

王冠,郑石,侯畅,等.一次东北冷涡天气过程双偏振雷达降水粒子相态识别[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(4):45-52.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2023.04.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



一次东北冷涡天气过程双偏振雷达降水粒子相态识别

王冠^{1,2},郑石^{1,3},侯畅^{3*},张晶⁴,黄兴友⁵,于森⁶

(1.中国气象局沈阳大气环境研究所,辽宁 沈阳 110166;2.中国气象局气象干部培训学院辽宁分院,辽宁 沈阳 110166;

3.辽宁省气象装备保障中心,辽宁 沈阳 110166;4.营口市气象局,辽宁 营口 115000;5.南京信息工程大学气象

灾害预报预警与评估协同创新中心,江苏 南京 210044;6.鞍山市气象局,辽宁 鞍山 114000)

摘要:利用辽宁省S波段双偏振天气雷达资料,对2019年6月7—9日辽宁地区一次东北冷涡强对流天气过程及双偏振雷达的偏振参量在降水粒子相态识别中的作用进行分析,并对模糊逻辑算法中的判别规则进行改进和分析。结果表明:双偏振雷达的偏振参量可以对水凝物的种类、空间分布、物理形态进行大致判断,但水凝物相态识别结果仍需细化。采用非均匀权重相加的判别规则能够有效地对两次天气过程中的降水粒子相态进行识别。不同的判别规则得到的水凝物分类结果在弱回波区虽存在一定差异,但在大部分观测区域的分类结果基本一致,符合天气演变规律,能够为气象预报预警提供鉴别参考。具有广泛时间、空间适配性的模糊逻辑算法,仍需大量实测案例数据的验证与仿真。

关键词:降水粒子相态识别;模糊逻辑算法;双偏振雷达;东北冷涡

中图分类号:P412.25

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2023)04-0045-08

东北冷涡是春夏季影响辽宁地区的重要天气系统,定义为:在500 hPa天气图上至少有一条闭合等高线,并有冷中心或明显冷槽配合,能够维持3 d或以上的低压环流系统。东北冷涡控制区域常出现强降水、冰雹、雷雨大风、短时暴雨等强对流天气^[1-3]。由于东北冷涡诱发的中小尺度天气系统具有水平范围小、生命周期短、气象要素水平变化大等特点,利用探测资料详细了解中小尺度天气系统发生发展的特点、提高东北冷涡强对流降水的预报质量,是东北

地区短临气象预报亟需解决的问题^[4-5]。

双偏振雷达在气象预报、降水估计、东北冷涡气象观测等方面具有极大的应用价值。相比于常规天气雷达,双偏振雷达能获得水平反射率因子(Z_H)、差分反射率因子(Z_{DR})、差分传播相移率(K_{DP})和零滞后相关系数(ρ_{HV})等偏振信息,利用上述偏振参量能够反演降水粒子的种类、空间分布、物理形态等信息,从而反演东北冷涡系统天气过程中降水粒子相态的三维精细结构,为研究东北冷涡系统增强和演变机制提供理论依据^[6-8]。双偏振雷达偏振参量作为降水粒子分类的重要依据,获得广泛研究^[9-12]。1965年Zadeh^[13]提出了模糊逻辑法概念,该方法能够较好地对界限模糊的多元数据进行泛化处理,具备较好的识别归类能力,形成了模糊逻辑算法识别降水粒子相态(Fuzzy logic Hydrometeor Classification, FHC)。1993年Straka等^[12]得出不同降水粒子相态对应的偏振参量阈值。2005年,曹俊武等^[14-15]将FHC算法用

收稿日期:2022-05-09;修回日期:2022-07-06

基金项目:国家自然科学基金(40775029);中国气象局沈阳大气环境研究所和东北冷涡重点开放实验室联合开放基金项目(2020SYIAE03);辽宁省气象局年度基金项目(202214)

作者简介:王冠(1987—),女,工程师,主要从事天气雷达资料处理及研究工作。E-mail: 510042894@qq.com

通信作者:侯畅(1995—),女,助理工程师,主要从事天气雷达资料处理及研究工作。E-mail: 2609760417@qq.com

于美国 S 波段 KOUN 雷达分析强风暴单体和降雪数据,结果基本能反演降水粒子相态。2009 年 Park 等^[16]将 FHC 算法进行改进,使其能够区分对流云和层状云降水类型,识别降水等级,并应用于 WSR-88D 网的双偏振升级改造。近年来很多基于模糊逻辑算法的改进方法被提出,2014 年 Mahale 等^[16]对 Park 提出的算法进行改进,用于识别三体散射特征,使 FHC 算法在冰雹的识别上得到更好的应用。2014 年郭凤霞等^[17]在 FHC 算法基础上,利用 X 波段对每个识别参量赋予权重值并增加了温度阈值。

目前国内利用 S 波段双偏振雷达对东北冷涡天气过程中降水粒子相态识别的研究较少,本文利用东北冷涡天气过程中 S 波段双偏振雷达基数据资料,在原有的 FHC 算法基础上对判别规则进行调整和比较,结合东北冷涡天气过程实例,对降水粒子相态识别结果进行分析讨论,为研究东北冷涡演变机制提供更多理论依据。

1 资料选取

2019 年 6 月 7—9 日受东北冷涡影响,辽宁省出现雷雨天气,全省共监测到闪电 5 853 次,9 日 04—05 时锦州凌海市大有街道管理所小时降水量最大为 80.4 mm,部分地区出现冰雹。9 日 04 时左右营口青石岭、博洛铺出现小冰雹,持续 6 min,造成农作物受损。本文选取 2019 年 6 月 9 日锦州和营口地区出现的强对流天气过程作为观测样本。雷达资料采用营口 S 波段双偏振天气雷达基数据,方位角分辨率为 1°,距离库分辨率为 250 m,探测距离半径为 230 km。

本文根据 S 波段双偏振雷达基数据存储格式,利用 Matlab 读取质控后的雷达基数据,提取偏振信息,将每层体扫的径向数据转化为雷达回波拼图。采用模糊逻辑算法分析了双偏振雷达各个偏振参量对应的隶属函数概率分布情况,分配各个偏振参量在判别规则中的权重系数,对东北冷涡天气过程中降水粒子相态进行识别。

2 方法介绍

2.1 双偏振雷达测量参数特征

双偏振雷达除了具有水平反射率因子 Z_H 外,还有差分反射率因子 Z_{DR} 、差分传播相移率 K_{DP} 、零滞后相关系数 ρ_{HV} 等偏振参量。利用这些偏振参量特性能够反演降水粒子的种类、空间分布、物理形态等信息。

水平反射率因子 Z_H 表示单位体积内降水粒子直径 6 次方的总和,通常用对数形式表示反射率因子的大小。降水粒子越大、数量越多, Z_H 越大。

差分反射率因子 Z_{DR} 表示水平偏振反射率因子与垂直偏振反射率因子之比,表征粒子在水平和垂直方向上偏振特性的差异。大雨滴在下落过程中呈扁平状, Z_{DR} 通常为正值,冰雹在下落过程中取向具有较大随机性, Z_{DR} 在零值附近。

差分传播相移率 K_{DP} 表示粒子对偏振波传播速度或相位的影响。 K_{DP} 取值主要受液态降水的影响。取值越大,说明此处的降雨强度越大。

零滞后相关系数 ρ_{HV} 表示一个脉冲周期前后收到的回波水平偏振分量和垂直偏振分量的相关程度,取值 0~1,粒子一致性越高越接近 1。

2.2 模糊逻辑算法识别降水粒子相态

基于模糊逻辑算法识别降水粒子相态是将双偏振雷达的偏振量作为输入量,输入数据经过模糊化、规则推断、集成和退模糊^[18-22],最终将输入的多个特征参数转化成单一的降水粒子类型。利用模糊逻辑算法识别粒子相态输出 10 种粒子类型,分别为:地物杂波(GC)、小雨(LR)、大雨(HR)、大雨滴(BD)、干雪(DS)、湿雪(WS)、冰晶(IC)、小冰雹(SH)、大冰雹(LH)、雨夹雹(RH)^[14]。

算法实现首先需要通过隶属函数对观测得到的偏振参量进行模糊化。模糊化是将观测参数的数值转化成能够判断是否为某一种粒子可能性的过程,这种可能性称之为模糊基。选取不对称的 T 函数作为隶属函数,见公式(1)^[14-15], X_1, X_2, X_3, X_4 分别为左起始点值、左区间点值、右区间点值、右结束点值。

$$T(x, X_1, X_2, X_3, X_4) = \begin{cases} 0, & x < X_1 \\ \frac{x - X_1}{X_2 - X_1}, & X_1 \leq x < X_2 \\ 1, & X_2 \leq x < X_3 \\ \frac{X_4 - x}{X_4 - X_3}, & X_3 \leq x < X_4 \\ 0, & x \geq X_4 \end{cases} \quad (1)$$

图 1 给出了采用 T 函数作为隶属函数 4 个双偏振雷达观测量 Z_H, Z_{DR}, K_{DP} 和 ρ_{HV} 对应的 10 种降水粒子模糊基的对应阈值结果,共 40 个隶属函数。

降水粒子相态分类以 IF-THEN 规则进行判别,将不同偏振参量对应得到的 10 种降水粒子分类结果按照不同贡献度进行强度计算^[15]。降水粒子强度(R_j)可通过不同参量的贡献强度相乘或相加得到, P_{ij} 表示第 i 个偏振参量对应的第 j 类降水粒子相态的

贡献强度。贡献度相加法计算降水强度中^[14-15], A_i 表示每个偏振参量的权重系数,参考美国 KOUN 雷达降水 FHC 算法 A_i 配置^[14]进行调整,将直接采集得到的 Z_H 作为主要参考, Z_{DR} 权重相应减少,由于零滞后相关系数 $\rho_{HV} < 0.8$ 时不计算差分相移率 K_{DP} , ρ_{HV} 、 K_{DP} 为后期计算参量,因此权重占比较小,综合考虑选取 $A_{Z_H}=1, A_{Z_{DR}}=0.7, A_{K_{DP}}=0.4, A_{\rho_{HV}}=0.5$ 。

$$R_j = \prod_{i=1}^4 P_{ij} \text{ 和 } R_j = \sum_{i=1}^4 A_i P_{ij}. \quad (2)$$

经过集成和退模糊,选择 R_j 中最大值作为判别依据,最大 R_j 对应的降水类型作为降水粒子相态识

别的最终识别结果。

3 东北冷涡强对流天气雷达回波特征分析与降水粒子相态识别

3.1 2019 年 6 月 7—9 日冷涡系统演变

6 月 7 日 08 时 500 hPa 冷涡中心位于内蒙古地区东部,冷涡东部吉林到辽宁一带为高空弱脊控制。7 日 20 时冷涡中心处于内蒙古境内,辽宁西部处于冷涡底前部,开始受其影响(图 2a)。8 日 20 时冷涡中心向东南移动到内蒙古和辽宁交界处,辽宁

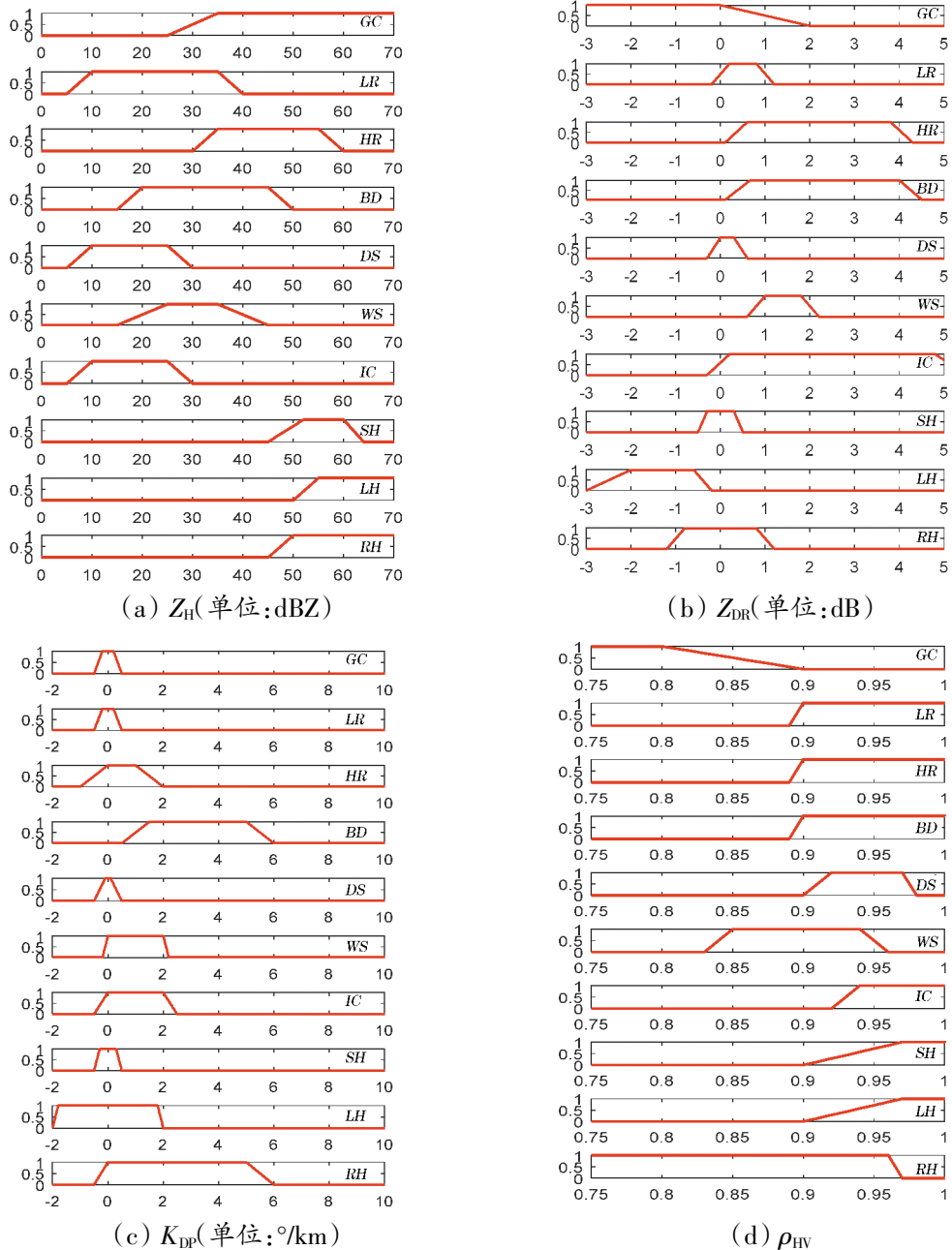


图 1 基于 T 隶属函数的双偏振测量参数的各自模糊基设置

西北部处于冷涡内部,辽宁东南部处于冷涡前部(图2b)。9日20时冷涡继续东移,辽宁西部处于冷涡后部,辽宁东部仍受冷涡内部控制(图2c)。10日08时冷涡迅速减弱东移,结束对辽宁地区的影响。

3.2 锦州地区降水粒子相态分析

9日04—05时受东北冷涡影响锦州市凌海地区出现暴雨,凌海大有街道管理所小时降水量最大为80.4 mm。图3为2019年6月9日04:21 1.5°仰角雷达偏振参量回波图,观测区域距雷达径向距离为93 km,方位角为287°,高度为3.19 km。

1.5°仰角雷达基本反射率图中有明显的强回波区, Z_H 最大强度达65 dBZ(图3a),并存在三体散射,高值周边区域 Z_H 为50~60 dBZ,判断该区域有较大粒子存在,推断为冰雹。观测区域南部 $\rho_{HV} < 0.95$ (图3b),表明粒子一致性较差,观测区域北部区域 $\rho_{HV} > 0.98$,表明降水粒子一致性高。在高值区对应位置 Z_{DR} 最大值为4 dB(图3c),降水回波区域内 Z_{DR} 大量分布在0.8~1 dB,表明降水粒子下落过程中呈扁平状。对应区域 K_{DP} 为0.5~3.1 °/km(图3d),观测区域出现较大范围 $K_{DP} \geq 1.7$ °/km,说明观测区存在较强的液态降水。综合偏振参量信息,观测区域强回波中心存在冰雹粒子,外面包裹水膜。观测区域北

部存在尺寸较大的液态降水。

图4为不同判断规则得出的降水粒子相态分类结果,图4a为偏振要素贡献度非均匀权重相加获得的分类结果,图4b为偏振要素贡献度相乘获得的分类结果。两种判别方法得到的粒子分类结果在观测中心均有冰雹粒子出现并伴随雨夹雹粒子。在观测中心周围,利用 P_{ij} 相加判别规则得到的粒子分类结果为大雨粒子,观测区域边缘为湿雪粒子,利用 P_{ij} 相乘判别规则得到的分类结果,在降水区北部有较多大雨粒子,边缘存在冰晶和和小雨粒子。

图5的观测仰角为0.5°,观测区域距雷达径向距离88 km,方位位于287°,高度为1.43 km。观测位置存在明显的强回波区域,强度为55~60 dBZ(图5a),观测区域中心存在冰雹粒子可能性较大,北部回波强度为45~55 dBZ,可能存在大雨。观测区域中心为2~5 dB(图5c),说明观测区域可能存在大雨粒子。对应观测区域 K_{DP} 值在0.5~3.1 °/km,强回波区 $K_{DP} > 1.1$ °/km, $\rho_{HV} > 0.98$,表明存在较多液态降水,并且具有较高的一致性。结合各类偏振信息表明0.5°仰角,降水粒子下落过程中呈扁平状,存在较强的液态降水,而强回波区域外围存在冰晶和水的混合物。

由0.5°仰角不同判断规则降水粒子相态分类结

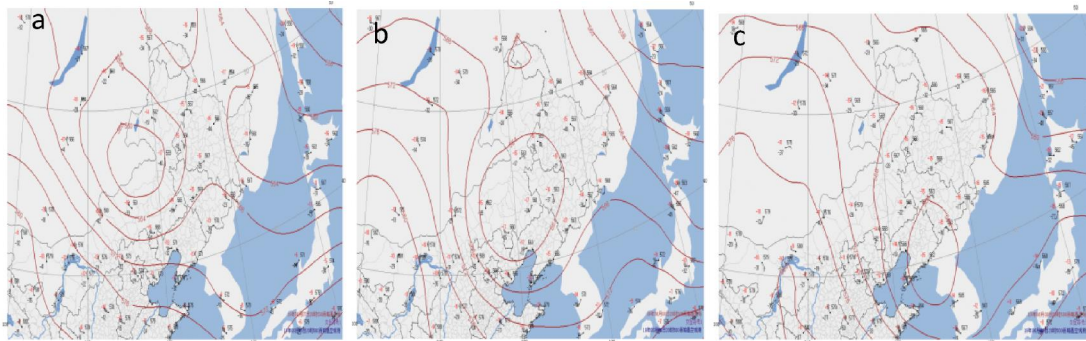


图2 2019年6月7日20时(a)、8日20时(b)、9日20时(c)500 hPa形势

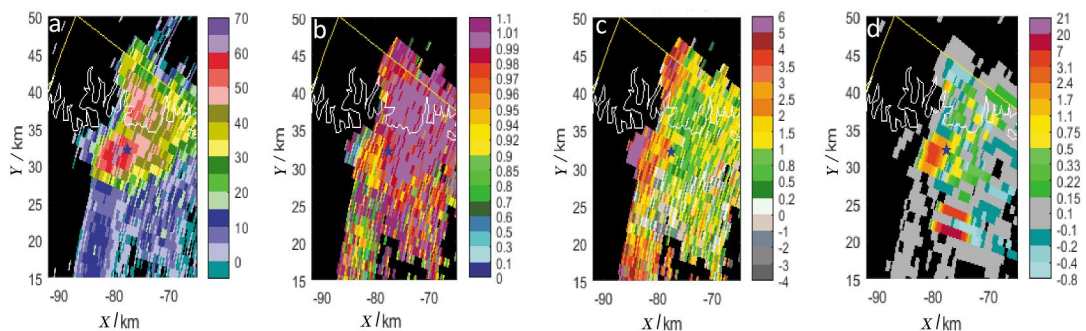


图3 1.5°仰角反射率因子(a)、相关系数(b)、差分反射率(c)、差分相移率(d)

(蓝色五角星为观测区域锦州市凌海地区大有街道管理所)

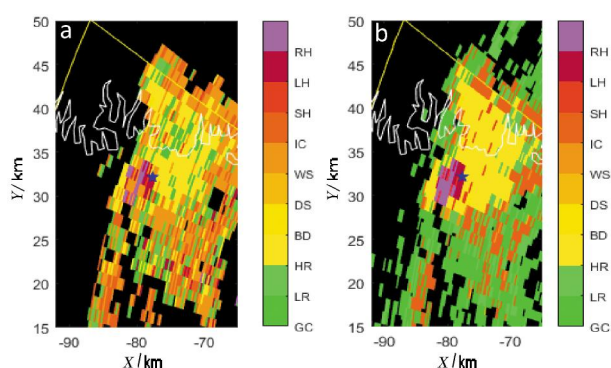


图4 1.5°仰角不同判断规则降水粒子分类结果 P_{ij} 相加(a)、 P_{ij} 相乘(b)

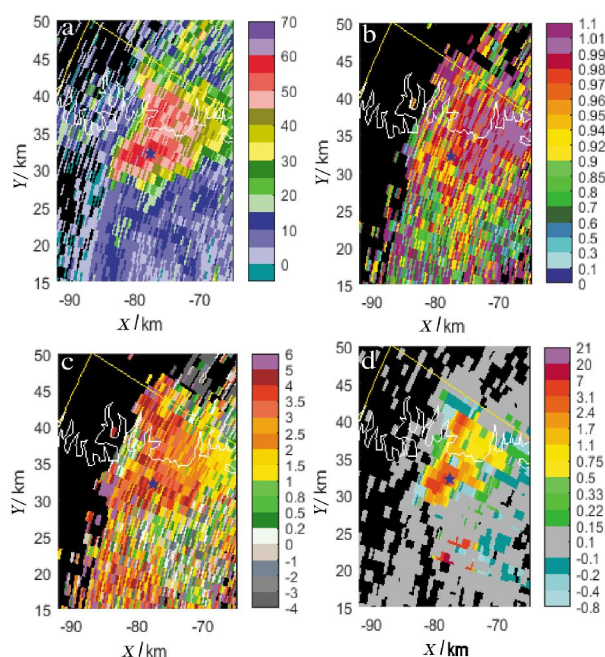


图5 0.5°仰角反射率因子(a)、相关系数(b)、差分反射率(c)、差分相移率(d)

果可知,强回波区域仍存在雨夹雹粒子, P_{ij} 相加规则分类结果显示强回波区周围有较多的大雨粒子,外围区域有少量湿雪、干雪粒子。利用 P_{ij} 相乘判断规则显示观测区域周围存在大雨粒子,外围区域存在少量冰晶、小雨粒子。相比于 1.5°仰角的粒子分类结果,0.5°仰角观测结果中大雨滴的区域均增大、冰雹粒子数量减少,推断在下落过程中冰雹逐渐融化。两种判别规则得到的粒子相态识别结果基本一致,粒子相态识别结果与实际观测情况基本吻合。

3.3 营口地区降水粒子相态分析

为进一步验证降水粒子相态识别结果可靠性,对 9 日 04:00 营口青石岭、博洛铺地区出现的强对

流天气过程中的降水粒子相态进行分类。9 日 03:48 为风暴活动最强时刻,图 6 为 6 月 9 日 03:48 0.5°仰角的偏振参量回波。强回波值为 50~65 dBZ (图 6a),最大值达 66 dBZ,判断存在冰雹粒子。 ρ_{HV} 值在强回波区北部>0.98(图 6b),粒子一致性高,观测区域南部 ρ_{HV} <0.9 一致性较差。强回波区域南部差分相移率 K_{DP} 为 3.1~7 °/km,最大值达到 7.3 °/km,存在较强液态降水。强回波外围区域对应差分相移率 K_{DP} 为 0.5~1.7 °/km。强回波区域北部 Z_{DR} 为 0.5~3.1 dB (图 6d),粒子多呈扁平状。综合上述偏振参量信息,可大致判断在 0.5°观测仰角中强回波中心存在大雨和冰雹粒子,下落过程中呈扁平状,强回波区以北存在大量液态降水。

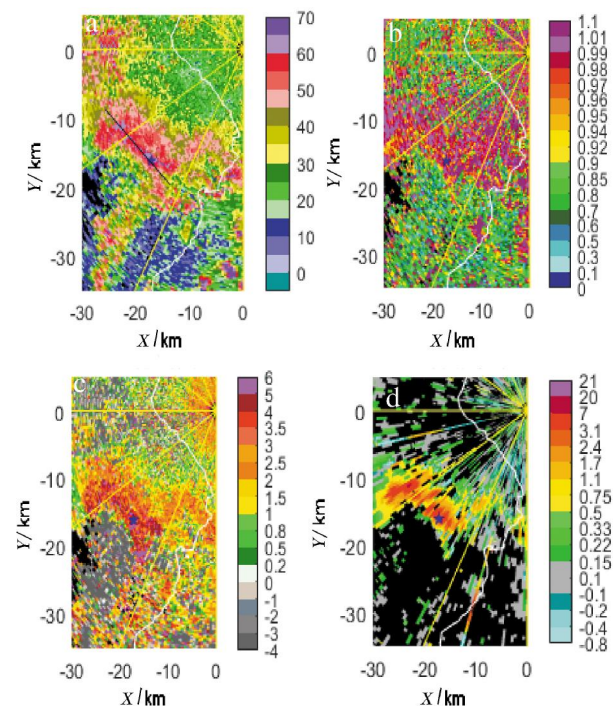


图6 0.5°仰角反射率因子(a)、相关系数(b)、差分反射率(c)、差分相移率(d)
(蓝色五角星为观测区域中心)

根据 9 日 03:48 对流风暴剖面图(剖面沿图 6a 中黑线位置),可以看到 2 个明显的强回波中心分布于 1~5 km,最强回波区域反射率> 65 dBZ(图 7a),对应区域 Z_{DR} 在 0 值附近(图 7c),强回波区域粒子形状不规则,推断强回波区可能存在冰雹粒子。 ρ_{HV} 为 0.96~0.99(图 7b)。差分反射率 Z_{DR} 在高低空有较明显的区别,高值主要分布在 2 km 以下,2~5 km 对应 K_{DP} 较小(图 7d),液态降水主要集中在 2 km 以

下,推断2 km以下区域可能存在较强降水或存在外包水膜的冰雹粒子。

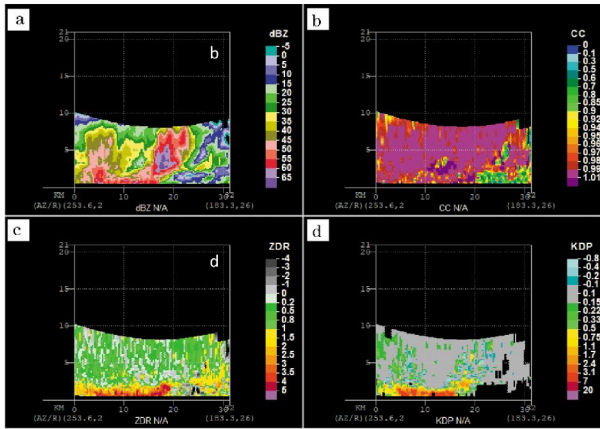


图7 9日03:48对流风暴剖面图仰角反射率因子(a)、相关系数(b)、差分反射率(c)、差分相移率(d)

采用模糊逻辑算法对降水粒子相态分类(图8),强回波观测中心为雨夹雹和大冰雹粒子,周围存在大量大雨粒子,外围主要为大雨粒子。两种判别规则得到的粒子相态分类结果在观测中心外围存在差别, P_{ij} 相加判断规则显示观测区域外围主要为大雨(图8a), P_{ij} 相乘判断显示小雨粒子较多(图8b)。两种判别规则得到的粒子相态识别结果基本一致,符合实际地面观测的降水分布特征,验证了识别算法的合理性。

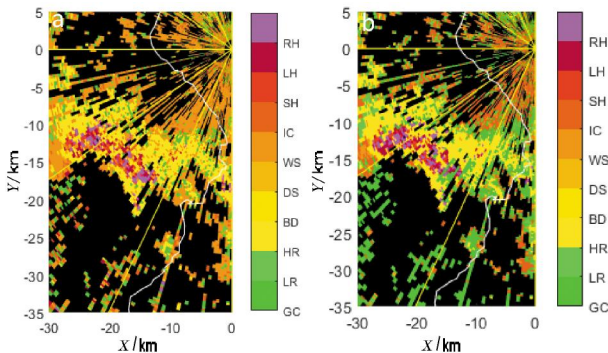


图8 0.5°仰角不同判断规则降水粒子分类结果 P_{ij} 相加(a)、 P_{ij} 相乘(b)

3.4 两种降水粒子相态识别方法比较

FHC算法中隶属函数的分布为偏振参量判别降水粒子相态提供了可靠的依据。根据 Z_H 的分布可以对降水粒子进行大致分类, Z_H 为55~65 dBZ时,存在冰雹粒子的可能性最大。当基本反射回波信息无法对降水粒子相态进行准确判别时, Z_{DR} 、 K_{DP} 和

ρ_{HV} 等偏振信息可对降水粒子的空间分布、物理形态和一致性补充反馈。根据2019年6月7—9日东北冷涡的演变和地面观测信息,两次天气过程的FHC识别结果具有合理性, P_{ij} 相加和 P_{ij} 相乘两种判别方法降水粒子相态识别结果在强回波处基本一致,在弱回波处判别结果存在一定差异。 P_{ij} 相加判别规则中采用的非均匀权重能够有效地对降水粒子的相态进行识别,两次天气过程中均获得合理的粒子分类结果。

4 结论

通过仿真与实测资料得出以下结论:

(1)双偏振雷达偏振参量可以对降水粒子类型粗略判断,FHC算法中隶属函数的分布为偏振参量判别降水粒子相态提供了可靠的依据。当基本反射回波信息无法对降水粒子相态进行准确判别时, Z_{DR} 、 K_{DP} 和 ρ_{HV} 等偏振信息可对降水粒子的空间分布、物理形态和一致性补充反馈,提高了利用天气雷达降水粒子相态识别的稳定性,对于日常的天气预报工作具有较高的参考价值。

(2)降水粒子相态识别算法应用在东北冷涡强对流天气过程实例中的结果表明,双偏振雷达的偏振参量可以对水凝物的种类、空间分布、物理形态进行大致判断,但水凝物相态识别结果仍需细化。采用非均匀权重相加的判别规则能够有效地对两次天气过程中的降水粒子相态进行识别。不同的判别规则得到的水凝物分类结果在弱回波区虽存在一定差异,但在大部分观测区域的分类结果基本一致,符合天气演变规律,能够为气象预报预警提供鉴别参考。

(3)本文只利用了一次东北冷涡造成的强对流数据进行权重系数配置和降水粒子相态识别。一套具有广泛时间、空间适配性的偏振参量权重系数是获得稳定、准确降水粒子相态识别结果的关键,该项工作仍需大量实例数据的仿真与验证。

参考文献:

- [1] 云天,王宁,刘子琪,等.东北冷涡减弱阶段强对流天气特征及触发机制分析[J].沙漠与绿洲气象,2022,16(1):24-31.
- [2] 张立祥,李泽椿.东北冷涡研究概述[J].气候与环境研究,2009(2):11.
- [3] LIN Z, WANG B. Northern East Asian low and its impact

- on the interannual variation of East Asian summer rainfall[J].*Climate Dynamics*, 2015, 46(1-2): 83-97.
- [4] 连治华, 张建忠. 暴雨灾害预评估中的降水预报准确度方法设计与应用[J]. *暴雨灾害*, 2019, 38(1): 6.
- [5] 何晗, 湛芸, 肖天贵, 等. 冷涡背景下短时强降水的统计分析[J]. *气象*, 2015, 41(12): 11.
- [6] 沈菲菲, 束艾青, 许冬梅, 等. 多普勒雷达资料同化对北京“7·21”大暴雨过程模拟的影响[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2020, 14(2): 50-60.
- [7] 何跃, 李强, 刘伯骏, 等. 四川盆地一次西南涡作用下大暴雨过程的短时强降水分析[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2019, 13(6): 10.
- [8] 国世友, 钟幼军. 2013年7月2—4日东北冷涡暴雨天气分析[J]. *气象与环境科学*, 2017, 40(3): 101-109.
- [9] 李思腾, 仰美霖, 李林, 等. 基于标准差分析法的X波段双偏振天气雷达资料质量评估[J]. *干旱气象*, 2019, 37(3): 10.
- [10] 周涛, 李娜, 王清川, 等. 多普勒雷达资料在强降雪相态转变过程的研究应用[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2021, 15(6): 7.
- [11] 郑石, 黄兴友, 李艳芳. 一次短时暴雨 WP-3000 边界层风廓线雷达回波与多普勒雷达回波分析[J]. *气象与环境学报*, 2011, 27(3): 6-11.
- [12] STRAKA J M, ZRNIC D S, RYZHKOV A V. Bulk hydrometeor classification and quantification using polarimetric radar data: Synthesis of relations[J]. *Journal of Applied Meteorology*, 2000, 39(8): 1341-1372.
- [13] ZADEH L A. Fuzzy Algorithms [J]. *Information & Control*, 1965, 8(3): 338-353.
- [14] 曹俊武, 刘黎平, 葛润生. 模糊逻辑法在双偏振雷达识别降水粒子相态中的研究[J]. *大气科学*, 2005(5): 159-168.
- [15] 曹俊武, 刘黎平. 双线偏振多普勒天气雷达识别冰雹区方法研究[J]. *气象*, 2006, 32(6): 13-19.
- [16] PARK H S, RYZHKOV A V, ZRNIC D S, et al. The hydrometeor classification algorithm for the polarimetric WSR-88D: Description and application to an MCS [J]. *Weather & Forecasting*, 2009, 24(3): 730-748.
- [17] 郭凤霞, 马学谦, 王涛, 等. 基于X波段双偏振天气雷达的雷暴云粒子识别[J]. *气象学报*, 2014(6): 1231-1244.
- [18] SEO B C, KRAJEWSKI W F, MISHRA K V. Using the new dual-polarimetric capability of WSR-88D to eliminate anomalous propagation and wind turbine effects in radar-rainfall [J]. *Atmospheric Research*, 2015, 153: 296-309.
- [19] AYDIN K, PARK S H, WALSH T M. Bistatic dual-polarization scattering from rain and hail at S- and C-band frequencies [J]. *J. Atmos Oceanic Technol*, 1998, 15(5): 1110-1121.
- [20] 宋文婷, 李昀英, 黄浩, 等. 基于S波段双偏振雷达资料的降水粒子类型识别算法及应用[J]. *大气科学学报*, 2021, 44(2): 10.
- [21] 任雍, 梁莺, 刘光普, 等. 基于毫米波测云雷达的云粒子相态识别研究[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2019, 13(6): 126-132.
- [22] 希热娜依·铁里瓦尔地, 胡素琴, 玛依热·艾海提, 等. 塔里木盆地西缘两次致灾冰雹环境场和雷达特征对比分析[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2022, 16(3): 16-23.

Hydrometeors Classification by Dual-polarization Radar in Cold Vortex Weather Process in Northeastern China

WANG Guan^{1,2}, ZHENG Shi^{1,3}, HOU Chang³, ZHANG Jing⁴, HUANG Xingyou⁵, YU Miao⁶

(1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110166, China;

2. Liaoning Meteorological Equipment Support Center, Shenyang 110166, China ;

3. Liaoning Branch Center of China Meteorological Administration Training Center, Shenyang 110166, China;

4. Yingkou Meteorological Bureau, Yingkou 115000, China;

5. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;

6. Anshan Meteorological Bureau, Anshan 114000, China)

Abstract The evolution of northeast cold vortex weather in Liaoning region from June 7 to 9, 2019 are analyzed by using S-band dual-polarization radar data, the role of the radar's polarization parameters in phase state identification of precipitation particles are also investigated, and the discriminating rules of fuzzy logic algorithm are improved and analyzed as well. It shows that, the polarization parameters of dual polarization radar can be used to roughly judge the species, spatial distribution and physical form of the hydrometeors, but the phase identification results of the hydrometeors still need to be detailed further. Using the discriminant rule of non-uniform weight addition, the phase state of precipitation particles in two weather processes can be effectively identified. Although the classification results of hydrometeors obtained by different discriminant rules are slightly different in weak echo area, the classification results are basically consistent with each other in most observation areas, which follows the law of weather evolution, and can thus provide identification reference for weather forecast and early warning. The fuzzy logic algorithms with wide temporal and spatial suitability still need to be verified and simulated by a large number of measured case data.

Key words hydrometeors classification; fuzzy logic algorithm; dual polarization radar; northeast cold vortex