

新类型难识别矿地球化学勘查

王 学 求

(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: 讨论了 4 种新类型难识别矿的地球化学勘查研究进展,包括使用深穿透地球化学方法在吐哈盆地砂岩型铀矿的试验和在胜利油田伴生金的地表地球化学显示,从全国铂的地球化学分布看西南黑色岩系中寻找铂族元素的前景,地球化学填图增加到 70 余种元素分析对稀有、分散元素的研究和寻找将起到巨大的作用。
关键词: 地球化学勘查;砂岩型铀矿;黑色岩系中铂族元素;稀有分散元素;油田中伴生金
中图分类号: P632 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2004)03-0202-04

勘查地球化学的特点就是借助于分析技术,可以有效识别肉眼无法识别的矿床类型或矿种,在发现难识别矿种或矿床类型上取得了巨大成功。表 1^[1,2] 数据显示,地球化学方法在发现肉眼难识别的贵金属矿(绝大部分是金矿)方面占了绝对优势,其次是有色金属矿种。贵金属、有色金属和稀有金属在自然界含量普遍较低,只有 $10^{-6} \sim 10^{-9}$ 水平,它们必须富集百倍到千倍才能成矿。如金的地壳克拉克值是 1×10^{-9} ,而一般金的边界品位必须达到 10^{-6} ,即要富集 1 000 倍才能被利用;铜的地壳克拉克值是 20×10^{-6} ,而它的边界品位是 2×10^{-3} ,要富集 100 倍才能成矿。这种微量、痕量或超痕量元素一方面在自然界含量很低,即使成矿也不过百万分之几到千分之几,因此肉眼难以识别,另一方面它们富集倍数又很高,使用地球化学方法很容易获得高衬度的异常,因此地球化学方法对这类矿产特别有效。但依然有些新的难识别矿种或难识别类型矿床,有待于深入研究和找矿技术的突破,如砂岩型铀矿、黑色岩系中铂族元素矿床、稀有分散元素矿床和油田中伴生的金属矿床等。

1 砂岩型铀矿

过去对铀矿的勘查主要是利用放射性方法。放射性方法在铀矿找矿历史中发挥了巨大作用,但放射性方法只适用于寻找出露矿或近地表矿,即使只有几英尺土壤盖层或岩石盖层,该方法就无能为力^[3]。现在世界各国都将找矿方向转向盆地中砂岩型铀矿。而盆地中砂岩型铀矿都为隐伏矿,产于地表以下几十米至几百米深处。因此,发展能用于盆地砂岩铀矿评价的地球化学方法是勘查地球化学面临的重要挑战。

由于表生条件下铀容易氧化为铀酰络阳离子(UO_2^{2+}),因此它在表生作用中异常活跃。而铀酰离子呈硕大半径的哑铃状,不能与任何阳离子类质同项替代,但易于嵌入链状或层状矿物面网中,因此易被粘土矿物、铁的氢氧化物、胶体和有机物等所吸附。表 2 是采自新疆十红滩铀矿上方覆盖物中各种存在形式的铀含量及其所占总铀含量的比例。在新疆吐哈盆地十红滩铀矿上方土壤中发现活动态铀的比例可达 30%~60%,其中位于吸附相中的铀比例最高(17%~40%)。

表 1 1981~2000 年间化探发现各种类型矿产

五年计划	贵金属		有色金属		黑色金属		稀有金属		非金属		能源矿产		合计	
	数目	比例/%	数目	比例/%	数目	比例/%	数目	比例/%	数目	比例/%	数目	比例/%	数目	比例/%
“六五”(1981~1985)	42	37	63	55	1	0.8	2	1.7	6	5.3	0	0	114	100
“七五”(1986~1990)	165	81	30	15	0	0	9	4.4	0	0	0	0	204	100
“八五”(1991~1995)	214	82	46	18	0	0	1	0.8	0	0	0	0	261	100
“九五”(1996~2000)	319	65	167	34	4	0	0	0	0	0	1	0.2	491	100
全部	740	69.2	306	28.6	5	0.5	12	1.1	6	0.6	1	0.1	1070	100

收稿日期:2003-09-10
基金项目:国家“十五”科技攻关项目(2001BA609A03)和地质大调查项目(DKD9904005)

表 2 铀矿上方覆盖物中各种存在形式的铀含量及其所占总铀含量

样品号	$w(B)/10^{-6}$							比例/%					
	WEM	AEM	CM	FMM	M	R	T	w_{WEM}/w_T	w_{AEM}/w_T	w_{CM}/w_T	w_{FMM}/w_T	w_R/w_T	w_M/w_T
SHT34P0	53.8	954.6	381.3	35.5	1425.2	967.3	2392.5	2.3	39.9	15.9	1.5	40.4	59.6
SHT34P1	26.7	407.9	228.4	26.4	689.4	1022.8	1712.2	1.6	23.8	13.3	1.5	59.7	40.3
SHT34P2	14.8	228.7	106.6	9.1	359.1	830.6	1189.7	1.2	19.2	8.9	0.8	69.8	30.2
SHT34P3	20.9	274.2	154.1	24.8	474.0	890.4	1364.4	1.5	20.1	11.3	1.8	65.3	34.8
SHT34P4	18.6	264.7	140.3	22.6	446.1	1037.8	1483.9	1.3	17.8	9.5	1.5	69.9	31.1
SHT34P5	20.9	270.1	151.4	20.1	462.5	933.9	1396.4	1.5	19.4	10.8	1.4	66.9	33.2
SHT32P0	57.8	976.9	378.2	47.7	1460.6	983.7	2444.3	2.4	40.0	15.5	1.9	40.2	59.8
SHT32P1	22.2	331.7	203.4	28.3	585.6	1271.2	1856.8	1.2	17.9	10.9	1.5	68.5	31.6
SHT32P2	14.5	272.2	158.4	26.4	471.4	1112.8	1584.2	0.9	17.2	10.0	1.7	70.2	29.8
SHT32P3	17.6	251.5	154.9	13.9	438.0	974.6	1412.5	1.3	17.8	11.0	1.0	69.0	31.0

注:WEM—水提取铀,AEM—吸附与可交换铀,CM—碳酸盐包裹铀,FMM—铁锰氧化物吸附与包裹铀,M—活动态铀的总量,R—残渣中铀(以稳定形式存在),T—全量铀。

图 1 是采集土壤弱胶结层,筛取细粒级样品(-120 目),利用深穿透地球化学方法的元素活动态提取^[4~7],ICP-MS 分析有效发现 300 m 盖层以下的铀矿体,铀钼组合异常是砂岩型铀矿的最显著标志。

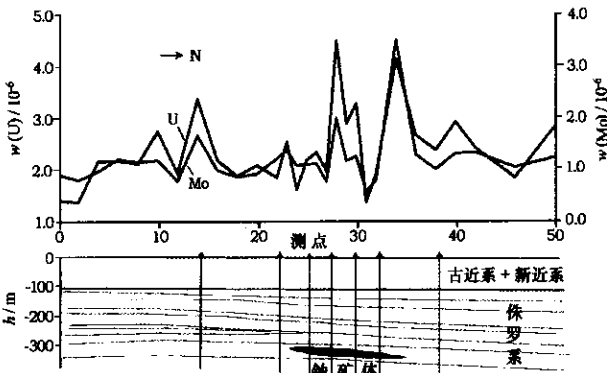


图 1 深穿透地球化学活动态 U、Mo 测量指示的砂岩型铀矿大型砂岩型铀矿分布面积较大,走向延伸可达几十公里,巨量铀的富集过程在周围留下巨大的轨迹,即大规模地球化学异常。这些大规模地球化学异常可以使用超低密度采样方法去圈定^[8~11]。图 2 是使用超低密度深穿透地球化学方法,用于大面积盆地砂岩铀矿的战略评价所获得的结果。吐哈盆地

铀地球化学异常有 2 组地球化学块体构成,一组位于吐鲁番盆地周边,另一组位于哈密盆地。哈密—骆驼圈子和鄯善县南沙山的东南部地球化学异常极具寻找新的大型地浸砂岩型铀矿找矿前景。鉴于在艾丁湖铀地球化学省已发现了十红滩层间氧化带型(地浸型砂岩)铀矿床,因此对上述重要的铀异常应引起充分重视,以期在该区找铀矿上能取得重大突破。这 2 组铀异常都伴有强烈的钼异常,是砂岩型铀矿的典型特征。而位于造山带地区的铀异常与钼异常分布不吻合,异常主要是与花岗岩有关。

从干旱荒漠区的研究我们可以得出:细粒物质可作为盆地砂岩型铀矿地球化学勘查的有效采样介质;铀钼组合异常是砂岩型铀矿的最显著标志;超低密度深穿透地球化学调查可以快速有效地圈定大规模地浸砂岩型铀矿战略靶区;使用 ICP-MS 分析可以快速准确获得以铀为主的多元素分析数据。

2 黑色岩系中铂族元素(PGE)矿床

黑色岩系是指含有机碳(≥1%)和微粒硫化物的暗灰-黑色的硅岩、碳酸盐岩、泥质岩组合的总称,导致岩石呈黑色的原因是:有机碳和细分散硫化物

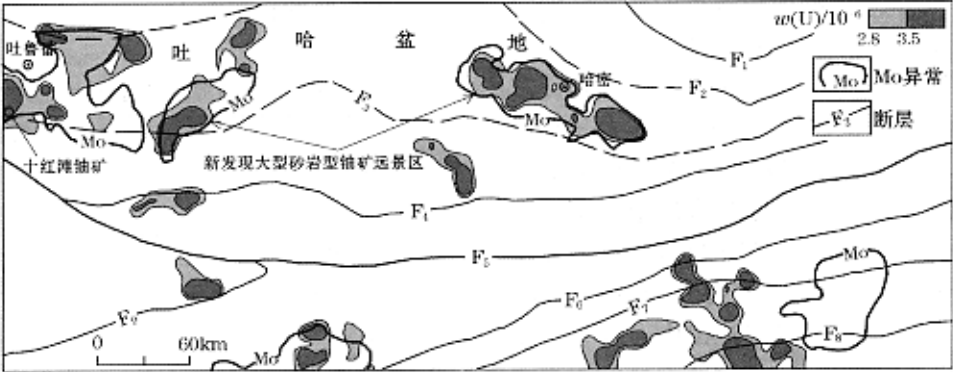


图 2 超低密度深穿透地球化学方法在吐哈盆地所圈定 U-Mo 异常

及其颗粒的超微粒度(纳-微米级)^[12]。黑色岩系中异常富集的有机质与金属元素之间的复杂相互作用是黑色岩系中富含多种金属元素,包括铂族元素、金、银、钒、镍、钼、钴、稀有分散元素、锰等的主要原因,可能构成多种金属矿床,其中不乏超大型矿床的例子,如俄罗斯干谷 PGE-Au 矿床,德国-波兰交界地带 Cu-Au-PGE 矿床,加拿大育空 Nick 盆地 Ni-Zn-Mo-PGE 矿床。我国西南地区有大片黑色岩系分布,并且已经发现巨大的铂族元素地球化学异常(图 3)^[13],但由于黑色岩系中含有大量有机碳和金属呈超微细分散状态,因此难以识别。这类矿床从地球化学勘查角度讲正处于突破的前夜,就像我国 80 年代在微细浸染型金矿一样,在地球化学勘查技术没有突破之前,觉得很难,而一旦技术突破,将变得非常简单。

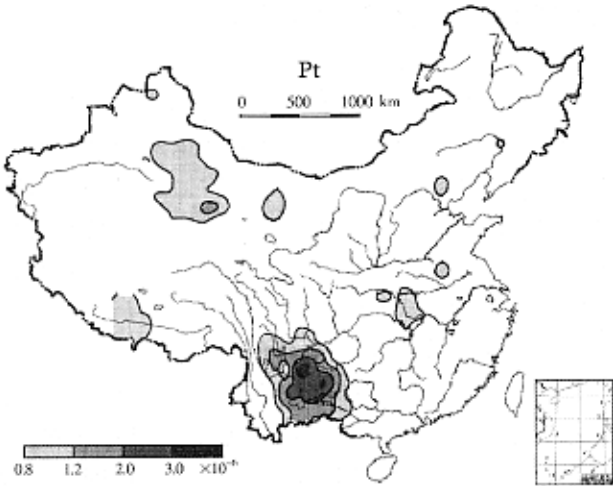


图 3 中国铂地球化学分布

3 油田中伴生的金属矿床

过去由于受到认识的局限,对石油和金属矿的寻找是风马牛不相及的两件事,但现在越来越多的证据显示石油与某些金属矿有着密不可分的关系。在世界很多油田中都发现含有大量金。1994 年,我们对山东全省 16 万 km² 的面积进行的战略性深穿透地球化学调查^[5,6,9,14],在山东省共发现 4 处大规模的金地球化学异常(图 4),分别称之为:胶东异常(I),平邑异常(II),梁山异常(III)和东营—惠民异常(IV)。其中胶东异常是已知大型胶东金矿集区的反映,平邑异常是已知大型归来庄金矿田的反映,而东营—惠民异常恰恰是分布于胜利油田所在位置。胜利油田原油中金的浓度可达 $(0.106 \sim 0.132) \times 10^{-6} \text{ g/t}$ ^[16],据称是我国油田中石油含金量最高的。据胜利油田测井资料,在这一异常南部边缘的一钻孔中 2 400 m 处,有 1×10^{-6} 的金含量。像

这样与石油相伴生的金属,由于面积巨大,尽管含量相对较低,只要开采技术过关,完全可以加以利用。同时可以看出,金的高含量带沿郯庐深大断裂分布,而胶东异常浓集中心和胜利异常浓集中心位于郯庐断裂两侧的次一级构造中,这可能表明胶东金矿中的金与胜利油田中的金具有同源性,郯庐断裂可能是金从地球深部运移的原始通道。

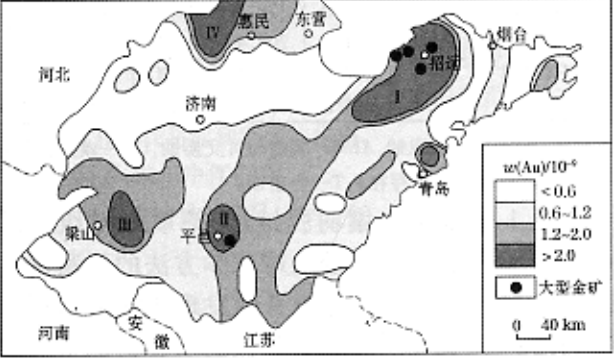


图 4 深穿透地球化学测量发现的金异常

4 稀有稀土分散元素矿床

过去勘查地球化学对稀有稀土分散元素矿床的找矿方法和大面积地球化学填图所做的工作很少,勘查地球化学发挥的作用有限。但随着现代工业对这些元素的大量需求以及环境问题对这些元素的研究兴趣,引起了勘查地球化学研究人员的注意。如中国的区域化探扫面计划所分析的 39 种元素,包括了少数几个这类元素。国际地球化学填图计划和全球地球化学填图计划开始酝酿时,也只包括了少量这类元素,但后来增加到 71 种元素,新增加的元素大部分是这类元素(表 3)。由谢学锦院士所领导的正在进行的地质大调查项目“我国西南 76 种元素编图试点研究”已经在这些难分析元素上取得突破,可以预料在未来 76 种元素的全国地球化学编图的进行和完成,将会为稀有稀土分散元素矿床的发现提供重要的找矿线索。

表 3 新增加的稀有、稀土、分散元素

元素分类	元素	区域化探 扫面增加 的元素	全球地球化学填 图计划 71 种元 素中增加的元素
稀有元素	Li Be Rb Cs Nb Ta Zr Hf Tc	Li Be Nb Zr	Rb Cs Ta Hf
稀土元素	La Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu	La	Ce Pr Nd Pm Sm Eu Gd Tb Dy Ho Er Tm Yb Lu
分散元素	Sr Ba Ga Ge In Tl Se Te	Sr Ba	Ga Ge In Tl Se Te

5 结语

深穿透地球化学方法随着分析技术的进步,得到推广应用,取得了较好的地质效果。今后这种方法在寻找难识别矿种或难识别类型的矿产资源中将会发挥更大的作用。

参考文献:

- [1] 奚小环, 张连. 地质矿产部“八五”期间物探、化探、遥感勘查若干新进展[J]. 物探与化探, 1997, 21(1): 1-5.
- [2] 奚小环. 1999-2001 勘查地球化学·资源与环境[J]. 物探与化探, 2003, 27(1): 1-6.
- [3] Stevens D N, Rouse G E, De Voto R H. Radon²²² in soil gas: three uranium exploration case histories in the western United States[A]. Boyle R W. Geochemical Exploration, Proceedings of the 3rd International Geochemical Exploration Symposium[C]. Toronto: Canadian Institute of Mining and Metallurgy, 1971, 11: 258-264.
- [4] 王学求. 深穿透地球化学[J]. 物探与化探, 1998, 22(3): 166-169.
- [5] Wang Xueqiu. Leaching of mobile forms of metals in overburden: development and applications[J]. J Geochem Explor, 1998, 61: 39-55.
- [6] Wang Xueqiu, Cheng Zhizhong, Lu Yinxiu, et al. Nanoscale metals in earthgas and mobile forms of metals in overburden in wide-spaced regional exploration for giant ore deposits in overburden terranes[J]. J Geochem Explor, 1997, 58(1): 63-72.
- [7] 王学求, 卢荫麻, 程志中, 等. 金属活动态测量的理论与方法[A]. 谢学锦, 邵跃, 王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社, 1999: 125-142.
- [8] 王学求. 寻找和识别大型特大型矿床的勘查地球化学理论与方法[J]. 物探与化探, 1988, 22: 81-89.
- [9] 王学求. 巨型矿床与大型矿集区勘查地球化学[J]. 矿床地质, 2000, 19: 76-87.
- [10] 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: 200-206.
- [11] 王学求, 程志中, 迟清华, 孙宏伟, 2002. 吐哈盆地砂岩型铀矿战略性地球化学调查与评价[J]. 地质与勘探, 2002, 38: 148-151.
- [12] 范德廉, 张涛, 叶杰. 与黑色岩系有关的超大型矿床[A]. 涂光炽, 中国超大型矿床[C]. 北京: 科学出版社, 2000: 204-219.
- [13] 谢学锦, 向运川. 巨型矿床的地球化学预测方法[A]. 谢学锦, 邵跃, 王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社, 1999: 61-91.
- [14] 王学求, 谢学锦. 金的勘查地球化学——理论与方法·战略与战术[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 2000.
- [15] 王学求, 程志中, 刘大文. 中国东部覆盖区地球化学块体的圈定与评价[A]. 谢学锦, 邵跃, 王学求. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[C]. 北京: 地质出版社, 1999: 223-233.
- [16] 林青, 傅家谟, 刘德汉. 油气演化与一些金矿床成因的关系[J]. 地球化学, 1993, 3: 217-226.

GEOCHEMICAL EXPLORATION FOR NEW DIFFICULT-TO-BE-RECOGNIZED TYPES OF MINERAL DEPOSITS

WANG Xue-qiu

(Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang, Hebei 065000, China)

Abstract: Exploration geochemistry has made great successes in the discovery of mineral deposits which are difficult to be recognized. Although splendid achievements have been made, exploration geochemistry is facing new difficult-to-be-recognized types of mineral deposits such as sandstone-type uranium, PGE hosted in black shales, rare and dispersed elements and gold associated with oil basin. This paper briefly describes exploration geochemistry for these 4 new difficult-to-be-recognized types of mineral deposits. Deep-penetrating geochemical methods were used in delineation of sandstone-type uranium deposits in Turpan-Hami Basin, Xinjiang. Large-sized gold anomaly was delineated in Shangli oil field, Shangdong, which probably indicates gold mineralization associated with the oil field. The distribution of Pt in China shows that PGE deposits are likely to be found in black shale sequences of southwestern China. Geochemical mapping with over 70 elements will contribute to the exploration of rare and dispersed elements.

Key words: exploration geochemistry; sandstone-type uranium deposits; PGE hosted in black shales; rare and dispersed elements; gold associated with oil field

作者简介: 王学求(1963-),男,教授级高级工程师,博士,从事勘查地球化学研究工作,公开发表论著数十篇。