

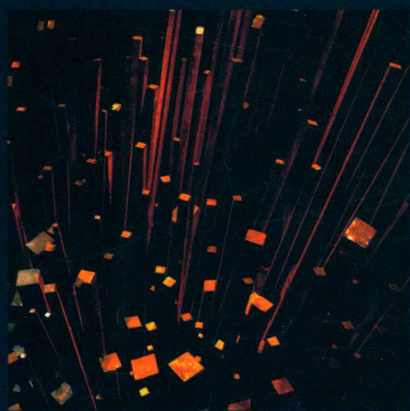
+

PICTURE

HONGWAI TUXIANG ZENGQIANG JISHU YU FANGFA

# 红外图像增强技术与方法

孙士保 著



中国原子能出版社



# 红外图像增强技术与方法

孙士保 著



中国原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

红外图像增强技术与方法 / 孙士保著. --北京:  
中国原子能出版社, 2019.7  
ISBN 978-7-5022-9939-2

I. ①红… II. ①孙… III. ①红外图像—图像处理—  
研究 IV. ①TN911.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 168902 号

### 内 容 简 介

本书对红外图像增强技术与方法进行了系统研究,主要包括:红外图像的噪声消除方法、红外图像增强技术与方法的研究现状、红外图像消噪的非局部正则化方法、红外图像消噪的改进非局部正则化方法、红外图像预处理、红外图像的统计特征分析、红外图像增强方法、一种自适应红外图像增强算法等。本书论述严谨,条理清晰,内容丰富新颖,是一本值得学习研究的著作。

#### 红外图像增强技术与方法

---

出版发行 中国原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100048)  
责任编辑 张 琳  
责任校对 冯莲凤  
印 刷 三河市铭浩彩色印装有限公司  
经 销 全国新华书店  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 9.25  
字 数 166 千字  
版 次 2020 年 3 月第 1 版 2020 年 3 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5022-9939-2 定 价 52.00 元

---

网址: <http://www.aep.com.cn> E-mail: [atomep123@126.com](mailto:atomep123@126.com)  
发行电话: 010-68452845 版权所有 侵权必究

# 前 言

红外热成像技术是红外技术与成像技术相互融合的产物。红外探测技术以其被动式和全天候探测等得天独厚的优势,被广泛地应用于遥感探测、导弹成像制导、医疗卫生、交通运输、视频监控、工业检测和科学研究等领域。

红外热图像所显示的是目标物和其所处场景的温度分布情况,并没有色彩和阴影,它是一种灰度图像。与其他图像相比,其分辨率较低,没有立体感,分辨的潜力较差;又由于光波波长长、环境的热平衡、传输距离远和大气衰减较严重等因素,使得红外图像产生对比度普遍较低、视觉效果不清晰、空间相关性较强等特性;同时,红外热成像受外界的随机干扰和红外热像仪本身的不完善造成红外图像的信噪比较其他可见光电视图像要低得多。此外,由于场景中目标与背景的温差相对较小,使得红外图像不像可见光图像那样具有丰富的层次。红外图像区别于可见光图像的最显著特点就是“高背景低反差”,也即背景辐射所占据的动态显示范围较大而目标辐射所占据的范围较小。这些外界的因素和红外成像系统自身的局限造成了红外图像的分辨率差、目标物不清晰等特点。

为了能达到对红外热成像系统所成图像的增强等预处理效果,除了投入巨资不断地提高红外焦平面阵列和光路等元器件的研制和生产工艺水平之外,另一个比较经济有效的技术途径就是利用计算机等辅助工具进行图像处理算法的研究,从而能够实现同等效果下大幅度提高红外热像系统性能的目的。

本书由长期从事教学与科研的教师和具有实际项目经验的工程技术人员编写。全书由孙士保教授任主编,孙沛硕负责噪声处理部分、段建辉负责红外图像预处理部分、完颜丹丹负责红外图像增强部分。此外,本书在编写过程中得到了洛阳(凯迈)电子测控有限公司的实验数据支持、参阅并引用了国内外诸多同行的文献,在此向他们致意。

由于作者学术水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2019年5月16日

# 目 录

<b>第 1 章 红外图像的噪声消除方法研究</b> .....	1
1.1 课题的研究背景与意义 .....	1
1.2 红外热成像技术概述 .....	3
1.3 本章小结 .....	7
<b>第 2 章 红外图像增强技术与方法的研究现状</b> .....	8
2.1 引言 .....	8
2.2 红外图像的特征分析 .....	9
2.3 红外图像预处理 .....	13
2.4 红外图像增强算法研究现状 .....	15
2.5 本章小结 .....	18
<b>第 3 章 红外图像消噪的非局部正则化方法</b> .....	19
3.1 非局部正则化图像消噪的基本原理 .....	19
3.2 红外图像消噪的非局部正则化方法 .....	21
3.3 实验结果及分析 .....	25
3.4 本章小结 .....	28
<b>第 4 章 红外图像消噪的改进非局部正则化方法</b> .....	29
4.1 图像消噪的改进迭代非局部正则化方法 .....	29
4.2 基于方向信息测度的非局部正则化方法 .....	41
4.3 本章小结 .....	51
<b>第 5 章 红外图像预处理</b> .....	53
5.1 引言 .....	53
5.2 红外目标图像预处理方法 .....	54

5.3	一种基于局部梯度的自适应高斯滤波方法	67
5.4	本章小结	78
<b>第6章</b>	<b>红外图像的统计特征分析</b>	<b>80</b>
6.1	数字图像的数学表示	80
6.2	红外数字图像的对比度和空间分辨率	82
6.3	红外图像直方图	82
6.4	本章小结	86
<b>第7章</b>	<b>红外图像增强方法研究</b>	<b>87</b>
7.1	图像增强的研究内容和增强算法的基本分类	87
7.2	红外图像增强的基本算法	88
7.3	红外图像增强基本算法分析	100
7.4	本章小结	101
<b>第8章</b>	<b>一种自适应红外图像增强算法研究</b>	<b>102</b>
8.1	分段线性变换	103
8.2	自适应双阈值增强算法	105
8.3	直方图灰度等间距均衡处理	108
8.4	对图像增强算法的定量评估	109
8.5	实验结果及分析	110
8.6	本章小结	112
<b>第9章</b>	<b>一种基本双阈值的红外图像自适应增强算法</b>	<b>114</b>
9.1	平台直方图均衡化	115
9.2	一种基于双阈值的红外图像自适应增强方法	119
9.3	实验及其结果分析	125
9.4	本章小结	130
	<b>参考文献</b>	<b>131</b>

# 第 1 章 红外图像的噪声消除方法研究

## 1.1 课题的研究背景与意义

著名的英国天文学家 F. W. Herschel 于 1800 年在使用普通温度测量计测量太阳光谱以研究太阳光谱的热效应时,偶然发现在红色光以外的光波位置上所产生的热效应最大,由此第一次发现了太阳光谱中还存在着一些看不见的辐射能。由于这些看不见的光在红色可见光之下,所以当时的人们称它们为红外线,也即 Infrared(IR)。如今我们已经知道,红外线与无线电波、可见光等均属于电磁辐射。红外线的辐射波长范围介于微波与红光之间,约为  $0.75\sim 1\,000\ \mu\text{m}$ 。任何温度在绝对零度以上的物体,其自身的分子和原子都会产生一些无规则的运动,并且不停地向外部辐射红外热能,这种热辐射能量的大小和物体表面的温度直接相关。物体表面温度越高,这种无规则的运动就会越剧烈,则该物体的热辐射能量就越大;反之亦然,也即物体表面温度越低,这种无规则的运动就比较轻微,其热辐射能量就越小<sup>[1,2]</sup>。

一般情况下,在电磁波谱的那些可见光波段范围内的光能被人的视觉所感知,但是那些不可见光,如 X 射线和微波等在正常环境中是不能被人眼所感知的。但是随着社会和科学技术的发展,新的成像手段、成像设备和成像技术也是不断发展创新。到目前为止,整个电磁波谱上的所有的不可见光几乎都能通过一定的成像设备和技术被人眼所感知,如红外成像技术及其相匹配的设备等。这些新技术和新设备使人们看到的更多、视线更远和视野范围更广,这些技术已经被广泛地应用到军事和人民生活之中,并发挥了巨大的作用,影响着人们的生活。

在整个波谱上,红外线波段位于可见光和微波之间,为人眼视觉所不能感知,其波段约为  $0.76\sim 1\,000\ \mu\text{m}$ 。为便于理解,习惯上人们通常将红外波谱划分为以下几个波段:远红外波段( $14\sim 1\,000\ \mu\text{m}$ );热红外波段( $8\sim 14$

$\mu\text{m}$ ); 中红外波段 ( $3 \sim 8 \mu\text{m}$ ); 短红外波段 ( $1.3 \sim 3 \mu\text{m}$ ); 近红外波段 ( $0.76 \sim 1.3 \mu\text{m}$ )。

在红外波段上,并不是所有的红外波谱辐射传输探测都是有效的,在大气传输中,波段范围不同的红外辐射的衰减特性是不相同的,在红外波谱上存在着若干个大气衰减比较弱的波段,也即大气透射率比较高的红外光谱波段,在这个波段范围内的波段人们称其为“大气窗口”。因此只有处于“大气窗口”范围之内的红外辐射探测才能比较有效地传输。为了方便红外技术的研究工作,通常将大气窗口大致划分为以下三个波段:第一种是红外辐射探测波段为  $1 \sim 3 \mu\text{m}$ ,属于短红外波段的大气窗口,简称短波;第二种是  $3 \sim 5 \mu\text{m}$  的中红外波段,简称中波;第三种是  $8 \sim 14 \mu\text{m}$  的波段,有的文献中也将此波段称为长红外波段(Long Infrared)简称为长波(LIR)。一般情况下,红外探测器的材料选择、探测器的设计和制造及整机系统设计和应用均是基于这三个大气窗口的划分及应用而发展起来的<sup>[3]</sup>。

根据工作方式的不同,红外成像技术大致可分为两类:一类是主动式红外成像技术,主要是指首先用红外辐射源照射物体,然后再利用被反射的红外辐射照射物体成像的工作方式;另一类是被动式红外成像技术,主要是指不需要人工的照明,仅靠目标物本身与所处背景的辐射不同来成像的工作模式。被动式的红外成像技术反映了被拍摄或被观测场景中目标与背景之间存在的不同辐射的温度差别,主要包含了被摄或被测景物中的温度信息。因此,被动式红外成像技术通常又被称作红外热成像技术,简称热像技术。

红外热成像技术是一种利用红外探测器和光学成像物镜接受在一定距离的被测目标的红外辐射能量分布图形,反映到红外探测器的光敏元件上后,获得红外热像图,这种热像图与物体表面的热分布场相对应。由于红外热成像技术是一种非接触式的检测技术,不需要红外辐射源就可以很容易地检测到目标发出的不可见热辐射,反映的是景物中的不同辐射的温度差别,所以其对目标背景温差有极强的敏感性(可探测到  $0.1 \sim 0.05^\circ\text{C}$  的温差),对云雾等恶劣气候有较强的穿透性,并且其探测手段具有隐蔽性。

红外探测技术从最早的主动式红外探测发展到被动式红外探测、由点源红外探测器发展到多元式红外探测器和焦平面凝视成像红外探测器,经历了一个快速发展的过程。伴随着该项技术的快速发展创新,红外探测器的成本大幅下降,技术日趋成熟和稳定,应用领域也日益增多。由原来仅仅应用到国防军事、高科技的科研方面,发展到安全防盗、机械设备的故障检测、遥感探测和无损探测等众多领域,其不仅在高精端的国防和科研方面得

到广泛应用,也已被广泛地应用到人们生活的方方面面。

红外系统由很多不同功能的模块组成,包括检测、跟踪、识别等。整个系统中最最重要的一个环节就是检测。因为检测是后续跟踪和识别的基础,虽然现在一些方法将检测与跟踪结合起来并行执行,但从实际应用上看,一般仍以检测为前提,这主要是因为有效的检测率能够大幅降低后续跟踪和识别处理的数据量,这对提升整个系统性能有十分重要的意义。然而,通常红外采集场景会存在很多系统内和外界环境杂波和噪声干扰,这给正确检测出目标增加了困难。

红外图像有对比度低、边缘不清晰、信噪比低及成分复杂等不足之处。而随着信息技术的飞速发展及其在军事方面的广泛使用,复杂的战场环境里目标的机动性和灵活性不断得到提高,同时伪装与隐身能力也不断增强,再加上大气的热辐射和远作用距离及探测器的噪声等方面的影响,使成像传感器能探测到的目标部分细节有较小的灰度差别,尤其是当检测到的信号相对较弱、背景存在非平稳起伏的干扰时,大量的杂波和噪声可能会淹没目标边缘,由此造成图像的信噪比减小及形状和结构的信息缺少,让目标的检测识别变得更不容易<sup>[5]</sup>。因此,研究探索一些新的目标检测算法、噪声消除方法以及将这些算法应用到实际工程中依然是一项非常重要的课题。

## 1.2 红外热成像技术概述

红外热成像技术是红外技术与成像技术相互融合的产物。红外图像和可见光图像之间存在较大的区别,所以分析红外热成像的主要原理、主要特征及其在相关领域中的应用具有重要的现实意义。

### 1.2.1 红外热成像的基本原理

因为人眼不能感知 $0.4\sim 0.7\ \mu\text{m}$ 波段之外的光,所以在夜里没有自然可视光照射的情况下,人眼不能看到周边景物。红外热成像系统可以把自然景物不同部分的温度差别和发射率的差别转变成电信号,然后将此不常见的电信号转变为可视光图像,使人眼在夜里和白天一样看东西。此成像转变技术,被称作热成像技术,它的装置叫作热像仪(也称红外传感器)。这是一类二维热图像成像装置,它的系统通过目标和环境间因为温度辐射和发射率的不同而产生的热对比度的差异,把红外辐射能量密度分布检测并

显现出来<sup>[6]</sup>。

红外图像是如何成像的呢？对于动态目标、静态目标以及背景等不同的场景来说，当它们的红外辐射被红外探测器接收后，就映射成不同的灰度值，然后再转变为红外图像。一般来说，图像中的灰度值跟场景中对应部分的辐射强度成正比。因此从成像机理方面来看，红外图像与可见光图像存在着明显的差异。此外，影响成像的因素还表现在大气的状态方面，譬如大气辐射、环境辐射以及辐射在传输过程中的减少等，对成像的结果都有一定的影响。红外辐射的波长不相同，它在大气中的透射率也会千差万别。我们研究的红外成像，目前仅限于 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ 与 $8\sim 14\ \mu\text{m}$ 两个窗口。

光学系统和红外探测器以及视频信号的放大器这三个部分构成了红外传感器。红外传感器是经红外辐射（不同的干扰辐射、目标以及背景）由大气的衰减而进入其中的光学系统，红外辐射通过光学系统完成聚焦后到达红外探测器，它成为红外成像系统中的核心部件，担负着把辐射通量转变为电信号的用途。探测器进行输出的电信号非常微弱，一定要由视频信号的放大器进行放大处理后，最终把电信号转变成显示器中显示的灰度图像<sup>[7]</sup>。图 1-1 就是红外成像系统中的成像工作流程。

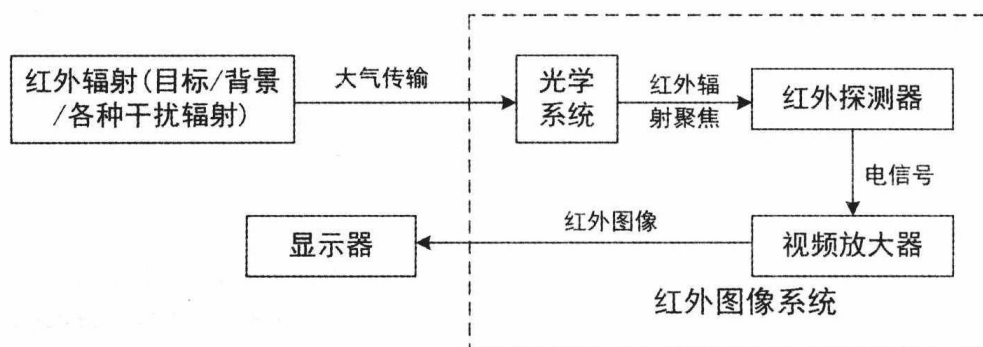


图 1-1 红外成像系统的成像工作流程

在红外成像系统中，红外成像探测器的成像类别有红外光学机械扫描成像以及红外凝视焦平面阵列式成像<sup>[8]</sup>。

### 1. 红外光学机械扫描成像

光学机械扫描成像的扫描路径是逐行完成的，跟大家平时的阅读习惯相似。红外探测器“视线”的摇摆是通过光学镜头与精密机械的协调完成的。所以，该成像技术被称为光学机械扫描成像。这种成像的形式又可以分成多种，但这些形式的基本原理是相同的。

红外光学机械扫描成像方式有两个不足之处:首先是扫描过程繁琐,稳定性不好,容易受到破坏;另外是成像时间长,只能跟随速度慢的物体。故此,在20世纪70年代产生了一种新型的也是当今最受人们重视的红外凝视焦平面阵列式成像方式。

## 2. 红外凝视焦平面阵列式成像

“单元探测器”中的数量在焦平面阵列时增加很多,能够同时记录所有的视场背景,产生视场中的红外成像。而目标空间中的分辨像素可在镶嵌成的阵列直接成像,同时面阵里每一个探测元和物空间中相应的单元相互对应,所有的面阵对应所有的被观察背景空间。焦平面阵列式成像和照相成像方式的原理相似,同时把所有目标空间全部录到胶片中,或录到固态成像的装置中。利用采样的接受技术,把面阵不同探测元中接收到事物的信号逐个送出。使用面阵的探测器进行大面积的摄像,同时经过采样后对图像完成分割的办法被称作固态自扫描系统,或者称为凝视(Staring)系统。该系统对热成像技术造成了深远的影响,从而产生新一代的体积小、性能好、功耗小、无光机扫描和无电子束扫描的系统即红外成像。

### 1.2.2 红外热成像的基本特征

红外图像不仅具有自身所独有的特征,还与可见光图像存在根本的差别<sup>[9-10]</sup>。红外图像显示事物的红外辐射情形,大部分取决于事物发射率与温度分布,根据大背景辐射过程中事物不同部分不太强的辐射变化而形成灰度波动。

(1)可见光图像与红外图像的成像过程不一样。可见光图像根据物体反射率的差异进行成像,是主动成像。红外图像根据物体的温度不同或辐射率的不同进行成像,是被动成像。

(2)可见光图像与红外图像对同一景物的灰度差别显著。可见光图像中的灰度比红外图像中的灰度结构清晰。譬如说,红外图像的道路与河流大部分表现的灰度值相同,而可见光图像中表现的灰度值不同。

(3)可见光图像和红外图像之间的边缘特性不一样。红外图像中的边缘没有可见光图像中的边缘“陡”,并且边缘结构非常简单。另外,对于相同的景物,红外图像和可见光图像对比其边缘有着缺失与偏移的情况。

(4)可见光图像和红外图像之间的纹理特性不一样。可见光图像可以反映出事物表面的详细纹理信息,但红外图像对事物却不能较好地反映景物表面的纹理细节信息。

(5) 红外图像和可见光图像之间的像素关联性不一样。真实事物图像中的像素间有着一定的关联性。可见光图像中的关联长度比同一事物中的红外图像关联长度短一些。它和红外图像中的低频因素较多相关。

同时与之相关的研究显示, 红外图像本身具有以下一些特点。

(1) 太阳辐射会对红外成像产生一些影响。红外图像的效果白天比夜间更好。产生这一现象是由于地面景物在白天对太阳产生的红外辐射会有反射作用, 各种质地的物体会对太阳辐射时产生不同的吸收与反射, 使物体间有比较大的发射率与温度分布差别, 因此景物的细节很清楚; 但夜间景物的热辐射要靠本身的温度完成, 并且夜间物体间温度因热平衡基本上会保持一致, 使物体间的发射率与温度分布差别不大, 从而造成图像的细节不清楚。

(2) 红外图像中整个灰度的分布较集中且低。这个特点是因红外探测器能够探测较大的温度范围但实际事物的温度比它的探测范围小得多, 实际事物中温度的分布差别不大, 所以事物的红外图像中整个灰度的分布较集中且低。

(3) 红外图像具有不高的信噪比。产生这个特点的原因是红外图像有很多噪声来源。譬如, 大自然中分子产生的热运动, 能让红外成像的系统本身引入不少的噪声, 所以, 红外图像产生的信噪比不高。故在分析其噪声来源时, 红外图像所进行的消噪处理成为红外图像处理过程中重要的环节<sup>[11]</sup>。

(4) 红外图像具有不高的对比度。因景物与周围环境存在热交换、空气热辐射以及吸收, 所以自然状态下不同景物间的温度差异不明显, 红外图像里景物和背景间的对比度不高。

(5) 红外传感器取得相邻的两帧图像间的差异小。产生这个特点的原因是如果红外图像的摄取帧速在 25~30 fp/s 范围内, 景物显示的辐射分布变化不大, 这使逐帧分析景物特征以及对景物定位有了一定的保障。

由红外图像以上的特点及各国的研究表明, 红外图像在预处理方面可以开展红外图像的非均匀校正、红外图像的噪声消除、红外图像的对比度增强三个方面的工作。

### 1.2.3 红外热成像技术的应用

红外热成像技术不同于可见光成像技术, 前者是利用景物的红外辐射强度分布来完成对景物的成像, 将我们不能看见的红外光转为可视图像。近年来热成像技术发展迅速, 已经在军事和国民经济领域有着越来越

越广泛地应用。由于红外线是位于可见光中红色光外的光线,是一种人眼看不见的光线,于是红外热成像技术的发展扩展了人眼的视觉技能,能够看到更多自然光下不能呈现的景物<sup>[12]</sup>。与雷达系统对比,红外的波长较短,能得到的目标图像有非常高的分辨率。同时依靠目标与背景间存在的温差与辐射率差进行探测,具有识别伪装目标的能力,且可见光具有一定辨别真伪的能力。红外辐射透过雾、霾的能力与可见光相比较强,因此红外热成像能克服局部视觉上的障碍探测到目标,抗干扰能力较强。

基于以上优点,红外热成像技术已被广泛应用于遥感探测、导弹成像制导、医疗卫生、交通运输、视频监控、工业检测和科学研究等领域。这里以红外热成像技术在遥感探测、医疗卫生和交通运输中的具体应用为例来说明其重要性。

(1)遥感探测。资源遥感卫星,地球观测卫星等充分利用红外热成像技术进行灾害预警、天气预报、农作物产量评估和植被监控等,产生了巨大的经济效益,并推动科学技术的不断发展<sup>[13]</sup>。

(2)医疗卫生。正常人体表温度的分布具有一定规律,而人体的某些部分如果发生了病变,将导致体表温度的分布发生变化。利用红外热成像技术就可以迅速发现这种病症,对寻找病因和早期治疗有着很大的帮助。

(3)交通运输。红外热成像技术已广泛应用于列车、船舶和车辆等交通运输工具中。安装有热成像仪的列车可以在恶劣气象条件下发现道路上的障碍物,避免事故的发生。安装有热成像仪的船舶在有雾的水面上行驶时,可有效地避开其他船舶对自身通航安全的影响,或避免自身进入其他船舶航行的安全领域。对于装有热成像仪的车辆,可保证其在有雾的路况上安全行驶,有效避免“追尾”等安全事故的发生<sup>[14]</sup>。

### 1.3 本章小结

本章主要介绍了红外图像增强技术的研究背景、意义,红外热成像的基本原理、特征以及红外热成像技术的应用。

红外热成像利用景物的红外辐射强度分布来完成对景物的成像,将我们不能看见的红外光转为可视图像。红外热成像技术已广泛应用到国防军事、安全防盗、机械设备的故障检测、遥感探测、无损探测、医院卫生、交通运输等领域。

## 第 2 章 红外图像增强技术与方法的研究现状

### 2.1 引言

红外探测技术以其被动式和全天候探测等得天独厚的优势,被广泛地应用于军事和民用领域,但成像传感器探测到的目标的局部细节的灰度值差异不大,特别是在检测到的信号相对较弱、背景有非平稳起伏干扰的情况下,目标边缘有可能被大量噪声所淹没,降低红外图像的可读性。实际应用中,为消除红外图像的噪声常常使用维纳滤波和局域滤波等方法。但这些方法并不能有效地复原信噪比较低的红外图像,目前小波变换已成为红外图像噪声消除的主流方法,并表现出广阔的应用前景。

红外热图像所显示的是目标物 and 其所处场景的温度分布情况,并没有色彩和阴影,它是一种灰度图像。因此相对于人眼的观测,与其他图像相比,其分辨率较低、没有立体感、分辨的潜力较差;因为光波波长长、环境的热平衡、传输距离远和大气衰减较严重,使得红外图像的对比度普遍较低、视觉效果不清晰、空间相关性较强;同时,红外热成像受外界的随机干扰和红外热像仪本身的不完善造成红外图像的信噪比较其他可见光电视图像要低得多。此外,由于场景中目标与背景的温差相对较小,使得红外图像不像可见光图像那样具有丰富的层次。红外图像区别于可见光图像的最显著特点就是“高背景低反差”,也即背景辐射所占据的动态显示范围较大而目标辐射所占据的范围较小。这些外界的因素和红外成像系统自身的局限造成了红外图像的分辨率差、目标物不清晰。这些红外图像的缺点决定了后续对目标的识别、检测和跟踪等工作比较麻烦,所以那些对红外图像目标对比度的增强和降噪等一些处理工作是很有必要的。经过处理后的红外图像,其显示的有用信息(目标)更加突出,而一些无用的信息则被减弱或去除<sup>[15]</sup>。

因此就现在的发展现状,红外热成像系统优异的性能和特点并没有被充分的体现和发挥。红外图像的成像质量决定了这项技术在各个领域的具

体应用。所以,那些对红外图像作增强等预处理的研究是至关重要的。随着红外成像技术的快速发展和应用推广,对红外图像增强的一些预处理技术越来越成为了研究人员的研究重点。

为了能达到对红外热成像系统所成图像的增强等预处理效果,除了投入巨资不断地提高红外焦平面阵列和光路等元器件的研制和生产工艺水平之外,另一个比较经济有效的技术途径就是利用计算机等辅助工具进行图像处理算法的研究,从而能够实现同等效果下大幅度提高红外热像系统性能的目的。因此,对热图像预处理算法的研究也成为目前大多数红外热像系统必不可少的配套技术。因此,目前世界各国在努力开展红外热像系统性能研究的同时,也在积极地投入大量人力物力进行红外热像的增强和去噪等预处理技术的研究<sup>[16]</sup>。

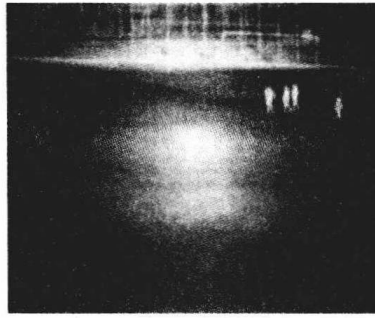
在实际应用中,因为红外传感器自身的局限和不足,使红外图像较一般的可见光图像或电视图像对比度差、而且由于传输距离较长和大气的衰减等因素也使红外图像的信噪比和对比度普遍较低,从而使红外图像不能更加清晰和完整的显示目标信息。为了使红外图像更好的应用于人民生活、军事和科研领域,对红外图像质量的提高是势在必行的。故本课题的研究既有一定的理论价值又有相当的实际应用前景。

## 2.2 红外图像的特征分析

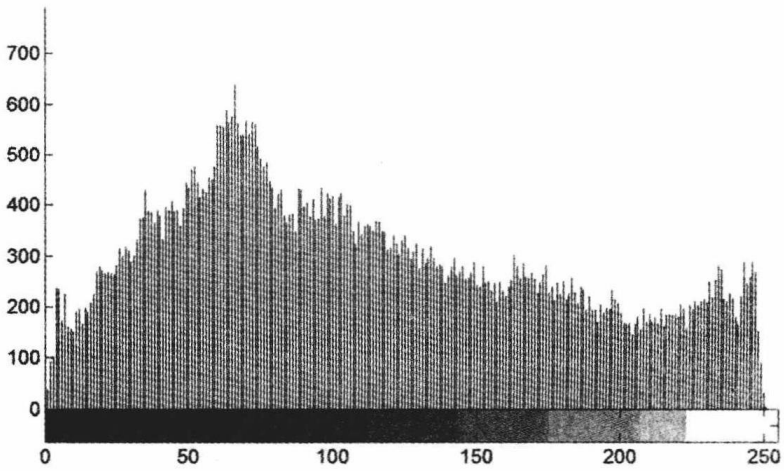
### 2.2.1 红外图像的像素统计分析

有关自然图像的像素及其梯度统计特征已得到广泛的研究,并已取得了很多的研究成果,被广泛地应用于图像的去模糊和去噪中,促进了图像复原质量的提升。虽然红外图像已被多数发达国家应用于军事侦察、监视和制导等军事领域,在民用方面也取得了长足的发展。但红外图像不同于可见光图像,有其自身的固有特征。对于红外图像像素及其梯度统计特征的研究并不多见,虽然红外图像不如自然图像那样具有丰富的纹理细节信息,但为了红外图像的进一步处理和分析,红外图像的像素统计分析并不可少<sup>[17]</sup>。

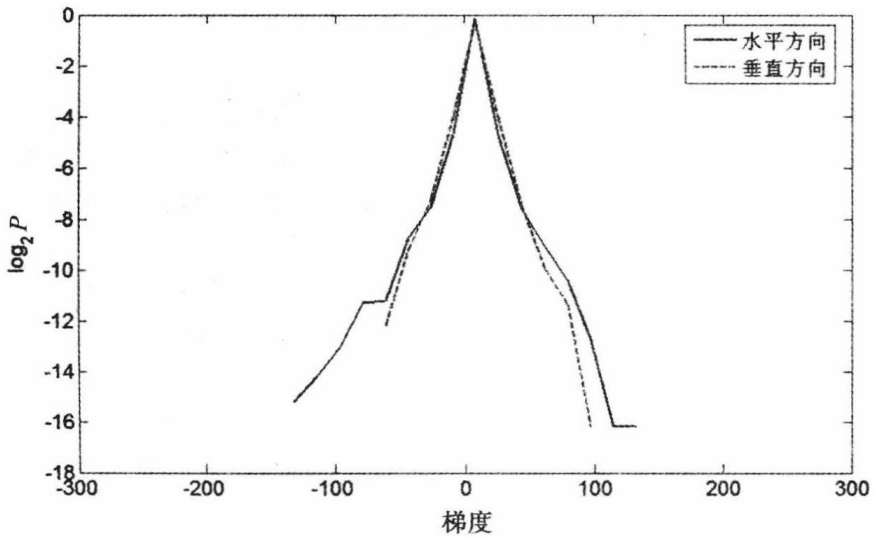
如图 2-1 和图 2-2 所示,不同红外图像的灰度直方图是不相同的,但不同图像在  $x$ 、 $y$  方向的梯度值却有相似之处。在图 2-1(c)和图 2-2(c)中,红外图像的梯度值分布范围较窄,主要集中于-100 和 100 之间,且梯度值为 0 的像素点最多,这点和自然图像是类似的,说明红外图像和自然图像中的平滑区和小纹理细节居多。可以根据图 2-1 和图 2-2 两幅图所表现出的性质,来研究红外图像的像素点所具有的特点。



(a) 红外图像 Infrared\_1

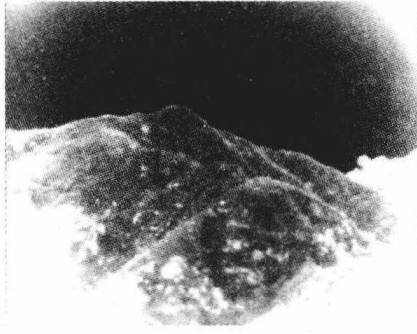


(b) 灰度直方图

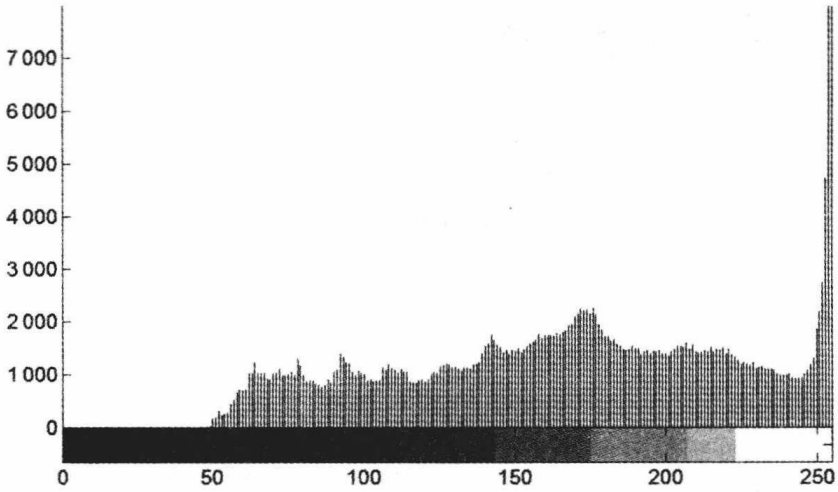


(c) 梯度分布曲线

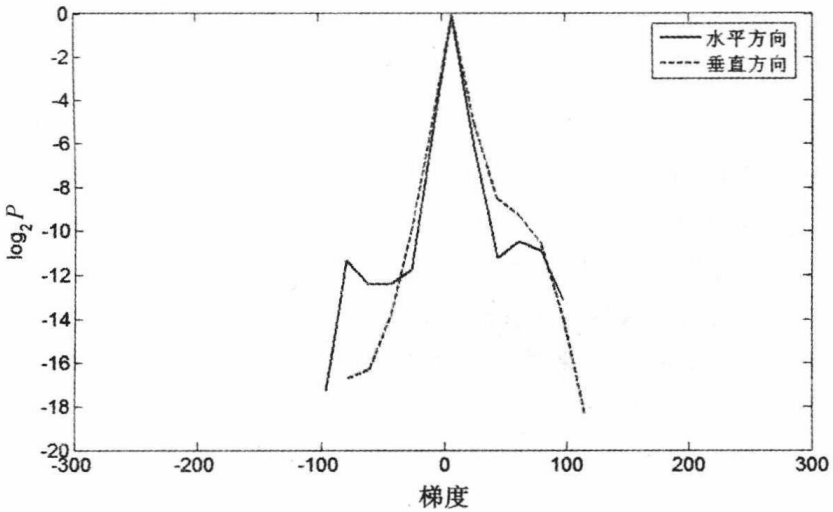
图 2-1 红外图像 Infrared\_1 的灰度与梯度分布情形



(a) 红外图像 Infrared\_2



(b) 灰度直方图



(c) 梯度分布曲线

图 2-2 红外图像 Infrared\_2 的灰度与梯度分布情形

根据上述分析过程和两幅图所表现出的性质,红外图像的像素点具有