

# 扬子地块西北缘后龙门山南华纪—早古生代 沉积地层特征及其形成环境

李佐臣<sup>1,2</sup>, 裴先治<sup>1,2</sup>, 刘战庆<sup>2</sup>, 李瑞保<sup>1,2</sup>, 董平<sup>2</sup>,  
张晓飞<sup>2</sup>, 陈国超<sup>2</sup>, 刘智刚<sup>2</sup>, 陈有炳<sup>2</sup>, 王学良<sup>2</sup>

(1 长安大学 西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710054;

2 长安大学 地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 通过对扬子地块西北缘后龙门山构造带南华纪—早古生代沉积地层的分析研究, 综合运用岩石学、沉积特征分析的手段, 结合与前龙门山构造带、碧口地块、米仓山构造带和汉南地块的沉积特征对比, 探讨后龙门山构造带南华纪—早古生代的沉积环境, 查明其形成环境。结果表明: 在南华纪—早古生代后龙门山构造带沉积环境可分为南华纪—震旦纪裂解—稳定沉积和早古生代伸展裂陷沉积两个阶段, 其中在早古生代伸展裂陷阶段后龙门山构造带经历了裂解→抬升→局部裂解→抬升→裂解的反复过程, 最终形成了志留系茂县群裂陷槽沉积, 主要沉积了一套代表伸展裂陷环境的沉积岩系, 并有少量的陆内火山岩系。研究结果进一步证实, 龙门山构造带在南华纪—早古生代总体是一个陆内裂谷带, 不发育与古缝合线相关的构造混杂岩和蛇绿混杂岩带, 是在陆内裂谷的基础上于印支期—燕山期形成的陆内造山带。

**关键词:** 扬子地块西北缘; 后龙门山构造带; 南华纪—早古生代; 沉积环境; 裂陷槽

**中图分类号:** P54; P53 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2011)02-0117-08

## Characteristics of Sedimentary Strata and Their Forming Environments of Nanhuan Period-Early Paleozoic of Back-Longmenshan in the Northwest Margin of Yangtze Block

LI Zuo-chen<sup>1,2</sup>, PEI Xian-zhi<sup>1,2</sup>, LIU Zhan-qing<sup>2</sup>, LI Rui-bao<sup>1,2</sup>, DING Sa-ping<sup>2</sup>,  
ZHANG Xiao-fei<sup>2</sup>, CHEN Guo-chao<sup>2</sup>, LIU Zhi-gang<sup>2</sup>, CHEN You-xin<sup>2</sup>, WANG Xue-liang<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Western Mineral Resources and Geological Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 2. School of Earth Sciences and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract** Through the research on sedimentary strata of Nanhuan Period-Early Paleozoic of Back-Longmenshan tectonic belt in the northwest margin of Yangtze Block with the methods of petrology and sedimentary strata, the sedimentary and forming environments of Nanhuan Period-Early Paleozoic of Back-Longmenshan tectonic belt were discussed based on the contrast of sedimentary characteristics of Fore-Longmenshan tectonic belt, Bikou Block, Micangshan tectonic belt and Hannan Block. The results indicated that the sedimentary environments of Nanhuan Period-Early Paleozoic of Back-Longmenshan tectonic belt could be divided into two stages including the division-stable stage of Nanhuan-Sinian Period and the extension and division-collapse stage of Early Paleozoic. Back-Longmenshan tectonic belt had the repetitive process of divergence→lifting→partial divergence→lifting→divergence during the extension and division-collapse stage of Early Paleozoic; aulacogen sedimentary in Maoxian Group of Silurian System, which represented the extension and division-collapse environment, was eventually formed, and there was a little intra-continental volcanic rocks. The results further confirmed that Back-Longmenshan tectonic belt in general was an intra-continental rift belt during Nanhua Period-Early Paleozoic and an intra-continental

收稿日期: 2010-07-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(40972136; 40572121; 40234041); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(CHD2009JC046; CHD2009JC053; CHD2009JC070); 中国石油化工股份有限公司海相前瞻性研究项目(YPH08006)

作者简介: 李佐臣(1979-), 男, 陕西岐山人, 讲师, 理学博士, 从事构造地质学和区域地质学研究。E-mail: lizuo-chen@chd.edu.cn

orogenic belt based on the intra-continental aulacogen in Indosinian-Yanshanian Period and did not develop tectonic and ophiolitic melange belts related with the ancient suture.

**Key words:** northwest margin of Yangtze Block; Back-Longmenshan tectonic belt; Nanhuan Period-Early Paleozoic; sedimentary environment; aulacogen

## 0 引言

沉积作用与大地构造的关系一直是沉积学家和构造地质学家关注的焦点,也是沉积地质学研究的主要内容<sup>[1]</sup>。沉积盆地与造山带是地球动力学作用下统一的相互密切联系的两个方面,造山带可看作沉积盆地演化的最终产物。深入研究沉积盆地,有助于解决造山带结构与造山作用过程研究中所遇到的一些难题,是恢复造山带地区地层序列、岩相古地理的最有效、最基础的方法<sup>[2-5]</sup>。

后龙门山构造带位于川陕甘交界地区,处于上扬子地块、碧口地块、松潘—甘孜造山带、东西秦岭造山带交界区域,是中国大陆构造中的主要构造结之一,也是青藏高原东部边缘地带诸多地块和不同类型造山带汇聚交接地区,具有复杂的构造图像和拼合历史,是研究中国大陆构造和大陆动力学的关键地区<sup>[5-11]</sup>。

前人对后龙门山构造带的沉积环境和演化背景缺乏系统深入的研究,主要局限于区域地质调查<sup>[12-21]</sup>,大多进行的是地层划分和地层对比研究,这样就制约了对恢复后龙门山构造带古地理特征、沉积背景的分析研究。因此,对其物质组成进行岩石学、沉积特征分析研究,对于恢复研究区的沉积环境和查明其演化过程具有重要意义。

## 1 区域地质背景

龙门山造山带为一陆内复合造山带<sup>[7, 22-27]</sup>,位于扬子地块西北缘,南侧为川西前陆盆地和汉南—米仓山构造带,北侧为碧口地块,北东侧以勉略带与南秦岭造山带相邻,西缘为松潘—甘孜造山带,主要发育 3 条平行的北东向断裂带,西界断裂为青川—阳平关断裂(南段为茂县—汶川断裂),东界断裂为安县—都江堰断裂,北川—映秀断裂是龙门山陆内复合造山带的中央断裂。后龙门山构造带夹持于青川—阳平关断裂和北川—映秀断裂之间,以出露轿子顶基底杂岩和刘家坪基底杂岩及其前缘叠瓦冲断系为主要特征<sup>[28]</sup>。

前人研究表明,扬子地块周缘新元古代岩浆活动是早期弧—陆碰撞,晚期伸展垮塌和大陆裂谷再

造的产物,是扬子地块周缘对 Rodina 超大陆汇聚与裂解的响应<sup>[27, 29-35]</sup>。出露于轿子顶穹窿构造和刘家坪穹窿构造核部的新元古代通木梁群和刘家坪群火山岩及侵入其中的花岗岩组成了后龙门山构造带基底岩系,其中通木梁群火山岩大面积遭受区域低温动力变质作用,变质程度达绿片岩相;盖层由南华纪一中三叠世浅变质海相沉积岩系组成,均遭受区域低温动力变质,发生绢云母—绿泥石级变质作用,以早古生代地层分布范围最广。

## 2 沉积地层特征

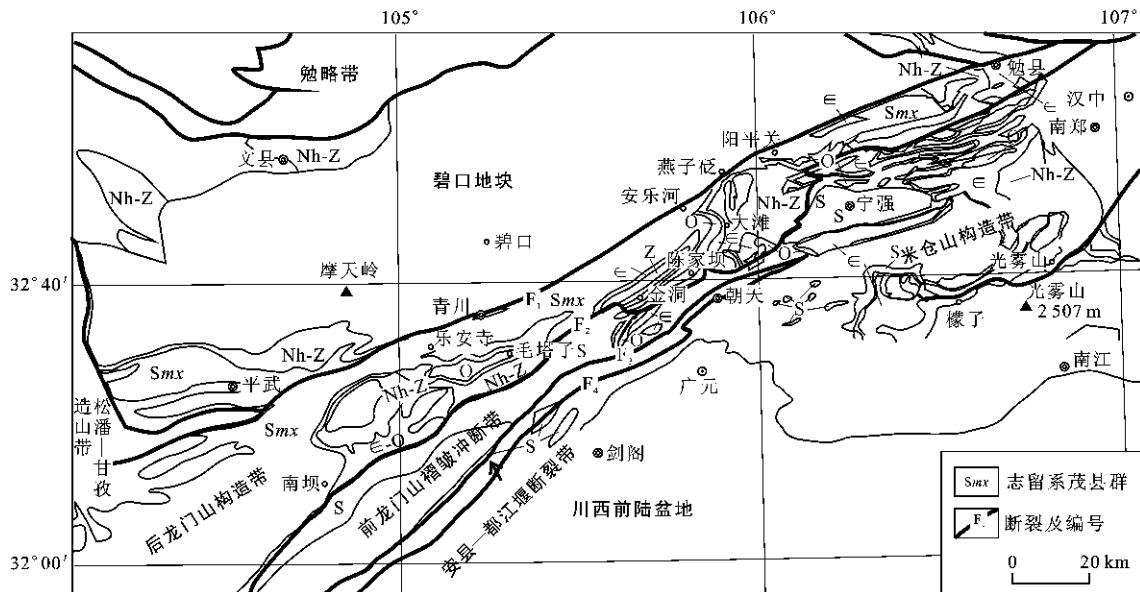
后龙门山构造带的组成在新元古代早中期以岩浆岩为主,南华纪—早古生代以沉积岩为主间夹少量火山岩。在空间展布上,南华纪—早寒武世沉积地层围绕以新元古代岩浆岩系为核部的轿子顶穹窿构造和刘家坪穹窿构造分布,奥陶纪地层呈北东向的带状分布于广元市陈家坝一带,志留系茂县群占据了后龙门山构造带的大部分区域(图 1)。

### 2.1 南华纪—震旦纪裂解—稳定沉积地层特征

后龙门山构造带新元古代沉积地层由上南华统南沱组(Nh<sub>2n</sub>)、下震旦统陡山沱组(Z<sub>1d</sub>)和上震旦统灯影组(Z<sub>2dn</sub>)组成,为一套碎屑岩、碳酸盐岩沉积组合,主要呈环状分布在轿子顶穹窿和刘家坪穹窿的周缘,在广元市金洞乡营盘和勉县西南侧由于受后期断裂的影响呈北东向展布(图 1)。

#### 2.1.1 上南华统南沱组

研究区内南沱组包括碓窝梁组和青林组下段<sup>[36, 37]</sup>。该组在轿子顶地区称为碓窝梁组,主要由浅灰色—灰白色中层—薄层状变质石英细砂岩、浅灰色中层—厚层状变质长石石英砂岩、绢云母石英千枚岩、绢云母千枚岩组成,偶夹含砾砂岩,含有 *Asperatosophesphaea* sp., *Protasphaeridium* sp., *Satua* sp. 等化石。岩石发生了区域低温变质,变质相为低绿片岩相,分布在轿子顶穹窿周缘,与下伏通木梁群火山岩及轿子顶花岗岩现今多呈断层接触关系。在刘家坪地区以青林组下段为代表,主要由深灰色—灰绿色薄层—中薄层细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩组成,夹灰绿色厚层状含砾砂岩,岩石没有明显的变质作用,主要呈环形分布在刘家坪群之上,在陈



注: F<sub>1</sub>—青川—阳平关断裂; F<sub>2</sub>—北川—映秀断裂; F<sub>3</sub>—马角坝断裂; F<sub>4</sub>—安县—都江堰断裂。

图1 后龙门山构造带及其邻区地质简图和南华纪—志留纪地层分布

Fig. 1 Geological Sketch and Strata Distribution of Nanhuan-Silurian Period of Back-Longmenshan Tectonic Belt and Its Adjacent Areas

家坝也有少部分呈带状分布, 与下伏刘家坪组呈平行不整合接触关系。

### 2.1.2 下震旦统陡山沱组

研究区陡山沱组包括胡家寨组、青林组上段。陡山沱组主要分布在轿子顶穹窿和刘家坪穹窿的周缘。陡山沱组在轿子顶地区称为胡家寨组, 主要由灰白色石英绢云千枚岩、灰色千枚状变质石英细砂岩、浅灰色粉砂质绢云千枚岩、绢云母千枚岩夹浅灰色薄层细砂岩、浅灰绿色含砾变英安质凝灰岩组成, 含有 *Kildinosphaella*, *Stka* 等化石组合。岩石发生了区域低温变质, 变质相为低绿片岩相, 与南沱组之间为平行不整合接触, 地层相对较稳定。在刘家坪地区指青林组上段, 主要由紫红色间夹灰绿色薄层—中薄层状细砂岩与粉砂岩、粉砂质泥岩组成, 岩石没有发生变质, 与下覆南沱组呈平行不整合接触关系。

### 2.1.3 上震旦统灯影组

灯影组在研究区称为元吉组, 主要分布在轿子顶穹窿和刘家坪穹窿周缘。其岩性较为单一, 主要以硅质白云岩、白云岩、微晶白云岩、白云质灰岩为主, 夹硅质岩、薄层结晶灰岩及白云岩透镜体, 在轿子顶穹窿夹有少量的浅灰色钙质绢云千枚岩, 含有藻类化石及核形石。该组与上覆陡山沱组多呈整合接触, 局部为断层接触。

## 2.2 寒武纪—志留纪伸展裂陷沉积地层特征

寒武纪—志留纪后龙门山构造带主要沉积地层

由下寒武统邱家河组( $\epsilon_{1q}$ )、油房组( $\epsilon_{1y}$ )以及中下奥陶统陈家坝组( $O_{1-2ch}$ )与志留系茂县群( $Smx$ )组成, 为一套碎屑岩、硅质岩夹少量碳酸盐岩沉积组合, 存在早寒武世晚期—中晚寒武世和中奥陶世晚期—晚奥陶世两个沉积间断。其中寒武系和奥陶系地层出露面积不大, 仅在轿子顶穹窿、刘家坪穹窿和广元陈家坝出露, 志留系茂县群占据了后龙门山构造带的绝大部分区域(图1)。

### 2.2.1 下寒武统邱家河组

邱家河组主要呈北东—南西向狭长范围展布, 分布在轿子顶穹窿和刘家坪穹窿周缘, 在七里乡—元声一带呈带状分布, 其中在轿子顶穹窿北侧较薄, 南侧较厚。邱家河组岩性主要为一套浅变质黑色碳质岩层, 层位稳定, 岩性组合为深灰色—灰黑色碳硅质板岩、硅质岩、碳质千枚岩以及黑色含磷硅质和硅化灰岩夹白云岩透镜体, 底部常见角砾岩, 见有 *Trachyphaeridium levis*, *Lophosphaeridium* sp., *Laminarites antiquissimus* 等化石。邱家河组与上覆层油房组整合接触, 与下伏层灯影组(元吉组)整合接触或假整合接触, 岩性稳定, 层厚为 300~500 m。

### 2.2.2 下寒武统油房组

油房组主要分布在轿子顶穹窿周缘, 在轿子顶穹窿南侧与北川—映秀断裂之间出露厚度较大。该组主要由一套灰色厚层变质岩屑砂岩、石英砂岩、粉

砂岩夹板岩组成。底部为含砾粗粒岩屑砂岩, 岩石中不均匀地含有黑色硅质岩岩屑, 具类复理石式组成特征, 局部见有低角度的交错层理及波痕构造, 含有 *Trachyaeridium levis* 等化石。与上覆层茂县群多以断层接触, 与下伏层邱家河组顶部黑色碳质千枚岩整合接触, 岩性较为稳定, 但层厚变化较大。

### 2.2.3 中下奥陶统陈家坝组

陈家坝组主要分布于广元陈家坝一带, 岩性分为上、下两段, 上段为黑—灰黑色钙质绢云母石英千枚岩与板状硅质岩不等厚互层; 下段为灰黑色石英碳质千枚岩、黑色碳质千枚岩、碳质板岩、深灰色硅质灰岩夹岩屑粉砂岩、薄层灰岩、灰岩扁豆体。薄层灰岩多呈透镜体化, 变形比较强烈, 片理发育。该组产笔石 *Didymograptus* sp., *D. hirundo*; 三叶虫 *Asaphellus chui*; 腕足类 *Dinorthis* sp. 等<sup>[28]</sup>。该组岩性不稳定, 在陕西洋平关一带以千枚岩为主, 夹硅质灰岩、灰岩和粉砂岩、细砂岩<sup>[29]</sup>, 与下伏寒武系为平行不整合接触, 而在广元陈家坝与下覆的邱家河组和上覆的志留系茂县群或奥陶系宝塔组均呈平行不整合接触。

### 2.2.4 志留系 茂县群

茂县群主要岩性为灰色—深灰色绢云母千枚岩、灰色—深灰色(含铁白云石)绢云石英千枚岩夹少量条带状变质粉砂岩、变质石英细砂岩条带, 偶夹透镜状灰岩, 构成区域内较软弱岩层单位, 现与油房组和邱家河组多以断层接触。茂县群主要分布在北川—映秀断裂北侧, 是后龙门山构造带的主要地层组成, 出露面积最大。其岩性较为复杂, 可分为下、上亚群: 下亚群下段为灰—深灰色板岩夹变质石英细砂岩, 含笔石 *Streptograptus* cf. *crispus*, *Pristiograptus kueichihensis*, *P. cyphus* 等, 上段为灰绿、黑色、灰色板岩, 中、上部夹透镜状碳质灰岩, 灰—肉色变质石英粉砂岩。上亚群可分 3 个岩组: 第一岩组为灰色—灰绿色绢云母板岩为主夹粉砂质灰岩。底部夹少量杂色钙质石英砂岩, 含珊瑚 *Favosites* sp., *Mesofavosites* sp., *Heliolites* sp., 腕足类 *Protathyris* sp., *Striispirifer* sp. 等; 第二岩组中下部为灰色薄层微晶灰岩、泥质灰岩与绿色绢云母板岩呈不等厚互层, 上部为灰色薄层—中厚层至块状微晶灰岩、泥质结晶灰岩, 含珊瑚 *Somohopora* sp., *Pilophyllum* sp., *Helioplasmodites* sp. 等; 第三岩组为绿色绢云母板岩夹细砂质灰岩, 顶部为厚层灰岩, 下部含三叶虫 *Coronocephalus* sp., 腕足类 *Protathyris* sp., 上部灰岩含珊瑚 *Squameofavos-*

*ites* sp., *Spongophyllum* sp., 笔石 *Monograptus tumescens* 等。茂县群上与泥盆系整合接触, 与下覆层大多为断层接触, 其岩性及层位较为稳定, 普遍遭受浅变质作用, 不同之处在于, 青川青溪以东, 千枚岩中普遍含有铁白云石变斑晶。

## 3 沉积环境分析

后龙门山构造带南华纪—早古生代地层主要为海相沉积岩系, 间夹少量的早奥陶世毛塔子陆内裂谷火山岩系, 其沉积环境可划分南华纪—震旦纪裂解—稳定沉积和寒武纪—志留纪伸展裂陷沉积两个阶段。

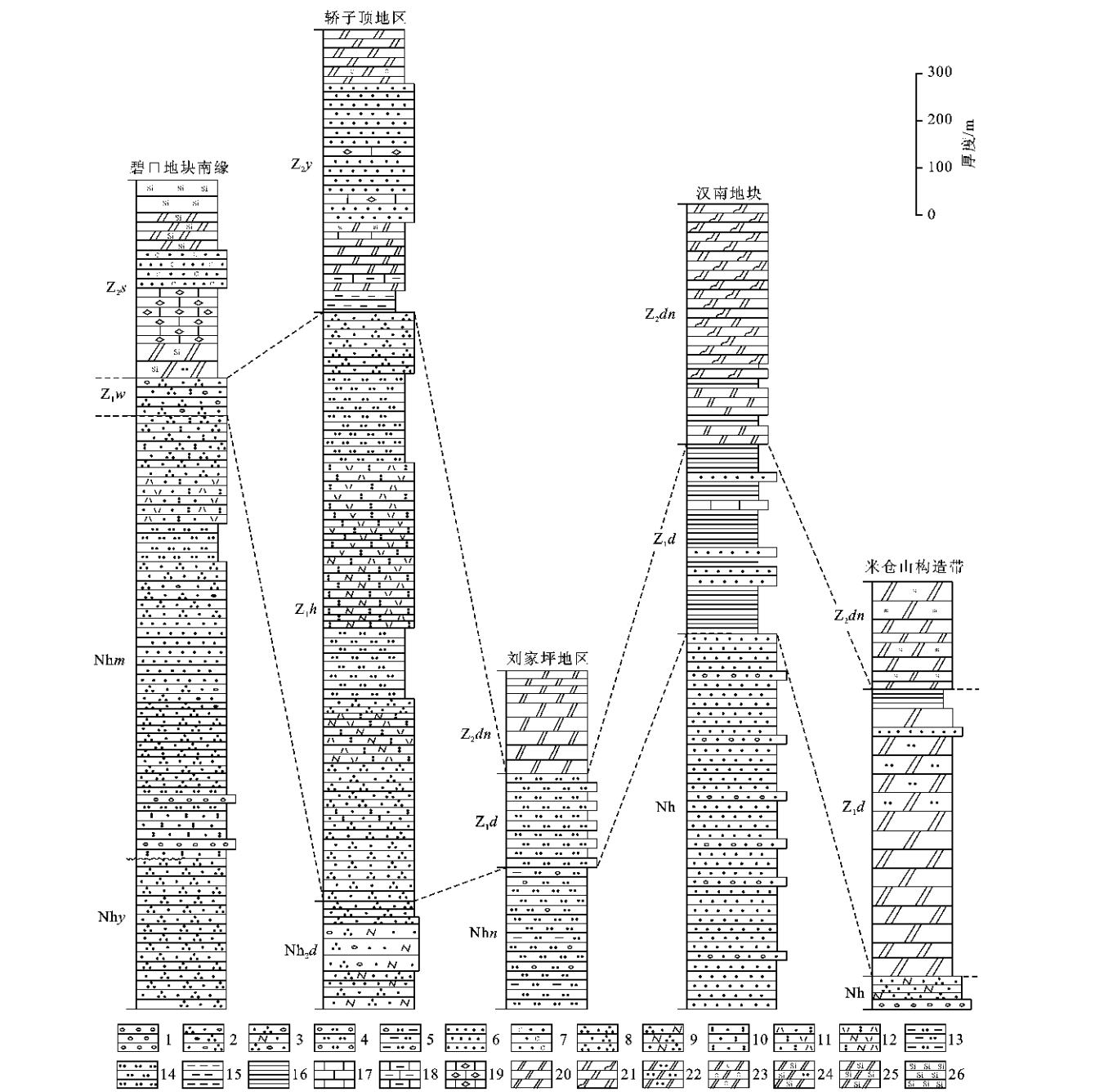
### 3.1 南华纪—震旦纪裂解—稳定沉积环境

后龙门山构造带南沱组和陡山沱组岩性主要为碎屑岩, 其中南沱组的岩石具有由下至上岩石粒度由粗变细、沉积特征由斜层理逐渐变为水平层理的特征, 表明其为南沱冰期的堆积物, 后期冰川开始消融, 局部呈现冰水沉积特征。从组成上看, 由于后期随着海水的逐渐加深, 泥质物增加, 形成了陡山沱组。后龙门山构造带与邻区南华系地层相比较而言, 碧口地块南缘沉积较厚, 其他地方沉积厚度较薄(图 2), 沉积厚度变化较大, 反映了早期裂谷沉积分布的局限性。陡山沱组是广泛海侵初期的产物, 在轿子顶地区沉积厚度较大, 在后龙门山构造带和碧口地块南缘均沉积了以碎屑岩为主的沉积岩系, 而汉南地块沉积也以碎屑岩为主, 但其粒度较后龙门山构造带变细, 米仓山构造带沉积岩系则以碳酸盐岩为主, 表明当时的裂谷沉积分布也具有局限性。灯影组属于碳酸盐局限台地沉积, 除在轿子顶地区和碧口南缘沉积地层中含有较多的碎屑沉积物外, 在刘家坪、汉南和米仓山地区沉积了较为纯净的白云岩, 碎屑沉积很少, 沉积厚度变化不大(图 2)。

后龙门山构造带延续了自南华纪早期的 Rodinia 超大陆裂解作用, 在南华纪晚期—震旦纪早期持续裂解, 并且裂解沉积分布具有局限性。震旦纪晚期沉积厚度变化不大, 表明裂解作用已告一段落, 沉积环境进入相对稳定沉积阶段。张同钢等对上震旦统灯影组海相碳酸盐岩中的硫和碳同位素研究表明, 灯影期古海水与陡山沱期相比变化幅度相对较小, 且都呈缓慢降低的趋势, 除了顶底界线处, 具有相对稳定的古气候条件和古海洋环境, 从而也证实了晚震旦世区域上沉积环境趋于稳定<sup>[38]</sup>。

### 3.2 寒武纪—志留纪伸展裂陷沉积环境

早寒武世早期的邱家河组为海槽式还原环境的

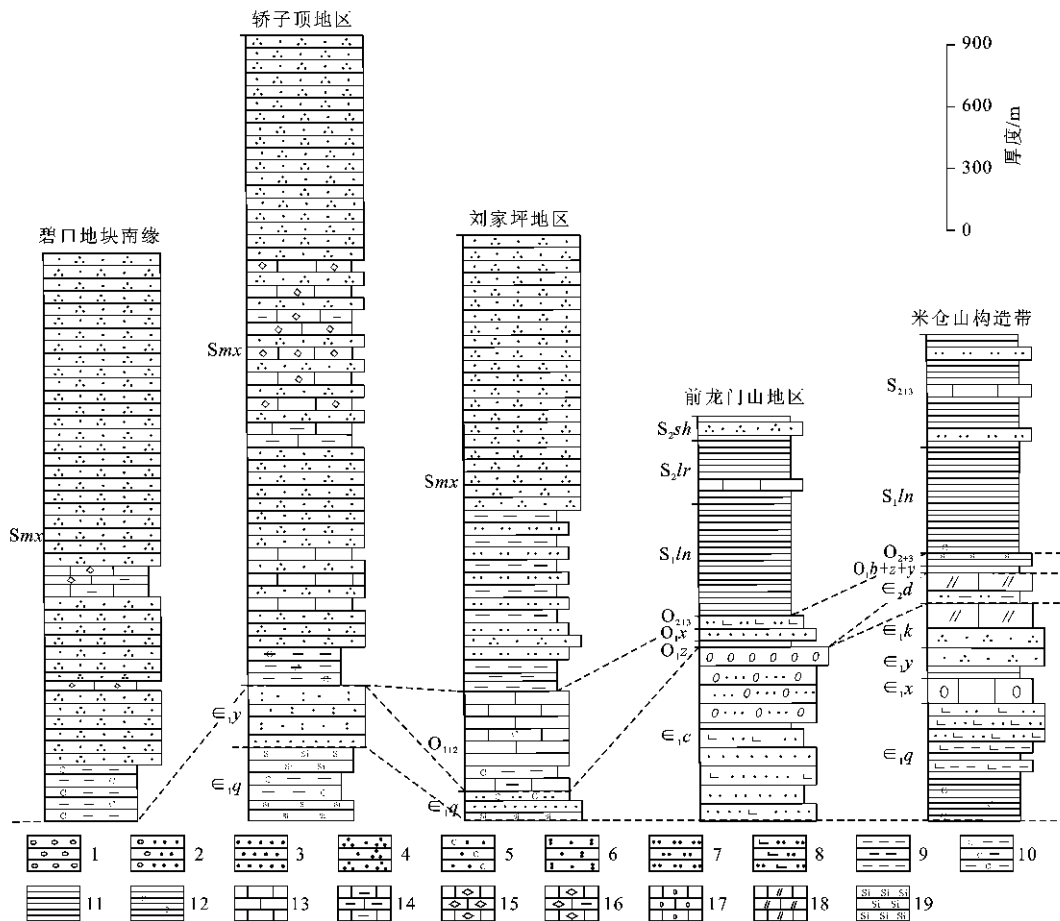


注: 1—砾岩; 2—变含砾石英砂岩/含砾石英砂岩; 3—变含砾长石石英砂岩/含砾长石石英砂岩; 4—变含砾粉砂岩/含砾粉砂岩; 5—变含砾粉砂质泥岩/含砾粉砂质泥岩; 6—变砂岩/砂岩; 7—含碳砂岩/含碳砂岩; 8—变石英砂岩/石英砂岩; 9—变长石石英砂岩/长石石英砂岩; 10—变凝灰岩; 11—变流纹质凝灰岩; 12—变斜长流纹质凝灰岩; 13—粉砂质泥岩; 14—变粉砂岩/粉砂岩; 15—泥岩; 16—页岩; 17—灰岩; 18—泥灰岩; 19—结晶灰岩; 20—白云岩; 21—含燧石结核白云岩; 22—含粉砂质白云岩; 23—含碳质白云岩; 24—含粉砂质硅质白云岩; 25—硅质白云岩; 26—硅质岩;  $Z_{2s}$ —上震旦统水晶组;  $Z_{2y}$ —上震旦统元吉组;  $Z_{1w}$ —下震旦统蜈蚣口组;  $Z_{1h}$ —下震旦统胡家寨组;  $Nh_2d$ —上南华统碓窝梁组;  $Nhm$ —南华系米座组;  $Nhn$ —南华系南沱组;  $Nhy$ —南华系阴平组。

图 2 后龙门山构造带及其邻区南华纪—震旦纪地层柱状图对比

Fig. 2 Contrast of Stratigraphic Histogram of Nanhuan Sinian Period of Back-Longmenshan Tectonic Belt and Its Adjacent Areas

产物, 沉积了一套单一的硅质岩和黑色页岩, 其沉积具有西厚东薄的特征(图 3)。前龙门山褶皱冲断带与米仓山构造带的沉积环境相似(图 3), 为滨岸或浅海碎屑岩相。早寒武世晚期的油房组为一套滨海相碎屑沉积, 属海槽沉积环境。后龙门山东段刘家坪和前龙门山未接受沉积(图 3)。中晚寒武世后龙



注: 1—砾岩; 2—变含砾砂岩/含砾砂岩; 3—变砂岩/砂岩; 4—变石英砂岩/石英砂岩; 5—含碳质砂岩; 6—凝灰岩; 7—变粉砂岩/粉砂岩; 8—钙质粉砂岩; 9—千枚岩/泥岩; 10—碳质千枚岩/含碳泥岩; 11—页岩; 12—碳质页岩; 13—灰岩; 14—泥灰岩; 15—结晶灰岩; 16—结晶泥灰岩; 17—砾状灰岩; 18—白云质灰岩; 19—硅质岩;  $S_2sh$ —中志留统沙帽组;  $S_1lr$ —下志留统罗惹坪组;  $S_1ln$ —下志留统龙马溪组;  $O_{1b+z+y}$ —下奥陶统半河组、赵家坝组、杨子坝组并层;  $O_{1x}$ —下奥陶统西梁寺组;  $O_{1z}$ —下奥陶统赵家坝组;  $E_{2d}$ —下寒武统陡坡寺组;  $E_{1k}$ —下寒武统孔明洞组;  $E_{1x}$ —下寒武统仙女洞组;  $E_{1c}$ —下寒武统长江沟组。

图 3 后龙门山构造带及其邻区早古生代沉积柱状图对比

Fig. 3 Contrast of Stratigraphic Histogram of Paleozoic of Back Longmenshan Tectonic Belt and Its Adjacent Areas

门山及其邻区除米仓山区有沉积之外, 其余地区普遍隆起成陆未接受沉积(图 3)。

早中奥陶世, 后龙门山构造带仅在其东段刘家坪地区沉积了一套代表槽缘快速沉积的海相碎屑沉积的陈家庄组。在轿子顶东侧出露的毛塔子陆内裂谷火山岩, 其 SHRIMP 锆石 U-Pb 年龄为 472.6 Ma, 表明该区构造环境为裂解环境<sup>[27]</sup>。米仓山和前龙门山为滨海相沉积(图 3)。晚奥陶世期后龙门山未接受沉积, 前龙门山、汉南—米仓山构造带为滨岸或浅海环境(图 3)。

志留纪碧口地块和后龙门山逐渐裂解, 在碧口地块以及松潘—甘孜造山带与前龙门山之间形成了裂陷槽, 沉积了一套陆内裂陷海盆相碎屑沉积岩, 裂陷槽东窄西宽, 沉积厚度西厚东薄(图 3)。前龙门山与汉南—米仓山构造带具有相同的物质组成, 沉

积厚度也相近(图 3), 为近岸或浅海陆棚环境相的沉积环境。

总体来看, 后龙门山构造带在寒武纪—志留纪虽说存在早寒武世晚期—中晚寒武世和中奥陶世晚期—晚奥陶世 2 个沉积间断, 且沉积分布具有局限性, 刘家坪地区缺失早寒武世晚期沉积, 轿子顶地区缺失中寒武世—奥陶系沉积。在寒武纪—志留纪后龙门山构造带经历了裂解→抬升→局部裂解→抬升→裂解的反复过程, 但其沉积环境总体应为伸展裂陷沉积。

#### 4 后龙门山构造带的沉积演化过程

新元古代碧口古洋盆向南俯冲到扬子地块西北缘之下形成扬子地块西北缘的弧—盆体系, 形成的较多火山喷发和岩浆侵入事件是扬子地块西北缘对

华南地区 Rodinia 超大陆汇聚和裂解作用的响应<sup>[34, 39-41]</sup>。

在南华纪—震旦纪,后龙门山构造带的沉积环境延续了自南华纪早期的 Rodinia 超大陆裂解作用,处于造山期后的伸展裂陷环境<sup>[32, 41-47]</sup>,且裂陷沉积分布具有局限性。晚震旦世裂解作用逐渐减弱,进入稳定沉积阶段。

在早寒武世早期,后龙门山构造带处于海槽式深水还原环境—滨岸或浅海环境,到早寒武世晚期后龙门山及其邻区也逐渐隆起,并且是后龙门山东段刘家坪和前龙门山首先隆起成陆。

早中奥陶世在后龙门山构造带刘家坪地区由槽缘快速沉积演化为扬子地块北缘浅海陆架,沉积了一套海相碎屑沉积,在毛塔子发生了早奥陶世陆内裂谷火山喷发事件<sup>[27]</sup>,扬子地块内部主要为浅海台地相<sup>[47]</sup>。晚奥陶世,后龙门山构造带未接受沉积,此时的前龙门山主体为局限的深水陆棚环境<sup>[48]</sup>。

进入志留纪,华北地块与扬子地块大致沿勉略带一线伸展裂陷形成裂陷槽<sup>[6]</sup>,此时在碧口地块以及松潘—甘孜造山带与前龙门山之间形成了后龙门山裂陷槽,沉积了一套陆内裂陷海盆相沉积岩。扬子地块内部在早志留世晚期伸展作用停止,沉积了一套浅海碳酸盐岩—碎屑岩组合<sup>[49]</sup>,最终使扬子地块的大部区域在晚志留世隆升成陆<sup>[50]</sup>。龙门山造山带以北川—映秀断裂为界,断裂的北西侧逐渐演化为海水渐深的被动大陆边缘<sup>[51]</sup>。相比较而言,扬子地块在志留纪裂谷伸展所产生的地壳伸展、拉张程度比南华纪—震旦纪要低,表现为大部分裂谷带不发育大规模的“双峰式”火山岩盆地,且有些只发育伸展滑塌型深水浊积岩,这可能与晚奥陶世的造山作用比晋宁期末的造山作用要弱得多有关<sup>[47]</sup>。

后龙门山构造带在泥盆系一中三叠世为扬子地块西北缘被动大陆边缘<sup>[22, 24, 52]</sup>,沉积作用仅发生在其西缘。由于扬子地块向华北地块俯冲碰撞,晚三叠世龙门山造山带的地壳缩短,且不发育板缘造山带中常见的蛇绿岩或构造混杂岩带,演化过程中也不存在大洋的出现和消减、消亡,具有中等程度的形变特点,逆冲断裂构造与相伴褶皱构造发育、同造山变质带发育等,而且川西前陆盆地也由海相沉积转为陆相沉积。因此,后龙门山构造带是在陆内俯冲造山基础上,后期经历了伸展滑脱、逆冲推覆以及走滑剪切形成的陆内造山带。

## 5 结语

(1)后龙门山构造带在南华纪晚期—震旦纪早

期持续裂解,并且裂解沉积分布具有局限性,到晚震旦世裂解告一段落,沉积环境相对稳定。在寒武纪—志留纪后龙门山构造带经历了裂解→抬升→局部裂解→抬升→裂解的反复过程,最终形成了志留系茂县群裂陷槽沉积,主要沉积了一套代表伸展裂陷环境的沉积岩系,并有少量的陆内火山岩系。

(2)南华纪—早古生代主要以海相沉积环境为主,其沉积环境可划分南华纪—震旦纪裂解—稳定沉积和寒武纪—志留纪伸展裂陷沉积两个阶段。

(3)后龙门山构造带在南华纪—早古生代为一陆内裂陷带,不发育与古缝合线相关的构造混杂岩和蛇绿混杂岩带,是在陆内裂谷的基础上于印支期—燕山期形成的陆内造山带。

### 参考文献:

- [1] 何起祥. 沉积地球科学的历史回顾与展望[J]. 沉积学报, 2003, 21(1): 10-18.
- [2] 罗建宁. 大陆造山带沉积地质学研究中的几个问题[J]. 地学前缘, 1994, 1(1/2): 177-183.
- [3] 吴根耀. 初论造山带古地理学[J]. 地层学杂志, 2003, 27(2): 81-98.
- [4] 田景春, 陈洪德, 覃建雄, 等. 层序—岩相古地理图及其编制[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 6-12.
- [5] 蔡雄飞, 王国灿, 李德威. 沉积学在造山带地层中的地位和作用[J]. 海洋地质动态, 2004, 20(6): 17-19.
- [6] 张国伟, 郭安林, 姚安平. 中国大陆构造中的西秦岭—松潘大陆构造结[J]. 地学前缘, 2004, 11(3): 23-32.
- [7] 罗志立. 龙门山造山带岩石圈演化动力学模式[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 1-7.
- [8] 许志琴, 侯立玮, 王宗秀, 等. 中国松潘—甘孜造山带的造山过程[M]. 北京: 地质出版社, 1992.
- [9] 刘和甫, 梁慧社, 蔡立国, 等. 川西龙门山冲断系构造样式与前陆盆地演化[J]. 地质学报, 1994, 68(2): 101-118.
- [10] 刘和甫. 盆地—山岭耦合体系与地球动力学机制[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2001, 26(6): 581-596.
- [11] 赖绍聪, 秦江锋. 勉略缝合带三岔子辉绿岩墙 锆石 U-Pb 年龄及 Hf 同位素组成——古特提斯洋壳俯冲的年代学证据[J]. 地球科学与环境学报, 2010, 32(1): 27-33.
- [12] 陕西省地质局区域地质测量队十分队. 1:200 000 碧口幅地质图和区域地质调查报告[R]. 西安: 陕西省地质局, 1967.
- [13] 四川省地质局第二区域地质测量队. 1:200 000 广元幅地质图和区域地质调查报告[R]. 成都: 四川省地质局, 1967.
- [14] 四川省地质局第二区域地质测量队. 1:200 000 绵阳幅地质图和区域地质调查报告[R]. 成都: 四川省地质局, 1971.
- [15] 四川省地质局第二区域地质测量队. 1:200 000 平武幅地质图和区域地质调查报告[R]. 成都: 四川省地质局, 1977.
- [16] 张洪刚, 李承炎. 四川的前震旦系—震旦系地层总结研究报告[R]. 成都: 四川省地质矿产局, 1983.
- [17] 四川省地质矿产局川西北地质大队. 青川幅、关庄坝幅的 1:

- 50 000 地质图和区域地质调查报告[ R] . 成都: 四川省地质矿产局, 1993.
- [ 18] 朱占祥, 潘云唐. 四川、甘肃交界地区碧口群与通木梁群时代及层位关系的确定[ J] . 四川地质学报, 1988, 8(2): 39-48.
- [ 19] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[ M] . 北京: 地质出版社, 1991.
- [ 20] 陶洪祥, 何恢亚, 王全庆, 等. 扬子板块北缘构造演化史[ M] . 西安: 西北大学出版社, 1993.
- [ 21] 刘殿升, 杨季楷, 傅英祺. 龙门山北段志留纪地层研究[ J] . 现代地质, 1992, 6(1): 11-22.
- [ 22] 龙学明. 龙门山中北段地史发展的若干问题[ J] . 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 8-16.
- [ 23] 林茂炳. 初论龙门山推覆构造带的基本结构样式[ J] . 成都理工学院学报, 1994, 21(3): 1-7.
- [ 24] 林茂炳, 吴山. 龙门山推覆构造变形特征[ J] . 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 46-55.
- [ 25] 刘树根, 罗志立, 曹树恒. 一种新的陆内俯冲类型——龙门山型俯冲成因机制研究[ J] . 石油实验地质, 1994, 13(4): 314-324.
- [ 26] 李勇, 孙爱珍. 龙门山造山带构造地层学研究[ J] . 地层学杂志, 2000, 24(3): 201-206.
- [ 27] 李佐臣. 扬子地块西北缘后龙门山造山带(北段)物质组成、构造特征及其形成演化[ D] . 西安: 长安大学, 2009.
- [ 28] 李智武, 刘树根, 陈洪德, 等. 龙门山冲断带分段—分带性构造格局及其差异变形特征[ J] . 成都理工大学学报: 自然科学版, 2008, 35(4): 440-454.
- [ 29] Wu R X, Zheng Y F, Wu Y B, et al. Reworking of Juvenile Crust: Element and Isotope Evidence from Neoproterozoic Granodiorite in South China[ J] . Precambrian Research, 2006, 146(3/4): 179-212.
- [ 30] Zheng Y F, Zhao Z F, Wu Y B, et al. Zircon U-Pb Age, Hf and O Isotope Constraints on Protolith Origin of Ultrahigh-pressure Eclogite and Gneiss in the Dabie Orogen[ J] . Chemical Geology, 2006, 231(1/2): 135-138.
- [ 31] Wu Y B, Zheng Y F, Tang J, et al. Zircon U-Pb Dating of Water-rock Interaction During Neoproterozoic Rift Magmatism in South China[ J] . Chemical Geology, 2007, 246(1/2): 65-86.
- [ 32] Zheng Y F, Zhang S B, Zhao Z F, et al. Contrasting Zircon Hf and O Isotopes in the Two Episodes of Neoproterozoic Granitoids in South China: Implications for Growth and Reworking of Continental Crust[ J] . Lithos, 2007, 96(1/2): 127-150.
- [ 33] Zheng Y F, Wu R X, Wu Y B, et al. Rift Melting of Juvenile Arc-derived Crust: Geochemical Evidence from Neoproterozoic Volcanic and Granitic Rocks in the Jiangnan Orogen, South China[ J] . Precambrian Research, 2008, 163(3/4): 351-383.
- [ 34] 裴先治, 李佐臣, 丁仁平, 等. 扬子地块西北缘轿子顶新元古代过铝质花岗岩: 锆石 SHRIMP U-Pb 年龄和岩石地球化学及其构造意义[ J] . 地质前缘, 2009, 16(3): 231-249.
- [ 35] Pei X Z, Li Z C, Ding S P, et al. Post-orogenic Granites in Pingwu Region Northwest Sichuan: Evidence for North China Block and Yangtze Block Collision During Triassic[ J] . Journal of Earth Science, 2009, 20(2): 250-273.
- [ 36] 中国地质调查局地层古生物研究中心. 中国各地质时代地层划分与对比[ M] . 北京: 地质出版社, 2005.
- [ 37] 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志[ M] . 北京: 地质出版社, 1989.
- [ 38] 张同钢, 储雪蕾, 张启锐, 等. 扬子地台灯影组碳酸盐岩中的硫和碳同位素记录[ J] . 岩石学报, 2004, 20(3): 717-724.
- [ 39] 裴先治. 扬子板块西北缘碧口地区前震旦系构造特征及其演化[ D] . 西安: 长安大学, 1989.
- [ 40] 裴先治. 碧口地区复理石岩系特征及其构造环境[ J] . 西安地质学院学报, 1992, 14(1): 42-49.
- [ 41] 吴根耀. 华南的格林威尔造山带及其坍塌: 在罗迪尼亚超大陆演化中的意义[ J] . 大地构造与成矿学, 2000, 24(2): 112-123.
- [ 42] 赵宗举, 俞广, 朱琰, 等. 中国南方大地构造演化及其对油气的控制[ J] . 成都理工大学学报: 自然科学版, 2003, 30(2): 155-168.
- [ 43] 刘和甫, 李小军, 刘立群. 地球动力学与盆地层序及油气系统分析[ J] . 现代地质, 2003, 17(1): 80-86.
- [ 44] 陈发景, 汪新文, 陈昭年, 等. 伸展断陷盆地分析[ M] . 北京: 地质出版社, 2004.
- [ 45] 王剑. 华南“南华系”研究新进展——论南华系地层划分与对比[ J] . 地质通报, 2005, 24(6): 491-495.
- [ 46] 陈懋弘, 梁金城, 张桂林, 等. 加里东期扬子板块与华夏板块西南段分界线的岩相古地理制约[ J] . 高校地质学报, 2006, 12(1): 111-122.
- [ 47] 汪新伟, 沃玉进, 张荣强. 扬子克拉通南华纪—早古生代的构造—沉积旋回[ J] . 现代地质, 2008, 22(4): 525-533.
- [ 48] 严德天, 王清晨, 陈代钊, 等. 扬子及周缘地区上奥陶统一志留统烃源岩发育环境及其控制因素[ J] . 地质学报, 2008, 82(3): 321-327.
- [ 49] Rong J Y, Chen X, Su Y Z, et al. Silurian Paleogeography of China[ C] // Landing E, Johnson M E. Silurian Lands and Seas: Paleogeography, Outside of Laurentia. New York: New York State Museum Bulletin, 2003: 243-298.
- [ 50] 刘宝珺, 许效松. 中国南方岩相古地理图集: 震旦纪—三叠纪[ M] . 北京: 科学出版社, 1994.
- [ 51] 楼雄英, 谭钦银, 贾保江. 龙门山北段志留系宁强组沉积特征和空间相变[ J] . 沉积与特提斯地质, 2002, 22(3): 74-79.
- [ 52] 陈岳龙, 唐金荣, 刘飞, 等. 松潘—甘孜碎屑沉积岩的地球化学与 Sm-Nd 同位素地球化学[ J] . 中国地质, 2006, 33(1): 109-118.