天山成矿带境内外地球化学特征对比
——中国东天山和哈萨克斯坦楚伊犁地区

王学求[1,2], Л.А. Ярчева[3], 徐善法[1,2], 迟清华[1,2], Т.А. Волкова[3],
Ж. Кушербаев[3], 刘大文[4], 聂兰仕[1,2], 张必敏[1,2], 孙彬彬[1,2], 申伍军[2]
WANG Xue- qiu[1,2], XU Shan- fa[1,2], CHI Qing- hua[1,2], LIU Da- wen[4],
NIE Lan- shi[1,2], ZHANG Bi- min[1,2], SUN Bin- bin[1,2], SHEN Wu- jun[2]

1. 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;
2. 中国地质科学院应用地球化学重点开放实验室, 河北 廊坊 065000;
3. 哈萨克斯坦教育科学部萨特巴耶夫地质科学研究所, 阿拉木图;
4. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037
1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China;
2. Key Laboratory for Applied Geochemistry, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China;
3. K.I. Satpaev Institute of Geological Sciences, Ministry of Education and Sciences of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan;
4. Research and Development Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China

摘要: 对天山成矿带中国境内的东天山地区和哈萨克斯坦境内的楚伊犁地区1∶100万比例尺的地球化学填图所揭示的信息进行了对比研究。造岩元素、铁族元素、稀有元素、稀土元素和分散元素在这2个地区的含量和富集程度都非常接近, 说明天山地区具有相同的地质背景; 贵金属元素Au在楚伊犁地区的含量和富集程度要显著高于东天山地区, 楚伊犁地区的Au异常不仅与石英脉型金矿有关, 还与黑色页岩微粒金矿化有关; 有色金属元素在2个地区差别不大, 不同的是Cu异常在东天山以独立或与其他有色金属元素伴生异常存在, 而在楚伊犁主要以与贵金属元素伴生异常存在; 铂族元素在2个地区含量比较接近, 一类异常与基性和超基性岩有关, 另一类与黑色岩系有关。尽管这2个地区都还未发现有经济价值的铂族元素矿床, 但在楚伊犁地区已经发现与炭质硅质岩有关的微粒金、铂矿化。

关键词: 地球化学填图; 东天山成矿带; 楚伊犁成矿带; 黑色岩系微粒金、铂矿化
中图分类号: P612; P632 **文献标志码**: A **文章编号**: 1671- 2552(2007)12- 1519- 12

Wang X Q, Ярчева Л А, Xu S F, Chi Q H, Волкова Т А, Кушербаев Ж, Liu D W, Nie L S, Zhang B M, Sun B B, Shen W J. Geochemical characteristic of Tianshan Mt in Kazakhstan and China, focused on the Eastern Tianshan Mt and Chu-Iliyskiy. Geological Bulletin of China, 2007, 26(12): 1519- 1530

Abstract: Geochemical mapping at scale of 1:1 million has been carried out in the Eastern Tianshan Mt in China and the Chu-Iliyskiy in Kazakhstan. The results display the following facts. Similar contents and contrasts of rock forming elements, iron group elements, REE and dispersion elements show that the geological and tectonic background is alike in the two regions. Significant difference of gold in two regions is that gold contents and contrasts in Chu- Iliyskiy are much higher than those in the Eastern Tianshan Mt. The background of nonferrous metal elements such as Cu, Pb and Zn is similar. The difference is that Cu anomalies occur as self- ex-

收稿日期: 2007- 10- 26; **修订日期**: 2007- 10- 31
科技项目: 科技部国际合作计划项目 《国际地球化学填图》(编号: 2005DFA21130) 资助。
作者简介: 王学求(1963-), 男, 博士, 教授级高级工程师, 从事勘查地球化学研究。E- mail:wangxueqiu@igge.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

istent or associated with other nonferrous elements in the Eastern Tianshan Mt, but as associated with other precious metals in Chu-Iliyskiy. PGE contents and contrasts are alike, the anomalies are associated with basic/ultrabasic intrusive rocks and consistent with the distribution of black rock sequences. Micro- particle platinum and gold mineralization has been found in Chu- Iliyskiy.

Key words: geochemical mapping; Eastern Tianshan Mt; Chu- Iliyskiy; gold and platinum mineralization with black rock sequence

天山成矿带分布于中亚腹地，在哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦境内都有世界级的矿床产出，但在中国境内尚未发现类似的世界级矿床。天山成矿带在境内外的化学元素分布特征到底有何差别？在谢学锦院士的建议下，中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所与哈萨克斯坦教育科学部萨特巴耶夫地质科学研究所在中华人民共和国科学技术部、中国地质调查局和哈萨克斯坦共和国教育科学部、哈萨克斯坦地下资源委员会的资助下，在靠近中哈边境的南哈萨克斯坦楚- 伊犁斯克（俄文名称山у Илийский，英文名称Chu- Iliyskiy，以下简称楚伊犁）成矿带（相当于中国西天山的延伸部分，位于比什凯克以北、巴尔卡什湖以南地区）（图1）进行了约7×10⁴km²的1∶100万比例尺的地球化学调查。由于这次调查与在新疆东天山进行的约15×10⁴km²的1∶100万比例尺的地球化学调查，采用同一比例尺、由同一实验室（地球物理地球化学勘查研究所实验室）使用相同的方法进行分析，两侧的数据具有可比性，因此为对比天山成矿带在中哈境内的地球化学宏观特征提供了极好的机会。

1 研究区的地质矿产概况

天山成矿带尽管具有相似的地质背景，但由于选择的2个研究对比区位于2个国家，两国地质专家所使用的术语、观点及认识程度都存在差异，无法使用统一的表述方式对研究区进行地质概况的描述，因此笔者对这2个研究区将使用各自国家的表述方式分别进行描述。

1.1 东天山地区区域地质矿产概况

新疆东天山地层发育齐全，元古宇至新生界均有出露，以古生界最为发育。区域构造以一系列东西、北东和北西向断裂为主，这些构造不仅控制着地层和岩浆岩的分布，同时也控制着矿产的分布。侵入岩以华力西期花岗岩类为主，同时在一些深大断裂



图 1 研究区位置示意图

Fig. 1 Sketch map showing the study areas

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

附近分布有基性—超基性岩和闪长岩。本文主要根据《新疆维吾尔自治区区域地质志》1∶150万区域地质图[1]对该区域构造单元的划分、地层、岩浆岩和矿产分布的情况简要描述如下。

研究区自北向南依次分为: 北天山优地槽褶皱带、吐鲁番- 哈密山间坳陷和天山南脉地槽褶皱带。

北天山优地槽褶皱带北与准噶尔优地槽褶皱带接壤, 南与阿其克库都克- 沙泉子超岩石圈断裂为界, 向东延入蒙古境内, 是一个典型的华力西期优地槽褶皱带。主要包括博格达复背斜、哈尔力克复背斜、觉洛塔格复背斜。出露地层主要有泥盆系、石炭系、二叠系、侏罗系和古近系。石炭系在区域上分布广泛, 在觉洛塔格—康古尔塔格一带主要为安山玢岩、英安玢岩、中酸性凝灰岩、凝灰砂岩及碎屑岩、碳酸盐岩, 在黄山一带为细碧岩、玄武质凝灰岩、角斑岩、石英角斑岩、硅质凝灰岩组成的细碧岩- 角斑岩- 角斑质火山灰泥- 硅质岩建造。二叠系主要为安山岩、火山角砾岩、凝灰岩、流纹岩、砂砾岩等。侵入岩的分布由西向东递增, 主要为华力西期花岗岩和与深大断裂有关的基性—超基性侵入杂岩体。火山喷发以泥盆纪和石炭纪最为强烈, 以活动大陆边缘的中酸性和中基性火山岩为特征, 细碧角斑岩建造、安山岩建造均发育。二叠纪火山岩属陆相喷发类型, 以基性火山岩为主。

吐鲁番- 哈密山间坳陷是在华力西期褶皱基底上发展起来的中新生代坳陷, 为天山褶皱带内的大型山间盆地, 自晚二叠世形成以来接受厚度达10000 m的盖层沉积。出露地层以古近系和第四系为主, 此外还有三叠系、侏罗系、白垩系, 发育有河湖相杂色砾岩、砂岩、泥质岩等。第四系发育有冲洪积物、风成沙、湖积物等。

天山南脉地槽褶皱带位于库鲁克塔格—帕尔岗塔格—觉洛塔格之间, 北以觉洛塔格阿其克库都克- 沙泉子超岩石圈断裂为界, 南以库尔勒断裂为界。是在古元古界变质碎屑岩的基底上发育起来的, 泥盆系和石炭系构成其主体, 主要为碎屑岩- 碳酸盐岩建造。分布于觉洛塔格—帕尔冈塔格的泥盆系—志留系以碎屑岩、火山碎屑岩、硅质岩、碳酸盐岩为主, 泥盆系主要由滨浅海相碎屑岩、碳酸盐岩和火山岩组成。岩浆活动较为强烈, 以华力西期花岗岩基为主。

东天山是新疆最为重要的铜矿产地, 区内主要矿床类型有斑岩型、铜镍硫化物型、火山岩型、矽卡岩型和岩浆热液型[2]。斑岩型铜矿以土屋铜矿为代表, 位于塔里木板块与准噶尔板块碰撞对接缝合带北侧的石炭纪增生拼贴岛弧带中。岩浆铜镍硫化物型矿床以黄山铜镍矿为代表, 在大地构造位置上属于大南湖晚古生代岛弧带的东段, 在矿床成因上属与镁铁—超镁铁杂岩有关的铜镍矿。小热泉子铜矿属于火山喷流- 热液沉积型, 维权银铜矿为矽卡岩型。

该区金矿床的主要类型为与脆韧性剪切带有关的蚀变岩型金矿(如康古尔金矿)和浅成热液石英脉型金矿(如石英滩金矿)。康古尔金矿赋存于石炭系霏细斑岩、石英钠长斑岩、安山玢岩、英安斑岩、闪长玢岩和凝灰岩之中, 矿体的分布受脆韧性—脆性剪切带的控制[3]。石英滩金矿为浅成热液石英脉型, 构造环境为区域韧性剪切带旁侧的引张区, 矿脉产状受古火山机构的控制, 产于石炭系火山岩和火山角砾岩中。

1.2　哈萨克斯坦楚伊犁地区地质矿产概况

楚伊犁地区位于哈萨克斯坦东部, 与中国的西天山成矿带相对应。北西向延伸达700 km, 宽100 km。哈萨克斯坦在早期的地质研究过程中将楚伊犁地区看成是地槽带, 后来根据板块构造说, 认为这一地区是缝合带。最近根据综合地质、地球物理、地球化学的特征, 认为这里更像是洋壳上的古老的裂谷- 地幔柱系[4-7]。

楚伊犁地区由东南向东北由热拉依尔- 纳依曼斯科复向斜、卡尔布- 热尔吉斯克复背斜和昆都斯克复背斜构成。

热拉依尔- 纳依曼斯科复向斜位于楚伊犁地区的中央部位并向北西向延伸500 km。复向斜的奥陶系由砂岩、粉砂岩、玄武玢岩、安山玢岩、英安玢岩、细砾岩、英安凝灰岩组成; 泥盆系由红色与灰色砂岩、粉砂岩、安山—玄武玢岩、石英玢岩与酸性凝灰岩组成; 石炭系(砂岩与砾岩)的分布很有限。复向斜的侵入岩主要为花岗岩类岩石。

卡尔布- 热尔吉斯克复背斜的特点为: 元古宙的基底出露地表、剧烈的岩浆活动、多种多样的矿产。古、中元古界(Pt_{1-2})由片麻岩与结晶页岩组成, 局部分布。新元古界由绢云母- 硅质页岩、片理化强烈的页岩和砂岩组成, 岩层是倾向北东的单斜构造。寒武系基性火山岩与石英砂岩夹层、粉砂

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

岩、层凝灰岩、页岩、硅质岩广泛分布于复背斜全域，已强烈变形。

典型矿床阿克巴凯矿床是大型的金- 硫化物- 石英脉型矿床。全部分布于热尔套克斯克地块的花岗岩内，在花岗岩与上奥陶统的陆源、碳质陆源沉积层的内接触带中。在矿内发现了3个含金的矿物组合：早期的浸染型金- 黄铁矿- 砷黄铁矿组合，含有微粒金；晚期为脉型- 细脉型金- 石英- 硫化物- 多金属与自由金组合；最后是含白铁矿、辉锑矿、辉铁锑矿、朱砂及细粒金的碳酸盐矿物- 重晶石- 石英细脉组合。前两者具有工业价值。矿石的矿物组成为自然金、黄铁矿、砷黄铁矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿等。

2 样品采集与分析

2.1 样品采集

新疆东天山研究区位于北疆东部，地理坐标：东经89°00′～96°30′，北纬41°00′～43°20′，总面积约15×10⁴km²(图1)。哈萨克斯坦楚伊犁成矿带位于哈萨克斯坦东部，距中哈国境线不远，研究区地理坐标：东经72°00′～76°30′，北纬43°00′～46°00′，工作区面积约7×10⁴km²(图1)。

根据地球化学填图的要求，在图上为1 cm²一个数据，即1∶100万地球化学填图实际采样密度约为1个样/100 km²。本次双方填图考虑实际采样方便，便于样品溯源和对比，规定每1个1°×2.5°标准国际图幅为1个采样单元(大约90 km²)。野外统一使用GPS定位。

这2个工作区基本上为干旱和半干旱区，地形主要以残山、丘陵为主，不是都有水系分布，广泛发育疏松层覆盖物。由于采样密度较稀，样品主要采集在能控制近100 km²的汇水域低洼处。采样介质主要是水系沉积物(洪积物、冲积物)，在采不到水系沉积物的地区采集各种成因的疏松层(运积层、残积层、坡积层)[8]。样品一般取自15~40 cm深处，采样粒级小于20目。样品重量为200~500 g。在5%的取样点上还采了相同颗粒的重复样。

2.2 样品分析

样品送实验室磨至200目。使用等离子质谱法(ICP- MS)、等离子光谱法(ICP- OES)、石墨炉原子吸收法(GF- AAS)、氢化物发生原子荧光法(AFS)、化学光谱法(CP- AES)等对样品进行了分析。新疆东天山分析了34个元素，哈萨克斯坦楚伊犁地区分析了69个元素。为了对比，只选择了2个地区都进行了分析的34个元素(表1)。

3 元素含量对比

将天山成矿带中国东天山与哈萨克斯坦楚伊犁地区33个元素含量数据的最小值、最大值和进行统计计算得到的平均值、背景值、富集系数列于表2。平均值是根据所有样品每个元素分析数据计算得出的；背景值是采用迭代剔除大于或小于2倍离差数据以后求得的平均值，即剔除了异常数据后的平均值结果代表全区的背景值；富集系数是分别使用平均值与地壳元素丰度的比值、平均值与背景值的比值求得的。

从表2中可以看出下述特征。

(1)与地壳丰度相比，2个研究区富集系数都大于2倍的元素有Au、As、Sb、Pt、Pd；2个研究区分别与各自的背景值相比，富集系数大于2倍的元素在中国东天山地区不存在，在哈萨克斯坦楚伊犁地区有Au、As、Pd。富集系数大于1.5倍的元素在中国东天山

表 1 分析方法、分析的元素及其检出限

Table 1 Analytical methods and detection limits

分析方法	元素	检出限	元素	检出限
ICP-MS/OES	Ba	10	Sr	5
	Ce	1.0	Th	1
	Co	1	Ti	100
	Cr	3	U	0.2
	Cu	1	W	0.2
	La	1	Y	0.1
	Li	1	Zn	3
	Mn	10	Al_2O_3	0.1
	Mo	0.2	CaO	0.02
	Nb	5	Fe_2O_3	0.1
	Ni	1	MgO	0.02
	P	100	K_2O	0.02
	Pb	3	Na_2O	0.02
XRF	SiO_2	0.1	Fe_2O_3	0.1
	Al_2O_3	0.1		
GFAAS	Au	0.0002	Ag	0.02
CP-AES	Pt	0.0002	Pd	0.0002
HG-AFS	Hg	0.0002	Sb	0.1

注：氧化物含量为%；其他元素含量为μg/g。ICP—MS/OES—等离子质谱与光谱法；XRF—X-射线荧光光谱法；HG-AFS—氢化物发生原子荧光光谱法；GFAAS—石墨炉原子吸收光谱法；CP-AES—化学预富集光谱法。Pt、Pd为河南岩矿测试中心分析，其他均为地球物理地球化学勘查研究所实验室分析

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

只有Au、Hg、W, 在哈萨克斯坦楚伊犁地区有Au、As、Sb、Mo、Ni、Pt、Pd、U。从元素的富集程度来看, 楚伊犁地区Au、As、Mo、Ni、Pt、Pd、U比中国境内的东天山地区成矿更为有利。

(2) 造岩元素(Al_2O_3、CaO、MgO、K_2O、NaO_2、SiO_2)、铁族元素(Fe_2O_3、Ti、Mn、Co、Cr)和稀有、稀土、分散元素(Ba、Sr、La、Li、Y、Ce)在这2个地区的含量和富集程度都非常接近, 说明天山地区具有相同的地质背景。

(3) 亲铜元素(Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、Hg)、贵金属元素Au的含量平均值和富集程度在2个地区存在显著差异。在楚伊犁地区Au的平均含量达到11.62 ng/g, 富集系数达到7.0, 而东天山地区Au的平均含量只有2.2 ng/g, 富集系数只有1.8; Ag的含量在东天山要高于楚伊犁地区, 但富集程度差别不大, 富集系数分别是1.2和1.3; As和Sb在楚伊犁地区的富集程度明显高于东天山地区, 只有Hg在东天山地区略高于楚伊犁地区; 有色金属元素(Cu、Pb、Zn)在2个地区差别不大, 富集程度比较接近, 富集系数都在1.2倍左右。从这些元素的对比结果可以看出, 只有Au及其伴生元素As和Sb在2个地区存在显著差异, Au的地球化学成矿条件在楚伊犁地区要显著优于东天山地区。从目前发现的矿床来看, 也是楚伊犁金矿的规模和密集程度要显著大于东天山地区。

(4) 铂族元素Pt、Pd在2个地区的含量比较接近, 但富集程度有所差异, Pd在楚伊犁的富集系数为2.1, 在东天山的富集系数为1.3。

(5) 钨钼族元素(W、Mo), W的富集程度在楚伊犁要高于东天山地区, 这可能与楚伊犁地区有大片花岗岩发育有关; Mo的富集程度正好相反, 在天山地区高, 在楚伊犁地区低, 这可能暗示着东天山地区更有利于斑岩型铜钼矿的形成。

(6) 放射性元素(U、Th), Th在2个地区非常接近, U在楚伊犁地区的富集程度要高于东天山地区, 这一方面可能与楚伊犁地区有大片花岗岩发育有关, 另一方面楚伊犁地区U的成矿条件要好于东天山。

4　地球化学异常特征对比

笔者选择天山成矿带中具有代表性的3种成矿元素Cu、Au和Pt进行对比。

4.1　Au的对比

(1) 东天山地区

新疆东天山以背景值加2倍离差(Cb+2 s= 2.0 ng/g)为异常下限, 圈出面积大于1000 km^2的Au地球化学省5个(图2下图, 异常编号2、3、4、5、6、1号异常位于北山地区)。以石英滩- 康古尔- 马头滩Au地球化学异常为代表。Au异常分布于石英滩至康古尔一带。以2.8 ng/g为异常下限, 可圈出石英滩(异常2)和康古尔(异常3) 2个Au地球化学省, 其面积分别为1488 km^2和1471 km^2, 异常最大值分别为61.6 ng/g和113.8 ng/g, 平均值分别为7.50 ng/g和8.24 ng/g, 变异系数分别为1.86和2.94, 富集系数分别为6.25和6.87。

该区金矿床的主要类型为与脆韧性剪切带有关的蚀变岩型金矿(如康古尔金矿)和浅成热液石英脉型金矿(如石英滩金矿)。康古尔金矿赋存于石炭系霏细斑岩、石英钠长斑岩、安山玢岩、英安斑岩、闪长玢岩和凝灰岩之中, 矿体的分布受脆韧性—脆性剪切带的控制。石英滩金矿为浅成热液石英脉型, 构造环境为区域韧性剪切带旁侧的引张区, 矿脉产状受古火山机构的控制, 产于石炭系火山岩和火山角砾岩中。

(2) 楚伊犁地区

哈萨克斯坦楚伊犁地区以背景值加2倍离差(Cb+2 s=2.0 ng/g)为异常下限, 圈出面积大于1000 km^2的Au地球化学省4个(图2上图, 异常编号1、2、3、4)。其中3号异常含有已知的阿科巴凯大型金矿和若干中小型金矿, 异常规模为1000 km^2, 大部分Au含量值为2~6.9 ng/g, 最高的在矿床采矿点高达3085 ng/g。除此之外, 发现了新的过去未知的异常, 位于花岗岩类侵入岩的外接触带中的炭质硅质火山- 沉积岩层内, Au的含量为2~19.8 ng/g。楚伊犁地区过去主要的金矿类型被认为是金- 石英- 硫化物与金- 硫化物型。这次地球化学填图工作提出了楚伊犁黑色页岩层具有很大潜能的论据[10]。大部分是黑色岩系微粒金、铂、钯矿化的远景区。黑色岩系属于寒武系—奥陶系的火山沉积地层。在研究贵金属异常中发现不仅有金、铂、钯的硫化物, 还有这些元素的微粒金属碳化物。过去上述矿区曾被看成是 '典型的石英脉型金矿床 ", 现在发现这些矿床的基本储量的60%~70%以微粒金形式集中在炭质围岩中。这样大大地扩展了已知矿床的规模, 那里的微粒金在空间上与黑色页岩层和与硫化物有关的含矿炭质层密切相关。

楚伊犁地区Au的异常浓集强度要高于东天山地区, 楚伊犁地区的Au异常不仅与已知的石英脉型

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 天山成矿带中国东天山和哈萨克斯坦楚伊犁地区的元素含量与富集程度对比

Table 2 Contents and contrasts of elements in Eastern Tianshan Mt and in Chu-Iliyskiy

元素	地 区	最小值	最大值	平均值	背景值	地壳丰度	富集系数 1	富集系数 2
SiO_2	中国东天山	23.23	82.72	59.2	60.3	59	1.0	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	28.89	73.26	55.7	56.2		0.95	0.95
Al_2O_3	中国东天山	3.04	16.81	11.71	11.90	12.8	0.9	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	1.19	17.09	11.8	11.8		0.9	1.0
MgO	中国东天山	0.46	3.88	1.83	1.72	2.15	0.9	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.62	34.13	2.62	2.38		1.2	1.1
CaO	中国东天山	1.46	29.06	6.36	5.51	6.18	1.0	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.54	28.34	6.52	6.32		1.0	1.0
Na_2O	中国东天山	0.51	13.68	3.00	2.82	3.5	0.9	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.08	4.46	2.12	2.24		0.6	1.0
K_2O	中国东天山	0.70	4.58	2.31	2.29	2.33	1.0	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.24	4.46	2.58	2.67		1.1	1.0
Fe_2O_3	中国东天山	1.17	12.56	3.8	3.76	4.7	0.8	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	1.22	17.55	4.4	4.17		0.9	1.1
Mn	中国东天山	10	3541	660	662	560	1.2	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	99	5543	759	683		1.4	1.1
Co	中国东天山	2.2	32.3	9.6	8.71	9.1	1.05	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	2.2	658.3	14.2	11.1		1.55	1.3
Cr	中国东天山	6	482	44.1	38.1	42	1.0	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	6	5026	86.1	64.3		2.0	1.3
Ti	中国东天山	708	18220	3823	3779	2880	1.3	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	321	13573	3328	3270		1.2	1.0
Ni	中国东天山	4	193	18.5	15.5	22	0.8	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	2.3	8338	52.8	29.4		2.4	1.8
Au	中国东天山	0.1	306.5	2.2	1.20	0.8	2.75	1.8
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.15	3085	11.62	1.66		14.5	7.0
Ag	中国东天山	13	1711	61.7	50.5	60	1.0	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	11	1858.5	100.2	78.8		1.7	1.3
As	中国东天山	1.5	197.8	9.2	7.85	4.3	2.1	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	1.1	2538	23.4	8.5		5.4	2.8
Sb	中国东天山	0.22	44.39	0.91	0.67	0.33	2.8	1.4
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.024	228.22	1.53	0.84		4.6	1.8
Hg	中国东天山	2.8	706.6	10.2	6.50	13	0.78	1.6
	哈萨克斯坦楚-伊犁	4	514.3	16.2	12.3		1.25	1.3
Cu	中国东天山	3.8	101.2	20.3	17.5	15	1.3	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	2.4	215.6	27.99	23.7		1.9	1.2

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

续表 2

元素	地　区	最小值	最大值	平均值	背景值	地壳丰度	富集系数1	富集系数2
Pb	中国东天山	8	1838	20.6	15.6	18	1.1	1.3
	哈萨克斯坦楚-伊犁	7	1406	27	22.4		1.5	1.2
Zn	中国东天山	11	1839	54.4	45.6	63	0.9	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	14.9	523.7	69.4	66.2		1.1	1.0
Pt	中国东天山	0.25	3.27	0.52	0.44	0.25	2.1	1.3
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.2	12.64	0.75	0.5		3.0	1.5
Pd	中国东天山	0.11	4.20	0.85	0.42	0.27	3.2	1.3
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.12	28.18	0.82	0.4		3.0	2.1
W	中国东天山	0.42	439	1.67	0.90	0.91	1.9	1.9
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.33	56.09	1.9	1.51		2.1	1.3
Mo	中国东天山	0.25	39.95	1.2	0.95	0.62	1.9	1.3
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.38	219.43	1.89	1.01		3.0	1.9
U	中国东天山	0.92	12.84	2.34	1.98	2.2	1.1	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	0.475	246.6	4.26	2.47		1.9	1.7
Th	中国东天山	2.9	101.7	7.72	6.65	10	0.8	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	1	94.5	11.5	10.5		1.1	1.1
Ba	中国东天山	95	2306	563.5	523	577	0.98	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	78	5265	577	555		1.0	1.0
Sr	中国东天山	101	3728	351	278	232	1.5	1.3
	哈萨克斯坦楚-伊犁	50	2206	277	223		1.2	1.2
La	中国东天山	12	123	25.4	24.8	36	0.7	1.0
	哈萨克斯坦楚-伊犁	3	95.9	31.7	36.9		0.9	0.9
Ce	中国东天山	17	256	44.7	42.0	69	0.64	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	8	158	62.1	60.3		0.90	1.0
Li	中国东天山	1.0	73.6	20.6	17.4	21	1.0	1.2
	哈萨克斯坦楚-伊犁	5	91	27.4	26.3		1.3	1.0
Nd	中国东天山	10	107	22.6	21.4	31	0.7	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	3.9	7547.715	41.7	27.9		1.4	1.5
Y	中国东天山	9	180	27.7	26.0	19	1.5	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	4	276.75	27.6	25		1.5	1.1
P	中国东天山	77	1531	527	494	514	1.0	1.1
	哈萨克斯坦楚-伊犁	117	8671	775	727		1.5	1.1

注：SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO、K_2O、Na_2O、Fe_2O_3的含量为%；Au、Ag、Hg、Pt、Pd为ng/g，其他元素为μg/g。地壳元素丰度引自鄢明才等[11]。富集系数1=平均值/地壳丰度，富集系数2=平均值/背景值

金矿有关，还与含炭质黑色岩系微粒金矿化有关。中国在东天山地区尚未发现类似的金矿，值得关注。

4.2　Pt的对比

(1) 东天山地区

新疆东天山以背景值加2倍离差(Cb+2s=0.84 ng/g)为异常下限，可圈出3个Pt地球化学省(图3下图)。异常位于新疆和甘肃交界的地区，分别分布于尾亚—红柳河—磁海(2号异常)和黄山—镜儿泉—中蒙边境一带(3号异常)。黄山—镜儿泉—中蒙边境一带的异常沿康古尔- 黄山断裂分布，与基性超基性侵入岩体有关。3号异常分布于尾亚—红柳河—磁海所构成的三角地带，北有沙泉子断裂，南有红柳河断裂，星星峡深断裂从中间穿过。内含多个浓集中心，最大值Pt为2.03 ng/g，Pd为4.2 ng/g。并不同程度地伴有Au、Ba、Cr、Cu、Hg、Mo、Ni、Pd、U、W等元素的异常。区域出露地层主要为青白口系硅质灰岩、硅质页

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

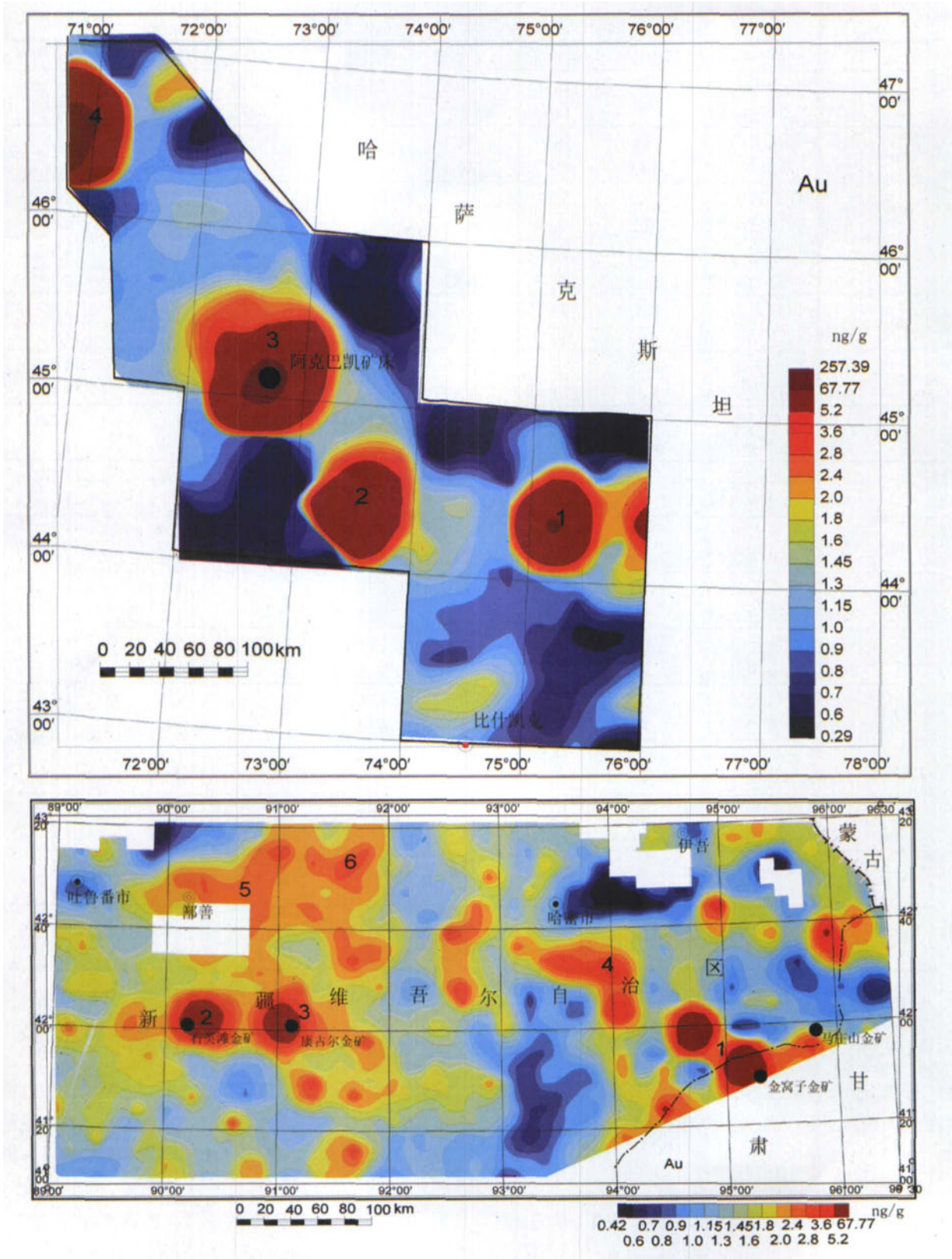

图 2 中国东天山(下图)与哈萨克斯坦楚伊犁(上图)Au 的地球化学图

Fig. 2 Geochemical maps of gold in Eastern Tianshan Mt and in Chu-Iliyskiy

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

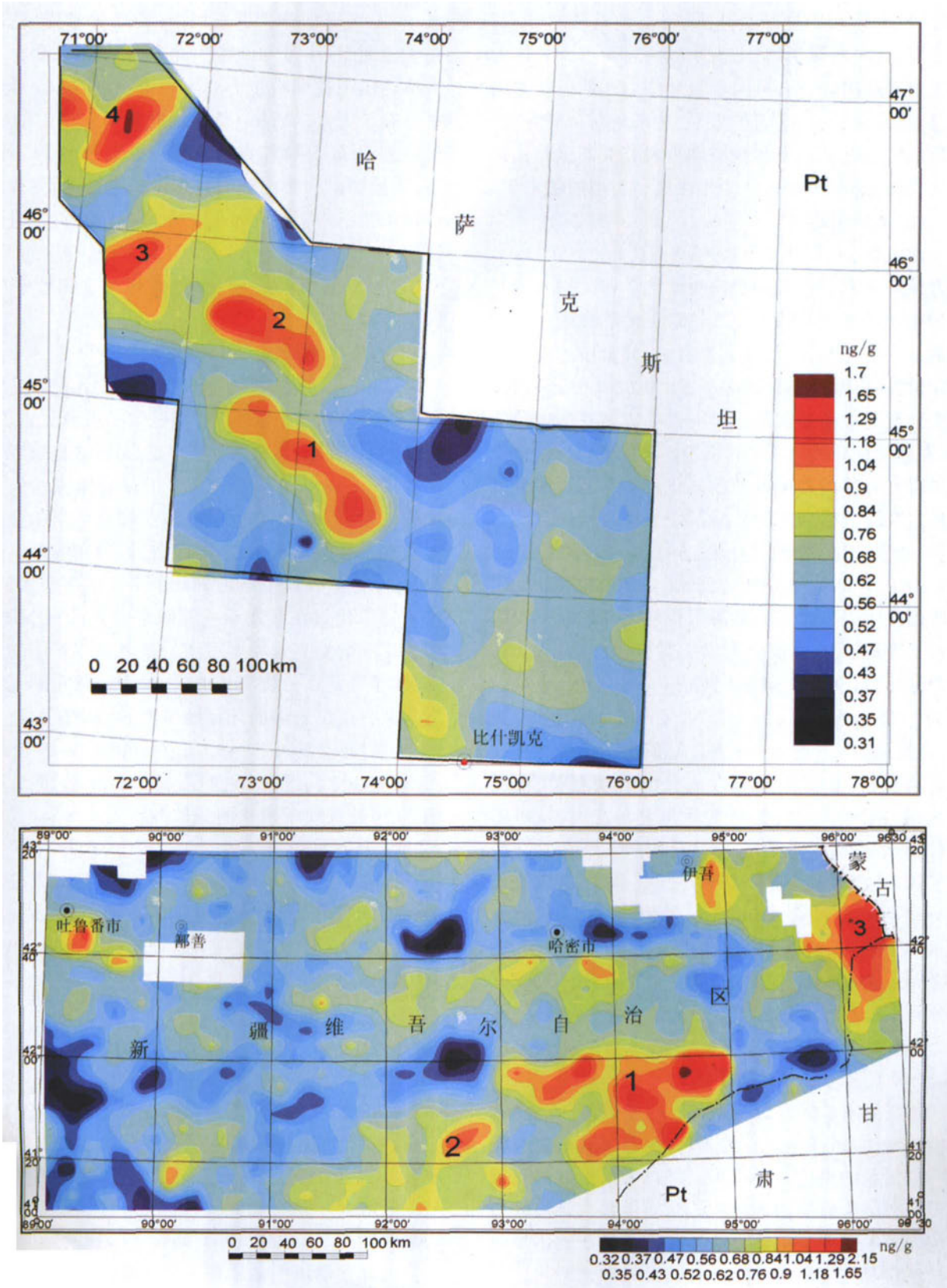

图 3　中国东天山(下图)与哈萨克斯坦楚伊犁(上图)Pt 的地球化学图

Fig. 3　Geochemical maps of platinum in Eastern Tianshan Mt and in Chu-Iliyskiy

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

岩、白云岩，寒武系炭质硅质岩、硅质页岩，志留系石英砂岩、硅质灰岩夹炭质硅质岩，二叠系砂岩、凝灰质砂岩、英安质凝灰岩、安山质凝灰岩。侵入岩体为加里东期花岗岩、石英闪长岩和华力西期斑状花岗岩、红色花岗岩、花岗闪长岩等，北东向断裂发育。楚伊犁地区已经发现了与炭质硅质岩有关的微粒铂钯矿化，因此这一异常有可能存在这一类型的铂钯矿。

(2) 楚伊犁地区

楚伊犁地区以背景值加2倍离差($Cb+2s=0.84$ ng/g)为异常下限，可圈出4个Pt地球化学省(图3上图)。地球化学填图工作发现了2类铂族元素的地球化学异常。一类与基性、超基性岩有关，异常中这些元素的含量为：Pt为0.30~5.88 ng/g，Pd为0.2~1.95 ng/g；另一类异常对应于寒武系—奥陶系—志留系的黑色岩系，表现为硅化的火山-沉积岩。最强的Pt异常位于花岗岩类岩体的外接触带的硅化页岩、基性成分的凝灰岩及凝灰砂岩间的接触带中，被基性成分的石英脉、墙复杂化。Pt的含量为0.5~11.2 ng/g，Pd为0.5~4.46 ng/g，异常规模分别达到900 km²、1250 km²。在卡依布侵入岩与志留系陆源沉积层之间的北东向接触带上发现了1 ng/g的Pt异常，规模为525 km²，Pt最高含量达到1.98 ng/g，Pd达到3.54 ng/g。异常是综合性的，伴有Au、Ag、As、Co、Ni、Cr、Cu、Zn、Pb等元素，含量偏高。同时Pt、Pd、Au、Ag偏高的含量与硅化的页岩有关，也有的与基性成分的岩墙有关，而没有铂族元素的Au、Ag的异常基本上与花岗岩、破碎的石英细脉有关，有时也与硅化的岩石有关。在萨雷尔林斯克花岗岩类岩体与黑色页岩层(由硅化页岩与酸性喷出岩组成)外接触带的南东，沿若阿拉依尔-纳依曼斯克断裂发现了异常，Pt的含量为0.5~6.32 ng/g，Pd为0.5~6.54 ng/g，异常规模为2600 km²。部分异常虽然被漂移层覆盖，但异常强度未减弱。异常为综合性的，同样具有Au、Ag、As、Co、Ni、Cr、Cu、Zn、Pb等元素含量升高的特征。

铂族元素的异常分布在这2个地区都非常类似，一类与基性、超基性岩有关，另一类与寒武系—奥陶系—志留系的黑色岩系有关。尽管这2个地区都还未发现有经济价值的铂族元素矿床，但都在炭质硅质黑色岩系中发现了铂族元素异常，并且在楚伊犁地区已经发现与炭质硅质岩有关的微粒铂钯矿化。

4.3 Cu的对比

(1) 东天山地区

从新疆东天山Cu地球化学图(图4下图)可以看出，全区可划分为近东西向的3条异常带，依次为东天山北带、中带和南带。北带Cu异常主要分布在博格达山南麓到哈尔力克山一带；中带的Cu异常主要分布于康古尔塔格-黄山深断裂带；南带的Cu异常主要分布于阿其克库都克-沙泉子超岩石圈断裂。土屋铜矿和黄山铜镍矿都位于中带，新发现的维权铜矿位于南带，北带的矿化情况还有待于进一步证实。以$Cb+s=21.1$ μg/g为异常下限，全区可圈出1个Cu地球化学巨省、9个Cu地球化学省和若干个Cu区域异常。

(2) 楚伊犁地区

Cu的地球化学异常(图4上图)与Au-Pt异常相伴生，分布于花岗岩体的外接触带的黑色页岩层，含量在25~171.8 μg/g之间。明显的Cu异常也发现于热阿拉依尔-纳依曼斯克断裂带的汉套斯克超镁铁岩块的外接触带上。在阿克巴凯与阿克萨卡尔金矿床上发现了相对较低的Cu异常，它们分别为24.9 μg/g与24.2 μg/g。在研究区内有几个不大的多金属矿：库雅兹拜矿化(在寒武系—奥陶系的火山-沉积岩层中，比汉套斯克岩块更靠南)及塔克尔矿床的西翼(同属于寒武系—奥陶系地层，位于卡依布斯克与麦克尔斯克花岗岩体的外接触带上)。2个矿的地球化学异常：Cu含量为25~45.1 μg/g，Pb为25~45.1 μg/g，Zn为70~100.4 μg/g。它们均属于弱异常，但分布面积广，可能反映了矿化的分散性质。

东天山地区与楚伊犁地区Cu的地球化学异常特征既有相同点又有不同点，相同点是一部分异常与超铁镁质岩有关，不同点是东天山地区的Cu异常主要以独立的元素异常存在，而楚伊犁地区的Cu异常主要以伴生元素异常存在。

5 结论与讨论

小比例尺地球化学填图(1∶100万)不仅很好地圈定了已知的大型矿床，而且发现了新的成矿远景区，特别是发现了与黑色岩系有关的金、铂、钯微粒矿化。过去的贵金属元素分析方法对这种类型的Au、Pt、Pd是不能分析出来的，因为与含矿碳质化合物共生的Au、Pt、Pd在120℃高温下会挥发掉。

地球化学填图显示东天山地区与楚伊犁地区的成矿潜力既有相同点又有不同点。相同点在于造岩元素、铁族元素、稀有稀土元素、分散元素、铂族元素

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

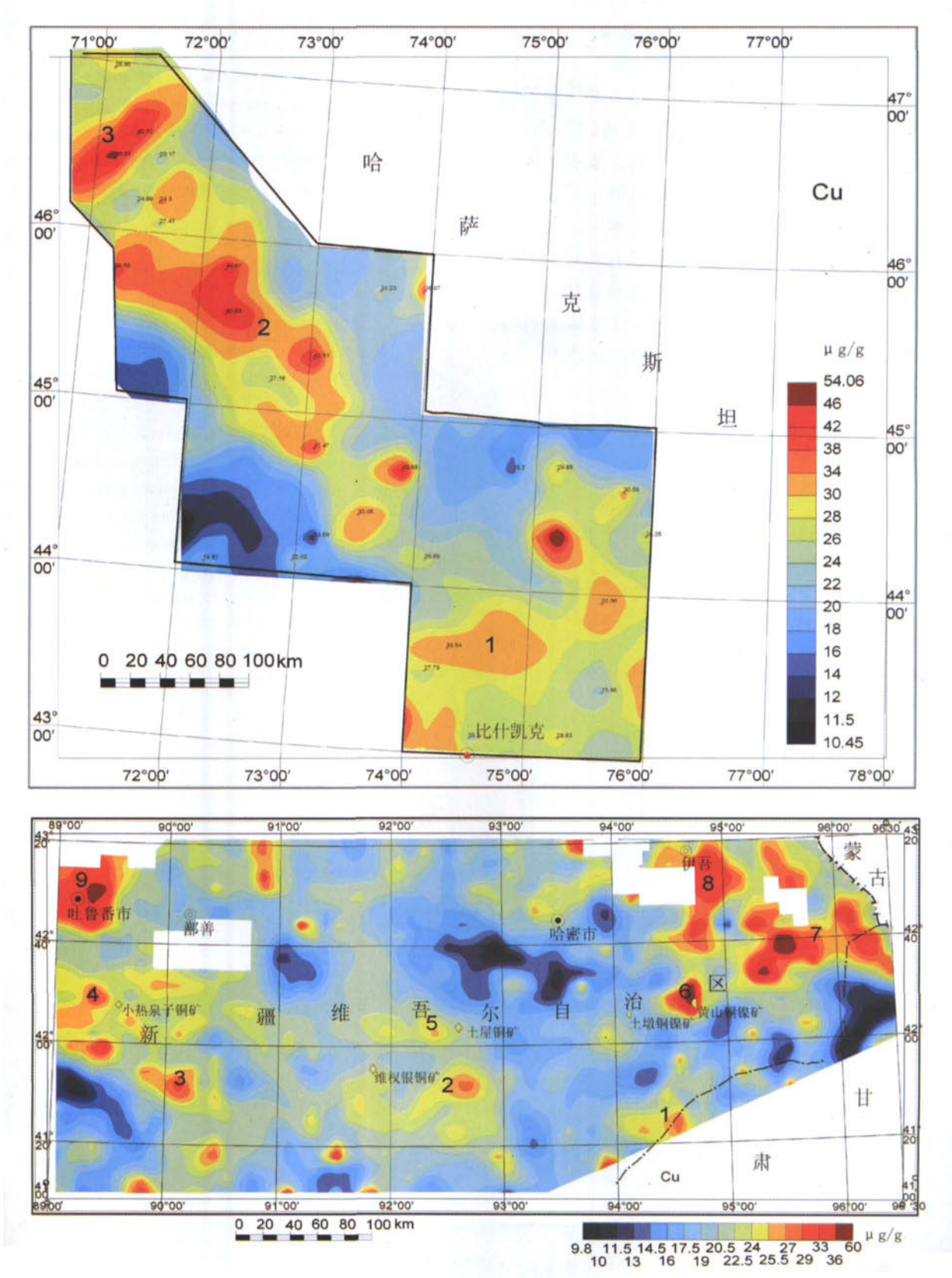

图 4　中国东天山(下图)与哈萨克斯坦楚伊犁(上图)Cu 的地球化学图

Fig. 4　Geochemical maps of copper in Eastern Tianshan Mt and in Chu-Iliyskiy

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

非常接近;不同点在于Au的地球化学成矿条件楚伊犁地区显著优于东天山地区,而东天山地区Cu的成矿地球化学条件要优于楚伊犁地区。

上述结论是根据以水系沉积物作为采样介质的小比例尺地球化学填图所揭示的信息得出的认识。水系沉积物是一种天然均一化的介质,代表了汇水域内各种岩性和矿床元素含量的平均值,反应的是宏观地质背景和矿产分布的情况。2个地区矿床分布的地球化学细节特征还需要进一步研究和对比。

致谢:中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所实验室和河南岩矿测试中心对样品进行分析,谢学锦院士自始至终给予指导和帮助,在此一并致谢。

参考文献:

[1]新疆地质矿产局.新疆维吾尔自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1993:1-841.

[2]秦克章,彭晓明.东天山主要矿床类型、成矿带划分与成矿远景区优选[J].新疆地质,2003,21(2):143-150.

[3]姬金生,陶洪祥,曾章仁,等.东天山康古尔塔格金矿带地质与找矿[M].北京:地质出版社,1994:204.

[4]Фролова Т И, Бурикова И А. Магматические Формации современных геотектонических обстановок[C]. Изд воМосковского университета,1997:301.

[5]Маракушев А А. Черносланцевые Формации показатель периодов катастрофического развития Земли[C]. Платина России, тIV.M. Геоинформмарк,1999:183-194.

[6]МарченкоЛГ.ПатентРеспубликиКазахстан[C]//Способизвлечения благородных металлов из сульфидных руд и отходов их переработки2003.

[7]Марченко Л Г, Ярцева Л А, Wang Xueqiu. Черносланцевые толщи как источники золота и платины[J]. Геология и охрана недр, 2005,(2):40-44.

[8]王学求.荒漠戈壁区超低密度地球化学调查与评价——以东天山为例[J].新疆地质,2001,19(3):200-206.

[9]鄢明才,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,1997:292.

[10]Ярцева Л А, Волкова Т А, Кушербаев Ж П. Золото-платиновая металлогения Чу-Илийской палеорифтово-плюмовой системы[C]//Матеиалы международной научной практической конференции "Геология и металлогения ультрамафит-мафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей". (Десятые чтения А.Н. Заварицкого). Екатеринбург,2004:305-308.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net