

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

三 岩石矿物地球化学 第7号

南岭地区
区域地球化学

於德文 魏德川 魏国平 胡云中 编的毅 樊发静 等编

地质出版社

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

三 岩石 矿物 地球化学 第7号

南岭地区区域地球化学

於崇文 骆庭川 鲍征宇 等著
胡云中 梁约翰 魏秀喆

地质出版社

内 容 提 要

本书是“六五”国家重点攻关项目《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》的一项二级专题研究成果。本书根据“成矿作用与时-空结构”的理论观点提出了一个不同于国内外现有地球化学学科体系的新的地球化学理论体系与方法论,并以之作为进行区域地球化学研究和成矿预测的理论基础与基本指导思想。全书共分十章,从地球化学系统的物质、成矿地球化学作用的热力学与动力学、成矿地球化学作用的演化与时间结构以及成矿地球化学作用的展布与空间结构四个方面,对南岭地区的区域地球化学特征与成矿规律进行了综合研究;并在国内首次应用系统科学中的“耗散结构论”对成矿作用与时-空结构作动力学分析,阐明三者的内在联系与本质规律。该项成果业经国家科委评审,认为达到国际先进水平。

本书在地球化学和地学研究的理论体系和方法论上均有开拓和创新,在研究方法上比国内外的传统地球化学方法有所创新和发展。本项研究成果既可用于广义的地学研究,又可用于成矿预测,且在实践上已取得良好的效果。本书所提出的理论与方法将为阐明金属矿源学、历史地球化学和区域地球化学之间的内在联系提供新的启示、开拓新的领域和展示新的前景。

本书可供大专院校地质-地球化学专业高年级学生和研究生阅读,亦可供从事地质-地球化学找矿工作或地球化学研究工作者参考。书末附有英文摘要,可与国外进行学术交流。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

三 岩石 矿物 地球化学 第7号

南岭地区区域地球化学

於崇文 骆庭川 鲍征宇 等著

胡云中 梁约翰 魏秀喆

责任编辑:毕庶礼

地质出版社出版

*

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: 787×1092¹/₁₆印张: 34³/₄ 插页: 30页 字数: 825,000

1987年11月北京第一版·1987年11月北京第一次印刷

印数: 1—1250册 国内定价: 11.10元

统一书号: 13038·新427

目 录

前言	1
第一章 区域地质概述	12
第一节 区域地层	12
第二节 区域岩浆岩	19
第三节 区域地质构造	26
第二章 区域地球化学的理论与方法	29
第一节 地球化学理论体系与方法论	29
第二节 地球化学系统的物质	31
一、静态分析	32
二、动力学分析	36
第三节 地球化学作用	36
一、静态分析	36
二、动力学分析	36
第四节 地球化学过程	40
一、静态分析	40
二、动力学分析	43
第五节 地球化学场	45
一、静态分析——成矿作用的空间展布与空间结构	46
二、动力学分析——成矿地球化学分区的形成与发展	48
第三章 地层地球化学	52
第一节 化学元素的丰度	52
一、地层中化学元素含量的概率分布型式	55
二、化学元素的丰度	74
第二节 稀土元素的丰度	74
第三节 化学元素的共生组合	115
第四节 化学元素的演化	115
第五节 地层含矿性评价	125
一、地层含矿性评价的准则与标志	125
二、区域地层的含矿性评价	127
第六节 泥盆纪地层对成矿的控制作用	132
一、岩石学特征	134
二、化学元素的丰度	143
三、化学元素的共生组合	144
四、沉积过程的演化	146
五、含矿性评价	148
结语	152

第四章 花岗岩类地球化学	157
第一节 地质学特征	157
第二节 岩石学与矿物学特征	163
一、岩石学特征	163
二、矿物学特征	163
第三节 岩石化学	172
一、花岗岩类岩石的化学成分	172
二、花岗岩类的岩石化学特征	178
第四节 化学元素的丰度与共生组合	179
一、化学元素的丰度	179
二、化学元素的共生组合	184
第五节 稀土元素与同位素组成	184
一、稀土元素组成	184
二、同位素组成	194
第六节 花岗岩类成因与岩体含钨性评价	198
一、花岗岩类的成因	198
二、岩体含钨性评价	200
第五章 矿床地球化学	211
第一节 粤北钨矿床的矿床地球化学	211
一、钨矿床的地质地球化学特征	211
二、岩浆演化与成矿热液的形成	218
第二节 仁化凡口铅锌矿床的矿床地球化学	226
一、矿床地质特征	226
二、含矿地层的沉积环境与物质成分	229
三、成矿热液的性质与矿质来源	232
四、热液溶蚀成矿作用	240
第三节 韶关大宝山多金属矿床的矿床地球化学	243
一、矿床地质特征	243
二、矿床的沉积特征	247
三、岩浆期后热液作用叠加的特征	251
四、热液成矿作用的物理化学条件	254
五、成矿物质来源	265
六、成矿作用的空间展布	270
第六章 成矿作用的热力学与动力学	284
第一节 花岗岩浆结晶作用的动力学	284
第二节 花岗岩浆侵位后的热传导	287
第三节 成矿作用的化学和热力学模型	292
第四节 成矿作用的动力学	300
一、红岭钨矿床成矿作用的动力学	300
二、凡口铅锌矿床热液溶蚀成矿作用的动力学	325
附录 I 质量迁移理论简介	332

附录Ⅱ 平衡常数及活度系数的计算	335
第七章 成矿地球化学作用的演化与时间结构	339
第一节 铅构造学分析	339
一、各类地质体的铅、硫同位素组成特征	340
二、成矿时代与成矿地质构造环境	346
三、成岩、成矿物质来源	348
第二节 马尔科夫概型分析	352
一、研究方法	352
二、沉积作用-岩浆作用-成矿作用的地球化学演化规律与时间结构	353
三、元素含量时间序列的变化规律	360
第三节 耗散结构理论的动力学分析	362
一、地球化学旋回的动力学分析原理与方法	362
二、粤北地区上部地壳地球化学演化的研究步骤	365
三、地球化学旋回中的多重定态	369
四、多重地球化学旋回之间的相互耦合	379
结论	383
第八章 成矿地球化学作用的展布与空间结构	384
第一节 地球化学场的研究步骤	384
一、采样方案	384
二、高值处理	388
第二节 区域基本地球化学特征	389
一、区域元素丰度	389
二、元素频率分布特征	400
三、区域元素共生组合	402
第三节 区域成矿作用的空间结构	408
一、各元素的半变异函数及其所揭示的结构信息	408
二、克立格法所揭示的成矿作用的空间结构	414
第九章 岩石风化壳与矿床氧化带的地球化学	436
第一节 岩石风化壳的地球化学	436
一、残坡积土壤剖面及其物质组成特征	436
二、风化与成壤作用地球化学	438
三、研究成果的地质及找矿意义	450
第二节 矿床氧化带的地球化学	452
一、矿床氧化带的一般特征	452
二、铁帽的矿物成分	453
三、铁帽的化学成分	456
四、铁帽中Fe、Cu、Pb、Zn、S、As的三维空间分布	456
五、铁帽形成的物理化学条件	463
第十章 区域成矿远景预测	456
第一节 区域成矿远景预测的理论与方法	466
一、区域成矿远景预测的理论	466

二、确定异常下限的原则与方法	466
三、圈定成矿远景的原则与方法	468
第二节 区域成矿远景预测	471
第三节 区域成矿预测成果的分析与评述	477
一、经济效益分析	477
二、理论分析	478
结论	480
图版	485
参考文献	494
英文摘要	503

CONTENTS

Preface	1
Chapter I Outline of Regional Geology	12
1. Regional Stratigraphy	12
2. Regional Igneous Rocks	19
3. Regional Geological Structures	26
Chapter II Theories and Methods of Regional Geochemistry	29
1. System of Theories and Methodology of Geochemistry	29
2. Matter of Geochemical Systems	31
2.1 Static Analysis	32
2.2 Dynamic Analysis	36
3. Geochemical Processes	36
3.1 Static Analysis	36
3.2 Dynamic Analysis	36
4. Geochemical Courses	40
4.1 Static Analysis	40
4.2 Dynamic Analysis	43
5. Geochemical Fields	45
5.1 Static Analysis—Spread in Space and Spatial Structures of Ore-Forming Processes	46
5.2 Dynamic Analysis—Formation and Development of Geoche- mical Areas of Ore Formation	48
Chapter III Geochemistry of Strata	52
1. Abundances of Chemical Elements	52
1.1 Types of Probability Distributions of Concentrations of Che- mical Elements in Strata	55
1.2 Abundances of Chemical Elements	74
2. Abundances of Rare Earth Elements	74
3. Paragenetic Associations of Chemical Elements	115
4. Evolution of Chemical Elements	115
5. Evaluation of Ore-Potentiality of Strata	125
5.1 Criteria and Indicators for Evaluation of Ore-Potentiality of Strata	125
5.2 Evaluation of Ore-Potentiality of Regional Strata	127
6. Control of Devonian Strata for ore Formation	132
6.1 Petrographic Characteristics	134

6.2 Abundances of Chemical Elements.....	143
6.3 Paragenetic Associations of Chemical Elements.....	144
6.4 Evolution of Sedimentary Processes.....	146
6.5 Evaluation of Ore-Potentiality.....	148
Concluding Remarks.....	152
Chapter IV Geochemistry of Granitoids.....	157
1. Geological Characteristics.....	157
2. Petrographic and Mineralogical Characteristics.....	163
2.1 Petrographic Characteristics.....	163
2.2 Mineralogical Characteristics.....	165
3. Petrochemistry.....	172
3.1 Chemical Compositions of Granitoid Rocks.....	172
3.2 Petrochemical Characteristics of Granitoids.....	178
4. Abundances and Paragenetic Associations of Chemical Elements.....	179
4.1 Abundances of Chemical Elements.....	179
4.2 Paragenetic Associations of Chemical Elements.....	184
5. Compositions of Rare Earth Elements and Isotopes.....	184
5.1 Compositions of Rare Earth Elements.....	184
5.2 Compositions of Isotopes.....	194
6. Genesis of Granitoids and Evaluation of Ore-Potentiality of Ig- neous Bodies.....	198
6.1 Genesis of Granitoids.....	198
6.2 Evaluation of Ore-Potentiality of Igneous Bodies.....	200
Chapter V Geochemistry of Ore Deposits.....	211
1. Geochemistry of Tungsten Ore Deposits in Northern Guangdong Province.....	211
1.1 Geological and Geochemical Characteristics.....	211
1.2 Evolution of Magma and Formation of Hydrothermal Solu- tions.....	218
2. Geochemistry of Pb-Zn Ore Deposits of Fankou in Northern Guangdong Province.....	226
2.1 Geological Characteristics.....	226
2.2 Environment of Sedimentation and Material Constituents of Ore-Bearing Strata.....	229
2.3 Properties of Ore-Forming Solutions and Sources of Ore-For- ming Materials.....	232
2.4 Hydrothermal Dissolution Ore Formation.....	240
3. Geochemistry of Polymetallic Ore Deposits of Dabaoshan in Nor- thern Guangdong Province.....	243

3.1 Geological Characteristics	243
3.2 Characteristics of Sedimentation.....	247
3.3 Characteristics of Overlapping of Post-Magmatic Hydrothermal Processes.....	251
3.4 Physicochemical Conditions of Hydrothermal Ore Formation	254
3.5 Sources of Ore-Forming Materials.....	265
3.6 Spatial Structures of Ore-Forming Processes.....	270
Chapter VI. Thermodynamics and Dynamics of Ore-Forming Processes	284
1. Dynamics of Crystallisation of Granitoid Magma	284
2. Heat Conduction after Emplacement of Granitoid Magma	287
3. Chemical and Thermodynamic Models of Ore-Forming Processes	292
4. Dynamics of Ore-Forming Processes	300
4.1 Dynamics of Ore-Forming Processes of Tungsten Ore Deposit of Hongling	300
4.2 Dynamics of Hydrothermal Dissolution Ore Formation of Fankou Pb-Zn Ore Deposit	325
Appendix I Outline of Theory of Mass Transfer.....	332
Appendix II Calculation of Equilibrium Constants and Activity Coefficients	335
Chapter VII Evolution and Temporal Structures of Ore-Forming Geochemical Processes	339
1. Analysis by Plumbotectonics	339
1.1 Characteristics of Isotopic Compositions of Pb and S in Different Geologic Bodies.....	340
1.2 Epochs of Ore Formation and Geological Structural Settings of Ore Formation.....	346
1.3 Sources of Rock-Forming and Ore-Forming Materials	348
2. Analysis by Markov Schemes	352
2.1 Methods of Research.....	352
2.2 Regularities of Geochemical Evolution and Temporal Structures of Sedimentation-Magmatism-Ore Formation	353
3. Dynamic Analysis by Theory of Dissipative Structures	362
3.1 Principles and Methods of Dynamic Analysis for Geochemical Cycles	362
3.2 Procedures of Investigation for Geochemical Evolution of the Upper Earth Crust of Northern Guangdong Province	365
3.3 Multiple Nonequilibrium Steady States in Geochemical Cycles.....	369
3.4 Mutual Coupling between Geochemical Cycles	379

Concluding Remarks	383
Chapter VIII Spread in Space and Spatial Structures of Ore- Forming Geochemical Processes	384
1. Procedures of Investigation for Geochemical Fields	384
1.1 Sampling Scheme.....	384
1.2 Processing of Outliers.....	388
2. Regional Geochemical Characteristics.....	389
2.1 Regional Abundances of Chemical Elements	389
2.2 Probability Distributions of Chemical Elements.....	400
2.3 Regional Paragenetic Associations of Chemical Elements	402
3. Spatial Structures of Regional Ore Formation.....	408
3.1 Semivariograms of Chemical Elements and the Structural Informations Revealed by them	408
3.2 Spatial Structures of Ore-Forming Processes Revealed by Kriging	414
Chapter IX Geochemistry of Weathered Crust of Rocks and Oxidized Zones of Ore Deposits.....	436
1. Geochemistry of Weathered Crust of Rocks	436
1.1 Soil Profiles and Material Constituents of Residual Deposits and Slope Washes	436
1.2 Geochemistry of Weathering and Pedogenic Processes	438
1.3 Geological and Prospecting Implications of Researches	450
2. Geochemistry of Oxidized Zones of Ore Deposits	452
2.1 General Characteristics of Oxidized Zones of Ore Deposits	452
2.2 Mineralogical Composition of Iron Hats	453
2.3 Chemical Composition of Iron Hats	456
2.4 Three Dimensional Spatial Distributions of Fe, Cu, Pb, Zn, S, As in Iron Hats	456
2.5 Physicochemical Conditions of the Formation of Iron Hats.....	463
Chapter X Prediction of Perspectives of Regional Ore Formation.....	466
1. Theory and Methods for Prediction of Perspectives of Regional Ore Formation.....	466
1.1 Theory for Prediction.....	466
1.2 Principles and Methods for Determination of Threshold Val- ues of Anomalies and Delineation of Perspective Areas	466
2. Prediction of Perspectives of Regional Ore Formation	471
3. Analysis and Appraisal of Prediction	477
3.1 Analysis of Economic Benefits.....	477
3.2 Theoretical Analysis	478

Conclusions 480

Plates of Photographs 485

Literatures 494

Abstract 503

前 言

一、工作区域及研究的目的与任务

本项研究工作的区域范围大致为北纬 $26^{\circ}30'$ 至 $22^{\circ}40'$ ，东经 $108^{\circ}20'$ 至 $116^{\circ}00'$ ，面积约 320000km^2 ，包括粤北、赣南和桂北三个地球化学分区。在三个分区内均进行了系统的地质地球化学工作，同时对粤北韶关地区（北纬 $25^{\circ}17'$ 至 $24^{\circ}45'$ ，东经 $113^{\circ}16'$ 至 $113^{\circ}59'$ ，面积约 4300km^2 ）进行了系统、全面的区域地球化学研究。

本项研究是“六五”国家重点攻关项目（24-5-21）《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》的二级研究专题之一，其研究的目的与任务是：

1. 对于所研究的区域进行系统全面的地球化学研究，阐明其区域地球化学特征。
2. 根据已有工作经验，进一步探索并总结出一套区域地球化学的理论与研究方法。
3. 在深入研究与分析区域地球化学特征的基础上，对所研究的区域进行区域成矿预测。

二、区域地球化学研究的学术思想与所取得的研究成果

（一）学术思想

本成果的主要作者于崇文曾于1962—1963年对双交代钙矽卡岩形成过程中的扩散作用进行了不可逆过程热力学研究，这在国际地学界是首次将不可逆过程热力学应用于地学研究，嗣后于1980年指出，对矿床成因进行地球化学研究必须从物质运动、时间和空间三者辩证统一的辩证唯物主义宇宙观出发^[1,2]，1982年又在此基础上进一步提出“成矿作用与时-空结构”的理论观点，并开始应用系统科学中的“耗散结构”（*dissipative structures*）理论^①阐明三者的内在联系，完成了广东曲江—六地区区域地球化学研究^[3,4]。

在本项目的研究过程中，主要作者于1982—1985年间根据“成矿作用与时-空结构”辩证统一的理论观点，提出了一个不同于国内外现有地球化学学科体系的新的地球化学理论体系与方法论^[5]，并以之作为进行地球化学研究和成矿预测的理论基础与基本指导思想。新的地球化学理论体系由地球化学系统的物质、地球化学作用、地球化学过程和地球化学场四部分所构成，其中以地球化学系统的物质为基础，而地球化学作用则居于核心地位。在方法论上，将成矿区域视为一个宏大的动力学体系，运用系统思想和系统科学研究这一体系，进一步深入应用不可逆过程（非平衡）热力学中的“耗散结构”理论对成矿作用及其时-空结构作动力学分析，揭示三者的内在联系与本质规律（参阅本书第二章）。

应用系统科学中的“耗散结构”理论进行本项目的研究是基于如下考虑：

① 所谓“耗散结构”是指开放系统远离平衡时所产生的有序结构，由于它们是系统内进行不可逆过程时发生能量耗散所致，故称“耗散结构”。

(1) 化学元素的原子不是孤立的实体,而是和各种地球物质及地质过程相互联系地构成地球化学系统的统一整体,并且始终在运动之中;而系统科学是系统全面地对事物进行分析与综合的辩证思维科学。因此应将地球化学的研究对象从传统“地球化学”中化学元素的“原子”拓宽为整个“地球化学系统”。

(2) “耗散结构”理论隶属于系统科学中的一个重要学派,它是以非平衡(不可逆过程)热力学为基础而发展起来的,和地球化学现象有着紧密的联系(地球化学系统总体是不平衡的,其中所发生的作用的全过程是不可逆的);并且非平衡热力学与动力学相沟通,有利于对地球化学现象作动态分析。

(3) 耗散结构理论是一种联系物质运动与时间、空间三者的统一的物理原理,可以作为研究成矿地球化学作用与时-空结构之间内在联系的理论指导。

在国外,将“耗散结构”理论应用于地学研究始于八十年代,目前尚处于定性研究的初期阶段。就该理论的应用范围、研究深度及所取得成果的理论 and 实际意义而言,本成果已超过国内外同类研究的水平,并有新的发展和提高,达到国际先进水平;并且在地球化学和地学研究的理论和方法论上均有所创新,开拓和展示了地学研究的新领域和新前景^①。

(二) 主要研究成果

1. 区域地球化学的理论与方法

参阅(一) 学术思想。

2. 地层地球化学

从化学元素“丰度”概念的精确化、元素的共生关系和历史演变考察了本区元素的分散与富集规律,求得了粤北、桂北和赣南三个地球化学分区各时代地层与各类岩石中33种元素的丰度以及南岭中、西段各时代地层与各类岩石中14种稀土元素的丰度与演化规律;制定了地层含矿性评价的地球化学准则与标志,对本区各时代地层进行了含矿性评价,并就泥盆纪地层对成矿的控制作用进行了专题研究。

3. 花岗岩类地球化学

研究了粤北地区前燕山期和燕山期花岗岩类岩体的地质学、岩石学与矿物学、岩石化学、微量元素和稀土元素组成以及同位素组成等方面的特征,求得了自加里东至燕山期花岗岩类岩石中40种元素的丰度,综合研究了粤北地区花岗岩类的成因,提出了粤北地区花岗岩类岩体含钨性评价的地球化学标志,并进行了含钨性评价。

4. 矿床地球化学

应用地球化学各分支学科与高温高压模拟和动力学实验以及计算机模拟技术对粤北加里东构造带和古生代沉积盆地内的四个典型矿床的矿床地球化学特征进行了综合研究,提出了凡口铅锌矿床“热液溶蚀成矿作用”的矿床成因新观点。

5. 成矿作用的热力学与动力学

应用“耗散结构”理论阐明了粤北地区前燕山期和燕山期花岗岩浆结晶作用的动力学特征,研究了花岗岩浆侵位后的热传导,建立了成矿作用的化学和热力学模型,对粤北两大成矿系列的典型矿床开展了化学动力学研究,确定了成矿作用的主要动力学参数(扩散系数,化学反应速率常数),提出了成矿作用的核心是“成矿作用的发生”这一新的理论观

① 国家科委综合局、地质矿产部科学技术司科技成果评审证书地质矿产部技地(86)第178号,地质矿产部科学技术司、中国地质科学院科技成果评审证书技地(86)第174号,地科技(86)第15号。

点,并为应用“耗散结构”理论作进一步研究奠定了基础。

6. 成矿地球化学作用的演化与时间结构

将“铅构造学”分析和沉积作用-岩浆作用-成矿作用综合时间序列的马尔科夫概型分析相结合对成矿作用的演化与时间结构进行了研究,揭示了粤北地区主要矿种的成矿时代、成矿地质构造环境、成矿物质来源以及成矿作用的演化与时间结构。在此基础上进一步应用“耗散结构”理论深入揭示了该地区上部地壳地球化学演化的动力学规律,反演和揭示了泥盆纪和石炭纪地层金属含矿性的动力学原因,指出耗散结构的多重性和多阶段性决定了地球化学作用的演化,并将历史引入了地球化学,从而阐明了成矿地球化学作用的动态演变与时间韵律。

7. 成矿地球化学作用的展布与空间结构

研究证实,地球化学区域是一种“地球化学场”,并应用随机场理论和克立格法研究地球化学场的随机性与结构性,查明成矿地球化学作用的空间展布,并揭示了其空间结构。在此基础上进一步应用“耗散结构”理论对成矿远景区的形成进行理论分析,指出成矿远景区是囿于有界介质内的“局域化耗散结构”(localized dissipative structures)。耗散结构的局域化将地球化学场引入了地质学,从而阐明了成矿地球化学分区(成矿远景区带)的形成与发展及其动力学空间模式。

8. 岩石风化壳与矿床氧化带地球化学

研究了粤北两类型矿床不同残坡积土壤的土壤类型、土壤剖面的结构特征和土壤的物质成分,并进一步研究了两类矿床不同岩石风化壳中风化与成壤作用的地球化学特征,提出了在我国南方温湿气候条件下利用土壤地球化学方法找矿的具体建议。对大宝山多金属矿床氧化带铁帽的矿物成分进行了较详细的鉴定,研究了铁帽的化学成分,并用三维克立格法定量地展示了铁帽中重要成矿元素的三维空间分布,研究了铁帽形成的物理化学条件及其发育进程与阶段,指出了氧化带铁帽对矿床原生分带在演化和发展上的继承性,及其在寻找深部原生隐伏矿床中的指导意义。

9. 区域成矿远景预测

根据“局域化耗散结构”理论,提出了确定成矿元素异常下限、圈定成矿远景区边界的新方法;在理论上分析和揭示了成矿地球化学分区(成矿远景区)形成与发展的原因与机制;并以此为基础,在粤北韶关地区圈定了21个金属成矿远景区,正确反映了该区已知矿种的矿床和矿点,并新发现了14个远景区,其中一个远景区经工程验证,成矿预测已见成效。事实表明,本次研究所制定的成矿预测理论和方法比1979年苏联的方法规范具有更高的效率。

沿上述方向开展进一步的研究,将为阐明金属矿源学、历史地球化学和区域地球化学之间的内在联系提供新的启示,开拓新的领域,展示新的前景。

根据本研究项目设计书规定的各项要求,各课题承担单位自1982年(粤北地区自1980年)开始至1985年先后完成了三级课题研究成果:《广西中东部泥盆纪地层地球化学特征》

(宜昌地质矿产研究所);《广东韶关地区区域地球化学研究》(武汉地质学院);《江西南部地区地层地球化学基本特征》(江西省区域地质调查大队);《桂北地区地层及锡矿带地球化学》(矿床地质研究所)。并在此基础上完成了二级专题研究成果:《南岭地区区域地球化学研究》。

三、参加单位、工作人员和组织分工

在地矿部科技司和南岭项目协调领导小组的领导下,在广东省地质矿产局、广西省地质矿产局、江西省地质矿产局、中国地质科学院、宜昌地质矿产研究所和武汉地质学院的支持和帮助下,由武汉地质学院地球化学系、江西区域地质调查大队、矿床地质研究所和宜昌地质矿产研究所共同承担专题的研究任务。

根据工作需要,由各参加单位成立专题综合组,设组长1人(於崇文),副组长2人(梁约翰,胡云中),成员张本仁、魏秀喆、殷宁万。武汉地质学院为主持单位,并由骆庭川协助组织安排专题业务活动。

各单位参加工作的人员是:

1. 武汉地质学院

(1) 主要工作人员:於崇文、骆庭川、鲍征宇、唐元骏、岑况、马振东、韩吟文、陈跃庭、孙宝田、殷庆和、高山、张本仁、胡以铿、杨春华、陈海军、朱有光、阮天健。

(2) 参加工作人员:许钦豪、李方林等数人,本科大学生七十余人。地球化学系分析实验室胡国俊、陈守余、周俊明、董勇、张丹妮等数人。

2. 江西省区域地质调查大队

(1) 主要工作人员:魏秀喆、高维敬、黄冬保、王新、钟定波、凌联海。

(2) 参加工作人员:刘亚光、熊杨瑄、方飞、芦盛民、张旭辉。

3. 矿床地质研究所

(1) 主要工作人员:胡云中、邓坚。

(2) 参加工作人员:徐珏、袁宁、何建平。广西冶金215地质队吴厚林等,广西第七地质队林进姜等。

4. 宜昌地质矿产研究所

主要工作人员:梁约翰、卢伦书、路远发。

四、协作单位及支持协助单位

1. 研究课题——广东韶关地区区域地球化学

协作单位:广东省地矿局地质矿产研究所,广东省地矿局区域地质调查大队(提供部分地质、地层剖面资料、泥盆系典型地质剖面及部分副样、部分花岗岩体的Rb-Sr同位素年龄样品)。

支持协助单位:煤田202队,广东706地质大队,冶金部大宝山铁矿等。中国地质科学院岩矿测试技术研究所(承担了37项元素的等离子体光谱量计直读光谱分析)。

2. 研究课题——《桂北地区地层及锡矿带地球化学》

协作单位:广西冶金215地质队,广西第七地质队。

支持协助单位:广西省地矿局区域地质调查大队,广西第一地质队,大厂矿务局及长坡矿、铜坑矿和玉兰矿,广西拉么矿,中国地质科学院岩矿测试技术研究所(承担了化学元素的全部分析任务)。

3. 研究课题——《江西南部地区地层地球化学》

支持协助单位:中国地质科学院岩矿测试技术研究所(承担了37项元素的等离子体光

量计直读光谱分析), 江西省地矿局中心实验室 (8 项元素分析), 河南省地矿局中心实验室 (Au 分析), 宜昌地质矿产研究所 (同位素分析), 江西省地质科学研究所。

4. 研究课题——《广西中东部泥盆纪地层地球化学特征》

支持协助单位: 广西省地矿局所属石油队、区域地质调查大队、地质研究所和地质大队。冶金部平桂矿务局。中国地质科学院岩矿测试技术研究所 (承担了 37 项元素的等离子体光量计直读光谱分析)。

五、完成的工作量

(一) 粤北地球化学分区 (武汉地质学院)

参阅表 0—1。

(二) 赣南地球化学分区 (江西省区域地质调查大队)

参阅表 0—2。

(三) 桂北地球化学分区 (矿床地质研究所)

参阅表 0—3。

(四) 广西中东部泥盆纪地层 (宜昌地质矿产研究所)

参阅表 0—4。

六、样品加工、分析及分析质量

(一) 样品加工

为尽量减少样品加工过程中加工机械对样品的污染以及前一样品对后一样品的污染, 样品加工采用如下流程:

野外采集样品 (300—400g) → 颚式破碎机粗碎 (至 3mm±) → 中碎 (至 1mm±) → 刚玉陶瓷罐细碎 (至 160 目, 送等离子体直读光谱分析; 至 200 目, 作 Au、Hg 等测试分析)。每加工完一个样品, 即将刚玉陶瓷罐和刚玉球置于草酸内浸洗, 再用蒸馏水清洗, 烘干后继续使用。

(二) 样品分析

1. 等离子体多道直读光谱分析 (Jarrel-Ash 1160 型电感耦合等离子体光量计) (表 0—5) 分析元素 37 项, 分析单位: 中国地质科学院岩矿测试技术研究所。

根据对 GSDI-8 水系沉积物标准参考样十次独立分析结果的统计, 分析的精度为主元素及次要元素的相对标准偏差, 一般约 2—5%, 痕量元素的相对标准偏差, 一般约 5—10%, 在接近测定限时约为 20%。分析的准确度为标准样品多次分析的平均值与推荐值之对数差不大于 0.2。样品分析的重现性由重复标样 GC-4 控制。以粤北地球化学分区为例, 对插入样品内分析的 94 个 GC-4 标样的 37 个元素的含量数据进行方差分析, $F=0.0228, F < F_{0.01}$ ($=1.00$), 认为标样重复分析的重现性良好, 反映全部数据的分析质量合格。

稀土元素分析的检出限与测定下限 (ppm) 如表 0—6。

2. 其他分析方法 (表 0—7)

由于本次拟定的电感耦合等离子体光量计分析方案中未包含 W、Ag、As、F、Au、Hg 等元素, 而 Sn、Mo、Bi、Sb、Pb、Cu 的测定下限偏高; 因而根据研究工作需要, 规定 W、Sn、Mo、Bi、Ag、Sb、As、F 等八项元素用其他方法分析, 至于其他元素则因地