

北京市高等教育精品教材立项项目

21 世纪高职高专规划教材·电子信息/通信类

电视原理与数字电视

主编 冯跃跃

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书从电视技术基础知识电子扫描与显示技术入手,通过对模拟电视信号的分析,介绍视频电视信号 AV、射频电视信号 TV、黑白全电视信号及彩色全电视信号。通过对电视接收机主要组成框图的分析,分别介绍模拟与数字电视接收机的基本工作原理,并以电视教学机为分析对象,分析模拟电视整机的工作过程,介绍数字电视教学实验系统。

本书适合高职高专院校电子信息技术、广播电视技术等相关专业教学使用,也可作为电视技术培训教材,同时适合从事电视机生产及维修的初中级技术人员、业余爱好者阅读。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电视原理与数字电视 / 冯跃跃主编. —北京:北京理工大学出版社, 2008.2

ISBN 978-7-5640-1387-5

I. 电… II. 冯… III. ①电视—理论—高等学校—教材②数字电视—高等学校—教材 IV. TN94

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 013838 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 324 千字

版 次 / 2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4000 册

定 价 / 23.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

本教材定为高职高专教材，供电子信息技术、广播电视技术等专业《电视原理》课程教学使用。本书的任务是使学生理解电视技术的基础知识，通过电视信号、电视整机的学习，初步了解电视整机技术，提高专业技术水平，从而掌握一门实用的电子技术。

教育部 2006 年 16 号文件要求高职院校“以服务为宗旨，以就业为导向，走产学结合发展道路，为社会主义现代化建设培养千百万高素质技能型专门人才。”16 号文件还指出“高等职业院校要及时跟踪市场需求的变化，主动适应区域、行业经济和社会发展的需要，根据学校的办学条件，有针对性地调整和设置专业。指出了教育服务产品要根据人才市场需求，有针对性地调整所提供的教育服务，以使得接受服务的学生能顺利就业。本教材就是根据当前高职高专工学结合教学的需要，结合多年实际教学经验，针对高职高专教学层次的特点，突出实用性，在内容编排上力求通俗易懂，层次分明，将电视原理内容化简，对电视整机电路重在外部功能的分析，并尽可能地通过实验实训项目进行测试。

全书共分 5 章，大约需要 80 学时。第 1 章 电视技术基础知识，简述电视技术的发展过程，介绍电子扫描技术与电子显示技术（约 10 学时）。第 2 章 模拟电视信号基础，介绍视频电视信号与射频电视信号（约 14 学时）。第 3 章 彩色电视整机，介绍彩色电视接收机组成与电视教学机电路（约 30 学时）。第 4 章 数字电视信号基础，简述数字电视的发展概况，介绍数字电视系统的基本组成，音视频信号数字化的方法以及数字电视的有关标准（约 10 学时）。第 5 章 数字电视整机，介绍数字电视接收机与数字电视教学机系统（约 16 学时）。

为便于开展实验实训教学，我们为本教材开发研制了模拟与数字电视教学系统，经多年教学实践，对电视实验实训教学起到很好的指导作用，本书特对此电视教学机系统进行分析与介绍，以帮助使用者学习参考。

本书由冯跃跃主编，陈强、徐洁、李学礼参编。其中第 1 章由徐洁编写，第 2 章、第 3 章由冯跃跃编写，第 4 章、第 5 章由陈强、李学礼编写。全书由冯跃跃定稿。

由于编者水平有限，书中难免有错误、疏漏之处，热情欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电视技术基础知识.....	1
1.1 绪论	1
1.2 电子扫描技术	6
1.3 电子显示技术.....	13
习题 1	25
实验实训项目一：电视扫描与显示技术课业	25
本章总结	26
第 2 章 模拟电视信号基础	27
2.1 视频全电视信号.....	27
2.2 射频电视信号.....	31
2.3 彩色的基本概念.....	42
2.4 彩色电视制式.....	45
2.5 彩色图像信号.....	47
2.6 彩色全电视信号.....	58
2.7 PAL 编码器与解码器	64
习题 2	65
实验实训项目二：视频与射频信号测试	67
本章总结	70
第 3 章 彩色电视整机	72
3.1 电视接收机的基本组成.....	72
3.2 高频电子调谐器.....	79
3.3 遥控存储系统.....	83
3.4 中频通道.....	85
3.5 视频通道.....	90
3.6 扫描电路	100
3.7 彩色电视教学机	106
习题 3	130
实验实训项目三：彩色电视接收机电路测试.....	131
本章总结.....	137



第 4 章 数字电视信号基础.....	139
4.1 数字电视技术概述	139
4.2 音视频信号的数字化	143
4.3 数字电视标准	150
习题 4	164
实验实训项目四：数字电视信号测试.....	164
本章总结.....	166
第 5 章 数字电视整机	168
5.1 数字电视接收机总体框图	168
5.2 A/D 变换电路	171
5.3 视频解码电路	176
5.4 图像处理电路	180
5.5 MCU 控制电路	186
5.6 液晶显示及驱动电路	189
5.7 数字音频处理电路	193
5.8 数字 CATV 高频头.....	199
5.9 数字电视教学机	201
习题 5	205
实验实训项目五：数字电视整机测试	206
本章总结.....	210
中英文对照表.....	212
参考文献.....	214

第 1 章 电视技术基础知识

【学习目标】

通过本章的学习，了解世界电视技术的发展经历，数字电视技术的发展现状。重点掌握以下电视基础知识：

- (1) 了解电视技术的发展过程。
- (2) 理解电视成像过程，掌握顺序制电视形成完整图像的过程。
- (3) 理解电子扫描、逐行扫描与隔行扫描、行场扫描原理、行场电流的非线性失真，掌握电视行场扫描基本参数，掌握同步与消隐的概念，会分析简单扫描故障的原因。
- (4) 了解目前主要的显示器的类型，理解 CRT、液晶、背投、等离子显示器的组成结构、工作原理及各自的特点。

1.1 绪 论

1.1.1 概述

电视 (Television) 技术是 20 世纪人类最伟大的发明之一，是人类进行信息传播变革中影响最大的研究成果之一。20 世纪初伴随无线电技术的出现，电视技术是在照相、传真、电影、无线电通信的基础上逐渐发展起来的，到 20 世纪五六十年代得到了很大发展。它是用无线电电子学的方法，实时地远距离传送活动或静止图像的一门技术。电视是大众传媒的主要载体，它声像并茂色彩兼备，远距离传送，面向社会，深入家庭，成为最具活力的大众传播工具。

所谓电视，是指通过发送端的光—电转换把景物图像变成电信号，称为电视信号，并通过电磁波或电缆传送到接收端，再经电—光反变换重显出原来景物的图像。

现代电视技术主要分为两大类：模拟电视技术、数字电视技术。

1.1.2 电视技术的发展历程

1. 尼普可夫圆盘

俄裔德国科学家保尔·尼普可夫还在中学时代，就对电器非常感兴趣。当时正是有线电技术迅猛发展时期。电灯和有轨电车取代了古老的油灯、蜡烛和马车，电话已出现并得到了普及，海底电缆联通了欧洲和美洲，这一切给人们的日常生活带来了极大的方便。经过艰苦的努力他发现，如果把影像分成单个像点，就极有可能把人或景物的影像传送到远方。不久，一台叫做“电视望远镜”的仪器问世了。这是一种光电机械扫描圆盘。1884 年 11 月 6



日, 尼普可夫把这项发明申报给柏林皇家专利局。在他的专利申请书的首页这样写道: “这里所述的仪器能使处于 A 地的物体, 在任何一个 B 地被看到。” 一年后, 专利被批准了。这是世界电视史上的第一个专利。专利中描述了电视工作的三个基本要素: ① 把图像分解成像素, 逐个传输。② 像素的传输逐行进行。③ 用画面传送运动过程时, 许多画面快速逐一出现, 在人眼中这个过程融合为一。这是以后所有电视技术发展的基础原理, 甚至今天的电视仍然是按照这些基本原则工作的, 1900 年巴黎举行的世界博览会上第一次使用了电视这个词。

2. 机械电视

一个偶然的机, 英国发明家约翰·贝尔德看到了关于尼普可夫圆盘的资料, 如图 1-1 所示。尼普可夫的天才设想引起了他的极大兴趣。正是对发明电视的执著追求和极大热情支持着贝尔德, 1924 年, 一台凝聚着贝尔德的心血和汗水的电视机终于问世了。这台电视利用尼普可夫原理, 采用两个尼普可夫圆盘, 首次在相距 4 英尺远的地方传送了一个十字剪影画。

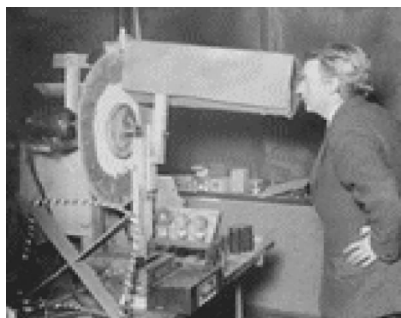


图 1-1 尼普可夫圆盘

贝尔德 (1888—1946) 英国发明家。1926 年制造出机械电视系统。贝尔德本人则被后来的英国人尊称为电视之父。

1928 年, “第五届德国广播博览会” 在柏林隆重开幕了。在这盛况空前的展示会中, 最引人注目的新发明——电视机第一次作为公开产品展出了。从此, 人们的生活进入了一个神奇的世界。但是有线的机械电视传播的距离和范围非常有限, 图像也相当粗糙, 简直无法再现精细的画面。因为只有几分之一的光线能透过尼普可夫圆盘的孔洞, 为得到理想的光线, 就必须增大孔洞, 那样, 画面将十分粗糙。要想提高图像细部的清晰度, 必须增加孔洞数目, 但是, 孔洞变小, 能透过来的光线也微乎其微, 图像也必将模糊不清。机械电视的这一致命弱点困扰着人们。人们试图寻找一种能同时提高电视的灵敏度和清晰度的新方法, 于是电子电视应运而生。

3. 电子电视

1897 年德国的物理学家布劳恩发明了一种带荧光屏的阴极射线管, 如图 1-2 所示。当电子束撞击时, 荧光屏上会发出亮光, 1906 年布劳恩的两位执著的助手真的用这种阴极射线管制造了一台画面接收机, 进行图像重现。他们的这种装置重现的是静止画面, 应该算是传真系统而不是电视系统。1907 年俄国著名的发明家罗辛也曾尝试把布劳恩管

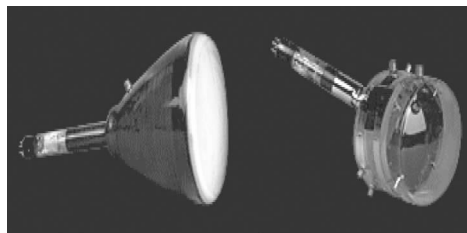


图 1-2 带荧光屏的阴极射线管

应用在电视中。他提出一种用尼普可夫圆盘进行远距离扫描, 用阴极射线管进行接收的远距离电视系统。特别值得指出的是, 英国电气工程师坎贝尔·温斯顿, 在 1911 年就任伦敦学会主席的就职演说中, 他提出了一种摄像管的改进装置, 描述了今天的电视技术。可是在当时, 由于缺乏放大器, 以及存在其他一些技术限制, 这个完美的设想没有实现。



1906年德国制造的第一台电子电视图像接收机。

俄裔美国科学家兹沃雷金，开辟了电子电视的时代。兹沃雷金曾经是俄国圣彼得堡技术研究所的电气工程师。早在1912年，他就开始研究电子摄像技术。1919年兹沃雷金迁居美国，进入威斯汀豪森电气公司工作。他仍然不懈地进行电子电视的研究。1924年兹沃雷金的研究成果——电子电视模型出现。兹沃雷金称模型的关键部位为光电摄像管，即电视摄像机。遗憾的是，由于图像暗淡，几乎同阴影差不多。1929年矢志不渝的兹沃雷金又推出一个经过改进的模型，结果仍然不很理想。美国的ARC公司最终投资了五千万美元，1931年兹沃雷金终于制造出了令人比较满意的摄像机显像管。同年，进行了一项对一个完整的光电摄像管系统的实地试验。在这次实验中，一个由240条扫描线组成的图像被传送给4 mile (1 mile=1 609.344 m) 以外的一架电视机，再用镜子把9 in (1 in=2.54 cm) 显像管的图像反射到电视机前，完成了使电视摄像与显像完全电子化的过程。

兹沃雷金(1889—1982)美国发明家。1923年发明电子电视摄像管，1931年成功研究了电视显像管。

有关电视的实验在100多年以前就开始了，纵观电视的发展，它经历了机械黑白电视、电子黑白电视和彩色电视三个阶段。1884年德国人P·G尼普科夫(Nipkov)做出了第一个电视装置；1925年英国的J·L贝尔德(Barid)表演了实用的机械电视；1936年英国贝尔德电视公司首次进行电子黑白电视广播，从此人类进入了电子广播电视的新时代。1940年美国的哥德马克(Goldmark)发明了场顺序制彩色电视，由于它不能与黑白电视兼容，因此得不到推广。1953年美国发明了世界上第一个兼容制的彩色电视制式——NTSC制。1960年以后法国和德国(布鲁赫教授)针对NTSC制的缺点，发明了另两种兼容彩色电视，它们分别是SECAL和PAL制，这两种电视制式都在1967年正式开播，从而形成了当代并列的三大兼容制广播彩色电视制式，并分别得到世界各国的采用。我国1959年开始了黑白电视广播，1973年又开始了彩色电视广播，并采用PAL/D制。

1946年美国第一次播出黑白电视。1954年彩色电视试播成功。

4. 卫星直播电视

随着通信卫星的出现，电视的传播速度更快了。通过实况转播，各种世界性的体育盛会和重大科技信息，转眼之间传遍整个世界，电视传播的范围更广大。1982年有140多个国家的百余亿人次在电视中看到了世界杯足球赛的比赛实况，观看人数之多是前所未有的，电视传播的地域缩小了。从1965年到1980年，国际通信卫星组织共发射了5颗国际通信卫星，完全实现了全球通信。可以毫不夸张地说，通信卫星加强了人们的社会交往和相互了解。在高悬于太空中的通信卫星的照耀下，地球仿佛变小了，“全球村”时代来临了。

1983年11月5日，美国USCI公司首次开始卫星直播。以前的卫星传播，要经过地面的接收，再把信号通过无线电或电缆传送出去。卫星直播电视与此不同，只要在用户家中装备一个直径1 m左右的小型抛物面天线和一个调谐器(用来对信号进行解码)，就可以直接接收卫星的下行信号。这对偏远地区有很大的实用价值。

电视的发明深刻地改变了人们的生活，它不但使人们的休闲时间得到前所未有的充实，更重要的是它加大了信息传播空间和信息量，使世界开始变小。如今，电视已成为普及率最高的家用电器之一，而电视新闻、电视娱乐、电视广告、电视教育等已形成了巨大的产业。电视作为一项伟大的发明，给人类带来了视觉革命。



1.1.3 数字电视技术的发展状况

数字电视是电视技术从黑白向彩电发展之后的第三代电视，是电视技术发展史上新的里程碑，将和第三代移动通信网络、下一代因特网一起成为影响未来发展的三大骨干网之一。数字电视的热潮正在兴起，在日本和欧美地区，数字电视已开始普及、传统的模拟电视将退出历史舞台。在美、欧等技术先进国家大力发展数字电视的推动影响下，我国也正在开展数字高清晰度电视的研究。

1. 什么是数字电视？

日本人最早提出高清晰度电视（HDTV）的概念，并在1981年完成世界第一套高清晰度电视演示系统，如图1-3所示。高清晰度电视在水平和垂直方向上的清晰度是现有电视图像清晰度的两倍，其包含的信息量大约是常规电视的5倍，显然用原有的电视节目传输方法传送高清晰度电视节目是不能胜任的。因此，日本首先提出使用数字处理技术的模拟传输方案，成为混合（数字/模拟）传输方式。当数字视频压缩技术能够把图像的信息量压缩20~50倍时，就出现了数字电视。



图1-3 高清晰度电视

数字电视就是指从演播室到发射、传输、接收的所有环节都是使用数字电视信号，或对该系统所有的信号传播都是通过由0、1数字串所构成的数字流来传播的，数字信号的传播速率是19.39 Mb/s，如此大的数据流的传递保证了数字电视的高清晰度，克服了模拟电视的先天不足。同时还由于数字电视可以允许几种制式信号的同时存在，每个数字频道下又可分为几个子频道，从而既可以用一个大数流——19.39 Mb/s，也可将其分为几个分流，例如4个，每个的速度就是4.85 Mb/s，这样虽然图像的清晰度要大打折扣，却可大大增加信息的种类，满足不同的需求。例如在转播一场体育比赛时，观众需要高清晰度的图像，电视台就应采用19.39 Mb/s的传播；而在进行新闻广播时，观众注意的是新闻内容而不是播音员的形象，所以没必要采用那么高的清晰度，这时只需3 Mb/s的速度就可以了，剩下16.39 Mb/s可用来传输别的内容。

2. 数字电视的用途

在数字电视中，采用了双向信息传输技术，增加了交互能力，赋予了电视许多全新的功能，使人们可以按照自己的需求获取各种网络服务，包括视频点播、网上购物、远程教学、远程医疗等新业务，使电视机成为名副其实的信息家电。数字电视提供的最重要的服务就是视频点播（VOD）。VOD是一种全新的电视收视方式，它不像传统电视那样，用户只能被动地收看电视台播放的节目，它提供了更大的自由度，更多的选择权，更强的交互能力，传用户之所需，看用户之所点，有效地提高了节目的参与性，互动性，针对性。因此，可以预见，未来电视的发展方向就是朝着点播模式的方向发展。数字电视还提供了其他服务，包括数据传送、图文广播、上网服务等。用户能够使用电视实现股票交易、信息查询、网上冲浪等，使电视被赋予了新的用途，扩展了电视的功能，把电视从封闭的窗户变成了交流的窗口。



3. 数字电视的特点

与模拟电视相比,数字电视有以下几个优点:

(1) 收视效果好,图像清晰度高,音频质量高,满足人们感官的需求。

(2) 抗干扰能力强。数字电视不易受外界的干扰,避免了串台、串音、噪声等影响。

(3) 传输效率高。利用有线电视网中的模拟频道可传送 8~10 套标准清晰度数字电视节目。

(4) 兼容现有模拟电视机。通过在普通电视机前加装数字机顶盒即可收视数字电视节目。

(5) 提供全新的业务。借助双向网络,数字电视不但可以实现用户自点播节目、自由选取网上的各种信息,而且可以提供多种数据增值业务。

(6) 易于实现,用户只需加装一台机顶盒即可接收。画面清晰度高,音频效果好、抗干扰能力强。频道数量会大量增加,可支撑 500 套数字频道。可开展多功能业务,如电视网站、交互电视等。

4. 中国数字电视发展历程

我国数字电视的发展起步与世界水平几乎同时起步,大致分为三个阶段,跟踪起步阶段——20 世纪 80 年代中期;科研攻关阶段——80 年代末到 90 年代中期;政府与产业高度关注推动阶段——90 年代末。

1985 年,我国部分大学、研究机构和企业开展数字电视的跟踪研究工作,并采用国外芯片试制出了一批“数字处理电视机(DPTV)”。这一过程为我国进行数字电视技术研究积累了经验,培养了人才。

1989 年原国家科委成立了“HDTV 软科学专家组”为发展高清晰度电视准备。

1993 年 4 月又成立了“高清晰度电视(HDTV)战略研究专家组”,进行前期论证和准备。

1996 年 5 月启动了 HDTV 功能样机系统的攻关和研发工作。

1998 年底完成了我国第一套高清晰度电视(HDTV)系统功能样机的开发工作。

1999 年初国家成立了“国家数字电视研究开发及产业化领导小组”,统一协调和规范我国数字电视的发展。组织制定数字电视标准体系、推进时间表发展目标规划以及相关政策。

5. 中国数字电视传输体制标准

地面数字电视标准:2006 年 8 月 30 日,国标委网站发布了“2006 年第 8 号(总第 95 号)中国国家标准批准发布公告”,在第 95 号公告中公布了国家质量监督检验检疫总局批准 160 项国家标准,其中第 28 项为《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》标准。标准编号为 GB 20600—2006。据了解,《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》于 2006 年 8 月 18 日被正式批准通过,将从 2007 年 8 月 1 日起正式实施。新方案融合了清华大学 DMB-T 标准、上海交大的 ADTB-T 和广播科学研究院 TiMi 三种标准。数字电视传输标准一共包括三个标准:地面传输标准、有线电视标准和卫星电视标准,有线数字电视标准和卫星电视标准此前已确定采用欧洲标准 DVB-C 和 DVB-S,只有地面传输标准是采用了国内标准,因此该标准也是对国内数字电视产业影响最大的一个标准。数字电视地面标准将是强制性的国家标准,非国家标准的传输、接收设备将从市场中清除出去。目前,在北京、上海、杭州等地的地面移动电视都采用欧洲的地面传输标准。



1.2 电子扫描技术

电视是一种视觉设备，电视技术就是根据人眼的视觉特性，经过电子扫描，用光电转换的方法来传送活动图像的技术。电视技术与电影技术的最大的区别在于，电影采用的是图片投影成像，而电视技术的成像是逐个对像素扫描成像，在学习电视技术时，首先要建立像素的概念，理解电子扫描成像的工作原理，了解在电视机中实现电子扫描的器件，偏转线圈的结构及工作原理。

1.2.1 像素的概念

1. 像素

一幅平面图像，根据人眼对细节分辨力有限的视觉特性，总可以看成是由许许多多的小单元组成。将活动的图像从远距离真实地传送到人们的眼前，就要将图像进行分解。在图像处理系统中，这些组成图像画面的小单元称为像素。像素即是构成图像的基本单元，分解像素越多，图像越清晰。像素越小，单位面积上的像素数目就越多，由其构成的图像就越清晰，图像像素分解如图 1-4 所示。



图 1-4 图像像素分解示意图

电视系统传送的是活动图像，因而每个在确定位置上的像素其亮度又随时间不断地变化着。像素的亮度又是时间的函数。一幅黑白平面图像，表征它的特征参量是亮度。这就是说，组成黑白画面的每个像素，不但有各自确定的几何位置，而且它们各自还呈现着不同的亮度。可见，像素的亮度既是空间（二维）函数，同时又是时间函数。

2. 图像帧

电视系统中把构成一幅图像的各像素传送一遍称为进行了一个帧处理，或称为传送了一帧，每帧图像由许多像素组成。一幅图像又称一帧图像。

3. 像素的传送

理论上讲像素的传送分为：并行传输和串行传送。并行传输是指可同时把不同位置上具有不同亮度的像素转变成相应的电信号，再分别用各个相应信道把这些信号同时传送出去，但很难在技术上实现，实际应用中是采用的串行传输。根据人的视觉惰性，将组成一帧图像的各个像素，按一定顺序一个一个地转换成相应的电信号并依次传送出去，接收端再按同样顺序，将各个电信号在对应位置上转变成具有相应亮度的像素。这种像素的串行传输具有两个特点：

(1) 要求传送速度快。只有传送迅速，传送时间小于视觉暂留时间，重现图像才会给人以连续无跳动的感觉。

(2) 传送要准确。每个像素一定要在轮到它传送时才被转换、传送，并被接收方接收。即收发双方应同步工作。

传统的模拟电视技术一帧图像约有 40 万个像素，目前发展的高清晰度电视一帧图像可



达到百万像素。由于电影图像是利用投影整幅传送出去，而电视图像的传送是利用像素逐个传送出去的，所以电视图像的传送技术和电影的投影技术是不一样的，它要求图像严格地时序对应的顺序传送。

在发送端，把被传送图像分解为许多像素，然后把像素的光信号（包括亮度和色度）按一定顺序转变成电信号，并依次传送出去。在接收端的屏幕上，再按同样顺序将各个电信号在相应的位置上转换为光信号。

顺序传送像素的示意图如 1-5 所示。发送端的像素经过电子扫描装置 S 取出信号，经传输通道到达接收端电子扫描装置 S' 送到接收端。图像的顺序传送过程，可以用如下过程描述：

(1) 发送端将图像分解为像素，将光信号变成电信号。

(2) 依次将电信号经传输通道发送出去。

(3) 显示端依次将电信号转换成光信号。

即使在收发端保证顺序传送，也并不能保证显示完整图像条件，还要求收发端的电子扫描装置工作完全的一致，即发送端的每一个像素，要同时同位置地传送到接收端的画面上，也称同步，同步在电视系统中是十分重要的。我们所说的同步，是指收发端的信号要同频同相，这样才能保证在接收端显示出完整的发送画面，所以在电视技术中对信号的同步工作要求是非常严格的，显示完整画面要满足如下两个条件：

(1) 发送端 S 和接收端 S' 必须同步（频率和相位）工作。

(2) 扫描装置 S 的速度足够快，利用视觉惰性显示完整图像，使眼睛感觉到图像是同时在“亮”。（实际上，在电视系统中 S 和 S' 是利用电子束扫描完成的）

1.2.2 逐行扫描与隔行扫描

实现电子束在电视屏幕上快速扫射，是由电子扫描装置完成的。所谓扫描是指电子束周期性顺序扫射屏幕的过程，扫描方式分为逐行扫描和隔行扫描。

1. 逐行扫描

逐行扫描是指电子束从左到右从上到下逐行依次扫描方式，即电子束产生自左向右、自上而下，一行接一行的运动，因而称其为逐行扫描。从上到下显示一幅图像的扫描称为帧扫描。电子束扫描形成的亮点轨迹称为光栅。逐行扫描光栅示意图如图 1-6 所示。

由于连续活动图像的形成，是由人眼视觉惰性造成的，即在实际光消失后，视觉暂留的现象，一般为 0.02~0.05 s。如果图像在人眼视网膜中的停留时间大于 0.05 s，会造成图像的不连续。故电影技术采用每秒放映 24 幅，电视技术每秒放 25 幅。

但是在传统的电视中并没有采用逐行扫描的方式，而是采用隔行扫描。这是因为电视技术是采用扫描技术，扫描正程图像亮，扫描逆程图像暗，这样会产生闪烁感。为了消除闪烁

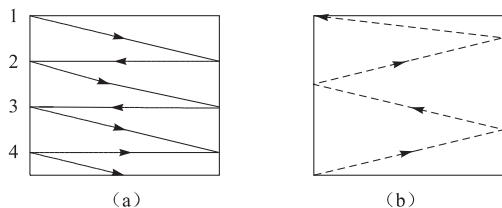


图 1-6 逐行扫描光栅示意图
(a) 帧扫描正程；(b) 帧扫描逆程

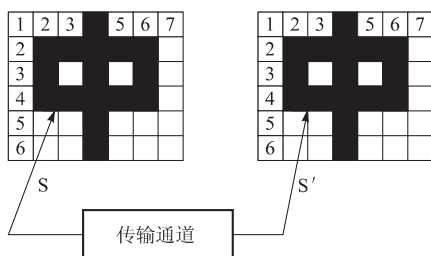


图 1-5 顺序传送图像示意图



感，理论上计算要满足融合频率，所谓融合频率是指消除闪烁感的临界频率，与亮度有关，一般用式 (1-1) 计算：

$$f = 26.6 + 9.6 \log B = 45.8 \text{ Hz} \quad (1-1)$$

其中 B 为光通量，单位 cd/m^2 ，取中等亮度 $B = 100 \text{ cd}/\text{m}^2$ 时。（在高清电视中，要取大一些）融合频率定为 $f = 50 \text{ Hz}$ 。即为了保证电视图像不闪烁，要求帧扫描频率至少为 50 Hz ，当每幅图像取 40 万个像素时，计算一下信号传输速率： $40 \text{ 万个像素} \times 50 \text{ 幅}/\text{s} = 2000 \text{ 万个}/\text{s}$ 。在早期的电视设备中，满足这样大量的信号传输量是有一定的困难的。所以逐行扫描的矛盾在于：为保证图像在观看时不闪烁，帧频必须大于 50 Hz ，而此时信号量很大，使设备无法满足要求。为了保证图像不闪烁，信号量又合适，技术人员设计的解决方案是采用隔行扫描技术。

2. 隔行扫描

在分析隔行扫描技术之前，要介绍一下场扫描的概念。所谓场扫描是指从上到下完成一次扫描，与帧扫描的区别在于，场扫描从上到下一次并没有完成一幅图像的扫描，而只是半幅图像。隔行扫描技术是将一帧（幅）图像分为两场扫描，分别称为奇数场和偶数场，由两场扫描合成一幅完整的图像。采用隔行扫描的优点在于：每秒扫 50 场，场频 $f_z = 50 \text{ Hz}$ ，保证图像不会闪烁。而两场为一帧，帧频 $f = 25 \text{ Hz}$ ，又使信号量减半， $40 \text{ 万个像素} \times 25 \text{ 场}/\text{s} = 1000 \text{ 万个}/\text{s}$ ，目前电视系统大多数还是采用隔行扫描技术。

隔行扫描关键是如何保证奇偶场正好均匀地镶嵌成一帧完整的图像。若奇偶场简单地合在一起，清晰度会大大下降。一般通用的方法是奇偶法，也称为半行法。实现方法如图 1-7 所示。

奇偶法（半行法）：

A 点：奇数场开始，C 点：偶数场开始

每场扫描处于光栅最顶端。

每场扫描行数 $Z = N + 1/2$

N ：整数 每场整数多出半行。

每帧扫描行数 $Z = 2N + 1$

每帧是奇数。

即：每场加半行的扫描，自动形成均匀镶嵌的隔行扫描。所以，采用隔行扫描技术的电视，扫描行数总是奇数行，如 625 行、1125 行等。奇偶合成光栅及图像合成示意图如图 1-8 所示。

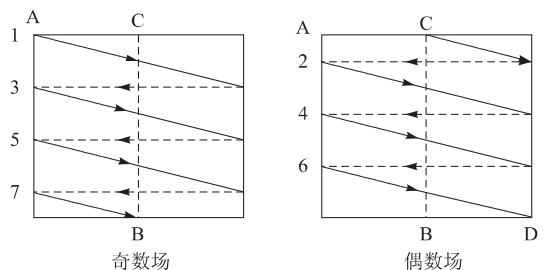


图 1-7 隔行扫描光栅示意图

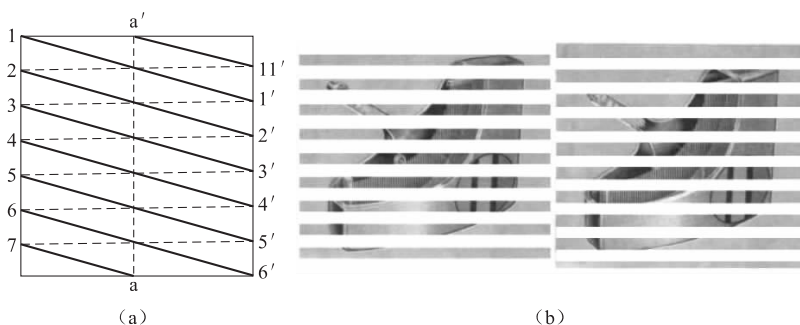


图 1-8 奇偶合成光栅示意图 (a) 和图像合成示意图 (b)



3. 屏幕尺寸的设定

电视屏幕尺寸的设定与人眼的视觉特性有很大关系，一般人眼能看到范围：水平为 180° ，垂直为 130° ；清晰范围：水平为 20° ，垂直为 150° ；如图 1-9 所示。水平清晰度与垂直清晰度比： $20:15=4:3$ ，所以普通电视屏幕尺寸设计成 $4:3$ 的矩形。对于高清晰度电视，为扩大人眼的视觉范围，产生宽视野的效果，电视屏幕尺寸设计为 $16:9$ （近似 $5:3$ ）。

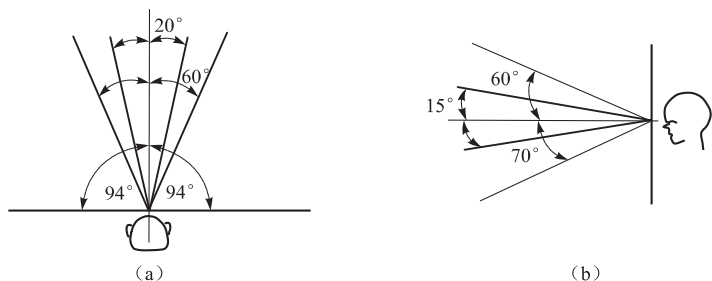


图 1-9 人的视野与视力范围

(a) 水平方向；(b) 垂直方向

4. 扫描行数的设定

(1) 视觉分辨率

视觉锐度：视觉分辨率是指人眼分辨细节的能力，称视觉锐度 V 。

分辨角：是指人眼分辨相邻两点之间最小距离所对应的张角 θ 。如式 (1-2)

$$V = \frac{1}{\theta} \quad (1-2)$$

(2) 扫描行数 人眼的正常视力分辨率 $\theta=1' \sim 1.5'$ ，而垂直清晰度视角 15° ，则扫描行数 Z 为

$$Z = \frac{15 \times 60}{\theta} = 600 \sim 900 \text{ 行} \quad (1-3)$$

我国规定普通电视扫描行数 $Z=625$ 行，每场扫描 312.5 行。

1.2.3 电子扫描原理

电子束要在屏幕上作上下左右的往复运动扫满整个屏幕，才能看到完整的图像。包括上下和左右两个运动的合成，分别称为行扫描和场扫描。当电子束沿水平方向扫描，称行扫描，从左到右称为正程，从右到左称为行逆程，简称行回扫。当电子束沿垂直方向扫描，称场扫描，从上到下称为正程，从下到上称为场逆程，简称场回扫。帧扫描是指从上到下显示一幅图像的扫描，在逐行扫描中由一场完成，在隔行扫描中由两场完成。

1. 行场扫描原理

行扫描与场扫描的实现原理是相同的，这里以一行扫描过程为例，分析电子扫描的原理。

行扫描：将行锯齿电流送入行偏转线圈，会产生随电流匀速变化的垂直磁场，根据左手定则，电子受电场力的作用在水平方向运动。扫出一条水平方向亮线，其工作过程如图 1-10 所示。

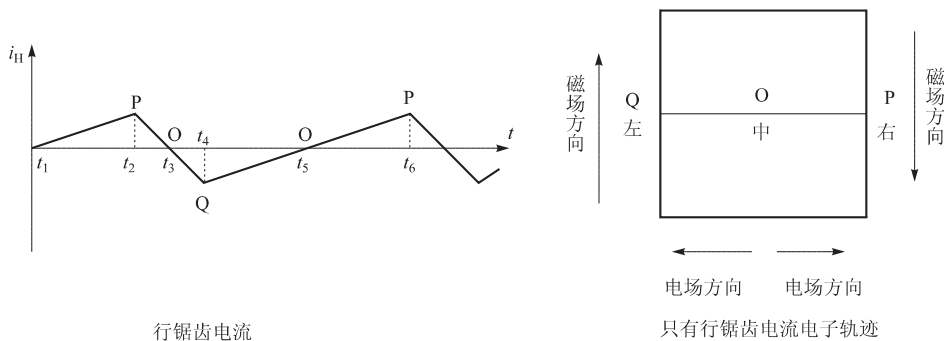


图 1-10 行扫描工作过程

t_1 时刻： $i_H=0$ 电子束不受磁场力，打在中央；

$t_1 \sim t_2$ ： i_H 为正，磁场方向自上而下，根据左手定则，电子束受向右磁力。电子束从 O 到 P（锯齿电流线性增大，磁场力也线性增大，电子向右运动）；

$t_2 \sim t_3$ ： i_H 方向不变，匀速减少，电子束向左运动， t_3 时刻回到中央。电子束从 P 到 O；

$t_3 \sim t_4$ ： i_H 为负，即电流方向相反，根据左手定则，电子束受向左磁力。电子束从 O 到 Q；

$t_4 \sim t_5$ ： i_H 方向不变，匀速减少，电子束向右运动， t_5 时刻回到中央。电子束从 Q 到 O。

如此周而复始，电子束作周期水平运动，扫出一条水平亮线。

场扫描：将场锯齿电流送入场偏转线圈，会产生随电流匀速变化的水平磁场，根据左手定则，电子受电场力的作用在垂直方向运动，扫出一条垂直方向亮线。工作过程同上。

行场扫描：电子束即高速水平运动，又作缓慢垂直运动，从而扫满整个屏幕。形成光栅。行场扫描光栅示意图如图 1-11 所示。

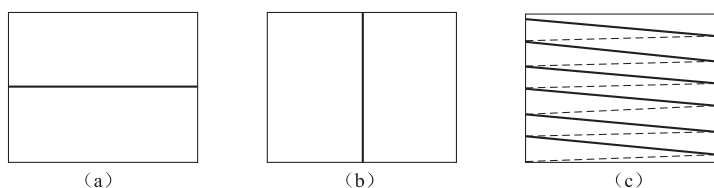


图 1-11 行场扫描光栅示意图

(a) 只有行扫描；(b) 只有场扫描；(c) 行场扫描

在目前的电视扫描中，大多还是采用隔行扫描技术（在高清电视中开始采用逐行扫描技术），如图 1-12 所示隔行扫描光栅与行场扫描电流的对应关系。

可以看到，行扫描频率快，场扫描频率慢。我国采用场频 $f_v=50$ Hz，每帧扫 625 行，故行频 $f_H=625 \times 50$ Hz=31 250 Hz。

2. 扫描电流的非线性失真

扫描电流的非线性对显示图像是有影响的，由于电子束是在扫描正程期间传送图像信号的，因此在正程期间要求扫描速度均匀，这就要求流过偏转线圈的电流线性良好，否则重现

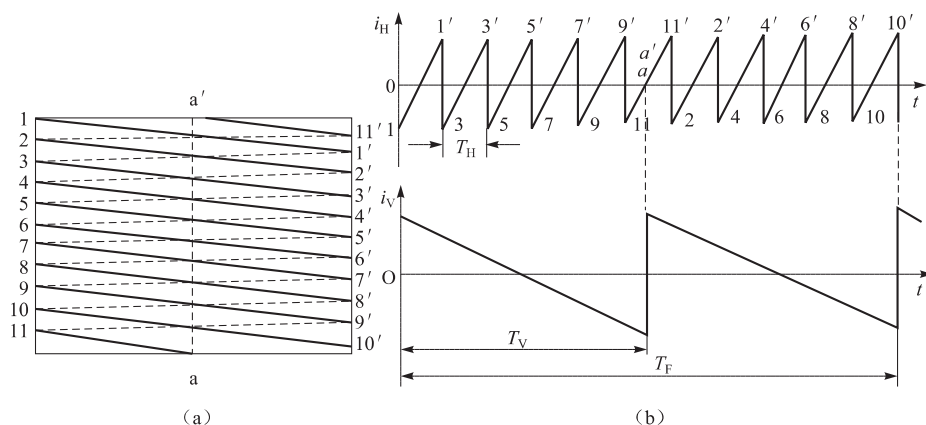


图 1-12 隔行扫描光栅与行场扫描电流的对应关系

(a) 隔行扫描; (b) 行场扫描

图像将产生非线性失真。

若原图像为方格信号，当行、场扫描电流波形均为线性变化的锯齿波时，重现图形无失真，仍为方格图形。当行、场扫描电流只要有其中之一失真，显示的图形将出现非线性失真。如图 1-13 所示，当行扫描电流出现非线性失真，扫描开始线性陡直即扫描过快，方格被横向拉伸；扫描末端线性平缓即扫描过慢，方格被横向压缩。当场扫描电流出现非线性失真，扫描开始线性陡直即扫描过快，方格被垂直拉伸；扫描末端线性平缓即扫描过慢，方格被垂直压缩。当显示图像时，会看到失真的图像。

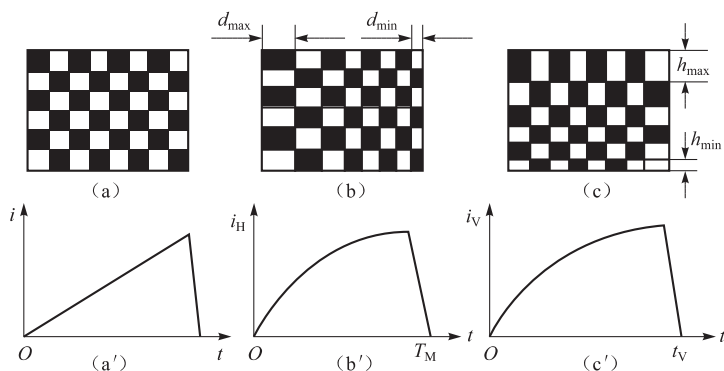


图 1-13 扫描电流非线性失真现象示意图

(a) 线性扫描，图像无失真；(b) 行扫描非线性，产生左伸、右缩的非线性失真；

(c) 场扫描非线性，产生上拉、下压的非线性失真

3. 同步与消隐

前面提到，由于电视图像是依靠逐个对像素的扫描成像的，在这个过程中电视接收机与电视发射台之间的一致，即同步问题是非常关键的。另外在扫描过程中，从右到左，从下到上回扫线的消除，即消隐工作也是必不可少的。

(1) 同步。为使电视机重现的图像与摄像机的图像完全一致，要求接收端与发射端的电子束扫描必须严格地同步。否则，重现的图像会变形和不稳，严重时图像混乱不能正常收



看。一般分为：频率不同步、相位不同步。

频率不同步：指电视接收机行或场扫描频率与电视台发射行场扫描频率不一致现象。

当场频不同时：场频规定是 50 Hz，接收机的场扫描频率也必须是 50 Hz，有时在电视发生故障时，经常会看到图像的上下滚动，就是场频不同步造成的。当电视机的场频大于 50 Hz，即场扫描过快，图像会向下滚动；当电视机的场频小于 50 Hz，即场扫描过慢，图像会向上滚动；当然不必考虑频率是过大还是过小，只需适当调整电视机场频调节电位器，看是否能恢复到正常，如果不行就要更换场振荡元件。

当行频不同步时：行频规定是 15 625 Hz，当电视机的行频大于 15 625 Hz，即行扫描过快，图像会向右扭动；当电视机的场频小于 15 625 Hz，即行扫描过慢，图像会向左扭动；与场同步不一样的是，由于每行都发生不同步，在发生行频率不同步时图像已严重错乱，不能收看。造成行不同步的原因比较复杂，可能是行振荡元件的问题，也可能是电视机高压系统的故障。如若发射一个横条，场同步显示在中央 (a)，由于场频过高向下滚动 (b) 场频过低向上滚动 (c)；若发生一个竖条，行同步显示在中央 (d)，行频过低向左扭动 (e)，行频过高向右扭动 (f)。行场不同步图像如图 1-14 所示。

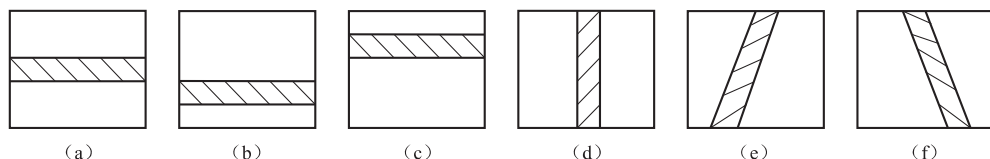


图 1-14 行场扫描频率不同步现象

(a) 场频率同步；(b) 场频高；(c) 场频低；
(d) 行频同步；(e) 行频低；(f) 行频高

相位不同步时：指电视接收机行或场扫描频率与电视台发射行场扫描频率一致，但相位不一致的现象。这时图像虽然没有发生上下滚动、左右扭动，但是图像是错位的。场相位不同步：图像上下错位，行相位不同步：图像左右错位。这种图像也是不能收看的，需要进行调整。如图 1-15 所示，行场相位同步时发送的是一个完整的圆 (a)，由于行相位的不同步，发生左右错位 (b)；由于场相位不同步，发生上下错位 (c)。而中间显示的黑条，是行或场回扫消隐信号的黑电平造成的。

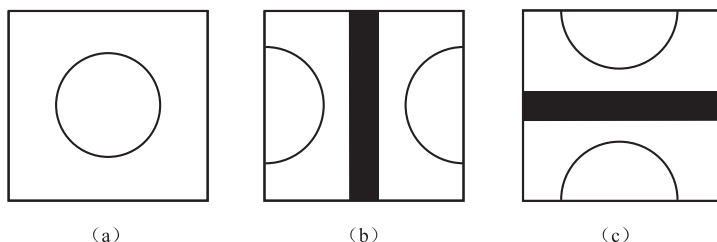


图 1-15 行场相位不同步现象

(a) 行场相位同步；(b) 行相位不同步；(c) 场相位不同步

(2) 消隐。在行场扫描的进程，将出现行场回扫线。若不采取措施消除，回扫线就会干