



湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究
(3)

湘南地区 锡铅锌隐伏矿床预测研究

庄锦良等 著

地质出版社

1
006
001
003

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产 第40号

湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究

(3)

湘南地区 锡铅锌隐伏矿床预测研究

本书作者（以所在单位排列）

庄锦良 童潜明 刘钟伟 谭必祥（湖南省地质研究所）

王书凤（地质矿产部矿床地质研究所）

杜绍华 芮 柏（地质矿产部宜昌地质矿产研究所）

章锦统 徐启东（中国地质大学·武汉）

胥友志（湖南省地质矿产局湘南地质队）

地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 简 介

本书根据作者在“七五”期间,参加国家“七五”重点科技攻关项目第 55 项下属专题“湘南地区锡、铅、锌隐伏矿床预测”研究所获得的大量实际资料,在系统论述湘南地区的区域地层地球化学、区域构造、不同成因系列花岗岩类特征及其与成矿作用关系的基础上,详细阐明了该区各主要类型锡、铅锌矿床的地质-地球化学特征、成矿地质条件、成矿物质来源、控矿因素及其成矿机理,建立了相应的成矿模式和找矿模式,进而提出和完善了适用于本区锡、铅锌隐伏矿床的预测理论;提出了一套于本区行之有效的隐伏矿床预测方法;并对区内锡、铅锌隐伏矿床进行了预测,圈出了相应的预测靶区和远景区。本书是一部多学科研究的综合性成果。它不仅紧密结合当前地质找矿中普遍存在的实际问题进行了广泛深入的探讨,而且提供了一套可供借鉴的隐伏矿床预测理论和技术手段。

本书内容丰富、资料翔实、理论和实际并重,可供从事矿床地质、成矿预测及普查找矿等方面的生产和科研人员参考,也可供地质院校广大师生参考。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

四 矿床与矿产 第 40 号

湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究

(3)

湘南地区锡铅锌隐伏矿床预测研究

庄锦良 等著

*

责任编辑:徐涛 谭惠静

地质出版社出版发行

(北京和平里)

北京地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路 29 号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:8.5 字数:195000

1993 年 12 月北京第一版·1993 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:6.40 元

ISBN 7-116-01378-4/P·1134

序 言

湘桂粤赣地区是举世闻名的有色、稀有金属成矿区。本区过去开展地质找矿工作较多,不仅探明了大量矿产资源,而且也积累了丰富的地质资料,出版了不少地质专著。随着国民经济的发展对矿产资源的需求迅速增加,但找矿难度却愈来愈大。因此,急需研究出一套符合本区实际的寻找区内主要矿种的隐伏-半隐伏矿床的预测理论与方法技术,以指导区内地质找矿工作,提高找矿效果。

《湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究》是国家“七五”重点科技攻关项目第55项——“我国东部隐伏矿研究”的下属二级课题(75-55-01)。课题确定主攻矿种为锡及铅、锌、铜,兼顾其它。选定湘南、广东(粤北、云开、粤东沿海)、桂北及桂东北和赣南为工作区,内含15片重点研究区。研究区总体位于北纬 $23^{\circ}20'$ — $26^{\circ}40'$ 和东经 107° — 117° 之间,面积约50多万平方公里。课题侧重研究锡、铅、锌、铜矿床的成矿地质环境、形成条件、控矿因素;建立不同地质环境中矿床的成矿模式及成矿系列;研究隐伏矿床的找矿标志及综合找矿方法;进行隐伏矿床成矿预测,提出找矿远景区、隐伏矿床预测区或预测靶区,并进行深部预测验证,以检验攻关研究工作中提出的隐伏矿床预测理论与方法技术的合理性及准确性,为矿产普查提供科学依据。

课题按系统工程实行层次管理,下设10个研究专题和41个二级专题。其中,地质矿产部系统负责5个专题和18个二级专题。地质矿产部系统的5个专题研究成果依次为:

(一)“桂北及桂东北锡多金属隐伏矿床预测”,编号75-55-01-01,由广西地质矿产局及宜昌地质矿产研究所等负责完成;

(二)“广东境内锡多金属隐伏矿床预测”,编号75-55-01-02,由广东省地质矿产局、宜昌地质矿产研究所等负责完成;

(三)“湘南地区锡铅锌隐伏矿床预测”,编号75-55-01-03,由湖南省地质矿产局等负责完成;

(四)“赣南锡多金属隐伏矿床预测”,编号75-55-01-04,由江西省地质矿产局等负责完成。

(五)“湘桂粤赣地区有色金属隐伏矿床综合预测”,编号75-55-01-05,由宜昌地质矿产研究所和湖南省地质矿产局负责完成。

参加这5个专题研究工作的尚有中国地质大学(北京、武汉)、矿床地质研究所、成都地质学院、中山大学和南京大学等单位。

此轮攻关研究吸收了当代国内外新的成矿理论和方法,并有部分创新,所获成果正在推广。专家评审和地质矿产部验收认为,各专题研究成果达国内先进水平,部分达国际先进水平。上述专题研究成果将在《湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究》总书名下分5个分册出版。此成果系列的公开出版无疑具有明显的理论意义和实用价值,可供地质专业的教学、科研和生产部门广为参考应用。

国家“七五”科技攻关项目

75-55-01 课题办公室

目 录

绪 言	(1)
第一章 区域地层地球化学	(3)
第一节 各时代沉积古地理环境及建造	(4)
第二节 各时代地层成矿元素丰度	(5)
第三节 各时代地层不同岩类的成矿元素丰度	(5)
第四节 成矿元素的富集层位	(8)
第二章 区域构造	(11)
第一节 湘南地区的壳幔结构及组成	(11)
第二节 前寒武纪沉积盆地类型及其构造环境	(12)
第三节 奥陶纪末地壳运动型式及碰撞型花岗岩带	(13)
第四节 晚古生代沉积盆地类型及构造环境	(14)
第五节 中生代构造环境及燕山期花岗岩侵位机制	(19)
第三章 不同成因系列花岗岩的特征及其与成矿作用的关系	(24)
第一节 采用的成因分类及依据	(24)
第二节 不同成因系列花岗岩的主要特征	(26)
第三节 成矿花岗岩体的若干判别标志	(36)
第四节 岩浆活动与成矿作用的关系	(56)
第四章 湘南锡铅锌矿床的地质特征	(58)
第一节 湘南锡矿床	(58)
第二节 湘南铅锌矿床	(64)
第三节 湘南锡铅锌矿床的基本特征	(71)
第四节 湘南锡铅锌矿床的成矿地质条件	(73)
第五节 湘南锡铅锌矿床的成矿模式	(76)
第五章 隐伏矿床预测理论	(79)
第一节 成矿模式的找矿预测意义	(79)
第二节 成矿系列理论的找矿预测意义	(82)
第三节 元素带状分布对隐伏矿床预测的意义	(85)
第四节 围岩蚀变的找矿预测意义	(86)
第五节 矿田构造层次对内生隐伏矿床的预测意义	(88)
第六章 隐伏矿床预测的技术方法	(91)
第一节 地球化学方法	(91)
第二节 找矿矿物学及岩石学方法	(91)
第三节 地质类比及构造分析法	(99)

第四节	构造层次研究法	(101)
第五节	秩相关、信息量、逻辑信息法	(103)
第六节	资源总量预测法	(106)
第七章	隐伏矿床预测	(111)
第一节	成矿远景预测带概述	(111)
第二节	隐伏矿床预测靶区概述	(113)
第三节	隐伏矿床远景预测区概述	(116)
结 论		(117)
参考文献		(119)
英文摘要		(121)

CONTENTS

Introduction		(1)
Chapter 1	Regional Stratigraphic Geochemistry	(3)
Section 1	Paleogeographic Environments of Deposition for the Strata of Various Periods and Their Forma- tions	(4)
Section 2	Abundances of Ore-forming Elements for the Strata of Various Periods.....	(5)
Section 3	Abundances of Ore-forming Elements of Different Rock-types from the Strata of Various Periods.....	(5)
Section 4	Enriched Layers of the Ore-forming Elements.....	(8)
Chapter 2	Regional Geological Structure	(11)
Section 1	Crust-mantle Structure in South Hunan and Its Components	(11)
Section 2	Type and Structural Environment for Precambrian Sedimental Basin	(12)
Section 3	Crustal Movement Pattern in South Hunan at End of Ordovician Period and the Granitoids of Colli- sion-type	(13)
Section 4	Type and Structural Environment for the Sedi- mental Basin of Late Paleozoic.....	(14)
Section 5	Structural Environment of Mesozoic Sedimentary Basin and the Emplacement Mechanism for Yen- shanian Granitoids.....	(19)
Chapter 3	Characteristics of the Granitoids of Different Genetic-series and Their Metallization	(24)
Section 1	Adopted Scheme of Genetic Classification of Gra- nitic Rocks and Its Principles	(24)
Section 2	Major Characteristics of the Granitoids of Deffe- rent Genetic-series.....	(26)
Section 3	Some Distinguish Criterias of the Ore-forming Granitic Bodies	(36)
Section 4	Relationship between Magmatic Activity and Me- tallization	(56)
Chapter 4	Geological Characteristics of Tin, Lead-Zinc Ore	

	Deposits in South Hunan	(58)
Section 1	General Account of the Tin Ore Deposits in South Hunan	(58)
Section 2	General Account of the Lead-Zinc Ore Deposits in South Hunan.....	(64)
Section 3	Main Features of the Tin and Lead-Zinc Ore Deposits in South Hunan.....	(71)
Section 4	Geological Conditions for the Metallization of the Tin and Lead-Zinc Ore Deposits in South Hunan	(73)
Section 5	Metallogenic Models of the Tin and Lead-Zinc Ore Deposits in South Hunan.....	(76)
Chapter 5	Prognosis Theories for Concealed Ore Deposits	(79)
Section 1	Prognosis Significance of Metallogenic Models.....	(79)
Section 2	Prognosis Significance of Metallogenic Series of Ore Deposits.....	(82)
Section 3	Significance of Zonal Distribution of the Ore-forming Elements on Predicting Concealed Ore Deposits.....	(85)
Section 4	Prognosis Significance of the Wall-rock Alteration	(86)
Section 5	Significance of Structural Level Research on Predicting Concealed Ore Deposits.....	(88)
Chapter 6	Technological Methods of the Predicting Concealed Ore Deposits	(91)
Section 1	Geochemistry Method	(91)
Section 2	Prospecting Mineralogy and Petrology Method.....	(91)
Section 3	Geological Analogy and Structural Analysis Method	(99)
Section 4	Structural Level Research Method.....	(101)
Section 5	Rank Correlation, Information and Logic Information Method.....	(103)
Section 6	Total Resources Method.....	(106)
Chapter 7	Prognosis of Concealed Ore Deposits	(111)
Section 1	Brief Account of Prospective Metallogenic Belts.....	(111)
Section 2	Brief Account of the Prospecting Targets of Concealed Ore Deposits.....	(113)
Section 3	Brief Account of the Prospects of Concealed Ore Deposits.....	(116)

Conclusions	(117)
Major References.....	(119)
English Abstract	(121)

绪 言

《湘南地区锡铅锌隐伏矿床预测研究》系国家“七五”科技攻关项目第55项——“我国东部地区隐伏矿床研究”所属“湘桂地区铜铅锌锡隐伏矿床研究”的专题研究成果之一。该专题由四个分别独立进行的二级专题组成，即：中国地质大学（武汉）矿产系承担的“香花岭矿田成矿地质条件和锡铅锌隐伏矿床预测”，湖南地质研究所承担的“宝山—香花岭以铅锌为主的多金属成矿规律及隐伏矿床预测”，地质矿产部宜昌地质矿产研究所与湖南省地质研究所共同承担的“祥林铺—铜山岭地区隐伏矿床预测研究”以及湖南省地质矿产局湘南地质队负责、地质矿产部宜昌地质矿产研究所、湖南省地质研究所和地质矿产部矿床地质研究所参加的“东坡矿田及其外围锡铅锌隐伏矿床的研究和预测”。

按合同规定，本专题主要研究内容为：（1）对与成矿有关的岩体进行含矿性判别研究；（2）加强断裂构造，尤其是基底构造对岩浆侵位和隐伏岩体定位空间控制的研究；

（3）在对代表性矿床进行地质特征研究的基础上，建立或充实完善已有找矿模式；（4）在二级专题研究基础上，选定3—6个可供验证的预测靶区，通过验证，提供1—2个中型以上规模的锡、铅锌矿产普查勘探基地。这里应说明的是，在合同执行过程中，由于“祥林铺—铜山岭地区隐伏矿床预测研究”的预期成果不落实，加之经费困难，不能满足计划的实施，于1988年3月，课题办公室根据上级有关精神对该任务作了调整，决定中止原设计任务，仅对已完成的工作进行阶段性总结。其余二级专题均按原批准设计施行，并于1989年8月前，先后完成了设计规定的研究任务，提交了研究报告，通过了评审。本成果是在上述四个二级专题中间性总结和最终研究报告的基础上，由各二级专题有关研究成员协同完成的。

北纬 $26^{\circ}20'$ 以南的湘南地区，是南岭有色、稀有金属成矿带的重要组成部分之一，素以盛产稀土、铌、钽、钨、锡、钼、铋、铅、锌而著称于世。据可考文字记载（章鸿钊，1948），远在公元6世纪，该区已有采矿活动。尤其是新中国建立以来的40多年中，为满足国家经济建设对矿产资源日益增长的需要，在本区组织开展了规模空前、旨在发现更多新矿产地和探明更多工业储量的普查勘探和科学研究。然而，自70年代以来，由于过去长期反复不断的找矿活动，那些出露地表、浅显易识别的工业矿床已难以寻觅，找矿工作收效不大，找矿难度与日俱增。正如朱训部长（1987）所指出的：“我国也进入了人类第二轮找矿阶段。因此，必须总结过去的找矿理论与经验，并引进新理论、新技术、新方法，对寻找隐伏矿床及矿体展开系统、深入、细致、认真的研究”。就湘南地区而言，地质找矿所面临的形势更是如此。

本专题研究是以隐伏矿床具体产出部位的预测，通过深部验证以期找到可供进一步勘探的新矿产地为主要目的。由于目前还没有一套现成的适用于本地区隐伏矿床预测的理论和先进的技术方法。为此，该研究所采取的技术路线是既因循就矿找矿，又试图通过建立矿床成因模式和完善充实已提出的比较符合本地区情况的预测理论来解决矿床预测问题。其理由在于：长期找矿实践证明，本地区许多大、中型矿床在不同空间条件下的产出，往

往不是孤立的，而是在成因上互有联系的多个同一类型或不同类型矿床（体）的联生。故在已知矿床或矿田外围和深部进行隐伏矿床（体）的预测，即就矿找矿，仍是一条值得因循的途径。按成矿理论和模式进行找矿预测是本专题研究的侧重点，但因经费所限，在这方面不可能做许多实验性工作，而只能补充少量必要的测试。因此，主要是在现有成果的基础上，运用若干新的成矿理论和技术方法，通过对区域成矿地质构造环境，代表性矿床产出的基本条件、成矿作用过程及主要控矿因素综合分析和再认识，进而加以总结，建立以矿床类型为基础的成因模式和预测理论，用以指导找矿目标的查证和靶区的选定。本文着重论述和讨论的则是有关这方面所取得的成果和认识。限于我们的研究程度和学术水平，涉及的问题有其局限性，甚或有谬误之处，恳请读者不吝指正。

本文由庄锦良、童潜明、刘钟伟、谭必祥、**龚茂扬**（湖南省地质研究所），王书凤（矿床地质研究所），杜绍华、芮柏（宜昌地质矿产研究所），章锦统、徐启东（中国地质大学）和胥友志、孙纯成、张全根（湖南省地矿局湘南地质队）等共同讨论分别执笔完成。全文最后由庄锦良统一编纂修改定稿。附图由胥友志编绘。

在本专题研究过程中，得到了地矿部宜昌地质矿产研究所及“55-01”课题办公室、湖南省地矿局科技处、湘南地质队等单位领导及同行们的大力支持和帮助，谨借此致以深切谢意。

第一章 区域地层地球化学

现代矿床学研究结果表明,一个矿床或矿田的形成,往往是成矿物质多来源、多时期、多成因的聚积结果。在这种多元成矿过程中,对某些矿床来说,沉积或火山-沉积作用往往是基础。因为要使金属在大面积的岩石中形成初步聚集,沉积或火山沉积营力可能比其他营力更有效些。

由于矿床学家加强了矿石和围岩关系的研究,矿石与岩石间不可分割的关系越来越明显地被展示出来。1989年,莫注孙对此曾作过深刻的阐述。他指出:正如1962年G. C. Stutz宣称的那样,每一种岩石都有它自己本来的一份矿床,是同时形成和它自己内部来源形成的。1976年,原苏联学者B. И. 斯米尔诺夫在《矿床地质学》一书中,以共生岩石为基础建立了矿床分类,并用五种热液(岩浆水、变质水、埋藏水、大气水和海水)成矿的观点,代替了传统的只有一种岩浆热液的观点。1971年,H. F. King在“关于矿的一些相反的思想”和K. B. Krauskopf的“成矿金属的来源”的文章中都认为:许多矿床的形成,沉积作用是基本的。至于一些大矿或富矿的形成,则往往要经过多种地质作用的改造和叠加,或者说,经过含矿层或矿源层的不断演化。在全球性成矿区域的对比研究中,关于成矿区域许多新理论,如元素异常区(地球化学异常区)、金属聚集区、成矿区的遗传性和继承性等的相继出现,极大地丰富了区域成矿作用的内容。当一种地质体所含的某种元素(一般指的是成矿元素或成矿标志元素)比地壳平均值高,这种地质体所分布的地区就是该元素的异常区;而某种元素的异常区,往往就是这种元素的成矿区。成矿区的遗传性和继承性是和元素异常区有关的,而元素异常区又与地壳的形成、演化以及地壳化学成分的不均一性有关。

湘南及邻区不同时代地层中某些成矿及标志元素丰度的测定,早在60年代即已开始,但由于受不同任务、目的要求和条件所限,大都是分散地对个别层位进行部分元素测定而缺乏系统性,而且分析精度差别也较大,在区域对比上有其局限性。为深化本区区域成矿作用或矿床形成的区域地球化学背景和某些成矿元素异常区存在与否的认识,在本专题研究过程中,作者在原有区域地层研究的基础上,选择其中有代表性的常宁四洲山、桂阳塔山和江华水口一码市剖面,共采集早古生代地层各系、组(段)的不同岩类新鲜基岩样品

表 1-1 成矿元素定量分析方法及其检测限 (10^{-6})

Table 1-1 Quantitative analysis methods of ore-forming elements
and their detection limits(10^{-6})

测定元素	W	Mo	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Hg	Sn	Au	Ag
测定方法	极 谱 法		原子吸收光谱			原子荧光光谱				发射光谱	原子吸收光谱	
检测限	0.5	0.1	1.0	1.0	1.0	0.02	0.02	0.02	0.01	1.0	0.001	0.001

65件, 对其中的主要成矿元素 (W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、As、Au、Ag) 的丰度进行了比较系统的测定 (宜昌地质矿产研究所测定); 其他时代地层的这些成矿元素的丰度, 则主要引自 1:5 万香花岭幅、汝城幅和郴县幅等区调报告以及湖南地质研究所岩相组的已有测定资料。本次测定样品各元素的测定方法及检测限见表 1-1。测定结果表明, 含量甚低 ($\leq 10^{-6}$) 的成矿元素, 其测定的相对误差近于或小于 40%; 含量较高的 ($> 10 \times 10^{-6}$) 成矿元素则小于 20%, 可见其测定精度在分析允许误差范围之内, 可满足本专题研究需要。

第一节 各时代沉积古地理环境及建造

在阐述各时代地层地球化学之前, 有必要概略地简述其沉积古地理环境及建造。早古生代时期, 湘南是华夏古陆块与扬子-江南古陆块之间陆壳基底上发育的“华南冒地槽”的组成部分之一。自震旦纪一中晚奥陶世, 堆积了一套最大厚度逾 15000 m 的类复理石建造、硬砂岩建造和海相硅质岩建造。

震旦系 主要为泥质、砂质板岩夹冰碛泥砾的砂岩、硅质板岩及少量含锰碳酸盐岩、硅质板岩、含锰碳酸盐岩和硅质岩。上部为钙泥质石英粉砂岩、长石石英粉砂岩夹板岩, 顶部为硅质岩。

寒武系 为一套厚度很大的具韵律性的浅海相石英砂岩、长石石英砂岩、板岩及厚度变化很大的泥灰岩、灰岩、白云岩。底部为不等粒石英砂岩, 夹含磷结核的薄层硅质岩及石煤层。

奥陶系 为一套具典型冒地槽沉积类型的高硫、高炭、高硅质的中细粒长石石英砂岩及含笔石的泥质砂岩、板岩, 夹薄层硅质岩, 韵律明显。

泥盆系 奥陶纪末, 本区属于华南加里东地槽的湘南地区褶皱隆起。晚古生代初始, 受钦(州)防(城)裂陷的影响出现拉张, 至棋梓桥期, 盆地进一步扩张, 随海侵从南西而北东不断扩展, 形成陆表浅海盆地, 由早泥盆世至中、晚泥盆世形成一套由近岸到远岸的陆相—滨海相以石英砂岩为主的碎屑岩和厚度很大的浅海相碳酸盐岩沉积。

石炭系 早石炭世早期的海侵仍沿袭泥盆纪的海侵方向, 但湘南所在的华南海已逐渐变成陆棚性质的浅海, 形成一套砂页岩夹劣质煤系及泥灰岩、灰岩建造。早石炭世晚期海侵扩大, 到晚石炭世, 湘南地区已是一片汪洋, 广泛沉积了一套由白云质灰岩、灰岩组成的浅海相碳酸盐岩。

二叠系 早二叠世时湘南的古地理面貌基本上承袭了晚石炭世的轮廓, 是一个比较稳定的沉积区, 主要为浅海相碳酸盐岩沉积。晚二叠世的东吴运动, 差异性升降运动明显, 海盆缩小变浅, 沉积了一套主要为海陆交互相的含钙质碎屑岩夹薄层灰岩, 含可采煤层及硅质岩。

三叠系 下、中三叠统属地台型沉积, 以滨海—浅海相泥灰岩、灰岩及粉砂质页岩堆积为特征。中三叠世晚期的“安源运动”, 使湘南普遍发生海退。由于基底的进一步的紧缩作用, 使上部沉积盖层褶皱并产生一系列逆冲推覆断裂体系; 而在局部残留的“海盆”中堆积了滨岸沼泽相或海陆交互相的含煤碎屑岩系。

侏罗系 侏罗纪开始引发的燕山运动, 使本区形成挤压性山前磨拉石陆相含煤建造盆

地，并一直延续至早白垩世。

中白垩世及之后，由于上地幔隆起导致地壳拉张，本区出现陆内裂谷系，在裂陷槽中堆积了巨厚的陆相红色磨拉石建造、复理石建造，并有碱性玄武岩喷溢。

第二节 各时代地层成矿元素丰度

湘南地区各时代地层成矿元素丰度列于表 1-2。以地壳相应元素平均丰度作比较，可明显看出：

1. 湘南震旦系至石炭系中 Sn、Bi 的丰度高出地壳平均丰度 1—10 倍以上。其中：Sn 在中泥盆统出现峰值；Bi 在中寒武统、中泥盆统和下石炭统出现峰值；W 多在地壳平均丰度上下波动，但以下奥陶统和中泥盆统中含量较高；Mo 则均小于地壳平均丰度。

2. 湘南震旦纪—石炭纪各地层的 Cu 丰度均小于地壳平均丰度。Pb 除中、上奥陶统和石炭系的丰度低于地壳平均丰度外，其他时代地层则普遍偏高，其中中泥盆统高出 6 倍。湘南震旦纪—奥陶纪地层 Zn 的丰度普遍较高，并于下寒武统和下奥陶统分别出现 185.83×10^{-6} 和 141.40×10^{-6} 峰值，但其在泥盆统、石炭系中的含量远低于地壳平均丰度。

3. 除下奥陶统和中、上石炭统 As 的丰度较低外，湘南震旦纪—石炭纪其他地层的 Sb、As 丰度均大于地壳平均丰度。其中 Sb 在中泥盆统和下震旦统，As 在中泥盆统和下石炭统分别出现峰值和次峰值。Hg 除在下震旦统中丰度较高外，其他地层的丰度皆低于地壳平均丰度。

4. 本区震旦纪—奥陶纪地层 Au 的丰度与地壳平均丰度相近；而泥盆纪—石炭纪各地层 Au 的丰度高达 $(0.67—2.76) \times 10^{-6}$ ，高出地壳平均丰度 200 倍以上。尽管这可能存在有测定误差，但这些地层中 Au 的丰度相当高是无疑的。至于 Ag 的丰度，除下、中奥陶统略低于地壳平均丰度外，其余地层均大于地壳平均丰度。

综上所述，区内震旦系—石炭系中成矿元素 Bi、Sn、As、Sb、Ag 的丰度，普遍大于其地壳平均丰度，Mo、Cu、Hg 则相反，其他成矿元素的丰度则与其地壳平均丰度相近。此外，随地层时代的变新和地层中碳酸盐岩成分的增加，Sn、Cu、Pb、Zn 等成矿元素的丰度明显降低。

第三节 各时代地层不同岩类的成矿元素丰度

表 1-3 列出了本区各时代地层中不同岩类岩石的成矿元素丰度。由该表可知，与地壳沉积岩相应元素的丰度相比，本区震旦系—奥陶系砂岩类的 Sn、Cu、Pb、Zn、Sb、As、Ag 等成矿元素的丰度普遍较高。其中，Sn、Cu、Pb、Ag 的丰度高出地壳平均丰度一个数量级，Sb 高出 1.5 倍至一个数量级；泥岩类中，仅 Zn、Ag 2 个成矿元素的丰度相对较高；炭质岩类中，丰度相对较高的成矿元素有 Cu、Pb、Zn、Sb、As、Ag 等。本区泥盆系砂页岩中丰度普遍较高的成矿元素有 W、Sn、Pb、Zn、Sb、As、Au、Ag 等，其中，Sn、Pb、Zn、Sb 比地壳同类岩石的丰度高出一个数量级，Au、Ag 高出 2—3 个数量级；而碳酸盐岩，除 Mo、Bi 不明外，其余成矿元素的丰度均高于同类岩石地壳平均丰

表 1-2 湘南地区震旦系—石炭系中主要成矿元素丰度 (10^{-6})

Table 1-2 Abundances of major ore-forming elements from Sinian to Carboniferous in South Hunan

地 层		W	Sn	Bi	Mo	Cu	Pb	Zn	Hg	Sb	As	Au	Ag
震旦系	下震旦统	1.25 (18)	3.53 (18)	0.23 (18)	0.35 (18)	37.83 (18)	28.82 (17)	97.28 (18)	0.104 (18)	6.65 (17)	18.45 (18)	0.002 (17)	0.369 (18)
	上震旦统	1.61 (10)	4.97 (10)	0.24 (10)	0.20 (10)	34.90 (10)	17.70 (10)	84.90 (10)	0.027 (10)	1.50 (10)	11.90 (10)	0.002 (10)	0.242 (10)
寒武系	下寒武统	1.58 (6)	5.54 (7)	0.63 (7)	0.42 (6)	43.50 (6)	28.43 (7)	185.83 (6)	0.03 (6)	1.29 (6)	23.70 (7)	0.001 (7)	0.237 (6)
	中寒武统	2.21 (11)	5.66 (11)	0.98 (11)	0.66 (11)	38.73 (11)	33.18 (11)	114.64 (11)	0.018 (11)	2.84 (11)	10.81 (11)	0.002 (11)	0.200 (11)
	上寒武统	1.32 (5)	4.38 (5)	0.35 (5)	0.20 (5)	52.50 (5)	19.80 (5)	52.80 (5)	0.042 (5)	0.79 (5)	4.92 (5)	0.001 (5)	0.156 (5)
奥陶系	下奥陶统	5.84 (5)	3.34 (5)	0.10 (5)	0.09 (5)	39.60 (5)	19.20 (5)	141.40 (5)	0.014 (5)	0.50 (5)	1.05 (5)	0.011 (4)	0.044 (5)
	中奥陶统	0.75 (2)	1.89 (2)	0.58 (2)	1.45 (2)	18.50 (2)	0.75 (2)	99.50 (2)	0.010 (2)	0.34 (2)	2.44 (2)	0.093 (2)	0.040 (2)
	上奥陶统	1.08 (5)	3.92 (5)	0.59 (5)	0.24 (5)	41.20 (5)	11.80 (5)	119.80 (5)	0.052 (5)	0.59 (5)	3.56 (5)	0.003 (5)	0.228 (5)
泥盆系	中泥盆统跳马涧组	5.72 (334)	39.05 (139)	2.07 (139)			141.96 (139)	104.18 (139)	0.031 (195)	14.60 (139)	37.38 (334)	2.50 (139)	1.748 (139)
	中泥盆统棋梓桥组	1.97 (147)	18.65 (43)	0.74 (43)		7.28 (103)	34.14 (146)	44.92 (146)	0.035 (116)	2.16 (43)	9.68 (159)	0.956 (43)	0.120 (31)
	中泥盆统平均值	4.57 (481)	34.23 (182)	1.76 (182)		7.28 (103)	86.73 (285)	73.82 (285)	0.032 (311)	11.66 (182)	28.45 (493)	2.138 (182)	1.451 (176)
	上泥盆统余田桥组		1.30 (28)	0.30 (28)		5.39 (145)	16.08 (173)	24.53 (173)	0.028 (50)	0.24 (28)	4.34 (78)	1.500 (28)	
	上泥盆统锡矿山组	2.70 (60)	1.28 (23)	0.29 (23)			16.01 (23)	16.89 (23)	0.029 (60)	0.67 (23)	8.73 (83)	1.049 (23)	
	上泥盆统平均值	2.70 (60)	1.29 (51)	0.30 (51)		5.39 (145)	16.07 (196)	23.63 (196)	0.029 (110)	0.43 (51)	6.60 (161)	1.297 (51)	
石炭系	下石炭统岩关组	1.00 (21)	3.26 (54)	2.15 (54)			12.27 (54)	12.79 (54)	0.031 (21)	0.46 (54)	4.86 (75)	0.671 (54)	
	下石炭统大塘组	1.00 (64)	1.99 (25)	0.31 (25)			11.20 (25)	46.45 (25)	0.030 (64)	1.27 (25)	6.47 (89)	1.144 (25)	
	下石炭统平均值	1.00 (85)	2.86 (79)	1.57 (79)			11.93 (79)	23.44 (79)	0.030 (85)	0.72 (79)	5.73 (164)	0.821 (79)	
	中石炭统黄龙组	0.80 (36)	1.00 (7)				5.00 (7)	19.29 (7)	0.030 (36)	0.20 (7)		2.760 (7)	
	上石炭统船山组		1.00 (6)				5.00 (6)	9.95 (6)		0.20 (6)		1.550 (6)	
地壳平均丰度		1.50	2.00	0.17	1.50	55.60	12.50	70.00	0.08	0.20	1.80	0.004	0.07

注：地壳平均丰度据泰勒 (1964年)；括号内数字为样品数。

表 1-3 湘南地区震旦系—石炭系不同岩石中主要成矿元素丰度 (10^{-6})

Table 1-3 Abundances of major ore-forming elements of various rocks from Sinian to Carboniferous in South Hunan

地层	岩石类型	W	Sn	Bi	Mo	Cu	Pb	Zn	Hg	Sb	As	Au	Ag
震旦系	砂岩	1.46 (8)	4.63 (8)	0.19 (8)	0.21 (8)	32.75 (8)	19.38 (8)	70.50 (8)	0.033 (8)	4.40 (8)	16.08 (8)	0.003 (7)	0.340 (8)
	泥岩	1.39 (18)	3.85 (18)	0.23 (18)	0.31 (18)	35.39 (18)	24.00 (18)	100.72 (17)	0.074 (18)	4.20 (17)	14.48 (18)	0.003 (18)	0.286 (18)
	炭质岩	0.95 (2)	3.45 (2)	0.39 (2)	0.55 (2)	65.50 (2)	52.00 (2)	111.50 (2)	0.280 (2)	10.71 (2)	30.94 (2)	0.901 (2)	0.605 (2)
寒武系	砂岩	1.07 (7)	5.19 (7)	0.32 (7)	0.34 (7)	34.71 (7)	28.00 (7)	65.50 (6)	0.030 (7)	1.45 (7)	7.77 (7)	0.001 (7)	0.181 (7)
	泥岩	2.61 (14)	5.79 (14)	1.03 (14)	0.54 (14)	48.04 (14)	27.43 (14)	137.64 (14)	0.020 (14)	2.24 (14)	11.62 (14)	0.002 (14)	0.199 (14)
		0.53 (2)	2.85 (1)	0.15 (2)	0.80 (1)	34.00 (1)	41.50 (2)	158.50 (2)	0.100 (1)	20.13 (2)	49.48 (2)	0.001 (2)	0.350 (1)
奥陶系	砂岩	0.60 (1)	2.60 (1)	0.24 (1)	0.10 (1)	26.00 (1)	13.00 (1)	64.00 (1)	0.010 (1)	0.51 (1)	3.52 (1)	0.001 (1)	0.09 (1)
	泥岩	3.23 (11)	3.46 (11)	0.40 (11)	0.40 (11)	37.73 (11)	13.00 (11)	129.36 (11)	0.031 (11)	0.51 (11)	2.22 (11)	0.006 (10)	0.123 (11)
泥盆系	砂页岩	5.27 (334)	39.05 (139)	2.07 (139)			141.96 (139)	104.18 (139)	0.031 (195)	14.60 (139)	37.38 (334)	2.504 (139)	1.748 (139)
	碳酸盐岩	1.97 (147)	11.81 (71)	0.57 (71)		6.175 (248)	24.35 (319)	33.86 (319)	0.033 (166)	1.40 (71)	7.92 (237)	1.171 (71)	0.120 (31)
石炭系	砂页岩		2.08 (5)	0.38 (5)			14.80 (5)	50.86 (5)		0.69 (5)		1.120 (5)	
	碳酸盐岩	0.94 (121)	2.63 (87)	1.44 (87)			10.73 (87)	20.60 (87)	0.030 (121)	0.65 (87)		1.010 (87)	
地壳沉积岩丰度	砂岩	1.60	0. x	—	0.20	x	7.00	16.00	0.003	0.0 x	1.00	0.00 x	0.0 x
	页岩	1.80	6.00	—	2.60	45.00	20.00	95.00	0.40	1.40	13.00	0.00 x	0.070
	碳酸盐岩	0.60	0.0 x	—	0.40	4.00	9.00	20.00	0.004	0.20	1.00	0.00 x	0.0 x

注：地壳沉积岩丰度据 K.Turkian, K.Wedepohl(1964)；括号内数字为样品数。

度, 其中 Au、Ag、Sn 高出 1—3 个数量级, W、Cu、Pb、Zn、Hg、Sb、As 高出 0.5—7 倍不等。本区石炭系砂页岩, 除 Au 丰度甚高外, Sn、Bi、Pb、Zn、Sb 的丰度均介于砂岩与页岩的相应元素丰度之间; 碳酸盐岩与地壳碳酸盐岩相应元素的丰度相比, Sn、Hg 高出一个数量级, Sb 高出 2.3 倍, 其他成矿元素则略高于地壳平均丰度。

对照表 1-2 则可看出, 凡单位地层中成矿元素丰度高的, 其各类岩石中相应成矿元素的丰度亦高。

第四节 成矿元素的富集层位

由于资料的完备程度不一, 本文仅讨论 W、Sn、Bi、Pb、Zn、Hg、Sb、As、Au 等 9 种成矿元素。由前述可知, 本区震旦纪—石炭纪地层以富含 Bi、Sn、As、Sb、Ag 为特征。

为进一步阐明上述各成矿元素在这些地层中的富集层位, 作者用地壳相应元素丰度 (泰勒, 1964) 计算它们在各单位地层中的浓集系数 K_1 , 用全区震旦纪—石炭纪地层相应元素丰度计算它们在各单位地层中的浓集系数 K_2 , 并据此作为判别这些成矿元素在单位地层中相对富集和贫化的准则。当某一地层中某成矿元素的 $K_1 \geq 3$ 和 $K_2 \geq 2$ 时, 该层位即为该元素的高富集层位; 当其 $3 > K_1 > 2$ 和 $2 > K_2 > 1$ 时, 则为次高富集层位; 当其 $2 > K_1 > 1$ 和 $K_2 < 1$ 时, 为低富集层位; 而当其 $K_1 < 1$ 时, 则为贫化层位。

本区震旦纪—石炭纪地层中上述 9 种成矿元素的富集情况如表 1-4 所列。现就 W、Sn、Pb、Zn 4 个主要成矿元素的富集层位分述如下。

1. W 的富集层位

W 的地壳丰度为 1.5×10^{-6} , 全区地层 (震旦系—石炭系, 下同) 的丰度为 2.01×10^{-6} 。本区中泥盆统跳马涧组 ($K_1 = 3.81$, $K_2 = 2.85$) 和下奥陶统 ($K_1 = 3.89$, $K_2 = 2.91$) 为 W 的高富集层位; 上泥盆统锡矿山组 ($K_1 = 1.80$, $K_2 = 1.34$) 和中寒武统 ($K_1 = 1.47$, $K_2 = 1.10$) 为 W 次高富集层位; 中泥盆统棋梓桥组、下寒武统及上震旦统 ($K_1 = 1.05—1.31$), 则为 W 低富集层位。

2. Sn 的富集层位

Sn 的地壳丰度为 2×10^{-6} , 全区地层的丰度为 5.59×10^{-6} 。据表 1-4 所列, 本区震旦系—石炭系, 大都为富含 Sn 的地层。从其浓集系数看, 中泥盆统跳马涧组 ($K_1 = 19.53$, $K_2 = 6.99$)、棋梓桥组 ($K_1 = 9.33$, $K_2 = 3.33$) 为 Sn 高富集层位; 上震旦统和寒武系, 其 K_1 值介于 2.19—2.83 之间, K_2 值一般小于 1, 为 Sn 次高富集层位; 下震旦统、下奥陶统、上奥陶统和下石炭统岩关阶等地层, 其 K_1 值为 1.63—1.97, 为 Sn 低富集层位。

3. Pb 的富集层位

Pb 的地壳丰度与全区地层平均丰度分别为 12.5×10^{-6} 和 28.82×10^{-6} 。除中、上奥陶统及石炭系外, 其余地层的 Pb 丰度均高于地壳丰度。本区中泥盆统跳马涧组 ($K_1 = 11.36$, $K_2 = 4.93$) 为 Pb 高富集层位; 中泥盆统棋梓桥组、下震旦统及下寒武统和中寒武统 ($K_1 = 2.27—2.73$, $K_2 = 1.0—1.8$) 为 Pb 次高富集层位; 上震旦统、上寒武统、下奥陶统和上泥盆统余田桥组和锡矿山组, 其 K_1 值在 1.28—1.53 之间, 为 Pb 低富集层位。

4. Zn 的富集层位