

浅覆盖区土壤化学成分与基岩 化学成分的关系及其意义

——以大兴安岭北部地区为例

郝立波 陆继龙 马 力

(吉林大学地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

摘要: 以大兴安岭北部地区为例, 研究了浅覆盖区土壤与基岩化学成分的关系。指出浅覆盖区残积型土壤主要造岩元素组合继承了基岩元素组合特征; 在岩石风化成土过程中, 元素再分配和迁移使土壤中大多数元素(氧化物)含量产生明显的“均一化”。在此基础上, 对土壤地球化学异常的识别与评价问题进行了讨论并提出了建议。

关键词: 异常评价; 元素均一化; 大兴安岭; 浅覆盖区; 残积型土壤

中图分类号: P595 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)03-0477-06

20世纪70年代以来, 虽然出现了许多勘查地球化学新方法和新技术^[1-10], 但是常规土壤地球化学测量仍是浅覆盖区成矿带中大比例尺地质调查和矿产普查时最主要的找矿方法, 也是浅覆盖区矿区详查和矿点检查工作必不可少的地球化学找矿方法。土壤地球化学测量的“土壤”不是土壤学上严格的土壤定义, 而是包括土壤(soil)和地表覆盖物(overburden), 进一步可以分为残积物(residual soil)和运积物(transport soil)两大类。对于浅覆盖残积物地区, 残积物来自基岩的风化, 与基岩(矿体)有紧密的空间和成因联系, 普遍认为其化学成分对基岩化学成分有继承性^[11-15], 但对二者化学成分之间的关系还缺乏系统研究。研究土壤化学成分与基岩化学成分的关系, 对于重新认识浅覆盖区已有的土壤地球化学测量资料 and 开展新的土壤地球化学测量工作以及对异常评价新方法的研究均具有重要的实际意义。笔者以典型的森林浅覆盖区——大兴安岭北部地区为例, 研究了土壤化学成分和基岩化学成分之间的关系, 讨论其在地球化学异常评价中的意义。

1 研究区概况

研究区位于大兴安岭北纬 51°以北(图 1), 面积约为

10 000 km²。研究区地处额尔古纳兴凯地槽褶皱带与喜桂图旗的华力西地槽褶皱带结合部。出露的地层主要为中生代的火山岩系和少量的古生代沉积岩系及元古代的变质岩系。自新元古代以来, 构造-岩浆活动频繁, 形成一系列的花岗质岩石, 区内中生代火山岩约占 70%, 花岗岩类约占 10%。

该区属寒温带大陆性气候, 冬季漫长, 温差大, 永久冻土发育, 植被发育, 是典型的森林浅覆盖区。土壤以残、坡积土为主, 厚度变化较大, 一般为 40~100 cm。成土母岩主要以中生代火山岩类和花岗岩类为主。土壤中含有大量的石英、长石和云母等原生造岩矿物的细碎屑(含量为 60%~90%), 次生的粘土矿物含量较低(含量为 10%~40%), 主要为高岭石、伊利石和蒙脱石^①。土壤化学蚀变指数 CAI 为 50~80^[16], 表明该区岩石以物理风化为主, 化学风化较弱。

2 样品采集与分析

样品点均采自地形较平坦的山腰或半山腰处, 以保证土壤样品为残积物。采样采用人工点槽, 同时采取基岩样品和对应的 B 层土壤样品。采集的样品包括了研究区内主要类型的岩石和对应的土壤, 具有广泛的代表性。采集的土壤和岩石样品各为 380 件。

收稿日期: 2004-05-14; 改回日期: 2004-11-28

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(20002010002106, 200320120005)资助。

作者简介: 郝立波, 男, 1961年生, 硕士, 教授, 主要从事地球化学研究工作; E-mail: haol_b@tom.com。

① 田钢, 等. 综合方法技术在 1:25 万浅覆盖区区域地质调查中的应用研究, 2002.

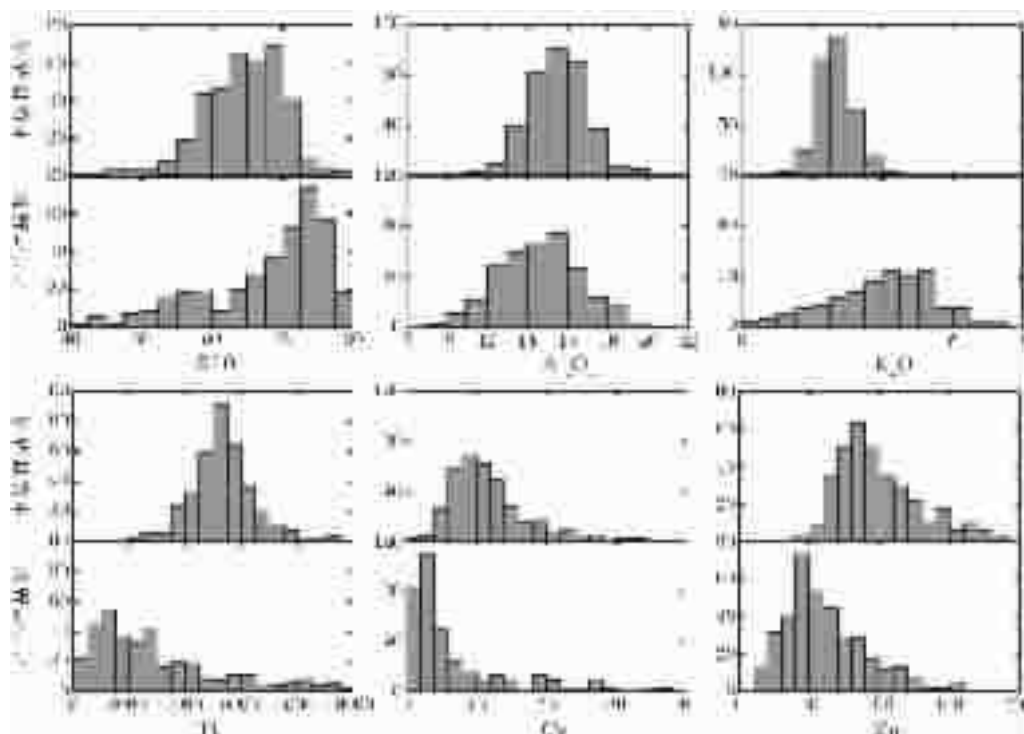


图 2 土壤和岩石中元素含量直方图

Fig. 2 Histograms of element contents of soils and rocks

表 2 岩石样品元素因子分析结果

Table 2 Factor analysis of elements in rocks

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
SiO ₂	-0.815					
Al ₂ O ₃			0.734			
CaO	0.482		-0.689			
TFe	0.898					
K ₂ O	-0.714					
Na ₂ O		-0.555				
MgO	0.580		-0.526			
Ti	0.847					
Mn	0.704					
P	0.812					
Cu				0.720		
Pb				0.862		
Zn				0.672		
Co	0.930					
Ni	0.638					
V	0.906					
Rb	-0.537				0.541	
Sr	0.683					
Ba		-0.404	0.459		0.443	
Nb		0.840				
Zr		0.510				0.427
Y		0.815				
Th	-0.764					

表 3 土壤样品元素因子分析结果

Table 3 Factor analysis of elements in soils

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
SiO ₂	-0.623						
Al ₂ O ₃						0.407	
CaO	0.575						
TFe	0.772			0.579			
K ₂ O	-0.594			-0.532		0.444	
Na ₂ O							
MgO	0.494						
Ti	0.672					0.665	
Mn	0.357	0.398		-0.632			
P	0.500						
Cu	0.423	0.424			0.512		
Pb		0.552	-0.694				
Zn		0.609	-0.527				
Co	0.876						
Ni							
V	0.838						
Rb	-0.530	0.454					
Sr	0.574						
Ba		-0.404					-0.888
Nb		0.692			0.454		
Zr		-0.429	0.440	0.632			
Y		0.678					
Th	-0.436	0.439	0.454				

元素组合为 Al₂O₃、CaO、MgO 和 Ba。对比基岩和土壤因子特点可看出,主要造岩氧化物(元素)组合关系没有发生明显的变化,土壤中保持了主要造岩元素组合特征,反

映了土壤与基岩成分的继承性。而一些微量元素,特别是亲硫元素,在岩石风化成土过程中,元素组合关系发生较大的变化。

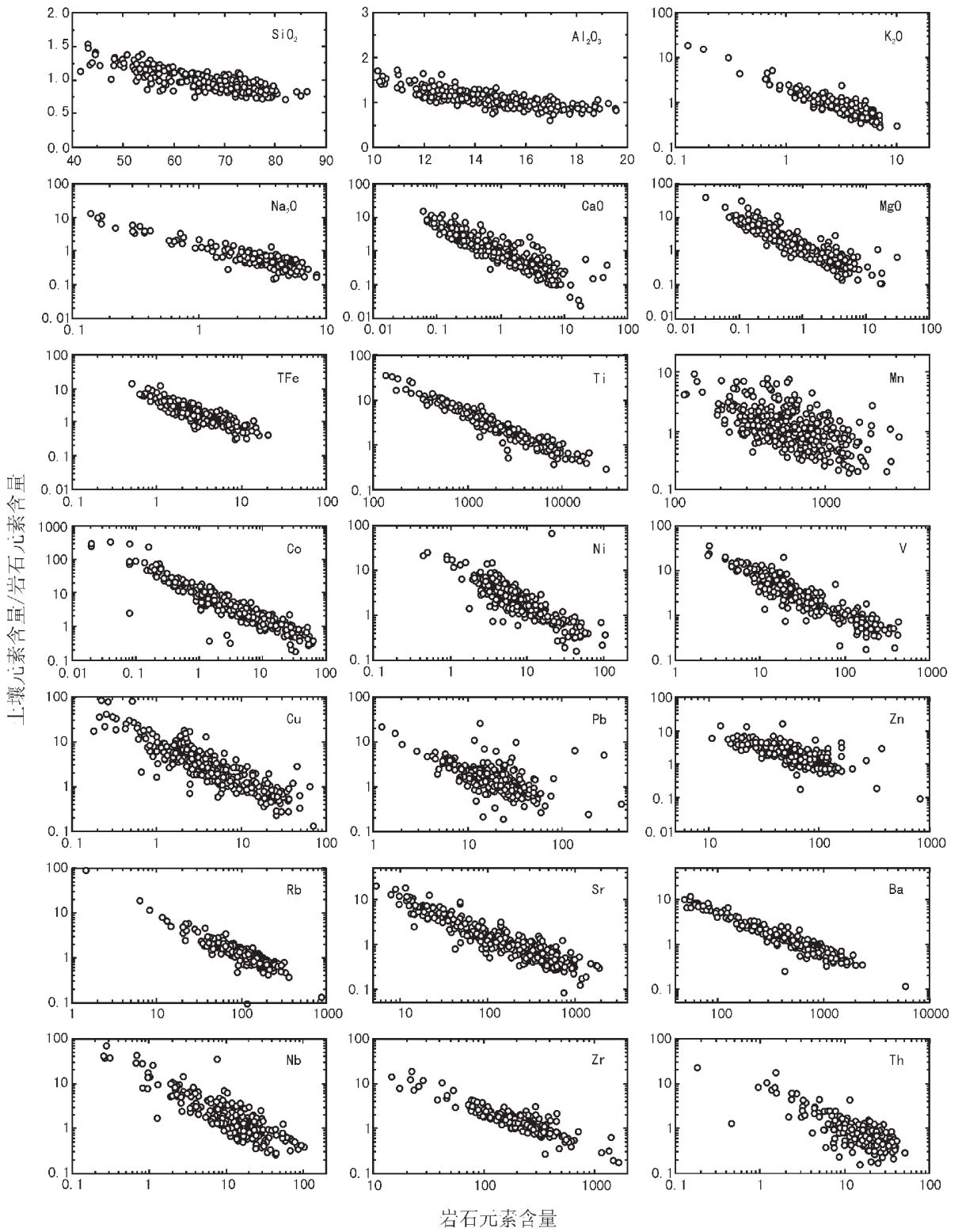


图3 土壤元素含量/岩石元素含量—岩石元素含量图

Fig.3 Diagram of the element content in soils/element content in rocks vs. element content in rocks

4 讨论与结论

由于大兴安岭北部地区属于高寒山区,岩石的化学风化作用较弱,物理风化占主导,土壤中含有较多风化残留的原生造岩矿物,如长石、石英、黑云母等,土壤以残、坡积土为主。因此,土壤中较好地保持了基岩主要造岩元素组合特征。土壤地球化学测量数据不仅提供了找矿信息,同时也可根据土壤与基岩主要造岩元素(氧化物)继承关系推断浅覆盖区基岩类型,为土壤地球化学异常评价提供重要的地质信息。

在岩石风化和土壤形成过程中,绝大多数元素(氧化物)含量的“均一化”使土壤中元素含量差异大大低于基岩,缩小了土壤地球化学异常和背景之间的差距,减弱了土壤地球化学异常信息,为异常信息提取和识别带来很大难度。因此,土壤元素地球化学背景上限(或异常下限)的确定方法应有别于岩石地球化学测量。若采用普遍应用的背景值加 2~3 倍方差作为背景上限就可能漏掉有价值的异常。因此在浅覆盖区进行土壤地球化学测量时背景值上限的选择应特别慎重,应根据研究区的具体情况,通过研究确定合理的背景值上限来圈定地球化学异常。

土壤元素地球化学异常的规模和强度受矿体规模、隐伏深度、风化作用强度、表生地球化学环境等多种因素制约。同时“均一化”作用也在很大程度上降低了土壤元素异常的规模和强度。因此,在土壤地球化学异常评价过程中不仅要重视规模大、强度高的异常,对于强度较低的异常甚至单点异常都应高度重视。

尽管土壤中主要造岩元素组合在某种程度上继承了基岩元素组合特征,但一些微量元素在基岩风化成土过程中元素组合发生了较大的变化,这是土壤地球化学异常评价必须考虑的因素之一。例如,本区基岩中亲硫元素 Cu、Pb、Zn 关系密切,构成一个明显的元素组合,而在土壤中转化成 Cu、Cu-Pb-Zn 和 Pb-Zn 3 个组合;在基岩中的 Ti-Co-Ni-V 元素组合,在基岩风化成土过程,Ni 发生了分离。土壤中的这些微量元素既保留了部分基岩的信息,也表现出与基岩较明显的差异性,这是由内生环境到表生环境物理化学条件变化导致的元素再分配和迁移的结果。

元素的晶体化学性质、存在状态、载体矿物的抗风化能力、气候、水动力条件、生物等因素都制约着元素的表生地球化学行为。虽然绝大多数元素在土壤中有明显的“均一化”,但一些元素如 Pb、Zn、Ni 在土壤中不仅含量有所升高,而且方差反而增大,这可能与有机质对重金属元素富集作用有关。由于有机质发育程度不同,不同地段(区)元素富集程度有所差别,这不仅可造成重金属元素在土壤中的相对富集,也会不同程度加剧土壤中元素含量不均匀性。有机质对重金属元素的富集作用已被许多地质现象和实验所证实。因此,在土壤地球化学异常评价时,应充分认识到土壤异常元素组合与原生异常元素组合可能存在一定的差异。土壤地球化学

异常评价与解释比原生异常评价与解释更复杂。

综上所述,大兴安岭北部地区的基岩风化过程中,元素的“均一化”作用在很大程度上降低了土壤中大多数元素异常的规模和强度;在土壤异常评价时应充分认识到土壤异常元素组合与原生异常元素组合可能存在的差异。因此,在浅覆盖区进行土壤地球化学异常评价时,应紧密结合地质、地球物理等综合方法才能取得良好的效果。

参考文献(References):

- [1] Malmqvist L, Kristiansson K. Experiment evidence for an ascending micro-flow of geogas in ground [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1984, 70:407~416.
- [2] Antropova L V, Goldberg I S, Voroshilov N A, et al. New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR [J]. J. Geochem. Explor., 1992, 43:157~166.
- [3] Wang Xueqiu, Cheng zhizhong, Lu Yinxiu, et al. Nanoscale metals in earth gas and mobile forms of metals in overburden in wide-space regional exploration for giant ore deposits in overburden terrains [J]. J. Geochem. Explor. 1997, 58(1): 63~72.
- [4] 谢学锦. 战术性与战略性的深穿透地球化学方法 [J]. 地学前缘, 1998, 5(2):171~183.
Xie Xuejing. Tactical and strategic deep penetration geochemical surveys [J]. Earth Science Frontiers, 1998, 5(2): 171~183 (in Chinese with English abstract).
- [5] 谢学锦. 进入 21 世纪的堪查地球化学 [J]. 中国地质, 2001, 28(4): 11~18.
Xie Xuejing. Exploration geochemistry into the 21st century [J]. Geology in China, 2001, 28(4): 11~18 (in Chinese).
- [6] 谢学锦, 刘大文, 向运川, 等. 地球化学块体——概念和方法学的发展 [J]. 中国地质, 2002, 29(3): 225~233.
Xie Xuejing, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks—Development of concept and methodology [J]. Geology in China, 2002, 29(3): 225~233 (in Chinese with English abstract).
- [7] 谢学锦. 全球地球化学填图 [J]. 中国地质, 2003, 30(1): 1~9.
Xie Xuejing. Global geochemical mapping [J]. Geology in China, 2003, 30(1): 1~9 (in Chinese with English abstract).
- [8] 谢学锦, 程志中, 成杭新. 应用地球化学在中国发展的前景 [J]. 中国地质, 2004. 31(增刊): 16~19.
Xie Xuejing, Cheng Zhizhong, Chenghangxin. Future Development of supplied Geochemistry in China [J]. Geology in China, 2004, 31(Supp.): 16~19 (in Chinese with English abstract).
- [9] 傅俊鹤, 董岩翔, 周建华, 等. 第四系覆盖区元素地球化学制图方法新探索 [J]. 中国地质, 2004, 31(增刊): 62~66.
Fu Junhe, Dong Yanxiang, Zhou Jianhua, et al. Method of element geochemical map production used in Quaternary over areas [J]. Geology in China, 2004, 31(supp.): 62~66 (in China with English abstract).
- [10] 郇逸根, 薛生国, 吴小勇. 重金属在土壤—水稻系统中的迁移转化规律研究 [J]. 中国地质, 2004, 31(增刊): 87~92.
Li Yigen, Xue Shengguo, Wu Xiaoyong. Transport and transforma-

- tion of heavy metals in the soil-paddy plant system [J]. *Geology in China*, 2004, 31(supp.): 87~92 (in China with English abstract).
- [11] 黄熏德, 吴郁彦. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 87~93. Huang Xunde, Wu Yuyan. *Geochemical Prospecting*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1986. 87~93 (in Chinese).
- [12] 酆明才, 迟清华. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社, 1997. 238~241. Yan Mingcai, Chi Qinghua. *The Chemical Composition of Rocks and the Crust of East China*[M]. Beijing: Science Press, 1997. 238~241 (in Chinese).
- [13] 王学求, 谢学锦. 金的勘查地球化学——理论与方法: 战术与战略[M]. 济南: 山东科技出版社, 2000. 98~103. Wang Xueqiu, Xie Xuejing. *Exploration Geochemistry of Gold—Principles and Methodology: Tactics and Strategy*[M]. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 2000. 98~103 (in Chinese).
- [14] Nesbitt H W, Young G M. Early Proterozoic climates and plate motion inferred from major element chemistry of lutites[J]. *Nature*, 1982, 299: 715~717.
- [15] 郝立波, 马力, 赵海滨. 岩石风化成土过程中元素均一化作用及机理: 以大兴安岭北部火山岩区为例[J]. *地球化学*, 2004, 33(2): 131~138. Hao Libo, Ma Li, Zhao Haibin. *Elemental homogenization during weathering and pedogenesis of volcanic rocks from North Da Hinggan Ling*[J]. *Geochemica*, 2004, 33(2): 131~138 (in Chinese with English abstract).

Relation between the chemical compositions of residual soils and bedrocks in shallow overburden areas and its significance—a case study of the northern Da Hinggan Mountains

HAO Li-bo, LU Ji-long, MA Li

(College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China)

Abstract: Taking the northern Da Hinggan Mountains for example, the relation between the chemical compositions of soils and bedrocks in shallow overburden areas is studied. The study indicates that the major rock-forming elements in residual soils in shallow overburden areas have the inherited characteristics of the element assemblage of the bedrocks, and that the redistribution and migration of elements in the processes of rock weathering and soil formation result in the homogenization of the contents of most elements (oxides) in soils. Based on the study, the problems about the recognition and appraisal of geochemical anomalies of residual soils are discussed and proposals are advanced in this paper.

Key words: anomaly appraisal; element homogenization; Da Hinggan Mountains; shallow overburden area; residual soil

About the first author: HAO Li-bo, male, born in 1961, master and professor, specializes in geochemistry; E-mail: haol_b@tom.com.