

中国地质调查局

《南岭地区锡矿成矿规律研究》项目成果

项目编号：200310200072 1212010533307

南岭锡矿

TIN DEPOSITS IN NANLING RANGE

付建明 徐德明 杨晓君 马丽艳 蔡明海 刘云华
魏君奇 刘国庆 魏道芳 陈希清 程顺波 梅玉萍

等著



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

中国地质调查局

《南岭地区锡矿成矿规律研究》项目成果

项目编号:200310200072 1212010533307

南岭锡矿

Nanling Xikuang

付建明 徐德明 杨晓君
马丽艳 蔡明海 刘云华
魏君奇 刘国庆 魏道芳
陈希清 程顺波 梅玉萍

等著



中国地质大学出版社有限责任公司

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE YOUXIAN ZEREN GONGSI

图书在版编目(CIP)数据

南岭锡矿/付建明,徐德明,杨晓君,马丽艳,蔡明海,刘云华,魏君奇,刘国庆,魏道芳,陈希清,程顺波,梅玉萍等著. —武汉:中国地质大学出版社有限责任公司,2011. 5
ISBN 978-7-5625-2554-7

- I. 南…
- II. ①付…②徐…③杨…
- III. 南岭-锡矿-教材
- IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 151536 号

南岭锡矿	付建明 徐德明 杨晓君 马丽艳 蔡明海 刘云华 魏君奇 刘国庆 魏道芳 陈希清 程顺波 梅玉萍	等著
责任编辑:王凤林 张晓红	责任校对:张咏梅	
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)	邮编: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. cn	
开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16	字数:405 千字	印张:15.75
版次:2011 年 5 月第 1 版	印次:2011 年 5 月第 1 次印刷	
印刷:武汉中远印务有限公司	印数:1—1 500 册	
ISBN 978-7-5625-2554-7	定价:78.00 元	

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

南岭地区以发育大量花岗岩,盛产有色、稀有金属而闻名于世。其中,钨锡是主要优势矿种,保有储量居世界之首,其产锡历史可追溯到宋元丰元年(闻广,1980)。据全国以省、自治区、直辖市为单位统计,广西、湖南的锡矿储量分列第二、第三位,江西钨矿储量最大;湖南锡矿石冶炼、加工生产产量居全国之首。

南岭地区地质找矿和科研工作历史悠久。解放前,孟宪民、张更(1936)著有《湖南临武香花岭锡矿地质》;李四光(1942)撰写的《南岭何在?》对南岭区域构造进行了很好总结;1941—1949年先后有李四光、张更、孟宪民、谢家荣、吴磊伯等作过广西富川、贺县、钟山锡矿区及区域地质调查,谢家荣(1945)著有《湘桂交界富贺钟江砂锡矿纪要并泛论中国锡矿之分布》。

解放后,原地质矿产部、冶金部所属地质队首先在广西富贺钟、广东海陆丰和赣南几个老矿区开展地质工作,在两广很快探明砂锡矿工业储量(田开铭,1957);以钨矿为主的湘南、赣南、粤北有大量共生、伴生的锡储量,为百业待兴的新中国作出了巨大贡献。随后,在该区开展了几轮科学研究和普查勘探工作,每轮科研和地勘工作均有理论上的创新和找矿上的突破:“六五”期间国家重点科技攻关项目“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”,对该区区域构造与控岩控矿构造(地质矿产部南岭项目构造专题组,1988),花岗岩类与含矿岩体(地矿部南岭项目花岗岩专题组,1989),区域地球化学(於崇文等,1987),有色、稀有金属矿床与成矿系列(陈毓川等,1989),泥盆纪层控矿床(曾允孚等,1987)等问题进行了研究;“七五”期间国家重点科技攻关项目“我国东部隐伏矿床研究”的湘桂地区铜、铅、锌、锡隐伏矿床研究项目,着重对桂北及桂东北(王思源等,1994)、广东(丘广礼等,1994)、湘南(庄锦良等,1993)和赣南(梅勇文等,1994)的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,提出了预测区及找矿靶区;在此基础上,“八五”期间的地矿部科技攻关项目“武夷—云开典型成矿区成矿地质条件及成矿预测研究”突出了找矿预测研究等(饶家光等,1997;杨明桂等,1998;杨振强等,1997;梁约翰等,1998)。经过40余年的地质生产、科研、教学部门的努力,发现南岭钨、锡多金属矿床多达千余,其中,已探明大中型矿床260多处;在不同构造单元、不同成矿时代、不同围岩、不同类型花岗岩及其不同剥蚀程度的地段,可出现不同矿种、不同类型或不同矿石组合的矿床。

1999年新一轮国土资源大调查项目实施以来,围绕南岭地区钨锡多金属矿地质找矿,中国地质调查局部署了一批区(矿)调、物化探、重点普查区勘查及科研项目,在深化区域构造—岩浆—成矿作用认识的同时,先后在骑田岭、锡田、荷花坪、诸广山—万洋山、九嶷山、都庞岭、花山—姑婆山、八仙脑、牛岭、淘锡坑、南坑山、良源、九曲等地发现了多处具有中—大型规模的钨锡多金属矿床和一批具有重大找矿远景的找矿靶区,以及具有重大找矿意义的破碎带蚀变岩型和变花岗岩型等新类型钨锡矿床。此外,国家部署的危机矿山接替资源勘查项目,在湘南瑶岗仙、黄沙坪、赣南大吉山、岗美山、粤北凡口等老矿山深部及其周边,新矿体、新类型矿石和其他矿种的发现使资源量不断增加。这些成果表明南岭地区还有巨大的找矿潜力,反映了中国地质调查局选区部署的合理性和科学性。

《南岭锡矿》是中国地质调查局部署的矿产资源调查评价计划项目“南岭地区锡多金属矿调查评价”子项目“南岭地区锡矿成矿规律研究”(项目编号:200310200072、1212010533307)的综合研究成果。该项目主要目标任务是总结锡矿区域成矿规律,建立找矿标志,指导区域找矿,提出下一步南岭成矿带工作部署建议方案。研究范围涉及湖南、广西、广东、江西 4 省(区),面积约 17 万 km²(图 0-0-1)。

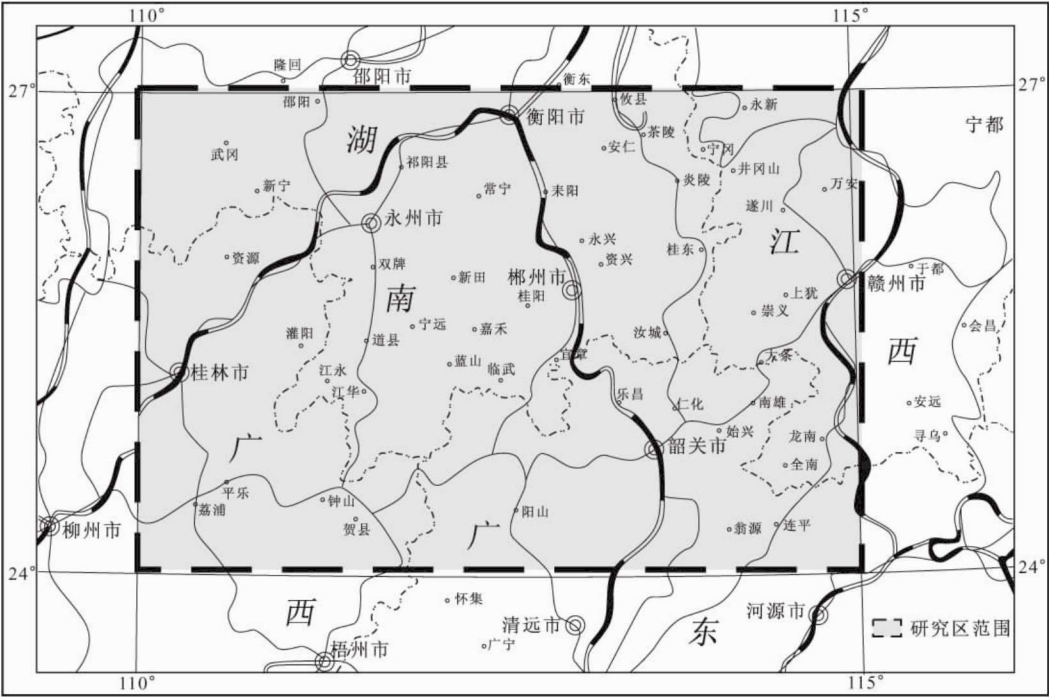


图 0-0-1 研究区交通位置图

研究工作紧密结合大调查以来南岭地区的找矿工作实践,以与锡矿成矿作用关系最为密切的构造运动和岩浆活动为主线,在扎实的野外锡多金属矿床及其有关的成矿花岗岩调查[东坡、香花岭、花山—姑婆山、越城岭、大义山、九嶷山、锡田、荷花坪、骑田岭、都庞岭、海洋山、诸广山—万洋山、崇(义)—(上)犹—(大)余、大东山、乐昌—连平]和室内大量岩石地球化学、同位素地球化学、同位素年代学和流体包裹体地球化学研究的基础上,完成了“南岭地区锡矿成矿规律研究”报告,本专著是在该研究报告的基础上经过修改、补充、整理而成的。

研究取得的主要新成果和新认识如下:

(1)采用锆石 SHRIMP U-Pb、全岩和石英流体包裹体 Rb-Sr、云母 Ar-Ar 以及辉钼矿 Re-Os 等方法获得了一批高精度的成岩成矿年龄数据。数据显示成矿作用紧随成岩过程,两者在同一背景条件下形成,其中高峰期为 160—150Ma、次高峰期为 140—130Ma,为深入研究成矿机理、成矿动力学机制、探讨区域成矿规律以及成矿预测等提供了大量年代学基础资料。值得注意的是,我们还在湖南荷花坪锡多金属矿区获得一个印支期辉钼矿 Re-Os 等时线年龄数据(224.0 ± 1.9 Ma),该年龄与赋矿花岗岩的形成年龄接近,虽然只有一个年龄值,但却是一个突破,证明印支期(224—211Ma)也有钨锡成矿的可能,值得重视。

(2)按物质来源,将南岭花岗岩划分为壳源重熔型(C 型)、壳幔混合及其分异型(H 型)和

铝质 A 型花岗岩(A 型)3 大类,并系统总结了它们的识别指标。提出本区的大型锡矿与 H 型和铝质 A 型花岗岩的关系密切,而不是以前普遍认为的典型壳源重熔的 S 型(本专著的 C 型)花岗岩。

(3)以成因类型为线索,结合产状、容矿岩石、主要矿物组合、矿体形态、蚀变特征和容矿构造等对南岭地区原生锡矿类型进行了重新划分,包括云英岩型、变花岗岩型、矽卡岩型、石英脉型、破碎带蚀变岩型和斑岩型 6 种类型。其中,根据破碎带性质的差异,把破碎带蚀变岩型进一步分为断裂和层间破碎带蚀变岩两个亚型。

(4)提出了研究区锡多金属矿主要沿“一带、四区”[“一带”是指北东向锡田-骑田岭-九嶷山-花山-姑婆山锡多金属成矿带,包括湖南锡田钨锡多金属矿集区、湖南东坡钨锡多金属矿集区、湖南骑田岭锡钨多金属矿集区、湖南香花岭锡钨钽铌多金属矿集区、湖南九嶷山锡钨多金属矿集区和湘桂交界花山-姑婆山钨锡多金属矿集区;“四区”是指湖南大义山锡多金属矿集区、湘桂交界都庞岭锡钨钽铌矿集区、湖南桂东-江西崇(义)-(上)犹-(大)余钨锡多金属矿集区、粤赣交界始兴-全南钨锡多金属矿集区]分布的新认识。

(5)研究认为地幔流体对南岭锡多金属矿的形成起了重要作用。根据矿石中黄铁矿(黄铜矿)He、Ar 同位素组成、石英和萤石流体包裹体成分、镁铁质微粒包体及其寄主花岗岩成矿元素 Sn 及挥发分元素 CO_2 、F、Cl 等含量变化关系、区域花岗岩的 Sm、Nd、Rb、Sr 同位素组成特点以及幔源中-基性岩(玄武岩、辉绿岩、煌斑岩)分布情况等,指出南岭锡矿的成矿流体为地幔、地壳和大气水混合产物,但以地幔流体为主,并且成矿物质 Sn 可能主要来自地幔而非地壳。

(6)初步总结了研究区不同类型锡多金属矿的流体包裹体特征。获取了两相盐水包裹体 1 632 个均一温度数据,提出了矿物主要晶出温度变化范围为 $80\sim 400^\circ\text{C}$ (平均值为 204°C),呈现 3 个温度段:高温段集中于 $300\sim 400^\circ\text{C}$ 、中温段集中于 $230\sim 300^\circ\text{C}$ 、低温段集中于 $80\sim 230^\circ\text{C}$ 。初步研究认为锡多金属矿矿石中萤石和石英流体包裹体若干特征可作为壳幔岩浆混合证据和成矿潜力评价的指标。

(7)提出了燕山早期华南内陆可能属于被动陆缘裂谷环境、大规模岩浆活动和爆发式成矿与太平洋板块的俯冲作用没有直接联系的新认识,并总结了成岩成矿大爆发的形成机制:岩石圈减薄、软流圈上涌,引起软流圈或软流圈与岩石圈交界部位岩石的部分熔融,形成玄武岩浆;玄武岩浆的底侵,提供持久、量大的高热流,又促使岩石圈不同层圈,特别是地壳的熔融,形成巨量的花岗质岩浆;在这个过程中,由于充足的热能供给,有利于流体和成矿物质的循环,也有利于大规模成矿。

(8)对研究区锡多金属矿的控矿规律进行了系统总结,建立了区域成矿模式和找矿模式。提出了 6 类锡矿床产出的标志性特征,可将其作为预测与其条件相似的未知区段的地质准则。

专著共分五章 23 节,各章节由项目组成员分别执笔完成,最后由项目负责人付建明研究员统稿。报告图件由杨晓君、刘国庆、刘红艳、马丽艳、孙明惠、胡锦涛等编制完成。

研究工作过程中曾得到中国地质调查局龙宝林处长,原武汉地质矿产研究所李金发所长、潘仲芳副所长、姚华舟副所长以及陈富文研究员、何龙清研究员自始至终的关心和指导。在野外工作期间得到了湖南省地质调查院贾宝华、符巩固、伍式崇、徐辉煌、曾桂华、黎传标、曾志方、刘亚新、陈文辉、陈必河,广西壮族自治区地质调查研究院黄宏伟、王瑞湖,广东省地质调查院李祥能,湖南省有色地质勘查局杨长明、胡新发等领导和同行的帮助。在专著编写过程中武汉地质矿产研究所梁约翰研究员付出了大量心血,在此一并对所有支持过我们研究工作的同

志和单位表示最衷心的感谢。

专著引用了广东、广西、湖南、江西省(区)部分地勘单位矿产资源调查评价项目的最新成果。我们所引用的文献资料,将尽可能在专著参考文献中加以标注说明,但由于引用文献资料较多,遗漏之处在所难免,恳请有关单位和作者见谅。

全体成员经过 5 年艰苦工作,取得了大量的第一手资料,并在此基础上完成了本专著。尽管专著中显示研究工作取得了不少进展,也提出了一些新认识,但毋庸置疑仍然存在着大量问题需要我们进一步探索,就本专著而言,也可能存在一些错误之处,敬请所有阅读此专著的领导、专家和同行提出批评和建议,我们将认真考虑大家的宝贵意见,并在以后的工作中不断完善。

目 录

第一章 区域成矿地质背景	(1)
第一节 区域地层(马丽艳 刘云华)	(1)
一、前震旦系	(1)
二、震旦系—志留系	(1)
三、泥盆系—三叠系	(2)
四、侏罗系—新近系	(2)
第二节 区域构造(徐德明 刘国庆)	(3)
一、构造单元划分	(3)
二、深部构造单元	(9)
三、主要表层构造特征	(11)
第三节 区域岩浆岩(付建明 程顺波)	(15)
一、成矿前(晋宁—印支期)的岩浆活动	(16)
二、成矿期(燕山期)的花岗岩浆活动	(17)
第四节 与花岗岩有关的锡矿床分类(付建明 蔡明海)	(20)
第二章 主要锡多金属矿床、成矿岩体及其研究新进展	(22)
第一节 湖南锡田钨锡多金属矿集区(马丽艳 杨晓君 刘国庆)	(22)
一、区域成矿地质条件	(22)
二、主要矿床地质特征	(30)
三、矿床成因分析	(33)
第二节 湖南东坡钨锡多金属矿集区(付建明 魏道芳)	(38)
一、东坡钨锡多金属矿田	(38)
二、荷花坪锡多金属矿床	(46)
三、宝峰仙花岗岩体成岩年龄研究及其意义	(57)
第三节 湖南骑田岭锡钨多金属矿集区(马丽艳 刘云华 程顺波)	(60)
一、区域成矿地质条件	(61)
二、主要矿床地质特征	(64)
三、矿床成因分析	(67)
四、新田岭砂卡岩型白钨矿床成矿年龄的再研究	(69)
第四节 湖南香花岭锡钨钽铌多金属矿集区(马丽艳 陈希清 魏君奇)	(72)
一、成矿地质条件	(72)
二、主要矿床地质特征	(76)
三、矿床成因分析	(81)

第五节 湖南九嶷山锡钨多金属矿集区(陈希清 马丽艳 魏君奇)	(82)
一、区域成矿地质条件	(82)
二、主要矿床地质特征	(86)
三、矿床成因分析	(90)
四、铜山岭花岗岩及其成岩年龄研究	(91)
第六节 湘桂交界花山-姑婆山钨锡多金属矿集区(徐德明 程顺波)	(94)
一、区域成矿地质条件	(94)
二、主要矿床地质特征	(99)
三、矿床成因分析	(111)
第七节 湖南大义山锡多金属矿集区(马丽艳 陈希清)	(111)
一、区域成矿地质条件	(111)
二、主要矿床地质特征	(116)
第八节 湘桂交界都庞岭锡钽铌矿集区(徐德明 刘云华)	(120)
一、区域成矿地质条件	(120)
二、主要矿床地质特征	(126)
三、矿床成因分析	(134)
四、下一步工作建议	(135)
第九节 湖南桂东-江西崇(义)-(上)犹-(大)余钨锡多金属矿集区(付建明 杨晓君)	(136)
一、区域成矿地质条件	(136)
二、主要矿床地质特征	(138)
三、成矿时代讨论	(147)
第十节 粤赣交界始兴-全南钨锡多金属矿集区(杨晓君 付建明)	(148)
一、区域成矿地质条件	(148)
二、主要矿床地质特征	(149)
三、成矿时代	(152)
第三章 成矿作用机制	(158)
第一节 锡多金属矿床矿物流体包裹体研究(杨晓君 陈希清)	(158)
一、流体包裹体岩相学特征	(158)
二、流体性质	(163)
三、流体包裹体的显微测温和相关参数	(164)
四、流体包裹体成分	(172)
第二节 地幔流体在锡多金属成矿过程中的作用(付建明 刘云华)	(175)
一、地幔流体与成矿	(175)
二、南岭地区锡矿的 He、Ar 同位素组成	(176)
第三节 南岭地区锡矿物质来源的思考——以骑田岭花岗岩为例(付建明)	(179)
第四节 锡的成矿作用(徐德明)	(181)
一、锡的地球化学特征及其在自然界中的分布	(181)

二、岩浆及热液作用中锡的地球化学行为	(181)
三、与岩浆热液作用有关锡矿床的成矿作用分析	(184)
第四章 南岭地区燕山早期成岩成矿作用有关问题的探讨	(190)
第一节 燕山早期花岗岩形成的大地构造背景及动力学机制(付建明 程顺波)	(190)
第二节 南岭地区壳—幔相互作用(付建明)	(192)
一、燕山期玄武岩浆底侵作用与花岗岩大爆发	(192)
二、壳幔岩浆混合作用及其成因机制——以湖南骑田岭花岗岩为例	(194)
第五章 成矿规律及成(找)矿模式	(204)
第一节 锡多金属矿成矿规律(付建明 徐德明)	(204)
一、地层及岩性对成矿的控制	(204)
二、构造对成矿的控制	(204)
三、岩浆活动对成矿的控制	(209)
四、成矿作用的时间分布规律	(213)
第二节 各类锡矿床产出的标志性特征(付建明 蔡明海)	(217)
一、云英岩型(I型)	(217)
二、变花岗岩型(II型)	(218)
三、矽卡岩型(III型)	(219)
四、石英脉型(IV型)	(220)
五、斑岩型(V型)	(220)
六、破碎带蚀变岩型(VI型)	(221)
第三节 成(找)矿模式(付建明 徐德明)	(221)
主要参考文献	(224)

第一章 区域成矿地质背景

第一节 区域地层

南岭地区自古一中元古代以来,各时代地层发育较齐全。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相、陆相稳定型沉积。

一、前震旦系

古一中元古宙桃溪岩组仅见于研究区东南缘的江西会昌县境内,主要由变粒岩、片岩组成;其变质火山岩锆石 U-Pb 年龄值 1 777Ma、1 678Ma(甘晓春等,1996)。中元古宙冷家溪群、四堡群分别出露于湘中和桂北,主要为巨厚的浅变质碎屑岩,普遍夹基性—超基性岩。四堡群中超基性岩 Rb-Sr 同位素年龄值为 1 667Ma(甘晓春等,1996)。中元古界为区内金矿重要赋矿层位之一。

新元古宙出露颇广,主要为一套浅变质的中、深海相碎屑岩。青白口系包括桂东北丹洲群、湘中高洞群、湘南大江边组 and 赣南神山组、潭头群,下部常夹细碧—角斑岩、石英角斑岩、碳酸盐岩;中部以黑色板岩为主;上部有沉凝灰岩和中厚层杂砂岩,偶夹白云质灰岩。丹洲群中的超基性岩锆石 U-Pb 同位素年龄为 837Ma(甘晓春等,1996);为金、铅、锌矿的重要赋矿层位。

近几年来,付建明等(2004)在九嶷山砂子岭中粒角闪黑云二长花岗岩里选到一颗具有浑圆状内核的继承锆石,利用锆石 SHRIMP U-Pb 法,获得其 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄为 $2\,669\pm 20\text{Ma}$ ($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 年龄为 $2\,382\pm 34\text{Ma}$)。陈必河等(2004)采用 Sm-Nd 法,得到湖南宁远碱性橄榄玄武岩内尖晶石二辉橄榄岩包体全岩—矿物 Sm-Nd 等时线年龄值为 $2\,702\pm 19\text{Ma}$,这些年龄结果暗示南岭地区可能还存在新太古宙的古老地壳。

二、震旦系—志留系

分布在赣南—桂东后加里东隆起区和广大海西拗陷区内“岛屿状隆起”中。在湘桂内陆带震旦系与下伏前震旦系为微角度不整合或平行不整合接触,仅在沉积盆地中心地区为连续过渡关系;而在湘赣粤过渡带两者为连续沉积,局部为平行不整合,仅在研究区外围福建长汀一带出现微角度不整合。

湘桂内陆带的震旦系—下古生界为碳酸盐台地沉积,由台地相碳酸盐岩、台缘斜坡相砾屑灰岩和斜坡相钙屑浊积岩、泥岩、硅质岩组成,代表一套陆壳基底上的大陆斜坡沉积,当属于扬子板块;其中,震旦系由砂砾岩、冰碛岩、含锰碳酸盐岩和顶部的硅质岩组成。而湘赣粤过渡带震旦系为陆屑浊流沉积,沉积厚度和沉降速率远大于前者,当属于华夏板块,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岩,含铁硅质岩、火山岩、碳酸盐岩夹层,顶部也为硅质岩。

寒武系分布广、发育较全,与下伏震旦系多呈整合接触。除湘西南、桂东北为浅海相炭质页岩、灰岩组成的过渡型沉积外,其他地区均为浅变质的深海相泥砂质浊流沉积,是银、金重要

赋矿层位。底部炭质层有铀、钒等元素富集,局部成矿。在赣西南等地夹有碳酸盐岩,为钨、锡、银多金属赋矿层位。厚度6 642m(饶家光等,1997)。

奥陶系分布不及寒武系广泛,与下伏寒武系呈整合接触。下部主要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。为银、铅赋矿层位。厚度3 625m(饶家光等,1997)。

志留系仅在赣西南见有零星的灰色磨拉石堆积,称丫山组;其他地方缺失。

三、泥盆系—三叠系

泥盆系分布广、变化大;海侵来自西南,具有向北东逐渐超覆、变薄的总趋势;东部和中部缺失下、中统,与下伏地层为角度不整合接触。下统分布于研究区西南部,为浅海—滨海相碎屑岩建造、浅海相碳酸盐岩夹碎屑岩建造,局部夹多层赤铁矿,厚度一般在几百至两千米间;中统为浅海相碳酸盐岩建造,碳酸盐岩夹碎屑岩及滨海—浅海相碎屑岩建造,厚度数百至两千米不等;上统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。该层位是锡钨铅锌矿的重要赋矿层。

石炭系较泥盆系分布更广、发育更全,西南部厚度较东北部大。下统在桂北—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;上统岩性稳定,主要为浅海相碳酸盐岩建造,厚度在数十米至1 279m间。与下伏泥盆系主要呈整合接触关系,局部见平行不整合。该层位中的碳酸盐岩为锡多金属矿的重要赋矿岩性。

二叠系与上石炭统呈整合或平行不整合接触;上、下统间亦呈平行不整合接触。下统栖霞组岩相厚度较稳定,主要为浅海相碳酸盐岩建造;茅口组岩相变化大,自西向东为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。厚度一般为数百米。骑田岭砂卡岩型锡矿主要赋存于栖霞组中。上统下部(龙潭组)以滨海沼泽相、海陆交互相的含煤碎屑岩建造为主,岩相、厚度变化较大,于萍乡厚达1 000m;上部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,后者中上部见有厚10~195m的中酸性火山碎屑岩。

三叠系中下统为滨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、砂页岩等,厚600~1 100m;上统岩相差异大,主要有陆相含煤碎屑岩建造、以陆相为主的海陆交互相含煤碎屑岩建造、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。

四、侏罗系—新近系

侏罗系下统分布广,中统局限,上统仅发育在粤东、赣南。中下统主要为陆相盆地含煤碎屑岩建造的砾岩、砂砾岩、长石石英砂岩、炭质页岩夹薄层煤等,局部夹火山碎屑岩,角度不整合于下伏地层之上,上统为陆相喷发—沉积或陆相盆地砂砾岩建造,局部夹煤线,与下、中统亦呈角度不整合接触。

白垩系散布于大小不等的盆地中,主要为滨湖、浅湖相砂、泥岩,山麓相砾岩,局部夹盐湖相膏泥岩。下统含石膏、钙芒硝;上统产铜、铀及石膏矿。

古近系和新近系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。

至于锡多金属矿与地层的关系可以概括为(梁约翰等,1998):①赋矿地层随着矿床所处地质构造单元不同而不同。如在隆起区,主要赋矿层位有新元古界、寒武系、奥陶系;在坳陷区,主要赋矿层位为上古生界、中生界。②尽管研究区内少数地层层位相对富集锡多金属矿,但它们仅仅是有某些组分加入到岩浆中,构不成“矿源”。③地层作为成矿作用围岩介质,以其物理性质(如抗压强度、孔隙度、表面积等)、化学性质(活泼者有利于矿质交代和沉淀在特定的岩性单元之中,不活泼者起阻挡层作用)、岩层孔隙中的气液以及在其范围内所形成的构造空间,使岩浆分异演化而析出的含矿气液流体在其中充填、交代交换,最终形成包含地层某些组分在内的矿床;有利岩性是碳酸盐岩。

第二节 区域构造

一、构造单元划分

南岭地区最重要的控岩控矿构造,毫无疑问当属把其一分为二的杭州—诸广山—花山(HZH)高 ϵ_{Nd} 、低 T_{DM} 带(肖庆辉等,2002)。最早识别出该带的 Gilder 等(1996)认为,这条带可能是伸展(加走滑)的产物而不是大陆碰撞的结果,它乃是华南东南部断块同西北部较稳定的地块之间的一条界线。随后人们逐渐认识到(Chen JF 和 John BM,1998;陈江峰等,1999;沈渭洲等,2000;洪大卫等,2002)该带可能是扬子板块和华夏板块在新元古代的碰撞对接带(称为钦-杭结合带)(图 1-2-1),并且此后多次沿该带开合,使该带成为地幔物质上涌加入地壳的一条重要通道,导致花岗岩的 ϵ_{Nd} 值升高和 T_{DM} 值降低。该带以西的湘桂内陆带和以东的湘赣粤过渡带构造地质背景的差别主要表现在:

(1)根据现有爆破地震资料(蔡学林等,2004),华南岩石圈分层结构模型自上而下可分为四层:上地壳(P 波平均速度 5.76~5.98km/s,代表中新世代沉积岩层及中晚元古代、早古生代浅变质岩层)、中地壳(平均速度 6.33~6.49km/s,可能属太古代—早元古代变质基底)、下地壳(平均速度 6.75~7.08km/s,可能属玄武质岩或中基性麻粒岩层)、上地幔(上地幔顶部 P_n 波平均速度为 7.94~8.10km/s)。据此编制的华南莫霍面等深度图,大致以 HZH 带为界,两侧的地壳厚度明显不同:东侧变化不大,一般为 30~32km,局部为 34km;西侧为一个较大梯级带,变化范围为 30~48km,一般大于 40km。地震与重磁资料似乎一致表明,HHZ 带两侧的深部为两个不同的块体。

(2)根据泉州—黑水地学断面地球物理参数统计分析表明(饶家荣等,2001),华南地区岩石圈地球物理模型不仅存在纵向分层,也具有横向分块的特点,各地块在层速度、密度、电性、热结构、重磁场特征上显示出明显差异(表 1-2-1);扬子板块和华夏板块的分界可能位于茶陵—永兴一线(与 HZH 带位置十分接近)。值得注意的是:①在该线以东大地电磁测深反映为稳定的壳内高导层,爆破地震反映为较连续的壳内低速层;而该线以西,从湘中到川东,都没有壳内高导层,说明两大块体壳幔构造的不均一性和中生代以来构造活动的差异性。在四堡期以前大部分地区已存在统一的花岗质大陆块,是泛华南大陆块的组成部分。②HHZ 带东西两侧重磁场特征存在明显差异:在 1:1000 000 布格重力异常图上,此线以东,重力场为纺锤状大面积平缓负值区,磁场属于正磁异常为主的强磁异常区,磁异常变化较大,梯度强度也

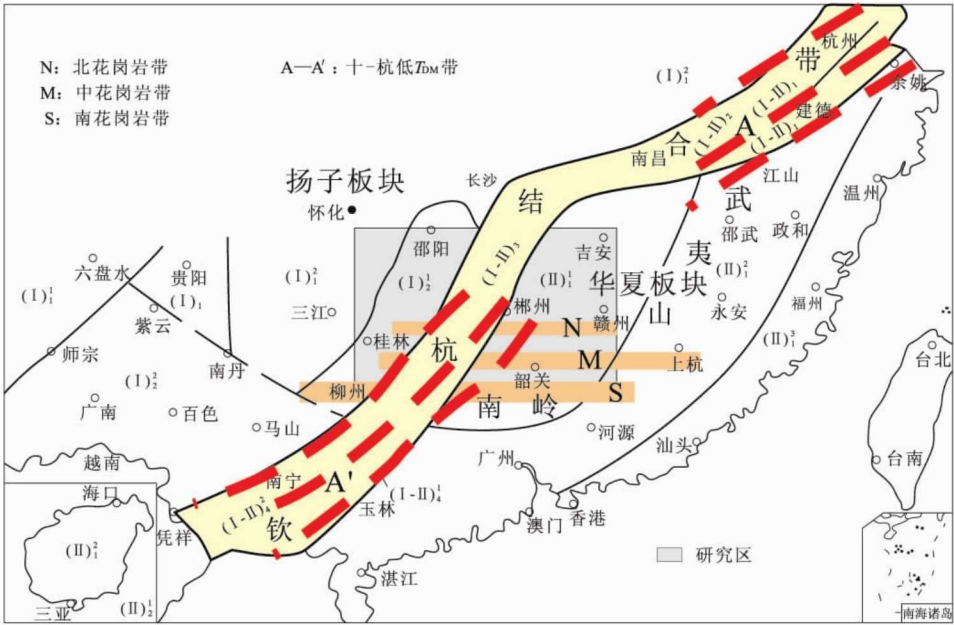


图 1-2-1 华南地区大地构造单元划分示意图

(底图据丁鹏飞, 2001)

I. 扬子板块; (I)₁. 扬子板块; (I)₁¹. 上扬子板块; (I)₁². 江南地块; (I)₂. 湘桂活动带; (I)₂¹. 湘中南-桂东北褶皱带; (I)₂². 右江褶皱带. II. 华夏板块; (II)₁. 浙闽赣粤活动带; (II)₁¹. 罗霄褶皱带; (II)₁². 武夷-云开褶皱带; (II)₁³. 东南沿海中生代火山断陷带; (II)₂. 华夏板块; (II)₂¹. 琼南残留地块. I-II. 钦(州)-钱(塘)结合带; (I-II)₁. 浙西地块; (I-II)₁¹. 怀玉山块体; (I-II)₁². 萧山-常山块体; (I-II)₂. 万年地体; (I-II)₃. 赣西-湘东褶皱带; (I-II)₄. 钦州褶皱带; (I-II)₄¹. 钦州块体; (I-II)₄². 郁江块体

较大,局部异常的幅值在(50~600)nT 之间,方向各异;此线以西重力场与扬子地台组成一个块体,磁场微弱、低缓、平稳,一般幅值为不到 100nT 的正异常(饶家荣等,2001)。③大规模的加里东变质带(武夷山、九连山、云开大山和武功山)全部出露在湘赣粤过渡带,变质程度达角闪岩相,说明加里东运动时湘赣粤过渡带是一个高热流值区,华夏板块的西北边缘当时似乎具有活动大陆边缘的性质(洪大卫等,2002)。尽管如此,其航磁异常反映为弱磁场背景,属弱磁性深变质基底;从速度模型来看,没有发现高速体,应属典型的陆壳结构(孙文珂等,2001)。

表 1-2-1 华南地区深部地球物理参数特征

参数(单位)	扬子板块	华夏板块
地壳速度(km/s)	6.36	6.23
地壳密度(kg/m ³)	2.78~2.84	2.71~2.76
地壳厚度(km)	42.92	31.05
下地壳厚度(km)	19.85	10.72
岩石圈厚度(km)	113~320	80~150
地表热流(mW/m ²)	33.05~48.50	25.11~63.84
深部热流(mW/m ²)	25.86~33.33	8.24~36.92
上地幔密度(kg/m ³)	3.32~3.36	3.30
地壳和上地幔电阻率(Ω·m)	$n \times 10^2 \sim n \times 10^3$	$n \times 10 \sim n \times 10^2$

(3)湘桂内陆带的加里东期花岗岩以壳源重熔型(S型)为主,规模小,活动时间短(418—411Ma),岩性简单,以二长花岗岩为主,主要产于穹隆构造核部,说明它们形成于稳定地区;湘赣粤过渡带的加里东期花岗岩规模巨大,I型和S型同时出现,活动时间长(569—377Ma),岩性复杂,从石英闪长岩直至碱长花岗岩,混合岩化、片麻状构造发育,主要受断裂构造控制(肖庆辉等,2002)。

(4)元古宙基底变质沉积岩和变质中酸性火成岩的 Sm-Nd 同位素体系不同(Hong 等, 1998):湘桂内陆带(扬子板块)Sm-Nd 同位素体系有较高的 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值(平均分别为0.124 0和0.512 350),说明源岩中有较多的地幔组分(较低的地壳成熟度);而湘赣粤过渡带和浙闽粤沿海带(华夏板块)两个比值均较低(平均分别为0.105 0和0.511 750),说明源岩中有较高的地壳成熟度(图 1-2-2)。

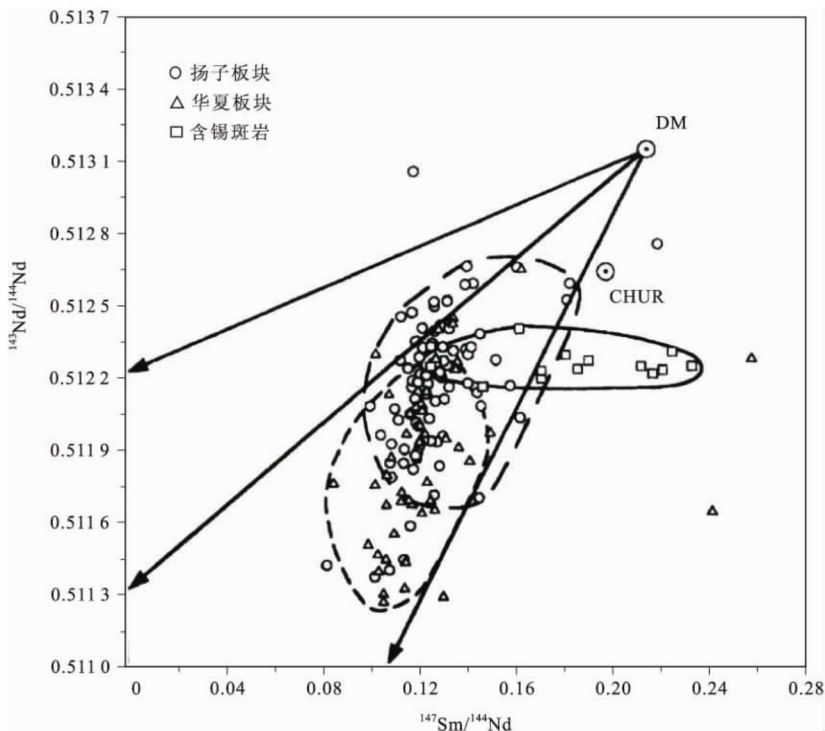


图 1-2-2 华南元古宙基底变质沉积岩、变质中酸性岩和中生代含锡斑岩的 Sm-Nd 图 (Hong 等,1998)

(5)燕山期花岗岩及其矿化不一:湘桂内陆带、湘赣粤过渡带和浙闽粤沿海带的花岗岩物质来源均以古老地壳物质为主,但是前者奠基于扬子板块之上,后两者奠基于华夏板块之上,也就是说,它们的岩石圈组成、壳幔相互作用的程度、性质及其地球动力学环境的差异,从根本上制约了各自花岗岩的同位素组成和矿化类型(表 1-2-2)。湘桂内陆带的矿化以 Sn、Nb、Ta 为主,而湘赣粤过渡带却以 W、U、Nb、Ta 为主(肖庆辉等,2002)。

(6)中生代火山活动主要发育于湘赣粤过渡带中。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)。其次是分布在北东侧宁远—道

表 1-2-2 花岗岩的同位素组成(肖庆辉等,2002)

花岗岩带	湘桂内陆带	湘赣粤过渡带	浙闽粤沿海带
I_{Sr}	≥ 0.720	$0.708 \sim 0.720$	< 0.708
$\delta^{18}O(\text{‰})$	$10 \sim 13$	$9 \sim 12$	$7 \sim 9$
$\epsilon_{Nd}(t)$	$-7 \sim -14$	$-6 \sim -14$	$7 \sim 6$
$T_{DM}(\text{Ga})$	$1.8 \sim 2.4$	> 1.8	< 1.4
基底变质岩时代(Ga)	$1.7 \sim 1.8$	$1.8 \sim 2.0$	$1.6 \sim 2.0$
花岗岩类型	强过铝的 S 型	弱过铝的 S 型	I 型和 A 型
矿化	Sn、Nb、Ta	W、U、Nb、Ta	Cu、Mo、Pb Zn、Ag

县-江华拗断带内的道县火山岩,同位素年龄在 174 — 147Ma 之间(范蔚茗等,2003),为小型碱性玄武质熔岩流、熔岩被和岩脉,出露点多、面小;富含上地幔一下地壳的深源包体(孔华等,2000;李昌年等,2001;郭锋等,1997;孔华等,2001),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 Xianhua 等,2004)属于高镁玄武岩($MgO > 16\%$),是地幔柱活动的表现形式之一。南岭地区最大的酸性火山岩位于西山杂岩体内(九嶷山地区的两江口),其 Rb-Sr 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)。湘桂内陆带较稳定,火山喷发活动十分微弱。

综合前人资料并结合本次工作的认识,我们以茶陵-郴州-连山岩石圈深大断裂为界,将研究区划分为扬子板块和华夏板块两个一级构造单元(图 1-2-3)。二级构造单元主要根据板块内的地质演化史、基底属性、盖层特征、构造运动与构造形变以及岩浆活动等特点来划分。扬子板块划分为湘西-桂北隆起(I_1)、大瑶山隆起(I_2)、鹰阳关-九嶷山隆起(I_3)、湘桂拗陷(I_4)、桂中拗陷(I_5) 5 个二级构造单元;华夏板块包括大夷山-罗霄山隆起(II_1)、怀集-连山隆起(II_2)、粤北拗陷(II_3) 3 个二级构造单元。三级构造单元是在二级单元的基础上,根据分布在隆起区和拗陷区中的次级拗陷和次级隆起来划分,它们主要分布在湘桂拗陷、大夷山-罗霄山隆起、怀集-连山隆起和粤北拗陷中。湘桂拗陷区划分为关帝庙-东岗山次级隆起(I_4^1)和都庞岭-阳明山次级隆起(I_4^2);大夷山-罗霄山隆起区划分为汝城-酃县-永新次级拗陷(II_1^1)、仁化-全南-和平次级拗陷(II_1^2)和万安-遂川-崇义-信宁次级拗陷(II_1^3);粤北拗陷区划分为乐昌-连平次级隆起(II_3^1)和英德次级隆起(II_3^2)。

(一) 扬子板块

1. 湘西-桂北隆起(I_1)

位于研究区西北角洪江、绥宁、城步、龙胜一带,属扬子板块雪峰山隆起的东南缘,主要由前泥盆纪地层组成。本区自中元古代至早古生代为海槽,广西运动后褶皱回返,除在洞口-城步一带接受印支期中晚泥盆世沉积外,大部分地区都相对稳定,长期遭受剥蚀。区内前泥盆纪地层普遍遭受低压型区域热动力变质作用,形成低绿片岩相或绿片岩相岩石。四堡运动和广西运动,使前泥盆纪地层发生强烈的褶皱、断裂和韧性剪切,构造线方向为北北东,紧密线状褶皱、倒转褶皱发育。印支运动使沉积盖层发生褶皱隆起,并形成局部的近南北向宽缓等厚背斜、向斜和伴有近南北向的压及压扭性断层。燕山期未见沉积,其相应的构造活动主要表现为

继承性的北东、北北东向脆性断裂活动。在岩浆活动方面,龙胜—元宝山一带有四堡期中酸性岩体及基性-超基性岩脉、岩株的侵入;猫儿山、越城岭有加里东期大规模酸性岩浆,其内部还发育有燕山早期酸性岩。

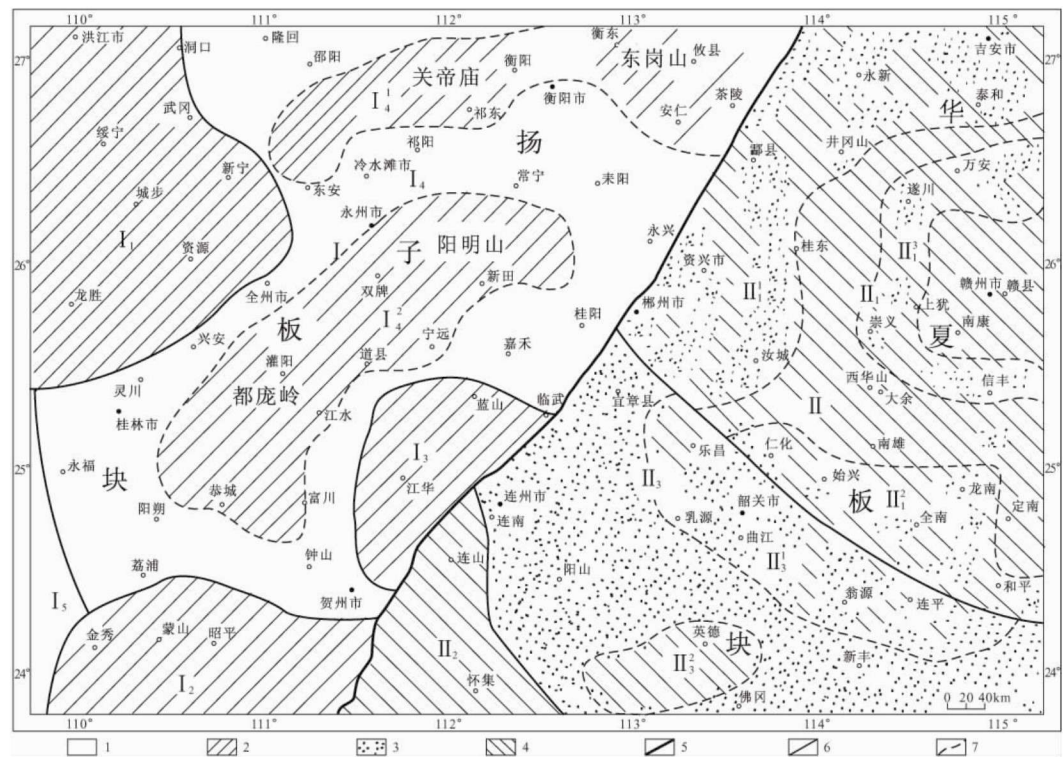


图 1-2-3 南岭中段大地构造分区图

1. 扬子区海西-印支期构造层; 2. 扬子区加里东-前加里东期构造层; 3. 华夏区海西-印支期构造层;
4. 华夏区加里东-前加里东期构造层; 5. 板块分区界线; 6. 块段分区界线; 7. 块段亚区分界线; I. 扬子板块;
I₁. 湘西-桂北隆起; I₂. 大瑶山隆起; I₃. 九嶷山隆起; I₄. 湘桂拗陷; I₄¹. 关帝庙-东岗山次级隆起;
I₄². 都庞岭-阳明山次级隆起; I₅. 桂中拗陷; II. 华夏板块; II₁. 大夷山-罗霄山隆起; II₁¹. 汝城-酃县-永新次级拗陷;
II₁². 仁化-全南-和平次级拗陷; II₁³. 万安-遂川-崇义-信宁次级拗陷; II₂. 怀集-连山隆起;
II₃. 粤北拗陷; II₃¹. 乐昌-连平次级隆起; II₃². 英德次级隆起

2. 大瑶山隆起(I₂)

位于研究区西南金秀、蒙山、昭平一带,主要由寒武纪和部分震旦纪地层组成。震旦纪早期发育一套冰水相碎屑岩,但砾石含量少,厚度较薄;震旦纪晚期以陆源碎屑复理石建造为主,夹炭质及硅质岩建造。寒武纪为一套砂泥质复理石建造,夹多层含砾砂岩。广西运动后隆升为陆,褶皱为紧密线状复式褶皱,构造线方向由西向东从近东西向转为北东向。晚古生代沉积盖层仅在隆起区北部边缘零星分布,为海陆交互相碎屑岩和浅海相碳酸盐岩沉积,印支运动使盖层发生褶皱,基底中心部位进一步隆起和剥蚀,出露面积扩大,同时也使盖层形成平展宽阔的近南北向、北东向褶皱和断裂。在隆起区东部,扬子板块与华夏板块沿茶陵—郴州—临武—大宁一线碰撞,两者合二为一。中生代受燕山期挤压及伸展作用影响,近东西、北东、北西向