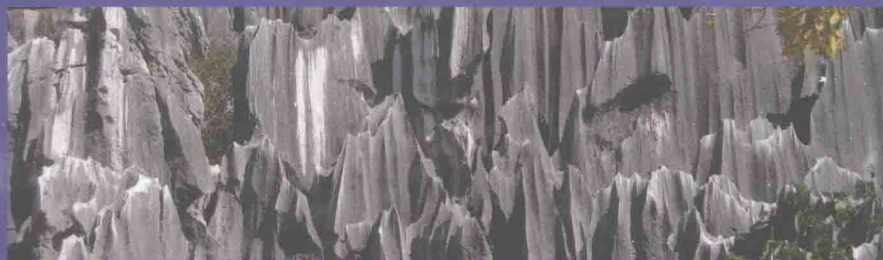


滇中

碳酸盐岩型 铅锌矿床地质 与地球化学分析



高建国 编著



科学出版社

国家自然科学基金项目

“滇中碳酸盐岩型铅锌矿床流体混合成矿机理研究”(41272111)资助

滇中碳酸盐岩型铅锌 矿床地质与地球化学分析

高建国 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

滇中铅锌成矿区位于扬子地块西南缘,为川-滇-黔成矿带的重要组成部分,现已发现铅锌矿床(点)167个,除少量风化淋滤型铅锌矿床外,其余铅锌矿床几乎赋存于碳酸盐岩中。本书优选碳酸盐岩中6个典型矿床进行剖析,通过典型铅锌矿床的成矿地质背景、矿床地质特征、流体包裹体特征、元素地球化学、同位素地球化学、同位素年代学等方面的研究,并结合铅锌矿床(点)的空间分布、赋矿层位、赋矿岩性、岩相古地理、构造等因素建立矿床的成矿模式,其理论成果支撑了该区矿产勘查并丰富了区域成矿理论。同时,通过区内成矿规律系统总结,提出5地铅锌成矿远景区,为区内铅锌多金属勘查区提供科学依据。

全书系统地分析了区内成矿地质背景与区域成矿环境,不同构造运动与地层建造、岩浆建造,区域成矿作用与矿产分布,成矿规律与成矿预测;剖析了典型矿床地质特征;分析了矿床地球化学特征;探讨成矿机制,建立了成矿模式。

本书可供矿床地质、矿产地质与勘查、矿床地球化学、区域成矿、矿山地质、矿产资源管理等专业的科研、生产人员及相关专业的本科生、研究生使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

滇中碳酸盐岩型铅锌矿床地质与地球化学分析 / 高建国编著. —北京: 科学出版社, 2016.9

ISBN 978-7-03-050022-9

I. ①滇… II. ①高… III. ①碳酸盐岩-铅锌矿床-地球化学分析-云南. IV. ①P618.42 ②P618.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 231960 号

责任编辑: 张 析 / 责任校对: 何艳萍
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 东方人华

版权所有, 违者必究。未经本社许可, 数字图书馆不得使用

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年9月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016年9月第1次印刷 印张: 21 插页: 10

字数: 470 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

滇中地区泛指云南中部的昆明市、玉溪地区、楚雄州及红河州所属的大部分地区。位居“康滇古陆”南段，元古代以来，历经了多期次的构造-岩浆作用，成矿条件优越，铁、铜、铅、锌、金、银等金属矿产资源丰富，找矿前景可观。滇中地区公路和铁路交通方便，是云南省政治、经济、文化中心，紧邻滇东煤矿产区，工业基础好，矿山建设的成本较低。铅、锌是重要的有色金属，广泛用于电气、机械、军事、冶金、化工等工业领域。滇中铅、锌矿产地质及找矿预测研究具有重要的理论及经济意义。

高建国教授编著的《滇中碳酸盐岩型铅锌矿床地质与地球化学分析》一书，是国家自然科学基金项目“滇中碳酸盐岩型铅锌矿床流体混合成矿机理研究”（41272111）的部分研究成果。项目研究历时4年，在前人工作的基础上，对滇中地区铅锌矿进行了广泛深入野外地质调研，素描、采样，岩矿样品的磨片鉴定，单矿物分离，制样，地球化学样品的化验测试，数据分析整理，野外宏观地质与室内微观地球化学相结合研究，从而获得了一批新的数据和资料，为撰写本书奠定了扎实的基础。

全书共分五章，内容丰富新颖。重点论述了滇中地区6个不同时代地层碳酸盐岩中典型铅锌矿床的地质地球化学，包括矿区地质、矿体特征、矿物组合、矿石组构，元素、硫铅同位素、流体包裹体地球化学等。在此基础上，结合区域地质背景，进行了成矿规律、矿床成因、成矿模式及找矿预测研究，提出5片铅锌成矿远景区。本书在矿床地质、地球化学方面有不少新的数据资料，在矿床成因规律分析方面有不少创新，对滇中地区进一步的地质研究、找矿勘查具有重要参考价值，值得同行阅读。愿本书的出版，有助于推动滇中地区铅锌找矿的重大突破。

秦德先

2016年9月9日

前 言

铅锌矿是我国重要的战略性矿产资源，用途极其广泛，主要用于电气、机械、军事、冶金、化工、轻工业和医药业等领域，在有色金属工业中占有重要的地位。

世界范围内铅锌资源极为丰富，除南极洲未发现外，各大洲均有分布。截至 2014 年，世界已查明铅资源量超过 20 亿 t，储量 8700 万 t；锌资源量超过 19 亿 t，储量 23000 万 t。主要分布在澳大利亚、中国、秘鲁、墨西哥、美国、加拿大等国。我国铅锌矿产资源丰富，截至 2013 年，铅锌矿查明资源量仅次于澳大利亚，居世界第二位，铅为 6737.2 万 t，锌为 13737.7 万 t。铅锌矿在我国分布广泛，目前，已有 29 个省（区、市）发现并勘查了铅锌资源，但从富集程度和现保有储量来看，主要集中在云南、内蒙古、甘肃、广东、湖南、四川、广西等 7 个省区，合计约占全国的 66%。从三大经济地区分布来看，主要集中于中西部地区。从 21 片国家级重点成矿区（带）来看，最主要集中在川滇黔成矿带、西南三江成矿带、秦岭成矿带、南岭成矿带、大兴安岭成矿带、冈底斯成矿带及内蒙古狼山-渣尔泰山地区等。滇中铅锌成矿区处于扬子地块西南缘，为川-滇-黔铅锌成矿带的重要组成部分，其大地构造位置处于：全球两大构造域（环太平洋构造域和特提斯构造域）的结合部位，具有十分良好的成矿地质背景和形成大型、超大型矿床的地质条件。截止目前在川-滇-黔铅锌成矿带内已发现铅锌矿床（点）500 余处，其中大型铅锌矿床 7 处（会东大梁子、会理天宝山、小石房、会泽矿山厂、麒麟厂、巧家茂租、建水荒田），中型铅锌矿床 21 处，其中滇中铅锌成矿区内发育有铅锌矿床（点）100 余处，其中大型铅锌矿床 1 个（建水荒田铅锌矿床）、中型铅锌矿床 1 个（建水苏租-暮阳铅锌矿床）。

自 20 世纪 50 年代以来，大量的地质工作者围绕川-滇-黔铅锌成矿带进行了大量的地质研究工作（特别是川-滇-黔接壤区），其主要成果表现为：

1. 成矿时代

区域构造背景的研究、矿床地质特征的分析，结合矿床成矿时代的研究，确定矿床的形成过程，是现代研究矿床学的一般方法，因此对矿床成矿时代的研究是矿床成因理论研究中至关重要的问题，但目前对铅锌矿床成矿时代的研究仍然是一个国际性的难题，即使是研究程度较高的 MVT 型铅锌矿床也概莫能外。

对川-滇-黔成矿带内碳酸盐岩型铅锌矿床形成时代，众多地质学者采用不同的方法进行了探讨和研究，一些学者根据地质-构造特征认为成矿时代为海西期、印支-早燕山期、燕山期、晚二叠纪、海西晚期-燕山期，另外一些学者根据 Pb 同位素模式年龄的研

究认为,铅锌矿床形成于燕山-喜山期;接近峨眉山玄武岩喷发年龄、三叠纪晚期-早侏罗世。还有部分学者持有多期次成矿的观点。

近年来随着分析测试技术的不断发展进步,越来越多新的测试分析方法被不断的应用于铅锌矿床成矿时代的厘定,我国学者也积极将这些可靠的分析测试方法应用于川-滇-黔成矿域铅锌成矿时代的研究,如:黄智龙等(2004a; 2004b; 2001)等首次将单矿物闪锌矿 Rb-Sr 等时线定年法应用于会泽铅锌矿床,认为会泽铅锌矿麒麟厂矿段 1、6、10 号矿体成矿时代分别为: $225.9 \pm 1.1\text{Ma}$ 、 $223.5 \pm 3.9\text{Ma}$ 、 $226 \pm 6.4\text{Ma}$;李文博等(2004a; 2004b)应用脉石矿物(方解石) Sm-Nd 同位素法,分别对会泽铅锌矿矿山厂矿段 1 号矿体、麒麟厂矿段 6 号矿体的成矿年龄进行测定,认为其成矿时代分别为: $225 \pm 38\text{Ma}$ 、 $226 \pm 15\text{Ma}$,并对麒麟厂矿段 6 号矿体两组同源硫化矿物 Rb-Sr 同位素进行测定,认为等时线年龄分别为 $225.1 \pm 2.9\text{Ma}$ 和 $225.9 \pm 3.1\text{Ma}$;张长青等(2008; 2005)分别对会泽铅锌矿床黏土矿物伊利石、大梁子铅锌矿床闪锌矿,进行了 K-Ar、Rb-Sr 同位素进行测定,认为会泽铅锌矿成矿年龄为 $176.5 \pm 2.5\text{Ma}$,大梁子铅锌矿床成矿年龄为 $366.3 \pm 7.7\text{Ma}$;蔺志永等(2010)报道了跑马铅锌矿床单矿物颗粒闪锌矿 Rb-Sr 等时线年龄为 $200.1 \pm 4.0\text{Ma}$;周家喜(2011)通过天桥铅锌矿床硫化物单矿物颗粒 Rb-Sr 测定,认为混合等时线年龄为 $191.9 \pm 6.9\text{Ma}$;张云新等(2014)通过乐红铅锌矿床单矿物颗粒闪锌矿 Rb-Sr 同位素研究,认为乐红铅锌矿床的成矿年龄为 $200.9 \pm 8.3\text{Ma}$;包广萍等(2013)通过对茂租铅锌矿床热液脉石矿物方解石 Sm-Nd 同位素的研究,认为茂租铅锌矿床的成矿年龄为 $196 \pm 13\text{Ma}$ 。

2. 成矿物质和成矿流体来源

矿床的成矿物质来源、成矿流体来源,是研究铅锌矿床成因的重要问题之一。

目前对铅锌矿床成矿物质来源的研究主要是通过矿床地质特征分析法、区域地质特征分析法、矿物学特征分析法、地球化学法等四种方法,或者四种方法相结合的方法。而现代对矿床成矿流体的研究主要通过地球化学同位素法、实验室地球化学法、元素地球化学法、岩石矿物学法等四种方法。

扬子地块西南缘铅锌矿床赋存于不同时代地层碳酸盐岩中,且区域上有大面积峨眉山玄武岩分布,因此前人对川-滇-黔成矿域内碳酸盐岩型铅锌矿床成矿物质、成矿流体来源进行了大量的研究,并取得了丰硕的研究成果。

肖宪国等(2012)通过对黔西北筲箕铅锌矿床铅同位素特征的研究认为:该矿床成矿物质来源以基底岩石为主,不同时代碳酸盐地层可能提供了成矿物质;周家喜等(2012a)通过对茂租铅锌矿脉石矿物的 C、O、S、Pb 等同位素特征的研究认为:茂租铅锌矿床成矿流体中不同组分来源不同,具有“多来源混合”特征,成矿物质主要由基底岩石提供。其成矿机制可以用“流体混合”模式来解释;袁波等(2014)对大梁子铅锌

矿床的研究也证明了成矿流体具有多来源的特征;张云新等(2014)通过对乐红铅锌矿床闪锌矿单矿物颗粒初始锑同位素比值特征分析认为该矿床成矿金属物质为壳源,成矿物质主要来自于基底地层和沉积盖层,硫化物硫的来源为海水硫酸盐;章明(2003)的研究则表明:会泽铅锌矿床成矿物质主要来自上泥盆统及中-下石炭统地层中的碳酸盐岩,成矿溶液为大气降水,矿床的硫主要来自海水硫酸盐;李文博等(2002)研究认为:会泽铅锌矿床成矿物质具有“多来源”特征;张铖等(2008)的研究则认为:褶皱基底(昆阳群)、震旦纪至二叠纪沉积的岩层、二叠纪峨眉山玄武岩等均可能为成矿提供了成矿物质;熊亮(2010)的研究则认为:除了碳酸盐岩提供成矿物质外,还有部分砂页岩也提供了成矿物质;李波(2010)的研究则认为:除了沉积碳酸盐岩、变质基底为成矿提供成矿物质外,岩浆活动也为成矿提供了成矿物质,成矿流体为岩浆水、地层建造水、变质水等流体混合而成;曾文涛等(2013)通过对黔西北铅锌矿床硫同位素特征研究认为:海相蒸发岩为黔西北铅锌矿床硫的主要来源;白俊豪等(2013)研究认为:金沙厂铅锌矿床硫来源于下寒武统地层中的硫酸盐和岩浆活动;刘心开等(2011)通过对扬子地块西南缘铅锌矿床的赋矿围岩、峨眉山玄武岩、矿石的REE研究认为:成矿物质的主要来源并非含矿层本身;邹海俊等(2004)通过对昭通毛坪铅锌矿床的研究认为:深部流体提供了所有的铅和部分锌,部分时代的沉积地层提供了部分锌;陈大等(2012)的研究认为:峨眉山玄武岩并没有直接提供成矿物质,而是在后期风化作用后为成矿提供了部分成矿物质,成矿流体具有多源特征,其中岩浆提供流体为地幔流体,地幔柱驱使形成的古地热场,是提供成矿热源的主要动力学条件;Zhou等(2001a; 2001b)的研究则认为:成矿物质由区内部分时代沉积地层提供。

前人对成矿流体的研究则表明:成矿流体中各组分来源不同,其中S的来源:为不同时代地层沉积岩中海相硫酸盐的热化学还原;C-O的来源:脉石矿物方解石C-O同位素显示为海相碳酸盐岩溶解作用的结果;但还有部分学者认为C-O与幔源岩浆去气作用有关,对成矿流体中 H_2O 的来源争议比较大:一些学者认为是单一的地层循环水,单一的基底循环水,深部和变质基底水,大气降水-建造水热液水改造的结果;韩润生等(2007)通过对毛坪铅锌矿单矿物包裹体研究认为:成矿流体是变质水、岩浆水和建造水混合的产物;罗大锋等(2012)的研究表明:大气降水也参与了成矿作用,越来越多的研究表明成矿流体为多来源,流体混合的结果。

3. 成矿元素活化-迁移-沉淀机制

对成矿元素活化-迁移-沉淀机制的研究,是了解矿床形成过程中有关铅锌矿床成矿元素活化-迁移-沉淀形式,目前,不同的学者提出了以下三种观点:

(1) 混合模式:成矿金属以氯化物络合物或有机络合物的形式进行迁移,在适当的地点与另一富含还原态硫的流体相互混合后发生金属硫化物的沉淀,形成金属矿床。

(2) 还原模式: 含成矿金属的流体, (以氯化物络合物和/或有机络合物和/或硫代硫酸盐的形式进行迁移) 在富含有机质的成矿部位还原硫酸盐, 引起硫化物的沉淀, 硫酸盐可以随成矿流体一起迁移而来; 也可以是成矿部位的硫酸盐被就地还原; 其中, 硫酸盐被还原是此模式的关键。

(3) 共同迁移模式: 成矿金属以硫氢化物络和物的形式进行迁移, 在成矿部位由于流体氧逸度和 pH 的变化, 造成还原态硫的浓度降低, 使金属硫化物沉淀下来。

前人对本区及邻区地质-地球化学研究表明本区铅锌成矿元素活化-迁移-沉淀形式以混合模式为主。

4. 矿床成因

前人对川-滇-黔成矿带内碳酸盐岩型铅锌矿床进行大量的研究, 并建立了: 岩浆热液成因型, 沉积和沉积改造型, 沉积改造型, 沉积-改造-叠加型, 构造-成矿型, 沉积-改造-后成型, MVT 铅锌矿型, 非 MVT 型, 热液改造型, 沉积-成岩-有机成因, 热水沉积-热液叠加改造, 喷流热水沉积、均一化成矿流体贯入型, 热水沉积-动力改造叠加型, 岩浆热液叠加、改造、富化的复成因型, 沉积成岩-玄武岩浆期后气液叠加-构造改造富集, 热液-沉积-叠加改造成因, SDEX 等模型。

虽然前人建立了众多的成矿模型, 但综合来看可以分为两类观点, 一类认为该区的铅锌矿床与峨眉山玄武岩的喷发关系密切, 另一类则认为该区矿床为非岩浆沉积-改造成因。虽然还有学者认为是 SDEX 型, 但该类矿床为后成矿床这一点大家几乎达到了共识。

滇中铅锌成矿区与川-滇-黔铅锌成矿带内其他成矿区(滇东北、川西南、黔西北)相比赋矿层位从昆阳群到第四系各时代地层中均有铅锌矿床赋存; 除发育南北向、北西向、北东向控矿断裂外, 还发育有东西向控矿断裂; 出露有各时代岩浆岩; 相较于其他成矿区滇中铅锌成矿区更靠近扬子地台西缘等特点。但是, 相对其他成矿区研究程度较为薄弱, 仅在 20 世纪末期秦德先教授与笔者等对滇中地区铅锌矿床有过一些报道, 其他人的报道鲜有人知, 其研究成果与存在问题如下:

(1) 铅锌矿床控矿因素

秦德先等(1998; 1994; 1993)通过对滇中碳酸盐岩型铅锌矿床(点)的地质特征研究认为, 滇中碳酸盐岩型铅锌矿床(点)受到地层、岩相古地理、岩性、构造等因素控矿。但是前人对赋矿于昆阳群中碳酸盐岩型铅锌矿床(点)的地质特征及控矿因素未进行研究和分析。

(2) 成矿时代

高建国(1995)通过对滇中碳酸盐岩型铅锌矿床热水塘的 Pb 同位素分析认为, 赋存于不同层位中的铅锌矿体具有不同的成矿时代, 赋存于昆阳群中的铅锌体形成时代可能为澄江期, 其他层位中铅锌矿体形成时代为印支期。秦德先和高建国(1998; 1994; 1993)

通过对滇中地区碳酸盐岩型铅锌矿床 Pb 同位素单阶段模式年龄的计算,认为滇中地区碳酸盐岩型铅锌矿床(点)经历了加里东早期、华力西期、燕山期多期成矿。就铅同位素定年而言本身存在很大的局限性,可见目前对滇中铅锌成矿区内碳酸盐岩型铅锌矿床(点)还没有较为可靠的成矿年代学证据。

(3) 成矿物质和成矿流体来源

高建国(1995)通过对滇中热水塘碳酸盐岩型铅锌矿床 Pb 同位素分析认为,赋存于不同层位中的铅锌矿体具有不同的物质来源,成矿溶液为地下水溶液。秦德先(1993)、高建国等(1995)通过对滇中碳酸盐岩型铅锌矿床研究认为铅、锌等成矿有益物质主要来自地层,成矿流体中 S 为不同时代地层沉积岩中海相硫酸盐的热化学还原,成矿流体以地下水热液为主;虽然前人对铅锌矿床(点)的成矿流体和成矿物质来源进行了探讨,但是对成矿流体和成矿物质来源的证据较为匮乏。

(4) 铅锌矿床成因

20 世纪 60 年代,前人认为本区矿床是岩浆热液成因的(谢家荣,1963)。80~90 年代有关这类矿床的各种成因模型纷纷建立,如典型的沉积和沉积-改造(张位及,1984)和沉积-改造(秦德先等,1998;高建国和秦德先,1995;高建国,1996;1995;赵准,1995;秦德先和孟清,1994;陈士杰,1986;廖文,1984)、沉积-改造-叠加(陈进,1993)、沉积-改造-后成(柳贺昌和林文达,1999)、构造-成矿(刘文周和徐新煌,1996)、峨眉运动密切相关(管士平和李忠雄,1999)。进入 21 世纪,学者对于这类矿床的成因提出了许多新的成矿模型,芮宗瑶(2004)认为扬子地台周缘隆起边缘的铅锌矿床为 MVT 铅锌矿床;齐文等(2006)将该区的铅锌矿床划分为“热水沉积改造”和“热水沉积再造”两大类。有别川-滇-黔铅锌成矿带中典型矿床的研究,王小春(1990)认为四川天宝山和大梁子铅锌矿床为 MVT 型铅锌矿床;对于会泽铅锌矿床,周朝宪(1998)认为是 MVT 型铅锌矿床;黄智龙等(2001)提出“均一化成矿流体贯入”成矿作用;韩润生等(2001)提出“贯入-萃取-控制”成因;张振亮(2006)提出“成矿流体浓缩”机制;陈延生和李元(2005)提出多期次、多阶段、复成因的热水沉积-动力改造型叠加矿床;薛步高(2006)提出“岩浆热液叠加、改造、富化的复成因”成因观点。由此看出,我国学者对于川滇黔地区铅锌矿床的成因观点仍存在很大的争议,总体分为两类观点,一类试图说明该区的铅锌矿床与峨眉山玄武岩的喷发关系密切,另一类观点认为该区矿床非岩浆沉积-改造成因观点,虽然前人存在一些有关同生成因(SEDEX)的矿床成因观点,但总的看来,在该类矿床为后成矿床这一点上大家几乎达到了共识,目前争论的焦点主要集中在峨眉山玄武岩对铅锌矿形成的是否起到关键的控制作用。

因此本书选择滇中铅锌成矿区内赋存于碳酸盐岩中的铅锌矿床为研究对象,以国家自然科学基金项目“滇中碳酸盐岩型铅锌矿床流体混合成矿机理研究”(批准号:

41272111) 为依托, 试图通过对滇中铅锌成矿区内典型碳酸盐岩型铅锌矿床剖析与矿床地球化学特征、成矿年代学等的分析研究, 探究滇中地区碳酸盐岩型铅锌矿床成矿物质、成矿流体来源及成矿时代问题, 并结合矿床成矿背景, 建立区域成矿模式, 丰富川-滇-黔成矿域铅锌成矿理论, 对整个扬子地块西南缘铅锌床的成矿机制取得突破, 指导该区找矿, 扩大找矿前景。

全书共五章。第一章区域成矿地质背景: 将研究区成矿地质背景与区域所处的大地构造背景联系起来, 进行不同构造运动与地层建造层、岩浆侵入(喷发)、变质作用、区域地球化学, 展示矿产分布。第二章典型碳酸盐岩型矿床地质特征: 分别阐述 6 个典型矿床成矿地质背景、赋矿地层、赋矿围岩、控矿因素、矿物组合等特征、矿床品位、矿石特征、矿物组合、围岩蚀变, 划分成矿阶段(期)。第三章矿床地球化学特征: 通过大量测试分析数据的收集整理, 从常量、微量、稀土、包裹、同位素等探讨矿床地球化学特征。第四章成矿作用及成矿模型: 在矿床地质特征与地球化学分析的基础上, 探讨成矿作用, 建立成矿模式。第五章成矿规律与成矿预测: 在对地层、岩相古地理、岩性、构造控矿规律、矿种类型规律、大矿和富矿规律等成矿规律进行分析的基础上, 提出可供进一步勘查的 5 地找矿远景区。

在本书编写过程中, 收集和利用了大量的内部资料和各单位近年来的研究成果, 得到了有关单位领导的大力支持和相关部门的鼎力协助。中国科学院地球化学研究所周家喜博士/副研究员, 昆明理工大学贾福聚博士/讲师、刘心开博士、刘岩硕士、孟轲硕士、王文元硕士、陈欣彬硕士、依阳霞硕士等研究人员参与了该项目研究并撰写了相关研究内容, 借此机会向他们表示诚挚的谢意! 秦德先教授/博导对本书的内容进行了认真的修改和完善, 再次衷心地感谢他给予的帮助、关怀和鼓励。

作 者
2016 年 5 月

目 录

序

前言

第一章 区域成矿地质背景	1
第一节 区域地层	1
一、元古界	4
二、古生界	6
三、中生界	8
第二节 区域构造	8
一、元谋-绿汁江断裂	9
二、西昌-易门断裂	9
三、普渡河-滇池断裂	9
四、小江断裂	9
五、红河断裂	10
六、弥勒-师宗断裂	10
第三节 区域岩浆活动	10
一、吕梁期岩浆岩	10
二、晋宁期岩浆岩	11
三、澄江期岩浆岩	11
四、华力西期岩浆岩	11
五、印支期岩浆	11
六、燕山期岩浆岩	11
第四节 区域变质作用	12
一、元谋-大红山变质岩带（中压区域动力热流变质）	12
二、昆阳变质岩带（区域低温动力变质Ⅰ型）	13
三、丘北变质岩带（未变质）	13
第五节 区域地质演化	13
一、早元古代	13
二、中、晚元古代	14
三、新元古代	14
四、古生代	14
五、中生代	16
六、新生代	16
第六节 区域地球物理特征	16
第七节 区域地球化学特征	21
一、银元素地球化学特征	22
二、铅锌元素地球化学特征	22
第八节 区域矿产	22
第二章 典型碳酸盐岩型矿床地质特征	23
第一节 滇中铅锌矿床的分布	23

第二节 赋存于昆阳群中的碳酸盐岩型铅锌矿床	26
一、矿区地层	26
二、矿区构造	27
三、围岩蚀变	28
四、矿体产出特征	28
五、矿石结构、构造	30
六、矿石矿物与脉石组成	31
七、矿物生成顺序	32
第三节 赋存于震旦系中的碳酸盐岩型铅锌矿床	33
一、矿区地层	33
二、矿区构造	36
三、矿区岩浆活动	36
四、矿区围岩蚀变	36
五、矿体产出特征	36
六、矿石结构、构造	37
七、矿石矿物与脉石矿物组成	37
八、矿物生成顺序	38
第四节 赋存于寒武系中的碳酸盐岩型铅锌矿床	38
一、鲁鲁碳酸盐岩型铅锌矿床	38
二、热水塘碳酸盐岩型铅锌矿床	44
第五节 赋存于泥盆系中的碳酸盐岩型铅锌矿床	49
一、矿区地层	50
二、矿区构造	53
三、矿区围岩蚀变	54
四、矿体产出特征	54
五、矿石结构构造	55
六、矿石矿物与脉石矿物组成	56
七、矿物生成顺序	57
第六节 赋存于二叠系中的碳酸盐岩型铅锌矿床	58
一、矿区地层	58
二、矿区构造	61
三、矿区岩浆活动	63
四、矿区围岩蚀变	63
五、矿体产出特征	64
六、矿石结构、构造	66
七、矿石矿物与脉石矿物组成	67
八、矿物生成顺序	68
第七节 典型矿床小结	70
第三章 矿床地球化学特征	72
第一节 岩石常量元素地球化学	72
一、花木箐碳酸盐岩型铅锌矿床	72
二、鲁鲁碳酸盐岩型铅锌矿床	72

三、热水塘碳酸盐岩型铅锌矿床	72
四、苏租-暮阳碳酸盐岩型铅锌矿床	75
五、荒田碳酸盐岩型铅锌矿床	75
六、矿床围岩常量元素地球化学小结	75
第二节 岩石微量元素地球化学	75
第三节 稀土元素地球化学	77
一、岩石稀土元素地球化学特征	77
二、矿物稀土元素地球化学特征	83
三、稀土元素地球化学特征小结	89
第四节 流体包裹体地球化学特征	92
一、大笑碳酸盐岩型铅锌矿床	93
二、花木箐碳酸盐岩型铅锌矿床	95
三、噜鲁碳酸盐岩型铅锌矿床	96
四、热水塘碳酸盐岩型铅锌矿床	97
五、苏租-暮阳碳酸盐岩型铅锌矿床	97
六、荒田碳酸盐岩型铅锌矿床	97
七、小结	98
第五节 同位素地球化学特征	98
一、碳、氧同位素地球化学特征	98
二、硫同位素地球化学特征	101
三、铅同位素地球化学特征	106
四、铷-锶、钐-钕同位素地球化学特征	112
第四章 成矿作用及成矿模型	118
第一节 成矿作用	118
一、成矿时代	118
二、成矿环境	118
三、赋矿围岩	119
四、成矿流体	119
五、成矿物质来源	119
第二节 滇中两类铅锌矿床地球化学特征对比	120
第三节 滇中及邻区铅锌矿床、MVT 型铅锌矿床基本特征对比	121
第四节 成矿模式	125
第五章 成矿规律与成矿预测	127
第一节 成矿规律	127
一、地层控矿规律	127
二、岩相古地理控矿规律	129
三、岩性控矿规律	132
四、构造控矿规律	134
五、矿种类型规律	136
六、大矿和富矿规律	137
第二节 成矿预测	138
一、建水百里-大裴龙铅锌成矿远景区	138

二、大冷山-荒田-虾洞一带铅锌成矿远景区	139
三、禄劝中槽子-东川大笑、朱家地铅锌成矿远景	140
四、宜良大兑冲-马龙大米槽地区成矿远景区	141
五、东川-会泽铅锌成矿远景区	141
参考文献	143
附表	154
彩图	
图版	

第一章 区域成矿地质背景

滇中碳酸盐岩型铅锌研究区位于扬子地块西南缘、上扬子铅锌成矿带上，其位置大致北起东川东西向的宝台厂-洪门厂断裂，南到红河断裂，西至绿汁江断裂，东达小江断裂。南北长约 300km，东西宽 140km，面积约 40000km²。其范围大致相当于《云南区域地质志》所划分的川滇台背斜东部和滇东台褶带西部（图 1-1）。

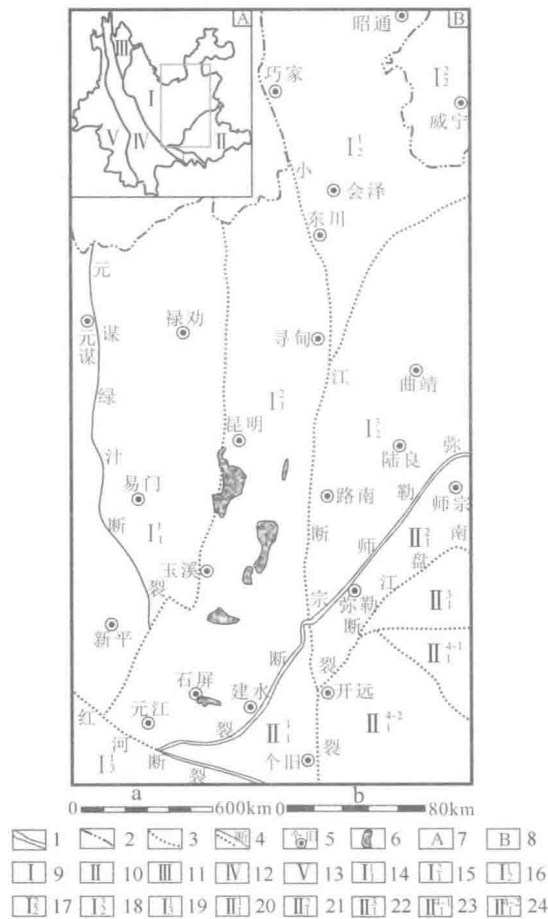


图 1-1 滇中铅锌成矿区大地构造位置图

a.图 A 比例尺；b.图 B 比例尺；1.一级大地构造单元界线；2.省界构造分区；3.二、三级大地构造单元界线；4.断裂及名称；5.地理点；6.湖水；7.云南省构造分区图；8. 滇中及邻区构造分区图；9.扬子准地台；10.华南褶皱系；11.松潘-甘孜褶皱系；12.唐古拉-昌都-兰坪-思茅褶皱系；13.冈底斯-念青唐古拉山褶皱系；14. 泸定-米易-武定-石屏隆断束；15.江舟-昆明台褶束；16.滇东北台褶束；17.威宁-水城台褶束；18.滇东台褶束；19.点苍山-哀牢山断褶带；20.个旧断束；21.罗平-师宗断束；22.丘北-广南褶皱束；23.西畴拱褶；24.薄竹山拱褶

第一节 区域地层

研究区地壳结构复杂，具有“多层结构”的特征。地层从古元古界-大红山群（苴林

群)到新生界第四系地层均有分布(表 1-1),现将区内出露地层由老至新表述如下:

表 1-1 滇中及邻区地层系统对比表

构造分区 地层			年代 /Ma	扬子地台				滇东南台褶带	构造 阶段	
				本 文		滇 东 北				滇 东
新生界	第四系	全新统	0.01	坡残积、冲积		冲洪积层		砾岩、粉砂、黏土	坡残积、冲洪积	喜马
		更新统	2.6		元谋组	冲积层		坡残积、冲积层	湖泻洞穴堆积	
	第三系	上统	23.3	茨营组		昭通组		茨营组	花枝格组	拉雅 构造 阶段
				小龙潭组				小龙潭组		
		下统	65	蔡家冲组				蔡家冲组	碗山组	
				小屯组				小屯组		
	中生界	白垩系	上统	96					赵家店组	
江底河组							江底河组			
下统			马头山组				马头山组			
							普昌河组			
侏罗系		上统	205	安宁组				妥甸组		
				上禄丰组		蓬莱镇组		蛇店组		
		遂宁组				张河组				
		上沙溪组					冯家河组			
下沙溪组										
下统		下禄丰组		自流井组						
	三叠系	上统	227	舍资组		须家河组		一平浪组	火把冲组	印支 构造 阶段
						鸟格组	鸟格组			
中统		241	富口坡组		关岭组上段		法郎组	法郎组		
					关岭组下段		个旧组	个旧组		
古生界	二叠系	上统	295			宣威组		宣威组	长兴组	海西 构造 阶段
									龙潭组	
		下统		峨眉山组		峨眉山组		峨眉山组	峨眉山组	
				茅口组		茅口组		茅口组	茅口组	
				栖霞组		栖霞组		栖霞组	栖霞组	
	梁山组		梁山组							
	石炭系	上统	354	马平群		马平群		马平群	马平群	
				达拉组		威宁组		威宁群	威宁群	
		滑石板组								
		摆佐组		摆佐组		董有组				
		上司组		大塘阶	上司段		大塘阶	上司段		
		旧司组			旧司段			万寿山段		
		下统		万寿山组			岩关阶		岩关阶	
				汤耙沟组						
灰岩组										

续表

构造分区 地层			年代 /Ma	扬子地台					滇东南台褶皱带	构造 阶段
				本 文		滇 东 北	滇 东			
古 生 界	泥盆系	上统	372	宰格 组	在结山组	宰格组	在结山阶	榴江组	海 西 构 造 阶 段	
		打得组	一打得组							
		中统	386	海口 组	曲靖组	曲靖组	曲靖组	东岗岭组		
										上双河组
				穿洞组		缩头山组	穿洞组	古木组		
				下统	410	翠峰山组		边清沟组		翠峰山组
		桂家屯组				坡脚组				
		西屯组								
	下西山组		翠峰山组							
	志留系	438		玉龙寺组	紫地湾组	玉龙寺组				
				妙高组				大路寨组	嘶风崖组	
				关底组						黄葛溪组
				岳家山组						
	奥陶系	上统	490			龙马溪组		十字铺组		
		中统				五峰组				
						宝塔组				
						大箐组				
						上巧家组				
		下统				下巧家组				
	红石崖组		红石崖组	红石崖组	湄潭组					
	寒武系	上统	500	二道水组		二道水组		博草田组		
		中统	513	双龙潭组		西王庙组	双龙潭组	龙哈组		
				陡坡寺组		陡坡寺组	陡坡寺组	田蓬组		
				龙王庙组		龙王庙组	龙王庙组			
		下统	543	沧浪铺组		沧浪铺组	沧浪铺组			
				筇竹寺组		筇竹寺组	筇竹寺组			
梅树村组（渔户村组）				渔户村组	渔户村组					
震旦系	上统	630	灯影组		灯影组	灯影组				
		1000	陡山沱组		陡山沱组	陡山沱组				
			南沱组		南沱组	南沱组				
			下统	牛首山组	澄江组	澄江组				
澄江组										
元 古 生 界	昆阳群会理群	中元古界	1800	大营盘组						
				绿汁江组						
				黑山组（鹅头厂组）						
				落雪组						
				因民组						
				美党组						
				大龙口组						
				黑山头组						
	黄草岭组									
		早元古界	2450~2300	大红山群-苴林群					吕梁运动	