

沙济彰 编著

电视最新技术 及其未来

西安电子科技大学出版社

前 言

当今社会是充满信息的社会。天空中，日益增多的通信卫星，广播卫星正在不断地充实同步轨道；地面上，各种类型的通信网、电视网、计算机网亦在星罗其布、交织而现，它们对于信息的传输和交换起了极其重要的作用。电视，作为最迅速、最广泛、最有效的信息传输手段之一，亦正在迅速发展之中。

人类通过五官与外界保持接触。有人作过统计表明，人们接收外界信息的比例为：视觉 60%、听觉 20%、触觉 15%、味觉 3%、嗅觉 2%。由此，以传送视觉(亦包括听觉)信息为目的的电视会受到充分重视、得以迅速发展是十分必然的。

在美国，平均每人每天有 4 小时时间坐在电视机前，家庭主妇则多达 7 小时。在我国，许多人通过电视来了解国内外大事，每天晚上的新闻联播是必看节目。精采的电影和电视剧成为家庭文化娱乐的重要组成部分。由于卫星通信的发展，使得世界各国之间的距离“缩短”了，人们可以实况收看世界性大事的现场和结果。在世界杯足球赛及奥运会期间，世界各地数十亿计的不同国籍、不同肤色的人们都会准时坐在电视机前，欣赏精采激烈、令人振奋的场面，以图一饱眼福，先睹为快。电视也是一种重要的教育手段。1986 年 10 月开播的中国教育电视(CETV)节目利用同步卫星实现了全国范围的电视教育覆盖，迅速而经济地培养了大批社会主义建设人才。

除了作为快速、广泛、有效的公众信息、文化、教育手段之

外，电视在科学研究、工业、交通、矿山、建筑、农业、林业、医学、生物学、气象、地质、测绘、海洋、水文、体育、公安、国防等部门亦均发挥了积极的作用，以致于今天已很难找到一个完全不利用电视技术的领域来了。人们深刻地感受到，电视技术正在并将继续促进人类社会和科学技术的发展和进步。

黑白电视起源于本世纪 40 年代，兼容制彩色电视则开创于 50 和 60 年代，它们至今仍在继续卓有成效地工作着。黑白电视与兼容制彩色电视利用了人眼视觉特性，采用了顺序制传送、隔行扫描、三基色原理、大面积着色原理、频谱交错等方法，巧妙地解决了电视图像从产生、发射、传输、接收到显示这几个环节中的关键问题，从而使人们实现了“足不出户知天下”的愿望。确实，电视技术不愧为模拟技术的顶峰。

或许有人认为电视技术是一门业已稳定的技术，它已经尽善尽美而无需再发展了。这种看法是不正确的。与其他技术一样，电视技术亦在不断地发展、完善与改进之中。单就 80 年代而言，这十年是数字电视、卫星广播、高清晰度电视、光纤、新型磁带录像格式等得以迅速发展的十年，而其中之高清晰度电视则又被誉为电视技术的第三个里程碑(前两个为黑白电视及兼容制彩色电视)。

也还有人觉得电视是一门神秘而高深的技术，因而望而生畏、不敢问津。本书力图摒弃电视技术的神秘感，将它的最新、最先进的方面介绍给广大读者。为达此目的，本书在编写时力求通俗易懂，避免深奥、繁琐的数学分析来阐明电视最新技术的各个方面，它们的基本工作原理、国内外发展情况以及未来趋势。因而，本书可供电视工业、广播、生产、销售等部门的领导、工程技术人员、管理人员、设备用户、维护人员以及广大电视、无线电爱好者使用，它亦可供电视、通信、电子工程、无线电技术等专业的本科生、大专生使用。为便于更好地理解本书内容，读

者最好能对电子技术的一些基本概念和术语有所了解，如：频谱、频分复用、时分复用、振幅调制、角度调制、数字信号、模数转换等。

全书共分十章，第一章为电视原理基础，简单介绍了黑白电视及兼容制彩色电视的基本原理。由于电视原理本身就是一门内容广泛的课程，本书不可能深入展开介绍。本章所介绍的仅限于其最基本的若干方面，以作为后续各章的基础。好在关于电视原理方面的书籍现已有许多版本出版，欲进一步深入的读者不难找到其中一本来阅读。第二章为磁带录像与视频圆盘，介绍了用于电视节目贮存及重放的两种主要媒介。第三章为数字电视，介绍数字技术在电视广播系统中的应用。第四章为卫星电视广播，介绍了卫星电视广播的概念、信号方式、系统组成，重点介绍了被誉为“1990年以后的电视”的MAC制，高清晰度电视(HDTV)以高清晰度、宽幅面的高质量、大屏幕显示为主要标志，被公认为未来的电视制式。第五章介绍HDTV的概念、特点、实现途径以及日本、西欧、美国三方之间围绕着制式的分歧。第六章为电视多工广播，主要介绍图文电视广播及多声道伴音。第七章为有线电视。第八章为摄像新技术，重点介绍CCD摄像器件以及由它组成的CCD摄像机。第九章为显示新技术，主要介绍液晶显示(LCD)技术。第十章是最后一章，以电视技术的未来为题目介绍了几种最重要的电视新技术在90年代以至下一世纪的发展趋势。

本书在编写时力求反映电视技术的最新成就及发展趋势。大量资料、数据、表格皆取自于期刊、会议、甚至报导。然而，当今电视技术的发展是如此迅速，以致于当作者正伏案捉刀之际，又不断有新成果问世，此一情况使作者深感难于停笔，最终不得不在力求完美与尽速完稿之间作出折衷。作者企望：不断出现的新成果不致使本书在问世之时就显得过时。此外，由于篇幅所

限，对某些问题仅能简单地一带而过，或未予涉及。作者的宗旨是：力图将当今电视技术的主要方面都包含在本书之中。

编写时参阅了部分书籍、期刊、会议等文章，它们均已列于本书之末，在此谨向这些作者表示感谢。此外，西安电子科技大学强伯涵教授亦曾提供了有益的帮助，在此谨致谢意。

电视技术是一门方兴未艾的技术，本书涉及内容较新，且涉及面又广(几乎遍及电视最新技术的所有重要方面)，由于编写时间仓促，加之作者水平有限，书中的观点、阐述、术语、数据引用等方面难免有错，恳请广大读者、专家批评指正。

沙济彰

1990.10.

目 录

前言

第一章 电视原理基础	1
§ 1 电视传像基本原理	1
§ 2 兼容制彩色电视	23
第二章 磁带录像与视频圆盘	39
§ 1 磁带录像	39
§ 2 视频圆盘	58
第三章 数字电视	67
§ 1 概述	67
§ 2 电视信号的数字化	69
§ 3 数字技术在电视系统中的应用	75
第四章 卫星电视广播	89
§ 1 概述	89
§ 2 卫星电视广播信号	97
§ 3 卫星电视广播系统的基本组成	109
§ 4 卫星电视广播中的新制式——MAC 制	118
第五章 高清晰度电视(HDTV)	140
§ 1 概述	140
§ 2 渐进途径	146
§ 3 彻底改革途径	159
§ 4 HDTV 的发展情况、前景及我国的发展途径 ...	163

第六章 电视多工广播	170
§ 1 场消隐期间(VBI)的应用	170
§ 2 图文电视广播(Teletext)	173
§ 3 电视多声道伴音广播	188
第七章 有线电视	201
§ 1 概述	201
§ 2 有线电视系统的组成	209
§ 3 有线电视的其它形式	213
第八章 摄像新技术	226
§ 1 CCD 摄像器件	227
§ 2 CCD 彩色摄像机	235
§ 3 CCD 摄像机的发展	247
第九章 显示新技术	251
§ 1 液晶显示(LCD)	251
§ 2 其它的新颖显示技术	260
第十章 电视技术的未来	275
参考文献	290
附录 部分英文缩写术语的汉译	297

第一章 电视原理基础

本章内容用来介绍本书所需要的一些电视基本知识，以便于对电视原理基础尚不甚理解的读者阅读，同时它也为已经具备了这些知识的读者提供了复习的机会。由于篇幅限制，这种介绍是相当简略的，盖因电视原理本身就是一门课程，好在关于电视原理的书籍目前已有许多版本，因而需要深入了解的读者不难找到其中任意一本来参考。

§ 1 电视传像基本原理

一、电视广播系统组成

电视广播系统的组成方框图如图 1.1 所示，其中图 1.1(a)为发射系统，图 1.1(b)为接收系统。二维(平面)的景物光信号经过摄像系统的扫描，分解成一维的顺序电信号，再经过图像加工器(包括放大、校正、处理)送到图像发射机，图像发射机用来对图像信号进行放大、调制(残留边带调幅)、上变频后经由双工器送到天线上。类似地，伴音(声音)先由拾音器(即话筒)变成伴音电信号，再经过伴音加工器(放大、加工、处理)送到伴音发射机上进行放大、调制(调频)、上变频，然后也经双工器送到天线上。双工器用来使高频图像信号与高频伴音信号可共用同一副天线发射出去，且互不影响。

接收系统里进行的变换过程与发射系统的变换过程相反，接

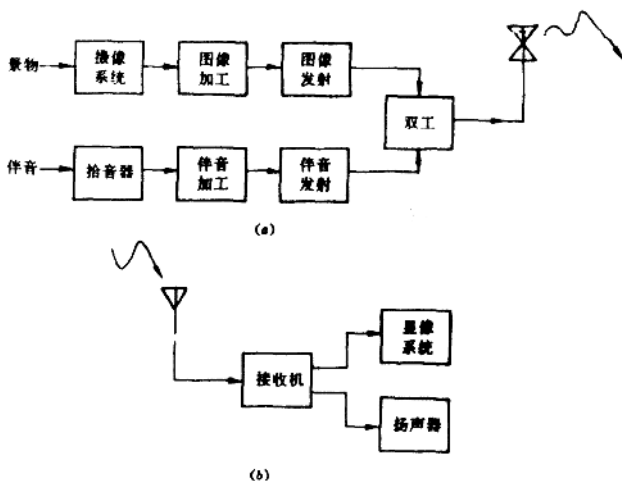


图 1.1 电视广播系统组成

(a) 发射 (b) 接收

收系统的作用是选台、放大、变换，即从接收天线上感应的各种电视台信号中选出所希望的电视台(某一频道)的高频电视信号，然后对此信号进行放大及变换，最后把产生出的视频图像信号加到显像管上，把音频伴音信号送到扬声器上，从而能为观众所欣赏。

图像信号采用残留边带调制制式，其目的是减小电视信号的带宽。按照我国的体制，视频图像信号带宽为 6 MHz 。倘若采用普通振幅调制，调幅后的带宽为 12 MHz ，再加上伴音信号，需要的频道带宽就更宽。采用残留边带调幅后，图像信号只需要 7.25 MHz 的带宽，再加上伴音信号，其总带宽亦小于 8 MHz 。

因此，我国电视制式规定的一个电视频道的带宽为 8 MHz。伴音信号采用调频方式是为了减少杂波的影响，从而提高伴音信杂比，改善音质。这是因为杂波干扰以及其它一些工业干扰等通常都以幅度干扰形式出现，采用调频制后，这些干扰的影响将大大减小，这亦就是电视伴音以及无线电调频广播电台(VHF)的音质比普通无线电广播的中、短波电台(调幅制)的音质要好得多的原因。

二、电视图像的传送

1. 图像的顺序传送

电视图像是一幅二维(平面)图形，每幅图形由几十万个图像单元(称为像素)所组成。倘若对一幅图像采用同时传送的方式，就需要几十万条传输线路，这显然是不可能的。

幸而，人眼有一个非常奇妙的特性——视觉暂留特性。人眼在观察过一景物后，即便把景物拿掉，人眼对该景物的视觉印象并不立即消失，而要滞留一段短暂的时间，这种特性就称为视觉暂留特性，又称视觉惰性。视觉暂留时间因人而异，大致约为十分之一秒左右。有许多例子可以说明这种视觉暂留特性。例如：在一个黑暗的房间点燃一支香，当拿着香不动时，见到的仅是一个亮点，但当手握香在空中迅速划过时，你见到的将是一条亮线。倘若人眼不具有视觉暂留特性，那末看到的将是一个运动着的亮点。然而，正因为人眼具有视觉暂留特性，该亮点在空中各点所产生的视觉印象被保留了下来，因而“看”到了一根亮线。人眼的视觉暂留特性有许多应用，人们熟悉的电影即为其中之一。电影胶片上的每幅画面都是一张张静止的照片，倘若将胶片慢慢地放映，那末见到的将是画面的变换(就像放映幻灯一样)。但若将放映速度加快(如：每秒放映 24 幅)，由于人眼的视觉暂留特性，人们就看到了“活动”的电影。

与电影一样，在电视传送中，利用人眼的视觉暂留特性，就

可以将对各像素的同时传送变成顺序传送。只要一幅画面上各像素之间出现的时间间隔很短，人眼看到的将是整幅画面(就像点燃的香呈现一条亮线一样)；只要一幅幅画面之间间隔的时间不长，人眼看到的将是活动的画面(就像电影一样)。按照我国的电视制式，对一幅画面上各像素完整地扫描一遍(从左到右，从上到下)所需的时间为 $1/25\text{ s}$ (下面还会提到，实际上还要短些)，即每秒放送 25 幅，因而可以符合人眼视觉暂留特性的要求。

2. 光电转换过程

在摄像端，摄像管需完成两个功能：一是将景物的光像变为平面电像；二是将一幅平面电像上各像素的电信息顺序传送出去。前一个功能依靠摄像管表面的靶电极来完成。靶电极上有一个由光电材料(如：三硫化铟 Sb_2S_3)构成的光电阴极。外界景物经过透镜聚焦，成像在靶电极上。由于靶的光电效应，就在靶电极上形成了一幅与外界景物相对应的电位图像。景物上亮度越高的点对应的电位越高；反之，亮度越低的点对应的电位越低。第二个功能由摄像管内的电子枪来完成。所谓电子枪，就是摄像管内由阴极、灯丝、栅极、加速极、聚焦极等构成的一套装置，它能在摄像管内形成一束极细的电子流，称为电子束。当电子束打到某一像素上时，就会根据该像素上的电位情况而失去一部分电子，失去的电子数与该点的电位情况有关，因而也就与外界景物在该点的亮度有关。由于电子束最终要流过外电路而形成闭合回路，因此电子数的此一变化就在外电路里产生了相应变化的电流，也就在外电路负载上产生了相应变化的电压。摄像管的结构及工作原理如图 1.2 所示。

为使电子流集聚成极细的一束，以便每次只打到一个像素上，摄像管还需要聚焦电路；又为了使电子束能逐次扫描到整个画面上，还需要采用扫描电路。关于扫描将在下面予以讨论。

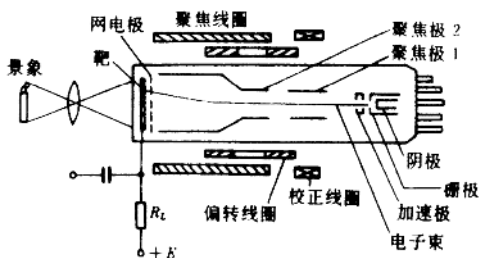


图 1.2 摄像管的结构及工作原理

3. 扫描方式

为了把一幅平面(二维)图像变成随时间变化的一维图像信号,就需要对画面作快速扫描。如前所述,只要扫描速度足够快(或说频率足够高),则由于人眼的视觉暂留特性,便可在接收端处重现“同时”出现的平面图像。从原理上说,对一幅画面进行扫描的方式可以是任意的,只要能扫遍完整一幅画面上的所有像素即可。常用的方法是采用锯齿波对画面作直线扫描。

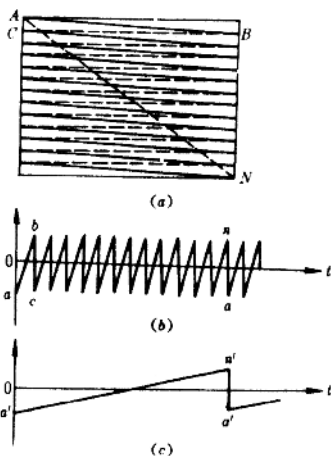


图 1.3 逐行扫描方式

齿波对画面作直线扫描。(a) 逐行扫描路线 (b) 水平扫描电流波形 此一锯齿波可以是锯齿电

压波或锯齿电流波,在电视系统中采用锯齿电流波。电视系统中采用的扫描方式可分为逐行扫描及隔行扫描两种。

(1) 逐行扫描。逐行扫描方式可借助于图 1.3 来说明。当 $t=0$ 时, 由于水平扫描电流值等于负值 a , 垂直扫描电流值等于负值 a' , 因此扫描点处于画面的左上角 A 点上。此后, 水平扫描电流值由负值 a 快速直线上升到正值 b , 而垂直扫描电流值则仅增大很少一点, 相应的扫描点从 A 点出发, 快速横向扫过画面, 到达 B 点, 这就完成了第一行的扫描。这里需要注意: 由于垂直扫描电流的作用, 画面上 B 点的位置比 A 点要略微下移一些。换句话说, 行扫描的路线不是完全水平的, 而是略微向下倾斜。

到达 B 点后, 水平扫描电流值由正值 b 很快地下降为负值 c ; 相应地, 扫描点亦由右侧 B 点很快地回到到左侧的 C 点, 此后又开始第二行的扫描……。这样, 依此规律一行一行地一直扫描下去, 直到扫完最后一行, 扫描点到达右下角的 N 点(相应地, 水平扫描电流为正值 n , 垂直扫描电流为正值 n')为止, 这就完成了对整幅画面的扫描。此后, 水平扫描电流值由正值 n 下降为负值 a , 同时, 垂直扫描电流由正值 n' 下降为负值 a' ; 因而扫描点就由画面右下角的 N 点重新回到画面左上角的 A 点, 从而又开始对下一幅画面的扫描。

在水平方向上完成一次扫描称为一行, 因而水平扫描又称行扫描。扫描点由画面左侧(如 A 点)扫到右侧(如 B 点)的过程称为行扫描的正程; 扫描点由画面右侧(如 B 点)快速返回到左侧(如 C 点)的过程称为行扫描的逆程。为了易于看清扫描过程, 在图 1.3 中假设了行逆程是在一瞬间完成的。实际上, 虽然行逆程时间比行正程时间要短得多, 但仍需要一定的时间。以我国现行的电视广播体制为例, 行正程为 $52\mu\text{s}$, 行逆程为 $12\mu\text{s}$, 行周期为 $64\mu\text{s}$ (相应地, 行频为 $15\,625\text{Hz}$)。行逆程与行周期之比称为行扫描逆程系数 α 。在我国电视体制中, $\alpha = 12 / 64 = 18.75\%$ 。

在垂直方向上完成一次扫描称为一场, 因而垂直扫描又称场

扫描。扫描点由画面上顶(如 A 点)扫到下底(如 N 点)的过程称为场扫描的正程, 扫描点由画面下底(如 N 点)返回到画面上顶(如 A 点)的过程则称为场扫描的逆程。场正程与场逆程之和为一个场周期, 场周期的倒数称为场频。在图 1.3 中为易于看清起见, 也假设了场扫描的逆程是在一瞬间完成的, 实际上, 它亦要占用长达几十个行周期的时间。

逐行扫描方式在全世界的现行电视广播体制中皆未被采用, 其原因是这种方式需占用的频带过宽。以我国电视广播体制为例, 若采用逐行扫描方式, 由于场频为 50 Hz , 并且一幅画面由 575 行扫描所组成, 则光是图像信号就要占用 11.2 MHz 的带宽。这么宽的带宽不仅使得电视广播系统中的电视频道数大大减少, 而且也对发射及接收系统提出更高的要求, 导致发射设备复杂, 接收机价格提高, 用户难于承受。因此, 除了非广播用系统以及未来的电视广播系统(如: 高清晰度电视(HDTV 等)中打算采用逐行扫描外, 世界各国的现行电视广播系统中无一例外地皆采用了下面要介绍的隔行扫描方式。

(2) 隔行扫描。上面说过, 采用逐行扫描会导致图像信号带宽过宽。比如: 有一个采用逐行扫描的系统, 场正程(画面)占 575 行, 场逆程占 50 行(一场共包含 625 行)。若场频为 50 Hz , 则行频为 $50 \times 625 = 31\,250\text{ Hz}$, 此时视频图像信号带宽就会高达 11.2 MHz 。为了使此带宽减小, 似乎可以采用减少画面上的扫描行数或是降低场频来达到。但前者会导致图像清晰度的降低, 后者则能引起图像的闪烁。因此, 这两种方法皆不宜采用。在现行电视系统中, 采用了隔行扫描方式, 既使得图像信号带宽减少一半, 为 5.6 MHz 左右, 又不致引起图像清晰度的降低及图像闪烁, 从而极其巧妙地解决了此一问题。正因为如此, 世界各国现行电视广播体制中均采用了隔行扫描方式。

电视的问世比电影要晚, 因而可借鉴电影技术的许多成果,

隔行扫描即为其中之一。在电影技术中，每秒钟放映 24 幅影片，这会引起闪烁，使观众在观看电影时会觉察到活动画面的不连贯(就像早期电影那样)。为避免闪烁，似乎可以提高放映速度，比如：每秒放映 48 幅影片。但这样一来，耗用的胶片量也就增大了一倍，因而不实用的。现代电影技术中巧妙地采用了阻挡法来克服闪烁问题，方法非常简单：每秒仍放映 24 幅影片，但在每一幅影片的放映过程中，用一块挡板快速地挡光一次。这样一来，利用每幅影片被放映了两次的方法达到每秒放映 48 幅影片的效果，从而成功地解决了闪烁问题。

隔行扫描的原理大致相似。在进行隔行扫描时，每幅图像分为两场来进行扫描，第一场先扫描奇数行，即第 1、3、5、... 行，因而称为奇数场；第二场再扫描偶数行，即第 2、4、6、... 行，因而称偶数场。扫完两场后即完成了对完整一幅图像的扫描。前已说过，垂直方向完成一次扫描称为一场。相应地，对完整的一幅(一帧)图像完成一次扫描则称为一帧。对逐行扫描，场与帧的概念相同；对隔行扫描，一帧由两场组成。顺便指出，电子束的扫描轨迹称为扫描光栅。作为例子，图 1.4 中画出了隔行扫描方式的示意图。为易于看清，图中只画出了 11 行，且仍然假设行逆程及场逆程过程皆不占用时间。

在图 1.4 中，奇数场扫描了第 1、3、5、7、9 行以及第 11 行的前半行，偶数场则扫描了第 11 行的后半行以及第 2、4、6、8、10 行。因此，每场扫描 5.5 行，两场合计共扫描 11 行，即一帧包含 11 行。由于奇数场的最后一行只扫描了半行，使得偶数场扫描起始于画面上顶之中点，从而偶数场各行恰好落入奇数场各行之中间，即两场扫描恰好镶嵌。图 1.4 仅用以说明隔行扫描的原理，实际上，对一帧图像的扫描行数要多得多。以我国体制为例，一帧包含 625 行，即每场包含 312.5 行，其中场正程

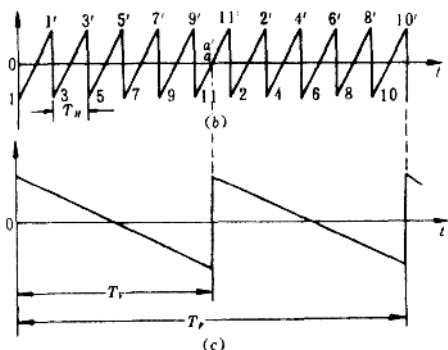
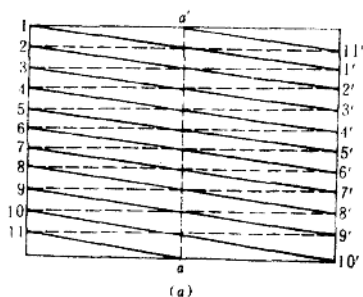


图 1.4 隔行扫描方式

(a) 隔行扫描路线 (b) 行扫描电流波形 (c) 场扫描电流波形

为 287.5 行，场逆程为 25 行，场频为 50 Hz(帧频为 25 Hz)。这样，由于一帧图像的正程共包含 575 行，即画面上共有 575 个扫描行，因此，画面清晰度仍较高。另外，由于场频为 50 Hz，即每秒扫描 50 场，从而解决了画面闪烁的问题。最后，由于帧频降低为 25 Hz，为逐行扫描的一半，因此行频亦降低为逐行扫描

时的一半，从而图像信号带宽亦为逐行扫描之半，即为 5.6 MHz。由此可见，隔行扫描方式既保留了逐行扫描的画面清晰度较高、避免闪烁的优点，又巧妙地解决了逐行扫描方式需要带宽过宽的问题，从而电视系统可容纳更多的频道，并且对发射机、接收机的要求亦大大降低。有鉴于此世界各国的现行电视广播体制均采用了隔行扫描方式。

4. 电视图像的同步

很明显，在发送端，摄像管内电子束不论以什么方式对一帧图像进行扫描，在接收端，显像管内的电子束亦必须以完全相同的规律“合拍”地进行扫描。只有这样，才能重现原先的图像。这里的“合拍”，包含着两层含义，第一，显像管与摄像管两者的扫描速度必须相同，即扫描频率相同；第二，两者扫描的每场、每行的起点必须相同，即扫描相位相同。仅当这两点均已作到，即同频又同相时，两者才完全“合拍”，这种情况称之为同步。

保证同步是电视广播传送中的一个极重要的条件。同步不好会造成图像翻滚、歪斜、扭曲，甚至上下割裂、倒置等严重失真现象。为了切实保证同步，在电视发送时，除了发送图像信号以及伴音信号外，还必须要发送同步信号(包括行同步与场同步)，在接收端，则需有专门的电路(同步通道)将同步信号分离出来，再分成为行同步与场同步信号，以便“引导”图像信号到正确的位置上，从而正确地重现图像。

三、我国的黑白电视广播标准及图像参数

1. 我国的黑白电视广播标准

我国黑白电视广播标准的主要参数如表 1.1 及图 1.5 所示。图中字母的意义为：O—图像信号发射载频，S—伴音信号发射载频，S'—下邻频道的伴音信号发射载频，B—标称频道边界。