

“一带一路”国家金属资源的稀缺性分析*

王 昕 黄亚伟 张君华 李新宇 王鹤鸣[†]

(东北大学国家环境保护生态工业重点实验室, 110819, 辽宁沈阳)

摘要 金属资源是支撑经济发展和社会进步的重要物质,是工业化和城市化中不可或缺的资源,自“一带一路”倡议提出并实施以来,矿产资源的开发合作日益加强,沿线国家金属资源的分布特征和开发潜力引起了广泛关注,通过核算“一带一路”国家的储量和开采量数据,对沿线国家的资源分布与利用情况进行了分析,发现“一带一路”国家金属资源较为丰富,具有一定的互补性,但是金属的开采量也较大.由于单独分析金属开采量不能反映其稀缺性程度,本研究通过引入金属稀缺性系数对金属开采量重新进行核算,得到新的金属稀缺性开采量指标.结果发现:2000—2017年间,“一带一路”国家总的金属稀缺性开采量增长了25倍,且各类金属的稀缺性开采量都在快速增长,其中钛、银、锰的增幅较大,研究期间分别增长了173、55、53倍;从各国的情况来看,土耳其、缅甸和中国等国的金属稀缺性开采量的增速较大,分别增长了151、34和7倍.由此可见,“一带一路”国家面临的金属资源稀缺风险不容乐观,各国应积极合作,共享金属利用技术,提高金属资源的使用效率,并大力发展循环经济以提高再生金属的使用量,共建绿色“一带一路”.

关键词 “一带一路”;金属资源;资源分布;稀缺性开采量;金属储量

中图分类号 X196

DOI: 10.12202/j.0476-0301.2021109

0 引言

2015年3月,国务院发布《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》,明确将“加大煤炭、油气、金属矿产等传统能源资源勘探开发合作”列为了合作重点,这既为“一带一路”沿线国家的发展提供了支持,同时也推动了“一带一路”沿线国家对金属等资源的开采利用^[1].金属资源是国家经济发展和社会进步的基础物质,在工业化和城市化进程中都有着重要的地位.随着“一带一路”国家工业化和城市化进程的推进,“一带一路”沿线国家对金属资源的需求将日益增加,金属资源稀缺问题也将逐渐凸显.此外,金属资源在开采和加工过程中还会产生大量的环境影响^[2],如污染物排放^[3]、气候变化^[4-6]和人体健康影响^[7-8]等,这会进一步加剧“一带一路”沿线国家的生态环境危机^[9-12].因此,研究“一带一路”沿线国家的金属资源利用问题,对“一带一路”国家的资源安全和生态环境的可持续发展都至关重要.

不同学者针对资源稀缺性问题提出了不同的研究方法:韩玥^[13]对耗竭性资源的稀缺性与稀缺性成本的含义进行了分析,介绍了经济稀缺性和物质稀缺性的概念;庄立等^[14]用相对稀缺指标对中国各类资

源相对于全世界是否稀缺进行了衡量,发现我国自然资源面临全面稀缺问题;张炎涛等^[15]从物理性和经济性2个角度分析了中国能源稀缺性程度,结果表明我国能源存在稀缺现象;Kwakkel等^[16]建立了动态场景分析,并利用铜资源的稀缺性进行了验证;王鹤鸣等^[17]利用环境扩展的多区域投入产出模型和新提出的稀缺性评价指标,分析了2012年中国省级的化石燃料稀缺性足迹.

经文献调研发现,目前研究国家资源稀缺性情况运用最多的方法是通过数据整理,分析矿产储量和矿产分布特征(类型、品种、成矿原因、分布区域),进而分析资源的供应格局.在此框架下,不同学者根据研究对象的不同,针对“一带一路”国家的资源利用情况,进行了“整体矿产资源研究”^[18-21]和“单一矿产资源研究”^[22-25].结果表明,“一带一路”国家的矿产资源相对丰富,尤其是化石燃料、铁、铬、铝等重要矿种.但随着“一带一路”国家的快速发展,对金属资源需求大量上升,铜、锡和锰等资源出现了供应不足的情况.综上所述,部分学者对“一带一路”国家的资源分布情况、分布种类和矿产数量进行了分析,但很少有学者将“一带一路”国家的金属资源稀缺性和开采量相结合进行分析.为了摸清“一带一路”国家金

* 国家自然科学基金资助项目(52070034, 41871204)

[†] 通信作者:王鹤鸣(1982—),男,副教授,博士生导师.研究方向:工业生态学. E-mail: wanghm@mail.neu.edu.cn

收稿日期:2021-05-04

属资源的禀赋,探索各国几种常见金属的稀缺性和可持续性,本文分析了“一带一路”国家金属资源的稀缺性开采量,结论可以支持不同国家资源管理政策的制定,尤其是依赖自身禀赋的国家,从而为“一带一路”国家金属资源的可持续利用提供参考。

1 方法和数据来源

本研究基于产品生命周期评价的稀缺性指标^[26-27]和之前提出的化石燃料稀缺性系数^[17],提出新的金属稀缺性系数,用于计算金属稀缺性开采量,计算式为

$$C_{n,SM}^m = Q_{n,DE}^m / (Q_{n,DR}^m)^2, \quad (1)$$

$$Q_{n,SE}^m = C_{n,SM}^m \times Q_{n,DE}^m, \quad (2)$$

式中: $Q_{n,DE}^m$ 、 $Q_{n,DR}^m$ 、 $C_{n,SM}^m$ 和 $Q_{n,SE}^m$ 分别代表第 m 个国家、第 n 种金属(铁、铝、铜、锰、锌、铅、镍、金、银、锡、钛)的国内开采量、国内储量、金属稀缺性系数和稀缺金属开采量。金属稀缺性系数可以用于评价消耗金属资源的稀缺性影响,相对于可采年限(储采比),金属稀缺性系数指标可以更好地反映每吨金属资源的稀缺性情况。例如,一个国家的金属A和金属B的可采年限均为1000 a,并且在同一年内该国金属A和金属B的开采量分别为1和1000 t,其储量分别为1000和100万 t。如果仅以可采年限来看,金属A和金属B的可采年限均为1000 a,不加以区分,会误认为每消耗1 t这2种金属会产生同样的稀缺性影响。实际上,消耗1 t金属A比消耗1 t金属B会导致更大的稀缺性影响。所以,本研究主要采用金属稀缺性系数对“一带一路”国家的金属稀缺性进行分析,将可采年限作为辅助分析手段。

由式(1)和(2)可见,通过本研究提出的方法计算得到的金属稀缺性开采量指标为无量纲指标,各类金属的稀缺性开采量可以直接加和,避免了单位换算和不同金属由于重要性不同难以直接加和的问题。

本研究利用式(1)和(2)计算了“一带一路”国家2000、2005、2010、2015、2017年的稀缺性开采量,采用的储量数据均为纯金属的储量,储量数据来源于美国地质勘探局(USGS)出版的《矿物商品摘要》^[28-32],开采量的数据来自联合国环境规划署的物质流账户数据^[33],并将其换算为纯金属的开采量。

2 结果与讨论

2.1 “一带一路”国家金属储量分布 “一带一路”沿线大部分国家拥有较为丰富的金属资源,俄罗斯、中国、印度、哈萨克斯坦、伊朗等国的金属储量(以纯

金属含量为准,下同)在“一带一路”地区占有重要地位(表1)。铁是所有金属中储量最大的金属,而俄罗斯铁的储量是“一带一路”国家中最大的,占到了沿线国家铁储量总和的31.1%,此外,中国和印度的铁储量也较为可观,分别达到了72亿和52亿 t;铝主要分布在越南、中国、印度尼西亚、伊朗和土耳其5国,其中,越南是沿线第一铝资源大国,储量为7.8亿 t;铜主要分布在俄罗斯、哈萨克斯坦、波兰、蒙古和伊朗5国,俄罗斯以其1亿 t的铜储量位居“一带一路”地区第一;其他金属包括锰、锌、铅、镍、金、银、锡、钛等8类金属,主要分布于中国、乌克兰、印度、俄罗斯和哈萨克斯坦5国,其中,中国的储量是最大的,达到了2.4亿 t。对比表1中铁、铝、铜和其他金属的储量数据可以发现,中国的金属资源丰富,但铜的储量较为匮乏,而俄罗斯、哈萨克斯坦和蒙古等国的铜储量相对充足。不仅如此,虽然“一带一路”国家金属资源丰富,但资源禀赋差异大,所以沿线各国应该充分利用“一带一路”战略搭建的合作平台,加强国家间的矿业合作,实现优势互补。

2.2 “一带一路”国家金属开采量与可采年限

2.2.1 “一带一路”国家金属开采量分布 由于经济发展的巨大需求,中国的4类金属开采量在“一带一路”国家中都居于前列。俄罗斯、印度、哈萨克斯坦、伊朗、印度尼西亚、土耳其、乌克兰等国大都是金属矿物出口大国,为了维持自身的经济发展及出口需要,这些国家对4类金属的开采量也很大(表2)。

2017年“一带一路”国家的铁开采总量为7.5亿 t,其中:仅中国的铁开采量就将近5.5亿 t,占据了“一带一路”国家当年开采总量的73.0%;而印度和俄罗斯的铁开采量在“一带一路”国家当年开采总量中的占比分别为10.2%和5.1%;伊朗、哈萨克斯坦、乌克兰、马来西亚4国的铁开采总量占当年“一带一路”国家铁开采总量的9.6%。中国和印度的铝开采量也极高,分别为0.16亿和0.05亿 t,这在“一带一路”国家的铝开采总量(0.27亿 t)中占绝对份额;印度尼西亚、俄罗斯和哈萨克斯坦的铝开采量在“一带一路”国家当年开采总量中的占比分别为8.4%、4.4%、3.7%。2017年“一带一路”国家的铜开采总量为513万 t,中国以189万 t的铜开采量成为“一带一路”国家中铜开采量最大的国家;其他国家的铜开采量均<100万 t,其中开采量相对较大的是俄罗斯(76万 t)、哈萨克斯坦(47万 t)和波兰(40万 t)等国。2017年中国以0.14亿 t的其他金属开采量位居首位,占据了“一带一路”国家其他金属开采总量(0.22亿 t)的62.5%;印度和哈萨克斯坦的其他金属开采量均超过

表 1 2017 年“一带一路”国家金属储量分布

万t

国家	铁	铝	铜	其他金属
中国	720000	21200	2700	24205
乌克兰	230000	-	-	14354
印度	520000	17596	1937	9821
俄罗斯	1400000	10600	10542	3304
哈萨克斯坦	90000	3392	8279	2268
土耳其	212346	20106	4481	1322
伊朗	150000	20535	5987	973
斯里兰卡	-	-	-	922
印度尼西亚	154402	21200	2600	890
塔吉克斯坦	-	-	-	747
菲律宾	67436	-	3977	746
波兰	-	-	7706	662
马其顿	-	-	1132	625
越南	107063	78440	1712	543
缅甸	-	-	1863	533
沙特阿拉伯	-	4452	1210	451
蒙古	208015	-	6237	433
泰国	45158	-	-	382
塞尔维亚	-	-	2516	365
保加利亚	-	-	4101	334
巴基斯坦	34193	3960	1747	306
波黑	95658	16945	-	245
黑山	-	-	-	243
亚美尼亚	-	-	2934	191
马来西亚	224867	2332	-	85
老挝	118331	-	5525	81
阿尔巴尼亚	-	-	773	78
格鲁吉亚	-	-	952	32
埃及	84685	-	-	12
匈牙利	-	-	-	11
乌兹别克斯坦	-	-	3461	-
罗马尼亚	-	-	705	-
阿塞拜疆	13657	-	395	-
斯洛伐克	-	-	98	-
不丹	9810	-	-	-
克罗地亚	-	1849	-	-
伊拉克	9605	-	-	-
阿曼	-	-	1434	-

表 2 2017 年“一带一路”国家金属开采量分布

万t

国家	铁	铝	铜	其他金属
中国	54923	1601	189	1398
印度	7650	477	3	199
哈萨克斯坦	2402	101	47	107
俄罗斯	3808	119	76	84
越南	118	26	2	82
乌克兰	1795	-	-	70
菲律宾	47	-	11	46
土耳其	464	21	14	46
印度尼西亚	245	228	23	42
马来西亚	520	22	-	33
伊朗	2486	22	24	26
缅甸	-	-	2	21
塔吉克斯坦	-	-	-	12
波兰	-	-	40	12
斯里兰卡	-	-	-	11
格鲁吉亚	-	-	1	9
马其顿	-	-	1	9
保加利亚	-	-	11	5
蒙古	445	-	26	5
沙特阿拉伯	-	69	1	5
泰国	21	-	-	4
巴基斯坦	12	1	2	2
塞尔维亚	-	-	4	2
波黑	94	15	-	1
黑山	-	-	-	1
匈牙利	-	-	-	1
埃及	74	-	-	1
亚美尼亚	-	-	6	1
阿尔巴尼亚	-	-	0.4	0.4
老挝	144	-	21	0.2
乌兹别克斯坦	-	-	8	-
罗马尼亚	-	-	0.3	-
阿塞拜疆	2	-	0.1	-
不丹	1	-	-	-
克罗地亚	-	0.2	-	-
伊拉克	1	-	-	-
阿曼	-	-	1	-

了 100 万 t.

经过分析,中国的 4 类金属开采量在“一带一路”国家中均居首位.如此大的金属资源需求不仅要依

赖国内开采,更要考虑国内废金属的再利用以及从金属储量丰富的“一带一路”国家(如俄罗斯、哈萨克斯坦等)进口,以实现资源互补^[34],加深“一带一路”国家之间的战略合作.

2.3 “一带一路”国家金属稀缺性开采量

2.3.1 各类金属的稀缺性开采量 表 3 呈现的是“一带一路”地区 11 种金属 2000、2005、2010、2015、2017 年 5 a 的稀缺性开采量(单位为 1)。2000—2017 年,“一带一路”国家总的稀缺性开采量增长了 25 倍,除铜(下降了 40%)之外,每一种金属的稀缺性开采量都是逐渐增大的,其中,钛的稀缺性开采量增长幅度最大,17 a 间增长了 173 倍;银、锰、锡的稀缺性开采量增长也较大,分别为 55、53、16 倍,而增长最小的是金,17 a 间仅增长了 20%,此外增长较小的是镍和铅,分别增长了 1.9 和 5.6 倍。这种增长趋势与“一带一路”国家正处于工业化进程中密不可分^[38],未来各国对金属的需求还会加大^[39-40],因此,推进绿色“一带一路”产能合作,共享高水平金属利用技术,提高金属资源的使用效率,大力发展循环经济并鼓励再生金属的发展是至关重要的。

表 3 “一带一路”地区金属稀缺性开采量

金属	2000年	2005年	2010年	2015年	2017年	平均值
Fe	0.0007	0.0009	0.0028	0.0056	0.0071	0.0034
Ag	0.0034	0.0173	0.0109	0.1003	0.1917	0.0647
Al	0.0009	0.0021	0.0036	0.0103	0.0079	0.0050
Au	0.0108	0.0551	0.0392	0.0617	0.0128	0.0359
Cu	0.0089	0.0043	0.0040	0.0043	0.0052	0.0053
Mn	0.0135	0.0114	0.0461	0.0472	0.7191	0.1674
Ni	0.0057	0.0089	0.0369	0.0179	0.0167	0.0172
Pb	0.0067	0.0112	0.0290	0.0528	0.0446	0.0289
Sn	0.0245	0.0181	0.0253	0.0937	0.4204	0.1164
Ti	0.0038	0.0634	0.1487	0.5448	0.6702	0.2862
Zn	0.0042	0.0075	0.0141	0.0384	0.0305	0.0190
总计	0.0832	0.2002	0.3606	0.9772	2.1263	0.7495

对比 11 种金属的平均稀缺性开采量可以发现,钛的稀缺性开采量是最大的,其次是锰和锡,最小的是铁。这说明钛、锰、锡的开采量是不合理的,虽然这些金属的开采量可能比铁的开采量小,但是它们本身的储量也小,所以稀缺性开采量可以更真实地反映金属的稀缺风险,各国可以考虑将稀缺性开采量指标引入国家发展规划和资源供应安全政策之中。

2.3.2 主要国家的金属稀缺性开采量 “一带一路”国家金属资源较为丰富,除中国外,俄罗斯、蒙古、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、伊朗、缅甸和泰国等国都拥有重要的金属资源。这些国家正处于社会发展的重要起步或转型发展阶段^[41-42],这一阶段对金属资源的需求也是巨大的,图 2 显示了 2000—2017

年“一带一路”15 个国家的金属稀缺性开采量,中国除 2017 年以外,其金属稀缺性开采量均排在第一位,且总体呈上升趋势,这表明中国对金属的开采利用是不可持续的,将会加重国内金属资源的稀缺风险。除了中国,土耳其、缅甸和哈萨克斯坦的金属稀缺性开采量也出现快速增长的趋势,2000—2017 年分别增长了 151、34 和 6 倍,甚至土耳其和缅甸的稀缺性开采量在 2017 年超过了中国。这是因为土耳其和缅甸 2017 年锰的稀缺性开采量出现了大幅增长,这种现象应该引起相关国家的重视,谨防出现资源枯竭的风险。

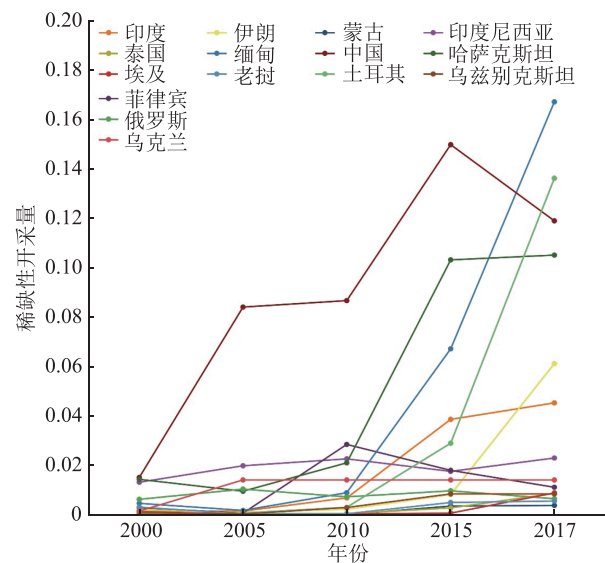


图 2 主要“一带一路”国家的金属稀缺性开采量

当然也有一些国家的稀缺性开采量是比较小的,比如蒙古、泰国、埃及和乌兹别克斯坦等国,这些国家金属资源丰富,但勘探开发能力相对不足,基础设施建设也比较薄弱^[18],较小的稀缺性开采量说明这些国家具有较大的开采潜力,应该积极参与“一带一路”建设,借助别国(例如中国、俄罗斯、捷克等国)的技术、装备、资金、人才及基础设施等优势来促进当地经济发展,进而提升矿产资源的需求。此外,中国在 2000—2005 和 2010—2015 年稀缺性开采量出现了大幅增长,菲律宾在 2005—2010 年增长较快,哈萨克斯坦和印度在 2010—2015 年增长较快,缅甸和土耳其在 2010—2017 年增长幅度非常大,伊朗则是在 2015—2017 年出现了快速增长,说明这些国家在近年来加大了对金属的开采力度,这也提醒这些国家要关注金属的稀缺性风险,可以通过与稀缺性开采量较小的国家进行合作,避免本国的稀缺性开采量继续快速增长。

3 结论

“一带一路”沿线国家金属资源丰富,但资源禀赋

差异大. 本文通过对“一带一路”沿线国家金属资源的储量和开采量进行分析, 预估了各类金属的可采年限, 并且引入金属稀缺性系数对金属开采量重新进行核算, 得到了新的金属稀缺性开采量指标. 结果显示: “一带一路”国家中, 俄罗斯、中国、印度、哈萨克斯坦和伊朗等国金属储量丰富, 并且它们的开采量也相对较高, 尤其是中国的4类金属(铁、铝、铜、其他金属)开采量在“一带一路”国家中都位居前列, 其中铁开采量将近5.5亿t, 占据了“一带一路”国家当年铁开采总量的73.0%; 此外, “一带一路”国家4类金属可采年限差距较大, 对于这一现象, 建议各国之间应加强合作来优化资源和技术配置. 本研究通过分析“一带一路”国家的稀缺性开采量, 发现2000—2017年间, 总金属稀缺性开采量增长了25倍, 且每一种金属(除铜)的稀缺性开采量都是逐渐增大的, 其中, 钛、银、锰的稀缺性开采量增长较大, 分别为173、55、53倍. 从各国的情况来看, 土耳其、缅甸和中国等国的金属稀缺性开采量的增速较大, 分别增长了151、34和7倍. 本研究提出的稀缺性开采量指标可以从新的视角反映金属的稀缺风险, 建议各国考虑将稀缺性开采量指标纳入国家发展规划和资源供应安全政策指标体系之中.

4 参考文献

- [1] PARRY M, ROSENZWEIG C, IGLESIAS A, et al. Climate change and world food security: a new assessment[J]. *Global Environmental Change*, 1999, 9: S51
- [2] CHEN W Q, GRAEDEL T E. Anthropogenic cycles of the elements: a critical review[J]. *Environmental Science & Technology*, 2012, 46(16): 8574
- [3] 方恺, 王婷婷, 何坚坚, 等. “一带一路”沿线地区NO₂浓度时空变化特征及其驱动因素[J]. *生态学报*, 2020, 40(13): 4241
- [4] UNEP-IRP. Resource Efficiency and climate change: material efficiency strategies for a low-carbon future[R]. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme, 2020
- [5] HERTWICH E G. Increased carbon footprint of materials production driven by rise in investments[J]. *Nature Geoscience*, 2021, 14(3): 151
- [6] WANG P, RYBERG M, YANG Y, et al. Efficiency stagnation in global steel production urges joint supply- and demand-side mitigation efforts[J]. *Nature Communications*, 2021, 12: 2066
- [7] Global resource outlook 2019: Natural resources for the future we want[R]. Nairobi, Kenya: UNEP-IRP, 2019
- [8] WANG H M, WEI Y, ZHAO S, et al. Temporal and spatial variation in the environmental impacts of China's resource extraction at the provincial scale[J]. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2020, 6(1): 1812434
- [9] 冯亚坤, 张伟, 左其亭, 等. “一带一路”沿线中欧国家地表水环境污染状况分析[J]. *水资源保护*, 2020, 36(3): 46
- [10] 刘卫东, 宋周莺, 刘志高, 等. “一带一路”建设研究进展[J]. *地理学报*, 2018, 73(4): 620
- [11] ZHANG N, LIU Z, ZHENG X M, et al. Carbon footprint of China's Belt and Road[J]. *Science*, 2017, 357(6356): 1107
- [12] NORMILE D. China's Belt and Road infrastructure plan also includes science[J/OL]. *Science*, 2017[2021-05-01]. <https://www.sciencemag.org/news/2017/05/china-s-belt-and-road-infrastructure-plan-also-includes-science>
- [13] 韩玥. 可耗竭资源的稀缺性分析[J]. *科技经济市场*, 2009(12): 40
- [14] 庄立, 刘洋, 梁进社. 论中国自然资源的稀缺性和渗透性[J]. *地理研究*, 2011, 30(8): 1351
- [15] 张炎涛, 唐齐鸣. 能源稀缺性与关键要素把握: 缘于国际比较[J]. *改革*, 2011(10): 30
- [16] KWAKKEL J H, AUPING W L, PRUYT E. Dynamic scenario discovery under deep uncertainty: the future of copper[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2013, 80(4): 789
- [17] WANG H M, WANG G Q, QI J C, et al. Scarcity-weighted fossil fuel footprint of China at the provincial level[J]. *Applied Energy*, 2020, 258: 114081
- [18] 杜雪明, 张寿庭, 陈其慎. 从矿产资源方面浅谈中国与“一带一路”国家的战略合作[J]. *中国矿业*, 2015, 24(增刊1): 174
- [19] 唐金荣, 张涛, 周平, 等. “一带一路”矿产资源分布与投资环境[J]. *地质通报*, 2015, 34(10): 1918
- [20] 刘清杰. “一带一路”沿线国家资源分析[J]. *经济研究参考*, 2017(15): 70
- [21] 梅燕雄, 叶锦华, 张金良, 等. “一带一路”能源资源合作基础与前景[J]. *中国矿业*, 2016, 25(2): 12
- [22] 刘冲昊, 范凤岩, 柳群义. “一带一路”地区铜资源供需格局趋势分析[J]. *矿产保护与利用*, 2018(2): 44
- [23] 乔磊. “一带一路”铜矿地质特征及战略区划[D]. 北京: 中国地质科学院, 2018
- [24] 谢进. 一带一路锰矿资源投资前景分析[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2018
- [25] 刘艳, 黄健柏, 谌金宇. 全球铜矿石资源流动的网络关联及影响因素分析[J]. *统计与决策*, 2017(7): 146
- [26] GUINÉE J B, HEIJUNGS R. A proposal for the definition of resource equivalency factors for use in product life-cycle assessment[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1995, 14(5): 917
- [27] VAN OERS L, DE KONING A, GUINÉE J B. Abiotic resource depletion in LCA. Improving characterisation factors for abiotic resource depletion as recommended in

- the new Dutch LCA handbook[R]. Delft, The Netherlands: Road and Hydraulic Engineering Institute, 2002
- [28] SURVEY U S G. Mineral commodity summaries 2001[R]. Reston, VA: U. S. Geological Survey, 2001
- [29] SURVEY U S G. Mineral commodity summaries 2006[R]. Reston, VA: U. S. Geological Survey, 2006
- [30] SURVEY U S G. Mineral commodity summaries 2011[R]. Reston, VA: U. S. Geological Survey, 2011
- [31] SURVEY U S G. Mineral commodity summaries 2016[R]. Reston, VA: U. S. Geological Survey, 2016
- [32] SURVEY U S G. Mineral commodity summaries 2018[R]. Reston, VA: U. S. Geological Survey, 2018
- [33] WESTDJ. Globalmaterialflowsdatabase[EB/OL]. [2021-05-01]. <https://www.resourcepanel.org/global-material-flows-database>
- [34] 赵立群, 张敏, 陈彤. 中国重要金属矿产资源现状、供需、进出口数据集[J]. 中国地质, 2019, 46(增刊1): 105
- [35] 李厚民, 王登红, 李立兴, 等. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析[J]. 中国地质, 2012, 39(3): 559
- [36] 崔立伟, 夏浩东, 王聪, 等. 中国铁矿资源现状与铁矿实物地质资料筛选[J]. 地质与勘探, 2012, 48(5): 894
- [37] 王东方, 王婉君, 陈伟强. 中国战略性金属矿产供应安全程度评价[J]. 资源与产业, 2019, 21(3): 22
- [38] 黄群慧. “一带一路”沿线国家工业化进程报告[R]. 桂林: 社会科学文化出版社, 2015
- [39] 曾涛, 刘冲昊, 柳群义. “一带一路”沿线锡资源供需格局分析[J]. 中国矿业, 2019, 28(8): 1
- [40] 王书豪, 柳群义. “一带一路”沿线国家钢需求预测[J]. 中国矿业, 2017, 26(12): 24
- [41] 吴舒钰. “一带一路”沿线国家的经济发展[J]. 经济研究参考, 2017(15): 16
- [42] 刘海猛, 胡森林, 方恺, 等. “一带一路”沿线国家政治-经济-社会风险综合评估及防控[J]. 地理研究, 2019, 38(12): 2966

Scarcity of metal resources in the “Belt and Road” countries

WANG Xin HUANG Yawei ZHANG Junhua LI Xinyu WANG Heming[†]

(State Environmental Protection Key Laboratory of Eco-Industry, Northeastern University, 110819, Shenyang, Liaoning, China)

Abstract Metal resources are important for national economic development, social progress and indispensable for industrialization and urbanization. After the “Belt and Road” initiative was proposed and implemented, development and cooperation in mineral resources tended to be strengthened. Distribution characteristics and development potentials of metal resources in countries along the route have attracted widespread attention. Here we analyze distribution and utilization of resources in the “Belt and Road” countries by accounting metal reserves and extractions in these countries. These countries are found to be rich in metal resources and are complementary to certain extent. However, the amount of metal mining is large. Analysis of metal extraction alone cannot reflect the extent of metal scarcity. In this study we introduce the concept of scarce metal coefficient to obtain scarcity-weighted metal extraction index. It turned out that the total scarcity-weighted metal extraction in the “Belt and Road” countries increased by 25 times, and the scarcity-weighted extraction of each metal increased rapidly from 2000-2017. Titanium, silver, and manganese were found to have increased most rapidly by 173, 55, and 53 times respectively. Scarcity-weighted metal extractions in Turkey, Myanmar, and China increased most rapidly by 151, 34 and 7 times respectively. The risks for metal resource scarcity in the “Belt and Road” countries remain unoptimistic, these countries should actively cooperate to share metal utilization technologies and improve use efficiency of metal resources. In addition, we suggest these countries develop vigorously a circular economy to increase the use of recycled metals and jointly build a green “Belt and Road”.

Keywords “Belt and Road”; metal resources; resource distribution; scarcity-weighted metal extraction; metal reserves

【责任编辑: 武佳】