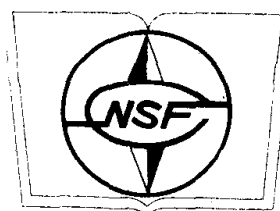


张理刚 等著

东亚岩石圈块体地质

——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学

科学出版社



国家自然科学基金委员会资助出版

东亚岩石圈块体地质

——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学

张 理 刚 等 著

科 学 出 版 社

1 9 9 5

(京)新登字 093 号

内 容 简 介

本书以中国东部及俄罗斯、日本中生代花岗岩 455 个长石铅和 48 个全岩铅及 29 个玄武岩铅同位素为主线,广泛结合了前人的铅、钨、铀和氧等同位素数据,划分中国东部及邻区为 15 个构造-岩石-成矿省;探讨了有关大地构造和岩石圈演化等问题;对地壳结构及花岗岩类型提出了新的划分意见;提出地幔、基底岩石、中(新)生代花岗岩类长石及其矿石铅同位素变异高度耦合;建立了华北、华南壳幔混合三阶段区域铅同位素构造动力演化模式。运用了现代同位素地球化学理论和方法,以中国实际资料为依据,探讨了许多有关中国乃至东亚岩石圈和壳幔演化的重要问题,在认识上有突破、有创新。树立了同位素地质学与构造地质学、岩石学和成矿学相结合的一个范例。

本书对从事同位素地质学、地球化学、大地构造学、岩石学、矿床学等专业研究人员及有关高校师生有重要参考价值。

东亚岩石圈块体地质

——上地幔、基底和花岗岩同位素地球化学及其动力学

张理刚 等著

责任编辑 谢洪源 王日臣

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

北京市朝阳区东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 2 月第一版

1995 年 2 月第一次印刷

印数: 1—800

开本: 787×1092 1/16

印张: 16 3/4 插页: 2

字数: 376 000

ISBN 7-03-004584-X/P·814

定价: 30.00 元

前 言

我的花岗岩地质研究生涯始于 60 年代早期的学生时代,那时正是这门学科剧烈变革的时代。研究初期,我就对当时国内并不流行的花岗岩化及地壳深熔形成花岗岩的思想有着浓厚的兴趣。太平洋成矿带,即太平洋两岸中生代岩浆岩的含矿性为什么有巨大差异:我国华南地区及东南亚地区为什么富集如此多 W、Sn 矿床?美国中西部为什么如此富集 Cu、Mo、Au、Pb、Zn 矿床?等等。正如我的大学毕业论文(1964)指出的,所有这些,是与局部富含某些元素的基底岩石经混合岩化—花岗岩化—深熔或重熔作用形成的花岗岩有关。这一观点当时遭到了许多人的反对。但是,随着花岗岩化理论在我国迅速流行,尤其是 70 年代中后期“S”型、“I”型花岗岩和磁铁矿系列、钛铁矿系列花岗岩概念引入我国,国内掀起了花岗岩成因和分类研究的新热潮。但是,铅同位素省概念的提出和建立及地体概念的提出和发展,对花岗岩的简单分类又提出了新的挑战。

十年前,参加国家“六五”重点科研项目——“南岭地区有色、稀有金属矿床的控矿条件、成矿机理、分布规律及成矿预测研究”的二级专题——“南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质”研究时,我就发现我国某些地质单元内同是燕山期花岗岩,其长石铅同位素组成却有明显的区域性差异,相应地,与这些花岗类岩石有关的矿石铅同位素组成也呈现同步变化。结合地质背景,我把它们分成四个铅同位素区,即南岭区(A)、江南台隆区(B)、秦岭区(C)和浙闽沿海区(D);并指出所谓的正常铅和单阶段铅是不存在的,因此普通铅模式年龄也就缺乏理论意义和实际意义,而铅同位素组成的变化主要取决于区域基底岩石 U—Th—Pb 体系特点。反映上述论点的有关专著《南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质》,1989 年由地质出版社正式出版。1988 年,在发表的“长石铅和矿石铅同位素组成及其地质意义”论文中,除进一步阐述了上述观点外,还把中国东部进一步划分成五个铅同位素省。在此基础上,进一步收集了 183 个长石铅以及近 500 个矿石铅和近 3 000 个 Sr、O、Nd 同位素组成资料,并于 1989 年编写出版了《成岩成矿理论及找矿——中国主要类型矿床及花岗岩类岩石稳定同位素地质学》。书中把我国东部地壳基底岩石划分出三个系列、10 个铅同位素省。尽管如此,仍存在大量问题:许多铅同位素“省”数据太少,以至于“省”界不够可靠;数据分布极不均匀,尤其是均缺少最能反映基底岩石特征的长石铅资料,而东北和华北仅有几个数据,等等,更主要的问题是这些同位素资料的研究没有与中国大地构造问题、地壳和地幔动力过程以及壳幔关系等问题密切结合起来。因此,1989 年我们在申请了国家自然科学基金项目——“中国东部中生代花岗岩长石的构造环境同位素地质学研究”后,进行了较深入的研究。经过三年紧张而辛勤的劳动,主要获得了如下研究成果。

1. 获得中生代花岗岩类岩石 455 个长石铅、48 个全岩铅以及 29 个玄武岩和蛇绿岩

全岩铅同位素岩石“探针”新资料,结合前人资料,定量地论证了中国东部岩石圈(西界在东经 116° 附近)可分成华北、华南和东北三大板块,其纬度分界线位置大致在北纬 30° 和 42° 左右。

2.综合多元同位素体系地球化学特点,将华北、华南和东北岩石圈大板块分别划分为5个、8个和2个构造-岩石-成矿同位素地球化学省。三大古板块之间的接触关系主要为碰撞挤压,而非俯冲关系。

3.中国东部三大板块及其相应的15个构造-岩石-成矿省的Pb、Sr、Nd、O同位素组成及相互制约关系,至少受控于下列六大因素,即①原始地幔体同位素组成差异及其内部变异特点;②古地核或古陆壳形成时代;③古陆壳或基底岩石物质组成或成熟度;④古陆壳或基底岩石热动力变质程度;⑤可能的混染作用;⑥岩浆岩-矿床形成时代。上述六大因素所起的作用不是均等的。

4.在各构造-岩石-成矿同位素地球化学省中,其地幔铅、基底变质岩铅、中生代长石铅和矿石铅同位素变异是高度耦合的,据此我们提出了铅同位素的等值消长和同步消长两种分配模式。在高级变质基底省(如A1-1、B3-1省),基底变质岩全岩铅、中生代长石铅及矿石铅同位素组成出现等值消长;而在低级及中低级变质基底省(如B2-3、B3-1省等),则出现同步消长,但一般不相等。

5.与成熟的、非常成熟的陆壳基底岩石有关的岩石及中生代岩浆岩所反映的Sr演化线中, Rb/Sr 值大于0.1,通常最高达0.3以上;而陆壳基底成熟度差,其 Rb/Sr 值一般均小于0.1。

6.不管是花岗岩类岩石,还是次碱性、碱性花岗岩,乃至中基性岩石,只要在同一构造-岩石-成矿省内,其长石铅同位素组成是相同的。因此,它们主要是由各构造-岩石-成矿省基底岩石深熔或部分熔融作用形成的岩浆侵入冷凝而成的。

7.中国东部,约30万平方公里的闽东-台湾地区,其陆壳基底岩石可能属于早古生代至晚元古代,其余的均属于中元古代以前。

8.应用铅同位素体系示踪,论证并提出郯庐断裂为左行平移断裂,其南段平移距离达580—620公里。该断裂北延部分为敦密断裂,平移距离为380—420公里,而依舒断裂不属郯庐断裂的北延部分,其南延部分为赣江-河源断裂。

9.否定了“Zartman-Doe全球铅构造模式”在中国乃至亚洲的普遍意义,建立了华北、华南壳幔混合三阶段区域铅构造动力演化模式。

10.首次提出并论证了苏-沪构造同位素地球化学省的存在。细划了西南扬子、北扬子和南扬子三个构造地球化学省。

11.否定了泛华夏古隆,厘定并圈出了武夷构造-岩石-成矿地球化学省的范围,提出了武夷古陆。

12.提出华南南岭地区、南扬子地区,乃至东南亚岩石圈同位素化学结构,不同于中国其它地区和美洲,高 Th/Pb ,并与W、Sn、REE等矿产有关。

13.探讨了中国东部岩石圈壳幔演化构造动力过程,建立了岩石圈同位素化学动力结构模式。

14.应用Rb-Sr年龄、 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始比值和 Rb/Sr 值,尝试探讨各构造-岩石-成矿省陆壳物质演化历史。

15.将地壳划分为高级上地壳(HUC)、低级上地壳(LUC)、低级下地壳(LLC)和高级下地壳(HLC),并将高级下地壳划分为地幔型高级下地壳(MHLC)和地壳型高级下地壳(CHLC)。

16.对花岗岩类岩石,按多元同位素体系示踪及物质来源,划分出五大类岩石,即高级上地壳来源花岗岩类、低级上地壳和低级下地壳来源花岗岩以及地幔型高级上地壳和地壳型高级下地壳来源花岗岩类。

所有这些,不仅给构造地质学、岩石学、矿床学等注入了新的血液,同时也推动了同位素示踪及演化理论的发展,而且也只有这样,才能使同位素地质学、构造地质学、岩石学、成矿学之间更加有机地结合起来,使相邻学科得以发展并获得新的生命力。

当然本书最终推出的资料中,尚有不少空白区,譬如桂西、黔东、黔西、川西北、川北、鄂西北等地,许多玄武岩分布区未获得任何资料。因此,在详细划分构造-岩石-成矿省,认识大陆岩石圈-地壳和地幔耦合过程、演化、物质运动学特征方面仍较肤浅,今后还需更深入地研究。

参加该基金项目的研究人员有张理刚、刘敬秀、王可法、陈振胜、周环波和于桂香等(地质矿产部宜昌地质矿产研究所地质矿产部同位素开放实验室南方中心)及李之彤(地质矿产部沈阳地质矿产研究所)。张理刚、王可法、陈振胜及李之彤参加了野外调研及采样工作。室内样品挑选及铅同位素分析主要由王可法及张理刚完成,周环波、刘敬秀、陈振胜也参加了部分工作;张理刚还负责科研报告及本书的整体构思、前人同位素资料的收集整理以及各章的撰写和有关模式计算、作图,其它大部分图件由王可法利用中国科技大学陈江峰教授提供的软件作出。李之彤收集了东北部地区的部分同位素资料并整理了有关地质背景资料。于桂香工程师清绘了所有的图件。

本书出版之际,作者要衷心感谢陈江峰教授、朱炳泉研究员、于津生研究员、马大铨研究员、张自超副研究员、李志昌副研究员、沈渭洲教授、赵子杰研究员、邢凤鸣高级工程师以及洪大卫研究员、叶庆同研究员等,他们提供了部分资料或提出有益的讨论意见;韩文彬、吴克隆、陈耀庆、杨冀民、李石、刘铁军、庄锦良、张德能等高级工程师和张乾、李培忠、蒋治喻、雷新勇、武志华、高益民等工程师提供了部分样品,在此表示深切的谢意!

1992年8月,由学部委员涂光炽教授、张炳熹教授和孙大中研究员,以及张本仁教授、林尔为教授、于津生研究员、李兆鼎研究员、王永法教授等对我们的研究成果进行了评审验收,认为本项研究为目标明确地从高起点上开展的一项系统研究,在同位素年代学和同位素地球化学同区域地质构造紧密结合方面开拓了新的局面;在立足于我国地质实际、勇于创新方面,特色鲜明;应用同位素地球化学综合研究区域地质、构造、成岩和成矿问题的思路和方法将起典型示范作用。

由于研究范围广,加之作者水平所限,书中不当之处难免,敬请读者指正。

张 理 刚

1992年10月28日

于 江 汉 轮 18 号

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
一、历史的简单回顾及有关问题	(1)
二、研究范围和方法	(5)
第二章 中国东部岩石圈大板块的划分	(9)
一、中国东部大陆地质构造格架	(9)
二、中国东部岩石圈大板块划分	(10)
(一) ^{204}Pb 丰度标志	(10)
(二) $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ 标志	(11)
(三) $^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ 标志	(12)
三、中国东部岩石圈上地幔的不均匀性	(13)
四、中国东部岩石圈构造-岩石-成矿同位素地球化学省划分	(15)
第三章 华北岩石圈板块构造同位素地球化学	(19)
一、华北大板块陆壳地质构造基本特征	(19)
二、晋蒙-冀辽构造同位素地球化学省	(23)
(一) 冀北-辽北亚省	(23)
(二) 阴山-五台-燕辽亚省	(36)
三、晋中-冀南-鲁西-辽南构造同位素地球化学省	(48)
(一) 地质背景	(48)
(二) 铅同位素组成	(49)
(三) 锶、氧同位素组成	(52)
四、秦岭-大别-鲁东构造同位素地球化学省	(53)
(一) 大别-胶南亚省	(53)
(二) 秦岭-北淮阳-胶东亚省	(63)
五、华北岩石圈板块构造同位素地球化学省特征对比及演化	(73)
第四章 华南岩石圈板块构造同位素地球化学	(78)
一、苏-沪构造同位素地球化学省	(78)
(一) 铅同位素组成	(80)
(二) 锶、钕、氧同位素组成	(83)
二、扬子构造同位素地球化学省	(84)
(一) 西南扬子亚省	(84)
(二) 北扬子亚省	(89)
(三) 南扬子亚省	(98)
三、扬子周边构造同位素地球化学省	(109)
(一) 南岭亚省	(109)

(二) 三江亚省	(124)
四、东南沿海构造同位素地球化学省	(129)
(一) 武夷亚省	(131)
(二) 闽台亚省	(141)
五、华南岩石圈板块构造同位素地球化学省特征对比及演化	(149)
第五章 东北岩石圈板块构造同位素地球化学	(153)
一、大兴安岭构造同位素地球化学省	(153)
(一) 地质背景	(153)
(二) 长石铅同位素组成	(155)
(三) 矿石铅同位素组成	(159)
(四) 锶、氧同位素组成	(161)
二、佳木斯构造同位素地球化学省	(163)
(一) 长石铅同位素组成	(165)
(二) 变质岩铅同位素组成	(167)
(三) 锶、氧同位素组成	(171)
三、东北岩石圈板块构造同位素地球化学省特征对比及演化	(173)
第六章 中国东部岩石圈同位素构造动力学	(174)
一、郯庐断裂带构造同位素地质学	(174)
(一) 郯庐断裂的平移距离	(174)
(二) 郯庐断裂带北延和南延	(178)
(三) 郯庐断裂带动力过程及动力学	(178)
二、亚洲东部陆缘裂张及动力学问题	(180)
(一) 日本列岛	(180)
(二) 朝鲜半岛	(183)
三、亚洲大陆东缘陆壳构造动力学	(186)
第七章 中国东部岩石圈上地幔同位素化学结构及演化	(188)
一、华北上地幔同位素化学	(189)
二、华南上地幔同位素化学	(192)
三、东北上地幔同位素化学	(197)
(一) 五大连池-科洛-二克山新生代火山岩同位素化学	(197)
(二) 东北岩石圈地幔同位素化学	(200)
四、岩石圈上地幔同位素化学结构及演化	(201)
第八章 中国东部岩石圈壳幔同位素化学结构及铅构造动力演化模式	(206)
一、壳幔混合区域铅构造动力模式	(206)
(一) 华北区域三阶段铅构造动力学模式	(211)
(二) 华南区域三阶段铅构造动力学模式	(215)
二、中国东部岩石圈壳幔同位素化学结构剖面	(216)
第九章 花岗岩类岩石物质来源、成因和分类	(220)
一、多元同位素示踪研究回顾	(220)

二、富碱侵入岩的成因	(226)
三、花岗岩类岩石的分类问题	(231)
第十章 构造-岩石-成矿同位素地球化学省与成矿作用	(236)
一、富钨锡花岗岩类岩石多元同位素示踪	(236)
二、分层深熔含矿花岗岩类多元同位素示踪	(237)
三、相同含矿岩浆岩的多元同位素示踪	(237)
结 语	(239)
参考文献	(240)
英文摘要	(249)

CONTENTS

Preface

Chapter 1 Introduction (1)

Section 1 Research background in brief and problems (1)

Section 2 Limits of the working region and analytical approach ... (5)

Chapter 2 Division of lithosphere plates in eastern China (9)

Section 1 Regional tectonic framework of continent in eastern China (9)

Section 2 Division of lithosphere plates of eastern China (10)

(1) ^{204}Pb abundance sign (10)

(2) $^{206}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ sign (11)

(3) $^{208}\text{Pb} / ^{204}\text{Pb}$ sign (12)

Section 3 Heterogeneous of upper mantle of eastern China (13)

Section 4 Division of tectonic-petrological-metallogenic isotope geochemical provinces in eastern China (15)

Chapter 3 Tectonic isotope geochemistry of lithospheric plate in north China (19)

Section 1 Continental crust geotectonic property of northern China plate (19)

Section 2 Shanxi-Nei Mongol and Hebei-Liaoning tectonic isotope geochemistry province (23)

(1) North Hebei and North Liaoning subprovince (23)

(2) Yinshan, Wutai and Yanliao subprovince (36)

Section 3 Central Shanxi, Southern Hebei, Western Shandong and Southern Liaoning tectonic isotope geochemical province (48)

(1) Geological setting (48)

(2) Pb isotope composition (49)

(3) Sr, O isotope composition (52)

Section 4 Qinling, Dabie and Eastern Shandong tectonic isotopic geochemistry province (53)

(1) Dabie and Jiaonan subprovince	(53)
(2) Qinling, Northern Huaiyang and Jiaodong subprovince ...	(63)
Section 5 Comparison with characteristics and evolution of tectonics isotope geochemical provinces of lithospheric plate in north China	(73)
Chapter 4 Tectonic isotope geochemistry of lithospheric plate in south China	(78)
Section 1 Jiangsu and Shanghai tectonic isotopic geochemical province	(78)
(1) Pb isotope composition	(80)
(2) Sr, Nd, O isotope composition	(83)
Section 2 Yangtze tectonic isotope geochemical province	(84)
(1) Southwestern Yangtze subprovince	(84)
(2) Northern Yangtze subprovince	(89)
(3) Southern Yangtze subprovince	(98)
Section 3 Peripheral Yangtze tectonic isotope geochemical province	(109)
(1) Nanling subprovince	(109)
(2) Sanjiang subprovince	(124)
Section 4 Southeast coast of China tectonic isotopic geochemical province	(129)
(1) Wuyi subprovince	(131)
(2) Fujian and Taiwan subprovince	(141)
Section 5 Comparison with characteristics and evolution of tectonics isotope geochemical provinces of lithospheric plate in South China	(149)
Chapter 5 Tectonic isotopic geochemistry of lithosphere plate in Northeast China	(153)
Section 1 Da Hinggan Ling tectonic isotope geochemical province	(153)
(1) Geological setting	(153)
(2) Pb isotope composition of feldspar	(155)
(3) Pb isotope composition of ore	(159)

(4) Sr, O isotope composition	(161)
Section 2 Jiamusi tectonic isotope geochemical province	(163)
(1) Pb isotope composition of feldspar	(165)
(2) Pb isotope composition of metamorphic rock	(167)
(3) Sr, O isotope composition	(171)
Section 3 Comparison with characteristics and evolution of tectonics isotope geochemical provinces of lithospheric plate in Northeast China	(173)
Chapter 6 Isotope structural dynamics of lithosphere in eastern China ..	(174)
Section 1 Tectonic isotope geology of Tancheng-Lujiang fault zone	(174)
(1) Translational distance of Tancheng-Lujiang fault	(174)
(2) The north and south extending direction of Tancheng -Lujiang fault zone	(178)
(3) Dynamic process and dynamics of Tancheng-Lujiang fault zone	(178)
Section 2 Extension of continental margin in East Asia and its Dynamics	(180)
(1) Japanese Islands	(180)
(2) Korea Peninsula	(183)
Section 3 Tectonic dynamics of continental margin crust in East Asia	(186)
Chapter 7 Isotope chemical structure and evolution of upper mantle in eastern China	(188)
Section 1 Isotope chemistry of upper mantle in North China	(189)
Section 2 Isotope chemistry of upper mantle in South China	(192)
Section 3 Isotope chemistry of upper mantle in Northeast China	(197)
(1) Isotope chemistry of Cenozoic volcanic rocks in Wuda Lianchi, Keluo and Erkeshan	(197)
(2) Isotope chemistry of lithospheric mantle in Northeast China	(200)
Section 4 Isotope chemistry structure and evolution of upper mantle of lithosphere	(201)

Chapter 8	Isotope chemical structure of crust–mantle and plumbtectonic dynamic evolution models in eastern China	(206)
Section 1	Regional plumbtectonic dynamics evolution models of crust–mantle mixed area	(206)
(1)	Regional three–stage plumbtectonic dynamics evolution models for North China	(211)
(2)	Regional three–stage plumbtectonic dynamics evolution models for South China	(215)
Section 2	Profile of isotope chemical structure of crust–mantle in eastern China	(216)
Chapter 9	Material source, genetic types and classification of granitoids	(220)
Section 1	Review about multivariate isotope tracer research	(220)
Section 2	Origin of alkali–rich igneous	(226)
Section 3	Division of granitoid rocks	(231)
Chapter 10	Mineralization and tectonic–petrological–metallogenic isotope geochemical provinces	(236)
Section 1	Multivariate isotope tracer research of W, Sn–rich granitoid rocks	(236)
Section 2	Multivariate isotope tracer research of stratified anatectic ore–bearing magmas	(237)
Section 3	Multivariate isotope tracer research of same ore–bearing magmatite	(237)
Postscript		(239)
References		(240)
Abstract		(249)

第一章 绪 论

花岗质岩类和玄武质岩类，其源岩很少、甚至根本不可能直接出露地表，因此花岗岩可视为从地壳深部或基底中采集到的样品，而玄武岩可视为从上地幔中采集到的样品，即都可视为采自地壳深部岩石圈中。通过对这些样品的研究，可提供地壳深部岩石圈的有用信息。因而，可以认为，花岗岩类和玄武岩类是了解地壳下部和深部未出露部分——基底岩石和上地幔岩石的窗口，又称岩石“探针”。

一、历史的简单回顾及有关问题

近 20 年来，中、新生代岩浆岩的同位素组成随不同区域而变化的研究结果，引起了人们强烈的兴趣。

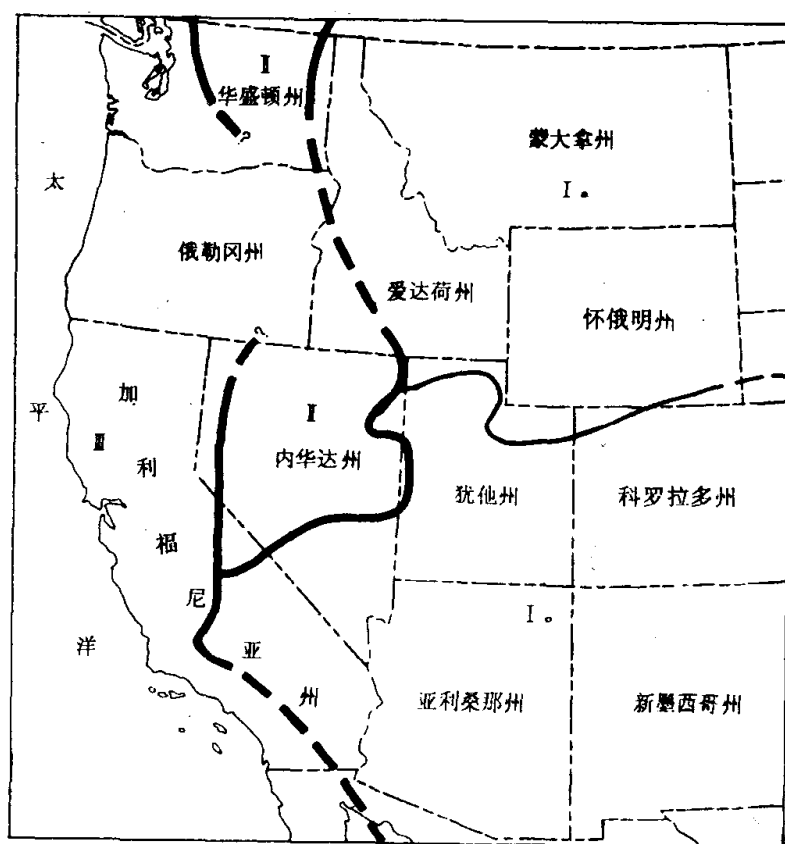


图 1-1 美国西部铅同位素省边界及划分

(据 Zartman, 1974)

Doe (1967) 根据全岩铅同位素组成，最早发现美国西部深成岩和火山岩可划分为落基山脉型（大陆内部型）和海岸山脉型，前者铅同位素组成变化范围较大，后者铅同

位素组成变化范围较小，且 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值较低。随后，美国许多同位素地质学家 (Doe, 1968, 1973; Stacy et al., 1968; Tatsumoto et al., 1969; Perterman et al., 1970; Antweiler et al., 1972; Church et al., 1973; Doe et al., 1968)，对美国西部岩浆岩及矿石铅同位素的研究结果都支持上述结论。Zartman (1974) 在前人研究的基础上，勾划出美国西部科迪勒拉山脉三个铅同位素省，即 I、II 和 III 省。其中，I 省位于中西部地区，III 省位于西海岸带，而 II 省位于 I 省和 III 省之间 (图 1-1)，三个省的中、新生代岩浆岩全岩铅同位素组成差异明显 (图 1-2)。

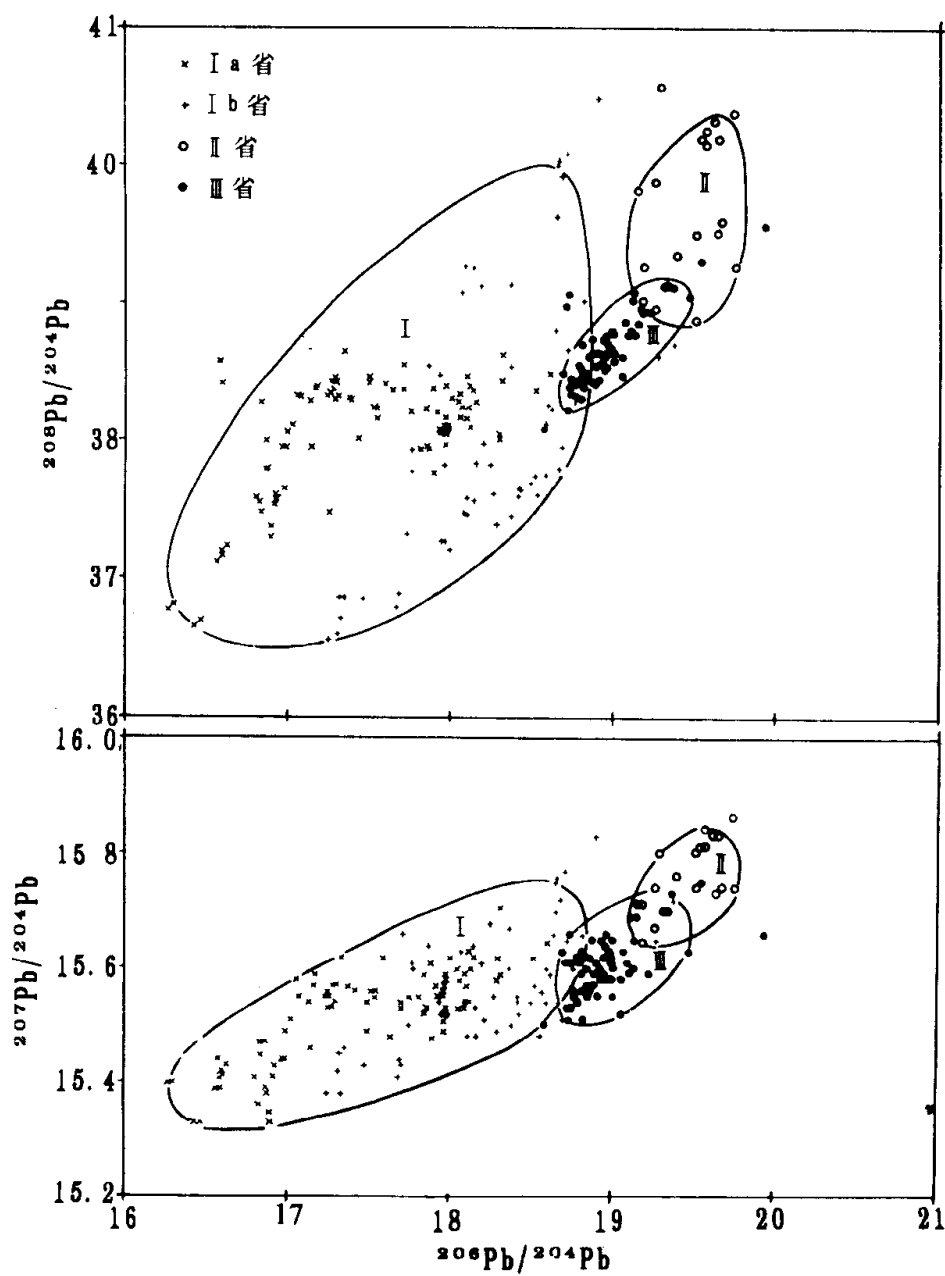


图 1-2 北美洲西部三个铅同位素省中、新生代中酸性火成岩全岩铅同位素组成范围对比
(据 Zartman, 1974)

I 省可进一步划分为 Ia(下伏 27.6 或大于 27.6 亿年基底岩石)和 Ib(下伏 14—18.6 亿年基底岩石)

Soloman 和 Taylor (1981) 报道北美洲西部中、新生代深成岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值时，也提出区内存在三个类似岩带(省) (图 1-3)，即西部低 ^{18}O 带 ($5.5\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < 8.5\text{‰}$)、中部

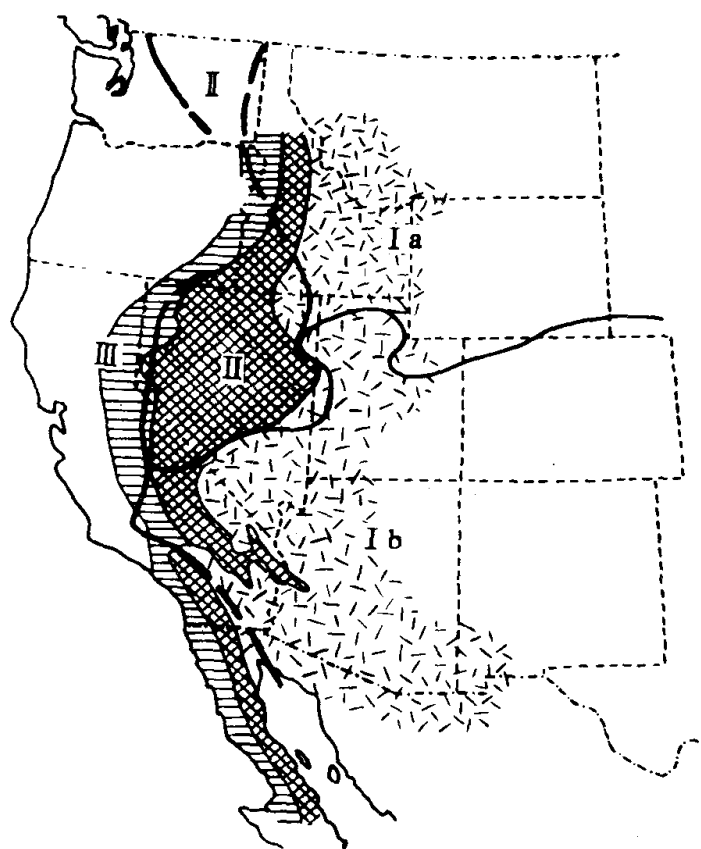


图 1-3 北美洲西部和墨西哥北部中、新生代花岗岩三个氧同位素岩带
(据 Soloman 和 Taylor, 1981)
(图中划出了铅同位素省边界, 见图 1-1)

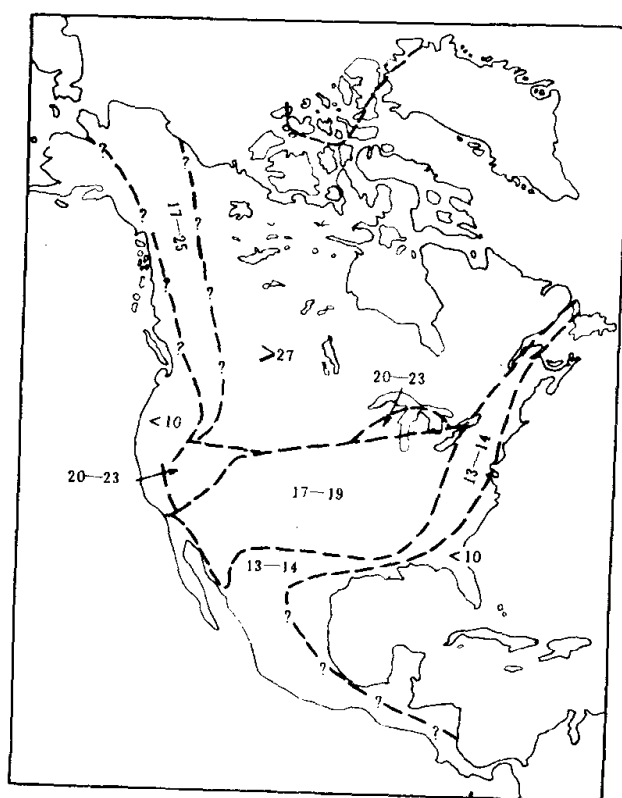


图 1-4 北美洲大陆 Sm-Nd 模式年龄省(单位亿年)范围及划分
(据 Nelson 和 DePaolo, 1985)

高 ^{18}O 带 ($\delta^{18}\text{O} > 9.0\text{‰}$) 和东部正常 ^{18}O 带 ($6.5\text{‰} < \delta^{18}\text{O} < 9.0\text{‰}$)；随后，Nelson 和 DePaolo (1985) 根据花岗岩的 Nd 模式年龄数据填图，得到北美洲三个 Nd 模式年龄省，即海岸省 (< 10 亿年)、中间省 (20—23 亿年) 和东部省 (又分为 17—19 亿年和 > 27 亿年两个亚省) (图 1-4)。这三个不同 ^{18}O 带 (省) 和三个 Nd 模式年龄省，与 Zartman (1974) 提出的三个铅同位素省大致吻合。

Shibata 和 Ishihara (1979) 报道了日本列岛白垩纪深成岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比值有等值线分布趋势，与这类深成岩有关的矿石铅同位素也具等值线分布趋势 (Sasaki, 1982)，即日本中部高放射成因矿石铅与 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 高初始比值花岗岩相一致 (见后第六章)。

Taylor (1986) 报道南美洲西海岸安第斯山脉从南到北，根据晚新生代火山岩氧同位素组成差异，可划分出五个火山带，它们分别来自年龄不同且厚度也不同的地壳。

在我国，张理刚 (1984) 根据氧同位素资料，最早将中国东南部中生代花岗岩划分为三个带，即东南 (闽东) 沿海带 (具低 ^{18}O 特点， $\delta^{18}\text{O} < +8.5$)，扬子带 ($+7.5 < \delta^{18}\text{O} < +10$) 和华南带 ($\delta^{18}\text{O} > +10$)。随后，张理刚 (1988, 1989)、张理刚等 (1991) 根据中国东部中生代花岗岩长石铅及有关矿石铅同位素组成差异，提出中国东部基底岩石至少可划分为三个系列、10 个铅同位素省，并结合前人的新生代玄武岩 Pb 同位素资料，指出其壳幔具同步变化特征；朱炳泉 (1990) 通过对中国大陆矿石铅同位素的拓扑结构分析，将其区划分为六个 Pb 同位素省；朱炳泉等 (1989a、b) 还通过对中国大陆新生代火山岩的 Nd-Sr-Pb 同位素示踪研究，提出中国大陆至少有三个端元以及显示南亏损、北富集的总体规律和中国东部壳幔呈耦合同步变化；刘北玲等 (1989)、陈道公等 (1985, 1989a、b)、解广轰等 (1988a、b, 1989a、b)、吴志勤等 (1988) 也先后研究中国东部上地幔来源火山岩的 Pb-Sr-Nd 同位素局部组成变化特征及其成因。此外，黄萱等 (1986, 1989, 1990)、刘昌实等 (1990a、b)、陈江峰等 (1989)、李石等 (1990)、陈吉琛 (1990)、徐金芳等 (1989)、李献华 (1991)、沈渭洲等 (1988)、曲国胜等 (1991) 等人，先后对局部区域的花岗质岩石进行过 Pb、Sr、Nd、O 同位素示踪研究。这一系列研究所获得的结果和认识，对深入了解我国壳幔演化规律、地幔不均匀性、陆壳构造动力过程乃至成矿规律等，无疑起了重要的推动作用，但仍存在一定的问题：

(1) 在研究地壳化学结构及其演化中，前人的研究对象仅限于沉积盖层、矿石铅同位素或者少量花岗岩类岩石的 Pb、Sr、Nd、O 同位素，缺少对最有示踪意义的花岗岩类岩石的铅同位素进行系统研究，而且以往研究的多为零星的全岩铅同位素，缺乏对长石铅同位素的系统研究。

(2) 前人的研究，有的侧重于大陆上地幔，有的侧重于大陆地壳，但缺乏对中国大陆上地幔、地壳之间进行系统性的对比研究。而实际上，只有通过对壳幔物质进行系统性的对比研究，并密切结合构造动力过程，才能对其演化过程及历史有深刻的认识。

(3) 中国大陆壳幔物质组成变化，与构造动力学过程到底有着什么关系，根据大陆壳幔物质的同位素体系变化，研究其构造动力过程有着重大意义。

(4) 同样，成矿物质的集中必然是地球动力过程中某个阶段的产物。因而，对壳幔