



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112362251 A

(43) 申请公布日 2021.02.12

(21) 申请号 202011216081.0

(22) 申请日 2020.11.04

(71) 申请人 李小红

地址 710054 陕西省西安市育才路8号

(72) 发明人 李小红 孙猛猛

(51) Int.Cl.

G01M 3/06 (2006.01)

G01M 10/00 (2006.01)

G06T 5/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 7/11 (2017.01)

G06T 7/136 (2017.01)

G06T 7/187 (2017.01)

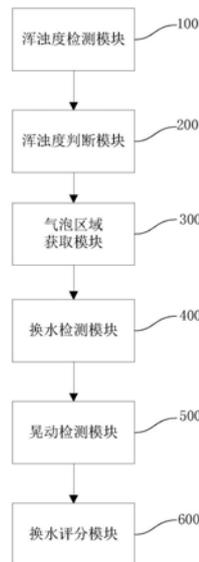
权利要求书3页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及人工智能技术领域,具体涉及一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法。该系统包括换水检测模块,用于在开始换水后,每采集预定帧数水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧水体图像中水体的第二平均浑浊度,得到水体图像基于高度分布的浑浊度变化趋势,根据由浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;晃动检测模块,用于获取图像中气泡的晃动程度;换水评分模块,用于根据由初步评分与换水评分模型成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分模型成负相关关系所构建的换水评分模型对当前换水速率进行评分,当评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。本系统提高了对换水速率评估的精确度。



1. 基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在于,该系统包括换水检测模块、晃动检测模块和换水评分模块;

所述换水检测模块,用于在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧所述第二水体图像中水体的第二平均浑浊度,得到所述第二水体图像基于高度分布的浑浊度变化趋势,根据由所述浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;所述加权的权重为每帧所述第二水体图像在所述预定帧数第二水体图像中的位置;

所述晃动检测模块,用于获取所述预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度;

所述换水评分模块,用于根据由所述初步评分与换水评分成正相关关系以及所述气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对所述当前换水速率进行评分,当所述评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

2. 根据权利要求1所述的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在于,该系统还包括浑浊度检测模块和浑浊度判断模块;

所述浑浊度检测模块,用于在气密性检测开始后和开始换水前,采集多帧第一水体图像,获取每帧所述第一水体图像中的水体的第一平均浑浊度;

所述浑浊度判断模块,用于在所述第一平均浑浊度超出预设浑浊度阈值时,判断开始换水。

3. 根据权利要求2所述的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在于,所述浑浊度检测模块,还包括水体区域分析单元和浑浊度获取单元;

所述水体区域分析单元,用于将斑点图作为所述第一水体图像中水体的背景,获取整个斑点图的亮度的平均灰度,并在高度方向对所述斑点图划分为Q等份的子区域,获取每个所述子区域的斑点连通域的平均面积、饱和度变化和亮度平均灰度;所述饱和度变化为所述子区域的斑点连通域的饱和度与标准红色饱和度的差值的绝对值;

所述浑浊度获取单元,用于根据由所述斑点连通域的平均面积和饱和度变化与水体的浑浊度成正相关关系所构建的子区域浑浊度模型判断所述子区域的浑浊度。

4. 根据权利要求2所述的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在于,所述初步换水评分模型为:

$$D_0 = \frac{\sum_{d=1}^K \left(\exp\left(\frac{d}{K}\right) \times D_d \right)}{\sum_{d=1}^K \exp\left(\frac{d}{K}\right)}$$

其中, D_0 表示所述初步评分, d 表示所述预定帧数第二水体图像的第 d 帧, K 表示所述预定帧数第二水体图像的帧数, D_d 表示第 d 帧所述第二水体图像中水体浑浊度的变化趋势;所述 D_d 为:

$$D_d = \frac{ab}{c\bar{L}} \ln(ab + 1) + (\hat{L} - c) \left(2 - \frac{\bar{L}}{\hat{L}} \right)$$

其中, a 表示所述第二水体图像中上半部分水体浑浊度变化趋势, b 表示所述第二水体图像中下半部分水体浑浊度变化趋势, \hat{L} 表示为所述多帧第一水体图像的最后帧水体图像中水体的平均浑浊度, \bar{L} 表示为所述预定帧数水体第二图像中气泡区域的浑浊度。

5. 根据权利要求1和4所述的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在

于,所述换水评分的判断模型为:

$$D=D_0-\beta W$$

其中,D表示所述换水评分, D_0 表示所述初步评分,W表示所述预定帧数第二水体图像中所述气泡晃动程度的最大值, β 表示缩放系数,为常数。

6.基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法,其特征在于,该方法包括步骤:

在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧所述第二水体图像中的水体的第二平均浑浊度,得到所述第二水体图像基于高度分布的浑浊度变化趋势,根据由所述浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;所述加权的权重为每帧第二水体图像在所述预定帧数第二水体图像中的位置;

获取所述预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度;

根据由所述初步评分与换水评分成正相关关系以及所述气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对所述当前换水速率进行评分,当所述评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

7.根据权利要求6的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法,其特征在于,该方法还包括步骤:

在气密性检测开始后和开始换水前,采集多帧第一水体图像,获取每帧所述第一水体图像中的水体的第一平均浑浊度;

在所述第一平均浑浊度超出预设浑浊度阈值时,判断开始换水。

8.根据权利要求6的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法,其特征在于,所述获取每帧所述第一水体图像中的水体的第一平均浑浊度的步骤包括:

将斑点图作为所述第一水体图像中水体的背景,获取整个斑点图的亮度的平均灰度,并在高度方向对所述斑点图划分为Q等份的子区域,获取每个所述子区域的斑点连通域的平均面积、饱和度变化和亮度平均灰度;所述饱和度变化为所述子区域的斑点连通域的饱和度与标准红色饱和度的差值的绝对值;

根据由所述斑点连通域的平均面积和饱和度变化与水体的浑浊度成正相关关系所构建的子区域浑浊度模型判断所述子区域的浑浊度。

9.根据权利要求6的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,其特征在于,所述初步换水评分模型为:

$$D_0 = \frac{\sum_{d=1}^K \left(\exp\left(\frac{d}{K}\right) \times D_d \right)}{\sum_{d=1}^K \exp\left(\frac{d}{K}\right)}$$

其中, D_0 表示所述初步评分,d表示所述预定帧数第二水体图像的第d帧,K表示所述预定帧数第二水体图像的帧数, D_d 表示第d帧所述第二水体图像中水体浑浊度的变化趋势;所述 D_d 为:

$$D_d = \frac{ab}{c\hat{L}} \ln(ab + 1) + (\hat{L} - c) \left(2 - \frac{\tilde{L}}{\hat{L}} \right)$$

其中,a表示所述第二水体图像中上半部分水体浑浊度变化趋势,b表示所述第二水体图像中下半部分水体浑浊度变化趋势, \hat{L} 表示为所述多帧第一水体图像的最后一帧所述第

一水体图像中水体的平均浑浊度, \tilde{L} 表示为所述预定帧数第二水体图像中气泡区域的浑浊度。

10. 根据权利要求5或9所述的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统, 其特征在于, 所述换水评分的判断模型为:

$$D = D_0 - \beta W$$

其中, D 表示所述换水评分, D_0 表示所述初步评分, W 表示所述预定帧数第二水体图像中所述气泡晃动程度的最大值, β 表示缩放系数, 为常数。

基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及人工智能技术领域,具体涉及一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法。

背景技术

[0002] 在气密性检测时水体会随着工件数量的增加逐渐变得浑浊,一般当浑浊度达到阈值时需要进行换水,所谓的换水是指用水管在水面上流进澄清的水,用另一个水管流出有杂质的、浑浊的水体。在换水过程中只要流进水的速率或抽水的速率合适,那么水体从上到下依次变澄清,但是如果速率不合适,那么水体会受流进水和抽水的干扰,例如进水和抽水的水流影响水的稳态,是水中杂质浮动起来,反而使水变得浑浊。

[0003] 在换水时,工件漏气孔冒出的气泡可能会受水流的影响,使气泡轨迹晃动,影响检测。此时便需要去调整换水速率。目前还没有一个好的自动化系统去根据水的浑浊的变化特征和气泡的轨迹特征去判断换水速率是否合适。

[0004] 发明人在实践中,发现上述现有技术存在以下缺陷:

[0005] 进行检测工件气密性时,水体到达一定的浑浊度时需要进行换水,换水的速率不合适会导致换完水后水体的浑浊度仍然很高。

发明内容

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的目的在于提供一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法,所采用的技术方案具体如下:

[0007] 第一方面,本发明一个实施例提供了一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统,该系统包括换水检测模块、晃动检测模块和换水评分模块。

[0008] 换水检测模块,用于在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧第二水体图像中的水体的第二平均浑浊度,得到第二水体图像基于高度分布的浑浊度变化趋势,根据由浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;加权的权重为每帧图像在预定帧数第二水体图像中的位置。

[0009] 晃动检测模块,用于获取预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度。

[0010] 换水评分模块,用于根据由初步评分与换水评分成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对当前换水速率进行评分,当评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

[0011] 第二方面,本发明另一实施例提供了一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法,该方法包括步骤:在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧第二水体图像中的水体的第二平均浑浊度,得到第二水体图像基于高度分布的浑浊度变化趋势,根据由浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;加权的权重为每帧第二水体图像在预定帧数第二水体图像中的位置;获取预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度;根据由初步评分与换水评分成正相关

关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对当前换水速率进行评分,当评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

[0012] 本发明至少具有如下有益效果:

[0013] 本发明实施例在气密性检测时,检测水体的浑浊度,当水体的浑浊度到达一定阈值时判断开始换水,在开始换水后,通过水体的浑浊度对换水速率进行初步评估,并通过气泡的晃动程度进一步对换水速率进行评估。本发明实施例所提供的一个换水速率的检测系统提高了对换水速率评估的精确度。

附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案和优点,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它附图。

[0015] 图1为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统框图;

[0016] 图2为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统具体框图;

[0017] 图3为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中浑浊度检测模块组成示意图;

[0018] 图4为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中浑浊度检测模块示意图;

[0019] 图5为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中浑浊度判断模块示意图;

[0020] 图6为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中气泡区域获取模块示意图;

[0021] 图7为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中换水检测模块示意图;

[0022] 图8为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中晃动检测模块示意图;

[0023] 图9为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中的晃动程度的权重sigmoid (py'_n) 曲线图;

[0024] 图10为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统中换水评分模块示意图;

[0025] 图11为本发明一个实施例所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法流程图。

具体实施方式

[0026] 为了更进一步阐述本发明为达成预定发明目的所采取的技术手段及功效,以下结合附图及较佳实施例,对依据本发明提出的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系

统及方法,其具体实施方式、结构、特征及其功效,详细说明如下。在下述说明中,不同的“一个实施例”或“另一个实施例”指的不一定是同一实施例。此外,一或多个实施例中的特定特征、结构、或特点可由任何合适形式组合。

[0027] 除非另有定义,本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。

[0028] 下面结合附图具体的说明本发明所提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统及方法的具体方案。

[0029] 请参阅图1,其示出了本发明一个实施例提供的基于视觉感知的换水速率水体稳态检测系统框图。该系统包括浑浊度检测模块100、浑浊度判断模块200、气泡区域获取模块300、换水检测模块400、晃动检测模块500和换水评分模块600。

[0030] 在检测工件的气密性时,水体随着检测工件的数量的增多会变得越来越浑浊,当浑浊度达到预设浑浊度阈值时,就需要进行换水,通过流进澄清的水体,流出浑浊的水体,使水体重新变得澄清。在此过程中,进水与抽水同时进行,且进水速率等于抽水速率,统称为换水速率。本发明实施例中进行气密性检测时,本系统才开始执行检测,否则,系统不执行。

[0031] 在实施前,在检测装置的玻璃缸背面贴上一张散点图,所述的散点图是指由黑色背景和红色的斑点构成的图,红色的斑点均匀分布在散点图上,斑点的大小必须保证其在图像上清晰可见,散点图分布在工件放置区域的上方,保证工件不会遮挡住散点图。本发明实施例中,散点图中存在十行红色斑点,每一行包括的斑点个数不限制。相机安装在玻璃缸壁上,相机下方固定一个LED光源。

[0032] 本发明具体实施例如图2所示。

[0033] 浑浊度检测模块100用于在气密性检测开始后和开始换水前,采集多帧第一水体图像,获取每帧第一水体图像中的水体的第一平均浑浊度。

[0034] 如图3所示,浑浊度检测模块100包括水体区域分析单元110和浑浊度获取单元120。

[0035] 其中,水体区域分析单元用于将斑点图作为水体的背景,获取整个斑点图的亮度的平均灰度,并在高度方向对斑点图划分为Q等份的子区域,获取每个子区域的斑点连通域的平均面积、饱和度变化和亮度平均灰度;饱和度变化为子区域的斑点连通域的饱和度与标准红色饱和度的差值的绝对值。

[0036] 具体地,如图4所示,当开始进行气密性检测到判断需要进行换水前,相机一直采集图像,获取工件冒出气泡的轨迹的第一水体图像,组成图像序列 $I: \{I_1, I_2, \dots, I_n, \dots\}$,获取到的图像序列I中的每一帧第一水体图像中包含散点图背景、浑浊的液体和气泡。

[0037] 获取每一帧第一水体图像的R通道,红色的斑点在R通道呈现白色,对该通道进行二值化处理,得到了斑点的连通域图像I1,连通域图像I1除了有红色斑点的连通域外还以其他的连通域,比如过曝区域、气泡区域等。

[0038] 获取每一帧连通域图像I1的暗通道,并进行二值化处理,获取只有曝光区域和气泡区域的图像I2,将图像I1与图像I2做异或运算去除气泡区域和曝光区域,获取图像I3,图像I3存在斑点区域与一些噪点,对图像I3先做闭运算,再进行开运算,闭运算与开运算的模

板大小为 3×3 ,滤除掉孤立的黑色噪点和白色噪点,保留下斑点的ROI区域图像。

[0039] 由于水体浑浊,会使斑点模糊变大。将斑点的ROI区域按高度方向分布分为Q等份,本发明实施例中的散点图包括了十行红色斑点,所以将斑点的ROI区域按高度方向分布分为十等份子ROI区域,即 $Q=10$,每份斑点的子ROI区域的高度为斑点的ROI区域的总高度的十分之一,从上到下每份斑点的子ROI区域高度记为 $H: \{H_1, H_2, H_3, \dots, H_k, \dots, H_{10}\}$,获取对应高度分布的其子ROI区域的斑点连通域的平均面积大小 $A: \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_k, \dots, A_{10}\}$,以及子ROI区域内斑点连通域的饱和度的变化 $S: \{S_1, S_2, S_3, \dots, S_k, \dots, S_{10}\}$ 。

[0040] 具体地,获取第k个子ROI区域内斑点连通域的平均面积大小 A_k 的方式为:对于第k个斑点的子ROI区域,根据分水岭算法获取第k个斑点的子ROI区域的每个斑点连通域的面积大小,然后取均值,就得到了第k个子ROI区域的斑点连通域的平均面积大小 A_k 。

[0041] 获取第k个子ROI区域的斑点的饱和度变化 S_k 的方法为:利用分水岭算法获取该子ROI区域内的每个斑点的连通域,将每帧第一水体图像转化为HSV色彩空间进行分析,获取转化后的饱和度通道图像,对这个饱和度通道图像进行归一化处理。获取每个斑点的连通域对应的饱和度数值,计算该饱和度与标准红色饱和度的差值的绝对值,即获得了每帧第一水体图像中第k个子ROI区域的斑点的饱和度变化 S_k 。

[0042] 利用分水岭算法获取该子ROI区域内的每个斑点的连通域,将每帧第一水体图像转化为HSV色彩空间进行分析,获取转化后的亮度通道图像,获取每帧第一水体图像中整个斑点的ROI区域的亮度图的平均灰度 V_0 和第k个子ROI区域内斑点连通域的亮度图的平均灰度 V_k 。

[0043] 浑浊度获取单元用于根据由斑点连通域的平均面积和饱和度变化与水体的浑浊度成正相关关系所构建的子区域浑浊度模型判断子区域的浑浊度。

[0044] 根据由第k个子ROI区域内斑点连通域平均面积大小 A_k 、斑点的饱和度变化 S_k 与该区域水体的浑浊度成正相关关系所构建的子ROI区域浑浊度判断模型,判断第k个子ROI区域的平均浑浊度 L_k 为:

$$[0045] \quad L_k = \alpha_k (\ln (A_k S_k + 1) \times \exp S_k) + 1 \quad (1)$$

[0046] 其中, $\alpha_k = \exp (V_k - V_0)$,表示第k个子ROI区域的亮度变化系数, V_k 表示第k个子ROI区域的亮度图的平均灰度, V_0 表示整个斑点的ROI区域的亮度图的平均灰度。

[0047] 对每一帧第一水体图像的所有斑点的子ROI区域的浑浊度进行叠加求均值,获取整个斑点的ROI区域的第一平均浑浊度 c 为:

$$[0048] \quad c = \frac{\sum_{k=1}^{10} L_k}{10} \quad (2)。$$

[0049] 浑浊度判断模块200用于在第一平均浑浊度超出预设浑浊度阈值时,判断开始换水。

[0050] 具体地,如图5所示,当第一平均浑浊度 c 超过预设浑浊度阈值 \hat{L} 时,停止采集第一水体图像,判断系统开始进行换水。此时从开始进行气密性检测到检测到需要换水时,共采集了B帧第一水体图像。由式(2)获取到第B帧图像的最终第一平均浑浊度 c_B 。

[0051] 气泡区域获取模块300用于在气密性检测后和开始换水前对采集的多帧第一水体图像基于帧差法和叠加法获取气泡的ROI区域。

[0052] 具体地,如图6所示,由于共采集了B帧第一水体图像图像,那么之前的图像序列I就变成了确定的图像序列I1: $\{I_1, I_2, \dots, I_n, \dots, I_B\}$ 。对于之前的图像序列I,在获取每帧第一水体图像平均浑浊度的同时,也在利用帧差法与叠加法获取气泡的ROI区域,直到检测到第B帧第一水体图像结束。

[0053] 利用帧差法与叠加法获取气泡的ROI区域的具体方法为:

[0054] 获取每帧第一水体图像的暗通道 $I_{dark_n}(i, j)$ 为:

[0055] $I_{dark_n}(i, j) = \text{minimum}(IR_n(i, j), IG_n(i, j), IB_n(i, j))$

[0056] 其中, $\text{minimum}()$ 表示对输入的数据序列里的所有数据求最小值, IR_n, IG_n, IB_n 分别表示第一水体图像 I_n 的R、G、B三个通道, $I_{dark_n}(i, j)$ 表示在第n个暗通道图像上的 (i, j) 坐标处的像素值; $IR_n(i, j)$ 表示第n个红色 (Red) 通道图像上的 (i, j) 坐标处的像素值; $IG_n(i, j)$ 表示第n个绿色 (Green) 通道图像上的 (i, j) 坐标处的像素值; $IB_n(i, j)$ 表示第n个蓝色 (Blue) 通道图像上的 (i, j) 坐标处的像素值。

[0057] 由于气泡在暗通道上的灰度值比较高,一些噪声信息在暗通道上的灰度值较小,通过对暗通道做帧差法和叠加法可以有效的减少噪声的干扰,保留气泡的轨迹特征。

[0058] 通过对相邻两帧做帧差法,获取到相邻两幅第一水体图像的的帧差图像 (i, j) 处的图像差值 $\Delta I_k(i, j)$ 为:

[0059] $\Delta I_n = I_{dark_n} - I_{dark_{n-1}}, 2 < n < B$

[0060] 其中, ΔI_n 为第n帧差图像。

[0061] 为了防止在后续的叠加时产生过多干扰,对 ΔI_n 做阈值处理过滤掉灰度值较小的噪声:

[0062] $\Delta I_n(i, j) = \begin{cases} 0, & \Delta I_n(i, j) < 0.5 \\ \Delta I_n, & \Delta I_n(i, j) \geq 0.5 \end{cases}$

[0063] 通过叠加法获取气泡的轨迹图像mask为:

[0064] $\text{mask}(i, j) = \text{maximum}(\{\Delta I_1(i, j), \Delta I_2(i, j), \dots, I_n(i, j), \dots, I_B(i, j)\})$

[0065] 其中, $\text{maximum}()$ 表示对输入的数据序列里的所有数据求最大值。 $\text{mask}(i, j)$ 表示在气泡的轨迹图像mask上的 (i, j) 坐标处的像素值。

[0066] 由于气泡的轨迹图像mask中可能有噪声干扰,且噪声是孤立的,所以对气泡的轨迹图像mask进行二值化处理,获得二值化后的气泡的轨迹图像mask,再进行闭运算,闭运算模板大小为 5×5 ,使气泡轨迹区域的连通域粘连在一起,之后再开运算,开运算的模板大小为 3×3 ,就去除了孤立的噪点,并且获取到了一条粘连在一起的气泡的轨迹mask图像。

[0067] 根据气泡的轨迹mask图像获得初始气泡ROI区域,即获取到了气泡的轨迹mask的外接矩形框。为了确保所获得的初始气泡ROI区域包含所有的气泡,并且包括足够多的斑点分布,需要将初始气泡ROI区域扩大q倍,q需要实施者根据斑点的分布进行设置,本发明实施例中, $q=6$,便获取到了扩大之后的第二气泡ROI区域。当获取到处理后的第二气泡ROI区域,将其作为气泡的ROI区域,后续就不需要再重新获取初始气泡ROI区域,而是直接使用气泡ROI区域,也就是初始气泡ROI区域扩大之后得到的第二气泡ROI区域。

[0068] 换水检测模块400用于在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧第二水体图像中的水体的第二平均浑浊度,得到第二水体图像高度分布的浑浊度变化趋势,根据由浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分;加权的权重为每帧第二水体图像在预定帧数第二水体图像中的位置。

[0069] 具体地,如图7所示,当开始进行换水时,开始采集第二水体图像,每采集K帧第二水体图像通过一次换水评分模型对当前的换水速率进行一次判断。本发明实施例中,K=10。获取到的K帧图像序列为 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_d, \dots, G_K\}$,并获取到每一帧第二水体图像中与斑点的子ROI区域高度分布对应的其斑点连通域的平均面积大小 $A' : \{A'_1, A'_2, A'_3, \dots, A'_k, \dots, A'_{10}\}$ 、饱和度的变化 $S' : \{S'_1, S'_2, S'_3, \dots, S'_k, \dots, S'_{10}\}$ 、亮度的平均灰度 $V' : \{V'_1, V'_2, V'_3, \dots, V'_k, \dots, V'_{10}\}$ 和整个斑点的ROI区域的亮度的平均灰度 V'_0 。

[0070] 再通过式(1),判断第d帧第二水体图像中的第k个子ROI区域的平均浑浊度 L'_k 为:

$$[0071] \quad L'_k = \alpha'_k (\ln(A'_k S'_{k+1}) \times \exp(S'_k) + 1) \quad (3)$$

[0072] 其中, A'_k 表示第k个子ROI区域的平均面积大小, S'_k 表示第k个子ROI区域的饱和度变化, $\alpha'_k = \exp(V'_k - V'_0 - g)$,表示第k个子ROI区域的亮度变化系数, V'_k 表示第k个子ROI区域的亮度图的平均灰度, V'_0 表示整个斑点的ROI区域的亮度图的平均灰度,g表示浑浊度调整系数,为一个由实施者自行调整的常数,用于消除气泡亮度的干扰,本发明实施例中 $g = 0$ 。

[0073] 通过式(2),判断第d帧第二水体图像中整个斑点的ROI区域的第二平均浑浊度 c' 为:

$$[0074] \quad c' = \frac{\sum_{k=1}^{10} L'_k}{10} \quad (4)$$

[0075] 由于已经将获取的第二气泡的ROI区域作为气泡的ROI区域,所以获取图像序列G中的每一帧第二水体图像的气泡的ROI区域内所有斑点连通域的平均面积 \tilde{A} 、斑点的颜色饱和度的变化 \tilde{S} 和亮度的平均灰度 \tilde{V} 。根据由气泡的ROI区域内所有斑点连通域的平均面积 \tilde{A} 和斑点的颜色饱和度的变化 \tilde{S} 代入式(3),得到气泡的ROI区域的平均浑浊度 \tilde{L} 为:

$$[0076] \quad \tilde{L} = \tilde{\alpha} (\ln(\tilde{A} \tilde{S} + 1) \times \exp(\tilde{S}) + 1) \quad (5)$$

[0077] 其中, $\tilde{\alpha} = \exp(\tilde{V} - V'_0 - g')$,表示气泡的ROI区域亮度变化系数, \tilde{G} 表示气泡的ROI区域内的亮度图的平均灰度, g' 表示气泡区域浑浊度调整系数,为一个有实施者自行调整的常数,用于消除气泡亮度的干扰,本发明实施例中 $g' = 0$ 。

[0078] 对于水体的上部,即第1个到第5个斑点的子ROI区域,结合式(3),获取到第二水体图像中上半部分水体浑浊度变化趋势a为:

$$[0079] \quad a = c_B + \sum_{k=2}^5 (L'_k - L'_{k-1}) \quad (6)$$

[0080] 其中, c_B 表示换水前所有子ROI区域的平均浑浊度均值。a表示第二水体图像中的水体上方部分不同位置的不同斑点的子ROI区域的液体在进水影响下的浑浊度变化趋势。

[0081] 对于水体的下部,即第6个到第10个斑点的子ROI区域,结合式(3),获取第二水体图像中下半部分水体浑浊度变化趋势b为:

$$[0082] \quad b = c_B + \sum_{k=7}^{10} (L'_k - L'_{k-1}) \quad (7)$$

[0083] 其中, c_B 表示换水前所有子ROI区域的平均浑浊度均值。 b 表示第二水体图像中水体下方部分不同位置的不同斑点的子ROI区域的液体在抽水的影响下的浑浊度变化趋势。

[0084] 结合式(3)、式(4)、式(5)、式(6)和式(7),根据由斑点ROI区域的第二平均浑浊度 c' 、气泡ROI区域的浑浊度变化 a 和 b 与水体的浑浊度变化成正相关关系所构建第 d 帧第二水体图像中的水体浑浊度变化 D_d 的模型为:

$$[0085] \quad D_d = \frac{ab}{c'\bar{L}} \ln(ab + 1) + (c_B - c') \left(2 - \frac{\bar{L}}{c_B} \right) \quad (8)$$

[0086] 其中, a 为第二水体图像中上半部分水体浑浊度变化趋势, b 为第二水体图像中下半部分水体浑浊度变化趋势, c' 为第二水体图像中整个斑点ROI区域的第二平均浑浊度, \bar{L} 为第二水体图像中的气泡的ROI区域的平均浑浊度, c_B 为第一水体图像中整个斑点ROI区域的最终第一平均浑浊度, D_d 越大,说明水体变澄清的趋势越大; $2 - \frac{\bar{L}}{c_B}$ 是一个调整系数, \bar{L} 最大为 c_B 。

[0087] 由于相机每采集 K 帧第一水体图像对当前换水速率进行一次检测,第 d 帧第一水体图像水体浑浊度的变化趋势为 D_d ,结合式(8),根据 K 个变化趋势 D_d 的加权平均所构建的初步换水评分模型 D_0 为:

$$[0088] \quad D_0 = \frac{\sum_{d=1}^K \left(\exp\left(\frac{d}{K}\right) \times D_d \right)}{\sum_{d=1}^K \exp\left(\frac{d}{K}\right)} \quad (9)$$

[0089] 式(9)中, D_d 为 K 帧第一水体图像组成的图像序列 G 的每帧第一水体图像的浑浊度变化趋势,其对应的权重为 $\exp\left(\frac{d}{K}\right)$ 。由初步换水评分模型 D_0 能够粗略估计当前的初步换水速率是否合适, D_0 越大,说明当前 K 帧的换水速率越合适。

[0090] 晃动检测模块500用于获取预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度。

[0091] 换水速率是否合适的判断除了考虑与浑浊度变化的关系之外,还需要考虑换水速率与气泡轨迹变化的关系进一步进行判断,即还需要通过气泡轨迹的晃动程度对换水的评分模型进一步做调整。

[0092] 具体地,如图8所示,获取开始换水后的每个图像序列 G 中的第 d 帧第二水体图像,获取第二水体图像中的气泡的ROI区域的图像,获取气泡的ROI区域的图像的亮度通道,对亮度通道进行阈值分割,气泡的ROI区域的图像中存在有 M 个气泡、水和杂质,且气泡的亮度通道比较高,所以能够通过亮度图的阈值分割将每个气泡的mask连通域提取出来,获取每个气泡的连通域中心点的坐标为: $\{(px_1, py_1) \dots (px_n, py_n) \dots (px_M, py_M)\}$ 。其中, px_n 表示每个气泡的连通域中心点的横坐标, py_n 表示每个气泡的连通域中心点的纵坐标。

[0093] 当气泡偏离原来的运动轨迹时,气泡的横坐标的偏移更能体现出水体对气泡的干

扰,所以首先对气泡的纵坐标进行归一化处理,方法为:

$$[0094] \quad py'_n = \frac{py_n - \min(\{py_n\}_{n=1}^M)}{\max(\{py_n\}_{n=1}^M) - \min(\{py_n\}_{n=1}^M)}$$

[0095] 其中, $\{py_n\}_{n=1}^M$ 表示序列 $\{py_1, py_2, \dots, py_n, \dots, py_M\}$, $\max(\{py_n\}_{n=1}^M)$ 表示为气泡纵坐标序列的最大值, $\min(\{py_n\}_{n=1}^M)$ 表示为气泡纵坐标序列的最小值, py'_n 为归一化的气泡纵坐标。

[0096] 然后计算横坐标序列的均值 \overline{px} 为:

$$[0097] \quad \overline{px} = \frac{\sum_{n=1}^M px_n}{M}$$

[0098] 由对每个横坐标序列的方差进行加权平均构建的气泡晃动程度 W_d 的模型为:

$$[0099] \quad W_d = \frac{\sum_{n=1}^M (\text{sigmod}(py'_n) * (px_n - \overline{px})^2)}{M \sum_{n=1}^M (\text{sigmod}(py'_n))} \quad (10)$$

[0100] 式(10)中, $\text{sigmod}(py'_n)$ 具体为:

$$[0101] \quad \text{sigmod}(py'_n) = \frac{\exp(9(py_n - 0.4))}{\exp(9(py_n - 0.4)) + 1}$$

[0102] $\text{sigmod}(py'_n)$ 表示为坐标 py_n 的方差的权重,坐标 py_n 的方差越大,说明第 n 个气泡的位置晃动程度越大。 $\text{sigmod}(py'_n)$ 曲线如图9所示:横坐标表示 py_n ,纵坐标表示 $\text{sigmod}(py'_n)$ 。

[0103] 获取到图像序列G中的每一帧第二水体图像中的气泡的晃动程度 W_d ,取图像序列G中的最大气泡晃动程度作为图像序列G中的气泡晃动程度 W 为:

$$[0104] \quad W = \max(\{W_d\}_{d=1}^K) \quad (11)。$$

[0105] 式(11)中, W 越大说明换水对气泡的干扰就越大,换水速率不合适。

[0106] 换水评分模块600用于根据由初步评分与换水评分成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对当前换水速率进行评分,当评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

[0107] 具体地,如图10所示,结合式(9)和式(11),由初步换水评分与换水评分成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系水体的构建修正后的的换水评分模型D为:

$$[0108] \quad D = D_0 - \beta W \quad (12)$$

[0109] 式(12)中, β 是一个缩放系数,由用户根据实际情况确定。本发明实施例中, $\beta = 0.1$ 。

[0110] 当获取到的换水评分 D 小于预设评分阈值时,说明此时的换水速率不合适,需要调整换水速率。

[0111] 综上,本发明系统在对工件进行气密性检测开始后,通过采集的第一水体图像判断水体的浑浊度,当检测到的水体的浑浊度超出了预设浑浊度阈值时判断气密性检测装置中的水槽需要换水,开始进行换水后,在换水过程中,每采集预定帧数第二水体图像进行一

次换水速率检测,通过对预定帧数第二水体图像的每一帧第二水体图像中检测到的水体浑浊度进行加权所构建的初步换水评分模型对当前换水速率做一个初步评估,之后预定帧数第二水体图像的每一帧第二水体图像中检测到的气泡的晃动程度对初步换水评估模型做一个修正,得到准确的换水评估模型,并对当前的换水速率做一个更精确的评估。本发明系统提高了对换水时的换水速率评估的准确度。

[0112] 基于与上述系统/方法相同的发明构思,本发明另一实施例还提供了一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法。

[0113] 请参阅图11,其示出了本发明另一实施例提供的一种基于视觉感知的换水速率水体稳态检测方法流程图。该方法包括步骤:

[0114] 步骤S1,在气密性检测开始后和开始换水前,采集多帧第一水体图像,获取每帧第一水体图像中的水体的第一平均浑浊度。

[0115] 将斑点图作为所述第一水体图像中水体的背景,获取整个斑点图的亮度的平均灰度,并在高度方向对斑点图划分为Q等份的子区域,获取每个斑点子区域的斑点连通域的平均面积、饱和度变化和亮度平均灰度。其中,饱和度变化为斑点子区域的斑点连通域的饱和度与标准红色饱和度的差值的绝对值。

[0116] 根据由斑点连通域的平均面积和饱和度变化与水体的浑浊度成正相关关系所构建的子区域浑浊度模型判断水体的第一平均浑浊度。

[0117] 步骤S2,在第一平均浑浊度超出预设浑浊度阈值时,判断开始换水。

[0118] 当第一平均浑浊度 c 超过预设浑浊度阈值 \hat{L} 时,此时停止采集第一水体图像,并判断系统开始进行换水。此时从开始进行气密性检测到检测到需要换水时,共采集了B帧第一水体图像。并记录获取到第B帧第一水体图像的最终第一平均浑浊度。

[0119] 步骤S3,在气密性检测后和开始换水前对采集的多帧第一水体图像基于帧差法和叠加法获取气泡的ROI区域。

[0120] 在获取每帧第一水体图像平均浑浊度的同时,也在利用帧差法与叠加法获取气泡的ROI区域,由于共采集了B帧第一水体图像,那么从气密性检测开始到换水前获得了确定的图像序列,检测到第B帧第一水体图像结束对气泡的轨迹mask图像的叠加获取。

[0121] 由于气泡的轨迹图像mask中可能有噪声干扰,且噪声是孤立的,所以对气泡的轨迹图像mask进行二值化处理,获得二值化后的气泡的轨迹图像mask,再进行闭运算,闭运算模板大小为 5×5 ,使气泡轨迹区域的连通域粘连在一起,之后再开运算,开运算的模板大小为 3×3 ,就去除了孤立的噪点,并且获取到了一条粘连在一起的气泡的轨迹mask图像。

[0122] 获取到了气泡的轨迹mask的外接矩形框,即外接矩形框区域为初始气泡ROI区域。为了确保所获得的初始气泡ROI区域包含所有的气泡,并且包括足够多的斑点分布,需要将初始气泡ROI区域扩大q倍,q需要实施者根据斑点的分布进行设置,本发明实施例中, $q=6$,便获取到了扩大之后的第二气泡ROI区域。后续就不需要再重新获取初始气泡ROI区域,将处理后的第二气泡ROI区域作为气泡的ROI区域。

[0123] 步骤S3,在开始换水后,每采集预定帧数第二水体图像进行一次换水速率检测,获取每帧第二水体图像中的水体的第二平均浑浊度,得到第二水体图像高度分布的浑浊度变化趋势,根据由浑浊度变化趋势加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的

初步评分。

[0124] 当开始进行换水时,开始采集第二水体图像,每采集K帧第二水体图像通过一次换水评分模型对当前的换水速率进行一次判断。本发明实施例中,K=10。获取到每一帧第二水体图像中与斑点的子ROI区域高度分布对应的其斑点连通域的平均面积大小、饱和度的变化、亮度的平均灰度 V' 和整个斑点的ROI区域的亮度的平均灰度,由步骤S1的子区域浑浊度模型和最终第一平均浑浊度判断每一帧第二水体图像中的每个子ROI区域的平均浑浊度、整个斑点的ROI区域的平均浑浊度、水体的上半部区域浑浊度的变化趋势和水体的下半部区域浑浊度的变化趋势。

[0125] 由于已经将获取的第二气泡的ROI区域作为气泡的ROI区域,所以将每一帧第二水体图像的气泡的ROI区域内所有斑点连通域的平均面积、斑点的颜色饱和度的变化和亮度的平均灰度,通过步骤S1中的子区域浑浊度判断模型判断气泡的ROI区域的第二平均浑浊度。第二水体图像中的整个斑点ROI区域的第二平均浑浊度、水体的上半部区域浑浊度的变化趋势和水体的下半部区域浑浊度的变化趋势与水体的浑浊度变化成正相关关系所构建第二水体图像的水体浑浊度变化的模型判断第二水体图像的水体浑浊度变化。根据由K个第二水体图像的水体浑浊度变化的加权平均所构建的初步换水评分模型获取当前换水速率的初步评分。

[0126] 步骤S4,获取预定帧数第二水体图像中气泡的晃动程度。

[0127] 获取第二水体图像中的气泡的ROI区域的图像,获取气泡的ROI区域的图像的亮度通道,对亮度通道进行阈值分割,气泡的ROI区域的图像中存在有M个气泡、水和杂质,且气泡的亮度通道比较高,所以能够通过亮度图的阈值分割将每个气泡的mask连通域提取出来,获取每个气泡的连通域中心点的横坐标和纵坐标。

[0128] 对气泡的纵坐标进行归一化处理,然后计算横坐标序列的均值,由对每个横坐标序列的方差进行加权平均构建的第一气泡晃动程度,获取每帧第二水体图像中的第一气泡晃动程度,取最大的第一气泡晃动程度作为气泡的晃动程度。

[0129] 步骤S5,根据由初步换水评分模型与换水评分成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系所构建的换水评分模型对当前换水速率进行评分,当评分小于预设评分阈值时,调整换水速率。

[0130] 根据由步骤S3中的初步换水评分与换水评分成正相关关系以及气泡的晃动程度与换水评分成负相关关系水体的构建修正后的的换水评分模型。当获取到的换水评分D小于预设评分阈值时,说明此时的换水速率不合适,需要调整换水速率。

[0131] 需要说明的是:上述本发明实施例先后顺序仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。且上述对本说明书特定实施例进行了描述。其它实施例在所附权利要求书的范围内。在一些情况下,在权利要求书中记载的动作或步骤可以按照不同于实施例中的顺序来执行并且仍然可以实现期望的结果。另外,在附图中描绘的过程不一定要求示出的特定顺序或者连续顺序才能实现期望的结果。在某些实施方式中,多任务处理和并行处理也是可以的或者可能是有利的。

[0132] 本说明书中的各个实施例均采用递进的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。

[0133] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,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、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

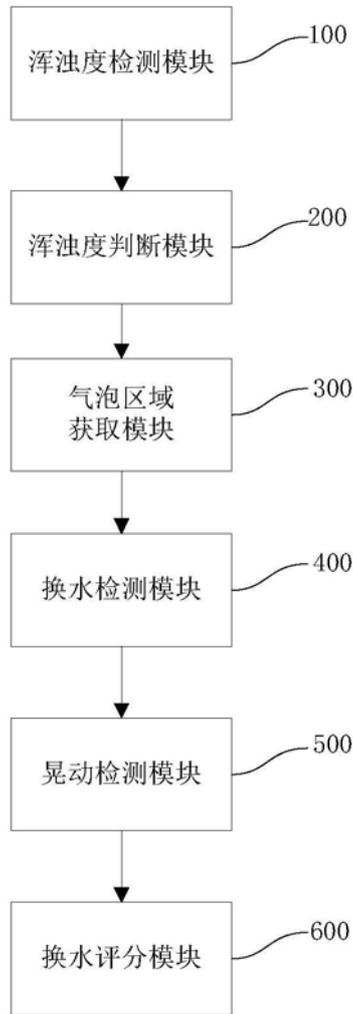


图1

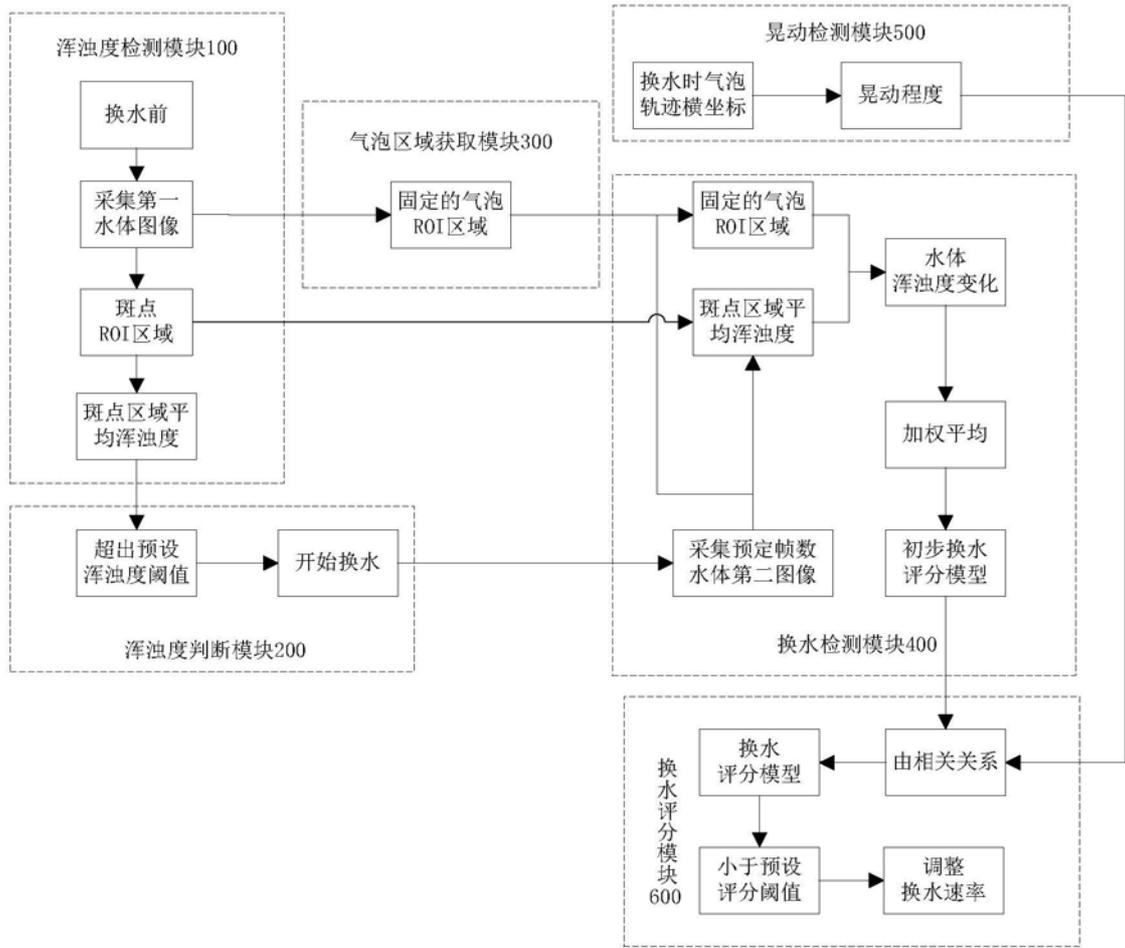


图2

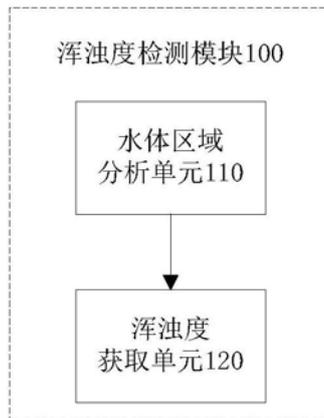


图3

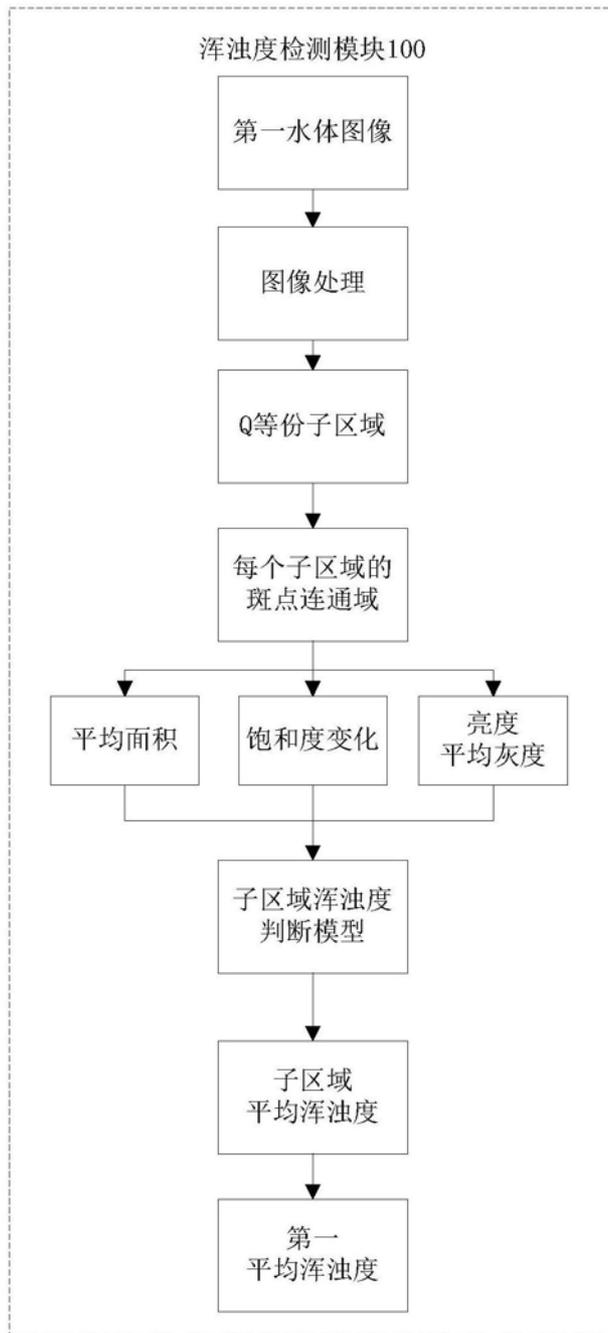


图4

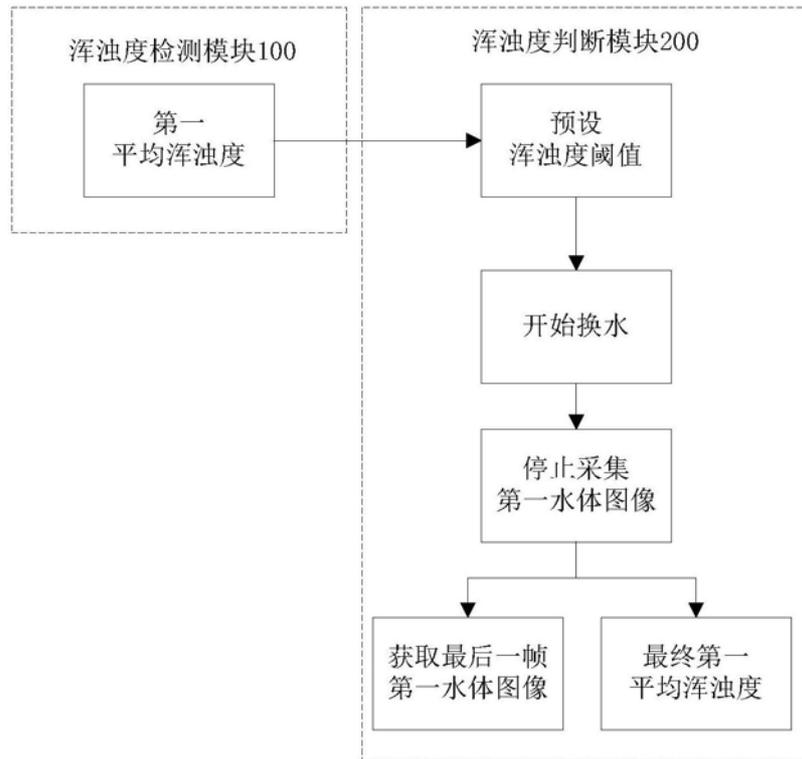


图5

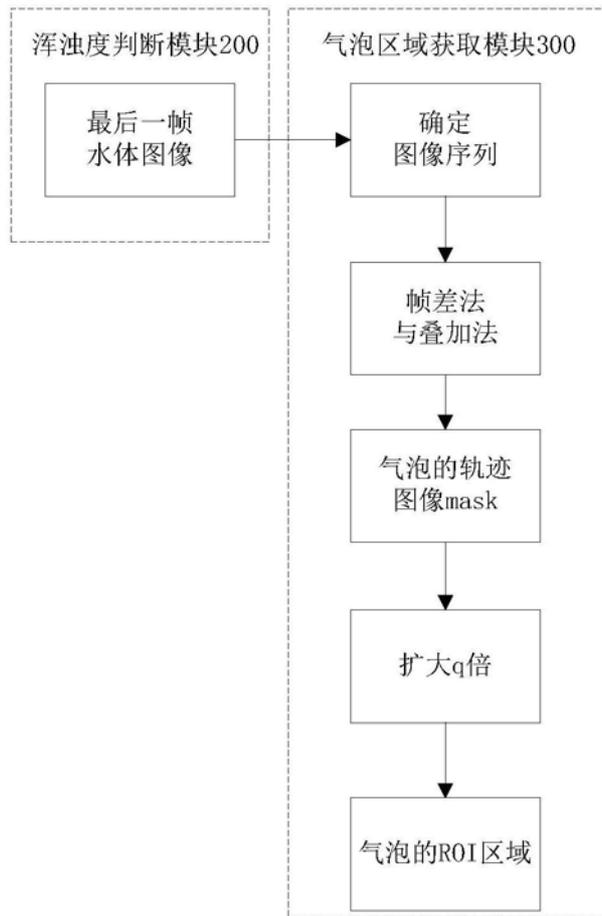


图6

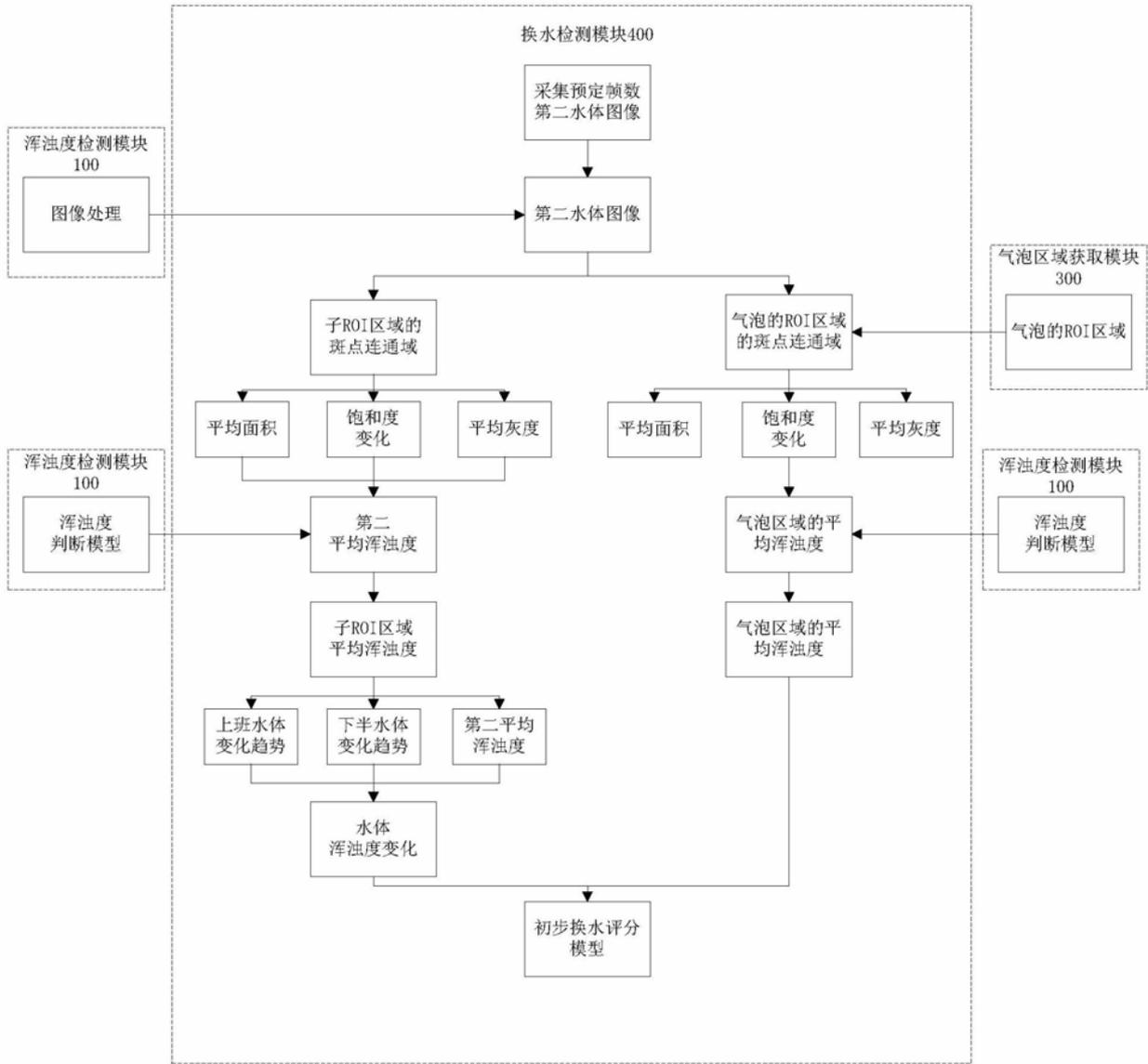


图7

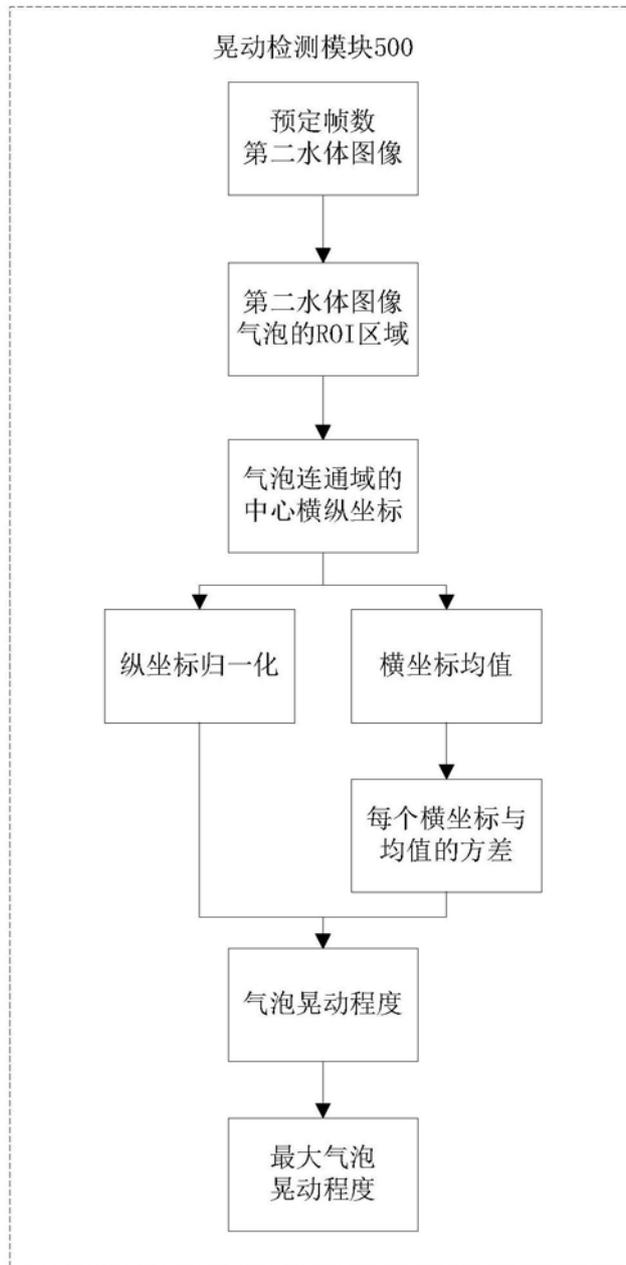


图8

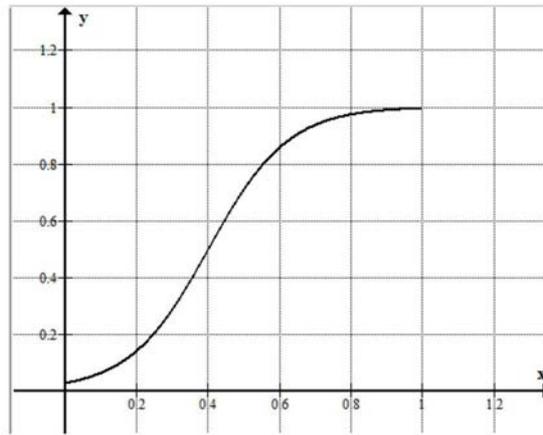


图9

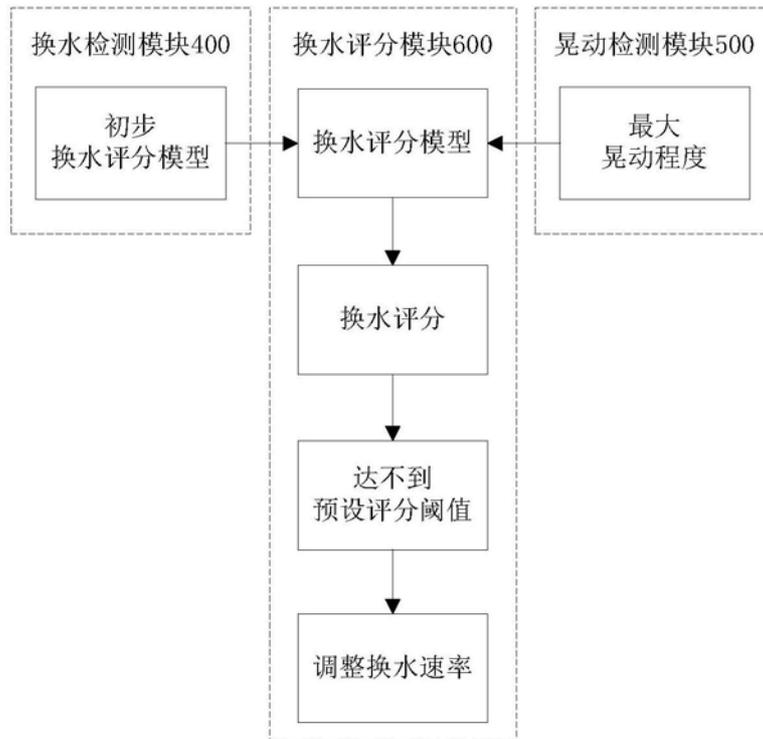


图10

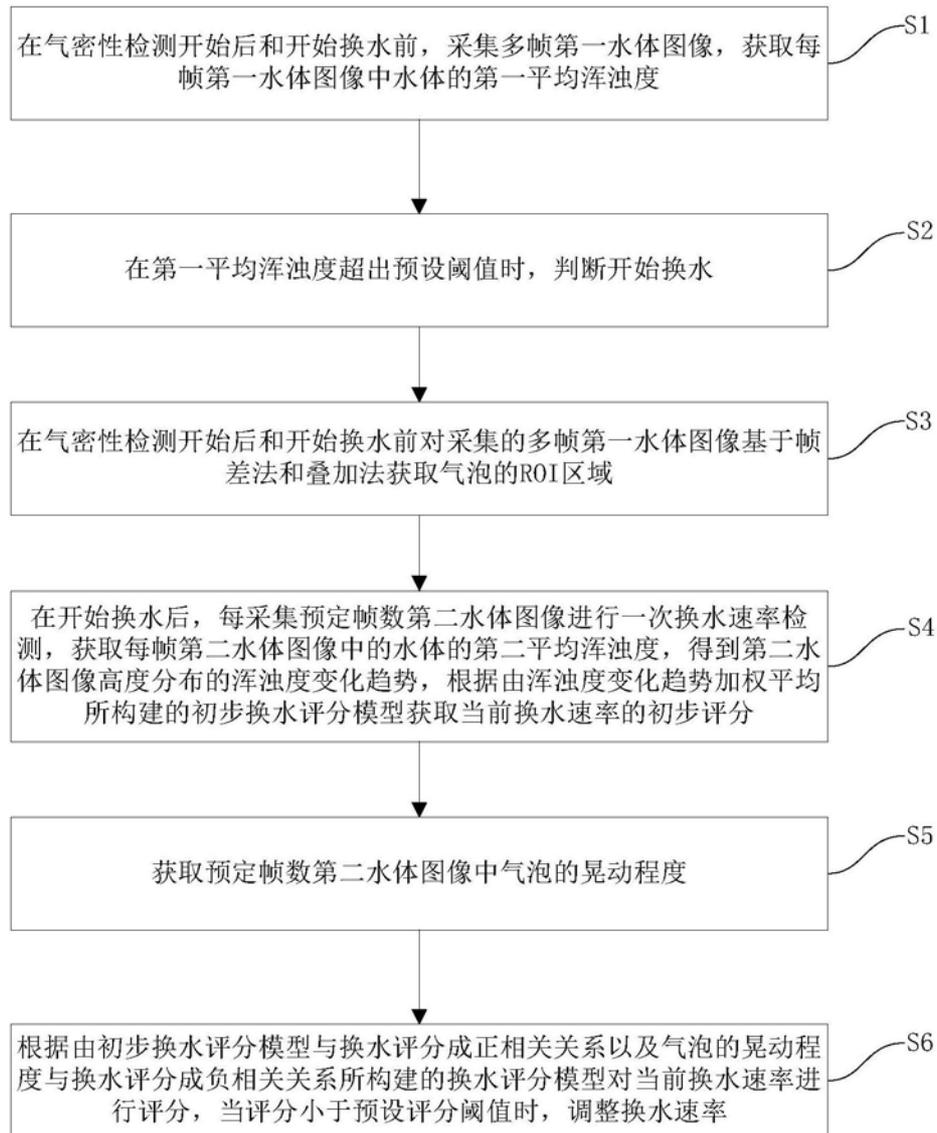


图11