



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116399797 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 07

(21) 申请号 202310312103.0

(22) 申请日 2023.03.28

(71) 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

(72) 发明人 曹华堂 罗云华 董选普 刘鑫旺  
郭树人 李贝贝

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
42201

专利代理师 尹丽媛

(51) Int. Cl.

G01N 19/02 (2006.01)

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/13 (2017.01)

G06T 7/62 (2017.01)

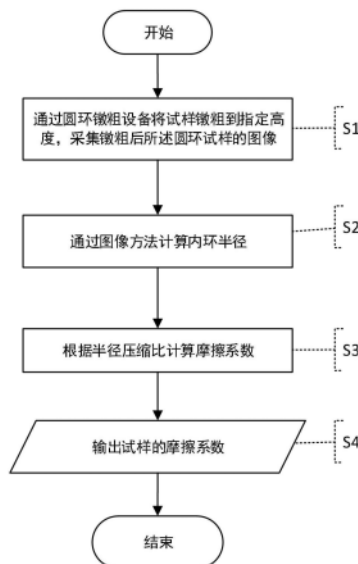
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

## (54) 发明名称

一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,属于镟粗摩擦系数测定技术领域,S1:采集镟粗后圆环试样的图像;S2:通过图像边缘提取方法对图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;S3:基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数。本发明通过两轮边缘特征提取能够在保证测量准确度的基础上提高检测效率,由此解决圆环镟粗法测摩擦系数时实验数据处理过程中费时费力的问题。



1. 一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,包括:

S1:采集镟粗后所述圆环试样的图像;

S2:通过图像边缘提取方法对所述图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对所述内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;

S3:基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数;

其中,所述标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和镟粗前后内径压缩比之间的映射关系。

2. 如权利要求1所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述S2包括:

S21:采用经典梯度算子获取所述图像中内径边缘的像素点,通过非线性插值方法构建像素内部的连续灰度分布,使用梯度计算从所述连续灰度分布中提取边缘,拟合得到所述边缘轮廓;

S22:获取所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

3. 如权利要求2所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述S22包括:

选取所述边缘轮廓的预设圆心和预设角度步长对所述边缘轮廓进行划分,获取各个所述预设角度步长下所述预设圆心到所述边缘轮廓的距离,得到内径序列作为各个所述预设角度步长对应的镟粗后圆环内径。

4. 如权利要求3所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述预设圆心为所述边缘轮廓的几何中心或几何重心。

5. 如权利要求2所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述S22包括:

将所述边缘轮廓拟合为完整圆,将所述完整圆的内径数据作为所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

6. 如权利要求1-5任一项所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述S1包括:

对工业相机进行畸变矫正和像素精度标定;

采用所述工业相机采集镟粗后所述圆环试样的图像。

7. 如权利要求1-5任一项所述的基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,其特征在于,所述S3包括:

计算所述镟粗后圆环内径和所述镟粗前原始内径的比值,得到内径缩减率;

基于所述标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述内径缩减率、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算当前对应的镟粗后摩擦系数。

8. 一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定装置,其特征在于,包括:

采集模块,用于采集镟粗后所述圆环试样的图像;

获取模块,用于通过图像边缘提取方法对所述图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对所述内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取所述边缘轮廓

表征的镟粗后圆环内径；

测定模块,用于基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数;其中,所述标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和镟粗前后内径压缩比之间的映射关系。

9.一种电子设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至7中任一项所述的方法的步骤。

10.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至7中任一项所述的方法的步骤。

## 一种基于图像识别的圆环镦粗摩擦系数测定方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于镦粗摩擦系数测定技术领域,更具体地,涉及一种基于图像识别的圆环镦粗摩擦系数测定方法。

### 背景技术

[0002] 金属热模锻生产过程中由于摩擦力的存在会造成锻件精度及表面质量差,模具寿命短等情况。据相关资料显示,摩擦造成的能源损失巨大。因此,金属热模锻过程中必须加强对摩擦系数的测定。

[0003] 摩擦系数的测定,大多数方法是基于经典的库仑定律即测出正压力 $p$ 和摩擦力 $f$ ,根据公式 $\mu=f/p$ 计算出摩擦系数。圆环镦粗法是上世纪六十年代提出的一种摩擦系数测定方法,它能够比较方便定量地测出摩擦系数或摩擦因子。但是在数据处理方面,目前常用的方法仍然是人工测量和计算,不仅测试时间很长,测试结果也不稳定。远远不能满足工程实际的需要。

[0004] 基于数字图像处理技术的发展,对圆环镦粗试样的摩擦系数进行快速、准确的数字化检测成为可能,不仅有效减少资源和时间的浪费,这其中的关键就是圆环镦粗试样的图像识别。大大加快了检测效率,也使得测试结果的重复性得到很大提高。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的以上缺陷或改进需求,本发明提供了一种基于图像识别的圆环镦粗摩擦系数测定方法,其目的在于采集镦粗后圆环试样的图像;通过图像边缘提取方法对图像中镦粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取边缘轮廓表征的镦粗后圆环内径;利用镦粗后圆环内径和标准摩擦系数理论校准曲线获取镦粗后摩擦系数,由此解决圆环镦粗法测摩擦系数时实验数据处理过程中费时费力的问题。

[0006] 为实现上述目的,按照本发明的一个方面,提供了一种基于图像识别的圆环镦粗摩擦系数测定方法,包括:

[0007] S1:采集镦粗后所述圆环试样的图像;

[0008] S2:通过图像边缘提取方法对所述图像中镦粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对所述内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取所述边缘轮廓表征的镦粗后圆环内径;

[0009] S3:基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述镦粗后圆环内径、镦粗前原始内径、镦粗前原始高度和镦粗后目标高度,计算镦粗后摩擦系数;

[0010] 其中,所述标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镦粗后摩擦系数、镦粗前后高度比和镦粗前后内径压缩比之间的映射关系。

[0011] 在其中一个实施例中,所述S2包括:

[0012] S21:采用经典梯度算子获取所述图像中内径边缘的像素点,通过非线性插值方法

构建像素内部的连续灰度分布,使用梯度计算从所述连续灰度分布中提取边缘,拟合得到所述边缘轮廓;

[0013] S22:获取所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

[0014] 在其中一个实施例中,所述S22包括:

[0015] 选取所述边缘轮廓的预设圆心和预设角度步长对所述边缘轮廓进行划分,获取各个所述预设角度步长下所述预设圆心到所述边缘轮廓的距离,得到内径序列作为各个所述预设角度步长对应的镟粗后圆环内径。

[0016] 在其中一个实施例中,所述预设圆心为所述边缘轮廓的几何中心或几何重心。

[0017] 在其中一个实施例中,所述S22包括:

[0018] 将所述边缘轮廓拟合为完整圆,将所述完整圆的内径数据作为所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

[0019] 在其中一个实施例中,所述S1包括:对所述工业相机进行畸变矫正和像素精度标定。

[0020] 在其中一个实施例中,所述S3包括:

[0021] 计算所述镟粗后圆环内径和所述镟粗前原始内径的比值,得到内径缩减率;

[0022] 基于所述标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述内径缩减率、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算当前对应的镟粗后摩擦系数。

[0023] 按照本发明的另一方面,提供了一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定装置,包括:

[0024] 采集模块,用于采集镟粗后所述圆环试样的图像;

[0025] 获取模块,用于通过图像边缘提取方法对所述图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对所述内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取所述边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;

[0026] 测定模块,用于基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用所述镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数;其中,所述标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和镟粗前后内径压缩比之间的映射关系。

[0027] 按照本发明的另一方面,提供了一种电子设备,包括存储器和处理器,所述存储器存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述的方法的步骤。

[0028] 按照本发明的另一方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述的方法的步骤。

[0029] 总体而言,通过本发明所构思的以上技术方案与现有技术相比,能够取得下列有益效果:

[0030] (1) 本发明提供了一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,通过采集镟粗后圆环试样的图像;通过图像边缘提取方法对图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;利用镟粗后圆环内径和标准摩擦系数理论校准曲线获取镟粗后摩擦系数. 本发明通过两轮边缘特征提取能够在保证测量准确度的基础上提高检测效率,由此解决圆环镟粗法测摩擦系数时实验数据处理过程中费时费力的问题。

[0031] (2) 采用经典梯度算子获取所述图像中内径边缘的像素点,通过非线性插值方法构建像素内部的连续灰度分布,使用梯度计算从所述连续灰度分布中提取亚像素级别的边缘,拟合得到所述边缘轮廓,突破相机分辨率的限制,提高了边缘提取精度,进而能够提高图像边缘检测的精度,进而提高圆环内径计算的准确度。

[0032] (3) 通过对工业相机进行畸变矫正和像素精度标定,进而采用所述工业相机采集镟粗后所述圆环试样的图像,以进行边缘提取得到亚像素级别的边缘,突破相机分辨率的限制,能够提高边缘的提取精度。

## 附图说明

[0033] 图1是实施例1中基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法的流程图。

[0034] 图2是实施例3中基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法的应用场景图。

[0035] 图3是实施例6中采用工业相机采集镟粗后圆环试样的图像的应用场景图。

[0036] 图4是实施例6中提供的墩粗后圆环试样的尺寸图。

[0037] 图5是实施例7中标准摩擦系数理论校准曲线的示意图。

## 具体实施方式

[0038] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

### [0039] 实施例1

[0040] 如图1所示,提供了一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定方法,包括:

[0041] S1:采集镟粗后圆环试样的图像

[0042] S2:通过图像边缘提取方法对图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;

[0043] S3:基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数;

[0044] 其中,标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和墩粗前后内径压缩比之间的映射关系。

[0045] 具体的,圆环试样在镟粗设备上镟粗,镟粗前的原始的圆环内径、高度;以及镟粗后的目标高度均已确定。可以利用工业相机采集镟粗后圆环试样的图像,通过图像方法测量内环的半径;根据标准摩擦系数曲线,计算当前内环半径所对应的摩擦系数。标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和墩粗前后内径压缩比之间的映射关系。

### [0046] 实施例2

[0047] 步骤S2包括:S21:采用经典梯度算子获取图像中内径边缘的像素点,通过非线性插值方法构建像素内部的连续灰度分布,使用梯度计算从连续灰度分布中提取边缘,拟合得到边缘轮廓;S22:获取边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

[0048] 实施例3

[0049] 如图2所示,步骤S22包括:选取边缘轮廓的预设圆心和预设角度步长对边缘轮廓进行划分,获取各个预设角度步长下预设圆心到边缘轮廓的距离,得到内径序列作为各个预设角度步长对应的镟粗后圆环内径。

[0050] 具体的,以所有边缘的几何中心为圆心,按一定角度序列分别计算圆心到边缘的距离作为半径数据序列。例如 $0^{\circ}$ 到 $360^{\circ}$ 每 $1^{\circ}$ 计算,每 $30^{\circ}$ 计算或每 $45^{\circ}$ 计算。

[0051] 实施例4

[0052] 预设圆心为边缘轮廓的几何中心或几何重心。

[0053] 实施例5

[0054] 步骤S22包括:将边缘轮廓拟合为完整圆,将完整圆的内径数据作为边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径。

[0055] 实施例6

[0056] 步骤S1包括:对工业相机进行畸变矫正和像素精度标定;采用工业相机采集镟粗后圆环试样的图像。图3是本实施例中采用工业相机采集镟粗后圆环试样的图像的应用场景图。图4是本实施例提供的镟粗后圆环试样的尺寸图,其中, $D$ 为外径, $d$ 为内径, $h$ 为高度。

[0057] 实施例7

[0058] 步骤S3包括:计算镟粗后圆环内径和镟粗前原始内径的比值,得到内径缩减率;基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用内径缩减率、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算当前对应的镟粗后摩擦系数。

[0059] 本实施例提到标准摩擦系数理论校准曲线如图5所示,是根据试验得到摩擦系数与高度压缩比、内径缩减率的关系曲线。其横轴为高度压缩比,即镟粗后高度与原高度的比值。纵轴为内径缩减率,即镟粗后圆环内径与原内径的比值。在二维平面上,对应相同摩擦系数的高度压缩比、内径缩减率坐标点连接成为曲线。这样在二维平面上形成的多条互不相交的曲线即为标准摩擦系数理论校准曲线。图5是本实施例提供的圆环试样的尺寸图, $D$ 为外径, $d$ 为内径, $h$ 为高度。

[0060] 本实施例中如S1所描述,由于试样在镟粗前后的高度固定——即高度压缩比确定,以及试样原始内径固定,则摩擦系数为镟粗后试样内径的一元函数。通过试验获取多个镟粗后内径所对应的摩擦系数,并通过测试的数据进行多项式拟合,获得使用镟粗后内径计算摩擦系数的拟合公式。

[0061] 进一步地,在步骤S3中,根据步骤S2中获得的内径数据或者内径序列,通过标准摩擦系数拟合公式,即可得到对应的摩擦系数或者摩擦系数序列。通过摩擦系数序列可以得到试样在各个方向上的摩擦系数。

[0062] 实施例8

[0063] 按照本发明的另一方面,提供了一种基于图像识别的圆环镟粗摩擦系数测定装置,包括:

[0064] 采集模块,用于采集镟粗后圆环试样的图像;

[0065] 获取模块,用于通过图像边缘提取方法对图像中镟粗后圆环试样的内轮廓进行提取,利用亚像素边缘提取方法对内轮廓进一步提取得到边缘轮廓;获取边缘轮廓表征的镟粗后圆环内径;

[0066] 测定模块,用于基于标准摩擦系数理论校准曲线,利用镟粗后圆环内径、镟粗前原始内径、镟粗前原始高度和镟粗后目标高度,计算镟粗后摩擦系数;其中,标准摩擦系数理论校准曲线用于表征镟粗后摩擦系数、镟粗前后高度比和镟粗前后内径压缩比之间的映射关系。

[0067] 实施例9

[0068] 按照本发明的另一方面,提供了一种电子设备,包括存储器和处理器,存储器存储有计算机程序,处理器执行计算机程序时实现上述的方法的步骤。

[0069] 实施例10

[0070] 按照本发明的另一方面,提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,计算机程序被处理器执行时实现上述的方法的步骤。

[0071] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。



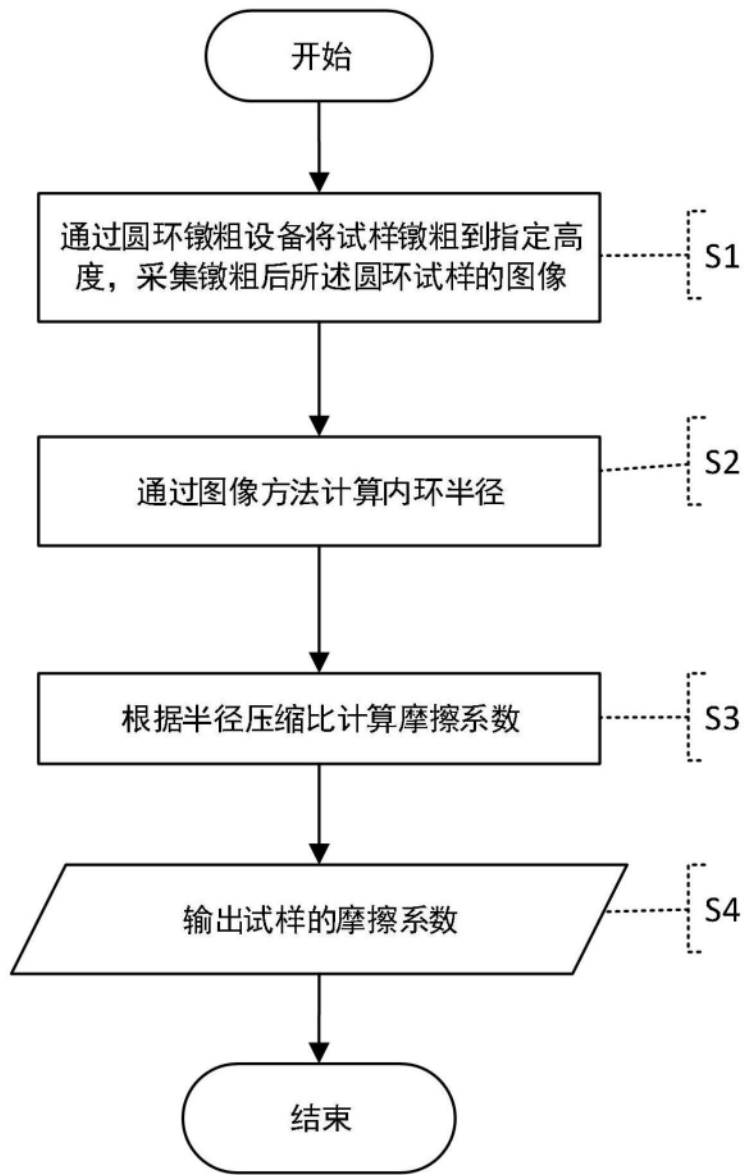


图1

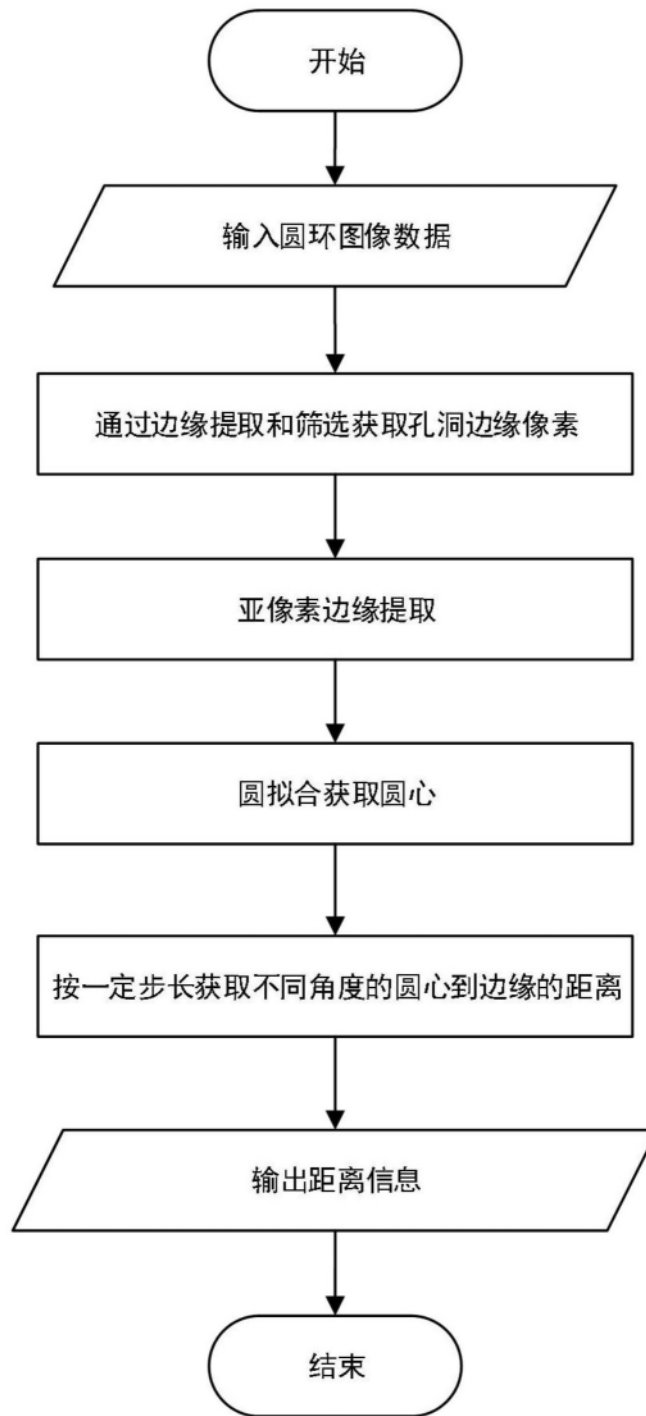


图2

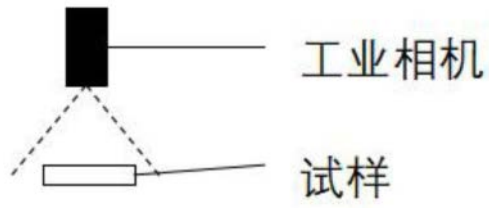


图3

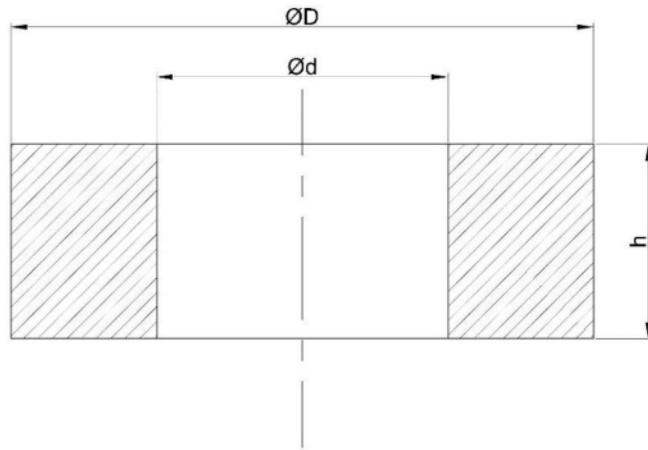


图4

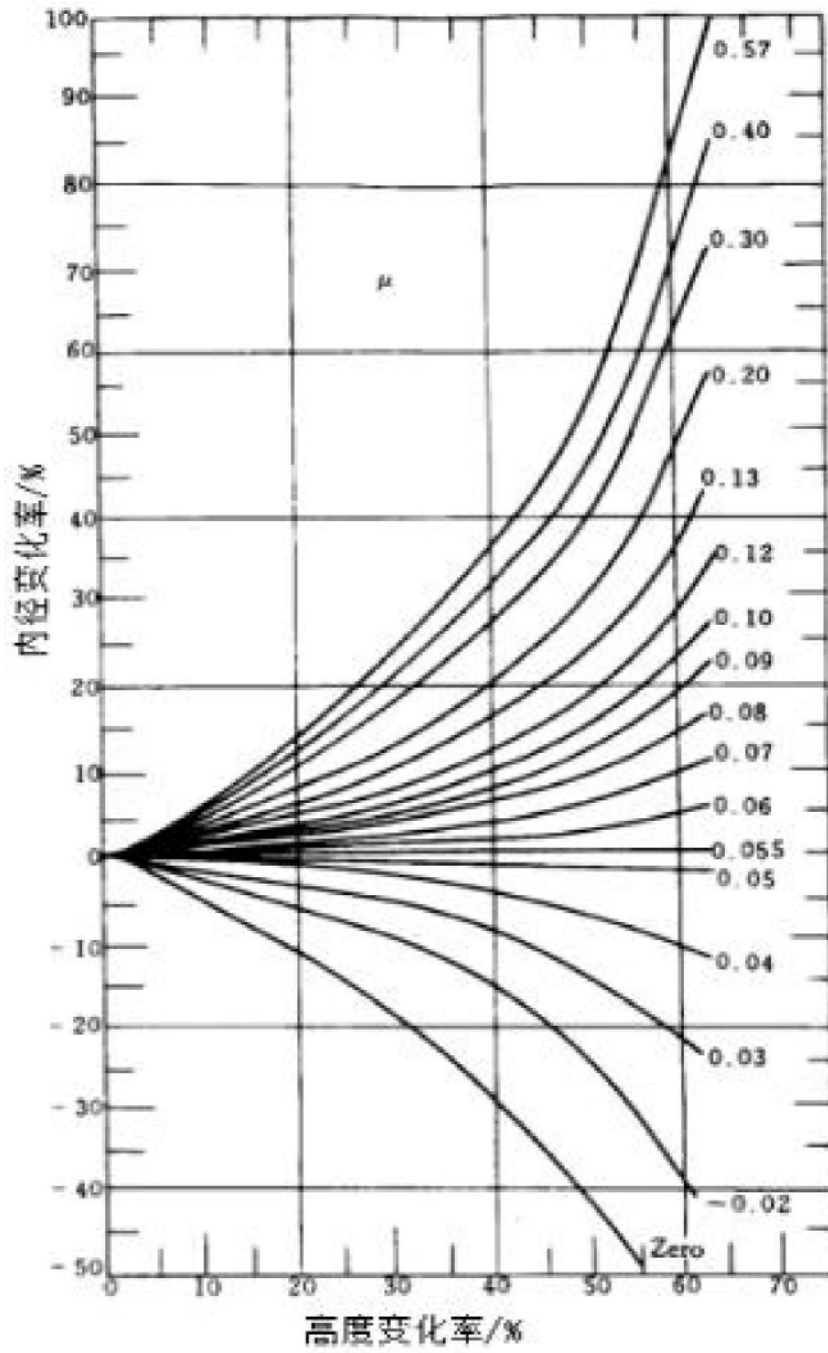


图5