

中华人民共和国地质矿产部

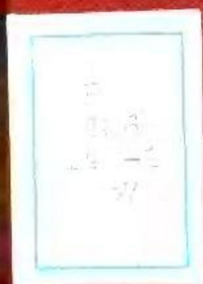
地质专报

四 矿床与矿产 第37号

中国东部
金矿地质研究

毛永强 顾有奇 俞景荣 郑人聚 李文光 编著

地质出版社



11.6
11-1
17

11.6/11

中华人民共和国地质矿产部

地 质 专 报

四 矿床与矿产 第 37 号

11.6/11

中国东部金矿地质研究

韦永福 裘有守 余昌涛 郑人来 李文亢 编著

地 质 出 版 社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

“中国东部金矿地质研究”项目科研成果分地质专报和文集两个系列陆续出版,其中包括专报 5 册,文集 4 辑。

本专报以大量的实际资料为基础,对中国东部金矿区域成矿背景包括区域构造格架和主要的含金岩系作了概括,对东部已知的工业金矿床进行了普查分类,论述了各研究区(华北地台北缘、浙东南隆起、秦岭东段和云开隆起)区域成矿条件、典型矿床地质特征,在此基础上总结了东部金矿区域成矿特征,并对东部地区几个重要的金矿地质问题进行了讨论。

全书共分七章,其中插图 39 幅,表 27 张,内容丰富,资料翔实,是研究我国金矿地质的主要参考书之一。

本书可供从事有关专业的地质勘查、教学和科研人员阅读参考。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

四 矿床与矿产 第 37 号

中国东部金矿地质研究

韦永福 裘有守 余昌涛 郑人来 李文亢 编著

责任编辑:蒋云林

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 10 字数: 228000

1993 年 10 月北京第一版·1993 年 10 月北京第一次印刷

印数: 1—750 册 定价: 9.50 元

ISBN 7-116-01316-4/P·1090

序 言

为实现我国黄金产量在“六五”的基础上翻一番并登上新的台阶的战略目标,加强黄金地质科学研究,以提高地质勘查效果,在国家“七五”重大科技攻关项目第五十五项“中国东部隐伏矿床研究”中列入“我国东部金矿研究”课题,对我国东部某些成矿远景区片开展区域成矿条件、典型金矿床地质特征、区域成矿规律、找矿方向和某些找矿方法的研究。该课题由地质矿产部和中国有色工业总公司分头组织实施。其中,地质矿产部与国家教委部分高等院校承担了华北地台北缘、浙东南隆起、陕南东秦岭褶皱带以及两广交界的云开隆起4片地区的研究任务。本书即为该项科技攻关课题成果之一部分。

为完成研究任务,按4片地区分设专题,每个地区专题下设4个Ⅱ级专题,共计16个Ⅱ级专题。这些专题由广东、广西、内蒙古、辽宁、浙江、陕西六省(区)地质矿产局,中国地质大学(北京)、长春地质学院、成都地质学院、北京大学、南京大学、中山大学等6所高等院校以及地矿部矿床地质研究所、物化探勘查研究所、南京地质矿产研究所、沈阳地质矿产研究所等4个科研单位,集勘查、教学、科研三方面16个单位的科技人员组成攻关队伍,分工合作,共同完成任务。科研工作是在国家计划委员会和原国家经济委员会的领导下,在地质矿产部科学技术司和本课题技术顾问张炳熹教授、秦鼎研究员和课题主管孙培基高级工程师指导下进行的。工作中得到了各有关省(区)地质矿产局、中国地质科学院、有关地质院校和研究所的具体领导与支持,我们在此表示衷心的感谢。

五年来,全体科技人员和管理人员通力合作、严格执行科研计划,努力实现科技攻关各项考核目标,取得了预期的科研成果:

1. 总结了华北地台北缘太古宙花岗岩-绿岩带的地质特征,明确提出了它与国外绿岩带的差异性。在太古宙孔兹岩系中首次发现假蓝宝石片麻岩,填补了国内太古宙变质岩研究的空白。深入研究了内蒙古中部太古宙绿岩带和孔兹岩系不同的 p - T - t 轨迹,反映了它们形成的不同大地构造环境。提出了太古宙两种表壳岩与金矿关系密切的见解,扩大了找矿思路。

2. 对华北地台北缘前寒武纪变质岩分布区内中生代构造岩浆活化区金的成矿作用有了新的认识,即太古宙基底含金绿色岩系是金成矿的物质基础,中生代岩浆活动是关键成矿作用,与之配套的断裂构造系统是矿床定位的空间。

3. 浙东南地区,通过对双溪坞群的研究,提出了中基性富钠火山岩是在大洋岛弧向活动大陆边缘演化的大地构造环境中形成的。中基性富钠火山岩具有矿源层特征,金的平均丰度为 7.53×10^{-9} 。金的赋存状态以自然金为主,占68—73%。高温高压浸滤实验证实,温度在 300°C ,压力在 $4 \times 10^7 \text{ Pa}$ 的偏酸性条件下,金的淋出量最大。

4. 对浙东南地区火山成矿作用与变质基底的关系作了探讨,火山岩金银矿床的成矿作用主要表现为火山热液萃取了变质基底中的金、银等成矿元素,使之在热液循环中不断活化迁移,在特定的火山构造带中定位富集成矿。

5. 通过东秦岭南部区域成矿条件的研究,首次划分出凤县-商南钠长(碳酸岩)角砾

岩型金矿成矿带,留坝-旬阳微细浸染型金矿成矿带,石泉-安康石英细脉(及破碎岩)型金矿成矿带,确定了研究区的找矿方向和远景。同时还总结了钠长(碳酸岩)角砾岩型金矿和微细浸染型金矿两类不同的找矿判别标志。

6. 通过双王和二台子两个典型矿床的研究,认为这一类金矿不属卡林型低温浅成热液金矿,其成矿热液来自深源高温流体。

7. 对比了云开隆起粤西和桂东南地区含金层位,从找金的角度提出将云开群置于晚前寒武系(同位素年龄 828 Ma,广东区调队)。云开群上亚群具备矿源层特征,金平均丰度值为 5.12×10^{-9} ,金的赋存状态主要为分散在硫化物中的自然金和被粘土矿物、碳质物质吸附的微细金。

8. 建立了河台蚀变糜棱岩型金矿成矿模式,并提出河台金矿是构造双阶段多元热液成矿的观点,即早期为深层构造环境下韧性变形变质成岩成矿,晚期是在浅层构造环境下叠加脆性变形热液成矿。

9. 通过韧性剪切带的研究,在华北地台北缘、浙东南隆起和云开隆起等地区,鉴别了一批与金矿成矿有关的韧性剪切变质带,提出了韧性剪切变质带或构造变质带控制金矿化的观点。对掌握内蒙古武川-固阳地区金矿化分布规律,对绍兴-江山断裂带横山-平水地区找金远景的认识,对加速河台金矿田的勘探步伐起到关键的作用。

10. 通过区域成矿条件、成矿规律的研究和对典型金矿床地质特征和控矿因素的剖析,在研究区建立了各种不同层次的成矿模式。其中属于区域性的有太古宙表壳岩系分布区的成矿模式,早元古代浊积岩系分布区的成矿模式,属于矿区性的有双王金矿成矿模式、河台金矿成矿模式、冶岭头金矿成矿模式、八宝山金矿成矿模式等。

11. 为加速对小比例尺化探异常的查证与评价,云开地区在找矿工作模式的实验中,建立了 1:10 000 土壤测量化探模式和 CM 数据处理法;浙东南地区用 RESMA 系统对 1:200 000 诸暨幅的水系沉积物测量数据进行了电算成图和异常筛选的对比工作;在东秦岭对泥盆系分布区 8 个 1:200 000 图幅及两个典型金矿床地球化学特征的研究,分别建立了区域的和矿床的地球化学标志,编制预测地球化学图,提出金矿地球化学找矿指标。从而提高了区域化探异常查证与评价的效率和质量。

12. 在总结成矿规律和区域成矿条件分析的基础上,结合物化探综合信息资料,在开展专题研究的华北地台北缘、浙东南、南秦岭东段和云开等地区划分出不同级别的成矿预测区 53 处。在云开地区还进行了金矿资源总量预测。

参加课题和专题研究的主要人员有:韦永福、凌井生、张履桥、郑人来、李文亢、裘有守、余昌涛、方永安、石准立、李树勋、姚凤良、邓璟、李蔚铮、陈尚迪、陈础廷、王孔海、艾永德、孙承志、王时麒、刘连登、刘喜山、孙德育、贾立学、王华田、韩梦合、刘平山、孙承辕、俞云文、伍宗华、刘瑾旋、樊硕诚、具然弘、吴向东等。

这次金矿地质科技攻关,在某种意义上说是以往金矿地质和科研工作的继续和补充,由于投入本课题研究的财力、物力的限制,未能对我国东部地区金矿地质问题全面开展研究。本课题在四片研究区所设的 4 个专题和 16 个 II 级专题,都编写有独立的科研报告,均为本课题科研成果的组成部分,汇总起来则构成一个系统的科研报告,总字数累计 200 余万,通过修编,缩减为 150 万字,以地质专报和文集两个系列出版。

本书是在 4 个专题报告的基础上,综合了以往有关研究资料,诸如东部地区地质构造

格架、主要含金岩系特征、东部金矿床普查分类和对东部金矿区域成矿特征的认识等加以汇总编写而成。目的是简要反映我国东部地区金矿地质梗概和这次科技攻关中各研究区所取得的主要进展、成果以及存在的问题，作为这一系列出版物的总论，便于读者了解概貌，以期对金矿勘查、科研、教学提供一些资料和信息。至于更详细、更具体的情况，请参阅各专题研究报告和有关文集。

本书由韦永福、裴有守、余昌涛、郑人来、李文亢等同志执笔编写，全文最后由韦永福整理。在本书编写过程中得到吉林有色地质勘查局程玉明副总工程师多方面的指导和帮助。初稿完成后，承蒙张炳熹、秦鼎、翟裕生、李兆鼎、黄崇軻、袁润广、孙培基、陶惠亮、陈光远、吴美德、母瑞身、陆春榕、曹从周、段瑞焱、马启波、蒋云林等专家对文稿进行了审阅，并提出了宝贵意见。本书在修改时已参照各位专家的意见作了修改和补充。文中所用的图表，除部分由笔者根据有关材料编制外，大部分引用各专题的科研报告，部分引用了有关局、队、院、所的资料和论文，全部插图由吴德嫻工程师清绘，整个科研课题的日常组织与管理工作的日常工作由课题攻关办公室林蔚兴、张树新、张世福等同志承担。笔者在此一并致谢。

由于编写时间短促和笔者水平所限，文中谬误之处，敬请批评指正。

目 录

序 言

第一章 我国东部区域构造格架及主要含金岩系	(1)
第一节 东部金矿地质研究简况.....	(1)
第二节 东部地区区域构造格架.....	(2)
第三节 东部地区主要含金岩系.....	(6)
第二章 我国东部金矿床主要类型	(11)
第一节 太古宙含金绿色岩系中的金矿床.....	(11)
第二节 元古宙含金浅变质岩系中的金矿床.....	(13)
第三节 古生代一早中生代含碳碎屑岩系中的金矿床.....	(15)
第四节 中生代花岗质杂岩系中的金矿床.....	(16)
第五节 中、新生代陆相火山岩系中的金矿床.....	(18)
第六节 新生代含金砂砾岩系中的金矿床.....	(18)
第三章 华北地台北缘金矿地质	(20)
第一节 区域成矿地质背景.....	(20)
第二节 金矿地质特征及成矿作用.....	(26)
第三节 金矿化分布规律、控制因素及找矿模式.....	(40)
第四章 浙东南隆起区金矿地质	(46)
第一节 区域成矿地质背景.....	(46)
第二节 金矿床地质特征及成矿作用.....	(50)
第三节 区域成矿条件分析.....	(62)
第五章 秦岭东段微细金矿地质	(65)
第一节 区域成矿地质背景.....	(65)
第二节 区域地球化学特征.....	(70)
第三节 金矿地质特征及成矿作用.....	(73)
第四节 成矿预测及找矿方向.....	(86)
第六章 云开隆起金矿地质	(87)
第一节 区域成矿地质背景.....	(88)
第二节 金矿床一般特征.....	(94)
第三节 河台式金矿床地质特征及成矿模式.....	(99)
第四节 找矿标志与成矿规律.....	(105)
第七章 东部地区金矿区域成矿特征和有关金矿成矿若干问题的讨论	(107)
第一节 东部地区金矿区域成矿特征.....	(107)
第二节 东部地区金矿成矿若干问题讨论.....	(111)
结 语	(127)
主要参考文献	(130)
英文摘要	(132)

Contents

Introduction

Chapter 1 Regional tectonic frame and main auriferous rock

- series in eastern China**..... (1)
- 1 Research outline of gold deposit geology of eastern China..... (1)
- 2 Regional tectonic frame..... (2)
- 3 Main auriferous rock series..... (6)

Chapter 2 Main gold deposit types of eastern China..... (11)

- 1 Gold deposits in Archaean auriferous green rock series..... (11)
- 2 Gold deposits in Proterozoic auriferous lowmetamorphic rock series..... (13)
- 3 Gold deposits in Palaeozoic-Early Mesozoic carbonaceous clastic rock series..... (15)
- 4 Gold deposits in Mesozoic granitic complex..... (16)
- 5 Gold deposits in Mesozoic-Cenozoic continental volcanic rock series..... (18)
- 6 Gold deposits in Cenozoic sand and gravel beds..... (18)

Chapter 3 Gold geology of the north margin of North China

- platform** (20)
- 1 Regional metallogenic geological setting..... (20)
- 2 General geological characters of gold deposit and gold mineralization (26)
- 3 Distribution regularity, ore-controlling factors and gold-searching model of gold mineralization..... (40)

Chapter 4 Gold geology of South-eastern Zhejiang uplift..... (46)

- 1 Regional metallogenic geological setting..... (46)
- 2 General geological characters of gold deposit and gold mineralization... (50)
- 3 Regional metallogenetic condition..... (62)

Chapter 5 Fine impregnation gold deposit in eastern section of

- Qinling** (65)
- 1 Regional metallogenic geological setting..... (65)
- 2 Regional geochemical character..... (70)
- 3 General geological characters and mineralization of gold deposit (73)

4 Ore prognostication and ore-searching direction.....	(86)
Chapter 6 Gold geology of Yunkai uplift.....	(87)
1 Regional metallogenic geological setting.....	(88)
2 General geological characters of gold deposit.....	(94)
3 Geological characteristics and genetic model of the Hetai type gold deposit.....	(99)
4 Indicator of gold-searching and mineralization regularity.....	(105)
Chapter 7 Regional gold metallogenetic characteristics and some problems of gold mineralization in eastern China.....	(107)
1 Regional gold metallogenetic characteristics of eastern China.....	(107)
2 Some problems of gold mineralization in eastern China.....	(111)
Conclusion	(127)
References	(130)
English abstract.....	(132)

第一章 我国东部区域构造格架 及主要含金岩系

第一节 东部金矿地质研究简况

东部地区自古以来就是我国经济、文化比较发达的地区。人们对矿产资源的开发利用较早,对于金矿的开采和对金的应用,也有四千余年的历史。但黄金地质研究工作起步较晚,直到本世纪二、三十年代才开始^①,其中有冯景兰、郭文魁、刘国昌等对胶东金矿的研究,曹世禄、李捷等对鄂豫交界地带金矿的研究,王晓青、喻德渊、吴京、刘国昌、廖士范、胡博渊等对湘西、黔东南金矿的研究,高振西、王植等对广西金矿的研究,李承三、姚文光等对广东金矿的研究。尽管由于各种条件的限制,这些研究工作只能是局部的和分散的,但也反映了地质界众多的老前辈在金矿地质研究方面做了许多有益的工作,拉开了我国东部金矿地质研究的序幕。

建国以来,许多地质学家从不同侧面开展广泛的金矿地质研究工作,划分了金矿床的成因类型或工业类型,开展了典型金矿床地质特征、区域成矿条件、成矿规律、成矿模式、成矿系列、成矿理论的研究与探讨以及找矿方法的实验等等。例如,朱夏(1953)按岩浆演化的观点划分了4大类金矿,并对开发金矿的远景作了预测;夏湘蓉、吴作仁(1959)划分了脉金4大工业类型、成矿区和主要成矿时期;谢家荣、牟海江(1965)在分析世界金矿的基础上划分了我国金矿类型和成矿省;靳毓贵等对东北地区火山岩和次火山岩金矿、黎盛斯对湖南省金矿分别作了研究和总结。

有计划的金矿地质研究工作是在1975年王震副总理亲自抓金矿工作后开始的。地质部第一矿产公司和东北地质科学研究所联合编制了1:2 000 000全国金矿分布图,继之由东北地质科学研究所开展了中国金矿成矿规律的初步研究,划分了我国的金矿类型、矿化集中区和潜在远景区。70年代末,冶金部吉林冶金地质研究所开展了中国北东部金矿综合研究工作。有组织大规模的金矿地质研究工作是1983—1985年由地矿部科学技术司领导、由秦鼎研究员担任项目负责的地矿部“六五”金矿地质科技攻关项目,有黑龙江、辽宁、河北、山东、河南、陕西、贵州七省地质矿产局,长春地质学院、武汉地质学院以及地矿部物化探勘查研究所、天津地质矿产研究所、沈阳地质矿产研究所等12个单位参加,对我国东部几个重要产金区和新发现的微细粒浸染型金矿远景区开展了第一轮金矿地质科技攻关,总结了华北地台和东部6个重要的金成矿区带的区域成矿条件和找矿方向,划分了116个找矿远景区。1986—1990年“七五”国家重点科技攻关项目第五十五项中设立了“中国东部金矿研究”课题,开展了第二轮金矿科技攻关研究。与此同时,冶金工业部天

① 母瑞身等,1985,中国金矿成矿规律的初步研究。沈阳地质矿产研究所。

津地质研究院开展了中国金矿成矿地质条件、主要矿床类型、成矿区划和找矿方向专题研究；南京大学等单位开展了国家自然科学基金委员会资助的中国东部金矿类型和找矿方向研究；“七五”后期由国家计划委员会、地质矿产部、国家黄金管理局联合组织地矿、冶金、有色、武警、核工业和中国科学院等6大部门开展地质行业金矿地质科技攻关。科学研究在地质勘查中越来越明显地起到了先导作用。

随着黄金地质工作的发展，研究工作领域不断拓宽，学术交流日益广泛，公开发表有关金矿地质的重要专著和论文与日剧增。我国金矿地质工作者从不同角度、不同侧面对我国金矿地质问题本着百花齐放、百家争鸣的方针各抒己见，提出了许多新见解，揭示了许多新规律，不仅大大丰富了我国金矿地质理论和文献宝库，同时也为这一轮的金矿地质科技攻关提供了许多可以借鉴的宝贵资料和信息。

在成矿理论方面，长春地质学院张秋生等（1987）提出深部液态矿源层成矿理论^[1]；刘连登（1989）提出岩体与金矿非母子关系而是同源关系，岩体在先、金矿在后为兄弟关系的见解^[2]；南京大学陈衍景、胡受奚（1989）提出O型（原始大洋型）花岗绿岩地体有利于金矿成矿，C型（原始大陆型）花岗绿岩地体不利于金矿化形成的论述^[3]；桂林冶金地质学院袁奎荣等将与金矿有关的构造单元划分为基底地体构造活化区和地体增生区，并将中国原生金矿床划分为基底地体构造活化（期）成矿聚集带和地体增生（期）成矿聚集带^[4]。他们从金矿地质的不同侧面对金的成矿理论进行了新的探索。

在找矿方法上也有了重大突破。物探方法中的航磁、激电开始更多地应用到金矿勘查。化探找金和遥感构造解释的配合，大大提高了找矿的效果。金矿的选冶技术也在不断地提高，大吨位低品位的堆淋技术和工艺流程已取得了明显的经济效益。地质科技对黄金的勘查和利用起到了显著的作用。

第二节 东部地区区域构造格架

我国东部，习惯上指贺兰山—六盘山—龙门山—横断山一线以东地区。现有地质地球物理资料表明，该线不仅是地理上的分界线，也是地质上的分界线。至少从古生代以来各地质时期，界线两侧地壳活动的强度，地壳运动的方式，沉积建造型式或厚度，以及中生代以来形成的构造类型特点都有明显的差异（黄汲清，1977）。

中国东部位于欧亚板块、印度板块和太平洋板块交汇地带^[5,6]。它大致经历了前中生代和中生代以来多次构造变动的特殊发展历程。总体上，中生代以前形成了南北分异、东西走向的构造格局。中生代以来，由于太平洋板块和印度板块的作用，特别是太平洋板块向大陆板块俯冲，形成了与俯冲带基本平行的以北东—北北东走向为特色的叠加构造带，构成了我国东部地区东西和北北东向两组主干构造交叉的总格局（图1）。

一、前中生代形成的构造区带

前中生代，由于西伯利亚板块与中国东部大陆古板块之间的相互作用，来自南北向的挤压应力，在中国东部形成了宏伟的阴山、秦岭—大别2条东西走向的褶皱山系，把我国东部地区自北而南分成5个重要的构造区带^[7]。

（一）兴蒙构造区

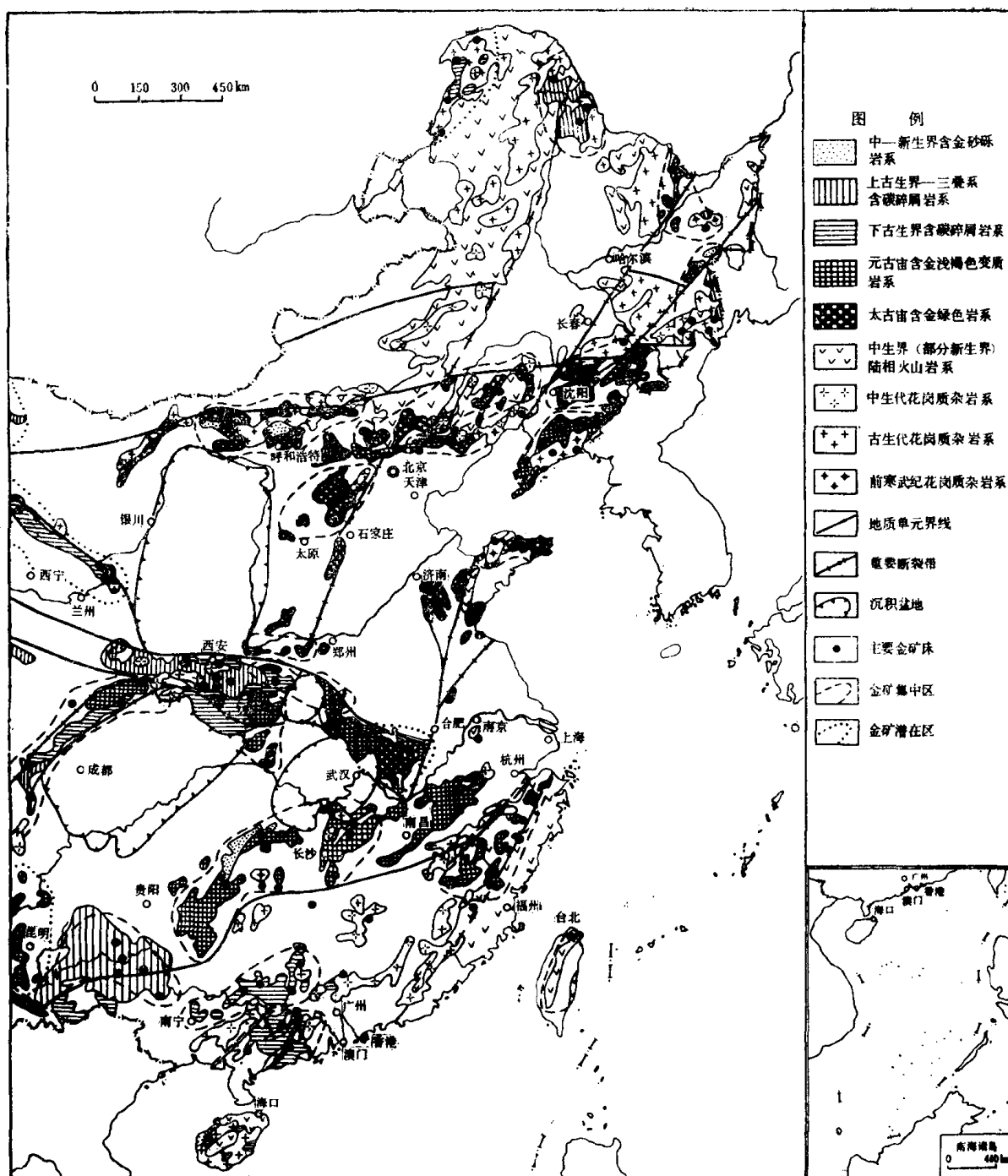


图 1 中国东部金矿分布略图

Fig. 1 Sketch map showing the distribution of Gold deposits in the eastern part of China

它环绕着西伯利亚地台呈向南突出的弧形展布，属西伯利亚古陆边缘的一部分，是以华力西褶皱为主体的陆缘构造区，其中夹有前寒武纪变质岩系作为布列亚-佳木斯中间地块陆壳基底的组成部分。后经兴凯、加里东和华力西期大陆边缘的发展演化，特别是华力西期强烈的构造岩浆作用，花岗岩广泛分布，至华力西末期全区褶皱封闭。

(二) 阴山及北侧构造带

该带是华北地台北缘的活动带，自晚元古代以来就成为华北古克拉通边缘裂陷带，总

体上经历了加里东、华力西期岛弧海沟系统的演化过程。西拉木伦河-温都尔庙蛇绿岩带和索伦山-二道井混杂堆积岩带和贺根山蛇绿岩带，反映了这一构造带经历过多次碰撞对接，至华力西末期，洋盆迅速收缩，最后闭合。

（三）华北陆台构造区

该构造区是以太古宙一早元古代变质岩系为基底的构造区，最初由若干成熟度不一的微型陆块组成，经吕梁期（1850 Ma）而形成不稳定的地台基底，是世界上受变质程度最高、受后期地质作用改造最强烈的地区之一。在陆台发展过程中，内部不均一性表现得非常显著，早中元古代经历了大规模的裂陷作用，早期发育了火山-沉积建造系列，晚期为陆源沉积建造及钠质火山建造。中晚元古代至早古生代经历了相对稳定的发展时期，至中奥陶世后总体上升，晚古生代局部接受沉积，自二叠纪开始转为陆相沉积。

（四）秦岭-大别构造带

该构造带属华北古板块与扬子-华南古板块之间的活动带，是不同时期的大陆增生带。以南阳盆地为界，大体可分为东西两段，各段的地质经历差别很大。西段经历了加里东、华力西、印支期大陆增生的演化过程，在丹凤-商南断裂带出现有加里东期残缺蛇绿岩带，东段经历了晚元古代至加里东期的构造演化，出现有桐柏山-大别山北缘加里东期（或更早）为主的蛇绿岩带。随着古海域的消亡，相邻两个板块逐渐接近，最后在华力西-印支期发生拼贴。

（五）扬子-华南构造区

该构造区包括扬子地台和华南褶皱带2个单元，是以太古-元古宙浅变质岩系为基底的构造区。扬子地台最初以若干微型陆块（如川中、江汉、南黄海微型陆块）为核心，先后通过其周围的中、晚元古代的沟、弧、盆系统的构造演化，向外扩大增生，至晋宁期大体形成统一的地台基底，自震旦纪至三叠纪经历了相对稳定的发展阶段。华南褶皱带则是自震旦纪起通过岛弧演化和俯冲，系统向大洋方向推移，陆壳不断增长，即以扬子地台为核心向外扩展，它实际上是扬子地台东部古大陆边缘的组成部分^[6]。

上述东部两条东西走向的巨型构造带，实际上是东部3大陆块的拼贴构造带。而3大陆块地质构造上的差异，从本质上说是基底性质和后期演化差异的反映。郭文魁教授在《中国内生金属成矿图》说明书中指出^[8]：“物探资料反映，华北刚性较强的块体之下有柔性体之存在，这可能代表软流体，具有上刚下柔的特性。而华南陆块性质显示‘上柔下刚’。除壳表层的柔性沉积外，其下为巨厚（20 km）的花岗质岩层，更下有辉长质岩层存在。而东北的陆块则介乎华南与华北之间的性质”。这里需要强调，这些基底性质的差异，给中生代以后中国东部构造演化及成矿作用造成巨大的差异和影响。

二、中生代形成的构造带

中生代以来，太平洋板块的活动，对中国东部大陆产生了强烈的影响。由于太平洋板块的俯冲，引起大陆下面地幔物质的上涌，形成中国东部总体隆起的构造背景，并导致中国东部陆壳受到强烈的挤压。由前中生代形成的南北分异、东西走向的构造格局转变为与板块俯冲带基本平行的北北东-北东走向为特色的叠加构造带，并对早期存在的近东西向构造带起相当明显的穿插、分割和复合作用，形成目前所展示的中国东部北北东-北东向巨型的构造断裂带、构造岩浆带、构造隆起带和盆地断陷带相间出现的格局。其构造单

元自东而西大致分为两大构造带和若干亚带^[9]：

（一）太平洋构造带内带

该带位于靠近太平洋的一侧，主要是新生代构造带，包括西太平洋与亚洲大陆之间大陆边缘地带所出现的一系列海沟、岛弧和边缘海。其中岛弧系包括台湾、琉球、日本等岛弧，相当于李四光教授划分的新华夏系第一隆起褶皱带；而边缘海系则包括日本海、东海、台湾海峡一带，即相当于第一沉降带。

（二）太平洋构造带外带

该带位于靠近东部大陆的一侧，包括我国东部大部分地区，主要是中生代构造带。它是重叠在我国东部滨太平洋地带不同时代的较老的构造单元之上的北北东向构造带。引人注目的郯城-庐江深断裂系和大兴安岭-太行山-武陵山深断裂系是2条北北东向主干断裂系统，对我国东部地区构造-岩浆活动和成矿作用起明显的控制作用。依其地理位置自东而西分为：

1. 老爷岭-胶辽和浙闽粤构造岩浆带。是指郯-庐断裂以东的地带，相当于新华夏系第二构造隆起带。它是由若干小型地块或地体移动、拼合而成的构造带。不同块体，特征各异。北段老爷岭一带以构造隆起为主，燕山期延吉一带发育了小型内陆断陷火山-沉积盆地，新生代沿敦-密断裂带出现了地堑盆地堆积并有玄武岩喷溢；中段胶辽地区以构造岩浆带为主，除中生代花岗质杂岩外，在胶东地区沿郯-庐断裂带还发育有裂谷火山岩（许志琴，1982）；南段为浙、闽、粤构造岩浆带，中生代重熔岩浆沿断裂喷溢或呈广泛的花岗岩侵入。

2. 松辽-华北-江汉-北部湾中生代盆地坳陷带。相当于新华夏系第二沉降带。多半是在变质基底之上发展起来的上叠坳陷盆地，以燕山运动为基础形成盆地雏型，喜马拉雅期发展成为断陷盆地。从板块构造的角度，杨巍然教授称之为邻俯冲带大陆裂谷系盆地。

3. 大兴安岭-太行山-武陵山构造隆起带。相当于新华夏系第三构造隆起带。北段大兴安岭地区，燕山期表现为强烈的断裂变动和大规模的酸性、中基性岩浆喷出，并伴有小型中酸性岩体侵位；中段太行山一带，则是一条颇具规模的花岗岩断裂隆起带；南段武陵山地区，则以构造抬升为主。

本带以西为大型的鄂尔多斯盆地和四川盆地。二者都属大陆内部坳陷盆地，相当于新华夏系第三沉降带，是受印支-燕山运动强烈影响而在小型稳定陆块基础上发展起来的一种继承式坳陷盆地。

据已有资料，自西而东地壳厚度呈阶梯式递减^[10]。中国西部地区地壳厚度一般大于46 km（多数为50—68 km）；而东部地区一般小于46 km。银川—昆明一线与大兴安岭—太行山—武陵山之间的地区地壳厚度为38—44 km，以东则为30—36 km。这种南北走向的阶梯结构，受基底和断裂构造因素所制约。

郭文魁教授指出^[8]：现有的物探资料所推断的莫霍面与地壳表面的起伏变化关系有两种情况：一种是中生代以来所形成的山势与地壳表面的起伏保持了同步和谐的变化，如鄂尔多斯台块；另一种是不和谐的关系，地表相对较高的山系之下的莫霍面呈现相对凹陷，形成凸镜状地壳；而在相对低洼的盆地，莫霍面常呈凸起，构成凹镜状的地壳，显示了这些部位地壳与地幔结构的差异，或反映了地壳与地幔之间变化的不同步。近几年来西方一些研究者提出，美国西部科罗拉多成矿省巨型矿床的形成都与不同步的壳幔演化有关。在我国是否也有这种规律有待今后不断探索和总结。

值得注意的是壳上层的褶皱断裂系可能为壳下的深断裂带所交切^[6]，如大兴安岭-太行山-武陵山断裂系（任纪舜等，1982）与阴山-燕山和秦岭两个褶皱断裂系呈大角度相交。虽然关于大兴安岭-太行山-武陵山断裂系的连续性尚有不同的认识，但在东部地区北北东向区域性的断裂系与近东西向褶皱断裂系交截之处，常是内生金属矿产汇集之处所，体现了一级的格状构造骨架对成矿的控制作用，相似的二级与三级的格状构造也显示同样的特点。华北地台胶东地区、赤峰-张家口地区，金矿在空间展布上，东西成带、北东成串，正是这种构造格局的体现。

总的来看，中生代以来，由于太平洋板块运动，改变了前中生代中国东部业已形成的地质构造格局和成矿环境，使之处于构造活化区范围，尤以郯城-庐江深断裂系和大兴安岭-太行山-武陵山断裂系对中国东部构造-岩浆活动和成矿作用予以深刻的影响，其影响强度由东向西逐渐减弱。在台湾岛弧带和大陆边缘一些地区，喜马拉雅运动比较强烈，并形成相应的新生代构造、岩浆成矿环境；而沿海或大陆边缘地区，印支-燕山期构造运动比较强烈，形成相对活动的中生代成矿构造环境；向内陆，印支-燕山运动影响逐渐减弱，前中生代的成矿作用表现愈来愈明显，并形成相对稳定的成矿构造环境；相邻两者之间又可出现一些过渡性的成矿构造环境。同时由于前中生代各构造单元发展演化历史的差异，太平洋板块运动对它们影响的强烈程度也有很大差异，因此东部不同地区成矿环境是千差万别的^[7]。这种独特的构造格局导致东部地区金的成矿作用具有多期、多阶段、继承和叠加等特征。

第三节 东部地区主要含金岩系

一、含金岩系概述

从国内外一些重要的金矿床形成条件来看，它们往往是在一定的地质背景条件下，与一定的含金层位或一定的含金岩石组合有关^[11]。已知的重要含金层位如加拿大的阿比提比超群中的提斯达尔群、耶奈洛夫超群，澳大利亚的卡尔古利层，印度的达瓦尔群，津巴布韦的塞巴奎群，南非的斯维士兰超群、维特瓦特斯兰德群，美国的霍姆斯塔克组等等。而在我国比较重要的含金层位有夹皮沟群、清原群、鞍山群、建平群、八道河群、太华群、胶东群、辽河群、老岭群、双桥山群、双溪坞群、陈蔡群、冷家溪群、板溪群、云开群等等。金矿床的形成与这些层位中一定的岩石组合及其所处的地质背景相关。

尽管金与各类岩石之间无明显的专属性，但就金的原始来源剖析，它与金元素若干地球化学特性有关。根据王义文等的资料可归纳为：

1. 金的原子序数较高，并具有奇偶型核构型，因此在自然界中的丰度值很低，这就造成金的成矿需要很高的浓集系数。

2. 金的电离势、电子亲和势以及电负性都很高，因此它在自然界中很难离解成离子状态。它既不进入硅酸盐矿物晶格也不进入氧化物、硫化物晶格中，而主要呈自然元素状态出现，形成独立矿物，或者以杂质元素状态进入其它矿物晶格缺陷中，或者吸附于某些矿物表面或裂隙中。

3. 金的原子结构具有6S、6P空轨道，能与尚有未共用电子对的含硫、氯、碳等多

种原子团和羟基等配位体形成多种多样的络合物。

4. 金具有亲铁和亲硫双重特性, 在地球演化早期相对亲铁性较强, 而晚期相对亲硫性较明显。

从上述地球化学性质出发, 金的原始来源在某种意义上看, 多与地球演化早期金的亲铁性有关。因为金主要集中于地核和地幔, 在地壳演化早期阶段, 随着地幔岩的分熔, 熔浆经由上地幔通过喷发—浅成相而转入地壳, 在岩浆演化初期的镁铁质、超镁铁质岩浆分异过程中, 金以单质元素或机械混入物分散于造岩矿物和副矿物中, 也有认为在镁铁硅酸盐等造岩矿物中金可能占据硅酸盐矿物的一定位置, 而在副矿物磁铁矿、石英中金以自然元素或机械混入物分散于这些副矿物粒间的空隙中, 或被包裹在晶体的缺陷中, 因此镁铁质、超镁铁质熔岩是深源含金物质的携带者。太古宙绿岩带金的原始含量较高, 世界上太古宙岩层中百分之八十以上的金矿床多与绿岩带有关, 表明金与太古宙原始地壳的形成有着千丝万缕的联系。原始地壳形成之后, 在长期的地质作用过程中, 古老的含金岩层, 经深熔或交代重熔岩浆作用, 形成碱性、钙碱性各种花岗质杂岩系、中酸性火山—次火山岩系, 也可以具有较高的含金背景。另一方面在地质演化过程中, 金的聚集明显地表现为亲硫性和对还原介质的依附关系。在各类沉积岩中, 如某些类型的凝灰(火山灰)和有机沉积物、含碳质和石墨质的碎屑岩, 某些磷块岩和粘土质岩石, 金常作为被吸附的元素存在。含金岩石中的碳和硫, 从本质上说都与有机质有关, 它们受地质作用特别是热液活动的影响, 所形成的还原介质环境, 对金具有还原或吸附的作用。

在自然界, 金可以赋存于地壳的各种岩石中。不同的岩石在金的成矿过程中所起的作用不同, 取决于岩石成分及岩石物理化学性质、岩石组合及其形成的性质环境等各种因素。一些岩石可以提供成矿的物质来源; 一些岩石可以提供成矿所需的构造空间或矿质沉淀的物理化学环境。因此, 赋矿层位的岩石类型及其岩石组合与金矿床的形成有着一定的内在联系。基于上述情况, 我们把在一定的地质环境下形成的一套与金矿有关的岩石组合称之为含金岩系。

二、主要含金岩系

东部地区主要的含金岩系大体可归纳为以下几类:

(一) 太古宙含金绿色岩系

该岩系是东部地区最老的一套含金岩系的统称。主要分布于华北地台南北两侧, 它组成地台的变质基底, 由镁铁质、超镁铁质和长英质火山岩系及其上覆沉积物组成, 经后期地质作用而形成绿色的变质杂岩系。根据岩石组合、同位素年龄资料以及含金情况, 大体上可划分为三大火山—沉积巨旋回^[12]: 第一巨旋回, 其年龄大于 3 000 Ma, 如吉林桦甸地区的龙岗群(白山镇群)、辽北地区清原群下部(井家沟组)、冀东地区迁西群下部(上川组、三屯营组)均处于这一时限范围, 主要为高级相变质层状或块状岩系组成, 它们与金矿关系不甚密切; 第二巨旋回, 其年龄为 3 000—2 800 Ma 之间, 如吉林桦甸地区的夹皮沟群(老牛沟组)、辽北地区清原群中部(石棚子组、红透山组)、辽东地区鞍山群(通什村组)、冀东地区八道河群(王厂组)辽西地区建平群下部(小塔子沟组)均在此年龄段范围之内, 此外内蒙古乌拉山群、山东泰山群有可能属于此巨旋回, 主要由中级或中低级相变质层状岩系组成; 第三巨旋回, 年龄在 2 800—2 500 Ma 之间, 如小秦岭地区的太华

群、豫北的登封群、山东烟台地区的胶东群、辽西冀北地区的建平群上部（大营子组）、内蒙古的集宁群上部，均在此段时限范围，此外阜平群上部以及五台群等也划入此旋回中，主要有中低级相变质层状岩系和富铝的孔兹岩系两类不同的岩石组合。就目前资料来看，第二，第三巨旋回是华北地台重要的含金层位。夹皮沟金矿、金厂峪金矿、小秦岭地区金矿、排山楼金矿、乌拉山金矿均赋存于这两个巨旋回的含金绿色岩系之中。

通过近年来的研究，太古宙含金绿色岩系根据其岩石组合大体分为3大套岩石：

1. 高级相变质层状或块状岩系，由各类麻粒岩、辉石岩、片麻岩、石榴石英岩及磁铁石英岩等组成，呈大小不等的包体分布于深成的紫苏石英闪长岩、紫苏斜长花岗岩侵入体中。这套变质岩的原岩由相当于钙碱性拉斑玄武岩—钙碱性的中酸性火山岩夹有少量BIF和杂砂岩组成，岩石具有片麻状、条带状或块状构造。这套岩石在局部有利地段可成为金的容矿围岩。

2. 中低级变质相的花岗-绿岩带，由中低级变质层状岩系及英云闪长岩-奥长花岗岩（TTG杂岩）组成。层状变质岩系由黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、片岩、磁铁石英岩、石英岩、大理岩及角闪石岩组成。该岩石组合下部为变质超镁铁质—镁铁质火山岩夹少量BIF及变质钙碱性火山岩；中部为变质钙碱性火山岩、火山碎屑岩夹有变质镁铁质岩及泥质粉砂岩；上部则由轻微变质的长英质火山岩、火山碎屑岩和碎屑沉积岩组成，具有花岗-绿岩带特征（如东五分子地区），但不同地区这套岩石的发育程度不一，如辽北红透山地区，绿岩带下部及上部岩系发育不好。在辽西地区也有提出绿岩残根或残留绿岩的看法^[13]。总体上华北地台太古宙绿色岩系与国外典型的花岗-绿岩带有较大差异。主要是分布面积小，下部超镁铁质岩不发育，变质程度普遍偏高，上部沉积岩系常常缺失，中生代以来受到后期构造岩浆作用的活化改造强烈。这套岩石是华北地台最重要的含金岩石组合。

3. 孔兹岩系，主要岩石类型为富铝片麻岩、黑云斜长片麻岩夹少量麻粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩、石英岩及厚层大理岩，下部夹少量火山岩。其原岩相当于杂砂岩、含碳粘土质岩、碳酸盐岩夹少量火山岩，与国外孔兹岩系相当。内蒙古乌拉山金矿床就赋存在这套岩石中。

（二）元古宙含金浅变质岩系

近年来，由于上官、河台、金山、猫岭、南岔、错草等一系列金矿床的相继发现，元古宙浅变质岩系中的找金前景已越来越明朗，并引起国内金矿地质工作者高度的兴趣和重视。这套含金岩系可分为三个时段：2200—1700 Ma（集安群、老岭群、辽河群），1600—1400 Ma（熊耳山群、双溪坞群、陈蔡群、双桥山群、冷家溪群），1000—800 Ma（板溪群、云开群）。根据岩石组合和岩系中所含火山物质的多寡，大致可分为含碳细碎屑岩系、含碳火山-碎屑沉积岩系和沉积-火山岩系三种：

1. 含碳细碎屑岩系，主要分布于古隆起边缘或元古宙裂陷槽、拗拉谷中，由浅变质海相细碎屑岩夹少量火山碎屑岩组成，多数以板岩、片岩、千枚岩、粉砂岩为主体，夹有凝灰岩、结晶灰岩或大理岩，不同程度含有机碳及硫化物。主要赋矿层位有辽河群、老岭群、冷家溪群、板溪群、云开群等。在区域上金矿化具有明显的层控特征。矿化富集部位主要受韧性剪切带、小型褶皱及层间断裂带等所控制。这套岩系具有较好的成矿前景。

2. 含碳火山-碎屑沉积岩系，分布于古隆起边缘或元古宙活动大陆边缘以及两个地台