

# 湘西亚热带地球化学景观土壤中重金属分布和赋存状态的研究

应卫明 章 申

(中国科学院地理研究所)

## 提 要

本文研究了湘西亚热带地球化学景观土壤中重金属分布与土壤机械组成、矿物成分之间的关系。

**关键词** 重金属 景观地球化学 亚热带

半个多世纪以来,对于土壤微量营养元素形态的研究,主要侧重于植物可给态方面。近十多年来,随着生物地球化学和环境保护等工作的开展,土壤中重金属的研究正逐渐从单一的总量研究转到土壤中重金属的赋存形态的研究。利用物理分离提取来研究重金属在土壤中的赋存状态是有一定吸引力的方法。利用颗粒大小的分离方法在土壤科学研究中已有较长的历史,六十年代就运用于土壤中重金属赋存状态的研究中<sup>[1,2]</sup>,而且国内外很多研究者都曾发现土壤中某些重金属含量与土壤粘粒含量呈正相关<sup>[3]</sup>,但其原因尚不十分明确。所以,它是研究环境中重金属背景值,迁移转化和其生物效应需要深入探讨的重要课题。本文较系统地介绍了湘西张家界-索溪峪自然保护区亚热带地球化学景观土壤中重金属含量分布与土壤机械组成、矿物成分和组合之间关系以及重金属赋存状态的研究成果。

## 一、工 作 方 法

本自然保护区成土母岩主要是晚泥盆纪云台观组紫红色和灰白色石英砂岩,其上发育着山地黄壤和冲积土,我们在保护区内选择了一典型的地球化学景观开展工作(表1),分别采集了岩石和土壤样品。岩石取新鲜露头,土壤样品按土壤剖面发生层采取。

土壤样品在室内风干后,用有机玻璃棒碾碎,拣去石砾、草根和枯枝落叶,在玛瑙研钵中稍加研磨,通过18目孔径尼龙筛,供试验用。

土壤机械组成分析用比重计法。化学分析的土壤样品在研磨后通过100目尼龙筛,按土壤常规方法进行。

土壤各粒径组样品的分散和提取:用通过18目的土样,加6%的 $H_2O_2$ 去除有机质,然后用适量0.05N HCl洗至无 $Ca^{2+}$ 后,用蒸馏水淋洗去除 $Cl^-$ 。稍风干后移入大玛瑙

表 1 土壤剖面 and 地球化学景观概况

Tab. 1 The survey of soil profiles and geochemical landscape

剖面号	采集地点	剖面所处的单元景观	土 类	母 质	植 被	风化壳
湘 (1)	分水岭	残积景观	山地黄壤	石英砂岩	亚热带常绿阔叶林。 楠木 ( <i>Phoebe nanmu</i> ), 白栎 ( <i>Quercus fabri</i> ), 米饭花 ( <i>Vauiniaceace domianum wight</i> ), 白茅 ( <i>Imperata cylindrica var. major</i> ) 等	硅质铁铝残积风化壳
湘 (2)	山坡上部	堆积淋溶景观	山地黄壤	坡 积 物	亚热带常绿阔叶林。 盐肤木 ( <i>Rhus Chinensis</i> ), 白茅 ( <i>Imperata cylindrica var. major</i> ), 油茶 ( <i>Camellia oleifera</i> ) 等	硅质铁铝堆积风化壳
湘 (3)	山坡下部	堆积淋溶景观	山地黄壤	坡 积 物	玉米等旱地作物	硅质铁铝堆积风化壳
湘 (4)	山 麓	水上从属景观	冲 积 土	河流冲积物	草 甸	硅质铁铝堆积风化壳

研钵,加少许蒸馏水,用带橡皮头的棒研磨,使土样成稠糊,反复研磨。将土样用蒸馏水冲洗入 5000ml 高型烧杯内,根据司笃克斯公式计算沉降时间,提取各粒径组<sup>[4]</sup>。向盛贮提取出来的 < 0.001mm 悬浮液瓶中滴加纯稀 HCl,同时搅拌,不使局部 HCl 浓度过高,这样使悬浮粒子凝聚沉淀,但溶液 pH 值不小于 4.5。各粒径组样品风干后,一部分供 X 衍射分析矿物成分;另一部分用玛瑙研钵磨细过 100 目尼龙筛,样品充分混匀后,供重金属含量测定用。

重金属含量测定:称一定量土样用王水-高氯酸-氢氟酸消化,消化后用 1% 稀硝酸定容。测定 Fe、Co、Ni、Mn、Zn、Cu、Cd、Pb,用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-HF 消化土样测 Cr。

Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Mn、Cr 的含量在 WFO-Y<sub>2</sub> 型原子吸收分光光度计上利用乙炔-空气火焰法测定,Cd 和 Pb 用甲基异丁基甲酮 (MIBK) 萃取后在岛津 AA-640-13 原子吸收分光光度计上用石墨炉无火焰法测定。

## 二、结果与讨论

早在六十年代初,Н. Г. зырин、чжан шэн (章申)<sup>[1,2]</sup> 等人曾发现土壤粘粒有富集重金属元素的现象,并指出土壤中重金属含量和赋存形态可能与土壤质地、原生和次生矿物有密切关系。因此,土壤中重金属总量和各不同粒径组中重金属的分布完全是土壤的固有属性,它们与成土母质、成土过程紧密相关,同时又受到重金属元素本身的地球化学性质制约。

### (一) 土壤中重金属总量的分布

山地黄壤和冲积土表层重金属含量见表 2,可以看出,除 Pb 外,各重金属元素含量都较低,明显受到砂岩母质重金属含量低的影响。同时也反映了自然保护区未受污染的

表 2 土壤表层重金属含量与世界土壤对比

Tab. 2 The content of the heavy metals in the topsoil and compared with world soil

元 素	Cr (ppm)	Mn (ppm)	Fe (%)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Cd (ppb)	Pb (ppm)
黄 壤	24.7—50.3 41.6	126—657 430	2.41—2.76 2.58	8.3—11.7 10.3	25.3—39.9 31.5	9.0—15.8 12.4	47.9—65.3 57.4	48.1—103 80.3	19.7—22.3 21.0
冲 积 土	17.9	233	1.21	2.59	12.6	4.34	14.9	133	10.8
母 岩	7.14	6.28	0.11	0.81	7.27	4.27	4.51	42.2	7.97
世界土壤	5—1000 180	50—5000 1000	0.7—55 3.8	1—40 3	5—500 40	2—100 20	10—300 50	30—300 100	2—200 12

注：分子为含量范围，分母为平均值。

低背景值。另外，从表 1 还可以发现山地黄壤中重金属含量大于冲积土（Cd 除外）。表明自然保护区中不同土类的重金属元素分布。

重金属总量在土壤剖面垂直方向上的分异也是明显的，这种分异特征因不同地形部位而异。表 3 是土壤不同层次的重金属含量，可以发现，处于分水岭地段的残积景观中的黄壤[湘(1)]，其 Cd、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn 在剖面中下部淀积聚集。这与土壤所受淋溶作用强，土壤剖面中，下部较粘重有关。而 Cd、Pb 在土壤腐殖质层有所累积，在土壤剖面上的分布与土壤腐殖质含量的增减一致。

在山坡上部堆积淋溶景观的黄壤中[湘(2)]，Fe、Cu 在 B 层有微弱聚集，Cr、Mn、Ni、Zn、Cd、Pb、Co 在腐殖质层中聚集，其含量向下递减。Co 在母质层中含量也较高。

在山坡下部堆积淋溶景观的黄壤中[湘(3)]，Mn、Cu、Zn、Cd、Pb 在腐殖质层中聚集，其含量随剖面深度增加而减少。Fe、Co、Ni、Cr 在表层也有不同程度富集，但在 C 层中含量也较高。

在堆积淋溶景观中，土壤所受淋溶作用没有残积景观那么强烈，这可以从土体中、下部并不十分粘重得到证实。因此象 Cr、Mn、Ni、Zn、Cd、Pb 等在表层含量较高，这也是生物小循环作用所致。

冲积土为幼年土壤，质地粗，有机质含量较低，剖面中元素含量变化不大。表层含量大于底层的元素有 Fe、Ni、Cu、Zn、Pb，而 Cr、Mn、Co、Cd 的含量是底层大于表层。

元素在山地黄壤中的垂直分布与山地黄壤的成土特点有密切关系。发育在砂岩上的山地黄壤有较轻度的富铁铝化作用，盐基大量淋溶使土体呈酸性反应。因此，重金属元素在表层受到不同程度的淋溶，在残积景观土壤表层以下有淀积作用。另一方面，这里的生物小循环比较强烈，全年不断进行，因此重金属元素的一部分被生物截留，保留在生物体和土壤腐殖质层中。

从以上分析可知，本区土壤中重金属总量在土壤剖面中的垂直分布显然受到气候条件、植被类型、成土过程的控制。成土过程中元素的生物小循环和地质淋溶则直接影响元素的垂直分布特征。并且强烈的淋溶作用带走基岩中 Na、Ca、Mg、Si 等大量元素，使重金属在土壤中相对得到富集。表 4 是残积景观土壤中重金属元素的富集率（即土壤中

表 3 土壤的重金属含量和理化性质  
Tab. 3 The content of the heavy metals and selected physical and chemical properties of soil profiles

土壤名称 和剖面号	采样深度 (mm)	层位	有机质 %	pH (H <sub>2</sub> O)	元 素 含 量										土 壤 机 械 组 成			
					Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	<0.001— 0.005 (mm)	0.005— 0.01 (mm)	0.01—1 (mm)		
					(ppm)		(%)	(ppm)				(ppb)	(ppm)				(mm)	
山地黄壤 湘 (1)	5—50	A	8.1	4.65	24.7	126	2.57	8.34	25.3	9.30	47.9	103	21.0	13.7	13.4	11.6	61.3	
	50—80	B	2.8	4.44	62.9	84.0	2.60	12.1	42.0	11.2	73.7	77.2	20.4	2.74	15.8	17.9	63.6	
	80—100	BC	0.96	4.38	62.3	169	2.99	14.8	36.8	13.6	61.4	50.9	20.5	13.2	18.7	18.3	49.8	
	100—115	C	0.20	4.25	60.8	68.1	3.48	11.5	27.3	18.0	47.9	23.2	18.8	22.7	4.07	2.71	70.5	
山地黄壤 湘 (2)	0—26	A	3.60	4.76	49.8	508	2.41	10.9	39.9	16.1	65.3	48.1	19.7	12.5	14.2	12.5	60.8	
	26—40	B	0.48	4.62	45.1	344	2.46	10.4	31.5	16.8	53.9	48.1	17.1	12.8	15.4	16.5	55.3	
	40—60	C	0.40	4.68	44.6	370	2.30	10.9	29.5	13.7	55.5	43.4	12.3	8.07	15.8	14.1	62.0	
山地黄壤 湘 (3)	0—15	A	3.20	5.62	50.3	656	2.76	11.7	29.4	16.8	59.1	89.4	22.3	8.09	11.1	10.1	70.7	
	15—45	B	1.80	4.86	46.6	561	2.67	10.2	26.3	13.6	46.7	46.2	17.5	7.40	11.1	11.4	70.1	
	45—60	C	0.43	4.56	48.7	492	2.81	13.2	29.5	14.9	50.0	57.9	17.1	9.75	10.1	13.8	66.4	
冲积土 湘 (4)	0—14	—	0.36	5.70	17.9	232	1.21	2.59	12.6	5.56	14.9	133	10.8	2.01	0.67	2.68	94.6	
	14—30	—	0.48	5.98	21.3	238	0.77	3.14	10.5	4.95	14.1	147	8.33	0.33	0.33	2.00	97.3	

表 4 残积景观土壤中重金属的富集率(与岩石比较)

Tab. 4 The richment rate of heavy metals in soil of eluvial landscape (comparing with the rock)

单元景观	土壤	层次 (cm)	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
残积景观	山地黄壤	5—50	3.46	20.1	23.4	10.3	3.48	2.18	10.6	2.44	2.63
		50—80	8.81	13.4	23.6	14.9	5.78	2.62	16.3	1.33	2.56
		80—100	8.71	26.9	27.2	18.3	5.06	3.19	13.6	1.21	2.57
		100—115	8.51	10.8	31.6	14.2	3.76	4.21	10.6	0.55	2.36

元素含量与该元素在成土母岩中含量的比值)。从中可以看出,从岩石到土壤,重金属得到了“浓缩”,其浓缩倍数尤以 Fe、Mn 为高。

按物理形态区分,土壤中重金属总量仅仅是其固态和液态的总和。其固态由土壤的有机和无机部分组成,因此土壤中重金属分布的规律可通过土壤质地、土壤机械组成和形成的次生矿物及残存的原生矿物来进行深入的研究。为此,研究不同粒径组中重金属含量的分布和矿物组成能够获得总量研究所不能反映的重要规律,使认识更加深化。

## (二) 土壤重金属与土壤机械组成的关系

基于以上认识,我们研究了山地黄壤和冲积土的粘粒 ( $<0.001\text{mm}$ )、细粉粒 ( $0.001—$

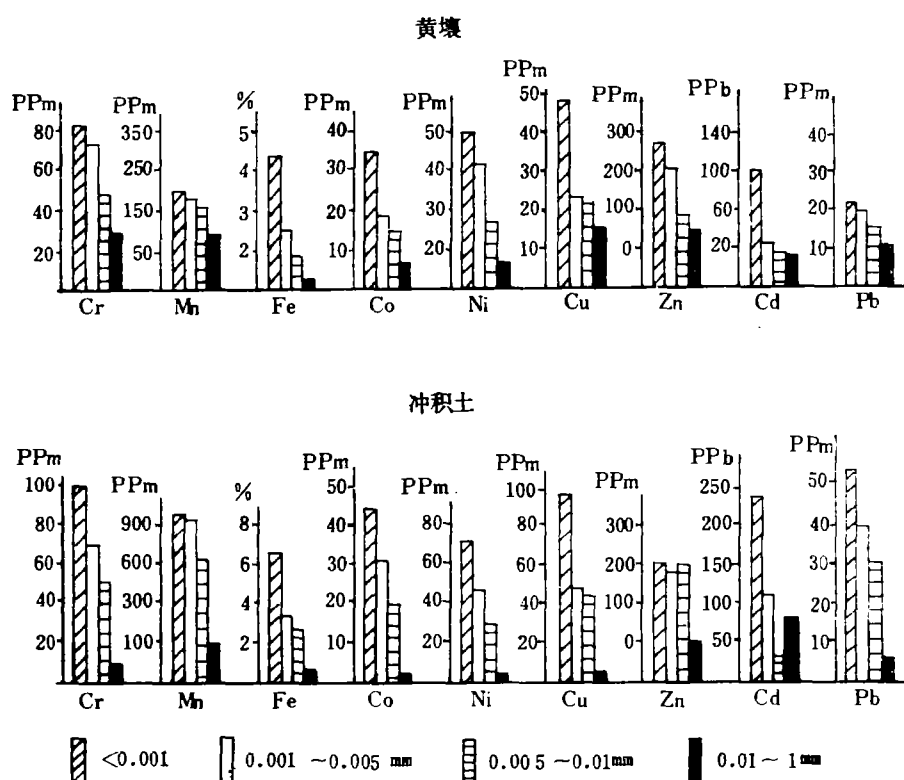


图 1 不同粒径的土壤颗粒中重金属的含量

Fig. 1 Content of the heavy metals in soil separates

0.005mm)、中粉粒(0.005—0.01mm)和砂粒(>0.001mm)中 Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb 的含量(图1),发现重金属在自然保护区土壤中赋存分布的重要规律基本上是:

粘粒中重金属含量>细粉粒中重金属含量>中粉粒中重金属含量>砂粒中重金属含量。重金属在粘粒部分和细颗粒部分含量高,随粒径变大,它们的含量逐渐降低。重金属含量与颗粒粒径呈负相关。

因此,土壤粘粒和细颗粒是重金属赋存的场所,它们在土壤中的数量对重金属元素总量的分布和元素迁移都有较大的影响。这也说明土壤中重金属含量是与土壤机械组成、质地密切有关的。

重金属在土壤颗粒中的含量也受到成土作用的深刻影响,从图1可以看出,冲积土粘粒中重金属除 Zn 外,都比黄壤粘粒中的重金属含量高,其细粉粒中的含量也多比黄壤细粉粒中的含量。而砂粒却相反,除 Cd 外,其它重金属含量都是黄壤大于冲积土。这种现象说明由于冲积土发育在水上从属景观,在成土过程中不断接受从残积景观、堆积淋溶景观中迁移出的胶体物质和溶解物质,使重金属在粘粒和细颗粒部分中得以较高程度的浓集。而冲积土的砂粒部分由于经过较长距离的搬运分选,易风化物已溶解消失,只有大量较难风化的石英残留下来,因此重金属含量低。

重金属元素在粘粒中的富集程度可用重金属在粘粒中的富集系数(粘粒中重金属的含量比它在同一土层中的总量)来表征,其数值大于1,即粘粒对土壤总量影响大。反之即表明重金属在粘粒中的含量对土壤总量影响小。表5为重金属在粘粒中的富集系数,可以明显看到,除 Mn 外,几乎所有元素的富集系数都大于1,各元素就其平均富集程度,

表5 自然保护区景观中黄壤和冲积土的粘粒富集系数

Tab. 5 The richment coefficient of the metals in cohesive grams of the soils of the geochemical landscape

土壤类型 和剖面号	采样深度 (cm)	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
山地黄壤 湘(1)	5—50	3.47	1.16	2.59	4.28	1.99	4.59	9.14	1.26	1.32
	50—80	1.40	1.50	1.93	2.62	1.44	2.86	3.31	1.37	1.25
	80—100	1.58	1.23	1.84	2.85	1.85	3.44	4.92	2.32	0.97
	100—115	1.73	1.60	1.87	3.21	2.00	2.73	8.29	3.50	1.20
山地黄壤 湘(2)	0—26	1.69	0.67	2.41	3.63	1.71	3.16	2.77	1.24	1.34
	26—40	1.86	0.75	2.09	2.54	1.83	2.63	5.88	1.44	0.97
	40—60	2.04	0.62	2.13	2.42	2.05	2.99	4.12	2.60	1.62
山地黄壤 湘(3)	0—15	1.70	0.31	1.64	3.04	1.71	2.83	4.65	1.09	0.98
	15—45	1.84	0.56	1.91	4.26	2.25	2.90	3.40	1.27	1.44
	45—60	1.76	0.68	1.73	2.20	1.91	2.70	4.30	1.23	1.30
冲积土 湘(4)	0—14	5.92	4.21	5.44	17.2	5.84	16.9	13.5	1.80	5.13
	14—30	3.61	1.21	6.31	7.55	5.19	9.39	8.94	1.00	2.58

有如下顺序:



发育在分水岭上的山地黄壤和发育在河漫滩上的冲积土,其粘粒中的 Mn 也是富集的,富集系数大于 1。而发育在山坡地段的山地黄壤中粘粒 Mn 的富集系数小于 1,可能是由于 Mn 的迁移能力强,往往在山坡地段堆积形成较大颗粒氧化锰矿物(直径大于 0.001mm)有关。

黄壤和冲积土粘粒对重金属元素的富集能力也存在显著差异,除 Cd 外,粘粒中重金属的富集系数都是冲积土大于黄壤。

除去上述重金属在粘粒和细颗粒中的富集以外,还有粘粒和细颗粒在土壤中的含量多少对重金属在土壤中的总量也有明显影响。现将冲积土和黄壤中粘粒和细粉粒结合的重金属占土壤重金属总量的平均百分比计算列于表 6。从中可以看出,由于冲积土粘粒和细粉粒很少(<3%)。因此,在粘粒和粉粒中的重金属占土壤重金属总量的比例明显低于黄壤。

表 6 与粘粒和细粉粒结合的重金属占土壤重金属总量的平均百分比

Tab. 6 Average proportion of the metal associating with clay or silt to the total metal in soil

元 素		Cr(%)	Mn(%)	Fe(%)	Co(%)	Ni(%)	Cu(%)	Zn(%)	Cd(%)	Pb(%)
粘 粒	黄 壤	21.8	10.9	22.6	35.1	21.1	34.6	63.5	21.6	13.5
	冲 积 土	6.5	4.4	6.5	18.5	6.7	18.6	15.0	2.0	5.6
细 粉 粒	黄 壤	20.5	13.2	15.5	28.1	18.6	12.4	35.7	11.2	16.2
	冲 积 土	1.8	1.5	1.6	5.1	1.9	4.2	5.8	0.33	1.7

分析表明,土壤粘粒和细颗粒部分对重金属总量的影响是很大的,但是在土壤中重金属元素与有机质、碳酸盐和可溶盐、原生矿物等的结合比粘粒矿物的结合更为复杂。因此,粘粒和细粒部分在自然土壤中的影响程度则会降低。

为了进一步揭示亚热带地理环境中重金属在土壤不同大小颗粒中的赋存状态,有必要分析土壤矿物成分与重金属的关系。

### (三) 土壤重金属与矿物成分的关系

表 7 为土壤各不同粒级中的主要矿物成份随粒径变大而变化的趋势。

表 7 不同粒级的黄壤和冲积土的矿物成分

Tab. 7 Mineral composition of soil separates in yellow soil and fluvisoil

粘 粒 <0.001mm	细 粉 粒 0.001—0.005mm	中 粉 粒 0.005—0.01mm	砂 粒 >0.01mm
绿 泥 石 高 岭 石	绿泥石、高岭石, 伴有水云母、石英、长石	石英,伴有高岭石、 绿泥石、水云母、长石	以石英为主、 伴有长石

从不同大小颗粒中矿物成分与重金属含量的比较中可以得到对亚热带黄壤和冲积土

重金属与矿物成分关系的有益认识。黄壤和冲积土粘粒含有大量的粘土矿物, 尽管黄壤粘粒还含有一定量的氧化物, 但与粘土矿物相比, 是微不足道的。因此, 重金属在粘粒中的富集主要由绿泥石、高岭石等粘土矿物引起, 即这些粘土矿物是重金属赋存的主要载体。另外, 对铁在黄壤和冲积土中结合形态的研究发现, 74—85% 的铁存在于硅酸盐晶格中, 仅有 14—25% 的铁形成了氧化物。

由此可见, 黄壤和冲积土随粒径增大, 绿泥石、高岭石等粘土矿物减少, 石英、长石增加是重金属含量随粒径增大而降低的原因。

土壤矿物由原生矿物和次生矿物组成, 土壤粘粒, 包括土壤母质中矿物残屑和矿物风化产物, 主要由粘粒层状硅酸盐和粘粒氧化物所组成, 而土壤中的层状硅酸盐其四面体配位的 Si 和八面体配位的阳离子都可以由性质相似, 大小相近的其它阳离子类质同象替代, 如绿泥石通式为  $[(Mg, Fe^{2+})_{3-x}Al_x(OH)_6]^{x-}[(Mg, Fe^{2+})_3(Si_{4-x}Al_x)O_{10}(OH)_2]^{x-}$ , 其八面体空隙均可由  $Fe^{3+}$ 、 $Mn$ 、 $Cr^{3+}$  等所占据。同样, 重金属都可以以分散的形式进入水云母、高岭石等晶格中。长石为架状结构硅酸盐, 其基本结构单元为  $X-O_4$  ( $X = Si, Al, \dots$ ) 四面体通过共顶角在三度空间连成架状骨干, 骨干中大空隙为  $M$  ( $M = K, Na, Ca, \dots$ ) 阳离子所占据。由于所讨论的重金属元素多属第一过渡系过渡元素, 半径小, 很难替代大半径的  $K$ 、 $Na$ 、 $Ca$  等, 它们进入长石中的机会较小。石英的成分为  $SiO_2$ , 矿物结构类型为硅氧四面体紧密架状堆积, 类质同象混入物极少, 重金属元素是极难进入的。由此可见, 随着粒径变大, 长石、石英增多, 重金属元素含量下降是符合原生和次生矿物化学成分和粘粒矿物结晶化学和胶体特性的。

### 三、结 论

本文讨论了湘西亚热带地球化学景观土壤中重金属与土壤机械组成、矿物成分的关系, 并且初步探索了土壤中重金属除化学结合形态外的另一种赋存状态, 对于黄壤和冲积土, 其主要结论是:

1. 该区土壤重金属总量的分布主要受母岩性质和成土过程中的元素生物小循环和地质淋溶作用所控制。
2. 该区土壤中重金属与机械组成有明显的关系。Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Cd、Pb 在土壤不同粒级中的含量随着粒径的变粗而逐渐下降, 粘粒中 ( $< 0.001mm$ ) 含量最高。
3. 该区粘粒和细颗粒中重金属含量对土壤中重金属总量有很大影响, 但重金属总量同时又受粘粒和细颗粒本身在土壤中含量的制约, 这实际上揭示了土壤中重金属含量往往与粘粒含量正相关的原因。
4. 随粒径变粗含量下降这一重金属赋存现象主要反映了不同粒级的矿物成分和组合不同, 粘粒级的矿物以绿泥石、高岭石为主, 而砂粒级矿物主要为石英。

随粒径变大, 石英、长石增多, 重金属含量下降是符合原生和次生矿物化学成分和粘粒矿物结晶化学和胶体特性的。



## 参 考 文 献

- [1] Зырин, Н. Г., Г. Д. Бешцына, Н. П. Брысова, 1961, Содержание микроэлементов Соменеев-  
тве железа в некоторых почвах, СССР. Вес тник московского шиверентетета, Биогония, Поч-  
воведение, Серия VI. N. 5, Стр. 59.
- [2] Эжан шэн (章申), 1962 Содержание и миграция В, I, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu и Zn в некоторых  
почвах, астенях и прирадных водах степного ландшафта СССР и КНР (Автгореф Канд. Ди-  
сс.) М..
- [3] Ковда, В. А., 1973, Основы Уления о почвах, изд. наука, москва.
- [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 土壤农业化学常规分析方法, 科学出版社, 1985.

## THE DISTRIBUTION AND STATUS OF HEAVY METALS IN SOIL OF THE GEOCHEMICAL LANDSCAPE IN A SUB-TROPICAL ZONE, WESTERN HUNAN

Ying Weiming Zhang Shen

(*Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences*)

**Key words:** Heavy metal; Landscape geochemical; Sub-tropical belt

### Abstract

In this paper, an attempt has been made to study the relationship between some heavy metals and soil separates as well as the composition of minerals in the soils of the Zhang Jia Jie-Suo Xi Yu protected area, Western Hunan Province.

The total content of heavy metals in the soils of geochemical landscapes is influenced by the parent rock and the biocycle as well as the geocycle in the soil-forming processes. The studies show that the contents of heavy metals for various particle-size groups increase from the largest particle sizes downward and the heavy metals have a tendency to concentrate in clay (<0.001 mm). From the data obtained in this study, the total content of heavy metals in soil is attributed to the integrated influences of heavy metal enrichment in clay and the content of clay itself in soil.

The various particle-size groups have been made by X-ray diffraction. Mineralogical analysis indicates that there is a gradual transition from the soil minerals that mainly consist of Chlorite, Kalinite and Illite to those that mainly consist of Quartz with increasing particle size. This kind of transition could result in the distribution of heavy metal in different particle-size groups, which conforms to the principle of chemical crystallography and the characteristic of colloids. The higher heavy metal concentrations at smaller particle sizes in soil has been suggested.