

## 吉安一次持续性平流辐射大雾天气成因分析

周永生 (江西省吉安市气象台, 江西吉安 343000)

**摘要** 采用 Micaps 3.1 资料、赣州探空资料、宜春风廓线(WPRD, 60 min)风场产品以及吉安自动观测系统资料,分析2012年11月18—19日吉安一次持续性平流辐射大雾天气过程的大尺度天气背景、动力和热力结构特征及其演变等,揭示了这次平流辐射大雾过程的形成和维持机制。结果表明,这是冷暖平流在有利条件下经过辐射冷却后形成的平流辐射雾。在有利的大尺度背景条件下,暖平流移动到冷的下垫面和冷平流移向较暖的近地层,同时地表净辐射进一步加强近地层冷却,是此次大雾过程的触发和加强机制。特殊的温度场结构增加了低层暖湿空气和下垫面之间的温差,近地层至低层弱的辐合和垂直上升运动有助于小风的维持和稳定;充足的水汽为大雾长时间维持提供了有利条件。近地层风速增大和低层逆温层、湿度层消失是这次连续性平流辐射雾消散的主要原因。

**关键词** 平流辐射大雾;环流形势;动力条件;热力条件;成因

**中图分类号** S161.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)08-0195-05

### Analysis on the Cause of A Continuous Advection Radiation Fog in Ji'an

ZHOU Yong-sheng (Ji'an Meteorological Observatory, Ji'an, Jiangxi 343000)

**Abstract** Using Micaps 3.1 data, sounding data in Ganzhou, wind profile (WPRD) (60 min) wind farm products of Yichun and automatic observation system data of Ji'an, the synoptic background, dynamic and thermal structure characteristics and evolution of the persistent advection radiation fog weather process in Ji'an from November 18 to 19 in 2012 were analyzed, the mechanism of formation and maintenance of the advection radiation fog was revealed. The results showed that this was the advection radiation fog formed by the warm and cold advection under favorable conditions after radiation cooling. In the large scale background under the favorable conditions, the warm advection moved to the surface of cold and cold advection moved to warmer surface layer, and the surface net radiation to further strengthened the ground cooling, the fog process was triggered and strengthening mechanism. The special temperature field structure increased the temperature difference between the warm air of the lower layer and surface. The weak convergence and vertical motion of the surface layer to the lower layer helped to maintain and stabilize of the wind. Sufficient water vapor provided a favorable condition for heavy fog for a long time. The main reason for the continuous advection radiation fog dissipation was the increase of the wind velocity near the surface layer and the disappearance of the low temperature inversion layer and the humidity layer.

**Key words** Advection radiation fog; Circulation situation; Dynamic condition; Thermodynamic condition; Cause

大雾是一种灾害性天气,学者们研究发现了不同地区大雾过程的气候规律及大尺度背景条件的差异<sup>[1-4]</sup>,并在物理特征或天气学成因方面分析出温度场、湿度场和风场的中小尺度结构<sup>[5]</sup>。近年来,利用数值模拟方法对大范围持续性雾的分析和模拟,加深了人们对大雾边界层结构的了解<sup>[6]</sup>。学者们往往先从小雾出现的2种主要形式,即辐射雾和平流雾进行分析,分别对当地的辐射雾或平流雾进行研究,得出了较好的预报思路<sup>[7-8]</sup>。辐射雾一般在深夜或清晨形成,日出前后达到最大强度,以后随气温的增高和乱流的增强逐渐变淡消散;平流雾在一日之中任何时刻都可能出现,适宜的风向、风速是形成平流雾的重要条件。平流雾形成时间具有很强的地方性特点,而其消散的预报则与辐射雾有共同之处,即地面增温或风速加大,稳定层被抬升或破坏。此外,流场改变、暖湿平流终止也是雾消散的重要因素<sup>[9-10]</sup>。

秋冬季节是吉安大雾多发时段。频繁发生的大雾天气给交通、农业生产和人们身体健康带来巨大的危害,因此,开展雾的预报研究工作对于保障交通运输的安全和人们身体健康有很重要的意义。2012年11月18—19日吉安连续2 d出现了近5年以来持续时间最长、强度最强、范围最广的大雾天气,造成了吉安境内多条高速公路较长时间的封闭,铁路、航运受到较大影响。笔者利用 Micaps 3.1 资料、赣州探

空资料、宜春风廓线(WPRD, 60 min)风场产品以及吉安自动观测系统资料,从环流形势、动力和热力条件方面分析了此次平流辐射大雾过程的形成和维持机制。

### 1 大雾天气概况

11月18日04:46吉安永丰首先出现了大雾,能见度600 m。随后到08:00,泰和、安福、新干、宁冈、万安、吉安县、吉水、峡江相继出现了大雾,能见度都 $\leq 800$  m,其中,泰和、新干、宁冈出现了浓雾,永丰、吉安县加强为浓雾( $200 \text{ m} < \text{能见度} \leq 500 \text{ m}$ ),安福、吉水、万安出现强浓雾(能见度 $\leq 200 \text{ m}$ )。万安出现了全市最浓的大雾天气(能见度为60 m)。大雾从18日04:46延续至13:20才逐渐消散。

11月19日早晨吉安又出现了大雾天气,且出现时间更早、强度更强、范围更大。19日03:02永丰首先出现能见度为800 m的大雾。随后到08:00,吉安县、泰和、永新、宁冈、新干、安福、吉水、峡江、万安出现了大雾。其中,泰和、永新、宁冈、峡江出现了浓雾,吉安县加强为浓雾( $200 \text{ m} < \text{能见度} \leq 500 \text{ m}$ ),新干、安福、吉水、万安出现了强浓雾,永丰加强为强浓雾(能见度 $\leq 200 \text{ m}$ )。19日14:00才消散,新干、峡江16:20才消散。

### 2 大尺度环流形势分析

**2.1 500 hPa 形势** 11月17日20:00(图1a),中高纬度为两槽一脊型;贝加尔湖地区东侧到我国黑龙江之间为一暖性高压脊;中纬度西风带为西高东低环流形势,并有阶梯型的小槽下滑东移,引导地面冷空气不断扩散南下;中低纬度南支环流有小槽活动,不断有小的短波槽东移;在荆州、怀化、

桂林至百色有一槽线,与中低纬度温度冷槽重合;吉安位于南支环流低槽前的西南气流中,但冷平流较明显。到18日20:00(图1b),中高纬度调整为一槽一脊型;中纬度西风带仍维持西高东低环流,南支环流上低槽东移至黄海到东海一

带,槽线位于上海、福州到定南一线,槽后有较明显的冷平流,吉安位于槽后偏北气流之中。到19日08:00南支环流仍有小槽东移,但18日20:00位于荆州、怀化、桂林至百色的温度冷槽被温度暖脊取代,吉安处在温度暖脊中。

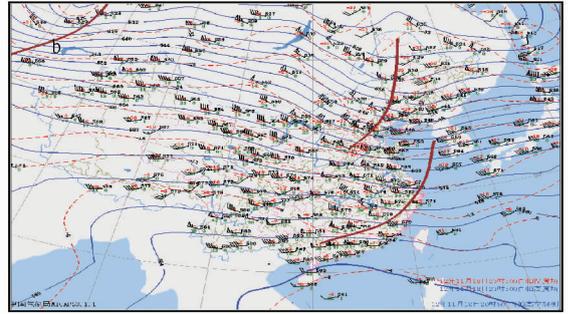
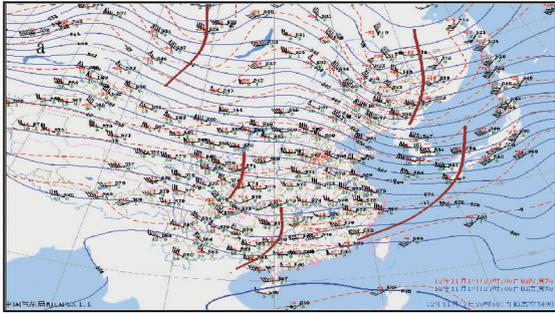


图1 2012年11月17日20:00(a)和18日20:00(b)500 hPa环流形势

Fig. 1 500 hPa circulation situation at 20:00 November 17(a) and 20:00 November 18(b) in 2012

17日20:00—19日08:00,由于中纬度西风环流为一西高东低的环流,并有阶梯型的小槽下滑东移,引导地面蒙古地区冷空气不断扩散南下,使控制江南到华南北部的地面冷高压脊稳定维持。南支环流不断有小槽东移,有利于引导低层从孟加拉湾和南海的水汽向华南至江南上空输送,是形成大雾所需水汽的动力条件。

**2.2 地面形势** 11月16日08:00,地面冷空气南下影响江南到华南,并出现了较强降水。17日08:00,地面蒙古冷高压向南伸展。17日20:00(图2a),华东到华南为一高压脊控制,并分裂出一个高压中心位于上海嘉定附近,中心最大值

为1 024.0 hPa,高压脊呈东北—西南向,脊线位于上海、南昌、长沙到昆明一线,吉安位于脊线附近,并处在1 020.0 hPa等值线内。18日20:00—19日08:00(图2b),地面有冷空气扩散南下,内蒙边境有一冷高压,冷高压中心位于满都拉气象站附近,中心最大值为1 032.0 hPa,并从冷高压中心生成高压脊经河套伸向江南大部地区,高压脊线位于太原、郑州、武汉到南昌一线,吉安受高压脊控制,并位于1 017.5~1 020.0 hPa等值线。19日20:00,地面高压已经东移入海,吉安处在高压后部,地面由偏北气流转为偏南气流控制。

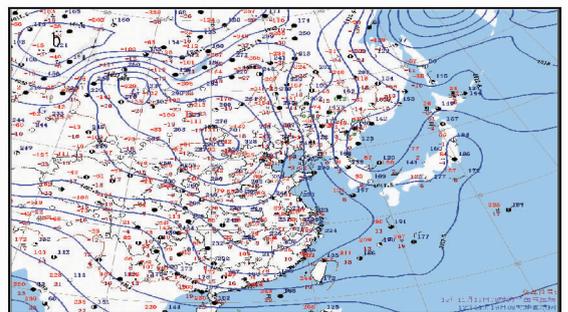
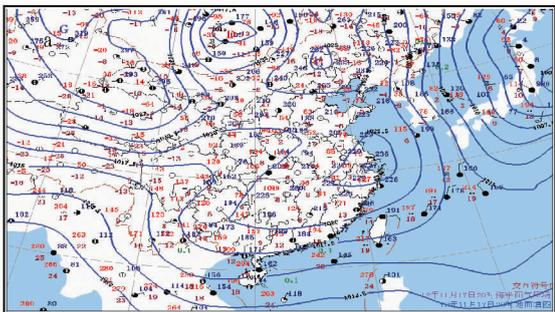


图2 2012年11月17日20:00(a)和19日08:00(b)地面形势

Fig. 2 Ground situation at 20:00 November 17(a) and 08:00 November 19(b) in 2012

11月18—19日吉安在地面高压脊控制下为晴空区,晚上辐射降温明显。从17—19日吉安平均最低气温变化来看,17、18、19日吉安地面平均最低气温分别为9.3、5.3、6.8℃,18日24 h平均最低气温下降4.0℃,19日24 h平均最低气温升了1.5℃,这是因为18日晴天,地面冷高压有所增暖变性,气温有所升高。由于受冷高压控制,晚上辐射降温很快,使水汽快速达到饱和凝结。表明18—19日深夜或清晨吉安地表净辐射进一步加强,近地层冷却,对18和19日早晨形成辐射大雾天气有利。到了19日20:00吉安地面温度快速升高,云系增多,晚上辐射降温条件破坏,不利大雾天气形成。

### 3 大雾形成和维持机制分析

**3.1 大气层结** 分析赣州探空资料(图3)发现,17日20:

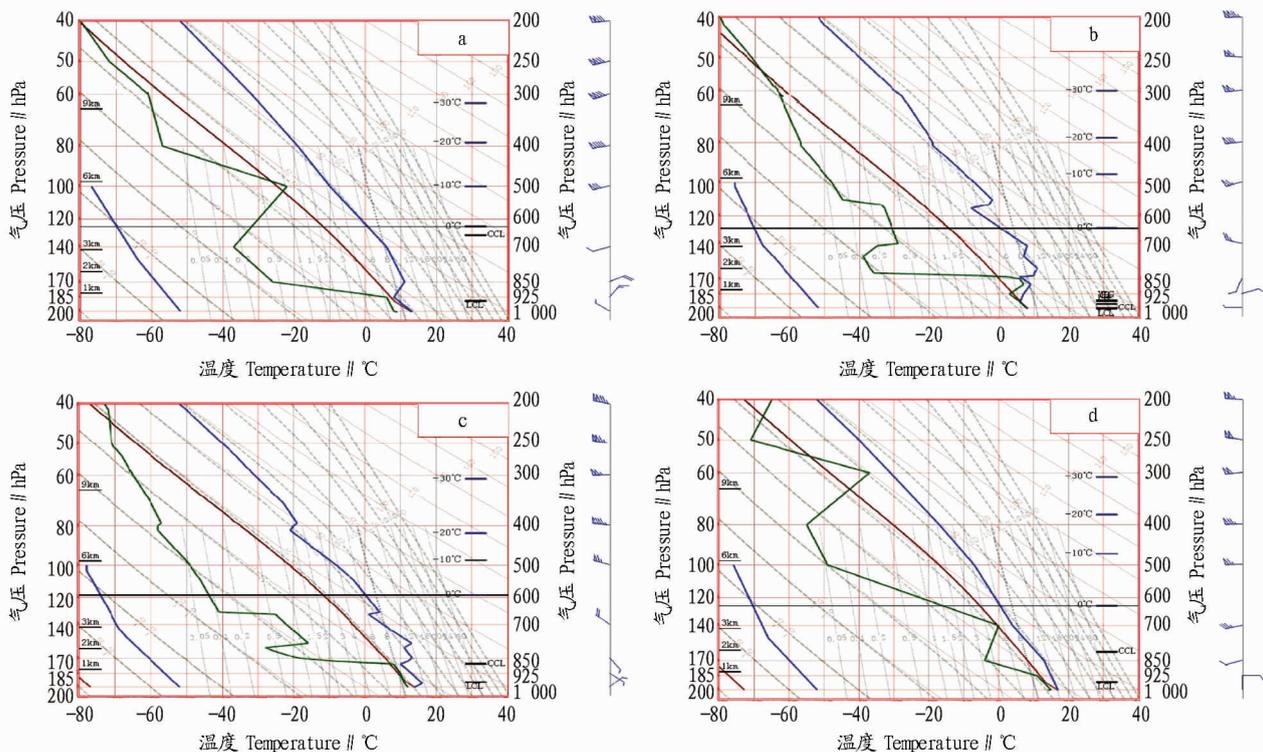
00,大气层结稳定,同时赣州低层925~850 hPa出现了浅层逆温层,1 000~925 hPa有一湿层;到18日08:00,大气层结维持稳定,赣州逆温层增厚,从1 000 hPa伸向850 hPa,形成梯状弱逆温层,湿度层厚度有所增加并趋近饱和;18日20:00,赣州的梯状逆温层伸向700 hPa,925~850 hPa湿度层维持;19日20:00,赣州的逆温层都消失,同时1 000~925 hPa湿度层消失。

18日20:00—19日08:00地面冷空气从西路扩散到江南至华南,受冷高压脊控制,江南到华南一直为晴空区,大气层结稳定,致使吉安近地面层辐射降温更加明显。17日20:00—18日08:00和18日20:00—19日08:00赣州TlogP图显示,1 000~850 hPa的逆温层加强,并有明显的湿度层存

在。表明低层有逆温层,水汽含量接近饱和,是形成辐射大雾的重要条件之一。

随着地面冷高压变性快速东移,19日20:00吉安处在高

压后部,逆温层消失,湿度浅层消失,破坏了大雾形成的稳定条件和水汽条件,所以这次连续性大雾天气结束。



注: a. 17日20:00; b. 18日08:00; c. 18日20:00; d. 19日20:00

Note: a. 20:00 November 17; b. 08:00 November 18; c. 20:00 November 18; d. 20:00 November 19

图3 2012年11月17—19日赣州 TlogP

Fig. 3 TlogP of Ganzhou during November 17–19, 2012

**3.2 近地层风廓线风场** 利用宜春风廓线风场产品对近地层(1 000 hPa)到低层(850 hPa)垂直风场进行分析,结果发现,16日21:00—17日08:00为偏北气流控制,近地层至600 m为西北风,风速由8 m/s逐渐减少至4 m/s,600 m以上为正北风。17日09:00—20:00,地表至近地层(100 m)转为偏东风,风速很小,一般维持在1~2 m/s,而且偏东风从17日09:00开始逐渐向上伸展,到17日20:00偏东风已经扩展至1 000 m高度,1 000 m以上高度是一致的东北气流。从17日21:00开始,近地层到600 m为东风,600~1 000 m高度上开始转为东南风,1 000 m以上转为东北风。到18日05:00东南风随时间向上扩展到1 600 m高空,18日05:00—11:00近地层到1 700 m维持弱东南气流。18日12:00—16:00,600~1 000 m出现了湍流层,18日17:00—20:00近地层到1 000 m恢复到偏东气流,1 000 m以上为东北风(图4a)。

17日21:00—18日05:00,近地面有暖平流不断加强,是东南暖湿空气聚集的过程。由于近地层有较强的暖平流移向吉安冷的下垫面,暖湿空气遇到冷的下垫面后,暖湿空气会快速饱和凝结,加上吉安受冷高压脊控制,地面辐射降温明显,促使18日04:46吉安大雾开始产生并逐渐加强。18日05:00—12:00近地层至1 600 m维持弱东南气流,形成一个相对稳定的暖湿空气层,近地层至低层有弱的辐合和垂直

上升运动有助于小风的维持和稳定,促使了比较深厚的大雾发展并维持稳定。12:00—15:00,600~1 000 m出现了湍流层,破坏了大雾维持稳定的外部条件,不利于大雾维持,使18日的大雾消散。说明18日清晨至中午出现的大雾是暖平流与辐射共同作用产生的,是暖平流辐射雾。近地层至850 hPa有较强的暖平流,18日04:46开始产生的大雾是暖平流加辐射共同作用的结果,暖平流加辐射是18日大雾形成时间早、强度大并维持时间长的主要成因。

18日21:00—19日18:00近地层维持弱的偏东气流( $\leq 2$  m/s)。从19日00:00 1 800 m高空开始转为北风并不断下传,到19日06:00北风气流下传到800 m,有明显的冷平流下传,与近地层东南暖湿气流交汇;19日07:00—12:00近地层到2 000 m维持弱东南气流辐合上升,13:00—15:00 800~1 300 m出现了湍流层;16:00—18:00近地层到400 m恢复到偏东气流,19日19:00以后,偏东风逐渐加至6 m/s(图4b)。

经分析,18日吉安为晴天,吉安近地面气温有所回升,形成一个暖湿下垫面。由于19日00:00开始不断有冷平流并加强,卷入干冷空气进入吉安较暖的下垫面,与吉安近地层以较温暖的空气汇合,促使吉安近地层湿暖空气气温下降并产生饱和凝结形成大雾。19日07:00—12:00近地层到2 000 m维持弱东南气流层,近地层至低层有弱的辐合和垂

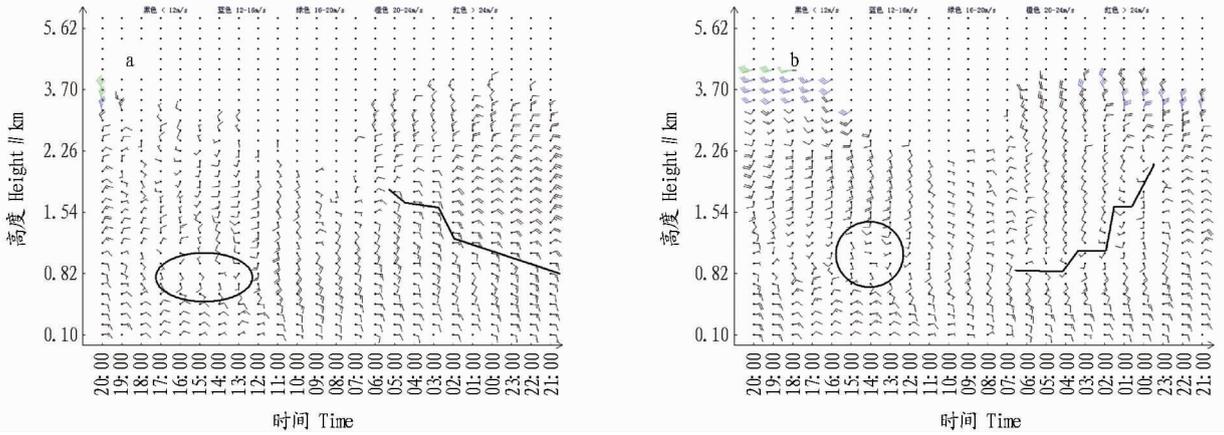


图4 2012年11月17日21:00—18日20:00(a)和18日21:00—19日20:00(b)宜春风廓线垂直风场

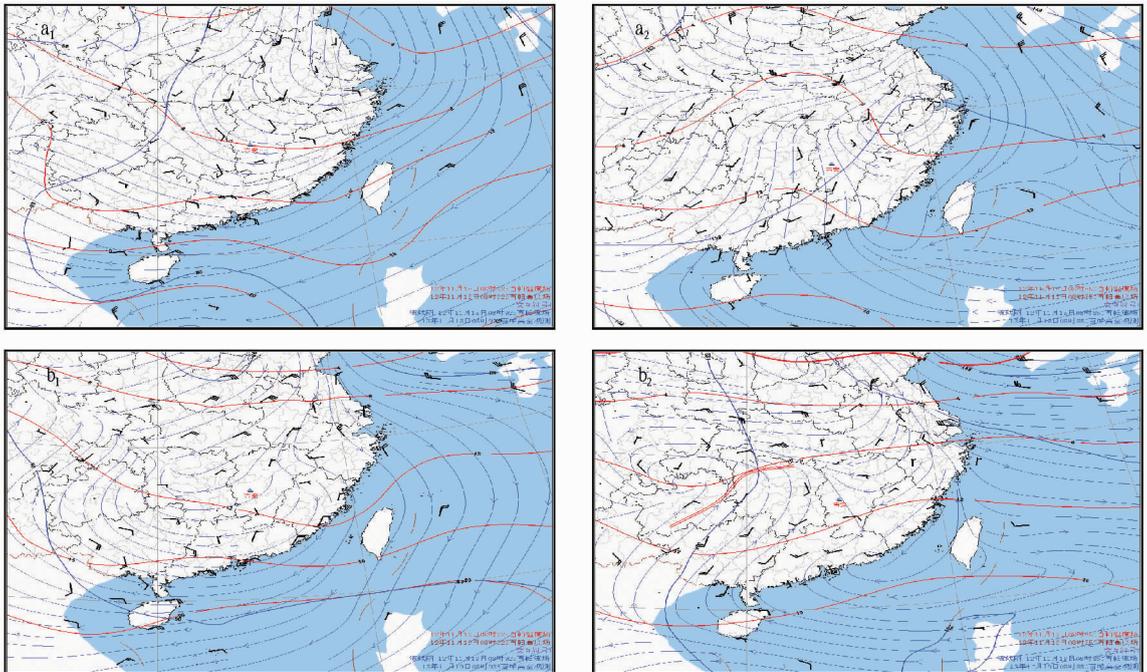
Fig.4 Vertical wind field of Yichun wind profile from 21:00 November 17 to 20:00 November 18(a) and 21:00 November 18 to 20:00 November 19(b) in 2012

直上升运动有助于小风的维持,有利于大雾稳定维持,并形成深厚的大雾层。19日13:00—15:00 800~1 300 m出现了湍流层,破坏了大雾稳定,使大雾随后减弱消散。说明19日早晨至中午出现的大雾是冷平流与辐射共同作用产生的,这次大雾是冷平流辐射雾。高空1 800 m向近地层输入较强的冷平流,促使19日03:03开始产生大雾,是冷平流加辐射共同作用的结果,冷平流加辐射是19日大雾形成时间早、强度大并维持时间长的重要原因。19日19:00近地层偏东风开始加大至6 m/s,由于近地层风速加大不利于大风形成,致使19日吉安持续性大雾天气结束。

3.3 近地层至低层风场 11月17日20:00,1 000 hPa 南昌

到赣州为东风气流,南昌、赣州风速均为2 m/s;925和850 hPa 南昌到赣州受反气旋环流控制,并处于温度槽后东北气流中。

18日08:00,1 000 hPa 南昌到赣州维持为东风气流,风速为2 m/s;925 hPa(图5a<sub>1</sub>),南昌为东南风(2 m/s),赣州为东北风(2 m/s);850 hPa(图5a<sub>2</sub>),南昌为东南风(2 m/s),赣州为南风(4 m/s),同时南昌至赣州转处温度脊之中。17日20:00—18日08:00,1 000 hPa 南昌至赣州为东风气流,而925~850 hPa 风场发生了改变,由东北风转为东南风,说明925~850 hPa 南昌至赣州有明显的暖平流发展,是18日产生暖平流辐射大雾的天气尺度环流背景。



注:a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub> 为925 hPa;a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub> 为850 hPa

Note:a<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>. 925 hPa;a<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>. 850 hPa

图5 2012年11月18日08:00(a)和19日08:00(b)低层风场、流场和温度场

Fig.5 Low level wind field, flow field and temperature field at 08:00 November 18(a)and 08:00 November 19(b) in 2012

18 日 20:00, 1 000 hPa 南昌至赣州为东风气流; 925 hPa, 南昌为南风(4 m/s), 赣州为东风(2 m/s), 同时南昌至赣州转处温度槽后部; 850 hPa, 湖南到贵州生成东北—西南向的弱切变线, 切变线位于宜昌、毕节至攀枝花一线, 南昌到赣州处于切变线东南侧的东南气流中, 同时阜阳至江夏、长沙至邵阳为一个温度脊, 南昌至赣州处在温度脊前。19 日 08:00, 1 000 hPa 南昌至赣州为偏北气流, 南昌为东北风(4 m/s), 赣州为西南风(1 m/s), 并处在温度槽之中; 925 hPa(图 5b<sub>1</sub>), 南昌至赣州转为偏北气流, 南昌为北风(2 m/s), 赣州为东北风(2 m/s); 850 hPa(图 5b<sub>2</sub>), 南昌至赣州处在温度槽前并为偏北气流控制, 南昌为东北风(2 m/s), 赣州为东北风(4 m/s)。18 日 20:00—19 日 08:00, 925 ~ 850 hPa 南昌至赣州由偏南风转偏北风, 说明 18 日 20:00—19 日 08:00 南昌至赣州有冷平流从 850 hPa 向 925 hPa 下传, 是 19 日产生冷平

流辐射大雾的天气尺度环流背景。19 日 20:00, 1 000 ~ 850 hPa 南昌至赣州为一致的偏北气流; 1 000 hPa 南昌北风(8 m/s), 赣州北风(6 m/s); 925 hPa 南昌北风(14 m/s), 赣州北风(6 m/s); 850 hPa 南昌北风(4 m/s)、赣州东北风(4 m/s)。由于从 19 日 20:00 开始, 1 000 ~ 850 hPa 均为偏北气流控制, 并且风速加大, 不利于大雾形成和发展, 18—19 日连续性大雾天气就此结束。

#### 4 近地层风向风速和相对湿度

从表 1 可看出, 17 日 20:00—19 日 08:00 吉安受高压脊控制, 气压变化小, 基本维持一个均压场, 地面各站的风向受地形影响不近相同; 但大雾产生和维持期间风速一直小于 2.0 m/s, 相对湿度从晚上到第 2 天早上是一个增加的过程, 在大雾产生的过程中湿度都  $\geq 92\%$  (除井冈山外, 井冈山是高山站)。近地层高湿、微风是维持大雾产生和发展的基本条件。

表 1 2012 年 11 月 17 日 20:00—19 日 08:00 吉安各县站地面相对湿度和风向风速情况

Table 1 Relative humidity, wind direction and wind speed in Ji'an County station from 20:00 November 17 to 08:00 November 19 in 2012

站点 Station	相对湿度 Relative humidity//%				风向/风速(m/s) Wind direction and wind speed			
	17 日 20:00	18 日 08:00	18 日 20:00	19 日 08:00	17 日 20:00	18 日 08:00	18 日 20:00	19 日 08:00
新干 Xingan	86	98	90	99	SE/1.1	SE/0.8	E/0.4	E/0.8
峡江 Xiajing	95	100	98	100	SW/0.6	SE/1.2	SW/1.0	E/0.6
永丰 Yongfeng	92	100	88	100	N/0.7	NE/1.2	NW/1.9	E/1.7
吉水 Jishui	89	96	90	96	SE/0.8	SE/1.5	S/0.9	SE/1.6
吉安 Ji'an	81	95	83	94	SW/0.8	SW/1.2	NW/1.4	W/1.6
吉安县 Ji'an County	89	99	97	99	C/0	C/0	C/0	W/0.5
安福 Anfu	92	97	93	96	SW/0.8	SW/1.4	C/0	W/3.1
永新 Yongxin	92	95	89	95	SW/0.5	SW/1.0	SW/0.2	SW/0.5
夏坪 Xiaping	84	92	85	92	S/1.2	C/0	W/0.5	SE/0.7
泰和 Taihe	79	92	85	93	NW/0.8	S/0.6	W/0.7	SW/1.0
万安 Wan'an	93	99	90	99	C/0	SE/0.4	C/0	W/1.8
遂川 Suichuan	97	100	89	100	W/0.7	E/0.6	W/1.0	SW/1.2
井冈山 Jingtangshan	91	61	88	85	C/0	C/0	W/1.4	C/0

## 5 小结

(1) 2012 年 11 月 18—19 日连续性大雾天气是在近地层到低层有温度平流条件下加上辐射冷却后形成的平流辐射雾。18 日是暖平流辐射雾, 19 日是冷平流辐射雾。平流辐射雾产生时间早、雾层深厚、范围广、维持时间长、影响较大。

(2) 在南支环流高层处于高空槽前、地面高压脊稳定维持和低层风场建立的大尺度背景条件下, 暖空气移动到冷的下垫面和冷平流移向较暖的近地层, 同时地表净辐射进一步加强对近地层冷却, 是此次大雾过程的触发和加强机制。

(3) 大气稳定的层结并形成逆温层以及近地层接近饱和的水汽层是这次大雾形成并维持的重要热力和水汽条件。

(4) 近地层辐合和弱的垂直上升气流的存在有助于小雾的维持和稳定层结的建立, 促使了比较深厚的大雾发展和长时间维持稳定。

(5) 前期降水以及源源不断的水汽输送为连续性平流辐射雾的发生以及长时间维持提供了有利条件。

(6) 低层的风与大雾形成关系密切; 近地层至低层弱的暖平流移向冷的下垫面或冷平流移向较暖的下垫面都有助

于浓厚的大雾形成。

(7) 近地层风速增大、低层逆温层和湿度层消失是这次连续性平流辐射雾消散的主要原因。

#### 参考文献

- [1] 李子华. 中国近 40 年来雾的研究[J]. 气象学报, 2001, 59(5): 616-623.
- [2] 徐怀刚, 邓北胜, 周小刚, 等. 雾对城市边界层和城市环境的影响[J]. 应用气象学报, 2002, 13(S1): 170-176.
- [3] 邓雪娇, 吴兑, 叶燕翔. 南岭山地浓雾的物理特征[J]. 热带气象学报, 2002, 18(3): 227-236.
- [4] 王继志, 徐祥德, 杨元琴. 北京城市能见度及雾特征分析[J]. 应用气象学报, 2002, 13(S1): 160-169.
- [5] 宋润田, 金永利. 一次平流雾边界层风场和温度场特征及其逆温控制因子的分析[J]. 热带气象学报, 2001, 17(4): 443-451.
- [6] 周小刚, 王强, 邓北胜, 等. 北京市一次大雾过程边界层结构的模拟研究[J]. 气象学报, 2004, 62(4): 468-475.
- [7] 杨义. 南阳机场冬季辐射雾的形成及消散[J]. 河南气象, 2005(1): 13-14.
- [8] 林良勋, 黄忠, 冯业荣. 广东省天气预报技术手册[M]. 北京: 气象出版社, 2006: 249.
- [9] 李萍, 刘峰. 广州白云机场一次罕见浓雾的成因[J]. 广东气象, 2010, 32(1): 22-24.
- [10] 路爽, 孙凤华, 孟鹏, 等. 沈阳一次持续性大雾天气分析[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(20): 12339-12341.