

郑红,王波,周永吉,等. 黑龙江省人工观测与自动观测气象数据均一性检验[J]. 干旱气象, 2014, 32(2): 292-297, [ZHENG Hong, WANG Bo, ZHOU Yongji, et al. Homogeneity Test of Artificial and Automatic Meteorological Observation Data in Heilongjiang Province[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(2): 292-297], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-02-0292

黑龙江省人工观测与自动观测气象数据均一性检验

郑红¹, 王波¹, 周永吉², 魏磊¹, 刘栋¹

(1. 黑龙江省气候中心, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省气象信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 由于人工观测与自动观测在仪器原理及观测方法上均有很大的不同, 如何对2种观测结果进行检验具有重要的现实意义。本文从检验原理及检验方法上进行了论述, 并随机选取黑龙江省8个观测站2005年1~12月每日02、08、14、20时的平行观测资料, 对所有观测要素的人工站和自动站观测结果进行检验。结果表明: 人工观测结果和自动观测结果所有要素无显著差异率接近96%, 均一化水平较高。总体来看, 黑龙江省人工站和自动站观测结果在冬、夏季均一性较差, 要素间的差异较明显; 春、秋季均一性较好, 差异性较小。其中差异性要素冬季集中在相对湿度、浅层地温, 夏季集中在地温、风速。此外, 造成二者差异的原因主要体现在高纬度环境对观测仪器的影响、观测仪器与方法、人工观测误差与人工维护、观测时间等方面。如要进一步完善自动站观测结果, 需要针对本省气候特点和影响差异性的原因做出调整和修订。

关键词: 人工观测; 自动观测; 均一性检验; 黑龙江省

文章编号: 1006-7639(2014)-02-0292-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-02-0292

中图分类号: P415.1⁺2

文献标识码: A

引言

截止到2006年, 我国共有1904个自动气象站已经运行, 未来几年内, 全国所有的地面台站将全部使用自动气象观测站。由于人工观测与自动观测在仪器原理及观测方法上均有很大的不同, 因此, WMO和气候委员会会议(CCL)要求各国在开展气象自动站观测时, 与人工观测要素有2~3a的平行观测, 目的是检验二者均一性, 为未来能否用自动观测完全代替人工观测提供依据。迄今为止, 人工观测和自动观测的平行观测资料已经积累完毕, 如何对二者观测结果进行检验, 目前仍然存在不甚明确的状态。很多学者对此进行了研究, 如Wendland W^[1]、Quayle G^[2]、王颖^[3]、顾品强^[4]、吴凌志^[5]、刘多娇^[6]等通过对比差值、百分误差等对全国和地方台站的人工和自动观测值进行了比较和订正; 胡玉峰^[7]、连志鸾^[8]、龙先菊^[9]、王立^[10]、王冰晨^[11]、程爱珍^[12]等从测量仪器原理、观测方法、时间、空间、采样方式与算法等方面分析了人工和自动观测的差

异。对于人工和自动观测差异原因的分析, 陈成国^[13]、程爱珍^[12]、王立^[10]、熊安元^[14]等均进行过研究, 得出自动观测与人工观测数据之间的差异是多种因素造成的, 其主要原因是2种观测方法在观测时间上的不同步、观测仪器灵敏度、感应器所处环境以及人工观测造成的误差等。

黑龙江省现已有84个站投入了自动观测站, 并行观测已经运行了2a, 共进行了20个要素的平行观测。黑龙江省高纬度环境是否会对自动观测效果产生影响, 自动观测和人工观测资料是否存在显著差异, 是关系到未来自动观测站能否代替人工观测的问题。本文随机选取黑龙江省8个观测站, 寻找检验人工观测和自动观测结果的方法, 对黑龙江省人工观测和自动观测进行均一性检验, 以期自动观测代替人工观测工作的顺利开展提供借鉴。

1 资料与处理

随机选取了黑龙江省8个地区气象观测站2005年1~12月每日02时、08时、14时和20时人

收稿日期: 2013-09-02; 改回日期: 2013-11-20

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(D201302)资助

作者简介: 郑红(1964-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 高级工程师, 主要从事气候研究. E-mail: zhenghong0214@sohu.com

工观测站与自动观测站的观测要素进行均一性检验。其中站点包括:牡丹江(129.58°E,44.6°N)、泰来(123.45°E,46.4°N)、密山(131.85°E,45.53°N)、桦川(130.68°E,47.02°N)、富裕(124.4°E,47.8°N)、讷河(124.85°E,48.48°N)、富锦(132.02°E,47.23°N)、抚远(134.15°E,48.33°N);观测要素包括:气压 P 、气温 T 、水气压 E 、相对湿度 U 、云量 N 、能见度 V 、降水量 R 、蒸发量 L 、积雪 Z 、风速 F 、浅层地温 D 、深层地温 K 、冻土深度 A 。

将所获得的气象要素资料 A0 文件转成 EXECL 文件。另外,气压中省略的千位数需要补齐,如 005,需要改写成 10005;风文件中风向和风速在一起,需要一一分开。如 PPC000,需要分成 PPC 和 000 风向和风速 2 项,对风速进行检验;降水记录中的“.,.,.”改成数字“1111”。

2 检验方法及流程

2.1 总体参数检验

由于人工观测与自动观测在仪器原理及观测方法上均有很大的不同,其通过 2 种方法得到的同一时间段内的观测值可以看作来自 2 个总体的 2 个独立样本,2 个总体参数存在显著差异,说明这 2 个总体具有明显的差别,即人工观测与自动观测的观测值有明显的差别,自动站不能代替人工站,二者的资料不能合并为同一序列,不能作为连续资料放在一起进行应用。反之,如果 2 个总体参数不存在显著差异,说明这 2 个总体没有明显差别,自动站可以代替人工站,二者的资料可以合并为同一序列连续资料进行应用。

总体参数均一性检验包括 2 个:一是表示数据序列集中程度的参数,即均值;二是表示数据序列分散程度的参数,即方差。

2.1.1 2 个总体均值的检验

由于总体的方差未知,2 个总体平均数检验分为 2 种情况:

(1) σ_1, σ_2 未知,如果 $\sigma_1 = \sigma_2$ 时,即 2 个总体方差相等的条件下,统计量 t :

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (1)$$

式中, \bar{X}_1, \bar{X}_2 及 S_1^2, S_2^2 分别为 2 个来自相互独立的正态总体中的 2 个样本的均值与方差。服从自由度 $v = n_1 + n_2 - 2$ 的 t 分布。

(2) σ_1, σ_2 未知,如果 $\sigma_1 \neq \sigma_2$ 时,统计量 t :

$$t = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \sim t(df) \quad (2)$$

$$df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right]^2}{\frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1}\right]^2}{n_1 - 1} + \frac{\left[\frac{S_2^2}{n_2}\right]^2}{n_2 - 1}} \quad (3)$$

服从自由度 df 的 t 分布。

2.1.2 2 个总体方差的检验

设 S_1^2 及 S_2^2 为分别来自相互独立的正态总体 $N(\mu_1, \sigma_1)$ 及 $N(\mu_2, \sigma_2)$ 的样本方差,统计量 F :

$$F = \frac{\frac{n_1}{n_1 - 1} S_1^2}{\frac{n_2}{n_2 - 1} S_2^2} \times \frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} \quad (4)$$

服从自由度 $v_1 = n_1 - 1, v_2 = n_2 - 1$ 的 F 分布,记为 $F \sim F(n_1 - 1, n_2 - 1)$ 。

2.2 观测误差检验

采用 2 组待检验值均方根误差 ($RMSE$) 对其符合度进行分析, $RMSE$ 值越小,说明 2 组值越接近。一般情况下, $RMSE$ 值限制在观测值的 10% 之内即可认为达到精度要求。 $RMSE$ 的计算公式:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2}{N}} \quad (5)$$

式中, O_i, S_i, N 分别表示人工观测、自动观测的要素值和样本容量。

2.3 检验流程

2.3.1 总体参数检验

将处理好的人工和自动观测要素数据加载到 SPSS 软件中,选择 Analyze 菜单下的 Compare Means 中的 Independent - Samples T Test 功能。以牡丹江市 2005 年 4 月 1 ~ 10 日 02 时气温为例(表 1),其检验结果如表 2。从表 2 可知, $F = 0.004$,显著性概率 $Sig = 0.950 > 0.05$,说明方差齐性,即数据离散程度没有显著差异;在方差齐性时,选择第一行 $t = 0.036$,显著性概率 $Sig = 0.972 > 0.05$,说明数据集中程度没有显著差异。由此得出,2005 年 4 月 02 时人工观测和自动观测结果总体参数差异不显著,自动观测可以代替人工观测。

表1 2005年4月1~10日02时牡丹江站人工站与自动站气温观测结果(单位:0.1℃)

Tab.1 The temperature observed by manual and automatic meteorological stations at 02:00 in Mudanjiang from 1 to 10 April 2005 (Unit:0.1℃)

日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
人工	-32	12	-63	51	32	16	8	23	-3	4
自动	-34	12	-63	47	27	18	7	22	-5	5

表2 2005年4月1~10日02时牡丹江站人工站与自动站气温的检验结果

Tab.2 The test results of temperature observed by manual and automatic meteorological stations in Mudanjiang at 02:00 from 1 to 10 April 2005

<i>F</i>	<i>Sig.</i>	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>Sig. (2-tailed)</i>
0.004	0.950	0.036	58	0.972
		0.036	57.971	0.972

工站与自动站的各观测要素进行均一性检验。1月各地区13个气象要素的检验结果(表3)可以看出,1月人工观测结果和自动观测结果有显著差异的要素主要集中在水汽压*E*、相对湿度*U*和浅层地温*D*,所有要素的检验通过率为90.31%,即二者所有要素无显著差异率接近90%。可见,人工观测和自动观测结果总体参数差异不显著,自动观测可以代替人工观测。

2.3.2 误差检验

根据(5)式计算,得到 $RMSE = 0.02266$,人工观测值和自动观测值平均为2.55和2.51, $RMSE$ 小于观测值的10%,在误差允许范围内。人工观测值和自动观测值1:1直方图如图1。可以看出,人工观测值和自动观测值1:1对应效果极好,相关系数通过了0.01极显著检验。

综合二者总体参数检验和误差检验,认为02时气温自动观测值可代替人工观测值,可以与以前的人工观测值合并使用。

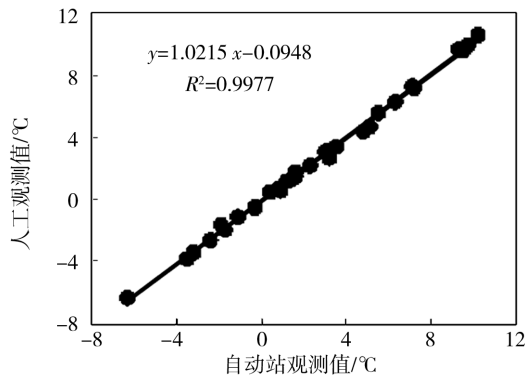


图1 2005年4月1~10日02时牡丹江站人工与自动观测值比较

Fig.1 Comparison of manual and automatic observation values at 02:00 from 1 to 10 April 2005 in Mudanjiang

3 结果分析

3.1 自动站与人工站资料均一性检验

按照以上原理和步骤,对黑龙江省8个观测站2005年1~12月每日02时、08时、14时和20时人

表3 1月各站气象要素人工和自动观测值检验

Tab.3 Test results of artificial and automatic observation data in January

要素	检验结果
<i>p</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>T</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>E</i>	02、08、20时各站均无显著差异 14时牡丹江、桦川、讷河差异显著
<i>U</i>	02时泰来、桦川、富裕、讷河、抚远差异显著 08时泰来、富裕、讷河、富锦、抚远差异显著 14时牡丹江、泰来、密山、富裕、讷河、富锦、抚远差异显著 20时富裕、讷河、抚远差异显著
<i>N</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>V</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>R</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>F</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>L</i>	02、08、14、20时各站均无显著差异
<i>D</i>	5 cm 密山、富裕、讷河、富锦差异显著 10 cm 密山、富裕、讷河、富锦差异显著 15 cm 各站均无显著差异 20 cm 密山、富裕、讷河、富锦差异显著
<i>K</i>	40、80、160、320 cm 各站均无显著差异
<i>A</i>	各站均无显著差异
<i>Z</i>	各站均无显著差异

表 4 为黑龙江省 8 个站 2005 年 1~12 月每日 02、08、14 和 20 时人工观测站与自动观测站各观测要素通过 t 检验的要素。其中要素均用相应字母表示,数字表示每日观测时间或地层深度,不同时间点用“-”联接,前面不写数字表示各时段均存在显著差异。所有观测要素的检验通过率为 95.7849%,即 2 种观测结果无显著差异率接近 96%。总体来说,黑龙江省各站人工观测和自动观测结果的均一性较好。

由表 4 可见,人工和自动观测结果所有要素的无显著差异水平最好的为 4 月,只有牡丹江站个别

要素存在人工站与自动站显著差异现象;其次为 5 月和 10 月,有 2 个站点存在人工与自动观测要素显著差异现象;3 月有 3 个站点存在人工与自动观测要素显著差异现象;1、2、12、8、9 月二者显著差异现象比较明显。可见自动站观测要素与人工站观测要素在冬、夏季均一性较差,要素间的差异较明显;春、秋季均一性较好,差异性较小。其中差异性要素冬季集中在相对湿度 U 、浅层地温 D ,而夏季集中在深层地温 K 、风速 F 。就站点来看,均一性较好的是密山和桦川 2 站,最差的是牡丹江站,各月均有差异显著的要素。

表 4 黑龙江省 8 站 2005 年 1~12 月人工和自动观测检验结果

Tab. 4 Test results of eight stations' artificial and automatic observation data in 2005 in Heilongjiang Province

月份	通过 t 检验的要素
1	牡丹江 14U、14E,泰来 02-08-14U,密山 14U、5-10-20D,桦川 02U,富裕 U、14E、5-10-20D,讷河 14E、U、5-10-20D,富锦 08-14U、5-10D,抚远 U
2	牡丹江 14U、14F,泰来 02-08-14U、8F、5-10-20D,密山 D,富裕 02-08-14E、U、D,讷河 02-08-14U、D,富锦 08-14U、D,抚远 U
3	牡丹江 F、40K、08U,富锦 D
4	牡丹江 14-20F、40K、10D
5	牡丹江 02-08-14F、泰来 14F
6	牡丹江 14F,密山 5D,讷河 5D,富锦 10D
7	牡丹江 08U,讷河 5D,富锦 20F、20D,抚远 02U
8	牡丹江 40K,泰来 F,富裕 D,讷河 10D,富锦 F,抚远 08U
9	牡丹江 10D,泰来 14F,桦川 10D,讷河 10D,富锦 F,抚远 10D、08-14U
10	牡丹江 160K,泰来 F
11	牡丹江 14U,讷河 5-10-20D,抚远 5D
12	牡丹江 14U、D,泰来 U,桦川 E、5D,富裕 U、D,讷河 14U、15D,富锦 U、D,抚远 E

3.2 自动与人工观测值差异原因分析

3.2.1 高纬度环境对观测仪器的影响

高纬度环境背景对观测的影响主要表现在冬季低温和雪覆盖对相对湿度和地温的观测影响。人工观测中,气温在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,用干湿球温度表观测湿度,当气温降至 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,改用毛发湿度表;而在自动气象站观测中,全年使用湿敏湿度传感器观测相对湿度,其观测原理与人工观测差别很大^[11]。冬季当有积雪覆盖时,人工观测的是雪面温度,而自动站地面温度传感器埋在雪下观测,观测的是雪下温度,2 种感应器处于不同的下垫面,所以有积雪时地温差异很大^[13]。纬度越高,地面积雪的时间越长,二者的差异就越大,非均一性越显著^[11]。

由于桦川、富裕、讷河、富锦、抚远等地的纬度均在 47°N 以上,纬度高,冬季时间长,温度低,极端低温现象常见,这可能对自动站湿度传感器的敏感性产生影响。同时这些地区易长时间存在积雪,从而导致由于观测方法的不同而产生差异。

3.2.2 观测仪器与方法的影响

观测仪器与方法的影响主要体现在风的观测差异上。仪器的制作材料和性能的敏感性不同,是导致自动站和人工站观测数据差异的原因之一。自动站的风传感器与人工站的风感应相比具有惯性小、启动快、感应灵敏的特点。自动站的风杯由于材料较轻便,灵敏性较高,且比人工站的风杯小、惯性小,因此当风速较小时,自动站风速明显大于人工站,而

当风较大时,由于人工站的风杯大,惯性也大,此时人工站的风速比自动站的大,特别是出现大风时,人工站已达到大风的标准,而自动站却未达到,这种情况常有发生^[15]。此外由于测风仪器工作原理不同,造成采样方式和算法不同,如自动站风向采用36方位,启动风速为0.3 m/s,风速采用滑动平均方法;而人工站风向采用16方位,启动风速可达1.5 m/s。EN型测风数据处理仪,每个正点打印输出2 min、10 min平均风向风速^[12]。自动站传感器较人工观测仪器更为精确、灵敏,它能够观测大气中的微小变化,使所得到要素极值更真实。

3.2.3 人工观测误差与人工维护的影响

人工干预往往会造成自动和人工观测相对湿度的显著差异。如湿球纱布是否按地面气象观测规范的要求包扎,冬季湿球结冰时,溶冰是否得当,均会影响到湿度观测值^[16];而自动站的湿敏电容是直接感应,无人工干预的影响。人工观测视差约 ± 0.2 °C,而自动站则没有类似误差。自动站的维护程度也可能影响观测结果。

3.2.4 观测时间的影响

自动站在观测近地面气象要素时能够按一定顺序瞬间完成,而人工观测需要逐项进行,时间跨度较大,自动站1 min内完成的观测观测员可能需要几十分钟,而气象要素有时会瞬变的,这将导致观测时间的不同步,从而导致结果出现差异。

4 结 论

(1)黑龙江8个测站人工观测结果和自动观测结果所有要素的无显著差异率接近96%,说明二者观测结果的总体参数无显著差异,属于一个相同总体,误差基本在控制范围内,均一性水平较好。

(2)总体来看,黑龙江省人工站和自动站观测结果在冬、夏季均一性较差,要素间存在差异现象较明显;春、秋季均一性较好,差异性较小。其中差异性要素冬季集中在相对湿度 U 、浅层地温 D ,夏季集中在深层地温 K 、风速 F 。

(3)造成人工站和自动站观测结果差异的原因主要体现在高纬度环境对观测仪器的影响以及观测仪器与方法、人工观测误差与人工维护、观测时间等方面。如果要进一步完善自动站观测效果,需要针对本省气候特点和影响差异性的原因做出调整和修订。

参考文献:

- [1] Wendland W M, Armstrong W. Comparison of maximum - minimum resistance and liquid - in - glass thermometer records[J]. J Atmos Ocean Tech, 1993, 10: 233 - 237.
- [2] Quayle G, Easterling D R, Karl T R, et al. Effects of recent thermometer changes in the cooperative network[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1991, 72: 1718 - 1723.
- [3] 王颖, 刘小宁. 自动站与人工观测气温的对比分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13(6): 741 - 748.
- [4] 顾品强, 王美华. II型自动站与常规站温湿度观测记录的比较[J]. 气象, 2003, 29(1): 35 - 38.
- [5] 吴凌志, 李芸, 宋莹华. 自动气象站观测数据与人工观测数据的比较分析[J]. 山东气象, 2004, 24(4): 31 - 32.
- [6] 刘多娇, 王秀娟, 庞松江. 绥化市自动观测与人工观测数据的差异分析[J]. 黑龙江气象, 2006, 15(2): 27 - 29.
- [7] 胡玉峰. 自动与人工观测数据的差异[J]. 应用气象学报, 2004, 15(6): 719 - 726.
- [8] 连志鸾. 自动站与人工站观测记录的差异分析[J]. 气象, 2005, 31(3): 48 - 52.
- [9] 龙先菊, 马芳. 自动与人工观测数据的差异分析[J]. 河南气象, 2006(2): 89 - 90.
- [10] 王立, 冯海霞, 胡宪林, 等. 自动气象站与人工观测数据差异的原因分析[J]. 成都信息工程学院学报, 2006, 21(4): 567 - 570.
- [11] 王冰晨, 王星晨, 马永平. 自动观测与人工观测数据差异的初步分析[J]. 内蒙古气象, 2009(2): 43 - 44.
- [12] 程爱珍, 丘平珠, 韦华红, 等. 人工站与自动站风的自动观测资料差异分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(4): 82 - 85.
- [13] 陈成国, 石慧兰, 王桂兰, 等. 自动与人工气象观测要素的差异及原因分析[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(35): 20222 - 20235.
- [14] 熊安元. 观测仪器和百叶箱的变化对地面气温观测值的影响及其原因分析[J]. 气象学报, 2006, 64(3): 377 - 384.
- [15] 丘平珠, 程爱珍, 黄理. 广西南宁自动气象站与人工气象站观测资料质量对比评估[J]. 广西气象, 2004, 25(2): 29 - 33.
- [16] 宛跃, 赵晓莉, 王小兰, 等. 相对湿度自动与人工观测的差异分析[J]. 气象, 2010, 36(2): 102 - 108.

Homogeneity Test of Artificial and Automatic Meteorological Observation Data in Heilongjiang Province

ZHENG Hong¹, WANG Bo¹, ZHOU Yongji², WEI Lei¹, LIU Dong¹

(1. *Heilongjiang Climate Center, Harbin 150030, China*; 2. *Heilongjiang Meteorological Information Center, Harbin 150030, China*)

Abstract: By 2006, the 1 904 automatic weather stations have been running in our country. Within the next few years, all artificial observation stations will be replaced by the automatic weather stations. How to test the observation data between automatic weather stations and conventional stations has important practical significance because of the obvious difference between them in the principles of instruments and the observational methods. Based on hourly parallel data of random 8 stations in Heilongjiang Province at 02:00, 08:00, 14:00 and 20:00 from January to December 2005, the homogeneity tests of meteorological elements including pressure, temperature, vapor pressure, relative humidity, cloud cover, visibility, precipitation, evaporation, snow, wind speed, shallow geotemperature, deep geotemperature and frozen depth from the artificial and automatic observation stations were done. Results show that the non-significance difference of all elements between the artificial observation and automatic observation was closely to 96%, which indicated better homogeneity of them. On the whole, the elements of the artificial and automatic stations in Heilongjiang Province had a poor uniformity in winter and summer, the difference was obvious, while they were better in spring and autumn, among which the elements with significant difference mainly focused on relative humidity and shallow ground temperature in winter and the ground temperature and wind speed, ground temperature in summer. In addition, the artificial and automatic observation elements at Mishan and Huachuan stations appeared a good uniformity, on the contrary, while they were worst at Mudanjiang station. The cause of the difference mainly reflected in the influence of high latitude environment on observation instruments, measurement instruments and measuring methods, artificial observation error and artificial maintenance and observation time, etc. To further perfect the automatic observation data, you might need to adjust and revise them according to the local climate and the causes of difference.

Key words: artificial observation; automatic observation; homogeneity test; Heilongjiang Province

~~~~~  
(上接第 280 页)

## Characteristic of Phase Conversion and Its Cause on a Rainfall Process in Late Spring

ZHANG Nan<sup>1,2</sup>, PEI Yujie<sup>1</sup>, LIU Liang<sup>3</sup>, ZHANG Yingxin<sup>1,2</sup>, ZHANG Ye<sup>1</sup>

(1. *Hebei Meteorological Observatory, Shijiazhuang 050021, China*;  
2. *Hebei Meteorological and Eco-Environment Monitoring Laboratory, Shijiazhuang 050021, China*;  
3. *North China Electric Power Research Institute Lt. d., Beijing 100045, China*)

**Abstract:** There was an obvious rainfall process with the typical return flow on April 19, 2013 in the middle and south of Hebei Province, which had a complicated conversion in precipitation patterns. The spatial distribution of precipitation patterns was rain in the north and snow in the south of Hebei Province, which was rare in the history. Thus, based on the conventional observation data, automatic meteorological observation data, Doppler radar data and reanalysis data from NCEP at  $1^\circ \times 1^\circ$  spatial resolution, the variation characteristic of the precipitation phase in late spring and the cause of phase transformation were analyzed. The results showed that two cold air from the east and west directions affected the central and south of Hebei Province. The cold air from the east path invaded mainly below 850 hPa in earlier stage, while the cold air from the west path intensified temperature going down in the central and south region with lower trough on 700 hPa moving to the east, which resulted in the precipitation types conversion in larger regions. The indication of the temperature above the ground 2 meter for the precipitation types conversions was limited because of the wide ranges of temperature from  $-4^\circ\text{C}$  to  $7^\circ\text{C}$ , but the change of ground pressure was earlier than that of the temperature, thus the change of pressure was more meaningful to forecast the temperature going down. The low-level jet on 700 hPa played a decisive role in the formation of the middle-level warm layer, where the solid particles of rainfall could be melted to liquid. On the contrary, the rain converted into the pure snow when the warm layer disappeared. The  $-2^\circ\text{C}$  isotherm of 925 hPa corresponded better with the snow area, so it was reliable to distinguish the phase of rainfall by the vertical profile of the temperature. Furthermore, the bright band of the  $0^\circ\text{C}$  layer height the rain and snow mixture appeared over about 4.7 km, and the time of quickly declining of the  $0^\circ\text{C}$  layer height was corresponding with the time of phase conversion of rainfall. Therefore, the change of the  $0^\circ\text{C}$  layer height considered as an indicator of the phase conversion of rainfall.

**Key words:** return flow; precipitation phase; rain and snow conversion