

中国の大気汚染問題

新標準背景下的蘭州市大気汚染水平の再評価

潘 钰 林

本報告は、近年、広域大気汚染をめぐる問題において、中国に注目が集まる中で、特に越境移動や人体への影響等の点で問題視されている粒子状物質による大気汚染に着目し、蘭州市を事例として討究するものである。具体的には、蘭州市が抱える複合的な大気汚染をもたらす要因を地理・経済・社会的背景から類別化するとともに、現地で入手した環境モニタリングデータの再評価を試みることで、人為的要因と主として黄砂による自然起源の影響とを区分して評価を行った。蘭州市は、1980年代頃から重篤な大気汚染が発生しており、1998年には世界大気汚染のワースト10に位置づけられてしまうものの、2000年の「使用エネルギー構造改革」を実行することにより、粉塵と硫酸酸化物の排出が抑制され、その成果も蘭州市が公表している硫酸酸化物のデータから、削減状況は明らかである。しかしながら、2011年のWHOの報告(PM10で計量された汚染度)では、蘭州市は、中国省都都市の中でいまだワースト1位と評価されている問題を、本研究により突き止めることができた。

さらに2012年に導入された新たな大気質量評価基準を用いれば、汚染物質の自然起源と人為起源とを区分することが可能となった。よって、蘭州市の大気汚染の事態をより正確に把握することができ、蘭州市が人為起源からみて必ずしも『汚染都市』に該当しないと判断された、またこの手法は他地域への相対化が可能になると示唆された。

1. 序言

众所周知，中国的空气污染问题十分严重，最近围绕着颗粒状污染物的PM2.5风波使得空气污染的话题更加受到瞩目。兰州市作为中国西部的工业城

市，空气污染问题一直存在，尤其颗粒状污染物的污染十分显著。在同颗粒状污染物相关的各个环境影响因素中，寒冷干旱的气候，污染物不易扩散的峡谷地形，不合理的工业规划，季节性能源使用变化等四个因素的复合作用在兰州市表现得尤其突出。在这四个因素的复合作用之下，兰州市的问题有了不同于其他地区的独立的特征，其表现之一为颗粒状污染物从来源上来看明显的受到了自然作用的影响。

兰州市 2008 年统计的人口数达到了 209 万（包括城区和郊区），在中国城市人口排位中处于中等水平。而 2010 年统计的兰州市的单位国民生产总值也和中国的单位国民生产总值相当。不管是从城市人口数量规模比较还是经济水平的衡量，兰州市都可以作为中国城市平均情况下的一个代表。一直以来作为西部城市的兰州市在知名度和影响力层面不如东部的北京上海等城市，但是作为中国城市环境问题的一个缩影，对兰州市的空气污染问题内容及其相关对策沿革的研究因兰州市的代表性，可以看作是中国空气污染问题研究的一个重要的组成部分。

在评价兰州市的空气污染时，因为标准不同等原因，同样客观的评价却有着截然不同的结果。一直以来，兰州市都以污染城市的面貌示人，比如 1998 年世界十大污染城市，2011 年颗粒状污染物污染中国省会城市中最差。而最近的来自于中国环境保护部 2013 年 1 月至 4 月的全国空气质量报告的却表明，兰州市的空气质量在全国城市中处在中等较好的水平。

2012 年，过去的只有 PM10 内容的旧标准废止，PM2.5 的内容作为空气中颗粒状污染物的新指标加入到新的空气质量标准之中。使用了新旧不同标准来评价兰州市的空气质量，便是兰州市空气污染评价时，有着不同结果的背景。2011 年 9 月时北京市在采用了包含 PM2.5 的数据进行评价时，空气质量的评价下降，而兰州市则在使用新标准评价后，空气质量的评价变好。同样的污染水平因标准的不同为何有了截然不同的评价结果，这和颗粒状污染物有着自然来源和人为来源的不同区分及其相对应的不同特点相关，如何针对于颗粒状污染物的不同来源进行区别分析，便是本文所要讨论的一个核心的问题。

2. 研究目的地兰州市的考察

1) 兰州市的气候背景

兰州市是中国甘肃省的省会，位于西北部欧亚大陆腹地，属于大陆性温带干旱区域的边缘，阳光辐射强烈，空气干燥，蒸发强烈的气候特点最为明显。此区域位于青藏高原北麓，处于偏西风带的影响之下，常年西北风盛行。兰州以西的河西走廊地区及其邻近区域存在腾格里沙漠，巴丹吉林沙漠，黑河流域，石羊河流域等沙尘暴源区，沙尘暴发生频繁且强度较大。此区域以西及以北则是更为干旱的新疆中亚沙漠地区和蒙古国的戈壁沙漠地区，发生的沙尘暴也能通过传输影响到处于区域边缘的兰州，并保持着较高的强度。1950年起的气象资料表明该地区年均受到约20次左右的中等程度以上的沙尘暴的吹袭影响（图1），而从年度变化来看，每年的冬春季，降水的相对偏少使得沙尘暴的发生非常频繁（高 2010），由此可见兰州市所在的地区是一个极易受到沙尘天气影响的地区。

因为兰州市所处的干旱区域降水量非常少，自然状态下土地的植被覆盖率非常低且以灌木等低矮植物为主，普遍存在土壤沙漠化的特征。单独就兰州市而言，除了穿城市而过的黄河河谷地带，兰州市区周围的山地，植物覆盖率非常的低。

自然条件下降水的偏少还带来了水资源的分配及其使用的问题。天然降水的偏少的同时，人口增加，经济发展使得水资源偏少的现状变得更加不平衡。兰州市可使用的

水资源主要来自于黄河，相对充沛的水资源集中在黄河的河谷地区，而远离黄河的山地，丘壑等地区则极度得缺乏水资源。近年来兰州市

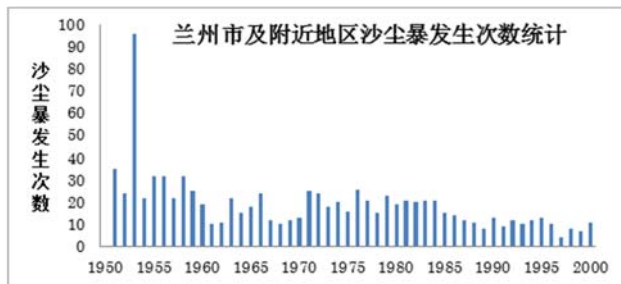


图1 兰州市及附近地区沙尘暴发生次数统计

通过分配水资源的使用，增加了植被的覆盖，但是带来的改变只局限于兰州市区小范围的空间中，兰州市所处的广域地区的环境依然是表现为植被稀少的干旱地区特征。以兰州市所处的干旱区域为研究对象的研究表明，兰州市空气中的颗粒状污染物有相当的部分来源于自然条件下产生的细小颗粒物（Zhang 2008），同时植被稀疏加重了细小颗粒物的产生及传播。

2) 兰州市人为活动对污染物的影响

兰州市空气中的颗粒状污染物中有一部分是人为来源，这一部分颗粒状污染物的产生同兰州市的经济社会发展有着紧密的关系。长期以来兰州市的经济结构以石油化工工业，化学工业等重化工业为主导，而兰州市使用的电力则主要来自于煤炭燃烧的火力发电。过去因为技术更新滞后，生产方式粗放，产品结构简单，产能效率低等原因，兰州市工业排放废气造成的空气污染十分严重。同时，兰州市的主要工业区域和居民集中的城市中心区域同处于黄河河谷之中，历史上不合理的工业规划又使得工业相对集中在上风向的西固区（位于兰州市西部），加重了污染的影响。1980年以来在经济快速增长的同时，严重的空气污染使得兰州市一度被评价为世界十大污染城市之一。近年来汽车保有数的快速增长使得经由燃烧硫分含量较高的汽油及柴油等而排放出的废气也成为颗粒状污染物的一个来源。

兰州市干燥寒冷的气候除了造成兰州市的冬季沙尘多发之外，到了冬季为了抵御低温，市民多利用各种化石燃料的燃烧进行采暖，经由取暖烧煤产生的大量颗粒状燃烧生成物是冬季的大气颗粒污染物的另一个重要来源。同时冬季城市上空的逆温层的存在影响了扩散的作用，使得污染物富集在城市所在的河谷地区，提高了空气污染的程度。

经济的发展不仅仅只是带来污染的增加，其中的一些政策措施也带来环境的改善。2000年以来，通过实施能源结构改造计划，让兰州市人为来源污染物有了相当数量的削减。2000年当时兰州市的总能源使用以煤炭为主，其中来自于煤炭的比重占到了总数的67.17%。最早做为地方经济政策一环的天然气资源开发计划在1990年代末得以实施，2000年从产地连接到兰州市的天然气管道贯通，兰州市得到了安定的能源和化工原料的使用供给，在过去煤炭为基

础的工业生产结构中增加了一个新的选择。同时提出的有关兰州市的空气质量的报告中也提出了改善环境的具体的指标性的建议，具体的内容如下：

- 兰州市的人口增加，冬季供暖中集约型集中供暖的比例提高到 70%以上，实现 2000 年当时兰州市集中供暖比例 34.4%的倍增。
- 抑制兰州市的颗粒状污染物的生成排放。2000 年当时的兰州市大气污染物之中，由煤炭燃烧而产生的污染物占了主要部分。经过天然气锅炉等煤炭使用的替代措施，使得年均 $140\sim 240\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的 TSP（总悬浮颗粒物）削减， $160\sim 230\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的 SO_2 的削减得以实现。
- 改变过去的能源使用方式的同时，提高能源的使用效率，推广清洁能源的措施，使得能源的使用更加合理高效。

以上种种措施和期待在接下来的几年,按计划得以实施，使得兰州市的大气污染得到改变，实际观测结果也表明，能源结构改造计划的确带来了实际的改变。从 2000 年起的大规模的天然气使用的普及使得兰州市的空气污染物的排放有了明显的减少（图 2）。

3) 市民对空气质量变化的感观

兰州市的人口从 1950 年代的二十余万增加到现如今的两百余万，人口的增加变化使得兰州市的市民构成了显著的变化。在以兰州市生活年数不同区

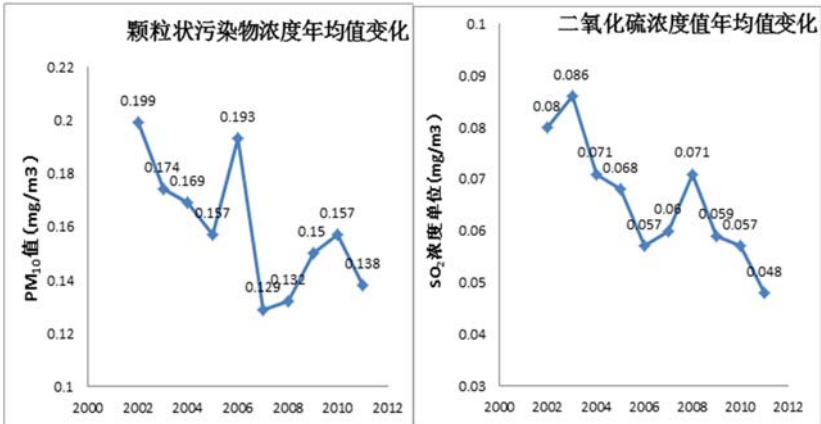


图 2 兰州市颗粒状污染物及二氧化硫年均值变化

分的新旧市民之间,对于兰州市的大气污染问题有着不相同的感观,这一点在2012年兰州市当地的调查中有了一定程度的了解。从1980年代起便生活在兰州市的兰州市民的意见中近年沙尘减少和绿地增多的意见最多,意见中除了自然环境变化的内容外,从工业区排放的烟尘的明显减少的意见中可以得知老市民也认识到人为来源污染物的减少。总体而言,可以从兰州市的老市民中得到兰州市近10年来空气得到改善的肯定意见。这与近年来的观测和相关报告中所记述的事实相符合(兰州市环境状况公报 2002~2012)。同时在近十年迁入兰州市的新市民及大学生等人群中,多能听到兰州市冬季尤其是沙尘暴发生时空气污染相对严重的意见,也就是说新市民的认识中兰州市仍旧有一个空气污染严重的印象。而这一点可以从兰州市的干冷的气候及兰州市冬季污染物产生多且不易扩散等原因中找到依据(祈·王1994)。

同时,在兰州市本地的调查中还发现了一个事实,兰州市的空气污染的特征与中国其余城市的表现不同。2011年9月及2012年10月的调查中,兰州市的空气并没有表现出污染城市的严重局面,2011年9月更遇到小雨的天气,空气质量处在非常好的状态。而从兰州市的调查中还得知,对兰州市污染严重的印象的认识主要来自沙尘暴来临时的景象,这说明自然来源的污染物对兰州市的空气质量的整体印象有着相当负面的影响。

综上所述,兰州市的颗粒状污染物处在一个自然来源的影响明显,人为来源的影响逐渐减少,总体浓度在逐渐下降的状态。尽管如此,在2011年中WHO发表的报告书中,评价兰州市的颗粒状污染物污染依旧是中国省会城市中最差的。在中国整体的空气污染加重的现实之下,污染物削减的效果却没有在评价的结果中得到反映。这种评价结果和感观上的差异表明评价颗粒状污染物的实际水平时存在着问题,而这一个问题的实质便是评价标准的问题。

3. 空气中颗粒状污染物的分类及其评价标准

1) 空气中颗粒状污染物的分类

空气中的颗粒状污染物的来源大相径庭,主要按照人类活动影响程度的不同分为自然来源和人为来源两类。自然来源的污染物主要是指在自然界的风化

作用下天然矿石细化后的产物，主要是微小的沙尘，干燥的土壤颗粒等；人为来源的污染物主要是在化石燃料等燃烧的过程之中，燃料中的一部分物质经过熔融和再凝结的过程后形成的微粒。因为形成的过程路径不同，风化作用形成的颗粒状污染物的粒径分布在 1 到 100 微米的范围之间，主要集中于较大粒径的部分。而燃烧再凝结等作用形成的颗粒状污染物则主要集中于小于 1 微米的细小粒径的部分。当然，初始条件的不同也会让颗粒状污染物的分类不遵循以上的规律，比如工程建设造成的过量扬尘中大粒径的颗粒物可以认为是人为来源，或者自然条件下的森林大火，火山喷发等产生出的细小颗粒可以认为是自然来源。但是在一般情况下自然来源的颗粒状污染物和人为来源的颗粒状污染物有着表中（表 1）所表示的规律。比较起自然来源的颗粒状污染物，人为来源颗粒状污染物形成过程之中中和排放之后发生了更多的化学变化，吸附了更多的物质后成分相对复杂。

空气中的颗粒状污染物的构成多样，一般情况下颗粒状污染物按照粒径来进行分类及监测。相对于粒径较大的颗粒物，粒径越小，就越容易突破人体呼吸器官自净作用的阻碍，进入人体产生危害，其危害不仅限于呼吸器官，近年来，细小颗粒物造成的循环系统疾病增加（Coata 2000），以及对发育中的胎儿

	形成过程	成分	粒径
自然来源	自然之中的风化作用	干燥土壤，生物残骸，细小沙粒等	1~100微米
人为来源	燃烧中得融化再凝结	烟尘，黑炭颗粒，气溶胶等	1~10微米

不良影响等（Dejmek 2000）相关的联系已经得到了证明。

一个地区的颗粒状污染物往往同时存在自然来源和人为来源的部分，不同来源的粒径不同，成分不同，其影响也相应有所变化。按照来源对颗粒状污染物进行分别的处理应对便显得十分的必要。

2) 空气中颗粒状污染物的监测标准

美国作为世界上环境学研究的前沿，自 1960 年代便开始了空气存在的污染物相关标准的建立和完善的工作。颗粒状污染物作为空气污染物的一个部分，

从最开始便有着相关的监测控制标准对空气中的颗粒状污染物进行监测，同时还是美国最早提出了 PM10 和 PM2.5 的相关标准。随着研究的深入，世界范围内对颗粒状污染物的危害的认识也逐渐加深，各国各地区逐渐建立起

表 2 部分国家和地区 PM2.5 标准

国别	年平均浓度限制值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24小时浓度限制值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	标准实行年及说明
美国		65	1997
	15	35	2006
日本	15	35	2009
澳大利亚	8	25	2003
欧盟	25		
中国	35	75	2016(包含省会城市在内的74城市于2012年内实行)
WHO推荐标准	第一级	35	按照国家发展阶段不同,分不同标准
	第二级	25	
	第三级	15	

一套标准近似通用的标准。现行的颗粒状污染物相关的标准如图所示(表 2)，最新的标准中增加了 PM2.5 的内容。2012 年以来，新的环境空气质量标准(GB3095-2012)开始在中国实施。适合于新标准下的颗粒状污染物的监测方法原理跟过去相比大同小异，都是采用的重量法作为标准方法，实际操作中主要采用 TEOM 法和 β 射线吸收法。PM2.5 和 PM10 的测量方法上的不同来自于对颗粒状污染物的分离过程。实际上只需交换监测设备之中的分离器部分，便能用同样原理的仪器分别来测量 PM10 和 PM2.5 的数据。

3) 空气中颗粒状污染物的评价方法

从空气中颗粒状污染物的来源特点可以得知，同时存在于空气中的颗粒物有着复杂的组成和不同的粒径表现，如何区分其来源可从粒径的不同入手。大气物理基础的研究表明，空气中的颗粒状物质的分布明显有

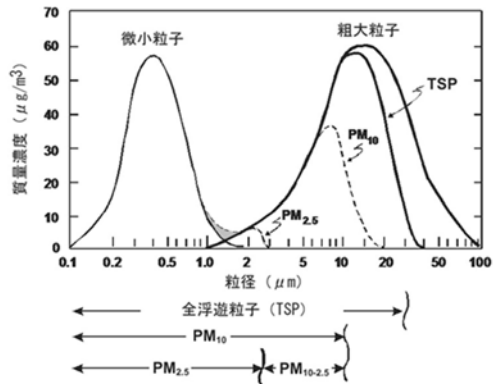


图 3 空气中颗粒状物质的粒径分布

着两个浓度的高峰（图 3）。而对兰州市颗粒状污染物不同粒径部分成分的分析也指出粗大粒径的成分多是矿物分化的碎屑，干燥的土壤的微粒，而小的微粒中主要含有经过燃烧变化生成的产物（王·陈 1996）。结合以上结论便可以通过粒径的区别对颗粒状污染物进行一个区分，同时也证明了自然来源和人为来源中物质经过的不同的物理化学变化过程确实造成了颗粒状污染物粒径分布上的不同。

因为人为来源的颗粒状污染物的粒径较小，影响健康的风险更大，近年来越来越受到重视。新的标准之中加入 PM2.5 便有对人为来源颗粒状污染物进行衡量的考虑。相反的，自然来源的颗粒状污染物的产生作为一种自然现象存在于各个地区之中，地质时代的颗粒状污染物沉积物的调查是如今研究古代自然气候的重要手段。而通过对古气候学的研究表明，实际上一个地区的自然来源的颗粒状污染物是和一个地区的环境的本底特征有关，而人类活动并不是重要的影响因素。

考虑一个地区的颗粒状污染物污染水平时，如果不加以分类单纯只是按照浓度大小考虑，便混同了人为来源和自然来源，过去使用的空气质量标准的问题便在于此。只使用 PM10 的浓度指标来评价空气中的颗粒状污染物水平时，自然来源部分过高的情况和人为来源的过高的情况都会被认为是相同程度的污染，而实际的感受和造成的影响却大相径庭。本文讨论的样本兰州市便有着颗粒状污染物自然来源和人为来源同时存在，且自然来源的影响相对较大的特点。近年来的能源结构改造使得人为来源的部分进一步减少，而兰州市却在 2011 年被评价为中国城市中颗粒状污染物造成的污染最严重的地区，这个评价可以说是片面的，所依据的便是评价过程只参考了过去空气质量监测中 PM10 的数据。在本文接下来的内容里，通过对兰州市过去近 10 年的空气质量监测的数据的分析，具体的探讨过去的标准下的评价不准确的问题，对兰州市空气质量的实际水平做出论证。

4. 兰州市颗粒状污染物污染的实际分析

1) 兰州市过去 10 年颗粒状污染物的资料分析

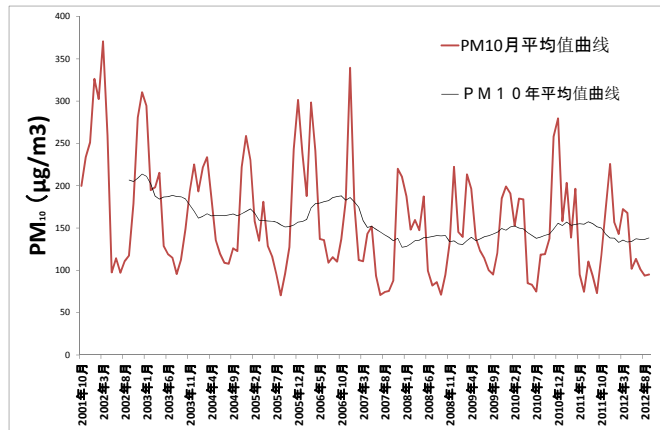
PM10 资料的分析

兰州市的空气颗粒状污染物的监测是兰州市环境监测整体组成的一部分，根据日常的空气质量评价需要和空气质量变迁的科学研究需要，进行空气质量监测的单位部门有很多，其中主要部分是由兰州市环境监测总站承担的兰州市的日常的空气质量检测，另外，定位于全球大气环境变迁研究的大气物理学的实验观测之中也包含有相关的颗粒状污染物的数据资料，主要是兰州当地的大学和科学研究机构在做着这一方面的工作。

经过 2011 年和 2012 年两次的调查中得到的数据，制成从 2001 年开始的 PM10 的数据变化图表（图 4），从图中可以看出兰州市的颗粒状污染物的浓度呈现一个高低起伏的连续剧烈变化，极大值和极小值的之间的差值巨大。同时连续年均值的变化呈现了一个 PM10 浓度逐渐下降的趋势，同时，高低连续的变化趋缓，极大值和极小值间的差值减小。

经过对数据的分析可以看出兰州市的颗粒状污染物的污染所呈现的特点，

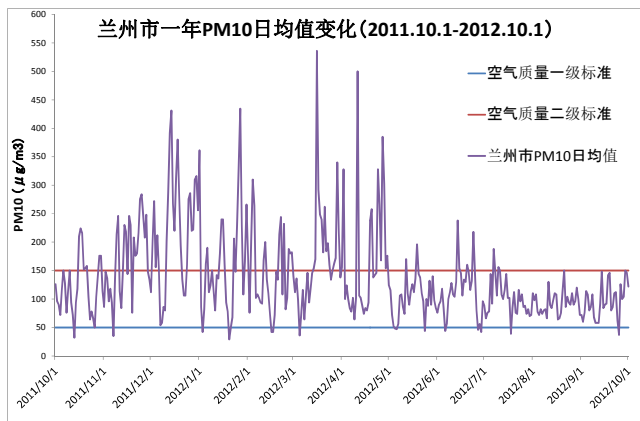
能够来解释的便是兰州市存在的影
响空气质量的 因素与颗粒状
污染物浓度的关系。首先，从
浓度的绝对水平来看，兰州市
的空气污染整体呈现一个严
重的局



兰州市监测资料经笔者加工做成

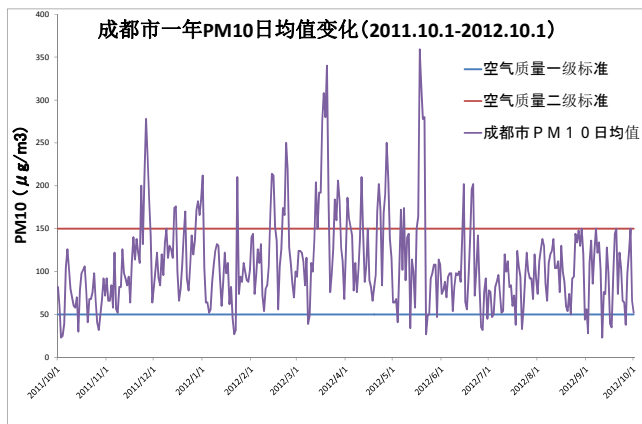
图 4 兰州市 2001 年到 2012 年 PM10 变化曲线

面。相较夏季，整个冬季的颗粒状污染物浓度处于高位，同时有一个常年的规律性季节变化，冬季存在的沙尘暴天气和取暖燃煤的影响非常明显。其次，2000年以后，兰州市实行了能源结构改造工程，煤炭产生的硫氧化物等污染物逐年有了明显的削减，同时颗粒状污染物排放也有了削减，从图表中呈现的长期变化中可以看出，这种人为起源的颗粒状污染物相对



兰州市监测资料经笔者加工做成

图5 兰州市年度PM10日均值变化



成都市监测资料经笔者加工做成

图6 成都市年度PM10日均值变化

应的削减表现为污染浓度绝对值的减少和浓度极大极小值差异的减小。最后，兰州市易受到沙尘暴的直接影响，沙尘暴发生时的PM10呈现异常的极高值，结合了相关研究的结果可以得知，沙尘暴天气对兰州市颗粒状污染物浓度有着明确的深刻影响。

而通过比较一年中兰州市的颗粒状污染物的变化（图 5）和作为对比选取的成都市的颗粒状污染物的变化（图 6）的过程中可以发现，兰州市除了冬春季出现的极高值之外，两座城市的 PM10 的浓度处于近似的水平。成都市地处四川盆地，气候湿润，植被覆盖率高，没有沙尘暴的等自然来源颗粒状污染物的影响，由此可以得知成都市的 PM10 多为人为来源。从第二节中对兰州市的事例分析还可以得知，过去兰州市在 PM10 的资料统计中表现出的污染严重并不是事实的全部反映，兰州市颗粒状污染物自然来源部分的比例很高。因此，只计算人为来源的部分时，兰州市不仅不算是污染严重的城市，相反在没有沙尘暴的夏秋季可以说是空气质量良好的城市。

微小颗粒状污染物的资料的分析

2011 年之前，中国的微小颗粒物日常监测的标准和制度的建立的工作，长期以来存在着不足。1996 年颁布的标准在实行了 10 多年后，如前所述，监测结果评价中存在的问题也越来越明显，这种状态直到 2012 年 3 月，在包含了 PM2.5 的新的国家标准颁布实施后得以改观。兰州市作为甘肃省的省会，列入了头一批标准实施目的地的名单，于 2012 年底，兰州市 PM2.5 的监测准备工作结束，开始了 PM2.5 的常态化监测。

在此之前，兰州市的 PM2.5 常规监测工作有着很大的空白，除了兰州市的科研机构和环保 NGO 做过相关的 PM2.5 的监测以外，没有其余的积累资料。通过调查获得的兰州市的 PM2.5 的数据相当的缺乏，而且同 PM10 的数据资料之间缺少比照的条件。但是，从兰州市过去的大气环境相关的研究中可以得知兰州市有关 PM2.5 和 PM10 之间比例关系的内容，同时参

	2013年1月	2013年2月	2013年3月	2013年4月
北京	9	18	17	35
上海	54	52	52	33
广州	63	54	30	43
成都	18	11	4	11
兰州	36	46	12	57
西安	12	4	3	5
西寧	42	12	7	8
石家庄	2	1	2	1
	按照污染严重程度的情况排位，排位越靠前，污染越严重			

照了中国其他都市,包括了成都市的PM_{2.5}相关研究调查的结果(陶 2012),经过比照可以得知,兰州市的PM_{2.5}数值浓度在中国的城市中,属于较低水平。新标准实施后提出的同时参考了PM₁₀,PM_{2.5}数据的空气质量报告也显示,兰州市的空气质量在包含了全部省会城市的对象城市中,处于较好的位次(表3)。考虑到报告内容中监测数据的时间跨度是2013年1月到4月的几个月,这个时期刚好是兰州市相对污染严重的冬春季。于是可以预见在同等条件下做完整个年度的评价时,兰州市空气质量较好的位次还有进一步上升的可能性。

颗粒状污染物监测数据的补充讨论

研究分析中使用的兰州市的空气监测质量数据主要是来自兰州市环境监测总站的API(空气污染指数)数据,通过对API数据进行换算可以得到相应的污染物浓度的数据。根据当天的占优势的污染物的不同,换算的结果表示不同的污染物的浓度。本次分析采用的自2001年10月起的API数据显示10多年中兰州市以颗粒状污染物为主要污染物的天数超过了总体天数的97.5%,表明兰州市是颗粒状污染物为主要污染占绝对多数的城市。API资料换算得出的颗粒状污染物指标变化可以等同于同时期颗粒状污染物的指标变化。

同时,兰州市的测量数据是位于兰州市不同地区5个监测点的平均数据,可以综合的反映兰州市的空气质量的现状。同时,和此数据进行对比的成都市的数据也是来源与多点的平均。因此,本文中进行分析时利用的是整体综合指标的比较。相对的,测点不同与污染物分布间的关系存在分析的不足的局限性,具体的人为起源污染物的会受到测点局部不同的影响较大,是进一步研究中需要解决的问题之一。

兰州市PM_{2.5}的数据可以按照新空气质量标准实施前后分为两部分。标准实施前,测量方法和条件的不同使得本来就不多的PM_{2.5}数据和PM₁₀的数据之间有着精度,方法,测量点环境条件等诸多的差异,无法对数据进行关联的分析考量。当然,分析PM_{2.5}的特点时选用的兰州市PM_{2.5}和PM₁₀之间关联的相关结论事实不存在这个缺点。

2) 兰州市的 PM2.5 新标准实施的意义

兰州市真实空气质量的评估

通过分析已经明白,兰州市自然来源的污染物所占比重及其对颗粒状污染物整体影响非常重要。尽管兰州市的颗粒状污染物有这样的特点,但是在符合当地特征考量把自然来源和人为来源不同对待的标准还没有制定的时代,只能把来自沙尘暴的沙尘和来自烟筒排放的颗粒状污染物之间划上等号来看待,旧有的标准实施的初期,中国的城市人为来源的污染物的量和现在相比较少,另一方面当时兰州市的人为来源的污染处于历史上的高水平时期,旧标准不区分人为来源和自然来源,在当时的情况下带来的可能影响还不是很显著,从监测的数据得到的评价结果和实际感官的吻合较好。

而经过了十年的变化之后,兰州市实现了污染物人为来源部分的削减。同时,全国尤其是东部的城市,能源使用量和汽车保有量激增带来了污染物人为来源的增加。此消彼长之下,评价空气质量仅依靠包含 PM10 的标准,无法反映实际的污染状况的问题也就越来越明显。

因此到了 2011 年,仍旧只使用 PM10 来对兰州市的颗粒状污染物进行评估,同时进行多城市间对比时,结果和实际情况之间存在的差异是相当的明显的。WHO 报告书评价的结果只能作为一个 PM10 浓度的比较来看待,这个比较的信息中却无法得知颗粒状污染物污染的真实状况。为解决这个问题,需要在监测中引入新的方法。新标准实施后颗粒状污染物中较细小的 PM2.5 部分的指标,单独的使用可以用来评价大部分的人为来源的污染物,如果同时 PM10 测量地点条件相同的话,还可以用 PM10 和 PM2.5 数据的对比得到自然来源部分的污染物浓度指标。颗粒状污染物的区别分析的优点是全面反映了一个地区污染状况的信息,在这个基础上做的评价更接近对空气质量实际的感受。所以,2013 年中中国环境保护部做出的全国空气质量报告中,兰州市的空气质量在全国城市中处在中等较好的水平。这个评价就可以看作是客观全面的一个评价。

兰州市施行新标准后可能的相关变化

新的空气质量标准实施之后,兰州市可以实现符合地理气候特征的颗粒状

污染物分类监测，对兰州市空气质量的正确把握会有更好的帮助。可是，在新标准准备实施的过程中，过去以来在空气污染物浓度监测实践中存在一些问题，比如，监测点偏少且只集中于市区，监测指标项目少，监测数据无法做到实时公布等一些问题虽然有了部分的改善，但是，主要的问题依旧存在，这些问题影响空气质量监测效果的现状并没有得到根本的改观。所以，在标准今后的实施过程中会期待改进这些问题，从而更进一步的提高对空气质量进行正确评价的能力。

兰州市在经历了数年以来的在颗粒状污染物控制方面的努力，颗粒状污染物的削减效果可以通过空气质量监测的数据变化看到，而且，颗粒状污染物削减率逐渐减缓的趋势也可以同时感受的到。这可以被认为是在人为来源的污染物的削减方面得到了一定的效果，但是缺少跟进措施，造成人为来源无法进一步减少，同时对颗粒状污染物自然来源部分的控制缺乏有效的手段的直接反映。作为可能的原因之一，依赖于旧有标准的环境政策或许存在着同样不区分自然来源和人为来源的缺点，而在新标准的实施以后，可以做到颗粒状污染物来源的区分，对污染现状的把握会更加明确，相较于过去，控制污染物浓度的手段会变得更加针对于问题的实质，从而让颗粒状污染物的浓度持续有效的削减。

3) 区别自然来源和人为来源在环境分析方面的应用

来源区别分析方法的普遍意义

兰州市作为典型的同时存在颗粒状污染物自然来源和人为来源来源的城市，在对其空气质量进行评价的过程中，自然来源部分和人为来源部分的此消彼长不仅对最后的环境质量评价结果有着明确的影响，而且不同来源之间的特征最终可以归结为影响兰州市颗粒状污染物的各个环境要素的表现。兰州市可以归纳出的各个环境要素在中国其余的城市中也可以同样的看到，而相对的，各个环境要素对颗粒状污染物浓度的影响也会有类似的表现。所以正确区分来源的方法可以一定程度把握污染物的特征，做到对污染现状全面理解。

来源区别分析方法的优势

从兰州市的事例分析可以得出，如果只是单纯的比较 PM10 的数据并不能反映空气污染的全部事实。而明确区分了人为来源和自然来源的不同特点后，

只对过去 PM10 的数据进行再分析便可以得到兰州市颗粒状污染物中的隐藏信息，在进行了和其余城市的相关比照后，更进一步可以得到兰州市颗粒状污染物污染真实客观的评价。如今包含 PM2.5 内容的新标准虽然已经实施，但是过去没有 PM2.5 相关的数据积累，全国范围的标准实施要到 2016 年才可以实现，于是现在来分析衡量细小颗粒状污染物的污染或者人为来源的污染的时候，没有过去参考的过去的积累。结合来源区分的分析方法可以对过去的资料进行再分析，并作为缺乏 PM2.5 数据监测资料的一个补充。而通过提高对自然来源部分内容的把握也可以建立起对当地环境本质的一个全面的认识。

5 . 今后面临的问题及国际间的协作及空气污染物引起的跨境污染的现状

大气污染物因为其组分的特征，使得大气污染通常都会随着空气流动的扩散，长距离的影响大范围的区域。颗粒状污染物不论是人为来源还是自然来源的部分，都会因为扩散造成影响，一个地区的大气污染通常也因为污染物的扩散而有两方面的表现，其一是作为受影响的区域受到来自于其他区域的污染物扩散的影响，另一个表现是作为污染源，其产生的污染物质扩散到其他区域造成影响。本次的研究对象兰州市一方面作为受影响的区域，受到来自于周边干旱地带沙尘的影响，同时作为大陆腹地干旱区域的一部分，产生的污染物同沙尘一起同时又影响了其他下风向的区域。而污染物的漂移超越国境之后造成的跨境污染问题更是已经成为现如今一个影响多个层次的严重问题。

日本九州地区 and 山阴地区的长期的研究调查表明，当地空气中的颗粒污染物的一个主要的来源是来自于中国大陆方向的输入型污染。颗粒物的来源也可以分为自然和人为两个部分，即来自于自然界的土壤沙尘，和来源于工业排放的人为来源的颗粒污染物（大西 2012）。影响到日本的颗粒状污染物主要是能够随着大气环流较远距离移动的微小粒径的颗粒污染物，同时这种输入型的污染超过当地产生的污染物水平，明显影响到日本九州和日本山阴地区的空气质量达标率，同时损害健康的风险更加不可预见。

有时候，不同于这种固定模式的污染物移动，一时产生的大规模的空气污

染则会对周边区域带来有别于正常状态的显著影响。2013 年的 6 月起，发生在印度尼西亚苏门答腊岛的大规模山火造成的浓烟，漂移到邻近的马来西亚和新加坡，造成当地空气中的颗粒状污染物一度处于严重超标的地步。对于这种突然到来的污染，新加坡已经向邻国印度尼西亚提出了抗议，跨境污染问题上升到了国际政治的高度。解决跨境污染的问题，需要打破国境的限制，通过多层次的交流才能期待最终问题的解决。

参考文献

- 高庆先（2010）『沙尘暴天气对大气环境的影响』，科学出版社，27.122.
- Zhang, B., et al.(2008),Contributions of sandy lands and story deserts to long-distance dust emission in China and Mongolia during 2000-2006,*Global and Planetary Change* 60,487-504
- 兰州市环保局,『兰州市环境状况公报』,2002 年起各年版
- 祈斌·王剑峰(1994)「兰州市城区污染源分布与空气质量间的关系」,『甘肃环境观测研究』,Vol.7.No.3,20—24
- Coata D L. (2000), Particulate matter and cardiopulmonary health: a perspective., *Inhalation Toxicology*,12:35-44.
- Dejmek J,et al.(1999),Fetal growth and maternal exposure to particulate matter during prgnancy, *Environmental Health Perspectives*,107(6):475-480.
- 王耀·陈惠忠(1996)「西北四城市大气粉尘中含有的重金属元素相关的研究」,『都市环境与都市生态』,Vol.9.No.4,25-28
- 陶俊(2012)「成都市街地における PM_{2.5} 污染の特徴およびその由来分析」,『日中環境産業』Vol.48.No.10,A53-A57.
- Kazunari Onishi. (2012) ,Atmospheric transport route determines components of Asian dust and health effects in Japan.*Atmospheric Environment*, 49C: 94-102