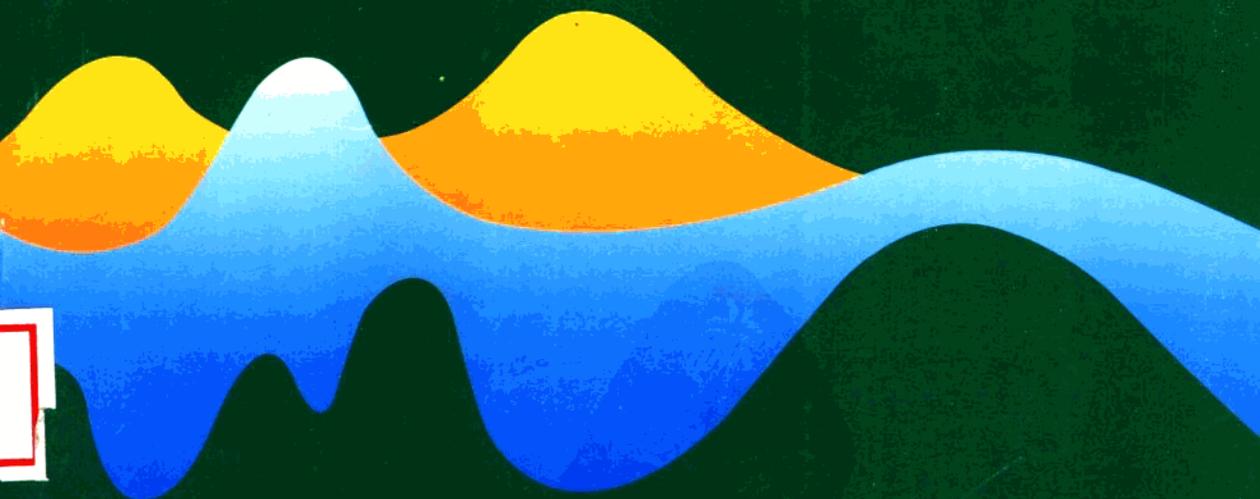


地质行业科学技术发展基金(959623) 联合资助  
地质矿产部地质力学开放研究实验室(95001)

# 西秦岭地区构造体系及 金成矿构造动力学

杜子图 吴淦国 著



地质出版社

地质行业科学技术发展基金(959623) 联合资助  
地质矿产部地质力学开放研究实验室(95001)

# 西秦岭地区构造体系及 金成矿构造动力学

杜子图 吴淦国 著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书运用地质力学的基础理论和工作方法,以构造型式的鉴定、构造体系划分和控矿构造系统分析及其与金矿化的关系为核心,依据大量的野外地质调查、综合测试及数学模拟、物理模拟手段,对西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学进行了研究。

全书共分六章。第一章至第三章介绍了西秦岭构造成矿带区域成矿地质背景,从区域成矿带尺度阐述了该区中-新生代以来的控矿构造格局及其演化;第四章至第六章把研究尺度缩小到矿田和矿床(体)范围,以成矿带内巴西金矿和大水金矿两个典型金矿田为重点研究对象,以控矿构造分析为主线,研究了构造应力场控制下构造动力与流体成矿系统的耦合关系,并建立了构造动力控制下以构造发展时序为基准的金矿化富集成矿规律和构造动力成矿模式。

本书可供从事地质力学、构造地质学、矿床学等学科专业的科研、教学、生产和实验人员参考,也可作为地质类专业研究生和高年级本科生的教材或教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

西秦岭地区构造体系及金成矿构造动力学/杜子图,吴淦国著.-北京:地质出版社,1998.7  
ISBN 7-116-02500-6

I. 西… II. ①杜…②吴… III. ①地质构造-构造体系-研究-中国-西秦岭地区②地质构造-金矿床-构造动力学-研究-中国-西秦岭地区 N. P618.510.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 12467 号

## 地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:高 菁 舒志清

责任校对:田建茹

\*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销  
开本:787×1092 1/16 印张:10 黑白图版:1 页 字数:222000

1998 年 7 月北京第一版·1998 年 7 月北京第一次印刷

印数:1~500 册 定价:22.00 元

ISBN 7-116-02500-6

P·1852

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

# 前 言

横跨中国大陆腹地,绵延数千公里长的东西向秦岭构造带,是在元古宙基底上发育起来的显生宙造出带。它衔接东西,分野南北,是我国地质和地理上的重要分界线,长期以来一直受到广大地质工作者的关注;更由于其含有丰富的矿藏而成为我国重要资源开发基地之一。位于陕、甘、川三省境内的秦岭西段——西秦岭地区,西连祁连山构造带,北邻华北地台,南接松潘-甘孜构造带和扬子地台,为诸多构造单元的聚合部位,平面上呈特殊的倒三角形几何形态。该区经历了自太古宙以来的多期造山构造运动,具有复杂的构造演化史,呈现出繁杂的构造应变图像。

研究区为陕、甘、川三省邻接区,西起甘肃玛曲,东至陕西略阳;南起四川松潘,北抵甘肃岷县。地理坐标为东经 $102^{\circ}\sim 106^{\circ}20'$ ,北纬 $32^{\circ}20'\sim 34^{\circ}30'$ 。该区自然条件恶劣,处于青藏高原边沿,地势跨高原和山地两大地貌类型。西部为中浅切割的高原夷平面,大部分为平坦的草地,空气稀薄,海拔一般为 $3800\sim 4000\text{m}$ ,向东过渡为中、深切切割的密林山区,比高一般在 $800\sim 1200\text{m}$ 左右,地势地貌上呈现为山高谷深、峰锐坡陡的山地景观。该区气候寒冷,属高寒高原和高寒山区。

西秦岭作为秦岭的组成部分,以其地理位置、特殊的大地构造部位和丰富的矿产资源著称,自本世纪40年代以来,一直吸引着广大地质工作者对其不断探索。本世纪初,地质学家赵亚曾、谭锡畴、熊永先、李春昱、黄汲清、叶连俊和关世聪等曾先后进入该区开展地质调查研究。1933年,谭锡畴、李春昱沿岷江进行路线地质调查时,将该区广泛出露的黑色碎屑岩系称为“西康系”。1941年,熊永先在草地进行地质调查,将黄胜关以西出露的绿色碎屑岩系称为“草地系”,时代定为石炭至二叠纪。1944年,叶连俊、关世聪在甘肃南部之舟曲、武都一带进行地质调查,将区内一套以志留系为主的浅变质岩系命名为“白龙江群”。50年代中期,中国科学院西北地科所、甘肃省地质局、四川省地质局,以及冶金系统等科研、生产单位对本区进行过地质调查研究,发现了一批铁、铀等矿产。60~70年代,四川、甘肃和陕西等省地质局组成的专业地质队伍先后在西秦岭地区开展了以铀矿勘查为重点的矿产普查和 $1:20$ 万区域地质调查;同时,中国地质科学院、中国科学院、核工业部、冶金部等单位也曾先后在西秦岭地区开展了地质学科的专业性考察和部分矿种(主要是铀、金和铅锌矿)的找矿勘查。80年代以来,甘肃省地矿局、四川省地矿局、地矿部秦巴项目组,以及一些科研、教学单位在该区开展了以金矿勘查为主的地质找矿工作和多学科地质研究,并且取得了金矿勘查工作的重大进展,一批大中型金矿床相继被发现,同时也使该区基础地质研究程度达到一个新水平。

对于秦岭造山带构造演化的研究,80年代以来,不少单位和学者在本区进行过不同程度的研究,并从不同的学术观点论述了本区的构造轮廓及其演化,积累了丰富的资料,大大加深了人们对这一地区地壳结构和构造演化的认识。黄汲清(1979)以多旋回观点,提出秦岭地槽是属于兴凯旋回之后,中国地台裂隙再生之地槽;Sengor(1985)指出,秦岭造山带是一

个可以与阿尔卑斯相类比的印支期碰撞造山带,仅经历了从新元古代到三叠纪的一个造山旋回;王鸿祯(1982,1985)从活动论观点,运用历史大地构造分析方法,对秦岭地区的构造演化进行了精辟分析,强调了我国北方大陆与南方大陆印支期沿玛沁—山阳—桐城地壳消减带最后对接的重要意义;黄汲清、杨巍然(1987)和杨森楠(1985)以裂谷开合说阐述了秦岭造山带开与合的构造演化历史;张国伟(1988,1995)以板块构造观点对秦岭造山带的结构和造山过程的构造演化进行了论述,认为秦岭是经过三个不同构造演化阶段,以不同构造体制发展演化而成的复合型大陆造山带;柴育成(1989)用推覆构造理论探讨了秦岭造山带南翼的构造格局及其演化;杨志华(1992)则提出秦岭形成的新模式——抽拉-逆冲岩片构造等。

由此可见,对秦岭造山带的构造研究程度是较高的。但涉及西秦岭地区的区域构造研究及区域构造与金成矿作用的研究所发表的论著尚不多见,仅见于以下一些报道:左国朝等(1994)从构造盆地的物质建造和拉分构造盆地特征,总结了西秦岭造山带古生代盆地的构造演化,认为裂陷槽沉积在西秦岭地区占有重要的地位,并论证了裂陷槽是挤压与拉张对立统一体互为依存、互相影响和互相转化过程中的必然产物;杨恒书等(1994,1995)通过对西秦岭川北—甘南地区不同地质历史时期构造格局的分析,论述了该区的区域构造演化与成矿,并首次提出了黑水断裂的存在,确认该断裂应为西秦岭造山带南界的逆冲—推覆断裂构造;张二朋等(1993)编制的秦巴地区地质图(1:100万)初步建立了西秦岭造山带的地质构造基本轮廓;许志琴等(1992)通过对包括该研究区南部部分地区的松潘—甘孜造山带的研究,提出了多重构造体制造山的概念。此外,杨恒书等(1992)在西秦岭降扎—迭部地区完成的8幅1:5万区调联测,也充实了该区的地质构造研究成果。

西秦岭地区是我国西部重要的金、铀及多金属构造-成矿区带,具有很大的找矿远景,是我国今后一段时期内的战略找矿基地。该区产有碳硅泥岩型铀矿,是我国四大铀矿类型之一。金矿是该区的优势矿种。近年来,在该区掀起金矿勘查的热潮,并取得了重大突破。迄今为止,已发现并探明了以东北寨金矿、大水金矿、巴西金矿、马脑壳金矿、拉尔玛金矿和石鸡坝金矿床等为代表的一系列具工业价值的大—中型金矿床。这些金矿床在时空分布和成因上都具有一定的规律和密切的成生联系。它们均受控于不同构造体系和不同级序的断裂构造带。在金成矿作用过程中表现出明显的构造控矿专属性,在特定的成矿构造-岩相条件下,形成了该区独具特色的碳硅泥岩系微细粒浸染型金矿床。这是我国于70年代首次在黔西南地区发现之后又探明的一个类型相似的金矿化带。它们均与美国内华达州的卡林型金矿极为相似。因此,其工业类型称之为碳硅泥岩系微细浸染型或卡林型金矿。

卡林型金矿是60年代在美国内华达州发现的一种新的金矿类型,又称热液浸染交代型金矿或微细粒浸染型金矿。它具有和其它金矿床不同的地质、地球化学和矿物学特征,特别是对于那些脉状矿体来说,其区别更为显著。开始时,认为它是产于碳酸盐岩中的低品位、大储量的矿床;后经进一步工作发现,其容矿岩石包括粉砂岩、片岩、凝灰岩和火山岩等各种岩石。此类矿床在原苏联、加拿大和新西兰等国也陆续被发现。在我国,于70年代末期首先在黔西南发现此类金矿,后来相继在桂西北和西秦岭地区也被发现。卡林型金矿作为世界上一种重要的金矿类型,对它的勘查与研究已有近30年的历史,但系统地对其进行深入的矿床成因研究和建立成矿模式,则是在本世纪80年代。通过对该类金矿床地质特征、矿石结构、构造及稳定同位素等研究,目前多数学者提出了地下水对卡林型金矿形成的重要性,并建立了大致相似的成因模式,认为卡林型金矿是在大气降水与地下热水溶液影响下,溶解并渗透

了围岩中的成矿物质,在断裂构造中运移至有利的围岩处交代而成矿的(A. S. Radtke, 1980, 1985; L. J. 布坎南, 1981, 1984; R. W. 亨利, 1983; S. B. R. Omberger, 1986; 涂光炽, 1990; 郑明华, 1994), 故称渗滤热液型金矿床, 属浅层低温热液成因。

近 10 年来, 随着对微细浸染型(卡林型)金矿的勘探和认识, 据该类金矿床独特的含矿主岩类型, 一些学者又提出了“碳硅泥岩型”金矿(杜乐天, 1986; 王驹, 1994)。这一名词来源于“碳硅泥岩型”铀矿(杜乐天, 1986; 毛裕年, 1989; 张祖还, 1986; 张待时, 1993)。其中, ‘碳’具有双重含义, 其一指碳酸盐岩(如灰岩或白云岩), 其二指有机碳(包括轻度变质的有机碳、类石墨和半石墨); ‘硅’指各类砂岩或硅质岩; ‘泥’指泥岩或粘土岩。碳硅泥岩系的岩性组合特殊, 即总是‘三元’(碳酸盐、硅质、泥质)混杂, 总见这三种端元组分混生, 其岩性可以三种端元组分互相过渡, 各自为主。这样, 由碳、硅、泥这三种端元组分可以组成类型众多的过渡岩性。

地质作用动力学是 80 年代以来国际地球科学研究领域最为活跃的研究方向, 成矿构造动力学是成矿构造演化过程中的主要因素。早在本世纪 30 年代, 原苏联矿床学家斯米尔诺夫提出, 热液成矿具有脉动的特点。他指出, 热液矿床的形成是一个较长的过程, 成矿构造活动和热液作用表现出多阶段性, 成矿的脉动性受制于构造的脉动性。成矿是地壳构造演化过程中的一种产物, 有用元素的迁移和富集成矿与构造运动紧密相关。因此, 区域构造应力场及构造环境构成了区域成矿的前提和基础。如受构造运动控制的地层建造的发育, 岩浆侵入和火山活动为成矿提供特定的物质丰度场, 从而构成成矿的物源。区域火山活动、岩浆活动、变质作用和造山作用等构成特定的成矿热力场, 为成矿提供热源。地壳构造运动形成应力场, 为矿质迁移提供驱动力。鉴于成矿作用的复杂性及其对地壳构造环境的强烈依附, 从成矿作用的区域地质构造条件出发, 具体研究成矿的物源、热源、流体源以及区域构造作用、岩浆作用及变质作用演化过程中的成矿构造动力场、成矿介质渗流场和成矿元素富集成矿的途径和机制, 并把这些因素有机地结合在一起, 是研究成矿构造动力学的有效途径。因此, 动力学耦合机制是研究构造成矿的核心。

耗散结构理论(the theory of dissipative structures)在地球科学中的应用以及成矿过程中自组织(self-organization)现象的研究, 是当前成矿地质作用研究的一个新课题。於崇文教授(1987, 1993)率先将耗散结构理论引入成矿动力学, 为我们更深入地研究成矿过程中的动力学机制提供了新的手段和方法, 从而也为成矿构造动力学研究提供了一个新的研究思路。

综上所述, 通过对关于西秦岭造山带构造演化与金成矿作用研究现状的分析和对前人研究成果的学习, 作者的工作有了良好的前提, 并得到了不少有益的启示, 拓展了研究思路。同时可以看出, 由于受研究区地质情况复杂性的影响和研究尺度及研究层次的限制, 研究者们持不同的构造观, 各陈己见。概括起来, 前人的工作主要是两个尺度: 一是宏观尺度。从大区域的整体性及各构造单元的相互关系出发, 进行总体概论, 缺少局部地质体的详细地质构造解剖; 其二是小范围的大、中比例尺的矿产普查勘探及专题研究, 侧重于对局部地质体的调查研究, 而对区域性的整体联系及相互关系研究不够。前人的研究层次, 多限于印支造山期及其以前的沉积大地构造演化, 主要反映了南北构造单元的关系。而对于中-新生代以来燕山-喜马拉雅期构造改造及其与金成矿作用研究, 缺乏系统性论述。这两种尺度和两种层次的研究都具有十分重要的意义; 然而, 要正确把握一个地区的地壳构造演化及其与成矿的关系, 更重要的是将两者有机地结合起来。

地质力学在研究区域构造和区域成矿规律方面有自己独特的理论和方法(李四光, 1966, 1973)。早在 40 年代, 李四光就曾提出利用岩相古地理等方法恢复早期构造型式。50 年代, 他提出地质构造的“三重基本概念”, 即结构要素、地块形态和构造体系; 60 年代他又强调依靠构造规律找矿的学术思想。构造地质研究对象具有时间跨度大, 尺度跨度大, 研究层次跨度大的特点。在漫长的地壳构造演变进程中, 不同地质历史时期内地壳构造形迹的出现和地质事件的发生都不是孤立的, 而是彼此之间密切联系的。我国卓越地质学家李四光先生创立的地质力学学说, 就是用成生联系的观点看问题, 且已经受了 50 多年的地质实践检验。正如吴正文教授(1995)指出: “李四光先生所提出的体系概念为我们指出了正确的构造分析途径, 且已被国内外学者所接受。作为一名中国学者, 是否应从方法论的角度对自己的研究技术路线作出改进呢?”

作者以地质力学的理论和方法为指导思想, 以构造型式的鉴定、构造体系的划分和控矿构造系统分析及其与金成矿的关系为核心, 结合物探、化探、遥感等综合信息, 借助于数学模拟、物理模拟, 对该区的地壳构造演化和金成矿动力学进行多层次、多尺度、多方位的综合研究。其研究方法和技术路线可概括如下:

①印支运动在本区具有重要的划时代意义, 使本区的构造面貌发生了根本性的转折。因此, 印支期是本区构造演化的突变期, 印支运动造就了本区重要的构造界面, 需要首先对其上、下两个构造层的构造格局分别予以研究。

②通过古生界—三叠系沉积岩相和古地理分析, 结合其沉积大地构造特征, 对印支期前控制沉积环境的古构造体系进行恢复。

③通过对区域内展布的构造形迹的力学性质鉴定、构造变形特征、变形时序和构造复合分析等, 划分构造体系, 反演古构造应力场及构造演化史。

④在区域成矿地质背景研究的基础上, 开展典型矿田成矿构造系列研究, 配合多种实验和测试手段, 解决控矿构造体系与金成矿的时空关系和构造对金矿床分布规律的控制作用。

⑤研究成矿构造动力与成矿流体的耦合关系, 并建立断裂构造系统内动力成矿模式, 在此基础上进行成矿预测。

本书是作者在“九五”期间承担的地质矿产部地质行业科学技术发展基金项目(959623)“西秦岭地区断裂构造系统与金矿化的成矿构造动力学研究”和地质矿产部地质力学开放研究实验室项目(95001)“断裂裂隙介质中成矿流体与构造动力耦合作用研究”的主要研究成果, 是作者近年来通过大量野外工作和室内研究, 以地质力学的学术思想为指导, 系统地阐述西秦岭地区构造演化及其与金矿化关系的一部专著。本书承蒙孙殿卿院士的悉心指导。研究工作的顺利开展与以下兄弟单位同志们在野外工作期间给予的协助是分不开的。他们是长春科技大学王义强副教授, 成都理工学院倪师军教授、曹志敏教授, 中国地质大学(武汉)赖旭龙、杜远生副教授, 四川地勘局周少东高级工程师, 川西北地质队文锦明同志, 中国地质科学院地质力学研究所吕古贤、董法宪、郑达兴、刘晓春研究员, 王平安、李中坚副研究员及刘建明、徐刚同志。在本书完成过程中, 杨恒书高级工程师、李东旭教授、邓军教授及周显强研究员都曾给予了热情的帮助; 此外, 中国地质科学院科技处李贵书处长和地质矿产部地质力学研究所白嘉启副研究员也给予很大的支持。胡道功博士、张达博士和赵彦庆硕士在工作过程中都曾给予热情的帮助。黄少芳女士为本书的文字处理付出了辛勤的劳动。需要指出的是, 一些同志虽然没有参与本书的撰写工作, 但都曾不同程度地参加了一些研究工作; 王

义强副教授参加了部分野外工作及室内研究,谭成轩博士协助作者完成了计算机数据处理。初稿完成后,承蒙孙殿卿院士、陈庆宣院士、孙叶研究员、苗培实研究员、李东旭教授、崔彬教授、田明中教授和邓军教授等专家的审阅,并提出了宝贵的修改意见和建议。该研究成果的取得及本书的顺利出版也与地质行业基金委员会和地质力学开放研究实验室的资助分不开。文中援引了一些同行的资料和数据。作者谨向以上给予帮助和支持的专家学者和单位致以由衷的敬意和感谢。

金成矿动力学是一项研究流体运移成矿与构造动力耦合作用的综合性前沿科学研究,涉及构造地质学、矿床学、地球化学、矿物学等学科,以及这些学科之间的交叉和有机结合。由于研究区范围较大,涉及内容较多,许多问题尚未解决。加之笔者水平有限,文中不妥和谬误之处,敬请读者批评指正。



# 目 录

## 前 言

<b>第一章 西秦岭构造成矿带区域成矿地质背景</b> .....	(1)
<b>第一节 沉积建造系统及其含矿性</b> .....	(2)
一、元古宇 .....	(2)
二、古生界 .....	(2)
三、三叠系 .....	(2)
四、侏罗系、白垩系和第三系.....	(6)
<b>第二节 岩浆作用</b> .....	(6)
一、加里东-华力西拉张裂陷期构造-岩浆热事件 .....	(6)
二、印支造山期构造-岩浆热事件 .....	(7)
三、燕山陆内造山期构造-岩浆热事件 .....	(7)
<b>第三节 区域构造梗概</b> .....	(9)
一、大地构造归属 .....	(9)
二、构造旋回及构造层的划分 .....	(9)
三、区域地质构造演化简史.....	(11)
四、大地构造与金成矿.....	(12)
<b>第四节 区域地球物理场及深部构造</b> .....	(14)
<b>第五节 区域地球化学场特征</b> .....	(15)
<b>第二章 印支造山前构造格局——前印支古构造体系恢复</b> .....	(19)
<b>第一节 古东西向构造体系</b> .....	(21)
<b>第二节 古北东向构造体系</b> .....	(22)
<b>第三章 中生代构造格局——构造体系划分及变形复合分析</b> .....	(23)
<b>第一节 构造体系划分</b> .....	(23)
<b>第二节 构造体系结构和变形特征</b> .....	(23)
一、东西向构造体系.....	(23)
二、南北向构造体系.....	(34)
三、北东向构造体系.....	(40)
四、弧形构造体系.....	(43)
五、北北西向构造带.....	(55)
<b>第三节 构造体系复合关系和复合时序效应分析</b> .....	(57)
一、构造体系复合关系.....	(57)
二、构造体系成生发展及变形时序.....	(60)
<b>第四节 遥感图像判识及构造解译</b> .....	(61)
一、遥感图像的选择.....	(61)
二、区域构造的遥感图像目视解译.....	(61)

第五节 构造运动程式讨论 .....	(62)
一、各构造体系所反映的运动方式及其统一性 .....	(62)
二、地壳运动和构造体系演化 .....	(63)
第六节 构造体系对金矿床分布规律的控制 .....	(64)
<b>第四章 巴西金矿-大水金矿构造-成矿系列研究</b> .....	(66)
第一节 巴西金矿成矿地质条件及矿床地质特征 .....	(66)
一、成矿地质条件 .....	(66)
二、矿床地质特征 .....	(67)
第二节 巴西金矿控岩、控矿构造系统分析 .....	(71)
一、控岩、控矿构造格架及其变形特征 .....	(72)
二、断裂构造对金矿床的多级控制作用 .....	(78)
三、控矿构造演化及其与金矿化的关系 .....	(84)
四、控矿断裂构造地球化学特征 .....	(87)
五、高精度磁测所反映的控矿构造信息 .....	(88)
第三节 大水金矿成矿地质特征 .....	(93)
一、成矿地质背景 .....	(93)
二、矿床地质特征 .....	(94)
第四节 大水金矿控矿因素及控矿构造系统分析 .....	(96)
一、控矿因素 .....	(96)
二、控矿构造系统分析 .....	(96)
<b>第五章 同成矿构造应力场及其与金成矿的耦合作用</b> .....	(101)
第一节 同成矿构造应力场分析准则 .....	(101)
一、成矿期构造鉴定与构造格局的确定 .....	(101)
二、同成矿构造应力场分析准则 .....	(102)
第二节 同成矿构造动力条件 .....	(102)
一、主应力方位的确定 .....	(102)
二、古应力值大小的估算 .....	(103)
第三节 同成矿构造应力场数值模拟 .....	(108)
一、数学模型的建立 .....	(108)
二、有限元计算结果分析 .....	(111)
第四节 同成矿构造应力场激光全息光弹模拟 .....	(117)
一、实验模型及步骤 .....	(117)
二、实验结果——应变能和矿液运移势的分布 .....	(119)
第五节 构造应力场与流体运移成矿的耦合作用 .....	(120)
一、成矿过程中构造与流体的关系 .....	(120)
二、构造应力场控制流体运移、成矿的理论 .....	(120)
三、构造应力场与流体成矿耦合作用 .....	(123)
第六节 成矿构造应变场特征 .....	(125)
一、磁化率椭球与应变椭球关系及磁组构参数所反映的 <i>L-F</i> 费林图解 .....	(125)
二、变形组构分析 .....	(126)
<b>第六章 金矿床富集成矿规律及构造动力成矿模式</b> .....	(128)

第一节 金矿床形成与分布规律 .....	(128)
一、金矿床的展布受区域性超壳断裂控制 .....	(128)
二、金矿床的产出受特定地层——矿源层控制 .....	(128)
三、燕山期同构造岩浆活动与成矿关系密切 .....	(129)
第二节 成矿时代与成矿构造体系活动的关系 .....	(129)
第三节 构造成矿作用和构造动力成矿模式探讨 .....	(130)
一、构造成矿作用过程 .....	(130)
二、构造动力成矿模式探讨 .....	(131)
第四节 找矿标志和成矿预测 .....	(133)
一、综合找矿标志 .....	(133)
二、成矿预测 .....	(133)
<b>结 语</b> .....	(135)
<b>英文摘要</b> .....	(137)
<b>主要参考文献</b> .....	(139)
<b>图版说明</b> .....	(145)
<b>图版 I、II</b> .....	(146)

# CONTENTS

## Preface

### Chapter 1 Regional Metallogenic Geological Background of West Qinling Tectonic

#### Mineralization Belt ..... (1)

- 1 Sedimentary formation system and its gold-bearing feature ..... (2)
  - 1.1 Proterozoic group ..... (2)
  - 1.2 Paleozoic group ..... (2)
  - 1.3 Triassic system ..... (2)
  - 1.4 Jurassic system, Cretaceous system and Tertiary system ..... (6)
- 2 Magmatic activity ..... (6)
  - 2.1 Tectono-magmatic thermal events of Caledonian-Variscan pulling-cracking period ... (6)
  - 2.2 Tectono-magmatic thermal events of Indosinian orogenic period ..... (7)
  - 2.3 Tectono-magmatic thermal events of Yanshan intracontinental orogenic period ..... (7)
- 3 Sketch of regional tectonics ..... (9)
  - 3.1 Regional tectonic location ..... (9)
  - 3.2 Classification of structural cycle and structural level ..... (9)
  - 3.3 History of regional tectonic evolution ..... (11)
  - 3.4 Relationship between regional tectono and gold mineralization ..... (12)
- 4 Regional geophysical field and deep-seated structure ..... (14)
- 5 Characteristics of regional geochemical field ..... (15)

### Chapter 2 Structural Framework of Pre-Indosinian Orogeny—Restoration of

#### Pre-Indosinian Paleo-Structural Systems ..... (19)

- 1 Paleo-EW trending structural system ..... (21)
- 2 Paleo-NE trending structural system ..... (22)

### Chapter 3 Structural Framework of Meso-Cenozoic Era—Classification of

#### Structural Systems and Analysis of Structural Deformation and Structural Compounding ..... (23)

- 1 Classification of structural systems ..... (23)
- 2 Deformation features of structural system ..... (23)
  - 2.1 EW trending structural system ..... (23)
  - 2.2 SN trending structural system ..... (34)
  - 2.3 NE trending structural system ..... (40)
  - 2.4 Arcuate structural system ..... (43)
  - 2.5 NNW trending structural belt ..... (55)
- 3 Analysis of structural compounding on structural systems ..... (57)
  - 3.1 Compounding relationships of structural systems ..... (57)

3.2	Formation-development and deformation sequence of structural systems .....	(60)
4	Remote sensing tectonic interpretation .....	(61)
4.1	Selection of remote sensing images .....	(61)
4.2	Remote sensing interpretation on regional structure .....	(61)
5	Discuss on structural movement .....	(62)
5.1	The way of structural movement revealed by the structural systems .....	(62)
5.2	Crustal movement and the evolution of structural systems .....	(63)
6	Controlling of structural systems over distribution of gold deposits .....	(64)
<b>Chapter 4</b>	<b>Study on Tectono-Metallogenic Series of Baxi-Dashui Gold Deposits .....</b>	<b>(66)</b>
1	Metallogenic geological conditions and geological features on ore deposits of Baxi gold deposits .....	(66)
1.1	Metallogenic geological conditions .....	(66)
1.2	Geological features of ore deposits .....	(67)
2	Analysis on structural systems of rock-ore controlling of Baxi gold deposits .....	(71)
2.1	Structural framework of rock-ore controlling and its deformation characteristics .....	(72)
2.2	Multiple controlling to the gold deposits by fault .....	(78)
2.3	Ore controlling structural evolution and its relationship with gold mineralization .....	(84)
2.4	Geochemical feature of ore controlling fault structure .....	(87)
2.5	Structural information of ore controlling revealed by high-precision magnetic measurement .....	(88)
3	Metallogenic geological characteristics of Dashui gold deposits .....	(93)
3.1	Geological background of mineralization .....	(93)
3.2	Geological features of ore deposits .....	(94)
4	Ore controlling factors and the analysis of ore controlling structural systems of Dashui gold deposits .....	(96)
4.1	Factors of ore controlling .....	(96)
4.2	Analysis on structural systems of ore controlling .....	(96)
<b>Chapter 5</b>	<b>Syn-Metallogenic Tectonic Stress Field and Its Coupling Effect With Gold Mineralization .....</b>	<b>(101)</b>
1	Analytical principles of Syn-metallogenic tectonic stress field .....	(101)
1.1	Jugement of structure in metallogenic period and determination of metallogenic structural framework .....	(101)
1.2	Analytical principles of syn-metallogenic tectonic stress field .....	(102)
2	Syn-metallogenic tectono-dynamic condition .....	(102)
2.1	Determination of principle stress orientation .....	(102)
2.2	Estimation of paleo-stress .....	(103)
3	Mathematical simulation of syn-metallogenic tectonic stress field .....	(108)
3.1	Establishment of mathematical models .....	(108)
3.2	Analysis on the results of finite element calculation .....	(111)
4	Photoelastic simulation on syn-metallogenic tectonic stress field .....	(117)
4.1	The model and the procedure of the modeling experiment .....	(117)

4.2	The experiment result — distribution of strain energy and migration potential of ore fluid .....	(119)
5	Coupling effect between tectonic stress field and migration of ore fluid .....	(120)
5.1	Relationship between tectono and fluid in the course of ore forming .....	(120)
5.2	Theory of migration of fluid and mineralization controlled by tectonic stress field .....	(120)
5.3	Coupling effect between stress field and fluid mineralization .....	(123)
6	Characteristics of metallogenic tectonic strain field .....	(125)
6.1	Relationship between magnetic ellipsoid and strain ellipsoid and L-F Fellin digram .....	(125)
6.2	Analysis of deformation fabric .....	(126)
<b>Chapter 6</b>	<b>Accumulative-Metallogenic Rules of Gold Deposits and the Model of Tectonic Dynamic Mineralization .....</b>	<b>(128)</b>
1	Rules of formation and distribution of gold deposits .....	(128)
1.1	Distribution of gold deposits controlled by regional ultra-crustal faults .....	(128)
1.2	Location of gold deposits controlled by some strata sources beds .....	(128)
1.3	Gold mineralization correlated with syn-tectonic magmatic activity of Yanshan period .....	(129)
2	Relationship between metallogenic epochs and the model of tectonic dynamic mineralization .....	(129)
3	Discussion of tectonic metallogenic and the model of tectonic dynamic mineralization .....	(130)
3.1	Process of tectonic mineralization .....	(130)
3.2	Discussion of the model on tectonic dynamic mineralization .....	(131)
4	Prospecting criteria and metallogenic prognosis .....	(133)
4.1	The summary of prospecting criteria .....	(133)
4.2	Metallogenic prognosis .....	(133)
<b>Conclusion</b>	.....	<b>(135)</b>
<b>Abstract</b>	.....	<b>(137)</b>
<b>References</b>	.....	<b>(139)</b>
<b>Explanation of Plates</b>	.....	<b>(145)</b>
<b>Plates</b>	.....	<b>(146)</b>



## 第一节 沉积建造系统及其含矿性

研究区位于华南和華北大陆边缘凹陷沉积区,区内地层系统发育齐全,元古宇、震旦系、古生界及中、新生界地层均有不同程度的出露。按沉积建造类型大致可划分为两大类,即三叠纪及其以前的地层以海沉积为主,且均遭受了不同程度的区域热动力变质作用。而侏罗系及其以后的地层为陆相断陷盆地或山间盆地堆积的含煤磨拉石建造。区内地层建造序列及其岩性特征见表 1—1。

### 一、元古宇

元古宙碧口群主要分布于研究区东南部的摩天岭一带,岩性以细碧角斑岩为主,为一套角闪岩相的海相火山-沉积变质建造。

震旦系主要为白依沟群,呈构造岩片状分布于研究区北部降扎一带,岩性以含砾长石石英杂砂岩和砾岩为主,为一套遭受绿片岩相区域变质的河流相陆源碎屑沉积建造。同位素年龄为 737.6Ma(铷-锶全岩等时线)、640Ma(铀-铅等时线)和 619Ma(K-Ar 法)。此外,在南部的较场一墨水一带,也有震旦系地层呈东西向带状零星出露。岩性以黑云角闪片岩、白色大理岩和石英岩等为主,为一套高绿片岩相的区域-动力变质岩系。

### 二、古生界

古生界呈东西-北西西向展布于研究区北部的白龙江流域和岷江断裂以东的松潘一文县及康县一略阳一带,为一套经历了低绿片岩相浅变质作用的海相复理式碎屑岩、碳酸盐岩和硅质岩沉积建造。该套地层由于受燕山-喜马拉雅期陆内浅层冲断推覆构造改造而呈现为夹持于区域北西西向深大断裂带中间的断层夹片,且内部不同层位地层之间多为断层接触。

古生代地层构成了本区一系列重要含矿层,其中寒武系太阳顶群海底火山喷流成因(郑明华,1994)的硅质岩内,已发现有以金、铀为代表的铜、钼、锑、汞等多种金属矿产,且已在拉尔玛和牙相一带发现工业金矿床的存在。

研究表明,太阳顶群中含金量颇高,达  $17.8 \times 10^{-9}$ ,是克拉克值的 4.14 倍,因此太阳顶群的存在为本区金矿化奠定了雄厚的物质基础。同时该套地层的铀丰度值达 6.0,是克拉克值的 2.4 倍,说明它也是一套重要的含铀建造。根据太阳顶群中 47 种元素的浓集克拉克值(元素丰度/克拉克值)做成图 1—2 可以看出,地层初始富集元素的浓集曲线呈现三个台阶,台阶 III 属特高浓集元素,台阶 II 属中等浓集元素,台阶 I 为初始富集程度较低的元素。

志留系白龙江群砂板岩和硅灰岩地层中,也含有丰富的矿产资源,至今已发现有铀、金、铜、锌、钼、镍、汞、钒和磷等矿产,其中铀矿在区域上具有代表性层控特征,志留纪地层含铀丰度在本区比其它地层都高,一般为 0.00n%,比地壳平均值高出几倍至十几倍。

泥盆系也是本区不可忽视的重要含矿层之一,其中含有较丰富的以金为主的多金属矿产以及磷矿和煤炭资源(文县一带已有地方小型煤矿在开采)。

### 三、三叠系

三叠系在本区呈面状广泛分布,为一套巨厚的冒地槽型陆源碎屑复理石建造,岩性组合为碎屑岩(砂岩和粉砂岩)、泥灰岩(千枚岩和板岩)及碳酸盐岩(泥灰岩、灰岩和白云岩)。西秦岭地区三叠系的划分与对比见表 1—2。本区三叠系与金成矿作用之间有着密切联系和广泛的相关性,占有相当重要的地位。特别是中-上三叠统(俗称草地群或西康群),素以厚度巨



表 1-1 西秦岭地区沉积建造、构造运动、岩浆活动一览表

地层序列	厚度/m	岩性特征	建造类型	构造期	岩浆侵入	火山活动	变质作用
新生界							
第三系	1113±	紫红色砂砾岩	陆相断陷构造盆地红色磨拉石和中性火山岩建造	喜马拉雅期			无变质的 正常沉积建造
中生界							
白垩系	3848~4960	上部为红色砾岩、砂岩、泥岩；下部为英安质-流纹质熔岩和火山碎屑岩	陆相山间盆地黑色含煤沉积建造和火山岩建造	燕山期	中性、酸性侵入岩	中基性、酸性熔岩和火山岩	
侏罗系	1618~1959	上部为安山质火山岩夹沉凝灰岩；下部为岩屑砂岩、泥岩夹煤层	深海-半深海蚀流复理石建造	印支期	中性、酸性侵入岩	少量中基性火山岩	
三叠系	>10800	上部为长石英砂岩、板岩或灰岩；下部为灰岩、泥灰岩、白云质灰岩和白云岩					
二叠系	>11100	细粒灰岩、白云岩、泥灰岩、夹粉砂质泥岩					
石炭系	>1260	灰岩、白云岩和板岩	浅海台地相碳酸盐岩沉积建造	华力西期	超基性岩脉、中酸性-超基性岩株	少量中基性火山岩	低 绿 片 岩 相 浅 变 质 建 造
古生界							
泥盆系	4000±	灰岩、泥灰岩、白云质灰岩和白云岩夹板岩、板岩、干枚岩夹粉砂岩、灰岩和硅灰岩					
志留系	>6390	黑色粉砂岩、板岩、硅质板岩和灰岩	海相复理石含硅岩、碳酸盐岩和碎屑岩沉积建造	加里东期	基性、超基性、中酸性侵入岩	少量中基性火山岩	
奥陶系	600~1600						
寒武系	927±	硅岩、炭质硅岩与硅质板岩互层	海底火山喷流硅岩建造			基性-中酸性火山岩	高绿片岩相 变质建造
元古宇							
震旦系 (白衣沟群)	>1678	变质含砾长石英英杂砂岩、砾岩	河流相陆源粗碎屑沉积建造				
青白口系 (碧口群)		变细碧角闪岩、细碧岩	海相碎屑岩含火山岩建造	晋宁期			高角闪岩相 变质建造