



移动阅读

廖家隆, 章奇志, 何亮, 等, 2025. 西藏新一轮找矿突破战略行动存在的问题与对策思考[J]. 沉积与特提斯地质, 45(1): 152–167. doi: 10.19826/j.cnki.1009-3850.2025.01004

LIAO J L, ZHANG Q Z, HE L, et al., 2025. Problems and countermeasures to the New Round of Prospecting Breakthrough Strategy in Xizang[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 45(1): 152–167. doi: 10.19826/j.cnki.1009-3850.2025.01004

西藏新一轮找矿突破战略行动存在的问题与对策思考

廖家隆, 章奇志*, 何亮, 董宇, 尊珠桑姆

(西藏自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队, 西藏 拉萨 851400)

摘要: 西藏位于全球三大成矿域之一的特提斯—喜马拉雅成矿域东段, 得天独厚的地质发展过程和优越的成矿地质条件孕育了丰富的矿产资源。然而, 受高原气候和特殊地理环境以及政策因素所影响, 该地区的矿产勘查开发工作面临着基础性地质工作程度低、生态红线政策影响大、深部找矿新技术缺乏、科技创新引领不够、地质科技人才缺乏等诸多问题。鉴于此, 本文以新一轮找矿突破战略行动为背景, 从西藏矿产资源概况及勘查开发现状入手, 梳理了制约新一轮找矿突破战略行动实施的主要问题。并针对性地提出加强科技创新引领作用、提升基础地质工作、加强对优势资源的勘查及评价、协调好矿产勘查开发与生态保护政策的关系、完善科技人才管理机制、完善地勘政策和制度体系等方面的建议, 为科学推进新一轮找矿突破战略行动提供决策依据。

关键词: 找矿突破战略行动; 矿产资源概况; 对策与建议; 西藏自治区

中图分类号: P612

文献标识码: A

Problems and countermeasures to the New Round of Prospecting Breakthrough Strategy in Xizang

LIAO Jialong, ZHANG Qizhi*, HE Liang, DONG Yu, ZUNZHU Sangmu

(The Sixth Geological Brigade of Xizang Autonomous Region Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Lhasa 851400, China)

Abstract: Xizang is located in the eastern segment of the Tethys Himalayan metallogenic belt, one of the three major metallogenic belts in the world. The unique geological evolution process and superior metallogenic geological conditions have produced abundant mineral resources. However, due to the influence of the high-altitude climate, special geographical environment, and policy factors, mineral exploration and development work in the region faces many problems such as low level of basic geological work, significant impact of the ecological redline policy, lack of new technologies for deep ore prospecting, insufficient leadership in science and technology innovation, and shortage of geological and technological talents. In view of this, this article takes the background of the new round of prospecting breakthrough strategic action as a starting point, and outlines the main issues that restrict the implementation of the New Round of Prospecting Breakthrough Strategy from the overview of mineral resources and the current situation of exploration and development in Xizang. It also puts forward targeted recommendations to enhance the leading role of scientific and technological innovation, improve basic geological work, strengthen the exploration and evaluation of advantageous

收稿日期: 2024-04-21; 改回日期: 2024-05-29; 责任编辑: 黄春梅; 科学编辑: 张向飞

作者简介: 廖家隆 (1983—), 男, 正高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与研究工作。E-mail: 229408827@qq.com

通信作者: 章奇志 (1970—), 男, 正高级工程师, 主要从事地质矿产勘查与研究工作。E-mail: 240062612@qq.com

资助项目: 中央引导地方项目 (ZY YD2025000027)、西藏自治区重点研发及转化 (CGZH2025000001)、西藏自治区自然资源厅财政资金项目 (XZZF-CKD-FW-2024003)

resources, coordinate the relationship between mineral exploration and development and ecological protection policies, improve the management mechanism for scientific and technological talents, and improve the policy and institutional system of geological exploration, in order to provide decision-making basis for the improvement and scientific advancement of the new round of prospecting breakthrough strategic action.

Key words: Prospecting Breakthrough Strategy; overview of mineral resources; countermeasures and suggestions; Xizang Autonomous Region

0 引言

上一轮找矿突破行动始于2011年国务院批准实施的《找矿突破战略行动纲要(2011—2020年)》。经过十多年的努力,各地在矿产资源勘查、科技创新、开发利用等方面取得显著进展,形成了一批重要矿产资源战略接续区,为国家能源资源安全提供了重要保障。近年来,随着我国矿产资源刚性需求大幅增加,供需矛盾依然突出。为进一步挖掘国内矿产资源行业潜力,增强我国能源和战略性矿产资源保障能力,2021年,国务院自然资源部等五部委联合印发《战略性矿产国内找矿行动纲要(2021—2035年)》,启动新一轮找矿突破战略行动。2022年10月,习近平总书记给山东省地矿局第六地质大队专门回信,为新一轮找矿突破战略行动和新时代地质找矿工作提出了新的要求,给全国新一轮找矿突破战略行动事业,特别是从事新一轮找矿突破战略行动的所有从业人员以极大的肯定、鞭策与鼓励,也为推进地勘行业及地质找矿工作高质量发展带来了新机遇、新挑战。

西藏位于全球三大成矿域之一的特提斯—喜马拉雅成矿域东段(Hou and Zhang, 2015; 李阳等, 2024; 张志等, 2022),得天独厚的地质发展过程和优越的成矿地质条件孕育了丰富的矿产资源,但高海拔、高寒、低氧等恶劣生存环境给矿产资源勘查和开发带来巨大困难,且高原特殊的地理位置及气候条件使该地生态系统较脆弱,抗干扰和自我平衡能力极差,一旦被破坏将很难得到修复(郑有业等, 2004; 易建洲等, 2023; 尹莉洁等, 2023)。除此之外,受整个矿业环境影响,西藏矿产资源勘查开发还可能面临诸如历史遗留及政策方面的问题,如何准确认识和解决这些问题对推进新一轮找矿突破战略行动具有重要的指导意义。本文通过分析西藏成矿地质背景、矿产资源禀赋、勘查开发现状等,梳理了制约新一轮找矿突破战略行动实施的主要问题,并提出针对性的对策建议,为完善和科学推进

新一轮找矿突破战略行动提供决策依据。

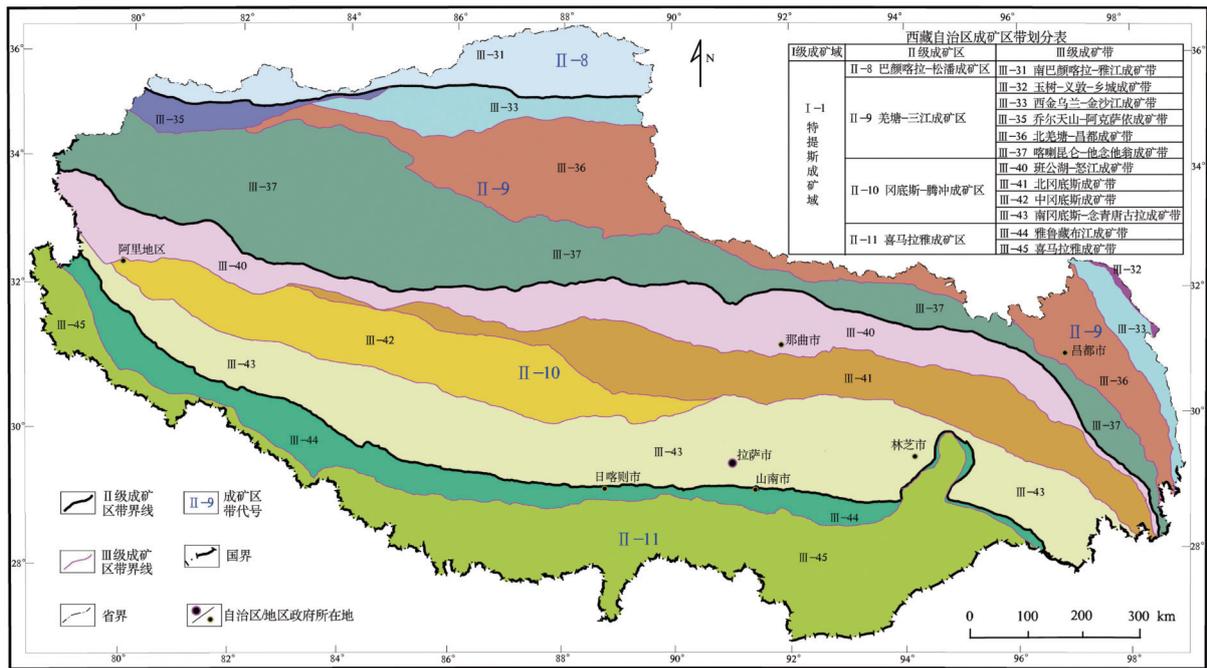
1 西藏矿产资源概况

1.1 成矿地质背景

西藏是青藏高原的主体,大地构造位置上,居于南、北大陆之间的阿尔卑斯—喜马拉雅巨型山系东段,是特提斯构造域的重要组成部分(马冠卿, 1998; 潘桂棠等, 2002; 陈毓川等, 2001; 陈毓川, 1999)。自晚古生代以来,西藏经历了复杂的陆壳撕裂与回撤、大洋板片断离、大陆碰撞及海陆变迁后,最终在新生代早期成为一体,并在新生代中期全部脱离海洋环境(潘桂棠等, 2022; 侯增谦等, 2020, 2006; 张培震等, 2022; Pan et al., 2012; Stampfli et al., 2013)。这些复杂的地质过程引发了地幔上涌、地壳缩短和地表隆升,形成了岩浆热液、变质流体和盆地流体等相关的金属超常富集(张洪瑞和侯增谦, 2023; 陈毓川和王登红, 2001; 陈毓川, 1999),造就大规模金属聚集成矿,形成斑岩型铜金钼矿床、云英岩型钨锡矿床、铌钽锂铍矿床、造山型金矿床和密西西比河谷型铅锌矿床等典型矿床(Seltman and Faragher, 1994; Hou and Cook, 2009; Hou et al., 2015; 孙晓明等, 2010; 刘洪等, 2021)。据《西藏自治区矿产资源潜力评价报告》,西藏属于特提斯成矿域(I级),根据成矿地壳块体的地质属性和重要边界断裂以及所控制的成矿作用等,可进一步划分为4个成矿区(II级);再根据成矿条件、控矿因素、成矿特征和找矿潜力等可进一步划分为12个III级成矿带(图1)。

巴颜喀喇—松潘成矿区在自治区内仅涉及南巴颜喀拉—雅江成矿带,成矿作用与可可西里—松潘—甘孜褶皱带的沉积—变质—构造—岩浆的综合作用有关,矿种主要有金、砂金、锑、铜、盐矿、铍矿、铌钽矿、锂盐等,成矿时代以印支期为主(路耀祖和杨晓刚, 2016; 韩春明等, 2021; 周玉等, 2018)。

羌塘—三江成矿区划分为5个III级成矿带。玉树—义敦—乡城成矿带西藏境内工作程度较低,发现



底图审图号：GS (2020) 4814号

图 1 西藏自治区成矿区带划分图^①

Fig. 1 Division map of mineralized belts in Xizang Autonomous Region^①

一些金银铜铁锌等金属矿点和若干蛇纹石、冰洲石、橄榄石及石墨等矿点。西金乌兰-金沙江成矿带工作程度亦较低,发现一些铜铁矿等金属矿点和若干石膏矿点、盐湖矿点。乔尔天山-阿克萨依成矿带仅发现铁、金、石膏等少量矿点。北羌塘-昌都成矿带成矿作用和昌都陆块两侧大断裂的活动及内部的陆内俯冲作用以及由它们控制的中新生代岩浆作用有关(陶琰等, 2010, 2011; 罗梅等, 2014; 徐志刚等, 2008; 唐菊兴和王勤, 2019), 矿产以铜矿、铅锌银矿、铁矿为主, 著名的玉龙铜矿带发育于昌都盆地东缘。喀喇昆仑-他念他翁成矿带西段以产出斑岩铜矿、夕卡岩型铁多金属矿为主, 著名的多龙斑岩铜矿矿集区处于该带中, 亦为砂金矿和盐湖矿产的重要产地; 中段以东的南羌塘盆地是西藏的油气远景区之一, 伦坡拉油田和油页岩矿等即产于该区; 在南唐古拉地区以热液型铋矿以及岩浆热液型铜多金属矿和煤矿为主; 东段类乌齐-左贡一带钨锡、钼、石墨等矿产丰富。

冈底斯-腾冲成矿区划分为 4 个 III 级成矿带。班公湖-怒江成矿带成矿活动主要与中特提斯洋在中生代的开合活动及其伴生的火山-岩浆活动有关(Wang et al., 2016; 方向等, 2020; 宋扬等, 2014, 2019); 矿产以铬、金、铜矿和盐湖矿为主。北冈底

斯成矿带成矿作用主要与新特提斯洋洋壳向南俯冲消减作用, 以及班公湖-怒江结合带碰撞造山活动等有关(Kapp et al., 2003; Fan et al., 2018; Qu et al., 2012; 席伟杰和肖克炎, 2016); 主要矿床类型为煤矿和岩浆热液型铅锌矿等, 规模很小。中冈底斯成矿带成矿作用主要与新特提斯洋洋壳向南的俯冲消减作用、班公湖-怒江结合带碰撞造山活动、中冈底斯陆片的中生代开合作用以及新生代的断陷作用等构造岩浆活动有关(Groves and Bierlein, 2007; Lang et al., 2014; Chen et al., 2020; 郑有业等, 2021a, 2021b); 矿产以斑岩型铜钼矿和夕卡岩型铁矿、铅锌矿和铜多金属矿等为主, 亦产砂金矿、盐湖矿等。南冈底斯-念青唐古拉成矿带成矿作用主要与新特提斯洋洋壳向背的俯冲消减作用、印度板块和欧亚大陆的碰撞-俯冲作用, 以及新生代亚洲-印度大陆的碰撞、后碰撞岩浆作用有关(Xie and Tang, 2021; Li et al., 2020; Zheng et al., 2014; 谢富伟等, 2022; 程文斌等, 2010; 冷秋锋等, 2023); 矿产以铬、铜、金、铅锌、铋、钨、锡、钼、铁、银等金属矿产为主, 汞、砷、云母、水晶、硅灰石、滑石、石膏、珍珠岩、大理岩、板岩、黑曜岩、硼矿物、其他黏土等非金属矿产为辅, 少量水气矿产、盐湖矿产和能源矿产。

喜马拉雅成矿区划分为2个Ⅲ级成矿带。雅鲁藏布江成矿带成矿作用主要与中生代新特提斯洋—板块结合带—推覆构造带的地质演化过程有关,其矿产主要为铬铁矿、金矿和铋矿等。与印度板块北缘遭受强烈的挤压作用拆离、叠置、推覆等构造有关的喜马拉雅成矿带成矿作用,形成矿产主要为金矿、铅锌矿和铋矿;与穹窿构造和淡色花岗岩有关的成矿作用,则形成铍钨钨锡等矿床(Wu et al., 2020; 王汝成等, 2017; 吴福元等, 2017; 秦克章等, 2021)。

1.2 矿产勘查现状及资源禀赋

西藏具有现代意义的地质调查和研究工作始于1951年西藏和平解放后。经过几代地勘人70多年的不懈努力,地质勘查取得了辉煌成就,尤其

是2000年以来,通过国土资源大调查和青藏专项的实施,国家不断加大对西藏地质工作的投入,西藏地质工作得到快速发展。目前,西藏已发现矿床、矿点及矿化点3000多处,其中2000余处展开过不同程度的矿产勘查工作。累计发现矿产4大类共146种(含亚种),其中查明资源储量的矿产有51种(表1),矿产地300余处,发现和已评价的大型以上矿床40余处,占总数13%(表2)。达到普查以上的矿床(点)分布在9个Ⅲ级成矿带内,主要集中在班公湖—怒江、南冈底斯—念青唐古拉、雅鲁藏布江三个成矿带内,占总数的77%(表3)。

西藏的优势矿产资源主要有铬、铜、铅锌银多金属、钼、铋、金、盐湖锂硼钾矿、高温地热、矿泉水等(图2)。其中,铬、铜的保有资源储量以及盐

表1 西藏自治区已发现矿产种类
Table 1 Mineral species discovered in Xizang Autonomous Region

| 矿产类别 | 矿种合计 | 已发现矿种 | |
|--------------|------|---|---|
| | | 有查明资源储量的 | 尚未查明资源储量的 |
| 能源矿产 | 7 | 煤、石油、地热 | 石煤、天然气、钍、油页岩 |
| 黑色金属矿产 | 5 | 铬、铁 | 锰、钒、钛 |
| 有色金属矿产 | 12 | 铜、铅、锌、锡(原生矿、砂矿)、钴、钼、铋、镁、钨、镍、铋 | 汞 |
| 金属矿产 | 8 | 金(砂金、伴生金)、银 | 铂族元素(铂、钯、钨、铑、钇、钽、铌) |
| 稀有、稀土、分散元素矿产 | 15 | 锂、铷、铯、镓、铟、铊 | 铍、锆、锗、镱、铈、钽、铀、轻稀土金属、重稀土金属 |
| 放射性矿产 | 1 | | 铀 |
| 冶金辅助原料非金属矿产 | 15 | 菱镁矿 | 蓝晶石、红柱石、白云岩、石英岩、萤石、耐火黏土、冶金用脉石英、夕线石、熔剂用灰岩、冶金用砂岩、铁矾土、耐火用橄榄岩、铸型用砂岩 |
| 化工原料非金属矿产 | 21 | 硫铁矿、自然硫、盐、硼、砷、重晶石、钾盐、天然碱、芒硝、泥炭、溴 | 磷、水菱镁矿、钾长石、蛇纹岩、橄榄岩、明矾石、钠硝石、毒重石、磷矿、镁盐 |
| 非金属矿产 | 60 | 石灰岩、黏土、火山灰、高岭土、大理石、花岗岩、刚玉、水晶(压电水晶、熔炼水晶、工艺水晶)、云母、水泥用大理岩、石膏、孔雀石 | 石棉、滑石、叶蜡石、白垩土、硅藻土、石榴石(工业、工艺两用)、金刚石、冰洲石、绿柱石、电气石、硬玉、软玉、蛇纹石、琥珀、玛瑙、绿玉髓、象牙玉、仁布玉、文部玉、碧玉、鹿斑岩、岫岩玉、石墨、透辉石、沸石、云母、蓝石棉、蛭石、彩色电气石、天然油石、铸石用玄武岩、岩棉用玄武岩、麦饭石、珍珠岩、黑耀岩、松脂岩、浮石、铸石用粗面岩、凹凸棒石黏土、伊利石黏土、页岩、板岩 |
| 水汽矿产 | 2 | 矿泉水 | 地下水 |
| 合计 | 146 | 51 | 95 |

湖锂矿的资源远景位居全国第一。铬铁矿主要沿雅鲁藏布成矿带和班公湖-怒江成矿带分布,国内铬铁矿自给部分的75%以上来自西藏。截至目前,西藏已累计查明铬铁矿矿石量近1000万吨,曲松县罗布莎铬铁矿是国内唯一达到大型规模的铬铁矿。铜矿主要沿西金乌兰-金沙江成矿带、北羌塘-昌都成矿带、南冈底斯-念青唐古拉成矿带、北冈底斯成矿带和班公湖-怒江成矿带分布,已查明的铜的资源储量超过6000万吨(易建洲等,2023),占全国总量二分之一以上,其中,墨竹工卡县驱龙铜矿、江达县玉龙铜矿、改则县多龙铜矿查明的资源储量均已达到超大型规模(王璞,2018;王修等,2022;唐菊兴和王勤,2019)。盐湖矿产主要分布在阿里地区、那曲地区和日喀则地区西北部,卤水富含硼、锂、钾、铯、铷等。经多年调查,全国三分之一以上的盐湖锂矿资源分布在西藏,资源潜力巨大(姜贞贞等,2021;李建康等,2014;王卓等,2023),其中仲巴县扎不耶盐湖、尼玛县当穷错、双湖区鄂雅错、改则县麻米错等盐湖的锂矿资源经勘查已

表2 西藏自治区矿产地规模及勘查程度一览表
Table 2 Scale and exploration degree of mineral deposits in Xizang Autonomous Region

| 规模 | 普查(个数) | 详查(个数) | 勘探(个数) | 合计(个数) |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 超大型 | 4 | 0 | 3 | 7 |
| 大型 | 26 | 10 | 2 | 38 |
| 中型 | 52 | 17 | 1 | 70 |
| 小型 | 102 | 7 | 0 | 109 |
| 矿点 | 59 | 1 | 4 | 64 |
| 矿化点 | 55 | 1 | 6 | 62 |
| 合计 | 298 | 36 | 16 | 350 |

表3 西藏自治区矿产地成矿带分布及勘查程度一览表

Table 3 Distribution of ore-forming belts and exploration degree of mineral deposits in Xizang Autonomous Region

| Ⅲ级成矿带 | 普查(个数) | 详查(个数) | 勘探(个数) | 合计(个数) |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Ⅲ-33西金乌兰-金沙江成矿带 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| Ⅲ-36北羌塘-昌都成矿带 | 17 | 2 | 1 | 20 |
| Ⅲ-37喀喇昆仑-他念他翁成矿带 | 27 | 0 | 0 | 27 |
| Ⅲ-40班公湖-怒江成矿带 | 113 | 10 | 3 | 126 |
| Ⅲ-41北冈底斯成矿带 | 3 | 1 | 9 | 13 |
| Ⅲ-42中冈底斯成矿带 | 14 | 1 | 0 | 15 |
| Ⅲ-43南冈底斯-念青唐古拉成矿带 | 61 | 9 | 3 | 73 |
| Ⅲ-44雅鲁藏布江成矿带 | 57 | 12 | 0 | 69 |
| Ⅲ-45喜马拉雅成矿带 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 合计 | 298 | 36 | 16 | 350 |

达大型规模。目前,扎不耶盐湖锂矿已形成5000吨碳酸锂的产能并得到初步开发。油气资源也具有较好的找矿前景,其中羌塘盆地油气资源有100亿~300亿吨远景(易建洲等,2023;张大伟,2011;徐琳等,2020;吴珍汉等,2019)。

1.3 重要矿集区及矿床

按照矿产资源成因的相关性、分布的集中性以及对社会经济发展的重要作用等,在西藏存在三个地理意义上的矿产资源集中区,自东向西为藏东三江矿集区、藏南冈底斯-喜马拉雅矿集区和藏北班公湖-怒江矿集区。三大矿集区内可划分出15个矿集带(表4),几乎集中了西藏绝大部分已发现的大中型矿产地,构成了西藏境内有着重要经济意义的矿产资源开发储备基地,也是西藏目前安排实施地质矿产工作的主要地区,地质工作程度也相对较高。

2 西藏矿产资源开发利用现状

西藏矿产资源开发利用基地的雏形已逐渐形成,目前已开发利用的矿产有铬铁矿、盐湖硼、锂矿、铅锌矿、铜矿、金矿、菱镁矿、锑矿、钼矿、地热、矿泉水、水泥原料、建筑用砂石等20多种。重点开发的矿区主要有江达县玉龙铜矿、墨竹工卡县甲玛铜多金属矿、曲松县罗布莎铬铁矿、隆子县扎西康铅锌矿、谢通门县纳如松多铅锌矿等。已形成或初步形成墨竹工卡铜钼铅锌矿开发基地、谢通门铜铅锌多金属矿开发基地、尼木铜多金属矿开发基地、罗布莎铬铁矿山、玉龙铜矿山、扎西康铅锌多金属矿山等,以及羊八井地热电站、羊易地热电站、拉萨水泥开发基地、山南水泥开发基地、

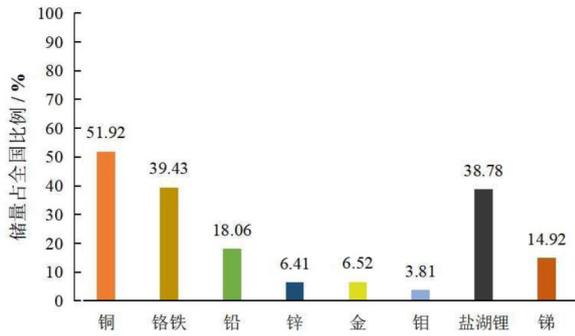


图 2 西藏主要优势矿产资源储量占全国比例图^②

Fig. 2 Proportion of major mineral resources reserves in Xizang to the national total^②

革吉-改则盐湖硼矿开发基地和当雄县曲玛多、定日县鲁玛增东饮用矿泉水基地等。

近二十年来,中国黄金、金川集团、西部矿业、中国铝业、藏格钾肥和云南铜业等一批国内外大型矿业公司纷纷进藏,共同进行矿产资源的勘查与

开发。与此同时,高争水泥、华新水泥相继建成年产 210 万吨新型干法水泥生产线,为当地经济增添了新动力。2010 年,西藏盛源矿业集团作为该地区首个矿业集团正式挂牌成立,标志着西藏的矿业开发进入了新的阶段。此外,西藏矿业、华钰矿业、华泰龙矿业、江南矿业、扎布耶锂业、玉龙铜业、巨龙矿业、5100 矿泉水公司、宝翔矿业等一批地方矿业公司也正在逐步壮大。

《西藏自治区矿产资源总体规划(2021—2025 年)》数据显示,截至 2020 年底,全区现有有效采矿权数量为 104 个,其中大中型矿山 35 座,占比 33.7%。2020 年全区生产总值 1902.74 亿元,矿业总产值 77.73 亿元,占全区规模以上工业总产值 28.4%,采矿业已成为西藏工业经济的支柱产业。目前,已有 14 座矿山形成了年处理铜、铅、锌等矿石量 20 万吨以上的产能。根据企业规划,甲玛矿山年产能 1440 万吨的二期工程已正常投产,玉龙

表 4 西藏自治区重要矿集区及代表性矿床一览表(来源于《中国矿产地质志·西藏卷》·2021)

Table 4 List of important mineralized areas and representative deposits in Xizang Autonomous Region (after *China Mineral Resources Geological Gazette • Xizang Volume • 2021*)

| 矿集区 | 所在成矿带 | 矿集带 | 面积/km ² | 主要矿床 |
|-------------|--|----------------------------|--------------------|---|
| 藏东三江矿集区 | 北羌塘-昌都成矿带、西金乌兰-金沙江成矿带 | 玉龙Cu、Au、Mo、Pb、Zn、Fe矿集带 | 3 300 | 玉龙铜矿、扎那尕铜矿、昂青银铅锌矿、多霞松多铜矿、马拉松多铜矿等 |
| | | 类乌齐-察雅Pb、Zn、Ag、Fe、Cu、Au矿集带 | 11 800 | 赵发勇铅锌矿、南越拉铅锌矿、赛北弄锡矿、拉诺玛铅锌矿、谢坝铅锌矿等 |
| | | 驱龙-甲玛Cu、Mo、Pb、Zn多金属矿集带 | 5 000 | 驱龙铜矿、甲玛铜多金属矿、邦铺钼铜铅锌矿等 |
| | | 林周Cu、Fe、Pb、Zn多金属矿集带 | 3 800 | 帮中铜矿、程巴铜矿、勒青拉铜铁矿、轮朗铜矿等 |
| 冈底斯-喜马拉雅矿集区 | 北冈底斯成矿带、中冈底斯成矿带、南冈底斯-念青唐古拉成矿带、雅鲁藏布江成矿带、喜马拉雅成矿带 | 蒙亚啊-亚贵拉Cu、Pb、Zn多金属矿集带 | 2 000 | 蒙亚啊铜铅锌矿、龙马拉铅锌矿、洞中拉铅锌矿、亚贵拉铅锌矿、沙让钼矿等 |
| | | 雄村Cu、Au多金属矿集带 | 1 300 | 雄村铜矿、洞嘎金矿、仁钦则金矿等 |
| | | 春则-纳如松多Pb、Zn多金属矿集带 | 1 800 | 纳如松多铅锌矿、春哲铁矿、江拉铁矿、斯多弄铅锌矿等 |
| | | 扎西康Pb、Zn、Sb稀有金属矿集带 | 3 600 | 扎西康铅锌矿、马扎拉金矿,纳定稀有金属矿等 |
| | | 山南Cr、Fe、Cu、W、Au多金属矿集带 | 2 900 | 罗布莎铬铁矿、努日铜钼钨矿、冲木达铜矿、克鲁铜矿等 |
| | | 厅宫-冲江Cu、Au矿集带 | 600 | 冲江铜矿、厅宫铜矿、白容-岗讲铜矿、普松金矿等 |
| | | 西藏羊八井-羊易地热矿集带 | 5 200 | 羊八井、羊易、拉多岗、宁中、谷露等地热田 |
| 班公湖-怒江矿集区 | 喀喇昆仑-他念他翁成矿带、班公湖-怒江成矿带 | 多龙Cu、Au矿集带 | 1 600 | 多不杂铜矿、波龙铜矿、荣那铜矿、拿若铜矿、拿厅铜矿、尕尔勤金矿、色那铜金矿(恰秋砂金矿)等 |
| | | 尕尔穷-嘎拉勒Cu、Au矿集带 | 1 700 | 尕尔勤铜金矿、嘎拉勒铜金矿、(帮着砂金矿)等 |
| | | 扎仓茶卡-扎布耶盐湖Li、B、K矿集带 | 15 500 | 扎仓茶卡、聂尔错、仓木错、基布茶卡、拉果错、扎布耶等盐湖锂硼钾矿 |
| | | 土门格拉Sb、Cu多金属、煤矿集带 | 8 000 | 美多锑矿、尕尔西江锑矿、扎那锑矿、旁咪铜矿、土门煤矿等 |

铜矿年产能 1989 万吨的二期工程于 2021 年 5 月建成, 驱龙铜矿年产能 3 000 万吨的一期工程于 2021 年 12 月 27 日正式投产。

虽然西藏现代意义的矿业从无到有, 已发生了翻天覆地的变化, 但由于西藏地质勘查工作严重滞后, 矿产资源家底尚未查清, 为开发储备提供的资源储量很有限, 加之西藏的自然条件和社会经济发展水平的制约, 和全国其他省区相比, 西藏矿业的发展水平仍然很低。近年来, 由于全球矿产品需求的不稳定、矿产品利润空间缩水, 加之我区特殊的自然地理环境, 交通能源等矿山开发基础保障设施落后, 产业配套体系不完善, 资源开采粗放, 生态环境保护压力大, 部分矿区资源不明等不利因素, 自然资源厅及自然资源部颁发 104 宗采矿权中, 除矿泉水外, 2020 年仅 28 个矿山在生产(表 5), 已有矿产资源开发利用率极低。

矿业开发在西藏具有很好的发展前景, 在未来成为西藏最主要的特色支柱产业之一不容置疑。经过多年的发展, 西藏交通、能源、通信等方面的基础设施建设都得到了长足的发展。基本条件的改善和基础设施的加速建设, 为西藏高原经济高质量发展奠定了良好的基础。

3 新一轮找矿突破战略行动存在的主要问题

3.1 基础性地质工作程度偏低

受高原气候及特殊地理环境所限, 西藏自治区地质找矿工作起步较晚, 矿产地质勘查与开发工作程度整体落后于内地(王修等, 2022; 李国政, 2019)。首先, 基础地质调查工作程度低。到目前为止, 我区除 1:100 万和 1:25 万区域地质调查实现了全覆盖以外, 1:5 万比例尺的区域地质调查、1:25 万航磁测量和 1:25 万区域重力调查等基础工作覆盖率低, 尽管加强了 1:5 万比例尺的区域地质调查和地质矿产调查(图 3, 图 4), 但仍远低于全国平均水平, 与西藏矿产资源情况实际不符。其次, 矿产地质评价的工作程度较低。除铬、铜、铅、锌、金(砂金)、铋、锂、硼、高温地热、矿泉水等矿种的少数矿床达到详查或勘探工作程度, 只有 10% 左右的矿产地的勘查程度达到普查, 还有相当多的矿点、矿化点仅开展了矿点检查或踏勘工作, 并有大量异常区尚未进行查证, 大批矿产靶区尚待勘查确认, 地质勘查程度远不能满足摸清资源家底和矿山

建设的需要。最后, 西藏的矿产开发管理相对薄弱, 许多矿山存在盲目投资建设和盲目开采的现象, 现有开采矿山中做过地质工作的不到一半, 而且只有少数矿山企业开采的地质储量经过矿产储量部门评估。

3.2 受生态红线政策影响, 找矿空间不断压缩

中国特色社会主义已经进入新时代, 我国经济发展方式也逐渐从规模速度粗放型增长转向质量效益集约节约型增长。同时, 随着生态保护被纳入法律范围, 环境保护要求达到前所未有的新高度, 地方政府对探矿找矿的要求也更加严格(王修等, 2022; 姚传江, 2018; 鞠建华, 2022)。西藏作为世界屋脊, 不仅本身生态环境十分脆弱, 而且是亚洲多条大河的发源地, 其资源开发和生态环境变化直接关系到全球气候变化, 其发展和环境保护备受世界瞩目(Zhou et al., 2023; 吕忠梅和马鑫, 2023)。值得一提的是, 西藏的矿产资源往往位于生态环境较好的地区, 且多与生态保护区重合。因此, 在这些区域进行勘查开发涉及林业、环保等多个部门, 审批程序复杂。而一旦矿业权所在范围划入生态红线范围内, 遭遇“一刀切”等情况时有发生。由于各级各类保护地限制, 找矿空间不断受到压缩, 一些以往发现的潜力较大、找矿前景较好的区块无法进一步核实及展开更深入的勘查工作, 难以确保其市场化前景。此外, 由于受特殊自然地理、历史、宗教和文化的影响, 我区个别基层组织与群众对地质工作的理解存在误区, 矿产资源归国家所有的法律理念尚未得到全面普及, 直接影响了地质工作的有效开展。所有这些问题导致一些矿产资源可能无法被充分挖掘, 影响到矿产资源储备及勘查资金的良性循环。

3.3 深部找矿风险高、难度大, 缺乏新技术支撑体系

受技术条件的限制, 过去我国大部分矿产的勘查和开采主要停留在深度 500 米以上且地理位置相对好挖掘的区域。目前, 这些类型的矿产基本上已经被勘查完毕, 而且大部分有价值的矿已经得到了充分开发。尽管西藏地区的勘查工作程度相对较低, 但同样面临着浅部资源勘查完毕的挑战。随着矿产资源的不断消耗, 未来, 找矿的潜力主要集中在深度 500 米以下的深部矿、隐伏矿和难以识别的矿。这些矿产由于地质构造复杂, 找矿难度大幅上升, 传统理论和方法已难以满足现有勘查和开

表5 西藏自治区在产矿山一览表
Table 5 List of mines in operation of Xizang Autonomous Region

| 编号 | 名称 | 主矿种 | 开采规模 |
|----|---------------------------|----------------------------|------|
| 1 | 西藏拉萨市堆龙德庆区卓玛矿泉水 | 矿泉水 | 大型 |
| 2 | 西藏昌都县德勒圣泉矿泉水 | 矿泉水 | 小型 |
| 3 | 西藏玉龙铜业股份有限公司玉龙铜矿 | 铜 | 大型 |
| 4 | 西藏巨龙铜业有限公司驱龙铜多金属矿 | 铜 | 大型 |
| 5 | 西藏谢通门县纳如松多铅锌矿 | 铅 | 中型 |
| 6 | 西藏拉萨市墨竹工卡县帮浦矿区东段铅锌矿 | 铅 | 中型 |
| 7 | 西藏曲松县罗布莎-香卡山-康金拉铬铁矿 | 铬铁矿 | 中型 |
| 8 | 西藏拉萨市当雄县曲玛多矿泉水 | 矿泉水 | 大型 |
| 9 | 西藏定日县克玛乡新木德村珠峰冰川矿泉水 | 矿泉水 | 大型 |
| 10 | 西藏拉萨市圣地饮用天然矿泉水 | 矿泉水 | 中型 |
| 11 | 西藏日喀则岗巴喜马拉雅曲登尼玛 | 矿泉水 | 小型 |
| 12 | 西藏当雄县羊八井地热田 | 地热 | 小型 |
| 13 | 西藏自治区拉萨市尼木县厅宫铜矿 | 铜 | 大型 |
| 14 | 西藏林芝工布江达县日乌多铅锌矿 | 铅 | 小型 |
| 15 | 西藏那曲地区嘉黎县蒙亚啊铅锌矿 | 铅 | 中型 |
| 16 | 西藏那曲地区嘉黎县龙玛拉铅锌矿 | 铅 | 小型 |
| 17 | 西藏山南隆子县扎西康铅锌多金属矿 | 铅 | 中型 |
| 18 | 拉萨市堆龙德庆区乃琼镇加木村大理岩矿 | 大理岩 | 小型 |
| 19 | 西藏林芝市比日神山饮用天然矿泉水 | 矿泉水 | 中型 |
| 20 | 西藏日喀则仲巴县扎布耶盐湖矿床 | 钾盐(固体) 硼矿(固体) 硼矿(液体) | 大型 |
| 21 | 西藏拉萨墨竹工卡县知不拉铜多金属矿 | 铜 | 大型 |
| 22 | 西藏阿里冈仁波齐优质天然矿泉水 | 矿泉水 | 小型 |
| 23 | 西藏华泰龙矿业开发有限公司墨竹工卡县甲玛铜多金属矿 | 铜 | 大型 |
| 24 | 西藏加查县邦布矿区岩金矿 | 岩金 | 中型 |
| 25 | 西藏山南曲松县罗布莎铬铁矿 | 铬铁矿 | 小型 |
| 26 | 西藏山南曲松县五井岭饮用天然矿泉水 | 矿泉水 | 中型 |
| 27 | 西藏山南曲松县罗布莎I、II矿群南部铬铁矿 | 铬铁矿 | 大型 |
| 28 | 西藏自治区类乌齐县卡玛多菱镁矿 | 菱镁矿 | 大型 |

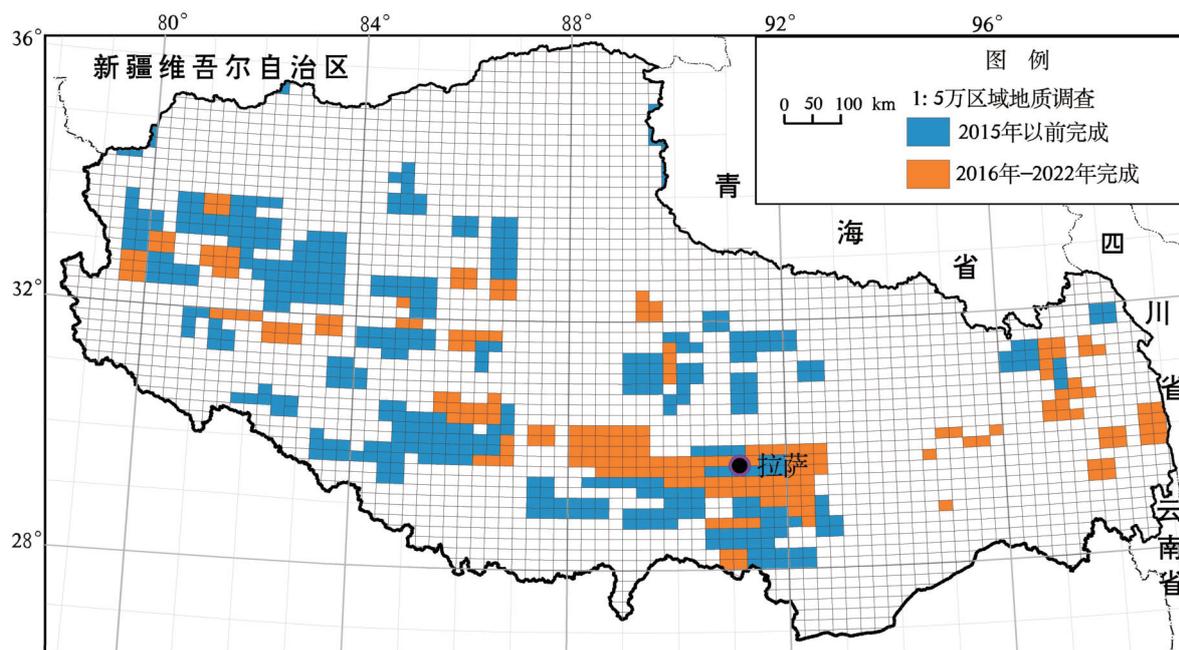
采的需要。以目前的勘查探测仪器为例,其分辨率尚未达到相应水平,一般仪器只能探测到数米至几十米的深度范围,且随着深度增加,探测精度也会下降;物探分析仪器虽然可以达到更大的深度,但其分析结果具有多解性,多数情况并不适用。而目前浅表信息推断深部地质构造理论的方法尚不成熟,对于具体矿床成矿规律等基础理论的研究仍需进一步加强。上述问题严重影响到深部资源的勘查和开发。

3.4 科技创新引领不够

一是科技投入不足,科技成果转化有待加强。随着找矿工作程度的逐步提高,找矿难度也逐渐加大,以往单靠探矿工程投入的找矿模式难以实现突

破。新一轮找矿突破战略行动侧重于科技攻关,急需解决深部找矿、覆盖区找矿、矿产资源综合利用、找矿理论和技术方法应用等关键技术难题。然而,当前西藏大多数地勘单位的科技投入不足,这意味着在技术攻关和创新方面面临一定的瓶颈,难以取得突破性的进展。此外,我区经过70多年的地质勘查,积累了大量的基础地质资料,而我区地质矿产勘查管理信息系统建立滞后,影响了地质成果社会化应用,科研成果无法充分转化为实际的经济效益,造成了科技投入的资源浪费。

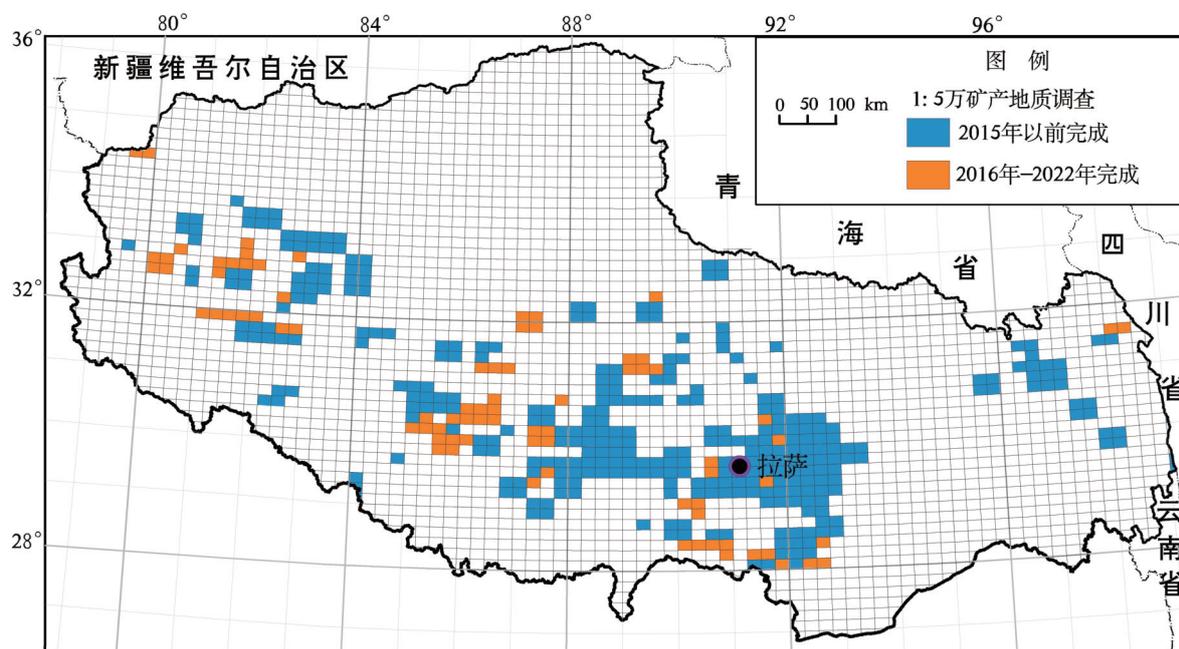
二是上一轮找矿成果综合研究深度不足。现有成果研究深度不够,找矿理论和方法手段缺乏突破,这在一定程度上影响了全区地质找矿工作统筹



底图审图号: GS(2020)4814号

图3 西藏自治区1:5万区域地质调查工作程度图

Fig. 3 Geological survey work degree map of Xizang Autonomous Region at a scale of 1:50 000



底图审图号: GS(2020)4814号

图4 西藏自治区1:5万矿产地质调查工作程度图

Fig. 4 Mineral geological survey work degree map of Xizang Autonomous Region at a scale of 1:50 000

部署和区域找矿工作理论支撑,进而限制了找矿效果的提升。例如,近年来对羌塘盆地中生代晚期构造事件发生时代的认识存在争议,从而影响了盆地油气成藏与保存条件的评价(何登发等,2023;刘中

戎和张佳伟,2017)。又如在羌塘盆地南羌塘拗陷的隆鄂尼—昂达尔错一带,出露了一套分布广、厚度大、含油率较高的含油白云岩带,但大部分覆盖区未见油藏暴露,这些未见油藏暴露地区是否也保

存有油气藏,有待进一步研究(陈明等,2020)。此外,玉龙成矿带过去的研究主要集中在北段,对南段矿床未开展过详细的研究(张晓旭等,2022;史长义,2021),而南段有着多个潜力巨大的矿点,如马牧普、色错、吉措等,由于缺乏进一步的研究资料而影响到下一步的勘查工作部署。再比如,关于喜马拉雅稀有金属成矿作用的研究,自提出淡色花岗岩高度结晶分异成因模式后,与这些花岗岩演化相关的稀有金属成矿问题备受关注(吴福元等,2017,2021;Wu et al., 2020;付建刚等,2022),针对这些问题的研究将会极大地促进区内稀有金属矿产资源的发现与开发,使喜马拉雅有望成为我国稀有金属资源的大型接替基地。

三是找矿“地质+人工智能”应用不足。首先,数据不足是一个显著的问题。尽管地质勘查已经产生了大量数据,但这些数据通常分散在不同的来源和平台上,导致数据的不一致性和难以整合,进而影响了人工智能算法的准确性和可靠性。其次,地质勘查属于一个专业领域,需要丰富的地质知识和经验来解释地质现象并指导勘查工作。换句话说,与人工智能相比,地质勘查更多地依赖于领域专家,这些专家具有敏锐的观察力和丰富的经验,能够从复杂的数据中获取有用信息。因此,目前的人工智能算法无法完全代替这些专家的人工分析和判断能力,地质工作者仍需要进行繁重的脑力和体力劳动。

3.5 地质科技人才缺乏

区地勘局是西藏唯一的国有地勘单位,是地质矿产勘查的主力军,但面临人才总量不足、总体结构不合理,尤其缺乏高素质的领军人才。人才培养难、引进难、留住难的问题十分突出,满足不了发展的需要。首先,西藏地区的找矿工作具有一定的困难和风险。由于地形复杂、缺乏基础设施和交通不便等因素的影响,对于地质科技人员来说开展野外地质调查和矿产勘查工作相对困难,且由于缺乏相应的激励政策,地质科技人员到野外一线去从事这项艰苦工作的积极性不高,这进一步导致了地质科技人才的流失。其次,西藏地区的高海拔、高寒和低氧环境极为恶劣,这使得许多区外人才不愿意前往这个地区从事地质工作。这些严酷的自然条件对于普通人来说是非常具有挑战性的,尤其是对于长期在低海拔地区工作的人,他们可能需要一段时间来适应这种极端环境。第三,为了实现新一

轮找矿突破,需要加强产学研结合,这需要矿产地质、水工环地质、工程测量的专业人才和从事地学科研工作的高科技人才,以及既懂技术又懂管理的复合型人才的共同参与,才能实现技术突破和创新。然而,目前西藏地区缺乏有效的平台来促进各类地质科技人才的培养和集聚。此外,地质科技人才在西藏的职业发展路径不明确,缺乏长期的职业规划和机会,也缺乏与相关企业和机构合作与交流的平台。

4 对策与建议

4.1 加强科技创新的引领作用

一是强化基础研究,解决制约资源能源成矿的关键地质问题。全面总结分析上一轮找矿突破战略行动的成功经验和主要问题,结合各类基础地质调查和重要矿产勘查与开发利用的成果,积极开展重大地质问题科技攻关,大力推进成矿理论自主创新。重点研究藏东三江矿集区、冈底斯-喜马拉雅矿集区、班公湖-怒江矿集区等重要矿集区战略性矿产时空分布、成矿地质条件和资源潜力,深化成矿区带成矿规律与找矿方向研究,开展成矿远景区划研究,为完善和科学推进新一轮找矿突破战略行动提供决策依据。二是围绕战略性矿产找矿中存在的关键技术难题,推进科研与生产深度融合,构建大型央企、高校院所、地质队等多方协作的产学研科技创新平台,在深部找矿、伴生矿、低品位矿等矿产资源综合利用技术上开展联合攻关,破解制约生产的技术瓶颈。三是重视地质大数据在区域成矿规律研究中的运用,研究推广先进适用的地球物理、地球化学、遥感、地质大数据等综合技术方法,促进地质勘查技术数字化、智能化,进一步提高地质找矿质量和效率。四是探索形成一批绿色、适用、高效的勘查技术方法,尽量采用无损勘查技术,如地球物理探测、遥感和GIS技术,以非破坏性的方式获取地下资源信息,并减少对环境的负面影响,将绿色勘查理念贯穿地质找矿工作全过程。五是大力推进地质科技成果转化,进一步梳理各类基金的矿产资源勘查评价成果,并充分发挥市场在资源配置上的关键作用,持续推进矿业权的出让,吸引实力雄厚的企业参与矿产资源的勘查开发工作,全面激发勘查开发市场的活力,加快科技成果转化成为经济效益。

4.2 全面提升基础地质工作

一是以重点成矿区带、重要经济区、重大地质问题区、重大工程建设区、生态脆弱区、重要盆地为重点,开展1:5万区域地质调查和特殊区填图示范,初步查清地层古生物、岩石、构造等地质架构。二是重点在雅鲁藏布江东段地区和改则县日干配错地区,开展1:25万区域重力调查和航空磁法测量,查明区内地质体的重力场特征和磁性特征,为区内壳幔结构、断裂带特征、岩浆岩活动、区域地壳稳定性等研究提供地球物理依据。三是在喜马拉雅地区钨锡铍等稀有金属矿、冈底斯成矿带西段铜多金属矿、三江成矿带藏东—滇西铜多金属矿、班怒成矿带铜金锂等多金属矿等重要成矿远景区开展1:5万矿产远景调查。通过开展矿产地质填图、水系沉积物测量和高精度磁测等工作,查明工作区内重要矿产的成矿条件、控矿因素与分布规律,圈定物化探异常和矿化有利地段,并通过槽探、钻探等手段开展矿产概略检查与重点检查工作,圈定成矿远景区和找矿靶区,提供一批可供进一步工作的找矿靶区和新发现矿产地。四是加强羌塘盆地及周缘油气调查评价。在前期油气资源调查成果的基础上,重点在羌塘盆地金星湖—半岛湖地区、托纳木—吐错地区、鄂斯玛地区、雪莲湖地区、喷呐湖地区、南羌塘日干配错地区、岗巴—定日盆地页岩气等部署油气资源综合调查,完善高原复杂区油气评价方法,查明油气资源潜力,为实现油气勘查突破提供前期保障。

4.3 加强对优势资源的勘查及评价

一是要全力推进西藏自治区新一轮找矿突破战略行动,紧密结合国家经济建设和自治区经济社会发展对资源和环境的需求,以摸清资源家底为出发点,以切实提高资源保障、促进资源和环境协调发展为目标,进一步深化冈底斯—喜马拉雅矿集区的找矿、加强藏东三江矿集区的评价、拓展班公湖—怒江矿集区的部署,主攻铜、铬、盐湖矿产、优质矿泉水,兼顾铅、锌、钼、金、锑等矿产勘查及高温地热、油气、页岩气等能源矿产勘查,为国家重要战略资源储备基地和自治区矿业开发基地建设提供充足资源保障。二是鼓励现有矿山深部及外围勘查工作,鼓励矿山企业加大基础研究,开展攻深找盲、探边摸底工作,开拓新的找矿空间,为矿山可持续发展提供资源保障,进一步夯实矿产勘查开发基地建设。三是要积极争取中央财政对西藏

的持续支持,加强重要矿集区、找矿远景区和重点勘查区的矿产评价,对可能有重大突破并有开发前景的矿区进行勘查。四是要严格落实矿业权最低投入,并积极推进社会资金的商业勘查。

4.4 协调好矿产勘查开发与生态保护政策的关系

2022年8月,自然资源部、生态环境部、国家林业和草原局联合印发了《关于加强生态保护红线管理的通知(试行)》,对战略性矿产矿业权实行差别化管理政策,明确了生态保护红线内自然保护地核心保护区外可进行的矿业开发项目。在核心保护区以外,36种战略性矿种,部分矿种允许勘查、部分矿种允许开采。这个通知既强调了绿水青山,也注重了金山银山,为协调勘查开发与生态保护之间的关系指明了方向。因此,我们应抓住机遇,及早谋划。

首先,矿产勘查开发需要在生态保护的前提下进行。保护生态环境是国家的基本政策,也是社会的共同责任。生态保护红线内的自然保护地核心保护区是对生态环境的重要保护区域,必须坚守不可逾越的红线。因此,在这些核心保护区外进行矿产勘查时,必须确保勘查活动对生态环境的影响能够最小化,且必须符合相关环保法律法规和标准,同时必须统筹考虑生态保护和矿产资源勘查开发的关系,确保二者能够实现有机融合。

其次,绿色勘查和矿山建设是推进矿产勘查开发与生态保护政策协调的有效手段。绿色勘查是指在勘查过程中采用环保技术和方法,注重最小化对环境的损害,并积极开发和应用可再生能源等绿色能源,以减少对非可再生能源的依赖。而绿色矿山建设则是指在矿山的建设和运营管理中,注重环境保护和生态复育,努力实现自然环境与矿产开发的协调和谐。通过提高绿色勘查水平和加强绿色矿山建设,可以最大限度地降低矿产勘查开发对生态环境的损害,实现生态保护和矿产开发的双赢。

最后,协调好政策的关系需要区分地区特点和需求。在对生态环境影响较小的地区,可以考虑在自然保护区等重点生态区域先寻找国家急需的战略性矿产,适时开展矿产资源普查和储备摸底工作。然而,这需要建立科学严谨的评估机制,确保勘查和开发活动不会对当地生态环境造成严重破坏,并及时采取补偿措施和生态修复工作,以保持生态系统的稳定性和完整性。

4.5 完善科技人才管理机制

一是发挥行业领军人才引领作用。狠下功夫,举全区之力,加快培养一批省内权威、国内知名的大专家,在解决重大项目技术难题上有主心骨,在政府重大政策制定上有发言权。同时,促进生产单位与高校、科研机构的合作,利用其优势资源,引进国内外高层次人才进行指导和交流,提高地质科技人才的实践能力和创新能力。二是注重对青年科技人才的培养力度。给予青年人才更多的关心与支持,提供良好的科研环境和平台,鼓励他们勇于创新、积极探索,提升其专业素养和能力水平。同时,建立年轻地质科技人才培养计划,为青年人提供更多的培训、参与重大科研项目的机会,激励他们更深入地投身地质找矿工作。三是优化现有人才队伍建设。通过合理配置科研资源,建立“老、中、青”三结合的找矿突破团队。以项目为依托,发挥项目聚集人才作用,做好传帮带工作,让人才在项目一线中锻炼,持续提高研究水平,加快形成一批高层次人才和科研团队,为新一轮找矿工作储备好人才。同时,面对当前地勘投入的不断提升,适当加大地质找矿人才队伍力量,加强与区外地质单位的交流合作,吸引更多优秀的地质科技人才加入。四是强化地质找矿工作正向激励机制。探索建立基于探明资源储量的找矿成果奖励机制,对在找矿行动中作出重大贡献的单位和个人进行表彰奖励,激励全区地勘队伍积极投身新一轮找矿突破战略行动。此外,加强对地质科技人才的职称评定和待遇激励,营造良好的工作氛围,使其愿意长期从事地质找矿工作,为西藏矿业经济发展贡献更多智慧和力量。

4.6 完善地勘政策和制度体系

新一轮找矿突破战略行动的成功离不开政策的有力支持。首先,需要建立一个符合我国国情、适应矿产资源勘查与开发利用技术特征和基本规律的法律法规体系,这一体系应该能够明确地勘工作的各项职责、权限和要求,规范地勘活动的过程和操作,以提高地勘工作的科学性和效率,为新一轮找矿突破战略行动提供强有力的政策与制度保障。其次,地勘行业是服务经济社会发展的重要的基础性行业,国家及地方政府应增加公益性基础地质调查与勘查项目的配置资金,加大对地质矿产勘查的支持力度,确保其能够顺利进行并获得实效。第三,建议在新一轮找矿突破战略行动中,国家及

相关地方政府适当出台针对性的政策或指导性文件,鼓励各类社会资本投入,推动各方共同参与和支持地质矿产资源勘查事业。通过这些举措,可以更有效推动我国矿产资源的开发与利用,为经济社会可持续发展提供重要支撑和保障。

5 结论

(1)西藏矿产资源丰富,但受特殊地理环境及各方面政策影响,该地区的矿产勘查开发工作面临诸多问题,如基础性地质工作程度低、生态红线政策影响大、深部找矿新技术缺乏、科技创新引领不够、地质科技人才缺乏等。

(2)根据目前西藏矿产资源勘查开发现状存在的问题,可以通过加强科技创新引领作用、提升基础地质工作、加强对优势资源的勘查及评价、协调好矿产勘查开发与生态保护政策的关系、完善科技人才管理机制、完善地勘政策和制度体系等一系列措施来解决。

(3)通过梳理制约新一轮找矿突破战略行动实施的主要问题,提出解决对策,并进行科学规划和布局,不仅可以持续为当地的经济社会发展提供矿产资源保障,还能实现环境生态的可持续发展,推动区域经济的协调发展,提升矿业技术水平,从而更好地为国家经济发展提供可靠的资源保障。

注释

① 李金高,潘凤雏等,2013.西藏自治区矿产资源潜力评价成果报告[R].

② 中华人民共和国自然资源部,2023.中国矿产资源报告(2023)[R].

References

- Chen M, Sun W, Chen H, et al., 2020. Sedimentary characteristics and oil-gas geological significance of the Middle Jurassic Buqu Formation in the Ersma area, Southern Qiangtang Basin, Tibet[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 40(3): 96-101 (in Chinese with English abstract).
- Chen X, Zheng Y Y, Gao S B, et al., 2020. Ages and Petrogenesis of the Late Triassic Andesitic Rocks at the Luerma Porphyry Cu Deposit, Western Gangdese, and Implications for Regional Metallogeny[J]. *Gondwana Research*, 85: 103-123.
- Chen Y C, 1999. Assessment of Mineral Resources Prospects in China's Major Ore-Forming Belts[M]. Beijing: The Press of Seismology (in Chinese).
- Chen Y C, Wang D H, 2001. The research on Himalayan endogenetic

- metallogenesis[M]. Beijing: The Press of Seismology (in Chinese).
- Cheng W B, Gu X X, Tang J X, et al., 2010. Lead isotope characteristics of ore sulfides from typical deposits in the Gangdese-Nyainqentanglha metallogenic belt: Implications for the zonation of ore forming elements.[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26 (11) : 3350 – 3362 (in Chinese with English abstract).
- Fang X, Song Y, Tang J X, et al., 2020. Metallogenic epoch study on the Shangxu gold deposit, Bangong-Nujiang suture zone, Tibet and its geological implications[J]. *Acta Geologica Sinica*, 94 (11) : 3376 – 3390 (in Chinese with English abstract).
- Fan J J, Li C, Wang M, et al., 2018. Reconstructing in space and time the closure of the middle and western segments of the Bangong-Nujiang Tethyan Ocean in the Tibetan Plateau[J]. *International Journal of Earth Sciences*, 107 (1) : 231 – 249.
- Fu J G, Li G M, Dong S L, et al., 2022. Mineral chemistry of garnet and its implication for the magmatic-hydrothermal transition in rare metal leucogranites in the Lalong dome, southern Tibet, China[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 42 (2) : 288 – 299 (in Chinese with English abstract).
- Groves D I, Bierlein F P, 2007. Geodynamic Settings of Mineral Deposit Systems[J]. *Journal of the Geological Society*, 164 (1) : 19 – 30.
- Han C M, Xiao W J, Fang A M, et al., 2021. Metallogenic regularity and metallogenic series of West Kunlun and its adjacent areas.[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 37 (12) : 3615 – 3644 (in Chinese with English abstract).
- He D F, Wang C X, Guan S W, et al., 2023. Stratified detachment deformation: New concept for studies on the tectonics of Qiangtang Basin[J]. *Chinese Journal of Geology*, 58 (1) : 1 – 17 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Cook N J, 2009. Metallogenesis of the Tibetan Collisional Orogen: A review and introduction to the special issue[J]. *Ore Geology Reviews*, 36 (1-3) : 2 – 24.
- Hou Z Q, Yang Z M, Lu Y J, et al., 2015. A genetic linkage between subduction and collision-related porphyry Cu deposits in continental collision zones[J]. *Geology*, 43 (3) : 247 – 250.
- Hou Z Q, Zhang H, 2015. Geographical and metallogeny of the eastern Tethyan metallogenic domain[J]. *Ore Geology Review*, 70: 346 – 384.
- Hou Z Q, Mo X X, Yang Z M, et al., 2006. Metallogenesis in the collisional orogen of the Qinghai-Tibet Plateau: Tectonic setting, tempo-spatial distribution and ore deposit types[J]. *Geology in China*, 36 (4) : 809 – 818 (in Chinese with English abstract).
- Hou Z Q, Zheng Y C, Lu Z W, et al., 2020. Growth, thickening and evolution of the thickened crust of the Tibet Plateau[J]. *Acta Geologica Sinica*, 94 (10) : 797 – 2815. <https://kns.cnki.net/kcms2/detail/11.1167.P.20230717.2046.004.html> (in Chinese with English abstract).
- Jiang Z Z, Liu G L, Zhuoma Q X, et al., 2021. Present Situation and Suggestions of Saline Lake Lithium Resource in Tibet under the Current Situation of Supply and Demand of Lithium Resources in China[J]. *Journal of Salt Lake Research*, 29 (3) : 104 – 110 (in Chinese with English abstract).
- Ju J H, 2022. New opportunities and implementation path of mining development under the background of "double carbon" goal[J]. *China Mining Magazine*, 31 (1) : 1 – 5 (in Chinese with English abstract).
- Kapp P, Murphy M A, Yin A, et al., 2003. Mesozoic and Cenozoic tectonic evolution of the Shiquanhe area of western Tibet[J]. *Tectonics*, 22 (4) : 1 – 24.
- Lang X H, Tang J X, Li Z J, et al., 2014. U-Pb and Re-Os geochronological evidence for the Jurassic porphyry metallogenic event of the Xiongcu District in the Gangdese porphyry copper belt, southern Tibet, PRC[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 608 – 622.
- Leng Q F, Li W C, Dai C L, et al., 2023. Sulfur and lead isotope composition tracing for the ore-forming material source of Nachatang Pb-Zn deposit in Tibet[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 43 (1) : 168 – 179 (in Chinese with English abstract).
- Li G Z, 2019. A review of the development of mining industry in Tibet after the founding of New China[J]. *Journal of Henan Polytechnic University (Social Sciences)*, 20 (2) : 40 – 46 (in Chinese with English abstract).
- Li J K, Liu X F, Wang D H, 2014. The Metallogenetic Regularity of Lithium Deposit in China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88 (12) : 2269 – 2283 (in Chinese with English abstract).
- Li L H, Xie C M, Ren Y S, et al., 2020. Discovery of Late Triassic mineralization in the Gangdese metallogenic belt, Tibet: The Banduo Pb-Zn deposit, Somdo area[J]. *Ore Geology Reviews*, 126: 103754.
- Li Y, Song Y, Tang J X, et al., 2024. Distribution, types and metallogenic regularity of antimony deposits in Tibet[J]. *Geology in China*, 51 (5) : 1570 – 1600 (in Chinese with English abstract).
- Liu H, Huang H X, Zhang L K, et al., 2021. Luerma, a newly discovered Late Triassic porphyry copper-gold ore-spot in the western Gangdese metallogenic belt, Tibet[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 41 (4) : 599 – 611 (in Chinese with English abstract).
- Liu Z R, Zhang J W, 2017. Late Mesozoic tectonic events and hydrocarbon accumulation in the Qiangtang Basin, northern Xizang[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 37 (2) : 23 – 29 (in Chinese with English abstract).
- Lu Y Z, Yang X G, 2016. Geological characteristics and prospecting of gold deposit in Zhakailongba area, south Bayan Har orogenic belt of Qinghai Province[J]. *Gold Science and Technology*, 24 (1) : 28 – 34 (in Chinese with English abstract).
- Luo M, Pan F C, Li J C, et al., 2014. Metallogenic series study of ore deposits in the Tibet Qiangtang-Sanjiang District[J]. *Acta Geologica Sinica*, 88 (12) : 2556 – 2571 (in Chinese with English abstract).
- Lü Z M, Ma X, 2023. Create a "Chinese sample" for the protection of special space areas[J]. *Environmental Protection*, 51 (16) : 10 – 17 (in Chinese with English abstract).
- Ma G Q, 1998. Basic regional geological features of Tibet[J]. *Regional Geology of China*, 17 (1) : 16 – 24 (in Chinese with English abstract).

- abstract).
- Pan G T, Wang L Q, Li R S, et al., 2012. Tectonic evolution of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53: 3 – 14.
- Pan G T, Li Z X, Wang L Q, et al., 2002. Preliminary division of tectonic units of the Qinghai-Tibet Plateau and its adjacent regions[J]. *Geological Bulletin of China*, 21 (11): 701 – 707 (in Chinese with English abstract).
- Pan G T, Wang L Q, Yin F G, et al., 2022. Researches on geological-tectonic evolution of Tibetan Plateau: A review, recent advances, and directions in the future[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 42 (2): 151 – 175 (in Chinese with English abstract).
- Qin K Z, Zhou Q F, Zhao J X, et al., 2021. Be-rich mineralization features of Himalayan leucogranite belt and prospects for lithium-bearing pegmatites in higher altitudes[J]. *Acta Geologica Sinica*, 95 (10): 3146 – 3162 (in Chinese with English abstract).
- Qu X M, Wang R J, Xin H B, et al., 2012. Age and petrogenesis of A-type granites in the middle segment of the Bangonghu-Nujiang suture, Tibetan plateau[J]. *Lithos*, 146-147: 264 – 275.
- Seltman R, Faragher A E, 1994. Collisional orogens and their related metallogeny - a preface[C]. *Metallogeny of Collisional orogens*, 7 – 20.
- Shi C Y, 2021. Research on prospecting prediction for the Yulong Cu metallogenic belt and its peripheral areas based on the model for spatial structures of regional geochemical multi-element anomalies, Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, 95 (11): 3163 – 3177 (in Chinese with English abstract).
- Song Y, Zeng Q G, Liu H Y, et al., 2019. An innovative perspective for the evolution of Bangong-Nujiang Ocean: Also discussing the Paleo-and Neo-Tethys conversion[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 35 (3): 625 – 641 (in Chinese with English abstract).
- Song Y, Tang J X, Qu X M, et al., 2014. Progress in the study of mineralization in the Bangongco-Nujiang metallogenic belt and some new recognition[J]. *Advances in Earth Science*, 29 (7): 795 – 809 (in Chinese with English abstract).
- Stampfli G M, Hochard C, V  rard C, et al., 2013. The formation of Pangea[J]. *Tectonophysics*, 593 (Complete): 1 – 19.
- Sun X M, Wei H X, Zhai W, et al., 2010. Ore-forming fluid geochemistry and metallogenic mechanism of Bangbu large-scale orogenic gold deposit in southern Tibet China[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 26 (6): 1672 – 1684 (in Chinese with English abstract).
- Tang J X, Wang Q, 2019. Advantages of copper resources and prospects for their exploitation and utilization in Tibet[J]. *Strategic Study of CAE*, 21 (1): 140 – 147 (in Chinese with English abstract).
- Tao Y, Bi X W, Xin Z L, et al., 2011. Geology, geochemistry and origin of Lanuoma Pb-Zn-Sb deposit in Changdu area, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 30 (4): 599 – 615 (in Chinese with English abstract).
- Tao Y, Zhu F L, Xin Z L, et al., 2010. Research on the mineralization model of the Lanoma antimony-lead-zinc polymetallic deposit in Changdu area of Tibet[J]. *Mineral Deposits (Suppl)*: 283 – 284 (in Chinese with English abstract).
- Wang B D, Wang L Q, Chung S L, et al., 2016. Evolution of the Bangong-Nujiang Tethyan ocean: Insights from the geochronology and geochemistry of mafic rocks within ophiolites[J]. *Lithos*, 245: 18 – 33.
- Wang P, 2018. The status of copper resource exploitation and utilization in Tibet[J]. *China Molybdenum Industry*, 42 (2): 26 – 30 (in Chinese with English abstract).
- Wang R C, Wu F Y, Xie L, et al., 2017. A preliminary study of rare-metal mineralization in the Himalayan leucogranite belts, South Tibet[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 47 (8): 871 – 880 (in Chinese with English abstract).
- Wang X, Liu C H, Fan F Y, et al., 2022. Discussion on coordinative development countermeasure of mineral resources exploitation and environmental protection in Tibet, China[J]. *Nonferrous Metals (Mining Section)*, 74 (6): 37 – 43 (in Chinese with English abstract).
- Wang Z, Huang R X, Wu D T, et al., 2023. The basic characteristics and development potential evaluation of salt lake brine-type lithium deposits[J]. *Geology in China*, 50 (1): 102 – 117 (in Chinese with English abstract).
- Wu F Y, Liu X C, Liu Z C, Wang R C, et al., 2020. Highly fractionated Himalayan leucogranites and associated rare-metal mineralization[J]. *Lithos*, 352-353: 105319.
- Wu F Y, Liu X C, Ji W Q, et al., 2017. Highly fractionated granites: Recognition and research[J]. *Scientia Sinica (Terrae)*, 47 (7): 745 – 765 (in Chinese with English abstract).
- Wu F Y, Wang R C, Liu X C, et al., 2021. New breakthroughs in the studies of Himalayan rare-metal mineralization[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 37 (11): 3261 – 3276 (in Chinese with English abstract).
- Wu Z H, Ji C J, Zhao Z, et al., 2019. Main source rock and oil resource potential of the Bandaohu-Donghu area in the northern Qiangtang Basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 93 (7): 1738 – 1753 (in Chinese with English abstract).
- Xi W J, Xiao K Y, 2016. Geological features and resource potential of the Gangdise-southern Tibet Cu-Ag-Pb-Zn-Mo metallogenic belt[J]. *Acta Geologica Sinica*, 90 (7): 1636 – 1649 (in Chinese with English abstract).
- Xie F W, Tang J X, 2021. The Late Triassic-Jurassic magmatic belt and its implications for the double subduction of the Neo-Tethys Ocean in the southern Lhasa subterranean, Tibet[J]. *Gondwana Research*, 97: 1 – 21.
- Xie F W, Lang X H, Tang J X, et al., 2022. Metallogenic regularity of Gangdese metallogenic belt, Tibet[J]. *Mineral Deposits*, 41 (5): 952 – 974 (in Chinese with English abstract).
- Xu L, Luo S Q, Tang H, et al., 2022. Study on petroleum geological conditions in Dazhuom area of Southern Qiangtang Basin of Tibet[J]. *Geological Survey of China*, 7 (5): 16 – 24 (in Chinese with English abstract).
- Xu Z G, Chen Y C, Wang D H, et al., 2008. The scheme of the classification of the minerogenetic units in China[M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese with English abstract).
- Yao C J, 2018. Research on green mining development model in

- ecologically fragile areas of Tibet[J]. *China Nonferrous Metals* (S1): 432 – 434 (in Chinese with English abstract).
- Yi J Z, Wang X Y, Lin D C, et al., 2023. Suggestions for green development of mining industry in Tibet against the background of a new round of strategic breakthrough in mineral exploration[J]. *China Mining Magazine*, 3 (7): 45 – 49 (in Chinese with English abstract).
- Yin L J, Yi J Z, Lin Y B, et al., 2023. Research on high-quality development of green mine construction in Tibet under the new situation[J]. *Natural Resource Economics of China*, 36 (4): 73 – 81 (in Chinese with English abstract).
- Zhang D W, 2011. Potential of hydrocarbon resources and strategic research in Tibet area[J]. *China Mining Magazine*, 20 (3): 1 – 5 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H R, Hou Z Q, 2023. Metallogenesis within collisional orogen: The deep dynamics and formation of mineral deposits[J]. *Journal of East China University of Technology (Natural Science)*, 46 (6): 525 – 536 (in Chinese with English abstract).
- Zhang P Z, Wang W T, Gan W J, et al., 2022. Present-day deformation and geodynamic processes of the Tibetan Plateau[J]. *Acta Geologica Sinica*, 96 (10): 3297 – 3313 (in Chinese with English abstract).
- Zhang X X, Tang J X, Lin B, et al., 2022. Mineralogical characteristics of the Mamupu copper polymetallic deposit in the southern section of the Yulong copper belt, Tibet[J]. *Acta Geologica Sinica*, 96 (6): 2062 – 2077 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z, Li G M, Zhang L K, et al., 2022. Exploration and research progresses of rare metals in Himalayan belt, Tibet[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 42 (2): 176 – 188 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Y Y, Sun X, Gao S B, et al., 2014. Multiple mineralization events at the Jiru porphyry copper deposit, southern Tibet: Implications for Eocene and Miocene magma sources and resource potential[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 79: 842 – 857.
- Zheng Y Y, Ci Q, Gao S B, et al., 2021a. The Ag-Sn-Cu polymetallic minerogenetic series and prospecting direction in the western Gangdese belt, Tibet[J]. *Earth Science Frontiers*, 28 (3): 379 – 402 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Y Y, Wu S, Ci Q, et al., 2021b. Cu-Mo-Au metallogenesis and minerogenetic series during superimposed orogenesis process in Gangdese[J]. *Earth Science*, 46 (6): 1909 – 1940 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Y Y, Zhao Y X, Wang P, et al., 2004. The mining law of the gold-antimony metallogenic belt in southern Tibet has made significant progress in the research and exploration.[J]. *Earth Science*, 29 (1): 44 – 48 (in Chinese with English abstract).
- Zhou G J, Huan Y Z, Wang L Q, et al., 2023. Identifying ecological priority areas for synergistic conservation across scales in the Asian Water Tower region[J]. *Ecosystem Health and Sustainability*, (9): 36.
- Zhou Y, Gong D X, Zhou X, et al., 2018. Petrogeochemistry and zircon geochronology of the Wolonggang granite porphyry in the western segment of the East Kunlun: Implications for tectonic setting of the Hoh Xil-Songpan-Ganzi Block and regional antimony mineralization timing[J]. *Geological Bulletin of China*, 37 (10): 1853 – 1865 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈明, 孙伟, 陈浩, 等, 2020. 西藏南羌塘鄂斯玛地区中侏罗统布曲组沉积特征及油气地质意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 40 (3): 96 – 101.
- 陈毓川, 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京: 地震出版社.
- 陈毓川, 王登红, 2001. 喜马拉雅期内生矿作用研究[M]. 北京: 地震出版社.
- 程文斌, 顾雪祥, 唐菊兴, 等, 2010. 西藏冈底斯-念青唐古拉成矿带典型矿床硫化物 Pb 同位素特征——对成矿元素组合分带性的指示[J]. *岩石学报*, 26 (11): 3350 – 3362.
- 方向, 宋扬, 唐菊兴, 等, 2020. 西藏班公湖-怒江成矿带商旭金矿成矿时代探讨及其地质意义[J]. *地质学报*, 94 (11): 3376 – 3390.
- 付建刚, 李光明, 董随亮, 等, 2022. 西藏拉隆穹窿淡色花岗岩中石榴子石矿物学研究及对岩浆-热液过程的指示[J]. *沉积与特提斯地质*, 42 (2): 288 – 299.
- 韩春明, 肖文交, 方爱民, 等, 2021. 西昆仑及邻区成矿规律和成矿系列[J]. *岩石学报*, 37 (12): 3615 – 3644.
- 何登发, 王成善, 管树巍, 等, 2023. 分层滑脱: 羌塘盆地构造研究的新概念[J]. *地质科学*, 58 (1): 1 – 17.
- 侯增谦, 莫宣学, 杨志明, 等, 2006. 青藏高原碰撞造山带成矿作用: 构造背景、时空分布和主要类型[J]. *中国地质*, 36 (4): 809 – 818.
- 侯增谦, 郑远川, 卢占武, 等, 2020. 青藏高原巨厚地壳: 生长、加厚与演化[J]. *地质学报*, 94 (10): 797 – 2815.
- 姜贞贞, 刘高令, 卓玛曲西, 等, 2021. 我国锂资源供需现状下西藏盐湖锂产业现状及对策建议[J]. *盐湖研究*, 29 (3): 104 – 110.
- 鞠建华, 2022. “双碳”目标背景下矿业发展新机遇与实现路径[J]. *中国矿业*, 31 (1): 1 – 5.
- 冷秋锋, 李文昌, 戴成龙, 等, 2023. 西藏那茶铅锌矿床 S-Pb 同位素组成及其示踪成矿物质来源[J]. *沉积与特提斯地质*, 43 (1): 168 – 179.
- 李国政, 2019. 新中国成立后西藏矿业发展述论[J]. *河南理工大学学报: 社会科学版*, 20 (2): 40 – 46.
- 李建康, 刘喜方, 王登红, 2014. 中国锂矿成矿规律概要[J]. *地质学报*, 88 (12): 2269 – 2283.
- 李阳, 宋扬, 唐菊兴, 等, 2024. 西藏锑矿分布、类型及其成矿规律研究[J]. *中国地质*, 51 (5): 1570 – 1600.
- 刘洪, 黄瀚禹, 张林奎, 等, 2021. 西藏冈底斯成矿带西段鲁尔玛晚三叠世斑岩型铜(金)矿点的发现及意义[J]. *沉积与特提斯地质*, 41 (4): 599 – 611.
- 刘中戎, 张佳伟, 2017. 西藏羌塘盆地中生代晚期构造事件与油气的关系[J]. *沉积与特提斯地质*, 37 (2): 23 – 29.
- 路耀祖, 杨晓刚, 2016. 青海南巴颜喀拉造山带扎开陇巴地区地质特征及金矿找矿前景[J]. *黄金科学技术*, 24 (1): 28 – 34.

- 罗梅, 潘凤雏, 李巨初, 等, 2014. 西藏羌塘-三江地区金属矿床成矿系列研究[J]. 地质学报, 88(12): 2556-2571.
- 吕忠梅, 马鑫, 2023. 打造特殊空间区域保护的“中国样本”[J]. 环境保护, 51(16): 10-17.
- 马冠卿, 1998. 西藏区域地质基本特征[J]. 中国区域地质, 17(1): 16-24.
- 潘桂棠, 李振兴, 王立全, 等, 2002. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分[J]. 地质通报, 21(11): 701-707.
- 潘桂棠, 王立全, 尹福光, 等, 2022. 青藏高原形成演化研究回顾、进展与展望[J]. 沉积与特提斯地质, 42(2): 151-175.
- 秦克章, 周起凤, 赵俊兴, 等, 2021. 喜马拉雅淡色花岗岩带伟晶岩的富铍成矿特点及向更高处找锂[J]. 地质学报, 95(10): 3146-3162.
- 史长义, 2021. 西藏玉龙Cu成矿带及其外围地区异常结构模式找矿预测研究[J]. 地质学报, 95(11): 3163-3177.
- 宋扬, 曾庆高, 刘海永, 等, 2019. 班公湖-怒江洋形成演化新视角: 兼论西藏中部古-新特提斯转换[J]. 岩石学报, 35(3): 625-641.
- 宋扬, 唐菊兴, 曲晓明, 等, 2014. 西藏班公湖-怒江成矿带研究进展及一些新认识[J]. 地球科学进展, 29(7): 795-809.
- 孙晓明, 韦慧晓, 翟伟, 等, 2010. 南邦布大型造山型金矿成矿流体地球化学和成矿机制[J]. 岩石学报, 26(6): 1672-1684.
- 唐菊兴, 王勤, 2019. 西藏铜矿资源优势及开发利用展望[J]. 中国工程科学, 21(1): 140-147.
- 陶琰, 毕献武, 辛忠雷, 等, 2011. 西藏昌都地区拉诺玛锡铅锌多金属矿床地质地球化学特征及成因分析[J]. 矿床地质, 30(4): 599-615.
- 陶琰, 朱飞霖, 辛忠雷, 等, 2010. 西藏昌都地区拉诺玛锡铅锌多金属矿成矿模式探讨[J]. 矿床地质(增刊): 283-284.
- 王璞, 2018. 西藏铜资源开发利用现状[J]. 中国铝业, 42(2): 26-30.
- 王汝成, 吴福元, 谢磊, 等, 2017. 藏南喜马拉雅淡色花岗岩稀有金属成矿作用初步研究[J]. 中国科学(地球科学), 47(8): 871-880.
- 王修, 刘冲昊, 范凤岩, 等, 2022. 西藏矿业资源开发现状与环境保护协调发展对策探讨[J]. 有色金属(矿山部分), 74(6): 37-43.
- 王卓, 黄冉笑, 吴大天, 等, 2023. 盐湖卤水型锂矿基本特征及其开发利用潜力评价[J]. 中国地质, 50(1): 102-117.
- 吴福元, 刘小驰, 纪伟强, 等, 2017. 高分异花岗岩的识别与研究[J]. 中国科学(地球科学), 47(7): 745-765.
- 吴福元, 王汝成, 刘小驰, 等, 2021. 喜马拉雅稀有金属成矿作用研究的新突破[J]. 岩石学报, 37(11): 3261-3276.
- 吴珍汉, 季长军, 赵珍, 等, 2019. 羌塘盆地半岛湖-东湖地区主力烃源岩及油气资源潜力[J]. 地质学报, 93(7): 1738-1753.
- 席伟杰, 肖克炎, 2016. 冈底斯-藏南Cu-Au-Pb-Zn-Mo成矿带成矿地质特征与资源潜力分析[J]. 地质学报, 90(7): 1636-1649.
- 谢富伟, 郎兴海, 唐菊兴, 等, 2022. 西藏冈底斯成矿带成矿规律[J]. 矿床地质, 41(5): 952-974.
- 徐琳, 罗绍强, 唐华, 等, 2020. 西藏南羌塘盆地达卓玛地区油气地质条件研究[J]. 中国地质调查, 7(5): 16-24.
- 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等, 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社.
- 姚传江, 2018. 西藏生态脆弱区绿色矿业开发模式研究[J]. 中国有色金属(S1): 432-434.
- 易建洲, 王啸祎, 林德才, 等, 2023. 新一轮找矿突破战略行动背景下西藏矿业绿色发展建议[J]. 中国矿业, 3(7): 45-49.
- 尹莉洁, 易建洲, 林毅斌, 等, 2023. 新形势下西藏绿色矿山建设高质量发展研究[J]. 中国国土资源经济, 36(4): 73-81.
- 张大伟, 2011. 西藏地区油气资源潜力与战略选区[J]. 中国矿业, 20(3): 1-5.
- 张洪瑞, 侯增谦, 2023. 大陆碰撞成矿作用: 深部动力学机制与成矿[J]. 东华理工大学学报: 自然科学版, 46(6): 525-536.
- 张培震, 王伟涛, 甘卫军, 等, 2022. 青藏高原的现今构造变形与地球动力过程[J]. 地质学报, 96(10): 3297-3313.
- 张晓旭, 唐菊兴, 林彬, 等, 2022. 西藏玉龙铜矿带南段马牧普铜多金属矿床矿物学特征[J]. 地质学报, 96(6): 2062-2077.
- 张志, 李光明, 张林奎, 2022. 西藏喜马拉雅带稀有金属矿勘查与研究进展[J]. 沉积与特提斯地质, 42(2): 176-188.
- 郑有业, 次琼, 高顺宝, 等, 2021a. 西藏冈底斯西段银锡铜多金属成矿系列与找矿方向[J]. 地学前缘, 28(3): 379-402.
- 郑有业, 吴松, 次琼, 等, 2021b. 冈底斯复合造山带铜钨金多金属成矿作用与成矿系列[J]. 地球科学, 46(6): 1909-1940.
- 郑有业, 赵永鑫, 王苹, 等, 2004. 藏南金锦成矿带成矿规律研究及找矿取得重大进展[J]. 地球科学, 29(1): 44-48.
- 周玉, 龚大兴, 周雄, 等, 2018. 东昆仑西段卧龙岗花岗斑岩岩石地球化学特征和锆石U-Pb年龄——对可可西里-松潘-甘孜地块构造环境及区域锡成矿时代的限定[J]. 地质通报, 37(10): 1853-1865.