

胶东区域地壳演化与 金成矿作用地球化学

杨忠芳 等著

地质出版社

152
32
1

胶东区域地壳演化与 金成矿作用地球化学

杨忠芳 徐景奎 赵伦山 沈镛立 吴悦斌 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内容提要

本书是一部以先进的区域地球化学理论体系为指导思想的全面研究岩石圈的形成、演化以及成矿作用规律的专著。本书作者运用现代区域地球化学的理论与方法,对我国著名的胶东金成矿区的区域岩石圈化学组成与结构演化、金矿床形成规律的地球化学论据等方面进行了系统的论述,联系了重要学术成果。本书内容包括区域变质建造的划分,区域变质岩、火成岩及沉积岩的地球化学特征与形成环境、变质作用的研究。岩石圈构造型式的地球化学论据以及金矿成矿系列、成矿作用水热动力学机理等。

本书资料丰富,内容翔实,论证严谨,富于创新。它适合于从事区域地质、岩石学、矿床学及地球化学研究的科研人员、生产人员及高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

胶东地区地壳演化与金成矿作用地球化学/杨忠芳等著. 北京:地质出版社,1998.6
ISBN 7-116-02583-9

I. 胶… I. 杨… II. ①地壳运动-地球化学-山东②金矿床-成矿作用-地球化学-山东
IV. P596.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 08867 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:白铁 江晓庆 赵俊磊

责任校对:关风云

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.625 字数:300000

1998 年 6 月北京第一版·1998 年 6 月北京第一次印刷

印数:1~600 册 定价:30.00 元

ISBN 7-116-02583-9

P·1897



(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

区域地球化学是本世纪 20 年代萌芽于原苏联传统地球化学的一个重要分支科学。80 年代以来,由于它吸收了现代地球化学的思想、理论与方法,并将区域和全球岩石圈与构造的研究相结合而焕发了青春。当前,区域地球化学已经成为探索构造造山带和大陆岩石圈深部过程及动力学的重要学科之一,起到了任何一个其它学科所不能代替的重要作用。

据我所知,曾有很多学者或专家在胶东地区开展过各个方面的研究工作,但杨忠芳、徐景奎及赵伦山等在该地区进行的较大规模的区域地球化学工作尚属首次。他们经过长期工作和对资料的不断积累,已经取得了一些重要的研究成果和大量的地球化学数据,其中有些数据在全国尚属首次发表。本专著的出版问世无疑对推动区域地质、地球化学和金成矿作用研究具有重要意义,并为利用区域地球化学方法解决区域重大基础地质问题提供了一个可资借鉴的范例,同时也为丰富我国区域地球化学理论作出了贡献。



1998 年 3 月

目 录

序

第一章 导论	1
第一节 区域地球化学的发展与现代理论格架的形成.....	1
一、现代区域地球化学的发展	1
二、国内外区域地球化学的研究现状	2
三、我国区域地球化学理论体系格架的形成	3
四、本项研究工作的学术思想及其由来	4
第二节 区域地质地球化学背景及研究概况.....	4
一、区域构造格架	4
二、区域地层	8
三、区域火成岩	10
四、区域地质地球化学的研究历史和现状.....	11
第二章 区域前寒武纪变质建造地球化学	15
第一节 区域地层划分与对比	15
一、区域变质地层划分	15
二、区域变质地层对比	15
第二节 变质地层年代学及其地质热事件	15
一、胶东群地质年代学	15
二、荆山群地质年代学	17
第三节 区域变质岩石学特征及原岩性质	19
一、超基性岩系列(超镁铁质岩石系列)	19
二、基性岩系列(镁铁质岩石系列)	21
三、斜长片麻岩系列	24
四、粘土质岩石系列	25
五、长英质粒岩系列	26
六、碳酸盐岩系列	28
第四节 区域变质建造类型划分及其特征	29
一、胶东群变质建造划分及其特征	29
二、荆山群变质建造划分及其特征	29
第五节 胶东变质地层中金的丰度及对成矿作用的贡献	30
一、胶东变质地层金的丰度	30
二、胶东变质地层——初始矿源层对金成矿作用的贡献	31
第三章 前寒武纪超镁铁质-镁铁质岩石地球化学	32
第一节 橄榄质科马提岩-玄武质科马提岩-拉斑玄武岩演化系列	32

第二节 超镁铁质-镁铁质火山岩化学组成特征及其源区性质	34
第三节 铁镁质岩石形成构造环境讨论	36
第四节 前寒武纪地层元素丰度及陆壳成分	38
第四章 区域变质作用的地球化学	44
第一节 区域变质相及变质相系	44
一、二辉麻粒岩相	44
二、高角闪岩相	45
三、低角闪岩相	46
四、区域变质相系	47
第二节 区域变质作用的物理化学条件	48
一、胶东中西部地区变质作用条件	48
二、胶东东部地区变质作用条件	49
第三节 叠加变质作用与 pTt 轨迹	51
一、野外地质证据	51
二、显微结构证据	52
三、同位素年龄证据	52
四、 pTt 轨迹的推断	53
第五章 区域花岗质杂岩地球化学	54
第一节 区域花岗质岩石的时空分布	54
第二节 太古宙英云闪长岩及奥长花岗岩成因	55
一、基本地质特征	55
二、岩石化学组成特征	56
三、岩体成因及在地壳演化中的意义	56
第三节 元古宙混合-重熔花岗岩的成因	59
一、花岗质杂岩中包体特征、类型及成因指示意义	59
二、元古宙花岗杂岩系列的岩石学特征	62
三、花岗质岩石系列的演化及成因的地球化学研究	66
四、关于玲珑花岗岩形成时代论证	75
五、元古宙花岗岩成因认识	78
第四节 元古宙花岗岩中金的丰度	78
第五节 混合岩化前峰的形成及对金的控制	79
一、混合岩化过程中金及伴生元素的地球化学行为	79
二、混合岩化前峰的形成及金矿的二次矿源岩	80
第六节 元古宙花岗岩同位素地球化学	83
一、氢氧同位素特征	83
二、锶同位素特征	84
三、铅同位素特征	84
第六章 前寒武纪地体构造型式	87
第一节 区域前寒武纪地体与典型花岗岩-绿岩地体对比	87

一、地体的整体构型对比	87
二、绿岩层序对比	87
三、形成年龄范围对比	88
四、变质作用程度对比	89
五、构造类型对比	89
六、花岗质岩石类型对比	89
第二节 胶东前寒武纪花岗岩-绿岩地体的形成机制	89
一、胶东及华北地台前寒武纪的地热体制与板块构造	89
二、胶东绿岩带汇聚板块边缘模型	92
第七章 金成矿作用的地质地球化学研究及成矿模型	93
第一节 金成矿带空间分布及控矿构造格架	93
一、招远—掖县成矿带	93
二、蓬莱—栖霞成矿带	94
三、牟平—乳山成矿带	94
四、威海—文登成矿带	96
第二节 胶东金矿成矿系列的划分及对比	96
一、区域地壳演化与不同类型金矿床的成因	96
二、两大成因系列金矿的矿床地质特征	97
第三节 胶东典型成因矿床的基本地质特征	99
一、与新太古代—古元古代变质热液有关的金矿床	99
二、与花岗岩内中生代深循环大气降水有关的热液矿床	100
第四节 金矿成矿热液演化与金成矿作用的物理化学条件	101
一、两大成因系列金矿成矿流体化学成分	101
二、浅成热液金矿流体包裹体类型及成矿流体物理化学条件	103
三、成矿热液演化的水热动力学机理	104
四、金及多金属伴生元素沉淀的物理化学条件制约	106
第五节 金矿成矿构造地球化学动力学	109
一、成矿热液反应体系	110
二、构造动力学条件对成矿反应体系的控制	110
三、热液成矿体系的动态演化	111
第六节 金矿床同位素地球化学及成矿物质来源	112
一、硫同位素组成及其来源	112
二、铅的同位素组成及多阶段性	114
三、氢氧同位素组成与成矿流体来源	117
第七节 大气降水蚀变地球化学场的形成与金的成矿作用	122
一、热液蚀变类型及特征	122
二、热液蚀变地球化学场特征及与金成矿作用关系	123
第八节 两大成因系列金矿的成矿模型	124
一、变生热液金矿成矿模型	124

二、中生代深循环大气降水热液金矿成矿模型	125
主要结论	126
英文摘要	127
参考文献	154

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Development of regional geochemistry and its modern theoretical framework	1
1.1.1 General development of regional geochemistry	1
1.1.2 External and domestic research situation of regional geochemistry	2
1.1.3 Theoretical framework of regional geochemistry of China	3
1.1.4 Academic ideology of the research work	4
1.2 Regional geological and geochemical setting	4
1.2.1 Framework of regional tectonic	4
1.2.2 Regional strata	8
1.2.3 Regional igneous rock	11
1.2.4 History and situation of regional geological and geochemical research	11
Chapter 2 Geochemistry of regional Precambrian metamorphic formation	15
2.1 Division and correlation of regional metamorphic strata	15
2.1.1 Division of regional metamorphic strata	15
2.1.2 Correlation of regional metamorphic strata	15
2.2 Geochronology of metamorphic strata and associated geothermal events	15
2.2.1 Geochronology of Jiaodong group	15
2.2.2 Geochronology of Jingshan group	17
2.3 Petrology of regional metamorphic rocks and its protolith	19
2.3.1 Ultrabasic rock series	19
2.3.2 Basic rock series	21
2.3.3 Plagiogneiss rock series	24
2.3.4 Clayey rock series	25
2.3.5 Feldspathic granulite series	26
2.3.6 Carbonate rock series	28
2.4 Division of regional metamorphic formations and its features	29
2.4.1 Division and features of metamorphic formation of Jiaodong group	29
2.4.2 Division of metamorphic formation of Jingshan group	29
2.5 Gold abundance in metamorphic strata and its action to mineralization	30
2.5.1 Gold abundance in metamorphic strata	30
2.5.2 Contribution of primary source bed-metamorphic strata and its action to gold mineralization	31
Chapter 3 Geochemistry of Precambrian ultramafic and mafic rocks	32

3.1	Evolutionary series of komatiite-basaltic komatiite-tholeiite	32
3.2	Chemical compositions of ultramafic-mafic volcano-rock and its source	34
3.3	Tectonic environment of mafic rocks	36
3.4	Element abundance and composition of Precambrian continental crust	38
Chapter 4	Geology and geochemistry of regional metamorphism	44
4.1	Regional metamorphic facies and metamorphic facies Series	44
4.1.1	Lherzolite granulite facies	44
4.1.2	High amphibolite facies	45
4.1.3	Low amphibolite facies	46
4.1.4	Regional metamorphic facies Series	47
4.2	Physicochemical conditions of Regional metamorphism	48
4.2.1	Regional metamorphic conditions in the center and west of Jiaodong	48
4.2.2	Regional metamorphic conditions in the east of Jiaodong	49
4.3	Superimposed metamorphism and the trace of p - T - t	51
4.3.1	Field geological evidence	51
4.3.2	Microstructural evidence	52
4.3.3	Isotopic geochronological evidence	52
4.3.4	Inference of p - T - t trace	53
Chapter 5	Geology and geochemistry of regional granitic complex	54
5.1	The spatial-temporal distribution of regional granitic rocks	54
5.2	The genesis of Archean tonalite and trondjemite	55
5.2.1	Geological characteristics	55
5.2.2	Chemical compositional characteristics	56
5.2.3	Rock genesis and its implication in the crustal evolution	56
5.3	The genesis of Proterozoic migmatitic granite and anatexite granite	59
5.3.1	Enclave characteristics and types in the granitic complex and their implication for genesis	59
5.3.2	Geochemical characteristics of Proterozoic granitic complex series	62
5.3.3	Geochemical study on the evolution and the genesis of granitic rock series	66
5.3.4	Demonstration of Linglong granitic formation age	75
5.3.5	The genesis of Proterozoic granite	78
5.4	The abundance of gold in Proterozoic granite	78
5.5	The formation of migmatitic front and its control to gold and polymetallic mineralization	79
5.5.1	Geochemistry of gold and its accompanying metallic elements during migmatitization	79
5.5.2	The formation of migmatitic front and second source-bed rock of gold	80
5.6	Isotopic geochemical characteristics of Proterozoic granite	83
5.6.1	Hydrogen and oxygen isotopic characteristics	83
5.6.2	Strontium isotopic characteristics	84

5. 6. 3 Lead isotopic characteristics	84
Chapter 6 The tectonic style of Precambrian terrene	87
6. 1 Comparison of regional Precambrian terrene and typical granite-greenstone terrene	87
6. 1. 1 Comparison of the whole tectonic style	87
6. 1. 2 Comparison of stratigraphic sequence	87
6. 1. 3 Comparison of formation age	88
6. 1. 4 Comparison of metamorphic degrees	89
6. 1. 5 Comparison of tectonic types	89
6. 1. 6 Comparison of granitic rock types	89
6. 2 The forming-mechanism of the Precambrian granite-greenstone terrene in Jiaodong	89
6. 2. 1 Precambrian geothermal system and plate tectonics in Jiaodong and North China platform	89
6. 2. 2 The model of convergence plate margin of greenstone belt in Jiaodong	92
Chapter 7 The geological-geochemical study on gold mineralization and its metallogenic model	93
7. 1 The space distribution of gold ore-forming zone and framework of the ore-controlling tectonics	93
7. 1. 1 Ore-forming zone of Zhaoyuan-Yexian	93
7. 1. 2 Ore-forming zone of Penglai-Xixa	94
7. 1. 3 Ore-forming zone of Muping-Rushan	94
7. 1. 4 Ore-forming zone of Weihai-Wendeng	96
7. 2 The delimitation and Comparison of gold ore-forming series	96
7. 2. 1 The Evolution of regional crust and the genesis of different deposits	96
7. 2. 2 The geological characteristics of two genetic types of gold deposits	97
7. 3 The basic geological characteristics of typical genetic gold deposits	99
7. 3. 1 The gold deposits related to the metamorphic fluid during late Archean-early Proterozoic	99
7. 3. 2 The gold deposits related to the Mesozoic meteoric water of deep cycling in the granite	100
7. 4 Ore-forming hydrothermal evolution of gold deposit and the Physicochemical condition of gold mineralization	101
7. 4. 1 The chemical composition of Ore-forming fluid in two types of gold deposits	101
7. 4. 2 The types of fluid inclusion and Physicochemical condition of Ore-forming fluid in epithermal gold deposit	103
7. 4. 3 The dynamics mechanism of ore-forming hydrothermal	104
7. 4. 4 Physicochemical constrains on precipitation of gold and polymetallic associated elements	106
7. 5 The geochemical dynamics of metallogenic tectonics of gold deposit	109

7.5.1	Reaction system of ore-forming hydrothermal	110
7.5.2	The conditions of tectonic dynamics constrains on Reaction system of ore-forming hydrothermal	110
7.5.3	The dynamic evolution of ore-forming hydrothermal	111
7.6	Isotopic geochemical and source of ore-forming metals in gold deposits	112
7.6.1	Sulfur isotopic composition and its source	112
7.6.2	Lead isotopic composition and its polystage pattern	114
7.6.3	Hydrogen-oxygen isotopic composition and the source of ore-forming fluid	117
7.7	The formation of altered geochemical field of meteoric water and gold metallization	122
7.7.1	The types and characteristics of hydrothermal alteration	122
7.7.2	The geochemical field characteristics of hydrothermal alteration and the relation to gold metallization	123
7.8	The metallogenic models of two genetic types of gold deposit	124
7.8.1	The metallogenic models of metamorphic hydrothermal gold deposit	124
7.8.2	The metallogenic models of Mesozoic meteoric water gold deposit of deep cycling ...	125
Important conclusions		126
English Abstract		127
References		154

第一章 导 论

第一节 区域地球化学的发展与现代理论格架的形成

一、现代区域地球化学的发展

现代区域地球化学是以区域岩石圈为研究对象或系统,开展有关该系统的化学组成、化学作用和化学演化等方面的综合研究的地球化学分支科学。

区域地球化学萌芽于本世纪 20 年代初期的苏联。A. E. 费尔斯曼是最先的倡导者。他在 1922~1941 年间,先后著有《俄罗斯地球化学》、《俄罗斯地球化学基本特征》和《科拉半岛有用矿产》。费尔斯曼指出,区域地球化学的主要任务是研究化学元素在一定区域中的时间和空间分配、分布、迁移和集中-分散规律。他强调区域地球化学与地质调查的紧密结合,提出“只有将地史学的成就、大地构造的新思想同元素行为规律相结合才能了解矿产分布”的区域地球化学构想,认为每个区域的地球化学特征取决于区域的过去地质和现代气候两方面因素。

自从 A. E. 费尔斯曼提出区域地球化学的概念后,到 60 年代以前,区域地球化学的研究工作进展缓慢,只有少量的苏联学者尝试过一些区域性的研究工作,而在西方国家几乎没有开展这方面的工作。自 60 年代中叶以来,板块科学的兴起推动了地质科学的思想革命,使地质学家第一次从全球观点从事区域地质研究。同时,找矿难度的加大,也需要地学工作者加强区域地质和成矿规律研究。微量、快速、灵敏的样品分析技术的发展使大量样品的测试成为可能,推动了区域地球化学研究逐步发展起来。我国区域地球化学工作的开展也是源于这个时期。例如,徐克勤(1963)开展有关华南花岗岩地球化学方面的研究等。

70~80 年代,区域地球化学迅速向纵深发展。首先是地球化学自身理论与实践的发展,打破了原有的思想局限,将学科性质拓宽到以研究地球与太阳系化学组成、化学作用和化学演化的地球科学分支;同位素、微量元素和稀土元素地球化学理论与测试技术的成熟,使得同位素与微迹元素的地球化学示踪作用明显增强,大大推动和支持了区域地球化学的进展;此外,在许多国家开展的大规模的水系沉积物、土壤和基岩的地球化学调查,也为区域地球化学的发展提供了大量的分析数据。据此,在区域岩石地球化学、区域成矿地球化学、区域构造地球化学、区域前寒武纪地球化学及区域地球化学测量等方面均取得了长足的发展。

近 20 年来,我国区域地球化学的理论研究几乎与国外同步。其中,有代表性和开创性的研究工作应属于崇文教授和张本仁教授。崇文教授于 1982 年以系统论中的“耗散结构”理论为基础,提出了“成矿作用与时-空结构”的理论观点,并系统地开展了南岭区域地球化学的研究。他应用马尔科夫过程理论揭示了研究区沉积-成矿作用的时间结构,应用随机场理论展示了研究区成矿作用的空间结构,开创性地探讨了成矿作用的动力学模型。一

系列的创新成果超过了国外同类研究的最新水平。张本仁教授在多年区域地球化学研究的实践中,形成了自己特有的区域地球化学理论体系,并在秦巴地区真正实现了以区域岩石圈为系统开展区域地球化学研究的理论构想,将我国区域地球化学的研究提高到了一个划时代的水平。他出版的《秦巴岩石圈、构造及成矿规律地球化学研究》一书,成为我国区域地球化学的代表性著作。

二、国内外区域地球化学的研究现状

近十年来,国际区域地球化学研究的最显著的特点是,大多数的研究是在新全球构造观点和新全球岩石圈观念指导下进行的。其研究成果大大深化了人们对各类岩石和矿床形成背景、环境、作用过程、物质来源、发展演化历史和时空分布规律的认识,并将区域性的研究上升到全球构造演化及全球地壳和地幔组成、发展与演化及壳-幔物质交换或壳-幔再循环的高度加以认识,从而产生了许多新的观点和新的研究点。这标志着区域地球化学正在成为解决全球重大基础地质问题的重要支柱之一。

80年代以来,世界重要造山带的区域岩石和构造地球化学受到普遍关注。除了继续完善各类构造环境下岩石地球化学标志的判别途径外,同时加强了造山带岩石成因、源区特征以及时空演化方向的研究,特别是在利用基性火成岩揭示岩石圈地幔组成和利用花岗岩反演岩浆作用与地壳演化方面取得了丰硕成果(K. C. Kondie, 1989; J. H. Fink, 1990)。此外,在应用沉积岩化学组成估算上地壳元素丰度以及判别沉积盆地的构造环境方面也取得了成功经验(S. R. Taylor 和 S. M. McLennan, 1986、1990、1991)。

岩石圈及其各结构层的化学组成和元素丰度是区域地球化学研究的一个重要课题。它是深入认识地球成因、分异和演化的重要依据。近年,区域地球化学的研究资料的积累,使得人们对于上地壳的结构、成分和演化过程了解较多,特别是通过地表岩石的大量取样分析,或借助太古宙页岩的化学成分,成功地估算出了重要成矿省区的上地壳的元素丰度。相反,大陆下地壳则是迄今人们了解很少的部分。地球物理、地球化学和超深钻的众多资料显示,下地壳在纵向和横向上都是极不均一的,对下地壳的成分估计有不同的认识,提出了不同的下地壳丰度估算模型(D. W. Shaw, 1990; S. R. Taylor 和 S. M. McLennan, 1991)。

在成矿区带的区域地球化学背景研究方面,愈来愈多的研究者注意将成矿作用置于地壳岩石圈体系的发展演化历史中加以考查,由此冲破了传统矿床学的研究思想,使成矿理论体系不断地发展完善。在地壳与地幔化学成分不均一性思路的指导下,科学家们致力于成矿省的分布研究,并将成矿省与地球化学省加以对比分析。无疑,这种有益的工作对全球成矿规律的预测研究具有重要意义。

80~90年代,是我国区域地球化学研究进展迅速的时期,可以说是与国际区域地球化学研究同步进行。某些研究成果在国际上具有领先地位,并不像有些人认为的那样,我国的学术水平落后国际水平20年。

系统的区域地球化学的研究已在南岭、秦巴和华北等地得出了结果(於崇文等, 1987; 张本仁等, 1990、1994; 池际尚, 1988; 孙大中, 1993)。例如,在南岭地区,於崇文教授提出了地层元素丰度的新概念和估算方法;在秦岭地区,张本仁等从区域壳-幔不均一性和不同构造单元岩石地球化学特征入手,探讨了区域大地构造分区,估算了区域上地壳和下地壳的平均化学成分,论述了区域花岗岩类、火山岩类和沉积岩的地球化学特征与形成构造环境,分析了区域成矿规律及与岩石圈演化的匹配关系。

在区域勘查地球化学方面,我国参与了国际地球化学填图计划。同时,不同景观区域的勘查地球化学理论研究也受到了重视,如森林沼泽区、干旱半干旱区、高寒山区、热带雨林和黄土高原等地理区域的找矿方法研究取得了较大进展(任天祥等,1986、1989)。

三、我国区域地球化学理论体系格架的形成

为使我国区域地球化学研究与国际地球科学前沿接轨,同时也为适应大量区域地球化学资料的开发和各类地学研究成果的综合分析的需要,自80年代以来,我国地球化学家进行了积极的探索性工作,力求形成具有中国特色的区域地球化学研究理论和研究方法。多年的实践经验和资料的积累,目前基本形成了三个研究方向的理论体系格架。

1. 以“耗散结构”理论为基础的区域地球化学

“耗散结构”理论为基础的区域地球化学研究方向理论观点是:以成矿区带的“成矿作用动力学”(Dynamics of Ore-Forming Processes)研究重点,揭示成矿作用的本质,即成矿作用的驱动力。同时,通过研究成矿作用的速率和机制及时间演化与空间展布(即“成矿作用与时-空结构”),从而使矿床成因和成矿规律研究从静态上升到动态,从定性走向定量。这种成矿理论的深化和创新对成矿预测和矿产资源开发具有重要的指导意义。

该理论的创建者是我国著名的地球化学家於崇文教授。近年来,他在成矿作用动力学研究方面又取得了新的重要进展,提出了“成矿动力系统的自组织临界性”(Self-Organized Criticality of Complex Ore-Forming Dynamic Systems)概念,可理论概括为“矿床和成矿区带是复杂成矿动力系统的自组织,成矿作用是一种自组织临界动力学过程,成矿作用的物理场和化学场具有时间和空间分形结构(时-空分形)”。这一新理论的提出,将推动矿床成因理论和成矿规律研究的进展。

2. 以“地球历史系统演化”理论为基础的区域地球化学

以“地球历史系统演化”理论为基础的区域地球化学研究方向是在广泛吸收现代地球化学新思想和新成果基础上提出的。它有五个基本观点:地球化学系统观点、历史地球化学观点、地球物质的构造运动、物理运动和化学运动相互制约与相互转化的观点、壳-幔物质或元素分配和循环观点以及各种地质体元素组成和赋存形式为地球化学记录观点。该理论格架可概括为:区域地球化学研究应以岩石圈为系统,以各类地质体的地球化学资料为基础,以历史地球化学观点和不同运动形式相互制约的观点为指导,以元素在各类地质作用中发生的分配、循环为主线,在确定区域岩石圈组成和状态的基础上,开展区域构造、成岩和成矿作用及其相互制约关系的研究,进而揭示元素分配、循环的历史,阐明岩石圈的形成与演化。

该理论的倡导人是我国著名的地球化学家张本仁教授,并将其应用于秦巴区域地壳演化与区域成矿规律的研究中,展示了如何将区域岩石圈地球化学研究同区域构造、岩石、成矿地球化学研究有机结合,以解决固体地球化学的重要问题。

3. 以“区域地球化学测量”资料为基础的区域地球化学

自70年代以来,世界各国普遍实施了区域化探扫面计划,取得了很好的找矿效果;同时,区域化探的成果还广泛地应用于地球环境的研究。另一方面,区域地球化学测量的许多数据及分析结果在解决基础地质问题方面也表现出了独特的作用。但我国有关这方面的研究还很薄弱,只见一些零星的报道。例如,利用1:5万基岩地球化学测量结果探讨胶东区域成矿作用的地球化学背景和成矿作用规律等(赵伦山、徐景奎,1986、1990)。可见,

利用区域地球化学测量资料解决基础地质问题方面的研究工作有待加强。

四、本项研究工作的学术思想及其由来

由于在本项研究工作过程中得到了张本仁教授的悉心指导,因此研究思路和研究方法方面有些源于他的学术体系和学术思想。

自1986年以来,作者在胶东地区做了大量的实际研究工作,积累了丰富的地质地球化学第一手资料,结合实际地质背景,形成了如下的研究思路。

首先把研究区域内地质历史过程中所发生的地质、地球化学运动(其中包括成矿作用)、构造运动以及地球物理运动看成是特定环境下地壳演化过程中所发生的必然事件,是地壳演化的具体过程。前寒武纪变质杂岩建造、花岗质杂岩、金的成矿作用则是此过程的物质产物;区域壳-幔,壳-壳间互相调节的不均衡运动是区域地壳演化的内在动力因素;地壳物质均由元素组成,同一种元素在不同地质-地球化学作用中的行为是不同的,每种元素的行为均发生于特定的地球化学系统环境中,并受其系统所支配;从历史地球化学观点出发,认为从地壳形成初期到现在,均与每个地质作用相匹配的地球化学系统所联系。因此,地球化学研究的一个主要任务就是详细地查明这些系统的特征以及元素和同位素在某一特定系统中的地球化学行为。成矿作用的实质就是成矿元素从地壳丰度值富集到了被开采利用的浓度,这个过程与岩石圈的演化紧密相关。欲揭示成矿作用的过程及机理,就必须以区域岩石圈为研究系统,考察岩石圈演化过程中成矿元素的化学运动规律,其中包括成矿元素的来源、活化、迁移、沉淀、富集过程等。基于以上构想,作者将以历史地球化学的观点和理论为指导思想,把岩石圈作为研究系统,立足于研究区地球物理、地球化学、岩石学、地层学、区域构造学等资料的综合分析,探讨元素及同位素在不同时代各种地质作用中的演化过程,最终建立区域岩石圈演化模型及区域成矿模型。

第二节 区域地质地球化学背景及研究概况

一、区域构造格架

胶东位于山东省东部,地处我国大陆东缘,是中朝地台的组成部分,称为胶辽地盾(黄汲清等,1960、1980)。胶东以郯庐断裂为分界与鲁西地体相望,东部以五莲—荣城断裂为界与胶南地体相邻。胶东属滨太平洋成矿带西部,中—新生代大陆活动边缘,总体上是构造、岩浆、变质及成矿作用频繁而剧烈的活动带(图1-1)。

胶东地区区域构造可划分为:EW向构造带、NE向构造带、NNE向构造带及NW向构造带等。

1. EW向构造带

在优地槽地质环境下形成胶东群地层后,本区受到了与阜平运动(2500~2200 Ma)、五台运动(2200~2000 Ma)及吕梁运动(<2000 Ma)相当的SN向挤压,形成了EW向的基底构造,于震旦纪发生克拉通化。

胶东主要有四条EW向构造带:三山岛—玲珑—牟平构造带、招掖—栖霞—汪疃构造带、莱阳—泽头构造带及莱西—乳山构造带,见图1-2^①。

① 山东省区调队,1:200000万区域地质调查报告(莱阳幅),1988。

