

# 形状特征

形状特征是在提取目标形状参数的基础上，对目标进行分析和理解。如目标匹配、形状识别等等

表 1 鲜苹果质量等级要求

项 目	等 级		
	优等品	一等品	二等品
果形	具有本品种应有的特征	允许果形有轻微缺点	果形有缺点,但仍保持本品基本特征,不得有畸形果
色泽	红色品种的果面着色比例的具体规定参照附录 A;其他品种应具有本品种成熟时应有的色泽		
果梗	果梗完整(不包括商品化处理造成的果梗缺省)	果梗完整(不包括商品化处理造成的果梗缺省)	允许果梗轻微损伤

# 形状特征

形状特征描述：是在经过图像分割、二值化、边缘提取等处理的基础上，进一步抽象出形状特征参数的过程。

# 一、简单区域的形状特征描述

## ■ 面积S与周长L:

- ① 面积与周长是描述块状图形大小的最基本特征;
- ② 图形面积S可用同一标记的区域中像素的个数来表示;
- ③ 图形周长L用图形上相邻边缘点间距离之和来表示。



$$\text{果形指数} = H / D$$

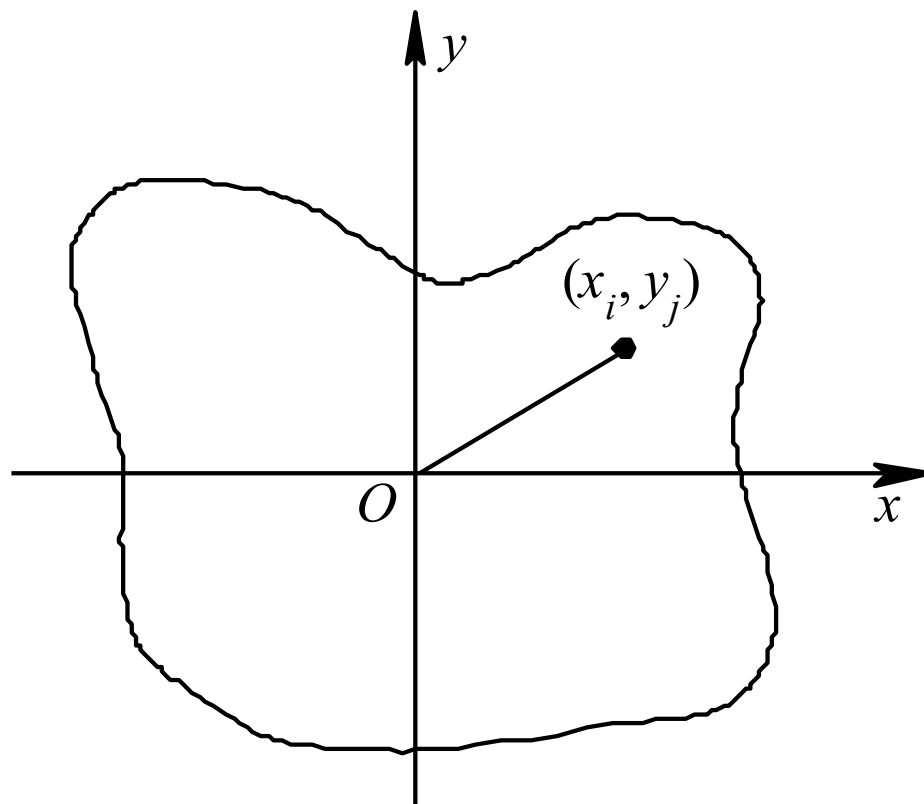
# 一、简单区域的形状特征描述

## ■ 圆形度 $R_0$ :

- ① 圆形度用来描述景物形状接近圆形的程度， $R_0=4\pi S/L^2$ ;
- ②  $R_0$ 的范围为 $0<R_0<1$ ， $R_0$ 越大，则图形越接近圆形。

## 二、图像的几何特征

### 1. 位置



物体位置由质心表示

## 图像矩的概念:

对于一幅离散化的数字图像 $f(i,j)$ ,  $p + q$ 阶矩的定义为:

$$m_{pq} = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N i^p j^q f(i, j) \quad , \text{其中 } p \text{ 和 } q \text{ 为非负整数}$$

通常, 前10个矩( $p + q \leq 3$ )获得最为广泛的应用, 而且它们都有实在的物理意义:

(1) 0阶矩( $m_{00}$ )为物体的质量;

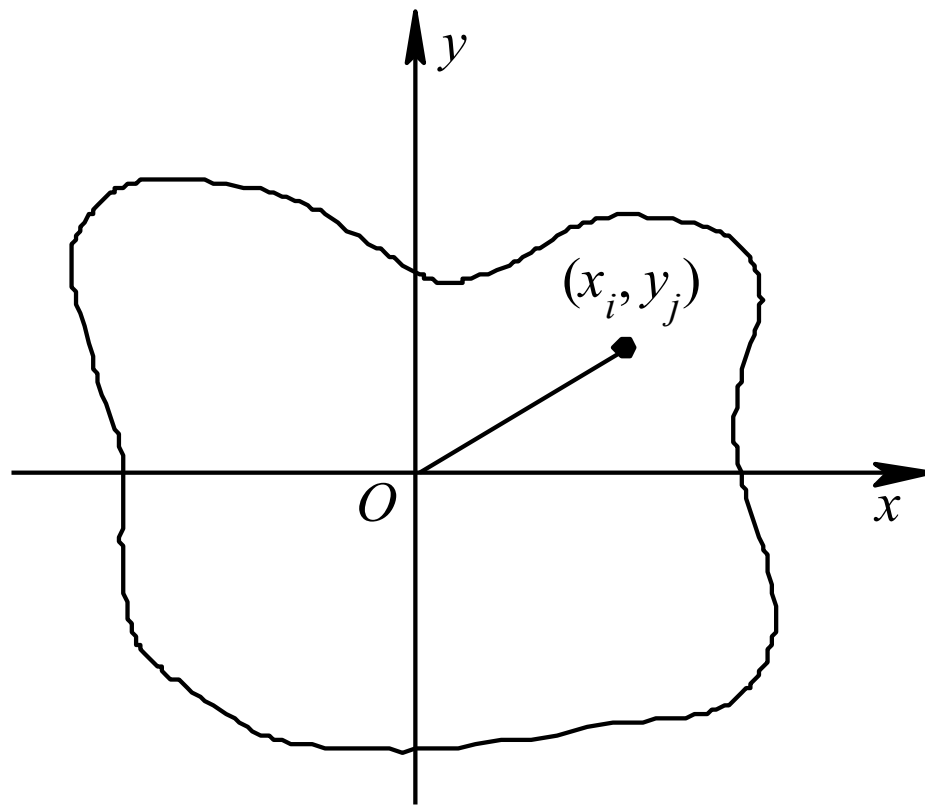
**(2) 1阶矩( $m_{10}$ ,  $m_{01}$ )表示物体的质心;**

(3) 2阶矩( $m_{20}$ ,  $m_{02}$ ,  $m_{11}$ )表示旋转半径;

(4) 3阶矩( $m_{30}$ ,  $m_{03}$ ,  $m_{12}$ ,  $m_{21}$ )描述物体的方位和斜度。

由上可知，图像质心的坐标公式为：

$$\begin{cases} x_c = \frac{m_{10}}{m_{00}} \\ y_c = \frac{m_{01}}{m_{00}} \end{cases}$$

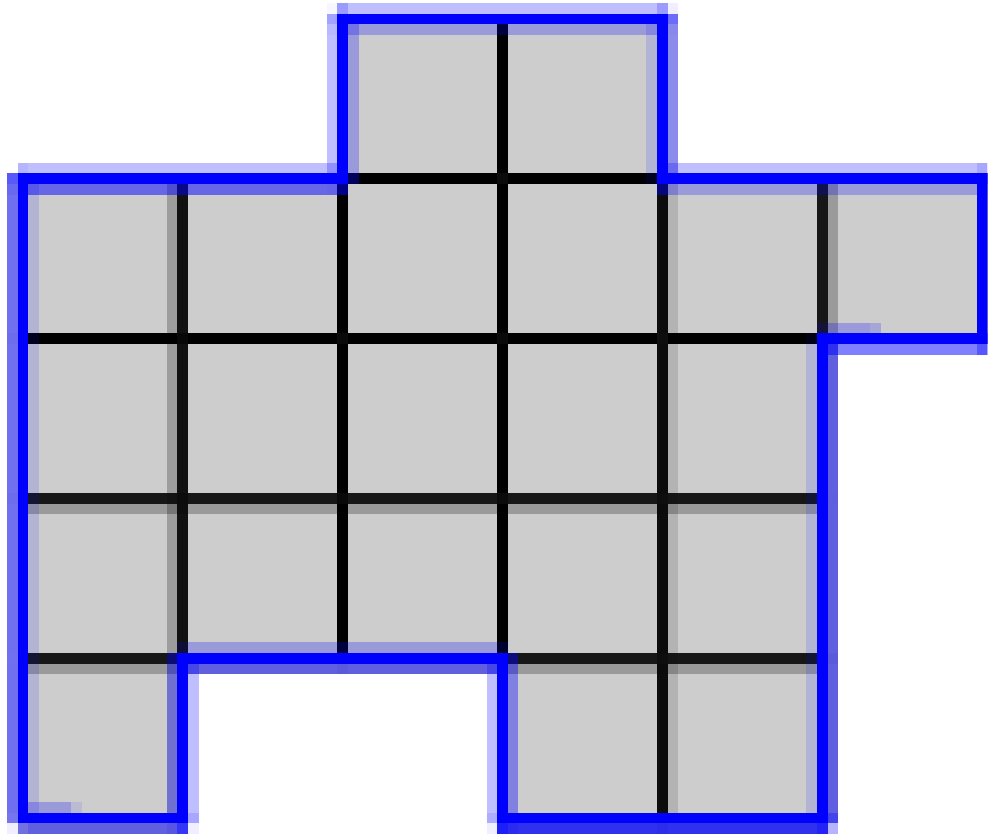


## 2. 周长

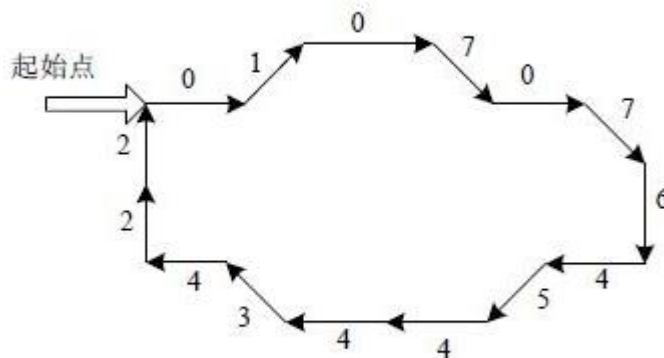
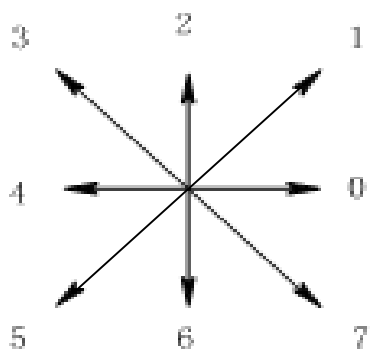
**区域的周长即区域的边界长度。**一个形状简单的物体用相对较短的周长来包围它所占有面积内的像素，周长就是围绕所有这些像素的外边界的长度。通常，测量这个长度时包含了许多 $90^\circ$ 的转弯，从而夸大了周长值。**区域的周长在区别具有简单或复杂形状物体时特别有用。**由于周长的表示方法不同，因而计算方法也不同，常用的简便方法有3种。



(1) 当把图像中的像素看作单位面积小方块时，则图像中的区域和背景均由小方块组成。区域的周长即为区域和背景缝隙的长度和，此时边界用隙码表示。因此，求周长就是计算隙码的长度。



(2) 当把像素看作一个一个的点时，则周长用链码表示，求周长也即计算链码长度。



b 用链码表轮廓跟踪的链码序列

链码值	0	1	2	3	4	5	6	7
X 坐标偏移	1	1	0	-1	-1	-1	0	1
Y 坐标偏移	0	-1	-1	-1	0	1	1	0

当链码值为奇数时，其长度记作 $\sqrt{2}$ ；当链码值为偶数时，其长度记作1。即周长 $p$ 表示：

$$p = N_e + \sqrt{2}N_o$$

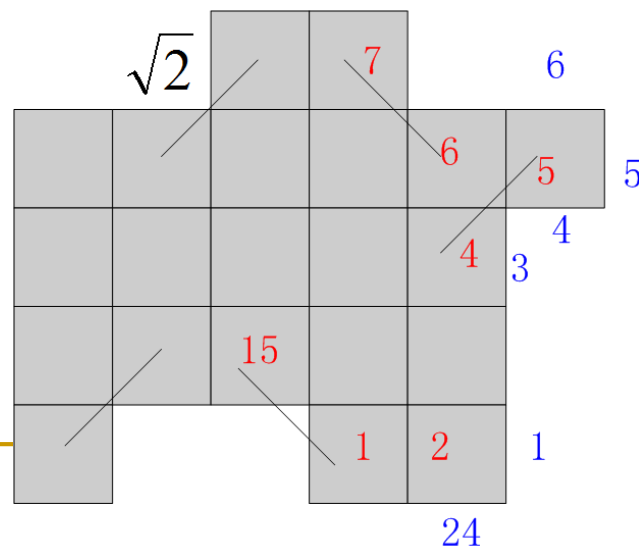
(3) 周长用边界所占面积表示，也即边界点数之和，每个点占面积为1的一个小方块。

以下图所示的区域为例，采用上述三种计算周长的方法求得边界的周长分别是：

(1) 边界用隙码表示时，周长为**24**；

(2) 边界用链码表示时，周长为 **$10+5\sqrt{2}$** ；

(3) 边界用面积表示时，周长为**15**。



### 3 面积

面积是物体的总尺寸的一个方便的度量。面积只与该物体的边界有关，而与其内部灰度级的变化无关。一个形状简单的物体可用相对较短的周长来包围它所占有的面积。

#### 1) 像素计数面积

最简单的(未校准的)面积计算方法是统计边界内部(也包括边界上)的像素的数目。在这个定义下面积的计算非常简单， 求出域边界内像素点的总和即可，计算公式如下：

$$A = \sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M f(x, y)$$

对二值图像而言，若用1表示物体，用0表示背景，其面积就是统计 $f(x, y) = 1$ 的个数。

## 2) 用边界坐标计算面积

Green（格林）定理表明，在x-y平面中的一个封闭曲线包围的面积由其轮廓积分给定，即

$$A = \frac{1}{2} \oint (x dy - y dx)$$

其中，积分沿着该闭合曲线进行。将其**离散化**，上式变为

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_b} [x_i (y_{i+1} - y_i) - y_i (x_{i+1} - x_i)] \\ &= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{N_b} [x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i] \end{aligned}$$

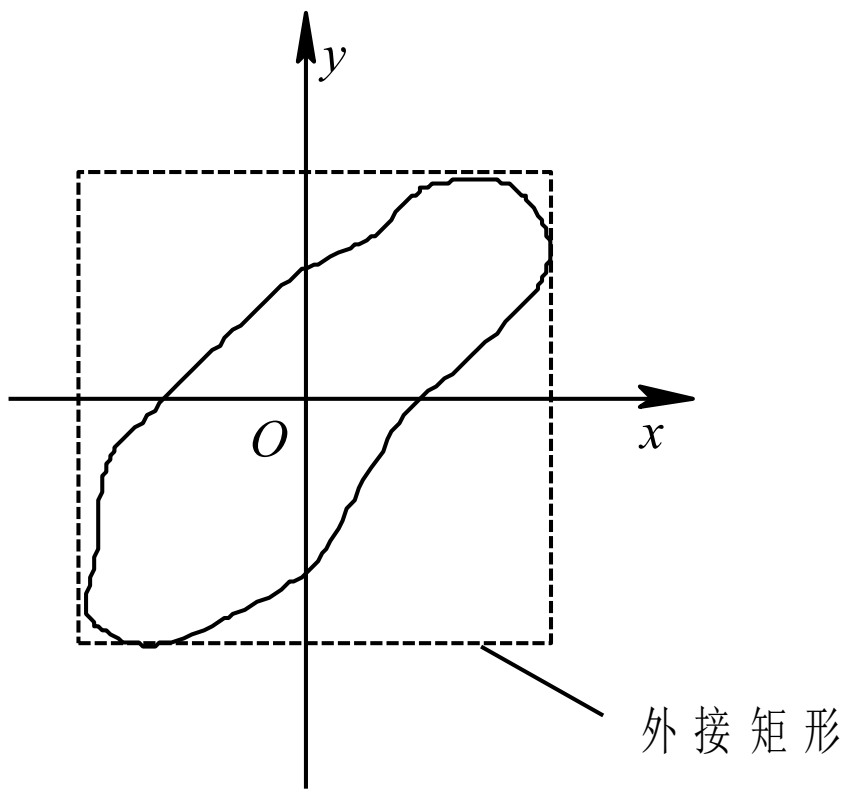
式中， $N_b$ 为边界点的数目。

## 4 长轴和短轴

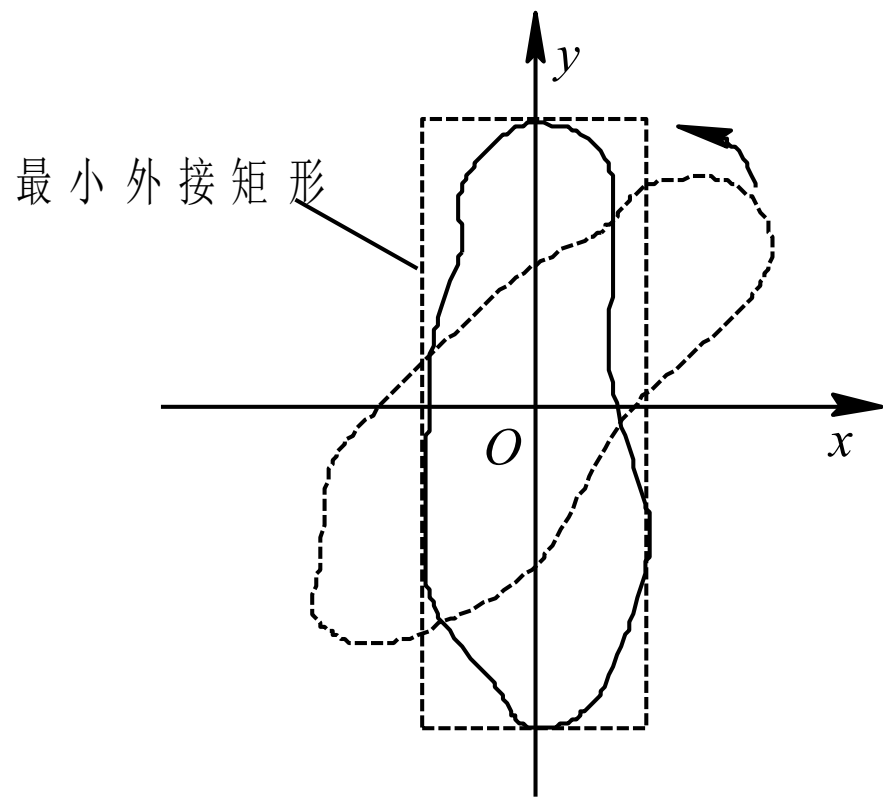
当物体的边界已知时，用其**外接矩形**的尺寸来刻画它的基本形状是最简单的方法。求物体在坐标系方向上的外接矩形，只需计算物体边界点的最大和最小坐标值，就可得到物体的水平和垂直跨度。但是，**对任意朝向的物体**，水平和垂直并非是我们感兴趣的方向。这时，就有必要确定物体的主轴，然后计算反映物体形状特征的主轴方向上的长度和与之垂直方向上的宽度，这样的外接矩形是物体的**最小外接矩形**（Minimum Enclosing Rectangle, MER）。



(a)



(a)

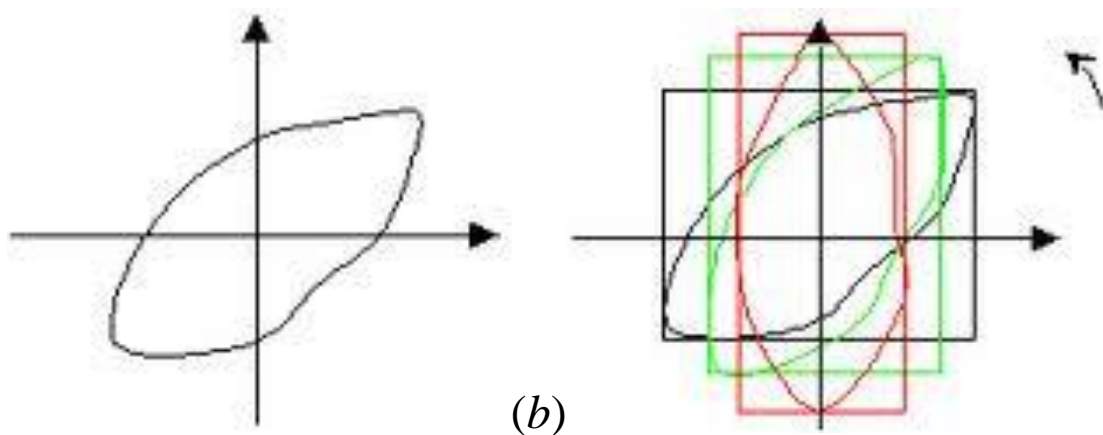


(b)

MER法求物体的长轴和短轴

(a) 坐标系方向上的外接矩形； (b) 旋转物体使外接矩形最小

计算MER的一种方法是，将物体的边界以每次以一定的角度增量（例如 $3^\circ$ ）在 $90^\circ$  范围内旋转。每旋转一次记录一次其坐标系方向上的外接矩形边界点的最大和最小 $x$ 、 $y$ 值。旋转到某一个角度后，外接矩形的面积(或周长)达到最小。取面积最小的外接矩形的参数为主轴意义下的长度和宽度。



请在实验课上实现



## 5 距离

图像中两点 $P(x, y)$ 和 $Q(u, v)$ 之间的距离是重要的几何性质，常用如下三种方法测量：

(1) 欧几里德距离：
$$d_e(P, Q) = \sqrt{(x-u)^2 + (y-v)^2}$$

(2) 市区距离：
$$d_4(P, Q) = |x-u| + |y-v|$$

(3) 棋盘距离：
$$d_8(P, Q) = \max(|x-u|, |y-v|)$$

## 三、形状特征

### 1 矩形度

矩形度反映物体对其外接矩形的充满程度，用物体的面积与其最小外接矩形的面积之比来描述，即

$$R = \frac{A_o}{A_{MER}}$$

式中， $A_o$ 是该物体的面积，而 $A_{MER}$ 是MER的面积。

$R$ 的值在0~1之间，当物体为矩形时， $R$ 取得最大值1.0；圆形物体的 $R$ 取值为 $\pi/4$ ；细长的、弯曲的物体的 $R$ 的取值变小。

另外一个与形状有关的特征是长宽比 $r$ :

$$r = \frac{W_{MER}}{L_{MER}}$$

$r$ 即为MER宽与长的比值。利用 $r$ 可以将细长的物体与圆形或方形的物体区分开来。

## 2 致密度

致密度 $C$ ，即周长( $P$ )的平方与面积( $A$ )的比：

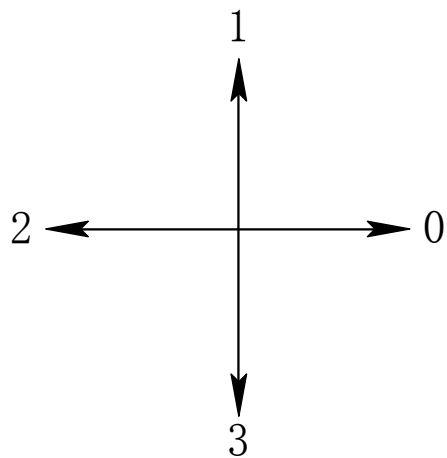
$$C = \frac{P^2}{A}$$

### 3 形状描述子

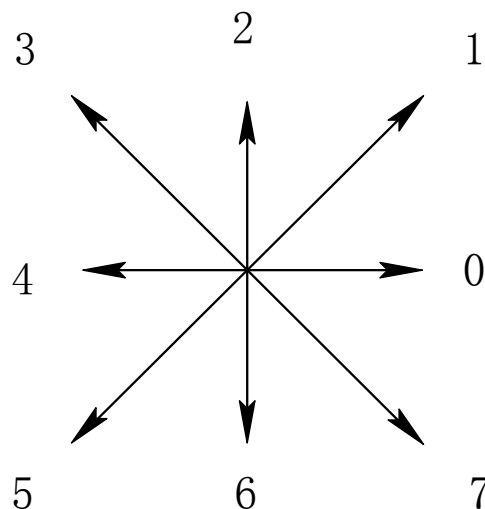
#### 1) 边界链码

链码是对边界点的一种编码表示方法，其特点是利用一系列具有特定长度和方向的相连的直线段来表示目标的边界。因为每个线段的长度固定而方向数目有限，所以只有边界的起点需要用绝对坐标表示，其余点都可只用接续方向来代表偏移量。由于表示一个方向数比表示一个坐标值所需比特数少，而且对每一个点又只需一个方向数就可以代替两个坐标值，因此链码表达可大大减少边界表示所需的数据量。

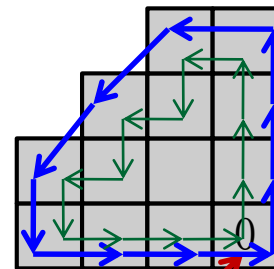
数字图像一般是按固定间距的网格采集的，因此最简单的链码是跟踪边界并赋给每两个相邻像素的连线一个方向值。常用的有4方向和8方向链码，其方向定义分别如下图(a)、(b)所示。它们的共同特点是直线段的长度固定，方向数有限。



(a) 4方向链码



(b) 8方向链码



(c) 图形

对图(c)所示边界，若设起始点O的坐标为(5,5)，则分别用如下4方向和8方向链码表示区域边界：

4方向链码： (5,5) 1 1 1 2 3 2 3 2 3 0 0 0

8方向链码： (5,5) 2 2 2 4 5 5 6 0 0 0



(a) 数码; (b) 线段; (c) 边缘

C图: (10,40) (55667700001122434534)

---

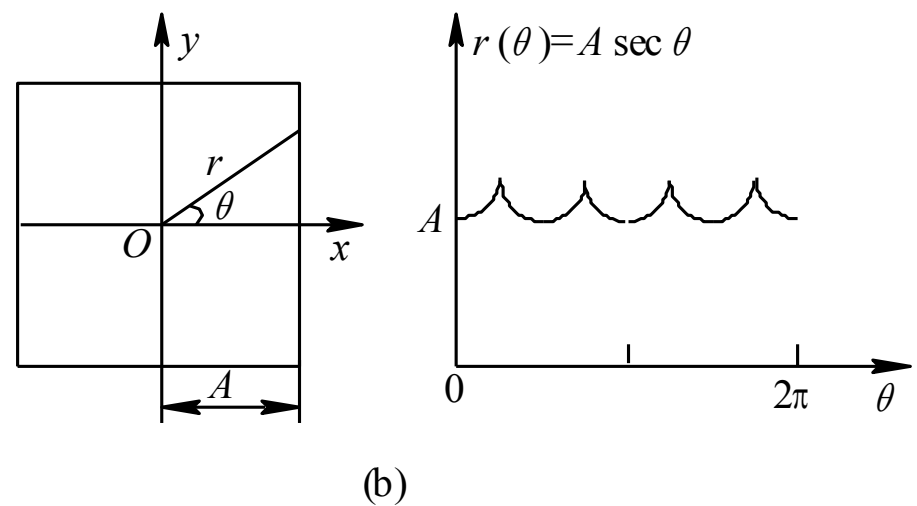
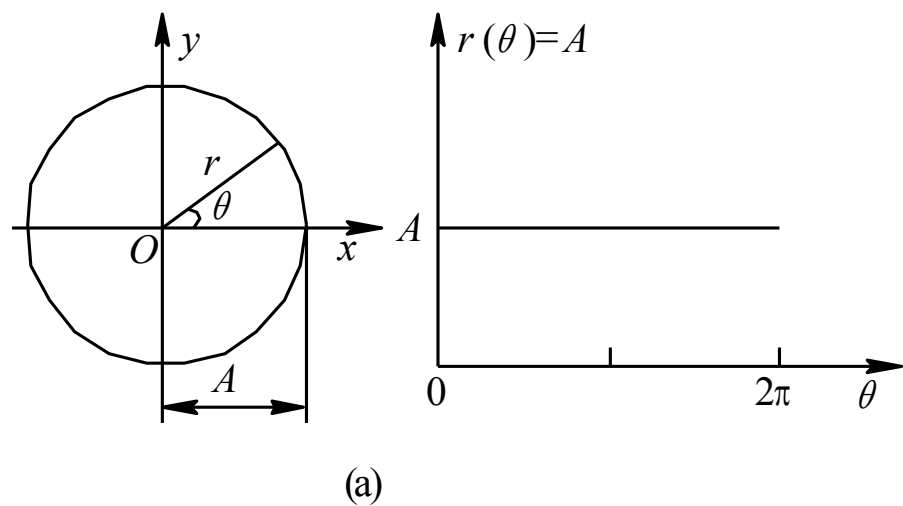
## 四、其他特征或描述

### 1 标记

标记(Signature)的基本思想是把二维的边界用一维的较易描述的函数形式来表达。产生标记最简单的方法是先求出给定物体的重心，然后把边界点与重心的距离作为角度的函数就得到一种标记。

---



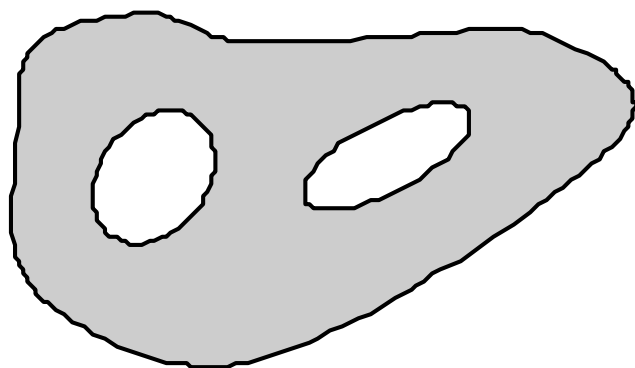


两个标记的例子

通过标记可把二维形状描述的问题转化为一维波形分析问题。

## 2 欧拉数与孔洞数

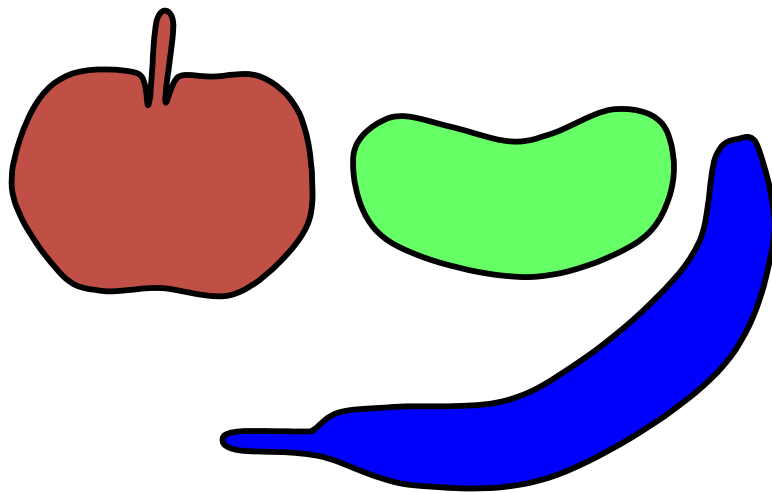
拓扑学(Topology)是研究图形性质的理论。区域的拓扑性质对区域的全局描述很有用，这些性质既不依赖距离，也不依赖基于距离测量的其他特性。如下图所示，如果把**区域中的孔洞数  $H$  作为拓扑描述子**，显然，这个性质不受伸长、旋转的影响，但如果撕裂或折叠时孔洞数会发生变化。



图像中的孔洞

**区域内的连接部分  $C$**  的个数是区域的另一拓扑特性。

一个集合的连通部分就是它的最大子集，在这个子集的任何地方都可以用一条完全在子集中的曲线相连接。下图所示图形有三个连接部分。

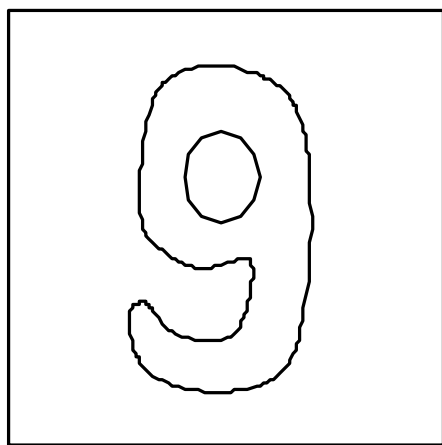


有三个连接部分的区域

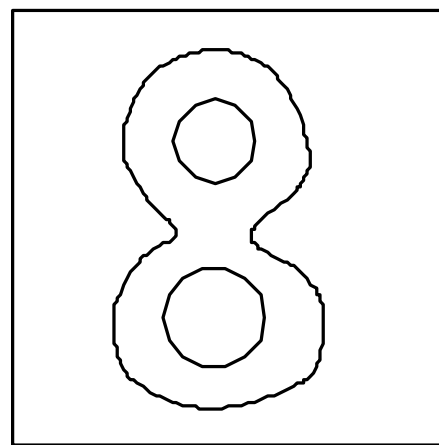
欧拉数(Euler number) $E$ 定义如下：

$$E = C - H$$

**欧拉数也是区域的拓扑特性之一。**下图所示图像(a)有1个连接部分和1个孔，所以它的欧拉数 $E$ 为0；图(b)中有1个连接部分和2个孔，它的欧拉数为-1。



(a)



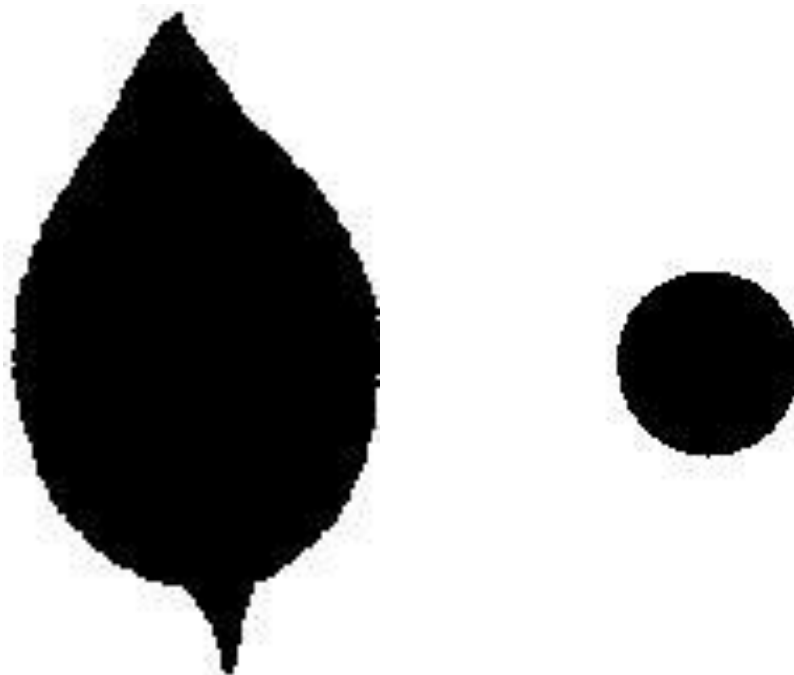
(b)

具有欧拉数为0和-1的图形

## 五、形状特征提取步骤

### 1. 图像获取

为方便起见，用数码照相机以 $640 \times 480$ 分辨率拍摄树叶图像，背景为白色。考虑检测结果应与拍摄视距无关，故用可以精确测量其尺寸的适当大小（本例用直径26 mm的圆形纸片）的圆形参照物来标定每个像素在水平和垂直方向代表的真实尺寸。获取的叶子图像及圆形参照物图像如下图所示。



叶子及圆形参照物图像

## 2. 图像预处理

本例的目的是测定周长、面积和几何特征参数，不涉及颜色信息，故需要将图像二值化，并对二值化图像进行去噪、边界跟踪、标记等预处理。

### 1) 将彩色图像转换成灰度图像

利用彩色图像的亮度信息，将获取的彩色图像转换成灰度图像，即用下式计算出每一个像素的亮度 $I$ ，并将 $I$ 作为转换后图像的相应像素的RGB值。

$$I = \frac{(R + G + B)}{3}$$

---

## 2) 去除噪声

用 $3 \times 3$ 窗口对灰度图像进行中值滤波，去除图像中的噪声。

## 3) 图像二值化

叶子图像中的叶子和参考物与背景之间有较强的亮度对比，很容易将其从背景中分割出来。首先根据判别分析法或其他确定阈值的方法确定灰度图像的最佳阈值 $T$ ，把灰度值大于 $T$ 的像素置黑，其他像素置白，从而实现从背景中分割出对象。

---



### 3. 图像特征参数测定

#### 1) 尺寸标定 **确定像素间距与实际对象点间距的关系**

在图像中从上向下，从左向右逐行搜索，搜索到的第一个灰度值为0的像素点即为参考物的上切点，记其y坐标为 $y_1$ 。再从下向上，从左向右逐行搜索到的第一个灰度值为0的像素点即为参考物的下切点，记其y坐标为 $y_2$ 。

同理，分别从左向右和从右向左逐列找出参考物的最左边和最右边一个灰度值为0的像素，分别记其x坐标为 $x_1$ 和 $x_2$ 。若实际直径单位为mm，则可由下式计算出比例因子：

$$X\_SCALE = \frac{\text{实际直径}}{x_2 - x_1} mm / Pixel$$

$$Y\_SCALE = \frac{\text{实际直径}}{y_2 - y_1} mm / Pixel$$

$$XY\_SCALE = [(X\_SCALE)^2 + (Y\_SCALE)^2]^{1/2} mm / Pixel$$

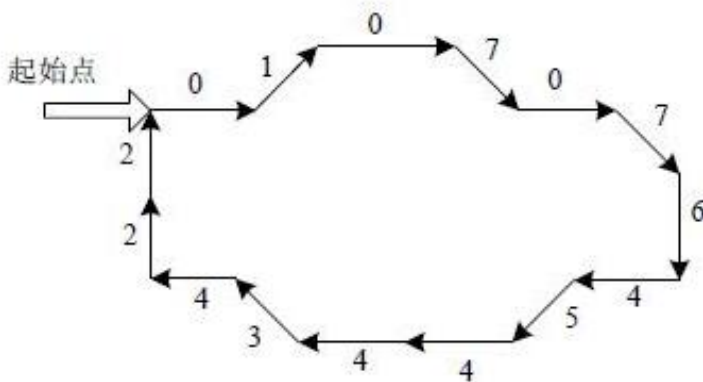
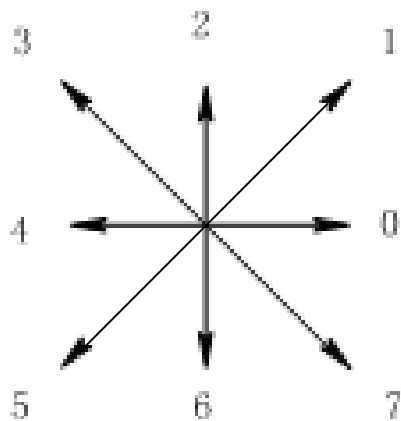
为什么要分别标定X和Y方向的物理分辨率？

## 2) 跟踪叶子边界生成边界链码

按前所述方法，跟踪叶子的边界，记录边界点坐标 $(x_i, y_i)$ ，并将边界点坐标转换成8方向链码。

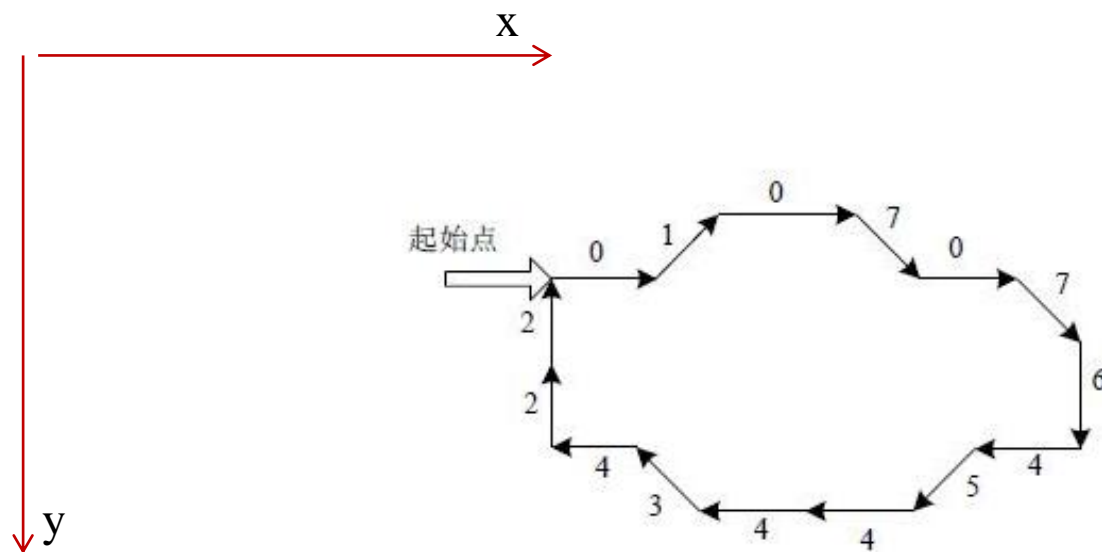
## • 算法:

- 给每一个线段边界一个方向编码。
- 用8-链码编码方法。
- 从起点开始，沿边界编码，至起点被重新碰到，结束一个对象的编码。



b 用链码表轮廓跟踪的链码序列——

链码值	0	1	2	3	4	5	6	7
X 坐标偏移	1	1	0	-1	-1	-1	0	1
Y 坐标偏移	0	-1	-1	-1	0	1	1	0



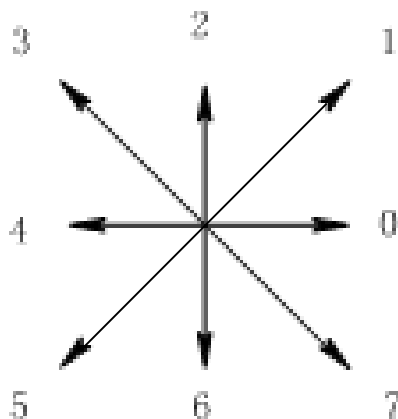
b 用链码表轮廓跟踪的链码序列

根据中心点与各邻点坐标的偏差值,依据链码表确定链码值

### 3) 计算周长P

$$P=N_{04}\times X\_SCALE+N_{26}\times Y\_SCALE+N_{1357}\times XY\_SCALE$$

式中：  $N_{04}$  为水平方向（0,4）链码个数；  $N_{26}$  为垂直方向（2,6）链码个数；  $N_{1357}$  为斜向（1,3,5,7）链码个数。



#### 4) 面积A

按下面的公式，并考虑水平和垂直方向比例因子，计算面积

$$A = \frac{1}{2} \times X\_SCALE \times Y\_SCAL \times \sum_{i=1}^{N_b} [x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i] \text{ mm}^2$$

(用边界坐标计算面积)

## 5) 圆性度

用致密度 $C$ 度量叶子的圆形度， $C$ 为

$$C = \frac{P^2}{A}$$