

乌鲁木齐机场风廓线雷达资料风场质量分析初探

陈阳权 韩磊

民航新疆空中交通管理局气象中心, 乌鲁木齐市, 新疆 830016

摘要: 利用乌鲁木齐常规天气资料、AMDAR 资料与乌鲁木齐风廓线雷达风场序列进行对比分析, 揭示了乌鲁木齐机场风廓线雷达资料风场序列的主要质量问题, 以及雷达资料在长时间序列中的质量水平。结果发现: (1) 乌鲁木齐机场风廓线雷达风场序列的质量问题主要表现为低探测模式(以下称低模式)向高探测模式(以下称高模式)变化过程中高模式风场的突变以及在高温、低湿条件(东南大风条件)下高模式的严重缺测。(2) 在低模式到高模式风场发生突变时, 低模式风场序列能反映出低模式探测高度上大气的运动状态, 此时高模式风速和风向误差明显, 不能反映出高模式探测高度层次上大气的真实情况。(3) 风廓线雷达资料在长时间序列中整体数据质量较好, 低模式数据质量整体高于高模式, 高模式数据质量随高度和季节的变化有差异。

关键字: 风廓线雷达资料风场序列 AMDAR 资料 平均绝对误差 均方根误差

1 引言

风廓线雷达利用多普勒效应^[1], 可以连续的观测测站上空每几分钟、每隔几十米层次的高分辨率垂直风廓线资料。无论是在中小尺度还是大尺度天气过程的研究和应用中风廓线雷达资料都是具有很高的科学价值的。Angustine 等^[2]在 1989 年就研究发现风廓线雷达所获得的风场可用来分析大气水平运动在垂直方向上的细微结构, 并可根据其时间变化推测观测站点上空的中尺度和次天气尺度系统的变化。近年来, 随着数据质量的显著提高, 风廓线雷达资料在局地强对流、暴雨、大风、低空风切变等天气的应用越来越广泛, 如周志敏等^[3]利用风廓线雷达的水平风廓线和垂直速度来探讨风廓线雷达资料在冰雹这类强天气过程中的应用, 张利平等^[4]利用风廓线雷达资料来分析乌鲁木齐机场东南风条件下中空低空风切变特征。

随着风廓线雷达资料在各种天气条件下的应用越来越多, 风廓线雷达资料的质量问题的分析显得越来越重要。王欣等^[5]利用合肥“973 暴雨野外试验”风廓线雷达资料与探空资料进行比较发现二者有较好的一致性, 董保举等^[6]利用加密探空资料与风廓线雷达资料的风向、风速对比分析发现风向、风速一致性较好。乌鲁木齐机场风廓线雷达 LAP-3000 型从 2009 年引进后累积了多年的风场资料, 在日常运行中发现资料的风场序列质量问题在不同的模式、不同的季节、不同的天气条件下表现不同, 为了更好的在业务分析中运用好风廓线雷达资料, 需对其进行相关的质量分析和评估。目前 AMDAR 资料作为一种高时间、空间分辨率的资料广泛应用于气象科学的各个领域, 其探测精度和无线电探空仪相当^[7], 是探空观测资料的很好的补充^[8], 因此, 可以利用 AMDAR 资料来对风廓线雷达资料进行质量分析。

本文利用乌鲁木齐机场常规天气资料、AMDAR 资料与风廓线雷达资料的风场序列进行对比, 分析风廓线雷达资料主要的质量问题及在不同模式、不同季节、不同天气条件下的差异以及在长时间序列下的整体的质量水平, 为更好的利用风廓线雷达资料提供理论依据。

2 资料和分析方法

乌鲁木齐机场的风廓线雷达资料分为高、低模式, 低模式探测高度范围为 296m-1393m, 垂直间隔为 62m 或 63m, 高模式探测高度范围为 1272m-3007m, 垂直间隔为 96m 或 97m, 两种探测模式探测时间间隔为 12 分钟。本文采用 2010 年 1 月至 2012 年 11 月的风廓线雷达资料作为待分析和评估的资料。

通过翻阅历史常规天气资料, 得到 2010 年 1 月至 2012 年 11 月共 121 次大风、降水、

对流性天气资料，并将每一次天气过程与对应的风廓线雷达资料进行对比分析，找出每一次天气过程中雷达资料的异同和季节性变化。

目前，民航客机大都装有气象传感器以及自动数据收集和处理系统，该系统可以将飞行中采集的气象数据自动传播到地面，这种系统就是 AMDAR (Aircraft Meteorological Data Relay), 本文利用 2010 年 1 月-2012 年 11 月的 AMDAR 作为标准数据与风廓线雷达资料风场序列进行对比分析，并通过计算平均绝对误差和均方根误差来对风廓线雷达整体质量进行评估。

平均绝对误差

均方根误差

其中 X_{ii} 为风廓线雷达资料风场第 i 个数据， X_{ai} 为 AMDAR 资料对应点上的风场资料。在对比过程中风速、风向的平均绝对误差和均方根误差取 5m/s、 60° 作为资料质量好坏的判据。

3 风场序列主要质量问题

通过对比分析 121 次大风、降水及对流性天气过程发现，乌鲁木齐机场风场序列质量问题主要表现在以下三个方面：

(1) 高模式和低模式风场风向和风速突变，且表现为低模式向高模式转变过程中风速突变增大，风向翻转较大，最大可达 180° ，如图 1 为 2012 年 8 月 2 日-3 日降水过程的风廓线雷达风场序列，风场风向由西北风突然转变为东南风，并且风速增大明显。

通过对 121 次天气过程中风廓线雷达资料风场序列的分析，发现这种风场资料只有在有降水或有对流（CB、雷暴等）的条件下才可能产生，而在 2010 年 1 月到 2012 年 11 月 104 次降水或对流天气过程中，这种风场共有 44 次，占此类天气的 42.3%，最早出现在每年的 5 月初，且都是出现在有雷暴或雷雨天气条件下，在 6 月至 8 月，出现降水或有对流的条件下就会出现这种风场结构，9 月出现这种结构的风场序列开始减少，而 10 月至次年 4 月则不会出现这样的风场结构。可见，这种风廓线雷达风场资料风向风速的突变具有季节性特点，只发生在对流活跃的季节，即从每年的 5 月初至 9 月底。而在 5 月和 9 月是对流活跃和不活跃的转换季节，所以这两个月在降水条件下风场有正常的风场结构，也有突变的风场结构。

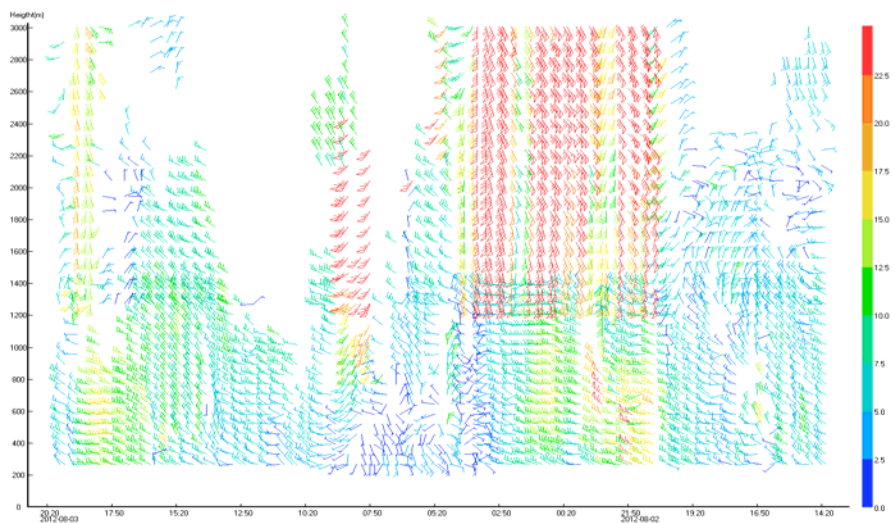


图1 2012年8月2日-3日降水天气过程风廓线雷达风场序列

(2) 高温低湿条件下风场的严重缺测。由于乌鲁木齐机场东南大风是一种强烈升温、降湿的天气，在东南大风发生时往往温度很高、湿度很低^[9]。通过17次东南大风条件下风廓线雷达风场的分析，发现在东南大风条件下，风廓线雷达资料高低模式均有缺测，而高模式常常因大规模缺测而不可用。如图2为2013年3月29日-31日东南大风天气过程的风廓线风场资料，很明显高模式在30日01时左右后2000米以上出现明显缺测，08:20以后缺测层次进一步扩大，同时低模式在08:20之后也出现了明显的缺测现象。

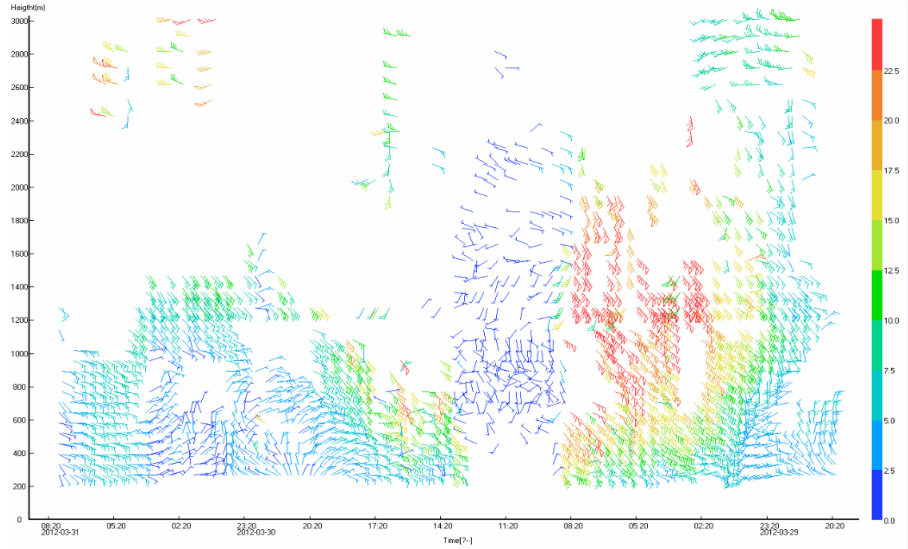


图2 2012年3月29日-31日东南大风过程中风廓线雷达资料风场序列

由于风廓线雷达是利用温度和湿度的湍流脉动引起大气折射指数的变化来工作的，东南大风下温度持续上升、湿度保持在极低水平可能是引起高低模式产生缺测最主要的原因。在这种条件下，低模式资料质量比高模式好，可在业务中对低空东南大风层进行监测和应用。

(3) 晴空条件下某个高度风场的突然增大和快速消失[图略]。这种情况主要是由于飞鸟、大规模的昆虫或者航空器等的影响，这种条件下的风场资料对其进行质量控制或者人为的判断和剔除都是比较容易的，对资料应用的影响小。

4 与 AMDAR 资料的对比分析

4.1 个例对比分析

为了进一步分析上述风场风向风速突变现象，选取了2012年8月2日-8月3日的一次降水天气过程中风廓线雷达风场序列与AMDAR资料进行对比分析，降水时段为2日21:30至3日05:00，小到中雨，其中21:30有小雷雨。如图1所示，从2日20:50开始高低模式风场开始出现突变，低模式为一致的西北风，而高模式为一致的东南风，且风速大于25m/s，在21:11风速在2236m高度达到40.6m/s。

由图3可见，在低模式的对比序列上，风廓线雷达资料风场的风向和风速与AMDAR资料的风向和风速具有较好的正相关性，风向、风速变化基本一致，大小相差不大。而图4显示，在高模式对比序列上，AMDAR资料风速序列小于10m/s，而风廓线雷达资料的风速序列则比较大，几乎全部大于10m/s，大部分序列点超过20m/s，同时，在风向序列上，AMDAR资料风向几乎偏北，这比较符合冷空气入侵时的风场的风向变化，而风廓线雷达资料风向序列上，风向在150°-200°之间变化，是典型的东南或偏南风向。

由此可见，低模式风场在整个序列比较接近于AMDAR资料的风场序列，而高模式风场则

较 AMDAR 资料的风速严重偏大，风向与 AMDAR 资料的风向有较大偏差。

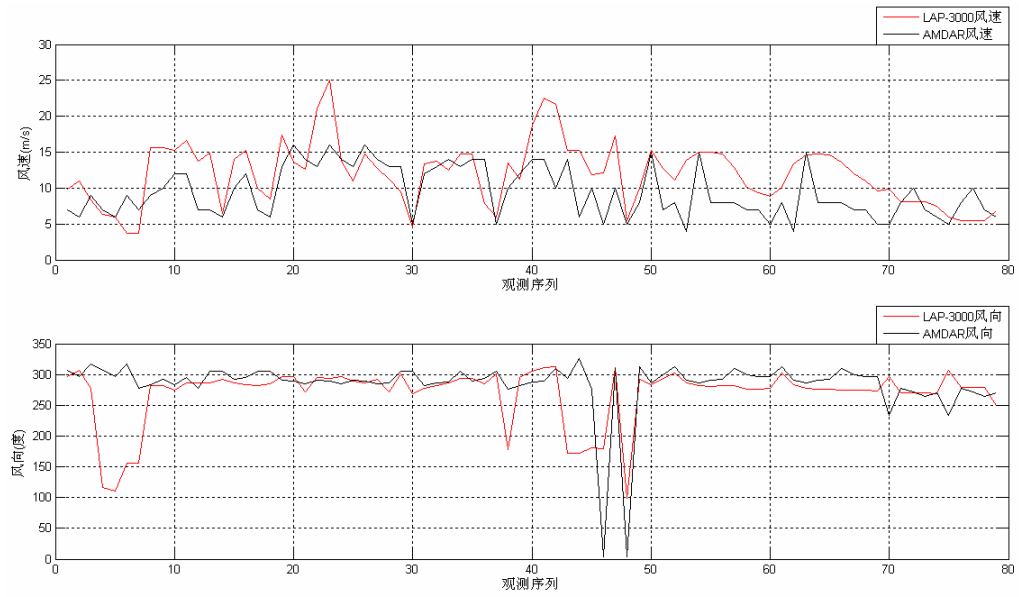


图 3 低模式风廓线雷达资料和 AMDAR 资料风速、风向对比曲线

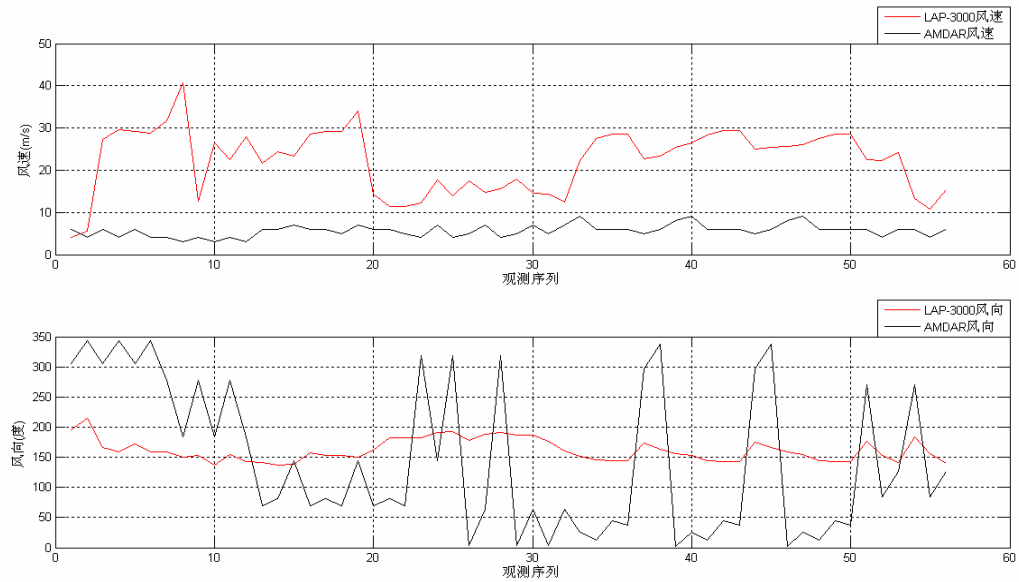


图 4 高模式风廓线雷达资料和 AMDAR 资料风速、风向对比曲线

图 5 为风廓线雷达资料与 AMDAR 资料风向、风速误差的垂直曲线，由图可见，在 2 日 22:20 时，低模式风速误差基本在 5m/s 以下，风向误差在 40° 以内，而高模式风速误差在 5m/s 以上，且在 2000m 高度以上误差增大明显，风向误差在 100° 以上。在 00:50 时，低模式低层误差稍微偏大，但风向误差小，而高模式风向和风速误差偏大极为明显。

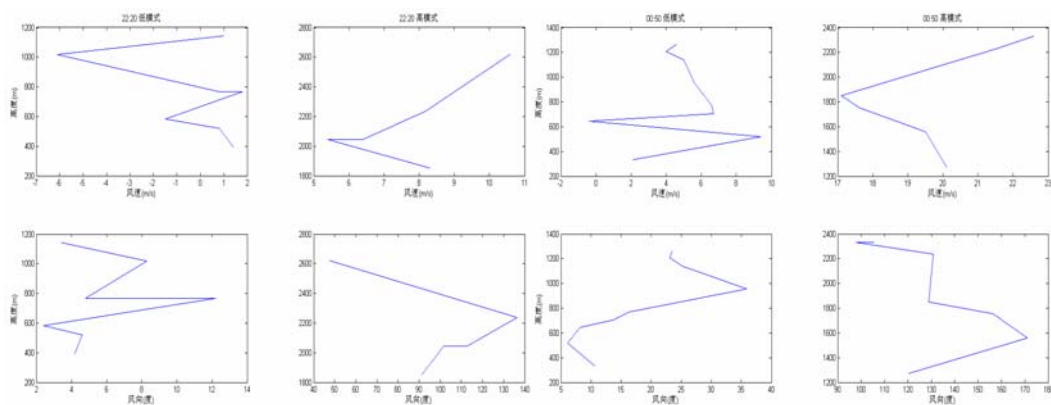


图 5 22:20 和 00:50 高低模式的风向风速误差垂直曲线 误差计算:LAP-3000 风场 - AMDAR 风场

由上述分析可见，当风廓线雷达风场出现由低模式向高模式的风向、风速突变时，低模式风向误差是比较小的，可信的，而风速误差可能在某些层次略有偏差，但整体能反映出低模式探测层次大气的真实运动状态，此时的高模式风速和风向误差偏大极为明显，并不能反映出高模式探测层次大气的真实运动情况，这些不正确的资料应给予剔除或修正。

4.2 整体和逐月的统计分析

为了研究风廓线雷达风场序列的整体质量水平，选用 2010 年 1 月至 2012 年 11 月长序列的风廓线雷达资料和对应的 AMDAR 资料，通过计算整个风场序列、各个高度上的风场以及逐月的风场序列的平均绝对误差和均方根误差来分析风廓线雷达资料风场序列的整体质量水平。平均绝对误差用来表示误差的平均状态，值越小表示准确率越高，均方根误差能反映观测值偏离真实值的离散程度，值越小表示偏离真实值越小，对极大值和极小值敏感。本次分析中认为 AMDAR 资料风场序列是准确的，而风廓线雷达资料风场是待检测的。

由整个风场序列计算平均绝对误差和均方根误差得到：低模式的风速平均绝对误差 2.2m/s，风向的平均绝对误差为 51° ，风速的均方根误差为 3.2m/s，风向的均方根误差为 68° ；高模式的风速平均绝对误差为 3.2m/s，风向的平均绝对误差为 56° ，风速的均方根误差为 5.3m/s，风向得均方根误差为 74° 。由此可见，就整个风场序列而言，低模式和高模式的风向风速的平均绝对误差都小于 60° ，风速都小于 5m/s，但低模式风向的均方根误差大于了 60° ，高模式风速、风向的均方跟误差大于 5m/s 和 60° 即高低模式在整个序列中风向的离散程度都超过了 60° ，高模式的离散程度超过了 5m/s，但整个序列低模式数据质量明显比高模式好。

从图 6 可知，整个时间序列各高度的风速的平均绝对误差和均方根误差在低模式上都比较小，基本小于 4.0m/s，而高模式上平均绝对误差小于 5m/s，但均方根误差比较大，且随高度增大并在 2000m-2500m 之间达到最大，最大达到了 8m/s，之后随高度有所减小，但整体都超过 5m/s。高低模式风向的平均绝对误差在各个高度上都比较好，基本小于 60° ，但均方根误差较大，基本都大于 60° ，高模式最大达 80° 左右。由此可见，在整个序列上低模式各高度上风速的质量优于高模式各高度，高模式风速在 2000m-2500m 质量最差，高低模式风向的平均绝对误差较好，但均方根误差较大，离散程度较大。

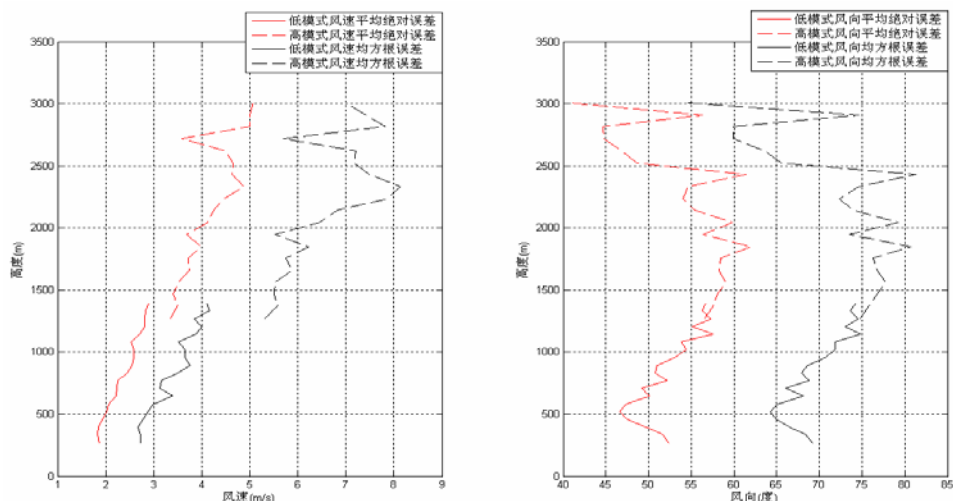


图6 整个时间序列平均绝对误差和均方根误差沿高度变化曲线

由图7可知,低模式和高模式的风速的平均绝对误差比较稳定,低模式在2.0m/s左右,而高模式10月-12月为2.0-3.0m/s,其余各月为3.0m/s-4.0m/s。风速的均方根误差低模式比较稳定,在3m/s左右,而高模式有季节性变化,5月-9月超过了5m/s,6月最大,7月、8月次之。对于风向,低模式的平均绝对误差在每月基本都在60°以内,而高模式6月、7月、8月在60°附近。风向的均方根误差低模式1月-3月、12月较好,其余各月均大于60°,而高模式1月、2月、3月较好,其余各月均大于60°,6月最差,大于80°。

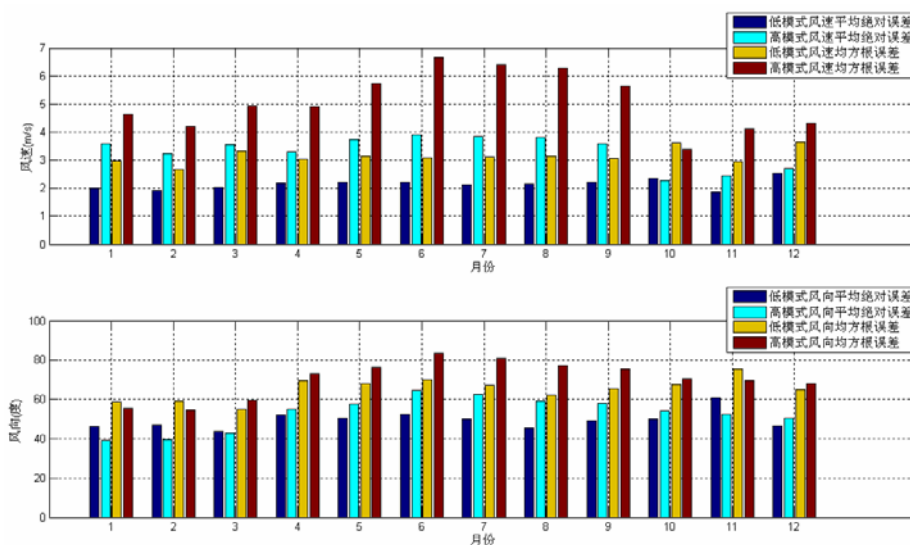


图7 逐月风向风速的平均绝对误差和均方根误差

通过以上分析发现,无论是风向风速低模式整体优于高模式。低模式风速平均绝对误差和均方根误差都较小且比较稳定,而高模式风速平均绝对误差较小,但均方根误差较大,即离散程度大,且随高度和季节的变化而变化,在2000m-2500m离散程度达最大,对流活跃季节离散程度明显偏大,6月最明显。高低模式风向的平均绝对误差在60°以内,但均方根误差偏大,高低模式在深冬季节较好,其余季节偏大,高模式6月偏大明显。

5 结论

(1) 分析表明, 乌鲁木齐机场的风廓线风场资料质量问题主要表现为低模式向高模式转变过程中风向、风速的突变, 这种风向风速的突变有季节性差异, 主要出现在 5 月-9 月出现, 以 6 月-8 月最明显。另外在东南大风条件下风场资料的严重缺测, 尤其是高模式资料有严重缺测。

(2) 通过对比分析 2012 年 8 月 2 日到 3 日的 AMDAR 资料, 当风廓线雷达风场出现由低模式向高模式的风向、风速突变时, 低模式风向误差是比较小的, 可信的, 整体能反映低模式探测层次大气的真实运动状态, 此时的高模式风场有明显偏差, 不能反映出高模式探测高度大气的真实情况。

(3) 与 AMDAR 资料对比发现, 低模式的风向风速质量整体优于高模式。低模式风速平均绝对误差和均方根误差都较小且随季节和高度变化小, 而高模式风速平均绝对误差较小, 但均方根误差较大, 且随高度和季节的变化有明显变化。高低模式风向的平均绝对误差在 60° 以内, 但均方根误差偏大。

参考文献:

- [1] 张霁琛. 现代气象观测[M]. 北京: 北京大学出版社, 2000: 289-298.
- [2] J. A. Augustine, E. J. Zipser, 门增霞. 风廓线仪在中尺度试验中的应用[J]. 气象科技, 1989, (2): 72-81.
- [3] 周志敏, 万蓉, 崔春光, 等. 风廓线雷达资料在一次冰雹过程分析中的应用[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(3): 251-256.
- [4] 张利平, 陈阳权, 朱国栋, 等. 乌鲁木齐机场一次冬季东南风引起的低空风切变分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2012, 6(6): 45-50.
- [5] 王欣, 卞林根, 彭浩, 李剑东. 风廓线仪系统探测试验与应用[J]. 应用气象学报, 2005, 16(5): 693-698.
- [6] 董保举, 张晔, 徐安伦. 高原地区风廓线雷达资料评估[J]. 气象科技, 2009, 37(5): 580-583.
- [7] Aircraft Meteorological Data Relay (AMDAR) Reference Manual, WMO-No. 958, 2003.
- [8] 刘小魏, 曹之玉, 兰海波. AMDAR 资料特征及质量分析[J]. 气象科技, 2007, 35(4): 480-483.
- [9] 张利平, 王春红. 乌鲁木齐机场东南大风过程温压湿风及水平风切变特征[J]. 气象科技, 2007, 35(5): 719-722.