

滇东北峨眉山

玄武岩铜矿研究

李厚民 毛景文 张长青 等著



地质出版社

国家自然科学基金项目“滇东北峨眉山玄武岩铜矿中有机质对铜富集成矿的作用”(40572060)
地质大调查课题“云南鲁甸新类型自然铜矿勘查技术方法、成矿规律与资源潜力研究”(200310200002)

资助

滇东北峨眉山 玄武岩铜矿研究

李厚民 毛景文 张长青 著
许虹 闫升好 高兰

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是第一部系统研究总结我国西南大火成岩省峨眉山玄武岩中铜矿成矿作用的专著。自然铜和自然金一样,是人类最早使用的金属之一,人类历史早期的红铜器皿就是采用自然铜打造的。峨眉山玄武岩中大量产出自然铜,是我国目前发现的最主要的自然铜产地,很有可能是我国古代红铜器皿的主要原料来源。然而在我国对这类铜矿的研究几乎为空白。本书以滇东北的玄武岩铜矿为研究对象,重点从地质特征、稳定同位素地球化学特征、有机地球化学特征、流体包裹体特征等方面对玄武岩铜矿的成矿作用进行了深入研究和总结,为在30多万平方公里的峨眉山玄武岩区开展铜矿找矿提供了理论基础。

本书是国家自然科学基金项目“滇东北峨眉山玄武岩铜矿中有机质对铜富集成矿的作用”资助的成果,也是地质大调查课题“云南鲁甸新类型自然铜矿勘查技术方法、成矿规律与资源潜力研究”成果的一部分。本书可供矿床学、地球化学、找矿勘查人员等应用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

滇东北峨眉山玄武岩铜矿研究/李厚民等著. —北京:地质出版社,2009.10

ISBN 978-7-116-06336-5

I. 滇 II. 李 III. 峨眉山—玄武岩—铜矿床—研究
IV. P618.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 181263 号

DIANDONGBEI EMEISHAN XUANWUYAN TONGKUANG YANJIU

组稿编辑:王大军 白 铁

责任编辑:白 铁

责任校对:李 玫

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(编辑部)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787mm×1092mm¹/₁₆

印 张:9.25 图版:11

字 数:225 千字

印 数:1—800 册

版 次:2009 年 10 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:40.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-06336-5

(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

铜是人类用于生产的第一种金属,奴隶社会由于铜的大量使用而被称为铜器时代。然而最初人们使用的只是存在于自然界中的天然单质铜(即自然铜),只要简单锤打,便可制成多种器物。直到今天,在云南会泽等地的雪花铜制品极有可能是自然铜简单加工制成的。

“峨眉山玄武岩”系地质学家赵亚曾先生于 1929 年命名,后人借用这一称谓泛指扬子地块西南缘云、贵、川三省交界地区分布面积达 30 多万平方公里的二叠纪玄武岩,它假整合于下二叠统茅口组灰岩之上、整合于上二叠统宣威组或龙潭组之下,主体喷发时间为 252 ~ 262Ma,即晚二叠世早期。峨眉山玄武岩中大量产出自然铜,称为玄武岩铜矿,是目前我国发现的最主要的自然铜产地。这种自然铜呈片状、粒状,多与沥青共生,块度很大,最大的据称达 200 多公斤,易采易选,从古至今均被民采利用。当地人们将其采出后,先用火烧,然后快速放入冷水(冷盐水更好)中淬碎,自然铜就很容易地与其他杂质分离开来。因此,峨眉山玄武岩中的自然铜可能是我国古代红铜器物的主要原料。

新中国成立以来,云、贵、川三省地勘部门均投入了大量精力对玄武岩型铜矿进行勘查,在四川境内发现玄武岩型铜矿产地 76 处,预测资源量 430 万吨;云南境内发现玄武岩型铜矿产地 94 处,预测资源量 139 万吨,并将玄武岩型铜矿的成因类型划分为火山喷发型、火山沉积型、构造热液型和复合型。但是,在上述 170 处矿产地仅获得 74.7 万吨低级别储量及资源量,在 50 个远景区仅预测了 569 万吨资源量,平均每个远景区仅 10 万吨左右。因此,人们认为峨眉山玄武岩型铜矿工业意义不大。

2002 年,朱炳泉研究员等人在进行 973 项目“大规模成矿作用与大型矿集区预测”课题研究的过程中,报道了在滇东北鲁甸、宣威一带峨眉山玄武岩顶部发现了难识别新类型铜矿(朱炳泉等;2002a, b, c;Zhu Bingquan et al., 2002)。消息传出,立刻引起人们的关注,加拿大太平洋矿业有限公司(Pacific Minerals Inc.)和澳大利亚艾芬豪矿业有限公司(Ivanhoe Mines LTD.)抢先介入,将滇东北四幅 1:20 万图幅内的矿化目标层——上二叠统峨眉山玄武岩组第四岩性段分布区登记为勘查区,投资 15 万美元于 2002 年 10 月~2003 年 1 月开展了目标层的 1:2.5 万地质填图;2002 年 12 月 2 日,云南省地质矿产勘查开发局与加拿

大太平洋矿业有限公司和澳大利亚艾芬豪矿业有限公司签字成立了云南鑫昭铜矿矿业有限公司和云南鑫滇铜矿矿业有限公司,计划共同出资 1100 万美元进行铜矿风险勘查,合同勘探面积达 3000km²。2003 年中国地质调查局也给云南地矿局设立了项目,投资 350 万元对该类铜矿展开找矿勘查工作。与此同时,贵州地矿部门也积极运作,展开了该类铜矿的找矿工作;四川地矿局在甘洛吊红崖及其外围找寻玄武岩型铜矿的工作也取得新进展。

虽然玄武岩型铜矿的勘探工作进行过多轮,新一轮的风险勘探热潮再次兴起。但是,该类铜矿的研究工作显得十分薄弱。在 1994 ~ 2002 年的文献检索中,很难检索到一篇详细研究玄武岩型铜矿的文献,基础资料仅限于 1:20 万区域地质调查报告、地质图及矿产图,甚至连许多矿点上大量发育的沥青也未引起人们的重视。因此,有关玄武岩铜矿的许多基础性问题都不很清楚:①有关玄武岩中沥青-自然铜矿成因的许多问题还不清楚。如这类铜矿是同生的还是后生的?是与火山活动有关还是与后期盆地演化有关?剖面上玄武岩中铜的含量有什么变化规律?控矿构造是什么?成矿时代如何?成矿有几期?不同期次不同阶段的矿物组合是什么?成矿流体来源如何?矿石中的沥青是什么时候从哪里来的?沥青对成矿物质的搬运、富集、沉淀有何影响?等等。这些问题亟待解决。②沥青-自然铜矿床成矿规律研究及找矿预测工作有待深入。由于矿床成因研究程度低,总结成矿规律和建立找矿标志的工作有待进行,影响了进一步找矿评价工作。③对沥青-自然铜矿床的有效勘查技术方法有待建立。由于自然铜粒度较大,目前品位分析的重现性差,直接影响了勘探评价工作的进行,需对碎样加工、测试技术进行研究;另外,对这种含沥青的新类型自然铜矿床深部探矿的地球物理、地球化学方法也有待开展。

基于目前勘查工作对矿床理论研究的需要和研究工作的现状,中国地质调查局于 2003 年设立了地调课题“云南鲁甸新类型自然铜矿勘查技术方法、成矿规律与资源潜力研究”,工作任务是:“对云南省鲁甸地区难以识别型自然铜矿(点)开展深入研究,查明矿床的成矿地质背景、时空分布规律和成矿环境;研究成矿物质赋存状态和成矿元素富集特点,确定矿床成因类型和找矿方向;开展此类铜矿采样技术和勘查准则的研究,确定最佳的采样方法、碎样流程和测试技术。提出有效的勘查技术方法(包括采样方法的研究),对资源潜力作出初步评价。”

在地质大调查项目工作成果的基础上,笔者申请并获得国家自然科学基金项目“滇东北峨眉山玄武岩铜矿中有机质对铜富集成矿的作用”(项目批准号:40572060,时间:2005 ~ 2008 年)的资助,重点对有机质与铜成矿作用的关系进行深入探讨。

通过两个项目近 6 年的研究,取得了大量成果。本书从成矿地质背景、玄武

岩特征、铜矿化蚀变特征、稳定同位素地质特征、有机地球化学特征、流体包裹体特征、微量元素稀土元素特征、矿床成因、找矿预测等方面对研究成果进行了系统总结。

本书由李厚民、毛景文、张长青主笔完成。参加研究工作的成员还有许虹、闫升好、高兰、徐庆鸿等。研究工作中得到云南地勘局徐章宝、高宏光,贵州地勘局王尚彦、王砚耕等许多同志的帮助。在此对他们表示衷心的感谢!

作者

2009 年 4 月

目 次

前 言

第一章 成矿地质背景及区域成矿特征	(1)
第一节 区域地层	(3)
第二节 区域构造	(3)
第三节 区域岩浆岩	(4)
第四节 构造演化	(4)
第五节 区域上与地幔柱活动有关的成矿作用	(6)
小结	(10)
第二章 峨眉山玄武岩特征及其与铜矿化关系	(11)
第一节 峨眉山玄武岩基本特征	(11)
第二节 峨眉山玄武岩的含矿性	(14)
第三节 含矿层的喷发环境	(17)
第四节 玄武岩与铜矿化的关系	(18)
小结	(19)
第三章 玄武岩型铜矿化蚀变特征	(20)
第一节 铜矿化的赋存层位	(21)
第二节 矿化主岩及矿化特征	(22)
第三节 矿化蚀变期次及矿物组合	(25)
第四节 铜矿化蚀变分带特征	(26)
第五节 实例	(28)
小结	(32)
第四章 玄武岩型铜矿同位素地球化学特征	(33)
第一节 采样位置和样品特征	(33)
第二节 分析方法和测试结果	(37)
第三节 有机质的来源	(38)
第四节 成矿流体的来源	(39)
第五节 成矿物质来源	(42)
小结	(44)
第五章 玄武岩型铜矿有机质的组成结构及成因	(45)
第一节 采样位置及样品特征	(45)
第二节 有机质组成、结构的分析方法及分析结果	(46)

第三节	铜矿石中有机质的成熟度	(47)
第四节	铜矿石中有机质的组成	(48)
第五节	铜矿石中有机质的结构	(49)
第六节	有机质的成因	(53)
第七节	有机质变质与铜矿化的关系	(54)
小结		(54)
第六章	玄武岩型铜矿有机质生物标志物特征	(55)
第一节	采样位置	(55)
第二节	分析流程和仪器条件	(55)
第三节	氯仿沥青“A”及其族组分特征	(56)
第四节	有机质生物标志物特征	(57)
第五节	讨论	(67)
小结		(74)
第七章	玄武岩型铜矿包裹体地球化学特征	(76)
第一节	样品和包裹体特征	(76)
第二节	包裹体成分研究	(77)
第三节	包裹体均一温度	(78)
第四节	包裹体盐度	(80)
第五节	温度与盐度关系	(82)
第六节	讨论	(83)
小结		(87)
第八章	玄武岩型铜矿成矿元素及微量、稀土元素特征	(88)
第一节	各种矿石、岩石及矿物中铜含量	(88)
第二节	石英的微量、稀土元素特征	(90)
第三节	石英包裹体的微量、稀土元素特征	(93)
第四节	铜矿石的铂族元素含量及其特征	(97)
第五节	铜矿石的微量元素含量及其特征	(98)
第六节	讨论	(99)
小结		(102)
第九章	玄武岩型铜矿成因	(103)
第一节	峨眉山玄武岩型铜矿的后生特征	(103)
第二节	成矿物质来源	(104)
第三节	成矿流体来源	(105)
第四节	成矿物理化学条件	(106)
第五节	有机质在成矿过程中的作用	(106)
第六节	成矿模式	(109)
第七节	与 Keweenaw 玄武岩铜矿床对比	(112)
第十章	成矿条件找矿标志及资源潜力分析	(118)
第一节	成矿地质条件	(118)

第二节	铜矿化空间分布规律	(118)
第三节	找矿标志	(119)
第四节	资源潜力分析和找矿工作建议	(119)
第十一章	勘查技术方法初步研究	(121)
第一节	烃类化探勘查试验	(121)
第二节	采样、碎样加工和分析方法及勘查技术方法建议	(127)
参考文献		(129)
图版说明		(135)

第一章 成矿地质背景 及区域成矿特征

峨眉山玄武岩分布于云、贵、川三省交界地区(图 1-1),面积达 30 多万平方公里,假整合于下二叠统茅口组灰岩之上、整合于上二叠统宣威组或龙潭组之下,主体喷发时间为 252 ~ 262Ma。

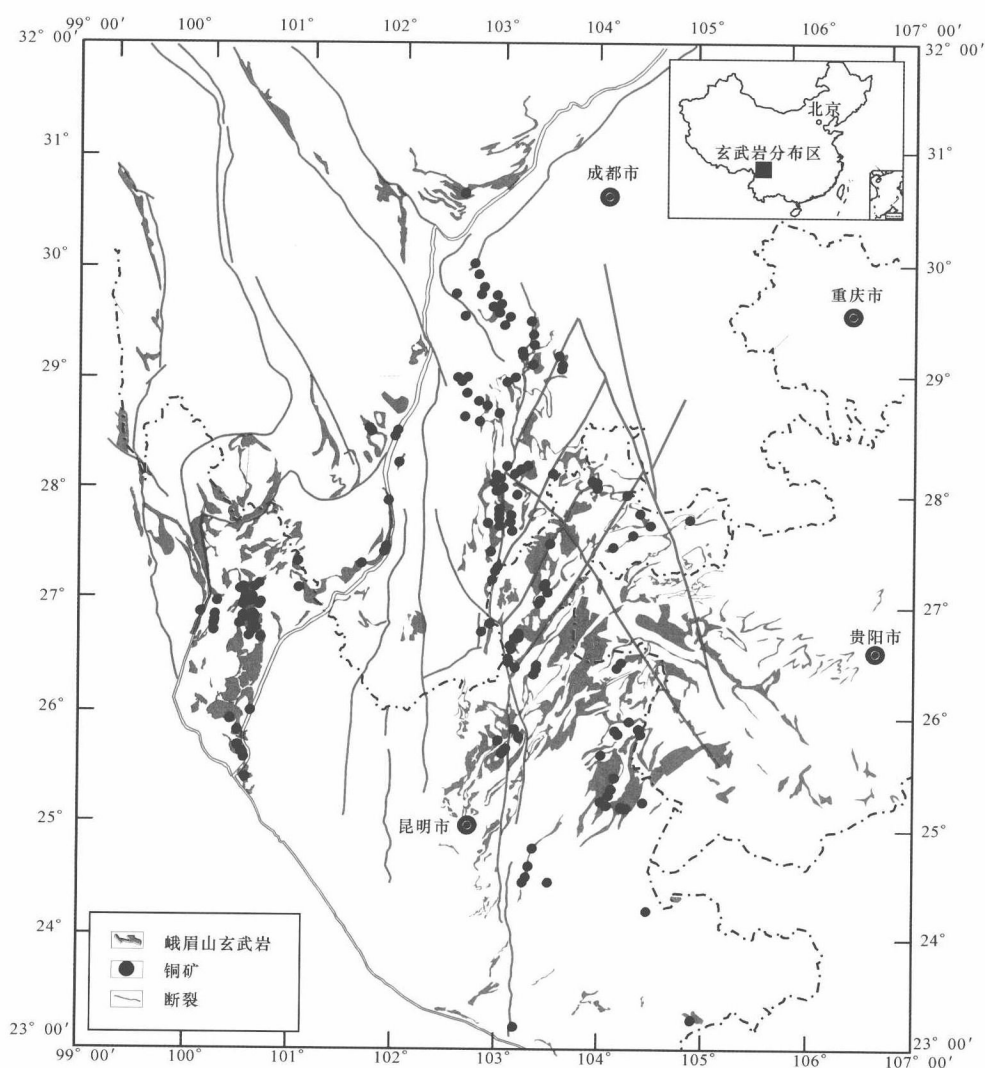


图 1-1 中国西南地区峨眉山玄武岩分布示意图

峨眉山玄武岩中铜矿点、矿化点星罗棋布(图 1-1),虽然达工业规模的矿床很少,但从古至今民采之风甚盛,新老采坑、矿硐随处可见,尤其是在滇东北及其相邻地区(图版 I-1)。

滇东北峨眉山玄武岩分布区在大地构造位置上处于扬子地块西缘(图 1-2)。区域地层、构造、岩浆岩及矿产特征如下所述。

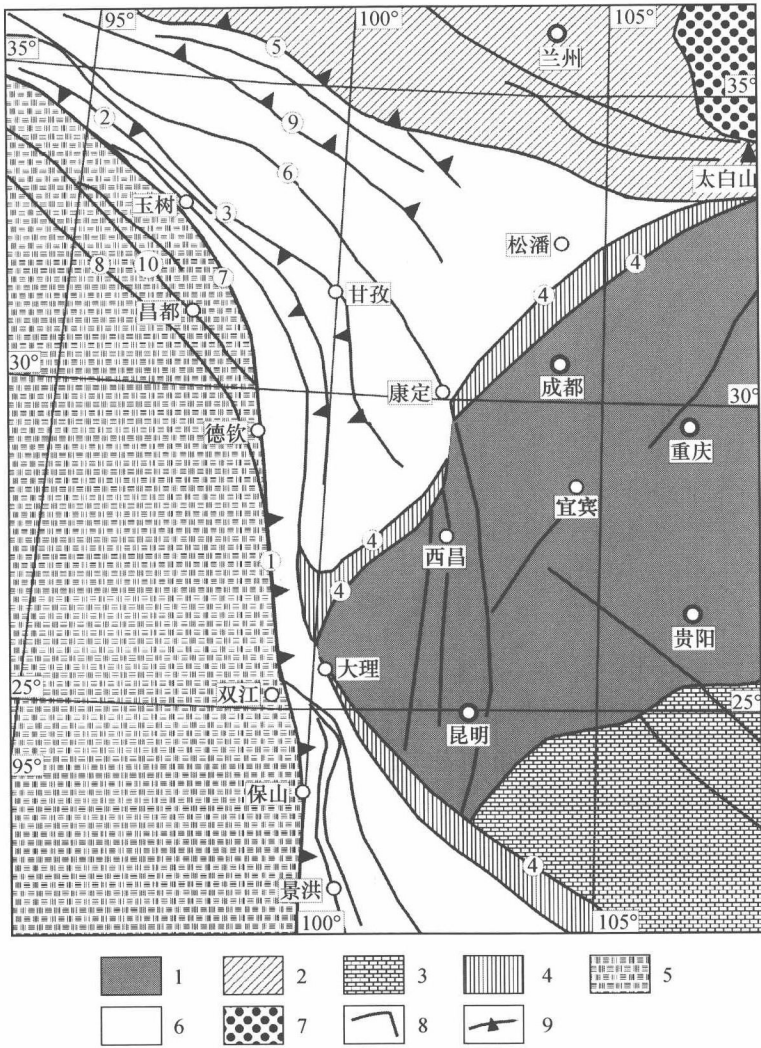


图 1-2 扬子地台西缘大地构造格局
(据王凯元等,1991)

1—扬子克拉通;2—秦祁昆构造带;3—华南加里东褶皱带;4—克拉通边缘构造转化带;5—冈瓦纳古陆;6—扬子克拉通西缘陆架海区;7—塔里木-中朝古大陆;8—大地构造单元界线;9—板块缝合带或俯冲带。断裂编号:①昌宁-双江板块缝合带;②金沙江-藤条江缝合带;③甘孜-理塘缝合带;④龙门山-红河古缝合带;⑤秦祁昆南缘深断裂带;⑥鲜水河大断裂带;⑦玉树-德钦深断裂带;⑧阿保-朵仲深断裂带;⑨可可西里-巴颜喀拉南缘深断裂带;⑩昌都-囊谦深断裂带

第一节 区域地层

滇东北玄武岩铜矿分布区地处滇东北台褶带,该区褶皱基底局部零星出露。震旦系一中三叠统为地台盖层。下震旦统澄江组河流相磨拉石建造(局部夹英安斑岩及角砾岩)不整合覆盖于基底之上;上震旦统底部南沱组冰积层仅局部出露,陡山沱组滨海-浅海相砂泥质碳酸盐岩建造直接与澄江组呈角度不整合接触;灯影组一下二叠统发育齐全,整合接触,主要由滨浅海相砂泥质岩建造和碳酸盐岩建造组成,底部含磷,中寒武统含石膏与石盐假晶,下二叠统梁山组有煤层;上二叠统下部玄武岩沿小江断裂带两侧地区发育,厚度自西向东逐渐减薄,在小江断裂附近最厚达 2700m,向东减薄至 66m,到镇雄地区则完全缺失,靠近喷发中心的火山集块岩也只分布于小江断裂附近,向东则逐渐消失,表现了火山喷发活动受小江断裂带控制的特点;上二叠统上部宣威组为海陆交互相含煤碎屑岩建造夹少量铝土质岩建造;下、中三叠统由浅海相碎屑岩建造和不纯碳酸盐岩建造组成。本区地台盖层总厚达 5000~10000m。上三叠统和侏罗系为地台上叠拗陷沉积,由含煤碎屑岩建造和河湖相红色岩建造组成,厚度仅达 900~1000m。新生界仅见于昭通等小型断陷盆地中,为厚度不大的含煤磨拉石和含煤碎屑岩建造。

第二节 区域构造

滇东北台褶带西以小江断裂为限,东南界为弥勒-师宗断裂(云南省地质矿产局,1989)。

(1)弥勒-师宗断裂:全长大于 450km(云南境内约 320km、贵州境内大于 150km),NE 走向,倾向 NW—NNW,倾角 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$,为压剪性断裂。断裂北西盘出露大量古生界地层,南东盘主要为三叠系,沿线可见上古生界逆冲覆盖在三叠系不同层位之上。另外,在北西盘有大量晚二叠世玄武岩($P_2\beta$)分布,东南盘则少见。沿断裂带常见一系列小型基性侵入体出露,显示对基性岩浆活动有明显控制作用。该断裂形成于晋宁期,以后又多次活动。

(2)小江断裂:呈 NS 向,向 W 陡倾,左行走滑,沿断裂带形成了一条宽大的挤压破碎带,宽可达 450~550m,区域上切过了古生代 NE 向隆起和拗陷构造,该断裂最早可能在晚元古代末即有活动迹象,二叠纪时则表现为强烈的裂陷张裂,成为大规模基性岩浆喷发、侵位的通道,中生代时曾经历过强烈挤压,喜马拉雅运动时,又表现为张裂和左行走滑性质,一方面造成了东、西地块之间的相对位移,同时沿断裂带形成了一系列断陷湖泊。小江断裂带目前有强烈地震活动,沿其分布有一系列温、热泉点,表明断裂带具有明显的现今活动性和较强的热流活动。

区内其他构造变形以褶皱为主,断裂次之。背、向斜褶皱相间排列,构成典型的隔档式褶皱组合,基本属两翼对称的褶皱,褶皱轴多呈 NE—NNE 向,背斜大都被轴向断裂破坏,发生于晚燕山运动及其以后;断裂多为 NE 向,规模不大,为硅铝层断裂。

第三节 区域岩浆岩

扬子地块西南缘岩浆活动呈现出周期性旋回特征,在不同的活动阶段有着不同的岩浆分带。岩浆活动较为强烈的时期有太古宙—早元古代、中元古代、早震旦世和二叠纪—侏罗纪。

太古宙—早元古代岩浆活动强烈,早期为大规模海底火山喷发,伴有基性-超基性岩浆侵入,中期有钠质花岗岩侵入,晚期仅形成少量钾质花岗岩。整套火山-岩浆岩系被统称为“康定杂岩”。

中元古代岩浆活动早期表现为不同构造环境下的火山喷发,伴有基性-超基性岩浆侵入;晚期以火山喷发开始,其后为基性-超基性岩及石英闪长岩侵入,最后形成大规模花岗岩。主要分布于龙门山-攀西一带。

早震旦世岩浆活动表现为强烈的中酸性火山喷发和大规模的花岗岩侵入。火山岩主要分布于攀西一带。熔岩主要为玄武岩、安山岩和流纹岩,火山碎屑岩包括正常火山碎屑岩和火山-沉积碎屑岩。花岗岩类型有碱性长石花岗岩、碱性花岗岩和普通花岗岩,主要沿主干断裂带成群产出,表明岩浆侵入作用受晋宁—澄江期断裂和褶皱构造控制。

晚二叠世峨眉山玄武岩喷溢及相伴的基性-超基性岩浆侵入,是扬子地台演化过程中一次最重大的构造-岩浆事件。峨眉山玄武岩分布于以天全、攀枝花、云南建水和贵阳四点围成的地域内,假整合于茅口组之上,在广大地区内又伏于宣威组或龙潭组之下(四川省地质矿产局,1991)。Zhou等(2005)认为峨眉山玄武岩喷发的年龄为251~262Ma,在该区形成了30多万平方公里的峨眉山玄武岩喷溢和近500km的川滇基性-超基性岩带,构成了著名的“西南暗色岩套”,具有多旋回中心-裂隙式喷发-喷溢的特征。

中、新生代阶段,最主要的岩浆活动时期是晚三叠世早期,其特征为早期有中基性或碱性喷发,至晚期以大量的酸性花岗岩侵入为代表,经历了中基性到酸性的演化过程。

第四节 构造演化

一、区域构造演化

综合廖宗廷等(2003)、侯增谦等(1996)、陆彦等(1998)、张旗等(1999)、颜丹平等(1997)和刘福田等(2000)的资料和认识,扬子地台西缘及邻区晚古生代以来的构造演化经历了如下阶段:

(1)早石炭世:早古生代泛非事件,导致原特提斯洋俯冲消减,进入残留海阶段,处于冈瓦纳大陆和劳亚大陆间的软基底、热陆壳转入相对稳定阶段,接受过渡型碎屑岩系沉积。伴随泛大陆解体,古特提斯洋开始发育。在早石炭世,昌都-思茅陆块(也称兰坪-思茅陆块,或思茅陆块,或昌都陆块)南西侧裂成澜沧江大洋;稍晚,昌都-思茅陆块和扬子地台之间,为可能沿原残留海拉张裂离形成的金沙江洋。

(2)晚石炭世—晚二叠世:晚石炭世开始,澜沧江洋向昌都-思茅陆块下俯冲,并在陆块南缘形成弧盆体系;晚二叠世开始,金沙江洋向昌都-思茅陆块下俯冲,并在陆块北缘形成弧盆体系;在金沙江洋俯冲的同时,扬子地台西缘被拉裂形成攀西裂谷,峨眉山玄武岩大面积喷发。

(3)早中三叠世,古特提斯洋主体闭合,与此同时,在古特提斯造山系北侧与扬子地台之间,甘孜-理塘洋打开,并在晚三叠世早期扩张到最大规模。晚三叠世末,甘孜-理塘洋向南西俯冲消减,形成义敦岛弧。

(4)侏罗纪—白垩纪:腾冲地块和保山地块之间拉开形成怒江小洋盆。更南西则为雅鲁藏布江洋。

(5)白垩纪—第三纪:印度板块沿向已经连接在扬子地台上的昌都-思茅地块和保山地块下俯冲。此时,扬子地台西缘处于前陆盆地环境。

(6)第三纪—第四纪:发生自西而东的逆冲推覆,形成龙门山-锦屏山造山带和松潘-甘孜造山带。

二、扬子地台西缘晚海西以来构造环境

扬子地块西缘的大地构造单元包括:扬子克拉通、滇东北台褶带、康滇地轴、滇东拗陷、哀牢山断褶带、滇东南褶皱带、桂西北褶断带、桂西拗陷和桂林-河池拗陷带。其晚海西以来的大地构造演化如下:

晚二叠世,在扬子地块两侧,沿甘孜-理塘带及右江带地壳普遍伸展裂陷,形成著名的攀西陆内裂谷,且波及扬子区以致产生晚二叠世早期为主的大规模基性岩浆喷发及侵位活动,形成了大面积分布的峨眉山玄武岩。

晚二叠世晚期至早中三叠世又为一次海侵过程,本区部分地区接受碎屑岩沉积。进入早三叠世后,攀西裂谷的地裂运动已趋于缓和而进入后期的成谷阶段。此时理塘洋向西南俯冲,扬子地台西缘形成了众多断陷盆地。

在侏罗纪,扬子地台西缘仍受到来自古特提斯洋演化的强烈影响,构造运动总的趋势是间歇性的抬升,为大陆内部的发展阶段,以陆相沉积为主,属台地型沉积。

至早白垩世,甘孜陆块上的巴颜喀拉海盆开始造山(褶皱回返);甘孜陆块开始向东南方向的扬子陆块推覆,同时驱动盐源-丽江断块向攀西-滇中断块推覆,形成龙门山-锦屏山造山带并进一步隆升。

早第三纪始新世早中期,北上的印度板块和欧亚板块(华南板块及藏滇板块此时都为其一部分)碰撞——喜马拉雅造山运动爆发。这是亚洲大陆上最重要的造山运动之一,它基本奠定了本区的构造格局。

中晚始新世间,由于印度洋扩张加剧,使雅鲁藏布江的洋盆迅速向北俯冲消亡,继而产生印度大陆对欧亚大陆的碰撞作用。这一作用过程强烈地影响到扬子地块西缘的云南各地,导致云南地壳继印支运动第Ⅱ幕以后的再次强烈陆内改造。在金沙江-哀牢山西侧的断裂发生大规模的逆冲-推覆和平移剪切或走滑。此后,扬子地块西南缘云南、贵州地壳随着青藏高原的强烈抬升也不同程度地隆起,除造成区域地壳内部产生不同地块间的强烈变形和变位外,而且在一些山间盆地中形成晚始新世—渐新世的磨拉石建造,晚第三纪的含煤建造以及第四系沉积。

从中新世开始,区域地壳进入后造山调整。区域构造作用方式、沉积作用、岩浆作用等均发生了重大变革。此时,区域地壳活动表现为大面积的缓慢整体隆升,形成了两级区域夷平面。

上新世晚期,青藏高原开始整体抬升,其东侧的云贵高原和攀西山地也相伴上升。区域构造演化进入青藏高原隆升阶段。这场运动从上新世晚期一直持续到现在。

三、峨眉山玄武岩与地幔柱的关系

近年来的许多研究表明,峨眉山玄武岩是地幔柱活动的产物。宋谢炎等(2002)根据峨眉山玄武岩的岩石组合、岩相学特征将峨眉火成岩省分为西岩区(盐源-丽江岩区)、中岩区(攀西岩区)、东岩区(贵州高原岩区)和松潘-甘孜岩区,通过对玄武岩分布区二叠纪的区域地质背景和古地理环境的分析,对峨眉山玄武岩喷发与地幔热柱的关系及其火山喷发的大地构造背景进行了进一步系统归纳和总结,根据峨眉山玄武岩微量元素地幔标准化曲线特征与 OIB 基本一致,认为玄武岩的成因与地幔热柱活动有密不可分的关系。

肖龙等(2003b)通过对玄武岩 Sr-Nd 和 O 同位素的研究,认为峨眉地幔柱与岩石圈的相互作用过程在时间和空间上有系统变化,即早期西岩区形成含大量壳源组分的低钛玄武岩,晚期为壳源组分相对较少的高钛玄武岩。空间上低钛玄武岩仅分布在西岩区,而中、东岩区皆为高钛玄武岩。壳源组分随着时间演化逐渐减少,在空间上由西而东也逐渐减少。表明峨眉山火成岩省形成早(主)期地幔柱头卷入并熔融了较多交代富集的次大陆岩石圈物质,晚期则有较少的壳源物质参与。

侯增谦等(2005)通过 Sr、Nd、Pb 同位素和痕量元素研究,认为峨眉山玄武岩西南部的丽江、大理和攀枝花三角区为中心的苦橄岩分布区是峨眉地幔柱的轴部区,火山岩是由地幔岩和榴辉岩(古玄武质洋壳)组成的源区产生的岩浆形成的。

第五节 区域上与地幔柱活动有关的成矿作用

扬子地台西南缘规模巨大的晚二叠世峨眉山玄武岩喷溢及相伴的基性-超基性岩浆侵入,是地台演化过程中一次重大的构造-岩浆事件。该事件起始于中泥盆世可延续至晚三叠世,它导致康滇地轴再度抬升、部分古生代地层缺失和岩石圈破裂,形成 30 多万平方公里的峨眉山玄武岩和近 500km 的川滇基性-超基性岩带,构成了著名的“西南暗色岩套”。巨量的地幔物质注入不仅带来丰富的矿源,形成铁、钒、钛、铜、镍、铂族元素矿床,而且由之引起的区域性地热异常,使四川含油层气化及煤系变质,成为我国南方重要的天然气及优质煤产区。同时,大范围峨眉山玄武岩喷溢及相伴的区域性地下热卤水活动,又是川滇黔地区广泛分布的铅锌银矿床和汞锑金矿床之活化迁移和重新富集的重要原因(刘家铎等,2003),造成以峨眉山玄武岩分布区的铁、钒、钛、铜、镍、铂族元素成矿区为中心,向边缘依次出现的铅锌银(MVT 型)-汞锑-金(卡林型)成矿分带(图 1-3)。峨眉地幔柱活动为数十万平方公里的川黔滇地区有色、黑色及贵金属矿产资源提供了极为良好的成矿环境和成矿条件及众多的矿产地,它们类型齐全且具密切的成生联系,构成了一个完整的成矿系列,其中与基性-超基性岩浆活动直接相关的成矿亚系列有四个:

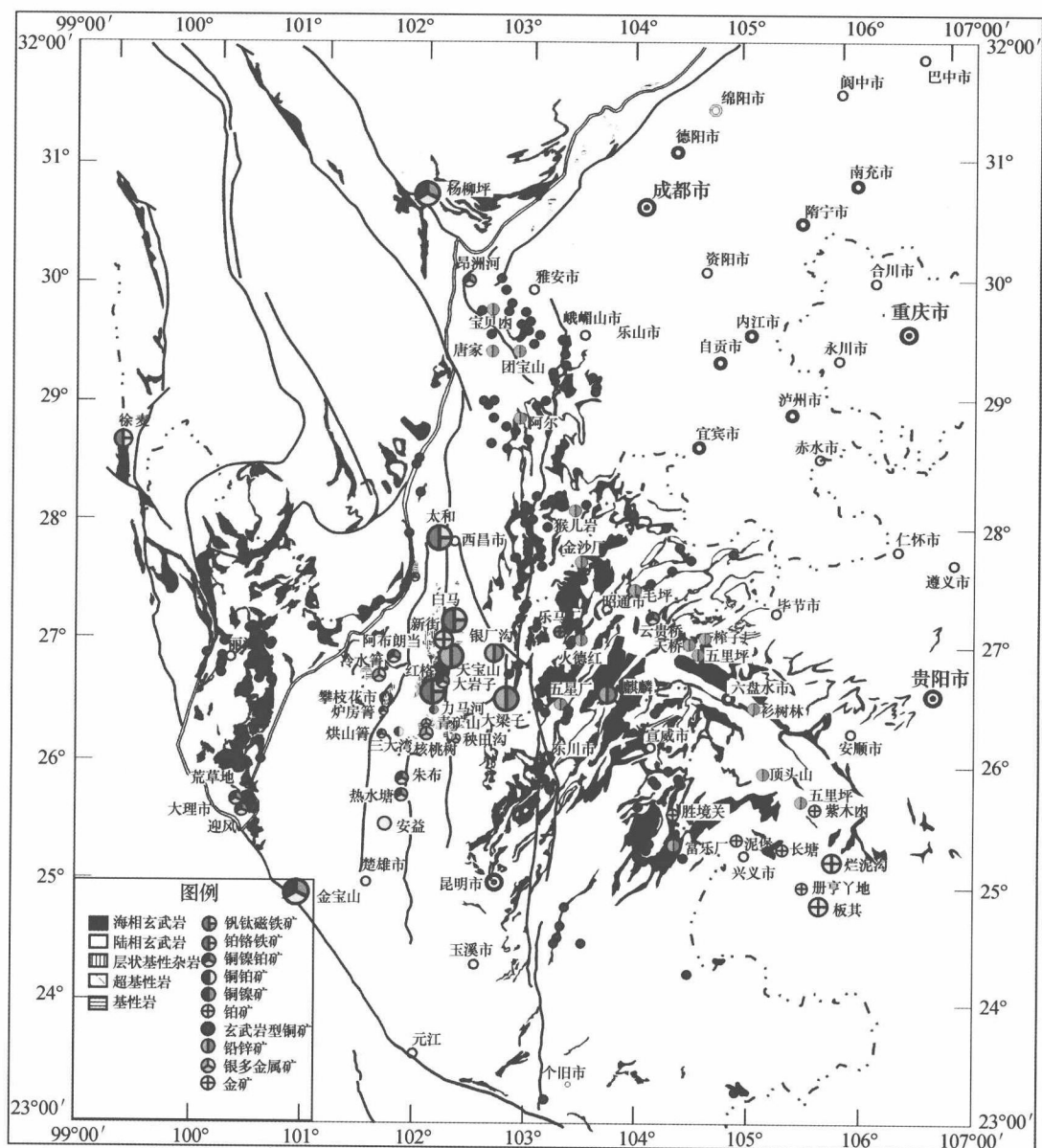


图 1-3 西南暗色岩套成矿系列分布图
(据骆耀南等,2003 修编)

一、华力西早期小型基性-超基性 Cu-Ni-PGE 矿床成矿亚系列

分布于德昌、米易、元谋一带,岩体(群)受控于安宁河-绿汁江深大断裂带,其中超镁铁岩值 $m/f0.5 \sim 4.95$,属铁质,岩体产状多样,呈岩盆、岩墙、漏斗状等。形成铜镍铂矿床的常为具分异特征或多期贯入的基性-超基性杂岩,而岩相单一者多为非含矿岩体,贵橄橄榄石和辉石是含矿岩相的主要成分,且蚀变强烈(蛇纹石化、次闪石化、滑石化),岩体同位素年龄

为 315 ~ 413 Ma。矿床实例为会理核桃树、力马河及云南朱布。

二、华力西中期层状基性-超基性杂岩 Ti-V-Fe-PGE 矿床成矿亚系列

含钒钛磁铁矿的层状基性-超基性杂岩在北起冕宁南至攀枝花(长 300 km, 宽 10 ~ 15 km 范围)分布有岩体 30 余个, 占川滇岩带岩体总数 16%。岩体规模多为 8 ~ 50 km, 与峨眉山玄武岩及晚期偏碱性侵入岩形影相随, 显示“三位一体”特征。按岩石组合, 可分出以辉长岩为主和以超基性岩为主两大类, 以盛产铁矿床构成我国著名的钒钛磁铁矿集中区。近年来对该类矿床进行铂族资源查定及评价, 发现 PGE 元素主要赋存于铁矿层及岩体的硫化物中, 一般富集于岩体下部或底部, 可构成单铂型或铜-铂型矿体和矿床。已评价的云南安益矿床规模达大型; 新评价的四川新街矿床规模为超大型。矿床特征类似于南非布什维尔德杂岩型, 目前查证和评价工作尚在深入进行中。

三、华力西晚期浅成基性-超基性侵入体及峨眉山 玄武岩中 Cu-Ni-PGE 矿床成矿亚系列

华力西晚期浅成基性-超基性岩中 Cu-Ni-PGE 矿床的共同特点是与峨眉山玄武岩岩浆活动有直接的成因关系, 含矿岩体呈岩床群产于玄武岩流根部通道两侧, 具浅成侵入特征, 含矿岩体由橄榄岩、橄辉岩及少量辉石岩和辉长岩组成, 显示层状分异和强烈蚀变。铜镍铂矿体产于岩体中下部及接触带(矽卡岩带), 它们的成矿条件、成矿地质背景及矿床特征均可与俄罗斯诺里尔斯克型铜镍铂矿床对比。已评价的杨柳坪及云南金宝山矿床规模达超大型, 新发现的会理大岩子矿床规模接近大型。

四、与玄武岩有关的 Cu 矿床成矿亚系列

峨眉山玄武岩分布区铜矿化普遍, 具有点多面广、类型多样特征。以四川和云南两省初步统计, 达矿点规模者近 200 处, 其中达小型规模者仅 10 余处。前人将上述玄武岩型铜矿床、矿点、矿化点归纳为四种类型(云南、四川、贵州地矿局, 1989):

(1) 火山喷发型: 为玄武岩型铜矿的主体, 其矿产地占云南的 44.7%、四川的 30%, 它们多产于峨眉山玄武岩上部或顶部火山角砾岩、凝灰岩中, 受火山机构控制, 是晚期中心式火山爆发产物, 有明显的热液蚀变(沸石化、硅化、高岭石化等), 矿体多出现于角砾岩、凝灰岩频繁交替地段, 且有灰绿色与紫红色交替而显示的氧化和还原环境的变迁。矿石矿物为孔雀石、蓝铜矿、辉铜矿、蓝辉铜矿, 少量黄铜矿、斑铜矿、铜蓝及自然铜。矿体多为似层状、透镜状, 厚 1 ~ 3 m, 最厚为 28.67 m; 长十至数十米, 最长 600 m; 铜品位 0.2% ~ 6.19%, 平均 1% ~ 2%。矿床规模为矿点至小型, 如昭觉乌坡、紫经花滩。

(2) 火山沉积型: 仍为玄武岩铜矿的主要类型, 占云南矿产地数的 29.8%、四川的 20%, 产于峨眉山玄武岩顶部或与宣威组过渡带, 少量在玄武岩中下部沉积夹层中(如洪雅瓦山), 属峨眉山玄武岩岩浆爆发期后的间歇期环境, 赋矿岩石以含炭的凝灰岩、碳硅质岩及