



中国地质调查成果
CGS 2017-080

扬子陆块及周缘地质矿产调查工程丛书

钦杭成矿带（西段） 铜金多金属矿成矿规律与成矿预测

徐德明 张 鯤 胡 军
蔺志永 王 磊 胡俊良 等 著



科学出版社

(P-6197.01)



钦杭成矿带（西段）

铜金多金属矿成矿规律与成矿预测



www.sciencep.com

ISBN 978-7-03-059852-3



定价：198.00 元

扬子陆块及周缘地质矿产调查工程丛书

钦杭成矿带(西段)铜金多金属矿 成矿规律与成矿预测

徐德明 张 鲲 胡 军 等 著
蔺志永 王 磊 胡俊良

科 学 出 版 社

北 京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229,010-64034315,13501151303

内 容 简 介

本书系统总结钦杭成矿带(西段)区域成矿地质背景,并对华南大地构造格局及其演化、钦杭结合带的边界和范围等有关区域成矿背景问题进行探讨;选择不同类型的代表性矿床,详细介绍其成矿地质背景、矿床地质特征,分析矿床成因,建立成矿模式和找矿模型;归纳总结工作区的铜铅锌金多金属矿的成矿控制因素,划分成矿系列,总结矿床时空分布规律,并在此基础上划分找矿远景区,明确各找矿远景区的重点找矿方向和目标;应用 GIS 技术,以矿床模型综合地质信息预测方法体系为主要方法,开展数字成矿预测,在区内共圈定出综合预测区 202 个,并优选出 19 个找矿远景区,明确主攻矿种和矿床类型,预测资源量。

本书可供各级地矿行政管理部门、地勘单位和地质科技人员参考。

审图号:GS(2018)5970 号

图书在版编目(CIP)数据

钦杭成矿带(西段)铜金多金属矿成矿规律与成矿预测/徐德明等著. —北京:科学出版社,2018.11

(扬子陆块及周缘地质矿产调查工程丛书)

ISBN 978-7-03-059852-3

I. ①钦… II. ①徐… III. ①多金属矿床-成矿规律 ②多金属矿床-成矿预测 IV. ①TD163

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 265657 号

责任编辑:杨光华 何 念 / 责任校对:董艳辉

责任印制:彭 超 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉精一佳印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2018 年 11 月第 一 版 印张:17 1/4

2018 年 11 月第一次印刷 字数:406 000

定价:198.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《扬子陆块及周缘地质矿产调查工程丛书》

编 委 会

主 编 牛志军

副主编 段其发 徐德明

编 委 (以姓氏笔划为序)

马昌前 王 磊 邓 新 龙文国

卢友月 付建明 李 堃 李朗田

黄圭成 曹 亮 彭三国 彭练红

前 言

本书是中国地质调查局地质矿产调查评价专项计划项目“钦杭成矿带地质矿产调查(西段)”所设工作项目“钦杭成矿带(西段)重要金属矿床成矿规律及找矿方向研究”(项目编号: 1212011085405)和“钦杭成矿带西段资源远景调查评价”(项目编号: 12120113067200)的成果总结。两个项目的起止时间分别为 2010 年 1 月至 2012 年 12 月、2013 年 1 月至 2015 年 12 月,均由中国地质调查局武汉地质调查中心承担。

项目的主要目标任务是查明钦杭结合带(西段)形成和演化过程中的重大地质事件及其与成矿的耦合关系,总结区域成矿规律,建立典型铜金多金属矿床的成矿模式和找矿模型,对区内寻找大型-超大型铜金多金属矿床的远景做出评价,就钦杭成矿带(西段)地质矿产调查下一步工作的部署提出建议。

本书成果建立在对区内 60 余个矿床现场调查及大量岩石学、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,较好地完成了调查项目工作任务,达到了预期目标,其主要成果可概括如下。

(1) 在总结钦杭成矿带(西段)地质工作成果的基础上,编制了第一代钦杭成矿带西段 1:100 万地质图、地质矿产图、构造纲要图、岩浆岩图等基础系列图件,建立了矿产地数据库、地质图数据库等基础数据库,为实现矿产资源评价的定量化、数字化奠定了基础,也为矿产资源调查评价下一步工作部署提供了科学依据。

(2) 在综合分析已有资料的基础上,探讨了华南大地构造格局及其演化,论证了钦杭成矿带的边界和范围,首次将钦杭成矿带作为与扬子地块和华夏地块并列的一级大地构造单元来审视,并对其内部构造单元进行了划分,初步划分出 5 个二级构造单元、15 个三级构造单元。

(3) 通过岩石大地构造学研究,结合区域构造和沉积大地构造的分析,提出华南早中生代构造体制的转换发生在中—晚三叠世,而非前人所认为的发生在中—晚侏罗世,其以晚三叠世碱性花岗岩(A 型花岗岩)和基性岩的出现、北东向扩张盆地开始发育及晚三叠世较普遍的火山活动和晚三叠世地层与先期地层之间广泛的不整合为标志。

(4) 根据成矿物质来源、主导成矿作用的不同,将区内铜铅锌金多金属矿床划分为以岩浆源为主的岩浆热液型(岩控型)、以矿源层来源为主的沉积-改造型(层控型)和主要受构造作用控制的多源热液型矿床三大类;并从找矿实践出发,综合考虑矿体产出特征、成矿地质条件、成矿作用性质、成矿方式等方面的差异,进一步分为斑岩型、夕卡岩型、热液脉型、沉积-热水改造型、沉积-热液改造型、韧性剪切带型、构造蚀变岩型 7 种类型。

(5) 选择不同类型的代表性矿床进行了详细解剖,在详细分析成矿区域地质背景、地质条件和矿床地质特征的基础上,结合地球化学、同位素示踪和同位素年代学研究,探讨

了矿床成因,建立了成矿模式,归纳了找矿标志。

(6) 根据铜铅锌金多金属矿床的成因组合、形成构造环境及其随地质历史演化的特点,将钦杭成矿带主要金属矿床划分为 7 个成矿系列:中—新元古代海底喷流沉积型铜多金属矿床成矿系列、新元古代海相沉积-变质型铁锰矿床成矿系列、古生代海相沉积-叠生改造型铜铅锌矿床成矿系列、加里东期与花岗岩类有关的钨钼金银多金属矿床成矿系列、印支期与花岗岩类有关的钨锡铋钽铀多金属矿床成矿系列、燕山期与花岗岩类有关的铜铅锌金钨锡多金属矿床成矿系列和与区域动力变质热液作用有关的金银矿床成矿系列,并对各系列矿床地质特征、产出环境和时空分布规律进行了归纳和总结。

(7) 采用 SHRIMP 锆石 U-Pb、LA-ICP-MS 锆石 U-Pb、石英流体包裹体 Rb-Sr、辉钼矿 Re-Os、矿物(萤石、石榴子石)Sm-Nd 等方法,获得一批高精度的成岩、成矿年龄数据,结合近年来所获得的大量数据的统计分析,认为区内与花岗岩有关的矿床成矿时代主要集中在 800~717 Ma、440~410 Ma、230~210 Ma、170~90 Ma,分别对应于晋宁期、加里东期、印支期和燕山期,其中燕山期可进一步分为 170~150 Ma、130~120 Ma 和 110~90 Ma 三个年龄段,并在此基础上提出如下新的认识:①钦杭成矿带在从板块边缘到陆内活动带漫长而复杂的发展演化过程中,每一次大的构造变动事件都孕育了各种不同类型的矿床,是华南地区最重要的聚矿场所。②与花岗岩有关的成矿作用通常伴随着某一次构造变动事件中较晚期的岩浆侵入活动。例如,加里东期成矿花岗岩形成于志留纪,而奥陶纪花岗岩一般不成矿;印支期成矿花岗岩形成于晚三叠世,而早—中三叠世花岗岩一般不成矿,燕山期成矿岩体通常是较晚期(次)的细粒侵入体。③华南地区印支期花岗岩的规模和成矿价值可能超出了人们以往的认识,华南中生代大规模成矿作用可能在印支晚期就已拉开了序幕,晚三叠世是华南地区中生代大规模成矿的第一个高峰期,其规模仅次于中—晚侏罗世(170~150 Ma)。

(8) 在分析已有资料、建立预测模型、提取预测要素信息的基础上,开展了数字成矿预测,在区内共圈定出综合预测区 202 个(其中 A 级 89 个,B 级 75 个,C 级 38 个),并优选出 19 个找矿远景区,明确了主攻矿种和主攻矿床类型,预测了资源量。

本书研究工作自始至终得到中国地质调查局资源评价部和总工程师室、中南地区项目管理办公室、武汉地质调查中心各部门领导的关心与支持;资料收集和项目调研得到中南五省(区)国土资源厅和地质矿产勘查开发局,湖南省有色地质勘查局,广东省有色金属地质局及其所属院、队的支持和协助,前期还得到华东五省(江西、安徽、浙江、江苏、福建)地质调查(研究)院的支持;本书中所涉及矿区生产单位的领导和技术专家为项目组矿山考察提供了便利和帮助;工作过程中与“钦杭成矿带地质矿产调查(西段)”各工作项目的技术人员进行了有益的交流与讨论;样品测试得到中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室、西北大学大陆动力学国家重点实验室、国土资源部武汉矿产资源监督检测中心、中国地质科学院国家地质实验测试中心等单位的支持。在此一并表示衷心的感谢!

本书是项目组成员集体劳动的成果,各章节分别由徐德明、张鲲鹏、胡军、蔺志永、王磊、胡俊良、王晶、卢友月、周岱、龙文国、罗士新、陈希清执笔完成,最后由徐德明统改和定稿。

黄圭成研究员、丁丽雪助理研究员、黄皓工程师参加了项目前期工作;研究生赵朝霞、刘昱恒参加了部分野外调查及资料整理工作。本书中引用了大量前人资料,我们尽可能注明出处,但由于所引用的文献资料较多,难免有所遗漏,敬请有关单位和作者见谅。

尽管本书对钦杭成矿带区域地质背景和区域成矿规律的研究取得了不少进展,也提出了一些新的认识,但由于钦杭成矿带的研究总体上起步较晚,毋庸置疑仍有一些重大基础地质问题和制约找矿突破的关键科学问题需进一步探索,加之我们研究水平有限,书中也难免有疏漏和不妥之处,敬请同行专家批评指正。

作 者

2017 年 10 月

目 录

第 0 章 绪论	1
第 1 章 钦杭成矿带(西段)区域地质背景	4
1.1 区域地层	4
1.1.1 前南华系	4
1.1.2 南华系—志留系	6
1.1.3 泥盆系—二叠系	7
1.1.4 三叠系—新近系	8
1.2 区域构造	8
1.2.1 构造单元划分	8
1.2.2 表层构造特征	15
1.2.3 深部构造特征	25
1.3 区域岩浆岩	31
1.3.1 中性-酸性侵入岩	31
1.3.2 基性-超基性侵入岩	32
1.3.3 火山岩	33
1.4 区域地球物理特征	36
1.4.1 区域重力场特征	36
1.4.2 区域磁场特征	37
1.5 区域地球化学特征	38
1.5.1 地球化学场分区	38
1.5.2 区域岩石地球化学特征	38
1.5.3 水系沉积物地球化学特征	39
1.6 有关区域地质背景问题的探讨	43
1.6.1 华南大地构造格局及其演化	43
1.6.2 华夏古陆	45
1.6.3 钦杭结合带的边界和范围	47
第 2 章 矿床类型及典型矿床特征	48
2.1 铜铅锌金多金属矿床主要类型	48
2.2 湖南三墩热液型铜铅锌矿	49
2.2.1 区域地质背景	49
2.2.2 矿区地质特征	50

2.2.3	矿床地质特征	55
2.2.4	矿床成因	57
2.2.5	找矿标志	65
2.3	湖南七宝山夕卡岩-热液型铜多金属矿	65
2.3.1	区域地质背景	65
2.3.2	矿区地质特征	66
2.3.3	矿床地质特征	70
2.3.4	矿床成因	71
2.3.5	找矿模型	81
2.4	湖南黄金洞韧性剪切带型金矿	82
2.4.1	区域地质背景	82
2.4.2	矿区地质特征	82
2.4.3	矿床地质特征	84
2.4.4	矿床成因	85
2.5	广西古袍斑岩-热液脉型金矿	91
2.5.1	区域地质背景	92
2.5.2	矿区地质特征	93
2.5.3	矿床地质特征	95
2.5.4	矿床成因	99
2.6	广西盘龙沉积-热水改造型铅锌矿	105
2.6.1	区域地质背景	105
2.6.2	矿区地质特征	107
2.6.3	矿床地质特征	108
2.6.4	矿床成因	109
2.6.5	找矿标志	115
2.7	广西龙头火山-斑岩型金矿	116
2.7.1	区域地质背景	116
2.7.2	矿区地质特征	117
2.7.3	矿床地质特征	121
2.7.4	矿床成因	124
2.7.5	找矿标志	129
2.8	广西佛子冲沉积-热液改造型铅锌矿床	129
2.8.1	区域地质背景	129
2.8.2	矿区地质特征	130
2.8.3	矿床地质特征	131
2.8.4	矿床成因	135
2.8.5	找矿标志	143

2.9 广东高枋热液型铅锌银矿	145
2.9.1 区域地质背景	145
2.9.2 矿区地质特征	145
2.9.3 矿床地质特征	155
2.9.4 矿床成因	157
2.9.5 找矿标志	161
2.10 广东黄泥坑构造蚀变岩型金矿	161
2.10.1 区域地质背景	161
2.10.2 矿区地质特征	162
2.10.3 矿床地质特征	166
2.10.4 矿床成因	168
2.10.5 找矿标志	172
2.11 广东石叢斑岩-夕卡岩型铜钼矿	173
2.11.1 区域地质背景	173
2.11.2 矿区地质特征	173
2.11.3 矿床地质特征	183
2.11.4 矿床成因	185
2.11.5 找矿模型	189
第3章 区域成矿规律	191
3.1 铜铅锌金多金属矿控矿因素	191
3.1.1 沉积建造对成矿的控制	191
3.1.2 区域构造对成矿的控制	193
3.1.3 岩浆活动对成矿的控制	194
3.2 成矿系列	198
3.2.1 中—新元古代海底喷流沉积型铜多金属矿床成矿系列(I)	198
3.2.2 新元古代海相沉积-变质型铁锰矿床成矿系列(II)	200
3.2.3 古生代海相沉积-叠生改造型铜铅锌矿床成矿系列(III)	201
3.2.4 加里东期与花岗岩类有关的钨钼金银多金属矿床成矿系列(IV)	202
3.2.5 印支期与花岗岩类有关的钨锡铋钽铀多金属矿床成矿系列(V)	203
3.2.6 燕山期与花岗岩类有关的铜铅锌金钨锡多金属矿床成矿系列(VI)	204
3.2.7 与区域动力变质热液作用有关的金银矿床成矿系列(VII)	206
3.3 矿床的时空分布规律	208
3.3.1 成矿时代	208
3.3.2 空间分布特征	215
第4章 成矿区划与成矿预测	217
4.1 成矿区带的划分及特征	217
4.1.1 划分原则	217

4.1.2 成矿区带特征	217
4.2 找矿远景区划分及特征	228
4.2.1 划分依据	228
4.2.2 找矿远景区特征	228
4.3 成矿预测	236
4.3.1 成矿预测的原则和方法	236
4.3.2 成矿预测区的圈定	237
4.3.3 找矿远景区资源潜力分析	239
参考文献	243

第 0 章 绪 论

钦杭成矿带在大地构造上属于扬子和华夏两个古陆块于新元古代早期碰撞拼接所形成的古板块结合带,称为“钦杭结合带”(杨明桂和梅勇文,1997)。该结合带南西起广西钦州湾,经湘东和赣中,往北东延伸至浙江杭州湾,总体呈北东—北北东向反 S 状弧形蜿蜒于中国东南部,全长约 2 000 km,宽 100~300 km。本书所指的钦杭成矿带包括钦杭结合带及在构造上与其有密切联系的邻侧部分,但研究范围主要涉及钦杭成矿带(西段),并延伸到海南岛,行政区划隶属于湖南、广西、广东、海南四省(区),面积约 30 万 km²(图 0.1)。

研究区地质工作历史悠久。早在中华人民共和国成立之前,一批先辈地质学家就先后到本区进行过地质矿产考察和研究。中华人民共和国成立后,本区地质矿产工作有了突飞猛进的发展,开展了大量的区调、物探、化探、遥感、矿产勘查及科研工作,取得了丰硕的找矿成果,积累了丰富的地质矿产勘查资料,是国内基础地质调查、矿产勘查和地质科学研究程度较高的地区之一。

20 世纪 50 年代以来,地矿、有色、冶金、核工业、煤炭、武警黄金等地勘单位在区内开展了不同程度的矿产勘查工作。据不完全统计,1999 年国土资源大调查以前,全区已探明大型、中型矿床 184 处,其中包括资源量位居世界第一的锡矿山锑矿,亚洲第一的云浮硫铁矿,国内最大的富铁矿——石碌铁矿,以及七宝山、黄金洞、水口山、黄沙坪、柿竹园、珊瑚、佛子冲、河台、石茛等一大批享誉国内外的大型、超大型的有色金属、贵金属矿床。

1999 年以来,又新发现和评价了湖南的芙蓉、荷花坪、锡田、大新、留书塘,广西的盘龙、社垌、三叉冲、思委,广东的园珠顶、高枧、大金山、黄泥坑,海南的新村、抱朗等大型、中型矿床近 30 处。此外,危机矿山接替资源勘查在一批老矿山深部及外围也实现了找矿重大突破,资源量显著增加。例如,湘东北黄金洞矿区新增资源量金 11.52 吨;湘南黄沙坪矿区深部发现特大型钨钼多金属矿体,新增资源量三氧化钨 13.07 万吨、钼 3.70 万吨、铋 4.06 万吨、锡 12.93 万吨、铅+锌 59.92 万吨、铜 4.36 万吨、铁矿石 4 189 万吨;湘南水口山矿区新发现厚层夕卡岩型铜硫矿体和铁铜矿体,新增资源量铜 22.23 万吨、磁铁矿石 1 334 万吨;桂东北珊瑚矿区新增资源量三氧化钨 11.00 万吨、锡 2.80 万吨、铜 1.10 万吨、锌 1.30 万吨、银 139 吨;桂东南佛子冲矿区新发现矿体 40 余个,新增资源量铅+锌 14.37 万吨、银 126.62 吨;海南石碌矿区新增资源量铁矿石 2060 万吨、钴矿石 130 万吨、铜矿石 159 万吨。充分显示出该成矿带仍有巨大的找矿潜力,尤其是金、铜、铅、锌、锡、铁等矿产找矿前景良好。

研究区地质科研工作起步较早,20 世纪初,丁文江、李四光、田崎隼、谢家荣、黄汲清等先辈地质学家就先后来到本区进行了开创性的地质调查研究工作,代表性成果见 *The Geology of China* (Lee, 1939)、《南岭何在》(李四光, 1943)、*Geology of the Hsinghualing tin deposits Ling wu, Hunan* (Meng and Chang, 1935)、《中国主要地质构造单位》(黄汲清, 1945)等。

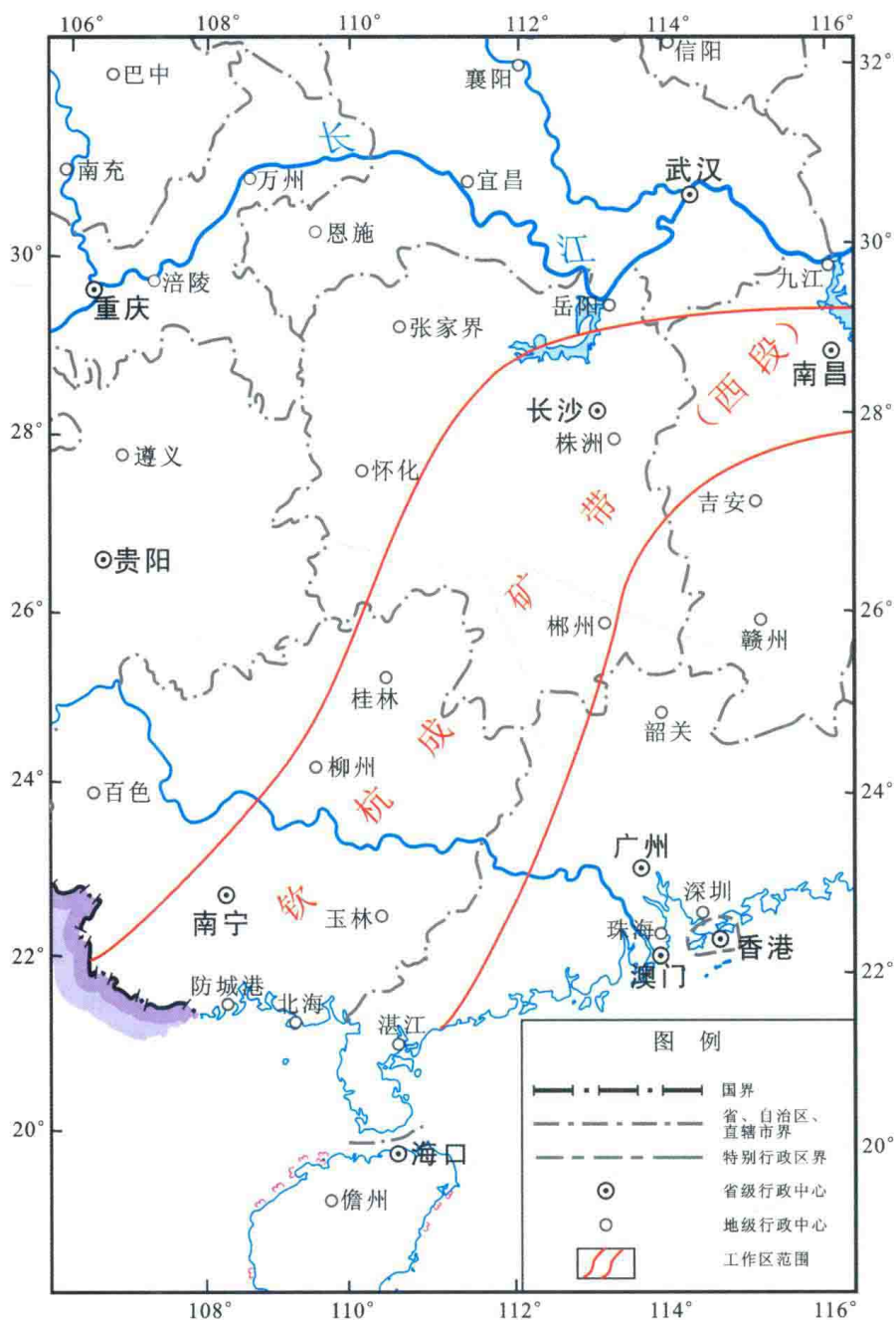


图 0.1 工作区交通位置示意图

1949 年以后,为配合地质勘查工作的进行,有关科研院校及地勘单位在该区开展了多轮专题研究,取得了一批在国内外有重要影响的成果。“六五”期间国家科技攻关项目“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”(项目编号:24-5-21)对区域控岩控矿构造、花岗岩类型及其与成矿的关系、稀有多金属矿床与成矿系列等问题进行了研究;“七五”期间国家重点科技攻关项目“湘桂粤赣地区有色金属隐伏矿床综合预测”(项目编号:75-55-01-05)对板块构造体制、成矿地质环境和区域成矿规

律进行了总结,提出了“活动性边缘成矿”和“古水热活动区”成矿的观点;“八五”期间地质矿产部科技攻关项目“武夷-云开典型成矿区成矿地质条件及成矿预测研究”(项目编号:85-01-007)分析了区内有色金属、稀有金属、贵金属成矿地球动力学背景,突出了成矿预测的研究;“九五”期间国土资源部科技攻关项目“云开地区重要成矿区带金、银、铜、铅、锌成矿地质背景及靶区优选研究”(项目编号:95-02-007)建立了各种类型矿床的找矿模式,提出中生代成矿动力主要源自岩石圈演化过程中自身热流值的增高,从而导致板内岩石圈的构造转换及岩浆大规模侵位和成矿作用的集中发生。

1999年国土资源大调查以来,武汉地质调查中心承担的“华南成矿区成矿规律和找矿方向综合研究”(项目编号:200110200026),提出华南不同时期块体拼合带控制矿化集中区向东南方向迁移,区域岩浆-成矿作用演化与大陆生长密切相关,区域壳幔构造-地球化学格架控制矿集区等认识;“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”,提出地幔上隆、岩石圈减薄引起的玄武岩岩浆底侵作用是华南内陆燕山期花岗岩和成矿大爆发的诱因,地幔流体对锡多金属矿的形成起了重要作用。此外,1979~1982年,湖南、广西、广东等省(区)分别开展了以钨、锡、铜、铀、铅、锌为主的首轮区划工作;1992~1994年,又分别完成了金、银、铅、锌、铜、锑、稀有金属、稀土等矿种的第二轮远景区划;2002~2003年,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,为南岭及其相邻地区地质矿产调查工作部署提供了依据;2006~2013年,以潘仲芳为组长的科研小组开展了中南地区矿产资源潜力评价,为中南地区矿产勘查规划和工作部署奠定了扎实的基础,也为本书的研究提供了重要的基础地质资料。

第1章 钦杭成矿带(西段)区域地质背景

1.1 区域地层

研究区地层分布广泛,自古一中元古代的各时代地层发育较齐全,沉积类型复杂,早古生代及其之前地层以活动型沉积为主,泥盆纪及其以后地层属浅海或陆相稳定型沉积。

1.1.1 前南华系

前南华纪地层主要分布于钦杭结合带两侧的加里东期基底隆起区。区域上,前南华系与上覆南华系呈微角度不整合或平行不整合接触。其中,古一中元古代地层分布零星,主要出露于湘东北、云开、海南岛等地区,包括湘东北的仓溪岩群、云开地区的天堂山岩群和海南岛的抱板群;新元古代早期青白口纪地层分布较广,包括湖南境内的冷家溪群和板溪群、广西境内的四堡群和丹洲群、云开地区的云开群及海南境内的石碌群。板溪群和丹洲群具有不同的岩相和建造类型,可以划分出同期异相的高涧群(湘中)、大江边组(湘南)和鹰阳关群(桂东北)等。

仓溪岩群出露于湘东北浏阳市文家市镇北西清江水库—尤家湾一带和文家市镇南东仓溪一带,为一套绿片岩相变质的沉积-火山碎屑岩及基性、中酸性浅成侵入岩构成的构造杂岩,湖南省地质调查院(2003,2000)根据 Sm-Nd 同位素年龄将其时代归于新太古代—古元古代,但高林志等(2011)获得变质火山岩(绿泥绢云母长英微晶片岩)的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 (855 ± 5) Ma,属新元古代。可见仓溪岩群的时代归属还有待于进一步确认,但此套变质构造杂岩应老于冷家溪群,本书暂将其归入古一中元古代。

抱板群零星出露于海南岛九所—陵水断裂带以北的抱板、大蟹岭、冲卒岭、上安和黄竹岭等地。自下而上可划分为戈枕村组和峨文岭组。下部戈枕村组主要为一套片麻岩,以斜长片麻岩为主夹少量黑云斜长变粒岩及麻粒岩,岩石混合岩化强烈,变质程度为高角闪岩相—麻粒岩相;上部峨文岭组以各类片岩为主,其次为石英岩、变粒岩,变质程度为低角闪岩相。抱板群中斜长片麻岩锆石 U-Pb 一致曲线上交点年龄为 $(1\,824 \pm 77)$ Ma(马大铨等,1998),斜长角闪岩全岩 Sm-Nd 等时线年龄为 $(1\,700 \pm 20)$ Ma(梁新权,1995),而侵入于抱板群的片麻状花岗岩的结晶年龄为 $1\,379 \sim 1\,456$ Ma(Li et al.,2002;马大铨等,1998;梁新权,1995;丁式江,1995)。因此,抱板群的形成时代可能为长城纪。它是金的主要赋矿层位。

天堂山岩群分布于桂东南博白三滩—容县杨梅—岑溪筋竹一线之东南侧,以及粤西信宜—高州一带及阳春、茂名等地,总体分别环绕天堂山和云雾山展布。主要由长英质片麻岩、黑云斜长变粒岩、长石石英岩、云母石英片岩及少量大理岩、石榴辉石岩等组成。岩石变质程度普遍为角闪岩相,局部为麻粒岩相。覃小锋等(2006)获得石榴辉石岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 $(1\,894 \pm 17)$ Ma 和 $(1\,847 \pm 59)$ Ma,属古元古代,认为代表天堂山岩群的形成时代;但王磊等(2015)获得黑云斜长变粒岩和黑云斜长片麻岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 (970 ± 30) Ma 和 (970 ± 32) Ma,属中—新元古代,可能代表了一次后期岩浆活动。

冷家溪群主要分布于湘东地区,湘中及湘西地区有零星分布,指伏于武陵运动不整合面之下的一套绢云母板岩、条带状板岩、粉砂质板岩与岩屑杂砂岩、凝灰质砂岩组成的具复理石韵律特征的浅变质岩系,局部地段夹有变基性—酸性火山岩。冷家溪群上部凝灰岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 (822 ± 10) Ma(高林志等,2011),属青白口纪早期,为金的重要赋矿层位。

四堡群分布于桂北九万大山地区,其下部(鱼西组)主要为薄层变质砂岩、粉砂岩、钙质砂岩、长石石英砂岩及绢云母板岩,局部地区夹有条带状凝灰岩;中部(文通组)为变质砂岩、粉砂岩和板岩,夹细碧角斑岩、熔凝灰岩、火山角砾岩;下部(九小组)主要为变质砂岩、变粒岩、千枚岩、板岩、片岩。四堡群凝灰岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 (841.7 ± 5.9) Ma(高林志等,2010),属青白口纪早期,与冷家溪层位相当,为金、铜重要赋矿层位。

云开群广泛分布于云开大山地区,主要由绢云母石英千枚岩、云母(石英)片岩、云母(长石)石英岩、大理岩和少量钙硅酸盐岩、变质火山岩等组成,其原岩为一套类复理石—复理石夹火山岩建造。岩石变质程度多为绿片岩相,局部为低角闪岩相。张志兰等(1998)采用单颗粒锆石分层蒸发法对云开群罗罉组中的英安斑岩进行了年龄测定,获得高温锆石和低温锆石的结晶年龄分别为 $940 \sim 922$ Ma 和 $617 \sim 473$ Ma,认为前者代表变质火山岩的形成年龄;劳秋元等(1997)采用 ^{40}Ar — ^{39}Ar 阶段加热法对牛垌组底部硅质岩进行同位素定年,获得两个坪年龄分别为 (872.8 ± 8.6) Ma 和 (447.4 ± 2.2) Ma,认为前者代表其沉积时代;Zhang 等(2012a)获得石窝斜长角闪岩和茶山变基性岩的 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 (997 ± 21) Ma 和 (978 ± 19) Ma。因此,云开群的形成时代应为青白口纪。但近年来,在云开群中还获得了一些新元古代晚期的锆石年龄信息(王磊等,2015;龙文国等,2013;Wan et al.,2010),其地质意义还有待进一步明确。

石碌群分布于琼西石碌矿区,上部主要为白云质结晶灰岩、白云岩、碳质板岩夹透辉石、透闪石岩及磁铁矿、赤铁矿层,中部主要绢云母石英片岩、石英绢云母片岩、石英岩,下部以石英片及石英岩为主,夹透辉石透闪石岩及少量石英绢云母片岩。石碌矿区透辉石透闪石岩中锆石 SHRIMP U-Pb 年龄变化于 $(1333 \pm 115) \sim (894 \pm 25)$ Ma(许德如等,2007),致密块状铁矿石 Sm-Nd 等时线年龄为 (841 ± 20) Ma(张仁杰等,1992),属青白口纪早期,为铁、铜、钴赋矿层位。

板溪群分布于湖南芷江—溆浦—双峰—衡山一线以北的广大地区,由浅变质砾岩、砂岩、板岩、层凝灰岩及碳酸盐岩、碳质板岩等组成,局部有海底喷溢的基性和中酸性火山