

朱立娟. 2015. 面向资料同化风廓线雷达水平风产品质量初步分析. 气象, 41(12):1494-1502.

面向资料同化风廓线雷达水平风 产品质量初步分析^{*1}

朱立娟

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 为了实现我国风廓线雷达资料能尽快应用到业务数值预报同化系统, 以改善数值预报模式初始场, 文章对风廓线雷达水平风产品质量特点进行分析, 为质量控制和同化应用提供依据。通过该类资料与数值预报背景场的对比并结合探空和降水等资料, 分析了风廓线雷达水平风产品数值预报应用的质量特点并明确了质量控制需要关注的问题。分析的风廓线雷达水平风产品的数据来源是国家气象信息中心国家级气象资料存储检索系统(MDSS), 分析资料时间时段为 2012 年 5 月 1—31 日。结果显示: 针对资料同化应用, 小时平均采样风优于实时采样风; 现有风廓线雷达水平风产品包含大量超过有效探测高度的数据, 这些数据相对数值预报背景场偏差异常偏大; 在各自设定有效探测高度范围内的资料, PA 型号雷达水平风产品相对数值预报背景场偏差最小, PB 型号次之, LC 型号最大; 在设定有效探测高度范围内的资料相对数值预报背景场基本无偏, 偏差在一倍标准差范围内的数据量达到 89% 以上, 二倍标准差范围内的数据达到 97% 以上, 三倍标准差数据达到 98% 以上; 降水是影响资料质量的重要原因, 应用时需针对降水进行细致分析与质控。

关键词: 风廓线雷达, 水平风产品, 资料同化, 质量特点

中图分类号: P413

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.12.007

Preliminary Analysis on Wind Product of Wind Profiler for Data Assimilation

ZHU Lijuan

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: To assimilate wind profiler data into operational numerical weather model, this paper analyzes the wind profiler product quality characteristic for data assimilation. Quality analysis is the basic work of this kind of data quality control and assimilation. Therefore, this paper analyzes the quality characteristics of the wind profile radar wind product through comparing the data and numerical model background field, and using the sounding and rainfall data. And the wind product used in this article is from the Meteorological Data Storage System (MDSS) in National Meteorological Information Centre. The findings show that average hourly sample wind is better than real-time sample wind for data assimilation application. There are lots of wind profile radar wind products existing above the effective detection height. And the bias of these data against numerical background is abnormally large. The bias between wind profiler and model background for PA Mode radar is the smallest, the second smallest is that for PB Mode and the biggest bias is for LC Mode within the effective detection height range, where there is no bias between wind profiler data and the numerical prediction background. The amount of data under one standard deviation is more than 89%, two standard deviations of the data reach more than 97%, three standard deviations of the data

* 国家自然科学基金项目(41275103)、国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430106)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206007)共同资助

2014 年 6 月 30 日收稿; 2015 年 9 月 2 日收修定稿

第一作者: 朱立娟, 主要从事数值预报研究. Email: zhulj@cma.gov.cn

is above 98%. Meanwhile, precipitation is an important factor affecting the data quality, so when applying the radar product, the precipitation data should be analyzed carefully for as quality control.

Key words: wind profiler, horizontal wind product, data assimilation, quality feature

引 言

风廓线雷达通过探测晴空湍流对入射电磁波的后向散射的多普勒频移计算得到其上空大气三维风场随高度变化情况(易仕明等,1988)。水平风作为风廓线雷达的重要产品之一(王令等,2014;李峰等,2014),与常规探空等测风方式相比,资料时空分辨率更高,数值预报对于风场动力信息是十分敏感的,如果将风廓线雷达水平风产品同化到业务数值预报模式中,质量可信的资料将为数值预报系统提供包含更丰富的局地中、小尺度气象信息的模式初始场,这对改进中小尺度数值预报和模拟具有重要价值(张朝林等,2002)。

从 20 世纪 80 年代美国建立风廓线雷达网 NPN(NOAA Profiler Network)以来(王敏仲等,2012),日本、欧洲相继建立了自己的风廓线组网。美国、日本和欧洲等地风廓线雷达资料已实现在欧洲中期天气预报中心(ECMWF)业务数值预报系统中同化应用,同时这些风廓线雷达资料在改善本国的数值预报中也发挥了积极的作用。

我国截至 2012 年底,已建成风廓线雷达 58 部,包括 L 波段 LC 型号边界层风廓线雷达 49 部、P 波段对流层风廓线雷达 PA 型号 2 部和 PB 型号 7 部。截至目前,已建 69 部风廓线雷达。并有规划建成布局科学、功能先进的风廓线雷达网,西部和北部地区平均站网间距达到 200~300 km,中部、东部和南部地区平均站网间距达到 100~200 km,目前已有多部雷达探测数据实现实时上传共享。

针对数值预报资料同化系统,风廓线雷达资料在我国是一种比较新型的探测资料,数值预报领域研究工作开展的还不多,对该资料的特点、质量、影响效果还缺乏了解,到目前为止在业务数值天气预报模式中还没有成熟应用。水平风场资料的资料同化方法较为成熟,要实现我国风廓线雷达水平风资料业务同化应用的关键技术是解决该类资料的质量控制问题。发展资料同化适用的质量控制算法的基础是首先要全面了解该类资料针对数值预报应用的质量特点。而目前我国业务风廓线雷达水平风产品

资料的质量评估工作也刚刚起步,且多是天气学角度的局地雷达资料质量分析。如董保举等(2011)将云南大理风廓线雷达测风与气球测风对比;邓闯等(2012)评估了北京延庆风廓线雷达测风精度,万蓉等(2011)将黑山观测站风廓线雷达资料与探空资料对比;董丽萍等(2014)以 L 波段探空雷达探测到的水平风为标准对全国风廓线雷达探测到的水平风的可信度进行评估;吴志根等(2013)将上海组网边界层风廓线雷达与宝山二次雷达测风数据比较。这些天气学角度的评估,与数值预报对待资料的角度不同。还不能提供面向数值预报资料同化应用有使用价值的定量的质量评估结果,该类资料究竟如何?是否满足同化对观测资料的质量无偏、误差随机正态分布等特殊要求?使用中需要哪些注意事项?为回答这些问题,本文重点分析风廓线雷达资料在数值预报资料同化中的质量特点。为进一步的质量控制及业务同化应用提供依据。

1 水平风产品简介

风廓线雷达是以晴空湍流对入射电磁波的后向散射回波为探测基础,采用多普勒雷达收发技术体制,依次测量 1 个天顶垂直波束和 2 个倾斜波束上的多普勒速度(三波束)或 1 个天顶垂直波束指向和东、南、西、北 4 个倾斜波束指向上各个距离库的多普勒速度(五波束)。在大气风场水平均匀假设条件下,同一高度上的 3 个波束或 5 个波束方向上的多普勒速度测量值联合求解出大气三维风场(胡明宝等,2010),即风廓线雷达水平风产品和垂直风产品。以我国主要布网的五波束风廓线雷达为例,如果用于测量垂直速度指向天顶的波束测量值以 V_z 表示,4 个倾斜波束在倾斜方位均匀分布,以 V_r 表示,天顶角以 θ 表示。水平风场的 u 和 v 分量的求解方程如式(1)所示。

$$\begin{aligned} u &= \frac{V_r(\theta, \pi/2) - V_r(\theta, 3\pi/2) - 2V_z \cos\theta}{2\sin\theta} \\ v &= \frac{V_r(\theta, 0) - V_r(\theta, \pi/2) - 2V_z \cos\theta}{2\sin\theta} \end{aligned} \quad (1)$$

从风廓线雷达水平风产品导出方案可以看出,

水平风产品受水平风场均匀假设条件的严格约束,当不满足此条件时,会严重影响导出风场的质量。同时,水平风产品又同径向速度观测值准确程度密切相关,当径向速度观测受到电磁干扰、地物回波等干扰时将会影响到水平风产品的可信度。

按照风廓线雷达探测高度的不同,我国现已布网的雷达可分为对流层 I 型雷达(PA 型号)、对流层 II 型雷达(PB 型号)和边界层雷达(LC 型号)。其仪器的显著差别在于设备电磁频段的不同。一般情况下边界层风廓线雷达选用 L 波段,对流层风廓线雷达选用 P 波段。本文中分析的水平风产品是经过厂家质量控制、厂家可信度标识达到 100% 的数据进行分析。

按照资料采样收集频率,可分为实时采样数据、半小时平均数据和小时平均数据,目前这几种水平风产品数据都已实现到国家气象信息中心的上传,并可提供给相关气象业务部门使用。

2 资料说明及质量分析试验方案设计

这里用来分析的风廓线雷达水平风产品的数据来源是国家气象信息中心国家级气象资料存储检索系统(MDSS),此系统也是我国业务气象数值预报各类观测资料数据的主要来源。通过 MDSS 系统检索获取风廓线雷达产品可以了解业务环境条件下获取的资料状态。资料的时段为 2012 年 5 月 1—31 日与数值预报场匹配的最接近 00 时、06 时、12 时、18 时(UTC,下同)的四个时次资料。可检索到资料站点数逐日变化(图 1),可见此时段已上传到国家气象信息中心并实现检索应用的站点数在 24 站以上,多时可达 28 站。我们进一步地分析也是应用这些数据。根据探测高度的不同,风廓线雷达可分为边界层风廓线雷达、对流层风廓线雷达和中间层—平流层—对流层风廓线雷达。根据雷达工作频率的不同,可将风廓线雷达分为甚高频(VHF)、超高频(UHF)和 L 波段三类。一般情况下边界层风廓线雷达用的是 L 波段,对流层风廓线雷达选用超高频(P 波段)。文中检索应用到的数据分为以下三种:P 波段对流层 I 型风廓线雷达,以 PA 表示其型号;P 波段对流层 II 型风廓线雷达,以 PB 表示其型号;L 波段边界层风廓线雷达,以 LC 表示其型号。

现在有研究表明随着数值预报模式的发展,模式的同化分析场已经优于单独的观测资料(Zou

et al,2011)。因此,面向数值预报分析资料整体质量状况,本文重点采用的方法是和数值预报背景场进行对比分析。因数值预报场是格点数据,进行比较时将数值预报背景场资料通过观测算子把模式背景水平风信息映射到观测空间,这里观测算子进行的变换主要是空间变换,也就是空间插值到风廓线雷达所在站点位置,包括水平插值变换和垂直插值变换。水平插值采用双线性插值,插值后在观测点位置上得到风变量的垂直廓线,垂直插值采用线性插值。采用的数值预报背景场资料为质量较好的美国国家环境预报中心全球预报(GFS)的分析场资料,并针对分析结果应用探空及降水等实际观测进行联合分析。这里协助分析的探空资料为分钟级探空资料,所谓分钟级探空资料,就是依据探空气球上升的时间、按分钟频率处理的资料。特点是比只包含标准层和特性层的常规探空垂直分辨率更高。降水资料为风廓线雷达探测时间前后各一小时的地面降水观测。

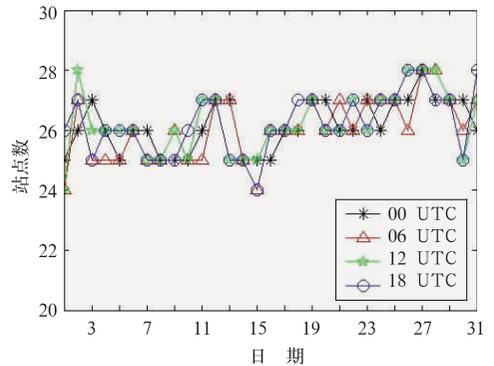


图 1 00、06、12、18 时(世界时)

风廓线雷达站点数逐日图

Fig. 1 Daily station number of wind profiler at 00:00, 06:00, 12:00, 18:00 UTC

3 质量分析结果

3.1 总体资料误差特征分析

以图 1 所示站点数的资料与数值预报背景场进行对比分析,分别分析实时采样方案获取的水平风产品和小时平均采样方案获取的水平风产品相对数值预报背景场分布特征。结果如图 2 所示,从图中可以看出,小时平均采样数据与实时采样数据相比,相对背景场的分布沿对角线分布特征更为明显,分

布点更为集中。其中相对背景场的平均偏差,实时采样数据 u 、 v 风分量的分别为 $0.37 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-0.83 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,小时平均采样数据 u 、 v 风分量的分别为 $0.26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $-0.78 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;相对背景场

的标准差,实时采样 u 、 v 风分量平均分别为 $5.89 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $4.61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,小时采样 u 、 v 风分量平均分别为 $5.14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $4.08 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。可见,从图形分布和统计意义角度上都可反映小时平均采样数据的平

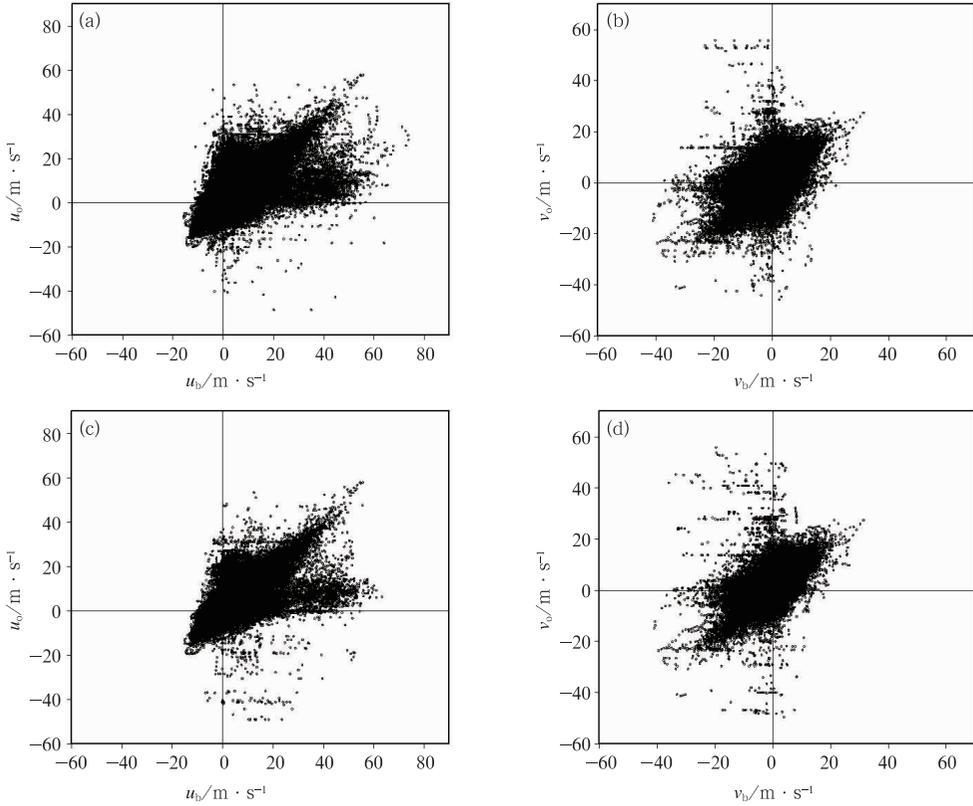


图 2 风廓线雷达水平风产品与数值预报背景场散点分布
(横坐标 u_b 和 v_b 为模式背景场,纵坐标 u_o 和 v_o 为风廓线雷达水平风)

(a) 实时采样 u 风, (b) 实时采样 v 风, (c) 小时平均采样 u 风, (d) 小时平均采样 v 风

Fig. 2 Scatterplots of the wind profiler wind product against NWP background

(a) real-time sample u wind, (b) real time sample v wind, (c) hourly average sample u wind, (d) hourly average sample v wind

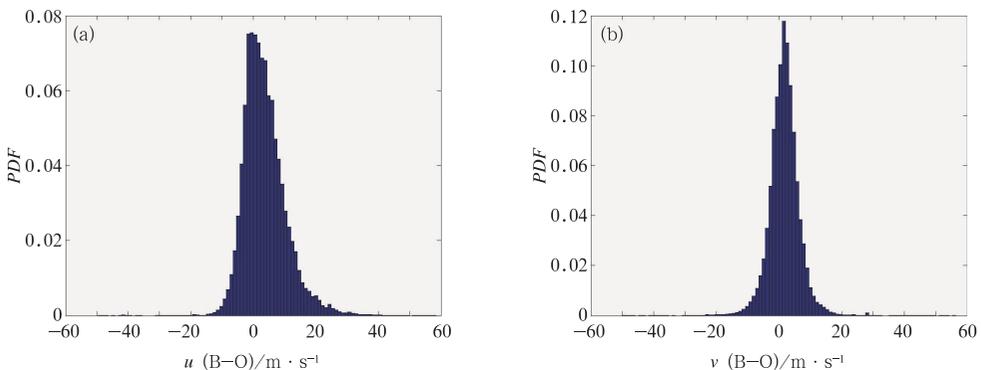


图 3 小时平均采样水平风相对背景场偏差概率密度分布

(a) u 风, (b) v 风

Fig. 3 Probability density distribution of wind profiler hourly average sample wind against background

(a) u wind, (b) v wind

均偏差和离散度都要小于实时采样数据。其原因可能是因为小时平均处理滤除了大气湍流瞬时的波动,而这部分信息也恰恰是资料同化中无法反映的代表性误差。数值预报资料同化中应用,小时平均采样数据相对更为恰当。从图 2 中还可明显看出,尽管小时平均采样数据优于实时采样数据,但 u 风和 v 风仍存在部分数据点严重偏离对角分布,尤其 u 风显示出存在部分数据背景场值明显大于观测值现象,这就不满足同化资料相对背景场无偏的需求。小时平均采样水平风相对背景场偏差概率密度分布如图 3 所示。可见,偏差没有完全符合正态分布特征。本文下面的试验都选取小时平均采样数据开展相关分析。

3.2 分型号资料误差特征分析

为进一步分析出哪些资料相对背景场存在明显偏差的问题,按雷达型号(PA、PB、LC)分析资料特征。图 4 所示为 LC、PA、PB 三种型号雷达检索到的站点数逐日变化图。可见在此时段,MDSS 系统检索的风廓线雷达资料 LC 型号雷达最多,可达 20

部左右, PB 型号雷达次之,约 5 部左右, PA 型号雷达最少,只有 1 部。从逐日资料数量分布来看,风廓线雷达资料数量较为稳定。

三种型号风廓线雷达水平风产品相对背景场的平均偏差和标准差随高度变化分布分别如图 5 所示。图 5a,5b 显示这部 PA 型号风廓线雷达风产品最高近 18 km, 14 km 以上探测范围高度上平均偏

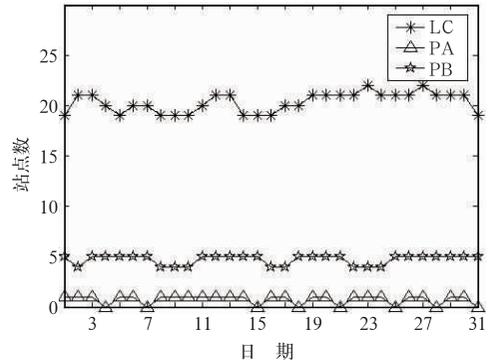


图 4 各型号雷达站点数逐日分布图
Fig. 4 Daily station number distribution of 3 kinds of wind profiler station

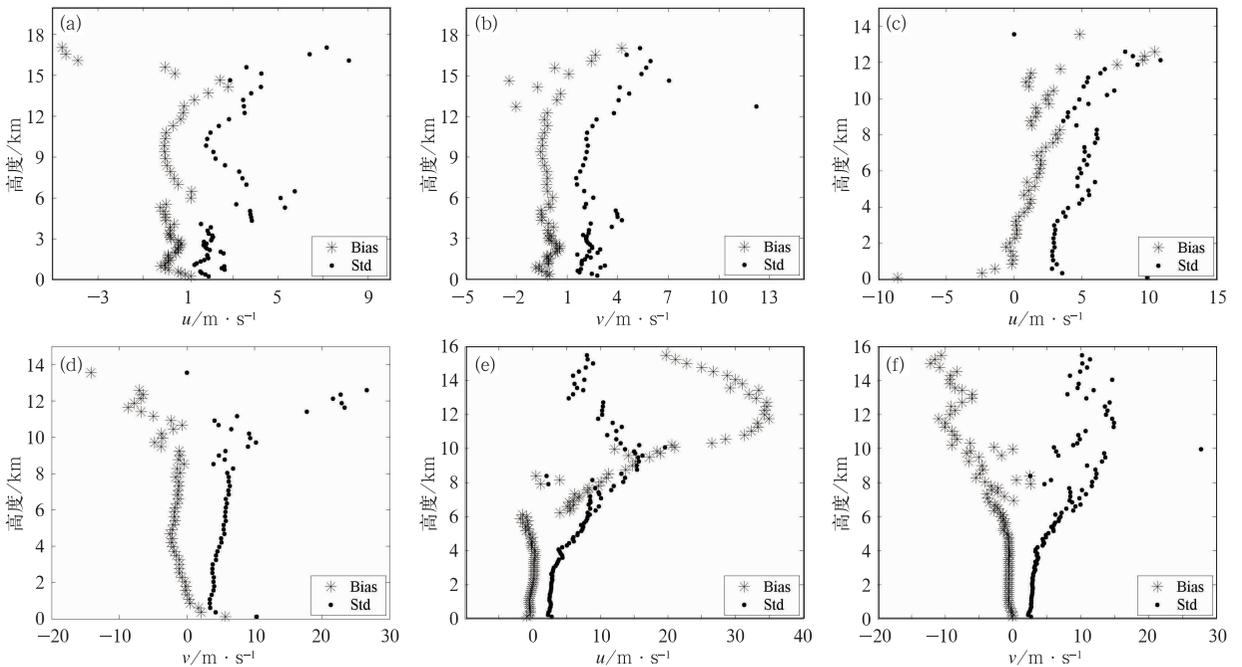


图 5 风廓线雷达水平风产品相对背景场平均偏差和标准差垂直分布

(Bias 表示平均偏差, Std 表示标准差)

(a) PA u 风, (b) PA v 风, (c) PB u 风,

(d) PB v 风, (e) LC u 风, (f) LC v 风

Fig. 5 Bias and deviation of wind profiler wind product against background wind

(a) PA u wind, (b) PA v wind, (c) PB u wind, (d) PB v wind,

(e) LC u wind, (f) LC v wind

差和标准差都明显递增。14 km 以下相对背景场的平均偏差主要在 $\pm 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内;10 km 以下标准差主要集中在 $0 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,但是在 4~6 km 高度上出现了明显增大的拐点, u 风标准差大值达到 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, v 风标准差大值达到近 $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。图 5c,5d 显示获取的 PB 型号风廓线雷达产品高度达到近 14 km,平均偏差和标准差都显示在廓线的最低层和高层上部偏大。在 1~8 km 范围内,相对背景场平均偏差在 $\pm 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 内,标准差在 $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 内。图 5e,5f 显示 LC 型号风廓线部分雷达水平风产品高度达到近 16 km。但是在 6 km 以上高度上平均

偏差显著递增, u 风平均偏差大值达到 $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上, v 风平均偏差大值也达到 $-10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上。在 6 km 高度以下,平均偏差基本无偏分布,大小也在 $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内。标准差在 3 km 高度以上就明显递增了,高层大值达到 $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,3 km 以下平均标准差在 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 内。因此,这三种型号雷达水平风产品在高层都存在相对数值预报背景场平均偏差和平均标准差显著偏大的问题。

为进一步分析出风廓线雷达相对数值预报背景场偏差的分布规律,分别画出三种型号雷达水平风产品相对背景场的偏差分布散点见图 6。

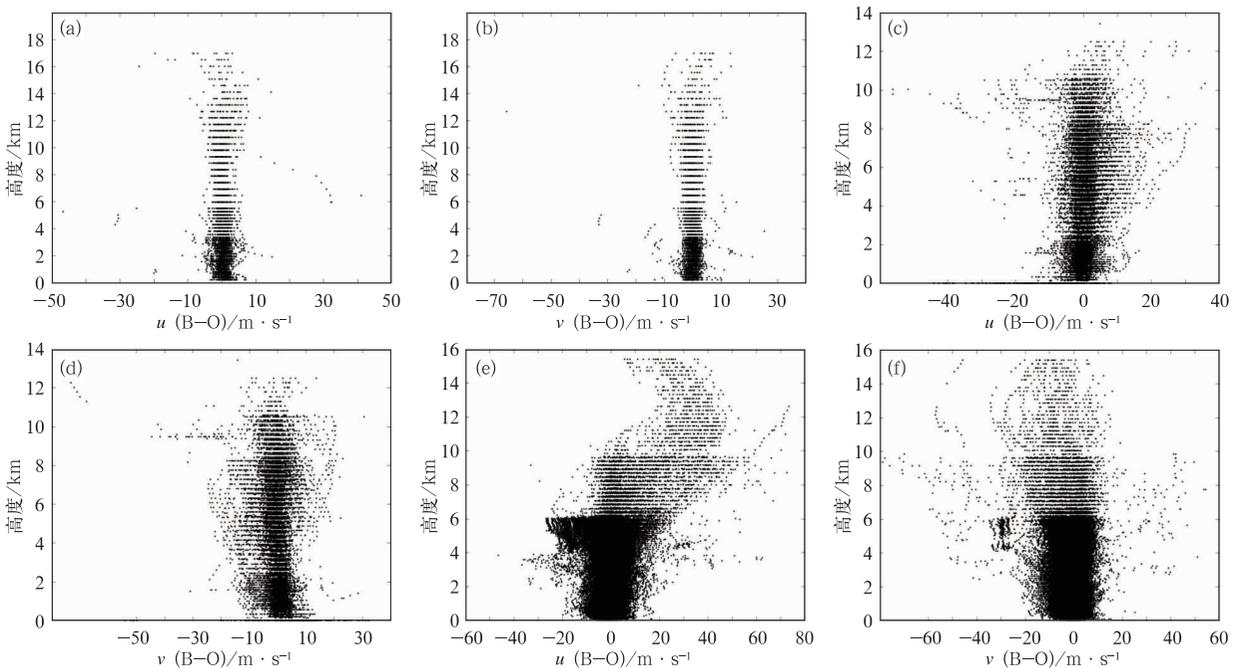


图 6 同图 5,但为背景场偏差(B-O)

Fig. 6 Same as Fig. 5, but for the bias of background

从图 6 可以看出,和平均偏差及标准差廓线类似,同样表现出高层偏差大的特征。此外还可以看到,资料数量在高层是明显减少的。在 PA 型号雷达水平风偏差分布图 6a,6b 上,在 4~6 km 高度上出现了几个异常偏大的偏差点,这也造成了标准差图上的大值拐点。图 6c,6d 显示 PB 型号雷达在第一层出现了很多异常大偏差点。图 6e,6f 显示 LC 型号雷达在 3 km 以上偏差分布范围明显加宽。

总之,三种型号风廓线雷达,以 PA 型号雷达相对背景场偏差最小,且无显著系统性偏差,PB 型号次之,LC 型号雷达的风场相对背景场偏差最大。

三种型号雷达都存在高层偏差大于低层偏差的特征。随探测高度增加,明显误差增大,错误资料增多。其原因可能是因为风廓线雷达接收到的信号通常随高度的增加而衰减,这从根本上影响了风廓线雷达的探测高度。风廓线雷达具有一定的有效探测高度范围,超过该范围很难正确探测。气象业务中的对流层风廓线雷达 PA 型最高探测高度一般为 12~16 km,PB 型最高探测高度一般为 6~8 km,边界层风廓线雷达最高探测高度一般为 3~5 km(吴蕾等,2013)。据此,将三种型号雷达通常可探测高度以下范围资料保留,超过设定高度资料剔除后,其

中,PA 型号雷达高度设定为 14 km,PB 型号雷达高度设定为 8 km,LC 型号雷达高度设定为 3 km,偏

差和标准差的变化如表 1 所示。

表 1 设定有效探测高度前后(B-O)平均偏差和标准差表

Table 1 Bias and deviation (B-O)

	平均偏差/ u_o	平均偏差/ u_r	平均偏差/ v_o	平均偏差/ v_r	标准差/ u_o	标准差/ u_r	标准差/ v_o	标准差/ v_r
PA	0.32	0.33	-0.13	-0.15	2.61	2.51	2.63	2.54
PB	0.17	0.18	-0.63	-0.52	4.94	4.51	5.37	4.85
LC	0.27	-0.19	-0.77	-0.55	5.19	2.51	3.95	2.59

注:以下标 o 表示原始数据统计结果,下标 r 表示剔除后统计结果,单位: $m \cdot s^{-1}$

Note: o denotes original data statistic results, r denotes statistic results after removing data that below effective height, unit: $m \cdot s^{-1}$

表中结果显示,设定有效探测高度后,PA 型号雷达平均偏差影响不大,标准差降低;PB 型号雷达 u 风平均偏差改变不大, v 风略减小,平均标准差减小;LC 型号雷达平均偏差和平均标准差都显著减小。说明保留这些高度以下的资料更为合理。下文进一步的分析只使用这些高度以下的资料。值得注意的是风廓线雷达在实际探测中,在不同的气象条件下晴空湍流的强弱都会有较大差别,也就会影响风廓线雷达有效探测高度;另外,有效探测高度可能会因季节、天气、厂家仪器等多方面原因而不同。因此风廓线雷达标称的最大探测高度实际是较长时间

的观测统计值。期望未来可在资料中包含有效探测高度信息或者通过可信度反映。现有资料在数值预报中应用时需要更精确的分析确定有效探测高度。

以上述在设定有效探测高度范围内的资料进行分析,图 7 为三种型号雷达水平风产品(B-O)偏差在不同风速大小上的分布。可以看到,PA 型号雷达偏差变化基本不依赖风速大小,PB 和 LC 型号雷达在大风速时,偏差略增大。尤其 PB 型号雷达 u 风在 $20 m \cdot s^{-1}$ 以上风速时,偏差分布宽度明显加宽,出现了正偏差,也就是说观测相对背景场偏小的点。 u 和 v 风在 0 风速附近都出现了较多异常偏

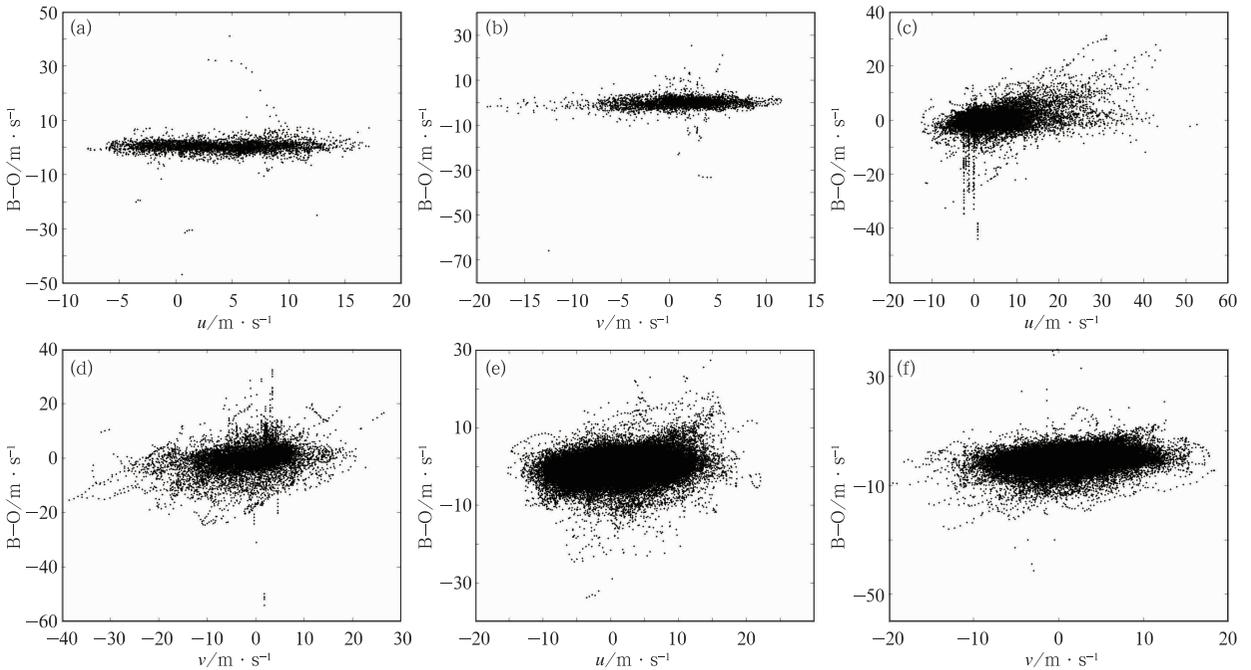


图 7 不同风速大小相对背景场偏差

(a) PA u 风, (b) PA v 风, (c) PB u 风, (d) PB v 风, (e) LC u 风, (f) LC v 风

Fig. 7 Scatterplots of the wind bias against the background

(a) PA u wind, (b) PA v wind, (c) PB u wind, (d) PB v wind, (e) LC u wind, (f) LC v wind

差点。LC 型号雷达的偏差分布相比 PA、PB 型号雷达总体更大,且表现出随风速增大偏差略增大的特征。统计表明,PA 型号雷达偏差在一倍标准差之内的资料 u 风数量为 91.0%, v 风 93.6%;在二倍标准差之内的资料数量 u 风 98.0%, v 风 98.8%;三倍标准差的 u 风数量 99.6% 以上, v 风 99.2%。PB 型号雷达偏差在一倍标准差之内的资料 u 风数量为 89.6%, v 风 92.6%;在二倍标准差之内的资料数量 u 风 97.0%, v 风 97.9%;三倍标准差的 u 风数量 99.1% 以上, v 风 99.4%。LC 型号雷达偏差在一倍标准差之内的资料 u 风数量为 89.2%, v 风 91.6%;在二倍标准差之内的资料数量 u 风 98.6%, v 风 98.6%;三倍标准差的 u 风数量 99.3% 以上, v 风 99.7%。

3.3 降水对风廓线雷达观测质量的影响

从图 6a,6b 中可以看到 PA 型号雷达水平风产品出现了明显偏离背景场的弧线点,图 8 所示为这些点对应的风廓线雷达产品、背景场风及最近的探空站点的分钟级探空测风。从图中可以看出,背景场与分钟级探空风较为一致,而风廓线雷达的风异常切变跳跃,交叉验证了风廓线雷达风存在问题。进一步分析该时刻为 12:00,而该站 11:00—13:00 出现 22.7 mm 的降水。因此这些异常点很可能是由降水引起。

进一步分析降水对风廓线雷达产品的影响。图 9 横坐标为逐日的日期,左侧纵坐标为(B-O) 偏差分布,右侧纵坐标为 2 h 累积降水量。图 9a 的降水

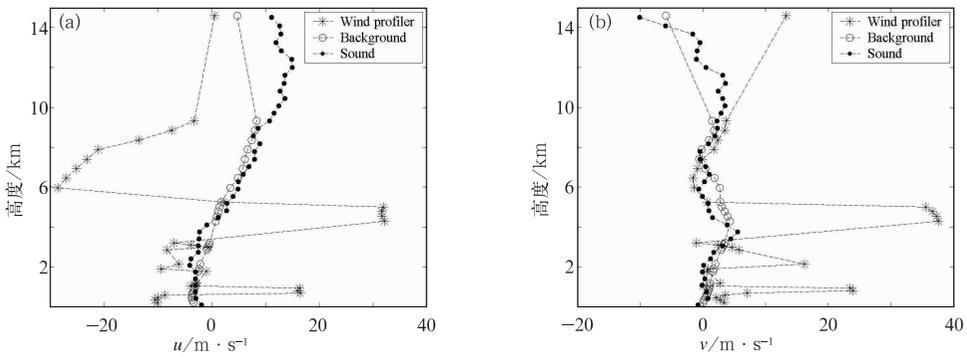


图 8 风廓线雷达、模式背景场、分钟级探空测风对比
(a) u 风, (b) v 风

Fig. 8 The wind contrast of wind profiler, model background and sounding
(a) u wind, (b) v wind

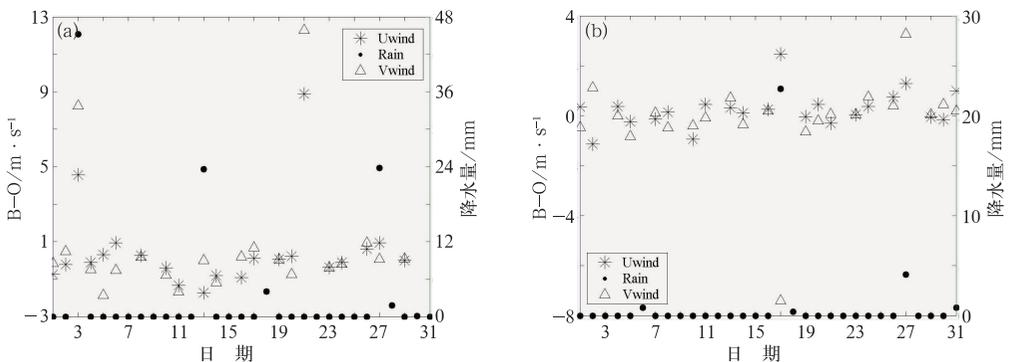


图 9 (a) 06:00 时刻雷达风偏差(B-O)及 05:00—07:00 逐日 2 h 降水对应图,
(b) 12:00 时刻雷达风偏差(B-O)及 11:00—13:00 逐日 2 h 降水对应图

Fig. 9 (a) The bias (B-O) at 06:00 UTC and 2 h accumulated precipitation (05:00—07:00),
(b) the bias (B-O) at 12:00 UTC and 2 h accumulated precipitation (11:00—13:00)

量为 05:00—07:00 的累积降水,风廓线雷达观测时间为 06:00,图 9b 为 11:00—13:00 累积降水,雷达观测时间为 01:00。可见对应 06:00 的观测,出现降水的 3 日、27 日出现了大偏差;对应 12:00 观测,出现降水的 17 日同样出现了大偏差。而 13 日 05:00—07:00 出现了降水,却未出现大偏差。因此大降水多数伴随着大偏差,但并不是每一次降水过程都出现异常,其可能原因是当降水出现时,易伴随出现风廓线雷达上方水平风场不均匀,从而导致水平风计算不准。这样进一步给质量控制和同化带来了难度。

除上述几种影响资料质量的因素,仍存在一些异常不合理测量,原因尚不明确,有待进一步调查。如相对质量较佳的对流层 PA 型号广州风廓线雷达站在 5 月 21 日 06:00 在 500~700 m 高度上,出现 $47.31 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的 u 风,并迅速切变到 $-29.41 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,明显异常。

4 结论和讨论

本文从数值预报资料同化应用的角度分析了我国风廓线雷达网水平风产品质量特征,基本质量特点如下:

(1) 对于数值预报资料同化而言,小时平均采样风产品优于实时采样风产品,数值预报资料同化应优先选用小时平均采样风。

(2) 现有风廓线雷达水平风产品包含大量超过有效探测高度的数据,这些数据相对数值预报背景场偏差异常偏大。有效探测高度是需要进一步分析确定的物理量。

(3) 在设定有效探测高度范围内的资料,PA 型号雷达偏差最小,PB 型号次之,LC 型号最大;在有效探测高度范围内,资料相对背景场基本无偏,一倍标准差的数据量达到 89% 以上,二倍标准差的数据达到 97% 以上,三倍标准差数据达到 98% 以上。

(4) 在设定有效探测高度范围内的资料,PA 型号雷达相对背景场偏差变化基本不依赖风速大小,PB 型号和 LC 型号雷达在大风速时,偏差略增大。尤其 PB 型号雷达 u 风和 v 风在 0 风速附近都出现了较多异常偏差点。

(5) 降水是影响资料质量的重要原因,应用时需针对降水进行细致分析。

(6) 存在除上述问题的其他异常资料,使用时需要进行进一步的分析和质量控制。

参考文献

- 董保举,张晔,徐安伦,等. 2011. 风廓线雷达测风和气球测风资料对比分析. 云南大学学报(自然科学版),33(S1):18-25.
- 董丽萍,吴蕾,赵城城,柳云雷. 2014. 风廓线雷达组网资料初步对比分析. 气象,40(9):1145-1151.
- 邓闯,阮征,魏鸣,等. 2012. 风廓线雷达测风精度评估. 应用气象学报,23(5):523-533.
- 胡明宝,李妙英. 2010. 风廓线雷达的发展与现状. 气象科学,30(5):724-729.
- 李峰,施红蓉. 2014. 一次多相态天气过程的风廓线雷达探测资料特征分析. 气象,40(8):992-999.
- 万蓉,周志敏,崔春光,等. 2011. 风廓线雷达资料与探空资料的对比分析. 暴雨灾害,30(2):130-136.
- 王令,王国荣,古月,等. 2014. 风廓线雷达垂直径向速度应用初探. 气象,40(3):290-296.
- 王敏仲,魏文寿,何清,等. 2012. 风廓线雷达对塔克拉玛干沙漠晴天边界层的探测分析. 气象,38(5):577-584.
- 吴蕾,陈洪滨,高玉春,等. 2013. 国产风廓线雷达对比试验初步分析. 现代雷达,35(6):24-28.
- 吴志根,徐同,丁若洋,等. 2013. 上海组网边界层风廓线雷达与宝山二次雷达测风数据比较分析. 气象,39(3):370-376.
- 易仕明,陈奕隆. 1988. 观测高空风的新装备. 气象,14(11):3-8.
- 张朝林,王迎春. 2002. 北京地区风廓线仪布网方案的数值研究. 气象学报,60(6):786-791.
- Zou X, Wang X, Weng F, et al. 2011. Assessments of Chinese Fengyun Microwave Temperature Sounder (MWTS) Measurements for weather and climate applications. J Atmos Oceanic Technol, 28:1206-1227.