

王喜全, 杨婷, 王自发. 2011. 灰霾污染的跨控制区影响——一次京津冀与东北地区灰霾污染个案分析 [J]. 气候与环境研究, 16 (6): 690–696. Wang Xiquan, Yang Ting, Wang Zifa. 2011. Impact of dust-haze episode from one air pollution control region to the other—one case study [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 16 (6): 690–696.

灰霾污染的跨控制区影响 ——一次京津冀与东北地区灰霾污染个案分析

王喜全¹ 杨婷² 王自发¹

1 中科院大气物理研究所大气边界层物理和大气化学国家重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院东北地理与农业生态研究所地理遥感信息研究中心, 长春 130012

摘 要 利用 MODIS 卫星、空气质量监测、天气图资料以及后向轨迹分析法, 分析研究了 2010 年 11 月 4~6 日发生在京津冀地区和东北地区一次灰霾污染过程。初步的研究结果表明: 在此次天气系统演变过程中, 上述两地区的污染过程表现出内在的联系, 即此次东北地区的灰霾过程主要是京津冀地区灰霾输送影响的结果, 其影响通道是渤海湾及与其毗邻的辽河平原。这可在卫星云图、后向轨迹以及输送通道上 PM₁₀ (可吸入颗粒物) 浓度跃变的时间位相差获得证明。这种灰霾污染的跨区域影响现象, 给目前治理灰霾污染的区域调控战略提出了挑战。

关键词 灰霾 跨区域影响 灰霾污染区域调控 东北地区 京津冀地区

文章编号 1006-9585 (2011) 06-0690-07 **中图分类号** X16 **文献标识码** A

Impact of Dust-Haze Episode from One Air Pollution Control Region to the Other—One Case Study

WANG Xiquan¹, YANG Ting², and WANG Zifa¹

1 *State Key Laboratory of Atmospheric Boundary Layer Physics and Atmospheric Chemistry, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *Geography and Remote Sensing Research Center, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012*

Abstract One dust-haze episode occurring from North China to Northeast China plains during 4–6 Nov 2010 has been analyzed, using MODIS data, air pollution monitoring data, weather chart, and backward trajectory method. Preliminary result shows that this dust-haze episode in Northeast China is inherently related to that in North China, and the former is influenced by the transportation of air pollution from the latter. The air pollutant transportation channel between Northeast China and North China is the Bohai Bay and its neighborhood Liaohe Plain. This conclusion was proved by MODIS image, backward trajectory analysis and the phase delay of PM₁₀ (inhalable particulate) concentration upspring along the transportation route. This brings forward a challenge to the air pollution regional control strategy.

Key words dust-haze, trans-boundary transportation, air pollution regional control, Northeast China, North China

收稿日期 2011-07-01 收到, 2011-10-11 收到修定稿

资助项目 环保公益性行业科研专项 200809144

作者简介 王喜全, 男, 1962 年出生, 理学博士, 研究员, 主要从事城市大气环境和城市气候研究。E-mail: wxq@mail.iap.ac.cn

1 引言

随着全国性的城市化和工业化,我国的大气污染,特别是灰霾污染,出现了区域性污染的特征。京津冀地区、长江三角洲地区和珠江三角洲地区,是我国灰霾污染的三大重点地区。随着灰霾污染的区域化趋势,相关的污染治理也从局地治理走向区域性的综合治理。考虑到污染对人群的影响程度,污染物的中、长距离输送,以及污染控制的有效性和可实施性,实际的污染区域性控制措施主要在城市群开展和实施。在2008年北京奥运会、2010年上海世博会和广州亚运会的空气质量保障当中,区域污染控制措施取得了明显的效果,保证了这些重大活动的顺利进行。

对日益严重的区域性灰霾污染的研究表明,除天气气候因素以外,区域性灰霾污染的成因,既有污染物排放增加的原因(如机动车的增加),也与污染源的区域化分布和污染物的中长距离输送,以及山脉和地形的限制性因素有关(张强,2001)。污染物一旦进入大气,一般经过扩散、输送、转化及沉降过程,其最终结果是污染物得到稀释,使其浓度降低到对下游地区人体无直接影响和伤害的程度。由于天气系统的多样性及其尺度影响的跨地理区域的特性,一个区域或一个城市群的污染及其污染物的排放,有可能造成跨区域的影响。这就给采取区域性污染控制措施治理区域污染的战略提出了挑战。本文研究的个例,就是一次灰霾天气跨区域影响的典型案例,即京津冀地区对东北城市群(特别是辽宁中部城市群)的影响,并指出了这一影响的输送通道。

2 2010年11月4~6日东北地区城市群一次灰霾污染过程

东北地区是我国重工业积聚区。在20世纪60、70年代,污染主要集中在以沈阳为中心的辽宁中部城市群区域。由于近年来的产业调整和集中,目前东北地区的产业分布主要集中在齐齐哈尔—哈尔滨—牡丹江一线和哈尔滨—长春—沈阳—大连一线,形成一个“丁”字结构产业布局。由于20世纪90年代以来对污染企业的关停并转,

目前整个东北地区不是我国区域污染比较严重的地区之一。在环保部行业专项《东北产业积聚区大气污染综合预报及评估技术研究》加强观测期间,2010年11月4~6日东北地区城市群发生了一次灰霾污染过程。虽然此次过程不属于重污染,但对此过程的研究表明,区域性的灰霾污染有可能造成跨区域的影响。

2.1 此次灰霾污染过程中代表性城市空气质量及其变化的位相差异

图1给出此次灰霾污染过程代表性城市PM₁₀(可吸入颗粒物)浓度的变化,说明2010年11月4~7日,东北地区发生一次灰霾污染过程。从11月4~7日期间PM₁₀浓度跃变的时间来看:营口出现的时间是4日16时(北京时间,下同),锦州是5日02时,辽阳是5日07时,铁岭是6日03时,吉林是6日16时,即从南到北(按距离渤海湾海岸距离的远近),PM₁₀浓度跃变的时间有逐渐延迟的现象。考虑到4~5日京津地区一直处于轻度污染的状态,京津冀地区和东北地区的灰霾天气似乎有内在的联系。

2.2 此次灰霾污染过程的天气形势

从2010年11月4~6日的02时东亚地面天气图上看(图2给出了2010年11月4日02时东亚地面天气图,其他图略),整个中国大陆地区受高压中心位于西伯利亚地区的冷高压控制,持续有小股冷空气南下。在华北北部和东北西部的地形作用下,形成地形性浅槽,特别是华北北部地形槽,其地形特征更加明显,形成地面特有的小风或无风天气。苏福庆等(2004)和孟燕军和程丛兰(2002)研究指出,这样的天气形势是北京地区和华北地区出现大气污染甚至是重污染的典型天气形势。张云海等(2010)也研究指出,这样的天气形势,也是辽宁中部城市群地区出现大气污染的一类重要的天气形势类型。上述基本天气形势一直维持到11月7日(图略),直到与冷锋伴随的冷空气过境。

3 此次东北地区城市群灰霾污染过程的来源分析

上节的分析表明,2010年11月4~7日,在弱冷空气南下地形动力槽天气系统控制下,京津

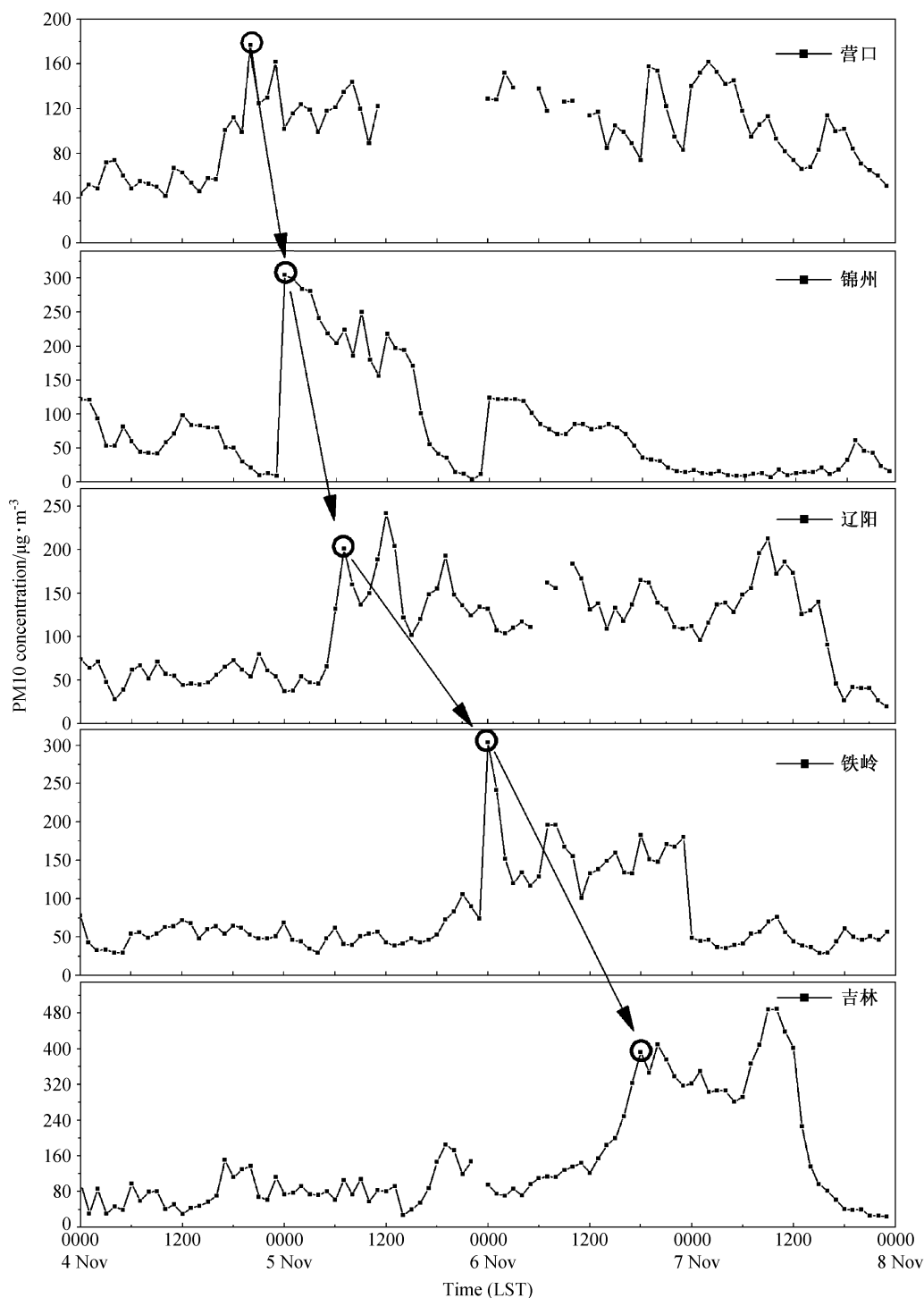


图1 2010年11月4~7日营口、锦州、辽阳、铁岭和吉林市PM₁₀浓度演变(其中圆圈代表PM₁₀浓度的跃变点)

Fig. 1 Temporal evolution of hourly PM₁₀ concentration during the dust-haze episode from 4 Nov to 6 Nov at Yinkou, Jinzhou, Liaoyang, Tieling, and Jilin (the circles indicate the upspring points of PM₁₀ concentration)

冀地区和东北辽河平原地区,先后发生了一次灰霾污染过程。从天气系统演变的先后次序,以及代表性城市空气质量观测站PM₁₀浓度跃变时间

的位相差异,该两区域的灰霾污染过程,似有内在的联系,即此次东北辽河平原地区(辽宁中部城市群)灰霾污染过程,是京津冀地区灰霾长距

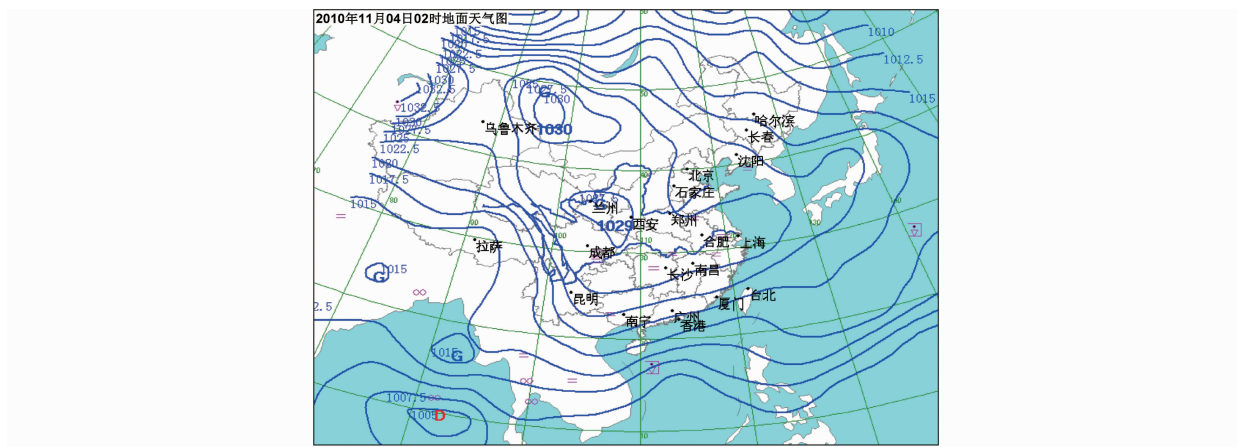


图 2 2010 年 11 月 04 日 02 时东亚地面天气形势图
Fig. 2 East Asia surface synoptic chart at 0200 LST 4 Nov 2010

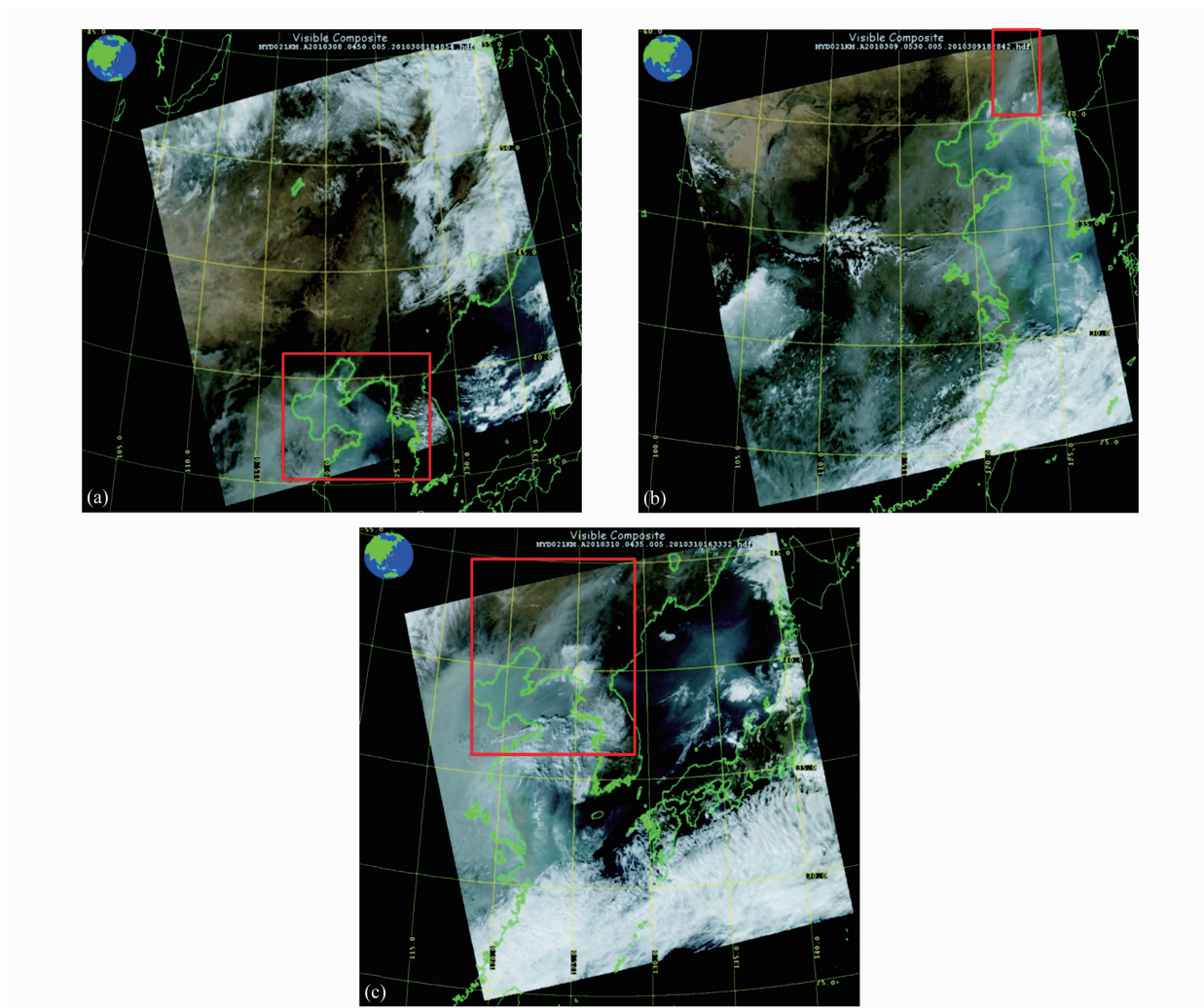


图 3 2010 年 11 月 4~6 日华北和东北地区灰霾范围演变 (MODIS 可见光云图, 其中红框标明了主要关注的灰霾区域): (a) 4 日 12 时 50 分; (b) 5 日 13 时 30 分; (c) 6 日 12 时 35 分
Fig. 3 MODIS visual composite images of the dust-haze in North China and Northeast China (red frame indicates the main dust-haze area): (a) 1250 LST 4 Nov 2010; (b) 1330 LST 5 Nov 2010; (c) 1235 LST 6 Nov 2010

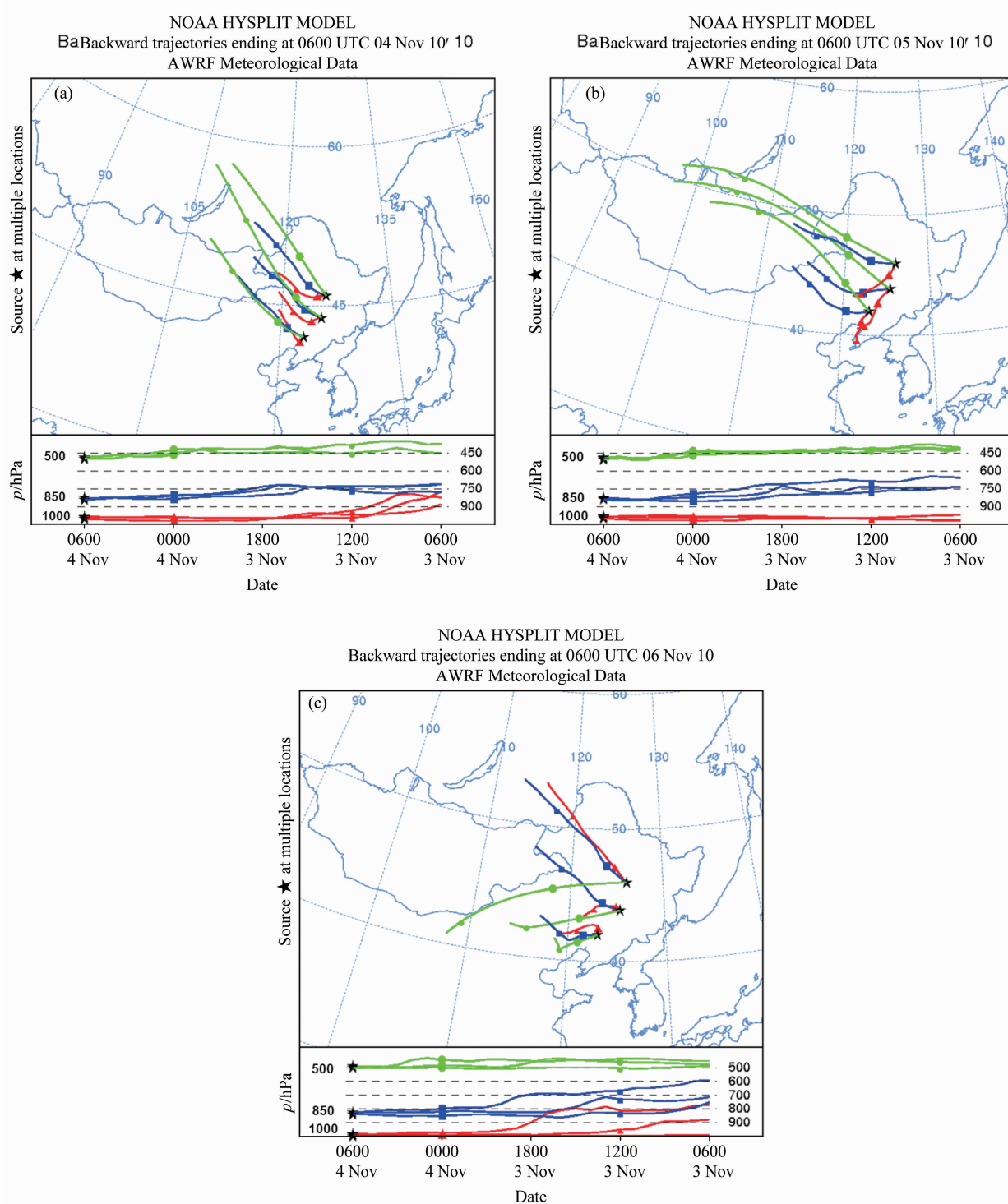


图4 东北地区主要城市(沈阳、长春和哈尔滨)气团24小时后向轨迹, 轨迹起始时间: (a) 2010年11月4日14时; (b) 2010年11月5日14时; (c) 2010年11月6日14时。红线、蓝线和绿线分别代表925、850和500 hPa等压面上的轨迹

Fig. 4 HYSPLIT 24-hours backward trajectories starting from Shenyang, Changchun, and Harbin (red, blue, and green lines represent the backward trajectories at 925, 850, and 500 hPa isobaric surfaces respectively): (a) Ending at 1400 LST 4 Nov 2010; (b) ending at 1400 LST 5 Nov 2010; (c) ending at 1400 LST 6 Nov 2010

离输送影响的结果。下面的分析试图给出这一判断的证据。

3.1 MODIS 卫星的观测证据

图 3 给出 2010 年 11 月 4~6 日华北和东北地区灰霾范围演变, 灰霾及其范围的判断主要根据云图的纹理及与周边云的对比, 其中灰霾一般无明显的纹理结构 (Scorer, 1986)。从 MODIS 可见光图像上看, 11 月 4 日灰霾笼罩华北及整个渤海地区, 而东北平原地区则是一片晴空蓝天 (图 3a); 11 月 5 日华北及渤海灰霾持续但有所减弱, 而东北辽河平原出现灰霾天气 (图 3b); 11 月 6 日华北及渤海地区的灰霾污染加剧, 东北辽河平原的灰霾污染也同时加剧, 并且其污染的范围也表现出继续向北扩散的趋势。

此次灰霾天气范围扩大的过程, 表现出明显的追随地形的特点。华北地区与东北地区的陆地部分, 由东西走向的燕山山脉间隔; 东北平原位于西部的大兴安岭山麓和小兴安岭山麓之间。从图 3 的地形图像上看, 虽然华北平原、渤海海面 and 东北平原在 11 月 4~6 日之间依次出现大范围的灰霾污染天气, 但燕山山脉、大兴安岭南麓和小兴安岭西部的山脉纹理及其结构仍然清晰可见。这说明, 此次灰霾天气过程的污染物, 基本位于这些山脉高度以下的大气边界层当中; 也说明虽然华北及东北平原地区地面盛行西南风, 但并没有出现华北地区灰霾污染物翻越燕山山脉 (海拔一般在 400~1000 m 之间) 向东北平原地区输送的过程。因此可以推测, 此次华北灰霾对东北灰霾的影响, 其通道是渤海湾北部及其比邻的辽河平原。

3.2 气团后向轨迹的证据

3.1 节利用卫星图像阐述了此次灰霾天气过程的发展及其跨区域影响, 并指出这种跨区域影响的输送通道。下面从气团的后向轨迹的天气学分析, 进一步阐明这种跨区域影响及其影响的输送通道。

从 2010 年 11 月 4 日 14 时至 3 日 14 时后向轨迹来看, 东北地区 3 个代表城市沈阳、长春和哈尔滨的气团, 不论是地面还是高空 (850 hPa 和 500 hPa) 均来自于其上游的西北方向 (图 4a); 对应于图 3a, 华北及渤海地区灰霾笼罩, 而东北地区晴空无云。

11 月 5 日 14 时不同高度的后向轨迹显示出差异 (图 4b): 高空 500 hPa 还保持西北向来流; 850 hPa 轨迹出现气旋性偏转, 但轨迹终点还保持在燕山山脉以北区域; 沈阳和长春的后向轨迹转为西南向来流, 轨迹的终点位于渤海地区, 而哈尔滨的虽也转为西南来向但其终点还处于燕山山脉以北地区。沈阳和长春与哈尔滨的气团来源的不同, 还可从图 3b 的影相图上找到证据, 即这时沈阳和长春地区被灰霾笼盖, 而哈尔滨地区还是晴空无云。

11 月 6 日 14 时哈尔滨地面和 850 hPa 的后向轨迹转向西北来流, 而沈阳和长春的基本维持前一天的状况。但 3 个城市的 500 hPa 轨迹都转向西南来流, 说明东北地区的高空受高空槽控制。

以上的分析说明, 此次东北地区的灰霾过程, 受华北地区灰霾的影响。这一点, 从地面后向轨迹的分析与卫星云图影像, 给出了清晰有力的印证。特别是哈尔滨地区在此期间的晴空和气团轨迹的来源, 说明了轨迹分析此次过程的可靠性。

4 总结

灰霾从过去的局地天气现象, 发展为具有区域特征的天气现象。因此环保部门提出污染控制区域战略。但本文的个例分析表明, 一区域的灰霾污染, 在合适的天气系统控制下, 通过传输的方式, 也能对其它区域造成影响。这就为污染的区域调控战略提出了挑战。

值得指出的是, 灰霾污染主要发生的大气边界层中, 一个区域对另一区域造成影响, 必须有一条输送通道。本文的分析表明, 华北地区对东北地区影响的输送通道是渤海湾以及与之毗邻的辽河平原。这也说明了区域污染和区域控制的地理限制因素 (如山脉地形等)。总而言之, 在总量控制下, 开展联防联控, 是解决区域灰霾污染的措施, 但也要注意灰霾污染的跨控制区影响问题。

参考文献 (References)

- 孟燕军, 程丛兰. 2002. 影响北京大气污染物变化的地面天气形势分析 [J]. 气象, 28 (4): 42-47. Meng Yanjun, Cheng Conglan. 2002. Impact of surface synoptic situations on air pollution in Beijing area [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 28

- (4): 42-47.
- 苏福庆, 杨明珍, 钟继红, 等. 2004. 华北地区天气型对区域大气污染的影响 [J]. 环境科学研究, 17 (3): 16-20. Su Fuqing, Yang Mingzhen, Zhong Jihong, et al. 2004. The effects of synoptic type on regional atmospheric contamination in North China [J]. Research of Environmental Sciences (in Chinese), 17 (3): 16-20.
- Scorer R S. 1986. Cloud Investigation by Satellite [M]. Chichester and New York: Ellis Horwood, 314pp.
- 张强. 2001. 地形和逆温层对兰州市污染物输送的影响 [J]. 中国环境科学, 21 (3): 230-234. Zhang Qiang. 2001. The influence of terrain and inversion layer on pollutant transfer over Lanzhou City [J]. China Environmental Science (in Chinese), 21 (3): 230-234.
- 张云海, 马雁军, 王扬锋. 2010. 辽宁中部地区灰霾天气气候环境特征 [J]. 生态环境学报, 19 (5): 1114-1118. Zhang Yunhai, Ma Yanjun, Wang Yangfeng. 2010. Synoptic, climatic and environmental characteristics of haze in center area of Liaoning province [J]. Ecology and Environmental Sciences (in Chinese), 19 (5): 1114-1118.