

# 秦岭造山带 显生宙构造迁移 与陶湾群沉积变形

王作勋 王宗起 姜春发 著  
任纪舜 曲国胜

地震出版社

地质矿产部“七五”重点攻关项目  
秦巴地区重大基础地质问题  
及主要矿产成矿规律研究

# 秦岭造山带显生宙构造迁移 与陶湾群沉积变形

王作勋 王宗起 姜春发 著  
任纪舜 曲国胜

地 震 出 版 社

1995

(京)新登字 095 号

## 内 容 简 介

本书是对北秦岭陶湾群沉积和变形特征及其与秦岭造山带显生宙构造演化关系的系统总结。岩石地层单元与构造岩石单元的关系,是当前造山带变质地质研究的前沿课题。作者从变质地层原岩建造与变形改造的关系入手,阐明推覆系统与原地系统的关系,陶湾群强应变带与弱应变带、不连续变形与连续变形的成因联系;进而厘定陶湾群岩石地层单元与构造岩石单元的关系,以及陶湾群岩石地层层序。多学科研究相结合确定陶湾群为晚震旦世中朝板块南缘被动扩张环境沉积;陶湾群经历了构造指向相反的两阶段构造变形,晚加里东—早华力西期从南向北推覆,印支—燕山期从北向南推覆。陶湾群的变形特征及构造指向,对于秦岭造山带主缝合带两侧各构造带有代表性,反映了秦岭在陆—陆碰撞造山阶段和后碰撞叠覆造山阶段,造山带构造迁移方向的相反改变,其背景是造山带两侧中朝板块与扬子板块仰俯关系的相反转变;这是秦岭造山带显生宙构造演化的基本特征。作者提出的秦岭三阶段造山模式和造山带构造指向的概念,以及秦岭造山带在后碰撞阶段反向构造迁移和板块构造体制转换的概念,对于造山带研究有普遍意义。

### 秦岭造山带显生宙构造迁移与陶湾群沉积变形

王作勋 王宗起 姜春发 任纪舜 曲国胜 著

责任编辑:宋炳忠 邢瑞玲

责任校对:王花芝

\*

地质出版社 出版

北京民族学院南路9号

中国地质大学轻印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

\*

787×1092 1/16 7.25印张 1插页 186千字

1995年6月第一版 1995年6月第一次印刷

印数 001—500

ISBN 7-5028-1199-0/P·735

(1631) 定价:12.00元

**On Tectonic Migration of Qinling Orogenic  
Belt in Phanerozoic and Its Relationship  
with Sedimentation and Deformation  
of the Taowan Group**

Wang Zuoxun   Wang Zongqi   Jiang Chunfa  
Ren Jishun   Qu Guosheng

Seismological Press

1995

## 前 言

变质岩层中的岩石地层单元与构造岩石单元的关系,是造山带变质地质研究的前沿课题;陶湾群、宽坪群和秦岭群并称为北秦岭三大变质岩群,为“秦巴项目”攻关重点。本书是对陶湾群原岩沉积和构造变形特征,及其与秦岭造山带显生宙构造演化关系的系统总结。作者从原岩建造与变形改造的相互关系入手,研究陶湾群弱应变带与强应变带的关系、连续变形与不连续变形的关系,以及推覆系统与原地系统的相互关系和它们与秦岭造山带显生宙构造演化的关系。多学科研究相结合,确定陶湾群原岩建造为晚震旦世中朝板块南缘被动扩张环境沉积,其下部三岔口组与中朝板块南缘罗圈组冰碛岩层为同期异相沉积。陶湾群虽经变质及构造变形,但其原岩层序在某些地段仍基本保存或可以恢复。陶湾群经历了推覆方向相反的两期构造变形,在晚加里东一早华力西期从南向北推覆,属秦岭碰撞造山阶段变形,反映了中朝板块(及早古生代洋壳)对扬子板块的俯冲及陆-陆碰撞;陶湾群在印支—燕山期局部卷入小秦岭及熊耳山推覆系统,推覆方向从北向南,属秦岭后碰撞阶段陆间叠覆造山作用变形,反映了扬子板块对中朝板块的俯冲运动。因此,陶湾群沉积及变形特征记录了秦岭早古生代洋盆(早古中国洋)打开及闭合过程及其从北向南的俯冲消减方向;形成了秦岭碰撞造山阶段(晚加里东一早华力西期)从南向北的构造迁移方向。陶湾群印支—燕山期从北向南的推覆方向则反映了秦岭在后碰撞阶段反向构造迁移,以及板块构造体制的相应转换;在晚燕山—喜马拉雅期秦岭造山带向华北地块的逆掩和推覆,反映了中朝板块向南的俯冲运动;由此形成秦岭造山带第二代准扇状结构横剖面,这是秦岭造山带显生宙构造演化的基本特征。

本书是《北秦岭陶湾群的层序、时代与变形》专题研究报告的概括和深化;课题属地质矿产部“七五”重点攻关项目“秦巴地区重大基础地质问题和主要矿产成矿规律研究”。课题由王作勋负责,课题组成员有王宗起、姜春发、任纪舜、曲国胜及陈富。陕西省地矿局区调队陈家义、王振东及河南省地矿局屠森等参加了课题组的现场调研。本课题下设次级课题由西安地质学院张维吉负责;陶湾群的同位素地质年代学研究由地矿部地质研究所张宗清负责,本课题有关人员协助野外采样。

课题组从1984年参加秦巴调研,经1985—1989年各年度野外地质调研及室内综合研究,于1990年上半年完成专题研究报告,按期于1991年通过评审。

本书充分注意到近年地质同行有关陶湾群的新论点,其中包括杨巍然等<sup>[1]</sup>将大红口组火山岩作为陶湾群底部岩组及陶湾群形成于断陷带的论断;张维吉等<sup>[2]</sup>关于陶湾群形成于洛南—栾川过渡带的论点;杨森楠<sup>[4]</sup>关于陶湾群覆于寒武系之上的见解;贾承造等<sup>[5]</sup>关于宽坪群和陶湾群为中一晚元古代古俯冲杂岩,属构造岩石组合的观点;王清晨、许靖华等<sup>[6]</sup>关

于陶湾群属秦岭造山带早中生代碰撞混杂岩的推断;周洪瑞<sup>[7]</sup>关于陶湾群为北侧地层(青白口系和震旦系)的构造岩片叠置体的见解;马步民<sup>①</sup>关于陶湾群为其北侧青白口系、震旦系及寒武系之外来推覆体及构造岩片的论述;韩志勇<sup>②</sup>关于陶湾群与北侧寒武系之间为剪切混杂带所分隔,但该带两侧之陶湾群与寒武系仍分别为有序地层的见解;以及刘国惠、张寿广等<sup>[8]</sup>关于陶湾群为许多构造岩片叠置体和陶湾群为岩石-构造-地层组合体的见解。

课题组在野外调研及室内综合研究中得到项礼文、耿树方、刘国惠、张寿广、张宗清等同志大力支持和帮助,以及陈家义、张维吉、屠森、王振东等同志通力协作;刘桂芝、尹崇玉、邢裕盛和罗其玲同志鉴定了陶湾群微古植物化石及微化石,作者在此表示衷心感谢。

---

① 马步民,1992,陕西洛南一带陶湾群及相关地层变形特征研究(送审稿)。

② 韩志勇,1993,陕西洛南地区陶湾群地质特征及其与寒武系的关系,中国地质科学院研究生部硕士论文。

# 目 录

|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| 前 言 .....                       | ( I )  |
| 第一章 概 述 .....                   | ( 1 )  |
| 第一节 陶湾群的研究基础 .....              | ( 1 )  |
| 第二节 研究思路及方法 .....               | ( 5 )  |
| 第二章 陶湾群构造变形与原岩层序的变化 .....       | ( 12 ) |
| 第一节 小秦岭及熊耳山推覆系统与陶湾群变形 .....     | ( 12 ) |
| 第二节 推覆系统前锋带构造变形与陶湾群原岩层序 .....   | ( 25 ) |
| 第三节 陶湾群强应变带与弱应变带相互关系的微观研究 ..... | ( 31 ) |
| 第四节 前二叠纪陶湾群构造变形特征 .....         | ( 37 ) |
| 第五节 陶湾群两阶段构造变形与构造指向 .....       | ( 39 ) |
| 第三章 陶湾群原岩组成与岩石地层层序 .....        | ( 41 ) |
| 第一节 陶湾群典型剖面与岩石地层单元划分 .....      | ( 41 ) |
| 第二节 陶湾群岩石地层单元层序 .....           | ( 45 ) |
| 第四章 陶湾群生物地层层序及时代 .....          | ( 47 ) |
| 第一节 陶湾群微古植物和微化石研究成果及地质时代 .....  | ( 47 ) |
| 第二节 陶湾群与下寒武统辛集组的关系 .....        | ( 51 ) |
| 第三节 陶湾群生物地层学层序及时代 .....         | ( 52 ) |
| 第五章 陶湾群同位素地质年代学研究 .....         | ( 54 ) |
| 第一节 陶湾群下伏大红口组同位素地质年代 .....      | ( 55 ) |
| 第二节 陶湾群同位素地质年代学研究成果 .....       | ( 56 ) |
| 第三节 陶湾群主要构造-热事件 .....           | ( 62 ) |
| 第四节 陶湾群年代地层学层序与陶湾群形成时代 .....    | ( 63 ) |
| 第六章 陶湾群沉积古地理 .....              | ( 65 ) |
| 第一节 陶湾群组成和层序的纵、横向变化与沉积古地理 ..... | ( 65 ) |
| 第二节 陶湾群沉积相模式 .....              | ( 66 ) |
| 第三节 洛河沿岸下寒武统辛集组岩相古地理 .....      | ( 67 ) |
| 第七章 陶湾群沉积变形与秦岭造山带显生宙构造演化 .....  | ( 70 ) |
| 第一节 中朝板块南缘被动扩张与陶湾断陷海盆形成 .....   | ( 70 ) |
| 第二节 被动陆缘扩张型冰成沉积——三岔口组及罗圈组 ..... | ( 71 ) |
| 第三节 陶湾群变形与秦岭造山带换向构造迁移 .....     | ( 72 ) |

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| <b>第八章 秦岭造山带显生宙构造变形与陶湾群变形的关系</b>        | ( 75 ) |
| 第一节 秦岭造山带显生宙构造变形期次与构造指向                 | ( 75 ) |
| 第二节 秦岭造山带显生宙构造迁移                        | ( 85 ) |
| 第三节 秦岭造山带深部构造与浅部构造的关系                   | ( 87 ) |
| 第四节 秦岭三阶段造山模式                           | ( 89 ) |
| 第五节 秦岭后碰撞叠覆造山作用的基本特征及其与陆-陆碰撞造山作用<br>的关系 | ( 91 ) |
| 第六节 秦岭构造指向演变与中国南北大陆碰撞造山的时期及方向           | ( 94 ) |
| <b>第九章 秦岭造山带显生宙构造演化</b>                 | ( 98 ) |
| <b>第十章 结论</b>                           | (100)  |
| <b>参考文献</b>                             | (103)  |
| <b>图版</b>                               | (105)  |

# CONTENTS

|                                                                                                                      |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Preface</b> .....                                                                                                 | ( I ) |
| <b>Chapter 1 Introduction</b> .....                                                                                  | ( 1 ) |
| 1. Research basis of the Taowan Group .....                                                                          | ( 1 ) |
| 2. Research thinking .....                                                                                           | ( 5 ) |
| <b>Chapter 2 Structural deformation and variation in original sequence of the Taowan Group</b> .....                 | (12)  |
| 1. Nappe system of Xiao Qinling and Xiong'er, and deformation of the Taowan Group .....                              | (12)  |
| 2. Deformation in frontal zone of nappe system and original sequence of the Taowan Group .....                       | (25)  |
| 3. Microstructural research on the relationship between highly and slightly strained zones of the Taowan Group ..... | (31)  |
| 4. Deformation characteristics of the Taowan Group in Late Caledonian and Early Variscian .....                      | (37)  |
| 5. Structural deformation and directions of the Taowan Group .....                                                   | (39)  |
| <b>Chapter 3 Protolith assemblage and petrostratigraphic sequence of the Taowan Group</b> .....                      | (41)  |
| 1. Typical sections and petrostratigraphic unit division of the Taowan Group ...                                     | (41)  |
| 2. Petrostratigraphic sequence of the Taowan Group .....                                                             | (45)  |
| <b>Chapter 4 Biostratigraphic sequence and age of the Taowan Group</b> .....                                         | (47)  |
| 1. Research on micropaleobotany and microfossils in the Taowan Group .....                                           | (47)  |
| 2. Links between the Taowan Group and Lower Cambrian Xinji Formation .....                                           | (51)  |
| 3. Biostratigraphic sequence and age of the Taowan Group .....                                                       | (52)  |
| <b>Chapter 5 Isotopic geochronological study on the Taowan Group</b> .....                                           | (54)  |
| 1. Isotopic age of the Dahongkou Formation at bottom of the Taowan Group ...                                         | (55)  |
| 2. Isotopic dating results of the Taowan Group .....                                                                 | (56)  |
| 3. Main tectono-thermal events in the Taowan Group .....                                                             | (62)  |
| 4. Chronostratigraphic sequence and formation date of the Taowan Group .....                                         | (63)  |
| <b>Chapter 6 Depositional paleogeographic reconstruction of the Taowan Group</b> .....                               | (65)  |

|                                                                                                                                                                           |        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Lateral and longitudinal variations in assemblage and sequence, and depositional paleogeography of the Taowan Group .....                                              | ( 65 ) |
| 2. A sedimentary model of the Taowan Group .....                                                                                                                          | ( 66 ) |
| 3. Lithofacies and paleogeography of the Lower Cambrian Xinji Formation along the Luohe River .....                                                                       | ( 67 ) |
| <b>Chapter 7 Sedimentation and deformation of the Taowan Group and tectonic evolution of the Taowan Group and Qinling Orogen in Phanerozoic eon</b> .....                 | ( 70 ) |
| 1. Extension in the southern margin of Sino-Korean Plate and formation of the Taowan Depression Basin .....                                                               | ( 70 ) |
| 2. Glacial sediments on the extensional plate margin——Luoquan and Sancakou Formations .....                                                                               | ( 71 ) |
| 3. Deformation of the Taowan Group and transpositional migration of the Qinling Orogen .....                                                                              | ( 72 ) |
| <b>Chapter 8 Deformation stages and structural directions of the Qinling Orogen in Phanerozoic eon and their relationships with deformation of the Taowan Group</b> ..... | ( 75 ) |
| 1. Deformation stages and structural directions of the Qinling Orogen in Phanerozoic eon .....                                                                            | ( 75 ) |
| 2. Deformation stages and structural directions of the Qinling Orogen in Phanerozoic eon and their relationships with deformation of the Taowan Group .....               | ( 85 ) |
| 3. Relationships between the deep and shallow structures of the Qinling Orogen .....                                                                                      | ( 87 ) |
| 4. Orogenic styles in three stages of the Qinling Orogen .....                                                                                                            | ( 89 ) |
| 5. Basic characteristics of post-collision imbrication orogeny and their relationships with continent-continent collision orogeny of the Qinling Orogen .....             | ( 91 ) |
| 6. On the collision orogenic age and direction of the South and North China Plates based on the direction variation of the tectonic migration of the Qinling Orogen ..... | ( 94 ) |
| <b>Chapter 9 Tectonic evolution of the Qinling Orogen in Phanerozoic eon</b> .....                                                                                        | ( 98 ) |
| <b>Chapter 10 Conclusion</b> .....                                                                                                                                        | (100)  |
| <b>Main References</b> .....                                                                                                                                              | (103)  |
| <b>Plate and its explanation</b> .....                                                                                                                                    | (105)  |

# 第一章 概 述

陶湾群是一套低绿片岩相浅变质的沉积地层,呈条带状分布于东秦岭北缘;它与南侧宽坪群和秦岭群并称北秦岭三大变质岩群。它们的时代、层序及变质变形特征,是秦岭基础地质的老大难问题,一直被地质学者们视为科研攻关重点。

## 第一节 陶湾群的研究基础

### 1. 陶湾群岩石地层层序的主要问题

陶湾群原称陶湾组<sup>①</sup>划归为下元古界(表1),以河南省栾川县陶湾北沟剖面为代表,故名。陶湾组分布于铁炉子—栾川断裂两侧,分别称北陶湾组和南陶湾组。现今广泛使用的陶湾群为岩石地层单位,由河南地质局第三地质队<sup>②</sup>建立;从下至上划分为3个组,即三岔口组、风脉庙组和秋木沟组,属青白口系(表1);但其分布范围限于铁炉子—栾川断裂之北,将南陶湾组划归宽坪群谢湾组,这也是本文陶湾群展布范围;它西起陕西省蓝田县蓝桥镇,经商州、洛南县向东延入河南省卢氏县境,止于栾川县庙子镇,东西延展约230km,南北宽约4—10km。陶湾群南界为铁炉子—栾川断层,与宽坪群相邻<sup>③</sup>;北侧与栾川群、官道口群、震旦系和寒武系等地层以断层接触为主,局部保留沉积接触关系,是研究陶湾群与相邻地层原岩建造关系的重点地带。

将陶湾群限于铁炉子—栾川断裂带以北的见解,由熊润清<sup>④</sup>研究洛南的陶湾群时提出。这种见解在黑龙口幅和大荆镇幅地质图(1/5万)中得到正式确认,自下而上划分为庙湾组、屈涧组、石板河组和垢神庙组,属奥陶—志留系(表1)。

因此,豫、陕两省地质工作者虽然对陶湾群层序划分及时代归属存在不同见解,但是对陶湾群的展布范围及沉积序列(即陶湾群由下部碎屑岩及中上部碳酸盐岩组成)有共同认识,主张陶湾群是一套有序的沉积地层,从而为进一步解决陶湾群问题打下了良好基础。

张秋生等<sup>⑤</sup>在东秦岭开展的变质地质研究,对陶湾群的认识基本上相当于原陶湾组的含义;但是,他们将三岔口组钙质砾岩与陶湾群分离,划归震旦系罗圈组(表2)。

河南省区域地质志的陶湾组,是一个复杂的编图地层单位;虽然也与宽坪组一起划归下元古界,但其含义与原陶湾组有别,其主要特点是把三岔口组从陶湾群中排除,并划归罗圈组。所以,该方案与张秋生等的见解一致,并为部分学者采用。

上述分析表明,三岔口组与陶湾群的关系是陶湾群岩石地层层序的主要问题。

### 2. 陶湾群解体及其层序和时代的演变

黑龙口幅和大荆镇幅地质图(1/5万)提出的陶湾群层序及时代<sup>④⑤</sup>,是基于对商州及

① 西北地质局,1965,栾川幅地质图及说明书(1/20万)。

② 河南省地质局第三地质队,1978,栾川县南部地质图及说明书(1/20万)。

③ 熊润清,1978,陕西洛南景村—三要一线以北陶湾组归宿的讨论,秦岭区测,第1期。

④ 王守仁,1983,陕西商县黑龙口—大荆镇地区陶湾群的层序及时代,秦岭区测,第1期。

⑤ 陕西省地质矿产局,1982,黑龙口幅和大荆镇幅(1/5万)区域地质调查报告。

洛南一带地质构造格架的重新解释,要点有二:其一,认为斩龙头—火烧寨向斜<sup>①</sup>是一个复式单斜构造,而非向斜,因此,主张原向斜两翼三道撞组是不同地质体,将北翼原三道撞组解体为石北沟组(炭质板岩)和罗圈组(砂砾岩),南翼原三道撞组则另定为庙湾组、属陶湾群第一岩组。其二,认为庙湾组角度不整合于北侧寒武系之上,从而将陶湾群定为奥陶—志留系(表1)。

表1 陶湾群时代归属一览表

Table 1 Table of geological age of the Taowan Group

| 时 代 归 属                 | 研 究 者 及 年 代                                                               |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 早中生代混杂岩                 | 王清晨、许靖华等(1989)                                                            |
| 奥陶—志留系                  | 王守仁(1983), Mattauer, M. et al. (1985)<br>大荆镇幅和黑龙口幅(1/5万)(1982), 王宗起(1988) |
| 奥陶系                     | 许志琴等(1988), 张维吉等(1988), 张维吉、李育敬(1989)                                     |
| 寒武—奥陶系                  | 张维吉、胡健民(1989), 王宗起(1989, 1990)                                            |
| 寒武系                     | 熊润清(1978), 陆岩(1985)                                                       |
| 震旦—志留系                  | 杨巍然等(1989, 1991)                                                          |
| 早古生代                    | 杨森楠等(1990)                                                                |
| 上震旦统                    | 王作勋等(1989, 1990, 1994)                                                    |
| 震旦系                     | 金守文(1979), 王振东(1983), 王作勋(1988), 刘国惠等(1993)                               |
| 青白口系                    | 河南地质局第三地质队(1978), 邢裕盛(1979), 王鸿楨(1980), 王作勋(1981), 王振东(1989)              |
| 蓟县系                     | 赵祥生等(1974), 西北大学(1977), 陕西地质局区调队(1978)                                    |
| 长城系                     | 席文祥(1978), 张秋生等(1980), 贾承造等(1988), 胡受奚等(1989)                             |
| 下元古界                    | 栾川幅(1/20万)(1965), 洛南幅(1/20万)1965, 程裕淇(1973), 河南省地矿局(1989)                 |
| 北部地层的构造岩片(青白口系、震旦系、寒武系) | 马步民(1992), 周洪瑞(1993)                                                      |

注:研究者包括已发表的公开文献及内部资料作者。

中法秦岭研究队<sup>[11,12]</sup>和陕西省地矿局“三群”专题组<sup>[2,9]</sup>则将上述陶湾群模式推广到所有陶湾群分布区,主张陶湾群形成于奥陶纪。

1985年以来,本课题组及协作单位在陶湾群庙湾组分布区(洛南白沟、茶酒山、佛岔沟及页山河等地)发现下寒武统辛集组小壳类化石层及其下伏砂板岩含震旦纪微古植物化

① 西北地质局,1966,渭南幅地质图及说明书(1/20万)。

Table 2 Correlation of division of the Taowan Group

(三) 彰字四国志(1084)、左“在秦岭南半坡亦三群和陶湾群的划分与对比”(河南地质)中表示了同样见解。

[illegible]

石组合,使上述黑龙口幅和大荆镇幅陶湾群模式发生了动摇<sup>①</sup>,促使研究者提出新构思:①张维吉等<sup>[2,3]</sup>提出陶湾群与北侧寒武系为同期异相沉积,主张辛集组小壳灰岩为沉积夹层;②王宗起<sup>[13]</sup>提出陶湾群下部碎屑岩为滑塌沉积,所含辛集组灰岩为外来岩块;③王振东等<sup>[14]</sup>主张辛集组灰岩与罗圈组共生,从而将白沟、茶酒山、页山河及佛岔沟等地的陶湾群庙湾组碎屑岩划归罗圈组;④许志琴等<sup>[12]</sup>则将茶酒山及页山河地区的寒武系辛集组小壳灰岩处理为陶湾群下伏地层;⑤刘国惠、张寿广等<sup>[8]</sup>则主张陶湾群与北面寒武系之间为韧性剪切带通过,小壳灰岩为构造岩块,从而不能用来证明下寒武统灰岩与陶湾群的时代关系。

上述情况表明,由黑龙口幅和大荆镇幅(1/5万)所建立的陶湾群庙湾组(奥陶—志留系),可以解体出相当于寒武系、罗圈组及石北沟组的地层,它们与斩龙头—火烧寨向斜北翼原三道撞组解体的下寒武统辛集组(灰岩)、罗圈组(钙质砾岩)及石北沟组(炭质板岩)可以对比。现在的问题是对庙湾组内上述地层的相互关系如何认识。

上述5种见解可以分为三类:其一为沉积接触关系,即辛集组小壳灰岩为陶湾群中的外来岩块或夹层;其二为构造接触,即小壳灰岩为构造岩块,陶湾群与寒武系之间被韧性剪切带分割;其三亦为沉积接触,即辛集组小壳灰岩假整合于罗圈组之上,从而将陶湾群下部碎屑岩划归为罗圈组。因此,弄清楚庙湾组钙质砾岩与罗圈组的关系,或者陶湾群三岔口组与上震旦统罗圈组的关系,以及下寒武统辛集组与陶湾群间的关系,是正确划分陶湾群岩石地层层序的第二个关键问题。

### 3. 陶湾群形成的大地构造背景及陶湾群变形的构造轮廓

中外地质学家已经提出了多种见解。河南地质局第三地质队(1978)关于栾川地区陶湾群为平卧背斜或“包饺子构造”的见解,较好地解释了该区陶湾群的构造轮廓。中法秦岭研究队<sup>[11,12]</sup>对栾川及洛南地区陶湾群韧性剪切带的研究,深化了对陶湾群构造变形特征的理解。

近年,通过构造变形来探讨陶湾群的性质,并将陶湾群作为构造岩石单位的见解,成为陶湾群研究的新动向。周洪瑞<sup>[7]</sup>对栾川地区陶湾群的研究,提出该区陶湾群是一个大型剪切带的主要部分,从而主张陶湾群并非岩石地层单位,而是由不同时代不同岩性的地层以构造关系叠置在一起的构造带。刘国惠、张寿广等<sup>[8]</sup>也主张陶湾群为构造岩石单位,认为陶湾群与其北面的寒武系间有一条大的韧性剪切带通过,含寒武纪化石的灰岩为构造岩块。韩志勇<sup>②</sup>则认为该带为剪切混杂带,由三个构造岩片叠置而成,含寒武纪小壳化石的灰岩为构造岩块;但是该带之北的大片寒武系及南侧之陶湾群仍分别为有序的岩石地层单元而非构造岩石单位。

将陶湾群作为构造岩石单位的见解,由贾承造等<sup>[5]</sup>最先提出,他们认为宽坪群和陶湾群是一套中—晚元古代俯冲杂岩,为华北板块南部古活动大陆边缘的组成部分。其后,王清晨、许靖华等根据许靖华碰撞造山带模式<sup>[15]</sup>,将陶湾群作为秦岭造山带碰撞混杂岩的一部分<sup>[6]</sup>,形成于早中生代。

因此,将陶湾群作为构造岩石单位的见解可以分为两类:其一,从构造地质学及推覆构造角度研究陶湾群;其二,从板块构造或碰撞造山带角度研究陶湾群。

① 王宗起,1986,陕西洛南柏峪寺—灵口地区地层时代及构造特征初探,中国地质科学院研究生部硕士论文。

② 韩志勇,1993,陕西洛南地区陶湾群地质特征及其与寒武系的关系,中国地质科学院研究生部硕士论文。

上述情况表明, 陶湾群原岩建造与构造变形的关系, 及其与秦岭造山带构造演化的关系, 已成为陶湾群研究者关注的中心。

## 第二节 研究思路及方法

陶湾群的早期研究思路属于岩石地层学范畴, 即认为陶湾群是一套有序的沉积地层, 虽经低绿片岩相变质及相应变形, 但是仍保持其原岩层序。因而, 在地质填图及研究中的基本任务是地层划分及确定层序, 并在此基础上确定时代及圈定构造形迹。

近年, 秦岭造山带变质地质研究注重了对构造变形及构造滑动面性质及方向的厘定, 以及变质期次的划分, 从而发现了更多的剪切带及其对地质体的分割作用。因此, 一些研究者将从前的岩石地层单位重新厘定为构造岩石单位。从这方面对陶湾群的研究, 可以追溯到 70 年代初期将铁炉子—栾川断裂带两侧陶湾组解体的成功例子。近年陶湾群研究的新动向与此相关, 周洪瑞<sup>[7]</sup>和马步民<sup>①</sup> 分别将栾川及洛南地区的陶湾群归结为其北侧地层(青白口系、震旦系和寒武系)的构造岩片或韧性-脆性逆冲岩片的构造重覆或叠置, 因而认为不存在单独的陶湾群及其相应的层序及时代问题。

从板块构造及碰撞造山带角度研究陶湾群, 是近年秦岭造山带变质地质研究的另一思路, 将陶湾群解释为中—晚元古代俯冲杂岩<sup>[5]</sup>, 或解释为早中生代碰撞混杂岩<sup>[6]</sup>; 因而, 主张陶湾群为构造岩石单位, 但是, 在时代上则因构造模式不同而相差甚远。

因此, 陶湾群的研究思路基本上可以概括为岩石地层学、构造地质学和比较大地构造学三个方面。它们从不同侧面涉及到陶湾群形成及改造的历史和特征。本书作者认为只有将上述三个方面结合起来, 才有可能全面地正确认识陶湾群的地质特征及其与秦岭造山带构造演化的关系。

### 1. 恰当认识和处理沉积建造与变形改造的关系是解决陶湾群问题的前提

陶湾群研究中的不同思路产生了完全不同的结果: 按岩石地层单元研究陶湾群, 侧重陶湾群是一套有序的大陆边缘沉积, 因而需要划分地层及确定层序; 按构造岩石单位研究陶湾群, 认为陶湾群是其北侧地层的构造岩片, 或将陶湾群划归碰撞混杂岩或古俯冲杂岩, 因而不存在所谓陶湾群问题。

陶湾群研究的困难在于如何能够恰当地认识和处理沉积建造与变形改造的关系, 这是秦岭造山带变质地质研究的前沿课题。传统的岩石地层学方法从沉积建造入手, 确定地层组成及层序, 进而研究构造变形及厘定地层时代。但是, 由于大陆边缘沉积相变以及后期变形改造, 使原岩层序难以重建或复原, 因而前人对地质现象的不同解释提出了各种不同的陶湾群层序及时代方案(表 1、2)。近来, 一些研究者倾向于按构造岩石单位处理陶湾群, 侧重岩石物性单元及其物性差异及应变强弱, 从而划分出更多构造岩石单元(弱应变带)及剪切带(强应变带)。将陶湾群按物性差异及应变强弱划分为构造岩石单元, 如碳酸盐岩组、细碎屑岩组等, 反映了原岩沉积成岩后的变形及变质特征, 有助于认识其改造历史, 但却不能据此认识其形成过程。当前陶湾群研究中的构造岩石单位思路的局限性, 在于将研究工作停留在变形改造阶段, 例如在解释陶湾群与其北侧寒武系的关系上, 某些研究者在二

① 马步民, 1992, 陕西洛南一带陶湾群及相关地层变形特征研究(送审稿)。

者之间厘定出韧性剪切带,而不再深入探求二者原岩建造的原生关系,虽然他们已经确定该韧性剪切带发生在陶湾群和寒武系形成之后。

陶湾群研究中的另一种偏向,是忽视后期变形改造对原岩建造的影响。前人关于陶湾群不整合在上寒武统之上的论断<sup>[4,12]</sup>,以及将下寒武统辛集组小壳灰岩解释为陶湾群“郭岭组”滑塌沉积中的外来岩块,或“芋园沟组”中的沉积夹层的见解<sup>[3,13]</sup>都是这方面的例证。

王鸿祯<sup>[8]</sup>指出,现代地质科学尽管已经更多地与数理化自然基础科学相结合;但其本身仍是具有历史性质的科学,任何地区的综合研究最后都要归结到发展史。这段话对于正确认识和处理地质建造与改造的相互关系具有指导意义。将陶湾群作为构造岩石单位的思路及研究方法,有助于认识和探索陶湾群构造变形的特征及过程,陶湾群研究的岩石地层学思路及方法有助于阐明其沉积特征及形成历史,将二者恰当地结合起来才有可能全面地认识陶湾群形成及改造的历史,及其与秦岭造山带构造演化的关系。

## 2. 大陆边缘沉积相变与陶湾群区域对比

如何认识和处理原岩建造的沉积相变与野外地质填图中的“大套对比”,是在研究陶湾群时面临的另一个重要理论及实践问题。在陶湾群地质填图中,传统上以秋木沟组片状大理岩作为标志层圈定陶湾群展布范围,其理论基础是地台区沉积地层旋回的“大套对比”,即地层剖面上的碎屑岩-碳酸盐岩序列的平面叠置和覆盖关系。有人<sup>[14]</sup>提出,被秋木沟组片状大理岩覆盖的砂砾岩层才是陶湾群砾岩(三岔口组),被下寒武统辛集组灰岩覆盖的砂砾岩层则是上震旦统罗圈组,这就是应用地台区地层大套对比原则的实例。

但是,陶湾群属于大陆边缘沉积,它的各个岩石地层单元在平面上的发育及分布程度是不相同的。陶湾群底部碎屑岩(三岔口组)局限于陶湾群分布区北部;秋木沟组碳酸盐岩主要分布于中部及南部。因此,陶湾群碎屑岩发育区与碳酸盐岩发育区表现为有限叠置的覆盖关系,而不是地台区的大面积整合覆盖,这种沉积古地理特征,反映了大陆边缘沉积岩相的横向变化,即碎屑岩沉积更靠近陆源区。所以,用秋木沟组碳酸盐岩为标准来圈定陶湾群,虽然可以作为野外地质填图中快速简便的手段,但是,势必将那些未被秋木沟组碳酸盐岩覆盖的陶湾群碎屑岩相带排除在外。这就是陕西省洛南县白沟和灵口佛岔沟地区三岔口组和风脉庙组碎屑岩被排除在陶湾群之外的原因所在。

陶湾群分布区北缘的碎屑岩组(三岔口组和风脉庙组)缺乏秋木沟组碳酸盐岩覆盖,但却偶见下寒武统辛集组灰岩假整合。对这种地质现象的不同解释,提出了不同的陶湾群模式(表1,2),在洛南地区,上述地质现象展现于郭岭、白沟、页山河、茶酒山至灵口佛岔沟一带,成为近年陶湾群研究的焦点地带。本课题组及协作单位在这一带的原定奥陶系陶湾群庙湾组的灰岩中发现下寒武统辛集组小壳类化石。对于小壳灰岩层赋存状态的不同解释产生了众多陶湾群模式<sup>[3,8,12,13,14]</sup>。

王振东等<sup>[14]</sup>根据上述地台区地层大套对比原则,提出被下寒武统辛集组灰岩覆盖的陶湾群碎屑岩应属上震旦统罗圈组,从而将陶湾群北缘碎屑岩相带排除在该群之外。但是,在洛南县灵口佛岔沟出露的钙质砾岩及下伏炭质板岩,虽被公认为震旦系罗圈组和青白口系石北沟组,但却缺乏下寒武统辛集组灰岩覆盖。佛岔沟和五洞沟在洛河两岸近南北向延展;在洛河之北,沿五洞沟出露的上震旦统罗圈组之上,则有下寒武统辛集组灰岩假整合覆盖,灰岩底部产小壳类化石及含磷层;在洛河南岸佛岔沟出露的罗圈组则无辛集组灰岩覆盖,而且,在佛岔沟南端,与罗圈组相同的碎屑岩层之上整合覆盖秋木沟组碳酸盐岩。这3段剖

面从北到南展示的碎屑岩层均含有相当于上震旦统罗圈组的微古植物化石,表明它们属于同期沉积;但是,上覆沉积岩层则明显变化。因此,地台区或克拉通内沉积旋回剖面的大套对比原则,不能简单地应用于大陆边缘沉积带,而应根据沉积岩相带迁移的规律来确定岩相带的区域变化及相应的地层剖面序列。

对造山带大陆边缘沉积地层对比的另一种态度,则是完全否定地层对比的可能性。王清晨、许靖华等<sup>[6]</sup>提出,不能将克拉通地层对比原则应用于造山带,并将陶湾群划归早中生代碰撞混杂岩。

对造山带大陆边缘沉积相变特征缺乏了解,以及对陶湾群原岩建造沉积相带缺乏具体调查研究是产生上述两种偏向的根本原因。他们将地台区地层“大套对比”的原则机械地应用于克拉通边缘(或地台边缘地带),将使部分地层或岩相带人为地与相关地层(或相带)割断成因联系。另一方面,完全拒绝对大陆边缘沉积建造进行对比分析,则人为地使造山带有序地层(岩石地层单位)成为“构造混杂岩”,从而使构造岩石单位扩大化。正确认识和克服这两种偏向,是大陆边缘变质地质研究及秦岭造山带变质地层研究的前沿课题,也是解决陶湾群问题的前提。

### 3. 岩石地层单位与构造岩石单位的关系

岩石地层单位是一套有序的地层,其基本特征是有序可循;构造岩石单位则是无法确定序次的地质体组合,它们之间为构造接触关系。在秦岭造山带变质地层研究中,一些研究者使用“岩群”来表述构造岩石单位比岩组高一级的地质体组合。关于岩群,程裕淇等<sup>[16]</sup>的定义为“对由于构造复杂,或受到高度混合岩化作用的影响,或强烈花岗质岩浆活动的干扰,或出露不全因而无法建立完整层序的变质表壳岩系;它区别于层序基本可信的变质的‘群’”。因此,程裕淇等所谈的岩群,实属于构造岩石单位的一种类型;该类型更多地显示了花岗质岩浆活动对变质表壳岩系的影响。这个定义对于秦岭造山带大多数变质地层是不适用的,例如刘国惠等<sup>[8]</sup>和张寿广等<sup>[17]</sup>所指的陶湾岩群和宽坪岩群,基本不受花岗质岩浆活动影响,而且具有稳定的组成及序列;因此,程裕淇等<sup>[16]</sup>仍称陶湾群和宽坪群。

目前,对陶湾群的成因还有不同认识,包括陶湾岩群<sup>[8]</sup>、构造岩片叠置体<sup>[7,8]</sup>、推覆外来岩系、古俯冲杂岩<sup>[5]</sup>以及“碰撞混杂岩”<sup>[6]</sup>等不同论点。

刘国惠等<sup>[8]</sup>在1993年改陶湾群为陶湾岩群,认为陶湾群“总体构造样式为许多构造岩片叠置在一起,其中的砂板岩构成若干韧性或脆韧性剪切带,大理岩或其他能干性相对强的岩层构成不同的岩片”;另一方面,他们又认为陶湾岩群可以从下至上划分为有序的3个岩组,即三岔口岩组,风脉庙岩组和秋木沟岩组。因此,这种陶湾岩群仍是一套有序的岩组,从而在根本特征上与陶湾群岩石地层单元含义一致。

周洪瑞<sup>[7]</sup>和马步民(1992)都认为陶湾群为构造岩石单位,他们主张陶湾群是其北侧地层的构造岩片叠置体或推覆外来岩系。所以,陶湾群成为北部已知时代地层的构造岩片,因而并非“陶湾岩群”,不存在单独的陶湾群及其层序问题。但是,如何确定陶湾群是北部地层的构造岩片?这必须首先确定各构造岩片的时代及其与北侧相应时代地层的联系,这就又回到岩石地层单位的研究范畴。

贾承造等<sup>[5]</sup>在1988年首先提出陶湾群为构造岩石单位,属中一晚元古代俯冲杂岩;并认为陶湾群仅指宽坪群以北的一套厚层片状云母大理岩,即秋木沟组;而包括三岔口组和鱼库组等的一套炭质片岩和含砾灰岩是以角度不整合或断层接触关系覆盖在陶湾群之上的