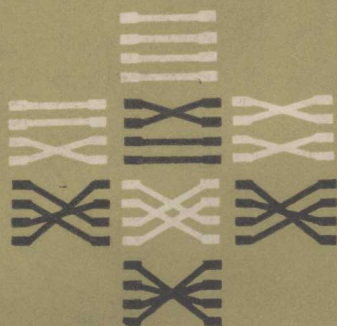


電信電纜平衡譯丛



邮电部设计院编译 · 人民邮电出版社出版

## 內 容 提 要

本書收集了苏联、德意志民主共和国、英国、美国、荷兰、法国和墨西哥等国家有关电纜平衡的文章 16 篇。在这些文章中，提出了从理論上分析对称电纜最高利用的方法，叙述了如何保証回路能有很高的干扰防卫度的問題。



## 电 信 电 纜 平 衡 譯 丛

編譯者： 郵 电 部 設 計 院  
出版者： 人 民 郵 电 出 版 社  
北京东四 6 条 13 号  
(北京市書刊出版业营业許可証出字第〇四八号)  
印刷者： 北 京 新 华 印 刷 厂  
发行者： 新 华 書 店

开本 787×1092 1/32 1959 年 11 月 北京 第一版  
印张 5 30/32 頁数 95 插頁 1 1959 年 11 月 北京 第一次印刷  
印刷字数 137,000 字 印数 1—1,300 册

統一書号：15045·总1063—有207

定价：(10) 0.87 元

## 1. 干綫通信对称电纜的技术

最近几年来，在国外已經广泛地采用高频对称电纜、同軸电纜和无綫电接力綫路作为长途通信的綫路設備。

在这篇文章里，我們只研究有关对称电纜的問題。

国外长途对称电纜技术的发展方向主要有下列几点：(1) 加寬所使用的頻带以增加电路数；(2) 几乎完全不采用加感或在原先敷設的电纜上去掉一部分加感；(3) 改进电纜制造工艺；(4) 改进在工厂里或在建筑电纜綫路过程中检查电纜电气特性的方法。

最近 10—12 年以来，在对称电纜的結構和計算方法方面并没有任何原則性的改变；但是由于力图加寬傳輸頻带的緣故，目前所生产的电纜的电气特性已有了显著的改善。在最近一个时期，对称电纜技术在法国，德意志民主共和国和西德已得到很大的发展。在这些国家里，已經制造和敷設了使用頻率是 12 到 250 千赫的 60 路載波机械用的电纜。現在，民主德国和西德正在研究用来安装頻率达 550 千赫的 120 路載波机械用的对称电纜。

在丹麦，比利时和卢森堡已經敷設了能够傳輸頻带达 204 千赫(48 路制)和 252 千赫(60 路制)的电纜。在英国和美国，对称电纜主要是用来傳輸 60 千赫以內和 108 千赫以內的頻带(12 路制和 24 路制)。在这些国家里，显然是由于首先广泛地采用了同軸电纜，然后又采用了无綫电接力綫路，因而使对称电纜的发展受到了限制。

到 1951 年止，长途对称电纜的长度：美国是 104 千公里，

英国是 51.8 千公里，法国是 21 千公里。关于开通 48 路和 60 路通信制式的电缆得到迅速发展的程度，可由下面的数据来证实：在 1951—1953 年间，仅西德“Фельтен-Гильом”一个公司就出售了上述载波电缆 2000 多公里。

对称结构的高频电缆通常采用星绞心线。只在个别情形下，才利用以前敷设的“复对绞”电缆作为高频电缆。在法国、德意志民主共和国和西德现在所生产的用来开通 205 千赫频带的电缆中，通常有 1、2 个四线组，其中有 3 个四线组在中心层，有 9 个四线组在外层。此外，也制造了小容量的电缆——7 个四线组的和 4 个四线组的。除了“纯”高频电缆外，工业部门也生产带有同轴线对的综合电缆或带有低频线对的综合电缆。

电缆心线采用线径是 1.2 公厘的铜导线。只有德国最新出产的电缆才做成 1.3 公厘径的心线。由于把心线线径从 1.2 公厘增大到 1.3 公厘，同时又将工作电容从 25 毫微法/公里减小到 22 毫微法/公里，以及采用了聚苯乙烯绳来代替纸绳，因此这种电缆在 550 千赫（120 路载波制）时的衰耗常数，大约等于线径是 1.2 公厘的纸绳绝缘电缆在 250 千赫时的衰耗常数。

设计上述新型电缆结构的理由显然有下列两点：（1）当沿着已敷设电缆（复用频率达 250 千赫）的路由敷设这种新型电缆时，复用频率可提高到 550 千赫而不需增设增音站，（2）开通频率范围达 550 千赫的频带的增音段长度正是同轴线对增音段长度的两倍，因而就便于利用综合电缆中新的结构的四线组。

心线绝缘常采用纸绳或聚苯乙烯塑料做成的绳，而很少采用聚乙烯浆。此外，在聚乙烯和聚苯乙烯的基础上正进行泡沫塑料绝缘的研究。泡沫塑料绝缘本身具有绳绝缘的优点（高频时损耗小）和良好的密闭性能（防潮性）。

对称电缆和综合电缆的“制造长度”，是根据回路数目的多

少和制造的可能性，做成 200 公尺到 500 公尺的长度。在某些電纜中除了用来組成高頻回路的工作心綫外，还有信号心綫——4 个四綫組的電纜中有 5 根，7 个四綫組的電纜中有 6 根，12 个四綫組的電纜中有 9 根。信号心綫是利用綫径是 0.9—1 公厘的銅質導綫作成的。在繩絕緣電纜中，信号心綫通常和工作心綫一样是絕緣的；而在塑料絕緣電纜中，信号心綫則不絕緣。

在西德制造的某些電纜中，为了便于发现鉛皮的障碍，在電纜的絕緣帶中放有由 7 根綫径是 0.2 公厘的銅綫組成的編織物或两根分布在電纜切面相对位置的綫径是 0.5 公厘的心綫。

制造高頻電纜时，要特別注意使各回路有相同的波阻抗和相位常数，也就是說，在整个傳輸頻帶中使回路的工作电容和回路的电感不变。为了达到这个目的，在法国制造的 12 个四綫組的電纜中，內层的四綫組采用了特殊的构造。利用由两根直径稍为大于  $0.5d$  并扭在一起的繩来代替原先直径是  $d$  的单股实心繩，这样，就減小了絕緣介質常数和回路心綫間的距离。这时回路的电容几乎不发生变化，而外层和內层回路的电感在高頻时几乎一样。假若两层回路的构造相同，則在高頻时由于外层回路接近鉛皮，故外层回路的电感要比內层回路的电感小些。

應該指出，在德国和法国新型高頻電纜中，四綫組都有中心繩，因而提高了結構的稳定性和对称性。

西德在安装开通 250 千赫以內頻帶的電纜时，要进行下列平衡措施：(1) 四綫組作系統的交叉，(2) 在增音段的三个点（增音段的中点和距离增音段两端是 3—4 公里的两个套管）上作交叉，(3) 在上述两个套管中接入电容器。平衡用的电容器采

用陶瓷电容器,其容量应稳定,当使用时间增长和温度变化时,要求容量的变化不应大于1%。根据回路特性阻抗的有效分量的平均值把制造长度分为5组。为了使回路的参数有很大的均匀性,彼此相邻敷設的制造长度应取相同组的或相邻组的。同时,在增音段的两端应尽可能敷設第三(中間)组的制造长度。

1952年法国曾按下列步骤完成了复用频率达110千赫的回路的平衡工作。把增音段分成长度和低频回路加感节距(1830公尺)相等的平衡节距。平衡节距由8个制造长度组成,采用綫对交叉方法来减小电容耦合、电容不平衡以及磁耦合。电容耦合在800赫频率下进行测试,而磁耦合在5000赫频率下进行测试。在七个接续点中减小电容耦合 $k_{2,3}$ 和不平衡 $e_{1,2}$ ,在三个接续点中减小耦合 $k_{1,9-12}$ ,在四个接续点中,减小耦合 $m_{1,9-12}$ (見譯注1)。

为了减小近端串音电流,当連接接近局站的平衡节距时,在第2、第4或第6个套管中按照电磁耦合测试结果进行交叉。为了减小远端干扰,采用以电导单位作刻度的专用电桥,按照电磁耦合测试结果采用按对联接平衡节距的方法。

在所有实綫回路間都要进行上述测试,从而在12个高频四綫組中,在接续点每边心綫的测试数目为 $c_2^{24} = \frac{24 \times 23}{2} = 276$ 次,而考虑相反的組合則为 $p_2^{24} = 552$ 次。要选择一个使得在所有276(尤其是全部552)个組合中的防卫度都被提高的回路交叉方式是不可能的。綫对中心綫的交叉只能去平衡 $24-1=23$ 个組合数;因此,仅有23个最大的耦合得以减小;而其他耦合通常接近平均值。

法国在安装开通250千赫以内頻帶的电纜时,采用了稍有不同的平衡方法。这就是把增音段分成若干个由8个制造长度

組成的平衡节距。在每个节距里經過平衡后尽量使得四綫組內回路的平均防卫度值以及相邻四綫組間和不相邻四綫組間回路的平均防卫值都一样。由此，在平衡节距內相邻四綫組間回路的平均防卫度值仍和制造长度中的平均防卫度值(10.4 奈培)一样，而最小值要超过一些 (9 奈培)。不进行平衡的不相邻四綫組間的防卫度平均被减小  $0.5 \ln 8$  奈培，并且仍旧是 10.4 奈培。当联接平衡节距时，按照測量結果来选择交叉方式，这时只需考虑可能的組合的 15—20% 便可(見譯注 2)。在接近站方的 2—3 个套管中进行为减小近端干扰的平衡。

測試已安装好的增音段証明，用平衡可得到下列效果：(1) 远端回路防卫度不小于 8.4 奈，且 90% 的数值超过 8.6 奈培；(2) 近端串音衰耗不小于 6.7 奈培，且 90% 的数值超过 7.2 奈培；(3) 特性阻抗和平均值的最大偏差不大于 5%；(4) 回路相位常数的最大差別不大于  $14^\circ$ 。

由于要加寬在对称電纜中所傳輸的頻帶，因而就提高了对回路的电气特性和对許多参数的要求。在外国無論是在工厂或当建筑通信電纜綫路时，都采用了新的仪器和电气測試方法。例如，英国“标准”公司出产了一套測試对称回路間在 500 千赫以內頻帶中的串音衰耗的仪器。

在法国也有許多种測試仪器。其中还有測試頻率范围达 300 千赫的可見讀数的仪器組。这种測試仪器組可以測試串音衰耗、工作衰耗和輸入阻抗，也可以用来作諧波分析器和測試回路均匀性的脉冲測試器。复数耦合測試器可以在 600 千赫以內頻帶中进行測試。用来測試波阻抗的专用平衡电桥同样也适用于这种頻帶。此外也研究和制造了一种能够在 60 千赫頻帶內迅速測出介質損耗角正切的專門仪器，以及能够在 240 千赫頻率范围內确定相角差的測試仪器，这种仪器的測試誤差不超

过  $0.1^\circ$ 。

西德出产了下列各种使用频率达 600—700 千赫的对称电缆测试仪器：串音衰耗测试器，复数耦合测试器，平衡变量器等等。

由于具有大量的宽频带用的测试仪器，就不仅可以精细地检查产品质量和安装工作的质量，而且还可以进行广泛的试验性的研究。

译注 1：各接续套管平衡项目如下：

| 1#            | 2#            | 3#            | 4#            | 5#            | 6#            | 7#            |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ | $k_{2,3e1-2}$ |
| $m_{1,9-12}$  |               | $m_{1,9-12}$  |               | $m_{1,9-12}$  |               | $m_{1,9-12}$  |
|               | $k_{1,9-12}$  |               | $k_{1,9-12}$  |               | $k_{1,9-12}$  |               |

在电缆平衡的文章中，一般是用  $K$  (大写) 表示电磁耦合， $k$  (小写) 表示电容耦合， $m$  (小写) 表示磁耦合，脚注的函义如下：

|                                    | 发生干扰的回路    | 电容耦合  | 磁耦合   | 电磁耦合  |
|------------------------------------|------------|-------|-------|-------|
| I. 一个四线组内                          | 实路 1 对实路 2 | $k_1$ | $m_1$ | $K_1$ |
|                                    | 幻路对实路 1    | $k_2$ | $m_2$ | $K_2$ |
|                                    | 幻路对实路 2    | $k_3$ | $m_3$ | $K_3$ |
| II. 两个幻线回路间                        |            | $k_4$ | $m_4$ | $K_4$ |
| III. 一个四线组内的<br>实回路和另一四<br>线组内的幻线回 | 四线组 A 实路 1 |       |       |       |
|                                    | 对四线组 B 幻路  | $k_5$ | $m_5$ | $K_5$ |
|                                    | 四线组 A 实路 2 |       |       |       |
|                                    | 对四线组 B 幻路  | $k_6$ | $m_6$ | $K_6$ |
|                                    | 四线组 B 实路 1 |       |       |       |
|                                    | 对四线组 A 幻路  | $k_7$ | $m_7$ | $K_7$ |
|                                    | 四线组 B 实路 2 |       |       |       |
|                                    | 对四线组 A 幻路  | $k_8$ | $m_8$ | $K_8$ |

|              |              |          |          |          |
|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| IV. 不同四綫組实路間 | 四綫組 A 实路 1 对 |          |          |          |
|              | 四綫組 B 实路 1   | $k_9$    | $m_9$    | $K_9$    |
|              | 四綫組 A 实路 1 对 |          |          |          |
|              | 四綫組 B 实路 2   | $k_{10}$ | $m_{10}$ | $K_{10}$ |
|              | 四綫組 A 实路 2 对 |          |          |          |
|              | 四綫組 B 实路 1   | $k_{11}$ | $m_{11}$ | $K_{11}$ |
|              | 四綫組 A 实路 2 对 |          |          |          |
|              | 四綫組 B 实路 2   | $k_{12}$ | $m_{12}$ | $K_{12}$ |

譯注 2: “可能的組合数”是指 8 种交叉方式。

技术科学副博士: B. O. 施瓦尔茨曼

譯自苏联“邮电通报”1957 年第 4 期

(李既平譯, 汪名远校)

## 2. 高频通信电纜的平衡方法

### (一) 前 言

电纜內各回路間的相互影响, 是电话通路发生干扰的一个主要来源。

为了要保証远距离传输和良好的通信質量, 在每个增音段中, 回路間的防卫度必須符合一定的标准: 对开通 K—24 型载波机械的电纜, 电纜的回路組合的 80% 应该不低于 8.5 奈培, 而其余的 20% 应不小于 8.0 奈培; 对开通 K—60 型载波机械的电纜, 电纜的回路組合的 80% 应该不低于 8.8 奈培, 而其余的 20% 应不低于 8.4 奈培。要达到这样高的防卫度, 除采取一系列措施来提高电纜的制造工艺外, 在安装电纜的过程中还必须进行平衡工作。

高频通信电纜回路間的相互影响的特点是在各个回路間都有直接和間接的能量串扰的途径。

直接影响是由于所考虑的两个回路間有电、磁耦合; 間接

影响是由于机械和綫路的不匹配、回路的不均匀和有經由第三回路的耦合。实验和理論証明：間接影响和直接影响的后果是相近似的，間接影响也会降低回路的防卫度。

## (二) 苏联旧的平衡方法

根据上面的理由，苏联 1952 年出版的“通信电纜平衡指南”建議把高频通信电纜的平衡工作分作三步来进行：1) 在平衡节距內；2) 在連接平衡节距的时候；3) 在安装好的增音段上。

第一步是根据同一四綫組內第一实路和幻路間的电容耦合  $k_2$ 、第二实路和幻路間的电容耦合  $k_3$ 、第一实路的电容不平衡  $e_1$  和第二实路的电容不平衡  $e_2$  的測試結果，在平衡节距（一般等于 1.7 公里）中央的套管中（见图 1），用回路交叉办法来减少經由第三回路的影响。电容耦合和电容不平衡是在頻率 800 赫时进行測量的。为了减小不同四綫組中回路的传播常数的差別，以提高以后集中平衡的效果起見，在平衡节距的中央套管中要进行四綫組的系統差接。差接的方法是把左方半节距中的第一个四綫組和右方另一半节距中的第二个四綫組联接，左方第二个四綫組和右方第三个四綫組联接。依此类推，最后左方的最末一个四綫組和右方的第一个四綫組相接，如图 (2) 所示。

第二步是在邻近增音站（或終端站）的平衡节距彼此联接的套管中，根据近端串音衰耗測量

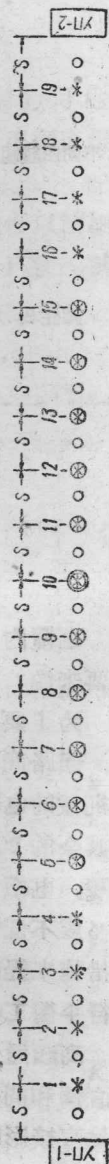


图 1



图 2

結果，选用适当的回路交叉方式，来保証减小回路間由于机械和綫路不匹配而引起的影响。当用交叉法仍不能达到所需近端串音衰耗值时，就得在第一接合套管甚至在第二接合套管中进行近端集中平衡。其它平衡节距彼此联接的地方，則根据远端串音衰耗的測量結果来选择回路的交叉方式进行接續；以便保証减少由于直接影响和經由第三回路能量串扰以及回路不均匀性而引起的間接影响。

第三步就是所謂远端集中平衡，在增音段的中央套管內（图(1) 接合套管 10），在相互干扰回路的心綫間，接入由电容器和电阻所組成的反耦合网络。集中平衡后，可以使得回路間的直接影响进一步减少。

自从采用机械化的电綫的敷設安装工作后，电綫的建筑工程所需時間大为縮短，因而用上面方法来进行平衡的时候，就阻碍了电綫綫路建筑施工的速度。

### （三） 苏联 1953 年的簡化平衡方法

1953 年，苏联中央邮电科学研究院研究了簡化平衡方法，这种方法縮短了高频电綫平衡所消耗的时间，减少了經費开支，并且能保証获得和旧平衡方法有相等質量的效果。

这项研究工作指出：回路間的远端串音影响是下列四种成份所組成的总和結果，这就是：直接影响、由于回路結構不均

匀性而引起的影响、按照双近端串扰定則經由第三回路的影响 (图 3 甲) 以及按照双远端串扰定則經由第三回路的影响 (图 3 乙)。

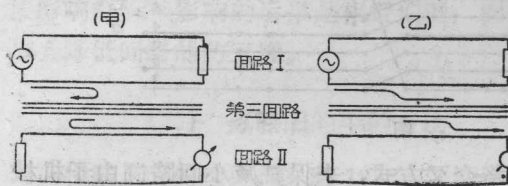


图 3

3 乙)。它們的大小几乎相等。

旧法中，在平衡节距內施作回路交叉，用来减少电容耦合  $k_2-k_3$  和不平衡电容  $e_1-e_2$  的方法只可能减少一些按照双近端串扰定則經由第三回路的影响。但即使是能把这个影响完全消除，也不过只能使回路的远端防卫度提高 0.15 奈培。同时在测量回路的防卫度时总会有测量誤差，因此减少耦合  $k_2-k_3$  和不平衡电容  $e_1-e_2$  的实际效果只在 0.1 奈培以內。根据这个道理，可以得出这样一个結論，即：在用平衡节距內施作回路交叉的方法来减少  $k_2-k_3$  和  $e_1-e_2$  值是不值得的。于是旧法第一步沒有进行的必要而被取消了，但在各平衡节距內的中間套管內仍旧进行四綫組的系統差接。

平衡法的另一簡化是在連接平衡节距的过程中，現在只需要同时在这三个套管中选用适当的交叉方式来进行平衡，这三个套管是位于将增音段分为四个大約相等长度的点上，其它連接平衡节距的套管一律直通接續。不必从增音段两端向中点順次延长平衡节距进行平衡連接。

这样，按照測量結果来进行回路連接的套管数目大大地减少了。并且取消了在地坑中配置測試儀器的必要性。因而避免了迁移仪器和縮短了測量的時間。

图 4 是由 20 个平衡节距組成的 34 公里长增音段的平衡的举例。

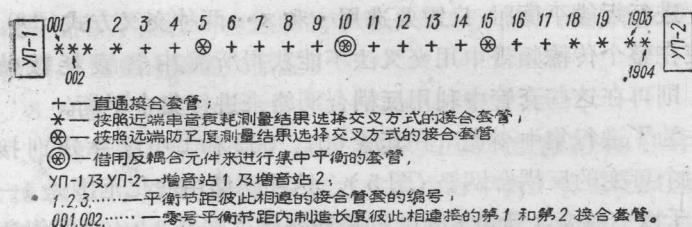


圖 4

每一平衡節距由五個製造長度組成，每一製造長度長 340 公尺，所以每一平衡節距的長度是 1.7 公里。它的平衡順序如下：

1. 將接合套管 3、4、6—9、11—14、16 和 17，以及所有平衡節距內的套管（001、002、1903 和 1904 除外）全部進行直通接續，并在各平衡節距內的中央套管進行差接。
2. 在 001、002、1、2 和 1904、1903、19 和 18 號套管中，根據近端串音衰耗測量結果，進行近端平衡。

首先根據四綫組內回路間的近端串音衰耗測量結果，選擇套管 001、002 的回路交叉方式。這時在套管 1 和 2 中回路暫時進行直通接續，并在套管 3 中將被測回路的終端接上數值等於波阻抗的電阻（MKC 型電纜採用 180 歐，MK 型電纜採用 170 歐）。（注 1）

在套管 001 和 002 中選擇得到最大串音衰耗的交叉方式后，將回路臨時接上，然後用同樣的方法在套管 1 和 2 中選擇交叉方式。

注 (1)：MKC 型電纜指聚苯乙烯塑料繩絕緣的千綫電纜，MK 型電纜指空氣紙繩絕緣的電纜。

MKCB—24—4×4×1.2 型電纜是表示開通 24 路載波機用的聚苯乙烯塑料繩絕緣鋼帶鍍裝的千綫用電纜，它的心綫直徑是 1.2 公厘，共有四個四綫組。

进行近端平衡时,只需要选用…和×…两种交叉方式(注2)。假使在整个传输频带中用交叉法不能获得所需串音衰耗数值时,则再在这些套管中利用反耦合网络来进行集中平衡。

为了进行集中平衡,在套管 001、002 和 1 中应当分别接入两个可变的反耦合网络(图 5)。这种网络由变化范围是 1—100 千欧(每步 1 千欧)的电阻箱和变化范围是 3—400 微微法的电容箱组成。这两个箱在网络中相互串联。

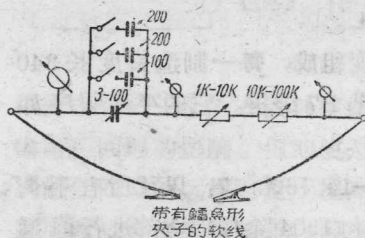


图 5

进行集中平衡时先在套管 001 中相互干扰回路的心线 1 和 3 之间接入可变网络,不断改变电容和电阻值的组合,从而获得所需近端串音衰耗值。

如果达不到这个目的,则在心线 1 和 4 之间接入一个网络。如果这样仍不能达到所期望的数值时,则接入两个网络,一个接在心线 1 和 3 之间,一个接在 1 和 4 之间。

在个别情形下,不得不同时在几个套管中选择和接入反耦合网络时,这些套管的选择由串音衰耗的频率特性来决定。假如高频特性不好,则必须在套管 001 中进行平衡,如果低频特性不好,则应当在套管 1 中进行平衡。可变网络选择完毕后,改用同样数值的固定电阻和电容来代替。最后将所有套管中没有接好的回路正式加以连接。

在增音段的对端也是这样来完成近端平衡的。应当指出,

注(2): ×…是交叉方式的代表符号,“×”表示交叉接续,“·”表示直通过续。

第一位表示四线组内第一实线回路两导线是否交叉,第二位表示四线组内第二实线回路两导线是否交叉,第三位表示第一实线回路和第二实线回路是否作幻象交叉。

在近端通常不进行四綫組間的平衡，因为所需串音衰耗数值由电綫制造长度的質量来保証。

### 3. 在套管 5、10 和 15 中进行远端平衡

近端平衡工作完毕后，根据远端防卫度的測量結果，在套管 5、10 和 15 中选用适当的交叉方式来进行平衡。首先應該选择实綫回路的交叉方式，如果这样仍达不到所要求的防卫度，則选用幻象交叉的交叉方式。实践証明：对于两边的套管（套管 5 和 15），选择…或×…的交叉方式已經足够，而对于中間套管則需采用…、×…或…×的交叉方式。

根据所选择的交叉方式，在接合套管 5、10 和 15 中把心綫临时接通。如果在整个傳輸頻帶內，用交叉法还不能达到所需防卫度时，就需要利用反耦合网络在套管 10 中进行集中平衡。这些网络的参数是按照回路的远端防卫度測量結果来选择的。网络的选择和接入过程与近端平衡相同。

进行集中平衡时，首先提高四綫組內的回路的防卫度，然后再提高四綫組間回路的防卫度。

在个别情况下，按照远端防卫度測量結果来选择交叉方式的接合套管的数目，可以增加至 5 个或者减少到一个。

实验結果証明，在 5 个套管中按照远端防卫度測量結果来选择回路的交叉方式，会使得需要进行集中平衡的回路組合数目减少，例如在 5 个套管中选择回路交叉方式来平衡 MKCB—24—4×4×1.2 型电綫时（見 11 頁注 1），平均需要接入 10 个反耦合网络，而在 3 个套管中选择回路交叉方式时，却需要 13 个反耦合网络。但对提高远端串音防卫度來說，并不会带来更大的好处。

只有在电綫質量很高的情况下（例如 MKCB—60 型电綫），才可以只在一个套管中选择回路的交叉方式来进行平衡。

在 1953—1954 年間，这个簡化平衡方法曾在苏联某些干綫电綫建筑工程中采用，它能保証获得所需电气特性，并能和电綫的敷設安装工作的进度相配合；减少了安装工作的繁重性、加速了电綫建筑安装工作，并且降低了 7—8% 的建筑成本。于是使高频电綫的平衡方法变得更簡單而完善了。但在建筑开通频率达 250 千赫的干綫电綫中的經驗指出：四綫組內回路間的远端串音防卫度要达到要求，往往仍是很費时的。

#### (四) 苏联的最新簡化平衡方法

近几年来，在 П. А. 阿庫利生和 B. H. 庫列朔夫教授以及 A. A. 卡舒金工程师等的共同努力下，从理論和实验工作中明确了引起四綫組內回路間的干扰在高频时增大的一些原因和克服这些干扰的方法。

已經查明，引起四綫組內回路間在高频时使干扰增大的主要原因是由于实綫回路和不对称的第三回路有一系列的耦合所产生的。这个原因也就是使高频电綫集中平衡效果降低的主要原因，因为这种耦合会使得远端串音的电磁耦合的频率特性复杂，要构成有这种复杂频率特性的反耦合是非常困难的。根据架空明綫回路交叉的原理，并把它应用到电綫平衡上来，将回路进行有系統的交叉是减少經由第三回路規律性干扰的有效措施。特别是当电綫內所有四綫組都进行直接时，这种交叉最为有效。

其次发现：将四綫組进行差接，虽然可以使各四綫組中回路的传播常数均匀化，但却降低了四綫組內集中平衡的有效程度。同时目前所采用的 4—7 个四綫組的电綫，不同四綫組回路的传播常数的差別非常小，因而可以不需要进行四綫組的差接。

此外，平衡經驗指出：用接入反耦合网络的方法来提高近

端串音衰耗，会使得远端串音平衡发生困难。而且提高远端防卫度是平衡的主要任务，所以在作近端串音平衡时，最好不要用反耦合网络，何况用交叉方式已能使近端串音衰耗达到必需的数值。

于是高频电缆的平衡方法又跃进了一步。

下面是开通 K—60 型载波机械(最高频率是 252 千赫)电缆增音段的平衡举例(图 6)。

在增音段上的任何套管中，四线组的连接都不必进行差接。除图 6 所示 A、B、B 三支套管外，所有其他制造长度相接续的地点，四线

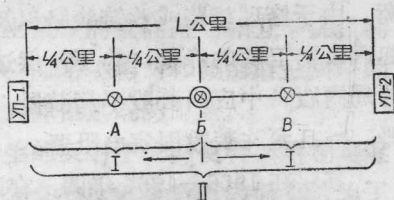


图 6

组内回路的接续都采用  $\times \cdot \cdot$  交叉方式(图 7 甲)。当  $\times \cdot \cdot$  交叉方式不能满足电气要求时，可采用  $\times \times \cdot$ ， $\cdot \cdot \times$  的系统交叉方式(图 7 乙)。

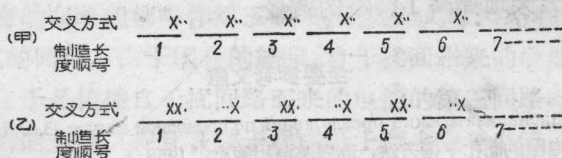


图 7

当采用 MKCB—60 型电缆时不必按照近端串音衰耗测量值来进行回路平衡；当采用 MKCB—24 型电缆时——只需要用交叉法来平衡。因为 MKCB—60 型电缆制造长度的电气规格是按照开通频率达 250 千赫的要求来设计的。而 MKCB—24 型电缆则按最高频率到 110 千赫的要求制造的。

根据远端串音防卫度的测量结果进行平衡时，只需要在图(6)所示 A、B、B 三个套管中进行。平衡方法有二：一是在