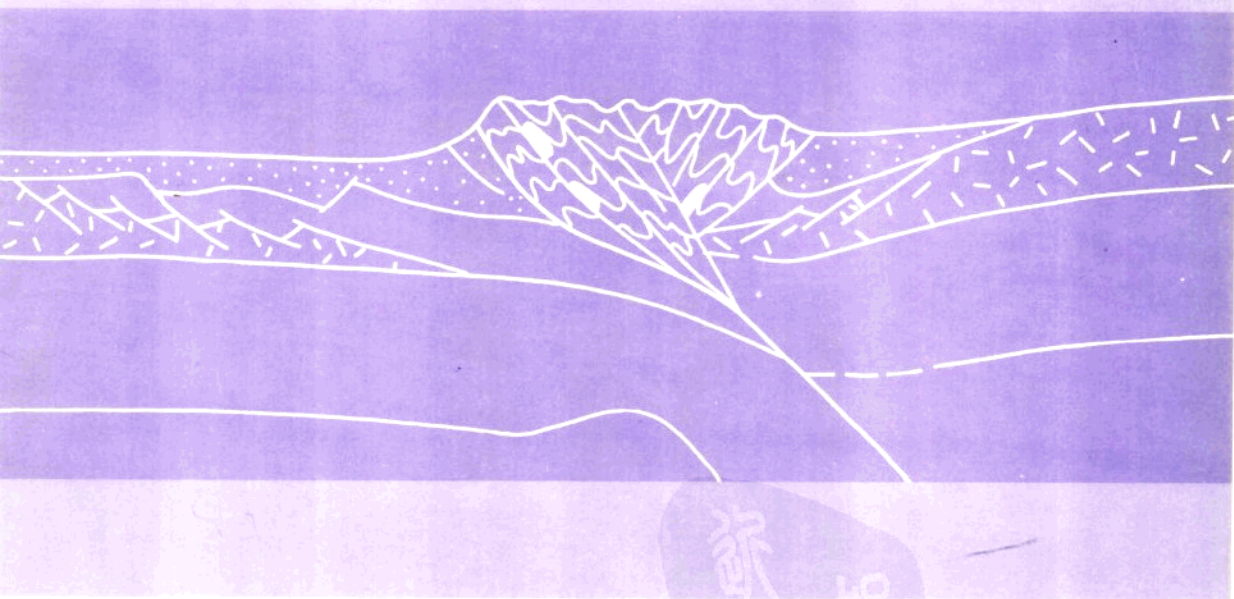


东秦岭造山带与盆地

吉让寿 秦德余 范小林 著
高长林 殷 勇



西安地图出版社

序

在中国南方(扬子)多年的找油找气过程中,有许多棘手的问题直到今天还困惑着地质学家。其中,发人深思或联系到该区油气远景评价观念的是3个问题:为什么人们总自觉和不自觉地感到中国的海相沉积,特别是扬子古生代盆地的海相与国外(如北美、东欧、西伯利亚)不同,真有不同,其内涵何在;为什么大家都说扬子古生代海相找油的核心是个“改造”或保存(持)问题,如果是,这种改造的地质或地质构造内涵及其演化历史是什么;为什么在一个克拉通(扬子)内部,有以川东(含川东北)、湘西、黔东(南)为代表的分布地域宽广的推覆和褶皱,产生这些“台内”或板内推覆和褶皱的形变规律以及地球动力学背景是什么。

10年前,当决定将“扬子板块北缘(中段)古生代盆地演化及油气远景”专题与扬子南缘一起列入“七五”国家攻关项目(54-02)的时候,前述3个问题,就是立题的重要动力之一。

当时,以吉让寿、秦德余、高长林、殷勇和范小林为首的一批素质较高、风华正茂的年轻学子,怀着对地质事业的热情及对“造山带与盆地”整体剖析的执著追求,用3个野外季度,踏遍了东秦岭的山山水水,围绕东秦岭造山带的形成与演化,用活动论历史观的学术思想,以元素、同位素地球化学为主要手段,针对包括前述在内的石油地质基础和背景问题,如“3类构造环境中的镁铁-超镁铁岩、古被动大陆边缘砂页岩、火山岩、花岗岩和碳酸盐岩中稀土元素的古海洋学、碰撞造山带与前陆盆地以及俯冲-碰撞造山作用的构造变形等问题,作了有根据、有水平的合乎科学逻辑思维的分析。

本书中一个重要进展,甚至可以说是一项最重要的成果,是在作者们系统阐述上述问题时,自觉地验证了由威尔逊(1968)在《静止的地球还是活动的地球:现代科学革命》一文中首次提出并为朱夏(1990)发展了的以“开局、吃、碰、杠”为内涵的地壳变动旋回,即威尔逊或朱夏旋回。

如果我们回到秦岭的地质历史或原型盆地中去,从青白口纪到三叠纪,在扬子北部古大陆边缘上,我们会发现由不整合分开的3套不同时序的超层序(megasequence)组合:

——代表第一轮裂陷或拉伸盆地形成时期,是北秦岭洋的“开局”(Pt₃-Z)和“移离”(Є-O₂),紧接着是俯冲(O₃-S)和周缘前陆盆地(D)形成的北秦岭洋的关闭和加里东期的碰撞造山阶段;

——和古特提斯相联系的代表古秦岭再次拉开的二叠、三叠纪(P-T)陆内拗拉槽盆地发生发展及关闭阶段;

——最后是印支以来的陆内俯冲、滑脱形成的走滑拉分盆地和迁移前陆盆地,或中生代-新生代秦岭作为“杠上开花”形成一个内陆复式山链的今秦岭造山阶段。

总之,通过作者们在东秦岭的工作,在促进形成《板内形变晚期成藏》等重要认识的同时(孙肇才,1991),还丰富了以“整体、动态、综合”以及“定时、定性、定量”为内涵的含油气盆地评价系统。

孙肇才

一九九七年六月

前 言

著名地质学家朱夏指出：“古生代‘克拉通盆地’在世界油气盆地的研究中还是个薄弱的环节。……我国的地层学家、古生物学家已经证明中国古生代地层发育的完整性与多样性在全世界是不可多得的。结合形成与形变的有利与不利条件来全面分析中国古生界盆地的含油气性，不仅可能有助于开辟油气资源的新领域，也很可能在石油地质的理论研究方面别开生面”。孙肇才教授(1995)指出：“地质历史创造了很多不同类型的盆地；地质历史也破坏了许多盆地(造山带内)；地质历史还隐没了许多盆地(推覆体之下的所谓影子盆地)。所谓的整体研究，就是将盆地与造山带研究结合起来，从宏观演化上去分析一个盆地的地质演化历史……”。造山带和盆地是大陆的基本大地构造单元，也是研究大陆动力学的基础。大陆构造与动力学是当代地球科学研究的重大前沿领域，是建立新的全球大地构造理论的突破口。然而大陆地壳历史悠久，大陆构造型式多样，大陆结构复杂，这给板块构造学登陆带来了困难，增加了认识大陆地球动力学的难度。为此，在朱夏教授指导下，在“七五”国家重点科技攻关项目 75-54-02“扬子海相碳酸盐岩地区油气勘探技术和评价研究”负责人孙肇才、张渝昌精心组织下，派遣了由多学科科技人员组成的研究小组，负责其下属的一个三级专题研究，进行从造山带开始的古生代盆地分析。专题名为“扬子板块北缘(中段)古生代盆地构造演化及油气远景”。研究人员在板块构造理论指导下，进行了三个野外季度的地质考察，前后共 10 余月，取得了大量的地质、地球化学、地层古生物、构造地质等资料，采集了大量的标本，运用了当地地学方面涌现出来的新技术、新方法，并进行了综合整理和研究，所完成的专题报告得到了同行专家的积极评价。可以说，本专题在主攻大陆构造与地球动力学这一当代地球科学前沿方面取得了初步进展，获得了令人可喜的成绩。专题由秦德余、吉让寿负责，主要参加人员有高长林、殷勇，先后参加本专题工作的还有周克刚、黄亚平、韩跃俊。专题报告由秦德余、吉让寿、高长林、殷勇等编写完成。

《东秦岭造山带与盆地》采集了原专题的实际材料，根据作者近几年研究获得的新成果，增添了大量研究内容，进一步完善了研究思路和方法，加强了“造山带与盆地”科学研究的整体性与系统性，由高长林、吉让寿、殷勇、秦德余和范小林重新撰写而成，是集体劳动的成果。全书由吉让寿统稿审定。

地矿部石油地质中心实验室、中国地质科学院测试技术研究所、湖北省和浙江省地质局中心实验室、中国地质大学(武汉)矿床和地质力学教研室、核工业部北京地质研究所等单位协助完成了实验测试任务。在专题研究中，得到了孙肇才、张渝昌、张本仁、庄培仁和郑伯让等教授的指导和帮助，应用了研究区各省区域地质资料，须特别指出的是引用了骆庭川、李泽九、金淑英教授的部分研究成果。郭令智、李廷栋院士和陈发景、任纪舜、庄培仁、俞鸿年教授评审专题报告并提出宝贵意见。本书出版过程中，得到叶德燎、钱一雄、宋国俊和鞠惠儒高级工程师的帮助，在此一并致谢！

由于作者水平所限，谬误不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

作 者

1997 年元月于无锡石油地质中心实验室

目 录

1 概述	(1)
2 东秦岭镁铁-超镁铁岩特征及其构造学意义	(4)
2.1 地质概况	(5)
2.2 超镁铁岩的地球化学特征	(7)
2.3 镁铁质岩石的地球化学特征	(12)
2.4 板块构造学意义	(20)
3 华北板块南部古活动大陆边缘	(23)
3.1 岛弧基底岩系:秦岭群解体	(24)
3.2 岛弧火山-沉积岩系:丹凤群	(24)
3.3 早古生代花岗岩类的特征及其板块构造学意义	(28)
3.4 二郎坪-毛集弧后盆地	(33)
4 扬子板块北部古被动大陆边缘	(36)
4.1 古被动大陆边缘的基底岩系	(36)
4.2 古被动大陆边缘的组成、结构和演化	(37)
4.3 古被动大陆边缘的地球化学特征	(47)
4.4 被动大陆边缘的 A 型花岗岩带	(53)
4.5 沉积黄铁矿的硫、铅同位素及其构造学意义	(56)
4.6 碳酸盐岩的稀土元素特征及其古海洋学意义	(60)
4.7 硅质岩的地球化学特征及其构造学意义	(66)
5 古秦岭洋的宽度	(72)
5.1 计算方法简述	(72)
5.2 古秦岭洋古生代的消减距离	(72)
5.3 古秦岭洋板块的演化期	(75)
5.4 古秦岭洋的规模	(76)
5.5 结语	(77)
6 东秦岭板块比较俯冲学	(78)
6.1 地壳结构	(78)

6.2	俯冲速度·····	(80)
6.3	岛弧区火山岩的特征·····	(80)
6.4	矿产特征·····	(81)
6.5	弧后区的特征·····	(81)
6.6	结语·····	(81)
7	南秦岭晚古生代碰撞型花岗岩·····	(82)
7.1	地质地球化学特征·····	(82)
7.2	构造学意义·····	(88)
8	南秦岭晚古生代(D—C)前陆盆地·····	(89)
8.1	南秦岭前陆盆地的沉降与沉积·····	(90)
8.2	南秦岭晚古生代(D—C)前陆盆地的地球化学鉴定·····	(94)
8.3	南秦岭前陆盆地的结构特征·····	(103)
9	南秦岭拗拉槽(P_1^2 —T)·····	(106)
9.1	沉降和沉积·····	(106)
9.2	构造分析·····	(107)
10	秦巴造山带的构造变形·····	(110)
10.1	商南—丹凤断裂带的构造特征·····	(111)
10.2	商南—丹凤剪切带的构造岩研究·····	(113)
10.3	北秦岭造山带变形特征及其形成环境·····	(122)
10.4	扬子北缘古生代盆地构造变形·····	(132)
10.5	有限应变特征及其构造学意义·····	(140)
11	扬子克拉通北部沉积盆地·····	(148)
11.1	青白口纪地堑型断陷盆地·····	(148)
11.2	震旦纪克拉通内拗陷和晚震旦世克拉通周边拗陷·····	(152)
11.3	寒武纪至中奥陶世克拉通周边拗陷·····	(154)
11.4	晚奥陶世至志留纪克拉通内大型拗陷·····	(156)
11.5	泥盆纪至石炭纪拗陷盆地·····	(157)
11.6	二叠纪至中三叠世断—拗盆地·····	(159)
11.7	晚三叠世至中侏罗世迁移前陆盆地·····	(161)
11.8	结语·····	(162)
12	东秦岭造山带的构造演化·····	(164)
12.1	北秦岭古洋盆·····	(164)
12.2	华北板块南部活动大陆边缘·····	(165)

12.3	扬子板块北部被动大陆边缘·····	(166)
12.4	南秦岭晚古生代(D—C)前陆盆地·····	(168)
12.5	早二叠世晚期—中三叠世南秦岭拗拉槽的形成·····	(168)
12.6	中生代秦巴陆内造山作用和四川北部前陆盆地形成·····	(170)
13	扬子板块北部被动大陆边缘的生油岩形成机制及油气远景·····	(171)
13.1	生油岩的形成机制·····	(171)
13.2	油气远景·····	(177)
14	结论与讨论·····	(181)
14.1	山与盆·····	(181)
14.2	主要成果·····	(181)
14.3	讨论·····	(184)
	参考文献·····	(185)
	英文摘要·····	(189)

Contents

1 Introduction	(1)
2 Characteristics of the mafic-ultramafic rocks and their tectonic significance in the Eastern Qinling	(4)
2.1 Regional geology	(5)
2.2 Geochemical characteristics of ultramafic rocks	(7)
2.3 Geochemical characteristics of mafic rocks	(12)
2.4 Plate tectonic significance	(20)
3 Ancient active continental margin in the southern part of the North China Plate	(23)
3.1 Basement rocks of palaeo-island arc; analysis of Qinling Group	(24)
3.2 Volcanic-sedimentary rocks of island arc; Danfeng Group	(24)
3.3 Characteristics of granitoids and their plate tectonic significance in the Early Palaeozoic	(28)
3.4 Back-arc basin in Erlangping-Maoji	(33)
4 Characteristics of ancient passive continental margin in the North part of the Yangtze plate	(36)
4.1 Basement rocks of the ancient passive continental margin	(36)
4.2 Composition, structure and evolution of the passive continental margin	(37)
4.3 Geochemical characteristics of the ancient passive continental margin	(47)
4.4 A-type granite belt in the passive continental margin	(53)
4.5 S and Pb isotopes of sedimentary pyrites and their tectonic significance	(56)
4.6 REE geochemical characteristics of carbonate rocks and their palaeo-oceanologic significance	(60)
4.7 Geochemical characteristics of silicilith and their tectonic significance	(66)
5 Width of the Ancient Qinling Ocean	(72)
5.1 Calculation method	(72)
5.2 Calculation of subducted distance of the Paleozoic Qinling Ocean	(72)
5.3 Evolutional stages of the ancient Qinling	(75)
5.4 Calculation of width of the Ancient Qinling Ocean	(76)
5.5 Conclusion	(77)

6 Comparative subductology in the Eastern Qinling	(78)
6.1 Crustal architecture	(78)
6.2 Velocity of subduction	(80)
6.3 Characteristics of volcanic rocks in palaeo-island arc	(80)
6.4 Characteristics of ore deposits	(81)
6.5 Characteristics of back arc basin	(81)
6.6 Conclusion	(81)
7 Collision-type granites during the Late Palaeozoic in the Southern Qinling	(82)
7.1 Geological and geochemical characteristics	(82)
7.2 Tectonic significance	(88)
8 The Late Palaeozoic (D—C) foreland basins in the Southern Qinling	(89)
8.1 Descent and deposition of the foreland basin in the Southern Qinling	(90)
8.2 Geochemical identification of the Late Palaeozoic foreland basin in the Southern Qinling	(94)
8.3 Structural characteristics of foreland basins in the Southern Qinling	(103)
9 Aulacogen in the Southern Qinling (P_1^2—T)	(106)
9.1 Descent and deposition	(106)
9.2 Research on tectonics	(107)
10 Structural deformation of the Qinling-Daba orogenic belt	(110)
10.1 Structural characteristics of the Shangnan-Danfeng fault zone	(110)
10.2 Studies on tectonics from Shangnan-Danfeng shear zone	(113)
10.3 Characteristics of tectonic deformation and its tectonic settings in the Northern Qinling orogenic belt	(122)
10.4 Tectonic deformation of the Palaeozoic basins in the northern margin of the Yangtze plate	(132)
10.5 Characteristics of finite strain and its tectonic significance	(140)
11 Sedimentary basins in the northern part of the Yangtze Craton	(148)
11.1 Graben-like basins in Neoproterozoic (Qinbaikou system)	(148)
11.2 The Sinian intracratonic basin and the Late Sinian depressions around the cratons	(152)
11.3 Cratonic border basin in the Cambrian-Middle Ordovician	(154)
11.4 Intracratonic depressions in the Late Ordovician-Silurian	(156)
11.5 Down-warped basins in the Devonian-Carboniferous	(157)

11. 6	Faulted depression in the Permian-Middle Triassic	(159)
11. 7	Migrational Foreland Basin in the Late Triassic-Middle Jurassic	(161)
11. 8	Brief summary	(162)
12	Tectonic evolution of the Eastern Qinling belt	(164)
12. 1	Ancient ocean basin of the north Qinling	(164)
12. 2	Ancient active continental margin in the southern part of the North China Plate	(165)
12. 3	Ancient passive continental margin in the northern part of the Yangtze Plate	(166)
12. 4	The Late Paleozoic (D—C) foreland basins in the Southern Qingling ...	(168)
12. 5	Formation of the Southern Qinling aulacogen during the late Early Permian-Middle Triassic	(168)
12. 6	The intra-continental orogenesis in the Qinling-Daba mountains and formation of foreland basins in Northern Sichuan during the Mesozoic	(168)
13	Formative mechanism of source rocks in the passive continental margin in North Part of the Yangtze plate	(171)
13. 1	The formative mechanism of source rocks	(171)
13. 2	Oil and gas prospects	(177)
14	Conclusions and discussions	(181)
14. 1	Orogenesis and basins	(181)
14. 2	Main achievements	(181)
14. 3	Discussions	(183)
	References	(185)
	Abstract in English	(189)

1 概述

秦岭山系横亘于中国大陆中部,据资料记载,德国人李希霍芬(F. V. Richthofen, 1866)最早涉足本区地质研究。我国地质学家刘季辰、谭锡畴、李四光、斯行健、俞建章、黄汲清、谢家荣等对秦巴进行过开创性研究。赵亚曾、黄汲清(1931)“秦岭山及四川地质”专著很有影响。解放后,我国开展了大规模的地质调查工作,于1970年前后基本完成了秦巴地区的1:20万区域地质调查工作。70年代以来,出版了许多系统总结和专题性著作,前者以陕、川、鄂、豫、皖等省区域地质志为代表,后者有地层、古生物、花岗岩、变质地质等方面的专著。

运用板块构造理论,开展古生代盆地分析工作,在国内外均处于发展之初。“要恢复古生代盆地的原来面貌,判别其含油气条件,选择有利的地区,工作难度无疑是极大的”(朱夏,1983)。为此,我们组织了由区域大地构造学、构造地质学、构造地球化学等专业人员对范围包括陕西南部、四川东北部万源一带、河南西南部和湖北西北部,大致为东经 $107^{\circ}\sim 113^{\circ}$,北纬 $31^{\circ}41'\sim 34^{\circ}$ (西段)和北纬 $31^{\circ}41'\sim 32^{\circ}30'$ (东段)(图1-1)地区进行了古生代盆地的研究工作。

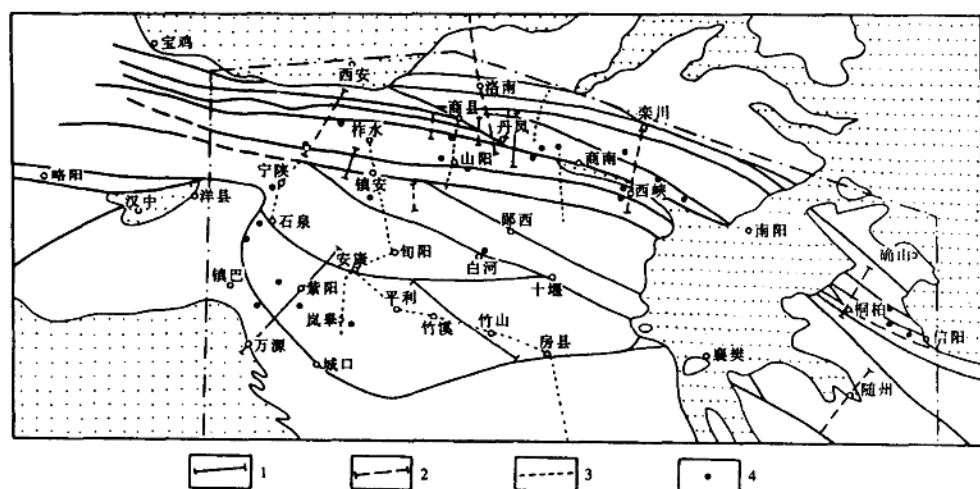


图 1-1 研究区范围

Fig. 1-1 Sketch map of the study area

1. 实测剖面; 2. 草测(路线)剖面; 3. 观察路线; 4. 观察点

我们采用野外地质调查和室内分析相结合、宏观和微观相结合、重点研究和一般观察相结合的研究方法。在研究过程中,试图:(1)以系统学思想和历史构造学和历史地球化学观为指导,运用现代构造地质学和地球化学的理论和方法,以岩石学为基础,以元素和同位素地球化学为主要研究手段,应用物理化学原理及数学地质方法,研究造山带和盆地在其形成过程中的

地质地球化学过程与时空结构的统一性；(2)在特定的时空结构里，不仅不同的板块运动方式不同，即便同一板块在它的不同演化阶段，也将有其独特的运动方式。物质的运动形式及其变化，在相应的时空结构里总会留下物质存在的形式及其运动踪迹的记录。追捕这些记录并将其提高到相应学科的理论分析，有可能揭示它的本质。我们正是遵循上述思路，从历史大地构造学、区域构造地球化学、岩石学、构造地质学等领域，并结合他人的地球物理、古地磁等资料，研究东秦岭造山带与盆地的形成演化。完成工作量如表 1-1：

表 1-1 完成的主要工作量

Table 1-1 Research activities in the East Qinling

实测剖面	4 条(130km)	路线剖面	8 条(210km)	观察剖面	10 条
路线外观察点	73 个	构造测量点	35 个	薄片	591 片
光片	22 块	等离子光谱	590 个	岩石化学	147 个
中子活化分析	15 件	单矿物挑选	35 件	同位素年龄(K-Ar)	11 件
稀土元素	188 件	F、Cl 测定	59 件	Rb、Sr 原子吸收法测定	73 件
铅同位素	12 件	硫同位素	18 件	有机碳	20 件
氯仿沥青“A”	12 件	族组分	12 件	反射率	12 件
干酪根	12 件	扫描电镜	12 件	包体测温	11 件
包体成分	9 件	岩石组构	102 件	显微构造	56 件
古应力值估算	10 件	微体化石鉴定	5 件	电算机(时)	4 小时

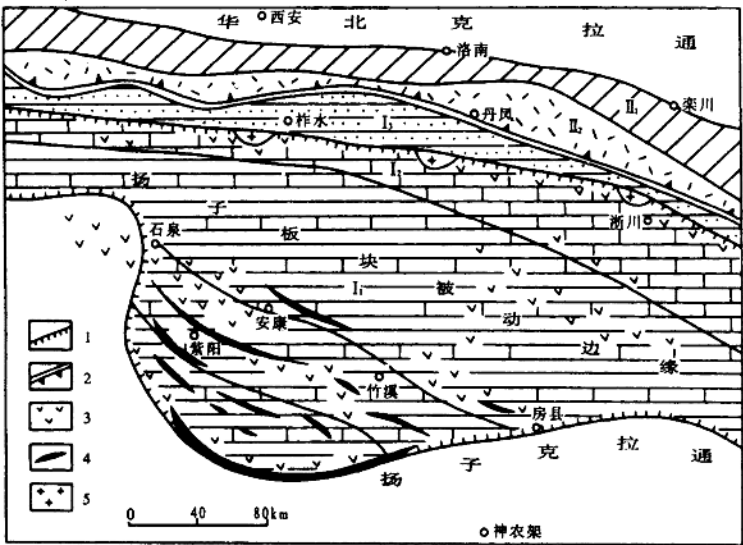


图 1-2 东秦岭晚元古代—早古生代构造略图

Fig. 1-2 Sketch map of tectonic in the East Qinling Orogenic Belt (Late Proterozoic-Early Palaeozoic)

扬子板块被动大陆边缘：Ⅰ₁，安康—随州断陷，硅泥质岩、泥质碳酸盐岩；Ⅰ₂，小木岭—赵川断隆，碳酸盐岩；Ⅰ₃，山阳—柞水过渡壳深海盆，钙泥复理石
 华北板块活动大陆边缘：Ⅱ₁，二郎坪弧后盆地，火山岩，复理石；Ⅱ₂，丹凤岛弧，火山岩，复理石
 1. 裂隙边界；2. 早期洋盆扩张带，晚期俯冲带；3. 晚元古代火山岩；4. 早古生代火山岩；5. “A”型花岗岩

研究成果表明:东秦岭地区存在一个古生代的俯冲-碰撞带。商南松树沟—信阳卧虎一线见蛇绿岩为俯冲消减古洋壳的残片。古秦岭海洋的北部(华北板块南部)边缘从晚奥陶世起,由原来的被动大陆边缘转化为一具沟、弧、盆体系的活动大陆边缘。丹凤群火山岩系为钙碱性的玄武岩-英安岩-流纹岩组合,形成于岛弧构造环境;二郎坪群中的火山岩为细碧岩-角斑岩-石英角斑岩系,产于弧后盆地。而古秦岭海洋南部(扬子板块北部)边缘仍为被动大陆边缘。泥盆—石炭纪,上述两大陆边缘以俯冲兼右行剪切方式拼贴和碰撞(图 1-2)。

2 东秦岭镁铁-超镁铁岩特征及其构造学意义

秦岭位于亚洲大陆中部,是中国大陆上的一个重要造山带,一直为中外地质学家所关注。但对秦岭造山带的形成与演化的认识,至今仍分歧很大(黄汲清等,1981;李春昱等,1984;杨森楠,1985;秦德余等,1987)。分歧多集中于东秦岭地区,而对东秦岭地区所出露的镁铁-超镁铁岩的岩石特征及其大地构造学意义的认识是最大争议之一。本文主要以区域构造运动的地球化学作用与区域构造时-空结构的统一性的理论为指导(於崇文,1986),充分运用现代地球化学的理论和方法,重点探讨东秦岭地区的3条镁铁-超镁铁岩带的岩石地球化学特征及其大地构造学意义。

众所周知,在古板块构造的研究中,蛇绿岩占有非常重要的位置。蛇绿岩可形成于大洋盆地、岛弧、弧前和弧后盆地等(Coleman, R. G., 1984, 1977; Miyashin, A., 1975)。近年来,由于某些研究者对蛇绿岩概念的含糊,加之他们不注意应用岩石地球化学手段,一般不加分析地将野外所见的镁铁-超镁铁岩一律冠蛇绿岩或蛇绿岩套之名,因此,增加了混乱,造成了误解。所以,正确可靠地鉴别出镁铁-超镁铁岩的产出构造环境既是一件极其重要又是一件较为困难的研究课题。必须指出,相伴出现的镁铁-超镁铁岩并非都是蛇绿岩的组成部分。在造山带中,镁铁和超镁铁质岩石在空间上是密切相伴生的。在同一造山带内,如果存在有几条镁铁-超镁铁岩带,应首先鉴别出形成于大洋环境中的被俯冲消减的蛇绿岩残片,然后,形成于岛弧和弧后盆地中的镁铁-超镁铁岩的鉴定也就容易了。应该指出,现代地球化学的理论和方法为镁铁-超镁铁岩的形成构造环境的鉴定提供了一系列的方法和依据。值得指出的是, Pearce 和 Cann (1971, 1975)等学者提出过一系列的构造地球化学图解(Pearce, J. A., 1973; 1975),这些图解方法得到了广泛的流传。但是,岩石的化学成分与其形成构造环境之间并非都是完全一一对应的关系,因此,不能用简单的投点图解方法来确定岩石产出的大地构造环境(万渝生, 1988)。笔者认为鉴定被俯冲消减的镁铁-超镁铁岩(古洋壳的一部分)的形成构造环境的程序方法是:

(1)因蛇绿岩可产于多类构造环境,所以蛇绿岩套中的镁铁-超镁铁岩的存在只能表明其可能是形成于大洋环境。

(2)蛇绿岩套中,超镁铁岩应为纯橄榄岩和斜辉辉橄岩,并应具亏损地幔岩的稀土元素地球化学特征。必须指出,由于地幔的不均一性,在大陆岩石圈的某些部位,也存在着高度亏损的、呈大洋型地球化学特征的地幔。所以,具亏损地幔岩的稀土元素地球化学特征的超镁铁岩只能指示其可能是古洋壳的一部分。

(3)蛇绿岩套中,镁铁质岩(席状岩墙和枕状熔岩)的地球化学特征是鉴定其形成构造环境的主要特征之一。现代大洋火山岩主要为大洋拉斑玄武岩类,它们具有一定的化学成分,其 SiO_2 含量小于 52%, TiO_2 大于 0.8%, ΣREE 值低,不富集轻稀土(Gill, J. B., 1981; 高长林等, 1985)。

(4)大洋火山岩与大陆火山岩(活动大陆边缘)岩石组合的成对出现,是鉴定被俯冲消减的镁铁岩(古洋壳的一部分)的决定性特征。在古洋壳的俯冲消减过程中,在相应的大陆板块边缘

上却发生了新陆壳的形成,最引人注目的是活动大陆边缘上的钙碱性火山岩的形成。因此,上述两类火山岩岩石组合的成对出现,能进一步确证被俯冲消减的镁铁岩(古洋壳)的存在。

2.1 地质概况

2.1.1 东秦岭蛇绿岩带

分布于商南-西峡-镇平-信阳一线之北,长达千余公里。此带中出露有东秦岭最大的超基性岩体(松树沟-洋淇沟岩体),在桐柏双山、柳树庄及信阳卧虎一带均有超基性岩断续分布,组成了一个规模巨大的超镁铁-镁铁岩带(图 2-1)。

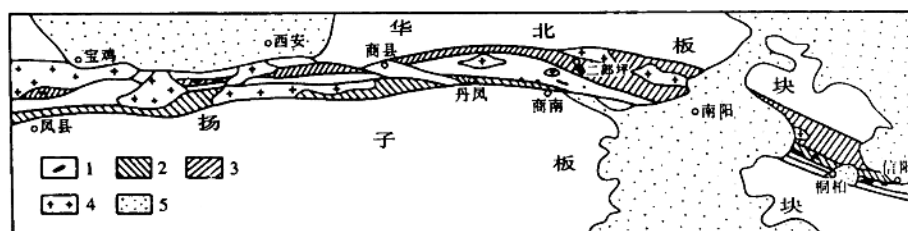


图 2-1 东秦岭铁镁-超铁镁岩分布简图

Fig. 2-1 Sketch map of mafic-ultramafic rocks in the East Qinling

1. 大洋型; 2. 岛弧型; 3. 弧后盆地型; 4. 花岗岩; 5. 中新世界

本文重点研究了商南松树沟和信阳卧虎一带的超镁铁-镁铁岩。

在松树沟地区,见有超基性岩岩体群及变质基性火山岩(图 2-2)。超基性岩群的展布方向与商丹断裂平行,在长约 20km、宽 8km 的范围内,已查明大小岩体 260 余个,出露面积达 25km²。各岩体规模相差悬殊,皆属“无根”岩体。松树沟超基性岩最长达 18.5km,最宽 2.2km,平面形态呈长纺锤状。主要由纯橄榄岩组成,尚有斜辉辉橄岩和透辉岩。斜辉辉橄岩在纯橄榄岩中呈现为构造岩块。主岩体的岩相分带极为明显,按其主要岩石纯橄榄岩的结构来划分,可分为中粗粒纯橄榄岩(边部相)和细粒纯橄榄岩相(内部相)。自岩体边部向内部依次出现含斜辉辉橄岩构造岩块的粗粒纯橄榄岩相、纯橄榄岩-透辉岩相和含脉状透辉岩的细粒纯橄榄岩相。主岩体的围岩为斜长角闪岩,呈致密块状构造,粒度均匀,具变余杏仁构造,杏仁体由钠长石和绿帘石或钠长石和石英组成(张秋生等,1984)。

信阳卧虎一带的超基性岩体,断续分布长达 30 多公里,有数百个大小不一的超基性岩体,最大者(卧虎)长达 3.14km,宽 400 多米,呈不规则状,超基性岩与围岩接触带多处破碎,无围岩蚀变(图 2-3)。在卧虎蛇纹岩采矿场见有大量的变余辉长岩岩块组成的扁豆体以及包含有辉长岩、基性火山岩、大理岩外来岩块及基质由蛇纹岩组成的“蛇绿”混杂岩(张以熔,1985)。

2.1.2 北带“蛇绿岩套”

东秦岭北带铁镁-超镁铁岩分布于秦岭群和宽坪群之间。西起秦安以西,向东经秦岭主脉北坡,蟒岭-伏牛山南麓,过南阳盆地,止于桐柏东部,东西长千余公里。该铁镁-超镁铁岩为早古生代海相火山-沉积岩系的一部分,这套火山-沉积岩系是近 20 多年来陆续从秦岭群和宽坪

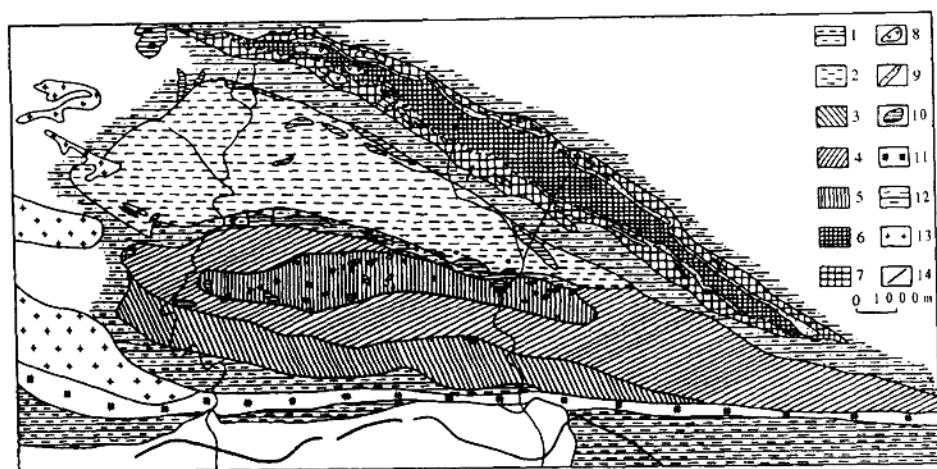


图 2-2 商南松树沟地区蛇绿岩地质略图(据张秋生等修改,1984)

Fig. 2-2 Geological sketch map of ophiolite in Songshugou

1. 片岩; 2. (变)玄武岩-辉绿岩; 3. 变辉长-闪长岩; 4. 变辉长岩; 5. 变辉长-辉岩; 6. 变细粒纯橄岩; 7. 变粗粒纯橄岩; 8. 构造斜辉辉橄岩; 9. 透辉岩; 10. 未分超基性岩块; 11. 糜棱岩带; 12. 早前寒武纪秦岭群; 13. 花岗岩; 14. 断裂(F)



图 2-3 河南省信阳市卧虎蛇绿岩混杂体

Fig. 2-3 Ophiolitic melange in Wuhu, Xingyang

1. 变质玄武岩; 2. 绿片岩夹大理岩; 3. 蛇纹石化纯橄岩; 4. 强剪切玄武岩及纯橄岩、辉长岩; 5. 强剪切蛇纹岩; 6. 黑云母片岩夹绿泥片岩、变粒岩

群解体出来的,各地先后建立了一些地方性的名称。凤县—太白地区为草滩沟群(陕西区调队, 1965,1973);眉县—蓝田地区为斜峪关群(张维吉等,1964);商县—丹凤地区为云架山群(符征信等,1978);卢氏地区为丹矾窑群(王铭生等,1979);西峡地区为二郎坪群(金守文,1973);桐柏地区为大河群(关保德,1975)。金守文(1973,1985)、宋子季(1984,1988)等将其归属于细碧-石英角斑岩系;符光宏(1985,1987)、张国伟、孙勇等(1986,1987)认为均属于“蛇绿岩套”。

该带火山岩主要包括有:喷溢亚相的石英角斑岩、角斑岩和细碧岩;爆发亚相的凝灰岩、火山角砾岩、集块岩等;次火山亚相的次石英角斑岩、次角闪闪长玢岩及次角闪辉绿玢岩;侵入岩有石英闪长岩、角闪辉绿玢岩、超基性岩脉等(宋子季,1988)。

2.1.3 南带镁铁-超镁铁岩

分布于商县、丹凤和桐柏一带。其中以丹凤、商县三十里铺一带较为典型。为丹凤群的一个组成部分。根据岩石组合特征可将丹凤群分为3个岩性段(张拴厚、李海平,1985):

第一岩段:底部为一层稳定的长石英或黑云母石英片岩;下部为黑云母变粒岩与角闪斜长片岩互层,夹大理岩透镜体及变凝灰岩;上部为混合岩、变火山角砾熔岩、斜长角闪岩;顶部为黑云绿泥石英片岩夹绿色透辉石变粒岩。

第二岩段:以斜长角闪岩、角闪岩为主,次为变粒岩、变火山角砾熔岩、变流纹岩及大理岩;由基性-酸性火山岩-正常沉积岩组成,大致构成3个火山喷发沉积的韵律层。

第三岩段:下部为变粉砂岩、凝灰质粉砂岩、板岩;中部为含石榴石斜长片麻岩;上部为黑云母斜长变粒岩夹大理岩。

丹凤群火山熔岩可分为安山玄武岩、英安岩和流纹岩3类岩石。必须指出,丹凤群中的超镁铁岩是不甚发育的。此外,分布于丹凤群火山岩中的呈棱角状、次棱角状的大小不等的变质镁铁-超镁铁质岩石包体,其形成的时代明显要早于丹凤群火山岩;丹凤群火山岩中的呈脉状体穿插于其中的镁铁质岩石,其形成时代明显要晚于丹凤群火山岩。所以该两类岩石与丹凤群火山岩的形成构造环境不一定完全相同,本文中所述的丹凤群火山岩不包括上述两部分岩石。

2.2 超镁铁岩的地球化学特征

上述东秦岭超镁铁岩的主量元素含量值及化学参数值如表2-1,它们在 $MgO-CaO-Al_2O_3$ 图解和AFM图解中的投点分别如图2-4、图2-5。由图中资料明显可见商南松树沟和信阳卧虎的超镁铁岩均投点于变质橄榄岩区,投点集中,表明它们具相似的若干主量元素化学特征。二郎坪群和丹凤群中的超镁铁岩的主量元素化学参数值投点相近,表明它们具相似的若干主量元素化学特征。由此可见松树沟、卧虎和二郎坪群、丹凤群中的超镁铁岩之间存在着若干主量元素的地球化学特征的差异。前者富镁贫碱贫铁,后者相对前者贫镁而富碱富铁(图2-4;2-5)。

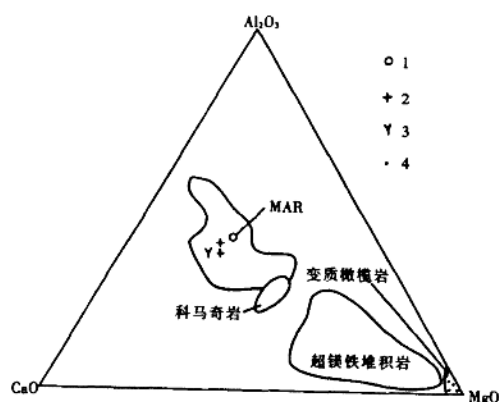


图 2-4 超镁铁岩 $MgO-CaO-Al_2O_3$ 的三角图解

Fig. 2-4 $MgO-CaO-Al_2O_3$ diagram for ultramafic rocks

1. 松树沟; 2. 二郎坪; 3. 丹凤; 4. 信阳卧虎

(据 Coleman, 1976)

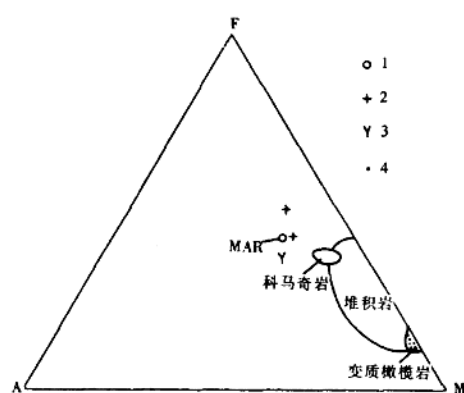


图 2-5 超镁铁质岩的 AFM 图

Fig. 2-5 AFM diagram for ultramafic rocks

1. 松树沟; 2. 二郎坪; 3. 丹凤; 4. 信阳卧虎

(据 Coleman, 1976)

上述东秦岭超镁铁岩的 MgO/FeO 比(分子比)值如表 2-1 所示。这些资料表明松树沟、卧虎与二郎坪群、丹凤群具明显不同的比值特征,前二者 MgO/FeO 比值高,分别达 12.93 和 16.4;而后二者 MgO/FeO 比值低,分别为 2.08 和 1.70。

我国学者王希斌、鲍佩声(1985)在研究西藏蛇绿岩中纯橄岩类型时发现有两类纯橄岩,即变质纯橄岩和堆积纯橄岩,它们之间具有一定的主量元素和稀土元素地球化学特征的差异。

两类纯橄岩在 $MgO-Cr_2O_3$ 变异关系图上分别展示出两条不同的变异趋势线:一条为变质纯橄岩的,曲线陡直;另一条代表堆积纯橄岩,曲线平缓。前者表明在 MgO 含量变化有限的情况下, Cr_2O_3 含量变化幅度颇大;而后者与前者相反,即 MgO 含量变化大,而 Cr_2O_3 含量只有微弱的变化(王希斌,1985)。陕南松树沟地区的样品化学参数投点如图 2-6。结果可见,松树沟的样品和堆积纯橄岩具相似的变化趋势。

王希斌等(1985)指出:变质纯橄岩和堆积纯橄岩都亏损稀土元素,但其亏损程度不同。

陕西商南变质纯橄岩的稀土总量(ΣREE , 不含 Y)为 $1.94 \times 10^{-6} \sim 6.29 \times 10^{-6}$,河南信阳卧虎变质纯橄岩的 ΣREE 之值为 $1.70 \times 10^{-6} \sim 6.59 \times 10^{-6}$ 间,据 Herrman(1971)22 个球粒陨石资料,其 ΣREE (不含 Y)值 3.46×10^{-6} ,可见东秦岭超镁铁岩带中的变质纯橄岩的 ΣREE 值与球粒陨石中的相似(略大于或略小于)。Ringwood(1975)认为地幔岩的 REE 原始丰度为球粒陨石的 1.4~3.6 倍。

东秦岭松树沟地区的变质超镁铁质岩石主要由纯橄岩和斜辉辉橄岩组成,斜辉辉橄岩具明显的堆积结构。该区变质纯橄岩和斜辉辉橄岩的 La_N/Yb_N 比值大致可分两组,其值分别为 $8.27 \sim 8.46 (\Delta 11, \Delta 12)$ 和 $4.31 \sim 6.65 (S_{13}, S_{14})$ (表 2-2),它们的稀土元素球粒陨石标准化模式图也大致可分为两组:即一为轻稀土略富集型(图 2-7 中 $\Delta 11, \Delta 12$),另一组也略富集轻稀土,但正 Pr 异常明显,呈 W 型稀土模式(图 2-7 中的 13,14)。它们的 ΣREE 值也有明显差异,一是 ΣREE 值略高于球粒陨石(表 2-2 中 $\Delta 11$),其它都是低于球粒陨石(表 2-2 中 $\Delta 12, 13, 14$)。

信阳卧虎的变质纯橄岩,其 ΔREE 值,一是低于球粒陨石,为 1.70×10^{-6} (表 2-2 的 2);另一是略高于球粒陨石,为 6.59×10^{-6} (表 2-2 中 1)。它们的 La_N/Yb_N 比值分别为 3.75 和 4.75。其稀土模式之间也有差异,也是一为轻稀土略富集型,另一也略富轻稀土,但负 Ce、负 Eu 异常明显,呈 W 型稀土配分曲线(参看表 2-2 中 1 与 2)。

上述资料表明东秦岭松树沟和卧虎一带的超基性岩基本具有与王希斌等人所描述的堆积纯橄岩相似的稀土元素组成特征,可能是在岩浆房内分异作用造成的,应能代表古洋壳物质。

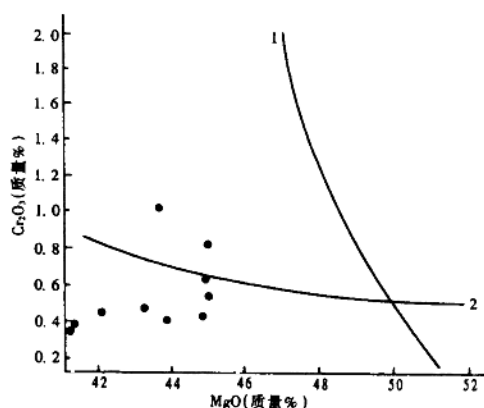


图 2-6 蛇绿岩中两类纯橄岩 $MgO-Cr_2O_3$ 变异图

Fig. 2-6 $MgO-Cr_2O_3$ differential diagram of the two dunites in ophiolitic suite

1、2— $MgO-Cr_2O_3$ 成分趋势线(据王希斌等, 1985),其中 1 为变质纯橄岩;2 为堆积纯橄岩, 黑点为松树沟地区的样品投点