www.cagsbulletin.com

云南省成矿规律与百年勘查成果及

新一轮找矿突破行动建议

——《中国矿产地质志•云南卷》研编

施玉北^{1,4,5)}、李 蓉^{2,4,5)*},曾 妍^{3,4,5)},程胜辉^{2,4,5)}

1)云南省地质调查局,云南昆明 650051;
 2)云南省地质调查院,云南昆明 650216;
 3)云南省地质技术信息中心,云南昆明 650051;
 4)自然资源部三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室,云南昆明 650051;
 5)云南省三江成矿作用及资源勘查利用重点实验室,云南昆明 650051

摘 要:本文以前人研究成果及《中国矿产地质志•云南卷》研编取得的主要成果为基础,重点对云南省自中华人民共和国成立以来所取得的地质调查、勘查及科学研究成果进行了梳理,从矿产种类、矿产地、矿床类型、查明资源储量及找矿潜力、开发历史等方面阐述了云南矿产资源特点,以成矿省为单元对云南矿产时空分布规律进行了总结,各成矿省成矿集中度(强度)依次为上扬子(陆块)成矿省→三江(造山带)成矿省 → 华南(陆块)成矿省→腾冲(造山系)成矿省,各时代成矿强度依次为新生代→中生代→古生代→前寒武纪。 首次厘定出云南省各时空域矿种全覆盖的矿床成矿系列 59 个、矿床成矿亚系列 60 个,构建了云南省区域 成矿谱系,对重要的矿床成矿系列、亚系列特征进行了总结,深化了对云南成矿规律与百年勘查成果的认 识。提出云南具有巨大找矿潜力、近期可望实现找矿突破的香格里拉普朗一麻花坪地区钨铍铜多金属等 13 个远景区带,重点阐述了 2 个关键及重要矿产找矿远景区带(矿集区)勘查部署建议,对指导新一轮找矿 突破战略行动在云南取得突破具有重要的指导意义和实用价值。

关键词:中国矿产地质志;云南卷;云南矿产资源;时空分布规律;矿床成矿系列;区域成矿谱系;新一轮找矿中图分类号:P612 文献标志码:A doi:10.3975/cagsb.2024.112711

Metallogenic Regularities, Centennial Exploration Results of Yunnan Province, and Suggestions for a New Round of Prospecting: Research and Compilation of "Geology of Mineral Resources of China • Yunnan Volume"

SHI Yubei^{1, 4, 5)}, LI Rong^{2, 4, 5)*}, ZENG Yan^{3, 4, 5)}, CHENG Shenghui^{2, 4, 5)}

1) Yunnan Geological Survey, Kunming, Yunnan 650051;

2) Yunnan Institute of Geological Survey, Kunming, Yunnan 650216;

3) Yunnan Center of Geological Technology Information, Kunming, Yunnan 650051;

4) Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, MNR, Kunming, Yunnan 650051;

5) Key Laboratory of Sanjiang Metallogeny and Resources Exploration and Utilization, Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650051

Abstract: Based on results from research and compilation on Geology of mineral resources in China, Volume of Yunnan, this article emphatically combed achievements of geological survey, exploration and scientific research of Yunnan before the founding of the People's Republic of China, elaborated the mineral resources characteristics of

本文由中国地质调查局"中国矿产地质志"项目(编号: DD20221695; DD20190379; DD20160346)和云南省自然资源厅"云南省矿产地质 与区域成矿规律综合研究"项目(编号: 云自然资财[2019]122 号; 云自然资财[2021]107 号; 云自然资财[2022]57 号)联合资助。 收稿日期: 2024-06-24; 改回日期: 2024-11-16; 网络首发日期: 2024-11-28。责任编辑: 张改侠。

第一作者简介:施玉北,男,1958年生。本科,正高级工程师。从事矿产地质勘查及相关研究工作。E-mail: ynsyb5856@163.com。 *通信作者:李蓉,女,1988年生。硕士,工程师。主要从事矿产地质及相关研究工作。E-mail: lrong87@163.com。

Yunnan from mineral types, mineral lands and deposit types, proved resource reserves and ore prospecting potential to development history, and summarized the regularities of spatial and temporal distribution of the mineral resources of Yunnan by metallogenic provinces. The metallogenic concentration in each metallogenic province takes turns as upper Yangtze Metallogenic Province, Sanjiang (orogenic belt) Metallogenic Province, South China Landmass Metallogenic Province and Tengchong (orogenic system) Metallogenic Province, and the metallogenic intensity of each era is successively occurred in Cenozoic, Mesozoic, Paleozoic and Precambrian. For the first time, 59 metallogenic series and 60 metallogenic sub-series of deposits covered by minerals in each time and space domain of Yunnan Province were determined, and the regional metallogenic pedigree of Yunnan Province was constructed. The characteristics of important metallogenic series and sub-series of deposits were summarized, and deepened the understanding of metallogenic regularities and explorational achievements in the past century of Yunnan. This article proposed 13 strategic and advantaged mineral resources prospective area belts with huge prospecting potential and expecting prospecting breakthroughs Laza-Mahuaping Cu-W-Be deposit in Shangri-la, emphatically expounded explorational deployments proposals for 2 critical and important minerals potential prospecting belts (mineral assemblage areas), it has important guiding significance and practical value for guiding the new round of strategic action of prospecting breakthrough to make a breakthrough in Yunnan. Key words: geology of mineral resources in China; Yunnan Volume; mineral resources in Yunnan; spatial and

Key words: geology of mineral resources in China; Yunnan Volume; mineral resources in Yunnan; spatial and temporal distribution; deposit metallogenic series; regional metallogenic pedigree; a new round of prospecting

云南矿业开发大约始于公元前 11 世纪的殷 商时期(也有学者认为始于约公元前 16 世纪的商 代早期)(杨寿川, 2014), 至今已有3000多年, 但 地质勘查仅有一百多年历史。近代云南省的矿产 地质工作, 始于 19 世纪末、20 世纪初, 许多中外 地质工作者在云南开展了地质调查和矿产勘查, 先后有英国、法国、印度、越南等国外学者论及 云南省矿产地质情况。清道光二十四年(1844年), 云南巡抚吴其浚撰写、东川府知府徐金生篆刻的 《滇南矿厂图略》, 堪称中国较早的矿产志书。 最初注意调查云南区域地质矿产的国外学者琼 伯特(J. O. Jonbert)(尹赞勋, 1936), 在 1865-1868年间,主要对滇南地区进行了地质矿产考察, 1873年考察报告书出版,详细记载了云南地质矿 产情况,并附随团华人翻译的法文版《滇南矿厂 图略》(Des Minerais Et Des Mines Du Royaume De Tien Aujourd'hui Provincede Yun-nan)。中国地质 学家中第一个到云南调查矿产的丁文江先生(谢 家荣, 1941; 翁文灏, 1941; 杨荆舟, 1992; 吴凤鸣, 2008), 1911年5月, 对个旧锡矿、东川铜矿、宣 威一带煤矿进行了考查,曾作有路线地质图(黄 汲清, 1936)。尔后国内学者做了大量工作, 论及 云南省矿产地质情况者无计其数,但全面、系统、 有组织的地质勘查始于中华人民共和国成立后。 本文依托前人研究成果及《中国矿产地质志•云南 卷》,重点对中华人民共和国成立以来所取得的 成果进行了梳理。从资源特点、矿产时空分布规 律对云南成矿规律与百年勘查成果进行了总结, 提出关键及重要矿产新一轮找矿建议。

1 云南百年勘查成果

云南百年来矿产地质勘查取得了丰硕成果, 特别是中华人民共和国成立以来,云南省矿产地 质工作得到极大加强,历经 70 多年的高速发展, 取得了辉煌的成就,为国民经济建设做出重大贡 献。新发现并评价了一大批大型、超大型矿床,至 今已发现兰坪县金顶铅锌矿床等大型-超大型矿 床 224 处(重要矿床分布见图 1),形成了云南省西 南三江有色金属及贵金属资源开发基地,滇中磷 化工、有色金属、钢铁开发加工基地,滇东南锡、 锌、铟、铝、金开发基地和滇东煤炭开发生产基 地及滇东北地区铜铅锌开发生产基地等五大各 具特色的矿产资源基地。

百年来的地质勘查成果说明,云南跨特提斯 及滨太平洋两大成矿域,地质构造复杂,沉积建 造类型多样,岩浆活动频繁,成矿条件优越,形 成了众多的矿床类型和丰富的矿产资源,是"天 然地质博物馆"、"矿产资源宝库"、"有色金 属王国"和"磷化工大省",是国家资源保障的 重要基地之一。云南矿产资源主要有以下特点:

(1)矿产种类齐全。现已发现各类矿产167种, 占全国已发现矿产种类的92%。

(2)矿产地星罗棋布,但相对集中。全省已发现矿产地5271处,占全国已发现矿产地的8%, 形成了兰坪—维西、个旧—马关、昭通—会泽、保山—镇康4个超千万吨级铅锌多金属矿带及金沙江 —哀牢山近千吨级金矿带、个旧超千万吨级锡多金 属矿田等;全省地热田及温泉总数为862处,占全

国温泉总数的三分之一,居全国第1位。

(3)矿床类型及共生、伴生矿多。矿床类型有 17 类之多,以沉积型、接触交代型(砂卡岩型)、 斑岩型、火山岩型、岩浆型、岩浆热液型、云英 岩型、浅成中-低温热液型(含矿流体作用矿床)、 风化型最为重要。共生、伴生矿约占矿床总数的 31%,利用价值高。如个旧锡多金属矿田,已查明 共生、伴生矿产有锡、铜、铅、锌、钨、铟、钼、 镓、镉、锗、铌、钽、铍、铁、金、银、砷、硫、 萤石等有色、稀贵金属和非金属矿产 20 余种,除 回收锡外,还综合回收铜、铅、锌、钨、铋、银、 铟、砷、铁、硫等矿产。

(4)查明资源储量巨大,重要矿产优势明显。 资源储量在全国前十位的矿产有 72 种之多,锡、 铜、铅、锌、银、磷、锗、铟等 27 种矿产保有资 源储量居全国前 3 位,锡查明资源储量 332 万 t、 保有 127 万 t,铟查明资源储量 11 044t、保有 7 403 t;铜查明资源储量 2 013 万 t、保有 1 439 万 t, 铅锌查明资源储量 6 927 万 t、保有 4 282 万 t, 磷矿石查明资源储量 63 亿 t、保有 4 9.32 亿 t; 锗查明资源储量 3 628 t,保有 1 485 t。锡、铜、铅、 锌、磷、铟、锗、钨、金、银、稀土、钛、铁、 锰、镍、钼、煤、硅石(冶金及玻璃用脉石英、石 英岩、砂岩)、饰面石材、岩盐及地热、矿泉水等 22 种为云南战略及优势矿产,锡、铟、锗、铜、 铅、锌、磷等在全国资源优势更为突出。

(5)找矿潜力巨大。云南优势与重要矿产尚有巨 大的找矿潜力。《云南省矿产资源潜力评价》(云南



| - | | | | | | | 19 01 | × | 五 | X | 590 | 保 | | | | | - | |
|-----|-----|-----|------------|-------|------------|----|--------|-------------|-------------|------|----------|----------|---------------|-----|----|------|-----|----|
| 矿床 | 医类型 | 超大型 | 大型 | 矿床类型 | 超大型 | 大型 | 矿床类型 | 超大型 | 大型 | 矿床类型 | 超大型 | 大型 | 矿床类型 | 超大型 | 大型 | 矿床类型 | 超大型 | 大型 |
| 岩 | 浆型 | | | 斑岩型 | \Diamond | 0 | 接触交代型 | \triangle | \triangle | 受变质型 | | | 浅成中-低温 热液型 | 0 | 0 | 风化型 | | |
| zzy | 专者型 | | \diamond | 岩浆热液型 | 0 | 0 | 海相火山岩型 | D | D | 变成型 | ∇ | ∇ | 沉积型 | | | 砂矿型 | | |

图 1 云南成矿省大型-超大型重要矿产地分布简图

Fig. 1 Distribution diagram of large-super important mineral resources of metallogenic province in Yunnan

省地质调查局和云南省国土资源厅, 2013)对煤、 铁、铝、铜、铅、锌、钨、锑、金、钾盐、磷、 稀土、锡、银、钼、锰、镍、硫等 21 个矿种进 行资源潜力评价结果说明,尚有资源潜力煤矿 450 亿 t、铁矿石 138 亿 t、铝土矿石 4.5 亿 t、锰 矿 9 245 万 t、铜矿 4 330 万 t、铅锌矿 7 850 万 t、 锡矿 395 万 t、钨矿 140 万 t、铝矿 7 850 万 t、 锡矿 395 万 t、钨矿 154 万 t、金矿 2 810 t、银矿 31 210 t、磷矿石 136 亿 t、钾盐 3.9 亿 t、稀土矿 4.65 万 t。此外,钛、稀土、稀有金属和分散元素 矿产、页岩气、硅石(砂岩、石英岩、脉石英)、 饰面石材(大理石、花岗石)、石墨、宝玉石、岩 盐及地热、天然矿泉水等都有巨大的找矿潜力。

(6)部分矿产由于矿石品位偏低、组分复杂、 有害元素含量高、难选冶等原因,目前尚难利用。 主要有铁(品位低、磷硅高)、磷(低品位矿石)、铅 锌(氧化、混合矿)、镍(硅酸镍)、铂钯(品位低)等 矿产。

(7)开发历史悠久。已有 3 000 多年历史, 矿 业开发从古代→近代→当代具有持续性、领先性 和重要性, 已形成了以磷化工和有色金属为重点 的产业集群, 特别是以锡、铅锌、铜为主的有色 金属及铟、锗小金属开发、磷化工开发, 构成了 云南工业的主体产业群体并在全国占有重要地 位, 对云南及国家经济社会发展起到重要作用。

2 云南成矿规律综述

云南位于羌塘—扬子—华南板块西南角、冈 瓦纳板块南缘, 西邻缅甸、南邻老挝和越南, 经 历了 25 亿年的地质构造演化, 演化历史具有多 阶段、多旋回的特点。大地构造发展经历了古元 古代结晶基底演化阶段、中元古代褶皱基底演化 阶段、新元古代基底最终形成阶段、南华纪—志 留纪地史演化阶段、泥盆纪—石炭纪古特提斯洋 的扩张成盆阶段、早二叠世—中三叠世古特提斯 洋盆的俯冲消减及碰撞造山阶段、晚三叠世陆内 应力调整阶段、侏罗纪—白垩纪地壳沉降发展阶 段、古近纪发展阶段及新近纪—第四纪高原隆升 阶段,可划分出吕梁旋回(古元古代)、晋宁旋回 (中元古代—新元古代早期)、扬子旋回(南华纪— 震旦纪)、加里东旋回(早寒武世—晚志留世)、华 力西旋回(早泥盆世—中二叠世)、印支旋回(晚二 叠世—中三叠世)、燕山旋回(晚三叠世—白垩纪) 和喜马拉雅旋回(古近纪—第四纪)8个构造旋回。

不同的构造旋回反映了云南地质演化过程中各 个阶段的沉积建造、岩石构造组合、构造特征、 区域变形变质作用、火山岩浆活动及成矿作用等, 大规模的岩浆活动以及复杂的构造运动,形成了 得天独厚的成矿构造环境,为形成云南丰富的矿 产资源奠定了基础。

云南跨特提斯及滨太平洋两大成矿域,划分 为腾冲(造山系)成矿省、三江(造山带)成矿省、上 扬子(陆块)成矿省、华南(陆块)成矿省4个成矿省 (图 1),13个III级成矿单元(成矿带)、30个IV级成 矿单元(矿带)(施玉北等,2022)。各类矿产成矿具 有特定的空间和时间分布规律。

2.1 空间分布规律

2.1.1 腾冲(造山系)成矿省

主要矿产有锡、铁、铅、锌、稀土、硅灰石、 硅藻土、脉石英、铀、地热水及矿泉水等,其次 还有钨、金、银、稀有金属、高岭土等矿产,总 计 44 种(不含亚种), 共发现矿床(点)368 处(代表 性矿床见图 1),占全省发现矿床(点)的 7%,其中, 超大型 3 处, 大型 5 处, 中型 24 处, 小型 217 处, 矿点 119 处。腾冲(造山系)成矿省是云南省重要 的锡(钨)铅锌铁铀多金属矿成矿区带,著名的有 腾冲—梁河地区分布的锡(钨)铅锌铁多金属矿, 腾冲—陇川—梁河地区新近纪盆地中分布的铀、 硅藻土等矿产,如腾冲市团田 381 铀矿、硅藻土 矿等。该区非金属矿产丰富,主要分布在盈江— 腾冲---贡山一带,主要有硅灰石矿、红柱石矿、大 理岩矿等。其他稀土、稀有金属、宝玉石矿产也 较丰富,分布有高黎贡山稀有金属及宝玉石矿带, 腾冲新歧一带稀有稀土多金属矿,与花岗岩风化 壳有关的离子吸附型稀土矿等。该成矿省也是云 南及我国地热资源最丰富的地区之一, 如著名的 腾冲市热海热田大滚锅等。

2.1.2 三江(造山带)成矿省(云南部分)

主要矿产有铅、锌、铜、铁、锡、铀、岩盐、 钾盐、石膏、稀土、稀有、锗等分散元素、金、 银、大理岩、石灰岩、硅藻土、高岭土、脉石英、 石英岩玉(黄龙玉)、玛瑙、碧玺、海蓝宝石、地 热水及矿泉水等总计 72 种矿产(不含亚种)。共发 现矿床(点)1 800 处(代表性矿床见图 1),占全省 发现矿床(点)的 34%,其中超大型 10 处,大型 30 处,中型 105 处,小型 956 处,矿点 699 处。 是我国三江有色金属成矿带重要组成部分,形成 有兰坪—维西超千万吨级铅锌铜多金属矿矿集 区、保山—镇康近千万吨级铅锌锡钨多金属矿矿 集区、香格里拉格咱地区铜钼多金属矿矿集区、 镇沅—墨江金镍矿矿集区、澜沧惠民—景洪大勐 龙地区铁矿矿集区等。此外重要的还有兰坪—普 洱盆地中岩盐、钾盐、石膏等盐类矿产,临沧— 澜沧含煤盆地中褐煤、铀、锗、硅藻土、高岭土 矿产,与临沧花岗岩基有关的花岗岩风化壳离子 吸附型稀土矿产等,以及瑞丽地热田、龙陵县邦 腊掌温泉、昌宁县鸡飞温泉、云县南河温泉群等。

2.1.3 上扬子(陆块)成矿省(云南部分)

主要矿产有金、银、铂族金属、铜、铅、锌、 铁、钛、锰、稀土(含钪)、稀有、分散元素、磷、 煤、煤层气、地热水、宝石等, 总计 82 种矿产(不 含亚种)。共发现矿床(点)2 355 处(代表性矿床见 图 1), 占全省发现矿床(点)的 45%, 其中超大型 29 处, 大型 105 处, 中型 269 处, 小型 985 处, 矿 点 967 处。是我国重要的磷矿、金、铂族金属矿 产集中分布区,云南省铅锌、铁、钛铁矿集中分 布区,形成的重要矿集区有滇池周边安宁—晋宁 —江川地区磷矿、岩盐矿及非金属矿矿集区、东 川地区铜铁矿及易门地区铜矿矿集区、鹤庆--哀 牢山-金平近千吨级贵金属矿矿集区(金腰带)、 昭通—会泽地区超千万吨级铅锌银矿矿集区及磷 矿矿集区、昭通—曲靖煤及煤层气矿集区、大姚 一牟定地区铜蓝石棉矿矿集区、滇中地区铁铜铂 钯钛铁矿矿集区等等。此外重要的还有华坪--祥 云—峨山一带的煤矿,新生代断陷盆地中的煤、 泥炭、硅藻土矿产,彝良一带的石英砂岩矿产, 香格里拉麻花坪钨铍矿等矿产集中分布区。该成 矿省是云南省也是我国地热资源较丰富的地区, 地热水主要分布在两个区域, 一是大理州洱源及 周边地区, 著名的有洱源县茈碧湖地热田(大理 地热国)、洱源县下山口温泉等;二是滇中昆明及 周边地区, 著名的有昆明地热田、安宁盆地地热 田等。区内矿泉水资源丰富,以昆明最为集中, 多为偏硅酸矿泉水,代表性矿泉水为呈贡区七甸 松茂矿泉水水源地等。

2.1.4 华南(陆块)成矿省(云南部分)

主要矿产有锡、钨、铅、锌、银、铜、锑、 金、锰、铝土矿、钛铁矿、稀有稀土、磷、煤等 63种(不含亚种)。共发现矿床(点)748处(代表性 矿床见图 1),占全省发现矿床(点)的 14%,其中 超大型8处,大型34处,中型69处,小型324处, 矿点313处。区内锡、钨、铅、锌、银、铟等矿 种的资源优势十分明显,是我国重要的锡钨铅锌 银铟多金属矿成矿区,构成了超千万吨级铅锌矿 带和超千万吨级个旧锡多金属矿田,个旧地区的 锡和马关都龙地区的铟资源享誉全球。重要矿集 区有个旧锡多金属矿矿集区、都龙锌钨锡多金属 矿矿集区、薄竹山银钨锡多金属矿矿集区、滇东 南金锑汞及铝土矿矿集区等;此外重要的还有富 源—罗平—开远一带煤矿,滇东南地区石灰岩等 非金属矿、锰矿,富宁—广南地区的红土型金矿、 富宁—那坡地区的基性岩风化壳型钛铁砂矿、个 旧白云山—长岭岗地区碱性花岗岩风化壳型稀土 稀有金属矿,以及广泛分布于丘北—文山—砚山 —西畴—麻栗坡地区的堆积型铝土矿等。

从以上矿产的空间分布,可以看出云南各成 矿省的成矿集中度(强度)依次为上扬子(陆块)成 矿省II3→三江(造山带)成矿省II2→华南(陆块)成 矿省II4→腾冲(造山系)成矿省II1(图 2)。

2.2 时间分布规律

2.2.1 腾冲(造山系)成矿省

腾冲(造山系)成矿省,以元古代为基底,成 矿作用不明显,成矿主要从古生代开始,一直延 续到喜马拉雅期构造旋回,大规模成矿作用发生 于中生代、新生代。中生代以与花岗岩有关的岩 浆成矿作用为主,新生代在继承了与花岗岩有关 的岩浆成矿作用外,还有沉积成矿作用、火山成 矿作用、含矿流体成矿作用、表生成矿作用,形 成了 7 个矿床成矿系列、5 个矿床成矿亚系列。 区域成矿谱系如图 3,其中重要的矿床成矿系列、 亚系列特征如下。

(1)腾冲—陇川地区与第四纪表生作用有关的稀土及稀有金属、高岭土、锰、砂锡矿矿床成 矿系列(Cz-f-1)

碰撞造山导致快速隆升引发的强烈剥蚀作用, 使腾冲——陇川地区花岗岩带中稀土元素、稀有金 属风化富集,形成稀土、稀有金属矿床,如腾冲 市新歧稀有稀土锡多金属矿床、陇川县龙安稀土 矿床等。

(2)腾冲岩浆弧与燕山期—喜马拉雅期花岗 岩有关的锡、钨、铅、锌、铁、铜、钼、金、银、 硫铁矿、硅灰石、红柱石、萤石、宝石、云母、 脉石英、稀土及稀有金属矿矿床成矿系列 (Mz/Cz-y-9)

白垩纪时期, 贡山—腾冲地区发生碰撞造山, 形成东河—明光—贡山花岗岩带, 同位素年龄 151.6~117 Ma(K-Ar、U-Pb及 Rb-Sr 法), 棋盘石



图 2 云南各成矿省矿床分布直方图 Fig. 2 Distribution histogram of deposits in each metallogenic province of Yunnan



图 3 腾冲(造山系)成矿省区域成矿谱系 Fig. 3 Regional metallogenic pedigree of Tengchong (orogenic system) metallogenic province

一小龙河花岗岩带, 全岩 Rb-Sr 同位素年龄多为 83.4~70.6 Ma, 伴随岩浆活动发生锡、钨、铅、锌、 铁、铜、金、硅灰石、稀土、稀有金属成矿, 形 成腾冲市铁窑山—小龙河—滇滩锡钨铁铅锌矿矿 集区、腾冲市大硐厂—红岩头锡铅锌铁硅灰石矿 矿集区等; 在白垩纪碰撞造山后, 古近纪处于碰 撞后裂谷环境, 在槟榔江形成喜马拉雅期花岗岩 带, 与之相伴有锡、钨、稀土、稀有金属成矿, 如 梁河县来利山锡矿床等。根据矿床空间分布、矿 化组合、成矿时代的不同分为东河—明光地区与 早白垩世花岗岩有关的铅、锌、铁、铜、锡、钨、

钼、银、硫铁矿、硅灰石、脉石英矿床成矿亚系 列(Mz/Cz-y-9a),代表性矿床如滇滩式铁矿床、大 硐厂式铅锌银矿床、叫鸡冠梁子式锡铁铅锌多金 属矿床、白石岩式硅灰石矿床等; 腾冲小龙河— 贡山地区与晚白垩世花岗岩有关的锡、钨、铁、 金、萤石、红柱石、脉石英、稀土及稀有金属矿 床成矿亚系列(Mz/Cz-y-9b), 代表性矿床如小龙 河式锡矿床、铁窑山式钨锡矿床、老平山式锡矿 床、葫芦口式金矿床等; 高黎贡山与喜马拉雅期 伟晶岩有关的锡、钨、宝石、云母、稀有金属矿 床成矿亚系列(Mz/Cz-y-9c), 代表性矿床如宝华 山式锡钨宝石稀有金属矿床等; 槟榔江(岩浆弧) 与古近纪花岗岩有关的锡、钨、铅锌、金、脉石 英、稀土及稀有金属矿矿床成矿亚系列 (Mz/Cz-y-9d), 代表性矿床如梁河县来利山锡矿 床等; 盈江地区与古近纪花岗岩有关的红柱石、 稀土及稀有金属矿矿床成矿亚系列(Mz/Cz-y-9e), 代表性矿床如盈江县大石坡红柱石矿床等。总体 上从东往西,伴随着花岗岩侵入由老到新(早白 垩世到晚白垩世),各成矿亚系列成矿时代也存 在由老到新的变化,反映了印度板块俯冲消亡由 东向西迁移的时、空对应特征。

2.2.2 三江(造山带)成矿省(云南部分)

三江(造山带)成矿省(云南部分),成矿从古元 古代吕梁构造旋回开始,一直延续到喜马拉雅期 构造旋回,以岩浆成矿作用、含矿流体成矿作用为 主,其次为沉积成矿作用、表生成矿作用、变质成 矿作用,大规模成矿作用发生在古元古代—中元 古代、中生代(印支期—燕山期)、新生代(喜马拉 雅期构造旋回)。形成了 19 个矿床成矿系列、 28 个矿床成矿亚系列,区域成矿谱系如图4,其中 重要的矿床成矿系列、亚系列特征如下。

(1)兰坪—普洱盆地与古近纪含矿流体作用 有关的铅锌、银、铜、钴、金、锑、砷、汞、锶 (天青石)矿矿床成矿亚系列(Mz/Cz-h-2b)

在古近纪时期,由于挤压走滑在点苍山—哀 牢山、崇山和高黎贡山三大剪切带之间的盆地, 即兰坪—普洱盆地发生了大规模的含矿流体作用 (盆地热卤水活动),形成了与含矿流体作用有关 的铅锌、银、铜、钴、金、锑、砷、汞、锶(天青 石)矿矿床成矿系列,从北往南产出如兰坪县区 吾银矿床、兰坪县金顶铅锌矿床(含锶、天青石)、 兰坪县金满铜矿床、云龙县白洋厂银多金属矿 床、巍山县扎村金矿床、永平县咱列(水泄)铜钴 矿床等。

(2)三江(造山带)之剪切带与喜马拉雅期含矿 流体作用有关的金矿矿床成矿亚系列(Cz-h-3a)

在喜马拉雅期,由于挤压走滑,形成了点苍山—哀牢山、崇山和高黎贡山三大剪切带,伴随的挤压作用驱动剪切带附近发生含矿流体作用(变质流体活动),形成了与含矿流体作用有关的金矿成 矿系列,也称造山型金矿。在哀牢山剪切带,从北 往南形成如镇沅县老王寨金矿床、墨江县金厂金 镍矿床等;在高黎贡山剪切带形成保山市隆阳区 崇岗金矿床等。

(3)三江(造山带)与喜马拉雅期富碱斑岩有关的 铅、锌、银、钼、铜、金、锑矿矿床成矿亚系列(Cz-y-14a)

始新世以来,扬子西缘及相邻三江(造山带)

表现为陆块之间的斜向碰撞,在扬子西缘,由东 而西的大规模推覆运动,形成了金沙江—红河弧 形推覆构造系,同时形成了金沙江—红河大型走 滑断裂。三江地区处于陆内造山后抬升的伸展作 用环境,形成了金沙江—哀牢山富碱斑岩带,伴 随有铜、钼、铅、锌、银、金成矿,在三江(造山 带)云南段形成了一系列斑岩型、矽卡岩型矿床, 从北向南有香格里拉市甭哥金矿床、玉龙县金丝 厂金矿床、澜沧县老厂银铅锌多金属矿床、元阳 县哈播金矿床等。

(4)兰坪—普洱盆地与古近纪沉积作用有关的岩盐、钾盐、石膏矿矿床成矿亚系列(Cz-c-11a)

古近纪时期,由于挤压褶皱作用,加之近南 北向深大断裂的控制,在兰坪—普洱一带形成了 一系列含盐小盆地,其主要叠置在中生代兰坪— 普洱盆地之上,在平面上具带状分布特点,含盐 盆地大小不等,面积 1~100 km²,含盐层为古新 统勐野井组(云龙组),从北向南可划分为兰坪— 云龙、景谷、江城、整董及勐腊 5 个含盐带,其 中以景谷和勐腊 2 个含盐带构造简单,盐系地层 保存完整,呈连续的面型分布,面积较大(大于 1 000 km²),岩盐储量大,普遍夹钾盐透镜体及 含钾岩盐薄层,如江城县勐野井钾盐矿床、勐腊 县小东洋—曼庄盐矿床等。其余含盐带受后期构 造影响强烈,面积小,分布零星,局部地段被老 地层逆掩覆盖,构造复杂,含盐性变化大。



图 4 三江(造山带)成矿省(云南部分)区域成矿谱系

Fig. 4 Regional metallogenic pedigree of Sanjiang (orogenic belt) metallogenic province (Yunnan part)

(5)香格里拉(陆块)格咱地区与印支期中酸性 斑(玢)岩有关的铜、铅锌、银、铁矿矿床成矿亚 系列(Mz-y-13g)及香格里拉(陆块)休瓦促—热林 —铜厂沟地区与燕山期花岗岩有关的钨、钼、铜、 铅锌、锑、铁矿矿床成矿亚系列(Mz-y-13h)

香格里拉格咱地区在印支期,随着洋壳俯 冲、弧-陆碰撞及陆内汇聚造山的演变,在义敦— 沙鲁里岛弧南端格咱岛弧带内,形成了印支期超 浅成-浅成斑(玢)岩带,与之相伴产出形成了与印 支期岩浆作用有关的铜、铅锌、银、铁矿矿床成 矿系列,产出以斑岩型及接触交代(砂卡岩)型矿 床为主的铜、铅锌、银、铁矿床,如香格里拉市 普朗铜矿床、红山—红牛铜矿床、雪鸡坪铜矿床、 烂泥塘铜矿床、郎都铜矿床以及香格里拉市恩卡 铅锌银矿床、欠虽铁矿床等。

格咱岛弧燕山期成矿时间主要集中在 77~ 86 Ma之间(李文昌, 2013),岛弧带北段翁水地区 有壳型花岗岩浆侵入,伴随有钨钼多金属成矿作 用发生,形成了休瓦促—热林—铜厂沟地区与燕 山期花岗岩有关的钨、钼、铜、铅、锌、锑、铁 矿矿床成矿系列,产出如香格里拉市休瓦促钨钼 矿床、香格里拉市铜厂沟钼铜矿床等,局部与印 支期成矿系列复合、叠加,如在香格里拉市红山 —红牛砂卡岩型铜矿深部产生叠加成矿作用,形 成了斑岩型钼(钨)矿。

(6)保山(陆块)与印支期—燕山晚期岩浆侵入 作用有关的铜、钨、锡、铁、铅、锌、银、锑、 汞、金、脉石英、宝石、白云母、稀土及稀有金 属、石英质玉、绿柱石矿矿床成矿亚系列 (Mz-y-13b)

在保山(陆块)成矿带,其次为昌宁—孟连(结 合带/裂谷-洋盆)成矿带、临沧—勐海(岩浆弧)成 矿带,印支期—燕山晚期发生了大规模的岩浆侵 入作用成矿。印支期燕山晚期,由于中特提斯洋 闭合碰撞造山导致的增厚地壳部分熔融形成中 酸性岩浆活动,在隆阳区核桃坪、镇康县芦子园 推测深部有中酸性岩隐伏岩体,伴随发生以铅锌 矿为主,其次为钨、锡、铜、铁、银、锑、汞、 金、稀土、稀有金属等的成矿作用,形成了三江 地区与印支期—燕山晚期岩浆侵入作用有关的 铜、钨、锡、铁、铅、锌、银、锑、汞、金、脉 石英、宝石、白云母、稀土、稀有金属、石英质 玉、绿柱石矿床成矿系列,在保山(陆块)北部,形 成有泸水—云龙锡钨矿矿集区;铅锌矿从北往南 形成有保山市隆阳区核桃坪铅锌多金属矿矿集 区、隆阳区—施甸铅锌矿矿集区、镇康县芦子园 铅锌多金属矿矿集区;在福贡—贡山形成与中酸 性岩浆岩有关的铁矿及碧玺、稀有元素矿;汞矿 主要分布在保山市隆阳—施甸地区,如保山市隆 阳区水银厂汞矿床等,金矿有沧源县拱丁金矿 床、芒市上芒岗金矿床等。

(7)惠民—大勐龙地区与古元古代—中元古 代岛弧火山岩有关的铁锰矿矿床成矿系列 (Pt-y-1)

罗迪尼亚超大陆(Rodinia)裂解,原特提斯洋 扩张开启,岩浆-火山作用显著,形成临沧—勐海 火山-岩浆弧,相伴产出形成了与古元古代—中 元古代岛弧火山岩有关的铁锰矿矿床成矿系列, 按成矿时代分为两个亚系列,其中景洪大勐龙地 区与古元古代岛弧火山岩有关的铁矿矿床成矿 亚系列(Pt-y-1a),以景洪市大勐龙疆锋铁矿床等 为代表;惠民—西定地区与中元古代岛弧火山岩 有关的铁锰矿矿床成矿亚系列(Pt-y-1b),以澜沧 县惠民铁矿床等为代表。

2.2.3 上扬子(陆块)成矿省(云南部分)

上扬子(陆块)成矿省(云南部分),成矿从古 元古代吕梁构造旋回开始,一直延续到喜马拉雅 期构造旋回,以沉积成矿作用、岩浆成矿作用、 含矿流体成矿作用、表生成矿作用为主,大规模 成矿作用发生在古元古代—中元古代、早寒武世、 泥盆纪、二叠纪、中生代(印支期—燕山期)、新 生代(喜马拉雅期构造旋回)。形成了 22 个矿床成 矿系列、17 个矿床成矿亚系列,成矿谱系见图 5, 其中重要的矿床成矿系列、亚系列特征如下。

(1)新平—元谋地区与古元古代海相火山岩 有关的铜、铁矿矿床成矿系列(Pt-y-2)

该成矿系列相关的海相火山岩型铜、铁矿床, 主要分布于"康滇地轴"古陆边缘新平大红山和 元谋阿拉益地区,含矿层位为古元古界普登岩 群、大红山岩群等,以新平县大红山铁铜矿床为 代表,称之为大红山式。

(2)滇中地区与中元古代火山-沉积-变质作用 有关的铜、铁矿矿床成矿系列(Pt-y-3)

该成矿系列相关的火山-沉积-变质型铜、铁矿 矿床,集中分布于东川、易门、禄丰—武定等地区。 根据赋存层位及产出特征不同,划分出5个矿床式, 产在因民组中的铜铁矿床为稀矿山式,产在落雪组 中的铜矿床为东川式,产在黑山组(鹅头厂组)中的 铜矿床为桃园式,产在大营盘组中的铜铁矿床为观 音山式,产在陡山沱组中的铜矿床为滥泥坪式,称 其为"五层楼"模式。在易门地区,矿床主要产于 因民组紫色角砾岩及落雪组一、二段白云岩中,甚 至贯入到更上的鹅头厂组中,如易门三家厂铜矿床, 称之为三家厂式。在禄丰—武定地区,主要为火山 岩型矿床,如禄丰市鹅头厂铁矿床、武定县迤纳厂 铁铜矿床等,称为鹅头厂式、迤纳厂式。

(3)滇中地区与中元古代沉积作用有关的铁、 石英岩、大理岩矿矿床成矿系列(Pt-c-1)

该成矿系列相关的沉积型铁矿,主要分布 在滇中地区昆阳群不同层位,多为中小型矿床。 一是产于大龙口组碳酸盐岩中的铁矿,如新平 县鲁奎山铁矿床、峨山县化念铁矿床、峨山县他 达铁矿床等;二是产于柳坝塘组(美党组)碳酸盐 岩-碎屑岩中的铁矿,如安宁市王家滩铁矿床、 东川区包子铺铁矿床、安宁市八街铁矿床等;三 是产于黑山头组碎屑岩中的铁矿,如安宁市军 哨—易门箐铁矿床等。矿床受层位和岩性控制明 显,即所谓"沉积层控",该类铁矿床后期改造 特征显著,铁矿石以菱铁矿、赤铁矿为主。石英 岩、大理岩为变质型矿床,石英岩含矿层位主要 为黑山头组,大理岩含矿层位主要为大龙口组、 落雪组等。 (4)扬子陆块西缘与古生代沉积作用有关的 磷、稀土、岩盐、石膏、钒、钼、镍、页岩气、 含钾砂页岩、石英砂岩、砂岩、铁、锰、铝土矿、 锂、石灰岩、白云岩、煤矿矿床成矿系列(Pz-c-6)

按成矿时代及地理分布划分为6个矿床成矿 亚系列(图 5), 其中以澄江—晋宁—东川地区与 早寒武世沉积作用有关的磷、稀土、钒、钼、镍、 含钾砂页岩、页岩气矿床成矿亚系列(Pz-c-6a)、 滇东北地区与寒武纪沉积作用有关的磷、岩盐、 石膏、钒、钼、镍、页岩气矿床成矿亚系列(Pz-c-6b) 最为重要。上述两个成矿亚系列成矿以磷矿为主, 含磷层为下寒武统梅树村组中谊村段,统称为昆 阳式磷矿床,为云南省主要磷矿床类型,工业磷 块岩矿床均分布于滇中古陆与牛首山古陆之间 的昆明凹陷、滇东台陷内, 北起金沙江与四川毗 邻, 南到华宁县、江川区(最南为蒙自市栏木桥), 南北长约 450 km, 东西宽 16~100 km, 从北至南 形成硝滩——羊场、九龙——会泽、昆明——华宁3大 聚磷盆地, 划分为绥江--永善--昭通、镇雄--威 信、巧家—会泽—武定、安宁—华宁—曲靖4大 成磷区,已发现矿产地124处(超大型8处、大型 31 处、中型 40 处、小型 8 处, 矿点 37 处)。累计 查明磷矿石资源储量 621 038.08 万 t, 占云南省 磷矿查明量的 99.32%。



图 5 上扬子(陆块)成矿省(云南部分)区域成矿谱系图

Fig. 5 Regional metallogenic pedigree map of the Upper Yangtze (continental block) metallogenic province (Yunnan part)

其次为扬子陆块西缘与泥盆纪沉积作用有关 的铁、石膏、石英砂岩、石灰岩、白云岩矿矿床 成矿亚系列(Pz-c-6d),与之相关的沉积型铁矿、 石英砂岩矿主要分布在武定—禄劝地区和彝良地 区,沿康滇古陆浅海近岸地带分布。泥盆纪早中 期沉积—套开阔台地—潮坪陆表海砂、泥岩、灰 岩、白云岩含铁建造,分别在昭通和武定海湾中, 形成"宁乡式"铁矿床,如武定县鱼子甸铁矿床 和彝良县寸田铁矿床。同时在滇东北地区沉积形 成高纯度石英砂岩,含矿层位为中泥盆统缩头山 组,如彝良县寸田雨龙山石英砂岩矿床等。

(5)昭通—曲靖、鹤庆—宁蒗地区与晚二叠世 沉积作用有关的煤、煤层气、锰、铝土矿、石灰 岩、金红石、膨润土、硫铁矿、伊利石矿矿床成 矿系列(Pz-c-12)

该成矿系列主要形成晚二叠世煤矿,其沿康 滇古陆东缘小江断裂以东形成广阔的以玄武岩 为基底的断坳盆地,成为云南省重要聚煤带,形 成"沉降陆台型煤田"。早期成煤主要形成于三 角洲以及滨海平原环境,发育富源东北部、富源 县老厂东部两个聚煤中心;中期成煤发育以富源 附近为聚煤中心的三角洲平原环境;晚期成煤环 境亦以三角洲平原环境为主,但聚煤区域更广泛, 发育宣威羊场、富源聚煤中心。

(6)扬子陆块西缘与晚二叠世基性-超基性岩 浆侵入作用有关的铂族金属、铁、钛、铜、镍、 钪、石棉矿矿床成矿系列(Pz-y-15)

主要分布在宁蒗一弥渡铁质基性-超基性岩带, 永仁—元谋基性-超基性岩带,为单一的岩浆熔离 型矿床,形成铂族金属、铁、铜、镍、钪、石棉等 多金属矿矿床成矿系列,进一步细分为硫化物铜镍 型铂族金属矿床、钛磁铁矿型铂族金属矿床亚类, 以硫化物铜镍型铂族金属矿床最为重要,如弥渡县 金宝山铂族多金属矿床、元谋县朱布等岩浆型铂族 金属矿床等,钛磁铁矿型铂族金属矿床目前仅发现 牟定安益一处。另在金平一带基性-超基性岩带中 有镍铜矿产出,如金平县白马寨镍铜矿床。

(7)昭通—会泽地区与印支期—燕山期含矿 流体作用有关的铅、锌、银、锗、金、重晶石、 萤石矿矿床成矿系列(Pz/Mz-h-5)

主要分布在昭通—会泽,是云南省碳酸盐岩 中铅锌矿分布最集中的地区之一,主要有会泽 式、毛坪式、茂租式、富乐厂式铅锌矿床等,已 查明铅锌资源储量超过千万吨,构成云南省千万 吨级铅锌矿集区。铅锌矿的主要赋矿层位有:震 旦—寒武系灯影组,中泥盆统曲靖组、上泥盆统 在结山组、上石炭统黄龙组、下石炭统梓门桥组, 以及中二叠统阳新组。容矿岩石几乎全为白云岩 类,主要赋矿层的上覆层或直接顶板为含碳量较 高的煤系地层或黑色岩系,铅锌矿床成矿一般经 历了中高温和中低温两个阶段, 矿床成矿时代为 晚二叠世—早白垩世,明显晚于赋矿地层(含矿 围岩)时代。如会泽县麒麟厂—矿山厂铅锌矿床不 同同位素定年结果在 146~264 Ma, 多数集中在 (223.5±3.9)~(228±16) Ma(柳贺昌等, 1999; 李文 博等, 2004), 为晚二叠世—晚三叠世, 而赋矿地 层为早石炭世; 毛坪铅锌矿床, 铅模式年龄为 91~152 Ma、203~227 Ma 两组(柳贺昌等, 1999; 胡彬, 2004), 而赋矿地层为中石炭世; 乐红铅锌 银矿床 Rb-Sr 等时线年龄(200.9±8.3) Ma(张云新 等, 2014), 为晚三叠世, 而赋矿地层为下寒武世 —上震旦世; 富乐厂铅锌矿床闪锌矿及方铅矿模 式年龄 108~198 Ma(司荣军, 2005), 为晚侏罗世 一早白垩世, 而赋矿地层为中二叠纪。推测该区 铅锌矿为印支期—燕山期含矿流体作用形成。

(8)滇中地区与白垩纪含矿流体作用有关的 红层砂页岩型铜矿矿床成矿系列(Mz-h-6)

红层砂页岩型铜矿床主要分布于大姚断陷盆 地中的元谋一大红山古裂谷西侧,构成滇中红盆 沉积的(红层砂页岩型)铜矿矿集区。中生代白垩 系上、下统各组、段均有矿化,有下统高峰寺组、 马头山组及古近系元永井组,前两者赋矿岩性为 砂岩,后者为泥岩。砂岩型矿床以六苴、大村、 郝家河、凹地苴铜矿床为代表,泥岩型矿床以大 村铜矿床为代表。

(9)扬子陆块西缘与古近纪富碱斑岩有关的 金、银、铜、钼、铅锌、硫铁矿、铁矿、蓝石棉 矿床成矿亚系列(Cz-y-18a)

与古近纪构造-岩浆活动有关的斑岩型矿床, 是上扬子(陆块)成矿省(云南部分)最重要的矿床 成因类型之一,为金银铁铜钼铅锌(铼硒碲)多金 属矿矿床成矿系列组合。该类型矿床主要分布于 金沙江(红河)一哀牢山断裂带、小江断裂带上,以 金沙江(红河)断裂带与程海一宾川断裂、哀牢山 断裂带—藤条河断裂夹持的两个三角地带分布最 为集中,形成与富碱斑岩有关的斑岩型矿床。代 表性矿床有鹤庆县北衙金多金属矿床(超大型)、 祥云马厂箐金多金属矿床(大型)、金平铜厂一长 安金铜钼(铼)多金属矿床(大型)、宁蒗白牛厂金银 铅锌铜多金属矿床(小型)、姚安铅矿床等。以北 衙金多金属矿床为例,"富碱斑岩"的成岩时代 有三期:早期是石英钠长斑岩和煌斑岩在 60~65 Ma(Ar-Ar法,徐兴旺等,2006)侵位;中期 石英正长斑岩在 32~34 Ma 侵入,并伴有煌斑岩 的侵入(锆石 SHRIMP U-Pb 年龄,莫宣学等, 2008);晚期的黑云母石英正长斑岩在 3.78 Ma 侵 位(Ar-Ar法,徐兴旺等,2006)。与成矿密切相关 的二长花岗斑岩(石英正长斑岩)年龄为 33~ 37 Ma(徐受民等,2006;曾普胜等,2006;和文言 等,2013)。万硐山岩体和大沙地岩体及接触带砂 卡岩矿体内辉钼矿 Re-Os 同位素定年模式年龄为 36.46~36.67 Ma(刘博等,2012;和文言等,2013), 其成矿时代为古近纪(喜马拉雅期中期)。

2.2.4 华南(陆块)成矿省(云南部分)

华南(陆块)成矿省(云南部分)成矿作用从加 里东构造旋回开始,一直延续到喜马拉雅期构造 旋回,以岩浆成矿作用为主,其次为沉积成矿作 用和表生成矿作用。大规模成矿作用、成矿强度 最强发生于燕山期构造旋回,其次为印支期构造 旋回。形成了10个矿床成矿系列及10个矿床成 矿亚系列,成矿谱系见图 6,其中重要的矿床成 矿系列、亚系列特征如下。

(1)滇东南地区与晚二叠世沉积作用有关的 铝土矿、煤、硫铁矿矿床成矿系列(Pz-c-17)

晚二叠世沉积成矿作用主要形成沉积型铝土 矿床(含矿层位为上二叠统吴家坪组和龙潭组,如 文山市天生桥铝土矿床)、煤矿(含矿地层为上二叠 统宣威组、龙潭组,如富源县老厂煤矿)、石灰岩(泥 盆纪—二叠纪碳酸盐岩)、硫铁矿(产于上二叠统宣 威组(龙潭组)含煤岩系中,如富源县余家老厂硫铁 矿床)等,其中铝土矿、煤矿具明显区域优势。

(2)滇东南地区与燕山期岩浆作用有关的锡、 钨、铅锌、银、铜、金、铟、铍、脉石英、祖母 绿、水晶矿矿床成矿系列(Mz-y-21)

主要集中分布于个旧、文山薄竹山、都龙老 君山地区,与三个花岗岩基(复式岩体)对应的岩 浆-热液成矿系统有关,是以砂卡岩型为主的锡、 钨、铜、银、铅锌、铟等多金属成矿系列,成矿作 用各有特色,可进一步划分出 3 个成矿亚系列和 7 个矿床式。①个旧式锡铜多金属矿床,产于个旧 复式花岗岩体周围,花岗岩成岩年龄 87.83~ 90.4 Ma(Rb-Sr 全岩同位素,汪志芬,1983;伍勤生

等,1984); 以锡、铜、铅、锌、钨多金属矿为主, 另 有砂锡矿、霞石矿等;锡多金属矿成矿年龄 76.07~85.62 Ma(40Ar-39Ar 云母同位素, 张娟等, 2012; 李宝龙等, 2015)。②白牛厂式银多金属矿床, 产于薄竹山复式花岗岩体周围,花岗斑岩成岩年 龄 73.8~99.9 Ma(K-Ar及 Rb-Sr(全岩)同位素, 云南 省地质矿产局,1990); 以银、锡、铅、锌矿为主, 共 伴生铜、钨、铟、锗等矿产;锡石原位 LA-MC-ICP-MS 成矿年龄为(87.4±3.7) Ma 及 (88.4±4.3) Ma(李开文等, 2013)。③文山老君山式 钨矿床, 矿床围绕薄竹山复式花岗岩体内外接触 带环状分布,以白钨矿为主,共伴生矿产有铜、 铅、锌、铁矿及银等矿产,薄竹山花岗岩基成岩年 龄 97~104 Ma(云南省地质矿产局, 1990), 成矿年 龄辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为(91.55±3.4) Ma, 模 式年龄为 91.55~93.24 Ma(张亚辉, 2013)。④都龙 式锌锡多金属矿床,产于都龙复式花岗岩体周围, 花岗岩成岩年龄 86.9~92.9 Ma(锆石 SHRIMP U-Pb 年龄, 刘玉平等, 2007); 以锌、锡、铅、钨矿为主, 共伴生铜、铟、锗等矿产;成矿年龄为 76.6~ 96.6 Ma(单矿物 Rb-Sr 同位素及锆石 U-Pb 年龄, 王小娟等, 2014)。 ⑤南温河式钨锡多金属矿床, 产 于都龙与老君山复式花岗岩体层控变质岩中,老 君山复式花岗岩成岩时代为 118.08~86.9 Ma(K-Ar 法, 云南省地质矿产局, 1990; 锆石 U-Pb, 刘玉平 等,2007); 以钨(白钨矿)为主,锡为辅,另有铍、脉 石英、祖母绿等矿产;含矿金云透闪砂卡岩与白钨 矿共生的金云母坪年龄为(118.14±0.69) Ma(谭洪 旗等, 2011), 辉钼矿 Re-Os 模式年龄(209.1±3.3)~ (214.1±3.1) Ma(冯佳睿等, 2011)。⑥嘎机式铅锌铜 多金属矿床,产于都龙复式花岗岩体向北侧伏地 带,属与花岗岩有关的砂卡岩-岩浆热液型矿床, 以锌、铜、铅为主。

(3)富宁一丘北地区与燕山期至喜马拉雅期 构造旋回含矿流体作用有关的金、锑、汞矿矿床 成矿系列(Mz/Cz-h-8)

是著名的"滇黔桂金三角"的重要组成部分, 矿床类型为微细粒浸染型(类卡林型),有多个含 金层位(下—中泥盆统、中三叠统、上二叠统等), 金矿与地层、构造关系密切,构造发育是成矿的 必要条件,成矿时代主要为侏罗—白垩纪(燕山 期),成矿流体作用形成了区内重要矿产金、锑、 汞等,如富宁县那能金矿床、广南县老寨湾金矿 床、广南县木利锑矿床,丘北县洗马塘汞矿床等。 那能金矿床,高振敏等(2002)认为其主成矿期为 175~140 Ma;老寨湾金矿床,V₃号脉矿化蚀变辉 绿岩脉中的石英脉年龄为(64.8±6.5 Ma)(姚娟等, 2008);木利锑矿中与辉锑矿共生的石英 Ar-Ar 法 年龄为 165 Ma 左右(胡瑞忠等, 2007)。

(4)滇东南地区与第四纪表生作用有关的砂 锡矿、钛铁砂矿、铝土矿、稀土及稀有金属、分 散元素、高岭土、金、锰、铁、磷、镁铝榴石、 水晶砂矿矿床成矿系列(Cz-f-4)

与表生作用有关的矿床类型主要有红土型金 矿床、堆积型铝土矿床、风化壳型钛铁砂矿床、 风化壳型稀有稀土矿床及砂锡矿床等,铝土矿、 钛铁砂矿具明显区域优势。

2.2.5 各成矿时代矿床及在各成矿省中分布

云南发现矿床类型多,具有多期、复合成矿特 点,部分矿床研究程度低,至今无明确地质测龄资 料,根据目前所搜集的资料,矿床成矿时代以新生 代(2279处)和中生代(1405处)为主,其次为晚古生 代(815处)、前寒武纪(451处)、早古生代(236处),另 有时代不明矿产地 85处(表 1)。成矿强度依次为新 生代→中生代→古生代→前寒武纪。各成矿省不同 成矿时代成矿强度见图 7,其中腾冲成矿省成矿



图 6 华南(陆块)成矿省(云南部分)区域成矿谱系

Fig. 6 Regional metallogenic pedigree of South China (continental block) metallogenic province (Yunnan part)

强度依次为新生代→中生代,三江成矿省成矿强度 依次为新生代→中生代→古生代,上扬子成矿省成 矿强度依次为新生代→晚古生代→中生代→早古生 代→前寒武纪,华南成矿省成矿强度依次为中生代 →新生代→晚古生代。

在云南重要矿产中,煤矿以新生代矿产地最多, 晚古生代次之,查明资源主要集中于晚古生代;铁 矿成矿以前寒武纪最多,达 131 处,占全部铁矿床 的 39%, 其次为中生代及晚古生代, 分别占 23%及 20%; 锰矿成矿主要集中于新生代及中生代, 分别 占 47%及 26%; 钛铁砂矿成矿全部为新生代; 铜矿 成矿最多的为中生代,占比为 47%,其次为新生代 及前寒武纪, 分别占 17%、16%; 铅锌矿成矿最多的 为中生代,占比为 69%,其次为新生代,占 15%, 部分矿床成矿时代不明: 钨矿成矿最多的为中生代, 占比为 83%, 其次为新生代及前寒武纪, 各占 9%; 锡矿成矿最多的为中生代,占比为 72%,其次为新 生代,占 26%;金矿成矿最多的为新生代,占比为 56%, 其次为中生代, 占比为 44%; 磷矿主要集中 于早古生代寒武纪;石灰岩成矿最多的为晚古生代, 占比为 63%, 其次为中生代, 占比为 21%; 砂岩成 矿最多的为中生代,占比为 41%,其次为晚古生代, 占比为 32%。

表 1 云南省各成矿时代形成矿床统计表 Table 1 Statistical table of deposits formed in different metallogenic epochs in Yunnan Province

| 成矿时代 | 矿产地数量 /处 | 占全省发现矿 产地百分比/% | 大型以上矿产 地数量/处 |
|------|-------------|-------------------|-----------------|
| 新生代 | 2 279 | 43.24 | 90 |
| 中生代 | 1 405 | 26.66 | 42 |
| 晚古生代 | 815 | 15.46 | 40 |
| 早古生代 | 236 | 4.48 | 41 |
| 前寒武纪 | 451 | 8.56 | 11 |
| 时代不明 | 85 | 1.61 | |
| 合计 | 5 271 | 100 | 223 |

注:新生代矿床含第四纪形成的 979 处地下水、矿泉水、 地热水,其中大型以上 15 处。

3 云南关键及重要矿产新一轮找矿建议

本文在《中国矿产地质志•云南卷》研编中已圈 定的 279 处找矿远景区(找矿靶区)基础上,根据全 国战略性矿产目录及云南省矿产资源特点,针对云 南铜、铅、锌、锡、钨、金、银、磷、煤、铁、锗、 铝土矿、稀土、稀有金属等战略及优势矿产,兼顾 页岩气、钼、锑、稀散金属等,按照已知矿产地、 物化探异常、勘查开发程度、成矿潜力等,圈定出 香格里拉普朗一麻花坪地区钨铍铜多金属等 13 个 (滇 1~滇 13)具有巨大找矿潜力、近期可望实现找矿 突破的战略及优势矿产找矿远景区带(图 8)。本文以 滇西和临沧—勐海地区 2 个关键及重要矿产找矿远 景区带为例,提出新一轮找矿建议。

3.1 云南省滇西地区锡、稀有稀土金属等矿产找矿 远景区带(滇1)勘查工作部署建议

云南省滇西地区锡、稀有稀土金属等矿产找矿 远景区带,发育有锡钨、铌钽、独居石、磷钇矿重 砂异常及 Li、Be, La-Y-Nb, W、Sn、Pb、Zn 及 W-Sn-Mo-Bi、Pb-Zn-Ag-Cd 等组合异常(图 9),区内 共圈定找矿远景区 4 个(滇 1-1~滇 1-4),找矿靶区 17 个(图 10)。

该远景区带勘查工作部署,应以锡、钨、铁、铅 锌(银)、铜、锂、铍、铌、钽、铷、铯等稀有金属及 稀土为主攻矿种,兼顾铀、萤石、脉石英、宝石等。

主攻矿床类型: 云英岩型(锡)、砂卡岩型(锡、 钨、铁、铅锌(银)、铜)、蚀变花岗岩型(锡、稀有金 属)、伟晶岩型(稀有金属)、风化型(稀有金属、稀土)。

3.2 云南省临沧一勐海地区铁、稀土金属及锗矿找 矿远景区带(滇 2)勘查工作部署建议

云南省临沧—勐海地区铁、稀土金属及锗矿找 矿远景区带位于澜沧江断裂带以西,呈 SN 向展布, 出露有云南省最大的花岗岩体——临沧花岗岩基。 岩体中印支期黑云母二长花岗岩的稀土元素平均背 景值为 297.42×10⁻⁶,远高于我国目前已发现离子



图 7 云南各成矿省各成矿时代矿床分布直方图

Fig. 7 The distribution histogram of ore deposits in each metallogenic age in each metallogenic province of Yunnan

超星·期刊

第一期



图 8 云南省战略及优势矿产远景区带分布图 Fig. 8 The distribution map of strategic and advantageous mineral prospect zones in Yunnan Province



图 9 滇西地区 La-Y-Nb 地球化学组合异常图(a)、稀有稀土金属矿产矿床成矿系列图(b)、W-Sn-Mo-Bi 地球化学组合 异常图(c)及锡钨铁矿产成矿系列图(d) (a、c 据陈元坤等, 2015 修改)

Fig. 9 La-Y-Nb geochemical combination anomaly map (a), minerogenetic series map of rare earth metal mineral deposits (b), W-Sn-Mo-Bi geochemical combination anomaly map (c) and tin-tungsten-iron mineral minerogenetic series map (d) in western Yunnan (a, c modified from CHEN et al., 2015)

吸附型稀土矿床母岩稀土元素的最低背景值 (112×10⁻⁶);远景区地处亚热带,地形地貌气候条件 有利,风化壳极为发育。

区内分布有10余个钇化探异常(图11),Y含量一 般为 30×10⁻⁶~50×10⁻⁶,少数可达 150×10⁻⁶,临沧— 动海的花岗岩内有 Y、La、Th、U、Zr 元素组合异 常,还有二十余个独居石等重砂异常。在凤庆一双江 地区,是云南最重要的锗煤型锗矿集中区,在景洪 市大勐龙地区地表尚有磁异常分布,是寻找疆锋式 海相火山岩型铁矿床有利地区。

根据稀土 La、Y 组合异常、重砂异常、磁异常、 含煤断陷盆地及已知矿床分布,共圈定远景区 4 个 (滇 2-1~滇 2-4),找矿靶区 12 个,见图 11。

该远景区带勘查工作部署, 应以铁、稀土、锗为

主攻矿种, 兼顾锡、钨、稀有金属、铀、脉石英等。

主攻矿床类型:火山岩型(铁、锰)、风化型(稀 土、稀有金属)、锗煤型(锗、铀)、蚀变花岗岩型(稀 有金属)。

4 结论

《中国矿产地质志•云南卷》的研编是自然资源部"十三五"重大项目——《中国矿产地质志》 任务之一,旨在全面梳理云南省矿产资源全貌, 建立所有矿产"户籍档案",研编云南省矿产地 质图、成矿规律图,建立数据库。云南完成的全 套成果包括《中国矿产地质志•云南卷》和《中国 矿产地质志•云南卷•贵金属矿产》等共12部专著, 以及云南省矿产地质图、成矿规律图(含说明书、



E—古近纪; K—白垩纪; J—侏罗纪; T—三叠纪; O—奥陶纪; Pt—元古界。
 E–Paleogene; K–Cretaceous; J–Jurassic; T–Triassic; O–Ordovician; Pt–Proterozoic.
 图 10 滇西地区中-酸性侵入岩分布图(a)及找矿远景区找矿靶区分布图(b)
 Fig. 10 Distribution map of intermediate-acid intrusive rocks (a) and prospecting target area in prospecting area (b) in western Yunnan



 Qh'_{-} 全新统湖积物; Qh^{al}—全新统冲积物; N₂--Qp—上新统—更新统; N₁—新近系中新统; E—古近系; K₁—下白垩统; J-K—侏罗系一白垩系; J₂₋₃—中—上侏罗统; J₂—中侏罗统; T₃[∨]—上三叠统火山岩; T₃^{MA}—上三叠统(海陆过渡相); T₃^M—上三叠统(海相); T₂₋₃[∨]—中—上三叠统火山岩; P₂₋₃—中—上二叠统; D-C—泥盆系—石炭系; Pz₂—上古生界各系并层;

S-D—志留系—泥盆系; Pz₁—下古生界各系并层; Pz—古生界未分; Pt₃—新元古界; Pt₂—中元古界; Pt₁—古元古界。
Qh^I-Holocene lacustrine deposit; Qh^{al}-Holocene alluvium; N₂-Qp-Pliocene-Pleistocene; N₁-Miocene; E-Paleogene; K₁-Lower Cretaceous; J-K-Jurassic-Cretaceous; J₂₋₃-Middle-Upper Jurassic; J₂-Middle Jurassic; T^V₃ - Upper Triassic volcanic rocks; T^{MA}₃-Upper Triassic (transitional facies); T^M₃-Upper Triassic (marine facies); T^V₂₋₃-Middle-Upper Triassic volcanic rocks; P₂₋₃-Middle-Late Permian; D-C-Devonian-Carboniferous; Pz₂-Upper Paleozoic; S-D-Silurian-Devonian; Pz₁-Lower Paleozoic; Pz-Paleozoic undivided; Pt₃-Neoproterozoic; Pt₂-Mesoproterozoic; Pt₁-Palaeoproterozoic.
图 11 临沧—勐海地区重要矿产地质简图(a)及找矿远景区和找矿靶区分布图(b)

Fig. 11 Geological map of important minerals (a) and distribution map of prospecting area and prospecting target area (b) in Lincang–Menghai area

矿产地一览表)和云南省矿产地质志成果数据库, 该成果集"文、图、库、普"为一体,内容十分 丰富,内含信息量大,难以在文章里一一体现。 本文重点对中华人民共和国成立以来所取得成 果进行了梳理,从矿产种类、矿产地、矿床类型 及共生伴生情况、查明资源储量及找矿潜力、开 发历史等阐述了云南矿产资源特点,按成矿省对 云南矿产时空分布规律进行了总结,提出云南具 有巨大找矿潜力、近期可望实现找矿突破的香格 里拉普朗一麻花坪地区钨铍铜等战略及优势矿 产找矿远景区带13处,并对其中2个找矿远景区 带勘查工作部署建议进行了重点阐述,意在抛砖 引玉,为在云南从事地质找矿和科研的大专院 校、科研院所、地勘单位等提供参考,并为云南 省新一轮找矿工作部署及地方政府部门制定矿 产资源规划及开发利用决策提供依据。

致谢:本文是在《中国矿产地质志•云南卷》相关成 果基础上总结提升而成,至此要特别感谢《中国矿 产地质志•云南卷》全体编著人员。本文英文资料由 云南省地质调查局邹积林同志翻译,在此表示衷心 感谢。同时感谢审稿专家及《中国矿产地质志》总 主编陈毓川院士、王登红研究员及全国项目办给予 这次机会。此文特献给陈毓川院士九十华诞暨从事 地质工作70周年!

Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (Nos. DD20221695, DD20190379, and DD20160346), and Department of Natural Resources of Yunnan Province (Nos. [2019]122, [2021]107, and [2022]57).

参考文献:

- 陈元坤,杨功,李开毕,等,2015. 云南省地球物理地球化学 图集[M]. 北京:地质出版社.
- 冯佳睿,毛景文,裴荣富,等,2011. 滇东南老君山南秧田钨矿 床的成矿流体和成矿作用[J]. 矿床地质,30(3):403-418.
- 高振敏, 李红阳, 杨竹森, 2002. 滇黔地区主要类型金矿的成矿 与找矿[M]. 北京: 地质出版社.
- 和文言, 莫宣学, 喻学惠, 等, 2013. 滇西北衙金多金属矿床锆 石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 29(4): 1301-1310.
- 胡彬, 2004. 云南昭通毛坪铅锌矿床地质地球化学特征及隐伏 矿预测[D]. 昆明:昆明理工大学.
- 胡瑞忠, 彭建堂, 马东升, 等, 2007. 扬子地块西南缘大面积低 温成矿时代[J]. 矿床地质, 26(6): 583-596.
- 黄汲清, 1936. 丁在君先生在地质学上的工作[J]. 地质论评, (3): 241-244.
- 李宝龙,朱德全,邢香粉,等,2015. 云南个旧锡铜多金属矿区 云母 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年龄及其地质意义[J]. 地质通报,34(12): 2315-2324.
- 李开文,张乾,王大鹏,等,2013. 云南蒙自白牛厂多金属矿床 锡石原位 LA-MC-ICP-MSU-Pb 年代学[J]. 矿物学报,33(2): 203-209.
- 李文博, 黄智龙, 陈进, 等, 2004. 会泽超大型铅锌矿床成矿时 代研究[J]. 矿物学报, 24(2): 112-116.
- 李文昌, 尹光侯, 余海军, 等, 2013. 云南普朗斑岩型铜矿床成 矿流体特征及矿床成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 43(5): 1436-1447.
- 刘博,张长青,黄华,等,2012. 滇西北衙金多金属矿床辉钼矿 Re-Os 同位素测年及其地质意义[J]. 矿床地质,31(S1): 575-576.
- 刘玉平,李正祥,李惠民,等,2007. 都龙锡锌矿产锡石和锆石 U-Pb 年代学: 滇东南白垩纪大规模花岗岩成岩-成矿事 件[J]. 岩石学报,23(5):967-976.
- 柳贺昌,林文达,1999. 滇东北铅锌银矿床规律研究[M]. 昆明: 云南大学出版社.
- 莫宣学,曾普胜,徐受民,2008. 北衙地区金铜矿床成矿模型及深 部板岩金铜矿潜力研究报告[R]. 北京:中国地质大学(北京).
- 施玉北, 卢映祥, 李文昌, 等, 2022. 中国矿产地质志•云南 卷[R]. 昆明: 云南地质调查局.
- 司荣军,2005. 云南省富乐分散元素多金属矿床地球化学 研究[D]. 贵阳: 中国科学院研究生院(地球化学研究所).
- 谭洪旗,刘玉平,叶霖,等,2011. 滇东南南秧田钨锡矿床金云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 定年及意义[J]. 矿物学报,31(S1):639-640.
- 汪志芬, 1983. 关于个旧锡矿成矿作用的几个问题[J]. 地质学报, 57(2): 154-163.
- 王小娟,刘玉平,缪应理,等,2014. 都龙锡锌多金属矿床 LA-MC-ICPMS 锡石 U-Pb 测年及其意义[J]. 岩石学报, 30(3): 867-876.
- 翁文灏, 1941. 丁文江先生传[J]. 地质论评, (Z1): 181-192.
- 吴凤鸣,2008. 中国早期区域地质矿产调查、人物、成果及其历 史和影响[C]//中国地质学会地质学史专业委员会第20届学 术年会论文汇编:32-50.
- 伍勤生, 许俊珍, 杨志, 1984. 个旧含 Sn 花岗岩的 Sr 同位素特

征及找矿标志的研究[J]. 地球化学, 13: 293-302.

- 谢家荣, 1941. 云南矿产概论[J]. 地质论评, (S1): 1-42, 219.
- 徐受民, 莫宣学, 曾普胜, 等, 2006. 滇西北衙富碱斑岩的特征 及成因[J]. 现代地质, 20(4): 527-535.
- 徐兴旺, 蔡新平, 宋保昌, 等, 2006. 滇西北衙金矿区碱性斑岩 岩石学、年代学和地球化学特征及其成因机制[J]. 岩石学 报, 22(3): 631-642.
- 杨荆舟, 1992. 云南省地质科技史略[J]. 云南地质, 11(4): 369-384.
- 杨寿川, 2014. 云南矿业开发史[M]. 北京: 社会科学文献出版社.
- 姚娟, 罗梅, 任光明, 等, 2008. 云南老寨湾金矿床成矿流体的 特征[J]. 资源环境与工程, 22(2): 163-167.
- 尹赞勋, 1936. 云南地质研究进展[J]. 地质论评, 1(3): 280-293.
- 云南省地质调查局, 2013. 云南省三年地质找矿行动计划成果 报告[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- 云南省地质调查局, 云南省国土资源厅, 2013. 云南省矿产资源 潜力评价成果报告[R]. 昆明: 云南省地质调查局.
- 云南省地质矿产局,1990. 云南省区域地质志[R]. 昆明: 云南省 自然资源厅.
- 曾普胜,侯增谦,高永峰,等,2006.印度-亚洲碰撞带东段喜马 拉雅期铜-钼-金矿床 Re-Os 年龄及成矿作用[J].地质论评, 52(1):72-84.
- 张娟,毛景文,程彦博,等,2012. 云南个旧卡房矿田锡-铜矿床 成矿作用过程探讨:成矿流体约束[J]. 岩石学报,28(1): 166-182.
- 张亚辉, 2013. 滇东南薄竹山晚燕山期酸性岩浆热液成矿作用 研究[D]. 昆明: 昆明理工大学.
- 张云新,吴越,田广,等,2014. 云南乐红铅锌矿床成矿时代与 成矿物质来源:Rb-Sr和S同位素制约[J]. 矿物学报,34(3): 305-311.

References:

- CHEN Yuankun, YANG Gong, LI Kaibi, et al., 2015. Geophysical and Geochemical Atlas of Yunnan[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- FENG Jiarui, MAO Jingwen, PEI Rongfu, et al., 2011. Ore-forming fluids and metallogenesis of Nanyangtian tungsten deposit in Laojunshan, southeastern Yunnan Province[J]. Mineral Deposits, 30(3): 403-418(in Chinese with English abstract).
- GAO Zhenmin, LI Hongyang, YANG Zhusen, 2002. Mineralization and prospecting of main types of gold deposits in Yunnan-Guizhou area[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese).
- HE Wenyan, MO Xuanxue, YU Xuehui, et al., 2013. Zircon U-Pb and molybdenite Re-Os dating for the Beiya gold- polymetallic deposit in the western Yunnan Province and its geological significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 29(4): 1301-1310(in Chinese with English abstract).
- HU Bin, 2004. Features of Geochemistry and Prognosis of Concealed Bodies for Maoping Zinc-Lead Deposit at Zhaotong, Yunnan[D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology(in Chinese with English abstract).
- HU Ruizhong, PENG Jiantang, MA Dongsheng, et al., 2007.
 Epoch of large-scale low-temperature mineralizations in southwestern Yangtze massif[J]. Mineral Deposits, 26(6): 583-596(in Chinese with English abstract).
- HUANG Jiqing, 1936. Mr. Ding Zaijun's work in geology[J]. Geological Review, (3): 241-244(in Chinese).
- LI Baolong, ZHU Dequan, XING Xiangfen, et al., 2015. ⁴⁰Ar/³⁹Ar

geochronologic study of mica in the Gejiu tin-copper polymetallic ore district, Yunnan Province, and its geological significance[J]. Geological Bulletin of China, 34(12): 2315-2324(in Chinese with English abstract).

- LI Kaiwen, ZHANG Qian, WANG Dapeng, CAI Yi, et al., 2013. LA-MC-ICP-MS U-Pb geochronology of cassiterite from the Bainiuchang polymetallic deposit, Yunnan Province, China[J]. Acta Mieralogica Sinica, 33(2): 203-209(in Chinese with English abstract).
- LI Wenbo, HUANG Zhilong, CHEN Jin, et al., 2004. Rb-Sr dating of mineral assemblage from the Huize giant Zn-Pb deposit, Yunnan Province[J]. Acta Mineralogica Sinica, 24(2): 112-116(in Chinese with English abstract).
- LI Wenchang, YIN Guanghou, YU Haijun, et al., 2013. Characteristics of the ore-forming fluid and genesis of the Pulang copper deposit in Yunnan Province[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 43(5): 1436-1447(in Chinese with English abstract).
- LIU Bo, ZHANG Changqing, HUANG Hua, et al., 2012. Re-Os isotopic dating of molybdenite from Beiya gold polymetallic deposit in western Yunnan and its geological significance[J]. Mineral Deposits, 31(S1): 575-576(in Chinese).
- LIU Hechang, LIN Wenda, 1999. Study on the regularity of lead-zinc-silver deposits in northeast Yunnan[M]. Kunming: Yunnan University Publishing House(in Chinese).
- LIU Yuping, LI Zhengxiang, LI Huimin, et al., 2007. U-Pb geochronology of cassiterite and zircon from the Dulong Sn-Zn deposit: Evidence for Cretaceous large- scale granitic magmatism and mineralization events in southeastern Yunnan province, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 23(5): 967-976(in Chinese with English abstract).
- MO Xuanxue, ZENG Pusheng, XU Shoumin, 2008. Research report on metallogenic model of gold-copper deposit in Beiya area and potential of deep slate gold-copper deposit[R]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing)(in Chinese).
- SHI Yubei, LU Yingxiang, LI Wenchang, et al., 2022. Geology of Mineral resources in China Volume of Yunnan[R]. Kunming: Yunnan Geological Survey(in Chinese).
- SI Rongjun, 2005. Ore deposit geochemistry of the Fule dispersed element-polymetallic deposit, Yunnan Province[D]. Guiyang: Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences(in Chinese with English abstract).
- TAN Hongqi, LIU Yuping, YE Lin, et al., 2011. The ⁴⁰Ar-³⁹Ar dating and its significance of gold mica from Yangtian tungsten-tin deposit in Southeast Yunnan[J]. Acta Mineralogica Sinica, 31(S1): 639-640(in Chinese with English abstract).
- WANG Xiaojuan, LIU Yuping, MIAO Yingli, et al., 2014. In-situ LA-MC-ICP-MS cassiterite U-Pb dating of Dulong Sn-Zn polymetallic deposit and its significance[J]. Acta Petrologica Sinica, 30(3): 867-876(in Chinese with English abstract).
- WANG Zhifen, 1983. Some problems on the mineralization of tin deposits in Gejiu, Yunnan[J]. Acta Geologica Sinica, 57(2): 154-163(in Chinese with English abstract).
- WENG Wenhao, 1941. Biography of Mr. Ding Wenjiang[J]. Geological Review, (S1): 181-192(in Chinese).
- WU Fengming, 2008. The early regional geological and mineral survey, figures, achievements, history and influence in China[C]//Compilation of papers of the 20th Annual Meeting of

the Committee of the History of Geology, Chinese Geological Society: 32-50(in Chinese).

- WU Qinsheng, XU Junzhen, YANG Zhi, 1984. Sr Isotopic characteristics of Gejiu Sn-Bearing granites and a study of oresearch indicators[J]. Geochimica, 13(4): 293-302(in Chinese with English abstract).
- XIE Jiarong, 1941. Overview of Yunnan Mineral Resources[J]. Geological Review, (S1): 1-42, 219(in Chinese).
- XU Shoumin, MO Xuanxue, ZENG Pusheng, et al., 2006. Characteristics and origin of alkali-rich porphyries from Beiya in western Yunnan[J]. Geoscience, 20(4): 527-535(in Chinese with English abstract).
- XU Xingwang, CAI Xinping, SONG Baochang, et al., 2006. Petrologic, chronological and geochemistry characteristics and formation mechanism of alkaline porphyries in the Beiya gold district, western Yunnan[J]. Acta Petrologica Sinica, 22(3): 631-642(in Chinese with English abstract).
- YANG Jingzhou, 1982. A brief history of Geological Science and Technology in Yunnan Province[J]. Yunnan Geology, 11(4): 369-384(in Chinese).
- YANG Shouchuan, 2014. The history of mining development in Yunnan[M]. Beijing: Social Sciences Academic Publishing House(in Chinese).
- YAO Juan, LUO Mei, REN Guangming, et al., 2008. Characteristics of Ore-forming Fluid of Gold Deposit in Laozhaiwan, Yunnan Province[J]. Resources Environment & Engineering, 22(2): 163-167(in Chinese with English abstract).
- YIN Zanxun, 1936. Advances in geological research in Yunnan[J]. Geological Review, 1(3): 280-293(in Chinese).
- Yunnan Geological and Mineral Bureau, 1990. Yunnan Regional Geology[R]. Kunming: Yunnan Geological and Mineral Bureau(in Chinese).
- Yunnan Geological and Mineral Bureau, 1990. Yunnan Regional Geology[R]. Kunming :Yunnan Geological and Mineral Bureau(in Chinese).
- Yunnan Provincial Department of Land and Resources, Yunnan Geological Survey, 2013. Mineral resources potential evaluation results report of Yunnan province[R]. Kunming: Bureau of Yunnan Geology Survey(in Chinese).
- ZENG Pusheng, HOU Zengqian, GAO Yongfeng, et al., 2006. The Himalayan Cu-Mo-Au Mineralization in the Eastern Indo-Asian Collision Zone: Constraints from Re-Os Dating of Molybdenite[J]. Geological Review, 52(1): 72-84(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Juan, MAO Jingwen, CHENG Yanbo, et al., 2012. Mineralization process of the Kafang tin-copper deposit in the Gejiu district, Yunnan Province: Constraints from fluid inclusion[J]. Acta Petrologica Sinica, 28(1): 166-182(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yahui, 2013. Study on Late Yanshanian acid magmatic hydrothermal mineralization in Bozhushan, Southeast Yunnan[D]. Kunming: Kunming University of Technology(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yunxin, WU Yue, TIAN Guang, et al., 2014. Mineralization age and the source of ore- forming material at Lehong Pb-Zn deposit, Yunnan Province: Constraints from Rb-Sr and S isotopes system[J]. Acta Mieralogica Sinica, 34(3): 305-311(in Chinese with English abstract).