

基于视觉检测算法在智能楼宇建筑中空调面板缺陷检测设备的研究与应用

于 玺 曾 斌 王 洋

广州视源创新科技有限公司 广东广州 510530

【摘 要】针对智能楼宇建筑中空调面板在生产过程中存在黑点、烫金缺陷等品质问题人工检测效率低下，误检率高的现状，我们研发了基于视觉检测算法的缺陷检测设备。该设备主要由治具移载机构、视觉检测机构、缺陷标记机构三部分构成，并配合工业相机拍照，结合“双条形光+视觉检测算法”的视觉检测技术，实现了空调面板的智能检测。采用基于视觉检测算法的缺陷检测设备，有效地提高了空调面板生产线的缺陷检测效率，降低了产线工人的体力劳动强度，大幅提供了产品的出货良率，此技术应用可为工厂产品缺陷检测设备开发和技术改造提供有益的参考。

【关键词】视觉检测算法；双条形光源；智能制造；智能楼宇建筑

在智能楼宇建设中，空调系统是必不可少的组成部分。随着科技的不断进步和人们对舒适度要求的提高，为了满足人们对舒适度和节能减排的需求，智能楼宇的空调系统需要不断升级和改进。同时，还需要在设计和安装过程中充分考虑建筑的结构和环境因素，以及加入健康和安全的功能，以保障人们的生命财产安全，因此对于空调的制造也提出了更高的要求。

在中国制造2025和工业4.0的大背景下，我国制造业正面临着提高生产效率和实现自动化的重要挑战^[1]。在生产制造企业中，质检环节作为关键环节，最终成品的能够完好交付，主要在于质检环节的把关。为了增强我国企业的核心竞争力并克服自动化检测的挑战，政府对装备制造业给予高度关注，并致力于提升产品生产加工的自动化水平，这也有力地推动了智能非标自动化设备的发展。

面对劳动力成本上升和产品种类日益复杂化的挑战，实现高效、快速且精准的品质检验难度越来越大。因此，研发一套具备高适应性、快速、高效和精度高的智能制造自动化系统对于解决这些问题变得至关重要。随着自动化技术的不断进步，我们有理由相信，这样的系统将在未来的制造行业中发挥更加重要的作用，帮助企业提高生产效率并增强竞争力^[2-3]。

通过对工厂的调研发现目前的空调面板的检测，基本依赖人工，由于面板的缺陷很微小，识别很困难，人工检测效率低下且误检率高，为了提高产品的检测效率和质量，本文介绍了基于视觉检测算法的空调面板缺陷检测设备的

主要功能及其在实际生产中的应用。

1 项目整体方案

该系统由可移动条形光源、工控机、工业相机、工业镜头、定制的空调治具、上位机软件等组成，实现了生产线上空调注塑面板上黑点、烫金、丝印检测，并标做出标记，适用的工件尺寸最大960mm（长）x230mm（宽），最小650mm（长）x190mm（宽），满足生产节拍20秒/台，换线时间不超过60秒，同时检测过程不能损坏产品，整体设备由产品移载机构、视觉检测机构、缺陷标记机构三个主要功能模块，设备整体构成示意图如图1所示。

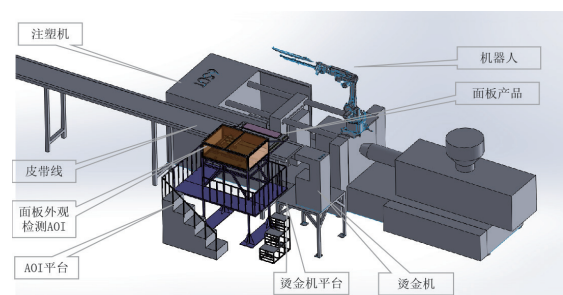


图1 设备整体构成图

1.1 设备的工作流程

设备整体工作流程包含五个主要步骤，来实现空调面板的外观缺陷检测，主要如下：

第一步：产品上料，与现场的注塑机器人联动，机器人将面板从注塑机放置在检测设备的治具板上；

第二步：治具定位，治具板移动气缸工作，将产品送入检测位；

第三步：视觉检测，相机光源机构由伺服电机控制移动，进行移动至面板上方，进行拍照检测；

第四步：缺陷标记，通过拍照检测后，发现产品有缺陷时，在面板上进行打点标记

第五步：产品下料，治具板移动气缸收回，产品回到上料位，由注塑机器人取走放置产线皮带线，由后端人工处理缺陷面板。

1.2 视觉检测机构

视觉检测机构是整个设备的核心机构，由型材框架、X-Y运动导轨、产品放置台及成像系统（相机、光源等）组成。

由于空调面板的塑料是亮面材料，导致存在反光的情况，这对视觉检测有很大的干扰，因此其中成像系统采用专门设计双条形光交叉打光的方式，避免了反光对于视觉检测机构影响。

同时由于空调面板的尺寸相对较长，如果想要完整拍到整个面板，对于相机的FOV要求很大，就需要高像素相机及安装高度也要求很高，在兼顾成本及工厂占地的情况下，检测机构采用了相机进行横向移动的方案，边拍照边处理图像，当拍照完成、图像也完成片接处理及算法检测，最终实现缺陷检测的目的。视觉检测机构示意如图2所示。

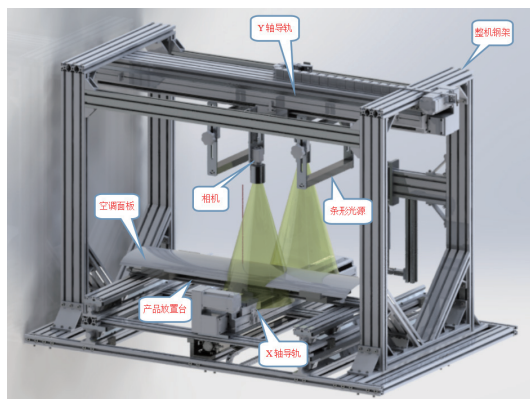


图2 视觉检测机构示意图

1.3 缺陷标记机构

缺陷标记机构是由标记笔、平移模组、Z轴模组等构成，由于空调面板上的缺陷比如黑点、丝印缺陷都比较微小，靠人工很难识别到，因此需要标记机构将检测出来的缺陷标记出来，便于人工识别和处理。

标记笔运动由Z轴模组和平移模组控制，当检测出面板上有瑕疵点时，配合整个检测机构的横向运动到达瑕疵点上方，标记笔向下运动进行标记。

标记笔Z轴方向由模组控制，标记笔具有一定弹性且标记面较软，因此可以在不同高度的产品表面和曲面上进行标记，同时标记笔采用可擦除不留痕的笔水，保证如果出现误检时不对空调面板造成损伤，缺陷标记系统示意如图3所示。

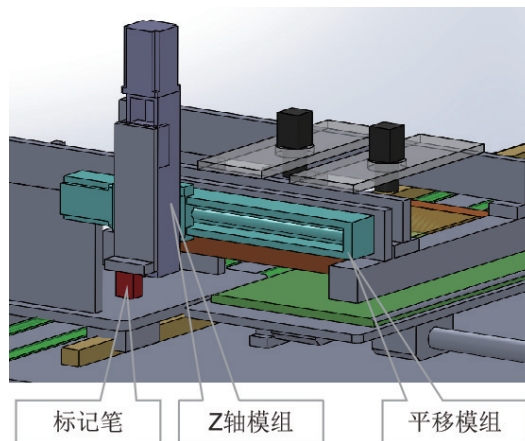


图3 组装系统示意图

2 视觉检测算法的分析与研究

2.1 视觉检测方式及算法选择

根据产品的特性等因素，所采用的成像系统机构设计与视觉检测算法各不相同。就成像系统而言，最大区别在于光源。

（1）穹顶光的特点是成像均匀，但光源体积与相机检测视场成正比，但检测视场较大时，体积太大不易安装，不适合大面积的缺陷检测系统。（2）面光的特点是成像较均匀，但当检测表面光滑反光时，相机成像就会出现光源的投影，不利于检测。（3）条形光的特点是体积较小易于安装，但是成像不均匀，不利于视觉检测。（4）同轴光的特点是适用于表面放光的物质，且成像效果很好，但是体积与检测视场成正比，对于，大范围检测，体积较大，不易安装检测。

对于视觉检测算法，主要分为两大类：

（1）智能学习算法：例如卷积神经网络等等，实际工业使用中，该类算法实际检测效果并不理想，并且需要大量的样本数据进行训练。（2）传统算法：为对检测问题进行数学建模，然后用程序设计出来。检测具有针对性，但是设计建模较难，检测效果完全跟设计的数学模型是否符合实际情况有关。本设备在考虑空调面板的产品特性后，分析现有光源和算法的适用场景后，采用双条形光交叉打光的方式，并采用传统的视觉检测算法，从而达到缺陷检测的目的。

2.2 视觉检测的实现过程

由于空调面板表面光滑具有反光特性,如果光源的镜像在相机视场内,就会在图像中出现光源的倒影,同时由于空调面板上有凹凸性的logo标志,该类标志也具有反光特性,在一侧打光时必然会出现局部过曝光的特性,该些干扰都非常不利于后期算法的处理。所以本设备采用双条形光交叉打光的方式,首先采用侧方斜向打光的方式,将条形光的镜像移出到相机的视场外,然后分别利用左右两条条形光源打光成像,得到图像a和图像b,然后将图像a和图像b进行融合,从而消除局部过曝光的影响,双条形光交叉成像示意如图4所示。

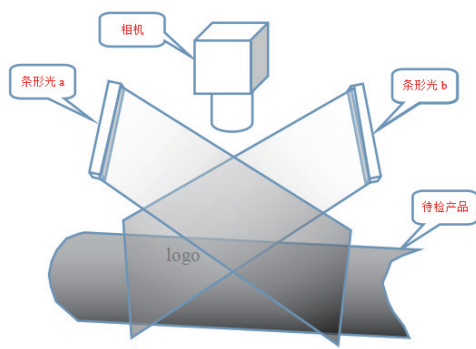


图4 双条形光交叉成像示意图

整个设备的视觉检测工作流程所下:

(1) 空调面板放入至产品放置台后, X轴导轨移动, 将面板送至相机视野内。(2) 判断系统是否已经初始化过参数, 如果没有, 则转入初始化步骤(3)。反之转入步骤(4)。(3) 分别控制条形光源Ia和Ib, 然后获取相应的图像a和b, 将图像Ia和Ib融合成图像Ic。接着对图像Ic进行基面拟合, 获取基面图像If和差分矫正图像Id。(4) 采集图像并计算融合后图像Ic, 然后利用获取的差分图像Id对图像Ic进行基面矫正, 得到矫正后的图像 $I_r = I_c + I_d (I_c / I_f)$ 。(5) 对图像I_r进行二值化(划痕、黑点等缺陷为白色前景), 并对结果进行分类判断处理。根据需求确定白色面积多少时为缺陷。(6) 判断是否检测完整个产品表面, 如果没有, 成像系统沿Y轴导轨移动固定距离, 继续步骤4, 直至程序结束, 等待下一个面板进入。(见图5)

3 结语

本文通过介绍视觉检测算法在缺陷检测领域的应用, 重点介绍了整个设备的硬件构成, 尤其是视觉检测机构的硬件实现方式, 同时介绍了视觉检测中尤为关键的光源和算法的研究, 介绍了缺陷检测的视觉检测方式的实现过程, 通过该

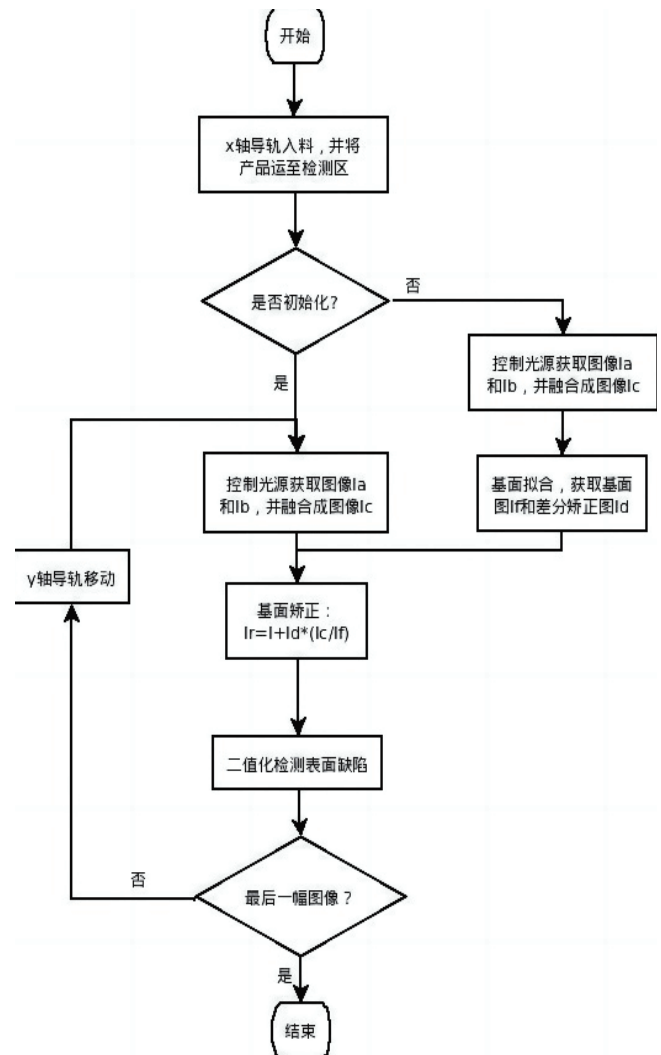


图5 视觉检测工作流程图

设备在空调工厂的实际生产, 提高了的工厂智能制造水平和自动化率, 可以大幅减少人工和大幅提升生产效率和生产质量, 在未来的制造业中基于视觉应用尤其是关于品质的视觉检测的设备会越来越普及, 同时也会推动视觉相关的技术发展越来越快, 技术越来越成熟。相关生产出来的产品也会大幅应有在建筑行业中, 尤其智能建筑行业中。

参考文献:

- [1] 周济. 智能制造: “中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015 (9): 2273-2284.
- [2] 尹洪英, 李闯. 智能制造赋能企业创新了吗: 基于中国智能制造试点项目的准自然试验[J]. 金融研究, 2022 (8): 98-99.
- [3] 李廉水, 张梦娜, 程中华. 不同所有制的智能制造企业创新效率及其决定—基于智能制造示范试点企业的研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2023 (2): 108-109.