

doi: 10.12029/gc20220918003

韩见,陈其慎,杨雪松,龙涛,邢佳韵,李琼,赵汗青,石敏杰,潘志君. 2023. 钴资源现状及未来5—10年供需形势分析[J]. 中国地质, 50(3): 743—755.

Han Jian, Chen Qishen, Yang Xuesong, Long Tao, Xing Jiayun, Li Qiong, Zhao Hanqing, Shi Minjie, Pan Zhijun. 2023. Current situation of cobalt resources and analysis of supply and demand situation in the next 5—10 years[J]. Geology in China, 50(3): 743—755(in Chinese with English abstract).

钴资源现状及未来5—10年供需形势分析

韩见¹, 陈其慎², 杨雪松¹, 龙涛², 邢佳韵², 李琼¹, 赵汗青¹, 石敏杰¹, 潘志君³

(1. 中国矿业权评估师协会, 北京 100083; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;
3. 北京矿世科技有限公司, 北京 100037)

摘要:【研究目的】钴是重要的新能源矿产, 动力电池装机量的急速攀升为其带来了广阔的市场发展前景, 把握钴资源特点及供需形势对于地质勘查行业及后段产业链均具有重要意义。【研究方法】文章主要通过调查法、定量分析法与定性分析法, 对调查中收集的大量数据进行分析、比较、总结归纳。【研究结果】从钴的全球资源分布特征、供应及贸易格局、消费历史及趋势等方面系统地分析了全球钴资源的特点及供需形势, 同时结合产业现状对钴市场前景进行了研判。【结论】一是当前全球可开发利用的钴资源分布较为集中, 沉积型砂岩铜—钴矿床主要分布在刚果(金)、风化型红土镍—钴矿以澳大利亚最为典型、岩浆岩型铜—镍—钴硫化物矿床以加拿大为代表; 二是钴勘查资金主要流向了刚果(金)、澳大利亚、加拿大以及美国, 但勘查投入尚未转化为产能, 全球钴产量已出现下滑; 三是全球钴矿巨头市场占有率逐步加强, 正在向“双寡头”局面演化; 四是以电池为主的消费结构及以中国为主的消费主体支撑了全球钴消费量持续稳定增长; 五是全球主流机构对于钴市场前景一致看好, 本文预计未来5—10年钴市场将持续繁荣, 但需警惕电池产业技术革新与更替等风险。

关键词: 钴; 资源分布; 储量; 产量; 消费; 电池; 刚果(金); 矿产勘查工程

创 新 点: (1) 从前端资源到后端产业, 系统地分析了钴资源全产业链的发展状况; (2) 提出了“双寡头”的钴资源市场发展格局; (3) 研判了未来5—10年钴资源市场的发展前景。

中图分类号: P618.62; F416.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2023)03-0743-13

Current situation of cobalt resources and analysis of supply and demand situation in the next 5—10 years

HAN Jian¹, CHEN Qishen², YANG Xuesong¹, LONG Tao², XING Jiayun², LI Qiong¹,
ZHAO Hanqing¹, SHI Minjie¹, PAN Zhijun³

(1. Chinese Association of Mineral Resources Appraisers, Beijing 100083, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Beijing Kuangshi Technology Co., Ltd., Beijing 100037, China)

收稿日期: 2022-09-18; 改回日期: 2023-01-31

基金项目: 中国地质调查局项目(DD20211405, DD20190674)、中国工程院重大咨询项目(2021-XBZD-6)和国家自然科学基金项目(20201301416, 42271281)联合资助。

作者简介: 韩见, 男, 1994年生, 硕士, 助理研究员, 从事资源产业经济研究; E-mail: 791369881@qq.com。

通讯作者: 陈其慎, 男, 1979年生, 博士, 研究员, 从事矿产资源行业研究; E-mail: chenqishen@126.com。

Abstract: This paper is the result of mineral exploration engineering.

[Objective] Cobalt is a significant new energy mineral, and power batteries provide a wide range of market development opportunities as a result of the power batteries' quick increase in installed capacity. Evaluating the properties of cobalt deposits and the current state of supply and demand is essential for the geological exploration and subsequent industrial chain. **[Methods]** Mainly through the investigation method, quantitative analysis method and qualitative analysis method, we analyze, compare, and summarize large amounts of data collected in surveys. **[Results]** The article examines the characteristics of the world's cobalt resources and the supply and demand situation from the perspectives of global resource distribution, supply and trade patterns, consumption history, and trends. It also conducts research and makes conclusions about the market's prospects based on the current state of the sector. **[Conclusions]** First, cobalt resources that can be developed and utilized in the world are relatively concentrated. Sedimentary sandstone copper-cobalt deposits are primarily found in Congo (Golden), weathered laterite nickel-cobalt deposits are mainly distributed in Australia, and magmatic rock-type copper-nickel-cobalt sulfides deposits are mostly discovered in Canada. Second, the majority of cobalt exploration funding go to the Congo (Kinshasa), Australia, Canada, and the United States, but there has been a drop in global cobalt output because the funds have not yet been translated into production capacity. Third, a "duopoly" situation is developing due to the global cobalt mining giants' steadily growing market dominance. Fourth, the global cobalt consumption structure has been supported by the battery-based consumption structure and consumers in China. Fifth, while all major institutions around the world are positive about the future of the cobalt market, this article expects it will continue to grow over the next five to ten years. However, there are risks to keep an eye out for, like technological advancements and competition in the battery sector.

Key words: cobalt; resource distribution; reserves; production; consumption; battery; Congo (DRC); mineral exploration engineering

Highlights: (1) From front-end resources to back-end industries, we systematically analyzed the development status of the entire cobalt resources industry chain; (2) Proposed a "duopoly" cobalt resources market development pattern; (3) Researched and judged cobalt resources in the next five to ten years market prospects.

About the first author: HAN Jian, male, born in 1994, master, assistant researcher, engaged in economic research of resource industry; E-mail: 791369881@qq.com.

About the corresponding author: CHEN Qishen, male, born in 1979, Ph.D., researcher, engaged in mineral resources industry research; E-mail: chenqishen@126.com

Fund support: Supported by the projects of China Geological Survey (No. DD20211405, No. DD20190674), the Chinese Academy of Engineering (No.2021-XBZD-6) and National Natural Science Foundation of China (No. 20201301416, No. 42271281).

1 引 言

钴(Co)是一种具有光泽的白色金属,与铁、镍的性质很相似,统称为铁族元素。钴具有强而稳定的磁性,具有所有金属和合金中最高的居里点,高达1115℃,是唯一能增加铁磁化的元素。钴素有“工业味精”之称,在电动汽车、储能等新兴产业中发挥着重要的作用。

全球钴资源呈现明显的供需分离特性(李颖等,2014;潘志君等,2017;周艳晶等,2019;刘超和陈甲斌,2020)。陆地探明储量九成以上分布在刚果(金)、澳大利亚、古巴、菲律宾、加拿大和俄罗斯等国;大洋中钴资源主要分布在洋底多金属结核当中,暂时不具备可采价值(丰成友和张德全,2002;

何高文等,2011;韦振权等,2017;张伟波等,2018;王辉等,2019;杨卉芄和王威,2019;邓贤泽等,2021)。而消费端主要集中于中国、日本以及韩国等亚洲国家。

因此系统分析钴资源的全球分布特征、供应及贸易格局、消费历史及趋势,并且在此基础上根据产业现状对钴资源市场发展前景做出研判,对中国乃至全球钴资源市场都具有重要意义。

2 全球钴资源分布特征

2.1 钴矿床的主要类型

钴在地壳中的含量很低,平均丰度仅为 17.3×10^{-6} (Rundnick and Gao, 2014),在自然界中钴多为大型铜、镍等矿床的伴生金属,很少有独立的钴矿

床产出(赵俊兴等,2019)。目前,钴矿床成因类型主要以容矿岩石为主导的命名分类为主,常用的主要矿床类型包括:沉积型砂岩铜-钴矿床、风化型红土镍-钴矿床、岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床和热液型钴矿床四大类(Smith,2001;丰成友等,2004;Zou et al.,2014;张伟波等,2018;Petavratzi et al.,2019)(表1)。

沉积型砂岩铜-钴矿床:此类矿床蕴含着全球大陆超过40%的钴资源,产量约占全球的60%以上(Slack et al.,2017)。主要集中在中非的赞比亚—刚果(金)铜-钴矿带中,具有规模大、品位高的特点(李向前等,2009;覃锋等,2010;孙凯等,2022)。主要呈层状或似层状产在沉积盆地碎屑岩或碳酸盐岩中(Hitzman et al.,2012),含钴矿物为硫铜钴矿、硫钴矿(Cailteux et al.,2005)。代表性矿床包括:Mutanda、Kamoto、Tenke-Fungurume以及Kisanfu等,均位于刚果(金)。

风化型红土镍-钴矿床:该类矿床蕴含着全部陆地约36%的钴资源(Slack et al.,2017),产量约占全球的10%。全球最具有经济价值风化型红土镍-钴矿床主要分布在23.6°N至23.0°S之间的热带及亚热带区域地区(Berger et al.,2011),矿床一般具有规模大、埋藏浅,且易于勘探和开采等特点。该类矿床主要产于增生地体中,与构造侵位的蛇绿岩套有关,少量产于克拉通地台中(Gleeson et al.,2003;Freysinet et al.,2005),富钴矿物为包括钴土矿、含镍钴土矿以及含钴的铁氢氧化物(Petavratzi et al.,2019)。代表性矿床包括:Murrin Murrin(澳大利亚)、Moa Bay(古巴)、Kalgoorlie(澳大利亚)等。

岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床:该类型矿床的钴资源虽然仅占全球大陆钴资源的15%(张洪瑞等,2020),但由于此类矿床勘查、开发程度较高,矿

石可选性好,工艺成熟,开采成本相对较低,总产量全球占比超过20%(USGS,2017)。该类矿床大多位于克拉通边部或造山带内,块状和浸染状镍-铜硫化物矿石是该类矿床的重要矿石类型(赵俊兴等,2019)。代表性矿床包括:Sudbury Operations(加拿大)、Voisey's Bay(加拿大)、白家嘴子(中国)等。

热液型钴矿床:此类矿床在全球均有分布,矿床规模多为中小型,大型矿床较少。热液型钴矿床广义上包括富钴的热液脉型矿床、VMS型铜-钴矿床、SEDEX型钴多金属矿床、矽卡岩型铁-钴-铜矿床等多种矿床类型,其中多数与基性-超基性岩空间关系密切(王辉等,2019)。代表性矿床有Bou Azzer(摩洛哥)。

上述分类主要基于钴资源的集中程度及当前的产量,但也存在划分标准不一、彼此存在重复、沿用主矿体类型名称等问题,近期中国学者根据钴富集方式和成矿过程,将钴矿床重新划分出岩浆型、风化型、热液型以及化学沉积型4种基本类型(张洪瑞等,2020)。岩浆型即岩浆铜镍硫化物矿床;风化型是指风化型红土镍-铜矿床;化学沉积型矿床指在洋底环境下由离子吸附作用或氧化还原反应等化学过程而沉积形成的钴矿;热液型矿床指由热液作用迁移富集并沉淀而形成的钴矿床。

2.2 全球钴矿储量分布

2010年以来,全球钴储量呈现出明显的下降趋势(图1)。根据美国地质调查局最新数据(USGS,2021),相比于十年前,2020年全球钴储量下滑20万t,降幅达到了5.33%。由于勘查投入力度的加大,刚果(金)钴储量实现了逆势增长,2020年钴储量达到360万t,相比于十年前增加了20万t;除刚果(金)外,澳大利亚、古巴、俄罗斯以及加拿大等主要资源国钴储量基本维持稳定;由于勘查资金流入不足等因素,剩余

表1 钴矿床主要类型划分及特点

Table 1 Classification and characteristics of main types of cobalt deposits

矿床类型	含钴矿物	分布	代表性矿床
沉积型砂岩铜-钴矿床	硫铜钴矿、硫钴矿等	主要集中在中非的赞比亚—刚果(金)铜-钴矿带中	Mutanda、Kamoto、Tenke-Fungurume、Kisanfu
风化型红土镍-钴矿床	钴土矿、含镍钴土矿以及含钴的铁氢氧化物等	主要分布在23.6°N至23.0°S之间的热带及亚热带区域地区	Murrin Murrin、Moa Bay、Kalgoorlie
岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床	块状和浸染状镍-铜硫化物等	主要集中在克拉通边部或造山带内	Sudbury Operations、Voisey's Bay、白家嘴子(金川)
热液型钴矿床	钴镍铁砷化物等	分布较为广泛	Bou Azzer

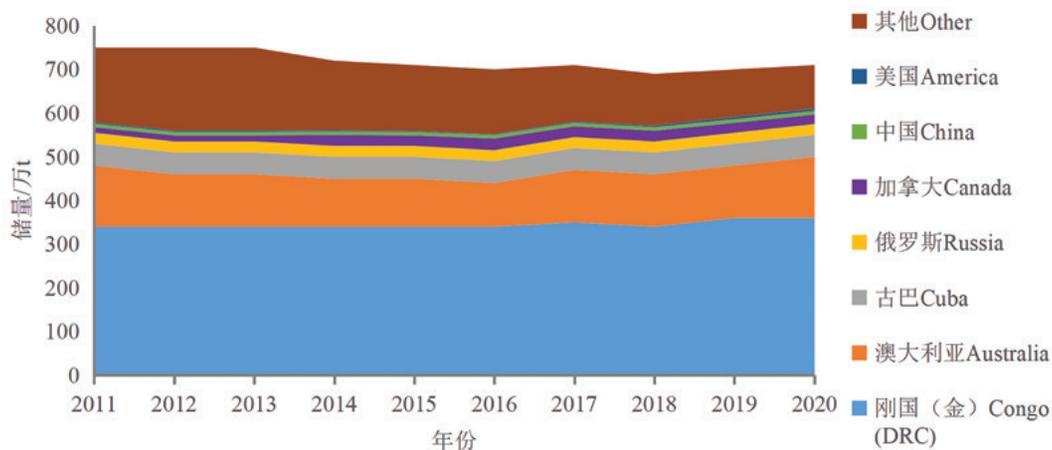


图1 2011—2020年全球钴储量变化情况(数据来源于USGS,2021)

Fig.1 Changes in global cobalt reserves from 2011 to 2020(Data sources:USGS,2021)

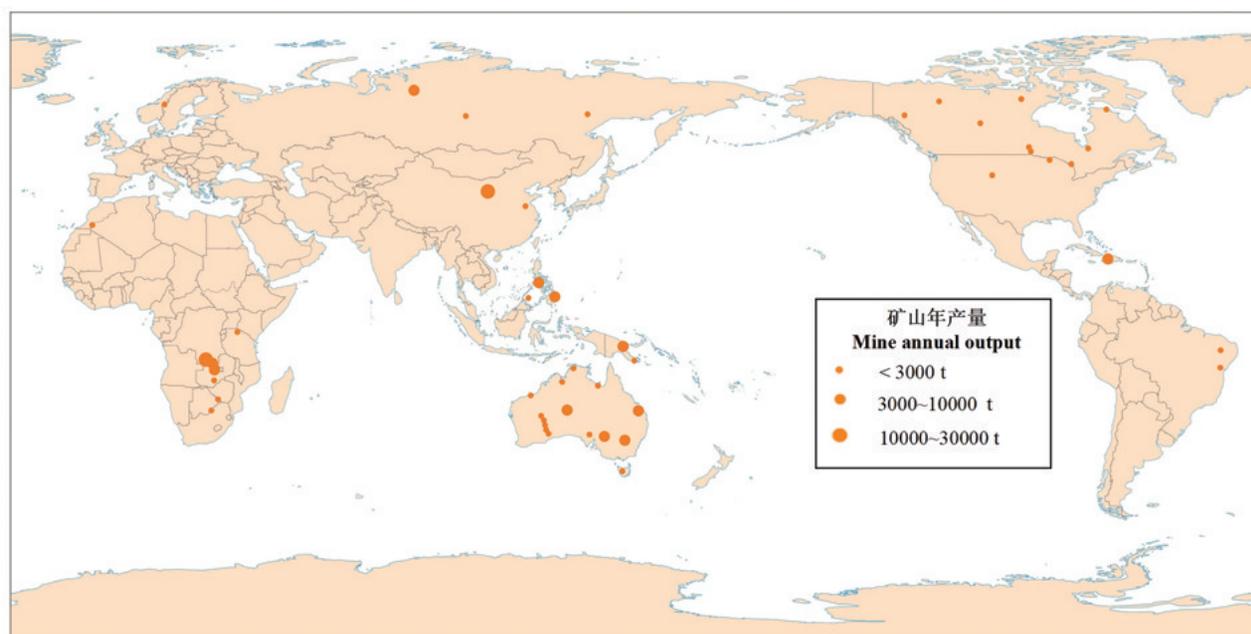
其他资源国钴储量大幅下滑,降幅高达38%。

截至2020年末全球钴储量为710万t,其中51%位于刚果(金),其余资源主要分布在澳大利亚、古巴、加拿大及俄罗斯等国,储量占世界比例分别为20%、7%、4%、3%。《中国矿产资源报告2021》(中华人民共和国自然资源部,2021)显示,2020年中国钴矿找矿成果显著,钴矿储量已达13.74万t,高于美国

地质调查局公布的最新数据。

2.3 全球钴矿主要资源国

2020年,全球的主要的活跃钴矿共计73个,在产的钴矿项目50个(SNL,2021),主要分布在刚果(金)、澳大利亚、加拿大、菲律宾、俄罗斯、赞比亚、古巴以及印度尼西亚等国(图2),全球资源储量排名前十的项目有6个位于刚果金(表2)。



审图号: GS (2016) 1667号

图2 全球主要活跃钴矿空间分布示意图(数据来源于SNL,2021)

Fig.2 Schematic diagram of the spatial distribution of major active cobalt mines in the world(Data sources:SNL,2021)

表2 全球前十大钴矿矿床资源储量一览

Table 2 List of the world's top ten cobalt deposits in the reserves and resource

序号	项目名称	所有者	地点	资源储量/万 t
1	Kisanfu	洛阳钼业、宁德时代等	刚果(金)	310
2	Mutanda	嘉能可	刚果(金)	256
3	Tenke Fungurume	洛阳钼业、Gécamines SA	刚果(金)	245
4	Kamoto	嘉能可、Gécamines SA	刚果(金)	189
5	NORI	TMC 钴业公司	瑙鲁	157
6	TOML	TMC 钴业公司	汤加	154
7	Sulawesi Cahaya Mineral	MDKA 公司	印度尼西亚	96
8	Congo Mines and Infrastructure Construction	中国中铁、中国水电、刚果国家矿业公司、吉尔伯特·卡兰巴·巴尼卡、华友钴业	刚果(金)	49
9	Deziwa	中国有色、Gécamines SA	刚果(金)	40
10	Mindoro	未知所有者	菲律宾	38

注:数据来源于(SNL,2021)。

(1)刚果(金)是全球第一大钴资源国,标普全球市场财智(SNL)数据显示,该国钴资源量储量高达1293万t,活跃矿山项目19个,以沉积型砂岩铜-钴矿床为主,这些项目主要分布在加丹加新元古代铜-钴多金属成矿带,位于刚果(金)东南部,自科卢韦齐、利卡西、卢本巴希延伸入赞比亚,包括Kamoto、Tenke - Fungurume、Mutoshi、Kolwezi等,该区域几乎涵盖了该国所有的大型铜钴矿。

(2)澳大利亚的钴资源丰富程度仅次于刚果(金),标普全球市场财智(SNL)数据显示,该国钴资源量储量高达195万t,活跃矿山项目多达20个,以风化型红土镍-钴矿床为主,多位于西澳大利亚州的西南部,此外在昆士兰州和新南威尔士州也有分布,包括Murrin Murrin、Kalgoorlie。

(3)加拿大是全球第三大钴资源国家,标普全球市场财智数据(SNL)显示,该国钴资源量储量高达152万t,活跃矿山项目为10个,以岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床为主,主要分布在安大略省和马里托巴省中南部等地,以Sudbury Operations和Voisey's Bay为代表。

除上述国家外,菲律宾活跃的钴矿山项目为4个,以风化型红土镍-钴矿床为主,Taganito为代表项目;俄罗斯活跃的钴矿山项目为3个,以岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床为主,Polar Division为代表项目;赞比亚活跃的钴矿山项目也为3个,多数项目位于加丹加新元古代铜-钴多金属成矿带的赞比亚境

内段上,以沉积型砂岩铜-钴矿床为主,Chambishi为代表项目;古巴、印度尼西亚、中国以及美国等同样也有代表性的钴矿项目分布,但当前活跃的项目均较少。

3 全球钴供应及贸易格局

3.1 各国家(地区)勘查投入高度聚焦

2011—2016全球钴资源勘查投入处于低位波动,年投资均小于2亿美元。2017年开始,随着新能源产业的爆发式增长,钴资源勘探逐步火热,澳大利亚、加拿大以及非洲区域的勘查投入是实现大幅翻倍增长,在2018年全球钴资源勘查投入超过7亿美元,上述三大钴资源勘查区资金投入更是达到了5.7亿美元。2020年由于新冠肺炎疫情在全球的蔓延,包括钴在内的几乎所有矿产品勘查投入均出现了不同程度的下滑(图3)。

近年来,全球钴资源勘查投入资金主要流入了刚果(金)、澳大利亚、加拿大以及美国4个国家,由于大量的勘查资金投入,上述4个国家在未来10—20年有望释放更多的资源潜力。

3.2 全球钴资源产量出现下滑

21世纪以来全球钴资源产量快速增长,到2011年年产量已突破10万t大关,相比于21世纪初期增幅超过230%。从2011年开始增幅开始放缓,在2018年达到顶峰,当年全球矿山共计产钴14.8万t。此后钴产量增长乏力,根据美国地质调查局



图3 2011—2020年全球钴资源勘查投入情况(数据来源:SNL,2021)

Fig.3 2011—2020 investment in global cobalt resources exploration(Data sources:SNL,2021)

(USGS)最新数据,2020年全球矿山共计产钴14万t,连续两年出现下滑。另外,标普全球市场财智数据显示,2020年全球矿山钴产量为13.87万t,与美国地质调查局数据相近,数据偏差不超过1%。

主要生产国包括刚果(金)、加拿大、澳大利亚、俄罗斯、古巴等国。刚果(金)不仅是全球钴产量的主要来源国,还是全球矿山钴产量快速增长的主要驱动力。2020年刚果(金)矿山钴产量9.5万t,约占全球总产量的68%,21世纪以来年均增速高达15%,远高于全球8%的水平,一国主导了全球钴资源产量的变化;中国、加拿大以及南非在2011—2020十年间产量均出现大幅下滑,降幅分别为66%、55%以及40%;菲律宾和澳大利亚等风化型红土镍-钴矿产区在2011—2020十年间产量大幅上

涨,增幅分别为57%和46%;其余主要资源生产国产量波动较小,基本维持稳定(图4)。

3.3 大型钴矿公司市场占有率逐步加强

全球钴资源生产商主要有嘉能可、洛阳钼业、刚果(金)国家矿业公司、沙利纳资源以及欧亚集团等,前十名钴矿企业产量合计占全球的67%,仅嘉能可一家公司产量就高达2.6万t,市场占有率达到18.7%,生产高度集中。中国矿业公司全球合作成效显著,有三家矿业公司进入全球前十大钴资源生产商行列,分别是洛阳钼业、华友钴业以及金川集团,市场占有率分别为8.9%、3.9%以及3.6%(表3)。

全球钴矿巨头市场控制力正在不断加强,全球前五大钴生产商市场占有率从2011年的29.3%增长至2020年的51.3%,并且仍然在不断增强(图5)。

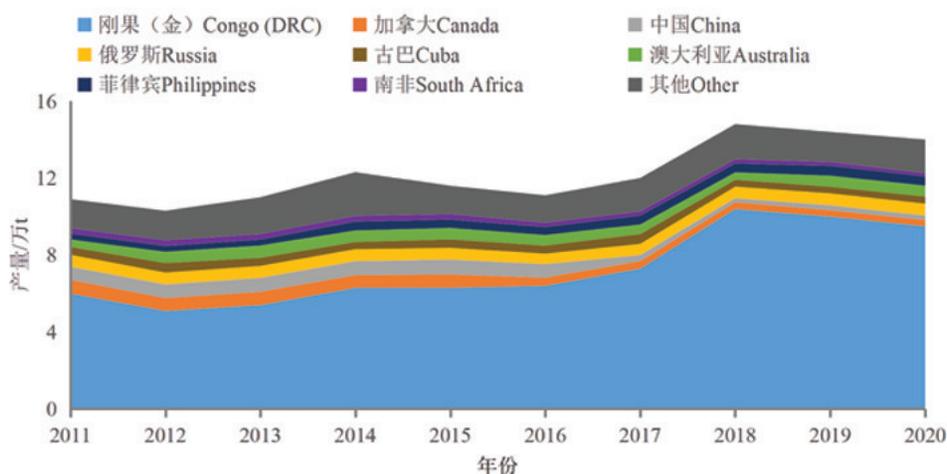


图4 2011—2020年全球钴资源产量变化情况(数据来源:USGS,2021)

Fig.4 Changes in global cobalt resource production from 2011 to 2020(Data sources:USGS,2021)

嘉能可由于旗下全球最大钴矿 Mutanda 维护停产,在2020年的市场占有率相比于顶峰时期下降大约7.6%。嘉能可已宣布 Mutanda 铜钴矿项目将于2021年年底开始重新试运行,2022年将全面恢复生产,届时嘉能可全球市场占有率有望重新超过1/4。

2021年8月,洛阳钼业集团宣布拟投资25.1亿美元用于 Tenke -Fungurume 铜钴矿混合矿项目建设,未来达产后预计新增钴年均权益产量约1.36万t,项目预计将于2023年建成投产。另外,洛阳钼业在2020年底收购了 Kisanfu 铜钴矿,该项目是世界上最大、最高品位的未开发的铜钴矿之一,钴金属量高达310万t,通过引入宁德时代的投资,后期有望进入全球钴矿三甲行列。

到2023年,届时嘉能可 Mutanda 项目已恢复生

产,洛阳钼业 Tenke -Fungurume 项目产能大幅增加,两公司合计全球市场占有率有望超过50%,全球钴矿行业也将进入“双寡头”时代。

3.4 全球钴资源供需分离明显

中国由于在全球动力电池产业中占据主导,是当前钴资源最大的消费区域,但本土钴资源相较贫乏,严重依赖进口,既是全球第一大钴矿进口国也是全球第一大钴冶炼产品进口国。根据联合国商品贸易委员会的最新数据显示,2019年中国钴矿以及中间冶炼产品的进口份额分别占到了全球总份额的87%和71%,主要来源于刚果(金)。除刚果(金)外,加拿大、俄罗斯等国也有部分钴中间冶炼产品出口,主要出口到挪威、日本、美国等地。

2019年,刚果(金)政府颁布钴矿出口禁令,鼓励企业对原矿进行加工后再出口,未来钴矿或不再将是主要的贸易形式。在世界钴贸易中,钴中间冶炼产品将成为最主要的贸易形式,2019年钴中间冶炼产品全球贸易量同比增长了约35%,而钴矿的贸易量同比暴跌了约50%。但由于目前,刚果金冶炼产能不足以支撑禁令的延续,部分矿业公司钴矿出口依然可以得到豁免。所以从中短期来看钴矿及钴中间冶炼产品依然将共存的两种贸易形式,从长期来看钴中间冶炼产品将占据绝对的主导。

4 全球钴消费历史及趋势

4.1 电池在钴消费结构中占主导地位

钴的产业链主要包括钴资源开发、粗加工、深加工、材料生产及产品应用5个阶段(图6)。钴锂化

表3 2020年全球前十大钴资源生产商
Table 3 The world's top ten cobalt resource producers in 2020

序号	公司	所属国家	产量/t	市场占有率/%
1	嘉能可	瑞士	25946	18.708
2	洛阳钼业	中国	12349	8.904
3	刚果(金)国家矿业公司	刚果(金)	11663	8.410
4	沙利纳资源	刚果(金)	10650	7.679
5	欧亚集团	哈萨克斯坦	10500	7.571
6	华友钴业	中国	5390	3.886
7	金川集团	中国	5204	3.752
8	淡水河谷	巴西	4192	3.023
9	诺里尔斯克镍业	俄罗斯	4102	2.958
10	亚洲镍业	菲律宾	2848	2.054

注:数据来源于(SNL,2021)。

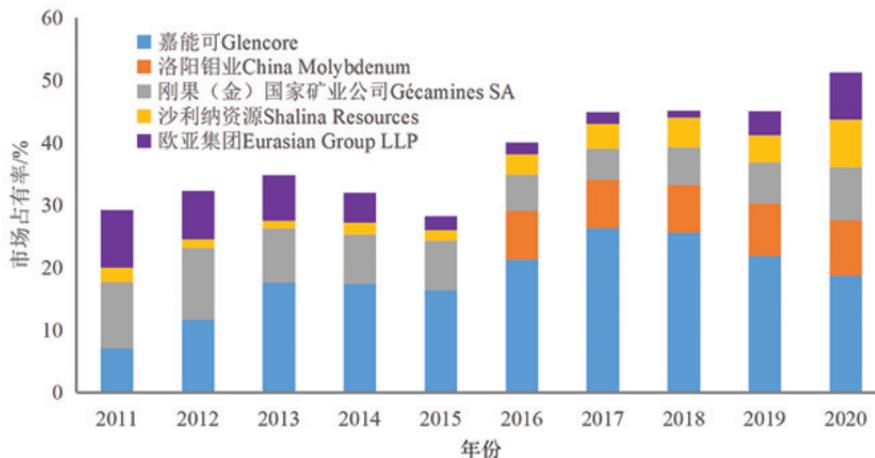


图5 全球前五大钴矿公司市场占有率变化情况(数据来源:SNL,2021)

Fig.5 Changes in the market share of the world's top five cobalt mining companies(Data sources:SNL,2021)

合物被广泛用于充电电池正极材料。钴的高温合金(美国称之为超级合金)还是航空航天发动机、工业设备及舰船的燃气轮机叶片的重要制作材料。另外,钴还用于制作硬质合金、化学催化剂、永磁体材料等等,是对新能源汽车、3C产品、航空航天等新兴产业以及国防军工意义重大的矿产。

2020年在钴的全球消费结构中,相比于十年前电池消费占比增长近一倍(图7,图8),已占据绝对的主导地位(69%),其次为高温合金(10%)、硬质合金(5%)。中国和美国的消费结构差异较大,由于中国是全球电池供应基地且电动汽车发展迅速,约有八成以上的钴需求都用于电池生产;美国航空航天等国防军工产业高度发达,对高温合金需求较大,因此超级合金为其第一大消费领域,消费占近五成。

在电池领域,目前市场主流正极材料为钴酸锂、镍钴锰酸锂三元材料、镍钴铝酸锂三元材料、磷酸铁锂和锰酸锂。3C产品中主要以钴酸锂为正极材料,动力电池正极材料为镍钴锰酸锂三元材料和镍钴铝酸锂三元材料,同时磷酸铁锂正极材料用量也正在不断增加。在3C领域钴的用量增幅开始放缓,新能源汽车产业的带动下,动力电池领域将成为钴消费增长的主要驱动力。

除电池领域外,钴在其他领域消费表现疲软。2020年新冠肺炎对航空产业造成巨大冲击,钴在高温合金应用领域的消费量大幅减少;硬质合金领域受疫情影响,中国以外的其他国家需求减弱,导致全球消费量出现下滑;此外,在催化剂、玻璃陶瓷以及磁性材料等其他领域的应用也表现为增长动力不足。

4.2 全球钴消费量持续稳定增长

2011年至2020年,在3C产品、电动汽车等对电池需求的拉动下,全球钴消费总量保持较快增长,由2011年的7.5万t增长至2020年的14.1万t,年均增速超过7%。中国是全球钴消费增长的主要驱动力,21世纪的第2个10年中国贡献了全球钴68%的消费增量,消费全球占比由2011年的34%上涨至2020年的50%,是全球钴的第一大消费国(图9)。

2020年全球钴消费量为14.1万t,即便受到疫情影响,同比增幅仍达到5.2%。其中3C需求用钴占比40%;动力电池用钴占比29%;高温合金用钴占比10%;硬质合金用钴占比5%;其他领域用钴占比16%。锂电池依然是消费增长的主要动力,华友钴业研究报告显示3C(+18%)以及动力电池(14%)领域消费量均呈现大幅增长,与其形成对比的是非电池(-16%)领域出现大幅下跌。

5 钴市场发展前景研判

5.1 钴价再次进入上行通道

2011—2016年,钴主要应用于3C以及合金等领域,市场供需保持平衡,钴价绝大部分时间位于2.2~4.1万美元/t区间震荡,整体呈现“W”形走势。

2017年开始,新能源汽车产业快速发展起来,动力电池开始倾向三元锂电,需求增长使钴市场短期内供应紧张情绪升温。市场对钴需求预期走高,叠加市场非理性的炒作情绪,钴价在一年半的时间里持续飙升,2018年3月最高逼近9.5万美元/t,创下历史新高。

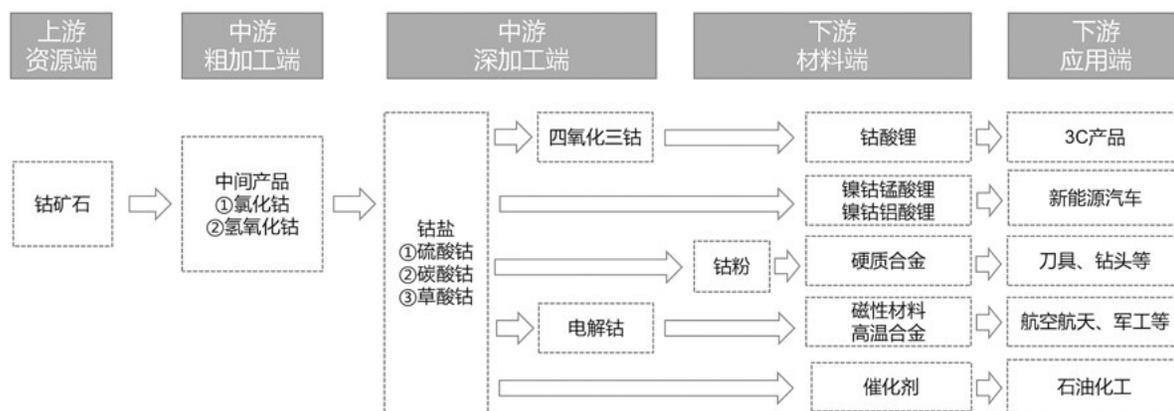


图6 钴产业链及产品链图谱

Fig.6 Cobalt industry chain and product chain map

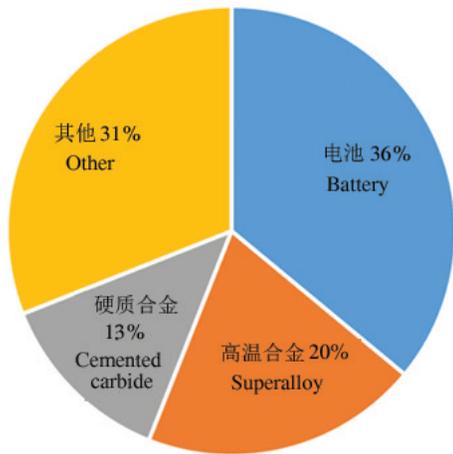


图7 2011年全球钴消费结构
Fig.7 Global cobalt consumption structure in 2011

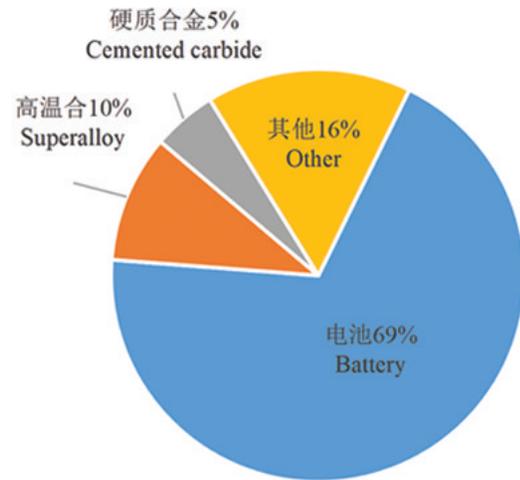


图8 2020年全球钴消费结构
Fig.8 Global cobalt consumption structure in 2020

随后,由于全球智能手机、笔记本电脑等3C产品需求增幅不及预期,新能源汽车向高镍低钴化发展使市场对钴需求的期望下降,加之中国钴冶炼产能增加导致钴化工行业竞争激烈,同时钴精矿及中间产品的主要市场供应过剩,市场逐渐遇冷,钴价遭遇重挫,至2019年8月下跌至2.56万美元/t,随后维持低位震荡。

2021年,新能源汽车产业预期再次向好,钴价也再次进入了上行通道,全年涨幅已超过1倍(图10)。

5.2 钴需求前景乐观

钴不仅是电池材料领域的一种关键原材料,它在从高温合金到催化剂的绿色革命中也至关重要。2020年以来全球主流机构对于钴需求前景一

致看好,增长预期主要来源于电池领域。英国商品研究所、嘉能可、华友钴业及基准矿业情报等机构认为在未来五年内,钴需求将以超过10%的年复合增长率扩大;国际能源署及欧亚资源对于钴需求前景的判断更为乐观,两大机构认为在未来5—10年钴需求将成倍增长(表4)。

本文基于MATLAB拟合函数模型,以2000年到2020年消费量实际数据为基准,结合产业现状、供需关系以及市场预期等因素综合判断,未来5—10年钴需求增长确定性强,将以8%左右的年化复合增长率增长,2025年钴全球钴年消费量将突破20万t,2030年将突破30万t(图11)。

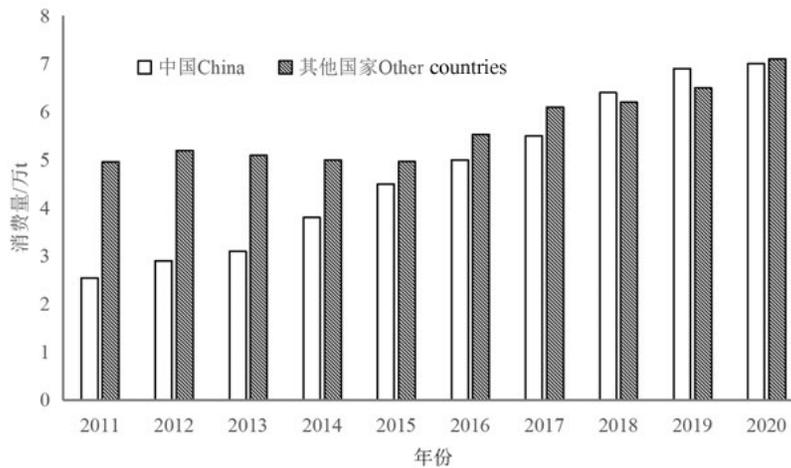


图9 2011—2020年中国及其他国家钴消费量变化情况
Fig.9 Changes in cobalt consumption in China and other countries from 2011 to 2020

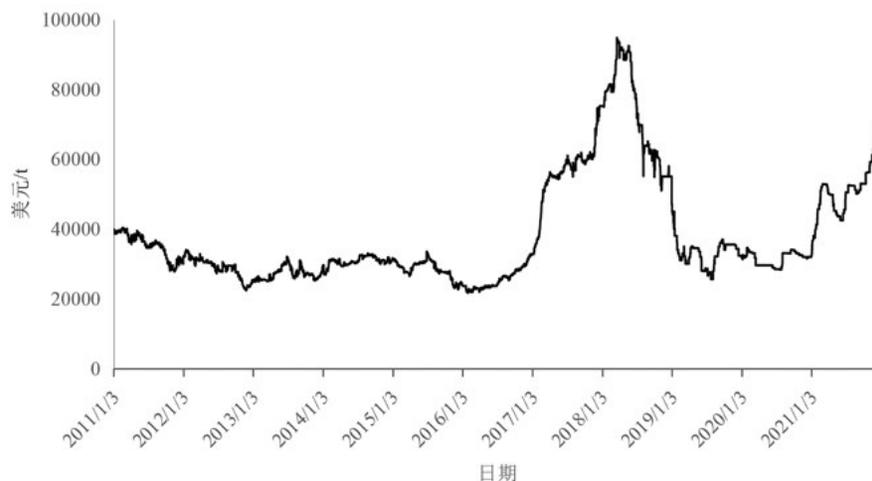


图10 2011—2021年钴价变化情况(数据来源:SNL,2021)

Fig.10 Changes in cobalt prices from January 2011 to November 2021(Data sources:SNL,2021)

5.3 市场风险分析

当前,钴市场虽然具备了较强的确定性,但仍存在一定的市场风险,主要以电池产业技术革新与更替为主。三元电池是指正极材料使用镍钴锰酸锂或者镍钴铝酸锂的三元正极材料的锂电池,是钴最重要的应用领域,而磷酸铁锂电池则不需要钴,目前三元电池与磷酸铁锂电池几乎瓜分了全部动力电池的市场份额。

以全球最大的动力电池生产国中国为例,2016年以前,磷酸铁锂电池铁由于价格低廉、使用安全以及寿命较高等特性,在市场广受追捧,甚至一度出现供不应求的局面,市场份额远大于三元电池。

但在2017年,磷酸铁锂电池遭到了滑铁卢,新能源补贴政策侧重于能量密度更高的三元电池,到2019年三元电池已经占据了七成的市场份额(表5)。

自2020年新能源车补贴大幅降低以来,低生产成本的磷酸铁锂再次赢得市场青睐。中国汽车工业协会数据显示,2020年1—12月,三元电池共计装车38.9 GWh,占比61.1%,累计下降4.1%;磷酸铁锂电池装机24.4 GWh,占比38.3%,累计增长20.6%,磷酸铁锂电池装机增速明显高于三元电池。

到2021年,磷酸铁锂总装机量占比达到51.7%,全面超过三元电池。这主要是由于三元电池综合成本要高于磷酸铁锂电池,三元电池正极材料使用大

表4 2020年以来全球主流机构对钴需求前景预测

Table 4 Forecast of cobalt demand prospects by global mainstream institutions since 2020

机构	预测
国际钴协会	大多数市场对电动汽车的需求仍在持续增长,越来越多的政策和监管措施支持和促进电动汽车的增长,电池用钴的需求将在未来几年推动市场的发展
国际能源署	由于清洁能源技术和解决方案的增加,预计未来几年对关键矿物的需求将会激增,保守估计2030年钴在新能源领域的应用将是目前的5.5倍,乐观估计将是12.5倍
英国商品研究所	随着全球向5G技术的转型加快步伐,钴需求将在便携设备以及储能系统这两大非电动车市场具备巨大的增长潜力,2022年的市场将出现供不应求的局面,2025年钴需求将增至200000~260000 t
基准矿业情报	在所有终端市场中,钴需求将同比增长15%至20%,其中大部分是由电池行业推动的。与其他行业相比,电池行业对钴的需求不断上升。预计到2025年,72%的钴需求将来自电池行业,届时可能出现供应短缺
嘉能可	预计到2025年,目前钴市场规模将翻一番,全球约一半的需求将来自电池
欧亚资源	锂电池是钴的重要应用市场,随着全球新能源电动汽车高速发展,电池需求也快速增长,预计到2025年,钴需求将增至目前的4倍
华友钴业	预计全球钴需求到2025年将增长至23.24万t,年均复合增速为10.74%

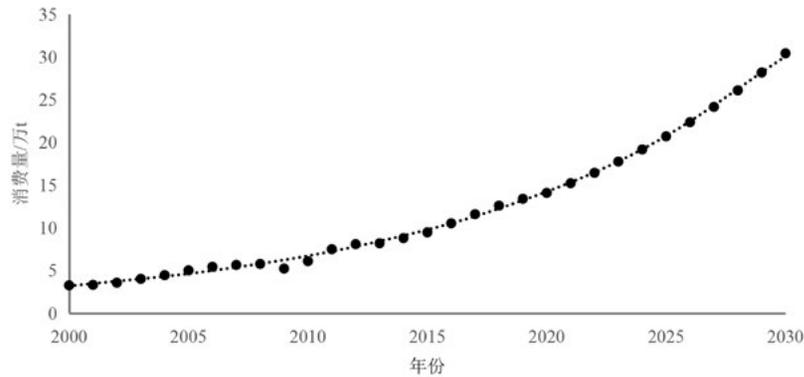


图11 基于MATLAB拟合函数模型全球钴消费历史及需求预测

Fig.11 Global cobalt consumption history and demand forecast based on MATLAB fitting function model

表5 2015—2021年中国各类动力电池市场份额(数据来源:Wind,2021)

Table 5 2015–2021 China's market share of various power batteries (Data sources: Wind, 2021)

	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
三元电池	38%	39%	53%	62%	70%	61%	50%
磷酸铁锂电池	52%	52%	39%	31%	27%	38%	50%
其他	10%	9%	8%	7%	3%	3%	<1%

量的稀有金属包括钴和镍,而磷酸铁锂电池正极原材料主要是铁源和磷源,因此三元电池的装机量与镍和钴的市场价格呈现负相关,当镍和钴的价格开始下滑,三元电池的装机量将大幅提升。

综合来看,由于电池结构的更替,钴在动力电池领域的消费增速存在不及预期的风险。从产业规模来看未来5—10年风险等级并不高,磷酸铁锂电池并不具备完全替代三元电池的基础,高钴含量的三元电池是目前兼具高能量密度和安全性的动力电池产品,相比于磷酸铁锂电池拥有更出色的性能,仍是中高端电动汽车的首选产品。

6 结 论

(1)全球可开发利用的钴资源主要分布在刚果(金)、澳大利亚、加拿大、古巴、菲律宾以及俄罗斯等国。其中,沉积型砂岩铜-钴矿床主要在刚果(金)、风化型红土镍-钴矿以澳大利亚最为典型、岩浆岩型铜-镍-钴硫化物矿床以加拿大为代表、热液型钴矿床摩洛哥Bou Azzer为典型代表。

(2)自2017年,随着新能源产业的爆发式增长,钴资源勘探大幅增加,资金主要流向了刚果(金)、澳大利亚、加拿大以及美国。但勘查投入尚未转化为产能,同时叠加全球最大钴矿停产维护,2019—

2020年全球钴产量已经连续两年出现下滑。

(3)近年来,全球钴矿巨头市场占有率逐步加强,嘉能可以及洛阳钼业通过扩产以及并购等商业行为扩大产能,在未来市场占有率有望超过50%,届时全球钴矿行业也将进入“双寡头”时代。

(4)从消费结构上来看,电池已占据钴需求的69%,是近年来全球钴消费量稳定增长的基础;从消费主体来看,中国占全球钴总消费量的50%,是近年来全球钴消费量持续增长的源动力。

(5)基于MATLAB拟合函数模型,同时结合历史消费数据及产业发展规律等综合因素,本文预计未来5—10年钴市场具有较强确定性,2025年和2030年全球钴的消费量分别将超过20万t和30万t,但需警惕电池产业技术革新与更替等风险。

References

- Berger V I, Singer D A, Bliss J D, Moring B C. 2011. Ni-Co Laterite Deposits of the World - Database and Grade and Tonnage Models[R]. US Geological Survey Open-File Report 2011-1058, US Geological Survey.
- Cailteux J L H, Kampunzu A B, Lerouge C, Kaputo A, Milesi J. 2005. Genesis of sediment-hosted stratiform copper-cobalt deposits, central African copper belt[J]. Journal of African Earth Sciences, 42: 134-158.

- Deng Xianze, Ren Jiangbo, Deng Xiguang, He Gaowen, Yang Shengxiong. 2021. Cobalt-rich crust obtains high contents of key elements from seawater: Element absorption and distribution[J]. Geological Bulletin of China, 40(2/3): 376–384(in Chinese with English abstract).
- Feng Chengyou, Zhang Dequan. 2002. Cobalt mineral resources in the world and advance of the research on cobalt deposits[J]. Geological Review, (6): 627–633(in Chinese with English abstract).
- Feng Chengyou, Zhang Dequan, Dang Xingyan. 2004. Cobalt resources of china and their exploitation and utilization[J]. Mineral Deposits, (1): 93–100(in Chinese with English abstract).
- Freyssinet P, Butt C R M, Morris R C, Piantone P. 2005. Oreforming processes related to laterite weathering[J]. Econ. Geol. 100th Anniversary, 681–722.
- Gleeson S A, Butt C R M, Elias M. 2003. Nickel laterites: A review[J]. SEG Newsletter, (54): 11–18.
- He Gaowen, Sun Xiaoming, Yang Shengxiong, Zhu Kechao, Song Chengbing. 2011. A comparison of REE geochemistry between polymetallic nodules and cobalt-rich crusts in the Pacific Ocean [J]. Geology in China, 38(2): 462–472(in Chinese with English abstract).
- Hitzman M W, Broughton D, Selley D, Woodhead J, Wood D, Bull S. 2012. The Central African copper belt: Diverse stratigraphic, structural, and temporal settings in the world's largest sedimentary copper district[C]//Society of Economic Geologists Special Publication 16, 487–514.
- Li Xiangqian, Mao Jingwen, Yan Yanling, Gao Hongshan, Li Mengwen, Xu Xianli. 2009. Regional geology and characteristics of ore deposits in Katangan copper-cobalt belt within Congo (Kinshasa), Central Africa [J]. Mineral Deposits, 28(3): 366–380 (in Chinese with English abstract).
- Li Ying, Zhou Yanjing, Zhang Yanfei. 2014. The future supply situation analysis of globe cobalt resources[J]. China Mining Magazine, 23(8): 1–4(in Chinese).
- Ministry of Natural Resources. 2021. China Mineral Resources (2021) [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese).
- Pan Zhijun, Zhang Heng, Liu Ning, Wang Ying, Han Jian. 2017. Analysis of the structure and pricing rights of global cobalt supply market[J]. China Mining Magazine, 26(8): 18–21(in Chinese).
- Petavratzi E, Gunn G, Kresse C. 2019. Commodity Review: Cobalt[R]. British Geological Survey.
- Qin Feng, Guo Jian, Zhang Xueting, Xu Qingsheng, Sun He, Qi Min, Qu Shaodong, Du Songjin, Zhang Daojun. 2010. Study on distribution characteristics and ore controlling factors of copper cobalt deposits in zambia [J]. Mineral Deposits, 29(S1): 1129–1130 (in Chinese).
- Rundnick R L, Gao S. 2014. Composition of the continental crust[C]// Treatise on Geochemistry. 2nd ed. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Slack J F, Kimball B E, Shedd, K B. Cobalt[C]//Schulz K J, DeYoung J H, Seal II R R, and Bradley D C. 2017. Critical Mineral Resources of the United States—Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply[R]. U.S. Geological Survey Professional Paper 1802, F1–F40.
- Smith C G. 2001. Always the bridesmaid, never the bride: Cobalt geology and resources[J]. Applied Earth Science, 110(2): 75–80.
- SNL. 2021. Commodity Profile— Cobalt[EB/OL]. <https://www.capitaliq.spglobal.cn>.
- Sun Kai, Zhang Hang, Lu Yiguan, Qiu Lei, He Shengfei, Ren Junping, Xu Kangkang, Liu Xiaoyang. 2022. Analysis on geological characteristics and prospecting potential of the Central African Cu-Co metallogenic belt [J]. Geology in China, 49(1): 103–120(in Chinese with English abstract).
- USGS. 2017. Critical Mineral Resources of the United States— Economic and Environmental Geology and Prospects for Future Supply[R]. U.S. Geological Survey Professional Paper, 1802.
- USGS. 2021. Commodity Statistics and Information[EB/OL]. <https://www.usgs.gov>.
- Wang Hui, Feng Chengyou, Zhang Yuming. 2019. Characteristics and exploration and research progress of global cobalt deposits[J]. Mineral Deposits, 38(4): 739–750 (in Chinese with English abstract).
- Wei Zhenquan, He Gaowen, Deng Xiguang, Yao Huiqiang, Liu Yonggang, Yang Yong, Ren Jiangbo. 2017. The progress in the study and survey of oceanic cobalt-rich crust resources[J]. Geology in China, 44(3): 460–472 (in Chinese with English abstract).
- Wind. Date service [EB/OL]. <https://www.wind.com.cn>.
- Yang Huipeng, Wang Wei. 2019. Global Cobalt Resources Status and Exploitation Trends[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 39(5): 41–49, 55(in Chinese with English abstract).
- Zhang Hongrui, Hou Zengqian, Yang Zhiming, Song Yucai, Liu Yingchao, Chai Peng. 2020. A new division of genetic types of cobalt deposits: Implications for Tethyan cobalt-rich belt[J]. Mineral Deposits, 39(3): 501–510(in Chinese with English abstract).
- Zhang Weibo, Ye Jinghua, Chen Xiufa, Li Na, He Xuezhou, Chen Xifeng, Liu Yifei. 2018. Global cobalt resources distribution and exploration potentials [J]. Resources & Industries, 20(4): 56–61 (in Chinese).
- Zhao Junxing, Li Guangming, Qin Kezhang, Tang Dongmei. 2019. A review of the types and ore mechanism of the cobalt deposits [J]. Chinese Science Bulletin, 64(24): 2484–2500 (in Chinese).
- Zhou Yanjing, Liang Haifeng, Li Jianwu, Wang Gaoshang. 2019. Supply and demand pattern overseas layout of cobalt resources [J]. China Mining Magazine, 28(7): 65–69, 80 (in Chinese).
- Zou Fenghui, Xu Deru, Wang Zhilin, Den Tun, Hou Maozhou, Chen Genwen. 2014. Co-Cu ore deposit in China continent: Geological characteristics, ore deposit types and dynamic settings[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), (S2): 344–345.

附中文参考文献

- 邓贤泽, 任江波, 邓希光, 何高文, 杨胜雄. 2021. 富钴结壳关键元素赋存状态与富集机理[J]. 地质通报, 40(Z1): 376-384.
- 丰成友, 张德全. 2002. 世界钴矿资源及其研究进展述评[J]. 地质论评, (6): 627-633.
- 丰成友, 张德全, 党兴彦. 2004. 中国钴资源及其开发利用概况[J]. 矿床地质, (1): 93-100.
- 何高文, 孙晓明, 杨胜雄, 朱克超, 宋成兵. 2011. 太平洋多金属结核和富钴结壳稀土元素地球化学对比及其地质意义[J]. 中国地质, 38(2): 462-472.
- 李向前, 毛景文, 闫艳玲, 高洪山, 李蒙文, 徐宪立. 2009. 中非刚果(金)加丹加铜钴矿带主要矿化类型及特征[J]. 矿床地质, 28(3): 366-380.
- 李颖, 周艳晶, 张艳飞. 2014. 未来全球钴资源供应形势分析[J]. 中国矿业, 23(8): 1-4.
- 刘超, 陈甲斌. 2020. 全球钴资源供需形势分析[J]. 国土资源情报, (10): 27-33.
- 潘志君, 张恒, 刘宁, 王颖, 韩见. 2017. 全球钴供应市场结构及定价权分析[J]. 中国矿业, 26(8): 18-21.
- 覃锋, 郭健, 张雪亭, 徐庆生, 孙赫, 祁民, 屈绍东, 杜松金, 张道俊. 2010. 赞比亚铜钴矿产分布特征及控矿因素研究[J]. 矿床地质, 29(S1): 1129-1130.
- 孙凯, 张航, 卢宜冠, 邱磊, 何胜飞, 任军平, 许康康, 刘晓阳. 2022. 中非铜钴成矿带地质特征与找矿前景分析[J]. 中国地质, 49(1): 103-120.
- 王辉, 丰成友, 张明玉. 2019. 全球钴矿资源特征及勘查研究进展[J]. 矿床地质, 38(4): 739-750.
- 韦振权, 何高文, 邓希光, 姚会强, 刘永刚, 杨永, 任江波. 2017. 大洋富钴结壳资源调查与研究进展[J]. 中国地质, 44(3): 460-472.
- 杨卉芃, 王威. 2019. 全球钴矿资源现状及开发利用趋势[J]. 矿产保护与利用, 39(5): 41-49, 55.
- 张洪瑞, 侯增谦, 杨志明, 宋玉财, 刘英超, 柴鹏. 2020. 钴矿床类型划分初探及其对特提斯钴矿带的指示意义[J]. 矿床地质, 39(3): 501-510.
- 张伟波, 叶锦华, 陈秀法, 李娜, 何学洲, 陈喜峰, 刘翼飞. 2018. 全球钴矿资源分布与找矿潜力[J]. 资源与产业, 20(4): 56-61.
- 赵俊兴, 李光明, 秦克章, 唐冬梅. 2019. 富含钴矿床研究进展与问题分析[J]. 科学通报, 64(24): 2484-2500.
- 中华人民共和国自然资源部. 2021. 中国矿业产资源报告(2021)[M]. 北京: 地质出版社.
- 周艳晶, 梁海峰, 李建武, 王高尚. 2019. 钴资源供需格局及全球布局研究[J]. 中国矿业, 28(7): 65-69, 80.