

京津冀地区铁矿石需求预测

贾逸卿¹⁾, 张艳飞¹⁾, 陈小荣^{2)*}, 陈其慎¹⁾, 龙 涛¹⁾, 齐 刚²⁾, 陈升立²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 2) 浙江省第七地质大队, 浙江丽水 323000

摘 要: 京津冀是我国钢铁生产加工的重要区域, 其铁矿石需求一直是该地区钢铁产业发展的热点问题。本文利用“S”形预测法, 在中国粗钢供需预测基础上, 参照该地区粗钢产量的全国占比和生铁粗钢比, 重点测算了河北省生铁产量和铁矿石需求量, 进而预测未来京津冀地区的铁矿石需求量。预测 2025 年、2030 年和 2035 年京津冀地区的铁矿石需求量分别为 3.42 亿 t、3.02 亿 t 和 2.68 亿 t, 需求的峰值点在 2022 年左右, 届时需求约为 3.81 亿 t。据此, 提出尽早布局保障铁矿石供应安全等建议。

关键词: 京津冀; 铁矿石; 需求预测; “S”形

中图分类号: F426.1 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2020.102603

Forecast of Iron Ore Demand in the Beijing–Tianjin–Hebei Region

JIA Yi-qing¹⁾, ZHANG Yan-fei¹⁾, CHEN Xiao-rong^{2)*}, CHEN Qi-shen¹⁾, LONG Tao¹⁾,
QI Gang²⁾, CHEN Sheng-li²⁾

1) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;

2) No. 7 Geological Party of Zhejiang Province, Lishui, Zhejiang 323000

Abstract: The Beijing–Tianjin–Hebei region is an important region for steel production and processing in China, and the demand for iron ore has always been a hot issue in the development of the steel industry in this region. This paper uses the “S”-shaped forecasting method on the basis of China's crude steel supply and demand forecasts, with reference to the national proportion of production of crude steel in this region and the proportion of pig iron crude steel, and focuses on calculating the pig iron production and iron ore demand in Hebei Province and then predicting the future iron ore demand in Hebei area. It is predicted that the iron ore demand in the Beijing–Tianjin–Hebei region in 2025, 2030 and 2035 will be 342 million tons, 302 million tons and 268 million tons respectively. The peak demand will be around 2022, when the demand will be about 381 million tons. On such a basis, suggestions have been made for ensuring the safety of iron ore supply in early deployment.

Key words: Beijing–Tianjin–Hebei region; iron ore; demand forecast; “S” shape

京津冀地区作为世界级城市群, 是我国钢铁生产最集中的地区, 在支撑我国钢铁工业快速发展的同时, 也为当地经济发展做出了突出贡献。然而, 京津冀钢铁产业的过快发展也给该区域带来了产能过剩、污染加剧等问题(陈其慎等, 2016)。因此, 作为生产钢铁原材料的铁矿石, 如何合理科学测算其需求, 更好地服务于京津冀地区发展, 就成了当下热点问题之一。

前人对钢铁需求的研究主要集中在分国别研究, 而对单一区域内的研究较少。如柳晓艺(2020)用 ARIMA 模型以及灰色预测模型对中国未来 3 年粗钢产量进行了预测; 梁姗姗和杨丹辉(2018)从产业结构、工业化及研究方法对矿产资源的消费与结构演化进行了总结; 顾琳和黎敬涛(2016)利用 SARIMA 模型(即增加了季节序列后改进的 ARIMA 模型)对粗钢表观消费量进入峰值区后进行了短期

本文由中国地质调查局地质调查项目(编号: DD20160103; DD20190674)和中国工程院重大咨询研究项目(编号: 2017-ZD-15-05-01)联合资助。

收稿日期: 2020-09-24; 改回日期: 2020-10-26; 网络首发日期: 2020-10-27。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 贾逸卿, 女, 1990 年生。硕士, 助理工程师。主要从事矿产资源战略研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号。E-mail: yiqingjw@163.com。

*通讯作者: 陈小荣, 男, 1978 年生。本科, 高级工程师。主要研究方向为地质矿产。E-mail: 123596550@qq.com。

预测;高蕊蕊和王安建(2010)基于“S”规律预测中国粗钢需求等。

由于铁矿石品位不同、钢铁生产长短流程差异和重复材等因素,本文利用“S”形预测法,根据粗钢—生铁—铁精矿的折算,重点测算了河北省生铁的产量和铁矿石需求量,进而预测未来京津冀地区的铁矿石需求量,为京津冀地区的协同发展提供参考。在无特殊说明下,本文的铁矿石均指铁精矿(品位 62%的粉矿),原矿与精矿参考铁元素的量进行换算。

1 京津冀地区铁矿资源现状

1.1 京津冀铁矿需求现状

京津冀是我国乃至世界钢材生产和铁矿石消费的重要区域。2011—2019 年,京津冀地区粗钢产量由 1.9 亿 t 增加至 2.6 亿 t,占比为 25%~30%(国家统计局, 2020)。2018 年京津冀地区的钢铁产能约 2.7 亿 t,其中唐山、邯郸和天津分别占比 48%、17%和 8%(中国钢铁工业协会, 2020)。京津冀大规模的粗钢生产,极大地带动了该地区铁矿石的消费,2011—2019 年,京津冀地区铁矿石表观消费量由

2.8 亿 t 增加至 3.8 亿 t,增幅为 35%(表 1)。

1.2 京津冀铁矿生产现状

2017 年,京津冀地区的铁矿查明资源储量 104.36 亿 t,占比为 12.29%(中华人民共和国自然资源部, 2018),集中分布在唐山、邯郸、张家口等地;富矿少,矿石的平均品位约 30%,低于全国 34%左右的水平(许海涛和马海全, 2013;秦振宇等, 2015;阴江宁等, 2018)。2011—2017 年,京津冀地区铁矿石(原矿)的产量在 6 亿 t 左右,2018 年后受政策影响,产量迅速下降至 2.6 亿 t,为近十年来最低(表 2)。因此,京津冀地区的铁矿石产量与资源并不匹配,京津冀地区长期用不到 15%的储量生产着全国 34%以上的矿石。

1.3 京津冀铁矿供需情况

虽然京津冀地区铁矿石产量常年全国第一,但仍无法满足需求。2010—2017 年,铁矿石自给率可以维持在 60%左右的水平(此处铁矿石产量为铁矿石原矿经转化后的 62%铁精矿产量),但 2018 年后受政策规划、环保压力和国际形势等影响,其自给率大幅下滑至 20%~30%,需大量进口铁矿石来满足需求(中华人民共和国海关总署, 2020)(图 1)。

表 1 2011—2019 年京津冀地区铁精矿的表观消费量

Table 1 The apparent consumption of iron ore concentrates in the Beijing-Tianjin-Hebei region from 2011 to 2019

地区	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
北京市/万 t	5	4	4	3	2	0	0	0	0
天津市/万 t	3 447	3 247	3 427	3 506	3 239	2 666	2 762	3 118	3 512
河北省/万 t	25 003	26 980	27 624	24 850	23 599	24 778	27 661	35 362	38 652
京津冀/万 t	28 455	30 231	31 055	28 359	26 840	27 444	30 422	38 480	42 164
全国/万 t	106 869	110 018	122 520	118 461	112 056	113 504	121 600	139 200	159 415

表 2 2011—2019 年京津冀地区铁矿石(原矿)产量

Table 2 Iron ore (raw ore) production in Beijing-Tianjin-Hebei region from 2010 to 2019

地区	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年
北京市/万 t	2 002	1 980	2 116	2 118	1 773	1 654	1 819	1 570	1 562
天津市/万 t	0	0	0	0	0	0	0	0	0
河北省/万 t	59 471	52 357	56 931	56 611	51 399	52 203	58 164	24 642	29 401
京津冀/万 t	61 473	54 337	59 047	58 729	53 172	53 857	59 982	26 212	30 963
全国/万 t	132 694	130 964	145 101	151 424	138 129	128 089	122 937	76 337	84 436
占全国比重/%	46.33	41.49	40.69	38.78	38.49	42.05	48.79	34.34	36.67

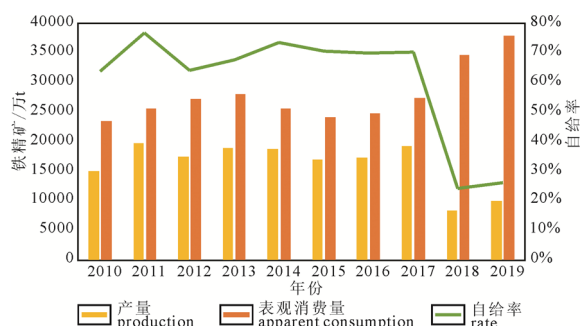


图 1 2010—2019 年京津冀地区铁精矿的供需形势

Fig. 1 The supply and demand situation of iron ore in the Beijing-Tianjin-Hebei region from 2010 to 2019

2 钢铁消费规律与预测模型

2.1 钢铁消费规律

钢铁作为重要的资源之一,它的消费呈现一定规律,典型的规律有:(1)钢铁消费强度的“倒 U”形规律,即钢铁消费强度在时间尺度和发展程度(人均 GDP)序列上均呈“倒 U”形变化规律;(2)人均粗钢消费 S 形规律,即从农业社会—工业社会—后工业化社会,人均矿产资源消费与人均 GDP 呈现全周期 S 形变化关系等(王安建等, 2010)。

根据钢铁的消费规律,影响粗钢生产与消费的

表 3 常见矿产资源需求预测方法对比
Table 3 Comparison of common mineral resource demand forecasting methods

预测方法	适用维度	主要优缺点
趋势外推法	短期需求预测	数学方法简单, 但作中长期预测偏差较大
回归分析法	中长期需求预测	适用于有限的因果关系, 复杂系统预测误差偏大
灰色预测模型法	中长期需求预测	样本分布不需要有规律性, 计算简便, 检验方便, 精度一般
ARIMA 模型	短期需求预测	模型拟合效果好、操作简单, 但未考虑其他非时间序列因素
投入产出法	短期需求预测	稳定系统预测较准确, 中长期需求预测存在系统不确定性
类比预测法	中长期需求预测	半定量预测方法, 类比条件不易确定
部门需求预测法	中长期需求预测	该方法国内外普遍采用, 部门划分详细, 结果较精确
S 形预测法	中长期需求预测	预测结果可靠, 适用于大宗矿产, 不适合小矿种

因素主要包括: (1)经济发展; (2)人口数量和结构; (3)产业结构; (4)基础建设与社会财富的积累; (5)经济结构调整的影响; (6)各国家/地区的地理、气候条件; (7)人民的生活方式; (8)资源禀赋; (9)宏观调控政策等(陈其慎等, 2015a, b)。

2.2 需求预测方法与模型

国内外资源需求预测的方法主要有数学模型法、类比预测法、部门需求预测法、S 形预测法、时间序列等, 各个预测方法的简单评述见表 3。本文主要采用 S 形预测法进行铁矿石需求预测。

3 京津冀地区需求预测

京津冀地区铁矿石的生产与需求, 与国家宏观政策息息相关。根据《京津冀协同发展规划纲要》(冀丰渊, 2016), 北京市未来的定位为“全国政治中心、文化中心、国际交往中心、科技创新中心”, 天津市未来的定位为“全国先进制造研发基地、北方国际航运核心区、金融创新运营示范区、改革开放先行区”, 河北省未来的定位为“全国现代商贸物流重要基地、产业转型升级试验区、新型城镇化与城乡统筹示范区、京津冀生态环境支撑区”(杜朋奇, 2018)。鉴于各地区的城市发展定位不同, 铁矿石需求及产能亦不同。

(1)北京市已淘汰粗钢产能, 未来不会新增产能, 预计未来北京市不会有铁矿石需求; (2)根据天津市定位及《京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则》等相关要求, 天津市行政辖区内钢铁产能控制在 2000 万 t 以内, 测算其铁精矿的未来需求约 2500 万 t 左右; (3)河北省仍处于工业化中期向工业化后期发展阶段, 对铁矿石仍有较大需求, 因此重点对河北地区铁矿石需求进行预测。

3.1 背景分析

根据河北省的发展与定位, 对影响该地区的铁矿石需求因素进行重要程度排序分析, 得出主要影响因素包括: 宏观政策、经济发展、产业结构、钢铁产业的结构等。

(1)宏观政策。河北省各市重点企业积极兼并、

联合、重组, 整合钢铁产业、提高集中度, 预计未来河北省粗钢的产能将在 2 亿 t 左右。

(2)经济发展。从人均 GDP 来看, 目前河北省人均 GDP 低于全国平均水平, 仅为全国 74% 左右。从城市化率来说, 河北省城市化率从 1996 年的 18% 增长到目前的 56% 左右, 但与其他国家相比, 城市化率仍然处于较低水平。从其他国家城市化率与人均粗钢消费的关系来看 (Conference Board, 2020; UN-HABITAT, 2020), 河北省的钢铁需求仍有增长空间(图 2)。

(3)产业结构方面。河北省产业结构符合经济发展的一般规律, 即一二产业占比逐渐减少, 第三产业逐渐增加(图 3)。

(4)钢铁产业的结构。河北省粗钢产量在全国占

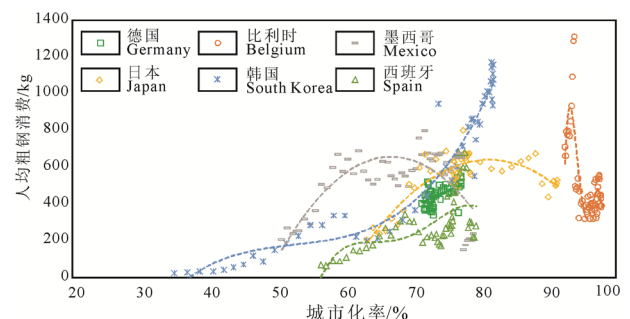


图 2 部分国家城市化率与人均粗钢消费的关系
Fig. 2 The relationship between urbanization rate and per capita crude steel consumption in some countries

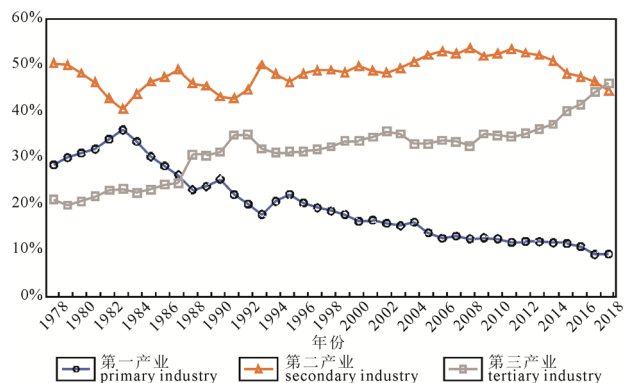


图 3 河北省三大产业占比
Fig. 3 Proportion of the three major industries in Hebei Province

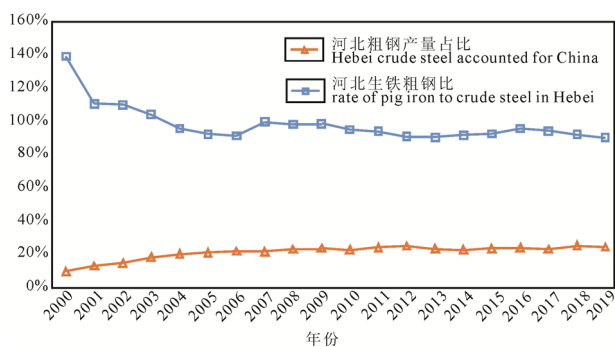


图 4 河北省钢铁产业的结构变化

Fig. 4 Structural changes of the iron and steel industry in Hebei Province

有举足轻重的地位, 2000—2019 年, 粗钢产量全国占比从 9.57% 增长到 22.69%, 近年来维持在 22% 左右; 铁钢比相对稳定, 2010—2019 年, 河北省铁钢比均值为 93%, 最高点为 2016 年 96%, 最低点为 2019 年 90%, 变化相对较小(图 4)。尽管未来废钢回收利用量增加, 铁钢比会不断降低, 但是由于河北省电炉炼钢的能耗、成本等问题, 铁钢比下降速度会相对较慢。

3.2 消费趋势分析

目前, 河北省粗钢消费的趋势与全国相似, 随着人均 GDP 的不断增长, 人均粗钢消费迅速攀升。由于人均 GDP 与人均粗钢消费呈现明显的 S 形规律, 因此利用 S 形预测法对中国粗钢消费进行预测。根据中国发展的特点与趋势(中华人民共和国工业和信息化部, 2016; 张艳飞等, 2021), 选取德国、韩国、比利时、墨西哥、日本、中国台湾、西班牙七个国家或地区作为对比样本, 将中国人均粗钢表观消费量与人均 GDP(折算 1990 盖凯美元)关系进行投图(图 5)(World steel Association, 2019)。从图中得出, 近年来人均粗钢消费约 500 kg, 但增量减少, 增长趋势逐渐放缓, 处于 S 形的峰值左右。

由于中国与日本的粗钢消费趋势相似, 因此参照日本发展趋势进行对比分析。考虑到地区发展模

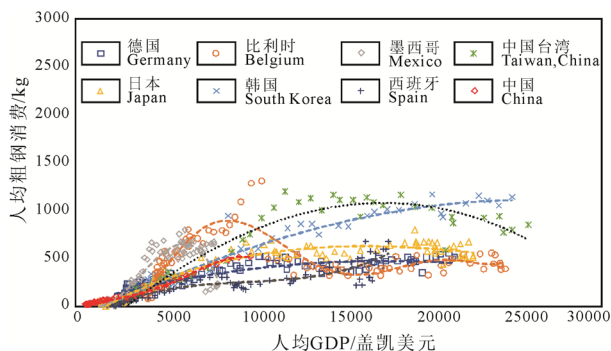


图 5 部分国家和地区人均粗钢消费量与人均 GDP 关系投图

Fig. 5 The relationship between per capita steel consumption and per capita GDP in Hebei Province

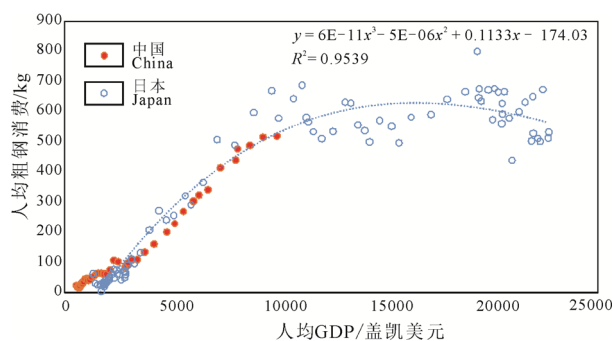


图 6 中国人均粗钢消费量与人均 GDP 预测拟合图

Fig. 6 China's per capita crude steel consumption and per capita GDP forecast fitting diagram

式的差异性, 中国粗钢消费峰值会有所提前, 即峰值点的人均 GDP 为 11 000~12 000 盖凯美元, 人均粗钢消费为 600 kg 左右(图 6)。河北省粗钢消费与全国一致性很高, 因此河北省未来消费趋势也与全国基本一致, 峰值点基本相同。

3.2.1 河北省预测参数及结果

河北省铁精矿需求预测主要在全国粗钢产量预测的基础上, 根据粗钢产量全国占比测算粗钢产量, 其次通过对河北省铁钢比的趋势分析, 计算生铁产量, 最后折算铁矿石的需求量。其中, (1)全国粗钢需求及产量预测数据主要采用张艳飞等(2014, 2015), 高蕊蕊和王安建(2010)等人的预测成果并根据中国 S 形发展规律进行参数修正; (2)河北省粗钢产量测算根据 2010—2019 年河北省粗钢产量的全国占比进行预测; (3)河北省生铁产量数据根据生铁与粗钢的历史数据, 并考虑废钢比例增加等因素, 进行相应测算; (4)铁精矿需求根据生铁产量以 1: 1.6 比例进行折算; (5)铁精矿产量包括保有可供产量和潜在资源供应部分, 主要参考中国地质科学院矿产资源研究所和阴江宁等(2018)的相关数据(表 4)。

基于表 4 可得河北省铁精矿需求在 2022 年达到峰值点, 届时需求量为 3.55 亿 t, 之后开始下降, 预计 2035 年仅需 2.44 亿 t, 同时受环保、政策等因素影响, 河北省未来铁精矿产量将不断下降, 2035 年仅为 0.30 万 t, 铁精矿的自给率将保持在较低水平。

3.2.2 预测结果对比

将河北省预测结果与《河北冶金(钢铁)行业十三五规划》(河北省发展和改革委员会, 2017)测算的铁矿石需求进行对比, 对比结果显示规划结果偏低。原因可能是: (1)随着经济的发展, 目前粗钢需求仍未到达峰值; (2)低估了取缔“地条钢”后的产能释放后, 粗钢产量的增长; (3)“洋垃圾”禁令颁布后, 废钢价格走高, 短流程炼钢成本上涨, 长流程炼钢的成本优势, 刺激了铁矿石需求增长(表 5)。

表 4 河北省铁精矿需求预测表

Table 4 Ranking of factors affecting Hebei iron ore demand

		2010 年	2015 年	2019 年	2022 年	2025 年	2030 年	2035 年
全国	粗钢需求	5.96	7.10	9.40	9.90	9.00	8.20	7.50
	粗钢生产	6.37	8.04	9.96	10.49	9.54	8.69	7.95
河北省	粗钢生产	1.45	1.88	2.42	2.52	2.29	2.09	1.91
	生铁产量	1.37	1.74	2.18	2.22	1.97	1.73	1.53
	铁精矿需求	2.19	2.78	3.48	3.55	3.16	2.77	2.44
	铁精矿产量	1.49	1.70	0.99	0.74	0.55	0.44	0.30
	铁精矿缺口	0.70	1.08	2.49	2.81	2.61	2.33	2.14
	铁精矿自给率	68.04%	61.15%	28.45%	20.85%	17.41%	15.88%	12.30%

表 5 不同机构河北铁精矿需求预测对比

Table 5 Comparison of Hebei's iron concentrate demand forecast by different institutions

		2015	2020	2025	2035
本文预测	标矿/亿 t	2.78	3.50	3.16	2.44
“十三五规划”	标矿/亿 t	3.00	2.40		

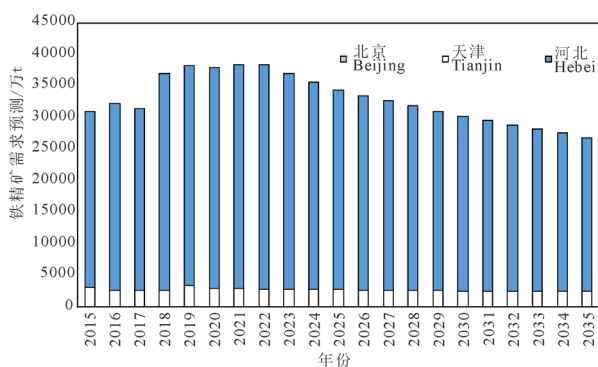


图 7 京津冀地区铁精矿需求预测

Fig. 7 Forecast of iron concentrate ore demand in the Beijing-Tianjin-Hebei region

3.3 京津冀铁矿需求预测结果

尽管 2020 年新冠肺炎疫情对各行各业都造成冲击,但是由于钢铁生产持续性的特点,受疫情影响较小,京津冀地区粗钢产量仍然保持稳定。根据京津冀地区铁矿需求预测结果,2025 年、2030 年和 2035 年京津冀地区的铁精矿的需求将分别为 3.42 亿 t、3.02 亿 t 和 2.68 亿 t,需求峰值在 2022 年左右,届时年需求量约 3.81 亿 t(图 7)。

4 结论与建议

(1)预测河北省 2025 年、2030 年和 2035 年铁精矿的需求分别为 3.16 亿 t、2.77 亿 t 和 2.44 亿 t,2022 年达到峰值,届时需求 3.55 亿 t,河北省未来铁精矿产量不能满足省内需求,铁精矿的自给率保持在较低水平。

(2)京津冀地区的铁精矿需求受政策因素影响较大,预测 2025 年、2030 年和 2035 年京津冀地区铁精矿的需求分别为 3.42 亿 t、3.02 亿 t 和 2.68 亿 t,消费峰值在 2022 年左右到来,届时的年消费量

约 3.81 亿 t。其中,未来北京铁精矿需求为 0 亿 t,天津铁精矿需求将长期维持在 2500 万 t 左右。

(3)预测未来 15 年京津冀地区铁精矿的需求总量仍很大,在铁矿产品需求峰值逐渐到达的形势下,矿业转型面临机遇,也会遭遇前所未有的挑战,需提前部署规划,以促进产业平稳转型。

Acknowledgements:

This study was supported by China Geological Survey (Nos. DD20160103 and DD20190674), and Chinese Academy of Engineering (No. 2017-ZD-15-05-01).

参考文献:

- 陈其慎,于汶加,张艳飞. 2016. 点石: 未来 20 年全球矿产资源产业发展研究[M]. 北京: 科学出版社.
- 陈其慎,于汶加,张艳飞,谭化川. 2015a. 矿业发展周期理论与中国矿业发展趋势[J]. 资源科学, 37(05): 891-899.
- 陈其慎,于汶加,张艳飞,谭化川. 2015b. 资源-产业“雁行式”演进规律[J]. 资源科学, 37(05): 871-882.
- 杜朋奇. 2018. 京津冀建设世界级城市群_进展与策略研究[D]. 石家庄: 河北经贸大学.
- 高蕊蕊,王安建. 2010. 基于“S”规律的中国钢需求预测[J]. 地球学报, 31(05): 645-652.
- 顾琳,黎敬涛. 2016. 我国粗钢表观消费量进入峰值区后的短期预测研究[J]. 价值工程, 35(02): 1-4.
- 国家统计局. 2020. 中国统计年鉴[M/OL]. [2020-09-20]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexch.htm>.
- 河北省发展和改革委员会. 2017. 河北省冶金矿山行业“十三五”发展规划[R]. 河北: 河北省发展和改革委员会.
- 冀丰渊. 2016. 京津冀协同发展规划纲要[C]//对接京津与环首都沿渤海第 13 次论坛: 5-14.
- 梁姗姗,杨丹辉. 2018. 矿产资源消费与产业结构演进的研究综述[J]. 资源科学, 40(3): 535-546.
- 柳晓艺. 2020. 基于 ARIMA 和 GM(1,1)模型的新中国粗钢产量预测[J]. 西部皮革, 42(8): 87.
- 秦振宇,袁海波,潘洪儒,林茜,汤锁,刘新宇,王蒙. 2015. 河北省铁矿类型及勘查开发现状[J]. 矿产与地质, 29(03): 277-282.
- 王安建,王高尚,陈其慎,于汶加. 2010. 矿产资源需求理论与模型预测[J]. 地球学报, 31(2): 137-147.
- 许海涛,马海全. 2013. 北京市铁矿资源特征及开发利用建议[J]. 城市地质, 8(3): 10-13.

- 阴江宁, 肖克炎, 姜德波. 2018. 中国铁矿预测模型与资源潜力分析[J]. 地学前缘, 25(3): 107-117.
- 张艳飞, 陈其慎, 于汶加, 柳群义, 李颖, 谭化川. 2015. 2015-2040 年全球铁矿石供需趋势分析[J]. 资源科学, 37(05): 921-932.
- 张艳飞, 陈其慎, 王高尚. 2014. 中国钢铁产业合理产能分析[J]. 中国矿业, 23(06): 54-58.
- 张艳飞, 郑国栋, 陈其慎, 陈小荣, 邢佳韵, 王琨, 阴秀琦, 覃升. 2021. 后疫情时期全球铁矿资源格局分析[J]. 地球学报, 42(2): 209-216.
- 中国钢铁工业协会. 2020. 统计发布[EB/OL]. [2020-09-22]. <http://www.chinaisa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/list.html?columnId=2e3c87064bdfc0e43d542d87fce8bcbce8fe0463d5a3da04d7e11b4c7d692194b>.
- 中华人民共和国自然资源部. 2018. 中国矿产资源报告[R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部.
- 中华人民共和国海关总署. 2020. 统计月报 [EB/OL]. [2020-09-20]. <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/302274/302277/3227050/index.html>.
- 中华人民共和国工业和信息化部. 2016. 钢铁工业调整升级规划(2016-2020 年)[R]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部.

References:

- CHEN Qi-shen, YU Wen-jia, ZHANG Yan-fei. 2016. Dianshi: Research on the development of global mineral resources industry in the next 20 years[M]. Beijing: Science Publishing(in Chinese).
- CHEN Qi-shen, YU Wen-jia, ZHANG Yan-fei, TAN Hua-chuan. 2015a. Mining development cycle theory and development trends in Chinese mining[J]. Resource Science, 37(05): 891-899(in Chinese with English abstract).
- CHEN Qi-shen, YU Wen-jia, ZHANG Yan-fei, TAN Hua-chuan. 2015b. Resources-Industry 'flying geese' evolving pattern[J]. Resource Science, 37(05): 871-882(in Chinese with English abstract).
- China Iron and Steel Association. 2020. Statistical release[EB/OL]. [2020-09-22]. <http://www.chinaisa.org.cn/gxportal/xfgl/portal/list.html?columnId=2e3c87064bdfc0e43d542d87fce8bcbce8fe0463d5a3da04d7e11b4c7d692194b>(in Chinese).
- Conference Board. 2020. Conference board total economy data-base [EB/OL]. [2020-09-20]. <http://www.conference-board.org/data/economydatabase>.
- DU Peng-qi. 2018. Construction of World-Class Urban Agglomerations in Beijing-Tianjin-Hebei: Research on Progress and Strategy[D]. Shijiazhuang: Hebei University of Economics and Trade(in Chinese with English abstract).
- GAO Xin-rui, WANG An-jian. 2010. The Prediction of China's Steel Demand Based on S-shaped Regularity[J]. Acta Geosciences Sinica, 31(05): 645-652(in Chinese with English abstract).
- General Administration of Customs of the People's Republic of China. 2020. Monthly statistical report[EB/OL]. [2020-09-20]. <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/302274/302277/3227050/index.html>(in Chinese).
- GU Lin, LI Jing-tao. 2016. Short term prediction of China's crude steel apparent consumption after entering the peak area[J]. Value Engineering, 35(02): 1-4(in Chinese with English abstract).
- Hebei Development and Reform Commission. 2017. The 13th five year plan for the development of metallurgical and mining industry in Hebei Province[R]. Hebei: development and Reform Commission of Hebei Province(in Chinese).
- Ji Feng-yuan. 2016. Planning outline for coordinated development of Beijing, Tianjin and Hebei[C]//13th forum linking Beijing, Tianjin and Bohai rim: 5-14(in Chinese).
- LIANG Shan-shan, YANG Dan-hui. 2018. A review of mineral resource consumption and industrial structure evolution[J]. Resource Science, 40(3): 535-546(in Chinese with English abstract).
- LIU Xiao-yi. 2020. Crude steel production forecast of new China based on ARIMA and GM (1,1) model[J]. Western Leather, 42(8): 87(in Chinese).
- Ministry of Industry and Information Technology, PRC. 2016 steel industry adjustment and upgrading plan (2016-2020)[R]. Beijing: Ministry of Industry and Information Technology, PRC(in Chinese).
- Ministry of Natural Resources, PRC. 2018. China Mineral Resources[R]. Beijing: Ministry of Natural Resources, PRC(in Chinese).
- National Bureau of Statistics. 2020. China Statistical Yearbook[M/OL]. [2020-09-22]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2019/indexch.htm>(in Chinese).
- UN-HABITAT. 2020. Urbanization statistics [EB/OL]. [2020-09-12]. <http://www.unhabitat.org/categories.asp?catid=9>.
- QIN Zhen-yu, YUAN Hai-bo, PAN Hong-ru, LIN Qian, TANG Suo, LIU Xin-yu, WANG Meng. 2015. Type of iron deposit in Hebei and its current situation of exploration and development[J]. Mineral Resources and Geology, 29(03): 277-282(in Chinese with English abstract).
- WANG An-jian, WANG Gao-shang, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia. 2010. The Mineral Resources Demand Theory and the Prediction Model[J]. Acta Geosciences Sinica, 31(2): 137-147(in Chinese with English abstract).
- World Steel Association. 2019. World steel statistics[R]. Brussels: World steel Association.
- XU Hai-tao, MA Hai-quan. 2013. Characteristics of iron ore resources and suggestions for development and utilization in Beijing[J]. Urban Geology, 8(3): 10-13(in Chinese).
- YIN Jiang-ning, XIAO Ke-yan, LOU De-bo. 2018. Prediction model and resource potential analysis of iron in China[J]. Earth Geoscience Frontier, 25(3): 107-117(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yan-fei, CHEN Qi-shen, YU Wen-jia, LIU Qun-yi, LI Ying, TAN Hua-chuan. 2015. Global iron ore supply and demand trend analysis, 2015-2040[J]. Resources Science, 37(05): 921-932(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yan-fei, CHEN Qi-shen, WANG Gao-shang. 2014. Analysis of steel reasonable capacity in China[J]. China Mining Magazine, 23(06): 54-58(in Chinese with English abstract).
- ZHANG Yan-fei, ZHENG Guo-dong, CHEN Qi-shen, CHEN Xiao-rong, XING Jia-yun, WANG Kun, YIN Xiu-qi, QIN Sheng. 2021. An Analysis of Global Iron Ore Resource Market Trend in the Post-COVID-19 Period[J]. Acta Geoscientia Sinica, 42(2): 209-216 (in Chinese with English abstract).