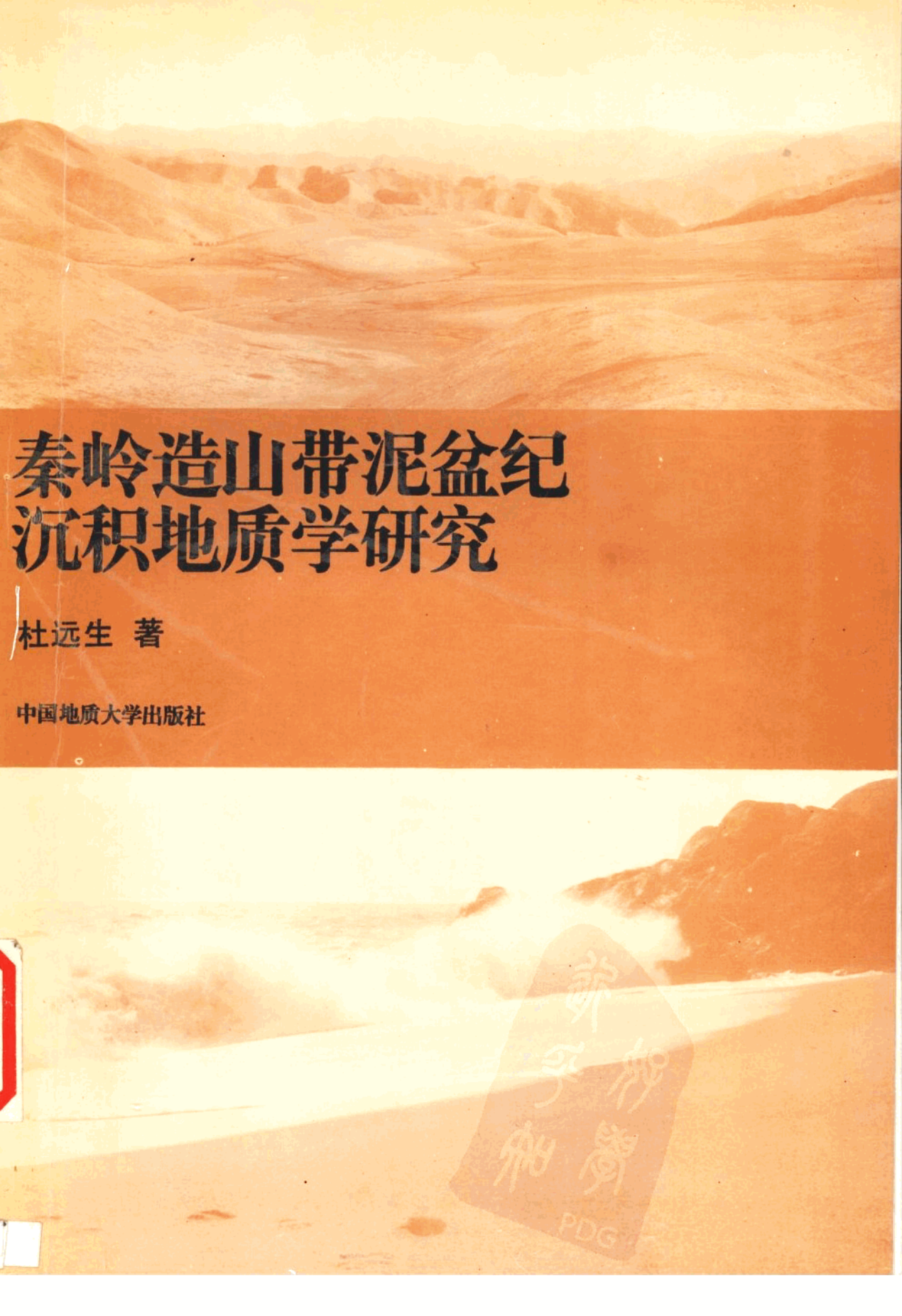




秦岭造山带泥盆纪 沉积地质学研究

杜远生 著

中国地质大学出版社

新
子
知
覺

PDG

序

造山带沉积地质学是当今地质学领域的前沿学科之一，是研究大陆造山带形成和演化、造山过程及其动力学的重要手段。秦岭造山带是我国最具重要性的造山带之一，其结构、演化及动力学一直为中外地质学家所关注，晚加里东—早海西期的盆地和构造演化也一直存在不同认识。杜远生同志正是站在这一学科前沿，以秦岭造山带泥盆系为研究对象，用翔实的资料和系统的方法来进行沉积地质学的研究实践。

作者以现代地层学、沉积学和历史大地构造学的理论为指导，将造山带沉积地质学看作一项研究造山带原型盆地的物质构成、形成、演化及动力学的系统工程，并形成了一套系统的学术思想和技术路线。在此基础上，对秦岭造山带泥盆系的区域地层学、沉积学、盆地构造格局、古地理、古海洋、层序地层和动力沉积学进行了论述，总结了秦岭造山带晚加里东—早海西期的沉积和构造演化。在区域地层学、盆地构造格局方面，作者以活动论思想为指导，将秦岭泥盆系划分为三大构造地层分区、八个构造地层小区和若干相带，它们分属于不同的大地构造背景。在沉积学方面，作者对秦岭泥盆系进行了系统的岩相或微相、沉积相、沉积体系及重点区的沉积构型分析，这些内容为本书的核心。在古地理和古海洋方面，作者通过分期编制的七张古地理图论述了秦岭泥盆纪的古地理演化，根据古地磁、生物古地理、沉积古地理和古气候、岩石地球化学等讨论了秦岭泥盆纪的古海洋格局和演化。在造山带层序地层学方面，作者讨论了三种不同主控机理（全球海平面变化、盆地基底的构造沉降和二者复合控制）的层序类型和构造背景。在动力沉积学方面，作者通过北秦岭造山带南缘泥盆纪沉积盆地的组分和物源、沉积体系和沉积构型、古地理和古水流体系、构造层序及沉降分析论述了同造山盆地的存在。作者提出的晚加里东期华北板块（南缘）、秦岭微板块、扬子板块（北缘）反Z型的板块格局，秦岭造山带晚加里东期—早海西期“斜向碰撞”、“不规则边缘碰撞”和“碰撞不造山”、“造山不成熟”，秦岭泥盆纪“南张北压”的动力格局、对造山带古海洋盆地闭合—碰撞—造山过程的沉积响应的论述及对南秦岭勉（县）略（阳）有限小洋盆的形成演化的讨论都较前人在认识深度和广度上有所进步。这些观点不仅对认识秦岭造山带，对认识以“大洋小块”为特征的东亚古特提斯洋的构造演化均有一定的意义。

造山带沉积地质学作为一个新兴的造山带地质学和沉积学的交叉学科，其系统的理论、方法和技术路线还不够完善。虽然专著中尚存有待完善之处，但我认为它仍不失为 90 年代造山带沉积地质领域一项较高水平的研究成果。值此专著出版之际，仅以此序向读者推荐，并向作者表示祝贺之忱。

殷鸿福（院士）

1997 年 3 月 26 日

作者简介 杜远生，男，1958 年 1 月出生，1982 年 1 月毕业于武汉地质学院地质系，留校任教至今。后获中国地质大学理学硕士（1989）和博士学位（1994）。主要专长为地层学（岩石地层学和非史密斯地层学）、沉积学（碳酸盐沉积学、层序地层和沉积盆地分析）与造山带沉积地质学。对秦岭造山带沉积地质学和华南克拉通地层和沉积学贡献尤多。公开发表学术论文 50 余篇，出版专著 3 部。现任中国矿物岩石地球化学学会岩相古地理专业委员会委员职务。

前 言

秦岭造山带位于华北、扬子板块之间,是通过晋宁期、加里东期—早海西期、晚海西期—印支期、后印支期多期次俯冲碰撞、造山形成的复合造山带。晚加里东期—早海西期秦岭造山带的沉积和构造格局是秦岭造山带最有争议的问题之一。具有承前启后意义的泥盆系一直是秦岭造山带沉积地质研究的关键层段。秦岭造山带泥盆系分布广泛、沉积分异明显,为其沉积地质研究提供了很好的条件。所赋存丰富的铅、锌、铜、铁、银、金、汞等多金属、贵金属矿产更给泥盆系增添了魅力。为此,在“六五”、“七五”、“八五”期间,地质矿产部、国家自然科学基金委员会和有关省局设立的多项重大项目均将泥盆系作为研究的重点之一。笔者有幸在“七五”、“八五”期间参加地矿部秦巴攻关项目和国家自然科学基金秦岭重大项目及国家教委博士学科点专项科研基金项目,从事秦岭造山带泥盆系研究,并在国家自然科学基金的资助下继续从事秦岭造山带沉积地质的深化工作。十余年来涉足甘、陕、豫、四川省二十多县市的数十条剖面,并获得四省地质矿产厅、局所属区调队、地质队和有关科研单位与高等院校众多专家学者的帮助,取得了丰富的第一手资料。本著作就是在此基础上完成的。

造山带沉积地质一直是大陆造山带研究的重要方面。然而,作为一项系统工程的造山带沉积地质学是在近十余年来逐渐完善和发展起来的。造山带沉积地质学的进步应主要归功于70年代以来沉积学、大地构造学、地层学和生物地质学的巨大进步及其在大陆造山带中的应用。尽管由于造山带自然地理条件恶劣和因后期复合造山造成地质条件困难使造山带沉积地质学研究不尽人意,但造山带沉积地质学在大陆地壳和造山带构造演化中的意义仍吸引着众多沉积地质学者投身于这方面的研究之中。本书试图提出一个完整的造山带沉积地质学研究的思想体系和技术路线,并将其付之于秦岭造山带泥盆系沉积地质学研究的实践中,给造山带沉积地质学研究以“抛砖引玉”之效。笔者期待得到国内沉积地质和造山带研究的专家学者的批评指正,以使造山带沉积地质学的理论和方法更加完善,使秦岭造山带沉积地质学研究更加深入。

秦岭造山带晚加里东期—早海西期的构造性质和构造格局以及泥盆纪的沉积盆地格局和沉积—构造演化历来是秦岭造山带争论的焦点问题之一。笔者在本书中以泥盆纪为主,并结合古生代及三叠纪的盆地格局和演化序列提出晚加

里东期—早海西期秦岭“碰撞不造山”、“造山不成熟”和“斜向碰撞”、“不规则边缘碰撞”的构造特征和演化模式，并对“闭合—碰撞—造山”提出了对应的沉积响应的论述。作者认为，上述特征在古特提斯域和华夏古陆群中具有普遍意义。这种观点有待更多的地质资料支持，更有待有关专家学者的指正，以使秦岭造山带显生宙以来沉积盆地和沉积—构造演化的认识更趋于成熟。

本书既是笔者长期从事秦岭泥盆系研究的成果积累，也采用了笔者硕士和博士论文的主要内容。在长期的秦岭造山带泥盆系野外调查和研究中曾得到殷鸿福院士、刘本培教授（博士生导师）、张国伟教授、赵锡文教授（硕士生导师）、王治平、杨逢清、陈北岳、周正国、梅志超、杨志华等教授、肖劲东副教授、曹宣铎研究员的热情关怀、指导和帮助。甘肃区调队的杨祖才、曹天绪、李克纯高级工程师，甘肃第一地质队的刘鸿章、孟宪恂、李永军高级工程师，陕西区调队的陈家义高级工程师，陕西第十三地质队的王圣语、于栓勋高级工程师，河南省地调三队张宗恒高级工程师、曾宪友工程师也给予了多方支持和热情帮助。笔者所在科研集体的龚一鸣、冯庆来、赖旭龙教授和颜佳新副教授曾与笔者共同讨论造山带沉积地质学和秦岭造山带的有关问题，提出了很好的建议。多年来与笔者在秦岭不畏艰辛、共同探索的研究生和大学生有黎观城（硕士）、陈树芳、尹占国、叶培盛、汤新红、王建军、邓安让、李凤鸣、许传军、张玉才、杨子江和顾松竹等，他们与笔者一起收集了大量的地质资料。颜佳新副教授审校了本书英文摘要。韩欣副研究员多年来帮助查阅了大量中外文献，并帮助进行诸多辅助工作，为本书完成付出许多劳动。本书图件由唐核之、张红波清绘。在此一并表示衷心感谢。

笔 者

1996年11月

目 录

第一章 造山带沉积地质学研究的理论与方法	(1)
1. “构造三论”——造山带沉积地质研究的主要指导思想	(1)
2. 造山带区域地层学	(2)
3. 造山带沉积学和盆地分析	(3)
4. 造山带大地构造沉积学	(5)
5. 造山带层序地层学	(5)
6. 造山带古地理和古海洋学	(6)
7. 造山带动力沉积学	(7)
8. 造山带沉积地质学研究的系统工程和技术路线	(7)
第二章 秦岭造山带泥盆系区域地层学	(9)
1. 北秦岭分区	(10)
2. 中秦岭分区	(12)
3. 南秦岭分区	(14)
4. 扬子北缘分区	(14)
5. 秦岭造山带泥盆系区域地层格架	(15)
第三章 秦岭造山带泥盆纪的构造和盆地格局	(17)
1. 构造特征	(17)
2. 盆地格局	(20)
第四章 秦岭造山带泥盆系沉积学	(23)
1. 眉县-南召构造沉积区泥盆系的沉积特征	(23)
2. 大草滩-黑山构造沉积区泥盆系的沉积体系	(24)
3. 礼县-柞水-桐柏构造沉积区泥盆系的沉积体系	(28)
4. 西汉水-镇安-浙川构造沉积区泥盆系的沉积体系	(38)
5. 迭部-成县-旬阳构造沉积区泥盆系的沉积体系	(52)
6. 三河口构造沉积区泥盆系的沉积体系	(59)
7. 文县构造沉积区泥盆系的沉积体系	(61)
第五章 秦岭造山带泥盆纪古地理	(69)

1. 晚加里东期的古构造和泥盆纪初期的古地形特征	(69)
2. 早泥盆世的古地理 (图 5-1、2、3)	(69)
3. 中泥盆世的古地理 (图 5-4、5)	(71)
4. 晚泥盆世的古地理 (图 5-6、7)	(73)
第六章 秦岭及邻区泥盆纪的古海洋格局	(76)
1. 沉积相和古地理的主要结论	(76)
2. 生物古地理特征	(77)
3. 秦岭及邻区古地磁特征	(78)
4. 古岩浆活动及其构造环境分析	(80)
5. 秦岭泥盆纪古海洋再造 (图 6-3)	(80)
第七章 秦岭造山带泥盆纪的地层层序及控制机理	(83)
1. 造山带层序地层分析的可行性和局限性	(83)
2. 中秦岭微板块小型克拉通盆地泥盆系的 SC 型地层层序	(84)
3. 西秦岭同造山盆地及邻区泥盆系的 TC 型地层层序	(88)
4. 东秦岭同造山盆地及邻区泥盆系的 TC 型地层层序	(90)
5. 南秦岭摩天岭地区的 STC 型地层层序	(93)
第八章 秦岭造山带泥盆系动力沉积学分析	(96)
1. 造山带动力沉积学研究综述	(96)
2. 西秦岭泥盆纪前陆盆地的动力沉积学特征	(97)
第九章 秦岭造山带晚加里东期—早海西期的沉积与构造演化	(105)
1. 加里东期“南张北压”的盆地和构造格局	(106)
2. 加里东末期—海西早期的盆地和构造格局	(106)
3. 秦岭晚加里东期—早海西期碰撞造山过程及其沉积响应	(108)
结 语	(110)
主要参考文献	(113)
英文摘要	(120)

造山带沉积地质学研究的理论与方法

大陆造山带研究一直是现代地质学研究的热点之一，其中心正集中在造山带结构（三维几何模型）、演化（造山过程）和动力学等方面。造山带沉积地质学是造山带研究的重要方面，被誉为近年来继层序地层学之后，沉积地质学领域又一次 Benchmark 式的跃进。造山带沉积地质学融造山带区域地层学、沉积学、大地构造学、生物地质学及地球物理、地球化学为一体，以造山带构造为背景，以岩石圈动力学为成因解释基础，探讨造山带沉积盆地形成和展布，内部物质组成、发展和演化特征，重溯造山带古地理、古海洋、古构造格局及岩石圈动力学特征。70 年代以来，随着板块学说、地体学说（Irwin, 1972）和板块背景下沉积盆地分类（Dickinson, 1974）在大陆造山带研究中的应用和推广，与之伴生的造山带沉积地质学研究也日趋深入，提出了一系列不同于传统地层学、沉积学和历史大地构造学的新的地质思维和方法论。

造山带沉积地质学不同于传统的地层学。它不再仅仅限于地层单位的建立和年代的划定而更侧重于地层的原始位、态、序和地层时空格架的研究。它精细地研究地层单位的各种物质属性，确定不同地质单元的岩石和年代地层格架及地层系统，为沉积学和构造学研究打下坚实基础。

造山带沉积地质学不同于传统的沉积学。它不仅仅限于各沉积单元的沉积组分、沉积环境和古地理的研究，而更侧重于各单元沉积体系及其组构方式—沉积构型的研究，进而恢复沉积盆地的形成、演化过程，重溯其古地理、古海洋、古构造格局。

造山带沉积地质学不同于传统的历史大地构造学。它不仅仅限于对沉积建造及其大地构造性质的研究，而是借鉴 70 年代以来沉积盆地分析的理论和方法，以沉积体系为单元，以沉积构型及充填层序为主要研究内容，结合构造背景、岩浆活动等，从盆地沉积的空间格架和充填序列上探讨盆地形成演化历程，进而探讨其岩石圈动力学特征。

造山带沉积地质学不同于克拉通等稳定盆地的沉积地质学。它首先要区别和划分造山带内不同构造背景下的沉积盆地并恢复其盆地原型和展布特征及盆地间的有机联系，进而根据各盆地残存的物质记录恢复盆地的沉积物组成、沉积体系和沉积构型及充填序列，最后进行各盆地之间的综合对比，以探讨造山带盆地的古地理、古海洋、构造机制和演化特征。

1. “构造三论”——造山带沉积地质研究的主要指导思想

大地构造活动论、大地构造单元论和构造演化阶段论（简称“构造三论”）是王鸿祯院

士80年代以来一直倡导的大地构造观(王鸿祯, 1981, 1982; 王鸿祯等, 1986, 1990), 是历史大地构造学的理论精华。在造山带沉积地质研究中, “构造三论”无疑是最重要的学术指导思想。造山带沉积盆地与克拉通盆地不同, 它是经后期造山运动改造消失了的盆地。盆地的原型、盆地充填物的原始位、态、序和相互关系、甚至各地质单元之间的相互关系都变得支离破碎而模糊不清了。由于后期构造影响, 盆地内原始地层顺序多不复存在, 盆地内沉积物受区域变质和热动力变质影响而使其岩石组分、结构、构造受到或多或少的改造和破坏。同时造山带盆地的侧向不稳定而造成盆内沉积物岩相、厚度侧向变化剧烈。所以在造山带沉积地质研究中, 更应坚持以“构造三论”为指导。坚持大地构造活动论和大地构造单元论, 就是以活动论的观点为指导, 识别和划分造山带不同的大地构造单元和不同大地构造背景下的沉积盆地, 恢复盆地原型和构造格局。坚持构造演化阶段论, 就是以大地构造演化的观点为指导, 划分造山带的构造演化阶段, 进而确定造山带不同构造阶段的盆地格局和盆地演化系列, 恢复造山带沉积和构造演化历史。秦岭造山带是一个多阶段的复合造山带。该造山带形成演化经历了晋宁期、加里东期—早海西期、晚海西期—印支期、后印支期几个大的构造阶段, 不同构造阶段具有不同的沉积盆地格局, 不同的构造单元经历了不同的盆地演化序列。在古生代, 秦岭造山带及邻区存在着“三块两线”的构造格局(张国伟等, 1995), 即以商(南)丹(凤)—德(欠)武(山)主缝合线和勉(县)略(阳)—巴山弧主缝合线为界分隔华北板块、秦岭微板块和扬子板块三大块体。这种格局决定了秦岭造山带古生代的构造地层分区、沉积盆地格局和大地构造单元。

2. 造山带区域地层学

由于大陆造山带受区域构造和区域变质影响, 原始地层通常受到强烈褶皱、冲断、剪切, 形成地层的位移并发生不同程度的变质作用, 尤其是构造混杂作用把不同背景、不同时代的地层无序地堆置在一起, 使传统的地层学原理, 如地层叠覆律(Steno, 1668)、生物顺序律(Smith, 1796)在造山带地层研究中遇到了严重困难。许靖华提出和倡导以非史密斯地层学方法进行造山带地层研究, 但目前尚未见系统理论和成果论述。国内近年来对非史密斯地层的讨论颇热。冯庆来(1993)提出了造山带史密斯型、非史密斯型和有限史密斯型三种地层类型, 将非史密斯地层的研究成功地应用于三江造山带的地层实践中(冯庆来等, 1996; 刘本培, 冯庆来等, 1994)。罗建宁(1994)根据地层、沉积和构造的复合效应将造山带地层分为沉积-地层、构造-地层、构造-岩石和构造-混杂岩四种体型, 论述了造山带地层的研究方法。王乃文(1994)也从理论上探讨了非史密斯地层学的概念、研究内容和方法。根据地层的时序性。笔者(1995)把造山带地层归纳为有序、准有序和无序三种类型, 并探讨了其研究的技术手段。同时根据其成因进一步确定了造山带史密斯地层和非史密斯地层(包括构造沉积岩型、构造变质岩型和构造混杂岩型)的分布范围、研究内容和主要技术手段。之后, 龚一鸣、杜远生、冯庆来等(1996)对非史密斯地层问题进行了更系统的讨论, 以构造层次进一步明确了非史密斯地层的分类, 并结合我国几个主要造山带的研究经验, 拟定了造山带非史密斯地层的研究内容、方法和技术路线, 本书不再重复论述。

史密斯地层是指适用于上述传统地层学、沉积学原理的相对规整有序的地层, 主要分布在大陆克拉通和造山带内稳定地块的弱变形地区。而非史密斯地层则为强变形的无序的

地层,主要分布在大陆造山带,包括陆内造山带的构造活动区。狭义的非史密斯地层系指构造杂岩,而广义的非史密斯地层包括三种类型:一是受变形改造的原始无序和低序的沉积地层;二是受强烈变形变质的层状变质地层;三是构造混杂岩地层。至于正变质或混合岩化的假层状、块状变质地层虽属广义地层范畴,但以非史密斯地层有序化为主要目标的非史密斯地层学暂不涉及之。

造山带内稳定地块(小型克拉通、洋岛、海山等)的史密斯型地层,基本适用于传统地层学原理,其研究内容与大陆克拉通区的大致相同(杜远生、陈林洲,1994),包括地层的物质属性(岩石学特征、古生物学特征、厚度和体态、地层结构和接触关系)、地层单位、地层成因、地层时代和地层格架等。

造山带变形的原生无序和低序的沉积岩型非史密斯地层主要发育在造山带古地形、古地理复杂的区域,如古地垒-地堑式的孤立台地或古岛区、同造山盆地(前陆盆地、残余盆地)区。过去对该非史密斯地层研究较少。笔者等在西秦岭泥盆系研究中以沉积学、微体古生物学和平衡剖面方法建立了该区的地质系统和可能原始位态关系。此类非史密斯地层的突破应着重于以下几方面:①微体古生物定时;②同沉积构造、古地形判断;③地层和沉积成因格架的恢复;④后期构造变形的复原。最终达到再造地层的原始位、态、时、序关系。

造山带内构造变形的层状变质地层分布最广,褶皱、冲断作用使原始地层顺序紊乱,但在一定区段仍能保持相对连续性。构造地层学(structural stratigraphy)的研究方法是解决此类非史密斯地层有序化的主要手段,竺国强(1985)、单文琅等(1991)和房立民等(1991)都论述了这种方法,并提出岩组、岩群、岩段的构造地层单位划分方案。平衡剖面技术的应用是恢复此非史密斯地层原始位态的最新手段,而目前更进一步的工作是建立不同构造地层单位内部的原始地层系统和位态关系,开掘其潜在的地层、沉积和构造信息。因此,构造层状变质地层的非史密斯地层的有序化应着重于下列工作:①构造地层单位的建立;②用平衡剖面确立不同地层单元原始位态;③微体古生物、沉积学的结合建立地层单位和地层系统;④开发潜在的地层学、沉积学、古地理、古海洋、古构造信息。

造山带内构造混杂岩型的非史密斯地层是指强烈变形、变质及构造混杂作用使原始地层的位、态、序完全丧失,通常以“杂岩”和“构造杂岩”表示,目前主要采用斑点地层学尤其是微体古生物地层学、同位素年龄测定确定其大致时代;通过变质岩原岩恢复和岩石地球化学方法确定原岩组分、成因和构造性质;应用大地构造沉积学、地层学的思想恢复原型盆地性质、规模和大地构造背景。应深化的工作为混杂岩中原地、异地系统的区别、定时和相对位态的恢复。

3. 造山带沉积学和盆地分析

沉积学是造山带沉积地质学研究的核心。它主要是通过造山带各地层单元的宏观和微观的沉积特征(参数),通过综合分析,确定其岩相和微相,恢复沉积相和沉积环境,建立其沉积体系和沉积构型。与传统沉积学及克拉通盆地沉积学不同的是,造山带沉积学更注重:①确定不同的构造背景和盆地格局控制下的构造分区及各区之间的相互关系;②注重岩相和沉积相之间相互关系和三维相组合,即沉积体系的研究,以沉积体系为单元进行沉积构型研究,从而贯穿盆地分析中时-空格架体系的思想。

比较分析(类比分析)是沉积学乃至整个地质学领域最重要的指导思想,是现实主义原理的具体应用。它是根据地质作用过程在地质演化中的再现性,将古、今相关的地质作用进行类比。龚一鸣(1992)提出了将今论古、将古论古、将古论今、将地比天、将天比地的广泛类比思想,对造山带沉积地质学有一定启示意义。但在造山带研究中,应切实注意古今地质作用的不现实性和不可比性,如古今同类环境内的物理、化学和生物条件(氧逸度、盐度、酸碱度、生物类别和丰度等)的不同,古今同类环境的构造背景、地形、气候等外部条件的差异等。

事件沉积学是随突变论和新灾变论兴起而产生的新沉积学分支。沉积作用通常是以均变和突变的方式共存交叉产生的,既有在均变条件下产生的背景沉积,也有在突变条件下产生的事件沉积(如重力流沉积、风暴沉积),二者常常以互层、夹层方式共存。事件沉积在造山带盆地中尤为常见,因此应引起足够重视。

动态沉积学是不可忽视的沉积学研究方法。沉积作用是一个受外动力和内动力作用的不断发展变化的过程。因此在沉积学分析中应时刻考虑在沉积作用过程中外动力作用(介质性质、海平面变化、古气候、物源供给等)和内动力作用(表现基底构造活动性,区域性张、压、扭及其产生的盆地基底的升降、张压的变化)对沉积物和沉积体的影响。

盆地分析是80年代沉积学领域诞生的新学科分支,在克拉通和陆内断陷盆地研究中取得了成功的经验,形成一套完整的理论体系和技术路线。Dickinson(1974)的板块背景下的盆地分类为造山带盆地分析提供了一个很好的理论框架。近年来,造山带盆地研究也取得了可喜成果(刘宝珺等,1993;Einsele等,1993;徐强等,1993)。

造山带盆地是受后期构造影响盆地原型消失了的盆地,因此在造山带盆地研究中,首先要确定不同构造阶段、不同构造背景下的盆地类型和组合关系。造山带盆地中,部分盆地基本保持了原始分布型式(如被动大陆边缘盆地、裂谷盆地、前陆盆地等),而有的盆地原始分布型式已面目全非了(如活动大陆边缘盆地、大洋盆地),甚至只剩下残留的块体(蛇绿构造混杂岩)。因此在造山带盆地恢复中,仍应遵循李思田等(1983,1988,1989)倡导的整体分析、综合分析、背景分析和演化分析的指导思想。所谓整体分析,是以整体的眼光看待造山带盆地研究,将盆内各种沉积体系、造山带内不同类型盆地联系成一个巨型的沉积系统进行整体考虑。背景分析则是在整个研究中始终密切结合造山带不同构造地层单元、不同演化阶段所处的大地构造背景以及全球古气候和海平面变化因素。综合分析采用地层学、沉积学、构造地质学、生物地质学、地球物理和地球化学等多重手段进行盆地物质组成、结构和充填序列及盆地形成演化的综合分析。演化分析则是从盆地形成、发展的时间系列上探讨盆地演化历程,认识盆地的时空格架。

造山带盆地分析的内容和技术路线与克拉通和陆内断陷盆地分析的内容和技术路线是一致的,不同之处在于盆地边界和原型恢复更要考虑后期构造的改造,甚至要利用古地磁、构造地球化学资料论证盆地大小、位置和构造背景。造山带盆地分析包括以下内容:①利用区域地层学、沉积学、大地构造学、生物古地理、古地磁及构造地球化学等来划分不同阶段的盆地类型和空间展布以及盆地演化序列;②各盆地的物质组成单元(地层、岩相、沉积体系、沉积体系域)的时空展布、三维构型和充填序列;③盆地充填物的物源区性质和展布、古流向和古斜坡性质和展布;④盆地残存和消失的边界性质、展布的确定和恢复;⑤盆内和盆缘构造性质的确定,盆地原始规模、方位、展布及盆间相互关系的恢复;⑥盆地及邻区同沉积构造活动和岩浆作用及其对盆地沉积物的可能影响;⑦盆地沉降速率和沉降机制分析;

⑧盆地形成演化的岩石圈动力学及构造解释。

4. 造山带大地构造沉积学

大地构造沉积学是沉积学和大地构造学结合的产物,它属于历史大地构造学和宏观沉积学的范畴,因此它随着大地构造理论的不断变革而发展。60年代以前,大地构造沉积学以槽台学说为指导,侧重于沉积建造(如复理石建造、磨拉石建造等)与槽、台物质组成、构造演化的关系研究。60年代以后,随着板块学说、裂谷及地体理论的提出而更新,形成了板块构造与沉积盆地(Dickinson, 1974)、活动论的历史大地构造学(王鸿祯, 1978, 1979)、板块沉积学(龚一鸣、刘本培, 1992)的新方向。现代的大地构造沉积学也大致沿着三个方向在前进。一是以物质组分单元(沉积建造或沉积组合)为对象,进行大地构造研究。国内代表性的学者包括王鸿祯(1978, 1979)以沉积组合和板块构造的相互关系和孟祥化(1979, 1987)对沉积建造和板块构造的关系为主要内容的活动论历史大地构造观;二是以沉积作用为研究对象,对板块构造与沉积作用的关系进行研究(龚一鸣、刘本培, 1992)。三是以沉积盆地(包括盆地的沉积体系、构型、充填序列等)分析进行大地构造研究(如 Dickinson, 1974; Miall, 1990; 李思田等, 1989等)。后者是当前国内外大地构造沉积学领域的主要发展方向。笔者认为,有必要建立一套大地构造沉积相的新概念。现行的沉积相分类方案被普遍应用于不同背景的沉积盆地中。但仔细研究起来,这套以被动大陆边缘、稳定型内陆盆地等划分的相分类方案难以准确地应用于其它盆地中。例如,被动大陆边缘的斜坡相与裂谷盆地、拉分盆地、活动大陆边缘盆地、前陆盆地的斜坡相无论在环境特点还是在相组成上都有明显差异。因此应该力图建立不同构造背景的沉积盆地的沉积相分类和相构型模式。由于这种相分类的前提是大地构造背景,故称之为构造沉积相。尽管如此必要,但目前尚不能形成这种完整的分类体系。因此,本书中仅进行了研究区的沉积盆地分类,尚未对各盆地的大地构造沉积相进行深入探讨。

5. 造山带层序地层学

以被动大陆边缘、克拉通盆地的地震地层、测井、钻孔岩芯及露头研究为基础产生的层序地层学已取得了丰硕成果。近年来国内外露头层序地层研究呈飞速发展之势,并积累了越来越多的成果。然而造山带及活动型盆地(如裂谷盆地、前陆盆地、活动大陆边缘盆地)的层序地层研究才刚刚起步。Lucchi (1986)、Brett 等 (1990)、Trexler (1990)等对前陆盆地层序地层的研究可谓开拓了同造山盆地层序地层研究的新领域。笔者根据西秦岭泥盆系层序地层研究,依据控制层序构成的主控因素将造山带地层层序划分为以下三种类型:①海平面变化控制型层序(SC型),其主要见于中秦岭小型克拉通盆地,其层序构成与笔者等(1996)在黔、桂稳定区泥盆系层序构成大致相似;②构造控制型层序(TC型),主要见于中秦岭北部前陆盆地拗陷带、反弹带和南秦岭裂陷槽盆地,其层序发育与克拉通区明显不同,主要受盆地基底构造活动性质和幅度控制;③复合型层序(STC型),见于南秦岭摩天岭地体的泥盆系中,受区域海平面变化和盆地基底构造活动复合控制。笔者认为,在造山带张性盆地

(如裂谷盆地)中,层序以递深式的组合序列为特征,而在压性盆地(如前陆盆地、残余盆地)中,层序以递浅式的组合序列为特征。不同类型的盆地层序的岩相特征、沉积体系和沉积体系域的构成和组构方式、层序界面特征具显著差异,据此可以揭示盆地形成、演化及其构造背景。

6. 造山带古地理和古海洋学

造山带古地理和古海洋研究是造山带沉积地质研究的重要方面,它可以揭示造山带沉积的空间展布和古海洋格局。造山带古地理,不论是沉积古地理还是构造古地理,与研究克拉通区的古地理存在很大不同。克拉通区通常受后期构造影响微弱,一般各古地理单元的物质记录比较完整,同时克拉通区一般为相对完整的、连续的沉积盆地,其古地理格局的整体性和统一性比较好。而造山带地区则不同,首先造山带盆地通常由不同类型的盆地复合而成,这些盆地各自具有独特的古地理单元;同时,这些盆地内部,尤其是盆地之间受构造破坏,其古地理面貌和沉积盆地原型已经面目全非了。因此造山带古地理的恢复远比稳定克拉通盆地的古地理恢复要复杂得多。它不仅要考虑不同沉积区的沉积特征、生物面貌,还要考虑构造,尤其是大的控制性断裂构造的破坏,必要时还需参考古地磁等地球物理资料。

地层的沉积特征是古地理分析的最重要的基础资料。它不仅包括典型剖面的沉积相和沉积体系特征,也包括研究区不同地理单元的沉积相或沉积体系特征。只有掌握了研究区足够剖面或观察点的沉积学信息,才能更好的恢复其沉积古地理。

地层的生物学特征也是古地理分析的重要方面。不同的古地理单元,具有不同的物理的、化学的、生物的环境条件或生物生活条件,形成不同的生物组合类型。利用这些生物组合类型及其它生物学特征(如生物丰度、分异性、生态特征和保存状态等)去恢复古地理通常能达到很好的效果。

构造因素在造山带古地理分析中通常具有特别重要的意义,原因在于一些断裂,尤其是大的控制性断裂通常造成相当规模古地理单元的缺失,形成沉积相、古地理的不连续。识别这种构造缺失以帮助恢复失掉的古地理单元是十分必要的。进一步说,当今造山带古地理研究通常与指导性的大地构造理论相结合,尤其与板块学说等活动论大地构造理论结合已成为当代造山带古地理的一大特色。正确认识造山带的大地构造格局,划分不同的沉积盆地是至关重要的。因此无论从小构造(structure)的角度,还是从大构造(tectonic)的角度,构造分析都是造山带古地理研究的重要内容。

古海洋学研究始于现存大洋的古海洋研究。其研究对象是现在洋底的地层和沉积物,其主要标志为地球深部取样联合海洋研究所实施的 DSDP(深海钻探计划,1968—1983 年 96 航次)和 ODP(大洋钻探计划,1985 至今)计划。而大陆上已消失的古海洋的研究方兴未艾。国家自然科学基金重大项目“秦岭造山带的岩石圈结构、演化及成矿背景”项目设立了“秦岭造山带显生宙古海洋演化”的子项目,开拓了大陆造山带古海洋学的系统研究。

由于造山带古海洋受后期构造运动影响而消失;古海洋原型、古海水、古海洋生物已不复存在,只有残存的古海洋地层、沉积物和少量的生物化石,因此造山带古海洋学研究不完全等同于现存大洋的古海洋学。其首要任务是利用构造地层学、沉积古地理、生物古地理、古地磁、古岩浆作用、构造地球化学等进行综合分析,恢复古海洋盆地的规模、展布、性质

和大地构造背景。其次,造山带古海洋学研究重点不像现存大洋古海洋学研究侧重于海水介质动力学、物理化学、沉积物和生物生产率及相互关系,而更侧重于古海洋有限的地层、沉积、生物化石记录的研究以恢复盆地性质、格局和演化特征。因此造山带古海洋学研究主要包括以下内容:①控制古海洋盆地的区域性构造,尤其是区域性断裂的性质、展布及控盆意义;②古海洋地层分布、地层时空格架;③古海洋盆地相或沉积体系、沉积构型、沉积充填序列和沉积古地理;④古海洋盆地内部的生物化石、生物环境、生物古地理;⑤盆内和盆缘的古岩浆活动性质、规模、展布及其与盆地的相互作用;⑥古海洋盆地的再造和古海洋图的编制等。

7. 造山带动力沉积学

从沉积盆地的沉积物组分、沉积体系和构型、充填序列及构造、岩浆作用分析,恢复盆地形成演化的动力学状态是现代沉积盆地分析的一个新方向,并形成动力地层学或动力沉积学的新领域。对造山带而言,通过造山带沉积盆地的各种沉积地质特征,结合构造作用、岩浆活动、地球物理、地球化学等特征综合分析,恢复造山带沉积盆地的岩石圈动力状态,也成为造山带沉积地质学乃至大陆造山带研究的一个新领域和新方向。80—90年代,造山带盆地,尤其是前陆盆地等同造山盆地的动力沉积学研究成果颇丰。但造山带盆地的动力沉积学研究与大陆克拉通盆地相比还存在很大距离。结合笔者近年来的科研实践,现将造山带动力沉积学研究归纳为如下几个方面(参见杜远生等,1995a、b):①造山带沉积盆地的划分,盆地原型及盆地间相互关系的确定;②盆内物质组分及其物源分析(如 Dickinson 等, 1979, 1980, 1984; Schwab, 1986);③盆地沉积体系和沉积构型分析(如 Lucch, 1986; Homewood 等, 1986; Wuellner 等, 1986);④盆地古地理和古流体系分析(如 Ermmann, 1989);⑤盆地地层层序,尤其是构造层序的研究(如 Lucchi, 1986; Brett 等, 1990; Blait 和 Bilodeau, 1988);⑥盆地沉降分析(Beaumont, 1981, 1987; Quinlan 和 Beaumont, 1984; Cross, 1986; 徐强等, 1993);⑦盆地的动力模拟和动力演化模式(Beaumont, 1981; Jordan, 1981; Quinlan 和 Beaumont, 1984)。

8. 造山带沉积地质学研究的系统工程和技术路线

造山带沉积地质学研究涉及造山带地层、沉积、大地构造、地球物理、地球化学等学科的诸方面,是一项复杂的系统工程。研究中包括各不同层次的系统和综合研究(图1-1)。

第一层次包括地层、构造、沉积3个子系统,分别确立造山带区域地层格架、造山带沉积盆地格局及大地构造沉积相、造山带盆地的岩相-沉积相-沉积体系-沉积构型即造山带盆地的沉积时空格架。第二层次包括地层和沉积子系统的结合,确定造山带盆地的地层层序或充填序列及盆地演化。沉积和构造子系统的结合,确定盆地的古地理、古海洋格局。第三层次为上述3个子系统的结合,在第二层次研究的基础上确定造山带盆地的动力沉积学特征,重塑盆地形成、演化的岩石圈动力学特征。

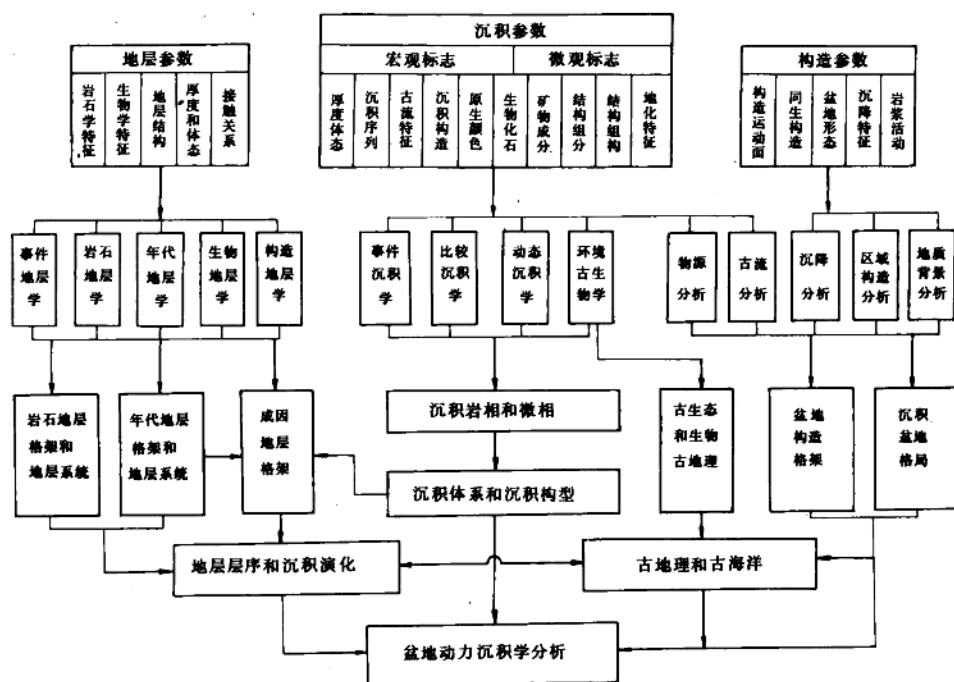


图 1-1 造山带沉积盆地沉积地质学和动力沉积学研究技术路线图

Fig.1-1 Diagram showing research paths for sedimentary Geology and Dynamic sedimentology of sedimentary basin in orogenic belts

秦岭造山带泥盆系区域地层学

秦岭造山带泥盆系分布广泛, 沉积分异显著。其地层分区属华北、秦岭和扬子三个地层区。其中秦岭区, 依泥盆纪的古构造、古地理及其对地层的控制作用进一步分为北秦岭、中秦岭和南秦岭三个构造地层分区和若干小区(表2-1, 图2-1)。北秦岭和中秦岭的分区界线位于著名的商(南)丹(凤)断裂, 其向西经唐藏接甘肃武山-德欠断裂, 向东经西坪、桐柏与信阳断裂相连。中秦岭与南秦岭分区界线为著名的勉(县)略(阳)古缝合线, 其向西经康县、塔藏与玛曲断裂相连, 其向东过巴山弧延至襄樊-随州一带。上述两线, 北线以商丹蛇绿岩为标志, 代表加里东晚期俯冲、碰撞的古缝合线, 南线以勉略蛇绿岩为标志, 代表海西期到印支期逐渐闭合、碰撞的古缝合线。其间为中秦岭微板块或中秦岭微陆块群。两线南北两侧分别为扬子、华北两板块的大陆边缘。

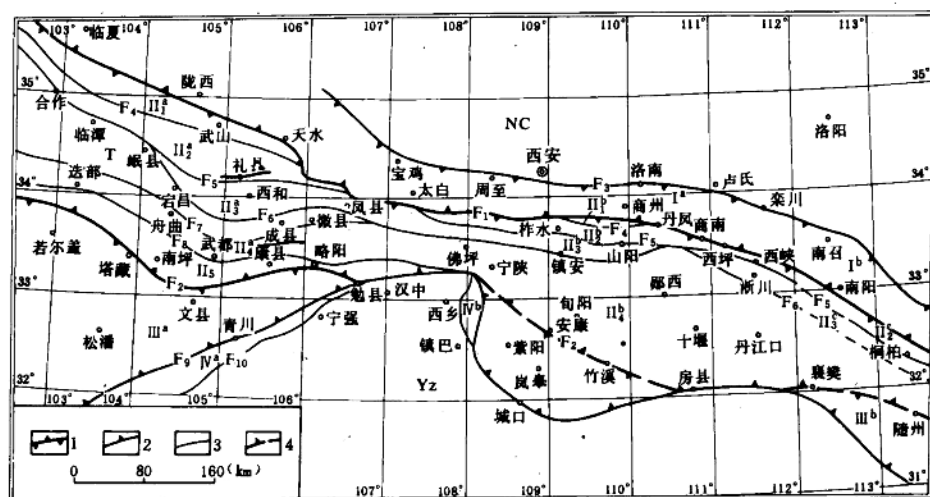


图2-1 秦岭造山带泥盆纪大地构造背景和构造地层分区图

Fig. 2-1 The tectonic setting and tectono-stratigraphic provincialism of Devonian in Qinling Orogenic belt

1. 超岩石圈断裂, 2. 秦岭造山带边界断裂, 3. 区域性断裂, 4. 推测断裂, 地层分区见表2-1, T为中秦岭三叠系分布区, F₁-F₁₀见第三章。

表 2-1 秦岭造山带泥盆系地层分区和大地构造背景

Table 2-1 Stratigraphic provincialism and tectonic setting of the Devonian in Qinling orogenic belt

地层区	地层分区	地层小区	相 带			构造背景
			西秦岭	陕南东秦岭	豫鄂东秦岭	
华北区 NC						
秦岭区	北秦岭分区 I	眉县-南召小区 (I)		眉县-蟒岭相带 (I ^a)	南召相带 (I ^b)	华北板块南部大陆边缘盆地
	中秦岭分区 II	大草滩-黑山小区 (II ₁)	大草滩相带 (II ₁ ^a)	黑山相带 (II ₁ ^b)	~	秦岭微板块北缘同造山盆地
		礼县-柞水-桐柏小区 (II ₂)	舒家坝相带 (II ₂ ^a)	刘岭相带 (II ₂ ^b)	桐柏相带 (II ₂ ^c)	
		西汉水-镇安-浙川小区 (II ₃)	西汉水相带 (II ₃ ^a)	镇安相带 (II ₃ ^b)	浙川相带 (II ₃ ^c)	秦岭微板块
		迭部-成县-旬阳小区 (II ₄)	迭部-成县相带 (II ₄ ^a)	旬阳相带 (II ₄ ^b)		
		三河口小区 (II ₅)	三河口相带 (II ₅ ^a)			裂陷槽盆地
	南秦岭分区 III	文县-随南小区 (III)	文县相带 (III ^a)		随南相带 (III ^b)	扬子板块北部大陆边缘盆地
扬子区 YZ	IV	龙门山-下高川小区 (IV)	龙门山相带 (IV ^a)	下高川相带 (IV ^b)		

泥盆纪时期, 华北板块主体仍处于古陆剥蚀状态, 没有接受沉积。其南缘的北秦岭区, 直到近年才发现零星的泥盆系出露 (曹宣铎等, 1990, 1994; 金守文, 1991), 其准确时代尚有疑问。根据区域地层对比, 笔者暂将其归于泥盆纪海侵最广泛、北秦岭挤压、碰撞形成拗陷最深的吉维特晚期—弗拉斯期。中、南秦岭及扬子北缘泥盆系分布广泛, 沉积分异明显 (表 2-2), 现仅扼要简述其地层发育和特征。

1. 北秦岭分区

北秦岭分区泥盆系首先由曹宣铎等 (1990)、金守文 (1991) 分别确定, 在陕西东秦岭眉县、户县一带甘峪组、洛南—丹凤一带云架山群上部月牙沟组、干江河组均获保存不好的泥盆纪的珊瑚、层孔虫化石 (曹宣铎, 1990), 如 *Crassialveolites*?, *Paramphipora*?, *Taeniostroma*? 及 *Oculipora*? 等, 这套碎屑岩 (干江河组) 和碳酸盐 (月牙沟组) 地层以不整合覆于下古生界丹凤群之上, 对认识北秦岭的古地理和古构造具有重要意义。河南东秦岭泥盆系分布在南召一带, 金守文 (1991) 命名为柿竹园组, 为夹持在二朗坪群和宽坪群之间的构造岩片。其岩性以变质碎屑岩为主, 夹少量结晶灰岩和大理岩, 内获较多的泥盆纪孢子化石。化石面貌与高联达 (1988) 在信阳群南湾组所获的泥盆纪孢子化石类似。与柿竹园组相当的地层中具不稳定的底砾岩, 内且有下伏二朗坪群的细碧角斑岩砾石, 反映其不整合于二朗坪群之上, 代表一个重要的晚加里东期的构造运动面。上述两处泥盆纪地层, 均为构造变质岩型的非史密斯地层。虽然目前不能准确地确立其地层层序和地层时代, 但仍能反映其明显的沉积学和大地构造意义。