

衡枣高速公路运营对路侧土壤的影响

孔德秀

(广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘要: 调查了衡枣高速公路运营对其两侧土壤的污染状况。结果表明, 公路路侧的土壤未受到污染, 但路侧不同距离的土壤中重金属含量差异性显著, 靠近路侧的重金属含量明显偏高, 显示路侧的土壤环境已受到公路运营的影响。指出, 随着车流量的逐年增多, 应在公路路侧修建相应的植被隔离带, 并做好监控工作, 切实保护好路侧的土壤环境。

关键词: 重金属污染; 模糊数学评价; 土壤; 衡枣高速公路

中图分类号: X 825 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2008)04-0027-04

Impact of the Highway Operation on Roadsides Soils of Hengyang-Zaomupu Highway

KONG Dexiu

(Geological Survey of Guangdong Province, Guangzhou, Guangdong 510080 China)

Abstract The roadsides soil pollution was investigated along the Hengyang-Zaomupu highway. The results indicated that roadsides soil of the highway was not polluted but the contents of heavy metals was significant different at different distances from the highway and the high heavy metal content of the roadside soil showed that soil was affected by the highway transportation. With annual increase of vehicular traffic, it is important to build vegetation isolation belt and strengthen traffic supervision for the roadside soil environmental protection.

Key words Heavy metal pollution; The fuzzy mathematics assessment; Soil; Hengyang-Zaomupu highway

随着我国经济的飞速发展, 交通运输业迅猛壮大, 公路运营对其两侧地表覆土环境造成了极大的影响。土壤污染具有潜伏期长、自然修复难等特点, 一旦受到污染, 其治理不仅见效慢、费用高, 而且受多种因素制约^[1]。现以衡枣高速公路为例, 对其两侧土壤的污染状况进行调查。

1 公路概况

衡枣高速公路是国家重点规划“五纵七横”国道主干线衡阳至昆明线中的重要一段, 是湖南东西方向并连接西南地区的公路运输大通道。其起自衡阳, 终止于永州市枣木铺, 全长 185.4 km。该公路于 2003 年 12 月竣工通车, 永州收费站至衡阳路段年均车流量约 50 万辆, 至今运营已有 4 a。公路两侧除一家砖瓦窑外无任何工业企业、采石场等开采业、餐饮业等服务业, 农业以手工种植业和部分渔业为主。根据以上状况分析, 土壤中的污染物全

部来源于公路的运营。

2 研究方法

2.1 分析因子

公路路侧土壤污染主要源自机动车辆的尾气、泄油、刹车片磨损和轮胎磨损等^[2], 最为突出的表现为土壤的重金属污染。典型的重金属除了公认来自汽车尾气的铅以外, 瑞士科学家发现, 汽车刹车片和轮胎磨损产生的铜、锌是另外两种主要的毒性重金属污染物^[3]。

现选取铅、铜、锌 3 种重金属元素为分析因子。

2.2 采样点

采样点主要分布在永州市芝山区境内, 选择衡

收稿日期: 2008-05-19

基金项目: 西部交通建设科技基金资助项目(200231800021)

作者简介: 孔德秀(1981-), 女, 彝族, 云南宣威人, 硕士, 从事水环境土壤污染调查工作。

昆高速公路 K140+000—K159+000 路段作为污染物取样区在道路两侧各取 4 个样, 其中永州至衡阳方向右侧两土样因不符合标准而舍弃, 取样点位见图 1。

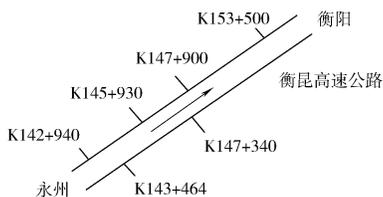


图 1 土壤取样点位置

2.3 样品的收集

土壤采集采用多点取样组合分析方法, 按垂直于公路的不同距离分别取样。每组样品按垂直于公路 5 m、10 m、15 m、25 m、35 m、55 m、85 m、145 m 的间距, 在非填方和非挖方处分别取 8 个样。

采样深度 0 m ~ 20 cm, 每样质量约 1 kg, 样品采集后装入干净的牛皮纸袋。

2.4 样品的处理

样品经剔除砂石、树叶、草根等杂物后, 烘干、研磨、过筛, 每样随机选取 50 g 装入干净的纸袋, 待实验分析。

2.5 质量控制

采用 HF-HClO₄ 氟钨锅消解法对测试样品预处理。Cu、Zn 采用火焰原子吸收法, Pb 采用石墨炉原子吸收分光光度法测定。分析采用国家 I 级标准物质进行控制, 每种元素的分析结果单独计算测定值与标准值对数差, 对数差的允许范围在分析标准准确度、精密度的要求范围内。

3 结果分析

3.1 结果

公路两侧土壤中重金属含量见表 1。

表 1 公路两侧土壤中重金属含量

m g/kg

序号	与公路距离 d/m	K143+464			K147+340			K153+500			K147+900		
		Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
1	5	27.2	66.2	105.6	30.4	98.0	190.0	57.6	104.1	173.9	27.2	53.1	100.0
2	10	23.9	63.3	101.1	31.5	81.6	112.8	28.3	78.2	110.0	30.4	58.5	147.8
3	15	20.7	65.3	84.5	26.1	64.6	111.7	30.4	75.5	103.3	30.4	59.9	150.0
4	25	17.4	57.1	76.1	23.4	61.9	113.9	32.6	74.8	110.0	43.5	84.4	123.9
5	35	14.1	51.7	61.0	29.4	62.6	101.7	29.4	77.5	102.8	16.3	59.2	99.1
6	55	15.2	55.1	62.0	20.7	63.5	103.9	34.8	76.9	102.2	19.6	72.8	85.1
7	85	19.6	57.1	65.7	27.2	68.7	111.2	28.3	75.5	97.8	29.4	76.2	91.7
8	145	20.7	58.5	71.0	20.7	69.4	95.6	28.3	72.8	93.4	20.7	63.9	91.1

序号	与公路距离 d/m	K145+930			K142+940			平均值 ±标准偏差		
		Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
1	5	29.4	67.3	94.5	28.3	83.0	97.8	33.4 ± 10.9	78.6 ± 18.2	127 ± 39.3
2	10	30.4	72.1	95.6	19.6	61.2	76.1	27.4 ± 4.3	69.2 ± 8.7	107.2 ± 21.7
3	15	32.6	80.3	103.4	18.5	62.6	72.8	26.5 ± 5.3	68.0 ± 7.3	104.3 ± 24.3
4	25	28.3	78.9	106.1	22.8	60.9	73.3	28.0 ± 8.4	69.7 ± 10.2	100.6 ± 19.1
5	35	25.0	64.0	96.2	21.7	70.8	82.8	22.7 ± 5.9	64.3 ± 8.2	90.6 ± 14.8
6	55	22.8	63.3	85.6	15.2	61.2	70.4	21.4 ± 6.6	65.5 ± 7.3	84.9 ± 15.3
7	85	25.0	73.2	93.3	21.7	57.8	63.3	25.2 ± 3.5	68.1 ± 7.9	87.2 ± 17.2
8	145	28.3	62.6	97.8	17.4	51.7	61.7	22.7 ± 4.1	63.2 ± 6.9	85.1 ± 13.7

3.2 异常值判断

通常异常值为测定值中与平均值的偏差超过两倍标准偏差的测定值^[4]。由表 1 可见, 只有 K153+500 剖面上距公路 5 m 和 55 m 处 Cu 的含量偏高, 高出异常值上限 2.4 和 0.2, 可以认为测定值合理。

3.3 显著性分析

为了定性研究土壤中重金属含量随着与公路距离变化规律以及各个距离之间的差异性, 利用 SPSS 统计软件对垂直于公路 5 m、10 m、15 m、25 m、35 m、55 m、85 m、145 m 8 个不同距离的重金属平均含量进行聚类分析。分析结果见图 2。

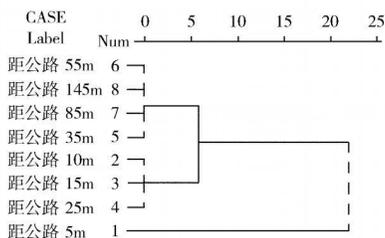


图 2 SPSS 软件聚类分析的树状

由图 2 可见, 随着与公路距离的变化, 可以划分为 3 个带: 距离公路 0m ~ 5m 为第一区域; 距离公路 5m ~ 25m 为第二区域; 距离公路 25m ~ 145m 为第三区域。

由表 1 可见, 距公路 5m 内 (第一区域) 重金属平均含量最高, 随着与公路距离的增大, 3 个区域中土壤的重金属平均含量依次降低。即靠近公路路侧土壤中的重金属含量明显偏高, 说明在一定程度上公路运营已对公路两侧的土壤环境产生了影响。

4 土壤的综合评价

4.1 模糊数学评价法

设有 m 个待评价的土壤样品 $C_k (k = 1, 2, \dots, m)$, 每个土壤样品包含 n 个单项因素, 各因素的实测值用向量形式表示为: $C_k = (C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kn})$, $k = 1, 2, \dots, m$ 。

根据不同地区土壤的特性, 可将各单项因素按污染强度划分为 p 个不同评价等级, 各等级标准限值用向量形式表示为: $S_j = (S_{j1}, S_{j2}, \dots, S_{jn})$, $j = 1, 2, \dots, p$ 。

取 S_1 作为评价基准, 由于样品各元素含量都在最大的标准限值以内, 因此可按如下隶属函数分别计算各因素指标对 I 级标准的隶属度:

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} 1 & x \leq S_{i1} \\ 1 - \frac{x - S_{i1}}{S_{ip} - S_{i1}} & S_{i1} < x \leq S_{ip} \\ 0 & x > S_{ip} \end{cases} \quad (1)$$

由单因素隶属函数确定出各土壤样品 C_k 对评价基准 S_1 的分项隶属度记为: $C_k = (\mu_{k1}, \mu_{k2}, \dots, \mu_{kn})$, $k = 1, 2, \dots, m$ 。

按同样方法也可确定出各等级标准限值 $S_j (j = 1, 2, \dots, p)$, 其对评价基准 S_1 的分项隶属度记为: $S_j = (\mu_{j1}, \mu_{j2}, \dots, \mu_{jn})$, $j = 1, 2, \dots, p$ 。

为了合理地确定各评价区域土壤样品的评价等级, 首先采用 Hamming 相对距离公式, 计算各标准等级隶属度向量 S_j 与 S_1 之间的相对距离 δ_j :

$$\delta_j = \|S_j - S_1\| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_{ji} - 1|, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (2)$$

再计算出土壤样品隶属度向量 C_k 与 S_1 之间的相对距离 d_k :

$$d_k = \|C_k - S_1\| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\mu_{ki} - 1|, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

采用如下公式计算各土壤样品 C_k 相对于各等级标准 S_j 的综合模糊贴近度 $\langle C_k, S_j \rangle$:

$$\langle C_k, S_j \rangle = 1 - \sqrt{|d_k - \delta_j|}, \quad k = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

按“最大贴近原理”决定每个评价区域土壤样品的综合评价等级。

4.2 评价标准

根据《土壤环境质量标准》(GB 15618-1995) 二级标准值, 将重金属的污染程度细分为 5 个等级, 见表 2。

表 2 土壤重金属污染程度分级标准 mg/kg

污染因子	清洁 (I 级)	尚清洁 (II 级)	轻污染 (III 级)	中污染 (IV 级)	重污染 (V 级)
Cu	35	65	100	250	400
Pb	35	165	300	350	500
Zn	100	175	250	375	500

4.3 K153+500 剖面的综合评价

以 K153+500 剖面为例, 按公式 (1) 计算, 逐步确定 3 个单项因素的污染情况, 计算公式如下:

$$\mu_{Cu}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 35 \\ 1 - 0.00274(x - 35) & 35 < x \leq 400 \\ 0 & x > 400 \end{cases}$$

$$\mu_{Pb}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 35 \\ 1 - 0.002151(x - 35) & 35 < x \leq 500 \\ 0 & x > 500 \end{cases}$$

$$\mu_{Zn}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 100 \\ 1 - 0.0025(x - 100) & 100 < x \leq 500 \\ 0 & x > 500 \end{cases}$$

由各单项因素隶属函数公式分别计算出 5 个评价等级标准的隶属度向量:

$$S_1 = (1.0000 \quad 1.0000 \quad 1.0000)$$

$$S_2 = (0.9178 \quad 0.7204 \quad 0.8125)$$

$$S3 = (0.8219 \quad 0.4301 \quad 0.6250)$$

$$S4 = (0.4110 \quad 0.3226 \quad 0.3125)$$

$$S5 = (0 \quad 0 \quad 0)$$

由公式 (2) 分别计算模糊子集 $S_j (j=1, 2, \dots, 5)$

与 S_1 的 Hamming 相对距离: $\delta_1 = 0 \quad \delta_2 = 0.1831 \quad \delta_3 = 0.3743 \quad \delta_4 = 0.6513 \quad \delta_5 = 1$ 。

再由各单项因素隶属函数公式计算出 8 个评价点对评价基准 S_1 的隶属度向量:

$$C1 = (0.9381 \quad 0.8514 \quad 0.8153)$$

$$C2 = (1.0000 \quad 0.9071 \quad 0.9750)$$

$$C3 = (1.0000 \quad 0.9129 \quad 0.9918)$$

$$C4 = (1.0000 \quad 0.9144 \quad 0.9750)$$

$$C5 = (1.0000 \quad 0.9086 \quad 0.9930)$$

$$C6 = (1.0000 \quad 0.9099 \quad 0.9945)$$

$$C7 = (1.0000 \quad 0.9129 \quad 1.0000)$$

$$C8 = (1.0000 \quad 0.9187 \quad 1.0000)$$

由公式 (3) 式计算出模糊子集 $C_k (k=1, 2, \dots, 8)$

与 S_1 的相对距离: $d_1 = 0.1318 \quad d_2 = 0.0393 \quad d_3 = 0.0318 \quad d_4 = 0.0369 \quad d_5 = 0.0328 \quad d_6 = 0.0319 \quad d_7 = 0.029 \quad d_8 = 0.0271$ 。

由公式 (4) 分别计算出 8 个评价点土壤样品相对于 5 个等级标准的模糊贴近度, 经归一化后列于表 3。

表 3 K153+500 剖面土壤样品相对各评价等级的模糊贴近度

土壤样品	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
I 级	0.6370	0.8018	0.8217	0.8080	0.8189	0.8215	0.8296	0.8354
II 级	0.7734	0.6208	0.6110	0.6176	0.6123	0.6111	0.5721	0.6050
III 级	0.5075	0.4212	0.4147	0.4191	0.4156	0.4148	0.4124	0.4107
IV 级	0.2792	0.2177	0.2129	0.2161	0.2135	0.2129	0.2111	0.2099
V 级	0.0682	0.0198	0.0160	0.0186	0.0165	0.0161	0.0146	0.0136

由最大贴近度的原则可知, K153+500 剖面的污染综合评价结果见表 4。

表 4 K153+500 剖面的污染综合评价结果

土壤样品	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
污染等级	II 级	I 级	I 级	I 级	I 级	I 级	I 级	I 级

4.4 所有剖面的综合评价结果

根据 K153+500 剖面的评价过程, 依次类推, 得出所有剖面的评价结果见表 5。

表 5 所有剖面的综合评价结果

土壤样品	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
K143+464	I	I	I	I	I	I	I	I
K147+340	II	I	I	I	I	I	I	I
K153+500	II	I	I	I	I	I	I	I
K147+900	I	I	I	I	I	I	I	I
K145+930	I	I	I	I	I	I	I	I
K142+940	I	I	I	I	I	I	I	I

5 结论和建议

显著性分析表明, 靠近公路路侧 (距公路 5 m 以内) 土壤中的重金属含量明显偏高, 说明在一定

程度上公路运营已对公路两侧的土壤环境产生了影响; 而从模糊数学综合评价的结果来看, 在 K147+340 和 K153+500 剖面中靠公路最近的 C_1 样点 (距公路 5 m) 为 II 类尚清洁, 其他实测点都属于 I 类, 与显著性分析的结果一致。

由于重金属很难自然降解, 随着车流量的逐年增多, 若不采取防治措施, 土壤中的重金属不断累积, 污染程度势必会加重。建议在公路路侧修建相应的植被隔离带, 并做好监控工作, 切实保护好路侧的土壤环境。

[参考文献]

- [1] 佟洪金, 涂仕华, 赵秀兰. 土壤重金属污染的治理措施 [J]. 西南农业学报, 2003, 16: 33-37.
- [2] 史贵涛, 陈振楼, 李海雯, 等. 城市土壤重金属污染研究现状与趋势 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(6): 9-12.
- [3] DAVID S T H, BO G B, AGNEYA V H. Metal emissions from brake linings and tires: case studies of stockholm, sweden 1995/1998 and 2005 [J]. Environmental Science & Technology, 2007, 41(15): 5224-5230.
- [4] 汪庆华, 董岩翔, 周国华, 等. 浙江省土壤地球化学基准值与环境背景值 [J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(2): 81-88.