

纪晓玲, 桑建人, 马筛艳, 等. 银川市灰霾天气环流分析及预报思路[J]. 干旱气象, 2013, 31(4): 820–824, doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0820

银川市灰霾天气环流分析及预报思路

纪晓玲^{1,2}, 桑建人^{1,3}, 马筛艳¹, 郑鹏辉², 马金仁²

(1. 宁夏气象防灾减灾重点实验室, 宁夏 银川 750002; 2. 宁夏气象台, 宁夏 银川 750002; 3. 宁夏气候中心, 宁夏 银川 750002)

摘 要:以2000~2009年416次银川市发生的灰霾天气为研究对象,利用同期NCEP逐日再分析海平面气压场、500 hPa形势场资料,分析了银川市灰霾天气发生的变化特征及易产生灰霾天气的中层环流形势和地面气压场分布特征,给出了灰霾天气预报思路。分析发现:银川市灰霾天气平均每年发生近42 d,最多可达61 d;一年四季均有可能发生,且季节变化明显,秋冬季是灰霾和持续性灰霾天气易发季节,特别是每年的11~12月;灰霾天气多发生在环流形势相对稳定的背景下,当500 hPa宁夏处于西北气流、平直西风气流、西南气流中,地面位于锋前暖区或气压梯度较小区域或锋面过境前后易出现灰霾天气,有时受暖高压脊控制也可以出现灰霾天气。在灰霾天气易发季节,当出现有利于发生灰霾天气的环流背景和地面气压场分布特征时,要综合分析大气环流形势演变、高低层系统配置状况、大气层结稳定状态和各种气象要素的变化,并结合卫星云图等观测资料来确定灰霾天气发生的可能性。

关键词:灰霾天气;环流分析;预报思路

文章编号:1006-7639(2013)-04-0820-05 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-04-0820

中图分类号:P457.2

文献标识码:A

引 言

灰霾,又称霾,是悬浮在空中肉眼无法分辨的大量微粒,使水平能见度 $<10\text{ km}$ 的天气现象。中国气象局《地面气象观测规范》中对“霾”的定义为“大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中,使水平能见度 $<10\text{ km}$ 的空气普遍混浊现象,霾使远处光亮物体微带黄、红色,使黑暗物体微带蓝色”。2010年颁布的《中华人民共和国气象行业标准》则给出了更为技术性的判识条件:当能见度 $<10\text{ km}$,排除了降水、沙尘暴、扬沙、浮尘等天气现象造成的视程障碍,且空气相对湿度 $<80\%$ 时,即可判识为霾”。它与雾的最大区别是相对湿度,当相对湿度达到95%以上的低能见度现象称为雾,低于80%的为霾,在80%~95%之间的是雾和霾的混合物,但主要是霾。霾可分为高空霾、尘霾、沙霾、盐霾,还有城市霾^[1]。灰霾天气加重空气污染程度,使空气混浊,其中的有害物质能诱发呼吸道等疾病,低能见度使人抑郁,危

害人体健康,灰霾对空气质量有重要的指示意义。

21世纪以来,随着人们对生存、居住环境的关注,有关灰霾天气气候特征、影响灰霾的气象因子、灰霾成因与预报方法、对人体健康的危害等方面的研究越来越多,也取得了一系列的研究成果^[1-23]。高歌^[1]分析了1961~2005年中国霾日气候特征及变化趋势,发现45 a间全国平均霾日数呈现明显增加趋势,东部大部地区以增加为主,西部和东北大部以减少趋势为主;许嘉玲等^[6]利用柳州地面气象观测站44 a地面气象观测资料,对柳州市灰霾天气的气候特征进行了分析,发现灰霾日数年际变化多与大气中的污染物浓度有关,而月、季的分布多受天气形势和气象条件的控制;梁桂花等^[7]分析了朔州市日照时数、霾变化特征,发现人类活动特别是工业排放污染物的急剧增长,导致大气气溶胶增加,空气污染逐年加重,加之风速逐年减小,利于大气气溶胶在低空积聚,造成大气透明度降低,日照时数减少;李芳等^[8]根据宜昌市灰霾天气气象因子诊断分析结果,建立了宜昌市

收稿日期:2013-05-03;改回日期:2013-09-26

基金项目:宁夏科技攻关项目“宁夏灰霾天气形成机理、预报预测及防治对策研究”(KGX-12-10-04)及“宁夏自然科学基金项目(NZ12280)共同资助

作者简介:纪晓玲(1967-),女,汉族,硕士,正研级高工,主要从事灾害性天气预报及相关预报方法研究工作. E-mail: jixlingcy@163.com

灰霾天气预报决策树;张夏琨等^[9]分析了气象条件对石家庄市空气质量的影响,表明石家庄市空气污染程度并不是风速越小浓度就越大,而是在一定范围内空气污染浓度易超标;郑庆锋等^[13-14]分析了上海大气贴地逆温的气候特征和霾的发生与接地逆(等)温、空气质量和气象要素的关系,表明:霾日出现与接地逆(等)温尤其08时接地逆(等)温密切相关;魏秀兰等^[17]分析了鲁西南连续3d出现灰霾天气过程的原因,得出大气层结稳定、且低层存在逆温层是霾形成的重要条件,高污染浓度是霾形成的物质基础的结论;饶晓琴等^[18]对2007年2月5日我国中东部大范围霾天气进行综合分析,结果表明前倾槽和逆温层结为霾的形成提供了有利条件;陈训来等^[21]对珠江三角洲地区大气灰霾进行分析研究,并利用中尺度气象模式MM5对灰霾天气进行了模拟;中国气象科学研究院大气成分中心发展了包含大气化学过程的中尺度模式,采用数值模式预报方法和模拟研究雾霾天气,取得了良好的效果^[22],对雾霾等低能见度天气监测预报提供了条件。

银川作为西北内陆的宁夏首府城市,在灰霾天气预报方法研究方面尚属空白。近年来,随着城市化、工业化、交通运输现代化的迅速发展,化石燃料(煤、石油、天然气)的消耗量迅猛增加,汽车尾气、燃油、燃煤、废弃物燃烧直接排放的气溶胶粒子和气态污染物通过光化学反应产生的二次气溶胶污染物日增,加之冬半年银川上空大气层结比较稳定,近地层往往形成较强的逆温层,致使各种气态污染物及大量悬浮微粒难以冲破逆温层逃逸扩散而被抑制,2000年后灰霾天气急剧增加^[23],灰霾现象日趋严重,但此方面的研究处于刚刚起步状态,研究成果相对较少。因此,研究银川市灰霾天气形成的环流形势和预报模型,为及时准确预测灰霾天气提供科学依据,加强污染治理,降低灰霾天气的发生频率,减少和降低灰霾天气带来的不利影响,是银川城市发展的迫切需要。

本文以2000~2009年银川市灰霾天气为研究对象,利用同期NCEP/NCAR逐日再分析资料,统计分析了易产生灰霾的环流形势,总结出易于灰霾天气发生的天气学统计模型,为灰霾天气预报开展、减少灾害损失、保障交通安全和环境质量提供科学的决策依据。

1 资料与方法

1.1 资料

选取2000~2009年银川416次灰霾天气过程

及同期当日08时NCEP/NCAR逐日再分析资料;依据《地面气象观测规范》,气象日界为20:00,统计灰霾天气过程时,若跨越20:00,按2次灰霾天气过程计算;连续3d或以上出现灰霾天气称为持续性灰霾天气过程。

1.2 方法

根据宁夏气候特点,用每年的3~5月、6~8月、9~11月、12月至翌年的2月分别代表春、夏、秋、冬季。

首先简要分析了银川市灰霾天气发生的年际、月际变化特征;然后,利用416次银川灰霾天气过程资料,分析了不同环流背景下灰霾天气发生情况及导致银川产生灰霾天气的主导气流和地面气压场分布特征;在此基础上,给出了银川市灰霾天气预报思路。

2 灰霾天气发生特征

10a中,有416d出现灰霾,平均每年出现41.6d,超过和低于平均状况的各占5a,2005年出现最多,达61d,最少的一年是2000年,出现24d,灰霾天气年际变化如图1a所示。

一年中,每个月均有可能出现灰霾。其中,每年的10月到次年的1月即秋冬季出现概率较大,10a共出现290d,占总数的69.7%,特别是秋末到冬初的11月、12月,共出现173d,占总数的41.6%,而每年的4~7月即春末到夏季出现概率较小,10a仅出现了35d,占总数的8.4%(图1b)。

持续性灰霾天气过程主要发生在每年的秋冬季(10月至次年的2月),2000~2009年共出现持续性灰霾天气过程32次,其中,1月6次,2月2次,5月1次,10月4次,11月10次,12月9次,其它各月未出现持续性灰霾天气,10月至次年1月占到了90.6%,如图1c。持续3~5d的过程有26次,2004年11月26日至12月3日、2005年12月25日到2006年1月1日,这2次过程持续时间最长,均达到了8d。

这种季节分布特征,主要原因可能与大气环流调整有关。春季,随着大气环流调整,气温逐步回升,大气层结趋于不稳定,特别是到了夏季,气温快速上升,大气层结不稳定状态加剧,扰动增强,利于污染物的垂直输送与扩散;秋季,随着大气环流的再次调整,气温逐步走低,层结趋于稳定状态,抑制了污染物垂直输送和向外扩散,易于灰霾天气的形成。

3 产生灰霾天气的环流形势

3.1 高空环流形势

普查分析416次灰霾天气当日08时500hPa

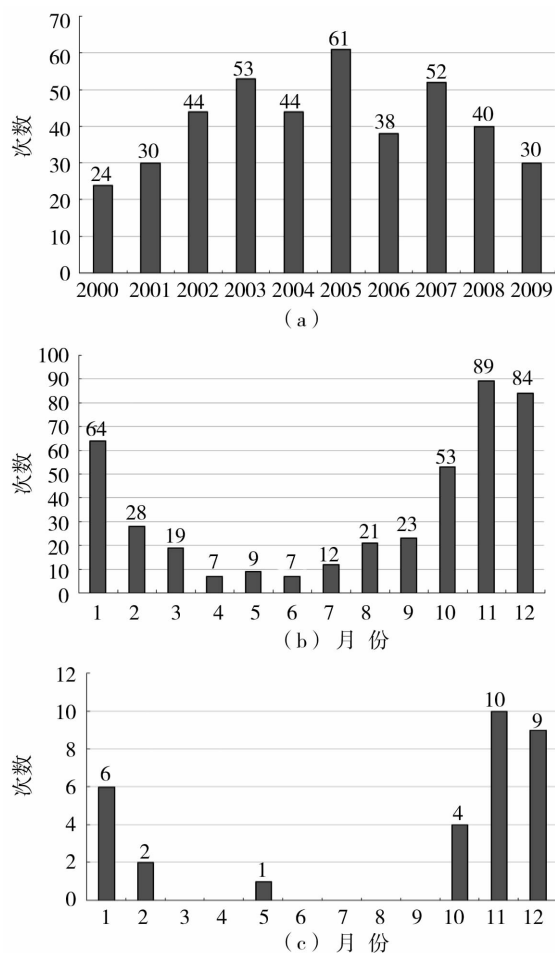


图1 银川市灰霾天气年际(a)、月际(b)及持续性灰霾天气月际(c)变化

Fig. 1 The annual(a) and monthly(b) variation of dust-haze weather and the monthly change of the persistent dust-haze weather(c) in Yinchuan from 2000 to 2009

中高纬度($30^{\circ} \sim 60^{\circ}\text{N}$, $60^{\circ} \sim 120^{\circ}\text{E}$)环流形势,发现2槽1脊、1脊1槽、长波槽、1槽1脊、2脊1槽、2槽2脊、副热带高压(外围)控制等环流背景均有可能产生灰霾天气,其引导气流为西北气流、平直偏西气流、西南气流及暖高压脊控制。同时,分析了31次持续性灰霾天气过程发生时的平均环流场,发现:发生灰霾天气时,宁夏多处于西北气流,占过程总数的61.3%,其次是平直西风气流,占过程总数的35.5%,西南气流1次。综合2种分析结果,可归纳出导致银川产生灰霾天气的主导气流有:西北气流、偏西气流、西南气流和暖高压脊控制型4类。

灰霾天气发生前大气环流形势比较稳定。当宁夏处于蒙古国到新疆高压脊前西北气流里,偏北气流不断引导北方冷空气南下,造成地面偏北风力增

大携带沙尘影响银川。当巴尔喀什湖到贝加尔湖为宽广的低压槽区或高压脊控制,中纬度气流以纬向环流为主,宁夏处于长波槽底或高压脊底平直偏西气流里,多短波槽活动,此时,银川天空状况为多云到阴,云层厚、湿度大,热力条件弱,不利于污染物扩散而在低层大气中形成灰霾。当青藏高原有南支槽发展,宁夏处于南支槽前或副热带高压西北边缘西南气流里,利于水汽、能量集聚,银川湿度增大,云层增厚,如果有扩散冷空气东移与南支槽结合易出现阴雨天气,不利于污染物扩散而形成阴霾天气。若宁夏为暖高压脊控制时,天气晴热,湿度小,持续无雨,当夜间和清晨大气热力和动力条件不好时,污染物易聚集在低层空气中形成灰霾。

3.2 地面气压场特征

对416次灰霾天气和31次持续性灰霾天气过程对应的地面形势进行普查分析,其地面气压场特征分布为地面高压前部(底部)或锋前暖区、锋面过境、热低压(底部)控制、地面高压控制、变性高压中、地面高压后部、鞍型场等,根据这些分布特点,可用锋前型、均压型、锋面过境型3类来进行概括,且均压型和锋前型均有可能出现持续性灰霾天气。

3.2.1 锋前暖区型

该型(图2a)主要特点为:当锋面位于河西或蒙古但未到达宁夏时,银川处于地面锋面前部暖区内,有时受自南向北伸展的热倒槽、热低压控制,气压梯度小,气压下降,受偏南气流影响,气温明显升高,湿度有所增大,加之风力小,温高湿重且常伴有较强的逆温,大气污染物容易聚集,易出现灰霾天气;若锋面位于河套北部,宁夏受地面高压底部偏东或偏东南气流影响,系统稳定,地面回暖,湿度增大,风速弱,大气层结稳定,易出现灰霾天气。灰霾多发生在回暖天气里。

3.2.2 均压型

该型(图2b)地面气压场有不同的表现:一是地面高压控制,但强度弱;二是冷空气在东移南下过程中逐渐变性,宁夏处于变性高压控制中;三是地面高压东移后,宁夏受地面高压后部偏南气流影响;四是前一股冷空气移出而后一股冷空气未到达宁夏,气压表现为“东西高中间低”或“南北高中间低”的鞍型场,银川处于鞍型场中。这几种情况均表现为均压场或近于均压场,气压梯度小,风速小,气温变化不大,天气以晴到多云为主,大气层结比较稳定,不利于大气污染物扩散,易出现灰霾天气。

3.2.3 锋面过境型

该型(图2c)主要特点为,当河西或蒙古国有锋

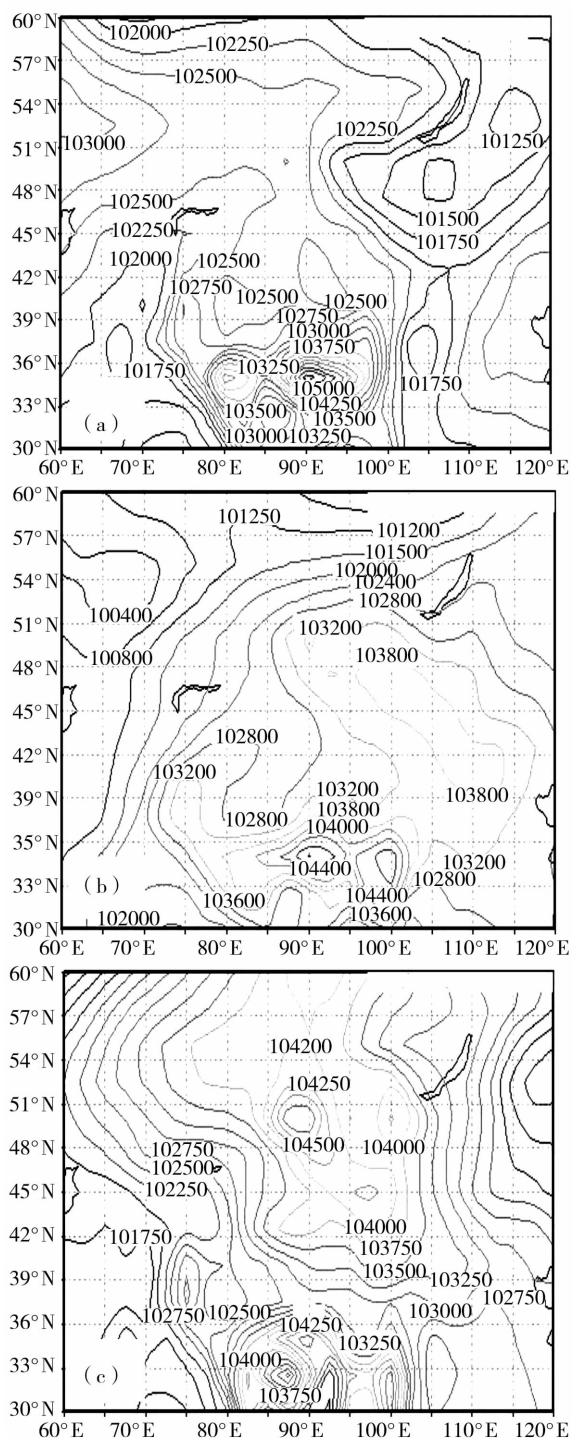


图2 3种地面气压场分布(单位: 10^{-2} hPa)
(a)锋前暖区型,(b)均压型,(c)锋面过境型

Fig. 2 The three main types of surface pressure field distribution

(a) for prefrontal type, (b) for uniform pressure type, (c) for frontal passage type (Unit: 10^{-2} hPa)

面东移南压时,锋面在移经宁夏时,加之冬春季下垫面比较干燥,锋后增大的西北风或偏北风会携带大量沙尘影响银川,导致空气中颗粒物增多,易出现沙

霾天气。

4 灰霾天气预报思路

大气对污染物的扩散能力取决于高低空环流形势配置,因此,在进行灰霾天气预报时,要综合考虑高低层系统的配置状况及大气层结稳定状态,关注环流形势的演变调整与气象要素的变化。

(1)每年的秋冬季节是灰霾天气多发季节,需时刻关注大气环流形势调整。若大气环流形势稳定少变,中低层为下沉气流时,抑制污染物的垂直输送,就要考虑灰霾天气出现的可能性。此时,要分析高低层影响系统的配置。

(2)若500 hPa宁夏处于平直西风气流或西北气流或西南气流里,风切变小,地面处于锋前暖区、弱高压中心附近或均压场中,就要对各种气象条件进行具体分析。当锋面过境时,主要考虑沙霾天气出现的可能性。

(3)利用区域自动站资料分析温、压、湿、风、能见度的变化。若地面气压梯度小,静风或微风,回暖明显,能见度有降低趋势,出现灰霾天气的可能性很大。此时,要分析大气层结状况。

(4)利用探空资料分析大气层结状况。若近地面层有逆温层或等温层存在,说明层结稳定,不利于污染物的扩散、沉降、平流输送,易造成空气中污染物堆积。

(5)综合分析卫星云图、数值预报产品和污染物浓度等资料,确定灰霾天气可能落区、强度、发生时间等。

(6)日常工作中,要注意总结不同环流背景形成灰霾天气的温、压、湿、风、能见度等气象要素的变化情况,不断总结监测预报应用指标。

5 小结

秋冬季是银川灰霾天气易发期,且容易出现持续性灰霾天气。银川灰霾天气发生时,大气环流形势稳定少变,一般处于西北气流、平直西风气流、西南气流或暖高压脊控制中,地面则位于锋前暖区或均压场(气压梯度较小的区域)或锋面过境时。每年秋冬季,当近地面层有逆温层或等温层存在时,要利用各种观测资料,结合预报模型和指标,综合分析灰霾天气出现的时间、可能落区、强度等。

参考文献:

- [1] 高歌. 1961—2005年中国霾日气候特征及变化分析[J]. 地理学报, 2008, 63(7): 761—768.

- [2] 刘爱君,杜尧东,王惠英.广州灰霾天气的气候特征分析[J].气象,2004(4):14-15.
- [3] 唐伍斌.近 50a 来桂林市灰霾天气的气候特征及热岛效应影响[J].气象研究与应用,2007,28(4):20-25.
- [4] 吴兑,毕雪岩,邓雪娇,等.珠江三角洲气溶胶云造成的严重灰霾天气[J].自然灾害学报,2006,15(6):77-83.
- [5] 郭媛媛,苗爱梅,张红雨.近 47 年太原市灰霾天气的气候特征分析[J].科技情报开发与经济,2008,18(33):120-121.
- [6] 许嘉玲,陈美蓉.柳州市灰霾天气的气候特征分析及对策研究[J].安徽农业科学,2009,37(1):252-253,256.
- [7] 梁桂花,张小平,徐卫丽,等.朔州市近 50 a 日照时数变化特征及影响因子[J].干旱气象,2010,28(4):418-421.
- [8] 李芳,付晓辉,祁东平,等.宜昌市灰霾天气分型及预报方法初探[J].贵州气象,2010,34:85-87.
- [9] 张夏琨,王春玲,王宝鉴,气象条件对石家庄市空气质量的影响[J].干旱气象,2011,29(1):42-47.
- [10] 吴兑.再论相对湿度对区别都市霾与雾轻雾的意义[J].广东气象,2006(1):9-13.
- [11] 汤鹏宇,何宏让,阳向荣.大连海雾特征及形成机理初步分析[J].干旱气象,2013,31(1):62-69.
- [12] 钱峻屏,黄菲,杜鹃,等.广东省雾霾天气能见度的时空特征分析与季节变化[J].生态环境,2006,15(6):1324-1330.
- [13] 郑庆锋,史军.上海霾天气发生的影响因素分析[J].干旱气象,2012,30(3):367-373.
- [14] 郑庆锋,史军.上海地区大气贴地逆温的气候特征[J].干旱气象,2011,29(2):195-200.
- [15] 陈训来,冯业荣,范绍佳,等.离岸型背景风和海陆风对珠江三角洲地区灰霾天气的影响[J].大气科学,2008,32(3):530-542.
- [16] 胡天玉,杨显宇,谢巨伦.雷州半岛霾的初步分析与预报[J].广东气象,2005(1):21-22.
- [17] 魏秀兰,王玮,范文锋.鲁西南霾天气个例分析[J].气象科技,2008,36(6):724-726.
- [18] 饶晓琴,李峰,周宁芳,等.我国中东部一次大范围霾天气的分析[J].气象,2008,34(6):90-96.
- [19] 刘攸弘.广州城市灰霾的出现及其警示[J].广州环境科学,2004,19(2):12-14.
- [20] 吴兑.大城市区域霾与雾的区别和灰霾天气预警信号发布[J].环境科学与技术,2008,31(9):1-7.
- [21] 陈训来,冯业荣,王安宁,等.珠江三角洲城市群灰霾天气主要污染物的数值研究[J].中山大学学报(自然科学版),2007,46(4):103-107.
- [22] 刘红年,胡荣章,张美根.城市灰霾数值预报模式的建立与应用[J].环境科学研究,2009,22(6):631-636.
- [23] 刘玉兰,梁培,刘娟,等.1961-2008 年银川市灰霾天气的气候特征[J].气象与环境学报,2012,28(1):55-58.

Circulation Analysis and Forecast Thoughts of Haze Weather in Yinchuan

Ji Xiaoling^{1,2}, SANG Jianren^{1,3}, MA Shaiyan¹, ZHENG Penghui², MA Jinren²

(1. Ningxia Key Laboratory of Meteorological Disaster Prevention and Reduction, Yinchuan 750002, China; 2. Ningxia Meteorological Observatory, Yinchuan 750002, China; 3. Ningxia Climate Center, Yinchuan 750002, China)

Abstract: The haze forecast ideas given here were deduced by analyzing the variable characteristics of haze weather, the feature of the circulation situation on the middle level and surface pressure field distribution which generally led to haze weather in Yinchuan. Based on the NCEP daily reanalyzed sea level pressure (SLP) and 500 hPa geopotential height field, 416 haze weather cases which happened in Yinchuan from 2000 to 2009 were studied and the analysis results indicated that the haze weathers occurred about 42 d per year by average and up to 61 d in the most in Yinchuan, and the haze weathers appeared easily in autumn and winter, especially in November and December. The haze weathers usually occurred under a relatively stable situation, when it was the northwest flow, smooth westerly flow, or southwest flow at the level of 500 hPa, and on the surface, Ningxia was in the warm region before the front, or the slight pressure gradient area, or the front was nearly crossing Ningxia or just crossed. When Ningxia was controlled by warm ridge, it could also lead to haze. In the seasons of haze weather occurs frequently, we should comprehensively analyze the evolution of atmospheric circulation situation, configuration of systems at the up and bottom, the steady state of stratification and variabilities of each meteorological factors, when it appears favorable circulation background and surface pressure distribution, we should combine the satellite images with other observations to determine the possibility of haze weather occurrence.

Key words: haze; circulation; forecast idea