



中华人民共和国国家标准

GB/T 38902—2020

中空纤维膜丝截面结构尺寸的测定 图像分析法

Determination of hollow fiber membrane cross-section
dimensions—Image analysis method

2020-06-02 发布

2021-04-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国分离膜标准化技术委员会(SAC/TC 382)提出并归口。

本标准起草单位:自然资源部天津海水淡化与综合利用研究所、三达膜科技(厦门)有限公司、北京君翌科技有限公司、山东金汇膜科技股份有限公司、山东招金膜天股份有限公司、广州中国科学院先进技术研究所、杭州易膜环保科技有限公司、浙江长兴求是膜技术有限公司、海南立昇净水科技实业有限公司、天津膜天膜科技股份有限公司、浙江津膜环境科技有限公司、天津膜天膜工程技术有限公司。

本标准主要起草人:王旭亮、潘献辉、李宗雨、张艳萍、陈慧英、张默、宋玉志、王乐译、陈顺权、王炎锋、张星星、陈忱、胡晓宇、王希、张兵涛、孙文挺、许以农、席雪洁、刘洋。



中空纤维膜丝截面结构尺寸的测定

图像分析法

1 范围

本标准规定了采用图像分析法对中空纤维膜丝直径和壁厚进行测定和计算的方法。

本标准适用于中空纤维膜丝截面结构尺寸的测定。

注：本标准所指的“直径”包括膜丝的外径和内径，对于非圆形截面时指等效圆面积直径。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21649.1—2008 粒度分析 图像分析法 第1部分：静态图像分析法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中空纤维膜 **hollow fiber membrane**

外形为纤维状、空心的具有自支撑作用的膜。

注：对于反渗透膜，皮层在外表面；对于超滤膜和微滤膜，皮层在内表面、外表面或内、外表面。

[GB/T 20103—2006, 定义 2.1.28]

3.2

像素 **pixel**

数字化图像中的独立单元是由水平和垂直方向划分的均一区域。

[GB/T 21649.1—2008, 定义 3.1.11]

3.3

灰度图像 **grey image**

每个像素有不同灰度等级的图像。

[GB/T 21649.1—2008, 定义 3.1.8]

3.4

二值化 **binary**

数字图像由一系列数值为 0 或 1 的像素构成，在可视屏上这些数值通常显示为明、暗两种区域，或由两种不同颜色的伪彩色图表示。

[GB/T 21649.1—2008, 定义 3.1.3]

3.5

阈值分割 **threshold segmentation**

通过设定不同的特征阈值，把图像像素点分为若干类。

注：包括直接来自原始图像的灰度或彩色特征，以及由原始灰度或彩色值变换得到的特征。

3.6

边缘界定 edge finding

一种判定物体与背景间边界的方法。

[GB/T 21649.1—2008, 定义 3.1.4]

4 原理

截取中空纤维膜丝径向截面,在显微镜下进行成像,利用阈值分割、二值化和边缘界定等图像分析方法处理图像,最终得到中空纤维膜丝截面的直径、壁厚等数据,典型图像分析法的流程参见附录 A。

5 仪器和器具

5.1 显微镜

光学显微镜设备应符合下列要求:

- a) 应为正置、反射显微镜,视场足以覆盖整个纤维截面,具有图像摄取功能;
- b) 目镜宜采用 10 倍目镜,单枚目镜配备十字测微尺;
- c) 显微镜反射光源应采用卤素光源配备日光滤色片或者采用白色 LED 光源;
- d) 显微镜应具备目镜、物镜、摄像头 3 目观察系统,并且配备图像采集系统。

5.2 制样器具

制样器具应符合下列要求:

- a) 宜选用四面光滑、垂直、平整、带柱状孔且具有一定厚度的夹具板,能使样品的截面保持水平地放置于物镜下;
- b) 夹具板的柱状孔,应根据具体需求进行开孔,常用的开孔从 0.2 mm 到 3.0 mm 不等;
- c) 切割样品的刀片应锋利,能切出平整的截面。

6 试样制备

将中空纤维膜丝垂直放置于夹具板上合适尺寸的柱状孔中,确保膜丝与柱状孔基本贴合,采用低熔点液体石蜡固定,使膜丝内腔充满石蜡,待石蜡凝固后使用锋利刀片沿夹具板平面切断膜丝,获得膜丝截面。所获得的截面通过观察,应符合下列要求:

- a) 截面应无明显形变,保持试样原结构不变;
- b) 截面应无因切割产生的拖尾现象,边缘分界明显;
- c) 截面应放在物镜下后,处于同一个焦平面。

7 图像采集与存储

将样品放置于显微镜载物台上,通过光学显微镜目镜进行观测,截面图像应占总视场面积 60%~80%,调节显微镜调焦手柄,找到样品聚焦平面;配合调节光路的孔径光阑和视场光阑,减少样品产生的光晕,提高样品衬度;显微镜卤素光源亮度调节为最大亮度的 70%~90%;调节 X、Y 轴移动手柄,使样品居中,再调节精调焦旋钮,在精调对焦时,应有一个模糊-清晰-再模糊过程,最后回转至清晰的对焦位置;目镜下观察清楚后,通过图像采集系统的显示屏进行观察,若与目镜下样品图像无色差,调节合适曝光,若存在色差,调节摄像头自动白平衡,直至无色差;最后存储图片参见附录 B 中 B.1。

8 图像处理

8.1 灰度转换

将原始彩色图像转换为灰度图像,减小图像处理的计算量,提高计算速度,示例参见 B.2。

8.2 灰度增强

去除图像光晕,增强灰度,提高图像背景与样品对比度,增强膜丝截面图像主体在灰度图像中的辨识度,示例参见 B.3。

8.3 中值滤波

对图像进行平滑滤波,去掉尖锐、不连续的噪声,使图像清晰,便于阈值分割与边缘界定。
宜对图像进行 3 次中值滤波,示例参见 B.4。

8.4 阈值分割

宜采用最大类间方差法(OTSU)。首先对图像进行灰度均匀化,得到灰度直方图。通过灰度直方图确定图像目标与背景这两类总体灰度之间的差别,分离中值滤波后灰度图像中的目标与背景,示例参见 B.5。

8.5 边缘界定

识别数字图像中亮度变化明显点,有效剔除不相关的数据信息,保留中空纤维膜丝的截面信息,确定膜丝截面边界点,示例参见 B.6。

8.6 边缘闭合

采用 3 阶矩阵对图像中不连续的边缘点进行闭合处理,去除图像中不连续边界点,对图像进行膨胀和腐蚀运算,得到完整的边缘轮廓,示例参见 B.7。

9 图像分析

9.1 像素校准

将图像像素转换成 SI 长度单位,如:微米。按 GB/T 21649.1—2008 中 6.3.6 执行。

9.2 图像内、外径确定

采用图像圆形拟合的办法,分别求得中空纤维膜丝截面中外圆与内圆的最小外接圆和最大内切圆,从而分别得到最小外接圆和最大内切圆的直径,中空纤维膜丝截面中外圆的最小外接圆和最大内切圆直径的平均值即为外径,中空纤维膜丝截面中内圆的最小外接圆和最大内切圆直径的平均值即为内径。

10 数据处理

中空纤维膜丝试样的壁厚 δ ,按式(1)计算:

$$\delta = \frac{D - d}{2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

δ ——试样的壁厚,单位为微米(μm)；

D ——试样的外径,单位为微米(μm)；

d ——试样的内径,单位为微米(μm)。

11 测试结果

11.1 每次测试同时取 6 个平行样品,以外径、内径和壁厚测试数据的算术平均值为测试结果,对结果进行统计,得出每一项参数的标准偏差。

11.2 试样的外径、内径和壁厚的计算结果保留到整数位。

12 试验报告

试验报告应包括下列内容：

- a) 试样编号、试样名称、设备型号；
- b) 图像放大倍数；
- c) 图像处理的步骤；
- d) 试验结果及标准偏差；
- e) 试验标准(本标准编号)和环境条件；
- f) 试验日期和检测人员。

附录 A
(资料性附录)
典型图像分析法流程图

图像分析法应用于中空纤维膜丝截面结构尺寸的测定典型流程见图 A.1。

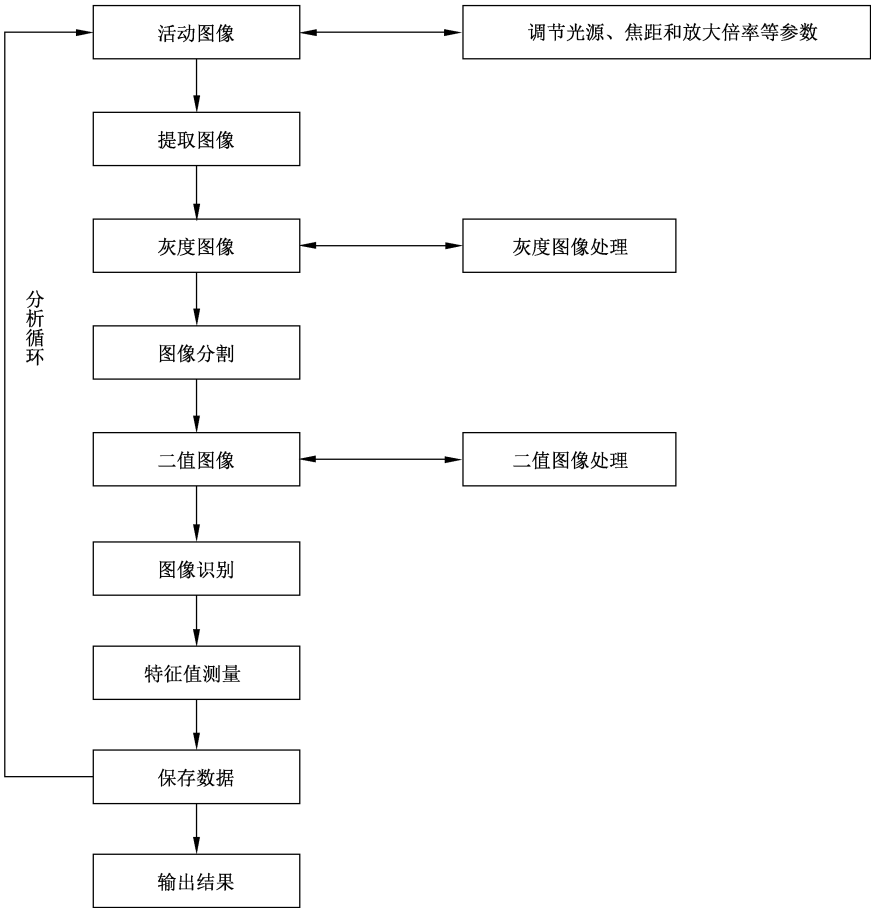


图 A.1 典型图像分析法的流程

附 录 B
(资料性附录)
典型图像处理方法实例

B.1 图像采集

按第 7 章要求采集中空纤维膜丝截面的最佳图像(见图 B.1)。

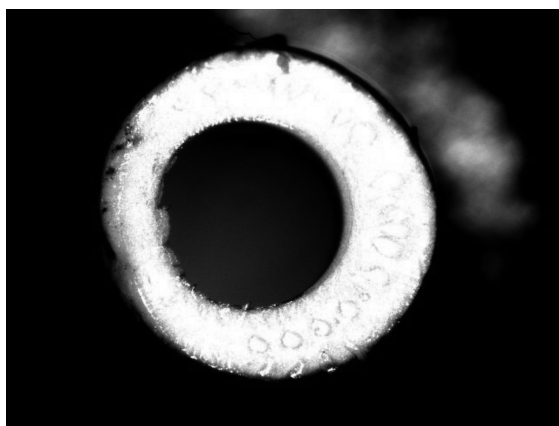


图 B.1 原图

B.2 灰度转换

按 8.1 要求将原始图像转化为灰度图像(见图 B.2)。

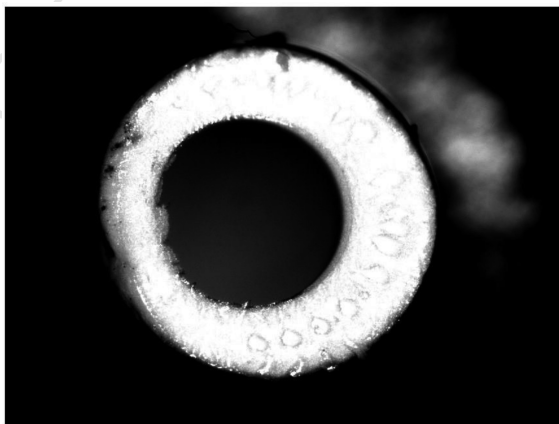


图 B.2 灰度图

B.3 灰度增强

按 8.2 要求对 B.2 中的灰度图像进行灰度增强运算(见图 B.3)。

在图像分析过程,空间域可以对灰度进行处理,由下列表达式表示:

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

其中, $f(x,y)$ 为输入图像, $g(x,y)$ 为输出(处理后的)图像, T 是对图像 f 的算子,作用于点 (x,y) 定义的邻域。

g 的值仅由 f 在这一点上的灰度决定, T 也就成了灰度变换函数。当处理灰度图像时,由于输出值仅取决于点的灰度值,而不再是取决于点的邻域,因此灰度变换函数可以简写成如下表达式:

$$s=T(r)$$

其中, r 表示图像 f 中的灰度, s 表示图像 g 中的灰度,两者在图像中处于相同的坐标 (x,y) 。

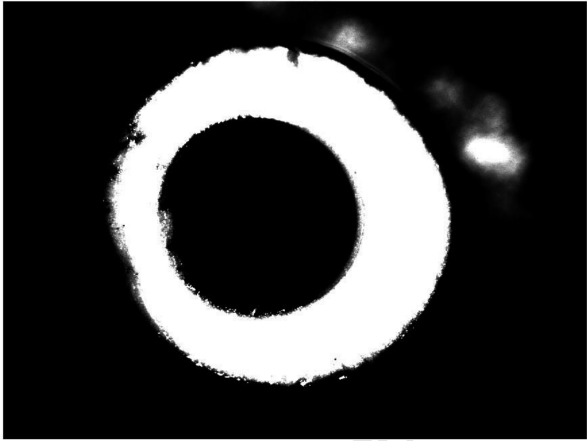


图 B.3 灰度增强图

B.4 中值滤波

中值滤波对图像进行平滑滤波,以去掉尖锐、不连续的噪声(见图 B.4)。

把数字图像或数字序列中一点的值用该点的一个邻域中各点值的中值代替,让周围的像素值接近真实值,从而消除孤立的噪声点。将像素按照像素值的大小进行排序,生成单调上升(或下降)的二维数据序列。二维中值滤波输出表达式如下:

$$g(x,y)=med[f(x-k,y-l)\in W]$$

其中 $g(x,y)$ 为处理后图像, $f(x,y)$ 为处理前图像, W 为处理的模板, W 可以为 2×2 或者 3×3 的矩阵,也可以是线段,圆环,圆形等其他模板。

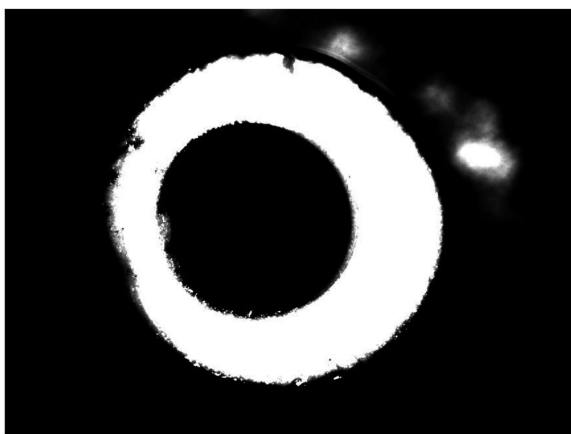


图 B.4 中值滤波图

B.5 阈值分割

实现图像信息的有效分离(见图 B.5)。最大类间方差法作为常用的阈值选取方法之一,被认为是最优的阈值自动选取方法,从提高速度的角度看,其用时是最少的,在程序实现时其速度可以满足要求,是实时测量处理的较优方法。



图 B.5 阈值分割图

B.6 边缘界定

有效剔除不相关的数据信息,保留中空纤维膜丝的截面信息(见图 B.6)。



图 B.6 边缘界定图

B.7 边缘闭合

对图像中不连续的边缘进行闭合处理(见图 B.7)。

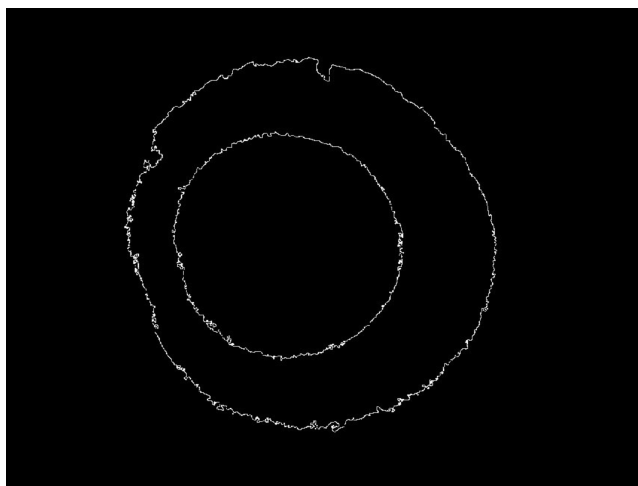


图 B.7 边缘闭合图

B.8 图像内、外径的确定

采用图像圆形拟合的办法,分别求得中空纤维膜丝截面中外圆与内圆的最小外接圆和最大内切圆,从而分别得到最小外接圆和最大内切圆的直径,则中空纤维膜丝截面中外圆的最小外接圆和最大内切圆直径的平均值即为外径(见图 B.8)。

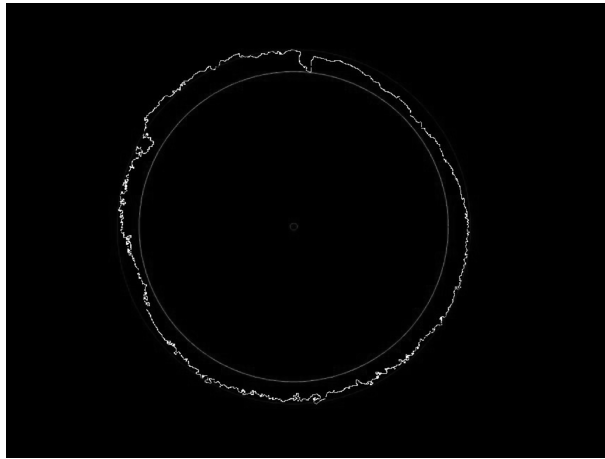


图 B.8 中空纤维膜丝截面中外圆的最小外接圆和最大内切圆图

参 考 文 献

- [1] GB/T 20103—2006 膜分离技术 术语
-