

王喜全, 孙明生, 杨婷, 等. 2013. 京津冀平原地区灰霾天气的年代变化 [J]. 气候与环境研究, 18 (2): 165–170, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2012.11094.
Wang Xiquan, Sun Mingsheng, Yang Ting, et al. 2013. Interdecadal change in frequency of dust-haze episodes in North China Plain [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 18 (2): 165–170.

京津冀平原地区灰霾天气的年代变化

王喜全¹ 孙明生² 杨婷^{1,3} 王自发¹

1 中国科学院大气物理研究所大气边界层物理与大气化学国家重点实验室, 北京 100029

2 北京军区空军气象中心, 北京 100061

3 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012

摘 要 首次利用高时空密度机场逐时能见度和天气现象的历史数据 (1961~2006 年), 对京津冀平原地区的灰霾天气现象进行了分析研究。初步的研究结果表明: (1) 该地区的灰霾天气具有年代演变特征, 从 20 世纪 90 年代开始, 该地区的灰霾天气从局地性演变为区域性; (2) 20 世纪 70 年代中期至 20 世纪 90 年代初期, 该地区的大城市 (如北京和石家庄) 灰霾天气日数呈增加的趋势, 而中小城市却呈现出下降的趋势; 考虑到这一时期经济高速增长的现实, 而中小城市的灰霾却表现出减少的趋势, 这一现象从污染控制的角度值得关注和借鉴; (3) 20 世纪 70 年代以前, 北京与石家庄的灰霾日数基本相同 (100 d 左右), 但 20 世纪 70 年代中期以后石家庄地区急剧增加并大幅超出, 超出的幅度近 100 d 左右; 考虑到城市化对灰霾的影响以及北京地区的城市化水平远大于石家庄地区, 这一现象值得进一步深入研究。

关键词 灰霾天气 能见度 年代变化 京津冀平原地区

文章编号 1006-9585 (2013) 02-0165-06

中图分类号 X16

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2012.11094

Interdecadal Change in Frequency of Dust-Haze Episodes in North China Plain

WANG Xiquan¹, SUN Mingsheng², YANG Ting^{1,3}, 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 Beijing Military Region Meteorological Center, Beijing 100061

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

Abstract The authors report on the first-time use of 1961–2006 hourly visibility data from 15 airports to investigate the interdecadal variation of dust-haze episodes in the North China Plain. The preliminary results show that (1) the evolution of the frequency of dust-haze weather showed interdecadal change characteristics from the 1990s until recent years, with dust-haze episodes evolving from local to regional scale. (2) Between the 1970s and 1990s the frequency of dust-haze episodes increased in the megacities (e.g. Beijing, Shijiazhuang), while decreasing in mid-size and small cities; this has important implication for dust-haze control strategies. (3) Before the 1970s the frequency of dust-haze episodes in the Beijing area (about 100 days per year) was almost the same as in the Shijiazhuang area; however, after 1975 the dust-haze episode frequency in the Shijiazhuang area increased rapidly and recent figures show that it is more than 100 d-higher

收稿日期 2011-06-24 收到, 2012-10-16 收到修定稿

资助项目 中国科学院战略性先导科技专项“大气灰霾集合预报技术及预警”XDB05030200

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

than in the Beijing area. Considering the impact of urbanization on dust-haze conditions and the fact that the extent of urbanization in the Beijing area is much larger than that in the Shijiazhuang area, this interesting initial find deserves further investigation.

Keywords Dust-haze episode, Visibility, Interdecadal change, North China Plain

1 引言

灰霾是空气中的灰尘、硫酸盐、硝酸盐、有机碳氢化合物等气溶胶粒子聚集,使水平能见度小于 10 km 的大气混浊现象。灰霾由于其对人体健康以及心理的不利影响、对交通及其安全的影响、对区域甚至全球气候的可能影响,日益受到人们的关注。目前灰霾天气增多的现象,既可能有人为的原因,也可能有不可控制的自然演化的因素。由于全球经济发展带来的污染物排放的增加,灰霾天气在全球范围内出现了普遍增多的迹象(Wang et al., 2009),其中东亚地区增加得尤其显著,引起国内外的普遍关注。本文利用京津冀平原地区航空气象观测站逐时能见度观测资料,研究了该地区年灰霾天气日数的年代变化。由于这些测站一般处于乡村或城乡结合部且背景开阔,比一般的常规气象站观测的能见度资料更能代表区域性的信息,因此更能表征这一区域的整体状况。

2 资料整理说明

本文所用灰霾天气现象资料,整理自 1961 年 1 月 1 日至 2006 年 12 月 31 日京津冀平原地区航空气象测站天气现象与能见度逐时观测数据。这些测站包括河北的遵化、涿州、元氏、易县、唐山、石家庄、故城、藁城、定兴和沧州,北京的沙河、南苑和西郊,天津的静海和杨村。测站的地理位置分布见图 1,其位置大体上可表征所对应城市的周边乡村或城郊结合部的大气环境。

与能见度紧密相关的天气现象,大致分为 9 类:雾、轻雾、吹雪、雪暴、沙尘暴、扬沙、浮尘、烟幕和霾。考虑到能源结构的变化,这里将历史资料上的烟幕和霾联合统计,视为灰霾。另外,根据中国气象局(2010)《霾的观测和预报等级》的规定,对历史资料中相对湿度小于 95% 的轻雾也归类为灰霾。

在统计灰霾、沙尘、降雨和降雪天气对能见度的影响时,将能见度分为小于 10 km、小于 4 km 和

小于 1 km 3 个档次。这样分档有其实际意义,即 10 km 能见度对应灰霾和沙尘天气的天气现象定义,4 km 对应航空交通的影响,1 km 对应陆上和水面交通的影响。当 1 日内 24 次观测,有一次观测到能见度小于上述 3 个档次时,就记录当日发生该档次天气现象 1 次。因此,这样统计出的能见度小于 10 km 的日数就包含小于 4 km 和小于 1 km 的日数,能见度小于 4 km 的日数包含小于 1 km 的日数。需要说明的是,本文只对整理后的关于灰霾的数据进行了初步的分析。

3 京津冀平原地区灰霾天气日数的年代变化

从 20 世纪 60 年代到 21 世纪初,京津冀平原地区的灰霾天气现象次数,总体上呈增加的趋势。但不同的测站和地区,由于其所处环境的差异,也表现出自身的特点和趋势。这种特点和趋势要么与当地的经济展方式有关,也可能与京津冀地区天气、气候的变化有关联,也可能与该地区的城市化(特别是大城市)过程有关。

图 2 给出了该地区典型场站灰霾天气日数变化及其趋势。其最主要的特点如下:(1)大城市周边场站(如北京的西郊、河北的石家庄),从 20 世纪 60 年代以来,灰霾天气一直呈稳步增加的趋势;(2)中小城市周边场站,从 20 世纪 70 年代中期到 20 世纪 90 年代初期,灰霾天气日数呈下降的趋势;(3)中小城市周边场站,从 20 世纪 90 年代到本世纪初,灰霾天气日数急剧增加;(4)从 21 世纪初开始,所有场站的灰霾天气日数仍呈增加的态势,但增加的幅度有放缓的迹象,特别是北京地区,灰霾天气日数还出现了平缓下降的势头。

表 1 给出了该地区典型场站灰霾天气日数的年代统计。从 21 世纪 60 年代到 70 年代,除北京南苑以外,所有场站的灰霾天气日数都在增加,其中增加 1 倍的场站有北京的沙河、天津的静海、河北的沧州和石家庄地区(其中的元氏场站增加了近 2 倍)。

从 20 世纪 70 年代到 80 年代,除北京西郊、天津

表 1 京津冀平原地区测站灰霾天气年代平均天数统计结果（1961~2006年）

Table 1 The interdecadal mean frequency of dust-haze weather of the typical aviation weather stations in North China Plain during 1961–2006

	d				
	1960	1970	1980	1990	21世
	年代	年代	年代	年代	纪初
北京沙河	77	141	138	183	221
北京西郊	103	142	159	204	219
北京南苑	250	215	169	235	277
河北遵化	—	105	101	204	277
河北唐山	217	244	212	245	321
河北涿州	92	143	90	180	276
河北定兴	95	153	90	171	266
河北易县	—	94	59	193	254
天津杨村	106	184	206	192	254
天津静海	51	109	105	198	285
河北沧州	52	100	97	189	293
河北故城	54	69	111	219	285
河北石家庄	102	198	244	284	318
河北藁城	115	213	269	292	315
河北元氏	55	162	246	284	304
年代平均	105	151	153	218	278
标准差	62	51	68	41	31

杨村、河北故城和石家庄地区（包括藁城和元氏），其他场站的灰霾天气日数都有不同程度的下降，其中北京南苑与河北涿州、定兴和易县下降的幅度最明显，下降了近50%。

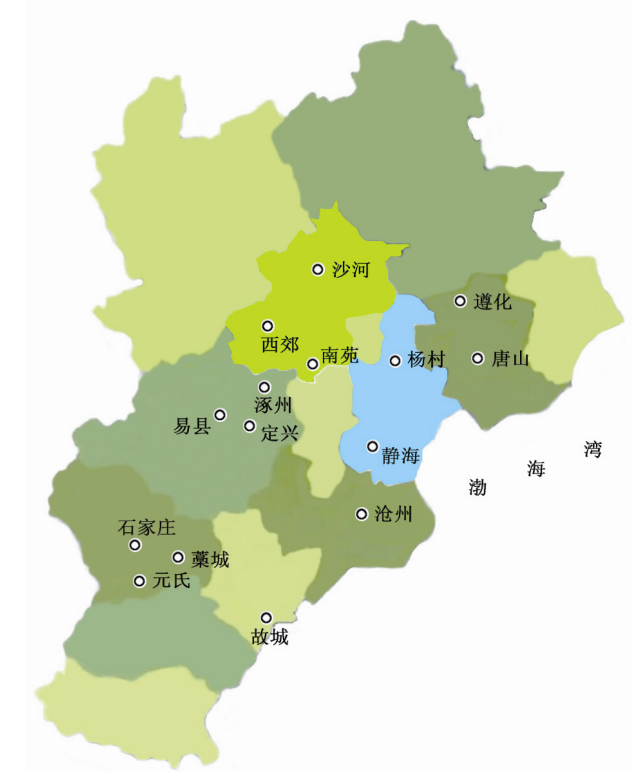


图 1 京津冀平原地区航空气象观测站地理位置分布

Fig. 1 The distribution of the North China Plain aviation weather stations

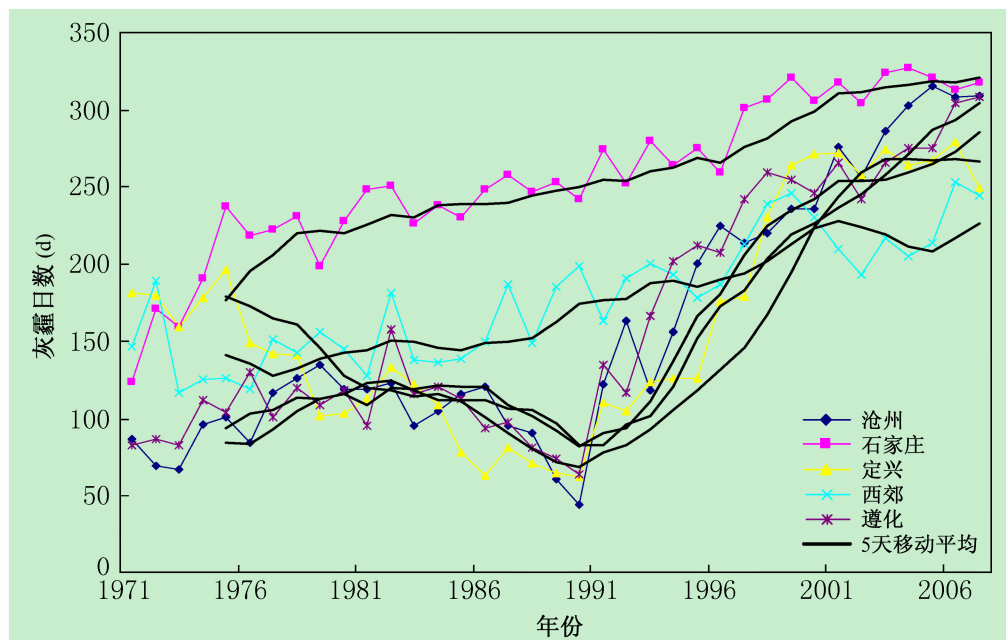


图 2 京津冀平原地区典型观测场站灰霾天气日数的年代变化及趋势

Fig. 2 The interdecadal variation and trend of dust-haze weather's frequency of typical aviation weather stations in North China Plain

从 20 世纪 80 年代到 90 年代,除天津杨村以外,所有场站的灰霾天气日数都增加,特别是中小城市周边场站灰霾天气日数增加得更加剧烈,几乎增加了 1 倍。

从 20 世纪 90 年代到 21 世纪初,所有场站的灰霾天气日数继续增加;虽然增幅有所放缓,但所有场站的灰霾天数都超过了 200 d;特别是河北唐山和石家庄地区,其灰霾天气日数超过了 300 d。

从各场站灰霾天气日数的年代均值和标准差来看,20 世纪 80 年代以前各场站灰霾天气日数的离散较大,21 世纪初的离散较小。这说明 20 世纪 80 年代以前,灰霾天气现象更多表现为局地特征;除北京南苑和河北唐山场站灰霾天气日数 200 d 以上以外,其他场站 20 世纪 60 年代灰霾天气日数在 50~100 d 之间,20 世纪 70 年代在 100~150 d 之间;20 世纪 90 年代以来,灰霾天气现象表现为区域特征,其表现为几乎所有场站的灰霾天气日数都超过了 200 d。

以上分析,指出了京津冀平原地区灰霾天气日数年代变化的总体趋势。其中有两个突出的现象特别值得注意:一是 20 世纪 70 年代至 20 世纪 90 年代初,该地区中、小城市灰霾天气日数的减少现象;二是 20 世纪 70 年代以来,石家庄地区相比于北京地区,其灰霾天气日数剧增现象。下面分节对此两现象进行进一步的说明。

3.1 20 世纪 70 年代至 90 年代初中、小城市灰霾天气日数的减少现象

从 20 世纪 70 年代中期到 90 年代初期,除河北故城和石家庄地区以外,其它场站的灰霾天气日数都表现出不同程度的减少趋势,特别是中小城市场站,这种趋势更明显,如比邻北京的河北涿州、定兴和易县场站;其中涿州和定兴的灰霾天气日数,从 1975 年的 170 d 左右减少到 1990 年的 70 d 左右,减少了将近 100 d。虽然其它场站这种减少趋势不如以上 3 场站明显,但要么表现为比较缓慢的下降(如北京沙河场站),要么表现为下降位相的差异(如河北唐山场站);但总体上都表现出灰霾天气日数下降的趋势(图 3)。

考查这一时期灰霾天气日数减少的原因,可能与当时整个国家的环境保护政策的落实和政府的执行能力有很大关系,也可能与当时产业结构和产业的所有性质有关。这对目前的大气污染治理和调控可能有一定的借鉴作用。

3.2 20 世纪 70 年代中期以来石家庄地区灰霾天数的剧增现象

20 世纪 60 年代,石家庄地区每年的灰霾天气日数与北京地区大体相当,平均每年有 100 d 左右。但从 20 世纪 70 年代初期开始到 21 世纪初,石家庄地区的灰霾天气日数急剧增加,平均比北京地区多出 100 d 左右(图 4)。北京和石家庄都是京津冀地区的大城市,城市化带来的污染必定影响周边的大气环境。但比较来看,石家庄地区的城市化水平,不光是 20 世纪 80 年代前低于北京地区,即使是 80 年代后,其城市化水平也大大低于北京地区(刘学峰等, 2005; 王喜全等, 2006)。因此,20 世纪 70 年代中期以来,石家庄地区灰霾天数的迅速增加并超过北京地区,可能还有非城市化的因素,如上游工业排放(张春生等, 2002),华北中尺度低压中心的南下移动(刘瑞晨等, 1983)。这些因素对石家庄地区灰霾天气日数的影响,有待进一步深入研究。

4 总结

20 世纪 90 年代以来京津冀平原地区灰霾天气日数的剧增,直观上看是与经济发展相伴随的污染物排放的增加相关联。但文章的初步分析结果也表明,从 20 世纪 70 年代中期到 20 世纪 90 年代初期,京津冀平原地区的一些中小城市的灰霾天气日数是呈减少趋势的;如果考虑到这些城市的经济在此期间也是发展的,这一减少趋势就特别有意味。Vautard et al. (2009) 和 van Oldenborgh et al. (2010) 的研究也指出,近 30 年来欧洲主要城市的灰霾天气日数呈现出减少的趋势。这似乎说明,经济发展未必一定带来灰霾天气日数的增多。因此,20 世纪 90 年代以来京津冀平原地区灰霾天气日数剧增,可能也是多方面因素造成的一个综合结果,虽然有这一地区大气污染物排放增加的因素,特别是 PM_{2.5} (大气中直径小于或等于 2.5 μm 的颗粒物) 浓度的增加对能见度影响的因素(Rogers et al., 1991; 王京丽等, 2004)。但近年来京津冀地区冷空气活动减弱,也是一个不容忽视的因素和事实(王遵娅和丁一汇, 2006; 钱维宏和张玮玮, 2007)。这可能是自 20 世纪 90 年代以来,京津冀平原地区灰霾天气日数急剧增加的自然因素,是值得进一步深入研究的。

环境问题是一个发展问题,是生产和生活方式

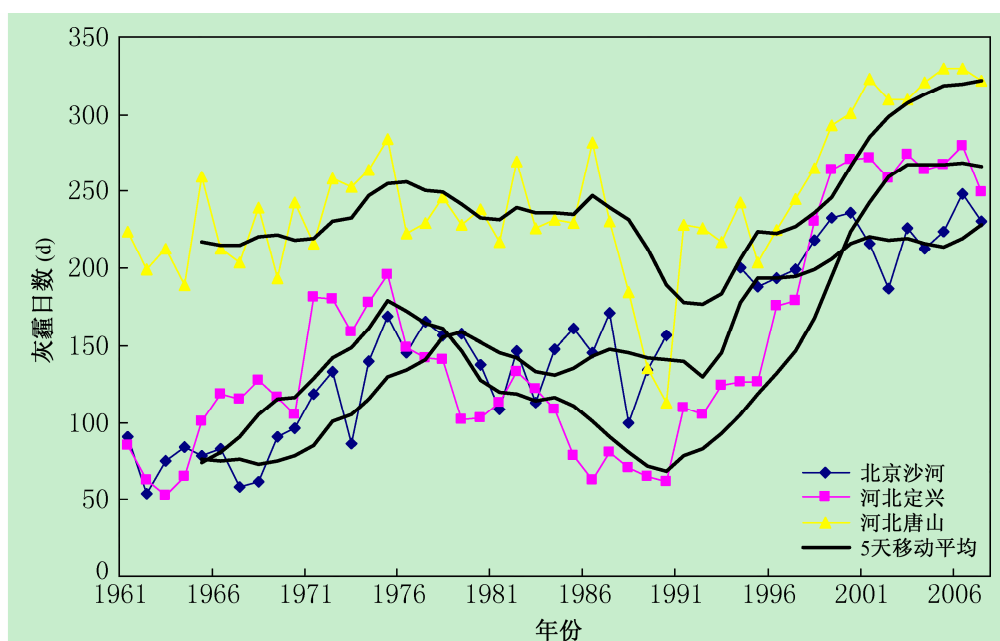


图3 20世纪70年代中期至90年代初期京津冀平原中小城市市场站灰霾日数的下降趋势

Fig. 3 The declining trend of dust-haze weather's frequency of middle and small cities in North China Plain between the 1970s and 1990s

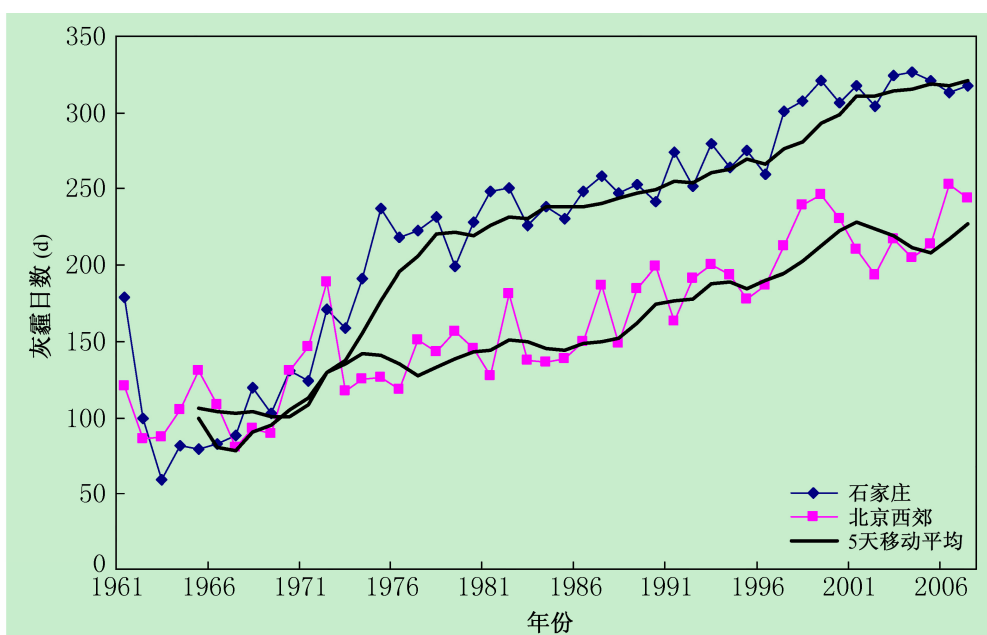


图4 石家庄地区(藁城)与北京地区(西郊)灰霾天气日数变化趋势的分离

Fig. 4 The trends of dust-haze weather's frequency of Shijiazhuang's area and Beijing's area

问题，同时也是一个自然演化问题。本文的主要目的是想提出两个问题，一是20世纪70年代到20世纪90年代初，在京津冀地区普遍发展的情况下，中小城市为何出现灰霾天气日数减少的现象，是自然原因还是污染控制的原因；二是自20世纪70年代以后，北京地区和石家庄地区灰霾天气日数分道扬镳的问题，该地区的城市化以及华北中尺度低压

中心的南北移动，对此起到了什么样的作用。对该两问题的研究和揭破，将有助于京津冀地区灰霾的治理和预测研究。

参考文献 (References)

刘瑞晨, 扈忠慈, 李人和. 1983. 华北平原中尺度低气压的若干事实 [J].

- 大气科学, 7 (1): 78-87. Liu Ruichen, Hu Zhongci, Li Renhe. 1983. Certain facts about the meso-scale low over the North China Plains [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 7 (1): 78-87.
- 刘学峰, 阮新, 谷永利. 2005. 石家庄地区气温变化和热岛效应分析 [J]. 环境科学研究, 18 (5): 11-14. Liu Xuefeng, Ruan Xin, Gu Yongli. 2005. Study of temperature change and heat island effect in Shijiazhuang area [J]. Research of Environmental Sciences (in Chinese), 18 (5): 11-14.
- 钱维宏, 张玮玮. 2007. 我国近 46 年来的寒潮时空变化与冬季增暖 [J]. 大气科学, 31 (6): 1266-1278. Qian Weihong, Zhang Weiwei. 2007. Changes in cold wave events and warm winter in China during the last 46 years [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 31 (6): 1266-1278.
- Rogers C F, Hudson J G, Hallett J, et al. 1991. Cloud droplet nucleation by crude oil smoke and coagulated crude oil/wood smoke particles [J]. Atmospheric Environment, 25A: 2571-2580.
- van Oldenborgh G J, Yiou P, Vautard R. 2010. On the roles of circulation and aerosols in the decline of mist and dense fog in Europe over the last 30 years [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 10: 4597-4609.
- Vautard R, Yiou P, van Oldenborgh G J. 2009. Decline of fog, mist, and haze in Europe over the past 30 years [J]. Nature Geoscience, 2: 115-119. DOI:10.1038/ngeo414.
- 王京丽, 谢庄, 张远航, 等. 2004. 北京市大气细粒子的质量浓度特征研究 [J]. 气象学报, 62 (1): 104-110. Wang Jingli, Xie Zhuang, Zhang Yuanhang, et al. 2004. The research on the mass concentration characteristics of fine particles in Beijing [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 62 (1): 104-110.
- Wang K C, Dickinson R E, Liang S L. 2009. Clear sky visibility has decreased over land globally from 1973 to 2007 [J]. Science, 323: 1468-1470. DOI:10.1126/science.1167549.
- 王喜全, 王自发, 郭虎. 2006. 北京“城市热岛”效应现状及特征[J]. 气候与环境研究, 11 (5): 627-636. Wang Xiquan, Wang Zifa, Guo Hu. 2006. The study of the urban heat island in Beijing City [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 11 (5): 627-636.
- 王遵亲, 丁一汇. 2006. 近 53 年中国寒潮的变化特征及其可能原因 [J]. 大气科学, 30 (6): 1068-1076. Wang Zunya, Ding Yihui. 2006. Climate change of the cold wave frequency of China in the last 53 years and the possible reasons [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 30 (6): 1068-1076.
- 张春生, 张大杰, 董兆祥. 2002. 概论石家庄城市环境问题与防治对策 [J]. 石家庄经济学院学报, 25 (4): 378-380. Zhang Chunsheng, Zhang Dajie, Dong Zhaoxiang. 2002. Expound city's environmental issue of Shijiazhuang and countermeasure for the prevention and cure [J]. Journal of Shijiazhuang University of Economics (in Chinese), 25 (4): 378-380.
- 中国气象局. 2010. 霾的观测和预报等级 (QX/T113-2010) [S]. 北京: 气象出版社, 3pp. China Meteorological Administration. 2010. Observatin and Forecast Standard for Haze (QX/T113-2010) [S]. Beijing: China Meteorological Press(in Chinese), 3pp.