

西北黄土高原干旱半干旱条件下城市污染特点

——以西北某城市为例

何乱水 马炳祥 杜文奎 任惠英

(甘肃地勘局兰州地安矿产勘查发展有限公司,甘肃 兰州 730050)

摘要: 该市地处西北黄土高原西部,是黄河河谷盆地型城市,其城市污染代表了黄土高原干旱、半干旱条件下污染特征。城市污染因子主要是大气降尘(烟尘)、沙尘、二次扬尘(地尘)以及固体垃圾物弥撒和污水灌溉。污染元素主要是 Hg、Sb、Pb、Be、As、Cd、F 等。以重金属为主的元素污染规律是(1)污染程度与人口密度、人群流量密切相关;(2)人口集中商业发达的城区污染大于人口密度较小、工业较集中的城区;(3)工业污染中,重工业大于轻工业;(4)农业污染中,污水灌溉区大于非污水灌溉区;(5)污染物中重金属含量随颗粒细化而富集,其危害程度也愈来愈大。在评序污染程度时,除采取污染指数外,引入了勘查地球化学中的面金属量、衬度指数,使评价工作更具区域化、综合效应化。

关键词: 城市污染;黄土高原;干旱半干旱;重金属;西北

中图分类号: X131.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2003)04-0442-07

随着全球生态环境的日益恶化,中国北方地区沙尘暴天气的频繁发生,西北地区城市空气、土壤的污染愈来愈突出。与南方城市相比,北方城市的空气污染主要是可悬浮颗粒物浓度愈来愈大。特别是西北地区干旱少雨、植被稀少原因所造成。城市土壤是一切污染物的载体,它既是空气中可悬浮颗粒、浮尘、扬尘、沙尘、烟尘的归宿地,又是水体污染物通过灌溉、渗漏、循环而最终积淀的场所。它是人—动植物—土—水—大气整个生态循环大链条中的重要一环。防治土壤污染是保持生态平衡、优化生存环境一项极其重要工程。

1 城市地理条件

该城市地处黄土高原西部,黄河断陷盆地之中,地貌形态特殊。东西长 44 km,南北宽 20 km,面积 880 km²。城市总体呈北西南向展布,为 4 个串珠状盆地组成。两岸夹山,市区黄河中山铁桥水面与南北两山相对高差为 600 m。市区基本为黄土覆盖,两山为荒山荒坡,植被稀少。年降雨量 300~400 mm。在研究中,共采取土壤样品 3 919 个,(网度 500 m×500 m,每 4 个样品为一个组合样,共分析组合样 980 个),深部土壤样品 252 个(0.5 m,1.0 m,共 126 条垂直剖面),固体工业废物、生活垃圾样 183 个,降尘、烟尘、灰尘样 29 个,水样 32 个,农业土壤样 39 个。分析 Hg、Se、Sb、Cd、Be、Cu、Pb、

Zn、As、Mo、F、Sn、Mn、Fe、Co、Cr、Ni、N、P、K、B 以及 N、P、K、Mo、B、Zn、Cu、Fe、Mn 营养元素的有效态和酸碱度 pH 值。本世纪初又对部分异常进行了查访。全部采样分析测试执行原地矿部 1:5 万区域地球化学勘查规范。

2 土壤污染类型、程度及评序

2.1 背景值(\bar{X})的确定

求取背景值采取 3 种方法。(1)剔除污染样品及高、低值点。(2)多向多次叠代法。(3)土壤 1m 深部采样。通过对 3 种方法比较,参考 30 年来元素含量趋势面分析并对比国内外黄土中元素含量,最后确定叠代值法之值较为合理(表 1)^[1],为科学评价土壤污染奠定了基础。

2.2 综合污染指数的建立

建立综合污染指数的依据是:(1)以国家通用的标准——单元素污染指数分级标准作基础;(2)突出元素的有毒性及过量性,并以权系数赋值;(3)引入区域勘查地球化学中面金属量、衬度及主因子得分诸项反映多元素组合区域效应的指标;(4)实地调查宏观生物(污染)效应。

(1)单元素污染指数(P_i)公式:^[2]

$$P_i = \frac{X_i}{T} \quad (1)$$

表 1 多向多次叠代土壤背景值参数特征/10⁻⁶

Table 1 Characteristics of parameters of multi-directional and multi-iterative soil background values (10⁻⁶)

元素	\bar{X}	σ	CV (%)	$\bar{X}+2\sigma$	MAX	MIN	CS	CE	L-X	L-S	L-CS	L-CE	n
Cu	22.9438	2.2021	9.5980	27.3480	119.000	4.6000	0.3329	0.3662	1.3587	0.0415	0.0080	0.2883	782
Pb	21.9823	3.0545	13.8955	28.0914	204.000	0.0960	0.2199	-0.4221	1.3379	0.0607	-0.1154	-0.3153	768
Zn	67.0639	6.9368	10.3435	80.9375	216.3000	14.2000	0.2916	-0.2262	1.8242	0.0448	0.0326	-0.3219	765
Hg	0.0302	0.0136	45.1883	0.0575	5.6300	0.0030	0.8842	0.1283	-1.5635	0.1961	-0.1569	0.1986	723
Sb	0.8006	0.1914	23.9023	1.1833	24.3000	0.1900	0.6730	0.2746	-0.1086	0.1021	0.0643	-0.2714	814
Mo	0.8002	0.1456	18.1922	1.0914	4.2000	0.0800	-0.1058	0.0137	-0.1045	0.0842	-0.8850	2.2705	827
As	10.6407	1.6209	15.2330	13.8825	27.1000	2.4000	-0.1262	-0.6817	1.0217	0.0684	-0.4390	-0.4543	791
F	629.3919	64.2677	10.2111	757.9273	1872.000	226.000	0.0884	-0.2215	2.7966	0.0447	-0.1838	-0.1924	837
Cd	0.1354	0.0287	21.2310	0.1929	0.9150	0.0150	0.0472	-0.0520	-0.8789	0.0993	-1.0409	4.2177	794
Se	0.1224	0.0400	32.6519	0.2024	0.8480	0.0080	-0.1642	-0.1860	-0.9428	0.1816	-1.8268	5.6053	788
Be	1.8417	0.2521	13.6862	2.3458	4.0000	0.9000	0.2600	-0.2937	0.2611	0.0596	-0.1008	-0.1281	785
Co	12.0729	0.9112	7.5758	13.8503	18.0000	3.0000	0.1306	0.0777	1.0789	0.0330	-0.1077	0.1320	416
Cr	59.8461	3.5233	5.8872	66.8926	413.0000	21.7000	0.1551	0.0257	1.7763	0.0256	-0.0214	-0.0030	358
Ni	26.5209	2.2013	8.3003	30.9235	33.8000	21.0000	0.1304	0.1384	1.4221	0.0362	-0.1271	0.0435	421
Sn	2.8378	0.4718	16.6239	3.7814	8.0000	1.7000	0.3846	-0.4006	0.4471	0.0719	0.0185	-0.4889	399
B	34.6462	6.3467	19.4409	45.3396	66.0000	12.0000	-0.0214	-0.3065	1.5051	0.0891	-0.6753	1.1079	407
N × 10 ⁻²	0.0620	0.0191	30.8351	0.1002	0.2400	0.0250	0.4970	-0.3924	-1.2288	0.1365	-0.1999	-0.3219	397
P	691.2580	78.6196	11.3734	848.4972	869.000	506.700	0.2305	-0.5107	2.8368	0.9404	-0.0249	-0.4535	354
K × 10 ⁻²	2.2549	0.1038	4.6020	2.4625	7.0000	1.2500	0.0992	0.3581	0.3527	0.0200	-0.0552	0.1619	424
Fe × 10 ⁻²	4.0773	0.1562	3.8303	4.3896	5.4400	2.3600	0.1276	-0.2158	0.6101	0.0166	0.0254	-0.2174	389
Mn	566.5253	22.2460	3.9267	611.0273	766.4000	46.4000	0.1732	0.3211	2.7529	0.0170	0.0424	0.1816	381

$$T = \bar{X} + 2\sigma \quad (2)$$

式中, X_i : 土壤实测含量; T : 污染元素的评价标准, 即污染起始值, \bar{X} : 元素含量背景值, σ : 算术标准偏差。

单元素污染指数分级按四分法, 即非污染、轻度污染、中度污染、重度污染^[9]。该地区各元素污染程度划分及具体取值如表 2。

(2) 多元素叠加污染指数 (P) 基于单元素污染程度分级标准, 其计算公式:

$$P = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad (3)$$

式中 W_i : 污染元素的权系数, 规定对动植物有毒元素 Hg、Sb、Pb、As、Cd、Be、Co、Ni、Sn、Cr 10 种元素为 1, 过量元素即动植物生长必需, 但过量仍会造成危害的 N、P、K、Fe、Mn、Zn、B、Mo、Se、F、Cu 等 11 种元素为 0.5^[9]; n : 元素个数。多元素污染指数对于有毒元素和过量元素除在污染指数作了规定之外, 对元素个数和污染面积同样进行了赋值。这就突出了有毒元素在评价污染中的作用。

(3) 综合污染指数的分级

综合污染指数分级 (表 3) 以 (1)、(2)、(3) 式为依据, 包括 6 个方面的指标, 即叠加污染指数 (P)、多元素的污染指数、主因子得分、总金属量 (P_s)、衬度 (CN)、宏观生物效应。经计算, 该城市主因子得分 (F_1) 贡献值 28.05%, 元素组合 Hg、Pb、Zn、Cu、Mo, 最高值 7.0; 面金属量是污染物中重金属落入污染区中的各元素总量, 衬度是当面积为 1 km² 时的污染指数^[9], 表中衬度值是污染区内各元素平均衬度之和。宏观生物效应是实地调查人口密度、工厂性质、动植物 (羊、

表 2 单元素污染程度/10⁻⁶

Table 2 Pollution degree (10⁻⁶) of a single element

元素指数	非污染 $P < 1$	轻度污染 $1 \leq P_i < 2$	中度污染 $2 \leq P_i < 3$	重度污染 $P_i \geq 3$
Hg	<0.06	0.06-0.12	0.12-0.18	>0.13
Cd	<0.19	0.19-0.38	0.38-0.57	>0.57
Se	<0.20	0.20-0.40	0.40-0.60	>0.60
Sb	<1.18	1.18-2.36	2.36-3.54	>3.54
Mo	<1.09	1.09-2.18	2.18-3.27	>3.27
Be	<2.35	2.35-4.70	4.70-7.05	>7.05
Sn	<3.78	3.78-7.56	7.56-11.34	>11.34
As	<13.88	13.88-27.76	27.76-41.64	>41.64
Co	<13.85	13.85-27.7	27.7-41.55	>41.55
Cu	<27.35	27.35-54.70	54.70-82.05	>82.05
Pb	<27.66	27.66-55.32	55.32-82.98	>82.98
B	<45.34	45.34-90.68	90.68-136.02	>136.02
Zn	<80.94	80.94-161.88	161.88-242.98	>242.98
Cr	<66.89	66.89-133.78	133.78-200.67	>200.67
Ni	<30.92	30.92-51.84	51.84-92.76	>92.76
Mn	<611.03	611.03-1222.06	1222.06-1833.09	>1833.09
Fe × 10 ²	<4.39	4.39-8.78	8.78-13.17	>13.17
F	<758	758-1516	1516-2274	>2274
N × 10 ²	<0.10	0.10-0.20	0.20-0.30	>0.30
P	<848.50	848.5-1697.0	1697.0-2545.5	>2545.5
K × 10 ²	<2.46	2.46-4.92	4.92-7.38	>7.38

蔬菜、果树) 受害程度。需要着重指出的是划分区内污染程度的边界是一项十分复杂而又谨慎的工作, 由于元素污染异常

并非重合,因此在一个元素的重度污染区内,其他元素并非重度污染,因此叠加指数并非是整数相加;为了防止过于使划分污染程度复杂化,对叠加指数的计算只采用了Hg、Sb、Zn、Cd、Pb、Cu、Mo、Se、Be、As、F的11个元素。目前国内外对土壤污染程度的划分除单元素有较统一的计算方法外,其他各项指标都是以本地区实际实验及调查结果而制定的。该地区综合污染指数的分级正是基于上述这一点而制定的,并得到了专家肯定。

2.3 土壤污染异常类型及分布

(1)污染异常:全区共发现单元素污染异常170个,各元素异常面积(km²)排序如下:Hg 168>Cr 142>Pb 124>Cu 120>P 112>Zn 105>N 92>Cd 78>Fe 78>Se 73>Mn 66>Sn 53>Mo 52>B 39>Ni 32>Sb 32>F25>As 24>Be 23>K 11。共圈定综合污染异常21个,分布在工业、农业、商业、居民生活区以及原生基岩区,元素组合为Hg、Pb、Cd、As、Cr、Zn、Mo、Co、Cu、Ni、Se、Sn、B、F、N、P、K,异常以中心广场为中心,向外扩散,各元素异常互相叠加,但各元素浓集中心不重合,而在因子得分图上则明显有晕带分布。出现在化工公司一带的异常为

工业区内最大异常,面积33.5 km²,呈等轴状,有浓集中心,且晕带清晰,组合元素为Hg、Cr、Cd、Sb、Mn、Fe、P、N、Ni、Se、Sn、F、Co、Mo、Cu等。出现在农业区内的最大异常在东大坪一带,面积14 km²,异常呈等轴状展布,元素组合简单,为Cu、Zn、Pb、Cd、P、Fe、Sn、Cr、Be、Se。在南北两山基岩裸露区出现一些零星异常,但异常值低,平缓、组合元素简单,多为As、Pb、Sb、Hg、N等。

(2)污染类型:根据污染异常形态、污染源性质,将土壤污染分为4个类型,即大气降尘型、固体废物弥散型、污水灌溉型、原生高背景型。

大气降尘包括烟尘、沙尘、二次扬尘以及工业粉尘中细粒部分(炼铝氟尘、化铁炉粉尘,炼硅铁粉尘等),是城市土壤污染的主要形式。此类异常分布受风向、地形控制。炼钢厂所造成的粉尘污染是沿南部山脊边界展布的。最典型的F异常是由该市铝厂、热电厂、化肥厂所排放粉尘、烟尘引起,由于受东风影响,浓度中心在热电厂西一带,且异常分带明显,土壤中的F含量达1872×10⁻⁶,为背景值的3倍,面积11 km²。此类异常与排放源有关,异常围绕污染源而展布,并且有晕

表3 土壤重金属综合污染指数分级
Table 3 Grading of comprehensive pollution indices of heavy metals in soils

评价因子				重度污染区	中度污染区	轻度污染区	非污染区	说明
元素污染指数	叠加污染指数(P)			>20	18~20	15~18	<15	11个元素
	多元素污染指数	有毒元素 Hg、Pb、 Cd、Be、 Sb、Cr、 As、Sn、 Ni、Co	重度	元素数 ≥1				21个元素 元素为个数, 面积为km ²
			中度	面积 ≥1				
			轻度	元素数 ≥2	≥1	≥1		
	过量元素 Cu、Fe、 Mn、Se、 Mo、Zn、N、 B、P、K、 F	重度	元素数 ≥2	≥1				
		中度	面积 ≥2	≥1	≥1			
轻度		元素数 ≥4	≥2	≥1	<2			
主因子得分				>2	1.5~2	0.5~1.5	<0.5	F ₁ 值
总面金属量(Ps)				>200	100~200	50~100	<50	Hg、Sb、Zn、Cd、Pb、Cu、 Mo、Se、Be、As、F
衬度(CN)				>26	22~26	20~22	<20	11个元素
宏观生物效应				人口高度密集区、石化、金属冶炼区。区内果、疏生长枯死等。大气污染严重,光化学烟雾时常发生,人群发病率高	工业区、生活区、市区空旷区、农田、荒地原生高背景区。羊门齿脱落、果疏生长不良、土壤盐碱化普遍	大工业及生活区边部、南北两山区。羊齿脱落时有发生,但不严重。污水、河水灌溉区,土壤自净力强	动、植物生长基本正常	

形成,如在该市机械厂 Pb 异常边界整齐,包围了整个厂区。

固体废物主要是炼铝、硅铁、化铁炉粉尘、电厂粉煤灰、冶金炉渣、大型生活垃圾堆放。该类异常主要出现在大厂周围以及大型垃圾场区。典型异常出现在热电厂粉煤灰堆放地,面积 2 km²。

污水灌溉型异常主要分布在该市东部,且主要污染元素为 Hg、Cd、Cr、Pb 等。其中 Hg 元素是黄河上游化工厂汞法炼盐排汞所致,尽管该法已停止多年,但土壤中所积累的 Hg 则极难自净降解。

2.4 市区土壤污染程度

该市区面积 220 km²。重度污染区面积 37.26 km²,占市区面积的 17%,中度污染区面积 67.4 km²,占 31%,轻度污染区面积 96.52 km²,占 45%,非污染区面积 14.09 km²,占 7%,主要分布在城区周围及五级阶地以上黄土丘、崩、梁农业区。

总之,该市区 93%土地遭到了不同程度的污染。

2.5 城市功能区污染程度评序

(1)生活区、商业区污染重于工、农业区,按 Hg、Pb、Sb、As 等 11 种元素面金属量 P_8 评价,城区人口密度大,人群流动量大,垃圾排放量大,建筑工地面广,居民锅炉烟囱密集,汽车流动量大是造成污染重的主要原因。

(2)重工业污染大于轻工业污染,工业污染大于农业污染,由于各污染小区都被包围在异常之中,以面积为函数的面金属量难以衡量污染效应,故以衬度评序(21 个元素):

化学工业衬度(42.81)>重金属冶炼(30.51)>石油冶炼(29.34)>机械工业(27.81)>建筑材料(27.22)>电气仪表(23.45)。

各工业小区的评序:化工公司小区(42.81)>炼油工业公司小区(29.34)>轻重混合工业小区(28.03)>飞机仪表小区(23.45)>轻工业小区(22.38)。

工业区内农田污染大于非工业区内农田污染。在同一类型工厂中,生产规模大,三废排放量大,则污染较重:石油化工厂(27.81)>兰通厂(21.40)>机车厂(21.34)。

(3)在生活、商业区内,繁华地段污染大于一般地段污染(21 个元素衬度)。人群流通量大的公园污染大于流通量小的公园污染。

由上述可见,工业类型、人口密度、人群流动是影响土壤污染程度的主导因素。

3 污染因子

土壤之所以受到污染,是由于大气降尘(烟尘、地尘)^④、固体废物、水体中重金属元素含量高所致。

3.1 固体废物中的元素含量

由表 4 可见,工业垃圾等 4 种。固体废物中的元素含量远远高于土壤背景值,例如工业垃圾(土壤样)中 Cu 是背景值的 91 倍,Pb 1 269 倍,Sb 13 453 倍,F 7.7 倍,Hg 75 倍,Cd 101 倍,Zn 35 倍,Cr 24 倍,即使粪粪中含量低,但多数元素也在 2~4 倍以上。

3.2 烟尘中的元素含量

大气降尘中,烟尘是污染城市土壤的主要来源。由表 5 可知,灰尘中重金属等元素含量最高,例如 Cu 是背景值的 112 倍,Pb 210 倍,Zn 44 倍,Hg 41 倍;其次是烟尘,Cu 是 4 倍,Pb 7 倍,Zn 5 倍,Se 最高是 22 倍,Hg 21 倍。

3.3 水体中的元素含量

水体(地下水及黄河水)被污染之后,用来灌溉农田而又对农田进行二次污染,水样采取黄河水、黄土沟溪水、井水。水体中元素含量(表 6)变化幅度很大,有些水井 Se、Cd、Pb 都超标;而作为一类灌溉水,超标的元素有 Se、As、Cd、Hg。长

表 4 固体废物中元素含量/10⁻⁶

Table 4 Contents (ppm) of some elements in solid wastes(10⁻⁶)

元素	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	As	Be	Sb	Hg	F
工业垃圾	2088.57	27882.43	2360.71	14.15	1448.93	55.33	3.09	10762.13	2.24	4835.50
生活垃圾	82.15	144.52	228.39	0.88	63.36	13.22	1.58	4.16	0.81	475.0
工业粉尘	367.85	152.31	582.23	1.40	220.08	23.57	4.51	4.82	1.45	72580.0
粪土	64.80	60.60	112.00	0.60	73.60	18.05	2.58	2.58	0.09	432.0
土壤背景值	22.94	21.98	67.06	0.14	59.85	10.64	1.84	0.80	0.03	629.39

表 5 形态降尘的元素含量/10⁻⁶

Table 5 Contents (ppm) of some elements in three forms of dusts(10⁻⁶)

元素	Cu	Pb	Zn	Se	Mo	Cr	As	Hg	F
灰尘	2575.20	4616.00	2992.60	69.86	27.30	122.60	16.94	1.242	2640.0
烟尘	81.59	150.75	323.50	2.67	3.38	82.50	23.09	0.63	2049.67
地尘	40.50	156.0	172.5	1.30	2.20	64.0	17.03	0.41	572.5
土壤背景值	22.94	21.98	67.06	0.12	0.80	59.85	10.64	0.03	629.39

表 6 水体中的一些微量元素含量/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
Table 6 Contents (mg/L) of some trace elements in water body

Pb	Zn	Se	Mo	As	Sb	Cd	Hg	F	PH
0.10	0.26	2.77	0.0043	3.001	0.5665	0.051	0.050	1.141	7.554
0.09	0.36	0.56	0.0070	4.74	0.5416	0.057	0.023	0.284	0.350
0.37	1.5	38.51	0.03	21.80	2.510	0.264	0.092	1.850	8.220
0.04	0.06		0.0010	0.000	0.100	0.023	0.013	0.840	7.060
≤ 0.5	≤ 2.0	≤ 0.02		≤ 0.05		≤ 0.002	≤ 0.001	≤ 2.0	5.5 ~ 8.5

期使用河水及污水灌溉,必然使农田受到污染。

4 污染元素的富集特征及污染规律

4.1 Hg、Pb、Cr、Sb 等重金属有毒元素污染最重

按各元素的污染程度贡献值,即在城市各小区中单元素污染指数占总污染指数的百分比来序,由表 7 可见,Hg 元素在各污染小区中均占很高比例,其中在商业和生活区污染中占 43.7%,炼油厂污染占 45.1%,在重金属冶炼中占 38.7%;其次是 Pb 元素,Pb 污染几乎出现在各个区内,而尤以化工、商业生活区较重;Sb 污染在重金属冶炼和生活区也十分严重。有些污染元素可作为小区特征元素出现,如仪表工业的 Cr、Cd、Cu 以及 Hg 就占总贡献值的 51.8%。

表 7 元素污染程度在各污染小区贡献值/%

Table 7 Contribution values of the element pollution degree in various polluted districts

元 素	Hg	Zn	Sb	Pb	As	Mo	F	Se	Cr	Cd	Cu
商业、生活区	43.7	6.4	18.5	11.0		5.6					5.5
化学工业	36.7			14.8			4.7				
石油冶炼	45.1			4.7				10.9	9.5	4.9	
重金属冶炼	38.7	5.3	23.6	5.7							5.1
核工业	29.1	8.7	7.1	6.0	5.0	7.7					
机械工业		20.1	7.6								
建材工业	5.9		5.8	6.7							10.6
仪表工业	17.4								10.8	19.2	4.4

4.2 在地尘和烟尘污染土壤过程中,其颗粒愈细,重金属含量愈高

(1) 大气降尘中颗粒愈细元素含量愈高,从地尘到烟尘(表 5)大部分元素含量呈有规律变化。即随着颗粒愈细,而元素含量大幅度增高。例如 Cu,灰尘是烟尘的 32 倍,是地尘的 64 倍;Pb 分别是 31 倍 T 和 30 倍;Zn 9 倍,17 倍;Se 26 倍,62 倍;F 1.2 倍和 5 倍。

(2) 烟尘粒度元素含量,对烟尘粒度进行了筛选测定,其粒度概率分布为:

分级(目)	>100	100~120	120~140	140~160	160~180	<180
频率(%)	<0.0	0.132	4.28	1.319	0.330	93.631

烟尘粒度在分布上有两个峰值,一是在 120~140 目区

间,占 4.28%,二是在 180 目以下,占 93.63%。其不同粒度的烟尘中元素含量(表 8)差别不是很大,但总的趋势是颗粒愈细,元素含量愈高,例如 F 元素 180 目以下者为 100~140 目者的 3.3 倍,As 是 1.5 倍。

表 8 烟尘不同粒度元素含量对比/ 10^{-6}
Table 8 Comparison of the element contents of smoke and dust of different grain sizes (10^{-6})

元 素	Zn	Co	Ni	Cr	As	Mo	Sb	B	Hg	Fe	Mn	F
100~140 目	249	8	26	63	202	4.0	2.68	66	0.383	2.44	0.06	790
<180 目	254	11	40	79	30.9	4.7	2.80	71	0.399	3.36	0.08	2600

对化肥厂煤制化过程中的煤、煤渣、烟尘进行了系统采样分析,其元素 Cu、Pb、Zn、Cd、Co、As、Mo、Se、B 含量呈现有规律的变化,即烟尘中元素含量最高,其次是煤、煤渣,由此可说明,作为该城市主要能源形式的煤的转化过程,是一个污染环境的过程。

(3) 地尘粒度元素含量,地尘粒度分布有 3 个峰值,大于 60 目占 20%,60~160 目 50%,小于 160 目 30%,各种不同粒度中元素含量(图 1)随着粒度变细,则元素含量增高,在 100~160 目间最高,160 目后即含量变低,Cu、Pb、Zn 含量曲线十分相似,而 Sb 元素在 100~120 范围出现一个高值。

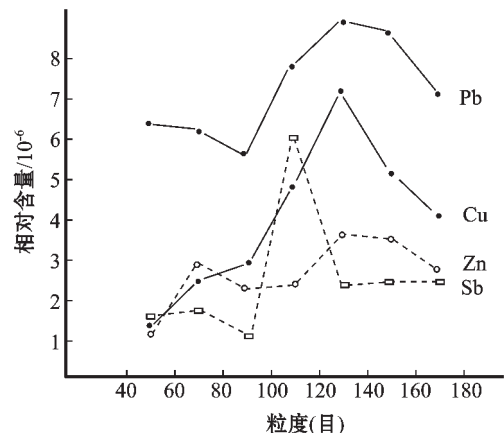


图 1 路尘不同粒度元素含量

Fig. 1 Element contents of road dusts of different sizes

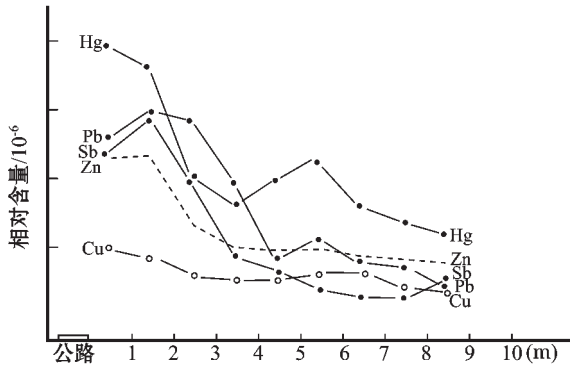


图2 公路边土壤元素含量随距离变化

Fig.2 Variation of element contents in soil besides the road with the distance

由于地尘是影响路边土壤污染的主要因素,故在某一路边垂直公路走向作一剖面(图2),图中所列Hg、Pb、Sb、Zn、Cu元素含量呈现很有规律地变化,即离公路越近,重金属含量越高,污染愈重,3m以内为含量最高处,而3m以外则趋于平缓。

5 城市污染效应

5.1 污染使蔬菜重金属含量增高

对该城市各区的6种蔬菜元素与土壤异常元素含量作了相关分析(同一区域),其相关系R值为:辣子中Cd为0.88, F 0.98;豆角 F 0.93, Hg 0.88, As 为0.72;蕃茄中Cr为0.97, Hg 0.43, As 0.9;小麦中F为0.90;茄子中F为0.94;莲花菜中Cr为0.97。这说明,辣子、豆角、蕃茄等蔬菜对重金属等元素有吸收、富集作用。

5.2 降尘、土壤污染造成果树死亡枯萎

调查表明,大气降尘及土壤污染曾导致某工厂附近枣树全部死亡,冬果梨木质化,苹果树只开花不结果;某工厂排放化铁炉粉尘及废气导致某地白兰瓜当年绝收。在黄河提灌区每一次灌溉都发生蕃茄、茄子、辣子枯死事件。

5.3 污染直接、间接影响人体健康

调查表明,污染曾导致人群健康受到威胁事件,例如某工厂排放炼铝氟尘导致附近农村儿童氟斑牙发病率在80%以上;某农村饮用黄河水而致氟骨病发生;在五级阶地以下,均发生羊门齿脱落现象等。

6 结论与建议

(1)该城市土壤遭到了污染,污染程度较为严重。其污染因子主要是烟尘、沙尘、地尘、固体垃圾弥撒和污水灌溉;其污染元素主要是Hg、Pb、Cr、Cd等,其中Hg的污染可视作半干旱条件下污染特征元素。(2)污染物在演化过程中呈逐渐颗粒细化趋势,而且颗粒愈细其重金属元素含量愈高,

对人体危害亦最大。土壤一旦遭到污染,其自身降解力降低,将会破坏整个生态链条,从而导致动物、植物、人体受害。(3)利用多元素污染指数叠加值标准评价城市综合污染更具区域性、综合性,引入勘察地球化学中面金属量、衬度指标更便于形象地评价污染程度,尤其对烟尘、降尘、污灌评价更有利。(4)整治、防治该城市污染是一项系统综合巨大工程,应该在①改变能源形式、净化大气质量;②绿化土地表层、防治近距离沙尘源产生;③对地质灾害地段实行躲避政策,不破坏、扰动原生生态地质环境;④改变生产工艺过程,杜绝固体废物产生,避免污染源产生;⑤加强建筑工地管理,合理规划生活垃圾堆放,避免二次扬尘发生;⑥实行大城市发展战略,在市郊之间、郊县之间、卫星城镇与中心城市之间实行绿化工程,改善沙尘源、黄河支流小流域生态环境等多方面进行科学治理。

本项目在实施及评审过程中得到了省地矿局黄熊、徐家乐教授级高级工程师,省环保局田炳申教授级高级工程师,市环保局曹曼琳、张志元高级工程师指导,在此一并致谢,参加本项目工作的还有杨春义、周明华、窦天泽、许秀吟等工程师。

参考文献 (References):

- [1] 何乱水. 兰州地区土壤中微量元素背景值的求取[J]. 农业现代化研究, 1995, 16(增刊): 38~40.
He Luanshui. Determination of trace element background values in soils in the Lanzhou area [J]. Agricultural Modernization Research, 1995, 16 (Suppl.): 38~40 (in Chinese with English abstract).
- [2] 傅克文. 农业环境的化学污染 [M]. 北京: 农业出版社, 1985. 105~107.
Fu Kewen. Chemical Pollution in the Agricultural Environment [M]. Beijing: Beijing Agricultural Publish House, 1985. 105~107 (in Chinese).
- [3] 严健汉, 詹重慈. 环境土壤学 [M]. 武昌: 华中师范大学出版社, 1985. 317~322.
Yan Jianhan, Zhan Zhongci. Environment Pedology [M]. Wuchang: Central China Normal University Press, 1985. 317~322 (in Chinese).
- [4] 林年丰. 医学环境地球化学 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1991. 78~80.
Lin Nianfeng. Medical Environment Geochemistry [M]. Changchun: Jilin Science and Technology Publishing House, 1991. (in Chinese).
- [5] 刘静宜, 汪安璞, 等. 环境化学 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987. 199~200.
Liu Jingyi, Wang Anpu, et al. Environment Chemistry. Beijing: China Environment Science Press, 1987. 199~200 (in Chinese).
- [6] H. J. M. 鲍恩. 元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1986. 102~116.
Bowen H J M. Element Geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1986. 102~116.
- [7] 何乱水. 土壤环境质量污染指数与勘查地球化学参数关系 [J]. 矿物岩石地球化学通讯, 1994, (1): 27~28.
He Luanshui. Relation between the pollution index of the environ

- ment quality and the parameters of exploration geochemistry [J]. Bulletin of Mineral and Rock Geochemistry, 1994, (1):27~28 (in Chinese).
- [8] 何乱水, 杜文奎. 兰州市土壤环境的污染[J]. 甘肃地质学报, 1997(增刊):107~114.
He Luanshui, Du Wenkui. Pollution of soil environment in Lanzhou [J]. Acta Geologica Gansu, 1997 (Suppl.), 107~114 (in Chinese with English abstract).
- [9] 魏群, 张宁, 等. 兰州市城区大气总悬浮微量元素富集特征及污染源研究 [J]. 中国环境科学, 1988(6): 10~17.
Wei Qun, Zhang Ning, et al. Characteristics of concentration of the total suspended trace elements in the atmosphere in Lanzhou City and source of pollution[J]. China Environment Science, 1988, (6): 10~17 (in Chinese with English abstract).
- [10] 夏立江, 王岩康. 土壤污染及其防治[M]. 上海: 华东理工大学出版社, 2001. 17~21.
Xia Lijiang, Wang Yankang. Soil Pollution and Prevention [M]. Shanghai: East China University of Science and Technology Press, 2001. 17~21 (in Chinese).

Characteristics of urban pollution under arid and semi-arid condition on the Loess Plateau in northwestern China: examples from a city in northwestern China

HE Luan-shui, MA Bing-xiang, DU Wen-kui, REN Hui-ying

*(Lanzhou Di'an Mineral Exploration Development Company Ltd., Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration
and Development, Lanzhou 730050, Gansu, China)*

Abstract: Lanzhou is located in the western part of the Loess Plateau in northwestern China. The factors of urban pollution are mainly among (smoke and dust in air), fine sand flying up in air and secondary dust (ground dust), as well as dispersion of solid waste and sewage irrigation. The main polluting elements are Hg, Sb, Pb, Be, As, Cd and F. The characteristics of pollution of elements dominated by heavy metals are as follows: (1) the pollution degree is closely related to the population density and flux of people; (2) the pollution degree in the city district where the population is concentrated and the commerce is well developed is higher than that where the population is less dense and industries are more concentrated; (3) for industrial pollution the pollution degree of the heavy industry is higher than that of the light industry; (4) for agricultural pollution the pollution degree in sewage irrigation areas is higher than that in non-sewage irrigation areas; and (5) heavy metals in pollutants increase with fining granulation of grains and then their harming degree also increases. In the evaluation of the pollution degree, in addition to the pollution index, the areal metal quantity and background index of exploration geochemistry are also introduced, which makes the evaluation have more regionalized and comprehensive effects.

Key words: urban pollution; loess plateau; arid and semi-arid; heavy metals; northwestern