

孟妙志, 卢晔, 王仲文, 等. 2013年冬季宝鸡重度雾霾污染分析 [J]. 陕西气象, 2015 (3): 48-52.

文章编号: 1006-4354 (2015) 03-0048-05

2013年冬季宝鸡重度雾霾污染分析

孟妙志¹, 卢晔¹, 王仲文¹, 张向荣¹, 韩洁¹, 庞翻¹, 朱筱娟²

(1. 宝鸡市气象局, 陕西宝鸡 721006; 2. 宝鸡市环境监测中心站, 陕西宝鸡 721006)

摘要: 利用气象观测资料和 PM_{2.5} 质量浓度资料, 统计分析宝鸡市 2013 年冬季重度雾霾污染日时空特征, 探讨雾霾污染日各气象要素的特征。分析发现: ①2013 年 12 月—2014 年 2 月宝鸡出现重度雾霾污染日 28 d, 为近 5 a 来最多。②重度雾霾污染天气过程多持续 4~8 d; 污染严重时次出现在 19—24 时, 具有显著日变化。③宝鸡市东部污染重于西部, 弱东风利于重度雾霾污染出现 (加剧), 转为西风时污染减弱。④重度雾霾污染天气的主要成因包括, 有利的天气形势 (地面关中处于高压底部或后部) 维持, 大气混合层高度低, 相对湿度较大 (70% 左右), 风速较小 (<2 m/s), 连续无降水日长。⑤重度雾霾污染主要为本地污染物聚集所致。

关键词: 重度雾霾污染; 统计特征; 气象成因; 区域输送

中图分类号: X16

文献标识码: A

空气污染与气象条件密切相关, 当出现雾霾天气时, 空气污染加重。2013 年冬季宝鸡雾霾天气出现频繁, 宝鸡市空气质量一度排在全国空

气质量最差行列, 因此有必要对 2013 年冬季宝鸡重度雾霾污染天气进行分析, 为做好空气质量预报积累经验。

收稿日期: 2014-12-23

作者简介: 孟妙志 (1964—), 女, 甘肃平凉人, 高工, 从事天气预报及其研究工作。

基金项目: 陕西省社会科学基金重点项目 (2014ZD09), 宝鸡市渭滨区科技进步计划社会发展项目 (201405)

业具有重要作用。

(3) 应充分利用现有的气象观测网和人影特种设备雨滴谱仪、微波辐射计等, 与空中飞机探测资料相结合, 开展飞机作业效益评估, 指导航线设计, 使航线设计方案更加科学。

参考文献:

- [1] 王守荣, 朱川海, 程磊, 等. 全球水循环与水资源 [M]. 北京: 气象出版社, 2003: 19.
- [2] 中国气象局科技教育司. 飞机人工增雨 (雪) 作业业务规范 (试行) [S]. 2000.
- [3] 梁谷, 田显, 李燕. 人工增雨效果评估中历史降水量代表性的探讨 [J]. 陕西气象, 2012 (4): 16-18.

- [4] 段英, 吴志会, 石立新. 飞机人工增雨催化条件的研究 [J]. 生态农业研究, 1998, 6 (1): 82.
- [5] 周线娅, 胥洁, 杨海蓉. 西安咸阳机场雷暴天气统计分析及其观测方法 [J]. 陕西气象, 2014 (3): 23-25.
- [6] 胡志晋. 层状云人工增雨机制、条件和方法探讨 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (增刊): 10-13.
- [7] 刘文. 用极轨气象卫星资料分析飞机增雨云层条件 [J]. 气象科技, 2005, 33 (1): 81-86.
- [8] 中国气象局人工影响天气办公室, 中国气象局科技教育司. 人工增雨指导手册 [G]. 北京, 1994.
- [9] 苏正军. 含 AgI 焰剂成冰特性的实验研究 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
- [10] 李艳伟. 冷云催化剂及其在层状云催化增雨中的应用研究 [D]. 南京: 南京气象学院, 2004.

1 冬季雾霾污染特征

统计标准: 某日宝鸡市地面观测资料中记录水平能见度 <5.0 km, 同时宝鸡市环境监测站提供的当日空气质量数据中对应应有4个时次(02、08、14、20时)连续出现 $PM_{2.5}$ 质量浓度 $>150 \mu g/m^3$ (或 $PM_{2.5}$ 质量浓度 $\geq 250 \mu g/m^3$), 记为一个重度雾霾污染(或严重雾霾)日(HJ633—2012《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》, 重度污染日为 $150 \mu g/m^3 \leq PM_{2.5}$ 质量浓度 $<250 \mu g/m^3$ 、严重污染日为 $PM_{2.5}$ 质量浓度 $\geq 250 \mu g/m^3$)。

2013年12月—2014年2月宝鸡市出现28 d重度雾霾污染日(包含12 d严重雾霾污染日)

(图1), 2013年12月8 d, 2014年1月7 d, 2月13 d。其中出现1 d的有5次重度雾霾污染过程, 维持4 d、5 d、6 d的过程各1次, 最长1次过程维持8 d, 出现在2013年12月18—25日。1月主要为单日重度雾霾污染, $PM_{2.5}$ 质量浓度主要在 $150 \sim 250 \mu g/m^3$, 只有31日最高为 $499 \mu g/m^3$; 12月、2月均为连续性重度雾霾污染过程, $PM_{2.5}$ 质量浓度为 $250 \sim 492 \mu g/m^3$, 连续性雾霾污染重, 危害更大, 其中12月19日污染最严重, 最低能见度仅为0.5 km, $PM_{2.5}$ 质量浓度最高达 $492 \mu g/m^3$, 属于严重雾霾污染。宝鸡年均重度雾霾24 d、冬季平均18 d^[1], 因此2013年重度雾霾较常年明显偏多。

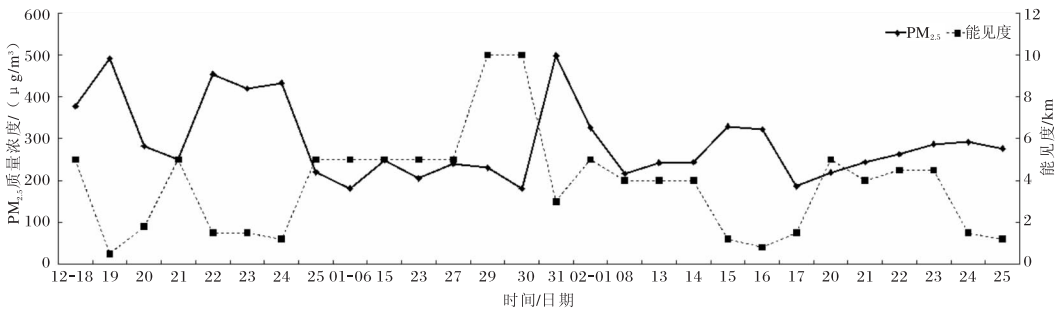


图1 2013-12-2014-02 宝鸡市重度雾霾日 $PM_{2.5}$ 质量浓度 ($\mu g/m^3$) 及能见度 (km)

分析宝鸡市7个环境监测点28 d重度雾霾污染日的 $PM_{2.5}$ 质量浓度演变(图略), 各站点的波动趋势基本一致, $PM_{2.5}$ 质量浓度在 $50 \sim 550 \mu g/m^3$ 区间变化; 陈仓区环保站 $PM_{2.5}$ 质量浓度最大, 污染最严重, 其他站依次为三陆医院、监测站、文理学院, 三迪小学、技工学校, 竹园沟。总体而言, 宝鸡市 $PM_{2.5}$ 质量浓度的空

间分布具有自西向东逐渐增大的特点。陈仓环保站靠近污染源(化工厂), 三陆医院、监测站、文理学院在主城区, 容易污染。

从2013年12月18—25日宝鸡市区(三陆医院)和陈仓区监测站 $PM_{2.5}$ 质量浓度逐时演变(图2)可以看出, 宝鸡市区及陈仓区变化趋势完全一致, 陈仓区污染重于宝鸡市区; $PM_{2.5}$ 质

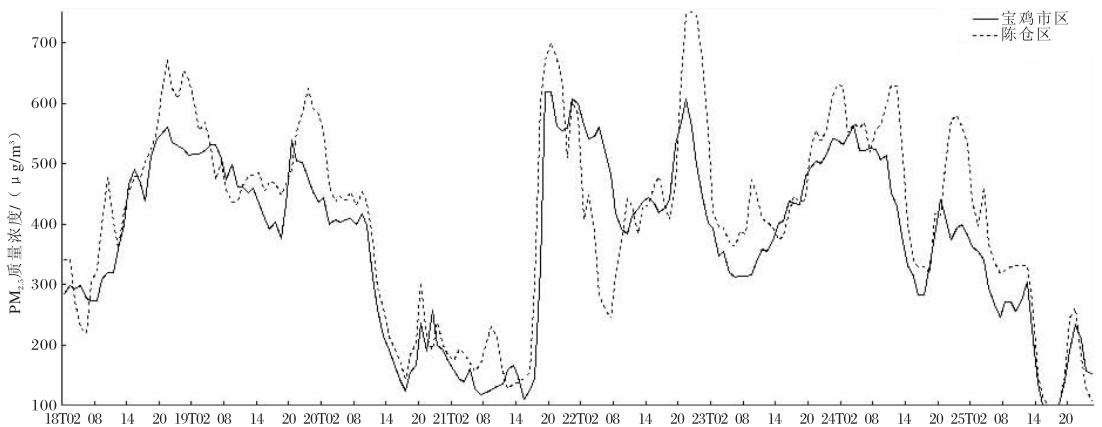


图2 2013-12-18-25日宝鸡市区(三陆医院)和陈仓区监测站逐时 $PM_{2.5}$ 质量浓度 ($\mu g/m^3$)

量浓度峰值出现于每日 20 时前后。从 17 日 17 时开始 $PM_{2.5}$ 质量浓度陡增到 $200 \mu g/m^3$ 以上, 25 日 17 时陡降至 $200 \mu g/m^3$ 以下, 18、19、21、22、23 日 20 时 $PM_{2.5}$ 质量浓度峰值均大于 $500 \mu g/m^3$, 其中, 21 日 19—20 时、22 日 21—22 时宝鸡空气质量居全国最差行列。

2 重度雾霾污染日气象因子分析

2.1 静稳天气形势有利于雾霾的形成与维持

分析典型重度雾霾日天气图可发现, 高空 500 hPa 大气环流稳定, 中纬度 $40^\circ N$ 维持平直西风气流, 无明显冷空气活动; 中低空风速 $\leq 5 m/s$; 700 hPa 偏南风、850 hPa 偏东风在关中、陕南形成相对湿度 $\geq 60\%$ 的高湿区; 关中大气层结稳定, 且在 700~850 hPa 具有下冷上暖的“逆温层”, 空气垂直运动受到限制; 地面有冷空气从 $40^\circ N$ 附近蒙古国东移到华北, 关中处于蒙古高压底部转华北高压后部的形势(图略)。这种天气形势下, 宝鸡地区云量较多、气温低、风力较小, 在此静稳大气环境下^[1], 空气中颗粒物难以进行垂直扩散, 且水平扩散被阻滞在低空和近地面层, 从而形成雾霾。

2.2 大气混合层高度低

大气混合层高度是反映污染物在铅直方向扩散的重要参数, 与地面污染物扩散有明显关系,

混合层高度越高, 污染物在铅直方向的稀释范围越大, 越有利于污染物的扩散。反之混合层高度越低, 则污染物垂直扩散范围越小, 污染物浓度越大, 污染越严重。根据西安探空站(关中唯一探空站, 对关中有代表性)显示, 2013 年 12 月 15 日关中最大混合层高度为 1 132 m, 垂直扩散较高, 16—25 日最大混合层高度降至 668 m 以下, 其中 21、24 日最低为 300 m 左右, 26 日混合层高度陡增 700 m 以上。对应 17—25 日宝鸡地区出现了重度到严重雾霾污染天气, $PM_{2.5}$ 质量浓度达到 $150 \mu g/m^3$ 以上, 26 日 $PM_{2.5}$ 质量浓度下降到 $100 \mu g/m^3$ 以下。

2.3 湿度大有利于气溶胶吸湿增长

研究^[4]表明, 颗粒物的吸湿增长特性可影响在大气中的真实尺寸。宝鸡雾霾天气研究^[1]指出, 相对湿度与 $PM_{2.5}$ 质量浓度的相关系数达 0.5。分析 2013 年重度雾霾日相对湿度和风速(图 3)可见, 1 月宝鸡市区相对湿度为 45%~75%, 其日波动在 30% 左右, 对应 $PM_{2.5}$ 质量浓度为 $150\sim 250 \mu g/m^3$; 而 12 月及 2 月, 宝鸡市区相对湿度为 70%~90%, 明显偏高, 且湿度的日波动较小约为 15%, 对应 $PM_{2.5}$ 质量浓度 $\geq 250 \mu g/m^3$, 即相对湿度越大, 易造成 $PM_{2.5}$ 质量浓度增大, 加重污染。

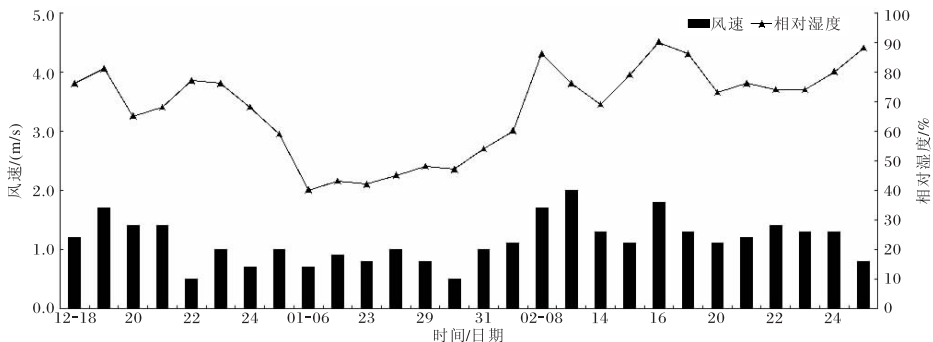


图 3 2013-12-2014-2 重度雾霾日宝鸡市相对湿度 (%) 及风速 (m/s)

2.4 风速小不利于污染物扩散

从图 3 可见, 重度雾霾日宝鸡市日平均风速为 $0.5\sim 2 m/s$, 地面逐时风速为 $0\sim 3.3 m/s$, 日平均风速小且变化不大, 大气中的污染物难以水平扩散稀释, 造成污染物局地堆积, 从而容易形成重度雾霾污染。

2.5 偏东风平流输送

统计显示宝鸡重度雾霾日的风向以东风和静风最多。市区东侧的陈仓区 $PM_{2.5}$ 质量浓度始终高于市区, 且 $PM_{2.5}$ 质量浓度先于市区增加。逐时风分析显示, 宝鸡持续偏东风时均对应 $PM_{2.5}$ 高质量浓度持续时段, 且东风增大到 $2 m/s$ 以上

时, $PM_{2.5}$ 质量浓度陡增。宝鸡西风转为东风时, $PM_{2.5}$ 质量浓度增加明显, 例如 12 月 18 日 14 时西风转为东风, 东风维持到 20 日 08 时, 对应 $PM_{2.5}$ 质量浓度陡增到 $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上并持续高值 (图 2); 20 日 14 时—21 日 14 时, 宝鸡为西风, 对应 $PM_{2.5}$ 质量浓度降至 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下; 21 日 14 时西风转为东风并维持, 对应 $PM_{2.5}$ 质量浓度陡增到 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上并持续高值。偏东风平流输送致使污染物集聚, 加剧了宝鸡雾霾污染, 这与 $PM_{2.5}$ 自西向东逐渐增加的空间分布特点相一致。即弱东风有利于宝鸡重度雾霾污染出现。

2.6 连续无降水日数多

降水对清除大气中的污染物质起着重要的作用, 郑庆锋等的研究指出^[3], 重度雾霾日与降水日及降水量呈负相关。对于宝鸡雾霾天气研究^[1]发现近 30 a 重度霾发生站次和平均最长连续无降水日具有正相关关系, 相关系数高达 0.94, 连续 15 d 以上无降水, 重度霾频次明显升高。2013 年 11 月 23 日—2014 年 2 月 4 日宝鸡市未出现有效降水, 连续无降水使得空气中的各类污染物累积, 在适宜的气象条件下形成重度雾霾天气, 造成空气污染严重。首次重度雾霾污染出现于连续无降水 23 d 后的 12 月 18 日。

3 典型污染日分析

2013 年 12 月 19 日和 2014 年 1 月 31 日为两个严重污染日, $PM_{2.5}$ 质量浓度分别为 492、499 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。两次过程天气形势、风向风速差别不大, 但两次过程雾霾发生机制有所不同。

19 日有 22 个时次 $PM_{2.5}$ 质量浓度在 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上, 对应相对湿度为 75%~87%, 其中, 01—14 时相对湿度持续在 80% 以上, 为雾,

15—24 时相对湿度持续在 73%~75%, 为霾, 能见度最低仅 0.5 km, 即 19 日先雾后霾引起空气严重污染。 $PM_{2.5}$ 质量浓度峰值达 $540 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 出现在 20 时, 之后缓慢下降。即雾霾交替出现污染将加重。

2014 年 1 月 30—31 日为春节的除夕和初一, 相对湿度为 30%~70%, 最低能见度为 3 km, 持续出现霾。30 日白天 $PM_{2.5}$ 质量浓度约为 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 19 时后陡增, 22 时出现第一个峰值 $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 31 日 02 时出现第二个峰值 $666 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 10 时出现本次过程的最高峰值 $840 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 其后缓慢下降到 $319 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 后又上升。 $PM_{2.5}$ 质量浓度峰值的出现时段与燃放烟花密切相关。在稳定的气象条件下, 燃放烟花可造成、加重霾污染。

4 与西安地区污染关系

宝鸡位于西安以西 176 km, 冬季盛行偏东风, 西安是雾霾污染较为严重的城市, 因此有必要分析两地是否有污染输送。重度霾污染主要发生在大气边界层中, 一个区域对另一个区域产生影响, 必然有一条污染物输送通道, 为此利用宝鸡和西安地区空气质量指数、风向、风速等资料探讨宝鸡与西安地区空气污染是否相互影响。

4.1 空气质量指数 (AQI)

对比重度雾霾污染过程中宝鸡和西安的空气质量指数 (AQI) (图 4) 可以看出, 两个地区的 AQI 指数变化趋势一致, 同时上升或下降, 相关系数达到 0.80, 宝鸡 AQI 指数时间上并未表现出明显的超前或延迟现象, 宝鸡 AQI 指数有时小于西安, 有时大于西安, 这表明两地区域空气污染相互影响不明显。

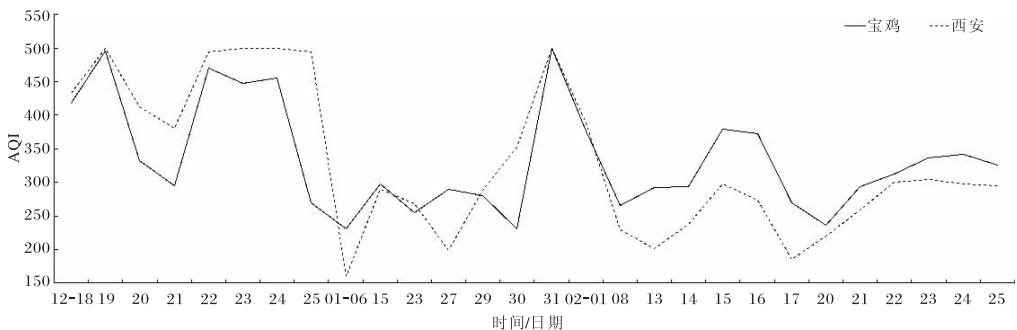


图 4 2013 年冬季重度霾污染过程宝鸡和西安空气质量指数 (AQI) 对比

4.2 风速风向

对比宝鸡和西安的日平均风速 (图 5a)。重度霾污染发生时, 两地风速较小或静风 (风速小于 3.5 m/s, 且以风速 ≤ 1 m/s 为主), 极其不利于污染物水平扩散。12 月 18—25 日严重污染过程, 两地风速均在 1 m/s 以下, 即风速 3.6 km/h 以下, 宝鸡和西安相

距 176 km, 污染物输送需要 48 h。但图 4 显示两地空气质量指数并无这种规律, 表明两地污染物输送不明显。从两地的风向对比 (图 5b) 来看, 重度雾霾污染发生时, 宝鸡主要为偏东风, 西安以偏西风为主, 偏西风或偏东风都有出现, 宝鸡和西安没有形成明显的区域污染输送通道。

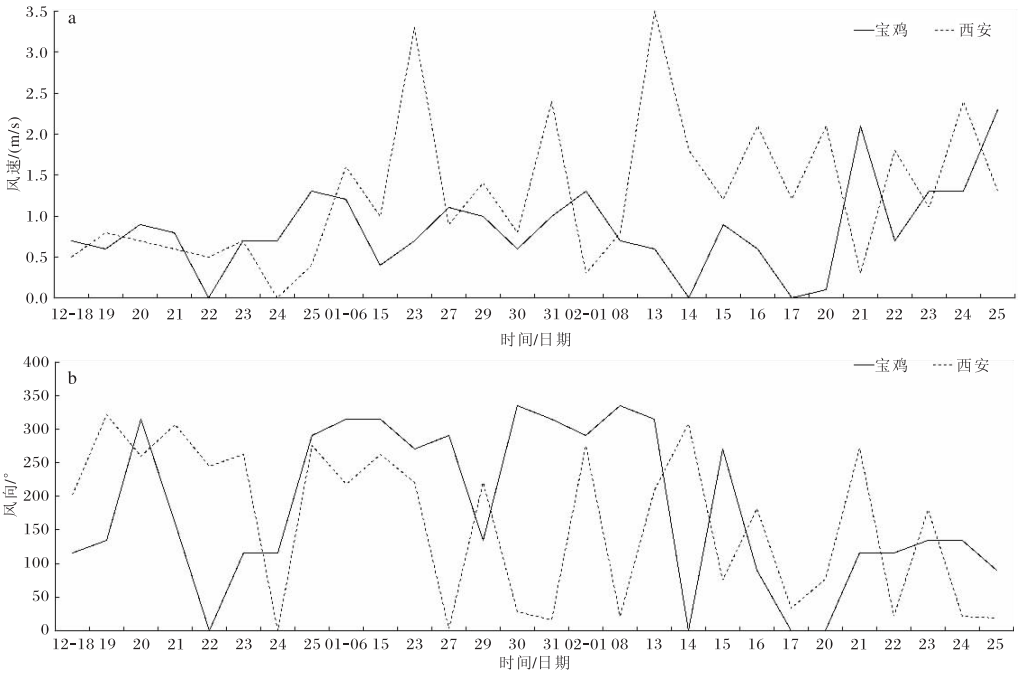


图 5 2013 年冬季重度雾霾污染过程宝鸡和西安风速 (a) 和风向 (b) 对比

5 结语

(1) 2013 年冬季宝鸡重度雾霾污染频次多、连续时间长、污染严重是显著的特征。其形成的主要气象因素包括, 有利的天气形势 (地面关中处于高压底部或高压后部) 稳定维持, 大气混合层高度低于 700 m, 相对湿度较大, 风速较小, 连续无降水日长。

(2) 重度雾霾污染时次易出现在 19—24 时, 具有明显的日变化。

(3) 宝鸡静风及弱东风利于重度雾霾污染出现 (加剧), 转为西风时污染将减弱。

(4) 在稳定的气象条件下, 雾霾交替出现、燃放烟花可造成严重污染。

(5) 宝鸡市东部污染重于西部。在城市建设中遵循气象规律, 统筹考虑城市通风与污染物扩

散, 趋利避害。

(6) 2013 年冬季宝鸡重度雾霾污染期间, 宝鸡和西安之间无明显的区域污染输送。

参考文献:

- [1] 庞翻, 韩洁, 王婷. 宝鸡市重度灰霾天气气候特征及气象条件分析 [J]. 陕西气象, 2013 (6): 22-25.
- [2] 蒋维楣. 空气污染气象学 [M]. 南京: 南京大学出版社, 2003: 13-14.
- [3] 郑庆锋. 上海霾天气发生的影响因素分析 [J]. 干旱气象, 2012, 30 (3): 367-373.
- [4] 吴奕霄, 银燕, 顾雪松, 等. 南京北郊大气气溶胶的吸湿性观测研究 [J]. 中国环境科学, 2014 (8): 996-1001.