

机器视觉智能技术在衡器行业的最新应用

中国衡器协会顾问 陈日兴

【概述】 本文从机器视觉概念与原理出发，介绍了机器视觉检测系统的分类与应用以及机器视觉技术在我国衡器行业的最新应用案例。并以“数字、绿色”为主旋律，阐述了我国自动衡器行业中机器视觉智能技术的发展方向。

【关键词】 机器视觉

前言

在刚刚过去的代表中国工业风向标的 2013 中国国际工业博览会上，以“数字、绿色”为主旋律的“智能制造”已成为我国制造业的发展趋势和转型方向。在国际上随着德国政府在 2013 年 4 月确定未来工业生产过程推出“工业 4.0”的“第四次工业革命”，上一次工业革命的标志是以数控和PLC为代表，而本次工业革命将以CPS（Cyber Physical Systems信息物理系统）作为创新的驱动力。我国工业控制自动化行业也纷纷推出了自动化产业链“智慧工厂 1.0”的解决方案，所谓的“智慧工厂”就是把大量的现场数据转化为可执行的信息，通过自动化与信息化的融合，以期提高生产率并实现可持续发展^[1]。“智慧工厂 1.0”的目标是装备制造电子化、数字化、网络化，进而达到智能化，由常规的工业资源驱动转变为工业信息驱动。

作为智能制造的一大组成部分，在 2013 中国国际工业博览会上涌现出一大批的工业自动化“机器视觉”技术应用系统。国际工业自动化机器视觉领先企业如美国迈思肯（MICROSCAN）、意大利 DATALOGIC、美国邦纳（BANNER）、德国施克（SICK）、日本OPTEX、中国科瑞等公司在机器视觉领域推出了各自最新的机器视觉应用产品及系统集成。我国目前机器视觉已经作为一个产业在进行推进。最新成立的中国机器视觉产业联盟，旨在于推动中国机器视觉技术在国民经济各领域中的推广应用，并促进中国机器视觉行业企业和国际企业的合作交流。

目前机器视觉技术在我国衡器行业中，除了个别有超前意识的外资企业已有应用外，总体上来说应用还是比较少，大家对于机器视觉技术的了解还是比较陌生或者不够全面。本文试图从机器视觉技术的概念、原理开始介绍该技术在我国衡器行业中的一些最新应用。

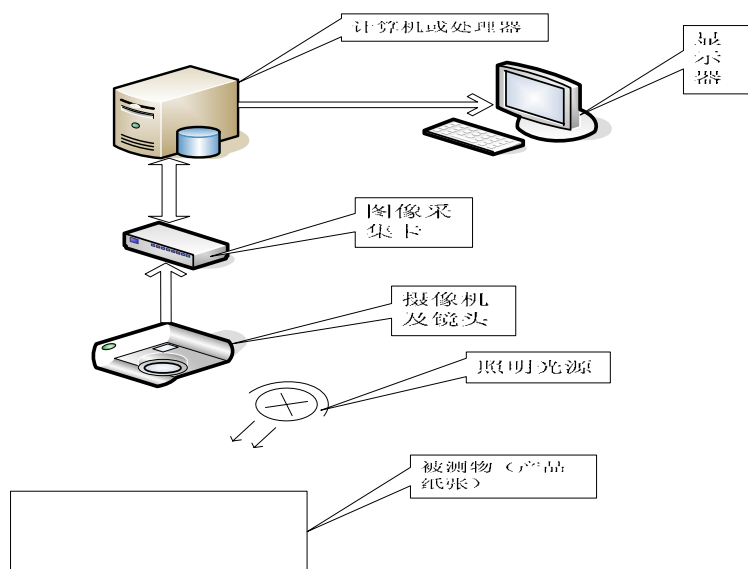
一、概念与原理

机器视觉系统顾名思义就是采用机器代替人眼、用智能机器视觉处理代替人眼观察并思维判断。从通过光学部件（例如CMOS或CCD相机或激光镜头）把抓拍图像并把数据传送至数字化处理单元，

根据像素分布和亮度、颜色等信息，来进行尺寸、形状、颜色等的判别，进而控制现场的设备动作，其特点是提高生产的自动化程度。机器视觉系统可广泛地用于工况监视、成品检验和质量控制等领域。

机器视觉技术，是一门涉及人工智能、计算机、图像处理、模式识别、神经生物学等诸多领域的交叉学科。目前我国工业产品的包装生产检测线上大量使用的是人工或称重等传统检测技术，但是机器视觉技术由于在智能化检测精度和操作自动化方面的巨大优势，相信在不远的未来将替代上述传统的检测技术。

机器视觉系统设备构成一般包括如下部分：光源、光学部件（包括镜头，工业高速照相机或激光发生器）、图像采集/处理卡、图像数据处理单元及软件、监视器、通讯/输入输出单元等^[2]。在整个机器视觉系统中计算机系统是其核心部分，由图像采集系统、图像处理系统及信息综合分析处理系统构成。



机器视觉系统图示

下面分别简要介绍机器视觉系统各组成部分的功能特点：

1. 光源

光源的主要功能是产生光学信号，光源不能太暗或太亮。否则会影响视觉系统的质量。光源的种类：热辐射光源、气体放电光源、固体放电光源、激光器。产品主要有LED、荧光灯、卤素灯（光纤光源）、特殊光源。

2. 光学系统

光学系统由镜头（低通滤波器，完成信号传递）及配件（反光镜、棱镜、分光镜、聚光棒、光

源、偏光片、滤光片等)组成。

3. 工业照相机

工业照相机按芯片分类为CCD摄像机(电荷耦合器件)、CMOS摄像机(互补金属氧化物半导体)。按像素排列方式划分:面阵摄像机、线阵摄像机。

4. 图像采集/处理卡

图像采集卡的主要功能:A/D转换、图像传输、图像采集控制、图像处理(FPGA、DSP)。

数字量图像采集卡主要有:IEEE1394卡、RS-644 LVDS、Channel Link LVDS、Camera Link LVDS、千兆网图像传输卡/传输器。

5. 图像处理系统

图像处理系统或计算机的作用是执行图像处理及分析,调用根据检测功能所特殊设计的一系列图像处理及分析算法模块,对图像数据进行复杂的计算和处理,最终得到系统设计所需要的信息,然后通过与之相连接的外部设备以各种形式输出检测结果及响应。其外部输出设备可以包括显示器、网络、打印机、报警器及各种控制信号。

图像处理系统主要有:嵌入式图像处理系统:DSP、FPGA、CPU;基于PC的视觉系统;小型机器视觉系统;可二次开发的视觉系统:PPT、DVT、VC、Halcon等。

机器视觉的特点是自动化、客观、非接触和高精度,与一般意义上的图像处理系统相比,机器视觉强调的是精度和速度,以及工业现场环境下的可靠性。

二、分类与基础部件应用

机器视觉检测系统在工业在线检测的各个应用领域按照检测性质可分为定量和定性检测两大类。定性检测如:电子线路板及电子元器件的检测、包装物缺陷检测、字符识别检测;定量检测如加工型工件平行度和垂直度测量、容器容积或杂质检测和几何尺寸测量、包装数粒等。

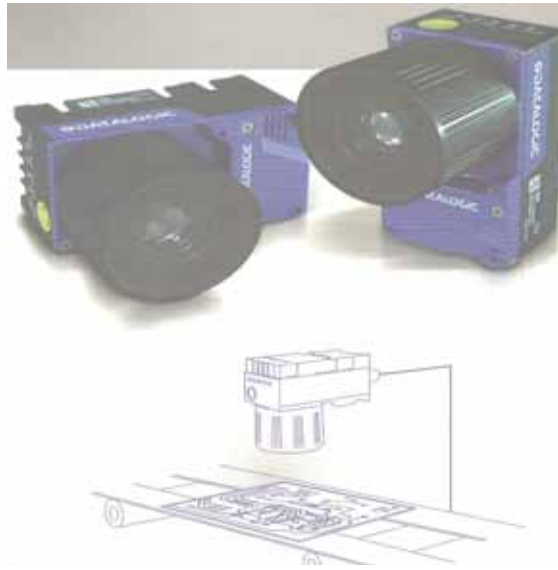
机器视觉检测系统的基础部件的应用主要体现在智能相机、视觉传感器、嵌入式系统的三方面的应用上。

1. 智能相机的应用

智能相机为嵌入式识别和检测应用提供可靠的视觉性能,可读取一维和二维码、光学字符识别(OCR)、动态零件定位、装配验证、尺寸测量等信息。

普通智能相机或高速3D相机可根据实际应用选择外接光源。

单机式智能相机视觉方案中具有可快速实施稳健检测、可应用于产品批号验证、光学字符识别(读取产品序列号)、精确重复测量(测量集成电路触点)、塑料成型缺料检测(载带检查)、模式查找(定位和识别产品方向)和彩色验证以及分拣(彩色瓶盖检测)等功能。



意大利 DATALOGIC 智能相机的应用图示

2. 视觉传感器的应用

视觉传感器结合了光电传感器和智能相机的功能，内置照明和集成光学组件，可提供强大的检测能力。内置照明光源可分为白光、红外、紫外等多种形式。一般视觉传感器具有多种相机单元，如彩色样式匹配相机单元、测量型相机单元和彩色OCR相机单元。通过触摸屏和直观的界面，可以轻松快捷的设定检测参数。彩色样式匹配相机单元用于监控部件的颜色和形状、轮廓图、微分图像、全彩匹配、颜色像素总和、污点像素总和等；测量型相机单元用于监控部件的测量边缘之间的距离、测量引脚的间距、边缘计数等；彩色OCR相机单元用于检查日期、时间和文本是否正确。



意大利 DATALOGIC 视觉传感器的应用图示



美国邦纳工业视觉整体解决方案设备照片

3. 嵌入式 (Embedded) 视觉系统的应用

嵌入式系统通过灵活的多相机提供最全方位的强大图像处理功能。可在同一时间同时连接多个格式的标准视觉相机（如面阵、线阵、高分辨率、3CCD 等智能相机连接到同一处理器）。可用于高分辨率图像分析、高速产品检测、多相机检测、线扫应用、图像展开、高分辨率彩色分析等检测功能。

各种不同的机器视觉软件中的视觉程序管理控件可完成图像过滤、定位、缺陷查找、测量、数据通讯、编码读取、色彩检测等软件功能。嵌入式系统的控制面板管理器控件具有图像控件、检测结果数据、应用软件开发支持、通讯及安全控件等。

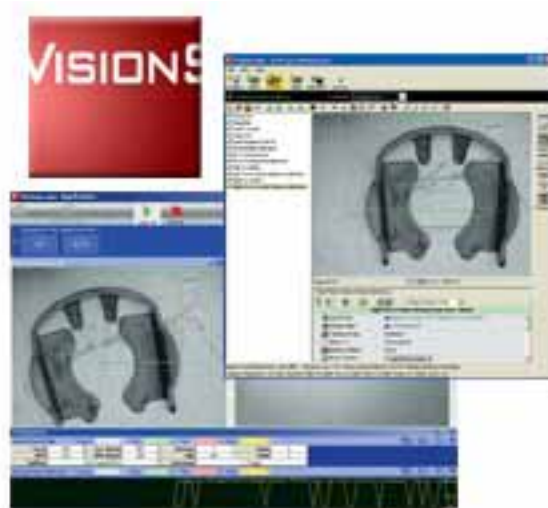


意大利 DATALOGIC 嵌入式系统的应用图示

4. 基于PC机 (PC-Based) 的视觉系统



PC-Based 视觉系统实例



美国迈思肯 Visionscape 视觉软件图示实例

三、机器视觉在衡器行业的应用

由于机器视觉在我国是一个逐渐崛起的新兴技术，在过去的几年里在工业电子以及半导体行业应用较广，例如PCB板缺陷检测、IC芯片缺陷检测。随着我国工业自动化、智能化需求的广泛出现，各行各业对图像和机器视觉技术的采用已经提到了“智慧工厂”配套基础建设的议事日程。与自动衡器相关的生产物流中的物品分拣，如包装品、药品检测分检分装检测、印刷质量检测等需求大增。机器视觉的应用正越来越多地代替人去完成许多工作，这无疑在很大程度上提高了生产自动化水平和检测系统的智能水平。

在现代包装工业自动化生产中，饮料瓶盖印刷质量检查；产品包装条码和字符识别；微小尺寸

精确测量、形状、颜色辨识；对饮料PET容器或玻璃容器的封盖、空瓶、液位、标识码、标贴、装箱状况的检测均可以采用机器视觉技术。

基于目前我国衡器行业在物流动态称重检测中通常仅限于传感器称重技术，对于非电阻应变式称重技术的“机器视觉检测技术”并非要求衡器企业生产或研制机器视觉基础部件，那是机器视觉产业要做的事情，对于衡器企业来说主要是系统集成与应用，应主要应用于换算重量、计数、尺寸检测、喷码或贴标质量检测、不良品缺陷检测、X光异物检测、动态监控等功能；加速机器视觉和图像处理技术在称重领域中的推广，并在称重应用领域有突破性的应用研发，赶上国际机器视觉的先进水平。

1. 成品包装检测流水线上的机器视觉

成品包装视觉检测系统利用相机捕捉通过检测站的产品图像。该系统软件可处理和分析各种图像的贴标和包装缺陷是否超出系统管理员预先设定的容差范围。与手动检测相比，使用机器视觉检测系统能提供更高的准确度，并且不再需要手动检测人员，从而减少劳务成本，避免缺陷产品进入市场。实施视觉检测解决方案以监控饮料包装的质量和安全性是一种快速实现投资回报的有效质量控制方法。

梅特勒-托利多公司在玻璃瓶异物检测（确保灌装量、封盖、容器污染物、芯片、标签和印刷质量）、塑料容器检测（确保污染物、密封表面、椭圆度、标签、螺纹质量）、托盘和平板包装检测（确保标签、印刷、密封食品的质量控制）、内含物检测（确保纸箱、盒包装内容完整性、标签和印刷质量）推出了不同的机器视觉产品的解决方案。

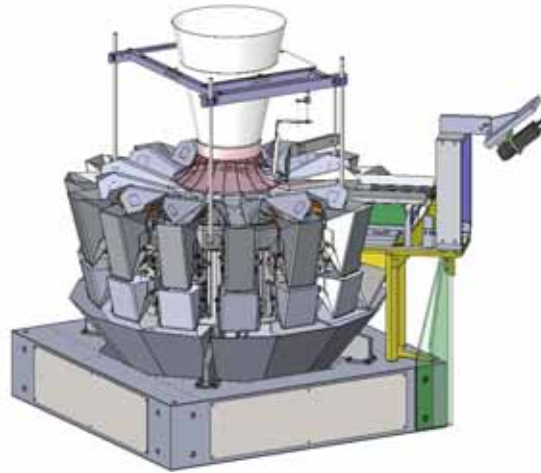


梅特勒-托利多在线包装检测的应用实例

2. 包装数粒系统的机器视觉

上海大和 2012 年推出了一款即时数粒补偿的数粒称重一体机，主要解决现有粮食种子采用称重方法计算粒数的数粒和重量不对应，取样物料和实际包装物料有较大差异的技术问题，而该产品可以即时进行数粒称重补偿，大大提高设定粒数包装精度。主要应用于：种子、食品、医药等行业。

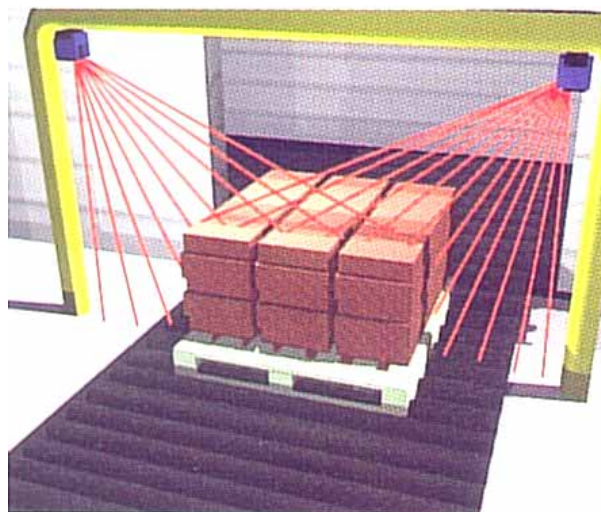
系统构成：具有图像处理功能的光学摄像数粒机、数粒计量斗、定量秤三大部分组成。原理：经摄像数粒机数粒的物料在数粒计量斗称重，计算出单位重量后，根据包装规格（包装粒数）修改包装秤（组合秤/4斗秤）的目标重量。



上海大和光学摄像数粒机应用实例

3. 仓储自动化管理上的机器视觉

近来世界各工业国又开始把自动重量分选秤的功能进一步扩展到了仓储装箱自动化管理。一种集重量分选、装箱几何尺寸检测、射频自动识别编码、外形图像识别等技术于一身的集成化输送检测设备已经用于物流、运输管理的物联网系统。该仓储装箱自动化管理系统目前已应用在国内的航空快递行业。较有代表性的是常州梅特勒托利多（Mettler Toledo）及上海碧彩（Bizerba）公司的产品，目前已应用在国内的航空快递行业。该系统有进一步朝所有快递、仓储、物流行业扩展的趋势。



德国 SICK 公司激光传感器自动测量系统

四、我国衡器行业中机器视觉相关技术的发展方向

1. 自动识别与机器视觉的融合

条码数据采集系统具有使各种产品制造信息具有规范、准确、实时、可追溯的特点，系统采用高档文件服务器和大容量存储设备，快速采集和管理现场的生产数据。基于图像处理技术的机器视觉能自动验证包装袋上的日期代码信息和生产批号信息，还能验证包装罐罐底的日期代码信息和生产批号信息，但凡产品未打上代码或打上的代码有误，剔除系统都会将其移除。

美国迈思肯公司为工业自动化控制的应用提供了一整套条形码和二维码读取产品、机器视觉系统和机器视觉光源。使用可靠的条形码传感器以及机器视觉系统，可以建立一个稳定的数据搜集系统或整合实现效率、安全性和利润率最大化所必须的各种控制手段。

用于自动分拣与称重流水线上的意大利 DATALOGIC 公司的 MATRIX 大视场图像型条码阅读器读取区域大、大视场、大景深，动态读取速度高达 3.2 米/秒，扫描区彩色光斑指示，具有一维码、二维码、堆叠码、邮政码解码功能，可组网用于诊断或报告持续图像传输、保存等。



DATALOGIC 的 MATRIX 图像型条码阅读器照片

还有一种红外热像仪配以激光自动对焦技术，可实现快速、精确对焦，轻松捕获被测目标，可同步应用多台红外热像仪检测目标区域，适用于高温状态的自动识别场合。

上述自动识别系统已可以完全与执行其他信息功能的机器视觉系统无缝链接与融合。

2. 柔性多功能一体化及基础技术的发展

迫于加强监管和提高盈利能力的压力，不同行业的制造商们正越来越多地采用多功能技术，以满足提高安全性、可追踪性和生产力的目标。感觉检测、缺陷检测、表面检测通过同一机器视觉平台解决。通用软件构架支持的机器视觉系统是当前很多包装生产线检测的重要组成部分。机器视觉技术可同时用于检查、缺陷检测、瓶盖拧紧力检测、指导校准和几何尺寸测量等定量和定性检测方面。目前机器视觉产品已从单机延伸到基于 PC 的柔性多功能一体化的机器视觉系统。为促进我国机器视觉系统应用研究的发展，目前国产机器视觉系统的两大技术指标——动态范围（像元灰度质

量)和空间分辨率(识别物体的临界几何尺寸)的技术有望突破,以期机器视觉基础产品的全面国产化。

3. 通讯数据传输接口标准与一致性

作为数据采集设备的工业相机可以将采集到的数据很容易传送到控制器的各个层面,无论传输协议 Ethernet/IP Profinet/Profibus 均可完成此项任务。但是由于各种通讯协议接口的不统一,对于一个自动化控制集成系统来说,会带来诸多的不便。一种统一的工业标准 OPC 技术在前几年应运而生。OPC 是 OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control 的缩写。采用这项软件接口技术后,OEM 硬件厂商只要支持统一的 OPC 接口程序,使得软件应用开发者避免为了实现在特定硬件平台上的特定应用功能,而需要编写硬件驱动程序的麻烦,大幅提升系统的开放性和可互操作性,给应用者带来了极大的方便。

在工业自动化领域最新推出基于开放式标准数据通信的跨协议的数据通信的 OPC 应用不断增长,2013 中国国际工业博览会上 Matrikon 公司又最新推出了平台独立和可扩展性的 OPC UA 通用协议。该协议与常规的 OPC 相比最大的优点是可将数据采集及传输功能内置于底层设备,使得贯穿最底层的安全性能得到保障;该协议具有强大的可扩展性,使得无平台依赖的 PC 与嵌入式兼容;采用 DMZS 与 IT 友好的数据访问,具有开放式标准 OPCUA 数据通信与工业总线现场众多的设备通信的兼容。新一代的 OPC 标准由于支持跨操作平台,统一接口,实现了从嵌入式到企业级应用的解决方案,为工业用户带来的智能与绿色的价值。



基于 PC 的 OPCUA 构架图示



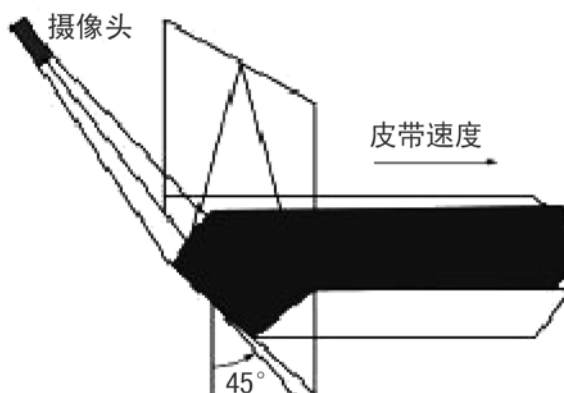
基于嵌入式的 OPCUA 构架图示

4. 基于非接触原理的机器视觉技术代替称重技术

基于常规称重传感器技术的连续累计自动衡器由于受物料输送皮带张力、振动、冲击、跑偏的影响,无法达到长期稳定可靠的应用。目前急需研发一种不受皮带张力、冲击振动影响的、基于激光(或超声)传感的非接触原理,采用激光(或超声)传感的图像采集系统、图像处理系统及信息综合分析处理系统,能够达到实际应用的高可靠性激光(或超声波)自动皮带秤。

该皮带称重系统结构主要由体积测量图像处理系统、密度、速度及数据处理系统组成^[3]。目前体

积测量图像处理模块由于高速高精度激光传感器的技术比较成熟，如德国SICK公司的VMS测量系统对于单个物体的轮廓尺寸的测量精度最高可达 5mm、DME激光传感器测距重复精度最高可达 0.5mm。目前密度数据还仅停留在物料非在线的密度测量数据上或基于 γ 射线的核子测量技术上，还没有有效的在线测试物料水分、密度的比重仪产品。虽然核子测量技术可以做到较高的精度和安全保障，但是人们对于核子辐射的恐惧心理还是难以推广，最近在 2013 上海国际工业博览会上有关替代X光人体安检的无辐射伤害太赫兹人体安检仪技术的诞生，或许会对核子测量的替代带来新的信息。该系统一旦技术突破应使得皮带秤具有长期稳定可靠 0.5 级甚至 0.2 级的动态称量准确度，不受周边环境条件的影响，这将是革命性的技术突破。



基于体积测量原理的示意图

实施目标如下：

1) 首先以大专院校研究机构为依托，联合生产企业、科研单位等，自主研发具有准确在线测试物料水分、密度的比重仪或更先进的在线测试方法；激光或超声波体积测量与扫描器件的国产化研发。

2) 研发具有自主知识产权的图像处理技术，大幅度提高动态称量准确度，首先在电力行业的原料煤的连续累计自动称重上得到突破性的推广应用，满足我国电力工业“智能电网”与降低单位 GDP 能源消耗、大规模脱硫改造的发展要求。

结 尾

从上述机器视觉概念与原理的介绍，机器视觉检测系统的分类与应用，进一步论述了在衡器行业在成品包装检测流水线上的机器视觉、包装数粒系统的机器视觉、仓储装箱自动化管理上的应用案例，并引伸到我国衡器行业中机器视觉的发展方向，可以预见衡器相关的机器视觉技术将会与我国自动化产业链一样，顺应“数字、绿色”为主旋律的“智慧工厂 1.0”的发展趋势，通过自动化与信息化的融合，使装备制造电子化、数字化、网络化，进而达到智能化，由常规的工业资源驱动转变为工业信息驱动，以期提高我国工业生产率并实现可持续发展。笔者相信在不远的将来机器视觉技术

必将会在我国自动衡器行业出现越来越多的应用案例，使得该项技术进一步得到普及并遍地开花结果。

参考文献

1. 《2013 新制造业蓝皮书》（Control Engineering china / Plant Engineering china 2013.11.6）
2. 《机器视觉系统原理及基础知识》（中国大恒有限公司北京图像视觉技术分公司 2005.10 PPT 文稿）
3. 《激光皮带秤及其应用前景》（《洁净煤技术》2006 第 1 期、清华大学工程物理系 张志康 等）

作者简介

陈日兴，1946 年出生，男，汉族，出生地：上海市，职称：高级工程师，学历：大学本科，享受国务院政府特殊津贴专家。2013 年 2 月正式退休前任上海大和衡器有限公司总工程师，现任中国衡器协会技术顾问。研究领域：衡器开发与计量技术。国内外发表技术论文 80 多篇。