

中国铜资源产业链供应链安全评价

郑明贵,刘鑫,董娟*,罗俊彪

江西理工大学矿业发展研究中心,江西 赣州 341000



摘要:为识别我国铜资源产业链供应链安全影响因素并测度其安全水平,从3个维度构建中国铜资源综合评价指标体系,对2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全情况进行综合评估,运用指标障碍度模型和耦合协调度模型分析影响产业链供应链安全的因素及其协调发展态势。研究发现:2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全综合指数呈先下降再波动的态势,发展趋势向好但安全形势依旧严峻;资源获取安全是影响铜资源产业链供应链安全的主要因素;3个一级指标的耦合协调度呈波动下降趋势,整体协调度水平低。根据研究结果,建议重点提高资源获取能力,拓宽资源获取渠道;优化资源流通网络;提升资源回收利用与转化能力;弱化障碍因子制约,强化多维融合协调发展。研究结论可为政府保障铜资源产业链供应链安全发展提供参考与启示。

关键词:铜资源;产业链供应链;安全评价;障碍度模型;耦合协调度模型

中图分类号:TD98 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2518(2026)03-0756-12 **DOI:**10.11872/j.issn.1005-2518.2026.03.227

引用格式:郑明贵,刘鑫,董娟,等.中国铜资源产业链供应链安全评价[J].黄金科学技术,2026,34(3):756-767.ZHENG Ming-gui, LIU Xin, DONG Juan, et al. Security Evaluation of the Copper Resource Industry Chain and Supply Chain in China[J]. Gold Science and Technology, 2026, 34(3): 756-767.

铜是我国重要的战略性矿产资源,是国民经济和社会发展的基础原材料,在电气、交通运输和冶金等领域发挥着不可替代的作用。随着新能源产业和高端制造业的迅猛发展,我国对铜资源的需求量呈现更为强劲的增长态势(张楠,2023)。然而,作为铜消费大国,我国铜产业链供应链安全却长期面临结构性问题:上游资源保障能力欠缺,对外依存度逐年攀升;中游冶炼端产能过剩且加工费较低,利润空间收窄(张楠,2024);此外,我国铜加工领域产业结构有待完善,部分行业的需求下滑削弱了铜产品下游市场。党的二十大报告中提出“着力提升产业链供应链韧性与安全水平”,产业链供应链安全是构建新发展格局的重要基础,因此研究

中国铜资源产业链供应链安全,对推动制造强国建设意义重大。产业链概念起源于社会分工理论,指产业部门之间基于技术经济联系与时空布局关系形成的链条式关联形态(黄群慧等,2020),是产业组织、生产过程与价值实现的统一(盛朝迅,2019)。供应链概念起源于“经济链”,是从物流供应角度描述的链条式关联关系和时空分布形态,随全球化扩展为跨国协作网络,当前正通过数字化(陶锋等,2023)和智能化转型(陈剑等,2021)提升效率和可持续性。产业链上下游各环节环环相扣,供应链前后端供给需求关系紧密耦合(盛朝迅,2021)。二者在理论演进中,依托自身独特的流程属性和时空属性逐步呈现融合发展的趋势,进而构成产业链供应

收稿日期:2025-07-22;修订日期:2026-01-26

基金项目:国家社会科学基金项目“中国战略性矿产资源产业链供应链安全稳定战略研究(2025—2060)”(编号:22XGL003)、江西省社会科学基金项目“资源型城市培育新质生产力的逻辑路径与政策支持体系研究”(编号:25YJ35)和江西省高校人文社会科学重点研究基地项目“数字新质生产力驱动矿业产业链供应链韧性提升的机制与路径研究”(编号:JD25028)联合资助

作者简介:郑明贵(1978—),男,安徽颍上人,教授,从事资源经济与管理研究工作。E-mail:mgz268@sina.com

***通信作者:**董娟(1995—),女,山西洪洞人,内聘副教授,从事资源经济与管理研究工作。E-mail: idongjuan@jxust.edu.cn

© Editorial Department of Gold Science and Technology (CC BY-NC-ND)

链这一新型经济组织形态(宋华等,2022)。在产业链供应链安全领域,国内外学者对其进行了深入的研究和探讨。随着经济社会发展及全球化分工的深化,其研究内容主要涵盖产业链供应链安全内涵(徐德义等,2023;石建勋等,2024)、区域竞争与协同(王安建等,2022;王永中等,2023)、解决路径(姜长云,2023;刘伟华等,2025)、韧性评价(Wang et al, 2025; Wu et al, 2025)和韧性提升(Song et al, 2025; Yang et al, 2025)等方面。这些研究均为本文提供了坚实的基础。

作为光伏、风电等新能源技术的核心材料,铜的战略地位日益提升。然而,目前关于铜资源产业链供应链安全的研究相对较少,主要围绕铜产业的现状特征(计启迪等,2021)、供应安全(Kang et al, 2023; Li et al, 2024)和韧性评价(朱永光等,2023)展开。例如;通过分析对中国铜行业现状,预测未来铜产业发展态势(张楠等,2017);分析国内外资源及二次资源对其消费需求的保障程度,制定铜的安全供应战略(孙传尧等,2019);基于长周期历史数据分析预测法评价中国铜矿资源的供应风险(李鹏远等,2019)。在全球经济波动与资源竞争加剧背景下,铜资源产业链供应链韧性逐渐成为焦点,Zhang et al(2025)构建了全球铜贸易依赖网络,研究发现产业链供应链韧性是保障其安全的关键所在。朱永光等(2023)从4个维度构建韧性综合评价指标体系,研究表明中国铜资源产业链供应链韧性呈上升趋势。但铜资源产业链供应链是涵盖上游开采、中游冶炼和下游加工的全链条复杂系统(吴赞龙等,2025),现有研究未能准确评估我国铜资源产业链供应链整体安全水平。

鉴于此,本文从产业链供应链整体视角切入,识别影响因素并构建指标评价体系,测度我国铜资源产业链供应链安全水平,通过计算指标障碍度和耦合协调度对铜资源产业链供应链的障碍因子和协同发展态势展开分析。研究边际贡献在于:第一,系统构建基于“全链视角”的“资源获取—资源流通—资源转化”三维铜资源产业链供应链安全评价指标体系,系统刻画矿产资源安全评价的内容体系;第二,综合考虑铜资源特征与产业链供应链相关因素,制定针对性安全指标分级规则,提高铜资源产业链供应链安全评价的科学性与准确性;第三,引入双

模型对我国铜资源产业链供应链安全情况进行系统性研究,拓展矿产资源产业链供应链安全评价方法体系,为后续资源安全研究提供了参考依据。

1 指标体系构建与权重分配

1.1 安全影响因素识别

铜资源产业链供应链安全评价是一个复杂的系统性研究问题,探究其影响因素时,应建立“全链思维”(徐德义等,2023)。借鉴徐德义等(2023)和郑明贵等(2026)提出的安全评价体系,并结合我国铜资源产业链供应链的时代特征,对影响中国铜资源产业链供应链安全的因素进行识别。最终从资源获取安全、资源流通安全和资源转化安全3个方面出发,多层次多角度研究其对中国铜资源产业链供应链安全的影响。

(1)资源获取安全:是产业链供应链安全的根本前提。资源获取是铜资源产业链供应链中最重要的环节,我国铜资源获取主要通过国内开采、海外进口、获取国外权益铜资源及再生铜回收等方式,铜储量占全球比例较小,且存在贫矿多、富矿少和开采难度大等问题。《中国矿产资源报告2022》显示,我国铜资源静态保障年限不足20年,由联合国商品贸易统计数据库数据可知,近年来,我国铜资源进出口量排名前三的国家占总进口量50%以上,存在潜在风险。因此,以国内保障度和资源利用率作为反映铜资源供给情况的影响因素,以对外依存度和进口集中度作为识别进口依赖程度的影响因素。

(2)资源流通安全:是产业链供应链安全的坚实保障。随着近年来地缘政治风险加剧(李鹏远等,2019)及欧美国家去风险论等多种因素影响,对我国铜资源产业链供应链产生较大冲击。供应端,铜资源生产大国如智利、秘鲁等高举资源民族主义大旗抵制资源外流(成金华等,2023),导致供应受限从而进一步推高铜价,降低资源流通安全水平(Li et al, 2023)。因此,需要重点考虑地缘政治风险和价格波动率等影响因素。

(3)资源转化安全:是产业链供应链稳定运行的关键手段。转化效率与先进技术紧密相连,转化过程是否安全高效,直接影响着铜产品产出能力,进而决定各环节企业生产能否有序开展。我国铜资源

综合利用率有待提高(程萍等,2018),铜产业整体在管理能力与技术创新能力方面有待提升(马茁卉,2017),资源转化能力薄弱进而影响我国铜产业发展。基于此,将应用技术竞争力和产品附加值等因素纳入指标体系,以此衡量中国铜资源转化安全水平。

1.2 安全评价指标体系构建

考虑到铜资源具有高度国际化、产业链条长和下游应用多元的特征,其产业链供应链安全影响因素的选择需突出资源获取的稳定性、流通环节的抗冲击能力以及转化过程的技术自主性。借鉴吴巧生等(2020)和徐德义等(2023)的研究,结合专家调查法,向矿山企业、高校的40名专家发放问卷,共

回收有效问卷36份。以此构建了中国铜资源产业链供应链安全水平评价指标体系,详见表1。

相较于产业链供应链韧性评价聚焦面临外部冲击时关键节点稳定性与风险抵御能力(梁姗姗等,2025),供给安全评价仅聚焦上游初级矿物的获取安全(周之逸等,2024),产业链供应链安全评价更强调涵盖“探—采—选—冶—加工—生产—应用—回收”全产业链环节降低断供概率和维持平衡的基础能力表现,是对传统供给安全问题的延伸和进一步强化韧性的必要前提(徐德义等,2023;陈甲斌等,2025)。本研究构建的指标体系在涵盖基础贸易韧性表现(如地缘政治风险、贸易中心度)和初级

表1 中国铜资源产业链供应链安全评价指标体系

Table 1 Security evaluation indicator system of China's copper resource industry chain and supply chain

一级指标	二级指标	指标含义	计算方法	变量解释
资源获取安全	国内保障度+	以储采比反映资源获取安全度	$I_{11} = \frac{Q_r}{Q_y}$	Q_r : 每年国内铜资源储量 Q_y : 每年国内铜资源产量
	对外依存度-	该国进口量与该国出口量之比	$I_{12} = \frac{Q_i}{Q_i + Q_j - Q_c}$	Q_i : 铜精矿进口量 Q_c : 铜精矿出口量 Q_j : 国内铜精矿产量
	进口集中度-	反映从各个国家进口资源的集中程度	$I_{13} = \frac{Q_{i,q}}{Q_i}$	$Q_{i,q}$: 中国从第 <i>i</i> 个进口国进口的资源 <i>q</i> 的数量(取进口量前三的国家)
	回收利用度+	回收再利用资源占总消耗之比	$I_{14} = \frac{Q_{re}}{Q_{cons}}$	Q_{re} : 再生铜产量 Q_{cons} : 铜消费量
资源流通安全	地缘政治风险-	反映主要进口国风险引起的资源流通扰动	$I_{21} = \sum S_i^2 \times WGI_i$	S_i : 中国从不同国家进口的份额 WGI_i : 不同国家风险指数
	价格波动率-	反映供应分配和生产的稳定性	$I_{22} = \left \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right $	P_t : 资源第 <i>t</i> 年价格 P_{t-1} : 资源第 <i>t</i> -1年价格
	贸易中心度+	反映中国在铜贸易网络的点度中心度排名	$I_{23} = \frac{\sum_{j=1, i \neq j}^N Q_{ij}}{N-1}$	N : 网络中的节点总数 Q_{ij} : 网络中其他节点与节点 <i>i</i> 相邻的数量
	贸易自由度+	衡量中国对外铜贸易的开放程度	$I_{24} = \frac{N-1}{\sum_{j=1, i \neq j}^N D_{ij}}$	D_{ij} : 节点 <i>i</i> 与节点 <i>j</i> 之间的距离量
资源转化安全	资源消耗系数-	反映铜产业资源利用效率	$I_{31} = \frac{Q_c}{M}$	Q_c : 国内消费总量 M : GDP
	产品附加值率+	上中下游进出口差额占进出口总额的比重,反映提升进口产品价值的能力	$I_{32} = \frac{(IM_u - EX_u) + (IM_z - EX_z) + (IM_d - EX_d)}{(IM_u + EX_u) + (IM_z + EX_z) + (IM_d + EX_d)}$	IM_u/EX_u : 产业链上游产品的进/出口额 IM_z/EX_z : 产业链中游产品的进/出口额 IM_d/EX_d : 产业链下游产品的进/出口额
	应用技术竞争力+	反映资源核心技术竞争力的安全水平	$I_{33} = \frac{P_h}{P}$	P_h : 重点产业与战略产业授权专利数之和 P : 铜专利申请总数
	铜冶炼综合能耗-	反映资源单位产值的能源消耗水平	$I_{34} = E$	E : 铜冶炼综合能耗

注:二级指标名称后标+为极大型指标,标-为极小型指标

矿物供给安全(如国内保障度、回收利用率)的基础上,重点聚焦于从产业链上游资源获取、流通到中下游生产转化全过程的供给安全表现。尤其是反映转化安全的4个指标,从技术、价值和能耗等角度直指产业链后端的深度安全问题,是现有研究当中易忽视的部分。因此,该指标体系是对当前中国铜产业链供应链面临“前端薄弱—中端强势—后端分化”结构性风险下安全情况的重要衡量依据,厘清了产业链供应链上中下游不同环节的相互联系与影响。

1.3 指标权重分配

采用主客观赋权结合的方法对中国铜资源产业链供应链安全评价指标进行数据处理与赋权。主观赋权采用德尔菲法,综合多名专家意见从而得到详细、准确的赋权结果,分别向矿山企业、高等院校和科研机构的45名专家发放调查问卷,共收回有效问卷40份,整理并计算得到各指标的主观权重值。客观赋权首先对数据进行标准化处理,然后采用熵权法获取指标权重。最后将主客观赋权法的结果相结合,得到综合权重,各级指标权重占比见表2。

表2 中国铜资源产业链供应链安全评价指标权重占比
Table 2 Proportion of security evaluation index weight of China's copper resource industry chain and supply chain

一级指标	权重	二级指标	局部权重	综合权重
资源获取安全 I_1	0.45	国内保障度 I_{11}	0.3432	0.1545
		对外依存度 I_{12}	0.3137	0.1412
		进口集中度 I_{13}	0.1828	0.0823
		回收利用率 I_{14}	0.1603	0.0721
资源流通安全 I_2	0.28	地缘政治风险 I_{21}	0.3104	0.0869
		价格波动率 I_{22}	0.2053	0.0575
		贸易中心度 I_{23}	0.2929	0.0820
		贸易自由度 I_{24}	0.1913	0.0536
资源转化安全 I_3	0.27	资源消耗系数 I_{31}	0.2234	0.0603
		产品附加值率 I_{32}	0.0919	0.0248
		应用技术竞争力 I_{33}	0.4732	0.1278
		铜冶炼综合能耗 I_{34}	0.2115	0.0571

2 安全评价模型

2.1 指标分级和评价

为解决各指标数据口径不统一导致结果分析

相差较大的情况,在现有研究(罗婷等,2022;郑明贵等,2022)的基础上,结合指标体系中各指标属性特征对安全水平的影响,构建中国铜资源产业链供应链安全评价指标分级规则,从而保证结果可进行统一分析,具体分级条件见表3。

表3 评价指标分级规则
Table 3 Hierarchy rules for evaluation index

指标	8~10级	6~8级	4~6级	2~4级	0~2级
I_{11}	≥40	[30,40)	[20,30)	[10,20)	<10
I_{12}	<40%	[40%,50%)	[50%,60%)	[60%,70%)	≥70%
I_{13}	<20%	[20%,40%)	[40%,60%)	[60%,80%)	≥80%
I_{14}	>20%	(15%,20%]	(10%,15%]	(5%,10%]	≤5%
I_{21}	<1	[1,2)	[2,3)	[3,4)	≥4
I_{22}	<10%	[10%,20%)	[20%,30%)	[30%,40%)	≥40%
I_{23}	I	II	III	IV	V
I_{24}	I	II	III	IV	V
I_{31}	<0.2	[0.2,0.4)	[0.4,0.6)	[0.6,0.8)	≥0.8
I_{32}	≥80%	[60%,80%)	[40%,60%)	[20%,40%)	<20%
I_{33}	≥10%	(8%,10%]	(6%,8%]	(4%,6%]	<4%
I_{34}	<260	(260,340]	(340,420]	(420,500]	≥500

在安全评价指标分级中,结合“二八法则”对贸易自由度和贸易中心度这2个指标进行划分(何则等,2019;Chen et al,2020),根据中国在各指标中所占排名的百分比进行界定,排名越靠前,安全等级越高,具体的等级划分情况如图1所示。

构建安全评价指标分级规则后,根据指标权重结合各指标数据分级等级,采用加权求和法对综合指数 V 和分指数 CI 进行计算,量化我国铜资源产业链供应链安全水平,具体表达式为

$$V=\sum_{j=1}^n W_j X_j \quad (1)$$

$$CI=\sum_{k=1}^m W_k X_j \quad (2)$$

式中: W_j 为评价指标的综合权重; W_k 为评价指标的局部权重; X_j 为评价指标的分级值; n 为所有评价指标的个数; m 为每个一级指标所包含的二级指标个数。

为了更加清晰准确地反映铜资源产业链供应链安全水平,将安全评价指数进行等级划分,[0,2)为很不安全、[2,4)为不安全、[4,6)为基本安全、[6,8)为安全、[8,10]为很安全。

2.2 指标障碍度模型

在研究铜资源产业链供应链安全时,运用评价

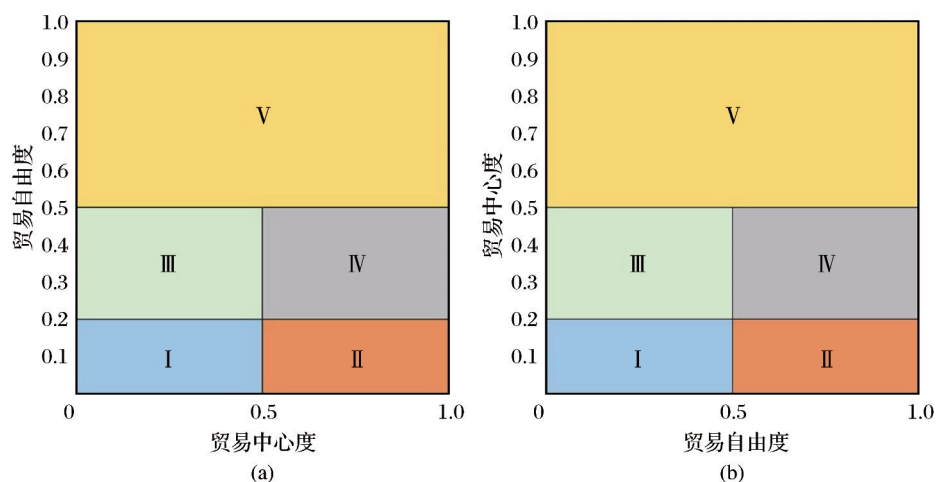


图1 贸易自由度与贸易中心度安全等级划分

Fig. 1 Classification of trade freedom and trade centrality security levels

指标进行测算能够反映整体安全情况,但无法精确到关键障碍因子。探究障碍因子对安全状况的影响,能够更深入地理解我国铜资源产业链供应链安全水平。基于此,构建指标障碍度模型(朱永光等, 2023),具体表达式为

$$H_{ij} = \begin{cases} 1 - V_{ij}, & V_{ij} \leq 1 \\ 0, & V_{ij} > 1 \end{cases} \quad (3)$$

$$Q_{ij} = \frac{W_j H_{ij}}{\sum_{i=1}^m W_j H_{ij}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: V_{ij} 为第 i 年第 j 指标的安全评价得分; H_{ij} 为指标偏离度; Q_{ij} 为第 i 年第 j 指标的障碍度,其值越大,表明对中国铜资源产业链供应链韧性提升的抑制作用越大; W_j 为指标综合权重。

2.3 耦合协调度模型

铜资源产业链供应链涵盖资源获取、加工转化和流通贸易等多个环节,各环节相互依存、相互影响。为制定科学合理的协同发展策略,提升产业链供应链整体安全,基于资源获取、流通和转化三维度安全水平,利用耦合协调度模型测算三者间的耦合协调程度(王淑佳等, 2021),具体表达式为

$$C = 3 \times \frac{\sqrt[3]{V_{n1} \times V_{n2} \times V_{n3}}}{V_{n1} + V_{n2} + V_{n3}} \quad (5)$$

$$D = \sqrt{C \times T}, T = \lambda_1 \times V_{n1} + \lambda_2 \times V_{n2} + \lambda_3 \times V_{n3} \quad (6)$$

式中: C 为耦合度,表征三维度发展关联程度; D 为协调发展度, D 越大则说明协同发展水平越高; T 为三维度综合协调指数; λ_1 、 λ_2 和 λ_3 为待定系数。本文

认为资源获取、流通和转化三维度重要程度与其指标权重相匹配,故令 $\lambda_1 = W_1 = 0.45$, $\lambda_2 = W_2 = 0.28$, $\lambda_3 = W_3 = 0.27$ 。

资源获取、流通和转化三维度耦合协调度等级划分及标准如下: $[0.00, 0.20)$ 为高度失调, $[0.20, 0.40)$ 为轻度失调, $[0.40, 0.60)$ 为低度协调, $[0.60, 0.80)$ 为中度协调 $[0.80, 1.00]$ 为高度协调。

2.4 数据来源

资源储量数据采集自美国地质调查局(USGS),铜相关产品产量来源于《中国有色金属工业年鉴》,进出口量和进出口额来自联合国贸易商品数据库(UN Comtrade)。重点产业与战略产业专利授权数据均来源于中国专利统计数据库。WGI 指数通过世界银行组织(WBG)中各国家分指标治理指数的几何平均数计算得出。铜矿石价格和 GDP 以 2000 年为基期,铜冶炼综合能耗来源于中国有色金属工业协会和前瞻产业研究院,其余数据均来源于国家统计局。研究样本区间: 2001—2023 年,在处理不同年份统计口径变化对指标数据的影响时,本文采取单位转换等必要的调整措施,以确保数据的一致性和可比性。

3 结果与分析

3.1 中国铜资源产业链供应链安全评价

如图 2 和图 3 所示,中国铜资源产业链供应链安全综合指数呈现出先下降后波动的趋势,整体处

于基本安全水平或安全水平。分指数方面,资源获取安全指数先平稳后持续下滑,2010年以后长期处于不安全区间,资源获取安全作为铜资源产业链供应链中最重要的环节,安全形势严峻,面临长期挑战。资源流通安全指数波动较大,在安全区间反复震荡,表明资源流通受外部环境影响显著,恢复能力较强。资源转化安全指数总体呈现上升趋势,前期逐步走高,后期稳定增长,表明资源转化和回收能力随技术进步、绿色转型和产业升级不断提升,为铜资源产业链供应链安全提供支撑。根据2001—2023年安全综合指数发展态势,将发展过程划分为初始阶段、调整阶段和上升阶段。

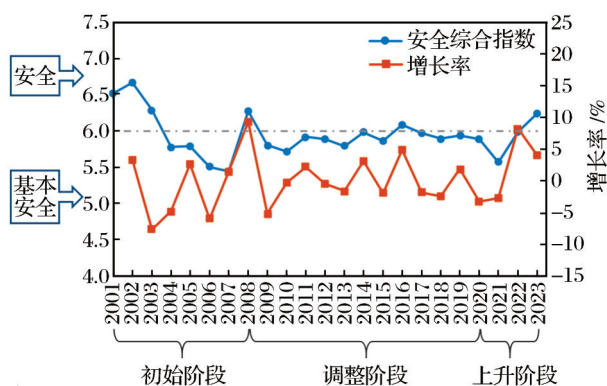


图2 2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全综合指数变化态势

Fig. 2 Change trends of safety comprehensive index for China's copper resource industrial chain and supply chain from 2001 to 2023

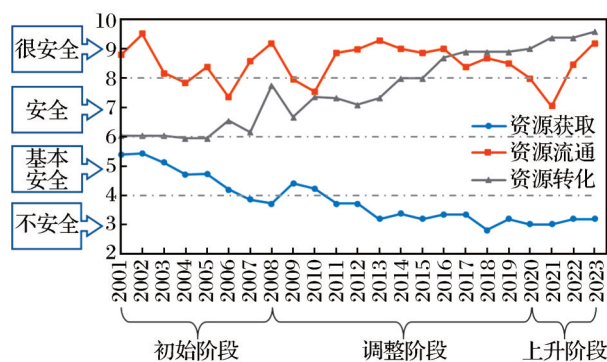


图3 2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全分指数变化态势

Fig. 3 Change trends of safety sub-index for China's copper resource industrial chain and supply chain from 2001 to 2023

(1) 初始阶段(2001—2008年)

该阶段内安全综合指数呈现先持续下降后上升的趋势,获取安全指数持续下滑,流通安全指数反复震荡,转化安全维持在一定范围内。主要原因可能是:2001年中国加入WTO,融入全球贸易体系,对铜资源的需求随着基建建设和产业发展爆发式增长。但因铜矿资源有限,国家和企业层面的铜资源战略储备体系建设尚未形成,资源获取能力的缺失导致安全综合指数降低。同时,主要供给国矿山生产情况,地缘政治局势的变化以及美元汇率对铜的供需产生影响,进而引起铜价波动,导致资源流通指数在一定范围内震荡。随着铜产业的蓬勃发展,铜冶炼行业出现盲目投资扩张的情况。2005年我国颁布《关于制止铜冶炼行业盲目投资的若干意见》,加强环境保护监督管理,加大铜冶炼产业结构调整力度;2006年颁布《铜冶炼行业准入条件》,进一步规范铜冶炼行业投资行为并降低资源消耗,以此提升资源转化安全水平。

(2) 调整阶段(2009—2020年)

该阶段安全综合指数呈现出高度的稳定性与连续性,说明铜资源产业链供应链抵御风险的能力有所提升,整体处于基本安全区间。获取安全指数略微上升后持续下降,流通安全指数波动较大,转化安全指数呈上升态势。主要原因可能是:①得益于政府通过4万亿投资计划拉动基建,带动铜需求激增,致使金融危机并未对中国铜资源产业链供应链造成较大冲击,安全综合指数在2009年下降后逐渐平稳回升,并未产生大幅波动。2009年国务院印发《物流业调整和振兴规划》,促进物流业平稳健康发展,提升全社会物流运行效率,以调整和振兴物流业,保障资源流通安全。但国际贸易环境复杂,部分铜产品进出口受限,致使流通安全指数增长动力不足。②为提升国家紧缺矿产资源找矿能力并合理开发利用矿产资源,2010年国土资源部出台《关于鼓励铁铝铜等国家紧缺矿产资源勘查开采有关问题的通知》,旨在提高资源保障能力。但因国际铜资源市场波动及贸易摩擦影响,资源获取仍面临挑战。③2016年,国内供给侧结构性改革落地并推进,推动铜产业落后产能的结构性优化。同时新能源等新兴产业的发展,提升了对高附加值铜产品的需求量和消费量。然而,国际贸易摩擦、国内

环保政策限制(张楠等, 2017)也给铜资源产业链供应链安全带来挑战:如中美贸易摩擦影响铜产品进出口,环保政策要求相关企业增加环保投入,减少开发污染等,逐步挤压铜产业的发展空间,导致产业链供应链安全指数并未出现明显提升。

(3) 上升阶段(2021—2023年)

该阶段安全综合指数呈上升态势,但基于全阶段视角安全水平仍低于最高值,整体安全形势依旧严峻。流通安全、转化安全稳步提升,获取安全虽有小幅回升,但极低的资源获取安全水平仍是掣肘我国铜资源产业链供应链安全发展的关键因素。主要原因可能是:2021年以来,中国经济持续增长,新能源汽车、光伏等产业高速发展,高附加值铜产品需求激增。与此同时,国家出台相关政策助力国内铜矿开发技术进步,推动海外资源合作项目落地,加强铜资源储备和战略布局。这些举措取得一定成效,但难以从根本上缓解日益增长的铜资源需求与长期以来高对外依存度带来的严峻安全压力。为改善铜资源面临的现状,相关企业积极推进绿色转型,践行低碳发展。同时全球经济复苏致使贸易环境改善,物流效率提升,流通指数快速攀升;企业加大技术创新投入,间接带动铜资源产业链供应链转化环节升级。资源获取、资源流通和资源转化三位一体协同发力,保障我国铜资源产业链供应链安全。

3.2 中国铜资源产业链供应链安全影响因素分析

利用障碍度模型计算并分析我国铜资源产业链供应链指标障碍度,研究一级指标对产业链供应链安全的影响程度,计算结果如图4所示。

其中,随着国内铜需求量增加和对外依存度升高,资源获取安全障碍度整体呈上升趋势,是制约中国铜资源产业链供应链安全发展的主要障碍。资源流通安全障碍度受经济环境、政策调整等因素影响,对产业链供应链安全的影响不稳定但未形成持续高位阻碍。资源转化安全障碍度总体呈下降趋势,反映出随着技术进步与产业升级,资源转化能力正在不断提升,对产业链安全的阻碍持续减弱。

相比之下,资源获取安全的障碍度远高于资源流通安全与资源转化安全,并随着时间推移逐渐拉大差距,结合模型及原始数据分析可知,资源获取安全分指标相较于其余分指标数值偏低,且权重较

高。资源获取能力的不足是影响我国铜资源产业链供应链安全水平的关键因素,提升安全水平的首要任务就是加强资源获取能力,避免关键环节被“卡脖子”。

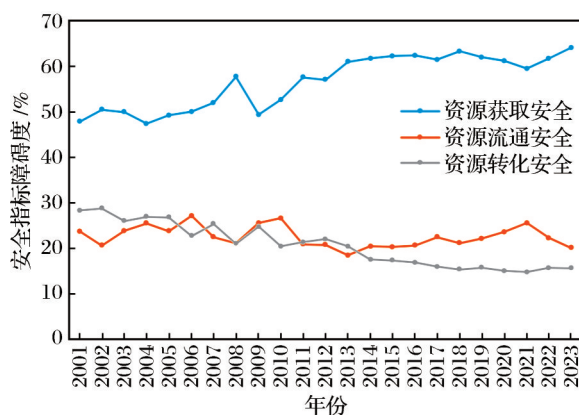


图4 2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全指标障碍度变化特征

Fig. 4 Variation characteristics of obstacle degrees to security indicators of China's copper resource industrial chain and supply chain from 2001 to 2023

进一步分析2001—2023年二级指标障碍度排名前五的障碍度因子,结果显示:对外依存度(23次)、进口集中度(23次)、回收利用率(23次)、价格波动率(14次)和铜冶炼综合能耗(14次)作为排名前五的主要障碍因子,体现了中国铜资源产业链供应链在进出口、资源回收和冶炼能耗等方面面临着诸多复杂问题,未来需采取优化资源供给结构、提高回收利用率、推动技术创新与产业升级以及强化市场调控能力等措施降低障碍因子的影响,巩固铜资源产业链供应链安全。

3.3 中国铜资源产业链供应链安全耦合协调度分析

如表4所示,3个一级指标的耦合协调水平先上升后下降,协调等级普遍位于中度协调及以下。分阶段分析:(1)2001—2008年,因经济快速发展导致铜需求激增,但资源获取的缺失导致产业链各环节发展不协调进而使得协调度水平降低。(2)2009—2020年,在金融危机过后的调整适应与供给侧改革助力铜资源产业链供应链全面发展的背景下,资源获取、流通和转化安全三者协调度有所回升,部分年份达到中度协调状态,但2018年因进口集中度指标高于邻近年份,导致该年份资源获取水平呈现

为最低值,其耦合协调发展度大幅降低。(3)2021—2023年,疫情过后,随着新兴产业崛起及政策推动,各环节协同性增强,耦合协调度呈上升态势,但整体协调度仍偏低。2021年呈现高度失调,从算法的角度分析并结合原始数据发现,该年份对外依存度高且价格波动率大,导致其资源获取指数低,资源流通指数达到最小值,外部表现为全球经济逐渐从疫情中复苏,对铜的需求持续增长导致铜价涨幅过大,进而影响协调水平。整体而言,中国铜资源产

业链供应链资源获取端“进口依存度”长期偏高,导致资源流通端安全水平降低、贸易成本升高。原料自给率低及流通成本上升,进一步导致铜加工企业“资源消耗系数降低困难”、“附加值创造受限”,资源转化水平降低。说明在增强铜资源产业链供应链安全的进程中,需重视三者之间的相互影响,使其协同共进,共同应对外来风险和挑战,实现3个维度整体均衡发展,以此提升中国铜资源产业链供应链的整体安全水平。

表4 2001—2023年中国铜资源产业链供应链一级指标耦合协调度等级划分
Table 4 Classification of coupling coordination degree levels of China's copper resources industry chain and supply chain from 2001 to 2023

年份	耦合度	发展指数	综合协调度	协调等级	年份	耦合度	发展指数	综合协调度	协调等级
2001	0.46	0.58	0.52	低度协调	2013	0.77	0.44	0.58	低度协调
2002	0.44	0.67	0.54	低度协调	2014	0.87	0.50	0.66	中度协调
2003	0.48	0.47	0.48	低度协调	2015	0.81	0.46	0.61	中度协调
2004	0.18	0.36	0.25	轻度失调	2016	0.85	0.56	0.69	中度协调
2005	0.17	0.43	0.27	轻度失调	2017	0.86	0.51	0.66	中度协调
2006	0.82	0.29	0.49	低度协调	2018	0.17	0.47	0.28	轻度失调
2007	0.68	0.35	0.49	低度协调	2019	0.79	0.50	0.63	中度协调
2008	0.93	0.55	0.71	中度协调	2020	0.66	0.42	0.53	低度协调
2009	0.91	0.40	0.60	低度协调	2021	0.12	0.35	0.20	高度失调
2010	0.93	0.39	0.60	低度协调	2022	0.77	0.54	0.65	中度协调
2011	0.94	0.47	0.66	中度协调	2023	0.74	0.65	0.69	中度协调
2012	0.91	0.46	0.65	中度协调					

4 结论与建议

4.1 结论

(1)2001—2023年中国铜资源产业链供应链安全水平呈下降趋势但存在阶段性波动:资源获取面临长期挑战,成为影响铜资源产业链供应链安全的决定性因素。资源流通安全指数波动较大但整体安全,资源转化安全指数前期攀升后期稳增。这表明我国铜资源产业链供应链抗风险能力增强,但资源获取压力仍是核心挑战。

(2)在障碍度分析中,资源获取安全的障碍度占主导地位,间接表明资源获取安全是影响产业链供应链安全的关键环节。对外依存度和回收利用率等高频障碍因子反映出供给依赖国际市场、循环利用体系滞后等问题。对此,针对性提高铜资源自给能力、完善全球产业链供应链布局和优化铜回收

能力是提升我国铜资源产业链供应链安全的有效举措。

(3)2001—2023年三大一级指标耦合协调度先降后升,协调度水平以低度协调与中度协调为主,个别年份因价格波动或进口集中度升高出现偏离常态的异常波动。说明我国铜资源产业链供应链流通环节的世界铜贸易核心地位未能有效降低资源获取的风险,转化环节的技术进步也未能对“资源替代”形成有效支撑,需提升资源获取能力,保障3个维度稳定均衡发展。

4.2 建议

(1)聚焦资源获取能力提升,拓宽资源获取渠道。加大国内铜矿的勘探开发力度,推动国内铜资源增储上产,突破复杂矿床安全高效开采和低品位矿高效开发的技术瓶颈。同步构建全球化资源布

局,鼓励企业“走出去”:在深度参与智利和秘鲁等传统铜矿资源国项目的同时,针对中亚新兴市场,实行合作经营,形成深度契合的利益共同体。针对非洲铜资源带,通过“技术支持+资源换基建”模式换取长期矿权,从而降低进口集中度,获取海外铜资源权益。综合提升国内铜资源自给率和静态保障年限,增强产业链供应链自主可控能力,逐步摆脱铜资源进口受制于人的现状。

(2)优化资源流通网络,增强贸易自主性与抗冲击能力。深化区域贸易协作与规则话语权,依托“一带一路”倡议,构建“区域协同+数字赋能”的资源流通体系,建立跨境贸易绿色通道,提升铜资源产业链供应链的稳定性和抗冲击能力。参与全球铜资源产业链供应链相关标准制定,巩固并维持中国在世界铜资源贸易网络中的核心地位。推动人工智能技术与铜行业的深度融合,提升物流信息化水平。完善市场交易机制,稳定铜资源市场价格,促进铜资源合理流通和配置。

(3)优化资源回收利用,提升资源转化能力。以科技创新推动铜资源产业链供应链关键技术攻关能力提升,推进绿色低碳转型与循环经济。促使企业开展节能降碳工艺升级改造,推广智能化绿色化废铜分选技术,提高废铜回收转化率。推动企业构建“开采—冶炼—加工—回收”闭环产业链供应链,鼓励低环保绩效企业提升绩效,对高环保绩效企业给予税收优惠等政策,形成“低消耗—高转化—高技术—低能耗”的良性循环,缓解铜资源供应压力,从而系统性提升铜资源产业链供应链安全水平和资源转化能力。

(4)弱化障碍因子制约,强化多维融合协调发展。通过拓展资源获取的多元化路径,提高资源保障能力,搭建创新平台,支持企业联合科研院所、高校进行技术创新及绿色化改造升级,强化二次资源回收利用效率,推动冶炼技术创新升级,促进铜冶炼行业有序发展。依托《铜产业高质量发展实施方案(2025—2027年)》重点加强资源获取能力,积极进行新一轮矿产资源勘查,安排一批重大矿山建设项目。在保证生态环境和绿色低碳的前提下设立专项通道,加快项目核准、能评和环评等审批进程,吸引更多社会资本参与铜资源开发。推动资源勘探、采选、冶炼、资源回收及加工等产业链供应链整

合,增强全链条竞争力与协调水平,为我国铜资源产业链供应链安全保驾护航。

(5)本研究从“全链视角”出发,试图剖析中国铜资源产业链供应链安全发展情况,但仍存在一定的局限性。研究以历史数据的趋势性分析为主,未能对未来安全形势进行预测分析。在后续研究中,建议根据现有研究结果预测未来中国铜资源产业链供应链安全情况,为中国铜资源产业链供应链安全发展提供精准有力的支撑。

参考文献 (References) :

- Chen S W, Qiang Q P, 2020. The trade network structure of the “one belt and one road” and its environmental effects [J]. Sustainability, 12(9):3519.
- Kang X Y, Wang M X, Chen L, et al, 2023. Supply risk propagation of global copper industry chain based on multi-layer complex network [J]. Resources Policy, 85: 103797.
- Li X, Ma B Z, Wang C Y, et al, 2024. Sustainable recovery and recycling of scrap copper and alloy resources: a review [J]. Sustainable Materials and Technologies, 41: e01026.
- Li Y, An H Z, Gao X Y, et al, 2023. The influence of copper trade relation structure on copper price: from the perspective of industrial chain [J]. Resources, Conservation and Recycling, 192: 106933.
- Song Y C, Zhu M Q, Wang Y, 2025. Corporate financialization, digital transformation, and industrial supply chain resilience: mechanisms based on R&D investment and financial regulation [J]. International Review of Financial Analysis, 102: 104119.
- Wang Y L, Long Y L, Wang J, 2025. Does the innovation-driven digital economy improve the resilience of industrial and supply chains? [J]. Journal of Innovation & Knowledge, 10 (3): 100733.
- Wu A B, Ma D D, Sun L H, et al, 2025. Coordinated development of China's coal industrial chain and supply chain resilience evaluation and industrial efficiency under the dual carbon goals [J]. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 81: 104434.
- Yang Q, Liu H B, 2025. Intelligent-driven resilience enhancement: nonlinear impacts and spatial spillover effects of AI penetration on China's NEV industry chain [J]. Technology in Society, 81: 102827.
- Zhang H, Li H J, Zheng X X, et al, 2025. Dynamic evolution of

- the global copper trade dependency network structure and influence mechanism in the context of energy transition: an industrial chain perspective [J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 212: 115318.
- 陈甲斌, 聂宾汗, 王枫, 2025. 发展新质生产力提升矿业链安全和韧性[J]. *自然资源情报*, (4): 1-7. Chen Jiabin, Nie Binhan, Wang Feng, 2025. Develop new quality productivity to enhance the safety and resilience of the mining chain [J]. *Natural Resources Information*, (4): 1-7.
- 陈剑, 刘运辉, 2021. 数智化使能运营管理变革: 从供应链到供应链生态系统[J]. *管理世界*, 37(11): 227-240, 14. Chen Jian, Liu Yunhui, 2021. Operations management innovation enabled by digitalization and intellectualization: from supply chain to supply chain ecosystem [J]. *Journal of Management World*, 37(11): 227-240, 14.
- 成金华, 帅竞, 赵雨佳, 等, 2023. 关键矿产供应风险评估与预测: 以铜资源为例[J]. *资源科学*, 45(9): 1778-1788. Cheng Jinhua, Shuai Jing, Zhao Yujia, et al, 2023. Risk assessment and prediction of critical mineral resources supply for China: a case of copper [J]. *Resources Science*, 45(9): 1778-1788.
- 程萍, 余韵, 刘超, 2018. 铜资源在经济发展中的安全保障建议: 对铜在新能源时代的应用前景的思考[J]. *矿业研究与开发*, 38(5): 114-119. Cheng Ping, Yu Yun, Liu Chao, 2018. Suggestions on copper security in economic and social development: thoughts on application prospects of copper in the age of renewable energy [J]. *Mining Research and Development*, 38(5): 114-119.
- 何则, 杨宇, 刘毅, 等, 2019. 世界能源贸易网络的演化特征与能源竞合关系[J]. *地理科学进展*, 38(10): 1621-1632. He Ze, Yang Yu, Liu Yi, et al, 2019. Characteristics of evolution of global energy trading network and relationships between major countries [J]. *Progress in Geography*, 38(10): 1621-1632.
- 黄群慧, 倪红福, 2020. 基于价值链理论的产业基础能力与产业链水平提升研究[J]. *经济体制改革*, (5): 11-21. Huang Qunhui, Ni Hongfu, 2020. Improving industrial basic capacity and industrial chain level: from the perspective of global value chain [J]. *Reform of Economic System*, (5): 11-21.
- 计启迪, 刘卫东, 陈伟, 等, 2021. 基于产业链的全球铜贸易网络结构研究[J]. *地理科学*, 41(1): 44-54. Ji Qidi, Liu Weidong, Chen Wei, et al, 2021. Structure of global copper-containing products trade network based on industrial chain perspective [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 41(1): 44-54.
- 姜长云, 2023. 着力提升产业链供应链韧性和安全水平[J]. *技术经济*, 42(1): 34-43. Jiang Changyun, 2023. Making China's industrial and supply chains more resilient and secure [J]. *Journal of Technology Economics*, 42(1): 34-43.
- 李鹏远, 周平, 唐金荣, 等, 2019. 中国铜矿资源供应风险识别与评价: 基于长周期历史数据分析预测法[J]. *中国矿业*, 28(7): 44-51. Li Pengyuan, Zhou Ping, Tang Jinrong, et al, 2019. Identification and evaluation of copper supply risk for China: using method of long-term historical data analysis [J]. *China Mining Magazine*, 28(7): 44-51.
- 梁姗姗, 吕星琪, 2025. 中国稀土产业链韧性测度评价研究[J]. *黄金科学技术*, 33(2): 443-454. Liang Shanshan, Lü Xingqi, 2025. Research on measurement and evaluation of China's rare earth industry chain resilience [J]. *Gold Science and Technology*, 33(2): 443-454.
- 刘伟华, 袁超伦, 黄艳娇, 2025. 我国产业链供应链安全发展的逻辑、障碍与路径[J]. *中国流通经济*, 39(1): 76-85. Liu Weihua, Yuan Chaolun, Huang Yanjiao, 2025. Research on the logic, obstacle and path of the security development of China's industrial chain and supply chain [J]. *China Business and Market*, 39(1): 76-85.
- 罗婷, 张永庆, 郑明贵, 等, 2022. 中国钾盐资源安全评估与预警研究[J]. *地球科学进展*, 37(6): 575-587. Luo Ting, Zhang Yongqing, Zheng Minggui, et al, 2022. Security assessment and early warning of potash resources in China [J]. *Advances in Earth Science*, 37(6): 575-587.
- 马苗卉, 2017. 中国铜资源形势分析与政策调整研究[J]. *中国矿业*, 26(增刊1): 15-18. Ma Zhuohui, 2017. Analysis of copper resources and policy adjustment in China [J]. *China Mining Magazine*, 26(Suppl.1): 15-18.
- 盛朝迅, 2019. 推进我国产业链现代化的思路与方略[J]. *改革*, (10): 45-56. Sheng Chaoxun, 2019. Thoughts and strategies for promoting the modernization of China's industrial chain [J]. *Reform*, (10): 45-56.
- 盛朝迅, 2021. 新发展格局下推动产业链供应链安全稳定发展的思路与策略[J]. *改革*, (2): 1-13. Sheng Chaoxun, 2021. Thoughts and strategies for promoting the safe and stable development of industrial chain and supply chain under the new development pattern [J]. *Reform*, (2): 1-13.
- 石建勋, 卢丹宁, 2024. 健全提升产业链供应链韧性和安全水平制度研究[J]. *财经问题研究*, (11): 3-17. Shi Jianxun, Lu Danning, 2024. A sound system to enhance the resilience and security of the industrial supply chain [J]. *Research on Financial and Economic Issues*, (11): 3-17.

- 宋华,杨雨东,2022.中国产业链供应链现代化的内涵与发展路径探析[J].中国人民大学学报,36(1):120-134.
- Song Hua, Yang Yudong, 2022. An analysis on the connotation and development of the modernization of Chinese industrial and supply chains[J]. Journal of Renmin University of China, 36(1): 120-134.
- 孙传尧,宋振国,朱阳戈,等,2019.中国铜铝铅锌矿产资源开发利用现状及安全供应战略研究[J].中国工程科学,21(1):133-139.
- Sun Chuanyao, Song Zhenguo, Zhu Yangge, et al, 2019. Exploitation and utilization status and safe supply strategy of copper, aluminum, lead, and zinc resources in China [J]. Engineering Science, 21(1): 133-139.
- 陶锋,王欣然,徐扬,等,2023.数字化转型、产业链供应链韧性与企业生产率[J].中国工业经济,(5):118-136.
- Tao Feng, Wang Xinran, Xu Yang, et al, 2023. Digital transformation, resilience of industrial chain and supply chain, and enterprise productivity [J]. China Industrial Economics, (5): 118-136.
- 王安建,袁小晶,2022.大国竞争背景下的中国战略性关键矿产资源安全思考[J].中国科学院院刊,37(11):1550-1559.
- Wang Anjian, Yuan Xiaojing, 2022. Security of China's strategic and critical minerals under background of great power competition [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 37(11): 1550-1559.
- 王淑佳,孔伟,任亮,等,2021.国内耦合协调度模型的误区及修正[J].自然资源学报,36(3):793-810.
- Wang Shujia, Kong Wei, Ren Liang, et al, 2021. Research on misuses and modification of coupling coordination degree model in China [J]. Journal of Natural Resources, 36(3): 793-810.
- 王永中,万军,陈震,2023.能源转型背景下关键矿产博弈与中国供应安全[J].国际经济评论,(6):147-176.
- Wang Yongzhong, Wan Jun, Chen Zhen, 2023. Geopolitical game and China's supply security in critical minerals amid energy restructuring [J]. International Economic Review, (6): 147-176, 8.
- 吴巧生,周娜,成金华,2020.战略性关键矿产资源供给安全研究综述与展望[J].资源科学,42(8):1439-1451.
- Wu Qiaosheng, Zhou Na, Cheng Jinhua, 2020. A review and prospects of the supply security of strategic key minerals [J]. Resources Science, 42(8): 1439-1451.
- 吴赞龙,张立,李栋,等,2025.产业链视角下铜产业碳足迹与经济效益评估:以江西省为例[J].环境工程学报,19(5):1048-1060.
- Wu Yunlong, Zhang Li, Li Dong, et al, 2025. Assessment of carbon footprint and economic benefits of copper industry from the perspective of industrial chain: taking Jiangxi Province as an example [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 19(5): 1048-1060.
- 徐德义,王迪,李军辉,等,2023.新发展格局下战略性矿产资源产业链供应链安全内涵及指标体系研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),57(1):1-12.
- Xu Deyi, Wang Di, Li Junhui, et al, 2023. The security connotation and index system of industry chain and supply chain of strategic mineral resources under the new development pattern [J]. Journal of Huazhong Normal University (Natural Sciences), 57(1): 1-12.
- 张楠,2023.新能源产业发展背景下我国铜资源供需现状与趋势[J].中国矿业,32(6):2-9.
- Zhang Nan, 2023. Analysis of supply and demand status and trend of copper resources in China under development background of new energy industry [J]. China Mining Magazine, 32(6): 2-9.
- 张楠,2024.2023年中国铜工业供需形势分析[J].中国矿业,33(2):20-28.
- Zhang Nan, 2024. Supply and demand situation of China's copper industry in 2023 [J]. China Mining Magazine, 33(2): 20-28.
- 张楠,段绍甫,2017.2016年中国铜行业分析与2017年展望[J].中国矿业,26(2):13-15.
- Zhang Nan, Duan Shaofu, 2017. Analysis of the copper industry in 2016 and outlook in 2017 in China [J]. China Mining Magazine, 26(2): 13-15.
- 郑明贵,王萍,曾健林,等,2022.“十四五”时期中国天然气国家安全预警分析[J].天然气工业,42(3):129-137.
- Zheng Minggui, Wang Ping, Zeng Jianlin, et al, 2022. Early warning analysis on China's natural gas national security during the 14th Five-Year Plan [J]. Natural Gas Industry, 42(3): 129-137.
- 郑明贵,温东洪,董娟,等,2026.中国萤石资源产业链供应链安全评价[J].地质通报,45(2):221-235.
- Zheng Minggui, Wen Donghong, Dong Juan, et al, 2026. Safety evaluation of the industrial chain and supply chain of fluorite resources in China [J]. Geological Bulletin of China, 45(2): 221-235.
- 周之逸,樊锦琦,成金华,等,2024.中国锂资源安全综合评价及预测预警研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),58(5):571-588.
- Zhou Zhiyi, Fan Jinqi, Cheng Jinhua, et al, 2024. Research on comprehensive evaluation and prediction of lithium resource security in China [J]. Journal of Huazhong Normal University (Natural Sciences), 58(5): 571-588.
- 朱永光,张伍丰,王迪,等,2023.中国铜资源产业链供应链

韧性评价[J].资源科学,45(9):1761-1777. Zhu Yong-guang, Zhang Wufeng, Wang Di, et al, 2023. Resilience

evaluation of China's copper resources industrial chain and supply chain[J].Resources Science,45(9):1761-1777.

Security Evaluation of the Copper Resource Industry Chain and Supply Chain in China

ZHENG Minggui, LIU Xin, DONG Juan, LUO Junbiao

School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China

Abstract: Copper, as a strategic mineral resource, plays a crucial role in various critical sectors, including electrical energy, transportation, and advanced manufacturing. China stands as a significant consumer of copper resources, and the security of its industrial and supply chains is becoming increasingly critical. Consequently, it is imperative to assess the security of China's copper resource industrial and supply chains and propose recommendations. This study, anchored in the structural characteristics of the copper industry and supply chains, adopts a comprehensive approach to identify influencing factors across three dimensions: resource acquisition security, resource circulation security, and resource transformation security. By doing so, it constructs a security evaluation index system. The study evaluates the security level of China's copper resource industry and supply chains over the period from 2001 to 2023. Additionally, the obstacle degree model is employed to ascertain the constraint intensity of factors impeding security status, while the coupling coordination model is utilized to analyze the dynamics of coordinated development. The research findings can be summarized as follows: (1) The comprehensive index assessing the security of China's copper resource industrial and supply chains from 2001 to 2023 initially exhibits a decline followed by fluctuations. While the overall development trend appears positive, the security situation remains critical. (2) The primary factor influencing the security of the copper resource industrial and supply chains is resource acquisition security. Key obstacles include the degree of dependence on foreign sources, import concentration, recycling rate, price volatility, and the comprehensive energy consumption associated with copper smelting. (3) The coupling coordination degree among the three primary indicators demonstrates a fluctuating downward trend, indicating a low overall level of coordination. In certain years, the degree of coordination has markedly declined due to significant fluctuations in copper prices and an increased concentration of imports. Based on the findings of this study, it is recommended to enhance resource acquisition capabilities and diversify channels for resource procurement; optimize the resource circulation network to bolster trade autonomy and resilience against shocks; improve resource recycling and utilization processes to enhance transformation capacity; and mitigate the constraints imposed by obstructive factors while promoting multi-dimensional integration and coordinated development. These measures aim to strengthen the security of China's copper resource industrial and supply chains. The conclusions of this research offer valuable insights and guidance for the government in ensuring the secure development of the copper resource industrial and supply chains.

Key words: copper resources; industrial chain and supply chain; security evaluation; obstacle degree model; coupling coordination model