

1 绪论

1.1 图像及其类型

主讲人：李振伟



人类获取的信息83%来自视觉，11%来自听觉。

——赤瑞特拉

“百闻不如一见，兵难隃度，臣愿驰至金城，图上方略。

——《汉书·赵充国传》

图像就是图片



照片、图标、图形、曲线...



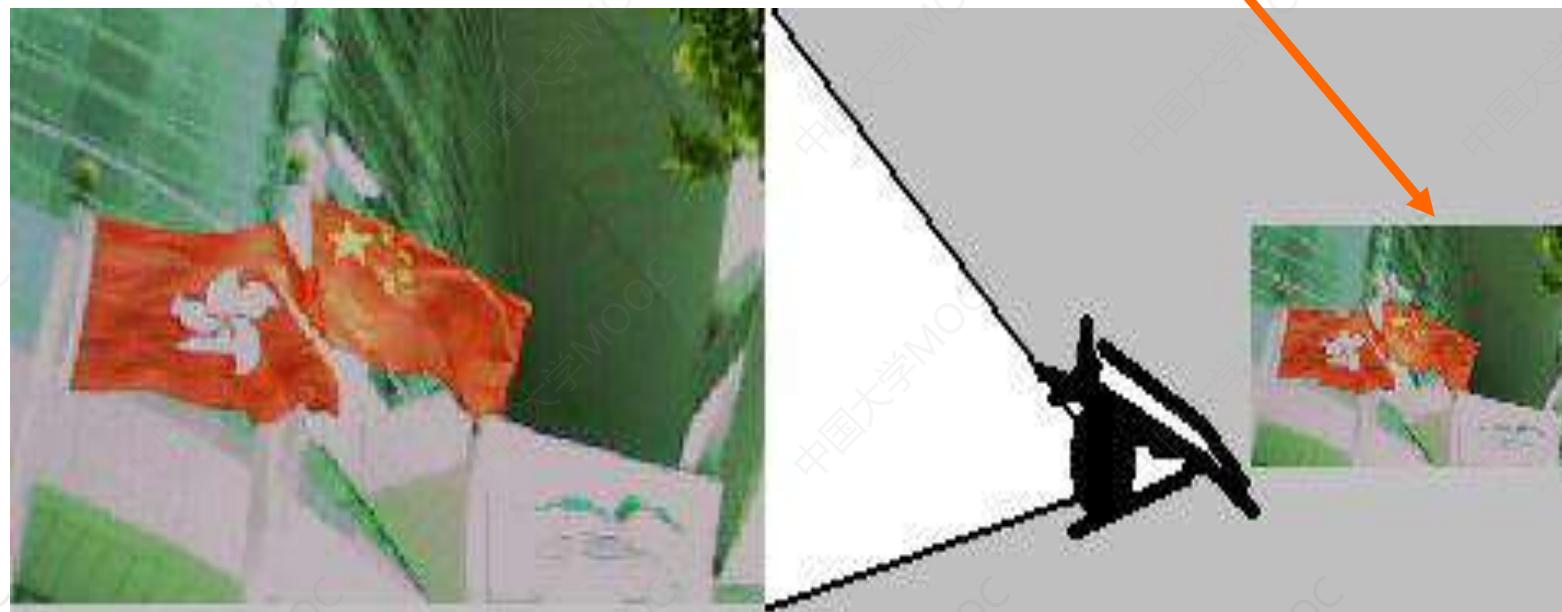
图像是感觉

图像是眼睛对客观物体的感觉

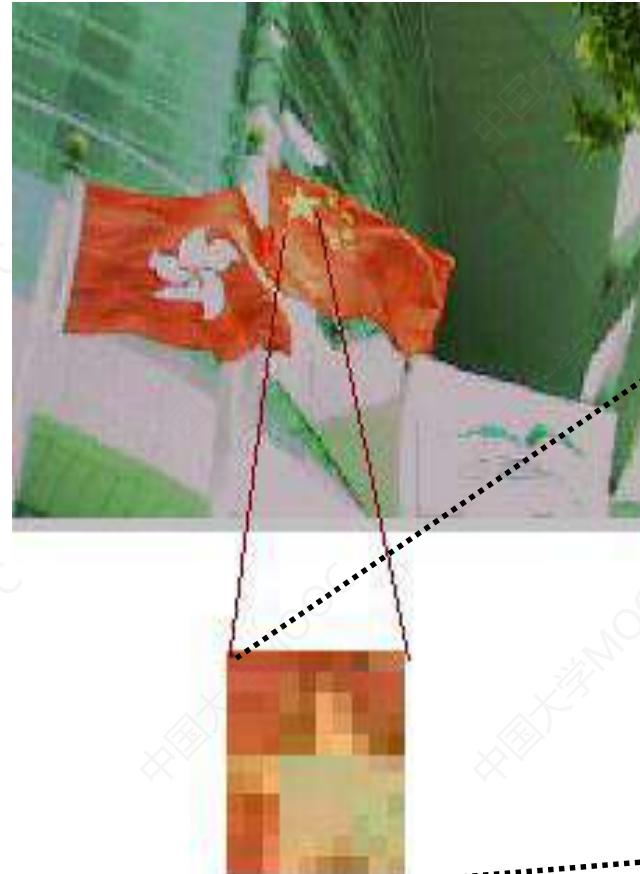


图像是信息

图像是客观信息的反映



图像是数据场

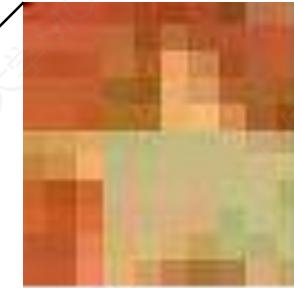
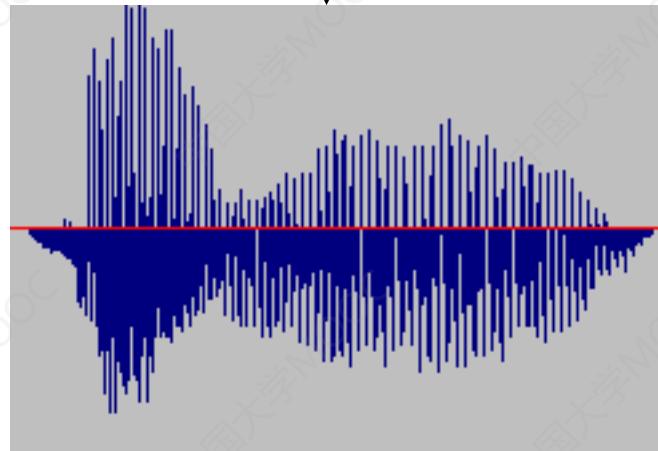


图像是数据场的分布

35	46	52	77	36	43
45	64	46	123	45	46
47	64	65	104	88	86
56	77	100	114	90	86
42	42	140	122	99	84

图像是数据可视化的结果

0, 25, 125, 33, -22, -88, 77



35	46	52	77	36	43
45	64	46	123	45	46
47	64	65	104	88	86
56	77	100	114	90	86
42	42	140	122	99	84

图像定义

一幅图像可以定义为一个二维函数 $f(x,y)$,其中 x 和 y 是空间坐标, 在任意坐标位置 (x,y) 处的幅值 f 叫做图像在该点的强度和灰度级。

当 x,y 和幅值 f 都是有限、离散量时, 我们称该图像为数字图像。

图像类型——彩色图像和灰度图像



灰度图像：

$$F=F(x,y) = 0 \sim 2^n - 1$$



彩色图像：红 绿 蓝

$$F=F_r(x,y):F_g(x,y):F_b(x,y)$$

图像类型——二值图像和灰度图像

二值图像：

$$F = \Phi r(x, y) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases}$$



灰度图像：

$$F = F(x, y) = 0 \sim 2^n - 1$$

图像类型——2D图像和3D图像

2D 图像：

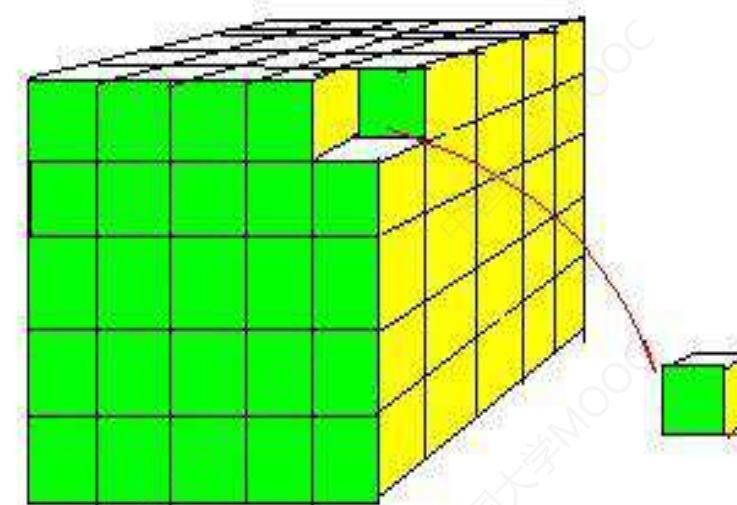
$$F=F(X, Y)$$

最小单位： 像素 (pixel)

3D 图像：

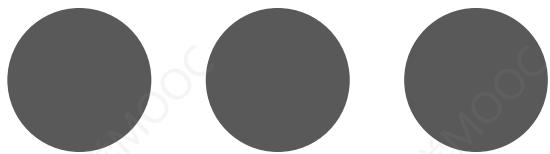
$$F=F(X, Y, Z)$$

最小单位： 体素(voxel)



本节内容结束

谢谢大家



1 終論

1.3 医学成像与医学图像

主讲人：李振伟



伦琴和X射线

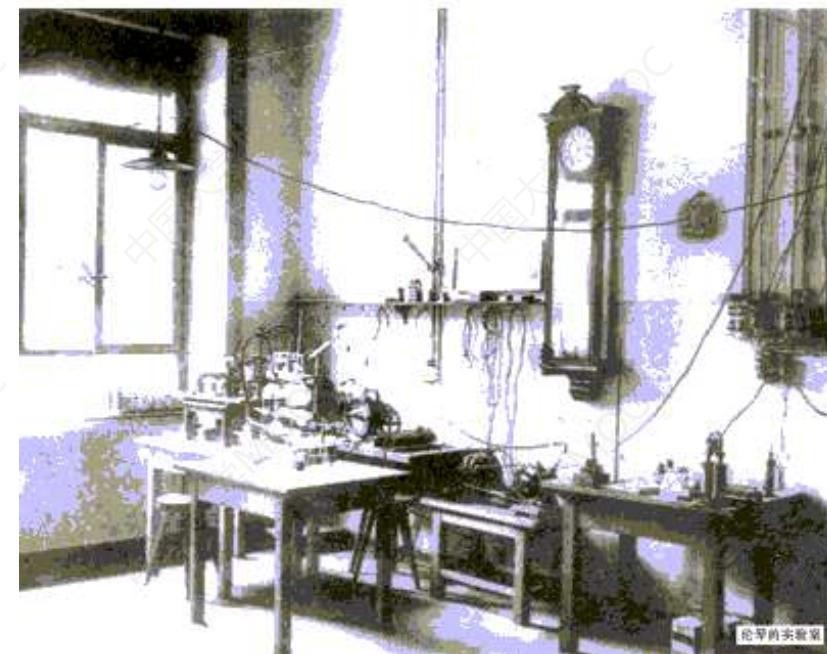


伦琴



伦琴夫人
的手指

伦琴的实验室



DR (Digital Radiography)



DR以影像增强管为信息载体，接受透过人体的X线信息，经视频摄像机采集后转换为数字图像。



DR图像的空间分辨率高、动态范围大，可观察对比度低于1%、直径2mm的结构。

CT (Computed Tomography)



CT图像的空间分辨率一般为 512×512 。

CT图像的空间分辨率不如DR图像高。

CT利用精确准直的X线束与灵敏度极高的探测器一同围绕人体的某一部位作一个接一个的断面扫描，然后经过重建得到扫描部位的断层图像的。

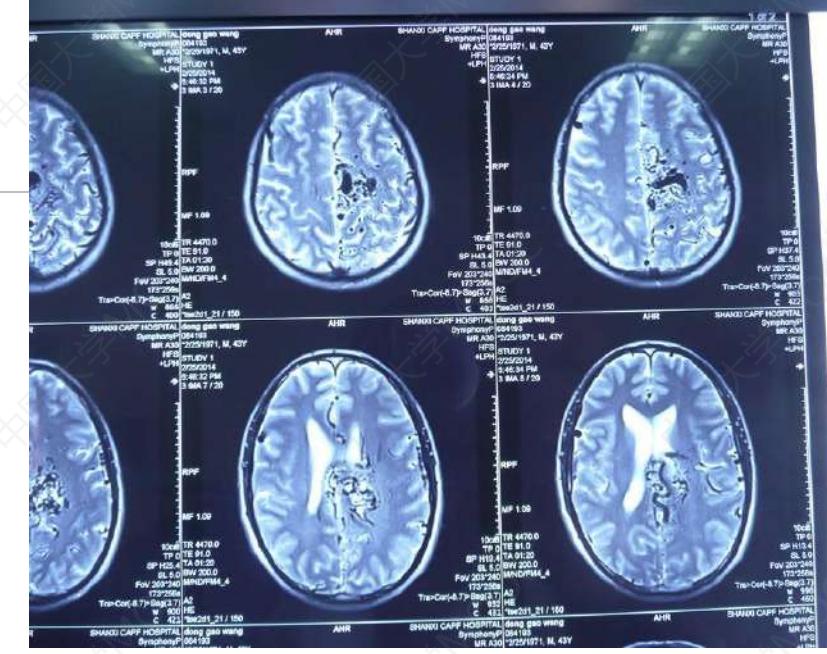


MRI (Magnetic Resonance Imaging)

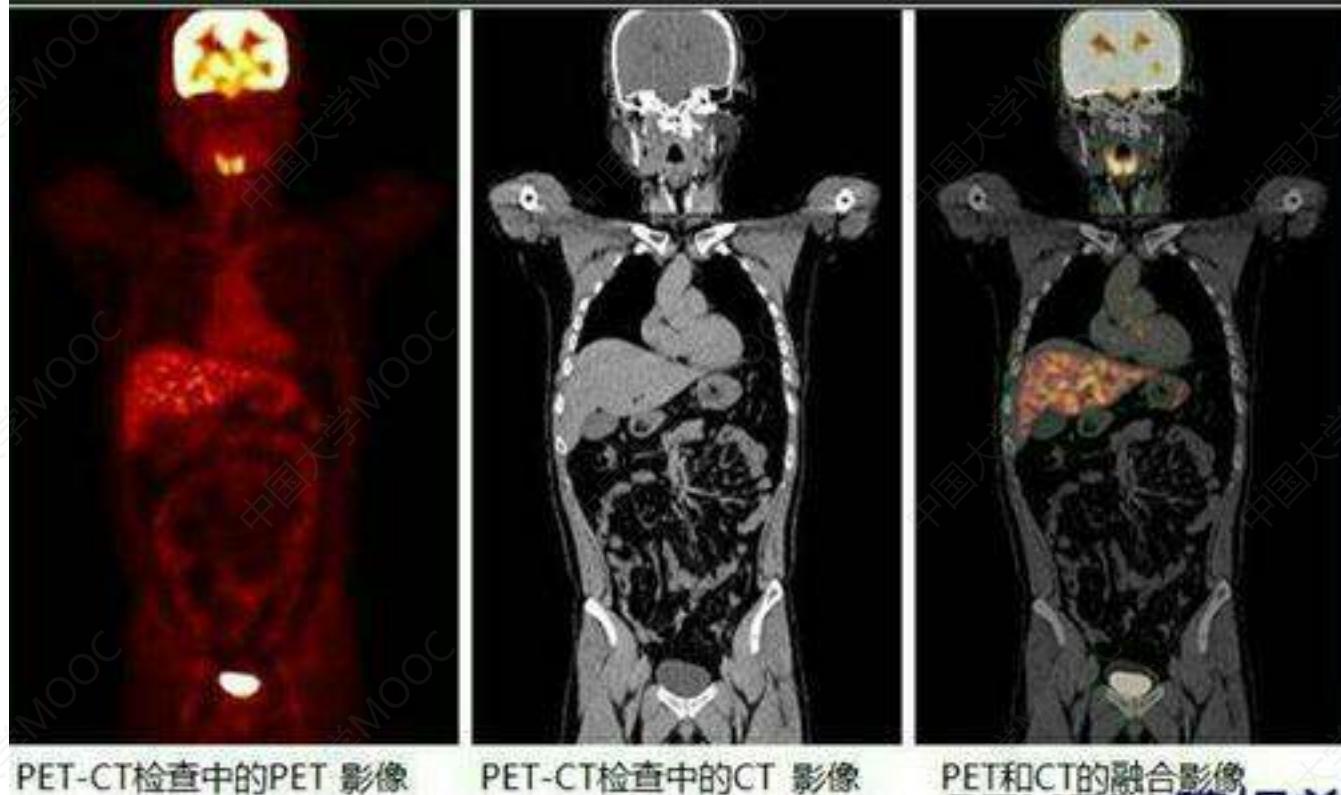


MR利用原子核在磁场内共振所产生信号经重建而形成影像。

MR图像的空间分辨率不如CT高。



PET-CT



PET-CT将PET与CT完美融为一体，由PET提供病灶详尽的功能与代谢等分子信息，而CT提供病灶的精确解剖定位，一次显像可获得全身各方位的断层图像。



PET利用正电子核素标记葡萄糖等人体代谢物作为显像剂，通过病灶对显像剂的摄取来反映其代谢变化，从而为临床提供疾病的生物代谢信息。

PET图像的空间分辨率很低，仅根据PET图像难以对病灶进行精确的定位。

超声



利用超声声束扫描人体，通过对反射回波信号的接收、处理，以获得体内器官的图象。

河南科技大学精品在线开放课程



B超以亮度不同的光点表示接收信号的强弱，在探头沿水平位置移动时，显示屏上的光点也沿水平方向同步移动，将光点轨迹连成超声声束所扫描的切面图，为二维成象。

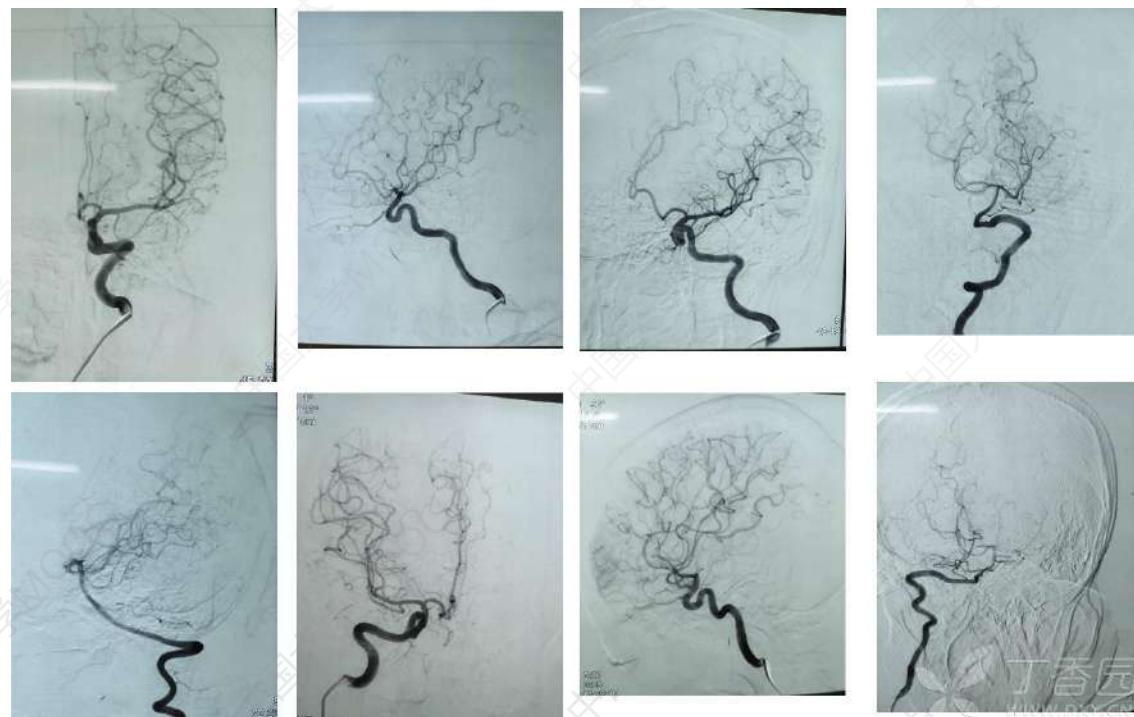
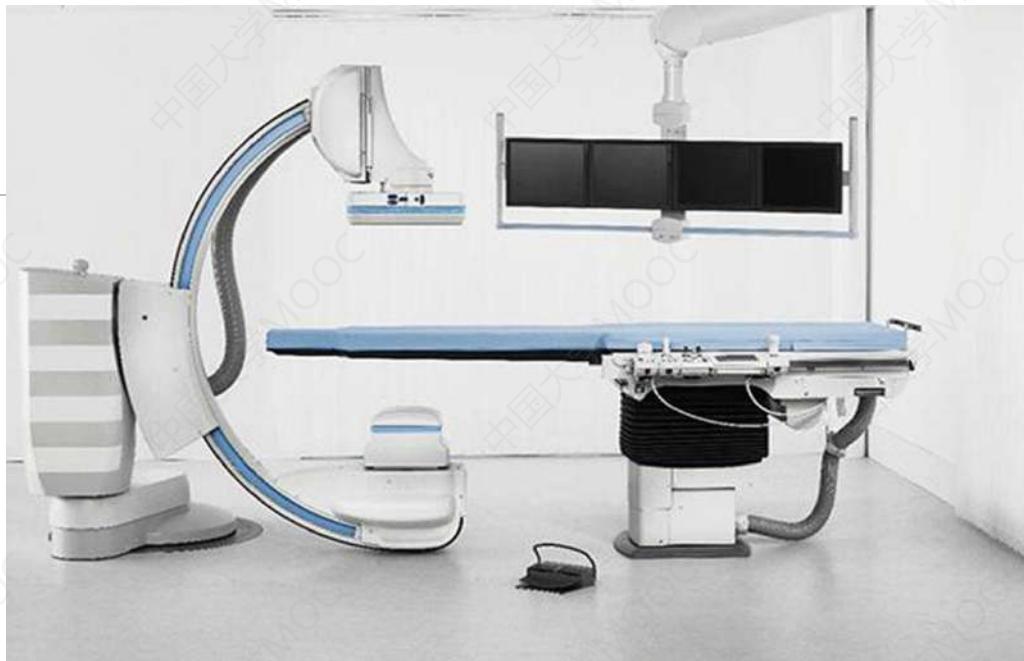


DSA (Digital Subtraction Angiography)



将注入造影剂前后拍摄的两帧X线图像经数字化输入计算机，通过减影、增强和再成像过程来获得清晰的纯血管影像，同时实时地显现血管影。

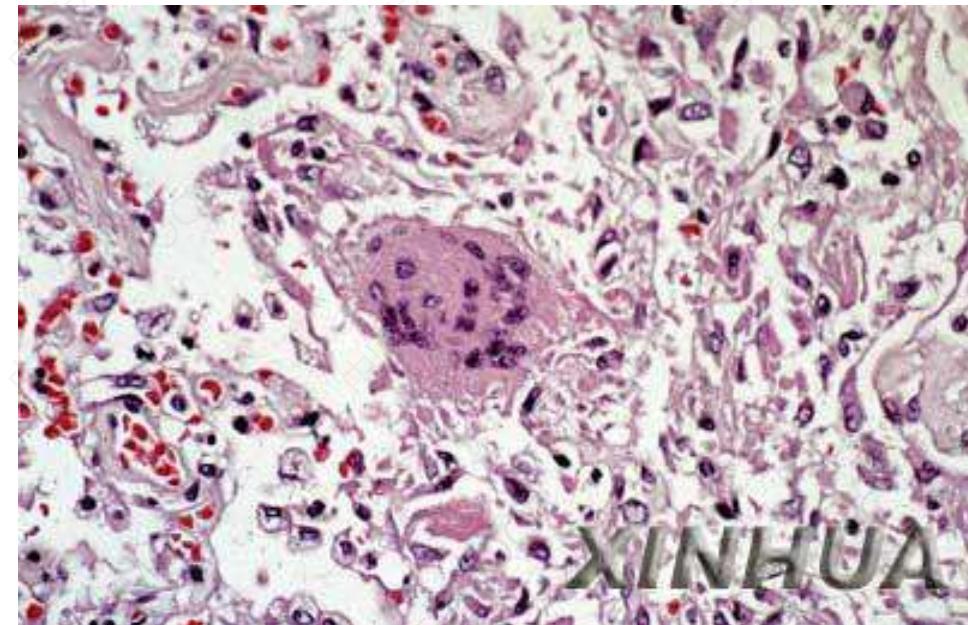
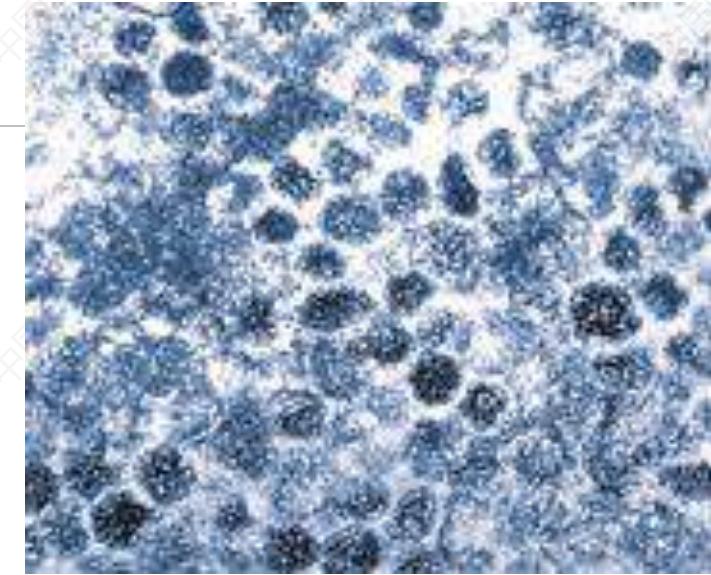
DSA图像清晰，分辨率高，对观察血管病变，血管狭窄的定位测量，诊断及介入治疗提供了真实的立体图像。



显微图像



The SARS coronavirus



医学图像的应用

Medical applications

► Diagnosis



X-ray image



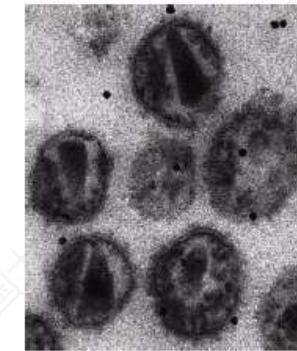
MR (Magnetic
Resonance)



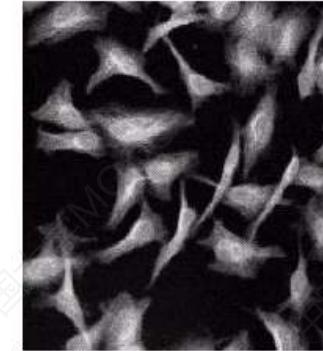
PET (Positron Emission
Tomography)

Medical Applications

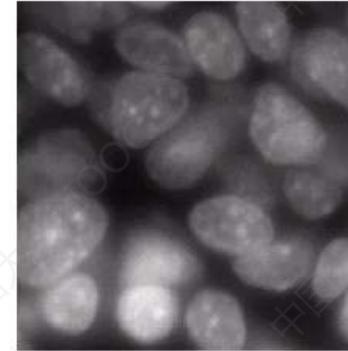
► Research and Development



AIDS-virus particles
(Electron microscopy)



cultured and
stained celles

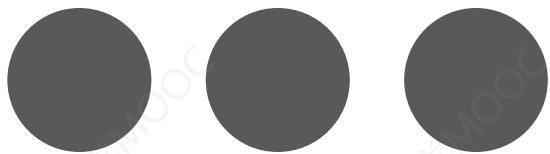


stained cell nuclei
in cancer tumor

(Fluorescence microscopy)

本节内容结束

谢谢大家



1 绪论

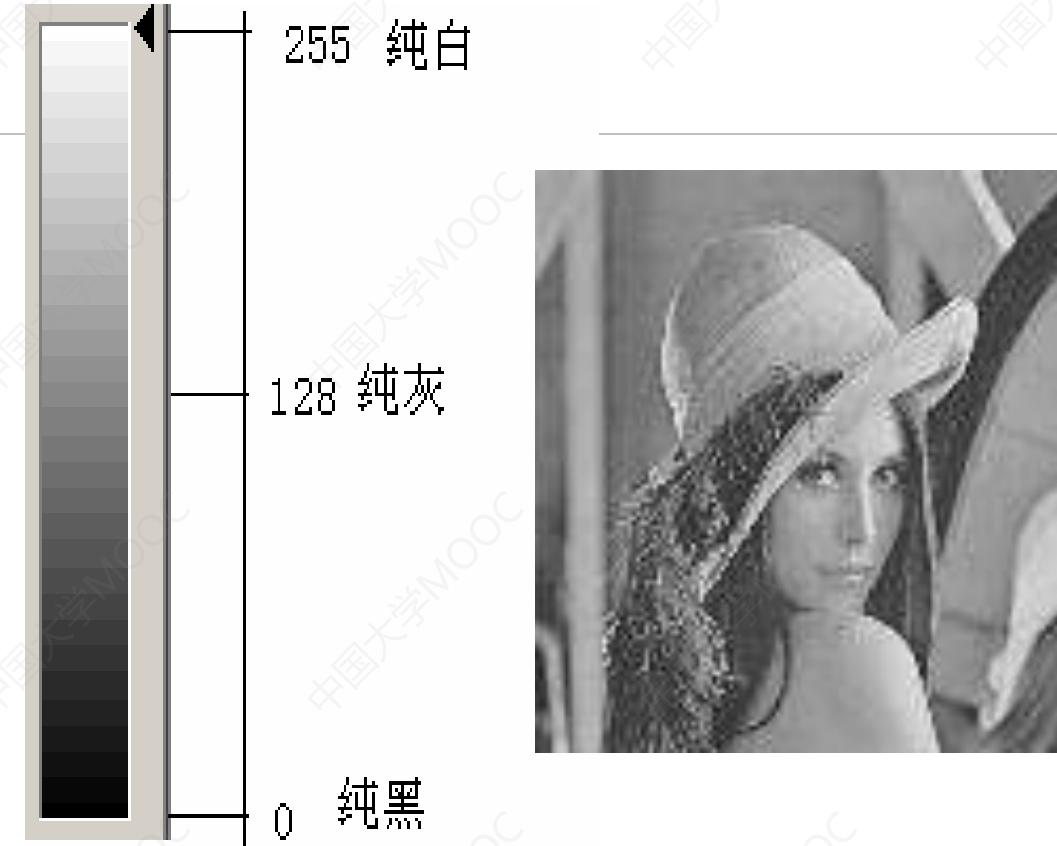
1.3 数字图像处理及研究内容

主讲人：李振伟



数字图像——灰度图像

- 数字图像是指由被称作**象素**的小块区域组成的二维矩阵。将物理图象行列划分后，每个小块区域称为**像素** (pixel)。
- 每个像素包括两个属性：**位置和灰度**。
- 对于单色即灰度图像而言，每个象素的亮度用一个数值来表示，通常数值范围在0到255之间，即可用一个字节来表示，0表示黑、255表示白，而其它表示灰度级别。



125,153,158,157,127,
70,103,120,129,144,
175,175,166,133, 60,
133,154,158,100,116,
74,118,146,148,150,

数字图像——彩色图像

- 彩色图象可以用**红、绿、蓝三元组的二维矩阵来表示。**

-通常，三元组的每个数值也是在**0到255**之间，**0**表示相应的基色在该象素中没有，而**255**则代表相应的基色在该象素中取得最大值，这种情况下每个象素可用三个字节来表示。



```
(207,137,130) (220,179,163) (215,169,161) (210,179,172) (210,179,172)
(207,154,146) (217,124,121) (226,144,133) (226,144,133) (224,137,124)
(227,151,136) (227,151,136) (226,159,142) (227,151,136) (230,170,154)
(231,178,163) (231,178,163) (231,178,163) (236,187,171) (236,187,171)
(239,195,176) (239,195,176) (240,205,187) (239,195,176) (231,138,123)
(217,124,121) (215,169,161) (216,179,170) (216,179,170) (207,137,120)
(159, 51, 71) (189, 89, 101) (216,111,110) (217,124,121) (227,151,136)
(227,151,136) (226,159,142) (226,159,142) (237,159,135) (237,159,135)
(231,178,163) (236,187,171) (231,178,163) (236,187,171) (236,187,171)
(236,187,171) (239,195,176) (239,195,176) (236,187,171) (227,133,118)
(213,142,135) (216,179,170) (221,184,170) (190, 89, 89) (204,109,113)
(204,115,118) (189, 85, 97) (159, 60, 78) (136, 38, 65) (160, 56, 75)
(204109113)(227151136)(226159142)(237159135)(227151136)
```

数字图像处理

利用计算机系统对数字图
像进行各种目的的处理。

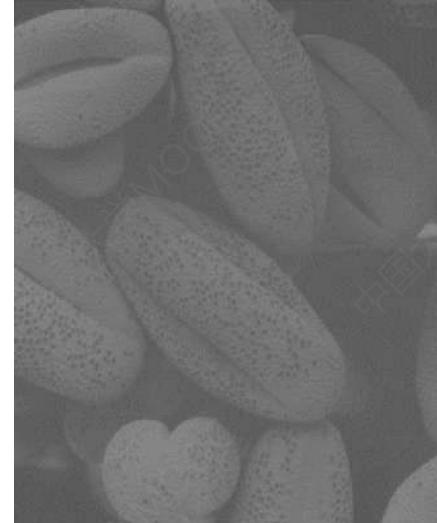


初级处理——图像处理

- 包括诸如图**消噪**、**对比度增强**和**图像锐化**等基本操作。
- 输入和输出都是图像，是一个从图像到图像的过程。
- 人是最终的信息接收者。
- 处理的目的是为了改善图像质量，使其在视觉上更能满足人们的需要。



医学图像处理



初级图像处理就像化妆

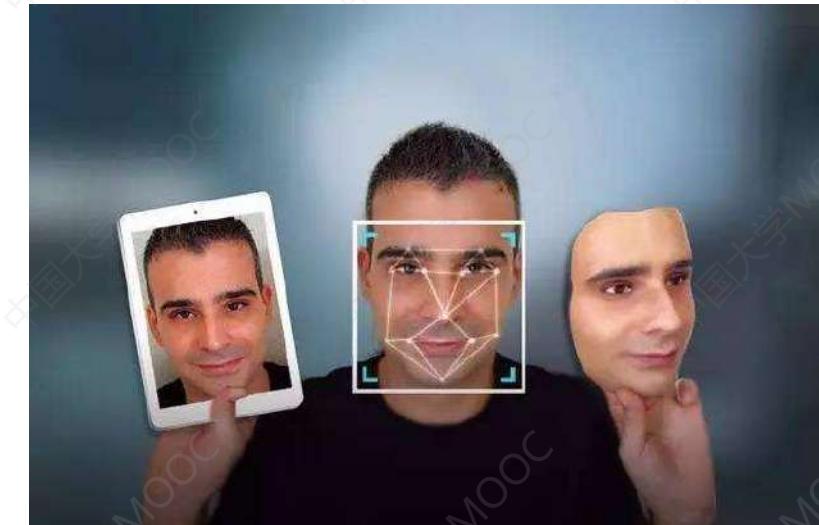


中级处理——图像分析

- 包括诸如**分割**、**描述**和单个对象的**分类（识别）**等任务。
- 输入是图像，输出是从图像中提取的特征，比如边缘（edges）、轮廓（contours）、单个对象的标识（identity）等，是一个从图像到数据的过程。
- 目的是为了将图像转换成一种更适合计算机处理的形式。

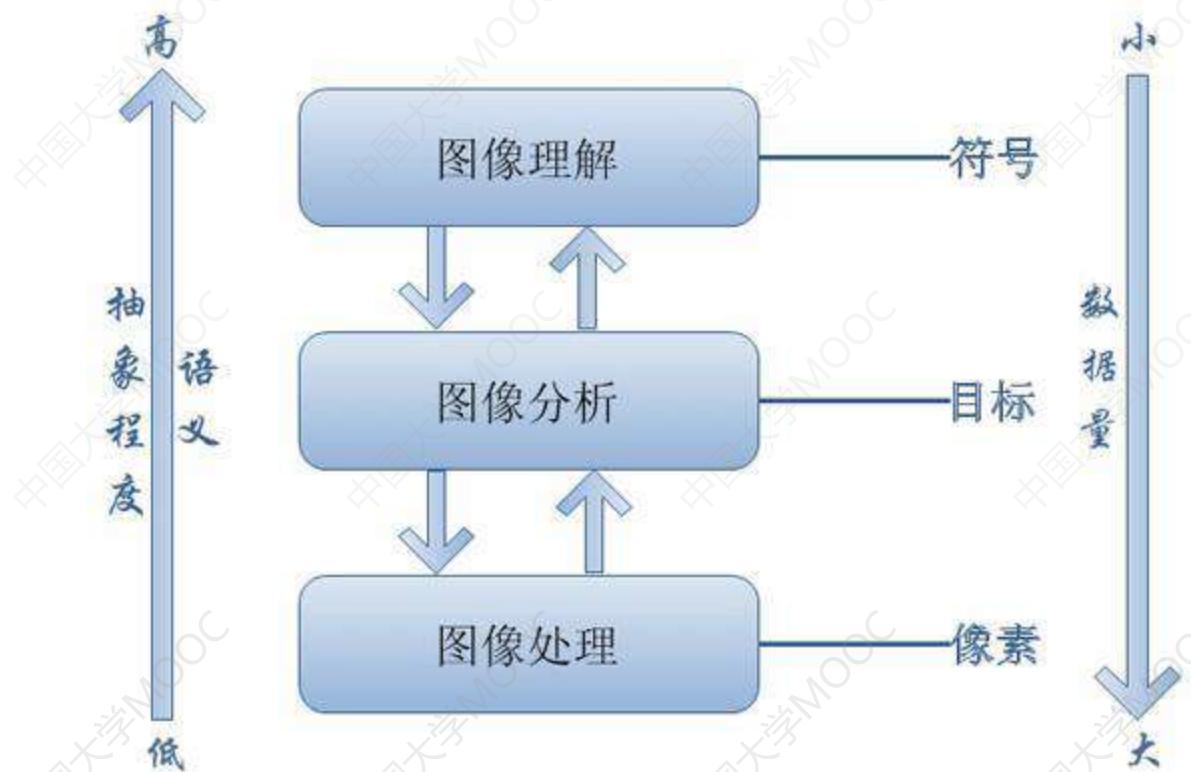


医学图像处理



高级处理——图像理解

- 研究图像中各目标的性质和它们之间的相互联系；得出对图像内容含义的理解及原来客观场景的解释。
- 以客观世界为中心，借助知识、经验来推理、认识客观世界，属于高层操作（符号运算）。
- 人和计算机是最终的信息接收者。
- 目的是为了使图像更容易理解。



数字图像处理的研究内容——图像变换

傅立叶变换

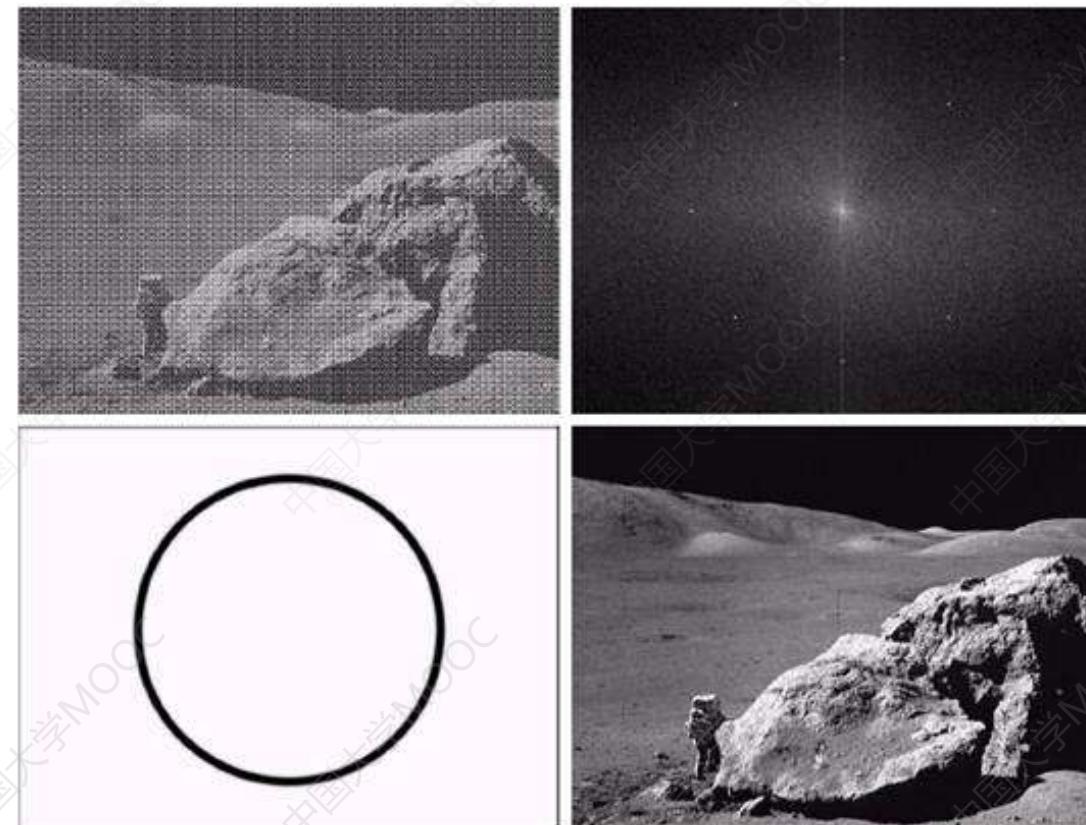
沃尔什变换

离散余弦变换

小波变换

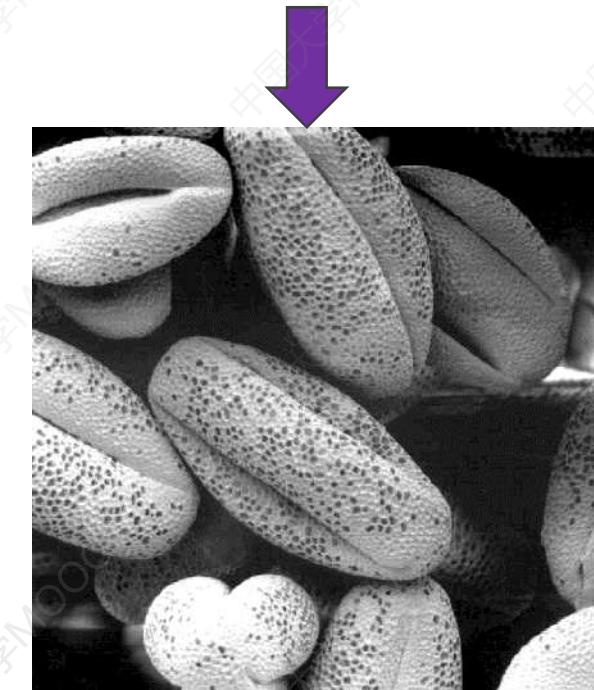
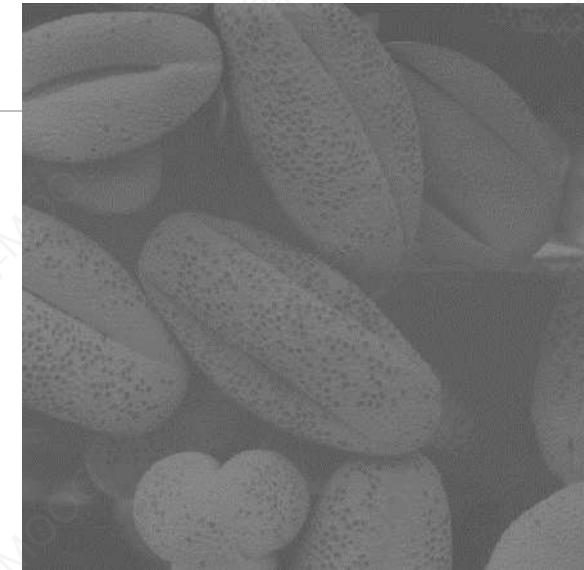
.....

目的：采用变换方法将图像从空间域变换到另一个域，再对图像进行间接处理。有利于减少计算量并获得更有效的处理结果。



数字图像处理的研究内容——图像增强和复原

- 改善图像的视觉效果，如去除图像噪声，提高图像的清晰度等。
- 图像增强不考虑图像降质的原因，突出图像中感兴趣的部分。
- 图像复原要求对图像降质的原因有所了解，根据图像降质过程建立“退化模型”，然后采用滤波的方法重建或恢复原来的图像。
- 主要方法：灰度修正、平滑、几何校正、图像锐化、滤波增强、维纳滤波.....



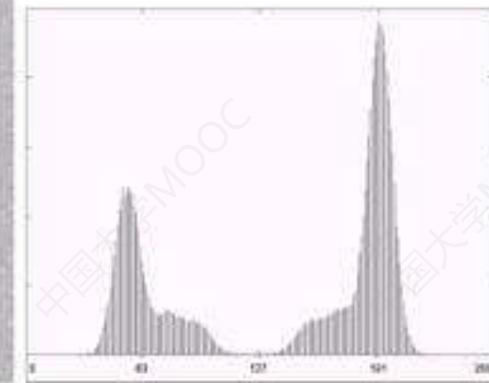
数字图像处理的研究内容——图像压缩

- 图像压缩编码技术可以减少描述图像的数据量，以便节约图像存储的空间，减少图像的传输和处理时间。
- 图像压缩有无损压缩和有损压缩两种方式，编码是压缩技术中最重要的方法，在图像处理技术中是发展最早和应用最成熟的技
术。

主要方法：霍夫曼编、算术编码、行程编码、LZW编码、预测编码等。

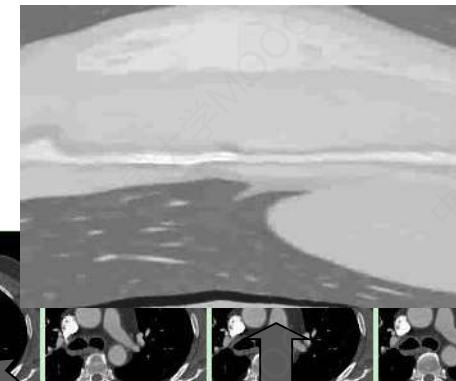
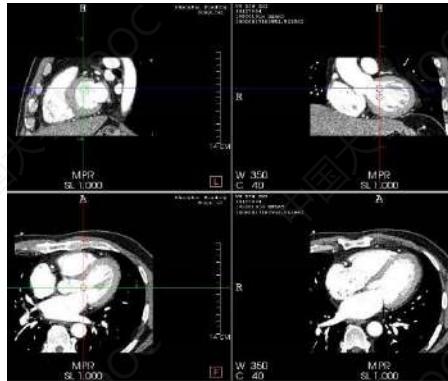
数字图像处理的研究内容——图像分割

- 图像分割将图像中有意义的特征提取出来（物体的边缘、区域），它是进行图像识别、分析和图像理解的基础。
- 目前已研究出了不少边缘提取、区域分割的方法，但还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。
- 对图像分割的研究还在不断的深入中，是目前图像处理研究的热点方向之一。
- 主要方法：点、线和边缘检测、灰度阈值分割、基于纹理分割、区域增长.....

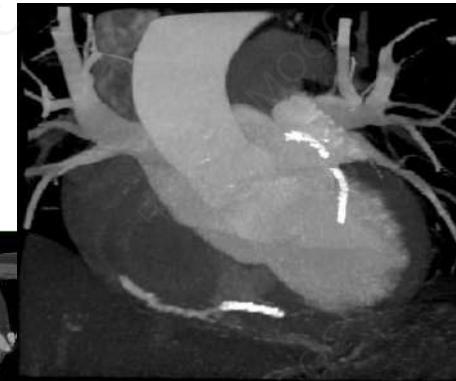


数字图像处理的研究内容——图像重建

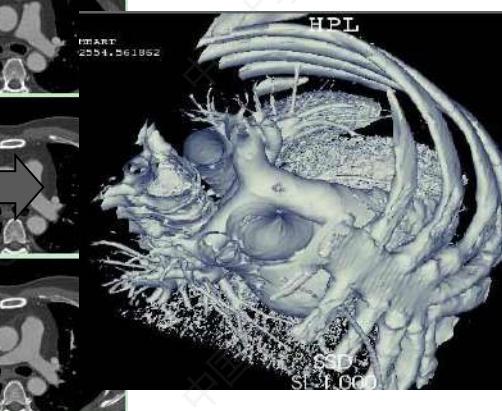
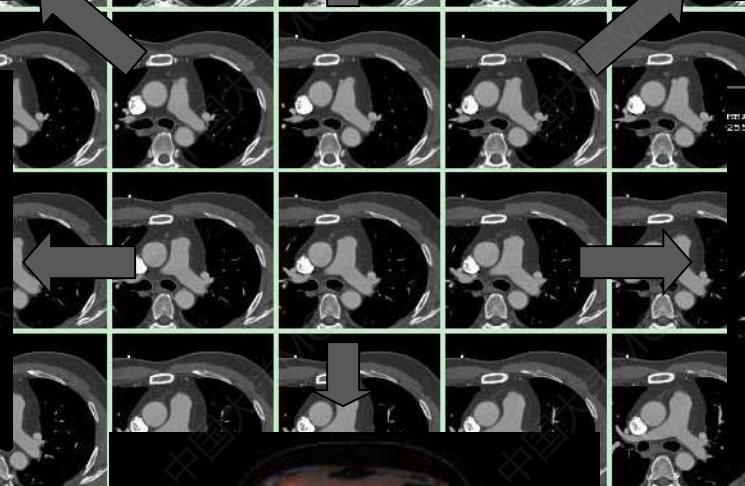
多平面重建



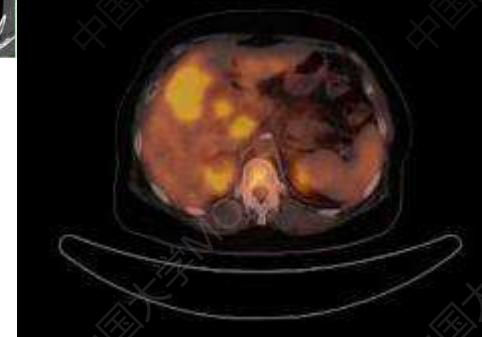
曲面重建



最大密度投影



直接体绘制

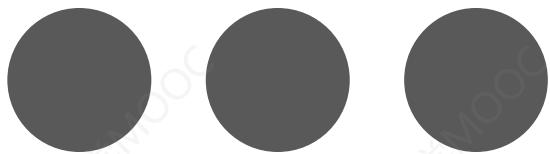


间接体绘制（面绘制）

多模图像融合

本节内容结束

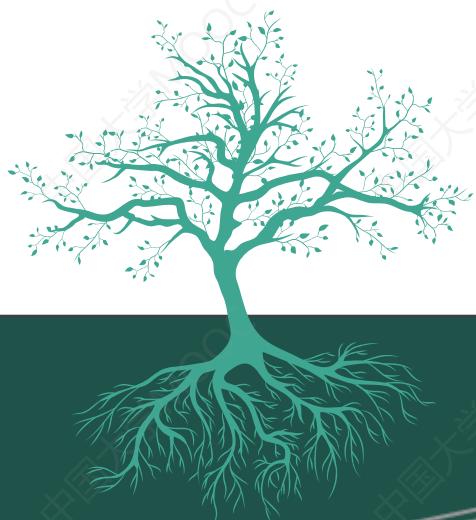
谢谢大家



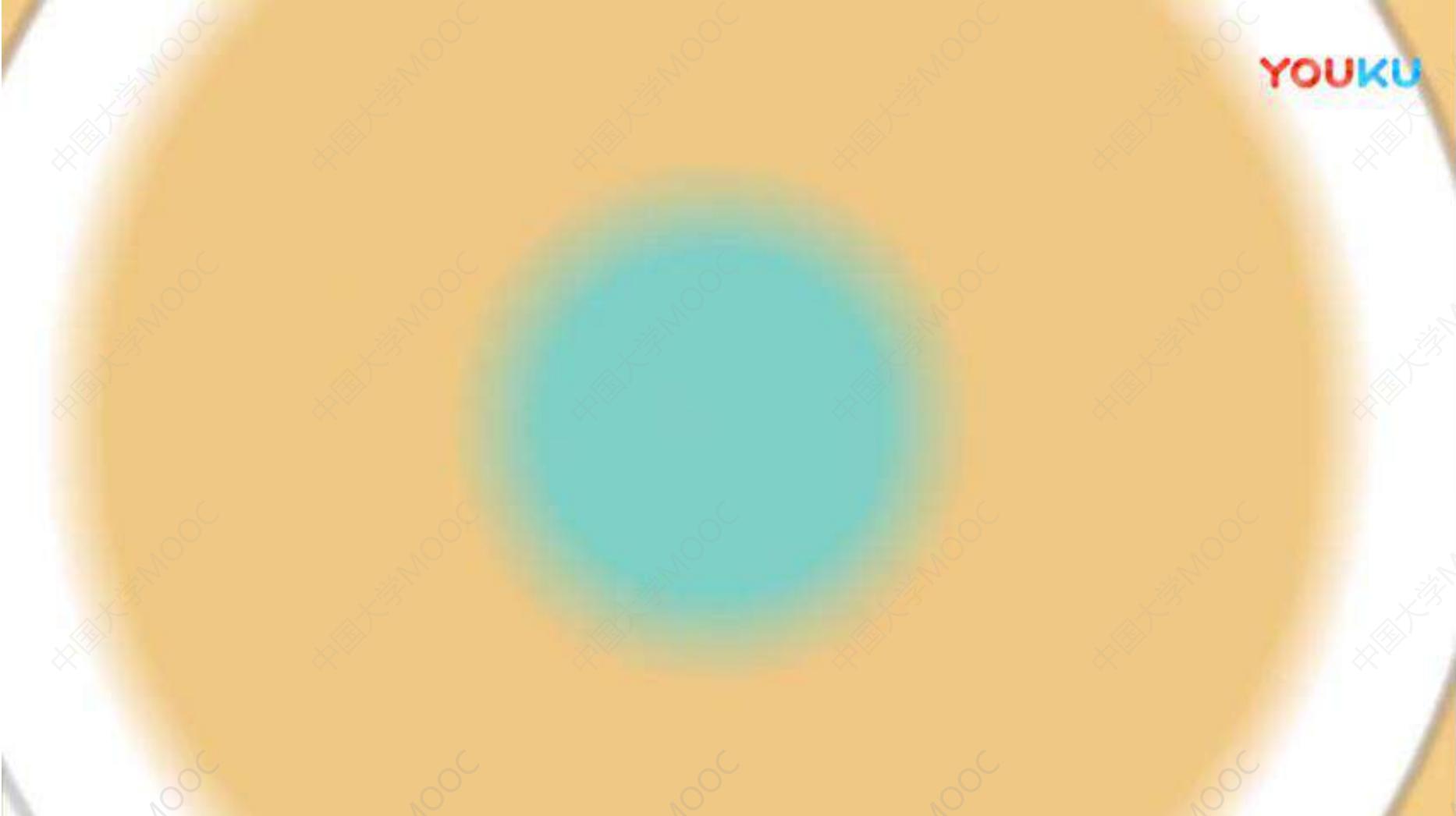
2 数字图像基础

2.1 视觉感知

主讲人：李振伟



人眼结构



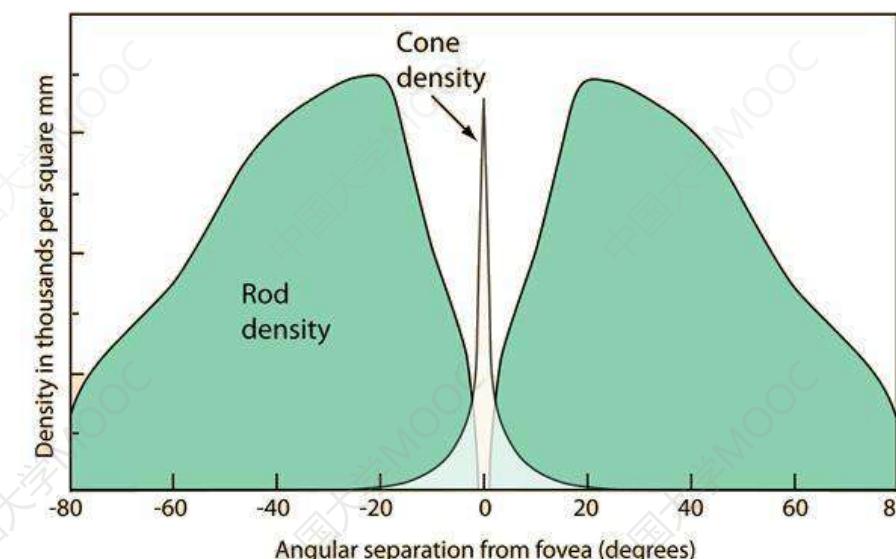
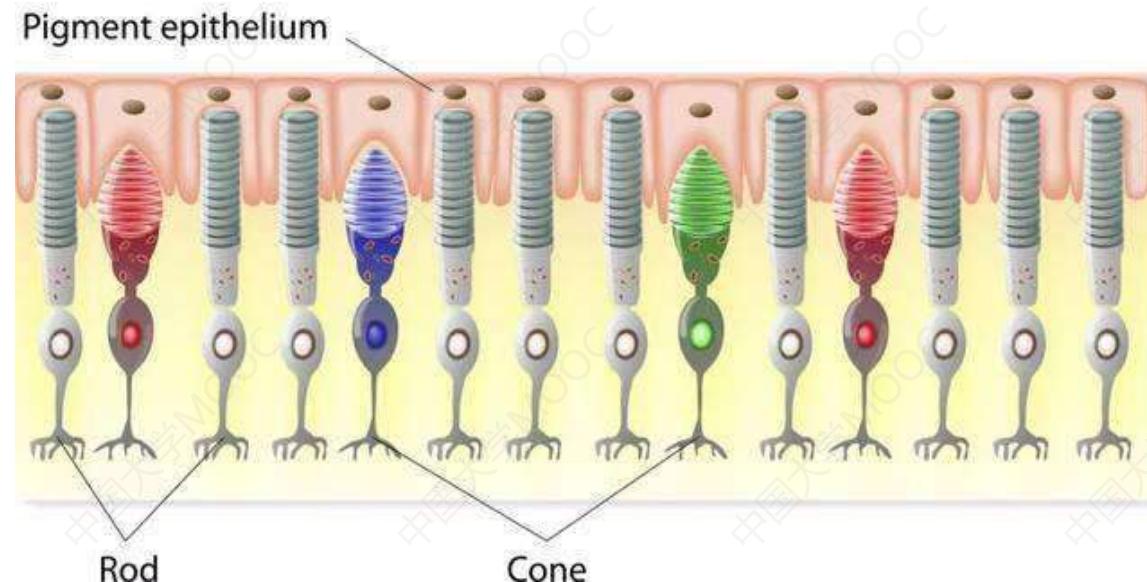
感光细胞——杆状细胞 (rods) + 锥状细胞 (cones)

- 杆状细胞：

- ✓ 感光灵敏度高 (暗视觉)
- ✓ 不能分辨细节
- ✓ 不能分辨色彩

- 锥状细胞：

- ✓ 感光灵敏度低 (明视觉)
- ✓ 能分辨细节
- ✓ 能分辨色彩



眼睛中图像的形成

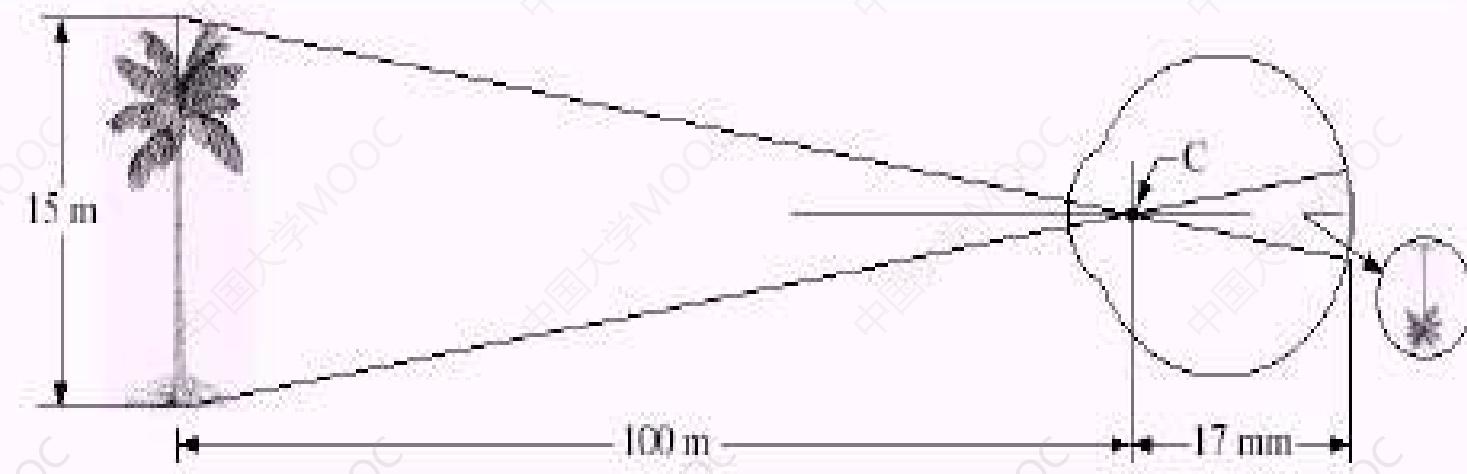
Image formation in the Eye

照相机中，镜头的焦距是一定的，聚焦是通过改变镜头和感光芯片之间的距离实现的。

FIGURE 2.3

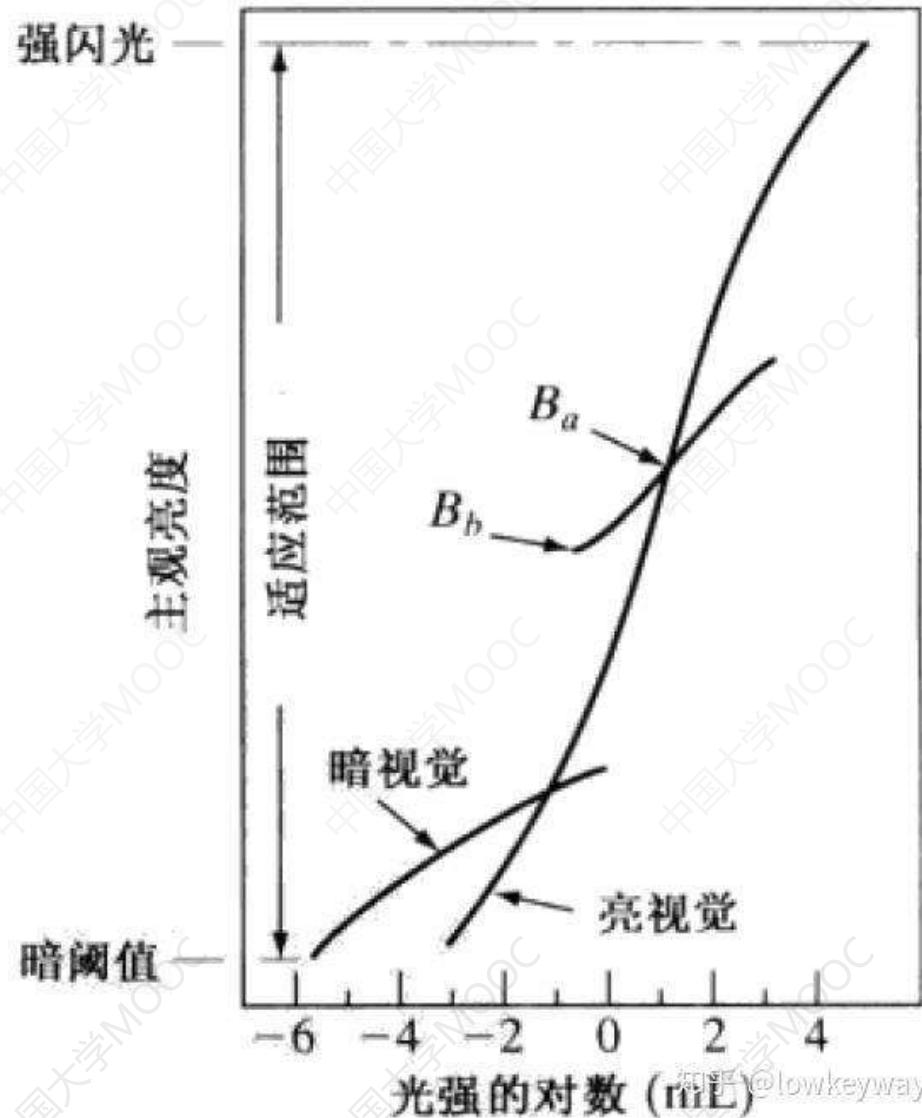
Graphical representation of the eye looking at a palm tree. Point C is the optical center of the lens.

人眼中，晶状体（镜头）和视网膜（感光芯片）之间的距离是固定的，聚焦则是通过改变晶状体的形状来实现的。



$$15/100 = h/17 \rightarrow h = 2.55\text{mm}$$

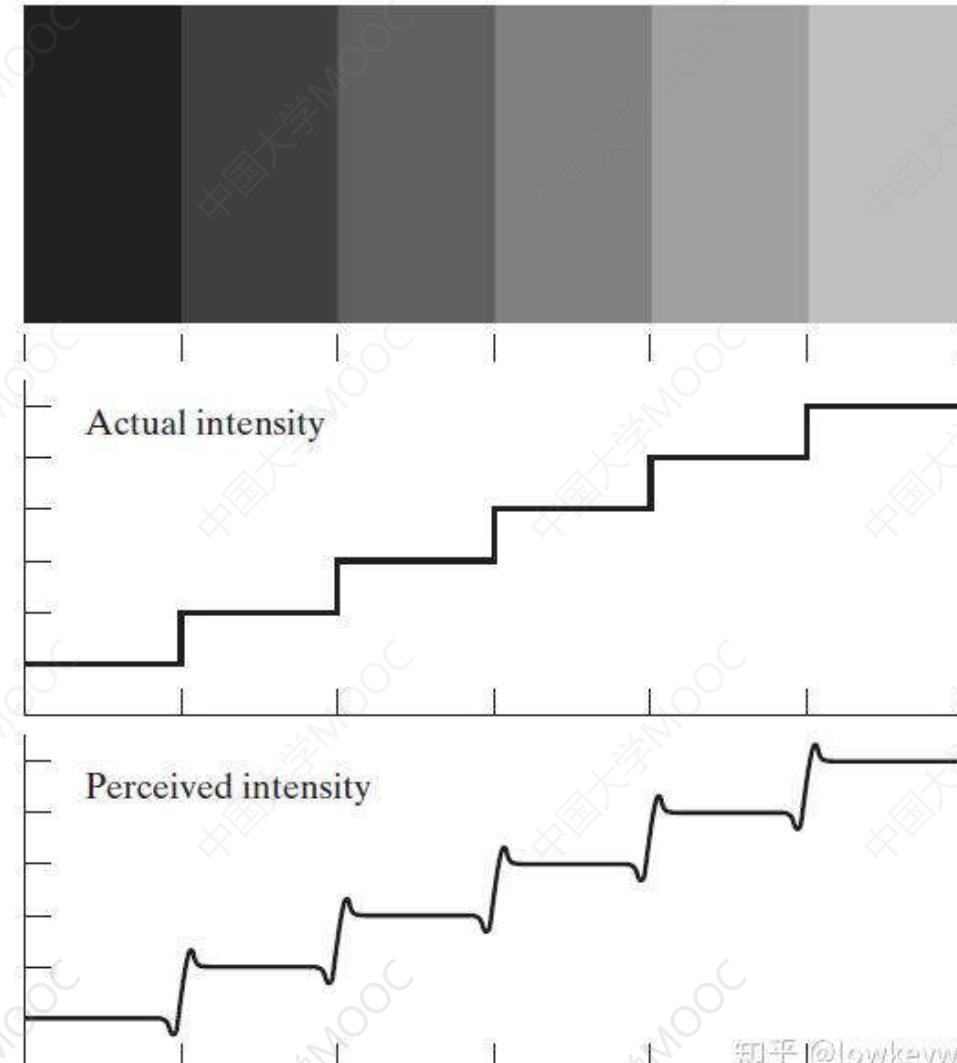
亮度适应和辨别



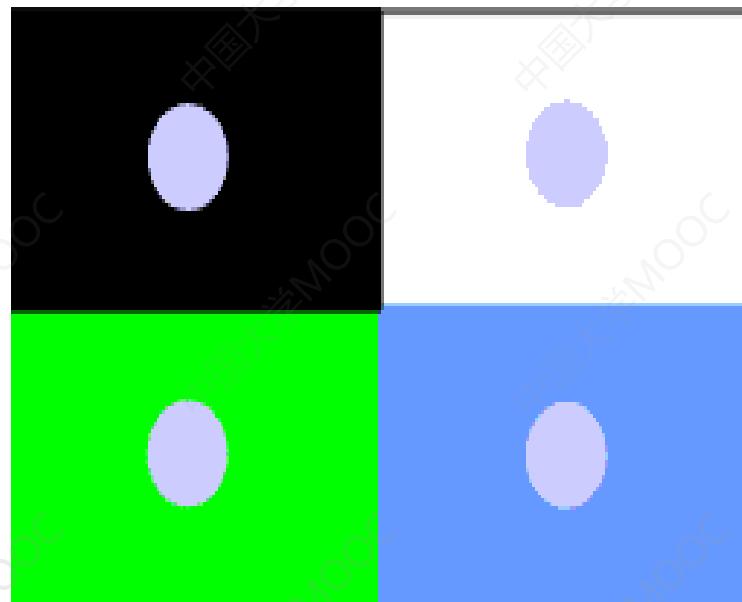
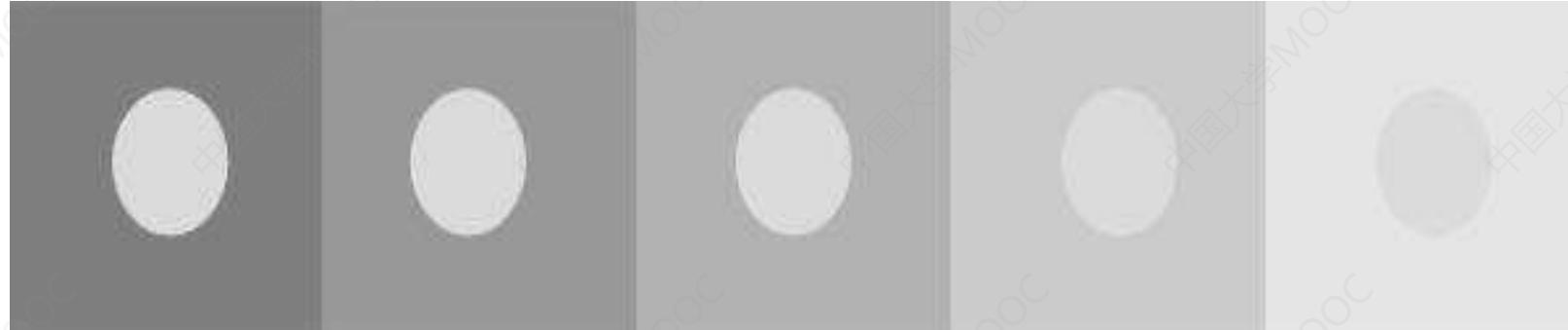
- 人的视觉系统能够适应的光强度级别范围很宽。
- 感知亮度不是实际强度的简单函数。
- 光线强时，人眼的辨别能力强。
- 光线弱时，人眼的辨别能力差。

马赫带——感知亮度不是实际强度的简单函数

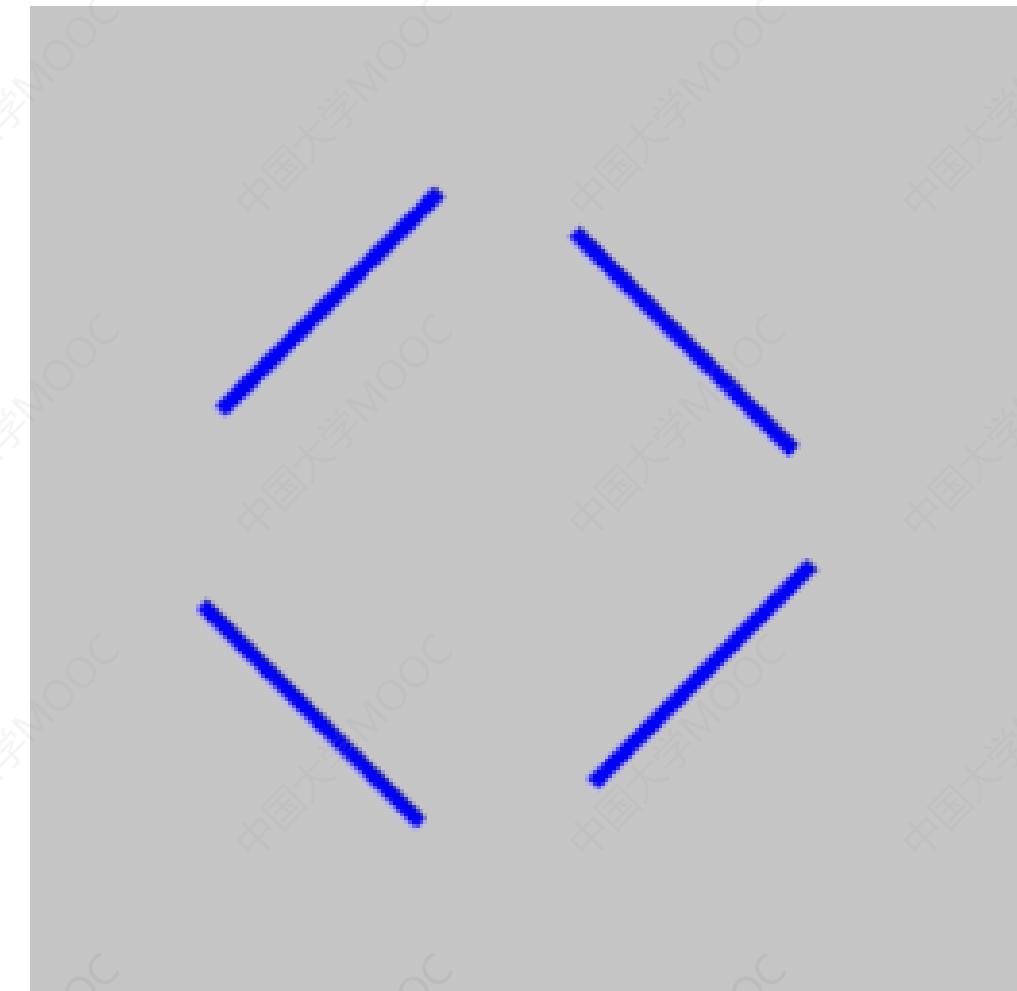
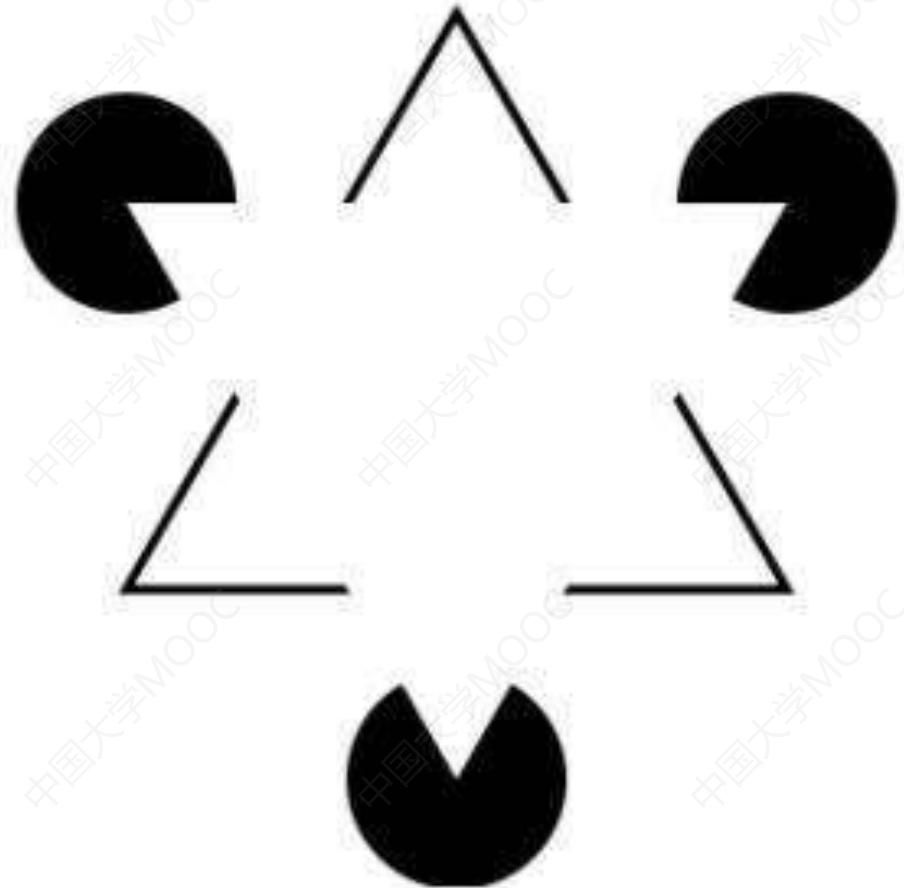
视觉系统往往会在不同强度区域的边界处出现“上冲”或者“下冲”的现象，通俗讲就是当观察两块亮度不同的区域时，边界处亮度对比加强，使轮廓表现得特别明显。



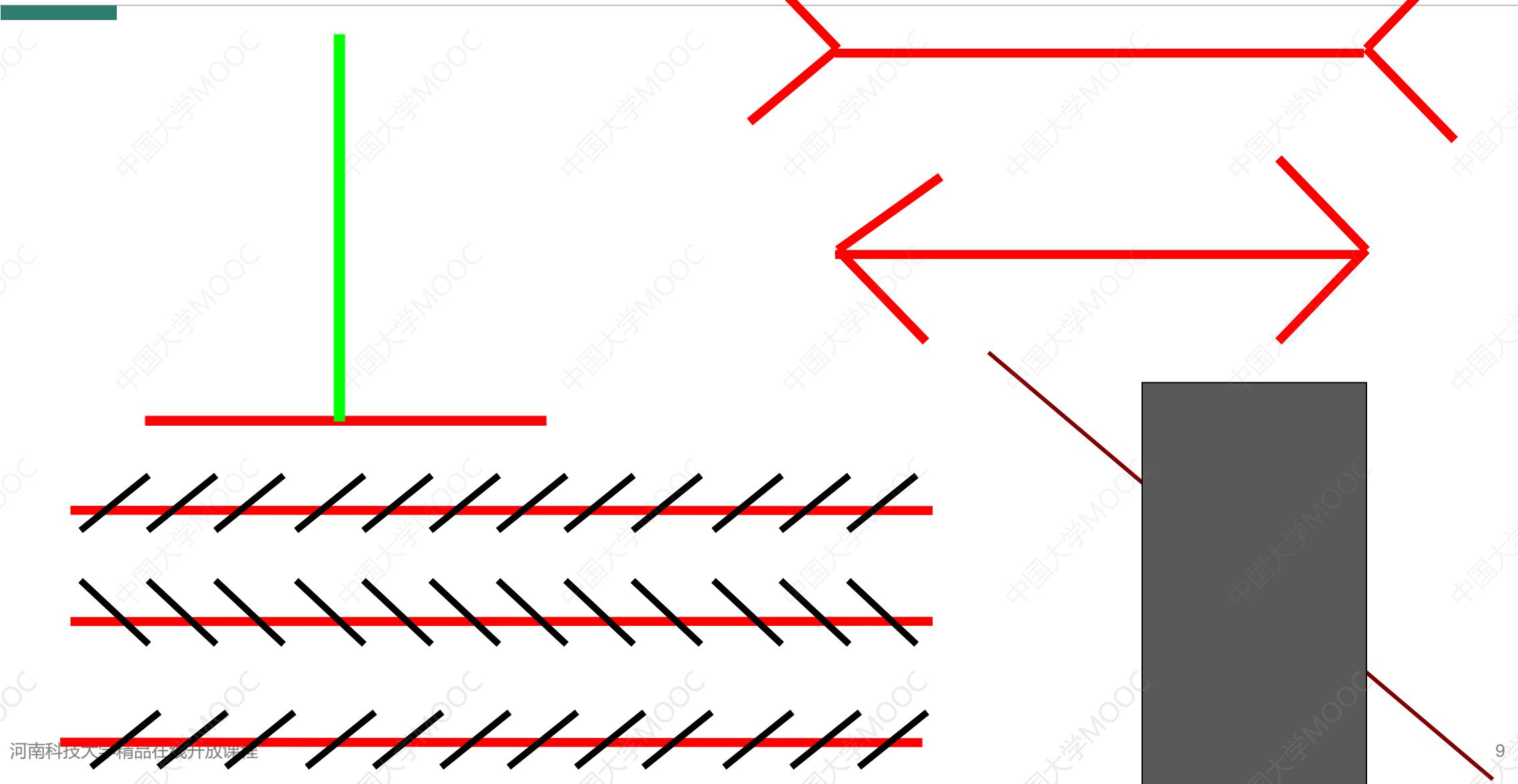
同时对比——感知亮度不是实际强度的简单函数



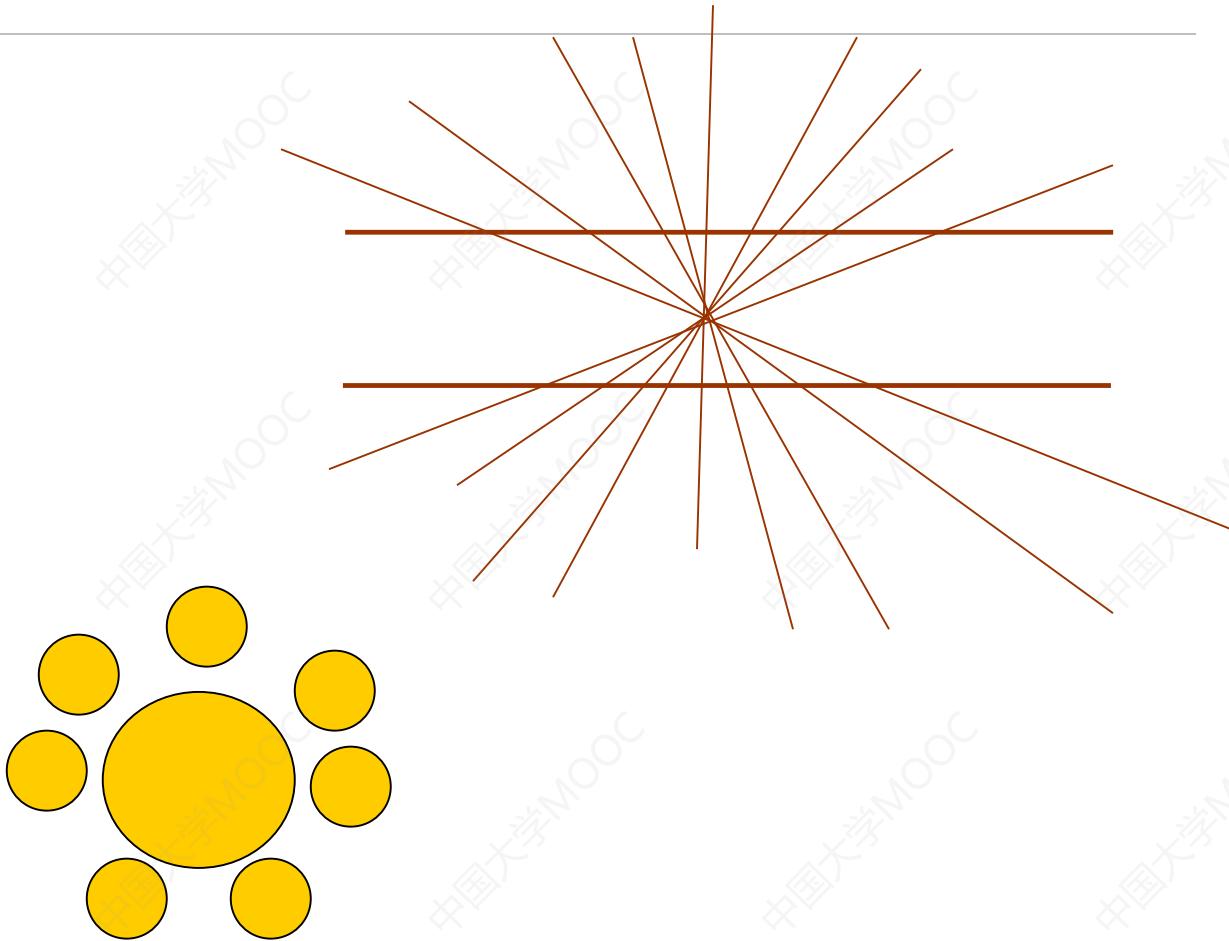
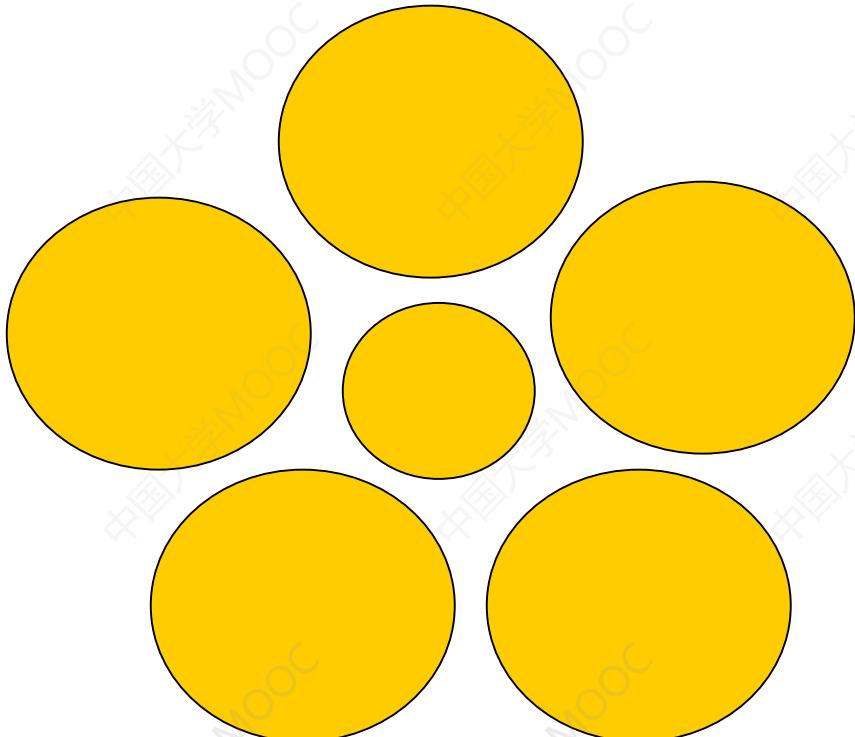
视觉错觉 眼睛填充了不存在的信息或者错误地感知了物体的几何特点



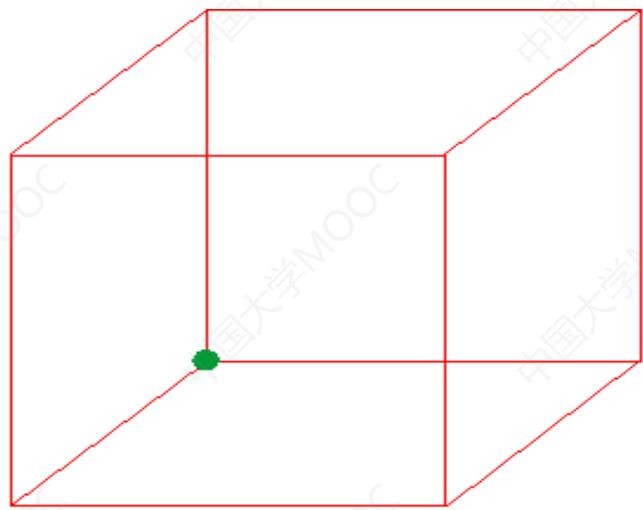
视觉错觉



视觉错觉



里面还是外面？上面还是下面？



Necker Cube

Look at the green dot. Is it located in the lower left rear or in the lower left front?

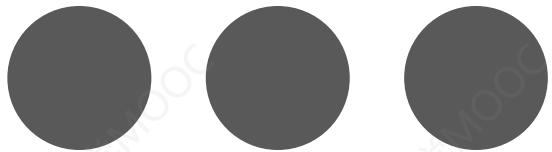
[Fun Things](#)

[Table of Contents](#)



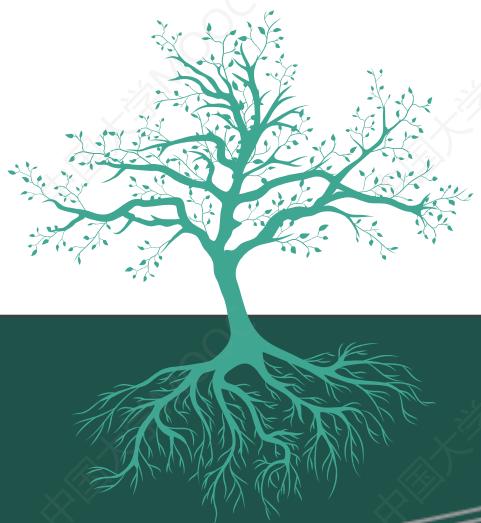
本节内容结束

谢谢大家

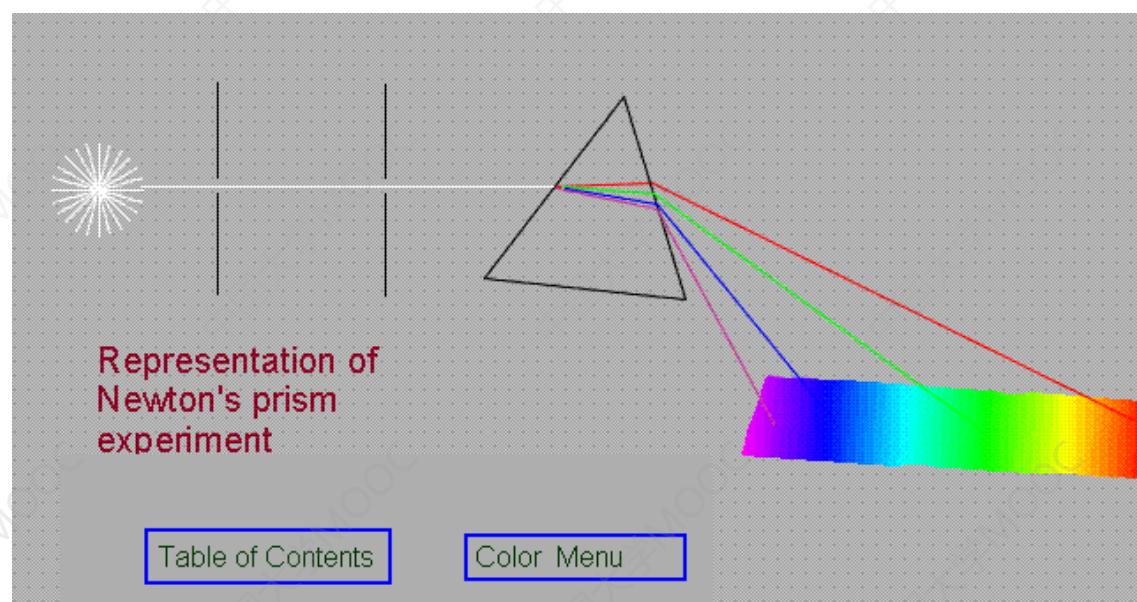


2 数字图像基础

2.2 图像感知与获取

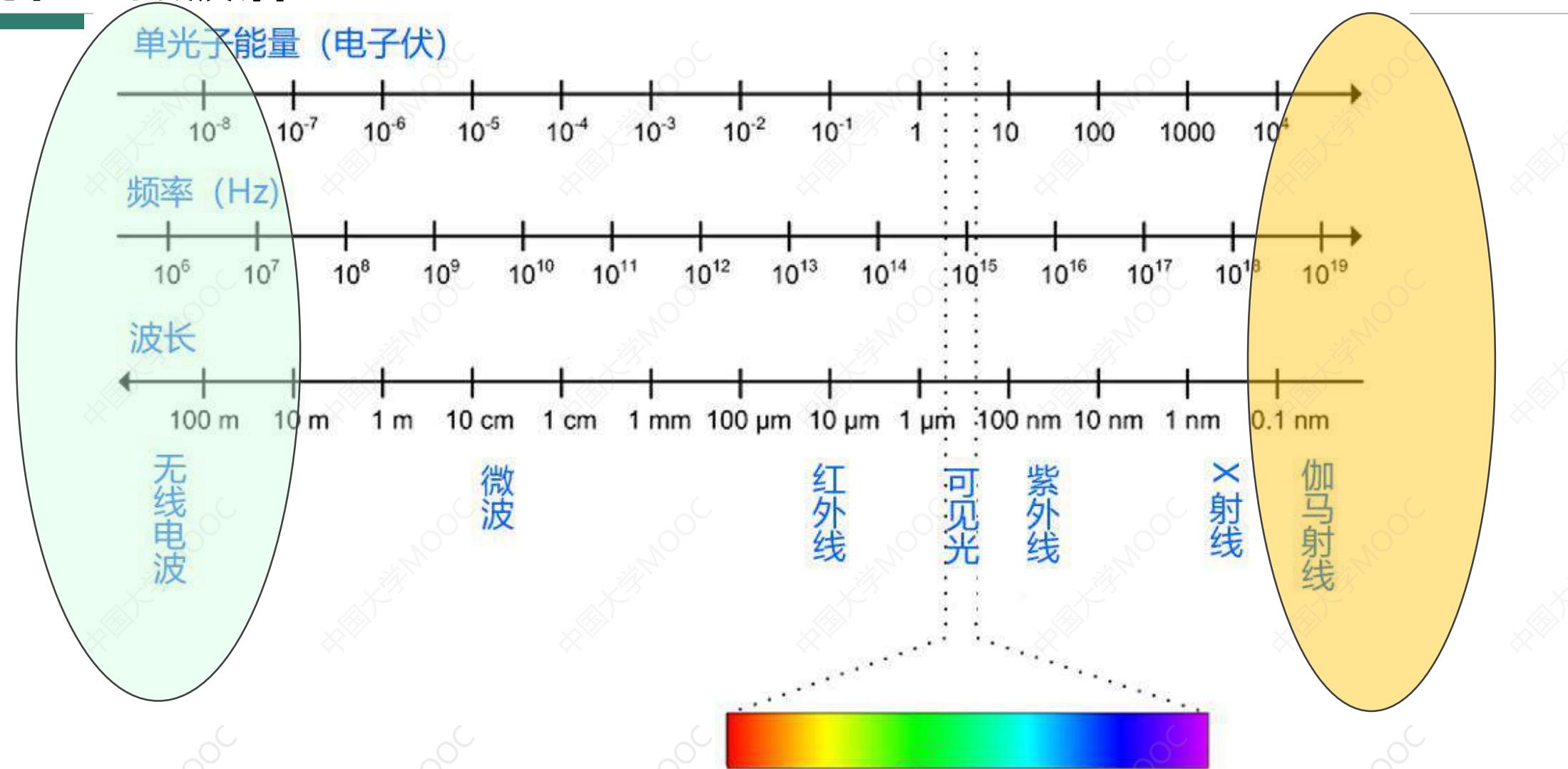


牛顿的实验



艾萨克·牛顿（1643.1.4—1727.3.31）爵士，英国皇家学会会长，著名物理学家，百科全书式的“全才”，著有《自然哲学的数学原理》、《光学》。

光和电磁波谱



伽马射线成像



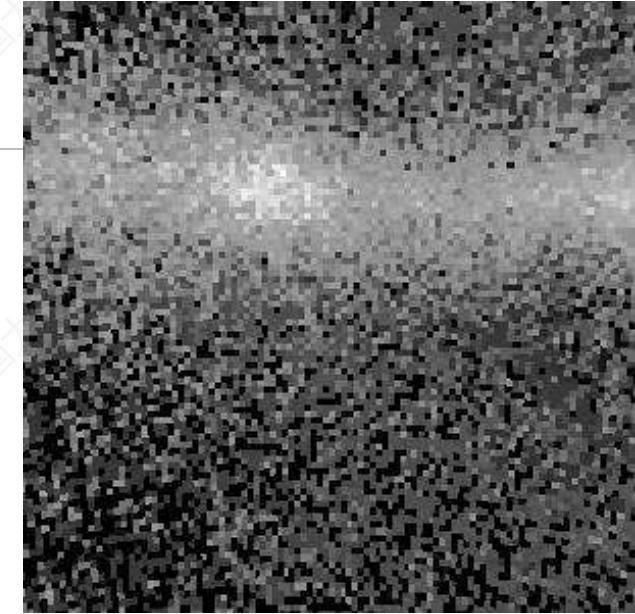
(a)

河南科技大学精品在线开放课程



(b)

(c)



(d)



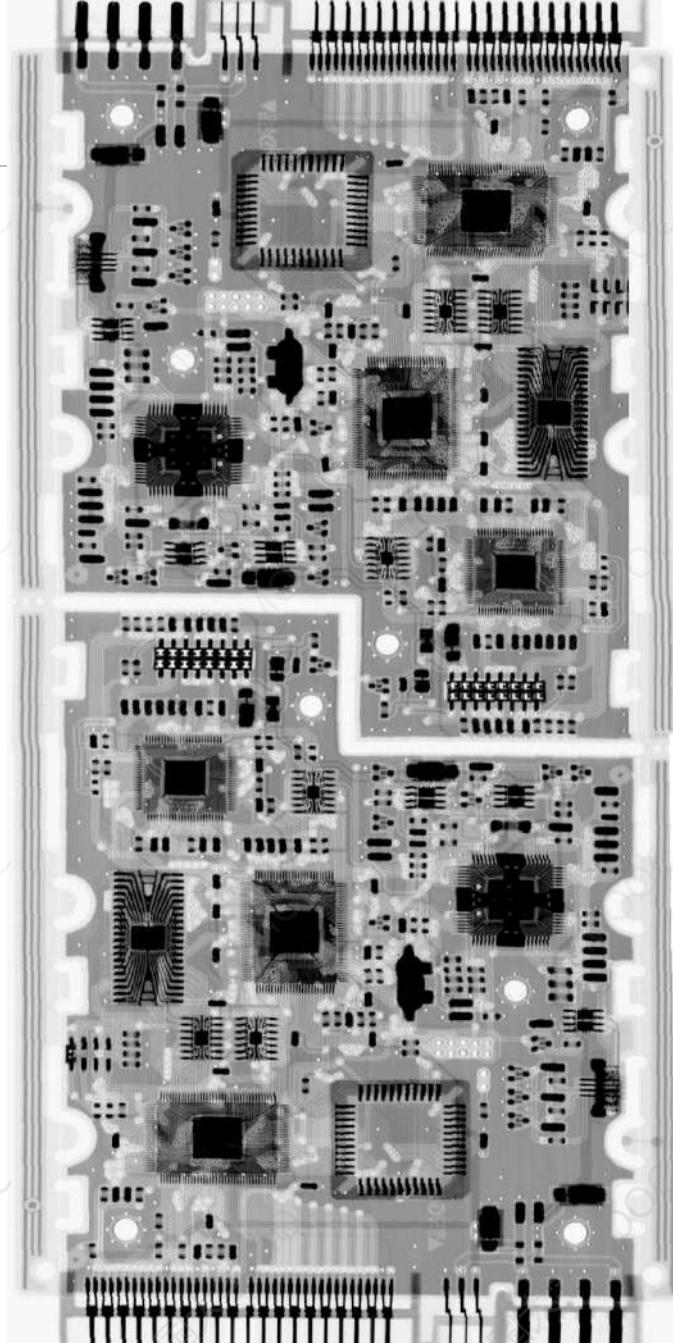
X射线成像



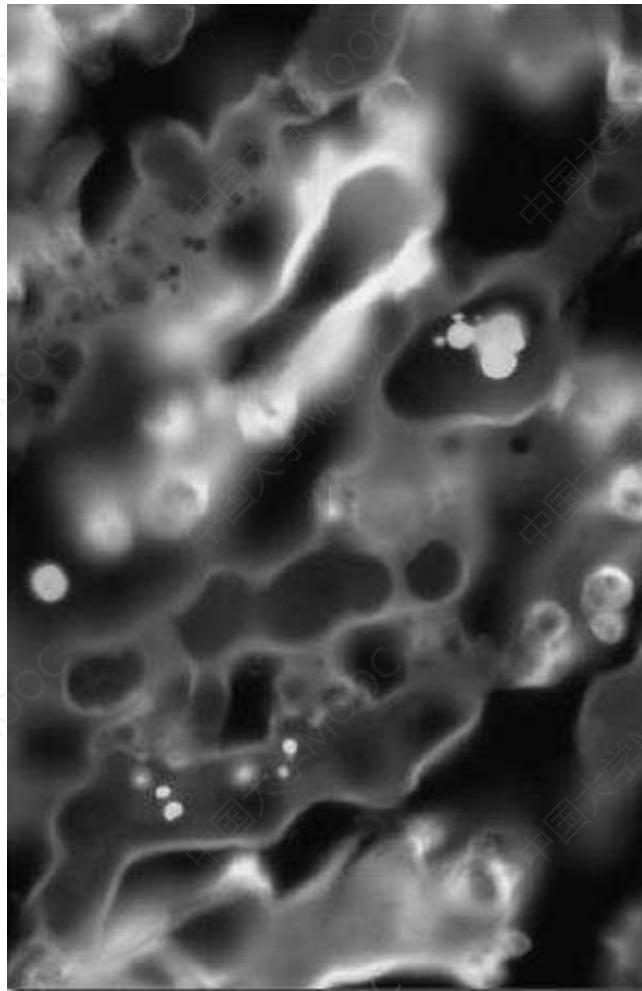
(b)



(d)

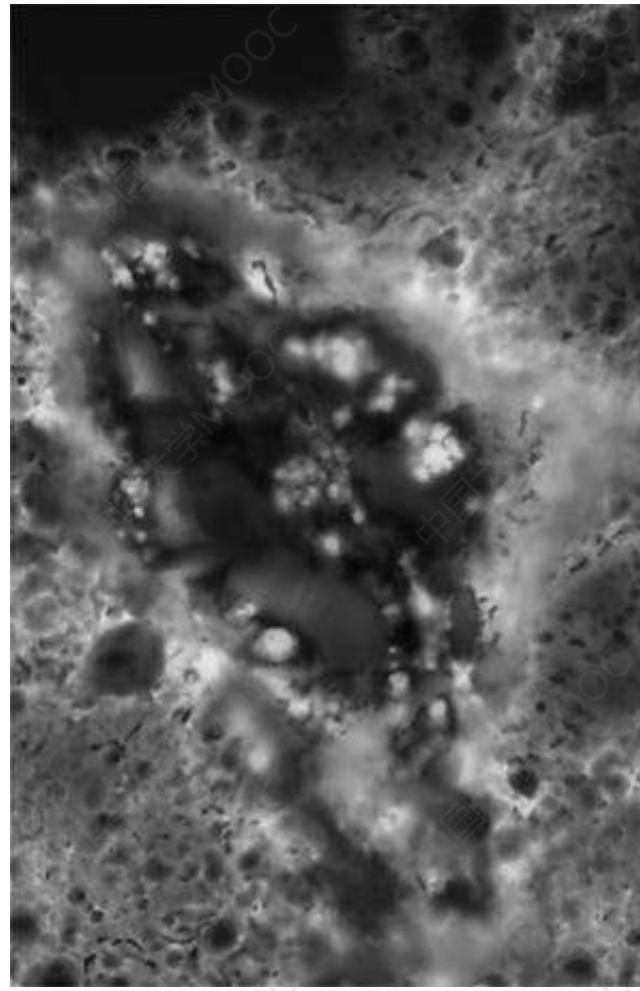


紫外波段成像

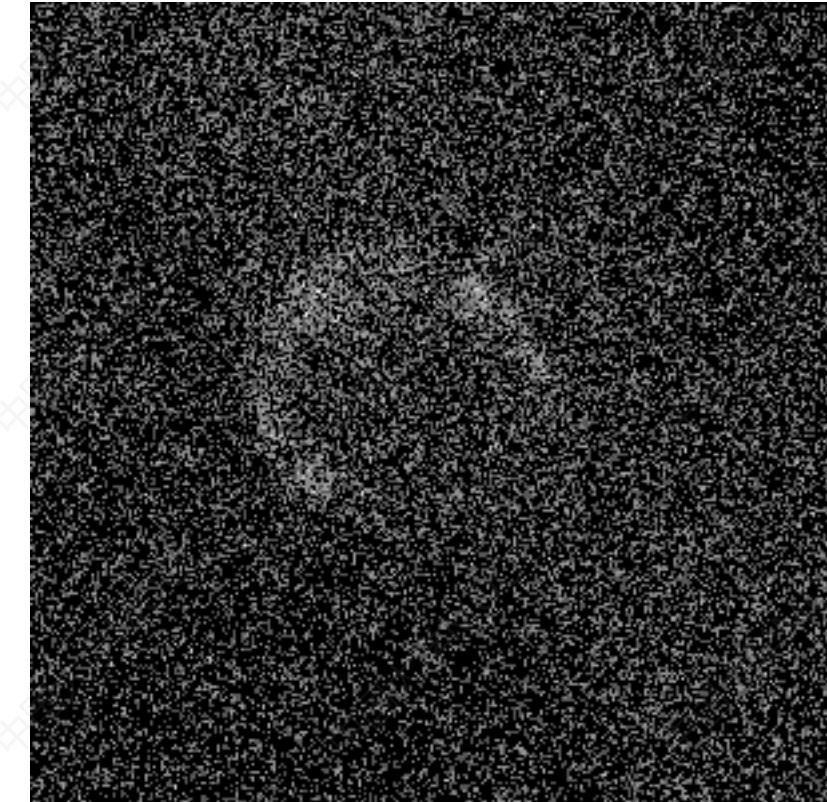


(a)

河南科技大学精品在线开放课程

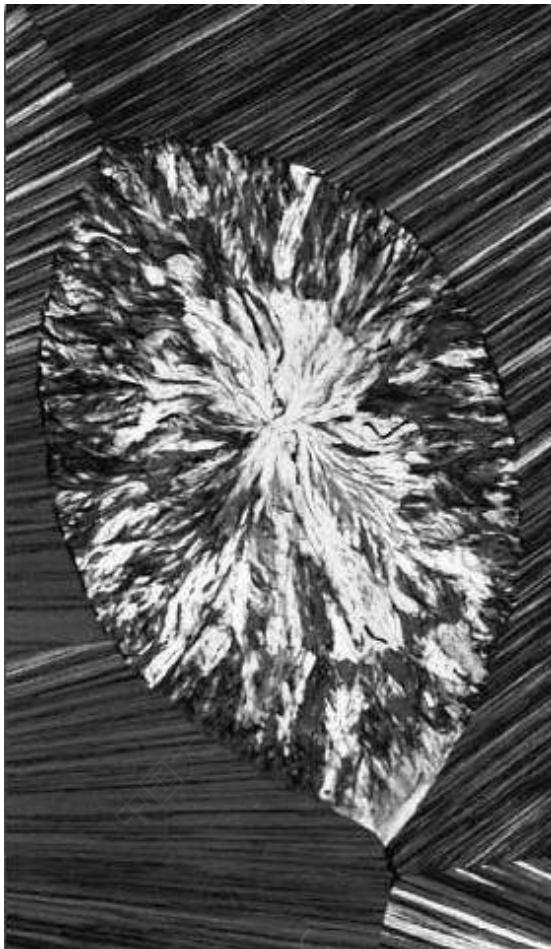


(b)

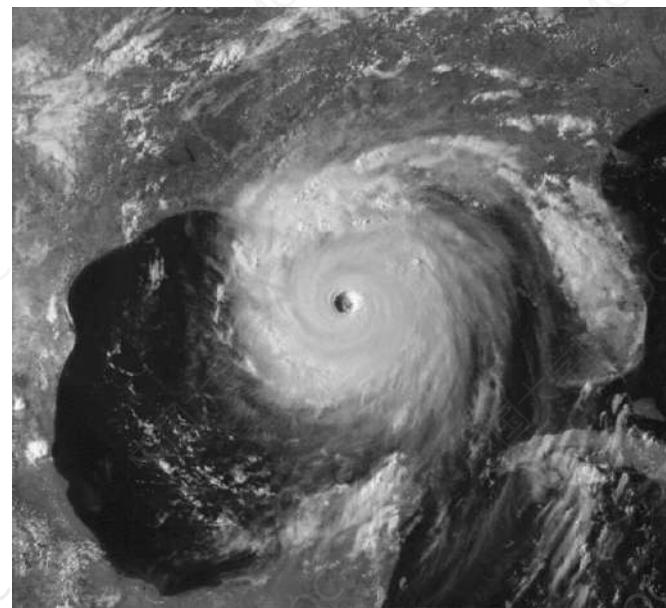


(c)

可见光和红外波段成像



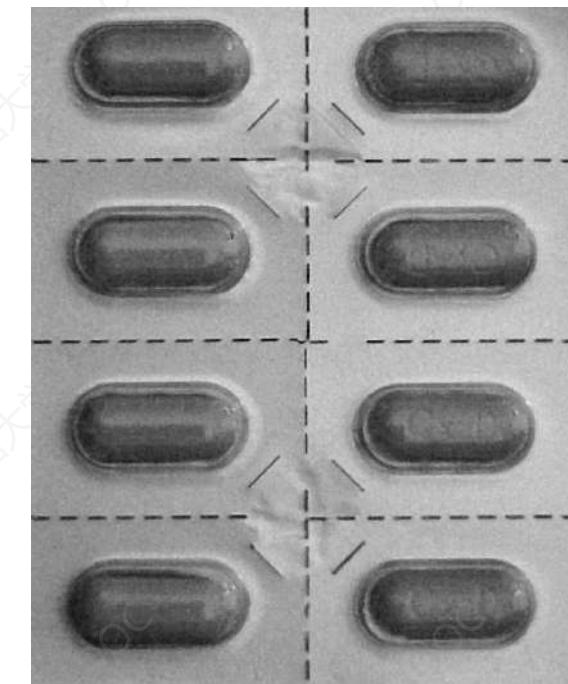
(a)



(b)

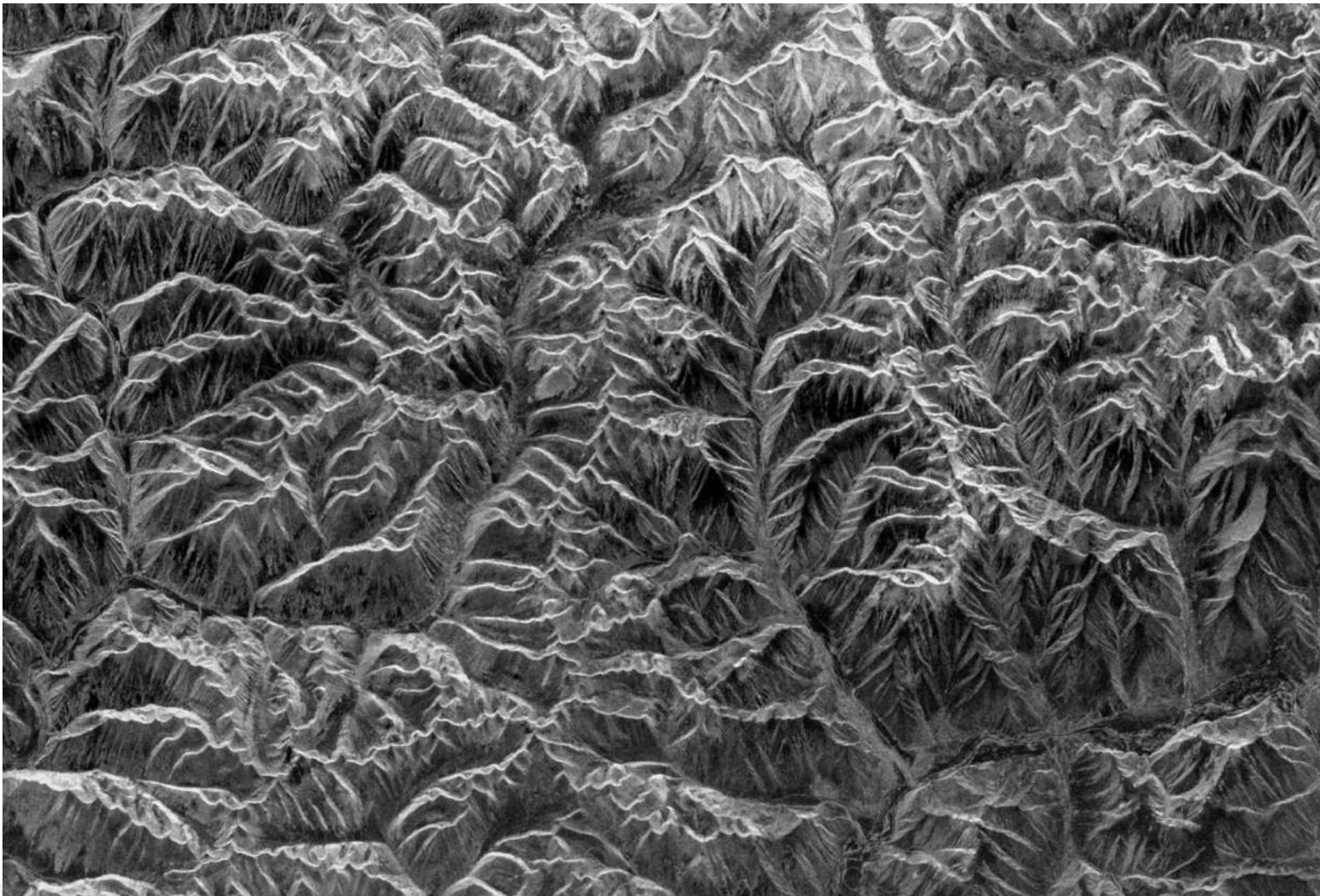


(c)



(d)

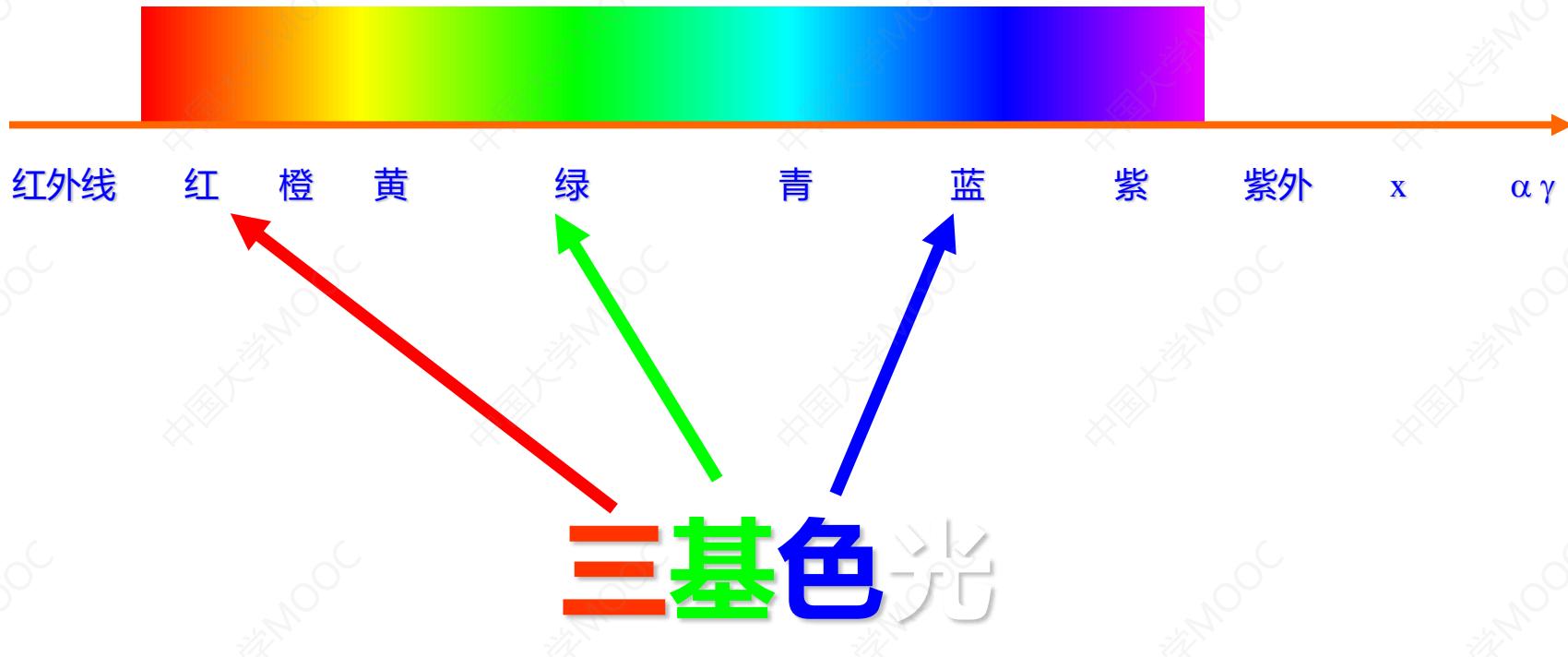
微波波段成像



无线电波段成像



三基色



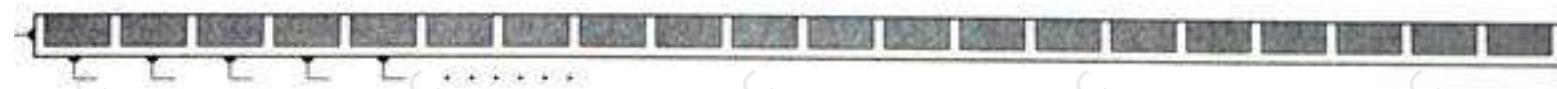
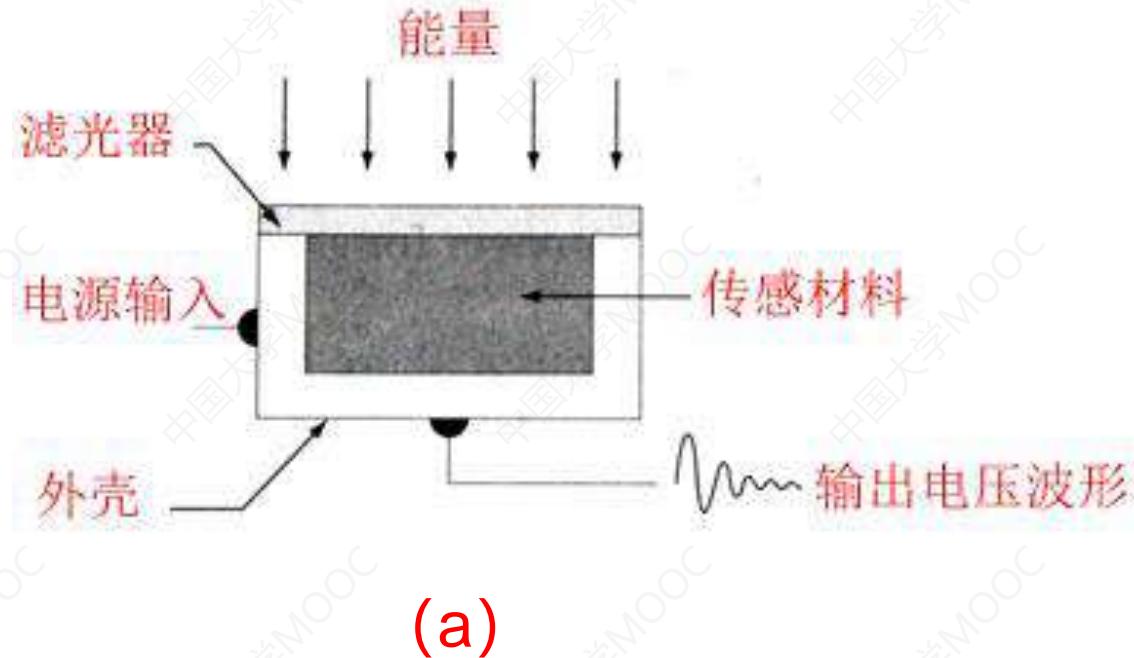
700nm 546nm 435.8nm

单色光和复色光

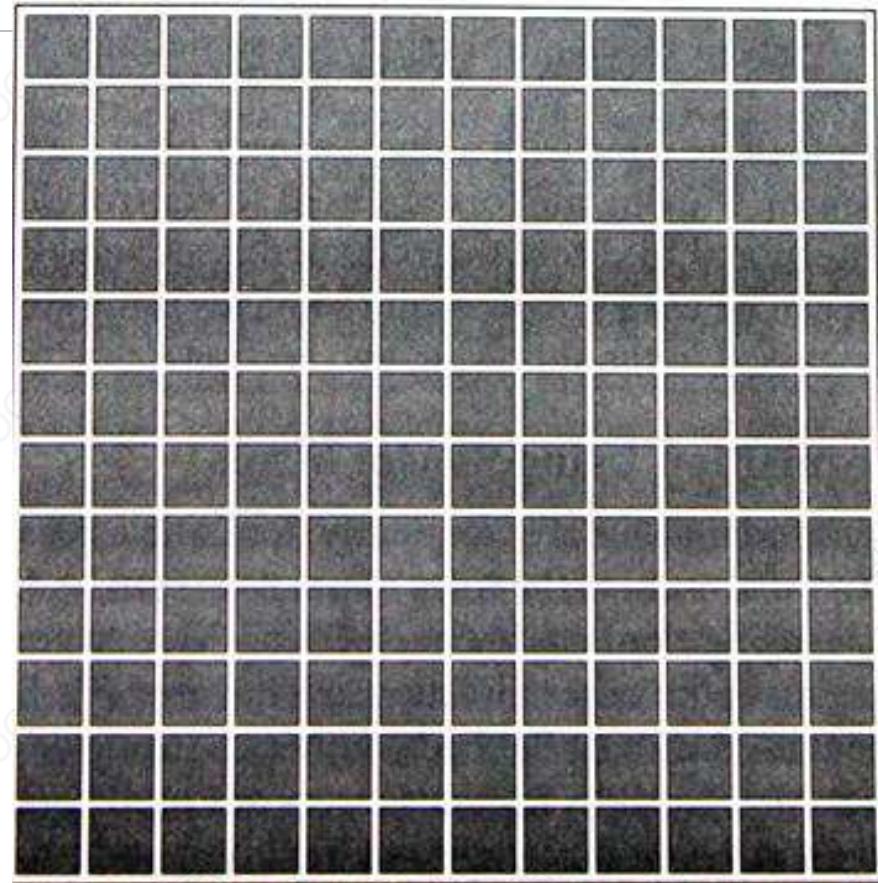
- 没有颜色的光称为单色光。
- 单色光的属性只有一个，就是亮度。
- 单色光从黑到白的数值范围称为灰度级，单色图像称为灰度图像。

- 彩色光可用三个属性描述：辐射、光通量和亮度。
- 辐射是从光源流出的总能量，通常用瓦特 (W) 度量。
- 光通量是观察者从光源感知的能量，通常用流明 (lm) 度量。
- 亮度是观察者感知到的主观明亮程度，不能度量。

图像传感器

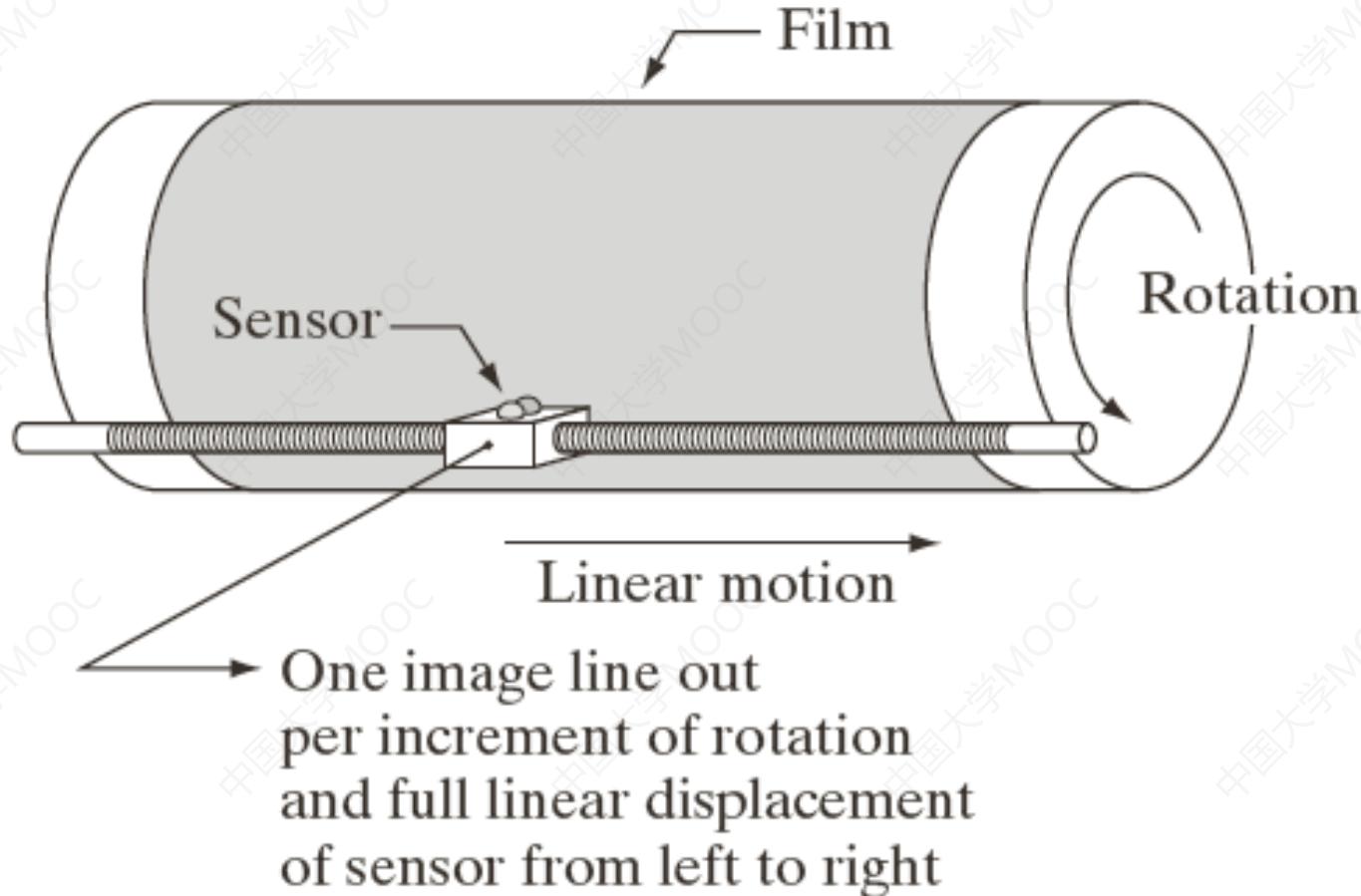


(b)



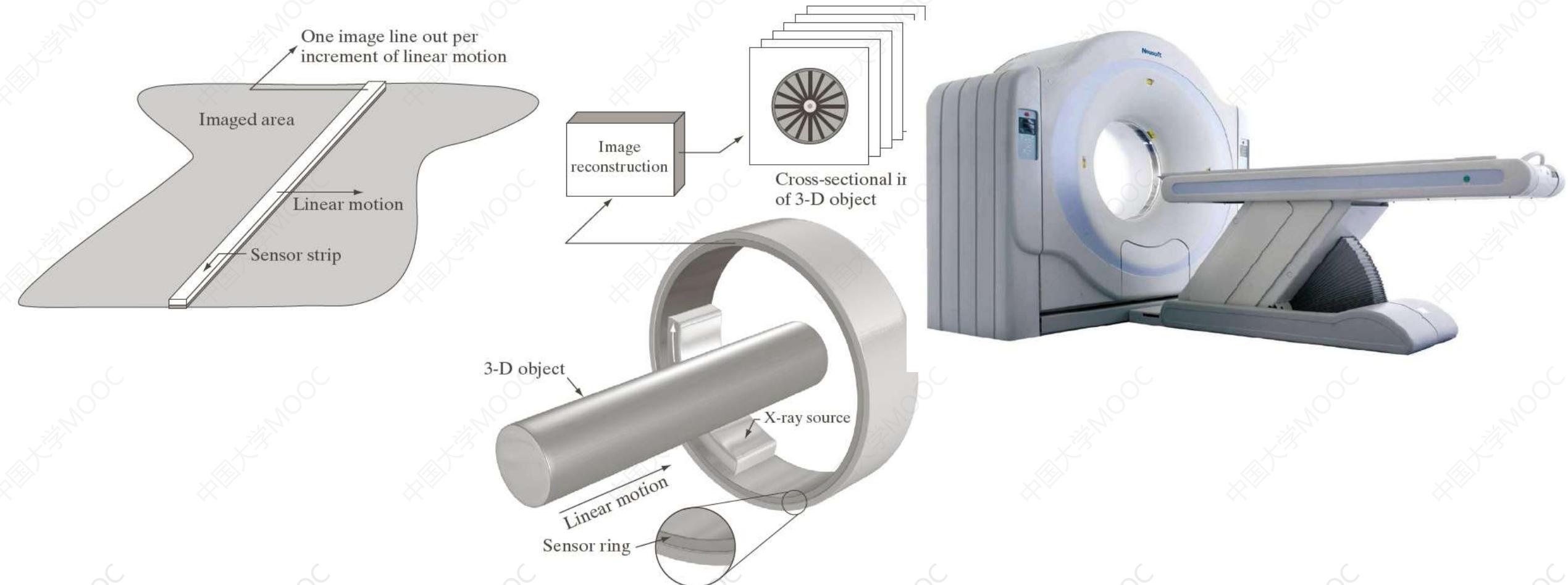
(c)

使用单个传感器获取图像

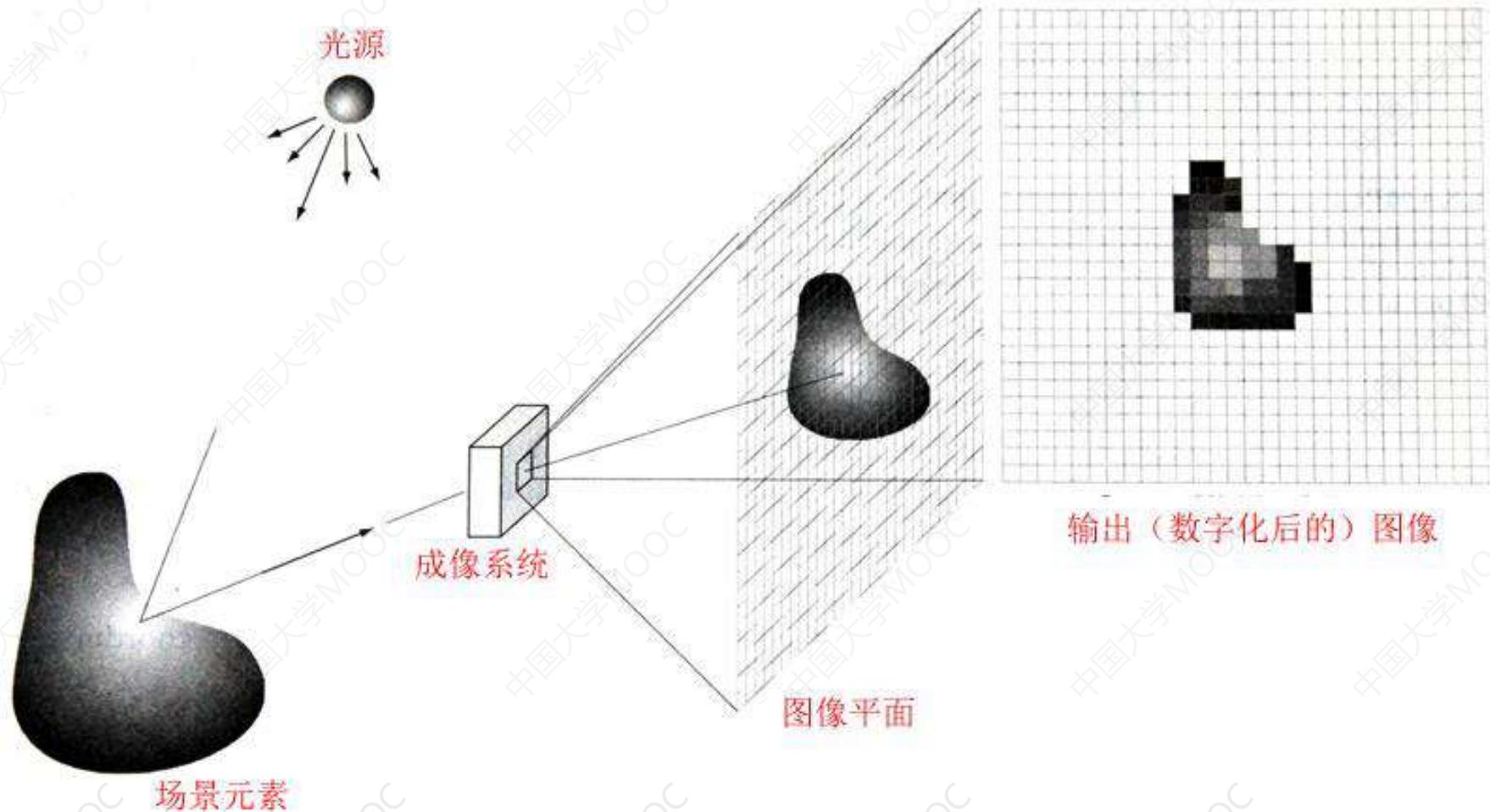


- 单个传感器通过运动来生成二维图像。
- 胶片每旋转一个增量，传感器从左到右线性扫描一次，就输出图像的一行。

使用条带传感器获取图像

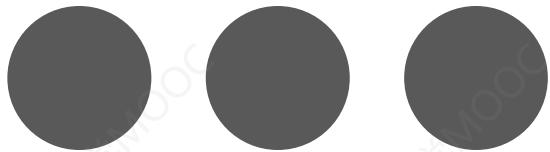


使用阵列传感器获取图像



本节内容结束

谢谢大家



2数字图像基础

2.3取样和量化



从《曹冲称象》木偶剧说起



取样和量化

目的：将连续图像 $f(x,y)$ 变为数字图像 $f(m,n)$ 。

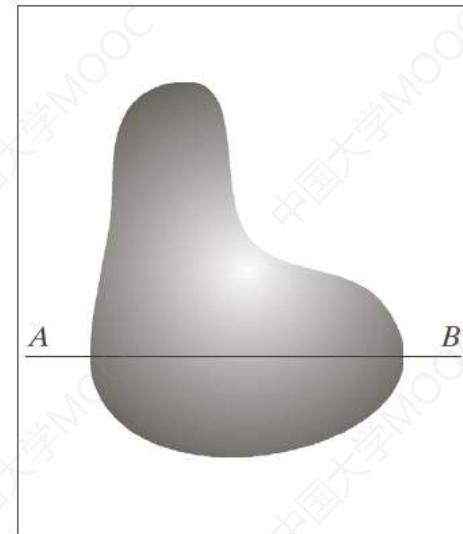
方法：取样+量化

取样：将坐标值离散化（数字化）。

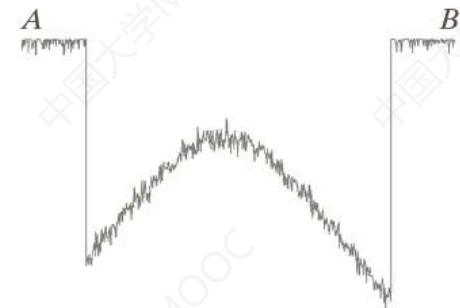
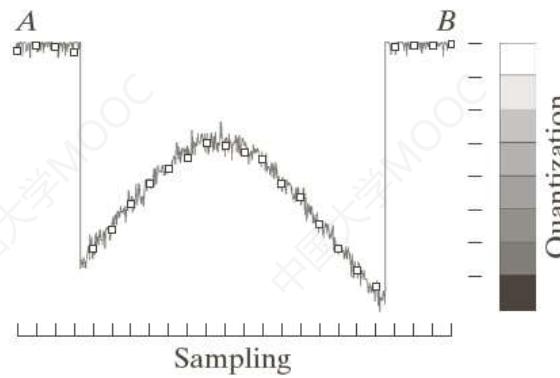
量化：将幅值离散化（数字化）。

取样和量化

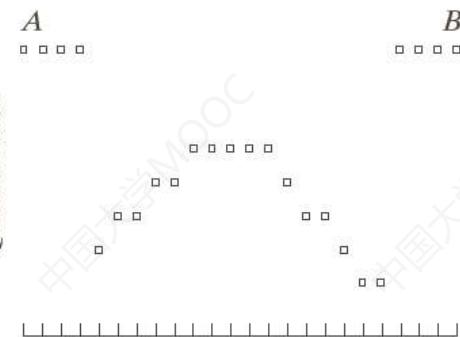
(a) 连续图像



(c) 取样和量化

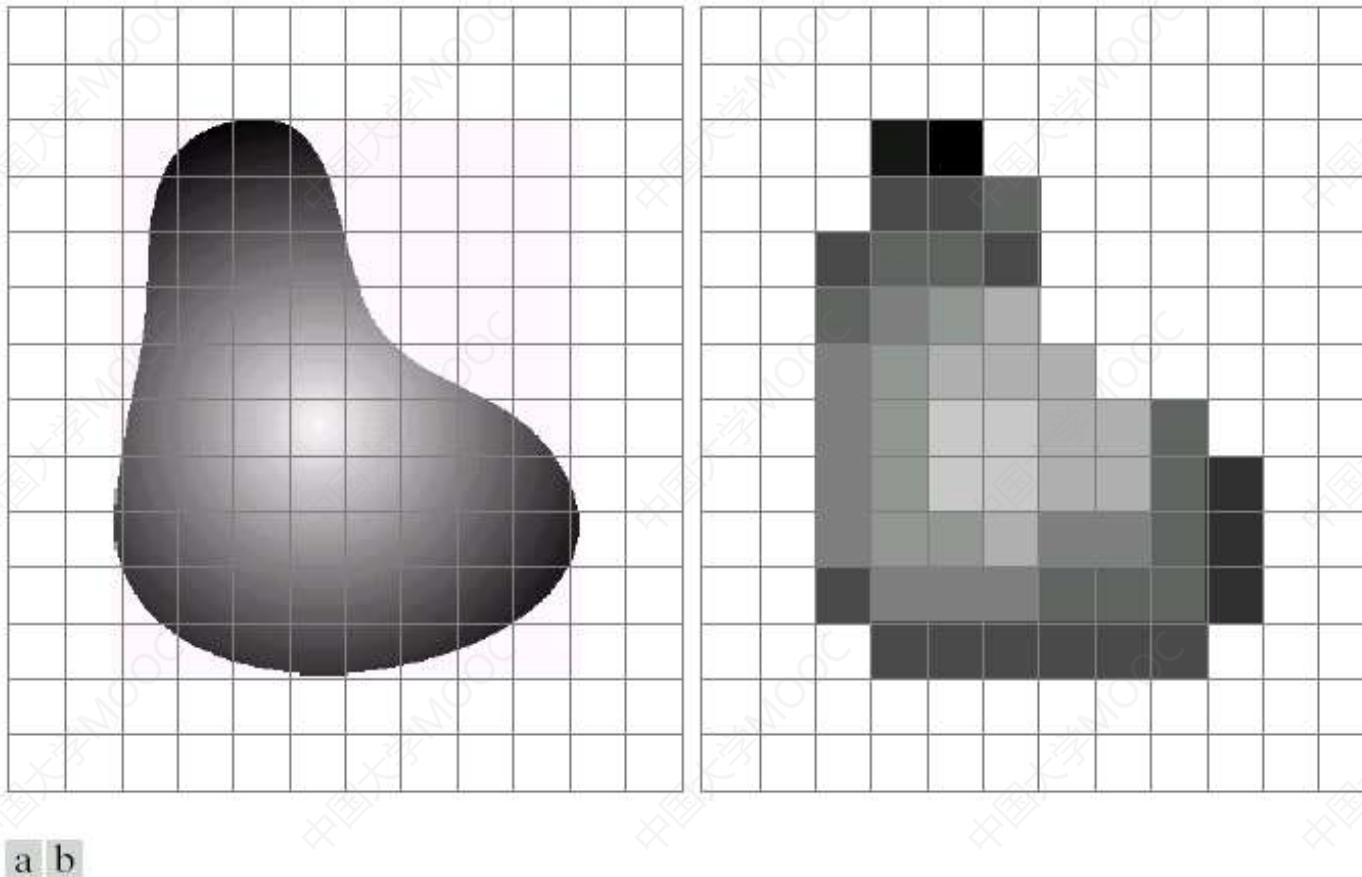


(b) 从A到B的一条扫描线



(d) 数字扫描线

取样和量化



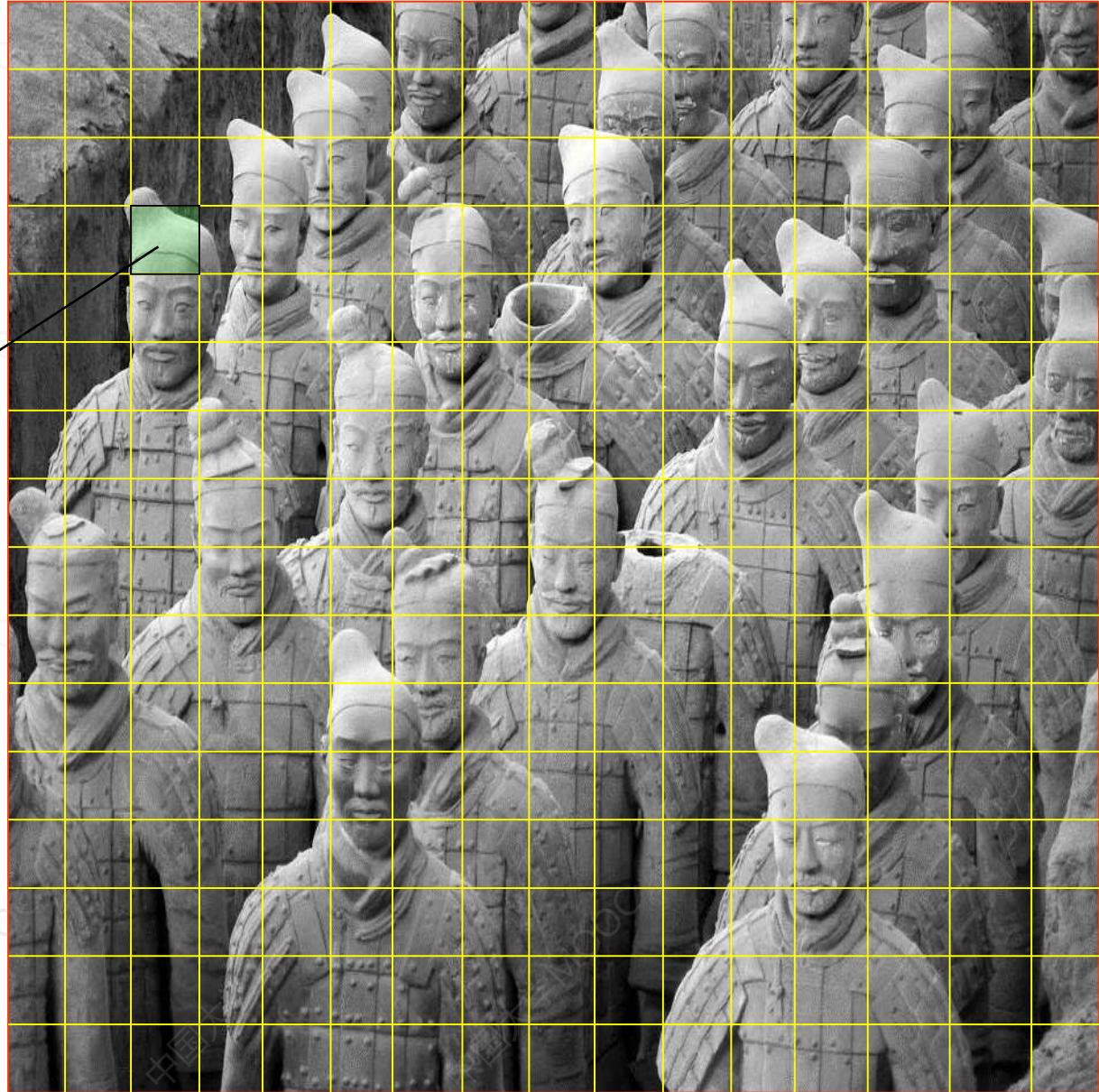
a b

FIGURE 2.17 (a) Continuos image projected onto a sensor array. (b) Result of image sampling and quantization.

取样

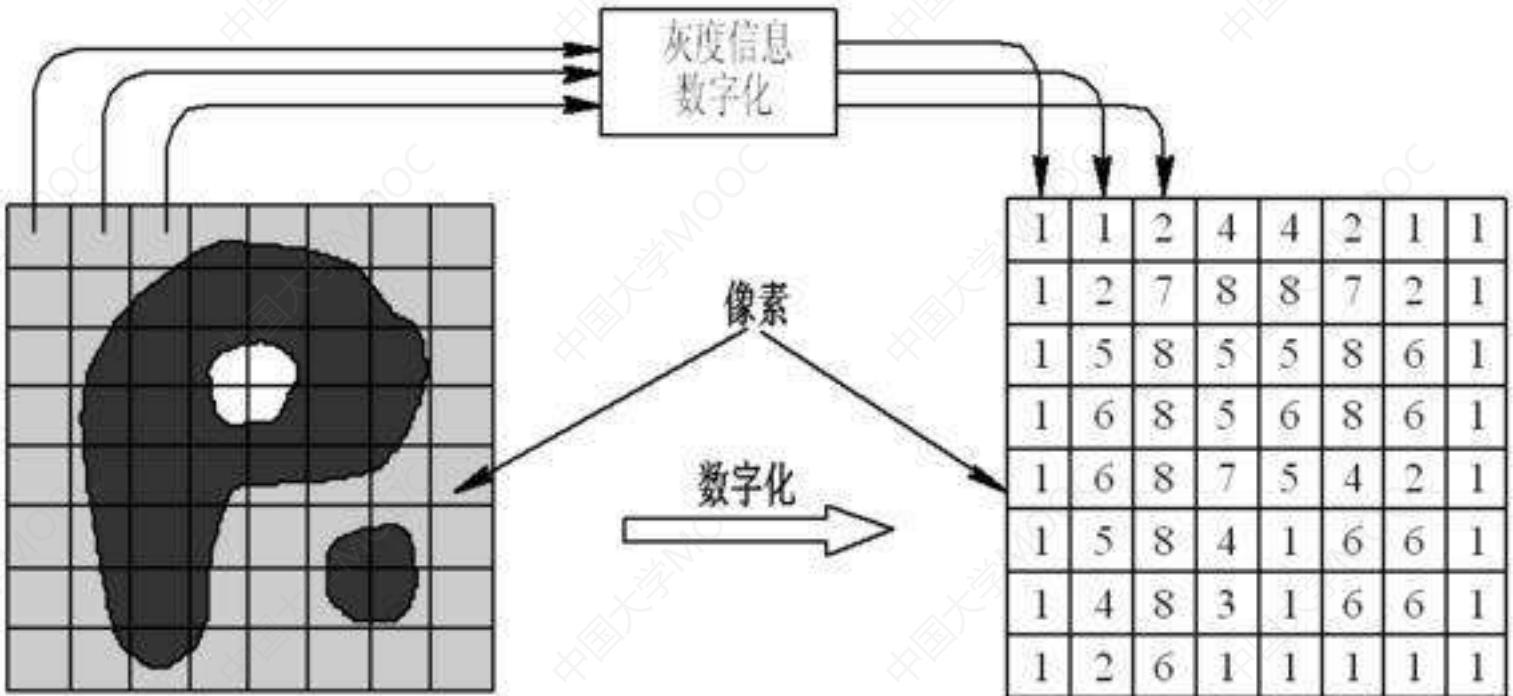
- 把一幅图像分成16行16列的过程叫做**取样**。
- 取样后，该图像共包含 $16 \times 16 = 256$ 个像素。

像素



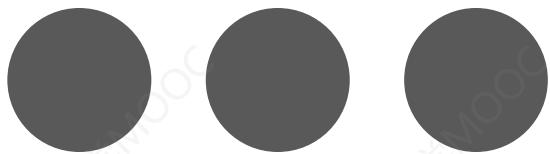
量化

确定每一个像素的值叫做**量化**。



本节内容结束

谢谢大家



2数字图像基础

2.4 像素间的基本关系



像素之间的一些基本关系

- 相邻像素：

- 4邻域、D邻域、8邻域

- 邻接性

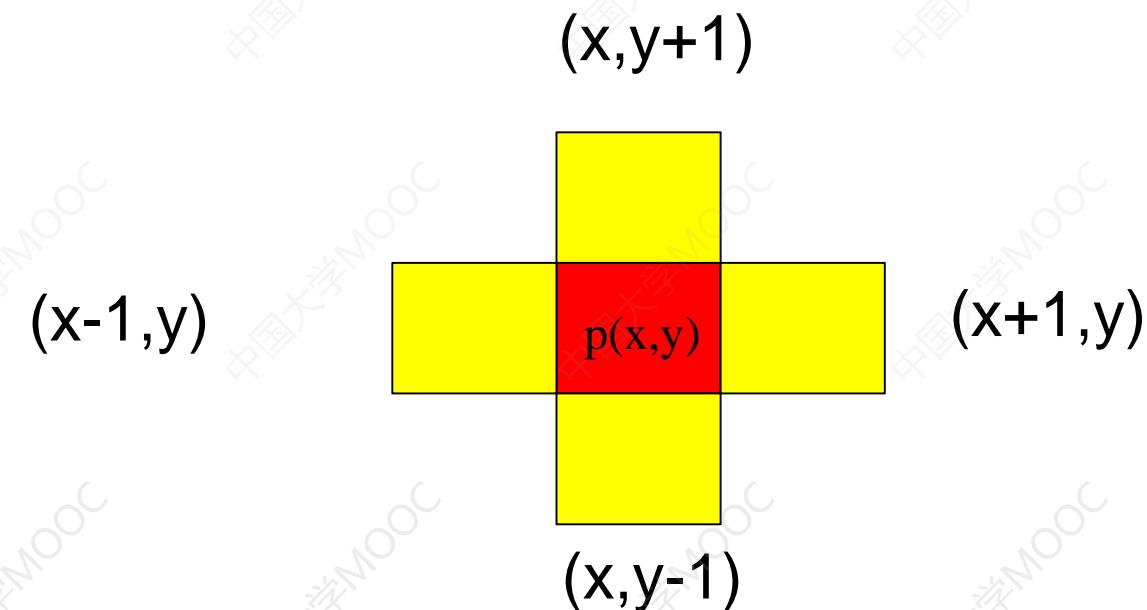
- 4邻接、8邻接、m邻接

- 距离

- 欧氏距离、城市距离、棋盘距离

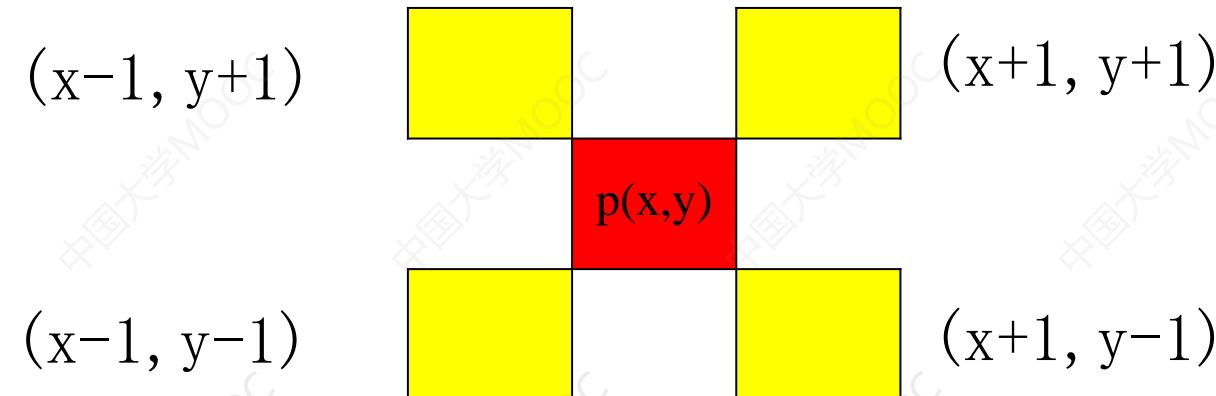
相邻像素——4邻域

- 4邻域：像素 $p(x, y)$ 的4邻域是：
 $(x+1, y); (x-1, y); (x, y+1); (x, y-1)$
- 用 $N_4(p)$ 表示像素 p 的4邻域。



相邻像素——D邻域

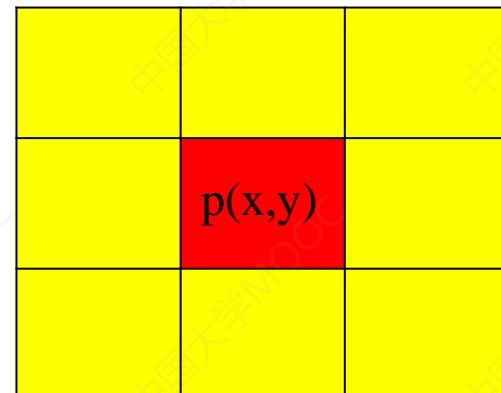
- D邻域定义：像素 $p(x, y)$ 的D邻域是：
对角上的点 $(x-1, y+1)$; $(x+1, y+1)$; $(x-1, y-1)$; $(x+1, y-1)$
- 用 $N_D(p)$ 表示像素 p 的D邻域。



相邻像素——8邻域

- 8邻域定义：像素 $p(x, y)$ 的8邻域是： 4邻域的点 + D邻域的点
- 用 $N_8(p)$ 表示像素 p 的8邻域。

$$N_8(p) = N_4(p) + N_D(p)$$

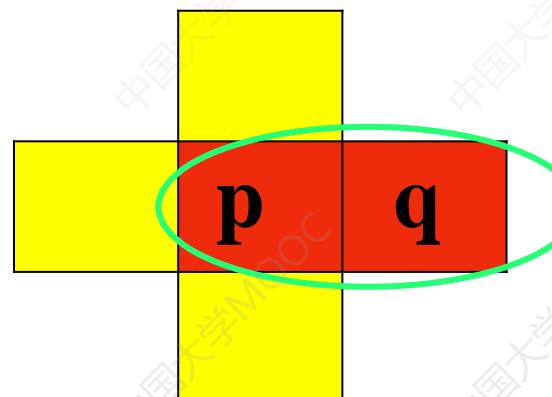


像素间的邻接性

- 邻接性是描述区域和边界的重要概念。
- 两个像素邻接的两个必要条件是：
 - ✓ 两个像素的位置相邻
 - ✓ 两个像素的灰度值满足特定的相似性准则，或者相等。
- 4邻接、8邻接、m邻接的定义

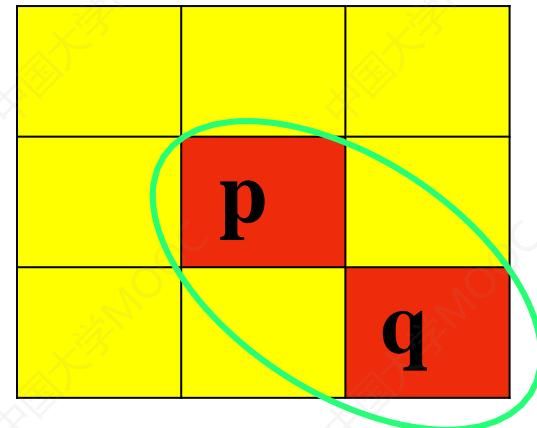
像素间的邻接性——4邻接

- 令 V 是用于定义邻接性的灰度值集合。
- 对于二值图像，如果把具有1值的像素归于邻接像素，则 $V=\{1\}$ 。
- 对于灰度图像，由于灰度范围为0到255，所以集合 V 包含更多的元素，可以是256个灰度值的任何一个子集。
- 对于具有值 V 的像素 p 和 q ，如果 q 在集合 $N_4(p)$ 中，则称这两个像素是4邻接的。



像素的邻接性——8邻接

- 对于具有值V的像素p和q，如果q在集合 $N_8(p)$ 中，则称这两个像素是8邻接的。



像素的邻接性——m邻接

- 对于具有值V的像素p和q，如果：
 - q在集合 $N_4(p)$ 中，或者
 - q在集合 $N_D(p)$ 中，并且 $N_4(p)$ 与 $N_4(q)$ 的交集为空（没有值V的像素）

则称这两个像素是m邻接的，即4邻接和D邻接的混合邻接。

	✓		
✓	p	✓✓	
	✓✓	q	✓
		✓	

是m邻接

	✓		
✓	p	✓✓	
	✓✓	q	✓
		✓	

不是m邻接

像素的邻接性——通路

- 一条从具有坐标 (x, y) 的像素 p , 到具有坐标 (s, t) 的像素 q 的通路, 是具有坐标:
 $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ 的不同像素的序列。
- 其中, $(x_0, y_0) = (x, y)$, $(x_n, y_n) = (s, t)$, (x_i, y_i) 和 (x_{i-1}, y_{i-1}) 是邻接的, $1 \leq i \leq n$, n 是路径的长度。
- 如果 $(x_0, y_0) = (x_n, y_n)$, 则该通路是闭合通路。

像素的邻接性——距离

- 像素之间距离的定义
- 欧氏距离
- D_4 距离（城市距离）
- D_8 距离（棋盘距离）

像素之间距离的定义

对于像素 p 、 q 和 z , 分别具有坐标 (x,y) , (s,t) 和 (u,v) ,
如果

(1) $D(p,q) \geq 0, D(p,q) = 0$, 当且仅当 $p=q$)

(2) $D(p,q) = D(q,p)$

(3) $D(p,z) \leq D(p,q) + D(q,z)$

则称 D 是距离函数或度量。

欧氏距离

- 像素 $p(x,y)$ 和 $q(s,t)$ 间的欧式距离定义如下：

$$D_e(p, q) = \sqrt{(x - s)^2 + (y - t)^2}$$

- 对于这个距离计算方法，与像素 (x,y) 距离小于等于某个值 r 的像素位于以 (x,y) 为圆心，以 r 为半径的圆平面内。

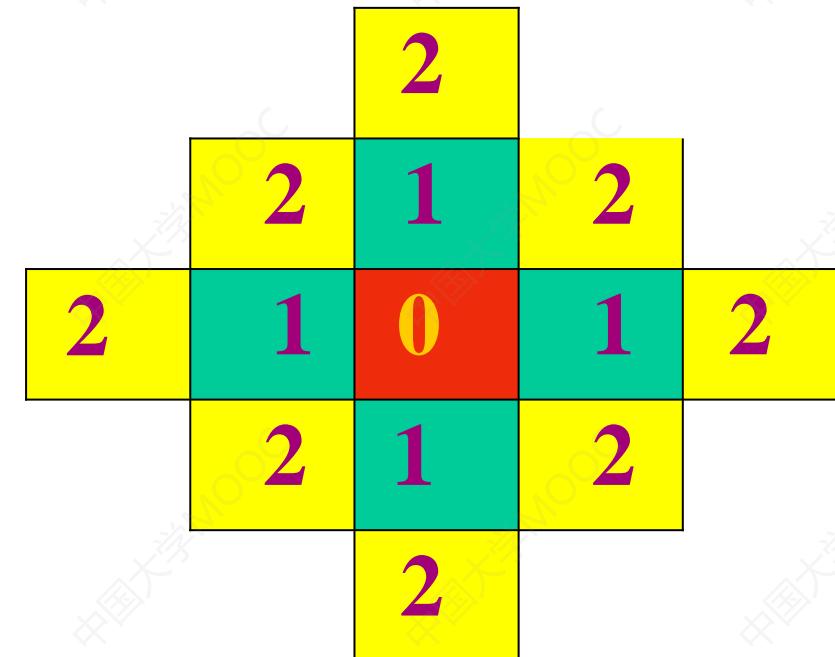
D₄距离 (城市距离)

- 像素p(x, y)和q(s, t)之间的D₄距离定义为：

$$D_4(p, q) = |x - s| + |y - t|$$

- 与像素(x, y)的D₄距离小于等于某个值r的那些像素形成一个菱形。

- 例如，与点(x, y)（中心点）D₄距离小于等于2的像素，形成如图所示固定距离的菱形轮廓。
- 具有D₄=1的像素是(x, y)的4邻域。



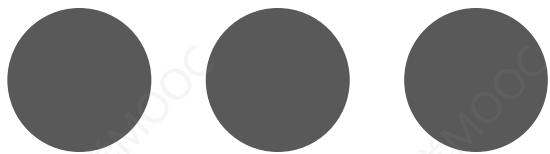
D₈距离 (棋盘距离)

- 像素p(x,y)和q(s,t)之间的D₈距离定义为：
$$D_8(p,q) = \max(|x - s|, |y - t|)$$
- 与像素(x,y)的D₈距离小于等于某个值r的那些像素形成一个正方形。
- 例如，与像素(x,y)的D₈距离小于等于2的像素，形成右边固定距离的轮廓。
- 具有D₈=1的像素是(x,y)的8邻域。

2	2	2	2	2
2	1	1	1	2
2	1	0	1	2
2	1	1	1	2
2	2	2	2	2

本节内容结束

谢谢大家



2 数字图像基础

2.5 数学工具



1) 阵列和矩阵操作

考虑下面的 2×2 图像：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \text{ and } \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix}$$

阵列相乘规则为：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} & a_{12}b_{12} \\ a_{21}b_{21} & a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

矩阵相乘规则为：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}b_{11} + a_{12}b_{21} & a_{11}b_{12} + a_{12}b_{22} \\ a_{21}b_{11} + a_{22}b_{21} & a_{21}b_{12} + a_{22}b_{22} \end{bmatrix}$$

2) 线性操作和非线性操作

考虑一个通用算子 H , 该算子对于给定的输入图像 $f(x,y)$, 产生一幅输出图像 $g(x,y)$:

$$H[f(x,y)] = g(x,y)$$

如果满足下式:

$$\begin{aligned} H[a_i f_i(x,y) + a_j f_j(x,y)] &= a_i H[f_i(x,y)] + a_j H[f_j(x,y)] \\ &= a_i g_i(x,y) + a_j g_j(x,y) \end{aligned}$$

则称 H 是一个线性算子。

Additivity (可加性) Homogeneity (同质性)

3) 算术操作

两幅图像 $f(x,y)$ 和 $g(x,y)$ 的加、减、乘、除分别为：

$$s(x, y) = f(x, y) + g(x, y)$$

$$d(x, y) = f(x, y) - g(x, y)$$

$$p(x, y) = f(x, y) \times g(x, y)$$

$$v(x, y) = f(x, y) \div g(x, y)$$

- 进行算术操作的两幅图像大小必须相同（比如 $M \times N$ ）。
- 算术操作在 f 和 g 中相应的像素对之间进行，其中 $x=0, 1, 2, \dots, M-1$,
 $y=0, 1, 2, \dots, N-1$ 。
- s, d, p 和 v 大小也为 $M \times N$ 。

算术操作应用——图像平均降噪

令 $g(x,y)$ 的是无噪声图像 $f(x,y)$ 被加性噪声 $n(x,y)$ 污染后的图像：

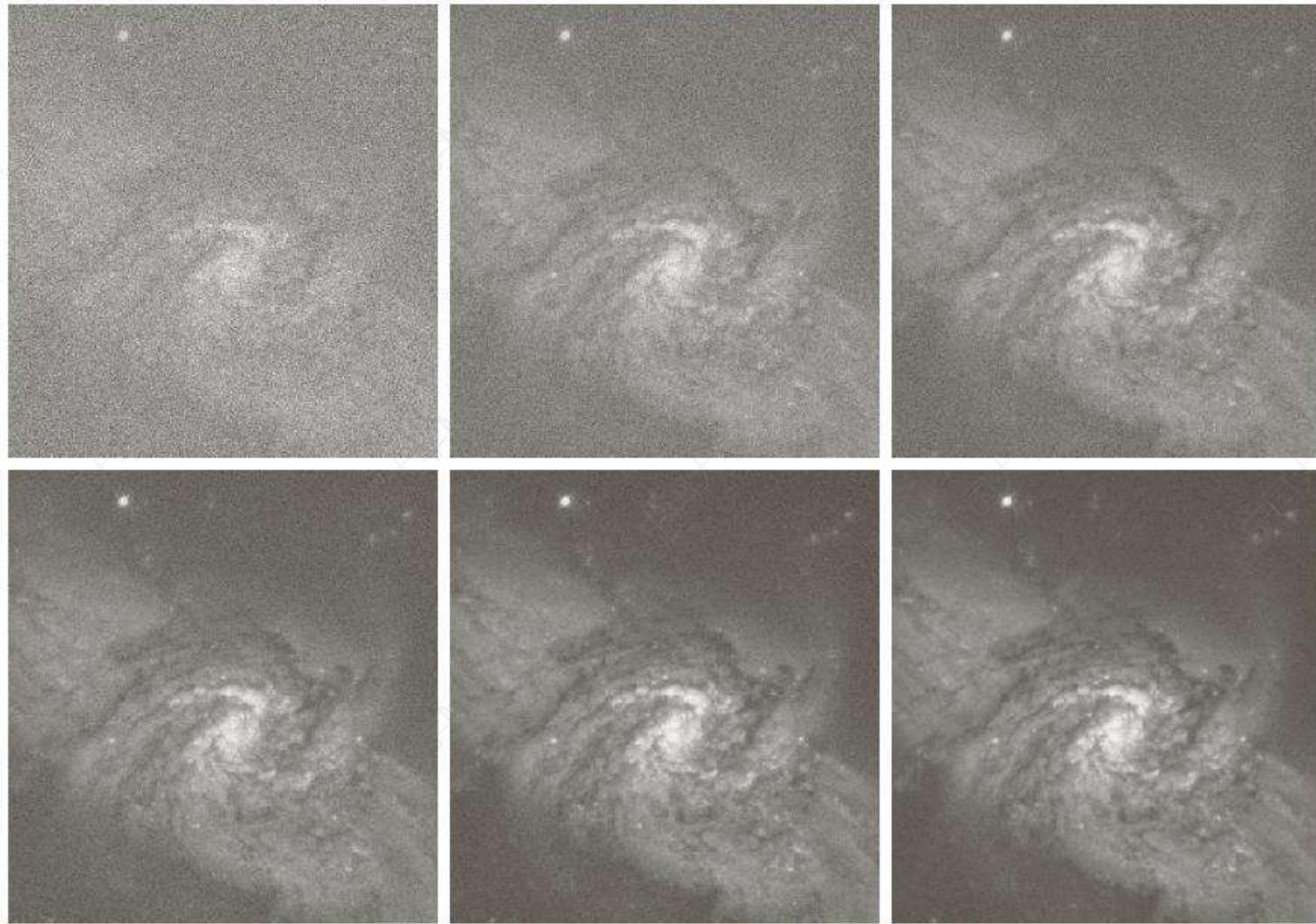
$$g(x,y) = f(x,y) + n(x,y)$$

假设在每一对坐标 (x,y) 处，噪声是不相关的，且均值为零。

那么对 K 幅不同的噪声图像进行平均，可得：

$$\bar{g}(x, y) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K g_i(x, y)$$

算术操作应用——图像平均降噪



a b c
d e f

FIGURE 2.26 (a) Image of Galaxy Pair NGC 3314 corrupted by additive Gaussian noise. (b)–(f) Results of averaging 5, 10, 20, 50, and 100 noisy images, respectively. (Original image courtesy of NASA.)

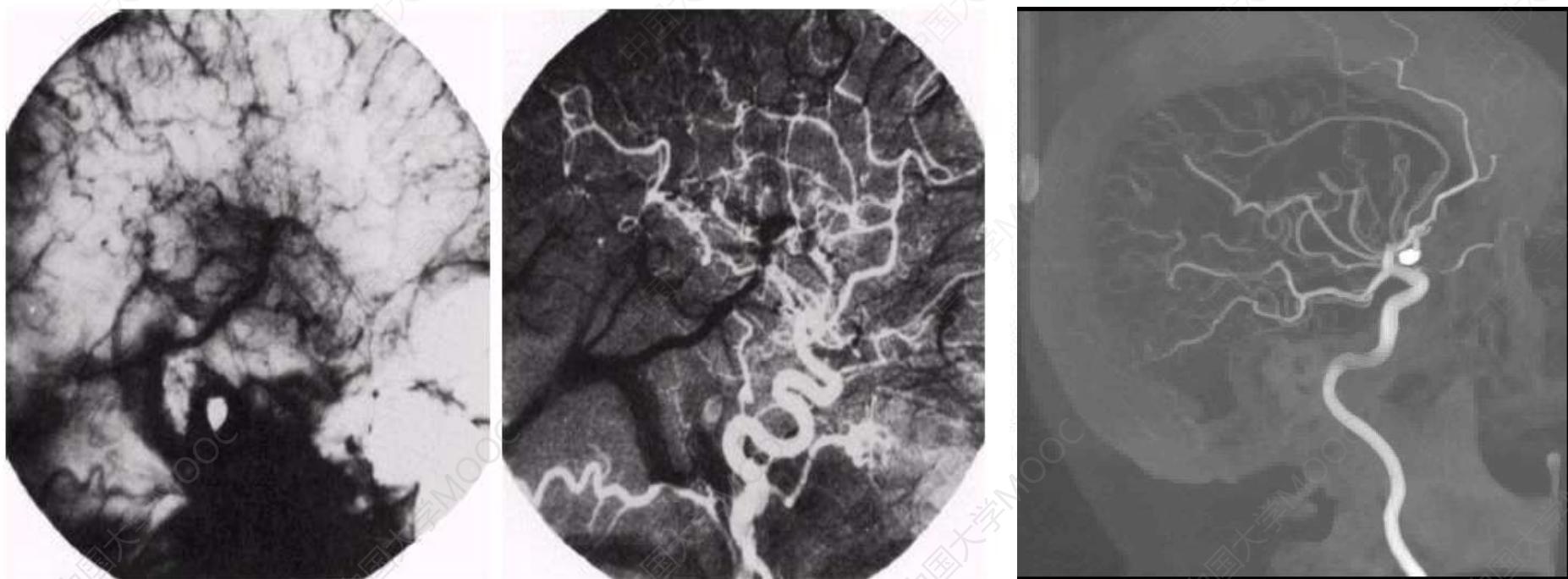
算术操作应用——图像相减增强差别



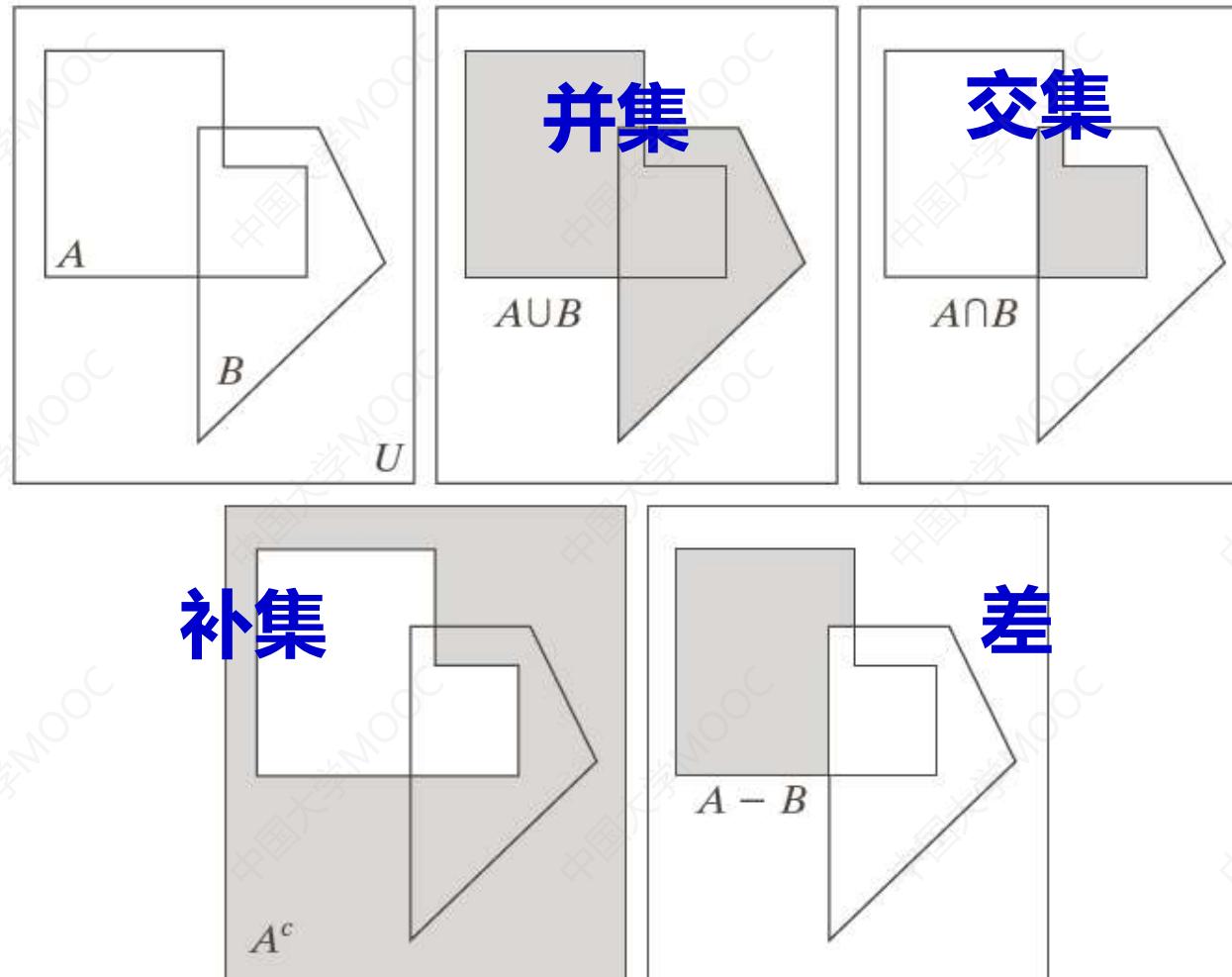
a b c

FIGURE 2.27 (a) Infrared image of the Wa significant bit of every pixel in (a). (c) Diff

血管中注入造影剂前后分别
获取两幅X线图像。
两幅图像相减可以增强血管。



4) 集合操作

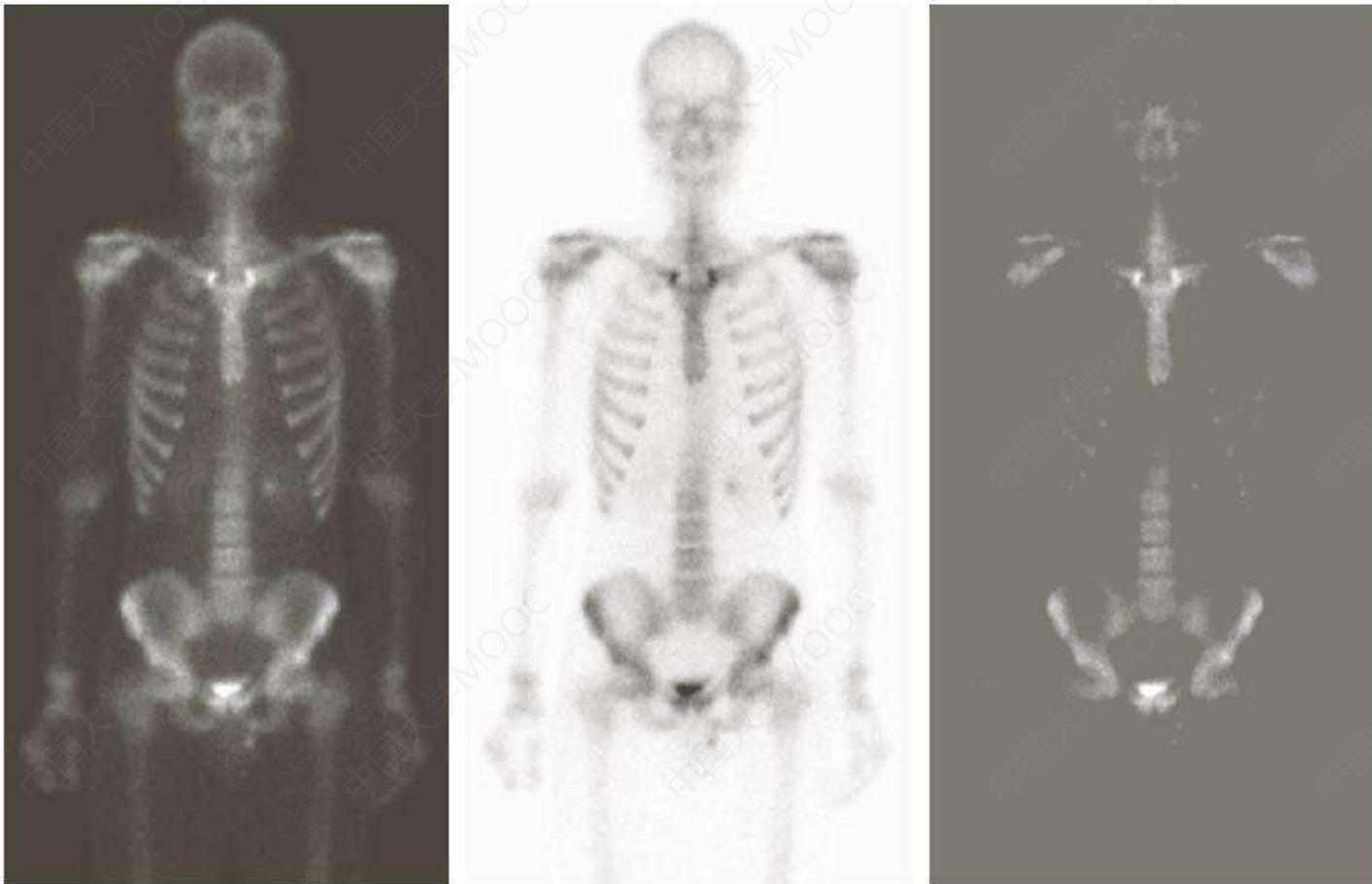


a b c
d e

FIGURE 2.31

- (a) Two sets of coordinates, A and B , in 2-D space. (b) The union of A and B .
(c) The intersection of A and B . (d) The complement of A .
(e) The difference between A and B . In (b)–(e) the shaded areas represent the member of the set operation indicated.

集合操作应用

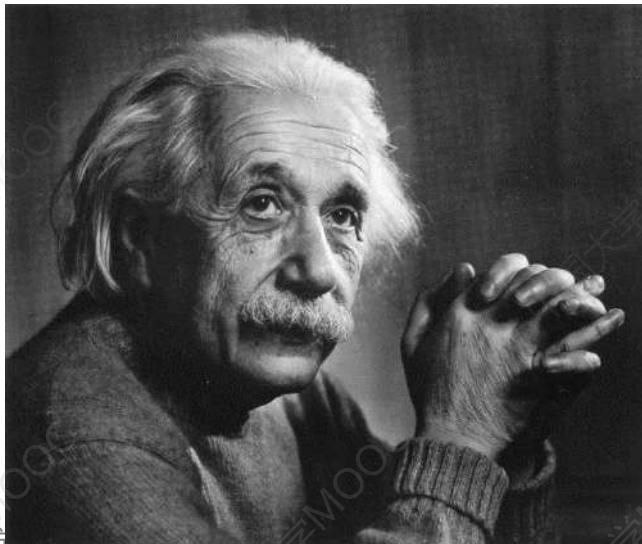


a b c

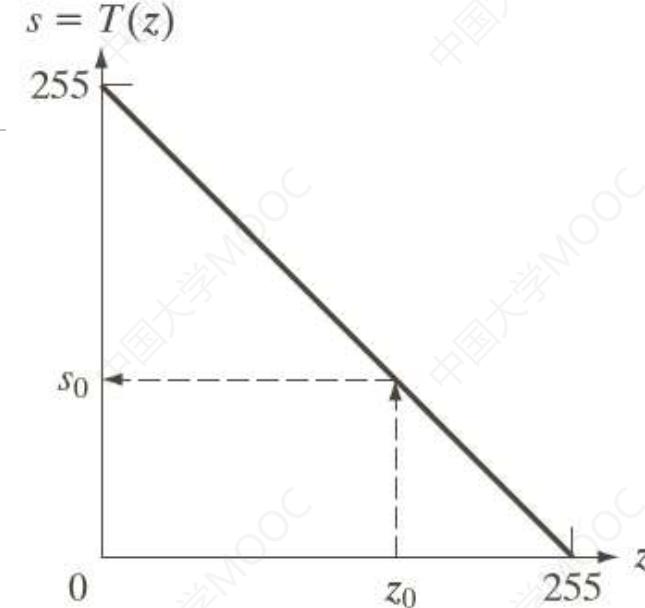
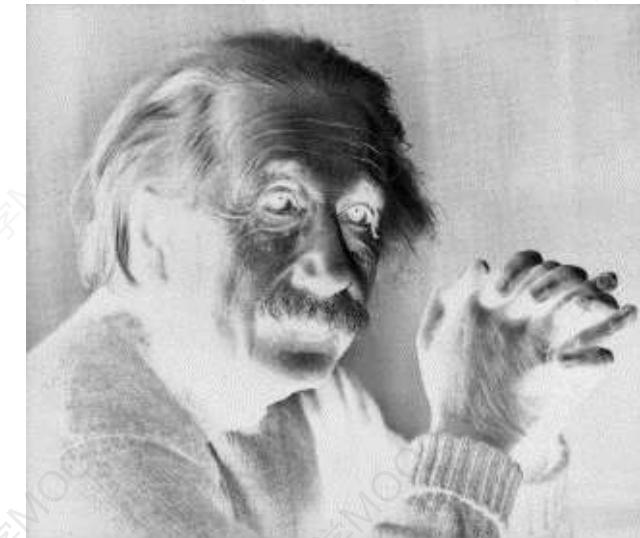
FIGURE 2.32 Set operations involving gray-scale images.
(a) Original image. (b) Image negative obtained using set complementation.
(c) The union of (a) and a constant image.
(Original image courtesy of G.E. Medical Systems.)

5) 空间操作——单像素操作

$$s = T(z)$$

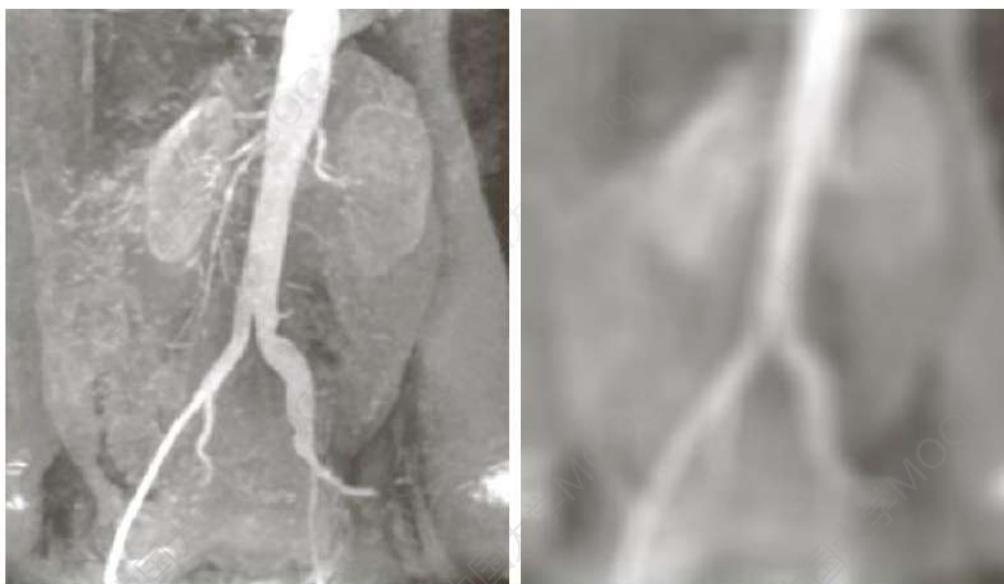
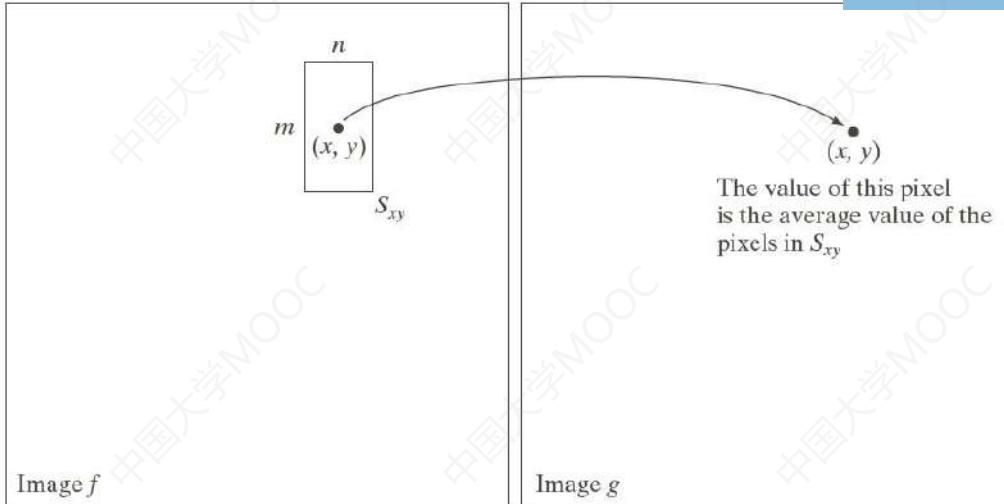


negative



5) 空间操作——邻域操作

$$g(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(r,c) \in S_{xy}} f(r, c)$$



a	b
c	d

FIGURE 2.35
Local averaging using neighborhood processing. The procedure is illustrated in (a) and (b) for a rectangular neighborhood. (c) The aortic angiogram discussed in Section 1.3.2. (d) The result of using Eq. (2.6-21) with $m = n = 41$. The images are of size 790×686 pixels.

5) 空间操作——空间几何变换

改变一幅图像中
像素之间的关系

——对坐标进行空间变换

——灰度内插，即对变换后
的像素赋灰度值

仿射变换：

$$[x \ y \ 1] = [v \ w \ 1]T = [v \ w \ 1] \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & 0 \\ t_{21} & t_{22} & 0 \\ t_{31} & t_{32} & 1 \end{bmatrix}$$

TABLE 2.2

Affine transformations based on Eq. (2.6.-23).

空间变换类型

恒等变换

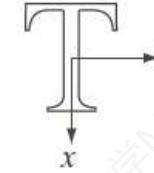
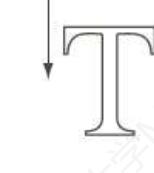
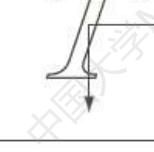
尺度变换

旋转变换

平移变换

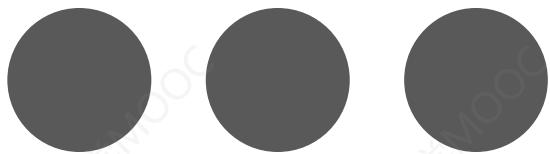
偏移变换
(垂直)

偏移变换
(水平)

Transformation Name	Affine Matrix, T	Coordinate Equations	Example
Identity	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v$ $y = w$	
Scaling	$\begin{bmatrix} c_x & 0 & 0 \\ 0 & c_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = c_x v$ $y = c_y w$	
Rotation	$\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v \cos \theta - w \sin \theta$ $y = v \cos \theta + w \sin \theta$	
Translation	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{bmatrix}$	$x = v + t_x$ $y = w + t_y$	
Shear (vertical)	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ s_v & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v + s_v w$ $y = w$	
Shear (horizontal)	$\begin{bmatrix} 1 & s_h & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$x = v$ $y = s_h v + w$	

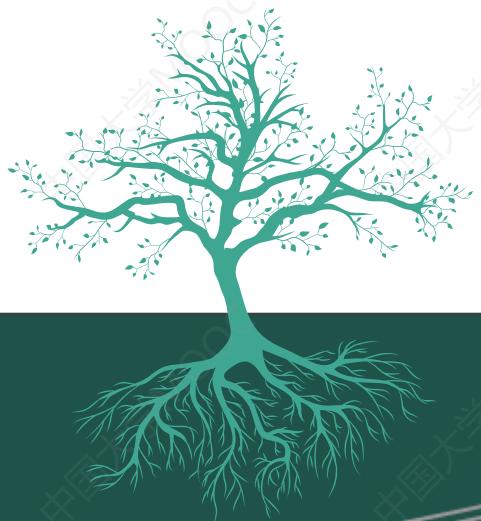
本节内容结束

谢谢大家



2 数字图像基础

2.6 分辨率与插值



空间分辨率

- 空间分辨率表示图像可分辨的物体最小空间变化。
- 影响因素：与成像设备和成像过程有关，特别是与采样率有关。
- 一般用单位距离的线对数和单位距离的点数（像素数）（ppi 或 dpi）来表示。
- 简单的可用图像大小来表示：MXN

空间分辨率

- **HD/高清**: 物理分辨率 1280×720 (100万像素)
- **FHD/全高清**: 物理分辨率 1920×1080 (200万像素)
- **2K**: 物理分辨率 2048×1080
- **4K/UHD/超高清**: 物理分辨率 3840×2160
- **8K**: 物理分辨率 7680×4320

医学图像的空间分辨率

- CT： 512*512或1024*1024
- MR： 256*256或512*512
- DSA或数字胃肠机： 1024*1024
- DR或CR： 5百万以上

空间分辨率降低的效果

1250dpi



3692*2812

300dpi



886*674

150dpi



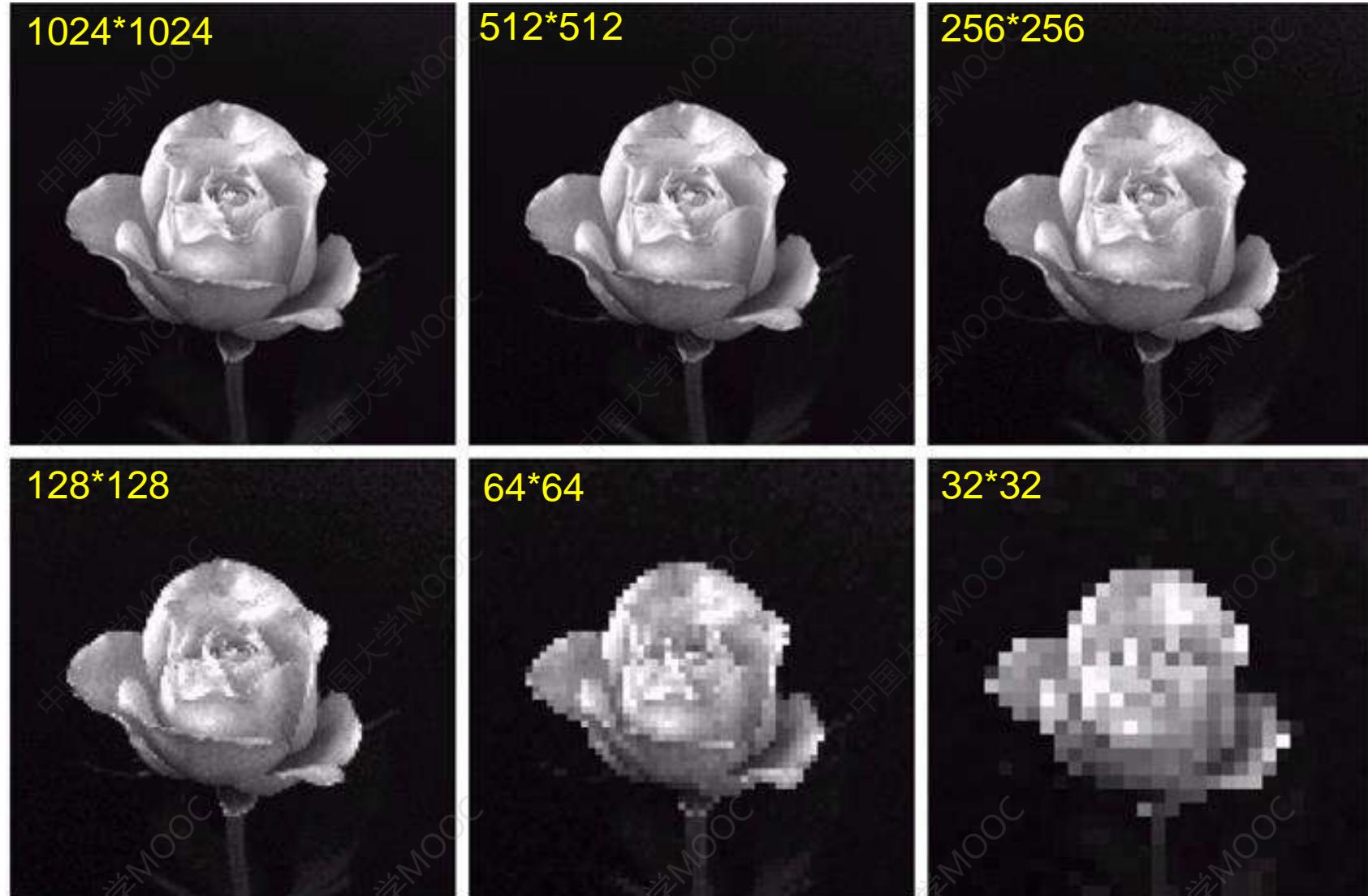
443*337

72dpi



213*162

空间分辨率差的图像大小放大一定倍数后会出现马赛克现象

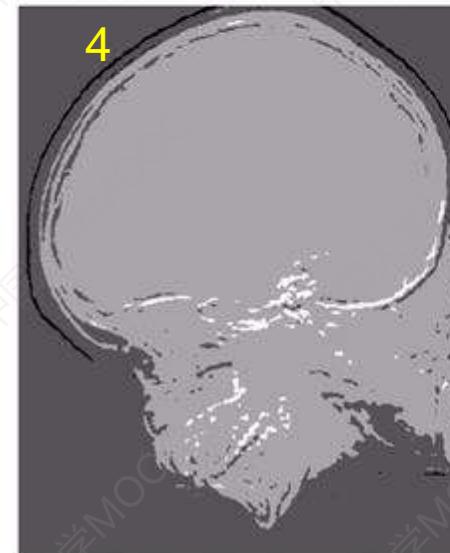
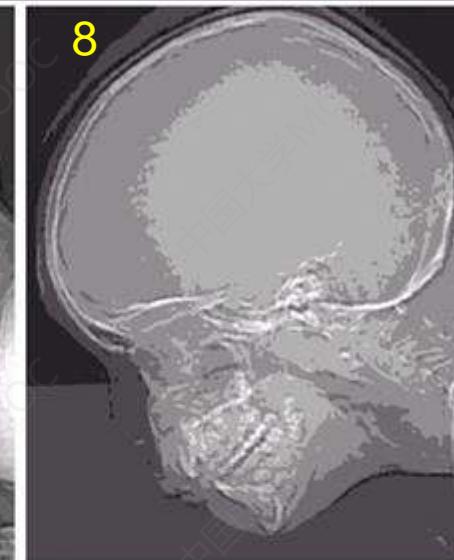


灰度分辨率

- 灰度分辨率表示图像可分辨的物体最小灰度变化。
- 影响因素：与成像设备和成像过程有关，特别是与**量化等级**有关。
- 简单的可用图像灰度级来表示：L级或k比特数。

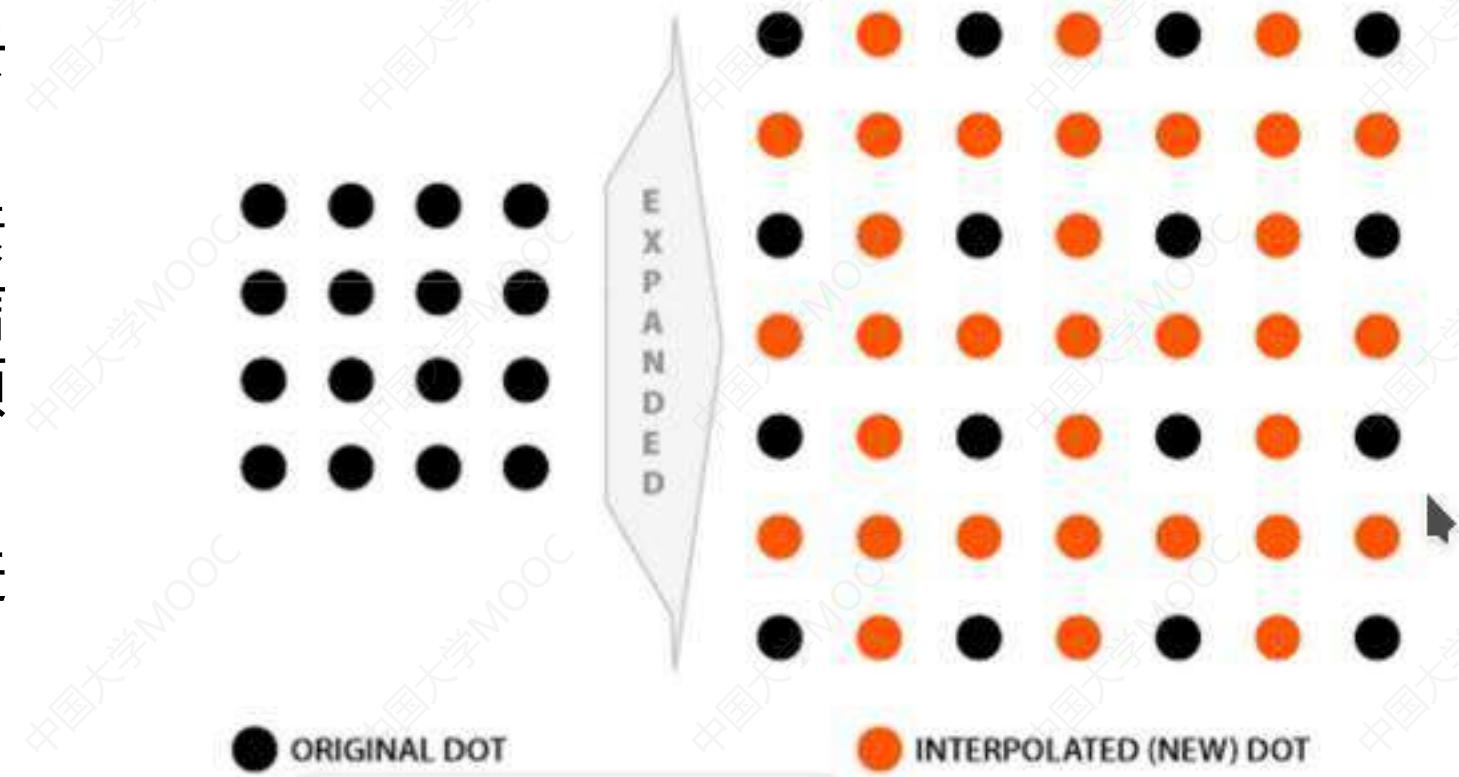
改变灰度分辨率的影响

灰度分辨率差时，会出现伪轮廓。



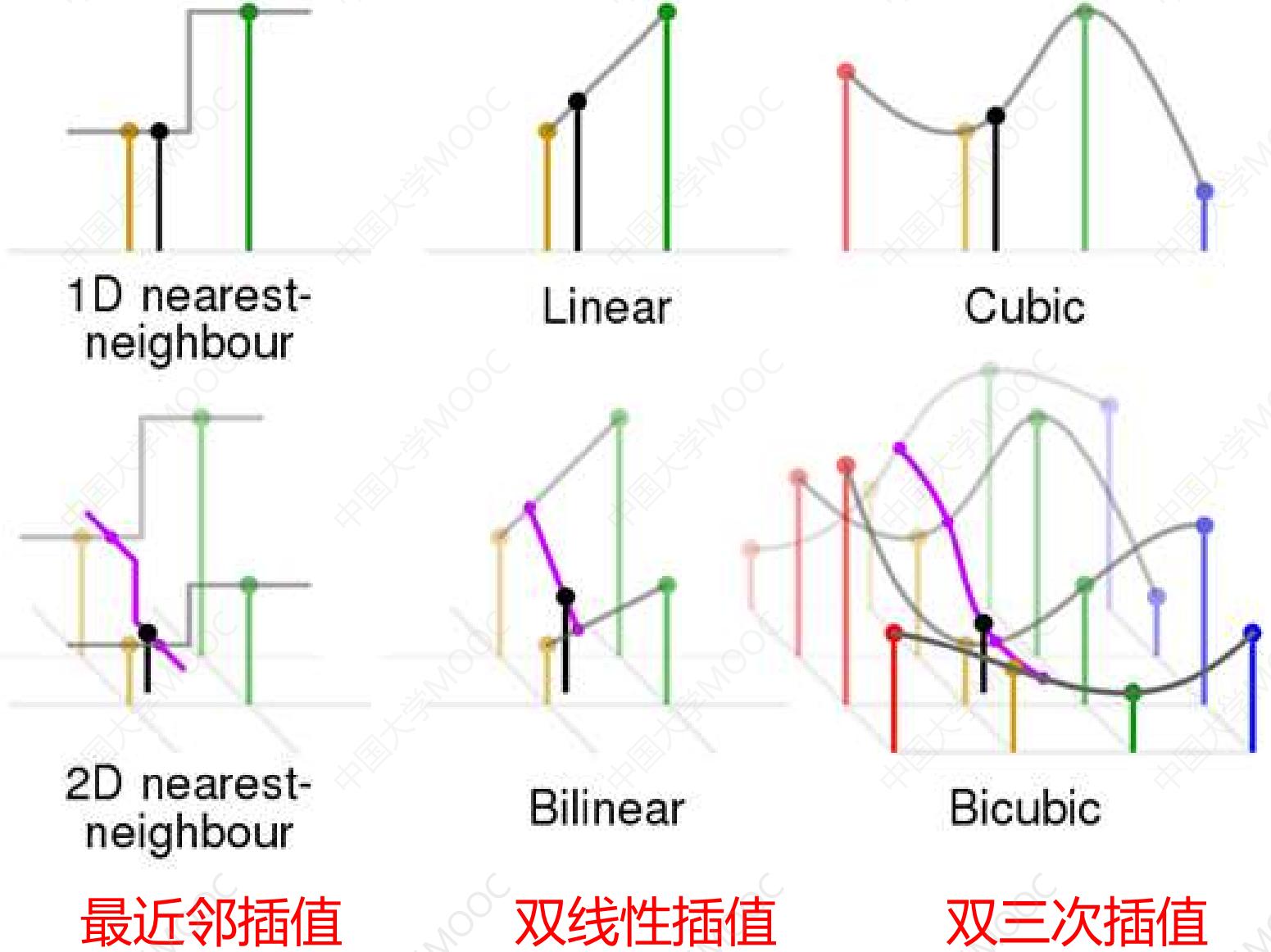
图像插值

- 插值指的是利用已知数据去预测未知数据。
- 图像插值则是给定一个像素点，根据它周围像素点的信息来对该像素点的值进行预测。
- 调整图片尺寸或者对图像进行变形时需要插值。



图像插值

- 利用图像插值技术可以放大图像，放大后有利于人眼观察图像，但**不能改变图像本身的分辨率**。



数字图像的质量——层次

- 灰度级：表示像素明暗程度的整数量。
例如：像素的取值范围为0-255，就称该图像为256个灰度级的图像。
- 层次：表示图像实际拥有的灰度级的数量。
例如：具有32种不同取值的图像，可称该图像具有32个层次。

图像数据的实际层次越多，视觉效果就越好

图像的质量——层次

256个层次的图像



64个层次的图像



16个层次的图像



图像的质量——对比度

- 对比度：是指一幅图像中亮度（或灰度）反差的大小。

$$\text{对比度} = \frac{\text{最大亮度}}{\text{最小亮度}}$$



增加对比度

河南科技大学精品在线开放课程



原图



降低对比度

图像的质量——亮度



亮度太高



亮度适中



亮度太低

图像的质量——尺寸大小

原图



缩小尺寸



图像的质量——细微层次

原图



减少细微层次



图像的质量——颜色饱和度

原图



降低颜色饱和度



本节内容结束

谢谢大家