

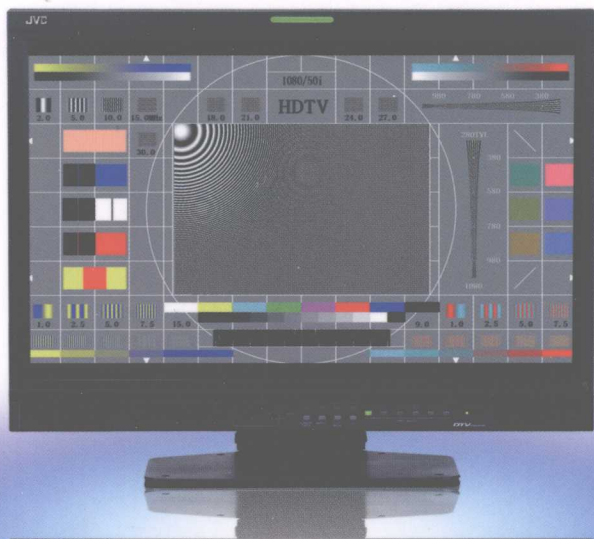
SHUZI SHIPIN CELIANG YINGYONG JISHU

数字视频测量

应用技术

(应用编)

陈善移 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

数字视频测量应用技术（应用编）

陈善移 主编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

数字视频测量应用技术. 应用编 / 陈善移主编. —北京:
人民邮电出版社, 2008.3
ISBN 978-7-115-17758-2

I. 数… II. 陈… III. 视频信号—数字技术—测量
IV. TN941.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 027118 号

内 容 提 要

本套书包括《基础编》和《应用编》两册。它从电视技术人员的实际需要出发, 全面、系统地讲解了数字视频的测量原理与方法。《应用编》介绍了数字视频系统中各类设备, 包括数字摄录设备、非编设备、数字播出制作与周边设备、数字显示设备、数字视频网络系统和数字视频通道等的测量、检测、测试和评价的基本原理和实际操作方法, 囊括了许多国内最新的测试案例和最新标准, 具有很强的可操作性, 全面反映了视频测量领域的最新进展与动态。

本书适合电视技术人员在实际工作中使用, 也可供高等院校相关专业的教师和学生参考。

数字视频测量应用技术 (应用编)

- ◆ 主 编 陈善移
责任编辑 张兆晋
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24 彩插: 4
字数: 600 千字 2008 年 3 月第 1 版
印数: 1—5 000 册 2008 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-17758-2/TN

定价: 60.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

共同作者

章文辉	王世平	李若霜
郑 督	王立冬	周建华
龚 波	程 宏	聂明杰
张 琦	陈 云	马昕昊
林正豹	董 耀	门 锐
王鸿涛	刘 羽	顾 云
卢江晖	卞德森	杨勇强
傅黎明	杨 洋	魏 超
于建华	唐正乐	宁金辉
徐康兴	李 剑	崔俊生
徐冬丽	曲瑞庆	薛 频
邓向冬	陈善彬	

特邀专家

邓向冬

序

本书是一部论述在数字环境下视频测量技术的专著。书中全面、系统地讲解了在数字环境下，视频系统的测量原理与测量方法，填补了我国数字电视测量领域的空白。

本书的作者既有工作在视频测量一线的工程师、教授，也有从事视频产品研发的技术人员、专家。他们对数字视频信号测量都很熟悉。书中不仅对模拟视频信号测量进行了部分复述，还涉及了电视台内数模混合电视系统的各个方面，包括数字电视基础和工程知识。本书的突出特点是以案例形式对数字测量进行了讲解说明，具有较强的实用性。

当前，我国广播电视正处在由模拟向数字转换的关键时期，广播电视技术新体系逐步形成。与此同时，建立一套与之相适应的行之有效的测量方法尤为重要，这是一项开创性的工作。本书对保障节目制作、播出、传输质量，对科学建立广播电视技术新体系具有重要的现实意义。

本书不仅可供教学使用，亦适合有关技术人员阅读参考。

国家广播电影电视总局科技司司长

王效杰

2008年3月3日

应用编序

首先，我要衷心祝贺陈善彬教授主编的《数字视频测量应用技术》的成功出版，这对广大视频技术人员无疑是一个好消息，我们电视设备厂商也会从中受益，可以从书中获得宝贵的技术信息，从而能更好地为中国的电视事业服务。

陈教授是中国传媒大学的著名学者，他不但致力于讲授视频测量知识，还热切地希望向学生们传授最先进的技术，并且从未放弃过自我学术水平的提高。陈教授非常开明，平易近人，我与他谈话就像与儿时的老师交谈一样，让人如沐春风。他精深的专业水平和渊博的学识让我折服。他对待问题从不妥协，力求对每一个细节都做到尽善尽美。他经常向我们在日本的工程师提出问题，且态度认真严谨。他的工作细致认真，向我们充分展现了他的专业精神。这些都使我对他非常的尊敬。他还拥有丰富的跨国企业工作经验，因此对不同的文化和思想有着深入的了解。这也有助于我们在专业技术领域以外进行交流和沟通。虽然已过花甲之年，但陈教授依然保持着对工作的激情。我希望他能够继续保持健康的体魄，不断开拓，为电视技术的发展作出更大贡献。

本书是由中国电视技术的精英共同撰写的。我坚信，这本书将能够帮助读者了解当前最先进的技术和未来的发展前景。

JVC（中国）投资有限公司系统部部长 **伊藤努**

2008年3月

前 言

在广播电视业进入数字时代后，首先要解决的是什么问题？有人说是设备，因为没有硬件（包括网络系统），数字化无从谈起。有人说应该先要普及数字技术知识，因为不知道“0”、“1”这些基本的数字技术概念，就无法理解数字电视的基本理论，无缘于非线性编辑软件和硬盘服务器，乃至文件格式和基于文件格式的有关视频内容的质量检测技术……

我们认为这些固然重要，但作为实际从事测量工作的人员，首先要树立的是严谨和精确的态度和意识。

谈到“精确”，有人会反驳说：数字测量指标对“眼图”的要求是 $800(1\pm 10\%)mV$ ，但实际上即使小于 $100mV$ ，图像质量仍然很好，所以这个要求过于精确了，根本没有必要。有人甚至认为数字化系统的客观测量已无法反映节目质量，这种测量的意义不大。

那么我们究竟应该通过测量什么指标来检测数字视频的质量呢？有人说：“要不，还是回到原来的模拟指标，通过标准 D/A 转换器查看波形读出失真量，以此来‘上报’指标吧。”但数字信号是由模拟分量组成的，需要三个 D/A 转换器，转换后得到的是 Y 、 $R-Y$ 、 $B-Y$ 信号，其参数该符合什么指标仍无标准可依。“那么，再配一个‘标准’的模拟编码器，先产生出复合全电视信号，然后再测复合指标。”可是，这样测出来的指标还有什么意义吗？

在迈向数字时代的过程中，诸如此类令人困惑的问题接踵而来。尤其对那些从模拟时代一步跨入数字时代，对数字技术尚感陌生，需要“边工作、边应付领导事务”的技术骨干们，他们非常希望能有一本系统实用、资料翔实的“课本”，希望它既可以帮助自己梳理一下知识系统，又能即刻解决实际工作中的问题，具体指出“该怎样做”。这，正是《数字视频测量应用技术》力图解决的问题。本书的书名冠以“应用技术”也正是我们编写时以一贯之的思想，当然也是本书区别于其他图书的特点。

本书的写作差不多酝酿了两年的时间，原打算出版一册，但最后考虑到篇幅庞大，最终决定以《基础编》和《应用编》两册的形式出版。其中，《基础编》以数字视频信号测量为主，模拟视频信号测量为辅，保留经典的国家标准 GB 3659—83 精华部分，附带数字视频测量仪器和电视工程知识基础，比较适用于系统教学或自学；《应用编》则涉及了目前电视台内数模

混合电视系统的方方面面，尤其是摄、录、编、播、制作及其周边设备乃至网络、传输和数字视频通道的测量方法等。特别值得一提的是，其中很多测量均以案例形式讲解说明，这些案例大多是国内首次披露，其资料十分珍贵——这也是其特色之一。

参与两书编写工作的有 35 人，其中既有在第一线开拓、耕耘的专家、教授，更有大量的开发产品的精英和经过理论与实践锻炼的技术能手。他们不仅在书中系统地讲述了工作原理、操作方法，还尽可能地与实际测试相结合，将实验多次的大量数据，纳入被测的实际案例之中。

《应用编》各章节的作者分工如下：第 1 章 1.1.1 由张琦撰写，1.1.2 由陈云撰写，1.2.1 由林正豹撰写，1.2.2 由董耀撰写，1.3 由马昕昊撰写，1.4 由门锐撰写，1.5 由董耀、陈云撰写；第 2 章 2.1 由王立冬撰写，2.2 由王鸿涛撰写，2.3 由刘羽撰写，2.4 由顾云撰写；第 3 章主要由卢江晖和卞德森撰写，其中 3.1 节由王立冬撰写；第 4 章 4.1 由杨洋撰写，4.2.1 和 4.2.2 由傅黎明撰写，4.2.3 由杨勇强撰写，4.2.4 由顾云撰写，4.2.5 由魏超撰写，4.3 由于建华撰写，4.4 由徐康兴撰写，4.5 由王立冬撰写，4.6 由龚波和宁金辉撰写；第 5 章主要由唐正乐撰写，其中 5.6 由崔俊生撰写；第 6 章 6.1 和 6.2 由徐康兴撰写，6.3 由李剑撰写，6.4 由马昕昊撰写；第 7 章由徐冬丽、薛频、曲瑞庆、邓向冬和宁金辉等撰写。

希望本书的出版能对我国广播电视行业的技术进步起到一定的推动作用。

作者

2008 年 3 月

目 录

第 1 章 数字摄像机、录像机的测量与使用	1
1.1 数字摄像机的信号处理与测量	1
1.2 数字录像机的主要格式及其测量	40
1.3 高清晰度数字摄像机、录像机测试案例	67
1.4 如何保证数字图像的质量	94
1.5 利达摄像测光功能的实际应用	102
第 2 章 非线性编辑系统的功能测试	107
2.1 非线性编辑技术	107
2.2 非线性编辑软件综述	109
2.3 非线性编辑设备选型案例	148
2.4 高清非线性编辑设备测试案例	158
第 3 章 数字播出系统测试与质量评价	162
3.1 数字播出系统基础	162
3.2 视频服务器技术分析与测试	167
3.3 播控软件应用与评估	219
3.4 日常维护和操作规范	235
第 4 章 数字制作系统及其周边设备的检测	240
4.1 切换台的功能对比及应用测量	240
4.2 周边产品的检测	244
4.3 数字电视中的嵌入音频	267
4.4 数字电视视音频同步性测试信号及其测量方法	273
4.5 播出系统电缆的测量	276
4.6 虚拟演播室测量和视频通道评价	279
第 5 章 数字视频网络传输质量监测	284
5.1 数字视频网络测试概要	284
5.2 数字网络的传输能力测试	287
5.3 数字视频网络的传输码流监测	289
5.4 数字视频网络的图像质量测试	301
5.5 电视台全台制播网络系统检测报告案例	307

第 6 章 数字显示系统及其器件的检验	311
6.1 电视图像运动响应特性的参数选择与测量	311
6.2 亮度与色度信号时间差及其测量	317
6.3 平板显示器的测量案例	322
第 7 章 数字视频通道技术要求和测量方法	340
7.1 数字视频通道的分类	340
7.2 测试项目和技术参数	341
7.3 测量方法	345
7.4 测量用信号	348
附录 A 数字视频测量应用专题	353
附录 A1 主流高清切换台比较	353
附录 A2 电视包装专业显卡选型分析	357
附录 A3 数字测量在演播系统的应用	360
附录 B 摄录及显像设备资讯	366
跋	368
后记	370

第 1 章 数字摄像机、录像机的测量与使用

1.1 数字摄像机的信号处理与测量

自 20 世纪 90 年代初开始,彩色电视摄像机逐渐向数字化过渡,摄像器件则全部采用新型电荷耦合器件 (CCD)。由于摄像机的数字化只能从信号处理电路开始,所以将数字化的摄像机称为数字信号处理 (DSP) 摄像机,而模拟摄像机则称为模拟信号处理 (ASP) 摄像机。数字信号处理摄像机的组成部分及各部分的作用与模拟信号处理摄像机相同,只是把视频信号处理放大器分为模拟和数字两大部分,并输出数字信号。为了充分了解数字信号处理摄像机的原理,首先应对模拟信号处理摄像机有比较清楚的了解。

1.1.1 模拟信号处理摄像机

图 1-1 所示为 CCD 彩色电视摄像机的基本组成框图,各部分的主要作用如下。

一、变焦距镜头

变焦距镜头的主要作用是将所拍摄景物成像在 CCD 上。输入至镜头的信号包括:变焦距控制信号,它是一个来自变焦距开关的可调直流信号;光圈关闭信号,当摄像机输出彩条信号或自动调节黑平衡时,由控制电路自动送来这一控制电压,使光圈自动关闭;自动光圈控制信号,可自动控制光圈大小,它也来自自动控制电路。

从镜头输出的电压信号是录像机起动/停止信号 (VTR S/S)。当摄像机与录像机组装成一体机,或者摄像机与适当的便携式录像机连接使用时,按动镜头上装设的 VTR S/S 开关,可给所连接的录像机送出该触发信号,以控制录像机记录或停止。

二、色温校正片

色温校正片装在一个圆盘上,在圆盘的边上写有编号。使用时可转动圆盘,根据出现的号码将适当的校正片转到分光棱镜前。表 1-1 列出了几种常用的色温校正片的编号及特点。

表 1-1 常用的色温校正片的编号及特点

编 号	1	2	3	4	5
光源色温 (K)	3200	4800	4800+0.25ND	6800	6800+0.25ND
透过率 (%)	100	100	25	100	25
相关光源	室内	中午太阳光	中午强太阳光	厚云阴天	一般阴天

注: ND 表示校正片上还镀有中性滤光膜,使透过率降低;光源色温表示色温片工作时相应的照明光源色温。

色温校正片是调节白平衡用的滤色片。在白平衡调节时,处理放大器增益的调节范围一般为 $\pm 3\text{dB}$ 。若光源的色温变化较大,这个调节范围是不够的,装在分光棱镜前的色温校正片可使几种不同色温的入射光转换成 3200K 的光,可先用它们来改变射到分光棱镜的光源色温,再稍加调节放大器的增益即可达到白平衡。现在也有一些彩色摄像机取消了色温校正片,加大了增益调节范围,完全靠电子方法调节白平衡。

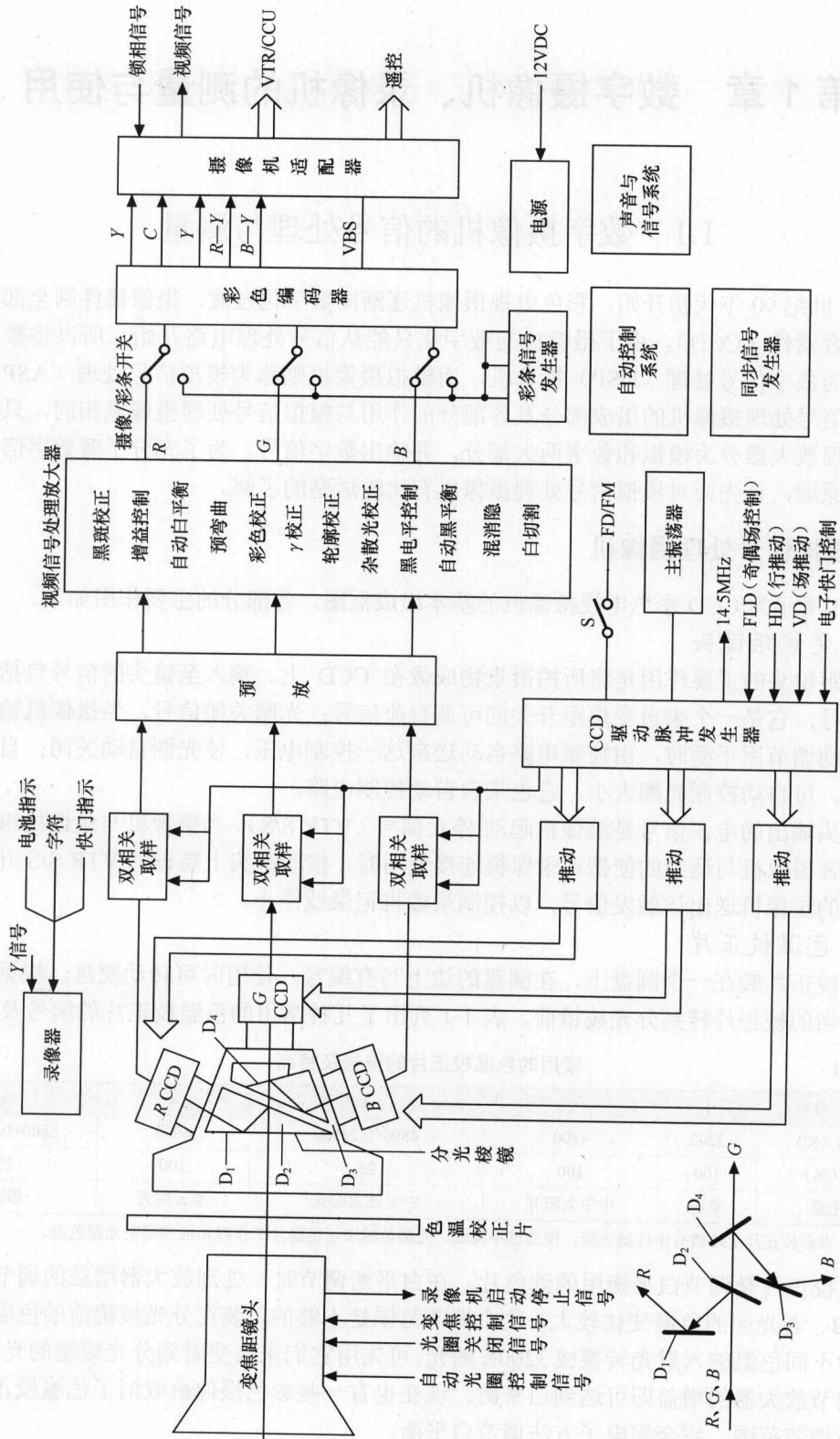


图 1-1 CCD 彩色电视摄像机的组成

3200K 色温片适合在室内使用,它实际上是一个空孔,对所有波长光的透过率都是 100%。摄像机处理放大器的增益是以 3200K 光为基准设定的,在预置 (preset) 状态下,对 3200K 的照明光源已经达到白平衡了,只要将色温片放到这个位置,不需要再调节白平衡。

6800K 色温片适合在室外厚云层阴天时用,它对蓝色光有一定的吸收率,可使 6800K 色温的光透过后转变成 3200K 色温,因而对着白光看时它呈现浅橘色。后面有“+ND”符号表示 6800K 色温片不仅对蓝色光有一定吸收率,还使所有波长光的透过率都降低到 25%。带“ND”符号的色温片适合在室外光很强时使用,也可用它们降低摄像器件的入射光强,以增大光圈,达到某种减小景深的艺术效果。

三、分光棱镜

分光棱镜将入射光分解成红(红)、绿(绿)、蓝(蓝)三种基色光,即将一幅彩色图像分解成三个基色图像,分别投射到三片 CCD 摄像器件上。

四、CCD 的驱动脉冲电路

在计算机的控制下,CCD 的位置精确地与红、绿、蓝像对准,并粘贴在分光棱镜的三个像面上。CCD 将三个基色光像变换成电信号。这三个电信号是脉冲调幅信号,经过双相关取样电路解调出视频图像信号,并去除脉冲干扰,经过预放大器放大后送到视频信号处理电路。

CCD 能将光学像变成电荷像,并将所有像素的电荷一行行、一场场地送到 CCD 外,形成图像信号。每个像素的电荷是通过 CCD 内部的移位寄存器在驱动脉冲作用下依次移出 CCD 的,因此,需要产生一系列的垂直和水平驱动脉冲,这些驱动脉冲都必须受行、场同步脉冲控制。

在 CCD 摄像机内设有基准时钟振荡器,例如,对 786 个像素/行的 CCD 来说,振荡器产生 29MHz 的时钟脉冲,用以形成 CCD 的驱动脉冲,经过 2:1 分频后得到 14.5MHz 的脉冲,可供同步信号发生器作为时钟脉冲,以产生同步信号。用同步信号发生器产生出场推动脉冲(VD)、行推动脉冲(HD)和奇偶场控制脉冲(FLD),控制 CCD 的驱动脉冲,使 CCD 能输出符合电视行、场扫描标准的图像信号。

开关 S 是电荷帧积累(FM)和场积累(FD)方式选择开关。

电子快门控制信号由自动控制系统系统板根据所选择的快门速度产生,并送到驱动脉冲发生器中,控制快门脉冲作用的时间,从而达到控制快门速度的目的。

五、寻像器

寻像器(VF)可用来取景及检查图像质量和摄像机的工作状态,以进行正确的调整和操作。

寻像器大多是一个小黑白监视器,只有少数摄像机配有彩色寻像器。所用黑白显像管尺寸,对于演播用摄像机来说有 3 英寸和 5 英寸两种,对于便携式摄像机一般为 1.5 英寸。送给寻像器的信号是亮度信号 Y,在演播室用的摄像机中,也送给寻像器 R、G、B 信号,可用开关对各种信号进行选择。近年来液晶显示寻像器普遍用于家用摄像机。

寻像器的图像信号来源也可以选择,对于便携式摄像机,在拍摄记录时自动显示所拍摄图像;在后面连接的录像机重放时,自动显示重放图像。如果在记录时要检查是否有记录信号,可按住镜头上的返送(RET)信号开关,则录像机来的电-电信号自动连接到寻像器上。放开手后,寻像器的输入信号自动恢复为摄像信号。

如果摄像机与控制单元(CCU)连接,则按住返送开关时,寻像器将显示来自控制单元的图像。

寻像器还接收自动控制板送来的字符信号，并叠加在显示图像上。这些字符内容受显示控制开关和调整开关（例如黑/白平衡开关）控制，可自动指示摄像机的工作状态和调整状态。在寻像器的图像上还可以叠加图像中心位置指示符号“+”和记录保险范围-安全区边框。

在寻像器的荧光屏周围还装有下列指示灯：

记录/提示（REC/TALLY）灯：当摄像机所连接的便携式录像机在记录时，灯亮；当录像报警系统有信号来时，灯闪烁；当摄像机与控制单元连接时，受视频切换器控制，其图像信号被切出时，灯亮。

电池指示灯（BATT）：当供电电池的电压低于 11V（若额定电压为 12V）时，指示灯闪烁；当电池电压低于 10.7V 时，灯长亮。

高增益指示灯（GAIN UP）：当增益开关选择置于 9dB 等高增益挡时，灯亮。

电子快门指示灯（SHUTTER）：当快门开关接通时，灯亮。

在摄录一体机中，各种自动诊断状态，例如照度低、手动/自动选择、记录时间、结露、工作方式、工作状态、有无磁带、快门速度……都用一定的符号或字符显示在寻像器上。

寻像器在荧光屏和眼罩之间设有反射镜和物镜，可放大荧光屏上的图像。通过屈光度调节可调节物镜位置，使看到的图像清晰。

寻像器的亮度（BRIGHT）、对比度（CONTR）、清晰度（PEAKING）都有旋钮或开关调节，以使显像管显示出最佳图像。

六、电源

摄像机的供电要求一般是+12V，只有演播用摄像机才可以直接用 220V 交流供电。摄像机内的电源电路是直流变换（DC-DC）电路，可从 12V 直流电压变换出各电路板及摄像器件所需的各种直流电压。

直流 12V 可从以下几个来源供给：直接来自摄像机电池；从所接的录像机来；从所接的控制单元来；从交流附加器来，交流附加器输入 220V 交流电压，输出+12V 电压。

七、声音与信号系统

声音系统包括：内接话筒接口和外接话筒接口；声音信号放大器和电平调节电路；声音信号输出接口；摄像机与控制单元的对话系统，供摄像人员和控制单元通话联系用。

此外，还有用于录像机记录和重放的监听系统。在摄像机适配器上设有耳机插孔供摄像人员监听用。

八、自动控制系统

摄像机的自动功能包括自动调整和自诊断功能。自动调节功能包括：自动白/黑平衡、自动光圈、自动聚焦、自动黑斑补偿、自动白斑补偿、自动拐点、全自动拍摄、全自动调整等。不同摄像机的自动调节功能有所不同。自诊断功能包括：电池告警、磁带告警、低亮度指示及故障告警指示等。

自动控制电路由误差检测电路、控制电压产生电路、运算和存储电路、字符发生器及逻辑开关等电路组成，其中以微计算机和存储器为中心部分，操作板上的各种开关以及从控制单元和遥控单元来的控制信号和调节数据等都经过微计算机后才发出调节和控制信号，这是摄像机的控制中心。自动化程度越高，控制系统越复杂。

九、彩条信号发生器

摄像机内设置有彩条信号发生器，用以产生彩条图像的三基色信号，它受面板上的摄像/彩条（CAM/BAR）开关控制。彩条信号可代替摄像信号送入编码器。

彩条信号的用途是：调节编码器，录像时调节记录电平，校准各摄像机之间的延时、同步及色度副载波相位，也可以用来调节监视器的亮度、色度和对比度等。

十、同步信号发生器

同步信号发生器产生同步信号，包括以下各种脉冲：

复合消隐脉冲，作为摄像机输出视频信号的基准电平，用以消隐显像时的行、场回扫线；

复合同步脉冲，供摄像机和显像端行、场同步用，行、场同步脉冲前沿作为电视图像信号行、场时间基准；

色同步门脉冲，又称 K 脉冲，用来形成色同步脉冲；

PAL 开关脉冲，简称 P 脉冲，在 PAL 制编码器中控制 $V\cos\omega_s t$ 信号逐行倒相，P 脉冲出现的一行为 $+V\cos\omega_s t$ ；

行推动脉冲，它是纯行频脉冲，它的前沿与行同步脉冲前沿一致，宽度比行同步脉冲宽，供摄像机内部用；

场推动脉冲，是场频脉冲，它的前沿与场同步一致，但比场同步宽；

FLD 脉冲，CCD 的奇/偶场控制脉冲，控制 CCD 输出奇/偶场信号；

色度副载波 f_{sc} ，提供色差信号调制用的副载波，我国彩色电视制式规定 $f_{sc} = 4.43361875\text{MHz}$ 。

同步信号发生器还应具备锁相功能。当摄像机输出信号与其他视频信号进行特技混合等处理时，两个信号的同步信号、P 脉冲和色度副载波频率和相位必须都一致。因此，本机内的同步信号发生器应能受外来信号控制，以达到与外来信号的频率和相位锁定的目的。这种锁相功能称为台从锁相功能（GENLOCK）。

十一、视频信号处理放大器

由于镜头、分光系统及摄像器件的特性都不是理想的，所以经过 CCD 光-电变换产生的信号不仅很弱，而且有很多缺陷，例如图像细节信号弱、黑色不均匀、彩色不自然等，在视频信号处理放大器中必须对图像信号进行放大和补偿，否则所拍摄图像会清晰度不高、彩色不自然、亮度不均匀等。这部分电路的设计和调节以及稳定性对图像质量影响很大。

处理放大器主要包括以下各部分：黑斑校正、增益控制、白平衡调节、预弯曲、彩色校正、轮廓校正、 γ 校正、杂散光校正、黑电平控制、自动黑平衡、混消隐、白切割等。各种摄像机的处理放大器所包含的内容不完全相同，除上述的主要部分外还有自动拐点、色度孔阑、肤色孔阑、黑扩展、黑压缩等电路。

十二、彩色编码器

处理放大器输出的 R 、 G 、 B 信号经编码器形成 VSB 彩色全电视信号，又称为复合信号，供给录像机或视频切换台和监视器用。同时还直接输出亮度信号 Y 、色差信号 $R-Y$ 和 $B-Y$ ，供给分量录像机或分量切换台使用，还能直接输出亮/色分离信号，供给某些录像机记录用。

十三、摄像机适配器

以上所述各部分装成一个整体，一般称为摄像机头，它可以直接与一个录像机装成一体，组成摄录一体机。如果上述摄像机头单独使用，或与控制单元连接，或与便携式录像机连接，必须通过摄像机适配器。适配器是摄像机的外接口部分。

1.1.2 数字信号处理摄像机的组成

数字信号处理摄像机的组成如图 1-2 所示，它的组成与模拟摄像机相同，只是把视频信号处理放大器分为模拟和数字处理两大部分，其模拟部分的调整和控制电压由数字部分产生，

经过控制电路存储和 A/D 转换送到模拟电路，提高了调整和控制精度及稳定度。

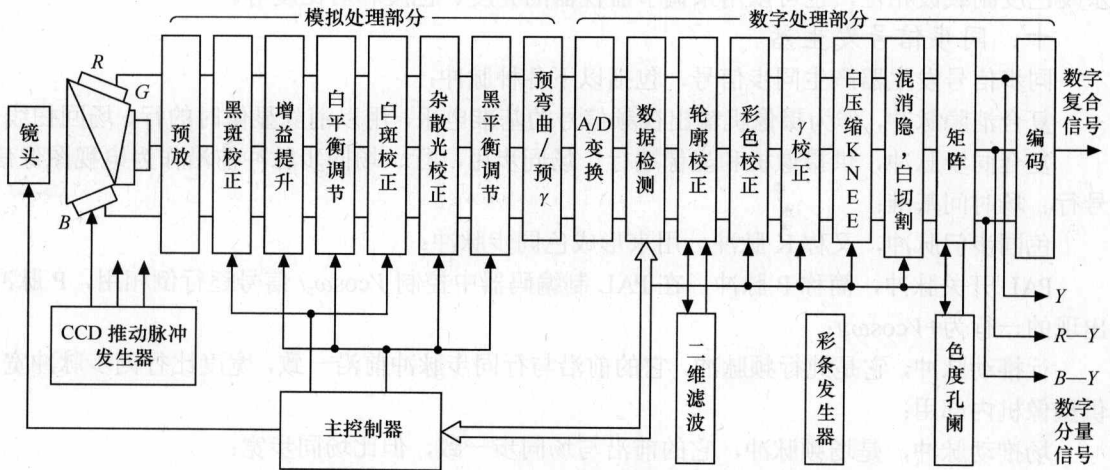


图 1-2 数字信号处理摄像机的组成

一、CCD 摄像器件

1. CCD 摄像器件的主要类型

目前 CCD 摄像机中采用的传感器主要有行间转移式 (IT) CCD、帧行间转移式 (FIT) CCD 和帧间转移式 (FT) CCD 三种类型。

(1) 行间转移式 CCD

图 1-3 示出了行间转移式 CCD 的基本结构。它在垂直方向有上下排列的感光单元组成的感光列，沿水平方向上有许多感光列。受光照时，每个感光单元产生光电子。由于感光单元上加有正电压，光电子存储在感光单元内。

在各感光单元列的左侧是垂直转移寄存器，它们上面有遮光层，不能感光。在垂直转移寄存器上加有脉冲电压，能控制电子的存储和转移。早期的 CCD 在每列感光单元的右侧是溢出漏，后来为了增加感光单元的面积，将溢出漏做在 CCD 片的衬底上，在感光单元的底下。当光照过强时，过量的电子将从感光单元流到溢出漏中排出。由于溢出漏的作用，CCD 摄像机在高亮点处不会像摄像管摄像机那样出现“开花”和“拖彗尾”现象。

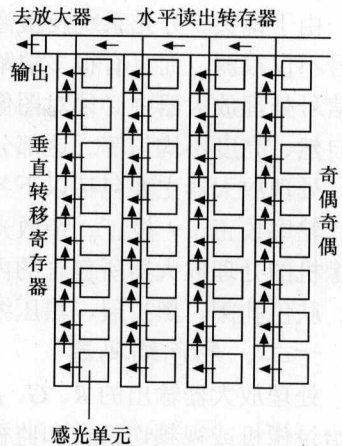


图 1-3 行间转移式 CCD 的基本结构

在图 1-3 的上部沿水平方向放置的是水平读出转移寄存器，它上面加有驱动脉冲，可使电荷经过它向输出端转移。在它的输出端，电荷转变成信号电压送至放大器。

在电视场扫描的正程期间，光图像在 CCD 的感光部分形成电荷像，每个感光单元内都存储一电荷包，其电荷量与该点照度成比例。在场逆程期间，全部电荷包迅速从感光列转移到其左侧的垂直转移寄存器中。在下一个场正程时，一方面在感光列产生新的电荷像，同时上一场的电荷包在垂直转移寄存器中一行行地向水平转移寄存器转移。在每个行逆程期间，向水平转移寄存器移进一行电荷包；在行正程期间，水平转移寄存器中的电荷包逐一向输出

端转移，并形成信号电压送到外电路。每个电荷包的转移都是靠时钟脉冲的作用完成的，移动速度完全是恒定的，输出图像扫描线性很好。

(2) 帧行间转移式 CCD

图 1-4 示出了帧行间转移式 CCD 的结构。其下部的结构与行间转移式的相同，上部所示的是一块不感光的 CCD 存储器，它与感光单元的结构和数量完全一致。帧行间转移式的光学图像转换成电荷像的过程与行间转移式完全相同。但是，在场逆程期间，电荷包从感光单元转移到垂直转移寄存器后，又立即转移到存储区，即在垂直转移寄存器中停留的时间极短。在场正程期间，从存储区内一行行地向水平转移寄存器转移，以后的过程与行间转移式 CCD 相同。

(3) 帧转移式 CCD

图 1-5 示出了帧转移式 CCD 结构，它分感光区和存储区两部分。感光区能够感光，产生电荷像。感光单元一列列紧密排列，两列之间只有阻挡层，没有垂直转移寄存器。存储区与感光区像素数目相同，但它是被遮光的。在场逆程期间，全部电荷包从感光区转移到存储区内，并存储在那里。在场正程期间，电荷电从存储区逐行转移到水平转移寄存器。在行消隐期间向水平转移寄存器转移一行电荷包，在行正程期间，一行电荷包经水平转移寄存器移到 CCD 输出端，形成信号电压输出。

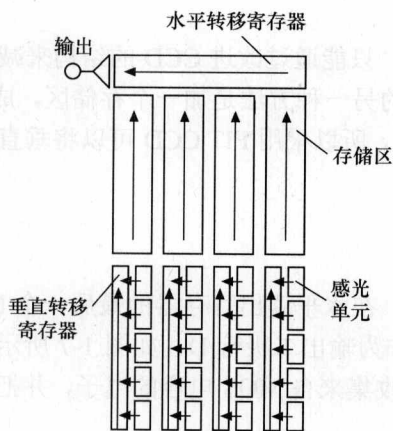


图 1-4 帧行间转移式 CCD 的结构

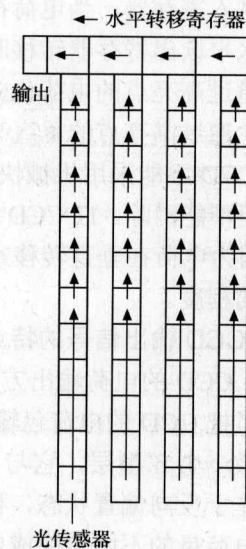


图 1-5 帧间转移式 (FT) CCD

由于 FT 式 CCD 的感光区与存储区是分开的，所以感光区上面的光几乎全部被利用。而 IT 式 CCD 的感光面内包含有垂直转移寄存器，感光面积与总面积之比只有 35% 左右。

CCD 的灵敏度和分辨率与光敏单元的面积大小及疏密相关。广播用 IT 式 CCD 的尺寸，一般为 2/3 英寸，FT 式 CCD 一般采用 1/2 英寸。

IT 式 CCD 的感光单元之间的距离较大，从原理上看，IT 式 CCD 在水平方向会有较大的混叠失真，即细线条栅状图像上会出现莫尔条纹。而 FT 式 CCD 的像素排列紧密，混叠失真相对较小。

2. 垂直亮带

无论 FT CCD 还是 IT CCD 都存在垂直亮带 (smear) 问题，但是产生的原因不同。FT CCD