



国家科学技术学术著作出版基金资助  
“十二五”国家重点图书  
中国科学技术研究领域  
高端学术成果出版工程

# 雷达目标 识别

庄钊文 王雪松 黎 湘 著  
肖顺平 付 强 粟 毅

高等教育出版社

# 雷达目标识别

LEIDA MUBIAO SHIBIE

“十二五”  
国家重点图书

中国科学技术  
研究领域  
高端学术成果  
出版工程



国家科学技术  
学术著作  
出版基金资助

庄钊文 王雪松 黎湘 肖顺平 付强 粟毅 著

高等教育出版社·北京

## 图书在版编目(CIP)数据

雷达目标识别/庄钊文等著. --北京:  
高等教育出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-04-040675-7

I. ①雷… II. ①庄… III. ①雷达目  
标识别-研究 IV. ①TN959. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)  
第 158971 号

策划编辑 冯英

责任编辑 冯英

封面设计 张志奇

插图绘制 黄建英

责任校对 杨凤玲

责任印制 毛斯璐

出版发行 高等教育出版社

咨询电话 400-810-0598

社址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100120

印刷 北京中科印刷有限公司

开本 787 mm×1092 mm 1/16

印张 35

字数 680 千字

购书热线 010-58581118

网址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landraco.com>

<http://www.landraco.com.cn>

版次 2015 年 1 月第 1 版

印次 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价 98.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问  
题, 请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 40675-00

## 作者简介



庄钊文，1958年生，福建南安人。博士，教授，长期从事雷达目标识别等领域教学和科研工作。主持完成“973”国家安全重大基础研究项目、国家自然科学基金重点项目、国家杰出青年科学基金项目、“863”重大专项等多项科研项目；获国家科技进步二等奖4项，军队及部委级科技进步一等奖9项、二等奖5项，何梁何利基金奖和全军专业技术重大贡献奖；出版专著、教材7部，在国内外期刊发表论文100余篇。



王雪松，1972年生，内蒙古包头人。博士，教授，长期从事雷达目标识别、新体制雷达技术领域教学和科研工作。完成了国家自然科学基金、总装探索研究、“973”国防预研等多项科研项目；获国家科技进步二等奖1项、军队科技进步一等奖3项，被评为第四届全军十大学习成才标兵；博士论文被评为全国优秀博士论文，入选教育部新世纪优秀人才支持计划，获得霍英东高等学校青年教师（研究类）奖；出版专著、教材5部，在国内外期刊发表论文100余篇。

## 内容简介

本书是“十二五”国家重点图书、中国科学技术研究领域高端学术成果出版工程著作。

本书阐述了雷达目标识别的相关理论和应用，包括作者近年来从事雷达目标识别研究的成果、体会以及国内外同行的研究进展。本书共7章，第1章介绍雷达目标识别的研究进展，第2章到第7章对雷达目标极化识别、雷达目标宽带识别、雷达目标超宽带识别、雷达目标微动识别、雷达目标融合识别等方面的理论与技术以及雷达目标识别效果评估等6个方面深入地进行探讨。

本书主要供从事雷达系统研究、设计与试验的科技工作者参考，也可作为高等院校电子信息类专业的教学用书。

# 前 言

在精确制导、空间监视、战场感知、防空预警等诸多涉及国家安全和军事实力的应用领域中，目标识别是决定武器系统作战效能的核心技术之一，也是长期制约武器系统信息化发展的瓶颈问题。雷达以其全天时、全天候、作用距离远等独特的技术优势，成为主要的战场传感系统，是实现目标识别的主要技术手段之一。几十年来，随着天线与微波技术、现代信号处理技术、计算机技术等迅猛发展，现代雷达系统已经具备了全极化、高分辨、相参、组网等能力，能够获取的目标信息也愈加丰富。如何从电磁波承载的目标信息中获得对目标特征的描述，充分挖掘现代雷达系统的目标识别潜力，成为研究人员和雷达工程师迫切需要解决的问题。

本书是作者所在的科研团队在雷达目标识别领域进行长期深入研究的成果，反映了近二十年来集体智慧的结晶。书中围绕雷达系统的目标识别技术，从极化识别、宽带识别、超宽带识别、微动目标识别、融合识别、识别评估等多个方面，系统地阐述本团队的研究成果，可为雷达目标识别的理论研究提供借鉴，也可为雷达目标识别系统的研制开发提供参考。

本书共7章，第1章介绍雷达目标识别的研究进展；第2章介绍雷达目标极化识别，主要包括雷达目标极化特征与表征、雷达目标窄带和宽带极化识别；第3章介绍宽带雷达目标识别，主要包括宽带识别基础理论、基于高分辨距离像和参数估计的特征提取、高分辨距离像分类算法、基于散射中心模型的距离像识别；第4章介绍超宽带雷达目标识别，主要包括超宽带识别基础理论、基于极点特征和目标整体散射回波的超宽带雷达目标识别；第5

章介绍雷达目标微动识别, 主要包括目标微动特征提取基础、理想/非理想散射情况下目标微动特征提取、双基地雷达目标微动特征提取、极化雷达目标微动特征提取、基于微动特性的中段目标弹头 ISAR 成像技术; 第 6 章介绍雷达融合目标识别, 主要包括基于模糊积分、证据理论、神经网络的融合目标识别; 第 7 章介绍雷达目标识别效果评估理论与技术, 主要包括雷达目标识别效果的评估指标、评估模型、评估工作流程及评估实例。

本书第 1 章由庄钊文、王雪松执笔, 第 2 章由王雪松、肖顺平、李永祯、徐振海、常宇亮执笔, 第 3 章由付强、肖怀铁、周剑雄执笔, 第 4 章由粟毅执笔, 第 5 章由王雪松、刘永祥、庄钊文、刘进、李康乐、艾小锋、王涛、霍凯执笔, 第 6 章由付耀文、杨威执笔, 第 7 章由黎湘、庄钊文、王宏强、李彦鹏执笔。

本书的出版获得“国家科学技术学术著作出版基金”资助, 在此表示衷心感谢。向本书参考文献的有关作者致以诚挚的谢意。

本书主要供从事雷达系统研究、设计与试验的科技工作者参考, 也可作为高等院校电子信息类专业的教学用书。由于雷达目标识别的新理论、新方法不断涌现, 加上作者水平有限, 书中错漏之处在所难免, 敬请读者批评指正。

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120



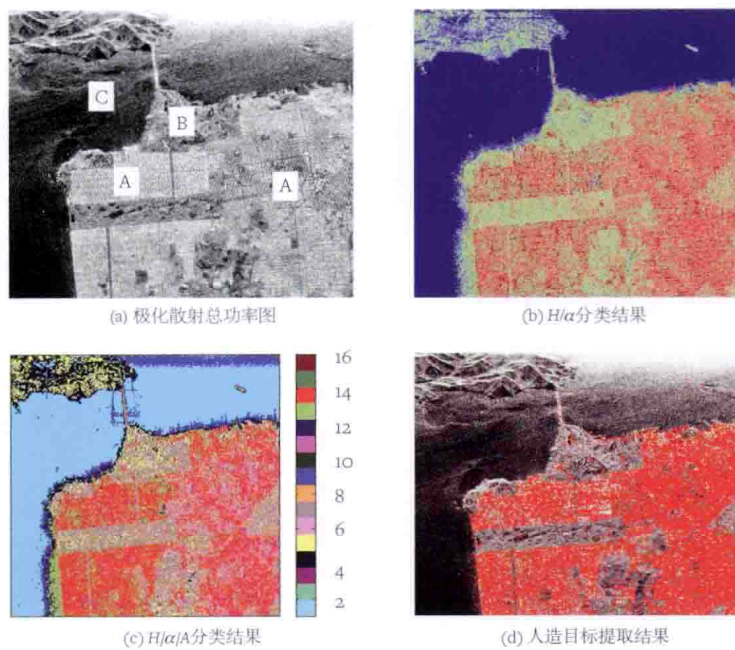


图 1-6 基于 AIRSAR 全极化数据的人造目标提取



(a) 目标光学照片

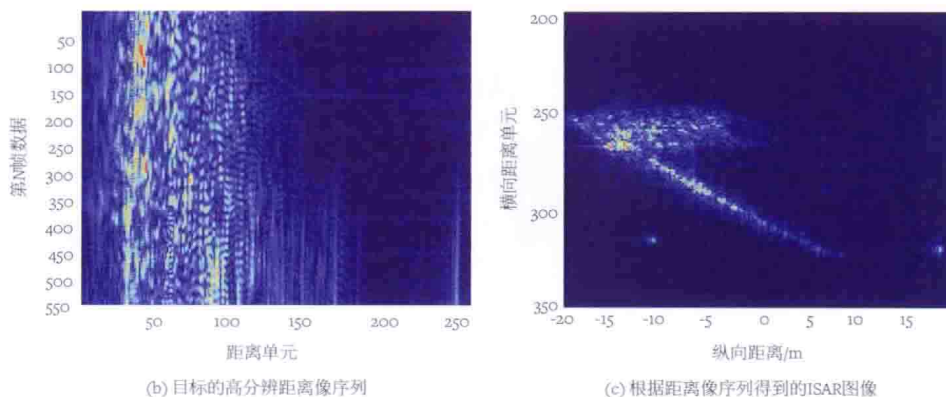


图 1-11 船目标的高分辨距离像和 ISAR 图像



图 1-16 卡车车轮转动引起的微多普勒特征

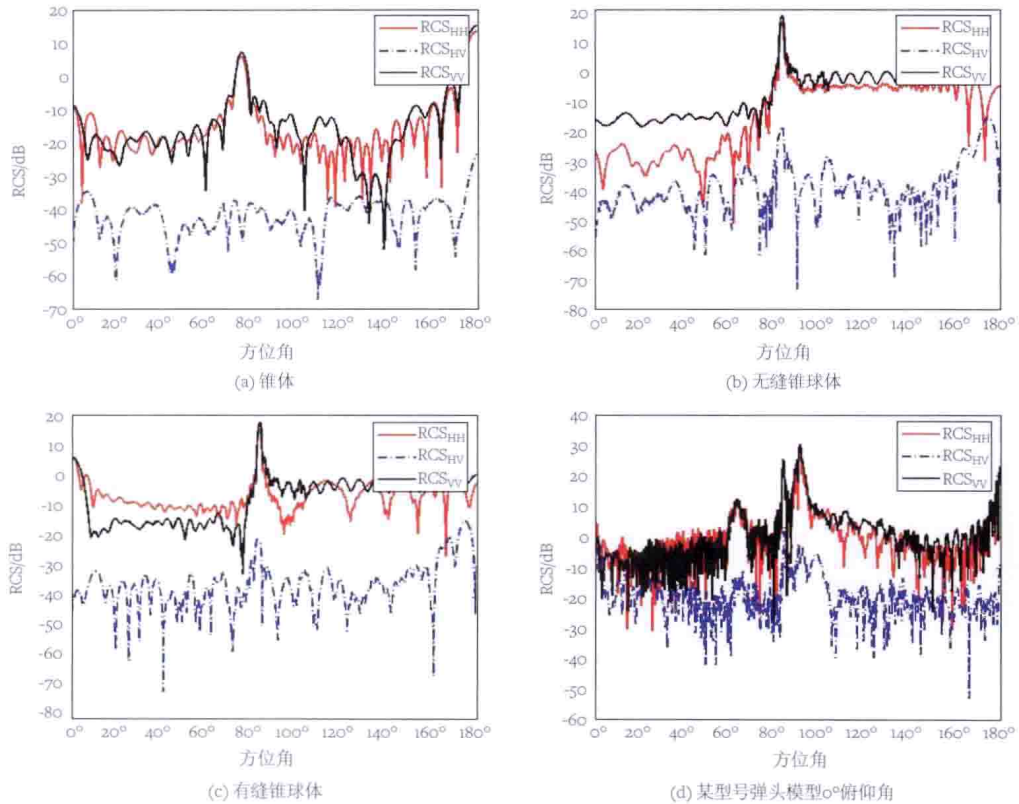


图 2-11 部分弹头类目标模型的暗室测量 RCS 随着姿态角的变化曲线

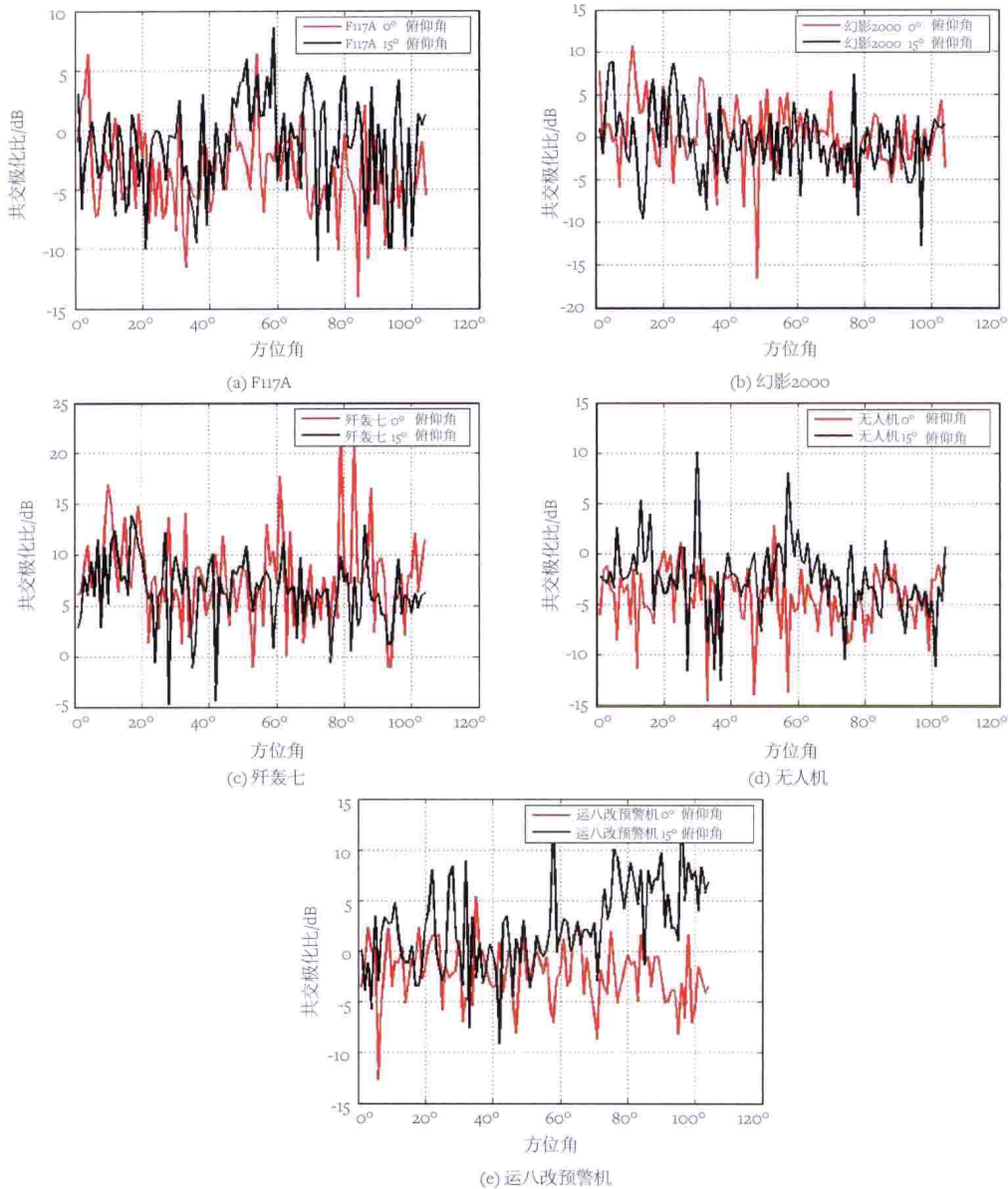


图 2-12 5 种飞机目标缩比模型的  $|S_{VV}/S_{HH}|$  随着姿态角的变化曲线

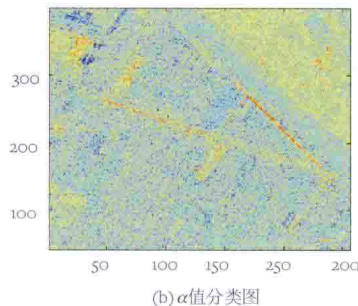
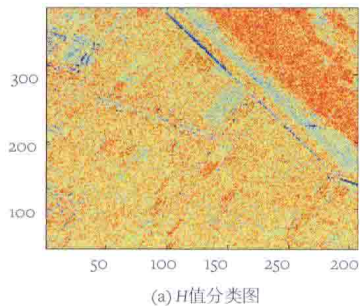


图 2-21  $H/\alpha$  分类结果图

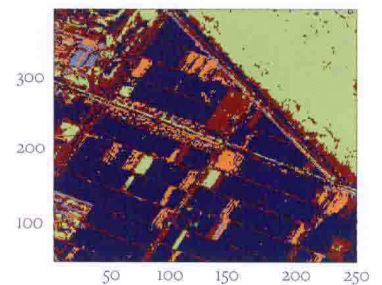


图 2-23 特征量优选的分类效果图

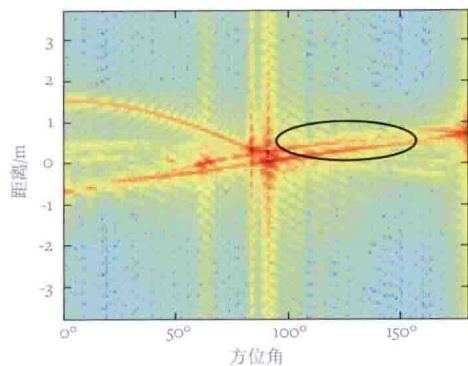


图 3-21 101 个频率采样点逆傅里叶变换的距离像 (对数幅度图)

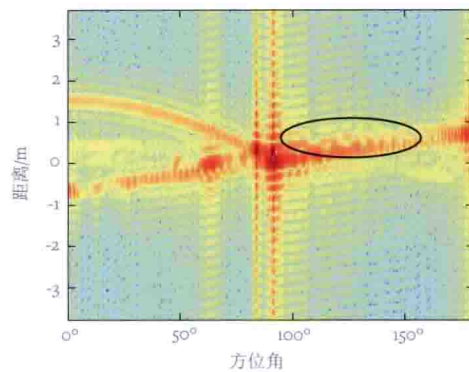


图 3-22 30 个频率采样点逆傅里叶变换的距离像 (对数幅度图)

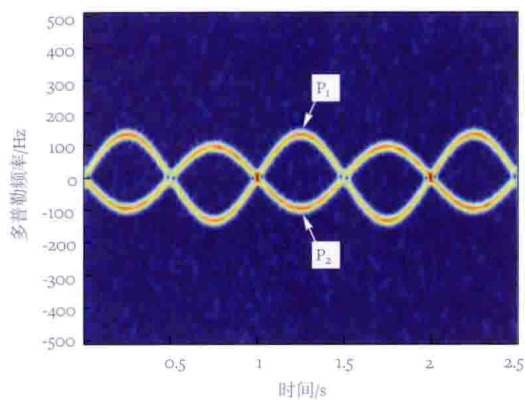


图 5-3 轴对称进动目标回波时频分布

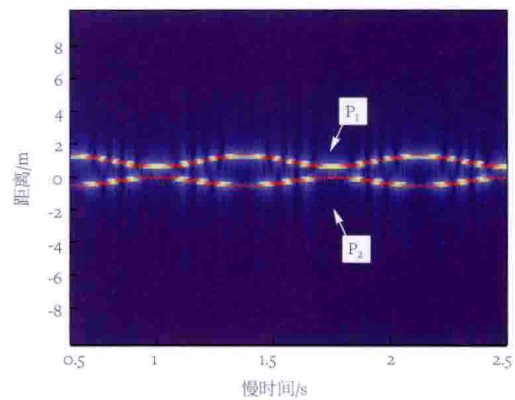


图 5-6 进动目标距离像时间序列

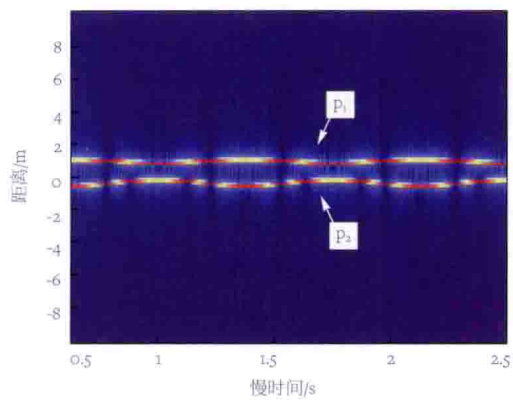


图 5-8 进动目标距离像时间序列

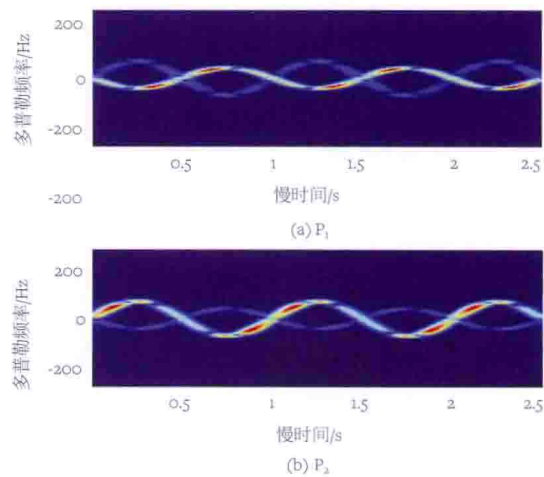


图 5-9 距离单元回波谱图

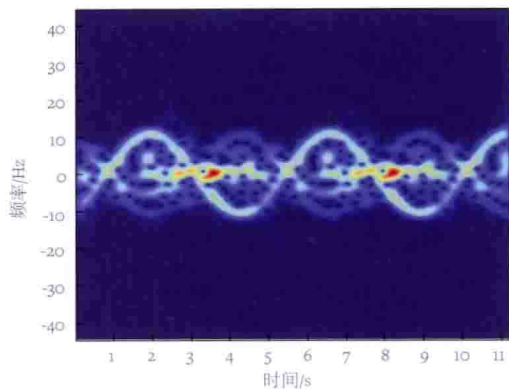


图 5-11 进动目标回波多普勒谱图

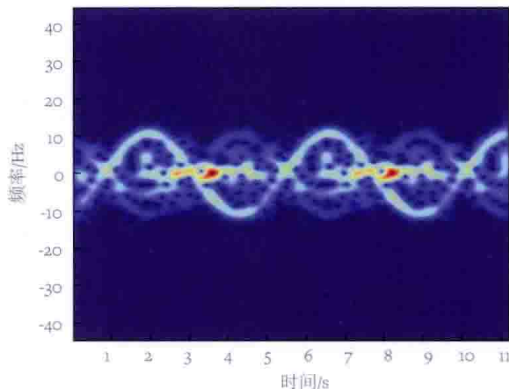


图 5-13 恢复信号的时频分布

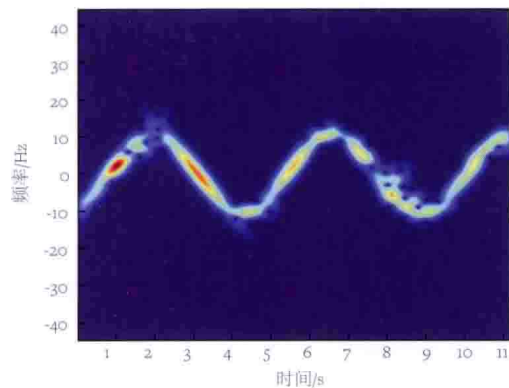


图 5-14 分离的微小目标信号时频分布

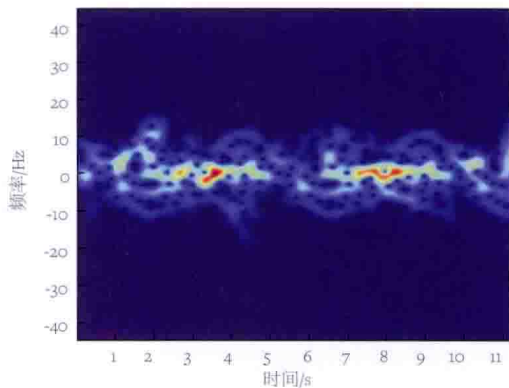


图 5-15 分离的背景干扰信号时频分布

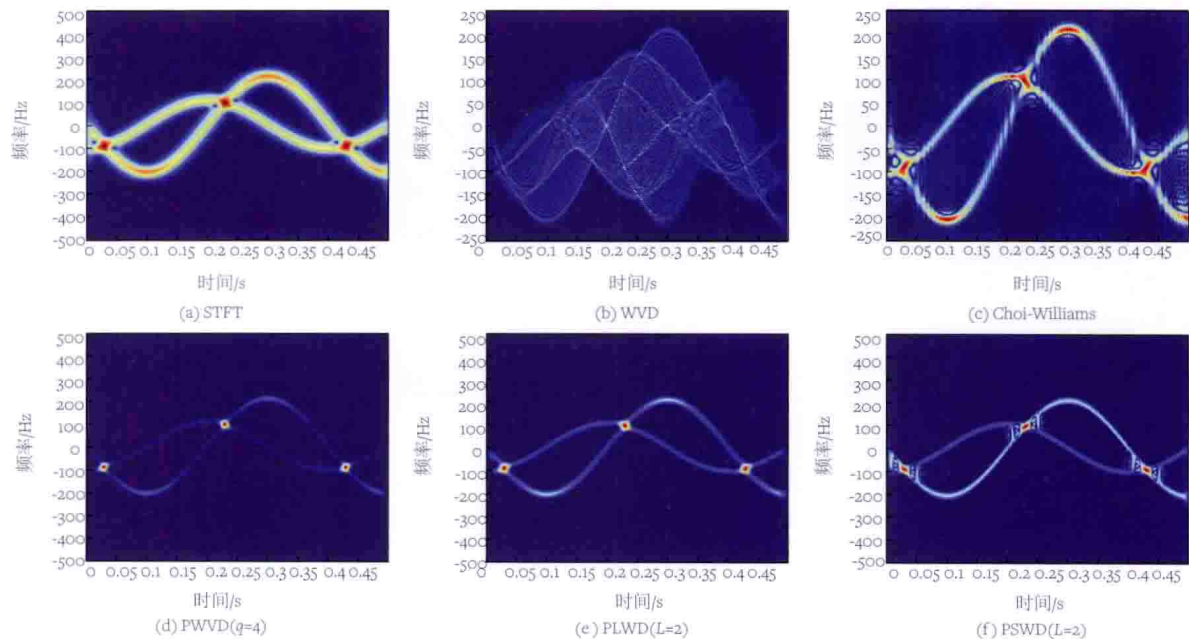


图 5-17 多成分微小目标回波信号时频分布

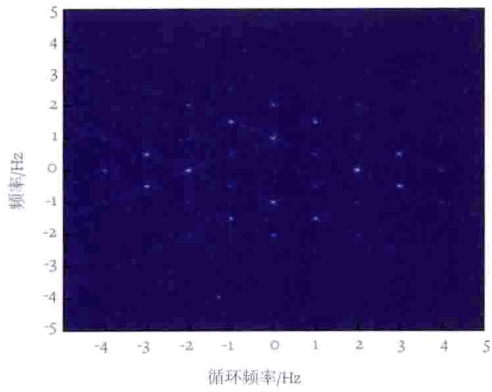


图 5-19 微动目标回波循环谱密度

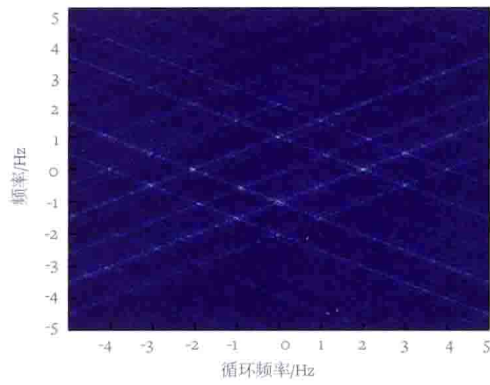
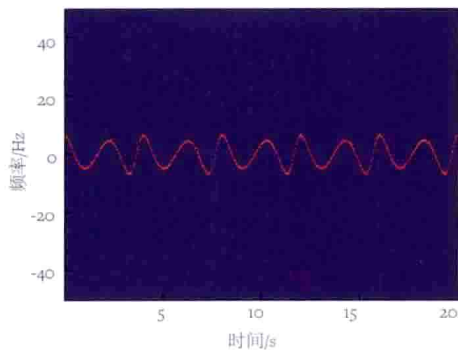
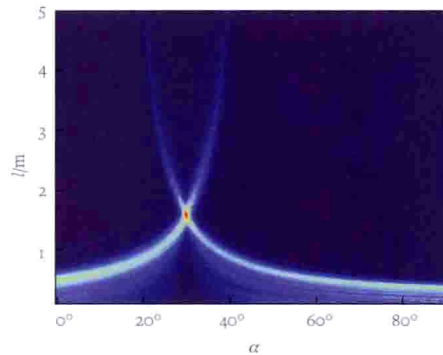


图 5-24 SNR=-5 dB 下目标回波循环谱密度

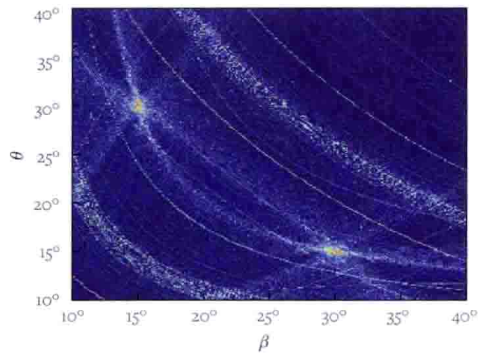


(a) 缩窄后时频曲线

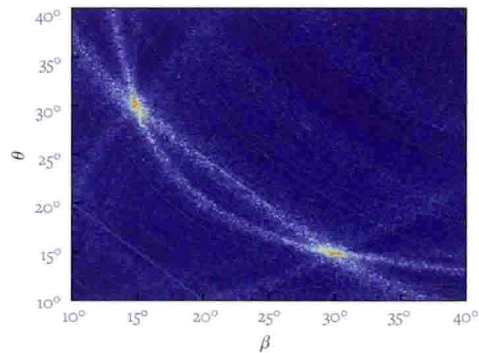


(b) 参数空间

图 5-32 时频曲线缩窄后处理结果

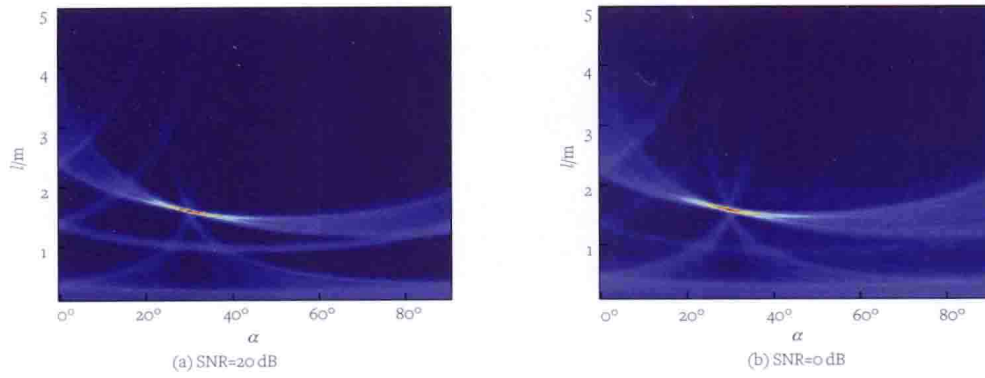


(a) 融合后参数空间SNR=20 dB

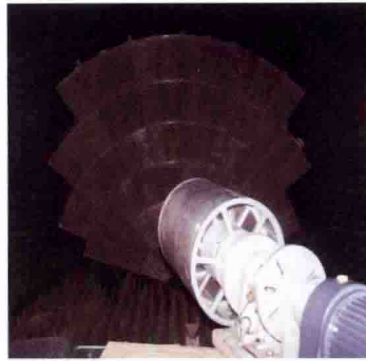


(b) 融合后参数空间SNR=0 dB

图 5-35 两个信号分量同时存在时  $(\beta, \theta)$  估计

图 5-36 两个分量信号同时存在时 ( $l, \alpha$ ) 估计

(a) 前侧视图



(b) 后视图

图 5-37 进动目标暗室动态测量场景

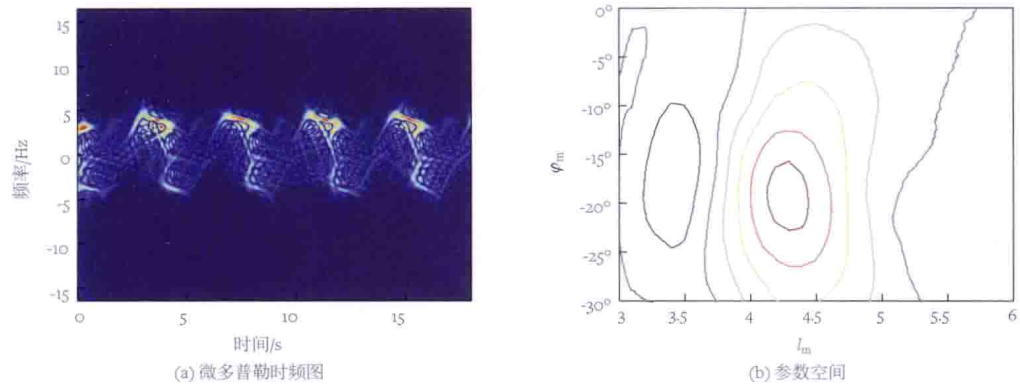


图 5-40 鼻锥微多普勒的 TFD-Hough 变换参数估计

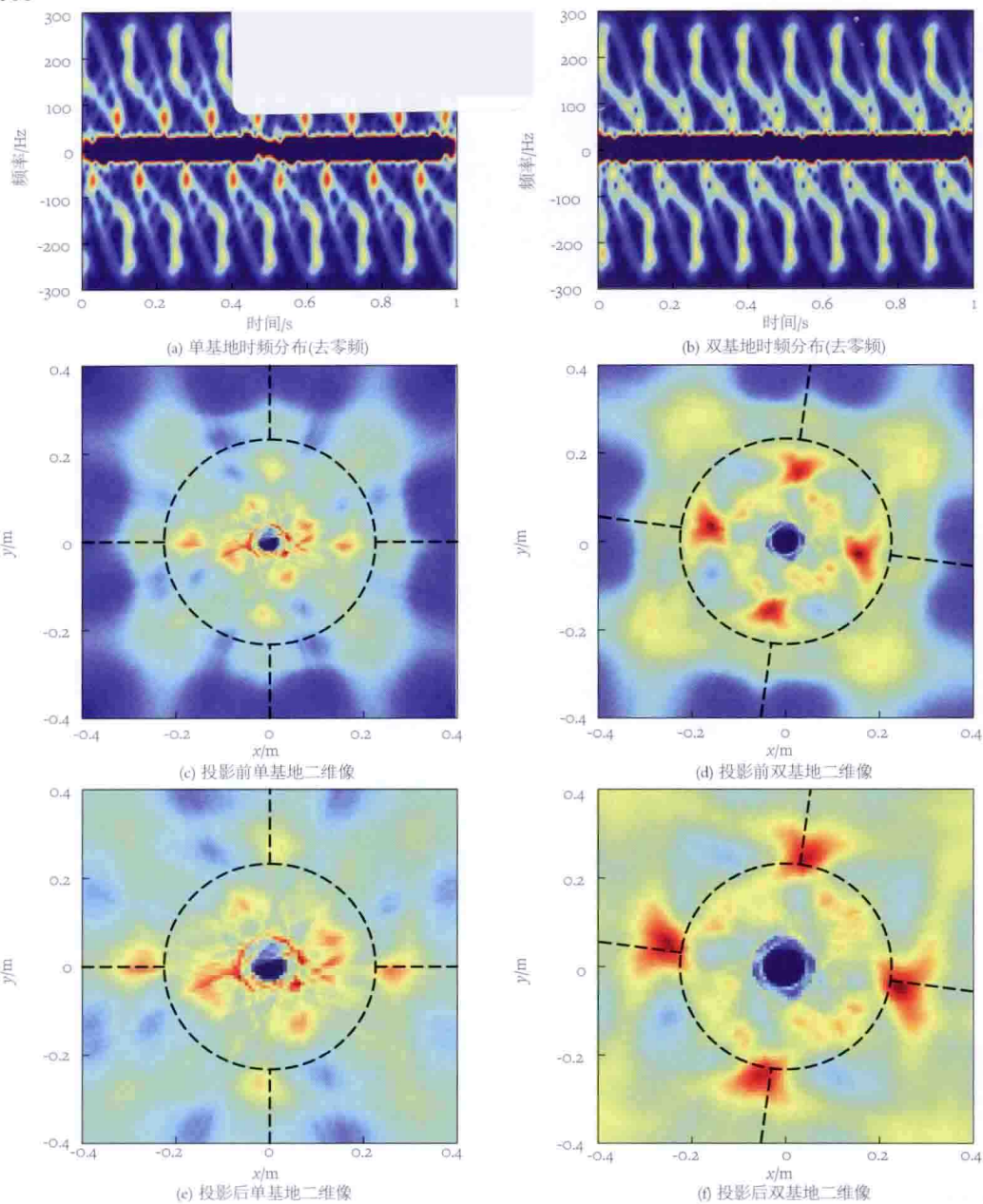


图 5-51 自旋弹头目标二维成像结果

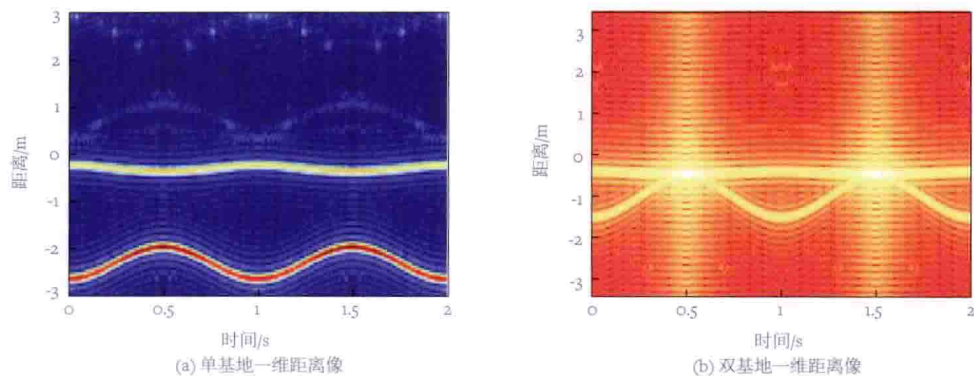


图 5-59 电磁计算数据动态仿真一维距离像



# 目 录

第 1 章 绪论	003	参考文献	241
1.1 概述	005		
1.2 研究现状	007		
1.3 典型雷达目标识别系统	042		
1.4 雷达目标识别技术发展趋势	047		
参考文献	052		
第 2 章 雷达目标极化识别理论与技术	067		
2.1 引言	069		
2.2 雷达目标极化特性及表征	070		
2.3 窄带雷达目标极化识别技术	089		
2.4 宽带雷达目标极化识别技术	123		
参考文献	160		
第 3 章 宽带雷达目标识别理论与技术	163		
3.1 引言	165		
3.2 宽带雷达目标识别基本概念	166		
3.3 基于雷达高分辨距离像的特征提取	172		
3.4 基于参数估计的特征提取	192		
3.5 雷达高分辨距离像识别分类算法	202		
3.6 基于散射中心模型的距离像识别	233		
参考文献	241		
第 4 章 超宽带雷达目标识别理论与技术	245		
4.1 引言	247		
4.2 超宽带雷达目标识别基础理论	248		
4.3 基于极点特征的超宽带雷达目标识别	272		
4.4 基于超宽带雷达目标整体散射回波的识别技术	296		
参考文献	307		
第 5 章 雷达目标微动识别理论与技术	311		
5.1 引言	313		
5.2 雷达目标微动特征提取基础	314		
5.3 理想散射情况下目标微动特征提取技术	325		
5.4 非理想散射情况下目标微动特征提取技术	339		
5.5 双基地雷达目标微动特征提取技术	357		
5.6 极化雷达目标微动特征提取技术	377		
5.7 基于微动特性的中段弹头 ISAR 成像技术	388		
参考文献	392		