

方案设计+影响因素分析

习题 11.39 一家流体公司就联系了你，希望在某些质量控制过程中自动检测气泡。该公司已经解决了成像问题，可以获得大小为 700×700 像素的 8 位图像，如下图所示。要求：

(1) 确定气泡所占面积与图像总面积的比例；(2) 计算不同气泡的数量。根据你到目前为止所学到的材料，提出解决这个问题的解决方案。在你的报告中，说明你的解决方案可以检测到的最小气泡的物理尺寸。清楚地陈述你所做的可能影响您提出的解决方案的所有假设。



一、图像特点

(1) 背景特点：背景暗，不太均匀，有灰白色干扰（成片或点状）。

(2) 目标特点：多个目标；高亮，内部有暗色反光干

扰；有多个气泡挨在一起的情况。

（3）干扰特点：暗背景中有灰白色干扰；高亮目标内部有暗色反光干扰；重叠气泡，图像边界不完整气泡。

二、分割方案

（1）边缘检测+分割后处理（填充+小干扰排除）。

（2）基于 Otsu 算法的单阈值分割+小干扰排除+形态学处理（闭运算或空洞填充）。

（3）可变阈值处理（自适应阈值处理-图像分块；局部阈值处理）+后处理。

（4）分水岭算法+后处理。

（5）其他方法。

三、测量方案

（1）计算所有气泡的总面积，确定气泡所占面积与图像总面积的比例

（2）根据面积 + 圆度率（或偏心率），排除不完整或气泡团簇。再根据面积，统计三种大小的气泡数目。

（3）如果选择将一个像素连接的组件称为气泡，那么可检测到的最小气泡尺寸是一个像素的物理大小。从问题陈述来看，700 像素覆盖 7 厘米，所以一个像素的尺寸是 10 毫米。

四、前提假说

- (1) 不完整气泡；
- (2) 气泡团簇；
- (3) 暗背景中有灰白色干扰；
- (4) 目标内部的暗色反光干扰。

无、一种参考方案设计

所需系统的关键规范是，它能够检测到单个气泡。没有给出特定的尺寸。我们假设气泡几乎是圆的，如测试图像所示。一种解决方案包括：(1)对图像进行分割；(2)对结果进行后处理；(3)查找气泡和气泡簇，确定与图像边界合并的气泡；(4)检测接触气泡组；(5)计算单个气泡；(6)确定所有泡泡所占的面积与整个图像总面积的比例。

(1) 分割图像。我们假设样本图像真正代表了系统将遇到的图像类别。问题声明中所示的图像是典型的可以通过全局阈值分割的图像。如图中的直方图所示。P11.24，感兴趣对象的灰度在灰度上较高。对于高尺度上的数据，一个简单的自适应阈值方法是选择一个等于平均值加上标准差的倍数的阈值。我们选择了一个等于 $m+2g$ 的阈值，对于问题声明中的图像，它是 195。分割结果如图右侧所示。P11.24.显然，这不是我们可以采取的唯一方法，但这是一种适应整体强度变化的简单方法。

(2) 后处理。如图中分割后的图像所示。P11.24，许多气泡显示为破碎的磁盘，或内部带有黑色组件的磁盘。这些主要是由于反射（如图 9.16 所示）或气泡内的实际空洞。我们可以尝试建立一个程序来修复和/或填充漏洞（如问题 9.23）。然而，这可能会变成一个代价昂贵的计算过程，除非需要严格的测量标准，否则这是不必要的，这是问题声明中没有提到的事实。另一种方法是计算平均（由一组样本图像确定），填充黑色或黑色“海湾”的气泡区域的百分比，这使得它们的黑色区域与背景合并。然后，一旦每个气泡（或气泡簇）的尺寸已经建立，将应用一个基于面积的修正因子。

(3) 发现气泡。请参见问题 9.27 的解决方案。该解决方案是基于连接的组件，这也产生了所有的泡沫和气泡簇。

(4) 为了检测气泡团簇，我们利用了形状分析方法。对于每个相互连接的分量，我们找到特征轴（见第 11.4 节）和数据沿这些轴的标准差（协方差矩阵的环值值的平方根）。一个简单的解决方案是计算每个连接分量沿特征轴的大方差与小方差之比。一个单一的、均匀填充的、完美的圆气泡的比例为 1。与我的偏差表示其中一个轴的延伸。我们寻找由布簇形成的椭圆形。将气泡划分为单个和团簇的阈值必须通过实验来确定。请注意，单个像素或一个像素宽的像素条纹的标准偏差为零，因此它们必须单独处理。我们可以选择考虑只包含一个像素的连接组件，是噪声，或最小的可检测气泡。在问题声明中没有提供关于这方面的信息。理论上，有可能形成一个簇，使它的形状对两个轴对称，在这种情况下，系统将该簇归类为一个单一的气泡。这类冲突的解决将需要额外的处理。然而，在样本图像中没有证据表明这实际上是一个问题。气泡团簇往往呈椭圆形。在标准差的比值接近阈值的情况下，我们可以添加额外的处理，以减少出错的机会。

(5) 计数单个气泡。不与图像边界合并或不是簇的气泡，根据定义是单个气泡。因此，计算这些气泡只是简单地计算没有被标记为簇或与图像边界合并的连接组件。

(6) 区域比例。这个比率只是所有连接组件中的像素数加上(2)中提到的校正因子，除以图像中的像素总数。

这个问题还要求系统可以检测到的最小气泡的大小。如果，如(4)中所述，我们选择将一个像素连接的组件称为气泡，那么可检测到的最小气泡尺寸是一个像素的物理大小。从问题陈述来看，700 像素覆盖 7 厘米，所以一个像素的尺寸是 10 毫米。

