

附件：

陕西高等学校科学技术研究优秀成果推荐项目公示材料

成果名称： 大视场高精密光学影像测量仪的研制及产业化

成果简介： 在汽车、航空航天、芯片半导体、生物医药等现代高端制造业中，高精密测量是提高产品质量和保证制造工艺的重要技术手段，高精密测量直接参与精密制造过程，是现代工业制造的眼睛，对制造水平提高和产品质量控制起到决定作用。工业机器视觉测量具有自动化、高效率、非接触的特点，但其最高只能实现小视场微米级的测量精度，很难满足先进制造业对大视场高精密的测量需求。大视场高精密机器视觉测量系统可完成对大零件、多个小零件的一次性测量，具有测量效率高、大大降低测量仪器复杂度、降低成本等优势，一直以来是高精密测量领域研究的热点。然而，大视场与测量精度是一对无法调和的矛盾体，也是业界的一个难题，视场大则测量精度低，视场小则测量精度高。为此，本课题在企业横向课题、陕西省重点研发计划、姑苏领军人才等项目持续支持下，项目组经过 6 年的理论探索、试验研究、现场测试和应用推广，对大视场高精密光学影像测量仪的关键技术创新及推广应用问题进行了深入研究，并取得了一系列创新性成果，主要包括：

（1）在国内首次提出了 300mm×300mm 大视场双远心光学系统设计新方法。

针对大尺寸零件测量要求，对光学系统的视场、放大率和焦距等主要光学性能参数进行了分析和计算，确定了双远心光学结构类型，以反远距系统为初始结构，运用了 ZEMAX 软件对系统进行了设计。系统采用了近似对称结构自动校正垂轴像差，通过厚透镜校正场曲，利用薄透镜弯曲校正球差，改变厚透镜的间隔校正像散，以点列图、场曲畸变图等像差曲线及调制传递函数（MTF）曲线等对镜头成像质量进行了评价，最终获得了一款低畸变率、高分辨率、大视场及结构简单的双远心物镜，其是设计视场可达 300mm×300mm。

(2) 提出了基于改进 Zernike 矩的高精度亚像素边缘提取算法, 边缘检测精度可达 0.01 亚像素。

本课题采用像素级粗定位和亚像素级精定位相结合的方式, 准确推导了三灰度过渡模型的边缘参数, 优化了边缘检测灰度阈值的条件, 提出了一种基于改进 Zernike 矩的高精度亚像素边缘提取算法。仿真实验和实际应用的对比表明, 本文算法比传统基于 Zernike 亚像素边缘提取算法具有更高的检测精度, 边缘检测精度可达 0.01 亚像素。该算法可适应于不同尺寸的工件检测, 并且对噪声的敏感程度较低。

(3) 提出了基于注意力机制的测量工件图像超分辨率重建方法, 可实现测量工件图像的 10 倍无失真放大。

针对现有基于深度学习的超分辨率算法在训练时没有关注纹理、边缘等细节区域, 导致输出图像质量不佳的问题, 本文提出一种基于注意力机制的超分辨率网络模型, 此模型把通道注意力模块与空间注意力模块整合为一种融合注意力模块, 并将此模块引入到改进的残差网络当中, 使得网络模型在训练时会更多的权重分配到测量工件图像的细节区域, 用于提取出更有价值的纹理信息, 以重建出质量更好的高分辨率测量工件图像。在模型末端, 采用了转置卷积层完成了上采样工作, 避免了使用亚像素层进行上采样会添加无效信息的问题, 实现了测量工件图像的 10 倍无失真放大。

(4) 研制成功国内首套 300mm×300mm 大视场高精密光学影像测量仪及工业视觉测量软件。

本课题集光学、机械、电子、自动控制、计算机图像处理技术于一体, 研制成功高精度、高效率、高可靠性的大视场高精精密光学影像测量仪, 系统由大视场双远心光学镜头、高分辨率 CCD、远心背光源、LED 环形光源、精密运动控制机台、全封闭式结构合金支架构成。研制开发的工业视觉测量软件, 可快速建立视觉工程, 实现一键式测量。该软件是一款高性能的工业机器视觉软件, 其工具包集成了 200 多种智能图像处理算法, 用户根据需要可以进行任意工具组合, 进行不同的应用开发并快速搭建自己的机器视觉应用系统, 软件功能强大, 测量、检测、识别速度快, 可靠性高。软件具有定位、线检测、R 角测量、圆测量、周长测量、点-点、点-线、线-线距离测量等强大功能, 支持多种形状的 ROI, 实现工件随意放置

也可以检测尺寸,支持 MV-EM 相机以及国内外各种主流相机的图像采集功能,具备 RS232、TCP/IP、I/O 输出等多种通讯功能。

应用情况: (1) **经济效益。**项目研发的大视场高精密光学影像测量仪很好地解决了大工件、多工件测量中的大视场、高精度、高效率难题,成果应用于西飞发动机叶片测量、上海通用汽车零部件检测、声学歌尔耳机检测、中行富士达航天电连接器测量、科圣达太阳能硅片检测、上海立讯芯片晶圆检测等 50 多家企业,节省人力成本 60%,缩短检测测量时间 80%,提高检测效率(与人工比)约 8 倍,具有良好的经济效益。

大视场高精密光学影像测量仪操作简便,可一键式完成测量。项目提出的大视场双远心光学系统设计方法、测量工件图像超分辨率无失真放大算法、0.01 亚像素边缘提取技术,解决了现有测量方法难以解决的大视场、高精度、高效率的测量技术难题。通过 300mm×300mm 大视场光学镜头、高精度测量算法,可实现大工件和多工件的实时测量,避免了图像拼接带来的测量误差和测量延迟。按平均水平估计:每台大视场高精密光学影像测量仪可替代 6 个人工,按照每人月薪 5000 元计,每年可为企业节省 36 万元的经济成本。同时,产品在企业中应用,可大大降低产品的误检率至 1%以下,据粗略估算,如果产品全检,则每年平均为每家企业减少 800 万元的经济损失。据不完全统计,近三年为我们的企业用户产生经济效益达 5.276 亿元。

(2) **社会效益。**为企业节省劳动力成本,提高生产效率。随着企业生产成本的提升,特别是我国劳动力成本成为企业进一步发展所遇到的一个瓶颈。所以客户引进本我们研制的高技术自动化检测设备,不仅节约了人力成本,同时可以大大地提高生产效率。据统计,5 年来我们产品为客户累计节约成本近 6 亿元。通过引入我们的产品,可以对客户产品进行自动化检测,实现快速、精准的质量检测、生产过程的质量控制和管理控制,大大提高成品率,降低生产成本,提升产品质量,降低加工成本,提高客户在行业内的产品竞争力。

完成单位： 西京学院 陕西维视智造科技股份有限公司

完 成 人： 刘哲 于涛 张玉成 乌伟 李瑞洋

完成人合作关系情况：

序号	合作方式	合作关系人及排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	刘哲（1）；张玉成（2）； 乌伟（3）	2018-至今	发明专利	主要知识产权目录第8个发明专利
2	共同知识产权	于涛（1）；刘哲（2）	2017-至今	发明专利	主要知识产权目录第5个发明专利
3	共同知识产权	李瑞洋（1）；刘哲（3）	2018-至今	发明专利	主要知识产权目录第4个发明专利

主要知识产权证明目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	一种基于对数似然估计无源定位跟踪新方法	中国	ZL 2016 1 0858925.9	2019-11-19	第 3600447 号	西京学院	刘哲、黄世奇	有效
发明专利	一种大工件高精度光学视觉测量方法	中国	ZL 2019 1 0324514.5	2021-06-18	第 4495429 号	西京学院	刘哲、陈博文	有效
发明专利	一种基于 SAFT 的单晶硅内部缺陷时域检测成像方法	中国	ZL 2015 1 0666805.4	2019-04-12	第 3330723 号	西京学院	乌伟、王涛	有效

发明专利	一种基于图像处理技术的便携式叶面积测量仪	中国	ZL 2019 1 1234568.4	2020-09-18	第 10075352 号	西京学院	李瑞洋、崔倩倩、刘哲	有效
发明专利	一种金属表面颜色视觉检测方法	中国	ZL 2017 1 0714276.X	2017-08-18	第 4622232 号	西京学院	于涛、刘哲	有效
发明专利	一种基于 TTS 的矿井水文报警方法及系统	中国	ZL 2019 1 0132731.4	2020-10-09	第 3483245 号	西京学院	张玉成、覃培睿	有效
发明专利	一种地表仿真装置及其实验方法	中国	ZL 2016 1 0897208.7	2019-08-06	第 3483245 号	西京学院	张玉成、覃培睿	有效
发明专利	一种麦穗计数方法	中国	ZL 2018 1 1002276.8	2022-01-28	4906738 号	西京学院	刘哲、张玉成、乌伟	有效

主要完成人情况表：

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位
刘哲	1	教授	西京学院	西京学院
于涛	2	高级工程师	陕西维视智造科技股份有限公司	陕西维视智造科技股份有限公司
张玉成	3	副教授	西京学院	西京学院
乌伟	4	教授	西京学院	西京学院
李瑞洋	5	讲师	西京学院	西京学院