

电 视 测 量 技 术

〔英〕 L.E. 威 弗 著

邱绪环 张凤超 邵杏金 蒋锟林 译

人 民 邮 电 出 版 社

Television measurement techniques

L.E.Weaver

内 容 提 要

本书主要介绍了对电视发射系统各部分的随机杂波、干扰、线性和非线性失真、回波损耗及其他项目进行测试的方法，以及测试中所用的各种监视器和测试图。指出了一般测试中存在的问题和一些解决方法。另外，也介绍了国际各广播机构推荐并为国际上承认的有关质量、设备和测试步骤的标准。可供广播电视专业方面具有一定水平的工程技术人员和高等院校电视专业教师参阅。

电 视 测 量 技 术

〔英〕L.E.威弗 著

邱绪环 张凤超 邵杏金 蒋锬林 译

•

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•

开本：787×1092 1/32 1979年12月第一版

印张：14 28/32 页数：238 1979年12月河北第一次印刷

字数：342千字 插页：1 印数：1—20,000册

统一书号：15045·总2335—无684

定价：1.70元

前 言

希望这本书能在视频测量这一广泛而重要的领域填补空白，至少在英国能够如此。本书包括了大量的、迄今为止仅为一些专家所能接触到的材料，而且相当一部分是原始材料。主要由于作者经验的局限性，本书是从电视广播工程师的观点写作的。但是，很多材料也适用于集体和教育用电视的传输分配系统。本书的对象是熟悉电视基本原理的专业工程师。在技术上，凡有可能，都采用了国际机构所建议的有关内容，但也对其他有用的方法作出比较，并且指出不同地区与国家间的差别。书中所表达的是作者的观点，而不一定是英国广播公司的观点。

目 录

前 言

第一章	引言	(1)
第二章	电平的测量	(8)
2.1	插入增益.....	(8)
2.2	测量: 概述.....	(11)
2.3	视频增益的测量.....	(14)
2.4	电平的测量.....	(15)
2.5	电平的标准.....	(21)
2.6	参考文献.....	(27)
第三章	随机杂波	(28)
3.1	概述.....	(28)
3.2	信杂比的定义.....	(29)
3.3	随机杂波的种类.....	(29)
3.4	滤波.....	(31)
3.5	计权网络.....	(33)
3.6	测量.....	(38)
3.7	客观测试法.....	(46)
3.8	杂波的电表测量法.....	(46)
3.9	直接测量.....	(48)
3.10	频率鉴别法.....	(50)
3.11	时间鉴别法.....	(56)
3.12	取样法.....	(64)
3.13	在场消隐期间测量.....	(67)

3.14	参考文献	(69)
第四章	干扰	(71)
4.1	概述	(71)
4.2	甚低频杂波	(72)
4.3	低频杂波	(73)
4.4	周期性杂波	(75)
4.5	脉冲杂波	(76)
4.6	电源变换器杂波	(77)
4.7	交扰	(78)
4.8	参考文献	(79)
第五章	非线性失真	(80)
5.1	概述	(80)
5.2	行期间非线性	(80)
5.3	动态增益失真	(97)
5.4	色度非线性失真	(100)
5.5	用取样法来降低杂波	(118)
5.6	参考文献	(124)
第六章	线性波形失真	(125)
6.1	概述	(125)
6.2	黑白正弦平方脉冲及条方法	(126)
6.3	彩色脉冲及条波形	(151)
6.4	稳态方法	(181)
6.5	参考文献	(191)
第七章	插入信号	(193)
7.1	概述	(193)
7.2	插入信号的位置	(195)
7.3	插入测试信号: 黑白信号	(196)

7.4	英国彩色插入测试信号	(200)
7.5	抹去	(208)
7.6	应用	(210)
7.7	本地插入测试信号	(216)
7.8	参考文献	(220)
第八章	回波损耗	(221)
8.1	概述	(221)
8.2	技术指标	(223)
8.3	阻抗法	(224)
8.4	回波损耗电桥	(225)
8.5	电缆延迟法	(234)
8.6	参考文献	(234)
第九章	其他测量	(235)
9.1	时间测量	(235)
9.2	跳动	(252)
9.3	频率测量	(257)
9.4	相位测量	(262)
9.5	参考文献	(275)
第十章	测试图	(276)
10.1	概述	(276)
10.2	测试卡D	(277)
10.3	清晰度图	(279)
10.4	测试卡51和52	(294)
10.5	合成测试图	(296)
10.6	彩色测试图	(297)
10.7	普鲁机(<i>Pluge</i>)	(300)
10.8	彩条信号	(303)

10.9	测试卡57	(313)
10.10	参考文献	(316)
第十一章	波形监视器	(317)
11.1	概述	(317)
11.2	观察监视器	(317)
11.3	电视波形监视器	(320)
11.4	通用波形监视器	(333)
11.5	矢量监视器	(346)
11.6	参考文献	(357)
第十二章	摄象机	(358)
12.1	概述	(358)
12.2	线性波形失真	(358)
12.3	曝光	(362)
12.4	对比度校正	(371)
12.5	分辨力	(376)
12.6	线性	(389)
12.7	位置的交流扰动	(393)
12.8	不需要的信号	(397)
12.9	编码器调整	(403)
12.10	摄象管测试通道	(409)
12.11	参考文献	(410)
第十三章	磁带录象机	(412)
13.1	概述	(412)
13.2	线性波形失真	(413)
13.3	非线性失真	(413)
13.4	相位调整	(417)
13.5	杂波	(418)

13.6	磁带失落	(424)
13.7	磁带传动机构	(427)
13.8	参考文献	(430)
第十四章	电视电影机	(431)
14.1	概述	(131)
14.2	伽马	(431)
14.3	分辨力	(133)
14.4	余辉校正	(433)
14.5	信杂比	(434)
14.6	配准	(435)
14.7	光斑	(436)
14.8	滞后	(437)
14.9	黑斑(<i>Shading</i>)与晕暗(<i>Vignetting</i>)	(437)
14.10	彩色分解	(438)
第十五章	图象监视器	(439)
15.1	概述	(439)
15.2	对比度和亮度	(439)
15.3	分辨力	(442)
15.4	隔行	(453)
15.5	波形失真	(454)
15.6	回波损耗	(456)
15.7	显示的非线性	(456)
15.8	同步	(462)
15.9	高压的产生	(463)
15.10	参考文献	(464)
第十六章	附录	(465)
16.1	彩条信号幅度	(465)

第一章 引言

电视广播中，测量的主要作用可广义地规定为：对从信号源开始到发射信号为止整个信号链中的所有装置和电路，进行检验和使之标准化，从而保持预定的质量标准。也许人们愿意把它推广到信号链的最末端，即电视接收机的屏幕，但是，除非发射机的设计和位置会影响接收到的信号，这样作是不必要的。

在电视中，测量是很普遍的：它们影响着工程技术中的每一个方面，对费用与效率有着显著影响。要使系统保持在既定的允许偏差范围内，以及所使用的设备与方法最为恰当，很重要的一环，是对每一环节进行正确的测量。

全部问题可分为三个方面：找出可能损害最终图象的各类失真；将各类失真的容限适当地分配到信号链中的每一个部分；测量各类失真所采用的具体技术和设备。这三个方面，不仅必须在尽量省钱省料的情况下保证有一定的精度，而且对于给定的任务和测试条件，从各个方面来看也应当是最合适的。

下面几章，综述对信号链进行测试所使用的技术与设备。视频测量只是其中的一部分，本书只限于视频测量，这样才能讨论得充分深入而又不致篇幅过长。

这里需要研究一下什么叫电视图象的失真。电视是一种通信手段，原始信息先被编码，然后经过解码得到一种信息。这已经不是原来的信息，而是可以接受的一种替代信息了。例如，在电视中，原始信息是三维可见景物和颜色。解码输出的却是观众接收机屏幕上的图象，这幅图象在垂直方向上被量化，

去掉了一维，而且在多数情况下仅保留了这一信号中的亮度分量。实际上，原来景物可能是无限大的，而在监视器或接收机上却明显地变成了一个小的长方块。视觉效果，例如视角和景物的变化，跟观众的意志无关。

对于无失真的一般标准，即除了幅度大小不同外，输出和输入应该完全一样，在这里显然是不适用的。对于图象质量的好坏各有见解，这些纯主观的印象因人而异，而且个人的评价也会因时因地而不同。因此，纯客观标准并不适用于对电视图象质量的评价，即使主观标准也只能在统计的基础上才有意义。由于实践上的理由，不得不把客观标准应用于信号链的标准化。不过，往往忽视了这样一点，即它们并不是标准化的真正基础。

如果只是为了传输现代技术所许可的最高标准的图象，那么对图象质量标准的讨论似乎是不必要的；如果不从经济上考虑，这种观点人们也是会接受的。从其最广泛的意义上讲，热力学第二定律在这里也象其他地方一样地适用，即质量上的每一改进都必须付出相应的代价。况且，标准的提高将使费用大大增加——不仅所需的投资提高，而且为了维持高标准所需的费用也要提高。

因此，广播当局面临着一个困难的决断：如果理想状况是不可能的，那么到底应该怎样处理呢？若要高的标准，费用就会增加，税收也就相应提高。若标准定得过低，就可能使观众感到不满。

在电视广播发展的初期，标准的制定只能依据工程师们的经验和判断，在很大程度上是凭经验的。虽然从经济上考虑很可能是不合算的，但是由于那时工作规模较小，问题还不小。后来，由于日益增多的技术指导和标准化的需要，就产生了由

国际电信联盟的国际无线电咨询委员会 (CCIR)、国际无线电咨询委员会和国际电报电话咨询委员会 (CCITT) 为传输电视所组成的联合委员会 (CMTT) 以及欧洲广播联盟所提供的指导性文件和标准。这样就使许多国家工程师们的经验得到传播, 这对于发展良好的电视工程标准是非常有益的。

二十世纪六十年代中期, 在朝着建立一个共同的欧洲彩色电视制式方面所作的努力, 大大促进了主观测试方法标准化的发展, 由此得出有关工作容限方面的要求。现在已经达成了关于共同的测试方法和性能标准方面的一些协议, 但是仍有许多工作尚待进行。就整个领域而言, 主观测试和工作容限的确定其意义是极为重大的, 可惜限于篇幅, 不能在这里多作讨论。然而, 从威弗 (Weaver, 1959) 和普罗塞 (Prosser), 奥尔纳特 (Allnatt) 和刘易斯 (Lewis) (1964) 的文章中可以得到一些说明。

这些主观测试方法, 是由观众对图象质量好坏的统计特性得出的, 这使我们对每种图象损坏能规定出最大容许值, 虽然最终必须以某些任意的决定为基础, 但至少有其一定的科学性和一致性。

一旦对每种失真确定出世界公认的容差, 那么还有另外两个问题需要解决: 在信号链的各个部分之间, 这些失真容限应当如何分配; 当多种不同类型的图象损坏同时存在时, 如何估计其综合效果。

直到最近, 在容限分配时, 大都还是把每一种失真看作孤立的, 但是很明显, 这些失真即使不是全部, 也是大多数同时存在的。而且, 图象损坏的程度也是随着失真种类的增多而增大的。这很可能是由于缺少一种估计多种失真产生的总损坏的有效通用方法。对于这样一个重要问题, 过去竟未努力找出解

决办法，似乎有些奇怪。

刘易斯 (Lewis) 和奥尔纳特 (Allnatt) (1965) 根据对多种图象损坏的一系列很有价值的主观测试结果提供了答案。用他们的方法，把在主观测试过程中所确定的量作简单的线性变换后，可以将不同形式的损害直接相加。他们建议，这个量应当叫作“损坏单位”或简称为“损”。于是，与各种失真相对应的“损”的数字可以算术相加，从而得到相应的总的图象损坏。而且，可以用这个值进一步确定各种相应的评价。

作者又作了进一步发展，在一项建议中〔威弗 (Weaver), 1968〕提出，各个容限指标应由一个总的评价系数来代替，这个总的系数可为各个失真的某种组合结果。严格地说，这种方法仅适用于完整的信号链，因为在相继环节中产生的同类失真并不按照刘易斯 (Lewis) 和奥尔纳特 (Allnatt) 方式相加，而是符合统计特性，视失真的本质而定〔国际无线电通信咨询委员会，1960；莫里斯 (Maurice) 1968〕。

对于给定的一种失真，最大容许量一旦确定，那么剩下的问题就是把这个失真按合适的比例分配到信号链的各个环节。这不能采用简单的再分配办法。首先，观众的接收机作为信号链中必不可少的部分，必须分得一份。而且，制造的接收机必须售价低廉，使大家都能买得起，所以它要在总容限中占很高的比例，在某些情况下，也许高达 50%。也会有这样的情况，由于天然的限制，不能按照看起来似乎是合理的比例来分派。例如，摄象机的信杂比，在有些情况下，可能比距离很长的分配网络的信杂比还要坏得多。因为用目前的技术，摄象机在这方面不可能有所改善。

最后，在一个信号链的各端所测得的某一类失真，其大小本身在本质上也是统计性的。各个数值在某些情况下可能相

加，而在另外情况下则可能相减。只有随机杂波是个例外，它是不会抵消的。对于失真的相加，已经提出了某些经验法则〔帕多克 (Paddock)，1970〕。但是，莫里斯 (Maurice，1968) 指出，利用与两个单变量函数的数学卷积极其类似的方法，能够更正确地把各个失真组合起来。而且，没有任何一种失真是完全不随时间而变化的。严格地说，一个长的通路的总失真是无法计算的，只能计算它处于某些界限值之间的概率。这一点特别适用于长途微波线路。这里，一个或几个中继段中的衰落的概率是不能忽略不计的，因此，总的信杂比也有相应的不确定性〔肖克斯 (Siocos)，1969〕。

在各个容限决定之后，下一步就是在服务过程中保持这些指标，这正是电视测量的主要作用。在投入服务之前，电视信号链中的每一个部分都要经过严格的验收测试，此后，在服务期间，在运转条件下，可采用不严格的维护测试，以保持正常工作。这些测试可以比较从容地进行，每种失真都可采用单独的行重复信号和全场信号来进行测试。

但是，由于以下几个原因，情况的变化是很快的：信道数目和服务时间的不断增加，其必然的结果是要在越来越少的时间内作越来越多的工作；自动均衡方法和监视方法的发展和现在已有可能制造出能够完成目前工程师们所进行的大部分运转检查的电子设备。

对于上述事态发展的第一个反应，是插入测试信号（第7章）的应用有了相当大的增长。这种方法是专为在最短的时间内得到最多的信息而提出的，可在视频信号的场消隐期间本来无用的各行上进行测试。这种信号不能提供如同行重复测试信号一样的效能，它们的精度相当低，而且还有一些固有的困难。但是，这种测量所提供的最大优点〔肖莱 (Sholley) 和威

廉·诺贝尔 (Willian-Noble), 1970), 是在电视信号的分配与发射过程中能自动控制和自动均衡。虽然这要用专用设备, 但是在不久的将来, 很可能大多数的例行测试都采用这种方法。如果要求精度稍有提高, 而且线路可给出短暂的非服务时间, 以及在其他一些特殊情况下, 那么可把插入测试信号按照行重复方式那样加以应用。这种“紧凑”的测试信号(第6章)利用了高度密集的插入测试信号, 从而大大缩短了测试时间。同样, 这些信号可按时间复用方式来进行评价, 从而可以同时得到全部所需的信息。

插入测试信号早已用于控制发射机输入端的信号电平(斯普林杰 (Springer, 1959)), 不仅用来自动控制色度-亮度增益和时延不等性之类的线性波形误差, 而且同样用来自动控制微分增益和微分相位之类的非线性效应, 并且已经表明这是切实可行的。以使用这种信号为基础的自动监视方法, 除了可以提供有价值的统计材料外, 还为复杂分配网络的总控制提供了无限广阔的前景。

尽管如此, 不应以为行重复信号或全场信号已经失去了或即将失去它们的重要性。当测量的精度比节省时间更为重要时, 它们将继续应用于验收测试及通用测试。当然, 尽管它们在形式上有所变动, 但仍旧是上述专用测试信号的基本部分。因而, 在下面几章中把行重复信号当作最基本的测试信号。当每一种应用被充分理解之后, 那么要适应任何特殊情形就不会有多大的问题了。

毫无疑问, 视频测试和测量技术有着重要的意义。无论是用于电视研究及设备的设计, 或是应用于电视业务工作的需要, 它们必须以最简单而迅速的方式, 符合要求的精度标准, 且以出现误差的可能性最小的形式应用于所要进行的工作。这

就是说，对新技术的研究不能脱离有关设备的设计，没有充分广泛的实际测试，既不能对测试信号的形式作出任何抉择，也不能对设备作出任何抉择。

应该强调的另一个因素是测试和测量技术普遍标准化的重要性。这特别适用于广播当局和电信当局都对同一分配网络感兴趣的场合，或者一个以上的广播当局使用由同一电信机构维护的网络的情形。对于多次测量，测量结果的意义可能在很大程度上决定于进行测量的方式。若想使有关单位的解释没有分歧，那么十分重要的是测量技术要尽可能标准化。换句话说，它们应当有“共同的语言”。这特别适用于国际节目交换。多年来，国际无线电通信咨询委员会（CCIR），电视传输联合委员会（CMTT）和欧洲广播联盟（EBU）致力于标准化，业已获得相当大的成就。衷心希望本书能为达到这一非常需要的目的而作出一些贡献。

1.1 参 考 文 献

- CCIR (1960): Documents of the XIth Plenary Assembly, Oslo, Recommendation 421-1, Annex IV
- LEWIS, N. W., and ALLNATT, J. W. (1965): 'Subjective quality of television pictures with multiple impairments', *Electron. Lett.*, **1**, pp. 187-188
- MAURICE, R. D. A. (1968): 'Tolerances for Pal colour television', *Roy. Televis. Soc. J.*, **12**, (4), pp. 86-93
- PADDOCK, F. J. (1970): 'The relationship between individual link and chain distortions in a television network'. Proceedings of the IERE joint conference on television measuring techniques, London
- PROSSER, R. D., ALLNATT, J. W., and LEWIS, N. W. (1964): 'Quality grading of impaired television pictures', *Proc. IEE*, **111**, (3), pp. 491-502
- SHELLEY, I. J., and WILLIAMSON-NOBLE, G. (1970): 'Automatic measurement of insertion test signals', *IERE Conf. Proc.* **18**, pp. 159-170
- STOCOS, C. A. (1969): 'Statistical principles in the supervision of technical performance in the color television network of the CBC', *IEEE Trans.*, **BC-15**, pp. 33-38
- SPRINGER, H. (1959): 'Anwendung und Weiterentwicklung der Prüfzeilentechnik', *Rundfunktech. Mitt.*, **3**, pp. 40-50
- WEAVER, L. E. (1959): 'Subjective impairment of television pictures', *Radio Electron. Engr.*, **36**, (5), pp. 170-179
- WEAVER, L. E. (1968): 'The quality rating of colour television pictures', *J. Soc. Motion Picture Televis. Engrs.*, **77**, (6), pp. 610-612

第二章 电平测量

2.1 插入增益

从图象信号源到发射机输入端的信号通道，包括一段很长而又复杂的信号处理设备系统。其总长度可达数千英里，要求当 $1V_{P-P}$ 的视频信号从图象信号源加到该系统时，在发射机的输入端有极为接近 $1V_{P-P}$ 的信号。而且，系统中的任一单元必须允许用类似装置来更换，而总增益仅发生小的可容许的变化。如果在任何一点再插入一项设备时，该信号通道的新特性必须符合预定的性能。

要使这些要求在灵活性和简单易行方面都得到满足，唯一的办法是，对于为插入在两个固定的终端阻抗之间而设计的所有设备来说，其插入增益应尽可能为1。即在两个终端之间插入设备时，纵使传输特性曲线可按需要进行改动，但输出电平应是理想不变的。另外，如果每项设备的输入输出阻抗与终端阻抗准确匹配的话，则不管插入多少这类设备，都可能保持总的增益不变。

从上述的意义上讲，增益是指设备插入前后在输出端上的视频信号电平（峰-峰值）的比，实际上应称为“视频插入增益”。这是为了说明信号是作为波形来考虑的，因为在一般情况下，增益（或损耗）是频率的复函数。

在某些情况下，例如：放大器和节目分配电路，在插入其他放大器或电路时，要求系统中波形的所有付立叶分量的幅度不由于它们的插入而变化，而相移的变化要严格地正比于频

率，以使所有的付立叶分量具有同样的时延量。在其它情况下，可能要求幅度和相移作为频率的函数而改变，例如，用以补偿别处的不足。

以上我们讲的是插入增益，但同样推理，这些叙述也可适用于插入损耗。虽然没有硬性规定，但是比较合理的是，当涉及到包含有源元件的网络时，使用术语“增益”，而仅涉及无源元件时则使用“损耗”。

在实际应用中，插入增益按以下来定义：任何信号源，不管它多么复杂，都可用戴维宁定理简化成一个具有电动势为 E 、串联信号源阻抗为 Z_R 的发生器。该发生器所提供的功率假设通常是送到标称值等于 Z_R 的终端负载 Z_S 上，则在 Z_S 两端的电压为 $e_0 = E Z_S / (Z_R + Z_S)$ 。

然后，把一个网络插在信号源和终端负载之间。结果，终端负载 Z_S 上的电压变为 e_0' 。这时，得到的插入增益为 $20 \lg(e_0' / e_0)$ 。插入损耗则取其倒数 e_0 / e_0' 。

在通信工作中，产生两种主要情况。首先是无源网络的插入，它是相当复杂的，因为在输入和输出处均可能产生反射，它将由于网络的传输特性而被改变。这在文献中已有详细论述〔谢伊 (shea, 1929)〕，在此不再讨论。这种网络几乎都是用以限制带宽的滤波器；而均衡器通常都采用定阻式的，使反射的可能性大大减少。

插入网络的第二种形式，在电视中比较通用。它由含有有源器件的设备组成，常常十分复杂，在其输入输出处均为电阻端接。除极个别情况外，其端接阻抗通常为 75Ω ，而插入增益通常为1。由于在输入和输出之间使用有源元件的结果，其反向增益低到可以忽略，终端反射不可能通过网络。这就大大地简化了插入增益的表达式。