



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102680494 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 19

(21) 申请号 201210163710. 7

(22) 申请日 2012. 05. 24

(71) 申请人 江南大学

地址 214122 江苏省无锡市蠡湖大道 1800 号

(72) 发明人 白瑞林 温振市

(74) 专利代理机构 无锡市大为专利商标事务所 32104

代理人 曹祖良

(51) Int. Cl.

G01N 21/952(2006. 01)

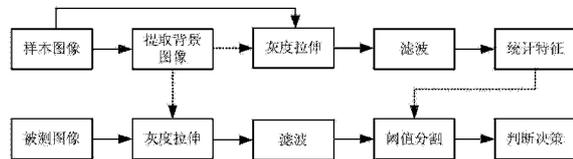
权利要求书 4 页 说明书 8 页 附图 1 页

(54) 发明名称

基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其包括如下步骤:步骤 1、离线情况下,获取 N 张第一样本图像及 M 张第二样本图像,并进行数据融合;步骤 2、建立融合后图像直方图,得到图像背景与对应的灰度值间的线性关系式;步骤 3、计算所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量;步骤 4、建立合格工件反射分量标准差与对应的灰度值间的对应关系式;步骤 5、在线实时获取抛光金属弧状面工件的检测图像,计算得到第一标准差及第二标准差;步骤 6、进行阈值分割,得到对应的二值图像;步骤 7、将二值图像内连通区域面积与预设判断阈值比较,判断抛光金属弧状面的瑕疵。本发明操作方便,检测精度高,检测适应性好,稳定可靠。



1. 一种基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是:所述抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法包括如下步骤:

步骤 1、离线情况下,获取 N 张合格工件在正常工作光照下的第一样本图像及 M 张合格工件在低光照下的第二样本图像,对 N 张第一样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_n, n = 1, 2, \dots, N$ ,对 M 张第二样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_m, m = 1, 2, \dots, M$ ,对图像序列  $I_n$ 、图像序列  $I_m$  分别进行数据融合后得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$ ;

步骤 2、统计融合后图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  内相应灰度值及灰度值对应的像素个数,分别得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  的直方图,根据直方图相应的较大波峰值对应的灰度值建立图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的线性关系式为

$$I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_n) + h(x, y)$$

其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值,  $a(x, y)$  为斜率矩阵;

步骤 3、从上述第一样本图像、第二样本图像中均任选一张样本图像,并建立所选第一样本图像、第二样本图像的直方图,得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值,根据所述灰度值及步骤 2 的线性关系式,分别得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量;

步骤 4、根据步骤 3 得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量,建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的对应关系式为

$$\sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $\sigma_n$  为所选第一样本图像的标准差,  $\sigma_0$  为所选第二样本图像的标准差;

步骤 5、在线实时获取抛光金属弧状面工件在工作光照下的检测图像,对所述检测图像进行中值滤波,建立检测图像的直方图;根据直方图内较大波峰值对应的灰度值及上述步骤得到检测图像的反射分量;对获得检测图像的反射分量进行高斯滤波,得到第二反射分量,并计算第二反射分量的第二标准差,且根据步骤 4 计算得到检测图像在对应灰度水平的合格工件图像的第一标准差;

步骤 6、比较第一标准差及第二标准差,以选取分割阈值,通过分割阈值对第二反射分量进行阈值分割,得到对应的二值图像;

步骤 7、扫描上述二值图像,并对二值图像内不同连通区域进行标记,统计连通区域面积,将连通区域面积与预设判断阈值比较,判断抛光金属弧状面的瑕疵。

2. 根据权利要求 1 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 1 包括如下步骤:

步骤 1.1、在离线情况下,采集 N 张合格工件在工作光照下的第一样本图像,然后降低至所需光照强度,采集 M 张合格工件在低光照强度下的第二样本图像;

步骤 1.2、对第一样本图像、第二样本图像进行中值滤波分别得到图像序列  $I_n, I_m$ ;其中,  $n = 1, 2, \dots, N, m = 1, 2, \dots, M$ ;

步骤 1.3、根据  $g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I_n(x, y)$  将图像序列  $I_n$  进行数据融合,其中,  $(x, y)$  表示图

像序列内的像素位置；

步骤 1.4、根据  $h(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_m(x, y)$  将图像序列  $I_m$  进行数据融合。

3. 根据权利要求 1 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 2 包括如下步骤:

步骤 2.1、图像灰度取  $0 \sim 255$ , 统计图像  $g(x, y)$  对应灰度值的像素个数, 然后除以图像  $g(x, y)$  的总像素个数, 得到图像  $g(x, y)$  的直方图  $p(z)$ , 并求出达到较大波峰值的灰度值  $Z_g$ ;

步骤 2.2、根据步骤 2.1, 得到图像  $h(x, y)$  的直方图  $q(z)$ , 并求出达到较大峰值的灰度值  $Z_h$ ;

步骤 2.3、建立图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应灰度值间的线性斜率矩阵, 得到

$$a(x, y) = \frac{g(x, y) - h(x, y)}{Z_g - Z_h};$$

步骤 2.4、根据步骤 2.3 得到图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值间的线性关系, 为

$$I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_h) + h(x, y),$$

其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值。

4. 根据权利要求 1 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 3 包括如下步骤:

步骤 3.1、从上述  $N$  张第一样本图像、 $M$  张第二样本图像中均任选一张样本图像, 统计所选第一样本图像、第二样本图像内对应灰度值的像素数, 以建立所选第一样本图像、第二样本图像的直方图, 得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值;

步骤 3.2、根据步骤 2 及较大波峰值对应的灰度值, 求出所选第一样本图像、第二样本图像分别对应的背景分量  $I(x, y)$ ;

步骤 3.3、根据  $r(x, y) = k * \frac{f(x, y)}{I(x, y)}$  求取所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量,

其中,  $k$  为常数,  $f(x, y)$  为所选第一样本图像或第二样本图像。

5. 根据权利要求 1 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 4 包括如下步骤:

步骤 4.1、计算所选第一样本图像的反射分量的均值  $\mu$ , 得到

$$\mu = \frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m r(x, y),$$

其中,  $n * m$  表示反射分量图像的大小;

步骤 4.2、根据步骤 4.1 计算所选第一样本图像反射分量的标准差  $\sigma_n$ , 得到

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m (r(x, y) - \mu)^2};$$

步骤 4.3、根据步骤 4.1、步骤 4.2 计算所选第二样本图像反射分量的标准差  $\sigma_0$ ;

步骤 4.4、建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值的灰度值  $Z_{\max}$  对应关系式,得到,

$$\sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值。

6. 根据权利要求 5 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 5 包括如下步骤:

步骤 5.1、在工作光照条件下,采集工件检测图像  $t(x, y)$ , 并对检测图像  $t(x, y)$  进行中值滤波;

步骤 5.2、建立中值滤波后,检测图像的直方图,根据检测图像的直方图,得到直方图内较大波峰值对应的灰度值  $Z_t$ ;

步骤 5.3、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 2,得到检测图像的背景分量  $I_t(x, y)$ ;

步骤 5.4、根据步骤 5.3 及步骤 3,得到检测图像的反射分量  $r_t(x, y)$ ;

步骤 5.5、对反射分量  $r_t(x, y)$  进行高斯滤波,生成第二反射分量  $R(x, y)$ ;

步骤 5.6、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 4.4 得到检测图像的第一标准差  $\sigma(Z_t)$ ;

步骤 5.7、根据步骤 4.1 及步骤 4.2 计算第二反射分量  $R(x, y)$  的第二标准差  $\sigma_t$ 。

7. 根据权利要求 6 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 6 包括如下步骤:

步骤 6.1、比较第一标准差  $\sigma(Z_t)$  与第二标准差  $\sigma_t$  的关系,得到

$$\sigma = \begin{cases} 2\sigma(Z_t), & \sigma_t > 2\sigma(Z_t) \\ \sigma_t, & \sigma_t \leq 2\sigma(Z_t) \end{cases}$$

步骤 6.2、设定分割上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$ ,得到

$$\begin{cases} T_1 = Z_t + \lambda * \sigma \\ T_2 = Z_t - \lambda * \sigma \end{cases}$$

其中,  $\lambda$  为调节系数;

步骤 6.3、利用上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$  对第二背景分量  $R(x, y)$  进行阈值分割,得到二值图像  $b(x, y)$ ,得到

$$b(x, y) = \begin{cases} 0, & T_2 \leq R(x, y) \leq T_1 \\ 1 \end{cases}$$

其中,0 为背景区域,1 为待处理区域。

8. 根据权利要求 7 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征是,所述步骤 7 包括如下步骤:

步骤 7.1、扫描二值图像  $b(x, y)$ , 并对二值图像  $b(x, y)$  内的不同连通区域进行标记;

步骤 7.2、分别统计二值图像  $b(x, y)$  内不同连通区域的面积,设置所需的判断阈值  $S$ ; 二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积大于判断阈值  $S$  时,则相应连通区域为瑕疵区域;当二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积小于判断阈值  $S$  时,则相应连通区域为正常区域。

9. 根据权利要求 6 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其特征

是：所述步骤 5.5 中，高斯滤波的卷积模板为

$$h = \frac{1}{16} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}。$$

10. 根据权利要求 7 所述的基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法，其特征是：所述调节系数  $\lambda$  为  $3^4$ 。

## 基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种检测方法,尤其是一种基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,属于抛光金属弧状面检测的技术领域。

### 背景技术

[0002] 在工业生产中,随着工业技术水平的不断提高,对产品的质量要求也随之提高,传统对工件质量的监测主要靠人工目测。由于受检查人员的主观因素的影响,很容易出现误检和漏检等情况,并且人工目测还有效率低、准确率低和规范化程度不够,检测结果与检查人员的个人能力及精神状态密切相关,稳定性和可靠性比较差,另外,也不能将检测数据分类实时送入计算机进行自动质量管理。为了解决人工目测工作量大、效率低、漏检率高的难题,企业急需引进一种自动检测技术,以替代人工操作,在降低人力成本的同时又能实现对产品质量的严格控制。所以,引入了机器视觉在工件质量监测上的应用。通过机器视觉代替传统的人眼来对产品质量进行监测,提高了生产效率和产品的质量。

[0003] 目前,国内外也有许多学者在研究抛光弧状金属表面的瑕疵检测,比如轴承外表面这类圆柱形的金属工件。此类工件的检测还存在以下几个问题:(1)、由于抛光弧状工件表面的反射率高,相机接受到的反射光的反射角不同,所以很难得到光照均匀,幅面宽的图像;(2)采集到的图像灰度分布不均匀,有效区域过窄。如采用同轴光作为光源时,有效区域过窄,经实验分析检测一个轴承需至少 60 张图像。为解决光照不均的问题,可以采用提取背景图像,再根据背景图像对图像进行增强,得到灰度均匀的图像。但当工件有大缺陷的时候,背景图像的提取将会出现误差。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是克服现有技术中存在的不足,提供一种基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,其操作方便,检测精度高,检测适应性好,稳定可靠。

[0005] 按照本发明提供的技术方案,一种基于机器视觉的抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法,所述抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法包括如下步骤:

[0006] 步骤 1、离线情况下,获取 N 张合格工件在正常工作光照下的第一样本图像及 M 张合格工件在低光照下的第二样本图像,对 N 张第一样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_n, n = 1, 2, \dots, N$ , 对 M 张第二样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_m, m = 1, 2, \dots, M$ , 对图像序列  $I_n$ 、图像序列  $I_m$  分别进行数据融合后得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$ ;

[0007] 步骤 2、统计融合后图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  内相应灰度值及灰度值对应的像素个数,分别得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  的直方图,根据直方图相应的较大波峰值对应的灰度值建立图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的线性关系式为

[0008] 
$$I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_h) + h(x, y)$$

[0009] 其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值,  $a(x, y)$  为斜率矩阵;

[0010] 步骤 3、从上述第一样本图像、第二样本图像中均任选一张样本图像,并建立所选

第一样本图像、第二样本图像的直方图,得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值,根据所述灰度值及步骤 2 的线性关系式,分别得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量;

[0011] 步骤 4、根据步骤 3 得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量,建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的对应关系式为

$$[0012] \quad \sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

[0013] 其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $\sigma_n$  为所选第一样本图像的标准差,  $\sigma_0$  为所选第二样本图像的标准差;

[0014] 步骤 5、在线实时获取抛光金属弧状面工件在工作光照下的检测图像,对所述检测图像进行中值滤波,建立检测图像的直方图;根据直方图内较大波峰值对应的灰度值及上述步骤得到检测图像的反射分量;对获得检测图像的反射分量进行高斯滤波,得到第二反射分量,并计算第二反射分量的第二标准差,且根据步骤 4 计算得到检测图像在对应灰度水平的合格工件图像的第一标准差;

[0015] 步骤 6、比较第一标准差及第二标准差,以选取分割阈值,通过分割阈值对第二反射分量进行阈值分割,得到对应的二值图像;

[0016] 步骤 7、扫描上述二值图像,并对二值图像内不同连通区域进行标记,统计连通区域面积,将连通区域面积与预设判断阈值比较,判断抛光金属弧状面的瑕疵。

[0017] 所述步骤 1 包括如下步骤:

[0018] 步骤 1.1、在离线情况下,采集 N 张合格工件在工作光照下的第一样本图像,然后降低至所需光照强度,采集 M 张合格工件在低光照强度下的第二样本图像;

[0019] 步骤 1.2、对第一样本图像、第二样本图像进行中值滤波分别得到图像序列  $I_n, I_m$ ; 其中,  $n = 1, 2, \dots, N, m = 1, 2, \dots, M$ ;

[0020] 步骤 1.3、根据  $g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I_n(x, y)$  将图像序列  $I_n$  进行数据融合,其中,  $(x, y)$  表示图像序列内的像素位置;

[0021] 步骤 1.4、根据  $h(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_m(x, y)$  将图像序列  $I_m$  进行数据融合。

[0022] 所述步骤 2 包括如下步骤:

[0023] 步骤 2.1、图像灰度取  $0 \sim 255$ , 统计图像  $g(x, y)$  对应灰度值的像素个数,然后除以图像  $g(x, y)$  的总像素个数,得到图像  $g(x, y)$  的直方图  $p(z)$ , 并求出达到较大波峰值的灰度值  $Z_g$ ;

[0024] 步骤 2.2、根据步骤 2.1, 得到图像  $h(x, y)$  的直方图  $q(z)$ , 并求出达到较大峰值的灰度值  $Z_h$ ;

[0025] 步骤 2.3、建立图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应灰度值间的线性斜率矩阵, 得到

$$[0026] \quad a(x, y) = \frac{g(x, y) - h(x, y)}{Z_g - Z_h};$$

[0027] 步骤 2.4、根据步骤 2.3 得到图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值间的线性关系, 为

$$[0028] \quad I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_h) + h(x, y),$$

[0029] 其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值。

[0030] 所述步骤 3 包括如下步骤:

[0031] 步骤 3.1、从上述  $N$  张第一样本图像、 $M$  张第二样本图像中均任选一张样本图像, 统计所选第一样本图像、第二样本图像内对应灰度值的像素数, 以建立所选第一样本图像、第二样本图像的直方图, 得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值;

[0032] 步骤 3.2、根据步骤 2 及较大波峰值对应的灰度值, 求出所选第一样本图像、第二样本图像分别对应的背景分量  $I(x, y)$ ;

[0033] 步骤 3.3、根据  $r(x, y) = k * \frac{f(x, y)}{I(x, y)}$  求取所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量, 其中,  $k$  为常数,  $f(x, y)$  为所选第一样本图像或第二样本图像。

[0034] 所述步骤 4 包括如下步骤:

[0035] 步骤 4.1、计算所选第一样本图像的反射分量的均值  $\mu$ , 得到

$$[0036] \quad \mu = \frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m r(x, y),$$

[0037] 其中,  $n * m$  表示反射分量图像的大小;

[0038] 步骤 4.2、根据步骤 4.1 计算所选第一样本图像反射分量的标准差  $\sigma_n$ , 得到

$$[0039] \quad \sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m (r(x, y) - \mu)^2};$$

[0040] 步骤 4.3、根据步骤 4.1、步骤 4.2 计算所选第二样本图像反射分量的标准差  $\sigma_0$ ;

[0041] 步骤 4.4、建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值的灰度值  $Z_{\max}$  对应关系式, 得到,

$$[0042] \quad \sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

[0043] 其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值。

[0044] 所述步骤 5 包括如下步骤:

[0045] 步骤 5.1、在工作光照条件下, 采集工件检测图像  $t(x, y)$ , 并对检测图像  $t(x, y)$  进行中值滤波;

[0046] 步骤 5.2、建立中值滤波后, 检测图像的直方图, 根据检测图像的直方图, 得到直方图内较大波峰值对应的灰度值  $Z_t$ ;

[0047] 步骤 5.3、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 2, 得到检测图像的背景分量  $I_t(x, y)$ ;

[0048] 步骤 5.4、根据步骤 5.3 及步骤 3, 得到检测图像的反射分量  $r_t(x, y)$ ;

[0049] 步骤 5.5、对反射分量  $r_t(x, y)$  进行高斯滤波, 生成第二反射分量  $R(x, y)$ ;

[0050] 步骤 5.6、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 4.4 得到检测图像的第一标准差  $\sigma(Z_t)$ ;

[0051] 步骤 5.7、根据步骤 4.1 及步骤 4.2 计算第二反射分量  $R(x, y)$  的第二标准差  $\sigma_t$ 。

[0052] 所述步骤 6 包括如下步骤：

[0053] 步骤 6.1、比较第一标准差  $\sigma(Z_t)$  与第二标准差  $\sigma_t$  的关系，得到

$$[0054] \quad \sigma_t = \begin{cases} 2\sigma(Z_t), & \sigma_t > 2\sigma(Z_t) \\ \sigma_t, & \sigma_t \leq 2\sigma(Z_t) \end{cases}$$

[0055] 步骤 6.2、设定分割上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$ ，得到

$$[0056] \quad \begin{cases} T_1 = Z_t + \lambda * \sigma_t \\ T_2 = Z_t - \lambda * \sigma_t \end{cases}$$

[0057] 其中， $\lambda$  为调节系数；

[0058] 步骤 6.3、利用上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$  对第二背景分量  $R(x, y)$  进行阈值分割，得到二值图像  $b(x, y)$ ，得到

$$[0059] \quad b(x, y) = \begin{cases} 0, & T_2 \leq R(x, y) \leq T_1 \\ 1 \end{cases}$$

[0060] 其中，0 为背景区域，1 为待处理区域。

[0061] 所述步骤 7 包括如下步骤：

[0062] 步骤 7.1、扫描二值图像  $b(x, y)$ ，并对二值图像  $b(x, y)$  内的不同连通区域进行标记；

[0063] 步骤 7.2、分别统计二值图像  $b(x, y)$  内不同连通区域的面积，设置所需的判断阈值  $S$ ；二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积大于判断阈值  $S$  时，则相应连通区域为瑕疵区域；当二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积小于判断阈值  $S$  时，则相应连通区域为正常区域。

[0064] 所述步骤 5.5 中，高斯滤波的卷积模板为

$$[0065] \quad h = \frac{1}{16} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}。$$

[0066] 所述调节系数  $\lambda$  为  $3 \sim 4$ 。

[0067] 本发明的优点：先在离线状态下学习分析被测工件在该工作状态下的亮度分布情况，以及合格工件的统计特征；然后在线检测时，能有效提取出被测工件的反射分量，并通过滤波、阈值分割等操作对工件进行实时、准确的瑕疵检测，操作方便，检测精度高，检测适应性好，稳定可靠。

## 附图说明

[0068] 图 1 为本发明用于采集图像的结构示意图。

[0069] 图 2 为本发明的流程图。

[0070] 附图标记说明：100- 工业相机、110- 支撑架、120- 被测工件、130- 漫射平面光、140- 底座及 150- 悬挂架。

## 具体实施方式

[0071] 下面结合具体附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0072] 本发明目的在于对抛光金属弧状面进行瑕疵的实时检测,由于抛光金属弧状面表面光滑,漫反射率低,而且表面成弧状,不同空间位置的面所放射的光线强度不一,所以很难获得宽幅亮度均匀的图像。根据该问题,提出了一种基于离线学习知识实时检测抛光金属弧状面并能进行在线实时检测瑕疵的方法。

[0073] 如图 1 所示,采集图像时,本发明包括底座 140,所述底座 140 上设有竖直分布的支撑架 110,通过支撑架 110 能够支撑金属弧状面;底座 140 上还设有悬挂架 150,通过悬挂架 150 能够悬挂工业相机 100;支撑架 110 的正上方设有漫射平面光 130,通过漫射平面光 130 照射被测的金属弧状面,以能够工业相机 100 采集所需的图像。本发明实施例中采用 X-Sight SV4-30m 工业相机 100 采集柱形工件弧状侧表面图像,工业相机 100 采样单元为 1/3 英寸 CMOS,分辨率为 640\*480(像素)。由于抛光金属弧状表面的反射率高,检测面不在一个空间平面上,采用直接照射、同轴照射的方式都只能得到非常窄的有效区域。采用了蓝色漫射平面 LED 光源与被测面垂直照射的方式照明;因为波长越短,表面的散射性越好,所以选择了波长在 470nm 的蓝色光源。

[0074] 如图 2 所示:本发明对抛光金属弧状面瑕疵实时检测方法包括如下步骤:

[0075] 步骤 1、离线情况下,获取 N 张合格工件在正常工作光照下的第一样本图像及 M 张合格工件在低光照下的第二样本图像,对 N 张第一样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_n, n = 1, 2, \dots, N$ ,对 M 张第二样本图像分别进行中值滤波获得图像序列  $I_m, m = 1, 2, \dots, M$ ,对图像序列  $I_n$ 、图像序列  $I_m$  分别进行数据融合后得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$ ;

[0076] 离线情况是指通过工业相机先采集合格工件的图像,通过对大量数据进行分析得到所需的结论,以用于在线检测,样本图像的作用一是分析背景分量,作为在线检测提取反射分量时的依据;二是提取特征,作为检测时阈值分割、决策时用。获取 N 张第一样本图像、M 张第二样本图像是为了对样本图像进行数据融合,从而获得更可靠的背景分量,其中 N 可以等于 M。低光照的范围最好在平均灰度在值 20 左右,正常光照的平均灰度值大概是在 40 左右。

[0077] 步骤 1 包括如下具体步骤:

[0078] 步骤 1.1、在离线情况下,采集 N 张合格工件在工作光照下的第一样本图像,然后降低至所需光照强度,采集 M 张合格工件在低光照强度下的第二样本图像;

[0079] 步骤 1.2、对第一样本图像、第二样本图像进行中值滤波分别得到图像序列  $I_n, I_m$ ;其中,  $n = 1, 2, \dots, N, m = 1, 2, \dots, M$ ;

[0080] 中值滤波时,将每一像素点的灰度值设置为该点某邻域窗口内的所有像素点灰度值的中值,默认窗口采用 25\*25 的邻域窗口,根据采集的样本图像大小可以进行相应调整,中值滤波为常规的滤波方式,为本技术领域人员所熟知,此处不再详述;

[0081] 步骤 1.3、根据  $g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N I_n(x, y)$  将图像序列  $I_n$  进行数据融合,其中,  $(x, y)$  表示图像序列内的像素位置;

[0082] 步骤 1.4、根据  $h(x, y) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M I_m(x, y)$  将图像序列  $I_m$  进行数据融合。

[0083] 步骤 2、统计融合后图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  内相应灰度值及灰度值对应的像素个数,分别得到图像  $g(x, y)$ 、 $h(x, y)$  的直方图,根据直方图相应的较大波峰值对应的灰度值建立

图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的线性关系式为

$$[0084] \quad I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_h) + h(x, y)$$

[0085] 其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值,  $a(x, y)$  为斜率矩阵;

[0086] 所述步骤 2 包括如下步骤:

[0087] 步骤 2.1、图像灰度取  $0 \sim 255$ , 统计图像  $g(x, y)$  对应灰度值的像素个数, 然后除以图像  $g(x, y)$  的总像素个数, 得到图像  $g(x, y)$  的直方图  $p(z)$ , 并求出达到较大波峰值的灰度值  $Z_g$ ;

[0088] 建立直方图为本技术领域常用的技术手段, 直方图的横坐标为图像灰度值, 纵坐标为某个灰度值的像素个数与图像总相数个数的比值, 此处不再详述;  $z$  为图像灰度值;

[0089] 步骤 2.2、根据步骤 2.1, 得到图像  $h(x, y)$  的直方图  $q(z)$ , 并求出达到较大峰值的灰度值  $Z_h$ ;

[0090] 步骤 2.3、建立图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值对应灰度值间的线性斜率矩阵, 得到

$$[0091] \quad a(x, y) = \frac{g(x, y) - h(x, y)}{Z_g - Z_h};$$

[0092] 步骤 2.4、根据步骤 2.3 得到图像背景  $I(x, y)$  与直方图内较大波峰值间的线性关系, 为

$$[0093] \quad I(x, y) = a(x, y) * (Z_{\max} - Z_h) + h(x, y),$$

[0094] 其中,  $Z_{\max}$  表示直方图内较大波峰值对应的灰度值。

[0095] 步骤 3、从上述第一样本图像、第二样本图像中均任选一张样本图像, 并建立所选第一样本图像、第二样本图像的直方图, 得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值, 根据所述灰度值及步骤 2 的线性关系式, 分别得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量;

[0096] 所述步骤 3 包括如下步骤:

[0097] 步骤 3.1、从上述  $N$  张第一样本图像、 $M$  张第二样本图像中均任选一张样本图像, 统计所选第一样本图像、第二样本图像内对应灰度值的像素数, 以建立所选第一样本图像、第二样本图像的直方图, 得到所选第一样本图像、第二样本图像直方图内的较大波峰值对应的灰度值;

[0098] 步骤 3.2、根据步骤 2 及较大波峰值对应的灰度值, 求出所选第一样本图像、第二样本图像分别对应的背景分量  $I(x, y)$ ;

[0099] 步骤 3.3、根据  $r(x, y) = k * \frac{f(x, y)}{I(x, y)}$  求取所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量, 其中,  $k$  为常数,  $f(x, y)$  为所选第一样本图像或第二样本图像;  $k$  是取决于反射分量的常量, 为了使反射分量的均值在 0.5 左右, 一般  $k$  取 0.5。

[0100] 步骤 4、根据步骤 3 得到所选第一样本图像、第二样本图像的反射分量, 建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值对应的灰度值间的对应关系式为

$$[0101] \quad \sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

[0102] 其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方

图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $\sigma_n$  为所选第一样本图像的标准差,  $\sigma_0$  为所选第二样本图像的标准差;

[0103] 所述步骤 4 包括如下步骤:

[0104] 步骤 4.1、计算所选第一样本图像的反射分量的均值  $\mu$ , 得到

$$[0105] \quad \mu = \frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m r(x, y),$$

[0106] 其中,  $n * m$  表示反射分量图像的大小;

[0107] 步骤 4.2、根据步骤 4.1 计算所选第一样本图像反射分量的标准差  $\sigma_n$ , 得到

$$[0108] \quad \sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n * m} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m (r(x, y) - \mu)^2};$$

[0109] 步骤 4.3、根据步骤 4.1、步骤 4.2 计算所选第二样本图像反射分量的标准差  $\sigma_0$ ;

[0110] 步骤 4.4、建立合格工件反射分量标准差与直方图内较大波峰值的灰度值  $Z_{\max}$  对应关系式, 得到,

$$[0111] \quad \sigma(Z_{\max}) \approx \frac{\sigma_n - \sigma_0}{Z_{\max_n} - Z_{\max_0}} * (Z_{\max} - Z_{\max_0}) + \sigma_0$$

[0112] 其中,  $\sigma(Z_{\max})$  表示合格工件的反射分量标准差,  $Z_{\max_n}$  表示所选第一样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值,  $Z_{\max_0}$  表示所选第二样本图像直方图中最大波峰值对应的灰度值。

[0113] 步骤 5、在线实时获取抛光金属弧状面工件在工作光照下的检测图像, 对所述检测图像进行中值滤波, 建立检测图像的直方图; 根据直方图内较大波峰值对应的灰度值及上述步骤得到检测图像的反射分量; 对获得检测图像的反射分量进行高斯滤波, 得到第二反射分量, 并计算第二反射分量的第二标准差, 且根据步骤 4 计算得到检测图像在对应灰度水平的合格工件图像的第一标准差;

[0114] 在线检测是指获得检测图像后, 通过对检测图像进行检测分析判断金属弧状面是否存在瑕疵; 在线检测需要利用离线检测的结论及数据, 在线检测利用到的技术手段与离线检测一致时, 可以参考上述离线检测时的计算公式及方法。

[0115] 所述步骤 5 包括如下步骤:

[0116] 步骤 5.1、在工作光照条件下, 采集工件检测图像  $t(x, y)$ , 并对检测图像  $t(x, y)$  进行中值滤波;

[0117] 步骤 5.2、建立中值滤波后, 检测图像的直方图, 根据检测图像的直方图, 得到直方图内较大波峰值对应的灰度值  $Z_t$ ;

[0118] 步骤 5.3、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 2, 得到检测图像的背景分量  $I_t(x, y)$ ;

[0119] 步骤 5.4、根据步骤 5.3 及步骤 3, 得到检测图像的反射分量  $r_t(x, y)$ ;

[0120] 步骤 5.5、对反射分量  $r_t(x, y)$  进行高斯滤波去噪, 生成第二反射分量  $R(x, y)$ , 其中高斯滤波的卷积模板为

$$[0121] \quad h = \frac{1}{16} * \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}。$$

[0122] 步骤 5.6、根据灰度值  $Z_t$  及步骤 4.4 得到检测图像的第一标准差  $\sigma(Z_t)$ ;

[0123] 步骤 5.7、根据步骤 4.1 及步骤 4.2 计算第二反射分量  $R(x, y)$  的第二标准差  $\sigma_t$ 。

[0124] 步骤 6、比较第一标准差及第二标准差,以选取分割阈值,通过分割阈值对第二反射分量进行阈值分割,得到对应的二值图像;

[0125] 所述步骤 6 包括如下步骤:

[0126] 步骤 6.1、比较第一标准差  $\sigma(Z_t)$  与第二标准差  $\sigma_t$  的关系,得到

$$[0127] \quad \sigma = \begin{cases} 2\sigma(Z_t), & \sigma_t > 2\sigma(Z_t) \\ \sigma_t, & \sigma_t \leq 2\sigma(Z_t) \end{cases}$$

[0128] 步骤 6.2、设定分割上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$ ,得到

$$[0129] \quad \begin{cases} T_1 = Z_t + \lambda * \sigma \\ T_2 = Z_t - \lambda * \sigma \end{cases}$$

[0130] 其中,  $\lambda$  为调节系数;所述调节系数  $\lambda$  为  $3 \sim 4$ 。

[0131] 步骤 6.3、利用上阈值  $T_1$ 、下阈值  $T_2$  对第二背景分量  $R(x, y)$  进行阈值分割,得到二值图像  $b(x, y)$ ,得到

$$[0132] \quad b(x, y) = \begin{cases} 0, & T_2 \leq R(x, y) \leq T_1 \\ 1 \end{cases}$$

[0133] 其中,0 为背景区域,1 为待处理区域。

[0134] 步骤 7、扫描上述二值图像,并对二值图像内不同连通区域进行标记,统计连通区域面积,将连通区域面积与预设判断阈值比较,判断抛光金属弧状面的瑕疵。

[0135] 所述步骤 7 包括如下步骤:

[0136] 步骤 7.1、扫描二值图像  $b(x, y)$ ,并对二值图像  $b(x, y)$  内的不同连通区域进行标记;

[0137] 本发明实施例中可以采用递归方法进行区域标记;

[0138] 步骤 7.2、分别统计二值图像  $b(x, y)$  内不同连通区域的面积,设置所需的判断阈值  $S$ ;二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积大于判断阈值  $S$  时,则相应连通区域为瑕疵区域;当二值图像  $b(x, y)$  内连通区域面积小于判断阈值  $S$  时,则相应连通区域为正常区域。通过判断二值图像  $b(x, y)$  内连通区域是否为瑕疵区域来判断金属弧状面是否存在瑕疵,由于金属抛光面及不同行业的加工要求,判断阈值  $S$  可以相应设置。

[0139] 本发明先在离线状态下学习分析被测工件在该工作状态下的亮度分布情况,以及合格工件的统计特征;然后在线检测时,能有效提取出被测工件的反射分量,并通过滤波、阈值分割等操作对工件进行实时、准确的瑕疵检测。

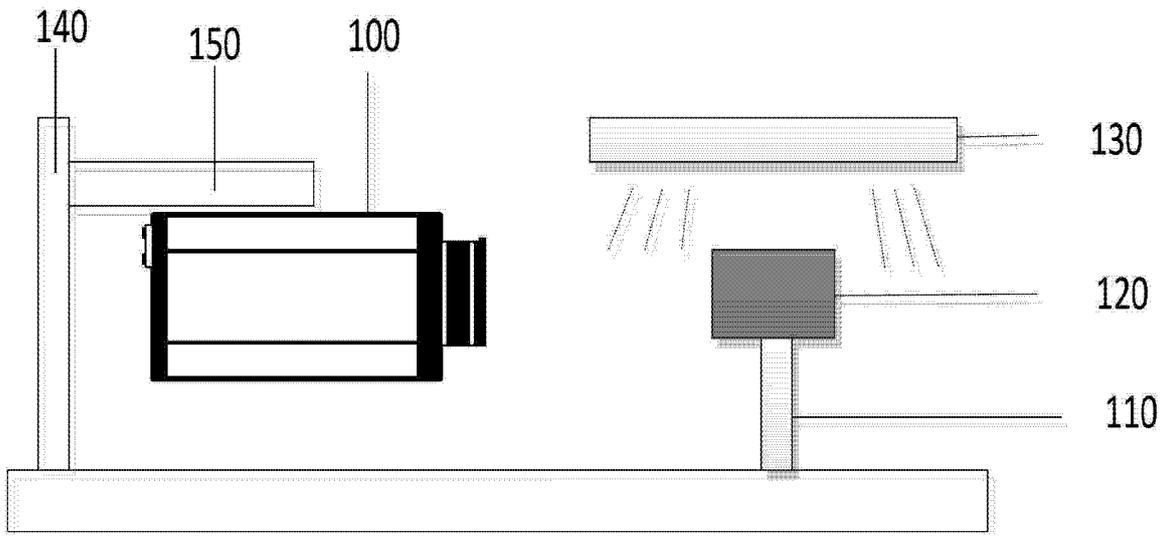


图 1

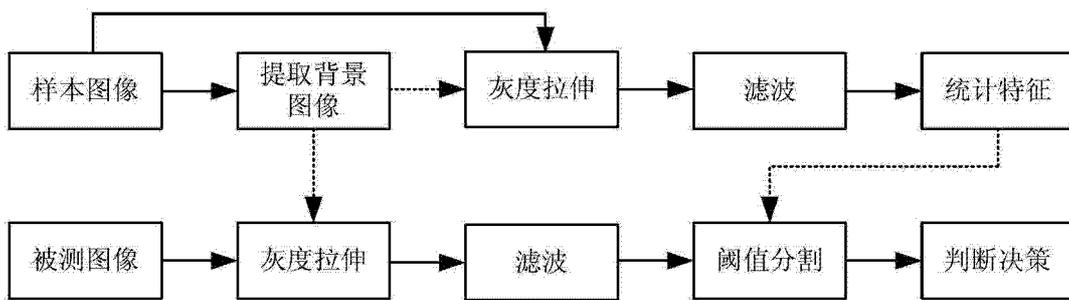


图 2