

51932

基本館藏

電信網絡設計

張煦 編著

錢尚平 校閱



中國科學圖書儀器公司
出版

電 信 網 絡 設 計

張 煦 編 著
錢 尙 平 校 閱

中 國 科 學 圖 書 儀 器 公 司
出 版

內 容 介 紹

本書介紹各種電信網絡的設計和實驗，包括原型濾波器、 m 導型、 $m_1 m_2$ 導型組合濾波器、互補並聯濾波器、均勻線及加感線摹仿器、衰耗及時延均衡器等各種電信網絡的設計方法，實際計算以及曲線圖表和實驗測試等。其中有些設計願及網絡元件的功耗，終端反射和相互作用的損耗，計算極爲詳細；有些數值係由計算機求得，更屬準確可恃。

本書可供電信從業人員中從事設計製造和研究工作者作參攷之用。工科大學電信專業的高級學生，如取本書爲學習資料，深入研究，更屬相宜。

電 信 網 絡 設 計

編 著 者	張	煦
校 閱 者	錢	尙 平
出 版 者	中國科學圖書儀器公司	
印 刷	上海延安中路537號 電話 64545	
總 經 售	中國圖書發行公司	
	★ 有 版 權 ★	

E.E. 26-0.15 25 開 300 面 207 千字 每千冊用紙 12.2 令
新定價 $\text{¥} 22,000$ 1954 年 2 月初版 0001—2000

上海市書刊出版業營業許可證出零貳柒號

前 言

祖國是在前進，祖國電信企業的技術水平，電信學校的教學質量，最近都有顯著而普遍的提高。凡從事長途電信的工作人員，和學習長途電信的同學，在努力鑽研現有設備的運用和原理之餘，還不覺得滿足，而是殷切地要求更深入，能夠設計和製造祖國自己的長途電信和載波電話設備。

在長途電信的設備，不論話音傳輸或載波傳輸，電信網絡都具有極重要的作用。因此，要進行設計和製造長途電信和載波電話設備，必須掌握電信網絡的設計。

這本書介紹長途電信所常用的各種網絡，包括原型濾波器， M 導型， M_1M_2 導型濾波器，組合濾波器，互補濾波器，均勻線摹仿器，加感線摹仿器，衰耗均衡器，和時延均衡器的演算，設計，量測及實驗。書中列載實際計算的數據，曲線，並與量測結果相比較。在計算濾波器時，曾考慮網絡元件的功耗，因此計算結果接近實際情況。在設計摹仿器時，曾使用計算機算出數據，因此所得結果不致有累積的差誤。

這本書引用的設計方法，是現有長途電話設備中電信網絡一般採取的設計方法。這些方法的原理，與多數學校中電信傳輸網絡課程的教材內容，特別像蘇聯郭希夫博士的“電信傳輸原理”1953年版(И. А. Кошечев: Теория Связи по Проводам)，和錢鳳章教授的“電信網絡”一類書籍和講義，大致尙能銜接，比較地容易爲一般讀者所吸收。因此這本書介紹的粗淺資料，可能給予電信

企業工作人員及大學高年級的同學些微幫助，在參攷和進修時得到便利。

不過，這裏必須說明，由於近代數學的發展，電信網絡有很多更新穎的設計方法。我毫不猶豫地相信，國內不乏優秀同志，對於新的網絡理論和新的設計方法，已經獲得相當重要的成就，或者正在積極學習蘇聯的先進經驗。特別是閔乃大教授，聽說已經有豐富的造詣。我熱烈地企盼着，這本拙著的出版，能夠發生拋磚引玉的作用，希望有更好的著作公開發表，讓祖國的電信技術水平提高一步。

這本書付印之前，承錢尙平工程師審閱，並提示寶貴意見，應該向他表示欽敬和感謝。我覺察到：錢同志不僅是祖國傑出的電子管電路專家，在網絡理論方面，亦具有良好的基礎。向他請教和談論，總是愉快，有收穫，而受到鼓勵的。

張 煦

一九五三年十一月於上海交通大學

目 錄

前言	1
第一章 電信網絡的種類和應用	1
1-1 電信網絡的種類	1
1-2 電信網絡的應用	4
第二章 一般電信網絡的演算	12
2-1 四端等值網絡	12
2-2 電復阻抗和傳播常數	19
2-3 對像阻抗和轉移常數	24
2-4 梯形網絡	27
2-5 介入損耗和介入相移	32
2-6 二端電抗網絡	40
2-7 倒置網絡	46
2-8 二端等值網絡	50
第三章 電信濾波器的演算	53
3-1 濾波器的衰耗,相移,和對像 阻抗	53
3-2 濾波器的終端反射損耗	62
3-3 濾波器的相互作用損耗	66
3-4 濾波器的輸入阻抗	73
3-5 原型低通,高通和帶通濾波 器	79
3-6 有功耗的原型濾波器	84
3-7 M 導型組合濾波器	93
3-8 阻抗變換帶通濾波器	104
第四章 電信網絡測試電路的運用	108
4-1 量測介入損耗的電路	108
4-2 振盪器輸出諧波的影響	109
4-3 量測介入相移的電路	118
4-4 量測線圈和電容器阻抗的電路	120
4-5 線圈功耗常數的特性	123
4-6 量測特性阻抗的電路	125
4-7 網絡元件裝配盤	126
第五章 原型濾波器特性的計算和實驗	128
5-1 原型低通濾波器的結構	128
5-2 濾波器介入損耗的計算	129
5-3 濾波器介入損耗的量測	139
5-4 線圈和電容器功耗的量測	140
5-5 介入損耗特性的分析	143
第六章 M 導型組合濾波器的設計和實驗	148
6-1 組合濾波器的設計步驟	148
6-2 濾波器各元件的量測	151
6-3 濾波器介入損耗的量測	151
6-4 濾波器介入損耗的計算	153
6-5 介入損耗特性的分析	163

第七章 M_1M_2 導型組合濾波器的設計		165
7-1 M_1M_2 導型濾波器的設計方法	7-2 四節組合帶通濾波器的計算	169
.....	.....	165
第八章 互補濾波器並聯特性的實驗		175
8-1 互補濾波器的 α 終端	8-3 濾波器並聯時輸入阻抗的量測	175
8-2 濾波器並聯時介入損耗的量測	.....	184
.....	8-4 濾波器並聯運用的送回損耗	188
.....	.....	180
第九章 均勻線摹仿器的設計		191
9-1 均勻線的特性阻抗	9-3 精確摹仿器的計算	195
9-2 摹仿器的設計方法	9-4 平衡衰耗的計算	197
.....	.....	193
第十章 加感線摹仿器的設計和實驗		201
10-1 加感線的等值網絡	10-4 餘額阻抗的量測	208
10-2 仿真加感線的結構	10-5 餘額摹仿器的設計	210
10-3 基本摹仿器的計算	10-6 平衡衰耗的計算	227
.....	.....	201
.....	.....	205
.....	.....	206
第十一章 衰耗均衡器的設計和實驗		230
11-1 衰耗均衡器的設計方法	11-4 高頻均衡器的設計	241
11-2 仿真加感線的介入損耗	11-5 介入損耗特性的量測	245
11-3 低頻均衡器的設計	.....	237
.....	.....	230
.....	.....	235
.....	.....	237
第十二章 時延均衡器的設計和實驗		248
12-1 時延均衡器的設計方法	12-4 均衡器的設計第二種	266
12-2 仿真加感線的介入相移	12-5 均衡器的設計第三種	268
12-3 均衡器的設計第一種	.....	260
.....	.....	248
.....	.....	248
.....	.....	255
.....	.....	260
附錄一 載波電話濾波器製造時的調整方法		275
13-1 載波電話濾波器準確性的要求	13-3 調整線圈電感和諧振頻率	281
.....	13-4 屏蔽對於線圈電感的影響	283
.....	.....	275
13-2 濾波器元件數值變動的影響	.....	278
附錄二 雙曲線函數表		289
附錄三 對數表		292
索引		293

第一章

電信網絡的種類和應用

1-1 電信網絡的種類

一般所謂電信網絡，是指具有集總參數的電路。在這種網絡中，電磁波傳播的時間，和它本身狀態交變的時間相比較，可以略去不計。計算這種網絡時，可以認為：當電勢加上網絡的時刻，網絡中所有各點立即產生穩定狀態的電流。

顯然，這種由集總參數構成的電信網絡，與那些具有分佈參數的電信線路，是互相有區別的。

電信網絡，可能由任何數目的元件組合而成，各元件相互之間又可以連接成任何形式。

電信網絡，依構造情形，可以按照下列分類：

(1) 二端網絡和四端網絡——凡是電信網絡，不論它內部元件有多少數目，性質，或如何連接，如果它具有二個外端，以備接上電源或其他設備，它就稱為二端網絡。如果這電信網絡具有四個外端，或二對外端，其中一對外端用作輸入電能，另一對外端則用作輸出，那末這網絡稱為四端網絡。

(2) 無源的和含源的——不論是二端網絡或四端網絡，它們可以分為無源的和含源的。無源網絡，祇包含電阻，電感，電容的各種元件，而並不包含任何電源。含源網絡，則包含電池，電子管或其他電源。

(3) 直線性的和非直線性的——直線性網絡，是指那些包含電

阻,電感,電容等元件的網絡,各元件的值,並不因通過電流的大小而變更。非直線性網絡,則具有非直線性的元件,例如半導體變阻器,非直線特性的電子管,鐵芯電感線圈或變壓器等。

(4) 純電阻的,純電抗的,和電抗而有功耗的——有些電信網絡,僅包含電阻元件。有些網絡,則僅包含電抗性的元件,例如電感和電容。但這種由電抗元件構成的網絡,線圈和電容器或多或少地存在着電阻,稱為功耗。

(5) 對稱的和不對稱的,平衡的和不平衡的——在四端網絡,從輸入二端看進網絡,和從輸出二端看進網絡,構造完全相同,這就稱為對稱的網絡。否則,稱為不對稱的網絡。在四端網絡,輸入和輸出上面一端連接的構造,和輸入輸出下面一端連接的構造,完全相同,而中心點常常接地,這就稱為平衡的構造。否則,稱為不平衡的構造。在不平衡構造的網絡,常常把輸入的下面一端和輸出的下面一端直接連接起來,實際上祇是三個外端。

本書所討論和分析的電信網絡,包括二端網絡,四端網絡。但限於無源的網絡,直線性的網絡。網絡中並不包含電源,僅包含電阻,或電感,電容元件,它們的值,假定並不隨電流的大小而變更。網絡中以電抗的網絡比較重要,分析時先假設為純電抗,然後計算功耗的影響。網絡分析時,常常以不對稱的構造為依據,事實上對稱構造是不對稱構造的一種特殊情形。網絡計算時,常常以不平衡的構造開始,得到結果後,可視需要情形,很容易地化成平衡的構造。

電信網絡,依它們的功用,可以分為下列種類⁽¹⁾:

(1) 選擇性網絡——電信使用的濾波器,是屬於選擇性網絡。

(1) 請參閱拙著'長途電話工程' 209 頁

它們是由純電抗元件組成的四端網絡，具有對頻率選擇的作用，它們容許一定頻率範圍的電流通過，但阻止這範圍以外的所有頻率，給以相當的損耗，不讓通過。相應地，它們對於通過的頻率範圍，供給適當的阻抗特性。因此，濾波器是用作劃分頻率，選擇頻率，和祛除頻率。所以，它們又分作四種：

低通濾波器——通過頻帶從 0 到 f_0

高通濾波器——通過頻帶從 f_0 到 ∞

帶通濾波器——通過頻帶從 f'_0 到 f''_0

帶除濾波器——祛除頻帶從 f'_0 到 f''_0

(2) 仿效性網絡——這一類網絡，是用來仿效電信線路的特性。其中有四端網絡，主要是用來仿效線路的傳輸特性，特別是衰耗-頻率特性，因而它們用來代表一定距離的線路。它們稱為仿真線，俗稱人工線路。另外有二端網絡，用來摹仿線路的阻抗-頻率特性，它們稱為摹仿器。在有些應用，它用來平衡線路的特性阻抗，因此稱作平衡網絡。由於實際線路的構造，在架空明線是均勻線，在電纜則有均勻線，亦可能有加感線。所以，仿真線和摹仿器又各有二種：

仿真均勻線

仿真加感線

均勻線摹仿器

加感線摹仿器

(3) 修正性網絡——這一類網絡，是四端網絡，具有需要的衰耗-頻率特性，相移或時延-頻率特性，用來修正和均衡線路或電路中設備的衰耗-頻率特性，相移或時延-頻率特性。使得電路在各頻率的總衰耗，總相移或總時延，合乎要求，不超過規定的限度，因

而消滅了衰耗失真,相移或時延失真,提高傳輸品質。這些網絡稱為均衡器,分為二種:

衰耗均衡器

相移或時延均衡器

(4) 變壓器——電信使用變壓器很多,用來匹配阻抗,用來分隔線路和設備,用來配接平衡與不平衡構造,還有其他特殊作用,祛除低頻率,消除縱電流,又使二線變四線傳輸等。電信用變壓器,大約分下列幾種:

轉電線圈

輸入,級際,輸出變壓器

自耦變壓器

差接變壓器(混合線圈)

(5) 衰耗器——衰耗器是純電阻的四端網絡。它供給需要的衰耗,又供給需要的終端電阻。它的作用是調節電平,改善阻抗關係,和穩定傳輸。

(6) 相移器——相移器是純電抗的四端網絡。它供給需要的相移,而幾乎沒有衰耗。

1-2 電信網絡的應用

在電信,特別在長途電信,各種網絡都有廣泛的應用,而且都是重要的應用。事實證明,長途電信技術的能夠飛躍進步,一半歸功於電信網絡的效用。亦可以說,如果電信網絡沒有很好地發展,決不能想像長途電信到達今天的情況。

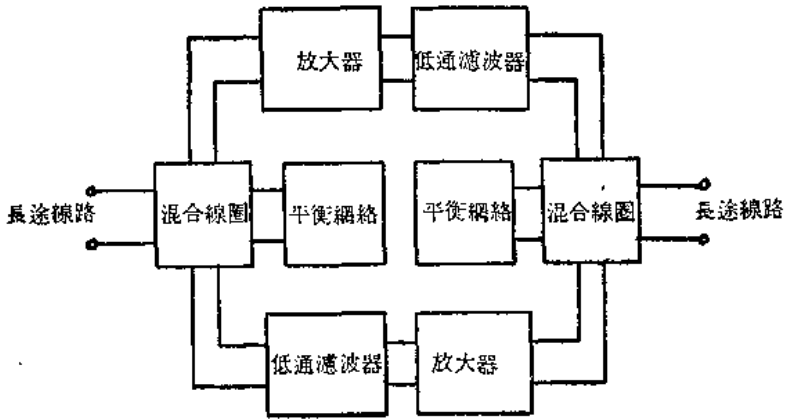
電信網絡的應用,在增音機,在載波電話,載波電報,是特別顯著。這些新穎電信設備,主要是依靠網絡和電子管的應用。

增音機

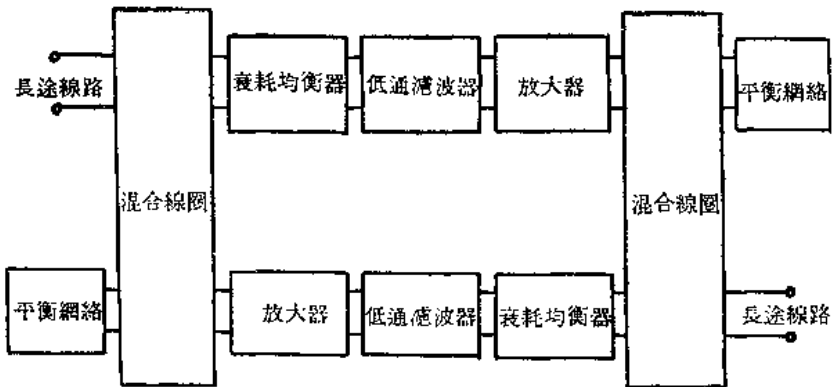
圖 1-1 示兩種話音增音機的方框圖。圖(甲)示 22 式增音機⁽¹⁾；圖(乙)示 V-1 式增音機⁽²⁾。

從圖上看出，增音機內包含下列各項電信網絡：

(1) 混合線圈，亦就是差接變壓器，或三圈變壓器。它使二線變



(甲)



(乙)

圖 1-1 話音增音機

(1) 請參閱‘長途電話工程’34 頁

(2) 請參閱‘長途電話工程’50 頁

顯然，為了保證正確運用，為了保證傳輸品質，這些電信網絡，在增音機中是不可缺少的。增音機中還有其他電信網絡，例如電子管的輸入輸出變壓器，衰耗器，可能還有阻止電報干擾雜聲的 200 赫高通濾波器。

載波電話

圖 1-2 和 1-3 示 B-3 型明線三路載波電話終端機和增音機的方框圖⁽¹⁾。圖 1-4 和 1-5 示 BSO-3 型三路載波電話終端機和增音機的方框圖⁽²⁾。

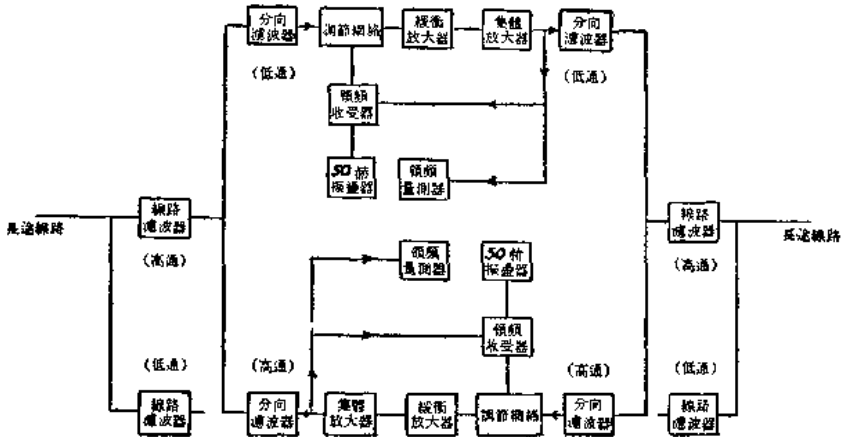


圖 1-3 B-3 型三路載波電話增音機方框圖

從圖上看出，載波電話終端機和增音機內，包含下列各項電信網絡：

(1) 混合線圈，由三圈變壓器或普通轉電線圈構成。它使二線變為四線，使長途交換機二線得以連接發送的載波電路和收受的載波電路。

(1) 請參閱拙著‘載波電話’23 頁

(2) 請參閱‘載波電話’86 頁

(2) 平衡網絡，是簡單的摹仿器，使混合線圈平衡，不致於讓收受電路反調幅器的輸出流往發送電路調幅器的輸入。

(3) 低通濾波器，通過 3,000 赫以下的話音頻率。在調幅器之前，是阻止不需要的頻率傳送出去。在反調幅器之後，是選擇低邊帶，就是還原的話音頻帶。

(4) 帶通濾波器，在調幅器之後，和在反調幅器之前，分別選擇各載波電路需要的頻帶，它們是三隻並聯運用。

(5) 狹帶濾波器，是選擇一個頻率的帶通濾波器。它是從載波振盪器產生的許多諧波中，選擇需要的頻率，供給調幅器和反調幅器使用，或作為領示頻率，同步頻率，或測試頻率之用。

(6) 分向濾波器，是一隻低通濾波器和一隻高通濾波器並聯運用，分開載波電路兩方向傳輸的不同頻帶。

(7) 線路濾波器，亦是一隻低通濾波器和一隻高通濾波器並聯運用，但它們是分開載波電路和話音電路的頻帶。並且，它們並聯端須與長途線路的特性阻抗相匹配。

(8) 低通和帶通濾波器，在集體調幅器的前後，或在集體反調幅器的前後，選擇所需要的頻帶。

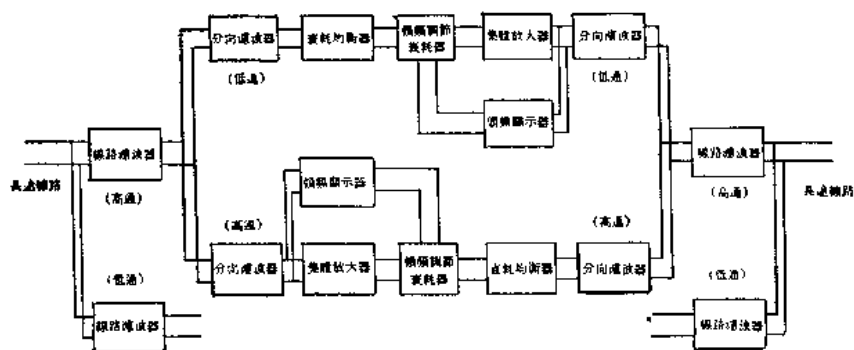


圖 1-5 BSO-3 型三路載波電話增音機方框圖

(9) 狹帶濾波器,在領頻量測器,領頻收受器或領頻顯示器中,是選擇領示頻率的帶通濾波器。

(10) 調節網絡,包含衰耗均衡器,用以調節電平,使各頻率在收受放大器輸入端的電平相等。

(11) 調節衰耗器,是電阻構成的T形衰耗器,用以調節一個頻率的電平。

(12) 衰耗均衡器,用以均衡長途線路和分向濾波器的衰耗-頻率特性,使各頻率的衰耗相等。

載波機中,還有很多衰耗器,變壓器,轉電線圈等電信網絡。載波機中振鈴訊號設備,亦需用幾種電信網絡。

無需說明,這些電信網絡是載波電話設備中最主要部份之一。由於載波電話運用的基本原理,是依靠頻率劃分,所以,沒有這些電信網絡,載波電話通訊是不可能實現的。在十二路載波電話,在電纜上載波電話,傳輸載波電話的路數加多,頻帶加寬,需用的電信網絡,設計上必須格外精確,數量上亦加多。

載波電報

圖 1-6 示多路話頻載波電報終端機的方框圖⁽¹⁾。

從圖上看出,載波電報所需用的電信網絡,有下列各項:

(1) 帶通濾波器——在每一載波電報電路的發送設備之後,收受設備之前,各有帶通濾波器,它們通過的頻帶不寬,祇須選擇通過各該路的載波頻率和雙邊帶。很多載波電路的發送帶通濾波器,互相並聯運用。收受帶通濾波器亦是如此。

(2) 狹帶濾波器——每一載波電報電路的發送設備,需要載波頻率。這是由狹帶濾波器,從載波電源產生的許多譜波中,選擇需

⁽¹⁾ 請參閱‘長途電話工程’386頁