基于×××斜前视SAR的多普勒质心估计

摘要 多普勒质心是合成孔径雷达（SAR）处理中距离徙动校正和构造方位匹配函数的关键参数之一。多普勒质心估计的精度直接影响SAR成像质量。质心误差将造成图像信噪比降低，方位模糊性增加和目标位置错位等不利影响。本文针对单基斜前视SAR，提出了一种基于×××的多普勒质心估计方法。首先，利用粗估的多普勒质心对SAR距离压缩后的回波进行距离徙动校正，取出校正后的一个距离门数据；然后对取出的数据进行一阶微分，并设置求和门限；最后设置搜索步长，利用自适应搜索方法出精确的多普勒质心。实验仿真和实测数据都验证了本方法的有效性。

关键词 合成孔径雷达（SAR），多普勒质心估计，斜前视，×××

# 1 引言

合成孔径雷达（SAR）由于其具有全天时、全天候成像、高分辨率和强穿透力等优点，被广泛应用到军事和民用领域。对于工作在斜前视模式下的SAR来说，由于传感器与目标的相对运动，接收信号经历了多普勒频移。其中，多普勒质心是SAR成像处理所需要的重要参数。精确的多普勒中心频率可以帮我们构造准确的方位向滤波器参考函数，有效地消除回波中的一次相位误差，从而提高方位向分辨率，避免成像模糊。

原则上，多普勒中心频率可以直接由载机平台的的飞行姿态数据计算得出。但由于雷达平台往往在速度、姿态等方面存在一定的不确定和不规则性，使直接计算出的多普勒质心值并不准确。因此，为了获得准确的多普勒质心参数，这就要求我们需要利用SAR回波数据提取多普勒参数。

由于回波信号的方位向功率谱在多普勒中心频率附近具有双程功率天线方向图的形状，很多多普勒质心估计方法都是将回波信号的方位向功率谱与权函数相关，找出最小值。其中，方位谱峰值法、杂波锁定法是基于频域的多普勒质心估计方法，它们都是利用方位向回波频谱能量重心处的多普勒频率值为多普勒中心频率这一性质来进行估计的。但是，前者当在天线的方向性函数较平坦且波束内目标的散射系数有较大起伏变化时，误差会增大，而后者需要高的场景对比低，并且它们算法复杂不利于实时处理。相关多普勒估计法和符号-多普勒估计法是利用信号的相关函数和功率谱之间的傅里叶变换关系进行估计的，但是前者需要高的场景对比度，且精度还有待提高。

另外，基于距离压缩时域-方位时域几何特征与多普勒质心的关系是另一类多普勒质心估计方法。Kong et al.在2005年提出利用Radon变换来估计斜视角与多普勒质心频率[1]，可以很好地应用在中高对比度场景。但是，此算法运算量很大，不利于实时处理。基于改进的Radon变换的多普勒质心估计[2]利用对距离压缩后的数据进行边缘检测和两次Radon变换，可以减小计算负担，但其估计精度在0.72Hz左右，精度依然不能达到我们的要求。另外，在[3-4]中提出了基于多普勒质心解模糊机理，通过回波在方位压缩时域-距离频域的解析表达式，建立几何特性与多普勒质心关系。但是，上述算法只能用于高对比度场景，并且精度也有限。

在本文中，提出了一种基于×××斜前视SAR多普勒质心估计方法。通过本文方法可以得到高精度的多普勒中心频率，并且计算时间复杂度低，可以快速估计。本文的主要内容及组织结构如下：在第二章，建立了SAR的斜前视工作模式的几何模型，分析了距离历史与多普勒质心的产生；在第三章，分析了通过粗估的多普勒质心进行距离徙动校正(RCMC)后的回波数据与多普勒中心频率的关系，建立了本文算法的模型，阐述了算法原理；在第四章，给出了算法的仿真，并利用加入不同信噪比(SNR)的信号以及实测数据验证了算法的有效性。

# 2 斜前视SAR几何模型