

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610155870.1

[51] Int. Cl.

G01B 11/00 (2006.01)
G01B 11/02 (2006.01)
G01B 11/03 (2006.01)
G06T 7/00 (2006.01)
G06K 9/00 (2006.01)

[43] 公开日 2008 年 1 月 9 日

[11] 公开号 CN 101101197A

[22] 申请日 2006.12.31
[21] 申请号 200610155870.1
[71] 申请人 沈阳工业大学
地址 110023 辽宁省沈阳市铁西区兴华南街
58 号沈阳工业大学
[72] 发明人 苑玮琦 曲晓峰 段振云 汤永华
张志佳 桑海峰

[74] 专利代理机构 沈阳亚泰专利商标代理有限公司
代理人 郭元艺

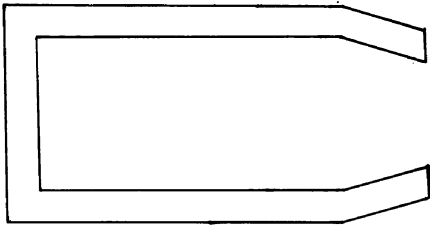
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称

圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置及在
线成像检测方法

[57] 摘要

本发明属于基于视觉的在线检测系统，尤其涉
及圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置与在线成
像检测方法，包括：壳体(1)、激光器(2)、反射镜
(3)、光路转换镜(4)、图像接收处理部分(5)；所
述激光器(2)发出的激光经反射镜(3)反射后，投射
到待测圆筒内壁表面；光路转换镜(4)捕捉漫反射
光斑并将其汇聚到图像接收处理部分进行处理；其
中在线成像检测方法包括：图像采集部分、图像预
处理部分、光斑中心提取部分、内壁距离计算部
分；所述图像采集部分读取来自漫反射光斑的数字
化图像；图像预处理部分对所采集的图像信息进
行处理；所述光斑中心提取部分确定光斑的几何重
心；内壁距离计算部分将所述光斑坐标转换为内壁
距离。



1、圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于,包括:壳体(1)、激光器(2)、反射镜(3)、光路转换镜(4)、图像接收处理部分(5);所述激光器(2)、反射镜(3)及光路转换镜(4)配装于壳体(1)内;所述激光器(2)发出的激光经反射镜(3)反射后,投射到待测圆筒内壁表面,形成漫反射光斑;光路转换镜(4)捕捉所述漫反射光斑并将其汇聚到图像接收处理部分进行处理。

2、按照权利要求1所述的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于:所述光路转换镜(4)为三棱镜;经过光路转换镜(4)转换的激光与激光器(2)发出的入射光平行。

3、按照权利要求1或2所述的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于:所述图像接收处理部分(5)包括:图像采集处理模块、数字信号处理模块、数据保存模块及数据传输及显示模块;所述图像采集处理模块采集漫反射光斑图像并对其进行处理;所述数字信号处理模块接收来自图像采集处理模块的数据,进行运算处理后,再将相关结果存储于数据保存模块中;所述数据传输及显示模块对圆筒内壁位置信息进行显示。

4、按照权利要求1或2所述的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于:还配有USB接口或网络接口。

5、按照权利要求3所述的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于:还配有USB接口或网络接口。

6、按照权利要求5所述的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置,其特征在于:还配有UART芯片;所述UART芯片与数字信号处理模块实现数据交换。

7、按照权利要求3所述圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置所采用的在

线成像检测方法，其特征在于，包括：图像采集部分、图像预处理部分、光斑中心提取部分、内壁距离计算部分；所述图像采集部分读取来自漫反射光斑的数字化图像；图像预处理部分对所采集的图像信息进行处理；所述光斑中心提取部分确定光斑的几何重心；内壁距离计算部分将所述光斑坐标转换为内壁距离。

8、按照权利要求 7 所述的在线成像检测方法，其特征在于：在图像预处理部分，先将原始图像中与光斑位移无关的部分去掉，然后对图像进行阈值运算，进行二值化处理，再去除噪声点。

9、按照权利要求 8 所述的在线成像检测方法，其特征在于：光斑中心提取部分采用横纵坐标积分法确定光斑的几何重心。

10、按照权利要求 8 所述的在线成像检测方法，其特征在于：采取腐蚀运算算法去除噪声点。

圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置 及在线成像检测方法

技术领域

本发明属基于视觉的在线检测系统领域，尤其涉及一种圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置与在线成像检测方法。

背景技术

圆筒类产品的前驱工序是高温钢冲压成型。由于振动磨损等原因，冲压设备在工作一段时间后会出現较大的偏差。对于上述偏差，传统的解决方法是：冲压一批圆筒，冷却后抽样检查，不合格则本批报废，同时校正冲压设备，以便继续生产。上述传统做法存在很大的浪费，也大大限制了生产线的工作速度。

基于待测对象外形因素的复杂性，其算法设计也必然存在一定的复杂性。待测圆筒口部小、腹部大、有底、不能直接投影或从外部远距测量其内壁表面，必须有伸入的检测装置对内壁进行检测。对于待测对象的测量一般包括内壁点位置测量和内外壁位置拟合两部分。内壁表面不光滑，现场条件复杂，图像噪声大，需要结合实验对算法进行精确的设计。内外壁表面数据的拟合，需要从内外壁点的位置数据中拟合出内外壁平面，计算内外壁均匀度。

对于内壁点位置检测有如下候选方案：

1) 探头式接触测量

采用探头接触待测物体表面，根据探头的位移确定物体表面均匀度，其缺点是：

1、探头接触待测体表面，而本系统中待测物体表面温度高、硬度大，探头易被磨损。

2、探头为机械结构，移动时需要机械传动装置进行精确位移，扫描速度慢，无法满足生产线上流水检测的要求。

2) 红外线测量

用红外线光源照射物体表面，根据反射红外线确定物体表面均匀度，其缺点是：

1、待测圆筒口小肚大，红外线不易扫描到整个表面。

2、圆筒材料为高温钢，且表面覆盖有黑色氧化层，则圆筒表面呈略微粗糙的黑色表面。这种表面对于红外线有较强的吸收性，很难获得有效的反射特性。

3) 超声波测量

通过超声波在物体内部传导、反射，测量其发出与回收的整个过程的时间来确定待测物体的均匀度，其缺点是：

1、超声波发生装置需要接触待测物体表面，圆筒表面的高温容易对超声波的发生装置产生腐蚀磨损，圆筒表面的氧化层使超声波发生装置的接触不紧密。

2、圆筒的高温对于本质上是振动波的超声波的传播速度影响很大，测量的精度也会受到影响。

4) 激光测量

将一束激光照射在物体表面，测量反射激光强度或者光斑位置的变化，来检测内壁均匀度，其缺点是：

1、待测圆筒口小肚大，激光不易扫描到整个表面。

2、计算比较复杂。

5) 视觉测量

采用光源照射待测物体，用图像传感器采集图像后，进行三维拟合，计算内壁均匀度，其缺点是：

1、待测圆筒口小肚大，光源不能直接照射，图像很难直接采集。

经过比较分析可知，采用上述任意单一方法对圆筒类产品位置信息所实施的检测均难满足其内外壁检测的要求。

发明内容

本发明旨在克服现有技术的不足之处而提供一种检测效率高，环境影响因素小，具有较高测量精度的圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置。另外，本发明同时提供一种利用上述装置所进行的在线成像检测方法。

本发明的目的是这样实现的：圆筒内外壁加工精度在线成像检测装置，它包括：壳体、激光器、反射镜、光路转换镜、图像接收处理部分；所述激光器、反射镜及光路转换镜配装于壳体内；所述激光器发出的激光经反射镜反射后，投射到待测圆筒内壁表面，形成漫反射光斑；光路转换镜捕捉所述漫反射光斑并将其汇聚到图像接收处理部分进行处理。

作为一种优选方案，本发明所述光路转换镜选择使用三棱镜；经过光路转换镜转换的激光与激光器发出的入射光平行。

作为另一种优选方案，本发明所述图像接收处理部分可包括：图像采集处理模块、数字信号处理模块、数据保存模块及数据传输及显示模块；所述图像采集处理模块采集漫反射光斑图像并对其进行处理；所述数字信号处理模块接收来自图像采集处理模块的数据，进行运算处理后，再将相关结果存储于数据保存模块中；所述数据传输及显示模块对圆筒内壁位置信息进行显示。

作为第三种优选方案，本发明还可配有 USB 接口、网络接口或 UART 芯片；所述 UART 芯片与数字信号处理模块实现数据交换。

上述圆筒内外壁位置信息图像采集检测系统所采用的图像采集检测方法，它包括：图像采集部分、图像预处理部分、光斑中心提取部分、内壁距离计算部分；所述图像采集部分读取来自漫反射光斑的数字化图像；图像预处理部分对所采集的图像信息进行处理；所述光斑中心提取部分确定光斑的几何重心；内壁距离计算部分将所述光斑坐标转换为内壁距离。

作为本发明图像采集检测方法的一种优选方案，本发明在图像预处理部分，可先将原始图像中与光斑位移无关的部分去掉，然后对图像进行阈值运算，进行二值化处理，再去除噪声点。

作为本发明图像采集检测方法的另一种优选方案，本发明光斑中心提取部分可采用横纵坐标积分法确定光斑的几何重心。

作为本发明图像采集检测方法的第三种优选方案，本发明可采取腐蚀运算法去除噪声点。

本发明具有较高的检测效率，可实现圆筒内外壁均匀度的自动检测，并判定圆筒是否合格。如果合格则正常通过，如果不合格则发出报警信号，同时无论合格与否均能保留测量数据以备检查。在功能上，可大体分解为三部分，包括内壁点位置定位、外壁点位置定位、内外壁点位置的拟合。在工作环境上，系统能够在高温的苛刻条件下，长时间稳定工作。在测量指标上，测量精度与量程要满足产品要求，测量速度满足生产线工作要求。

附图说明

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步说明。但本发明的保护范围将不仅局限于下列内容的表述。

图 1 为本发明待测对象示意图；

图 2 为本发明激光三角法原理示意图；

图 3 为本发明光路改进原理示意图；

图 4 为本发明系统工作流程模型图；

图 5 为本发明系统光学检测部分结构示意图；

图 6 为本发明系统图像接收处理部分硬件结构示意图；

图 7 为本发明系统图像采集检测方法部分软件流程框图；

图 8 为本发明系统图像处理算法示意图；

图 9 为本发明系统总体设计信息流程图；

图 10 为本发明图像接收处理部分电路原理图。

具体实施方式

本发明考虑到采用非接触的方法避免磨损腐蚀及高速度、高精度的要求，又考虑到不能直接以光线照射的限制，系统决定采用一种将激光检测与视觉检测相结合，并根据待测目标的特殊性加以改进的方法，带有两次光路变向的激光三角检测法来进行设计。

如图 5 所示，本发明系统包括：壳体 1、激光器 2、反射镜 3、光路转换镜 4、图像接收处理部分 5；所述激光器 2、反射镜 3 及光路转换镜 4 配装于壳体 1 内；所述激光器 2 发出的激光经反射镜 3 反射后，投射到待测圆筒内壁表面，形成漫反射光斑；光路转换镜 4 捕捉所述漫反射光斑并将其汇聚到图像接收处理部分进行处理。所述光路转换镜 4 为三棱镜；经过光路转换镜 4 转换的激光与激光器 2 发出的入射光平行。所述图像接收处理部分 5 包括：图像采集处理模块、数字信号处理模块、数据保存模块及数据传输及显示模块；所述图像采集处理模块采集漫反射光斑图像并对其进行处理；所述数字信号处理模块接收来自图像采集处理模块的数据，进行运算处理后，再将相关结果存储于数据保存模块中；所述数据传输及显示模块对圆筒内壁位置信息进行显示。本发明系统还配有 USB 接口、网络接口及 UART 芯片；所述 UART 芯片与数字信号处理模块实现数据交换。

上述圆筒内外壁位置信息图像采集检测系统所采用的图像采集检测方法，包括：图像采集部分、图像预处理部分、光斑中心提取部分、内壁距离计算部分；所述图像采集部分读取来自漫反射光斑的数字化图像；图像预处理部分对所采集的图像信息进行处理；所述光斑中心提取部分确定光斑的几何重心；内壁距离计算部分将所述光斑坐标转换为内壁距离。在图像预处理部分，先将原始图像中与光斑位移无关的部分去掉，然后对图像进行阈值运算，进行二值化处理，再去除噪声点。光斑中心提取部分采用横纵坐标积分法确定光斑的几何重心。本发明采取腐蚀运算法去除噪声点。

本发明系统功能的实现主要由三部分构成，包括内壁点位置检测、外壁点位置检测、内外壁点位置数据的拟合。其中外壁点位置的检测，由于检测表面的开放性，难度较低，方法较多，不作为研究的主要重点。内外壁点位置数据的拟合，在研究上比较成熟，研究成果比较丰富，而且很大程度上依赖内外壁点位置的数据采集，所以不是研究的主要难点。内壁点的检测受时间、空间、环境等限制最大，是功能实现的重点与难点。所以功能分析与模型的建立以内壁点位置检测为主。

由于圆筒外形、材料和温度的限制，圆筒内壁点的位置检测是系统最为复杂的部分。现从待测对象圆筒的特点开始分析。

圆 筒 外 形 特 点

外形几何尺寸	整体呈圆柱形 口部较小、腹部较大、有底
材料与温度	高温钢 经过前驱工序的冲压成型，表面温度非常高 圆筒表面覆盖有一层黑色氧化层

内壁检测要求	内壁位置检测精度和量程要求达到产品质量要求 检测时间要求尽量短
--------	------------------------------------

圆筒整体呈圆柱形，内壁呈略有不规则变化的圆柱面。对内壁进行水平横切面呈圆形，可以按半径方向对圆周上的点位置采样，来测量圆形，再由不同水平位置的圆形来拟合圆柱面。则内壁圆柱面的检测可以简化为对内壁上点的位置检测。

由于外壁的开放性，外壁点位置检测方案选择只剩下材料的限制，没有空间、形状的限制，方案选择的范围比较大。考虑到内外壁点数据拟合的方便，可以采用与内壁点同样的方法进行检测。考虑到外壁点检测的开放性，可以采用并行等方法增加采样点数，提高测量精度。也可以考虑其他简单高效的方法。在这里，不再详述。

系统硬件工作平台的选择

由于系统要求精度高速度快，需要进行大量数学运算，需要有一个强劲的运算平台。所以需要采用高性能的处理器来进行数据处理。系统的环境条件要求很苛刻，通用计算机很难满足使用要求，所以选用嵌入式微处理器进行嵌入式开发。

嵌入式微处理器外观小巧，便于嵌入系统，也便于隔温保护。嵌入式微处理器低能耗高效率，适于进行工业检测的应用。

在嵌入式微处理器的强大运算能力基础上，采用图像传感器采集视觉图像。图像传感器可以直接输出数字图像信号，并集成了一些基本图像处理功能。简化了后续电路设计，提高图像采集质量。

由嵌入式微处理器与图像传感器结合，进行硬件设计，在空间上非常节省。因此，如果系统工作温度成为障碍的时候，甚至可以考虑将硬件系统隔离。

内壁点检测采用将激光检测与视觉检测相结合，并根据待测目标的特殊性加以改进的方法，带有光路变向的激光三角检测法来进行设计。先分析激光三角法工作原理，再介绍本发明的方法。

1、激光三角法工作原理（如图 2 所示）

激光三角法由激光器、聚焦透镜、成像透镜及光电传感器组成。激光器发出的激光经聚焦透镜后，投射到被测物体表面上形成漫反射光斑。将漫反射光斑作为传感信号，用透镜成像原理将收集到的反射光汇聚到成像透镜的焦平面上，此处放置光电传感器。当漫反射光斑随被测物体表面移动时，成像光点在光电传感器面上作相应的移动。根据像移距离的大小和传感器的结构参数可以确定被测物体表面的位移量，激光束如同接触测量的机械探针，可确定被测表面测点的位置。为了减小被测表面质量对测量的影响，通常采用激光束垂直入射被测物体表面的三角法测量方式。

图中 s 为待测物体表面位移， s' 为待测物体表面光斑在传感器上的相对位移， a 为镜头到物体的物距， b 为镜头到成像面的像距， θ 为观察角。根据相关参考文献由几何光学知识可求得 s' 与 s 关系如下，

$$s = \frac{a}{b} \frac{s' \cos \theta}{\sin \theta \pm s'}$$

当被测距离大于基准距离时取减号，小于基准距离时取加号。

2、光路改进原理分析（如图 3 所示）

由于圆筒外形的限制，激光无法照射整个内壁表面；由于圆筒温度高且内径小，激光三角测量装置不能伸入到圆筒内部进行检测，所以需要对本激光三角法方案进行改进。

1、采用反射镜反射激光，改变激光光路。检测装置伸入圆筒内，放置反射镜，将平行内壁表面入射的激光光路改变为垂直照射内壁表面。这样可以在圆

筒外远距离垂直放置激光器。

2、采用三棱镜作为观察装置，观察三棱镜内成像。同样在检测装置伸入圆筒内部分，放置折射光路用的三棱镜。经过精心设计的三棱镜角度，恰好可以在圆筒外远距离垂直放置视觉图像采集装置，采集三棱镜所成的像，以此观察激光漫射斑的位移。

上述设计的优点：

1、45 度放置的反射镜，使激光光路垂直于内壁表面，可以减小激光三角法检测的误差，且便于计算。

2、在三棱镜内发生的两次反射都是全反射，所以，一方面在理论上不存在反射光能的损失，另一方面在光学理论上三棱镜最后所成的实像与实际物体大小相等，方向相同，只是相对距离有些变化。

根据改进的带有两次光路变向的激光三角检测法设计系统工作模型。系统工作流程模型如图 4 所示。

圆筒在生产线传送带上运动，到达检测装置所在位置后停止，进行检测。检测装置伸入圆筒内部进行检测，检测完毕，装置抽出。如果检测结果合格，通知传送带继续前进，准备检测下一个圆筒。如果检测结果不合格，报警，通知前驱工序，检查工作过程。根据应用的需要，可以将本检测装置与工厂内其他系统通过网络链接起来；也可以将检测数据保留下来以备复查之用。

如图 5 所示，光学检测部分负责将激光垂直照射到内壁表面，并将光学图像成像到图像采集系统的敏感面上。包括发射激光的激光器、折射激光的反射镜、观察图像的三棱镜、已经聚焦成像所需的镜头，还包括装载、固定各个器件的外壳。光学检测部分，除了实现成像与传递的功能之外，还起到定位与固定的作用，直接关系到系统定位精度。光学检测部分也要保证适当的工作距离，

使电路部分能够在正常环境下工作。

电路部分（图 6）主要负责图像的数字化采集与处理。主要有图像的采集、程序的存储、图像与控制信息的处理几部分组成。

系统的图像处理流程（图 7）分为四部分，图像的采集、图像预处理、提取光斑中心、计算内壁距离。图像的采集需要对图像传感器进行操作，实时读取数字化图像。图像预处理对采集到的图像进行一系列基本处理，为后续的处理提供简单、清楚、无噪声的图像。提取光斑中心，将图像上光斑的中心提取出来，完成从一幅图像到一个数据的转换。计算内壁距离，将光斑中心的坐标数据转换为对应的内壁表面位移数据。根据理想图像进行算法的理论设计（主要是图像预处理与提取光斑中心两部分）。图像采集部分采集到含有光斑的图像。但图像里面除了光斑，还有其他的干扰。一些是系统其他装置折射反射形成的大面积干扰，一些是图像采集过程中的噪声。在图像预处理部分，先要对原始图像进行裁剪，裁剪掉与光斑位移无关的部分，消除大面积干扰；然后对图像进行阈值运算，降低亮度干扰与噪声的影响；对于剩下的噪声点，再采取腐蚀运算，去除噪声点。经过这样一系列的处理，剩下的图像里面就只有光斑了。对于光斑中心提取部分，有这样的构想：将图像分别对横纵坐标进行积分，取积分后的期望，以此为光斑中心的横纵坐标。从几何上来说，这个中心是光斑的重心，在一定程度上可以抵消光斑的非线性。之后在计算距离部分中，根据实验数据建立查找表，或数据拟合公式，将光斑坐标转换为内壁距离。

图 8 为本发明系统图像处理算法示意图，其中 a 为原始图像（带有各种噪声和大面积的干扰图像），b 为去除非观察区域（去除与光斑移动无关的大面积的干扰），c 为二值化（选取适当阈值进行二值化，进一步减少干扰），d 为腐蚀（对图像进行形态学处理，去掉噪声点），e 为计算中心。

如图 9 所示，从信息流程的角度观察，又是一种对位置信息进行调制、传递、解调、分析的过程。

激光光线照射内壁表面就是对位置信息进行调制，产生原始的图像信息。在将位置信息融入图像信息之中，再以图像的形式在光学系统传递，这里的图像是作为位置信息的载体在传递。在接收端，接受到的图像信息与原始图像信息不完全一致，有些是在传递中损失变化，有些是传递过程中的干扰噪声。经传感器采样量化成为数字图像之后，经过进一步的图像处理，解调出位置信息。

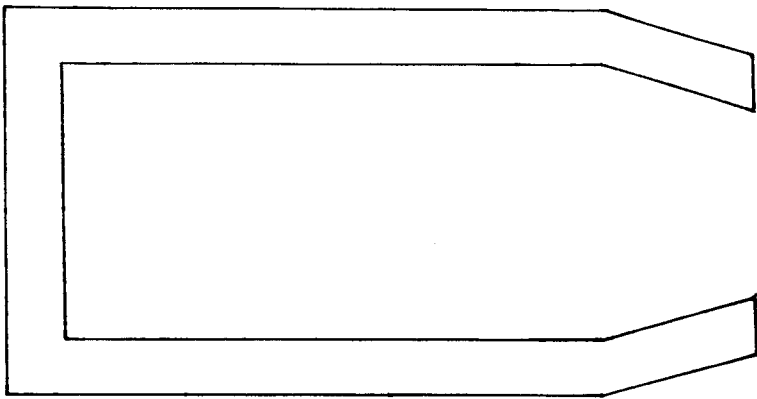


图 1

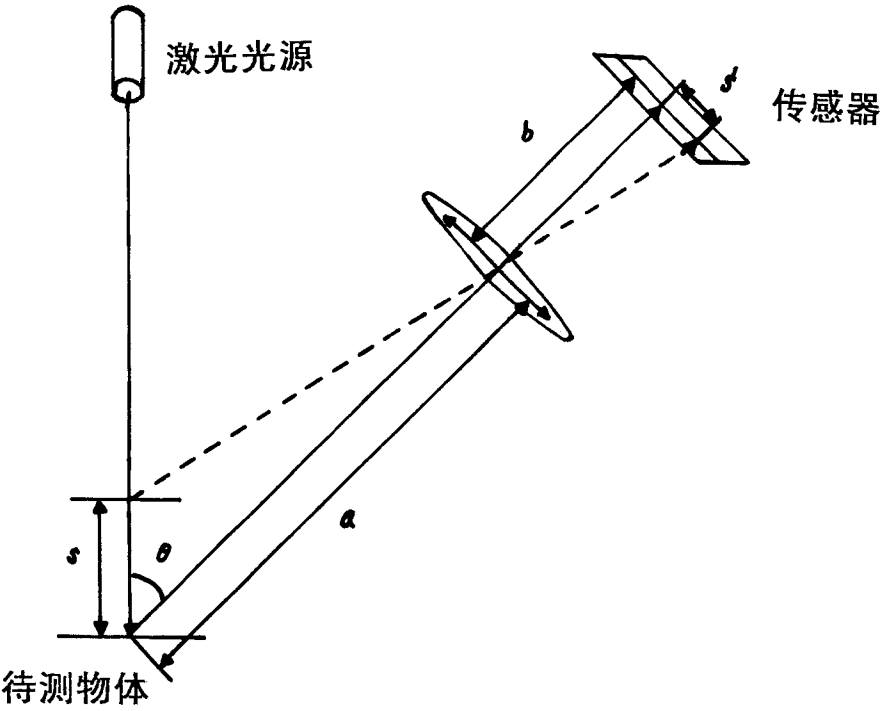


图 2

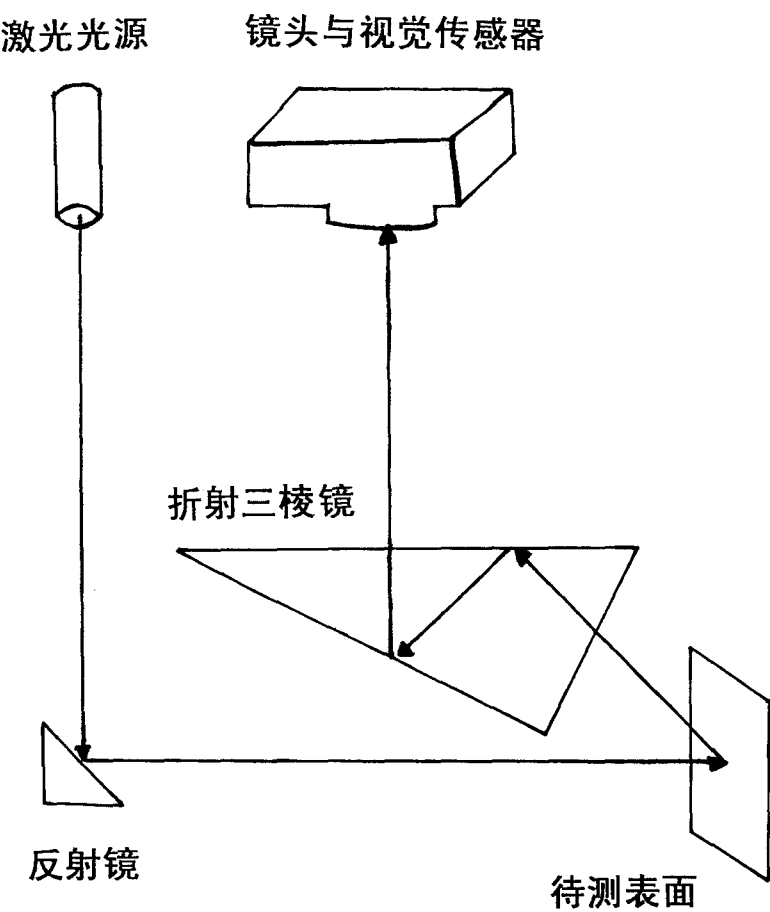


图 3

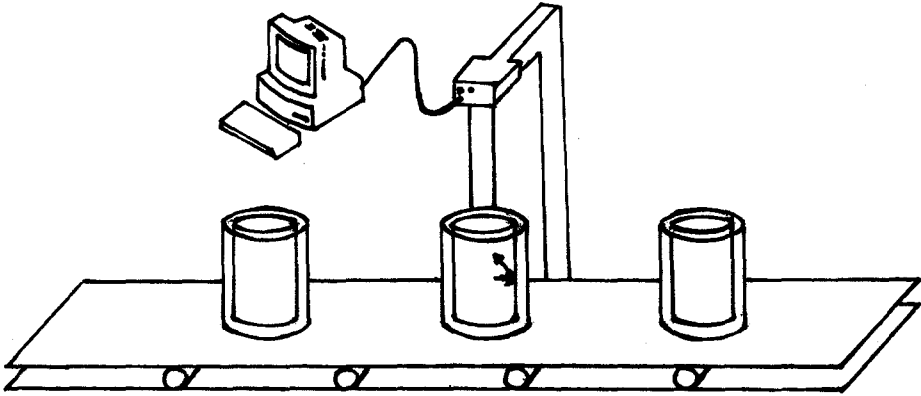


图 4

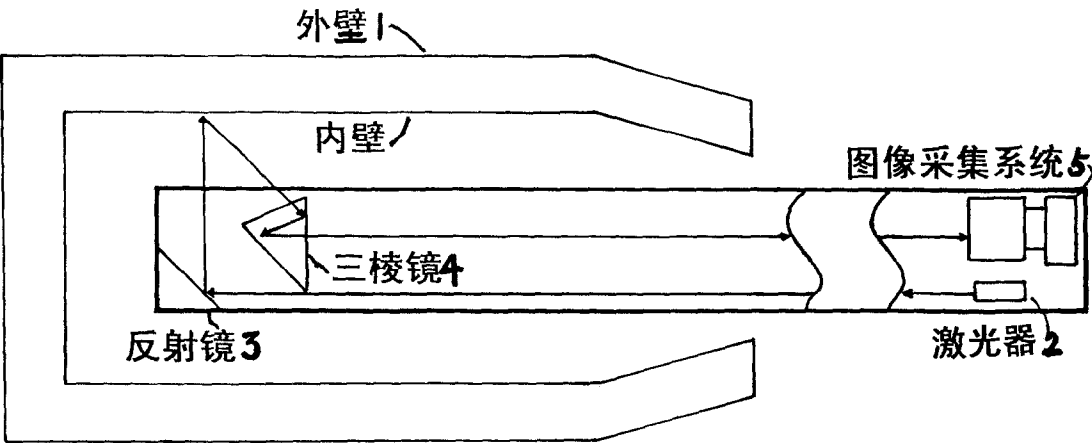


图 5

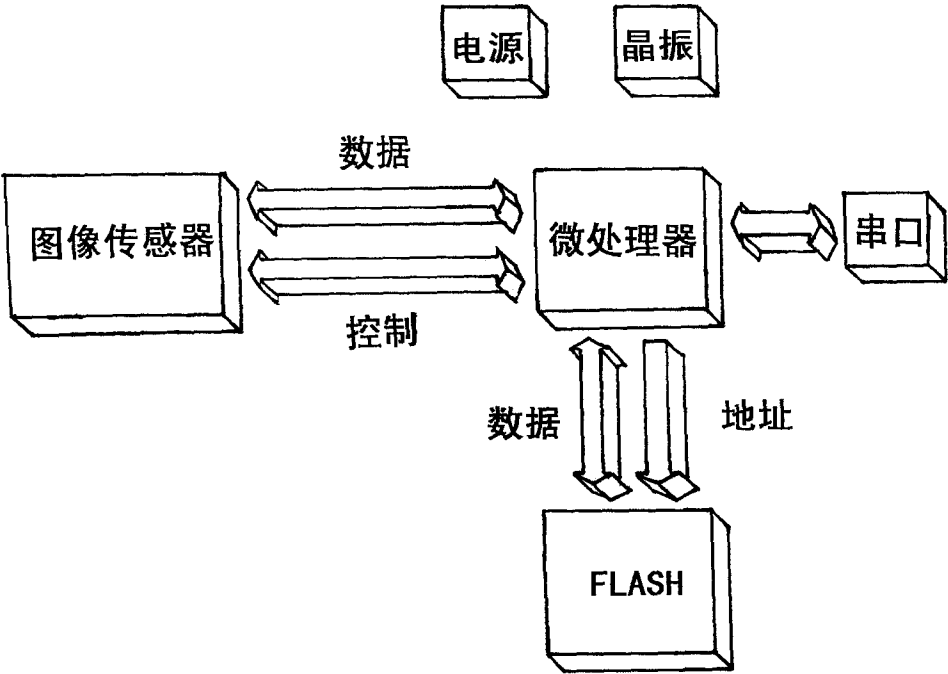


图 6

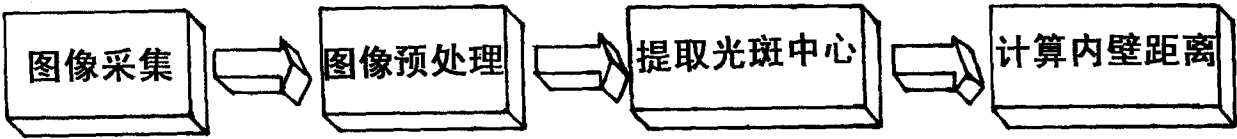


图 7

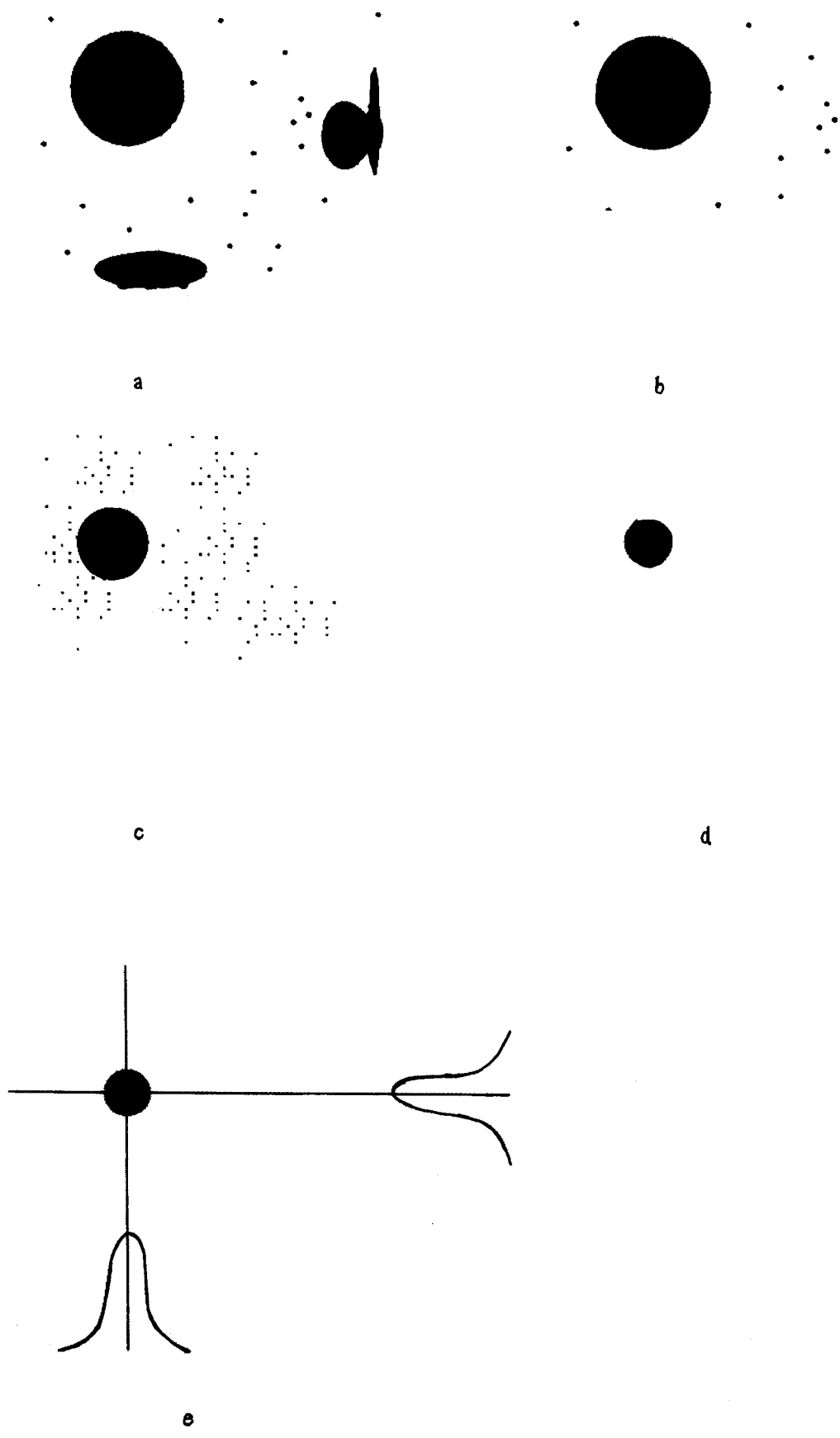


图 8

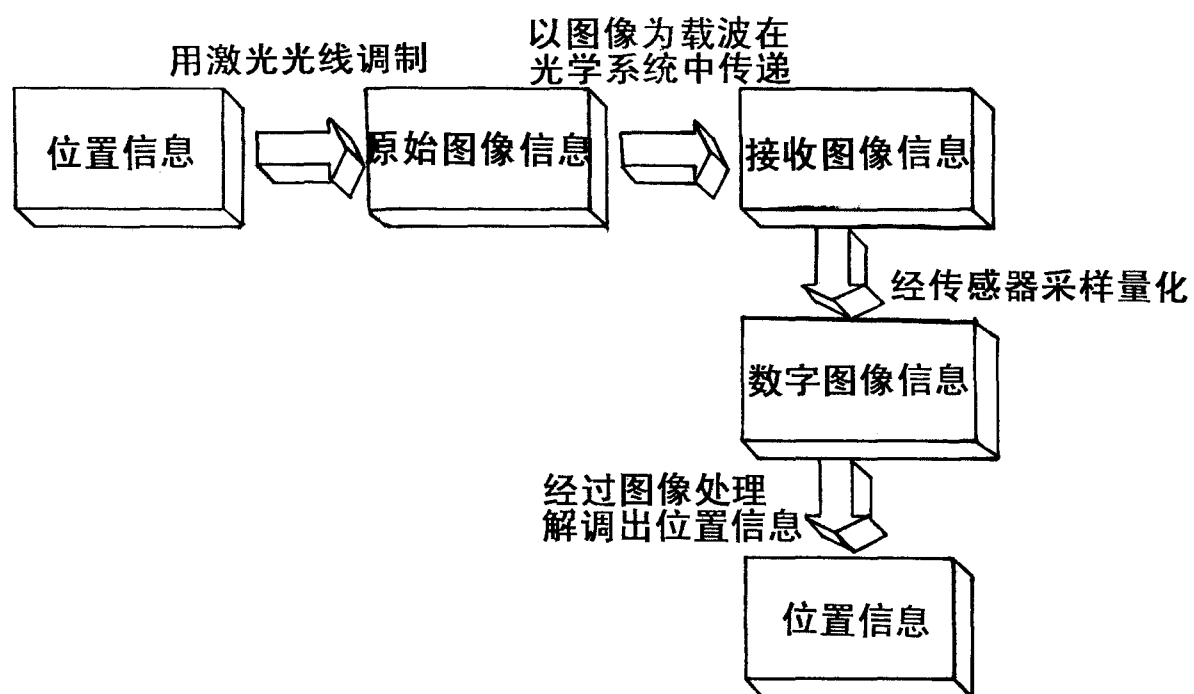


图 9

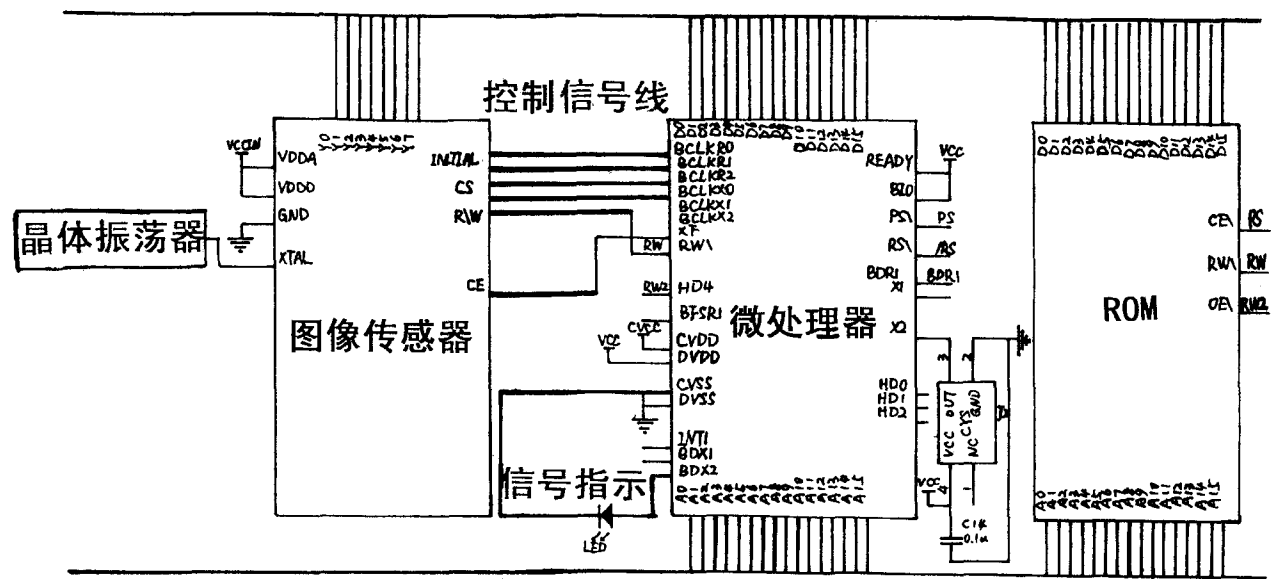


图 10