

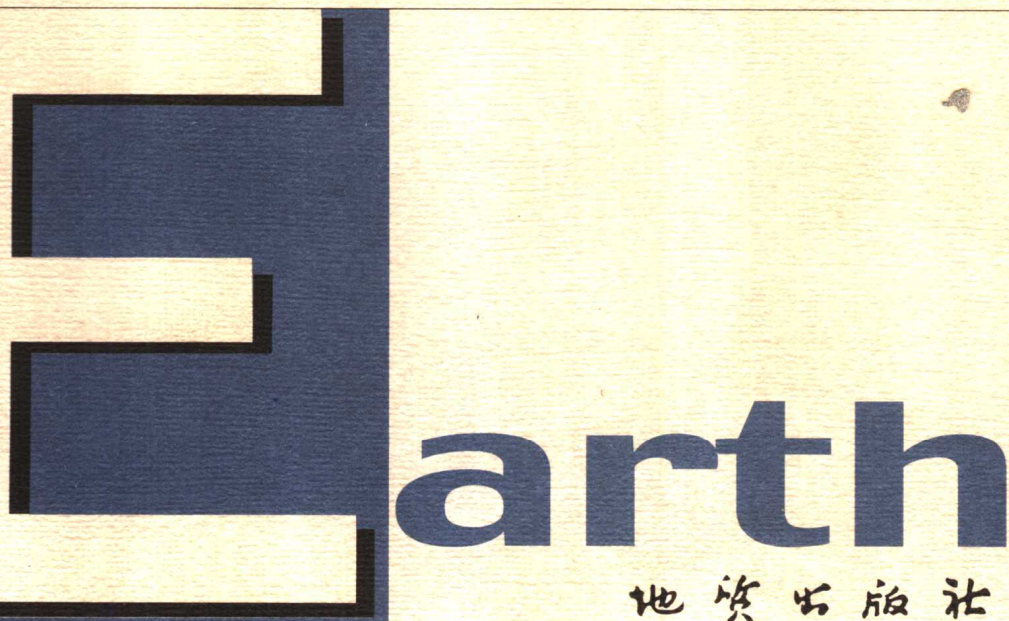


国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



南秦岭变质地层 同位素年代学

张宗清 张国伟 唐索寒 著



地质出版社



国家自然科学基金研究专著
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



南秦岭变质地层 同位素年代学

张宗清 张国伟 唐索寒 著

地质出版社

· 北 京 ·

南秦岭变质地层同位素年代学

NAN QINLING BIANZHI DICENG TONGWEISU NIANDAIXUE

内 容 提 要

横亘我国中部的秦岭山脉是我国自然地理的分界线,也是亚洲东部两个最大板块——中朝克拉通华北板块和扬子克拉通板块的结合处,在我国大地构造格局中占着十分重要地位。出露该造山带南部南秦岭的变质地层的形成时代长期争论,是我国地质学界关注而没有彻底解决的基础课题。本书是“八·五”、“九·五”期间,国家自然科学基金资助的多个有关项目的研究成果的总结。全书十六章,系统介绍了南秦岭各变质地层单元不同年代学方法所获得的年龄结果,讨论了南秦岭变质地层形成的年龄特点、地壳增生期次和时间、物质组成特征、秦岭下部岩石圈地幔 Nd 同位素组成和演化、地区遭受重大变质事件时间及对构造演化机制的认识等方面,并与北秦岭进行了比较。

本书可供地质、地球化学领域科研工作者和地质类院校有关专业的师生作为工具书参考。

图书在版编目(CIP)数据

南秦岭变质地层同位素年代学/张宗清等著. - 北京:地质出版社,2002. 10

ISBN 7-116-03690-3

I. 南... II. 张... III. 秦岭 - 地层 - 同位素地质年龄测定 IV. P535.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 078817 号

责任编辑:张新元 王学明

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324571(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zhs@ gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm × 1092mm ¹/₁₆

印 张:16.75

字 数:420 千字

印 数:1—1000 册

版 次:2002 年 10 月北京第一版·第一次印刷

定 价:48.00 元

ISBN 7-116-03690-3/P · 2311

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

本书是“八·五”、“九·五”期间国家自然科学基金资助的重大基础项目“秦岭造山带岩石圈结构、演化及其成矿背景”中“秦岭造山带重大地质事件年表”课题及其后的“面上课题”中有关南秦岭变质地层同位素年代学的工作成果的总结。

书中论述了南秦岭范围内鱼洞子群、碧口群、火地垭群、后河群、子午群、三花石群、西乡群、耀岭河群、郧西群、武当群、陡岭群、毛堂群、刘家坪组等 13 个变质地层和汉南侵入杂岩的同位素年代学结果,讨论了它们的地质意义及秦岭造山带的一些基础地质问题。共 16 章,计 40 余万字,插图 222 幅。

南秦岭地区地质构造复杂,地层已遭受不同程度的变形和变质,需研究的变质地层又如此之多,有的相互关系及群自身的层序,尚不完全清楚,因此工作难度很大,同位素年龄测定的工作量也十分庞大。作者通过多年的辛勤努力工作,排除了许多困难,终于完成了预定任务,取得了可喜的进展。本书即是他们研究的结晶。

本书具有以下四个方面的研究特色。

(1)野外地质研究和实验室研究密切结合,采样时特别注意野外地质观察,并以变质火山岩和侵入岩体为测定重点,有利于同位素年代时限的确定。

(2)采用多种同位素年代学测定方法,相互印证比较,在对比中求统一。同位素年龄的应用和解释,除充分考虑地质依据外,不回避不同测定结果存在的矛盾和问题,比较客观和实事求是地进行讨论,使读者参考时,有了比较正确的导向。

(3)同位素年代学研究和地球化学研究密切结合,除应用常规的岩石主元素、微量元素和稀土元素地球化学数据外,还特别重视 Nd 同位素地球化学特征和模式年龄的分析对比。在此基础上,综合探讨了不同变质地层岩石的物质源区、基底岩石的特征,以及变质地层的对比。

(4)作者没有停留在单一的同位素年代研究工作层面上,而是以收集到的各种地质、地球化学和定年数据为依据,进行了多方面的综合分析,对本区的一些重大基础地质问题,提出了许多重要观点和新认识,使该区的地质研究水平大大提高了一步,也扩大了人们对本区的研究思路。

秦岭造山带东西横亘我国大陆中部,是亚洲东部两个主要板块中朝克拉通华北陆块和扬子克拉通陆块碰撞拼合的主要结合带。其形成和演化在中国大陆地壳研究中占着十分重要的地位。本书的出版为秦岭造山带地质演化历史研究提供了扎实的基础材料。随着测试技术的进步,同位素地质年代学和同位素地球化学发展很快,已成为地球科学和行星科学

研究不可缺少的学科分支,许多重大基础地质问题的解决都与其应用密切相关。在我国,同位素年代学已得到很大发展。但是,相应于国家经济建设对地质工作的需要和科学技术的发展,无论实验室测试水平和应用水平都还有待提高。同位素年代学研究与基础地质研究密切结合是必须的。在复杂地质作用地区,多种不同同位素年代学方法的配合使用是获得可信年龄数据和阐明年龄数据地质意义的最佳方法。元素地球化学,特别是稀土元素地球化学和微量元素地球化学研究,对样品成因关系,年龄数据的可信性、意义和应用都会有很大帮助。专著所采用的技术路线为类似地区同位素年代学研究提供了宝贵经验。可以预料,本书的出版,必将受到地学界广泛的欢迎。

沈其韩

2002年4月11日

前 言

“八·五”、“九·五”期间,在国家自然科学基金资助下,我们对南秦岭变质地层进行了同位素年代学研究。这本专著是研究成果的总结。

南秦岭变质地层分布于南秦岭和扬子克拉通北缘大片地区,地跨陕西、河南、湖北、甘肃、四川五省,由西向东,分别命名为鱼洞子群、碧口群、后河群、火地垭群、刘家坪组、子午群、三花石群、西乡群、耀岭河群和郧西群、武当群、陡岭群、毛堂群等。

秦岭地处我国南、北古陆——中朝克拉通华北陆块和扬子克拉通陆块结合处,地质背景十分复杂,而且叠加过多期强烈变质作用,岩浆侵入作用和喷发作用,原有地层面貌被强烈改造,或完全被破坏。岩石中的同位素系统也遭受不同程度改造,或完全被再置。自 20 世纪 30 年代黄汲清先生和赵亚曾先生、李捷先生等对南秦岭变质地层开展工作以来,已过去半个多世纪,在这期间,无论地质上或是同位素年代学上,对南秦岭变质地层形成时代都做过大量工作。但是由于南秦岭变质地层遭受地质作用复杂,致使变质地层的形成年龄到我们工作之前仍然意见十分分歧。变质地层遭受变质作用期次和时间,地壳增生时期,变质地层物质同位素特征及与构造作用关系等方面问题更知之甚少。这对秦岭造山带的形成和构造演化历史研究造成极大障碍,已成为当时秦岭造山带研究迫切需要解决的重要基础课题之一。

在“八·五”和“九·五”期间,在国家自然科学基金支持下,特别在基金重大基础项目“秦岭造山带岩石圈结构、演化及其成矿背景”中该课题得到了足够重视,使得这一课题能够得到顺利开展。鉴于南秦岭变质地层复杂的地质特点,我们在北秦岭变质地层年代学研究工作基础上,在广大地质学家协作和加强野外地质研究条件下,采用多种同位素年代学方法,野外地质研究和实验室研究密切结合,同位素年代学研究和地球化学研究密切结合,不同同位素年代学方法研究密切结合技术路线,对南秦岭变质地层岩石年龄进行了系统研究,取得如下重大进展。

(1) 确定了南秦岭变质地层形成年龄。所研究的变质地层包括鱼洞子群、碧口群、后河群、火地垭群、刘家坪组、子午群、三花石群、西乡群、耀岭河群、郧西群、武当群、陡岭群、毛堂群等十三个群、组。西至陕西、甘肃边境,东至河南南阳盆地以西除佛平穹隆变质杂岩外,差不多所有南秦岭变质地层都包括在内。除此之外,为了确定地层年龄上限,对某些重要侵入岩体也进行了比较详细的同位素年代学工作,如:汉南侵入杂岩的年龄对西乡群、三花石群年龄具有重要限制作用,我们也做了比较系统的工作。

(2) 确定了南秦岭各变质地层所遭受的变质作用的期次和时间。在此基础上,对整个南秦岭造山带遭受的变质作用的时间和期次进行了讨论,并与北秦岭变质地层遭受的变质作用进行了对比。

(3) 揭示了南秦岭变质地层岩石组成物质同位素特征。与北秦岭不一样,南秦岭变质地层,除陡岭群下部为变质碎屑沉积岩外,其余变质地层均为变质火山岩系,或变质火山-沉积岩系。而且在这些地层中,除个别群、组为变质重熔成因岩石外,大多数变质火山岩原岩物质来源与亏损地幔源区有关。

(4) 根据南、北秦岭变质地层变质基性火山岩及其分异产物 Nd 同位素组成特征讨论了南秦岭下部由太古宙至中元古代末南秦岭岩石圈地幔 Nd 同位素组成特征及随时间演化趋势。

(5) 确定了南秦岭和扬子克拉通北缘地壳增生时间、期次和平均地壳年龄,并与北秦岭地壳增生时间、期次进行了对比。

(6) 初步揭示了南、北秦岭基底大地构造归属。对华北大陆南缘太华群的大地构造属性提出了新的看法。

(7) 在同位素年代学、同位素地球化学、元素地球化学和大量地质资料基础上,对南秦岭构造演化机制和扬子、华北陆块基底关系也提出了见解。部分成果已被广泛应用。

秦岭是一个规模巨大,演变时间长,多期不同造山作用形成的复合型大陆碰撞造山带,地质作用复杂,要在残存的包含众多地质作用记录的岩石和矿物中提取、辨认不同地质作用信息,不是一件容易的事情。加之工作人员水平、经费和工作量限制,许多应该深入工作的地方未能如愿。所做的同位素信息解译也一定有不妥之处。希望今后能够深入并得到读者的指正。

参加本项研究工作的人员,除张宗清、张国伟、唐索寒外,还有宋彪、王进辉、张巧大、杨淳、富云莲、陈文、罗修泉、张思红、郑宝英、陈启桐、付国民、沈洁、谭惠玲、倪广深等。许英杰、张玉海、王路通保证了质谱仪器的正常运转。部分 U-Pb 年龄由天津地矿所李惠民研究员承担。本书由张宗清统一编写。

本项目的完成和专著的出版是在国家自然科学基金资助下完成的。在项目进行过程中,得到程裕淇院士、沈其韩院士、任纪舜院士、李廷栋院士、肖序常院士、张本仁院士、许志琴院士和中国地质科学院、中国地质科学院地质研究所各级领导关心、指导和支持;采样中得到中国地质科学院地质研究所张寿广、杨崇辉、赵自然研究员、陕西省区调院陈家义、韩芳林、杨永成、郝俊武高工和河南地质研究所卢欣祥高工帮助;江博明教授(Borming Jahn)、刘敦一研究员、肖庆辉高工、朱炳泉研究员、张旗研究员、许荣华研究员、李曙光教授、王宗起研究员、万渝生研究员和李惠民研究员提供了有关资料并进行了有益讨论;报告由周玮打印,地质图件由张森、宋迎年清绘。在此一并致谢。

本书由国家自然科学基金研究成果专著出版基金资助出版。项目批准号:40024020。

目 录

第一章 南秦岭区域地质概况	(1)
第一节 区域地层	(1)
第二节 岩浆活动	(2)
第三节 变质作用	(3)
第二章 采样原则、样品加工、实验方法	(4)
第一节 采样原则	(4)
第二节 样品加工	(5)
一、全岩样品加工	(5)
二、单矿物分选	(5)
第三节 实验方法	(5)
一、颗粒锆石化学法 U-Pb 年龄测定实验方法	(5)
二、单锆石逐层蒸发法 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄测定实验方法	(6)
三、Sm-Nd 年龄测定实验方法	(6)
四、Rb-Sr 年龄测定实验方法	(6)
五、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄测定实验方法	(7)
六、稀土(REE)分析实验方法	(7)
七、主元素和微量元素(稀土元素除外)分析方法	(7)
第四节 Nd 模式年龄和 $\epsilon_{\text{Nd}}(t)$ 值计算	(7)
第三章 鱼洞子群变质岩年龄	(9)
第一节 鱼洞子群地质概况	(9)
第二节 采样点地质概况和样品地球化学特征	(10)
第三节 同位素年龄测定结果	(12)
一、Sm-Nd 同位素年龄数据	(12)
二、Rb-Sr 同位素年龄数据	(12)
三、鱼洞子群中花岗岩锆英石 U-Pb 年龄	(15)
第四节 讨论	(16)
一、鱼洞子群变质岩原岩的形成年龄	(16)
二、鱼洞子群变质岩原岩与扬子克拉通和华北克拉通基底关系	(17)
三、关于鱼洞子群岩石遭受变质作用时间	(18)
第五节 小结	(18)
第四章 碧口群变质岩年龄	(19)
第一节 碧口群地质概况及其年龄的争议	(19)

第二节 陕西省略阳县邵家营碧口群变质火山岩年龄	(19)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(19)
二、同位素年龄测定结果	(23)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(23)
2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄同位素分析结果	(24)
3. 变质火山岩样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄分析结果	(25)
第三节 陕西省宁强县青羊驿红岩沟碧口群变质火山岩年龄	(26)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(26)
二、同位素年龄测定结果	(29)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(29)
2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄同位素分析结果	(30)
3. 变质火山岩样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄同位素分析结果	(31)
第四节 侵入碧口群的中酸性岩的年龄	(32)
一、白雀寺辉石闪长岩锆英石 U-Pb 年龄	(32)
二、罗素河花岗岩锆英石 U-Pb 年龄	(33)
第五节 讨论	(34)
一、碧口群变质火山岩原岩的形成年龄	(34)
二、碧口群变质岩遭受变质作用期次和时间	(37)
三、关于碧口群变质火山岩原岩形成环境	(39)
第六节 小结	(41)
第五章 后河群变质岩年龄	(43)
第一节 后河群地质概况	(43)
第二节 陕西省南郑县碑坝溪后河群变质岩年龄	(44)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(44)
二、后河群变质岩样品同位素年龄测定结果	(46)
1. 变质岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(46)
2. 变质岩样品 Rb-Sr 年龄数据	(48)
3. 变质岩样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄数据	(49)
4. 变质岩锆英石 U-Pb 年龄数据	(49)
第三节 陕西省南郑县碑坝红岩沟后河群眼球状片麻岩锆英石 U-Pb 年龄	(50)
第四节 讨论	(51)
一、后河群变质岩原岩形成年龄	(51)
二、后河群遭受变质作用时间	(52)
第五节 小结	(53)
第六章 火地垭群变质岩年龄	(54)
第一节 火地垭群地质概况	(54)
第二节 陕西省南郑县碑坝西沟火地垭群铁船山组变质火山岩年龄	(54)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(54)
二、同位素年龄测定结果	(57)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(57)

2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄数据	(58)
第三节 陕西省南郑县碑坝镇西沟火地垭群铁船山组变质沉积岩样品 Nd 模式年龄	(59)
第四节 讨论	(60)
一、火地垭群变质火山岩原岩形成年龄和物质源区	(60)
二、火地垭群遭受变质作用时间	(61)
第五节 小结	(61)
第七章 刘家坪组变质岩年龄	(62)
第一节 刘家坪组地质概况	(62)
第二节 样品岩石学和地球化学特征	(63)
第三节 年龄测定结果	(65)
一、变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(65)
二、变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄数据	(66)
第四节 讨论	(66)
一、刘家坪组变质火山岩原岩形成年龄	(66)
二、刘家坪组变质火山岩 Nd 同位素特征及岩石成因	(67)
三、刘家坪组岩石遭受变质作用时间	(68)
第五节 小结	(68)
第八章 子午群变质岩年龄	(69)
第一节 子午群地质概况及划分沿革	(69)
第二节 陕西省西乡县响岩沟子午群变质岩年龄	(71)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(71)
二、陕西省西乡县响岩沟子午群片麻岩年龄测定结果	(72)
1. 片麻岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(72)
2. 片麻岩样品 Rb-Sr 年龄数据	(73)
三、陕西省西乡县响岩沟子午群黑云斜长变粒岩年龄测定结果	(73)
四、陕西省西乡县响岩沟子午群斜长角闪岩同位素年龄测定结果	(74)
1. 斜长角闪岩样品 Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(74)
2. 斜长角闪岩角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄	(75)
第三节 讨论	(77)
一、子午群变质岩原岩形成年龄	(77)
二、黑云斜长变粒岩全岩 Sm-Nd 等时年龄是假等时线年龄	(77)
三、关于子午群中斜长角闪岩的年龄	(78)
四、子午群变质岩遭受变质作用时间	(78)
第四节 小结	(78)
第九章 三花石群变质岩年龄	(79)
第一节 三花石群分布和地质概况	(79)
第二节 西乡白龙塘三花石群变质火山岩年龄	(79)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(79)
二、同位素年龄测定结果	(81)

1. 三花石群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(81)
2. 三花石群变质火山岩样品锆英石逐层蒸发法 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄	(84)
3. 三花石群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(84)
第三节 讨论	(85)
一、三花石群变质火山岩原岩形成年龄	(85)
二、三花石群变质火山岩遭受变质作用时间	(86)
三、三花石群火山岩物质源区及形成环境	(86)
第四节 小结	(88)
第十章 西乡群变质岩年龄	(89)
第一节 西乡群地质概况及年龄争论	(89)
第二节 陕西省西乡县牌坊里—孙家河西乡群变质基性火山岩和侵入变质火山岩 钾长花岗岩年龄	(89)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(89)
二、陕西省西乡县牌坊里—孙家河西乡群变质中、基性火山岩样品年龄测定结果	(90)
1. Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(90)
2. Rb-Sr 年龄同位素分析结果	(92)
三、侵入西乡群变质火山岩的钾长花岗岩样品的同位素年龄测定结果	(92)
1. Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(92)
2. Rb-Sr 年龄同位素分析结果	(92)
第三节 陕西省西乡县黄泥梁西乡群变质火山岩和侵入西乡群变质火山岩的钾长 花岗岩的年龄	(94)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(94)
二、陕西省西乡县黄泥梁西乡群变质火山岩样品年龄测定结果	(96)
1. Sm-Nd 年龄测定结果	(96)
2. Rb-Sr 年龄测定结果	(98)
三、陕西省西乡县黄泥梁侵入西乡群变质火山岩的钾长花岗岩样品年龄测定 结果	(99)
1. Sm-Nd 年龄同位素分析结果	(99)
2. Rb-Sr 年龄同位素分析结果	(100)
第四节 陕西省西乡县枣园西乡群变质火山岩年龄	(101)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(101)
二、陕西省西乡县枣园西乡群变质火山岩样品年龄测定结果	(103)
1. Sm-Nd 年龄测定结果	(103)
2. Rb-Sr 年龄测定结果	(103)
第五节 陕西省西乡县三郎铺西乡群变质砂岩 Nd 模式年龄	(106)
第六节 讨论	(107)
一、西乡群变质岩原岩形成年龄	(107)
二、西乡群遭受变质作用期次和时间	(110)
三、西乡群变质火山岩原岩物质和形成构造环境	(110)
1. 西乡群变质火山岩组成物质的统一性	(110)

2. 西乡群变质火山岩原岩物质源区及形成过程中老的地壳物质的混入	(112)
3. 关于西乡群变质火山岩形成构造环境	(114)
第十一章 汉南侵入杂岩年龄	(116)
第一节 汉南侵入杂岩地质概况	(116)
第二节 汉南侵入杂岩年龄测定结果	(117)
一、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄数据	(117)
二、Sm-Nd 年龄数据	(117)
三、Rb-Sr 年龄数据	(120)
四、锆英石 U-Pb 年龄数据	(120)
第三节 讨论	(121)
一、汉南侵入杂岩的形成年龄和成因	(121)
二、汉南侵入杂岩快速冷凝原因	(122)
第十二章 耀岭河群和郧西群变质岩年龄	(124)
第一节 耀岭河群和郧西群地质概况和年代学工作程度	(124)
第二节 陕西省安康市牛山耀岭河群和郧西群变质火山岩年龄	(125)
一、牛山地质概况和样品地球化学特征	(125)
二、牛山耀岭河群变质火山岩样品年龄测定结果	(128)
1. 牛山耀岭河群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(128)
2. 牛山耀岭河群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(130)
3. 牛山耀岭河群变质火山岩样品黑云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄	(131)
三、牛山郧西群变质火山岩样品年龄测定结果	(133)
1. 牛山郧西群变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(133)
2. 牛山郧西群变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(134)
3. 牛山郧西群变质火山岩样品锆英石 U-Pb 年龄	(134)
第三节 湖北省郧西县香口镇耀岭河群和土门郧西群变质火山岩年龄	(135)
一、土门—香口镇一带地质概况和样品地球化学特征	(135)
二、郧西县土门郧西群变质火山岩年龄	(139)
1. Sm-Nd 年龄数据	(139)
2. Rb-Sr 年龄数据	(140)
三、郧西县香口镇耀岭河群变质火山岩年龄	(140)
1. Sm-Nd 年龄数据	(140)
2. Rb-Sr 年龄数据	(141)
第四节 讨论	(143)
一、耀岭河群、郧西群变质火山岩原岩形成年龄和成因	(143)
1. 耀岭河群变质火山岩和郧西群变质火山岩原岩形成于中元古代末至新元古代早期	(143)
2. 耀岭河群中、基性变质火山岩和郧西群变质酸性火山岩是由同一源区部分熔融并经 分异产物	(144)
3. 耀岭河群变质火山岩和郧西群变质火山岩在其原岩形成过程中有不同程度老地壳 物质混入	(144)
二、耀岭河群、郧西群变质火山岩遭受变质作用时间和期次	(147)
三、关于耀岭河群和郧西群变质火山岩原岩形成的构造环境	(149)

第五节 小结	(153)
第十三章 武当群变质岩年龄	(154)
第一节 武当群地质概况和同位素地质年代学研究程度	(154)
第二节 湖北省十堰市北武当群变质火山岩年龄	(156)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(156)
二、变质火山岩样品年龄测定结果	(156)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(156)
2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(158)
第三节 湖北省郧县太子坡武当群变质火山岩年龄	(159)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(159)
二、变质火山岩样品年龄测定结果	(160)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(160)
2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(162)
第四节 湖北省房县土城武当群变质火山岩年龄	(164)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(164)
二、变质火山岩样品年龄测定结果	(165)
1. 变质火山岩样品 Sm-Nd 年龄	(165)
2. 变质火山岩样品 Rb-Sr 年龄	(166)
3. 变质火山岩样品 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄	(169)
第五节 讨论	(169)
一、武当群变质火山岩原岩形成年龄	(169)
1. 不同地点不同层位武当群变质火山岩样品具有不同 Nd 模式年龄	(169)
2. 不同年代学方法所获得的年龄结果分散,最老年龄值为 1927Ma	(169)
3. 武当群变质火山岩样品 $t=1927\text{Ma}$ 时的 ϵ_{Nd} 值接近相应时间 MORB 的 ϵ_{Nd} 值	(171)
4. 武当群变质火山岩 Nd 同位素系统遭受地壳物质污染程度不同地点明显不同	(171)
二、武当群变质火山岩遭受变质作用期次和时间	(173)
三、太子坡变质火山岩和耀岭河群、郧西群变质火山岩比较	(173)
第六节 小结	(175)
第十四章 陡岭群变质岩年龄	(176)
第一节 陡岭群地质概况	(176)
第二节 河南省西峡县小阴沟陡岭群大沟组变质岩样品年龄测定结果	(177)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(177)
1. 采样点地质概况	(177)
2. 样品岩石学和地球化学特征	(178)
二、同位素年龄测定结果	(178)
1. 片麻岩锆英石逐层蒸发法 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄	(178)
2. 片麻岩样品 Sm-Nd 年龄	(182)
3. 片麻岩样品 Rb-Sr 年龄	(182)
4. 斜长角闪岩样品 Sm-Nd 年龄	(182)
5. 斜长角闪岩角闪石 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年龄	(183)
第三节 河南省西峡县瓦屋场陡岭群瓦屋场组变质岩样品年龄测定结果	(185)

一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(185)
二、同位素年龄测定结果	(186)
1. 斜长角闪岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(186)
2. 透辉变粒岩样品 Rb-Sr 年龄数据	(186)
3. 透辉变粒岩锆英石逐级蒸发法 ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄	(187)
第四节 河南省西峡县丁河南陡岭群瓦屋场组片麻岩样品年龄测定结果	(191)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(191)
二、同位素年龄测定结果	(191)
1. 混合片麻岩样品 Sm-Nd 年龄数据	(191)
2. 混合片麻岩锆英石逐层蒸发法 ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄数据	(196)
第五节 河南省西峡县稻田沟侵入陡岭群的石英闪长岩的年龄	(196)
一、甘沟石英闪长岩地质和年龄研究概况	(197)
二、甘沟石英闪长岩样品同位素年龄测定结果	(197)
1. Rb-Sr 年龄数据	(197)
2. Sm-Nd 年龄数据	(197)
3. 锆英石逐层蒸发法 ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb 年龄数据	(199)
第六节 讨论	(199)
一、陡岭群变质岩原岩形成年龄	(199)
二、关于陡岭群物质组成的复杂性	(203)
三、陡岭群变质岩遭受变质作用期次和时间	(203)
四、陡岭群与秦岭其他早前寒武纪变质地层关系	(204)
第七节 小结	(204)
第十五章 毛堂群变质岩年龄	(206)
第一节 毛堂群地质概况	(206)
第二节 毛堂群姚营寨组变质酸性火山岩年龄	(207)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(207)
二、变质酸性火山岩样品锆英石 U-Pb 年龄测定结果	(207)
三、变质酸性火山岩样品 Rb-Sr 年龄测定结果	(209)
四、变质酸性火山岩样品 Sm-Nd 年龄测定结果	(210)
第三节 毛堂群马头山组变质基性火山岩年龄	(210)
一、采样点地质概况和样品地球化学特征	(210)
二、变质基性火山岩样品 Sm-Nd 年龄测定结果	(212)
第四节 讨论	(213)
一、毛堂群变质岩原岩的形成年龄	(213)
二、毛堂群姚营寨组变质酸性火山岩和马头山组变质基性火山岩具有不同物源 和成因	(214)
三、毛堂群与耀岭河群和郧西群变质火山岩不能对比	(216)
第五节 小结	(216)
第十六章 南秦岭基底的形成时间、地壳增生时期、物质组成特征及其对秦岭 构造演化机制的认识	(217)

第一节 南秦岭变质地层形成年龄和南秦岭地壳增生时期	(217)
一、南秦岭变质地层形成年龄和特点	(217)
二、南秦岭地壳增生时期	(220)
三、南、北秦岭地壳增生时间比较	(224)
第二节 南秦岭变质地层岩石物质组成特征及秦岭下部岩石圈地幔 Nd 同位素组成演化	(229)
一、南秦岭变质地层主要由变质火山岩组成,其主元素显示钙碱性特征	(229)
二、稀土分布模式	(229)
三、变质地层火山岩样品微量元素 Nb、Ti、Y 亏损,部分样品 Sr 也亏损	(230)
四、南秦岭变质地层岩石 Nd 同位素组成特征及南秦岭下部岩石圈地幔 Nd 同位素组成演化	(230)
第三节 南秦岭地区遭受的重大区域变质地质事件	(231)
一、南秦岭变质地层遭受的重大区域变质作用时期	(233)
二、南、北秦岭所遭受区域变质事件异同	(235)
第四节 对南秦岭前寒武纪构造演化机制的认识	(236)
一、南、北秦岭具有扬子克拉通太古宙基底	(236)
二、新太古代—古元古代秦岭地区存在强烈大陆裂解过程	(238)
三、秦岭古、中元古代构造演化机制	(239)
1. 大约 2000Ma 的古元古代时期	(239)
2. 大约 1600Ma 左右的中元古代中期	(242)
3. 大约 1000Ma 左右的中元古代末期—新元古代早期	(242)
四、对扬子克拉通陆块和中朝克拉通华北陆块关系的初步认识	(245)
参考文献	(247)

第一章 南秦岭区域地质概况

秦岭横亘我国中部，是我国南、北自然地理分界线，也是亚洲东部两个最大构造单元——中朝克拉通华北陆块和扬子克拉通陆块结合区域（图 1-1），在中国大地构造格局中占着十分重要地位。

以陕西商（州）-丹（凤）断裂带为界，秦岭造山带被划分为两部分：北部，为北秦岭造山带；南部，为南秦岭造山带。一般认为，北秦岭造山带具有中朝克拉通华北陆块基底，而南秦岭造山带具有扬子克拉通陆块基底。

南秦岭造山带地质略图如图 1-2。

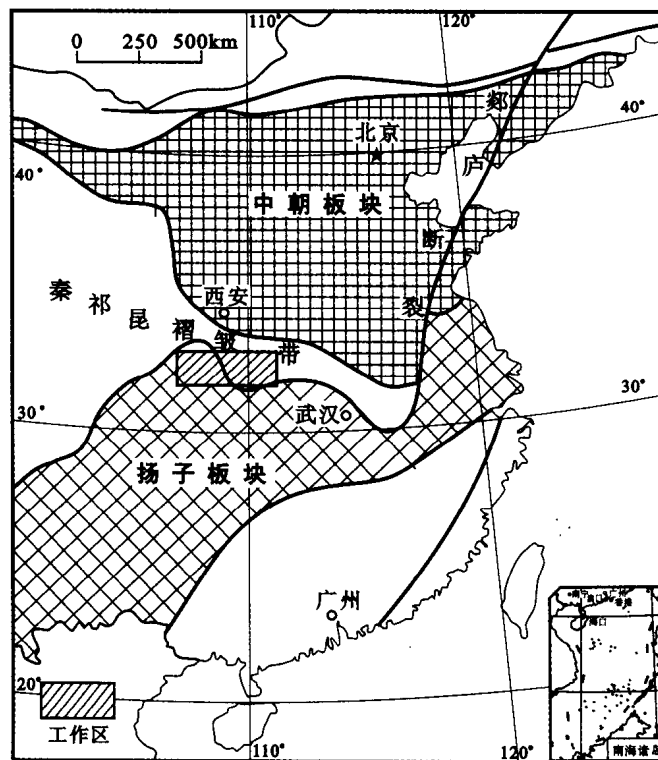


图 1-1 秦岭造山带大地构造位置和工作区范围示意图

第一节 区域地层

工作区包括南秦岭造山带和造山带相邻的扬子克拉通陆块北缘。

南秦岭古生代地层分布广泛，寒武系至二叠系地层均有出露。其中志留系和泥盆系地层十分发育，出露面积大，主要由砂岩、片岩和灰岩组成。中生代地层分布局限，仅在佛平以

西凤州盆地有出露。前寒武纪变质地层呈块状零星出露在南秦岭和扬子克拉通北缘,由西向东,分别命名为鱼洞子群,碧口群,后河群,火地垭群,刘家坪组,子午群,三花石群,西乡群,耀岭河群和郧西群,武当群,陡岭群,毛堂群(图 1-2),主要由变质火山岩系和变质火山-沉积岩系组成。变质地层时代长期争论,是本书探讨课题。

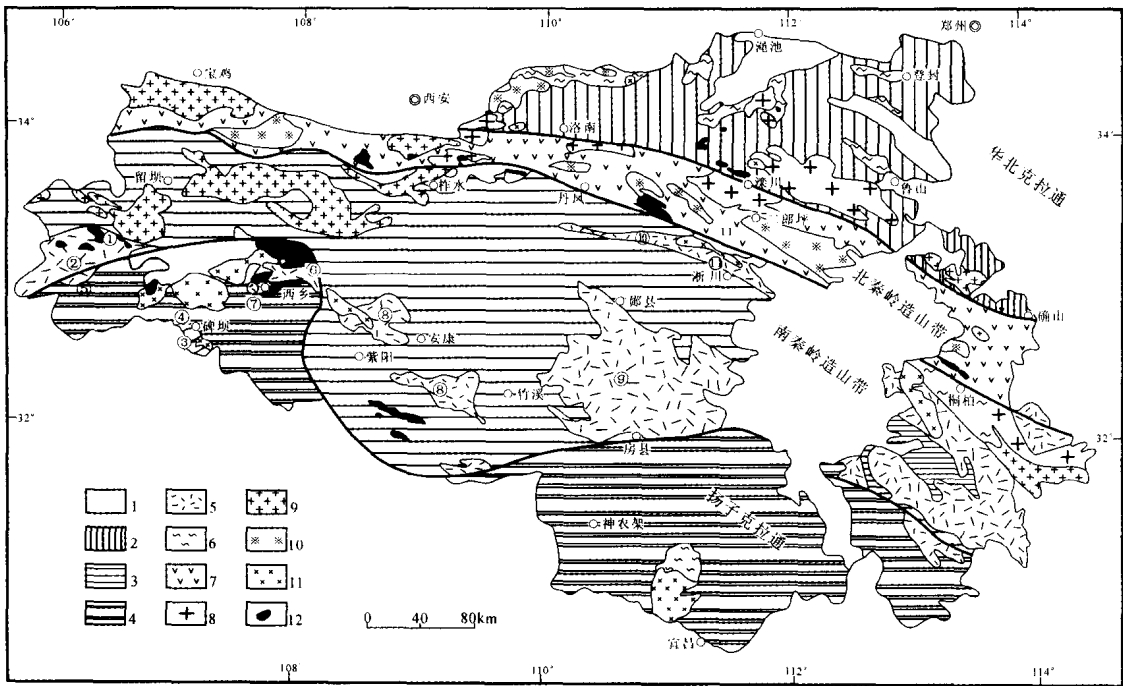


图 1-2 南秦岭造山带地质略图

(据张本仁等,1994,修改)

1—第四系;2—中朝克拉通华北沉积盖层;3—南秦岭造山带沉积盖层;4—扬子克拉通陆块沉积岩地层;5—南秦岭造山带变质地层;6—太华群;7—北秦岭变质地层;8—晚中生代花岗岩;9—晚古生代—早中生代花岗岩;10—早古生代花岗岩;11—中—新元古代花岗岩;12—镁铁质-超镁铁质侵入体
南秦岭造山带变质地层:①—鱼洞子群;②—碧口群;③—后河群;④—火地垭群;⑤—刘家坪组;⑥—子午群、三花石群;⑦—西乡群;⑧—耀岭河群、郧西群;⑨—武当群;⑩—陡岭群;⑪—毛堂群

第二节 岩 浆 活 动

南秦岭和扬子克拉通北缘岩浆活动强烈,超镁铁质岩、镁铁质岩直到中酸岩均有广泛分布。超镁铁质岩主要分布在陕西省勉县—略阳,留坝楼房沟及河南淅川毛堂至陡岭一带。分布在南秦岭和扬子北缘的变质地层的主要组成岩石为变质镁铁质火山岩。中酸性侵入岩主要分布在南秦岭佛平南北一线,佛平以西及扬子北缘,由闪长岩和不同类型花岗岩组成。佛平以东中酸性侵入岩出露少。出露在南秦岭的花岗岩的形成时代主要为晚华力西—印支期。出露扬子北缘的花岗质岩石多形成于~800Ma左右的晋宁期(严阵,1985;尚瑞钧、严阵,1988;李先梓等,1993;张宗清等,1999;及作者未发表数据)。