



中国钼资源开发利用现状及未来需求预测

王修, 刘冲昊, 王安建, 刘婧, 贾祥英

(中国地质科学院矿产资源研究所, 中国地质科学院全球矿产资源
战略研究中心, 北京 100037)

摘要: 这是一篇矿业工程领域的论文。本文分析了我国钼资源开发利用现状并对未来需求进行了预测。钼是我国战略性矿产资源, 在钢铁领域用途广泛, 且在战略新兴产业及高新科技领域发展前景广阔。本文从我国钼资源储量、产量、消费量、进出口贸易、二次回收等方面对我国钼资源开发利用现状进行了分析, 并采用部门预测法对我国钼资源未来需求进行了预测。得出结论: 我国钼资源储量丰富, 但资源优势在逐步减弱; 我国钼资源消费结构有待优化, 进出口贸易较为集中, 二次回收相对落后; 通过部门预测法预测我国 2025 年、2030 年、2035 年钼资源需求量分别为 9.9 万、8.3 万、6.9 万 t。为此, 提出建立钼资源储备制度, 保障资源有序开发; 加大科技攻关投入, 拓宽钼产品国际市场; 做好全球钼资源布局, 保障我国未来所需的对策建议, 为我国钼资源产业可持续发展提供参考借鉴。

关键词: 矿业工程; 钼资源; 形势分析; 需求预测; 中国

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.04.010

中图分类号: TD982;F407.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 04-0069-07

引用格式: 王修, 刘冲昊, 王安建, 等. 中国钼资源开发利用现状及未来需求预测[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(4): 69-75.

WANG Xiu, LIU Chonghao, WANG Anjian, et al. Development and utilization status and the future demand forecast of molybdenum resources in china[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(4): 69-75.

钼是一种银白色金属, 硬而坚韧, 熔点、热传导率高, 常温下不与空气发生氧化反应。钼在其产业链中主要应用在钢铁行业, 以及石油、化工、电气和电子技术、医药和农业等领域^[1-2]。目前, 钼作为钢和铸铁合金元素几乎没有替代品。另外, 钼在核能、光伏、航空航天、传感器、军工材料等新兴领域和高科技行业具有广阔的发展前景, 享有“代表未来金属”的美誉^[3-4]。2016 年, 经国务院批复, 国土资源部(现自然资源部)发布的《全国矿产资源规划(2016-2020 年)》将钼

列入我国战略性矿产资源目录^[5]。

随着我国经济社会的快速发展, 国内钢铁行业产量持续上升, 带动着钼资源需求的也在持续增长, 从而促进了上游钼资源勘探开发与冶炼加工各环节大量的资金与设备投入, 但在其开发与利用过程中依然存在着资源浪费及环境污染等问题。本文分析了我国钼资源开发利用现状及开发利用过程中存在的问题, 并对未来需求进行定量预测, 提出对策建议, 对我国钼资源可持续发展及国民经济建设具有重要意义。

收稿日期: 2023-09-25

基金项目: 国家自然科学基金基础科学中心项目“数字经济时代的资源环境管理理论与应用”(72088101); 国家自然科学基金重大项目“新时代战略性关键矿产资源安全与管理”(71991480)及其课题 5“新时代中国战略性关键矿产资源全球治理体系研究”(71991485)

作者简介: 王修(1990-), 男, 博士, 主要从事矿产资源战略研究。

通信作者: 刘冲昊(1989-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事矿产资源战略研究。

1 研究思路与数据来源

1.1 研究思路

目前,国内学者对我国钼资源的研究主要在成矿作用^[6-7]、地质勘查^[8-9]、选矿冶炼^[10-11]等方面。另有部分学者对我国钼资源产业现状进行了分析并提出了若干对策建议^[12-13]。此外还有部分学者对我国钼资源未来需求进行了预测^[14-15]。但因分析所选的钼资源相关数据时间较早,前人所提部分对策建议及需求预测的基准数据存在一定的滞后性。本文选取近十年钼资源相关数据,对我国钼资源禀赋概况和产量、消费量、进出口贸易、二次回收等开发利用现状方面进行了系统分析,并基于历史数据,采用部门预测法对我国钼资源未来需求进行了预测。发现我国钼资源开发利用中存在的问题,并针对性提出对策建议,为我国钼资源合理开发与可持续发展提供参考借鉴。

1.2 数据来源

2022 年全球主要钼资源国钼资源储量数据和

2013—2022 年全球主要产钼国钼资源产量数据均来源于美国地质调查局;2015 与 2020 年全球钼消费结构数据来源于国际钼业协会,2014 年与 2020 年中国钼消费结构数据来源于中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心;1990—2022 年典型国家和地区钼消费量来源于国际钼协和中国有色金属工业年鉴;2022 年我国钼产品进出口贸易数据来源于中国海关;1990—2022 年我国粗钢产量数据来源于国家统计局。所用数据均真实可靠。

2 中国钼资源概况

2.1 钼矿床类型

我国钼矿床类型主要有内生成矿作用形成的斑岩型钼矿床、矽卡岩型钼矿床、热液脉型钼矿床以及由外生成矿作用形成的沉积型钼矿床(表 1)。我国钼矿床矿石多以硫化物矿为主;多伴生铜、钨、锡等金属矿种;矿床品位普遍偏低,多低于 0.1%;大中型矿床较多,适合露天开采^[16]。

表 1 中国钼矿产类型及特征^[17-18]
Table 1 Types and characteristics of molybdenum minerals in China

类型	地质背景	含矿围岩	共伴生矿种	矿产实例
斑岩型	板块构造伸展分离	花岗斑岩小侵入体	铜	陕西金堆成、河南东沟、内蒙古曹四夭
矽卡岩型	花岗岩与碳酸盐岩接触带	花岗岩株侵入体	铜、钨、锡、铋	湖南柿竹园、河南南泥湖、河北小寺沟
热液脉型	地质体裂隙中	石英脉、伟晶岩脉	铜	浙江石坪川、广东白云岗、甘肃小柳树沟
沉积型	海相、陆相沉积作用	砂岩、黑色页岩	铜、铀、钒、镍	湖南大沱

2.2 钼资源储量

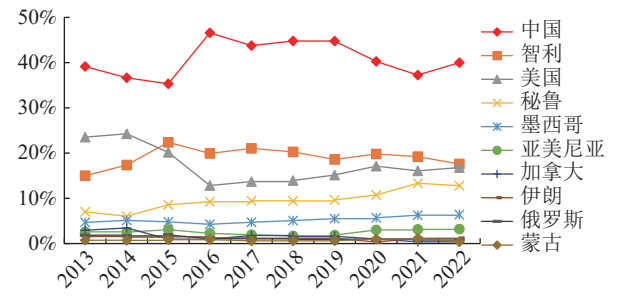
我国钼资源总量丰富,2022 年全球钼资源总储量为 1200 万 t,中国钼资源储量为 370 万 t,世界第一占全球总储量 30.8%。美国 270 万 t 位列第二,占全球总储量的 22.5%。秘鲁 240 万 t 位列第三,占全球总储量的 20.0%。其后依次为智利、俄罗斯、土耳其等国,排名前 6 国家,资源储量总和占全球总量的 91.6%。从储量看,钼资源分布极不均衡,我国钼资源储量占全球总储量近三分之一,具有绝对的资源储量优势。

3 中国钼资源开发利用现状

3.1 钼资源产量

由于我国钼资源储量丰富,加之我国钢铁产量逐年增加,拉动着钼资源产量也逐年增长。据美国地质调查局统计(USGS)数据显示(图 1),

2013—2022 年中国钼资源产量持续保持全球第一,智利、美国、秘鲁和墨西哥也是全球主要的钼资源生产国家。我国占比远高于其他钼资源生产国,且在 2016 年占比大幅增长后高位持稳,仅在 2020—2021 年因新冠疫情影响出现小幅下降。除智利和秘鲁产量占比分别在 2015 年和 2014 年



数据来源: USGS-Mineral Commodity Summaries

图 1 2013—2022 年全球钼产量趋势

Fig.1 World's molybdenum production trend in 2013-2022

有小幅增长外，多数国家基本保持稳定或呈下降趋势，其中美国在2014—2016年产量占比持续大幅下降后低位持稳。

3.2 消费结构及消费量

3.2.1 消费结构

据国际钼业协会（IMOA）统计，2015年全球钼消费结构为钢铁工业占85%、化工原料占11%、钼金属制品占4%。2020年，全球81%的钼消费用于钢铁工业，13%用于钼化工原料，6%用于金属制品等行业。可见，全球范围来看，钼在钢铁工业中的比重有所下降，在化工和金属制品领域的比重有所上升。

中国钼消费结构变化与全球有所不同，在钢铁工业领域的消费占比从2014年的79%增长至2020年的83%。化工原料领域钼消费占比从15%降至10%。钼金属制品领域占比维持在6%。另外，2020年较2014年新增了1%其他领域的用途。钢铁工业中钼消费主要以合金钢和不锈钢为主。与发达国家相比，中国当前在超级合金、不锈钢和合金钢中钼的使用量较低，而在工具钢、高速钢、钼金属、铸件和化学品中钼的使用量较高^[19]。

3.2.2 消费量

全球钼消费主要是中国、美国、日本及欧洲国家。据国际钼业协会（IMOA）统计，2022年全球钼消费量为28.6万t，其中，中国12.2万t（占42.7%），欧洲国家5.6万t（占19.6%）、美国2.8万t（占9.8%）、日本2.3万t（占8.0%）。我国是全球最主要的钼资源消费国。

目前，80%的钼主要用于生产含钼的合金钢，而钢消费与国家工业化进程密切相关。美国、日本和欧洲等发达国家已完成了工业化进程，2013—2022年钼消费水平相对稳定，美国在2.8万t左右波动，日本在2.5万t左右波动，欧洲在2018年达到6.5万t峰值后有所下降。由于我国当前尚未完成工业化进程，对钢的需求仍在增长，因此对钼资源的需求也在相应增长。据中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心王安建教授团队研究^[20-21]，随着我国工业化进程的不断深入，对钢的消费量将进入“峰值区”，相应对钼的需求也会趋于稳定。但考虑到钼在新兴科技领域的广阔前景，其消费或将继续增长。

3.3 进出口贸易

我国钼资源进出口贸易主要以钼精矿和钼铁为主，其中钼精矿包括钼矿石及未焙烧精矿

和焙烧钼精矿两种。据中国海关数据统计，2022年我国钼产品进口主要为钼矿石及未焙烧精矿（33 887 t），其次为焙烧钼精矿（7 307 t），钼铁进口量最低（2 721 t）。而出口正好相反，2022年我国钼产品出口以钼铁为主（13 460 t），其次为焙烧钼精矿（11 816 t），钼矿石及未焙烧精矿出口量最低（4 108 t）。表明我国钼资源贸易进口以原矿及低端初加工产品为主，而出口以具有较高附加值的产品为主。

从进出口国别来看，钼矿石及未焙烧精矿作为我国钼资源的主要进口产品，其来源国较为均衡，其中以智利（26.6%）、秘鲁（25.9%）、亚美尼亚（18.7%）和蒙古国（16.3%）为主，其出口主要流向了泰国（55.1%）和韩国（31.7%）。我国焙烧钼精矿进口主要来自智利（59.1%）和墨西哥（38.2%），其出口主要流向了韩国（79.3%）。钼铁作为我国钼资源的主要出口产品，其出口主要流向了印度尼西亚（70.7%）和韩国（14.9%），同时也从韩国有部分进口。我国钼矿石及未焙烧精矿的进出口贸易国较为多元，而焙烧钼精矿和钼铁的进出口贸易国较为集中。

3.4 二次利用现状

随着全球钼资源的持续消耗，可采的钼资源越来越少。因此，提高钼资源利用率，钼的二次回收利用已逐步成为了钼行业的关注点^[22-23]。目前，钼的二次资源主要有两个来源：一是钼冶金过程中产生的含钼废渣、废液等；二是钼金属制品生产过程中产生的废料和用过的含钼化学制品或者材料^[24-25]。

自上世纪80年代中期至今，发达国家就开始关注钼再生资源特别是含钼的废催化剂的利用价值，如美国在1995年从废催化剂中回收的钼已达3 800 t，占国内总供给量的30%左右。据国际钼协预测，到2030年二次回收钼在钼供应总量的占比将达到35%左右。回收的钼约60%用于制造不锈钢，其余则用于制造合金工具钢，超合金，高速钢，铸钢和化学催化剂等。我国钼回收利用起步较晚，相比欧美发达国家回收率和回收品位都较低。目前，发达国家钼回收率高达90%，回收品位一般大于52%，而我国钼回收率仅为80%~87%，品位在45%~52%。同时，我国钼回收利用面也相对较窄，主要是将含钼废催化剂和含钼废渣及金属制品生产中的下脚料经过化学处理制取钼酸钠或钼酸铵^[26-27]。

4 中国钼资源未来需求预测

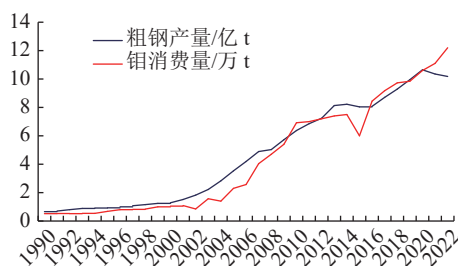
钼属于小金属品种,对美国等已完成工业化国家钼资源消费数据与经济发展数据相关性的研究表明,钼资源消费不符合多数大宗矿产资源的“S”型消费规律^[28-29]。由于全球钼资源消费主要集中在钢铁领域,且我国钼资源超八成用于钢铁部门,因此采用部门预测法可较为科学的预测我国钼资源未来需求。

4.1 钼消费量与粗钢产量的关系

从 1990-2022 年我国粗钢产量和钼消费量可以看出,我国粗钢产量和钼消费量具有较好的相关性,两者同步增长(图 2)。通过对历史数据进行回归分析(图 3)得出钼消费量和粗钢产量的回归方程(公式 1):

$$y = -0.0053x^3 + 0.1293x^2 + 0.2551x + 0.3031 \quad (1)$$

y 为钼消费量(万 t), x 为粗钢产量(亿 t)。



数据来源:中国统计局、国际钼协、中国有色金属工业年鉴

图 2 我国钼消费量和粗钢产量变化趋势

Fig.2 Changing trend of molybdenum consumption and crude steel production in China

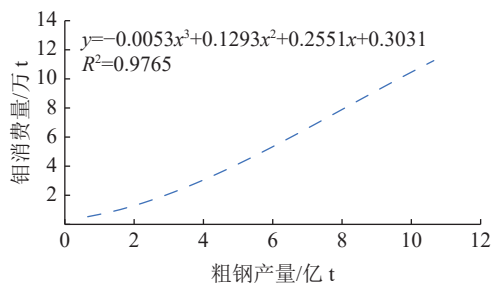


图 3 中国粗钢产量与钼消费量相关关系

Fig.3 Correlation between crude steel production and molybdenum consumption in China

4.2 钼资源未来需求预测

“双碳”目标背景下,严禁新增产能和巩固去产能成果将是我国钢铁行业当前及未来的重点任务之一,产能产量“双控”将呈现出常态化^[30]。同时,随着我国钢材消费主力的房地产市场延续下滑态势,也倒逼了部分钢铁企业主动限产^[31]。因

此,我国粗钢产量自 2020 年以来呈连续下降趋势,从 2020 年的 10.7 亿 t 降至 2022 年的 10.2 亿 t,年降幅为 2.3%。综合当前我国内需不足、外需不稳^[32]的总体形势及钢铁行业自身发展形势,预计未来 15 年内我国粗钢产量将保持下降趋势。按当前年降幅计算,预测 2025、2030、2035 年我国粗钢产量分别为 9.5 亿 t、8.3 亿 t 和 7.2 亿 t。将此预测值代入公式(1),计算出我国钼资源需求量分别为 9.9 万 t、8.3 万 t、6.9 万 t。虽然得出未来短期内我国钼资源需求逐步下降,但随着我国房地产行业回暖、制造业升级将拉升对钢材的需求量以及钼在战略新兴领域的应用,长远来看,我国钼资源需求量将依旧保持强劲。

5 结论与建议

(1) 我国钼资源储量丰富,但资源优势在逐步减弱。

我国钼矿石多以硫化物矿为主,伴生铜、钨、锡等金属矿种,矿床品位普遍偏低,大中型矿床较多,适合露天开采。全球层面来看,我国钼资源储量丰富,但我国钼资源开采量已连续多年占全球开采总量 40% 以上,而作为钼第二大储量国的美国,其开采量占比在 2016 年大幅下降后低位持稳。如此,我国钼资源储量优势将逐步减弱。

(2) 应用领域有待提升,进出口贸易较为集中,二次回收相对落后。

应用领域有待提升。由于我国工业化历程晚于西方发达国家,同时我国钼产业基础较差,因此目前我国钼资源主要应用于钢铁制造领域,相较于发达国家钼在战略新兴产业及高新科技领域发展,我国仍存在一定差距;进出口贸易较为集中。我国主要钼产品贸易中,除钼矿石及未焙烧精矿的进出口贸易国较为多元外,焙烧钼精矿和钼铁的进出口贸易国均较为集中。其中焙烧钼精矿进口主要来自智利和墨西哥,主要出口给韩国,钼铁主要出口给印度尼西亚和韩国。在国际政治较为动荡的当下,我国钼产品贸易受政治因素影响的风险较大;二次回收相对落后。由于我国钼回收利用起步较晚,与发达国家相比在钼的回收率和二次利用领域均存在不小的差距,这也在一定程度上造成了我国钼资源的浪费。

(3) 通过部门预测法预测得出我国 2025 年、2030 年、2035 年钼资源需求量分别为 9.9 万、8.3 万、6.9 万 t。未来短期内我国钼资源需求下

降,但随着我国宏观调控和产业升级以及新兴产业的发展,我国钼资源长远需求将依旧保持强劲。

根据我国钼资源现状以及未来的需求预测,为使我国钼资源可持续发展,建议如下:

(1) 建立钼资源储备制度,保障资源有序开发。

在国家新一轮找矿突破战略行动的促进下,我国钼资源储量或将迎来增长,但为了防止资源过度开采,建议暂停或暂缓新发现钼矿的采矿证审批,实行钼资源储备制度,研究储备规模^[33],保障我国钼资源有序开发。

(2) 加大科技攻关投入,拓宽钼产品国际市场。

给予相关科研机构和企业单位科技攻关与自主创新的资金和政策扶持,强化我国高附加值钼产品的研发力度,同时重视并提升钼资源二次回收利用率及应用领域的突破,以此提升我国钼行业国际竞争力。另外,积极拓宽我国钼产品进出口贸易伙伴,多元化的贸易格局有利于降低我国钼产品贸易风险。

(3) 做好资源全球布局,保障我国未来所需。

虽然短期内我国钼资源需求下降,但长远需求将依旧强劲的情况下,首先确保国内钼资源储量充足,其次积极做好全球布局,重点关注南美洲,同时兼顾俄罗斯和西亚国家钼矿资源。鼓励中企并购或参股境外相关矿产,提高我国在国际钼资源市场的占有率和控制力。

参考文献:

- [1] 张汉鑫,李慧,梁精龙,等.稀有金属钼资源回收现状及进展[J].*矿产综合利用*,2020(1):47-49.
ZHANG H X, LI H, LIANG J L, et al. Current status and progress of rare metal molybdenum resource recovery[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(1):47-49.
- [2] 李莹,龚丽,梁泽跃.云南某斑岩型铜钼矿混合浮选捕收剂实验及工业应用[J].*矿产综合利用*,2021(2):23-26.
LI Y, GONG L, LIANG Z Y. Experiment and application research on mixed flotation collector of copper-molybdenum porphyry mine in Yunnan[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(2):23-26.
- [3] 张亮,杨卉芃,冯安生,等.全球钼矿资源现状及市场分析[J].*矿产综合利用*,2019(3):11-16.
ZHANG L, YANG H P, FENG A S, et al. Study on general situation and analysis of supply and demand of global molybdenum resource[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2019(3):11-16.
- [4] 冯瑞.钼矿资源现状及市场分析[J].*世界有色金属*,2021(15):71-72.
FENG R. Present situation and market analysis of molybdenum resources[J]. *World Nonferrous Metals*, 2021(15):71-72.
- [5] 国务院关于全国矿产资源规划(2016-2020年)的批复[J].*中华人民共和国国务院公报*,2016(33):39-40.
Reply of The State Council on the National Mineral Resources Plan (2016-2020)[J]. *Gazette of the State Council of the People's Republic of China*, 2016(33):39-40.
- [6] 张焱,刘畅,彭义伟,等.东秦岭黄龙铺矿田桃园Mo矿床成因研究:来自矿物学及辉钼矿Re-Os同位素的约束[J].*矿物岩石*,2023,43(1):73-84.
ZHANG Y, LIU C, PENG Y W, et al. Genesis of Taoyuan Mo deposit in Huanglongpu ore field, east Qinling mountains: constraints from mineralogy and molybdenite Re-Os isotope[J]. *Mineralogy and Petrology*, 2023, 43(1):73-84.
- [7] 黄传计,赵伟,程远,等.河南信阳天目山钼矿成矿地质特征及预测[J].*中国钼业*,2022,46(3):1-8.
HUANG C J, ZHAO W, CHENG Y, et al. Metallogenic geological characteristics and metallogenic prediction of Tianmushan molybdenum deposit in Xinyang, Henan province[J]. *China Molybdenum Industry*, 2022, 46(3):1-8.
- [8] 张传东,靳贝贝,王秋平,等.河南省嵩县雷门沟钼矿物探方法综合应用与研究[J].*中国钼业*,2022,46(3):15-19.
ZHANG C D, JING B B, WANG Q P, et al. Comprehensive application and research of molybdenum mineral exploration methods in Leimengou, Songxian county, Henan province[J]. *China Molybdenum Industry*, 2022, 46(3):15-19.
- [9] 张莎莎,陶龙,郭冬,等.安徽省宣城市麻姑山铜钼矿地质-地球物理找矿模型[J].*能源技术与管理*,2021,46(6):158-161.
ZHANG S S, TAO L, GUO D, et al. Geological-geophysical prospecting model of Cu-Mo deposit in Magushan area in Xuancheng city, Anhui province[J]. *Energy Technology and Management*, 2021, 46(6):158-161.
- [10] 米文杰,王闻单,张瑞洋,等.青海某低品位钼矿浮选工艺[J].*矿产综合利用*,2022(5):174-179.
MI W J, WANG W D, ZHANG R Y, et al. Research on flotation process of a low grade molybdenum ore in Qinghai province[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2022(5):174-179.
- [11] 张兴旺,孙志勇.某低品位铜钼矿工艺矿物学及选矿工艺研究[J].*矿产综合利用*,2023(1):191-196.
ZHANG X W, SUN Z Y. Study on process mineralogy and mineral processing technology of a low grade copper-molybdenum ore[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2023(1):191-196.
- [12] 董延涛.我国钼矿开发利用及产业可持续发展研究[J].*现代矿业*,2016,32(7):5-7+53.
DONG Y T. Research on the exploitation and utilization and sustainable development of molybdenum industry in China[J]. *Modern Mining*, 2016, 32(7):5-7+53.
- [13] 吴为民.钼行业发展现状及问题浅谈[J].*铜业工程*,2017(2):10-12+15.
WU W M. Present development condition and problems of molybdenum industry[J]. *Copper Engineering*, 2017(2):10-12+15.
- [14] 张照志,王贤伟,张剑锋,等.中国钼矿资源供需预测[J].*地球学报*,2017,38(1):69-76.

- ZHANG Z Z, WANG X W, ZHANG J F, et al. The prediction of molybdenum mineral demand and supply in China[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2017, 38(1):69-76.
- [15] 周园园, 王京, 唐萍芝. 钼消费规律分析及未来 10 年中国需求预测[J]. *资源与产业*, 2018, 20(6):24-29.
- ZHOU Y Y, WANG J, TANG P Z. Consumption regularity of molybdenum and its demand forecast of China in next decade[J]. *Resources & Industries*, 2018, 20(6):24-29.
- [16] 朱欣然. 国内外钼资源供需形势分析[J]. *矿产保护与利用*, 2020, 40(1):172-178.
- ZHU X R. Analysis of supply and demand situation of molybdenum resources at home and abroad[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2020, 40(1):172-178.
- [17] 周建川, 周刊. 我国钼矿床的成因类型及其地质特征[J]. *中国钼业*, 2017, 41(5):18-22.
- ZHOU J C, ZHOU K. Enetic types and geological characteristics of molybdenum deposits in China[J]. *China Molybdenum Industry*, 2017, 41(5):18-22.
- [18] 陈伟军, 洪万华, 覃峰, 等. 中国钼金属矿床特征及资源潜力分析[J]. *山东国土资源*, 2015, 31(6):1-5.
- CHEN W J, HONG W H, QIN F, et al. Study on characteristics and resource potentiality of molybdenum deposit in China[J]. *Shandong Land and Resources*, 2015, 31(6):1-5.
- [19] 冯丹丹. 全球钼资源供需形势分析与展望[J]. *国土资源情报*, 2020(10):39-44.
- FENG D D. Analysis and prospect of supply and demand situation of global molybdenum resources[J]. *Natural Resources Information*, 2020(10):39-44.
- [20] 王安建, 高蕊蕊. 中国能源与重要矿产资源需求展望[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 35(3):338-344.
- WANG A J, GAO X R. China's energy and important mineral resources demand perspective[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(3):338-344.
- [21] 王安建, 王高尚, 周凤英. 能源和矿产资源消费增长的极限与周期[J]. *地球学报*, 2017, 38(1):3-10.
- WANG A J, WANG G S, ZHOU F Y. The limits and cycles of the growth of energy and mineral resources consumption[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2017, 38(1):3-10.
- [22] 刘万峰, 王立刚, 高希宇, 等. 内蒙古某大型铜钼矿新型捕收剂试验研究[J]. *中国矿业*, 2022, 31(S1):435-438+464.
- LIU W F, WANG L G, GAO X Y, et al. Experimental study on a new collector for a large copper molybdenum mine in Inner Mongolia[J]. *China Mining Magazine*, 2022, 31(S1):435-438+464.
- [23] 李峰, 崔孝炜, 刘璇, 等. 钼尾矿在建筑材料中的二次利用研究进展[J]. *矿产综合利用*, 2021(3):132-139.
- LI F, CUI X W, LIU X, et al. Research progress in secondary utilization of molybdenum tailings in building materials[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(3):132-139.
- [24] 宋晓波. 钼资源回收工艺现状及展望[J]. *中外企业家*, 2015(20):264.
- SONG X B. Current situation and prospect of molybdenum resource recovery technology[J]. *Chinese & Foreign Entrepreneurs*, 2015(20):264.
- [25] 杨艳, 樊建军. 一种钼酸盐生产工艺中钼的二次回收方法与流程[P]. 中国: 21085515, 2020-6-12.
- YANG Y, FAN J J. The invention relates to a method and flow of secondary recovery of molybdenum in the production process of molybdate[P]. China, 21085515, 2020-6-12.
- [26] 长江有色金属网. 钼回收利用和再生钼产业发展现状[EB/OL]. https://www.ccmn.cn/yszs/213935#google_vignette. Yangtze River Nonferrous Metals Network. Molybdenum recycling and recycled molybdenum industry development status [EB/OL]. https://www.ccmn.cn/yszs/213935#google_vignette.
- [27] 王国彬, 蓝卓越, 赵清平, 等. 钼尾矿中有价金属的综合回收研究现状[J]. *矿产综合利用*, 2021(3):140-148.
- WANG G B, LAN Z Y, ZHAO Q P, et al. Review of comprehensive recovery of valuable metals from molybdenum[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(3):140-148.
- [28] 王安建, 代涛, 刘固望. GDP 增速的“S”形演变轨迹: 增速放缓背景下中国矿产资源需求趋势[J]. *地球学报*, 2016, 37(5):563-568.
- WANG A J, DAI T, LIU G W. "S"-curve model of GDP growth rates: China's demand trend for mineral resources in the background of slowdown GDP growth rates[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2016, 37(5):563-568.
- [29] 刘固望, 王安建. 工业部门的终端能源消费“S”形模型研究[J]. *地球学报*, 2017, 38(1):30-36.
- LIU G W, WANG A J. S-curve model of end-use energy consumption in industrial sector[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2017, 38(1):30-36.
- [30] 新华网 2022 年粗钢产量料继续下降 钢价中枢有望企稳上行[EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1719264465737760100&wfr=spider&for=pc>.
- Xinhua Net. 2022 crude steel production is expected to continue to decline in the steel price pivot is expected to stabilize upward [EB/OL]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1719264465737760100&wfr=spider&for=pc>.
- [31] 搜狐网. 下半年机械、家电“钢需”偏强, 房地产“钢需”偏弱[EB/OL]. https://www.sohu.com/a/707848950_121118710. Sohu. com. Machinery, home appliances "steel demand" in the second half of the year is strong, real estate "steel demand" is weak [EB/OL]. https://www.sohu.com/a/707848950_121118710.
- [32] 网易. 政治局会议十大看点: 事情正在起变化[EB/OL]. https://m.163.com/dy/article_cambrian/1AEHE71P0511UT60.html.
- NetEase. Ten points to watch at the Politburo meeting: things are changing [EB/OL]. https://m.163.com/dy/article_cambrian/1AEHE71P0511UT60.html.
- [33] 卢才武, 赵海, 江松. 基于系统动力学的钼资源战略储备规模研究[J]. *矿业研究与开发*, 2018, 38(7):117-122.
- LU C W, ZHAO H, JIANG S. Research on the strategic reserve scale of molybdenum resources of China based on system dynamics[J]. *Mining research and development*, 2018, 38(7):117-122.

Development and Utilization Status and the Future Demand Forecast of Molybdenum Resources in China

WANG Xiu, LIU Chonghao, WANG Anjian, LIU Jing, JIA Xiangying

(Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, Beijing 100037, China)

Abstract: This is an article in the field of mining engineering. This article analyzes the present situation of molybdenum resource exploitation and utilization in China, and predicts the future demand for molybdenum resource in China. Molybdenum is a strategic mineral resource in China, widely used in the field of the steel, and in the strategic emerging industries and high-tech fields of broad prospects for development. The present situation of molybdenum resource exploitation and utilization in China is analyzed from the aspects of molybdenum resource reserves, production, consumption, import and export trade, secondary recovery, etc., and the future demand of molybdenum resource in China is forecasted by department analysis method. The conclusion is that molybdenum resources are abundant in China, but the resource advantage is gradually weakening. The consumption structure of molybdenum resources needs to be optimized in China, the import and export trade is more concentrated, and the secondary recovery is relatively backward. The department forecast method predicts that China's molybdenum resource demand in 2025, 2030 and 2035 will be 99 thousand t, 83 thousand t and 69 thousand t respectively. Therefore, molybdenum resource reserve system is proposed to ensure orderly development of resources. By increasing investment in scientific and technological research, the international market of molybdenum products will be expanded. A good job in the global molybdenum resource layout will be done to ensure the future of China's countermeasures and suggestions, and provide reference for the sustainable development of molybdenum resource industry in China.

Keywords: Mining engineering; Molybdenum resources; Situation analysis; Demand forecasting; China

//////////
(上接第 61 页)

Experimental Study on DMS-flotation Technology of a Spodumene Mine from Xinjiang

WAN Li¹, CUI Bao^{2,3}, SUN Zhijian¹, TIAN Huilan¹, WANG Ligang¹

(1.BGRIMM Technology Group, National Key Laboratory of Science and Technology of Mineral Processing, Beijing 102628, China; 2.Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China; 3.Xinjiang Kunlun Lanzuan Mining Development Co., Ltd., Hetian 848000, Xinjiang, China)

Abstract: This is an article in the field of mineral processing engineering. A pegmatitic lithium polymetallic mine in Xinjiang Province, in which the main target mineral is spodumene, accompanied by a small amount of niobium-tantalite, and the gangue minerals are mainly feldspar, quartz and mica. In this article, the DMS test is carried out for the spodumene ore firstly. The middling of DMS and the fine sample of -0.6 mm are combined as feed for flotation test. After grinding the feed, the systematic flotation tests were carried out. Finally, as to the raw ore containing Li₂O 1.68%, by adopting the combined technology of DMS-Flotation, the dense medium concentrate obtained contains Li₂O 6.5% and 51.58% of recovery, the flotation concentrate obtained contains Li₂O 5.37%, and 31.94% of recovery. The total concentrate contains Li₂O 6.02%, and the recovery is 83.52%. DMS for this spodumene ore can directly produce high-grade concentrate with a recovery of 50%, and discard tailings with a yield of 43%, which can greatly save the cost of crushing grinding.

Keywords: Mineral processing engineering; Spodumene; DMS; Flotation; Combined technology