

工业电视摄像机

〔日〕 和久井孝太郎 著

张兆扬 金志诚 译

许保庚 杨志维 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书着重讲述各类工业电视摄像机及其应用。对工业电视的外围设备——磁带录像机也作了扼要的介绍。全书共分六章，包括黑白与彩色的工业电视系统、原理、部件、主要电路、特种工业电视及其应用。

本书所讨论到的电视系统的部件和电路并不完全是工业电视所特有的，其中不少内容也适用于广播电视技术部门。

本书可供从事于工业电视技术以及广播电视技术工作的工人、技术人员阅读，也可供大专院校有关专业的师生参考。

ITV カメラ

和久井孝太郎

日本放送出版協会，1973

*

工业电视摄像机

〔日〕和久井孝太郎 著

张兆扬 金志诚 译

许保庚 杨志维 校

*

国防工业出版社出版发行

新华书店经销

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168¹/₃₂ 印张 10 254 千字

1983年10月第一版 1990年2月第二次印刷 印数：5,801—7,800册

ISBN7-118-00376-X/TN·77 定价：4.15元

译 者 序

近二十年来电视技术迅速发展，其应用范围已从原来的电视广播扩展到国防和国民经济的各个部门，并派生出名为“工业电视”（或应用电视）的这一分支。现今，不论工业、农业、教育、科研、军事、医疗卫生、环境保护、交通管理以及公安上，凡是使用现代化技术的场合往往都离不开工业电视技术。但是，有关工业电视技术方面的书籍在国内出版的尚很少，因此翻译本书，以满足读者的需要。

全书可分为四个部分。第一部分包括第一、二章，主要论述了工业电视系统的组成、原理、技术要求和质量评价标准；重点讨论了黑白电视摄象机和三管彩色摄象机；对工业电视的小型化以及新发展的两管和单管式彩色摄象机也作了简要介绍。第二部分包括第三、四章，着重分析了摄象机和监视器的各个主要部件（镜头、彩色分光系统、各类摄像、显象器件）和基本电路。第三部分即第五章，专门讨论了特种工业电视，即X光、红外线、紫外线和超声波等非可见光或波作为载体的工业电视，还包括水下电视等有特殊结构和要求的可见光电视。最后部分即第六章论述了工业电视的应用。该章除介绍日本的各种工业电视的应用实例外，还对工业电视的外围设备，特别是对磁带录象机作了介绍。

本书在叙述上既深入浅出又概念清晰，还给出了一些实用的数据表格，因此在现今对我国从事工业电视的研制、生产和维修人员仍不乏参考价值。特别是对于刚开始从事于摄象机设计和制造的工人和技术人员来说，更是一本较好的教材。当然，作为一门新技术，最近七、八年来欧美、日本等先进国家又有了新的发

展，特别在单管彩色摄象机、CCD摄象机和磁带录象机上发展较迅速。为了让读者了解最新的技术发展趋势，本书的末尾补写了“后记”。

由于译者的水平和经验所限，虽几经译校修改，本书难免有若干错误和不妥之处，在这里恳请读者批评指正。

目 录

第1章 工业电视设备的基础

1.1 图象信号的形成	3
1.1.1 扫描与同步	7
(1) 扫描	7
(2) 同步信号	9
1.1.2 图象信号	11
1.2 工业电视摄像机	15
1.2.1 摄像机的选择	17
1.2.2 对摄像机要求的确定	22
(1) 有关工业电视摄像机性能良好的评价标准	23
(2) 有关使用方便和可靠性的评价标准	37

第2章 黑白摄像机和彩色摄像机

2.1 黑白电视摄像机	42
2.1.1 简易型硫化镉摄像管摄像机	44
2.1.2 高性能黑白摄像机, 外同步式摄像机	48
2.2 彩色摄像机	50
2.2.1 彩色信息的传输	50
2.2.2 彩色摄像方式	59
2.2.3 典型的彩色摄像机	71
2.2.4 轻便型高性能彩色摄像机	84
2.2.5 简易型彩色摄像机	85
2.3 显示装置	89
2.3.1 彩色显示装置	90
2.3.2 大型显象装置	93

第3章 电视摄像机的要素

3.1 被摄物与照明	96
3.1.1 室外亮度	100

3.1.2 室内亮度	102
3.1.3 被摄物的反射特性	105
3.2 光学系统	109
3.2.1 摄像透镜(镜头)	109
(1) 镜头特性的评价	110
(2) 等效镜头	118
(3) 变焦镜头	120
3.2.2 光学分色系统(分光系统)	121
(1) 彩色摄像机的彩色设计	122
(2) 三色分光系统	126
(3) 色信号取样用的分色系统	131
3.3 摄像器件	132
3.3.1 摄像管的性能和从摄像管取出图象信号	133
3.3.2 摄像管的特性和评价	139
(1) 光谱灵敏度	139
(2) 光电变换特性	141
(3) 分解力特性	142
(4) 余象(惰性)	143
(5) 信噪比(S/N)	145
(6) 外形尺寸	147
3.3.3 各类摄像管	148
(1) 硫化锑摄像管	148
(2) 特殊光导摄像管	150
(3) 超正析象管	153
(4) 高灵敏度摄像管	154
(5) 两色管、三色管	154
3.4 光电变换器件(显象器件)	155
3.4.1 观看条件	156
3.4.2 清晰度特性	156
3.4.3 彩色显象管的彩色重现	157

第4章 电视摄像机电路

4.1 前置放大器	163
4.2 图象信号的电缆传输和电缆补偿电路	168
4.3 处理放大电路	173
4.3.1 图象信号的相位	175

4.3.2	附加消隐信号和消隐黑电平的调节	178
4.3.3	信号的切割和压缩	189
4.3.4	γ 校正电路	181
4.4	孔阑校正电路	183
4.5	色重现校正电路	187
4.5.1	色温校正电路	187
4.5.2	线性矩阵电路	188
4.6	偏转电路	191
4.6.1	水平偏转电路	193
4.6.2	垂直偏转电路	199
4.7	稳压电源和高压发生电路	199
4.7.1	稳压电源电路	200
4.7.2	高压发生电路	204

第5章 特种工业电视摄像机

5.1	电视电影设备	206
5.1.1	间歇式放映机	207
5.1.2	电影摄像机和彩色电影胶片	209
5.2	飞点扫描器	212
5.3	传真	215
5.3.1	传输方式	217
5.3.2	扫描和记录方法	219
5.4	X射线电视摄像机	226
5.4.1	荧光板上成象,并由超正析象管摄象的方式	228
5.4.2	X射线荧光增强管和工业电视摄像机组合方式	229
5.4.3	用X射线管的工业电视摄像机	230
5.5	红外线摄像机	231
5.5.1	红外线摄象元件	234
5.5.2	热辐射摄像机	237
5.6	超声波摄像机	247
5.6.1	超声波	249
5.6.2	超声波图象的形成	252

第6章 工业电视摄像机的应用

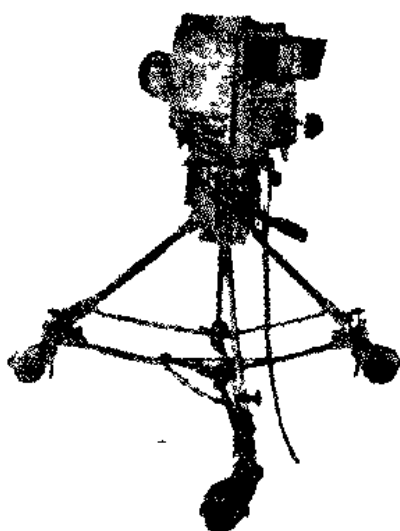
6.1 用于电视系统的单独装置	258
6.1.1 磁带录像机 (VTR)	258
(1) 统一型磁带录像机	261
(2) 视频磁头和录像磁带	265
(3) 磁带录像机的盒式化	268
6.1.2 附属装置	269
(1) 同步信号发生器	271
(2) 切换开关和图象信号混合放大器	272
(3) 图象信号分配器	273
(4) 同步信号分配器	274
(5) 彩条信号发生器和矢量示波器	275
(6) 电视测试信号发生器和测试卡	277
(7) 收音装置	278
(8) 演播室设备	279
6.2 工业电视摄像机的应用	281
6.2.1 用于各种业务监视	281
6.2.2 在教学上的应用	286
6.2.3 图象通信方面的应用	291
6.2.4 图象信号的无线电传输	294
6.2.5 测量或观察方面的应用	296
6.2.6 在家庭中使用	301
后记	304

第1章 工业电视设备的基础

工业电视是英文 Industrial Television (简写 ITV) 的译名, 本意是工业用的电视。但工业电视的应用范围不限于工业, 可应用于除电视广播以外的各个不同领域, 如医学、天文等科学领域, 校内电视教学、借助计算机进行教育等教育领域, 电视电话、图象传输等个体间通信和共用天线电视等集体通信领域, 军事领域, 宇宙和海洋开发等领域, 交通运输部门、机场等的监视和控制领域, 银行、商店、百货商场、超级市场等商业领域, 甚至今后还包括在家庭中的应用。总之, 工业电视是指在非常广泛领域内所应用的电视技术。

最近, 在工业电视中有些特殊的设备也应用了, 它不限于摄取人们一般能看见的物体, 而且能使人们看见红外线、X射线和超声波等图象。另外, 工业电视设备的使用者不仅是人, 也可能是机械或动物。

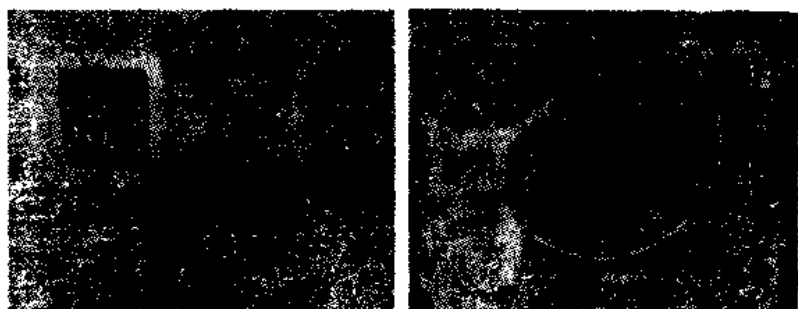
照片 1.1 是高性能新型彩色摄象机, 它是专为广播用而研制的。当然, 也能作工业电视摄象机来使用。这种摄象机只要接上 100V 交流电源 (功率约为 100VA), 就能得到符合广播标准的彩色图象信号, 将它的输出加到彩色监视器中去, 就能很方便地得到优质的彩色图



照片 1.1 高性能小型摄象机

象⁽¹⁾。

另外，照片 1.2 示出了一种特殊的工业电视摄象机，它是一



照片 1.2 红外线摄象机及内部结构（可看到扫描镜）

种高性能红外线摄象机⁽²⁾。该摄象机又称为热摄象机，可摄取被摄体温度分布并显示出图象。照片 1.3 是用红外线摄象机拍摄的人体温度分布图形，最近利用这种图象来进行乳腺癌等癌症的诊断⁽³⁾。

比较上述两种摄象机，可看出有些不同之处。一般工业电视摄象机要有外部照明设备来照亮被摄体；照片 1.2 所示的红外摄象机依靠被摄体本身的辐射热，无需一切外部照明。这种摄象机又可当作夜视摄象机来使用。



照片 1.3 人体温度分布图形

照片 1.1 所示的彩色摄象机，可传送被摄体活动信息，而照片 1.2 所示的红外线摄象机不能传送活动信息，其重现的图象是一种记录在快速显影胶片上的静止图象。再进一步考究一下，还会有其他各种不同之处。在这里我们不把这些不同点作为问题来讨论，而只着眼于作为工业电视设备的相同点进行一些讨论。

从设备结构来看,上述两种摄像机都可用图 1.1 所示的方框图来表示,可看出在最基本的方面有许多共同之处。特别是在重

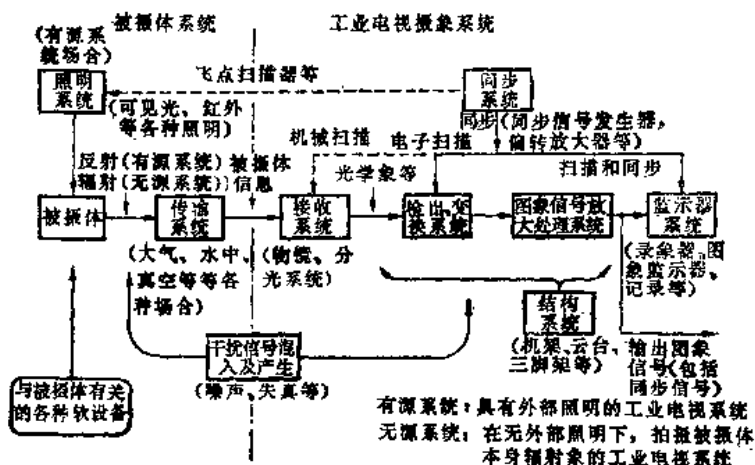


图 1.1 被摄体和摄像机组组成图

要原理方面,这两种摄像机都是把具有二维或三维被摄体信息(立体信息)变换成电信号;由扫描形成以时间为变量的一元函数的电信号,即图象信号;再利用扫描和同步把这图象信号重现为图象。

1.1 图象信号的形成⁽⁴⁾

图 1.2 是把被摄物体信息传输到远方并加以重现的最简单结构。在这结构中,摄像机是由光电变换器(摄像器件)和放大器组成。光电变换器是由许多光敏二极管按棋盘格状排列而成的。放大器用来放大光敏二极管所产生的电流,其数目与光敏二极管相同,而接收器是由与光敏二极管个数相同的发光二极管排列而成的显示板构成。

在这种工业电视系统中,为了获得高清晰度图象,摄像器件和显示板的单位面积的元件数应尽可能多。也就是说,每个元件都组成图象的一个象素,象素越多,图象质量越好。但是,必须

注意，象素一多，摄象部分与接收器之间的连接导线数目就不得不增多。

另外，照片1.4是实际设备的例子。和图1.2相同，是由一台工业电视摄象机和一台监视器组成。但是，在该设备中，最大的不同点是在摄象机和监视器之间只用了一对同轴电缆。

要采用图1.2所示的摄象器件和显示板，并且使摄象机和接

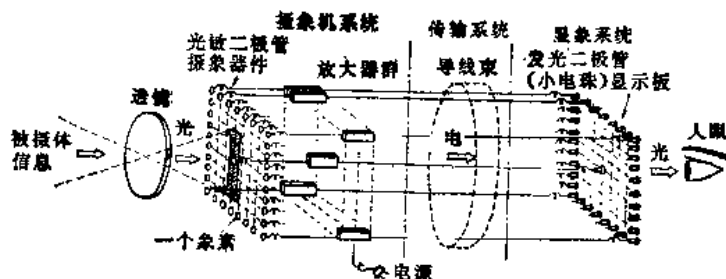
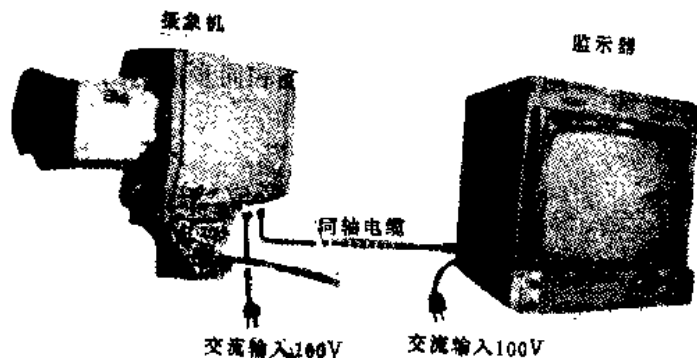


图1.2 传输重现被摄体信息的最简单结构图



照片1.4 最简单的一种工业电视设备

收器之间设置一个如图1.3所示的转换开关，使摄象机象素和接收器象素号顺序一致，并能高速转换。这样，传输线不仅只用一根同轴电缆，而且只要用一个放大器来放大光电二极管电流就行了。

在图1.3中，流过摄象机和接收器连线的，与被摄体信息有

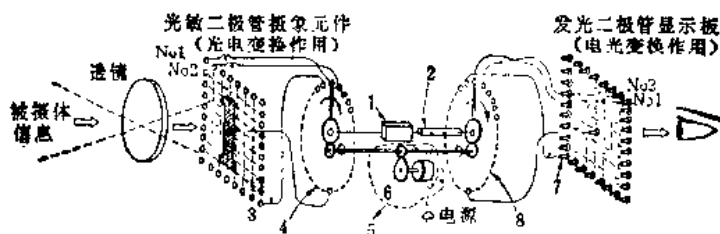


图1.3 使放大器和传输线合为一体的结构方案图

- 1——一台放大器；2——一根同轴电缆；3——最后一个光敏二极管；4——摄像机电端旋转开关（分解扫描作用）；5——使开关旋转同步的机构（同步作用）；6——电机；7——最后一个小电珠；8——接收端旋转开关（综合扫描作用）。

关的电流称为图象信号。而把用来产生图象信号再用这图象信号重现出图象的开关作用，称为扫描。也即，所谓扫描，其作用是把空间信息转换成电流振幅随时间变化的一元图象信号。另外，把用来使装在摄象端和接收端的二个开关的动作总是保持在正确位置的机能称为同步。

在照片 1.4 所示设备中，连接摄象机和监视器的同轴电缆除了送出图象信号外，还有与图象信号叠加在一起的同步信号，这种同步信号用来使摄象机扫描和监视器扫描在时间上保持一致，所以实际的复合图象信号波形如图1.4所示。在电视广播场合下，

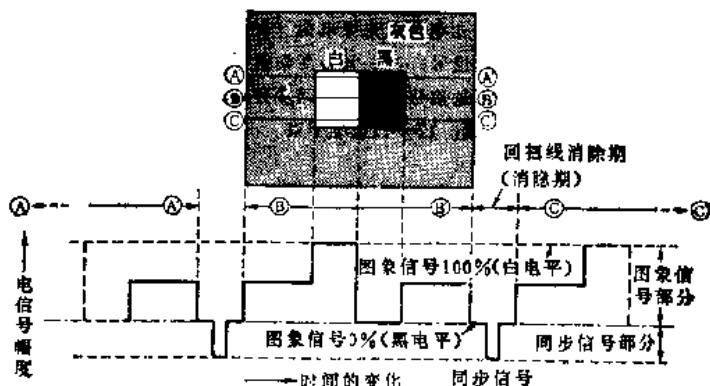


图1.4 复合图象信号

可以认为该同轴电缆被受视频调制的电波所代替就行了。

目前电视广播画面的象素约为30万个●，实际上，构成如图1.2所示的系统是不经济的，几乎也是不可能的。从这点看，可以说，扫描是导致电视达到今日这样发达的最重要的原理，也是一个重要的深奥的问题。即使拍摄同一个图象，光学照象法和电视法在处理方法上也有很大不同，差别就在于此。

如果以图1.3为准则画出实际的工业电视系统，那么可如图1.5所示。这是一种黑白工业电视系统，摄像机的光电转换机能

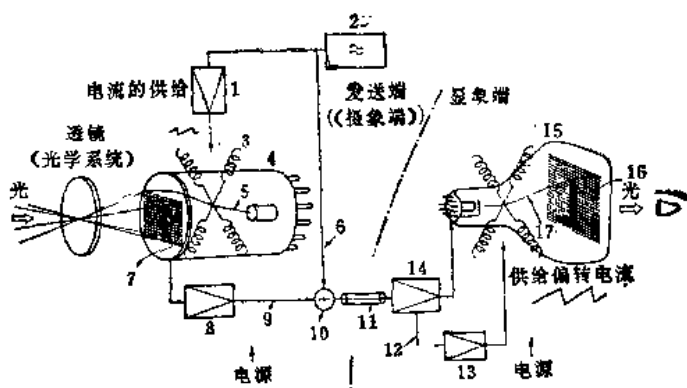


图1.5 工业电视系统的基本结构

- 1—偏转放大器；2—同步信号发生器；3—偏转线圈；4—摄像管；5—扫描电子束；6—同步信号；7—光电面或光导电面（靶）；8—图象信号放大器；9—图象信号；10—混入同步信号；11—复合图象信号；12—被分离的同步信号；13—偏转放大器；14—图象信号放大器和同步分离器；15—显象管；16—荧光面；17—扫描电子束。

和扫描机能由显象管承担，而监视器的电光转换机能和扫描机能由显象管承担。这时的扫描，不是采用开关的机械扫描，而是电子束扫描。

● 按照日本的扫描制式（525行），一幅画面的象素约30万个；如按照我国625行的扫描制式，一幅画面的有效画面的象素约48万个。——译者注

1.1.1 扫描与同步

(1) 扫描

具体地说, 扫描就是电子束射到扫描面上并按一定规则(扫描方式)移动电子束。这种电子束的移动称为偏转。工业电视有二个扫描面。第一个是摄像管内的光敏靶面; 第二是显象管的荧光面。使这二扫描面的电子束的移动在时间和位置上完全保持一致, 这就是同步。

对扫描作另一种解释是: 把一幅图象分解成象素, 或把图象分解成按象素横向排列的一条扫描线, 然后再组合起来。扫描方式最正统的方法是图1.6所示的逐行扫描法。

由这种扫描线组成的画面称为光栅, 每秒画出的光栅数称为每秒象数。扫描线数越多, 画象越清晰; 而每秒象数越多, 重现被摄物体的动作就更自然, 图象闪烁也越少。

设一个光栅能包括的有效全象素为 N , 则和扫描线 n 之间的关系如下式表示:

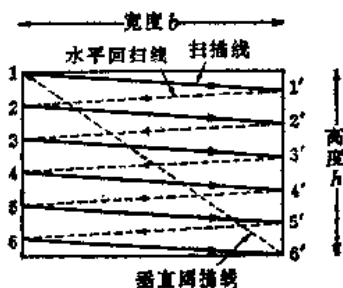


图1.6 逐行扫描

$$N = n^2 b / h \quad (1.1)$$

式中 b ——光栅宽度;

h ——光栅高度;

b/h ——光栅宽高比。

电子束偏转分静电偏转和电磁偏转, 前者利用电场的力, 后者利用磁场的力。两者都是由锯齿波电压或电流形成静电场或磁场, 借此形成图1.7那样的扫描图形。另外, 偏转方向分水平和垂直, 分别称为水平偏转和垂直偏转。

在图1.7中, T_h^* 是水平偏转有效扫描时间, T_h^* 是水平偏转的

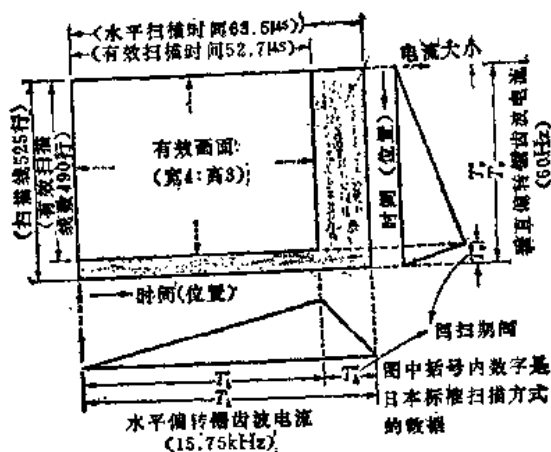


图1.7 扫描图形和偏转电流的关系

回扫时间, $T'_A + T''_A = T_A$ 是水平偏转的 1 个周期。而 $1/T_A = f_A$ 是水平偏转频率 (水平扫描频率)。

同样, T'_V 是垂直偏转有效扫描时间, T''_V 是垂直偏转回扫时间, $1/T_V = f_V$ 是垂直偏转频率 (垂直扫描频率)。而 $(T'_A/T_A) \times 100\%$ 、 $(T'_V/T_V) \times 100\%$ 之值分别是水平、垂直偏转的有效扫描率。

还有与图1.6的逐行扫描不同的隔行扫描, 如图1.8(a)所示, 电视广播就是采用这种扫描方式 (同图(b))。上述两种扫描方式在工业电视中均采用。而在隔行扫描方式中, 不仅有如图1.8(a)所示的隔一行的, 还有隔二行的双重隔行以及多重隔行

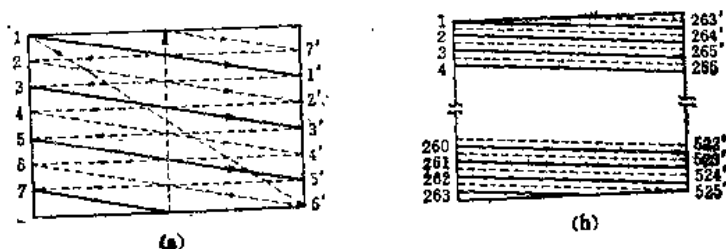


图1.8 隔行扫描

(a) 隔行扫描; (b) 日本标准的隔行扫描 (其中扫描线编号按扫描顺序)。

扫描方式。

在隔行扫描中，隔行扫完一个画面的时间称为一场，该频率称为场频 f_L 。因而，在通常的隔行扫描方式中，完整地扫描一个画面的时间为一场时间的 2 倍，称为一帧，其倒数为帧频 f_p 。这时帧频和每秒象数相同。也即，通常的隔行扫描，有如下关系式：

$$f_L = 2f_p \quad (1.2)$$

而双重隔行扫描为：

$$f_L = 3f_p \quad (1.3)$$

再有，在通常的隔行扫描中，第一场扫描结束必须在 $1/2$ 行间隔处，扫描二场才算整个图象扫描结束，所以水平扫描频率 f_h 和帧频 f_p 之间必须成立如下关系式：

$$f_h = \left(m \pm \frac{1}{2}\right) f_L = (2m \pm 1) f_p \quad (1.4)$$

式中 m ——任意整数。

全扫描线 $n = \frac{f_h}{f_p}$ ，所以对于 $n = 525$ 行的日本标准方式来说， $m = 262$ ，见图 1.8(b)●。

无论是隔行扫描或逐行扫描，只要扫描线数、每秒象数相同，则单位时间内被传输的全像素数也相同。但是，隔行扫描的图象，当画面瞬变或者图象运动时，给人的感觉是每秒象数恰似逐行扫描的两倍。

(2) 同步信号

同步信号是用来起始水平和垂直偏转，消除在偏转的逆程中产生的不必要图象信号或回扫线的一种脉冲信号●。同步信号是

● 我国标准 $n = 625$ ， $m = 312$ 。——译者注

● 原文如此。在简易黑白工业电视中，一般用消隐信号代替同步信号，此时同步信号的作用即如原文所述。但在高性能的工业电视或广播电视中，同步信号仅用以同时起始摄象端和显象端的水平与垂直偏转。至于消除偏转逆程中不必要的图象信号或回扫线的作用则由消隐信号解决，在彩色电视中另有彩色同步信号。——译者注