

全球钴矿资源现状及开发利用趋势*

杨卉芃^{1,2,3}, 王威^{1,2,3}

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 河南 郑州 450006; 2. 河南省黄金资源综合利用重点实验室, 河南 郑州 450006; 3. 国土资源部多金属矿评价与综合利用重点实验室, 河南 郑州 450006)

摘要: 钴是重要的新能源材料, 在现代工业发展中有许多不可替代的用途。美国和欧盟都将钴列入了影响国家和地区安全及未来经济发展的关键矿物和材料清单。介绍了全球钴矿资源和开发利用现状, 并对钴矿资源的供需状况和价格变化趋势等进行了分析。全球陆地钴矿资源分布极不均衡, 全球陆地探明总储量80%以上分布在刚果(金)、澳大利亚、古巴、赞比亚、菲律宾、加拿大和俄罗斯等少数几个国家。钴很少独立成矿, 多作为铜、镍和铁等矿种的伴生金属产出。近年来, 电动汽车快速发展导致钴需求增长, 2018年全球钴矿产量增长到13.56万t, 钴期货价格最高达到9.48万美元/t。2019年全球钴矿市场出现过剩, 价格下跌, 但按照全球各国新能源汽车发展规划, 全球钴矿长期供给面临短缺的可能。

关键词: 钴; 价格; 储量; 产量; 供需分析

中图分类号: P618.62 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2019)05-0041-09

DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.05.005

Global Cobalt Resources Status and Exploitation Trends

YANG Huipeng^{1,2,3}, WANG Wei^{1,2,3}

(1. Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Zhengzhou 450006, China; 2. Comprehensive Utilization Key Laboratory of Gold Resource in Henan Province, Zhengzhou 450006, China; 3. Key Laboratory for Polymetallic Ores' Evaluation and Utilization, MNR, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: Cobalt is an important material for new energy. It has many irreplaceable uses in the development of modern industry. Both the United States and the European Union have included cobalt in the list of key minerals and materials affecting national and regional security and future economic development. This paper introduces the current situation of global cobalt resources and their application. The supply and demand situation and price trend of cobalt resources were analyzed. The distribution of global terrestrial cobalt resources is uneven. Over 80% of the global terrestrial cobalt resources were distributed in a few countries, such as Congo (DRC), Australia, Cuba, Zambia, Philippines, Canada and Russia. Cobalt is seldom mineralized independently, and mostly occurs as associated metals of copper, nickel and iron ores. In recent years, the rapid development of electric vehicles has led to the growth of cobalt demand. In 2018, the cobalt mineral production increased to 135 600 tons. The cobalt price reached to 94 800 dollars per ton. In 2019, the global cobalt mine market was in excess and the price fell. However, according to the new energy vehicle development plan of the world's countries, the global cobalt mine faces the possibility of long-term shortage.

Key words: cobalt; price; reserves; production; supply and demand

* 收稿日期: 2019-08-11

基金项目: 地质调查项目(DD20190625); 国家自然科学基金(51504225)

作者简介: 杨卉芃(1962-), 男, 新疆疏附人, 研究员, 长期从事矿产资源综合利用研究工作。

钴具有独特的物理化学性质使钴成为航空航天、石油化工、玻璃制造及医药领域的重要原材料。钴在战略性新兴产业的发展中发挥着重要的作用^[1-3]。钴在地壳中的含量很低,地壳中钴的平均丰度仅为0.0025%,且地壳中的钴90%呈分散状态。自然界中钴多为铜、镍和铁等矿种的伴生矿,基本没有独立的钴矿床产出。美国和欧盟都将钴列入了影响国家和地区安全及未来经济发展的关键矿物和材料清单,根据中国矿业联合会的研究,到2020年钴将成为严重短缺的九大矿种之一^[1]。我国是世界上最主要的精炼钴生产国和钴消费国之一^[4],但是我国钴矿储量仅占全球总储量的1.1%^[5],钴原料大量依靠进口,2017年钴资源对外依存度高达90%。本文介绍了全球钴矿资源和应用现状,对钴资源的供需状况、价格等变化趋势进行分析,希望为我国钴矿业的投资、开发和管理提供参考依据。

1 钴的性质、分布和应用

1.1 钴的性质

钴的原子序数为27。纯钴是具有金属光泽的钢灰色金属,质硬而脆,具有铁磁性。钴的熔点1493℃,沸点3100℃,密度8.9 g/cm³,莫氏硬度5.0~5.5。钴在高温下仍能保持较高的强度,并具有较低的导热性和导电性^[6]。钴可以与很多元素形成性能优异的合金,具有优良的耐高温、耐腐蚀、具铁磁性等性能,使钴在航空航天、机械制造、电气电子、电池和化学等工业领域具有广泛应用。一些钴的化合物具有艳丽的颜色,作为颜料和染料应用于陶瓷、玻璃和油漆等行业。

1.2 钴的分布

地球上已发现的钴矿物多数与铜、镍、金和铁等矿产伴生,全球钴产量仅有2%左右产自独立钴矿。根据USGS 2019年统计,全球已探明的陆地钴矿资源量为2500万t,储量为688万t,按2018年世界钴矿产量13.6万t计,静态保障年限达到50年。在大西洋、印度洋和太平洋底部发现了超过12000万t的钴矿资源存在于大洋锰结核和大洋富钴结壳中,由于技术和经济原因,这些资源目前还未能得到开发利用。全球陆地钴矿资源分布广泛,钴矿资源主要赋存于刚果和赞比亚的沉积型层状铜钴矿床中,澳大利亚、古巴、菲律宾和马达加斯加等国的红

土型镍钴矿床,以及澳大利亚、加拿大和俄罗斯等国的岩浆型镍-铜硫化物矿床中。尽管钴矿分布广泛,但是除了摩洛哥的Bou Azzer钴矿是以砷钴矿为主矿产的独立钴矿外,世界其他钴矿均作为铜矿和镍矿等矿产的伴生矿产产出,目前只有刚果、澳大利亚、古巴、加拿大和俄罗斯等少数几个国家的钴矿才能经济利用。

1.3 钴的应用

钴优异的性质使其在众多领域得到广泛的应用,钴产品主要以化学品和金属的形式应用于电池材料、催化剂、颜料、高温合金、硬质合金和磁性材料等领域。目前,电池行业是消耗钴最多的行业,钴主要用于制备锂离子电池的正极材料,钴可以提高锂离子电池的稳定性和安全性,改善电池的循环性能,从而提高电池的寿命。钴与镍、铬、钼和钨等元素构成的钴基超级合金在高温下仍能保持高强度、耐磨性和耐腐蚀性,是用于喷气飞机发动机和燃气轮机的主要原料,因此,制备超级合金也是钴的主要应用领域。

根据国际钴业协会(CI)2019年发表的全球钴应用报告,钴在各行业的应用情况见图1。

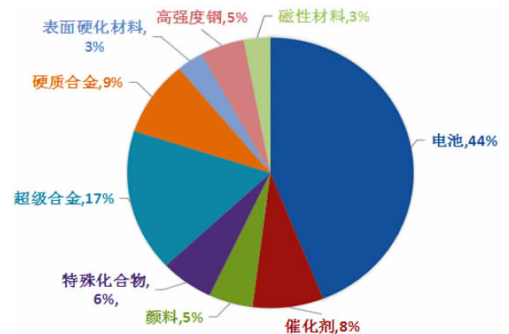


图1 钴在全球各领域中的应用情况
Fig. 1 The application of cobalt in different Fields

2 钴矿物和矿床

2.1 钴矿物

自然界中含钴的矿物种类超过百种,钴作为基本元素的矿物种类超过了59种^[7],但目前具有经济意义的钴矿物主要有钴的砷化物、硫化物和氧化物三大类。工业上常见的钴矿物有辉钴矿、硫钴矿、辉砷钴矿、方硫镍钴矿和钴镍黄铁矿,以及表生矿物中的水钴矿和杂水钴矿等。常见钴矿物及性质见表1。

表1 常见的钴矿物及其性质

Table 1 The common cobalt minerals and their properties

矿物种类	矿物名称	化学式	钴含量/%	密度/(g·cm ⁻³)	莫氏硬度	色泽
砷化物	砷钴矿	CoAs ₂	15~24	6.4~6.6	5.6~6	锡白、钢灰
	斜方砷钴矿	(Co,Ni,Fe)As ₂	13~23	6.9~7.3	4.5~5	锡白、淡灰
	方钴矿	CoAs ₃ (Co,Ni,Fe)As ₃	16~20	6.7~6.9	6	锡白、铝灰
	辉钴矿	CoAsS	29~39	5.8~6.3	5.5~6	锡白、铝灰
	铁硫砷钴矿	(Co,Fe)AsS	8~18	5.9~6	5	锡白
硫化物	硫铜钴矿	Cu(Co,Ni) ₂ S ₄	27~42	4.8~5	5.5	钢灰
	硫钴矿	Co ₃ S ₄	45~53	4.8~5	5.5	黄白、钢灰
氧化物	钴土矿	(Ni,Co _{2-x} Mn ⁴⁺ (O,OH) ₄ ·nH ₂ O	微量~25	3.1	2~2.5	褐、浅蓝、黑
	钴华	Co ₃ (AsO ₄) ₂ ·8H ₂ O	30	2.9~3	1.5~2.5	紫红、桃红
	水钴矿	Co ₂ O ₃ ·H ₂ O	50~60	4.1~4.5	3~5	淡蓝、淡紫
	菱钴矿	CoCO ₃	50~55	4~4.1	4	玫瑰红

2.2 钴矿床

人类目前商业开发的钴矿资源均来自陆地钴矿床,陆地钴矿床主要有沉积型层状铜钴矿床、岩浆型硫化镍-铜-钴-铂族矿床、热液型钴矿床、风化型红土镍钴矿床四种类型。除了这四种主要的钴矿床类型外,还存在一些资源量较小的其他类型的钴矿床,例如黑色页岩型镍-铜-锌-钴矿床、密西西比河谷型铅-锌-钴-镍硫化物矿床等,这些类型的矿床资源量仅占已知的地球钴资源量的1%,占到陆地钴矿资源量的8%。

海底钴矿床主要包括大洋锰结核、大洋富钴结壳和海底火山铜-锌-钴-银-金硫化物矿床。海底钴矿床蕴藏着巨大的钴矿资源量,未来可以为人类提供丰富的钴资源。美国地调局统计的全球钴矿床类型见图2,全球主要钴矿床资源类型、资源量和

品位见图3,钴矿床种类和特点见表2。

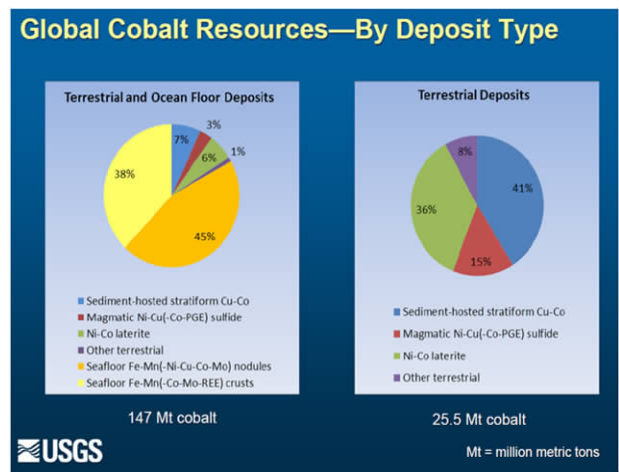


图2 全球大洋钴矿床和陆地钴矿床种类
Fig. 2 The global ocean cobalt deposits and terrestrial cobalt deposits

表2 钴矿床主要类型和特点

Table 2 The main types and characteristics of cobalt deposits

矿床成因类型	矿床特征	品位/%	典型矿床
沉积型	砂岩铜-钴矿床,层状和透镜状产出,储量大、品位高,主要矿物为黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、硫铜钴矿、孔雀石和水钴矿等,可选性较好	0.1~1	Tenke(刚果) MtIsa(澳大利亚)
岩浆型	铜-钴-镍硫化物矿床,盆状、漏斗状和脉状产出,储量大、品位一般,主要矿物为磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿和针镍矿等,钴主要赋存于镍黄铁矿和黄铁矿中,矿石可选性好	0.01~0.2	Sudbury(加拿大) Norilsk(俄罗斯) Kambilda(澳大利亚) 金川(中国)
风化型	风化形成的红土镍钴矿床,形状不定,矿体厚大,储量大小不一,品位较低,主要矿物为钴土矿、硅镁镍矿、镍钴钽镁锰矿、针铁矿、赤铁矿和黏土类矿物等,矿石可选性差,可用湿法冶金方法回收镍和钴	0.01~0.15	Koniambo(新喀里多尼亚) Mao Bay(古巴)
热液型	矿床成因复杂,中小型为主,矿体呈脉状、巢状和柱状,主要含矿矿物为方钴矿、砷钴矿和斜方砷钴矿等,品位高,矿石可选性好	0.1~2	Bou Azzar(摩洛哥)
海底锰结核、富钴结壳、火山含钴多金属硫化物	铁锰结核含有大量的镍、铜、钴和钼等,主要产生于深度为3 500~6 500 m海底平面;富钴结壳主要产在水深800~3 000 m的海山和海台顶部和斜面	1~2.5	太平洋、印度洋、大西洋

部分数据来源于 Blackstone minerals investor presentation 2019。

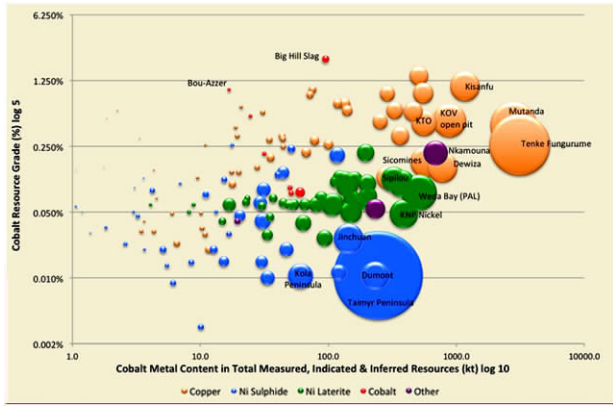


图3 全球主要钴矿床资源类型、资源量和品位示意图
(蓝色代表镍钴硫化矿;绿色代表红土镍钴矿;砖红色代表铜钴矿;
红色代表钴矿。球的位置和大小代表资源量,纵轴代表钴的品位。
数据来源于 Blackstone minerals investor presentation 2019。)

Fig.3 The type, resources and grade of major cobalt mineral resource

3 全球钴矿资源储量和产量

2018 年全球探明的钴矿资源储量为 687.5 万 t, 钴矿产量为 13.57 万 t^[10]。其中刚果金是全球钴矿资源储量最多的国家,也是钴矿产量最高的国家,2018 年刚果金的钴矿储量占到全球储量的 49.45%,产量占到全球钴矿产量的 66.32%,集中度非常高。储量排名第二和第三的国家分别为澳大利亚和古巴,占到全球储量的 17.45% 和 7.27%,其他国家的储量都小于 5%。各国钴矿储量和产量见表 3。

4 全球主要钴矿公司

全球主要钴矿公司 2018 年度矿石类型、产品和产量见表 4,详细情况见表 5。全球主要的钴矿公司有嘉能可公司、洛钼集团、Chemaf 公司、金川集团和谢里特公司等。嘉能可公司掌控着全球钴矿探明储量的 25%,每年的钴矿产量占到全球产量的 30% 左右,对全球钴矿的供应有决定性的影响力。全球前十大钴矿公司 2018 年的钴矿产量占到全球钴矿产量的 75.45%,生产集中度比较高,中国有四家公司进入钴矿产量前十的行列。

表 3 全球钴矿产量和储量分布
Table 3 The distribution of cobalt production and reserves in the world

国家	2018 产量/t	产量 份额/%	2018 年 储量/万 t	储量 占比/%
刚果金	90 000	66.32	340	49.45
澳大利亚	4 700	3.46	120	17.45
古巴	4 900	3.61	50	7.27
菲律宾	4 600	3.39	28	4.07
加拿大	3 800	2.80	25	3.64
俄罗斯	5 900	4.35	25	3.64
马达加斯加	3 500	2.58	14	2.04
中国	3 100	2.28	8	1.16
其他国家	15 200	11.21	77.5	11.28
全球	135 700	100.00	687.5	100.00

表 4 全球主要钴矿公司的矿石类型、产品和产量

Table 4 The ore types, products and yield of major cobalt mining companies

公司	国家	矿石类型	主要产品	2018 年钴产量/t	全球产量份额/%
嘉能可 Glencore	瑞士	铜钴矿(刚果、肯尼亚)	钴精矿、电解钴、钴粉	42 200	31.10
		铜镍钴矿(加拿大)			
		红土镍矿(澳大利亚)			
洛钼 CMOC Chemaf	中国 刚果	铜钴矿(刚果)	氢氧化钴	18 700	13.78
		铜钴矿(刚果)	钴精矿氢氧化钴	7 000	5.16
金川集团 Jinchuan Group	中国	铜镍钴矿(中国)	电解钴	6 532	4.81
		铜钴矿(刚果)	氢氧化钴		
谢里特 Sheritt	加拿大	红土镍矿(古巴)	钴镍硫化物	6 086 (1 959)	4.48
		红土镍矿(马达加斯加)	钴粉		
淡水河谷 Vale	巴西	铜镍钴矿(加拿大)	电解钴	5 100	3.76
		红土镍矿(新喀里多尼亚)	碳酸钴		
诺里斯克镍业 Nornicke	俄罗斯	铜镍钴矿(俄罗斯)	电解钴	5 000	3.68
			钴精矿		
华友钴业 Huayu	中国	铜钴矿(刚果)	氢氧化钴	4 500	3.32
			钴精矿		
欧亚资源 ERG	哈萨克斯坦	铜钴矿(刚果)	碳酸钴	4 000	2.95
			电解钴		
中国中冶 MCC	中国 巴布	红土镍矿(巴布亚新几内亚)	镍钴氢氧化物	3 275(2 784)	2.41
Managem	摩洛哥	砷钴矿(摩洛哥)	钴精矿	1 806	1.33
			电解钴		
其他 全球产量				31 501 135 700	23.22 100.00

数据来源于各公司 2018 年年报、报告等,谢里特和中国中冶公司的钴矿产量均按矿山 100% 产量计入,实际归属公司产量见括号中的数据。

表5 全球主要钴矿公司详细情况
Table 5 Details of major cobalt mining companies

公司	基本情况	矿区/ 国家/ 股份	矿石储量 (资源量) /万 t	品位 /%	金属量 /万 t	2018 产量
瑞士嘉能可公司 ⁽¹⁾	嘉能可是一家成立于1974的瑞士公司,也是港交所的上市公司。嘉能可公司是全球最大的多元化自然资源公司之一,在全世界50个国家拥有150多个矿山和冶炼厂,全球铜、镍、锌、钴和能源产品等大宗商品的重要生产商和交易巨头。嘉能可是世界最大的钴矿生产商,2018年公司自有钴矿产量达到4.22万t,占到全球钴矿产量的31%,公司控制了全球钴矿探明储量的25%,掌握着全球品质最好的钴矿,涵盖非洲的沉积型铜钴矿、澳大利亚的风化型红土镍钴矿、加拿大的岩浆型铜镍钴硫化矿三大钴矿,公司对全球钴矿市场影响举足轻重	Katanga/ 刚果	13 300	Cu 3.18 Co 0.52	Cu 422.94 Co 69.16	Cu 15.24 万 t Co 1.11 万 t
		Mutanda/ 肯尼亚	13 200	Cu 1.73 Co 0.66	Cu 228.36 Co 87.12	Cu 19.9 万 t Co 2.73 万 t
		Raglan, Sudbury /加拿大	3 200	Ni 2.17 Cu 0.94 Co 0.05	Ni 69.44 Cu 30.08 Co 1.6	Ni 5.95 万 t Cu 4.14 万 t Co 0.09 万 t
		Murrin Murrin /澳大利亚	10 170	Ni 1.05 Co 0.081	Ni 106.79 Co 8.24	Ni 3.55 万 t Co 0.29 万 t
		合计	39 870	Co 0.42	Co 166.12	Co 4.22 万 t
		Kabanga/ 坦桑尼亚 50%	3 720 (资源量)	Ni 2.63 Cu 0.35 Co 0.2	Ni 97.83 Cu 13.02 Co 7.44	—
刚果 Chemaf 公司 ⁽³⁾	Chemaf 公司是刚果最重要的私营铜钴矿生产公司之一,公司拥有三个铜钴矿山项目和冶炼厂,向国际市场供应电解铜和氢氧化钴产品。2018年公司钴矿产量计划为7 000 t,占全球钴矿产量的5.16%	Etoile	1 766 (资源量)	Cu 2.55 Co 0.35	Cu 45.03 Co 6.18	Co 7 000 t 公司利用 Mutoshi 矿和周边铜钴矿计划未来产能电解铜 2 万 t/a, 钴 1.6 万 t/a(氢氧化钴形式) 预计 2020 投产
		Etoile Extension	317 (资源量)	Cu 0.31 Co 0.66	Cu 1.01 Co 2.16	
		Mutoshi	不详	不详	公司估计 Co 30	
中国洛阳钼业公司 ⁽²⁾	洛阳钼业公司是一家国际化的矿产资源公司,上海证交所上市企业,主要从事铜、钴、钼、钨、铌及磷矿产的采选、冶炼和深加工等业务,拥有较为完整的一体化产业链条。公司是全球领先的铜矿生产商之一,也是全球前五大钼矿生产商,最大的钨生产商之一,全球第二大的钴和铌生产商,澳洲第四大的铜矿生产商和巴西第二大的磷肥生产商。2018年洛阳钼业拥有的刚果 Teken 铜钴矿生产了1.87万t钴矿产品,产量排名世界第二。Teken 铜钴矿采用湿法冶金工艺生产电解铜和氢氧化钴产品	Teken 铜钴矿 刚果(金)	17 770 (资源量 82 460)	Cu 2.4 Co 0.33	Cu 426.48 Co 58.64	Cu 16.83 万 t Co 1.87 万 t
中国金川集团 ⁽⁴⁾	金川集团股份有限公司是一家集镍、铜、钴和铂族金属等有色金属采、选、冶、加工和贸易的大型有色金属企业,是中国最大的镍矿生产公司。公司除了拥有世界三大镍-铜-钴硫化矿山之一的白家嘴子铜镍钴矿外,还拥有刚果两个铜钴矿项目,2019年公司的钴矿产量为6 532 t,占全球产量的4.8%	白家嘴子 铜镍钴矿	41 130	Ni 0.96 Cu 0.64 Co 0.03	Ni 394.8 Cu 261.7 Co 12.6	Ni 8.07 万 t Cu 5.88 万 t Co 1 780 t
		Ruashi (刚果)	900	Cu 2.1 Co 0.3	Cu 19 Co 2.6	Cu 2.41 万 t Co 4 752t
		Musonoi (刚果)	1 820	Cu 3.24 Co 0.91	Cu 59 Co 16.5	可研阶段,计划 2022 年投产 Cu 2.8 万 t/a Co 5 000 t/a Co 6 532 t
		合计	43 850	Co 0.07	Co 31.7	冶炼产品 1.12 万 t
		WP&RKA (印尼)	6 840 (资源量)	Ni 1.44 Co 0.088	Ni 98.5 Co 6	RKEF 冶炼工艺, 无法利用 Co, 筹建阶段
加拿大谢里特公司 ⁽⁵⁾ (Sherritt)	谢里特公司是多伦多证券交易所的上市公司,世界最大的红土镍钴矿开采冶炼企业之一,谢里特公司也是最早采用湿法冶金工艺处理红土镍矿的公司。公司目前拥有古巴 Moa 红土镍钴矿项目和马达加斯加 Ambatovy 红土镍钴矿项目的部分权益,2018年,这两个红土镍钴矿项目共生产了6 086 t 钴粉,归属公司的产量为1 959 t	Moa Joint Venture 古巴 /50%	5 490	Ni 1.15 Co 0.12	Ni 63.07 Co 6.64	Ni 3.07 万 t Co 3 234t
		Ambatovy Joint Venture 马达加斯加 /12%	15 210	Ni 0.93 Co 0.08	Ni 142.19 Co 12.16	Ni 3.32 万 t Co 2 852 t
		合计	20 700	Ni 0.99 Co 0.09	Ni 205.26 Co 18.8	Ni 6.39 万 t Co 6 086 t

续表 5

公司	基本情况	矿区/ 国家/ 股份	矿石储量 (资源量) /万 t	品位 /%	金属量 /万 t	2018 产量
巴西淡水河谷公司 ⁽⁶⁾	淡水河谷公司是在巴西股票交易所上市的全 球最大矿业公司,也是世界最重要的铁矿石、球团 和镍矿产品供应商。公司拥有加拿大两个镍— 铜—钴硫化矿项目和新喀里多尼亚 VNC 红土镍 钴矿项目,2018 年这些项目的钴矿总产量达到 5 100 t,占到全球产量的 3.76%	Sudbury 加拿大	6 170	Ni 1.4 Cu 1.78 Co 0.03	Ni 86.38 Cu 109.83 Co 1.85	Ni 5.06 万 t Cu 7.2 万 t Co 520 t
		Voisey's Bay 加拿大	3 100	Ni 2.12 Cu 0.94 Co 0.13	Ni 65.72 Cu 29.14 Co 4.03	Ni 3.86 万 t Cu 2.6 万 t Co 1 902 t
		Goro 新喀里多尼亚(2014 年)	12 230	Ni 1.42 Co 0.11	Ni 173.67 Co 13.45	Ni 3.25 万 t Co 2 104 t
		其他矿山	—	—	—	Co 569 t
		合计	9 270 万 t	Co 0.06	Co 5.88 万 t	Co 5 095 t
俄罗斯 Nor Nickel (诺里尔斯克) 镍业公司 ⁽⁷⁾	Nor Nickel 是俄罗斯最优秀的金属和矿业公 司,也是世界最重要的镍业公司,公司的精炼镍和 钯的产量排名世界第 1,铂和钯的产量排名第 4, 铜矿的产量排名世界第 11。Nor Nickel 公司在诺 里尔斯克地区拥有世界储量最大的铜镍钴硫化矿 山、选矿厂和冶炼厂,主要回收镍、铜、铂族金属、 金和银等矿产,钴作为铜镍矿的共伴生矿资源也 被回收,主要以电解钴的形式产出。2018 年钴矿 产品产量根据年报估算为 5 000 t,占全球钴产量 的 3.68%	Norilsk - I Talnakh Kharaelakh 镍铜钴硫化矿 俄罗斯	138 000 (资源量)	Ni 0.57 Cu 1.11 Co 0.01	Ni 786 Cu 1 531.8 Co 13.8	Co 5 000 t
中国华 友钴业 ⁽⁸⁾	华友钴业是上海证券交易所的上市公司,主要 从事锂电新能源材料的制造、钴新材料产品的深加 工及钴、铜有色金属采、选、冶的业务。公司主导产 品为四氧化三钴、氢氧化钴和硫酸钴等钴产品以及 锂电池正极材料三元前驱体产品;公司拥有两个刚 果铜钴矿项目,2018 年公司年报披露两项目均已 达到设计产能,估算钴矿产品产量为 4 500 t	Kambove 尾矿 刚果	493.20	Cu 1.07 Co 0.19	Cu 5.27 Co 0.94	2018 年 1 000 t
		PE527 刚果	814.66	Cu 1.72 Co 0.51	Cu 14.02 Co 4.16	2018 年 3 500 t
		合计	1 307.86	Cu 1.72 Co 0.51	Cu 19.29 Co 5.1	4 500 t
哈萨克斯 坦欧亚资 源公司 (ERG) ⁽⁹⁾	欧亚资源集团公司 2013 年前是一家伦敦交 易所的上市公司,退市后被一家私营公司收购。ERG 公司是一家国际化的自然资源生产公司,在四大洲 的 15 个国家拥有一系列生产设施和项目,公司从 事矿产资源开采、加工和营销业务。ERG 公司目 前是世界最大的铬铁生产商,独联体国家重要的铁 矿石和氧化铝生产商,也是全球重要的铜钴矿生 产商之一。 ERG 公司拥有多个刚果铜钴矿项目,2018 年 钴矿产量为 4 000 t,占全球钴矿产量的 2.95%,公 司正在筹建的 RTR 尾矿项目,将为全球钴矿市场 提供 2 万 t/a 的新增钴产能,2019 年有消息报道该 公司的 Boss Mining 项目因为钴价低迷和矿石性质 变化可能停产,但 RTR 尾矿项目正在加紧建设中	Boss Mining 刚果	7 510 (资源量)	Cu 2.2 Co 0.2	Cu 165.22 Co 15.02	铜 5 万 t/a 钴精矿 Co 3 000 t/a 铜精矿 Cu 5.76 万 t/a Co 产品产 能不详
		Comide 刚果	5 500(资源量) 氧化矿	Cu 1.6 Co 0.2	Cu 88 Co 11	一期 2019 投产: Cu 7.7 万 t, Co 1.4 万 t; 二期规划增产: Cu 10.5 万 t; Co 2.0 万 t
		Metalkol RTR 刚果	11 280 (资源量) 尾矿	Cu 1.49 Co 0.32	Cu 168.07 Co 36.1	2018 年 Co 产量 4 000 t
中国中 冶集团 (MCC) ⁽¹⁰⁾	中冶集团是全球最大最强的冶金建设承包商 和冶金企业运营服务商,上海证券交易所上市公 司,公司拥有巴布亚新几内亚 Ramu 红土镍钴矿项 目 85% 的权益,Ramu 镍钴项目是由中冶集团设计 和建造的,采用高压酸浸工艺生产镍钴氢氧化物, 2018 年钴产量 3 275 t,占全球产量的 2.41%	Ramu 红土镍钴矿 巴布亚 新几内亚	4 900 万 t	Ni 1.0 Co 0.1	Ni 49 万 t Co 4.9 万 t	Ni 3.54 万 t Co 3 275 t
		Bou - Azzer (砷钴矿) 摩洛哥	160 万 t	Co 1.0	16 000 t	2017 年 1 924 t 2018 年 1 806 t
摩洛哥 Managem 公司 ⁽¹¹⁾	Managem 是一家有 80 多年历史的摩洛哥矿 业公司,开展的矿业项目涉及 9 个非洲国家,公司 目前经营 12 座矿山,主要生产金、银、钴、铜、铅、 锌和萤石矿产品。自 1930 年以来,公司一直开采 Bou - Azzer 钴矿,这是世界上唯一一个以钴为主 矿产的矿山,近年来随着矿山资源储量不断消耗, 钴矿产量有所下降,2018 年公司生产了 1 806 t 电 解钴	Bou - Azzer (砷钴矿) 摩洛哥	160 万 t	Co 1.0	16 000 t	2017 年 1 924 t 2018 年 1 806 t

续表 5

公司	基本情况	矿区/ 国家/ 股份	矿石储量 (资源量) /万 t	品位 /%	金属量 /万 t	2018 产量
加拿大 RNC Minerals 公司 ⁽¹²⁾	RNC 公司是加拿大多伦多交易所的上市公司,公司主营业务包括矿产资源的收购、勘探、评价和开发。公司拥有加拿大 Dumont 镍钴铂族金属硫化矿项目 28% 的股权, Dumont 镍钴硫化矿是全球近年来新发现的储量最大镍钴硫化矿, RNC 公司有望成为全球第五大硫化镍矿生产商。公司正在积极推进 Dumont 镍钴矿项目的开发工作, 计划 2020 年投产	Dumont 镍硫化矿 加拿大	117 860	Ni 0.27 Co 0.011	Ni 318.22 Co 12.61	2020 年 Ni 3.3 万 t/a Co 0.1 万 t/a
澳大利亚 Clean TeQ 公司 ⁽¹³⁾	Clean TeQ 公司是加拿大多伦多交易所的上市公司,拥有先进的金属回收和工业水处理技术。Clean TeQ 公司拥有澳大利亚 Sunrise 红土镍矿项目的全部权益,目前正在进行项目可研和工厂筹建工作	Sunrise 红土镍矿 澳大利亚	14 740	Ni 0.56 Co 0.09 Se 53×10^{-6}	Ni 82.69 Co 13.56 Sc 7 812 t	Ni 1.96 万 t/a Co 4 420 t/a 2019 建厂 2022 投产
加拿大 eCobalt 公司 ⁽¹⁴⁾	eCobalt 公司是多伦多交易所的上市公司,公司投资 1.35 亿美元推进美国艾达荷州 Idaho 钴矿开采项目,该项目是美国唯一获得环境许可的钴矿项目。公司目前正在筹建 Idaho 铜钴矿项目,公司的目标是成为美国市场可靠和透明的钴矿供应商	Idaho Cobalt Project 美国 铜钴硫化矿	366 万 t	Cu 0.68 Co 0.47	Cu 2.49 万 t Co 1.72 万 t	Cu 2 200 t/a Co 1 500 t/a 计划 2020 投产
加拿大 Fortune Minerals 公司 ⁽¹⁵⁾	Fortune Minerals 公司是多伦多证券交易所的上市公司。Fortune Minerals 公司致力于北美矿业的发展。公司拥有加拿大 NICO 钴铋金铜矿项目,计划在 不列颠哥伦比亚省 NWT 地区的矿山附近建设选矿厂,生产铋精矿和钴精矿,运往萨斯喀彻温省的冶炼厂,生产硫酸钴和铋锭等产品,项目正在筹建中	NICO project 钴铋金 铜硫化矿 加拿大	3 307.7 万 t	Co 0.11 Bi 0.15 Au 1.03 g/t	Co 3.64 万 t Bi 4.96 万 t Au 34.07 t	Co 2 000 t/a Bi 2 170 t/a Au 1 590 kg/a

数据来源于各公司 2018 年年报、公司报告和新闻报道等,部分公司产量数据根据公司年报数据估算,谢里特和中国中冶公司的钴矿产量均按矿山 100% 产量计入,实际归属公司产量见括号中的数据。数据来源及说明:(1)Glencore Annual Report 2018;Glencore Investor Update,3 December 2018[R]。(2)洛阳栾川钼业集团股份有限公司 2018 年年度报告[R]。(3)Meeting demand for today and tomorrow,Chemaf corporate brochure 2018,07. <https://www.chemaf.com/wp-content/uploads/2018/07/Chemaf-corporate-brochure.pdf>[R]。(4)金川国际有限公司 2018 年年度报告[R];金川集团股份有限公司 2019 年度第一期中期票据信用评级报告[R]。(5)2018 Annual Information Form ,Sherritt International Corporation, Dated as of February 13, 2019[R]。(6) Vale Annual Report 2018 Form 20-F, filed with the securities and exchange commission on april 18, 2019[R];2018 年公司年报披露的钴矿储量合计中,未将新喀里多尼亚的 VNC 红土镍钴矿中钴矿的储量计入,公司认为低价使得 VNC 矿的镍钴矿资源达不到储量标准,但公司在 VNC 的生产并未停止。(7)Normickel Annual Report 2018[R]。(8)浙江华友钴业股份有限公司 2018 年年度报告[R]。(9)ERG Sustainable Development Report 2017[R];Eurasian Resources Group; Market Outlook 2018, April 12, 2018[R]。(10)Highlands Pacific Limited Annual Report 2018, March 8, 2019[R]。(11)Managem 2018 Annual Results[R]。(12)Focused on Value Creation,RNC MINERALS, April 3, 2018[R]。(13)Critical raw materials for the battery revolution, Clean TeQ ,Investor Presentation, January 2018[R]。(14)Building north America's next primary cobalt mine,eCobalt Solutions, April 2019[R]。(15)NICO Project Presentation, Fortune Minerals, May 2019[R]。

5 钴的产量、价格和供需变化趋势

5.1 近 30 年钴的产量变化

钴属于小金属,相对于基础金属而言,钴矿资源储量小,品位低,且钴主要与铜和镍矿产伴生,生产成本比较高。尽管人们努力减少钴的用量或用其他原料替代钴,但最近三十年来,全球钴矿产量在波动中不断增长^[10],钴矿产量从 1988 年的 4.4 万 t 增长到 2018 年的 13.57 万 t,年均增长率达到 3.8%,近 30 年钴的产量变化见图 4。

1990—1995 年,钴产量的下降主要是由于刚果的一个主要铜钴矿 Kamoto 矿发生了坍塌,并且在此期间刚果国内政治斗争和社会动荡,使得刚果钴矿产量急速下降,直到 1995 年,刚果的钴矿生产才逐渐恢复增长。到 2000 年,刚果的钴矿产量恢复到全球产量的 28%,澳大利亚和加拿大各占 14%,赞比

亚占 12%,俄罗斯占 10%。

2000—2010 年,由于刚果钴矿产量的高速增长和多国红土型镍钴矿的开发,全球钴矿产量进入了高速增长期。这期间,中国经济的快速增长带动了全球经济增长,中国对铜、镍和钴等矿产的需求不断增长,刺激了全球钴矿产量的快速增长。这十年全球钴矿产量从 3.93 万 t 增长到 11 万 t,年均增长率达到 10.84%。

2010 年以后,中国经济增长速度放缓,铜和镍价格连续 5 年持续低迷,钴矿供应过剩,全球钴矿生产出现波动,部分钴矿企业减产,其中,嘉能可旗下的 Katanga 铜钴矿 2015 年停产维修,导致 2016 年全球钴矿产量出现下降。电动汽车快速发展导致的钴需求增长刺激了钴矿生产,到 2017 年,全球钴矿产量恢复到 12 万 t,2018 年钴矿产量增长到 13.56 万 t。

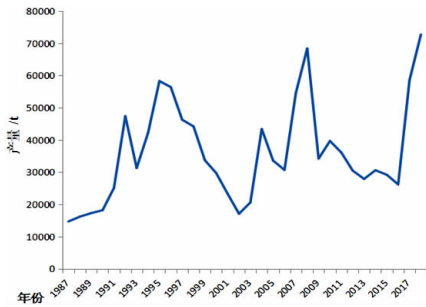


图4 近30 a全球钴矿产量变化趋势

Fig. 4 The production trends of global cobalt mineral in recent 30 years

5.2 近30年钴的价格变化

全球钴市场的价格体系,主要依靠英国金属导报的MB报价,虽然伦敦金属交易所LME于2010年推出了钴金属的期货合约,该合约的交投并不活跃,因此钴的行业的交易作价都以MB每周两次的报价作为成交依据。MB的报价是依据国际电解钴现货的供需情况、投资囤货和交易情况而确定的。钴矿原料采购,钴矿产品的销售定价,都会参考MB报价,特别是MB报价会影响矿山与冶炼厂长单的签订价格,所以MB报价在很大程度上会影响钴行业所有产品的价格。

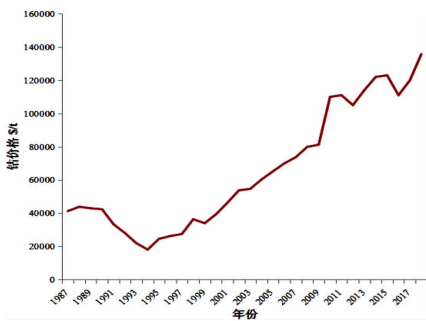


图5 近30年全球钴价变化趋势

Fig. 5 The price trends of global cobalt in recent 30 years

钴是一个小金属,钴的生产受制于共生生钴的铜和镍矿的生产。全球钴矿主产地集中,刚果占对全球钴矿资源的供给具有决定性的影响力。自然灾害、地缘政治、社会稳定和投机资本都会造成钴价大的波动。历史上,钴的价格经历了多次大起大落,近三十年,钴价格经历了三次大的起伏(图5):

第一阶段(1987—2000年):如前所述,刚果钴矿产量急速下降,造成全球钴矿供应短缺,钴价格飙升,虽然期间美国军方钴需求量减少,美国减少了钴资源的收储,钴价格有些波动,但到1995年,钴的年均价格达到了阶段高点5.83万美元/t,其后美国政

府开始抛售其战略储备的钴资源,钴价格开始回落。2000年钴年均价格回落到2.33万美元/t。

第二阶段(2000年—2010年):2000年开始,锂离子电池开始广泛应用于3C产品(Computer 计算机、Communication 通信、Consumer Electronics 消费类电子产品),加上中国经济高速发展,带动了全球钴消费量的高速增长,2003年钴价格开始回升。2007年刚果政府禁止出口未经加工的钴矿石,并在一段时间内禁止钴精矿出口,以鼓励刚果国内发展钴下游加工业,这一决定导致全球钴矿石和钴精矿供应减少,钴价格暴涨,2008年钴的年均价格达到6.84万美元/t,随后在2008年金融危机冲击之下,钴需求陷入停滞,加之自由港TFM项目投产短期带来大量增量,钴的供需平衡被打破,出现严重过剩,加速了钴价下跌,2010年钴的年均价格下跌到3.97万美元/t。

第三阶段:(2011—至今):2011年以后,中国经济增长速度放缓,全球经济疲软,3C产品终端消费受到抑制,铜、镍价格连续5年持续低迷,钴供应过剩,价格低迷,钴矿企业普遍减产。其中,嘉能可旗下的Katanga铜钴矿2015年停产维修。到2016年,全球钴年均价格跌回到2.62万美元/t。

从2016年开始,中国的电动汽车发展和美国的特斯拉等公司的电动汽车发展带动了全球电动汽车的快速发展,电动汽车用动力电池对钴用量的强劲需求和未来预期,极大地刺激了钴价格的上涨,到2018年3月LEM钴期货价格达到9.48万美元/t。2018年4月开始,由于供应和囤货过剩,顾虑中国的新能源汽车退坡政策等因素,钴价开始大幅下跌,截至2019年6月初,LEM钴价跌到3.2万美元/t,较2018年钴价最高点下跌幅度达到66%。而刚果(金)政府政策的不确定性(新矿业法的实施等),以及不稳定的时局,也势必将给未来钴的价格带来更多的扰动。

近5年钴的价格变化趋势如图6所示,可以看出,钴逐渐进入了新一轮大周期,2016—2017年供给不足,供给端的收储、囤货和增加库存等造成一轮价格暴涨,2018年下半年企业快速扩产和高库存造成的供大于求价格暴跌。而刚果(金)政府政策的不确定性(新矿业法的实施等),以及不稳定的时局,也势必将给未来钴的价格带来更多的扰动。

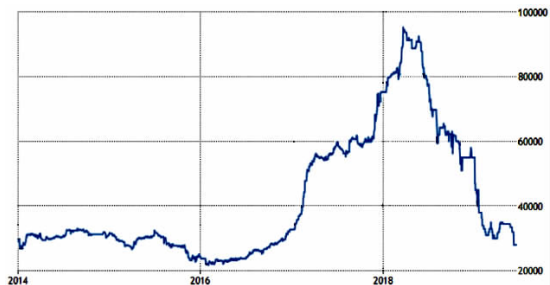


图6 近5a 钴价变化趋势(美元/t)

Fig. 6 The price trends of global cobalt in recent 5 years

5.3 钴的供需变化

钴在不同消费产品中的用量见图7。近30年来高温合金、硬质合金、催化剂、颜料和磁性材料等传统行业对钴的需求平稳增长,近年来,在电动汽车动力电池的需求迅速增长,在1987—2017年的30年间,全球钴矿消费量从4万t增长到12万t,年均增长率达到3.6%。

国际能源署(IEA)、欧洲委员联合研究中心(JRC)、嘉能可公司、国际钴研究所、基准矿物咨询公司、Roskill 咨询公司和瑞银等众多机构对全球钴的未来需求做出预测。基准矿物公司认为,2026年全球电池材料钴用量也将比2017年增长4倍以上,达到19.5万t。国际能源署推测,2030年电动车钴需求量将达到29.1万t/a, Roskill 公司认为2030年前,全球钴的年总需求量将增长3倍,2027年将达

到31.2万t/a。以上机构的分析都表明未来钴的市场需求将快速增长,但这一增长将受到各国政府推广新能源减排及电池技术进步等因素的影响。所有机构都一致认为,电动汽车动力电池的需求在未来几十年将成为决定钴市场需求的决定因素。

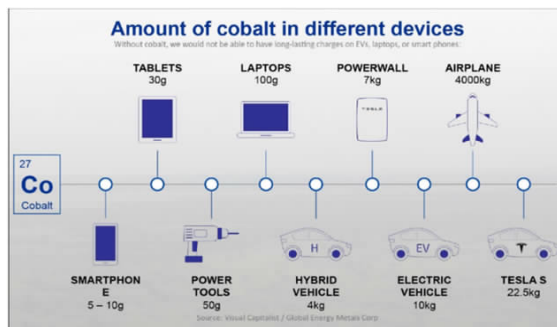


图7 钴在不同消费产品中的用量
(源于 Global Energy Metals Corp 等公司报告)

Fig. 7 The cobalt consumption in different consumer products

为了迎接电动汽车的快速增长,以嘉能可、Chemaf 和欧亚资源为代表的一批钴矿生产公司启动了新的钴矿开发项目或扩产项目(表6),这些项目将可能在2022年前为市场每年增加将近7万t钴矿产品,用以满足市场需求,由于市场变化,一些项目可能会调整,一些新的勘探项目也可能转为开发项目。但从长远来看,这些产能不足以满足未来电动汽车长期发展的需求。

表6 全球钴矿新增产能项目

Table 6 The new productivity projects for global cobalt mines

公司	项目	矿石类型	Co 金属储量/万 t	Co 品位/%	增产计划/(万 t · a ⁻¹)
嘉能可 Glencore	Katanga(刚果)	铜钴矿	69.16	1.11	2020年 2.1 ± 0.7
					2021年 2.6 ± 0.7
Chemaf	Mutoshi(刚果)	铜钴矿	30		2020年 1.6
金川 Jinchuan Group	Musonoi(刚果)	铜钴矿	16.5	0.91	2022年 0.5
欧亚资源 ERG	Metalkol RTR(刚果)	铜钴矿尾矿	36.1	0.32	2020年 1.4
					2020年 0.1
二期 2.4RNC	Dumont(加拿大)	镍钴硫化矿	12.61	0.011	2036年 0.2
Clean TeQ	Sunrise(澳大利亚)	红土镍钴矿	13.56	0.09	2022年 0.44
ECobalt	Idaho Cobalt(美国)	铜钴硫化矿	1.72	0.47	2020年 0.15
Fortune	NICO project(加拿大)	钴铋金铜硫化矿	3.64	0.11	2022年 0.2
合计					6.99

6 结语

2016年以来,全球电动汽车市场快速增长,锂动力电池对钴的需求快速增长打破了传统钴需求市场的原有格局。2017年钴价格暴涨,刺激了全球钴矿勘探和产能扩张的步伐。基于对电动汽车市场未来发展的信心,全球一大批新建和扩建钴矿项目正

在筹建和建设中,已披露的信息表明未来几年全球钴矿产量将快速增长,短期内可以满足电动汽车动力电池的需求,甚至出现过剩,但长期来看,按照全球各国和汽车企业的电动汽车发展规划,因为储备钴矿项目不足,钴矿面临长期短缺的可能。钴矿市场的风险主要体现在以下方面:(1)98%的钴是作

评估资源的可得性和经济性,根据自身特点,采取灵活方式进行海外勘查开发,获取国外优质资源。

参考文献:

- [1] Helbig C, Bradshaw A M, Wietschel L, et al. Supply risks associated with lithium - ion battery materials [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 172: 274 - 286.
- [2] Zeng X, Li J. On the sustainability of cobalt utilization in China [J]. Resources, conservation and recycling, 2015, 104: 12 - 18.
- [3] Simon B, Ziemann S, Weil M. Potential metal requirement of active materials in lithium - ion battery cells of electric vehicles and its impact on reserves: focus on europe [J]. Resources, conservation and recycling, 2015, 104: 300 - 310.
- [4] 周艳晶,李颖,柳群义,等. 中国钴需求趋势及供应问题浅析[J]. 中国矿业,2014,23(12):16 - 19.
- [5] Ec. Study on the review of the list of critical raw materials[R]. Brussels: european commission, 2017.
- [6] Mrs, Aps. Energy critical elements:securing materials for emerging technologies;a report by the aps panel on publics & the materials research society[R]. 2011.
- [7] Nansai K, Nakajima K, Kagawa S, et al. Global mining risk footprint of critical metals necessary for low - carbon technologies:

the case of neodymium, cobalt, and platinum in Japan[J]. Environmental science & technology, 2015, 49 (4): 2022 - 2031.

- [8] 刘全文,沙景华,闫晶晶,等. 中国钴资源供应风险评价与治理研究[J]. 中国矿业,2018,27(1):50 - 56.
- [9] Zhou Y, Li J, Wang G, et al. Assessing the short - to medium - term supply risks of clean energy minerals for China [J]. Journal of cleaner production, 2019, 215: 217 - 225.
- [10] 潘志君,张恒,刘宁,等. 全球钴供应市场结构及定价权分析[J]. 中国矿业,2017,26(8):18 - 21.
- [11] 刘仕华,张辉耀,胡国松. 中国石油进口安全浅析[J]. 石油化工技术经济,2005(3):14 - 17.
- [12] 新时期进口安全战略研究[J]. 国际贸易,2006(6):4 - 10.
- [13] 王东方,陈伟强. 中国铝土矿贸易与供应安全研究[J]. 资源科学,2018(3):498 - 506.
- [14] Gulley A L, Nassar N T, Xun S. China, the United States, and competition for resources that enable emerging technologies[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2018, 115(16): 4111 - 4115.
- [15] 五矿经济研究院. 中国钴市场发展浅析[EB/OL]. 2019 - 05 - 09]. <http://www.cbcie.com/9423/16266281.html>.
- [16] 安泰科. 2018年钴市场发展报告[R]. 北京,2019.

引用格式:周艳晶,李建武,王高尚,马哲. 中国钴资源进口安全分析[J]. 矿产保护与利用,2019,39(5):50 - 55.

ZHOU Yanjing, LI Jianwu, WANG Gaoshang, MA Zhe. Analysis on import security of China's cobalt resources[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(5):50 - 55.

投稿网址: <http://kebh.cbpt.cnki.net>

E - mail: kebh@chinajournal.net.cn

(上接第49页)

为共生矿产的副产品产出,生产受制于主矿生产成本和市场价格;(2)生产主要由少数国家和地区控制,缺乏替代方案;(3)从原材料到成品需要经过多个国家的物流运输和加工;(4)原料和产品生产地区及物流沿途地区存在自然灾害和社会政治稳定方面的风险;(5)勘探投入少,新发现的钴矿较少;(6)市场容量小,政策对市场的需求影响很大;(7)减低钴用量的电池技术及电池中钴的回收技术进步可能降低钴的供应压力,并对钴市场产生重大影响。

笔者认为,为应对可能出现的钴资源短缺的情况,需要加强以下几点工作:(1)加强全球钴矿资源的勘探工作,探索海洋钴矿资源的开发利用途径;(2)加强钴回收利用技术相关研究,提高包括钴矿、钴二次资源、特别是废旧锂电池中的钴资源的回收利用率;

(3)积极寻找含钴硬质合金及锂电池正极材料的替代产品,减少产品中钴的用量,缓解钴的供需矛盾。

参考文献:

- [1] 周艳晶,李颖,柳群义,等. 中国钴需求趋势及供应问题浅析[J]. 中国矿业,2014,23(12):16 - 19.
- [2] 张伟波,叶锦华,陈秀法,等. 全球钴矿资源分布与找矿潜力[J]. 资源与产业,2018,20(4):56 - 61.
- [3] 李颖,周艳晶,张艳飞. 未来全球钴资源供应形势分析[J]. 中国矿业,2014,23(8):1 - 4.
- [4] 刘彬,王银宏,王臣,等. 中国钴资源产业形势与对策建议[J]. 资源与产业,2014,16(3):113 - 119.
- [5] 张福良,崔笛,胡永达,等. 钴矿资源形势分析及管理对策建议[J]. 中国矿业,2014(7):6 - 10.
- [6] 周公度. 化学辞典[M]. 北京:化学工业出版社,2004:254 - 25.
- [7] Chemical properties of cobalt. [2019 - 06 - 18]. <https://www.mindat.org/min-39300.html>.

引用格式:杨卉苒,王威. 全球钴矿资源现状及开发利用趋势[J]. 矿产保护与利用,2019,39(5):41 - 49,55.

YANG Huipeng, WANG Wei. Global cobalt resources status and exploitation trends[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(5): 41 - 49, 55.

投稿网址: <http://kebh.cbpt.cnki.net>

E - mail: kebh@chinajournal.net.cn