

风廓线雷达资料的误差及对祁连山地形云风场监测的初步分析

陈添宇¹, 陈跃², 陈乾¹

(1. 甘肃省人工影响天气办公室, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘要:利用2010年夏季祁连山地形云探测试验期间的风廓线和气球探空资料进行统计分析,以检验资料变化趋势的一致程度和资料的偏离程度。同时,用风廓线资料分析了祁连山区一次明显的降水天气过程的风场演变。结果表明:(1)风廓线雷达探测资料总体上能反映风向的变化,具备监测祁连山地形云近地面风向变化的能力;(2)风廓线雷达探测的风速误差较大,尤其是1400 m以下误差更大,在使用时应注意。

关键词:风廓线;误差;检验;地形云;探测

中图分类号:P412.16

文献标识码:A

引言

风场资料在大气动力的研究和应用中的重要性不言而喻,常规的风场探测主要依赖于气球探空。但由于气球探空探测时间和探空站点分布的局限性,使得人们积极寻求其他探测方法,其中利用雷达和卫星资料反演风场的方法,由于其观测时间密集且无须人员值守等特点,越来越受到人们的青睐。诞生于1980年代的风廓线雷达便是其中之一,目前风廓线雷达资料已在全球进入业务化应用,我国目前正在建设风廓线雷达观测网。

为更好地使用风廓线雷达资料,不少专家学者进行了观测精度的分析,总体上都认为风廓线雷达资料的观测精度能满足科研业务的需求。李晨光等^[1]在华南暴雨试验期间,利用香港天文台的风廓线雷达资料进行了分析,对风廓线雷达资料的有效性进行了初步评估,认为风廓线雷达在对流层低层以及边界层中的资料有效率可达80%~90%。赵兴炳等^[2]在青藏高原那曲地区进行了风廓线雷达资料与气球探空资料的对比分析,认为在高海拔地区风廓线雷达观测资料仍具有较高的可靠性。为此,2010年在祁连山地

形云的探测试验中,将风廓线雷达作为风场的主要观测仪器,与气球探空一起对地形云进行了同步观测。

1 资料

1.1 仪器简介

(1) 风廓线雷达

Airda 3000型L波段边界层风廓线雷达由北京爱尔达电子设备有限公司生产,发射波长为231 mm,波束宽度10°,扫描波束数5(东西南北中),东西南北波束夹角15°,中波束夹角0°。

(2) 探空气球探空采用701型探空雷达,59型探空仪进行探测。

(3) 自动气象站。

试验场还布设了包括气压、温度、湿度、风向、风速和雨量观测的自动站一个。

1.2 试验时间和地点

2010年7~8月,在祁连山中段开展地形云的探测试验。其中,在甘肃省民乐县何庄村试验点(100.64°E, 38.43°N, 2608 m)布设了Airda 3000型风廓线雷达和701型探空雷达。风廓线雷达每7~8 min取一次资料,全天候观测,探测高度为距地

收稿日期:2011-11-02;改回日期:2011-11-29

基金项目:公益性行业(气象)科研专项“地形云结构和人工增雨(雪)关键技术研究”(GYHY20090624)资助

作者简介:陈添宇(1961-),男,福建人,正研级高工,主要从事人工影响天气研究. E-mail: chenty@yeah.net

面 3 700 m 左右;气球探空每天观测 4 次,与探空站的日常观测时间同步。试验期间的 2010 年 8 月 1 ~ 17 日,风廓线雷达和 701 型探空雷达探测资料相对较全。

1.3 资料样本的选择

由于探空资料较少,因此样本的选取以探空资料获取时间来确定,探空开始的时间一般为 01:15、07:15、13:15、和 19:15,按风廓线探测高度 3 700 m 计算,探空气球探测到这个高度的时间为探测开始后 10 min 左右,而风廓线资料每 7 ~ 8 min 探测一次,因此选取最接近探空时间的一次风廓线资料来对应。

1.4 资料处理

探空资料由程序处理到以下高度:0(地面)、100、200、300、400、500、600、700、800、900、1 000、1 200、1 400、1 600、1 800、2 000、2 200、2 400、2 600、2 800、3 000、3 200、3 400、3 600、3 800 m。风廓线的探测高度为:0(地面)、50、100、150、250、300、350、400、450、500、600、650、700、750、800、850、950、1 000、1 050、1 100、1 200、1 300、1 350、1 450、1 550、1 600、1 700、1 800、1 900、1 950、2 050、2 150、2 250、2 300、2 400、2 500、2 600、2 650、2 750、2 850、2 950、3 000、3 100、3 200、3 250、3 350、3 450、3 550、3 600、3 700 m。考虑到探空和风廓线的部分探测高度不能完全对应,本文用近似高度来代替,各对应的高度见表 1。

表 1 气球探空和风廓线雷达资料的探测高度对照表
(单位:m)

Tab. 1 The height comparison between radiosonde sounding and wind profiling radar data (Unit:m)

仪器	高度	高度	高度	高度	高度	高度	高度	高度
气球探空	0(地面)	100	200	300	400	500	600	700
风廓线	0(地面)	100	250	300	400	500	600	700
气球探空	800	900	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
风廓线	800	950	1 000	1 200	1 450	1 600	1 800	2 050
气球探空	2 200	2 400	2 600	2 800	3 000	3 200	3 400	3 600
风廓线	2 250	2 400	2 600	2 850	3 000	3 200	3 450	3 600

按以上标准选取相应的风廓线资料和气球探空资料进行统计分析(选取的资料中有 3 次例外:8 月 3 日 14:13、8 月 4 日 13:51 探空观测延误,8 月 12 日 19:04 ~ 19:58 风廓线缺测),以上 3 种资料齐全的共 52 次。

2 资料的相关和显著性检验

将探空资料作为真值,对风廓线仪探测资料进行检验。主要考虑 2 个方面:

(1)相关性检验,主要检验风廓线资料与探空资料变化趋势的一致程度;

(2)均值差异检验,主要检验风廓线资料与探空资料的偏离程度。

2.1 检验方法

按双尾显著性水平 $\alpha = 0.05$,假设样本均值之差为 μ_0 ,即:

$$H_0: \mu_1 - \mu_2 = \mu_0$$

按 t 分布的性质,构造统计量:

$$T = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - \mu_0}{\sqrt{\frac{S^2}{n}}}$$

式中: \bar{x}_1 和 \bar{x}_2 分别是气球探空和风廓线仪探测样本的均值, n 是样本量, S^2 是 $(x_1 - x_2)$ 的方差。

当统计量的绝对值 $|T| < t$ 的双尾临界值,且双尾检验概率 $p(T \leq t) > \alpha$ 时,认为假设 H_0 成立。

2.2 样本均值之差为 0 的检验

表 2 为试验期间 52 次气球探空和相应时次的风廓线仪探测的水平风向在样本均差 $\mu_0 = 0$ 的显著性检验结果。可以看出,2 种仪器探测的风向的相关系数均较高,仅有 5 次(5/52 = 9.6%) < 0.6 ,相关系数 > 0.6 的占 90.4%,说明风廓线仪探测的风向与气球探空的风向的变化趋势较一致。但两者的均差能通过显著性水平检验的比率却低得多,若再将两者为反相关的去除,能通过检验的仅为 71.2%(37/52)。风速的情况更差些(表 3),相关系数 > 0.6 的占 61.5%(32/52),能通过检验的为 59.6%(31/52)。按不同高度对风向、风速的显著性检验表明(表 4),风向的相关性均较高,相关系数大多在 0.8 以上,且都能通过显著性检验。而风速不仅相关性低,而且显著性检验的结果分为 2 部分,1 600 m 以上均可通过显著性检验,1 400 m 以下均不能通过显著性检验。这 2 个结果都与王欣等^[3]的研究结论相似,他们的结果表明:(1)探空仪和风廓线仪器测得的风向的相关系数为 0.966,风速的相关系数为 0.866,风向观测误差比风速小;(2)大气风廓线仪与探空仪测量的平均偏差随高度变化为:在 1 000 m 以下,偏差较大;1 000 ~ 4 500 m 之间,偏差相对较小;4 500 m 以上,偏差增大。

表 2 气球探空和风廓线仪探测的水平风向的显著性检验 ($\mu_0 = 0$)Tab. 2 The significance test of horizontal wind direction from radiosonde sounding and wind profiling radar detection ($\mu_0 = 0$)

时间 日期	01:15			07:15			13:15			19:15		
	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0.62	0.871	4.5
2	0.82	0.483	-26.5	-0.11	0.000	127.5	0.74	0.594	7.6	0.85	0.796	-4.3
3	0.76	0.262	21.9	0.87	0.142	-22.8	0.91	0.125	-21.3	/	/	/
4	0.65	0.001	-16.7	0.14	0.000	-58.2	0.83	0.525	-7.9	0.85	0.799	4.2
5	0.47	0.362	-9.7	0.63	0.708	-7.6	-0.31	0.269	12.4	0.84	0.085	-30.7
6	0.97	0.002	-27.9	0.93	0.815	2.6	0.94	0.305	9.5	0.78	0.383	-16.1
7	0.80	0.563	-7.8	0.78	0.000	-16.5	0.93	0.048	-24.8	0.97	0.004	-36.6
8	0.95	0.000	30.7	0.91	0.056	43.7	0.88	0.058	35.0	/	/	/
9	0.81	0.694	7.57	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11	/	/	/	/	/	/	0.98	0.892	0.8	0.51	0.723	-7.6
12	0.99	0.001	-16.2	0.79	0.491	7.7	0.95	0.004	27.2	0.95	0.142	-11.0
13	0.74	0.936	1.6	0.95	0.407	7.0	0.78	0.649	8.4	0.99	0.931	-0.76
14	0.85	0.214	-24.7	0.85	0.983	-0.3	0.89	0.134	-16.1	0.93	0.036	-25.9
15	0.96	0.002	-17.2	0.95	0.779	-3.3	0.89	0.105	19.3	0.81	0.738	-5.8
16	0.79	0.904	2.3	0.97	0.016	-17.1	0.97	0.000	41.1	0.90	0.999	-0.0
17	0.76	0.351	-17.2	0.74	0.407	-10.0	/	/	/	/	/	/

注: 表格中“/”为缺资料,下同

表 3 气球探空和风廓线仪探测的水平风速的显著性检验 ($\mu_0 = 0$)Tab. 3 The significance test of horizontal wind speed observed by radiosonde sounding and wind profiling radar ($\mu_0 = 0$)

时间 日期	01:15			07:15			13:15			19:15		
	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-0.20	0.003	-8.1
2	0.63	0.187	2.6	0.09	0.007	-2.5	0.64	0.034	-1.7	0.17	0.000	-6.0
3	-0.73	0.082	-2.2	0.89	0.015	-1.5	0.65	0.780	0.2	/	/	/
4	-0.51	0.784	0.2	0.65	0.000	-5.5	0.68	0.389	-1.1	0.95	0.256	0.7
5	0.80	0.029	-1.6	0.76	0.920	0.1	0.80	0.000	-2.9	0.71	0.161	-1.0
6	0.55	0.593	-0.6	-0.03	0.612	0.5	0.62	0.798	-0.2	0.38	0.141	-2.3
7	0.63	0.179	-1.2	0.41	0.867	-0.1	0.85	0.332	-0.8	0.84	0.738	0.3
8	0.15	0.031	-4.4	-0.06	0.988	-0.02	0.97	0.977	0.0	/	/	/
9	0.54	0.152	5.5	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11	/	/	/	/	/	/	0.64	0.006	1.8	-0.39	0.000	-11.5
12	0.52	0.001	-2.1	0.85	0.785	-0.2	0.94	0.074	1.0	0.90	0.417	-0.6
13	0.41	0.000	-7.4	0.94	0.636	-0.2	0.96	0.455	0.3	0.94	0.092	-0.9
14	0.77	0.613	0.6	0.47	0.259	1.1	0.74	0.003	2.0	0.84	0.086	0.7
15	0.23	0.135	1.1	0.89	0.510	0.6	0.17	0.027	3.2	0.77	0.285	-1.1
16	0.33	0.861	0.1	0.88	0.009	-2.3	0.61	0.677	0.4	0.88	0.234	-0.6
17	0.70	0.036	-1.5	0.43	0.251	-1.0	/	/	/	/	/	/

表4 不同高度上气球探空和风廓线仪探测的水平风向、风速的显著性检验 ($\mu_0 = 0$)

Tab.4 The significance test of the horizontal wind direction and speed on different height detected by radiosonde sounding and wind profiling radar ($\mu_0 = 0$)

高度/m	风向			风速			风廓线可 信度/%	样本	缺测率/%
	相关	P	均差	相关	P	均差			
100	0.89	0.687	-4.4	0.08	0.000	-6.8	88.41	34	34.62
200	0.91	0.993	-0.1	0.47	0.000	-2.1	92.17	48	7.69
300	0.90	0.904	-1.1	0.46	0.000	-2.2	93.16	48	7.69
400	0.86	0.185	-14.1	0.24	0.000	-3.7	91.38	45	13.46
500	0.89	0.379	-8.2	0.62	0.000	-1.7	94.66	50	3.85
600	0.87	0.246	-12.4	0.48	0.000	-2.0	93.53	47	9.62
700	0.83	0.683	-4.9	0.40	0.000	-2.5	92.75	48	7.69
800	0.81	0.420	9.9	0.27	0.000	-2.7	90.17	48	7.69
900	0.82	0.479	-8.5	0.03	0.000	-4.1	90.19	42	19.23
1 000	0.87	0.781	-3.0	0.16	0.000	-3.2	91.73	41	21.15
1 200	0.83	0.927	-1.0	0.25	0.007	-1.8	94.45	49	5.77
1 400	0.85	0.746	-3.4	0.28	0.021	-1.4	94.24	49	5.77
1 600	0.76	0.135	17.7	0.17	0.299	-0.7	94.20	50	3.85
1 800	0.71	0.183	14.2	0.07	0.981	-0.0	93.40	52	0
2 000	0.81	0.115	-14.5	0.10	0.560	0.4	95.04	52	0
2 200	0.79	0.943	-0.7	0.32	0.762	0.2	95.14	51	1.92
2 400	0.85	0.129	-13.9	0.46	0.237	0.6	95.69	49	5.77
2 600	0.82	0.694	-2.6	0.58	0.167	0.7	94.86	50	3.85
2 800	0.82	0.424	-5.5	0.63	0.292	0.6	93.92	51	1.92
3 000	0.82	0.406	-4.8	0.72	0.054	1.0	93.35	49	5.77
3 200	0.82	0.543	-4.0	0.32	0.774	0.3	92.91	47	9.62
3 400	0.92	0.077	-11.1	0.49	0.105	1.3	91.74	46	11.54
3 600	0.81	0.961	0.3	0.44	0.078	1.7	92.44	45	13.46

表5 气球探空和风廓线仪探测的水平风向的显著性检验 ($\mu_0 = 15$)

Tab.5 The significance test of the horizontal wind direction detected by radiosonde sounding and wind profiling radar ($\mu_0 = 15$)

时间 日期	01:15			07:15			13:15			19:15		
	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-	-	-
2	-	-	-	-0.11	0.000	127.5	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/	/
4	0.65	0.708	-16.7	0.14	0.000	-58.2	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-0.31	0.812	12.4	-	-	-
6	0.97	0.121	-27.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	0.78	0.704	-16.5	0.93	0.418	-24.8	0.97	0.073	-36.6
8	0.95	0.014	30.7	-	-	-	-	-	-	/	/	/
9	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11	/	/	/	/	/	/	-	-	-	-	-	-
12	0.99	0.774	-16.2	-	-	-	0.95	0.167	27.2	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.93	0.354	-25.9
15	0.96	0.672	-17.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	0.97	0.752	-17.1	0.97	0.000	41.1	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	/	/	/	/	/	/

注:表格中“-”为在 $\mu_0 = 0$ 时就能通过检验,下同

2.3 风廓线仪探测资料的误差估计

2.3.1 风向的误差估计

按样本均值之差为 0, 能通过 $\alpha = 0.05$ 检验的仅为 71.2% (37/52), 若按样本均值之差为 15, 即认为风廓线仪探测的水平风向与气球探空的风向存在 $\pm 15^\circ$ 的误差, 则能通过 $\alpha = 0.05$ 检验的次数增加了 10 次 (表 5), 加上原先的 37 次, 使得能通过显著性检验的比率增加到 90.4% (47/52)。

2.3.2 风速的误差估计

按样本均值之差为 0, 能通过 $\alpha = 0.05$ 检验的仅为 59.6% (31/52), 若按样本均值之差为 1, 即认为风廓线仪探测的水平风速与气球探空的风速存在 $\pm 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的误差, 则能通过 $\alpha = 0.05$ 检验的次数增加了 11 次 (表 6), 加上原先的 31 次, 使得能通过显著性检验的比率增加到 80.8% (42/52)。

表 6 气球探空和风廓线仪探测的水平风速的显著性检验 ($\mu_0 = 1$)

Tab. 6 The significance test of the horizontal wind speed detected by radiosonde sounding and wind profiling radar ($\mu_0 = 1$)

时间 日期	01:15			07:15			13:15			19:15		
	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差	相关	P	均差
1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	-0.20	0.009	-8.1
2	-	-	-	0.09	0.070	-2.5	0.64	0.348	-1.7	0.17	0.001	-6.0
3	-0.73	0.331	-2.2	0.89	0.380	-1.5	-	-	-	/	/	/
4	-0.51	0.320	0.2	0.65	0.000	-5.5	-	-	-	-	-	-
5	0.80	0.404	-1.6	-	-	-	0.80	0.000	-2.9	-	-	-
6	-	-	-	-0.03	0.618	0.5	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0.15	0.089	-4.4	-0.06	0.471	-0.02	-	-	-	/	/	/
9	-	-	-	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11	/	/	/	/	/	/	0.64	0.199	1.8	-0.39	0.000	-11.5
12	0.52	0.070	-2.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	0.41	0.001	-7.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	-	0.74	0.117	2.0	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	0.17	0.120	3.2	-	-	-
16	-	-	-	0.88	0.118	-2.3	-	-	-	-	-	-
17	0.70	0.492	-1.5	-	-	-	/	/	/	/	/	/

同样, 若按样本均值之差为 0, 表 4 中风速的显著性检验在 1 600 m 以上均可通过 $\alpha = 0.05$ 显著性检验, 若样本均差加到 ± 1 , 则可以通过检验的高度降到 1 200 m, 若样本均差再加到 ± 2 , 则除了 900 m 和 100 m 外, 全部都可以通过显著性检验, 其中 900 m 高度的风速要通过检验需要将样本均差再加到 ± 3 , 而 100 m 高度的风速要通过检验需要将样本均差再加到 ± 5 。

3 风廓线资料对祁连山一次地形云降水过程风场演变的监测分析

3.1 降水过程的天气背景

按陈乾^[4]的方法, 祁连山中段的天气类型有 3 种, 即西南气流型、西北气流型和平直气流型, 其中西南气流型是最主要的降水天气类型。2010 年试

验期间, 降水量最大的过程也是西南气流型, 过程主要发生在 2010 年 8 月 3 日, 早上 08 时 500 hPa 的流场见图 1, 试验基地何庄 8 月 3 日 08 时至 8 月 4 日 08 时的降水量为 12 mm, 降水量峰值主要在 8 月 3 日 08~09 时和 18~19 时 (图 2)。

3.2 风廓线监测地形云水平风场的演变

试验点何庄位于祁连山北坡, 其西南方向约 25 km 处是最高海拔达 4 942 m, 呈西西北—东东南向分布的条状山脉, 因此, 地形对何庄风场的影响十分明显, 风廓线资料反映出了风场的这种变化。从图 3 可以看到, 8 月 3 日 04 时至 8 月 4 日 16 时, 在接近和高于山峰高度的何庄上空, 风向与天气背景的主导气流基本一致为西南气流, 该深厚的西南气流将南面的水汽输送到祁连山区, 是祁连山降水形成的有利条件之一。受祁连山山体阻挡的影响, 祁连

山北侧海拔低于山峰高度何庄上空,风向则与主导气流不一致,风向为偏北甚至为与主导气流相反的东北气流,偏北气流在山体北侧会形成上升气流,促使越山云系进一步抬升,形成更利于降水的条件。

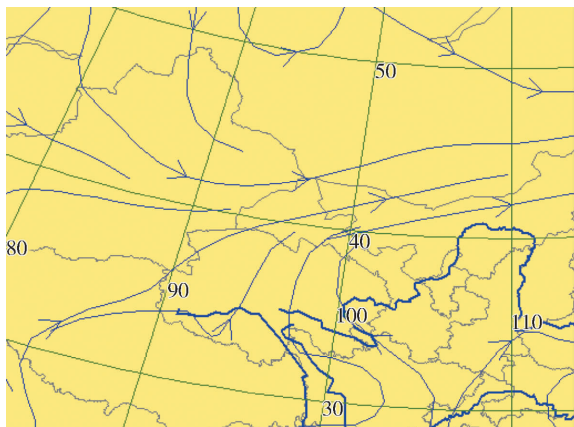


图1 2010年8月3日500 hPa流场

Fig. 1 The 500 hPa wind field on August 3, 2010

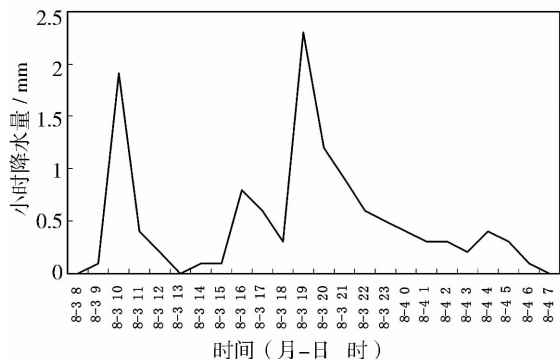


图2 2010年8月3日08时至8月4日07时何庄小时雨量分布

Fig. 2 The hourly rainfall distribution in Hezhuang from 08:00 August 3 to 07:00 August 4, 2010

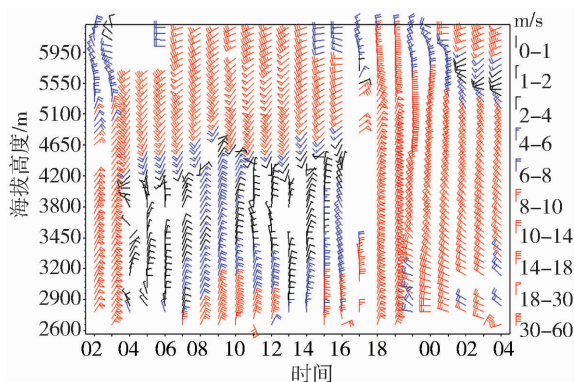


图3 2010年8月3日02时至8月4日04时风羽图

Fig. 3 The wind field from 02:00 August 3 to 04:00 August 4, 2010

由于风廓线每7~8 min 可进行一次探测,因此在风场演变过程的监测上有很大的优越性。本次降水过程风场演变主要在3日04时至4日16时,这段时间内,日常的探空仅有08时1次,显然它在3日04时监测不到对降水具有预警意义的风场突变。

3.3 垂直风速的监测

由于没有实测的垂直风速资料,因此没有对风廓线垂直风速进行精度分析。但降水峰值与上升气流区分布时段段的对比分析表明,风廓线垂直风速资料分布较为合理,即产生降水的前期,在主要水汽层有持续几小时的上升气流。陈添宇等^[5]的分析认为,西南气流天气背景下祁连山地形云的水汽主要分布在3 500~6 500 m 的范围内,本次降水过程的水汽分布也如此(图4)。在降水峰值前期,即8月3日09时前期的04~07时和19时前期的11~16时,对流层中层观测到较大范围的垂直上升气流区域(图5),是随后产生强降水的有利条件。

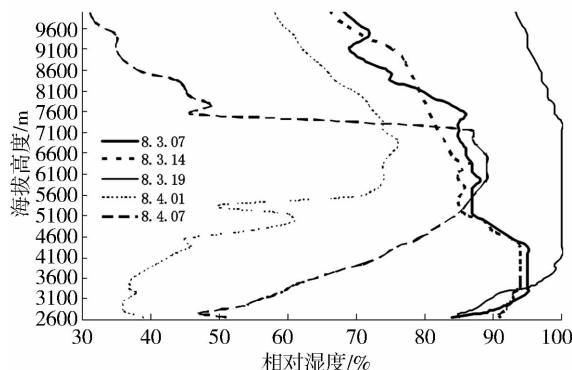


图4 2010年8月3日07时至8月4日07时相对湿度分布图

Fig. 4 The relative humidity from 07:00 August 3 to 07:00 August 4, 2010

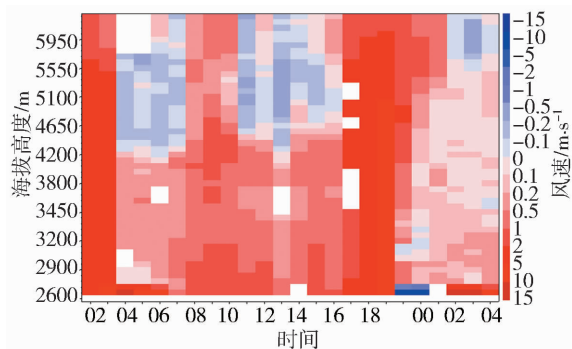


图5 2010年8月3日02时至8月4日04时垂直气流图

Fig. 5 The vertical air flow diagram from 02:00 August 3 to 04:00 August 4, 2010

图 5 是 2010 年 8 月 3 日 02 时至 8 月 4 日 04 时垂直气流图,值得注意的是,风廓线雷达的信号受到降水等的干扰,其探测的垂直风会受到影响^[6]。由于降水发生的高度一般在低层,而且低层的信号受地物干扰也更严重,所以降水过程风廓线资料在使用时应多加注意,尤其在低层的部分。因此,本次降水过程的实际的上升气流区或许比图 5 中的会更大些,即降水峰值前期的上升气流区可能会更向下层伸展,在降水峰值时段也许会有上升气流。但无论如何,风廓线雷达探测的垂直风速的总体趋势是正确的,对祁连山地形云降水具有预警意义。

4 结 论

(1)按样本均值之差为 0 进行风向的误差统计分析,有 71.2% 的样本能通过 $\alpha = 0.05$ 的检验,按样本均值之差为 15 分析,能通过 $\alpha = 0.05$ 检验的比率增达到 90% 以上,说明风廓线雷达探测的风向总体上能反映风向的变化。祁连山地形云探测试验中,风廓线雷达的探测资料也监测到了地形云降水前风场的突变,表明风廓线雷达具备监测地形云近地面风向变化的能力。

(2)风速的误差统计分析表明,风廓线雷达探测的风速误差较大,尤其是 1 400 m 以下误差更大,或许这是反演方法问题,通过改进反演方法可能得

到解决,但无论如何,在使用时还是要注意。

(3)由于没有合适的资料对风廓线雷达的垂直上升气流资料进行误差评估,也没有对受降水等影响的风廓线探测精度进行订正,但风廓线雷达探测的垂直风速资料无疑有助于地形云风场演变的监测。但由于风廓线雷达探测的垂直风会受到降水、地物等的干扰,使用时应多加注意,尤其在低层。

(4)风廓线雷达探测资料的时间分辨率高,7 ~ 8 min 可进行一次监测,因此可能会提前监测到对天气变化有预警意义的风场突变,有较好的应用前景。

参考文献:

- [1]李晨光,刘淑媛,陶祖钰. 华南暴雨试验期间香港风廓线雷达资料的评估[J]. 热带气象学报,2003,19(3):269-276.
- [2]赵兴炳,李跃清. 风廓线雷达原理及其在高原地区探测结果初析[J]. 四川气象,2006,26(2):24-26.
- [3]王欣,卞林根,彭浩等. 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.
- [4]陈乾,张久林,陈添宇. 祁连山区 2006 年夏季降水过程的天气分析[J]. 干旱气象,2008,26(4):22-28.
- [5]陈添宇,郑国光,陈跃等. 祁连山夏季西南气流背景下地形云形成和演化的观测研究[J]. 高原气象,2010,29(1):152-163.
- [6]杨馨蕊,马舒庆,吴蕾. UHF 风廓线雷达降水数据判别方法的比较与评价[J]. 大气科学学报,2010,33(5):576-581.

Error Analysis of Wind Profiler Radar Data and the Primary Results from the Qilian Mountain Orographic Cloud and Wind Field Observation

CHEN Tianyu¹, CHEN Yue², CHEN Qian¹

(1. Gansu Weather Modification Office, Lanzhou 730020, China;
2. Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081, China)

Abstract: Wind profiler radar (WPR) and radiosonde sounding data obtained in 2011 summer during the period of the Qilian Mountain orographic cloud observation experimentation are used in this paper to inspect the coherence degrees of change trends and departure for these data. The wind field evolvment during a distinct rainfall process in the Qilian Mountain area is analyzed by using the WPR data. The results indicate that the WPR data can represent the wind direction change in general compared to radiosonde sounding; but for wind speed, there were some error especially bellow 1 400 m relative height, more attention should be taken in usages.

Key words: wind profiler radar; error; inspection; orographic cloud; observation