



王炎. 榆林市主要公路农田土壤重金属污染特征分析[J]. 黑龙江农业科学, 2019(9):59-63.

# 榆林市主要公路农田土壤重金属污染特征分析

王 炎<sup>1,2,3,4</sup>

(1. 陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安 710075; 2. 陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安 710075; 3. 国土资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安 710075; 4. 陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 货运是榆林煤炭输出的主要运输方式, 汽车在运输中产生的煤炭粉尘飘落, 在行驶中汽油的燃烧, 汽车轮胎与地面摩擦而形成的粉尘, 以及汽车油箱材料、发动机、刹车片等其他部件产生的磨损从而使得重金属污染物在土壤中移动, 使得榆林多条公路农田重金属富集。本文分析了 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 六种重金属在榆林煤矿区主干道两侧土壤的空间分布, 剖析其影响因素, 并运用单因子污染指数法对其污染程度进行评价。结果表明: 小纪汗运煤专线、榆阳区 210 国道旁农田土壤未受到污染, 小纪汗运煤专线 Zn、Cd、Pb 单项污染指数高于榆阳区 210 国道, 在公路两侧一定范围内建设绿化带可较好阻隔粉尘的扩散。

**关键词:** 公路农田土壤; 重金属; 污染特征

榆林市位于陕西省最北部, 地处陕甘宁蒙晋五省(区)接壤地带。在黄土高原和毛乌素沙漠的交界处, 独特的地理位置使得榆林地区的土壤以沙质土壤为主。榆林市煤炭预测 2 800 亿 t, 探明储量 1 500 亿 t。全市有 54% 的地下含煤, 约占全国储量的五分之一<sup>[1]</sup>。经过 30 多年的发展, 全市目前共有各类煤矿 269 处, 形成产能 4.7 亿 t<sup>[2]</sup>。

随着煤矿业的发展, 货运成为了榆林煤炭输出的主要运输方式, 运输中煤炭粉尘飘落, 在行驶中汽油的燃烧, 汽车轮胎与地面摩擦而形成的粉尘, 以及汽车油箱材料、发动机、刹车片等其他部件产生的磨损从而使得重金属污染物在土壤中移动<sup>[3]</sup>, 公路两侧土壤重金属污染严重, 尤其是有毒有害重金属含量超标, 虽然污染面积比较小, 但难分解, 会对土壤造成较大的威胁, 以及较为长久的危害。

有研究表明公路旁农田土壤的重金属污染以 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 为主<sup>[4]</sup>, 轮胎摩擦和润滑油燃烧产生 Zn、Cd 和 Pb 等重金属<sup>[5]</sup>, Cr 污染与当地煤炭开采、原煤运输有关, 煤中含铬量平均约为 10 mg·kg<sup>-1</sup>, 当煤燃烧时可排放含 Cr 废气污染环境<sup>[6]</sup>。位于公路两侧的土壤其重金属污染的范围可至 200~300 m, 重金属含量一般随距公路距离的增加而下降。

根据已有文献, 目前尚并无对榆林地区公路

两侧农田土壤重金属污染的研究, 深入研究榆林煤矿区主干道两侧农田土壤重金属污染问题, 分析 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 重金属在主干道两侧土壤的空间分布, 剖析其影响因素, 运用单因子污染指数法对其污染程度进行评价, 评价其环境质量状况, 并进一步分析污染的主要来源, 以期为榆林煤矿区主干道沿线农业生产布局及其污染防治提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

榆神矿区的榆阳区境内已探明含煤面积 2 200 km<sup>2</sup>, 主要集中分布在金鸡滩、牛家梁、麻黄梁、大河塔 4 个乡镇<sup>[7]</sup>, 因而本次研究选取小纪汗煤矿运煤专线榆乌路、210 国道(过境线)两条运煤主干道, 且每条主干道两侧均有农田分布, 灌溉方式为漫灌与沟灌。每个主干道取两组断面, 两组断面相隔 10 m 左右。

土壤中重金属含量随离公路距离的增加而下降, 在距路基 10~50 m 处出现积累峰值, 在 300 m 附近接近于对照值。因而在采样断面上按照距路基 1, 5, 10, 25, 50, 75, 100, 200, 300, 400, 500 m 的距离, 在公路两侧对称进行布设采样点, 为保证土壤样品的代表性, 运用蛇形采样法, 每点采集 0~20 cm 左右的土壤表层样品, 依“四分法”舍弃多余样品, 取得 1 kg 左右的土壤混合样品装在塑封袋中, 共采集样本 44 个, 公路采样分布图如图 1 所示。

收稿日期: 2019-05-08

作者简介: 王炎(1991-), 女, 硕士, 中级经济师, 从事土地资源管理研究。E-mail: wangying3133@yeah.net。

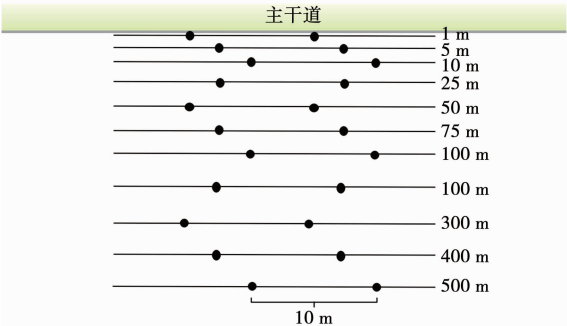


图 1 采样示意图

Fig. 1 Sampling schematic diagram

1.2 样品处理及测定

所有样品带回实验室，置于阴凉处，自然风干。剔除土壤中的石子、植物根系和其他杂物，按实验要求研磨过筛备用。

土样样品粒径测量采用《GB/T 19077. 1-2008 粒度分析激光衍射法》，测定仪器为激光粒径分析仪(Mastersizer 3000)；pH 测量采用《NY/T

1377-2007 土壤 pH 的测定》，测定仪器为酸度计(S220)；重金属元素(Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni)测量采用《GB/T 14506. 30-2010 硅酸盐岩石化学分析方法第 30 部分：44 个元素量测定》，测定仪器为电感耦合等离子体质谱 ICP-MS (Agilent 7700)。

1.3 数据分析

土样样品粒径使用 TriangleVB 软件进行分析，获得土壤质地。对土样重金属元素 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 的测量结果运用统计分析法进行比较分析。

2 结果与分析

2.1 土壤类型

小纪汗煤矿运煤专线榆乌路两侧农田土壤类型大部分为壤质砂土，且为碱性土；榆阳区 210 国道两侧农田土壤类型基本为砂质壤土，为碱性土和强碱性土(表 1)。

表 1 土壤质地及 pH  
Table 1 Soil texture and pH

采样点 Sampling point	距路基距离 Distance from subgrade/m	土壤质地 Soil texture		pH	
		a	b	a	b
小纪汗运煤专线	1	壤质砂土	壤质砂土	8.59	8.81
	5	壤质砂土	壤质砂土	8.50	8.31
	10	壤质砂土	壤质砂土	8.29	8.64
	25	壤质砂土	壤质砂土	8.25	8.44
	50	壤质砂土	壤质砂土	8.25	8.36
	75	壤质砂土	壤质砂土	8.21	8.08
	100	壤质砂土	壤质砂土	8.04	7.95
	200	砂质壤土	砂质壤土	7.96	8.34
	300	壤质砂土	砂质壤土	8.18	7.70
	400	壤质砂土	砂质壤土	7.77	7.62
	500	砂质壤土	砂质壤土	8.17	8.31
榆阳区 210 国道	1	壤质砂土	壤质砂土	7.96	8.51
	5	壤质砂土	壤质砂土	8.18	8.42
	10	砂质壤土	砂质壤土	8.60	8.76
	25	砂质壤土	砂质壤土	8.74	8.64
	50	砂质壤土	砂质壤土	8.16	8.71
	75	砂质壤土	砂质壤土	8.27	8.73
	100	砂质壤土	壤质砂土	8.32	8.09
	200	壤质砂土	砂质壤土	8.44	7.81
	300	砂质壤土	砂质壤土	8.31	8.16
	400	砂质壤土	砂质壤土	8.09	8.17
	500	砂质壤土	壤质砂土	8.33	8.12

## 2.2 不同公路段的两侧土壤中重金属含量

小纪汗煤矿运煤专线榆乌路及榆阳区 210 国道农田土壤中重金属元素 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 的含量见图 2、图 3。

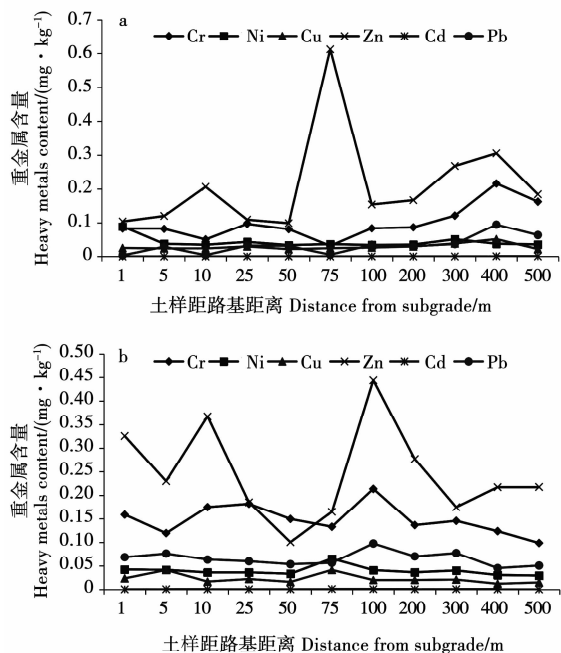


图2 小纪汗运煤专线(a)和(b)土样重金属检测结果

Fig. 2 Test results of heavy metals in soil samples of Xiaojihan coal transportation line (a) and (b)

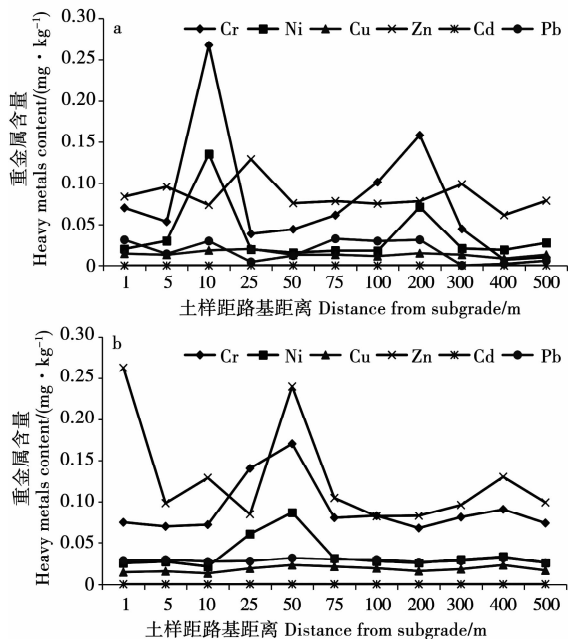


图3 榆阳区 210 国道(a)和(b)土样重金属检测结果

Fig. 3 Test results of heavy metals in soil samples of 210 National Road, Yuyang district (a) and (b)

每组数据中所测得的重金属含量并不完全是依次递减的,且由于只取了表面土层,可能由于降水引起距离路基近的表层土随着土流向距离路基远的土。土样采集地区植被有高有低且分布不均,由于风力作用,导致表层土重金属含量有高有低,因而小纪汗煤矿运煤专线榆乌路及榆阳区 210 国道农田土壤中重金属含量并没有完全距路基距离从近至远而从高到低减少。

## 3 土壤重金属污染评价

### 3.1 评价方法

采用单因子污染指数法对土壤重金属污染程度进行评价<sup>[8]</sup>。单因子评价是对土壤中的某一项污染物的污染程度做评价,依据为该污染物的单项污染指数:

$$Pi = Ci/S \quad (1)$$

式(1)中: $Pi$  即单项污染指数, $Ci$  即实测浓度, $S$  即土壤评价标准。 $Pi < 1$  表示土壤清洁; $1 \leq Pi < 2$  表示土壤为轻污染; $2 \leq Pi < 3$  表示土壤为中度污染; $Pi \geq 3$  表示土壤已为重污染<sup>[9]</sup>。

### 3.2 土壤中重金属污染状况评价

根据测得的土样重金属含量、土壤评价标准(国家土壤环境质量一级标准(GB 15618—1995))和单项污染指数计算公式,得到土壤样品各重金属元素的污染指数,详见表 2。单项污染指数法的评价结果表明,研究路段中土壤 Pb、Cu、Zn、Cd、Cr、Ni 单项污染指数为清洁,均未受到污染。

综合来看,Cr 单项污染指数为 0~0.003、Ni 单项污染指数为 0~0.003、Cu 单项污染指数为 0~0.001、Zn 单项污染指数为 0.001~0.006、Cd 单项污染指数为 0.001~0.005、Pb 单项污染指数为 0~0.003。这表明小纪汗运煤专线、榆阳区 210 国道旁农田土壤未受到污染。

表 2 各路段土壤单项污染指数

Table 2 Soil single pollution index of each road section

采样点 Sampling point	距路基距离 Distance from subgrade/m	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
小纪汗运煤专线(a) Xiaojihan coal transportation line(a)	1	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0
	5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	10	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0
	25	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	50	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
	75	0	0.001	0.001	0.006	0.001	0
	100	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
	200	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.001
	300	0.001	0.001	0.001	0.003	0.002	0.001
	400	0.002	0.001	0.001	0.003	0.005	0.003
	500	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002
小纪汗运煤专线(b) Xiaojihan coal transportation line(b)	1	0.002	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002
	5	0.001	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002
	10	0.002	0.001	0	0.004	0.002	0.002
	25	0.002	0.001	0.001	0.002	0.003	0.002
	50	0.002	0.001	0	0.001	0.003	0.002
	75	0.001	0.002	0.001	0.002	0.005	0.002
	100	0.002	0.001	0.001	0.004	0.004	0.003
	200	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.002
	300	0.002	0.001	0.001	0.002	0.004	0.002
	400	0.001	0.001	0	0.002	0.002	0.001
	500	0.001	0.001	0	0.002	0.002	0.001
榆阳区 210 国道(a) 210 National Road, Yuyang district (a)	1	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001
	5	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0
	10	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.001
	25	0	0	0.001	0.001	0.002	0
	50	0	0	0	0.001	0.001	0
	75	0.001	0	0	0.001	0.001	0.001
	100	0.001	0	0	0.001	0.001	0.001
	200	0.002	0.002	0	0.001	0.002	0.001
	300	0	0.001	0	0.001	0.001	0
	400	0	0	0	0.001	0.001	0
	500	0	0.001	0	0.001	0.001	0
榆阳区 210 国道(b) 210 National Road, Yuyang district(b)	1	0.001	0.001	0	0.003	0.001	0.001
	5	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001
	10	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001
	25	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001
	50	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001
	75	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
	100	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	200	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001
	300	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	400	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001
	500	0.001	0.001	0	0.001	0.001	0.001

表 3 各路段土壤单项污染指数范围  
Table 3 Soil single pollution index range of each road section

元素 Element	路段 Road section	单项污染指数 Single pollution index
Cr	小纪汗运煤专线	0~0.002
	榆阳区 210 国道	0~0.003
Ni	小纪汗运煤专线	0.001~0.002
	榆阳区 210 国道	0~0.003
Cu	小纪汗运煤专线	0~0.001
	榆阳区 210 国道	0~0.001
Zn	小纪汗运煤专线	0.001~0.006
	榆阳区 210 国道	0.001~0.003
Cd	小纪汗运煤专线	0.001~0.005
	榆阳区 210 国道	0.001~0.002
Pb	小纪汗运煤专线	0~0.003
	榆阳区 210 国道	0~0.001

4 结论与讨论

榆阳区 210 国道 Cr、Ni 单项污染指数高于小纪汗运煤专线,而小纪汗运煤专线 Zn、Cd、Pb 单项污染指数高于榆阳区 210 国道,这是由于汽车轮胎摩擦和润滑油燃烧产生 Zn、Cd 和 Pb,说明小纪汗运煤专线车流量大于榆阳区 210 国道。小纪汗煤矿运煤专线是小纪汗煤矿原煤运出的必经之路,拉满原煤的大货车每日在此公路上穿行,粉尘泄露造成重金属富集在路两侧的农田土壤中。

公路交通对公路两侧农田土壤造成的重金属污染受各种因素的影响,除车流量外,也与植被类型有关。不同防护林宽度、郁闭度、树种结构的防护效果不一样。一般来说郁闭度较大、宽度越宽

的防护林带,阻碍重金属扩散的能力也越强。小纪汗煤矿运煤专线榆乌路两旁为低矮杂草,且稀疏,榆阳区 210 国道两旁有多年生的高大杨树,且有低矮杂草,可较好阻隔粉煤灰的扩散。

研究表明,汽车轮胎摩擦和润滑油燃烧产生 Zn、Cd 和 Pb 是影响公路两侧土壤质量的重要因子之一。植被对路旁土壤重金属污染的防护作用显著,公路两侧绿化带能有效减少交通对两侧农田土壤的重金属污染<sup>[10]</sup>,鉴于此,可考虑在公路两侧一定范围内建设绿化带。

参考文献:

[1] 榆林市煤炭资源概况[EB/OL]. 2014-09-17. <http://www.sanqin.com/2014/0917/41669.shtml>, 2014-09-17.

[2] 葛蕃.“榆林煤”简史[EB/OL]. 2015-11-28. <http://www.yl.gov.cn/site/1/html/0/5/12/34596.htm>, 2015-11-28.

[3] 赵彩凤. 西安周边高速公路两侧表层土壤重金属污染研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2013.

[4] 孙艳丽, 马建华, 李剑. 郑汴路路旁土壤重金属积累及其潜在风险评估[J]. 土壤通报, 2010(5): 1184-1190.

[5] 冯金飞. 高速公路沿线农田土壤和作物的重金属污染特征及规律[D]. 南京:南京农业大学, 2010.

[6] 王再岚, 何江, 刘玉虹, 等. 鄂尔多斯地区公路两侧土壤重金属污染特征[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30(2): 15-19.

[7] 杨奕如, 殷云龙, 於朝广, 等. 205 国道两侧农田土壤和水稻叶片及糙米中重金属含量的空间分布特征[J]. 植物资源与环境学报, 2009, 18(2): 73-79.

[8] 范拴喜, 甘卓亭, 李美娟, 等. 土壤重金属污染评价方法进展[J]. 中国农学通报, 2010, 26(17): 310-315.

[9] 王玉军, 刘存, 周东美, 等. 一种农田土壤重金属影响评价的新方法:土壤和农产品综合质量指数法[J]. 农业环境科学学报, 2016, 35(7): 1225-1232.

[10] 徐永荣, 冯宗炜, 王春夏, 等. 绿带对公路两侧土壤重金属含量的影响研究[J]. 湖北农业科学, 2002(5): 75-77.

Characteristics Analysis on Heavy Metal Pollution in Farmland Soils of Main Highways in Yulin City

WANG Ying<sup>1,2,3,4</sup>

(1. Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group-Limited Company, Xi'an 710075, China; 2. Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Limited Company, Xi'an 710075, China; 3. Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, the Ministry of Land and Resources, Xi'an 710075, China; 4. Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an 710075, China)

**Abstract:** Freight transportation is the main mode of transportation of coal output in Yulin City. Coal dust in transportation and the use of gasoline during driving, the dust produced by tire friction, the wear of fuel tank material, engine and other parts, brake pads, so that heavy metal contaminants are moved in the soil, which makes Yulin multiple highway farmland heavy metals are enriched. The spatial distribution of Pb, Cu, Zn, Cd, Cr and Ni heavy metals in the soil on the two sides of the main road in Yulin coal mine area and its influencing factors were analyzed in this paper. The pollution degree was evaluated by the single factor pollution index method. The results showed that the farmland soil near the 210 National highway in the small Khan coal transportation line and the Yuyang district was not polluted, and the single pollution index of Zn, Cd and Pb in the small Khan coal transportation line was higher than the 210 National Highway in Yuyang district. The construction of green belts within a certain scope on both sides of the highway can better block the diffusion of fly ash.

**Keywords:** highway farmland soil; heavy metal; pollution characteristics