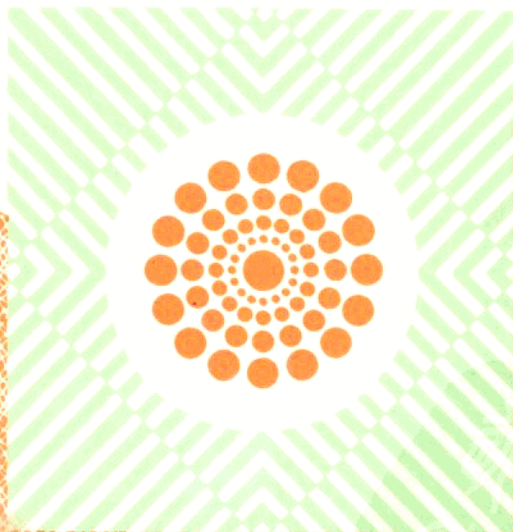


小秦岭

拆离-变质杂岩核构造与金矿



胡正国 钱壮志 李民贤 著
闫广民 陈在劳

陕西科学技术出版社

绪 言

1. 绪言

研究方法,将构造变形表现与各类建造形成转化和物质组成特征相结合,建立多级(时间、空间、物质、环境)连续体系模型正是当今的必然趋势。

矿床学的内生矿床成因及产出规律研究已经从统一的岩浆论的束缚下彻底解放出来了,进入了多因复成的现代思维中,提出了一系列与传统成矿理论相衔接、补充和发展的新理论,并以现代测试技术为依据,制订和完善了定量的判别标志,积极探索和发展建立完整的矿床成矿模式和找矿模式的理论、方法,从而使矿床学揭开了系列性和序列性研究的新篇章。现在人们逐渐认识到内生成矿作用是地幔-地壳物质在地球不同的演化历史阶段和不同的动力学体制下所形成的复杂物理-化学作用过程中的物质运移聚集表现。由构造作用、岩浆作用和变质作用组成了特征的“内生成矿作用体制”,控制了内生矿床的形成和产出规律。

区域成矿学这门边缘学科充分显示了构造地质学和矿床学这两门传统地质学科紧密结合、渗透而焕发出的生命力。区域地质构造的特征提供了各类内生矿产形成及分布的背景和控制条件,并决定着已经形成的矿床发生再改造而呈现的各种变化;而矿床的形成则是区域地质发展历史特定阶段的产物,并受控于不同类型地质组成的区域岩石建造基础。在各种区域成矿分析理论中都强调了从历史和非历史的两类范畴中去寻找成矿作用的内在控制因素的重要性,由区域的岩石建造组合和构造地质特征出发,通过不同阶段的热动力作用特征分析,进入对区域内生矿床系列和序列演化的成因分析和建模研究,从而获得对成矿预测的正确指导,以期提高地质找矿工作的科学性和客观效益。在当今找矿难度不断加大、矿床发现率下降以及勘查成本增高的形势下,已将“攻深找盲”、寻找大型-超大型矿床作为奋斗目标,这也许就是人们如此热衷于区域成矿学发展的根本原因。从国内外地学界所关注的热点问题来看,区域成矿作用的时空演化规律正是其中重要的一个方面,已成为本世纪末和下世纪初国际重大地质学基础问题之一。认识只代表有限时间中的阶段性劳动成果。我们在本区的研究工作受到很多主观和客观条件的制约。自立足于小秦岭金矿典型矿床的研究以来,就迫切地感觉到要使区域金矿研究工作深入,就应当将精力集中到区域地质构造特征、发展演化历史和金矿形成作用的区域控制条件上。所以当我们完成地矿部“七五”重点科技攻关项目——《小秦岭金矿带潼峪地区(含驾鹿)成矿地质条件、找矿方向及矿床成因研究》后,立即将主要注意力集中到对太华群组成认识的突破上,才有可能获得对区域韧性剪切带类型、产态、意义等的初步认识,进而建立起区域“拆离-变质杂岩核构造”的模型。在此成果基础上,对金矿类型、金矿床系列和序列性表现就逐渐有了一个系统完整的构想,并发现了一些有远景的含矿地段及构造型式。就这一认识而言,似乎完成了实践—认识的一个旋回。而本书就是这一认识旋回的基本总结。

本书由上、中、下三篇组成。首先回顾本区地质、矿产的研究历史和现状,以求明确需要解决的问题和采取的对策;其次着重论述作者对本区一些基本地质和构造问题的认识和依据,在此基础上建立区域构造格局的概略模型,作为矿产研究的基础;再进而对区内金矿类型、分布规律及其成矿作用特征等作一简要的分析。

因为本书作者都是生产第一线和教学第一线的工作者,科研是我们的“第二职业”,也是我们的业余爱好。水平、时间和经费是我们无法克服的先天缺欠。所以以本书形式奉献给读者的只能是一些初步的轮廓性认识,不少方面所提及的问题还正是拟议中再深入的方面,以求在本区工作的广大地质界同仁协力攻关,使望中的问题付诸研究和解决。能有所反响,作者就心满意足了!

目 录

绪 言	(1)
-----------	-------

上篇 地质矿产研究评述

第一章 区域地质、矿产研究历史及现状	(3)
一 地质及矿产研究概述	(3)
二 地质研究认识上的进展	(5)
三 地体属性讨论	(13)
四 区域矿产研究	(16)

中篇 区域地质构造及其演化

第二章 区域地质构造特征	(21)
一 构造分区简况	(21)
二 岩石组合特征	(25)
三 变质作用及变质带	(31)
四 岩浆活动特征	(36)
五 区域构造特征	(44)
六 区域地壳物质组成特征	(54)
七 深部地球物理资料分析	(57)
八 区域地质构造演化	(59)
第三章 区域剪切带	(64)
一 剪切带的基本概念	(64)
二 韧性剪切带类型及特征	(70)
三 糜棱岩形成作用	(83)
四 糜棱岩形成的古应力计算	(91)
五 糜棱岩的有限应变测量	(94)
六 韧性剪切带研究在本区的意义	(100)
第四章 区域构造格局	(102)
一 伸展构造研究概述	(102)
二 小秦岭“拆离-变质杂岩核”构造特征	(108)
三 小秦岭“拆离-变质杂岩核”构造模型	(116)
第五章 区域热力史	(123)

一	概述	(123)
二	区域热力史的岩石记录	(125)
三	地热史的同位素记录	(128)
四	区域热事件分析	(130)

下篇 金矿地质

第六章	区域含矿岩层 金矿类型及分布	(135)
一	区域含矿岩层	(135)
二	小秦岭区金矿类型	(138)
三	金矿区域分布规律	(142)
第七章	控矿构造特征	(149)
一	控矿剪切带	(149)
二	控矿剪切带特征	(152)
三	剪切带内脉体产出特征	(159)
第八章	不同类型金矿地质特征简述	(165)
一	石英脉型金矿	(165)
二	蚀变碎裂岩型金矿	(175)
三	蚀变千糜岩型金矿	(180)
第九章	金的成矿作用及成矿模式	(183)
一	基底岩系——金矿成矿物质的主要提供者	(183)
二	金矿床形成的物理化学条件及构造环境	(189)
三	热液金矿床形成条件的实验研究概述	(194)
四	小秦岭区金矿的成矿作用	(200)
五	成矿时代	(217)
六	区域金矿床形成演化模式	(219)
第十章	区域金矿成矿系列和成矿序列	(223)
一	概述	(223)
二	金矿成矿系列	(226)
三	金矿成矿序列	(228)
结 语		(230)
主要参考文献		(233)
后记		(238)

上 篇

地质矿产研究评述

第一章 区域地质、矿产研究历史及现状

小秦岭地处中原腹地,地理位置上跨属河南、陕西两省的灵宝、潼关、华阴、华县、渭南、洛南、蓝田、临潼等县县境,东西长约 135 km,南北宽约 70 km,面积约 10 000 km²。东西延展以中低山区为主,境内主体山系为太华山(即现称之华山),山势陡峻挺拔,而被誉为西岳之首,与横贯中国东西的祁连-秦岭山系相连。但是由于中新生代断陷盆地的分隔,在地质构造上具有独立性,因而冠之以“小”的称谓。部分研究者将其地理范围扩展至河南崤山和熊耳山,亦称之为“小秦岭”,可谓广义的小秦岭。本书研究的范围仅为其狭义所指,并涉及其北部的汾渭盆地部分。

一 地质及矿产研究概述

小秦岭地质研究工作始于本世纪 30 年代,至今已有半个多世纪的历程,由于社会条件等多种原因,其研究工作的连续性不好,工作布署也缺乏总体规划和统一领导。但总的来说,地质研究程度不断深入,地质工作紧密结合矿产开发利用需要,尤其是国家第七个五年计划(1985~1990)在本区的投入,取得了较为系统的研究成果,奠定了本区全面深入工作的坚实基础。

1 地质工作阶段的划分

根据区内地质工作的内容、方式及规模等特点,可将其划分为 3 个阶段:

(1) 早期地质工作阶段(1931~1957) 以路线地质调查为主,多侧重于地层-岩石方面的研究。最先进入本区进行较为系统工作的当属赵亚曾、黄汲清(1931),将本区一套古老结晶变质岩系定为秦岭系,划归寒武前纪。50 年代,周圣生、陈鑫再度对本区进行研究,仍沿用秦岭系命名,改定为前震旦系(1955)。张尔道(1957)则称之为结晶岩系。

(2) 中期地质工作阶段(1958~1984) 本区大规模的地质工作始于 1958 年,先后开展了 1:20 万区域地质调查,第一轮 1:50 万区域地质调查,1:20 万~1:5 万航空磁力测量,1:5 万化探扫面,以及区域遥感地质研究(仅限于陕西段)。在区域地质研究工作的同时进行了区内的金、铜、磷、铁、水晶等矿产的普查找矿工作。其中金的普查找矿工作取得较大成效,除在石英脉型金矿类型上发现并勘探评价了若干大、中型矿床外,还发现了蚀变碎裂岩型金矿(712 地质队)。

(3) 近期地质工作阶段(1985~) 本阶段以金矿地质研究、金矿勘探评价及第二轮 1:5 万区域地质测量为主。由于国家重新进入规模空前的五年计划实施阶段,地质工作上较大的投入,并组织了地矿系统、黄金系统等的重大科技攻关项目,出现了多部门、多学科、多兵种的协同攻关局面,获得了数十项研究成果,使地质研究步上了一个新台阶,黄金资源的开发利用达到了空前的鼎盛时期,地球科学不同领域的新理论、新技术不断引入。因此,在区域地质、构造、金矿产出及分布规律等方面均有不少新的突破性进展。

目前摆在地质工作者面前的主要任务是:重新全面审查已获得的区域地质研究成果,综合分析区内的地质、地物及地化等丰富资料,进行地层清理、同位素年代研究、岩石类型和形成环境分析,建立区域构造格局新模型,开展中深部以金和多金属为主的矿产及其富矿、大矿的找矿和预测工作。

2 地质工作的主要成果

区域地质工作方面第二轮 1:5 万区域地质测量成果当属具有划时代意义的标志。1993 年已由河南省地矿厅第一地质调查队完成了小秦岭河南段部分,陕西段正由陕西省地矿局综合研究队,地矿部西安地质矿产研究所组织实施中。

已取得的主要科研成果(内刊)有:小秦岭金矿田成矿地质条件及东部矿田矿床特征的初步总结(1970 年) 豫〇一队;阳平金矿床地球化学特征及异常评价标志的研究(1983 年) 河南第一地质调查队;小秦岭金矿资源总量预测(1982 年) 河南地科所、河南第一地质调查队;小秦岭金矿成矿地质条件及富集规律研究(1983 年) 河南第一地质调查队、成都地质学院;小秦岭金矿带(西段)成矿规律及找矿方向的研究(1983 年) 西北有色地勘局七一二队;陕西小秦岭地区钼、金、多金属矿床地球化学特征及成矿预测研究(1984 年) 西北有色地勘局物探队;陕西小秦岭金矿脉体评价标志及找矿方向研究(1985 年) 陕西第六地质队;东秦岭地区有色金属、贵金属成矿规律研究(1986 年) 河南地科所、河南第一地质调查队、南京大学地质系;豫西地区成矿地质条件分析及主要矿产远景预测(1986 年) 河南第一地质调查队;河南小秦岭金矿主要控矿条件及盲矿预测研究(1986 年) 河南第一地质调查队;豫、陕小秦岭地区太古代主要含金地层特征研究(1986 年) 沈阳地质矿产研究所;小秦岭金矿田深部金矿化特征及评价准则研究(1988 年) 成都地质学院、河南第一地质调查队、陕西第六地质队;东秦岭内生金钼矿床物质来源及形成条件的研究(1989 年) 中国科学院地质研究所;小秦岭金矿带潼峪地区(含鹿鹿)成矿地质条件、找矿方向及矿床成因研究(1988 年) 西安地质学院;遥感技术在陕西小秦岭金矿田找矿中的应用研究(1988) 陕西省地矿局综合研究队、陕西第六地质队;小秦岭金矿流体包裹体研究报告(1989 年) 西北有色地质研究所;秦巴地区金矿地质特征、富集规律及远景评价研究(1989 年) 陕西省地矿局;陕西省小秦岭西部金矿控矿构造条件遥感研究及成矿远景预测(1991 年) 陕西省综合研究队、陕西六队;东桐峪金矿 Q01 号金矿脉金赋存状态研究(1991 年) 西安地质学院、东桐峪金矿;河南省东秦岭(以小秦岭为主)韧性剪切带特征及与金矿成矿关系研究(1991 年) 河南省地质研究所;陕西洛南小秦岭南坡金矿成矿模式及成矿预测研究(1991 年) 西安地质学院。

公开发行的专著有:沈阳地矿所,1988,中国金矿主要类型区域成矿条件文集(3. 豫陕小秦岭地区),地质出版社;胡受奚等,1988,华北与华南古板块拼合带地质和成矿,南京大学出版社;尚瑞均等,1988,秦巴花岗岩,中国地质大学出版社;河南省地矿厅,1989,河南省区域地质志,地质出版社;陕西省地矿局,1989,陕西省区域地质志,地质出版社;张本仁等,1990,秦巴区域地球化学文集,中国地质大学出版社;刘国惠等,1990,秦岭一大巴山地质论文集(一),北京科学技术出版社;栾世伟等,1991,小秦岭地区深部金矿化特征及评价,成都科技大学出版社;尚瑞均等,1992,秦巴金矿地质,安徽科学技术出版社;王战等,1993,东秦岭波浪状构造演化,西北大学出版社;周作侠等,1993,华北地台南缘金(钼)矿床成因,地震出版社;地矿部秦巴科研办公室,陕西地矿局秦巴金矿科研办公室,1993,秦巴金矿论文集,地质出版社。

二 地质研究认识上的进展

半个多世纪以来,随着地球科学的进展、周缘邻区研究工作的推进和本区地质研究的不断深入,小秦岭区内的有关地质认识有了很大程度的更新和扩展。但是,从区内地质研究工作的进程全面分析来看,明显表现出对金矿等开发的从属性,因而地质研究缺乏总体规划,经费投入不足和部门分隔、研究重复等,从而造成了资料比较零散,面上的研究程度也很不均衡。

近几年的地质研究工作多偏重于小秦岭的中部,其中又特别偏重于中部的东段(河南地域)。因此归纳总结出的一些规律性认识就难免不带有一定的局限性,这在地层划分及构造特征的认识上尤为突出。

1 大地构造位置

本区大地构造位置或其区域地质演化的特征自黄汲清(1945)出版的“中国主要地质构造单元”一书面世以来就有了一个较为明确的认识,属于华北地台南缘的意见得到了比较普遍的赞同。继后,任纪舜等(1980)沿用此观点对本区大地构造属性进行了深入探讨。李四光,张伯声等强调了它位于我国大陆镜向中轴带和昆仑-秦岭东西山系交结部位的特性。其地壳等厚线(张文佑,1986)和莫氏面深度(曾融生,1973)均具明显特征表现。近10年来随着板块理论引入大陆构造的研究领域,先后有张国伟(1988)、许志琴(1988)、胡受奚(1990)、林潜龙(1985)等提出了其归属华北板块,并受到秦岭造山带俯冲拼贴改造的意见。

近年来一些研究成果(王战等,1993;杨志华,1993)将小秦岭划属东秦岭(即特提斯构造波系与环太平洋构造波系交织的秦岭构造结的一部分)或秦岭造山带北缘的小秦岭构造带,强调其在历史演化中的造山带性质。现有研究成果对小秦岭的边界均明确标定为南界以铁炉子-栾川断裂与秦岭造山带相邻,北界以太要-故县断裂与汾渭地堑现代裂谷分开。

本书基本赞同黄汲清等学者的意见,据本区古老结晶基底岩系与华北地台周缘基底岩系的可比性,盖层又与华北地台区相似,和本区地质构造特征及其演化历史具有地台区的一般规律等认为,小秦岭表现了华北地台南缘活动带特征,受地台边缘翘曲的总体演化发育所控制。

2 构造分区

根据小秦岭的地质构造特征,河南省区域地质志(1989)将其划为豫西断隆的西部,其内划为两个构造亚区(之一部分),即崤山-鲁山拱褶断束和卢氏-栾川陷褶断束之西段。陕西省区域地质志(1989)亦将其内划分为两构造亚区-太华台拱区和金堆城台凹区。

本书将上述地理上分割而命名原则差异得出的不同构造亚区命名统归为华山-娘娘山台拱(简称华娘台拱)和金堆城-卢氏台凹(简称金卢台凹)两个构造亚区。这与陕西和河南两省资料在本质和命名上都无相悖之处。

但是,上述将小秦岭区域构造范围仅归结为以上两亚构造单元组成的认识,有一个忽视区域地质构造演化完整性的倾向。根据深部钻探及地球物理资料,在华娘台拱北侧的汾渭地堑内,太华群呈断块由南而北依次断落,甚至还发现有石英脉型金矿脉也被掩覆于第四系之下;与金卢台凹区相似的各盖层仍广布于地堑内。这就表明汾渭地堑在其形成或断陷之前,与华娘台拱实为一整体,地质历史演化也具统一不可分割的联系。再者考虑到华娘台拱为一典型完整出露的长垣状的穹窿体,其南侧仍被完整的盖层系统层层叠覆,其西、北、东段外围则因后期张

裂断陷而使盖层被第四系掩覆,构造形态的完整性也要求我们在进行其总体范围厘定上不能将其肢解。第三,华北地台周缘有着呈雁行状展布的多个古老基底形成的穹窿,以及美国西部盆岭省内类似的区域构造形态展布特征,都促使我们对上述二分看法的再思考。

因此,本书将小秦岭区内部组成扩展为三区(带),即北部为汾渭裂谷的一部分即渭黄断凹(陕西省地质志,1989);中部华娘台拱;南部金卢台凹(图1-1)。至于东侧和西侧可作为渭黄断凹的延续部分。这样就可看到在排除中新世以来断陷作用后的小秦岭的原始概貌了。

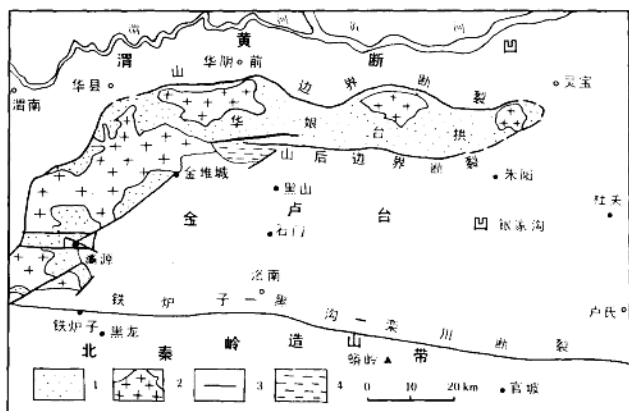


图 1-1 小秦岭大地构造分区略图

1. 结晶基底变质岩系(太华群); 2. 燕山期花岗岩; 3. 断裂构造带; 4. 韧性剪切带

3 地台基底岩系

华北地台南缘均产出一套变质结晶杂岩,它们在区域上呈近东西向稳定延展,分别为南带(小秦岭-鲁山-午阳-霍邱-蚌埠)命名为太华群,中带(嵩山-箕山-许昌)命名为登封群,北带(中条山-济源)命名为涑水群,其岩石组合、变质相特征和混合岩化作用等均具有可比性。

太华群自陕西省区调队(1958~1969)根据西岳之首-太华山(即今之华山)命名以来,在30多年的反复研究加深认识的过程中,经历了由地层学方法到构造-岩石地层学方法的转变,其组成和划分的方案均有重要的进展(表1-1):

太华群过去被认为是一套沉积变质组合,夹火山岩及火山碎屑岩,并因此按地层学研究的方法进行了划分建组。1989年,沈阳地矿研所林宝钦等将原闾东峪组厘定为一套双峰式岩套的正变质岩类组合,从此开始了对其组成的重新认识。早在1985年胡正国等在对太华群的观察研究中就提出多期变形的横向置换作用形成的现今片麻理,非为原始层理的同形产物(S_0),应为 S_2 - S_3 的意见,因此原始组成的岩层无论产状及厚度均有重大的改变,加之顺层韧性剪切带等的改造,原始组成关系亦会有无法再加以恢复的变化,太华群的建组和对比亦有很大的地域和人为性,其方案则无多大实际意义。1992年河南地调一队进行小秦岭河南段的第二轮1:

5万区域地质调查时重新对太华群进行了划分,在对双峰式岩套(林宝钦,1989)研究中进行了详细区分,获得了以灰色片麻岩为主要组成的意见(穿插吞蚀早期的基性喷出岩壳,又被后期的片麻状花岗岩穿切)。胡正国等(1992)则将上部的表壳岩系按原岩组合进行了划分,得出了为一完整的海进旋回的岩层组合的看法,并结合区域产出规律进行了区域分布特征的解释。丁莲芳(1993)在对太华群分层或不同岩石类型的古生物学研究中获得了在表壳岩系中的藻类化石,而下部侵入杂岩组合中却无化石存在,由此而印证了现行方案的客观可信度。

表 1-1 太华群划分沿革表

陕西省 区调队 1958~ 1969	中国科学院 陕西省 六队 1972	河南省 区调队 符光宏 1980	河南省 地调一队 1982	陕西省 六队 1982	西北大学 沈福衣 1983	沈阳 地矿所 林宝钦等 1989	陕西省 六队 晁振等 1989	河南省 地调一队 喻积贤等 1992	西安地质学院 胡正国等 1992
太 古 界	上 太 华 群	桃峪组		皋仓沟组	大月坪组	皋仓沟组	桃峪组	表壳岩系	变质碳酸盐 岩类组合
		皋仓沟组		三关庙组	板石山组	三关庙组	皋仓沟组	乡	变质碎屑-钙 泥质岩类组合
		三关庙组		三关庙组	洞沟组	洞沟组	三关庙组	峪	变质碎屑 岩类组合
		洞沟组	推车峪组	抱马峪组	洞沟组	洞沟组	洞沟组	群	变质碎屑 岩类组合
		中板石山组	太子岔组	观音堂组	板石山组	观音堂组 (含换池峪组)	板石山组	群	变质碎屑 岩类组合
					三关庙组				
下 太 华 群	下	大月坪组	界	界	大月坪组	界	大月坪组	侵入杂岩组合	片麻状花岗岩 灰色片麻岩 基性喷出岩
			界	界	界	界	界	界	界
			界	界	界	界	界	界	界
			界	界	界	界	界	界	界

太华群时代归属问题上限已被熊耳群及其以下地层所限定,故一直被认为是太古宙产物,在80年代以来并明确提出其为上太古宇。经测定,下中亚群全岩Rb-Sr等时线年龄值为 $2\,549 \pm 169$ Ma(东桐峪片麻岩,陕西省六队,1979年),上中亚群以上的角闪二长片麻岩中磷灰石U-Pb年龄值为 $2\,301-2\,411$ Ma(潼关李家村,陕西省六队,1979);在稀土元素分配上,下亚群稀土总量比上亚群略低,轻重稀土比值随层位升高比值越大,Eu异常在下亚群中为正而上亚群中则为负,常量和微量元素的数学地质最优分割法,界限也落在原间家峪组与观音堂组之间(林宝钦等,1989);结合表壳岩系中磁铁石英岩等与世界早元古宙地层剖面对比,表壳岩系与下部侵入杂岩组合间的不整合关系,以及藻类化石为念珠藻、膨大兰绿卷曲丝藻、颤藻、休伦球藻及螺旋丝藻等(丁莲芳等,1993)等实际资料,看来对原太华群重新认识是十分必要的,而将其解体为上、下两部分也是有着客观事实依据的(上部为下早元界,下部为上太古界)。

至于太华群上亚群的研究,由于以往工作地域分隔和剖面属地差异,特别是在对区域构造格局缺乏客观全面认识的情况下,把本来完整连贯的、分布于向东西倾没的长垣状复式背形上的具原始成层性的变质地层,人为地穿插分割和组合;蒲峪组是王亨治1982年在陕西蒲峪建组,但却置于河南省太华群分类方案中;换池峪组是符光宏1980年在河南换池峪建组,但又引入了陕西省太华群的分类方案中。实际观察表明,除观音堂组(板石山组)长石石英岩或石英岩和换池峪组(陕西段玉石峪出露的三关庙组)大理岩可在各剖面中实地划分,以及磁铁石英岩、

石 石片麻岩等可在剖面中予以对比外,其它各组则因岩性相同或相近,以及频繁交替组合,根本无法加以实地区分组合。特别是在太华群划分方案中提出的“秦仓沟组”(陕西省六队,1982年建组),在区域长垣状复背形西段和其南的金堆城-卢氏台凹北部均有出露,但产状和岩性都相差甚远。特别是在后区中产出者呈东西向展布与复背形围合的岩层相截,具典型的糜棱岩等韧性变形-变质特征,经作者等研究已确定为一古韧性剪切带产物,表明原来划分及建组系一历史性的错误,应当予以更正。

因此,原定之太华群则必须予以重新审定,由于上述研究的新成果,提出了对其重新厘定、命名的新任务,当属进一步深入研究的问题,本书对此不拟全面进行详细讨论,叙述中在仍保留太华群的名称基础上具体分为上、下基底岩系讨论。

4 变质作用

小秦岭区基底岩系(太华群)的变质作用达角闪岩相-麻粒岩相的认识是众多研究人员公认的。它有别于华北地台南缘中带(登封、嵩箕)和北带(绛县、中条山等)的基底岩系变质程度。这种差别的原因目前有两种认识:一是以 Kroner 为代表,他测定(1988)登封群时代为 2511 ± 4 Ma(流纹英安质凝灰岩),而太华群为 2841 ± 5 Ma,因而登封群为绿片岩相可能为上部,而太华群则为中下部;二是以胡受奚等为代表(1992),两者为不同的地体拼贴组合的结果。

随着研究工作的深入,区内尚在河南党家峪-翟家峪、苍珠峪、抢马峪等处、陕西东桐峪太阳沟等处发现有基性、中性及少量酸性麻粒岩,均只具露头级规模,对此有两种观点:一是认为本区早期处于深层次变质作用达麻粒岩相,后来由于区域抬升作用等而引起普遍的退变质作用而形成角闪岩相,目前发现的小范围麻粒岩是早期变质作用产物的残留体,其原岩为火山岩和火山碎屑岩(林宝钦等,1989)。因此早期时本区曾经经历了大面积岩浆加热作用,而导致瞬时地热梯度值达 $35^\circ\text{C}/\text{km}$,即热流值大于 $100\text{ mW}/\text{m}^2$;另一种观点则认为,它们可能是早期中性和基性岩脉在后期受到变质改造作用的结果,辉石类矿物是岩浆矿物的残留体,而不是由变质作用生成的。作者认为也可能还有第三种情况(详第二章)。

对于本区角闪岩相变质作用,一般可区分为两种形成作用类型,一种为由区域热力变质作用形成的面型角闪岩,它又可以划分为低角闪岩相带(黑云母-角闪石-斜长石带),高角闪岩相带(铁铝榴石-矽线石-钾长石带),它们的区域展布大致与区域复背形的构造产态相一致。喻积贤等(1992)在河南范围内的第二轮 $1:5$ 万区域测量中以野外和室内鉴定为依据划分出了矽线石带、铁铝榴石带和黑云母带,它们大致以小秦岭基底出露区中段(文峪-四范沟)为核心呈圈层状规则展布,表现为热轴环境下太华群上部表壳岩系的变质相带特征——巴洛式变质带;另一种为在区域内及其构造分区边界上发生的线型角闪岩相(韧性剪切带)。

作为基底岩系的太华群继后的变质作用就十分微弱了。作者认为继上部角闪岩相(热轴)变质作用之后,在脆韧性剪切带内发生了区域动力变质作用,其主要表现为退变质作用形成的绿片岩相,它们在区内呈带状产出。盖层变质作用则主要表现在以熊耳群及高山河组的低绿片岩相的区域热力变质作用和盖层中一部分断裂带内的区域动力变质作用,亦仅达低绿片岩相程度。

5 岩浆作用

本区的岩浆岩类及其成因等研究一直是区内的一个重大的基础地质问题。以往的研究偏重于各岩体的岩石类型,而且多是不同时期,不同研究任务,零散工作的成果。近年来在岩浆岩

及岩浆作用特征的研究上有三份较为系统的研究成果,使这方面研究水平大大提高了一步;尚瑞均、严阵,1988,秦巴花岗岩,中国地质大学出版社;卢欣祥,1988,河南省东秦岭地区花岗岩类地质特征及与成矿关系研究,内刊;喻积贤等,1992,河南省太峪口、巴娄、岳渡幅1:5万区域地质测量报告(送审稿)。以上成果除了系统评述了以往有关资料,并进行了不同岩体地质资料 and 同位素年代学等的综合研究外,尚补充了一些岩石学、地球化学和同位素测定资料,进行了岩理学的较全面研究。在此之前有关本区的岩浆岩资料归述于表1-2中。

表 1-2 小秦岭区岩浆活动特征

岩浆活动分期	岩石类型	出露地区	同位素年代(Ma)	成因类型
喜山期	云煌岩(脉)	小秦岭全区	75.9(K-Ar)	幔源岩浆分异
燕山期	花岗伟晶岩(脉)		100~130(K-Ar)	陆壳重熔岩浆
	花岗岩	文峪、华山等	172~179(Rb-Sr)	
	花岗斑岩	金堆城	148(K-Ar)	壳幔同熔岩浆
	辉绿玢岩(脉)	小秦岭全区	148~182(K-Ar)	幔源岩浆分异
印支期	正长斑岩(脉)	小秦岭全区	202~213(K-Ar)	
加里东期	辉绿岩(脉)	小秦岭全区	418(K-Ar)	幔源岩浆分异
	辉长辉绿岩(脉)			
晋宁期	花岗岩	小河	999(U-Pb), 1463(U-Pb)	陆壳重熔岩浆
熊耳期	花岗岩	石塘峪等地	1625~1690(U-Pb) 1159~1553(K-Ar)	幔源岩浆分异
	中基性火山岩 混合伟晶岩、伟晶状花岗岩	小秦岭全区		陆壳混合岩化-重熔
阜平期	黑云(角闪)花岗岩	桂家峪		
	黑云母花岗岩	金铜岔、杨营峪		
阜平期前	奥长花岗岩、英云闪长岩 等拉班玄武岩	大月坪-老鸦岔一带	2223~2411(U-b) 2549(Rb-Sr)	幔源岩浆分异

注:本表资料时间为80年代中期

综合近年花岗岩研究成果,在时代厘定上、成因类型上,以及岩体的组成上都有新的突破。即:在不同岩体时代研究上有较大的进展(表1-3),其中部分岩体的时代有所修正;尚瑞均、严阵、卢欣祥明确提出本区花岗岩类有三种,一是陆壳交代亚型(以张家坪等花岗岩为代表,与太华群围岩为逐渐过渡关系,无明显的侵入接触界线,围岩的包体中片麻理与区域围岩片麻理一致,见角闪石→黑云母→绿泥石,斜长石→绢云母,钠长石→微斜长石等变化),二是上地壳重熔深成亚型(以华山、文峪、老牛山、娘娘山等岩体为代表,具有较大规模,侵入接触界线清楚,有混染及局部接触变质现象,其岩石化学特征与太华群相近似),三是下地壳重熔浅成亚型(以金堆城、南泥湖等花岗斑岩为代表,呈小岩体产出,往往伴有爆破-侵位特征,属钙碱性系列,富K,围岩接触变质明显,周缘有较多花岗伟晶岩,细粒花岗岩脉及长英质脉体分布,轻稀土元素富集, Eu 异常不明显);多数岩体具复式侵入特征,不同期次的部分在岩石类型、结构特征上都有明显的差别。不同研究者得出的同一岩体的年龄值也有不少差别。如文峪花岗岩体,严阵用 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法测定为 $172\pm 1.35\text{ Ma}$ (黑云母), $165\pm 1.34\text{ Ma}$ (钾长石),南京大学用全岩 Rb-Sr 法测定为 179.6 Ma ;娘娘山花岗岩体,喻积贤等用全岩 Rb-Sr 法测定为 $135.3\pm 8\text{ Ma}$ 。而且

又与表 1-3 所列资料有出入。

表 1-3 小秦岭花岗岩类时代研究成果

岩体类型	原定时代(Ma)	现定时代(Ma)	研究者
金堆城花岗岩	148 • • •	132	尚瑞均等, 1988
文峪花岗岩		212	卢欣祥, 1988
木龙沟花岗闪长岩		142 • • •	尚瑞均等 1988
华山花岗岩	60~124 • • • •	281~314 = 281 282 283 284	尚瑞均等 1988
老牛山花岗岩	518 • • • •	428	尚瑞均等 1988
娘娘山花岗岩	100~130 • • • • •	1 090	卢欣祥, 1988
小河二长花岗岩	851~999 • • • • •	1 463 ≥ 1400	喻积贤等 胡正国等 1992
桂家峪二长花岗岩		1552	卢欣祥, 1988
正南沟花岗岩	464~481 • • • •	中元古宙*	胡正国等, 1993
小秦岭花岗伟晶岩	1 176~1 975 • • • • • 1 380~1 553 • • • • •	共分三期	李民贤等, 1988

*最近由陆松年等取样已获棕色锆石, 经地质观察认定该花岗岩体被年龄值为 1 625~1 975 Ma 的含锆帘石伟晶岩穿切; ————地质法; — Rb-Sr; • • • • K-Ar; ————U-Pb; ————⁴⁰Ar-³⁹Ar

小秦岭区发育有强烈的混合岩化作用, 由混合岩化作用形成的花岗伟晶岩(李民贤, 1988), 以及交代及重熔成因的花岗岩, 都是基本取得了共识的问题。作者在研究小秦岭区内的大型边界韧性剪切带时发现花岗岩与糜棱岩在组分上具有明显的同一性, 在产出上与长英质糜棱岩呈过渡及相关同形变形, 产出的地域全为古韧性剪切带的范围, 在区域上表现为随深度加大花岗岩逐渐增多的趋势。在同一构造带中混合岩化成因的花岗岩、混合岩化成因的伟晶岩及以长英质为主的糜棱岩紧密共生, 提供了小秦岭区内在深层次动力作用过程中的熔融作用的演化过程资料; 在空间上由下向上或由构造带中部向外, 在时间上由晚向早都表现为由混合伟晶岩(混合花岗岩)→糜棱岩。这种认识提供了对本区出露于南北边界型古韧性剪切带中花岗岩类及伟晶岩类的形成时间的宏观判定, 现今的年龄测定值完全支持这种认识。

小秦岭岩浆岩的研究中长期忽视了辉绿岩类的形成时代问题。由于其在研究区域地质构造演化和确定含金石英脉等的时序上具有很重要的意义, 引起了作者长期的关注和思考, 作者对其时代为加里东期及其以后的认识提出了置疑。有如下事实可供进一步研究参考: 即从华北地台周缘来看, 辉绿岩脉都为 Pt₁ 或 Pt₂, 小秦岭区内也有辉绿岩脉时代为 845 Ma (U-Pb 法, 潼峪) 的测定值, 见辉绿岩脉被混合岩化石英脉穿切的现象, 以及辉绿岩脉有多种方位的产状, 但唯有呈东西向者包容于含金石英脉构造带中呈千糜岩化等。

小秦岭区的火山岩类产出主要有两期, 即阜平期前的拉斑玄武岩, 熊耳期的中基性火山

岩,但未见更新时代岩浆活动的资料。樊双虎等(1991)研究了邻区伊川-汝阳地区的第四纪玄武岩火山机构。这一信息对本区研究工作具参考价值。

6 区域构造格局

区域构造格局的研究工作在小秦岭区尚属一个薄弱环节。由于这方面一直被置于金矿等矿产研究的从属部位,加之古老变质岩区变形的多期性和复杂特点,又无系统研究的组织,故未能从时间和空间上进行统一全面的考虑,所以目前仍处于不同构造分区的独立或单类构造形态研究,不能全面反映各区之间相互联系和区域构造格局演化总貌。

小秦岭区的一般概念均以北缘山前断裂作为其北部边界,亦即在华北地台南缘的构造区划讨论中,存在着两种不同的观点:一种观点是将渭黄断凹这一晚期的陆内裂谷带作为陕甘宁台坳的周缘断陷盆地对待(尚瑞均等,1988;国家地震局“鄂尔多斯周缘活动断层系课题组”,1988等)。这样必然将其发展演化与北侧稳定块体相联系,而将小秦岭区作为地台的边缘带对待。这种观点考虑到了中生代以来,鄂尔多斯地块成为了大型内陆坳陷盆地,新生代以来,鄂尔多斯整体抬升,其周缘形成了东西向和北北东向的活动断裂系及其相伴的剪切拉张型断陷盆地这一客观事实。但这种认识却忽视了华北地台南缘的活动性是随着接近秦岭造山带而强化的客观事实,而且就在渭黄断凹中还有诸如以骊山台拱为代表的孤立太古宙基底的出露区,这说明了这一断凹带至少一部分与南侧的太华基底活动是有着不可分割的内在联系的。另一种观点则将华北地台南缘划分出了三个并列的二级构造单元,即陕甘宁台坳、渭河断凹和豫西断隆(陕西省地质志,1989)。这一观点强调了三单元的相对独立性,在某种程度上则忽视了它们演化间的内在联系,在讨论华北地台南缘的后期构造演化的整体规律性时就必然带来了一些人为分割的影响。事实上,不同的构造区的发展演化过程总与相邻区域有着密切的相关联系,特别是在一种构造发展演化体制下,以某一地区为主导所出现的构造运动及其所形成的格局,也必然要联系而“牵动”相邻部分的变化(动)。这是一个系统——一个任何级别运动系统中必然存在的客观规律。在自然界中地块的运动总不可能是孤立和“独行其事的”,到底如何联系作为不同的系统处理,则取决于相邻地块或构造带它们在演化中的主次关系。如果考虑已有的物探及钻探资料,在渭黄断凹中盆地基底依渭河断裂划分为两部分,其北为古生界分布区,其南为太古界及花岗岩类分布区,南北两区的基底岩相还可分别依长安-临潼断裂分为南部西区为元古界,南部东区为太古界;以铜川-耀县-三原一线分为北部西区(地槽过渡型的下古生界)和北部东区(双层结构的华北地台型古生代沉积)。而盆地由于南缘断裂垂直断距近万米,北缘断裂垂直断距仅2 000 m,故造成盆地的基底北仰南俯,沉积中心南深北浅,因而形成不对称的箕状盆地(彭建兵等,1992)。就盆地南北缘的构造表现来看,南侧的北缘山前断裂(华山-故县)均有断续保留的一条古老糜棱岩带。显示出元古宙以来的中深层次上古老平移型韧性剪切带的存在,而北缘(口镇断裂以北)则表现为以加里东期褶皱及断裂为特征的地台盖层型“侏罗山式”滑脱褶皱,且自北而南边缘滑动类型由弱而强。这样一来,盆地南缘和北缘的构造特征,发育时期都迥然有异,并不存在一些研究者所认定的南北边缘存在对称挤压的事实。以上这些客观情况充分表明了渭黄断凹并不具完全的独立性,也不能够统归为陕甘宁台坳的周缘断陷盆地,而只能为分属南北两地块的边缘,其划分可以渭河断裂为界。这样可以避免只从空间上认识华北地台南缘的构造格局,而对本区构造演化的运动学和动力学也给予充分的考虑。

小秦岭中部的华娘台拱区呈显为一个完整的复式背形构造早已获得共识。自80年代以来

先后有陕西省六队和河南省地调一队等单位进行过沿标志层的区域追索,从而获得了肯定的结论(段绪省面告,1990)。先后提出过比较成型认识有:王润三(1987)论证了区域褶皱的多期叠加表现(从早到晚,褶皱经历了由紧闭到开阔,早期为东西向的片内无根褶皱,中期为区域东西向复式背形,晚期为北东向小型开阔褶皱),这种认识总体上也为胡正国等(1988)、王定国等(1989)和晁授等(1989)所支持;林宝钦等(1989)、吴文奎等(1989)认为早期为平卧褶皱,二期为同斜褶皱,三期为倒转褶皱,四期为直立开阔褶皱;蔡乃仲(1983)则认为本区为三期重褶皱,每次都有主应力方向(南北向→东西向→南北向)的变化,因而使褶皱的轴面有反复弯曲,东半段(河南)呈复背形,西半段(陕西)呈复向形的扭曲状褶皱产态,这种看法也为栾世伟等(1985,1991)所支持;沈福农(1983)认为华娘台拱区整体上呈一复向形,再叠加北东向的小型开阔褶皱,从而厘定了太华群分组的上下关系;胡正国,钱壮志(1988,1992)则在王润三认识的基础上进行了补充修正,提出多期褶皱变形的特征是:早期区域热穹窿(并产生层内的小型平卧褶皱和无根勾状褶皱),中期东西向区域复背形,晚期北东向小型裙边式直立开阔褶皱。进而指出早期横向置换过程中有配套的以顺层为主,切层为次的角闪岩相韧性剪切带,中期褶皱时有相配套的不同方向的绿片岩相的脆韧性剪切带(剪滑断裂)产出,晚期褶皱时有不同规模的脆性断裂在区内产出。

小秦岭的金卢台凹为盖层分布区,其内地层除秋岔群、熊耳群及其以上的高山河组地层为不整合接触外,其余上部地层则为整合或平行不整合(中、新生代为断陷盆地沉积)。王作勋等(1991)建立了“小秦岭推覆构造”的区域格局,他们将其划出内带(华山脉及熊耳山)、中带(为大型向斜和小型倒转背斜组成)和前锋带(由叠瓦式冲断层及其一系列推覆体组成),前锋带向南推覆到原地系统(陶湾群和二叠系)之上。这种认识具有较好的系统性,也能解释目前浅部构造形态及配置关系。但如将深部地球物理资料所揭示的在5~10 km左右深处的铲形正断层联系起来,则出现无法克服的矛盾:台拱区内盖层到何处去了?盖层区在数十 km 长的距离内基本无变化层序及接触关系是强烈推覆作用所无法留存的!如再将太华群基底的长期隆升,北侧渭河地堑的强烈伸展与之联系起来,则推覆力源又到何处去寻找?等等。

作者们近年的工作正是发端于台凹区的驾鹿-小河一带。由于对韧性剪切带、正向滑移的拆离断层、朱家沟断裂的韧-脆韧-脆性的完整退变形构造组合的研究,才逐步领悟到地体隆升与滑覆运动间的必然联系。当实践观测的范围向东扩展到小秦岭区的河南部分时,作者发现了基底岩系中的古韧性剪切带的拆离特征表现,建立了对区域复合型复式长垣型褶皱的认识。从系统分析、动力来源等诸多方面出发,逐渐认识到这类非对称型的“变质核杂岩”构造。

三 地体属性讨论

华北地台是我国太古宙岩石出露的典型地区,中国古陆核的主体部分。

太古宙历史及其岩石组合等研究的重要性是世界地质学界同仁的共识。自1979年K. Condie发表《太古宙绿岩带》专著以来在我国引起了强烈反响,推动着我国太古宙地质学的发展。

“太古宙省中存在三类岩石组合,其相对分布量的顺序是:花岗岩-绿岩组合、高级组合及克拉通盆地组合,花岗岩-绿岩组合的特征是主要由镁铁质火山岩(通常称为绿岩带)组成的上