

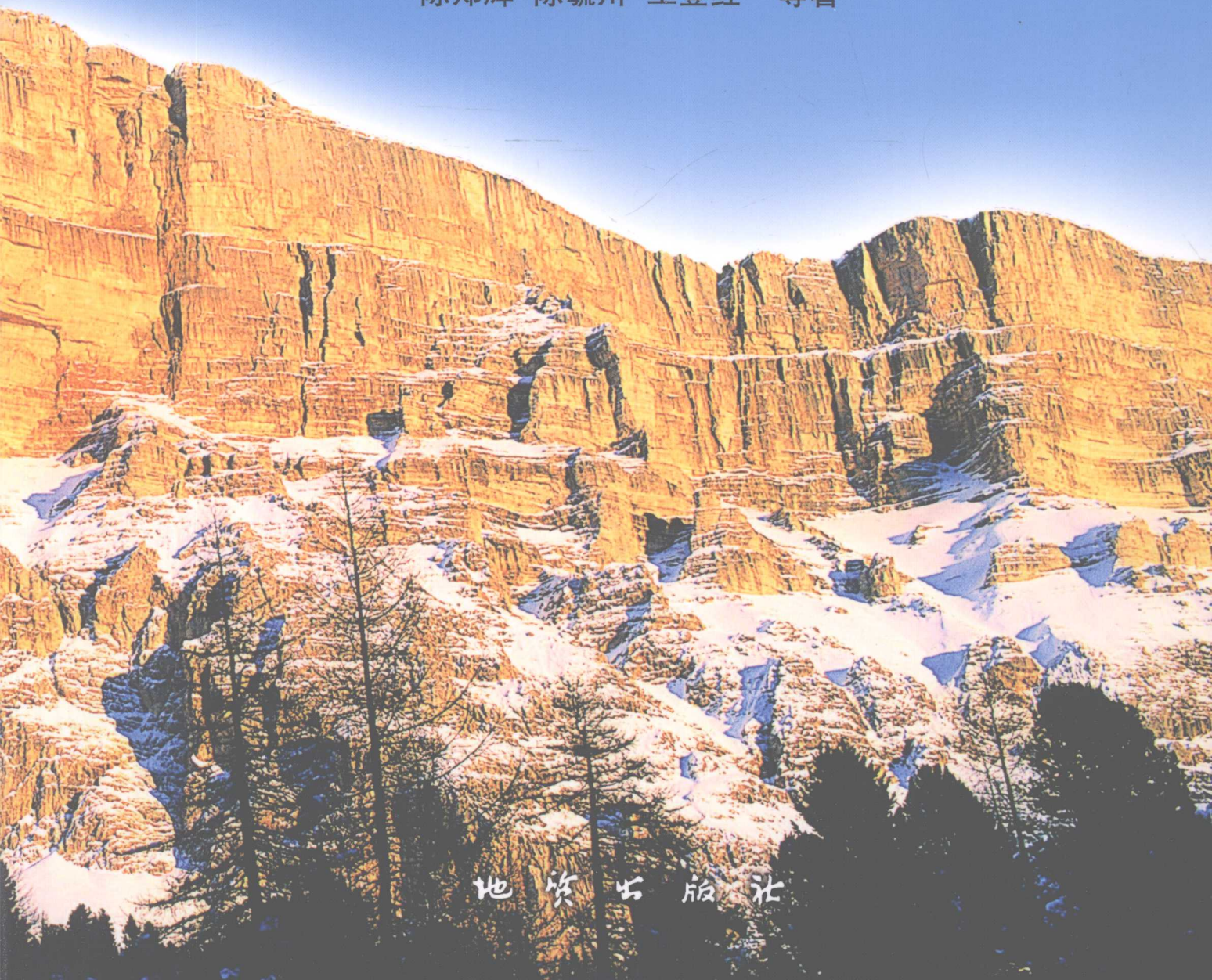


“全国重要矿产和区域成矿规律研究”项目系列丛书之二

# 矿产资源潜力评价 **示范研究**

——以南岭东段钨矿资源潜力评价为例

陈郑辉 陈毓川 王登红 等著



地质出版社

“全国重要矿产和区域成矿规律研究”项目系列丛书之二

# 矿产资源潜力评价示范研究

——以南岭东段钨矿资源潜力评价为例

陈郑辉 陈毓川 王登红 等著

地质出版社

· 北 京 ·



## 内 容 提 要

南岭地区是我国有色、稀有、稀土、放射性矿产和黑色(铁锰)金属的重要产地,该地区是全国24个重点成矿远景区带之一,是我国“十一五”重点部署工作的16片重要成矿区带之一,也是其中的5个“重中之重”成矿区带之一。赣南地区位处南岭东西向成矿带与武夷山北东向成矿带交汇复合部位,探明钨储量居世界前列,国内仅次于湘南地区(以白钨矿为主),而易采、易选、品位高的黑钨矿储量始终位居全国之冠。自1999年起,中国地质调查局开始在南岭地区重新部署地质调查和矿产资源勘查工作,南岭地区钨锡多金属找矿取得了一系列新突破,不但显示该地区仍具有巨大的资源潜力,也给科学研究提出了更高的要求,同时也为该区今后的地质勘查工作树立了信心。

本书以程裕洪、陈毓川院士等创立的成矿系列理论为指导,以钨矿为重点开展了区域性矿产资源潜力的科学研究,其成果为评价该地区钨多金属矿床的资源潜力、实现“钨百万”的勘查目标提供科学依据,为进一步的地质找矿提供理论指导。

本书是在陈郑辉博士论文《南岭东段钨矿资源潜力评价及找矿方向的建议》的基础上经过进一步修改编写的。全书通过对江西崇义县的淘锡坑钨锡矿、八仙脑钨多金属矿等取得找矿新进展的典型矿床的剖析,分析和总结了赣南钨矿的区域成矿规律特征,并基于GIS平台进行了成矿信息的提取和研究,然后在MRAS系统上进行了钨矿的空间定位预测和资源量估算,从而为“全国矿产资源潜力评价项目”及今后的类似工作提供了范例。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿产资源潜力评价示范研究/陈郑辉等著. —北京:地质出版社,2009.6

ISBN 987-7-116-06130-9

I. 矿… II. 陈… III. 矿产资源—评价—方法—研究  
IV. P624.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第098431号

---

组稿编辑:白铁 王大军

责任编辑:白铁 汪福妍

责任校对:关风云

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)82324579(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:[zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:889mm×1194mm<sup>1/16</sup>

印 张:12.75

字 数:400千字

印 数:1—1500册

版 次:2009年6月北京第1版·第1次印刷

定 价:60.00元

书 号:ISBN 978-7-116-06130-9

---

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

本书以陈郑辉博士论文《南岭东段钨矿产资源潜力评价及找矿方向的建议》为基础,参考了地质大调查“全国重要矿产与区域成矿规律研究”项目、“危机矿山接替资源勘查技术与示范研究”项目和“南岭地区有色-贵金属成矿潜力及综合探测技术示范研究”课题的部分成果编写而成,也属于这三个项目的预研究和阶段性成果之一。

南岭地区是我国有色、稀有、稀土、放射性矿产和黑色(锰)金属的重要产地,该地区是全国 24 个重点成矿远景区带之一,同时也是我国“十一五”重点部署工作的 16 片重要成矿区带之一。南岭地区不仅是我国钨矿床最主要的集中区,也是世界“钨都”。据不完全统计,以往工作已成功评价了以柿竹园、西华山、漂塘、大吉山、岿美山、瑶岭、石人嶂等为代表的大、中型钨矿床 70 多处,在世界的钨矿勘查开发史上写下了光辉的一页。赣南地区地处南岭东西向成矿带与武夷山北北东向成矿带交汇复合部位,探明钨储量居世界前列,特别是易采、易选、品位高的黑钨矿储量位居全国之冠。自 1999 年起,中国地质调查局开始在南岭地区重新部署地质调查和矿产资源勘查工作,新发现了一批大型规模(或有望达到大型)的矿床,一些“老”矿山也通过地质勘探工作增加了储量,其中包括赣南和湘南地区新发现的牛岭(W-Mo)、牛形坝(Au-Ag-Cu-Pb-Zn)、八仙脑(W-Sn-Cu-Pb-Zn-Ag)、芙蓉(Sn-W)等大中型钨锡多金属矿床。赣南的淘锡坑(W-Mo)、柯树岭(W-Sn)等经过重新评价,均可达到大型规模,新增钨(锡)资源量近  $10 \times 10^4 \text{t}$ ,远景在  $20 \times 10^4 \text{t} \sim 30 \times 10^4 \text{t}$ 。南岭地区钨锡多金属找矿取得的新突破,不但显示该地区仍具有巨大的资源潜力,也给科学研究提出了更高的要求,同时更为该区的进一步勘查工作树立了信心。

本书以程裕淇、陈毓川院士等创立的成矿系列理论为指导,以赣南钨矿为重点开展了矿产资源潜力预测研究,为评价该地区钨多金属矿床的成矿潜力、实现“钨百万”的勘查目标提供了科学依据,为进一步地质找矿提供了理论指导。研究工作以中国地质科学院矿产资源研究所章源研究基地为依托,通过对典型矿床的解剖(重点对近年来在地质勘查工作中取得较大进展的崇义淘锡坑钨锡矿、八仙脑钨多金属矿等进行剖析),初步总结了南岭东段钨矿的区域成矿规律。在此基础上,以 MAPGIS 为平台建立了基础数据库并开展了钨矿资源潜力的评价工作,研究了定位预测与资源量估算的相关方法并在改进的 MRAS 系统上进行计算,并提出了找矿目标区。本书在区域成矿规律研究、计算机软件技术、矿产资源预测评价相结合方面取得了明显进展,可供今后类似工作参考。

全书共分七章。其中,绪论部分主要介绍为什么选择南岭地区开展资源潜力评价工作,如何在南岭这样工作程度较高地区开展矿产资源潜力评价,并对矿产资源潜力评价做了简要的回顾。第一章简要地介绍了南岭东段地区的成矿地质背景,着重对区域地球物理特征和区域地球化学特征做了介绍和分析。第二章主要对南岭东段地区的钨矿类型进行了划分,对近年来地质勘查工作中取得重大进展的钨矿床做了剖析,并对该地区的典型矿床进行了同位素年代学研究。第三章主要是对南岭东段地区钨矿成矿规律的初步总结。第四章是本书的重点,在介绍了基于 GIS 的矿产资源评价系统(mineral resource assessment system,简称 MRAS),之后,论述了在钨矿矿产资源潜力评价工作中所需各种数据库的建立、各种成矿地质信息的处理、提取和分析、空间定位预测和资源量预测的方法及计算结果。第五章介绍了在空间定位预测和资源量预测结果基础上的潜力评价问题,划分了远景预测区,并对 A 类远景预测区进行了简要描述,提出了找矿目标区。第六章是结论并指出了今后改进工作的方向。

2004 年 11 月,陈毓川院士与江西崇义章源钨制品有限公司黄泽兰董事长就成立野外研究基地达成一致意见;在江西崇义建立中国地质科学院博士(后)工作站。在中国地质科学院、中国地质科学院矿产资源研究所、赣南地质大队、章源钨制品有限公司共同努力下,经过一年时间的筹备,于 2005 年 11 月

18日在江西省崇义县淘锡坑矿区,“中国地质科学院矿产资源研究所章源研究基地”暨“中国地质科学院博士(后)工作站”正式成立。本书作为该研究基地和博士(后)工作站的第一部专著,正是在该研究基地和博士(后)工作站的大力支持和帮助下完成的。论文工作期间得到江西崇义章源钨制品有限公司黄泽兰董事长及其下属的淘锡坑钨矿和新安子钨矿及相关工作人员给予的大力支持和帮助。

在数据收集、野外工作过程中得到了:中国地质调查局王全明处长、中国地质调查局发展中心严光生总工程师、杨东来副总工程师、李景朝研究员;江西省地勘局赖新平处长;江西省赣南地质调查大队朱培祥队长、许建祥总工程师、苟月明总工程师、高贵荣副总工程师、曾载淋副总工程、徐贻赣副总工程、田幽军主任、徐敏林、李江东、罗仙华、冯卫东、梁景时、徐九发、刘荣洪、赖志坚、陈新赣、傅祖干、陈棋、何卫红、张翌等;赣东北地质大队张家菁总工程师;江西省物化探大队谢勇总工程师等;中国矿业协会龚羽飞博士;大吉山钨矿、牛形坝金矿等单位和个人的大力支持和帮助,为野外地质工作的顺利开展、资料收集的完备及本书的编写奠定了坚实的基础。

在室内实验和测试过程中,国家地质实验测试中心屈文俊研究员、杜安道研究员 Re-Os 同位素测试,矿产资源研究所万德芳研究员为氢氧同位素测试,陈振宇博士为电子探针分析测试,李建康博士、郭春雨博士、王成辉硕士、应立娟硕士为锆石 U-Pb 测试,宜昌矿产地质研究所李华芹研究员为石英流体包裹体 Rb-Sr 同位素测试,中国科学院地质与地球物理研究所桑海清研究员为 Ar-Ar 同位素分析测试,中国地质大学张文淮教授、诸惠燕老师为流体包裹体温压测试付出了辛勤的劳动。

本书的研究工作是在中国地质调查局大调查项目“中国成矿体系与区域成矿评价”(K1.4-3-4)、国土资源部百人计划项目、科技攻关项目(2003BA612A-01)、地质大调查项目“全国重要矿产与区域成矿规律研究”(资[2007]038-03)、南岭地区有色-贵金属成矿潜力及综合探测技术示范研究(2006BAB01B03)等的资助下完成的,借此机会向所有为本书的完成做出帮助的单位及个人表示衷心的感谢!

如何在南岭这样研究程度比较高的地区开展矿产资源潜力的评价工作,是全国矿产资源潜力评价项目的重要课题。本书以 GIS 平台为基础开展了赣南钨矿的区域性矿产资源评价工作,虽然取得了一系列尝试性的成果,但矿产资源潜力评价是一项十分复杂的工作,既涉及成矿理论的创新也依赖于矿产资源潜力评价技术方法的改进,许多问题仍在探索和研究之中。因此,本书的出版旨在抛砖引玉,欢迎各位同行、专家提出宝贵意见,以便能够更好地提高矿产资源潜力评价工作的科学性、实用性和有效性。

# 目 次

前 言	
绪 论	1
第一节 南岭矿产资源潜力评价问题	1
第二节 南岭东段钨矿资源的现状及存在的问题	2
第三节 基于 GIS 的矿产资源预测研究	5
第一章 区域地质背景	8
第一节 区域地质背景	8
第二节 区域地球物理场特征	18
第三节 区域地球化学特征	20
第四节 区域重砂特征	28
第二章 南岭东段钨矿类型及典型矿床研究	32
第一节 钨矿类型划分	32
第二节 典型矿床选择及其成矿年代学研究	32
第三节 崇义淘锡坑钨矿典型矿床研究	35
第四节 崇义八仙脑钨矿	63
第五节 崇义柯树岭-仙鹅塘钨锡矿	71
第六节 大余漂塘钨锡矿	76
第七节 于都坑尾窝(南坑山)钨矿	81
第八节 大余县牛岭钨锡矿	86
第九节 九龙脑岩体锆石离子探针 U-Pb 同位素测年	92
第三章 矿床成矿系列与钨矿成矿规律	95
第一节 矿床成矿系列与成矿区带	95
第二节 钨矿成矿规律概要	98
第四章 基于 MRAS 系统的钨矿资源潜力评价	103
第一节 MRAS 系统简介	103
第二节 与钨矿资源潜力评价有关数据库的建设	107
第三节 成矿信息的提取	117
第四节 资源评价过程中的空间定位预测	140
第五节 资源估算单元的圈定	163
第六节 钨矿资源潜力评价	165
第五章 资源潜力评价与找矿方向建议	174
第一节 钨矿资源潜力评价	175
第二节 崇余犹地区钨矿潜力评价	181
第三节 钨矿找矿方向	185
结 论	186
参考文献及资料	188

# 绪 论

## 第一节 南岭矿产资源潜力评价问题

随着我国工业化和现代化的到来,国家对矿产资源的需求急增。能源、煤炭、铁、铜、锰、铝、铬、镍、铌、锡、金、钾盐等原材料供应紧张,后备资源严重不足。自 2003 年以来,国际矿产品价格持续上涨,特别是大宗矿产如石油、铁、铜、铅锌、钨、金、镍、钨、铝、锡等矿产品上涨的幅度特大。矿产资源紧缺的现状在世界范围如此,在我国更加突出,矿产资源的短缺已经成为我国经济发展的瓶颈之一,不仅影响到我国经济的可持续发展,而且关系到国家安全。依靠科学创新和技术进步,加快大型矿集区的研究与勘查,是提升我国矿产资源保障能力的重要途径。党和国家高度重视危机矿山接替资源的勘查工作,在《国务院关于加强地质工作的决定》和《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中明确提出“加强非能源重要矿产勘查”、“增强地质科技创新能力”等方面的重要任务。

在西部大开发的热潮中,无论是国家还是民间,都把地质找矿与矿业开发的热情投到了青藏高原和新疆等西部地区。西部地区固然是我国矿产资源的后备基地,但近年来地质大调查项目、危机矿山接替项目等所取得的显著成果,充分说明,中、东部地区仍然是我国矿产资源现实的矿产资源基地:辽宁的红透山铜矿、安徽的铜陵铜多金属矿、广西的大厂锡多金属矿、海南的石碌铁铜矿、湖南的瑶岗仙钨矿、江西的崇义钨矿等取得了深部找矿的突破;湖南南部芙蓉锡矿、江西南部八仙脑钨矿、广西中部昆仑关钨矿及南纬 23°以南崇左一带大型铝土矿(具有上亿吨的可能性)的发现,都充分说明,我国东部地区的矿产资源并没有“找完”,不但老矿山并非“硃老山空”,地表发现新的大型超大型矿床的可能性也并不是“一无所有”。因此,在关注西部的同时,应该加快东部地区矿产资源尤其是南岭地区的研究、勘查与开发工作。

“十五”以来国家已确定在 16 个成矿区(带)加强矿产勘查工作,其中南岭、三江、天山、雅鲁藏布江和大兴安岭 5 个成矿区(带)为重中之重。南岭地区作为我国有色、稀土、铀矿资源基地已列入 5 个重点地区之一。南岭地区是我国有色、稀有金属最富集的地区,尤其以钨、锡、锑、铅锌、铋、铀等资源最为丰富。矿床具有规模大、分布广、共伴生组分多、矿床类型复杂多样等特点。我国的主要大型-超大型钨、锡多金属矿床即位于该地区,如大厂锡矿、柿竹园钨锡多金属矿、骑田岭钨锡矿、大吉山钨矿、西华山钨矿等。全区保有钨矿储量占全国的 83%,锡占全国的 63%,铅占全国的 30%,锌占全国的 22%(王登红等,2007)。钨、锡、锑是我国的优势矿种,在国际上占有举足轻重的地位。由于多年的大力开发,加之近十多年来地质找矿工作的萎缩,已呈现出后备资源严重不足的局面。但是,南岭地区成矿条件优越,具有多层成矿的特点,著名的“五层楼”模式即出于此,深部找矿潜力巨大。最近,在赣南的淘锡坑、湘南的芙蓉矿区实现深部找矿的重大突破充分说明南岭地区的深部仍存在巨大的找矿潜力。

因此,对南岭这样的工作程度比较高、矿业相对发达、地质资料积累丰富、技术力量雄厚的地区,如何开展矿产资源潜力评价工作成为一个重要的研究课题。需要研究的问题包括:南岭地区的矿产分布、矿产资源量的多少、如何在该地区评价和预测矿产的分布、如何估算该地区矿产的资源量,以及找矿的重点应该放在什么位置等等。

## 第二节 南岭东段钨矿资源的现状及存在的问题

### 一、概述

南岭地区是指地理上的五岭和九连山脉,在地质上也包括与其相邻、并在沉积建造、地壳运动、岩浆活动及成矿作用方面密切相关的地区。该地区以有色、稀有金属矿产高度富集为特色,不但是中国的有色金属之乡,也是世界“钨都”、“铋都”和“锡都”。其地理范围大致在北纬  $23^{\circ}00'$ ~ $26^{\circ}30'$ ,东经  $108^{\circ}$ ~ $118^{\circ}$ 之间,南北宽约 400km,东西长约 1200km,面积约 50 万  $\text{km}^2$ ,横跨湖南、广西、广东、江西、福建五省(区)。本书的研究区——南岭东段地区,主要是指江西赣州地区以及广东省与江西省交界的一部分,位于东经  $114^{\circ}$ ~ $116^{\circ}$ ,北纬  $24^{\circ}30'$ ~ $26^{\circ}30'$ 之间的范围(图 1)。从 1:20 万区测资料地质矿产图的覆盖范围来说,主要包括江西的赣南幅、井冈山幅、兴国幅、于都幅、寻乌幅、龙南幅和广东省连平幅、兴宁幅的一部分(具体的接图位置见图 2)。

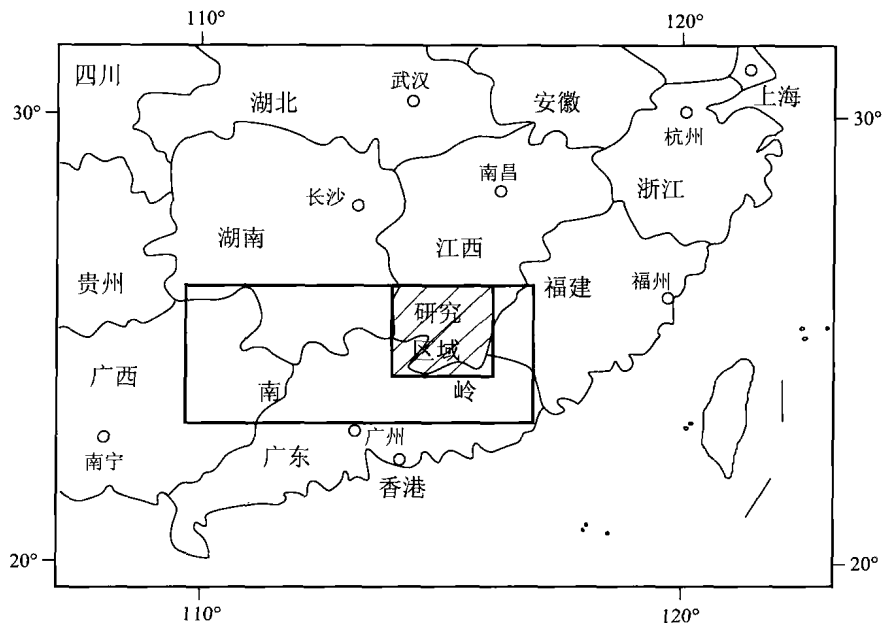


图 1 研究区及南岭位置示意图  
图中长条框为南岭位置,阴影部分为本书研究范围

赣南钨矿调查始于 20 世纪 30 年代卢其俊等人。1943 年徐克勤、丁毅合著的《江西南部钨矿地质志》对赣南 90 多处钨矿床分别做了较系统的论述,是我国钨矿床地质研究和勘测工作的一部重要著作。1949 年新中国成立后,首先开展了大规模的钨矿地质勘查工作,完成钨矿勘探矿区 22 个,详查矿区 11 个。中大型矿区基本达到详查以上勘查程度,钨矿基础储量占资源储量 78% 以上。本区的钨矿研究程度较高,“五层楼”成矿模式已成为国内外广为应用的经典;根据这个模式,相继发现了一批隐伏-半隐伏矿床,并在重要矿区深部和外围找矿中有重要的新突破。1982 年 10 月在江西省南昌市和大余县由原地矿部和联合国亚太经联合组织召开的钨矿地质讨论会,标志着我国在黑钨矿地质和成矿学研究、钨矿勘查和资源储量等方面均处于世界领先地位。

随着长达一个世纪的大量开采和 20 世纪 80 年代末钨矿勘查工作的相对停顿,我国保有钨矿资源急剧减少,特别是以盛产黑钨矿为特色的赣南地区,保有储量服务年限已不足 10 年,许多大中型矿山因资源枯竭被迫闭坑下马,一批危机矿山尚未找到新的接替资源。我国黑钨矿资源优势地位受到了明显冲击,甚至直接危险到我国优势矿种的战略地位。那么,本区还有没有钨矿找矿的潜力、如果有潜力,潜力有多大、如何评价本区的钨矿潜力、又该在什么地方去找矿等问题正是我们开展研究工作的出发点。



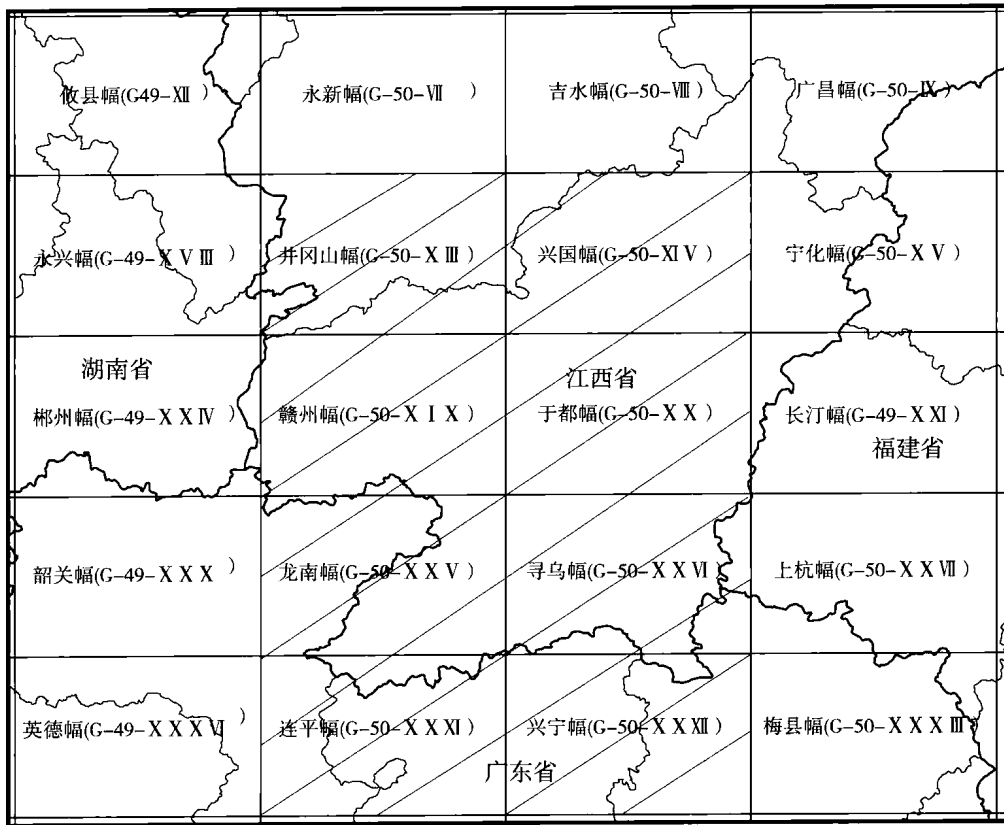


图2 南岭东段 1:20 万地质矿产图接图关系  
其中阴影部分为本书涉及的图幅

## 二、南岭东段的钨矿资源现状

在享有“世界钨都”之美誉的赣南，截至 2003 年底，累计探明资源储量 116.88 万吨，钨矿保有储量 50.60 万吨，占江西省钨矿保有储量的 46.66%，约占全国钨矿保有储量的 10%。其中黑钨矿保有储量仅 30 多万吨。而赣南已发现钨矿产地 507 处，其中大型钨矿床 7 处，中型 25 处，小型 46 处，矿点 429 处。赣南钨矿上表钨矿床(点)成群成带集中分布于崇义—大余—上犹、赣县—于都、龙南—全南—定南、兴国—宁都等地区，且各个区内又有相对集中的区域。矿床类型多，有石英脉型、矽卡岩型、岩体型、云英岩型、隐爆角砾岩型、层控型、破碎蚀变岩型、砂矿型等。其中石英脉型钨矿床之多、规模之大，为我国乃至世界之最。矿石质量好，最主要的矿石类型是黑钨矿矿石，在保有储量中，黑钨矿保有储量 39.34 万吨，占 77.75%，占江西全省黑钨矿保有资源储量的 72.1%。然而，以目前赣南钨矿山生产能力 646 万吨/年(矿石量)、钨精矿生产能力 40000 吨/年计算，2004 年本区的实际产量为 34826.39 吨，以此金属量折合年消耗 5 万吨工业储量计算，黑钨矿仅能保证 8 年；可见，享有“世界钨都”的赣南，其钨矿资源形势也是非常严峻的。

截止到 2002 年，西华山、岿美山钨矿均曾闭坑 10 年以上，画眉坳也曾闭坑，盘古山、漂塘、大吉山钨矿也在申请闭坑。这些闭坑及正在申请闭坑的危机矿山至今仍在为寻找接替资源而努力。此外，在新的经济形势下产生了一批个体经营的矿山及加工企业，也迫切需要钨矿资源，特别需要有较可靠概略性资源潜力资料作为风险勘查投资的依据。2004 年 12 月 20~22 日赣州市人民政府在赣州举办了“中国·赣州钨业发展战略研讨会”，2007 年 11 月又召开了“百年钨矿”庆祝大会，标志着赣州钨矿业进入一个新的发展时期。赣州本地的钨矿资源已经不能满足当地冶炼加工企业的需要，消耗率从占市内生产钨砂产量的 50%以下提高到 130%左右，即需要从其他地区包括从国外进口钨精矿。可见，钨矿资源的供需矛盾将严重影响赣州地区经济的发展。

### 三、选题依据

该区科研工作历史悠久,1949年以前,很多地质前辈与著名地质学家都曾就某一方面的问题进行过研究。例如,李四光(1942)撰写的《南岭何在?》就是对区域构造研究的很好总结。1949年后,为配合地勘工作的进行,科研院校及省局研究所与地质队也开展了几轮有关基础地质、成矿条件及找矿预测专题的研究,研究水平不断提高。“六五”期间国家攻关“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”及其子课题都直接或间接地对该区区域构造与控岩控矿构造、花岗岩类与含矿岩体、稀有多金属矿床与成矿系列、区域地球化学等问题进行了研究;“七五”期间国家攻关“东部隐伏矿预测”项目之“湘、桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿研究”课题对研究区及邻区板块构造体制、地质环境和矿床分布规律进行了总结;“八五”期间原地矿部“武夷-云开典型成矿区矿产预测”项目及其课(专)题和“九五”原地矿部攻关项目“云开地区重要成矿区带金银铜铅锌成矿地质背景及找矿靶区优选研究”开展了找矿预测等工作。

由江西省地矿局牵头,福建、广东、广西、湖南等省局参与的《南岭及邻区钨矿成矿远景区划》,由江西省地质局或地勘单位完成的江西省或者赣南地区的“钨矿资源预测”、“找矿远景分析”、“细脉带型钨锡矿床原生分带”、“矿体形态的垂直分层结构特征”研究、“赣南构造体系与主要矿床分布规律的研究”、“赣南矿产地质综合研究及靶区选择”、“赣州地区钨矿成矿远景区划”,“江西省钨矿资源总量预测方法试验研究”等科研项目,以及包括《江西区域地质志》等著作的发表极大地提高了本区的研究程度,也为本区进一步研究工作奠定了良好的基础。

通过以上对我国钨矿资源现状、赣南钨矿资源现状的分析研究可以看出,多年的开采、老矿山相继闭坑、一批危机矿山尚未找到新的接替资源,同时由于钨矿找矿工作的相对停滞,我国的钨矿资源处于比较紧张的状况,特别是以当前主要开采对象的黑钨矿资源处于更加紧张的状况。尽管以往工作中还存在一些问题和不足,但近年来南岭地区钨锡多金属找矿还是取得了一系列新突破,既显示了该地区巨大的资源潜力,也给科学研究提出了更高的要求,同时更为该区的进一步勘查工作树立了信心。自1999年起,中国地质调查局开始在南岭地区重新部署地质调查和矿产资源勘查工作,现已新发现了一批大型规模(或有望达到大型)的矿床,一些早先发现的矿床(点)经过地质工作也增加了储量。如在赣南和湘南地区新发现了牛岭(W-Mo)、牛形坝(Au-Ag-Cu-Pb-Zn)、八仙脑(W-Sn-Cu-Pb-Zn-Ag)、芙蓉(Sn-W)等大中型钨锡多金属矿床。赣南的淘锡坑(W-Sn)、柯树岭(W-Sn)等经过重新评价,均可达到大型规模,新增钨(锡)资源量近10万吨,远景在20~30万吨。因此,在本区开展钨矿资源潜力研究及找矿方向研究,不仅具有科研探索的意义,而且也具现实意义。

### 四、指导思想及技术方法

本书以程裕淇、陈毓川院士等创立的成矿系列理论为指导,结合赵鹏大院士在数学地质研究中的成果和王世称教授的综合信息矿产资源评价方法,通过典型矿床研究、区域成矿规律总结,在GIS平台上开展钨矿资源潜力评价工作。

矿床的成矿系列是指在一定的地质构造单元和一定的地质构造运动阶段内,与一定地质作用有关,形成在成因上有联系的各种矿种、各种成因类型,在不同的地质位置产出的矿床组合(陈毓川等,2003)。成矿系列理论是我国矿床学家发展的一种区域成矿理论,在我国区域成矿规律研究和成矿远景区划中发挥了重要作用。成矿系列总结的是区域成矿规律,如何将这种高度概括的成矿理论研究成果与基于实际勘查资料的资源评价技术密切结合起来,是有待研究的问题。成矿系列理论可解决资源潜力评价的关键地质问题,它使矿产资源潜力评价建立在地质模型基础之上,能在理论上保证其合理性。在区域矿产资源评价中,通过成矿系列建模,可以总结出同一成矿系列中各矿床共同的地质环境,从而掌握区域成矿的关键因素,形成区域评价标志组合;同一成矿系列内部各矿床之间的相似性为通过成矿系列建模进而预测相似的未知矿床提供了理论依据。

综合信息矿产资源评价方法是原长春地质学院王世称教授为首的科研集体于20世纪80年代中期

发展的一种矿产资源评价方法。综合信息矿产资源评价方法的基本原理是:以地质为先验前提,全面对区域地质、地球物理、地球化学、遥感、矿产等多元信息进行综合解译,研究区域成矿规律,建立区域综合信息找矿模型,应用计算机手段进行资源潜力定量评价。

矿产资源定量评价是以计算机信息处理技术为工具,分析研究矿产勘查过程中获得的各种资料的成矿信息,通过统计分析,建立多源地学信息与矿产资源潜力的关系模型,达到对未知区的定位、定量评价。在这方面,一些代表性的成果有:20世纪80年代加拿大学者 Agterberg 提出的证据权模型及美国学者 Duda 研制出的矿产资源预测专家系统;美国哈里斯、麦科卡门等发展的一套矿产资源经济评价方法体系;赵鹏大院士提出的以“求异理论”为代表的科学找矿评价理论方法体系;以美国地质调查局 Singer 为代表的三部式定量评价方法以及以证据权为代表的所谓勘查模拟模型(prospect modeling)。

### 第三节 基于 GIS 的矿产资源预测研究

#### 一、国内外矿产资源预测研究的现状与发展趋势

20世纪以来,社会与经济持续性发展对固体矿产资源需求的持续增长,极大地促进了矿业地质勘探工作的发展。长期大规模的勘查和开采活动,使资源的勘查环境及技术手段发生了根本性的变化。有人总结:矿产勘查过程从19世纪到现在,经历了“找矿人”勘探、传统找矿、理论勘查及目前的以高新技术为代表的科学找矿阶段,矿产资源预测与评价实质上贯穿了矿产勘查的全过程。研究区域成矿规律,对一定地区的矿产资源存在的可能性、资源数量、质量及经济价值进行科学的预测与评价,即是矿产资源评价的主要任务(肖克炎等,2005)。

对地下近地表未发现矿产资源的种类、位置、数量和经济价值进行评价与估算,一直是政府和矿产勘探公司感兴趣和关心的工作。研究成矿规律,进行成矿预测在20世纪初就开始了。自法国地质学家 L. de Launay(1950)提出“成矿区(带)是研究金属的自然富集作用”初始概念之后,紧接着谢家荣先生在1923和1935年先后发表了《中国的矿产区域和矿产时代》、《扬子江下游铁矿志》,都是用成矿区(带)的概念解释了矿产区域分布的特征。20世纪50年代,美国科学家首先进行了阿拉斯加矿产潜力价值的经济评价。与此同时,更多的地质学家从研究地质成矿规律进行矿产预测,如李四光应用地质力学理论对我国东部石油预测与找矿部署。20世纪60年代初,郭文魁先生领导编制了1:300万金属矿床成矿规律图(未出版),并开展了南岭地区湖南省郴县幅1:20万区域成矿规律研究。70年代以陈毓川、李文达为首的研究集体开展了宁芜火山岩地区成矿规律的系统研究,首次建立了区域矿床成矿模式——宁芜玢岩铁矿成矿模式。

20世纪70年代,美国地调局实施了包括美国本土金属、石油等四项大的矿产资源评价计划,第一次在当时地质认识水平上全面系统评价了地下未发现的资源潜力。美国地质调查局出版了820专题报告(Brobst和Pratt,1973),全面介绍了第一次矿产资源评价的成果。90年代初,美国地质调查局使用统一的三步式评价方法、标准的评价模型(93个矿床模型),在全国19个成矿省开展了对美国的金、银、铜、铅和锌等未发现资源的评价工作。西方其他发达国家如澳大利亚、加拿大等也纷纷开展了矿产资源的潜力评价工作。澳大利亚地调局为了保持其矿业在世界的领先地位并服务引导矿产勘探的需要,使用成矿系统和三步式评价方法,开展了资源潜力评价并每年定期公布全国矿产资源评价的成果。此外,俄罗斯、哈萨克斯坦等前苏联国家也利用各具特色的方法如逻辑信息法开展资源潜力评价,哈萨克斯坦最近提出了一个“哈萨克斯坦国家金属成矿系统定量评价科技创新计划”,并公布了其矿产资源评价的核心技术:“大型和巨型矿床的地质”、“发展地区可持续发展对于矿物资源需求潜力的评价”和“成矿过程的数学和计算机模拟”。

我国一直十分重视固体矿产资源潜力评价与成矿远景区划工作,它是结合原地矿部地质找矿工作开展的一项普查前期工作,旨在为矿产勘查部署提供科学依据。1979~1985年,地矿部在全国开展了成矿远景区划工作,这是首次在全国范围内统一规划,以统一的标准开展的跨省区、以成矿带为目标区

的成矿远景预测工作,即第一轮区划。这次区划提出了“五分法”划分成矿区带的原则,优选出 24 个重点找矿区带(重点片),在“七五”、“八五”矿产普查宏观布局中发挥了导向作用。1992 年全国开展第二轮成矿远景区划,共设置项目 127 个,完成后圈出成矿远景区 1208 处,圈定矿产勘查跨世纪工程勘查区 25 片。至今国土资源大调查工作的主体仍然落在这 25 片范围内。20 世纪 90 年代后期以来,应用我国地质学家独创的矿床成矿系列理论(程裕淇、陈毓川等),对全国矿产进行预测,共圈出 5 大成矿域,19 个 II 级成矿区带,78 个 III 级成矿区带,提出中西部比东部具有更大的资源潜力。地质异常法、综合信息法和地质理论-模型预测方法体系等的提出,矿产资源评价系统的研制,使矿产资源评价向计算机化、数字化、智能化迈出了新的一步。

## 二、基于地理信息系统的矿产资源预测评价

地理信息系统,简称 GIS(geographic information system)。一般来说,GIS 可定义为:“用于采集、存储、管理、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机系统,是分析和处理海量地理数据的通用技术”。从 GIS 系统应用角度,可进一步定义为:“GIS 由计算机系统、地理数据和用户组成,通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析,生成并输出各种地理信息,从而为土地利用、资源评价与管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划以及政府部门行政管理提供新的知识,为工程设计和规划、管理决策服务”(陈述彭,1999)。地理信息系统(GIS)在矿产资源评价领域,不管是进行区域成矿系统的研究,还是确定矿床的有利靶区方面,不仅提供了在计算机辅助下对上述多源地学信息进行集成管理的能力、灵活的查询检索能力,而且在经验与模型的指导下,通过各种空间分析方法对与成矿有关的各种空间信息进行综合分析解释,确定成矿的有利地区。

20 世纪 70 年代后期,地学领域的专家们就开始认识到了 GIS 在自然资源分析中的应用潜力。美国的缅因州地调所那时就组织了 GIS 应用试验项目。加拿大地调所(GSC)80 年代中后期开展了用 GIS 进行矿产资源潜力填图的研究。GSC 著名的地质统计学专家 G. F. Bonham Carter 和 F. G. Agterberg 等人在 1988 和 1989 年发表的“集成地质数据集进行 Nova Scotia 地区的金矿勘探”和“GIS 在新布伦斯瑞克北部矿产资源评价中的应用”(G. F. Bonham Carter et al., 1988; G. P. Watson et al., 1989)论文中,提出了用条件概率与贝叶斯规则相结合的证据加权法实现二元模式图综合的新方法,这种方法经多次改进,已作为基于 GIS 的矿产资源评价的主要方法在世界各国得到了广泛的应用。

我国是应用 GIS 进行矿产资源评价比较早的国家,与发达国家相比,开始得也不晚。1986 年,由地矿部遥感中心主持,长春地院、中国地质大学、地矿部矿床所等单位参加,开展了“遥感图像与其他地学数据综合图像处理技术及应用研究”,系统地研究了地质勘查数字图像处理与综合的主要技术环节,并应用自行开发的多种图形图像软件包在安徽铜陵、湖南香花岭、新疆哈密等六个地区开展了不同矿种的矿产资源评价应用试验。“八五”期间,中国地质大学(武汉)物探系、物化探所、原地质矿产部石油海洋地质局江陵综合研究队、成都理工学院通过各种项目的实施不同程度地开展过应用 GIS 进行多源地学信息成矿预测的研究(姜作勤,1999)。1995 年 4 月,原地质矿产部地调局为提高预测水平和找矿效果,在川西扬子地台西缘 4 个 1:20 万图幅立项开展了地理信息系统应用的试验研究,其目的是在 GIS 技术的支持下,研究区域地-物-化-遥等多源地学信息的综合管理、数字地质图库数据库的分层标准,矿产资源评价的空间分析方法以及采用新技术的工作方法和流程,以提高预测水平和找矿效果。1998 年 5 月,项目按预期目标完成了任务,建立了目标图层综合的数学模型,在 ARC/INFO 上开发了证据加权法软件模块(李裕伟,1998)。这些工作的完成,使 GIS 在矿产资源评价中的应用由试验、研究阶段开始向实际评价工作深入。赵鹏大院士也在“九五”期间将 GIS 技术应用于地质异常圈定和成矿预测,并总结出 GIS 技术的运用范围包括:区域“成矿可能地段”分析、组合异常的“找矿可行地段”分析、组合异常的“找矿有利地段”分析、多源信息的“潜在资源地段分析”以及多源信息的“远景矿体地段”分析(赵鹏大,2001)。根据王世称教授的评价方法,原地矿部重点科技项目“大型、特大型金矿床密集区综合信息成矿预测地质信息系统”,简称 AuGIS 项目,以山东省大型、特大型金矿密集区为研究对象,在 MAPGIS 平台上进行二次开发,形成了大型、特大型金矿床密集区综合信息成矿预测地质信息系统。中国地质科学

院矿产资源研究所肖克炎、陈郑辉等研制的“基于 GIS 的固体矿产资源评价系统(MARS1.0)”,将赵鹏大院士、王世称教授的评价方法进行了融合,并在全国范围进行了推广,经多个大学、研究所和地勘单位的使用取得了较好的效果。本书中的地质信息数据处理、化探数据信息处理、物探信息处理以及钨矿资源潜力评价等工作也是在该系统上完成的。



# 第一章 区域地质背景

本书涉及的南岭东段地区位于赣南地区和粤北地区的交界处。在地质上属于南岭地区的东段,是南岭地区东西向构造-岩浆作用带的重要组成部分。南岭地区是华夏板块的一部分,跨越扬子陆块和南华活动带两大构造单元且以后者为主,地质构造比较复杂。南华活动带是扬子陆缘的华夏古陆壳上新元古代一早古生代的裂谷带,加里东运动时闭合,与扬子陆块拼合组成古华南陆壳。印支期后,华南完成了由海到陆的转变,燕山期以来,华夏板块强烈“活化”,形成中-新生代滨西太平洋陆缘强烈的以岩浆活动为特色的复杂而独特的地质构造演化环境。南岭地区是华夏板块的主要部分,明显具有华夏板块的地质构造演化特色。南岭东段的大地构造位置处于华夏板块内罗霄-武夷加里东隆起区的南部边缘,并跨越粤北-东江海西期、燕山期的复合拗陷区(图 1-1。杨振强等,1997)。

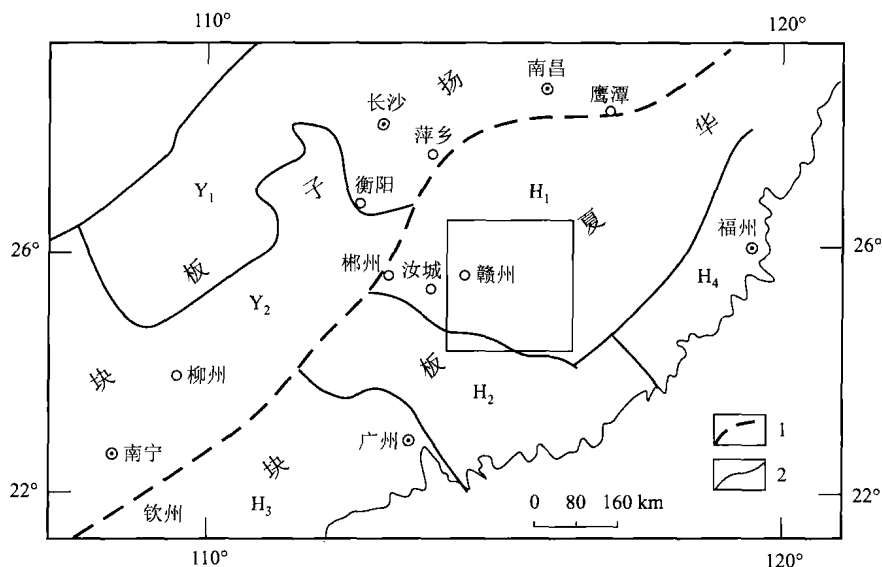


图 1-1 南岭及邻区构造单元图  
(据杨振强等,1997)

框内为研究区范围;1—板块界线;2—二级构造单元界线;Y<sub>1</sub>—扬子板块的边缘岛弧区;Y<sub>2</sub>—湘桂海西-印支拗陷区;  
H<sub>1</sub>—罗霄-武夷加里东隆起区;H<sub>2</sub>—粤北-东江海西期、燕山复合拗陷区;H<sub>3</sub>—云开加里东隆起区;H<sub>4</sub>—东南沿海活动区

区内除了志留系和三叠系中统缺失外,各时代地层发育,从中元古界到第四系均有出露。岩浆活动频繁,岩浆岩分布广泛,岩类众多,而以燕山期花岗岩类为主。其独特的地质构造环境为成矿作用创造了优越的成矿条件,形成了丰富的钨、锡、银、铅锌等有色金属、贵金属、稀有金属及稀土等矿产资源(黄崇轲等,1997;陈毓川等,1989)。

## 第一节 区域地质背景

### 一、概述

南岭地区的重要构造运动有四堡、雪峰、加里东、华力西-印支、燕山和喜马拉雅等六期。伴随各次构造运动,发生有褶皱断裂、岩浆侵入、火山喷发等地质事件。现简要分述如下。

扬子陆块在区内为南岭东南缘呈反“S”延伸的江南地块的西南部。中元古代四堡(冷家溪)期沉积了四堡群浅海泥砂质复理石建造夹细碧-角斑岩建造,厚 1700~8500m。岩浆活动表现有超基性、基性岩,后期有花岗闪长岩侵入。四堡运动导致扬子与华夏古陆对接,并在江南地块形成近东西走向的紧密线状褶皱。新元古代早期,扬子、华夏古陆裂陷,沿江山—绍兴—萍乡—溁浦—三江一带东南侧,形成裂陷海盆,沉积了一套以碎屑岩、碳酸盐岩、黑色页岩为主,夹火山碎屑岩、细碧-角斑岩及中酸性火山岩的类复理石建造。这套地层与下伏四堡群呈角度不整合,局部呈平行不整合接触,并与震旦系、下古生界一起褶皱。雪峰运动多形成 NE—NEE 向的宽缓型褶皱。南华活动带基底为震旦系—志留系的一套复理石、类复理石沉积建造。加里东运动使南华形成较紧密线状褶皱,早期近 EW 向,晚期 NNE 向,并发育有动力变质带,形成绿片岩相变质岩系。东南邻区武夷-云开地区则发生普遍的混合岩化作用。此时,华南褶皱系与扬子陆块合并。加里东早期岩浆活动,在武夷-云开深拗陷带内,沉积物经深熔、交代作用,陆壳重熔形成原地、半原地混合花岗岩,呈 NE 向分布。晚期花岗岩浆沿深断裂带和褶皱带侵入,形成花岗岩及花岗闪长岩,变质作用加深达角闪岩相。

加里东运动之后,南岭进入相对稳定的发展阶段。华南洋盆接受了碳酸盐岩沉积,岩浆活动较微弱,仅南部邻区大容山有海西期陆壳重熔型花岗岩形成。钦州一带有强烈褶皱变形。华力西运动时期,南华加里东褶皱区的下部基底可能为裂解了的“华夏古陆”。从沉积建造上看,对上古生界沉积有一定控制作用,形成了“台沟交错”的古地理景观,桂西有基性火山岩喷溢。早二叠世末的东吴运动波及全区,地壳短暂上升形成了古风化面,晚二叠世早期为南岭重要成煤时期。

印支运动期后,华南区完成了由海到陆的转变,并使本区及邻区卷入到太平洋大陆边缘活动带,开始了陆缘活动新阶段。期间,中、晚三叠世发生印支运动,华南洋盆上升为陆,结束了华南地区大规模的海侵历史。右江褶皱带及滇东南早-中三叠世发生强烈沉降并伴随火山喷发,到晚三叠世形成印支褶皱带。印支期的沉积建造包括早、中三叠世继承晚古生代浅海相沉积的碳酸盐岩,桂西及滇东南为复理石建造夹六 6 大旋回 38 层火山熔岩及凝灰岩,代表了右江、滇东南区再度裂陷沉降。印支期褶皱形态复杂,主要特点是 EW 向构造与 NE 向构造交替发展,在 EW 向构造带中,由于地壳滑脱形成一系列山字形构造,如广西山字型、梅县山字型构造等。印支期岩浆活动广泛,在湘南、赣南、粤北及桂北等地发育中酸性岩体。

在燕山期,除粤北、湘南侏罗纪为海相含类复理石建造及火山岩外,其他地区均为陆相含煤建造。白垩纪则为断陷盆地红色河湖相碎屑建造及火山岩建造。燕山期构造岩浆活动的特点是,强烈断裂形变、花岗岩带、动力变质带、韧性剪切带及多字形断陷盆地广泛发育,花岗岩浆活动十分强烈,分布广泛。

喜马拉雅期主要是断块差异运动。沉积建造主要包括内陆断陷盆地的红色含油建造及火山岩建造,岩浆活动主要有小型基性、超基性岩体产出。断裂构造格局中,增加了 NW 向和 NE 断裂共轭系统,也出现了表现为断块差异的新构造运动(黄崇轲等,1997)。

## 二、区域地层及其含矿性

南岭东段地区除了志留系和中三叠统缺失外,从中元古界到第四系的各时代地层均有出露。具体的地层情况见表 1-1,图 1-2。对地层及其含矿性简述如下:

### 1. 震旦系

主要指不同图幅中以“前寒武”、“震旦系”、“前寒武-震旦”、“寒武-震旦”等名称论述的地层单位。另根据前人研究成果,在局部地区有中元古界出露,但在本次研究中也笼统地划分在震旦系中。

震旦系在本研究区分布比较广,占全区面积的 15.9%,主要分布在瑞金、兴国、崇义、南康、信丰、赣县以及南部的全南和寻乌等地。震旦系又可分为下、中、上三个部分。

震旦系下部:层凝灰岩、凝灰质砂岩、片岩、片麻岩、千枚岩、粉砂岩、变余细砂岩、条带板岩、变余长石石英砂岩夹板岩、变余凝灰质长石砂岩和变余岩屑-晶屑凝灰岩夹板岩。在于都一带厚度大于 1687m,在兴国、瑞金则大于 3196m,而到了西边崇余犹一带则仅大于 286m,南部寻乌一带大于 951m。

震旦系中部:变余砂岩、不等粒砂岩、变质砂岩、炭质千枚岩、长石石英砂岩、硬砂岩夹板岩、千枚岩。

表 1-1 赣南地区地层分布情况简表

地层		地层单位	沉积建造
系	统		
第四系			河流冲积洪积层、山麓坡积层
第三系	上第三系		火山岩系
	下第三系	丘坊群,丹霞组	陆相紫红色碎屑建造
白垩系	上统	南雄组	陆相紫红色碎屑建造,夹火山-火山碎屑岩建造
	下统	赣州群(版石组)	河湖相杂色碎屑建造,局部夹火山碎屑建造
侏罗系	上统	菖蒲群等	上部为火山-火山碎屑建造,下部为河湖相碎屑建造及火山-火山碎屑建造
	中统	罗坳组	河湖相碎屑建造
	下统	林山组,余田桥组	河床相碎屑建造,火山-火山碎屑建造
三叠系	上统	安源组	濒海、潟湖、沼泽相碎屑建造,中夹含煤建造
	中统		缺失
	下统	铁石口组、大冶组	砂页岩建造,砂泥质-泥质碳酸盐岩建造
二叠系	上统	长兴组 龙潭组	碳酸盐建造 碎屑含煤建造
	下统	茅口组、栖霞组	碳酸盐建造,沥青质及燧石碳酸盐岩建造 底部局部有含煤碎屑建造
石炭系	上统	船山组	含煤碳酸盐岩建造
	中统	黄龙组	碳酸盐岩建造、碎屑岩建造夹碳酸盐岩建造及火山碎屑岩建造
	下统	梓山组、岩关阶 (横龙组) 峡山群	碎屑岩建造、火山碎屑岩建造、含煤建造
泥盆系	上统	三门滩组、余田桥组、 天子岭组、中棚组	为浅海相碳酸盐岩及泥沙质建造夹火山碎屑岩建造
	中统	棋梓桥组、云山组、 跳马涧组、老虎坳组	滨海相、海陆交替相碎屑岩建造夹火山碎屑岩建造
	下统	桂头群	海陆交替相碎屑岩建造
志留系			缺失
奥陶系	上统	古亭组	含硅质炭质笔石页岩建造
	中统	西山界组、对尔石组、 茶亭组	含炭建造,砂页岩建造
	下统	樟木曲组、茅坪组、 七溪岭组、爵山沟组	泥质页岩类、含炭建造,砂页岩建造
寒武系	上统		泥质页岩类碳酸盐岩建造
	中统		泥质页岩类
	下统		复理石建造,砂页岩建造、含炭建造
新元古界	震旦系	上统	硅质岩及硅质碳酸盐岩建造、泥沙质建造、含炭建造
		中统	碎屑岩建造、泥沙质建造
		下统	冰碛岩建造、硅铁质建造、碎屑岩建造、复理石建造、火山-火山碎屑岩建造

注:据江西省地质矿产局区域地质调查大队《江西省地质志》以及 1:20 万的赣州幅、于都幅、龙南幅、寻乌幅、兴宁幅、连平幅、井冈山幅、兴国幅等 8 幅图修编。

在于都一带厚度大于 2284m,在兴国、瑞金则大于 886~1423m,而到了崇余犹一带则仅 203m。

震旦系上部:在瑞金、兴国一带上部为凝灰质砂岩、千枚岩、杂色厚层硅质岩、变余长石石英砂岩、不等粒砂岩、千枚岩;在南康信丰崇义一带为二云片岩、二云钠长片麻岩,下部砂质层凝灰岩、云母质层凝灰岩、千枚岩、层凝灰岩、变余砂岩、杂色硅质岩夹透镜状灰岩及薄层磁铁石英岩。在研究区的南部为砾

岩、砂砾岩、砂岩、板岩、硅质岩、硅质板岩，厚层燧石岩。在于都一带地层厚度为 600m 左右，在兴国、瑞金则大于 6000m。而到了西边崇余犹一带也较厚，为 3000m 左右，在寻乌一带为 208m。与上部的寒武系下统之间以一层硅质岩为标志。

与该系地层有关的矿产有铁矿和金矿，并可作为与钨锡铜成矿有关的有利赋矿围岩。

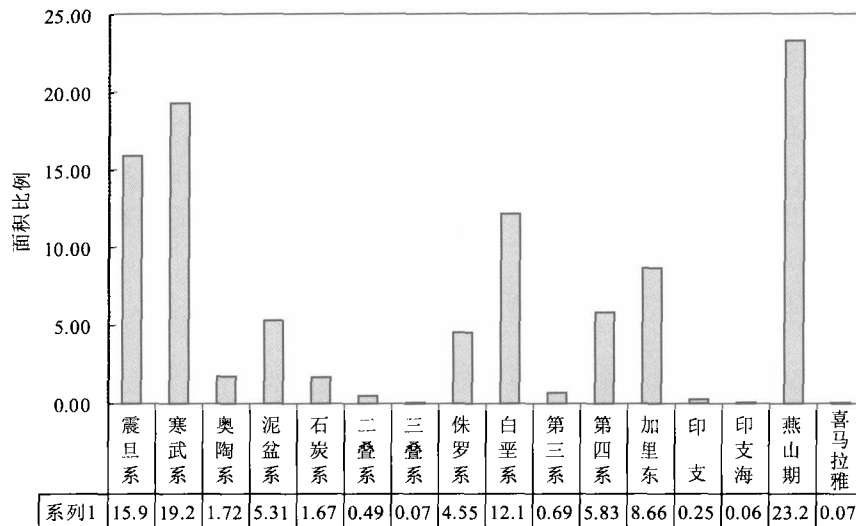


图 1-2 各个时期地层以及岩体面积所占全区面积的比例

系列 1 表示不同地质内容的面积与全区面积的百分比值

## 2. 寒武系

本区的寒武纪地层分布最广，约占该区域面积的 19.2%，仅次于燕山期岩体的分布范围。主要为一套灰绿色巨厚的变质碎屑岩夹变余凝灰质砂岩，总厚度在 4000~5000m 左右。与震旦、奥陶系一起构成本区基底。寒武系又分为下、中、上统，以下简要介绍：

寒武系下统：砂岩、硅质板岩、硅质岩、石煤层、变余细砂岩、绢云母（炭质）板岩、底部见炭质板岩或石煤层、变质长石石英砂岩、薄层硅质岩、含硅质板岩及炭质板岩、千枚状板岩。兴国和寻乌一带的厚度为 889~961m，而其他地方在 2109~2666m 左右。

寒武系中统：砂岩、条带状板岩、板岩、变余细砂岩、绢云母板岩、粉砂岩、变余长石石英砂岩、板岩、含硅质板岩及炭质板岩、粗砂岩、千枚状板岩。厚度在 1474~2520m 左右。

寒武系上统：砂岩、砂质板岩、条带状板岩夹透镜状灰岩，变余细砂岩、绢云母（绿泥石、炭质、条带）板岩夹灰岩透镜体、变余长石石英砂岩、千枚状板岩、顶部夹透镜状灰岩、黑色薄层硅质板岩。于都龙南一带地层较薄，为 494~1084m，其他地区的厚度为 1540~2335m。

与寒武纪地层有关的矿产资源主要是铁矿、金矿、煤矿、石灰岩和磷矿，也是钨、锡矿、铜铅锌、银等金属矿产非常有利的赋矿围岩。

## 3. 奥陶系

本区的奥陶系分布范围小，主要出露在井冈山到遂川、上犹陡水-崇义过埠、古亭以及南部的南雄帽子峰镇和始兴司前镇等地。主要为深灰色、灰黑色、灰绿色巨厚-薄-中厚层状的粉砂质板岩，夹黑色页岩。下部主要为含炭硅质板岩、灰绿色粉砂质板岩、含硅质炭质板岩及炭质板岩、变余粉砂质板岩、条带状板岩、长石石英砂岩、粉砂岩等。厚度为 566~1563m。中部为硅质板岩、细砂岩、灰岩、炭质板岩、粉砂质板岩及变余砂岩、硅质岩、含炭硅质板岩、含炭板岩及含炭硅质岩等。厚度大于 2800m。上部为凝灰质砾岩、砂岩、板岩。厚度 721m 左右。

与该系地层有关的是铁矿和石灰岩，也是部分钨、锡等矿点的赋矿围岩。

## 4. 泥盆系

本区泥盆系的分布比较零星，但在全区均有分布，与寒武系上统呈假整合或者是断层接触。大约占