中国前寒武纪金矿成矿特征*

Metallogenic Characteristics of Precambrian Gold Deposits in China

胡小蝶 沈保丰 翟安民 杨春亮 曹秀兰

（天津地质矿产研究所，天津 300170）

Hu Xiaodie, Shen Baofeng, Zhai Anming, Yang Chunliang, Cao Xiulan

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

摘 要 前寒武纪是中国重要的金成矿期。中国前寒武纪金矿床的类型主要有绿岩带型金矿床，变质砾岩型金矿床，条带状铁建造型金矿床和浅变质碎屑岩型金矿床，其中以绿岩带型和浅变质碎屑岩型金矿床最为重要。金矿床主成矿期从太古宙末到新太古代。各类金矿床的形成与中国前寒武纪地壳演化密切相关。

关键词 前寒武纪金矿床 金矿床类型 地壳演化 中国

前寒武纪是金矿的主要成矿期。世界金矿的储量约 70%产于前寒武纪（陈纪明等，1997）。在中国，前寒武纪亦是很重要的金成矿期，由于中国大陆具有多旋回分阶段演化的特征（任纪舜等，1999），晚期的构造岩浆活动常叠加在早期形成的地质体中，使早先在前寒武纪形成的金矿床，被后期的构造岩浆活动和金成矿作用叠加、改造，造成金成矿的长期性、多时代和多期（次）特征，但也同时确定金主成矿期的困难，造成对一些金矿床成矿时代多解性和长期争议，从而使不同学者得出的中国前寒武纪金矿的储量比例不一致。韦永福，吕英杰等(1994)提出，中国金矿床中太古宙含金绿色岩系中的金矿占岩金总储量 29%，元古宙浅变质岩系中的金矿占岩金总储量 14%，也就是前寒武纪中金矿占岩金总储量 43%。陈纪明等（1997）得出，中国岩金储量 40.8%集中于前寒武纪。陈毓川等（2001）对中国不同类型金矿床的储量进行了较详细的统计，得出花岗岩-绿岩带金矿床占总储量 6.5%，产在前寒武纪地层中与岩浆岩有关的金矿床占总储量 26.3%，前寒武纪沉积岩建造中的金矿床占占总储量 3.85%，总计与前寒武纪有关金矿床的储量占总储量 36.65%。不同学者的统计数字虽然不尽相同，而且其中有的矿床的成矿时代是否是前寒武纪时期还是有争议，再加上前寒武纪时代由于形成时期较久，不少金矿床可能已经被剥蚀，但也可以得出中国前寒武纪是很重要的金成矿期。

中国前寒武纪金矿床的主要类型是：绿岩带型金矿床，变质砾岩型金矿床，条带状铁建造型金矿床和浅变质碎屑岩型金矿床。

1 绿岩带型金矿床

中国早前寒武纪绿岩带主要分布在华北地台的北缘、西南缘、胶东、鲁西和五台山一恒山等地，此外在扬子地台的西南缘、西北缘也有少量的分布，在塔里木地台北缘也可能分布绿岩带。与绿岩带有关的金矿床不仅有夹皮沟本区、三道岔、金厂峪、文峪、东闯、大湖、小营盘、排山楼、焦家、等大型、特大型金矿床，同时也有一大批如八家子、二道沟、东腰庄、等中小型矿床。绿岩带型金矿床是指产在绿岩带地质构造背景，在绿岩带形成、发展和改造的地壳演化过程中，不同阶段形成的一系列金矿床的总称，是以

* 本文为中国成矿体系与区域成矿评价项目（K1.4-3-1）资助的研究成果
第一作者简介 胡小蝶，女，1937 年生，研究员，从事矿物学和前寒武纪矿床研究。

赋矿建造为标准划分的一类金矿床类型（沈保丰等，1994，1997）。根据金矿床的物质来源、成矿地质构造环境和地壳演化等特点，中国绿岩带型金矿床划分为同构造晚期初生型金矿床和构造期后再生型热液金矿床两类。同构造晚期初生型金矿床主要与挤压环境的韧性剪切作用有关，又分为细脉浸染状金矿床和脉状金矿床两个亚类。构造期后再生型热液金矿床可再分为与外生地质作用有关的砂砾岩型金矿床和与深熔岩浆作用有关的再生型热液金矿床两个亚类（沈保丰等，1994，1997）。同构造晚期初生型金矿床形成在早前寒武纪，构造期后再生型热液金矿床部分形成在前寒武纪，而主体形成在显生宙。本节主要阐述同构造晚期初生型金矿床的特点。细脉浸染状金矿床是绿岩带中重要的金矿床类型，产出在遭受深层次的韧性变形作用的绿岩带层序中上部位变质火山-沉积岩内。在脆-韧性剪切作用的早期阶段成矿。岩层、矿体、韧性剪切带三者产状基本一致或成较小的夹角。矿石品位不高，矿体与围岩的界线不明显，矿体的圈定要依据化学分析结果。矿化类型为稀疏浸染状、细脉状。矿石类型简单，主要为黄铁矿型，黄铁矿细脉、石英细脉都有强烈的塑性变形。矿体常呈似层状和透镜体状，自然金的成色高，围岩蚀变发育。这类金矿床目前发现不多，主要分布在辽西、五台、清原、青龙河等绿岩带中，其中规模较大的有辽西排山楼金矿床。脉状金矿床是单脉、复脉、网脉和交代脉的总称。是同构造晚期初生型金矿床中最主要的类型，广泛分布在夹皮沟、小秦岭、冀东等地，其中有金厂峪、小营盘、夹皮沟、三道岔、二道沟、文峪、杨寨峪等大型、特大型金矿床。金矿体主要与韧性剪切变形变质作用紧密相关，严格受韧性剪切带控制，矿体常赋存在退变质带、强变形带和韧脆叠加构造带等强变形部位，主要形成在脆-韧性剪切作用的晚期阶段（李德威，1993）。赋矿围岩多种多样，但以变质镁铁质火山岩为主，常在绿岩层序的下部，其次为花岗质岩石。赋矿围岩遭受了强烈的变形变质改造，形成糜棱岩-片糜岩，其中较重要的是（绢云）绿泥片岩、石英绢云片糜岩。矿化类型有含金石英脉和含金复脉带二类，不同矿区矿化类型有差异。矿石类型有含金黄铁矿型、含金多金属硫化物型和含金黄铁矿、方铅矿型。硫化物含量不高，大致占矿石总量 5%～10%，属少硫化物型。金矿物主要为自然金，成色较高。脉石矿物以石英为主。矿石矿物均具有韧性变形特征，黄铁矿颗粒常被拉长、压扁和发生褶曲，石英具波状消光、核幔结构、拔丝结构等。围岩蚀变发育，有绿泥石化、硅化、绢云母化、黄铁矿化等，其空间分布有一定的分带性。矿体常成群产出，沿带分布，分段集中，常有膨胀收缩，尖灭再现，分支复合现象。矿体常呈陡倾斜产出，延深较大，而且延深常大于延长。金矿床主要成矿期为新太古代-古元古代，如夹皮沟二道沟金矿床矿石单颗粒锆石 U-Pb 年龄为（2475±19）Ma，八家子金矿床矿石单颗粒锆石 U-Pb 年龄为（2469±33）Ma（沈保丰等，1998）；金厂峪金矿床含金石英脉石英 ^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄为 2190.5 Ma（林传勇等，1994）；小营盘金矿床矿石单颗粒锆石 U-Pb 年龄为（1826±31）Ma（胡小蝶等，1997）。

2　变质砂砾岩型金矿床

是目前世界上储量最大、产量最多的金矿床类型，最著名的是南非维特瓦特斯兰德金矿床。在我国目前分布不广、规模较小、多呈矿化，仅个别为小型矿床，但至今尚未具有工业开采价值，主要分布在五台山地区古元古界滹沱群豆村亚群四集庄组变质砾岩内。四集庄组变质砾岩的成分主要受下伏的五台山花岗岩-绿岩所控制，岩石经历了吕梁期的变质变形作用，变质程度一般为绿片岩相-次绿片岩相。变质的砾岩、砂砾岩、砂岩、泥岩及其泥质、砂泥质胶结物内普遍含金，但量少且分散，大致在 1×10^{-9}～57×10^{-9} 之间。依据金矿床（化）产出的地质构造环境、变质砾岩的岩石组合以及后期的热液叠加改造等，可进一步划分为 3 个亚类：沉积变质-热液叠加型；沉积变质型和（弱变质）沉积型，其中以第 1 类为最重要，后二类仅见金矿化，至今尚未发现矿床（沈保丰等，1998）。沉积变质-热液叠加型主要分布在灵丘－老潭沟一带和五台县七图村－四集庄地区，其中以七图村－四集庄地区的西山金矿床具有一定的代表性。矿体主要赋存在四集庄组下部变质砾岩与变质镁铁质火山岩之间的变质含砾砂岩内，在倒转背斜核部韧性变形的四集庄组下部含砾变质砂岩段。矿化带断续延伸约 1.5 km，呈似层状、透镜状，可圈出 2 个矿体。矿化类型有石英脉型和细脉浸染型两类。矿石矿物主要为黄铁矿、自然金，偶见黄铜矿；脉石矿物以石英为主。自

然金以粗粒、巨粒为主，最大粒度可达 4 mm，成色较高，为 800～940。围岩蚀变较弱，主要有黄铁矿化、绿泥石化等（陈平等，1996；沈保丰等，1998）。成矿时代为古元古代。

3 条带状铁建造型（BIF）金矿床

该类型金矿床（化）在中国有一定的分布，在华北陆块、扬子陆块、华夏陆块、佳木斯陆块、塔里木陆块和秦岭褶皱带中都有不同程度的发育和不同规模的产出，其中以华北陆块和佳木斯陆块最为重要，代表性的金矿床有东风山、康家沟、殿头、柏枝岩、小板峪和南龙王庙等。含金岩系的时代从新太古代的山西五台山绿岩带到新元古代粤西青白口群云开群和赣中南华系的杨家桥组。在华北陆块条带状铁建造的形成时代为新太古代，而且多与绿岩带有密切的时空分布和成因关系，一般均分布在绿岩层序的中上部。在华南陆块，条带状铁建造分布在扬子陆块和华夏陆块两者之间的活动大陆边缘拼贴会聚带，含铁岩系是一套海相火山岩-碎屑岩-碳酸盐岩建造，形成于新元古代。中国条带状铁建造型（BIF）金矿床一般具有以下的一些特征：① 主要产出在太古宙绿岩带或元古宙变质富铁沉积岩系内，如五台山柏枝岩金矿床产在五台群石砭亚群柏枝岩组的绿片岩相变质的火山岩建造内；② 含金铁建造属阿尔戈马型，是火山喷流沉积成因；③ 含金铁建造常与镁铁质-超镁铁质或安山质-长英质火山岩呈互层产出，说明其与海底火山作用关系密切；④ 含金铁建造的沉积相主要为硫化物相和碳酸盐相，或两者的混合相，氧化物相、硅酸盐相铁建造也产出金矿，但规模一般较小。黑龙江东风山金矿床是目前中国条带状铁建造型金矿床中规模较大的金矿床，属中型规模，矿床中铁建造的沉积相有氧化物相、硅酸盐相、碳酸盐相和硫化物相，但含金铁建造仅产于硅酸盐相铁矿层的底部，含锰硫化物钴金矿层硫化物相铁建造中（刘静兰等，1991）；⑤ 金矿体的产状主要呈似层状、透镜状，层控明显，矿体与铁建造都同时经受区域变质变形作用。如东风山金矿床的绝大多数矿体与围岩均经受相同的变质变形作用，大部分矿体产在背斜褶皱的两翼，矿体形态呈层状、似层状、扁豆状、透镜状；少部分产在背斜褶皱的轴部，矿体形态多呈鞍状、透镜状，在背斜转折端部位明显加厚；⑥ 在条带状铁建造中虽然金矿化相当普遍，但是具有工业价值的矿体仅是部分铁建造，而主要是在一定构造的有利部位。如山西五台山殿头金矿床主要赋存在五台群柏枝岩组下部的条带状磁铁石英岩中，容矿岩石为富含碳酸盐的磁铁石英岩和含黄铁矿的绿泥片岩，金矿体产在强烈挤压变形和褶皱叠加的部位，产状与褶皱枢扭一致，呈似层状、透镜状，在一些褶皱的鼻部形成富矿柱（陈平等，1996；沈保丰等，1998）；⑦ 金矿物以自然金为主，成色较高，大致在 900 左右。在华北陆块内金矿石为自然金-黄铁矿-磁铁矿-碳酸盐-石英组合，在佳木斯、华夏等陆块内金矿石多为自然金-毒砂-磁黄铁矿（或黄铁矿、黄铜矿）-石英组合，而且金砷常具正相关关系；⑧ 矿化在空间上一般不具带状分布特征；⑨ 与深成岩的时、空和成因关系不甚明显；⑩ 成矿时代从新太古代末－新元古代。五台山殿头和小板峪两个金矿床的矿石石英 ^{40}Ar-^{39}Ar 同位素年龄分别为（2416±64）Ma 和（2317±63）Ma（骆辉等，1999）。华夏陆块内粤西云开大山地区云开群中牛温坑、合江、廉江高村等金矿点形成于约 8 亿年的晋宁运动。原认为形成于古元古代的东风山金矿床（刘静兰等，1991），通过对柳毛麻山群锆石 SHRIMP U-Pb 年龄的测定结果，S Wild 等（1999）认为有可能形成于约 500 Ma，与晚泛非运动有关。

4 浅变质碎屑岩型金矿床

这是中国重要的前寒武纪金矿床类型，其重要性仅次于绿岩带型金矿床。该类金矿床也称浊积岩型金矿床，而在俄国则称为黑色岩系金矿床。在中国这类金矿床有产在华北陆块东北缘古元古代辽河群的猫岭、四道沟等金矿床；产在华南陆块中－新元古代板溪群、冷家溪群的黄金洞、沃溪、漠滨、西安、符竹溪、黄土店、龙江等金矿床。这类矿床的含金岩系在太古宙或古元古代的结晶基底上发展起来的，古老结晶基底的物质成分对形成该类型金矿床提供了一定的物源，也反映了地壳演化从太古宙-古元古代的相对活动环境向元古宙相对稳定的陆台边缘海环境过渡，金矿床都处于裂谷（或裂陷槽）或大陆边缘增生带。含金岩

系的原岩主要由泥质岩、砂岩、粉砂岩、碳酸盐岩及部分火山碎屑岩组成，经浅变质后成为石英岩、页岩、板岩、千枚岩、片岩等，岩石中沉积韵律明显，发育有递变层理、包卷层理、鲍马序列等，属浊积岩系。在围岩和矿体中碳的含量普遍较高，当碳含量高时，成为碳质页岩，反映水介质为还原条件。如辽东猫岭金矿的容矿围岩为绿泥、绢云千枚岩、绢云石英岩互层带夹石墨片岩、黑云变粒岩等。含金层位的金丰度相对较高，据韦永福等（1994）资料，含金层位的丰度（10^{-9}）分别为：辽河群盖县组 5.20，冷家溪群第三岩组 4.2，板溪群马底驿组 4.5，五强溪组 5.4 等。矿化类型有石英脉型和细脉浸染型两类，常形成石英脉矿体、复脉带型矿体和似层状、透镜状矿体。石英脉型矿体主要产在背斜鞍部及层间滑脱带内，如湖南沃溪钨锑金矿中的含金钨锑石英脉产在层间断层内，又称层间脉；细脉浸染型金矿体主要受韧-脆性剪切带控制，如猫岭金矿床。矿石的矿物成分比较简单，金属矿物以黄铁矿为主，其次为毒砂和磁黄铁矿，数量不等的辉锑矿、白钨矿、黑钨矿、方铅矿、黄铜矿等。脉石矿物以石英为主，其次为绢云母、绿泥石、方解石、石墨等。在猫岭、四道沟等金矿床内白钨矿仅为少量矿物，而在华南其些矿床中辉锑矿、白钨矿等是主要的金属矿物，形成沃溪金锑钨矿床，符竹溪金锑矿床等。金矿物主要为自然金，其次为银金矿，主要呈裂隙金、包体金或晶隙金存在。围岩蚀变以低温热液为主，常见蚀变有硅化、碳酸盐化、粘土化、黄铁矿化、绢云母化等，蚀变分带不很明显，不同蚀变类型常相互叠加。这类矿床产出地区一般岩浆活动较弱，矿床及其附近岩浆岩不发育。成矿时代从古元古代到新太古代，辽宁猫岭金矿床的方铅矿铅的模式年龄分别为 1722，1652，1659 Ma，同围岩变质年龄（1820 Ma）基本一致，说明主成矿时代为古元古代末期（崔克英等，1994）。湖南沃溪、漠滨、西安、符竹溪、黄土店及龙山等金矿床主要在雪峰期成矿(1050～680 Ma 左右)（中国人民武警部队黄金指挥部，1996）。

综上所述，中国前寒武纪是金矿重要的成矿期，金矿成矿同海相火山作用关系十分密切，在华北陆块太古宙地壳处于强烈活动状态，广泛发育海相火山作用，变质作用强烈，在古陆核活动大陆边缘形成太古宙绿岩带和绿岩带型金矿床。元古宙早期，初始克拉通化的华北古大陆开始裂解和离散，在东北缘形成辽吉古元古代陆内裂谷，在裂谷北缘的斜坡区形成猫岭、四道沟等浅变质碎屑岩型金矿床。在五台山－恒山绿岩地体的东南缘，在古元古代滹沱群底部豆村亚群四集庄变质砾岩的底部产出变质砾岩型金矿床。在扬子陆块的东南缘，在活动大陆边缘的中－新元古代冷家溪群、板溪群中产出沃溪等浅变质碎屑岩型金矿床。总之，中国前寒武纪各类型金矿床的形成与中国前寒武纪地壳演化密切相关。

参　考　文　献

陈纪明，寸圭，等. 1997. 中国金矿地质概论. 北京：地质出版社. 1～154.

陈平，陈俊明，等. 1996. 山西主要成矿区带成矿系列及成矿模式. 太原：山西科学技术出版社. 1～259.

陈毓川，李兆鼐，毋端身，等. 2001. 中国金矿床及其成矿规律. 北京：地质出版社. 1～465.

崔克英，国家辉，程德琳，等. 1994. 辽东辽河群金矿成矿条件及成矿系列研究.见沈阳地质矿产研究所编. 中国金矿主要类型找矿方向与找矿方法文集第二辑. 北京：地质出版社. 169～202.

胡小蝶，陈志宏，赵彦明，等. 1997. 河北小营盘金矿成矿时代——单颗粒锆石 U-Pb 同位素年龄证据. 前寒武纪研究进展，20（2）：22～28.

李德威. 1993. 含金剪切带的类型划分及成矿机理. 矿床地质，12（2）：148～155.

林传勇，何永年，等. 1994. 韧性剪切带与金矿化的关系——以冀东金厂峪金矿床为例. 中国科学（B 辑），24（11）：1223～1232.

刘静兰，等著. 1991. 东风山前寒武纪含铁建造金矿床. 北京：地质出版社. 1～160.

骆辉，陈志宏，沈保丰. 1999. 五台山区太古宙铁建造型金矿的成矿年龄. 前寒武纪研究进展，22（2）：11～17.

任纪舜，王作勋，陈炳蔚，等. 1999. 从全球看中国大地构造-中国及邻区大地构造图简要说明. 北京：地质出版社. 1～50.

沈保丰，李俊建，毛德宝，等. 1998. 吉林夹皮沟金矿地质与成矿预测. 北京：地质出版社. 1～175.

沈保丰，骆辉，李双保，等. 1994. 华北陆台太古宙绿岩带地质及成矿. 北京：地质出版社. 1～202.

沈保丰，毛德宝，李俊建. 1997. 中国绿岩带型金矿床类型和地质特征. 前寒武纪研究进展, 20（4）：1～12.

沈保丰，孙继源，田永清，等. 1998. 五台山－恒山绿岩带金矿床地质. 北京：地质出版社. 1～180.

韦永福，吕英杰，等. 1994. 中国金矿床. 北京：地震出版社. 1～329.

中国人民武装警察部队黄金指挥部. 1996. 湖南省沃溪式层控金矿地质. 北京：地震出版社. 1～292.

Wild S, Dorsett-Bain H. 刘静兰.1999. 中国东北部一次晚泛非期麻粒岩相事件的识别——黑龙江省柳毛麻山群锆石 U-Pb 年龄测定. 见：钱祥麟，游振东主编. 第 30 届国际地质大会论文集. 第 17 卷，前寒武纪地质学和变质岩石学. 北京：地质出版社. 38～49.