

中国西部沙尘暴沉降物对大气环境的影响

张 宁 张武平

甘肃省环境监测中心站 兰州 730030

陇南地区环境监测站 武都 746000

摘 要 沙尘暴是一种灾害性天气现象,同时也是一种大范围的跨省区大气环境污染现象。本文通过近十多年来发生在我国西北地区的较大沙尘暴,首次对沙尘暴沉降物的沉降量、分布范围、化学组份、粒度分析、对大气环境降尘背景值的影响等问题进行了调查、分析和研究。文章综述了这方面的一些研究成果,回答了许多沙尘暴研究者所关心的一些问题。

关键词 沙尘暴 大气环境降尘背景值 沉降量

1 前 言

中国的沙漠总面积约 $71 \times 10^4 \text{ km}^2$, 主要集中分布于新疆、甘肃、青海、宁夏、陕西、内蒙古中西部等省区。据对甘肃省河西地区 16 个县市区的调查^[1], 由于风沙线的不断南移。自建国以来, 河西走廊已有 4600 km^2 的绿洲面积沙漠化, 相当于目前河西绿洲面积的 $1/3$ 以上。现在河西走廊北部风沙线每年仍以平均 $3 \sim 5 \text{ m}$ 的速度向南推进。民勤、玉门等地的风沙线向南推进的最高速度为每年 20 m 以上。

作者曾对自 1986 年以来甘肃大气环境背景降尘受沙尘暴影响的状况进行了研究, 并对有关沙尘暴个例做了分析^[2, 3]。近年来, 尤其是发生震惊中外的 930505 特大沙尘暴以来, 国内外的气象、大气物理、沙漠等部门的科研工作者对沙尘暴的形成^[4, 6]、地质时期的尘暴^[7]、历史上降尘与天气气候学的关系^[8]、沙尘暴天气成因、危害等方面的研究^[9]进行了许多研究。但在沙尘暴对大气环境的影响, 尤其是对大气环境背景值的影响以及沙尘暴降尘的沉降分布范围、沉降量方面的研究报道很少。

从环境保护的角度看, 沙尘暴不光是一种特异性的气象灾害现象, 同时它也是一种跨越省界、区域的一种大气污染现象。作者通过对近年来发生在我国西北地区的十多次较大沙尘暴, 首次对大气环境背景降尘影响的状况、沙尘暴降尘在我省的沉降、分布范围、化学组份、粒度分布以及应用卫星遥感技术对沙尘暴监测等问题。进行了调查、分析和研究, 讨论了许多沙尘暴研究者所关心的一些问题。

2 甘肃大气自然降尘背景值的时空分布特征

受大气环流自西向东运动影响, 在西北部出现的沙尘暴往往会随着西风气流向东延伸和扩散。张德二^[8]曾根据我国史料中的降尘记载, 历史气候资料 and 现代气象记录, 认为沙尘暴的尘源地是在甘肃西部和甘肃—内蒙的干燥沙漠地带, 其次是南疆沙漠。这一结论与以上统计结果有相同之处。全省的大气自然降尘年均值和总降尘量分布同时也与

全省降水量的地域分布状况相反,呈东南低,中、西部升高趋势。在甘肃的4个区域中,年均降尘量和总降尘量的分布,呈西北向东南逐渐减少势。甘肃西部和中部降尘的年均沉降量,一般高于东南部和南部2.3倍。

作者曾对甘肃全省大气自然降尘背景值状况进行了统计^[10],绘制出了全省近15年大气背景降尘值年际变化曲线(参见图1)。根据全省地形、地貌、地理位置和气候条件,并按大气自然降尘沉降量的区域分布,大致将其自西向东分为4个区域。I区包括甘肃西部河西走廊内的五个市(张掖、酒泉、嘉峪关、武威、金昌(由于局地工业酸污染金昌曾出现酸雨)),这一区域内的年降水量为50~200mm,年蒸发量较大,属干旱和半干旱区,沙尘暴期间大气降尘背景值为 $85.58\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$,非沙尘暴期间大气降尘背景值为 $29.80\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$;II区包括了位于甘肃陇中黄土高原在内的陇西黄土高原(兰州、白银、临夏、定西)和陇东黄土高原(平凉、庆阳),其年均降水量为200~650mm,属半干旱和半湿润区。其中陇西黄土高原在沙尘暴期间大气降尘背景值为 $41.18\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$,非沙尘暴期间大气降尘背景值为 $27.48\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$ 。陇东黄土高原沙尘暴期间大气降尘背景值为 $20.80\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$,非沙尘暴期间大气降尘背景值为 $13.25\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$;III区包括了甘肃东南部的天水 and 陇南山地(受外来酸污染影响陇南曾出现过酸雨),该区南部和北部气候条件变化较大,年降水量在450~800mm,是甘肃的亚热带湿润区和暖温带湿润区,该区沙尘暴期间大气降尘背景值为 $13.25\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$,非沙尘暴期间大气降尘背景值为 $9.96\text{ t/km}^2\cdot\text{month}$;位于甘肃南部的甘南高原为IV区,其年均降水量为500~800mm,属高寒湿润区。由以上分类看,甘肃中、西部基本为干旱和半干旱区。全省的降水分布是呈东南向西北逐渐减少趋势,所对应的干湿程度也是由湿润区向半干旱、干旱区过渡。

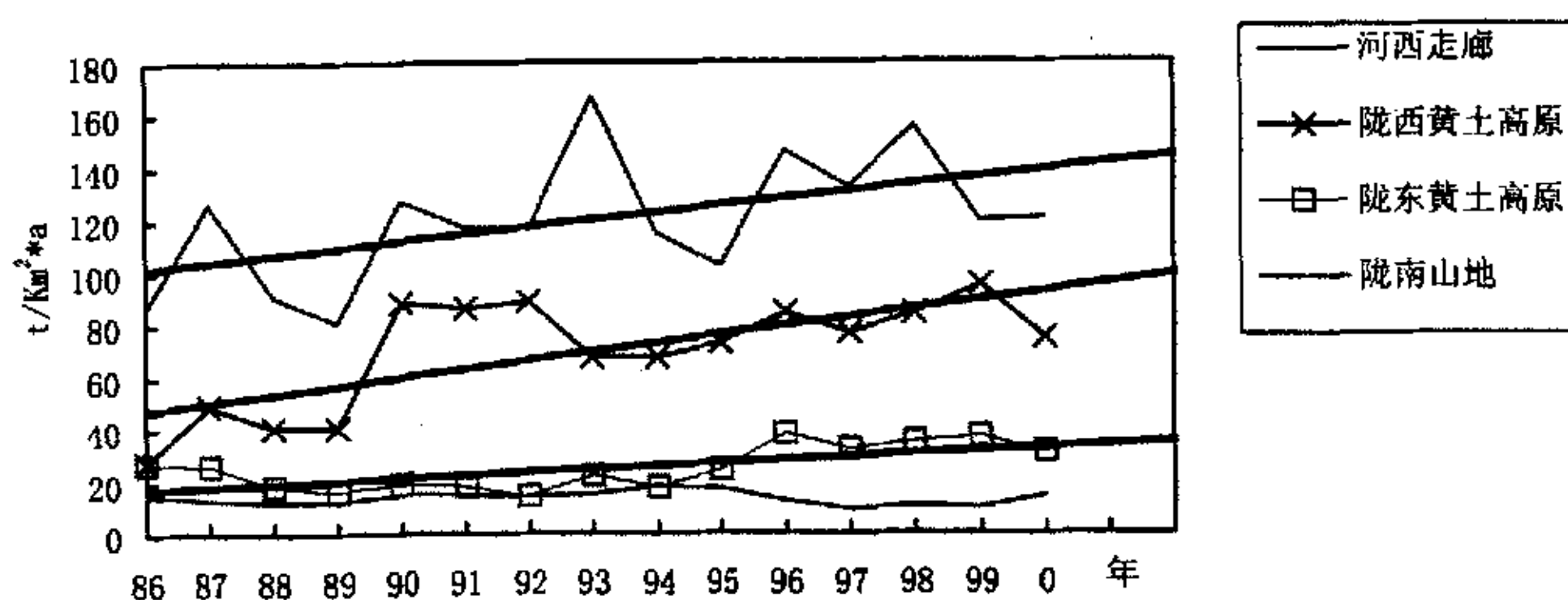


图1 甘肃各区域大气背景点年降尘总量变化曲线

1986~2000年的15年间,全省大气自然降尘背景点年均降尘量在 $251.64\sim151.20\text{ t/km}^2\cdot\text{a}$ 之间变化,总均值为 $207.55\text{ t/km}^2\cdot\text{a}$ 。极大值和极小值分别出现在1993年和1989年。

1986~2000年各区域大气降尘背景值的年月均降尘量分别是:I区 $19.61\sim33.05\text{ t/km}^2\cdot\text{month(a)}$,平均为 $24.86\text{ t/km}^2\cdot\text{month(a)}$;II区 $10.66\sim32.35\text{ t/km}^2\cdot\text{month(a)}$,

平均为 $17.45 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$; III区 $5.93 \sim 8.94 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$, 平均为 $7.49 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$; IV区平均为 $4.66 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$ 。各区 15 年的年均总降尘量分别是: I 区 $372.97 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$; II 区 $240.86 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$; III区 $89.88 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$; IV区 $55.92 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 。

近五年对甘肃敦煌城区的降尘监测结果, 年月均沉降量为 $26.86 \sim 62.25 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$, 平均 $44.69 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$ 。莫高窟(千佛洞)的年月均沉降量为 $19.81 \sim 127.27 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$, 平均 $62.34 \text{ t/km}^2 \cdot \text{month(a)}$ 。

由以上结果看, 甘肃大气自然降尘的背景值, 在全年中的高值主要出现在 3~7 月中旬之间。而在甘肃中部和东南部则在 3~5 月中旬之间。I~IV 区在 3~7 月间的降尘量分别占其全年总量的 55.88%、53.71%、53.29%、和 32.14%。全省易出现极大值的地区主要有西部的金昌、武威和中部的白银。

通过以上调查和研究认为: 约占全省总面积 60% 的河西走廊区域是全省降尘背景值的高值区同时也是每年春季发生沙尘暴的主要源地。它对本区域降尘背景值的升高, 乃至甘肃中部和东南部的大气自然降尘背景值都有一定的贡献和影响作用。近年来全省大气自然降尘背景值的总体水平是呈上升趋势(参见图 1)。

3 大气降尘背景值与土壤背景值和降水 pH 之间关系

甘肃全省的降水量分布很不均匀, 其分布是东南部多, 西北部少, 大致是以东南向西北递减势。根据近年各地大气降水的监测结果, 降水 pH (pH_*) 值的分布大致成 I→III 区逐渐下降趋势^[2, 11]。西部的 pH_* 偏碱性显然与其大气颗粒物中偏碱性物质含量有关。和全国土壤背景值水平比较, 甘肃地区土壤背景值中偏高的元素有 Ca、Al、Fe、Mg 和土壤 pH ($\text{pH}_\pm$) 值^[12]。其中 Ca 高于全国平均值的 4 倍, Fe、Al、Mg 三项均高于全国背景值的 1/3 左右。全省平均 $\text{pH}_\pm$ 值为 8.5。全省 $\text{pH}_\pm$ 值分布大致成西北部向东南部逐渐减少走势。同时, 全省土壤背景值的区域分布总趋势与大气降水量的分布趋势也非常相似。

将以上 $\text{pH}_\pm$ 、 pH_* 和土壤背景值的分布和变化趋势, 并与前述全省大气降尘的分布状况比较, 它们之间都有很好的相关。即大气降尘量高的地区, 土壤背景值低, 土壤 $\text{pH}_\pm$ 值和大气降水 pH_* 也同时偏高(呈碱性)。反之以上各值则相反。

4 西北地区沙尘暴在甘肃的沉降状况

沙尘暴虽然可以传输到很远的地方, 但从破坏性和造成危害程度最大和最直接的仍是在源地和源地周围地区。它对异地的危害和影响将是潜在的和长期的。它对人类健康、农业、区域和全球生态环境的影响也将是潜在和长期的, 因此有必要进行更深入的研究。

4.1 沙尘暴对降尘背景值的影响

近 40 年多来在我国西北地区有详细记录的较大沙尘暴有 70 多次^[4]。为了便于与有大气自然背景降尘值的年份相比较, 作者参考了有关资料^[4, 13], 选择 1986~1996 年期间在我国西部地区发生的十多次较大沙尘暴个例, 并对发生沙尘暴当月的大气背景沉降量进行统计。将其与同一时期未发生沙尘暴的平均降尘量进行比较可以看出, 沙尘暴发生后全省各背景点降尘量都有不同程度的增加^[3]。

发生沙尘暴后的沙(土)尘伴随着大风天气,将源地的沙(土)尘物质扬起。其中一些较大颗粒物在源地周围地区很快得到沉降,而 $<20\mu\text{m}$ 左右的沙(土)尘则随上升气流进入高空。在西风气流的推动下被携带和搬运到了1000-2500km以外的陇东、陇西黄土高原和陇南山地上空。随着强冷锋向东南移动和逐渐减弱,一部分沙尘(或粉尘)在这些地区靠自身的重力而自然沉降了下来。另一部分未能自然沉降的更小粒径微粒尘则会被传输到更远的地方,或长期悬浮在大气中。这些微粒可做为凝结核经碰撞、湍流扩散、静电吸引和互相作用等形成粗粒子而沉降,或以湿沉降的形成返回地表。

4.2 沙尘暴降尘的沉降量

近年来发生的多次较大沙尘暴的源地均位于中国西北地区的新疆、甘肃和内蒙的干燥沙漠或沙地带。这些地区充足的沙(土)尘源和河西走廊的特殊地形对增大沙尘暴的危害程度起了积极作用。沙尘暴降尘在甘肃的分布区域是以河西走廊的东部为中心,向大气环流下游的地域扩散。降尘量也相应逐渐减少,形成一个自西北向东南的梯度分布。刘树华等人^[5]通过对沙尘暴天气成因的分析,确认我国沙尘暴的源地主要在新疆、甘肃、宁夏和内蒙的干燥沙漠地带。

作者曾对1986-1996年发生沙尘暴期间的沉降量进行了统计,沙尘暴降尘在甘肃全省总的沉降量为 $3758.37\times 10^4\text{t}$,其中在河西走廊沉降 $3064.69\times 10^4\text{t}$,占全省总量的81.54%。金昌为全区域和全省的高值区,其沙尘暴降尘总量达到 $1284.83\times 10^4\text{t}$,占区域总量的41.92%,占全省总量的34.18%。陇西黄土高原沉降沙尘暴降尘 $433.20\times 10^4\text{t}$,占全省总量的11.53%。陇东黄土高原为 $187.30\times 10^4\text{t}$,占全省总量的4.98%。陇南山地为 $73.18\times 10^4\text{t}$,占全省总量的1.95%^[3]。

由于目前尚未得到甘肃邻近省、区的有关资料,还不能确定近年沙尘暴降尘在这些地区的沉降状况。但有一点可以确定,就是我国西部发生沙尘暴时的沙尘暴降尘,有相当一部分是通过狭长的河西走廊运输通道输送沉降在了河西走廊东部、陇西黄土高原和陇东黄土高原一带。造成甘肃境内西北部与东南部尘量较大差别的原因是,随海拔高度的下降和搬运距离的增加,气流对沙尘的搬运能力会逐渐减弱,致使不同颗粒的物质按由粗至细的次序沉降。

沙尘暴对源地沙(土)尘的搬运能力是巨大的。但要准确地测定沙尘暴发生时在大范围内的沉降量是比较困难的。陈道远^[7]曾根据国外有关资料,认为全球每年经风力搬运的沙尘量约为 $1.3\sim 8.0\times 10^8\text{t}$,最高搬运量为 $50\times 10^8\text{t}$ 。每年进入北太平洋中部的降尘量约为 $6\sim 12\times 10^6\text{t/a}$ 。

5 沙尘暴在甘肃的输送和迁移以及黄土堆积问题

5.1 沙尘暴尘的输送和迁移

由沙尘暴降尘量的统计结果看,其分布区域是以河西走廊的东部为中心,并向大气环流下游地域扩散。降尘量也相应逐渐减少,形成一个自西北向东南的梯度分布。村山等人^[16]用二维传输模式研究认为粒径大于 $150\mu\text{m}$ 者不能飞到高空。而粒径小于 $40\mu\text{m}$ 者可以上升到4000m高空,并在离源地数百km的下风向地区沉降。另外,粒径 $12\mu\text{m}$ ±者可被输送到3000km以外的地区。粒径小于 $12\mu\text{m}$ 的微粒可传输到7000km, $7\mu\text{m}$ 者

传输到 10000 Km 以外。根据对发生沙尘暴源地至甘肃境内可测到沙尘暴降尘最远的距离看, 其输送距离约为 430~2500 Km。例如 1991. 03. 25~30 发生在青海茫崖地区大范围的强沙尘暴降尘和 1993. 06. 23~24 发生在新疆和田大范围的特强沙尘暴降尘。都影响到了甘肃的陇西黄土高原、陇东黄土高原和陇南山地一带, 使这一带当月的自然降尘量大幅上升。由源地至甘肃境内最远测点的距离分别达到了 1500 Km 和 2500 Km。由于被收集到的沙尘暴降尘, 只是以自身重力自然沉降的颗粒物, 而那些 TSP 或 PM_{10} 依靠自身的重力较难沉降, 在无湿沉降的机会时, 则会被输送到更远的地方。所影响和污染的区域也会更大。

5.2 沙尘暴对环境区域的影响

沙尘暴发生时所形成的沙暴壁可以高达 300~500 m, 例如 1993. 05. 05 金昌沙尘暴的沙暴壁就高达 300m 土。而沙暴影响到的高度就更高。郑新江^[17]等人根据探空资料, 利用温度对数压力图制作出压高曲线, 再根据沙暴顶温度反标出高度的方法, 得出 1993. 05. 05 沙暴影响高度在 2100 m 土。同时用 NOAA 图象做云顶反照率分析认为: 沙尘密度分布是不均匀的。在中间存在着一条带状分布的沙尘高浓度区。由此推算出的沙尘暴影响面积约为 63773 Km²。1993. 06. 23 源自新疆塔克拉玛干大沙漠南侧边缘和田的沙尘暴沉降物, 使甘肃陇西黄土高原的部分地区和陇东黄土高原、陇南山地区域全部, 当月的大气自然降尘量, 明显高于当地当月 10 年均值的 11.0 %~159.4%。其沙尘的输送距离最远已达 2500 Km。沙尘暴的沉降物对远地大气环境的影响和危害, 往往是在人们不知不觉中进行, 而不象沙尘暴发生地和周围地区的地面气象特征那样明显, 而容易引起人们的注意。沙尘暴源地随上升气流被输送的沙(土)尘, 由于逐渐进入下沉气流区, 而在几乎静风的条件下大量的尘粒被沉降。这种“无风降尘”^[8]对沉降地大气环境的污染可能更大, 因此也应该引起我们的足够重视。

5.3 沙尘暴与黄土堆积

由沙尘暴降尘量的地域分布看, 甘肃河西走廊是高值区。随着冷锋气流对沙(土)尘在搬运中能量的逐渐减弱, 致使不同粒径的沙(土)尘物质按由粗至细的次序沉降, 与沙尘暴降尘量自西北向东南部逐渐下降的分布趋势相吻合。另外, 作者对沙尘暴降尘分布状况的研究结果, 同时也与黄土高原西、东部的黄土堆积厚度分布状况相近。它们之间是否存在有必然联系, 还有待地质学家去进一步论证。

黄河中游的黄土高原是中国黄土分布最广、厚度最大的地区。其面积达 27.5×10^4 Km², 约占全国黄土总面积的 43.7%。黄土高原西部兰州一带, 是世界上罕见的黄土堆积最深厚区域, 黄土层厚度达 200~300m。六盘山以东及吕梁山以西黄土厚度在 100~200 m。王永焱^[18]在对中国黄土粒度组分的调查研究中, 认为黄土粒度的分布总的情况是: 自西北向东南逐渐变细。这一结论与作者前面提到的沙尘暴降尘在搬运、扩散和沉积的地域分布状况很相近。沙尘暴降尘在甘肃陇中黄土高原的沉降量统计结果, 只是反映了短短 11 年间十多次沙尘暴的沉降状况。而黄土的堆积形成却历经几千仍至上万年。对我国降尘现象的记载可远溯至公元前 1150 年。史书中对我们现在所称的降尘常被记为“雨土”、“黄土”、“黄砂”、“雨尘土”、“黄霾”等。张德二^[8]认为历史时期雨土地点分布与现代浮尘日数分布及黄土分布三者颇近似, 意味着昔日黄土堆积也有类似的风力传送过

程。全浩^[19]认为中国西北的沙尘土向东部搬运和沉积不只限于沙尘暴一种形式,也不限于春季。扬尘、风沙、浮尘降水对沙尘土的移动或输送都有相当大的贡献。在我国第四纪沉积物——黄土的风成学中,大气降尘是一种重要的沉积过程。多年来许多的地质、冰川工作者也都在研究这一现象。刘东生^[20]和卢演侑等^[21]较早的提出了黄土堆积源于中国沙漠贡献的论点。张小曳^[22]通过对“近源”中国沙漠和“远源”高空西风粉尘的元素示踪分析,证明第四纪以来输入黄土高原的粉尘其源地主要是中国沙漠。

6 甘肃河西沙尘暴的化学组份和粒径分布特征

有关我国西北地区沙尘暴降尘沉积物中化学组份和粒度分布状况的研究目前开展的不多。作者根据近年采集到的沙尘暴降尘样品,使用中子活化分析法^[24, 25]和X射线吸收—沉降法对沙尘暴沉积物中Al、As、Au、Br、Ca、Ce、Co、Cr、Cs、Cl、Dy、Eu、Fe、Hf、In、Ir、K、La、Mg、Mn、Na、Nd、Ni、Rb、Sb、Sc、Se、Sm、Ta、Tb、Th、Ti、Tm、U、V、W、Yb、Zn等38种化学元素和粒径分布状况进行了全面测定,并进行了有关研究^[14, 15]。

6.1 沙尘暴沉积物的元素组份分析

近年来国际上常用富集因子(E F)表示大气中微量元素的分布、传输、富集,或判断元素的来源等。作者对平均地壳丰度采用并参考美国地质学家F. W. Clarke发表的地壳元素分布表和后来经过许多地球化学工作者修订和补充的“克拉克值”进行计算。考虑到“克拉克值”所代表的地壳化学元素包括了岩石圈上部(地表以下16km)、水圈和大气圈内的丰度。而沙尘暴的沉积物主要来源于地表的沙(土)尘。作者还以甘肃省土壤环境背景值做为计算E F的参考物质进行了统计。对甘肃19950516沙尘暴降尘中元素组份与地壳元素丰度的富集因子(E F_{地壳});自然降尘中元素组份与甘肃土壤环境背景值的富集因子(E F_{土壤背景})进行了统计。以上富集因子计算时共同选用的归一元素为Al。由地壳元素丰度为参考物质计算出的E F_{地壳},称为相对于地壳的富集度。以甘肃土壤环境背景值为参考物质计算出的E F_{土壤背景}称为相对于土壤尘的富集度。一般情况下当元素的E F值显著大于1时,可以表明它与地壳或土壤环境背景值组份对比,该元素在沉降物中被富集了。分析结果E F_{地壳}和E F_{土壤背景}中所共有的元素,E F值>2.0的有Eu、K、Tb、Zn;1.0~2.0的有Ca、Ce、Dy、Yb;<1.0的有Fe、La、Mg、Sm、Ti、U、W。

6.2 沙尘暴沉积物的粒径分布特征

西北地区沙尘暴降尘在甘肃境内的沉降量以及它分布区域范围,作者已进行过讨论^[3, 26]。兰州市城区全年的大气自然降尘粒径分布状况在旱季和雨季降尘粒径相对频率分布有所不同,旱季的降尘粒径主要集中在30~5μm范围内,并在10μm和5μm处各有一个峰值区^[14, 27]。对1996年5月30日敦煌发生特大沙尘暴现场采集样品的分析,发现其粒径与武威沙尘暴有所不同。敦煌沙尘暴沉积物的质量中值直径MMD为25.41μm,几何直径为4.35μm。1995年5月16日武威沙尘暴沉积物的质量中值直径MMD为5.70μm,几何直径为11.82μm。两地的粒径主要集中在30~10μm和100~30μm的粒径段上。其相对频率的累计值分别占总量的51.12%和39.47%。

6.3 兰州市大气降尘沉积物粒度的时空分布特征

近年来许多环保工作者对兰州市的大气污染特征、大气总悬浮微粒元素富集状况及污染来源^[28]、大气颗粒物中水溶性离子化学组成和分布特征^[29, 30]、TSP与气象条件关系^[31]、大气污染及治理、大气污染对居民健康影响^[32]等许多方面进行了专题研究。作者也曾对兰州市城区大气飘尘粒度的分布状况进行了分析和研究^[33]。并对兰州市区各月大气降尘的粒径分布,以及河西沙尘暴降尘沉降物在这一地区的粒度分布状况进行有关的分析和研究^[27]。通过对兰州市大气自然降尘的粒度的研究分析结果认为:

(1) 兰州市大气降尘沉积物质量中值直径范围为 $6.39\sim 12.64\mu\text{m}$,年平均 $8.93\mu\text{m}$ 。几何平均直径为 $1.37\sim 8.21\mu\text{m}$,年平均 $3.78\mu\text{m}$ 。二者的月、季度变化不十分明显。

(2) 降尘粒径最集中的范围为 $30\sim 5\mu\text{m}$,并在 $10\mu\text{m}$ 和 $5\mu\text{m}$ 处各出现一个峰值区。由各季度的频率分布看,一、二、四季度的曲线比较相近,而三季度各月的离散性较大。降尘粒径的相对频率分布也相应出现变化。这也正是文章前面提到的在多雨季节,采集的干沉降水中包括了由湿沉降带入的大气中部分非重力沉降尘。由于这些湿沉降,而使粒径的相对频率出现了较大的波动。

(3) 若将所测各粒径段的相对频率值粗分为五个粒径段时,则全年降尘粒子相对频率的累计均值分别在 $300\sim 100\mu\text{m}$ 范围内占 5.51% ; $100\sim 30\mu\text{m}$ 范围内占 5.52% ; $30\sim 10\mu\text{m}$ 范围内占 44.26% ; $10\sim 5\mu\text{m}$ 范围内占 40.29% ; $5\sim 1\mu\text{m}$ 范围内占 4.73% 。由此可见,兰州市大气自然降尘的粒子有 84.55% 集中在 $30\sim 5\mu\text{m}$ 的粒径段内。

(4) 1994年4月5日至11日,在新疆、甘肃和内蒙先后出现了大范围长时间的沙尘暴和浮尘天气。全过程维持时间长达168h,为甘肃气象史上罕见。对采集到这期间的浮尘沉积物样品分析结果,当月降尘的质量浓度为 $36.659\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{month}$,为全年之冠。兰州背景点当月降尘的测定结果为 $26.6\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{month}$,尘量高于该测点同期多年月均值的 $22.6\text{t}/\text{km}^2\cdot\text{month}$,超出 117.44% ^[14]。降尘粒径分析结果、质量中值直径MMD和几何平均直径D分别为 $7.83\mu\text{m}$ 和 $3.85\mu\text{m}$ 。与无沙尘暴、浮尘月相比,粒径无明显变化。只是质量中值直径略低于年均值。沙尘暴通过远距离的输送进入兰州后,可使当地降尘的质量浓度值明显上升,而降尘的粒径分布范围仍以 $30\sim 5\mu\text{m}$ 粒径段为主。粒子相对频率累积值在 $30\sim 5\mu\text{m}$ 粒径段范围内累计占总量的 91.4% ,略高于年均值的 84.55% 。

7 930505 特大沙尘暴降尘在甘肃的沉降状况

1993年5月5日发生在甘肃河西走廊,震惊中外的金昌特大沙尘暴(有资料称其为黑风暴)。全过程(指造成危害的时间)历时11h,其中对地面造成直接和剧烈破坏的时间长达4h。这场特大沙尘暴所到之处天昏地暗、沙尘弥漫,能见度降为0m,给沿途地区造成的经济损失达几亿元,至今人们对这一事件还记忆犹新。

根据气象部门专家的研究结果^[17],认为5.5特大沙尘暴的天气影响范围为:西起金昌、永昌与山丹、民乐之间,东沿黄河干流在白银、兴仁、中卫、平罗一线,南沿祁连山北麓,北面接近巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠交接处中泉子、锡林高勒、石咀山一带。东西最长约368km,南北最大跨度328km,面积约 $7\times 10^4\text{km}^2$ 。

作者研究认为,此次特大沙尘暴期间,甘肃各大气降尘背景点单位面积的总沉降量

较多年同期平均值上升 0.14~11.78 倍,沙尘暴单位面积降尘量累计达到 909.45t/km²。全省境内 80.7% 的总土面积上共沉降沙尘暴降尘 1245.3×10⁴t。其中河西走廊区域内共沉降 1138.0×10⁴t; 陇西黄土高原区域内共沉降 51.2×10⁴t; 陇东黄土高原区域内共沉降 46.8×10⁴t; 陇南山地区域内共沉降 9.3×10⁴t^[2]。由沙尘暴降尘量的地域分布看,源地的金昌及周围的武威尘量分别占全省总量的 56.16 %和 28.56 %,二地累计占全省总量的 84.72 %。河西走廊共占全省总量的 91.38 %。其次是陇西黄土高原 4.11 %, 陇东黄土高原 3.76 %, 陇南山地 0.75 %。此次特大沙尘暴在甘肃实际影响和污染的面积约 35.5×10⁴Km²。占全省地区总数的 71.4%, 占全省面积的 80.7 %。沙尘暴后在全省境内共沉降约 1245.3×10⁴t 的沙(土)尘。降尘量在全省的分布状况是以金昌为中心区,并向二侧各地逐渐减少分布。并在定西和庆阳西峰各有一个小的峰值区。如果以金昌为沙尘输送的起点,则至本省最远点西峰的空距约为 580 Km。比来自新疆、青海等地发生沙尘暴、沙尘的输送距离要短的多^[2],但所沉降的降尘量要多一些。沙尘暴降尘量在全省的区域分布状况是西北部源地向东南部迅速减少。即源地中心向冷锋前移二侧的地区呈水波状扩散。且沙尘暴降尘量与输送距离呈反比关系。通过以上分析可以看出,930505 特大沙尘暴的沙尘输送量之大,沙尘暴的沙尘沉降物的分布区域,除河西走廊外主要集中在陇东,陇西黄土高原和黄河流域上、中游一带。由此也可这样认为,被送到甘肃以外或更远区域的沙尘的量会明显少于以上区域。

通过以上讨论认为,此次特大沙尘暴在甘肃所造成的大气背景降尘污染面积,要比所报道的天气影响的范围大的多^[17]。沙尘暴对背景大气环境影响和污染的实际范围在甘肃境内就已达到 35.5×10⁴Km²,二者相差 4 倍之多。

在金昌市金川公司 30km²的尾矿坝(选矿排泄区)内,沉积厚达数米的金属矿物粉末,在 5.5 特大沙尘暴中风蚀深度平均达 10cm^[9],也就是说向大气层中输入了有害金属矿末 30 万 m³! 据了解尾矿中的硫、铬、镍、铜、钴的含量较高。另外,永昌电厂的储灰场在此次特大沙尘暴中被风蚀深度平均在 50cm,它也向大气层中输入了 16.5 万 m³的灰量! 由此可见沙尘暴不光是通过西风急流向下游输送沙尘。同时还会向下游地区输送一些有害物质,它不仅会危害人体健康,也会危害土壤和农作物,并对其造成潜在和长期的影响。

8 对河西走廊强沙尘暴危害的调查及研究

通过对近年沙尘暴发生前后气温的变化看,每次沙尘暴在出现前期都出现了持续的高温天气,而沙尘暴天气往往出现在平均气温达到最高的次日或当日。民勤治沙综合试验站对 1977~1996 年同期的压温比测定结果,其均值为 45.34。而 960529 沙尘暴在民勤出现前期出现了低谷值。沙尘暴的危害程度主要与风力、气流含尘量、持续时间成正相关。即风力越大,含尘量越高,持续时间越长,危害程度就越大。

通过对沙尘暴的危害调查,有防护林地区,防护林内遭破坏程度较轻。而无防护林时遭破坏的程度较重,有的还造成了农作物绝收。另外,由于防护林的遮档阻降,风力明显小于沙漠边缘,且能见度较大。营造防风固沙林和护田林网是防治沙尘暴的最有效措施之一。近年来,在河西走廊打井开荒种地的现象普遍,但多数是先种地后造林或者

不造林,这一现象必须彻底改变。在河西走廊沙漠边缘地区,如果没有防护林也就没有农业。

参 考 文 献

- [1] 朱震达. 中国土地沙漠化的现状趋势及其治理 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 北京. 1989.
- [2] 张宁, 倾继组等. 930505 特大沙尘暴沙尘在甘肃沉降状况研究 [J]. 高原气象. 2001, 20 (1): 44-50.
- [3] 张宁, 黄维等. 沙尘暴对甘肃大气降尘背景值的影响研究 [J]. 中国沙漠. 1998, 18 (增 1): 95-98.
- [4] 夏训诚, 杨根生. 中国西北地区沙尘暴灾害及防治 [M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1996.
- [5] 刘树华, 刘新民等. 沙尘暴天气成因的初步分析 [J]. 北京大学学报 (自然科学版). 1994, 30 (5): 589-596.
- [6] 王式功, 杨德保等. 我国西北地区黑风暴的成因和对策 [J]. 中国沙漠. 1995, 15 (1): 19-30.
- [7] 陈道远. 大气尘埃来源与尘暴. 世界沙漠研究 [J]. 1994. (1): 10-16.
- [8] 张德二. 我国历史时期以来降尘的天气气候学初步分析. 中国科学 (B 辑) [J]. 1984 (3): 278-288.
- [9] 杨根生, 王一谋等. 我国西北地区“5.5”强沙尘暴的危害状况与对策 [J]. 甘肃气象. 1993, 11 (3): 43-48.
- [10] 张宁, 康颖琦等. 甘肃省大气自然降尘背景值的调查和研究 [J]. 甘肃环境研究与监测. 1999, 12 (2): 69-73.
- [11] 张宁. 甘肃降水化学特征研究. 中国南方酸雨 [M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1996.
- [12] 甘肃省土壤环境背景值调查研究课题组. 甘肃土壤环境背景值调查研究课题报告. 1990, 10.
- [13] 钱正安, 陈敏连等. 我国西北地区沙尘暴的分级标准个例谱及其统计特征. 中国沙尘暴研究 [M]. 北京: 气象出版社. 1996.
- [14] 张宁, 牛耘等. 兰州市大气降尘沉积物的粒度分布特征研究. 干旱环境监测 [J]. 1998, 12 (1): 15-19.
- [15] 张宁, 陆荫等. 沙尘暴降尘的化学组份和粒度分布特征. 甘肃环境研究与监测 [J]. 1998, 11 (1): 3-7.
- [16] 村山信彦, 根元修. 输送される黄砂エアロソルの粒径について. 见: 日本气象学会秋季讲演予稿集. 1984.
- [17] 郑新江, 刘诚, 赵亚民等. “5.5”沙尘暴天气的云图特征. 甘肃气象 [J]. 1993, 11 (3): 32-34.
- [18] 王永焱, 笹嶋贞雄. 中国黄土及其地层层序. 中国黄土研究的新进展.
- [19] 全浩. 关于黄沙研究与进展. 环境科学研究 [J]. 1994, 7 (6): 1-10.
- [20] 刘东生. 中国的黄土堆积 [M]. 北京: 科学出版社. 1965.
- [21] 卢演传. 中国黄土物质来源的初步探讨——石粉英砂颗粒表面结构的电子显微镜研究. 地球化学 [J]. 1974, (1): 47-53.
- [22] Zhang X Y. Shen Z. Zhang G. et al. Remote mineral aerosol in Westerlies and their contributions to the Chinese loess. Science in China (Series D). 1996. 39 (1): 67-76.
- [23] 施雅风, 范建华. 中国中纬度地带气候暖干化对水资源的影响. 水科学进展 [J]. 1991, 2 (4).

- [24] Zoller, w.h. Anal.Chem.42,257(1970).
- [25] Dams,R.Anal.Chen.42,861(1970).
- [26] 张宁,黄维等. 沙尘暴降尘在甘肃的沉降状况研究. 中国沙漠 [J] .1998,18 (1) :32-37.
- [27] 李春生,张宁等.兰州城区某地自然降尘特性及其变化规律. 核技术 [J] .1997,20 (12) :739-743.
- [28] 魏群,张宁等.兰州市城区大气总悬浮微粒元素富集特征及污染来源研究.中国环境科学[J].1988,8 (6): 10-17.
- [29] 张宁,吴仁铭.兰州市大气颗粒物中水溶性离子研究.环境化学 [J] .1994,13 (5): 453-459.
- [30] 张锐,张宁. 兰州大气颗粒物和可溶性离子及其降水种元素组成的关系. 中国沙漠 [J] .1995,15 (4): 357-361.
- [31] 付培健,陈长和等. 兰州市城区大气颗粒物分析研究.兰州大学学报 [J] .1995,31 (4) : 175-181.
- [32] 田裘学,周伶芝. 兰州市大气污染对居民健康影响的研究. 中国环境科学[J].1994,14(3): 200-205.
- [33] 张宁,魏群. 兰州市城区大气飘尘粒度分布状况.环境研究与监测 [J] .1988, (2): 35-38.

The Sand-dust Storm Deposition Its Impact on the Atmospheric Environment in the China West

Zhang ning¹ Zhang wu ping²

1 Gan su Environmental Monitoring Central Station Lan zhuo 730030

2 Long nan Environmental Monitoring Station Wudu 746000

Abstract This paper through decadal Sand-dust storm in China west come .in research of the Sand-dust storm deposition the quantity of deposition and distribute range and chemical element and granulometric distribution and air background deposition ualue impact .the research outcome in text parrative debate the research Sand-dust storm of perso and interest of some question .

Key words Sand-dust storm; Air background deposition ualue: The quantity of deposition