

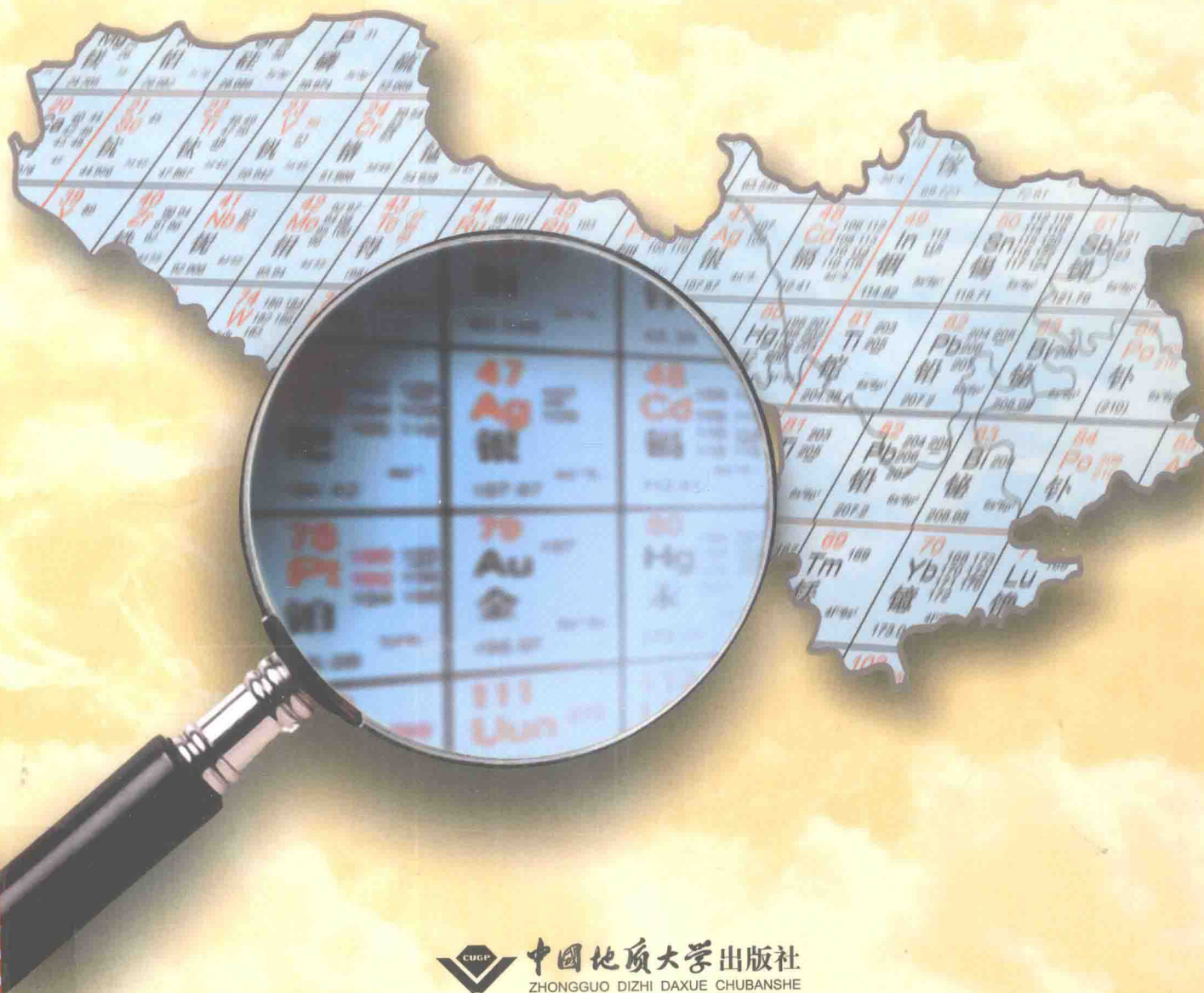


中国地质调查成果CGS2016-017  
西南地区矿产资源潜力评价成果系列丛书

# 中国西南地区矿产资源

ZHONGGUO XINAN DIQU KUANGCHAN ZIYUAN

秦建华 刘才泽 等编著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE



中国地质调查局成果 CGS2016-017  
西南地区矿产资源潜力评价成果系列丛书

# 中国西南地区矿产资源

ZHONGGUO XINAN DIQU KUANGCHAN ZIYUAN

秦建华 刘才泽 等编著



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

中国西南地区矿产资源/秦建华,刘才泽等编著. —武汉:中国地质大学出版社,2016. 10  
(西南地区矿产资源潜力评价成果系列丛书)  
ISBN 978-7-5625-3852-3

- I. ①中…
- II. ①秦…
- III. ①矿产资源-概况-西南地区
- IV. ①P617. 27

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 227932 号

|                                 |  |                            |         |
|---------------------------------|--|----------------------------|---------|
| 中国西南地区矿产资源                      |  | 秦建华 刘才泽 等编著                |         |
| 责任编辑:胡珞兰                        |  | 选题策划:刘桂涛                   |         |
| 出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) |  | 责任校对:张咏梅                   |         |
| 电 话:(027)67883511               |  | 邮 编:430074                 |         |
| 传 真:(027)67883580               |  | E-mail:cbb@cug.edu.cn      |         |
| 经 销:全国新华书店                      |  | Http://www.cugp.cug.edu.cn |         |
| 开本:880 毫米×1230 毫米 1/16          |  | 字数:650 千字                  | 印张:20.5 |
| 版次:2016 年 10 月第 1 版             |  | 印次:2016 年 10 月第 1 次印刷      |         |
| 印刷:武汉中远印务有限公司                   |  | 印数:1—1000 册                |         |
| ISBN 978-7-5625-3852-3          |  | 定价:198.00 元                |         |

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 《西南地区矿产资源潜力评价成果系列丛书》

## 编委会名单

主 任:丁 俊 秦建华

委 员:尹福光 廖震文 王永华 张建龙 刘才泽 孙 洁

刘增铁 王方国 李 富 刘小霞 张启明 曾琴琴

焦彦杰 耿全如 范文玉 李光明 孙志明 李奋其

祝向平 段志明 王 玉

# 《中国西南地区矿产资源》

编著人员:秦建华 刘才泽 王生伟 王方国 张启明 齐先茂  
朱斯豹 陈华安 马东方 廖震文 侯 林 蒋小芳  
周邦国 周家云 刘增铁 贺天全 朱 旭 杨发伦  
卢贤志 郭 强 李建康 曹新群 杨 群 祝向平  
李光明 赖 杨 张林奎 杨 斌 旷志国 周约宏  
赵 波 金灿海 张 珣 石洪召 张 红 冯孝良  
郭 阳 张春颖 杨 超 陈 政 徐志忠 林方成  
张 丽 侯春秋 张 晖

# 序

中国西南地区雄踞青藏造山系南部和扬子陆块西部。青藏造山系是最年轻的造山系,扬子陆块是最古老的陆块之一。从地质年代来讲,最古老到最年轻是一个漫长的地质历史过程,其间经历过多期复杂的地质作用和丰富多彩的成矿过程。从全球角度看,中国西南地区位于世界三大巨型成矿带之一的特提斯成矿带东段,称为东特提斯成矿域。中国西南地区孕育着丰富的矿产资源,其中的西南三江、冈底斯、班公湖-怒江、上扬子等重要成矿区带都被列为全国重点勘查成矿区带。

《西南地区矿产资源潜力评价成果系列丛书》主要是在“全国矿产资源潜力评价”计划项目(2006—2013)下设工作项目——“西南地区矿产资源潜力评价与综合”(2006—2013)研究成果的基础上编著的。诸多数据、资料都引用和参考了1999年以来实施的“新一轮国土资源大调查专项”“青藏专项”及相关地质调查专项在西南地区实施的若干个矿产调查评价类项目的成果报告。

该套丛书包括:

《中国西南区域地质》

《中国西南地区矿产资源》

《中国西南地区重要矿产成矿规律》

《西南三江成矿地质》

《上扬子陆块区成矿地质》

《西藏冈底斯-喜马拉雅地质与成矿》

《西藏班公湖-怒江成矿带成矿地质》

《中国西南地区地球化学图集》

《中国西南地区重磁场特征及地质应用研究》

这套丛书系统介绍了西南地区的区域地质背景、地球化学特征和找矿模型、重磁资料和地质应用、矿产资源特征及区域成矿规律,以最新的成矿理论和丰富的矿床勘查资料深入地研究了西南三江地区、上扬子陆块区、冈底斯地区、班公湖-怒江地区的成矿地质特征。

《中国西南区域地质》对西南地区成矿地质背景按大地构造相分析方法,编制了西南地区1:150万大地构造图,并明确了不同级别构造单元的地质特征及其鉴别标志。西南地区大地构造五要素图及大地构造图为区内矿产总结出不同预测方法类型的矿产的成矿规律、矿产资源潜力评价和预测提供了大地构造背景。同时对一些重大地质问题进行了研究,如上扬子陆块基底、三江造山带前寒武纪地质,秦祁昆造山带与扬子陆块分界线、保山地块归属、南盘江盆地归属,西南三江地区特提斯大洋两大陆块的早古生代增生造山作用。对西南地区大地构造环境及其特征的研究,为成矿地质背景和成矿地质作用研究建立了坚实的成矿地质背景基础,为矿产预测提供了评价的依据,为基础地质研究服务于矿产资源潜力评价提供了示范。为西南地区各种尺度的矿产资源潜力评价和成矿预测提供了全新的地质构造背景,已被有关矿产资源勘查决策部门应用于潜力评价和成矿预测,并为国家找矿突破战略行动、整装勘查部署,国土规划编制、重大工程建设和生态环境保护以及政府宏观决策等提供了重要的基础资料。这是迄今为止应用板块构造理论及从大陆动力学

视角观察认识西南地区大地构造方面最全面系统的重大系列成果。

《中国西南地区矿产资源》对该区非能源矿产资源进行了较为全面系统的总结,分别对黑色金属矿产、有色金属矿产、贵金属矿产、稀有稀土金属矿产、非金属矿产等 47 种矿产资源,从性质用途、资源概况、资源分布情况、勘查程度、矿床类型、重要矿床、成矿潜力与找矿方向等方面进行了系统全面的介绍,是一部全面展示中国西南地区非能源矿产资源全貌的手册性专著。

《中国西南地区重要矿产成矿规律》对区内铜、铅、锌、铬铁矿等重要矿产的成矿规律进行了系统的创新性研究和论述,强化了区域成矿规律综合研究,划分了矿床成矿系列。对西南地区地质历史中重要地质作用与成矿,按照前寒武纪、古生代、中生代和新生代 4 个时期,从成矿构造环境与演化、重要矿产与分布、重要地质作用与成矿等方面进行了系统的研究和总结,并提出或完善了“扬子型”铅锌矿、走滑断裂控制斑岩型矿床等新认识。

该套丛书还对一些重点成矿区带的成矿特征进行了详细的总结,以区域成矿构造环境和成矿特色,对上扬子地区、西南三江(金沙江、怒江、澜沧江)地区、冈底斯地区和班公湖-怒江 4 个地区的重要矿集区的矿产特征、典型矿床、成矿作用与成矿模式等方面进行了系统研究与全面总结。按大地构造相分析方法全面系统地论述了区域地质背景,重新厘定了地层、构造格架,详细阐述了成矿的区域地球物理、地球化学特征;重新划分了区域成矿单元,详细论述了各单元成矿特征;论述了重要矿集区的成矿作用,包括主要矿产特征、典型矿床研究、成矿作用分析、资源潜力及勘查方向分析。

《西南三江成矿地质》以新的构造思维全面系统地论述了西南三江区域地质背景,重新厘定了地层、构造格架,详细阐述了成矿的区域地球物理、地球化学特征;重新划分了区域成矿单元;重点论述了若干重要矿集区的成矿作用,包括地质简况、主要矿产特征、典型矿床、成矿作用分析、资源潜力及勘查方向分析;强化了区域成矿规律的综合研究,划分了矿床成矿系列;根据洋-陆构造体制演化特征与成矿环境类型、成矿系统主控要素与作用过程、矿床组合与矿床成因类型等建立了成矿系统;揭示了控制三江地区成矿作用的重大关键地质作用。该研究对部署西南三江地区地质矿产调查工作具有重要的指导意义。

《上扬子陆块区成矿地质》系统论述了位于特提斯-喜马拉雅与滨太平洋两大全球巨型构造成矿域结合部位的上扬子陆块成矿地质。其地质构造复杂,沉积建造多样,陆块周缘岩浆活动频繁,变质作用强烈。一系列深大断裂的发生、发展,对该区地壳的演化起着至关重要的控制作用,往往成为不同特点地质结构岩块(地质构造单元)的边界条件,与它们所伴生的构造成矿带,亦具有明显的区带特征。较稳定的陆块演化性质的地质背景,决定了该地区矿床类型以沉积、层控、低温热液为显著特点,并在其周缘构造-岩浆活动带背景下形成了与岩浆-热液有关的中高温矿床。区内的优势矿种铁、铜、铅、锌、金、银、锡、锰、钒、钛、铝土矿、磷、煤等在我国占有重要地位,目前已发现有有色金属、黑色金属、贵金属和稀有金属矿产地 1494 余处,为社会经济发展提供了大量的矿产资源。

《西藏冈底斯-喜马拉雅地质与成矿》对冈底斯、喜马拉雅成矿带“十二五”以来地质找矿成果进行了系统的总结与梳理。结合新的认识,按照岩石建造与成矿系列理论,将冈底斯-喜马拉雅成矿带划分为南冈底斯、念青唐古拉和北喜马拉雅 3 个Ⅳ级成矿亚带,对各Ⅳ级成矿亚带在特提斯演化和亚洲-印度大陆碰撞过程中的关键建造-岩浆事件与成矿系统进行了深入的分析与研究。同时对 16 个重要大型矿集区的成矿地质背景、成矿作用、成矿规律与找矿潜力进行了总结,建立了冈底斯成矿带主要矿床类型的区域预测找矿模型和预测评价指标体系,并采用 MRAS 资源评价系统对其开展了成矿预测,圈定了系列的找矿靶区,对指导区域找矿和下一步工作部署有着重要意义。

《西藏班公湖-怒江成矿带成矿地质》对班公湖-怒江成矿带成矿地质进行系统总结。班公湖-怒江成矿带是青藏高原地质矿产调查的重点之一。近年来,先后在不杂、波龙、荣那、拿若发现大

型富金斑岩铜矿,在尕尔穷和嘎拉勒发现大型矽卡岩型金铜矿,在弗野发现矽卡岩型富磁铁矿和铜铅锌多金属矿床等。这些成矿作用主要集中在班公湖-怒江结合带南、北两侧的岩浆弧中,是班公湖-怒江成矿带特提斯洋俯冲、消减和闭合阶段的产物。目前的班公湖-怒江成矿带指的并不是该结合带的本身,而主要是其南、北两侧的岩浆弧。研究发现,班公湖-怒江成矿带北部、南部的日土-多龙岩浆弧和昂龙岗日-班戈岩浆弧分别都存在东段、西段的差异,表现在岩浆弧的时代、基底和成矿作用类型等方面都各具特色。

《中国西南地区地球化学图集》在全面收集 1:20 万、1:50 万区域化探调查成果资料的基础上,利用海量的地球化学数据,进行了系统集成与编图研究,编制了铜、铅、锌、金、银等 39 种元素(含常量元素氧化物)的地球化学图和异常图等图件,实现青藏高原区域地球化学成果资料的综合整装,客观展示了西南地区地球化学元素在水系沉积物中的区域分布状况和地球化学异常分布规律。该图集的编制,为西南地区地质矿产的展布规律及其找矿方向提供了较精准的战略方向。

《中国西南地区重磁场特征及地质应用研究》在收集与总结前人资料的基础上,对西南地区重磁数据进行集成、处理和分析,编制了西南地区重磁基础与解释图件,实现了中国西南区域重力成果资料的综合整装。利用重磁异常的梯度、水平导数等边界识别的新方法和新技术,对西南三江、上扬子、班公湖-怒江和冈底斯等重要矿集区的重磁数据进行处理,对异常特征进行分析和解释;利用区域重磁场特征对断裂构造、岩体进行综合推断和解释,对主要盆地的重磁场特征进行分析和研究。针对西南地区存在的基础地质问题,论述了重磁资料在康滇地轴、龙门山等重要地质问题研究中的应用与认识。同时介绍了西南地区物探资料在铁、铜、铅、锌和金矿等矿产资源潜力评价中的应用效果。

中国西南地区蕴藏着丰富的矿产资源,加强该区的地质矿产勘查和研究工作,对于缓解国家资源危机、贯彻西部大开发战略、繁荣边疆民族经济和促进地质科学发展均具有重要的战略意义。该套丛书系统收集和整理了西南地区矿产勘查与研究,并对所获得的海量的矿床学资料、成矿带的地质背景和矿床类型进行了总结性研究,为区域矿产资源勘查评价提供了重要资料。自然科学研究的重大突破和发现,都凝聚着一代又一代研究者的不懈努力及卓越成就。中国西南地区矿产资源潜力评价成果的集成和综合研究,必将为深化中国西南地区成矿地质背景、成矿规律与成矿预测研究、矿产资源勘查和开发与社会经济发展规划提供重要的科学依据。

该丛书是一套关于中国西南地区矿产资源潜力的最新、最实用的参考书,可供政府矿产资源管理人员、矿业投资者,以及从事矿产勘查、科研、教学的人员和对西南地区地质矿产资源感兴趣的社会公众参考。

编委会

2016 年 1 月 26 日

# 前言

国土资源部为贯彻落实《国务院关于加强地质工作的决定》中提出的“积极开展矿产远景调查和综合研究,科学评估区域矿产资源潜力,为科学部署矿产资源勘查提供依据”的要求和精神,于2007年发出《关于开展全国矿产资源潜力评价工作的通知》(国土资发〔2007〕6号),部署开展全国矿产资源潜力评价工作,把该项工作确定为我国矿产资源领域的一项基本国情调查,列为国土资源部“十一五”期间的重点工作,目的是通过全面系统总结我国地质调查和矿产勘查的工作成果,全面系统掌握矿产资源现状,科学评价矿产资源潜力,建立真实准确的矿产资源数据,为实现找矿的重大突破提供科学依据。

《全国矿产资源潜力评价》下设“西南地区矿产资源潜力评价与综合”项目,承担单位是中国地质调查局成都地质调查中心、重庆地质矿产研究院、四川省地质调查院、西藏自治区地质调查院、贵州省地质调查院、云南省地质调查局。

“西南地区矿产资源潜力评价与综合”项目的目标任务是:在现有地质工作的基础上,充分利用我国基础地质调查和矿产勘查的工作成果和资料,充分应用现代矿产资源预测评价的理论方法和GIS评价技术,开展重庆、四川、西藏、贵州、云南5个省市区的铁、铝、铜、锌、铅、金、钾盐、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、铬、钼、银、硼、锂、硫、萤石、菱镁矿、重晶石23个预测矿种的资源潜力评价,基本摸清矿产资源潜力及其空间分布;开展西南地区成矿地质背景、成矿规律、物探、化探、遥感、自然重砂、矿产预测等综合研究和汇总工作;编制西南地区大地构造相图、矿产预测类型分布图、成矿规律图、成矿预测成果图、勘查部署建议图等。研究内容为:成矿地质背景研究;物探、化探、自然重砂、遥感综合信息研究;成矿规律研究;矿产预测研究;基础数据库整理维护和成果数据库建设;大区汇总综合研究。

“西南地区矿产资源潜力评价与综合”项目自2006年启动以来,在全国矿产资源潜力评价项目办公室的指导下,在西南地区各省级国土资源主管部门的大力支持下,在参加项目人员的辛苦努力下,于2013年圆满完成。项目研究报告由省级矿产资源潜力评价成果报告和西南地区矿产资源潜力评价成果报告组成。

本书主要目的是为政府、国土资源主管部门、矿业勘查开发者和社会公众提供一个查阅矿产资源性质用途等知识,较为全面了解西南地区矿产资源情况的渠道。因此,本书是在利用西南地区矿产资源潜力评价成果报告对铁、铝、铜、锌、铅、金、钾盐、磷、钨、锑、稀土、锰、镍、锡、铬、钼、银、硼、锂、硫、萤石、菱镁矿、重晶石23个单矿种矿产资源研究成果的基础上,结合西南地区矿产资源的特点,增加了钒、钛、钴、汞,以及稀有、铂族、分散元素、非金属、盐湖等矿产资源,以期更加全面地反映西南地区矿产资源特点。

本书共由9章和1个附录组成,内容包括:西南地区矿产资源概况、黑色金属矿产、有色金属矿产、贵金属矿产、稀有金属矿产、稀土金属矿产、分散元素矿产、非金属矿产和盐湖矿产。书中对每种矿产的性质、用途、分布情况、矿床类型、重要矿床、资源潜力与找矿方向进行了介绍。附录部分对矿产资源的一些基本术语进行了说明。

本书的编写和出版是参与编写者共同努力的结果(表 1)。本书最后由秦建华、朱斯豹汇总并定稿。本书在编写过程中,得到了丁俊研究员的悉心指导和大力帮助,得到了中国地质调查局成都地质调查中心、中国地质科学院矿产综合利用研究所、四川省化工地质勘查院、西藏地质矿产勘查开发局第五地质队的大力支持。同时,还参阅了西南 5 省(市、自治区)省级矿产资源潜力评价成果报告和西南地区部分地勘单位地质勘查报告,这些报告未在参考文献中一一列出,在此一并表示诚挚的感谢。

表 1 主要编写人员表

| 内容         |      | 编写人员                       | 备注          |
|------------|------|----------------------------|-------------|
| 前言         |      | 秦建华                        |             |
| 第一章 矿产资源概况 |      | 秦建华                        |             |
| 第二章 黑色金属矿产 | 铁    | 刘才泽                        |             |
|            | 锰    | 王生伟、张启明                    |             |
|            | 铬    | 王方国、朱斯豹                    | 朱斯豹汇总、修改    |
|            | 钒    | 张启明                        |             |
|            | 钛    | 刘才泽                        |             |
| 第三章 有色金属矿产 | 铜    | 秦建华、李光明、冯孝良、张丽、侯春秋         | 秦建华和张丽汇总、修改 |
|            | 铅    | 秦建华、廖震文、金灿海、林方成、张玑         | 张玑汇总、修改     |
|            | 锌    | 秦建华、廖震文、张玑                 |             |
|            | 铝土矿  | 张启明                        |             |
|            | 镍    | 齐先茂、赖杨                     | 赖杨汇总、修改     |
|            | 钴    | 朱斯豹                        |             |
|            | 钨    | 陈华安、张林奎、石洪召                |             |
|            | 锡    | 陈华安、张林奎、张红                 |             |
|            | 钼    | 秦建华、李光明、冯孝良、朱斯豹、<br>张丽、侯春秋 | 朱斯豹汇总、修改    |
|            | 锑    | 马东方、刘才泽                    |             |
|            | 汞    | 廖震文                        |             |
| 第四章 贵金属矿产  | 金    | 侯林                         |             |
|            | 银    | 蒋小芳、赖杨                     | 赖杨汇总、修改     |
|            | 铂族元素 | 齐先茂、赖杨                     |             |
| 第五章 稀有金属矿产 |      | 周邦国、杨斌、郭阳                  |             |
| 第六章 稀土金属矿产 |      | 周家云                        |             |
| 第七章 分散元素矿产 |      | 刘增铁                        |             |

续表 1

| 内容        |        | 编写人员       | 备注      |
|-----------|--------|------------|---------|
| 第八章 非金属矿产 | 白云岩    | 贺天全、杨群、张春颖 | 郭强汇总、修改 |
|           | 高岭土    | 朱旭、李建康、杨群  |         |
|           | 硅      | 杨发伦、旷志国    |         |
|           | 硅藻土    | 杨发伦、周约宏、杨超 |         |
|           | 钾盐     | 卢贤志、郭强     |         |
|           | 磷      | 郭强         |         |
|           | 硫      | 李建康、杨群     |         |
|           | 芒硝     | 郭强、杨群      |         |
|           | 膨润土    | 贺天全、杨群、张春颖 |         |
|           | 石膏     | 卢贤志        |         |
|           | 石灰石    | 贺天全、杨群、张春颖 |         |
|           | 石墨     | 曹新群、杨发伦、陈政 |         |
|           | 石盐     | 卢贤志        |         |
|           | 重晶石、萤石 | 杨群、郭强      |         |
| 第九章 盐湖矿产  |        | 祝向平、赵波、徐志忠 |         |
| 附录        |        | 张晖         |         |

# 目 录

|                  |       |
|------------------|-------|
| 第一章 矿产资源概况 ..... | (1)   |
| 第一节 自然地理概况 ..... | (1)   |
| 第二节 地质构造概况 ..... | (1)   |
| 第三节 矿产资源概况 ..... | (2)   |
| 第二章 黑色金属矿产 ..... | (4)   |
| 第一节 铁 .....      | (4)   |
| 第二节 锰 .....      | (15)  |
| 第三节 铬 .....      | (25)  |
| 第四节 钒 .....      | (29)  |
| 第五节 钛 .....      | (36)  |
| 第三章 有色金属矿产 ..... | (40)  |
| 第一节 铜 .....      | (40)  |
| 第二节 铅 .....      | (58)  |
| 第三节 锌 .....      | (76)  |
| 第四节 铝土矿 .....    | (82)  |
| 第五节 镍 .....      | (93)  |
| 第六节 钴 .....      | (99)  |
| 第七节 钨 .....      | (103) |
| 第八节 锡 .....      | (116) |
| 第九节 钼 .....      | (131) |
| 第十节 铋 .....      | (136) |
| 第十一节 汞 .....     | (142) |
| 第四章 贵金属矿产 .....  | (148) |
| 第一节 金 .....      | (148) |
| 第二节 银 .....      | (163) |
| 第三节 铂族元素 .....   | (169) |
| 第五章 稀有金属矿产 ..... | (174) |
| 第六章 稀土金属矿产 ..... | (191) |
| 第七章 分散元素矿产 ..... | (200) |
| 第一节 锗 .....      | (200) |
| 第二节 镓 .....      | (201) |

|      |              |       |
|------|--------------|-------|
| 第三节  | 铟 .....      | (202) |
| 第四节  | 铊 .....      | (203) |
| 第五节  | 镉 .....      | (204) |
| 第六节  | 硒和碲 .....    | (205) |
| 第七节  | 铼 .....      | (206) |
| 第八节  | 钨 .....      | (207) |
| 第九节  | 钽 .....      | (209) |
| 第八章  | 非金属矿产 .....  | (210) |
| 第一节  | 白云岩 .....    | (210) |
| 第二节  | 高岭土 .....    | (214) |
| 第三节  | 硅 .....      | (220) |
| 第四节  | 硅藻土 .....    | (226) |
| 第五节  | 钾盐 .....     | (230) |
| 第六节  | 磷 .....      | (236) |
| 第七节  | 硫 .....      | (247) |
| 第八节  | 芒硝 .....     | (256) |
| 第九节  | 膨润土 .....    | (263) |
| 第十节  | 石膏 .....     | (266) |
| 第十一节 | 石灰石 .....    | (271) |
| 第十二节 | 石墨 .....     | (278) |
| 第十三节 | 石盐 .....     | (283) |
| 第十四节 | 重晶石、萤石 ..... | (289) |
| 第九章  | 盐湖矿产 .....   | (296) |
| 附 录  | .....        | (305) |
| 参考文献 | .....        | (309) |

# 第一章 矿产资源概况

## 第一节 自然地理概况

西南地区,由3省、1区和1市组成,包括四川省、云南省、贵州省、西藏自治区和重庆直辖市。西南地区地理坐标:东经 $78^{\circ}23'$ — $110^{\circ}11'$ ,北纬 $21^{\circ}8'$ — $36^{\circ}29'$ ,国土总面积为 $236.5\times 10^4\text{km}^2$ ,约占全国陆域面积的24.6%。

西南地区自然地理主体属于我国第三级地貌单元,部分居于第三级地貌单元和第二级地貌单元的过渡部位。地貌类型主要有青藏高原、云贵高原、四川盆地以及环绕其间的许多著名的山脉,如喜马拉雅山、冈底斯山、唐古拉山、龙门山和横断山等。

西南地区地形比较复杂,可明显地划分为3个地形单元,即:青藏高原高山山地地区,主要范围包括西藏全境,四川省北部、西部、西南部和云南省的西北部;云贵高原中高山山地丘陵地区,主要范围包括贵州省全境与云南省的南部和中东部;四川盆地及其周边山地,主要范围包括重庆市大部,四川省的中东部和东南部。

西南地区气候与地形区域相对应,也可分为3类,即青藏高原寒带气候、云贵高原低纬高原中亚热带季风气候、四川盆地湿润北亚热带季风气候。此外,本区南端云南西双版纳分布有少部分热带季雨林气候区,干湿季分明。

西南地区河流主要有雅鲁藏布江、金沙江、怒江、澜沧江以及长江上游和珠江上游的重要水系。

西南地区新构造运动强烈,高原抬升,山势巍峨,河流深切,江河奔腾,蕴含巨大水能。西南地区地质遗迹发育,地质奇观诱人。西南地区拥有世界最高峰——珠穆朗玛峰,海拔8848m,海拔大于7000m的山峰有66座,号称世界第三极——世界屋脊。区内海拔最低的为云南河口瑶族自治县处的元江河谷,海拔仅76.4m。高差悬殊,气候多变,气象万千。西南地区与缅甸、老挝、越南、印度、尼泊尔等东南亚和南亚国家接壤,具有从事境外地质矿产勘查的地域优势。

## 第二节 地质构造概况

西南地区地质构造复杂,地质构造可划分为3个Ⅰ级构造单元(区),即秦祁昆构造区、泛扬子构造区和冈底斯-喜马拉雅构造区。西南地区构造上主体属于特提斯构造域,是由泛华夏陆块西南缘和南部冈瓦纳大陆北缘不断弧后扩张、裂离,又经小洋盆萎缩消减、弧-弧、弧-陆碰撞形成的复杂构造域,其经历了漫长的地质构造变动。西南地区在地质构造划分上大致以龙门山断裂带—哀牢山断裂带为界,分为东部陆块区和西部造山带。西部西藏地区及川西高原是环球纬向特提斯造山系东部的一部分,具有复杂而独特的巨厚地壳和岩石圈结构;东部是扬子陆块的主体,具有古老基

底及稳定盖层,基底分别由块状无序的结晶基底及成层无序的褶皱基底两个构造层组成,沉积盖层稳定分布于陆块内部及基底岩系周缘,沉积厚度超万米,但分布不均衡。西南地区总体表现为不同时期复合造山带与其间镶嵌的古生代、中—新生代沉积盆地的构造面貌。由于后期印度板块向北强烈顶撞,在它的左右犄角处分别形成了帕米尔构造结、南迦巴瓦构造结及相应的弧形弯折,改变了原来东西向展布的构造面貌,加之华北陆块和扬子刚性陆块的阻抗以及陆内俯冲对原有构造,特别是深部地幔构造的改造,造成了本区独特的构造地貌景观。

西南地区区内沉积地层覆盖面积约占全区的70%,自元古宇至第四系均有出露。古生代至第三纪(古近纪+新近纪)地层古生物门类繁多,生物区系复杂,具有不同地理区(系)生物混生的特点。古生代至第三纪沉积建造类型丰富,区内沉积盆地类型多种多样,发育有不同时期的弧后盆地、弧间裂谷盆地、弧前盆地、前陆盆地、被动边缘盆地等,特别是中生代、新生代盆地多具有多成因复合的特点。

西南地区区内岩浆岩发育,岩浆活动频繁,岩石类型齐全。火山岩除川东北及重庆市外,几乎广布全区。侵入岩主要集中分布于扬子陆块西缘及其以西的“三江”地区和唐古拉山以南的广大区域,出露面积可达185 100km<sup>2</sup>,约占全区总面积的7.8%,其中近95%为中酸性侵入岩类。中酸性侵入岩为多期侵入,侵入时代可划分为晋宁期、加里东期、海西期、印支期、燕山早期、燕山晚期、燕山晚期—喜马拉雅早期、喜马拉雅晚期8个期次。同时,伴随强烈的火山作用。该区发育有巨厚的火山岩系,从前震旦纪到第四纪都有不同程度的发育,形成火山岩带。

西南地区区内变质岩出露比较广泛,变质岩石、变质作用类型和变质强度(相及相系)亦较齐全,以区域变质作用及其变质岩类为主。依其区域变质特征可进一步划分为东部区(扬子陆块及其边缘区)、中部区(羌塘—“三江”地区)、西部区(冈底斯—喜马拉雅区)。

### 第三节 矿产资源概况

西南地区成矿条件优越,矿产资源丰富,主要可划分为两个Ⅰ级成矿域,即特提斯—喜马拉雅成矿域和滨太平洋成矿域(南西部)。据统计,至2010年西南地区发现的矿种有155种,探明有资源储量的矿种达100种,矿产地有12 000处以上,具大中型以上规模的矿床1200余处。根据2010年《全国矿产资源储量通报》统计,西南地区保有资源储量位居全国前3位的优势矿种主要有铁、锰、铬、钒、钛、铜、铅、锌、铝土矿、锡、汞、银、稀土矿、磷、钾盐、芒硝、重晶石等,尤以铜、锌、铬、铝土矿等重要矿种在全国占有主导地位。

西南地区各省(市、区)矿产资源概况如下:

西藏位于特提斯—喜马拉雅成矿域,矿产资源勘查工作始于西藏和平解放以后,随着西藏社会经济的发展,矿产资源勘查评价工作才得以逐步展开。尤其是20世纪70年代以来,对西藏已知的重要成矿区带相继开展了1:20万区域地质调查,1:20万、1:50万区域地球化学勘查,为矿产资源勘查奠定了一定的基础,先后探明了罗布莎铬铁矿、玉龙铜钼矿、崩纳藏布砂金矿、扎布耶硼锂矿、美多锑矿、羊八井地热田、伦坡拉油气等一大批有代表性的矿床。截至2012年底,据不完全统计,西藏已发现矿床、矿点及矿化点(矿化线索)4000余个,矿产地3000多个。已发现矿种125种,其中有查明资源储量的41种。大型矿床71处,中型83处,小型175处。西藏优势矿产资源主要有铬、铜、铅锌银多金属、钼、铁、锑、金、盐湖锂硼钾矿、高温地热等,同时油气资源也有很好的找矿前景。在现有查明矿产资源/储量的矿产中,有12种矿产居全国前5位,18个矿种居前10位,其中铬、铜的保有资源/储量以及盐湖锂矿的资源远景居全国第1位。

云南地处西南三江成矿带、扬子成矿区和华南成矿带结合部位,矿产资源丰富。云南矿产地质工作程度十分不均衡,交通便利,矿产开发较早的滇中、滇东地区勘查程度较高,其余地区勘查程度较低。据统计,云南省发现的各类金属、非金属矿产资源有 155 种,占全国已发现矿产(171 种)的 90.64%。已发现的矿产中,查明资源储量的矿产有 86 种,包括能源矿产 2 种,金属矿产 39 种,非金属矿产 45 种。据不完全统计,发现各类矿床(点)2700 余个,至 2010 年底列于《云南省矿产资源储量简表》的矿产地(上表矿区)有 1338 个,其中大型矿区 119 个,中型矿区 285 个,小型矿区 934 个。勘查程度达到勘探程度的占 30%左右,其余为详查和普查。据国土资源部截至 2010 年底《全国矿产资源储量通报》统计,云南有 65 种固体矿产保有资源储量排在全国前 10 位,其中能源矿产 1 种,金属矿产 32 种,非金属矿产 32 种。居全国第 1 位的有锡、锌、铜、铀、磷、蓝石棉 7 种;居第 2 位的有铅、钛铁砂矿、铂族金属、钾盐、砷、硅灰石 6 种;居第 3 位的有铜、镍、银、锑、锆、芒硝矿石、霞石正长岩、水泥配料用砂岩、水泥用凝灰岩 9 种。

四川在地质构造上横跨扬子陆块区、西藏-三江造山系和秦祁昆造山系 3 个构造单元。根据四川省 2011 年年度《矿产资源年报》,至 2010 年底,四川省已发现矿种 135 种,具有查明资源储量的矿种有 82 种。这些矿产主要有煤炭、石油、天然气、铀、铁、锰、铬、钛、钒、铜、铅、锌、铝土矿、镁矿、镍、钴、钨、锡、铋、钼、汞、锑、铂族金属、金、银、铌、钽、铍、锂、锆、铷、铯、稀土(轻稀土矿)、锆、镓、铟、镉、硒、碲、盐矿、磷矿、硫铁矿、芒硝、石灰岩、白云岩等。除石油、天然气、铀矿、地下热水和矿泉水以外,其矿产地分布于 2149 个矿区(分矿区、矿段统计),其矿产地数量按矿产种类分为:煤 616 个,黑色金属矿产 256 个,有色金属矿产 371 个,贵金属矿产 160 个,稀有及稀土金属矿产 81 个,冶金辅助原料非金属矿产 68 个,化工原料非金属矿产 226 个,建材和其他非金属矿产 371 处。根据国土资源部《2010 年全国矿产资源储量通报》的最新统计,除石油、水气矿产外,包括天然气在内,在四川已查明及开采利用的矿种(包括同一矿种的不同矿产形式),有 36 种矿产在全国同类矿产中居前 3 位。钒矿( $V_2O_5$ )、钛矿( $TiO_2$ )、锂矿( $Li_2O$ )、硫铁矿(矿石)、芒硝(矿石)、轻稀土矿(氧化物总量 2010 年末纳入统计,据 2009 年统计资料)、盐矿(矿石)等在全国排名第 1 位。其中,查明资源量同全国总量相比,芒硝占 71.6%,锂矿( $Li_2O$ )占 55.25%,轻稀土矿氧化物占 40.24%,硫铁矿矿石占 19.34%;铁矿、钴矿、铂钯矿(未分)、镉矿、天然气、化肥用石灰岩、石墨、石棉(矿物)等为第 2 位;铂族金属(合计)、铂矿(金属量)、钯矿(金属量)、铍(绿柱石)、锂矿( $Li_2O$ 、锂辉石)、锆矿( $ZrO_2$ )、熔剂用石灰岩、毒重石等为第 3 名。

贵州位于扬子陆块西南缘,先后经历了江南造山带、东部环太平洋成矿域与西部的特提斯两大成矿域构造域的共同控制和作用,形成了较好的成矿地质条件。据不完全统计,贵州已发现矿产(点)3000 余个,发现矿种 107 种。已探明的大中型矿床有 735 个。在探明储量的 74 种矿产中,有 51 种矿产被不同程度地开发利用,其中尤以煤、磷、铝、汞、锑、锰、金、铅、锌、银、非金属建材等具有优势和资源潜力。贵州是著名的汞省,长期居我国之首;铝土矿位居全国第 2 位,锰矿位居全国第 3 位。此外,磷、重晶石、锑在我国都占有重要的地位,而镍、钼、钒等也是其优势矿产。

重庆构造上属上扬子陆块。据不完全统计,已发现矿产 82 种,矿床、矿点、矿化点 1000 余个。已探明储量的矿产有 38 种,发现各类矿床 303 个,其中大型矿床 40 个,中型矿床 83 个。毒重石、岩盐、汞、锑、锰和铝土矿等矿产是重庆的优势矿产。

## 第二章 黑色金属矿产

### 第一节 铁

#### 一、引言

铁(Fe)为银灰色的金属。铁的发现 and 大规模利用,是人类发展史上一个光辉的里程碑,它把人类从石器时代、铜器时代带到了铁器时代,也全面推动了人类社会的进步、文明和发展。世界对钢铁的需求不断增加。据美国地质调查局(USGS,2015)估计,2014年世界年产粗钢突破  $16.5 \times 10^8 \text{ t}$ ,生产铁矿石  $11.9 \times 10^8 \text{ t}$ 。中国一直从国外进口铁矿石。2014年中国粗钢产量达到  $8.2 \times 10^8 \text{ t}$ 。中国已经成为世界最大钢铁生产国、铁矿石消费国和进口国(邵厥年等,2012)。

铁是地球上仅次于氧、硅和铝而分布最广的金属元素,其地球丰度高达 32.5%;约占地壳总质量的 5.1%。世界上铁矿石资源丰富。据美国地质调查局(USGS,2015)估计,截至 2014 年底,世界已探明铁矿金属储量  $870 \times 10^8 \text{ t}$ (矿石量  $1900 \times 10^8 \text{ t}$ )。

中国铁矿资源总量不少,但贫矿较多。中国铁矿资源主要分布在辽宁、四川、河北、安徽、山西、云南、山东、内蒙古、湖北 9 个省(自治区)合计铁矿资源储量占全国铁矿资源储量的 81%,绝大部分为贫矿(含铁 33%),富铁矿只占 1.8%,因此应重视对贫铁矿资源的利用与研究。

#### 二、资源概况

西南地区铁矿石资源丰富,据不完全统计,具规模以上的矿床有 364 个,其中:大型 25 个,中型 59 个,小型 280 个(图 2-1,表 2-1)。根据行政区划分为:四川 143 个,云南 110 个,西藏 26 个,贵州 44 个,重庆 41 个,主要分布于四川、云南等省。主要矿床有:四川攀枝花、红格、米易白马、西昌太和,云南新平大红山、澜沧惠民,西藏加多岭、措勤尼雄、安多当曲等。近年来勘查成果表明,西藏冈底斯西段、唐古拉山区具有良好的铁矿找矿远景。

#### 三、矿床类型

西南地区的铁矿类型以“岩浆晚期分异型铁矿床”分布最为重要,主要矿床有四川攀枝花、红格、米易白马、西昌太和等钒钛磁铁矿;接触交代-热液铁矿床主要有云南腾冲滇滩、西藏措勤尼雄等铁矿床;与陆相火山-侵入活动有关的铁矿床主要有西藏加多岭玢岩型铁矿;与海相火山-侵入活动有关的铁矿床主要有云南新平县大红山铁(铜)矿;浅海相沉积型铁矿床以泥盆纪的“宁乡式铁矿”