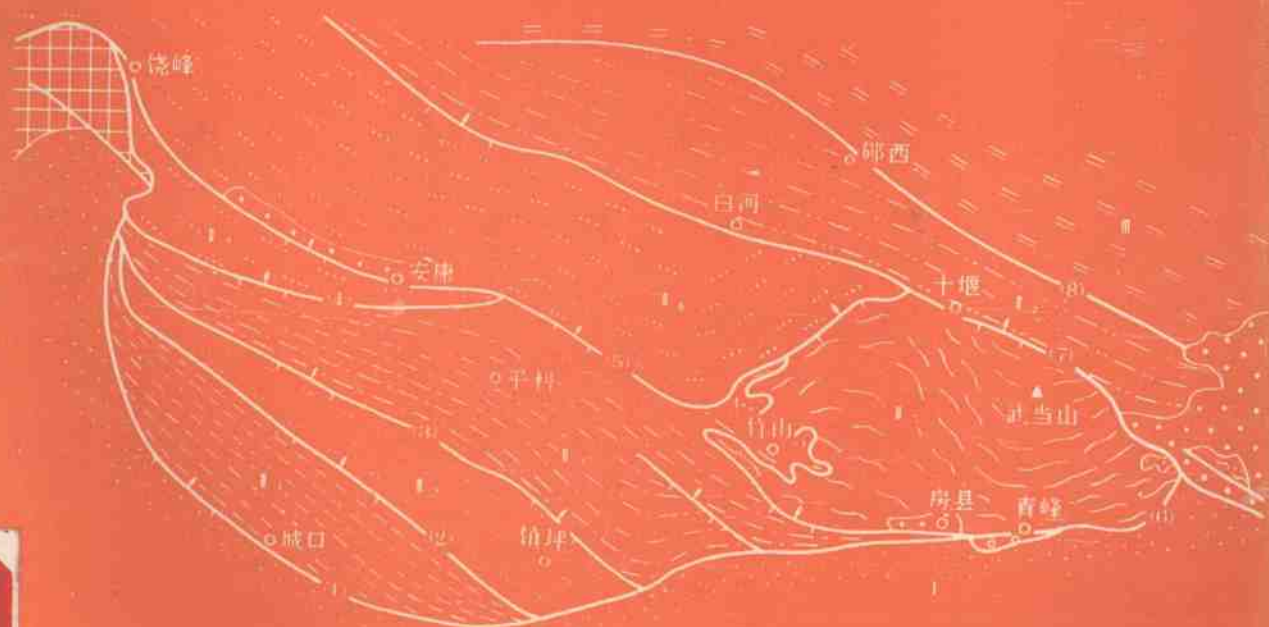




国家自然科学基金
基金资助项目

武当山推覆构造 的形成与演化

蔡学林 石绍清 等著
吴德超 邓明森



成都科技大学出版社

国家自然科学基金资助项目

武当山推覆构造 的形成与演化

蔡学林 石绍清 吴德超 邓明森 曹家敏 著
李树钧 夏 竹 殷继成 徐公达

成都科技大学出版社

(川)新登字 015 号

责任编辑 赵成永

封面设计 卢奇勋

内 容 简 介

本书以当代构造学和造山带最新理论为指导,系统地论述了武当山推覆构造结构样式、变形机制、扩展方式、形成与演化模式;重塑了东秦岭造山带地壳时空演化规律;探讨了推覆体内拉伸量的测算原理和方法;提出了推覆成因花岗岩和不对称楔入造山作用概念;划分出两类板内造山变形动力学模式;建立起大陆内部山盆耦合关系的三类四型变形动力学模式。

本书素材翔实,内容丰富,科学思路和观点新颖,文图并茂,对教学、科研和地质勘探人员有重要参考价值。

武当山推覆体构造的形成与演化

蔡学林 石绍清 等著
吴德超 邓明森

成都科技大学出版社出版发行

西南冶金地质印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.5

1995年12月第一版 1995年12月第一次印刷

印数 1—500册 字数 365千字

ISBN 7-5616-3190-1/P·79

定价:15.00元

序

巨型推覆构造是大陆地壳或大陆板块中主要的变形构造类型,研究巨型推覆构造已成为大陆动力学前沿研究领域的关键问题之一。

70年代中期,大陆反射剖面(COCORP)在美国南阿巴拉契亚山发现了巨型推覆构造以及落基山逆冲断层带发现了大型油田后,国内外构造地质学领域出现研究推覆构造的第二次热潮,将推覆构造研究推进到新的研究阶段,取得了许多突破性进展,武当山巨型推覆构造的发现及深入研究就是其中一个很好的实例。

以成都理工学院蔡学林教授为首的研究集体,在承担国家自然科学基金项目《武当山推覆构造研究》过程中,不仅将武当山巨型推覆构造作为秦岭造山带中一种最重要的变形构造形态加以系统深入研究,更重要的是将推覆作用、推覆成岩成矿作用有机地结合起来进行系统分析,从而为研究巨型推覆构造提出了新的研究思路。该专著以变形作用为主线,采用多种现代研究方法和测试技术,对推覆构造几何结构、推覆构造形成过程中热结构、热演化及形成演化动力学等进行了全面深入论述,弥补了推覆构造研究中这一薄弱而又十分重要的环节。

该专著在武当山推覆构造及巨型推覆构造研究领域中的新进展与创新主要有以下几方面:①通过构造变形、构造地层、变形岩石、重力资料计算,爆破地震、古生物地理等的系统研究,厘定了武当山地区不是由古隆起形成的地块,而是印支晚期—燕山早期形成的规模巨大的推覆体,并建立起推覆构造的四级结构体系、推覆构造的四种构造成分及鳞片叠覆的三维几何结构模式;②采用应变测量和应变分析、岩组分析、磁性组构分析、显微构造等多种宏微观测试技术,获得了推覆体的应变型式、变形机制、古应力值及应变速率等,将推覆构造的定性描述上升到了定量、半定量研究的新阶段;③首次提出东秦岭造山带某些中生代花岗岩体是推覆构造作用形成的,并进一步论证了花岗岩浆的物质来源、岩浆性质、形成机制和就位机制,推覆成因花岗岩这一科学

发现为巨型推覆构造和花岗岩体的跨学科综合研究开创了新的研究领域,因而具有重要学术价值和潜在的经济意义;④据地学断面及地表地质研究,提出陆内造山模式——楔入造山模式,建立起纯剪挤压型造山带和单剪造山带变形动力学模式及盆-山耦合的三类四型动力学模式;⑤论述了运用张性纤维脉定量计算地壳表层拉伸量的原理和方法,计算了武当山地区的伸展变形量,这些数据对东秦岭造山带推覆后的伸展变形定量研究,具有重要的科学价值;⑥通过对武当山推覆体及四川盆地周边推覆构造的深入对比研究,建立起推覆体构造形成演化的六阶段演化模式——褶推式演化模式。

上述新成果、新认识无疑对武当山及东秦岭造山带结构模式、推覆构造形成演化研究具有重要作用,我深信该专著的出版对提高推覆构造研究水平等方面将起到良好的作用。

本书是作者们多年来辛勤劳动的结晶,我衷心祝贺他们的成功,并期待着有更多的专著问世。

中国科学院院士

马杏远
95年12月

目 录

第一章 引 论	(1)
一、推覆构造的研究进展	(1)
二、武当山推覆构造的厘定	(1)
三、科学研究思路	(1)
四、研究工作概况	(2)
五、主要新认识和新进展	(2)
六、分工与致谢	(5)
第二章 造山带变形与推覆构造结构体系	(7)
第一节 造山带与推覆构造	(7)
第二节 造山带的变形类型	(8)
一、纯剪挤压型造山带	(9)
二、单剪造山带	(13)
第三节 造山带与沉积盆地耦合关系的变形动力学模式	(15)
一、楔入造山推覆成盆变形动力学模式	(15)
二、剪切造山反转成盆变形动力学模式	(15)
三、伸展造山断拗成盆变形动力学模式	(16)
第四节 推覆构造结构体系	(16)
第三章 东秦岭地区地球物理特征	(22)
第一节 东秦岭地区重力、磁场分布特征	(22)
一、布拉克重力异常特征	(22)
二、航磁异常特征	(24)
第二节 东秦岭地区大地电磁测深	(24)
第三节 东秦岭地区地震测深所反映的地壳速度结构	(26)
第四节 东秦岭地区深部综合地球物理场和岩石圈结构	(28)
一、东秦岭深部综合地球物理场	(28)
二、东秦岭地区岩石圈结构及其楔状构造	(29)
第五节 武当山推覆体的地球物理证据	(31)
第四章 推覆构造地层系统及古地理特征	(33)
第一节 武当山推覆体地层系统	(33)
第二节 下伏地层系统	(39)
第三节 红山地区晚震旦世地层特征	(42)
第四节 武当山地区晚震旦世至早古生代古地理轮廓	(46)
第五章 武当山推覆体构造岩石学特征	(49)
第一节 武当山群的主要岩石类型	(49)
一、砂泥质变质岩类	(49)
二、长英质变质岩类	(50)

三、基性变质岩类	(51)
四、武当山群的变质岩基本特征	(51)
第二节 武当山群变质作用特征	(52)
一、原岩类型、变质岩类、变质矿物及其组合	(52)
二、高压绿片岩相的特征及其地质背景	(53)
第三节 动力变质岩分类和岩石类型	(56)
一、动力变质岩分类	(56)
二、动力变质岩类型	(56)
第四节 青峰断裂带倒转逆增变质	(58)
一、倒转逆增变质特征	(58)
二、地质温度计和压力计测算	(58)
第五节 特征矿物研究	(60)
一、特征矿物的主要光学性质	(60)
二、标志矿物的晶体化学式	(63)
第六章 推覆构造结构样式	(64)
第一节 推覆剪切带基本特征	(65)
一、城口韧性剪切带	(65)
二、八仙街剪切带	(67)
三、红椿坝脆韧性剪切带	(67)
四、汉王城脆韧性剪切带	(67)
五、青峰韧性剪切带	(72)
六、安康韧性剪切带	(72)
七、十堰脆韧性剪切带	(75)
八、两郧脆韧性剪切带	(76)
九、剪切带基本特征	(76)
第二节 前缘叠瓦褶断带	(77)
一、物质组成	(77)
二、构造样式	(77)
第三节 中央推覆体带	(80)
一、大巴山推覆体	(80)
二、镇坪推覆体	(81)
三、平利推覆体	(81)
四、凤凰山推覆体	(82)
五、武当山推覆体	(82)
(一)、竹山-紫金断片	(83)
(二)姚坪-青峰断片	(89)
(三)中堰断片	(94)
(四)官山断片	(97)

六、圣母山推覆体	(101)
七、两郛推覆体	(107)
第四节 后缘挤压-伸展变形带	(108)
一、物质组成	(108)
二、构造样式	(108)
第五节 推覆构造几何模式	(110)
一、推覆体变形构造序列	(110)
二、推覆体三维鳞片状叠覆模式	(111)
三、武当山双冲推覆体变形模式	(114)
四、断片变形模式	(114)
第七章 推覆构造变形机制及运动学分析	(118)
第七节 变形机制分析	(118)
一、显微构造分析	(118)
二、有限应变测量分析	(121)
三、青峰韧性剪切带磁组构造测量分析	(129)
四、推覆构造变形环境分析	(132)
第二节 古应力值及应变速率测算	(134)
一、古应力值计算	(135)
二、应变速率测定	(139)
第三节 推覆方向与扩展模式	(140)
一、推覆方向的确定	(140)
二、扩展模式	(142)
第四节 推覆距离测算	(144)
一、地质地球物理分析	(145)
二、平衡剖面及推覆距离估算	(145)
三、变形反演与推覆距离测算	(147)
四、流体在推覆体运移中的作用	(151)
第八章 东秦岭推覆成因花岗岩	(152)
第一节 花岗岩体与推覆构造的空间关系	(152)
第二节 花岗岩体与推覆构造的时代耦合关系	(154)
第三节 花岗岩浆物质来源分析	(156)
第四节 推覆构造摩擦剪切热源分析	(158)
第五节 推覆成因花岗岩浆运移与侵位动力学	(161)
第九章 武当山推覆体伸展变形分析	(166)
第一节 概 述	(166)
一、伸展变形概念	(166)
二、推覆体内伸展变形基本特征	(166)
第二节 反转盆地特征	(167)

一、反转盆地概念	(167)
二、房县负反转沉积盆地	(167)
三、宝丰负反转沉积盆地	(169)
四、石花负反转沉积盆地	(169)
五、郧县负反转沉积盆地	(169)
六、东秦岭负反转沉积盆地基本特征	(170)
第三节 张性纤维状岩脉的地质特征	(171)
一、武当山推覆体内纤维状岩脉基本特征	(171)
二、纤维状岩脉的几何结构	(173)
三、张性纤维状岩脉类型	(174)
四、纤维状矿物与应变轨迹关系	(176)
第四节 拉伸量测算原理和方法	(177)
一、武当山地区拉伸方向的测定和分析	(178)
二、拉伸量测算原理	(181)
三、测点布置和测量方法	(181)
四、武当山推覆体拉伸量计算与分析	(182)
第十章 推覆构造的形成与演化动力学	(188)
第一节 太古—早元古代秦岭古克拉通基底形成	(188)
第二节 中晚元古代秦岭古裂谷系及武当山群的发育	(189)
第三节 震旦纪—古生代秦岭有限洋盆的演化及俯冲—碰撞关闭	(191)
第四节 中生代陆内造山过程及武当山推覆构造的形成	(192)
一、印支期秦岭海槽闭合	(192)
二、A型俯冲与楔入造山作用	(192)
三、东秦岭楔入造山作用的基本特征	(193)
四、武当山推覆构造动力学机制	(197)
第五节 燕山晚期—喜山期东秦岭造山带伸展变形及负反转沉积盆地的形成	(199)
第六节 推覆构造演化模式	(200)
主要参考文献	(202)
图版说明	(208)
图版	(211)
英文摘要	(217)

CONTENTS

CHAPTER I INTRODUCTION	(1)
1-1 Researching progresses of nappe tectonics	(1)
1-2 Determination of Wudangshan nappe tectonics	(1)
1-3 Researching ways	(1)
1-4 General situation in this work	(2)
1-5 Important new knowledge and progresses	(2)
1-6 Responsibility and acknowledgements	(5)
CHAPTER II DEFORMATION OF OROGENIC BELTS AND CONSTRUCTION	
SYSTEM OF NAPPE TECTONICS	(7)
1 Relationship between orogenic belts and nappe tectonics	(7)
2 Deformational types of orogenic belts	(8)
3 Deformational dynamic models of coupling effect between the orogenic belts and the deposit basins	(15)
4 Construction system of nappe tectonics	(16)
CHAPTER III REGIONAL GEOPHYSICAL SIGNATURES IN THE EASTERN	
QINLING	(22)
1 Regional gravimetric field and magnetic field	(22)
(1) Characteristics of Bouguer gravity anomaly	(22)
(2) Characteristics of aeromagnetic anomaly	(24)
2 Characteristics of telluric electromagnetic	(24)
3 Explosive seismic sounding and crustal velocity structure	(26)
4 Deep geophysical field and lithospheric texture	(28)
(1) Comprehending deep geophysical field in the Eastern Qinling	(28)
(2) Wedge-shaped structure inside lithosphere	(29)
5 Geophysical evidence of the Wudangshan nappe tectonics	(31)
CHAPTER IV STRATIGRAPHIC SEQUENCE AND PALAEOGEOGRAPHY OF	
NAPPE TECTONICS	(33)
1 Stratigraphic sequence of the Wudangshan nappe	(33)
2 The systems of subterranean strata of the Wudangshan nappe	(39)
3 Upper Sinian in Hongshan area of Gucheng, Hubei	(42)
4 Palaeogeographic outline during to the early Palaeozoic Era from the late Sinian	(46)
CHAPTER V LITHOLOGIC CHARACTERISTICS OF THE WUDANGSHAN	
NAPPE TECTONICS	(49)
1 Primary rocks of the Wudangshan Group	(49)

(1)Sandy-muddy metamorphics types	(49)
(2)Felsic metamorphics types	(50)
(3)Metabasite types	(51)
(4)Essential metamorphic trait of the Wudangshan Group	(51)
2 Metamorphism and high-pressure-greenschist facies of the Wudangshan Group	(52)
(1)Original rocks,metamorphics,metamorphic minerals and their assemblages	(52)
(2)High-pressure greenschist facies and their geologic background	(53)
3 Classification and types of dynamometamorphic rocks	(56)
(1)Dynamometamorphic classification	(56)
(2)Dynamometamorphic rock types	(56)
4 Reversal progressive metamorphism of Qingfeng fault zone	(58)
(1)Reversal progressive metamorphic trait	(58)
(2)Determination by Geologic thermometer and Geologic barometer	(58)
5 Standard mineral analysis	(60)
(1)Important Optical nature of Characteristic mineral	(60)
(2)Crystallochemical formula of marker mineral	(63)
CHAPTER VI GEOMETRIC TEXTURAL MANNERS OF THE NAPPE	
TECTONICS	(64)
1 Essential characteristics of important shear zones	(65)
(1)Chengkou DSZ	(65)
(2)Baxianjie shear zone	(67)
(3)Hongchunping brittle-ductile shear zone	(67)
(4)Hanwangcheng brittle-ductile shear zone	(67)
(5)Qingfeng DSZ	(72)
(6)Ankang DSZ	(72)
(7)Shiyan brittle-ductile shear zone	(75)
(8)Yunxi-Yunxian brittle-ductile shear zone	(76)
(9)Essential characteristics of shear zones	(76)
2 Foreland imbricate fold-fault belt	(77)
(1)Member compose	(77)
(2)Structural manners	(77)
3 Central nappe zone	(80)
(1)Dabashan nappe	(80)
(2)Zhengping nappe	(81)
(3)Pingli nappe	(81)
(4)Fenghuangshan nappe	(82)
(5)Wudangshan nappe	(82)

①Zhushan-Zijin horse	(83)
②Yaoping-Qingfeng horse	(89)
③Zhongyan horse	(94)
④Guanshan horse	(97)
(6)Shengmushan nappe	(101)
(7)Yunxi-Yunxian nappe	(107)
4 Compressed-extensional deformation belt in trailing edge	(108)
(1)Matter Compose	(108)
(2)Structural manners	(108)
5 Geometric models of the nappe tectonics	(110)
(1)Deformation sequence of nappe	(110)
(2)Three-dimensional—"Scaled overlap"model of nappe	(111)
(3)Deformation model of duplex nappe in Wudangshan	(114)
(4)Deformation model of horse	(114)

CHAPTER VII DEFORMATION MECHANISM AND KINEMATICS OF NAPPE TECTONICS

1 Deformation mechanism analysis	(118)
(1)Microstructure analysis	(118)
(2)Finite strain survey	(121)
(3)Magnetic fabric determination of Qingfeng DSZ	(129)
(4)Deformation background of the nappe tectonics	(132)
2 Estimates of both palaeostress values and palaeostrain rate	(134)
(1)Estimate of palaeostress values	(135)
(2)Estimate of palaeostrain rate	(139)
3 Nappe sense and propagation model	(140)
(1)Determination of nappe sense	(140)
(2)Propagation model	(142)
4 Determination of nappe displacement distance	(144)
(1)Geologic-geophysics analysis	(145)
(2)Balanced cross section and determination of nappe displacement distance	(145)
(3)Deformation reversion determination of nappe displacement distance	(147)
(4)Fluid effect during nappe displacement	(151)

CHAPTER VIII GRANITE OF NAPPE ORIGIN IN EASTERN QINLING

.....	(152)
1 Three-dimension relation between granite and nappe tectonics	(152)
2 Coupling relation in formation times of both granite and nappe tectonics	(154)
3 Granite protolith analysis	(156)

- 4 Heater analysis of friction heat originated during napping (158)
- 5 Dynamics of movement and emplacement of napping granite magma ... (161)

CHAPTER IX EXTENSION STRAIN ANALYSIS OF THE WUDANGSHAN NAPPE

.....	(166)
1 Outline	(166)
(1) Extension deformation Concept	(166)
(2) Master features of extension deformation inside the nappe	(166)
2 Reversal basin features	(167)
(1) Reversal basin concept	(167)
(2) Fangxian negative-reversal basin	(167)
(3) Baofeng negative-reversal basin	(169)
(4) Shihua negative-reversal basin	(169)
(5) Yunxian negative-reversal basin	(169)
(6) Main features of negative-reversal basins in the Eastern Qinling	(170)
3 Geologic feature of rod-like extensive veinstone	(171)
(1) Essential characteristics of rod-like veinstone inside the Wudangshan nappe	(171)
(2) Geometric textures of rod-like veinstone	(173)
(3) Rod-like extension veinstone types	(174)
(4) Rod-like minerals and its relation to strain path	(176)
4 Determination principle and ways of extension strain quantity	(177)
(1) Analysis and determination of extension sense in Wudangshan region	(178)
(2) Determination principle of extension quantity	(181)
(3) Planning of observation point and determination method	(181)
(4) Calculation and analysis of extension quantity inside the Wudangshan nappe and its tectonic significance	(182)

CHAPTER X FORMATIONAL AND EVOLUTIONARY DYNAMICS OF NAPPE

TECTONICS	(188)
1 The basement formation of Qinling craton during the Archaeozoic to the early Proterozoic Era	(188)
2 Evolution of the mid-late Proterozoic rift systems and formation of the Wudangshan Group	(189)
3 Evolution of the Eastern Qinling limited oceanbasin and its closure as a result of subduction-collision during the Sinian to the early Palaeozoic Era	(191)
4 Intercontinental orogenics and formation of the Wudangshan nappe tectonics during the Mesozoic Era	(192)
(1) Closure of Qinling ocean trough during the Indosinian epoch	(192)
(2) A-subduction and wedge-orogenics	(192)

(3) Principle feature of the wedge-orogenics in the Eastern Qinling	(193)
(4) Dynamic mechanism of the Wudangshan nappe tectonics	(197)
5 Extension deformation and formation of The negative reversal deposit basins during to the Himalayan epoch from the late Yenshan	(199)
6 The evolution model of nappe tectonics	(200)
References	(202)
Explanation of plates	(208)
Plates	(211)
Abstract	(217)

第一章 引 论

一、推覆构造的研究进展

大量变形构造研究最新成果证实,巨型推覆构造是大陆地壳或大陆板块中最主要的变形构造形态之一。研究巨型推覆构造已成为大陆动力学前沿研究领域的关键问题之一。对推覆构造作用及其与其它地质作用空间关系和成因联系的深入而全面系统地研究将是这一研究领域新的突破口之一。

70年代中期以来,由于深地震反射探测等新技术的应用,国内外构造地质学领域出现研究推覆构造的第二次热潮,在推覆构造三维几何结构、形态特征、成因类型、形成与扩展模式、运动学和动力机制、大地构造意义和成矿关系,以及研究方法等方面进行了系统深入研究,取得了一系列成果和新的认识,从而将推覆构造研究推进到新的研究阶段。我国构造地质学家在中国大陆发现大量巨型推覆构造,并对其作了全面深入研究,发现推覆体下赋存大量煤层、油气和其它资源,从而证实巨型推覆构造是大陆地壳,特别是各造山带中最主要的变形构造形态之一。武当山巨型推覆构造的发现和深入研究就是其中的一个典型实例。

二、武当山推覆构造的厘定

长期以来,地质学界将武当山地区作为由中上元古界武当山群等中浅变质岩系组成的古老地块来研究。随着我们对该区研究的深入和多种测试技术的应用,特别是构造解析和爆破地震测深技术在该区的应用,终于发现武当山地区不是一个由古隆起构成的地块,而是由中上元古界武当山群等中浅变质岩系构成的印支晚期至燕山早期形成的年轻的巨型推覆构造(蔡学林等,1987)。在张国伟(1991)、任纪舜(1990)、吴正文(1991)、陈晋镛等(1991)、柴玉成(1992)等人的有关论文和专著中也认为该区是一推覆构造。

我们在完成地矿部秦巴地区QB-1地学断面研究后,国家自然科学基金委员会及时资助我们继续对该区进行研究,项目名称是《武当山地区推覆构造研究》,项目编号是4880130,研究时间为1989年1月至1993年12月,为我们继续深入全面系统研究武当山巨型推覆构造提供了资金保障和必要的前提条件。

三、科学研究思路

多年研究实践证明,正确的科学研究思路和先进的学术指导思想是取得高质量研究成果和理论创新的关键所在。为此,我们在承担和进行武当山巨型推覆构造研究时,以活动论的构造变形作用作为基本学术指导思想,采用历史分析与变形分析相结合,以变形分析为主导的科学研究思路和基本的构造分析方法。事实表明,构造变形作用对沉积作用、变质作用、岩浆作用、火山作用、成矿作用以及其它地质作用有明显的影响和控制作用。“推覆成因花岗岩”概念的提出就是这一科学研究思路的具体体现(蔡学林,1990)。

在研究过程中,我们不仅将武当山巨型推覆构造作为秦岭造山带中一种最重要的变形构造

造形态加以系统深入研究,更重要的是将巨型推覆构造作为一种重要的构造变形作用加以系统深入研究,从而为研究巨型推覆构造提出了新的研究思路和研究方向,设置了新的研究领域,将推覆构造研究引向深入。遵循这一基本的科学思路,我们从研究武当山巨型推覆构造三维几何结构及巨型推覆构造形成过程中热结构和热演化这一薄弱而又极为重要的环节着手,首次揭示了东秦岭造山带内推覆构造的形成与演化及对其它地质作用的控制关系和成因联系,为构造热力学这一新型学科的发展提供了依据。与此同时,结合深部构造研究,探讨造山带的造山过程和类型,并进一步论证了造山带与沉积盆地变形耦合关系。

四、研究工作概况

利用上述科学研究思路和基本方法,80年代初,对武当山地区变质构造和银洞沟银金矿区控矿构造等中小构造作了研究。随后于1985—1987年期间,在对东秦岭造山带内巨型推覆构造研究过程中,结合洛阳至房县地学断面的研究,首次划分出秦岭、武当山两个巨型推覆构造(蔡学林等,1988)。80年代中晚期,还对中国南方雪峰山造山带和龙门山造山带内的巨型推覆构造作了初步研究,也取得初步成效(蔡学林等,1990)。在1989—1993年期间,我们在完成《武当山地区推覆构造研究》时,为了深入系统研究武当山巨型推覆构造,以构造地质填图方法作为最基本的野外研究手段和方法,全面采用构造解析、应变测量和应变分析、岩组分析和磁性组构、平衡剖面技术、构造变形反演、推覆构造热结构计算机模拟、构造地层学方法、古生物地理、构造岩石学方法、同位素年龄测定、爆破地震、重磁特征等地质学、地球化学和地球物理学等多学科多种方法,全面系统深入地研究了武当山巨型推覆构造的三维几何结构、形成与演化、以及推覆构造热结构等问题,取得了一系列研究成果,并将武当山巨型逆冲推覆构造和东秦岭造山带的研究推进到了新的研究阶段。

通过五年的研究,我们完成了以下工作量:①构造地质填图面积(1:10000~1:25000)667km²;②详细构造变形剖面研究(1:10000~1:25000)19条长1600km(图1-1);③地层岩石剖面测制5条,长250km;④各种构造要素产状测量数据(组)约12000个数组;⑤构造薄片、定向薄片483片;⑥微古薄片124片;⑦微古鉴定37片;⑧处理微体样20块;⑨岩石薄片20块;⑩包体测温样品21件;⑪K-Ar稀释法同位素年龄测定样3件;⑫应变测量和应变分析1238数组;⑬各种数据处理近3000个;⑭显微构造观察约250片;⑮岩组分析共59件;⑯磁性组构分析10件;⑰平衡剖面与变形反演计算1条,约100km;⑱推覆构造热结构与热演化计算机模拟1条,约100km;⑲扫描电镜观察11块;⑳电子探针6件;㉑各类地质照片约2000张;㉒各类地质素描图约1000张。所有这些工作量和数据、图件,给本专著提供了丰富的资料和可靠的数据,为我们总结80年代以来在该区进行系统研究打下了坚实的基础。

五、主要新认识和新进展

通过我们五年对东秦岭造山带武当山巨型推覆构造全面系统深入研究,取得了如下重要成果和科学发现:

1. 通过构造变形、构造地层、变形岩石、重力资料计算、爆破地震、古生物地理等的系统研究,进一步确认我们首先提出的武当山地区不是由古隆起形成的地块,而是由武当山群等中浅

变质岩系构成的中生代形成的规模巨大的推覆体(蔡学林等*, 1987)。运用平衡剖面技术和计算机构造变形反演计算, 获得武当山推覆体由北向南滑脱和缩短距离为 162.87km, 与根据地质、地震测深成果测算的滑脱距离 150km 十分一致。如果加上大巴山推覆体的位移距离 80km, 整个武当山中央推覆体带由北向南缩短推覆距离为 240km。由此表明, 大陆板块内部存在巨大的水平变位。

2. 根据武当山推覆构造和邻区推覆构造的研究, 首次建立起研究区巨型逆冲推覆构造四级体制的推覆构造结构体系如: 推覆构造系—推覆构造—推覆体—断片。武当山巨型推覆构造属秦岭巨型推覆构造系的一个推覆构造, 并将巨型推覆构造划分出四种构造成份: 前缘叠瓦褶皱断带、主滑脱带(韧性推覆剪切带)、中央推覆体带和后缘挤压-伸展变形带。将中央推覆体划分为: 大巴山推覆体、镇坪推覆体、平利推覆体、凤凰山推覆体、武当山推覆体、圣母山推覆体和两郧推覆体。武当山推覆体是由竹山-紫金断片、姚坪-青峰断片、中堰断片和官山断片等四个断片构成。以主滑脱带为基准, 这些推覆体由南向北呈后展式扩展, 为双冲推覆构造, 构成鳞片状叠覆的三维几何结构模式, 属厚片构造。前缘叠瓦褶皱断带由庙坪叠瓦冲断带、西流溪断层三角构造带和天星桥突起构造带组成, 变形呈前展式扩展, 属薄片构造, 并发育夭折的陡口前陆沉积盆地。

3. 采用应变测量和应变分析、岩组分析、磁性组构分析、显微构造等多种宏观测试技术, 获得推覆体中各韧性推覆剪切带和脆韧性剪切带为单剪变形机制引起的, 测得推覆期的韧性剪切带的差异应力值为 103.3~128.4MPa, 应变速率每秒为 $10^{-7} \sim 10^{-12}/s$ 与东秦岭主要逆冲断层和世界上一些著名的韧性剪切带差异应力值大致相近。运用 K-Ar 稀释法测得与推覆期伴生的青峰韧性剪切带内千糜岩中白云母的同位素年龄值分别为 $222.18 \pm 2.57\text{Ma}$ 、 $217.62 \pm 3.29\text{Ma}$ 和 $193.92 \pm 3.18\text{Ma}$, 从而获得研究区的推覆体是印支晚期至燕山早期形成的, 与地质构造观察得到的结果完全一致。

4. 在总结前人研究成果和国内外关于大陆造山带理论的基础上, 采用多学科研究方法, 以构造运动为主线, 结合地质、地球物理、地球化学等的综合研究认为, 东秦岭造山带构造演化可分为: ①太古代—早元古代秦岭古克拉通基底形成; ②中元古代秦岭古裂谷系及武当山群发育; ③震旦纪—古生代秦岭洋的演化及俯冲—碰撞关闭; ④中生代陆内造山过程及武当山推覆构造形成; ⑤燕山晚期—喜山期东秦岭伸展构造形成。通过对武当山推覆体与四川盆地周边推覆构造的深入对比研究, 首次提出推覆体构造变形形成与演化的六阶段演化模式, 能干岩层失稳褶皱形成阶段(川中式)→突起构造形成阶段(川东式)→断层三角构造形成阶段(彭水式)→推覆体形成阶段(雪峰山式)→滑覆体形成阶段(龙门山式)→伸展变形形成阶段(武当山式)。它是推覆体形成与演化较完整的演化模式, 这种演化模式有别于现今国内外流行的“台阶式”演化模式, 称为“褶推式”演化模式。

5. 根据武当山推覆体伸展变形形成阶段造成的张性纤维状岩脉的深入研究和拉伸量的系统测量, 首次提出运用张性纤维状岩脉定量计算地壳表层拉伸量的原理和方法。统计研究结果表明, 武当山推覆体西段拉伸量值为 6.95%, 推覆体中段为 9.10%, 推覆体东段为 8.00%。

* 蔡学林等, 1987 秦巴地区 QB-1 剖面地质构造研究, 科研报告, 成都地质学院印