网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(70)
(2)图 Y_{01-2} 单支网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(71)
(3)图 Y_{01-3} 单支网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(72)
(4)图 Y_{01-4} 单支网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(73)
(5)表 Y_{01-1} 单支网络元件表(一)(250千赫)	(74)
(6)表 Y_{01-2} 单支网络元件表(二)(250千赫)	(75)
(7)表 Y_{01-3} 单支网络频率特性表(一)($f=250$ 千赫, $ Y =10\mu S$)	(76)
(8)表 Y_{01-4} 单支网络频率特性表(二)($f=250$ 千赫, $ Y =10\mu S$)	(77)
2. 对顶压缩网络	(78)
(1)图 Y_{02-1} 对顶压缩网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(78)
(2)表 Y_{02-1} I、III 象限对顶压缩网络元件计算表(一)(250千赫)	(79)
(3)表 Y_{02-2} I、III 象限对顶压缩网络元件计算表(二)(250千赫)	(80)
(4)表 Y_{02-3} I、III 象限对顶压缩网络频率特性表($f=250$ 千赫 $ Y =10\mu S$)	(81)
(5)图 Y_{02-2} 对顶压缩网络远端频率特性参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(82)
(6)表 Y_{02-4} II、IV 象限对顶压缩网络元件计算表(一)(250千赫)	(83)
(7)表 Y_{02-5} II、IV 象限对顶压缩网络元件计算表(二)(250千赫)	(84)
(8)表 Y_{02-6} II、IV 象限对顶压缩网络频率特性表($f=250$ 千赫, $ Y =10\mu S$)	(85)
3. 单动网络	(86)
(1)图 Y_{03-1} 单动网络频率特性(I 象限 0° 、 90°)参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(86)
(2)表 Y_{03-1} 0° 和 90° 单动 I 象限网络元件表($f=250$ 千赫, $Ct>200pF$)	(86)
(3)图 Y_{03-2} 单动网络频率特性(I 象限 15° 、 30° 、 45°)参考频率 $f=250$ 千赫 $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(87)
(4)表 Y_{03-2} I 象限 15° 、 30° 和 45° 单动网络元件表($Ct>200pF$)	(87)
(5)图 Y_{03-3} 单动网络频率特性(I 象限 60°)参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(88)
(6)表 Y_{03-3} I 象限 60° 单动网络元件表($Ct>200pF$)	(88)
(7)图 Y_{03-4} 单动网络频率特性(I 象限 75°)参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(89)
(8)表 Y_{03-4} I 象限 75° 单动网络元件表	(90)
(9)图 Y_{03-5} 单动网络频率特性(II 象限 150°)参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} =10\mu S$	(91)

(10)表 Y_{03-6} II 象限 15° 单动网络元件表	(91)
(11)图 Y_{03-6} 单动网络频率特性 (II 象限 30°) 参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} $ $=10\mu S$	(92)
(12)表 Y_{03-6} II 象限 30° 单动网络元件表	(93)
(13)图 Y_{03-7} 单动网络频率特性 (II 象限 45°) 参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} $ $=10\mu S$	(94)
(14)表 Y_{03-7} II 象限 45° 单动网络元件表	(94)
(15)图 Y_{03-8} 单动网络频率特性 (II 象限 60°) 参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} $ $=10\mu S$	(95)
(16)表 Y_{03-8} II 象限 60° 单动网络元件表	(95)
(17)图 Y_{03-9} 单动网络频率特性 (II 象限 75°) 参考频率 $f=250$ 千赫, $ Y_{\text{合}} $ $=10\mu S$	(96)
(18)表 Y_{03-9} II 象限 75° 单动网络元件表	(97)
(19)表 Y_{03-10} I 象限单动网络频率特性表 ($f=250$ 千赫, $ Y =10\mu S$)	(98)
(20)表 Y_{03-11} II 象限单动网络频率特性表 ($f=250$ 千赫, $ Y =10\mu S$)	(99)
(四)其他	
1. 图 T_{01-1} 反耦合网络在近端所呈现的耦合矢量 ($X=0-5$ 公里)	(插页)
2. 图 T_{02-1} 并联电阻及串联电容计算诺谟图	(100)
3. 表 T_{03-1} 奈—微西门子对照表 (阻抗 $=172$ 欧)	(101)

一、概 述

高频对称电缆平衡主要有交叉平衡和集中平衡。集中平衡时所用的网络叫反耦合网络。平衡时它被接于电缆回路之间，用以抵消电缆回路间的固有耦合，即可达到提高回路间近端串音衰耗或远端串音防卫度的目的。但是要得到组成这些网络的元件数值，需要进行大量的复杂计算工作。本手册主要介绍高频对称电缆用的各种反耦合网络的组成、及其查找组成这些反耦合网络的元件图表，从而就省去了大量的复杂计算工作，由图表中直接找出元件数值。同时本手册还附有这些图表的使用方法。

反耦合网络可分三类：第一类网络结构简单称简单反耦合网络，包括C网络、R—C网络以及R—C—C'网络，这一类网络在平衡中用得最多。第二类网络用的元件较多，但频率特性比较特殊，可用来平衡串音曲线比较复杂的组合，叫复杂反耦合网络，包括双R—C网络和四端网络。第三类网络叫移相反耦合网络，它由第一类（或第二类）网络与移相网络综合而成，有丰富的频率特性。当串音曲线I/II与II/I有矛盾时，用这类网络来平衡最为凑效。

下面分别介绍这三类反耦合网络。

（一）简单和复杂反耦合网络

这类反耦合网络由电阻及电容组成，其数值与电缆内固有耦合一样，以复数平面内的耦合矢量Y来表示，若第一回路的两根导线称为1、2线位，而第二回路的两根导线称为3、4线位，则不难证明，在测试端1—3（2—4）线位之间接入一个导纳为 $Y = g + jb$ 的反耦合网络，将产生+Y的耦合矢量（称为正的反耦合网络），而接于1—4（2—3）线位之间的反耦合网络，则产生-Y的耦合矢量（称为负的反耦合网络）。

$Y = g + jb$ 在数学上可以写成 $|Y| \angle \theta$ ，其中 $\theta = \tan^{-1} \frac{b}{g}$ ，是由正实轴反时针方向计算的。在R—C网络中，一般将反耦合网络矢量Y的相角由虚轴开始顺时针方向计算，用 ϕ 表示，矢量模数用 $|Y|$ 表示。在R—C—C'网络中（矢量处于第II、IV象限时），反耦合网络矢量Y'的相角由虚轴开始反时针方向计算，用 ϕ' 表示，矢量模数用 $|Y'|$ 表示。

显然 $\phi = 90^\circ - \theta$ $\phi' = \theta - 90^\circ$

用 ϕ 及 ϕ' 来表示反耦合元件的相角时，复数矢量用下列符号表示。

正反耦合网络

$|Y| \angle \theta = j |Y| \angle \phi - \phi$ 由正虚轴顺时针方向计算。

$|Y'| \angle \theta = j |Y'| \angle \phi' - \phi'$ 由正虚轴反时针方向计算。

负反耦合网络

$-|Y| \angle \theta = -j |Y| \angle \phi - \phi$ 由负虚轴顺时针方向计算。

$-|Y'| \angle \theta = -j |Y'| \angle \phi' - \phi'$ 由负虚轴反时针方向计算。

各种相角的计算方法用图1—1表示。

当接于四线组内两个回路间任何两线间的反耦合网络的矢量 ≥ 30 微西门子时，应将矢量

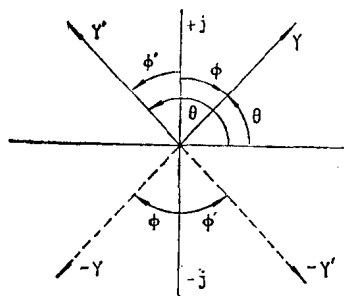


图 1—1 表示反耦合网络的矢量及相角

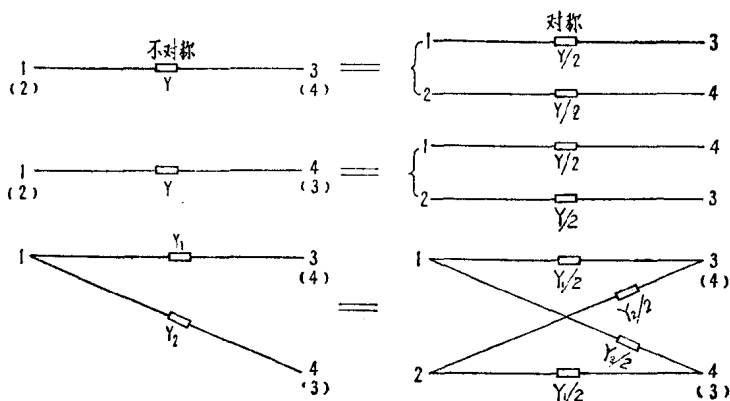


图 1—2 反耦合网络的对称及不对称的接入

平分为两部分，并分别接在1—3及2—4（或1—4及2—3之间，这样的接法叫“对称接入”，如图1—2所示。

本手册内所列的四端网络均为平衡型，因此均具有对称接入的性质。

反耦合网络除了产生耦合矢量外，对主被串回路本身的阻抗还有一定的影响。因为接在主被串回路间任何两根导线上矢量为 Y 的反耦合网络，相当于在主被串线对上各跨接了一个导纳，其数值等于 $1/4Y$ 。由于 Y 的数值一般不大，与 $1/Z_c$ 相比可以忽略，但是当一对线上接上过多数目的反耦合网络时，也会引起一定影响，因此在选用较大矢量的反耦合网络时，应予以考虑。

接于主被串回路间的四端网络，同样也引起阻抗的变化。四端网络对主串回路的影响，是由网络的主串回路侧看入的输入阻抗所引起。对被串回路的影响，由网络的被串回路侧看入的输入阻抗所引起。

(二) 移相反耦合网络

在电缆各回路的测试端串入移相角度为 φ （252千赫为30度，50千赫为6度）的移相网络，它与反耦合网络综合作用可产生丰富的移相反耦合网络导纳频率特性，可以解决某些组合中两条曲线之间的矛盾。

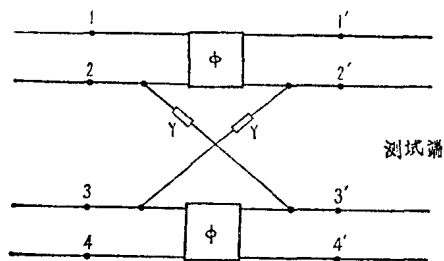


图 1—3 移相网络的位置及线位排列

1. 移相反耦合网络的远端特性

移相网络位置及线位排列如图1—3所示。

当反耦合网络接在1(2)—3' (4') 及1' (2')—3 (4)之间为正网络，产生的耦合矢量称为 $+Y$ 。

当反耦合网络接在1' (2')—4 (3) 及1 (2) —4' (3')之间为负网络，产生的耦合矢量称为 $-Y$ 。

同简单反耦合网络相同，以虚轴为参考轴。其产生的矢量相角为 ϕ 或 ϕ' ，当顺时针旋转时为 ϕ ，反时针旋转时为 ϕ' 。

(1)一套RC网络（或C网络）与移相网络综合作用时，称为单支网络。

当反耦合网络矢量 Y 接在1—3'（或2—4'）线位时其反耦合网络与移相网络综合作用结果，在测试端所呈现的远端串音耦合矢量为：

$$\begin{aligned} \text{I} / \text{II} \quad Y_I &= Y e^{-i\varphi} \\ \text{II} / \text{I} \quad Y'_I &= Y e^{+i\varphi} \end{aligned}$$

当上述网络接在1'—3 (或2'—4) 线位时, 在测试端所呈现的远端串音耦合矢量为:

$$\begin{aligned} \text{I} / \text{II} \quad Y_I &= Y e^{i\varphi} \\ \text{II} / \text{I} \quad Y'_I &= Y e^{-i\varphi} \end{aligned}$$

上式 φ 表示在反耦合网络矢量相角的基础上, 增加或减小一个移相网络的角度。

(2) 一套以上的 RC 网络 (或 C 网络) 与移相网络综合作用时称为复合网络, 如图1—4所示。接入复合网络后, 在接收端所呈现的远端附加串音耦合矢量为:

$$\begin{aligned} \text{I} / \text{II} \quad Y_I &= Y_1 e^{i\varphi} + Y_2 e^{-i\varphi} + Y_3; \\ \text{II} / \text{I} \quad Y'_I &= Y_1 e^{-i\varphi} + Y_2 e^{+i\varphi} + Y_3. \end{aligned}$$

(3) 当产生的综合矢量 $Y_{\text{I/II}}$ 与 $Y_{\text{II/I}}$ 大小相同、相角相差 180° 的复合网络称为对顶压缩网络。产生的综合矢量 $Y_{\text{I/II}}$ (或 $Y_{\text{II/I}}$) 为一定数值, 而 $Y_{\text{II/I}}$ (或 $Y_{\text{I/II}}$) 为零或很小的数值, 这样的复合网络称为单动网络。

单支网络 (包括复合网络的单支网络) 的矢量大于或等于40微西门子 (微姆欧) 时, 应将矢量平分两部分, 并对称接入相应的线位上。

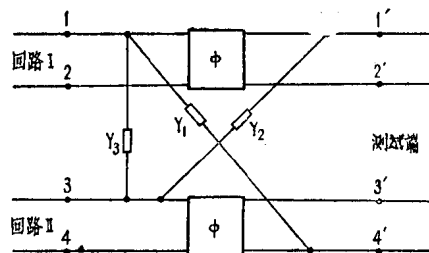


图 1—4 复合网络的接线型式

2. 移相反耦合网络的近端特性

由于移相网络加接在增音段电缆的测试端, 故在应用移相网络进行远端平衡时, 必须考虑对近端串音产生的影响。对于增音段电缆来说, 主要以远端平衡为主, 而近端串音主要靠配盘解决, 因此移相反耦合网络在近端所形成的合成矢量越小越好, 故手册中的移相反耦合网络近端耦合矢量尽量小。

另外, 在必要的时候也可利用移相网络进行近端平衡。

(1) 单支网络的近端特性

单支阻容网络接在不同的线位上时, 可产生三种不同近端特性。

第一种: 接在1'、2'与3'、4'之间时, 网络产生的近端特性就是网络本身特性。

第二种: 接在1、2与3、4之间时, 近端特性的矢量长度为网络本身矢量长度, 但相角需在网络本身相角的基础上, 再顺时针旋转 2φ , 如图1—4所示。如 Y_3 为RC网络当频率为250千赫时 $|Y| = 10\mu S$ 、 $\phi = 50^\circ$ 时, 则近端所呈现的矢量为 $|Y_0| = 10\mu S$, $\phi_0 = 50^\circ + 2\varphi = 50^\circ + 2 \times 30^\circ = 110^\circ$ 。

第三种: 接在1、2、3、4与1'、2'、3'、4'之间, 如图1—4中 Y_1 或 Y_2 , 近端特性为网络本身特性, 并顺时针旋转 φ 。当 Y_1 (或 Y_2) 为RC网络, 250千赫时 $|Y| = 10\mu S$, $\phi = 50^\circ$ 时, 在近端所呈现的特性为 $|Y_0| = 10\mu S$, $\phi_0 = 50^\circ + \varphi = 50^\circ + 30^\circ = 80^\circ$ 。

(2) 对顶压缩网络, 在近端所呈现的合成矢量等于零。

(3) 单动网络, 在近端所呈现的合成矢量一般很小。如近端合成矢量最大值小于远端矢量的十分之一时, 一般可不考虑。

由于网络型式和接入的线位不同, 所产生的近端特性也不同。因此在平衡时, 必须充分注意, 不使近端串音衰耗超过标准。

3. 本手册内主要图表及查找时应注意的问题

(1) 频率特性图

画出反耦合网络各频率点的矢量长度及相角，其中矢量长度的计算是以最高频率 250 千赫或某一参考频率时等于 10 微西门子为计算基础的，因此所查得的矢量模数，均应乘以所需矢量与图表所示矢量的比值“ δ ”（即 $\delta = \frac{\text{所需矢量长度}}{\text{图表所示矢量长度}}$ ）。

在频率特性曲线中所查得的元件 R 应除以 δ ， C 则乘以 δ 。

(2) 元件图

元件图表分为两类，常用的元件图表上有各种 $|Y|$ 值，可以直接查得元件数值。若所需矢量超过图表范围，则查 $\frac{|Y|}{10}$ 的元件，然后将查得的 R 值乘以 $\frac{10}{|Y|}$ ， C 乘以 $\frac{|Y|}{10}$ 。

不常用的元件图表上查得的元件是某种参考频率或某种参考矢量的函数，在求得参考频率及参考矢量后，才能算得元件数值。

(3) 频率特性表

较常用的反耦合网络，除频率特性图外，还备有一套频率特性表，用数字形式表示频率特性，以利查核。

(4) 元件表

较常用的反耦合网络，除元件图外，还备有一套元件表，可以直接查找元件数值。

二、简单反耦合网络的应用 及图表使用说明

(一) C 网络

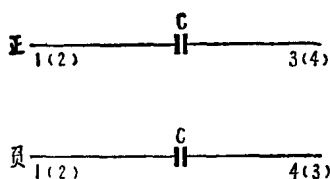


图 2—1 C 网络

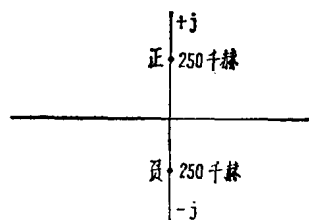


图 2—2 频率特性

C 网络的形式如图2—1所示，接于1—3（或2—4）之间的C网络的矢量位于正虚轴，而接于1—4（或2—3）之间的C网络的矢量位于负虚轴，C网络在所有反耦合网络中，形式最简单，平衡时应用最多，是取得正负虚轴矢量的主要网络形式。

(二) R—C 网络

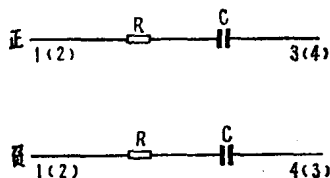


图 2—3 R—C 网络

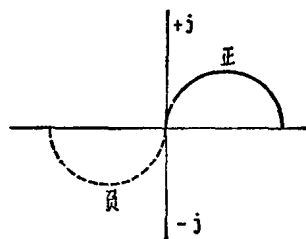


图 2—4 典型频率特性

R—C网络的形式如图2—3所示，接于1—3（2—4）之间的R—C网络的矢量位于第Ⅰ象限，接于2—3（或1—4）之间的R—C网络的矢量位于第Ⅲ象限。R—C网络是取得第Ⅰ、Ⅲ两象限矢量的主要网络形式，此网络形式比较简单，实际应用较多。

图 $J_{0,1-1}$ 为 R—C 网络矢量的频率特性，由此图可见，当频率由 250 千赫降低时，矢量顶点沿着曲线向原点移动。当 250 千赫时的矢量模数 Y 及相角 ϕ 为已知时，可以利用这些频率特性曲线，求其他频率时的矢量。

例 1： 已知在 250 千赫时 $|Y| = 25\mu S$ $\phi = 30^\circ$ 求 150 千赫时的矢量，由 $\phi = 30^\circ$ 曲线上找出“15”一点，从极坐标读得：当 250 千赫的矢量长度为 $10\mu S$ 时，150 千赫的矢量长度为 $6.5\mu S$ ， $\phi = 19^\circ$ ，而比值 $\delta = \frac{25}{10} = 2.5$ 。故

$$|Y| = 6.5\delta = 6.5 \times 2.5 = 16.3\mu S$$

同样也可以应用表 $J_{0.1-1}$ 来查得上述数据。

由频率特性曲线可知, 当频率降低时, $R-C$ 网络矢量的相角 ϕ 减少, 模数也减少, 但比纯电容 ($\phi=0$ 的 $R-C$ 网络) 的矢量模数减少得慢一些。250 千赫时的相角愈大, 则矢量模数减少得也愈慢。

图 $J_{0.1-1}$ 中每隔 5° 的相角上注有元件数值, 可以查找所需网络的元件。

例 2: 求例 1 内所用网络的元件数值。

从 $\phi=30^\circ$ 的曲线一端所注元件数值得到 $R-C$ 之值:

$$\delta = \frac{25}{10} = 2.5$$

$$\therefore R = \frac{50.0}{\delta} = 20.0 k\Omega \quad C = 7.4\delta = 18.5 pF$$

也可以应用图 $J_{0.1-2}$ 从已知的 250 千赫时的矢量模数及相角来查找 $R-C$ 网络的元件数值。在直角坐标上一点 ($|Y|, \phi$), 可以从 R 及 C 曲线族内查得所需的 R 及 C 数值。

例 3: 求例 1 内所用网络元件数值。

在图 $J_{0.1-2}$ 内直角坐标的一点 ($25\mu S, 30^\circ$), 从 R 及 C 曲线族内查得:

$$R = 20 k\Omega \quad C = 18.5 pF$$

同样也可以利用表 $J_{0.1-2}$ 来查找元件数值。

有时已知的矢量不是 250 千赫的, 而是其他频率 f 的, 这时应用图 $J_{0.1-2}$ 来查元件数值, 并将查得的 C 乘以 $\frac{250}{f}$ 。

例 4: 已知在 150 千赫时 $|Y| = 25\mu S$ $\phi = 30^\circ$ 求元件数值。

在图 $J_{0.1-2}$ 内直角坐标的一点 ($25\mu S, 30^\circ$), 从 R 及 C 曲线族内查得。

$R = 20 k\Omega \quad C = 18.5 pF$ 故所需的网络元件数值为:

$$R = 20 k\Omega \quad C = 18.5 \times \frac{25}{15} = 30.8 pF$$

当 $R-C$ 网络的元件为已知时, 也可以用相反的方法来查找其 250 千赫时的矢量及相角。要查找其他频率 f 时的矢量及相角时, 可将 C 乘以 $\frac{f}{250}$, 然后再到图内查找矢量模数及相角。

例 5: 已知 $R-C$ 网络中 $R = 20 k\Omega$ $C = 18.5 pF$ 求 250 千赫时的矢量模数及相角。

在图 $J_{0.1-2}$ 中 $R = 20 k\Omega$ 及 $C = 18.5 pF$ 曲线的交点找得 $|Y| = 25\mu S$ $\phi = 30^\circ$ 。

为了求 150 千赫的矢量将 C 乘 $\frac{150}{250}$, $18.5 \times \frac{150}{250} = 11.1 pF$, 然后再在图 $J_{0.1-2}$ 中 $R = 20 k\Omega$ 及 $C = 11.1 pF$ 曲线的交点找得 $|Y| = 16.3\mu S$ $\phi = 19^\circ$ 。

当 C 很大时, $R-C$ 网络矢量的相角 ϕ 接近 90° , C 愈大则各种频率的矢量愈接近 $\frac{1}{R}$ (相角 ϕ 愈接近 90°), 这种网络通常称为平移网络。当其他网络上叠加了这种网络后, 可以将其频率特性在实轴方向上左右移动, 但是一般耦合曲线上低频部分的耦合矢量往往较小, 因此在应用平移网络时, 不应当用太大的 C 值, 以致使低频部分变坏。应当考虑在满足高频部分平移要求的基础上, 尽量用小的电容量, 使低频部分的矢量较小 (相角也较小)。

(三) R—C—C' 网络

1. C' = C 的 R—C—C' 网络

R—C—C' 网络是由 R—C 网络及附加电容 C' 所组成, 网络形式如图 2—5 所示, 它是取得第 I、IV 象限矢量的主要网络形式。

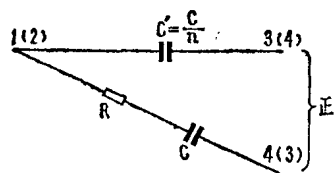


图 2—5 R—C—C' 网络

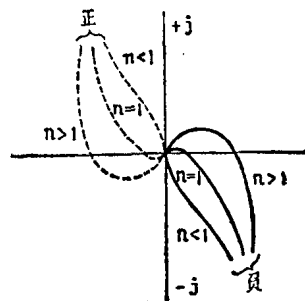
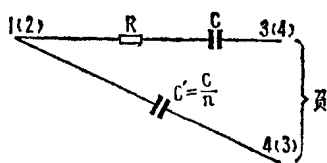


图 2—6 典型频率特性

图 $J_{0.2-1}$ 表示当 $n = 1$ ($C' = C$) 时 R—C—C' 网络矢量的频率特性。由此图可见, 当频率降低时, 矢量顶点沿着曲线向原点移动。当 250 千赫时的矢量模数 $|Y'|$ 及相角 ϕ' 为已知时, 可以利用这些曲线求其他频率的矢量。

例 6: 已知在 250 千赫时, $|Y'| = 25\mu S$, $\phi' = 30^\circ$ 求 150 千赫时 $|Y'|$ 及 ϕ' 之值。

由 $\phi = 30^\circ$ 曲线上找出“15”一点, 从极坐标上读得 $|Y'|$ 为 4.9, ϕ' 为 44° , $4.9\delta = 4.9 \frac{25}{10} = 12.3\mu S$ 。

同样也可以利用表 $J_{0.2-1}$ 来查得上述数值。

由频率特性曲线可知, 当频率降低时, R—C—C' 网络矢量的相角 ϕ' 增大, 模数减少; 矢量随频率的降低而减少的速度较纯电容快, 当 ϕ' 愈大时, 矢量 $|Y'|$ 减少的速度也愈快, 当 ϕ' 接近 90° 时, 矢量 $|Y'|$ 近似与频率的平方成正比。

当频率趋近零时, 相角 ϕ' 则趋近 90° 。

图 $J_{0.2-1}$ 中每隔 5° 的相角上注有元件数值, 用法与图 $J_{0.1-1}$ 相同。

也可以应用图 $J_{0.2-2}$ 从已知的 250 千赫时的矢量模数及相角来查找 R—C—C' 网络 ($n = 1$, $C' = C$) 的元件数值, 查法与图 $J_{0.1-2}$ 相同。

例 7: 求例 6 中网络的元件数值。

从图 $J_{0.2-1}$ 中 $\phi' = 30^\circ$ 曲线上一端所注元件数值得到 R 及 C 之值。

$$\therefore \delta = \frac{25}{10} = 2.5 \quad \therefore R = 150/\delta = 60k\Omega$$

$$C = 7.4 \times \delta = 18.5pF \quad C' = C = 18.5pF$$

或在图 $J_{0.2-2}$ 中 ($25\mu S$, 30°) 点从 R 及 C 曲线族内查得:

$$R = 60k\Omega \quad C = C' = 18.5pF$$

当已知的矢量不是 250 千赫而是其他频率 f 时, 可用图 $J_{0.1-2}$ 同样的方法, 从图 $J_{0.2-2}$ 查找 250 千赫以及其他频率 f 时的矢量及相角。

当网络要对称接入时, 可利用等效的四端网络, 如图 $J_{0.2-2}$ 所示。因为四端网络比对称

接入的 $R-C-C'$ 网络少一个元件。

2. $C=\frac{C}{5}$ 的 $R-C-C'$ 网络(简称 $R-C-\frac{C}{5}$ 网络)

图 $J_{0.2-3}$ 表示当 $n=5$ ($C'=\frac{C}{5}$)时 $R-C-C'$ 网络矢量的频率特性,由此图可知,当频率降低时,矢量顶点从第Ⅳ(第Ⅱ)象限沿着曲线经由第Ⅰ(或第Ⅲ)象限向原点移动。当250千赫时的矢量模数 $|Y'|$ 及相角 ϕ' 为已知时,可以利用这些曲线求其他频率的矢量。

例8: 已知在250千赫时 $|Y'|=25\mu S$ $\phi'=30^\circ$ 求150千赫时 $|Y'|$ 及 ϕ' 之值。

由 $\phi'=30^\circ$ 曲线上找出“15”一点,从极坐标上读得 $|Y'|$ 为 $6.8\mu S$, ϕ' 为 47° ,

$$6.8 \times \delta = 6.8 \times \frac{25}{10} = 17\mu S$$

也可以用表 $J_{0.2-3}$ 查得上述数据。

由频率特性曲线可知,当频率降低时 $R-C-\frac{C}{5}$ 网络的相角 ϕ' 增大,模数减少。但比纯电容的矢量模数减少的速度慢,当 ϕ' 愈大时,矢量 Y' 减少的速度也愈慢,当频率趋近零时,相角 ϕ' 则趋近 180° 。与 $R-C-C'$ 的网络相比,在250千赫时的 ϕ' 相同时,当频率降低时 $R-C-\frac{1}{5}$ 网络的矢量模数减少得慢,相角 ϕ' 增加得快(比较例6及例8的结果)。

图 $J_{0.2-3}$ 在每隔 5° 的相角上注有元件数值,用法与图 $J_{0.1-1}$ 相同。

根据已知的250千赫时的矢量模数及相角可以用图 $J_{0.2-4}$,查找 $R-C-C'$ 网络($C'=\frac{C}{5}$)的元件数值,查法与图 $J_{0.1-2}$ 同。当已知的矢量不是在250千赫,而是其他频率 f 时,可以用图 $J_{0.2-4}$ 来查找元件数值(方法同图 $J_{0.1-2}$ 的查法),当 $R-C-C'$ 网络的元件数值为已知时,也可用图 $J_{0.2-4}$ 来查找在250千赫,以及其他频率 f 时的矢量及相角。

同样也可以用表 $J_{0.2-4}$ 来查找元件数值。

3. 以 ϕ_{RC} 为参数的 $R-C-C'$ 网络

除了比较常用的第Ⅰ、Ⅱ象限的 $R-C$ 网络及第Ⅰ、Ⅳ象限的 $R-C-C'$ 及 $R-C-\frac{C}{5}$ 两种网络外,为了取得特殊的频率特性, $R-C-\frac{C}{n}$ 网络可以采用其他 n 值。因为当250千赫时的模数及相角固定时,改变 n 值即可以改变其他频率的模数和相角。而 n 值的改变又可以用改变250千赫时 RC 臂的相角 ϕ_{RC} 来表示。

图 $J_{0.2-5}$ 、图 $J_{0.2-6}$ 和图 $J_{0.2-7}$ 为处于第Ⅳ(或第Ⅱ)象限内的 $R-C-C'$ 网络的频率特性。其 $R-C$ 臂在250千赫时具有不同的相角。亦即 $R-C-\frac{C}{n}$ 网络具有不同的 n 值。

由图可知当250千赫时的 ϕ' 一定时,矢量模数 $|Y'|$ 随频率降低的速度随 ϕ_{RC} 之值而变。当 ϕ_{RC} 具有某一数值时, $|Y'|$ 随频率降低得最快(比较例9及例10的结果)。

图 $J_{0.2-5}$ 、图 $J_{0.2-6}$ 和图 $J_{0.2-7}$ 可以帮助我们选用一种最适合于电缆固有耦合曲线的网络。

例9, 已知在250千赫时 $|Y'|=25\mu S$ $\phi'=45^\circ$ $\phi_{RC}=15^\circ$,求150千赫时的矢量。

在图 $J_{0.2-6}$ 中由 $\phi'=45^\circ$ $\phi_{RC}=15^\circ$ 的曲线上找出“15”一点,从极坐标上读得 $|Y'|$ 为 $4.35\mu S$, ϕ' 为 37.5°

$$4.35\delta = 4.35 \frac{25}{10} = 10.9\mu S$$

例10: 同上但 $\phi_{RC}=75^\circ$

在图 $J_{0.2-6}$ 中由 $\phi'=45^\circ$ $\phi_{RC}=75^\circ$ 的曲线上找出“15”一点从极坐标上读得: $|Y'|$ 为6.8 μS , ϕ' 为 68°

$$6.8 \times \delta = 6.8 \times \frac{25}{10} = 17 \mu S$$

要注意在 $R-C-C'$ 网络内, 当 n 值愈小 $R-C$ 臂及 C' 臂的导纳之和愈大, 也就会引起较大的反射, 因此小 n 值的 $R-C-C'$ 网络不宜多用。

105