

“我国典型金属矿科学基地研究”项目系列丛书

福建紫金山铜金矿科学基地研究

江思宏 梁清玲 王少怀 白大明 沙俊生 著



地质出版社

“我国典型金属矿科学基地研究”

福建紫金山铜金矿科学基地研究

江思宏 梁清玲 王少怀 白大明 沙俊生 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是国土资源部公益性行业科研专项“我国典型金属矿科学基地研究”(项目编号:200911007)下设的课题“福建紫金山铜金矿科学基地研究”(课题编号:200911007-26)的研究成果。在对前人所获各类地、物、化、遥和矿产资料数据进行全方位收集、整理和综合分析的基础上,本次研究以紫金山矿田中的斑岩型铜钼矿床、高硫浅成低温热液型铜金矿床为研究对象,利用流体包裹体、岩石地球化学以及年代学数据探讨了斑岩型矿床和浅成低温热液型矿床之间内在的演化关系,并建立了相应的成矿模式。同时通过年代学和同位素方法研究紫金山矿区岩浆演化及其与成矿之间的内在关系,进一步解析了区域构造-岩浆系统的演化。上述成果的取得,无疑对深化紫金山矿田成矿规律认识,指导本区金、铜、银等多金属矿床的找矿勘查工作具有重要意义。

本书对从事相关专业的生产、教学和科研人员具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

福建紫金山铜金矿科学基地研究 / 江思宏等著. —
北京:地质出版社,2017.5

ISBN 978-7-116-10287-3

I. ①福… II. ①江… III. ①铜矿床-研究-福建②
金矿床-研究-福建 IV. ①P618.41②P618.51

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第032429号

Fujian Zijinshan Tongjinkuang Kexue Jidi Yanjiu

责任编辑:李莉 李上男

责任校对:张冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路31号,100083

电话:(010) 66554653(邮购部);(010) 66554629(编辑室)

网址:<http://www.gph.com.cn>

传真:(010) 66554629

印刷:北京地大彩印有限公司

开本:889 mm × 1194 mm $\frac{1}{16}$

印张:11.25

字数:320千字

版次:2017年5月北京第1版

印次:2017年5月北京第1次印刷

定价:80.00元

书号:ISBN 978-7-116-10287-3

(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)

总 前 言

矿产资源是一种不可再生的自然资源，是人类社会赖以生存和发展的物质基础。中国是世界上地质演化历史悠久、成矿作用具有多样性的国家之一，自太古宙以来的各个地质历史时期的构造运动在中国都或多或少地留下了记录并伴随有不同规模的成矿作用。世界上最重要的三大成矿域（古亚洲成矿域、滨太平洋成矿域和特提斯—喜马拉雅成矿域）在空间上交汇于中国。多期复合造山铸就了中国独具特色的成矿体系。对于深化中国特色成矿规律的研究，亟须一套代表中国各类矿床的“字典”和科学研究基地作为矿产地质研究的示范区，并成为创新研究基地以及文化普及的园地。

我国已成为世界上最大矿产品进口国和生产国，而且随着国民经济的高速发展，矿产资源短缺的形势将更加严峻，迫切需要破解矿产资源不足之“瓶颈”。只有加大勘查力度，才能有效保障矿产资源供给。迄今，越来越多的老矿山面临资源枯竭或“硐老山空”的严峻局面。在过去 10 多年，我国部署了一系列国家计划项目，例如，“973”计划、科技支撑计划和地质调查专项等，开展区域成矿规律、勘查技术方法以及新区的矿产调查和勘查等。相比之下，对于典型大型矿床，尤其是正在开采的大型老矿山缺乏系统解剖研究，而这些大型矿山揭露出的地质现象极其丰富，往往是成矿新理论和新思维的发源地，对其进行立典性解剖研究，将会大大提升成矿理论。一个大型—超大型矿床从发现—勘查—开采以及开采过程中的多次补充勘查，都拥有一部史诗，包括运用不同勘查技术方法组合开展地质勘查，既有成功的经验，也有失败的教训，对其进行挖掘和总结，不仅能促进对该矿床深部及外围找矿，而且可以运用这些新认识和技术组合在相同景观下有效地开展找矿勘查。

目前，不少大型矿山经过多年的开采资源逐渐枯竭，甚至即将闭坑。一旦关闭和掩埋，许多丰富的地质现象，特别是独一无二的现象将荡然无存。因此，迫切需要在闭坑之前，把每一个重要矿床的地质特征客观地记录下来，以便后人参考。同时，将闭坑老矿山建成博物馆或科普旅游基地向社会开放，必将提高普通民众认识地球、了解资源及其形成过程的认知水平，有益于提升全民保护环境和节约资源的意识。因此，开展大型矿床的立典研究，既是科学技术创新研究和推动找矿勘查的需要，也是保护“历史科学资料”和提高全民科学素质之必须。

典型矿床科学基地有机地融合了创新、教学和科普，在推动全民科学文化素质和科技普及方面越来越发挥着重要作用。典型矿床基地既是科学研究的基地，也是专业教学和科学普及的园地。一些发达国家的矿山在开采阶段乃至闭坑后，都以矿石、岩石和开采历史及其相应的图集和图册为主体建立了一座座矿山博物馆或科技馆。这些博物馆和科技馆逐渐被开发为地球科学技术培训以及古矿业遗迹的参观基地，极大地促进了旅游业的发展和矿业科学技术的普及。

为此，国土资源部于 2009 年启动公益性行业科研专项经费项目“我国典型金属矿科学基地研究”，对我国重要矿种 29 个大型—超大型金属矿床开展立典研究，并建立科学基地。具体包括江西德兴斑岩型铜矿、西藏甲马斑岩—矽卡岩型铜钼矿、云南北衙斑岩—矽卡岩型金（铜）矿、安徽铜陵矽卡岩型铜多金属矿、新疆阿舍勒块状硫化物矿床（VMS 型）铜锌矿、云南东川砂岩型铜矿、甘肃金川岩浆型铜镍矿、河南南泥湖—三道庄斑岩—矽卡岩型钨钼矿、陕西金堆城斑岩型钼矿、新疆可可托海伟晶岩型锂铍铌钽矿、湖南柿竹园矽卡岩—云英岩钨锡钼铋矿、云南个旧矽卡岩型锡多金属矿、广西大厂锡石硫化物型锡矿、湖南锡矿山中低温热液型锑矿、辽宁弓长岭 BIF 型铁矿、甘肃镜铁山海底喷流沉积型铁矿、安徽凹山玢岩型铁矿、湖北大冶矽卡岩型铁矿、内蒙古白云鄂博铁稀土建造矿、云南会泽密西西比型（MVT）铅锌矿、甘肃厂坝—代家庄热液型铅锌矿、内蒙古东升庙 SEDEX 型铅锌矿、云南金顶热液型铅锌矿、海南石碌沉积变质型铁矿、四川攀枝花岩浆型钒钛磁铁矿、福建

紫金山浅成低温热液型铜金矿、山东焦家-玲珑石英脉-蚀变岩型金矿、贵州烂泥沟卡林型金矿、江西冷水坑次火山岩热液型银铅锌矿。这些矿床都是储量巨大、成矿类型具有代表性、成矿方式具有特殊性的矿床，而且在我国国民经济建设中曾经或正在发挥重要作用。

此次工作对矿床的矿石组合、结构构造、成矿期次和阶段、围岩蚀变、找矿标志、形成时代、成矿物质来源、成矿物理化学条件、同位素地球化学特征、成矿环境等开展了系统研究，同时，针对各种不同类型矿床研究中存在的关键科学问题开展攻关研究：斑岩型铜矿形成期间从岩浆凝固晚期到成矿流体析出转变过程中组分演变特征与相应的物理化学条件；斑岩铜矿和斑岩钼矿形成环境和物质来源的异同性；古盆地流体来源和运移的驱动力，流体汇聚的规律性；与A型或高分异性I型花岗岩有关的稀有和钨锡矿床的物质来源，地幔对成矿的贡献及含矿岩体的主要辨别要素；变质古海底喷流型矿床的环境恢复等方面，取得了一系列重要创新成果，在综合研究的基础上，建立了矿床模型。通过收集和整理典型矿床勘查、开采过程中所采用的勘查技术和方法，梳理出不同类型矿床勘查的有效方法组合，提供了矿床成功勘查的范例。

在国土资源部公益性行业科研专项经费的支持下，基于前人找矿勘查和研究成果，结合此次补充研究，编著了“我国典型金属矿科学基地研究”项目系列丛书，既客观地反映这些大型—超大型矿床的基本特点和勘查开发与研究的历史，也充分展示了最新的研究水平。

历时5年，项目的顺利执行以及丛书的及时出版，得到了各级主管部门、承担单位和有关矿山企业的大力支持，得益于陈毓川、李廷栋、裴荣富、叶天竺、吴淦国等专家的殷切指导和同行们的热情帮助，值此谨代表项目执行团队200余位同仁深表谢忱。

矿床学的研究是一个不断探索、不断深化的过程，尽管编著者付诸很大努力，仍然存在一些不足或错误之处，请读者批评指正。

毛景文 张作衡 吕志成
“我国典型金属矿科学基地研究”项目首席科学家
2014年11月

前 言

0.1 紫金山铜金矿床地理与交通位置

紫金山铜金矿是我国 20 世纪 80~90 年代初在福建省上杭地区中生代火山岩区发现的一处特大型矿床,也是我国大陆首例高硫型浅成低温热液型矿床(张德全等,1991)。该矿床现由紫金矿业集团开采,它既是该公司的首座矿山,也是该公司的核心矿山,目前年产黄金 16 t 左右,不仅取得了非常好的经济效益,而且产生了很好的社会效益,带动了革命老区经济的跨越式发展。

紫金山铜金矿位于福建省上杭县城北 15 km 处的汀江河畔,矿区中心地理坐标:东经 116°25′,北纬 25°11′。矿区交通十分发达,从上杭县城到矿区有柏油路 and 水泥路相通,距离大约 20 km,行车 40 分钟。从上杭县城到厦门走 G25 长深高速转 G76 厦蓉高速,距离 265 km,大约 3 小时的车程;从上杭县城到福州走 G25 长深高速转 G70 福银高速,距离 439 km,大约 5 小时的车程。

矿区地貌属武夷山南段东坡玳瑁山延伸的低山丘陵地带,地势较为陡峭,坡度 30°~40°,海拔一般 220~700 m,最高峰紫金山海拔 1138 m。该地区年平均气温 19.9℃,极端最高气温 38.1℃,极端最低气温 -7℃,年日照 2043 小时,年降水量 1604 mm,无霜期 285 天。

0.2 研究现状

0.2.1 浅成低温热液型金矿床研究现状

黄金是最早被人类利用的贵金属。许多考古发现证实,人类对金的使用至少可追溯到 3000 年前,但真正全球性的大规模采金热潮兴起于 19 世纪 40 年代,主要集中在西伯利亚、北美的加利福尼亚、内华达、科罗拉多、阿拉斯加以及澳大利亚和南非。20 世纪 30~60 年代,由于金价稳定不变,金矿床研究处于低潮;60 年代末开始,金价的急剧上升刺激了金矿床勘查业,对金矿床的研究热潮再度掀起。Kerrick 等(2000)根据金矿床产出的大地构造环境划分出 6 种主要类型,分别是造山型金矿床、卡林-类卡林型金矿床、浅成低温热液型金-银矿床、斑岩型铜-金矿床、铁氧化物型铜-金(IOCG)矿床和富金火山块状硫化物型及沉积喷流型金矿床。其中卡林型金矿床和浅成低温热液型金矿床的确认,使得全球金矿储量大幅度增加(赵爱林等,2003)。

浅成低温热液型金矿床是金矿床类型中重要的矿床类型之一,其产出的金资源量仅次于绿岩带型(或造山型)金矿床,同时也是国际矿床学界的研究热点,其论著在 *Economic Geology*, *Mineralium Deposita* 等国际刊物上比比皆是。世界上的浅成低温热液型金矿床主要集中产在 3 个巨型成矿域:环太平洋成矿域、地中海-喜马拉雅成矿域和古亚洲(中亚-蒙古)成矿域(陈根文等,2001)。其产出构造环境主要与岛弧区或大陆边缘环境有关(涂光炽,1994;Hedenquist et al., 2000;陈毓川等,2001)。

20 世纪 80 年代以来,浅成低温热液型金矿床无论在勘查实践还是成矿理论研究上均取得了一系列有突破性的重大进展。值得一提的是,Heald 等(1987)、Sillitoe(1990, 1997)、Corbett

(2002) 等关于浅成低温热液型金矿床与其他侵入体或矿床, 尤其是斑岩型矿床 (Sillitoe, 2010) 之间的成因联系研究取得较大进展。近年来, 随着对该类型矿床的深入研究, 在浅成低温热液型金矿床的下部或者附近发现斑岩型矿床的实例越来越多, 如菲律宾的 Lepanto 浅成低温热液型铜金矿位于 Far Southeast 斑岩铜金矿之上 (Hedenquist et al., 1998) 以及 Baguio 地区的 Acupan 和 Kelly 浅成低温热液型金-银矿和 Ampucao 斑岩型铜-金矿 (Cook et al., 2011), 智利北部 Maricunga 带中的 Refugio, Aldebarán 和 La Pepa 地区的斑岩型金矿-高硫型浅成低温热液矿床 (Muntean and Einaudi, 2001)。于是许多学者将两者在地质背景、时空关系、蚀变分带到流体演化、成矿机理、成矿模式等进行系统的研究 (Heinrich et al., 2004; Heinrich, 2007), 同时也得到了越来越多学者对其存在紧密的内在联系的肯定。

Hedenquist 等 (2000)、Laurence (2005) 提出和解释了两者的空间、成因联系图; Heinrich 等 (2004) 通过对 Grasberg 斑岩型铜-金矿床的气相包裹体的热力学研究, 用等温退缩-蒸汽收缩模式解释了斑岩型与浅成低温热液型铜-金矿床间的联系。Williams 和 Heinrich (2005) 通过对美国犹他州 Bingham 斑岩型铜-金-钼矿床及其顶部的浅成低温热液型金矿床的成矿流体的形成、运移和沉淀过程的研究, 建立了浅成低温热液型金矿的蒸汽冷却收缩模式。模式分为 3 个阶段: I. 与火山喷气相关的蚀变及挥发性的金属沉淀; II. 斑岩 Cu-Au/Mo 矿化; III. Au、Cu 运移至浅成低温热液成矿环境。总的来说, 这是一个不断从岩浆房出熔的岩浆热液系统持续地冷却和减压及后期大气水加入的过程。从对已发现的斑岩-浅成低温热液型矿床岩浆的研究 (Hedenquist et al., 1998; Muntean and Einaudi, 2001; Pudack et al., 2009; Cook et al., 2011) 来看, 普遍的演化规律是: 初始流体来源于含水的岩浆, 为单一相的富含 Au、Cu 等成矿元素的高温、低盐度、中等密度的富气流体 (Williams and Heinrich, 2005; Heinrich, 2007), 在上升冷却浓缩的过程中, 高盐的流体从气相流体中分离出来, 因此在斑岩矿体早期的石英脉中可见共存的高盐度的液相包裹体和低密度的气相包裹体, 温度范围 $300 \sim >700^{\circ}\text{C}$, 同时形成钾化和深部斑岩型 Au-Cu 矿化。上升的低-中等盐度的气相流体与具有相同成分的液相流体混溶, 温度从 500°C 降至低于 350°C , 此时大量的 Cu、Fe 硫化物沉淀。由于盐度和黏度较低, 气相流体 (酸性) 持续上升, 在斑岩体上部形成广泛的泥化蚀变。上升至地表中, 岩浆气相流体收缩形成低盐度中低温液相流体, 由于大气水的混合或流体的去硫作用, 导致 Au 的沉淀, 形成高硫型浅成低温热液型金矿。

从前人研究资料显示, 我国福建省紫金山矿床是一典型的斑岩-浅成低温热液型矿床 (王绍雄, 1995; 张德全等, 2003b, 2005; 刘晓东, 2005; 黄仁生, 2008)。紫金山铜金矿床是我国大陆发现的首例高硫型浅成低温热液型矿床, 随着矿产勘查的深入, 提出了“上金下铜”的矿化分带和蚀变分带以及圈定了成矿远景区, 并在该矿床外围相继发现了斑岩型铜 (钼) 矿、大型中低温热液型铜矿、大型低硫浅成热液型 (绢云母-冰长石) 银 (金-铜) 矿床。学者们结合外围矿床研究和物探资料, 发现紫金山铜金矿床并不是独立的一个成矿过程, 而是以此为核心形成的一个斑岩-浅成低温热液成矿系统。

0.2.2 福建紫金山铜金矿床研究现状

Qiu 等 (2008) 根据构造环境将我国浅成低温热液型金矿床划分为 4 个带, 即晚古生代北新疆岛弧带、中生代沿中朝克拉通北部的大陆边缘带、中生代东南沿海大陆边缘带和新生代台湾岛东部带。其中东南沿海大陆边缘带除产出大量的金矿床外, 还是我国铜、铅锌、钨、锡等重要的成矿带。东南沿海是从华夏古陆逐步演化而来的, 历经华夏古陆的形成与裂解、扬子与华夏板块的碰撞拼合、太平洋板块与欧亚大陆板块的相互作用阶段 (吴淦国等, 2004)。该区历经自太古代古陆核形成以来的地壳多期次岩浆活动, 其中尤以中生代岩浆活动最为活跃。东南沿海成矿作用时代主要和该区中-新元古代古裂谷环境、晚古生代局部裂陷环境、中生代以来的伸展构造环

境等拉张构造应力场相对应。中生代以来在东南沿海成矿史上占主导地位,其成矿作用强度大、持续时间长,紫金山矿田铜-金矿床成矿作用即可作为白垩纪以来东南沿海的成矿作用高潮期的代表之一。

福建省紫金山矿田是我国著名的多金属矿集区,经过前人几十年的研究,已确定紫金山金-铜-银-钼多金属矿田为斑岩-浅成低温热液成矿系统(余学东等,1995;王绍雄,1995;高天均和黄仁,1998;张德全等,2003b,2005;黄仁生,2008;王少怀等,2009)。矿田北东长14 km,南北宽8 km,主要由紫金山高硫型铜-金矿床(So et al., 1998; 张德全等, 2003b)、碧田低硫型银-金矿床(刘晓东和华仁民, 2005)、五子骑龙“过渡型”铜-钼矿床(张德全等, 1996; 陈静等, 2011)、罗卜岭斑岩型铜-钼矿床(张德全等, 2003b; 钟军等, 2011)、悦洋低硫型银多金属矿床(张德全等, 2003b)、二庙沟铜多金属矿床(林书平等, 2012)等数十个矿床(点)组成。

尽管矿田中矿床(点)数量多,但对整个矿田成矿作用演化研究具重要意义的当属紫金山高硫型铜-金矿床和罗卜岭斑岩型铜-钼矿床。地质工作者对紫金山铜金矿床进行了大量的研究,随着勘查和研究工作的不断深入,罗卜岭斑岩型铜-钼矿床的发现引起了对该矿田成矿流体演化的重新思索,也积累了丰富的科研成果。

紫金山铜金矿床目前累计探获的资源量为305 t Au和1.9 Mt Cu(王少怀等, 2009),科研工作者对赋矿围岩中-晚侏罗世紫金山岩体与金矿成矿的关系进行了岩体时代、地球化学等方面研究(张德全等, 2001a; 张江, 2001; 毛建仁等, 2004; 赵希林等, 2009),普遍认为与成矿作用无关,但为矿区的铜金成矿作用奠定了基础。同时大量的研究显示,早白垩世岩浆岩体与铜金矿成矿作用密切相关(李子林, 1988; So et al., 1997; 陈景河, 1999; 高天钧, 1999; 张德全等, 1991, 2001a, 2003b, 2005; 王少怀等, 2009)。前人测得中-晚侏罗世紫金山岩体年龄为 $157 \pm 7.3 \text{ Ma} \sim 141 \pm 6.7 \text{ Ma}$ (张德全等, 2001a)。中-晚侏罗世才溪岩体年龄为 $133 \sim 150 \text{ Ma}$ (张德全等, 2001a; 赵希林等, 2007),早白垩世岩浆岩体年龄在 $125 \pm 9.8 \text{ Ma} \sim 94 \pm 7.7 \text{ Ma}$ 之间(毛建仁等, 2002; 张德全等, 2001a; 肖爱芳等, 2012; 黄文婷等, 2013)。通过蚀变矿物测得成矿年龄在 $104.5 \pm 2.6 \sim 100.0 \pm 3.0 \text{ Ma}$ 之间(周肃等, 1996; So et al., 1998)。

矿田内断裂构造比较发育,以NE向和NW向断裂为主。燕山晚期火山岩和金铜矿体与NW向构造有基本一致的产状,反映了它们之间的成因联系。除断裂构造外,NE、NW向两组节理裂隙构造十分发育,互相交切,呈现出控岩控矿的网格状构造样式(陶建华和许春林, 1992; 薛凯和阮诗昆, 2008; 王少怀等, 2009)。

So等(1998)、华仁民等(1998)、陈景河(1999)、张江(2001)通过包裹体测温对成矿流体的性质进行了研究;对于成矿物质来源问题,前人并未做详细的研究,张江(2001)从Pb、S、H-O同位素等分析显示成矿物质与燕山早期壳源重熔型花岗岩(S型)有关,然而毛建仁等(2004)、赵希林等(2009)通过主量元素、微量元素、电子探针(黑云母)分析,一致认为四方花岗闪长岩为紫金山地区铜金矿的含矿母岩,对此还存在争议。成矿动力普遍认为是处于挤压向拉伸环境转换的构造背景(张德全等, 2001a, 2001b; 赵希林, 2003)。余学东等(1995)、陈景河(1999)、黄春鹏等(1999)、王少怀等(2010)、邱小平等(2010)、王少怀(2011)利用物化探、岩石地球化学、矿物学、遥感圈定了异常区,对深部成矿进行了预测。

可以看出,本区研究程度较高,研究成果丰富,但也存在一些分歧:①成矿物质的来源问题,是深部幔源,还是壳源?②成矿流体限于上部金矿的研究,对铜矿成矿流体缺乏全面的研究;③矿床成因观点不统一,目前认为该矿床是与燕山期钙碱性中酸性次火山岩有关的低温热液矿床,但在成岩成矿源区、成矿动力学背景等方面还存在争议。

罗卜岭斑岩型铜-钼矿床位于紫金山铜金矿床北东侧,相距约2.5 km,目前累计探获的资源量为铜1.15 Mt(Cu 0.27%)和钼0.16 Mt(Mo 0.04%)(王少怀等, 2009)。成矿斑岩为罗卜

岭花岗闪长斑岩,前人(毛建仁等,2003;张德全等,2001a;赵希林,2007;黄文婷等,2013)对成矿岩体年龄、岩石地球化学等展开过一定工作。矿床地质特征(谢承涛和周美进,1994;苏水生,2003;薛凯和阮诗昆,2008)、流体特征(钟军等,2011)等也有一定的研究,但研究程度较浅。对成矿年龄、流体来源等有待进一步研究。

对于紫金山铜金矿床和罗卜岭铜-钼矿床两者之间的联系前人也进行过探讨。高天均和黄仁生(1998)、张德全等(2001a)认为成矿后的NW和NE向断裂仍在活动,使东南部抬升,隐伏的斑岩铜钼矿体被抬升至地表。张德全等(2003b,2005)从成矿流体、围岩蚀变和年代学等多方面阐述了两者在时空、成因上的联系,认为罗卜岭斑岩型矿床是紫金山深部斑岩体在地表的表现。毛建仁等(2004)、赵希林等(2009)通过对主量元素、微量元素、电子探针(黑云母)分析,一致认为四方花岗闪长岩为紫金山地区铜金矿的含矿母岩。

悦洋低硫型浅成低温热液银多金属矿床位于紫金山的南西侧,已累计探明银金属量3666 t,铜金属量4万t,金30.7 t(据张锦江报告)。相对于紫金山铜金矿床,悦洋矿床的研究相对薄弱,目前认为矿床的形成与早白垩世的次火山岩有关(林全胜,2006),属紫金山矿田斑岩-浅成低温热液成矿系统晚期的产物。前人对其成矿年龄、流体演化等有一定的研究(张德全等,1991,2005;刘晓东,2005;刘晓东和华仁民,2005),但流体与成矿物质来源是否与紫金山斑岩-浅成低温热液成矿系统来源相同还有待进一步探讨。

0.3 选题依据

矿床学是一门实践性很强的学科,需要科研人员投身野外一线,系统地总结前人的研究成果,并为后人保护一批典型矿床的实物资料。但是,越来越多珍贵的地质现象或观察点都随着矿山的开采被破坏,不少大型矿山随着资源枯竭而逐渐进入关闭阶段。而一旦矿山关闭和掩埋,许多丰富的地质现象,甚至是世界上独一无二的特殊现象将荡然无存。因此,迫切需要建立金属矿科学研究基地,在矿床闭坑之前,把重要的地质特征保护或客观地记录下来,便于后人研究和参考。为此,国土资源部组织专家在全国范围内遴选出29个典型金属矿床作为矿产资源科学基地,并设立了国土资源部公益性行业科研专项项目“我国典型金属矿科学基地研究”(项目编号:200911007),我们承担的“福建紫金山铜金矿科学基地研究”(课题编号:200911007-26)是其下设的29个课题之一,课题承担单位是中国地质科学院矿产资源研究所,参加单位有福州大学,工作起止年限:2009年1月至2013年12月。本课题的主要任务是:通过深入系统研究,揭示紫金山大型铜-金矿床形成过程和背景及其与环太平洋地区浅成低温热液型金矿床之间的关系,建立矿床模型;总结该矿床发现、勘查、采掘过程的技术方法组合;产生一系列高精度数据、图册和选择永久保存的代表性岩石和矿石标本组合,将其建设成为一个集矿产资源理论创新研究、地学专业教学和科普于一体的综合科学研究基地,为成矿理论和矿产勘查研究、教学和普及科学知识提供平台。

0.4 研究内容、思路及方法

针对紫金山铜金矿床存在的一些科学问题,本次研究以紫金山矿田中的斑岩型铜-钼矿床、高硫浅成热液型矿床为研究对象,利用流体包裹体、岩石地球化学以及年代学来探讨斑岩型矿床和浅成低温热液型矿床之间内在的演化关系,建立相应的成矿模式。同时利用年代学 and 同位素研究紫金山矿区岩浆演化及其与成矿之间的内在关系,进一步解析区域构造-岩浆系统的演化。主要研究内容包括:

1) 资料收集。系统收集浅成低温热液型金矿有关的国内外文献资料,对收集到的资料(数

据) 进行综合分析、对比和归纳, 了解国内外典型浅成低温热液型金矿床的成矿环境、时空分布、地质特征、蚀变分带以及成矿机制, 归纳其成矿地质条件和成矿机制, 以便于和本区进行对比研究。

2) 矿床地质特征研究。通过野外地质调查, 了解工作区内地层、构造、岩浆岩演化特征, 查明它们之间的空间分布关系; 重点观察研究含矿地质体及矿体的产出特征、几何形态、接触关系、岩矿石类型和热液蚀变特征。在以上野外地质调查基础上, 有针对性地采集岩(矿)石样品, 通过室内光薄片鉴定, 结合野外地质观察, 了解矿区内岩石组合、结构构造特征, 观察矿石中矿物的共生、伴生及世代关系、成矿期次等, 从中获得成因信息。

3) 岩石地球化学研究。对赋矿围岩以及成矿岩体进行详细的镜下薄片观察, 认识其矿物组成和结构构造, 分析研究成矿岩体的岩石学特征和地球化学特征(常量元素、微量元素和稀土元素)。

4) 流体包裹体研究。对代表性铜矿矿石样品进行流体包裹体研究, 开展温度、盐度和成分测定, 进行压力的估算, 查明成矿流体的主要物质组成和成矿物理化学条件的变化, 推断成矿流体的来源、运移和演化, 揭示成矿作用过程。

5) 同位素地球化学和年代学研究。对紫金山矿区赋矿围岩和成矿岩体以及上杭盆地火山岩进行 LA-MC-ICP-MS 锆石定年和罗卜岭矿区辉钼矿进行 Re-Os 同位素年代学研究。对代表性岩矿石样品进行 Sr-Nd-Pb-Hf 放射性同位素研究, 确定成岩物质来源、源区特征和演化过程; 通过对矿石矿物(黄铁矿、蓝辉铜矿、黄铜矿等)进行 S 同位素和 Pb 同位素分析以及脉石矿物(石英)H-O 同位素分析, 探讨紫金山铜金矿床和悦洋银多金属矿床的成矿物质和流体来源。

6) 成矿作用综合研究。通过对所掌握的资料数据进行综合分析研究, 结合该矿田形成的地质构造条件, 探讨斑岩-浅成低温热液成矿流体的来源、迁移、富集过程以及流体-围岩的相互作用, 进一步明确紫金山铜金矿床的成矿地质背景。

0.5 完成的主要实物工作量

本课题完成的主要实物工作量详见表 0.1。

表 0.1 完成实物工作量统计表

工作内容	完成量	工作内容	完成量
野外调查	150 天	铅同位素分析	208 点
矿床(点)调查	4 个	光薄片鉴定	51 片
采集样品	607 件	包裹体片	38 片
野外照片	>400 张	主元素分析	38 件
电子探针	902 个点	微量元素分析	38 件
氢氧同位素	12 件	稀土元素分析	38 件
硫同位素	40 件	流体包裹体显微测温	24 件
铅同位素	59 件	锆石 U-Pb 定年	30 件
钐-钕同位素	34 件	辉钼矿 Re-Os 定年	11 件(一条等时线)
铷-锶同位素	34 件	XRD	300 件

0.6 致 谢

在本课题实施和本书编写过程中,得到了紫金矿业集团股份有限公司罗映南总裁、曾宪辉总地质师、杜呈祥主任、谢忠兰处长、万亿馆长以及宣传部邱志华,紫金山金铜矿地测处曾文灿处长、时明河副处长,东南矿产地质勘查公司祁进平博士、鄢云飞工程师、赖吉辉、邱永桢等的大力协助,以及项目专家委员会陈毓川院士、裴荣富院士、汤中立院士和项目首席毛景文研究员和张作衡研究员等给予的多方指导,课题组全体科研人员在此深表谢意。

鉴于本课题研究工作所涉及的研究内容较多,时间较短,又限于我们的科学研究水平和文字表达能力,深感本书还存在不少问题,敬请有关专家和地质同行给予批评指正。

目 录

总前言 前 言

第 1 章 紫金山铜金矿床的发现与开发史	1
1.1 紫金山铜金矿床的发现与勘探	1
1.2 紫金山铜金矿床的开发史	3
1.3 紫金矿业集团发展简介	5
第 2 章 成矿地质背景	8
2.1 大地构造背景	8
2.2 矿区地质背景	10
第 3 章 紫金山地区中生代岩浆岩特征	15
3.1 概述	15
3.2 样品采集和分析方法	15
3.3 中-晚侏罗世花岗岩体	17
3.4 早白垩世岩浆岩	38
3.5 中生代岩浆岩成因探讨	58
第 4 章 上杭盆地火山岩研究	63
4.1 概述	63
4.2 上杭盆地内的火山岩地层特征	64
4.3 锆石 U - Pb 测年结果	68
4.4 主微量元素地球化学特征	85
4.5 Sr - Nd - Pb - Hf 同位素特征	89
4.6 讨论	97
第 5 章 典型矿床介绍	101
5.1 紫金山铜金矿	101
5.2 罗卜岭斑岩型铜钼矿	111
5.3 悦洋银多金属矿	113
5.4 五子骑龙铜矿	115
第 6 章 成矿作用地质地球化学特征	117
6.1 紫金山铜金矿床铜硫二元体系研究	117
6.2 硫铜矿的发现及其意义	130

6.3	流体演化	132
6.4	同位素地球化学	141
6.5	成矿年龄	148
第7章	讨论	150
7.1	成矿时代: 紫金山 Cu - Au - Mo - Ag 成矿作用的时限	150
7.2	岩浆活动与成矿作用间的关系	151
7.3	紫金山矿田浅成低温热液型矿床成矿物质来源探讨	153
7.4	上杭盆地与紫金山斑岩 - 浅成低温热液成矿系统之间的关系	153
7.5	矿床成因	153
7.6	与环太平洋地区浅成低温热液型金矿床对比	156
第8章	取得的主要认识与不足	158
8.1	取得的主要认识	158
8.2	不足和进一步工作展望	159
参考文献		160

第1章 紫金山铜金矿床的发现与开发史

1.1 紫金山铜金矿床的发现与勘探

紫金山铜金矿床位于福建省上杭县。该区最早的地质调查工作可以追溯到1953年。1960~1980年间,福建省地质局所属地质队、物探队等为发现和评价紫金山大型铜金矿床做了大量前期基础地质与物化探扫面工作。“六五”期间,全国掀起找金高潮,福建省地质局经过分析以往地质、物化探资料,选择了紫金山成矿远景区开展工作。1981~1983年,采取了面中选点的部署,进行42 km²的1:2.5万地质填图、重砂扫面和土壤测量,结果圈出了迳美-二庙沟异常带,在此带上进行矿点、异常检查和老硐调查,在老硐中发现了金矿化。1984年在异常最集中、地形最陡峻、前人很少涉足的紫金山峰顶一带,开展1:2000地质填图、槽探揭露和老硐调查。但取样结果令人失望,一百几十件的地表刻槽样金品位均很低(最高 0.5×10^{-6}),地表未发现达工业品位的金矿体。在此关键时刻,福建省地矿局集中主要技术骨干,认真分析了矿区的找矿背景和地质条件,对照长江中下游及国外火山岩矿床出现的隐爆角砾岩及其成矿模式,认为陆相火山岩矿床常见围绕火山中心的潜火山岩周边并有垂向矿化的特点,本区深部应有较大范围的矿化,具备找寻大型火山热液矿床的条件。1985年认为本区属于与次火山岩有关的矿化类型,深部有找矿前景,果断决定上机掘硐探,至年底机掘硐探就完成了670 m,见金矿化厚达80多米,其中圈定了多条达工业品位的金矿体。沉睡多年的金矿终于被唤醒。1986年发现一新矿化带和11个新矿体,金品位大于 3×10^{-6} 的矿体共有14个。1987年经钻探施工,3个钻孔浅部都见到金矿体,深部见到高品位铜矿体。1988年确定了矿区属含金的铜矿带,上部为氧化带金矿,下部为原生带含金铜矿,认为是与火山-次火山岩有关的热液矿床,空间上呈上金下铜的垂直分带,预示着下部有一个大型铜矿的存在,决定铜、金并举的工作方案。经钻探、坑探,控制铜矿化长度大于700 m,宽200~500 m,同年12月闽西地质大队编制了《福建省上杭紫金山铜矿区地质普查总体设计》。1989年,紫金山铜金矿普查以北西矿段为重点,全年施工钻探1995 m/18孔和部分坑探工程,初步控制铜矿(化)带长700 m,宽300~800 m,垂深550 m,预测铜储量可达到大型矿床规模。1990年施工钻探19310 m/27孔,坑探800 m,初步圈出41个铜矿体,单个矿体厚5~15 m,最厚43.62 m,矿石平均含Cu 0.6%~1.5%。从此,勘查工作就从以金为主转为以铜为主的普查评价阶段,施工钻孔97个,见矿93个,3年完成普查工作,探明D+E级铜资源量逾60万t(高天钧,1998)。与此同时进行了矿石可选性试验,选矿性能良好,铜精矿品位24.79%,回收率87.26%。1993年北西矿段进行对口勘探,作为矿山设计、建矿的依据。

紫金山铜金矿的勘查时间从1984~1994年,历时11年,共完成钻探92233 m,硐探9431 m,基本分析样37838件,获得铜矿详查储量116万t,平均品位1.08%,为特大型矿床,伴生Au、Ag、S等元素也达到大型规模,它是我国“七五”期间地质找矿重大突破之一,获得地矿部找矿一等奖。在开展矿床勘探的同时,还组织了多学科联合科研攻关,在矿床成因、成矿规律及矿床学理论等方面都取得了突出成果,为此国家科委于1996年授予“福建省上杭‘紫金山式’大型铜金矿床的发现、研究与勘查”项目国家科技进步一等奖。

根据国土资源部对紫金山铜金矿金矿资源储量的评审结果,截至2006年12月,紫金山铜金矿已累计探明金品位 0.2×10^{-6} 以上的金金属量305.261 t,矿石量5.24亿t,平均品位 0.58×10^{-6} 。截至2006年12月底,紫金山铜金矿保有黄金金属量173.611 t,平均品位 0.52×10^{-6} 。

随着紫金山铜金矿床的发现,在其周围又相继发现了悦洋(碧田)大型银多金属矿床、罗卜岭大型铜钼矿床和五子骑龙小型铜矿床等,共同组成了一个紫金山矿田。

照片1.1、照片1.2、照片1.3为当年勘探期间生活、工作照。



照片 1.1 当年勘探时野外地质人员就住在紫金山的半山腰
(紫金矿业集团宣传部提供)



照片 1.2 当年勘探的场景
(紫金矿业集团宣传部提供)



照片 1.3 紫金矿业集团董事长陈景河当年在紫金山铜金矿床
勘探期间在野外工作的情景
(紫金矿业集团宣传部提供)

1.2 紫金山铜金矿床的开发史

紫金山矿区采金历史悠久，矿区内发现的古采硐就是很好的证明。据史料记载，宋康定年间，采金达到鼎盛时期，故得名紫金山。在紫金山铜金矿勘查工作尚未完全结束之际，1993 年 8 月，由上杭县矿产公司牵头，联合闽西地质大队，成立上杭县紫金矿业总公司，对紫金山铜金矿进行开发，当年生产黄金 9.3 kg。1994 年开始坑采时年生产矿石仅 5 万 t。1997 年，紫金山金矿成为国内年产黄金万两以上矿山，年产黄金 22 726 两，在全国 92 个年产万两以上黄金矿山中名列第 25 位。

1996 年通过二期技改，年处理矿石能力上升到 15 万 t，1998 年进行三期改造，将采矿方式从地下转为露天开采，1999 年采矿量达 370 万 t，2000 年达 550 万 t；选矿生产采用重选 + 堆浸 + 炭浸联合工艺，综合回收率达到 76% 以上。

1997 年 12 月 17 日，紫金山实施了一次 100 万 m³ 的大爆破，把覆盖在紫金山上的“帽子”揭开，1999 年后，关闭坑采，全部转为露采（图 1.1；照片 1.4）。1999 年，紫金山金矿生产黄金 2968 kg，



图 1.1 紫金山铜金矿露天采坑空中俯视图
(引自 Google Earth)



照片 1.4 紫金山铜金矿露天采场全景图
(沙俊生拍摄)