

地球化学块体的概念及其研究意义

刘 大 文

(国土资源部 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 地球化学块体是地球上某种或某些元素高含量的巨大岩块, 它们是地球从形成与演化至今不均匀性的总显示, 为大型至巨型矿床的形成提供了必要的物质供应条件。应用勘查地球化学的方法手段, 从元素的角度能够将这些地球化学块体勾绘出来, 从中得到这种巨大的地球化学块体能够为大型巨型矿床的形成提供其所必需的足够的物质供应量的新认识。通过对全国区域化探扫面计划(RGMR)所覆盖的全国 600 多万 km² 的国土面积上获得的高质量海量元素分析数据的综合研究, 发现了比传统意义的分散晕分散流更为宽广的地球化学模式: 区域异常、地球化学省、地球化学巨省和地球化学域。这种更为宽广的所谓套合着的地球化学模式谱系实际上是地球上富含各种金属的巨大岩块的内部结构特征在地表的表现, 而追索某元素地球化学块体的内部结构则可揭示该元素在地球化学块体中逐步浓集成矿的轨迹。依此思路发展了一整套的矿产勘查新战略: 迅速掌握全局, 逐步缩小靶区, 并应用于国土资源大调查的项目中。尽管地球化学块体的理论与方法学研究尚在初期阶段, 但这一概念改变了建立在点源分散模式上的勘查地球化学的基本原理, 也为矿床学、成矿学与大地构造学研究开拓了眼界, 并提供了新的研究思路。

关键词: 勘查地球化学; 地球化学块体; 地球化学分布模式; 矿产勘查; 大型巨型矿床

中图分类号: P596

文献标识码: A

0 引 言

地球化学块体概念的提出与发展经过了 20 余年的酝酿过程, 谢学锦院士在 1995 年第 5 期的《科学中国人》的那篇《用新观念与新技术寻找巨型矿床》的文章中^[1]及 1994 年在加拿大 Kingston 皇后大学巨型矿床第二届学术会议上所作的报告^[2]中首次明确提出了地球化学块体的概念。在文中他对许多地质学家一直努力却无法解决的问题, 即无法从成矿过程、成矿环境和成矿条件来辨认巨型矿床与一般矿床的差异这一难题, 提出了自己独到的见解, 即巨型矿床与一般矿床只在成矿金属供应量上存在差异。这种巨大的成矿金属供应量可以由地壳中“存在着特别富含某种或某些金属的地球化学块体”表现出来, 从而可以从把握“地球化学块体”这一物质前提出发来把握巨型矿床的寻找。

此后几年, 地球化学块体的概念不断完善, 其内涵已经超出了最初定义, 而且地球化学块体的方法技术也不断发展, 并实际应用到中国地质调查局新

一轮的地质大调查的项目中。

1 地球化学块体概念提出的背景

最近 10 多年来, 由于世界矿业界的萧条, 以及经济利益的驱动, 巨型矿床的寻找成为世界矿产勘查界追逐的焦点。那么如何来区分巨型矿床与一般矿床呢? 1992 年和 1994 年在加拿大 Kingston 的皇后大学连续召开了两届巨型矿床会议, 地质学家们试图建立辨认巨型矿床的形成过程和产出环境在特征上与其他大多数的普通矿床有明显的差异的准则, 然而这种努力的结果并不令人鼓舞^[3, 4]。大家公认的但却无法解释的现象是, 单个矿床种类所展示的矿床储量规模的变化范围非常大, 而且普遍看到在地质条件相似, 勘查程度相等的地区, 产出的矿床储量相差却极为悬殊^[5], 大家广泛引证而困惑不解的例子是在北美与南美的科迪勒拉造山带上分布的巨型斑岩铜矿床从南到北极不均匀, 但成矿条件和成矿过程并无显著差异(图 1)。谢学锦院士在 1994 年巨型矿床会议上做了“巨型矿床的地表地球化学

收稿日期: 2002-01-08; 接受日期: 2002-07-04

基金项目: 国家重点基础研究项目(G1999043217); 国家攀登 B-85-34

作者简介: 刘 大 文(1968-), 男, 高级工程师, 勘查地球化学专业。E-Mail: dawen@heinfo.net

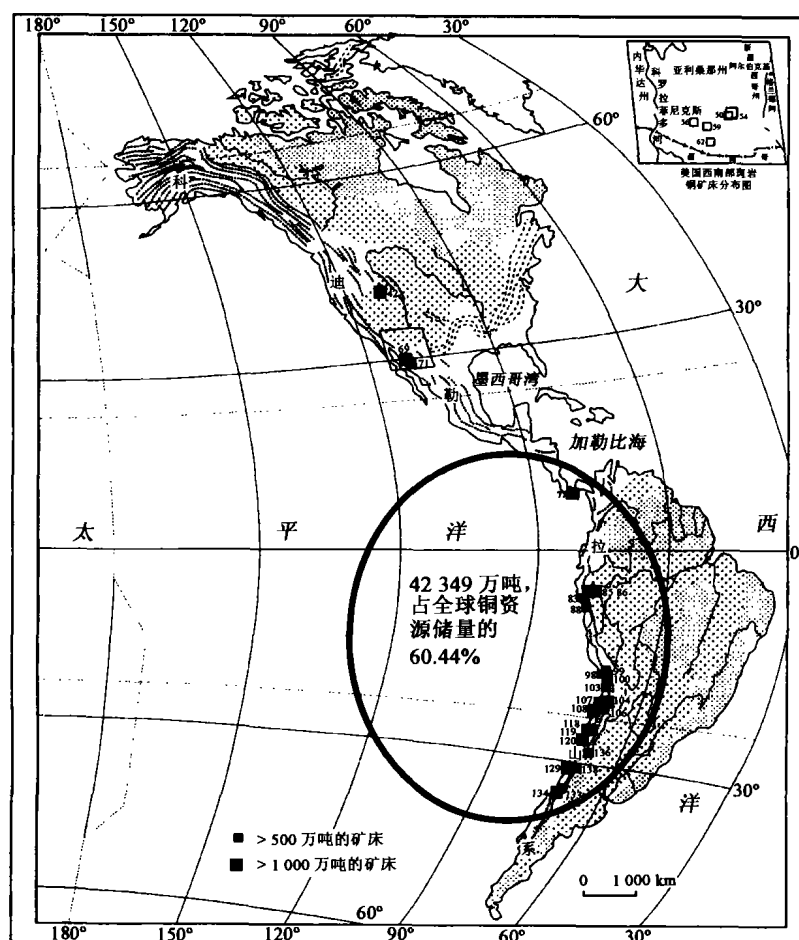


图 1 科迪勒拉 - 安第斯山系中巨型斑岩铜矿分布图

Fig. 1 Distribution of giant porphyry copper in Cedillera-Andes

转引自张立生¹⁾。

显示”(The Surficial Geochemical Expressions of Giant Ore Deposits)^[2]的报告,第一次以大量的数据事实从物质供应量的角度来探讨巨型矿床与普通矿床存在的差异之处,而这些大量的事实应归功于中国实施了 20 多年的区域化探全国扫面计划。

中国从 1978 年开始实施《区域化探全国扫面计划》(RGNR),迄今已经进行 20 多年^[6],而且当前仍然在进行当中,目前 RGNR 计划所覆盖的面积占中国整个陆地面积的 2/3,即目前所覆盖的面积为 640 万 km²²⁾。1992 年谢学锦院士在仍旧没有什么经费支持的条件下,通过指导尹冰川的硕士论文,摒弃一幅图一幅图地进行研究或对更大范围的区域性异常进行比较研究的传统思路,而用综观全局的新思路将全国取得的数据置于一起观察,这就产生了

套合的地球化学模式谱系的新概念,这一新概念突破了勘查地球化学从其诞生之日起就局限在研究局部的分散晕与分散流的框架,指出自然界存在着更为宽阔的地球化学模式,将这些宽阔的地球化学模式按规模进行分类,从 1 000 ~ 10 000 km² 的地球化学省、10 000 ~ 100 000 km² 的地球化学巨省,到 100 000 ~ 1 000 000 km² 的地球化学域。而且看到中国的巨型钨矿几乎全部集中在华南范围达 72 万 km² 的巨大的地球化学域中(图 2),1991 年在美国 Reno 举行的第 15 届国际化探大会上宣读了“地球化学模式从局部到全球”的论文,该文发表于 1993 年的《Journal of Geochemical Exploration》^[7],并被评阅此文的科学家誉为勘查地球化学发展的里程碑。

在 1995 年的《用新观念与新技术寻找巨型矿床》一文中,谢学锦院士将这种钨的巨大的地球化学域给定了 200 m 的厚度,称为地球化学块体,这种地球化学块体表明了地壳中的金属分布极不均匀。那

1) 张立生,科迪勒拉山系中的铜矿资源(内部资料),2000。

2) 中国地质调查局,地质调查进展与成果年报(2001)(内部资料),2002。

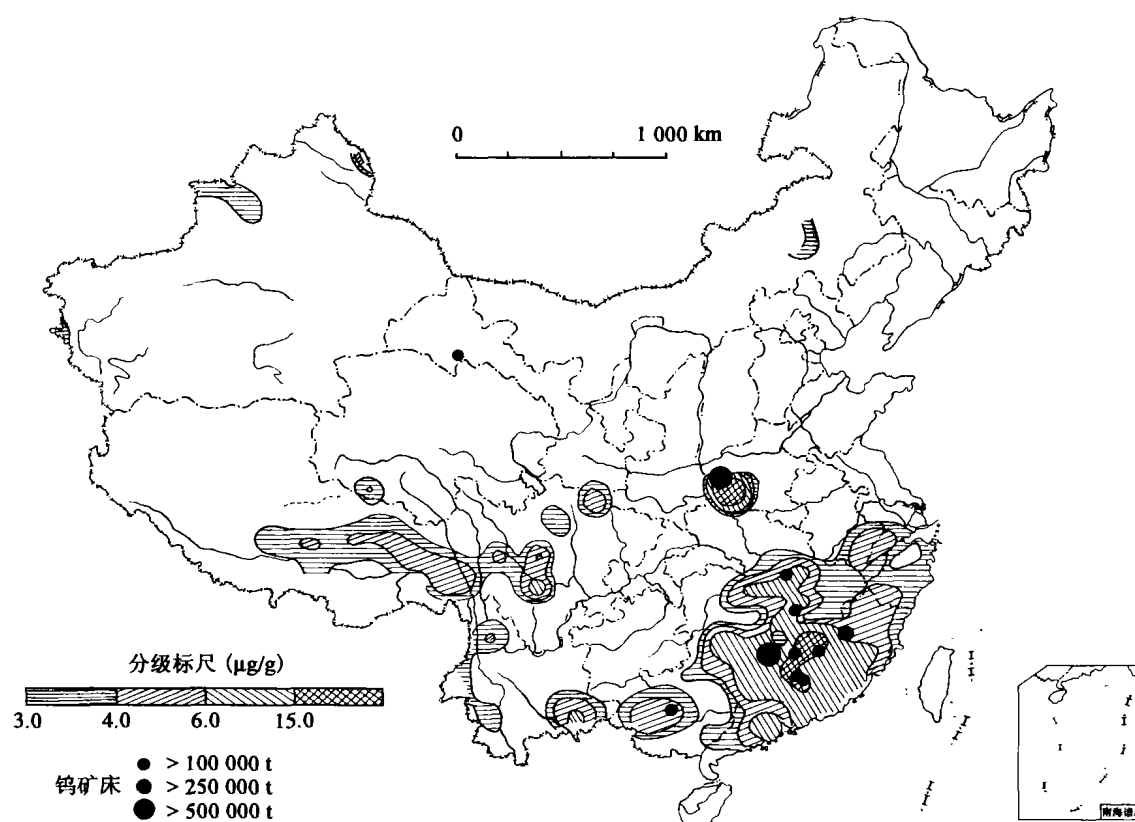


图 2 中国钨的地球化学块体分布图

Fig. 2 Geochemical blocks of W in China

据文献[7]重新绘制。底图根据中国地图出版社 1989 年出版的《1:4000000 中华人民共和国地形图》绘制[GS(1998)176 号]。

么,假定给出岩块的厚度(譬如 1 000 m),我们就能够计算出整个岩块中金属的供应量,通过剖析它的内部结构就能够追踪金属聚集形成矿床的轨迹。我们给这样的巨大岩块定义为“地球化学块体”,假定厚度为 1 000 m,那么华南钨的地球化学块体的钨的金属量共计有 13 亿吨,在全世界这种富集钨的地球化学块体可能是少有的。“这样大的钨的供应量通过反复各种地质过程的逐步浓集,最后才形成柿竹园、西华山等储量达数百万吨的巨型矿床群。”

最近这几年,我们逐步完善了地球化学块体的概念,认为地球化学块体是地球上某种或某些元素高含量的巨大岩块,它们是地球从形成与演化至今不均匀性的总显示,为大型至巨型矿床的形成提供了必要的物质供应条件。应用地球化学的方法手段,从元素的角度能够将这些地球化学块体勾绘出来。在几何尺度上将地球化学块体的规模定义在 1 000 km² 以上,厚度假定为 1 000 m,其中约定岩块的出露面积必须大于等于地球化学省的范围(表 1,图 3)^[8]。那么,我们还能够利用套合的地球化学块体的模式来追踪金属物质浓集的趋势,从而来追索

巨型矿床的成矿远景地段,来降低找矿的风险,缩短找矿周期。

表 1 套合地球化学模式谱系和地球化学块体^[8]

Table 1 Hierarchy of nested geochemical patterns and geochemical blocks

面积(km ²)	地球化学模式
< 100	局部异常
100 ~ 1 000	区域异常
1 000 ~ 10 000	地球化学省
10 000 ~ 100 000	地球化学巨省
100 000 ~ 1 000 000	地球化学域
> 1 000 000	地球化学洲

地球化学块体

2 地球化学块体的研究意义

地球化学块体的理论与方法学研究尚在初期阶段,但已为勘查地球化学、矿床学与成矿学开拓了眼界,并提供了新的研究思路。她的研究意义不仅对找矿学有重要的实用价值和指导意义,而且在基础

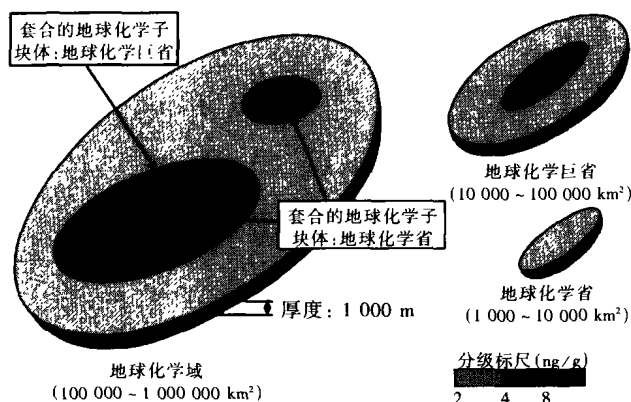


图3 套合的地球化学块体

Fig. 3 Hierarchy of nested geochemical blocks

引自 Xie et al.^[1]

理论方面 also 具有重要的意义。

2.1 基础理论方面

勘查地球化学发展到今天已有 60 年的历史,与其他地学相比较,她的发展历史应该不算长,但 L. G. Closs 在勘查 97' 上作主旨发言时说:“勘查地球化学的基本原理已经确立了,随着学科的成熟和发展,勘查地球化学今后的发展空间是对现存理论的细化和对方法技术的改进以及对现有技术更好的

掌握与应用上。然而,勘查地球化学的理论、概念和方法技术方面的获得突破机遇也始终存在着。”^[9] Closs 所说的勘查地球化学的基本原理是建立在基于点源分散模式的原理上,即矿床形成后由于分散形成分散晕或分散流,勘查地球化学方法技术可以把握住分散晕或分散流(即地球化学异常),从而反推过去来达到寻找矿的目的^[10,11](图 4)。

地球化学块体的概念是建立在更广阔的地球化学面源分布模式上的,这种宽阔的模式能够揭示自地球物质分异形成陆壳物质后,陆壳物质的不均匀性以及演化至今的总的显示,包括物质演化最终形成的矿体和矿体分散形成的分散晕等(图 5),这种基于分布模式的概念、理论和方法技术由于刚刚形成,或许还不太完善,还需要进一步的发展和完善。

正是这种陆壳的巨大的地球化学块体所代表的地球形成与演化至今不均匀性的总显示,才为巨型厚此薄彼的分布提供了很好的注解:同样的构造环境,某处盛产某种巨型矿或矿集区是因为那里有巨大的金属物质质量供应,即地球化学块体的存在!

地球化学块体的概念也为全球地球化学填图利用极低密度采样方法和泛滥平原沉积物作为采样介质,迅速获得全球地球化学图和矿产资源潜力在全

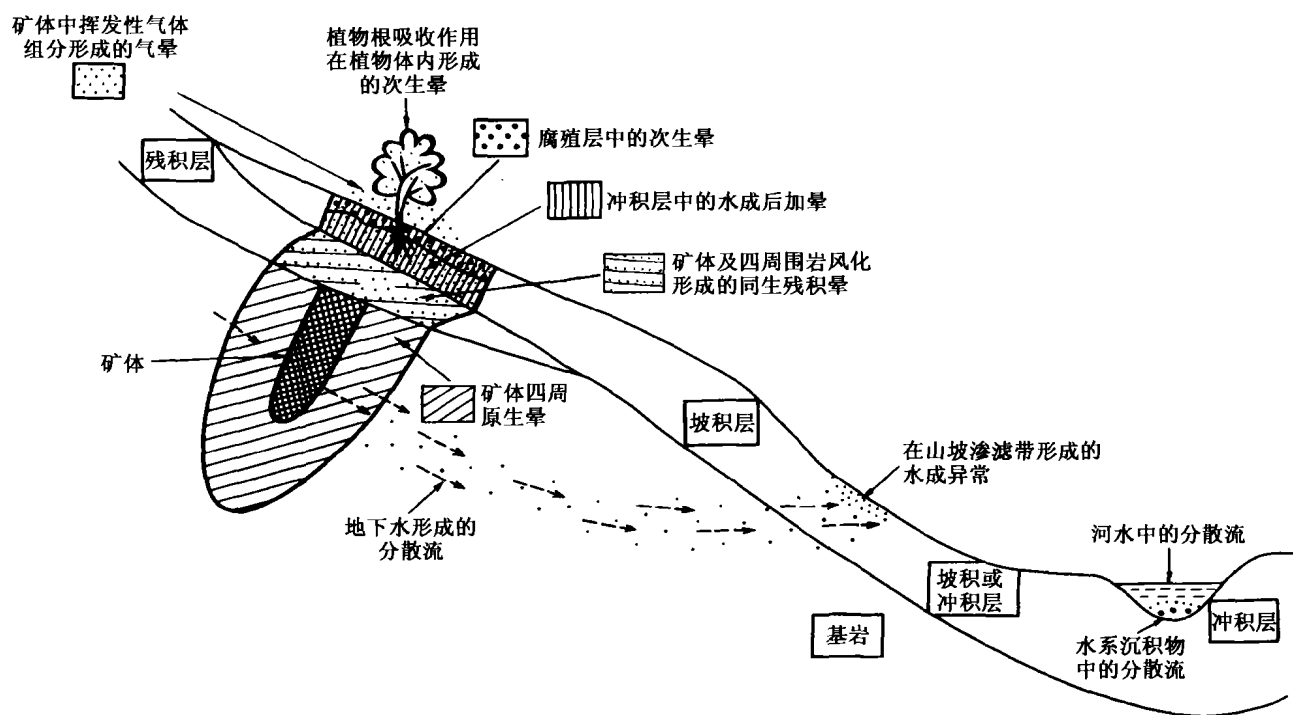
图4 建立在点源模型上的各种类型的分散晕和分散流^[10]

Fig. 4 Model of geochemical patterns from source point

1) Xie Xue-jin, Liu Da-wen, Geochemical blocks—Development of concept and methodology, 2001.

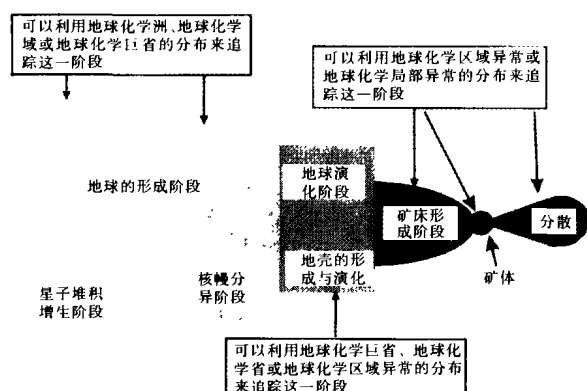


图 5 地球形成与演化以及矿体形成各阶段与地球化学块体分布关系示意图¹⁾

Fig. 5 Sketch diagram showing the tracing of earth evolution and ore formation by geochemical block concept

球的分布奠定了理论基础。这种面积巨大的地球化学块体是能够利用极稀的采样网格捕捉住的,那么逐步加密采样能够逐步勾绘出地球化学块体内部更详细的结构,这样我们可以逐步缩小靶区,结合地质、地球物理和构造的信息来确定最有利的成矿部位,从而达到降低找矿风险,提高找矿效率,缩短找矿周期的目的。

那么,这种新的概念和理论不仅大大拓展了勘查地球化学家的眼界,使之不应只满足局限于在巴掌大的地方做战术性的工作,也能够做战略性的前瞻性的工作,为矿产勘查提供战略部署所需的重要依据;在物质供应量充足的地球化学块体分布区域,来寻找巨型矿床或矿集区,能够降低找矿的风险。同样,能够为其他地学学科的基础研究提供可资利用的物质供应方面的基础信息,在巨大的地球化学块体内,研究元素的富集成矿与地质构造环境

的相关关系以及矿床的分布特征等,能够为成矿学、矿床学和构造学等提供新的研究视角,能够开拓他们的眼界。由于地球化学块体是时间、空间四维一体的总的显示,所以它也是超构造单元的,并且它直接从地球原始物质不均一性来表述区域大地构造特点,所以能够为其他地学学科的发展提供可资利用的新的生长点。

2.2 矿产勘查方面

勘查地球化学自诞生之日起,便成为矿产勘查的最有利的手段之一。她以直接找矿信息为研究对象,是对人类肉眼发现“微观矿化露头”能力的延伸^[12],最终表述的方式是元素分布的特征,即所描述的对象是物质。而物质的供应是形成矿床必不可少的前提条件,否则,空有很好的地质成矿环境,没有物源也难以形成有用的矿产。形成大矿巨矿或矿集区就需要巨量的物源,所以把握地球化学块体也就把握住了巨量物质供应这一前提条件,那么找到大矿巨矿的概率就会增加。

根据地球化学块体的概念和方法技术,我们利用地球化学谱系树追索大规模成矿作用逐步聚集的轨迹来聚焦大型巨型矿床所在地,和利用从极低密度采样、超低密度采样、到低密度采样的方法获取不同层次的地球化学分布模式,发展了一整套“迅速掌握全局,逐步缩小靶区”的矿产勘查新战略(图 6)。

1999 年在中国地质调查局成立之初,确立了在中国开展新一轮的国土资源大调查的战略。这种战略在中国西部通过加大资金投入、部署新的填图和新的普查项目来对国土资源进行大调查。那么对于

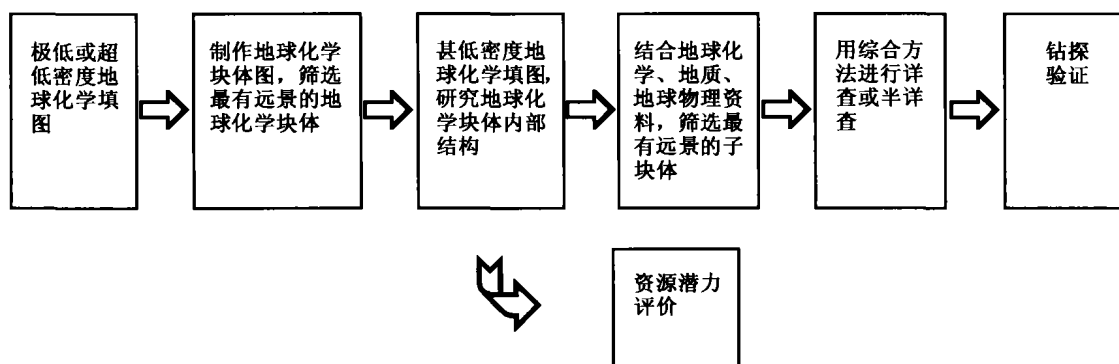


图 6 矿产勘查的新战略:迅速掌握全局、逐步缩小靶区¹⁾

Fig. 6 New strategy of mineral exploration

1) Xie Xue-jin, Liu Da-wen, Geochemical blocks—Development of concept and methodology, 2001.

人口密集、工业发达、勘查程度高和环保与土地利用日益重要的中国东部地区,中国地质调查局开展了以地球化学块体的方法技术为手段的中国东部资源潜力预测项目,并取得了很好的实用效果,一些省级的地质调查院利用这些成果获得了中国地质调查局新的经费支持,而且在一些地区对某些金属矿产的寻找有了新的认识,利用这些线索找到了一些巨型矿(矿集区),取得了历史性的突破。在中国东部各省通过利用地球化学块体的概念和方法技术,圈定了若干 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、W、Sn 和 Sb 等地球化学块体,指出了中国资源潜力新的远景区,并正在研究和利用这些块体内部套合的结构和地球化学谱系树的来追索大型巨型矿床所在地,并取得了非常好的找矿成果,新近在一些地球化学块体内发现了一些新的大型银矿、锡矿的矿产地¹⁾。

中国的区域化探全国扫面计划所分析的元素也只有 39 种,而我们人类社会所依赖的生存环境是由元素周期表中所有元素组成的,所以,我们应该尽最大可能来了解我们人类周围环境所有元素的分布情况,从而我们能够重新审视我们周围的环境,更好地协调矿产资源、土地利用和环境保护之间的关系,以维持人类社会的可持续发展。当然,我们已经不可能再重新进行化探扫面计划,那么实现这种设想的手段有两种:其一是利用 RGNR 计划所采集的样品重新组合进行多元素分析,目前这一计划正在进行;其二是用极低或超低密度采集样品迅速覆盖全国,分析更多的元素。中国在 1994 年利用 538 个采样点迅速覆盖了全国,分析了 51 种元素,其中分析了贵金属 Pt、Pd,在全国圈出了四个巨大的 Pt、Pd 地球化学块体,其中最突出的一个是位于川、滇、黔、桂处的巨大的 Pt、Pd 地球化学块体,另外的研究人员然后利用图 6 的勘查战略,对这一地球化学块体进行逐步缩小靶区的解剖,目前有望取得中国铂族元素找矿的突破。

3 地球化学块体方法技术的原理与步骤简介

我们目前圈定地球化学块体所依据的基础资料是全国区域化探扫面计划积累的海量水系沉积物数据,特别是中国东部,由于化探扫面工作已经基本结束,积累了海量化探数据,我们在利用这些数据的基

础上,遵循地球化学块体的步骤来进行资源潜力预测^[13,14]。

由于篇幅所限,本文只能对地球化学块体的原理与方法做简要介绍,具体的技术细节将在另文介绍。

3.1 原 理

翟裕生院士在他的《区域成矿学》^[15]一书中述及成矿系统的成矿要素包括矿源、流体、能量、空间和时间等,这些成矿要素在成矿作用过程中(包括成矿发生、持续、终结以及成矿后的变化和保存等)形成最终的成矿产物(包括矿床系列和异常系列)。所有这些要素、过程和最终产物中人们和社会所最关注的是元素形成有用矿产的过程和最终的产物——矿产,即成矿物质(某一或某些元素)从矿源(成矿物质供应)在各种各样的成矿因素的耦合下活化、迁移、沉淀,富集到当前社会条件下可以为社会利用的程度(矿产资源)。

地球化学块体的方法技术可以在量上把握这种成矿物质供应量的多寡和逐步浓集成矿的轨迹。地球化学块体方法的核心是根据元素在地壳表层空间分布的特征圈定出地球化学块体,通过逐步提高块体的分级级次来圈出地球化学块体中的子块体,这种块体及其子块体代表的是地球化学块体中物质供应量逐步浓集的趋势。地球化学块体及其子块体中成矿产物的量能够根据块体中元素含量在陆地表面的空间分布、块体的厚度和岩块的平均密度等计算出来。可以根据最终确定的地球化学子块体中矿产勘查程度的高低来确定一个成矿率,然后来预测其他子块体中潜在的资源潜力。这样一个过程——从面积达几千甚至数十万平方千米的地球化学块体经过几级子块体(可以缩小至几百平方千米)的提高——逐步缩小了研究选区的面积,体现了“迅速掌握全局,逐步缩小靶区”矿产勘查新战略,在这些缩小的靶区中,根据地质的、地球物理的和构造的资料,能够选取更有利于成矿物质聚集成矿的地段来进一步缩小选取靶区。

地球化学块体的概念正式从把握成矿物质供应这一角度出发,将整个矿床的形成过程置于整个地球演化的漫长历史时期中来研究:运用地球化学块体的概念和方法技术能够追踪地球形成时金属供应量的分布、再分布和逐步浓集直至形成矿床的过程,而且能够清晰地描绘出整个矿床形成阶段,尤其是“最后阶段”形成矿床的成矿物质供应源、浓集的路

1) 中国地质调查局,地质调查进展与成果年报(2001)(内部资料)、2002。

径和成矿的场所等。

3.2 方法简介

首先,我们应用的数据不是原始的化探扫面数据(原始数据是每 4 km² 一个分析样,一个分析样分析 39 种元素),而是在原始数据的基础上组合而成的新的数据集:第一个数据集是全国 1:20 万图幅平均值,用来勾绘元素地球化学块体在中国分布的轮廓;第二个数据集是利用 100 km² 上原始数据的平均值,大致相当于标准 1:2.5 万图幅平均值,用来勾绘地球化学块体的内部结构,并进行资源潜力预测;第三种数据集是利用 4 km × 4 km 的平均值来刻画地球化学块体内部的详细结构,确定进一步工作的远景区。

其次,确定地球化学块体下限和块体分级。我们利用全国或中国某大区块的全部数据集的数据进行数据统计计算,迭代剔除 3 倍方差以外的离群点,求得数据集的平均值和方差,然后利用平均值加 1 倍或 2 倍的方差作为该元素的块体下限,用 0.1 lg X 值(X 为含量,单位为 $\mu\text{g/g}$ 或 ng/g)作为逐步提高的块体分级值,一般分 6 个级次,并勾绘出地球化学块体的分布图。

第三,对地球化学块体进行金属量的计算。每个

块体给定一个假定厚度 500 m 或 1 000 m,根据块体的面积、含量值和上地壳的平均密度,计算出该块体内某种金属的总量。

第四,根据块体内已知的矿产资料和研究程度的高低,估算出该元素的地球化学块体成矿率,利用成矿率对全国或某一大的区块的资源潜力进行预测。

某种金属元素的地球化学块体成矿率具体的确定方法是在整个研究区域中,选择某一个研究程度较高的块体,其矿产的研究和开发程度都比较高,假定当前该区域所形成的所有矿产都已经勘探,那么这种矿产的所有探明储量与金属供应量的比值即为该种金属的地球化学块体成矿率(Mineral Coefficients, MC)^[14]:

$$MC = R / T$$

式中: R 为该子块体某种金属的所有探明储量; T 为子块体中该金属的总金属供应量。

最后,勾绘出地球化学块体的谱系树和某些重要块体的剖析图,利用谱系树来追踪大型巨型矿的有利靶区。

图 7 为位于中国南部粤-桂-湘-赣交界处比较大的几个银地球化学块体图,图件形成的数据为 1:2.5 万图幅银平均值。图 8 为 2 号银地球化学

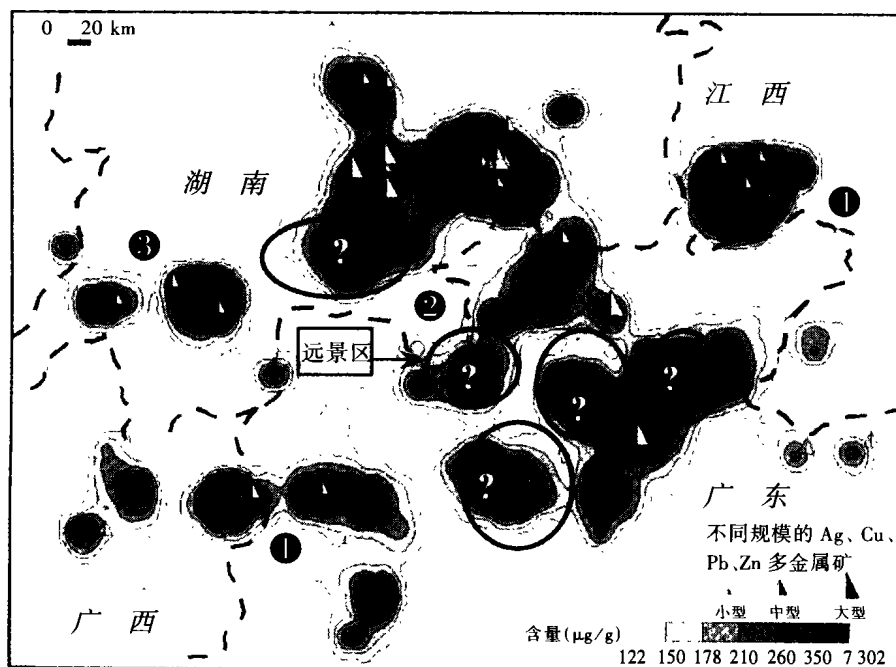


图 7 粤-桂-湘-赣边区银地球化学块体图

Fig. 7 Internal structure of Guangdong-Guangxi-Hunan-Jiangxi silver geochemical sub-block, 122 ng/g level showing the known Silver deposits and the promising areas in No. 2 block

●~●. 122 ng/g 水平块体编号; “?”表示已知 Ag 矿床和 2 号块体内值得开展工作的选区。

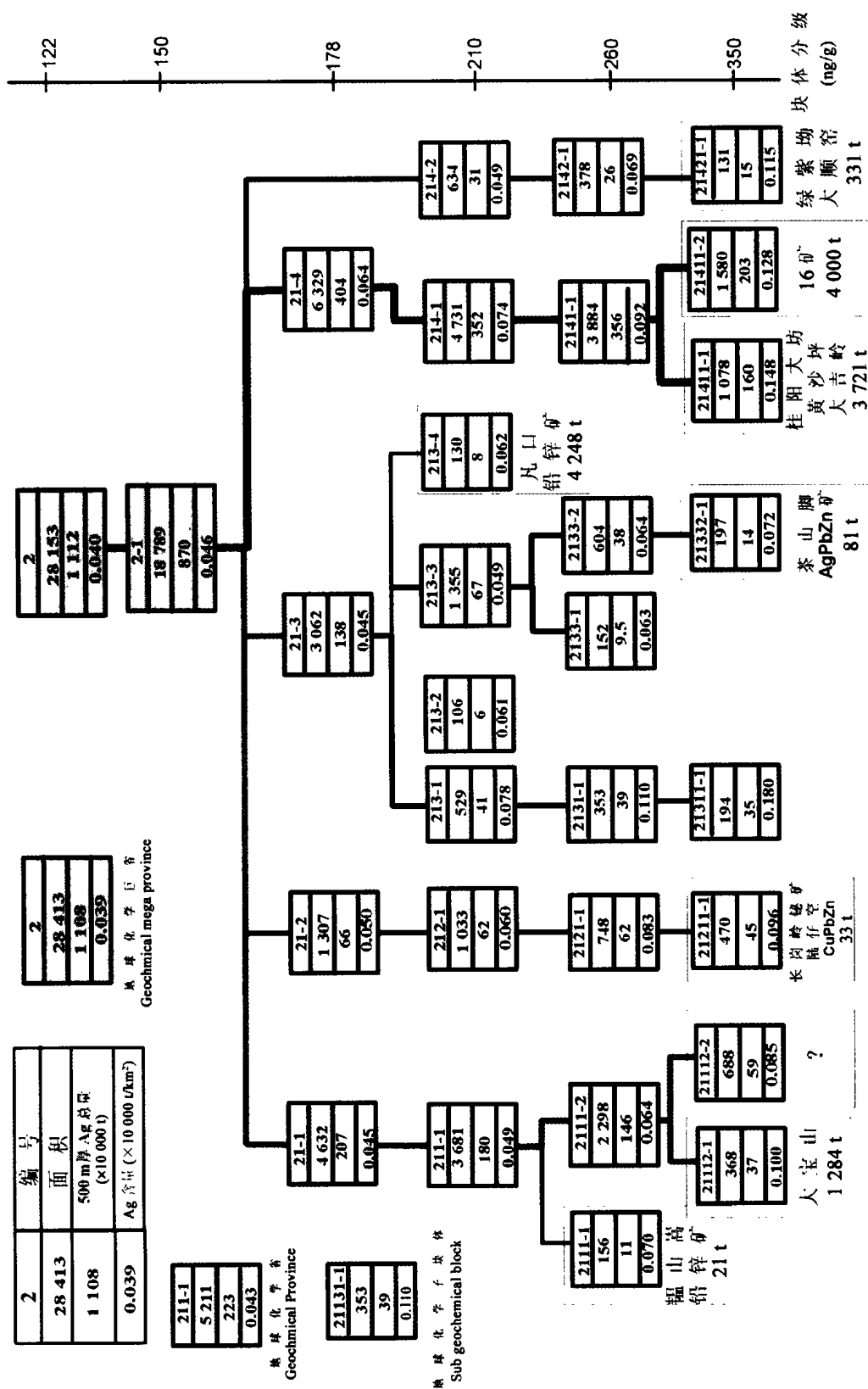


图8 粤-桂-湘-赣2号银地球化学块体谱系树图解

Fig. 8 Family tree of Guangxi-Hunan-Jiangxi No. 2 Ag geochemical block

体的谱系树图。从图中可以看出,有许多的子块体还有很大的找到银矿或伴生银矿的潜力。图中框线内所圈定的面积大约有12万 km^2 ,在这么大范围内,根据地球化学块体的方法,可以迅速选择寻找银矿资源的新远景区,在这些缩小的远景区内,根据地质的、地球物理等资料来做进一步的勘查工作,锲而不舍以求有所突破。

经过上述的工作,能够对整个中国或某一大区内不同金属的资源潜力分布情况了然在胸,能够减少勘查工作部署的盲目性,能够获得在有远景地区锲而不舍开展工作的决心和信心!另外也能够为政府协调土地利用、环境保护和矿产资源开发之间的关系提供最重要的基础资料。

对于化探工作程度低的中国西部或其他国家,可以利用从极低密度采样、超低密度采样、到低密度采样的方法获取不同层次的地球化学分布模式,来圈定地球化学块体及其内部结构,对这些地区的矿产资源潜力进行评价并逐步聚焦寻找大型巨型矿的最有利地段。

4 问题与讨论

(1) 地球化学块体的概念和方法技术目前刚刚形成,尚有许多地方不太完善,还需要不断地发展和完善,但已经显现了很好的理论和应用前景。

(2) 由于各种各样的地表过程可能强化或掩蔽基岩物质供应在地表的显示,因此平面上套合的地球化学模式谱系的规模有时候并不是物质的供应量的真实反映,使得一些地球化学块体不能真实地反映基岩的物质供应量,譬如基岩为外来的运积物所覆盖,等等。

(3) 由于条块分割、经费短缺和人员配备等诸多因素,当前地球化学块体的研究在与其他地学的结合上尚显不足。我们希望今后能够与其他地学领域的专家精诚合作,研究地球化学块体的空间分布特征与大地构造、大型矿集区和地球物理场等的空间耦合关系,从而更进一步完善地球化学块体的概念。重点研究地球化学块体中最有利的成矿部位,这种“聚焦部位”是综合地质的、地球物理的和矿床的资料耦合在一起的最有利的部位。

(4) 为确保其矿产资源,尤其是战略物资的供应,从而保证其经济和国家的安全或维护它们的霸权,各发达国家对全球矿产资源的争夺和控制正日益加剧。在这种形势下,为了保障我国的独立和安

全,在抓紧评价国内矿产资源评价的同时,加紧制定我们自己的矿产资源全球战略势在必行;这方面,积极进行全球矿产资源评价就具有十分重要的意义。对于全球矿产资源的评价,我们应当利用西方国家所没有的手段,即我们独创的上述地球化学块体理论和在此基础上制定的“迅速了解全局,逐步缩小靶区”的一整套矿产勘查新战略和用于覆盖区找矿的深穿透地球化学的理论与方法,使我们在全球矿产资源评价工作中立于不败之地。

参考文献(References):

- [1] 谢学锦. 用新观念与新技术寻找巨型矿床[J]. 科学中国人, 1995, (5): 14~16.
Xie Xue-jin. New concept and new technique in searching for giant ore deposit [J]. Scientific Chinese, 1995, (5): 14~16 (in Chinese).
- [2] Xie Xuejin. Surficial geochemical expressions of giant ore deposits [A]. Hodgson C J, Clark A H. Giant Ore Deposits II [C]. Kingston, Canada: Queen's University, 1995. 475~485.
- [3] Hodgson C J. Introduction to giant ore deposits [A]. Whiting B H, Hodgson C J, Mason R. SEG SP-2 Giant Ore Deposits [C]. Kingston, Canada: Queen's University, 1993. 1~2.
- [4] Clark A H. Introduction giant ore deposits (II) [A]. Hodgson C J, Clark A H. Giant Ore Deposits (II) [C]. Kingston, Canada: Queen's University, 1995. 1~3.
- [5] Clark A H. Ore outsized porphyry copper deposits either anatomically or environmentally distinctive [A]. Whiting B H, Hodgson C J, Mason R. SEG SP-2 Giant Ore Deposits [C]. Kingston, Canada: Queen's University, 1993. 213~284.
- [6] Xie Xuejin, Sun Huanzhen, Ren Tianxiang. Regional geochemistry-national reconnaissance project in China [J]. J Geochem Explor, 1989, 33: 1~9.
- [7] Xie Xuejin, Yin Bingcuan. Geochemical patterns from local to global [J]. J Geochem Explor, 1993, 47: 109~129.
- [8] 谢学锦, 刘大文. 地球化学块体——概念与方法学的发展 [A]. 中国地质调查局. 矿产资源调查评价理论与方法技术论文集[C]. 北京: 中国地质调查局, 2001. 1~15.
Xie Xue-jin, Liu Da-wen. Geochemical blocks: Development of concept and methodology [A]. China Geological Survey. Selected Papers of Theory and Methodology in Mineral Resource Survey and Assessment [C]. Beijing: China Geological Survey, 2001. 1~15 (in Chinese).
- [9] Closs L G. Exploration geochemistry: Expanding contributions to mineral resource development [A]. Gubins A G. Proceedings of Exploration 97: Fourth Decennial International Conference on Mineral Exploration [C]. Canada: GEO F/X, 1998. 3~8.
- [10] 谢学锦. 区域化探[M]. 北京: 地质出版社, 1979. 1~192.
Xie Xue-jin. Regional Geochemical Exploration [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1979. 1~192 (in Chinese).
- [11] 谢学锦. 蛛丝马迹探宝藏——勘查地球化学发展的里程碑 [A]. 陈建礼. 科学的丰碑——20世纪重大科技成就纵览

- [C]. 济南: 山东科学技术出版社, 1998. 492 ~ 495.
- Xie Xue-jin. Searching mineral deposits through "micro-outcrops and trace-outcrops": The milestones in the development of exploration geochemistry [A]. Chen Jian-li. The Scientific Monument of Important Science and Technology in 20th Century [C]. Jinan: Shandong Science and Technology Publishing House, 1998. 492 ~ 495 (in Chinese).
- [12] Xie Xuejin. Empirical prospecting, scientific exploration and information exploration [J]. *J Geochem Explor*, 1999, 67: 97 ~ 108.
- [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. 进入 21 世纪的勘查地球化学 [C]. 北京: 中国地质出版社, 1999. 61 ~ 91.
- Xie Xue-jin, Xiang Yun-chuan. The geochemical prediction methodology of giant ore deposit [A]. Xie Xue-jin, Shao Yue, Wang Xue-qiu. The Exploration Geochemistry into 21st Century [C]. Beijing: Geology Publishing House, 1999. 61 ~ 91 (in Chinese).
- [14] 刘大文, 谢学锦, 严光生, 等. 地球化学块体的方法技术在山东金资源潜力预测中的应用 [J]. *地球学报*, 2002, 23(2): 169 ~ 174.
- Liu Da-wen, Xie Xue-jin, Yan Guang-sheng, *et al.* The application of geochemical blocks methods to gold resources assessment in Shandong Province [J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2002, 23(2): 169 ~ 174 (in Chinese with English abstract).
- [15] 翟裕生, 邓军, 李晓波. 区域成矿学 [M]. 北京: 地质出版社, 1999. 1 ~ 287.
- Zhai Yu-sheng, Deng Jun, Li Xiao-bo. *Essentials of Metallogeny* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999. 1 ~ 287 (in Chinese with English abstract).

Development and significance of geochemical blocks

LIU Da-wen

(*Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, The Ministry of Land and Resources, Langfang 065000, China*)

Abstract: Geochemical blocks are the giant rock blocks with high content of one or more elements within the upper earth's crust, they are the net results of the earth's original heterogeneity and the distribution and redistribution of metals during the evolution of the earth up to the present days and provide large metal endowments necessary for the formation of large to giant ore deposits. These blocks can be delineated by the methods of exploration geochemistry. By study the flood of high quality data obtained in China's national geochemical mapping program (RGNR) carried out for 24 years over more than 6 million km² of China's territory, it is found more broad geochemical patterns other than dispersion halos and dispersion trains, e. g. geochemical regions, geochemical provinces, geochemical megaprovinces and geochemical domains. They are the surface expressions of large blocks of rock with higher metal contents. Geochemical blocks' methods for finding new large to giant ore deposits of different types of locations within or in the surroundings of large geochemical blocks have been developed by which important new discoveries have been already obtained in some regions in China. Though the development of the geochemical block concept and methodology is still in early stage, but it has already extended the basic principle of exploration geochemistry, and widened the field of vision for ore genesis metallogeny and tectonics, and provided them with new thought-provoking approaches.

Key words: exploration geochemistry; geochemical block; geochemical distribution patterns; mineral exploration; large to giant ore deposits