



中等專業學校教學用書

# 通 信 電 纜

И. И. 格罗德涅夫 著  
Б. Ф. 密列尔

高 等 教 育 出 版 社



中等專業學校教學用書



# 通 信 电 纜

И. И. 格罗德涅夫, В. Ф. 密列尔著  
高攸綱等譯

高 等 教 育 出 版 社



本書系根据苏联国立动力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 出版的格罗德涅夫 (Н. Н. Гроднев) 和密列尔 (Б. Ф. Миллер) 合著的“通信电缆”(Кабели связи) 1950 年版譯出的。原書經苏联电气工業部教育司审定为电机中等技术学校教学参考書。

本書所述系对称通信电缆和同軸通信电缆的設計、結構与制造問題。

本書有某些章簡明地敘述了通信电缆中能量的傳輸理論, 并說明了电缆回路中的电气过程。

本書也可供电缆工業中工程技术人员参考之用。

参加本書翻譯工作的是高攸綱、江懋官、盛秉惠、刘澤民和区惟熙五位同志。

## 通 信 电 纜

Н. Н. 格罗德涅夫, Б. Ф. 密列尔著

高攸綱等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

統一書號 15010·444 開本 850×1168 1/32 印張 15 7/16 字數 413,000

一九五七年六月第一版

一九五七年六月上海第一次印刷

印數 1—2,000

定價(10) 羊 2.30

# 目 录

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 序言 .....                         | 6   |
| 第一章 概論 .....                     | 7   |
| 1-1. 通信電纜的用途及其發展过程 .....         | 7   |
| 1-2. 通信電纜的一般分类 .....             | 12  |
| 第二章 通信電纜的理論基础 .....              | 15  |
| 2-1. 現代的电气通信和对通信電纜的要求 .....      | 15  |
| 2-2. 电磁能在通信電纜中的傳播 .....          | 19  |
| 2-3. 通信電纜的等效电路 .....             | 23  |
| 2-4. 均匀電纜綫路的基本方程式 .....          | 25  |
| 2-5. 波阻抗 .....                   | 27  |
| 2-6. 傳播常数 .....                  | 28  |
| 2-7. 電纜綫路的二次参数与頻率的关系 .....       | 32  |
| 2-8. 电磁能沿電纜傳播的速度 .....           | 36  |
| 2-9. 綫路上傳輸信号的失真 .....            | 39  |
| 2-10. 傳輸电平 .....                 | 44  |
| 2-11. 傳輸質量 and 通信距离 .....        | 45  |
| 2-12. 根据开路 and 短路試驗确定電纜参数法 ..... | 51  |
| 2-13. 不均匀綫路的特性 .....             | 53  |
| 2-14. 輸入阻抗 .....                 | 55  |
| 2-15. 工作衰减 .....                 | 58  |
| 第三章 对称電纜 .....                   | 61  |
| A. 電纜結構及其計算 .....                | 61  |
| 3-1. 結構元件 .....                  | 61  |
| 3-2. 主要对称通信電纜类型之概述 .....         | 67  |
| 3-3. 对称電纜結構方面的計算基础 .....         | 81  |
| B. 電纜的电气参数及其計算 .....             | 85  |
| 3-4. 对称回路的有效电阻 .....             | 85  |
| 3-5. 对称回路的电感 .....               | 96  |
| 3-6. 对称回路的电容 .....               | 99  |
| 3-7. 对称回路的絕緣电导 .....             | 104 |
| 3-8. 对称回路一次参数的主要变化 .....         | 107 |
| 3-9. 介質損耗系数 and 介电常数的計算 .....    | 108 |
| 3-10. 对称結構電纜的电气特性 .....          | 111 |
| 第四章 人工加感電纜 .....                 | 115 |

|                                                                |            |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| 4-1. 通信電纜人工加感的必要性 .....                                        | 115        |
| 4-2. 集中加感電纜的電氣計算 .....                                         | 119        |
| 4-3. 集中加感體制的選擇與計算 .....                                        | 123        |
| 4-4. 集中加感電纜 .....                                              | 129        |
| 4-5. 高頻集中加感電纜 .....                                            | 136        |
| 4-6. 加感綫圈 .....                                                | 143        |
| 4-7. 具有強磁綫卷的電纜 .....                                           | 152        |
| 4-8. 具有雙金屬心綫的電纜 .....                                          | 154        |
| 4-9. 具有磁介質的電纜 .....                                            | 158        |
| <b>第五章 同軸電纜</b> .....                                          | <b>162</b> |
| 5-1. 同軸電纜的特徵及其分類 .....                                         | 162        |
| 5-2. 同軸回路內的電氣過程 .....                                          | 164        |
| 5-3. 干綫同軸電纜的結構 .....                                           | 169        |
| 5-4. 渦流系數和交流電流穿透到導綫內的深度 .....                                  | 176        |
| 5-5. 同軸電纜參數的計算 .....                                           | 179        |
| 5-6. 結構複雜的外導綫有效電阻的計算 .....                                     | 187        |
| 5-7. 同軸電纜的最小衰減和通信距離 .....                                      | 193        |
| 5-8. 同軸電纜 $\epsilon$ 及 $\operatorname{tg} \delta$ 等效值之確定 ..... | 198        |
| 5-9. 介質對同軸電纜特性的影響 .....                                        | 205        |
| 5-10. 建立同軸電纜通信的原則 .....                                        | 214        |
| 5-11. 混合式同軸電纜的結構 .....                                         | 218        |
| 5-12. 同軸電纜內的不均勻性 .....                                         | 227        |
| 5-13. 國際諮詢委員會所製定的干綫同軸電纜的標準 .....                               | 235        |
| 5-14. 電纜干綫的電源供給 .....                                          | 236        |
| 5-15. 水底同軸電纜 .....                                             | 241        |
| <b>第六章 對稱通信電纜的相互干擾和干擾防衛度</b> .....                             | <b>249</b> |
| 6-1. 通信電纜內相互干擾的本質 .....                                        | 249        |
| 6-2. 短段電纜內干擾的方程式 .....                                         | 253        |
| 6-3. 一次干擾參數 .....                                              | 258        |
| 6-4. 電磁耦合系數和短段電纜的串話衰減 .....                                    | 261        |
| 6-5. 電磁耦合系數與頻率的关系 .....                                        | 270        |
| 6-6. 電纜內任何回路間的電磁耦合 .....                                       | 273        |
| 6-7. 長的電纜綫路中的串話衰減 .....                                        | 277        |
| 6-8. 國際諮詢委員會關於長途通信電纜干擾防衛度所規定的標準 .....                          | 281        |
| 6-9. 耦合的特性比及其對電纜串話衰減的影響 .....                                  | 285        |
| 6-10. 在製造過程中電磁耦合系數的變動 .....                                    | 289        |
| 6-11. 回路間的間接干擾 .....                                           | 293        |
| 6-12. 集中加感回路中的干擾 .....                                         | 297        |
| 6-13. 電纜絞合的基本情況 .....                                          | 300        |
| 6-14. 在電纜干綫上建立長途通信的原則 .....                                    | 310        |
| 6-15. 通信電纜的平衡 .....                                            | 315        |
| 6-16. 交叉法平衡 .....                                              | 318        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 6-17. 附加电容器平衡法 .....               | 325        |
| 6-18. 集中平衡法 .....                  | 329        |
| 6-19. 工作电容和欧姆电阻的均衡 .....           | 336        |
| <b>第七章 同轴电缆中的干扰</b> .....          | <b>338</b> |
| 7-1. 同轴回路中干扰的性质 .....              | 338        |
| 7-2. 耦合阻抗 .....                    | 342        |
| 7-3. 同轴电缆串话衰减的计算 .....             | 347        |
| 7-4. 同一铅皮内各同轴綫对間的干扰 .....          | 352        |
| <b>第八章 通信电缆的屏蔽</b> .....           | <b>354</b> |
| 8-1. 屏蔽及屏蔽电缆的現有型式 .....            | 354        |
| 8-2. 屏蔽原理 .....                    | 358        |
| 8-3. 同轴电缆的屏蔽 .....                 | 361        |
| 8-4. 对称电缆的屏蔽 .....                 | 365        |
| 8-5. 屏蔽体内能量的损耗 .....               | 372        |
| 8-6. 混合多層屏蔽体的計算 .....              | 378        |
| 8-7. 偏心率对电缆屏蔽特性的影响 .....           | 388        |
| 8-8. 圆球型屏蔽体和平型屏蔽体的屏蔽作用 .....       | 392        |
| <b>第九章 电缆材料</b> .....              | <b>395</b> |
| 9-1. 导綫材料 .....                    | 395        |
| 9-2. 絕緣材料 .....                    | 397        |
| 9-3. 屏蔽材料 .....                    | 409        |
| 9-4. 电缆保护复盖層所用的材料 .....            | 410        |
| <b>第十章 通信电缆的制造工艺</b> .....         | <b>413</b> |
| 10-1. 制造过程 .....                   | 413        |
| 10-2. 通信电缆心綫的絕緣 .....              | 418        |
| 10-3. 对称电缆元件的絞合和总絞合 .....          | 435        |
| 10-4. 兼有同轴元件和对称元件的混合式电缆的絞合特点 ..... | 442        |
| 10-5. 通信电缆的干燥 .....                | 444        |
| 10-6. 电缆的包鉛 .....                  | 449        |
| 10-7. 塑料絕緣和塑料包皮 .....              | 456        |
| 10-8. 电缆的裝甲 .....                  | 458        |
| <b>附录 I. 計算材料重量的公式</b> .....       | <b>464</b> |
| <b>附录 II. 对称电缆的电气特性</b> .....      | <b>469</b> |
| <b>附录 III. 指数函数表及双曲綫函数表</b> .....  | <b>476</b> |
| <b>参考資料</b> .....                  | <b>481</b> |
| <b>索引</b> .....                    | <b>483</b> |

## 序 言

可靠的而質量又很優良的長途電話電報通信以及遠距離的電視傳輸，唯有在國家以新式通信電纜進行電纜通信的基礎上，才能付諸實現。

電纜工業目前最重要的一個問題，就是滿足國家對各種通信電纜（同軸電纜和對稱電纜）日益增長的需要。

為了順利地解決這個問題，需要有很多具有高度技術水平的專門人材。本書“通信電纜”的目的即在於幫助學校培養專門人材並幫助電纜工業中工程技術人員提高技術水平。

書中研究了通信電纜的理論基礎和新式電纜的設計結構原理，同時也敘述了對稱通信電纜和同軸通信電纜的製造方法。

第2、4、5、6、7、8章和第3章的後半章系技術科學副博士И. И. 格羅德涅夫（И. И. Гроднев）講師所寫。

第1、9、10章和第3章前半章系工程師Б. Ф. 密列爾（Б. Ф. Миллер）所寫。

本書在編寫過程中，承技術科學博士С. М. 布拉金（С. М. Брагин）教授、工程師Н. И. 別洛魯索夫（Н. И. Белоруссов）和校閱人——技術科學副博士А. Я. 卡日當（А. Я. Каждан）給予許多寶貴的建議和意見，特此志謝。

И. И. 格羅德涅夫

Б. Ф. 密列爾

# 第一章 概論

## 1-1. 通信電纜的用途及其發展過程

蘇聯社會主義經濟的蓬勃發展、在國內許多遙遠角落裡新興工礦企業的出現、以及農產品的增多，都要求有分布廣泛而技術上又很完善的通信。

電纜干綫是綫路建設中最現代化的型式，實際上它能保證任何距離的穩定通信。其主要優點是可保護通信不受大氣等之干擾、經久耐用且無需地上建築。在現階段當以高頻多路通信制把回路復用時，尤可充分表現出電纜綫路的優點。

最近通信綫路已廣泛應用電纜，而長途通信電纜設備的質量亦隨之在日益改變中。改善電纜技術的工作須服從於如下任務：擴大傳輸頻帶以及與此相連系的，必須不斷改善電纜的電氣特性，以便在高頻通路中能沿電纜傳輸各種形式的通信。

現在沿通信電纜傳輸的頻帶是在零至幾十兆赫的範圍內。

在電纜上傳輸如此寬的頻帶，必需採用特殊的材料、新的結構和製造工藝。由於一些新的優良介質（愛斯卡明<sup>⊖</sup>、聚苯乙烯塑料、聚乙烯和其他高分子量的塑料）和磁性材料的出現，已促進了這一問題的順利解決。

蘇聯電纜設備和長途通信的廣大發展，僅在十月社會主義革命以後才開始，在幾個斯大林五年計劃的年代裡，蘇聯已建立了普及國內所有主要的和遙遠的中心城市的長途通信網；建立了能出產一切新型通信電纜的巨大工廠。除電話和電報通信外，傳真電

⊖ 譯者注：愛斯卡明（эскамон）是由合成橡膠（醇類制成）加熱至 250°C 制成之介質。



报、广播和电视也在迅速地發展着。

第一批通信电纜綫路的兴建是和俄罗斯科学家 П. Л. 西林格 (П. Л. Шиллинг) 及 Б. С. 雅可比 (Б. С. Якоби) 的名字分不开的。远在 1812 年, 西林格就在彼得堡利用了他所創造的絕緣导綫作了水雷爆炸的表演。

1851 年, 与建筑十月鉄路的同时, 莫斯科、彼得堡間也敷設了以馬來膠絕緣的电报电纜。

1890 年, 莫斯科市內就以一些有 54 根心綫的电纜建立了市內電話網, 以后彼得堡也在 1900 年建立了电纜網。

在本世紀初期第一批通信电纜的結構仅可作距离在 6 公里以下的電話傳輸。这就是所謂空气紙絕緣的对扭式市內電話电纜。在本世紀的廿年代又建立了傳輸距离可增至 30 公里的長途通信电纜, 同时傳輸頻帶也已增寬至 10 千赫, 而这就是第一批紙繩絕緣的星形四扭或复对扭式电纜。复对扭已解决了由心綫四扭組組成两个实回路和第三个幻回路的問題。这时也曾順利地完成了以人工增加电纜电感的方法增加傳輸距离的試驗, 这些方法到現在依然沒有失去它們的意义。

1921 年科学院通信院士 В. И. 柯伐連柯夫 (В. И. Коваленков) 研究出一种放大器, 而这种放大器的应用就是通信技术發展的第二阶段。放大器的应用要求提高長途通信电纜的質量, 特別是在减少电纜內發生各种干扰的可能性这一方面。放大器結合电纜的人工加感, 当时已可實現更远距离的長途電話电报通信。沿电纜干綫合理分配增音站, 就已使心綫直徑由 2—3 公厘减少到 0.9—1.4 公厘。

最后, 在快到 1930 年的时候进入發展的最后阶段, 这时多路复用制發展了, 沿电纜傳輸的頻帶有必要大大加寬。結果出現了完全新型的电纜——同軸电纜; 这种电纜可以在几百万赫的頻帶內实行高频复用并可把电视節目傳輸到很远的距离。

欲最大限度地复用电纜回路而同时使增音站間仍保持相当大的距离的这一意图，促成了聚苯乙烯塑料絕緣密集中加感电纜的出現。

在發展通信技术鼓励創造新型电纜总过程的同时，每一种类型的电纜，都不断地改善着，而电纜的制造工艺也有显著改变。

1928 年以前，在苏联只有三种通信电纜；即空气紙絕緣市内电话电纜、用絕緣混合物浸过的絲或紗纏在芯綫上的电话分配（用户的、局内的）电纜以及用电纜紙絕緣的电报电纜或閉塞电纜等三种。从 1928 年起，新的电纜技术——長途通信电纜部門开始發展。列宁格勒的工厂“塞甫卡卡”（Севкабель）是这方面的先鋒，該厂制出了敷設于西华士沼地（Сивапские болота）的混合絕緣（具有附加紙卷的三角形空气紙絕緣）电纜。按照电纜的特性，敷設和安裝的条件，这种电纜已具有長途通信电纜所特有的全部特点。它是由直徑为 1.4 公厘各組相互屏蔽的心綫組成。电容耦合則在电纜敷設和安裝时加以平衡。这种电纜之所以有其价值也是因为制造它并不要应用特殊装备。应用了这种电纜，就順利地实现了大陆和克里木半島的通信。从那时起長途通信电纜的技术不停地向前推进着。首先为电报电话站出产了心綫直徑为 0.9 公厘的紙繩絕緣电纜。1931 年制造了第一种具有屏蔽綫对的混合电纜，当时曾用来广播列宁格勒無線电中央室的游艺节目，其距离为 30 公里。此后这种既可用来傳送广播电台市内广播站游艺节目又有四扭組用作長途电话电报通信的混合电纜，就已开始大量生产。

長途通信电纜的进一步改善就是研究更稳定的、平衡过程更簡化的、适用于高频通信的电纜結構。这样在 60 千赫以下頻率复用的紙繩絕緣电纜就被制供使用。其主要特点是制造工艺精密、絞合間距有特殊的配合、芯綫絕緣并已加强，这就保证了电气特性的均匀和高超的質量。1940—1941 年起又开始使用聚苯乙烯塑料絕緣的通信电纜，現在这种电纜已在大批生产。

1936 年“塞甫卡卡”工厂研究出在电话心綫上加紙絕緣的新方法。苏联的工程师 E. Ф. 克利巴諾夫 (Е. Ф. Клибанов), Н. И. 庫克令 (Н. И. Кукин) 和 Д. Е. 切尔克里契昌 (Д. Е. Черкритичан) 設計并制出了一种特殊的絕緣机, 此法系把一層紙漿加到金屬綫上, 接着在爐中烘干而使芯綫絕緣, 这种唯一無二的机器完成了兩道生产程序: 制造紙漿, 并用紙漿使金屬綫絕緣。由于紙漿直接在金屬綫上变干, 就有可能用多气孔的松軟紙使金屬綫絕緣, 而在其他絕緣方法中, 紙所必需具有的高度坚固性在这种情况下已不需要, 这种机器迄今还是欧洲唯一的机器, 現正順利地工作着, 毫無疑問我們的電纜工業將很快地获得大量如此优越的設備。

与改善電纜导电部份的同时, 在電纜技术上又已制成一些能保証在各种不同条件下敷設電纜的机械。在研究敷設水底電纜所需的特殊机械时, 碰到了一些特別的困难。这里已解决了兩個重大的問題, 其中之一就是長距离 (一个出厂長度的) 水底電纜的制造, 因为水底電纜不能以普通的方法 (裝置在盤上) 运送, 所以就在河岸上建立電纜工厂。出厂長度很大的電纜或者安置在特殊的槽里, 或者成束地直接安置在港岸上, 然后再卷入有特殊装备的電纜船艙內, 電纜乃由此船向外敷設 (圖 1-1)。第二個問題是深水水底電纜的制造, 其困难在于采用松軟空气紙絕緣 (紙繩絕緣的也包括在內) 的通信電纜經受不住深水的巨大压力。一般在外压大于三个大气压时, 内压約为一个大气压的鉛皮或者会压扁, 这时使電纜絕緣变形, 使电容显著增加, 情形严重时鉛皮甚至全被压毀。为了避免这种現象, 深水電纜在鉛皮下面有防护支座 (支座或用鋼做成螺旋形, 或用金屬做成拱形), 这样的電纜就能承受 500 以上的大气压, 因此能敷設于深达 5 公里的水底。最近我們的工厂已掌握了聚乙烯絕緣電纜的生产方法, 这种電纜具有非常优良的电气特性。它以实心層的方式敷設在心綫上面, 像馬來膠一样, 因此就不需鉛皮了。由于不需另帶防止高压 (水压) 的設備, 此种電纜就可以敷設

在很深的水底，無疑地，它將逐漸排擠所有其他類型的深水通信電纜。



圖 1-1. 水底電纜裝上駁船。

涉及電纜技術發展的历史時，不能不談到 20—30 年來通信電纜製造方法上的變化。在此期間曾特別深入地研究過電纜的鉛皮和其他保護復蓋層的特性，並曾研究出其他更耐用和更經濟的保護復蓋層。在某些類型的電纜中（分配電纜和局內電纜），部份已用聚氯乙烯塑料代替鉛，這種塑料在已可使其具有足夠的耐寒性時起，就被承認可作此用途。純鉛皮不能滿足電纜技術要求，它易因受振而損壞，因此就不能沿鐵路長距離地運送，已經證明，為了提高鉛皮的機械強度就必需在純鉛中加入其他的金屬（錫、銻、銅、鎢等）。使用得最廣泛的是帶有 0.4—0.8% 銻的鉛。某些工廠則已應用三元合金。

許多年來已確定了在技術上、經濟上都是合理的鉛皮厚度，目前其合理性在絕大程度上已由維護統計資料獲得證明，而此厚度也幾乎已在所有的情況下獲得了統一的标准。

关于裝甲复盖層的厚度和面积現已厘定就序，此外为預防复盖層纖維(黃麻、紙)朽爛，也已研究出一些特殊的浸潤物質。

自从苏联开展了斯达汉諾夫运动以后，劳动生产率就一年一年不断地提高，并且采用了新的更完善的設備，而旧式的則現代化起来。

由于工程技術人員和工人中的斯达汉諾夫工作者以及生产合理化建議者的紧密合作，仅在战后年代，一个電纜工厂里，由于应用了自动机械和改进了纏头，電話心綫絕緣机的生产率就增加了30%。

在同一期間内用作電話電纜总絞合的机器，生产率也增加了20%，而用以使電纜加上裝甲的机器生产率則增加了15%。这还远沒有發掘提高生产率的全部潜在力量，因为几乎在所有生产工序中还可能更广泛的自动化，此外電纜工厂采用流水作業法也为繼續提高劳动生产率和改善產品質量开辟了新的道路。

## 1-2. 通信電纜的一般分类

現代通信電纜可按它的許多特性进行分类，就中即可按其应用範圍、結構和傳輸頻帶來分类。

現在所生产的通信電纜分为对称電纜和同軸(不对称)電纜兩種。

对称通信電纜又可分为：(1)空气紙絕緣電纜，主要是对扭的，它用于距离在8公里以下的市内通信網(TI, TB等牌)，在某些情況下，市内通信電纜也有制成星形四扭組(3)的；

(2)星形紙繩絕緣電纜，用来进行長途和市郊通信，也可作为各站布綫。此种電纜除用紙繩絕緣外，也可用聚苯乙烯塑料繩絕緣。

这些扭繩電纜按傳輸頻帶可分为頻帶在3000赫芝以下的低頻電纜(T3B, TДCB等)、頻帶在60000赫芝以下(12路制)与頻帶

在108000 赫芝以下(24 路制)的高頻合用電纜,屬於這類電纜的首先就是 MKB 和 T3CB 牌電纜。

T3CB 電纜主要在集中加感形式中應用。

除已述者外尚有下列對稱電纜:(a) TPK 牌電纜,用于市內電話通信的分配網和用戶網,其心綫用紗包漆皮絕緣或以浸潤過的双層紗包絕緣;(6) TCC 和 TCO 牌電纜,供電話局內裝用,其心綫亦用紗包漆皮絕緣。

同軸電纜按用途和結構分為:

(1) 干綫電纜,用以建立長途通信和作電視節目的遠距離傳輸。為得到 660 路通信,此種電纜复用頻帶達  $3 \times 10^6$  赫芝,而傳輸電視時則達 7—10 兆赫;

(2) 射頻電纜,用作無線電台發射和接收天綫的饋電綫,也用于雷達設備和其他現代無線電設備中。屬於這一類的電纜有強力天綫電纜, ДЦВ 電纜,變換電纜和延滯電纜等。

干綫同軸電纜有:大型(5.18 公厘)、中型(2.6/9.4 公厘)和小型(1.83/6.7 公厘)三種。按絕緣類型它又分為:墊圈絕緣電纜(墊圈由聚乙烯,陶瓷,聚苯乙烯造成)、罩形絕緣電纜(罩由聚苯乙烯,陶質及愛斯卡朋造成)、扭繩絕緣電纜(扭繩由聚苯乙烯塑料,聚乙烯,  $\text{KOTON}^\ominus$  等造成)和實心絕緣電纜[此絕緣即聚乙烯、聚異丁烯(90%)—聚苯乙烯(10%)結合體、高頻橡膠等]等四種。

長途通信一般應用混合電纜,此電纜內有兩個,更經常的則是有四個同軸綫對,而在此同軸綫對外周又有一層或兩層對稱結構的四扭組。其中同軸綫對用作長途干綫通信和電視傳輸,而對稱回路則用作站間通信,公務通信和信號傳輸。

按應用的頻率一切現代電纜又可分為三類:

(1) 低頻電纜(3 千赫以下)。

(2) 高頻長途通信電纜,利用載波可在 60 或 108 千赫以下頻

$^\ominus$  譯者注:絕緣材料,無適當譯名。

帶內复用的对称電纜，以及复用頻帶可達 7000—10000 千赫的同軸電纜。

(3) 天綫電纜和其他無線電電纜，用于傳輸大約等于几千兆赫的頻率(直至公分波)。

考慮到電磁能沿各種電纜傳播的特性以及有關此種特性的計算方法，就需把人工加感電纜，特別是集中加感電纜分成獨立的一類。

按保護复蓋層的結構，電纜可分為下列幾類：

(1) 光皮鉛包電纜，敷設于地下管道內、建築物牆壁上或懸空吊挂于鋼絞綫上，這類電纜的商標一般都含有字母 Г (例如 ТГ, ТЗГ, ТДГ, СОГ 等)；

(2) 鉛包的，在鉛皮上面纏有一層保護复蓋層，以防止鉛皮電纜受潮的電纜，這一复蓋層系由浸過瀝青的紙和黃麻做成，當空氣條件對鉛皮特別不利時，懸空吊挂或沿建築物牆壁敷設的電纜就應採用此種電纜。其商標都含有字母 А (例如 ТА 等)；

(3) 鋼帶裝甲黃麻复蓋鉛皮電纜，鉛皮上有兩鋼帶裝甲和浸潤過的黃麻層，直接敷設于地下電纜溝道內；這種電纜的商標一般含有字母 Б (例如 ТБ, ТЗБ, ТДБ, СОБ 等)；

(4) 鋼帶裝甲鉛皮電纜，有兩條鋼帶，但不另加保護复蓋層，敷設于易着火的地方(礦井，隧道等)；這種電纜的商標都含有兩個字母 ВГ (例如 ТВГ, ТЗВГ, ТДВГ, СОВГ 等)；

(5) 鋼絲裝甲黃麻复蓋鉛皮電纜，鉛皮上有鋼絲裝甲及浸潤的黃麻層，敷設于水底(圓形鋼絲裝甲電纜)或斜坡上(扁形鋼絲裝甲電纜)；這種電纜的商標在扁形鋼絲裝甲中含有字母 И，而在圓形鋼絲裝甲中，則含有字母 К (例如 ТИ, ТК, ТЗИ, ТЗК, ТДИ, ТДСК, СОИ, СОК 等)。

## 第二章 通信電纜的理論基礎

### 2-1. 現代的电气通信和对通信電纜的要求

在無線工程範圍所達到的成就，直到現在還沒有使有線傳輸失去它作為基本通信工具的意义。

在長距離時有線傳輸仍然比無線通信穩定得多，而且受到的各種干擾也比較少。此外偷听有線傳輸也比較困難。

現在市內和長途電話、電報、傳真電報（不活動影像的傳輸）多半用有線通信來實現。甚至電視（移動影像的傳輸）也僅在直視度半徑範圍內（在 70—100 公里以下）才用無線電來傳輸，而長距離通常則都利用同軸電纜的導線來傳輸。同時有線廣播亦已大大地發展起來。

在有線通信中電纜是最完善的線路。其工作壽命很長，又可不受大氣條件變化的影響，而在戰時也不易受到破壞。

除電氣特性方面的穩定和防止外界干擾的性能外，所有上述這些都已決定了電纜通信線路在維護使用上的穩定性。

發展長途電纜通信的主要方向是擴充使用頻帶，以達到回路多路復用的目的，也就是要在一對心線上同時傳輸多路電話、電報和其他通信。多路長途有線通信的成就首先就是由電子管和濾波器這些儀器的出現所引起的。

簡單的電纜通信的方框圖，可用具有能量變換器  $A$  的發送機、電纜和具有變換器  $B$  的接收機的形式來表示（圖 2-1）。

變換器  $A$  把待傳輸的信號（光的、聲音的、機械的）變成電磁能，並把電磁能輸送到電纜中去。變換器  $B$  則進行相反的變換，並把能量輸送到接收機中去。依照變換器的型式，所有電氣通信



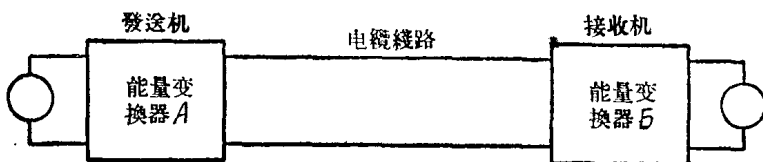


圖 2-1. 電纜通信的簡單方框圖。

都可分成三組：

1. 电机制(电报)；2. 电音制(电话和广播)；3. 电光制(电视和传真电报)。

能量变换器的主要型式列在表 2-1 内。

表 2-1. 用在通信工程中的能量变换器

| 变 換 程 式           | 变 換 器 A             | 变 換 器 B                     |
|-------------------|---------------------|-----------------------------|
| 电机式<br>电音式<br>电光式 | 电磁繼电器<br>送話器<br>光电管 | 电磁繼电器<br>受話器<br>氖灯<br>电子射綫管 |

在电报中系把莫尔斯电鍵或电报打字机的鍵盤造成的机械振动,用發送机的电磁鉄变换为电的脉冲,而在接收端又用电磁鉄再把它变成机械的振动,这些机械振动再用打字机械記錄在电报纸条上。打电报的頻帶不超过 100 赫芝。

在电话通信的情况中,送話器把声譜变换为电振荡沿着电纜进入到收話器。收話器再把电振荡变成用户耳朵可接收的声振荡。此声譜包括自最低的 12—16 赫芝起到 16000 赫芝的全部頻率,但在一般的电话通信中,有 300—3000 赫芝这一段已够用了。

在傳輸文艺音乐的有綫广播中采用的頻帶系自最低頻率至 8000 赫芝。

在高频电话中,送到綫路上去的是已被声譜頻率調幅过的載頻振荡。傳輸到綫路上去的載波数目相当于載波通信的数量(电路数)。載波电话的每一电路可分到 4000 赫芝寬的頻帶,因而載波