技术·方法

高山峡谷区影响土壤测量找矿效果的元素表生活动特性研究

马生明[1,3] , 朱立新[2,3] , 周国华[1,3] , 张金炳[1]
(1. 中国地质大学 ,北京 100083 ;2. 吉林大学 ,长春 130061 ;3. 中国地质科学院物化探研究所 ,廊坊 065000)

[摘 要]研究发现 ,高山峡谷区内土壤中元素的表生活动以表生富集作用为主 ,元素表生富集作用的程度、富集层位和粒级等受矿化作用和自然风化作用双重影响。非矿化地段土壤中元素的表生富集程度较矿化带处土壤中元素表生富集程度更强 ;矿化带处 B 层土壤比 A 层土壤中元素的富集强度稍大 ,元素明显地富集在粗粒级组分中 ;近矿(化)带的非矿化地段 ,A、B 两层土壤仍受到矿化组分的影响 , A 层土壤比 B 层土壤受到的影响更加明显 ,粗粒级组分比细粒级组分反映敏感 ,C 层土壤中元素在细粒级组分中轻微富集。根据本次研究结果 ,调整了高山峡谷区土壤测量工作方法。经试点测量验证 ,找矿效果良好。

[关键词]高山峡谷区 元素表生活动性 土壤测量找矿效果
[中图分类号]P595 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2002)05 - 0058 - 05

0 前 言

高山峡谷区是在我国区域化探工作中 ,根据地理及地球化学景观特点划分出的十大特殊地理地质景观区之一。指位于我国西南 ,以三江流域为主体的广大地区。分布范围可大致界定在昌都经雀儿山至马尔康以南 ,马尔康沿大渡河至泸定、盐源一线以西 ,盐源经玉龙山至下关、泸水以北 ,伯舒拉岭—高黎贡山以东。面积约 30 万 km^2[1,2]。区内蕴藏有极其丰富的矿产资源 ,有资料表明 ,这一地区可望成为我国矿产资源原材料的重要基地。但由于区内山高、坡陡、谷深 ,极大地限制了各种地质勘查工作的深入开展。要想尽快地变该区的资源优势为经济优势 ,首先要解决的问题是研究制定出适合本区景观特点的地质勘查工作方法。

高山峡谷区内 1∶20 万区域化探工作已经基本结束。在这一工作中发现了大量有找矿前景的地球化学异常和找矿靶区。已有科研和生产实践表明 ,土壤测量方法在高山峡谷地区快速评价找矿靶区的工作中具有不可替代的作用 ,已经取得了一些成功的找矿案例。但是由于存在着的某些实际问题 ,限制了该方法进一步的找矿效果。一个突出的问题是土壤地球化学异常规模大、浓集中心不明显 ,不能有效指明可能的矿化类型和进一步的详查靶区。此外 ,沿用以往的土壤测量工作方法劳动强度大 ,工作效率低。

元素的表生地球化学活动特性是影响土壤测量找矿效果的关键因素。受景观和气候条件等的限制 , 高山峡谷区内土壤中元素的表生活动性质具有一定的特殊性 ,这种特殊性对土壤测量工作方法的选择具有极大的限定作用 ,无疑会对土壤测量的找矿效果产生影响。因此 ,研究高山峡谷区元素的表生活动特性对提高土壤测量找矿效果具有重要意义。在为数众多的元素表生活动特性中 ,对土壤测量找矿效果具有直接影响的两个特性是元素的表生富集层位和富集粒度。因此 ,本次工作对主要矿化元素和指示元素的表生富集层位和富集粒度进行了系统研究 ,发现了表生作用下高山峡谷区土壤中元素富集层位、富集粒度的特点和规律。根据区内元素表生活动的特点 ,调整了高山峡谷区土壤测量野外工作方法 ,并在此基础上开展了试点测量。试点测量结果表明 ,找矿效果显著改善 ,工作效率大幅度提高。

1 试验区自然背景概况

1.1 试验区景观条件简述

试验区选择在位于滇西兰坪县河西乡与石登乡交界处的燕子洞矿段 ,面积约 50 km^2。试验区内海

[收稿日期]2001 - 08 - 24 ;[修订日期]2001 - 10 - 01 ;[责任编辑]余大良。
[第一作者简介]马生明(1963 年 -) ,男 ,1984 年毕业于长春地质学校 ,1999 年 6 月获理学硕士学位 ,现为中国地质大学(北京)博士研究生。先后从事勘查地球化学、农业环境地球化学等研究工作。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

拔高度最高约 3800 m,江面海拔高度为 500800 m,外力地质作用以流水侵蚀为主。试验区属中亚热带湿润气候区,四季分明,年平均气温 4 ℃14 ℃,气候具有明显的垂直、水平分带现象。植被发育,种属繁多,以亚热带热带常绿针叶林为主。

红壤是试验区内主要的土壤类型,垂直分层明显。有研究认为,与平地土壤相比,山地土壤的发育过程较差,土层剖面较薄,含有较多的风化碎屑,淋溶作用明显,显得更为酸性[3]。

1.2　地质概况

燕子洞矿段位于白秧坪矿带内,是以 Cu 为主的多金属矿化地段。矿段由一个矿化层和一个矿化蚀变带组成,是白秧坪成矿区内最有成矿潜力的区段(据云南省地质矿产局第三地质大队,1997)。

试验区内出露的地层有三叠系、白垩系和早第三系等(图 1)。断裂构造发育,其中华昌山断裂是最主要的导矿、容矿构造,总体呈北北东向纵贯全区。已知矿化体赋存在华昌山主断裂及其破碎蚀变带内。含矿层主要为晚三叠系三合洞组底部的生物碎屑灰岩、白云岩、白云质灰岩等。

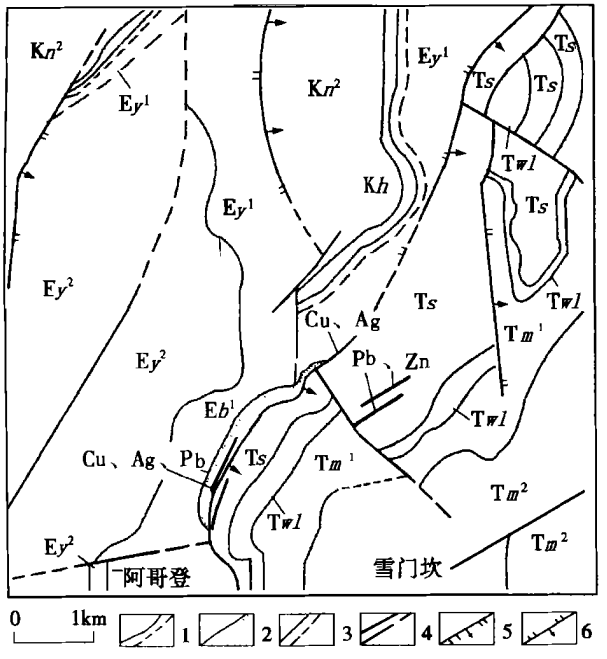

图 1　燕子洞试验区地质矿产图

Eb¹—宝相寺组下段:石英砂岩、粉砂岩;Ey²—云龙组上段:泥岩、粉砂岩;Ey¹—云龙组下段:泥岩、粉砂岩;Kh—虎头寺组:岩屑石英砂岩;Kn²—南新组上段:岩屑砂岩、粉砂岩;Tm²—麦初箐组上段:岩屑砂岩、粉砂岩、泥岩;Tm¹—麦初箐组下段:粉砂岩;Twl—挖鲁八组:页岩、粉砂岩;Ts—三合洞组:泥晶灰岩;1—实(推)测整合岩层界限;2—实(推)测不整合界限;3—实(推)测平行不整合界限;4—实(推)测性质不明断层;5—实测正断层;6—实(推)测逆断层

土壤分布广泛、连续,以残坡积土壤为主,垂直分层明显。

2　表生作用下元素富集层位和富集粒级试验研究

试验研究集中在已知矿(化)带和非矿化围岩上方(距矿化带约 50 m)。在同一采样点上视土壤垂直分层情况,分别或有选择地采集 A 层(腐殖层)、B 层(淋积层)、C 层(母质层)土壤样品。样品在野外自然风干后先过 20 目筛,筛下的 < 20 目部分运回驻地,依次筛分出 5 个粒级:(1) < 20 目;(2) < 60 目;(3) < 180 目;(4) 2060 目;(5) 60180 目。每件样品分析测试了 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Hg 和 Mo 等元素。

试验研究发现,高山峡谷区内元素表生活动的典型特征是表生富集作用,而且矿化和非矿化地段元素的富集层位和富集粒级不同。

2.1　表生作用下土壤中元素富集层位

土壤中元素富集层位通过不同层位间元素含量的对比进行研究。将 A、B 两层土壤中元素含量分别与 C 层(因为没有采集到基岩样品)土壤中元素含量进行对比,计算出同种元素间含量的比值(本次研究中称做表生富集系数),结果见表 1。

表 1　试验区不同土壤层位中元素含量及表生富集系数

采样位置	层位	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Mo
矿化带处	A	1788	2569	2006	10.1	2582	504	75.3	5.6	18.3
样品数 = 3	B	2719	2959	2709	3.6	3972	632	97.8	9.7	18.4
	C	1309	2413	1475	17.2	1971	535	64.4	5.0	13.5
围岩处样	A	71	254	180	1.3	799	90	16.2	0.5	3.8
品数 = 1	B	85	159	169	0.4	678	86	10.6	0.6	4.3
	C	52	41	62	0.2	55	23	1.3	0.25	0.8
矿化带处元	A	1.4	1.1	1.4	0.6	1.3	0.9	1.2	1.1	1.4
素富集系数	B	2.1	1.2	1.8	0.2	2.0	1.2	1.5	1.9	1.4
围岩处元素	A	1.4	6.2	2.9	6.5	14.5	3.9	12.5	2.0	4.8
富集系数	B	1.6	3.9	2.7	2.0	12.3	3.7	8.2	2.4	5.4

注:表中元素含量单位:$\times 10^{-6}$;测试单位:中国地质科学院物化探研究所中心实验室。

从表 1 中容易看出,采自矿化断裂带上方的土壤,无论是 A 层、B 层,还是 C 层,Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Hg、Mo 等元素的绝对含量,都显著高于围岩地段土壤中相应元素的含量,表明矿化地段土壤中元素的含量受到了矿化作用的影响。

在矿化带上,除 Ag(A 层、B 层)、Sb(A 层)以外,其它元素均在 B 层、A 层土壤中含量增高,在 C 层(母介质)土壤中含量相对较低,表现出表生富集的特点。矿化带处表层(A 层、B 层)土壤中的元素

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

含量,除与矿化作用有关外,还与表生富集作用有关。元素的平均富集系数分别为 A 层 1.3,B 层 1.6,说明元素表生富集的程度不高。B 层土壤中元素的富集强度稍大于 A 层土壤中元素的富集强度。

非矿化地段土壤中元素的表生活动同样表现出明显的表生富集特性,但与矿化地段土壤中元素的含量和富集层位相比,非矿化地段具有显著的特殊性,元素绝对含量明显降低,尤其是 C 层土壤中元素含量基本降到各元素的背景值水平。表明此处土壤中元素的含量已基本上没有受到矿化作用的影响。

此外,非矿化地段表层(A 层、B 层)土壤中的表生富集作用明显增强,富集系数显著增大,在 A 层土壤中元素的富集程度比 B 层土壤中元素的富集程度更高,平均富集系数分别为 A 层 6.1,B 层 4.7。出现这种现象的原因除与元素的表生富集作用有关外,还可能与矿化组分在坡积作用过程中发生的机械迁移有关。

2.2 表生作用下土壤中元素富集粒级

矿化及指示元素在土壤中的富集粒级,不仅是影响土壤测量找矿效果的重要因素,还是影响土壤测量工作效率的重要因素。为有效发现不同层位土壤中元素的富集粒级,在本次试验中,分别对已知矿(化)带和非矿化围岩上方 A 层、B 层和 C 层土壤中元素的富集粒级进行了研究。

2.2.1 矿(化)带土壤中元素富集粒级

矿(化)带处不同层位土壤各粒级中元素含量见表 2。从表中可以看到,在矿(化)带上方,无论是主矿化元素还是伴生元素,在 A 层、B 层和 C 层各个粒级土壤中都呈现出明显的高含量,不同粒级间元素含量呈基本一致的规律性变化。总体来说,多数元素在粗粒级中含量较高,在细粒级中含量较低。

A 层土壤中,Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Hg、Mo 等元素的最高含量均出现在 2060 目粗粒级中,次高含量出现在 60180 目粒级中(Hg 除外)。在 < 20 目、< 60 目、< 180 目的混合粒级中,元素含量随着粒度变细逐次降低。< 180 目组分中各元素含量降到最低值。B 层土壤各粒级组分中,多数元素如 Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Mo 等在粗粒级(< 20 目,2060 目和/或 60-180 目)中含量较高,而在细粒级(< 60 目、< 180 目)中含量较低。大多数元素在 < 180 目的细粒级组分中出现最低含量。C 层土壤中元素含量也表现出在粗粒级中相对高、在细粒级中相对低的特点,但是与 A、B 两层相比,C 层土壤各个粒级中元素的绝对含量偏低,粒级间元素含量差异较小。

表 2 矿(化)带上方不同层位土壤各粒级中元素含量

层位	粒级(目)	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Mo
A N = 3	< 20	1823	2648	2053	10.0	2281	478	73	5.3	18.0
	< 60	1614	2194	1815	9.4	2172	468	68	5.0	16.7
	< 180	1418	1783	1555	8.4	1727	364	54	5.3	14.4
	2060	2187	3511	2445	11.4	3798	652	98	7.3	22.5
	60180	1897	2709	2161	11.4	2935	559	86	5.1	19.6
B N = 7	< 20	1848	2726	1821	19.7	2868	471	132	6.6	10.6
	< 60	1765	2522	1787	21.1	2651	439	119	7.3	9.6
	< 180	1660	2181	1731	20.3	2502	434	107	7.8	9.4
	2060	2039	2956	1879	19.1	3067	466	126	7.5	9.8
	60180	1904	2783	1886	21.0	3026	468	126	8.0	10.4
C N = 5	< 20	1328	2484	1350	18.0	2260	459	130	7.6	10.4
	< 60	1318	2408	1368	17.7	2110	544	127	6.9	10.0
	< 180	1300	2284	1405	17.3	1975	499	117	6.8	9.6
	2060	1326	2561	1340	17.1	2670	489	166	6.6	10.6
	60180	1396	2590	1413	18.9	2549	513	145	7.7	9.7

注:表中元素含量单位: $\times 10^{-6}$;测试单位:中国地质科学院物化探研究所中心实验室。

矿(化)带上方 Cu、Zn、As、Pb、Ag、Hg 等元素在 B 层土壤中轻微富集,粗粒级组分中元素富集程度稍大(表 3)。A 层土壤中 Cu、Zn、As、Pb 等元素仍表现出轻微富集,而且与 B 层土壤中元素富集粒级基本相同,而 Ag、Hg 等元素在 A 层各粒级土壤中却发生程度不同的贫化(Hg 在 2060 目组分中轻微富集)。

表 3 矿(化)带上方不同层位土壤各粒级中元素富集系数

层位	粒级(目)	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Bi	Hg
A	< 20	1.37	1.07	1.52	0.56	1.01	1.04	0.56	0.70
	< 60	1.22	0.91	1.33	0.53	1.03	0.86	0.54	0.72
	< 180	1.09	0.78	1.11	0.49	0.87	0.73	0.46	0.78
	2060	1.65	1.37	1.82	0.67	1.42	1.33	0.56	1.11
	60180	1.36	1.05	1.53	0.60	1.15	1.09	0.59	0.66
B	< 20	1.39	1.10	1.35	1.09	1.27	1.03	1.02	0.87
	< 60	1.34	1.05	1.31	1.19	1.26	0.81	0.94	1.06
	< 180	1.28	0.95	1.23	1.17	1.27	0.87	0.91	1.15
	2060	1.54	1.15	1.40	1.12	1.15	0.95	0.76	1.14
	60180	1.36	1.07	1.33	1.11	1.19	0.91	0.87	1.04

2.2.2 非矿化地段土壤中元素富集粒级

与矿(化)带地段土壤各粒级中元素含量相比,非矿化地段土壤各粒级中矿化元素及其伴生元素的含量显著降低,而且随着土壤粒级变细,即从 < 20 目、< 60 目到 < 180 目的混合粒级或从 2060 到 60-180 的截取粒级,在 A 层、B 层土壤中多数元素的含量呈现出逐次降低的趋势(表 4)。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　非矿化围岩上方不同层位土壤中元素含量统计

层位	粒级(目)	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Mo
A	A < 20	81	279	194	1.70	849	93.1	15.5	0.54	4.20
	< 60	71	241	184	1.42	647	77.2	14.7	0.49	3.61
	< 180	65	214	158	1.39	614	69.3	13.1	0.43	3.06
	2060	73	292	192	1.09	1035	120.8	21.0	0.59	4.64
	60180	65	245	171	1.11	849	93.1	18.2	0.56	4.03
B	< 20	87	167	175	0.39	758	91.1	11.1	0.61	4.92
	< 60	86	145	162	0.35	636	68.3	10.7	0.48	4.20
	< 180	72	125	151	0.32	571	74.2	8.3	0.52	3.61
	2060	103	210	198	0.40	747	117.8	14.7	0.70	4.82
	60180	76	146	160	0.30	680	82.2	10.3	0.64	4.11
C	< 20	46	27	54	0.14	46	23.1	0.9	0.27	0.74
	< 60	47	34	58	0.19	56	25.5	1.7	0.24	0.85
	< 180	65	61	76	0.36	78	23.5	1.5	0.30	0.91
	2060	46	33	56	0.15	40	22.1	0.6	0.19	0.79
	60180	58	52	68	0.27	54	22.7	1.2	0.29	0.85

注:表中元素含量单位: $\times 10^{-6}$;测试单位:中国地质科学院物化探研究所中心实验室。

非矿化地段 A、B 两层土壤各粒级中元素的表生富集作用明显,规律性强。各个粒级组分中表生富集作用都存在但各粒级间元素富集系数变化幅度大,以粗粒级组分的富集程度更强(表 5)。考虑到 A、B 两层土壤中,尤其是 A 层土壤中元素富集系数值的变异幅度较大,因此推测非矿化地段元素的富集粒级特性除与元素的表生富集作用有关外,还可能与矿化组分在坡积作用过程中发生的机械迁移有关。

表 5　非矿(化)带上方不同层位土壤各粒级中元素富集系数

层位	粒级(目)	Cu	Pb	Zn	Ag	As	Sb	Bi	Hg
A	< 20	1.76	10.33	3.59	12.14	18.46	4.03	17.22	2.00
	< 60	1.51	7.09	3.17	7.47	11.56	3.03	8.65	2.04
	< 180	1.00	3.51	2.08	3.86	7.87	2.95	8.73	1.49
	2060	1.59	8.85	3.43	7.27	25.88	5.47	35.0	3.11
	6080	1.12	4.71	2.51	4.11	15.72	4.1	15.17	1.93
B	< 20	1.89	6.19	3.24	2.79	16.48	3.94	12.33	2.26
	< 60	1.83	4.26	2.79	1.84	11.36	2.68	6.29	2.00
	< 180	1.11	2.05	1.99	0.89	7.32	3.16	5.53	1.73
	2060	2.24	6.36	3.54	2.67	18.68	5.33	24.5	3.68
	6080	1.31	2.81	2.35	1.11	12.61	3.62	8.58	2.21

注:表中元素含量单位: $\times 10^{-6}$;测试单位:中国地质科学院物化探研究所中心实验室。

与 A、B 两层相反,在 C 层土壤中,细粒级组分(< 180 目、60180 目)中元素含量普遍增高。由于 C 层土壤中元素含量很低,基本接近元素的背景值,其表现出的元素富集粒级特征,应该是自然风化作用的结果。

3　高山峡谷区快速评价找矿靶区土壤测量工作方法及找矿效果

3.1　高山峡谷区快速评价找矿靶区土壤测量工作方法

纵观矿化带和非矿化地段土壤中元素富集层位和富集粒级特征不难看出,矿化带处土壤中元素含量显著增高,但是表生富集作用相对较弱,B 层土壤

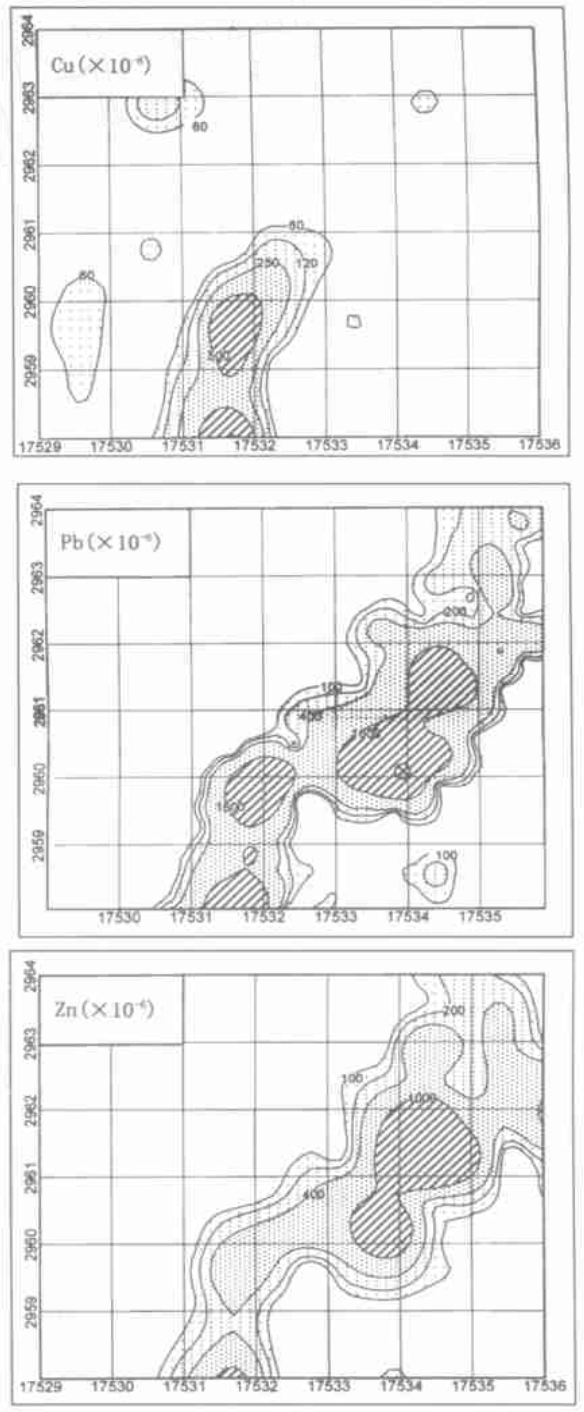

图 2　燕子洞试验区土壤测量地球化学图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中元素的富集强度稍大于 A 层。多数元素在粗粒级组分中富集。近矿带非矿化地段土壤中元素含量大幅度降低,但是表生富集作用明显增强,近地表的 A 层表生富集作用最强。A 层、B 层土壤中元素倾向于在粗粒级组分中富集,而 C 层土壤中元素在细粒级组分中含量略有升高。

表生富集作用的结果可能使得 B 层、A 层土壤中元素的地球化学异常强度增大,有利于发现土壤地球化学异常。但是表生富集作用也可能导致异常规模的扩大,不利于客观地认识异常、指导找矿,非矿化地段的表生富集作用尤为如此。

依据区内土壤中元素表生富集粒级和富集层位的上述特点,综合考虑野外采样劳动强度和工作效率等因素,对高山峡谷区快速评价找矿靶区土壤测量工作方法进行了调整。采样层位选择 B 层,采样粒级确定为 < 20 目混合粒级,采样密度平均为 4 点 / km^2(据本次试验研究结果)。应用这一工作方法开展了试点测量工作。

3.2 试点测量结果

试点测量在已知燕子洞矿段周围约 50 km^2 的范围内进行。图 2 是 Cu、Pb、Zn 地球化学异常图。

从图中可以看到,(1)多元素地球化学异常很好地圈出了已知矿化带位置,异常浓集中心与已知矿化带基本吻合;(2)结合其它指示元素的地球化学异常分析,以 Cu 为主的 Cu Ag Pb 多金属矿化的指示元素组合为 Cu、Pb、Zn、Ag、As、Sb、Bi、Hg;以 Pb Zn 为主的矿化指示元素组合是 Pb、Zn、Ag、As、Sb、Hg。(3)与以往工作(采样粒级 < 60 目,采样密度 812 点 / km^2,采样层位 B 层)相比,主要矿化指示元素 Cu、Pb、Zn 等的异常面积缩小 1 倍左右,多元素组合异常清晰地指明了进一步的详查靶区。此外,野外劳动强度大大降低、工作效率显著提高。

4 结 论

试验研究结果表明,高山峡谷区内土壤中元素的表生活动以表生富集作用为主,元素表生富集作用的程度、富集层位和粒级等受矿化作用和自然风化作用双重影响:(1)非矿化地段土壤中元素的表生富集程度较矿化带处土壤中元素表生富集程度更强;(2)矿化带处 B 层土壤比 A 层土壤中元素的富集强度稍大,元素明显地富集在粗粒级组分中;(3)近矿(化)带非矿化地段,A、B 两层土壤仍受到矿化组分的影响,A 层土壤比 B 层土壤受到的影响更加明显,粗粒级组分比细粒级组分反映敏感;C 层土壤中元素在细粒级组分中轻微富集。

根据高山峡谷区土壤中元素表生地球化学活动性的上述特点,将高山峡谷区快速评价找矿靶区土壤测量工作方法调整为:采样层位 B 层,采样粒级 < 20 目混合粒级,采样密度 4 点/ km^2。试点测量结果证实,找矿效果明显。

[参考文献]

[1] 李炳元. 横断山区范围有多大[J]. 地理知识,1992,1:45.

[2] 《中国地貌图集》编辑组,中国地貌图集[C]. 北京:测绘出版社,1985.

[3] 任美锷,包浩生. 中国自然区域及开发整治[M]. 北京:科学出版社,1992.

THE STUDY OF ELEMENT SUPERGENE ACTIVITY AFFECTING SOIL SURVEY EFFECT IN MOUNTAIN - CANYON REGION

MA Sheng - ming[1,3], ZHU Li - xin[2,3], ZHOU Guo - hua[1,3], ZHANG Jin - bing[1]

(1. *China University of Geosciences, Beijing* 100083; 2. *Jilin University, Changchun* 130061; 3. *Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, CAGS, Langfang* 065000)

Abstract: It has been found out through research that the primary supergene activity of elements in soil for mountain - canyon region was of supergene enrichment. The extent, horizon, and grain size of ore - forming elements and indicator elements supergene enrichment were controlled by both mineralization and weathering. The extent of ore - forming elements and indicator elements supergene enrichment in soil on non - mineral region was even higher than that on mineral belt. While on mineral belt, the extent of ore - forming elements and indicator elements supergene enrichment in horizon B soil was somewhat higher than that in horizon A soil. The elements obviously enriched in components of coarse grain. On non - mineral region near mineral belt, the content of ore - forming elements and indicator elements both horizon A and horizon B soil were still affected by mineralization components and it is more obvious for horizon A soil and coarse grain than that for horizon B soil and fine grain respectively. Whereas, In horizon C soil the ore - forming elements and indicator elements were slightly enriched in these with fine grain. The method of soil survey in mountain - canyon region has been improved based on our result. It was showed by trial survey that the survey effect of improved soil survey method was better than that traditional one.

Key words: mountain - canyon region, element supergene activity, soil survey effects

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net