

风廓线雷达水平风数据质量控制

陈中钰^{1,2} 杜冰^{1,2} 刘康³

(1 四川省气象探测数据中心, 成都 610072; 2 高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室, 成都 610072;

3 中国民用航空飞行学院遂宁分院, 遂宁 629000)

摘要 基于九龙站风廓线雷达实时水平风数据制定了水平风数据的质量控制方法, 首先求取中位数水平风场, 其次构建实际观测风场和中位数风场的差值序列, 然后求取差值序列的均方差, 再根据差值均方差得到质控判别式, 最后试验求取质控判别式中的质控阈值。通过对九龙站 2017 年风廓线雷达水平风数据质量控制发现, 实测风向数据有 2044185 个, 25721 个没有通过质控, 未通过质控的风向数据占总观测的比例是 1.258%, 风向数据在近地层通过质控的数据最多, 随高度增加通过质控的数据量有所下降。实测风速数据有 2044185 个, 18296 个没有通过质控, 未通过质控的风速数据占总观测的比例是 0.895%, 风速数据在 2000~4000 m 出错的最少, 近地层次之, 4500~7000 m 出错的数据最多。质控后风廓线雷达和探空观测风数据的均方根误差减小, 相关系数增加, 风向数据质量在 500~7000 m 提升明显, 风速数据在 1500~8000 m 之间提升明显。

关键词 风廓线雷达; 水平风; 数据质量控制

中图分类号: P413 **DOI:** 10.19517/j.1671-6345.20200026 **文献标识码:** A

引言

风廓线雷达观测系统可以对常规探空观测系统形成重要补充, 具有获取数据频次高、无人值守等优点。同时风廓线雷达观测数据能提供高时空密度的水平风廓线、湍流和大气稳定度等信息, 已越发广泛的应用于业务和科研。黄治勇等^[1]利用风廓线雷达资料对冰雹天气过程进行了分析。周芯玉等^[2]通过风廓线雷达资料对暴雨过程的分析, 得出了触发暴雨产生的结论。赵宇等^[3]的研究表明, 风廓线雷达数据是降水相态短时临近预报的有益判别资料。郑怡等^[4]利用风廓线雷达数据研究了海效应暴雪过程的特征机理。赵建伟等利用风廓线雷达资料对机场的风切变进行了分析^[5]。但是风廓线雷达观测也容易受到多种因子的干扰, 从而影响雷达探测所得的水平风精度。胡明宝等^[6]总结了国内外主要风廓线雷达的测量性能、不同天线发射机的优缺点。邓闯等^[7]对风廓线雷达 5 波束探测模式数据进行了评估分析。高祝宇等^[8]分析了风廓线雷达数据的质量影

响因子。刘瑞婷等^[9]分析了风的时空不均匀对风廓线雷达数据质量的影响。

因此, 许多国内外学者对风廓线雷达数据质量控制方法进行了研究, 大致可以分为 2 个方向对数据进行质量控制。一个方向是基于雷达功率谱等基础数据进行再处理。比如王莎等^[10]分析了风廓线雷达晴空探测返回信号功率谱密度分布及雷达系统噪声幅度。何平等^[11]提出了一种计算风廓线雷达功率谱噪声功率的方法, 在有降水和地物时, 仍能客观有效的进行观测。刘娟等^[12]研究了风廓线雷达晴空大气的功率谱特征, 从而正确估算雷达观测应用。周旭辉^[13]对功率谱密度数据处理算法做了改进。林晓萌^[14]通过降水抑制处理反演了更合理的水平风场。杜言霞等^[15]利用福建风廓线雷达数据做了除地物杂波的试验, 得到了较好的数据。另一个方向是对风廓线雷达观测的风数据进行质量控制。比如一致性平均方法^[16]。WW 算法^[17]。复合中值和垂直一致性检验^[18]。时空最优插值法^[19]。连续性方法^[20]。Timothy 等^[21]利用中值滤波的方

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

四川省气象局课题(省重点实验室 2018-青年-16)资助

作者简介: 陈中钰, 男, 1984 年生, 高级工程师, 主要从事气象资料研究, Email: zhongyusir@sina.com

收稿日期: 2020 年 1 月 22 日; 定稿日期: 2020 年 4 月 1 日

法处理了风廓线数据。胡明宝等^[22]为减少个别波束测量时被污染,尝试 5 波束校验计算风。也有将 EOF 方法应用于对风廓线雷达水平风的质量控制^[23-24]。还有在用五波束计算水平风时,通过加入中位数计算,对风廓线雷达数据进行质量控制^[25]。黎亮等^[26]根据前人的研究,结合了多种质控方法,编写了山东省风廓线雷达数据质量控制系统。

四川风廓线雷达已超过 10 部,但是数据均没有经过质量控制。上述方法中很多是在雷达返回信噪比较大时效果较好,有的方法用于四川雷达数据效果有限。本文基于大气平均运动状态具有连续性特征,借助中位数不受奇异值影响的特点,对雷达观测的水平风数据进行处理,求出中位数风场。再用中位数风场和实际风场的差异,通过敏感性试验找出差值阈值,最终实现风廓线雷达水平风数据的质量控制。

1 资料和质量控制方法

1.1 资料

本文所用数据包括 2017 年 1—12 月四川九龙站边界层风廓线雷达实时采样高度产品数据,2017 年四川九龙 GPS 探空数据(由于九龙站探空观测属于加密观测,而非常规业务,故仅有 1 个多月的探空数据)。风廓线数据来源于四川省气象探测数据中心,GPS 探空数据来源于中国气象局成都高原气象研究所。九龙站风廓线雷达和 GPS 探空设备均在四川九龙国家基本气象站观测场内。

1.2 质量控制方法

本文主要对九龙站风廓线雷达实时采样高度产品中的水平风数据进行质量控制。2017 年九龙站每 6 min 进行一次观测并形成数据文件,总共有 87600 个数据。由于高层的数据往往缺测,故取从地面往上 44 层的水平风数据进行质量控制。九龙站海拔 2925 m,第 44 层观测高度是 11595 m。

1.2.1 中位数水平风场

(1)将实时采样高度产品数据文件中的水平风场分解为 U 分量场(东西向)和 V 分量场(南北向)。

(2)分别针对 U 分量场和 V 分量场求出其时空中位数场。其中某一高度、某一时次的中位数根据其在资料序列中的位置可由 3×3 或 3×2 或 2×3 或 2×2 的时空格点求得。①当待求中位数位于中间时次和中间高度层时,由 3×3 的序列求得。如

图 1 中 b2 处的中位数,由 a1、a2、a3、b1、b2、b3、c1、c2、c3 的中位数求得;②当待求中位数位于第 1 观测时次或最后观测时次的中间高度层时,位于第 1 高度层或第 44 高度层的中间观测时次,分别由 3×2 或 2×3 的序列求得。如图 1 中 b1 处或 a2 处的中位数,分别由 a1、a2、b1、b2、c1、c2 的中位数或 a1、a2、a3、b1、b2、b3 的中位数求得;③当待求中位数位于第 1 观测时次的第一高度层或第 44 高度层,位于最后观测时次的第 1 高度层或第 44 高度层,由 2×2 的序列求得。如图 1 中 a1 处的中位数,由 a1、a2、b1、b2 的中位数求得。3 种情况中,若实际观测的风数据少于 3 时,则中位数记为缺测,无法进行后面的质控。

(3)根据(2)求出的 U 分量和 V 分量时空中位数场,合成中位数水平风场。

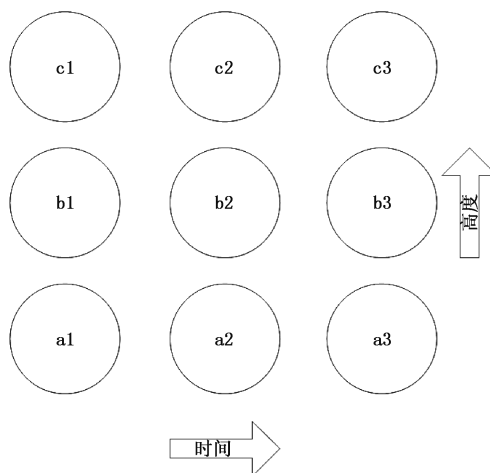


图 1 风廓线雷达水平风相邻时次、相邻高度的数据示意
(1、2、3 代表相邻观测时次,a、b、c 代表相邻观测高度)

1.2.2 实际观测和中位数风场差值序列

用每个时次逐层的实际观测风场和中位数风场做差,得到差值序列。风向和风速做差后分别得到 e_{D_k} 和 e_{V_k} ,其中 i 为时次、 k 为高度。风向差值均用绝对值表示且认为小于等于 180,如果风向做差后绝对值大于 180,则用 360 减去后的新值表示。

1.2.3 差值均方差

对风向和风速的差值序列分别求其差值均方差 E_{D_k} 和 E_{V_k} , k 为高度。

第 k 层风向:

$$E_{D_k} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (e_{D_k} - \overline{e_{D_k}})^2} \quad (1)$$

第 k 层风速:

$$E_{V_k} = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (e_{V_{ik}} - \overline{e_{V_k}})^2} \quad (2)$$

其中, $\overline{e_{D_k}}$ 和 $\overline{e_{V_k}}$ 分别是风向和风速差值序列的平均值。

1.2.4 逐层风向风速质控判别式

第 i 时次、第 k 层风向:

$$0 \leq |e_{D_{ik}} - \overline{e_{D_k}}| < fE_{D_k} \quad (3)$$

第 i 时次、第 k 层风速:

$$0 \leq |e_{V_{ik}} - \overline{e_{V_k}}| < fE_{V_k} \quad (4)$$

其中, f 是阈值。

若水平风数据计算结果不满足上述表达式,则没通过质量控制,为可疑数据。

1.2.5 阈值 f 的取值

由于各高度层中最大的风向差值均方差为 36.14° ,故当阈值 f 取值超过 5° ,起不到判别风向的作用。所以阈值 f 在 3° 和 4° 中求取。具体的取值遵循了几个指标,分别是偏差 (b_{ias})、误差平均值 (m_e)、均方根误差 (r_{mse})、以及质控去掉的不合格数据占总数据的比例。

$$b_{ias} = \sum_{i=1}^n w_i (\sum_{i=1}^n g_i)^{-1} \quad (5)$$

$$m_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_i - g_i) \quad (6)$$

$$r_{mse} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (w_i - g_i)^2} \quad (7)$$

式中, w 为风廓线雷达水平风数据、 g 为 GPS 探空观测水平风数据, i 为观测时次。由于 r_{mse} 中基于样本值,考虑除以 $n-1$,为无偏估计。

7 月九龙站有 GPS 探空观测,所以偏差、平均值误差、均方根误差用 7 月的风廓线水平风数据和 GPS 探空观测的水平风数据求得,见表 1。质控去掉的不合格数据占总数据比例风向,风速分别为 2.62% (1.26%), 1.88% (0.89%)。 f 取 3° 、($m \cdot s^{-1}$) 和取 4° 、($m \cdot s^{-1}$) 时,偏差和平均值误差都一样,取 4° 、($m \cdot s^{-1}$) 时的均方根误差略高于取 3° 、($m \cdot s^{-1}$) 时的均方根误差,但是取 4° 、($m \cdot s^{-1}$) 能保留更多的观测数据,综合来看阈值 f 取 4° 、($m \cdot s^{-1}$)。

表 1 风廓线和 GPS 探空观测水平风的偏差、误差平均值及均方根误差

	风向阈值 (f) / ($^\circ$)		风速阈值 (f) / ($m \cdot s^{-1}$)	
	3	4	3	4
偏差	1.0	1.0	1.0	1.0
误差平均值	-6.3	-6.3	0.2	0.2
均方根误差	65.7	67.2	2.4	2.5
不合格数占比 / %	2.62	1.26	1.88	0.89

2 结果分析

对九龙站 2017 年风廓线雷达水平风数据进行质量控制。综合各层,观测的非缺测风向数据有 2044185 个,其中 25721 个没有通过质量控制,未通过质控的风向数据占总观测风向数据的比例是 1.258% ;观测的非缺测风速数据有 2044185 个,其中 18296 个没有通过质量控制,未通过质控的风速数据占总观测风速数据的比例是 0.895% 。

图 2 是九龙站逐观测层未通过质量控制的水平风数据的比例。对风向数据,各观测层未通过质控数据的比例在 $0.3\% \sim 1.8\%$ 之间,出错最少的是高度 270 m 层为 0.34% ,出错最多的是 1830 m 层为 1.73% 。2000 m 以下未通过质控数据的比例,随高度上升呈增加的趋势,其中高度 500 m 以下出错最少,均在 1% 以下;1700~2000 m 附近的观测层出错最多,均大于 1.6% ;2000 m 以上未通过质控数据的比例呈减小的趋势,其中 4500~7000 m 观测层出错相对较多,基本大于 1.4% 。由此大致可以看出,风向数据在近地层质量较好,随高度增加观测质量有所下降,其中 1700~2000 m 观测层、4500~7000 m 观测层风向数据出错的比例相对较高。对于风速数据,各观测层未通过质控数据的比例在 $0.5\% \sim 1.3\%$ 之间,出错最少的是 2430 m 层为 0.56% ,出错最多的是 6270 m 层为 1.27% 。2000 m 以下未通过质控数据的比例在 $0.8\% \sim 1.1\%$ 之间,随高度上升呈缓慢减小趋势;2000~7000 m 之间未通过质控数据的比例随高度呈增加趋势,其中 2000~4000 m 大致在 $0.5\% \sim 0.7\%$ 之间;4000~7000 m 在 $1.1\% \sim 1.3\%$ 之间;7000 m 以上大致在 $0.8\% \sim 1.0\%$ 之间。风速数据在 2000~4000 m 观测质量最好,近地层比较好,4500~7000 m 观测质量相对较差。九龙站地处川西高原,观测场海拔 2925 m,县城狭小

四周多山。近地层风数据出错的几率相对较小,随着观测高度的增加,受周围地形影响,数据出错的几率提升^[27]。而高层数据观测的准确性会下降^[28-29]。

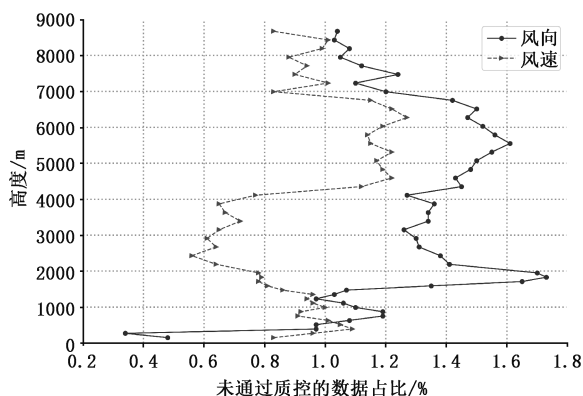


图 2 逐层未通过质量控制的数据占比

2.1 质控前后风廓线雷达水平风数据比较

为检验质量控制的效果,分别在质控前后计算风廓线雷达水平风数据和 GPS 探空水平风数据的均方根误差和相关系数。

2.1.1 水平风向

从质控前后水平风向均方根误差(图 3a)来看,风向均方根误差在 3000 m 以下随高度增加呈震荡减小的趋势,3000~6000 m 震荡增加,6000 m 以上又震荡减小,7000 m 以下大部分观测层均方根误差在 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间,7000 m 以上大部分观测层均方根误差在 20° 左右。相比质控前,各观测层均方根误差基本都有减小,500~2000 m、4500~7000 m 观测层附近减小相对明显。

从质控前后水平风向相关系数来看(图 3b),风向相关系数在 3000 m 以下随高度增加震荡增加,3000~6000 m 大部分相关系数介于 $60\%\sim 80\%$ 之间,6000 m 以上继续震荡增加,7000 m 以下大部分观测层相关系数在 $60\%\sim 80\%$ 之间,7000 m 以上基本大于 0.8。相比质控前,各观测层相关系数基本都有增加,500~7000 m 之间的大部分观测层增加的较多。

综合看来,经过质量控制的水平风向数据剔除了观测的奇异值,使观测数据质量有所增加,特别是在 500~7000 m 观测层之间增加相对明显。九龙站地处川西高原,周围多山,因风廓线雷达和 GPS 探空设备均在观测场内,外加气球飘逸等因素,所以在低层 2 套设备观测差异相对较大^[29-30],用 2 套设

备观测数据得到的检验标准提升不太明显;再往上除去上述影响,外加地处西风带,质控剔除奇异值后相关指标提升相对明显。

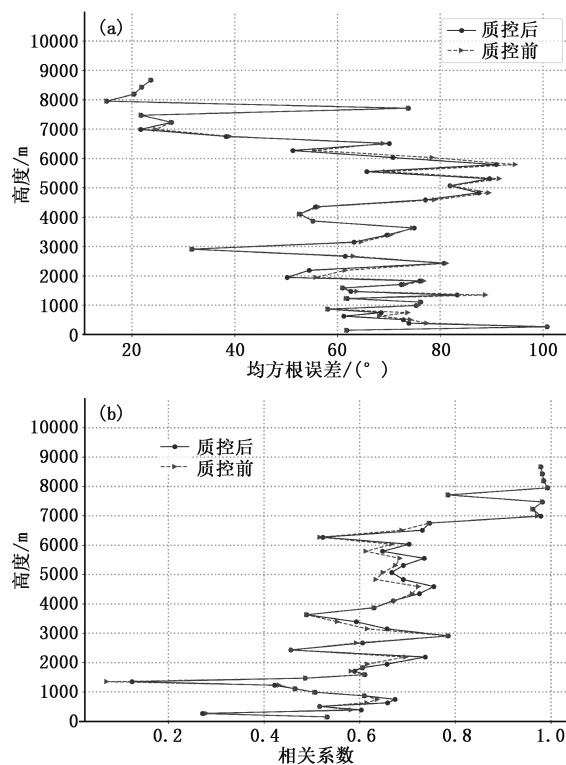


图 3 质控前后风向均方根误差(a)和相关系数(b)

2.1.2 水平风速

从质控前后水平风速均方根误差来看(图 4a),4000 m 以下风速均方根误差在 1.5 m/s 左右震荡,4000~7000 m 随高度增加呈增加趋势,7000 m 以上呈减小趋势。4500 m 以下风速均方根误差基本在 $1\sim 2$ m/s 之间,5000 m 以上均方根误差基本大于 3 m/s。相比质控前,各观测层均方根误差基本都有减小,1500~2000 m、6000~7500 m 附近观测层减小较为明显,甚至有的减小了 4 m/s 以上。

从质控前后水平风速相关系数来看(图 4b),2000 m 以下相关系数随高度增加呈减小趋势,2000~3000 m 为递增的趋势,3000~7000 m 又呈减小趋势,7000 m 以上为递增趋势。6000 m 以下,相关系数基本在 $0.6\sim 0.95$ 之间;7000 m 附近在 0.2 以下,7000 m 以上基本在 $0.7\sim 0.9$ 之间。相比质控前,各观测层相关系数基本都有增加,1500~2000 m、4500~8000 m 附近观测层增加相对明显,有的甚至增加了 0.6 以上。

综合看来,经过质量控制的水平风速数据也剔除了观测的奇异值,使观测数据质量有所增加,特别是在 1500~8000 m 之间增加明显。九龙风廓线雷达和 GPS 探空设备虽都在观测场内,但是九龙周围多山。受地形引起地杂干扰、大风天周围山体上树木等大幅摆动等影响,会污染低空风谱信号,使得风速数据质量下降^[27]。而九龙站的海拔高度的叠加,使得在 1500~2000 m 附近风速数据质量相对较差,质控后 1500~2000 m 附近风速数据提升相对明显。高层大气存在着风速较大的层次,使得风廓线测风和探空测风差异较大^[28]。对九龙站,这样的层次就在 6500~7000 m 左右,所以这些观测层质控后的风速均方根误差仍然相对较大、相关系数仍偏小。总的来说,随着观测高度提升,地形等影响越小,质控后相关指标提升也越明显。

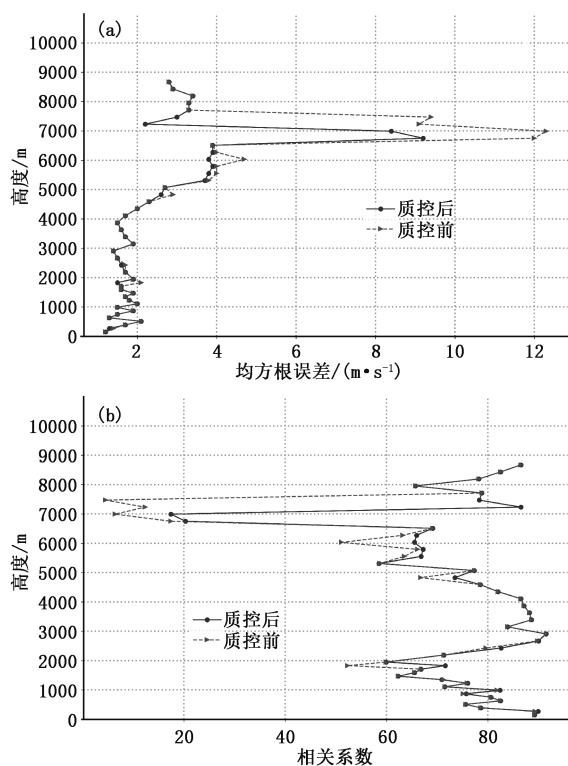


图 4 质控前后风速均方根误差(a)和相关系数(b)

2.2 个例分析

图 5 是北京时间 7 月 16 日 13:00 观测的水平风向廓线。图中曲线是 GPS 观测的水平风向,散点是风廓线雷达观测的水平风向。通过质量控制的

过质量控制的水平风向数据。有学者将风廓线雷达和探空观测系统得到的风向差阈值取为 20°^[31-33],还有学者认为两者风向差阈值为 25°^[27,34]。还有学者发现,当风廓线雷达与探空观测系统得到的风向差小于等于 20°时,风廓线雷达风向有效样本率在 70% 以上^[33]。根据以上结论,图 5 中未通过质控的风向数据与探空观测的风向差均大于了 20°,质控算法很好的找到了风向观测的奇异值。

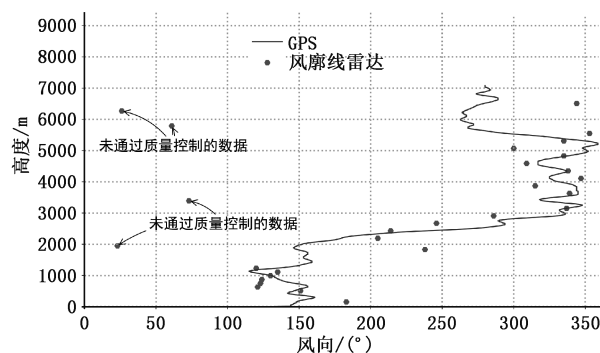


图 5 北京时间 7 月 16 日 13:00 风向廓线

图 6 是北京时间 7 月 3 日 07:00 观测的水平风速廓线。图中曲线是 GPS 探空观测的水平风速,散点是风廓线雷达观测的水平风速。通过质量控制的

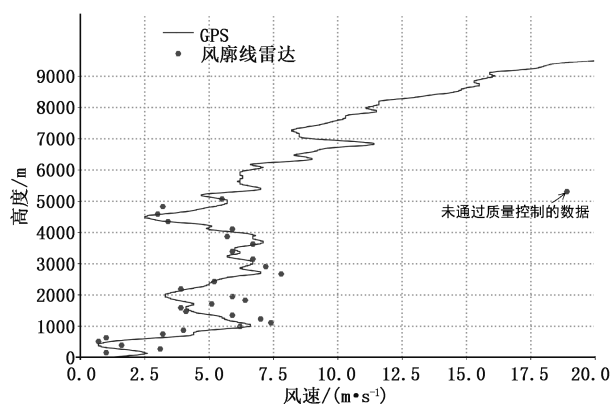


图 6 北京时间 7 月 3 日 07:00 风速廓线

3 结论和讨论

(1) 基于九龙站风廓线雷达实时水平风数据,制定了针对风廓线雷达水平风数据的质量控制方法。

首先求取中位数水平风场,其次构建实际观测风场和中位数风场的差值序列,然后求取差值序列的均方差,再根据差值均方差得到质控判别式,最后试验求取质控判别式中的质控阈值。

(2)对九龙站2017年风廓线雷达水平风数据进行质量控制。实测风向数据有2044185个,25721个没有通过质控,未通过质控的风向数据占总观测的比例是1.258%,风向数据在近地层通过质控的数据最多,随高度增加通过质控的数据量有所下降,1700~2000 m、4500~7000 m观测层未通过质控的数据相对最多。实测风速数据有2044185个,18296个没有通过质控,未通过质控的风速数据占总观测的比例是0.895%,风速数据在2000~4000 m出错的最少,近地层次之,4500~7000 m出错的数据最多。

(3)从质控前后风廓线雷达和探空观测风数据的均方根误差及相关系数来看,各观测层风向均方根误差在质控后基本都有减小,相关系数基本都有增加,风向数据的质量有所提升,特别是500~7000 m观测层提升较明显。各观测层风速均方根误差在质控后基本都有减小,相关系数基本都有增加,风速数据的质量有所提升,在1500~8000 m之间提升明显。

(4)由于本文制定的质量控制方法是基于中位数的计算进行的,所以对于某时次某高度观测的风数据,若其邻近时次和邻近高度观测的风缺测太多,则质控无法进行。

参考文献

- [1] 黄治勇,周志敏,徐桂荣,等. 风廓线雷达和地基微波辐射计在冰雹天气监测中的应用[J]. 高原气象,2015,34(1):269-278.
- [2] 周芯玉,廖菲,孙广凤. 广州两次暴雨期间风廓线雷达观测的低空风场特征[J]. 高原气象,2015,34(2):5226-533.
- [3] 赵宇,蓝欣,杨成芳. 一次江淮气旋极端雨雪过程的云系特征和成因分析[J]. 高原气象,2018,37(5):1325-1340.
- [4] 郑怡,杨成芳,郭俊建,等. 一次罕见的山东半岛西部海效应暴雪过程的特征及机理研究[J]. 高原气象,2019,38(5):1017-1026.
- [5] 赵建伟,毕波,王周鹤,等. 基于自动气象站和风廓线雷达资料的大理机场风切变分析与应用[J]. 气象科技,2019,47(6):1014-1020.
- [6] 胡明宝,李妙英. 风廓线雷达的发展与现状[J]. 气象科学,2010,30(5):724-729.
- [7] 邓闯,阮征,魏鸣,等. 风廓线雷达测风精度评估[J]. 应用气象学报,2012,23(5):523-533.
- [8] 高祝宇,阮征,魏鸣,等. 风廓线雷达数据质量影响因子及处理算法[J]. 应用气象学报,2016,27(2):148-159.
- [9] 刘瑞婷,阮征,魏鸣,等. 风的空间不均匀分布对风廓线雷达数据质量影响研究[J]. 热带气象学报,2016,32(2):229-236.
- [10] 王莎,阮征,葛润生. 风廓线雷达探测大气返回信号谱的仿真模拟[J]. 应用气象学报,2012,23(1):20-29.
- [11] 何平,李柏,吴蕾,等. 确定风廓线雷达功率谱噪声功率方法[J]. 应用气象学报,2013,24(3):297-303.
- [12] 刘娟,郑伟,彭涛,等. 风廓线雷达晴空大气返回信号功率谱特征分析[J]. 中国农学通报,2016,32(21):141-146.
- [13] 周旭辉. 风廓线雷达功率谱密度数据处理算法研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2011:1-110.
- [14] 林晓萌. 风廓线雷达的数据质量控制方法的应用研究[D]. 南京:南京信息工程大学,2015:1-57.
- [15] 杜言霞,陈州川,吴勇凯等. 风廓线雷达数据处理过程及产品质量控制介绍[J]. 气象水文海洋仪器,2018,35(3):4-8.
- [16] Lambert W C, Merceret F J, Taylor G E, et al. Performance of five 915-MHZ wind profilers and an associated automated quality control algorithm in an operational environment[J]. Journal of atmospheric and oceanic technology,2003,20(11):1488-1495.
- [17] Lambert W C, Taylor G E. Data quality assessment methods for the Eastern Range 915-MHZ wind profiler network[R]. NASA Contractor Report CR-1998-207906, Kennedy Space Centre, FL, 1998, 49.
- [18] Brewster K A, Schlatter T W. Recent progress in automated quality control of wind profiler data [C]// 8th Conf. on Numerical Weather Prediction, Baltimore, MD. Amer Meteor Soc, Boston, 1988:331-338.
- [19] Carr F H, Spencer P L, Doswell C A, et al. A comparison of two objective analysis techniques for profiler time-height data [J]. Monthly Weather Review, 1995, 123: 2165-2180.
- [20] Weber B L, Wuertz D B, Welsh D C, et al. Quality controls for profiler measurements of winds and RASS temperatures [J]. J Atmos Oceanic Technol, 1993, 10: 452-464.
- [21] Wilfong T L, Smith S A, Creasey R L. High temporal resolution velocity estimates from a wind profiler [J]. Journal of spacecraft and rockets, 1993, 30(3): 348-354.
- [22] 胡明宝,贺宏兵,李妙英,等. 风廓线雷达5波束校验计算风的方法[J]. 解放军理工大学学报,2013,14(3):292-296.
- [23] 张旭斌,万齐林,薛纪善,等. 风廓线雷达资料质量控制及其同化应用[J]. 气象学报,2015,73(1):159-176.
- [24] 李蕾,贺志明,皱海波. 风廓线雷达风场资料质量控制初探[J]. 气象与减灾研究,2018,41(2):140-147.
- [25] 周芯玉,廖菲. 利用中位数方法对风廓线雷达数据质量控制的研究[J]. 热带气象学报,2015,31(6):804-810.
- [26] 黎亮,宋永鹏,王彦昱,等. 山东省风廓线雷达数据的复合质量控制研究[C]//第二届智能电网会议论文集,2018:357-360.
- [27] 胡明宝,张鹏. 风廓线雷达测量性能分析[J]. 气象科技,2011,

- 39(3):315-319.
- [28] 吴蕾,陈洪滨,康雪. 风廓线雷达与 L 波段雷达探空测风对比分析[J]. 气象科技,2014,42(2):225-230.
- [29] 齐佳慧,郝巨飞,耿飞. CFL-06 型风廓线雷达与 L 波段探空雷达测风对比分析[J]. 气象与环境科学,2019,42(2):135-143.
- [30] 王栋成,邱粲,董旭光,等. 济南边界层风廓线雷达与 L 波段雷达大风探空测风对比[J]. 气象,2019,45(8):1169-1180.
- [31] 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):20-26.
- [32] 万蓉,周志敏,崔春光,等. 风廓线雷达资料与探空资料的对比分析[J]. 暴雨灾害,2011,30(2):130-136.
- [33] 曲巧娜,盛春沿,孙青,等. 风廓线雷达与 L 波段探空雷达测风资料的对比[J]. 干旱气象,2016,34(6):1078-1086.
- [34] 姚雯,马颖. GPS 定位数据研究 L 波段雷达数字探空仪系统的测高误差[J]. 气象,2009,35(2):88-93.

Quality Control of Wind Profiler Radar Horizontal Wind Data

CHEN Zhongyu^{1,2} DU Bing^{1,2} LIU Kang³

(1 Sichuan Provincial Meteorological Observation and Data Centre, Chengdu 610072; 2 Heavy Rain and Drought-Flood Disasters in Plateau and Basin Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610072;

3 Civil Aviation Flight University of China (Suining Campus), Sichuan, Suining 629000)

Abstract: Based on the real time horizontal wind data of the wind profiler radar in Jiulong Station, a horizontal wind data quality control method is developed. The method acquires the following: the median horizontal wind field, the difference sequence between observed wind field and median horizontal wind field, the mean square deviation of the difference sequence, the quality control discriminant by the mean square deviation of the difference sequence, and the threshold in quality control discriminant through experiment. According to the quality control results of the wind profiler radar horizontal wind data over Jiulong Station in 2017, a total of 2044185 wind direction data have been observed, and 25721 wind direction data do not pass the quality control, with the proportion of wind direction data without passing the quality control being 1.258%. The wind direction data passed the quality control mostly in the surface layer, and the data passing the quality control decrease with height. A total of 2044185 wind speed data have been observed, 18296 do not pass the quality control, with the proportion of wind direction data without passing the quality control being 0.895%. The wind speed data passing the quality control are found mostly in 2000 to 4000 m, then in the surface layer, and the least in 4500 to 7000 m. The root mean square error decreases after quality control, and the correlation coefficient increases after quality control. Wind direction data quality is improved significantly from 500 to 7000 m, and wind speed data quality is improved significantly form 1500 to 8000 m.

Keywords: wind profiler radar; horizontal wind data; quality control