维普资讯 http://www.cqvip.com

地 球 学 报
第19卷 第2期 ACTA GEOSCIENTIA SINICA Vol. 19 No.2
1998年 5月 Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences May 1998

215—220

中国金矿床成矿时代的讨论

P618.510.1

李俊建
（中国地质科学院天津地质矿产研究所）

摘 要 本文基于中国50个岩金矿床84组直接测年数据，提出中国金矿床具“一老(2500～1800Ma)—新(280～100Ma)”的成矿格架。区域分布上，前寒武纪形成的金矿床成矿年代为“西新东老”，而显生宙金矿为“西老东新”。中国金矿床最重要的类型为绿岩带型金矿。测年方法上，应采用单颗粒含铀矿物U－Pb法，而$^{40}Ar/^{39}Ar$、K－Ar法和Rb－Sr等时线法仅适于测定显生宙形成的金矿床

关键词 成矿时代，金矿床，中国

成矿地质年代学工作是当今矿床学领域研究的前沿课题，在30届国际地质大会上就成矿省地质历史演化和成矿年代学问题举行了专题讨论会。裴富荣[1]在论及其重要性时曾指出，成矿年代学是认识金属成矿省演化的计时钟。在近10年的金矿研究大潮中，金矿成矿年代学亦成了热点研究课题，国内外矿床学家几乎把当今所有的测年法皆引入了金矿定年工作中，如蚀变矿物及石英的$^{40}Ar/^{39}Ar$法、K－Ar法，石英流体包裹体的Rb－Sr等时线法，白钨矿的Sm－Nd等时线法和矿物－全岩的Sm－Nd等时线法及单颗粒水热锆石[2]、金红石、榍石、磷灰石的U－Pb法和硫化物的Re－Os法，使金矿成矿年代学的研究取得了一些重要进展，并对目前的成矿概念有了新的评价。本文基于中国50个岩金矿床84组直接测年资料，对中国金矿床的成矿时代作一初步总结。

1 中国金矿床成矿年代的分布

早期金矿成矿年代的确定多采用间接法获取相对形成时代。近年来，随着同位素地质新技术的飞速发展，金矿直接测年工作迈上了一个新台阶，并积累了大量的数据资料。图1与图2列出了中国50个金矿区84组矿化年龄数据的统计结果[3～18]，从分布地区看，几乎覆盖了中国各大金矿化集中区，如：新疆、海南、粤西、云南、江浙闽、安徽、西秦岭、陕西、豫西、胶东、内蒙、冀东—冀北、辽西、辽北和吉南等地，故名中国金矿床成矿年代的分布。

1.1 “一老一新”

综观中国金矿床，除存在多期叠加成矿和成岩成矿时差[19]特点外，其成矿时代高峰值明显具有“一老一新”的成矿规律(图1，图2)。“一老”指前寒武纪的新太古代末—古元古代(2500～1800Ma)，其中又可细分为2500～2400Ma和1900～1800Ma两个次级成矿高峰期，分别相当于程裕淇等(1994)划分的吕梁早期和吕梁晚期；“一新”指显生宙的古生代晚期—中生代(280～100Ma)，其中可细分为280～220Ma和160～100Ma两个次级成矿高峰期，分别相当于华力西晚期—印支期和燕山中晚期，以燕山中晚期更为重要。“一老一新”成矿高

李俊建，男，1962年生，研究员，主要从事前寒武纪矿床地球化学研究，邮编：300170

维普资讯 http://www.cqvip.com

峰期峰值的高低,主要受统计的年龄样品数制约,而与金矿储量无直接联系。图2是扣除了多期叠加成矿的年龄值后,对50个金矿区主成矿年龄值的统计结果,总的特征与前述类似,但显生宙高值峰似乎降了一些。尽管前寒武纪成矿峰值不是太高,但却占据了岩金储量的29%,另外,除"一老一新"成矿外,喜马拉雅山期在云南哀牢山等地(特提斯—喜马拉雅成矿带)的金成矿年代亦不容忽视,其它时代金成矿问题有待进一步验证。

这种双峰式(图面上更像是三峰式)成矿高峰期的年代格架,在中国各地区,各类型金矿中均具此规律性。P. Pouthier(1980)在其所著《全球成矿规律研究》一书中,对金矿的成矿高峰区亦给出了相隔时距较大的2个区间,即早元古代早期与晚太古代和中新生代。R. W. Hutchinson(1987)从空间和时间的关系上对金矿床成矿问题给出了两大成矿时间域,即3000~2000Ma和250Ma至现代,均与中国的情况大同小异。

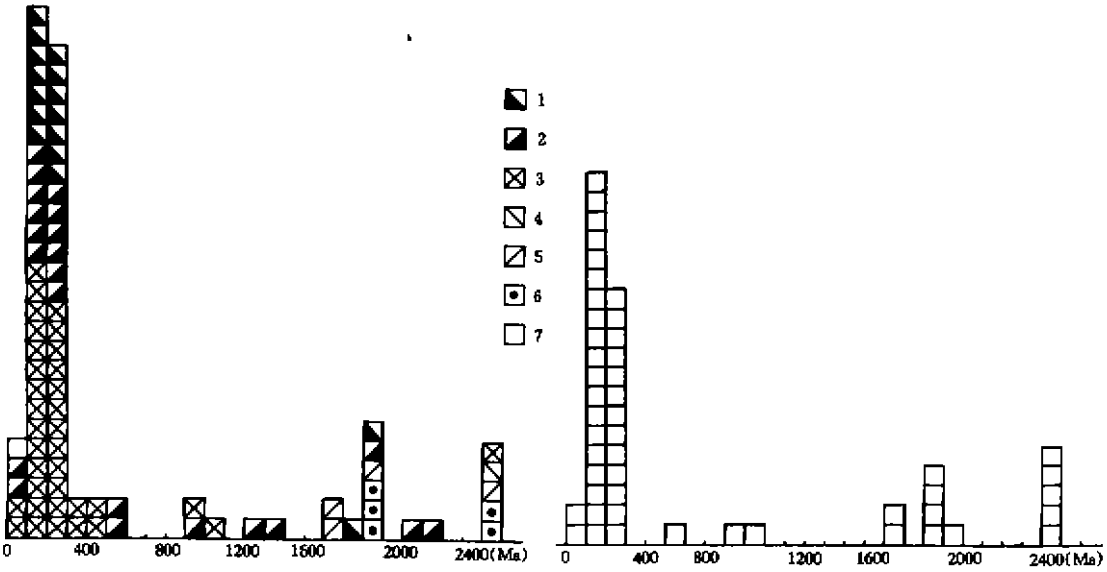


图1 中国金矿床成矿年代分布图

Fig. 1 The map showing distribution of metallogenic epoch of China's gold deposits

(据50个岩金矿区84组成矿年龄资料统计)

1-K-Ar年龄;2-$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄;3-Rb-Sr等时线年龄;4-Sm-Nd等时线年龄;5-铅模式年龄;6-单颗粒锆石年龄;7-电子自旋共振(ESR)年龄

图2 中国金矿床成矿年代分布图

Fig. 2 The map showing distribution of metallogenic epoch of China's gold deposits

(据50个岩金矿区主成矿期年龄统计)

1.2 中国金矿床成矿年代的区域分布特点

从金矿床产出的地理位置上分析,中国金矿床成矿年代的分布又具有明显的区域特点,即显生宙形成的金矿床成矿时代在区域分布上呈现"西早东晚"的特征,而前寒武纪形成的金矿床则表现为"西晚东早"的特征。

显生宙形成的金矿,在中国东部(多数在郯庐断裂带以东)的广东(河台、新洲)、福建(上杭紫金山)、江西(金山)、安徽(鸡笼山)、胶东(玲珑-焦家式系列金矿)、河北(峪耳崖、金石沟梁、二道沟)、辽南(四道沟、五龙)辽北(下达堡、线金厂)和吉南(海沟、二道甸子、红旗沟)

维普资讯 http://www.cqvip.com

等地金矿床,主成矿期以燕山中晚期为主;但在中国中西部的西秦岭(拉日玛、安家岔)、内蒙(十八顷毫)、新疆(西滩、西准噶尔、康古尔)等地金矿,主成矿期主要出现在华力西晚期—印支期。前寒武纪形成的金矿,以华北陆台为例,从冀北小营盘(主成矿时代为 1800Ma,胡小蝶等,1994)→辽西排山楼(主成矿期大于 2174Ma[9])→冀东金厂峪(>2391Ma[1])→辽北南龙王庙(>2409Ma)→吉南夹皮沟金矿(2469～2475Ma[6]),即由 W 向 E,主成矿期年代渐趋升高。

2　金矿成矿年代学测年法评述

关于金矿成矿年代学直接测年方法,主要受不同方法采样对象的局限及对测年结果的不同解释,产生了一定的分歧,综述如下。

2.1　Rb－Sr 法

蚀变矿物或石英流体包裹体的 Rb－Sr 等时线方法,同所有等时线测年法相似,其前提条件是测定样品要同源。同时,并具相近的初始同位素组成和形成后处于封闭体系,从统计的观点看,等时线上样品的同位素数据点分布范围越宽,则统计误差越小,取得的等时线年龄值越精确[20]。但问题是数据点分布太宽,很可能反映出样品的不同源,因而所给出的年龄值未必是正确的。因此应用 Rb－Sr 等时线法要慎重。陆松年等[21]曾指出,既使在野外、室内详细划分了成矿期次并仔细挑选了属同一成矿期次的蚀变矿物或石英包裹体外,仍需对组成等时线上的样品进行科学的筛选,否则仍可能给出混合的或人为的等时线。从实际测定资料分析,与容矿围岩同位素年龄资料的对比看出,流体包裹体法同K－Ar、$^{40}Ar/^{39}Ar$ 法一样由于体系封闭温度较低,对显生宙形成的金矿床定年比较合适,而对前寒武纪形成的金矿床只能反映其晚期叠加的矿化年龄,而不是形成年龄。

2.2　$^{40}Ar/^{39}Ar$、K－Ar 法

$^{40}Ar/^{39}Ar$、K－Ar 测年法,往往受岩石矿物中 Ar 的丢失与过剩及热扰动影响,难以确切地对测定年龄进行解释[22]。正常情况下,平坦型$^{40}Ar/^{39}Ar$ 谱图可给出较真实的岩矿石形成年龄数据。当流体包裹体中存在过剩 Ar 时,在$^{40}Ar/^{39}Ar$ 谱图中从左到右呈阶梯下降,其中固溶体或晶体中存在过剩 Ar,在$^{40}Ar/^{39}Ar$ 谱图中从左到右呈马鞍型;固溶体或晶体中的放射成因 Ar 的丢失在$^{40}Ar/^{39}Ar$ 谱图上从左到右呈阶梯上升,在高温区^{39}Ar 和^{40}Ar 的析出曲线产生明显离析。Ar 过剩或丢失的共同特点,表现出截距值与大气 Ar 比值有明显偏离[22]。中国众多金矿中石英流体包裹体的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 法测定结果多呈马鞍型图谱,表明有过剩的存在,对比年龄谱图一般采用 Lanphere 等(1976)的解释,即年龄谱图中的最低年龄接近或低于矿物的结晶年龄。从前寒武纪形成的金矿成矿年龄看,如吉林夹皮沟、二道沟和八家子金矿(颗粒锆石年龄分别为 2469Ma 和 2475Ma[6],$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄分别为 2038Ma[7] 和 1824Ma[18])、冀东金厂峪金矿(Pb－Pb 年龄表明金矿化大于 2391Ma[17]、$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄为 2190Ma●),冀北小营盘金矿(颗粒锆石 1800～1826Ma●、$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄 1362Ma[16])的测年结果看,虽然石英$^{40}Ar/^{39}Ar$ 最低坪年龄提供了该测试样品形成时代较老的信息,但与

● 何永年,林传永等.冀东金厂峪金矿床韧性剪切带与金矿化关系的研究报告.1992,75～76

● 胡小蝶等.张宣地区花岗岩—绿岩地体金矿类型、控矿条件及成矿预测科研报告.1944,135～153

维普资讯 http://www.cqvip.com

颗粒锆石 U－Pb 年龄相比，将$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄解释为金矿形成时代仍显偏低，即不适用于对前寒武纪金矿的定年工作。但对显生宙形成的金矿床，$^{40}Ar/^{39}Ar$测年资料代表金矿化年龄是可行的。如粤西高凤金矿石英流体包裹体$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄为 214.7Ma，Rb－Sr 等时线年龄为 217.5Ma[13]；胶东金青顶金矿石英$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄为 153.8Ma[15]，邓格庄、玲珑、焦家金矿石英 Rb－Sr 等时线年龄为 126.5～140.6Ma[12]，均比较接近。K－Ar 年龄资料亦有类似的特点。

2.3 普通 Pb 法

关于 Pb 同位素模式年龄能否指示铅矿化年龄问题，福尔(1997)曾指出，模式年龄及来源区 μ 值的地质可靠性取决于铅具有单阶段演化历史的假设，必须满足这一假设，才能把模式年龄当作所在矿床的矿化年龄。其判别标准是：①取自给定矿床的一套样品的模式年龄必须一致；②在实验误差内各同位素比值必须正值；③模式年龄一般应与该矿床所在围岩的同位素年龄相协调。在实际工作中，测定铅矿化年龄的普通 Pb 法只适于很少一部分矿床，如“整合矿床”(整合块状硫化物矿床)，而对大多数矿床而言，尤其是中国的金矿，除极个别外，绝大多数 Pb 同位素组成所表明的演化历史是很复杂的，通常是多阶段的。在这种情况下，只好利用数学模式的推演法，即所谓的多阶段模式计算法。但问题是对一具体矿床而言究竟经历了几个演化阶段，每个演化阶段的起始年龄是多少并不确切掌握，往往需要根据现有地质资料进行假设，在这种假设的前提下推算出的年龄数据，自然会带有较大的误差和不确定性。因此，利用 Pb 同位素组成信息探索成矿物质来源及其演化比用其直接确定矿床的矿化年龄要重要的多。

2.4 单颗粒锆石测年法

单颗粒锆石测年法是一种精确的同位素测定年新方法，被广泛应用于大陆地壳生长和演化的研究工作中，近年来也成功地引入到金矿定年工作中，如 Claore-Long(1990)[2]对加拿大阿比提比绿岩带金矿，Ronde 等(1991)[23]对南非巴伯顿绿岩带金矿定年工作均取得了很好的成果，目前测定对象已由锆石扩展到榍石、金红石、磷灰石等含铀矿物。“八五”期间，沈保丰、李俊建等在辽北—吉南，骆辉等在辽西，胡小蝶等在张宜地区，陆松年等在胶东等地率先取得了一批我国重要金矿床含金石英脉中单颗粒锆石的精确年龄数据。如对夹皮沟矿区八家子、二道沟金矿主成矿期含金石英脉中单颗粒水热锆石的测年结果分别为 2469Ma 和 2475Ma[6]，这也是目前为止我国获取的岩金矿床最古老精确的成矿年龄，其意义在于对目前国内流行的金成矿作用与中生代构造岩浆作用有关的模式要重新评价。单颗粒矿物 U－Pb 法在应用于测定主矿体中含铀矿物的形成年龄无疑为金矿床的直接测年带来了希望。需要说明的是，不能简单地仅作单矿物年龄测定，如锆石成因相当复杂，目前已知有岩浆锆石、变质锆石和水热锆石，有时一粒矿物的内核和边缘也具有不同的成因，因此要配套地对测年矿物进行成因标型方面的研究，以便对测年数据给出更加合理的地质解释。

3 中国绿岩带金矿问题

绿岩带金矿床是世界金矿资料中的最重要类型，其最早的成矿期可追溯到早太古代矿源层——绿岩带中部富金岩石组合的原始形成时期[14]。而具经济价值的金矿成矿期，一般在绿岩带演化的晚期，如南非、西澳和加拿大等地，典型绿岩带型金矿的成矿期一般在2700～

维普资讯 http://www.cqvip.com

2400Ma,即主成矿期在太古宙。中国绿岩带有关金矿因受后期多次构造岩浆热事件的叠加改造,所获取的成矿年龄往往偏新,但前文表明,已有的资料已经框定了一大类主成矿期在2475～1800Ma的金矿床,如夹皮沟、排山楼、小营盘和金厂峪金矿等,在我国一种较为流行的观点认为,中国贫前寒武纪金矿,实际资料并非如此。地史上世界金储量的70%集中在太古宙—早元古宙,25%集中在中新生代。中国的情况如何?据陈纪明(1992)对500个岩金矿床的初步统计,①赋存在太古宙含金绿色岩系中的金矿床(指夹皮沟-金厂峪式金矿和南龙王庙-排出楼式金矿)占岩金储量的29%,计有119个矿床,其储量占全国第二位,产量占首位。②赋存于显生宙花岗质杂岩系中金矿(玲珑－焦家式、峪耳崖式和东坪式金矿等)占岩金储量37%,计有122个矿床,储量占全国首位,产量占第二位。③其它类型占岩金储量的34%。实际上第一类占岩金储量29%的金矿床正是沈保丰等提出的形成于前寒武纪的绿岩带同构造期金矿床[4,5]。即中国金矿床形成时代为"一老一新",而"一老一新"矿床占岩金储量比例为3:7,此比例数与世界上统计资料刚好相反,这才是中国金矿床特色之所在。沈保丰等[4,5]提出的中国绿岩带同构造期金矿和后构造期再生型金矿正是统计资料中的第一、二类金矿,二者间储量比例为1:1.3,二者相加已占岩金储量的66%,说明中国绿岩带金矿在形成时代上"一老一新"有别于国外,但其所占岩金储量比例,仍与国外相近,同样也是最重要的金矿类型。

4　结　论

(1)中国金矿床成矿年代特征为"一老(新太古代末期—古元古代)一新(古生代晚期—中生代)"。"一老一新"金矿所占岩金储量比例约为3:7,此为中国金矿床之特色。

(2)中国金矿床成矿年代区域分布特点为,显生宙金矿"西老东新",前寒武纪金矿"西新东老"。

(3)中国金矿床最重要类型是绿岩带金矿(占中国岩金储量的66%)。

(4)金矿成矿年代学定年法以单颗粒含铀矿物测年法较优;Rb－Sr、$^{40}Ar/^{39}Ar$、K－Ar法对显生宙金矿定年较适用,而对前寒武纪金矿往往给出的是晚期矿化叠加的年龄;普通铅法除极个别外,最好不直接应用于金矿定年。

作者成文过程中得到了沈保丰、骆辉、胡小蝶、陆松年研究员的指导和帮助,特此致谢。

参 考 文 献

1　裴荣富,吴良士.金属成矿省演化与成矿.地学前缘,1994,1(3～4):95～99.

2　Claoue-Long J, King R W and kerrich R. Archean hydrothermal zircon in the Abitibi greenstone belt: constrains on the timing of gold mineralization. Earth Planet Sci. Letters, 1990, (98): 109～128.

3　沈保丰,骆辉等.辽北—吉南太古宙地质及成矿.北京:地质出版社,1994,1～231.

4　沈保丰,骆辉.华北陆台太古宙绿岩带金矿的成矿特征.华北地质矿产杂志,1994,9(1):87～96.

5　沈保丰,骆辉,李双保,李俊建,彭晓亮,胡小蝶,毛德宝.华北陆台太古宙绿岩带地质与成矿.北京:地质出版社,1994,1～202.

6　李俊建,沈保丰等.吉林夹皮沟金矿成矿时代的研究.地质学报,1996,70(4):335～341.

7　李俊建,沈保丰,李双保,毛德宝.清源—夹皮沟绿岩带地质及金的成矿作用.天津科学技术出版社,1995,1～132.

维普资讯 http://www.cqvip.com

8 程玉明,李俊建,沈保丰等.吉辽地区绿岩带金矿成矿找矿模式.北京:地震出版社,1996,1～243.
9 骆辉,彭晓亮,赵运起.五台山绿岩带铁建造金矿.北京:地质出版社,1994,1～79.
10 胡小蝶,赵加农,李双保.张宣地区太古代变质岩中脉金的成矿作用.天津地质矿产研究所所刊,1990,(22):1～27.
11 陈好寿,周肃,魏林,杨俊龙.成矿作用年代学及同位素地球化学.北京:地质出版社,1994,1～242.
12 李华芹,刘家齐,魏林.热液矿床流体包裹体年代学研究及其地质应用.北京:地质出版社,1993,1～114.
13 邱华宁,戴橦漠,李朝阳,蒲志平,陈晓钟.矿床中石英流体包裹体$^{40}Ar/^{39}Ar$定年研究.壳幔演化与成岩成矿同位素地球化学,北京:地震出版社,1993,191～192.
14 姬金生,张连昌,曾章仁,卢登蓉,杨兴科,杨建国.东天山康古尔塔格金矿带年代学研究.地质科学,1996.31(1):80～89.
15 杨敏之,吕古贤.胶东绿岩带金矿地质地球化学.北京:地质出版社,1996,1～221.
16 胡达骥,罗桂玲.河北张宣地区含金石英脉$^{40}Ar/^{39}Ar$年龄.地质科学,1994,29(2):151～158.
17 张秋生,杨振生,高德玉,任洪茂等.冀东金厂峪地区高级变质区地质与金矿床.北京:地质出版社,1991,324～389.
18 吴尚全.吉林夹皮沟金矿床含金石英的$^{40}Ar/^{39}Ar$块中子活化年龄测定.矿床地质 1991,10(4):349～358.
19 涂光炽.中国金矿床若干特征.国际金矿地质与勘探学术会议论文集.沈阳:东北工学院出版社,1989,1～3.
20 江博明.太古代岩石的定年——方法学和局限性的讨论.地球化学,1989,18(2):103～120.
21 陆松年,李惠民,李怀坤,杨春亮.成矿过程多元同位素体系的时代信息.地质找矿论丛,1995,10(3):14～23.
22 戴橦漠,蒲志平,许景荣,胡振铎.几个地区几种矿物中存在过剩 Ar 的探讨.壳幔演化成岩成矿同位素地球化学,北京:地质出版社,1993,173～177.
23 De Ronde C E J, et al. Field, geochemical and U-Pb isotopic constrains from hypabyssal felsic intrusion within the Barbertor greenstone belt, South Africa; Implications for tectonics and the time of gold mineralization. Precambrian Research, 1991, 49: 262－280.
24 《中国矿床》编委会.中国矿床(中册).北京:地质出版社,1994,201～205.

Metallogenic Epoch of China's Gold Deposits

Li Junjian
(*Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS*)

Abstract Based on the age-dating values from eighty-four pieces of rock samples in fifty China's gold deposits, the metallogenic epoch of China's gold deposits constitutes the metallogenic framework, include one older epoch(2500～1800Ma)and one younger epoch (280～100Ma). The regional destribution of metallogenic epoch shows regular variation, the epoch of Precambrian gold deposits gradually decreasesfrom west to east of China, while that of Phanerozoic gold deposits gradually increases. Gold deposits of greenstone belt type are the most important one in China. As to age-dating methods, the author recommends that single Uranium-bearing mineral U-Pb method is to be adopted , for the precambrian gold deposits but for the Phanerozoic one the $^{40}Ar/^{39}Ar$, K-Ar and Rb-Sr isochron methods are recomended.

Key words metallogenetic epoch gold deposit China