

地球化学省及其与成矿关系的探讨*

施俊法¹ 肖庆辉²

(1 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 2 国土资源部信息中心, 北京 100812)

摘要 地球化学省是区域岩石圈演化过程中形成的, 是具有共同成因的、一定规模的地质单元的地球化学表现。地球化学省及其边界与地质构造单元密切相关。地球化学省是客观存在的, 不会因所采用的圈定地球化学省的方法的变化而变化。从本质上来说, 地球化学省不应依靠某个元素异常下限圈出的异常范围来确定, 而应结合构造-地质边界来确定; 它首先应从若干组元素具有同样性质的组合-分布关系上分析, 而不宜用一种元素的分布来定义。地球化学省与成矿省的关系是十分复杂的, 既取决于元素的地球化学性质, 又取决于成矿作用的富集程度。壳-幔物质组成虽不是矿床形成的决定性因素, 但是矿床形成的必要条件。

关键词 地球化学省 成矿作用

1 地球化学省的概念及其演变

俄罗斯地球化学家别乌斯等(转引自赵伦山等, 1988)将地球化学省理解为“具有共同地质和地球化学演化特征的构造单元, 它们表现为具有共同的地质体组合, 并且通过内生和外生作用所形成的矿床和所浓集的元素组合也具有共同性”。

别乌斯和格里戈良(转引自赵伦山等, 1988)将地球化学省定义为“一片大规模的地壳单元具有共同的地质和地球化学演化特征, 表现为地质体具有共同的化学组成, 以及共同的内外生金属元素和非金属元素的富集”。

20世纪70年代, 一些研究者通过对洋岛玄武岩(OIB)和洋中脊玄武岩(IAB)的钽、铽、铅同位素研究, 发现这些岩石之间存在明显差异, 并提出了地幔垂向不均一性模型。随着观测资料的增多, 人们逐渐认识到地幔不仅存在垂向不均一性, 而且还存在横向不均一性, 并使用同位素进行填图, 圈定出同位素地球化学省。例如, 张理刚对中国大陆大量花岗岩长石的铅同位素进行研究, 发现不同块体上同时代花岗岩长石铅同位素存在着非常明显的差异。据此, 张理刚(1993)提出了中国铅同位素构造省的划分。在这些工作的基础上, 朱炳泉(2001)编制了中国大陆大尺度铅同位素矢量填图, 确定了中国大陆主要的地球化学省和地球化学急变带(边界)。朱炳泉(2001)在他的《地球化学省和地球化学急变带》专著中, 虽然没有明确定义地球化学省, 但他指出地球化学省的划分可以是综合的区域地球化学指标, 也可以是单一特征的地球化学指标。他同时明确指出, “划分地球化学省的指标一般不是以水系或表土化探资料建立的化探异常图为基础, 也不是以地表岩石组合的化学成分分布为基础(一般只作参考资料), 而是以能综合反映岩石圈构造和化学演化, 并记录反映在现在状态中的地球化学资料为基础进行三维到四维空间的填图”。

Rose等在1979年(Rose et al., 1979)的《矿产勘查地球化学》专著中, 将地球化学省定义为“地球化学省是地壳的一个相对大的块段, 其化学成分同地壳平均成分有明显差别”。

Boviken等(1990)将地球化学省定义为“使用特定的分析技术, 对特定的样品类型, 所获得的元

*本文为“国外大陆重要成矿区(带)地质环境和成矿规律调查研究”的部分成果

第一作者简介 施俊法, 男, 1964年生, 博士, 研究员。主要从事地质科技发展战略研究。

素或元素组合的区域空间 ($>100 \text{ km}^2$) 的异常分布”, 他以北欧地球化学资料为例, 圈出 Au、Cu、Ni 等元素的地球化学省。

谢学锦等 (Xie et al., 1993) 发表了一篇题为“地球化学模式从局部到全球”的文章, 他根据中国区域地球化学填图的经验, 对地球化学异常模式进行了定量划分, 其划分标准如下:

局部异常: $0.n \sim n \text{ km}^2$

区域异常: $n \times 10 \times 100 \text{ km}^2$

地球化学省: $n \times 1000 \times 10\ 000 \text{ km}^2$

地球化学巨省: $n \times 100\ 000 \times 1\ 000\ 000 \text{ km}^2$

谢学锦等在该文中还提出了一个重要观点, 往往大一级地球化学模式套合着小一级的地球化学模式, 这种关系被称作“套合地球化学模式谱系”, 它是指一系列由高到低多层套合异常组成的地球化学异常分布模式, 局部异常被区域异常所包裹, 而区域异常被更大规模的地球化学省所包裹。谢学锦 (1996) 还将地球化学省以及更大范围的地球化学异常, 统称为地球化学块体。

成杭新等 (1999) 根据全中国 526 个泛滥平原沉积物样品的 Pt、Pd 含量分布, 圈出云南—贵州, 新疆—甘肃、西藏 3 个 Pt、Pd 地球化学省, 这个结果引起了国内同行的极大关注。

特别需要指出的是, 无论是别乌斯等 (1975)、别乌斯等 (1977), 还是朱炳泉等 (2001) 对地球化学省的定义, 都将地球化学省与一定的大地构造单元联系起来, 强调区域岩石圈化学组成是地球化学省的表现形式。地球化学省是区域岩石圈横向不均匀分布的结果, 它既可能由上地幔引起, 也可能由地壳中元素不均匀分布引起。他们没有给出地球化学省的规模, 只能做一些定性的推测, 例如, 从全球规模看, 大陆和大洋盆地就是具有明显不同成分的地球化学省; 而较小的地球化学省常常是由于陆壳原始差异或者后来的大规模岩浆活动和沉积作用所产生的特殊地质建造而存在于大陆内部。

Rose 等 (1979)、Boviken 等 (1990)、谢学锦等 (Xie et al., 1993) 等对地球化学省的理解主要基于大规模的区域地球化学测量结果, 实际上他们主要是基于水系沉积物地球化学测量数据, 以元素在地表的地球化学富集程度来确定地球化学省的范围, 更强调元素表生地球化学特征, 依据地球化学异常规模定量地表征地球化学省。近年来, 谢学锦提出用深穿透地球化学方法圈定地球化学块体, 实际上实践了用其他地球化学方法圈定地球化学省的可能性, 同时也扩展了地球化学省的概念。

显然, 目前对于地球化学省还没有统一的定义, 不同研究者对于地球化学省的概念理解有所不同, 但对于地球化学省的概念及其反映的本质, 应该是清楚的。笔者原则上赞成别乌斯等的提法, 因为它较全面地揭示了地球化学省的本质, 具有普遍性。但以下几个方面值得注意:

(1) 地球化学省是客观存在的。地球化学省是区域岩石圈演化过程中造成的, 具有共同成因的、一定规模的地质单元的地球化学表现。它与地质体是一个本体, 也就是说, 地球化学省是客观存在的, 不会因你所采用的圈定地球化学省的方法的变化而变化。

(2) 地球化学省及其边界与地质构造单元密切相关。从本质上来说, 地球化学省不应依靠某个异常下限圈出的异常范围来确定, 而应结合构造-地质边界来确定; 从地球化学上来看, 它首先应从若干组元素具有同样性质的组合-分布关系上分析, 而不宜用一种元素的分布来定义。地球化学省的边界可依其共生元素组合-分布区的界线来划分。如果没有组合-分布的概念, 便可能忽视地质作用过程, 无法使化探资料与地质演变结合起来。朱炳泉认为化探异常一般不能用于地球化学省的圈定, 实际上他已考虑到地球化学省 (块体) 的厚度及其三维空间的变化。对地球化学省 (场) 的理解和解释, 应主动地揭示地质作用的本质, 修正和深化地质认识。

(3) 地球化学场的级次与地球化学省。地球化学普查的真正学科基础, 是关于存在着成矿系统的自然分级的系统论的概念。与此相应, 地球化学场也稳定地组织成在空间和统计上有序的、有规律的多级结构。不同级次的地球化学场是客观存在的, 地球化学省只是不同级次地球化学场的一种表现形式之一。与不同级次成矿客体相应, 不同级次地球化学场可以划分为地球化学省、区域地球化学异常、矿田地球化学异常、矿床地球化学异常。目前, 对于不同级次地球化学异常的划分还缺乏定量化的依据。通过对不同级次地球化学异常的研究, 可以加深对地球化学省的认识。

2 地球化学省与成矿省的关系及其影响因素

在矿产资源远景评价中，人们通常认为在地球化学场高背景区找到矿床的概率要大于低背景的地区。这种观点虽然没有太多的理论依据，但在勘查者的头脑里是根深蒂固的，常常成为人们进行矿产勘查的指导思想。其原因是，在一个具体的地区，开展区域性地球化学普查工作时，人们总希望通过地球化学调查发现地球化学异常，进而对异常进行查证而发现矿床。在这个过程中，人们总是优先选择那些异常值高、异常面积大、元素组合齐全的正常进行评价。这种做法屡屡得手，尤其是在工作程度较低的地区，久而久之，人们在找矿时总是把精力集中在高背景地区。近年来，大量实践证明，矿床并非总是产在高背景区。所以，人们不得不重新审视地球化学省的特点，重新认识地球化学省与成矿省的关系，以期对研究区的成矿远景作出准确的判断。

成矿省与地球化学省的关系可以概括为 3 种情形：①地球化学省与成矿省重叠和耦合，此时大多数已知矿床都落在地球化学省内；②在地球化学省内没有出现成矿省，虽然成矿元素出现了大面积的高含量，但以分散矿化为特征，未能形成矿床，或者只产出个别矿床；③在没有出现地球化学省的地方，形成了成矿省，出现一些规模较小的矿床。显然，成矿省和地球化学省的关系是十分复杂的，不是简单的一一对应关系，加上受地质工作、勘查程度等的限制，使它们之间的关系更加复杂。

关于地球化学省与成矿省的关系，张本仁（1999）曾从地球化学的角度分析了成矿作用的本质，进而指出成矿省与地球化学省的关系。他认为成矿不是成矿元素的合成和堆积，而是元素在岩石圈（包括直接与地壳进行物质交换的软流圈）中从原始分散状态，通过各类地质作用及其中所包含的导致元素再分配（分散与富集）的机制逐步浓集，最终在地壳局部地段达到当前工业可利用的浓度水平（矿石）的过程。这一过程十分类似于矿石经选矿、浓集、提纯到金属的过程。选冶成功与否，一靠矿石质量、金属品位，二靠选冶工艺流程提纯浓集元素的效率。据此，张本仁认为控矿因素也分为两类：一类为金属元素在岩石圈和中间成矿体系（诸如含矿岩浆、热液、矿源层等）的原始浓度，另一类为各类地质作用及寓于其中的化学、物理和生物化学过程浓集金属元素的能力或效率。前一类是成矿的必要条件，岩石圈与中间系统中金属元素的初始浓度较高，当然对成矿有利，但它必须继续浓集才能成矿，所以显然不是成矿的决定因素。后一类因素是成矿的充分条件，如果一种地质作用浓集元素的能力非常强，即使在壳幔中元素丰度较低的地区也能导致成矿。显然，这两个条件的完全耦合，有利于形成大型矿集区，同时也有利于大型矿床的形成。

根据当前国内外对地球化学省的理解，这里着重分析影响地球化学省与成矿省关系的因素，进而说明地球化学省在矿产资源远景评价中的应用。

2.1 元素地球化学性质

前苏联地球化学家屠加林诺夫（转引自赵伦山等，1988）以历史地球化学的观点为指导，对比研究各时代的沉积地层与矿床的地球化学资料，发现各种内生金属矿床在地壳中出现之前，总是存在富集这些金属元素的某些沉积岩或者直接存在这些元素的沉积型矿床。据此他提出，在多数情况下，内生金属矿床的形成同该金属元素通过沉积过程在某些潜在含矿层位中的预富集有关，这些潜在含矿层位在后来的区域变质作用、交代作用或岩浆热液活动的影响下，通过渗透于这些地层中的溶液，使分散态的金属活化，进一步浓集成矿。

Skinner（1979）认为，地壳丰度高于 10×10^{-6} 的元素（如 Cu、Pb、Zn 和 Ba），其热液矿床的形成无需预富集。成矿最主要的因素是水文因素，成矿溶液经萃取后，即可沉积足够量的金属。另一方面，其地壳丰度低于 10×10^{-6} 的“稀有”元素，如 Sn、Ag 和 Hg，被认为在萃取形成矿床之前需要预富集。

需要指出的是，一旦元素在空间上预富集到一定的规模，便构成了地球化学省，因此，这里所指的是否需预富集，实际上说明了这些元素的矿床通常需要产在地球化学省内。由此可见，不是所有元素的成矿作用都需要预富集，一些元素可以直接成矿。对于另外一些元素来说，在形成矿床之前，先形成广泛的富集层（地球化学省）也只是成矿的必备条件。

Plant (1990) 利用以水系沉积物为基础的地球化学资料, 对英格兰西南部的 Sn-U 成矿省、奔宁山南部以沉积岩为主岩的 Pb-Zn-Ba-F 矿床, 以及苏格兰达拉德金矿床为例, 阐述了地球化学省对元素成矿作用的重要性, 并证实了 Skinner (1979) 的观点。Plant 还提出, 地壳储集层(地球化学省)的存在并不一定指示成矿省的存在, 例如, 构造和水文因素可成为矿床成因的决定因素, 特别是赋存在沉积物中的金属矿床更是如此。因此, 区域地球化学数据与其他空间数据相结合, 将会改进对成矿省的预测效果。

巧合的是, 谢学锦 (1999) 在对 W、Au、Pt、Pd、Cu 的地球化学块体进行研究时发现, W、Au、Pt、Pd 等元素的地球化学块体与大型特大型矿床耦合得较好, 也就是说, 这些元素的大型矿床都落在大多数地球化学块体(省)内。但是, 对于 Cu 来说, 情况完全不同。地球化学块体与大型特大型铜矿床的耦合不好, 尤其是在中国西部地区, 在西藏玉龙铜矿周围, 并没有出现地球化学省。谢学锦等认为, 这是由于不同岩石中铜丰度变化较大, 导致在全国范围内无法采用统一的阈值来圈定地球化学块体, 如在碳酸盐岩中铜的丰度仅为 $4 \mu\text{g/g}$, 而辉长岩中却高达 $58 \mu\text{g/g}$, 从而导致岩性异常与成矿作用的异常叠加。也许这是原因之一, 但更可能像 Skinner 的观点中所指出的那样, 像铜这样的元素无需预富集, 也就是说不需要形成矿源层, 因此, 铜矿床未必产在地球化学省内。类似地, 据张本仁 (1999) 资料, 东秦岭范围内的华北地台南缘壳幔中的 Pb、Zn 均较高, 但华北地台北缘迄今尚无重要 Pb、Zn 矿床, 这说明 Pb、Zn 的地球化学省内, 并无重要的 Pb、Zn 矿床产出。

澳大利亚地质调查局的 Jaques (2001) 对全澳境内的 Au、Fe、Cu、Ni、Pb、Zn、U 等矿床空间密度分布进行了系统研究。这项研究最初的目的是想了解超大型矿床与矿床密集区的关系。结果表明, 在大多数已知的矿点高密度区, 含有 1~2 个世界级金属矿床, 但并非所有超大型矿床都落在已知矿点密度最高的地区, 例如, 奥林匹克坝矿床。最值得注意的是, 世界级金矿床大多数落在已知矿集区内, 但世界级的铅锌矿床分布就不那么明显了。例如, 在澳大利亚北部的 Carpentaria-芒特艾萨铅锌矿带中, 矿床密集区的分布就不那么明显, 尽管那里产有 7 个赋存于沉积岩中的世界级元古宙贱金属矿床(麦克阿瑟河、世纪、希尔顿、芒特艾萨、坎宁顿)。这种现象在某种程度上说明, 金需要多次富集, 才能形成大型矿床, 同时也产生一系列小矿床(点); 而 Pb、Zn 可能一次成矿作用便可以形成超大型矿床。

由此可见, Skinner (1979) 认为, 地壳丰度高于 10×10^{-6} 的元素(如 Cu、Pb、Zn 和 Ba), 其热液矿床的形成无需预富集, 这个观点对于阐明地球化学省与成矿省的关系具有十分重要的意义。

2.2 壳-幔化学组成

按照地球化学省的概念, 可以认为某种元素在区域地壳或地幔中异常富集, 都构成了该元素的地球化学省。例如, 张本仁 (1999) 给出东秦岭范围内的华北地台南缘和扬子地台北缘地壳及上地幔中的元素丰度。需要指出的是, 对于地幔中元素的丰度, 不是简单地依据区域化探资料求得, 而是依据区内残留的地幔岩石-基性超基性岩的化学组成, 并应用林伍德地幔岩模型估算上地幔的化学组成。由下表可以看出, 华北地台南缘幔壳富 Mo、Pb、Zn, 而强烈亏损 Cu, 上地幔的 Au 丰度也明显高于扬子地台北缘上地幔, 因此本区应为富 Mo、Pb、Zn、Au 和贫 Cu 的地球化学省。扬子地台北缘幔壳以明显富 Cu、Pb, 略富 Zn 和 Mo 为特征, 应为 Cu、Pb、(Zn)、(Mo) 地球化学省。

壳-幔物质组成虽不是矿床形成的决定因素, 但是矿床形成的必要条件。这就是人们常说的“巧妇难为无米之炊”, 成矿物质来源是成矿作用的基础。据此, 张本仁认为, 金属成矿省和重要金属矿带多与富集该元素组的地球化学省相吻合, 区域上地幔中明显富集和亏损的元素常能反映区域中的优势矿产与劣势矿产。例如, 东秦岭范围内的华北地台南缘, 是中国超大型 Mo 矿带和中国重要的 Au 矿带之一, 但至今尚未发现具有规模的 Cu 矿床。

特别需要指出的是, 20 世纪 80 年代以前, 因分析技术的落后, 难以准确地测定金含量, 从而使金含量比本身数值偏高。表 1 中给出了中国东秦岭及全球的地壳、上地幔的金丰度, 仅供参考。

在同一个金属成矿省内不同时代的矿床, 有的可能是地壳中较老的成矿物质经后期地质作用再活化、富集而成的; 也有的矿床不是直接来自古老基底, 而是来源于深部, 例如, 下地壳或上地幔。这两种情况都说明, 在一个具体的地区, 由于地球化学省可能提供充足的成矿物质来源, 因此, 不同时代都可能产出同一种矿产, 但由于不同时代地质作用的不同, 可能产出不同类型的矿床, 因而不同时代的成

表 1 中国东秦岭区域及全球地壳、上地幔金属元素丰度 (张本仁等, 1999)

构造单元	结构层	$w_B/10^{-6}$					$w_{Au}/10^{-9}$	地球化学省
		Cu	Pb	Zn	Mo	W		
华北南缘 (SNC)	上地壳	16	24	58	1.3	0.57	0.6	富 Mo、Pb、Zn、Au 和贫 Cu
	下地壳	20	16	55	1.7	0.74	0.4	
	上地幔	12	7	79	1.3	0.3	2.6	
北秦岭 (NQ)	上地壳	25	39	61	0.6	0.7	0.8	
	地壳	30	30	64	0.6	0.6	1.0	
南秦岭 (SQ)	上地壳	23	20	62	0.7	0.8	1.3	Pb, Zn
	地壳	31	18	63	0.7	0.6	1.1	
扬子北缘 (NYC)	上地壳	21	20	56	0.58	0.58	0.7	Cu, Pb, (Zn), (Mo)
	下地壳	7	16	60	0.68	0.34	0.7	
	上地幔	60	15	66	1.1	0.06	0.72	
全球	地壳	75	8	80	1.0	1.0	3.0	Taylor et al., 1985
	上地幔	40	2.1	60	0.6	0.3	5.0	黎彤, 1976

矿作用具有继承性。最为典型的实例是, 川滇地区“四代同堂”的铜矿床序列, 简称“四层楼”铜矿模式 (黎功举, 1991), 即从基底大红山群与细碧角斑岩建造有关的大红山式火山喷气 (流) 热液-沉积变质铜 (铁) 矿床, 继之为陆源碎屑 (含火山碎屑)-碳酸盐岩建造有关的沉积-喷气东川式铜 (铁) 矿床, 再晚是在陆表海中形成的同生沉积-改造砂砾岩及白云岩型铜矿 (滥泥坪式) 和地洼区陆相岩层中形成的成岩后生-热卤水砂 (页) 岩型铜矿床 (滇中式)。这不是简单的“四代同堂”, 成矿作用不仅具有继承性, 而且具有新生性和多旋回的特点。

2.3 区域勘查程度、成矿物质的来源

对于一个地区来说, 勘查程度不应该影响成矿省和地球化学省的客观存在, 但由于区域矿产勘查程度在很大程度上影响着对一个地区成矿省的认识, 因为只有找到一系列矿床后, 才能确定成矿省的存在。当前, 在国内外通常以区域性的水系沉积物地球化学测量结果, 来圈定地球化学省 (或块体)。在一个地区, 如果矿床埋藏较深, 地表地球化学异常可能不明显, 甚至连地球化学省都表现不明显, 但决不能因此否定地球化学省的存在。例如, 在一些厚盖区, 用传统的化探未能圈出地球化学块体, 用深穿透的地球化学方法却圈出大面积的地球化学块体, 因此, 不能说该区因用传统的地球化学方法未能圈定地球化学块体就否认该区地球化学省的存在。同样, 如果成矿物质来源于深部富含成矿元素的上地幔, 而不是来自周围的岩石, 这也很难用传统的区域化探方法圈定出地球化学省。

3 结 论

(1) 地球化学省是区域岩石圈演化过程中造成的, 具有共同成因的、一定规模的地质单元的地球化学表现。地球化学省是客观存在的。不会因所采用的圈定地球化学省的方法的变化而变化。

(2) 地球化学省及其边界与地质构造单元密切相关。从本质上来说, 地球化学省不应依靠某个异常下限圈出的异常范围来确定, 而应结合构造-地质边界来确定; 从地球化学上来看, 它首先应从若干组元素具有同样性质的组合-分布关系上分析, 而不宜用一种元素的分布来定义。

(3) 地球化学省与成矿省的关系是十分复杂的, 不是简单的一一对应关系。地壳丰度高于 10^{-6} 的元素 (如 Cu、Pb、Zn 和 Ba) 的热液矿床形成无需预富集, 即不需要形成地球化学省。对于地壳丰度低于 10^{-9} 的“稀有”元素, 如 Sn、Ag 和 Hg, 在萃取形成矿床之前需要预富集, 即形成地球化学省。壳-幔物质组成虽不是矿床形成的决定因素, 但是矿床形成的必要条件。

参考文献

- 成杭新, 谢学锦, 严光生, 等. 1999. 中国泛滥平原沉积物中铂、钯丰度值及地球化学省的初步研究[J]. 地球化学, 27(2): 101~107.
- 黎功举. 1991. 地壳演化与成矿作用——以川滇注系“四层楼”铜矿床序列为例[J]. 矿产与地质, 5: 145~150.
- 谢学锦, 向运川. 1999. 巨型矿床的地球化学预测方法[A]. 见: 谢学锦, 邵跃, 王学求, 主编. 《走向 21 世纪矿产勘查地球化学》[C]. 北京: 地质出版社. 3~11.
- 张本仁. 1999. 地壳演化与成矿——以秦岭为例[A]. 见: 陈毓川, 主编. 当代矿产资源勘查评价的理论与方法[C]. 北京: 地震出版社. 64~73.
- 张理刚, 王可法, 陈振胜, 等. 1993. 中国东部中生代花岗岩长石铅同位素组成与铅同位素省划分[J]. 科学通报, 38(3): 254~257.
- 赵伦山, 张本仁. 1988. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社.
- 朱炳泉. 2001. 地球化学省与地球化学急变带[M]. 北京: 科学出版社.
- Boviken B, Kullerud and Loucks R R. 1990. Geochemical and metallogenic provinces; a discussion initiated by results from geochemical mapping across northern Fennoscandia[J]. J. Geochemical Exploration, 39(1/2): 49~90.
- Clemens R and Victor M. 2001. Metallogenic provinces, geochemical provinces and regional geology——what causes large-scale patterns in low density geochemical maps of the C-horizon of podzols in Arctic Europe[J]? Applied Geochemistry, 16: 963~983.
- Jaques A L, Evans N and Jaireth S. 2001. A mineral system approach to mapping Australia's endowment[J]. AGSO Research Letter., 34:10~14.
- Plant J A, Breward N, Simpson P R, et al. 1990. Regional geochemistry and the identification of metallogenic provinces; examples from lead-zinc-barium, tin-uranium and gold deposits[J]. J. Geochemical Exploration, 39(1/2): 195~224.
- Rose A W, Hawkes H E and Webb J S. 1979. Geochemistry in mineral exploration[M]. 2nd Edition. London: Academic Press.
- Skinner. 1979. The many origins of hydrothermal mineral deposits[A]. In: Barnes H L, ed. Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits[C]. New York: John Wiley and Sons.
- Xie X J and Yin B C. 1993. Geochemical pattern from local to global[J]. Journal of Geochemical Exploration, 47: 109~129.

Tentative Discussion on Geochemical Province in Relation to Metallogeny

Shi Junfa¹ and Xiao Qinghui²

(1. Center of Research & Development, China Geological Survey, Beijing 100037, China;

2 Information Center of the Ministry of Land & Resources, Beijing 100812, China)

Abstract

The geochemical province, formed in the course of regional lithospheric evolution, is characterized by geological units with common origin and certain sizes. The geochemical province and its boundary are closely related to the geotectonic unit. Geochemical provinces exist objectively, and will not change with the change of delineation methods. Essentially, the geochemical province should not be determined by anomaly threshold of an element, but should be established in connection with tectonic-geological boundaries. The geochemical province should be studied by association-distribution relationship between several groups of chemical elements with similar properties. The relationship between geochemical and metallogenic provinces is very complicated, and depends on both chemical properties of chemical elements and degrees of ore enrichment. Although substance derived from the crust-mantle is not a decisive factor for the ore-forming event, it is an indispensable prerequisite for the ore-forming process.

Key words: geochemical province, metallogeny