

田伟红, 2018. 俄罗斯探空观测减少对 GRAPES 模式的影响分析[J]. 气象, 44(2): 320-325.

俄罗斯探空观测减少对 GRAPES 模式的 影响分析*

田伟红

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 在观测资料同化系统中, 探空资料是重要的资料之一。由于俄罗斯探空观测在 2015 年 1 月进行了调整, 分别在 0000 UTC 和 1200 UTC 减少部分探空观测, 为检验探空观测调整对 GRAPES 模式的影响, 选取 2014 年 1 月从中国气象局国家气象信息中心数据库中检索到的探空资料进行了影响试验。从分析检验结果来看, 俄罗斯探空站点减少后 GRAPES 模式对俄罗斯大部地区的风场分析变差, 对其他地区风场分析影响不大; 俄罗斯地区和东亚地区的高度场分析略有变好, 这与缺失站点高度场观测质量有关。从 500 hPa 高度预报场的距平相关系数变化来看, 减少观测对东亚地区 5 d 以后的预报略有改善, 其他地区预报影响变化不大。

关键词: 探空观测, 观测调整

中图分类号: P413

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.02.012

Impact of the Reduced Observation of Russia Radiosonde on GRAPES Model

TIAN Weihong

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The radiosonde observation is one of the most important data in the data assimilation system. The Russia radiosonde observation was adjusted in January 2015, and reduced some observations at 0000 UTC and 1200 UTC. In order to verify the effect on GRAPES model, the impact experiment was carried out. The observation was retrieved from National Meteorological Information Centre of China Meteorological Administration (NMIC/CMA) database. The GRAPES wind analysis of Russia Region became worse because of the Russia radiosonde adjustment, but the impact on the other regions was not so much. The height analysis became a little better in Russia and East Asian Regions, which may be related to the height observation quality. From the changes of anomaly correlation coefficient of the 500 hPa height forecast, the adjustment has positive effect on the forecast for East Asia.

Key words: radiosonde observation, observation adjustment

引 言

天气和气候相关研究需要高质量和高分辨率的天气观测要素, 例如温、压、湿、风的观测。无线电探

空观测提供了固定地点长期高空温、压、湿、风等气象要素值, 是天气分析和数值预报最常用的一类资料数据源(郝民等, 2014; 2016; 阮新等, 2015)。高空气象观测是气象观测业务的基础, 是天气预报、气候分析、科学研究和国际交换气象情报和资料的主要

* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201506003)和 GRAPES 数值预报系统发展专项(GRAPES-FZZX-2017-05)共同资助

2017 年 2 月 7 日收稿; 2017 年 5 月 15 日收修定稿

第一作者: 田伟红, 主要从事数值天气预报. Email: tianwh@cma.gov.cn

来源(张涛和董洋,2012)。探空资料一直以来是数值预报最基本的资料,虽然随着越来越多卫星资料的使用,使得探空资料在业务分析系统的影响减少,但是探空资料仍旧是评估业务系统分析和预报的参考资料。探空资料相对其他资料全球站点分布稀疏,但是由于其垂直层较多,探空资料对数值预报同化分析的影响在常规资料中排在第一位。张利红等(2013)对不同资料在数值预报影响进行分析,试验表明探空资料对整层要素均有明显调整。何光碧等(2013)试验表明探空资料同化可以减小气象要素分析场和预报场的均方根误差,对高空要素预报的改进在前 24 h 较明显,尤其是前 6 h;对降水 TS 评分也有所提高。探空资料对提高模式预报有着重要作用。郝民等(2016)将地面高山站资料作为探空资料的补充在资料同化中使用做了初步的尝试,研究发现在高山站较多的西南地区,高山站当做探空资料使用在小雨、中雨和暴雨等量级的预报评分要优于高山站资料当地面报使用,可以弥补探空资料在高原地区稀疏的不足。

庄照荣等(2014)通过在同化系统中加入探空位势高度观测黑名单检查可以改善同化系统的分析,从而抑制了虚假观测导致的虚假分析。这从另一个角度说明探空资料虽然重要,个别质量差的探空资

料仍会对同化分析和预报起到负作用。自 2015 年 1 月 1 日起,俄罗斯对探空观测进行了调整,减少了部分探空站的观测次数,图 1 是 2015 年 1 月 1 日与 2014 年 1 月 1 日接收到的探空站点空间分布对比,0000 UTC(世界时,下同)俄罗斯地区探空观测减少 110°E 以东资料,大约有 36 站(图 2 中的红点);1200 UTC 俄罗斯地区探空观测减少 110°E 以西资料,大约有 62 个站(图 2 中的蓝点)。过去经验认为俄罗斯探空观测的质量相对较差,其探空观测减少对同化分析和预报的好坏不得而知。为检验站点减少对 GRAPES 模式的影响,选取 2014 年 1 月从中国气象局国家气象信息中心数据库中检索到的探空资料进行了影响试验。

1 试验设置

试验使用模式水平分辨率是 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$,采用可压的、非静力、半隐式-半拉格朗日的时间积分方案,水平方向离散采用 Arakawa-C 跳点格式,垂直方向离散采取 Charney-Phillips 跳层分布,垂直坐标选取高度地形追随坐标,垂直层次 62 层;模式变量是温度、风和比湿。同化系统是 GRAPES 三维变分同化系统模式面分析,分析的垂直层次为 62 层,

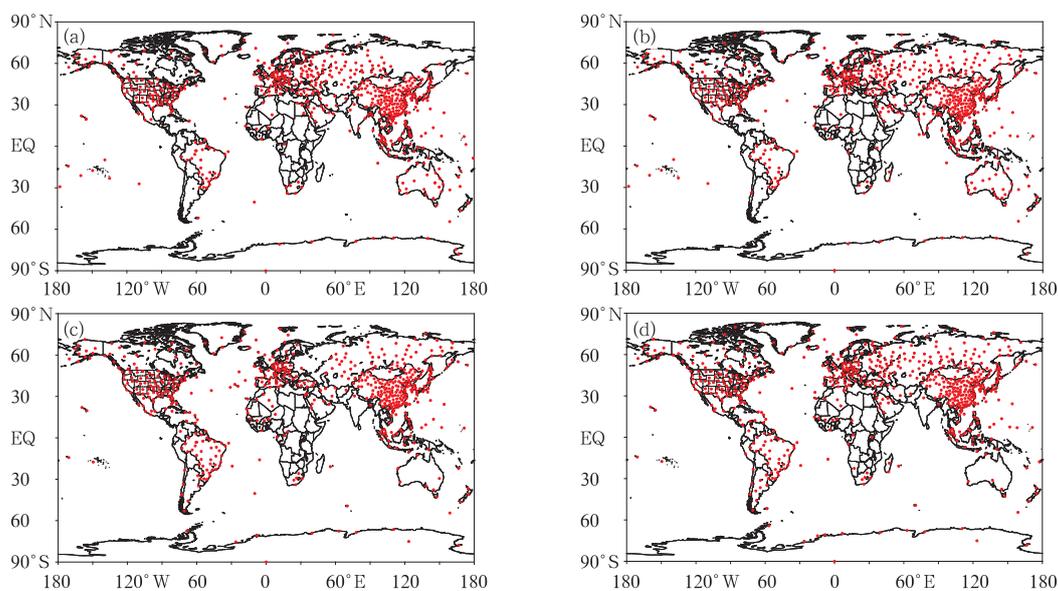


图 1 2015 年 1 月 1 日(a, c)与 2014 年 1 月 1 日(b, d)0000 UTC(a, b)和 1200 UTC(c, d)接收到的探空站点分布图

Fig. 1 The data coverage of received radiosonde observations in 0000 UTC (a, b) and 1200 UTC (c, d) 1 January 2015 (a, c) and 1 January 2014 (b, d)

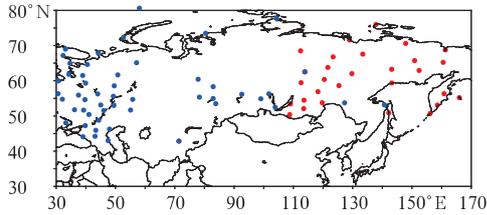


图 2 2014 年 1 月 0000 UTC(红色)和
1200 UTC(蓝色)剔除探空站点分布

Fig. 2 The data coverage of the rejected
radiosonde stations
(Red for 0000 UTC, blue for 1200 UTC
January 2014)

水平分辨率为 0.5° 。分析变量是气压、风和相对湿度,同化时间窗是 6 h。

同化系统使用的观测资料有经过预处理的探空、地面、飞机报、船舶、云导风、NOAA-15 AMSUA、NOAA-16 AMSUA、AMSUB、NOAA-18 AMSUA、NOAA-19 AMSUA、METOP-A AMSUA。

为检验减少站对 GRAPES 模式的影响,选取 2014 年 1 月接收到的探空资料分别在 0000 UTC 和 1200 UTC 剔除一些站(剔除站点分布见图 2)进行了两组试验。试验 1 为控制试验,采用上述观测进行连续试验;试验 2 使用和试验 1 相同观测类型,使用探空资料时分别在 0000 UTC 和 1200 UTC 剔除图 2 中的相应站点。

本文将同化后得到的分析场和剔除的探空资料

与参考场 FNL (final operational global analysis data) 进行对比,计算不同气压层的偏差及偏差标准差进行分析,其偏差平均值及偏差标准差分别如式(1)和式(2)所示:

$$\Delta\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} (X_{li} - X_{\alpha}) \quad (1)$$

$$Std_{\Delta X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [X_{li} - X_{\alpha} - \Delta\bar{X}]^2} \quad (2)$$

式中, $\Delta\bar{X}$ 、 $Std_{\Delta X}$ 分别为分析场和剔除观测偏差的平均值和偏差均方差, X_{li} 代表分析场和剔除观测, X_{α} 代表参考场, n 为参与计算的样本数。

2 同化结果分析

由于 FNL 资料是综合了多种观测资料,经过一系列分析处理后得到的资料,资料质量较高,因此将其作为参考场。将试验得到的分析场与 FNL 数据比较计算偏差和均方差对分析场进行评估。对风场分析影响来看俄罗斯区域($40^\circ \sim 90^\circ \text{N}$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ \text{E}$) 300 hPa 以下风场分析偏差和均方差都略有增大;其他区域风场偏差及均方差变化不大(图 3)。对高度分析(图 4)来看,俄罗斯地区探空观测资料减少对东亚地区和俄罗斯地区的高度分析有正贡献,这些地区 500 hPa 高度以上层次的偏差和均方差均有所减小。由于探空高度观测是温度观测和气压观测

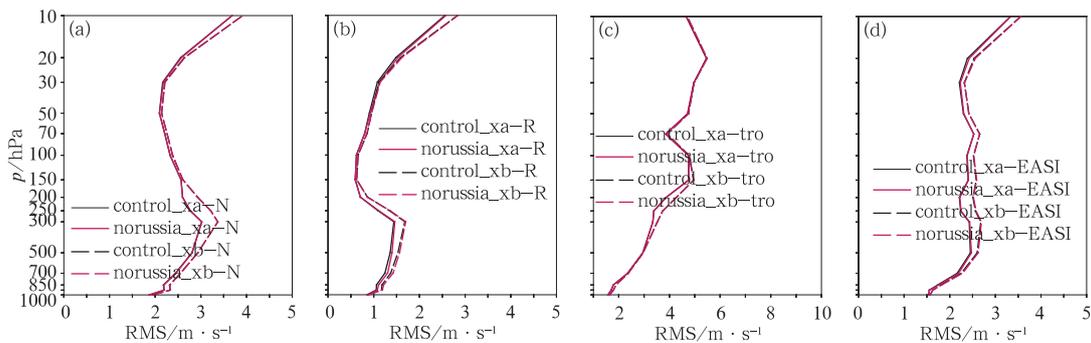


图 3 2014 年 1 月 U 分量与 FNL 资料对比的均方差垂直分布
(实线代表分析场,虚线代表背景场,黑色表示控制试验,红色表示缺少站试验)

(a) 北半球, (b) 俄罗斯, (c) 热带, (d) 东亚

Fig. 3 The RMS error of U wind between GRAPES analysis and
FNL in different areas in January 2014

(Solid line for analysis, dashed line for background, black one for control,
and red one for miss data experiment)

(a) Northern Hemisphere, (b) Russia, (c) Tropics, (d) East Asia

导出量,探空温度观测受太阳辐射影响较大(余君等,2016)但使用观测时并未考虑辐射订正,这说明与减少探空站的探空高度场观测质量相对较差有关系。

为了解剔除探空观测资料的质量,选用芬兰 Vaisala 公司的 RS92/III 型探空仪作对比分析,RS92 型探空仪灵敏度较高(邢毅等,2009)。试验比较了剔除的探空观测和同时的 RS92 型探空仪观测分别与 FNL 数据相比计算偏差和均方差。将

计算结果进行对比,由于插值没有考虑地形高度,故 700 hPa 以下高度的偏差不做分析。由图 5 来看,2014 年 1 月 0000 UTC 时剔除的探空站风场与 RS92/III 探空仪相比风场的偏差和均方差相当,表明剔除探空站的风场观测质量是可靠的,因而减少同化系统使用的探空风场观测信息,会使风场分析在俄罗斯地区和东亚地区变差(图 3b 和 3d)。但是剔除探空站的高度场和温度场观测与 RS92/III 探空仪相比 100 hPa 以上高度偏差较大(1200 UTC

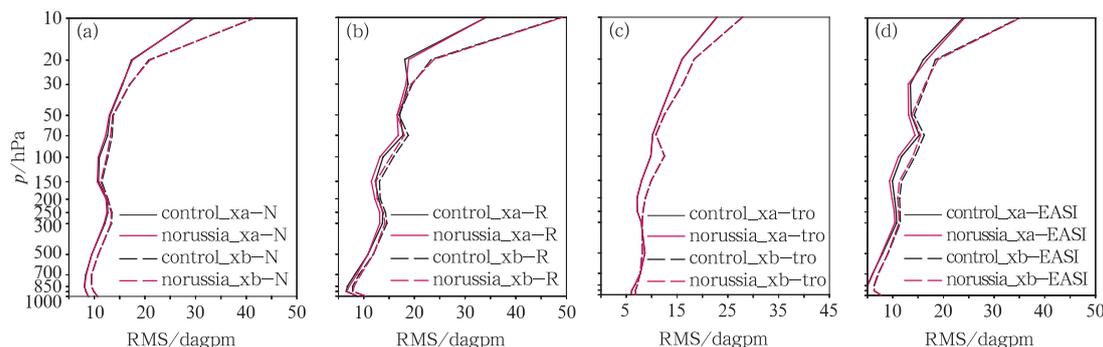


图 4 同图 3,但为高度场与 FNL 资料对比对不同区域风场的均方差垂直分布

Fig. 4 Same as Fig. 3, but for RMS error of height between GRAPES analysis and FNL in different areas

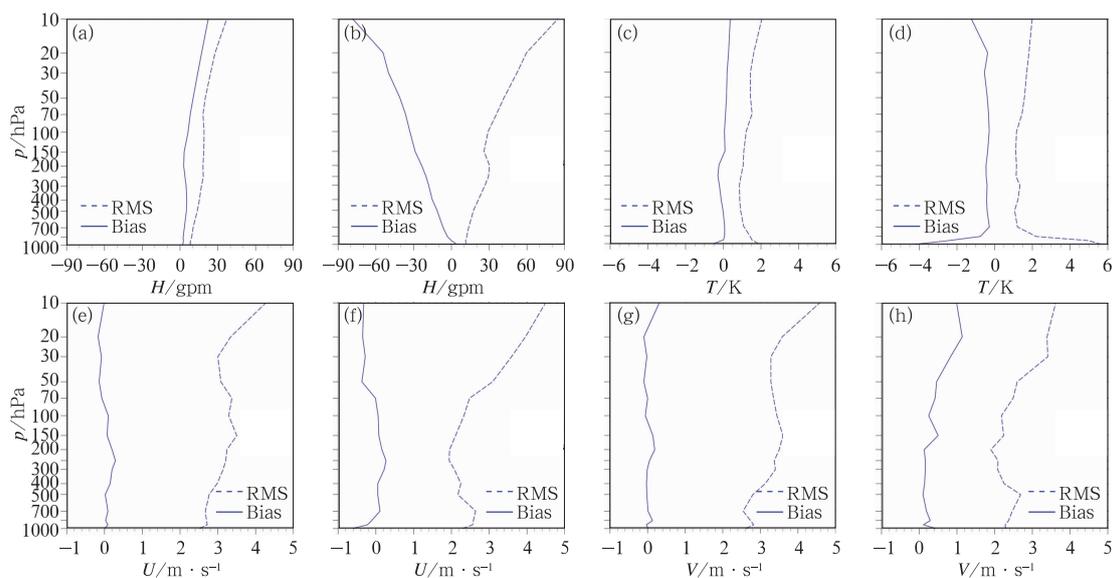


图 5 2014 年 1 月 0000 UTC RS92/III 型探空仪(a, c, e, g)与减少的探空站观测(b, d, f, h)

和 FNL 资料相减统计得到的偏差(虚线)和均方差(实线)

(a, b)高度观测, (c, d)温度观测, (e, f)U 观测, (g, h)V 观测

Fig. 5 The O-A bias (dashed line) and RMS error (solid line) of the RS92/III radiosonde (a, c, e, g) and the rejected radiosonde stations (b, d, f, h) in 0000 UTC January 2014

(a, b) height, (c, d) temperature, (e, f) U wind, (g, h) V wind

时结果类似,图略),最大值可达到 80 gpm,高度场质量相对 RS92/III 探空仪来说偏差较大,同化系统中加入偏差较大的观测会使分析变差,因而减少探空站后俄罗斯地区高度场分析偏差会减少(图 4b)。由于受仪器性能、观测环境、太阳短波辐射(白天引起正温度偏差)、长波红外辐射(夜间引起负温度偏差)、季节、观测技术和计算方法等因素影响,实际的探空温度资料是包含随机误差和系统性偏差的,探空温度在高层的观测偏差在一些文献(Haimberger et al, 2008; Sherwood et al, 2005; Sherwood, 2007)中都有描述。另在使用探空资料过程中需要对探空温度资料进行偏差订正,而在本试验中未对观测进行偏差订正,这会影响探空温度资料的使用效果,这要在以后工作中考虑。

3 模式预报效果分析

对模式预报效果进行了检验,检验内容为 8 d 预报的 500 hPa 高度场距平相关系数(abnormal correlation coefficient, ACC)。从 500 hPa 高度场 ACC(图 6)来看,减少俄罗斯东部部分探空观测对北半球 0000 UTC 的 8 d 预报的 500 hPa 高度场的 ACC 影响不大,只是第 8 天的预报略有降低。0000 UTC 减少观测 120 h 以后的高度场预报东亚地区 ACC 略有提高,对 5 天后预报略有正贡献。

从 1200 UTC 起报的 8 d 高度预报场 ACC(图 7)来看,减少俄罗斯西部探空部分探空观测对北半球和东亚地区高度场预报 ACC 影响不大。

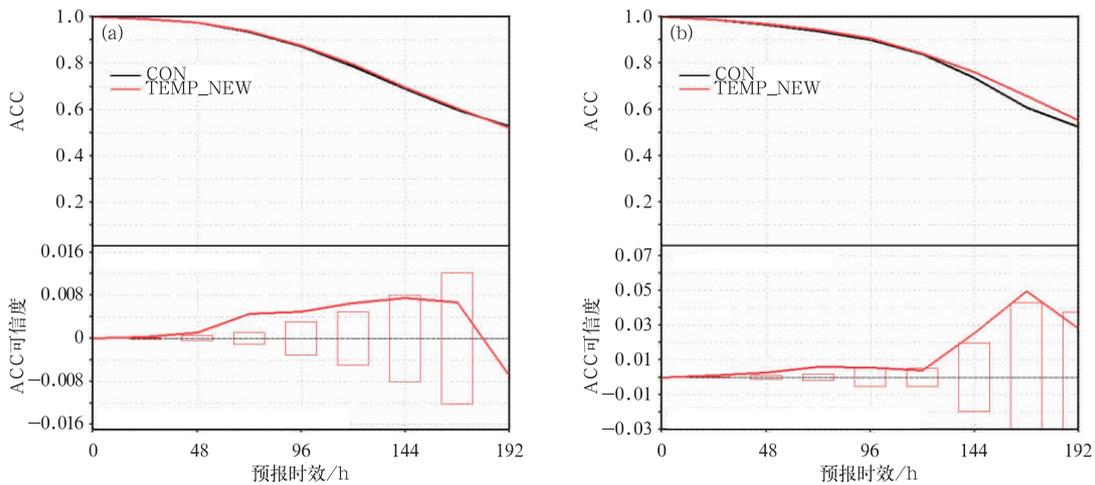


图 6 2014 年 1 月 0000 UTC 起报不同区域 500 hPa 高度场预报场的 ACC
(a)北半球, (b)东亚地区

Fig. 6 The ACC of 500 hPa height in Northern Hemisphere (a) and East Asia (b) in 0000 UTC January 2014

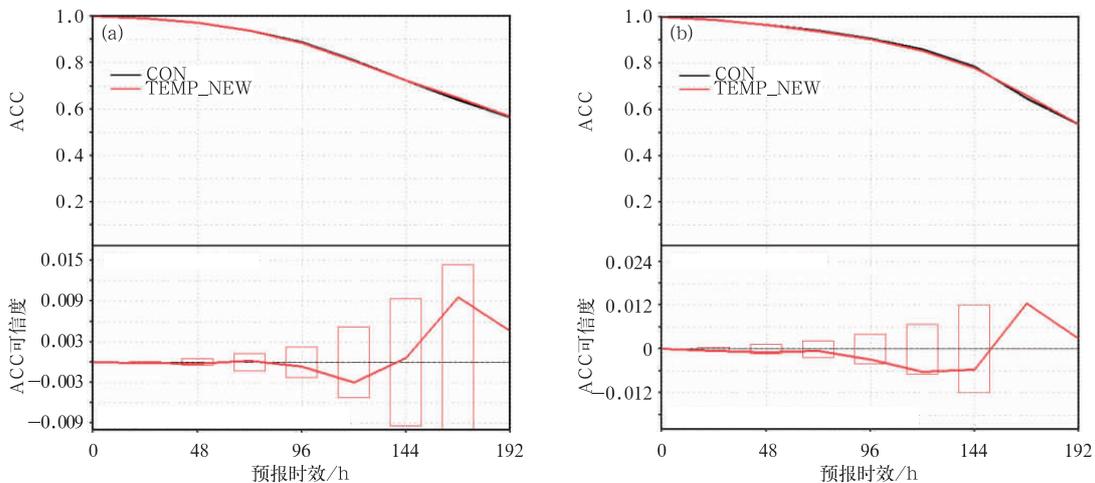


图 7 同图 6, 但为 1200 UTC

Fig. 7 Same as Fig. 6, but for 1200 UTC

4 结 论

2014 年 1 月俄罗斯探空站点减少后,GRAPES 模式对俄罗斯大部地区的风场分析变差,对其他地区风场分析影响不大;俄罗斯地区和东亚地区的高度场分析略有变好,这与未对使用的探空温度观测进行偏差订正及缺失站点高度场观测质量有关。与目前国际上较先进的 RS92/III 型探空仪对比计算观测与参考场之间的偏差及均方差,剔除观测的高度场和温度场与 RS92/III 探空仪相比偏差较大,如果使用这部分资料需进行订正后使用。从 8 d 预报的 500 hPa 高度的 ACC 变化来看,减少观测对东亚地区 5 d 以后的预报略有改善,其他地区变化不大。

参考文献

郝民,龚建东,徐枝芳,2016. 地面报中高山站资料的应用分析[J]. 气象,42(4):424-435.

郝民,田伟红,龚建东,2014. L 波段秒级探空资料在 GRAPES 同化系统中的应用研究[J]. 气象,40(2):158-165.

何光碧,张利红,陈功,等,2013. 探空加密观测资料对西南地区数值

预报的影响分析[J]. 高原山地气象研究,33(3):1-7.

阮新,熊安元,胡开喜,等,2015. 中国历史探空资料部分等压面位势高度订正[J]. 应用气象学报,26(3):257-267.

邢毅,张志萍,曹云昌,等,2009. RS92 型 GPS 探空仪的性能试验与分析[J]. 气象科技,37(3):336-340.

余君,李庆祥,廖捷,等,2016. 中国区域高空三种气温、湿度资料交叉对比[J]. 气象,42(6):743-755.

张利红,何光碧,屠妮妮,等,2013. 不同观测资料在西南地区数值预报中的应用[J]. 高原山地气象研究,33(3):23-30.

张涛,董洋,2012. 云南省 L 波段探空系统运行监控平台的开发与应用[J]. 气象科技,40(4):554-558.

庄照荣,薛纪善,韩威,等,2014. 探空观测黑名单检查在变分同化系统中的应用[J]. 应用气象学报,25(3):274-283.

Haimberger L, Tavolato C, Sperka S, 2008. Toward elimination of the warm bias in historic radiosonde temperature records-some new results from a comprehensive intercomparison of upper-air data[J]. J Climate, 21(18):4587-4606.

Sherwood S C, 2007. Simultaneous detection of climate change and observing biases in a network with incomplete sampling[J]. J Climate, 20(15):4047-4062.

Sherwood S C, Lanzante J R, Meyer C L, 2005. Radiosonde daytime biases and late-20th century warming[J]. Science, 309(5740):1556-1559.