

## 2013 年的中国红外技术（中）

王忆锋

（昆明物理研究所，云南 昆明 650223）

**摘要：**红外技术是一项典型的军民两用技术。2013 年，国内研究人员发表了大量与红外技术相关的论文。以在军事上的应用或潜在应用为选择依据，对 2013 年国内学术期刊发表的与红外技术有关的 699 篇论文进行了归纳梳理和简要评述。这些论文内容涵盖探测器、光学系统、信号处理技术、制冷技术、红外导弹导引头、红外对抗、目标红外辐射特性、红外大气传输特性、红外场景仿真等各领域。从中可以看出近年来国内红外技术的发展趋势和状态。

**关键词：**红外技术；红外探测器；红外光学系统；红外导引头；红外对抗

**中图分类号：**TN21      **文献标识码：**A      **文章编号：**1001-8891(2014)02-0089-13

## The Infrared Technology of China in 2013 II

WANG Yi-feng

(Kunming Institute of Physics, Kunming 650223, China)

**Abstract:** Infrared technology is a kind of typical military/civilian dual-use technology. In 2013, the domestic researchers published numerous infrared technology related papers. For the application or potential application in military as the selection rule, this paper summarizes 699 papers associated with infrared technology and published on the domestic academic journals in the 2013 period, and presents a brief overview of them. The thesis covers various fields such as detector, optical system, signal processing technology, including detectors, optical system, signal processing, cooler techniques, infrared missile seekers, infrared countermeasures, infrared radiation characteristics of target, infrared characteristics of atmospheric transmission, infrared scene simulation and etc. The development trends and status of domestic infrared technology in recent years can be seen from these papers.

**Key words:** infrared technology, infrared detector, infrared optical system, infrared seeker, infrared countmeasure

（接上期）

### 4 信号处理技术

#### 4.1 读出电路

数字化是近年 FPA 的发展趋势之一<sup>[4-5]</sup>。谢宝蓉等<sup>[221]</sup>分析了数字 TDI 技术对系统信噪比的影响，给出了基于 FPGA 的数字 TDI 的逻辑设计实现。尹士畅等<sup>[222]</sup>介绍了一种 TDI/FPA/数字化读出电路（ROIC）。SOI（Silicon-On-Insulator，绝缘衬底上的硅）技术是在顶层硅和背衬底之间引入了一层埋氧化层。SOI 材料可以实现集成电路中元器件的介质隔离，具有寄生电容小、集成密度高、工艺简单以及特别适用于低压低功耗电路等优势。祖秋艳等<sup>[223]</sup>提出了基于 SOI 的

ROIC 设计方案。为减少电路功耗和噪声，李强等<sup>[224]</sup>基于 0.35  $\mu\text{m}$ /CMOS 工艺，设计了 320 $\times$ 240/FPA/ROIC。闫广等<sup>[225]</sup>使用 0.35  $\mu\text{m}$ /CMOS 工艺设计了用于制冷型 FPA/ROIC 的高性能输出缓冲器。王锦春等<sup>[226]</sup>介绍了一种同时积分、同时读出型双色 128 $\times$ 128/FPA/ROIC 原理及实现方式。77 K 低温参数是制冷型 MCT/FPA/ROIC 设计与仿真的关键点之一，胡彦博等<sup>[227]</sup>对 77 K 低温参数进行了测试提取。周云等<sup>[228]</sup>分析了衬底温度对微测辐射热计特性的影响，利用 ROIC 对衬底温度变化引起微测辐射热计的特性变化进行补偿，实现 ROIC 的输出信号与衬底无关。尹炼等<sup>[229]</sup>分析了红外整机中模数混合电路的干扰。王锐等<sup>[230]</sup>介绍了采用低噪声高速运算放大器构成的前置放大电路。韩雄等<sup>[231]</sup>研究了一种基于螺旋状液晶的

收稿日期：2013-12-28.

作者简介：王忆锋（1963-），男，湖南零陵人，高级工程师，主要从事器件仿真研究。E-mail: wangyifeng63@sina.com.

非制冷光学读出红外探测技术。张勇等<sup>[232]</sup>介绍了基于光学读出非制冷红外成像系统的无基底 FPA 等效电学模型。樊争奇<sup>[233]</sup>介绍了红外警戒设备对外接口检测仪设计。

## 4.2 DSP 和 FPGA 在红外系统中的应用

数字信号处理器 (DSP) 在复杂算法运算处理方面有明显的优势。程俊等<sup>[195]</sup>、张冬妍等<sup>[234]</sup>、宋晓茹等<sup>[235]</sup>、满杰<sup>[236]</sup>、金立峰等<sup>[237]</sup>、王超等<sup>[238]</sup>、杨锋等<sup>[239]</sup>分别介绍了 DSP 技术在红外系统中的应用。

FPGA 有利于实现时序逻辑算法。谢宝蓉等<sup>[221]</sup>介绍了基于 FPGA 的数字 TDI 逻辑设计。秦金明等<sup>[240]</sup>针对  $4 \times 128$  双色探测器, 用 FPGA 实现了探测器驱动时序、一维扫描成像时序、AD 采样时序和接口时序。探测器信号经过模数转换以后, 其预处理运算量大, 对处理速度的要求高, 但运算结构简单, 可选用百万门级 FPGA 进行硬件实现。范永杰等<sup>[241]</sup>指出, 原始图像经过抽样统计和、灰度范围线性预压缩以及预设平台最大值等方法预处理, 平台直方图算法对存储量的需求大幅降低到可用 FPGA 实现的程度。柏璐冰等<sup>[242]</sup>介绍了一种基于 FPGA+流水线技术实现的图像预处理方法, 与 DSP 图像预处理系统相比可以节约近 50% 的处理时间。路建方等<sup>[243]</sup>、杨磊<sup>[244]</sup>分别介绍了基于 FPGA 实现的红外图像增强算法。王宇等<sup>[27]</sup>介绍了一种基于 FPGA 的红外双波段图像实时传输方案。张桥舟等<sup>[245]</sup>介绍了一种基于 FPGA 的盲元检测算法。王艳杰等<sup>[246]</sup>在扫描型红外成像系统设计中, 采用 FPGA 实现数据采集、处理、输出流水线操作, 减少了数据处理时间。樊晓清等<sup>[247]</sup>、路建方等<sup>[248]</sup>分别介绍了基于 FPGA 实现红外图像伪彩显示的方法。杨陈晨等<sup>[249]</sup>介绍了基于 FPGA 实现的红外图像配准。

采用 DSP+FPGA 混合硬件系统可将两者优点融为一体, 即兼顾速度和灵活性, 又满足底层信号处理和高层信号处理的要求。李一芒等<sup>[250]</sup>、王鹏等<sup>[251]</sup>、孙爱中等<sup>[252]</sup>、陈龙华等<sup>[253]</sup>、王磊等<sup>[254]</sup>、杨金宝等<sup>[255]</sup>分别介绍了 DSP+FPGA 在红外系统中的应用。张琬珍<sup>[256]</sup>介绍了一种基于 DSP+DSP 的双 DSP 的信息数据处理系统设计方案。ARM 是美国厂商推出的一个 32 位精简指令集处理器架构, 在嵌入式系统设计广为应用。毛伟等<sup>[257]</sup>介绍了基于 FPGA+ARM 的红外图像实时显示和采集方法。王厚等<sup>[258]</sup>介绍了 DSP+FPGA+ARM 的图像处理系统, 其中 DSP 作为核心处理器来完成目标检测与跟踪算法, FPGA 作为协处理器完成图像接收、预处理、时序控制等功能, FPGA 控制 ARM 嵌入式单片机模块显示图像处理结果。

相比于 DSP+FPGA 的实现方式而言, 利用 SOPC

(System On Programmable Chip) 技术采用单片 FPGA 器件实现实时图像处理的方式具有在线动态可重构、小型化、高可靠性等优点; 同时因为只有一个主处理器件, 系统的功耗也得以降低。NIOS II 是美国 Altera 公司推出的一款嵌入式处理器。代少升等<sup>[259]</sup>介绍了一种基于 SOPC 的非致冷红外成像系统, 其中利用 SOPC 定制 NIOS II, 使系统软硬件高度集成在同一块芯片内。樊晓清等<sup>[260]</sup>介绍了热像仪与上位机通信系统设计, 其中上位机通过串口直接与 FPGA 内部的 NIOS II 嵌入式处理器通信, 完成非均匀性校正、盲元处理 (包括盲元列表的上传下载)、图像性能测试等功能。

## 4.3 非均匀性校正

陈钱<sup>[261]</sup>介绍了非均匀性校正研究的现状。殷世民等<sup>[262]</sup>介绍了非均匀性校正数学机理与仿真技术。王凤贺等<sup>[263]</sup>介绍了红外图像预处理设计及非均匀性算法应用。非均匀性校正可以分为软件算法和硬件实现两个方面。在软件算法方法的工作有: 基于增强型神经网络 (张红辉等<sup>[264]</sup>)、基于图像匹配+神经网络 (陈宝国等<sup>[265]</sup>)、基于非线性滤波器+神经网络 (赵春晖等<sup>[266]</sup>)、基于中值滤波+改进网络权值的神经网络 (林斌等<sup>[267]</sup>)、基于中间均衡直方图 (康长青等<sup>[268]</sup>)、基于直方图均衡+双边滤波 (贺明等<sup>[269]</sup>)、基于矩匹配+卡尔曼滤波 (祝善友等<sup>[270]</sup>)、基于局部直方图归一化 (谭东杰等<sup>[271]</sup>)、基于非均匀性特征分解 (贺明等<sup>[272]</sup>)、基于目标与背景相异位移配准 (杨硕等<sup>[273]</sup>)、基于变积分时间 (陈世伟等<sup>[274]</sup>)、基于 S 曲线拟合 (朱瑞飞等<sup>[275]</sup>)、基于伽马压缩 (代少升等<sup>[276]</sup>)、通过对大视场图像分块处理获取补偿参数来实现校正 (倪云龙等<sup>[277]</sup>)、基于实际场景和非均匀性分离的模型 (任建乐等<sup>[278]</sup>) 等。张学峰等<sup>[279]</sup>进行了基于场景的非均匀性校正算法比较研究。樊宏杰等<sup>[280]</sup>分析计算了不同校正方法的校正残差及其变化规律。徐新行等<sup>[281]</sup>设计了用于红外相机非均匀性校正的自动切换装置。

探测器盲元影响红外图像的质量和红外系统的性能。盲元的判定主要有响应率判据、噪声判据和直流电平判据三种。陈宝国等<sup>[282]</sup>研究了直流电平判据同其他两种盲元判据之间的关系: 电平低于正常像元的盲元具有噪声高、响应低的特征; 电平高于正常像元的盲元具有噪声低、响应低的特征。张桥舟等<sup>[245]</sup>通过分析两点参数矩阵的分布情况, 提出了一种简化型 3 盲元检测算法。赵春晖等<sup>[283]</sup>分析了盲元与点目标在邻域像素灰度分布上的差异, 在此基础上利用趋势外推理论提出了基于二维线性外推理论的盲元检测算法。

#### 4.4 图像增强

陈钱<sup>[261]</sup>、张立强<sup>[284]</sup>介绍了图像增强技术研究的现状。在图像增强算法方面,有基于小波变换(龚昌来等<sup>[285]</sup>、陈军等<sup>[286]</sup>、王文锦等<sup>[287]</sup>)、基于小波变换+伪中值滤波(王学伟等<sup>[288]</sup>)、基于小波变换+图像模糊与同态增强(吕绪良等<sup>[289]</sup>)、基于直方图均衡(张磊<sup>[290]</sup>)、基于小波变换+直方图均衡(尹士畅等<sup>[291]</sup>)、基于小波变换+Contourlet变换(邓超等<sup>[292]</sup>)、基于局部线性变换+空间滤波数学形态学(王忠华等<sup>[293]</sup>)、基于加权最小二乘滤波器+残留模糊图像处理(朱道广等<sup>[294]</sup>)、基于改进直方图均衡(龚昌来等<sup>[295]</sup>)、基于中值滤波+均值滤波+改进的最大类间方差法(刘喆等<sup>[296]</sup>)、基于人眼视觉系统特性+直方图均衡(李一扬等<sup>[297]</sup>)、基于频谱分析+图像融合(王晓文等<sup>[298]</sup>)、基于正弦变换(龚昌来等<sup>[299]</sup>)、引入非线性变换函数的Retinex算法(朱秋旭等<sup>[300]</sup>)、基于谱残差(孟凡龙<sup>[301]</sup>)等。

路建方等<sup>[243]</sup>介绍了一种基于FPGA的自适应分段线性拉伸增强算法。杨磊<sup>[244]</sup>介绍了一种基于FPGA的多段线性拉伸增强算法。

#### 4.5 多传感器数据融合

可见光与红外图像的成像特征具有显著差异、同时又具有良好的互补性,两者之间的图像融合可在像素级、特征级和决策级进行<sup>[302]</sup>。彭逸月等<sup>[303]</sup>通过在特征级信息中加入高频边缘分量来提高融合质量。张勇等<sup>[304]</sup>研究了融合图像质量评价方法。杜少波等<sup>[305]</sup>将模糊熵概念引入图像质量评价,提出了一种针对红外模糊图像的无参考质量评价方法。乔立永等<sup>[306]</sup>指出融合多种特征或者多种度量方法是红外目标识别图像复杂度量度的发展趋势。顾迎节等<sup>[307]</sup>介绍了一种基于可见光/红外融合的地形分类方法。为了解决目标探测过程中多波段图像的复原和清晰化问题,洪汉玉等<sup>[308]</sup>提出了一种可用于弹/机/星载目标探测多波段图像的统一复原校正方法。

在图像融合之前需要完成图像配准。配准的一般流程为:①对两幅图像进行特征提取得到特征点;通过进行相似性度量找到匹配的特征点对;②通过匹配的特征点对得到图像空间坐标变换参数;③由坐标变换参数进行图像配准。2013年,国内研究者在配准算法方面报道的工作有:基于边缘+互信息法(高鹏<sup>[309]</sup>)、基于角点检测(姚敏<sup>[310]</sup>、李俊山等<sup>[311-312]</sup>)、基于多尺度特征点+边缘(闫钧华等<sup>[313]</sup>)、基于图像梯度结构信息(张翰墨等<sup>[314]</sup>)、基于分块形状特征(杨罗等<sup>[315]</sup>)、基于形状上下文特征点的邻域边缘(朱英宏等<sup>[316]</sup>)、相位一致性边缘检测+Hough变换(于雪

莲等<sup>[317]</sup>)、基于最优峰值的相位相关(于雪莲等<sup>[318]</sup>)、基于双边滤波器+交叉累计剩余熵(李超等<sup>[319]</sup>)、结合图像信息熵+特征点(吴泽鹏等<sup>[320]</sup>)、基于梯度一致性算子(闫利等<sup>[321]</sup>)等。此外,陆凯等<sup>[322]</sup>介绍了一种用于超分辨率重建的亚像素配准算法,该算法由特征检测、像素级配准和亚像素级配准三个处理过程组成。孙爱平等<sup>[323]</sup>介绍了光学件和金工件的设计、加工和装配的累积误差对图像配准精度的影响和解决办法。杨陈晨等<sup>[249]</sup>介绍了基于Harris角点配准的FPGA实现。

2013年,国内研究者在融合算法方面报道的工作有:基于小波变换(安富等<sup>[85]</sup>、虞文俊等<sup>[86]</sup>、王玉等<sup>[324]</sup>、蔡猛<sup>[325]</sup>)、Canny算子+小波变换(高颖等<sup>[326]</sup>)、YUV彩色空间变换+小波变换(王健等<sup>[327]</sup>)、图像分割+小波变换(韩亮等<sup>[328]</sup>)、边缘检测+小波变换(李茜等<sup>[329]</sup>)、基于视觉图像预增强处理的曲波变换+小波变换(李艳梅等<sup>[330]</sup>)、基于Tetrolet变换(延翔等<sup>[331]</sup>、沈瑜等<sup>[332]</sup>)、基于Shearlet变换(邓承志等<sup>[333]</sup>)、基于压缩感知理论+改进Shearlet变换(冯鑫等<sup>[334]</sup>)、基于均匀离散曲波变换(杨扬等<sup>[335]</sup>)、基于非下采样轮廓波变换(NSCT)(赵飞翔等<sup>[336]</sup>)、基于NSCT+局部区域融合(张惊雷等<sup>[337]</sup>)、基于NSCT+方向区域融合(周生龙等<sup>[338]</sup>)、基于Renyi熵+图像增强+NSCT(邢素霞等<sup>[339]</sup>)、基于NSCT+脉冲耦合神经网络(赵飞翔等<sup>[340]</sup>)、基于图像增强(张雷等<sup>[341]</sup>)、基于相位调制(张雷等<sup>[342]</sup>)、基于改进的DS证据理论(毛海岑等<sup>[343]</sup>)、基于自适应滑动窗口(周萧等<sup>[344]</sup>)、基于图像特征比(叶仕通<sup>[345]</sup>)、基于边缘保护滤波(康长青等<sup>[346]</sup>)、基于区域的二维经验模式分解(韩博等<sup>[347]</sup>)、基于多尺度字典(薛模根等<sup>[348]</sup>)、基于稀疏表示的融合算法(刘存超等<sup>[349]</sup>)、基于差异特征驱动(周萧等<sup>[350]</sup>)的双色红外融合算法等。杨锋等<sup>[239]</sup>介绍了基于形态学融合算法的DSP实现。

#### 4.6 目标探测与识别

2013年,国内研究者在(点、小或弱小)目标检测算法方面报道的工作有:基于Harris角点检测(周霞等<sup>[351]</sup>)、小目标单帧检测(侯洁等<sup>[352-353]</sup>、王建华等<sup>[354]</sup>)、基于稀疏重构理论的单帧超分辨率方法(张慧等<sup>[355]</sup>)、Contourlet变换(李静<sup>[356]</sup>)、Contourlet变换+自适应阈值分割(李静等<sup>[357]</sup>)、Contourlet变换+Facet模型(卢瑞涛等<sup>[358]</sup>)、Shearlet变换(龚俊亮等<sup>[359]</sup>)、高斯曲面拟合(李国强<sup>[360]</sup>)、基于二维正态云模型(王洪涛等<sup>[361]</sup>)、基于Markov随机场先验模型(薛永宏等<sup>[362-363]</sup>)、基于尺度空间理论(龚俊亮等<sup>[364]</sup>)、基于分形的快速最大熵(谭晓静<sup>[365]</sup>)、基于向量机+分形

维数的多特征(张长江等<sup>[366]</sup>)、由粗检测到精检测的方法(田毅龙等<sup>[367]</sup>)、基于特定目标形状模板(王霄等<sup>[368]</sup>)、基于形状特征(高晶等<sup>[369]</sup>)、基于帧差法+形态学滤波+图像投影(李建成等<sup>[370]</sup>)、基于局部尖峰特性(薛松等<sup>[371]</sup>)、基于局部灰度均值(刘运龙等<sup>[372]</sup>)、基于形态学组合(张绍星等<sup>[373]</sup>)、基于 top-hat 算法+遗传算法+粒子滤波器(王玲玲等<sup>[374]</sup>)、基于运动目标位置时域特性函数曲线特性分析(王玉梅等<sup>[375]</sup>)、基于通道抠图(alpha-matting)(崔兆华等<sup>[376]</sup>)、基于时域廓线(靳振华等<sup>[377]</sup>)、基于图像阈值分割(张书真<sup>[378]</sup>)、基于知识模型(苏娟等<sup>[379]</sup>)、基于多尺度匹配(赵晓等<sup>[380]</sup>)、基于旋转角预估(薛松等<sup>[381]</sup>)、基于非线性映射模型(高陈强等<sup>[382]</sup>)等。

为了提高扫描成像系统对于点目标的探测性能,王世涛等<sup>[383]</sup>提出了时-空过采样点目标探测体制。饶鹏等<sup>[384]</sup>比较分析了常规采样与过采样点目标探测的性能。崔建平等<sup>[385]</sup>介绍了 FPA 成像系统离散采样性能的评价方法。王艺婷等<sup>[386]</sup>介绍了一种基于目标检测的波段选择方法。乔立永等<sup>[387]</sup>介绍了红外图像复杂度对目标检测性能的影响。

运动目标检测方法可以分为先检测后跟踪和先跟踪后检测两类,田鹏辉等<sup>[388]</sup>比较分析了这两类方法的适用场合。林再平等<sup>[389]</sup>介绍了基于势概率假设密度滤波的检测前跟踪算法。黎志华等<sup>[390]</sup>介绍了基于开源计算机视觉库(OpenCV)的检测与跟踪算法。王超等<sup>[388]</sup>介绍了一种基于 DSP 的导弹检测与跟踪算法,该算法分为导弹飞行锥形尾烟跟踪和发动机脱落导弹跟踪两个阶段。针对远距离红外小目标低信噪比的特点,刘忠领等<sup>[391]</sup>提出运用形态滤波方法进行红外图像目标检测跟踪。

在跟踪算法研究方面的工作有:基于目标的光流特征的跟踪算法(彭晨等<sup>[392]</sup>)、基于隶属度加权核直方图目标表征模型的改进均值移位跟踪算法(侯晴宇等<sup>[393]</sup>)、连续自适应均值移动跟踪算法(闫钧华等<sup>[394]</sup>)、贝叶斯推理框架下使用稀疏表示建模的跟踪算法(李志等<sup>[395]</sup>)、基于椭圆协方差矩阵的粒子滤波跟踪算法(芦鸿雁等<sup>[396]</sup>)、基于梯度联合互信息量测度的跟踪算法(杨悦等<sup>[397]</sup>)、基于在线自适应选择子空间的跟踪算法(王江涛等<sup>[398]</sup>)等。陈海欣等<sup>[399]</sup>介绍了一种自适应混合高斯模型的背景更新框架。罗燕龙等<sup>[400]</sup>提出了一种基于局部稀疏表示模型的方法来解决跟踪过程中的目标遮挡问题。刘珍阳等<sup>[401]</sup>介绍了一种基于仿真视频的光电跟踪器测试方案。

刘思雨等<sup>[402]</sup>介绍了末制导景象匹配中归一化积相关目标识别算法。朱长军等<sup>[403]</sup>研究了地面背景下

基于加速鲁棒特征(SURF)的红外目标识别方法。李一波等<sup>[404]</sup>介绍了一种适用于机动目标的识别算法。徐振亚等<sup>[405]</sup>介绍了“人在回路”在自动目标识别判据优化中的应用。范浩锋等<sup>[406]</sup>分析了基于神经网络原理的空中目标识别模型。

针对红外图像轮廓特征信息提取的特点,郭水旺等<sup>[407]</sup>提出了基因表达式编码算法。王巍等介绍了基于 MATLAB/Simulink 与有限状态机(Stateflow)的边缘检测方法<sup>[408]</sup>。夏清等<sup>[409]</sup>介绍了基于改进 Sobel 算子的边缘提取算法。

在红外图像分割方面报道的工作有:基于灰度-显著度最大相关准则的二维直方图分割算法(侯旺等<sup>[410]</sup>)、通过直方图上下分割值分割红外图像(侯旺等<sup>[411]</sup>)、基于最大类间方差法(OTSU)的分割算法(李旭等<sup>[412]</sup>、王东阳等<sup>[413]</sup>)、基于视觉认知的分割算法(张鹏辉等<sup>[414]</sup>)、稀疏编码+空间约束的聚类分割算法(宋长新等<sup>[415]</sup>)、基于熵空间理论+小波变换的分割算法(胡清平等<sup>[416]</sup>)、基于 Kapur 最大熵阈值判别式的分割算法(乔立永等<sup>[417]</sup>)等。

在红外图像噪声处理算法方面报道的工作有:基于噪声检测的加权融合中值滤波算法(张彩甜<sup>[418]</sup>)、两阶段三维滤波去噪算法(康长青等<sup>[419]</sup>)、基于信息冗余的小波变换去噪算法(陈小明等<sup>[420]</sup>)、基于红外成像原理的去噪算法(李孟等<sup>[421]</sup>)等。艾锐等<sup>[422]</sup>提出了一种能有效抑制噪声影响的直线段提取算法。

针对车载红外告警系统虚警率高的问题,陈晓斯等<sup>[423]</sup>研究了车载系统的辐射环境,结果表明在 8~12  $\mu\text{m}$  波段,天空成为主要的背景辐射,需要通过选取合适的背景抑制算法进行克服。在背景抑制算法方面的工作有:基于改进的分形理论+小波变换的算法(陈志斌等<sup>[424]</sup>)、基于局部三阶差的算法(李晓龙等<sup>[425]</sup>)、基于波原子变换的算法(白宏刚等<sup>[426]</sup>)等。齐凤梅<sup>[427]</sup>将多幅背景均匀的红外图像进行统计平均得到背景噪声,通过图像点运算消除背景噪声。景亮等<sup>[428]</sup>通过构造各向异性 SUSAN (smallest univalue segment assimilating nucleus) 滤波器,使残差图像中弱小目标的信噪比增益和信杂比增益提高,虚警率下降。为了降低虚警率,占红来等<sup>[429]</sup>提出了一种基于速度限制和曲率限制的目标搜索算法。

李相军等<sup>[430]</sup>介绍了剔除复杂背景的算法。柯泽贤等<sup>[431]</sup>提出了一种将时域背景抑制和空域相关性检测相结合的方法。赵金博等<sup>[432]</sup>介绍了一种基于地面背景抑制+特征点检测的红外空中目标检测算法。李一芒等<sup>[433]</sup>提出了一种用于扫描型红外预警系统的目标检测与识别算法,其中通过设置相关参数设计 8 邻

域方位滤波器对图像不同方向进行尺度优化的滤波以完成目标增强与背景抑制。陈勇等<sup>[434]</sup>指出基于环带结构的形态学目标检测方法具有更好的背景抑制作用。穆治亚等<sup>[435]</sup>介绍了一种基于图像稀疏表示的自适应杂波抑制方法。

张春雷介绍了红外图像处理技术在车辆导航中的应用<sup>[436]</sup>。为了对车载红外视频图像进行彩色化处理,范德营等<sup>[437]</sup>提出了一种基于调色板的分类彩色化方法。对车载红外图像进行具有空间立体感的彩色化处理可以改善图像的理解效果,更好地辅助驾驶。孙韶媛等<sup>[438]</sup>介绍了空间立体感的实现方法。邹芳喻等<sup>[439]</sup>介绍了一种实现具有深度视觉感的车载红外图像彩色化的方法。朱卓介绍了FPA图像处理系统的软件设计<sup>[440]</sup>。

张冬妍等<sup>[234]</sup>介绍了可变阈值的选择性均匀化映射方法。针对海空背景红外图像对比度低、噪声干扰大的特点,张卫国等<sup>[441]</sup>基于图像滤波+图像子区域增强+图像超分辨率重构,改进了常用的色调映射算法,设计了红外图像清晰化显示系统。龚昌来等<sup>[442]</sup>介绍了一种基于线性插值+正弦灰度变换的红外图像放大方法。

#### 4.7 海上目标识别

海天线的检测和提取是舰船红外图像处理中的一个重要内容。海天线检测主要分为,直线拟合法和Hough变化法<sup>[443]</sup>。在综合分析比较基于边缘检测、图像分割以及小波变换多尺度分析等多种海天线检测算法优缺点的基础上,夏平等<sup>[444]</sup>提出一种基于形态学处理和最小二乘法的海天线检测算法。通过分析典型海空背景下海天线的纹理分布特征,王兵学等<sup>[445]</sup>建立了适用于海天线检测的纹理模型,通过梯度特征计算和聚类分析找出图像中的候选直线位置,比较其纹理参数并检测出海天线。梁世花等<sup>[446]</sup>介绍了基于线裁剪(seam carving)的海天线检测算法。江涛等<sup>[447]</sup>介绍了上反式光电侦查设备虚拟海天线波门控制方法。王丁禾等<sup>[448]</sup>在海天线附近区域进行多级分割融合、提取目标潜在区。万磊等<sup>[449]</sup>介绍了一种适用于海天背景和海岸背景的目标检测方法;该方法首先通过量子化图像的区域复杂度以及单元区域上下邻域的灰度差异,预测海界线区域的位置;然后利用改进Canny算子提取轮廓边缘,突出海界线特征,降低其他纹理的干扰,再进行Hough变换,提取出海界线;最后通过融合的梯度信息,结合海界线的位置,进行海面目标标记。许强等<sup>[450-451]</sup>研究了近岸红外目标分割的检测问题。帅高山<sup>[452]</sup>采用梯度增强+拉普拉斯变换+直方图迭代+形态学算法+投影技术+

Hough算法来获得舰船图像。马新星等介绍了基于自适应Canny算子的舰船图像边缘检测方法<sup>[453]</sup>、基于视觉显著图的目标检测方法<sup>[454]</sup>、基于感兴趣区域(region of interesting, ROI)的目标定位方法<sup>[455]</sup>。齐楠楠等<sup>[456]</sup>介绍了基于跟踪-学习-检测联合方案的舰船目标跟踪方法。齐凤梅<sup>[427]</sup>分析了海军靶场红外图像的特点。周亚凡等<sup>[457]</sup>介绍了红外靶船逼真度和可信度的检测评估方法。

#### 5 红外导引头

从原理上来讲,红外导引头是通过探测目标的红外辐射信号,例如对于飞机主要是发动机喷管、尾焰及蒙皮气动加热的红外辐射,来获取导引信息。李萍等<sup>[458]</sup>提出了一种基于稀疏像素矢量化红外成像制导末端瞄准点自适应选择算法,其中利用基于变换区域的全局迭代双阈值分割来分离尾焰和蒙皮部分;利用稀疏像素法完成对尾焰的快速矢量化,根据尾焰和蒙皮成像面积的差异,自动地采取基于蒙皮或基于稀疏像素法的两种途径进行瞄准点选择。红外导引头作用距离除与目标的红外辐射强度及辐射光谱特性有关外,也与导引头的灵敏度以及所在环境的气象条件有关。陈圣秋等<sup>[459]</sup>利用MODTRAN4模型,探讨了气象条件对红外成像制导反舰导弹的影响。易亚星等<sup>[460]</sup>介绍了目标飞行高度和速度、黄殿升等<sup>[461]</sup>介绍了高加速度对于红外系统的影响。

从结构上看,红外导引头由红外位标器和电子舱组成。位标器包括红外光学系统、调制或扫描单元、探测器和陀螺跟踪等机构,其功能是为制导武器控制系统提供目标的角坐标信息,调整系统飞行方向,实现对目标的跟踪。孟卫华等<sup>[205]</sup>介绍了一种用于小型低成本导引头的折反二次成像长波红外光学系统。张鑫等<sup>[153]</sup>介绍了一种光机一体化结构的滚仰式红外导引头光学系统。王恩德等<sup>[462]</sup>利用级数理论分析了位标器的跟踪收敛特性。高明等<sup>[144]</sup>设计了双波段成像位标器。冯志伟等<sup>[463]</sup>探讨了小型红外成像两轴位标器。王军平等<sup>[464]</sup>研究了滚仰式两轴位标器光轴空间随动轨迹的优化问题。王军平等<sup>[465]</sup>介绍了滚仰式平台标准口字形搜索的四元数法实现。王嘉鑫等<sup>[466]</sup>分析了导引头隔离度对制导稳定性的影响。阎胜利等<sup>[467]</sup>介绍了全捷联非制冷红外成像导引头及其在制导控制系统中的简化模型。孙博等<sup>[468]</sup>介绍了红外成像制导引信一体化技术。

随着FPA规模的增加,积分时间也增加,同时瞬时视场减小,这些都使图像稳定越来越重要。如何对稳定后的图像进行评估,目前尚未有一个统一的评价

标准。黄晨等<sup>[469]</sup>分析了目前常用的主、客观稳像图像评价方法,认为结合人眼视觉特性的评价方法能较为全面客观地反映稳像图像质量。张勇等<sup>[470]</sup>介绍了鲁棒的车载红外视频电子稳像算法。曲蔚然等<sup>[471]</sup>针对具有惯性稳定轮的传动式稳像构型,设计了稳像控制算法和稳像精度测试方案。王磊等<sup>[472]</sup>分析了轻小型红外成像稳定平台的结构特点和测试需求。花文涛等<sup>[473]</sup>指出采用粒子群算法对稳定平台的控制器进行寻优,可以设计出合乎要求并能达到多约束下最优的控制器。微机械陀螺作为小型化光电稳定平台中的核心传感器,其使用精度受到随机漂移的影响。杨瑞龙等<sup>[474]</sup>应用小波分析算法,实现了微机械陀螺的实时滤波。李富贵等<sup>[475]</sup>分析了导引头隔离度对寄生回路稳定性的影响。

气体超音速流动时形成的激波可以通过介质传输能量。罗大雷等<sup>[476]</sup>分析了激波对红外导引头光学系统主镜面产生的影响,通过求解辐射运输方程,推导了激波对主镜面辐照度计算公式。杜磊等<sup>[477]</sup>指出,激波具有强烈的光谱选择性;通过选用不同的带通滤光片,不改变成像系统工作波段的波长宽度,而仅改变其位置,可以减小激波辐射对目标探测的影响。丁亚林等<sup>[478]</sup>给出了高马赫飞行条件下光学窗口的温度场模型、面型模型以及折射率与温度间的函数关系。王亚辉等<sup>[479]</sup>指出,抑制光学窗口的温度上升速度和幅度是减弱气动辐射的关键。针对高速湍流场导致的红外成像模糊,张士杰等<sup>[480]</sup>提出了一种基于图像质量评价的湍流退化红外图像降阶函数辨识算法。

整流罩是指飞行器上罩于外突物或结构外形不连续处、以减少空气阻力的流线型构件,又称为头罩。以往的红外制导空空导弹使用内外半径同心的球冠或半球形整流罩。关英姿<sup>[481]</sup>利用 ANSYS 软件计算在 500℃ 高温和 4 个大气压气动载荷下热压硫化锌红外平板窗口和同心球形整流罩的变形情况,并采用 ZEMAX 软件分析了变形对红外成像系统像质的影响。NASTRAN 是美国 MSC 公司推出的一款有限元分析软件。杨近松<sup>[482]</sup>利用 NASTRAN 软件,探讨了光学系统变形是否满足成像要求的问题。

与机身或弹体形状一致的整流罩称为共形整流罩。姜洋等<sup>[159]</sup>采用椭球形共形整流罩结构减小空气阻力,降低导弹头部气动加热效应。高明等<sup>[144]</sup>在位标器设计中采用共形整流罩来改善空气动力学性能。魏群等<sup>[145]</sup>设计了一种基于共形整流罩的折反式成像光学系统。椭球形整流罩具有良好的空气动力学特性,但由于头罩的非旋转对称结构特性,后续红外搜索/跟踪成像系统难以同时实现大扫描视场与良好成

像质量。王超等<sup>[483]</sup>介绍了一种基于拱形校正元件和动态校正器的椭球形整流罩光学系统设计方法,使用该方法设计的中波红外头罩光学系统具有±54°的超大扫描视场,且成像质量在整个扫描和瞬时视场内接近衍射极限。梁强等<sup>[484]</sup>提出了一种红外空空导弹头罩电弧风洞试验状态的量化新判据,指出通过准确的气动热应力计算,可保证头罩的电弧风洞试验状态与飞行环境的一致。李明等<sup>[485]</sup>总结了近年来在高超音速倍氏密度风洞开展的红外热图测热工作。

陈晓娟<sup>[486]</sup>介绍了包括静态验证、虚拟样机仿真、半实物仿真以及实物试验等在内的验证方法。半实物仿真试验是对系统各项性能进行检测与评估的有效方式<sup>[487]</sup>。在半实物仿真试验时,导引头红外探测器不参与工作,而由图像生成和图像注入计算机取而代之,因此需要建立准确的导引头伺服控制系统的传递函数模型,才能进行导引头控制回路性能的等效性分析<sup>[488]</sup>。党东妮等<sup>[489]</sup>介绍了直接采集红外捕获跟踪设备编码盘角度信息来进行目标位置仿真计算的方法。王敏等<sup>[490]</sup>分析了红外成像导引头闭环注入式仿真试验的可行性。李慧<sup>[488]</sup>介绍了导引头伺服控制系统建模的总体设计方法。为实现半实物仿真中红外成像目标的模拟,赵西帅等<sup>[491]</sup>依托红外动态景象模拟器进行了成像目标的建模与仿真研究。魏晓珺等<sup>[492]</sup>设计了一种头罩式便携红外目标模拟器,采用微型黑体作为红外辐射源,采用卡赛格林平行光管作为光学系统,在可调光阑和电机的配合下,能够快速模拟出不同辐射强度、不同大小的红外目标。卢胜峰<sup>[493]</sup>介绍了一套用于红外导弹测试的目标模拟系统。姚园等<sup>[494]</sup>介绍了目标模拟器的组成方案,完成了照明系统的光学设计和灰度轮设计。姚菲等<sup>[495]</sup>设计了红外目标模拟器运动控制系统。

王锐<sup>[496]</sup>介绍了采用激光/红外成像的复合导引体制。红外/雷达复合制导是当前多模复合制导技术的研究热点。黄成功等<sup>[497]</sup>分析了红外/毫米波复合末制导弹药作战效能。针对红外/雷达复合制导信息融合中量测模型非线性问题,谢泽峰等<sup>[498]</sup>提出一种基于不敏卡尔曼滤波器的分布式红外/雷达加权融合算法。徐琰珂等<sup>[499]</sup>基于粒子滤波算法替换交互式多模型算法中的次优滤波器,建立了一种集中式红外/雷达信息融合算法。王国田等<sup>[500]</sup>研究了红外/雷达跟踪低空目标的融合方法。针对红外/雷达融合时经常面临的数据采样率不相等问题,王芳等<sup>[501]</sup>提出了一种基于等权平均量测压缩技术的融合算法。叶银芳等<sup>[502]</sup>提出一种基于多分辨分析的红外/雷达主成份融合方法。

陈彬等<sup>[503]</sup>分析了红外导弹的干扰信号。钱方等<sup>[504]</sup>



以旭日升型调幅式调制盘为例,使用 MATLAB 模拟了不同幅度、频率、相位的调制脉冲信号对调制盘系统的干扰情况。双色目标识别技术可以提高导引头的抗干扰能力<sup>[505]</sup>,是红外导弹发展的方向之一。李丽娟等<sup>[506]</sup>分析了双色图像抗干扰技术的实现。董凤珍等提出了一种基于雷达/红外双模导引头的抗箔条干扰方法<sup>[507]</sup>。许友平等<sup>[508]</sup>介绍了基于支持向量机的红外成像导引头抗干扰性能评估方法。

(未完待续)

## 参考文献:

- [221] 谢宝蓉,冯书谊,方彩婷,等.基于数字 TDI 技术的红外成像系统设计[J].红外技术,2013,35(4):207-210.
- [222] 尹士畅,喻松林,于艳.一种应用于线列 TDI 型红外焦平面的数字化读出电路[J].激光与红外,2013,43(5):540-543.
- [223] 祖秋艳,王玮冰,黄卓磊,等.二极管非制冷红外探测器及其读出电路设计[J].红外与激光工程,2013,42(7):1680-1684.
- [224] 李强,刘阳,汤欲涛,等.红外探测器的读出电路设计[J].吉林大学学报:信息科学版,2013(2):119-123.
- [225] 闫广,赵毅强.低温红外外面阵读出电路中的高性能缓冲器设计[J].传感器与微系统,2013,32(5):128-130,134.
- [226] 王锦春,关钰,彭震宇,等.双色红外焦平面阵列读出电路设计[J].电子器件,2013(2):247-251.
- [227] 胡彦博,李煜,白丕绩,等.77K低温下 MOSFET 非固有电容参数提取研究[J].红外技术,2013,35(1):9-15.
- [228] 周云,吕坚,廖宝斌,等.一种具有衬底温度补偿功能的非制冷红外读出电路[J].红外与毫米波学报,2013,32(3):248-253.
- [229] 尹炼,王晓明,陈盈.热像设备模数混合电路公共阻抗干扰的研究[J].激光与红外,2013,43(4):442-446.
- [230] 王锐,郝晓剑,周汉昌,等.温度传感器校准系统中红外信号检测电路设计[J].激光技术,2013,37(2):247-250.
- [231] 韩雄,蔡长龙.基于螺旋状液晶的非制冷红外探测技术研究[J].红外技术,2013,35(6):360-363.
- [232] 张勇,程腾,张青川,等.基于光学读出非制冷红外成像系统的无基底 FPA 等效电学模型[J].红外与毫米波学报,2013,32(5):394-400.
- [233] 樊争奇.红外警戒设备对外接口检测仪设计[J].计算机与数字工程,2013,41(3):499-501.
- [234] 张冬妍,贾明伟.基于空中连续红外图像的可视化处理研究[J].机电产品开发与创新,2013(2):107-109.
- [235] 宋晓茹,雷志勇,薛永刚.基于 RS-LSSVM 的光电稳瞄系统稳定精度检测方法[J].红外与激光工程,2013,42(S1):154-160.
- [236] 满杰.8~12 $\mu\text{m}$ 热红外图像的特征增强算法研究与 DSP 实现[J].烟台大学学报:自然科学与工程版,2013,26(3):190-193.
- [237] 金立峰,冯涛,蔡芑.非制冷红外焦平面成像系统的高速 DSP 组件[J].光电与控制,2013,20(9):99-101,104.
- [238] 王超,纪明,李华杰,等.一种基于 DSP 的红外图像防空导弹检测与跟踪方法[J].应用光学,2013,34(5):723-727.
- [239] 杨锋,张俊举,许辉,等.一种图像融合算法的硬件实现[J].红外技术,2013,35(9):541-545.
- [240] 秦金明,陈宝国,李丽娟,等.4 $\times$ 128 双色线列红外探测器成像电路设计[J].红外技术,2013,35(2):78-82.
- [241] 范永杰,张亚萍,陈华.平台直方图均衡算法实现的存储优化方法[J].激光与红外,2013,43(5):522-525.
- [242] 柏璐冰,唐宏.一种基于 FPGA 的实时红外图像预处理方法[J].现代电子技术,2013,36(1):77-79.
- [243] 路建方,王新赛,肖志洋,等.基于 FPGA 的红外图像自适应分段线性增强算法[J].红外技术,2013,35(2):102-106.
- [244] 杨磊.多段线性拉伸增强算法及其 FPGA 实现[J].红外技术,2013,35(10):642-645.
- [245] 张桥舟,顾国华,陈钱,等.基于两点参数及自适应窗口的实时盲元检测和补偿技术[J].红外技术,2013,35(3):139-145.
- [246] 王艳杰,郑逢勋.扫描型红外成像系统成像方法分析[J].航空兵器,2013(1):51-53.
- [247] 樊晓清,顾国华,刘宁,等.一种红外数字图像伪彩色显示设计[J].红外技术,2013,35(7):398-403.
- [248] 路建方,王新赛,肖志洋,等.基于灰度分层的 FPGA 红外图像伪彩色实时化研究[J].红外技术,2013,35(5):285-288.
- [249] 杨陈晨,顾国华,钱惟贤,等.基于 Harris 角点的 KLT 跟踪红外图像配准的硬件实现[J].红外技术,2013,35(10):632-637.
- [250] 李一芒,何昕,魏仲慧.红外预警实时图像处理系统设计与实现[J].液晶与显示,2013,28(1):110-114.
- [251] 王鹏,李飏,刘斐.基于 TMS320C6455 的红外与可见光实时图像融合系统硬件设计[J].重庆理工大学学报:自然科学,2013(4):85-89.
- [252] 孙爱中,张琬珍,刘冰,等.基于 DSP 和 FPGA 的红外信息数据处理系统[J].电子科技,2013,26(6):7-9,18.
- [253] 陈龙华,贾鹏.基于 CPC1 架构的大数据量红外图像实时处理系统[J].激光与红外,2013,43(7):771-775.
- [254] 王磊,王宝珠,薛双苓,等.基于 DSP+FPGA 的红外热成像伪彩色变换系统[J].制造业自动化,2013(7):149-152.
- [255] 杨金宝,杨桦,张挺,等.红外热像仪硬件通讯电路的设计与实现[J].光电技术应用,2013,28(2):62-66.
- [256] 张琬珍,孙爱中,郭兴平,等.基于双 DSP 芯片的红外制导控制信息数据处理系统设计与实现[J].现代电子技术,2013,36(7):26-28.
- [257] 毛伟,隋修宝,陈钱,等.基于 FPGA 和 ARM 的红外图像实时显示和采集方法[J].激光与红外,2013,43(11):1222-1228.
- [258] 王厚,顾国华,钱惟贤,等.高速红外视频处理系统的设计研究[J].红外技术,2013,35(7):404-408.
- [259] 代少升,牛道伟.基于 SOPC 的非致冷红外热成像系统的研制[J].半导体光电,2013,34(1):126-129,133.

- [260] 樊晓清, 顾国华, 隋修宝, 等. 红外热像仪与上位机通信系统设计[J]. 光学与光电技术, 2013, **11**(3): 49-53.
- [261] 陈钱. 红外图像处理技术现状及发展趋势[J]. 红外技术, 2013, **35**(6): 311-318.
- [262] 殷世民, 阮祥森, 洪新华, 等. IRFPA 非均匀性校正数学机理与仿真技术研究[J]. 红外, 2013, **34**(8): 11-15, 46.
- [263] 王风贺, 杨乾, 王刚. 红外图像预处理设计及非均匀性算法应用[J]. 光电技术应用, 2013, **28**(5): 46-48, 53.
- [264] 张红辉, 罗海波, 余新荣, 等. 改进的神经网络红外图像非均匀性校正方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(4): 232-237, 241.
- [265] 陈宝国, 张学峰, 牛英宇. 改进的基于神经网络的非均匀性校正算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(3): 574-578.
- [266] 赵春晖, 刘振龙. 改进的红外图像神经网络非均匀性校正算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(4): 1079-1083.
- [267] 林斌, 范永弘. 一种改进的BP神经网络非均匀性校正算法[J]. 测绘工程, 2013, **22**(3): 24-27.
- [268] 康长青, 张其林, 郑毅, 等. 基于中间均衡直方图的红外图像非均匀性校正[J]. 激光与红外, 2013, **43**(11): 1240-1242.
- [269] 贺明, 王亚弟, 贺菁, 等. 双边滤波直方图均衡的非均匀性校正算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2620-2624.
- [270] 祝善友, 巩彩兰, 胡勇, 等. 矩匹配与卡尔曼滤波在红外图像非均匀性校正应用中的比较研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(11): 691-695.
- [271] 谭东杰, 张安. 基于局部直方图规定化的红外图像非均匀性校正[J]. 红外技术, 2013, **35**(6): 325-328.
- [272] 贺明, 王亚弟, 王新赛, 等. 基于特征分解的红外焦平面非均匀性校正算法[J]. 强激光与粒子束, 2013, **25**(3): 603-606.
- [273] 杨硕, 赵保军, 毛二可, 等. 基于目标与背景相异位移配准的非均匀校正算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(11): 1286-1290.
- [274] 陈世伟, 杨小冈, 张胜修, 等. 基于变积分时间的红外焦平面非均匀性校正算法研究[J]. 光子学报, 2013, **42**(4): 475-479.
- [275] 朱瑞飞, 王超, 魏群, 等. 红外探测器非均匀性校正系统研制[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(7): 1669-1673.
- [276] 代少升, 张强. 基于伽马压缩的红外图像非均匀性校正算法研究[J]. 半导体光电, 2013, **34**(2): 301-303, 320.
- [277] 倪云龙, 郝秋来, 于繁迪. 一种基于大视场红外图像的非均匀性校正算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(3): 344-347.
- [278] 任建乐, 陈钱, 顾国华, 等. 红外焦平面阵列条纹非均匀性校正方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(8): 1987-1990.
- [279] 张学峰, 陈宝国, 樊养余, 等. 基于场景的红外非均匀性校正算法对比研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(9): 560-566.
- [280] 樊宏杰, 许振领, 杨淼淼, 等. 焦平面红外成像设备非均匀性校正残差分析[J]. 红外技术, 2013, **35**(7): 409-413.
- [281] 徐新行, 杨洪波, 高云国, 等. 红外相机非均匀性校正用自动切换装置设计[J]. 应用光学, 2013, **34**(4): 658-662.
- [282] 陈宝国, 樊养余, 王巍. 红外焦平面阵列盲元判据的相关性研究[J]. 激光与红外, 2013, **43**(2): 186-189.
- [283] 赵春晖, 刘振龙. 基于线性外推理论的红外焦平面阵列盲元检测算法[J]. 沈阳大学学报: 自然科学版, 2013, **25**(4): 293-297.
- [284] 张立强. 红外图像增强技术发展研究[J]. 舰船电子工程, 2013, **33**(3): 17-19.
- [285] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛, 等. 一种基于平稳小波域的红外图像增强方法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(6): 703-707.
- [286] 陈军, 张长江. 基于小波域反正切变换的红外图像增强算法[J]. 计算机工程, 2013, **39**(1): 248-251.
- [287] 王文锦, 杜素霞, 陆平. 红外夜视图像自适应增强系统设计[J]. 激光与红外, 2013, **43**(8): 960-964.
- [288] 王学伟, 王世立, 李珂. 基于伪中值滤波和小波变换的红外图像增强方法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(1): 90-93.
- [289] 吕绪良, 文刘强, 荣先辉, 等. 基于小波变换的红外图像模糊与同态增强[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2013, **14**(2): 158-162.
- [290] 张磊. 基于直方图均衡化的红外图像伪彩色增强显示[J]. 红外, 2013, **34**(12): 20-24.
- [291] 尹士畅, 喻松林. 基于小波变换和直方图均衡的红外图像增强[J]. 激光与红外, 2013, **43**(2): 225-228.
- [292] 邓超, 侯满义, 刘泽乾, 等. 结合递归 Cycle Spinning 的小波-Contourlet 变换红外图像增强算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(9): 1068-1071.
- [293] 王忠华, 李春勇. 融合灰度变换和空间滤波的形态学红外图像增强算法[J]. 南昌工程学院学报, 2013, **32**(3): 1-5.
- [294] 朱道广, 隋修宝, 朱才高, 等. 基于多尺度的高动态红外图像增强算法[J]. 红外技术, 2013, **35**(8): 476-481, 486.
- [295] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛, 等. 基于加权直方图均衡的红外图像增强方法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(8): 956-959.
- [296] 刘喆, 马建伟, 刘刚. 基于融合的红外图像增强方法[J]. 电光与控制, 2013, **20**(2): 23-27.
- [297] 李一扬, 安成斌, 陈盈. 基于 HVS 的红外图像增强技术研究[J]. 激光与红外, 2013, **43**(5): 583-586.
- [298] 王晓文, 赵宗贵, 庞秀梅, 等. 基于频谱分析和图像融合的红外弱小目标增强[J]. 中国电子科学研究院学报, 2013, **8**(3): 258-265.
- [299] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛, 等. 基于正弦灰度变换的红外图像增强算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(2): 200-203.
- [300] 朱秋旭, 李俊山, 朱英宏, 等. Retinex 理论下的自适应红外图像增强[J]. 微电子学与计算机, 2013, **30**(4): 22-25.
- [301] 孟凡龙. 夜视图像彩色融合中基于谱残差的显著目标增强算法[J]. 红外, 2013, **34**(3): 15-20.
- [302] 任海鹏. 可见光与红外图像融合研究现状及展望[J]. 舰船电子工程, 2013, **33**(1): 16-19.
- [303] 彭逸月, 何伟基, 顾国华, 等. 多层次及对比度提升的红外和可见



- 光图像融合[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(4): 1095-1099.
- [304] 张勇, 金伟其. 夜视融合图像质量客观评价方法[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(5): 1360-1365.
- [305] 杜少波, 章冲, 王超, 等. 红外模糊图像的无参考质量评价方法[J]. 计算机应用, 2013, 33(8): 2306-2309.
- [306] 乔立永, 徐立新, 高敏. 红外目标识别图像复杂度度量方法综述[J]. 红外技术, 2013, 35(2): 88-96.
- [307] 顾迎节, 金忠. 基于可见光与红外数据融合的地形分类[J]. 计算机工程, 2013, 39(2): 187-191.
- [308] 洪汉玉, 李良成, 章秀华, 等. 目标探测多波段图像统一复原及实验验证[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(2): 251-255.
- [309] 高鹏. 基于边缘和互信息法的红外图像配准[J]. 红外, 2013, 34(1): 28-34.
- [310] 姚敏. 基于特征点自动匹配的红外图像配准研究[J]. 光学与光电技术, 2013, 11(3): 54-57.
- [311] 李俊山, 朱英宏, 朱艺娟, 等. 红外与可见光图像自相似性特征的描述与匹配[J]. 激光与红外, 2013, 43(3): 339-343.
- [312] 李俊山, 朱英宏, 赵怀勋, 等. 异步多特征红外与可见光图像匹配算法[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(7): 6-10.
- [313] 闫钧华, 朱智超, 孙思佳, 等. 基于多尺度红外与可见光图像配准研究[J]. 激光与红外, 2013, 43(3): 329-333.
- [314] 张翰墨, 尤红建. 基于梯度结构的星载红外图像和全色图像配准方法[J]. 红外与毫米波学报, 2013, 32(3): 270-276.
- [315] 杨罗, 苏娟, 孟庆勋. 基于分块形状特征的异源图像匹配方法[J]. 红外, 2013, 34(8): 25-29.
- [316] 朱英宏, 李俊山, 杨威, 等. 红外与可见光图像特征点边缘描述与匹配算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(6): 857-864.
- [317] 于雪莲, 陈钱, 顾国华. 基于相位一致性和 Hough 变换的多源图像配准方法[J]. 强激光与粒子束, 2013, 25(9): 2223-2228.
- [318] 于雪莲, 陈钱, 隋修宝, 等. 采用最优峰值的相位相关红外图像配准方法[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(9): 2589-2596.
- [319] 李超, 陈钱, 钱惟贤. 基于交叉累计剩余熵的多光谱图像配准方法[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(7): 1866-1870.
- [320] 吴泽鹏, 郭玲玲, 朱明超, 等. 结合图像信息熵和特征点的图像配准方法[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(10): 2846-2852.
- [321] 闫利, 胡修兵, 陈长军, 等. 多模态图像配准的梯度一致性算子[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2013, 38(8): 969-972.
- [322] 陆凯, 李成金, 赵勋杰, 等. 一种快速的亚像素图像配准算法[J]. 红外技术, 2013, 35(1): 27-30.
- [323] 孙爱平, 皮冬明, 安长亮, 等. 光机装校阶段红外与可见光图像配准技术研究[J]. 红外技术, 2013, 35(1): 50-55.
- [324] 王玉, 王明泉. 基于小波变换的红外与可见光图像融合技术研究[J]. 红外, 2013, 34(3): 12-14.
- [325] 蔡猛. 基于小波变换的多传感器最优信息融合[J]. 电光与控制, 2013, 20(12): 97-100.
- [326] 高颖, 王阿敏, 王风华, 等. 改进的小波变换算法在图像融合中的应用[J]. 激光技术, 2013, 37(5): 690-695.
- [327] 王健, 郑少峰. 基于 YUV 与小波变换的可见光与红外图像融合[J]. 西安工业大学学报, 2013, 33(3): 208-211.
- [328] 韩亮, 李婵飞, 蒲秀娟. 图像分割与平稳小波变换法融合红外与可见光图像[J]. 重庆大学学报, 2013, 36(6): 112-118.
- [329] 李茜, 郭佳, 郭小云. 基于边缘检测小波变换的红外与可见光图像融合方法[J]. 光学仪器, 2013, 35(1): 18-21, 29.
- [330] 李艳梅, 陈雷霆, 饶云波, 等. 基于双变换的红外与可见光图像融合增强[J]. 计算机应用研究, 2013, 30(10): 3142-3145.
- [331] 延翔, 秦翰林, 刘上乾, 等. 基于 Tetrolet 变换的图像融合[J]. 光子·激光, 2013, 24(8): 1629-1633.
- [332] 沈瑜, 党建武, 冯鑫, 等. 基于 Tetrolet 变换的红外与可见光融合[J]. 光谱学与光谱分析, 2013, 33(6): 1506-1511.
- [333] 邓承志, 饶伟. 基于 Shearlet 变换的红外与可见光图像自适应融合[J]. 激光与红外, 2013, 43(4): 399-403.
- [334] 冯鑫, 王小明, 党建武, 等. 基于 Shearlet 变换的红外与可见光图像融合[J]. 光子·激光, 2013, 24(2): 384-390.
- [335] 杨扬, 戴明, 周笋鱼. 基于均匀离散曲波变换的多聚焦图像融合[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(9): 2547-2552.
- [336] 赵飞翔, 陶忠祥. 基于 NSCT 的红外与可见光图像融合[J]. 电光与控制, 2013, 20(9): 29-33.
- [337] 张惊雷, 赵俄英. 基于 NSCT 的红外与可见光图像融合方法[J]. 激光与红外, 2013, 43(3): 319-323.
- [338] 周生龙, 张涛, 蒯多杰, 等. 基于方向区域的 NSCT 图像融合算法[J]. 激光与红外, 2013, 43(2): 204-207.
- [339] 邢素霞, 肖洪兵, 陈天华, 等. 基于目标提取与 NSCT 的图像融合技术研究[J]. 光子·激光, 2013, 24(3): 583-588.
- [340] 赵飞翔, 陶忠祥. 基于 NSCT 和 PCNN 的可见光与红外图像融合算法[J]. 红外, 2013, 34(1): 23-27, 39.
- [341] 张雷, 李婧, 李根全, 等. 一种新的基于图像增强的融合算法[J]. 激光与红外, 2013, 43(9): 1072-1075.
- [342] 张雷, 张宇, 王肖霞. 相位调制在可见光与红外图像融合中的应用[J]. 激光与红外, 2013, 43(2): 213-216.
- [343] 毛海岑, 刘爱东. 利用证据理论的图像融合方法[J]. 红外与激光工程, 2013, 42(6): 1642-1646.
- [344] 周萧, 杨风暴, 蔺素珍, 等. 基于自适应滑动窗口的双色中波红外图像融合方法研究[J]. 红外技术, 2013, 35(4): 227-231.
- [345] 叶仕通. 结合图像特征比的红外与可见光图像融合算法[J]. 激光与红外, 2013, 43(11): 1234-1239.
- [346] 康长青, 郑毅, 刘雨潇. 边缘保护滤波的多焦点图像融合算法[J]. 激光与红外, 2013, 43(7): 814-817.
- [347] 韩博, 张鹏辉, 许辉, 等. 基于区域的二维经验模式分解的图像融

- 合算法[J]. 红外技术, 2013, **35**(9): 546-550.
- [348] 薛模根, 刘存超, 徐国明, 等. 基于多尺度字典的红外与微光图像融合[J]. 红外技术, 2013, **35**(11): 696-701.
- [349] 刘存超, 薛模根. 一种基于稀疏表示的红外与微光图像的融合方法[J]. 红外, 2013, **34**(8): 21-24, 39.
- [350] 周萧, 杨风暴, 蔺素珍. 双色中波红外图像差异特征驱动的融合模型[J]. 光电工程, 2013, **40**(4): 127-135.
- [351] 周霞, 陈钱, 钱惟贤, 等. 对地面弱小目标的检测算法的研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(6): 334-338.
- [352] 侯洁, 辛云宏. 基于高通滤波和图像增强的红外小目标检测方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(5): 279-284.
- [353] 侯洁, 辛云宏. 基于小波变换与图像增强技术的红外小目标检测[J]. 激光与红外, 2013, **43**(6): 683-688.
- [354] 王建华, 王春平, 梁伟, 等. 单帧红外图像多弹迹点检测[J]. 火力与指挥控制, 2013, **38**(5): 124-128.
- [355] 张慧, 徐晖, 林两魁. 基于稀疏重构的空间邻近目标红外单帧图像超分辨率方法[J]. 光学学报, 2013, **33**(4): 60-67.
- [356] 李静, 刘兴森, 薛福来. 基于循环平移 Contourlet 变换的红外小目标检测方法[J]. 红外, 2013, **34**(2): 39-43.
- [357] 李静, 刘兴森, 薛福来. 基于循环平移 Contourlet 变换的红外小目标检测方法[J]. 红外, 2013, **34**(2): 39-43.
- [358] 卢瑞涛, 黄新生, 徐婉莹. 基于 Contourlet 变换和 Facet 模型的红外小目标检测方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(8): 2281-2287.
- [359] 龚俊亮, 何昕, 魏仲慧, 等. 采用剪切波变换的红外弱小目标图像预处理[J]. 微电子学与计算机, 2013, **30**(4): 5-9.
- [360] 李国强. 高斯曲面拟合在对空红外点目标检测中的应用[J]. 红外技术, 2013, **35**(10): 638-641.
- [361] 王洪涛, 李丹. 基于二维正态云模型算法的红外图像弱小目标检测[J]. 红外技术, 2013, **35**(10): 646-649.
- [362] 薛永宏, 饶鹏, 樊士伟, 等. 基于生成 MRF 和局部统计特性的红外弱小目标检测算法[J]. 红外与毫米波学报, 2013, **32**(5): 431-436.
- [363] 薛永宏, 安玮, 张涛, 等. 采用扩展 MRF 的红外目标自适应检测方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(8): 2288-2293.
- [364] 龚俊亮, 何昕, 魏仲慧, 等. 采用尺度空间理论的红外弱小目标检测方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(9): 2566-2573.
- [365] 谭晓静. 基于分形的快速最大熵红外图像特征检测[J]. 重庆文理学院学报: 社会科学版, 2013, **32**(5): 119-123.
- [366] 张长江, 陈源, 赵翠芳, 等. 结合 SVM 和分形维数的多特征红外人造目标提取[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2013(2): 133-139.
- [367] 田毅龙, 周伟, 王卫华, 等. 一种由粗到精的大视场弱小目标检测方法[J]. 激光与光电子学进展, 2013, **50**(1): 126-131.
- [368] 王霄, 辛云宏. 红外小目标的模板提取及检测技术研究[J]. 激光与红外, 2013, **43**(7): 822-825.
- [369] 高晶, 孙继银, 吴昆, 等. 基于形状特征的红外目标检测方法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(1): 49-53.
- [370] 李建成, 刘兴森, 潘伟全, 等. 动态背景下的红外运动目标检测[J]. 光电工程, 2013, **40**(3): 1-6.
- [371] 薛松, 韩广良. 基于局部峰值的红外弱小目标快速检测[J]. 光子学报, 2013, **42**(2): 228-233.
- [372] 刘运龙, 薛雨丽, 袁素真, 等. 基于局部均值的红外小目标检测算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(3): 814-822.
- [373] 张绍星, 范锡枝. C#与 MATLAB 混合编程应用于红外图像小目标的检测[J]. 福建电脑, 2013(2): 115-117.
- [374] 王玲玲, 辛云宏. 基于形态学与遗传粒子滤波器的红外小目标检测与跟踪算法[J]. 光子学报, 2013, **42**(7): 849-856.
- [375] 王玉梅, 赵满庆. 基于时域特性分析的靶场红外运动弱小目标检测[J]. 战术导弹技术, 2013(2): 60-65.
- [376] 崔兆华, 高立群, 马红宾, 等. 改进 alpha-matting 算法及其在军事红外目标提取中的应用[J]. 渤海大学学报: 自然科学版, 2013, **34**(2): 225-231, 95.
- [377] 靳振华, 沈强, 王旭, 等. 云杂波背景下红外弱小目标的改进检测算法[J]. 电子科技, 2013, **26**(1): 1-3, 26.
- [378] 张书真. 一种检测红外小目标的图像阈值分割算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(10): 1171-1174.
- [379] 苏娟, 杨罗, 卢俊. 一种基于知识模型的红外目标检测方法[J]. 光子学报, 2013, **42**(7): 839-844.
- [380] 赵晓, 张伟, 侯晴宇, 等. 多尺度匹配的红外变分辨率弱小目标检测[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(11): 2913-2918.
- [381] 薛松, 韩广良. 基于旋转角预估的红外指定目标快速捕获[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(11): 2907-2912.
- [382] 高陈强, 阎兵早, 李强. 基于非线性映射模型的红外弱小目标图像仿真[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(11): 2919-2924.
- [383] 王世涛, 张伟, 金丽花, 等. 基于时-空过采样系统的点目标检测性能分析[J]. 红外与毫米波学报, 2013, **32**(1): 68-72.
- [384] 饶鹏, 王成良, 胡胜敏, 等. 常规采样与过采样点目标检测性能比较分析[J]. 红外, 2013, **34**(8): 6-10, 46.
- [385] 崔建平, 王吉晖, 金伟其, 等. 焦平面热成像系统离散采样性能评价方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(8): 1973-1978, 2007.
- [386] 王艺婷, 黄世奇, 刘代志, 等. 一种新的基于目标检测的波段选择方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(8): 2294-2298.
- [387] 乔立永, 徐立新, 高敏. 红外图像复杂度对目标检测性能的影响[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(S1): 253-261.
- [388] 田鹏辉, 隋立春, 燕莎. 红外运动小目标检测方法综述[J]. 探测与控制学报, 2013, **35**(2): 76-80.
- [389] 林再平, 周一宇, 安玮. 基于势概率假设密度滤波的检测前跟踪新算法[J]. 红外与毫米波学报, 2013, **32**(5): 437-443.
- [390] 黎志华, 李新国. 基于 OpenCV 的红外弱小运动目标检测与跟踪[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(9): 2561-2565.

- [391] 刘忠领, 于振红, 耿建君, 等. 基于形态滤波的红外图像目标检测方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(S1): 249-252.
- [392] 彭晨, 陈钱, 钱惟贤, 等. 复杂地面场景下的红外运动目标跟踪[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(6): 1410-1414.
- [393] 侯晴宇, 卞春江, 逮力红, 等. 红外图像中快速小目标的均值移位跟踪[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2013, **45**(4): 79-83.
- [394] 闫钧华, 陈少华, 许俊峰, 等. 基于可见光与红外图像特征融合的目标跟踪[J]. 中国惯性技术学报, 2013, **21**(4): 517-523.
- [395] 李志, 郑江滨. 基于稀疏表示的红外小目标跟踪[J]. 电子设计工程, 2013, **21**(10): 178-181.
- [396] 芦鸿雁, 赵方舟. 基于协方差描述子的红外目标粒子滤波跟踪算法[J]. 微电子学与计算机, 2013, **30**(4): 71-74.
- [397] 杨悦, 刘兴森, 郭启旺, 等. 基于改进互信息的红外目标匹配跟踪算法[J]. 红外技术, 2013, **35**(6): 350-354.
- [398] 王江涛, 陈得宝, 李素文, 等. 在线自适应选择子空间的红外目标跟踪方法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(9): 2579-2583.
- [399] 陈海欣, 顾国华, 钱惟贤, 等. 基于 TMS320C6678 的背景更新算法的改进与实现[J]. 红外技术, 2013, **35**(1): 21-26.
- [400] 罗燕龙, 刘伟盛, 戴平阳, 等. 基于局部稀疏表示模型的海上红外目标跟踪方法[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2013, **52**(3): 343-348.
- [401] 刘珍阳, 王毅. 基于仿真视频的光电跟踪器测试[J]. 光电技术应用, 2013, **28**(3): 68-72.
- [402] 刘思雨, 王雪梅, 杨小冈, 等. 前视红外末制导 Nprod 目标识别算法适应性研究[J]. 科学技术与工程, 2013(15): 4375-4378, 4383.
- [403] 朱长军, 王民钢, 王超, 等. 地面背景下基于 SURF 的红外目标识别方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(9): 551-554.
- [404] 李一波, 齐万旭. 一种新的红外机动目标识别算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(3): 324-328.
- [405] 徐振亚, 祁鸣, 李丽娟. “人在回路”在红外成像 ATR 判据优化中的应用[J]. 红外, 2013, **34**(6): 25-28.
- [406] 范浩锋, 刘俊. 基于 BP 神经网络的红外目标识别技术[J]. 计算机与数字工程, 2013, **41**(4): 559-560, 653.
- [407] 郭水旺, 王宝红, 季钢, 等. 基于基因表达式编码算法的红外图像轮廓提取[J]. 红外技术, 2013, **35**(1): 38-41.
- [408] 王巍, 安友伟. 基于 Simulink 与 Stateflow 的红外图像边缘检测系统设计[J]. 电视技术, 2013, **37**(3): 29-32.
- [409] 夏清, 张振鑫, 王婷婷, 等. 基于改进 Sobel 算子的红外图像边缘提取算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(10): 1158-1161.
- [410] 侯旺, 钟立军, 张小虎, 等. 红外目标分割方法研究[J]. 国防科技大学学报, 2013, **35**(2): 173-178.
- [411] 侯旺, 钟立军, 张小虎, 等. 基于类内一致性的红外背景弱目标检测方法[J]. 计算机工程, 2013, **39**(5): 209-211, 217.
- [412] 李旭, 赵文杰, 杨凯达. 基于小目标预提取的 OTSU 分割方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(8): 492-496.
- [413] 王东阳, 时磊, 赵军. 一种用于红外图像分割的改进型 Otsu 方法[J]. 红外, 2013, **34**(7): 31-33, 44.
- [414] 张鹏辉, 崔东旭, 张俊举, 等. 基于视觉认知的红外目标分割算法[J]. 应用光学, 2013, **34**(1): 68-73.
- [415] 宋长新, 马克, 秦川, 等. 结合稀疏编码和空间约束的红外图像聚类分割研究[J]. 物理学报, 2013, **62**(4): 77-86.
- [416] 胡清平, 张晓晖. 基于熵空间理论和小波变换的红外图像纹理分割[J]. 红外技术, 2013, **35**(8): 497-501.
- [417] 乔立永, 徐立新, 高敏. 红外成像制导二维斜分最大熵分割的快速实现[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(7): 1691-1699.
- [418] 张彩甜. 一种红外图像颗粒噪声自适应滤波算法[J]. 红外技术, 2013, **35**(8): 502-506.
- [419] 康长青, 曹文平, 华丽, 等. 两阶段三维滤波的红外图像去噪算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(3): 261-264.
- [420] 陈小明, 颜景龙, 李玉珏, 等. 基于信息冗余的小波红外图像去噪算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(3): 265-271.
- [421] 李孟, 李俊山, 张士杰, 等. 一种基于热成像原理的图像热噪声去除算法[J]. 红外技术, 2013, **35**(9): 567-570.
- [422] 艾锐, 史泽林, 张程硕. 低信噪比红外图像直线段检测算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(2): 278-284.
- [423] 陈晓斯, 施展, 樊祥, 等. 车载红外告警系统空间背景虚警源辐射特性分析[J]. 激光与红外, 2013, **43**(4): 409-413.
- [424] 陈志斌, 张超, 王伟明, 等. 红外装甲目标检测中背景抑制技术研究[J]. 应用光学, 2013, **34**(3): 527-531.
- [425] 李晓龙, 赵威, 张雷, 等. 基于局部三阶差的红外小目标图像背景抑制算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(4): 447-451.
- [426] 白宏刚, 张建奇, 王晓蕊. 基于波原子变换的红外复杂背景杂波抑制算法[J]. 强激光与粒子束, 2013, **25**(1): 37-41.
- [427] 齐凤梅. 一种低对比度红外图像增强方法[J]. 无线电工程, 2013, **43**(5): 23-25, 64.
- [428] 景亮, 彭真明, 何艳敏, 等. 各向异性 SUSAN 滤波红外弱小目标检测[J]. 强激光与粒子束, 2013, **25**(9): 2208-2212.
- [429] 占红来, 万敏, 顾静良, 等. 曲率限制的红外焦平面告警系统目标搜索算法[J]. 强激光与粒子束, 2013, **25**(5): 1100-1104.
- [430] 李相军, 李壮. 地面红外运动目标图像处理与识别算法分析[J]. 舰船电子工程, 2013, **33**(5): 53-56.
- [431] 柯泽贤, 江汉红, 张朝亮. 时空域结合的红外弱小运动目标检测新方法[J]. 仪器仪表学报, 2013, **34**(6): 202-206.
- [432] 赵金博, 邓希宁, 凌清, 等. 基于背景抑制和特征点检测的目标检测算法[J]. 激光与红外, 2013, **43**(4): 457-460.
- [433] 李一芒, 何昕, 魏仲慧, 等. 采用降维技术的红外目标检测与识别[J]. 光学精密工程, 2013, **21**(5): 1297-1303.
- [434] 陈勇, 严高师, 余锋. 基于环带结构的形态学红外目标检测方法[J]. 光电技术应用, 2013, **28**(2): 45-48.

- [435] 穆治亚, 魏仲慧, 何昕, 等. 采用稀疏表示的红外图像自适应杂波抑制[J]. 光学精密工程, 2013, **21**(7): 1850-1857.
- [436] 张春雷. 红外图像处理技术在车辆导航中的应用探究[J]. 电子制作, 2013(10): 30.
- [437] 范德营, 蒋先刚, 丘贻立, 等. 车载红外视频图像快速彩色化技术研究[J]. 华东交通大学学报, 2013, **30**(2): 71-77.
- [438] 孙韶媛, 席林, 赵海涛. 车载红外图像彩色化的立体感实现方法[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2013, **39**(3): 344-348.
- [439] 邹芳喻, 孙韶媛, 席林, 等. 具有深度视觉感的车载红外图像彩色化方法[J]. 激光与光电子学进展, 2013, **50**(1): 106-112.
- [440] 朱卓. 红外焦平面图像处理系统的软件设计[J]. 舰船电子工程, 2013, **33**(7): 83-86, 123.
- [441] 张卫国, 刘华军, 王玉坤. 红外数字图像清晰化显示系统设计[J]. 激光与红外, 2013, **43**(5): 587-591.
- [442] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛, 等. 基于线性插值和正弦灰度变换的红外图像放大[J]. 光电工程, 2013, **40**(2): 110-114.
- [443] 王小康, 董士崔. 海天线检测算法简述[J]. 电子世界, 2013(16): 97-98.
- [444] 夏平, 郑佳, 李忠. 基于形态学处理和最小二乘法的海天线检测算法[J]. 光学与光电技术, 2013, **11**(1): 91-94.
- [445] 王兵学, 雍杨, 霍义华, 等. 基于纹理特征分析的海天线检测方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(1): 42-46.
- [446] 梁世花, 吴巍, 李波, 等. 基于 Seam Carving 的海天线检测算法[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2817-2821.
- [447] 江涛, 张宝宜, 赵江, 等. 上反式光电侦查设备虚拟海天线波门控制方法[J]. 应用光学, 2013, **34**(5): 733-737.
- [448] 王丁禾, 牛照东, 汤达, 等. 多级分割融合算法提取红外舰船目标潜在区[J]. 激光与红外, 2013, **43**(4): 461-465.
- [449] 万磊, 曾文静, 张铁栋, 等. 基于梯度信息融合的海面红外目标实时检测[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(2): 41-45.
- [450] 许强, 马登武. 一种近岸红外目标快速分割方法[J]. 光电工程, 2013, **40**(3): 14-19.
- [451] 许强, 马登武. 一种快速的近岸红外目标检测[J]. 光学与光电技术, 2013, **11**(5): 36-39.
- [452] 帅高山. 一种新的舰船红外图像分割算法[J]. 水雷战与舰船防护, 2013(1): 11-16.
- [453] 马新星, 徐健, 张健. 一种基于自适应 Canny 算子的舰船红外图像边缘检测方法[J]. 红外, 2013, **34**(7): 25-30.
- [454] 马新星, 沈同圣, 徐健. 一种基于视觉显著图的舰船红外图像目标检测方法[J]. 红外, 2013, **34**(10): 31-36.
- [455] 马新星, 沈同圣, 徐健. 一种基于 ROI 的红外舰船目标定位方法[J]. 红外技术, 2013, **35**(11): 702-706.
- [456] 齐楠楠, 揭斐然, 谢熙, 等. 基于 TLD 的舰船目标跟踪方法研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(12): 780-787.
- [457] 周亚凡, 赵军, 王东阳, 等. 红外靶船逼真度和可信度的检测与评估[J]. 红外, 2013, **34**(7): 39-44.
- [458] 李萍, 方喜波, 黄志理. 基于红外成像制导的末端瞄准点选择技术[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(5): 1131-1136.
- [459] 陈圣秋, 寇红超, 吴惠民. 气象环境对红外制导反舰导弹使用的影响[J]. 舰船电子工程, 2013, **33**(1): 37-38.
- [460] 易亚星, 姚梅, 吴军辉, 等. 目标飞行高度和速度对红外探测的影响[J]. 电光与控制, 2013, **20**(11): 7-10, 20.
- [461] 黄殿升, 张福欣, 陈凯, 等. 高过载条件下红外成像技术研究[J]. 河南科技, 2013(13): 16-17.
- [462] 王恩德, 朱枫, 肖阳辉, 等. 回元导引头跟踪收敛性研究(英)[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2599-2600.
- [463] 冯志伟, 宋玲珍. 红外成像导引头捷联稳定平台关键技术浅析[J]. 内江科技, 2013(5): 12, 22.
- [464] 王军平, 江燕俊. 新型红外导引头伺服控制方法的优化与研究[J]. 计算机仿真, 2013(2): 102-105.
- [465] 王军平, 詹训慧. 滚仰式平台标准口字形搜索的四元数法实现[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2625-2629.
- [466] 王嘉鑫, 林福德, 祁载康, 等. 全捷联导引头隔离度对制导稳定性的影响[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2608-2613.
- [467] 阎胜利, 张跃, 张鑫, 等. 相位匹配法用于提高非制冷全捷联导引头制导信息精度[J]. 光学与光电技术, 2013, **11**(1): 76-80.
- [468] 孙博, 栗金平, 郑建强, 等. 防空导弹红外成像制导引信一体化应用研究[J]. 弹箭与制导学报, 2013, **33**(1): 57-60.
- [469] 黄晨, 王建军, 高昕, 等. 电子稳像中稳像质量评价方法研究[J]. 激光与红外, 2013, **43**(5): 477-481.
- [470] 张勇, 王新赛, 李明明, 等. 鲁棒的车载红外视频电子稳像算法[J]. 强激光与粒子束, 2013, **25**(4): 853-857.
- [471] 曲蔚然, 林岩, 刘洛霞. 基于扫描反射镜的惯性稳像控制系统设计[J]. 电光与控制, 2013, **20**(9): 69-73.
- [472] 王磊, 林宇, 张若岚. 轻小型红外成像稳定平台质心测量方法探究[J]. 红外技术, 2013, **35**(7): 434-438.
- [473] 花文涛, 贾晓洪, 丁海山. 基于粒子群算法的导引头稳定平台控制参数设计[J]. 红外技术, 2013, **35**(8): 507-511.
- [474] 杨瑞龙, 刘爱东. 光电稳定平台中微机械陀螺随机漂移实时滤波算法[J]. 光学与光电技术, 2013, **11**(3): 58-61.
- [475] 李富贵, 夏群利, 蔡春涛, 等. 导引头隔离度对寄生回路稳定性的影响[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(9): 2341-2347.
- [476] 罗大雷, 柳军, 樊登峰, 等. 高超声速导弹激波层对红外导引头影响的数值研究[J]. 战术导弹技术, 2013(3): 98-102.
- [477] 杜磊, 赵剌. 激波辐射对红外成像探测影响的抑制方法研究[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(3): 562-568.
- [478] 丁亚林, 仲崇亮, 付金宝. 高马赫飞行条件下光学窗口数学模型的建立[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(3): 747-751.

- [479] 王亚辉, 王强, 高磊, 等. 高超声速飞行器气动热辐射特性[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(6): 1399-1403.
- [480] 张士杰, 李俊山, 杨亚威, 等. 湍流退化红外图像降晰函数辨识[J]. 光学精密工程, 2013, **21**(2): 514-521.
- [481] 关英姿. 整流罩气动加热对红外成像系统像质的影响[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(2): 290-293.
- [482] 杨近松. 红外导引头光学性能有限元分析[J]. 光电工程, 2013, **40**(2): 105-109.
- [483] 王超, 张新, 王灵杰, 等. 大扫描视场红外椭球形整流罩光学系统设计方法[J]. 红外与毫米波学报, 2013, **32**(3): 259-264.
- [484] 梁强, 许泉, 阳华. 红外头罩电弧风洞试验状态的量化新判据[J]. 上海航天, 2013, **30**(3): 11-15.
- [485] 李明, 祝智伟, 李志辉. 红外热图在高超声速低密度风洞测热试验中的应用概述[J]. 实验流体力学, 2013, **27**(3): 108-112.
- [486] 陈晓娟. 红外空空导弹抗干扰性能验证方法研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(7): 425-429.
- [487] 谢燕武. 红外成像寻的导弹半实物仿真系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2013, **21**(2): 394-395, 420.
- [488] 李慧. 红外成像对抗中导引头伺服系统建模与分析[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2603-2607.
- [489] 党东妮, 高卫, 孙奕帆. 注入式红外捕获跟踪仿真关键技术研究[J]. 激光与红外, 2013, **43**(8): 916-919.
- [490] 王敏, 邹前进, 王彦斌, 等. 红外成像导引头闭环注入式仿真试验可行性分析[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2614-2619.
- [491] 赵西帅, 吴根水, 赵松庆, 等. 红外成像制导半实物仿真目标图像生成技术[J]. 测控技术, 2013, **32**(7): 153-156.
- [492] 魏晓珺, 周海龙, 李艳, 等. 一种便携式红外目标模拟器[J]. 四川兵工学报, 2013, **42**(6): 29-32.
- [493] 卢胜峰. 红外导弹目标模拟系统的实现[J]. 测控技术, 2013, **32**(1): 132-136.
- [494] 姚园, 王德江, 徐正平, 等. 基于 DMD 的红外成像制导目标模拟器研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013, **50**(7): 123-128.
- [495] 姚菲, 刘小明, 张志君. 基于 PID 算法的红外目标模拟器运动控制系统设计与实现[J]. 电光与控制, 2013, **20**(7): 96-98.
- [496] 王锐. 激光红外主被动复合导引系统[J]. 中国光学, 2013, **6**(4): 536-543.
- [497] 黄成功, 吴军辉, 陈前荣, 等. 红外/毫米波复合末制导弹药作战效能仿真评估[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(10): 2702-2706.
- [498] 谢泽峰, 高宏峰, 任亚飞. 基于 UKF 的雷达/红外分布式加权融合算法[J]. 导弹与航天运载技术, 2013(3): 59-62.
- [499] 徐琰珂, 梁晓庚, 贾晓洪. 雷达/红外双模导引头信息融合算法研究[J]. 计算机测量与控制, 2013, **21**(1): 129-132.
- [500] 王国田, 王琦. 舰空导弹红外/雷达探测设备低角跟踪数据融合技术研究[J]. 上海航天, 2013, **30**(3): 19-21, 72.
- [501] 王芳, 邹杰. 基于等权平均压缩技术的雷达/红外传感器融合算法[J]. 科学技术与工程, 2013(23): 6788-6793.
- [502] 叶银芳, 聂建英. 基于多分辨分析的红外/被动毫米波图像主成分融合[J]. 电光与控制, 2013, **20**(9): 6-9.
- [503] 陈彬, 曾兴志, 刘彩虹. 红外制导导弹干扰信号的分析[J]. 电脑与信息技术, 2013, **21**(3): 13-15.
- [504] 钱方, 郭劲, 邵俊峰, 等. 调幅式红外导引头干扰机理[J]. 红外与激光工程, 2013, **42**(6): 1432-1436.
- [505] 李雪, 陈勇, 贾明永. 多元红外双色导引头目标识别技术研究[J]. 红外技术, 2013, **35**(6): 373-376.
- [506] 李丽娟, 白晓东, 刘珂. 空空导弹双色红外成像制导关键技术分析[J]. 激光与红外, 2013, **43**(9): 1036-1039.
- [507] 董凤珍, 曾宪伟, 张安旭, 等. 雷达/红外双模导引头抗箔条干扰研究[J]. 火力与指挥控制, 2013, **38**(3): 53-57.
- [508] 许友平, 吴庆宪, 姜长生, 等. 基于支持向量机的红外成像导引头抗干扰性能评估方法[J]. 电光与控制, 2013, **20**(12): 6-9.