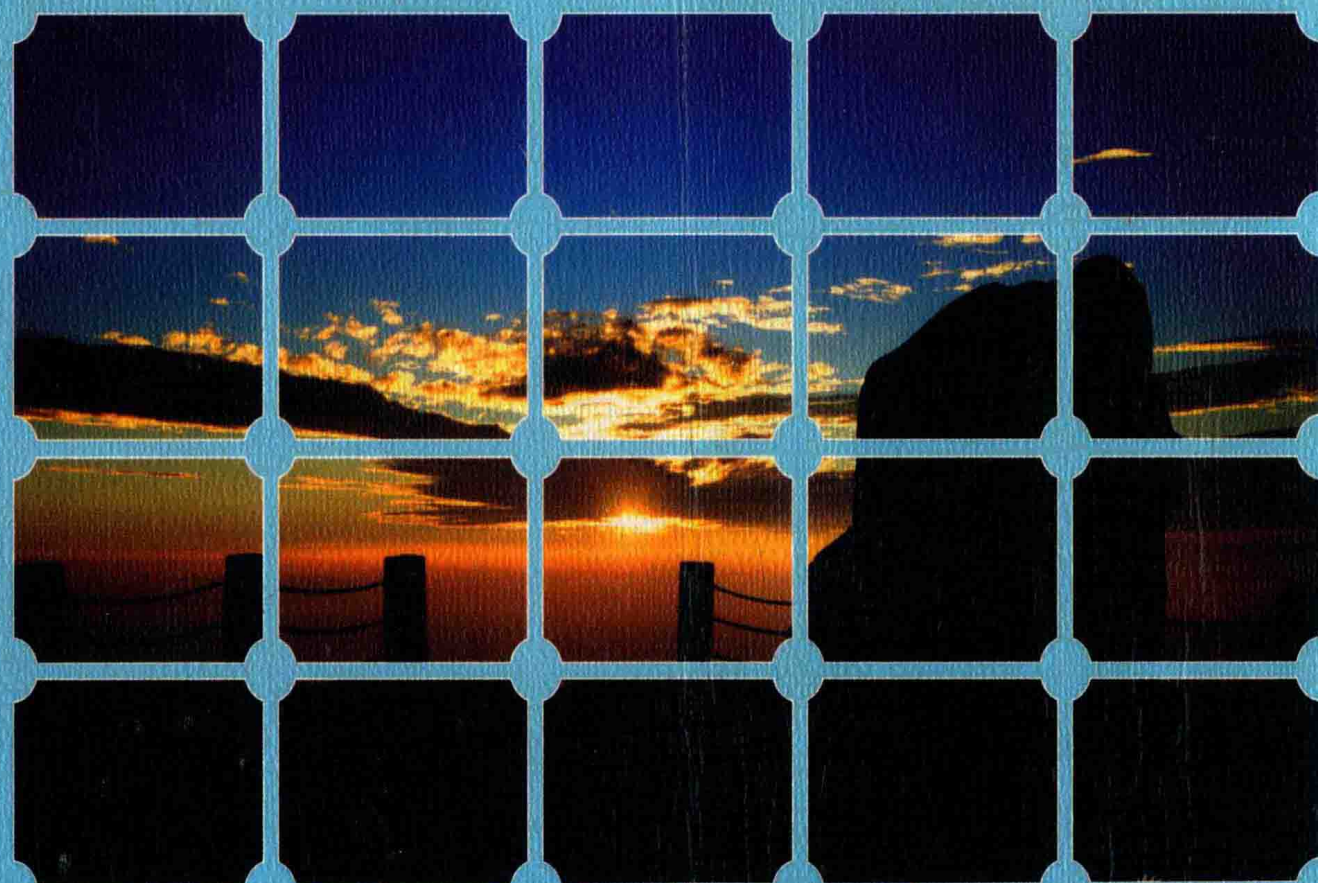


中国地质调查局
《矿床地质》项目成果
《矿床地质》项目成果

南岭地区地球化学图集

NANLING DIQU DIQIU HUAXUE TUJI

陈希清 付建明 等编



中国地质大学出版社有限责任公司
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

南岭地区地球化学图集

Nanling Diqu Diqu Huaxue Tuji

主 编：陈希清 付建明



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

内 容 提 要

本图集主要包括南岭成矿带(东经 107°—116°,北纬 24°—27°,面积约 30 万 km²)39 个元素、化合物的地球化学图及部分元素异常图,是“南岭地区锡矿选区评价与成果集成”项目组进行南岭地区找矿远景区划过程中对区域地球化学数据整理方面的成果。可供在南岭地区辛勤工作的同仁在矿产普查、成矿远景区划、资源潜力预测、环境地质以及其他相关领域的工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

南岭地区地球化学图集/陈希清,付建明主编;杨晓君等编. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2012.5
ISBN 978-7-5625-2877-7

- I. ①南…
- II. ①陈…②付…③杨…
- III. ①南岭-区域地球化学-图集
- IV. ①P596.2-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 097049 号

南岭地区地球化学图集		陈希清 付建明 主编
责任编辑:潘 娜		责任校对:戴 莹
出版发行:中国地质大学出版社有限责任公司(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)		邮政编码:430074
电 话:(027)67883511	传 真:67883580	E-mail:cbb@cug.edu.cn
经 销:全国新华书店		http://www.cugp.cug.edu.cn
开本:787 毫米×1300 毫米 1/8		字数:230 千字 印张:15
版次:2012 年 5 月第 1 版		印次:2012 年 5 月第 1 次印刷
印刷:湖北新华印务有限公司		
ISBN 978-7-5625-2877-7		定价:168.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

序

南岭成矿带横跨扬子和华南两大板块,成矿条件十分有利,20 世纪 80 年代以来,各省相继开展了以矿产勘查为主要目的的区域性地球化学调查工作,获得了大量的地球化学信息,为找矿提供了重要的依据,特别是 1999 年开展地质大调查工作以来,根据各类化探异常新发现并评价了一批大中型矿床。为了对全区的地球化学综合信息进行资料二次开发,武汉地质调查中心“南岭地区锡矿选区评价与成果集成”项目组,经对该区所获得的地球化学数据进行重新处理、分析和综合研究,编制了《南岭地区地球化学图集》(以下简称《图集》)。《图集》的编制打破了以往在成矿区划中以省为界的局限做法,包括了赣、湘、桂、粤 4 省 1:20 万水系沉积物测量 74 000 个数据点 39 种元素和氧化物的定量分析的数据信息。从浅表地球化学特征分析入手,研究岩石圈和成矿区带地球化学与成矿及大型矿集区形成的时空关系,探讨成矿地球化学环境与成矿作用的内在联系,从而在南岭地区对靶区圈定、找矿预测、选区部署等方面总结出适应本区实际和行之有效的方法,以提高本区的地质研究程度和找矿效果。

从《图集》可以看出,几乎所有各类主要矿床(矿田)在地球化学异常图上均显示了其主成矿元素异常,并有相应的浓度分带,与中酸性岩浆活动和热液活动有关的 W、Sn、Mo、Bi、Pb、As、Sb、U、Th、Nb 等元素含量明显高于全国均值或其他地区,充分显示了南岭成矿带的地球化学特征,清晰地反映了主要岩体、地层、构造的分布规律,在部分矿田范围内还有尚未见矿的地段有较好的异常存在,构成一些重要的成矿远景新区,显示出一定的找矿潜力,为找矿预测提供了地球化学综合信息资料。也有一些矿床由于某种原因(覆盖区、采样或异常下限确定、盲矿等),其主成矿元素异常显示不够清晰,有待进一步加强综合分析,合理解释,将有助于提高化探方法的有效性。

利用地球化学异常圈定靶区、布置工程、指导找矿往往能起到事半功倍的作用,尤其在南岭地区效果更为明显,一大批与岩浆热液作用有关的内生矿产的发现,化探手段起到了至关重要的作用。我们相信《图集》内容将会在南岭地区新一轮找矿预测、成矿区划、潜力评价、选区部署、基础地质、环境地质、土地质量研究等方面起到重要的作用!

潘仲芳

2012 年 1 月于武汉

南岭地区因其丰富的矿产资源和独特的地理位置而受到广大地质工作者长期以来的极大关注。早在 20 世纪初,我国一批知名地质学家先后到本区进行过调查研究工作,初步确定了南岭地区的地层层序、构造格架、矿产种类和分布特点,发表了一系列专著,如《南岭何在?》(李四光,1943),《中国地质学》(李四光,1939),《中国主要构造单位》(黄汲清,1945)。新中国成立以来,有关地勘单位、科研部门、大专院校的几代地质工作者进行了大量的地质调查、勘探和研究工作,积累了丰富的地质资料,取得了一批在国内外有重要影响的成果。

“六五”期间陈毓川、裴荣富等对本区控岩控矿构造、成矿系列、区域地球化学等方面进行了研究,出版了国家攻关项目成果《南岭地区与中生代花岗岩有关的有色及稀有金属矿床地质》。

“七五”期间国家重点科技攻关项目《我国东部隐伏矿床研究》下设专题“湘、桂、粤、赣地区锡、铅、锌、铜隐伏矿研究”着重对本区锡多金属矿床形成条件、控矿因素、隐伏矿床的找矿标志、综合找矿方法进行了研究,并开展了隐伏矿床预测,提出“活动性边缘成矿”和“古水热活动区”成矿理论,系统地总结了南岭地区锡多金属矿床的时空分布规律和锡铅锌多金属矿床类型(史明魁等,1993),为区域成矿预测提供了理论依据。地质矿产部地矿司南岭铅锌矿专题组对南岭地区铅锌矿的控矿因素和成矿规律进行了专题研究,划分了成矿单元,指出了今后的找矿方向,出版了《南岭地区铅锌矿成矿规律》等专著。

“八五”期间,“武夷—云开典型成矿区成矿地质条件及成矿预测研究”是在上述“六五”和“七五”基础上的延伸性研究,部分覆盖了南岭地区。研究认为武夷—云开地区与铜铅锌金银有成因联系的中酸性岩类和与锡(钨)铜多金属有关的酸性花岗岩都是源自地壳深部壳幔质混熔型(或 I 型)花岗质岩浆分离结晶作用的系列产物;将南岭地区构造发展划分为基底形成、盖层发育和板内变形三大阶段,分析了有色、稀有、贵金属成矿地球动力学背景。

新一轮国土资源大调查实施以来,宜昌地质调查中心(现为武汉地质矿产研究所)承担的“华南成矿区成矿规律和找矿方向研究”项目,总结了不同时期块体拼合带控制矿化集中区(带)向东南方向迁移、区域岩浆—成矿作用迁移演化与大陆生长密切相关、区域壳幔构造—地球化学格架对矿集区带的控制等成矿规律,认为矿床主要集中分布在隆起区与凹陷区转换部位、盆地边缘、板块拼贴带、隆起区核部的区域性深大断裂带等四个部位,指出了一批具有较好找矿潜力的矿化集中区。

此外,1979 至 1982 年间,湖南、广东、江西、广西四省(区)分别对南岭地区主要成矿区带开展了以钨、锡、铜、铀、铅、锌为主的首轮区划工作;1994 年各省(区)分别完成了金、银、铅、锌、铜、锑、稀有稀土等矿种的第二轮远景区划;1988 至 1996 年间,湖南省湘南地勘院在湘南地区开展了锡铅锌中大比例尺成矿预测;2003 年在中国地质调查局的统一部署下,以蒋中和为组长的科研小组开展了南岭地区矿产资源调查评价重点选区研究,为国土资源大调查项目的部署提供了科学依据。

以上科研及区划工作所取得的丰富成果为南岭地区地质找矿和地学领域科技创新奠定了基础。

“南岭地区锡矿成矿规律研究”(项目编号:200310200072、1212010533307)和“南岭地区锡矿选区评价与成果集成”(项目编号:1212010813061、1212010981028)系中国地质调查局下达的矿产资源评价计划项目“南岭成矿带地质矿产调查评价”下设的工作项目。项目工作紧密结合南岭地区的找矿实践,在扎实的野外锡多金属矿床及其有关的成矿花岗岩实地调查和大量室内岩石地球化学、包裹体地球化学、同位素地球化学和同位素年代学研究的基础上,先后完成了“南岭地区锡矿成矿规律研究”和“南岭地区锡矿选区评价与成果集成”研究报告,2011 年出版了专著《南岭锡矿》。《南岭地区地球化学图集》是项目组进行南岭找矿远景区划过程中对区域地球化学数据整理方面的成果,现整理成册,作为南岭成矿带地质工作的系列成果(图集)之一出版,供南岭地区辛勤工作的同仁在矿产普查、成矿远景区划、资源潜力预测、环境地质以及其它相关领域的工作中参考。

目 录

编图概况	(1)
------------	-----

南岭地区地球化学图

1. 南岭地区地质矿产图	(18)
2. 南岭地区银地球化学图	(20)
3. 南岭地区砷地球化学图	(22)
4. 南岭地区金地球化学图	(24)
5. 南岭地区硼地球化学图	(26)
6. 南岭地区钡地球化学图	(28)
7. 南岭地区铍地球化学图	(30)
8. 南岭地区铋地球化学图	(32)
9. 南岭地区镉地球化学图	(34)
10. 南岭地区钴地球化学图	(36)
11. 南岭地区铬地球化学图	(38)
12. 南岭地区铜地球化学图	(40)
13. 南岭地区氟地球化学图	(42)
14. 南岭地区汞地球化学图	(44)
15. 南岭地区镧地球化学图	(46)
16. 南岭地区锂地球化学图	(48)
17. 南岭地区锰地球化学图	(50)
18. 南岭地区钼地球化学图	(52)
19. 南岭地区铌地球化学图	(54)
20. 南岭地区镍地球化学图	(56)
21. 南岭地区磷地球化学图	(58)
22. 南岭地区铅地球化学图	(60)
23. 南岭地区铈地球化学图	(62)

24. 南岭地区锡地球化学图	(64)
25. 南岭地区锇地球化学图	(66)
26. 南岭地区钽地球化学图	(68)
27. 南岭地区钛地球化学图	(70)
28. 南岭地区铀地球化学图	(72)
29. 南岭地区钒地球化学图	(74)
30. 南岭地区钨地球化学图	(76)
31. 南岭地区钇地球化学图	(78)
32. 南岭地区锌地球化学图	(80)
33. 南岭地区锆地球化学图	(82)
34. 南岭地区三氧化二铝地球化学图	(84)
35. 南岭地区氧化钙地球化学图	(86)
36. 南岭地区三氧化二铁地球化学图	(88)
37. 南岭地区氧化钾地球化学图	(90)
38. 南岭地区氧化镁地球化学图	(92)
39. 南岭地区氧化钠地球化学图	(94)
40. 南岭地区二氧化硅地球化学图	(96)
41. 南岭地区砷锑汞组合异常图	(98)
42. 南岭地区铜铅锌组合异常图	(100)
43. 南岭地区镧钽锆组合异常图	(102)
44. 南岭地区钨锡铋组合异常图	(104)
45. 南岭地区钨锡残差异常等值线图	(106)
46. 南岭地区钨锡找矿远景区划图	(108)

参考文献	(111)
------------	-------

编图概论

一、自然地理概况

南岭地区位于华南中南部,横跨湘中南、赣南、桂北、粤北等地。地理坐标:东经 107°—116°,北纬 24°—27°。面积约 30 万 km²(图 1)。

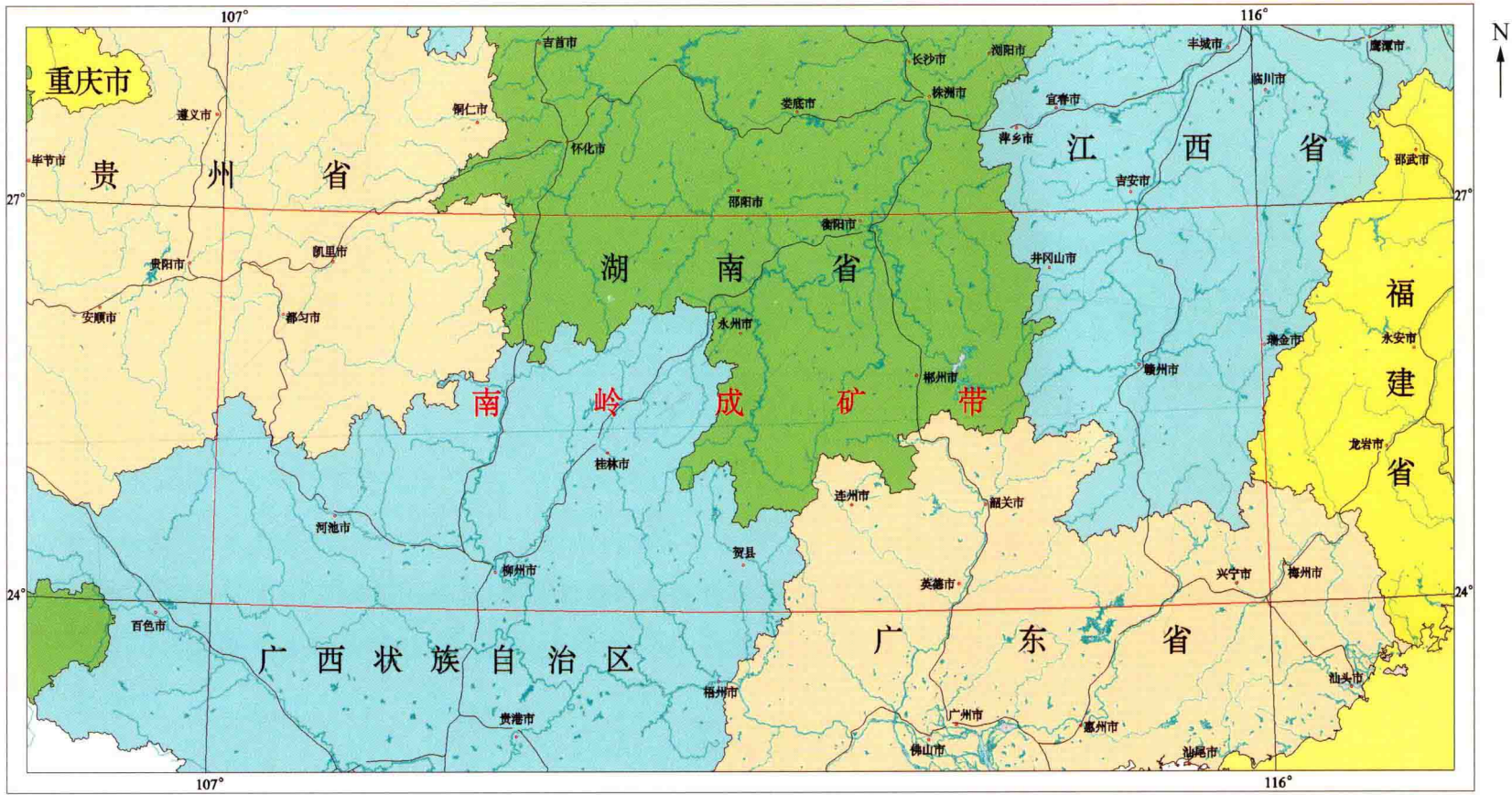


图 1 研究区交通位置图

区内水陆交通发达,京广、京九、湘桂铁路及京珠高速、107 等多条国道纵横全区,构成本区以铁路干线为主的陆地交通网络;水上有北达长江航道、南抵大海的水运能力。便利的交通对本区经济发展及地质调查工作极其有利。

区内地势总体为中低山区,间有少量河谷盆地、冲积平原及坡地丘陵。中部为横贯东西的南岭山脉,是华南地理分区的天然屏障,形成南、北两区并在气候、人文、地理、经济等方面表现出明显不同的差异。东部与西部山脉走向北东。其中东部为武夷山与罗霄山,西部为云贵高原东南缘的雪峰山、九万大山、元宝山、越城岭。山区地形陡峻,切割强烈,最高海拔标高 2 141m(华南第一高峰越城岭主峰猫儿山),最低 500m,最大高差达 1 500m 以上。盆地、丘陵区海拔标高一般为 200~500m。

区内水系发育,主要河流有湘江、赣江、沅水、资江与珠江。湘江、赣江、珠江源于南岭,沅水与资江源于雪峰山脉,以横贯东西的南岭山脉为分水岭,形成南、北两个主要水系。北区主要河流为湘江、资江、沅水,赣江,洞庭湖与鄱阳湖接纳四水、吞吐长江,形成向心水系,是国内严重水患地区之一;南区河流主要是通达大海的珠江水系(支流主要有西江、东江、北江及珠江三角洲扇形河流)。属亚热带湿润型气候,一月平均气温 4~8℃,七月 27~30℃,山区气温略低。全年无霜期 260~300 天,年均降雨量 1 250~1 750mm。所属地球化学景观分区见图 2。

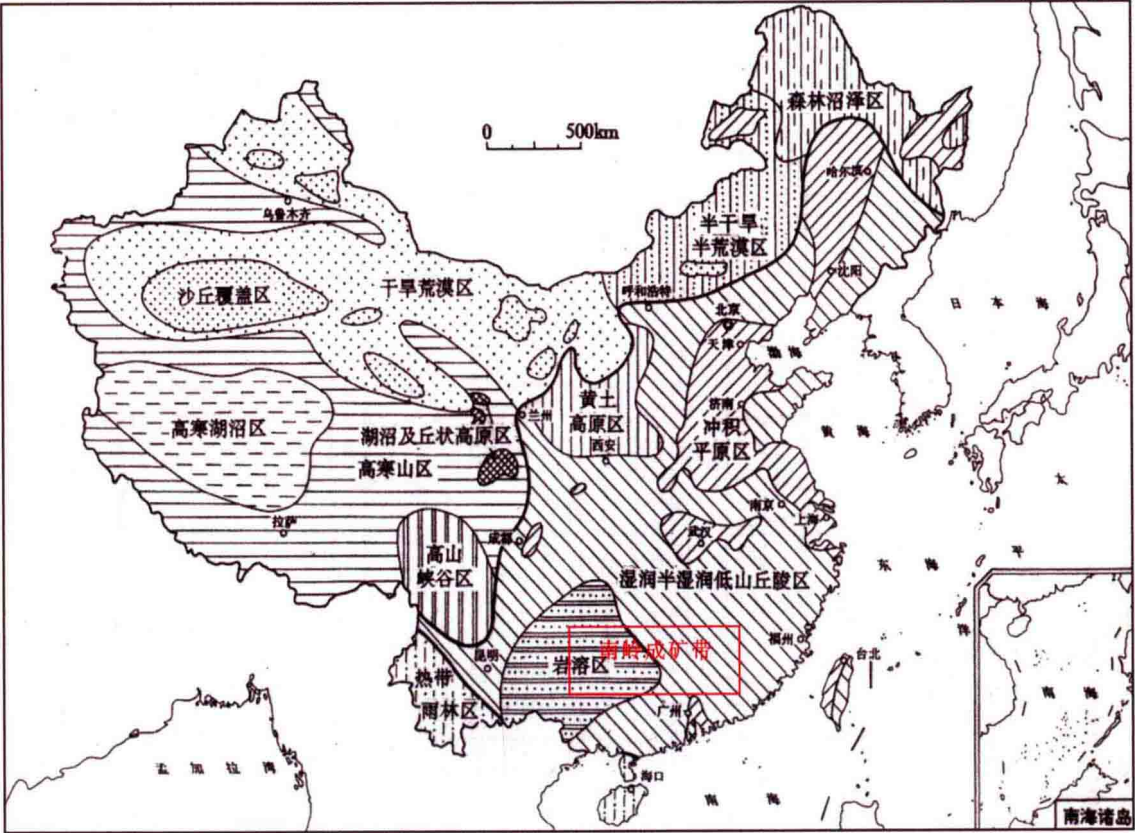


图 2 地球化学景观分区示意图
(底图据任天祥等,1998)

南岭地区是我国南方有色金属、稀有金属、贵金属的重要资源地和产区。但由于本区以山区为主,信息闭塞,导致经济、文化相对落后。多数地区经济仍以农业为主,局部地区以本地自然资源为依托的原材料加工业较为兴旺。由于特具的矿产资源优势,矿业成为本区的支柱产业。其中湘南、赣南、桂西、粤北已形成较大的采、选、冶生产规模和能力,钨、锡、铋、铅锌、稀土等产量位居全国前列,是国内有色金属生产、加工的重要产业基地。

二、地质背景

大地构造上,南岭地区位于滨太平洋构造域与特提斯构造域的交汇部位,横跨扬子和华夏两大板块(图 3)。区内经历了多期次构造—岩浆—成矿作用。其中,加里东运动为区内构造格架形成的主要奠基时期,中生代构造体制转换的动力学背景对本区成岩、成矿起到了决定性的作用。中生代以来,该区发生了强烈的构造—岩浆活动和金属成矿大爆发。众多学者研究认为:华南内陆的岩石圈伸展—减薄从燕山早期就开始了(李献华等,1999;郭新生等,2001;Gilder 等,1996;王岳军等,2001;梁新权等,2003;付建明等,2004,2005),中生代以来构造动力学背景不是以挤压为主,而是广泛的伸展、拉张。各种类型的花岗质岩浆活动都是壳—幔相互作用的产物,正是由于地幔物质在不同程度上、以不同形式的参与,才引起华南地区中、新生代大规模的岩浆活动和大量金属矿产的形成(华仁民等,2003)。

1. 地层

南岭地区地层发育于前寒武纪基底之上,广泛出露的最老地层为新元古界。本区自晚元古代以来各时代地层发育比较齐全,元古宙及早古生代地层以活

动型沉积为主,泥盆纪及其以后地层皆属浅海或陆相稳定型沉积(附图 1)。

1) 元古界

古一中元古界分布零星。古一中元古界桃溪岩组仅见于本区东南缘的会昌县境内,主要由变粒岩、片岩组成。变质火山岩锆石 U-Pb 年龄值 1 777Ma、1 678Ma,为区内最古老地层。中元古界冷家溪群、四堡群分别出露于湘中和桂北,主要为巨厚的泥砂质浅变质碎屑岩,普遍含有基性—超基性岩组合。超基性岩 Rb-Sr 同位素年龄值 1 667Ma。四堡群为区内金矿重要赋矿层位之一。

新元古界地层出露颇广,为一套浅变质的中、深海相碎屑岩夹碳酸盐岩。青白口系包括桂东北丹洲群、湘中高洞群、湘南大江边组和赣南神山组、潭头群,下部常有细碧—角斑岩、石英角斑岩、碳酸盐岩层;中部以黑色板岩为标志;上部有沉凝灰岩及中厚层杂砂岩,偶夹白云质灰岩。丹洲群中超基性岩锆石 U-Pb 同位素年龄 837Ma。为金、铅、锌的重要赋矿层位。

南华—震旦系在湘西南、桂东北由砂砾岩、冰碛岩、含锰碳酸盐岩和顶部的硅质岩组成,具过渡型沉积特点。其他广大地区底部有不稳定砾岩,主要为浅变质的泥砂质细碎屑浊流沉积,含硅铁质、黄铁矿火山岩、碳酸盐岩夹层,顶部也为硅质层。为锰、铁、硫、金赋矿层。

2) 寒武系—志留系

寒武系除湘西南、桂东北为浅海相碳质页岩、灰岩组成的过渡型沉积外,其他地区为浅变质的深海相泥砂质浊流沉积,是银、金重要赋矿层位。底部碳质层为铀、钒含矿层。在赣西南等地夹有碳酸盐岩,利于钨、锡、银多金属矿化。

奥陶系下部为浅变质的含笔石泥砂质、碳硅质、硅泥质建造,中上部出现砂岩、砾岩,局部夹火山岩、碳酸盐岩层。为银、铅赋矿层位。

志留系主要分布于区外的雪峰山和钦州湾地区,区内仅在赣西南见有零星的灰色磨拉石堆积,称丫山组。

3) 泥盆系—三叠系

泥盆系岩相复杂,厚度变化大(海进—海退旋回完整),且具有向北东逐渐超覆变薄的总趋势,与下伏地层为角度不整合接触(仅钦防地区下泥盆统钦州群与下伏地层为整合接触)。下泥盆统:分布于广西、粤西怀集和湘南的江永、江华、道县等地,以吴川—韶关—吉安一线为界,北西侧为浅海相碳酸盐岩夹碎屑岩建造,东南侧为浅海—滨海相碎屑岩建造,西南部常夹多层赤铁矿,厚度变化大,一般在几百至 2 000m 间。中泥盆统:出露范围较下泥盆统广泛,岩相变化大,为浅海相碳酸盐岩建造,碳酸盐岩夹碎屑岩及滨—浅海相碎屑岩建造,厚数百至 2 000m 不等。上泥盆统:分布广泛,但岩相复杂,为浅海相碳酸盐岩和赤铁矿碎屑岩建造及滨海相—陆相碎屑岩建造,厚度数百米至两千余米不等。

区内泥盆系湖南境内属湘中—湘南沉积区;广西境内分属桂林、柳州、南丹沉积区,对应为曲靖(陆相、滨海相碎屑岩建造)、象州(滨海或台地近岸浅水环境,主要为碳酸盐岩建造)、南丹(盆地相或台地上较深水环境,为碳酸盐岩、硅质岩建造)3 个建造类型;粤北、赣西只有中、上泥盆统出露,赣东南只有上泥盆统分布。该层位是锡钨铅锌的重要赋矿层。

下石炭统:于桂北—湘赣边境为浅海相碳酸盐岩夹海陆交互相含煤碎屑岩建造,向东西两侧渐变为海陆交互相含煤碎屑岩建造、陆相含煤碎屑岩建造或碎屑岩建造,厚 152~2 220m。上石炭统:岩性稳定,主要为一套浅海相碳酸盐岩建造,厚度在数十米至 1 279m 间,西南部厚度较东北部大。与下伏泥盆系主

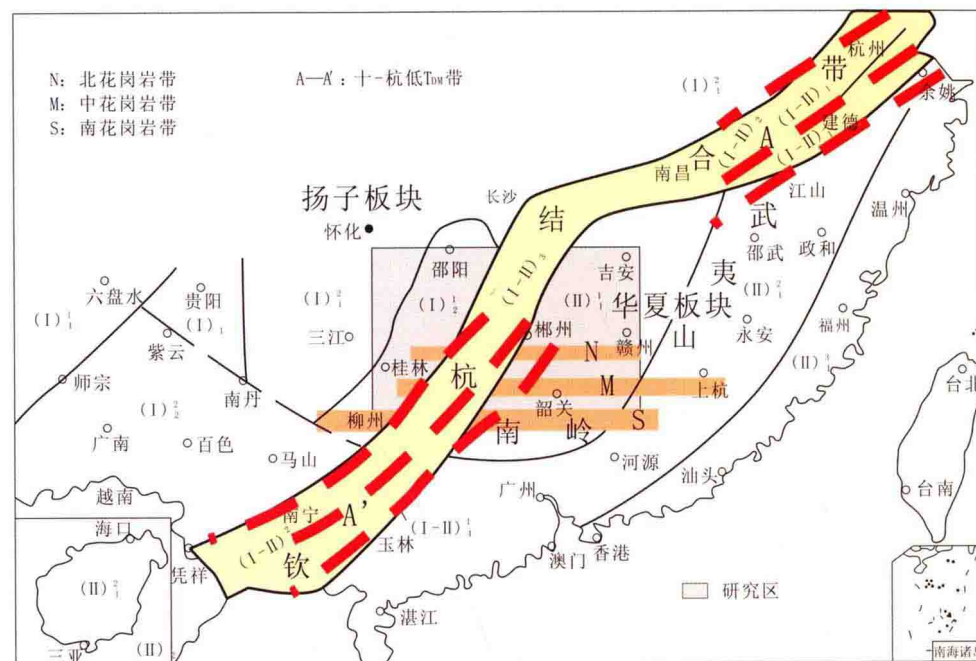


图 3 南岭地区大地构造位置示意图

(底图据丁鹏飞,2001)

I. 扬子板块;(I)₁, 扬子板块;(I)₂, 上扬子板块;(I)₃, 江南地块;(I)₄, 湘桂活动带;(I)₅, 湘中南—桂东北褶皱带;(I)₆, 右江褶皱带。II. 华夏板块;(II)₁, 浙闽赣粤活动带;(II)₂, 罗霄褶皱带;(II)₃, 武夷—云开褶皱带;(II)₄, 东南沿海中生代火山断陷带;(II)₅, 华夏板块;(II)₆, 琼南残留地块。I-II, 钦(州)—钱(塘)结合带;(I-II)₁, 浙西地块;(I-II)₂, 怀玉山块体;(I-II)₃, 萧山—常山块体;(I-II)₄, 万年地体;(I-II)₅, 赣西—湘东褶皱带;(I-II)₆, 钦州褶皱带;(I-II)₇, 钦州块体;(I-II)₈, 郁江块体

要呈整合接触关系,局部见假整合。该层位中的碳酸盐岩为锡多金属矿产重要赋矿岩性。

下二叠统:主要为碳酸盐岩层(马平组)。中二叠统:下部(栖霞组)岩相厚度较稳定,主要为浅海相碳酸盐岩建造;上部(茅口组)岩相变化大,自西向东呈浅海相碳酸盐岩或硅质岩建造—浅海相碳酸盐岩及细碎屑岩建造—海陆交互相含煤碎屑岩夹碳酸盐岩建造规律递变。厚度一般为数百米。骑田岭矽卡岩型锡矿主要赋存于该层位的栖霞灰岩中。上二叠统:早期(龙潭阶)以滨海沼泽相、海陆交互相的含煤碎屑岩建造为主。自北向南岩相、厚度变化较大;江南古陆及陆缘区为浅海碳酸盐岩及含煤碎屑岩建造;粤北、湘赣为海陆交互相含煤系,于萍乡厚达1 000m;东南至福建则以不含煤及陆相沉积为主,厚度数百米。晚期以浅海相碳酸盐岩建造(长兴组)和硅质岩建造(大隆组)异相沉积为特点,广西于大隆组中上部见有厚度10~195m的中酸性火山碎屑岩;东兴—灵山发育一套类磨拉石碎屑岩建造,与下二叠统呈角度不整合接触,厚5 044m。

中下三叠统:为滨浅海碳酸盐岩和碎屑岩建造,为灰岩、白云岩、泥质灰岩夹粉砂岩、砂页岩及泥岩等。厚600~1 100m。上三叠统:岩相差异大,主要有陆相含煤碎屑岩建造、以陆相为主的海陆交互含煤碎屑岩建造、浅海相铁磷碳酸盐岩—碎屑岩建造,以砂砾岩、页岩为主,间夹煤层,厚度上百米至7 000m。

4) 侏罗系—第三系(古近系和新近系)

沉积特点反映了燕山期构造运动的特点。中下侏罗统主要为陆相盆地堆积,整合或假整合于上三叠统之上,为陆相含煤碎屑岩建造的砾岩、砂砾岩、长石石英砂岩、碳质页岩夹薄煤等,局部夹火山碎屑岩,上侏罗统为陆相喷发—沉积或陆相盆地砂砾岩建造,局部夹煤线。

白垩系为陆相沉积,散布于大小不等的盆地中,主要为滨湖和浅湖相砂、泥岩,山麓相砾岩,局部夹盐湖相膏泥岩。下侏罗统含石膏、钙芒硝;上侏罗统产铜、铀及石膏矿。

第三系属陆相沉积,主要分布于衡阳盆地,古近系为淡水浅湖相砂泥岩及盐湖相岩盐、泥膏岩、钙芒硝,局部有碳酸盐岩及油页岩。新近系为河流相砾岩、砂岩。

上述地层依其岩相组合、沉积环境及沉积间断,可划分为3个构造层。下构造层由前震旦系—奥陶系组成,大面积出露。其中元古界和寒武系是含钨建造和含锡建造或矿源层(刘英俊等,1983,1984;马东升等,1991;陈骏等,2000),为重熔型花岗岩和成矿作用提供了丰富的成矿物质来源,亦是钨锡多金属矿床的重要赋矿围岩。中构造层由泥盆系、石炭系、二叠系、下三叠统构成。其中泥盆系和石炭系是衍生含钨建造(刘英俊等,1983,1984;马东升等,1991),泥盆系中广泛存在锡的矿源层(陈骏等,2000),是矽卡岩型白钨矿的主要赋矿围岩。上构造层由上三叠统、侏罗系、白垩系、第三系组成,除有部分火山岩型、火山—沉积型矿床外,主要是覆盖、掩埋钨矿床(点)。

2. 构造

南岭位于华南地区的中南部,在大地构造位置上,处于欧亚板块的东南端,东邻太平洋板块,西与印度板块相接。一般认为,华南板块活动始于中、新元古代,当时的构造格局是“两陆夹一盆”,即东南有华夏,西北为扬子,中间是古华南海(水涛等,1988;舒良树等,2006;王鹤年等,2006)。板块运动总体以扬子古陆核为中心向外扩展,大洋俯冲、大陆侧向增生的高峰期在~1 000Ma,表现为岛弧式俯冲,在扬子陆块东南缘形成江南中元古代褶皱造山带。晋宁运动时,古华南海逐渐关闭,华夏与扬子陆块沿绍兴—江山—东乡—萍乡—桂林一线碰撞对接,成为Rodinia超大陆的一部分。聚合不久,受成冰纪Rodinia超大陆裂解事件的影响,原华夏地块被肢解成武夷、赣中南和云开大山等古陆残块,中间是裂谷或海槽(舒良树等,2006;于津海等,2006)。震旦纪—早古生代,这些海槽被进一步扩张变宽,其内被巨厚的碎屑岩(含灰岩)、浊积岩层所充填。加里东运动导致震旦纪—早古生代海槽关闭,巨厚沉积物褶皱隆升,在元古代变质基底上形成了加里东期褶皱造山带。之后,晚泥盆世砂砾岩层呈角度不整合大规模地覆盖在整个华南前泥盆纪岩层之上。至此,华夏和江南等邻区的沉积环境与古地理才得以真正统一。

华南统一陆块形成后,华南地质构造演化进入一个新的发展阶段。最新研究表明(舒良树等,2006),南岭及其邻区前侏罗纪的地质演化主要受古特提斯构造体制的控制和印支期挤压造山事件的影响;晚侏罗世以来,区内盆山构造格局则主要受太平洋构造体制以及陆内深部构造—岩石圈地幔作用的联合制约,以断块运动为主,表现为发育深断裂以及被其切割而形成的隆、坳地块,从而奠定了本区现有的构造格局。

根据地壳的组成与结构特点,以晋宁期—加里东期古板块构造为基础,结合中生代以来陆内造山形成的隆起与坳陷,将南岭地区划分为两个一级构造单元、5个二级构造单元、6个三级构造单元(图4)。

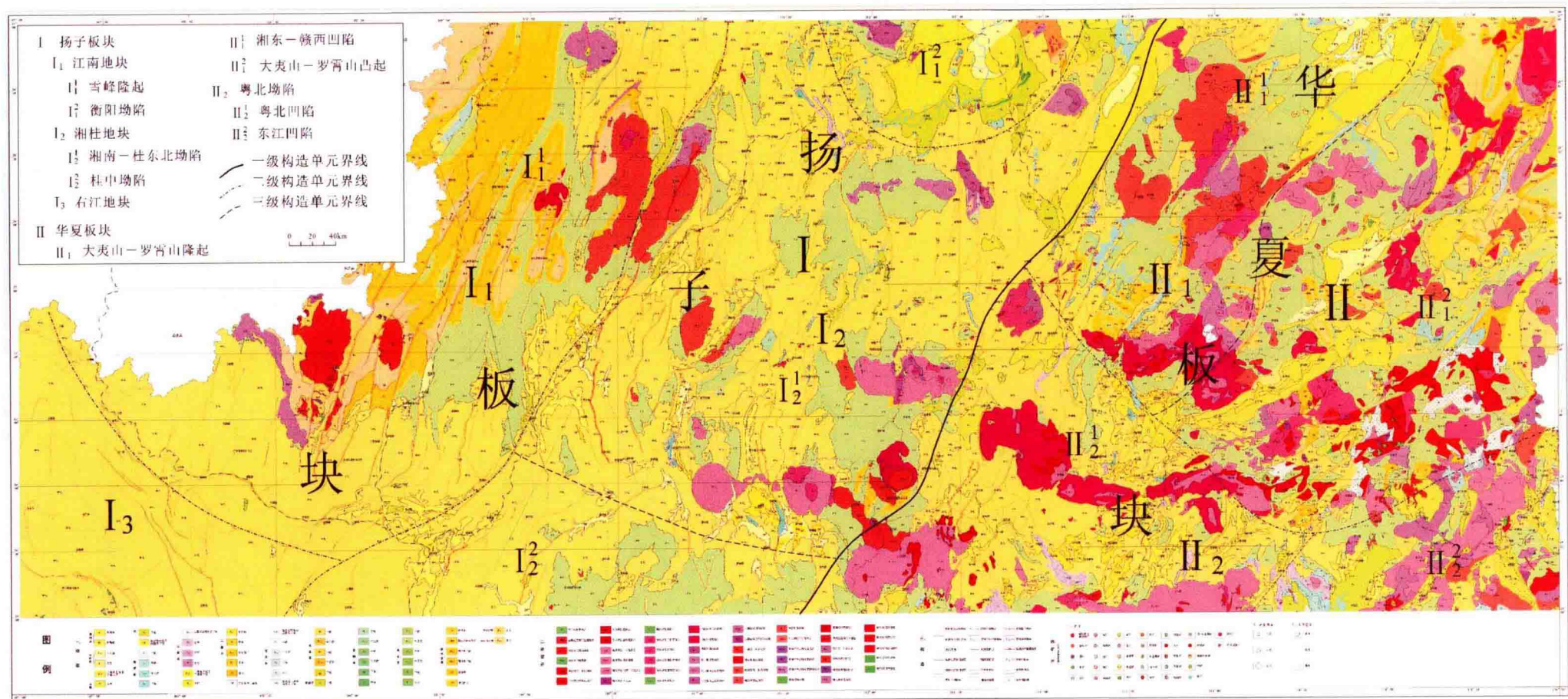


图4 南岭地区大地构造分区图

扬子板块分江南地块、湘桂地块、右江地块 3 个二级构造单元。其中江南地块下分雪峰隆起、衡阳坳陷两个三级构造单元；湘桂地块下分为湘南—桂东北坳陷、桂中坳陷两个三级构造单元。

华夏板块分大夷山—罗霄山隆起、粤北坳陷两个二级构造单元。其中大夷山—罗霄山隆起下分赣西—湘东凹陷、大夷山—罗霄山(赣中南)凸起两个三级构造单元；粤北坳陷下分为粤北凹陷、东江凹陷两个三级构造单元。

在多期次构造运动作用下,南岭地区形成了由隆、陷地块及断褶带组成的极其复杂的地质构造景观。主要构造形迹有褶皱、断裂、断陷盆地。基底褶皱呈高角度同斜紧密褶皱,中部轴向多呈南北向,东部近东西向为主,西部南北向、北西向共存;盖层褶皱零星分布于基底褶皱的夷平面上,多呈低角度向斜构造盆地,主要呈东西、北西、北东至北北东向,少数呈南北向及弧形分布。断裂分布广泛、规模大小悬殊、多种方向交织穿插,以北西向、东西向、北东向规模最大。断陷盆地包括陆相红层盆地与火山岩盆地,其一侧或两侧被大断裂所限呈地堑式产出,组合成东西向断陷盆地带。根据各种构造形迹的分布及其成生与演化关系,可将区内主要构造按展布方向大致定为 4 组:

(1)北东—北北东向构造带:为本区最重要的构造带,包括江南、武夷—云开隆褶带及其间的湘桂坳陷带。其中隆褶带形成于加里东期,定型于印支期,构造组分以复式褶皱、断裂、花岗岩为主。隆褶带在燕山期活动强烈,形成北北东向深断裂和热动力变质带、花岗岩(火山岩)带和陆盆带,逆冲推覆构造发育。

(2)东西向构造带:由复式褶皱和逆冲断裂、隆坳带、花岗岩带组成,从北向南有阳明山—闽清、九嶷山—仙游、宜山—厦门 3 个构造带。前人“南岭纬向构造带”的主带系上述九嶷山—仙游、宜山—厦门两个构造带。该构造带定型于加里东期,后又经历印支期、燕山期等多期活动。

(3)北西向构造带:由北西向基底褶皱及晚古生代上二叠统向斜盆地组成。构造组成主要是压(张)扭性断裂,局部为褶皱和花岗岩带。该带在桂西右江地区由复式褶皱和断裂组成(前人曾称“右江系”),向东变为以断裂为主。从西向东等距分布有右江、南丹—博白、桂林—澳门、零陵—韶关、湘乡—潮州、兴国—东山、永丰—泉州等斜列构造带。该构造带定型于印支期,燕山期强烈活动。

(4)南北向构造带:南北向构造带规模小,由复式褶皱和冲断裂组成,主要有湘桂构造带和赣闽构造带,形成于印支期,燕山中晚期又发生了再次活动。

上述构造带以南北向、北西向发育最早,东西向其次,北北东向、北东向最新。东西向、北北东向多期次活动明显,以北北东向、东西向构造最醒目,表现为一系列深大断裂和被其切割的地块构成规模宏大的东西向、北北东向隆褶带与断陷带呈网格状分布。它们相互交汇、复合,共同控制着区内燕山期成矿岩体以及包括锡钨矿在内的内生矿床的形成与分布。

3. 岩浆岩

1) 岩浆岩时空分布

南岭地区地史时期岩浆活动频繁,除地表有大小数百个岩体外,还有多处隐伏岩体(带)(图 5)。包括火山岩、基性—超基性侵入岩、煌斑岩、花岗质—花岗闪长质浅成小岩体和花岗质(杂)岩体等。岩石类型以酸性、中酸性为主。

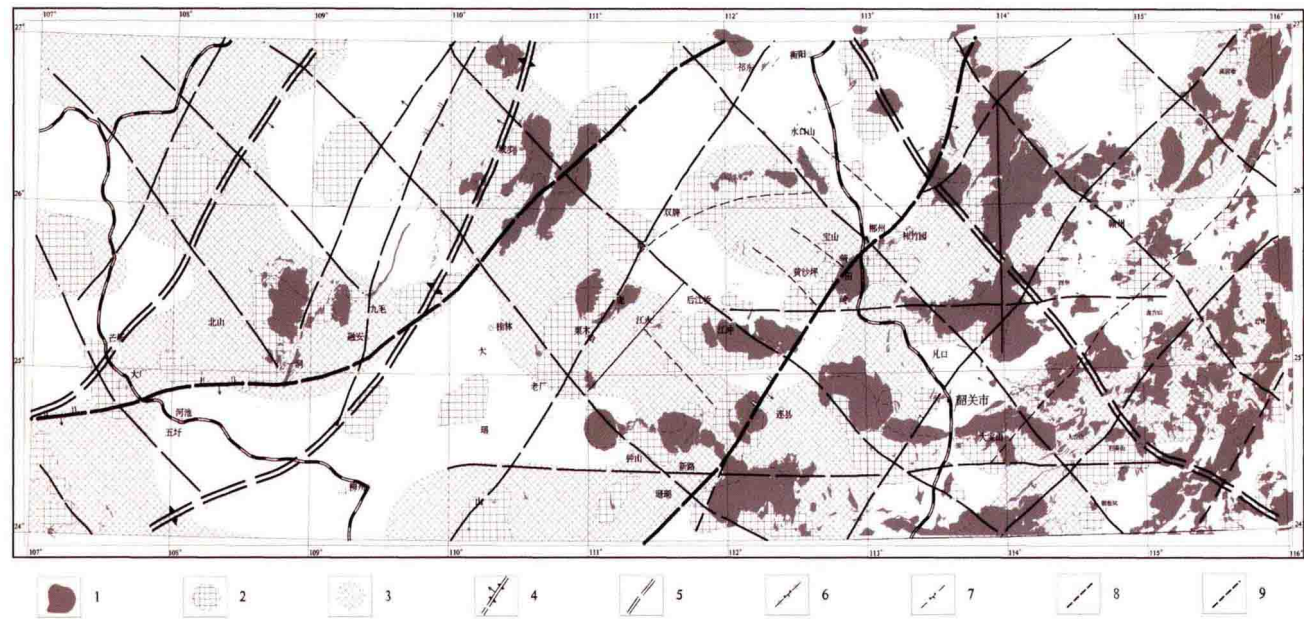


图 5 南岭地区构造-岩浆岩(带)推断图

(据蒋中和等,2003 修改)

1. 出露花岗岩体;2. 半隐伏-隐伏花岗岩体范围;3. 深源花岗岩带范围;4. 大型矿床;5. 中型矿床;6. 小型矿床;7. 壳下岩石圈俯冲碰撞断裂缝合带;8. 岩石圈断裂带;9. 地壳仰冲碰撞对接断裂带;10. 地壳逆冲推覆断裂带;11. 地壳断裂带;12. 基底断裂带

区内岩浆岩具有多期活动特点,形成时代可分为前晋宁期、晋宁期、加里东期、海西期—印支期、燕山期。根据近几年南岭地区高精度锆石 SHRIMP U—Pb 法、Ar—Ar 法和 LA—ICP—MS 法获得的花岗岩同位素年龄统计,形成时代主要分布在 824—91Ma 间,且时限以 170—150Ma 最为集中(图 6)。成因类型以壳源重熔型花岗岩为主,约占 70%,其次为壳幔混合及其分异型花岗岩,少量铝质 A 型花岗岩。

晋宁期花岗岩类岩浆活动主要见于桂北的宝坛、三防和元宝山地区,包括本洞、峒马、寨滚、大寨、龙有、三防、平时、田朋、元宝山等岩体、出露面积约 1 500km²,呈岩基、岩株状产出。花岗岩类锆石 U—Pb 年龄表明其形成于 835—800Ma 的晋宁晚期(王孝磊等,2006)。

加里东期花岗岩类主要分布于桂东北、湘东—赣西及赣南—粤北等地,绝大部分为花岗岩类,呈复式岩基状产出,构成很特征的花岗岩穹窿,大者出露面积达 1 000km²以上,如苗儿山、越城岭、万洋山等岩体主体;小者出露面积在 100km²以上,如大宁、永和、太保、雪花顶、海洋山、彭公庙、三标等岩体。部分呈岩株状产出,如益将、和平、上堡等。它们侵入寒武系、奥陶系甚至志留系,又被中或下泥盆统不整合覆盖。花岗岩类岩年龄 450—380Ma 之间。

海西期—印支期岩浆岩出露较分散,绝大多数为花岗岩类,少数为镁铁质侵入岩,其成岩年龄集中在 240—210Ma 间。值得注意的是,近年来高精度的测年资料显示,部分原定的印支期花岗岩,如丫江桥(汪相等,2003)、骑田岭、砂子岭(付建明等,2004)、同安、牛庙等岩体(朱金初等,2005)实为燕山早期;而部分原定为燕山期岩体可解体出印支期花岗岩,如贵东岩体(徐夕生等,2003)和锡田岩体(马铁球等,2005)中解体出印支期花岗岩。除少量为简单深成岩体外,多数以复式(杂)岩体出现。如紫云山、五峰仙、寨前等岩体是由加里东期、印支期、燕山期花岗岩构成的复式杂岩体,而白马山、大义山、贵东等岩体是由印支期、燕山期花岗岩构成的复式杂岩体。岩性主要为黑云母二长花岗岩、花岗闪长岩,少量正长花岗岩。其暗色造岩矿物主要为黑云母,部分含角闪石(望云山、关

帝庙、五峰仙、桃江),而有些岩体如广东的下庄、帽峰及湖南的浏山巷子口、王仙岭含有白云母。基性—超基性侵入岩(辉绿岩、煌斑岩)分布零星,规模较小,大多呈岩墙、岩脉状产出,受控于北东、南北向断裂。形成时代主要为印支期—燕山期(梁新权等,2003;范蔚茗,2003)。

中生代基性火山岩主要分布在南岭中段的西部,北东向的衡阳—永州—恭城区域大断裂的东侧,宁远—道县—江华北东向的拗断带内。主要喷发时代为燕山早期,同位素年龄在 174—147Ma 之间(范蔚茗等,2003)。呈点多、面小的小型碱性玄武质熔岩流、熔岩被和岩脉形式产出。这些火山岩中富含上地幔—下地壳的深源包体(孔华等,2000,2001;李吕年等,2001;郭锋等,1997),具有板内构造环境和软流圈来源的岩石地球化学特征(赵振华等,1998)。值得注意的是道县玄武岩(155—150Ma, Li et al, 2004)属于高镁玄武岩($MgO > 16\%$),是地幔柱活动的表现形式之一。赣南三南地区燕山早期的基性火山岩系最为典型,面积最大,并构成双峰式火山岩(陈培荣等,1999)。其次,最大的酸性火山岩见于九嶷山地区的两江口(西山杂岩体内),Rb—Sr 法同位素等时线年龄为 154Ma,与西山花岗岩构成火山—侵入杂岩。该杂岩具有铝质 A 型花岗岩的岩石地球化学特征,形成于板内构造环境(付建明等,2004)。

基性—超基性侵入岩(辉绿岩、煌斑岩)分布零星、规模小,大多呈岩墙、岩脉状产出,受控于北东、南北向断裂。形成时代主要为印支期—燕山期(梁新权等,2003;范蔚茗,2003)。

中生代的花岗质—花岗闪长质小岩体广泛分布在古生界地层组成的拗陷区,断裂控制作用明显。前人研究认为,花岗闪长质小岩体(如铜山岭、宝山、水口山)有幔源物质的明显加入,在时空上与铜多金属矿床关系密切(王岳军等,2001),而花岗质小岩体(如千里山、栗木)一般为高度演化的过铝花岗岩,与钨、锡矿床关系密切。它们的同位素年龄介于 181—148Ma 之间(陈培荣等,2002)。

华南花岗岩岩体的空间分布受基底构造及深大断裂的控制明显,往往形成规模宏大的构造岩浆带,展布方向以东西向、北东向为主,部分呈北西向、南北向产出。南岭花岗岩带的主体为燕山早期花岗岩,呈东西向带状展布,与南岭山系的总体走向一致。在南岭五岭中,除越城岭为加里东期花岗岩外,其他四岭均由燕山早期花岗岩构成。显然,燕山早期花岗岩是决定南岭早期花岗岩带和南岭山系的主要因素。根据岩体的展布、区域分布与构造的关系,在南岭地区可划分出 3 条呈东西向展布的燕山早期花岗岩带,即:骑田岭—九峰山岩带、九嶷山—大东山—贵东岩带和花山—姑婆山—连阳岩带,并伴有双峰式火山岩与 A 型花岗岩(王德滋等,2004)。岩性以二长花岗岩为主,其次为正长花岗岩和花岗闪长岩。重要岩体有骑田岭、花山、姑婆山、九嶷山、九峰山、大东山、大义山、都庞岭和佛岗等。

2) 岩浆作用与成矿

南岭地区的岩浆活动具有多期次活动的特点。其中,大规模金属成矿作用(如 W、Sn、Bi、Mo、Li、Be、Nb、Ta、REE 以及 U 等)与燕山期酸性岩浆侵入活动有密切的成因联系。与晋宁期岩浆活动有关的锡铜(铅锌)多金属矿分布较为广泛(30 多个矿床及矿点),代表矿床有一洞、五地锡铜多金属矿,红岗、沙坪锡铜多金属矿,围绕岩体呈规律分布,从岩体接触带向外有锡钨矿床→锡铜矿床→铜(铅锌),矿产矿物组合由岩体接触带向外有由高温矿物组合向中低温矿物组合变化的特点,成矿时代在 800—717Ma 之间(陈毓川等,1995)与岩体形成时代吻合。与加里东期花岗岩类岩浆活动有关的矿产分布较少,有确切成矿年龄的有姑婆山白石顶钼矿,其辉钼矿 Re—Os 法年龄为 424.6Ma(李晓峰等,2009)。印支期形成的矿床较少,有确切成矿年龄的有都庞岭李贵福(邹先武等,2009)、广西栗木(杨锋等,2009)、江西仙鹅塘(刘善宝等,2008)和荷花坪(蔡明海等,2006)钨锡矿。燕山期岩浆作用与成矿的关系如下:

矿床与花岗岩体空间关系:矿床的展布方向和排列形式常与岩体相同,岩浆热液活动、成矿作用与构造运动的发展、演化一致,矿化强度与不同侵入期次的控矿岩体吻合。在空间上,矿床与花岗岩体关系主要有以下 3 种:①矿化直接产于花岗岩体中,形成斑岩型矿(江西岩背)、变花岗岩型矿(如广西栗木、湖南大义山)、云英岩型矿(如湖南大垌);②矿化产于花岗岩体与围岩接触带中,形成矽卡岩型矿(如湖南锡田、柿竹园);③矿化产于花岗岩体外接触带围岩中,形成石英脉型矿(如广西珊瑚长营岭、烂头山)、断裂破碎带蚀变岩亚型(如广西观音山)和层间破碎带蚀变岩亚型矿(如湖南香花岭、荷花坪)。

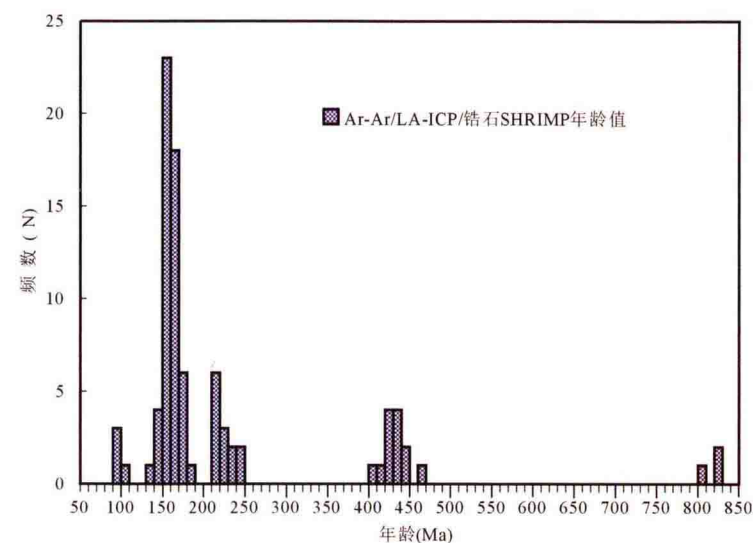


图6 南岭地区花岗岩成岩年龄直方图

矿床规模常常在岩体及其附近以大、中型为主,而向外以中、小型为主。矿物组合也有从岩体向外由复杂到简单的规律。

成岩与成矿的时间关系:成矿岩体多为一些多期次岩浆活动形成的复式岩体,成岩时代以燕山早期中晚阶段和燕山晚期为主。在同一个复式岩体中,早期岩性常常为斑状黑云母二(钾)长花岗岩和少量花岗闪长岩,它们导致早期锡矿床的形成,或早期的矽卡岩化和锡的初步富集;晚期为中—细粒花岗岩(脉),往往与晚期锡矿体相伴产出,出现了较强的 W、Sn 矿化,有的还叠加在早期矽卡岩矿(化)体之上,主要有斑岩型、石英脉型、破碎带蚀变岩型等矿床。但成岩与成矿是连续的过程,不存在明显的时间差,如骑田岭锡矿床锡矿石中云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 160—156Ma(毛景文等,2004;彭建堂等,2007),高精度成岩年龄主要为 161—150Ma(朱金初等,2003;付建明等,2004);柿竹园钨锡多金属矿矿石中辉钼矿 Re—Os 年龄为 151Ma(李红艳等,1996)、云母 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 148Ma(彭建堂等,2007)和 153Ma(毛景文等,2004),与毛景文等(1995)千里山岩体第一期花岗岩的成岩时代 152Ma 相吻合;九嶷山大垌锡钨矿辉钼矿 Re—Os 法等时线 151Ma,花岗岩年龄为 156—151Ma(付建明等,2004);锡田钨锡多金属矿(刘国庆等,2008)、瑶岗仙钨矿(彭建堂等,2007)、香花岭锡多金属矿(袁顺达等,2008)以及赣南的几个钨锡矿也有类似特征(彭建堂等,2007;丰成友等,2007)。

三、南岭区域地球化学

1978 年,我国开始实施以水系沉积物为主要采样介质、定量分析 39 种元素和氧化物的 1:20 万地球化学填图(即区域化探全国扫面),获得了系统而规范的大面积、多参数(39 种分析元素、氧化物)的地球化学数据,建立了全国区域化探数据库,为我国的矿产勘查及基础地质研究起到了巨大的推动作用。

南岭地区 1:20 万水系沉积物测量已覆盖全区,发现了一批化探异常区带,为南岭地区地质找矿工作提供了重要线索。前人针对 1:20 万化探数据做了大量分析工作,积累了一些经验,如:原南岭项目组通过聚类分析选定 Sn、W 等 15 个元素作了数据统计分析,对 Bi、W、Sn、Mo、Ag、As、Pb、Zn 8 个元素作了原始数据地球化学图;蒋中和对南岭中段湘南地区 12 个岩体开展的 1:20 万化探数据异常动态筛选工作,以异常元素类别和数量、异常面积、形态、衬度等特征值作为评估岩体找矿潜力的主要依据,指出姑婆山、九嶷山、都庞岭构成的“三角”地带,可能是南岭中段又一具较大锡资源潜力的“金三角”等。但区域化探数据蕴含着丰富的信息,以往的成矿远景区划工作多以省为界,综合研究则局限于单个独立矿床或小范围,缺乏宏观整体规划部署、面上展开,此外由于历史原因,各家的地、物、化、遥数据和资料相互封锁,交流渠道不畅通,资料二次开发力度也欠缺,所获数据远未得到充分运用。如何对这些数据二次开发利用,挖掘其找矿信息和解决地质问题的潜力,已成为勘查地球化学界的共识。“南岭地区锡矿选区评价与成果集成”项目组为开展南岭成矿带的区域性找矿工作部署研究,对成矿带内 1:20 万水系沉积物测量数据进行系统的再整理。

1. 数据处理方法过程

地球化学数据整理工作的具体工作流程见图 7。

(1)南岭地区 1:20 万化探数据由湖南、广东、广西、江西等省的部分数据组成,包括 73 597 个数据点。

(2)数据网格化在 Mapgis 6.5 数字高程模型系统中完成,网格间距所有元素统一为 4mm×4mm(比例尺 1:50 万),其网度相当于 1:20 万实际组合样品点的间距(2km×2km)。网格化数据处理均采用距离幂函数反比加权网格化方法,距离幂指数 2。结果为各元素原始数字高程模型(.Grd)。

(3)为消除偶然性变化等引起的离群值,采用中值低通滤波法对所有元素的原始数字高程模型进行数据预处理。中值滤波是基于排序统计理论的一种能有效抑制噪声的非线性数据处理技术,其基本原理是把数字图像或数字序列中一点的值用该点的一个邻域中各点值的中值代替,让周围的像素值接近的真实值,从而消除孤立的噪声点。常规算术平均值受数据分布影响很大,而中位数则要稳健得多,因此在数据预处理时采用中值低通滤波法,在 Mapgis 6.5 高程库管理模块中完成,窗口 3×3(6km×6km)。

(4)中值低通滤波后的各元素数字高程模型(.Grd),草圈地球化学图,用于初步分析评估元素的数据质量。数据质量评估采用目测法,对图面结构合理的可将元素高程值(经过步骤 3 滤波)导出,进行统计分析、地球化学图和异常图的编制以及其他信息的提取,地球化学图中有明显台阶等现象的元素则进行数据校正处理。

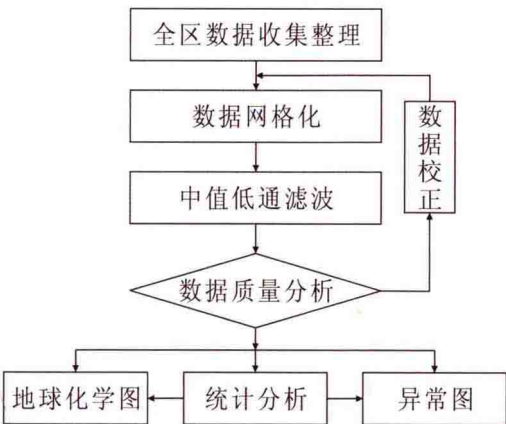


图 7 地球化学数据处理流程图

(5)数据校正:区域地球化学数据受地理景观、采样介质、分析手段的影响,不可避免地会产生系统误差,尤其是区域性的化探数据,会有多家分析单位参与分析测试工作,这种误差更为突出。在进行正式的数据处理与地球化学图编制之前,对各元素数字高程模型(.Grd)进行检查,对有明显系统误差的部分进行处理,使数据能更好地反映地质现象和矿化信息。本次工作主要对在1:20万图幅间有明显的系统分析误差的B、La、Si、Y、Zr 5个元素进行了数据校正,仅有局部或很小偏差的部分元素未作校正处理。

计算方法采用:

$$V_{ai} = AV_i + B$$

其中: V_{ai} 为校正后数据; A 为校正系数; V_i 为原始数据; B 为校正常数; A 与 B 值的确定由经验、统计规律确定。

判断标准:地球化学图上出现与地质背景不相符的东西向、南北向条带,正方形低值区或高值区。

校正中实际参数选用见表 1。

表 1 部分元素数据校正参数表

元素	问题区中位数	外围区中位数	A	B
Zr	104	329	3	15
La	34.5	43	1.25	0
SiO ₂	64.54	69.7	1.1	0
B	40	71.8	1.5	12
Y	21	30	1.2	5

数据校正前后对比图见图 8、图 9、图 10、图 11。

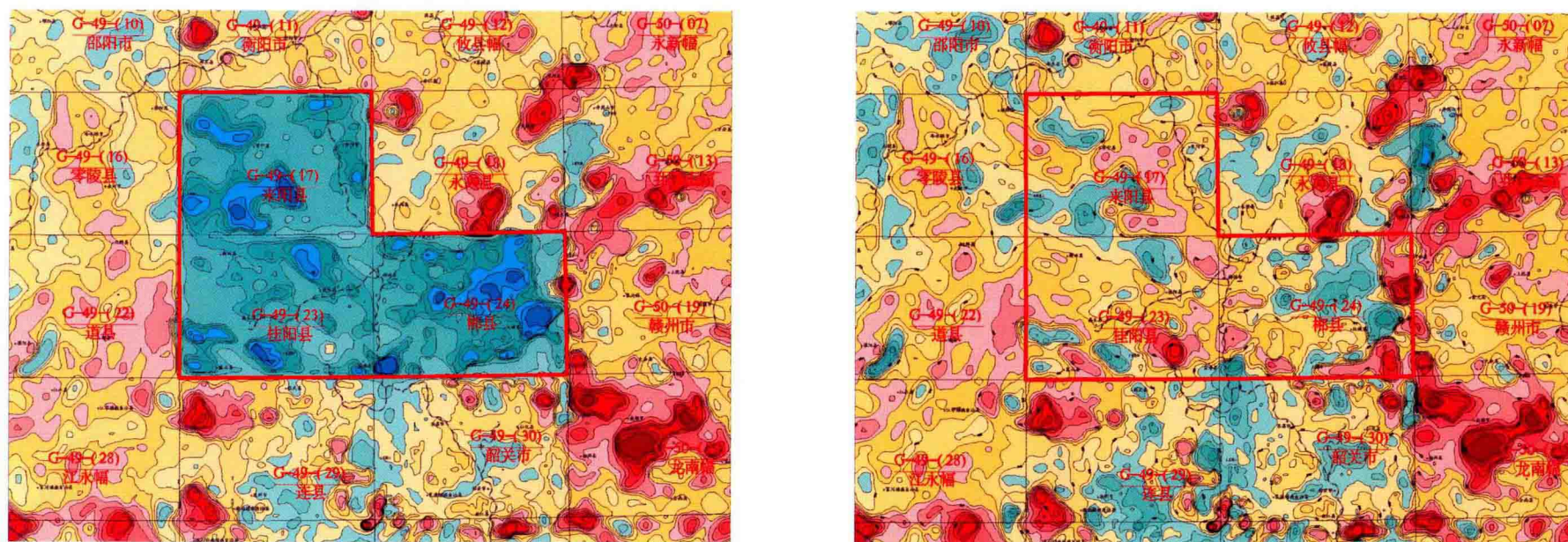


图 8 Zr 数据校正前后对比图(局部区域)

(6)地球化学图:色阶划分采用累计频率分级,按频率间隔 0.2、0.5、1.2、2、3、4.5、8、15、25、40、60、75、85、92、95.5、97、98、98.8、99.5、99.8、100 分 21 级,其中 0.2%~3%的 5 级为低值区,4.5%~25%的 4 级为低背景区,40%~75%的 3 级为背景区,85%~97%的 4 级为高背景区,98%~100%的 5 级为高值

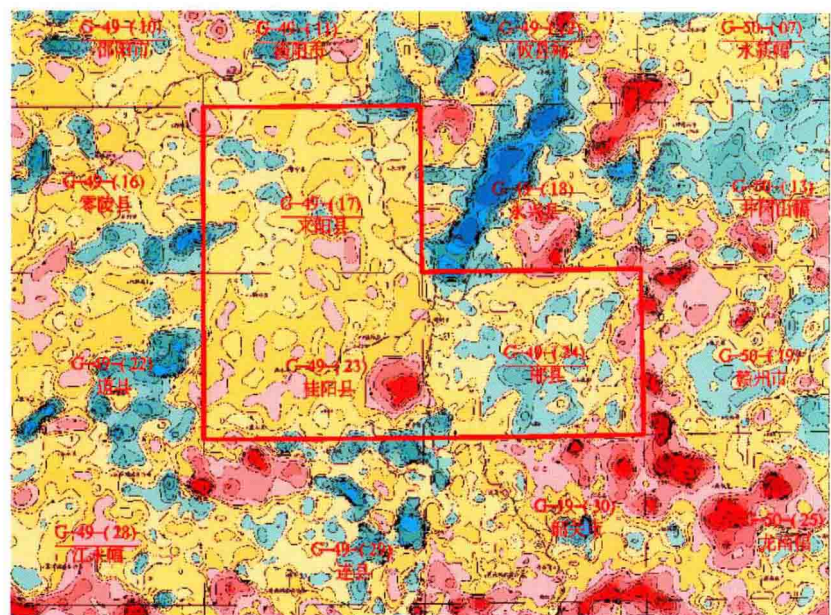
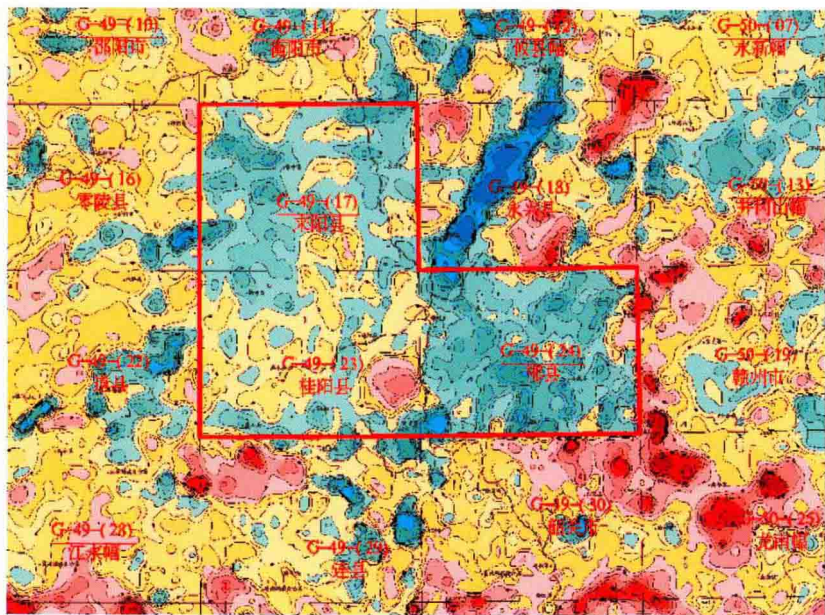


图 9 La 数据校正前后对比图(局部区域)

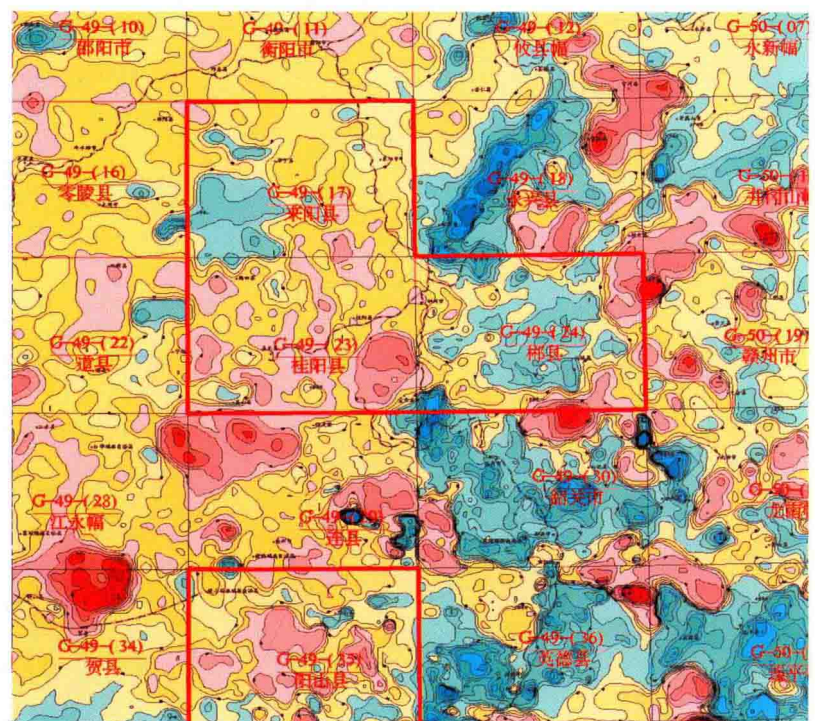
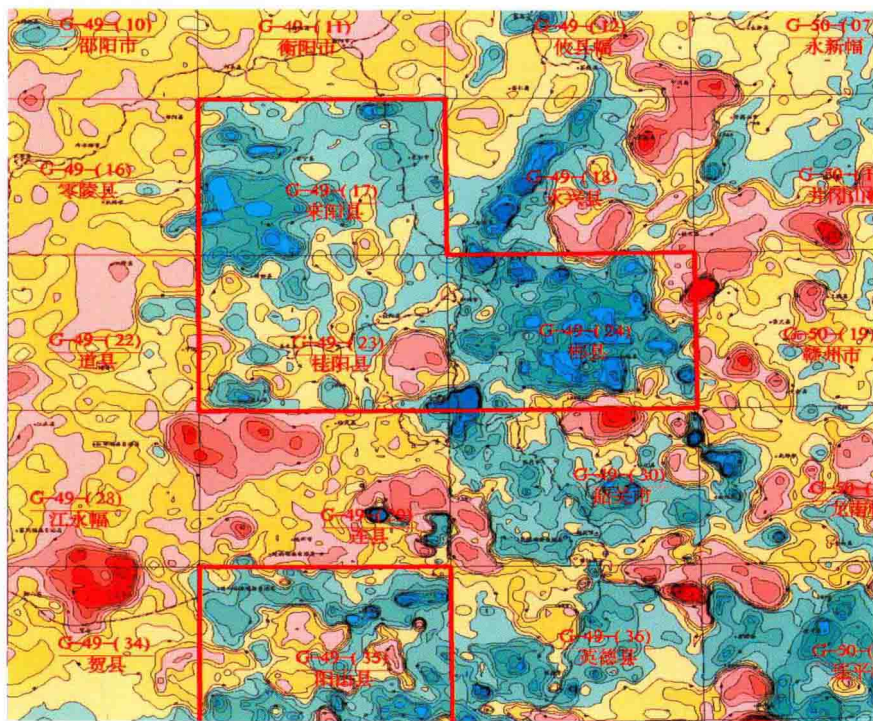


图 10 Y 数据校正前后对比图(局部区域)

区,见图 12 所示。

所有元素地球化学图均在 Mapgis 6.5 数字高程库模型模块中完成,地球化学图上各元素特征值统计和直方图在数字地质填图系统 2.0 中完成。

(7)元素组合异常图:选取地球化学性质相似、空间套合较好的一组元素叠加而成。本次成图均采用一张组合异常图上选择 3 个元素,以异常下限为基准,划分为 3 个浓度带以不同线型表示。各元素异常下限的选取见下节。

(8)残差异异常等值线图:地球化学异常信息提取方法较多,各种方法的原理及适用条件不同。区域地球化学异常是相对于区域地球化学背景而言的,地球化学背景包括空间范围和含量幅度两方面的含义(阮天健等,1985)(图 13)。区域地球化学背景不是一个确定的含量值,而是一个含量范围,空间上表现为较大范围内连续变化的曲面,主要受地质背景控制。此外,区域地球化学数据还受地理景观、采样介质、分析手段等因素影响,不可避免地产生系统误差而或多

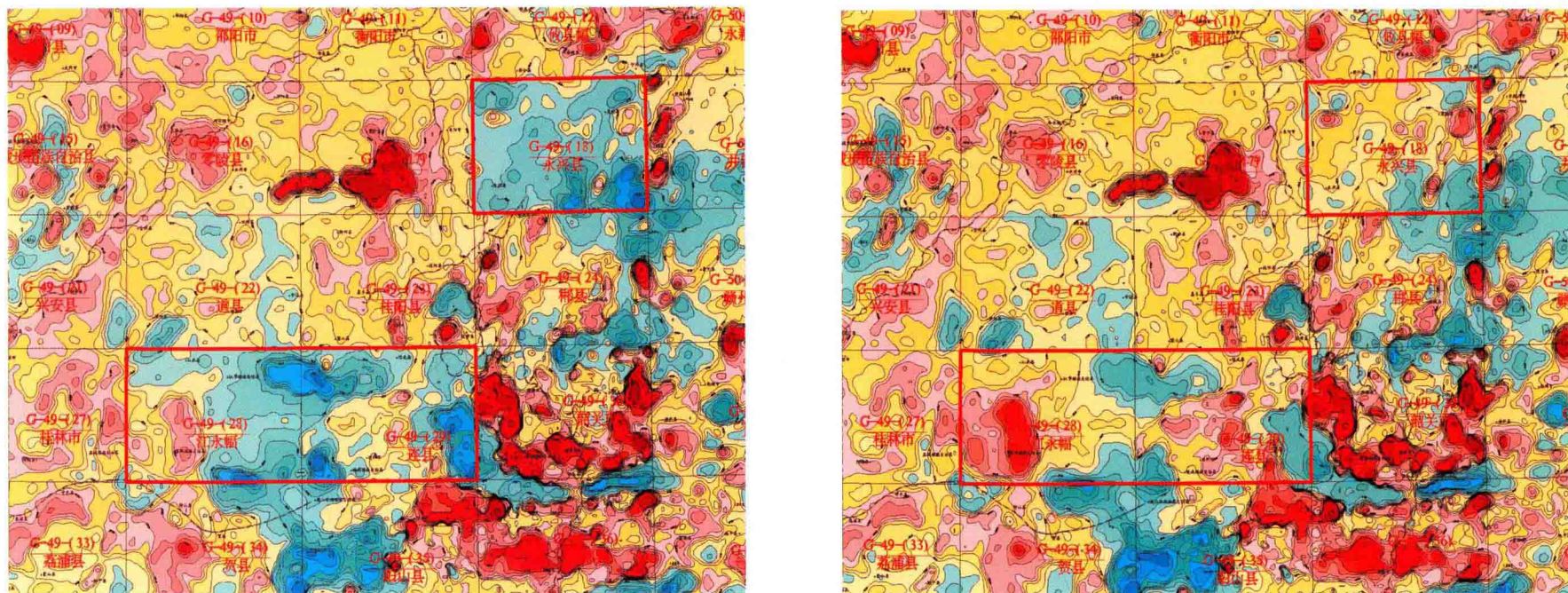


图 11 B 数据校正前后对比图(局部区域)

累频	0.2	0.5	1.2	2	3	4.5	8	15	25	40	60	75	85	92	95.5	97	98	98.8	99.5	99.8	100
色区																					
区名	低 值 区					低 背 景 区				背 景 区			高 背 景 区				高 值 区				

图 12 南岭地区地球化学图色区划分

或少地改变背景曲面的形态。在正确圈定异常前就需尽可能真实地模拟区域地球化学背景曲面的变化,以对区域地球化学数据进行适当的背景校正(包括系统误差的消除)。为此我们也尝试着进行了一些探索性工作,具体方法见“应用 MAPGIS 数字高程模型提取区域地球化学异常信息的方法探讨”(陈希清等,2009)。

通过对比试验分析,认为采用 9×9 统计窗口对原始数据进行邻域中值统计计算后的模型能较好地反映南岭地区背景的变化情况。在此基础上应用 MAPGIS 的数字高程模型进行规则网差值运算(或数学表达式计算一求差),用模拟的空间背景场值对原始数据进行背景校正,以消除地质背景、地理景观、样品分析批次等不同的影响,用差值圈定了南岭地区钨锡的残差异常等值线图。

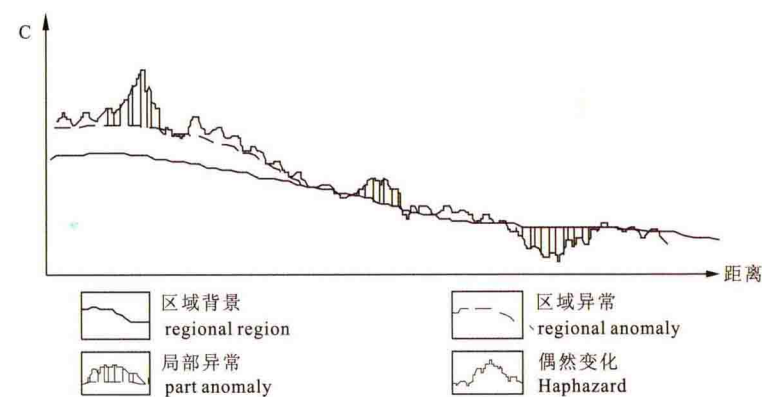


图 13 不同尺度异常的关系示意图

2. 南岭区域地球化学特征

1) 区域地球化学场分区

依据胡云中等(2006)中国浅表地球化学场分区图,南岭成矿带大部位于华南二级地球化学区(Ⅱ-11),桂林以西地区属上扬子二级地球化学区(Ⅱ-10)(图 14)。

华南地球化学区的突出特点是铁族元素(Fe_2O_3 、Cr、Ni、Co、Mn、V、Ti)和 Cu、Zn 等呈低背景域分布; SiO_2 、Sn、W、Pb、Nb、U、Sb、Mo、Au、Ag、Hg 等呈高