



课程简介

学时学分：光电显示技术，48学时，3学分，理论学时36学时，实验学时12学时。

教材：

《光电显示技术》，李文峰等主编，清华大学出版社

参考资料：

- 《平板显示概论》，刘纯亮等主编，电子工业出版社
- 《信息显示技术》，余理福等编著，电子工业出版社
- 《平板显示技术》，应根裕等编著，人民邮电出版社



本课程的性质、目的和任务

光电显示技术作为普通高等学校光电子技术专业学生的专业课程被纳入到教育部电子科学与技术专业教学指导分委员会的课程体系中。光电显示技术对光电显示技术及其典型器件和系统做了全面讲述，包括传统的阴极射线管显示器件、液晶显示器件、发光二极管显示器件、等离子体显示器件、激光显示器件、大屏幕显示系统等，以及一些新型光电显示器件，如场致发射显示器件、电致发光显示器件、电致变色显示器件、电泳显示器件和铁电陶瓷显示器件等。



本课程的主要教学内容

- (1) 掌握光电显示器件分类、色彩学基础、显示器件主要性能指标。
- (2) 掌握CRT显示器的基本结构、工作原理、特点、性能指标。
- (3) 掌握液晶显示器件的显像原理、分类、技术参数、特点。
- (4) 掌握发光二极管的结构、特点及应用、LED显示器件的显示原理、技术指标。
- (5) 了解等离子体显示器件的显示原理、特点、性能指标。
- (6) 了解激光的特性、激光显示器件的显示原理、常用激光显示器。



课程要求与考核方法

- 1、作业：认真、独立、按时完成每章一次作业，书写整洁、清晰。
- 2、听课：不缺课，有事需请假，每节课签到。
 - 1、2所得的成绩各按10%记入期末总评成绩。
- 3、总评成绩：期末考试成绩（60%）+课堂考勤和作业完成情况（20%）+实验成绩（20%）



建议:

1) 不迟到、旷课，课堂纪律好（个人修养）

2) 端正学习态度，注意学习方法

要有一个良好的学习心态

养成一个良好的自学习习惯（学习能力）

3) 上课要做好笔记，课后要做好复习。



希 望：

与大家一起营造一个轻松愉快的学习环境

最后送大家一句话：

从成功里得到自信和快乐；

从自信里得到快乐和成功；

从快乐里得到成功和自信。

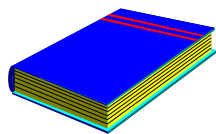
成功就是成为最好的你自己！



陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

衷心祝愿大家
学有所成



+



理论

实践



谢谢大家的合作！

请多谅解教学中的问题，多提意见！



目 录

- ❧ 1. 绪论
- ❧ 2. 阴极射线管(CRT)显示技术
- ❧ 3. 液晶显示器件
- ❧ 4. 发光二极管(LED)显示技术
- ❧ 5. 等离子显示器件
- ❧ 6. 激光显示技术
- ❧ 7. 新型光电显示技术
- ❧ 8. 大屏幕显示技术



第1章 绪论

- ❖ 1.1 光电显示技术概述
 - 1.1.1 显示技术研究的意义
 - 1.1.2 光电显示器件分类
- ❖ 1.2 显示参量与人的因素
 - 1.2.1 光的基本特性
 - 1.2.2 人眼视觉特性
 - 1.2.3 色彩学基础
 - 1.2.4 显示器件主要性能指标
- ❖ 习题一



第1章 绪论

❖ 1.1 光电显示技术概述

1.1.1. 显示技术研究的意义

光电子（Optical Electronic）技术由光学、激光、电子学和信息技术互相渗透、交叉而形成的一门高新技术学科，具有广泛应用背景。

光电子技术以物理学为基础，涉及激光技术、光波导技术、光电检测技术、光计算和信息处理技术、光存储技术、光电显示技术、激光加工与激光生物技术、光生伏特技术、光电照明技术，已逐渐形成了光电子材料与元器件产业、光信息产业、现代光学产业、光通信产业、激光器与激光应用产业等五大类光电子信息产业，开创出了“光电子时代”！



❖ 图书阅读：将信息从书本通过光子载体传递到人脑的过程

信源——书本；信宿——大脑；变换——载体变换；
信道——大气光学通道；还原——视觉、识别；

噪声——影响正确识别的因素（光线暗、视力差）

信息载体变换过程：书本——光子——大脑。

● 光纤通信：将信息通过光纤进行异地传递的过程

信源——磁盘；变换——编码，调制；信道——光纤；噪声：衰减、色散；还原——探测、解码；信宿——磁盘。

信息载体变换过程：磁盘—电子—光子—电子—磁盘

主动系统：使用人工光源；被动系统：使用自然光源



电子信息技术与光子信息技术分类

类别 功能	电子信息技术（广义）		
		光电子信息技术=光子信息技术（广义）	
	电子信息技术 (电子作为信息的载体)	光电子信息技术 (光电相互作用与转换)	光子信息技术 (光子作为信息的载体)
产生	电源技术, 电磁辐射	激光技术, 电光源技术, 光伏技术	
传输	波导技术, 无线电、微波技术		光纤光缆, 光无源器, 空间光通信
变换	电子电路, 编码解码	电光调制, 光电传感	空间光调制
探测	电子传感	光电探测 (红外、可见, 紫外), 光电成像 (扫描、阵列)	光谱技术, 光波导传感
存储	半导体存储、磁存储		光存储 (光盘、光全息)
显示		CRT, LCD, PDP	光全息
处理	数字电路, 电子计算机	图像处理, 模式识别	空间滤波、光互连、 光计算, 自适应光学
集成	微电子技术, 电路系统	光电子集成 (MOEMS), 微纳加工 (光刻技术)	微光学器件, 集成光路



电子与光子特征比较

特 征	电 子	光 子
静止质量(m)	m_0	0
运动质量(m)	m_e	$h\nu/c^2$
传 播 特 性	不能在自由空间传播	能在自由空间传播
传 播 速 度	小于光速(c)	等于光速(c)
时 间 特 性	<u>具时间不可逆性</u>	具一定的 <u>类时间可逆性</u>
空 间 特 性	高度的空间局域	不具空间局域性
粒 子 特 性	<u>费米子</u> (费米统计)	玻色子 (玻色统计)
电 荷	- e	0
自 旋	$1(h)/2$	$1(h)$



光子学与电子学的发展模式对比

- ❖ **电学** → 电子学 → 电子回路 → 电子集成
→ 电子系统 → 电子工程 → 电子产业
- ❖ **光学** → 光子学 → 光子回路 → 光子集成
→ 光子系统 → 光子工程 → 光子产业



光电子技术：当今世界上竞争最为激烈的高技术领域之一；

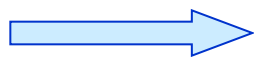
三大高新技术：光电子技术、纳米技术及生物工程技术。

- ❧ **显示 (display)**：就是指对信息的表示，即 **information display**。
- ❧ **显示技术**：基于光电子手段产生的视觉效果上，即根据视觉可识别的亮度、颜色，将信息内容以光电信号的形式传达给眼睛产生视觉效果。
- ❧ **光电显示技术**：将电子设备输出的电信号转换成视觉可见的图像、图形、数码以及字符等光信号的一门技术。



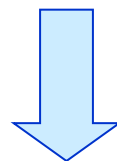
❖ 人类各种感官获得信息的比例

视觉： 60%



图像显示

听觉： 20%



触觉： 15%

味觉： 3%

嗅觉： 2%

显示技术成为人们生活中不可缺少的技术



2.显示技术的发展历史

- ❧ 1897年，德国，布劳恩（Braun），发明阴极射线管(CRT:Cathode Ray Tube)。
 - ❧ 1950年，全世界第一只球形彩色布劳恩管（CRT）。**特点**：体积大、重量沉，拖“尾巴”
 - ❧ CRT电视机只能做到40英寸以下。
 - ❧ 人类关注：屏幕上显示图像的质量，如亮度、对比度、分辨率、视野角、刷新频率和响应时间等综合性的视觉性能。
 - ❧ 20世纪平板显示器件的工作性能不如CRT。且CRT的工作原理巧妙，本身及相应配合线路也简单，成本低
- 结论**：显示器件中，CRT的性能价格比最高。



- ❧ 1983年，开创了平板显示的新纪元。
- ❧ 薄膜晶体管液晶显示器（TFT-LCD）。
- ❧ TFT-LCD替代了计算机显示器的彩色显示器（CDT:Color Display Tube），向大屏幕发展，进入TV领域，2005年已形成一个240亿美元的庞大显示器件产业。CRT构筑了大众媒体时代的现代工业社会，LCD则构筑了个人媒体为主导的现代信息社会。



- ❧ 等离子体显示器（**PDP:Plasma Display Panel**）和有机电致发光效应（**EL:Electro Luminescence**），**PDP**用于**40英寸**以上的彩色显示器，高清晰度电视（**HDTV**）的**PDP**进入家庭用显示器领域。
- ❧ 有机发光二极管平板显示器（**OLED:Organic Light Emitting Diode**）、**场致发射显示器**（**FED:Field Emission Display**）



多媒体大屏幕显示墙 (Multimedia Display Wall)、蓝光LED (Light Emitting Diode) **三基色全彩色LED大显示屏**



发展历史



1983年,开创了LCD的新纪元



82英寸的薄膜晶体管液晶显示器 (TFT-LCD)



如纸板薄的OLED显示器



150英寸等离子体显示器(PDP)



发展历史



132英寸多屏幕三维显示墙（飞利浦的3D WOWzone）



显示技术展望

显示器件	发展趋势	显示器件	发展趋势
阴极射线管 (CRT)	提高分辨率， 小型化，平 板化	电致变色 显示器	改进可靠性
真空荧光显 示器	多色，矩阵 显示的实际 使用	液晶显示 器	彩色，小电视的实际使用
交流等离子 体显示器	驱动的简化	发光二极 管(LED)	高亮度，蓝LED的实际使用
直流等离子 体显示器	提高电视显 示效率	电致发光 显示器 (FED)	矩阵显示商品化
电泳显示器	改进可靠性		



胶囊型内窥镜



- ❖ 国外报道一种**胶囊型内窥镜**，与一般的内窥镜比较，可完全避免病人在检查过程中所产生的苦痛。
- ❖ 这种带有摄像机的**胶囊型内窥镜**其直径**0.9cm**，长**2.3cm**，被病人吞下后，可在食道、胃、十二指肠、小肠、大肠等处拍摄图像。



- 光、机、电微系统集成在一个胶囊内
- “胶囊”被患者吞服后就会随着消化道的不断蠕动向前推进，通过微型摄像机拍摄数字图像，并通过微波技术把照片传送出来，每小时内能向数据记录仪传送近万幅图片。

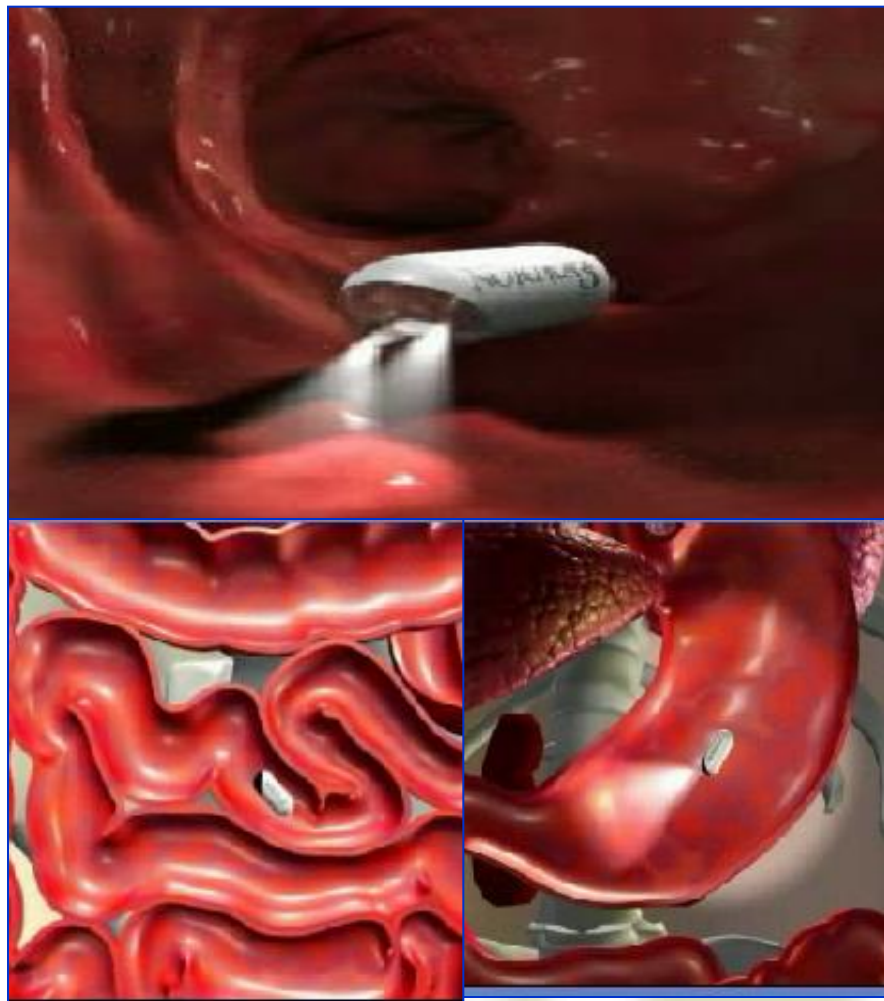
胶囊型内窥镜结构





- 胶囊型内窥镜完成摄像任务后，内窥镜便随着排泄物排到体外。
- 胶囊型内窥镜使用**CCD**或**CMOS**摄像机，所需的电能由自身电池或从体外用微波形式输送，其运行速度和方向等均可以从体外来控制。
- 所拍摄的图像也使用微波传送到体外的控制装置里，使用记录、显示系统或打印机获取图像。

胶囊内窥镜进入胃和小肠



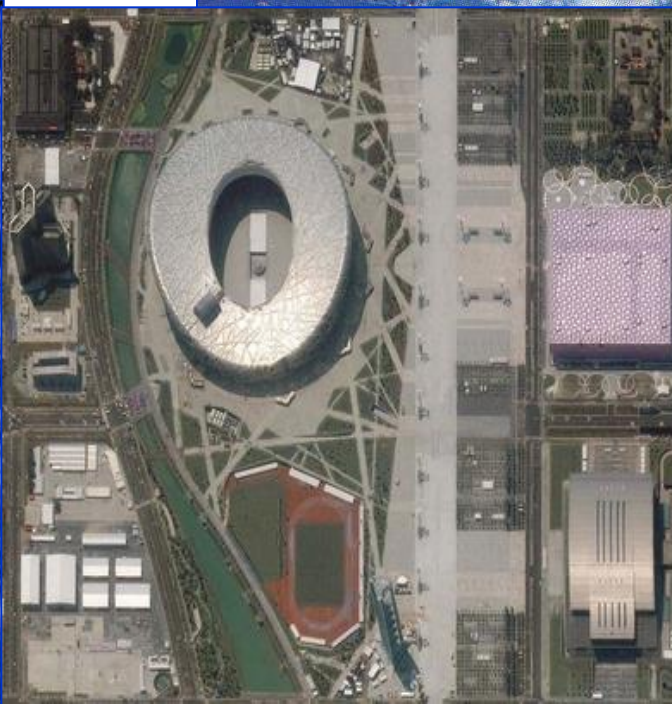


陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

光学遥感

高光谱遥感、评估
油等污染与赤潮灾
害、目标探测与识
别





陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

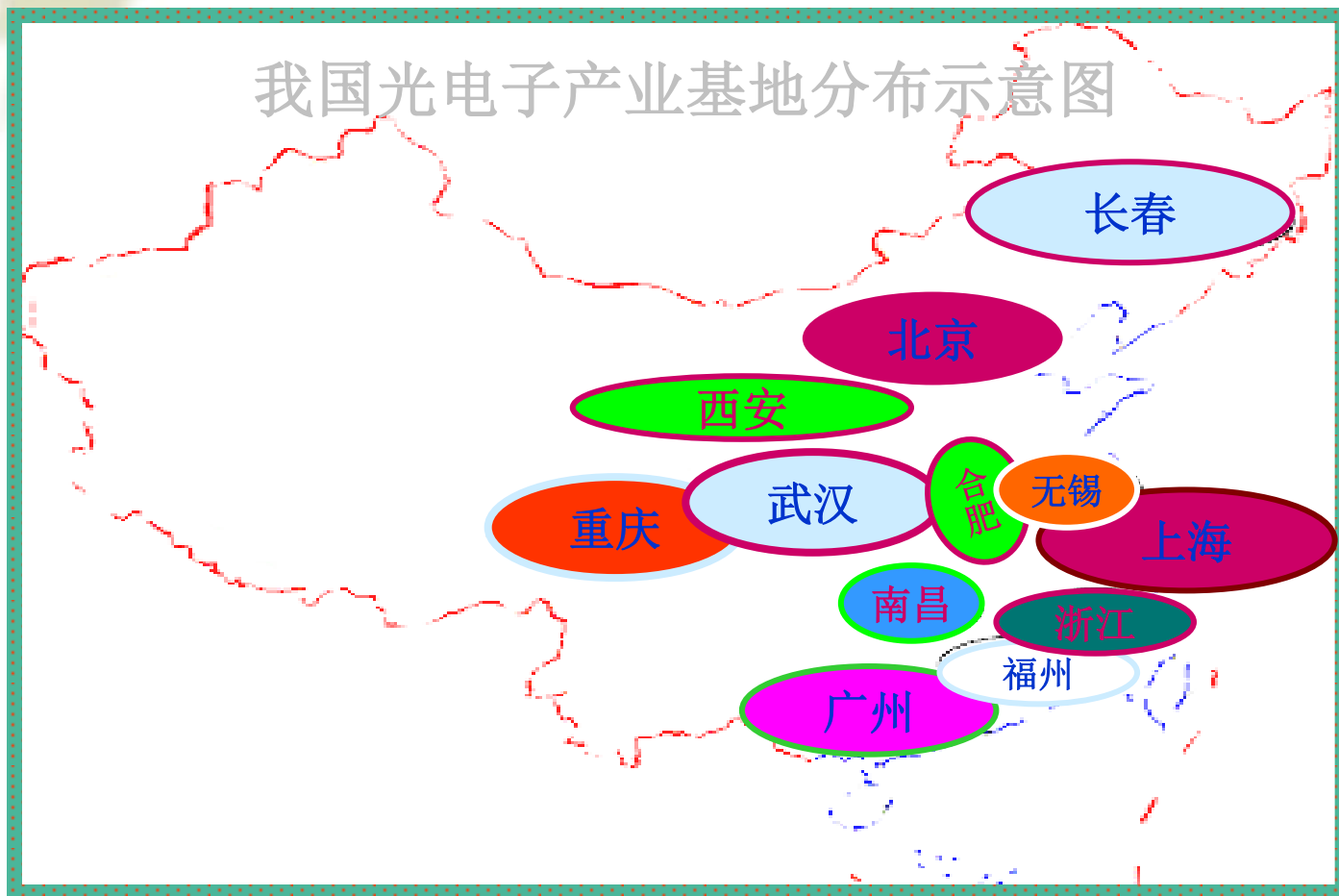
Google Earth





国内光电子产业基地

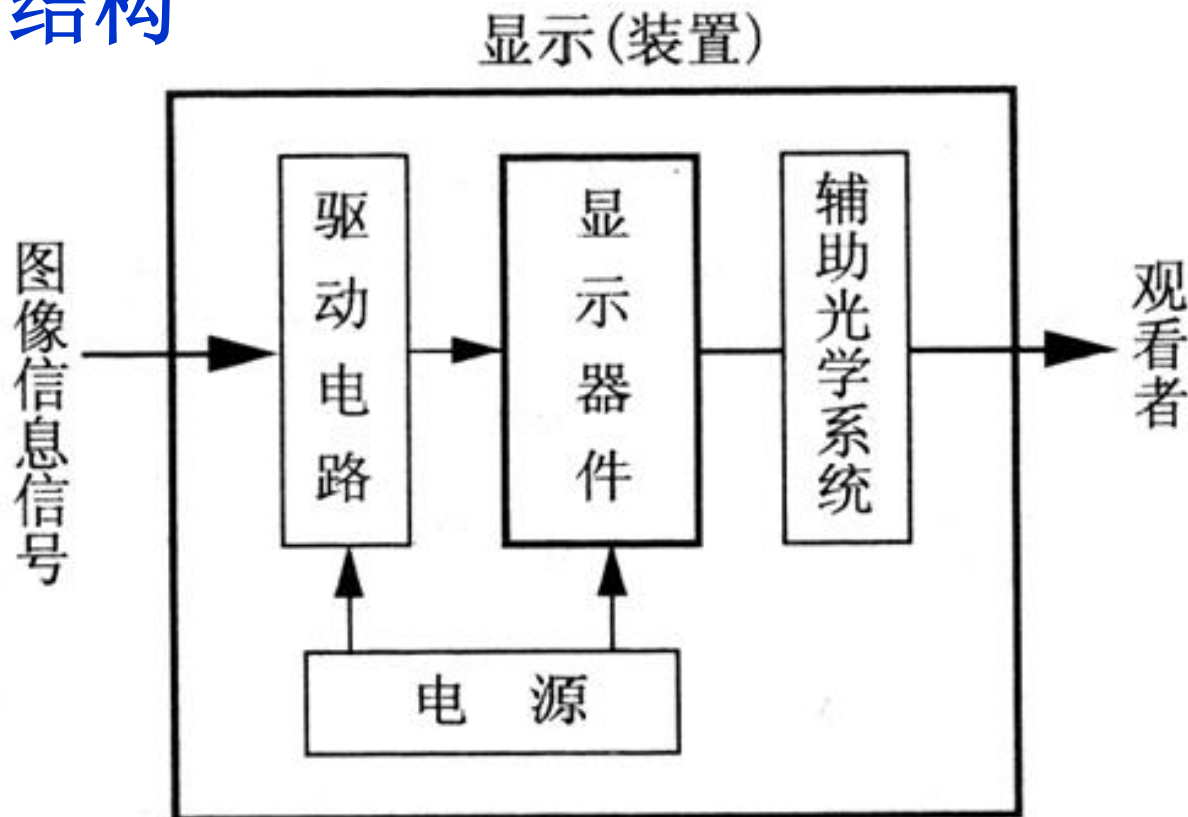
- 我国光电子产业基地发展迅速，目前共有**13**个光电子产业基地





1.1.2 光电显示器件分类

显示器的结构



有时将表示整体的器件叫做显示器件



1.1.2 光电显示器件分类

原则上把显示设备上出现的视觉信息直接观看的方式称为直观型

一、如果根据收视信息的状态分类，可分成。

❖ 1. 直观型 (Direct)

❖ 2. 投影型 (Projective)

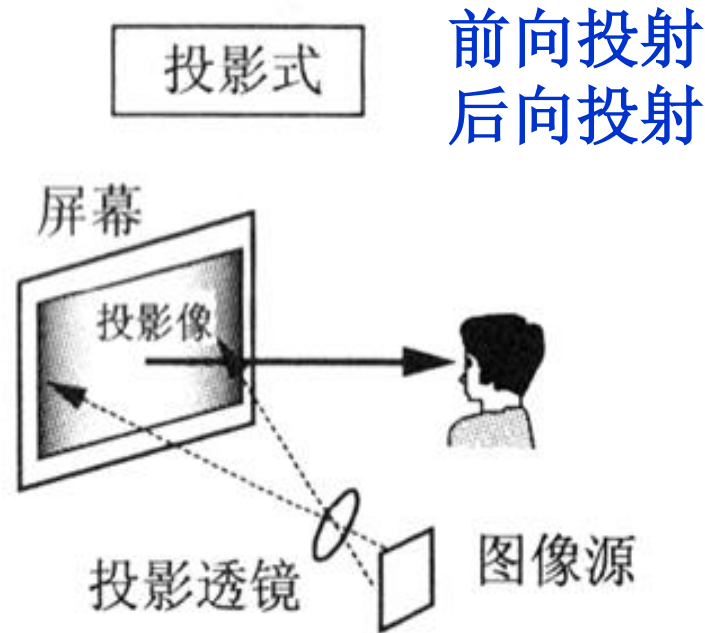
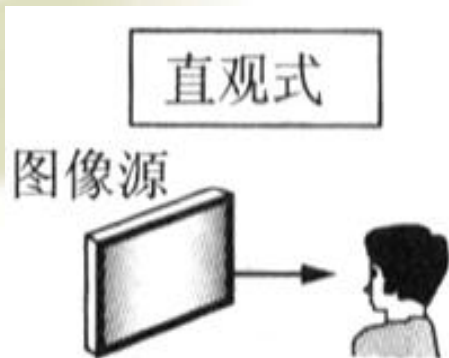
❖ 3. 空间成像型 (Space Imaging Type)

把由显示设备或者光控装置所产生的比较小的光信息经过一定的光学系统放大投射到大屏幕后收看的方式称为投影型。

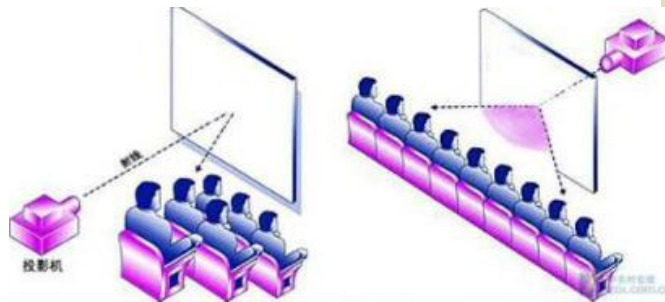
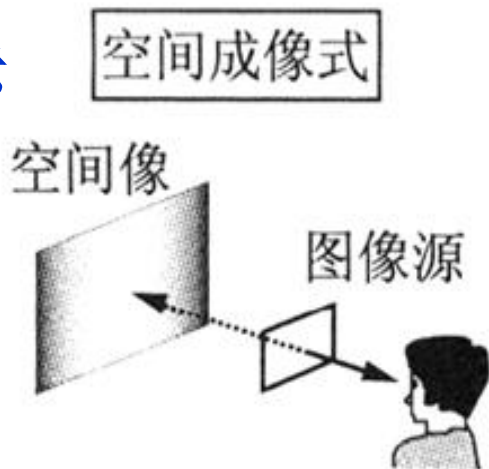
指采用某种光学手段（如激光）在空间形成可供观看图像的方式，从原理上说，图像大小与显示器无关，可以很大。空间成像显示因为图像具有纵深而大大提高了真实感和现场感。



根据收视信息的状态分类



头盔式显示
全息显示
激光显示





人类视觉所感受的外部信息中，90%以上是由外部物体对光的反射，而不是来自物体发光。所以，被动显示更适合人的视觉习惯，不会引起疲劳。当然，被动显示在黑暗的环境下是无法显示的，这时我们必须为器件配上外光源。比如LED、各种光阀管（light valve）投影仪等。

二、从显示原理用了发光和电光效应是指加上电压后物质的光学性质（如折射率、反射率）此，根据像分为以下两

在外加电信号作用下，主动发光型器件本身产生光辐射刺激人眼而实现显示。比如CRT、PDP、ELD、激光显示器(LPD:Laser Projection Display)等。

1. 主动发光 (emissive) 型

2. 被动显示 (passive)

在外加电信号作用下，被动显示型器件单纯依靠对光的不同反射呈现的对比度达到显示目的。



三、按显示屏幕大小分类有：超大屏幕（ $>4\text{m}^2$ ）、大屏幕（ $1\sim 4\text{m}^2$ ）、中屏幕（ $0.2\sim 1\text{m}^2$ ）和小屏幕（ $<0.2\text{m}^2$ ）。

四、按色调显示功能分类有：黑白二值色调显示、多值色调显示（三级以上灰度）和全色调显示。

五、按色彩显示功能分类有：单色（**monochrome**）黑白或红黑显示、多色（**multi color**）显示（三种以上）和全色显示。

六、按显示内容、形式分类有：数码、字符、轨迹、图表、图形和图像显示。

七、按成像空间坐标分类有：二维平面显示和三维立体显示。

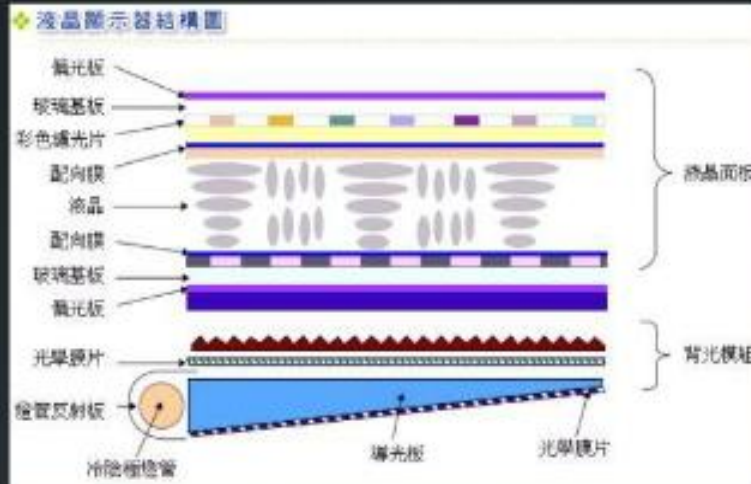


八、按所用显示材料分类有：固体(晶体和非晶体)、液体、气体、等离子体、液晶显示等。

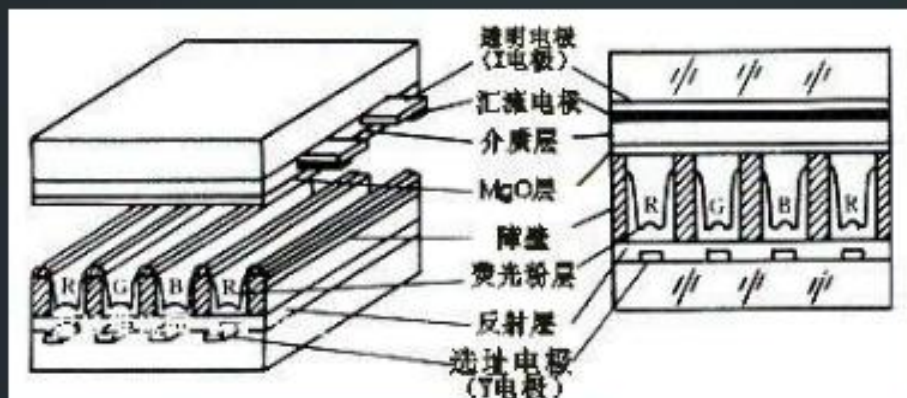
九、按显示原理分类有：阴极射线管(CRT)、真空荧光管(VFD)、辉光放电管(GDD)、液晶显示器(LCD)、等离子体显示器(PDP)、发光二极管(LED)、场致发射显示器(FED)、电致发光显示器(ELD)、电致变色显示器(ECD)、激光显示器(LPD)、电泳显示器(EPD)、铁电陶瓷显示器(PLZT)等等。



3. 液晶显示(LCD—Liquid Crystal Display)

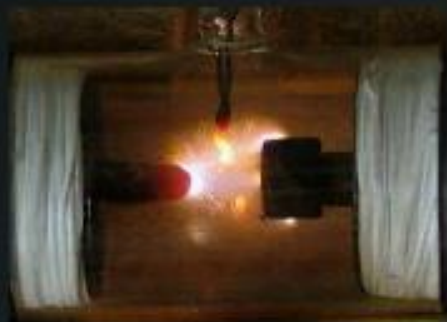


4. 等离子体显示(PDP—Plasma Display Plate)





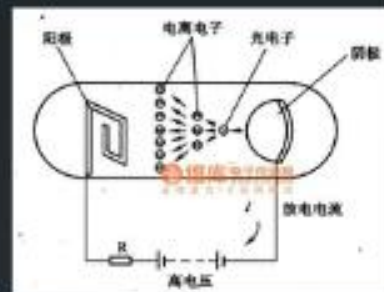
5. 辉光放电管 (GDD—Glow Discharge Display)



辉光放电



辉光放电球



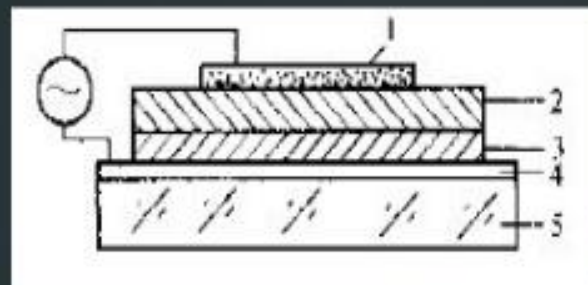
阳极间被大量的光电子和离子所充斥，引起辉光放电现象

6. 电致发光显示器(ELD—Electroluminescence Display)

LED、OLED、半导体激光器、电致发光板均是广义上的电致发光

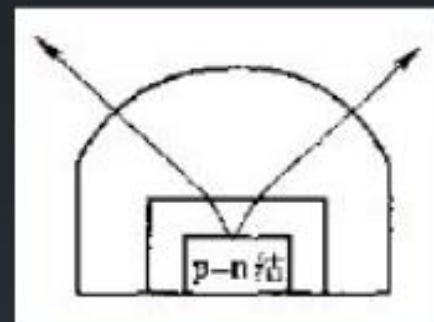


索尼电致发光显示器仅有一张打印纸厚

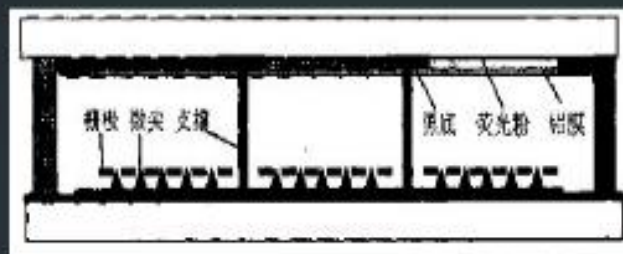




7. 发光二极管(LED—Light Emitting Diode)

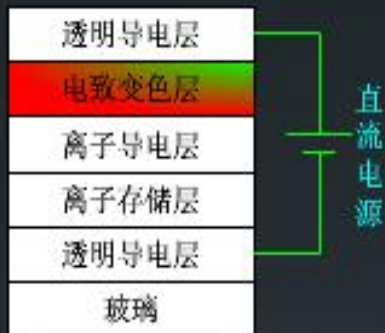


8. 场致发光显示器(ELD—Field Emitting Display)

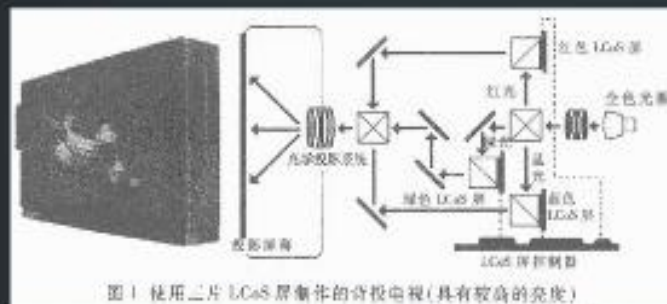




9. 电致变色显示器(ECD—Electro Chromism Device)



10. 激光显示(LPD-Laser Projection Display)





11. 电泳显示(EPD-Electro Phoretic Display)



电泳电子纸

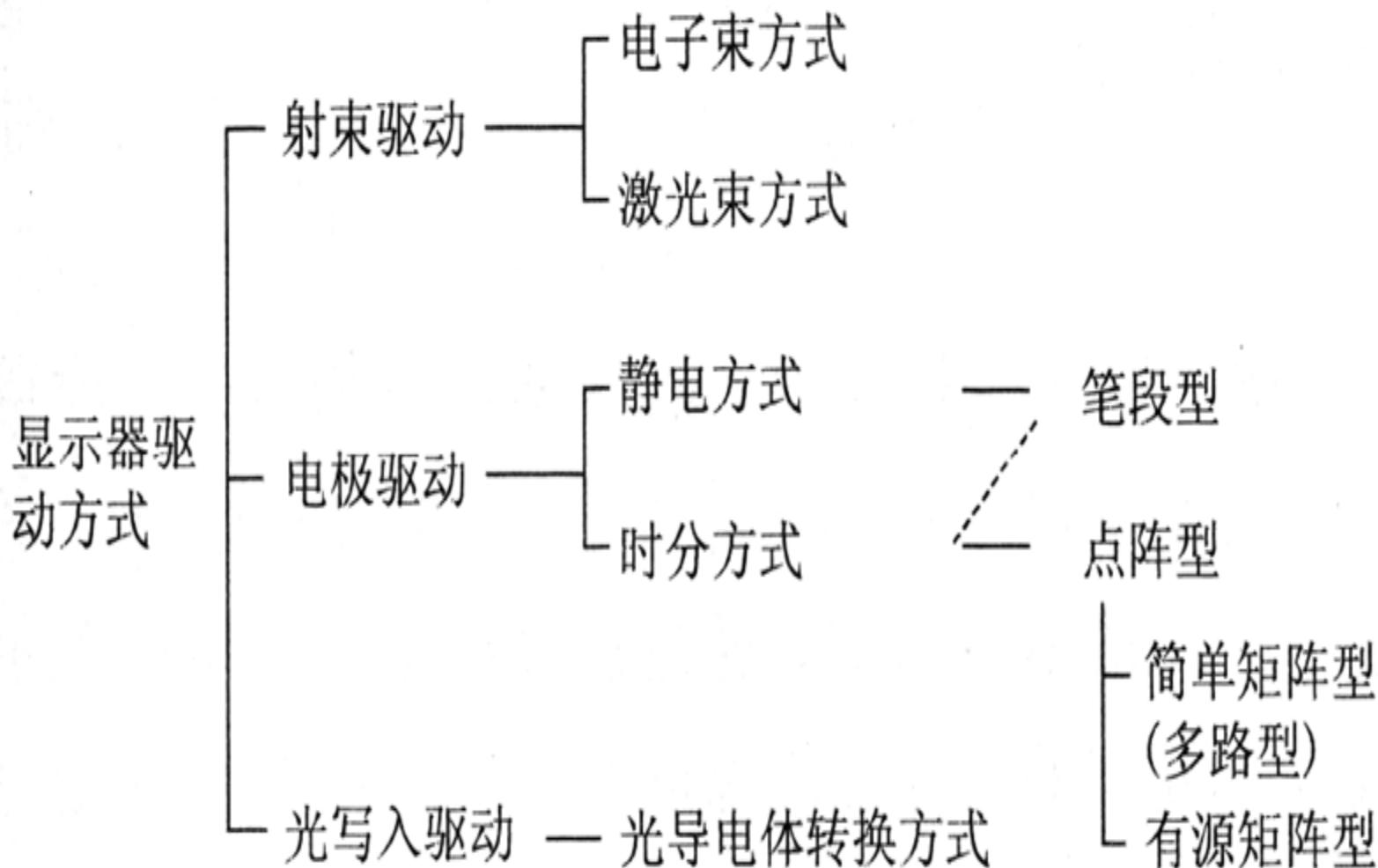
12. 铁电陶瓷显示(Transparent ceramics display)

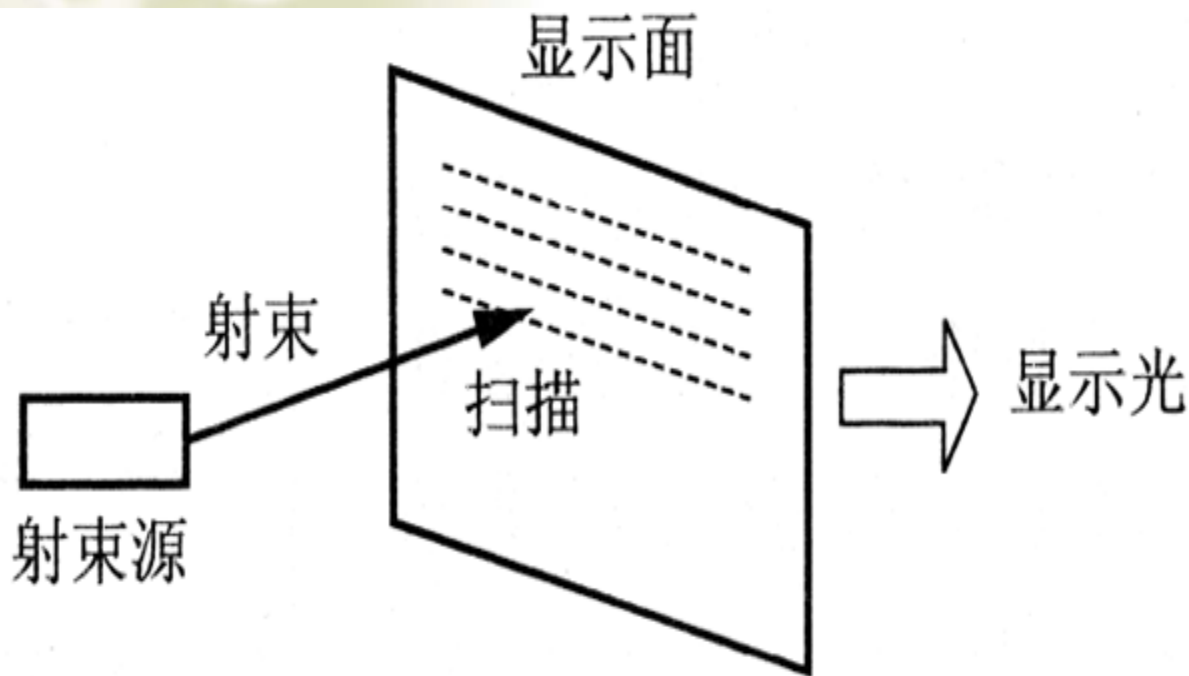
$BaTiO_3$ 中的电畴结构



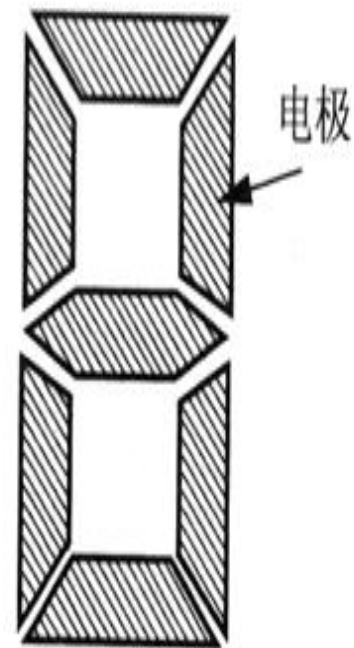


按驱动方式 分类

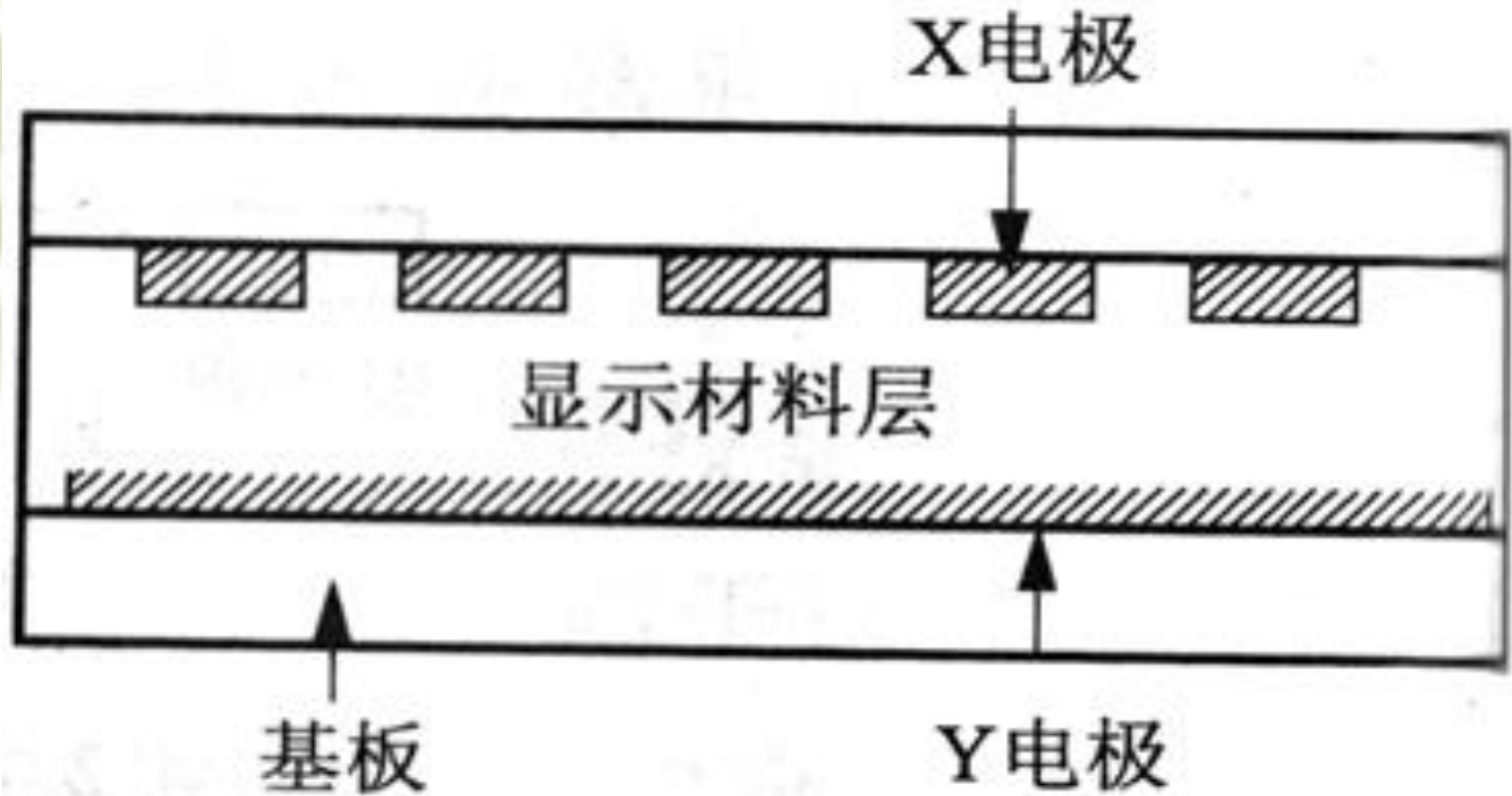




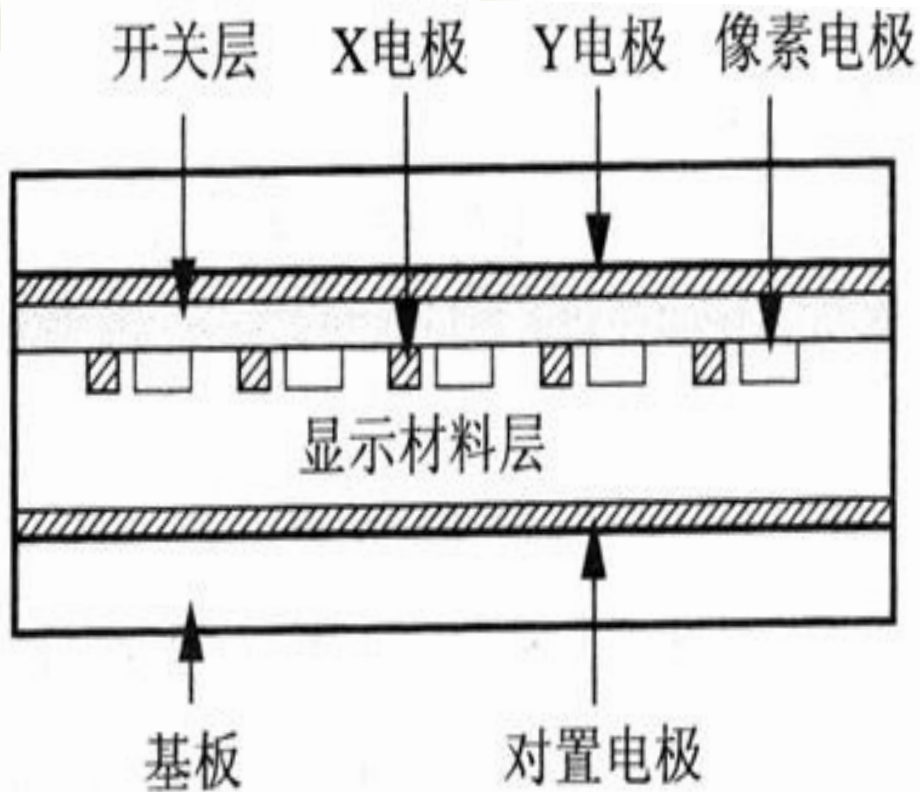
射束驱动方式示意图



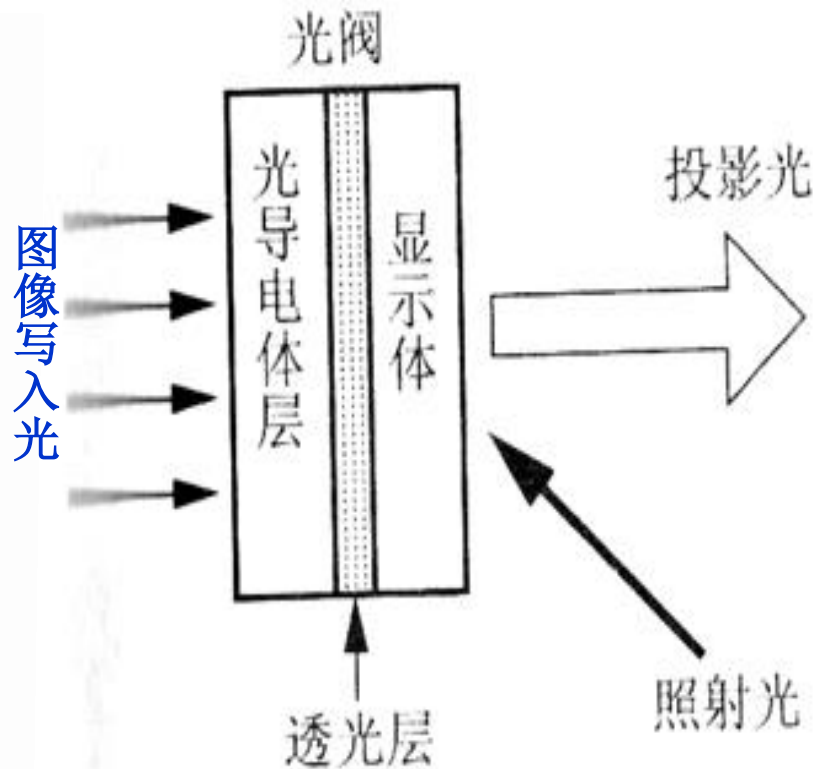
段电极结构实例
(数字显示)



X、Y 矩阵型显示器
的基本结构



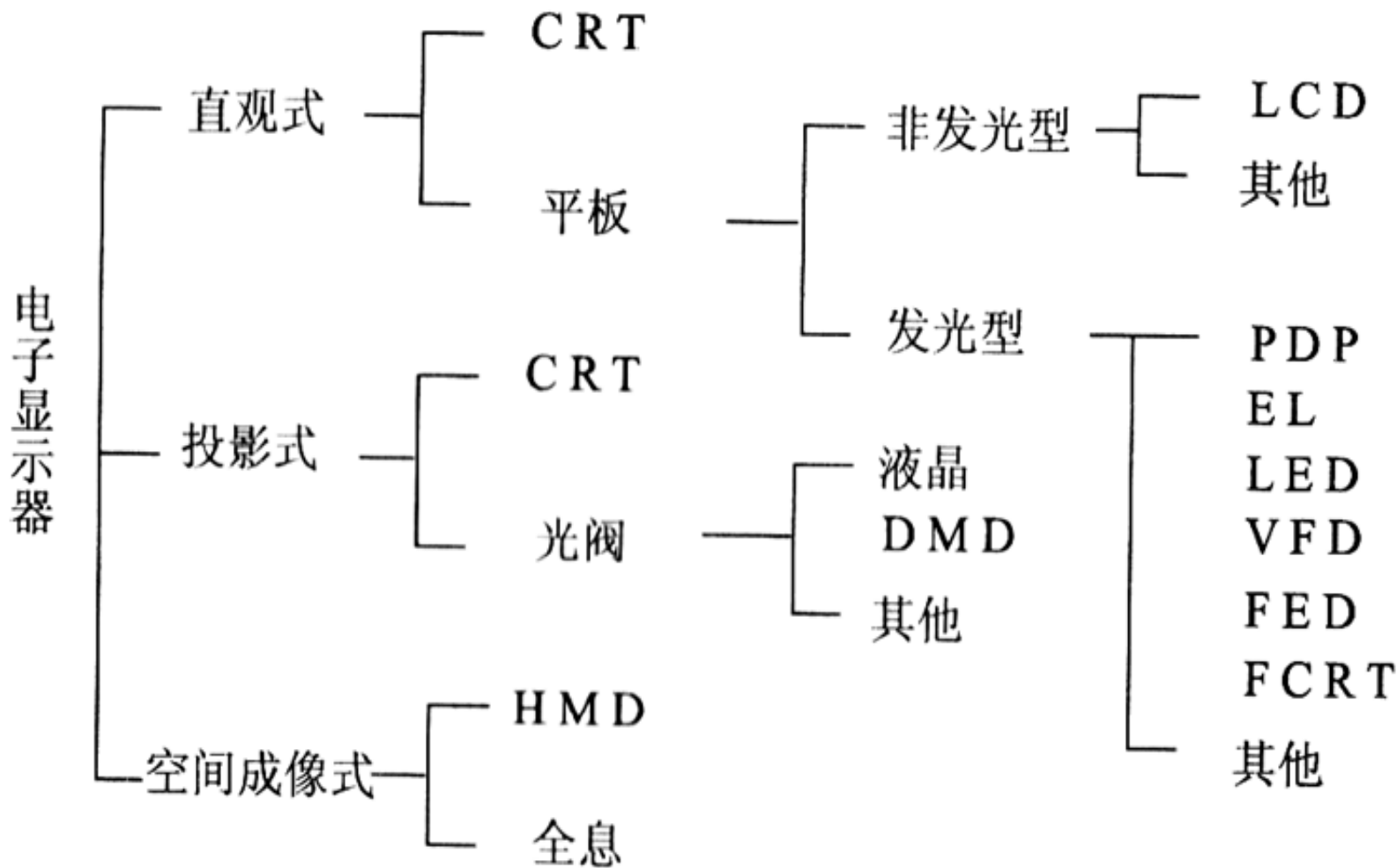
有源矩型显示器的结构



光写入驱动方式



按器件技术分类



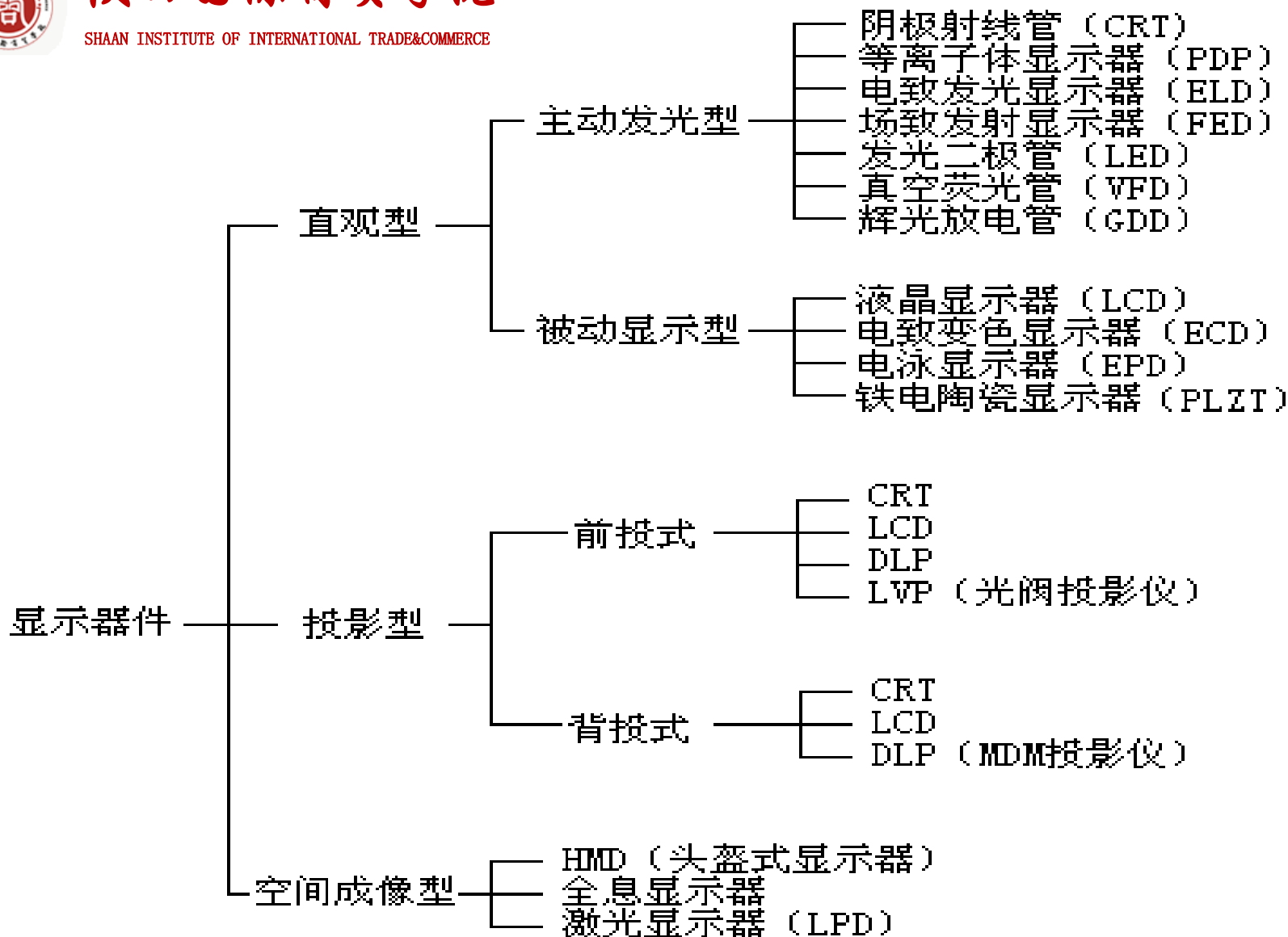


图1.1 光电显示器件的种类



❖ 1.2显示参量与人的因素

1.2.1 光的基本特性

光是一种波长很短的电磁波，可见光是光刺激人眼的感觉，波长范围为380~780nm），频率为 $7.5 \times 10^8 \sim 4.0 \times 10^8$ MHz，波谱很窄；而电磁波的波谱范围很广，包括甚低频（VLF）超长波、低频（LF）长波、中频（MF）中波、高频（HF）短波、甚高频（VHF）超短波、特高频（UHF）分米微波、超高频（SHF）厘米微波、极高频（EHF）毫米微波、红外线、光波、紫外线、X射线、γ射线等。

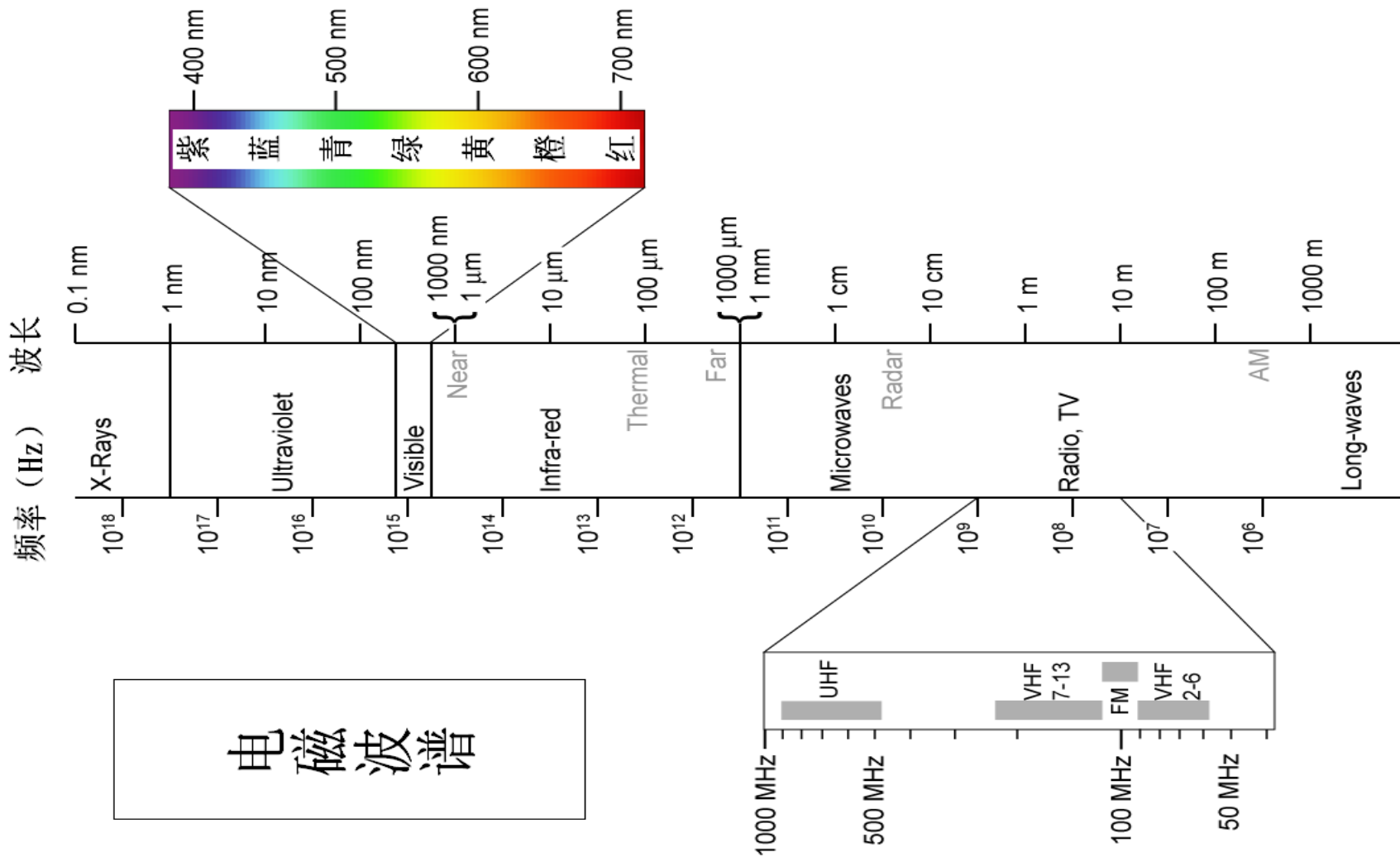


图1.2 电磁波的波谱



可见光七彩颜色的波长和频率范围

光色	波长(nm)	频率(Hz)	中心波长(nm)
红	760~622	$3.9 \times 10^{14} \sim 4.8 \times 10^{14}$	660
橙	622~597	$4.8 \times 10^{14} \sim 5.0 \times 10^{14}$	610
黄	597~577	$5.0 \times 10^{14} \sim 5.4 \times 10^{14}$	570
绿	577~492	$5.4 \times 10^{14} \sim 6.1 \times 10^{14}$	540
青	492~470	$6.1 \times 10^{14} \sim 6.4 \times 10^{14}$	480
兰	470~455	$6.4 \times 10^{14} \sim 6.6 \times 10^{14}$	460
紫	455~400	$6.6 \times 10^{14} \sim 7.5 \times 10^{14}$	430

人眼最为敏感的光是黄绿光，即555nm附近。



光的度量

测光（**Photometry**）：对光量的测量

测光量的定义及其基本单位：

❖ 光通量(**Luminous flux**)

光源单位时间内发出的光量称为光通量，符号为 Φ ，单位为流明（lm）。

❖ 发光强度（**Luminous intensity**）

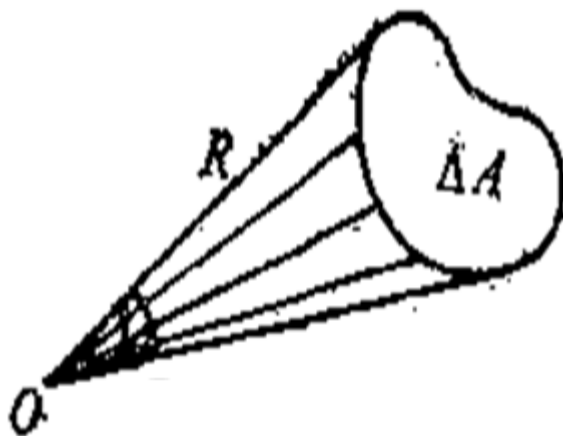
光源在给定方向的单位立体角（ ω ）辐射的光通量称为发光强度，符号为 I ，单位为坎德拉（cd）。发光强度 I 可由下式表示：

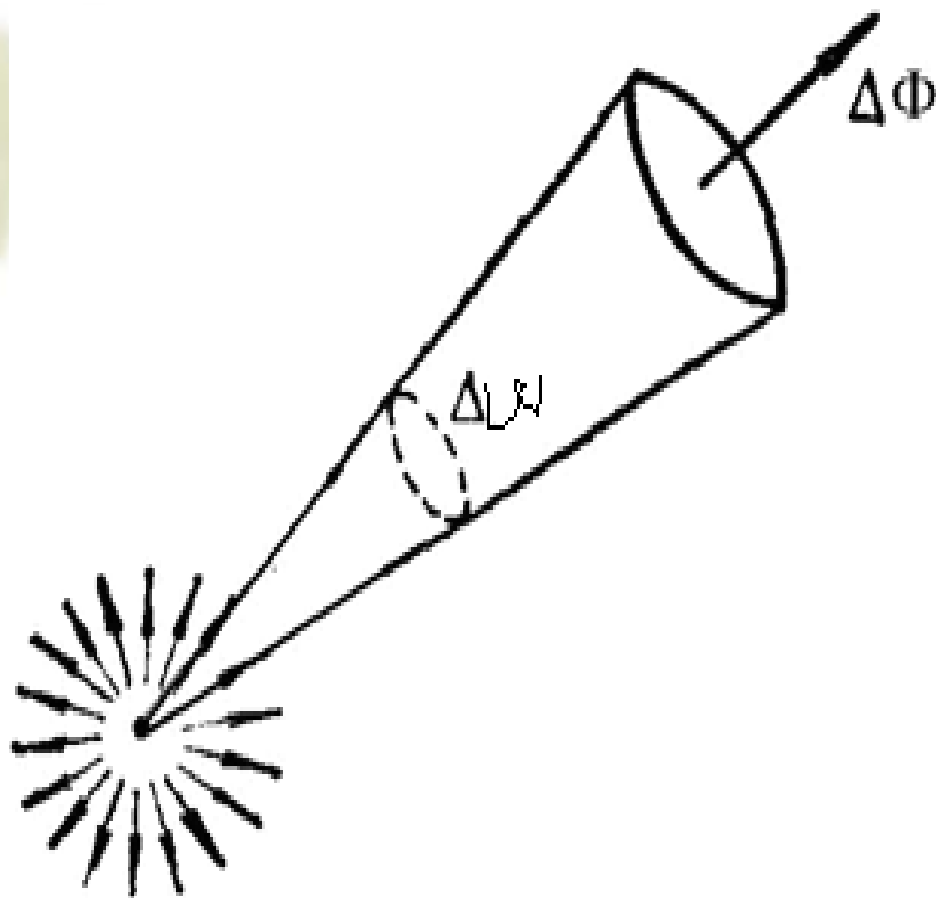
$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$



立体角

- ❖ 在光辐射测量中，常用的几何量就是立体角。立体角涉及到的是空间问题。任一光源发射的光能量都是辐射在它周围的一定空间内。因此，在进行有关光辐射的讨论和计算时，也将是一个立体空间问题。与平面角度相似，我们可把整个空间以某一点为中心划分成若干立体角。
- ❖ **定义：一个任意形状锥面所包含的空间称为立体角。**





发光强度是描述点源特性的辐射量



❖ 光照度

单位受光面积上（**S**）所接收的光通量称为光照度，符号为**E**，单位为勒克斯（**lx**）。光照度**E**可由下式表示：

$$E = \frac{d\Phi}{dS}$$

❖ 亮度

垂直于传播方向单位面积（**S**）上的发光强度称为亮度，符号为**L**，单位为**cd/m²**。亮度**L**可由下式表示：

$$L = \frac{d\Phi}{dS \cdot \cos \theta \cdot d\omega}$$



亮度是指画面的明亮程度，单位是坎德拉每平方米(cd/m^2)，也就是每平方米分之烛光。人眼感觉范围**0.03-50,000 cd/m^2** 。

对画面亮度的要求与
环境光强有关

室内看电视画面亮度大于**70 cd/m^2**

电影院里电影亮度**30-40 cd/m^2**

室外观看应达到**300 cd/m^2**



1.人眼的视觉生理基础：

外界信息以光波形式射入眼帘，通过眼睛的光学系统在视网膜上成像。视网膜内的视觉细胞把光信息变换为电信号，传递给视神经。由左右眼引出的视神经在视交叉处把左右眼分别获得的右视觉信号和左视觉信号进行整理，然后传向外侧膝状体。外界右半部分的视觉信息传入左侧的外侧膝状体，而左半部分的视觉信息传入右侧的外侧膝状体。两个外侧膝状体经视放射线神经连接于左右后头部的大脑视觉区域。

❖ 1.2.2 人眼视觉特性

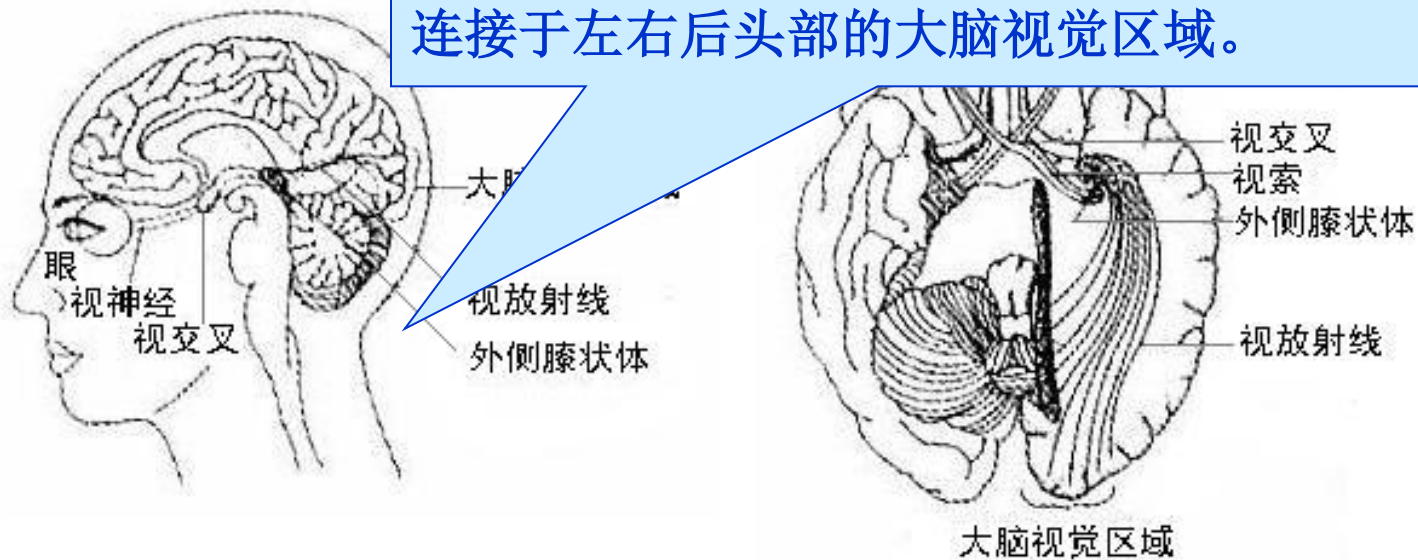
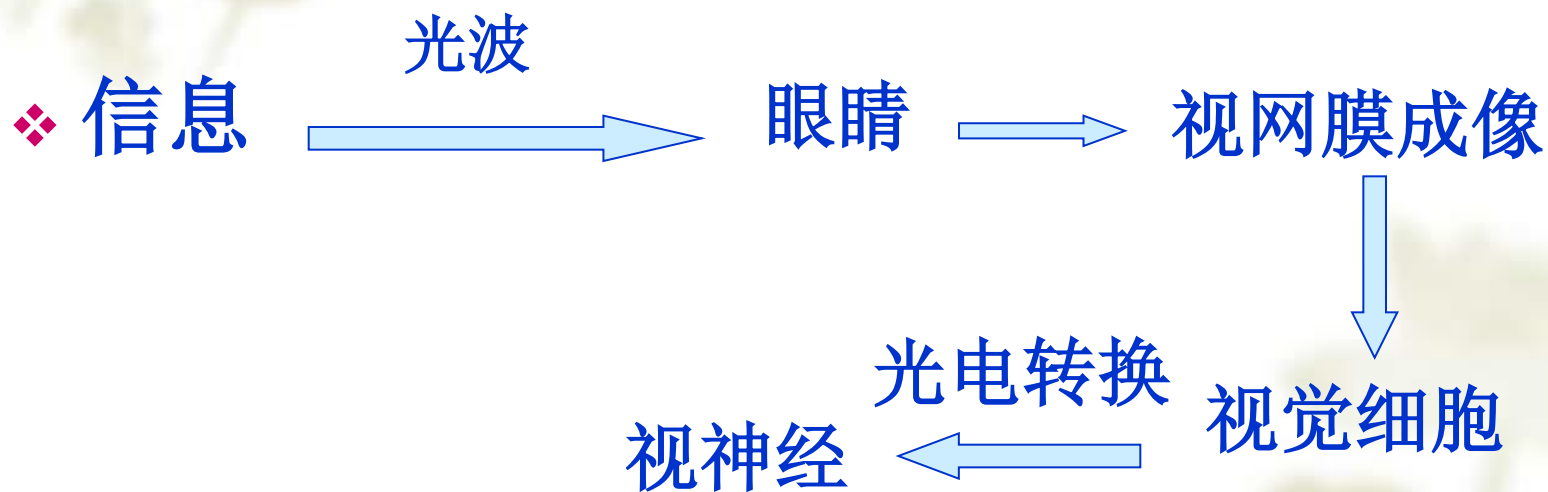


图1.3 信息从人眼到大脑的路径

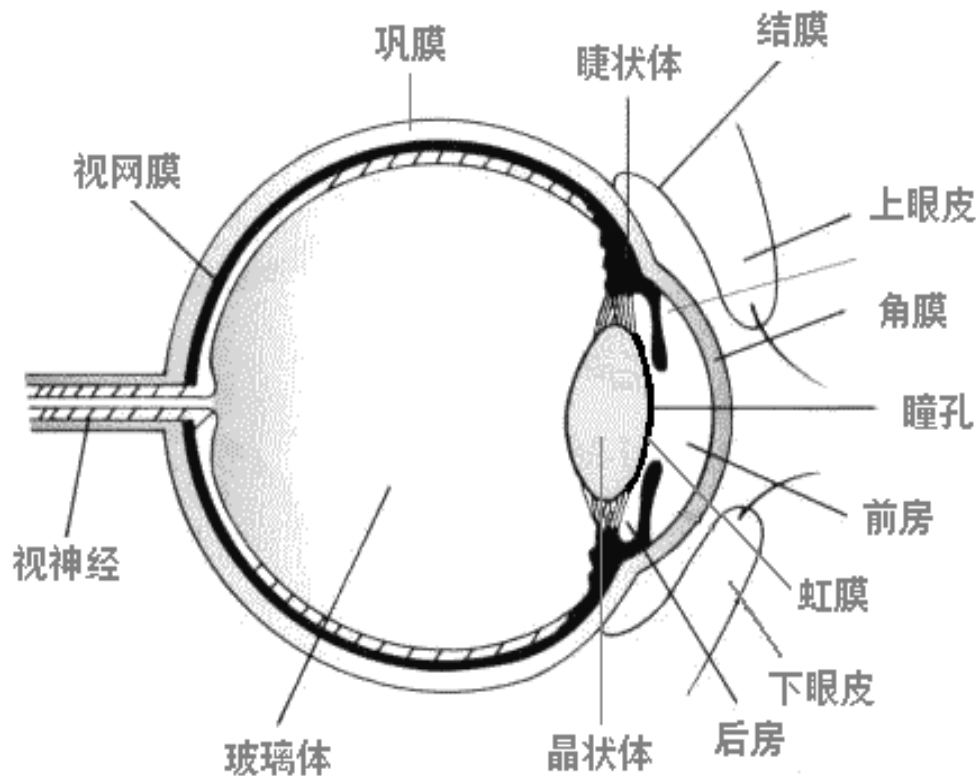




❖ 人的眼睛很像一部精巧的照相机，图1.4是眼球的截面图。该图是把右眼沿垂直方向剖切后，从前部所见的构造。眼球为直径约24mm的球状体。光线通过瞳孔射入眼球内，膜上成像。

❖ 角膜的作
视网膜上

❖ 虹膜紧贴
瞳孔的直
变瞳孔的
照相机光



膜上成

了能在

瞳孔。

)。改
类似于

图1.4眼球的构造



- ❖ 晶状体起着照相机透镜的作用，四周的睫状肌收缩、松缓可以调节其凸度，亦即调节了焦距，以便使不同距离的景物成像在视网膜上；晶状体同时吸收一部分紫外线，对眼睛起到保护作用。晶状体的弹力会随着年龄增加而减小，到**60**岁左右，会失去调节能力而变得扁平。
- ❖ 视网膜广泛分布于眼球的后部，作用很像照相机中的感光胶片。视网膜主要由许多感光细胞组成，感光细胞把光变换为电信号，它又分为两大类：一类叫杆状（**rod**）细胞，另一类叫锥状（**cone**）细胞。



- ❖ 锥状细胞大部分集中分布在视网膜上正对者瞳孔的中央部分直径约为**2mm**的区域，因呈黄色，称为黄斑区。在黄斑区中央有一个下陷的区域，称为中央凹（**fovea**）。在中央凹内锥状细胞密度最大，视觉的精细程度主要由这一部分所决定。在黄斑区中心部分，每个锥状细胞连接着一个视神经末梢。根据对光谱敏感度的不同，锥状细胞又可分为三类，即红视锥状细胞（吸收峰值为**700nm**）、绿视锥状细胞（吸收峰值为**540nm**）和蓝视锥状细胞（吸收峰值为**450nm**）。
- ❖ 在远离黄斑区的视网膜上分布的视觉细胞大部分是杆状细胞，而且视神经末梢分布较稀，每个锥状细胞和几个杆状细胞合接在一条视神经上。所有视神经都通过视网膜后面的一个空穴，称为乳头（**nipple**）的通到大脑去。在乳头处没有感光细胞，不能感受光线，故又称为盲点。



❖ 2. 人眼视觉特性

光射入眼睛会引起视觉反应，单一波长成分的光称为单色光，人眼感觉到的单色光按波长由长到短的顺序为：红、橙、黄、绿、青、蓝、紫，参考图1.2。包含两种或两种以上波长成分的光称为复合光。太阳光就是一种复合光，且波长范围宽、能量几乎均匀分布，给人以白光的综合感觉。

(1) 光谱光效率。人眼对不同波长光的敏感程度。相同主观亮度感觉情况下， $\lambda=555\text{nm}$ 的黄绿光，所需光的辐射功率最小。



- ❖ (2) 视觉二重功能。人的视觉具有明视觉功能和暗视觉功能。锥状细胞的感光灵敏度比较低，大约在 10^4 个光子数量级，只有在明亮条件下才起作用。锥状细胞密集地分布在视网膜中央凹区域，且每个锥状细胞连接一根视神经，因此它能够分辨颜色和物体细节，是一种明视觉器官。杆状细胞的感光灵敏度比较高，大约在 10^2 个光子数量级，是一种暗视觉器官。



- ❖ **(3) 暗适应。**从明亮处向昏暗处移动时，视觉系统灵敏度会逐渐变化，大约**40min**左右达到最大灵敏度。

当我们从明亮的地方进入黑暗环境，或突然关掉电灯，要经过一段时间才能看清物体，这就是暗适应现象。



- ❖ (4) 明适应。从黑暗环境到明亮环境变化的逐渐习惯过程，称为明适应。与暗适应比较，其时间要快得多，大约仅需**1min**左右即可完成。
- ❖ (5) 视觉惰性。在外界光作用下，感光细胞内视敏感物质经过暴光染色过程是需要时间的，响应时间大约为**40ms**；另一方面，当外界光消失后，亮度感觉还会残留一段时间，大约为**100ms**。



❖ (6) 闪烁 (flicker)。

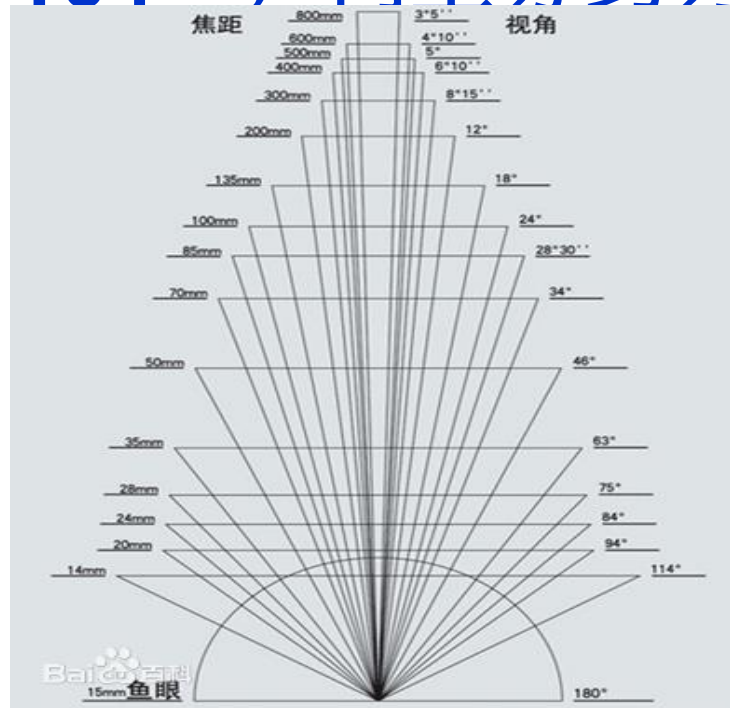
以周期性光脉冲形式反复刺激眼睛，频率低时，可以出现闪烁现象；随着频率逐渐提高就观察不到闪烁了，视觉变得稳定而均匀。将此闪烁感刚刚消失时的频率称为临界闪烁频率

(**CFF:Critical Fusion Frequency**)。此时视野内的明亮度等于亮度的时间平均值。



❖ (7) 视角。

眼睛的视野是比较大的，由视线方向的中心与鼻侧的夹角约为 65° ，与耳侧的夹角约为 $100\sim 104^\circ$ ，向上方约为 65° ，向下方为 75°





1.2.3. 色彩学基础

彩色是物体反射光作用于人眼的视觉效果。自然界中的景物，在太阳光照射下，由于反射了可见光中的不同成分而吸收其余部分，从而引起人眼的不同彩色感觉。

● 1.三基色原理

自然界中任意一种颜色均可以表示为三个确定的相互独立的基色的线性组合。国际照明委员会（**CIE**）的色彩学**CIE-RGB**计色系统规定：波长**700nm**，光通量为**1lm**的红光为一个红基色单位，用（**R**）表示；波长**546.1nm**，光通量为**4.95lm**的绿光为一个绿基色单位，用（**G**）表示；波长**435.8nm**，光通量为**0.060lm**的蓝光为一个蓝基色单位，用（**B**）表示。



将三基色按一定比例相加混合，就可以模拟出各种颜色，如：

- 红色+绿色=黄色
- 绿色+蓝色=青色
- 红色+蓝色=紫色
- 红色+绿色+蓝色=白色

等量的**RGB**能配出等能的白光。这样三基色按不同比例就能合成出如图1.5所示的以三基色为顶点的三角形所包围的各种颜色。

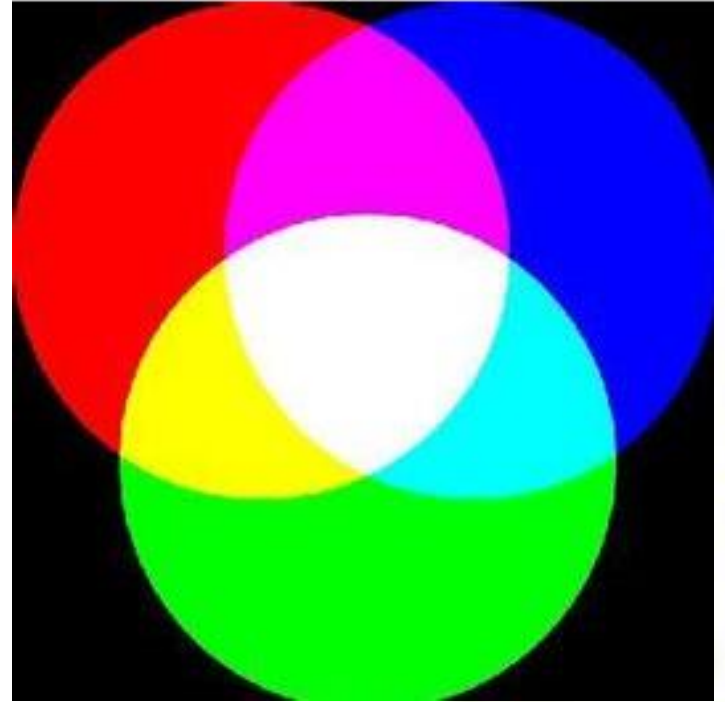
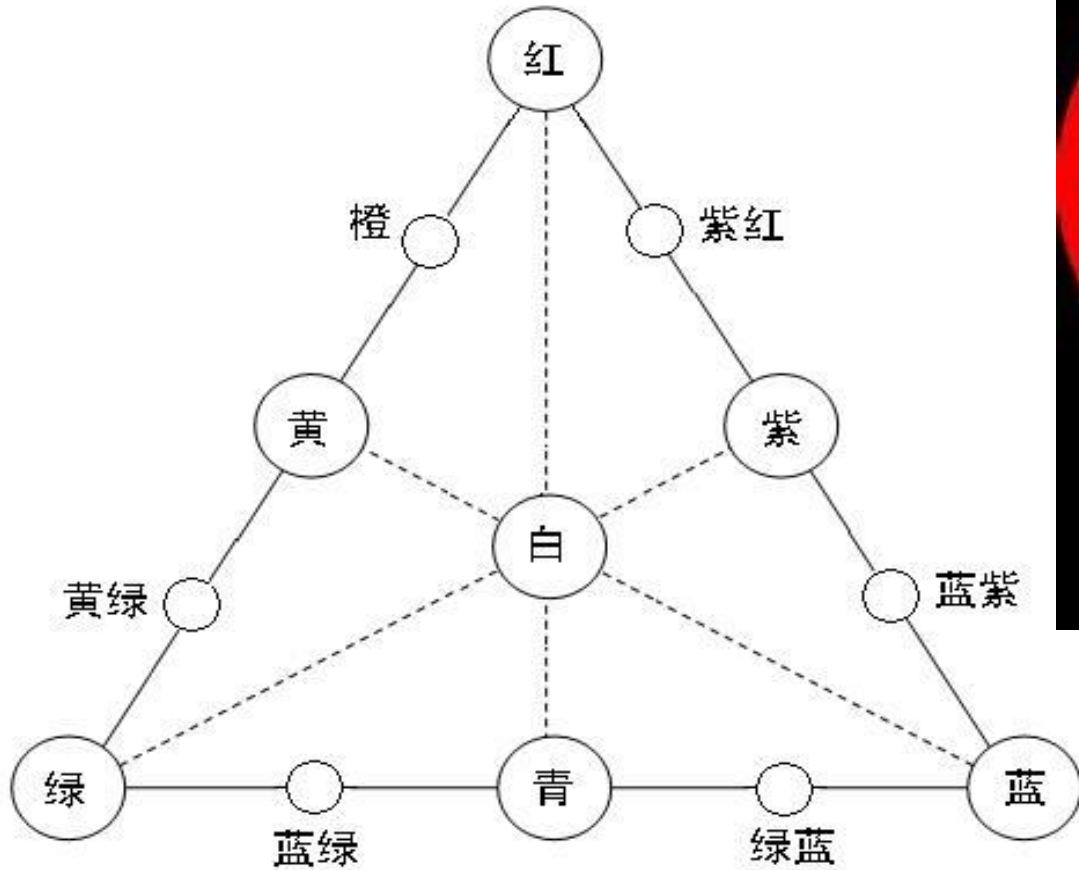


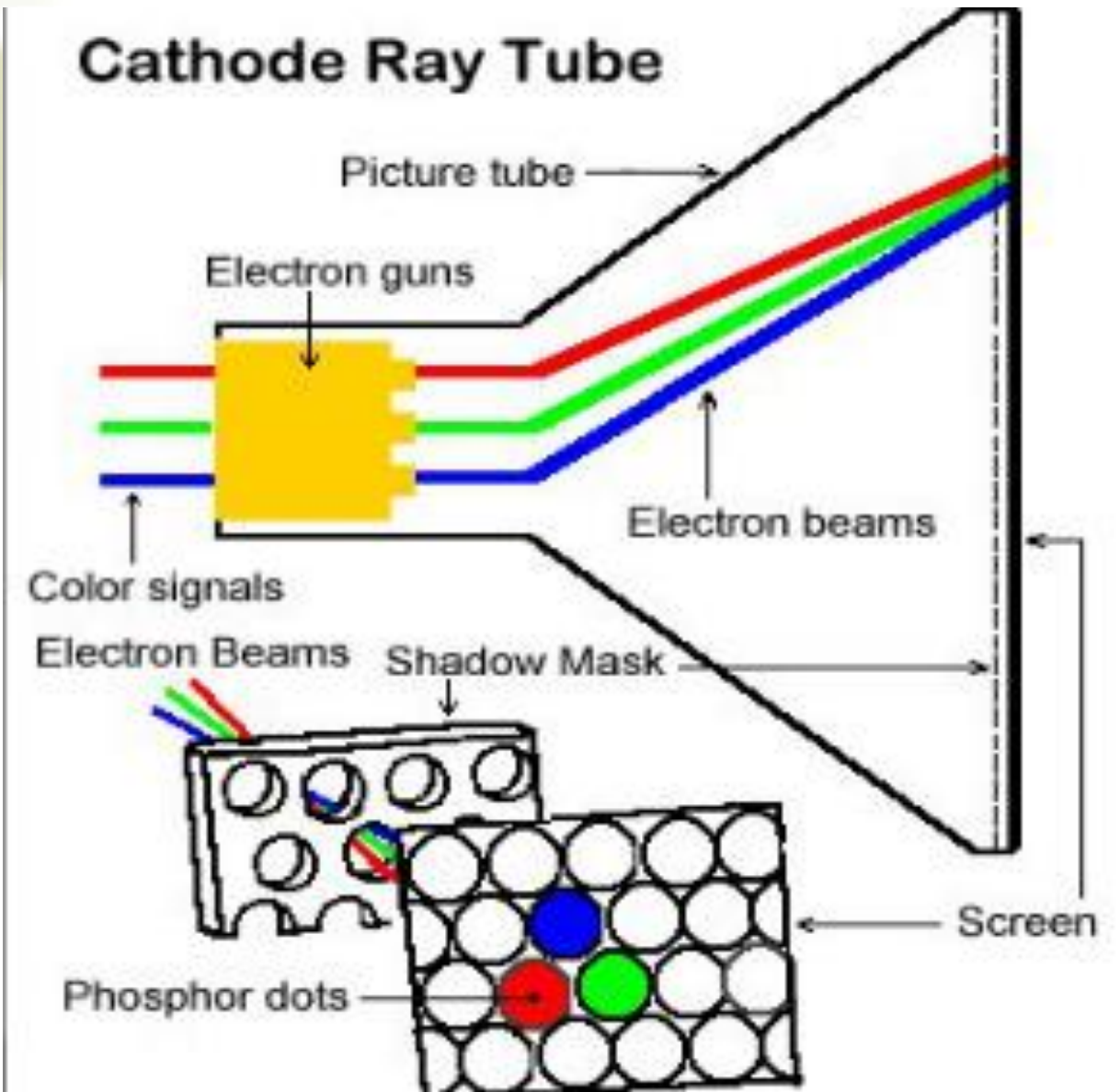
图1.5三基色原理示意图



❖ 2. 色彩再现

显示器中的色彩再现，不是把实际的色彩完全忠实地再现，只要再现出的色彩令收看者满意就可以了。图1.6所示为一个彩色显像管（CPT）荧光粉点的布局图，红（R）、绿（G）、蓝（B）三色荧光粉点各自在相应的红、绿、蓝电子束的轰击下发光从而产生颜色。

三个荧光粉点虽然在荧光屏上占有不同的空间位置，但它们产生的不同颜色的光却落在同一个视觉细胞上，产生出三色相加的视觉效果。可见，彩色再现是对人眼视觉特性的巧妙利用，荧光屏上所显示的颜色实际上是在观察者自己的视觉上混合产生的。色彩再现的过程如图1.7所示。



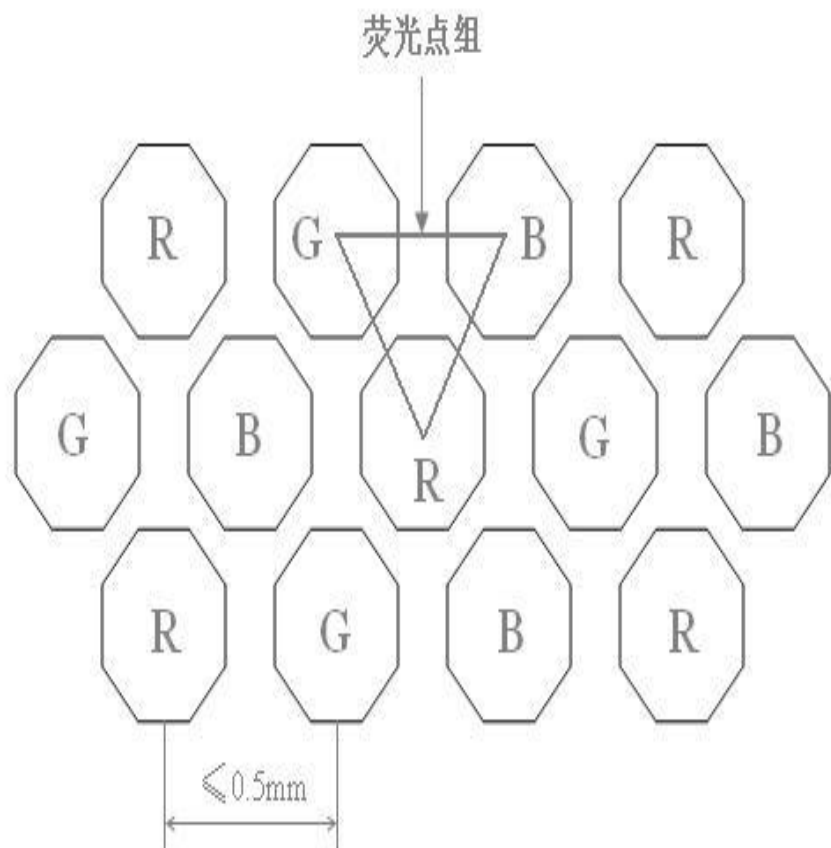


图1.6 彩色显像管荧光粉点布局图

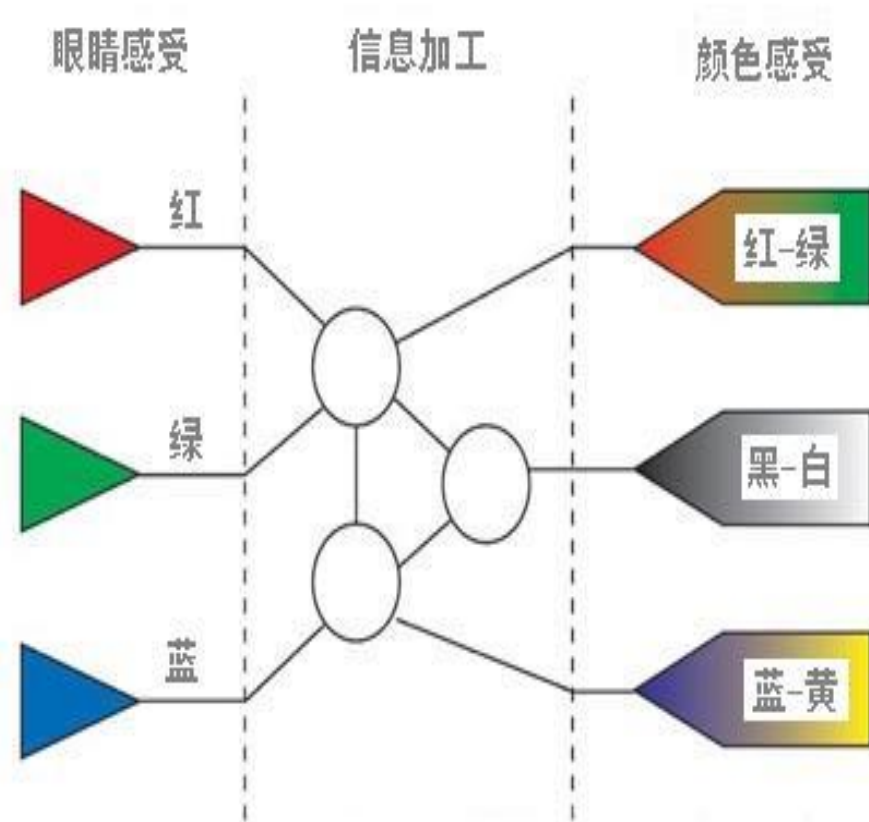


图1.7 色彩再现过程示意图



❖ 3.颜色的特征参数:

- ◆ 颜色包括三个特征参数：亮度、色度、饱和度。
- ◆ **亮度**表示各种颜色的光对人眼所引起的视觉强度，它与光的辐射功率有关。
- ◆ **色调**表示颜色彼此区分特性，不同波长的光辐射在物体上表现出不同色调特性。
- ◆ **饱和度**表示颜色光所呈现的颜色深浅程度（或纯度）。饱和度越高，则颜色越深，如深红、深绿等。饱和度越低，则颜色越浅，如浅红、浅绿等。
- ◆ **色调与饱和度**又合称为**色度**，它既说明彩色光的颜色类别，又说明颜色的深浅程度。



色度图

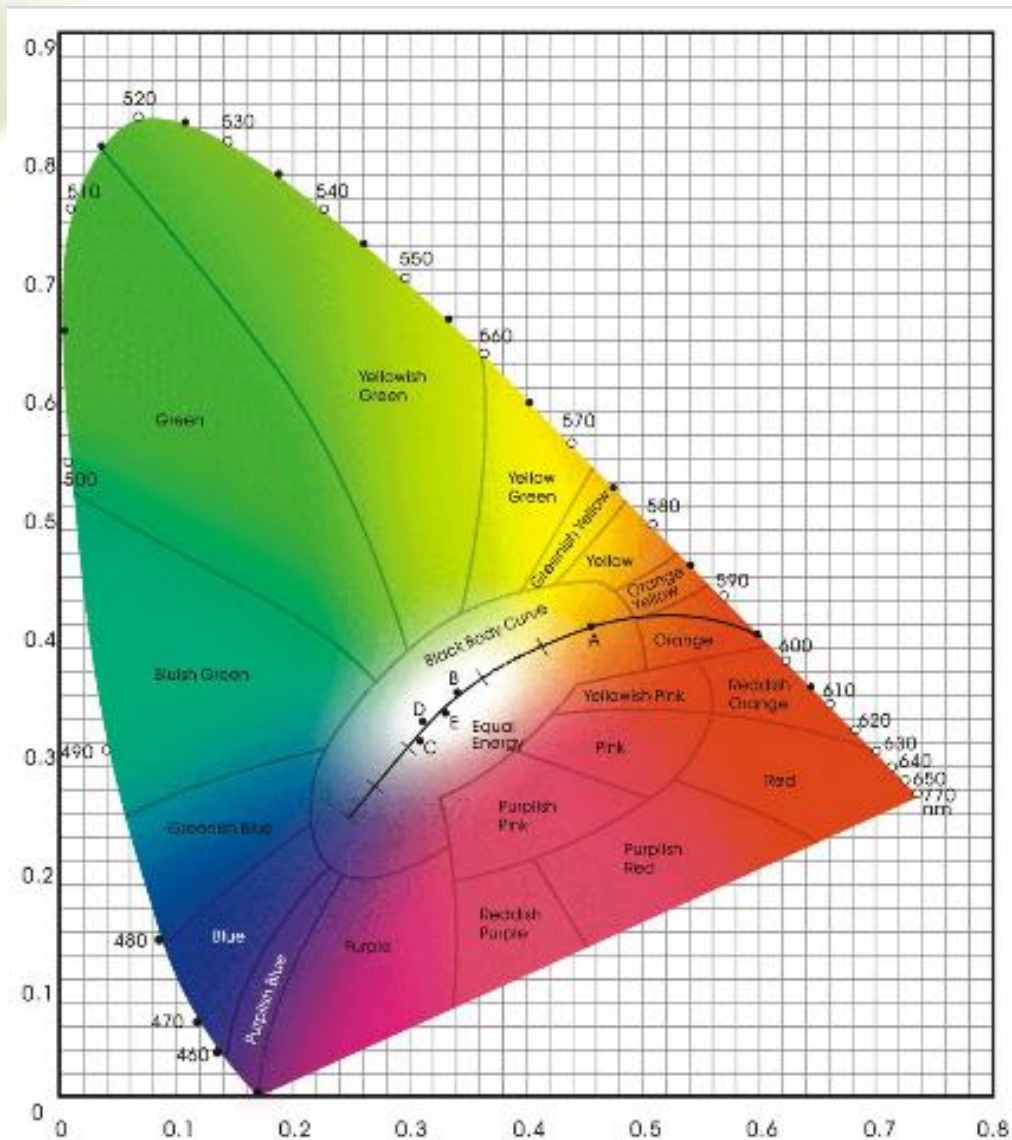
- 建立色度图的目的：用来定量标定各种颜色，并且能用数学方法计算各种颜色的混合结果。

$$r=R/(R+G+B), \quad g=G/(R+G+B), \quad b=B/(R+G+B)$$

- ☞ 式中R、G、B表示亮度，r、g、b表示色度
- ☞ 可知 $r+g+b=1$ ，因此只用给出r和g的值，就能唯一地确定一种颜色（色度图：以r，g为坐标轴，以颜色为坐标值）。
- ☞ $r=g=b=1/3$ 对应的坐标称为等能白光点。



CIE色度图





1.2.4 .显示器件主要性能指标

➤1.像素（pixel）：

像素指构成图像的最小面积单位，具有一定的亮度和色彩属性。在显示器中，像素点的大小可依据该系统的观看条件（如观看距离、照明环境等）下，肉眼所能分辨的最小尺寸而确定。实际系统的具体例子，如表1-3所列。



表1-3 显示器制式与像素数、宽高比

器件	显示器制式	有效像素数				宽高比
		宽	高	总像素数	比 ³⁾	
彩色显像管	PAL	720	576	403200	1.31	4 : 3
	NTSC	720	490	352800	1.15	4 : 3
	HDTV	1920	1080	2073600	6.75	16 : 9
彩色显示器	VGA	640	480	307200	1.00	4 : 3
	SVGA	800	600	480000	1.56	4 : 3
	XGA	1024	768	786432	2.56	4 : 3
	SXGA	1280	1024	1310720	4.27	5 : 4
	UXGA	1600	1200	1920000	6.25	4 : 3
	QXGA	2048	1536	3145728	10.2	4 : 3
	QXGA	2560	2048	5242880	17.1	5 : 4



2.亮度:

显示器件的亮度指从给定方向上观察的任意表面的单位投射面积上的发光强度。亮度值用 cd/m^2 表示。一般显示器应有 $70\text{cd}/\text{m}^2$ 的亮度，具有这种亮度图像在普通室内照度下清晰可见。在室外观看要求亮度更高，可达 $300\text{cd}/\text{m}^2$ 以上。人眼可感觉的亮度范围为 $0.03\sim 50000\text{cd}/\text{m}^2$ 。

3.亮度均匀性:

亮度均匀性反应的是显示器件在不同显示区域所产生的亮度的均匀性。通常也用它的反面概念——不均匀性来描述，或者用规定取样点的亮度相对于平均亮度的百分比来描述。



➤ 4.对比度和灰度

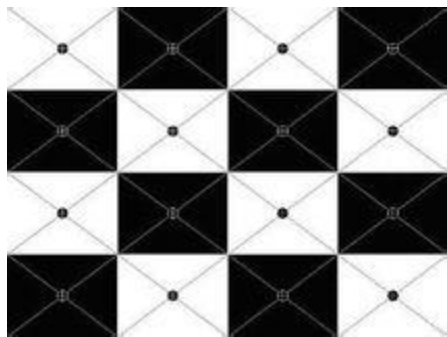
对比度指画面上最大亮度和最小亮度之比。该指标与环境光线有很大关系，另外测试信号一般采用棋盘格信号，并将亮度控制器调整到正常位置，对比度调整到最大位置，此时对比度为白色亮度和黑色亮度的比值。一般显示器应有**30：1**对比度。



在暗室中，白色画面(最亮时)下的亮度除以黑色画面(最暗时)下的亮度。

对比度是最白与最黑亮度单位的相除值。因此白色越亮、黑色越暗，对比度就越高。对比度严格来讲我们指的对比度是屏幕上同一点最亮时（白色）与最暗时（黑色）的亮度的比值

例如一个屏幕在全白屏状态时候亮度为**500cd/m²**，全黑屏状态亮度为**0.5cd/m²**，这样屏幕的对比度就是**1000:1**。





对比度对视觉效果的影响

对比度对视觉效果的影响非常关键，一般来说对比度越大，**图像**越清晰醒目，色彩也越鲜明艳丽；而对比度小，则会让整个画面都灰蒙蒙的。高对比度对于图像的清晰度、细节表现、灰度层次表现都有很大帮助。在一些黑白**反差**较大的文本显示、**CAD**显示和黑白照片显示等方面，高对比度产品在黑白反差、清晰度、完整性等方面都具有优势。相对而言，在色彩层次方面，高对比度对图像的影响并不明显。对比度对于动态视频显示效果影响要更大一些，由于动态图像中明暗转换比较快，对比度越高，人的眼睛越容易分辨出这样的转换过程。





两种提高对比度的方法：

1.提高白色画面的亮度。

2.让黑色更黑，降低最低亮度，这个也许有些不好理解，首先，需要知道控制液晶显示器光线的明暗变化，是不可能通过发光灯管开、关来实现的，而液晶又是不能做到100%不漏光的，所以即使调整至纯黑画面，液晶显示器还是会有一些亮度的。这是个分母、分子的问题，分子小了对比度自然就高了。

提高亮度增加对比度的方法相对简单，不过受到灯管寿命、液晶漏光等问题，亮度不能无限量提高。第二种方法是很多高端液晶厂家的发展方向，这也是为什么亮度不高的液晶能够达到高对比度的原因。在购买液晶显示器时，应该注意挑选显示器画面有没有因高亮而色彩失真，因为那样的高对比度是没有参考价值的。更重要的是，虚高的亮度并不会带来更好的显示效果，它只会使浅色图像变成茫茫一片，而对暗部表现却毫无帮助。



5.灰度

灰度使用黑色调表示物体。灰度的通常表示方法是百分比，每个灰度对象都具有从 **0%**（白色）到灰度条 **100%**（黑色）的亮度值。

注意这个百分比是以纯黑为基准的百分比。百分比越高颜色越偏黑，百分比越低颜色越偏白。

指画面上亮度的等级差别。例如，一幅电视画面图像应有八级左右的灰度。人眼可分辨的最大灰度级大致为**100**级。

所谓灰度色，就 图中的一系列从黑到白的过渡色





一般，像素值量化后用一个字节（**8b**）来表示。如把有黑-灰-白连续变化的灰度值量化为**256**个灰度级，灰度值的范围为**0~255**，表示亮度从深到浅，对应图像中的颜色为从黑到白。黑白照片包含了黑白之间的所有的灰度色调，每个像素值都是介于黑色和白色之间的**256**种灰度中的一种。



6.分辨率（resolution）

分辨率指单位面积显示像素的数量。

分辨率（**resolution**，港台称之为解析度）就是屏幕**图像**的精密密度，是指**显示器**所能显示的**像素**的多少。由于屏幕上的点、线和面都是由像素组成的，显示器可显示的像素越多，画面就越精细，同样的屏幕区域内能显示的信息也越多，所以分辨率是个非常重要的性能指标之一。

以分辨率为**1024×768**的屏幕来说，即每一条水平线上包含有**1024**个**像素**点，共有**768**条线，即扫描列数为**1024**列，行数为**768**行。分辨率不仅与显示尺寸有关，还受**显像管**点距、视频带宽等因素的影响。其中，它和**刷新频率**的关系比较密切，严格地说，只有当刷新频率为“无闪烁刷新频率”，**显示器**能达到的最高分辨率数，即为这个显示器的**最高分辨率**。分辨率的种类有很多，



分辨率是度量位图图像内数据量多少的一个参数。通常表示成每英寸像素（**Pixel per inch, ppi**）和每英寸点（**Dot per inch, dpi**）。包含的数据越多，图形文件的长度就越大，也能表现更丰富的细节。但更大的文件需要耗用更多的计算机资源，更多的内存，更大的硬盘空间等。

“分辨率”被表示成每一个方向上的像素数量，比如**640X480**等。某些情况下也可以同时表示成“每英寸像素”（**ppi**）以及图形的长度和宽度。比如**72ppi**，和**8X6英寸**。



分辨率和图像的像素有直接关系。我们来算一算，一张分辨率为**640 x 480**的图片，那它的分辨率就达到了**307200**像素，也就是我们常说的**30万**像素，而一张分辨率为**1600 x 1200**的图片，它的像素就是**200万**。



➤ 7.清晰度 (definition)

清晰度指影像上各细部影纹及其边界的清晰程度。清晰度，一般是从录像机角度出发，通过看重放图像的清晰程度来比较图像质量，所以常用清晰度一词。而摄像机一般使用分解力一词来衡量它“分解被摄景物细节”的能力。单位是“电视行(TVLine)”也称线

清晰度是指人眼能察觉到的图像细节清晰的程度，用光高度(帧高)范围内能分辨的等宽度黑白条纹(对比度为100%)数目或电视扫描行数来表示。如果在垂直方向能分辨250对黑白条纹，就称垂直清晰度为500行(线)。



意思是从水平方向上看，相当于将每行扫描线竖立起来，然后乘上 $4/3$ (宽高比)，构成水平方向的总线，称水平分解力。它会随**CCD像素**数的多少、和视频带宽而变化，像素愈多、带宽愈宽，分解力就愈高。**PAL**制电视机**625**行是标称垂直分解力，除去逆程的**50**行外，实际的有效垂直分解力为**575**线。



为了将研究的对象从两个点扩大到一个面，所以将视敏角从人眼到两个点之间的夹角，引伸到从观察点（人眼）到一定距离的一条相邻黑、线条”之间的夹角。如果观察的是在垂直方向上排列的一系列连续水平黑白线条，则能表现出图像的垂直清晰度；如果观察的是在水平方向排列的一系列连续垂直黑白线条，则能表现出图像的水平清晰度。

垂直清晰度

上面已经提到过，根据视敏角原理，人眼能辨别在垂直方向上排列的相邻黑白水平线条的细致程度叫垂直清晰度，观看图像的最佳距离应当是画面高度的4倍至5倍，这时的总视角约为15度，在这种情况下，可以保证人眼不转动就能看到完整的画面。



水平清晰度

垂直清晰度线数乘以屏幕幅型比**4/3**，立即可以算出图像的水平清晰度线数**N**为

$$N=4/3 M =4/3 \times 458 =610 \text{ (线)}$$

这就是说，在**5**倍画面高度距离观看**4: 3**画面的图像时，人眼的水平分辨力约为**610**线，这时图像所具有的水平清晰度正是**610**线。



所谓孔阑效应，是指当扫描电子束光点尺寸小到与实物细节或图像细节光点尺寸相同和相近时，会造成对应尺寸的图像细节模糊的现象，也就是图像清晰度受电子束孔径（直径）大小限制的现象。

整幅图像最后只相当于原来**75%**的清晰度，孔阑效应的综合情况也是如此。

要还原出**100%**的清晰度时应当具有的扫描线的行数**m**：

$$m=458 \div 0.75=611 \text{（行）}$$

垂直扫描线**n**的数量：

$$n=611 \times 4/3=815 \text{（行）}$$

要达到普通人在正常收视条件下获得**458**线的垂直清晰度和**610**线的水平清晰度图像，原则上需要**611**行水平扫描线和**815**行垂直扫描线。

PAL制电视最后安排的视频带宽为**6MHz**，这种带宽连**720×625**都不能完全满足，实际使用时，只好将**PAL**制电视的图像格式在**720×625**的基础上又有所压缩，压缩的是水平像素点，保留了**625**行水平扫描线。因此，**PAL**制电视的分辨率经过由**815×611**到**720×625**的降低，再经过为满足**6MHz**视频带宽的压缩，最后将**PAL**制的扫描格式确定为：

$$\text{水平像素} \times \text{垂直方向的水平扫描线} = 720 \times 625$$



➤ 8.分辨力

是人眼观察图像清晰程度的标志，与清晰度定义近似，分辨力可以用图像小投影点的数量表示，如**SVGA**彩色显示器的分辨力是 **800×600** ，就代表画面是由 **800×600** 个点所构成，组成方式为每条线上有**800**个投影点，共有**600**条线。

分辨力有时也用光点直径来表示。用光栅高度除以扫描线数，即可算出一条亮线的宽度，此宽度即为荧光屏上光点直径的大小。在显示器件中，光点直径大约几微米到几千微米。一般对角线为**23~53cm**的电视显像管其光点直径约为**0.2~0.5mm**。



➤ 9.发光颜色

发光颜色(或显示颜色)的衡量方法，可用发射光谱或显示光谱的峰值及带宽，或用色度坐标表示。显示器件的颜色显示能力，包括颜色的种类、层次和范围，是彩色显示器件的一个重要指标。真（全）色彩的色彩数目为**16777216**色，即红、绿、蓝各**256**级灰度，

$$256 \times 256 \times 256 = 16777216 \approx 16M。$$

➤ 10.余辉时间

余辉时间指荧光粉的发光，从电子轰击停止后起，到亮度减小到电子轰击时稳定亮度的**1/10**所经历的时间，余辉时间主要决定于荧光粉，一般阴极射线荧光粉的余辉时间从几百纳秒到几十秒。



➤ 11.解析度DPI (Dot Per Inch)

解析度指图片1英寸长度上小投影点的数量，分为水平解析度和垂直解析度。解析度越高显示出来的影像也就越清晰。

➤ 12.收看距离

收看距离可以用绝对值表示，也可以用与画面高度H的比值来表示（即相对收看距离）。

➤ 13.周围光线环境

周围光线环境主要指观看者所在的水平照度以及照明装置。



14. 图像的数据率

数据率指在一定时间内、一定速度下，显示系统能将多少单元的信息转换成图形或文字并显示出来。如果已知一个字符或像素是以n比特)

(**bit**) 计算机符号表示，数据率可以换算成比特/秒 (**bps**)。图像的信息量是惊人的，比如：一张A4文件的数据量大约是**2KB**)，一张A4黑白照片的数据量大约是**40KB**，一张A4彩色照片的数据量大约是**5MB**，一分钟家用录像系统

(**VHS:Video Home System**) 质量的全活动图像的数据量约为**10MB**，一分钟广播级全动态影像 (**FMV:Full-motion Video**) 的数据量就约为**40MB**。



15.其它

其它指标如辐射，**CRT**明显大于其他显示器件，其它显示器件之间差别不大。在显示相应时间方面，**LCD**类的显示器件劣于其他器件。在显示屏的缺陷点方面，**CRT**一般不会出现这样的问题，而其它显示器件虽然在出厂时该指标控制的较严，但用户在使用过程中有时会出现缺陷点。在可靠性方面（**MTBF**值），基本上都可以达到**15000h**，需要注意的是投影设备里往往使用了灯泡作为光源，灯泡的寿命有限，只能作为消耗品，也就是说在使用过程中需要定期更换这些部件。



陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

光电显示技术发展趋势和猜想

轻便

可折叠

低功耗

高分辨率、多视角

色彩丰富逼真

裸眼3D



一个满帧图像 $640*480=307200$ 像素

每像素量化量为 $8\text{bit}=1$ 字节

一个满帧图像= 307200 字节刷新频率为 30HZ ，一秒钟视频图像的资料长度= $307200*30=9216000$ 字节= $9216000*8=73728000\text{bit}$ 但实际网上传输每字节都要加起止位，每字节实际上是

$10\text{bit}=9216000*10=92160000$

假设上网的速度为 33.6Kbps ，以这样的速度来传送一分钟的图像资料大约需要

$=92160000\text{bit}/33600\text{bit/s}=2743\text{s}=45'43''$

假设图像的压缩比为 $50:1$ ， $=92160000\text{bit} / 50=1843200\text{bit}$

实时传输图像需要多大的传输速率= $1843200\text{bit/s}=1.85\text{mb/s}$

如果不加起止位，按 8 位字节数传送= $9216000*8=73728000\text{bit}$

假设上网的速度为 33.6Kbps ，以这样的速度来传送一分钟的图像资料大约需要

$=73728000\text{bit}/33600\text{bit/s}=2195\text{s}=36'35''$

假设图像的压缩比为 $50:1$ ， $=73728000\text{bit} / 50=1474560\text{bit}$

实时传输图像需要多大的传输速率= $1474560\text{bit/s}=1.5\text{mb/s}$



陕西国际商贸学院

SHAAN INSTITUTE OF INTERNATIONAL TRADE&COMMERCE

谢谢!