

研究通讯

渡口地区土壤某些重金属的形态

赵培道 王晓蓉 周爱和

(南京大学地理系) (南京大学环科系)

一、区域概况

渡口地区位于四川省西南部,四川、云南交界的金沙江畔。她是一个地形、地质和气候条件都很复杂的山区城市。本区属亚热带季风气候,冬半年受热带大陆性气团控制,天气晴朗、干燥、气温较高;夏半年受西南季风影响,天气温暖湿润,降水集中,湿季(6—10月)的降水约占全年的80%以上。全年的温差较小(见表1)。因此具有四季不分明和干湿季明显的特征。土壤类型受垂直生物气候带及岩性的影响,分布着褐红壤、山地红壤、山地黄壤、山地黄棕壤和红色石灰土等。本区金沙江河谷基本属于河谷稀树草原,随着海拔增高,向上虽然水热状况不同,但因降水增

表1 渡口市与元江气候资料

地点	海拔(m)	年平均气温(°C)	一月分平均气温(°C)	年降水量(mm)
渡口市	1102	21.1	13.4	795.1
云南元江	396.6	23.8	16.5	802
地点	≥10°C的日数	≥10°C的积温	年平均相对湿度	干燥度
渡口市	362	7708.3	60±	1.55
云南元江		8700	68	1.75

加不多(1800m处降水为1000mm左右),所以土壤淋溶较弱,土体pH值在6.0—7.5左右,呈酸性到微碱性反应。由于该区岩石种类复杂,且其化学成分含量悬殊,在其上发育的土壤也受岩性的影响。因此,选择了发育

在粉砂泥岩(D₄)上的褐红壤,发育在变质岩(D₁)上、花岗岩(D₂)上、闪长岩(D₇)上的山地红壤(以上土壤多在海拔1300m以下)。发育在玄武岩(D₈)上的山地黄壤(海拔在2200m以上)。

渡口市是我国西南地区一座以矿山采剥和冶金工业为主的新兴工业城市,其周围部分地区受到含有金属降尘的影响。所以也采集了在花岗岩(D₂)上发育的受到降尘污染的土壤样品。为了对比,特又采集了烟囱灰尘及落地降尘。

二、试验方法

1. 野外按发生学分层采样、室内晾干,过100目尼龙筛,然后取小于100目筛的土样在150°C下烘干进行测定。

2. 重金属总量的测定:准确称取烘干土样1.000克于聚四氟乙烯坩埚中,分别用盐酸、硝酸、高氯酸及氢氟酸溶解样品,然后用原子吸收分光光度计测定重金属总量。

3. 重金属的形态分析:根据 Tessier 方法,准确称取烘干土样,置于50ml的离心管中,进行连续提取,然后测定各态重金属含量。

(1) 第一态(可代换态):加入pH=7.0的氯化镁溶液于离心管中,室温搅拌提取,离心分离。第一态是指交换吸附在土壤粘土矿物及其它成分上的重金属,如氢氧化铁、氢氧化镁、腐殖质上的重金属。该态对环境变化最

敏感、有效和最易被生物吸收的部分。

(2) 第二态(碳酸盐结合态): 在上述残渣中加 pH=5.0 的醋酸钠溶液, 室温搅拌提取, 离心分离。第二态是指碳酸盐沉淀结合的重金属。该态对环境条件, 特别是 pH 最敏感, 也较易重新释放被生物吸收。

(3) 第三态(铁锰氧化物结合态): 在上述残渣中加入盐酸羟胺-醋酸溶液, 在一定温度下搅拌提取, 离心分离。第三态是指土壤中重金属与氧化铁、氧化锰生成结核的部分。

环境的变化可使部分重金属释放, 对生物有潜在效应。

(4) 第四态(有机物和硫化物结合态): 在上述残渣中加入 pH 约为 2.0 的过氧化氢溶液, 控温提取, 冷却后加入醋酸铵, 离心分离。第四态是指重金属以不同形态进入或包裹在有机质中, 同有机质发生螯合等形式或生成硫化物, 该部分较稳定, 不易被生物吸收利用, 但在氧化条件下, 有机质可以分解, 导致可溶的痕量重金属的释放。

表 2 渡口地区土壤重金属形态及含量 (ppm)

重金属	形态	D ₁ (表层)	D ₁ (底层)	D ₂ (表层)	D ₂ (底层)	D ₃ (表层)	D ₃ (底层)	D ₄ (表层)	D ₄ (底层)
		含量							
Ni	一	7.5	4.69	5.78	3.5	6.44	1.06	2.25	1.56
	二	3.5	3.07	1.13	0.5	4.94	0.19	0	0
	三	0.5	2.75	0.75	1.32	4.88	0.63	5.63	14.59
	四	2.75	1.25	1.25	0.95	5.13	1.0	6.9	12.8
	五	16	15	14	22	35	19.6	134.2	199.9
	总量	28	26	20.5	30	56	22	150	
Cu	一	1.56	0.31	1.58	0.63	1.38	0.6	1.25	0.63
	二	3.94	5.08	5.75	1.25	2.5	0.2	0.82	0
	三	1.13	3.59	4.19	4.38	2.25	2.44	19.4	22.3
	四	2.0	0.6	3.25	0.73	2.63	0.5	4.13	8.8
	五	12.75	10	12.75	17.6	29.3	10.6	120.45	138.5
	总量	19	18	26	24	35	14	145	180
Zn	一	2.41	0.46	3.63	0.53	3.32	0.5	0.87	1.05
	二	0.94	1.12	1.76	2.94	2.13	1.25	0.33	0.25
	三	8.0	8.5	6.5	6.44	10.25	9.38	11.9	12.0
	四	5.13	2.88	3.0	2.5	3.13	4.0	9.75	9.33
	五	47.0	47	42.5	50.9	63.5	80.5	119.69	118.82
	总量	58	54	56	66	84	92	135	134
Pb	一	3.5	2.33	2.63	4.75	5.0	0.5	0.54	0.88
	二	0.5	0.25	1.25	1.15	4.3	0.94	0.42	0.47
	三	7.5	6.5	6.75	8.9	12.88	6.5	9.0	11.5
	四	0.2	0.3	0.5	1.96	1.1	1.5	5.25	7.5
	五	14.65	13.63	12.75	20.23	23.13	12	12.3	14.93
	总量	26	23.5	24	33	42	20	26	33
Co	一	6.33	1.38	4.63	2.32	6.5	4.13	5.56	5.15
	二	4.69	4.16	3.83	2.13	5.0	3.07	1.92	1.38
	三	3.0	4.13	2.90	3.75	5.13	8.5	24.38	37.83
	四	0.56	0.5	0.22	0.71	0.59	0.88	1.92	4.25
	五	12.03	15	9.23	14.25	13.25	20.25	27.0	39.67
	总量	25	24	20	23	29	39	57	

(5) 第五态(结晶态): 上述残渣全部移至聚四氟乙烯坩埚中, 按测定总量方法溶解样品。第五态指重金属在石英、粘土矿物等结晶矿物晶格中的部分。主要来源于天然矿物, 它是稳定的, 对生物无效。

三、结果与讨论

1. 渡口地区土壤中重金属存在形态, 见表 2。从表 2 可以看出:

(1) 同一类型土壤表层土各重金属第一态含量均大于底层土。总的说土壤重金属第一态含量均较高, 说明该地区海拔 1300m 以下的半干旱的亚热带地区风化强烈, 土体重金属释放而被交换吸附。同时由于干旱使不同土壤, 甚至酸性花岗岩发育的土壤表土, 以及重金属也如此大量形成碳酸盐沉淀和铁锰氧化物, 从而使第二、三态, 尤其是第二态含量较高。这反映了亚热带半干旱地区的土壤地球化学特征。

(2) 土壤中的 Ni、Cu、Zn 均以结晶态为高, 表层: Ni 为 57—68%、Cu 为 37—84%、Zn 为 58—81%; 底层: Ni 为 58—90%、Cu 为 55—77%、Zn 为 70—88%。Pb、Co 虽然在某些土壤层次中其它形态含量较高, 但总的说, 结晶态还不失为主要存在形态。可见母岩对土壤影响至深。而表层土结晶态重金属含量一般低于底层土, 说明生物和人类经济活动, 影响或改造了母岩风化的土粒。

(3) 不同母岩上发育的土壤底层各态重金属含量也不相同。以结晶态而言: Ni、Cu、Zn 为玄武岩、闪长岩>花岗岩>变质岩, Pb、Co 为变质岩、花岗岩>闪长岩>玄武岩; 第二态, 花岗岩、变质岩含量较高, 因海拔升高, 玄武岩含量也较低; 第三态, 多以玄武岩含量较高(绝对含量更是如此), 而变质岩、花岗岩较低, 特别是 Pb、Co 玄武岩含量更是列于其它岩性之首。这充分体现了该区岩性的特征。

(4) 不同有机质含量, 第四态含量也不相同。表 3 为各土壤的有机质含量。底土以玄武岩发育的土壤(D₃)有机质含量最多, 重金属第四态的含量也大于同类母岩和其它母岩发育的土壤。特别是 Pb、Co 更居其它母岩之冠。

表 3 各样点有机质含量

土壤	D ₁		D ₂		D ₄	D ₅	D ₆	D ₇
	表土	底土	表土	底土	(底土)	(底土)	(底土)	(底土)
有机质 (%)	2.80	0.98	2.79	0.94	0.89	1.29	1.39	2.82

2. 污染土壤与降尘的关系见表 4。由表 2、4 可知, 被污染的土壤(D₃), 表层土第一态均较其它土壤为低, 而与烟囱内外尘粒含量大体相仿。被污染的土壤(D₃), Ni、Cu、Zn、Pb 和 Co 总量分别超过同类母岩发育的土壤 1.83—2.1、1.7—2.9、1.7—7.3、1.3—2.3 和 1.6—2.3 倍。第二、三、四、五态不但大多数超过同类母岩发育的土壤, 而且有的也排在不同母岩发育的其它土壤之前。从 D₁ 和 D₂ 和 D₃ 和 D₄ 和 D₅ 和 D₆ 和 D₇ 和 D₈ 和 D₉ 和 D₁₀ 和 D₁₁ 和 D₁₂ 和 D₁₃ 和 D₁₄ 和 D₁₅ 和 D₁₆ 和 D₁₇ 和 D₁₈ 和 D₁₉ 和 D₂₀ 和 D₂₁ 和 D₂₂ 和 D₂₃ 和 D₂₄ 和 D₂₅ 和 D₂₆ 和 D₂₇ 和 D₂₈ 和 D₂₉ 和 D₃₀ 和 D₃₁ 和 D₃₂ 和 D₃₃ 和 D₃₄ 和 D₃₅ 和 D₃₆ 和 D₃₇ 和 D₃₈ 和 D₃₉ 和 D₄₀ 和 D₄₁ 和 D₄₂ 和 D₄₃ 和 D₄₄ 和 D₄₅ 和 D₄₆ 和 D₄₇ 和 D₄₈ 和 D₄₉ 和 D₅₀ 和 D₅₁ 和 D₅₂ 和 D₅₃ 和 D₅₄ 和 D₅₅ 和 D₅₆ 和 D₅₇ 和 D₅₈ 和 D₅₉ 和 D₆₀ 和 D₆₁ 和 D₆₂ 和 D₆₃ 和 D₆₄ 和 D₆₅ 和 D₆₆ 和 D₆₇ 和 D₆₈ 和 D₆₉ 和 D₇₀ 和 D₇₁ 和 D₇₂ 和 D₇₃ 和 D₇₄ 和 D₇₅ 和 D₇₆ 和 D₇₇ 和 D₇₈ 和 D₇₉ 和 D₈₀ 和 D₈₁ 和 D₈₂ 和 D₈₃ 和 D₈₄ 和 D₈₅ 和 D₈₆ 和 D₈₇ 和 D₈₈ 和 D₈₉ 和 D₉₀ 和 D₉₁ 和 D₉₂ 和 D₉₃ 和 D₉₄ 和 D₉₅ 和 D₉₆ 和 D₉₇ 和 D₉₈ 和 D₉₉ 和 D₁₀₀ 和 D₁₀₁ 和 D₁₀₂ 和 D₁₀₃ 和 D₁₀₄ 和 D₁₀₅ 和 D₁₀₆ 和 D₁₀₇ 和 D₁₀₈ 和 D₁₀₉ 和 D₁₁₀ 和 D₁₁₁ 和 D₁₁₂ 和 D₁₁₃ 和 D₁₁₄ 和 D₁₁₅ 和 D₁₁₆ 和 D₁₁₇ 和 D₁₁₈ 和 D₁₁₉ 和 D₁₂₀ 和 D₁₂₁ 和 D₁₂₂ 和 D₁₂₃ 和 D₁₂₄ 和 D₁₂₅ 和 D₁₂₆ 和 D₁₂₇ 和 D₁₂₈ 和 D₁₂₉ 和 D₁₃₀ 和 D₁₃₁ 和 D₁₃₂ 和 D₁₃₃ 和 D₁₃₄ 和 D₁₃₅ 和 D₁₃₆ 和 D₁₃₇ 和 D₁₃₈ 和 D₁₃₉ 和 D₁₄₀ 和 D₁₄₁ 和 D₁₄₂ 和 D₁₄₃ 和 D₁₄₄ 和 D₁₄₅ 和 D₁₄₆ 和 D₁₄₇ 和 D₁₄₈ 和 D₁₄₉ 和 D₁₅₀ 和 D₁₅₁ 和 D₁₅₂ 和 D₁₅₃ 和 D₁₅₄ 和 D₁₅₅ 和 D₁₅₆ 和 D₁₅₇ 和 D₁₅₈ 和 D₁₅₉ 和 D₁₆₀ 和 D₁₆₁ 和 D₁₆₂ 和 D₁₆₃ 和 D₁₆₄ 和 D₁₆₅ 和 D₁₆₆ 和 D₁₆₇ 和 D₁₆₈ 和 D₁₆₉ 和 D₁₇₀ 和 D₁₇₁ 和 D₁₇₂ 和 D₁₇₃ 和 D₁₇₄ 和 D₁₇₅ 和 D₁₇₆ 和 D₁₇₇ 和 D₁₇₈ 和 D₁₇₉ 和 D₁₈₀ 和 D₁₈₁ 和 D₁₈₂ 和 D₁₈₃ 和 D₁₈₄ 和 D₁₈₅ 和 D₁₈₆ 和 D₁₈₇ 和 D₁₈₈ 和 D₁₈₉ 和 D₁₉₀ 和 D₁₉₁ 和 D₁₉₂ 和 D₁₉₃ 和 D₁₉₄ 和 D₁₉₅ 和 D₁₉₆ 和 D₁₉₇ 和 D₁₉₈ 和 D₁₉₉ 和 D₂₀₀ 和 D₂₀₁ 和 D₂₀₂ 和 D₂₀₃ 和 D₂₀₄ 和 D₂₀₅ 和 D₂₀₆ 和 D₂₀₇ 和 D₂₀₈ 和 D₂₀₉ 和 D₂₁₀ 和 D₂₁₁ 和 D₂₁₂ 和 D₂₁₃ 和 D₂₁₄ 和 D₂₁₅ 和 D₂₁₆ 和 D₂₁₇ 和 D₂₁₈ 和 D₂₁₉ 和 D₂₂₀ 和 D₂₂₁ 和 D₂₂₂ 和 D₂₂₃ 和 D₂₂₄ 和 D₂₂₅ 和 D₂₂₆ 和 D₂₂₇ 和 D₂₂₈ 和 D₂₂₉ 和 D₂₃₀ 和 D₂₃₁ 和 D₂₃₂ 和 D₂₃₃ 和 D₂₃₄ 和 D₂₃₅ 和 D₂₃₆ 和 D₂₃₇ 和 D₂₃₈ 和 D₂₃₉ 和 D₂₄₀ 和 D₂₄₁ 和 D₂₄₂ 和 D₂₄₃ 和 D₂₄₄ 和 D₂₄₅ 和 D₂₄₆ 和 D₂₄₇ 和 D₂₄₈ 和 D₂₄₉ 和 D₂₅₀ 和 D₂₅₁ 和 D₂₅₂ 和 D₂₅₃ 和 D₂₅₄ 和 D₂₅₅ 和 D₂₅₆ 和 D₂₅₇ 和 D₂₅₈ 和 D₂₅₉ 和 D₂₆₀ 和 D₂₆₁ 和 D₂₆₂ 和 D₂₆₃ 和 D₂₆₄ 和 D₂₆₅ 和 D₂₆₆ 和 D₂₆₇ 和 D₂₆₈ 和 D₂₆₉ 和 D₂₇₀ 和 D₂₇₁ 和 D₂₇₂ 和 D₂₇₃ 和 D₂₇₄ 和 D₂₇₅ 和 D₂₇₆ 和 D₂₇₇ 和 D₂₇₈ 和 D₂₇₉ 和 D₂₈₀ 和 D₂₈₁ 和 D₂₈₂ 和 D₂₈₃ 和 D₂₈₄ 和 D₂₈₅ 和 D₂₈₆ 和 D₂₈₇ 和 D₂₈₈ 和 D₂₈₉ 和 D₂₉₀ 和 D₂₉₁ 和 D₂₉₂ 和 D₂₉₃ 和 D₂₉₄ 和 D₂₉₅ 和 D₂₉₆ 和 D₂₉₇ 和 D₂₉₈ 和 D₂₉₉ 和 D₃₀₀ 和 D₃₀₁ 和 D₃₀₂ 和 D₃₀₃ 和 D₃₀₄ 和 D₃₀₅ 和 D₃₀₆ 和 D₃₀₇ 和 D₃₀₈ 和 D₃₀₉ 和 D₃₁₀ 和 D₃₁₁ 和 D₃₁₂ 和 D₃₁₃ 和 D₃₁₄ 和 D₃₁₅ 和 D₃₁₆ 和 D₃₁₇ 和 D₃₁₈ 和 D₃₁₉ 和 D₃₂₀ 和 D₃₂₁ 和 D₃₂₂ 和 D₃₂₃ 和 D₃₂₄ 和 D₃₂₅ 和 D₃₂₆ 和 D₃₂₇ 和 D₃₂₈ 和 D₃₂₉ 和 D₃₃₀ 和 D₃₃₁ 和 D₃₃₂ 和 D₃₃₃ 和 D₃₃₄ 和 D₃₃₅ 和 D₃₃₆ 和 D₃₃₇ 和 D₃₃₈ 和 D₃₃₉ 和 D₃₄₀ 和 D₃₄₁ 和 D₃₄₂ 和 D₃₄₃ 和 D₃₄₄ 和 D₃₄₅ 和 D₃₄₆ 和 D₃₄₇ 和 D₃₄₈ 和 D₃₄₉ 和 D₃₅₀ 和 D₃₅₁ 和 D₃₅₂ 和 D₃₅₃ 和 D₃₅₄ 和 D₃₅₅ 和 D₃₅₆ 和 D₃₅₇ 和 D₃₅₈ 和 D₃₅₉ 和 D₃₆₀ 和 D₃₆₁ 和 D₃₆₂ 和 D₃₆₃ 和 D₃₆₄ 和 D₃₆₅ 和 D₃₆₆ 和 D₃₆₇ 和 D₃₆₈ 和 D₃₆₉ 和 D₃₇₀ 和 D₃₇₁ 和 D₃₇₂ 和 D₃₇₃ 和 D₃₇₄ 和 D₃₇₅ 和 D₃₇₆ 和 D₃₇₇ 和 D₃₇₈ 和 D₃₇₉ 和 D₃₈₀ 和 D₃₈₁ 和 D₃₈₂ 和 D₃₈₃ 和 D₃₈₄ 和 D₃₈₅ 和 D₃₈₆ 和 D₃₈₇ 和 D₃₈₈ 和 D₃₈₉ 和 D₃₉₀ 和 D₃₉₁ 和 D₃₉₂ 和 D₃₉₃ 和 D₃₉₄ 和 D₃₉₅ 和 D₃₉₆ 和 D₃₉₇ 和 D₃₉₈ 和 D₃₉₉ 和 D₄₀₀ 和 D₄₀₁ 和 D₄₀₂ 和 D₄₀₃ 和 D₄₀₄ 和 D₄₀₅ 和 D₄₀₆ 和 D₄₀₇ 和 D₄₀₈ 和 D₄₀₉ 和 D₄₁₀ 和 D₄₁₁ 和 D₄₁₂ 和 D₄₁₃ 和 D₄₁₄ 和 D₄₁₅ 和 D₄₁₆ 和 D₄₁₇ 和 D₄₁₈ 和 D₄₁₉ 和 D₄₂₀ 和 D₄₂₁ 和 D₄₂₂ 和 D₄₂₃ 和 D₄₂₄ 和 D₄₂₅ 和 D₄₂₆ 和 D₄₂₇ 和 D₄₂₈ 和 D₄₂₉ 和 D₄₃₀ 和 D₄₃₁ 和 D₄₃₂ 和 D₄₃₃ 和 D₄₃₄ 和 D₄₃₅ 和 D₄₃₆ 和 D₄₃₇ 和 D₄₃₈ 和 D₄₃₉ 和 D₄₄₀ 和 D₄₄₁ 和 D₄₄₂ 和 D₄₄₃ 和 D₄₄₄ 和 D₄₄₅ 和 D₄₄₆ 和 D₄₄₇ 和 D₄₄₈ 和 D₄₄₉ 和 D₄₅₀ 和 D₄₅₁ 和 D₄₅₂ 和 D₄₅₃ 和 D₄₅₄ 和 D₄₅₅ 和 D₄₅₆ 和 D₄₅₇ 和 D₄₅₈ 和 D₄₅₉ 和 D₄₆₀ 和 D₄₆₁ 和 D₄₆₂ 和 D₄₆₃ 和 D₄₆₄ 和 D₄₆₅ 和 D₄₆₆ 和 D₄₆₇ 和 D₄₆₈ 和 D₄₆₉ 和 D₄₇₀ 和 D₄₇₁ 和 D₄₇₂ 和 D₄₇₃ 和 D₄₇₄ 和 D₄₇₅ 和 D₄₇₆ 和 D₄₇₇ 和 D₄₇₈ 和 D₄₇₉ 和 D₄₈₀ 和 D₄₈₁ 和 D₄₈₂ 和 D₄₈₃ 和 D₄₈₄ 和 D₄₈₅ 和 D₄₈₆ 和 D₄₈₇ 和 D₄₈₈ 和 D₄₈₉ 和 D₄₉₀ 和 D₄₉₁ 和 D₄₉₂ 和 D₄₉₃ 和 D₄₉₄ 和 D₄₉₅ 和 D₄₉₆ 和 D₄₉₇ 和 D₄₉₈ 和 D₄₉₉ 和 D₅₀₀ 和 D₅₀₁ 和 D₅₀₂ 和 D₅₀₃ 和 D₅₀₄ 和 D₅₀₅ 和 D₅₀₆ 和 D₅₀₇ 和 D₅₀₈ 和 D₅₀₉ 和 D₅₁₀ 和 D₅₁₁ 和 D₅₁₂ 和 D₅₁₃ 和 D₅₁₄ 和 D₅₁₅ 和 D₅₁₆ 和 D₅₁₇ 和 D₅₁₈ 和 D₅₁₉ 和 D₅₂₀ 和 D₅₂₁ 和 D₅₂₂ 和 D₅₂₃ 和 D₅₂₄ 和 D₅₂₅ 和 D₅₂₆ 和 D₅₂₇ 和 D₅₂₈ 和 D₅₂₉ 和 D₅₃₀ 和 D₅₃₁ 和 D₅₃₂ 和 D₅₃₃ 和 D₅₃₄ 和 D₅₃₅ 和 D₅₃₆ 和 D₅₃₇ 和 D₅₃₈ 和 D₅₃₉ 和 D₅₄₀ 和 D₅₄₁ 和 D₅₄₂ 和 D₅₄₃ 和 D₅₄₄ 和 D₅₄₅ 和 D₅₄₆ 和 D₅₄₇ 和 D₅₄₈ 和 D₅₄₉ 和 D₅₅₀ 和 D₅₅₁ 和 D₅₅₂ 和 D₅₅₃ 和 D₅₅₄ 和 D₅₅₅ 和 D₅₅₆ 和 D₅₅₇ 和 D₅₅₈ 和 D₅₅₉ 和 D₅₆₀ 和 D₅₆₁ 和 D₅₆₂ 和 D₅₆₃ 和 D₅₆₄ 和 D₅₆₅ 和 D₅₆₆ 和 D₅₆₇ 和 D₅₆₈ 和 D₅₆₉ 和 D₅₇₀ 和 D₅₇₁ 和 D₅₇₂ 和 D₅₇₃ 和 D₅₇₄ 和 D₅₇₅ 和 D₅₇₆ 和 D₅₇₇ 和 D₅₇₈ 和 D₅₇₉ 和 D₅₈₀ 和 D₅₈₁ 和 D₅₈₂ 和 D₅₈₃ 和 D₅₈₄ 和 D₅₈₅ 和 D₅₈₆ 和 D₅₈₇ 和 D₅₈₈ 和 D₅₈₉ 和 D₅₉₀ 和 D₅₉₁ 和 D₅₉₂ 和 D₅₉₃ 和 D₅₉₄ 和 D₅₉₅ 和 D₅₉₆ 和 D₅₉₇ 和 D₅₉₈ 和 D₅₉₉ 和 D₆₀₀ 和 D₆₀₁ 和 D₆₀₂ 和 D₆₀₃ 和 D₆₀₄ 和 D₆₀₅ 和 D₆₀₆ 和 D₆₀₇ 和 D₆₀₈ 和 D₆₀₉ 和 D₆₁₀ 和 D₆₁₁ 和 D₆₁₂ 和 D₆₁₃ 和 D₆₁₄ 和 D₆₁₅ 和 D₆₁₆ 和 D₆₁₇ 和 D₆₁₈ 和 D₆₁₉ 和 D₆₂₀ 和 D₆₂₁ 和 D₆₂₂ 和 D₆₂₃ 和 D₆₂₄ 和 D₆₂₅ 和 D₆₂₆ 和 D₆₂₇ 和 D₆₂₈ 和 D₆₂₉ 和 D₆₃₀ 和 D₆₃₁ 和 D₆₃₂ 和 D₆₃₃ 和 D₆₃₄ 和 D₆₃₅ 和 D₆₃₆ 和 D₆₃₇ 和 D₆₃₈ 和 D₆₃₉ 和 D₆₄₀ 和 D₆₄₁ 和 D₆₄₂ 和 D₆₄₃ 和 D₆₄₄ 和 D₆₄₅ 和 D₆₄₆ 和 D₆₄₇ 和 D₆₄₈ 和 D₆₄₉ 和 D₆₅₀ 和 D₆₅₁ 和 D₆₅₂ 和 D₆₅₃ 和 D₆₅₄ 和 D₆₅₅ 和 D₆₅₆ 和 D₆₅₇ 和 D₆₅₈ 和 D₆₅₉ 和 D₆₆₀ 和 D₆₆₁ 和 D₆₆₂ 和 D₆₆₃ 和 D₆₆₄ 和 D₆₆₅ 和 D₆₆₆ 和 D₆₆₇ 和 D₆₆₈ 和 D₆₆₉ 和 D₆₇₀ 和 D₆₇₁ 和 D₆₇₂ 和 D₆₇₃ 和 D₆₇₄ 和 D₆₇₅ 和 D₆₇₆ 和 D₆₇₇ 和 D₆₇₈ 和 D₆₇₉ 和 D₆₈₀ 和 D₆₈₁ 和 D₆₈₂ 和 D₆₈₃ 和 D₆₈₄ 和 D₆₈₅ 和 D₆₈₆ 和 D₆₈₇ 和 D₆₈₈ 和 D₆₈₉ 和 D₆₉₀ 和 D₆₉₁ 和 D₆₉₂ 和 D₆₉₃ 和 D₆₉₄ 和 D₆₉₅ 和 D₆₉₆ 和 D₆₉₇ 和 D₆₉₈ 和 D₆₉₉ 和 D₇₀₀ 和 D₇₀₁ 和 D₇₀₂ 和 D₇₀₃ 和 D₇₀₄ 和 D₇₀₅ 和 D₇₀₆ 和 D₇₀₇ 和 D₇₀₈ 和 D₇₀₉ 和 D₇₁₀ 和 D₇₁₁ 和 D₇₁₂ 和 D₇₁₃ 和 D₇₁₄ 和 D₇₁₅ 和 D₇₁₆ 和 D₇₁₇ 和 D₇₁₈ 和 D₇₁₉ 和 D₇₂₀ 和 D₇₂₁ 和 D₇₂₂ 和 D₇₂₃ 和 D₇₂₄ 和 D₇₂₅ 和 D₇₂₆ 和 D₇₂₇ 和 D₇₂₈ 和 D₇₂₉ 和 D₇₃₀ 和 D₇₃₁ 和 D₇₃₂ 和 D₇₃₃ 和 D₇₃₄ 和 D₇₃₅ 和 D₇₃₆ 和 D₇₃₇ 和 D₇₃₈ 和 D₇₃₉ 和 D₇₄₀ 和 D₇₄₁ 和 D₇₄₂ 和 D₇₄₃ 和 D₇₄₄ 和 D₇₄₅ 和 D₇₄₆ 和 D₇₄₇ 和 D₇₄₈ 和 D₇₄₉ 和 D₇₅₀ 和 D₇₅₁ 和 D₇₅₂ 和 D₇₅₃ 和 D₇₅₄ 和 D₇₅₅ 和 D₇₅₆ 和 D₇₅₇ 和 D₇₅₈ 和 D₇₅₉ 和 D₇₆₀ 和 D₇₆₁ 和 D₇₆₂ 和 D₇₆₃ 和 D₇₆₄ 和 D₇₆₅ 和 D₇₆₆ 和 D₇₆₇ 和 D₇₆₈ 和 D₇₆₉ 和 D₇₇₀ 和 D₇₇₁ 和 D₇₇₂ 和 D₇₇₃ 和 D₇₇₄ 和 D₇₇₅ 和 D₇₇₆ 和 D₇₇₇ 和 D₇₇₈ 和 D₇₇₉ 和 D₇₈₀ 和 D₇₈₁ 和 D₇₈₂ 和 D₇₈₃ 和 D₇₈₄ 和 D₇₈₅ 和 D₇₈₆ 和 D₇₈₇ 和 D₇₈₈ 和 D₇₈₉ 和 D₇₉₀ 和 D₇₉₁ 和 D₇₉₂ 和 D₇₉₃ 和 D₇₉₄ 和 D₇₉₅ 和 D₇₉₆ 和 D₇₉₇ 和 D₇₉₈ 和 D₇₉₉ 和 D₈₀₀ 和 D₈₀₁ 和 D₈₀₂ 和 D₈₀₃ 和 D₈₀₄ 和 D₈₀₅ 和 D₈₀₆ 和 D₈₀₇ 和 D₈₀₈ 和 D₈₀₉ 和 D₈₁₀ 和 D₈₁₁ 和 D₈₁₂ 和 D₈₁₃ 和 D₈₁₄ 和 D₈₁₅ 和 D₈₁₆ 和 D₈₁₇ 和 D₈₁₈ 和 D₈₁₉ 和 D₈₂₀ 和 D₈₂₁ 和 D₈₂₂ 和 D₈₂₃ 和 D₈₂₄ 和 D₈₂₅ 和 D₈₂₆ 和 D₈₂₇ 和 D₈₂₈ 和 D₈₂₉ 和 D₈₃₀ 和 D₈₃₁ 和 D₈₃₂ 和 D₈₃₃ 和 D₈₃₄ 和 D₈₃₅ 和 D₈₃₆ 和 D₈₃₇ 和 D₈₃₈ 和 D₈₃₉ 和 D₈₄₀ 和 D₈₄₁ 和 D₈₄₂ 和 D₈₄₃ 和 D₈₄₄ 和 D₈₄₅ 和 D₈₄₆ 和 D₈₄₇ 和 D₈₄₈ 和 D₈₄₉ 和 D₈₅₀ 和 D₈₅₁ 和 D₈₅₂ 和 D₈₅₃ 和 D₈₅₄ 和 D₈₅₅ 和 D₈₅₆ 和 D₈₅₇ 和 D₈₅₈ 和 D₈₅₉ 和 D₈₆₀ 和 D₈₆₁ 和 D₈₆₂ 和 D₈₆₃ 和 D₈₆₄ 和 D₈₆₅ 和 D₈₆₆ 和 D₈₆₇ 和 D₈₆₈ 和 D₈₆₉ 和 D₈₇₀ 和 D₈₇₁ 和 D₈₇₂ 和 D₈₇₃ 和 D₈₇₄ 和 D₈₇₅ 和 D₈₇₆ 和 D₈₇₇ 和 D₈₇₈ 和 D₈₇₉ 和 D₈₈₀ 和 D₈₈₁ 和 D₈₈₂ 和 D₈₈₃ 和 D₈₈₄ 和 D₈₈₅ 和 D₈₈₆ 和 D₈₈₇ 和 D₈₈₈ 和 D₈₈₉ 和 D₈₉₀ 和 D₈₉₁ 和 D₈₉₂ 和 D₈₉₃ 和 D₈₉₄ 和 D₈₉₅ 和 D₈₉₆ 和 D₈₉₇ 和 D₈₉₈ 和 D₈₉₉ 和 D₉₀₀ 和 D₉₀₁ 和 D₉₀₂ 和 D₉₀₃ 和 D₉₀₄ 和 D₉₀₅ 和 D₉₀₆ 和 D₉₀₇ 和 D₉₀₈ 和 D₉₀₉ 和 D₉₁₀ 和 D₉₁₁ 和 D₉₁₂ 和 D₉₁₃ 和 D₉₁₄ 和 D₉₁

表 4 渡口地区污染土壤与尘粒重金属形态及含量 (ppm)

重 金 属	形 态	D ₃ (表层)	D ₃ (底层)	囱 内 尘	囱 外 尘
		含 量	含 量	含 量	含 量
Ni	一	0.98	1.46	1.25	1.25
	二	1.13	0.88	2.19	2.88
	三	7.73	8.07	6.26	9.88
	四	3.0	3.25	1.63	4.00
	五	34	41.33	88.5	93.5
	总量	45	55	101	112
Cu	一	1.13	0.63	1.19	1.13
	二	2.32	0.88	2.51	6.13
	三	8.38	7.71	4.44	4.82
	四	12.5	3.0	4.0	6.63
	五	52	28.83	80	85
	总量	75	41	90	95
Zn	一	1.11	0.31	1.03	0.75
	二	33.25	5.67	5.44	15.88
	三	140.44	35.42	8.19	28.13
	四	30.0	8.5	4.38	7.88
	五	183.0	61.3	90.0	97
	总量	410	114	108	135
Pb	一	4.75	0.47	2.75	5.0
	二	6.25	4.47	1.25	6.5
	三	15.9	13.0	5.5	9.38
	四	3.5	2.59	4.38	4.69
	五	24.4	23.5	30.63	45.25
	总量	54	42	46	66
Co	一	6.69	5.08	8.32	8.0
	二	4.07	2.5	1.13	2.44
	三	9.32	9.5	8.75	4.32
	四	1.95	0	1.71	1.9
	五	38.5	16.82	22.5	30
	总量	56	33	42	47

水体及水生生物危害甚小。

4. 渡口地区土壤重金属迁移特征, 除与岩性有关以外, 还受降尘的影响。表 6 是污染区土壤与清洁区土壤的植被(扭黄茅)重金属含量。

从表 6 可知, 污染区(弄弄坪)扭黄茅所含重金属较高。虽然它们均处在海拔较低的半干旱及同一母岩上发育的褐红壤地带, 且污染土壤某些重金属含量不高, 但扭黄茅的重金属含量还是比清洁地区的扭黄茅含量要

高。这主要是由于弄弄坪片区的土壤受到含有重金属的钢铁冶炼及电力等企业降尘的污染。

通过我们的调查研究, 虽然渡口地区的岩石和土壤背景值表现出 Ni、Cu、Co、Zn 等异常现象⁽¹⁾, 大气降尘对土壤, 特别是表层土的污染是十分严重的。据研究, 金沙江沉积物和金沙江水对生物及作物危害甚微; 弄弄坪冶金工业区及其下风向的局部地区, 由于降尘的影响, 使该地区十分之一的表层土壤

表 5 沉积物中重金属形态及含量 (ppm)

重金属	形 态	D断面	I ₃ 断面	II ₃ 断面	III ₁ 断面
		含 量	含 量	含 量	含 量
Ni	一	0.06	0.0	0.0	0.0
	二	4.2	5.5	4.2	4.3
	三	11	10.6	8.0	8.5
	四	3.5	3.9	5.0	3.5
	五	54.8	59.8	69.8	69.3
	总量	83	85	91	99
Cu	一	1.8	0.94	0.6	0.53
	二	25	18.6	11.8	10.7
	三	20.5	14.3	8.3	6.6
	四	25	22.9	18.3	21.3
	五	38.5	39.3	61.0	61.5
	总量	112	111	100	123
Co	一	0.0	0.0	0.0	0.63
	二	3.9	6.1	4.0	4.9
	三	8.1	6.5	6.8	6.3
	四	1.6	2.1	1.3	1.6
	五	22.0	29.7	29.8	29.5
	总量	33	48	46	42

表 6 清洁区与污染区土壤上的扭黄茅重金属含量 (ppm)

片 区	重 金 属					
	含 量 植物、土壤、 岩石	Ni	Cu	Zn	Pb	Co
弄弄坪 (污染区)	扭黄茅	1.18	4.21	18.05	3.06	0.84
	褐红壤	80.6	62.7	319	25.0	83.6
	基性岩	84.6	66.1	156	20.1	61.0
弄弄坪以北 (清洁区)	扭黄茅	0.97	2.65	14.5	2.99	0.81
	褐红壤	25.2	13.8	234	24.1	82.7
	基性岩	84.6	66.1	156	20.1	61.0

受到金属的不同程度的污染，植物中重金属的含量也不同程度的有所增加。渡口市居民通过粮、菜、肉、水、气等进入体内的金属，镉已超每日允许摄入量的低限，铁的摄入量也

偏高。虽然目前尚未发现对人体健康影响的征兆，但高背景含量和人为释放，特别是降尘的金属环境效应都是值得重视的。