

一次罕见空气污染的天气过程分析

福建省长汀县气象局 罗 威

[摘要] 该文针对 2010 年 3 月 21~23 日福建省出现的大范围严重影响全省空气质量和能见度的环境污染事件,利用 PM_{10} (可吸入颗粒物) 监测资料和气象资料进行该事件的天气过程分析,结果表明:此次空气污染与北方强冷空气引起的沙尘暴、扬沙过后其尚未下沉的尘土和细沙随高空气流进入本省的沙尘天气之间存在对应关系,其污染物所属的天气现象为浮尘。

[关键词] 空气污染 浮尘天气 过程分析

0 引言

2010 年 3 月中旬末至下旬初,我国出现了一次大范围的严重的由沙尘暴和扬沙引发的空气污染过程。此次污染过程强度强、范围大,不仅对北方等地区造成了影响,沙尘还伴随大风一路南下,蔓延至黄淮、江汉、江淮、华南大部等,累计影响 21 个省(区、市),并波及到日本、韩国。此次沙尘天气所造成的严重空气污染中的 PM_{10} 浓度在多地突破历史极值,受其影响,当年 3 月 21~23 日福建省自北而南由沿海到内陆出现多年来罕见的大范围严重影响全省空气质量和能见度的环境污染(简称“3.22”空气污染)。据环境部门监测,当时全省 9 个设区市城市中有 7 个城市空气中的 PM_{10} 指数最大时达到(或超过)仪器所能测量的最大上限值 500,而根据我国空气污染指数范围及相应的空气质量类别标准^[1], PM_{10} 指数 >300 时,属于最高级别的重污染。本文通过环境监测部门的监测资料以及造成此次污染事件的地面气象资料和高空气象资料进行综合分析,说明此次污染物的成因、迁移和对我省的影响,从而为 PM_{10} 的监测、预警和科学研究提供参考。

1 资料来源

1.1 空气污染物资料

2010 年 3 月 20~24 日空气污染首要污染物为 PM_{10} , PM_{10} 指数取全省 9 个设区市环境监测站监测到的 PM_{10} 浓度进行换算。资料来源于福建省环境保护厅环境监测空气质量日报。其日均值统计时段为北京时间前一日 12 时至当日 12 时止的 24 小时平均值。

1.2 气象观测资料

2010 年 3 月 20~24 日气象观测资料来源于福建省气象信息中心。

2 “3.22”空气污染实况、变化特征及成因

2.1 空气污染实况

PM_{10} 为飘浮在空气中的当量直径小于 10 微米的颗粒物,又称为可吸入颗粒物或飘尘,可吸入颗粒物的浓度以每立方米空气中可吸入颗粒物的毫克数表示。 PM_{10} 可由被风扬起的尘土产生,其对人体健康和大气能见度的影响很大, PM_{10} 能够引起一系列严重的心血管及呼吸道疾病^[2]。

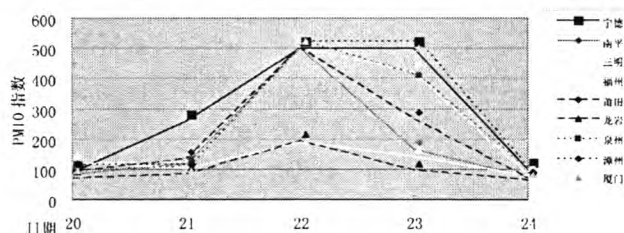
根据设区市监测到的空气污染物 PM_{10} 指数情况(见表 1),从 3 月 21 日起,宁德市的 PM_{10} 指数较前一日增大了 3 倍,空气质量状况已达中度重污染程度。南平、福州、莆田、泉州等设区市的 PM_{10} 与前一日相比,也有一定程度的上升。而到了 3 月 22 日,在 9 个设区市城市里, PM_{10} 全部上升,除三明和龙岩两个内陆山区城市的 PM_{10} 指数处于轻度污染外,其余 7 个城市更是达到了空气污染物 PM_{10} 指数仪器量程测算的最高值,也就是说这 7 个设区市城市的空气污染物 PM_{10} 的指数至少为 500,比 20 日分别至少上升了 2~7 倍,空气质量状况属于重污染。3 月 23 日,处于沿海的宁德和漳州 PM_{10} 指数仍保持在 500(或以上),福州、泉州和厦门的 PM_{10} 指数虽有所下降,但空气质量状况仍达到了重污染的水平,莆田空气质量状况属于中度重污染,只有龙岩、三明和南平等内陆城市的空气质量状况回落到良~轻度污染之间。到了 3 月 24 日,全省的 PM_{10} 指数完全降到 100 以下,回落到良的范围。根据报道,当时福建省许多地区天空一片昏黄,空气中弥漫着尘土的味道,露天、室内物体的平面上均布满了细沙和尘土。

表1 各设区市空气污染物 PM_{10} 指数表

日期 城市	20 日	21 日	22 日	23 日	24 日
宁德	88	260	500	500	99
南平	84	119	500	165	76
三明	121	103	188	143	80
福州	115	124	500	421	75
莆田	94	133	500	265	70
龙岩	69	83	192	95	64
泉州	94	111	500	387	59
漳州	93	94	500	500	65
厦门	72	72	500	476	59

2.2 空气污染变化特征

全省空气污染物 PM_{10} 指数变化图(见图1)显示,该次严重空气污染是从21日起自北而南从沿海到内陆开始顺次影响福建省的,最先影响福建省的东北部。至22日,已全面影响福建省,处于福建省内陆的西部地区影响程度较弱。23日从内陆往沿海影响程度依次减弱。到24日全面结束,空气质量状况已恢复到污染物入侵影响前水平。

图1 各代表站空气污染物 PM_{10} 变化图

2.3 空气污染成因

沙尘天气的形成必须具备“沙源地”这一物质条件以及相应的气象条件。福建省处于我国的南方,远离沙源地,省内森林茂密,森林覆盖率达68.3%(二类调查),位居全国第一,再加上当时也算不上干旱,因此,不可能由本地或附近区域形成如此大范围严重的高 PM_{10} 浓度空气污染。

蒙古国南部、我国内蒙古西部的阿拉善盟和甘肃西部等地区存在着大片广阔荒芜的沙漠,这里降水稀少,气候干燥,土质松散,多年来这里都是影响我国沙尘天气的主要沙源地之一,本次侵袭我国沙尘天气的尘土主要来自这些地方。进入3月中旬,这里的气温明显回升,地表温度急剧升高至4℃~6℃,土壤全面解冻,沙尘天气的卫星监测图像显示,主要沙尘区域的积雪已经融化,大量裸露、松散的沙土为沙尘天气的出现提供了良好的物质条件。3月19~20日,受从西伯利亚地区东移南下的冷空气影响,我国北方大部地区风力普遍达到5~7级,阵风8~9级,并出现了沙尘暴或强沙尘暴或

扬沙等天气现象。其沙尘天气过程伴有蒙古气旋的发生,导致沙尘主要源地产生强烈的上升运动,强风将地面的沙尘卷至高空,入侵我国冷空气相伴随的高空槽也明显向南伸展,致使我国东部地区高空西北气流加强。因高空风力大(风速达到40米/秒),裹着沙尘的空气沿途逗留时间短,途中沙尘沉降少、损耗小,随着高空上下一致的西北气流向东南长驱直入,直扑我国中、东部,造成我国中、东部大部分地区出现扬沙或浮尘的天气。3月20日,500百帕、700百帕东亚大槽继续加强并东移南伸,20时槽线已移出我国大陆,我国整个中、东部高空均在槽后的西北气流控制之下。3月21~22日,随着沙尘天气向东南继续扩散,导致福建省“3.22”严重空气污染事件的发生。受山脉和低层气流从偏东路径侵入的影响,这次沙尘天气主要经福建省沿海上空自北而南从沿海到内陆影响福建省,对福建省西部地区影响较小。

3 天气现象实况及要素变化特征

3.1 天气现象实况

根据地面气象观测规范定义,浮尘是指尘土、细沙均匀地浮游在空中,使水平能见度小于10.0km的视程障碍现象^[3]。浮尘多为远处尘沙经上层气流传播而来,俗称“落黄沙”,或为沙尘暴、扬沙出现后尚未下沉的细粒浮游空中而成。严重的会在水平面上形成一层灰尘,所以浮尘对 PM_{10} 浓度的贡献很大^[4]。出现浮尘时相对湿度会比较低,当高空浮尘下传时,相对湿度会迅速下降^[5]。浮尘对能见度变化的影响较快,当浮尘由上层气流传播而来时,风力一般较强,影响范围大,垂直能见度较差^[6]。

据福建省气象观测站所记录的霾和浮尘资料统计,3月20日仅有1个站记有霾。从3月21日开始,全省记有霾和浮尘的站数开始陡增,其站数为39个,占全省总站数的57%。3月22日记有霾和浮尘的站数达到最多,为44个,占全省总站数的64%。3月23日仍有16个站记有霾和浮尘,占全省总站数的23%。从3月24日起恢复平常状态,未再出现霾和浮尘。根据这些霾和浮尘所出现的时段与全省各环境监测站监测到的 PM_{10} 指数所出现的时段比较,两者之间存在着对应关系,呈正相关。参考刘从容^[7]、赵惠芳^[8]等的研究分析,产生这次 PM_{10} 指数猛增达到严重污染的污染物所属的天气现象应由北方出现的沙尘暴和扬沙随高空西北气流向东南扩散下来的浮尘,其所记载的霾,也应属沙尘天气影响,按浮尘考虑。这次空气污染过程中,福建的西部地区影响较轻,全省有23个站未记有霾或浮尘。

3.2 地面要素变化特征

这次沙尘天气首先影响的是福建省东北边的福鼎市,该地在3月20日23时后,湿度迅速下降。从3月21日6时起

风向偏东, 风力 1~2 级, 持续至 21 时, 21 时起转为偏北, 风力在静风到 1 级之间, 3 月 21 日极大风速为 4.7 米/秒, 风向东南, 出现时间为 13 时 57 分。3 月 21 日平均相对湿度 56%, 比前一日偏小 20%, 最小相对湿度 34%, 比前一日偏小 16%, 属显著下降。3 月 21 日 5 时 41 分, 能见度开始小于 10.0 千米, 天气现象记浮尘, 一直持续至 3 月 22 日 12 时 20 分。3 月 21 日 3 时起, 福建省最南端的东山开始吹东风, 风力 2 级, 7 时风向转东北风, 风力突然增大到 5~6 级, 9 时 13 分出现 8 级大风。9 时后相对湿度迅速下降, 当日平均相对湿度 58%, 比前一日偏小 11%, 最小相对湿度 31%, 比前一日偏小 15%, 显著下降。14 时能见度记 3.0 千米, 比前一日 14 时下降了 29.0 千米, 天气现象记霾(根据综合分析, 应属浮尘)。而位于福建省西部的长汀县因处于内陆山区, 虽然 22 日相对湿度和最小相对湿度也有大幅减小, 分别比 3 月 21 日偏小 15% 和 10%, 但 3 月 21 日、3 月 22 日风向以偏南风为主, 风力仅 1 级左右, 垂直能见度不会很差, 天空虽也昏黄, 远物呈土黄色, 太阳呈淡黄色, 但其程度较轻, 未出现视程障碍现象。

4 结论

4.1 根据空气污染事件污染物实况、变化特征及成因, 结合当时的天气实况及其变化特征分析, 2010 年 3 月 21 日~23 日严重影响福建省空气污染的污染物为来自北方强冷空气引

起的沙尘暴和扬沙过后其尚未下沉的尘土和细沙随高空气流进入福建省的浮尘。此次沙尘天气对福建的影响, 入侵时迅速, 消散时也迅速。

4.2 福建省地处我国的南方, 森林履盖率高, 不可能由本地形成大范围的高 PM_{10} 浓度的空气污染。要形成大范围的高 PM_{10} 浓度的空气污染, 必定是由北方强冷空气引起的沙尘暴、扬沙经上层气流南下传播而来的浮尘。对于福建省来说, 浮尘天气多出现在春季的三四月份。

参考文献:

- [1] 空气污染指数范围及相应的空气质量类别表[EB/OL]. <http://environment.fudan.edu.cn/CACS/API.htm>
- [2] Fuentes M, Song H R, Ghosh S K, et al. Spatial association between speciated fine particles and mortality [J]. Biometrics, 2006, 62 (5): 855-863.
- [3] 中国气象局. 地面气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [4] 易仕明. 略谈轻雾、霾、浮尘、烟幕[J]. 气象, 1982(11): 25-28.
- [5] 杨志彪, 张本正, 汪孝清, 等. 地面气象观测员基本业务技能培训课程[EB/OL]. 中国气象局远程教育网, 2010.
- [6] 余小平. 霾与浮尘的区别及观测记录[J]. 江西气象科技, 1994(4): 36-37.
- [7] 刘从容. 沙尘天气对环境空气中 PM_{10} 影响分析[J]. 环境保护科学, 2005, 31(2): 44-46.
- [8] 赵惠芳, 洪志聪, 施俊岳, 等. 一次引起晋江市空气质量重污染事件的天气现象分析[J]. 福建气象, 2010(4): 58-61.

(上接第 14 页)

3.3 福建年寒潮及秋、冬季寒潮均呈减少趋势, 而春季寒潮呈增加趋势。

3.4 福建年寒潮次数的变化具有明显的准 2a、5~6a、7~8a 和 11~12a 的周期; 福建秋季寒潮次数的变化主要存在准 2a、4~6a 和 10~12a 的周期; 福建冬季寒潮次数变化主要存在准 3a、准 6a 左右的周期; 福建春季寒潮变化存在准 2a、4~6a、7~9a 和 13~15a 周期。

3.5 未来 2~3 年福建秋季寒潮存在偏少可能, 福建年寒潮及冬、春季寒潮偏多可能性较大。

参考文献:

- [1] 鹿世瑾, 陈连宝, 何海澄. 华南气候[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [2] 鹿世瑾. 福建气候[M]. 北京: 气象出版社, 1999.
- [3] 丁一汇. 高等天气学. 北京: 气象出版社, 1991.
- [4] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [5] 林爱兰, 吴尚森. 近 40 多年广东省的寒潮活动[J]. 热带气象学报, 1998, 14(4): 337-343.
- [6] 刘小宁, 孙安健, 张尚印. 华南寒潮气候特征研究[J]. 灾害学, 1995, 10(2): 58-63.
- [7] 伍红雨, 杜尧东. 1961—2008 年华南区寒潮变化的气候特征[J]. 气候变化研究进展, 2010, 6(3): 192-197.
- [8] 姚永明, 姚雷, 邓伟涛. 长江中下游地区类寒潮发生过程次数的变化特征分析[J]. 气象, 2011, 37(3): 339-344.
- [9] 陈业国, 何冬燕, 衣孟松. 全球变暖背景下南宁地区寒潮活动的变化[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(4): 245-249.
- [10] 季致建, 李邦宪, 何丽萍. 浙江省 54 年寒潮气候概况及时空分布特征分析[J]. 浙江气象, 2008, 29(3): 9-13.
- [11] 陈豫英, 陈楠等. 近 48 a 宁夏寒潮的变化特征及可能影响的成因初步分析[J]. 自然资源学报, 2010, 25(6): 939-951.
- [12] ipcc. Climate Change 2007: The Physical Science Basis[R]. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.
- [13] 丁一汇, 王遵亲, 何金海, 等. 近 50 年来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2): 228-23.