

一次对流系统引起奥帆赛场风速突然减小的多普勒雷达特征

盛春岩 刁秀广

(山东省气象台, 济南 250031)

提 要: 根据青岛黄岛新一代天气雷达和浮标站等观测资料,对2006年8月青岛国际帆船赛期间一次赛场风速突然减小的多普勒雷达特征进行了分析,以探讨雷达产品对地面风变化的指示意义。结果发现,对流系统周围的环境风场存在较强的风垂直切变,在对流系统移动和发展过程中,风切变层的高度发生了变化。当赛场附近近地面风切变层高度降低、切变层风速减小时,赛场附近风速也减小;切变层升高后,赛场附近的风速又重新增大,表明近地面风切变层的高度和切变层风速的大小对地面风速有影响。新一代天气雷达 VAD 风廓线产品可以较好地反映出雷达站附近风切变层以及风速的垂直变化,对地面风速的变化有指示意义。

关键词: 多普勒雷达特征 风 切变层 雷达 VAD 风廓线产品

Doppler Radar Features for a Wind Decreasing Event near Sailing Spots Caused by a Convective System

Sheng Chunyan Diao Xiuguang

(Shandong Provincial Meteorological Observatory, Jinan 250031)

Abstract: With Huangdao Doppler radar products and the buoys data near sailing spots during Good Luck Beijing-2006 Qingdao International Regatta, a case that the wind speeds near sailing spots decreased suddenly is analyzed to study the Doppler radar features for the change of the surface wind speed. Results show that there is a shear layer of the wind field around the convective system. The height of the shear layer changes with moving and development of the convective system. When the height of the shear layer falls and the wind speed near the shear layer decreases, the wind speed near the sailing spots also decreases. After the shear layer rises, the wind

资助项目: 国家自然科学基金“山东东南沿海夏季海风精细特征的观测分析及数值模拟研究”(40705017), 山东省自然科学基金“多普勒雷达、卫星和自动站资料融合同化技术研究”(Q2007E03)

收稿日期: 2007年8月14日; 修定稿日期: 2008年1月20日

speed near the sailing spots increases too. This phenomenon indicates that the height of the shear layer can affect the wind speed near the surface. The Doppler radar VAD Wind Profiler products can reflect the vertical change of the shear layer and wind speed, which is a good indicator of the change of surface wind speed.

Key Words: Doppler radar features wind shear layer VAD Wind Profile product

引 言

新一代天气雷达是监测灾害性强天气(冰雹、大风、龙卷和暴洪等)的重要工具。随着新一代天气雷达在我国的布网,各地气象工作者通过对大量个例的分析和总结,归纳出了强降水^[1]、强对流(雷雨大风、冰雹、龙卷)^[2-6]等灾害性天气的多普勒雷达特征指标,为今后利用新一代天气雷达进行强天气预警提供了依据。最近,新一代天气雷达产品还被用于分析降雪过程^[7-8]。张京英等^[9]则根据新一代天气雷达风廓线资料,分析了一次暴雨过程中高低空急流强度的垂直变化,得到了高低空急流之间的相互耦合以及与降水的关系。但到目前为止,尚未发现利用多普勒雷达产品分析地面风速减小过程的个例。本文则利用新一代天气雷达产品以及浮标站等观测资料,分析了2006年8月青岛国际帆船赛期间一次赛场附近午后风速突然减小的过程,以探讨雷达产品对地面风变化的指示意义。

1 天气背景概述

好运北京—2006 青岛国际帆船赛于 8 月 18—31 日在青岛的浮山湾举行,共设 A、B、C 三个赛场,三个赛场均有浮标站,赛场周围有自动气象站和新一代天气雷达等,赛场附近的站点布设见图 1。梯度风观测塔,位于赤岛,离海边大约 3km。

2006 年 8 月 25—26 日,受 500hPa 副热

带高压边缘和中纬度西风槽的共同影响,山东大部地区出现了降水。25 日 08 时(北京时间,下同),山东省位于 500hPa 副热带高压边缘,河套地区为一西风槽,地面弱倒槽位于江苏北部。降水首先出现在鲁东南和半岛地区,青岛地区位于地面弱倒槽顶部,为间歇性小阵雨。08 时后,青岛地区风速逐渐增大,一般在 $3\sim 8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,风向为稳定的东-东南风,帆船比赛顺利进行。13 时后,赛场风迅速减小,最小风速达 $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,比赛被迫暂停,直到 15 时后,风速又逐渐增大,比赛重新开始。



图 1 青岛奥帆赛场附近观测站点分布图

X 为黄岛雷达位置;圆圈处为梯度风塔位置

2 赛场附近风变化特征

2.1 浮标站及青岛本站风的变化特征

图 2a, b 分别给出了 A、B、C 三个赛场浮标站以及青岛本站 1 小时间隔的风速、风向演变情况。不难发现,03—06 时,赛场及青岛本站风速最小,风向以偏北风为主。随着白天陆面升温,风速逐渐增大。09—11 时,

风速达最大,期间有一段风速减小的过程。13 时后,三个赛场和青岛本站的风速均突然下降,14 时,赛场 B、C 观测的风速已经在 $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下,直到 15 时后,赛场风速又逐渐增大。可以发现,三个赛场浮标站以及青岛本站的风向都非常一致,早上以偏北风为主,白天风向逐渐向东偏,由上午的东北风演变为下午的东南风。

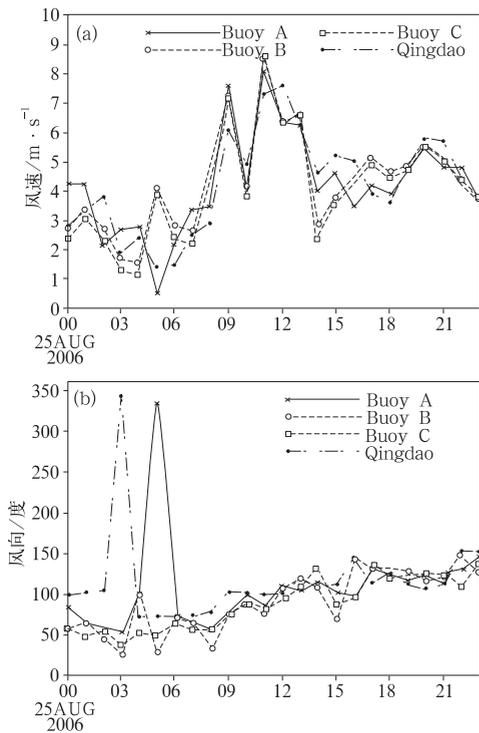


图 2 2006 年 8 月 25 日三个赛场浮标站及青岛本站观测的风速(a)、风向(b)演变曲线 (横坐标为北京时间)

2.2 梯度风观测塔观测的风的变化特征

为了分析风的精细变化特征,结合位于赤岛的 2 米高的梯度风观测资料(时间间隔为 5 分钟),对风的演变进行了分析。由图 3a 可以发现,梯度风资料显示的风速变化与赛场浮标站和青岛本站的风速变化较为一致,12—15 时,风速突然减小,15 时后风速又

突然增大。但不同的是,在 15 时,梯度风观测到的风速只有 $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,比赛场观测的风速小得多,这种差异可以认为是由风的阵性和局地性造成的。另外可以发现,09—11 时,赛场附近风速突升突降,风速波动较明显,与浮标站观测结果是一致的。从风向演变来看(图 3b),在 12—15 时风速突变时,风向基本没什么变化,一直为偏东风。

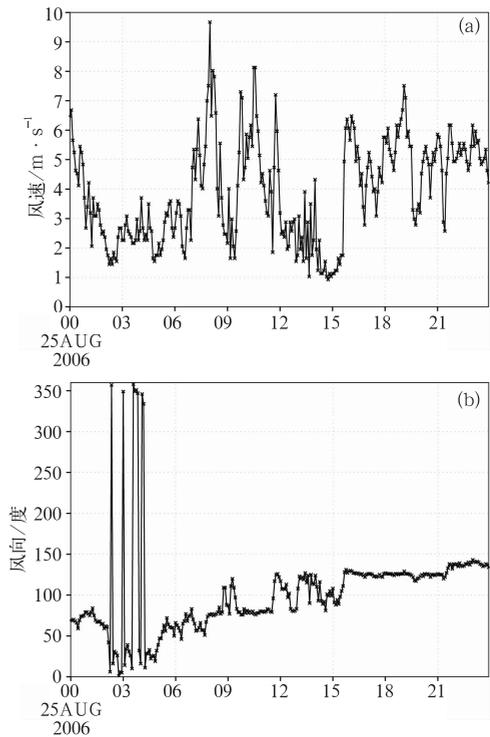


图 3 2006 年 8 月 25 日青岛赛场梯度风观测的风速(a)、风向(b)演变曲线 (横坐标为北京时间)

以上对地面自动站、浮标站和梯度风观测资料的分析均表明,赛场附加风速在上午是逐渐增强的,午后赛场风速有一段突然减小、然后又逐渐恢复的过程。那么,风速的这种突然变化是由什么引起的,下面对新一代天气雷达产品进行分析。

3 新一代天气雷达产品分析

3.1 雷达径向风和反射率特征

分析黄岛雷达径向速度产品发现,25日上午,在 0.5° 仰角的雷达径向速度图上,赛场附近(距地面大约300m高度)为大片的绿色的负速度区,与地面观测的偏东风是一致的。自08时开始,在赛场附近有一个径向风大值中心由东向西逐渐覆盖了赛场附近的区域,赛场附近的风速逐渐增大。09时,在风速大值区中出现了—个风速较小的中心,于09时至9时30分移过赛场,导致赛场附近径向风先减小又增大,显然,赛场附近近地面观测的09—11时期间的风速的突升突降,就是由于这种中小尺度的局地风的变化引起的。11时后,雷达径向风产品上显示的赛场附近的径向风也逐渐减小(图略)。不难发现, 0.5° 仰角的雷达径向速度图上显示的赛场附近径向风的变化与赛场附近的浮标站及梯度风塔观测是一致的。

从雷达反射率图上看,25日上午11时前后,在赛场的东南和西北方向各有一条东北-西南走向的带状回波(0.5° 仰角),两条回波都随时间缓慢向东北方向移动,强度逐渐减弱。12时30分前后,位于东南方向的带状回波的西南边缘分离出一小块回波,小回波形成后边发展边向东北方向移动,12时50分前后,回波单体完全脱离带状回波并继续向东北移动。13时—13时30分,回波单体移过赛场A、B、C,赛场附近听到了雷声。图4a(见彩页)给出了13时04分 0.5° 仰角的雷达反射率图,可以发现,一块强度达30dBz以上的雷达回波单体刚刚靠近奥帆赛场附近。此时, 0.5° 仰角的雷达径向速度图上(图4b,见彩页),在赛场附近为—绿色的负速度区,与回波区相对应,表明该对流单体在低层具有东-东南风的分量,与系统风的径向风分量

是一致的。对流单体移过赛场后,直到下午16时,赛场附近几乎看不到任何对流回波,径向速度图上也以绿色的向着雷达的径向风为主,未观测到任何速度的异常变化。

3.2 雷达VAD风廓线产品分析

多普勒雷达VAD风廓线产品可以反演出雷达上空约30km半径范围的风的垂直廓线^[10]。研究表明^[11],雷达VAD风廓线产品与探测测风所得的结果一致性相当好。由于25日中午前后青岛地区基本受均匀的系统风影响,赛场离雷达站20km左右,因此,雷达VAD风廓线产品能否反映出赛场附近风的变化,值得分析。

黄岛多普勒雷达VAD风廓线产品显示,8月25日10时以前,雷达站附近近地面600m以下主要为东—东南风,600~1800m之间为南—东南风,1800m以上为一致的西南风(图5a,见彩页),在2km高度附近为明显的风切变层。10时38分,3.4~3.7km高度上的风开始变为西北风,2.4~3.4km高度上的风变为偏西风,使2km高度附近的风切变加强。随后,11时20分,在2.1km高度上风速首先减小为0(图5b,见彩页)。12时52分,在3.4km高度上的风首先变为西北风,13时16分,4.0~2.4km高度上的风均变为西北风,2.1km高度以下为东南风,上下层之间的风明显变为对头风,切变层高度降低、厚度加大,在1.5~2.1km高度上的风速均减小为0(图5c,见彩页)。切变层高度降低、风速进一步减小的时间恰好是回波单体移过赛场的时间,也是赛场风速突然减小的时间。

直至14时40分前后,1.5~2.1km高度上的风速又开始增大,低层东南风的厚度增加,切变层的高度增高至3km以上,在3~3.5km高度上的风速为0。15时48分(图5d,见彩页),4~6km高度的风速均恢复为

均匀的西南风,而4km以下则为一致的东南风,风切变层的高度明显增高到4km左右,赛场附近的风速也逐渐增大。雷达VAD风廓线产品显示的近地面层风切变层高度的变化与赛场附近浮标站观测的11时后风速减小,15时后风速又增大是一致的。

3.3 雷达产品垂直剖面分析

为了进一步分析赛场附近风的垂直结构,对不同仰角的对流单体附近的径向风进行了分析,结果发现,11时前后,在雷达东部的带状回波附近 4.3° 仰角(赛场附近约1.5km高度)以下的径向速度图上,回波附近均为一致的向着雷达的径向风分量,而在 6.0° 仰角(赛场附近约2km高度)以上,则为离开雷达的红色的径向速度。随着回波的移动和发展,高层偏西风的高度逐渐变低,低层依然为东南风,风切变层的高度降低,与雷达VAD风廓线产品是一致的。沿13:04时赛场附近的雷达资料作东西向剖面图可以发现,在反射率剖面图上(图6a,见彩页),对流单体基本为垂直结构,其中西部靠近雷达站的单体是影响赛场的对流单体,其中心强度为35~40dBz,高度达6km左右。径向速度剖面图上(图6b,见彩页),雷达附近的两块单体具有相似的径向风特征,即约2.5km高度以下为偏东风,高层为偏西风,靠近雷达站处切变层的高度大约在1.5km左右,与雷达VAD风廓线产品上显示的切变层高度是一致的。

4 讨论与小结

以上分析可以发现,赛场附近在午后风速突然减小,这种风速的变化在雷达回波上并无明显信号,但从雷达VAD风廓线产品上可以发现,在赛场附近风速减小的时候,近地面风切变层高度明显降低,切变层风速减小。当赛场附近近地面风切变层高度降低、

切变层风速减小时,赛场附近风速也同时减小;切变层升高后,赛场附近的风速又重新增大,表明近地面风切变层的高度和切变层风速的大小对地面风速有影响。新一代天气雷达VAD风廓线产品可以较好地反映出雷达站附近风切变层以及风速的垂直变化,对地面风速的变化有指示意义。

致谢:青岛市气象局为本文提供了资料,在此表示感谢!

参考文献

- [1] 邵玲玲,黄宁立,王倩怡,等. 冰雹指数产品剖析及在灾害性强降水预报中的应用[J]. 气象,2006,32(11):48-54.
- [2] 廖玉芳,潘志祥,郭庆. 基于单多普勒天气雷达产品的强对流天气预报预警方法[J]. 气象科学,2006,26(5):564-571.
- [3] 李云川,王福侠,裴宇杰,等. 用CINRAD-SA雷达产品识别冰雹、大风和强降水[J]. 气象,2006,32(10):64-69.
- [4] 邵玲玲,孙婷,邹锐,等. 多普勒天气雷达中气旋产品在强风预报中的应用[J]. 气象,2005,31(9):34-38.
- [5] 王彦,吕江津,王庆元,等. 一次雷暴大风的中尺度结构特征分析[J]. 气象,2006,32(2):75-80.
- [6] 俞小鼎,郑媛媛,张爱民,等. 安徽一次强烈龙卷的多普勒天气雷达分析[J]. 高原气象,2006(25):914-924.
- [7] 梁卫芳,刘珍芳,江敦双,等. 青岛沿海一次降雪过程的多普勒雷达资料分析[J]. 海洋湖沼通报,2006,2:1-6.
- [8] 王丽荣,汤达章,胡志群,等. 多普勒雷达的速度图像特征及其在一次降雪过程中的应用[J]. 应用气象学报,2006,17(4):452-458.
- [9] 张京英,漆梁波,王庆华. 用雷达风廓线产品分析一次暴雨与高低空急流的关系[J]. 气象,2005,31(12):41-45.
- [10] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,2005:216-217.
- [11] 胡明宝,高太长,汤达章. 多普勒天气资料分析与应用[M]. 北京:解放军出版社,2000:52-55.

盛春岩等：一次对流系统引起奥帆赛场风速突然减小的多普勒雷达特征

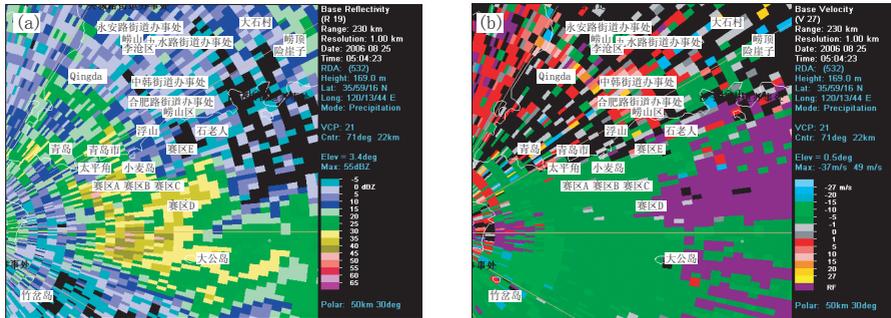


图4 2006年8月25日13时04分青岛黄岛多普勒雷达0.5°仰角的反射率(a)和径向风(b)产品图

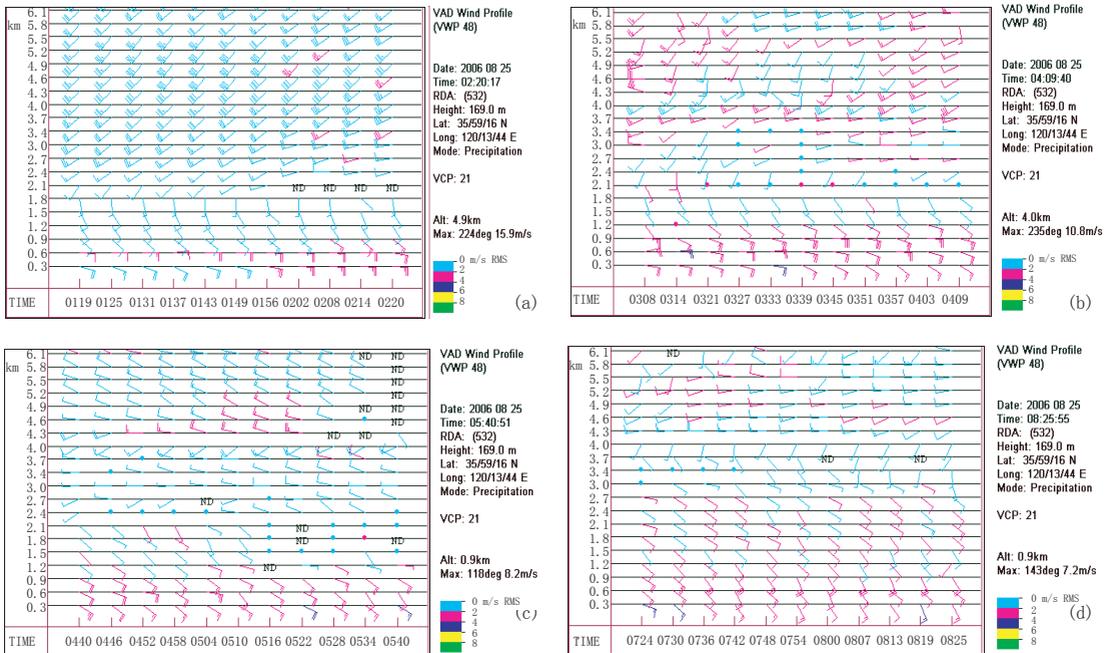


图5 黄岛雷达VAD风廓线产品显示的雷达附近2006年8月25日风的演变情况 (a)10:20 (b)12:09 (c)13:40 (d)16:25 (图中时间为世界时)

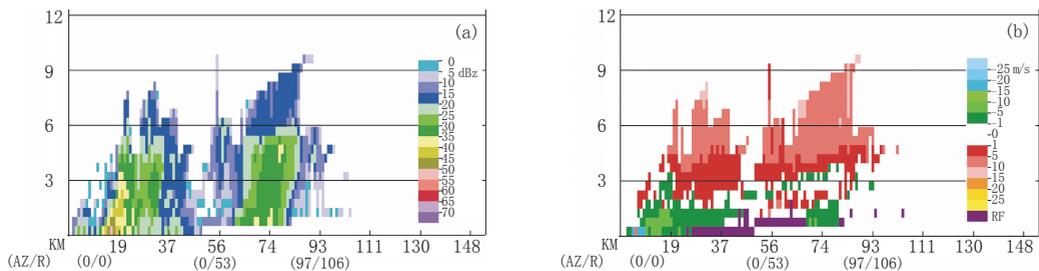


图6 2006年8月25日13:04沿雷达回波的东西剖面图 (a)反射率剖面 (b)径向风剖面