



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101634551 B

(45) 授权公告日 2011.04.13

(21) 申请号 200910109431.0

(22) 申请日 2009.08.18

(73) 专利权人 清华大学深圳研究生院
地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学
城清华校区

(72) 发明人 杨文明 杨帆 廖庆敏

(74) 专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有
限公司 44223

代理人 王睿

(51) Int. Cl.

G01B 11/30 (2006.01)

G06N 3/08 (2006.01)

审查员 赵研英

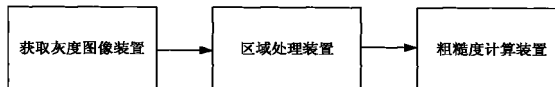
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种检测表面粗糙度的方法及其系统

(57) 摘要

本发明提供一种检测表面粗糙度的方法及其系统。检测表面粗糙度的方法，包括如下步骤：获取灰度图像步骤：获得待测物体表面的灰度图像；区域处理步骤：将所述灰度图像根据像素的灰度值划分为若干个同质区域，并获取同质区域相应的区域和边界参数；粗糙度计算步骤：根据所述区域和边界参数，采用特定的神经网络模型获得所述待测物体表面的粗糙度。



1. 一种检测表面粗糙度的方法，其特征在于，包括如下步骤：

获取灰度图像步骤：获得待测物体表面的灰度图像；

区域处理步骤：将所述灰度图像根据像素的灰度值划分为若干个同质区域，并获取同质区域相应的区域和边界参数；

粗糙度计算步骤：根据所述区域和边界参数，采用特定的神经网络模型获得所述待测物体表面的粗糙度；

其中，所述获取灰度图像步骤包括：采用显微镜，待测物体表面的灰度图像为实际图像的放大特定倍数的图像；

所述区域处理步骤包括如下步骤：

形态梯度计算所述灰度图像，以获得所述灰度图像各像素点的灰度值；

去除所述灰度图像上，其灰度值低于预设的最低灰度阈值的像素点，以去掉噪声点；

水线处理步骤：水线标记所述灰度图像，以在所述灰度图像上划分出若干个同质区域；然后，

统计出所述同质区域相应的区域和边界参数；

所述水线处理步骤包括如下步骤：

在所述灰度图像上获取初始灰度级的像素点；

设置浸没标记；

A、在所述灰度图像上获取下一个灰度级的像素点；

B、在所获取的像素点的邻域内，判断是否存在除水线标记外的标记；如果没有，将所获取的像素点设置一个新的标记；

如果有，则取出该邻域内已标记的像素点，进一步判断该邻域内的像素点除水线外的标记是否相同，如果是，则将这个标记赋予该像素点；否则，则赋予该像素点为水线标记；

判断所述灰度图像上当前灰度级的像素是否处理完毕；

如果没有完毕，则进行所述 B；

如果完毕，则进一步判断所有的灰度级是否处理完毕，如果没有，则进行所述步骤 A；如果是，则所述水线处理步骤结束；

所述区域和边界参数包括：在所述灰度图像内所有的同质区域的总个数、同质区域的水线所包含的像素点的个数、每个同质区域像素点的个数、最大面积的同质区域所包含的像素点的个数、最小面积的同质区域所包含的像素点的个数、所有的同质区域所包含的像素点个数的方差、同质区域中像素点灰度均值的最大值、同质区域中像素点灰度均值的最小值、所有的同质区域的像素点的灰度均值的算术均值，以及，所有的同质区域的像素点的灰度均值的方差；

所述神经网络模型的输入节点与所述区域和边界参数相应，其输出节点用于表征所述待测物体表面的粗糙度；所述神经网络模型设立包括如下步骤：

学习过程：采集任意的标样物体的表面的灰度图像，并采用所述区域处理步骤，获取该待测物体表面的区域和边界参数；然后将所述区域和边界参数和所述标样物体的表面粗糙度输入到所述神经网络模型中，并相应修改其输入节点的权值；

针对不同的标样物体，多次重复所述学习步骤，以确定所述输入节点的稳定的权值。

2. 如权利要求 1 所述的检测表面粗糙度的方法，其特征在于，所述获取灰度图像步骤包括如下步骤：

一束平行的可见光以一定的角度照射到所述待测物体表面。

3. 如权利要求 1 所述的检测表面粗糙度的方法，其特征在于，所述学习过程步骤中的环境条件与获取灰度图像步骤中的环境条件保持一致。

一种检测表面粗糙度的方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测表面粗糙度的方法及其系统。

背景技术

[0002] 现在，表面粗糙度是机械零件表面质量的一项重要指标，其定义为：在机械零件切削的过程中，刀具或砂轮遗留的刀痕、切屑分离时的塑性变形和机床振动等因素，会使零件的表面形成微小的峰谷。这些微小峰谷的高低程度和间距状况就叫做表面粗糙度，也称为微观不平度，它是一种微观几何形状误差。表面粗糙度的评定参数主要有三个 [详见 JIS B 0601 and JIS B0031, 1994, pp.1167]：①微观不平度十点高度 R_z ，定义为在取样长度内最大的轮廓峰高的平均值与五个最大的轮廓谷深的平均值之和②；轮廓算术平均差 R_a ，定义为在取样长度内的轮廓偏距绝对值的算术平均值；③轮廓最大高度 R_y ，定义为在取样长度内轮廓峰顶线和轮廓谷底线之间的距离。

[0003] 铸件表面粗糙度也直接影响零件的机械性能和使用寿命，对其进行粗糙度测量是一项十分重要的工作。现有的测量方法主要采用接触式探针式测量和铸造表面粗糙度比较样块法（国家标准 GB/T 6060.1-1997），这两种方法测量效率低、无法在线测量，亟需引入一种快速、准确、可在线的评定方法。在机加表面如车削、刨削、铣削、磨削后等零件表面已经有基于激光和可见光的测量方法，如国内文献“零件表面粗糙度的激光在线测量”（《激光与红外》，2007年5月刊），及“机械加工表面粗糙度的图像检测方法”（《哈尔滨理工大学学报》，2007年6月刊）分别使用了激光干涉分析法和图像纹理分析法较好地检测了车削、铣削和刨削表面粗糙度参数。而国外文献“Gadelmawla E.S., A vision system for surface roughness characterization using the gray level co-occurrence matrix” [J] (NDT&E International, 2004, vol.37(4) : pp.577-588) 提出灰度共生矩阵最大宽度概念对磨削表面进行粗糙度测试。

[0004] 但是，所有这些方法都只适用于表面纹理分布具有一定规则和固定周期的机加零件。同时，由于铸件表面纹理的特殊性 - 纹理分布无规则、无周期性，这些方法都不能有效测量铸件表面的粗糙度。所获取的铸件表面图像灰度分布极不均匀，没有固定的纹理走向，也没有固定结构的纹理单元，特别地，其纹理也不具有各向同性，是一种直观上完全无规则的非周期性纹理，这样，无法采用现有的方法对这些物体进行非接触的粗糙度测量。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种非接触的，针对具有无规则、非周期性纹理图像的待测物体表面进行粗糙度测量的方法及系统。

[0006] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

[0007] 本发明首先提供一种检测表面粗糙度的方法，包括如下步骤：

[0008] 获取灰度图像步骤：获得待测物体表面的灰度图像；

[0009] 区域处理步骤：将所述灰度图像根据像素的灰度值划分为若干个同质区域，并获取同质区域相应的区域和边界参数；

[0010] 粗糙度计算步骤：根据所述区域和边界参数，采用特定的神经网络模型获得所述待测物体表面的粗糙度。

[0011] 经过研究发现，物体表面形状和微面积元的位置及高度的不同，使得其表面反射光有镜面反射和散射现象，表面粗糙度和散射光强度的分布有一定的对应关系，且直接反映在表面图像灰度的分布变化上。对于粗糙度数值较小的平面，反射光能较弱，散射光能较强，其表面成像经过区域划分所得同质区域的个数较多，但每个同质区域面积较小；反之，表面粗糙度数值较大的平面，反射光能较强，散射光能较弱，其表面成像经过区域划分所得同质区域的个数较少，但每个同质区域面积较大。这里的同质区域是指内部所包含像素的灰度基本相近的区域。这说明粗糙度可以通过统计表面图像同质区域的相关信息来进行评测。

[0012] 因此，通过上述技术方案，本发明的能够针对具有无规则、非周期性纹理图像的待测物体表面进行粗糙度测量。

[0013] 优选的，所述获取灰度图像步骤包括如下步骤：

[0014] 一束平行的可见光以一定的角度照射到所述待测物体表面。

[0015] 所述可见光是指能够获得相应成像的光。

[0016] 进一步采用上述技术措施，不仅能获得较优的待测物体表面的发射光，以进而获得更好的灰度图像，而且，一束平行的可见光以一定角度照射到物体表面，这也是易于实现的、成本较低的、同时便于获得稳定的成像条件。

[0017] 优选的，所述获取灰度图像步骤包括：采用显微镜，待测物体表面的灰度图像为实际图像的放大特定倍数的图像。

[0018] 其中，如一束特定的光线以一定的角度照射一样，放大特定倍数也是环境条件所包含的内容之一。

[0019] 进一步采用上述技术措施，能够获得更加细致的灰度图像，进而配合本发明的技术方案的其他步骤，大大提高了检测粗糙度的精度。

[0020] 优选的，所述区域处理步骤包括如下步骤：

[0021] 形态梯度计算所述灰度图像，以获得所述灰度图像各像素点的灰度值；

[0022] 去除所述灰度图像上，其灰度值低于预设的最低灰度阈值的像素点，以去掉噪声点；

[0023] 水线处理步骤：水线标记所述灰度图像，以在所述灰度图像上划分出若干个同质区域；然后，

[0024] 统计出所述同质区域相应的区域和边界参数。

[0025] 其中，最低灰度阈值为预先设定的，噪声点为进行区域处理步骤不予考虑的像素点。

[0026] 进一步采用上述技术方案，经过标记和划分，图像被分割为许多大小不同的同质区域，每个同质区域内部的像素点是连通的，而水线即是同质区域的边界及不同同质区域之间的交界点，具有单像素宽度的特性，之后，针对灰度图像可以统计出若干个不同的区域和边界参数。

- [0027] 优选的，所述水线处理步骤包括如下步骤：
- [0028] 在所述灰度图像上获取初始灰度级的像素点；
- [0029] 设置浸没标记；
- [0030] A、在所述灰度图像上获取下一个灰度级的像素点；
- [0031] B、在所获取的像素点的邻域内，判断是否存在除水线标记外的标记；如果没有，将所获取的像素点设置一个新的标记；
- [0032] 如果有，则取出该邻域内已标记的像素点，进一步判断该邻域内的像素点除水线外的标记是否相同，如果是，则将这个标记赋予该像素点；否则，则赋予该像素点为水线标记；
- [0033] 判断所述灰度图像上当前灰度级的像素是否处理完毕；
- [0034] 如果没有完毕，则进行所述 B；
- [0035] 如果完毕，则进一步判断所有的灰度级是否处理完毕，如果没有，则进行所述步骤 A；如果是，则所述水线处理步骤结束。
- [0036] 其中，标记包括，浸没标记和水线标记。浸没标记定义为：相邻像素分配相同标号，独立像素分配独立标号。
- [0037] 优选的，所述区域和边界参数包括：在所述灰度图像内所有的同质区域的总个数、同质区域的水线所包含的像素点的个数、每个同质区域像素点的个数、最大面积的同质区域所包含的像素点的个数、最小面积的同质区域所包含的像素点的个数、所有的同质区域所包含的像素点个数的方差、同质区域中像素点灰度均值的最大值、同质区域中像素点灰度均值的最小值、所有的同质区域的像素点的灰度均值的算术均值，以及，所有的同质区域的像素点的灰度均值的方差。
- [0038] 优选的，所述神经网络模型的输入节点与所述区域和边界参数相应，其输出节点用于表征所述待测物体表面的粗糙度；所述神经网络模型设立包括如下步骤：
- [0039] 学习过程：采集任意的标样物体的表面的灰度图像，并采用所述区域处理步骤，获取该待测物体表面的区域和边界参数；然后将所述区域和边界参数和所述标样物体的表面粗糙度输入到所述神经网络模型中，并相应修改其输入节点的权值；
- [0040] 针对不同的标样物体，多次重复所述学习步骤，以确定所述输入节点的稳定的权值。
- [0041] 优选的，所述学习步骤中的环境条件与获取灰度图像步骤中的环境条件保持一致。
- [0042] 进一步采用上述技术措施，能够保证本发明的技术方案获得尽可能好的精度。
- [0043] 相应的，本发明还提供一种检测表面粗糙度的系统，包括：
- [0044] 获取灰度图像装置：用于获得待测物体表面的灰度图像的信号；
- [0045] 区域处理装置：为一计算设备，将所述灰度图像根据像素的灰度值划分为若干个同质区域，并获取同质区域相应的区域和边界参数；
- [0046] 粗糙度计算装置：为一计算设备，用于根据所述区域和边界参数，采用特定的神经网络模型获得所述待测物体表面的粗糙度。
- [0047] 与现有技术相比本发明的优点在于，易于获取的可见光为成像条件，利用数字图像处理技术，无损伤、非接触式地快速测量出待测件，尤其是铸件表面粗糙度，并

且，无需获得待测件表面成像灰度和表面粗糙度的准确定量关系表达。

附图说明

[0048] 图 1 是本发明检测表面粗糙度的系统的一种实施例的结构示意图；

[0049] 图 2 是本发明检测表面粗糙度的方法的一种实施例的流程图；

[0050] 图 3 是本发明检测表面粗糙度的方法的一种实施例中区域处理步骤的流程图。

具体实施方式

[0051] 下面结合附图和较佳的实施例对本发明作进一步说明。

[0052] 如图 1 所示，检测表面粗糙度的系统的一种实施例，包括：用于获得待测物体表面的灰度图像的信号的获取灰度图像装置、将所述灰度图像根据像素的灰度值划分为若干个同质区域，并获取同质区域相应的区域和边界参数的区域处理装置，以及，用于根据所述区域和边界参数，采用特定的神经网络模型获得所述待测物体表面的粗糙度的粗糙度计算装置。

[0053] 其中，所述区域处理装置和粗糙度计算装置分别为一计算设备，它们甚至可以设置在同一计算机的物理实体里面。

[0054] 如图 2 所示，检测表面粗糙度的方法的一种实施例中，首先，在一束特定的光以一定角度照射到待测物体，如铸件的表面，再将获取的待测物体的灰度图像；之后，对所述灰度图像进行形态学开闭重建操作以去除小尺寸（面积）噪声；然后，对其进行形态梯度计算；再后，通过预先设定的一个最低灰度阈值对所述灰度图像，进行截断处理，为去除产生较小梯度的噪点；对截断处理后的灰度图像进行水线标记和区域划分。这样，灰度图像被分割为许多大小不同的区域，每个区域内部的像素是连通的，而水线即是区域的边界和交界点，具有单像素宽度的特性；标记和划分之后，针对原始图像灰度值统计如下十个区域和边界参数：在所述灰度图像内所有的同质区域的总个数、同质区域的水线所包含的像素点的个数、每个同质区域像素点的个数、最大面积的同质区域所包含的像素点的个数、最小面积的同质区域所包含的像素点的个数、所有的同质区域所包含的像素点个数的方差、同质区域中像素点灰度均值的最大值、同质区域中像素点灰度均值的最小值、所有的同质区域的像素点的灰度均值的算术均值，以及，所有的同质区域的像素点的灰度均值的方差。

[0055] 将所述的区域和边界参数输入到神经网络模型内，即可获得待测物体表面的粗糙度。

[0056] 同时，针对标样物体，即其表面粗糙度确定已知，也可以通过以上的方法获取其灰度图像并进一步获得其区域和边界参数，然后连同其已知的粗糙度输入所述神经网络模型进行学习训练。所述神经网络模型只有一个输出节点，输出值表示粗糙度。在多次训练之后可得到其网络节点、权值和输出达到稳态的神经网络模型，以此作为测试所选用的神经网络模型，即可获得高精度的测量值。

[0057] 其中，所述的区域和边界参数与粗糙度大小的对应关系是通过建立神经网络模型来隐式实现的，没有显式的关系表达。所述的神经网络模型的输入节点的数目与区域及边界参数所统计的属性数目相同，输出为一个节点，用来表征粗糙度大小。

[0058] 所述的神经网络模型的最终确立，具体是通过对每个粗糙度大小的标样铸件表面随机多次成像，并多次学习训练得到的，成像的放大倍数在学习训练和实际测量两个阶段保持一致。

[0059] 利用标样物体，以下简称标样进行学习过程可以包括如下步骤：

[0060] 步骤 1，在固定放大倍数 K 下多次、随机地利用图像采集设备获取铸件标样的表面图像 $I_{org}(x)$ ， x 表示像素的坐标索引值；

[0061] 步骤 2，将铸件标样的表面图像作为原始输入图像进行形态学开闭重建操作 $I_{rec}(x)$ ；

[0062] 步骤 3，计算形态梯度 $G(x)$ ；

[0063] 步骤 4，低阈值截断处理，具体如下：

$$[0064] \quad G_T(x) = \begin{cases} T, & G(x) \leq T \\ G(x), & G(x) > T \end{cases}$$

[0065] 步骤 5，对 $G_T(x)$ 进行水线标记与区域划分，具体过程参见图 3 所示；

[0066] 步骤 6，区域及边界参数统计，获得 10 个相应的区域和边界参数；

[0067] 步骤 7，将步骤 6 所得的 10 个参数和标样粗糙度大小输入到具有 10 个输入节点、3 层隐含节点、1 个输出节点的神经网络模型中，并相应修改节点权值。

[0068] 步骤 8，对不同粗糙度大小的所有标样表面图像经过上面步骤 2、3、4、5、6、7 的操作，并确立节点权值稳定的神经网络模型作为最终模型。

[0069] 相应的，对待测物体的粗糙度进行检测的方法的一种实施例包括如下步骤：

[0070] 步骤 1，在固定放大倍数 K 下对待测物体表面进行灰度成像；

[0071] 步骤 2，将待测物体表面的灰度图像作为原始输入图像进行形态学开闭重建操作；

[0072] 步骤 3，计算形态梯度 $G(x)$ ；

[0073] 步骤 4，低阈值截断处理，具体如下：

$$[0074] \quad G_T(x) = \begin{cases} T, & G(x) \leq T \\ G(x), & G(x) > T \end{cases} ;$$

[0075] 步骤 5，对 $G_T(x)$ 进行水线标记与区域划分，其过程参见图 3 所示；

[0076] 步骤 6，区域及边界参数统计，获得 10 个相应的区域和边界参数；

[0077] 步骤 7，将所得 10 个参数输入到所述的神经网络模型中，即可从神经网络模型的输出节点得到待测铸的粗糙度。

[0078] 如图 3 所示，区域处理步骤包括如下步骤：

[0079] 在所述灰度图像上获取初始灰度级的像素点；

[0080] 设置浸没标记；

[0081] A、在所述灰度图像上获取下一个灰度级的像素点；

[0082] B、在所获取的像素点的邻域内，判断是否存在除水线标记外的标记；如果没有，将所获取的像素点设置一个新的标记；

[0083] 如果有，则取出该邻域内已标记的像素点，进一步判断该邻域内的像素点除水线外的标记是否相同，如果是，则将这个标记赋予该像素点；否则，则赋予该像素点为

水线标记；

[0084] 判断所述灰度图像上当前灰度级的像素是否处理完毕；

[0085] 如果没有完毕，则进行所述 B；

[0086] 如果完毕，则进一步判断所有的灰度级是否处理完毕，如果没有，则进行所述步骤 A；如果是，则所述水线处理步骤结束。

[0087] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干简单推演或替换，都应当视为属于本发明的保护范围。

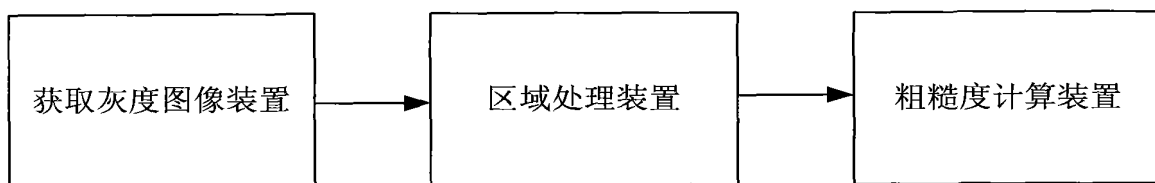


图 1

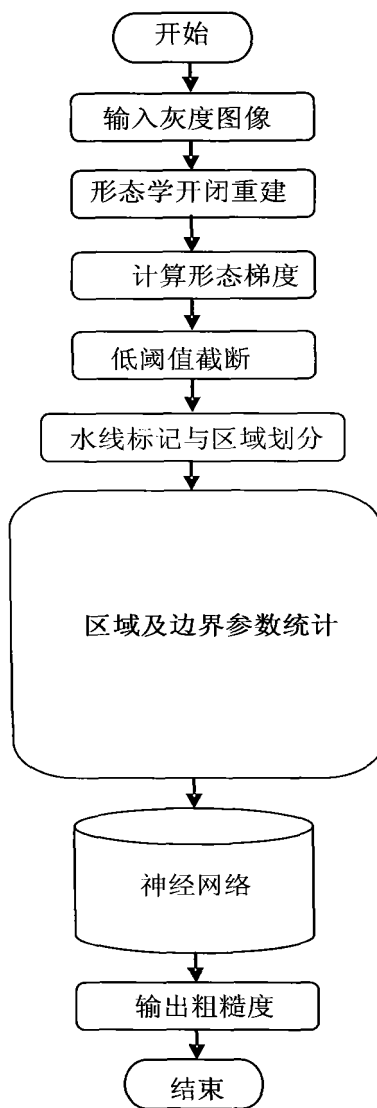


图 2

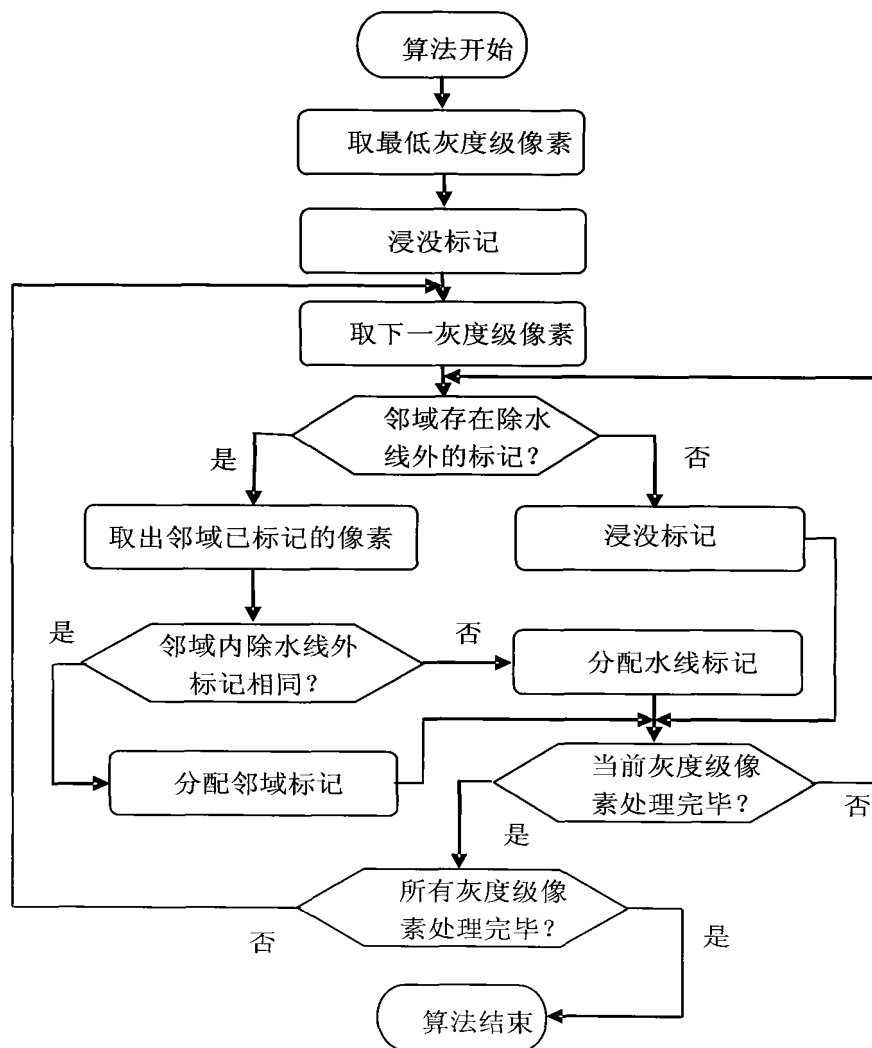


图 3