白玎玲,汤达章,徐 芬,等. 基于多普勒雷达垂直风廓线产品的风暴相对螺旋度对山西暴雨的诊断[J]. 干旱气象,2013,31(4):778-783,doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0778

基于多普勒雷达垂直风廓线产品的风暴相对螺旋度对山西暴雨的诊断

白玎玲[1,2],汤达章[1],徐 芬[3],胡程达[4]

(1. 南京信息工程大学,江苏 南京 210044;2. 山西省气象信息中心,山西 太原 030006;
3. 江苏省气象科学研究所,江苏 南京 210009;4. 河南省气象科学研究所,河南 郑州 450003)

摘 要:介绍了风暴相对螺旋度(SRH)的原理及基于多普勒天气雷达垂直风廓线(VWP)产品计算螺旋度的方法,探讨了不同时间分辨率对螺旋度应用效果的影响,最后重点对山西2个典型夏季暴雨个例分别做螺旋度诊断分析。结果表明:利用VWP产品计算的SRH具有较好的时间分辨率,可用于山西夏季暴雨的短时临近预报研究,相较于15 min和30 min,1 h分辨率的螺旋度数据稳定、曲线平滑,更有利于直观分析和业务化;螺旋度强弱变化趋势与降水大小的变化趋势比较吻合,螺旋度变化一般提前于降水变化,有1~2 h的提前预报量,可以作为短时(临近)预报降水开始、维持、结束的一个有效预报因子。

关键词:多普勒雷达;垂直风廓线(VWP)产品;风暴相对螺旋度(SRH)
文章编号:1006-7639(2013)-04-0778-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0778
中图分类号:P426.62 **文献标识码**:A

引 言

近年来极端天气越来越多,特别是暴雨洪涝、高温热浪等气象灾害呈现不断增多的趋势。对极端降水而言,随着中高纬度大部分地区降水量的增加,强降水或极端降水频率也相应增加[1]。山西省地处黄土高原东侧,受大陆季风气候影响,干旱是其主要气候特征,降水主要集中在夏季,但是夏季降水的分布也极不均匀,往往一场雨即达到整个夏季雨量的60%,常常形成洪涝、泥石流、山体滑坡以及城市内涝等灾害,给人民的生活生产造成严重影响,因此对暴雨灾害性天气发生、发展、消亡机制做深刻的剖析就显得尤为重要。使用单一的诊断物理量如垂直运动、涡度、散度等,虽然对天气的发生发展具有指示意义,但是由于灾害性天气过程的复杂性,单一物理量并不能取得满意的效果。

众多国内外研究已经证实,螺旋度反映了对流系统旋转与沿旋转轴方向运动的强弱程度,是一个诊断和预报对流灾害天气发生发展过程相当有用的物理量[2-10]。由于它考虑了大气旋转、扭曲特性,以及水平、垂直方向的输送作用,因此它比单一用涡度或散度描述大气物理结构更清晰[11]。螺旋度由Lilly[2]于1986年正式引入了气象研究之中。后来,Woodall[3]提出了风暴相对螺旋度(storm relative helicity,缩写为SRH)的概念,认为只有相对于风暴的螺旋度才真正对风暴维持和发展有实际意义[12]。因此要预警风暴的发展趋势,考察螺旋度变化趋势是一种可能。螺旋度的计算需要有较好的风场资料,山西省目前有4部多普勒雷达,体扫范围可覆盖全省。雷达反演出的以雷达为中心50 km范围内不同高度的水平风向风速的时空分辨率达到了5 min、50 km。因此本文尝试利用新一代天气雷达垂直风廓线产品VWP(VAD Wind Profile)作为风场资料来源计算雷达本站上空的螺旋度,并通过2个较大范围夏季暴雨天气个例的螺旋度计算诊断分析,试图找出螺旋度变化与降水变化之间的关系,用以提高短时(临近)预报时效。

收稿日期:2013-09-11;**改回日期**:2013-10-18
基金项目:青年科学基金项目(41105023)、中国气象局公益性行业科研专项项目(GYHY201306078)共同资助
作者简介:白玎玲(1985-),女,山西五台人,工程师,从事系统维护开发、雷达资料应用研究. E-mail:baidingling@163.com

1　螺旋度原理及计算方法

螺旋度是表征对流系统旋转性和上升运动的重要物理量,严格定义式为风速和涡度点积的体积分[11]:

$$H = \iiint V \cdot (\nabla \times V) \mathrm{d}\tau \qquad (1)$$

式中 V 为三维的环境风矢量,$\nabla \times V$ 为三维相对涡度。而风暴相对螺旋度则是把研究对象的移动速度考虑在内,即:

$$H = \iiint (V - C) \cdot (\nabla \times V) \mathrm{d}\tau \qquad (2)$$

其中 C 为研究对象(风暴、强对流体等,以下统称为对流系统)的移动速度,则 $V - C$ 就是相对于对流系统的速度。

在具体应用中,螺旋度的计算方法很多,其中广为采用的是 Davies Jones 等使用探空资料根据解析几何性质得出的计算公式:

$$H = \Sigma_{N-0}^{N-1} [(U_{n+1} - C_x)(V_n - C_y) - (U_n - C_x)(V_{n+1} - C_y)] \qquad (3)$$

该计算公式是从水平风场来考虑的,这是因为在强风暴发生前,涡度的垂直分量一般比风的垂直切变小 1 个量级以上,相对于水平涡度分量可以忽略,垂直速度本身及其在水平方向上的变化也不大,可以略去。式(3)中:(U_n, V_n) 为各高度层上的水平风,(C_x, C_y) 为风暴移动速度,N 为计算 H 时取环境风的层数,因为流入风暴的气流来自低层,一般取 $H = 3 \sim 4$ km。由于文章中所使用天气雷达数据来自长治雷达(海拔高度 1 027.5 m,见图 1 中横线标注),所以在雷达产品中选取海拔 1 km 以上、4 km 以下风场共 13 层数据,这样计算出的 H 代表约为 3 km 垂直高度内的螺旋度数据。由于风暴的移动主要受中低层平流运动和自身传播效应的共同影响,本文采用 Maddox 的估值,以各高度层的平均风风向右移 30°,风速的 75% 来确定风暴的移动速度[14]。

2　基于天气雷达数据的风暴相对螺旋度计算方法

由于风暴发生前后及风暴发展过程中动力场在时间和空间的变化很大,因此风暴螺旋度在强风暴生命史中随时间和空间非常易变,使用常规探空资料计算风暴螺旋度常常与风暴发展过程中的实况出入较大。而多普勒雷达时间分辨率高,可以提供各个高度层的风向、风速,时间密度远高于探空资料。运用多普勒雷达风场资料,计算风暴螺旋度可以较好地反映途经雷达站上空对流系统发生发展和衰亡的动力条件,可较好的起到监测作用。

多普勒天气雷达的垂直风廓线产品(Velocity Wind Profile)是运用多普勒测速功能,探测到其探测范围内任意点相对于雷达的径向速度,然后应用 VAD 技术对一个体扫的径向速度资料进行处理,这样就可以得到雷达上空半径为 30 km 范围内风向风速随高度的变化,即风的垂直廓线。VWP 产品横坐标为时间,纵坐标为高度,见图 1,最多可显示 11 个体扫时刻的垂直风廓线,最近的时间在最右端,可以显示最多高度层数为 30。产品的数据级(色标)代表拟合的均方根误差(RMS),RMS 值越大,说明估计的平均风向风速越不可靠[13],本文 RMS 阈值取 5 m/s。RMS > 5 m/s 的风速风向不列入计算行列。另外因为算法的缺陷或者回波缺口等原因,有时无法算出较为准确的风向风速时,产品中用 ND(No Data)来表示该高度层无可靠数据。

夏文梅等[14]研究了降水过程中多普勒天气雷达风廓线产品特征,结论指出 VWP 产品反演出的风场在总体上是可信的,山西科研人员也做了类似统计验证工作,结论基本一致。因此可利用该风场资料作为数据源计算风暴相对螺旋度。处理方法如下:利用 VWP 图像产品读出某个体扫每个高度层的风向、风速,根据几何方位关系就可以求得各高度层上的水平风,(U_n, V_n) 根据各高度层的平均风风向右移 30°,风速的 75% 来计算风暴移动速度(C_x, C_y),然后将(C_x, C_y)以及逐层的(U_n, V_n)带入式(3),就可以计算该时刻的风暴相对螺旋度 SRH(本文所用时间均为北京时)。

3　螺旋度数据时间分辨率探讨

螺旋度时间分辨率最高可以达到 5 min 一个,为了考察不同时间分辨率下螺旋度和雨量的对应关系,选取 2013 年 7 月 9 ~ 10 日的大暴雨过程中距离长治雷达站约 18 km 的屯留站降水数据,该站 9 日 09 时到 10 日 12 时的累积降水为 138.7 mm。针对不同时间分辨率(1 h、30 min、15 min),对螺旋度和雨量数据分别做了累积处理,3 种时间分辨率的曲线变化如图 2 所示。可以大致看出,螺旋度曲线变化相对于雨量曲线变化平均约有 1 h 提前量,为了证实这点分别把雨量提前 1 h、2 h、3 h 计算相关系数,结果表明提前 1 h 的相关性较好(结果略)。

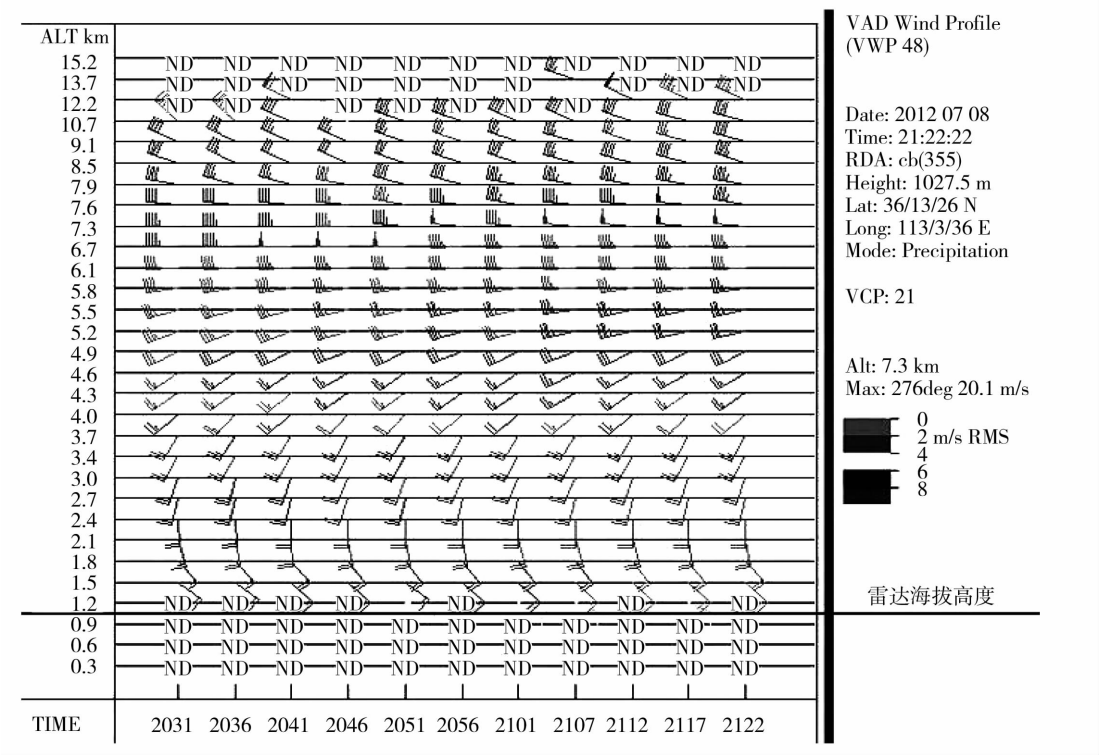

图 1 2012 年 7 月 8 日 20:31 ~21:22(北京时)垂直风廓线产品

Fig. 1 The product of VWP from 20:31 to 21: 22 BT on 8 July 2012

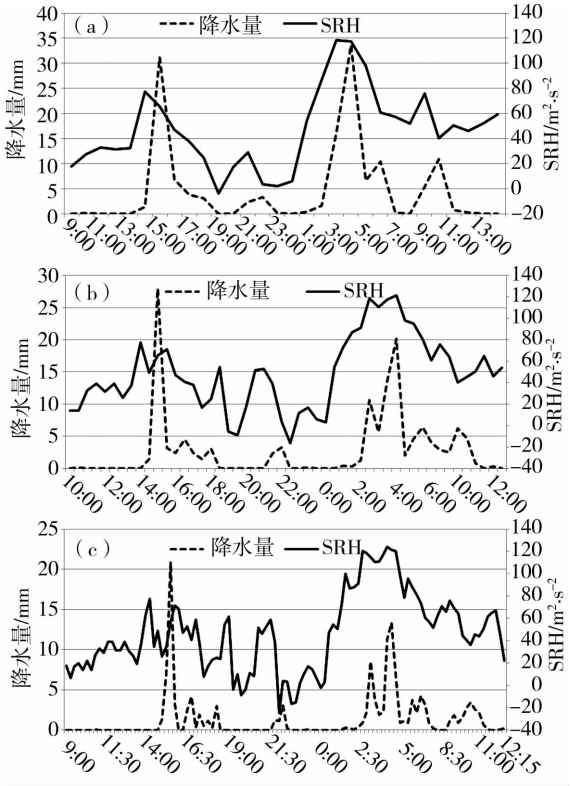

图 2 2013 年 7 月 9 ~10 日个例 1 h(a)、30 min(b)、15 min(c)螺旋度和雨量变化趋势

Fig. 2 The variations of helicity and rainfall in 1 h(a), 30 min(b), 15 min(c) from July 9 to 10, 2013

比较 3 种时间分辨率曲线发现,时间分辨率越低,曲线变化趋势特征越显著,螺旋度与降水量的发展趋势越吻合;时间分辨率越高,数据细节有所体现,更可突出短时强降水的变化状态,但是螺旋度数据的抖动性较明显,较难从两者曲线变化上寻找规律。

为了定量对比不同时间分辨率下螺旋度和雨量的相关性,本文把 3 种时间分辨率的雨量数据提前 1 h 与螺旋度数据进行了 Pearson 相关系数计算。结果表明 1 h 分辨率的相关系数最大,值为 0.6779,30 min 和 15 min 的相关系数值分别为 0.6502,0.4879,说明 1 h 分辨率的整体趋势对应效果最好。但若分时段取少量样本数据,在个别时段 30 min 和 15 min 的相关系数值则比 1 h 的计算结果大,分别可以达到 0.7829,0.7032,说明时间分辨率大的情况下在某些小时段会有很高的相关性。

从上述分析可看出,尽管时间分辨率越高,某些短时段上螺旋度和降水量的相关性也会很高,但是数据表现的不稳定性也越强,这给定量提取供预报使用的阈值带来不便,不利于业务化;而降低时间分辨率后,整个过程的相关性较好,数据曲线较为平滑,有利于从两者数据变化趋势中可较好地提取预警预报所需的阈值。这为从天气雷达数据提取的螺

旋度参量的业务化提供了可能。因此本文后续将采用时间分辨率为 1 h 的螺旋度数值进行进一步分析。

4　实例分析

为保证 VWP 风场资料的可靠性及天气过程中有对流性降水,选取了降水面积较大且雨势较强的过程来分析,长治市 2012 年 7 月 8 ~9 日和 2013 年 7 月 9 ~10 日的暴雨过程,具有山西强降水的代表性,2 个个例分别考察螺旋度对不同天气形势下降水的动力表现能力。

4.1　天气形势

2012 年 7 月 7 ~9 日 500 hPa 上,亚洲中高纬为“1 槽 1 脊”型,中纬度多短波槽活动,副热带高压控制华南沿海地区。8 日 08 时短波槽位于河套西部,700 hPa、850 hPa 上,河套地区有切变线存在。到 8 日 20 时,短波槽东移到陕西和山西交界,副高北抬,584 dagpm 线位于河南北部;同时 700 hPa 副高外围的低空西南风急流将孟加拉湾的水汽输送到陕西南部,700 hPa 切变线东移,暖切变位于山西南部;850 hPa 山西南部形成气旋式辐合环流,≥8 m/s 的大风速带将南海的水汽输送到山西南部,为此次暴雨的形成提供水汽条件和不稳定能量;同时对流层高层 200 hPa 上,≥30 m/s 西风急流位于 40°N 附近,山西南部位于南亚高压东侧的辐散气流区(图略)。

2013 年 7 月 8 ~10 日 500 hPa 上亚洲中高纬呈现“2 槽 1 脊”型,9 日 08 时,山西受南支槽前西南气流影响,呈现“北脊南槽”的形势,贝加尔湖脊前西北气流引导冷空气南下与南支槽前的西南暖湿气流交汇;700 hPa 上切变线位于河套中部到山西北部,其南侧有低空西南风急流输送水汽到山西南部地区;850 hPa 上切变线位于山西南部,偏南风急流将南海的水汽和不稳定能量输送到华北南部;对流层高层 200 hPa 上,≥30 m/s 西风急流位于 40°N 附近,山西位于南亚高压东脊区的辐散气流内,高低空急流的耦合,形成明显的抽吸作用。9 日 20 时,850 hPa 上切变线北侧的东北风风速加大,与偏南风激烈交汇,造成夜间降水增幅(图略)。

2 次暴雨的区别是:500 hPa 的环流背景不同,低层切变线位置有差异,2013 年 7 月 9 日的低空急流强度比 2012 年 7 月 8 日强;相同点:200 hPa 均有西风急流存在。下文将对这 2 种不同形势暴雨过程做 SRH 诊断分析。

4.2　2012 年 7 月 8 ~9 日个例分析

2012 年 7 月 8 日 08 时至 9 日 08 时,山西中南部出现大范围降水,部分区域达到暴雨量级,降水集中在长治地区的中部和西部。本次过程使用长治多普勒雷达 VWP 产品计算螺旋度,雨量数据选取距离长治雷达站约 15 km 的贾掌区域站,24 h 降水量为 80.2 mm,是雷达站 30 km 探测范围内降水量最大的站点。将 VWP 产品数据代入公式(3)计算螺旋度,并将螺旋度和相应时刻的自动雨量站雨量数据进行比较(图 3)。

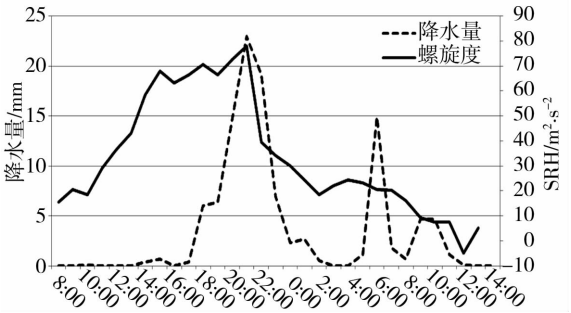

图 3　2012 年 7 月 8 日 08 时至 9 日 14 时逐时降水量和 SRH 变化

Fig. 3　The hourly variations of helicity and rainfall from 08: 00 July 8 to 14: 00 July 9, 2012

由图 3 可见,7 月 8 日 10 时开始螺旋度值迅速增大,15 时螺旋度曲线呈现第一个波峰,峰值为 67.98 m^2/s^2,15 ~21 时之间螺旋度数值基本维持在 60 ~80 m^2/s^2 之间,21 时到达此次过程的峰值 77.99 m^2/s^2。从此阶段螺旋度曲线的变化特点可说明雷达站上空的对流系统和气旋性涡旋在持续发展,有利于本地降水的持续发展和进一步增强。而贾掌自动站降水实况映证了这一点,降水从 17 时开始大幅增强,21 时出现第一阶段也是此次降水整个过程的峰值为 23 mm。螺旋度在 21 时后迅速减小,从 77.99 m^2/s^2 降低至 39.62 m^2/s^2,雨量也迅速减小,9 日 00 时已停止。之后螺旋度在 9 日 02 ~04 时有 1 次较小增幅(从 18.59 m^2/s^2 到 24.49 m^2/s^2),而雨量在 06 时也到达第二个峰值为 14.9 mm。从上述过程的分析来看,雨强的变化滞后 SRH 强度变化约 2 h 左右,而整体变化趋势曲线也有较好的对应关系,SRH 作为预报因子有 2 h 的预报提前量。将雨量数值提前 2 h 和 SRH 值计算的相关系数为 $r = 0.5907$,列入此次计算的样本数为 32 个,当 $n = 32$ 时,$r_{0.05} = 0.3494$,$r_{0.01} = 0.4487$,可得出 $r > r_{0.01}$,说明线性相关关系显著。

尝试分析雨量和螺旋度不同步的原因:当螺旋度达到最大值时,表明对流层底层环境风状况也已处于最有利于对流系统和气旋性涡旋发展的时期,

而对流系统和涡旋的发展加强必然会造成更大的降水。当强降水发生以后,由于降水云体中雨滴的下降拖拽效应也会随之增强,这就使上升运动减弱甚至会有下沉气流,从而减少了涡度的输送;同时,雨水的蒸发会使底层出现冷空气堆,削弱那里的气旋性涡度。这 2 方面的共同作用,就会出现螺旋度和降水峰值的不同步。而不同步的特点给使用螺旋度预报降水的发展趋势提供了可能。

4.3 2013 年 7 月 9 ~10 日个例分析

2013 年 7 月 9 ~10 日,山西出现了大范围的降水天气过程,降水时段集中在 9 日 12 时至 10 日 12 时之间,此时段内降水量达到 100 mm 的国家自动站和区域站有 56 个,主要集中在长治地区,另外山西中南部出现 28 站雷暴。强降水区域位于雷达测站附近 30 km 半径范围附近,VWP 产品及由该产品反演的螺旋度数据变化刚好可以反映该区域降水发展趋势。本次过程使用长治多普勒雷达 VWP 产品来计算螺旋度,雨量数据选取距离长治雷达站约 18 km 的屯留,9 日 09 时至 10 日 12 时的累积降水为 138.7 mm,并且伴有雷暴天气。

由图 2a 可见此次暴雨过程大致可分为 2 个降水阶段,分别为 9 日 13:00 ~ 23:00,10 日 00:00 ~ 13:00。

第一阶段:从曲线图上看,SRH 从 13 时到 14 时 1 h 内由较小值 32.38 m^2/s^2 迅速增大到峰值 77.37 m^2/s^2,而此阶段雨量值也是在 1 h 内由 1.4 mm 增大到峰值 31.2 mm,比螺旋度晚 1 h。随后螺旋度迅速下降,19 时达到 -3.84 m^2/s^2 的最低值,雨量也急剧减小在 19 时减小到 0 mm。这一阶段说明雷达站上空的对流系统发展非常迅速,系统在 1 h 内迅速成长,随后在 5 h 内又迅速瓦解或是快速移出本站,对流运动异常激烈将导致在一定范围内降水再次开始并将在一段时间里维持。可以看到螺旋度在 19 时后又开始增大,在 21 时达到第二峰值,雨量也是从 20 时后开始增加在 21 时达到第二峰值。将雨量数值提前 1 h 和 SRH 值计算相关系数为 $r = 0.7567$,列入此次计算的样本数为 11 个,当 $n = 11$ 时,$r_{0.05} = 0.6021$,$r_{0.01} = 0.7348$,可得出 $r > r_{0.01}$,说明线性相关关系显著。

第二阶段:与第一阶段类似,螺旋度和雨量都有 2 次峰值,并且都是第一个过程发展和瓦解都非常迅猛,螺旋度峰值达到 118.36 m^2/s^2,降水量峰值达到 33.7 mm,随后是一个小峰值 75.71 m^2/s^2,10.9 mm。采用雨量数据提前 1 h 与 SRH 值计算相关系数为 0.7308。列入此次计算的样本数为 14 个,当 $n = 14$ 时,$r_{0.05} = 0.5324$,$r_{0.01} = 0.6614$,$r > r_{0.01}$,线性相关关系显著。

从以上曲线分析和相关性分析来看,此次暴雨过程中 SRH 的发展趋势与降水的发展趋势比较吻合,并且比降水变化提前 1 h,所以 SRH 作为预报因子有 1 h 的预报提前量。但是从曲线图中可以看到,过程结束后螺旋度值还维持 51 m^2/s^2 左右的较大值,此时雨量已经为 0 mm。而且第二阶段螺旋度峰值比第一阶段大 41 m^2/s^2,而第二阶段峰值雨量仅仅比第一阶段大 2.5 mm,所以 SRH 的数值大小和雨量大小并不一定成正比,SRH 数值的大小与降水量的大小并没有明显线性关系,这和文献[13]的结论一致。但是对比文献[13]中所选天气个例的 SRH 数值,本文选取个例的 SRH 数值变化幅度偏小,说明所选山西强降水个例的对流发展剧烈程度比起江苏降水个例要偏弱,这与地域和天气系统都有很大关系。

5 结 论

(1)利用多普勒雷达的垂直风廓线 VWP 产品来计算的 SRH 具有较好的时间分辨率,可用于山西夏季暴雨的短时临近预报研究。相较 15 min、30 min 分辨率,1 h 的螺旋度数值稳定、曲线平滑,更有利于直观分析和业务化。

(2)暴雨的螺旋度强弱变化趋势与降水大小的变化趋势比较吻合,螺旋度变化一般提前于降水变化,有 1 ~2 h 的提前预报量,可以作为短时(临近)预报大面积降水开始、维持、结束的一个预报因子。但是 SRH 的数值大小和雨量大小并不一定成正比,两者并没有明显线性关系。

(3)受 VWP 产品算法的限制,根据此产品计算的风暴相对螺旋度,主要适用于雷达站周围 30 km 范围的大面积降水过程,对暴雨的具体落区和开始时间并不能准确预测,还需要结合别的物理量综合诊断。

为进一步体现雷达反演螺旋度在暴雨短时临近预警预报工作中的优势,后续将在处理高时间分辨率的螺旋度数据的稳定性上做更多分析研究工作。

参考文献:

[1] Groisman P, Karl T, Easterling D, et al. Changes in the probability of extreme precipitation: important indicators of climate change[J]. Climatic Change, 1999, 42: 243 - 283.

[2] Lilly D K. The structure, energetics and propagation of rotating convective storms. Part II: Helicity and storm stablization[J]. J Atomos Sci, 1986, 43(2): 126 - 140.

[3] Woodall G R. Qualitative forecasting of tornadic activity using storm - relative environmental helicity[A]. Preprint,16th Conference on Severe Local Storm[C]. Boston,1990. 311 - 315.
[4] 李耀东,刘健文,高守亭. 螺旋度在对流天气预报中的应用研究进展[J]. 气象科技,2005,33(1):7 - 9.
[5] 郑峰. 螺旋度及其在天气诊断分析中应用研究的进展[J]. 贵州气象,2005,29(2):3 - 5.
[6] 高守亭,周菲凡. 基于螺旋度的中尺度平衡方程及非平衡流诊断方法[J]. 大气科学,2006,30(5):854 - 862.
[7] 余贞寿,倪东鸿,闵锦忠. 超强台风/圣帕(0709)特大暴雨过程的完全螺旋度分析[J]. 南京气象学院学报,2009,32(1):45 - 53.
[8] 李安泰,何宏让,洋相融. 甘肃东南部一次暴雨天气的数值模拟和螺旋度分析[J]. 干旱气象,2010,28(3):309 - 314.
[9] 刘家峻,刘睿卉,李荔珊,等. 一次海南大暴雨过程的能量及螺旋度分布特征[J]. 气象与环境科学,2011,34(1):36 - 41.
[10] 石燕茹,寿绍文,王丽荣,等. 风暴相对螺旋度与强对流天气类型的关系分析[J]. 气象与环境学报,2011,27(1):65 - 71.
[11] 鲁坦. 2011 - 06 - 23 豫南暴雨成因及完全螺旋度诊断分析[J]. 气象与环境科学,2012,35(2):49 - 54.
[12] 王丽荣,胡志群,匡顺四. 应用雷达产品计算风暴相对螺旋度[J]. 气象,2006,32(4):45 - 51.
[13] 徐芬,夏文梅,胡志群,等. 多普勒天气雷达风场产品在螺旋度计算中的应用[J]. 气象科学,2007,27(5):495 - 500.
[14] 夏文梅,陈楠,程婷,等. 降水过程中多普勒天气雷达风廓线产品特征[J]. 气象,2008,34(10):22 - 26.
[15] 程鹏,王宝鉴,孔祥伟,等. 河西走廊一次强沙尘暴天气的螺旋度诊断[J]. 干旱气象,2013,31(1):144 - 149.
[16] 孙兰东,徐建芬. 西北地区东部三次暴雨天气的螺旋度分析[J]. 干旱气象,2000,18(4):20 - 22.
[17] 冉令坤,楚艳丽. 强降水过程中垂直螺旋度和散度通量及其拓展形式的诊断分析[J]. 物理学报,2009,58(11):8094 - 8106.
[18] 杨庆红,彭九慧,刘园园. 一次强对流天气的大气物理量及雷达回波特征分析[J]. 干旱气象,2010,28(3):322 - 326.
[19] 马鸿青,丁治英. 河北中南部一次大暴雨个例的成因诊断[J]. 干旱气象,2009,27(3):254 - 262.
[20] 牛广山,李俊杰,李秋元,等. 一次豫北春季强对流暴雨过程的螺旋度分析[J]. 气象与环境科学,2010,33(1):40 - 47.
[21] 朱平,田成娟. 青海东部一次强对流天气的多普勒雷达特征分析[J]. 干旱气象,2011,29(3):336 - 341.
[22] 吴爱敏. 雷暴天气的多普勒雷达 VWP 资料特征分析[J]. 干旱气象,2009,27(2):177 - 180.
[23] 岳彩军,郭煜,寿绍文,等. 螺旋度在我国多种灾害性天气研究中的应用进展[J]. 暴雨灾害,2011,30(2):107 - 116.
[24] 王存亮,魏勇,彭军,等. 新疆天山北坡中部一次强对流天气的多普勒雷达特征[J]. 干旱气象,2013,31(2):354 - 360.

Diagnosis of Two Rainstorm Weather Processes in Shanxi Based on Storm Relative Helicity

BAI Dingling[1,2], TANG Dazhang[1], XU Fen[3], HU Chengda[4]

(1. *Nanjing University of Information Science & Technology*, *Nanjing* 210044, *China*;
2. *Shanxi Meteorological Information Center*, *Taiyuan* 030006, *China*;
3. *Jiangsu Institute of Meteorological Sciences*, *Nanjing* 21009, *China*;
4. *He' nan Institute of Meteorological Sciences*, *Zhengzhou* 450003, *China*)

Abstract: In this article, the storm relative helicity(SRH) and a method of calculating SRH based on doppler radar vertical wind profile(VWP) had been introduced, the application effect of SRH in different time resolution had been discussed, and diagnostic analysis of two typical summer rainstorms in Shanxi had been emphasized. The main conclusions are as follows: SRH calculated by VWP had better time resolution and could be used for forecast of summer rainstorms in Shanxi. Compared with the 15 min and 30 min time scale, the helicity of one hour resolution had stable data and smooth curve and was more suitable for visual analysis and operability. The variation of the helicity intensity was almost consistent with the rainfall, and variation of the helicity was commonly ahead of the rainfall change by one to two hours, which could be a good indicator for nowcast of the beginning, maintain, and the end of rainfall.

Key words: doppler radar; vertical wind profile(VWP); storm relative helicity(SRH)