东天山地区土壤中碱性障与元素分布的关系

杨帆1,2,刘华忠2,张华2,孔牧2,邓艳龙2,周海涛2

(1. 中国地质大学 地球科学与资源学院,北京 100083; 2. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所,河北 廊坊 065000)

摘要:研究东天山土屋一延东成矿带的土壤垂直剖面中,盐类明显淀积区段的水溶相、硫酸盐相和碳酸盐相元素 分布,初步推断了由盐类组成的碱性地球化学障对土壤中元素分布的影响。在东天山地区干旱荒漠景观条件下, 碱性地球化学障对表生带元素分布和存在形式的影响十分明显,各段碱性地球化学障因 Ca、K、Na 等盐类淀积部位 的不同而出现了不同类型,并使元素在剖面上的分布产生差异。

关键词:土壤垂直剖面;水溶相;硫酸盐相;碳酸盐相;碱性地球化学障

中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000 - 8918 (2011) 04 - 0438 - 05

20世纪80年代起,中国地质科学院地球物理 地球化学勘查研究所就在东天山地区开展了干旱荒 漠景观区区域化探方法技术的研究,在土壤测量方 法研究上取得了明显效果。然而在中大比例尺化探 找矿阶段,还存在一些令人困惑的问题亟待研究,如 戈壁荒漠区普遍发育的"盐磐层"与元素分布的关 系等^[1]。2002年张华、孔牧、刘拓等开展了东天山 地区土屋一延东成矿带地球化学勘查技术及资源潜 力评价研究^[2-3]。本文是其中的部分成果。

1 研究区概况

东天山地区属暖温带极干旱的戈壁荒漠区,年 均降水量小于 50 mm,年蒸发量大于 3 000 mm,导 致近地表水溶性盐分随水分的蒸发而形成表聚作 用,并在近地表的蒸发障界面上,形成了一层由可溶 盐胶结岩屑、砂砾而成的"盐磐层"^[1-2]。

区内地形平坦,海拔1100 m 左右,相对高差在 50~100 m。山脉间多为宽阔的河谷和山间盆地。 地貌类型以干燥作用形成的丘陵和剥蚀平原为主, 少量冲积平原。水系不发育,无明显切割现象,地表 无常流水系,仅在暴雨后形成多变的暂流水,干枯后 则显示为宽阔的流沙沟^[1,4]。第四系松散覆盖堆积 物十分普遍,地表疏松层成壤作用极差,主要为盐渍 化的岩屑和砂土,属盐积正常干旱土^[5-7]。植被不 发育,以旱生草本及灌木类为主。

东天山位于哈萨克斯坦板块和塔里木板块2个

区内矿产资源丰富,矿种较齐全,土屋一延东成 矿带是新疆最重要的矿产地之一^[10-11]。

2 成果讨论

2.1 土壤垂直剖面特征

区内土壤类型为盐积正常干旱土,是极干旱荒 漠环境下发育的具有原始特性的土壤类型^[7]。研 究区土壤垂直剖面主要由2部分组成,上部为风积 层(A层或AB层),下部为残积或基岩风化碎石层 组成的母质层(C层或CR层)。基岩风化碎石层之 上,成壤作用极不发育,多被风积物直接覆盖^[12-13]。 土层表面常由砾石和粗砂组成,砾石表面有铁锰黑 色漆膜。整个剖面主要颗粒成分为砾石或碎石及 砂,剖面表层见厚1~3 cm 的浅灰或乳黄色盐类孔 泡结皮,其下常为红棕色或玫瑰色铁质染色层,细粒 土增多。剖面为盐类淀积层,向下至 30~50 cm,盐 类淀积明显增多,在地势低平地段可形成由盐类组 成的盐积层,土壤学上称之为盐磐^[7]。淀积的盐类 以颗粒状,松散网脉状,似蜘蛛的颗粒状、薄层状和

收稿日期:2010-03-21

基金项目:地质大调查项目(200120130088)

[【]级构造单元的结合部,地质构造复杂多样,尤其是 断裂构造极为发育,它不仅控制了区内不同的地质 构造单元,也控制了区内地层、侵入岩及矿产分布。 区内还发育有康古尔塔格、卡瓦布拉克等韧性剪切 带^[8]。地层出露较齐全,从元古宇至第四系均有分 布^[1]。侵入岩十分发育,侵入时代为元古宇、加里 东期、华力西期等,以中酸性岩类分布最广^[9]。

砾石表面被膜状等多种形式出现。盐类淀积层向深 部可延伸1~2m。淀积盐类主要以Ca、Mg、Na、K 的碳酸盐、硫酸盐和卤化物为主。东天山地区盐积 正常干旱土通常为碱性,pH值均大于8(表1)。土 壤剖面淀积的CaCO3含量明显高于CaSO4的含量, 二者呈有规律的分布,碳酸钙明显地在地表聚集,在 地表盐类淀积部位可达 168 × 10⁻³, 向深部则明显 减少, 石膏淀积层(硫酸盐)层位较深, 出现在碳酸 盐富集层位的下部。石膏富集层偏下部常见氯化物 等易溶盐组成的盐磐。全盐量与 Cl⁻含量具明显的 正相关关系, 新疆东天山地区土壤中的全盐量主要 与 Cl⁻有关。

土壤类型	地点	深度/cm	рН	w(CaCO ₃ 相当物)	_w(石膏)	_w(全盐)	Cl⁻交换量
				10 -3	10 - 3	10 - 3	cmol/kg
盐积正常 干早土	鄯善南大湖	0~4	8.3	168	5	14.6	5.78
		5 ~ 15	8.1	106	9	23.8	13.11
		20 ~ 30	8.2	67`	21	49.4	56.8
		33 ~ 42	. 8.2	· 81	6	99.1	107.42
		46 ~ 57	8.2	82	9	45.7	57.76
		57 ~ 60	8.2	82	7	21.8	18.45
石 膏 盐积 正常干旱土	· 托克逊库什	0~2	8.3	140	1	2.2	0.83
		2~4	8.6	154	34	16.6	5.84
		4 ~ 20	8.5	96 .	200	13.3	2.99
		20 ~ 57	8.7	63	98	391.8	50.32

表1 东天山地区盐积正常干旱土剖面盐类分布^[7]

据周斌等^[11]在东天山地区采集的盐磐样品的 分析结果,东天山地区土壤剖面盐磐中,85%以上为 Na 盐,K 盐显著低于 Na 盐,与高 Na 盐相对应,Cl⁻ 占阴离子的65%以上,SO₄²⁻ 含量次之,但较 Cl⁻显 著偏少,Ca²⁺、Mg²⁺和 CO₃²⁻等含量极微,表明该区 土壤中的盐类富集层以 Na⁺和 Cl⁻的盐类为主,由 NaCl、Na₂SO₄、MgSO₄和 CaCO₃等盐类组成盐磐层, 这与表 1 的结果非常吻合。

上述研究表明,土壤剖面上,碳酸钙、石膏和氯 化物组成了碱性盐积层,即碱性地球化学障;碳酸 钙、石膏和氯化物富集部位差异较明显。

2.2 剖面中元素分布与碱性障的关系

根据东天山地区土壤类型特点,针对干旱荒漠 条件下土壤层盐类淀积的具体情况,选择了土屋一 延东成矿带盐类淀积明显的区段,系统采集剖面上 的样品,在分析测试18种元素含量后,挑选出典型 剖面样品,分步循序提取水溶相(即易溶盐)、硫酸 盐相、碳酸盐相,并分析各相中的 Cu、Ag、Zn、As、Sb 等。其中,水溶相、硫酸盐相和碳酸盐相主要与研究 区的碱性地球化学障有关。

采用的提取剂分别为:水溶相选用去离子水提 取,硫酸盐相选用 10% Na₂CO₃ 提取,碳酸盐相选用 1 mol/L HOAc 提取。在制定硫酸盐相和碳酸盐相 提取方案时,尚无成熟的方案可供利用,本次研究选 用上述提取剂获得了较明显的效果。

如图 1 所示,在选择的土壤垂直剖面上, Ca、K 及 Na 盐类淀积出现了 3 种类型:①K 在表层聚集, Ca 偏下,而 Na 在最下部,如 YP2 剖面;②Ca 在表层 富集,K 在中间,Na 在最下部,如 YP3 剖面;③Ca 在 表层富集,Na 弱富集,K 在中间,Na 在最下部,如 YP7 剖面。3 种盐类在土壤垂直剖面上的分布,基 本代表了东天山地区碱性地球化学障的主要类型。 其中,与 Na 有关的盐类主要出现在盐积层下部,与 中科院土壤所得出的研究结果相一致^[7]。



图1 土壤剖面中 Ca、K、Na 含量分布



图 2 YP2 剖面不同相态元素分布

图2为第一种盐类淀积类型中不同相态的元素 分布。碳酸盐相(除 Ag 外)和硫酸盐相(除 Zn 外) 各元素的高含量分布均与 Ca 的分布十分相近,表 明元素在碳酸盐和硫酸盐类的淀积中占有重要地 位。由于 Ca 在表层下部富集,Cu、Zn、As、Sb 同时出 现十分明显的富集,这种富集几乎与土壤剖面层位 无关。As、Sb 在硫酸盐相中占较大比重,Cu、Zn 在 碳酸盐相中占较大比重。由此可知,土壤中的 Ca 盐主要由碳酸钙和硫酸钙组成,对元素的沉积具有 明显的分选性。在硫酸盐相和碳酸盐相富集的元素 中,Cu、Zn 主要出现在碳酸盐相,而 As、Sb、Ag 主要 分布在硫酸盐相。

水溶相态中,Ag的分布与 Na 相近,表明 Ag 在 土壤中主要与 Na 盐有关的阴离子结合,该部分占 Ag 易溶相态的绝大部分。同时,Ag 与盐类中的 SO²⁻结合,在硫酸盐相态亦占有一定比例。Ag 的 碳酸盐相对偏少。Cu 和 Zn 等在水溶相中的分布特 点较为复杂,介于 Na、K 分布之间,这可能是因为 Cu、Zn 具有活泼的化学性质。以水溶相形式存在, 并在剖面底层富集的元素为 Ag 和 Cu 等。因此,随 着与水溶相相关的易溶盐的迁移、淀积,Ag、Cu 等亦 发生迁移和沉淀。

在该类剖面上,几乎所有相态的元素均未表现 出向地表聚集的明显倾向,尽管 Cu 的各种相态在 地表的含量略有增高,但与其在下层的含量相比,这种表聚现象仍十分微弱。仔细研究发现,在土壤剖面上,几乎所有元素各相态的高含量都出现在3号点(即下部风积砂砾石层)以下,表现最明显的为As、Sb、Cu、Ag等。各相态中,As、Sb、Cu含量主要出现在风积层下部,与母质层交界的位置,而这一位置恰好是Ca、K、Na盐类大量沉积的主要部位。由于Ca、K、Na盐类的大量聚集,形成了碱性地球化学障,促使运移状态的As、Sb、Cu等被滞留而发生沉淀富集。

尽管目前尚不能完全确定水溶相、硫酸盐相和 碳酸盐相中盐类的主要类型,同时亦不能明确各种 盐类对元素在土壤中的迁移、分散和富集的影响程 度,但至少有一点可以明确,由多种盐类组成的碱性 地球化学障,对元素的分散和富集作用有明显影响, 且由于盐积层内各盐类富集的部位不同而使元素的 沉淀发生分异。

第二种土壤垂直剖面盐积分布类型中(图3), 元素各相态的分布规律较为简明。从图中可看出, 各相态中,Cu、Ag 在剖面上的含量主要分布在剖面 下部,与 Na 的分布曲线较吻合,表明 Ag、Cu 的各相 态主要与 Na 盐的水溶相、硫酸盐相和碳酸盐相关 系密切。由于与 Na 有关的盐类主要分布在各盐类 的下部,因此,与 Na 盐有关的 Ag、Cu 亦主要在剖面



图4 YP7 剖面不同相态元素分布

下部聚集。

该类土壤剖面中,As、Sb 各相态的含量分布一致,与 Ca 的分布吻合,均表现出在剖面表层,元素 含量有强烈增高的趋势。土壤垂直剖面中,与 Ca 有关的盐类主要呈表聚特征,钙盐在土壤剖面聚集的同时,As、Sb亦发生淀积。

图 4 是土壤剖面盐类淀积的第三种类型。在该 类剖面中,元素在各相态的含量分布出现明显差异。 其中,水溶相的 Cu、Zn、Ag 与 Na 盐的关系较为密 切,而 As、Sb,特别是 As,与 Ca 盐关系密切。Sb 的 分布还可能与 K 盐有关。

3 结论

在东天山干旱荒漠景观条件下,由盐类淀积形成的碱性地球化学障,对元素在表生带的分布和存在形式影响较大。同时,由于各地段 Ca、K、Na 等盐类淀积部位不同,碱性地球化学障出现了不同类型,使元素在剖面上的分布产生差异。

在土壤剖面上,与 Na 有关的盐类通常在盐积 层下部的盐磐部位出现,Ag、Cu 和 Zn 的水溶相与 Na 盐密切相关且紧密相伴。Ca 的硫酸盐和碳酸盐 富集部位对多数元素影响明显,其主要作用是使元 素在该处发生沉淀富集。其中,As、Sb 在土壤剖面 的分布受 Ca 盐影响,它们之间存在着较为密切的 关系。主矿化元素 Cu 的硫酸盐相和碳酸盐相主要 与 Ca 盐有关。在不同地段,因盐积层的盐类发生 变化,Zn 含量亦发生变化。

在盐类淀积层,元素以不同相态形式的积累是 明显的,但这种因盐积层而出现的碱性地球化学障 对元素分布的影响主要出现在 30~50 cm 以下。与 钙淀积有关的硫酸盐相和碳酸盐对 Cu、As、Sb 等有 富集作用。水溶相对 Ag 的影响明显,对其他元素 影响较弱。在剖面的表层,少数元素虽出现了表聚 现象,但这种积累作用较弱,不足以产生明显影响。

参考文献:

- [1] 张年生,周斌,刘广武,等.1:5万岩屑地球化学普查工作方法
 及应用效果[J].矿产与地质,2005,19(6):640-642.
- [2] 张华,刘拓,孔牧,等.新疆东天山地球化学勘查技术及资源潜 力评价方法研究成果报告[R].中国地质科学院地球物理地 球化学研究所,2002.
- [3] 张心敏.我国西部特殊景观区化探方法研究进展[J].物探与 化探,2008,32 (5):473-476.
- [4] 中国科学院.中国自然地理[M].北京:科学出版社,1985:107 -116,389-393.
- [5] 中科院《中国自然地理》编委会.中国自然地理——土壤地理
 [M].北京:科学出版社,1981.
- [6] 熊毅,李庆逵.中国土壤[M].北京:科学出版社,1990:233-245.
- [7] 龚子同,雷文进,高以信,等.中国土壤系统分类[M].北京:科 学出版社,1999:334-335,360.
- [8] 王京彬,王玉往,何志军.东天山大地构造演化的成矿示踪
 [J].中国地质,2006,33(3):461-469.
- [9] 袁峰,周涛发,范裕,等.东天山自然铜矿化区火山岩的年代学
 [J].矿物学报,2007,27(增刊):118-119.
- [10]花林宝,阳翔,钟华.新疆东天山沙泉子地区地球化学特征及找 矿预测[J].矿产与地质,2002,16(92):291.
- [11] 何德润,周斌,刘广武,等.东天山干旱荒漠景观铜金异常评价 方法研究[R].冶金西北地勘院,2002(3).
- [12] 程志中,王学求,刘大文. 冲积物覆盖区活动态金属在土壤中的 分配规律[J]. 地质地球化学,2002,30 (2):46-48.
- [13] 赵善定,王学求,荒漠戈壁区地表疏松层中元素的分布规律
 [J].物探与化探,2006,30 (6):517-520.

THE RELATIONSHIP BETWEEN ELEMENT DISTRIBUTION AND ALKALINE GEOCHEMICAL BARRIER IN SOIL OF EASTERN TIANSHAN

YANG Fan^{1,2}, LIU Hua-zhong², ZHANG Hua², KONG Mu², DENG Yan-long², ZHOU Hai-tao²

(1. School of the Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, China)

Abstract: This paper studied element distribution in aqueous phase, sulfate phase and carbonate phase in the vertical profiles of soil for the salt section along the Tuwu-Yandong metallogenic belt in Eastern Tiansan. The authors revealed the mode of the influence of alkaline geochemical barrier composed of alkaline salts on the distribution of elements in the soil. The existing forms and distribution of elements in the supergene zone is obviously influenced by the alkaline geochemical barrier. Ca, K, Na are in different positions of salt deposition, and the sections of the alkaline geochemical barrier have different types, so that the distribution of elements differs in the vertical profile of soil.

Key words: vertical profiles of soil; aqueous phase; sulfate phase; carbonate phase; alkaline geochemical barrier

作者简介:杨帆(1983-),男,中国地质大学(北京)在读研究生,现从事勘查地球化学基础理论和方法技术研究。