

西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山 成矿理论与勘查技术

李文昌 潘桂棠 侯增谦 莫宣学 王立全 等 著

地质出版社

西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山 成矿理论与勘查技术

李文昌 潘桂棠 侯增谦 莫宣学 王立全 丁 俊
徐 强 李兴振 李定谋 杜德勋 江新胜 胡云中
吕庆田 杨伟光 卢映祥 范玉华 杨夕辉 沈上越 著
徐启东 朱勤文 周耀军 李晓明 郭远生 张翼飞
罗君烈 任治机 曾普胜 杨岳清 汪民杰 尹光侯

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

西南“三江”(金沙江、澜沧江、怒江)并流地区,是全球最为复杂的造山带和重要的有色金属、贵金属成矿带之一,是我国未来有色金属、贵金属重要的资源接替基地。创新成矿理论,有效指导多阶段复合造山带的地质找矿和探索高山峡谷多植被复杂地貌区的找矿方法及集成技术,实现找矿的快速高效,是“三江”地质工作者的共同心愿。本书是“八五”科技攻关“西南‘三江’地区铜铅锌等矿产的成矿条件研究”、“九五”科技攻关“西南‘三江’中段重要成矿带的地质构造演化与贵金属、有色金属成矿规律和远景预测研究”、“九五”国家科技攻关计划课题“西南‘三江’中南段试验区铜、金等矿产快速勘查评价的综合示范研究”、“十一五”国家科技支撑计划“中西部大型矿产基地综合勘查技术与示范”等多轮科技攻关计划和“西南‘三江’特别找矿计划”、“西南‘三江’有色金属基地勘查”等多轮找矿计划成果的系统总结。作者通过对“三江”地区地质构造的深入研究,特别是对古特提斯构造演化阶段多条蛇绿混杂岩带及多套弧盆系统的深入解剖,建立了“多岛弧盆系”构造新模式;对进入碰撞造山以来基于大规模走滑-剪切-推覆构造背景下不同造山带时空结构、造山模式的深入研究,建立了“横断山式”造山新模式。同时着力对造山过程与成矿作用的成因链接研究,从壳幔相互作用和物质-能量交换传递的新视角,将成矿作用放在各构造单元的演化背景中,努力揭示成矿系统的形成与动力学过程的耦合关系和成因联系,深入分析矿床的形成机制和分布规律,提出了“多岛弧盆成矿论”和“陆内构造转换成矿论”。在上述理论指导下,实践和探索总结了多套针对“三江”地区重要矿床类型的找矿集成技术,发现和评价了一批大型、超大型矿床,实现了找矿重大突破和勘查评价的快速高效。西南“三江”有色金属、贵金属勘查开发基地已基本形成。

本书可供从事矿产资源勘查工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术 /
李文昌等著. —北京:地质出版社, 2010.5
ISBN 978-7-116-06620-5

I. ①西… II. ①李… III. ①有色金属矿床-矿床成因论-西南地区 IV. ①P618.401

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 053359 号

XINAN SANJIANG DUODAOHUPEN-PENGZHUANGZAOSHAN
CHENGKUANG LILUN YU KANCHAJISHU

责任编辑:刘亚军

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

咨询电话:(010)82324508 (邮购部); (010)82324578 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@ gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷: 北京天成印务有限责任公司

开 本: 889mm × 1094mm $\frac{1}{16}$

印 张: 31.5

字 数: 1000 千字

版 次: 2010 年 5 月北京第 1 版 · 第 1 次印刷

定 价: 180.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-06620-5

ISBN 978-7-116-06620-5



9 787116 066205 >

(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)

序 一

西南“三江”是全球特提斯-喜马拉雅巨型成矿域的重要组成部分，是我国未来金属矿产资源重要的接替基地之一。为加速查明西南“三江”地区铜、铅锌、银、金等优势矿产资源潜力，原地质矿产部早在“八五”期间就组织实施了“西南‘三江’特别找矿计划”跨世纪工程，同时设立了相应的科技攻关计划。按照“区调、区划、科研、物化探、勘查”五统一的战略思想，进行了总体部署和系统勘查。为了提高西部地区勘查技术水平，科技部设立了“九五”科技攻关项目，以“三江”为示范区，开展了特殊地貌景观条件下的勘查技术攻关。进入新世纪以来，我国加快了建立“三江”国家有色金属勘查-开发基地的步伐，国土资源大调查再次将“三江”地区列为重点勘查片区，“西南‘三江’南段有色金属基地勘查”项目作为片区核心工程，正式启动并成功实施。历经十多年“从理论到勘查，又从勘查到理论”的勘查-研究过程，“三江”成矿带的神秘面纱逐渐揭开，一个国家有色金属和贵金属基地基本形成。

《西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术》，是西南“三江”地区十余年地质成矿理论与勘查评价成果的系统总结，是李文昌同志等一批科技人员集体劳动的结晶。该书以大量而翔实的地质资料，系统阐述了“三江”特提斯造山带的时空结构、演化历史和造山模式，特别是基于“三江”多条蛇绿混杂岩带及各种类型的岛弧-盆地的系统解剖，提出了“三江”古特提斯“多岛弧盆系”构造新模式。通过系统识别和系统研究多条不同规模和不同类型的造山带，提出了“横断山式”造山新模式。在此基础上，作者系统厘定和划分了“三江”地区的成矿带。特别是通过主要成矿带及成矿系统的详细解剖，创新性地提出了古生代“多岛弧盆成矿论”和新生代“陆内构造转换成矿论”，系统阐明了“三江”特提斯成矿系统和大型矿床形成的动力学背景、深部过程和发育机制。此外，作者系统研究了“三江”成矿带和主要矿床的成矿地质环境与成矿规律，建立了相应的区域成矿模型（模式）及重要矿床类型的找矿模型，明确了不同成矿区带的主攻矿种和矿床类型；建立了以找矿模型为驱动、以GIS为平台的成矿预测评价系统，开展多元信息成矿预测，圈出了大批成矿远景区和找矿靶区，为勘查部署提供了有力的技术支撑。值得赞赏的是，作者探索总结了多套找矿集成技术，为实现找矿重大突破提供了关键技术支持。例如，针对斑岩铜矿，提出了“斑岩模型+高光谱+PIMA+高精度磁测+IP”集成技术，在香格里拉普朗铜矿取得找矿突破；对于块状硫化物矿床，总结了“成矿模式+层位+瞬变电磁法+激发极化法”集成技术，取得了鲁春铜铅锌多金属矿、普洱太平

掌铜铅锌多金属矿等的找矿突破；对于构造蚀变岩型（造山型）金矿，探索总结了“脆／韧性剪切带＋化探”集成技术，简单而实用，实现了镇沅金矿等一系列金矿的找矿突破；对于热液脉型铅锌银多金属矿，采用“构造圈闭＋热液循环中心＋多种电法”集成技术，实现了兰坪白秧坪铅锌银多金属矿等的找矿突破。

《西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术》是一部成矿理论与勘查评价相结合的专著，其中，不乏“产、学、研”结合取得理论创新与勘查突破的成功实例，也折射出作者多年来在前人工作的基础上，“从理论到勘查，又从勘查到理论”孜孜以求、不断升华的过程。专著中所反映的新思维和理论上的新进展，无疑会对研究大陆造山和成矿作用的同仁们有所启迪，也必将对从事矿产勘查与评价的地质工作者具有参考意义。

傅强

2010年4月3日

序 二

西南“三江”（金沙江、澜沧江、怒江）地区，是全球最为复杂的造山带之一，其先后经历了晚古生代—中生代特提斯（Tethys）构造演化和新生代大陆碰撞造山的叠加转换，形成了“高山峡谷”和“三江并流”的全球独特地貌景观，发生了多幕式大规模成矿作用和巨量的金属聚积，成为中国最重要的多金属富集区、全球罕见的世界级多金属成矿省。“三江”特提斯构造转换—叠加复合之复杂，壳/幔物质—能量交换之活跃，断裂网络系统和汇水盆地系统之发育，构造—岩浆—流体活动之强烈，成矿条件之优越，资源潜力之巨大，令世界瞩目。

我国学者自“七五”以来相继对西南“三江”开展了多轮科技攻关，取得了重大研究进展。《西南“三江”多岛弧盆—碰撞造山成矿理论与勘查技术》是长期从事“三江”地质工作的多位科技人员最近完成的一部力作，是他们历时数十年理论与勘查实践的系统总结。该专著以翔实的资料、新颖的观点，系统论述了“三江”特提斯的时空结构、地质特征、构造演化和造山模式，全面阐述了“三江”主要成矿带的时空分布、主要特征、成矿系统和矿床类型，并建立了相应的区域成矿—找矿模型，探索总结了针对不同矿床类型的找矿集成技术。

纵观这本专著，我以为有三大鲜明特点：一是基础资料扎实，学术观点新颖。作者立足“三江”地区，放眼特提斯，通过对“三江”地区地质构造的深入研究，特别是对多条蛇绿混杂岩带及各种类型岛弧、盆地的系统解剖，建立了“多岛弧盆系”构造新模式；新生代时，“三江”处于斜向碰撞背景，发生大规模走滑—剪切—推覆作用，发挥构造转换和应力调节之功能，通过对不同造山带时空结构和造山模式的深入研究，建立了“横断山式”造山新模式。二是着力于搭建造山过程与成矿作用的成因链接，成矿理论研究颇有建树。作者采用成矿系统新理念，从壳幔相互作用和物质—能量交换传递的新视角，将成矿作用放在“三江”特提斯演化的框架之下，揭示成矿系统的形成与动力学过程的耦合关系和成因联系，深入分析了矿床的形成机制和分布规律，创新性地提出了“多岛弧盆成矿论”和“陆内构造转换成矿论”，初步揭示了“三江”地区的区域成矿规律。三是理论研究密切联系勘查实际，研究成果颇具实用性。作者没有满足于对典型矿床的解剖和建模，而是着力向勘查评价延伸，建立了不同成矿区带的区域成矿模型和矿床勘查模型。尤为重要的是，他们针对不同矿床类型研发了相应的找矿集成技术，并成功地应用于勘查实践，明显提高了找矿效率，取得重大找矿突破，由此荣获国家科学技术进步一等奖。

《西南“三江”多岛弧盆—碰撞造山成矿理论与勘查技术》这部专著，是云南省地质矿产勘查开发局（云南省地质调查局）、成都地质矿产研究所、中国地质科学院

矿产资源研究所和地质研究所、中国地质大学等单位通力合作的成果，是“产、学、研”结合、理论和实践结合的结晶。它既有对前人成果的继承，又有新的发展，不乏创新的思维和创新成果。它的公开问世，将对中国造山带的找矿勘查和研究有重要的指导和借鉴意义，也必将为丰富和发展造山带成矿理论做出应有的贡献。

我衷心祝贺这一专著的出版，并借此机会向长期奋战在西南“三江”地区的广大地质工作者表示敬意！

谢裕生

2010年3月28日

前 言

西南“三江”（金沙江、澜沧江、怒江）并流地区，是全球最为复杂的造山带之一，它既经历了特提斯的构造演化，又遭受印度-欧亚板块碰撞和高原隆升的强烈改造。该区地质构造复杂，岩浆活动强烈，成矿流体活跃，成矿作用复杂多样，矿床类型齐全，是全球著名的有色金属、贵金属成矿带，其翻江倒海的构造运动使多期构造形迹广布于各构造带，新构造运动形成的高山峡谷深切的地貌景观使得地质现象自然呈现，因而也被称为天然地质博物馆。这里拥有一大批大型、超大型矿床，并且不断发现大型、超大型矿床，它是我国最具潜力的金属矿产富集区，是我国重要的矿产资源基地。为此，国家在三江地区部署了一系列科技攻关和找矿行动计划。

研究区北起川藏两省区北界，南至云南省南部国界，西界北段沿怒江西侧分水岭，南侧沿中缅边境，东界从四川色达、甘孜、理塘沿云南丽江、大理至河口。南北长约1500km，北段东西宽约420km，中段东西宽约210km，南段东西宽约525km，总面积约50万平方千米。

以科技攻关为先导，开展找矿行动计划，目的是为了寻找新的接替资源基地。经过十多年的不懈努力，地质成矿理论取得了创新，地质找矿取得了重大突破，在西南“三江”地区发现和评价了一大批矿床，仅西南“三江”云南段发现的大型—超大型矿床就达12个，已发现的矿床均已转入进一步勘探或规模开发。“西南三江”，一个国家大型矿产资源基地的雏形已经展示出来，其成矿理论创新与找矿突破成果被评为2005年度国家科学技术进步一等奖。

本专著是著者从“八五”到“十一五”在“三江”地区开展的多轮科技攻关和找矿计划项目成果的系统总结，是几代“三江人”艰苦拼搏的共同结晶，同时也是“产、学、研”结合的成功实例。已经完成和正在开展的科技攻关项目主要有：原地质矿产部“八五”科技攻关“西南三江地区铜铅锌等矿产的成矿条件研究”（编号：85-01-003），“九五”科技攻关“西南三江中段重要成矿带的地质构造演化与贵金属、有色金属成矿规律和远景预测研究”（编号：9502001），科技部“九五”国家科技攻关计划课题“西南三江中南段试验区铜、金等矿产快速勘查评价的综合示范研究”（编号：96-914-03），“十一五”国家科技支撑计划“中西部大型矿产基地综合勘查技术与示范”（编号：2006BAB01A00），中国地质调查局“西南三江南段成矿规律及找矿方向综合研究”（编号：20011020009）等；找矿计划项目主要有：原地质矿产部、云南、四川、西藏等部省（区）联合的“三江特别找矿计划”跨世纪工程、国土资源部（中国地质调查局）“新一轮国土资源大调查”及“西南三江南段有色金属基地勘查”（编号：资[2002]009）等。

本专著是在项目参加单位——成都地质矿产研究所、中国地质大学（北京）、中国地质科学院矿产资源研究所与地质研究所、云南省地质矿产勘查开发局及云南省地质调查局（云南省地质调查院）——等单位的共同努力下，在科技部、国土资源部、中国地质调查局支持下，通过全体参与项目成员克服野外艰苦环境、顽强拼搏并坚持不懈开展研究和地质找矿工作，在项

目主要技术人员共同研讨、总结后，由李文昌、潘桂棠、侯增谦、莫宣学、王立全等执笔完成的。编写分工是：前言，李文昌；第一章，潘桂棠、李文昌、侯增谦、莫宣学、王立全；第二章，潘桂棠、李文昌、莫宣学、李兴振；第三章，潘桂棠、莫宣学、李文昌；第四章，潘桂棠、李兴振；第五章，潘桂棠、李文昌、侯增谦、莫宣学、王立全；第六章，王立全、潘桂棠、李文昌、莫宣学；第七章，李文昌、王立全；第八章，李文昌、王立全、侯增谦；第九章，李文昌、潘桂棠、侯增谦、莫宣学、王立全；第十章，李文昌、潘桂棠。最后由李文昌、潘桂棠统纂全稿。图件由编写人编制，并由余海军、赵霞、袁士华、樊丽、贾秀敏、孟青等绘制。

上述项目是在国家科学技术部、国土资源部、中国地质调查局的关心下立项和顺利实施的。项目实施得到了云南省地质矿产勘查开发局（云南省地质调查院）、成都地质矿产研究所、中国地质科学院矿产资源研究所及地质研究所、中国地质大学（北京）以及云南省、四川省、西藏自治区国土资源厅等单位的大力支持，得到了国土资源部原副部长寿嘉华、国际合作与科技司白星碧、马岩、高平及中国地质调查局王瑞江、陈仁义、薛迎喜等领导的关心和帮助。陈毓川、翟裕生、刘宝珺、李廷栋、赵鹏大、常印佛、汤中立、许志琴、钟大赉、赵文津、多吉等院士，以及刘增乾、叶天竺、周家寰、黄崇轲、张洪涛、孙文珂、肖庆辉、李裕伟、王义昭、秦德厚、骆耀南、侯立伟、曹佑功、夏代祥、朱明玉、彭维震、范承钧、陈福忠、刘本培、冯庆来等专家，对项目工作及成果提升给予了很多指导和帮助，在此表示衷心的感谢！

本专著是集体劳动的成果。书中引用了一些单位、个人的文献资料和成果，在此一并表示诚挚的感谢！

目次

序 一	
序 二	
前 言	
第一章 绪 论	1
一、主要金属矿产资源的勘查与研究态势	1
二、西南“三江”地区矿产资源勘查评价的总体思路	7
三、西南“三江”地区成矿理论与技术创新	8
第二章 “三江”特提斯成矿域的构造格架	11
第一节 “三江”特提斯构造域形成的全球构造背景	11
一、大西洋、印度洋和太平洋形成演化给予的启示	11
二、全球构造背景	14
第二节 主要构造单元划分	18
第三节 构造单元的基本特征	21
一、扬子陆块（Ⅰ）	21
二、“三江”多岛弧盆系（Ⅱ）	22
三、冈底斯-高黎贡山-腾冲弧盆系（Ⅲ）	30
第三章 “三江”特提斯多岛弧盆系基本特征及演化	32
第一节 多岛弧盆系构造的定义和基本特征	32
一、多岛弧盆系构造的提出	32
二、多岛弧盆系构造的定义	34
三、多岛弧盆系构造的基本特点	34
第二节 “三江”特提斯多岛弧盆系的时空结构	38
一、义敦弧盆系时空结构及其演化	38
二、金沙江弧盆系时空结构及其演化	46
三、中咱-香格里拉地块时空结构及其演化	55
四、昌都盆地时空结构及其演化	57
五、哀牢山弧盆系的时空结构与演化	66
六、兰坪盆地时空结构及其演化	74
七、他念他翁弧盆系时空结构及其演化	78
八、保山（掸邦微陆块北端）地块的时空结构及其演化	90
九、伯舒拉岭-高黎贡弧盆系时空结构及其演化	92
第三节 “三江”及邻区特提斯多岛弧盆系的地质演化	94
一、“三江”多岛弧盆系演化及构造格局	94
二、“三江”及邻区特提斯多岛弧盆系的地质演化	96
第四节 多岛弧盆系构造的意义及主要论点	104
一、三大陆群和三大洋并存的时空格局	104
二、特提斯洋的演化受控于全球洋陆时空结构转换	105
三、大洋演化具有漫长的时间过程	105

四、特提斯洋的原始规模与现今太平洋相当	105
五、大洋岩石圈双向俯冲形成陆缘火山岩浆弧和多岛弧盆系	106
六、古岛弧指示了大洋盆地的存在	106
七、洋—陆岩石圈构造体制转换的作用方式	106
八、古岛弧造山带组成了青藏高原地壳的主体	106
九、青藏高原的固体地球作用过程表现为三个重要的构造过程	107
第四章 “三江”碰撞造山带的形成与演化	108
第一节 碰撞造山带的定义与分类	108
一、碰撞的定义	108
二、造山带的定义	109
三、前人有关碰撞造山带的分类	110
四、本书中造山带的分类	114
第二节 “三江”地区造山带的类型及时空结构	116
一、扬子陆块西缘巴颜喀拉（龙门山—锦屏山）大陆边缘造山带	116
二、沙鲁里山弧—弧碰撞型造山带	116
三、宁静山—哀牢山陆—陆和陆—弧碰撞造山带	117
四、他念他翁残余弧—陆碰撞型造山带	117
五、梅里雪山—碧罗雪山弧—陆碰撞型造山带	119
六、伯舒拉岭—高黎贡山前锋弧—陆碰撞型造山带	119
第三节 “三江”“横断山式”造山过程及动力学	122
一、“横断山式”造山过程的全球板块构造背景	122
二、“横断山式”造山作用的基本特点	122
三、横断山碰撞后陆内变形应力场及运动学模式	128
四、横断山碰撞后陆内变形的动力学机制及效应	130
第五章 “三江”区域成矿作用和成矿系统	134
第一节 多岛弧—盆系成矿事件	134
一、古生代成矿事件	134
二、晚三叠世成矿事件	135
第二节 陆内转换造山成矿事件	141
一、斑岩铜—金成矿事件	141
二、剪切带金矿成矿事件	143
三、构造—流体多金属成矿事件	144
四、同碰撞花岗岩锡成矿事件	147
第三节 多岛弧盆系及碰撞造山成矿系统	148
一、“三江”造山带成矿系统类型	148
二、陆缘裂离成矿巨系统	149
三、陆缘汇聚成矿巨系统	154
四、陆内汇聚成矿巨系统	165
第四节 关键成矿地质过程分析	171
一、成矿作用演化	172
二、关键成矿地质作用过程分析	173
三、重要成矿环境与成矿作用分析	181

第五节 “多岛弧盆成矿论”初论	190
一、多岛弧盆系时空结构与成矿规律	191
二、多岛弧盆系演化与成矿机制	193
三、“多岛弧盆成矿论”初论	198
第六节 “陆内构造转换成矿论”初论	200
一、构造转换与成矿驱动	200
二、成矿系统与典型矿床	202
三、成矿系统和大型矿床的形成机制	204
四、“陆内构造转换成矿论”定义	205
第六章 成矿(区)带划分与区域成矿模型	206
第一节 “三江”成矿(区)带划分	206
一、成矿(区)带划分的思路 and 原则	206
二、“三江”地区成矿(区)带划分方案	207
第二节 重要成矿区带的区域成矿模型	209
一、甘孜-理塘 Au 矿成矿带 (I)	209
二、德格-乡城 Cu、Pb、Zn、Ag 多金属矿成矿带 (II)	213
三、金沙江-哀牢山 Au、Cu、Pt 矿成矿带 (III)	227
四、江达-维西-绿春 Fe、Cu、Pb、Zn 多金属矿成矿带 (IV)	238
五、昌都-兰坪-普洱 Cu、Pb、Zn、Ag 多金属矿成矿带 (V)	250
六、杂多-景谷-景洪 Cu、Sn 多金属矿成矿带 (VI)	266
七、类乌齐-临沧-勐海 Sn、Fe、Pb、Zn 多金属矿成矿带 (VII)	270
八、昌宁-孟连 Pb、Zn、Ag 多金属矿成矿带 (VIII)	281
九、保山-镇康 Pb、Zn、Hg 及稀有金属矿成矿带 (IX)	284
十、腾冲-梁河 Sn、W 及稀有金属矿成矿带 (X)	288
第七章 重要成矿远景区优选及找矿方向	296
第一节 矿产资源远景评价的理论、方法和原则	296
一、矿产资源远景评价的理论体系——多岛弧盆系统成矿理论	296
二、矿产资源远景评价的基本思路和工作原则	300
三、矿产资源远景评价的工作方法	301
第二节 成矿远景区概念及优选原则	302
一、成矿远景区概念	302
二、成矿远景区优选原则	302
第三节 成矿远景区优选	303
第四节 重要成矿远景区的成矿条件与资源远景	303
第八章 重要类型矿床综合找矿模型与靶区圈定	343
第一节 找矿靶区圈定的原则与方法	343
一、找矿靶区圈定的原则	343
二、找矿靶区圈定的方法技术	343
第二节 重要类型矿床综合找矿模型	344
一、Pb-Zn-Cu-Ag 多金属块状硫化物矿床分布及综合找矿模型	345
二、斑岩型 Cu (Mo、Au) 多金属矿床分布及综合找矿模型	346
三、接触交代型 Fe-Cu-Pb-Zn 多金属矿床分布及综合找矿模型	348

四、热液脉型 Cu-Pb-Zn-Au-Ag 多金属矿床分布及综合找矿模型	350
第三节 找矿靶区圈定及找矿方向分析	351
第九章 “三江”地质找矿方法及勘查技术集成	379
第一节 斑岩铜（金、钼）矿床勘查集成技术	379
一、矿床勘查背景	379
二、勘查技术集成	380
第二节 块状硫化物矿床（VMS 型）和喷流沉积矿床（Sedex）勘查集成技术	392
一、“成矿模式+层位+瞬变电磁法+激发极化法”集成技术，实现大平掌铜多金属矿找矿突破	392
二、鲁春 Zn-Cu-Pb（Ag）多金属矿靶区的矿床矿体定位预测	393
三、呷村外围有热沟 Pb-Zn-Cu-Ag 多金属矿靶区的矿床矿体定位预测	409
四、农都柯 Ag 多金属矿靶区的矿床矿体定位预测	410
五、青麦 Pb-Zn-Cu-Ag 矿靶区的矿床矿体定位预测	415
第三节 剪切带型金矿床（造山型金矿）勘查集成技术	423
第四节 热液脉型铅锌多金属矿床勘查集成技术	426
一、兰坪盆地“热循环”成矿作用	426
二、勘查技术集成示范研究	428
第五节 矽卡岩/斑岩隐伏矿找矿勘查集成技术	431
一、保山核桃坪铜铅锌铁金多金属矿发现与评价——“成矿系统+重+磁+多种电法” 结合寻找隐伏矿的范例	431
二、澜沧老厂铅矿深部隐伏斑岩钼铜矿找矿突破——“成矿系统+重+磁+多种电法”	437
第十章 结 语	446
一、成矿理论研究取得的主要进展	446
二、成矿规律及找矿方向方面取得的主要成果	448
三、“三江”地区大地构造时空结构分析及成矿地质背景研究取得的主要进展	450
四、“三江”科技攻关先导作用与找矿新思路	456
五、成矿理论创新，实现找矿重大突破，社会经济效益显著	457
六、“三江”地区地质科技问题及今后工作建议	457
参考文献	462

第一章 绪 论

随着我国经济、社会的迅速发展,对矿产资源的需求日益增加,大宗矿产如铁、铜、铝、钾及石油等对外依存度持续增高,由于大量进口矿石而使价格大幅上涨的事件屡屡发生,矿产资源紧缺已严重制约我国的经济社会发展,危及国家的资源安全。加强成矿理论、成矿规律研究,正确认识成矿地质背景,分析成矿条件,加大地质找矿力度,实现找矿的重大突破,尽快建立矿产资源战略储备基地和资源开发基地,实现资源的可持续供给,确保国家资源安全,成为十分迫切的战略任务。研究国内外矿产资源动态趋势,制定正确的资源勘查开发战略和政策,是保证中国经济建设持续稳定协调发展的重要任务。

西南“三江”地区是全球特提斯-喜马拉雅巨型成矿域的重要组成部分,被公认是我国未来金属矿产资源最重要的接替基地之一。然而,自从“三江”地区发现玉龙、呷村、金顶、老王寨和来利山等大型、超大型矿床后,“三江”地区的找矿突破一度出现“停滞”状态。究其原因,一是“三江”地区经历了异常复杂的裂离、汇聚、碰撞等地质过程和演化历史,对于这一全球最复杂的造山带,基础地质工作和成矿理论研究相对薄弱,区域成矿规律认识不清,难以有效地指导区域矿产勘查工作;二是缺乏适应于“三江”地区独特的高山峡谷深切切割复杂地貌区有效的勘查方法技术(集成),从而制约着矿产勘查的重要突破。

为了加速查明西南“三江”地区铜、铅锌、银、金等优势矿产资源潜力,科技部、国土资源部等相继安排了“八五”和“九五”科技攻关计划。从1994年开始组织实施“西南“三江”特别找矿计划”,按照区调、区划、科研、物化探、勘查“五统一”的战略思想,进行了总体勘查工作部署。“十五”和“十一五”又安排科技支撑计划、“973”计划,重点开展重要成矿区带的成矿规律及方法技术(集成)研究。同时,西南“三江”地区被列为“新一轮国土资源大调查”的重点找矿靶区加强地质找矿工作,“西南“三江”南段有色金属基地勘查”项目作为靶区的核心工程,于1999年正式启动并成功实施。这些勘查、研究为实现重大找矿突破奠定了重要基础。

努力改变矿产资源储备不足的局面,是我们地质工作者义不容辞的责任,国家的大力支持是实现建立西南“三江”国家有色金属、贵金属资源基地的重要保障。

一、主要金属矿产资源的勘查与研究态势

20世纪80年代以来,国际地质矿产行业形势发生了重大变化。作为地矿工作主体的矿产勘查工作严重衰退,近乎全球性的矿业萧条导致矿产勘查的严重萎缩。就我国的情况而言,近年来由于找矿难度增大,地勘投资不足,地质勘查工作滑坡,重要矿产的储量增长缓慢,甚至停滞或出现负增长,使今后10~15年矿产的资源储备十分紧张。

近10多年来,西方各国在勘查资金分配上,70%~80%投向油气勘探,而固体矿产勘查则转为以金矿为主,其投资占固体矿产勘查投资的一半以上。而发展中国家由于工业化阶段远未完成,对矿产品需求总体偏低。随着经济的发展,发展中国家对矿产品的需求逐渐增大,矿业出现低缓的增长,从而带动了矿产勘查工作的开展。

尽管矿产勘查资金投入减少,但国外在金、铜、铅、锌和金刚石等矿产的勘查上仍取得了重大进展。新近发现的超大型金矿(100t以上)多达20个,主要为环太平洋火山岩区浅成热液型金矿和斑岩型铜金矿,卡林型金矿的深部找矿也取得很大突破。铜矿进展亦很显著,新发现的大型铜矿矿床至少有16个,主要发育于环太平洋火山-岩浆带上,集中分布在已知的成矿区(带),显示出已知成矿区(带)仍具有巨大的找矿潜力。其主要类型为斑岩型铜矿-铜金矿床、黄铁矿型铜矿、硫化铜镍矿。铅锌找矿亦有突破,20世纪80

年代新发现的大型-超大型铅锌矿床 ($300 \times 10^4\text{t}$ 以上) 至少有5个, 主要集中于澳大利亚、阿尔及利亚、爱尔兰和西班牙等传统产铅锌国家的已知成矿区带, 主要为喷气沉积型和黄铁矿型。虽然我国在西藏的冈底斯成矿带、西南“三江”成矿带等取得了重要进展, 但同开采量的增长相比仍然存在很大差距。

(一) 我国矿产勘查、找矿及区域成矿地质背景分析研究的重要特点

1. 地质、物探、化探、遥感综合方法运用和钻探验证是现代找矿的基本手段

金属矿床的发现, 其手段和方法并非独特, 关键在于地质、物探、化探、遥感综合方法及其组合的合理应用和多参量信息综合分析以及找矿模型的建立。地质方法包括常规的地质测量、各种比例尺的地质填图和成矿预测, 成矿地质背景研究和多参量系统填图是找矿的重要手段, 如我国发现的金矿多数是通过综合运用地质填图和钻探方法发现的。化探对金矿找矿起着重要作用, 井中物探在找寻隐伏矿上起着重要作用。

2. 客观实际的矿床模式是矿产勘查和预测的指导准则

矿床模式是一组相似矿床特征的系统整理, 并归纳出具一定理性认识的反映该类型矿床特性的标准式样, 由此而成为矿产勘查和评价的有效工具, 尤其是斑岩铜矿模式和火山成因块状硫化物矿床模式在北美和南美的矿产勘查中发挥了重要作用。如智利埃斯康迪达超大型斑岩铜矿, 就是利用斑岩铜矿系统的矿化和硅酸盐同心带状模式和热液系统, 以其系统的外环作为勘查目标, 层层逼近矿化核心, 从而发现巨型斑岩铜矿。加拿大卢维库尔超大型黄铁矿型铜矿床, 则是依据火山成因块状硫化物矿床的双层结构和“下脉上层”模式发现的。

3. 区域找矿地质背景分析和新思路的提出导致新矿床的发现

前陆盆地或弧后扩张盆地中浊积岩金矿新思路的提出, 导致了古生界和中生界中浊积岩系内金矿床的大量发现。剪切带型金矿新理念, 突破了传统的成矿模型, 哀牢山带金矿的发现, 证实大型韧性剪切带不仅是大地构造上重要的地质体之间层圈相互作用的转换界面, 而且是含金热液上升通道和沉淀场所, 其本身亦是一种重要的成矿机制, 从而为深部找矿提供了理论依据, 通过剪切指向和变形强度分析, 预测新矿脉形态和分布, 指导深部找矿。绿岩带金矿虽是传统的成因类型, 但金矿赋存形式研究的突破, 极大地扩展了人们的找矿思路, 即在太古宇下部基性岩石中寻找石英脉型金矿、中部寻找条带状含铁建造型金矿、上部巨厚中酸性火山-沉积岩中寻找层控浸染型金矿, 大大促进了矿产的综合勘查, 扩大了找矿前景。美国卡林型金矿深部发现大而富的硫化物金矿, 据此提出的在卡林型金矿深部找寻硫化物富金矿体新思路, 开创了全球性矿带深部找矿新局面。奥林匹克坝 Cu、U、Au、REE 矿床是由爆发角砾岩化和热液蚀变及交代作用联合形成的矿床新类型。最近研究发现, 奥林匹克坝矿床是其上部阿德雷德沉积铜矿的原始物质来源, 而阿德雷德铜矿则是奥林匹克坝的派生矿床。这种沿袭关系和派生矿轨迹找矿新思维, 就为世界各地寻找奥林匹克坝型矿床提供了重要的新思路。

4. 在成矿系列的理论指导下, 按成矿区(带)布置找矿工作, 用成矿系统论、过程论和转换论的思路对成矿区(带)进行整体研究和实施总体勘查是勘查成功的最有效途径

近些年来, 国内外固体矿产的重要发现主要集中于已知的成矿区(带)甚至老矿区深部和外围, 这固然与地勘工作的萎缩和资金的投入较少有关, 但说明成矿区(带)有较大的找矿潜力。我国经地质勘查, 已基本划分了主要成矿区(带), 并相应地部署了找矿工作, 今后的找矿突破将展现在这些重要成矿区带内。对成矿区(带)进行整体研究和总体勘查, 亦即从成矿区(带)整体着眼, 认识成矿区(带)的地质背景和地史演变及其造就的成矿环境, 把矿床看成区域地质构造演化、造山过程的一个组成部分, 是构造-岩浆演化中的一个特殊事件, 是构造-盆地分析中的一个组成部分, 是构造-变质作用中的一个转换产物。分析了解矿床赖以形成的动态地质环境, 从总体上研究和掌握各种矿床类型及其相互联系, 从而对成矿区进行全面研究和整装勘查。

(二) 金属矿产资源区域成矿学研究动向

在找矿难度愈来愈大的今天, 矿产勘查愈来愈向知识密集型和技术密集型方向发展, 而矿产的发现则

成为创造性活动和创新思维的结果及应用科学和技术的综合成果，是真正意义上的发明。近年来，固体矿产基础研究取得长足进展，区域成矿学正面临着重大变革，显示出几个重要发展态势：

- 全新的地球科学理论体系的逐渐形成，使矿床学面临着重大变革；
- 矿床学、成矿学新思维、新概念正在形成和发展；
- 超大型矿床、矿集区与全球背景的研究备受关注；
- 成矿系统、流体作用和成矿作用动力学研究正在成为研究的热点。

1. 新的地球科学理论体系与区域成矿学发展

现代地学研究表明，建立于地球固体物质研究基础上的现有地球科学知识结构和理论体系，正面临着严峻的挑战和新的变革。例如：①俄罗斯和德国的大陆科学深钻发现，在地壳8~12km深度范围内仍存在大量流体，并正发生着流体-生物-成矿作用；瑞典深钻在4~6km的结晶岩中亦获得了大量含烃类的高盐度流体矿泥，这从根本上否定了所谓饱和带之下结晶岩中无自由流体活动的认识。②自20世纪80年代中期开始对北美大陆内部地质-地球物理-地球化学-钻探等综合研究证实，大型-特大型矿集区和油气田的形成与分布，主要受盆-山转换系统地壳流体沿薄皮构造、大型逆掩构造大规模远距离运移的控制，该区特大型密西西比河谷型（MVT型）矿床以及大部分油气藏就是由横穿北美克拉通的活动热卤水大规模运移形成的。这不仅是对所谓层控矿床理论和中低温热液成矿说的重大修正，而且还推动成矿理论研究进入到探索金属矿床和油气形成的地壳规模控制因素的新阶段。③对扩张中心洋底热泉喷口和红海深部等的研究表明，这些区域正发生着热流体排泄和显著的热液成矿作用，并对现有的金属成矿理论，如流体对流循环、硫化物堆积机制、流体形成机制等产生重大影响。④大洋钻探结合地质-地球物理研究揭示，现代增生楔深部的构造滑脱带内存在大范围的含金属和烃类的活动热液体。近年来大量研究也发现，许多金属矿，如金、银、铜、铅、锌、钼、铀、钒等，与洋-陆转换和盆-山转换过程的流体运移作用有关。⑤地质-地球物理探测已基本查明，在一些大油气田和成矿盆地的深部存在着巨大的超高压流体房，这一发现对传统的金属成矿理论和生成机理产生了重大影响。⑥实验研究发现，在含水或富集挥发分的硅酸盐固体-熔体体系和流体-固体反应体系中，控制微量元素分配的主要因素不再是离子半径和电价，这从根本上改变着广泛用于地球科学中的元素分配理论体系。⑦研究发现，几乎所有的同位素体系（即使是Sm-Nd体系）在流体参与下，部分受到扰动，这对我们正确理解放射性年代学数据的科学意义影响重大。上述事实说明，地质流体作为各种地质作用过程中最活跃因素和地球层圈相互作用过程中的重要物质化学-能量载体，不仅决定了壳-幔系统的物质交换和能量运移交换与再循环、直接控制和影响地壳乃至地幔的化学演化、内部结构、地质作用和动力学过程，而且还充当金属矿床与油气的重要媒介和作用剂，制约着矿产资源的形成与分布。因此，近10余年来，国际地学界的地质研究重心开始由固体地质向流体地质转移，一个以地质流体为核心的新一代地学知识体系正在建立和形成。

地学理论体系的交替与变革，既给矿床学带来新的机遇，又为矿床学发展注入新的活力，至少在下述几方面为矿床学发展带来深远影响。

（1）流体成矿系统与成矿作用。长期以来，矿床研究的重点主要是矿体及其附近围岩，通过对控制矿床的有关地质因素的总结，探讨矿床成因与形成过程，得出相应的理论认识，建立相应的假说或模型。这种研究和模式虽可提高对矿床地质特征和成因演化的认识，适于大区域或小比例尺成矿预测，但难以对完整成矿过程（物质来源-迁移-堆积）得出客观认识，其研究成果亦难适用于中大比例尺矿床定量评价与找矿勘查。地质流体新思维强调，金属成矿过程均与金属从源岩的活化、渗滤、运移和淀积事件密切相关，流体参与成矿全过程，是联结矿源岩、成矿地质环境和矿体定位场所三者的纽带。因此，矿床研究的关键，在于准确认识成矿地质背景、识别金属相流体的来源，追溯流体将金属从多源区输运到最终定位场所经历的路径。查明金属和矿体运移路径发生的物理、化学和时间上的各种变化及地质-地球化学过程，即研究由矿源岩-矿质转输迁移路径-矿床定位空间构成的流体成矿系统，从大区域尺度开展区域流体研究，研究流体来源、驱动与控制因素、追踪流体运移途径及流体系统各变量的方向性、相关性和指标性，必将为

了解矿床形成过程和成矿规律,进行大比例尺矿床定量评价与成矿预测,带来质的飞跃。

(2) 地球层圈物质-能量交换与不同构造体制的流体成矿作用。地球层圈物质-能量交换是地球演化的主要体现,作为物质-能量传输的主要载体,流体广布于各个层圈,直接参与控制着各层圈,特别是壳-幔相互作用中的地质-地球化学过程,从根本上制约着金属矿床和油气的四维空间分布与形成演化过程。在伸展拉张构造机制下,伴随地幔岩浆上升,地幔流体向地壳运移渗透;在挤压构造体制特别是板块俯冲作用,洋壳楔入地幔,其地壳脱水流体亦携入地幔,并交代楔形地幔。伴随多岛弧-盆系的形成,弧-弧、弧-陆碰撞及后碰撞的岩浆作用,循环的流体再度向上运移与汇聚而返回地壳。在壳-幔剧烈作用地区,地壳深部岩石圈流体和软流圈流体构成深部流体系统,成为成矿物质在深部循环、运移的作用剂和传输深部物质至壳浅部的媒介。地壳浅部大气水、建造水、循环海水或岩浆脱气流体构成浅部流体系统,成为油气和矿质搬运、迁移和沉积的重要载体。因此,从多岛弧-盆系,弧-弧、弧-陆碰撞及层圈相互作用和壳-幔反应角度重新研究成矿过程,势必拓展新的成矿理论内涵。

(3) 金属- CO_2 -烃类相互作用与不同构造相环境的成矿作用。长期以来,人们习惯于把内生金属矿床与外生非金属矿床(如盐类矿床、石膏矿床等)、金属热液矿床与油气矿床分别研究。大量事实证明,两者不仅时空相依,而且成因相关。例如:①超深钻结果表明,地壳深部存在大量 CO_2 -烃-盐水流体。②MVT型Pb-Zn矿床存在大量烃类包裹体,成矿流体由烃类(石油)和盐水流体构成;滇黔桂地区卡林型金矿的成矿流体中亦存在许多烃类。③在一些油田,Au达工业品位,Hg储量达超大型规模。④在现代海底活动热水区,海底喷流与硫化物矿床附近伴有大量石油产出;在岛弧弧后扩张盆地、弧间裂谷盆地、同碰撞过程上叠裂谷盆地中,喷流矿床与大量 CO_2 和烃类流体共生。这些事实证明,金属热液矿床与油气矿床实际上具有统一的成矿流体系统。烃类流体和 CO_2 流体对金属元素的活化萃取、运输转移和卸载聚集至关重要。因此,加强对 CO_2 -烃类-金属成矿作用多重耦合关系研究,不仅将对金属成矿理论和油气成因机制给予全新的认识和理解,而且将极大地丰富和发展区域成矿理论,为建立矿床新思维奠定理论基础。

2. 区域成矿学新思维、新概念正在形成和发展

与当代地球科学研究强调的全球性和统一性的整体观和系统观相适应,当代矿床学领域矿床研究的系统性、运动观和历史观等新思维亦在逐步形成和发展。

在矿床学研究的系统性方面,强调矿床是岩石圈系统的一个组成部分,其形成与分布受岩石的组成、结构和演化过程所控制。深入研究矿床形成的构造背景,进而研究岩石圈的动力学特征及其演化过程,研究区域壳-幔结构与深部地质作用、流体作用对矿床形成的制约。目前,地球动力学分析正在三个层次上展开,即成矿域、成矿带和矿集区。在成矿域层次上,强调地球各层圈物质-能量交换过程,研究层圈垂向与横向不均一性及其成矿物质的差异性,研究幔柱构造与板块构造体制,冷-热幔柱与流体系统的制约关系,探索幔柱构造与层圈相互作用方式及超大型矿床形成机制;在成矿区(带)层次上,研究岩石圈古板块构造体制、深部地质作用、三维结构构造及其演化过程,建立矿集区超大型矿床与特殊岩石圈及地幔结构、热事件、特殊地质作用和演化事件间的时空关系,确定不同尺度的矿产普查勘探模型;在矿集区层次上,采用地质、物探、化探、遥感综合方法及大比例尺地质填图和相应钻探,进行动力学填图,建立矿集区成矿模型,提示成矿作用和矿体分布规律、构造体制演化与含矿流体体系运移轨迹和矿质沉积机制,为寻找隐伏矿和深部矿提供预测模型。

在矿床学的历史观方面,用历史思维去观察研究矿床、矿带、成矿省的发生史和整个地球历史中的成矿作用演化,是令人瞩目的矿床学前沿研究方向。“金属成矿省”的概念虽提出较早,但目前其内涵和外延出现较大变化。其研究指导思想已从以往仅在一定地质构造单元内以其一定成矿特征标定一个成矿省及其规律的做法,发展为随地质历史推移探索在开放体系中壳-幔演化和成矿作用非平衡态的动态成矿过程,并研究它在一定成矿构造场内出现相对平衡态时形成的金属成矿省的活动论新概念。其要点是从地质历史演化的角度,系统地认识成矿特殊标志和全面分析其形成与发展的全过程。区域成矿带强调三级体制:①控制重大地质事件和热事件的区域成矿地质背景;②地质、构造、岩石、地球物理和地球化学的综合控矿因