



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105809700 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(21)申请号 201610168310.3

(22)申请日 2016.03.23

(71)申请人 南京航空航天大学

地址 210016 江苏省南京市秦淮区御道街
29号

(72)发明人 孙永荣 黄斌 孙旭东 刘建业
朱云峰 王勇 单尧

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 熊玉玮

(51)Int.Cl.

G06T 7/00(2006.01)

G06T 5/00(2006.01)

G06K 9/46(2006.01)

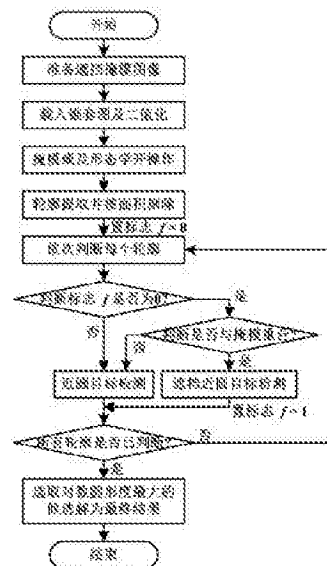
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法

(57)摘要

本发明公开了一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,属于计算机图像处理的技术领域。本发明利用数学形态学方法快速剔除锥套图像中内部黑色圆形加油口周边的伞骨、软管等干扰,而后通过轮廓提取、遮挡区域重合度判断与剔除、近圆形状条件判断等获得锥套内部加油口所在的图像区域,计算过程简单,可快速检测定位受油插头遮挡情况下的锥套图像位置和区域。



1. 一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,包括如下步骤:

A、对受油插头遮挡的掩模图像进行反向二值化处理,对反向二值化处理后的掩模图像进行数学形态学闭操作得到第一二值掩模图像,对第一二值掩模图像进行数学动态学腐蚀操作得到第二二值掩模图像;

B、对待检测的锥套灰度图像进行反向二值化处理;

C、对反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像和受油插头遮挡的掩模图像进行或运算,对或运算获取的二值图像进行数学形态学开操作以获取二值图像;

D、对步骤C获取的二值图像进行轮廓提取获得外围轮廓,各外围轮廓上点的集合构成外围轮廓边缘点集;

E、对各轮廓围成的面积降序排列,筛选出小于轮廓面积阈值的外围轮廓,将筛选出的外围轮廓上点的集合从外围轮廓边缘点集中剔除;

F、对筛选留下的外围轮廓进行遮挡掩模重合度的判断,不重合时进入步骤F1,重合时进入步骤F2,

F1、对外围轮廓直接进行包括区域范围条件约束、圆形度条件约束、最小二乘椭圆拟合条件约束的近圆目标检测,保留满足近圆目标检测要求的目标轮廓,

F2、对外围轮廓进行遮挡近圆目标检测,保留满足遮挡近圆目标检测要求的目标轮廓:首先剔除外围轮廓中的遮挡干扰,然后对剔除遮挡干扰后的外围轮廓进行包括区域范围条件约束、最小二乘椭圆拟合条件约束的近圆目标检测;

G、记录各候选目标轮廓的椭圆拟合参数并计算各拟合椭圆的对数圆形度,选择对数圆形度最大的候选目标轮廓作为锥套内部加油口的最终图像定位结果。

2. 根据权利要求1所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,步骤B采用表达式: $B_0(x, y) = \begin{cases} 0 & D_{origin}(x, y) > T_1 \\ 1 & D_{origin}(x, y) \leq T_1 \end{cases}$,对待检测的锥套灰度图像进行反向二值化处理,

其中,(x,y)表示图像像素坐标, $B_0(x, y)$ 表示反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像在(x,y)位置的像素灰度值, $D_{origin}(x, y)$ 表示待检测锥套灰度图像在(x,y)位置的像素灰度值, T_1 表示反向二值化处理待检测锥套灰度图像的阈值。

3. 根据权利要求2所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,步骤F中对筛选留下的外围轮廓进行遮挡掩模重合度的判断,具体方法为:

对提取的当前外围轮廓区域二值图像和反向二值化处理后的掩模图像做与运算以提取感兴趣的子图像,

统计所述子图像中遮挡掩模区域像素值相同的像素个数:

统计的像素个数超过设定阈值时,判定当前外围轮廓区域与遮挡掩模区域重合,

统计的像素个数小于或等于设定阈值时,判定当前外围轮廓区域与遮挡掩模区域不重合。

4. 根据权利要求3所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,步骤F2中剔除外围轮廓中的遮挡干扰,具体方法为:

对提取的外围轮廓区域二值图像和第一二值掩模图像做与运算,对与运算后的图像进

行数学形态学开操作,提取开操作后二值图像的轮廓以获取当前外围轮廓的点集,剔除掉当前外围轮廓点集中与第二二值掩模图像重合的点。

5.根据权利要求1至4中任意所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,步骤F2中,

所述区域范围条件为: $(x_d > T_3) \& (y_d > T_3) \& (y_d > T_{41} \cdot x_d) \& (x_d > T_{41} \cdot y_d)$,

所述最小二乘椭圆拟合条件为: $\{2a > T_3\} \& \{2b > T_3\} \& \{a > T_{41} \cdot b\} \& \{b > T_{41} \cdot a\}$ 且
 $\left(\bar{e} < T_6 \cdot \frac{a+b}{2}\right) \& \left(\sigma_e < T_7 \cdot \frac{a+b}{2}\right)$,

其中, $\begin{cases} x_d = \max\{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\} - \min\{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\} \\ y_d = \max\{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\} - \min\{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\} \end{cases}$, $(x_{k1}, y_{k1}), (x_{k2}, y_{k2}), \dots, (x_{kn_k}, y_{kn_k})$

分别为第k个候选目标轮廓上第1、第2、……、第 n_k 个点的像素坐标, T_3 为区域范围阈值, T_{41} 为区域比例阈值,&表示逻辑与操作,(a,b)为拟合椭圆的长短半轴, (\bar{e}, σ_e) 为集合 $\{e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_{n_k}\}$ 的平均值和标准差, T_6 为拟合误差均值阈值, T_7 为拟合误差标准差阈值,

$$e_i = \sqrt{ab} \cdot \left(\sqrt{e_{xi}^2 + e_{yi}^2} - 1\right), i = 1, 2, \dots, n_k, \begin{cases} e_{xi} = \frac{\cos \theta}{a}(x_{ki} - x_c) + \frac{\sin \theta}{a}(y_{ki} - y_c) \\ e_{yi} = -\frac{\sin \theta}{b}(x_{ki} - x_c) + \frac{\cos \theta}{b}(y_{ki} - y_c) \end{cases}, (x_c, y_c) \text{ 为}$$

拟合椭圆的中心点坐标, θ 为拟合椭圆的旋转角度。

6.根据权利要求5所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,其特征在于,步骤G中计算拟合椭圆对数圆形成度 $f(a, b)$ 的表达式为: $f(a, b) = \frac{|\ln a - \ln b|}{|\ln a + \ln b|}$ 。

一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法

技术领域

[0001] 本发明公开了一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,属于计算机图像处理的技术领域。

背景技术

[0002] 现有的大多数自主空中加油视觉导航方法常采用特殊的光学标记安装在加油锥套上,包括LED光标、人工特殊颜色标记等。如美国自主空中加油项目(AAR)中就使用了一套VisNav系统,该VisNav系统就需要在加油锥套上安装多个LED光标,而后利用半导体位置探测器PSD进行图像定位(见董新民,徐跃鉴,陈博,《自动空中加油技术研究进展与关键问题》,《空军工程大学学报(自然科学版)》,2008(12),9(6):1-5)。另外,国内空军工程大学的王旭峰等建立了自主空中加油的一个视觉相对导航半物理地面试验平台,并在加油锥套断面区域加装了红色标识环带,以增强特征区域与背景图像的对比度,从而可通过色彩识别获得图像定位信息(见王旭峰,董新民,孔星炜,《机器视觉辅助的插头锥套式无人机自主空中加油仿真》,《科学技术与工程》,2013(6),13(18):5245-5250)。

[0003] 上述这些方法要求加油锥套安装额外的光学标记,特别是需要供电的LED光标提高了空中加油操作的风险。因此一种不依靠额外标记、仅利用加油锥套本身特征的AAR视觉方法就具有更好的通用性、便利性和安全性。

[0004] 通过对加油锥套形状特征的分析,可知其内部加油口为圆形的,半径约为13cm,成像后在图像中呈现明显的黑色圆块或近圆形椭圆块,因此利用这一明显的自身形状特征可降低图像定位处理的计算量。随着无人机的发展,自主空中加油的需求也就越来越迫切,而不依靠额外光学标记的自主空中加油视觉导航方法具有较高的通用性和便利性,特别是基于加油锥套内部圆形加油口的计算机视觉方法特征明显,图像处理速度快,而往往摄像头是安装在受油插头侧后方,受油插头作为图像前景物体会对加油锥套形成遮挡,解决受油插头遮挡干扰下的加油锥套图像检测定位是自主空中加油视觉导航的关键,本方案即是基于前述思路而产生的。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是在于克服现有自主空中加油方法中需要安装额外光学标记的不足、额外的带电装置带来更高的空中加油危险性等,从仅依赖加油锥套自身特征、解决视觉导航中受油插头图像遮挡问题的角度出发,提供了一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,该方法利用数学形态学方法快速剔除锥套图像中内部黑色圆形加油口周边的伞骨、软管等干扰,而后通过轮廓提取、遮挡区域重合度判断与剔除、近圆形状条件判断等获得锥套内部加油口所在的图像区域。

[0006] 本发明为实现上述发明目的采用如下技术方案:

[0007] 一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,包括如下步骤:

[0008] A、对受油插头遮挡的掩模图像进行反向二值化处理,对反向二值化处理后的掩模

图像进行数学形态学闭操作得到第一二值掩模图像,对第一二值掩模图像进行数学动态学腐蚀操作得到第二二值掩模图像;

[0009] B、对待检测的锥套灰度图像进行反向二值化处理;

[0010] C、对反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像和受油插头遮挡的掩模图像进行或运算,对或运算获取的二值图像进行数学形态学开操作以获取二值图像;

[0011] D、对步骤C获取的二值图像进行轮廓提取获得外围轮廓,各外围轮廓上点的集合构成外围轮廓边缘点集;

[0012] E、对各轮廓围成的面积降序排列,筛选出小于轮廓面积阈值的外围轮廓,将筛选出的外围轮廓上点的集合从外围轮廓边缘点集中剔除;

[0013] F、对筛选留下的外围轮廓进行遮挡掩模重合度的判断,不重合时进入步骤F1,重合时进入步骤F2,

[0014] F1、对外围轮廓直接进行包括区域范围条件约束、圆形度条件约束、最小二乘椭圆拟合条件约束的近圆目标检测,保留满足近圆目标检测要求的目标轮廓,

[0015] F2、对外围轮廓进行遮挡近圆目标检测,保留满足遮挡近圆目标检测要求的目标轮廓:首先剔除外围轮廓中的遮挡干扰,然后对剔除遮挡干扰后的外围轮廓进行包括区域范围条件约束、最小二乘椭圆拟合条件约束的近圆目标检测;

[0016] G、记录各候选目标轮廓的椭圆拟合参数并计算各拟合椭圆的对数圆形度,选择对数圆形度最大的候选目标轮廓作为锥套内部加油口的最终图像定位结果。

[0017] 作为所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法的进一步优化方

案,步骤B采用表达式: $B_0(x, y) = \begin{cases} 0 & D_{origin}(x, y) > T_1 \\ 1 & D_{origin}(x, y) \leq T_1 \end{cases}$,对待检测的锥套灰度图像进行反向

二值化处理,

[0018] 其中, (x, y) 表示图像像素坐标, $B_0(x, y)$ 表示反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像在 (x, y) 位置的像素灰度值, $D_{origin}(x, y)$ 表示待检测锥套灰度图像在 (x, y) 位置的像素灰度值, T_1 表示反向二值化处理待检测锥套灰度图像的阈值。

[0019] 进一步的,所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,步骤F中对筛选留下的外围轮廓进行遮挡掩模重合度的判断,具体方法为:

[0020] 对提取的当前外围轮廓区域二值图像和反向二值化处理后的掩模图像做与运算以提取感兴趣的子图像,

[0021] 统计所述子图像中遮挡掩模区域像素值相同的像素个数;

[0022] 在统计的像素个数超过设定阈值时,判定当前外围轮廓区域与遮挡掩模区域重合,

[0023] 在统计的像素个数小于或等于设定阈值时,判定当前外围轮廓区域与遮挡掩模区域不重合。

[0024] 再进一步的,所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,步骤F2中剔除外围轮廓中的遮挡干扰,具体方法为:

[0025] 对提取的外围轮廓区域二值图像和第一二值掩模图像做与运算,对与运算后的图像进行数学形态学开操作,提取开操作后二值图像的轮廓以获取当前外围轮廓的点集,剔除掉当前外围轮廓点集中与第二二值掩模图像重合的点。

[0026] 更进一步的,所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法的步骤F2中,

[0027] 所述区域范围条件为: $(x_d > T_3) \& (y_d > T_3) \& (y_d > T_{41} \cdot x_d) \& (x_d > T_{41} \cdot y_d)$,

[0028] 所述最小二乘椭圆拟合条件为: $\{2a > T_3\} \& \{2b > T_3\} \& \{a > T_{41} \cdot b\} \& \{b > T_{41} \cdot a\}$ 且

$$\left(\bar{e} < T_6 \cdot \frac{a+b}{2} \right) \& \left(\sigma_e < T_7 \cdot \frac{a+b}{2} \right),$$

[0029] 其中, $\begin{cases} x_d = \max\{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\} - \min\{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\} \\ y_d = \max\{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\} - \min\{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\} \end{cases}, (x_{k1}, y_{k1}), (x_{k2}, y_{k2}), \dots, (x_{kn_k}, y_{kn_k})$

分别为第k个候选目标轮廓上第1、第2、……、第 n_k 个点的像素坐标, T_3 为区域范围阈值, T_{41} 为区域比例阈值,&表示逻辑与操作, (a, b) 为拟合椭圆的长短半轴, (\bar{e}, σ_e) 为集合 $\{e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_{n_k}\}$ 的平均值和标准差, T_6 为拟合误差均值阈值, T_7 为拟合误差标准差阈值,

$$e_i = \sqrt{ab} \cdot \left(\sqrt{e_{xi}^2 + e_{yi}^2} - 1 \right), i = 1, 2, \dots, n_k, \begin{cases} e_{xi} = \frac{\cos \theta}{a} (x_{ki} - x_c) + \frac{\sin \theta}{a} (y_{ki} - y_c) \\ e_{yi} = -\frac{\sin \theta}{b} (x_{ki} - x_c) + \frac{\cos \theta}{b} (y_{ki} - y_c) \end{cases}, (x_c, y_c) \text{ 为}$$

拟合椭圆的中心点坐标, θ 为拟合椭圆的旋转角度。

[0030] 作为所述一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法的再进一步优化

方案,步骤G中计算拟合椭圆对数圆形度 $f(a, b)$ 的表达式为: $f(a, b) = \frac{|\ln a - \ln b|}{\ln a + \ln b}$ 。

[0031] 本发明采用上述技术方案,具有以下有益效果:

[0032] (1)不需要在加油锥套上额外安装光学标记,仅利用加油锥套自身特征,具有更好的通用性、便利性和安全性;

[0033] (2)本方法针对受油插头遮挡情况下的加油锥套图像检测,采用二值化后轮廓提取的方法快速确定待检测目标区域,对与遮挡掩模区域重合的轮廓采用掩模剔除的方式消除受油插头遮挡带来的图像干扰,最终通过轮廓形状判断是否为目标所在轮廓,该方法思路清晰,计算过程简单,可快速检测定位受油插头遮挡情况下的锥套图像位置和区域。

附图说明

[0034] 图1为本发明方法的计算流程图;

[0035] 图2为采集的原始锥套彩色图像;

[0036] 图3为反向受油插头遮挡掩模图像;

[0037] 图4为锥套二值化图像与掩模图像或操作后的二值图像;

[0038] 图5为形态学开操作后的锥套二值图像;

[0039] 图6为剔除小面积轮廓后的轮廓提取结果;

[0040] 图7为与掩模区域重合的轮廓区域二值图像;

[0041] 图8为图7二值图像剔除掩模区域后的轮廓提取结果;

[0042] 图9为图8轮廓剔除掉与掩模区域重合的轮廓点后的结果;

[0043] 图10为最终的锥套内部加油口图像检测定位结果。

具体实施方式

[0044] 下面结合附图对发明的技术方案进行详细说明。

[0045] 一种受油插头遮挡的空中加油锥套图像检测定位方法,仅利用加油锥套自身内部圆形加油口特征,通过对二值图像进行数学形态学操作,快速剔除锥套图像中内部黑色圆形加油口周边干扰,而后在轮廓提取的基础上,利用受油插头掩模图像判断和剔除轮廓中的遮挡部分,并利用近圆形状条件快速获得候选的近圆形轮廓,最后选用对数圆形度最大的候选解作为锥套图像检测定位结果。具体包括以下步骤。

[0046] 步骤1、准备受油插头遮挡的掩模图像:受油插头遮挡的掩模图像M中受油插头遮挡区域像素值设为0,其它区域设为1;计算反向的掩模图像,即遮挡区域像素值为1,其它区域为0,反向二值化处理后的掩模图像记为 M_i ;采用半径为 r_1 的圆盘形状结构元素 D_r 对受油插头遮挡的掩模图像M进行数学形态学闭操作,获得第一二值掩模图像 M_c ;采用半径为 r_1 的圆盘形状结构元素 D_r 对图像 M_c 进行数学形态学腐蚀操作,获得第二二值掩模图像 M_e , r_1 取值范围为3~12,采用半径为 r_1 的圆盘形状结构元素 D_r 对图像进行数学形态学操作能够扩大区域范围。

[0047] 步骤2、载入待检测的锥套灰度图像 D_{origin} ,采用阈值 T_1 对图像 D_{origin} 反向二值化,获得反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像 B_0 。具体变换过程如下:

$$[0048] \quad B_0(x, y) = \begin{cases} 0 & D_{origin}(x, y) > T_1 \\ 1 & D_{origin}(x, y) \leq T_1 \end{cases},$$

[0049] 式中, T_1 表示反向二值化处理待检测锥套灰度图像的阈值, (x, y) 表示图像像素坐标, $D_{origin}(x, y)$ 和 $B_0(x, y)$ 分别表示待检测的锥套灰度图像 D_{origin} 和反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像 B_0 在位置 (x, y) 处的像素灰度值。

[0050] 步骤3、反向二值化处理后的待检测锥套灰度图像 B_0 与受油插头遮挡的掩模图像M进行或操作,得到二值图像 B_1 ,采用半径为 r_1 的圆盘形状结构元素 D_r 对二值图像 B_1 进行数学形态学开操作,获得二值图像 B_2 。

[0051] 步骤4、对二值图像 B_2 进行轮廓提取操作,获得外围轮廓边缘点集

$C = \{C_1, C_2, \dots, C_k, \dots, C_{N_1}\}$,其中, N_1 表示轮廓个数, $C_k(k=1, 2, \dots, N_1)$ 表示各个轮廓上点的

集合,可表示为 $C_k = \begin{bmatrix} x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k} \\ y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k} \end{bmatrix}$,式中 n_k 表示轮廓边缘点个数。

[0052] 步骤5、统计轮廓边缘点集C中各个轮廓的面积,记轮廓 C_k 的面积为 s_k ,对序列 $\{s_1, s_2, \dots, s_{N_1}\}$ 进行降序排列,并剔除掉面积小于 T_2 (轮廓面积阈值)的轮廓, T_2 的选取范围为60~200,最终获得面积从大到小的轮廓编号,记为 $(d_1, d_2, \dots, d_m, d_{m+1}, \dots, d_{N_1})$,满足下式:

$$[0053] \quad s_{d_1} \geq s_{d_2} \geq \dots \geq s_{d_m} > T_2 > s_{d_{m+1}} \geq \dots \geq s_{d_{N_1}}.$$

[0054] 步骤6、置标志 $f_{mask} = 0$,依次对编号集合 $d = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$ 中的每个轮廓进行如下处理:

[0055] 针对当前编号为 $d_j = k, j=1, 2, \dots, m$ 的轮廓,

[0056] 若 $f_{mask} = 0$,则进入步骤7,对当前轮廓进行遮挡掩模重合度判断,若判断结果为重

合,则置 $f_{\text{mask}}=1$,并进入步骤8,进行遮挡近圆目标检测,记录检测结果;若判断结果为不重合,则进入步骤9,直接对当前轮廓进行近圆目标检测操作,记录检测结果,

[0057] 若 $f_{\text{mask}}=1$,直接进入步骤9,对当前轮廓进行近圆目标检测操作,记录检测结果,

[0058] 当所有轮廓均处理完成后,进入步骤10。

[0059] 步骤7、遮挡掩模重合度判断:判断当前编号为 $d_j=k, j=1, 2, \dots, m$ 的轮廓是否与受油插头遮挡掩模区域重合。

[0060] 步骤701、提取当前外围轮廓区域二值图像 C_0 ,轮廓区域像素值设为1,其它区域设为0,

[0061] 步骤702、当前外围轮廓区域二值图像 C_0 与反向二值化处理后的掩模图像 M_i 进行“与”操作,获得二值图像 C_1 ,

[0062] 步骤703、统计二值图像 C_1 中像素值为1的像素个数,若像素个数超过阈值 T_N ,则判断当前轮廓区域与受油插头遮挡掩模区域重合;否则判断不重合。

[0063] 步骤8、遮挡近圆目标检测:对满足遮挡掩模重合度判断条件的当前外围轮廓区域二值图像进行遮挡近圆目标检测判断。

[0064] 步骤801、将提取的当前外围轮廓区域二值图像 C_0 与第一二值掩模图像 M_c 进行“与”操作,获得二值图像 C_2 ,

[0065] 步骤802、采用半径为 r_2 的圆盘形状结构元素 D_r 对二值图像 C_2 进行数学形态学开操作,获得二值图像 C_3 , r_2 取值范围为3~6,采用半径为 r_2 的圆盘形状结构元素对图像进行数学形态学开操作能够剔除伞骨等干扰。

[0066] 步骤803、对二值图像 C_3 进行轮廓提取操作,获得外围轮廓点集,并剔除掉所有轮廓点集中与第二二值掩模图像 M_e 重合的点,

[0067] 步骤804、进入步骤9,对每个轮廓进行近圆目标检测操作,其中采用新的区域比例阈值 $T_4=T_{41}$,并不进行圆形成度条件判断, T_{41} 取值范围为0.35~0.95。

[0068] 步骤9、近圆目标检测:对轮廓点集 $C_k = \begin{bmatrix} x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k} \\ y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k} \end{bmatrix}$ 所表示的轮廓进行近圆目标判断。

[0069] 步骤901、候选目标轮廓必须满足如下区域范围条件:

[0070] 计算轮廓点集图像坐标的范围 (x_d, y_d) 如下:

$$[0071] \quad x_d = \max \{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\} - \min \{x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k}\}$$

$$[0072] \quad y_d = \max \{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\} - \min \{y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k}\},$$

[0073] 区域范围条件为:

$$[0074] \quad (x_d > T_3) \& (y_d > T_3) \& (y_d > T_4 \cdot x_d) \& (x_d > T_4 \cdot y_d),$$

[0075] 式中, T_3 为区域范围阈值, T_4 为区域比例阈值,&表示逻辑与操作, T_3 选取范围为7~15, T_4 选取范围为0.5~0.95。

[0076] 步骤902、候选目标轮廓必须满足如下圆形成度条件:

$$[0077] \quad \frac{4\pi s_k}{l_k^2} > T_5$$

[0078] 式中, T_5 为圆形度阈值, T_5 选取范围为0.60~0.95, l_k 为第k个候选目标轮廓的周长。

[0079] 步骤903、候选目标轮廓必须满足如下最小二乘椭圆拟合条件:

[0080] (1)最小二乘椭圆拟合:采用最小二乘法对点集 $C_k = \begin{bmatrix} x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k} \\ y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k} \end{bmatrix}$ 进行椭圆拟

合,拟合结果记为 (x_c, y_c, a, b, θ) , 其中 (x_c, y_c) 为椭圆中心点坐标, (a, b) 为椭圆长短半轴, θ 为椭圆旋转角度。

[0081] (2)椭圆大小范围判断:候选目标轮廓必须满足如下条件:

[0082] $\{2a > T_3\} \& \{2b > T_3\} \& \{a > T_4 \cdot b\} \& \{b > T_4 \cdot a\}$

[0083] (3)拟合距离误差判断:计算点集 $C_k = \begin{bmatrix} x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn_k} \\ y_{k1}, y_{k2}, \dots, y_{kn_k} \end{bmatrix}$ 到拟合椭圆的距离误差 e_i 如

下:

[0084] $e_i = \sqrt{ab} \cdot \left(\sqrt{e_{xi}^2 + e_{yi}^2} - 1 \right), i = 1, 2, \dots, n_k$

[0085] 式中, (e_{xi}, e_{yi}) 为规范化椭圆点坐标, 可按如下式计算:

[0086]
$$\begin{cases} e_{xi} = \frac{\cos \theta}{a} (x_{ki} - x_c) + \frac{\sin \theta}{a} (y_{ki} - y_c) \\ e_{yi} = -\frac{\sin \theta}{b} (x_{ki} - x_c) + \frac{\cos \theta}{b} (y_{ki} - y_c) \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n_k$$

[0087] 候选目标轮廓必须满足如下条件:

[0088] $\left(\bar{e} < T_6 \cdot \frac{a+b}{2} \right) \& \left(\sigma_e < T_7 \cdot \frac{a+b}{2} \right)$

[0089] 式中, T_6 为拟合误差均值阈值, T_7 为拟合误差标准差阈值, (\bar{e}, σ_e) 为集合 $\{e_1, e_2, \dots, e_{n_k}\}$ 的平均值和标准差, T_6 选取范围为0.01~0.10, T_7 选取范围为0.01~0.10。

[0090] 步骤10、记录满足上述条件的候选区域的椭圆拟合参数, 并计算椭圆的对数圆形

度 $f(a, b) = \frac{|\ln a - \ln b|}{|\ln a + \ln b|}$, 选择对数圆形度最大的候选解作为锥套内部加油口的最终图像定位结果。

[0091] 图2为采集的原始锥套彩色图像, 像素个数为 640×480 。转换为灰度图像后, 采用本发明方法对锥套灰度图像进行处理, 设置相关参数如下:

[0092] $T_1 = 75, r_1 = 8, r_2 = 3, T_2 = 300, T_3 = 9, T_4 = 0.707, T_{41} = 0.4, T_5 = 0.65, T_6 = 0.05, T_7 = 0.03$

[0093] 图3为反向的受油插头遮挡掩模图像, 图4为锥套图像二值化后的二值图像, 可以明显看出内部加油口周边存在伞骨、背景等干扰, 并被受油插头形成遮挡; 图4为锥套二值化图像与掩模图像或操作后的二值图像; 图5为形态学开操作后的锥套二值图像, 锥套加油口周边干扰与加油口区域已经隔离; 图6为剔除小面积轮廓后的轮廓提取结果; 图7为与掩模区域重合的轮廓区域二值图像; 图8为图7二值图像剔除掩模区域后的轮廓提取结果; 图9

为图8轮廓剔除掉与掩模区域重合的轮廓点后的结果,可以看出因遮挡引起的干扰轮廓点已经被剔除;图10为最终的锥套内部加油口图像检测定位结果,可以看出检测定位结果与锥套内部圆形加油口基本重合。上述结果验证了本发明方法的正确性。

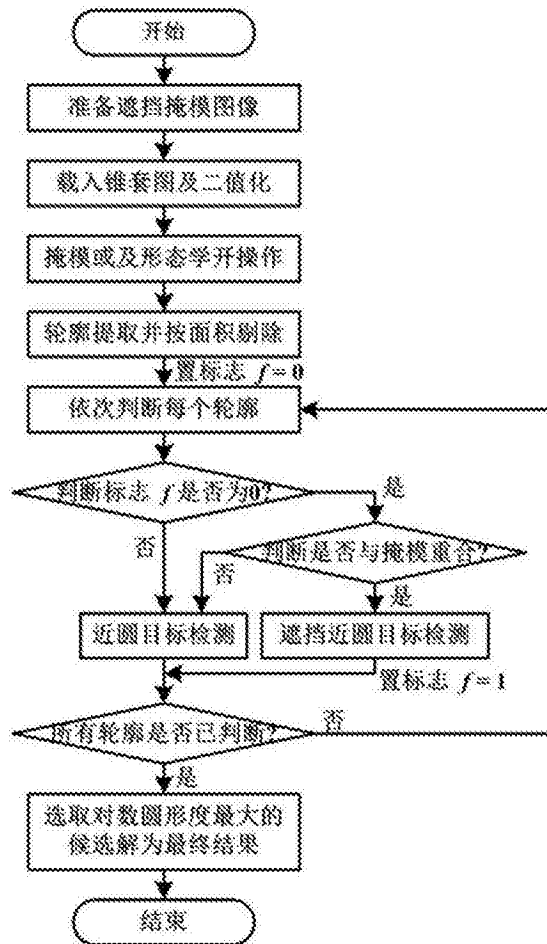


图1

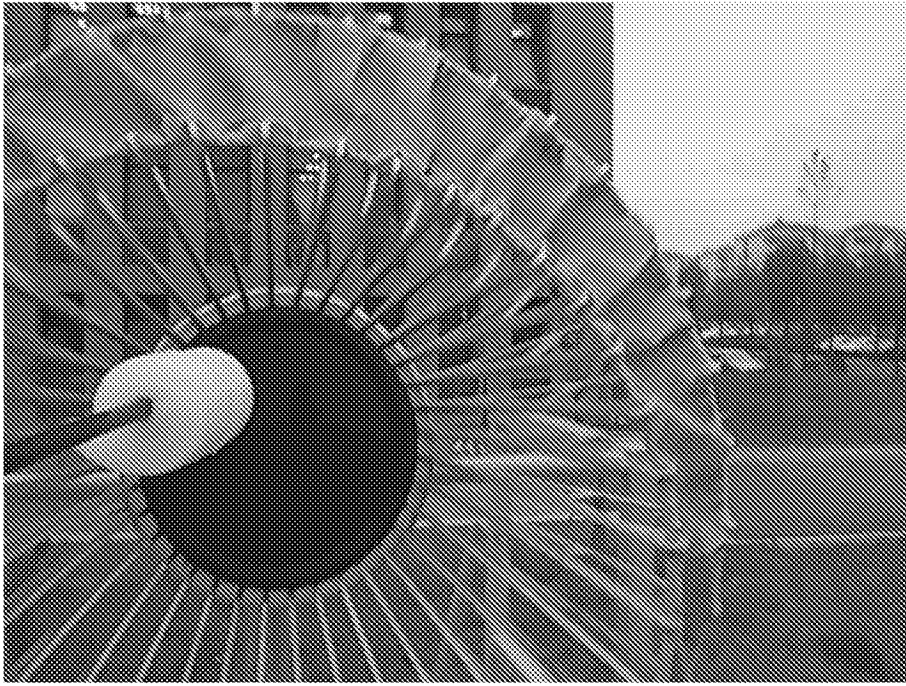


图2

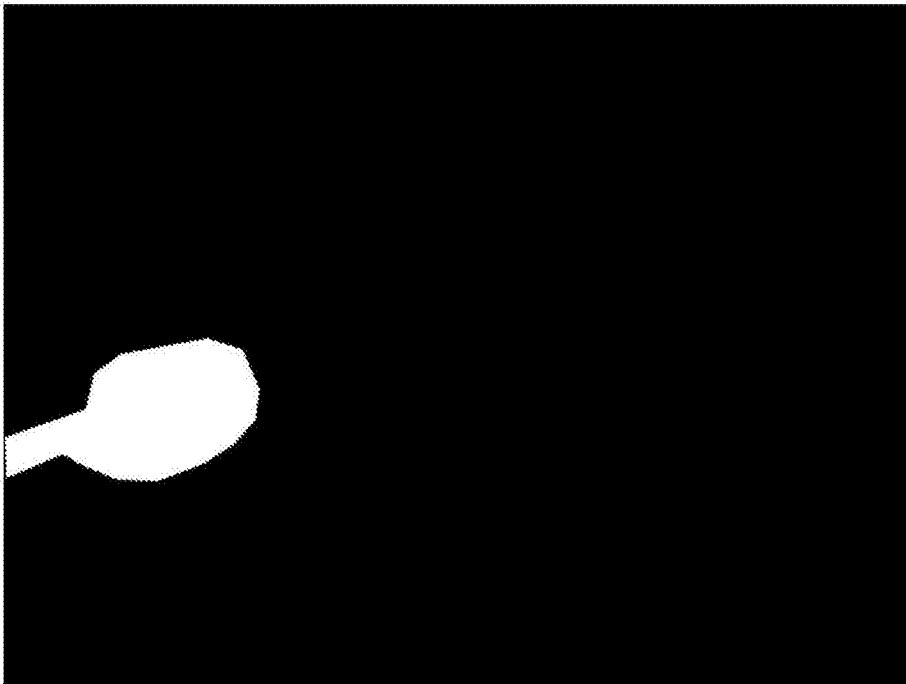


图3

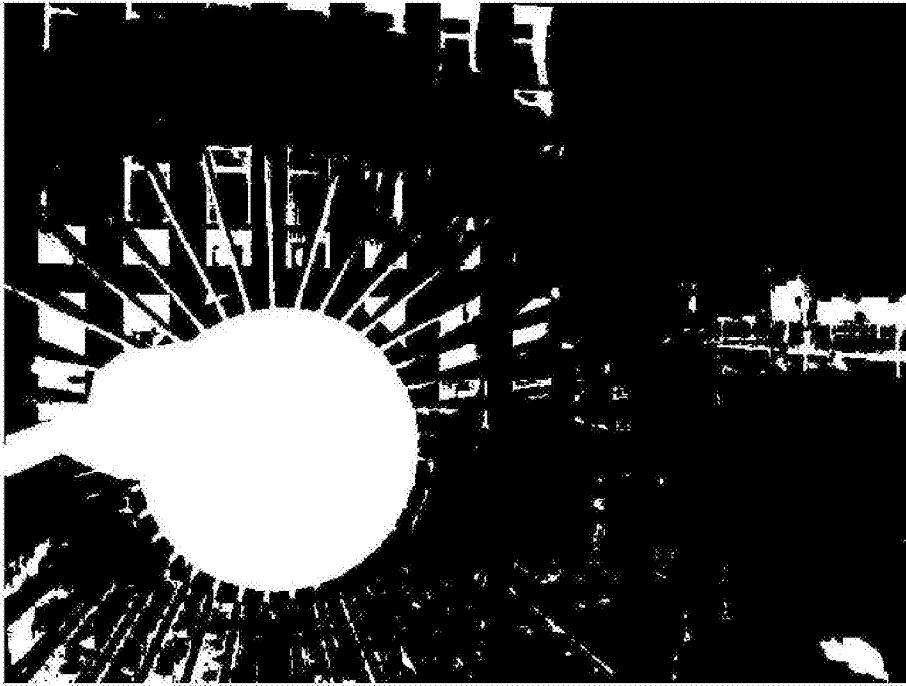


图4

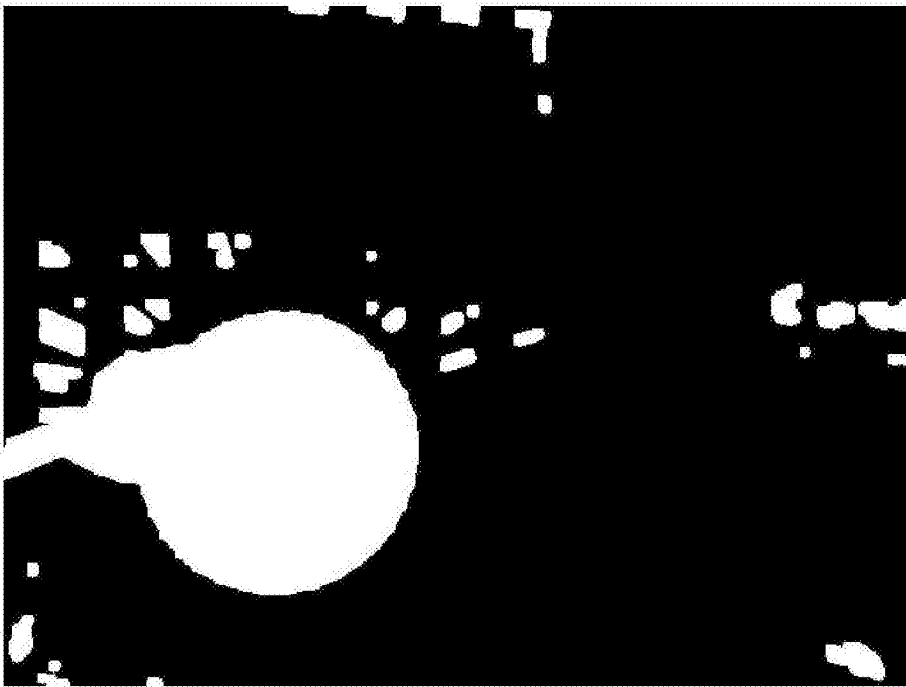


图5

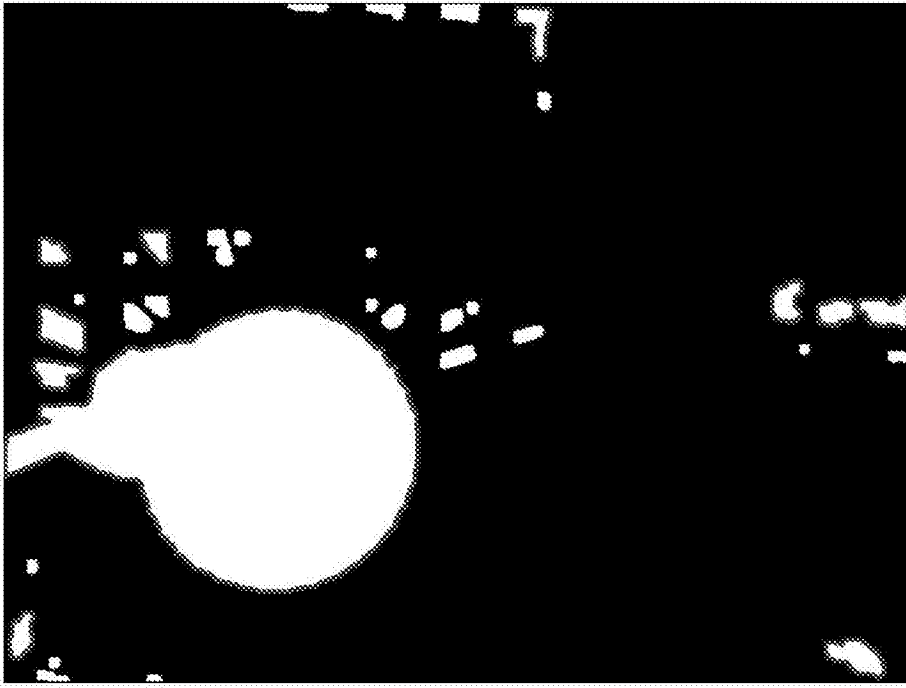


图6

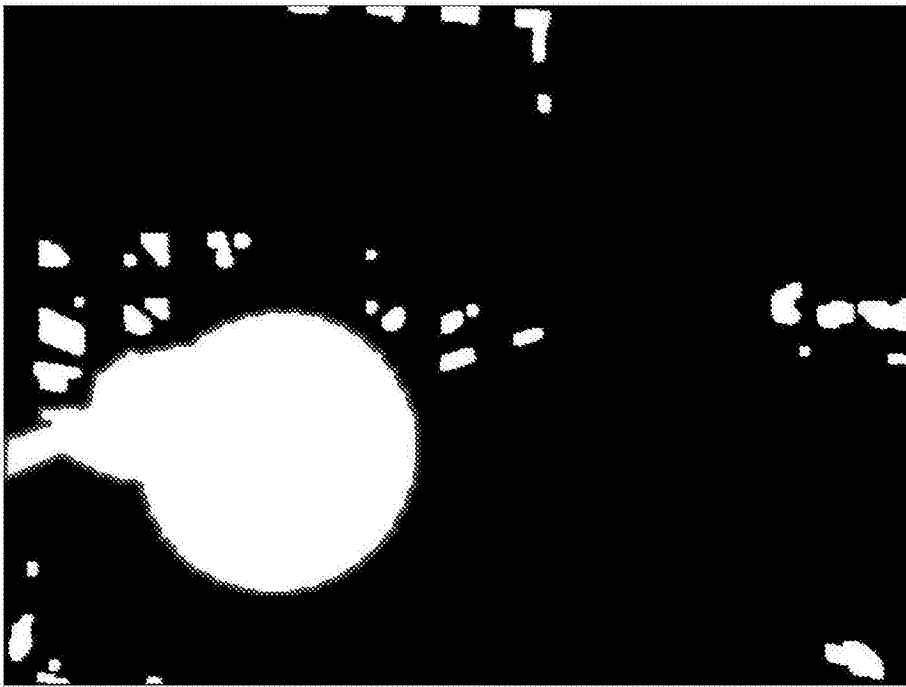


图7

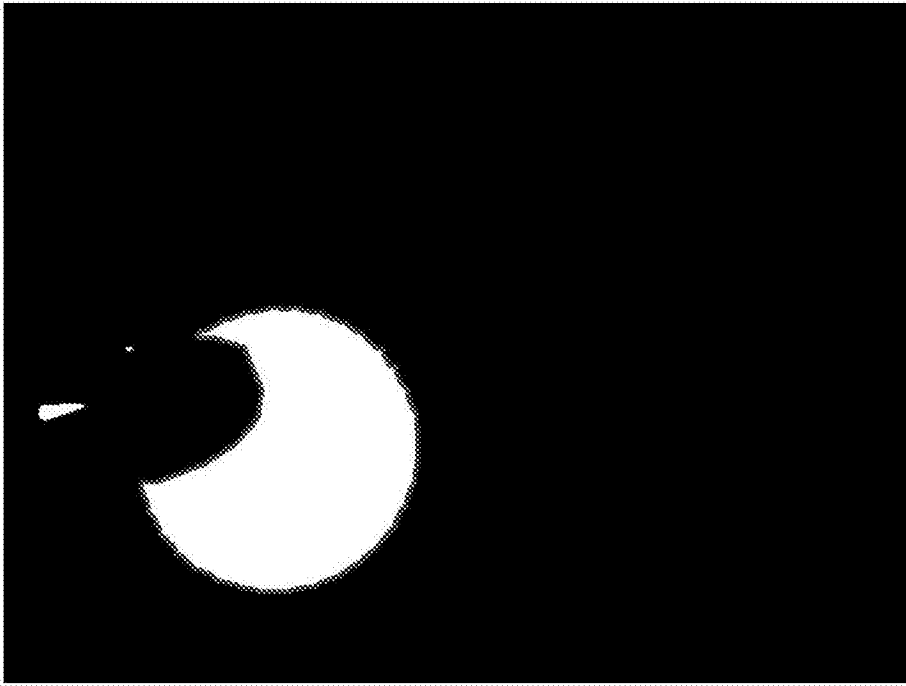


图8

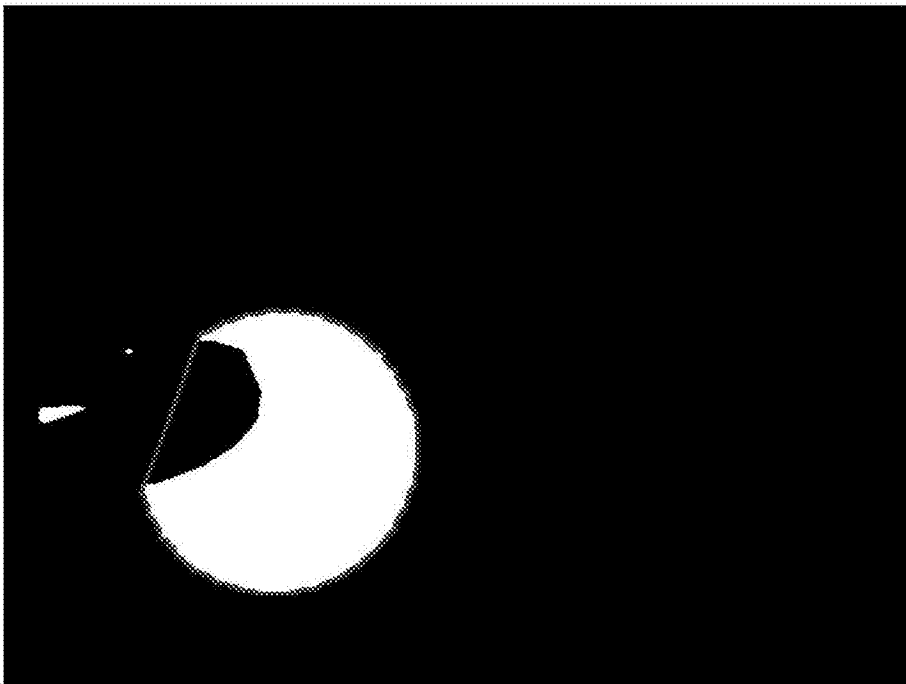


图9

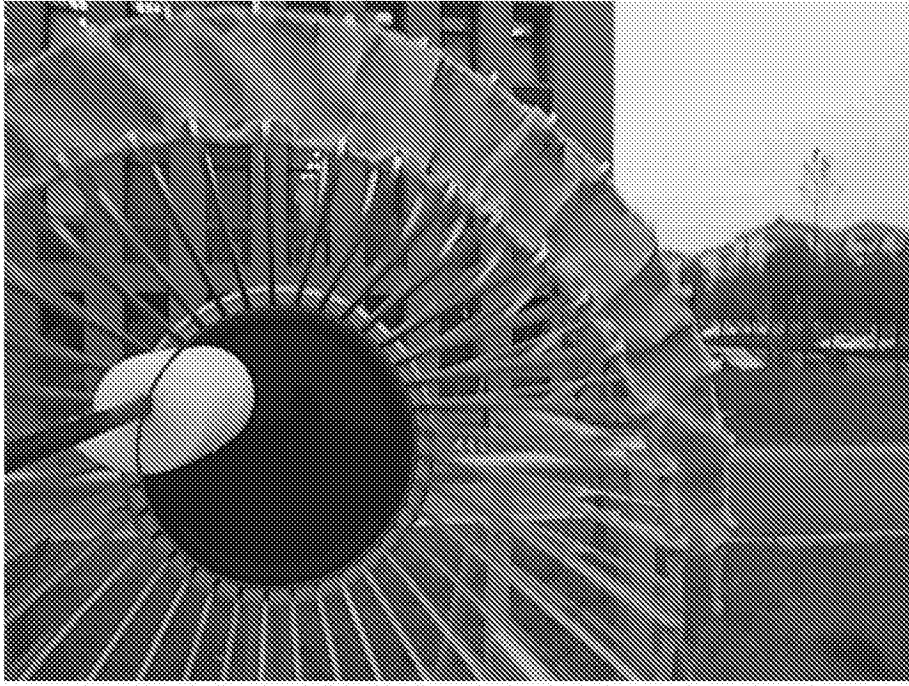


图10