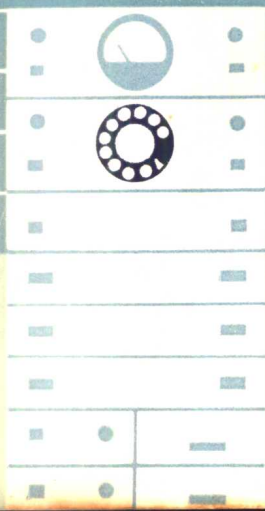


长途电话电路的 传输质量

邱守铨 编 著



人民邮电出版社

長途電話电路的傳輸質量

邱守鍵 編著

人民邮电出版社

内 容 提 要

全书共分十一章。前十章分章阐述那些表征长途电话电路传输质量的十项电气特性，就是：传输电平、电路杂音、制际串音、路际串音、载频同步、电路衰减频率特性、电路稳定度、电路振幅特性、回音和振铃边带等，重点说明每项特性的意义和要求，各项特性之间的关系，怎样改进传输质量以及怎样测试调整等等。最后一章，根据二次复用电路（即载波电报、传真电报和广播等）的特点，专门叙述有关传输的特殊要求。

本书可作为长途电信技术人员尤其是长途电话维护人员的参考用书，也可作为电信院校长途电信专业的教学参考用书。

长途电话电路的传输质量

编著者：邱 守 镗

出版者：人民邮电出版社
北京东长安街27号

印刷者：丹 东 印 刷 厂

发行者：新 华 书 店

开本850×1168 1/32 1965年10月北京第一版
印张6 24/32页数108 1975年1月丹东第四次印刷

印刷字数176,000字 印数1—20,200

统一书号：15045·总1496—有317

定价：0.65元

重 印 说 明

本书阐述了有关长途电话电路主要传输质量的意义、要求及一般测试调整的方法和步骤，可以作为实际工作者或教学方面的参考。书中所引用和讨论的质量标准只作为参考数据，如与现行规定不符时，应以现行规定为准。

本书重印时，只对发现的差错作了更正，未作修订或补充。希望读者在阅读和使用本书时，对本书存在的缺点和错误提出宝贵意见，以便在修订时改正。

编 者

1973年10月

目 录

绪 论	1
第 一 章 传输电平	5
§ 1.1 传输电平概說	5
§ 1.2 传输电平图	8
§ 1.3 几点主要传输电平的要求	11
§ 1.4 稳定传输电平的方法	14
§ 1.5 电路净衰耗值及其持恒	20
§ 1.6 传输电平的测试	28
§ 1.7 电平测试值的修正	34
第 二 章 电路杂音	39
§ 2.1 杂音的影响	39
§ 2.2 电路杂音的成分和限值	46
§ 2.3 杂音的测量	51
§ 2.4 产生杂音的原因	55
§ 2.5 电路杂音段落的寻找	58
第 三 章 制际串音	60
§ 3.1 电路制际串音防卫度	60
§ 3.2 载波频谱配置对制际串音的影响	64
§ 3.3 传输电平与制际串音的关系	68
§ 3.4 线路阻抗匹配与制际串音的关系	73
§ 3.5 产生制际串音的原因	78
§ 3.6 制际串音段落的寻找	85
第 四 章 路际串音	88
§ 4.1 路际可懂串音与路际倒频串音	88
§ 4.2 非线性串音的积累及非线性衰耗的要求	91
§ 4.3 传输电平与非线性串音的关系	96
§ 4.4 电路非线性串音的测量方法和步骤	99

§ 4.5	非线性串音的原因	104
§ 4.6	非线性串音段落的检查	106
第 五 章	载频同步	109
§ 5.1	载频同步的意义和要求	109
§ 5.2	载频校准和同步的几种方法	111
§ 5.3	稳定载频的措施	119
第 六 章	电路衰耗频率特性	122
§ 6.1	有效传输频带宽度对传输质量的影响	122
§ 6.2	电路衰耗频率特性的意义和要求	126
§ 6.3	电路衰耗频率特性不良的原因	130
§ 6.4	电路衰耗频率特性的测试和调整	136
第 七 章	电路稳定度	141
§ 7.1	电路稳定度的意义	141
§ 7.2	电路净衰耗、电路衰耗频率特性与电路稳定度的关系	142
§ 7.3	电路稳定度的要求	144
§ 7.4	电路稳定度的测试	152
§ 7.5	振鸣的原因和消除的方法	156
第 八 章	电路振幅特性	160
§ 8.1	电路振幅特性的意义	160
§ 8.2	电路振幅特性的要求	163
§ 8.3	电路振幅特性的测试和检查	165
§ 8.4	电路振幅特性不良的原因和改进的措施	167
第 九 章	回音	169
§ 9.1	回音的产生及其影响	169
§ 9.2	限制回音的要求	171
§ 9.3	抑止回音的措施	175
第 十 章	振铃边沿	177
§ 10.1	振铃边沿的意义	177
§ 10.2	影响振铃边沿的因素	179
§ 10.3	振铃边沿的要求	182
§ 10.4	振铃信号的测试和检查	183

第十一章 二次复用电路的要求	186
§ 11.1 供音频载波电报用的电话电路的要求	186
§ 11.2 供传真电报用的电话电路的要求	193
§ 11.3 供广播用的电话电路的要求	196
附录一 几种通用的电平符号	202
附录二 电平值加减的计算方法	202
附录三 线路电气特性维护参考标准	205
附录四 载波电话频谱图	209

緒 論

长途電話电路是由綫路和机械設備綜合組成的整体，借以傳輸有用的信息。为了保証优良的通信质量，在綜合平衡技术先进性和經濟合理性的条件下，通信綫路和机械应当符合一定的技术要求，以使它們組成的电路达到規定的傳輸标准。

載波電話是現代长途通信的一个主要手段。同时，我們知道，載波電話电路不仅主要用作電話傳輸通路，另一方面还可以二次复用，即提供音頻載波电报、传真电报和广播等傳輸的通路。因此，載波電話电路首先要全面地滿足電話的质量要求，其中也就包括了二次复用的一般要求。由于这些原因，本书将着重于討論載波電話电路的傳輸质量的要求，闡述它們的意义、作用、相互关系，以及实际应用时的測試調整方法要点，一般分析与提高质量的措施等等。另再专立一章来介紹二次复用的某些特殊要求。

一、電話质量的要素

要确定用什么来表征长途電話电路的傳輸质量，首先要研究一下是用哪些要素来評定電話质量。从使用者來說，電話质量的好坏表現在通話通暢、音量适中、音质良好，也就是主要取决于下面三个要素：

第一是响度：收听到的話音的大小程度；

第二是清晰度：收听到的話音的清楚可懂的程度，也就是正确接收話音成分的概率；

第三是逼真度：收听到的話音的音色和特性的不失真的程度。

很多的研究和實驗証明，要用上面任何一个要素在数量上作为单一的标准来評定電話的质量是不够全面的。

有一种主觀評定電話质量的方法是所謂“听音鑑定”，就是根据上面所說的三个要素对于話音进行綜合評定。但是这种方法因各人

的年龄、性别和敏感的程度不同，使听音的结果有所差异，因而使评定的结果很难一致。所以，实用上除了听音鉴定之外，要采用客观的科学的测试方法。这就要求在评定长途电话电路的传输质量时，选择能够代表电话质量三要素的一些电气特性，对它们进行电气上的测试鉴定，从而综合反映出长途电话电路传输质量的全面情况。

二、表征长途电话电路的传输质量的电气特性

在实际维护运用中，评定长途电话电路传输质量的优劣，一般用以下一些电气特性来衡量，这些是：

- (1) 传输电平（包括净衰减及其持恒度）；
- (2) 电路杂音；
- (3) 制际串音；
- (4) 路际串音；
- (5) 载频同步；
- (6) 电路衰减频率特性；
- (7) 电路稳定度；
- (8) 电路振幅特性；
- (9) 回音。

其所以如此，是因为上列这些电气特性控制着长途电话电路上足以影响传输质量的各个条件（例如：净衰减的变动、各种干扰和失真的影响等等），而这些影响的大小程度又直接决定了电话的响度、清晰度和逼真度；它们与电话质量的这三个要素之间具有十分密切的错综的关系。为了说明问题方便起见，这里用表1中的虚线来表明它们之间的关系。从表1中可以看到，电话质量的每个要素在传输上受着几项有关的电气特性的支配，显然这些电气特性可以用来综合反映长途电话电路的传输质量。

表征长途电话电路传输质量的电气特性

表 1

电话质量要素	电路上影响质量的条件	表征电路传输质量的电气特性
响 度	电平和净衰耗的变动-----	→ 传输电平 (包括净衰耗及其持恒度)
	各种干扰的影响-----	→ 电路杂音、侧隙串音、路际串音和回音等
清晰度	有效传输频带的缩小和带内各频率的净衰耗不均匀-----	→ 电路衰耗频率特性
逼真度	收发两端频率偏移产生的失真-----	→ 载频同步
	通路设备的非线性失真-----	→ 电路振幅特性
	正反馈引起的失真或振荡-----	→ 电路稳定度

此外,振铃(或拨号)信号传输的可靠性也是电话通信上的一个要求,因为如果振铃信号接收不良,同样会妨碍电话接通,使通话无法进行。长途电路传输中的电平和频率的变化都会影响振铃信号的接收,所以在电气特性中另增“振铃边际”一项,借以反映电路上接收振铃信号的质量状况。

以上这些电路电气特性固然能够综合反映出来客观的传输质量,但是更重要的是进一步分别检查这些特性是否达到要求,以便分析和判断通信系统中存在的问题,从而采取改进措施。

三、电路电气特性的综合关系

既然上述的十项电路电气特性能综合地反映电路传输质量,那么,就应当特别注意它们相互之间的关系和影响。

举例说,从电话的响度来看,它虽然主要决定于电路净衰耗的大小,实际上,它还要受很多其他因素的影响,其中包括各种串杂音的干扰和电路衰耗频率特性的影响等等。因为当电路中呈现的串杂音越大时,人们对于固定大小的信号的收听,将越感困难,所

以可以说串杂音干扰等效于电话响度的降低，或是等效于电路净衰耗的增加；反之也一样。电路衰耗频率特性也会影响电话的响度，因为作用于送话器上的是一个复杂的声音，其中包含了某些谱频在内，如果在传输过程中没有频率失真，那末这些谱频将保持原有的成分并保持原有响度的比例，在接收时所汇合成的总的响度，保持了原有的音色。倘使电路的有效传输频带缩小了，而且各个频率的净衰耗不均匀度增加了，就会有一部分谱频受到损失，因而听到的声音就会减小。

进一步的研究表明，传输电平中的电路净衰耗对于电路稳定度、回音以及振铃边际等都有密切的关系。

不仅如此，传输电平中除了电路净衰耗之外，机器外线端的输出电平对于电路杂音、制际串音以及路际串音等也有重要的影响。实践证明，由于传输电平直接地影响着其他许多的电气特性，不论从电路设计或维护运用的观点出发，传输电平是代表长途电话电路传输质量的一个最重要的最基本的传输标志。

在其他电气特性之间也存在着一定的关系，例如，电路衰耗频率特性是否合格，可以直接影响电路稳定度，而后者不符合要求，又会引起电路本身振鸣，将在一定程度上加剧了制际串音和路际串音，形成严重的干扰。

以上仅仅概略说明了各个电气特性之间的依赖关系的重要性。现在将逐章论述各项电路电气特性，阐明它们在传输质量上的作用，详细研究它们之间内在的联系。

第一章 傳輸电平

1.1 傳輸电平概說

1.1.1 傳輸电平的重要性

傳輸电平是长途電話电路傳輸中的一个最基本的标志，是通信质量上的一项最重要的电气特性。傳輸电平图上对于电平值都有明确的規定。在运用过程中，傳輸电平保持定值，意味着电路处于稳定的傳輸状况。可以说，維持傳輸电平定值是电路維護工作中的首要任务。

傳輸电平太高，会造成电路中某些部件和元件过負荷，造成电路振幅特性不良，更严重的是产生許多非綫性失真的干扰，引起本机中各个电路之間的串音（即路际串音）。如果傳輸电平太低，也就是信号电平太低，以致在一定的杂音的条件之下，降低了信号对杂音的差值，加剧了干扰的影响，因而也会損害通信质量。

不仅如此，倘使外綫的輸出电平超过規定值，将对同杆或同电纜运用的其他用較低电平輸出的載波机发生干扰，造成了一种因高电平而引起的制际串音。

傳輸电平太高还可能引起电路振鳴，或則在长距离电路里产生显著的电路回音，这时，在电路接收端反映出电路淨衰耗超出了允許值而且偏小。傳輸电平太低也会表现为信号太弱，電話声音太小，这时，在电路接收端反映出电路的淨衰耗偏大；同时，还会縮小振鈴边际，使振鈴信号的接收沒有足够的安全动作的范围。

在电路中，除了要保証信号的傳輸电平为額定值以外，还要保証导頻电平和載頻电平为額定值。

实际上，导頻电平是傳輸电平的神經中枢，它的傳輸情况用来代表整个載波系統的傳輸情况，并通过它来进行自动的或人工的电

平调节。所以保持导频电平和信号传输电平之间的正确的关系。使它们两者之间在传输过程中维持一定的电平差值，是十分重要的。

载频电平也应维持在規定值。载频电平的变化会影响到調幅器衰耗，因而引起传输通路中传输电平的改变。同时，調幅器（或反調幅器）的工作点随着载频电平的变化而移动，载频电平太低时，会使調幅器（或反調幅器）的振幅特性过早地弯曲，因而形成了不良的电路振幅特性。

由于这些理由，可見仅仅传输电平一項就关系到杂音、制际串音、路际串音、电路稳定度、电路振幅特性、回音和振鈴边际等七項电气特性，它的重要性是值得給予足够的注意的。在维护工作中应对电路的各点电平正确地进行测试調整，并采取一切有效的稳定传输电平的方法，以求經常維持各点电平符合規定值。

1.1.2 功率电平和电压电平

在长途电话工程中，通常不直接計算或测量电路某点的功率、电压和电流，而是計算它們对于某一基准值的比值的对数关系，即用“电平”（或称传输电平）这一个相对数值来衡量，因为人的感觉对声音能量变化来说，也是符合对数关系的。最常用的是功率电平和电压电平两种。

假设以 P_0 瓦和 U_0 伏作为进行比较的基准功率及基准电压，那末在功率为 P_1 瓦和电压为 U_1 伏之测试点上，它的功率电平 P_M 等于

$$P_M = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_0} \text{奈},$$

$$\text{或} \quad P_M = 10 \log \frac{P_1}{P_0} \text{分貝}. \quad (1.1)$$

式中， $\ln$ 表示取自然对数， $\log$ 表示取常用对数；而它的电压电平

$$P_H \text{ 等于:} \quad P_H = \ln \frac{U_1}{U_0} \text{奈},$$

$$\text{或} \quad P_H = 20 \log \frac{U_1}{U_0} \text{分貝.} \quad (1.2)$$

式中, U_0 和 U_1 都是电压的有效值。

采用这两个电平单位的情况, 因各个国家发展通信的历史和习惯而不同, 大体上多数欧洲国家采用奈, 而美、英和日本等国则采用分貝。它們之間的换算关系如下: 1 分貝等于 0.115 奈, 或是 1 奈等于 8.686 分貝。

一般在长途电话传输中, 經常用 1 毫瓦作为基准功率。当 1 毫瓦的功率加在負荷为 600 欧的电阻上的时候, 因为 $U_0 = \sqrt{P_0 R}$, 所以, 此时的基准电压是 0.775 伏。应该注意負荷的阻抗, 若是負荷为 150 欧, 象载波机高频部分的阻抗那样, 那么, 計算所得的基准电压却是 0.387 伏了。

同理, 比照式 (1.2) 也可求得电流电平与电流的关系, 不过, 电流电平一詞在长途通信中很少应用。

1.1.3 绝对电平、相对电平和测试电平

在电信传输中, 由于选取电平的基准值不同, 上述三种传输电平又都可以分为三种, 就是绝对电平、相对电平和测试电平。

以 1 毫瓦的功率作为基准功率, 来計算某点的传输电平时, 則所得出的电平称为绝对电平。

如果在长途电路的始端接上一个测试振荡器, 它的內阻与电路阻抗相同, 它的输出功率等于 1 毫瓦, 也就是如一般所說, 在电路始端接入一个电源內阻为 600 欧, 輸出绝对电平为 0 奈(或 0 分貝)的测试电源时, 在这电路被测点的绝对电平称为测试电平。测试电平既然是测试所得的绝对电平, 故两者一般不严格地划分, 而且通常所謂电平值均指此而言。

如果在計算传输电平时, 取另一点的功率、电压或电流作为基准值, 則称为对于該点的相对电平。这一基准点可以随意选择, 一般多选用电路的交换机塞孔或是载波机的音频二线塞孔。当比較机

械中各种部件的衰耗和增益的时候，利用测试电平能直接求出相对电平，从而可以避免计算功率、电压或电流的比值。例如，在电路上某部件输入端的测试电平等于 $P_{1M} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_1}{P_0}$ 奈，而其输出端测试

电平为 $P_{2M} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_0}$ 奈，则功率的变化关系即两个测试电平的

差值： $P_{2M} - P_{1M} = \frac{1}{2} \ln \frac{P_2}{P_1}$ 。根据定义，该式右边也就是表明输出

端对于输入端的相对电平。由此可见，所谓相对电平事实上就是所比较两点的测试电平差。如果两点的电平差是正值，表示这个部件有增益；如是负值，表示这个部件有衰耗。

在一般的传输标准中，为了计算方便起见，常常应用“零相对电平点”这一名词作为某项规定值的条件，意指这一数值是假定测试点上信号的相对电平为零时的规定值。例如，在零相对电平点，明线三路载波机的导频绝对电平为 -1.73 奈或 -15 分贝；而实际上一般测试点取在信号相对电平为 $+2$ 奈的点上，那么在该点测得的导频绝对电平应为 $+2 - 1.73 = +0.27$ 奈；如果在所选测试点处信号的相对电平是另一个数值，可以照样推算。

几种通用的电平符号，参看附录一。

1.2 传输电平图

1.2.1 传输电平图的意义

电路传输过程中各点传输电平变化的曲线叫作传输电平图，简称电平图。

在机器内部的各个测试塞孔以及主要部件的输入端和输出端都有规定的电平值，其中各个部件输入、输出两端电平的差值，相应地显示它们的增益值或衰耗值。沿着电路传输的方向，从前面一部机器的输出电平到下一部机器的接收电平之间的差值，即是传输过程中的线路衰耗值。若电路上各点电平值符合要求，则表明机械和

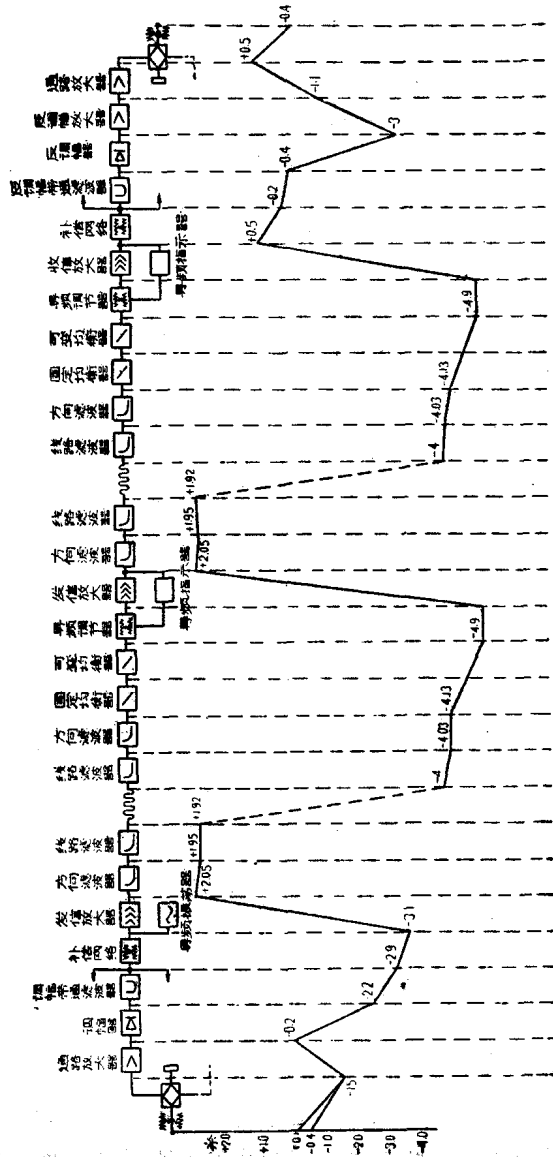


图 1.1 BBO 载波电路平面图
(以 B-A 第三路为代表)

线路传输上关系正常。

图 1.1 表示以 BBO 载波电路的 B—A 方向的第三路为例的传输电平图，图中曲线的升降即经过每一部件后的电平的变化，借此显示出机械内部的电平和线路传输的电平的全貌。在多路载波电话电路中，测量这些测试电平值是在被测的某一路有电流传输，同时其他各路都没有电流传输的条件下来进行的。

1.2.2 传输电平图的应用

传输电平图不仅是定期预检时考察电气状况的主要尺度，而且是检查障碍时的重要依据。当载波电路工程竣工后，应该根据施工安装时的纪录绘制电平图，供日后查找障碍时，用电路上各点电平与它相比较。当然，这种电平图可以随着维护情况做些修改，大约每年可进行一次，以便使它更符合实际情况。

利用电平图查找障碍，一般有下列两种方法：

(1) 用高阻抗的电平表来查找障碍

在电路的始端送入正常的 800 赫电流，用高阻抗的电平表跨接测量（即电平法）每一部件输入与输出的电平。计算这两点的电平差值并与该部件额定的增益或衰耗相比较，就可确定障碍的部分。当测试群路时，如能使用选频电平表，可以避免影响同群内其他电路的运用。

由于发生障碍的部件的输入（或输出）阻抗可能发生了很大的变化，影响到它紧前面一处（或紧后面一处）连接点上的电平，使它不同于正常的电平值。在这种情况下，如不能从外表看出这相邻两部件中哪一部件不良，那就要利用原机塞孔或焊开连线等办法，对可疑的部件单独进行增益或衰耗测试，以便进一步确定障碍的部位。

(2) 改变振荡器跨接的位置来查找障碍

用上述方法，在测试特别低的电平时要受电平表灵敏度的限制，并且在换档时也要引起误差。采用将振荡器逐点地跨接到电路