

金属成矿省演化与成矿年代学研究

——以华北地台北缘为例*

裴荣富 熊群尧 梅燕雄

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)

提 要: 以“时间维”造就“空间维”演化成矿学观点, 立华北地台北缘为典, 结合成矿年代学分析, 探索成矿作用 4 个等级体制划分及其耦合规律, 建立区域成矿研究新思路和新方法。

关键词: 成矿等级体制 成矿省演化及成矿年代 华北地台北缘

1 引 言

金属成矿省演化是在金属成矿省命名和划分的基础上发展起来的新概念。早期的金属成矿省划分只是局限于成矿地质构造与矿床组合的一种耦合定式, 这显然是静态思维方式。实际上, 在研究中已越来越多地认识到, 金属成矿省是随时间而演化的^[1~3]。以大的尺度来说, 比如本文将要详细论述的华北地台北缘金属成矿省, 从太古宙至中生代就经历了极其复杂的演化过程。这些演化过程显然被各个地质历史时期主要地质历史事件所决定和控制; 以小的尺度来看, 一个矿床从成岩到成矿, 从成矿初期至成矿尾声, 中间需经过成矿高峰期, 并形成—时间跨度, 这种成矿演化的时间越长, 跨度越大, 越有利于形成大—特大型矿床。由此可见, 在成矿省中, 时间维造就空间维, 成矿演化是一切成矿因素的函数。很明显, 这一新概念和新思维是对矿床学一些旧有定式的突破, 是对区域成矿学的一种发展。

然而金属成矿省演化定义好下, 但研究起来并不容易, 笔者在十几年的研究工作中, 逐渐总结出成矿省演化的四个等级制概念和演化模式, 从宏观到微观, 从隐生宙到显生宙, 对成矿省演化进行全面系统的解析, 先后在江西九瑞地区, 华北地台北缘地区取得了明显效果。特别在华北地台北缘地区, 作者经过“八五”、“九五”, 科技攻关研究和自然科学基金资助, 积累了相当丰富的资料, 对成矿省的四级演化已有了深入认识, 现做简略介绍。

2 金属成矿省的 4 个等级制

4 个等级制概念, 笔者已在诸多文章中详细论述。所谓 4 个等级, 即是将成矿省按宏观至微观, 大尺度至小尺度将时间维和空间维划分成“景”、“场”、“相”、“床”4 个等级。通过对成矿区这 4 个等级的动态研究, 总结出本区成矿作用演化和金属成矿的规律。本文只对一、二、四等级重点阐述, 第三等级因目前缺少地球化学动力学实验资料暂略。

* 原地质矿产部基础研究项目 (9501118) 资助

裴荣富, 男, 74 岁, 研究员, 长期从事矿床学研究工作。邮政编码: 100037

2.1 华北地台北缘构造背“景”

从大尺度看,华北地台北缘金属成矿省经历了前寒武纪—古亚洲—滨太平洋3个构造发展时期,其相应发生的重大地质历史事件依次有:太古代花岗绿岩地体的形成—中新元古代陆台破裂形成陆内或边缘裂谷—古生代末华北地块与西伯利亚板块的对接碰撞形成EW—NE向吉黑造山带—中生代滨太平洋陆内造山断陷,形成大规模EW向—NNE向花岗岩活动。在上述地质构造发展时期和重大地质构造事件边界或转换带(例如绿岩带、碰撞造山带、裂陷带等)即是我们所希望的成矿构造背“景”区。笔者在本成矿省大致圈出六个宏观的成矿背“景”区,它们是辽北—吉南、辽东—吉南、狼山—渣尔泰、燕辽、三庙(白乃庙、温都尔庙、哈达庙)、蒙—吉成矿远“景”区。

2.2 华北地台北缘成矿构造聚敛“场”

根据在上述三个宏观有利成矿的(远)“景”区综合地质构造控矿因素及其异常聚敛的最佳耦合度,初步在本成矿省建立了3个二等级的成矿构造聚敛“场”:

(1)太古宙—古元古代同剪切形变异常成矿构造聚敛场:即本区含金花岗-绿岩地体,在同成矿构造期发生强烈的韧性-韧脆性-脆性连续演化的异常聚敛,从而控制花岗-绿岩带及硅铁建造中矿化不连续传导的蚀变岩型和再生的角砾岩-石英脉型大—特大型金矿床和矿带,如小营盘—一张全庄—东坪,马兰峪—倒流水—茅山,金厂峪—峪耳崖,排山楼—迷力营子—小塔子沟—金厂沟梁金矿床等。

(2)中、新元古代—古生代三同(构造)一体异常成矿构造聚敛“场”:三同(构造)一体是指裂谷成矿环境的同(成矿)生长断层,同(成矿)不协调褶皱和同(成矿)角砾岩三种控矿因素达到同时、空的最佳耦合,使成矿物质得以充分物质补给和堆积空间,从而形成沉积(伴有火山岩)容矿的喷流型大—特大型矿床,如内蒙狼山—渣尔泰、白云鄂博—色尔腾山和三庙地区,辽吉的青城子—北瓦沟,燕辽的关门山—高板河等。

(3)中生代“行”、“列”、“汇”构造岩浆异常成矿构造聚敛“场”:即以本成矿省前中生代近EW构造带方向为“行”,中生代NNE(近南北)—NE方向为“列”及两组构造方向相交为“汇”的控矿构造基础上,异常地聚敛着地下深部的地震剪切波垂向低速带,并诱发共源岩浆补余分异成矿作用的成矿构造聚敛场。这一构造聚敛将促使本区岩浆成矿作用得以最佳聚集而加强,并多叠复在上述前中生代构造聚敛场上,形成大—特大再生型矿床,本成矿省有色和贵金属矿床多与这一构造聚敛控矿有密切成矿关系。

2.3 金属矿床成矿年代及其成矿演化

金属成矿省演化的研究,离不开成矿年代学分析。客观上成岩年龄分析对解决地质历史演化和重大地质热事件至关重要,但对具体的每一个矿床,其成矿年代分析,就可能是解决四个等级体制最后一个等级,结构矿“床”的研究关键。应系统地取得成矿先兆、初始成矿(T_i)、成矿高潮(T_T),成矿跨度(T_s),滞后成矿等各个成矿阶段的信息,建立成矿计时钟或成矿年代,探讨矿床成矿演化的规律。现将金厂峪、倒流水、峪耳崖、茅山金矿床成矿年代演化列于表1。从表1可以看出冀东地区金矿是建立在含Au($31 \sim 52$) $\times 10^{-9}$ 的太古宙花岗绿岩基础上, $2500 \times 10^6 \sim 250 \times 10^6$ a的韧性应变只使矿量微弱富积,直到古生代时期($506 \times 10^6 \sim 214 \times 10^6$ a)开始初始矿化(T_i),燕山中期达到成矿高潮(T_T)。其中金厂峪常见成矿滞后花岗岩约 $20 \times 10^6 \sim 40 \times 10^6$ a,成矿跨度(T_s)大,多形成大—特大型矿

床；马兰峪—倒流水可能为同期花岗岩，成矿可能不直接与花岗岩有关。

表1 某些金矿床成矿年代及成矿演化

矿床	矿化量/ 10^{-9}	成矿演化系统	同位素年代/ 10^6 a	矿化期
金厂峪金矿	4510~14780	金矿床	170~133	T_T
	4.7	青山口花岗岩	195~186	
	748.3	韧脆性剪切形变	506~197	T_i
	微量	韧性剪切应变	2500~1800	
	37.1	太古宙花岗-绿岩含金建造	2497 ± 34	
	31.0~51.9		2900~2500	
马兰峪—倒流水金矿	1560~26100	金矿床	155~161	T_T
	3.2~4.1	分水岭花岗岩	160~143.5	
		王坪石花岗岩	185~156	
	748.3	韧-脆性形变	265~214.7	T_i
	微量	韧性应变	2500~1800	
	37.1	太古宙花岗-绿岩	2500 ± 100	
峪耳崖金矿	31.0~51.9	含金建造	2900~2500	
	21100~281200	金矿床	189.0~163.8	T_T
			190~175.8	
	70.1	峪耳崖花岗岩	207.6~187.3	
	39.4	牛心山花岗岩	229.9~160.0	
	微量	韧-脆性形变	250~190	
茅山金矿	35.1~3.8	太古宙变质岩和钙质、碎屑沉积岩	>570	T_i
	4870~16840	金矿床	135.9	T_T
	57.4	断裂破碎和蚀变花岗岩	170~138	T_i
	35.1	太古宙变质杂岩	>2500	

3 华北地台北缘金属成矿省演化

在前述4个等级体制基础上，华北地台北缘金属成矿省地质历史和成矿作用演化总结于表2。从表2看出，矿床可作为地质历史演化阶段和特殊标记，全球成矿事件在该区有所反映。主要是在地球演化早期太古宙古陆核边缘的花岗-绿岩中Cu、Zn(Au)成矿，硅铁建造中条带状磁铁矿成矿，麻粒岩-片麻岩中石墨(Au)成矿事件；元古宙克拉通增生带碳酸盐-黑色岩系中火山-喷流沉积Pb、Zn、S成矿，碎屑沉积Fe、Mn成矿及镁铁质岩浆Cu、Ni、V、Ti磁铁矿成矿事件；古生代活动陆源块状硫化物和斑岩型成矿事件；中生代重熔和同熔花岗岩浆Au、Cu、Mo、Pb、Zn成矿事件。但是与全球成矿事件中主成矿作用相比，该区具有以下特点：①块状硫化物铜锌矿床主要形成在28亿年前的中、古太古代，说明华北地台北缘很早即出现海底喷流作用，但持续时间短，分布局限，而且没有Pb元素出现，这和全球太古宙无铅是一致的。②硅铁建造和条带状磁铁矿早在25亿年前的中、新太古代就开始，即国际上称谓的“氧-大气-变形”(Oxyatmoversoin)的时限在本成矿省很早即出现，而俄罗斯地台的克里活洛格铁矿至古元古代方出现。说明古中国地台氧化环境早于乌克兰地盾。③碳酸盐-黑色岩系建造中的Pb、Zn硫化物矿床，集中于21~15亿年，这和全球成矿演化相似，如澳大利亚布罗肯山和加拿大沙利文等超大型铅、锌矿床。但华北地台北缘沉积

-还原环境规模有限,海平面升降变迁不大,没有大的构造沉陷带出现,蒸发岩和黑色岩系不发育,不利于形成含U砾岩型和含Au、Pb、Zn砂岩型等矿床,但在局部半封闭海湾中,早在22亿年就出现了氧化环境的鲕状赤铁矿型矿床,这是本成矿省的特色。④在15~17亿年本成矿省出现全球独一无二的与碳酸岩有关的稀土、铁、铌矿床,这是陆缘深大断裂与深源碳酸岩浆沟通的结果,但可能有前中元古代铁的沉积和加里东期的陆缘岩浆作用改造等复杂的成矿演化系统。⑤古生代成矿在研究区的初期表现较弱,只是在加里东和海西期出现陆缘叠接削减带,才形成块状硫化物的两次成矿(白乃庙—别洛乌图),以及两次由海相演化为陆相而出现斑岩铜、钼(白乃庙)和斑岩金(哈达庙)。特别应指出的是古亚洲造山带在晚古生代发生陆间碰撞造山对稳定地台区的影响,表现为沿台缘深断裂的碱性杂岩的侵入及相伴金矿床。⑥中—新生代广泛出现的与重熔岩浆热液活动有关的金矿床,与过渡型同熔岩浆热液有关的铜、铁、铅、锌、钼矿床,特别是再生型金矿床,标识了中—新生代强烈构造-岩浆活动,改造了前中生代古老地壳,使前寒武纪成矿又深深印上了中—新生代成矿烙印。一个成矿区的同位素测年出现多种时代数值,体现了前因与后果的有机联系。

表2 华北地台北缘金属成矿省演化

构造域 (带)		构造作用	热事件	容矿岩类	成矿元素	成矿年代/ 10^6 a	代表矿床
滨西太平洋构造域	Mz 陆内活动带	挤压、伸展、剪切、热隙	重熔岩浆热液	流纹质火山岩 蚀变岩 石英脉 花岗斑岩 爆破角砾岩 夕卡岩	Au Au Au Mo Fe、Cu、Mo、 Pb、Zn、Ag	121.71~100 (K-Ar) 2222 (Ar-Ar) 197~165 (K-Ar) 163.8 (Rb-Sr) 149 (K-Ar) 1786~211 (K-Ar)	二道沟、金厂沟梁 金厂峪 峪耳崖 大科庄 杨家仗子
			过渡型同熔 岩浆热液	花岗斑岩	Mo	193~104 (K-Ar)	寿王坟 八家子 兰家沟
古亚洲构造域	Pz 陆缘陆间造山带	陆缘消减	花岗闪长斑岩	Cu、Mo	>400	白乃庙	
		陆间碰撞	碱性花岗岩	Au	350.9 (Zr, U-Pb)	东坪	
前寒武纪成矿构造域	Pt 大陆增生	克拉通内裂谷	碎屑岩	Mn (Fe) Fe PbZnS	1100 (K-Ar) 1922 (全岩 U-Pb) 1500 (Pb-Pb) 1920~2190 (Sm-Nd) 2050~2090 (Pb 模式) 1590 (Rb-Sr) 2240 (K-Ar) 1490 (Sm-Nd) 1530 (Sm-Nd) 1730 (Zr, U-Pb)	瓦房子 宣龙 高板河 青城子 关门山 大庙 赤柏松 狼山-渣尔泰山 白云鄂博	
			碳酸盐-黑色岩系				
			镁铁质岩浆岩	V、Ti、Fe Cu、Ni Pb、Zn、S Fe、Nb、REE			
前寒武纪成矿构造域	Ar 古陆核	克拉通边缘活化	硅铁建造	Fe (Au)	2650~2750 (Zr, U-Pb) 3500~2500 (Sm-Nd) 2800 (Sm-Nd)	鞍山 水厂 红透山	
			花岗-绿岩带	Cu、Zn			
			麻粒岩-片麻岩	gr (石墨)	3060 (Zr, U-Pb)	黄土窑	