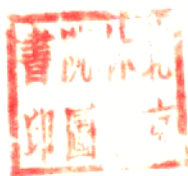


★ 郵 電 叢 書 ★

長途電信工程



人 民 郵 電 出 版 社

引 言

長途電信工程的使命，是要保證在不論彼此相距多遠的用戶間，電話及電報能暢通無阻。所以，長途電信工程主要任務之一，就是保證實際需要的長途通信。

很久以來，由於線路設備的成本昂貴，就向有線工程提出了怎樣更合理地使用線路設備的任務。

遠在 1858 年，在我們的同胞 H. JI. 施林格發明第一部電報機後的第 26 年，工程師 3. Я. 司洛尼姆斯基提出了實際可用的雙工電報電路，這個電路至今仍被採用着。它提高了線路設備的使用效率，並使得在一條單線線路上同時能傳送兩路電報。

發明電話後不久，舊俄軍隊的大尉 Г. Г. 依格納奇也夫發明了在同一條單線線路上可同時通報及通話的方法。這方法所根據的原則，是不同頻率的電報電流及電話電流，可用濾波器來分開。1880 年 5 月 29 日，Г. Г. 依格納奇也夫在基輔大學表演了自己的發明。

大約與此同時，曾提出在電話線路上經過差動變壓器的中心抽頭通電報的方法。這個方法到現在仍被採用着，雙工電報原理就是這一方法的理論基礎。

在同一時間內，利用同一線路進行幾路通信，叫做線路的充分利用，它就是長途電信工程中的第二個任務。

這樣一來，要充分的利用線路和要保證實際上必要的遠距離通信，就決定了長途電信工程的基本任務。

有線通信發展的第一個時期內，也就是在發明電報機以後，線

路設備的改善，雖使通信距離增長了些，但是沒得到特別好的成就。直到 1585 年，俄國科學家 B. C 雅科比發明了電報幫電機後，才解決了關於增加電報通信距離的問題。

早在 1870 年，在相距約 10,000 公里的彼得堡與海參威間，由於採用了電報幫電機與轉送器，就已可以進行電報通信。

由於改進了電話機與線路設備，電話通信的距離（在 1876 年電話機出現之後）開始加長了。

在 1898 年舊俄時代，彼得堡與莫斯科間，開放了第一個架空明線長途電話通信電路。這個長途電話通信電路中的設備，是由沃衣諾羅夫斯基教授領導裝置的。

這世紀的初期，由於改進通信線路設備的結果，出現了紙隔絕緣及用特種方法作成的絞芯（四股）電纜。此外，在這同一時期還出現了一些人工改進線路傳輸的方法。那時最完善的方法，就是在線路上每隔一定距離接入感應線圈以提高線路的感應量。這個方法在 1900 年第一次採用，叫做集中加感，能使通信距離增加到 2 倍至 4 倍。

但是增長通信距離的問題，直到有了利用真空管的電話幫電機時，才得到徹底的解決。B. H. 科瓦林可夫教授，曾從事這方面的研究，並提出了許多幫電機的電路圖。1919 年 8 月 2 日，他提出的雙向電話幫電機得到了第一個專利權。

我們社會主義的奠基者，偉大的列寧，十分重視長途電信事業的發展。1921 年 10 月 5 日，以列寧為主席的全蘇勞動國防會議，通過了實際採用 B. H. 科瓦林可夫提出的幫電機、並幫助生產這機件的專門決議。由於執行這個決議，在科瓦林可夫教授的領導下，製成了這種機件，並在 1922 年 12 月間，在莫斯科——列寧格勒線

路間的波羅歌城內，裝置了蘇聯第一部雙向電話幫電機。

雙向幫電機（即雙向中間增音機）能將架空鋼線線路的通信距離增加到 500 至 600 公里；有色金屬線線路的，能增加到 2,000 至 2500 公里；而集中負荷電纜線路的，能增加到 1000 公里。

中間增音機不斷的改進，及四線制通信的採用，已能保證地球上任何實際需要的遠距離通信。

布爾塞維克黨，蘇維埃政府及 Н. В 斯大林本人，都一貫非常關心怎樣用最完備的電信工具來裝備我們國家的事業。

在聯共（布）第 18 次代表大會上，B. М 莫洛托夫在關於蘇聯國民經濟發展的第三個五年計劃的報告裏曾說：“在我們這種情況下，發展電信事業具有重大的、全國性的意義”。

代表大會在關於莫洛托夫同志的報告的決議中，強調了所有通信型式，尤其是長途電信，進一步發展的必要性。

聯共（布）第 18 次代表大會的決議責成：“完成莫斯科與各共和國、各邊區的、及各省的中心城市之間的直達通信，以及用蘇聯各大中心城市間的中心轉接通信系統來補充輻射通信系統。

黨、政府、列寧及斯大林的親自關懷，保證了蘇聯的通信工具，在規模上與速度上史無前例的發展。

長途電信技術發展的成就，是和我們的科學在無線通信方面的發展和改進所獲得的卓越成就分不開的。無線通信是 1895 年被天才的俄國科學家 А. С 波波夫所發明的。

М. В 許列庚科學院士、М. А 蓬奇布魯也維奇教授及史馬科夫教授等的論文，指出了可以利用無線通信的方法來在線路上以高頻電流傳輸報話信號。採用無線通信方面的方法及改進濾波器的製造技術，根本地解決了通信線路的充分利用問題，也解決了實用所必

需的通信距離的問題。

1925年，И. В 史馬科夫教授和庫甫里亞諾夫教授，在蘇聯進行了利用無線通信的方法來在線路上傳輸信號的第一個實驗。

1926年，Я. И 魏利庚工程師在 И. А 阿茲布庚教授的指導下，在列寧格勒電報電話科學實驗站內，設計了第一部實用的載波電話設備。這個設備利用高頻電流，可以增加一路電話，1926年5月，在列寧格勒——波羅歌線路上採用了這部機器。

同時在列寧格勒的中央有線電信實驗室 (ЦЛТЦ)，進行了這一方面的進一步研究，並在 В. И 李斯托夫與 М. И 沃斯托科夫的領導下，設計成功了一種能增加三個電話電路的機件。

在這以後不久，由紅霞工廠的實驗室設計，而且由該工廠出品了有名的 CMT-34 型的三路載波機。

隨後不久紅霞工廠出品了由 М. М 翁斯基領導設計的、更完善的三路載波電話機，型式是 CMT-35。

1938—1940年間，中央通信科學研究院的實驗室與紅霞工廠的實驗室，聯合設計了架空明線 12 路載波電話機，頻帶從 40 千週到 150 千週。這機器和三路載波電話機一起使用，再加上通常的音頻電路，就可以在一對銅線線路上，同時通 16 路電話。

與多路載波電話機改進和發展的同時，多路載波電報機方面的研究工作也在進行。無線電報通信的方法和使用濾波器是載波電報的基礎。

還在 1869 年 Г. И 莫羅卓夫工程師，就已提出用不同頻率的方法，在同一單線線路上通數路電報的原理。

但 Г. И 莫羅卓夫的提議，由於當時郵電部門高級官吏的守舊思想，沒有被實現。

工程師西卓夫，烏特庚·魏爾加奇庚等設計了祖國最初的、合於實用的載波電報機式樣。

現在用音頻頻帶通多路載波電報，在這頻帶內同時可以進行18路電報通信。

發展和改進長途電信技術，需要解決與長途通信網的設計和建設等有關的、一系列的重要理論問題。

II. K 阿庫力申教授對線路間互相干擾的問題作了理論的分析，同時研究了關於消除這種干擾的方法。阿庫力申教授的工作，保證了架空明線上使用的頻帶能達到 150 千週/秒。

H. A 巴也夫教授完成了關於電路穩定度的理論研究，以及幹線設計等重大工作。

科學和工業的緊密結合，促成了世界上最長的電話幹線的勝利建設。1940 年按照斯大林五年計劃，在莫斯科與伯力間，開放了世界上最長的有線電話幹線。

由於勝利地完成了斯大林五年計劃，我們國家的通信工具工業，得到了強有力的發展。它與科學緊密地結合着，在製造完善的載波機方面，獲得了卓越的成就。這些成就保證了所有新式的架空明線幹線、電纜幹線、以及長途中心站的建設。這種幹線及長途中心站具有極重要的、政治的、國民經濟的及國防的意義。

目 錄

序

引言

第一章 基本概念和定義。長途電信工程的任務	1
第 一 節 通信網的概念	1
第 二 節 電氣通信的基本原理	5
電報信號和它的特性	4
通話信號和它的基本特性	10
第 三 節 研究通信電路的方法	15
第二章 通信線路上信號的傳輸及線路的電氣特性	15
第 四 節 戴維南定理	15
第 五 節 長途通信電路的概念	17
第 六 節 通信線路的基本電氣特性	17
通信線路的電阻	17
集膚作用現象	19
銅包鋼線	24
通信線路的電感	25
線路的電容	27
線路的電漏	28
第 七 節 正弦波的符號式	30
複數振幅的概念	30
第 八 節 正弦電壓和電流在無限長均勻線路上的傳輸	34
均勻線路的概念	34
無限長均勻線路上電壓和電流的傳輸規律	35

線路傳輸係數的物理意義	43
行波電壓和行波電流的概念	47
行波的波長和它的傳播速度	50
線路的電波參數	51
線路的波動阻抗	54
第 九 節 有限長均勻線路上電壓和電流的傳輸	58
接有負荷的線路終端電壓和電流	58
電壓和電流的降落波和反射波	62
接有匹配負荷的線路的概念	65
傳輸方程式	65
第 十 節 線路的輸入阻抗	69
第 十 一 節 開路輸入阻抗和短路輸入阻抗	75
根據開路阻抗和短路阻抗來計算線路參數	76
第 十 二 節 線路的工作衰耗	79
第 十 三 節 通信線路的回聲現象	85
回聲傳輸常數	85
非均勻線路的概念	89
第 十 四 節 通信信號在電路的線段上的傳輸	89
振幅-頻率失真	90
信號的相位-頻率失真	92
負荷失配性及電路不均勻性對信號傳輸的影響	95
第 十 五 節 通信線路間相互干擾的概念	96
第 十 六 節 線路間的串音衰耗	101
第三章 集中常數電路上通信信號的傳輸	104
第 十 七 節 二端網絡及其基本特性的概念	104
互倒二端網絡	106
等效二端網絡	109

二端網絡簡化的概念	111
第十八節 四端網絡的基本理論	112
四端網絡的基本電路	112
四端網絡傳輸方程式	114
對稱四端網絡的傳輸參數	119
四端網絡的特性阻抗	120
四端網絡的傳輸常數	123
失配負荷四端網絡的特性	125
用短路及開路法決定四端網絡的傳輸參數	127
T 形四端網絡的傳輸參數	128
第十九節 衰耗器	132
第二十節 電氣濾波器的理論基礎	135
第二十一節 低通濾波器電路	142
第二十二節 高通濾波器電路	148
第二十三節 帶通濾波器電路	152
第二十四節 電信工程中的變壓器及其用途	155
第二十五節 非直線性二端網絡的概念	159
第二十六節 接觸整流器	162
第二十七節 平穩燈及熱控管	165
第二十八節 非直線性四端網絡的概念	168
第四章 充分利用通信線路的方法	170
第二十九節 充分利用線路的最簡單的方法	170
利用差動變壓器或差動拖流線圈同時通報和通話	172
幻象二線線路	176
應用信號的頻率分配的方法來充分利用線路	177
第三十節 直線性電路內電流的重疊定律及具有非直線性元件 的電路內電流的相互作用	180

第三十一節 應用高頻電波通話及載波通信	183
已調幅波的概念	184
已調幅電波變為音頻電波	188
已調幅波的頻譜	189
頻率邊帶的概念	191
應用單邊帶電波傳輸通話信號	192
通話信號頻帶的改變	197
通話信號傳輸的方框圖和多路通信的組成原理	199
第三十二節 應用交流信號進行多路通報的基本原理	201
應用交流信號通報的方法	201
交流電報脈衝的特性	203
交流電報的雙向通信電路	206
第五章 通信電路和它的基本特性	208
第三十三節 通信電路的概念	208
第三十四節 直達通信距離的確定	209
第三十五節 增加通信距離的方法	212
音頻電路上的雙向增音機	213
載波電話電路上的增音機	215
通信電路上增音機的分佈	216
第三十六節 通信電路的基本特性	218
電路的淨衰耗	219
電路的頻率特性	220
電路的振幅特性	221
第三十七節 通信電路的傳輸電平	222
絕對傳輸電平	222
相對傳輸電平	224
傳輸電平圖	226

第六章 通信程式及其分類	229
第三十八節 低頻電路的二線制及四線制通信	229
第三十九節 二線制及四線制載波通信	232
第四十節 載波電話的分類	235
第四十一節 單路制載波電話	234
第四十二節 單個式及組合式多路載波制	238
二線制單個式載波機方框圖	239
二線制組合式載波通信方框圖	240
單個式與組合式載波通信特性的比較	242
混合式多路制載波通信	243
第四十三節 有羣變頻的多路制	244
第四十四節 多路制載波電話	246
標準的 12 路單個設備	247
12 路架空明線載波機的羣變頻	248
12 路及 24 路電纜線路載波電話機	249
多路制同軸電纜載波通信的組成原理	250
第四十五節 架空明線載波電路的通信設備方框圖	251
第四十六節 音頻電報	255
使用載波電話電路通音頻電報	254
無電流間歇制音頻電報	255
無電流間歇制音頻電報的缺點	258
有電流間歇制音頻電報	259
調頻制音頻電報	262
第七章 長途通信機械電路中的基本部件	269
第四十七節 長途通信機械在電氣特性方面的基本要求	269
終端機與中間增音機的增益	269
長途通信機械頻率特性方面的要求	271

	長途通信機械的振幅特性曲線及對它們的要求	271
第四十八節	單路載波機	275
第四十九節	B-3 型三路載波機	275
第五十節	混合線圈及其基本電氣特性	277
	端子 2-2 方面的輸入阻抗	278
	端子 4-4 方面的輸入阻抗	278
	由混合線圈引起的衰耗	279
第五十一節	變頻器	285
	單向氧化銅變頻器	284
	二向或平衡氧化銅變頻器	288
	雙平衡或環形氧化銅變頻器	289
第五十二節	限幅器	295
	氧化銅限幅器	297
	真空管限幅器的工作原理	301
第五十三節	載波機中的放大器	302
	載波機中的放大器，它們的特性以及對它們的要求	303
	對真空管的基本要求	304
	放大器的匹配	305
	推挽式放大器	307
	負回授放大器	309
	負回授放大器的基本電路與基本特性	311
第五十四節	增益頻率特性曲線的修正	314
	利用阻抗隨頻率變化的分壓器進行修正	314
	利用均衡四端網絡的修正	319
	利用阻抗隨頻率變化的負回授電路進行修正的原理	322
第五十五節	振盪器	324
	對載波振盪器頻率穩定的要求	325

使振盪電波頻率改變的原因及其影響之減小	527
利用石英晶體來穩定頻率	530
利用音叉來穩定頻率	530
多頻諧波發生器	531
發送站及接收站載波的強迫同期	535
利用限制振盪電波振幅的原理來同時發生幾個載波	536
第五十六節 載波機电路中的電氣濾波器	536
低通濾波器及高通濾波器的並聯	537
帶通濾波器的並聯 補償二端網絡的應用	539
利用分離有效電阻來並聯帶通濾波器	540
利用混合錢圈來並聯帶通濾波器	541
第五十七節 傳輸電平的調整及控制設備	542
傳輸電平的調整原理	543
載波電路的人工電平調整	546
自動傳輸電平調整 (APV)	547
電氣式自動電平調整的工作原理	553
第五十八節 振鈴設備	554
感應振鈴信號傳送設備	556
音頻振鈴器	557
有載波傳輸式的載波電話中的振鈴	560
第五十九節 交談振鈴設備	561
第六十節 測試設備及信號設備	562
第八章 中間增音機	565
第六十一節 雙向增音機	565
平衡網絡	566
平衡網絡各元件的元始值	568
載波線路的平衡 平衡設備	569

雙向增音機中的回授 由於回授的失真	371
自激現象	373
自激條件 臨界增益	374
防止自激作用的穩定量	376
第六十二節 二線制載波電話通信的中間增音機	377
第九章 長途通信電路的計算因素 電路的調整	380
第六十三節 直達通信電路和轉接通信電路以及該電路上通話信號 傳輸質量的估計	380
第六十四節 通信電路電氣計算和調查的基本任務	382
第六十五節 通信電路的基本電氣特性及其標準 通信電路的電氣 計算因素	383
淨衰耗	383
通信電路的轉接方法和轉接通信 電路淨衰耗的穩定 方法	383
電路的頻率特性	387
電路的振幅特性	389
傳輸電平的標準	390
中間增音機的分佈 傳輸電平圖的計算和繪製	393
通信穩定量及其確定與標準	398
並行綫路各電路間相互干擾的估計 電路的防護度及 其確定與標準	402
減低載波通信電路所必需的防護度的方法	406
電話電路中的回聲現象和它對長途通信的影響回聲 扼止器的應用	408
第六十六節 低頻電路的調整	411
平衡網絡的選擇	411
計算電平圖的調整	413

電路頻率特性的測試	413
電路振幅特性的測試	414
穩定量的測試	414
電路防護度的測試	414
通話過程和振鈴過程的測試	415
第六十七節 載波電話通信電路的調整	415
載波頻率的同期	416
計算電平圖的調整	416
電路頻率特性的測試	417
電路振幅特性的測試	417
穩定量的測試	417
電路防護度的測試	417
通話過程和振鈴過程的測試	418

第一章

基本概念和定義。長途電信工程的任務

第一節 通信網的概念

相距甚遠的兩點間的電話通信，其最簡單的設備是由兩部用通信線路相聯結的電話機組成（圖1）。

數個地點間的通信，藉裝有交換機的電話局來進行。



圖 1. 兩用戶間的電話通信。

不同地點的電話機用通話線路和電話局相聯（圖2）。在電話局內，從電話機接來的任意兩對線路，可以用人工的或自動的方法互相聯接，並保證能通電話。

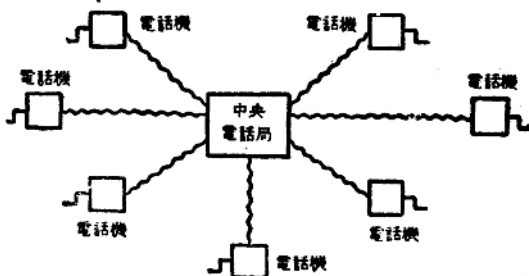


圖 2. 本地的電話網

所有線路，線路兩端的電話機及電話局，總稱為通信網。

根據現代化有線工程發展的情況，從技術設備和使用的觀點出發，通信網可分成兩種基本型式：本地通信網與長途通信網。

本地通信網保證在一定地區範圍內的通信，例如城市範圍內（市內通信網）的通信，或某一企業、機關、聯合參謀部等等的範圍內（內部通信網）的通信。

與彼此遠隔的本地通信網相聯結的線路和長途站，總稱為長途通信網。

長途通信網是由聯接各城市用戶的線路及長途站這一系統構成的。

本地通信網的特點在於任一用戶可按自己的願望直接地與另一尚未被佔線的用戶相聯接。本地通信網之所以有此特點，是由於每個用戶都有專線來聯接自己的電話機和電話局。

通常長途通信是藉連接各個長途局的線路來進行的，同一對通信線路供不同的用戶合用。顯然，同一時間內兩終端局之間能通電話的最多數目，與其間的線路數目相等。因此佔線的原因不僅是被喚用戶不空，而且也可能是所有的線路都被佔用了。長途通信網內只建立了有限數目的線路來聯接各個長途局，所以它不可能使任一用戶按他的願望直接地通信。全國性的通信網係按掛號的方法，供給所有的用戶進行通信，而專門的通信網則僅供有限數目的用戶進行通信。在前一種情況，希望通話的用戶呼叫本地的長途局，向話務員掛號，告訴所需要的居民點和被喚用戶的號碼；如聯到該居民點的線路空間，那麼當話務員叫出另一個用戶（被喚用戶）並將其與第一個用戶（呼叫用戶）聯接好了以後，用戶就可通話。如果線路被佔用了，那末用戶就要依次等候，等候時間的長短，依據這兩地間通