

館內閱讀

171677

基本官藏

通信電纜的 理論基礎 和製造 (上)

И. И. 格羅得涅夫

Р. М. 拉凱爾尼克 編著

Д. Л. 沙 爾

人民郵電出版社

165

17623

通信電纜的理論基礎和製造

(上 冊)

И. И. 格 罗 得 涅 夫

P. M. 拉 凱 尔 尼 克 編 著

Л. Л. 沙 尔

章 燕 翼 譯
魯 嵐 峯

人民郵電出版社

序 言

我国国民經济的發展、在城市与城市之間实现可靠而又品質优良的通信、以及將电视节目傳輸到远距离的地方去，都对电纜工業在增加通信电纜产量方面提出了日益增長的要求。

本書之目的在於帮助各技术学校 培訓專門人材，和提高从事电纜工業的工程技术人员的技术水平。

本書探討了通信电纜的理論基础，以及通信电纜的电气計算和設計，同时也論述了制造近代对称电纜、同軸电纜的裝备和工艺。关于实心絕緣和非金屬外皮的电纜，本書沒有談到，这是因为在电纜技术中它們是一个独立的部門，需要进行專門的研究。

書中一共有兩部份。第一部份是“基础理論、計算和設計”，作者是И. И. 格罗得涅夫。第二部份是“制造的裝备和工艺”，作者是P. M. 拉凱尔尼克和А. И. 沙尔。

在压缩原始手稿的过程中，牽連到需要刪減本書第二部分的内容，編輯認為可以刪掉最后兩章，在这兩章中主要是講解干燥通信电纜的特点和保护外層的繞制，这些内容在一定程度上对于一切电纜制造工艺都是一样的，現已將該兩章的材料簡述于結尾語中。

И. И. 別洛魯索夫、И. Е. 叶菲莫夫、А. В. 林科夫對本書提供了寶貴的意見和評論，使本書的質量有所提高；此外还有P. H. 巴塔也夫在整理插圖材料上給了很大的帮助，作者均表示深切的感謝。

作 者

目 录

序 言

第一章 通信电纜傳輸的理論基础	1
第一节 通信电纜的用途、运用范围和分类	1
第二节 近代的电气通信和对通信电纜的要求	2
第三节 电能沿通信电纜的傳輸	8
第四节 电纜回路的等效电路	10
第五节 均匀电纜回路的基本公式	11
第六节 特性阻抗	12
第七节 傳播常数	14
第八节 电纜线路二次参数和頻率間的关系	17
第九节 在电纜线路上传播速度的傳播速度	19
第十节 信号在綫路上的失真	21
第十一节 非均匀性綫路的性質	24
第十二节 輸入阻抗	26
第十三节 工作衰減	28
第十四节 傳輸質量和通信距离	29
第十五节 在电纜干綫上組織長途通信的原理	32
第二章 通信电纜电气参数的計算	37
A. 对称电纜	37
第一节 对称电纜的有效电阻	37
第二节 对称电纜的电感	44
第三节 对称电纜的电容	46
第四节 对称电纜的絕緣电导	48
第五节 对称电纜一次参数間的主要关系	50
第六节 介电常数和介質損失系数的計算	51
B. 同軸电纜	52
第七节 同軸电纜的特性	52
第八节 同軸电纜中的电气过程	53

第九節	同軸電纜一次參數的計算	57
第十節	確定同軸電纜的 ϵ 和 $\lg \delta$ 的等效值	59
第十一節	同軸電纜二次參數的計算	62
第十二節	同軸電纜中的不均勻性	64
第三章	通信電纜的相互干擾及干擾防護性	67
第一節	通信電纜中相互干擾的原因	67
第二節	短電纜段中的串音衰減	71
第三節	短電纜段中的干擾參數	73
第四節	電磁耦合與頻率的关系	77
第五節	長電纜鏈路中的串音衰減	79
第六節	電磁耦合和串音衰減值在製造過程中的變動	83
第七節	回路之間的間接干擾	86
第八節	電纜扭絞的基本狀況	88
第九節	同軸電纜中電磁影響的特點	93
第四章	通信用對稱電纜的構造和特性	101
第一節	對稱電纜的導電心綫	101
第二節	對稱電纜導電心綫的絕緣	101
第三節	對稱電纜中組的構成	106
第四節	電纜纜心的構造	109
第五節	電纜的保護外皮	114
第六節	市內電話電纜	117
第七節	低頻長途通信電纜	119
第八節	高頻長途通信電纜	125
第五章	長途通信同軸電纜的構造和特性	132
第一節	同軸電纜的內導體	132
第二節	同軸電纜內心綫絕緣的方法	133
第三節	同軸電纜中的外導體和保護層	135
第四節	同軸電纜導體直徑的最佳比率	138
第五節	同軸電纜的基本構造	140
第六節	外國電纜的幾種構造	146

第一章 通信電纜傳輸的理論基礎

第一節 通信電纜的用途、運用範圍和分類

蘇聯共產黨第二十次代表大會關於 1956—1960 年蘇聯發展國民經濟第六個五年計劃的指示中規定：通信電纜線路應比第五個五年計劃期間增加約 1 倍，並廣泛地採用同軸電纜。

人們重視電纜干線的原因，是因為在電纜干線上幾乎可以在任意遠的距離上進行穩定的、高頻率的通信。

電纜線路的基本優點是：通信電路對氣象影響和各種干擾的防衛性強，通信高度穩定，使用年限長久，並且不需要地上設備。

有線通信在現階段發展的特點是在回路上進行高頻多路載波通信，而電纜通信線路的優點也就在這一階段更充分地表現出來了。

目前在通信線路上廣泛地採用電纜是和長途通信電纜技術的質變分不開的。電纜技術改進的任務是加寬傳輸頻帶和改善電纜的電氣特性，以便在電纜上利用高頻通路傳輸各種形式的通信。

近代通信電纜上所傳輸的頻帶約在 0 到數十兆赫的範圍內。沿電纜傳輸這樣寬的頻帶，就要求在電纜製造中採用特殊的材料、新的結構，以及更為完善的製造工藝。

電纜可以用來傳輸電話、電報、傳真電報、電視以及廣播節目。

近代的通信電纜可以按照許多特征來進行分類：應用區域、敷設和運用的條件、傳輸的頻譜、構造、絕緣材料和形狀、扭絞程式、保護層的种类。

按照應用的區域，電纜可分為長途通信電纜和地區通信電纜。

長途通信電纜本身又分為中繼電纜、長途電纜（或干線電纜）。地區通信電纜則分為市話干線電纜、配線電纜和局內電纜。

按照敷設和運用的條件，電纜可分為地下電纜、水底電纜和架空電纜。

按照傳輸的頻帶，電纜可分為低頻電纜和高頻電纜。

按照電纜的構造，電纜可分為：

第一：根據實踐回路中兩根導線的相互位置；按照這種特征電纜可分為對稱電纜和同軸電纜（非對稱電纜）。

第二：根據組成電纜的單元成分，按此特征則電纜可分為同類電纜和混合電纜。

通信電纜心線的絕緣物可以採用各種材料：紙、紙漿、聚苯乙烯、聚乙烯、聚氯乙烯……等。此外，絕緣的結構也是不一樣的，例如有：實心的、墊片式的、扭繩式的……等。按照電纜絕緣的材料和扭絞型式，電纜絕緣可以是空氣紙絕緣的、扭繩紙絕緣的、扭繩聚苯乙烯絕緣的、墊片聚乙烯絕緣的、實心聚乙烯絕緣的或其它形式絕緣的。

根據絕緣心線扭絞成束的形式，通信電纜可分為：對扭式電纜和星絞式電纜，成層扭絞電纜和成束扭絞電纜。

最後，根據電纜的保護層，電纜可分為鉛皮電纜（有鉛外殼）和非金屬外皮電纜（有塑料外殼絕緣管）。而且還有某些電纜具有金屬的外保護層（鎧裝電纜），也可以沒有外保護層（裸電纜）。

第二節 近代的電氣通信和對通信電纜的要求

現在，地方的和長途的電話、電報、傳真電報（傳遞靜止的圖像）主要是用有線通信來傳輸。即使是電視（傳遞活動圖像）也只是在直接可視的半徑內（70—200公里）用無線電來傳播；而要向遠地轉播時，則通常是採用同軸電纜，採用無線電接力線路還很少。利用線路來傳輸廣播節目也是非常普遍的。

長途電纜通信發展的主要趨勢是加寬所用頻帶的寬度，為的是在回路上進行多路通信，也就是在一對心線上同時傳輸大量的電話、電報、以及其它形式的通信。因此，如果說過去工作電路的數

量是由電纜中的實線回路數量來決定的，那末現在電纜的傳輸能力則是由高頻載波的制式和所得到的通路數來決定。

現在讓我們簡單地研究一下電氣通信的原理。

電報 最簡單的電報電路如圖 1-1 所示。導線所連接的每個電報局中，都有電鍵 K 、電池 E 、帶有銜鐵的電磁鐵 M 。當在發送局按下電鍵 K_1 時，就形成了一個回路：電池 E_1 的正極，導線（電纜），接收局的電磁鐵 M_2 ，大地，電池 E_1 的負極。電磁鐵 M_2 吸引銜鐵，銜鐵進行一

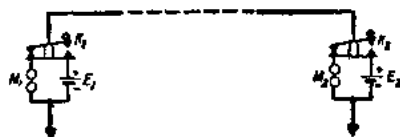


圖 1-1 電報電路圖

定的動作，例如在移動着的紙條上畫“划”。當放開電鍵時，導線和電磁鐵中就不再有電流了，於是銜鐵恢復到原來的位置，移動紙條上的“划”也就中斷了。這樣就可以向導線上發送各種長度和頻率的電流脈沖。電報通信的頻帶，即使是利用高速動作的報機，也不會超過 100 赫。

電話 在電話通信中，利用送話器將聲音振動變成電氣振盪。

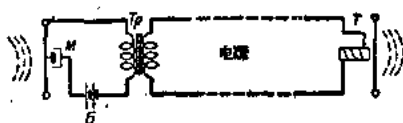


圖 1-2 電話電路圖

在接收端，利用受話器使電氣振盪又還原成作用在人耳上的聲音。

電話通信的電路圖如圖 1-2 所示。這個電路圖中包含有：一個與電池 B 和變壓器 T_1 的初級繞卷串聯着的送話器 M ，一個由兩根導線組成的電氣回路和一個受話器 T 。

為了要向反方向進行通話，也需要同樣的電路。在實用中，受話器和送話器合裝在一個送受話器（電話听筒）內，而兩根導線所組成的回路則用來擔負發話和受話兩個方向的傳輸。

聲能變為電能的过程是这样的：聲音所引起的空氣壓力的變化，使送話器的振動片發生振動。振動片振動時，便改變了振動片對炭精粒的壓力，因而送話器的電阻也發生了變化。因此便使送話

器回路中的電流也變化，於是直流電流就變成了脈動電流（大小變化著的電流）。

因此，在變壓器 T_1 的次級繞卷中就產生了交流電流，交流電流沿回路傳輸到接收局的受話器 T_2 。在受話器中，由於電流對電磁鐵的作用，使得受話器的膜片產生振動。膜片的振動引起了空氣壓力的變化，於是產生音波並被受話者的耳朵所感受。

由於受話器的膜片的振動是和送話器振動片的振動合拍的，所以發送局的声音就可以完全在接收局重發出來。

聲音頻帶包含着從最低頻率（10 赫）到最高頻率（16,000 赫）間的所有頻率，但對於一般的電話通信來說，只要傳送 300—3000 赫的頻譜已足夠了。為了提高通信質量，現在把電話通信的頻帶放寬到 3400 赫。

在導線上傳輸音樂和歌曲時，所用的頻帶則達 8000 赫。

多路通信 多路通信基本上是利用變換所傳信號的頻率的方法來實現的。這種方法的實質就是將發送局的音頻電流變換為高頻電流，而該高頻電流的振幅則是按音頻頻譜的規律變化的。這種變換過程叫作調幅。

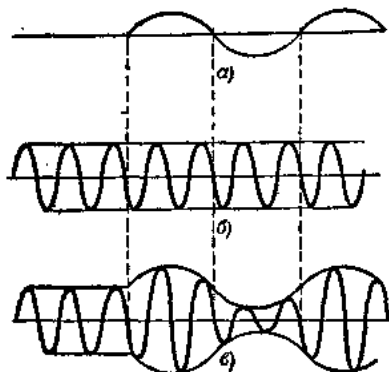


圖 1-3 調幅原理

- a) 音頻電流
- b) 高頻電流
- c) 傳輸到線路上的調過幅的電流

經過調幅的高頻電流，沿線路傳遞到接收局，在接收局經過相反的變換（反調幅）將音頻電流分出來，在這分出的音頻的作用下，便在受話人的受話器中將發送局的信號重發出來。

受到調幅並將音頻電流「搬移」到自己身上的這種高頻電流叫作載頻電流。

調幅的過程如圖 1-3 所示。

採用被調幅波就可以實現對通信回路的多路复用。

向綫路上發送的載頻數目就相當於高频通信通路數量。由於高频電話通路的頻帶寬度約為 4000 赫，所以載頻的間隔亦選定為 4000 赫。

多路載波電話的電路圖如圖 1-4 所示。利用這種電路，在一對導線上，可以有三對用戶同時進行通話。

反方向傳輸用的電路與上述電路同。

實現多路通信的方法如下。由用戶送出的信號經過

調幅器，將音頻電流變為已調幅波。每一個調幅器都有自己的載波頻率；例如， $F_1=12$ 千赫（ M_1 的）； $F_2=16$ 千赫（ M_2 的）； $F_3=20$ 千赫（ M_3 的）。這樣，向綫路上傳輸的就是三個載波頻率，每個載波頻率都被它自己的音頻電流所調幅。

在接收端，每一個已調幅波都必需嚴格地送入規定的話機：頻率為 F_1 的進入話機 A_1 ，載頻為 F_2 的進入話機 A_2 ，以此類推。為此，在接收端都安裝有濾波器，每個濾波器都只能通過一定的頻帶，而對其餘的頻率則進行抑止。

例如，濾波器 Φ_1 就只允許被電話機 A_1 的音頻電流所調幅的載波 F_1 通過。

已調幅的信號進入反調幅器後，音頻電流被分出，於是音頻電流進入接收端的用戶話機。

用這樣的方法就使得有可能在一對導線上，同時傳輸三對用戶的通話。

目前已廣泛採用的長途通信制式有 12、24、60 路，其頻譜分別達 60、108、252 千赫（每路按 4 千赫計算）。

頻帶達 800 千赫的 180 路高频通信制則正在研究中。

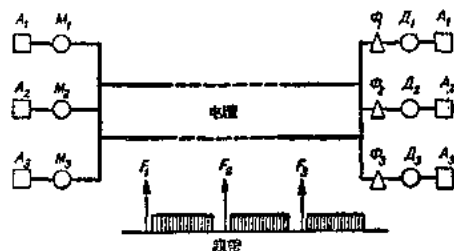


圖 1-4 多路載波電話電路圖

A_1, A_2, A_3 ，一電話機； M_1, M_2, M_3 ，一調幅器； Φ_1, Φ_2, Φ_3 ，一濾波器； D_1, D_2, D_3 ，一反調幅器。

電視 電視的基礎是光電效應，即某些金屬在光的作用下，可以從表面放射出電子。根據這個原理構成了光電池，光電池具有將光能變為電能的性質。加在光電池陰極上的光綫愈亮，則光電池回路中的電流也就愈大。

在電視中傳送的圖像分成許多很小的單元（點）。

這些單元愈小，則能夠傳送的圖象也就愈準確、愈細致。圖象的每一個單元都相對於某一種亮度，而這種亮度則決定於它對照射在它上面的光綫的反射程度。

在發送站，這些光點便借助於光電池以及相應的電子設備變為電流的振動。

這些和所傳送圖像光點亮度相適應的電氣振動，嚴格地按照着一定的順序，利用射頻電纜或同軸電纜傳送出去。因而，在電纜中就傳送有一定大小和頻率的電氣信號。

在電視接收機中，進行相反的轉換，把電氣信號變為光，又恢復成所傳送的圖像。

這就需要利用接收用的陰極射綫管，這種管子稱為電子顯影管。

在電子顯影管中，將進來的電氣信號變換為光的信號，並按一定的順序掃描在電視接收機的幕上，形成特殊的、發光的拼湊起來的景象，於是獨立的光點構成的信號圖像對我們的視覺的特性是起作用的。

人的視覺在光的作用停止後大約可以保存 $1/10$ 秒。因此，由於我們眼睛的惰性，我們看到的不是一個個的光點，而是一個整個的圖像。

這種效應同樣也應用在電影中，在電影中依靠每秒發出 20—25 個鏡頭，便可以得到連續活動的景象。

電視的質量主要是取決於被傳送圖象所分解成的單元（光點）數量。

隨着單元數量的增加，圖象的清晰度將提高。這些光點的數目

和电气脉冲的数目有关，因而也就是和电流的頻率有关。

按照苏联 625 行扫描綫的电视标准，黑白电视的視頻通路要佔用的頻帶为 6 兆赫。

在上述頻帶中，利用結合制，可以傳送有色电视。

傳真电报 除了电视外，即除了傳送活动的圖像外，在電纜綫路上还可以傳送不动的圖象（圖样、照片、电报等）。这种利用电气振荡傳送不动圖像的过程叫作**傳真电报**。在傳真电报中，同样是利用光电管的性能，將光能变换为电能，然后將交变頻率的电流送到綫路上去。但是，傳真电报和电视不同，傳輸过程不受時間的限制，因而所需要的頻帶也就大大变窄。

在近代傳真电报的傳輸中，2000—3000 赫的頻帶已經足够。

这样，各种通信形式的电气信号間的区别，主要是在于电气振荡的頻率和形狀。現在复用長途通信電纜所採取的頻帶如表 1-1 所示。

复用通信電纜的頻帶

表 1-1

通 信 形 式	頻 率 (赫)	通路数量
电报.....	0—100	1
电话.....	300—3000	1
傳真电报.....	3500—5500	1
广播.....	10—8000	1
載波电话, K-12.....	12,000—60,000	12
載波电话, K-24.....	12,000—108,000	24
載波电话, K-60.....	12,000—252,000	60
載波电话, K-900.....	312,000—4,000,000	900
載波电话, K-1800.....	312,000—8,000,000	1800
电 视.....	50—6,000,000	1

应当指出，目前不仅电话通信利用高频，其它傳送形式（电报、广播等）同样也可以在高频通路中傳送。在任一高频电话通路中，利用特殊的机件，都可傳送 18 路电报或一路傳真电报。傳輸

广播节目时，則可利用兩個載波電話通路。由此可見，所有形式的通信都可以分級地搬移到高頻通路中，因此，对通信電纜最重要的要求就是能傳輸寬的頻帶。沿電纜可以傳輸的頻帶愈寬，則電纜复用的程度也就愈高，因而通信也就愈經濟。因此，衡量電纜質量的主要准則就是電纜所能通过的頻帶寬度。無論在設計和制造電纜時，或者在電纜分類時，這個特征都要規定的。

利用電纜傳送寬頻帶時，对電纜的構造和所用的原材料提出了特別的要求。选定通信電纜的型号和結構時，与其說取決于能量沿綫路傳輸的過程，不如說取決于位于同一外皮下高頻回路間相互干預的防衛度。根据在高頻通路中需要保證的最大通信距離，我們來选定電纜介質。

近代通信技术对電纜的要求可歸納如下：

1. 实际上的通信距離大約應該達到和超过 10,000 公里。
2. 通信穩定，且無失真。
3. 電纜回路相互間和对外界干預的防衛度。
4. 电气参数穩定。
5. 整个通信制式的經濟性。

第三节 电能沿通信電纜的傳輸

現在我們研究一下电磁能沿電纜双綫回路的導綫傳輸過程的實質。我們在这一綫路的始端接入一个电动势为 E 的直流电源。

当电源刚一接入綫路的始端時，最靠近电源的一段導綫上便充荷了不同符号的电荷：即在一根導綫上呈現正电荷，而在另一根導綫上則呈現負电荷。于是在兩根導綫間产生电位差，因而在導綫周圍的空气中形成了电场

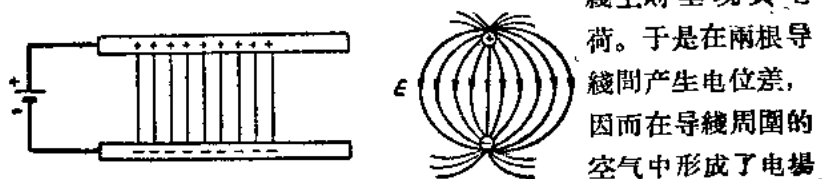


圖 1-5 形成電場 E

(圖 1-5)。

这些电荷以及由电荷产生的电场逐渐地以某种一定的速度沿着导线移动。电荷的移动便在导线中产生了电流，而电流则又形成了导线周围的磁场，这一磁场随同电流一起由线路的始端向线路的终端移动（圖 1-6）。

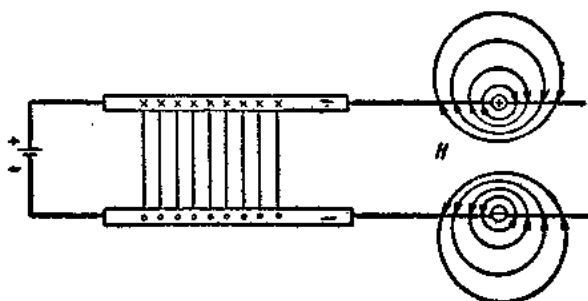


圖 1-6 形成磁場 H

由此可見，由于在导线上存在着电荷和电荷的移动，所以同时也存在着电场和磁场，电场和磁场由线路的始端向终端传播。

双线路路上电磁场的分布情况如图 1-7 所示。电力线和磁力线是相互垂直的但是电力线是封闭在两根导线间的空间的，而磁力线（其形式为圆心相对偏移的许多圆）则是分布在每根导线的周围。

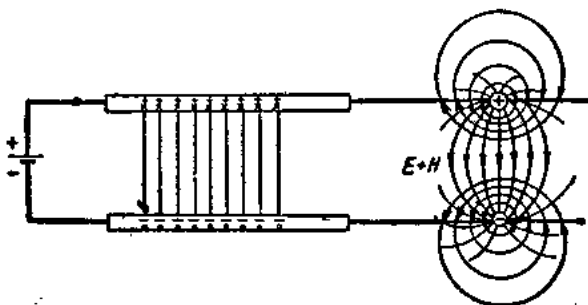


圖 1-7 电 磁 场

沿线路以一定的速度进行传输的电场和磁场的总合叫作电磁波。

在电磁波通过的整个路线上，电场的能量 $W_{\text{电}}$ 等于磁场的能

量 $W_{\text{磁}}$:

$$W_{\text{電}} = W_{\text{磁}}$$

式中
$$W_{\text{電}} = \frac{CU^2}{2}; \quad W_{\text{磁}} = \frac{LI^2}{2}。$$

磁場能量可以轉變為電場能量，電場能量也能變成磁場能量。當沿回路傳送高頻電流時，導線表面的電流密度增加，而且頻率愈高，則電流移向導線表面的效應亦就愈顯著。

當沿回路進行傳輸時，電磁能主要是集中在導線周圍的媒質——介質中。因此，當沿導線傳送通信信號時，高頻電磁能的負荷者並不是導線，而是導線周圍的介質。導線只是使能量運動的方向一定而已。因為有了導線，所以電磁能不能向所有的方向散開，而是沿線路移動。

電磁波可以用兩種波來表示：電壓波（相當於電場）和電流波（相當於磁場）。在回路的任一點，電壓波和電流波之間都存在著一定的比例，這種比例和回路的特性有關並具有電阻的因次（歐姆）。這個比值一般叫作波阻抗：（或稱特性阻抗）

$$Z = \frac{E}{H} = \frac{U}{I} \text{ (歐)}。$$

因此，沿回路傳播的電磁波，在所有點上都會遇到波阻抗。

電磁波沿導線傳播的速度取決於電流的頻率和回路的參數。

當沿電纜回路傳輸時，電磁能的振幅逐漸降低（衰減），並且相位也將發生變化。

衰減現象是由於能量消耗於熱和介質極化而引起的。

第四節 電纜回路的等效電路

電纜通信線路的傳輸質量及其電氣性能完全可用電纜的一次參數來表示，一次參數即：有效電阻 R ，電感 L ，電容 C ，絕緣電導

G 。

上述參數和電壓以及所傳輸的電流無關，而只是取決於電纜的結構、電纜所用的材料和所傳輸電流的頻率。

在物理性能上，電纜的參數和由 R 、 L 、 C 元件組成的振盪電路的參數相似。其差別僅在於，在振盪電路中這些參數(R, L, C)是集中的，而在電纜中這些常數則是均勻地分佈在整個回路上。

一段電纜回路的等效電路如圖 1-8 所示。在這裡，串連接着的參數 R 和 L （縱向沿綫的）構成合成阻抗 $Z_1 = R + j\omega L$ ，而參數 G 和 C （橫跨綫路的）則構成了合成導納 $Y = G + j\omega C$ 。

當通信信號沿電纜綫路傳輸時，電壓和電流逐漸降低，也就是說，送到綫路終端的信號的功率比始端大為減少。

在上述四個電纜參數中，僅 R 和 G 引起能量的損失：首先是在導電心綫和電纜其它金屬部份（屏蔽、鉛皮、鎧裝）中的熱損失，其次則是介質損失。

如果能使電纜的心綫具有超電導性（ $R=0$ ）和理想的介質（ $G=0$ ），那末電磁能在這樣的綫路上傳輸時將無損失。

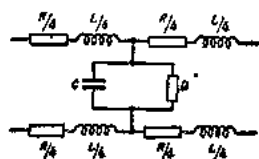


圖 1-8 電纜回路的
等效電路

第五節 均勻電纜回路的基本公式

電磁能沿均勻電纜綫路傳輸時，回路上任一點的電壓和電流可由下列公式算出：

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_x &= \dot{U}_0 \operatorname{ch} \gamma x - \dot{I}_0 Z \operatorname{sh} \gamma x^* \\ \dot{I}_x &= \dot{I}_0 \operatorname{ch} \gamma x - \frac{\dot{U}_0}{Z} \operatorname{sh} \gamma x \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中 $\dot{U}_0$ 、 $\dot{I}_0$ 、 $\dot{U}_x$ 、 $\dot{I}_x$ ——分別為綫路始端及離始端為 x 處的電

* $\operatorname{sh} x = \frac{e^x - e^{-x}}{2}$ 和 $\operatorname{ch} x = \frac{e^x + e^{-x}}{2}$ 是雙曲綫正弦和雙曲綫余弦。 $e = 2.718$ 是自然對數的底。

压和电流;

Z ——特性阻抗;

γ ——綫路傳播常数。

在实际上, 最常用的是表明綫路始端和綫路終端电压和电流关系的下列公式:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_0 &= \dot{U}_e \operatorname{ch} \gamma l + \dot{I}_e Z \operatorname{sh} \gamma l \\ \dot{I}_0 &= \dot{I}_e \operatorname{ch} \gamma l + \frac{\dot{U}_e}{Z} \operatorname{sh} \gamma l \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

这样, 在接收器阻抗为任何值时, 可以根据綫路始端或終端的 $\dot{U}$ 和 $\dot{I}$ 值, 利用式 (1-1) 和 (1-2), 求出綫路上任一点的电压和电流。

如果是匹配的負荷, 即接收器的阻抗 Z_{np} 等于電纜的特性阻抗 Z , 則上式可簡化, 其形式为:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_0 &= \dot{U}_e e^{i\gamma l} \\ \dot{I}_0 &= \dot{I}_e e^{i\gamma l} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

因为在阻抗匹配时, 电流和电压間的关系等于 $\frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} = \frac{\dot{U}_e}{\dot{I}_e} = Z$, 所以下列公式亦屬正确:

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_0 &= Z \dot{I}_e e^{i\gamma l} \\ \dot{I}_0 &= \frac{\dot{U}_e}{Z} e^{i\gamma l} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

这相当于沿綫路傳輸的能量全部 (無反射地) 被負荷吸收时的情况。

从上式可知, 能量沿回路傳播时, 回路上任一点的电流和电压是由回路的两个常数来决定的, 即: Z 和 γ 。

第六节 特性阻抗

特性阻抗 (波阻抗) Z 和傳播常数 γ 是綫路的二次参数, 它們被广泛地用来衡量通信綫路的技术维护質量。