

周山华,庄晓宵. 2018. 修水县大雾天气特征及预报指标误差分析[J]. 气象与减灾研究, 41(3):183-188.

Zhou Shanhua, Zhuang Xiaoxiao. 2018. Analysis on the characteristics of heavy fog and errors of forecast indicators in Xiushui county[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 41(3):183-188.

修水县大雾天气特征及预报指标误差分析

周山华, 庄晓宵

修水县气象局, 江西 九江 332400

摘要: 利用地面气象观测资料对修水县 1954—2017 年大雾时间变化特征和 2005—2017 年大雾出现时的主要预报指标进行了统计分析, 此外利用 ECMWF 预报资料对 2014—2017 年 11 月—次年 2 月预报指标进行了误差分析。结果表明, 大雾日数自 20 世纪 90 年代起显著减少, 平均递减率为 0.28 d/a; 冬季大雾日数最多, 春季次之, 夏季最少; 大雾出现的次数自 02 时之后显著增多, 08 时之后则显著减少。秋末至冬季, 大雾出现时 2 m 相对湿度多大于 93%, 2 m 温度露点差多小于 1.2 ℃, 10 m 风速多小于 1.2 m/s, 02 时总云量多在 0—1 成, 此外若 14 时 2 m 相对湿度小于 30%, 一般不考虑次日预报大雾天气。在 ECMWF 细网格预报中, 2 m 相对湿度经常性预报偏小, 而 2 m 温度露点差和 10 m 风速则经常性预报偏大, 在实际业务工作中, 可综合订正方程及误差概率分布等因素得到较为准确的预报指标值。

关键词: 大雾, 统计特征, 预报指标, 误差, 订正方程

中图分类号: P457.7

文献标识码: A

文章编号: 1007-9033(2018)02-0183-06

doi: 10.12013/qxyjzyj2018-026

Analysis on the Characteristics of Heavy Fog and Errors of Forecast Indicators in Xiushui County

Zhou Shanhua, Zhuang Xiaoxiao

Xiushui Meteorological Bureau, Jiujiang 332400, China

Abstract: Based on the observation data from 1954 to 2017, the temporal characteristics of heavy fog in Xiushui county and the main forecast indicators were discussed. Moreover, the errors of forecast indicators from November to February of the following year were also analyzed by using the ECMWF forecast data during 2014–2017. The results showed that the days of heavy fog decreased with the rate of 0.28 d/a since the 1990s. Most of heavy fog occurred in winter, followed by spring, and the least was in summer. The occurrence of heavy fog significantly increased after 2 o'clock and reduced after 8 o'clock. As the heavy fog appeared during the end of autumn and winter, the relative humidity at 2 m was higher than 93%, the temperature dew point difference at 2 m was almost below 1.2 ℃, the wind speed at 10 m was mostly below 1.2 m/s, and the total cloud amount at 2 o'clock was mostly between 0 and 10%. In addition, if the relative humidity at 2 m was less than 30% at 14 o'clock, the possibility of heavy fog in the next day was extremely low. As the forecast for relative humidity at 2 m was often relatively small, while the forecast for temperature dew point difference at 2 m and the wind speed at 10m were often relatively large, therefore, a more accurate forecast indicator value can be obtained by the correction equation and the error probability distribution in the actual work.

Key words: heavy fog; statistical features; forecast indicators; errors; correction equations

收稿日期: 2018-05-24; 修订日期: 2018-07-15。

基金项目: 中国气象局气象预报业务关键技术发展专项(编号: YBGJXM(2018)02-12)。

作者简介: 周山华, 工程师, 主要从事中短期天气预报业务与研究, E-mail: 76456456@qq.com.

0 引言

修水县地处江西省西北部,位于幕阜、九岭山脉之间,属亚热带湿润季风气候区,且位于修河流域的上游,四季分明、水汽充沛,独特的地理、气候特征导致修水县大雾频发。有研究(中国气象局,2007)表明,修水县历年平均大雾日数位列江西省首位,年大雾日数极大值则位列江西省第二位。大雾是一种比较常见的灾害性天气,其由于近地层空气中悬浮的无数小水滴或小冰晶导致水平能见度不足1 000 m。大雾根据其形成条件不同可分为辐射雾、平流雾、平流辐射雾、蒸发雾和上坡雾等。由于修水县地处山地,昼夜温差明显且平流作用不强,大多数出现的雾为辐射雾。

大雾出现时能见度低,对交通和经济生产影响巨大,加之大雾与污染物结合后会直接危害人体健康。国内外许多专家学者对大雾的气候特征及发生发展规律进行了大量的研究。如,李玉芳等(1999)利用各种相关气象要素研究了江西省冬、春季的大雾天气条件和形势特征。许爱华等(2016)采用合成分析和统计分析等方法,研究了江西省区域性平流雾的天气形势及气象要素。陈石忠等(2007)对萍乡722个大雾日样本进行了统计分析,且利用相关气象要素建立了能见度预报方程。许彬等(2013)对2012年2月22日江西省一次平流雾天气过程进行了诊断分析。肖安等(2014)对2013年11月15日出现在江西省北部的一次大雾天气过程进行了诊断分析及模式解释应用。彭双姿等(2012)对2012年1月华中地区一次大范围辐射雾过程的环流形势及气象要素进行了分析,此外还利用WRF模式进行了数值模拟。由此可见,对于大雾形成条件的研究主要包括分析环流形势、统计相关气象要素及数值模拟等方法。然而无论是分析环流形势还是相关气象要素,数值模式的预报始终存在着一定的误差,可能会造成大雾天气的误判。为了提高大雾预报准确率,文中利用ECMWF预报资料对2014—2017年11月一次年2月的大雾相关气象要素进行误差分析,并建立订正方程,以期为大雾预报提供参考。

1 资料与方法

基于1954—2017年地面气象观测资料中的大雾实况次数以及2005—2017年地面气象观测资料中的大雾形成时段内2 m相对湿度、2 m温度露点差、10 m风速、总云量及日照资料。通过计算均值

和概率分布等方法对修水县大雾分布特征和影响大雾出现时的气象要素进行统计分析。此外,为了提高大雾预报准确率,对2014—2017年11月一次年2月ECMWF细网格预报中的2 m相对湿度、2 m温度露点差及10 m风速进行误差分析。

2 1954—2017年大雾统计特征

2.1 年代际变化

统计结果显示,修水县年平均大雾日数为50 d。从各年代平均大雾日数变化曲线(图1a)可以看出,20世纪50—60年代,修水县平均年大雾日数呈增多趋势,而70年代以后则呈减少趋势。自20世纪90年代起,修水县平均年大雾日数都在均值以下,且逐年代快速减少。

2.2 年际变化

从逐年大雾日数变化曲线(图1b)可以看出,修水县年大雾日数时多时少,大部分年份的大雾日数在平均值以上,最大值为72 d,出现在1970年、1973年和1977年,最小值为23 d,出现在2006年。总体来看,修水县年大雾日数呈减少趋势,平均递减率为0.28 d/a。

2.3 季节变化

大雾于一年四季中均可能出现,但其季节变化特征也很明显。从多年平均逐月大雾日数变化曲线(图1c)可以看出,修水县月平均大雾日数为4 d左右,冬季和春季为全年最多和次多,夏季则为最少,整体呈现“双峰双谷”特征。

2.4 日变化

辐射雾与平流雾最大的区别在于其具有明显日变化特征。从多年平均逐时大雾出现次数变化曲线(图1d)来看,修水县11—23时基本不会出现大雾,02时之后大雾出现次数则迅速增大,至05时达最大值,而08时之后大雾出现次数则迅速减小,整体呈现明显的“单峰型”特征。

3 2005—2017年大雾指标概率分布

3.1 湿度条件

大雾是近地面水汽饱和后凝结的一种天气现象,其出现要求达到一定的湿度条件。从修水县2005—2017年大雾出现时段内2 m相对湿度(图2a)和温度露点差(图2c)概率分布可以看出,两者皆呈“双峰双谷”结构,绝大多数大雾出现时相对湿度大于93%,其中有近1/2接近100%。绝大多数大雾出现时温度露点差小于1.2℃,其中有近9成

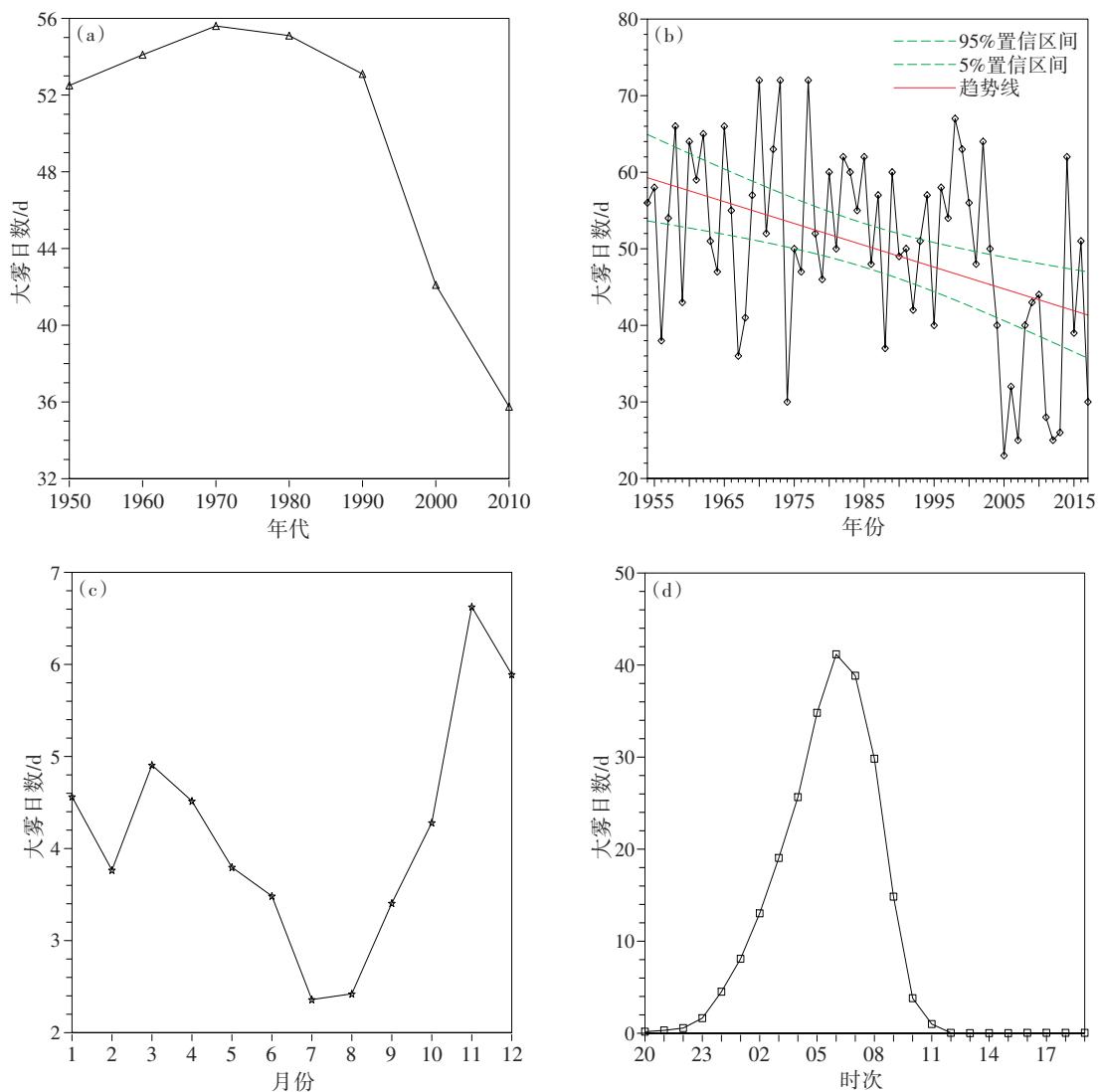


图 1 1954—2017 年修水县大雾日数的年代际(a)、年际(b)、月(c)和日(d)变化曲线

Fig. 1 Interdecadal (a), interannual (b), monthly (c) and diurnal (d) variations of heavy fog in Xiushui during 1954 and 2017

小于 0.9°C , 最有可能出现大雾时温度露点差为 $0.1\text{--}0.2^{\circ}\text{C}$, 即接近饱和。

有研究表明, 大雾前一天 14 时 2 m 相对湿度对次日大雾的预报具有较好的指示意义。修水县 2005—2017 年大雾出现前一天 14 时 2 m 相对湿度平均为 59% (余欣等, 2016)。从其概率分布(图 2b)可以看出, 有 97.5% 的大雾天气前一天 14 时 2 m 相对湿度大于 30%, 且大雾出现次数最多时, 前一天 14 时 2 m 相对湿度为 45%—50%, 同样呈“双峰双谷”分布。由此可见, 若 14 时 2 m 相对湿度小于 30% 时, 一般不考虑次日预报大雾天气。

3.2 风速条件

大雾的出现需要近地面有适当的风速, 当风速过小时, 近地面辐射冷却只能影响较浅薄的气层, 而

当风速过大时, 又会增加空气的乱流作用, 均不利于大雾的形成。从修水县 2005—2017 年大雾出现时段内 10 m 风速概率分布(图 2d)可以看出, 其分布型呈明显的“单峰”结构, 有超过 95% 的大雾出现时 10 m 风速小于 1.2 m/s ; 且大雾出现次数最多时, 10 m 风速为 $0.6\text{--}0.7 \text{ m/s}$ 。

3.3 辐射条件

在晴朗少云的夜晚或清晨, 由于地面长波辐射量较大, 使得近地面气温快速下降而接近露点温度, 导致水汽的凝结从而形成大雾。从修水县 2005—2017 年大雾出现当日 02 时总云量概率分布(图 2e)可以看出, 70% 的情况下云量为 0—1, 即大雾出现时大多数情况下天空状况为无云或极少云。由此可见, 02 时总云量对大雾能否出现具有较好的指示意

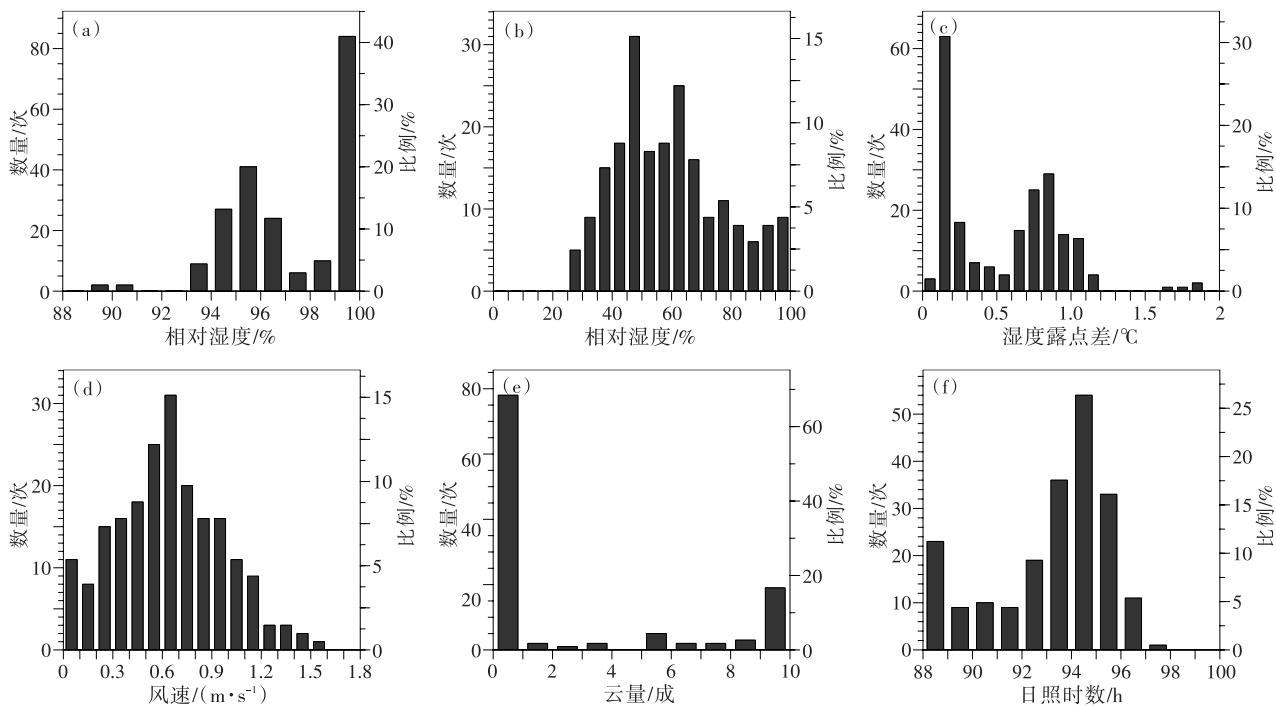


图 2 2005—2017 年修水县大雾日气象要素出现的次数和比例分布(a. 2 m 相对湿度, b. 前一天 14 时相对湿度, c. 2 m 温度露点差, d. 10 m 风速, e. 02 时总云量, f. 日照时数)

Fig. 2 Frequency and probability distribution of various meteorological elements in the day of heavy fog during 2005–2017. (a) relative humidity at 2 m, (b) relative humidity at 14:00 BT in the day before the occurrence of heavy fog, (c) temperature dew point difference at 2 m, (d) wind speed at 10 m, (e) total cloud amount at 02:00 BT in the day of heavy fog, and (f) hours of sunshine

义。值得注意的是,虽然有的雾日 02 时云量为 9—10,但由于此后的天空放晴仍然导致了大雾天气的发生,这类情况占大雾发生总数的 18%。

大雾出现时的天气形势变化一般为雨转晴或少云,此时近地面由于降水使得湿度增大,加之辐射冷却作用易导致大雾发生。因此,大雾当日多为晴天或少云天气。从修水县 2005—2017 年大雾出现当日总日照时数概率分布(图 2f)来看,若将总日照时数 $\geqslant 5$ h 记为晴天或少云天气,则有约 65% 的大雾当天为晴天或少云天气。因此,结合天气形势的分析可在一定程度上辅助判断次日大雾能否出现。

4 预报指标误差

近年来,随着各项相关技术的发展,模式预报能力逐渐提高,但与实况之间仍不可避免地存在误差。在实际预报业务中,预报误差的存在可能导致预报结论出现较大的偏差。因此,对于大雾预报的几项关键性指标,有必要进行预报误差的分析。

4.1 相对湿度误差

从 2014—2017 年 11 月一次年 2 月 05 时 2 m

相对湿度预报误差随时间分布(图 3a)来看,预报值以偏小为主。其中,负误差平均值为 -14%,最大为 -70%;正误差平均值为 4%,最大为 19%。从相对湿度误差随预报值分布(图 3d)来看,当预报值逐渐增大时,预报准确性整体上也逐渐增大。记实况值为 A,预报值为 F,预报误差为 E($E = F - A$),对后两者作一元线性回归后可建立相对湿度的订正方程。此外,还对误差作了概率分布统计(表 1)。02、08 时的分析同理。

4.2 温度露点差误差

从 2014—2017 年 11 月一次年 2 月 05 时 2 m 温度露点差预报误差随时间分布(图 3b)和随预报值分布(图 3e)可以看出,预报值以偏大为主。其中,正误差平均值为 1.8 °C,最大为 15.6 °C;负误差平均值为 -1.0 °C,最大为 -4.1 °C。当预报值逐渐减小时,预报准确性整体上逐渐增大。利用 4.1 节中的方法可建立温度露点差的订正方程并进行概率分布统计(表 1)。02、08 时的分析同理。

4.3 风速误差

从 2014—2017 年 11 月一次年 2 月 05 时 10 m

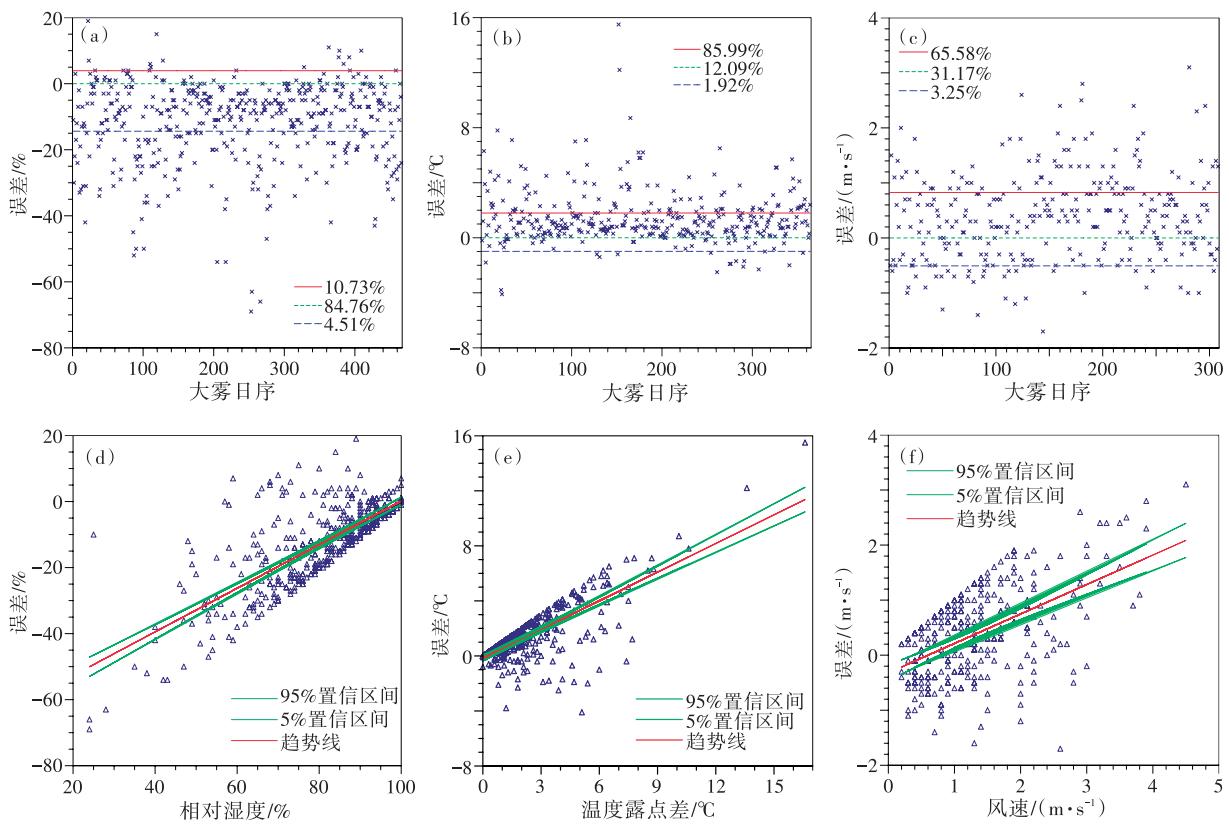


图3 2014—2017年11月—次年2月05时修水站2 m相对湿度(a、d)、2 m温度露点差(b、e)和10 m风速(c、f)预报误差随时间(a—c)和随预报值(d—f)分布(因资料缺失有的雾日未参加统计,图中雾日仅为参加统计的样本;图a—c中红、绿、蓝色线分别为正、负、零误差平均线)

Fig. 3 The forecast error of relative humidity at 2 m (a, d), temperature dew point difference at 2 m (b, e) and wind speed at 10 m (c, f) from Oct to Feb in the following year during 2014—2017 (Red, green and blue lines represent positive, negative and zero average error lines, respectively)

表1 02、05、08时2 m相对湿度、2 m温度露点差、10 m风速误差及订正方程

Table 1 The forecast errors and correction equations of relative humidity at 2 m, temperature dew point difference at 2 m and wind speed at 10 m at 02: 00 BT, 05:00 BT, 08:00 BT, respectively

预报指标	时次	正误差 (均值/概率/最大概率区间)	负误差 (均值/概率/最大概率区间)	订正方程 (A:实况,F:预报)
相对湿度/%	02时	5/9.4%/[0,5]	-15/88.6%/-[10, -5]	$A = 0.4245F + 58.0637$
	05时	4/10.7%/[0,5]	-14/84.8%/-[10, -5]	$A = 0.3394F + 65.8938$
	08时	4/10.1%/[0,5]	-14/88.2%/-[5.0, 0]	$A = 0.3115F + 68.6018$
温度露点差/°C	02时	2.0/82.7%/[0.5,1]	-1.5/14.6%/-[0.5, 0]	$A = 0.3932F + 0.1794$
	05时	1.8/86.0%/[0.5,1]	-1.0/12.1%/-[0.5, 0]	$A = 0.3058F + 0.1605$
	08时	1.7/89.3%/[0.5,1]	-0.8/9.9%/-[0.5, 0]	$A = 0.3335F + 0.0239$
风速/(m·s⁻¹)	02时	0.8/67.5%/[0,0.5]	-0.7/28.2%/-[0.5, 0]	$A = 0.534F - 0.3389$
	05时	0.8/65.6%/[0.5,1]	-0.5/31.2%/-[0.5, 0]	$A = 0.5351F - 0.3223$
	08时	0.8/62.7%/[0,0.5]	-0.5/31.2%/-[0.5, 0]	$A = 0.4939F - 0.2897$

风速预报误差随时间分布(图3c)和随预报值分布(图3f)可以看出,预报值以偏大为主。其中,正误差平均值为0.8 m/s,最大为3.1 m/s;负误差平均值为-0.5 m/s,最大为-1.7 m/s。当预报值逐渐减小时,预报准确性整体上逐渐增大。利用4.1节

中的方法可建立10 m风速的订正方程并进行概率分布统计(表1)。02、08时的分析同理。

综合以上分析可知,2 m相对湿度预报值经常性偏小,而2 m温度露点差和10 m风速预报值则经常性预报偏大。由正负误差各自均值可知预报误

差的大致范围,由正负误差各自概率及最大概率区间可进一步精确误差范围。实际业务工作中,可先由订正方程得到订正后的预报值,再结合正负误差的概率、最大概率区间及天气形势进行综合分析,得到最终的预报值。

5 小 结

文中对修水县大雾的统计特征、预报指标及误差进行了分析讨论,得到主要结论如下:

1) 大雾日数自 20 世纪 90 年代起显著减少,平均递减率为 0.28 d/a。冬季大雾日数最多,春季次之,夏季最少。大雾具有明显的日变化特征,绝大部分大雾出现在 02—08 时,其中 06 时前后为最多。

2) 秋末至冬季,大雾出现时 2 m 相对湿度多大于 93%,2 m 温度露点差多小于 1.2 ℃,10 m 风速多小于 1.2 m/s,02 时总云量多为 0—1 成。此外,若 14 时 2 m 相对湿度小于 30%,一般不考虑次日预报大雾天气。

3) ECMWF 细网格预报中,2 m 相对湿度预报值经常性偏小,2 m 温度露点差和 10 m 风速预报值则经常性偏大。在实际预报业务工作中,可综合考虑订正方程及误差概率分布等因素得到较为准确的预报指标值。

参考文献(References)

陈石忠,叶小峰,戴晶晶,等. 2007. 萍乡地区雾的特征分析及预报方法初探[J]. 气象与减灾研究,30(4):61-64. Chen S Z, Ye X F, Dai J J, et al. 2007. Characteristic analysis and prediction method of fog in Pingxiang [J]. Meteor Disaster Reduction Res, 30(4):61-64.(in Chinese)

- 李玉芳,许彬,张安云,等. 1999. 江西大雾的天气条件和形势特征分析[J]. 江西气象科技,22(1):9-10. Li Y F, Xu B, Zhang A Y, et al. 1999. Analysis of the weather conditions of heavy fog in Jiangxi province[J]. Jiangxi Meteor Sci Technol, 22(1):9-10. (in Chinese)
- 彭双姿,刘从省,屈右铭,等. 2012. 一次大范围辐射雾天气过程的观测和数值模拟分析[J]. 气象,38(6):679-689. Peng S Z, Liu C S, Qu Y M, et al. 2012. Observation and numerical simulation of a wide range of radiation fog[J]. Meteor Mon, 38(6):679-689.(in Chinese)
- 肖安,郑婧,洪浩源. 2014. 江西一次大雾天气诊断分析和 ECMWF 集合预报产品释用[J]. 气象与减灾研究,37(1):49-54. Xiao A, Zheng J, Hong H Y. 2014. Diagnostic analysis and ECMWF weather ensemble forecast products application for a heavy fog process in Jiangxi province[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 37(1):49-54.(in Chinese)
- 许爱华,陈翔翔,肖安,等. 2016. 江西省区域性平流雾气象要素特征分析及预报思路[J]. 气象,42(3):372-381. Xu A H, Chen X X, Xiao A, et al. 2016. Analysis on the characteristics of meteorological factors and forecast ideas for regional advection fog in Jiangxi[J]. Meteor Mon, 42(3):372-381.(in Chinese)
- 许彬,许爱华,陈翔翔. 2013. 2012 年 2 月 22 日江西平流雾过程的环流特征与诊断分析[J]. 气象与与减灾研究,36(4):8-13. Xu B, Xu A H, Chen X X. 2013. Circulation feature and diagnostic analysis of an advection fog event in Jiangxi[J]. Meteor Disaster Reduction Res, 36(4):8-13.(in Chinese)
- 余欣,陈鲍发,黄龙飞. 2016. 景德镇市雾日生消特征分析[J]. 江西科学,34(5):649-653. Yu X, Chen B F, Huang L F. 2016. Characteristics of fog genesis and dissipation in Jingdezhen[J]. Jiangxi Sci, 34(5):649-653.(in Chinese)
- 中国气象局. 2007. 中国灾害性天气气候图集[M]. 北京:气象出版社. China Meteorological Administration. 2007. Atlas of china disastrous weather and climate[M]. Beijing: China Meteorological Press.(in Chinese)