

金矿地质研究丛书

华北地台地质 金成矿

——以南、东和东北缘为例，
探讨金成矿规律

胡受奚 赵懿英 主编
徐金方 叶瑛
科学出版社

金矿地质研究丛书

华北地台金成矿地质

——以南、东和东北缘为例，探讨金成矿规律

胡受奚 赵懿英 主编
徐金方 叶 瑛

科学出版社

1997

内 容 简 介

本书运用地壳演化发展的全球性、多旋回性和活动论的观点以及板块、地体构造理论,对华北地台南缘华熊地体、东缘胶北地体、东北缘辽南地体和夹皮沟-牡丹山地体金矿集中区的早前寒武纪结晶基底的地层分层、岩性特征、拼贴作用及多旋回构造-岩浆作用等,特别对中生代成岩、成矿的构造环境来分析金矿床的区域成矿规律,强调 A-型俯冲对金矿形成的重要性;同时以大量地质、测试分析和实验资料为依据,探讨和阐明金等成矿物质的活化转移机制,富集成矿条件及其多来源性,并建立金的构造成矿模式和交代蚀变成矿模式。

本书可供从事金矿理论研究、地质找矿和矿山工作人员以及大专院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北地台金成矿地质——以南、东和东北缘为例,探讨金成矿规律/胡受奚等主编.
—北京:科学出版社,1997

(金矿地质研究丛书)

ISBN 7-03-005573-X

I. 华… II. 胡… III. 地台-金矿体-成矿规律-中国-华北地区
IV. P618.510.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 17640 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1997 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1997 年 1 月第一次印刷 印张: 14 3/4 插页: 1

印数: 1-700 字数: 328 000

定价: 39.00 元

前 言

《华北地台金成矿地质——以南、东和东北缘为例,探讨金成矿规律》是国家自然科学基金重大项目(9488010)“中国东部金矿重要类型、成矿条件、富集规律及找矿方向”的第一子课题“早前寒武纪结晶基底重要金矿床的成矿和分布规律的研究”科研成果的总结。

该课题在大项目学术顾问徐克勤、郭令智院士和学术领导小组刘英俊、胡受奚、王德滋、陈克荣、张景荣教授、杨敏之研究员和盛中烈高工的领导下,由南京大学地球科学系胡受奚教授主持,联合天津冶金地质研究院、浙江大学、青岛海洋大学等39名科研人员共同承担。协作单位有河南省地质矿产局科研所、第一、三、四地质调查队、核工业部308队,还有山东省地质科学实验研究院和冶金工业部山东省烟台第三勘探队。参加本项目的主要成员有:

南京大学:胡受奚、赵懿英、陈泽铭、富士谷、周顺之、胡志宏、严正富、陈衍景、郭继春、吴燕玉、刘道忠、王年生、孙晓明、倪培、卢冰、季海章、孙冶东、徐兵、于昕。

天津冶金地质研究院:杨敏之、罗天明、黄国君、李治平、敬成贵、张民、王正坤。

浙江大学:兰玉琦、叶瑛、柳志青、丁炳亮、刘恩怀。

青岛海洋大学:张保民、曹钦臣、赵广涛、韩宗珠、徐增亮。

山东省地质科学实验研究院:徐金方。

冶金工业部山东省烟台第三勘探队:杨士望。

参加本书编写工作的人员有:胡受奚、赵懿英(第一章);胡受奚、赵懿英、周顺之、陈衍景、郭继春、孙冶东、卢冰、徐兵、季海章(第二章);胡受奚、赵懿英、倪培、孙冶东、周顺之、叶瑛、卢冰、徐兵、季海章(第三章);胡受奚、徐金方、胡志宏、郭继春(第四章);胡受奚、陈衍景、赵懿英、徐兵、季海章(第五章);胡受奚、胡志宏、孙冶东、徐金方、徐兵、卢冰(第六章);胡受奚、赵懿英、周顺之、陈衍景、胡志宏、孙冶东、孙晓明、倪培(第七章);卢冰、胡受奚、赵懿英、孙冶东、叶瑛、徐兵、刘红缨(第八章);胡受奚、赵懿英、周顺之、胡志宏、孙晓明、陈衍景(第九章);胡受奚、赵懿英(第十章)。

华北地台是我国最重要的产金区,在世界上也占有一定地位。长期以来我国地矿、冶金、有色、黄金以及教学和科研等有关部门的无数地质工作者致力于本区地质科研、矿产普查勘探和矿山地质工作等,不仅取得了巨大的经济效益,而且积累了丰富的资料和取得了大量的科研成果,为本项目打下了良好的基础。特别应该指出的是:在本项目开展之前,1981—1986年间河南省地质矿产局科研所、第一地质调查队与南京大学地球科学系合作完成了“东秦岭地区有色金属、贵金属成矿规律”课题,于1988年出版了《华北与华南古板块拼合带地质和成矿》;协作单位山东省地质矿产局科研所于1986—1988年由徐金方等完成并于1989年在《山东地质》第5卷第2期专辑上发表了《胶北地块与金矿有关的花岗岩类的研究》;协作单位冶金工业部山东省烟台第三勘探队于1982—1984年由杨士望等完成了《招掖金矿带成矿地质规律及找矿方向》课题;此外,还有施央申、王鹤年、李兆麟、王赐银、贾东、贾承造等在胶东、东秦岭从事的金矿地质、岩石学、地球化学、构造地质学方面的科研成果都为项目的开展和取得重要成果奠定了工作基础。

该项目自1989年元月正式批准启动至1993年4月专家评审通过,历时4年零4个月。4年多来,全体成员在前人工作的基础上,不辞辛劳,团结奋斗,通力协作,发挥了多学科协同研究的优势,

从基础地质入手,以全球观、活动论、地质演化发展的多期和多阶段性、成矿物质的多来源性、成岩与成矿的相关性,以及构造环境和机制对成岩、成矿的制约性等观点为指导思想,对组成华北地台具有早前寒武纪结晶基底的地体,特别是其南缘、东缘、东北缘的产金地体,如华熊地体、胶北地体、辽南地体和夹皮沟-牡丹山地体等的地层划分、绿岩带的物质组成特征和含金性、它们在不同地质时期的构造环境、多旋回构造-热事件,特别是中生代 A-型俯冲机制与成岩及成矿关系、热液交代蚀变作用,金成矿的物理化学和地质构造条件以及成矿模式等方面开展了研究。在取得大量第一手资料和实验测试数据的基础上,对工作范围内早前寒武纪结晶基底区金矿床的分布规律、成矿物质来源、矿质迁移方式和沉淀机制及找矿方法等方面得出许多新的认识,并取得了一系列重要成果。

在课题执行期间,先后发表论文 107 篇;国际刊物上 2 篇,国际会议摘要 8 篇,国内核心刊物上 15 篇,一般刊物上 90 篇;撰写有关专著 2 本,专门报告 2 本。培养博士后 5 名,博士生 11 名,硕士生 10 名。博士论文有:孙晓明的《夹皮沟太古代高变质地体中韧性剪切带和两类不同金矿床的研究》;陈衍景的《豫西主要类型金矿的地质特征成矿规律和找矿方向》;倪培的《辽东半岛地质演化及金矿床的成因》;卢冰的《胶北地体金成矿作用及成矿大地构造环境》;孙冶东的《华北地台南缘华熊地体的构造演化、矿床类型和成矿规律》;徐兵的《胶北地体金成矿的地质条件及成矿机制的研究》。硕士论文有:徐兵的《胶东旧店-南墅地区金成矿特征的研究》;于昕的《豫西瑶沟金矿成矿机制、分布规律及含矿层熊耳群形成的地质构造背景研究》;丁炳良的《山东省玲珑金矿田成矿规律及找矿标志的研究》;刘恩怀的《胶东金矿构造研究》;罗天明的《山东乳山三甲金矿床地质地球化学特征与找矿方向的研究》;黄国君的《山东乳山唐家沟金矿床地质地球化学及找矿方向的研究》;王正坤的《山东栖霞金矿床地质地球化学及找矿方向的研究》;侯建琪的《山东牟平金矿床地质地球化学及找矿方向的研究》和刘红缨的《熊耳山南坡成矿地质背景及元岭金矿地质地球化学特征》。还培养了 40 岁以下的中青年学术带头人 3 名。共参加国际学术会 5 次 5 人,国内学术会 12 次 22 人,双边讨论会 2 次 2 人,参加国内学术交流会论文 32 篇。

在科研与生产实际结合中,对唐家沟、三甲、巫山金矿进行了成矿预测,经验证已获地质储量 8.5t。

为了使科研成果转化为生产力,作者系统地分析、整理了上述成果,并参阅了国内外大量有关资料,于 1993 年 4 月至 12 月撰写成本专著。全书共分 10 章。第一章绪论,阐明课题研究中运用的重要观点、理论及实践中的体会 12 条。其余各章的主要内容:华北地台地质-构造的基本特征、金的区域成矿与地体构造的关系、多时期花岗岩与金矿的成因关系、地层和岩石的含金性以及金的活化转移和成矿、金成矿物理-化学条件问题、主要金矿类型和典型矿田构造、金矿围岩蚀变及金成矿模式等。

本书是集体的结晶,由胡受奚、赵懿英、徐金方、叶瑛主编,徐克勤院士为顾问。

在课题研究中曾得到河南省地质矿产局科研所、第一、三、四地质调查队、区测队、核工业部 308 队、山东省地质科学实验研究院、冶金工业部山东省烟台第三勘探队、山东省烟台黄金工业局、招远、牟平、乳山、莱西、栖霞等黄金公司、玲珑、焦家、新城、大尹格庄、平度、南墅、姜家窑、金青顶、三甲、乳山等金矿山以及程福保、王为聪、林润生、宫润潭、孔庆存、倪孟悦等各方面的热情支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!限于水平,缺点、错误在所难免,希望读者批评指正。

Abstract

A lot of the world's large and super-large gold deposits occur in Precambrian greenstone belts. Composed of Early Precambrian basement, North China Platform (NCP), especially in its southern, eastern north-eastern and north margin, is the most important area of gold production and reserves in China. Alluvial gold production is not significant in the NCP.

The NCP is composed of some Early Precambrian terranes. Each terrane is a fundamental unit separated from each other by boundary faults or suture zones. Geological features indicate that most ancient terranes of the NCP amalgamated during the Precambrian, especially in the Mesoproterozoic time of 1 850 Ma, but the boundary faults and sutures continued to be active in Late Proterozoic, Paleozoic and especially in Mesozoic period. The southern margin of NCP comprises the Huaxiong and Songqi terranes which are separated by the Sanmenxia-Xiangcheng suture line. The southern boundary of the Huaxiong terrane is the Heigou-Luanchuan suture zone adjacent to Qinling orogenic belt. The eastern margin of NCP comprises of the north of Shandong Peninsula, West of Shandong Province Yellow Sea and South of Shandong Peninsula terranes. South of Liaoning and Jiapigou-Mudanshan terranes with abundant gold deposits are situated at the north-eastern margin of the NCP. These Early Precambrian terranes are divided into O(ocean)-type and C(continental)-type granite-greenstone terranes. Remarkable differences have been found between these two types. The O-type terrane consists of greenstone belts of two major periods, the older one is Archean ($>2\ 550$ Ma) and the younger is Lower Proterozoic (2 550—2 300 Ma). Archean TTG is poor in the O-type terrane, but common in C-type terranes.

After the formation of the NCP the south-eastern and northern margins underwent multiple tectono-thermal events and accretional cycles from 1 850 Ma to 70 Ma. By the end of the Upper Paleozoic era, the initial Eurasia plate was formed, and the North China plate and South China plate were amalgamated. At the beginning of Triassic or the end of the Paleozoic (250 Ma) the initial Eurasia plate and Paleopacific plate intensely converged. Almost all of the eastern part of the continent of China, including NCP, is situated in an active continental margin regime. B-type subduction, A-type subduction and related structures are the fundamental factors that controlled the formation of most granitoids and gold deposits in the active continental margin of East China. The gold deposits and orefield and zones are controlled by major faults, basement faults, ductile shear zones and contact zones of granitic bodies. Some important gold deposits and orefield lie between granitic bodies and major faults.

The heterogeneous distribution of gold deposits in the NCP reflects the differences in tectonic setting and terrane types. Gold deposits are divided into three main types: 1. the quartz-vein-type which occurs in fractures and faults; 2. the metasomatic-alteration-type which occurs in faults and ductile shear zones and represented by veinlet-disseminated and stringer ore; 3. the stratiform-type which is confined within favorable strata controlled by litho-stratigraphic and structures, such as volcano-sedimentary rocks, Khondalite

series and interstratified slides. These three types of gold deposits are related to each other. Porphyry gold deposits related to A-type subduction are developed in the southern margin of the NCP.

Gold abundance of rocks and strata in the Early Precambrian greenstone-granite belts of the NCP varies within a relatively narrow range (0.8×10^{-9} – 1.5×10^{-9}) with a few of them more than 3×10^{-9} . Most of the values are lower than the abundance in the earth crust. These values are far too low to account for the quantities of Au in hydrothermal gold deposits, orefields and zones. Therefore, the gold abundance data do not support the currently popular hypothesis that the gold content in the deposits had its ultimate source in the country rocks and source-beds. The hypotheses linking gold mineralization to gold abundance in the host rocks or upper crust have been ambiguous.

Published data on gold abundance in common minerals of igneous and metamorphic rocks strongly suggest that mafic silicates and oxides are higher in gold than silic minerals, such as quartz and feldspar. Consequently, during the Early Precambrian volcano-sedimentary rocks turn into granitoids and migmatites, mafic minerals were replaced by silic ones, resulting in the mobilization of gold from them.

Pb-isotopic data have implications for the processes of gold mineralization. There is a strong evidence for a multiple source of Pb in the ore systems and related granitoids. Lead and gold from a variety of sources are taken into the ore-forming fluids during these processes. As a consequence, the final Pb-isotopic composition at the site of mineralization reflects, in general, the plate tectonic setting of the gold deposits.

The $\delta^{18}\text{O}$ value for gold-bearing quartz ranges from 8.1‰ in Luoshan gold deposit to 14.9‰ in Jiaojia, with an average value of 11.96 ($N=283$) for all gold deposits in the O-type terranes at the margin of the NCP. Calculated ore-forming fluids for these gold deposits show a range of $\delta^{18}\text{O}$ values between 0‰ to 10‰. In general, the δD ‰ range -45% and -100% . These values fall within, or close to, the generally accepted regimes for both magmatic and metamorphic fluids from mixed and circulating meteoric and sea water.

The $\delta^{34}\text{S}$ values of different gold deposits, even in the same orefield vary in a wide range from -10% to $+10\%$. This is a clear evidence for a multiple source of S.

The isotopic data are compatible with a genetic model of ore-forming solution generation via mobilization from mantle, lower earth crust, orogenic belt, subducting plate and terrane during B-type and A-type subduction in the active continental margin of China in Mesozoic Era.

Multistaged granitoids formed by different tectono-thermal events, especially the Mesozoic granitoids, are extensively distributed in the O-type terranes that are rich in gold deposits, whereas both multiple-staged granitoids and gold deposits are rare in the C-type terranes. Gold contents of the granitoids related to gold mineralization vary within a relative narrow range of (0.8×10^{-9} – 2.0×10^{-9}) and with few analyses more than 3×10^{-9} . These contents are lower even than the Precambrian strata or hosting rocks. Gold content in the transformation-type granitoids and migmatites tends to decrease with increasing SiO_2 and K_2O

contents. gold content in migmatites decreases from plagiogneiss (1.26×10^{-9}) to banded-migmatite (1.23×10^{-9}), homomigmatite (0.91), migmatic granite (0.78×10^{-9}) and then to pegmatite (0.88×10^{-9}). These results indicate that gold deposits are not spawned directly by granitoids but are "brothers" of them. Both are derived by the interaction of the subducting plate with overlying crust.

Most of gold deposits are associated with felsic to basic dikes, especially lamprophyres and diabases with higher gold contents ($5 \times 10^{-9} - > 20 \times 10^{-9}$). This means that: 1. mineralization took place after or in the late stage of the formation of magmatic complex and during the transition from compressional to tensional tectonic setting; 2. they could have made a minor contribution to the ore-forming materials and energy.

The hydrothermal mineralizing processes related to gold deposits can be divided into three (or four) episodes: 1. mesothermal to hypothermal episode, the temperature ranging from 220 to $> 360^\circ\text{C}$; 2. mesothermal, $220-280^\circ\text{C}$; 3. epithermal to mesothermal, $135-240^\circ\text{C}$. The mesothermal episode is the main episode for gold deposition. The development of mesothermal gold deposition is an inherent process within accretionary continental margin, where the terranes, slabs or plates were down-thrusted and subducted at moderate ($20-30^\circ\text{C}$) geothermal gradient (Goldfarb, 1988).

The ore-forming fluids had low salinity varied in the range of $2.16-18.10\text{wt}\%$ (average value is $8.5\text{wt}\%$, $N=56$, but in the porphyry gold deposits had high salinity of $32-52\text{wt}\%$, such as those in the Honggede gold deposit), and variable CO_2 content ($1.67-12.99\text{ mol}/100\text{ mg}$), plus minor amounts of CH_4 , CO , H_2S . The ore-forming fluids carry sufficient amounts of K^+ , Na^+ , Cl , HCO_3^- and SO_4^{2-} to form gold complex.

The established metallogenetic model of ours is primarily based on the temporal and spatial distribution and evolution of the types, the phases of metasomatic alteration and the related metallization. The three main stages (progressively afterwards) and zones (progressively upwards) are summarized as follows: alkali metasomatism dominated by potash-feldspathization $\rightarrow$ beresitization or phyllic alteration (sericite-quartz-pyrite) $\rightarrow$ acid alteration (silicification and argillization). Carbonization is the latest alteration. The formation and evolution of this sequence and zonation are controlled by a number of factors, such as temperature, pressure, aH , pH , Eh , and separation of such component-pairs as alkali-acid, potash-sodium and solvent-solution in the ore-forming solution. Alkali-metasomatism, gold deposits will be formed during the transitional form alkali-to acid-metasomatism.

Deposition of gold was accomplished by several mechanisms including ore-forming fluid-rock reactions and decreases in temperature and pressure and pH , increases in Eh of the ore-forming solutions.

目 录

前言	
第一章 绪论	(1)
第一节 全球性观点的重要性	(1)
第二节 地体构造理论	(2)
第三节 确定两期绿岩和区别地体类型的重要性	(2)
第四节 基底构造和边界断裂对金矿的控制	(2)
第五节 对金的矿源层和来源的正确认识	(3)
第六节 软硬酸碱理论对研究金矿的重要性	(3)
第七节 花岗岩类与金矿的成因联系	(4)
第八节 中生代我国东部构造环境及对华北地台金成矿的影响	(4)
第九节 成矿模式	(5)
第十节 金矿的层控特征	(5)
第十一节 脆性-韧性剪切带与金成矿的关系	(6)
第十二节 建立粉子山-荆山岩系的必要性和可能性	(7)
第二章 华北地台地质-构造的基本特征	(8)
第一节 概论	(8)
第二节 华北地台构造环境的演变	(9)
第三节 早前寒武纪地层的划分和构造-热事件	(10)
第四节 晚前寒武纪-海西期主要构造-热事件	(12)
第五节 中生代华北地台构造环境及其演化	(15)
第六节 华北地台某些地体中的绿岩带时代、地质特征及岩石化学特征	(17)
第七节 华北地台南缘中元古代早期熊耳群形成的构造背景	(22)
第三章 华北地台周边金的区域成矿与地体构造的关系	(30)
第一节 概论	(30)
第二节 华熊地体的地质构造特征	(31)
第三节 胶北地体的地质构造特征	(35)
第四节 夹皮沟-牡丹山地体的地质构造特征	(50)
第五节 辽南地体的地质构造特征	(52)
第六节 小结	(55)
第四章 多时期花岗岩与金矿的成因关系	(57)
第一节 概论	(57)
第二节 国外早前寒武纪结晶基底区金成矿与构造-岩浆演化发展的关系	(57)
第三节 华北产金地体中花岗岩的多时期性	(59)
第四节 华北地台区与金矿有关的花岗岩类型及其地球化学特征	(65)

第五节 中生代中国东部大地构造环境的演化与花岗岩类成岩、成矿作用的关系·····	(84)
第五章 地层和岩石的含金性及金成矿物质来源的探讨·····	(86)
第一节 概论·····	(86)
第二节 华北地台南缘华熊地体和嵩箕地体中地层和岩石的含金性·····	(86)
第六章 金的活化转移和成矿·····	(94)
第一节 混合岩化和花岗岩形成作用过程中金的活化转移·····	(94)
第二节 区域变质作用过程中金的活化转移·····	(97)
第三节 交代蚀变过程中金的活化转移·····	(99)
第七章 华北地台周边主要金矿类型及其特征·····	(100)
第一节 金矿床类型的划分·····	(100)
第二节 华熊地体金成矿亚区中主要金矿类型及其特征·····	(101)
第三节 胶北地体金成矿亚区中主要金矿类型及其特征·····	(124)
第四节 夹皮沟-牡丹山地体中的金矿床·····	(142)
第八章 交代蚀变作用及其有关的成矿模式·····	(146)
第一节 概论·····	(146)
第二节 各类交代蚀变岩的特征·····	(146)
第三节 交代蚀变岩的化学成分变化及其特征·····	(148)
第四节 交代蚀变过程中微量元素变化特征·····	(157)
第五节 交代蚀变过程中稀土元素的性状·····	(159)
第六节 与金矿有关的交代蚀变的高温高压实验研究·····	(168)
第七节 交代蚀变分带和交代蚀变成矿模式·····	(173)
第九章 金矿区域成矿规律和构造成矿模式·····	(176)
第一节 金成矿区带的划分·····	(176)
第二节 断裂对金成矿区、带的控制·····	(180)
第三节 韧性剪切带与金矿化的关系·····	(195)
第四节 A-型俯冲和构造成矿模式·····	(200)
第十章 结论·····	(205)
主要参考文献·····	(213)
图版说明和图版 I — I	

Contents

Foreword

Chapter 1: Introduction	(1)
1. Importance of global view	(1)
2. Theory of terrane tectonics	(2)
3. The significance of recognition of two epochs greenstones and identification of terrane types	(2)
4. Basement tectonics and boundary faults; their controlling on gold deposits	(2)
5. Correct understanding on source-beds and resources of gold	(3)
6. The significance of soft-hard acid-base (SHAB) theory to the research of gold deposits	(3)
7. Genetic relations between granitoids and gold deposits	(4)
8. Mesozoic tectonic environment in East China and its influence on the gold mineralization in North China Platform	(4)
9. Metallogenic models	(5)
10. The problems of stratigraphical controlled gold deposits	(5)
11. Relationships between brittle and ductile shear zones and the gold mineralization	(6)
12. Necessity and possibility of the establishment of Fenzishan-Jinshan Series	(7)
Chapter 2: Essential geological and tectonic features of North China Platform	(8)
1. Introduction	(8)
2. Evolution of the tectonic environment in the North China Platform	(9)
3. Division of Early Precambrian strata and tectono-thermal events	(10)
4. Main tectono-thermal events in Late Precambrian to Upper Paleozoic	(12)
5. Mesozoic tectonic environment and its evolution of the North China Platform	(15)
6. Greenstone belt chronology, geological and petro-chemical characteristics of some terranes in the North China Platform	(17)
7. The tectonic setting of Xionger Group, Early Middle Proterozoic formation in the south margin of the North China Platform	(22)
Chapter 3: Regional gold metallization and their relations to terrane tectonics in the area of the North China Platform	(30)
1. Introduction	(30)
2. Geological and structural features of the Huaxiong Terrane	(31)
3. Geological and structural features of the north of Shandong Peninsula Terrane	(35)
4. Geological and structural features of the Jiapigou-Mudanshan Terrane	(50)

• v •

5. Geological and structural features of the South of Liaoning Terrane	(52)
6. Brief summary	(55)
Chapter 4: Metallogenic relations between multiple staged granitoids and gold deposits	(57)
1. Introduction	(57)
2. Relations of gold metallization to tectono-magmatic evolution in the Early Precambrian crystalline basements in the world	(57)
3. Multiple-periodic character of granitoids in the terranes rich in gold deposits in the North China Platform	(59)
4. Genetic types and geochemical features of the granites related to gold deposits in the North China Platform	(65)
5. Evolution of Mesozoic tectonic environment in East China and its relation to the formation and metallization of granitoids	(84)
Chapter 5: Gold contents in strata and rocks and the sources of ore-forming materials	(86)
1. Introduction	(86)
2. Gold contents in strata and rocks of the Huaxiong and Songqi Terranes in the south margin of North China Platform	(86)
Chapter 6: Mobilization and metallization of gold	(94)
1. Gold mobilization during migmatization and granitization	(94)
2. Gold mobilization during regional metamorphism	(97)
3. Gold mobilization during metasomatic alteration	(99)
Chapter 7: Main types and characteristics of gold deposits in the peripheral area of the North China Platform	(100)
1. Classification of gold deposits	(100)
2. Deposit types and their features in the gold metallogenic province of Huaxiong Terrane	(101)
3. Deposit types and their features in the gold metallogenic province of the north of Shandong Peninsula Terrane	(124)
4. Deposit types and their features in the gold metallogenic province of Jiapigou-Mudanshan Terrane	(142)
Chapter 8: Metasomatic alteration and its relation to metallogenic model	(146)
1. Introduction	(146)
2. Characteristics of different metasomatites	(146)
3. Variation of chemical composition of metasomatites and their features	(148)
4. Behavior of trace elements during metasomatic alteration	(157)
5. Behavior of REE during metasomatic alteration	(159)

6. Experiments at high temperatures and pressures on metasomatic processes related to gold deposits	(168)
7. Zonation and metallogenic model of metasomatic alteration	(173)

Chapter 9: Regional mineralization pattern and tectono-metallogenic model of gold deposits

.....	(176)
1. Division of metallogenic belts and provinces for gold deposits	(176)
2. Controlling of regional faults on metallogenic belts and provinces of gold deposits	(180)
3. Relations between ductile shear zone and gold mineralization	(195)
4. A-type subduction and tectonic metallogenic model	(200)

Chapter 10: Conclusions

(205)

References

Explanations of Plates and Plates I - I

(213)

第一章 绪 论

金是人类最早发现的少数几种金属元素(如铜、锡、汞等)之一,它被开采和利用的历史已超过 5000 年。由于它有优良的金属特性(颜色、稳定性、延展性等)和分布稀少,因此,一直被人们当作贵金属看待。无疑,人类最早开采的是砂金,山金或脉金的开采较迟,但我国早在春秋初期管仲在“地数”篇中已记载:“上有丹砂者,下有黄金;上有磁石者,下有铜金,……”,这种对金与其他元素共生和分带现象的总结,是符合客观实际的,这在当时确是人类对自然规律认识的重大突破,值得骄傲和发扬。

众所周知,具有早前寒武纪($>1850\text{Ma}$)结晶基底的地台、地盾或克拉通区,如非洲地台、加拿大地盾、西澳地盾、南美(或巴西)地台、西伯利亚地台和印度地台等,是世界上最重要的产金区(包括矿床规模、产量和储量);同样,华北地台是我国最重要的产金区,在世界上也占有重要的地位。它与世界其他克拉通区相比,具有许多共性,也有明显的差异或特性,特别表现在成矿时代和成矿的构造环境上。

长期以来,特别是近半个世纪,国内外许多从事金矿研究的学者取得了大量成果,并认识到地壳中分布极为稀少的金(1.5×10^{-9} — 3.5×10^{-9})集中形成十几、几十、几百乃至几千吨的矿床、矿田和矿带是多种有利的地质、地球化学因素的综合,因此,为了对金矿的研究更上一层楼,需要在前人研究的基础上,进行深入调查和综合研究,运用先进的手段和方法,以深思熟虑的、具有创造性的思想、观点和理论作为指导,才能取得进一步突破性进展,才能更好地为找矿和生产服务。

在完成本课题研究的过程中所运用的重要观点、理论以及在实际中的体会主要有以下几方面:

第一节 全球性观点的重要性

尽管不同的地体、板片、板块和造山带有它各自的特征和发展史,但是它们都是在地球这个统一体中形成的,因此地球发展不同时期的内生作用、外生作用及其产物都是受地幔圈、岩石圈、大气圈、水圈和生物圈的制约;除岩石圈有局部性外,其他地圈都具有明显的全球性特征;此外,受地球动力制约的构造-热事件,以及由外星体引起的重大灾变事件也都具有全球性。这些地圈和地球的动力机制是随着地球演化发展而变化。因此地台形成前、形成时和形成后不同地质时期的构造作用、岩浆作用、沉积作用、变质作用和成矿作用等,都需要从全球性角度来进行研究,这就要求在研究各种问题时,广泛采用对比分析的方法。研究实践表明,华北地台区金成矿普遍性和特殊性规律的发现离不开全球性、活动论的观点。

第二节 地体构造理论

长期以来,“固定论”的观点,将广大的地台、地盾或克拉通区当作“铁板一块”的统一体看待,因而许多问题得不到合理解决,事实上在具有早前寒武纪结晶基底区金矿的分布是极不均匀的,这在很大程度上是由其内部和周边构造决定的。近10年的研究表明:世界上各个地台或地盾都是由多个地体拼贴而成。各地体在地质特征、物质组成、演化历史和构造环境的演变等方面存在巨大差异,是金矿分布不均匀性的主要原因。因此,地体构造的运用是金区域成矿学研究的基础。

第三节 确定两期绿岩和区别地体类型的重要性

国内外公认将太古宙和元古宙的地质年代界线定为2 600-2 500Ma,但部分人却主张划在2 300Ma,这有待进一步探讨。但在2 550Ma以前和2 550-2 300Ma之间都可以有绿岩发育,这样前者被称为第一期绿岩,后者称为第二期绿岩。由于金矿与绿岩带的关系较为密切,因此对早前寒武纪绿岩地体需要进行科学分类,根据我国具体情况,可将地体分为O-型(大洋型)绿岩地体和C-型(大陆型)绿岩地体两类。前者在第一期绿岩发育过程中,并没有大量TTG^①或花岗岩类的发育,因而阜平运动或凯诺拉运动并没有使太古宙晚期地体转变为刚性的大陆地壳;这样,第二期绿岩基本上是在洋壳的基础上发展起来的,如华熊地体和胶北地体等属于典型的O-型绿岩地体。C-型绿岩地体是指第一期太古宙绿岩发展的后期,形成大量TTG组合或花岗岩,因此,这类地体在太古宙或其晚期便成为具有刚性的大陆地壳。在这种地体中虽也能发育第二期绿岩,但其强度和规模明显变弱、变小,后期的构造-岩浆作用常明显减弱,如嵩箕地体和鲁西地体是属于典型的C-型绿岩地体。

第四节 基底构造和边界断裂对金矿的控制

地体内部的基底构造和断裂,在多旋回构造-岩浆活动过程中,能长期控制岩体和岩带,矿体和矿带的形成和分布,这特别表现在华熊地体和胶北地体的东西向基底构造对金矿带的控制,国外如西澳地盾区在东金田地体中北北西向的基底构造控制着韧性剪切带和金矿带的分布。

通常边界断裂是地体、板片或板块间的主导断裂带和拼贴带,它对地体的演化、发展、成岩和成矿都会起重要作用,这是因为地体或板块间的拼贴作用,其巨大的动力常深入到地体和板块的内部。有的边界断裂是地体和造山带(或古海洋板块)的分界,如华北地台南缘东西走向的铁炉子-黑沟-栾川断裂长期控制着华熊地体成岩和成矿以及地质构造演化和发展。有的边界断裂是古老地体的碰撞拼贴带,如辽北-吉南地体与夹皮沟-牡丹山地体的北西向碰撞带,长期控制着不同时期的岩带和矿带的形成、演化和分布。

^① TTG 为英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩组合。

地体间边界断层带构造变动的性质和强度对金成矿有重要的影响,例如世界上著名的南非克拉通和津巴布韦克拉通的四周,都发育有强烈的、宽广的、中高变质的动力变质带(如林波波动力变质带、莫三鼻给动力变质带)。我国胶北地体也具有同样特征,特别是东部中生代印支期鲁苏沿海宽广的榴辉岩带或超级韧性剪切带,对金矿的形成是有重要意义的。

第五节 对金的矿源层和来源的正确认识

Knight(1957)提出的矿源层概念,曾对气化-热液矿床的成矿理论产生一定影响。但不应片面理解,不然就会陷入18世纪Gerhard(1781)和Pryce(1778)的侧分泌观点中。在金矿研究过程中,若过分强调赋矿层位金的丰度对金矿床形成、规模和矿石品位的决定意义,往往会用很大精力去研究地层的含金性,但常得不到满意的效果。事实表明:在贫金的地层中,照样可形成大型、超大型金矿床矿区和矿带。例如南非超大型金矿区,据Anhaeusser(1976)的研究指出:南非太古宙绿岩带,并不存在金的矿源层。绿岩中科马提岩系,金的平均含量只有 0.27×10^{-9} ($0.10 \times 10^{-9} - 0.53 \times 10^{-9}$)和 0.54×10^{-9} ($0.073 \times 10^{-9} - 1.81 \times 10^{-9}$);西澳的克利弗德山绿岩中的科马提岩平均含量为 0.84×10^{-9} ;我国小秦岭地区,太华群上段为 0.60×10^{-9} ,中段为 0.67×10^{-9} ,下段为 0.81×10^{-9} ,平均为 0.71×10^{-9} (138个样品)。熊耳山地区也具有同样情况。在构造活动论的观点指导下,应当认识到构造机制对形成花岗岩类和成矿的重要性。只认为赋矿层位、矿区地层或邻近的上壳岩石是金的唯一物质来源,这样就会受固定论思想的束缚,也就不能回答为什么华北地台的金矿主要与中生代构造-热事件有关这样重大的问题。

总之,在漫长的地质发展过程中,在多种复杂的地质作用下,成矿物质来源是多途径的;矿源层和上壳岩石中的金对金矿的形成能起一定作用,但下壳岩石、上地幔,特别是在构造强烈变动中,大范围运动的下行或俯冲的板片、地体或板块不仅提供成岩(指花岗岩类和安山流纹岩系)物质的主要来源,也提供形成大型金矿的成矿物质的重要来源。

第六节 软硬酸碱理论对研究金矿的重要性

从地球化学观点看,金成矿物质并不只是金元素本身,而包括能促使金活化转移、沉淀富集有关的元素或矿化剂。例如世界上的钨矿极大多数产在显生宙成熟度高的浊积岩建造区,原因是这类建造富含碱金属钾和硬碱离子氟(F^-)等,它们易与硬酸 W^{6+} 、 Sn^{4+} 、 Be^{2+} 、 Nb^{5+} 、 Ta^{5+} 等形成稳定的易溶的络合物,并使它们活化转移和富集成矿。因此,钨矿经常与碱交代作用和富氟的花岗岩发生成因上的联系不是偶然的,因为钨不仅是亲氧元素,而且是最典型的亲氟元素。这样,钨成矿物质应包括 K^+ 、 Na^+ 和 F^- 等。同样,金具有亲硫性和亲氯性,从软硬酸碱理论来说,金离子属于软酸,因此它与软碱 S^{2-} 、 $[S_2]^{2-}$ 、 Se^{2-} 、 Te^{2-} 、 As^{3-} 、 $[AsS]^{3-}$ 、 HS^- 和 HCO_3^- 等等易形成稳定的络阴离子,与 K^+ 、 Na^+ 、 H^+ 等结合,便形成易溶的络合物进行活化转移和富集成矿。在岩石或矿石中黄铁矿、毒砂和黄铜矿等硫、砷化物常为金的载体,这是由其地球化学性质决定的。绿岩本身常富含硫、砷等,这对金矿形成非常有利。由于金在黄铁矿等硫、砷化物中有较高的分配系数,而这些矿物

在区域变质或气-液作用过程中又容易被转移;同时,外来含金的成矿溶液与富铁、镁等绿岩发生水-岩反应,易发生硫化(如黄铁矿化等)、碳酸盐化等,使矿化剂消耗,从而促使金的集中,因此,绿岩带金的含量即使很低,也是有利于金的活化转移和富集成矿的。

第七节 花岗岩类与金矿的成因联系

金矿与花岗岩的成因联系早已被 Emmons(1936)和费尔斯曼(1933、1934)等所强调,但它们之间究竟是“母子关系”还是“亲缘关系”?这是需要深入考虑的问题。

金矿分布的绿岩地体,其中花岗岩类分布常占有很大比例,并具有多时期的特征,这在华北地台区表现尤为突出。

从地球化学特性看,金不是亲石或亲花岗岩元素。在时、空和成因上与金矿有关的花岗岩类金含量常明显低于其地壳的丰度。同时世界上大多数绿岩带中的金矿产于岩体的外接触带。至今还没有足够的证据表明金直接来源于花岗岩,但它们之间的“亲缘关系”却非常明显。

板片、地体或板块在下行和俯冲过程中,比较理想的情况下,有可能形成孪生花岗岩带,同时可能形成孪生金矿带,即在地壳内既形成改造型花岗岩带又形成同熔型斑岩带的情况下,就可能形成与这两类花岗岩带有关的花岗岩带,如熊耳山地区等。

在华南多期多阶段花岗岩分布区,钨、锡等成矿,明显与晚期(燕山期)花岗岩发生最重要的、直接的成因联系,这是继承演化关系。金矿的形成也存在这种关系,只是由于它们的地球化学性质不同,因此其发展演化的道路也就与钨等不同。由于钨的亲花岗岩性,因此在多时期花岗岩发展演化过程中,逐步富集,至晚期晚阶段富集成矿,成为“母子关系”。由于金不是亲花岗岩元素,因此在多时期花岗岩改造发展过程中,晚期花岗岩金的含量一般趋向降低。金的成矿,常不是直接通过富金的花岗岩浆发展成矿,而是在板块、地体或板片碰撞、挤压、下行或俯冲过程中导致成岩物质(K、Na、Si等)和成矿物质发生大规模活化转移,富集成矿。因此,花岗岩与金的关系主要是“亲缘关系”。由于华北地台在中生代遭受强烈的构造-岩浆作用,这就成为与世界上其他地台、地盾区金成矿在时间上差异的根本原因。

第八节 中生代我国东部构造环境及对华北地台金成矿的影响

要回答为什么非洲、西澳、加拿大、印度等地台或地盾区金矿形成于早前寒武纪,而我 国华北地台金的主要成矿期却是中生代这样一个重大问题,需要从我国东部或华北地台在中生代所处的构造环境去找答案。有人称华北地台为“准地台”或“活化地台”等,究其原因,是由于在海西末期,乌拉尔-阿尔泰-蒙古-兴安和天山-祁连-秦岭-桐柏-大别等古海洋的消失而成为造山带,即欧洲、西伯利亚、哈萨克、华北、华南和塔里木等古板块实现拼贴形成欧亚板块的主体,便开始与古太平洋板块发生强烈的挤压和俯冲作用,使整个中国东部处于活动大陆边缘,环太平洋构造域或成矿带中。此时,初成的欧亚板块南部古特提斯造山带的中、西段正在形成,而新特提斯洋也开始向造山带转化,这时的华北地台,东面受古太平洋板块的构造影响,成为超级太平洋成矿带的一个组成部分,同时还受到华南和西