

成矿作用爆发异常及巨量金属堆积^{*}

裴荣富¹ 邱小平² 尹冰川¹ 熊群尧¹

(1 中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 2 中国地质科学院地质研究所, 北京)

提 要: 在对华北地台北缘和南岭两金属成矿省代表性矿田的等级体制成矿研究的基础上, 应用矿床储量相对丰度及其形成时限推论巨量金属堆积速率, 探讨了大气变态和构造圈热侵蚀等成矿热事件在地质历史上出现频度及其激发巨量金属堆积的成矿规律, 为爆发异常成矿提出新思路。据此, 提出鞍(山)-本(溪)铁建造成矿区的成矿远景还将有扩大的可能, 湘桂粤拗陷和粤北隆起两成矿区的钨锡成矿远景也将有望再扩大。

关键词: 成矿作用异常 超巨量金属堆积 构造圈热侵蚀

1 独特矿床与超巨型矿床

1998 年 11 月在中国地质大学(武汉)召开的“非传统矿产资源的发现及其开发研究学术讨论会”, 提出极难发现矿产资源是 21 世纪的矿业开发重点研究的矿产资源之一^①。极难发现矿产一般都是世界上特别大的、也是罕见的超大型矿床, 如国外的奥林匹克坝式铜、金、银矿, 国内的白云鄂博式铁-铌-稀土矿, 柿竹园钨-锡-铋-钼矿, 等等^②, 也包括其它在成矿元素、矿物和岩石为非常规组合的一些大型矿床, 如美国的 Franklin Furnace 铅-锌矿、西南非的 Tsumeb 铅-铜-锌矿、俄罗斯的 Kobylyuk 金矿, 等等^③。上述这类难于发现的矿床在规律、成矿条件、成矿组合特征上与一般矿床, 甚至与同一成因类型矿床相比都是非常特殊的, 称之为独特矿床(Vladilov, 1995), 也称之为特殊矿床(裴荣富, 1996)或称超巨型矿床(Laznicka, 1992)。据对国内外的初步统计, 这些独特矿床虽然为数很少, 其数目不超过 5%~10%, 但可提供世界所需该类金属量可达 75%~95% (Laznicka, 1994; 裴荣富, 1996), 其经济意义是极大的。然而, 据今了解它们多为孤立产出, 成矿偏在, 而且必须是在严格地受控于地质的、地球化学的和地球物理的综合有利控矿因素非常罕见的耦合而成矿的。这种非常罕见的控矿因素的耦合被称之为异常成矿构造聚敛场^[15]。异常成矿构造聚敛场的出现, 亦是在常规成矿作用下, 即成矿过程三部曲: 源、传输和沉积出现完整的统一时空框架中才能实现, 三者缺一不可或其中一个发挥不充分也不能形成特大型矿床, 即使是在相似成矿环境中, 三者统一时空框架的出现几率也是非常小的。所以, 使用常规成矿类比或

^{*} 原地质矿产部基础研究项目 9501118 和国家攀登项目 85-34-02 课题资助

第一作者简介: 裴荣富, 男, 1924 年生, 研究员, 博士生导师, 长期从事区域成矿规律和矿床学研究。邮政编码: 100037

1999-05-15 收稿, 1999-09-20 修改回

① 赵鹏大、常印佛、刘宝君等, 1999, “非传统矿产资源发现及开发基础研究”, 非传统矿产资源发现及其开发研究学术讨论会论文摘要集, 中国地质大学(武汉), 1~3

② 裴荣富、熊群尧, 1999, 极难发现矿床的成矿“基因”研究, 非传统矿产资源发现及其开发研究学术讨论会摘要集, 中国地质大学(武汉), 11~12

统计预测是很难奏效的。这类极难发现矿产能不能再发现呢?根据长江流域历年周期性暴雨成灾的启发,我们认为只有在成矿地质历史上发现周期性爆发成矿作用异常,并与一定控矿作用发生“引潮共振”^①激发常规的 S、T、D 发生异常耦合,才能促使金属得以急剧地巨量堆积。为此,深化认识成矿作用爆发异常的原因及其在一定成矿省中爆发的年代以及其与常规成矿的“引潮共振”机制将是发现特大型矿床的重要基础研究。

2 成矿作用爆发异常与地球外部圈层变态

根据国内外大量有关文献和近年来国际有关会议的报导,人们不难发现近百年来的成矿学已从根本上动摇了它从构造环境、划分成矿类型、圈定成矿区(带)的静态研究方法,甚至板块成矿理论也遭到大量质疑,对矿床成因研究正向纵深发展,并为探讨和发现矿床成因的缘因(基因)而努力,迄今尚未提出系统理论。根据近年对超地幔柱(Superplume)的认识、形成和发展,以及对深部构造(成矿)过程、地幔流体和金属成矿省地质历史演化与成矿的大量研究,新的成矿认识已日趋发展和成型,也为当代创新成矿理论提出前景。

地球圈层,包括软流圈、岩石圈、水圈和大气圈等,圈层之间的相互作用,主要表现为构造圈热侵蚀。澳大利亚以 Macquarie 大学为主组织国际有关单位开展了 GEMC 项目^②,即“大陆地球化学演化与成矿”研究,并进行了大陆四维地球动力学模拟计划,提出了构造圈热侵蚀和岩石圈能否永存和幔壳将发生混同大变革等新概念^③,为大陆的构造岩浆作用,特别是对陆内爆发异常成矿作用,形成特大型矿床奠定了理论基础。邓晋福等 1996 年发现岩石圈巨大减薄约 100 km 的根带丢失^[1],称之为“岩石圈/软流圈系统的大灾变”,涂光炽统计国内已发现的 33 个超大型矿床一半以上在中国东部,称之为“东部燕山期成矿大爆发”^[2]。在国际地质对比计划 IGCP-354 “岩石圈超巨量金属堆积”项目的 4 次年会上都以探讨“幔根”构造与成矿为主^[16],并提出深部构造过程是成矿“引擎”,表壳的“行-列-汇”构造样式,即棋盘格子构造是控矿“温床”^④,为深部作用激发表壳构造的耦合成矿提出了模式标志;在捷克召开的碰撞造山带与成矿作用会议强调了中欧海西造山带陆内造山的重要作用;英、美两国的国家矿产资源计划均提出板块构造过程与地幔成岩作用,水-岩相互作用的热力、动力学和确定成矿过程的时间序列:28、29 和 30 届国际地质大会都把成矿省演化列为 21 世纪矿产资源研究的重点发展方向,并提出“演化成矿学”^⑤、“成矿演化是一切成矿因素的函数”^⑥和“时间维造就空间维”^⑥的新论断,特别应指出的是首次提出,在地

① 任振球, 1998, 造成长江强降水过程利用“引潮共振”的准确预测, 中国科学技术 50 周年年会

② O' Reilly S Y, 1997, Introducing GEMOC, 1997, Annual Report of ARC National Key Centre for the Geochemical Evolution and Metallogeny of Continents

③ Pei Rongfu, Peng Cong and Xiong Qunyao. Deep tectonic processes and superaccumulations of metals in Mesozoic intra-continental orogenic belt on Nanling Metallagenetic Province, China, Proceedings of IGCP-354 4th Annual Meeting, Ballarat University, 1988, 20~32

④ Hutchinson R W, Some broad processes and effects of evolutionary metallogeny, ABSTRACTS of 29th IGC, 1992, 1 (3)

⑤ Amstutz G C, A plea for an integrated metallogeny, ABSTRACTS of 30th IGC, 1996, 1 (3)

⑥ Pei Rongfu, On the evolution of metallogenetic province and metallogeny, ABSTRACTS of 30th IGC, 1996, 1 (3)

质历史上出现“氧大气变态”^①和“还原大气变态”等重大全球成矿热事件,是促成成矿作用异常,并形成太古宙—元古宙的特大型硅铁建造、绿岩金矿和元古宙—古生代的特大型沉积岩容矿铅锌矿床的新认识。远古地质时代大气变态与成矿和近代发现的厄尔尼诺现象,确认其为形成异常天气的“基因”,并周期性的与一定地区常规气象“引潮共振”形成大暴雨是类似的。1931、1954和1998年形成长江全流域洪水即与厄尔尼诺现象“引潮共振”有关。最近又提出厄尔尼诺的成因与地自转速度变慢,引发太平洋东部赤道地区卡内基和加拉帕斯断裂带活化而发生全热事件的论述,从而也引证了全球大气变态,可能与地球各圈层的不同步运动^②是密切相关的。这也和各家论断的“壳幔不均匀性”^[3]、“岩石圈/软流圈大灾变”、“幔壳溃变”^③和包括岩石圈、软流圈在内的“构造圈热侵蚀”都是同一内涵。尤应提出的是,1999年1月28~31日在日本 Waco 召开的“超地幔柱国际研讨会”上^④,提出地幔结构的地震研究、板块活动与超地幔柱、地幔柱矿物和动力学物性研究、太古宙和显生宙地幔对比、超地幔和地壳环境等论文近80篇,并提出全球物质环流假说,进一步指出了由地球内核的同生长构造升华为C、H、O、S等元素为主的“热幔”,直到影响大气圈、臭氧层和太阳系,并与板块构造活动相结合,形成“冷幔”的亲石和亲铁元素组合。这一假说已把超地幔柱概念发展至广阔宇宙范围,因而,上述的大气变态(包括厄尔尼诺现象)和构造圈热侵蚀也可能都与地球—宇宙的地质历史演化同出一辙。

3 金属成矿省成矿热事件与成矿作用爆发异常

金属成矿省成矿热事件与成矿作用爆发异常成矿的研究必须建立在动态成矿地质构造背景的基础上。一个成矿省的成矿构造环境与变态应从“演化成矿学”和“时间维造就空间维”^[5]的动态成矿认识,以及随地质成矿史演化的成矿序次,即成矿背“景”、控矿“场”、成矿“相”和矿“床”的“景、场、相、床”4个成矿等级体制成矿的耦合规律进行研究^[4]。本文仅对华北地台北缘前寒武纪地块和南岭地区中生代陆内造山带的成矿环境与变态,热事件年代鉴定和爆发异常成矿作用的巨量金属堆积初步讨论。

3.1 华北地台北缘前寒武纪成矿热事件与成矿作用爆发异常

(1) 构造环境与成矿热事件: 华北地台北缘成矿作用始于太古宙初期克拉通化陆核增生期,在增生过程中壳幔相互作用强烈,成矿作用也相当发育,尤其是形成的前寒武纪古老矿床,尽管遭受后期多次改造,仍然有所保留,如河北新太古代早期黄土窑石墨矿($3\ 060 \times 10^6\text{ a}$)^[5]。新太古代晚期至中元古代在华北地台北缘以致全球范围发生了一系列成矿作用的爆发事件,如新太古代晚期($2\ 900 \times 10^6 \sim 2\ 500 \times 10^6\text{ a}$, Ar_3)绿岩带金矿、新太古代晚期—古元古代磁铁石英岩建造铁矿床(BIF, $2\ 700 \times 10^6 \sim 2\ 000 \times 10^6\text{ a}$, $\text{Ar}_3 - \text{Pt}_1$)、古元古代蒸发盐类硼镁铁矿和菱镁矿($2\ 000 \times 10^6 \sim 1\ 800 \times 10^6\text{ a}$),中元古代早期宣龙式铁矿

① Karkham R and Roseoe S. Atmospheric evolution and ore deposits formation. ABSTRACTS of 29th IGC, 1992, 1 (3).

② 杜乐天, 1998, 幔壳演变——地壳运动可能的总根源, 科学技术面向新世纪学术年会简报, 中国科学技术协会, 28

③ Marugama S, Bisuzaki T and Ishida M, 1999, Worfiay hypothesis of global material circulation, ABSTRACTS of International Workshop on the Superplume, Waco, Japan.

($1\ 800 \times 10^6 \sim 1\ 600 \times 10^6$ a, Pt₁), 中元古代晚期沉积岩容矿喷流沉积硫化物矿床 (SEDEX, $1\ 600 \times 10^6 \sim 1\ 500 \times 10^6$ a, Pt₂) 等, 形成了 5 个阶段不同矿种类型的成矿高峰, 揭示了华北地台北缘前寒武纪成矿构造环境的演化, 建立了矿床类型模式, 并提出在前寒武纪地块、古亚洲和滨西太平洋三大构造成矿域, 以及在克拉通断隆、古陆边缘活动带、裂谷、拗陷带和构造-岩浆活动带等 10 个成矿堆积环境^[7]的基础上, 按成矿史演化的 4 个等级体制就位的成矿规律^[5, 11]。

绿岩带金矿的容矿围岩为变质的超镁铁-镁铁质火山岩, 原岩相当于科马提质玄武岩-安山岩-流纹岩等, 形成古板块汇聚边界的类似于岛弧的环境^[6]; BIF 矿床则形成于弧后-大陆边缘盆地环境^[7]; 蒸发盐类硼镁铁矿和菱镁矿产在大陆边缘盆地环境和隆升海退时期; 宣龙式铁矿形成于古板块离散边界的裂谷-拗拉槽环境海进时期; 喷流沉积块状硫化物矿床属于裂谷或洋盆环境^[8]。从新太古代晚期至中元古代晚期, 华北地台北缘以致全球大范围发生了板块碰撞汇聚、隆升和离散、拉张、沉降的构造旋回演化; 从岛弧-弧后盆-陆缘盆-拗拉槽-裂谷-洋盆等环境的漫长和周期地急剧演变, 激发强烈的地幔排气作用, 从而使地球圈层发生大规模的物质交换, 引发水圈和大气圈的“氧大气变态”和“还原大气变态”循环, 和“岩石圈/软流圈大灾变”。这些热事件的全变态, 在一定年代和周期内引发正常成矿的共振而促进成矿作用异常, 并在相对短的时限内发生急剧的巨量成矿物质堆积, 是形成世界级超大型矿床的关键, 也和暴雨成灾的现代气象相似。由新太古代绿岩型矿床硫化物相、BIF 的 $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ 相、古元古代 $\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} + \text{MgCO}_3$ 相、中元古代豆状、鲕状 Fe_2O_3 (+ FeCO_3) 相直到中元古代末 SEDEX 铅锌铜硫化物相, 氧逸度呈现低-高一低的低氧-过氧-缺氧异常事件, 并伴随着华北地台北缘一系列成矿作用爆发。氧逸度的不足到过氧、缺氧的转化, 由太古宙绿岩型金矿演化为大量的硅铁建造, 过氧达到高峰的标志为中元古代早期宣龙式铁矿的豆状、鲕状 Fe_2O_3 沉积; $\text{FeCO}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ 矿层沉积界面是高氧逸度向低氧逸度的转折点, 是缺氧事件的开始。最有意义的是缺氧成矿事件骤然发生在“过氧事件”高峰之后的中元古代末, 一直延续到古生代, 并形成大量的 SEDEX 铅锌铜硫化物矿床, 世界级的超大矿床多数都集中在这个时期。上述成矿热事件变态的演化, 华北地台北缘代表性矿床有夹皮沟、小营盘、金厂峪、义兴寨等绿岩带金矿床和鞍山-本、迁-滦等大量 BIF 铁矿、庞家堡宣龙式铁矿, 以及东升庙-霍各乞、高板河、青城子等 SEDEX 矿床。

(2) 成矿热事件时限与爆发异常成矿强度: 如何识别以大气变态为标记的成矿热事件, 是成矿学研究的基础问题。矿床本身是记录地质演化历史中出现成矿热事件的特殊标志^[9]。通过多学科的综合方法研究华北地台北缘金属成矿省成矿年代学 (表 1)^[10, 11], 从一定类型矿床的成矿年代识别地质历史上成矿热事件, 并应用该矿床储量相对丰度的大小及其形成时限的长短^[4, 11, 17], 评估爆发异常成矿强度, 是论证巨量金属堆积的新尝试。

从图 1 可以看出与氧大气变态有关的 BIF 矿床, 按其与世界最大的哈默斯利克 (356 亿吨) 储量相对丰度估计值排序的克里沃洛戈 (290 亿吨)、铁“四边形”区 (220 亿吨)、拉布拉多 (206 亿吨)、苏比利尔湖 (162 亿吨) 等超大型铁矿床的形成时限约为 $50 \times 10^6 \sim 35 \times 10^6$ a (图 1、K、T、La、Ls), 与相对丰度不大的津巴布韦、南非等铁矿 (< 50 亿吨) (图 1、b、c) 的形成时限长达 $1\ 850 \times 10^6$ a 相比较, 可以判断前者是在相对短时期内爆发异常成矿而造成巨量金属堆积的, 尤以哈默斯利克和克里沃洛戈爆发强度更大。当然, 这个时

期也是人们所共识的古元古代 (25 ~ 18 亿年) 全球普遍出现强烈氧大气变态期。

表 1 华北地台北缘金属成矿省成矿热事件地质特征和成矿年代

Table 1. Geological characteristics of ore-forming thermal events and metallogenic epochs in the northern margin of Sino-Korea platform metallogenic province

构造域		构造作用	成矿热事件及地质特征		容矿岩类	成矿元素	成矿年代/ 10^6 a	代表矿床
前寒武纪地块成矿构造域	元古宙大陆增生带	克拉通内裂谷	还原大气变态	陆缘海盆沉积	碎屑岩	Mn、Fe	1100(K- Ar) 1922(U- Pb)	瓦房子 宣龙
				陆缘裂谷深断裂	碳酸盐岩-黑色页岩系	Pb、Zn、S	1500 (Pb- Pb) ,2190-1920 (S _m - Nd) , 2090 ~ 2055 (Pb 模式)	高板河, 关门山, 青城子
					铁镁质岩浆岩	V、Ti、Fe、Cu、Ni	1590(Rb- Sr) , 2240(K- Ar)	大庙, 赤松柏
	太古宙陆核	克拉通边缘带	氧大气变态	陆缘裂谷深大断裂	碳酸盐岩-黑色岩系	Pb、Zn、S、Fe、Nb、REE	1490(S _m - Nd) ,1530(S _m - Nd) ,1730(Zr, U- Pb)	狼山-渣尔泰, 白云鄂博
				喷流沉积	硅铁建造	Fe(Au)	2750 ~ 2650(Zr, U- Pb) , 3500 ~ 2500(S _m - Nd)	鞍山, 水厂
					花岗绿岩	Au、Cu、Zn	2711 (Pb- Pb) 2800(S _m - Nd)	小营盘 红透山
			高温高压变质	麻粒岩-片麻岩	Gr(石墨)	3060(Zr, U- Pb)	黄土窑	

注：资料来自参考文献 [11]

从表1看华北地台北缘金属成矿省与氧大气变态有关的鞍山、水厂等大型 BIF 矿床主要形成于新太古代。水厂矿床成矿时限长达 10 亿年, 其氧大气变态促发异常成矿强度中等, 储量丰度也不大; 然而, 鞍山矿床成矿时限仅 5 亿年, 应存在促发异常成矿的可能, 所以在鞍(山)-本(溪)铁建造成矿区的成矿远景还将有扩大的可能。当然, 中国古陆块相对国外不够稳定, 爆发异常的持续性也相对有限。

有关还原大气变态激发成矿作用异常, 并形成中元古代-古生代超大型 SEDEX 矿床的成矿时限和巨量金属堆积的评估, 有待进一步完善资料后再予论述。

3.2 南岭地区中生代陆内造山和“构造圈热侵蚀”

(1) 构造环境与成矿热事件: 南岭金属成矿省的构造演化可分为前寒武纪扬子板块和华夏板块的克拉通化, 以及大陆边缘增生的东南沿海褶皱系。两板块之间从新元古代晋宁期至加里东期多次微型陆-陆碰撞造山和中生代太平洋板块向华南陆壳俯冲引发陆缘增生和陆内岩片叠复增厚、重熔, 从而形成从西向东的扬子板块、华夏板块和东南沿海褶皱系不同时代、多种类型的花岗岩浆侵位和喷出活动^[12,13]。大规模的陆内造山和强烈的岩浆活动造成南岭地区中生代“构造圈热侵蚀”, 发生大规模壳-幔溃变, 并在南岭地区形成全球最大规模的同熔重熔花岗岩类岩石省。这样大规模构造-岩浆热事件是爆发异常成矿的“原质”或称基因, 它对超巨量金属堆积起到极其重要的成矿“引擎”的作用。然而超大型矿床的形成还必须通过它与表壳的“行-列-汇”构造控矿样式相耦合。这就是成矿作用深部构造过程的岩浆热事件与表壳控矿构造发生“引潮共振”, 即激发常规成矿发生异常才能形成超大型矿床。

为此, 激发常规成矿作用发生异常的“引潮共振”机制将是今后的重要研究方向。

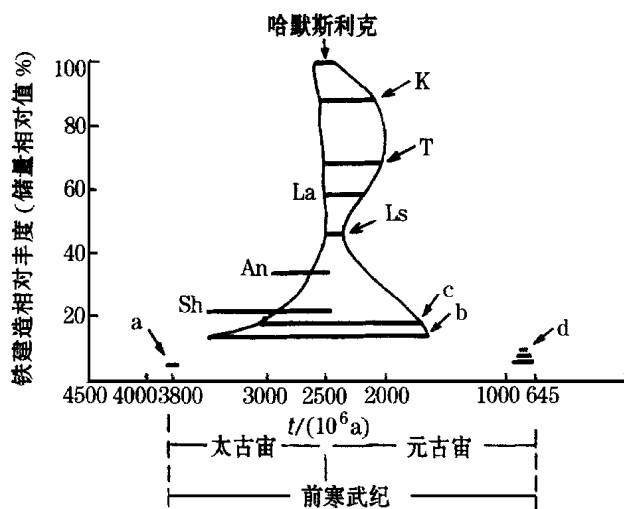


图 1 前寒武纪 BIF 铁建造相对丰度和形成时限略图

(据 Klein, 1997 年修改补充)

a—格陵兰; b—津巴布韦; c—南非; d—拉皮坦、乌卡姆、达马拉; T—铁“四边形”区; K—克里沃洛戈; La—拉布拉多; Ls—苏比利尔湖; Sh—水厂; An—鞍山

Fig 1. Relative abundances and metallogenic timing intervals of Precambrian banded iron formations.

a—Greenland; b—Zimbabwe; c—South Africa; d—Rapitan, Uruncum, Damara; T—Quadrilatero Fe area; K—Krivog Rog; La—Labrador; Ls—Superior Lake; Sh—Shuichang; An—Anshan.

(2) 成矿热事件时限与爆发异常成矿强度: 识别大规模“构造圈热侵蚀”形成大规模构造-岩浆成矿热事件及爆发异常成矿也和识别大气变态一样, 应从研究代表性矿床的成矿年代入手。众所周知, 南岭地区花岗岩分布面积 ($124\,200\text{ km}^2$) 占全区面积的 72.2%; 而燕山早期花岗岩面积 ($99\,500\text{ km}^2$) 又是南岭花岗岩之最, 占全区面积的 57.8%^[12,13]。可见热事件的大多半热能都集中在燕山早期 ($195 \times 10^6 \sim 137 \times 10^6\text{ a}$), 尤其是燕山早期的中晚阶

表 2 南岭金属成矿省热事件地质特征和成岩、成矿年代

Table 2. Geological characteristics of metallogenic thermal events and rock-forming and ore-forming epochs of Nanling metallogenic province

构造域和环境	构造成矿作用	成矿热事件地质特征	岩石类型	成矿元素	成岩年代 / 10^6 a	成矿年代 / 10^6 a	代表矿床
滨西太平洋成矿构造域	东南沿海火山岩断陷区	火山-次火山喷发侵入作用	花岗斑岩-花岗闪长斑岩	Sn-W-Pb (Ag)-Zn-Au-Cu	116 ~ 101 137 ~ 131 152 ± 4	109 ~ 98.6 104	钟腾 长埔 西岭
	断陷构造拗陷区	断陷构造-岩浆侵入作用	黑云母花岗岩-似斑状花岗岩	Sn (W)-Mo-Bi-Cu-Pb-Zn-Sb-Hg	149.5 ~ 80	120 ~ 80	大厂 拉么 五圩
			斑状-等粒黑云母花岗岩-花岗斑岩	W (Sn)-Mo-Bi-Be-Li-Pb-Zn-U	152 ~ 141 137 ~ 131	151 ± 3.5 135	柿竹园 东坡 212
	断隆区	断隆构造-岩浆侵入作用	中、深成多阶段侵入岩体	(W) Sn-Nb-Ta-REE	163 ~ 103 194 ~ 198	156 ~ 139 178	西华山 荡坪 大吉山

注: 资料来源参考文献[13,14]

段 ($150 \times 10^6 \sim 130 \times 10^6\text{ a}$) 更是热能汇集时期。据南岭部分花岗岩熔融包体测温, 其终融温度

高达 $880 \sim 1\,020\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[15], 又据其岩石学和地球化学特征分析, 南岭花岗岩主体属于下地壳重熔的富 Be、Li 和 F, 高 Si、富 K 花岗岩类, 被称之为典型的 BELIF 花岗岩。这类岩体肯定是具有高温驱动力能、强大高挥发分蒸汽压力能和极强渗透力, 对成矿物质的传导、卸载和使之超巨量堆积起到极其重要的激发作用。此外, 南岭地区与成矿有关的花岗岩含有大量的放射性物质, 其 U + Th 含量一般不小于 80×10^{-6} , 可称之为高热花岗岩 (HHP)^[14]。这些都证实本区在大地构造演化过程中由于“构造圈热侵蚀”形成大规模高温、高热花岗岩侵位引发成矿作用爆发异常是完全可能的。

从表 2 可看出南岭成矿省与“构造圈热侵蚀”引发成矿作用爆发异常形成的世界级超大型矿床: 柿竹园钨、锡、铋矿床、大厂锡矿和西华山钨矿主要形成在燕山早期中—晚阶段, 花岗岩成岩时限长达约 $60 \times 10^6\text{ a}$, 表明成矿物质是在短时间内爆发异常而超巨量堆积的。因此继续发现超巨量金属堆积的成矿远景还将是很大的。

4 讨 论

(1) 从大气变态和“构造圈热侵蚀”成矿热事件, 研究上述两大金属成矿省的深部构造作用过程, 深入分析“行-列-汇”构造样式及其与深部构造过程发生“引潮共振”的机制, 以及成矿流体在该构造样式中受裂隙水偏流理论支配的控矿规律^①, 是爆发异常成矿作用的新视角, 深化认识超巨量金属堆积的重要研究方向。

(2) 从地质历史年代上的“大气变态”和“构造圈热侵蚀”的全球规律, 重点剖析与“氧大气变态”和“还原大气变态”有关 BIF 型铁矿床、SEDEX 型铅锌矿床储量的相对丰度与年代时限的演化, 以及与“构造圈热侵蚀”有关的构造-岩浆矿床储量相对丰度的年代时限是探讨成矿热事件在地质历史上出现的频率及其激发成矿作用促进巨量金属堆积的前沿研究问题。

(3) 从区域古地理环境和作为成矿热事件特殊标记的矿床成矿年代和成矿氧逸度、硫逸度, 发现氧化和还原环境的变迁, 结合矿物组合特征综合分析矿床产出的过氧和缺氧事件是深化研究以大气变态形势, 反映成矿热事件和爆发异常成矿的最新发展^[18]。

(4) 区域花岗岩类的时空分布规律(广度和频率、成岩时代和时限)固结指数和冷凝速率以及高热花岗岩(HHP)放射性物质含量等是研究构造圈热侵蚀所反映的构造-岩浆成矿作用强度的重要标志。

华北地台北缘和南岭金属成矿省是我国重要的金属成矿区带, 对该两区带的金属成矿理论研究和矿产勘查评价历来为国内外地质学家所关注。以野外地质调查研究为基础, 构造成矿活动论为指导, 对区域内一系列重要金属矿床开展成矿构造背景、控矿构造聚敛场、金属成矿相和矿床结构即“景、场、相、床”四个等级体制成矿的耦合规律研究, 开展巨量金属工业堆积深部构造过程及其激发成矿爆发异常的研究是当前开展矿产资源勘查与评价的重要发展方向, 对成矿学和勘查地质学的发展均具有重要的科学意义和实用价值。

① 裴荣富等, 1997, 壳幔不同步演化与流体成矿, 内容资料

参 考 文 献

- 1 邓晋福,赵海玲. 中国东部上地幔热结构——由岩石学模型推导. 地质学报, 1999, 64(4): 344 ~ 349.
- 2 涂光炽主编. 庞然大物——与寻找超大型矿床有关的基础研究. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1995, 116.
- 3 李杨鉴, 陈延成. 关于厄尔尼诺成因新认识. 化工矿产地质, 1998, 20(3): 109 ~ 204.
- 4 裴荣富. 金属成矿省等级体制成矿与矿产勘查评价. 当代矿产资源勘查评价的理论与方法论文集. 北京: 地震出版社, 1995, 120 ~ 130.
- 5 裴荣富, 吕凤翔. 华北地块北缘及其北侧金属矿床成矿系列与勘查. 北京: 地质出版社, 1998, 22 ~ 81.
- 6 白文吾, 周美付等. 华北地块岩石圈结构演化与镁铁-超镁铁杂岩及矿化特征. 北京: 地震出版社, 1993, 28 ~ 46.
- 7 万渝生. 辽宁弓长岭含铁岩系的形成与演化. 北京: 北京科学技术出版社, 1993, 66 ~ 88.
- 8 叶连俊等. 生物有机质成矿作用和成矿背景. 北京: 海洋出版社, 1998, 285 ~ 310.
- 9 裴荣富, 吴良士, 熊群尧. 矿床做为研究大构造标志的意义. 北京: 亚洲增生(IGCP-321 文集). 北京: 地震出版社, 1993, 39 ~ 43.
- 10 裴荣富. 矿物共生和矿物共生组合研究与成矿学. 矿床地质, 1995, 14(2): 185 ~ 188.
- 11 裴荣富, 熊群尧. 金属成矿省成矿年代学研究的新进展. 地学前缘, 1999, 1(1): 30 ~ 40.
- 12 陈毓川, 裴荣富. 南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质. 北京: 地质出版社, 1989, 20 ~ 47.
- 13 南岭项目花岗岩专题组. 南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用. 北京: 地质出版社, 1989, 57 ~ 66, 285 ~ 287.
- 14 毛景文, 李红艳, 宋学信. 湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学. 北京: 地质出版社, 1998, 34 ~ 47.
- 15 Pei Rongfu, Wu Liangshi, Xiong Qunyao. Metallogenic preferentiality and exceptional metallogenic convergence of giant ore deposits, Global Tectonics and Metallogeny, 1997, 6(2).
- 16 Kutina J. Regional mantle-rooted discontinuity extending transversely to the margins of cratons and adjacent mobile belts, Metallogenic applications. Glob. Tect. Metall., 1995, 5(1 ~ 2): 7 ~ 18.
- 17 Klein C. Igneous ferment at Hamersley. Nature, 1997, 385(6611): 25 ~ 26.

THE EXPLOSIVE ANOMALY OF ORE-FORMING PROCESSES AND SUPERACCUMULATION OF METALS

Pei Rongfu¹, Qiu Xiaoping², Yin Bingchuan¹ and Xiong Qunyao¹

(¹ Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037; ² Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

Key words: explosive anomaly of ore-forming process, superaccumulation of metals, tectonosphere thermal erosion

Abstract

Based on the research of hierarchical systematic metallogeny in the typical ore fields along the northern margin of Sino-Korea platform metallogenic province and Nanling metallogenic province and applying superaccumulation rate of metals deduced from the relative abundances and metallogenic intervals of ore deposits, the authors probe into the emergence frequency of such metallogenic thermal events as atmosphere metamorphism and tectonosphere thermal erosion that aroused superaccumulation of metals and present a new idea of explosive anomaly of ore-forming process. Furthermore, the minerogenic prospects of BIF are expected to enlarge in Anshan-Benxi area of North China, and the minerogenic prospects of tungsten and tin deposits in Hunan-Guangxi-Guangdong depression and Northern Guangdong uplift are also promising.