辽宁省重要矿产资源供需形势及保障程度分析*

高忠晖[1]，滕寿仁[2]，李崴崴[1]，王玉平[1]，袁昆[1]，王冶[1]

（1.辽宁省地质矿产研究院有限责任公司， 辽宁 沈阳 110032；
2.辽宁省地质勘探矿业集团有限责任公司， 辽宁 沈阳 110032）

摘要：为准确预测辽宁省“十四五”期间重要矿产资源的供需形势和保障程度，以“十三五”期间矿产资源开发利用情况为基础，采用需求趋势分析方法，通过追踪产业链，收集其上下游生产环节的开发利用数据或其下游产品终端市场的消费数据，预测“十四五”期间铁矿石、煤炭、金矿石、菱镁矿石、熔剂用灰岩和硼矿石的需求及保障能力。采用2021年和2022年各矿种的实际产量和消耗量验证了预测结果的准确性。结果表明，未来5年，铁矿石需求量为18 375万～19 110万t/a，煤炭需求量为17 992万～19 135万t/a，金矿石需求量为811万～892万t/a，菱镁矿石需求量为3 048万～3 381万t/a，熔剂用灰岩需求量为1 496万～1 540万t/a，硼矿石需求量为416万～539万t/a。菱镁矿石和熔剂用灰岩保障程度较高，可达到供需平衡，金矿石仍需要大量进口，铁矿石、煤炭和硼矿石保证程度不足，需进一步加强深部及外围相关矿产资源勘查，强化开采能力建设。

关键词：矿产资源；供需形势；保障程度；需求预测

中图分类号：F426；F407.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1005-2763(2025)03-0271-10

Analysis on Supply-Demand Situation and Guarantee Degrees of Important Mineral Resources in Liaoning Province

GAO Zhonghui[1], *TENG Shouren*[2], *LI Weiwei*[1], *WANG Yuping*[1], *YUAN Kun*[1], *WANG Ye*[1]

(1.Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110032, China;
2.Liaoning Geological Exploration and Mining Group Co., Ltd., Shenyang, Liaoning 110032, China)

Abstract: In order to accurately predict the supply-demand situation and guarantee degrees for important mineral resources in Liaoning Province during the 14th Five Year Plan period, based on the development and utilization of mineral resources during the 13th Five Year Plan period, the method of demand trend analysis was adopted to track the industrial chain, and the development and utilization data of upstream and downstream production links or consumption data of downstream product end markets were collected. The demand and guarantee capacity of iron ore, coal, gold ore, magnesite, flux limestone, and boron ore during the 14th Five Year Plan period were predicted. The accuracy of the prediction results was verified by the actual yield and consumption of each mineral in 2021 and 2022.The results show that the demand for iron ore ranges from 183.75 million to 191.1 million tons per year, coal from 179.92 million to 191.35 million tons per year, gold ore from 8.11 million to 8.92 million tons per year, magnesite from 30.48 million to 33.81 million tons per year, flux limestone from 14.96 million to 15.4 million tons per year, and boron ore from 4.16 million to 5.39 million tons per year in the next 5 years. The guarantee degree of magnesite and flux limestone is relatively high, which can achieve supply-demand balance. Gold ore requires a large amount of imports, and the guarantee degree of iron ore, coal, and boron ore is insufficient. It is necessary to further strengthen the exploration of deep and peripheral mineral resources and improve mining capacity construction.

Key words: Metal resource, Supply-demand situation, Guarantee degree, Demand prediction

辽宁省作为矿业大省，全省已发现矿产128种，其中战略性矿产资源25种，已探明资源储量的矿产有121种，对国民经济有重大影响的45种主要矿产中，辽宁省有36种630处矿产地，已经形成钢铁、能源、有色、机械、化工、建材等门类齐全的矿业经济体系[1-2]。

* **收稿日期**：2024-05-16
基金项目：辽宁省矿产资源规划(2021—2025年)编制及审查项目(JH21-210000-13396)
作者简介：高忠晖(1986—)，男，辽宁沈阳人，硕士，高级工程师，主要从事矿产资源规划、勘查等方面的工作。E-mail：244818350@qq.com

1 重要矿产资源概况

本研究综合考虑矿业产值和保有资源量来确定辽宁省重要矿产资源。工业总产值位居全省前列的矿种分别为铁矿、煤炭、水泥用灰岩、金矿、菱镁矿、熔剂用灰岩、膨润土;保有资源量居全国前列的矿种为铁矿、菱镁矿、硼矿、金刚石、滑石、熔剂用灰岩、玻璃用石英岩等。因此,综合确定辽宁省重要矿产资源矿种分别为铁矿、煤炭、金矿、菱镁矿、熔剂用灰岩和硼矿等6个矿种。

1.1 铁矿

铁矿属于战略性矿产,辽宁省铁矿资源丰富,储量居全国首位[3],从业人数和工业总产值均居全国首位。铁矿产地较多,突出特点是分布较为集中,主要集中分布于鞍山、本溪、辽阳地区,构成面积达数千平方公里的大型铁矿田,保有铁矿石资源储量约占全省总储量的90%,但多为贫矿,富矿少。以"鞍山式"沉积变质型铁矿为主,在全省累计探明的铁矿资源总量中,沉积变质型铁矿占99.14%,而接触交代型、沉积型和岩浆型铁矿占比均较少。全国矿产资源规划(2021—2025年)在辽宁划定2个铁矿能源资源基地和5个铁矿国家规划矿区,在国家能源资源安全中占有举足轻重的地位。

1.2 煤炭

辽宁省煤炭资源比较丰富,是我国重要的和开发利用最早的煤炭基地之一,主要分布于沈阳、铁岭、阜新、辽阳、抚顺等地区[4],含煤岩系为海陆交互型和内陆型两种。辽宁省煤炭储量虽然在全国占比较小,且近些年保有资源储量呈逐年减少趋势[5],但矿业产值居全省前列,是辽宁省不可缺少的能源资源。辽宁省煤炭主要为工业用煤,主要用于电力、冶金、建材、化工、造纸等行业,少量为民用煤。

1.3 金矿

辽宁省金矿资源比较丰富,以岩金为主,伴生金、砂金次之,据《中国矿产地质志·辽宁卷》统计,累计查明金矿产地205处,其中,岩金180处、砂金25处。辽宁省金矿分布较为广泛,主要分布在丹东市、阜新市、朝阳市。金矿虽然有较大的资源潜力[6-7],因其探明储量在全国占比不高,但作为战略性矿产资源,金矿具有稀缺性和保值性,在国际金融领域占据重要地位。考虑金矿开采产生的资源经济价值大,尤其是随着庄河新房金矿20多吨金属储量的探明,金矿的开发利用无疑会产生巨大的经济效益。

1.4 菱镁矿

辽宁省菱镁矿资源蕴藏量丰富,储量居全国首位,占全国的84%,占世界的22.4%左右[8-9]。全省菱镁矿矿区75处,主要分布在营口、鞍山和辽阳一带,约占全省总储量的99%,因其规模大、储量丰富、矿石质量高等品质,在全国乃至世界久负盛名[10],主要成因类型为沉积变质-热液交代型。

1.5 熔剂用灰岩

省内熔剂灰岩已探明资源量比较丰富,但市场竞争优势不显著,现有矿区12处,主要产于大连、本溪、抚顺、辽阳、朝阳、葫芦岛、鞍山等地[11]。按其成因可归属为沉积成矿系列。

1.6 硼矿

硼矿属于新型战略性矿产,储量居全国首位,突出特点是资源丰富,分布较为集中。主要成因类型为火山沉积变质-超变质热液交代富集型,工业类型主要分为硼镁石型(白硼)和硼镁铁型(黑硼),以硼镁铁型为主,典型矿床有凤城翁泉沟硼镁铁矿、宽甸杨木杆子硼矿等[12-16]。全国矿产资源规划(2021—2025年)划定唯一一个硼矿国家规划矿区就在辽宁省,彰显了辽宁省硼矿在全国的重要地位。

2 重要矿产资源供需及静态保障程度

2.1 铁矿分析

鞍山、本溪、辽阳地区的鞍山式铁矿多为大型、特大型单矿床,资源量多达数十亿吨[17]。辽西地区的铁矿则多为小规模矿床,零散分布。但鞍山式铁矿矿石多为贫铁矿石,TFe品位在25%~36%之间,仅弓长岭二矿区有上亿吨品位在40%~50%的富铁矿石,最高达67.2%[18-19]。省内现有铁矿床勘探深度大多在600~800 m,大台沟、齐大山、东鞍山、陈台沟、花红沟、永安、祁家沟等主要铁矿山勘探深度大于1 000 m,部分矿山如花红沟、大台沟勘探深度超过2 000 m。矿体(矿层)倾角较陡(多在70°~80°之间)。从经济角度分析,贫铁矿床深部矿体采用井下开采,经济效益不好。因此,省内铁矿资源虽多达200多亿t,但近期经济上可利用的资源量,估算仅占50%~60%,即约100亿t。即使如此,按目前铁矿石年产量[20](见表1),仍可采100年。辽宁省作为我国重要的钢铁基地之一,铁矿石可在相当长的时间内保持供应。

表 1 辽宁省铁矿石开发利用情况汇总(2016—2020 年)

Table 1 Summary of iron ore development and utilization in Liaoning Province (2016—2020) 万 t

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
9 712.0	12 194.0	13 170.4	12 567.0	12 918.6

2.2 煤炭分析

煤炭资源是辽宁省省内开发利用较早的矿产之一[21],近些年,随着石油等在一次能源结构中比重的逐渐加大,煤炭比重有所降低,从 20 世纪 90 年代的 80%左右,降至目前的 60%左右。

辽宁省煤炭原有探明近百亿吨资源量,经长达一个多世纪的开采,至今保有资源储量约 53 亿 t。但多属于深部难采资源或残余零星资源。按目前煤矿石年产量估算[20](见表 2),可维持年限不足 50 年。

表 2 辽宁省煤矿石(原煤)开发利用情况汇总(2016—2020 年)

Table 2 Summary of coal ore (raw coal) development and utilization in Liaoning Province (2016—2020) 万 t

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
4 082.1	3 611.0	3 375.9	3 292.0	3 091.5

2.3 金矿分析

“十三五”期间,辽宁省产金金属量约 7 t/a,保有金金属量约 100 t[6],可开采约 35 年,可供期年限较短。但是,金矿由于其特殊性,基本属于产出多少需求多少[22],可视为供需平衡的矿种。

2.4 菱镁矿分析

辽宁省省内菱镁矿保有资源量保障充足,而且预测资源潜力较大[23]。以“十三五”期间统计数据,每年实际采出量为 1 000 万 t 左右,省内保有的资源量仍可用 300 年左右;以目前年生产能力估算,可开采约 150 年。另外,随着生产工艺的进步,每年还有近1 000万 t 复选低品位矿流入市场,可进一步提高保障能力。综上所述,菱镁矿的保障年限,取决于年开采量。以目前产量预测,辽宁省菱镁矿保有资源量可基本保障未来百年之需。

近几年,辽宁省菱镁矿市场总体上处于产能过剩、供过于求的状态。首先,矿石开采供应相对于镁制品生产行业对矿石的需求过剩;其次,镁制品生产供应相对于下游钢铁水泥产业对镁质耐火材料的需求过剩。为避免市场价格过低,近两年菱镁矿山开采和镁制品加工企业动辄大规模停产[24-26]。

2.5 熔剂用灰岩分析

辽宁省省内熔剂用灰岩已探明资源量比较丰富,“十三五”期间矿石产量约 1 700 万 t/a,据此估算,静态可采约 100 年,静态保障年限较长。

2.6 硼矿分析

国际上硼矿的主要产地有美国、土耳其、俄罗斯和中国[27-28],我国的原生硼矿产地主要在辽宁省,盐湖硼的产地主要在青海省和西藏自治区。

“十三五”期间辽宁省硼矿年产矿石量约 350 万 t/a,其中黑硼约 300 万 t/a。翁泉沟式沉积变质型铁硼矿查明资源量为 28 305.35 万 t,B_2O_3 资源量为 2 046.51 万 t[29],预计静态可开采 94 年,静态保证年限长,因此辽宁省内黑硼矿资源可长期满足需求。但若以查明的白硼资源量 1 768.14 万 t 矿石量与年产量相比较,白硼资源量仅可供开采 35 年,而且其中大部分资源量为矿山剩余难采资源。

由此可见,硼矿开发存在结构性矛盾,省内易于加工利用的硼镁石型矿产短缺;硼镁铁型硼矿资源由于技术条件限制,硼资源并未回收,硼矿保有量消耗迅速[30-33]。

3 重要矿产资源需求预测

“十四五”期间,辽宁省区域经济布局不断优化,产业结构调整进一步完善,将越来越深入地主导矿业经济的发展趋势。以重化工业为支柱的经济体系将对能源、原材料等矿产品的需求总量持续扩大;以高新技术产业为主导的产业结构模式,不但会改变矿产品供应传统的品种结构,对其技术含量、精深加工程度也提出更高要求,国家“十四五”规划明确提出“发展战略性新兴产业”,对战略性矿种需求量大幅增加[34-36]。同时,“统筹推进基础设施建设”等目标的实现,也需要多品种、大数量的矿产品来保障。因此,省内重要矿产资源需求量还有进一步提升的可能。本文以“十三五”期间矿产资源开发利用情况为基础,采用需求趋势分析方法,通过追踪产业链,收集其上下游生产环节的开发利用数据或其下游产品终端市场的消费数据,预测“十四五”期间辽宁省铁矿石、煤炭、金矿石、菱镁矿石、熔剂用灰岩和硼矿石的实际需求及保障能力。

3.1 铁矿石需求预测

2020 年辽宁省生铁产量 7 235.2 万 t、钢产量为 7 578.4 万 t。根据原料供应来源(见表 3)分析:以 15%钢产量来源于废钢炼钢估算[37],每年有超过

1 100万 t 的钢产量来源于废钢铁回收利用,可在钢产量中扣除,即可认为需要铁精粉的钢产量为 6 478.4万 t,以 1 t 钢耗 1.6 t 入炉铁料估算,需要铁精粉量为 10 365.44 万 t。以辽宁省贫铁矿石品位约 30%,铁精粉品位为 65%计算,折合矿石量约为 22 458.45 万 t,2020 年省内铁矿石产量 12 918.6 万 t,铁矿石量缺口约为 9 539.85 万 t,折算成铁精粉量约为4 403万 t,与 2020 年铁矿砂及其精矿进口量 5 001.5 万 t 比较,相差不大。

表 3 Mysteel 8 月份长短流程钢厂废钢比月度变化情况汇总

Table 3 Summary of monthly changes in scrap ratios of Mysteel's long and short process steel plants in august

企业类型	7 月份/%	8 月份/%	增减幅度/%
130 家长流程企业	14.93	15.16	0.23
57 家短流程企业	99.13	98.98	−0.15
24 家综合企业(高炉转炉)	15.08	15.14	0.06
24 家综合企业(电炉)	64.77	65.24	0.47

注:据“废钢”网站,Mysteel 2020 年“8 月份长短流程钢厂废钢比月度变化情况”,对国内 211 家钢铁生产企业调研结果,按生产工艺不同,平均最低废钢消耗比在 15%以上。

值得说明的是,“十三五”期间,辽宁省进口铁矿砂及其精矿呈逐年增加的趋势,2018 年进口量最多(见表 4)[18],对外依存度不断攀升。当然,铁矿砂及其精矿大量进口,主要考虑的是价格成本和矿石质量等因素,并非因为省内生产能力不足。而且省内大中型铁矿山较多,增加产能仍有潜力,因此,在进口受阻的情况下,缺口部分基本可以通过提高产能和加大废钢利用率弥补,但辽宁省富铁矿资源贫乏,难以满足供应,这种结构性矛盾造成的缺口只能通过进口解决。

表 4 辽宁省铁矿砂及其精矿进口情况汇总(2016—2020 年)

Table 4 Summary of iron ore sand and concentrate imports in Liaoning Province (2016—2020) 万 t

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
3 688.2	4 352.1	5 258.3	4 288.9	5 001.5

由于当前我国钢铁产量过剩,“十三五”以来属于去产能的产品,但去产能主要是淘汰关停落后的生产线[38-39],以优势企业为兼并重组主体。辽宁省鞍钢集团和本钢集团等主要钢铁集团的生产设备和产品结构在全国钢铁行业中的地位显著。“十四五”期间,辽宁省钢铁产能在现有水平基础上应略有增加,预期省内钢产量在 7 500 万~7 800 万 t。按照《钢铁产业调整政策(2015 年修订)(征求意见稿)》的要求:鼓励推广以废钢铁为原料的短流程炼钢工艺及装备应用,到 2025 年,我国钢铁企业炼钢废钢比不低于 30%。如果去除 30%的废钢利用量,钢铁企业对铁矿石的需求为 18 375 万~19 110 万 t(1 t 钢消耗贫铁矿石 3.5 t 计算),“十三五”期间,省内铁矿石产量基本稳定在 1.0 亿~1.3 亿 t/a。由于西鞍山铁矿、陈台沟等重点项目的开展,铁矿石产量会稳步提升。预计“十四五”期间辽宁省铁矿供给量预期可达 1.1 亿~1.4 亿 t/a,保障程度为 57.56%~76.19%。

3.2 煤炭需求预测

2020 年,辽宁省能源消耗总量为 2.48 亿 t 标准煤,能源消费结构中,煤炭占 53.7%。2020 年实际消费需求量为 18 644.27 万 t,而省内原煤产量为 3 091.5万 t,省内自给程度只有 16.58%,缺口约 1.56 亿 t。根据表 5,2020 年进口煤炭 950.8 万 t,占消费量的 5.10%,其余近 80%依赖内蒙古、山西等富煤省份调运,煤炭对外依存度进一步加大,形势不容乐观。

表 5 辽宁省煤炭(原煤)进口情况汇总(2016—2020 年)

Table 5 Summary of coal (raw coal) imports in Liaoning Province (2016—2020) 万 t

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
1 688.8	1 193.1	820.8	632.9	950.8

“十四五”期间,辽宁省仍处于工业化、城市化和重化工业调整转型阶段,能源需求仍将保持适度增长态势。尽管随着水电、核电、风电等非化石能源生产的显著增长,煤炭等化石能源消耗有所减缓,煤炭消费在一次性能源消费结构中的比重降至 54%左右,但总量仍将增长,省内剩余煤炭储量大部分保存在几个大煤田的中深部,开采难度较大。加之前些年的煤矿整顿,低于 30 万 t/a 产能的矿山全部关闭,产量逐渐萎缩,目前生产量远满足不了市场消费需求[40-42]。预计“十四五”期间,辽宁地区一次性能源消费总量年增长率为 1.6%,一次性能源消费总量约为 2.52 亿~2.68 亿 t 标准煤,而煤炭在全省一次能源消费的比重仍将保持在 51%左右。因此,“十四五”期间,全省煤炭需求量在 17 992 万~19 134 万 t/a,煤炭产量预计稳产在 3 100 万 t/a 左右,保障程度为 16.20%~17.23%,外煤入辽规模进一步扩大。

3.3 金矿石需求预测

根据中国黄金协会相关数据,“十三五”期间,中国黄金消费量详见表 6。2020 年中国黄金消费量为

820.98 t,按人口、地区生产总值(GDP)等参数计算[43-45],辽宁省2020年黄金需求约占全国总需求量的3%,即24.6 t。全省黄金来源主要有两部分,一部分来自原矿产金;另一部分来自冶炼厂产金。根据辽宁省统计年鉴数据,原矿产金:冶炼厂产金为60%~66%,按63%计算,来自原矿的黄金需求量为15.50 t。据统计,辽宁省黄金平均品位为2.33 g/t[46],因此,2020年辽宁省金矿石需求量为665.24万t。

表6 中国黄金消费量(2016—2020年)

Table 6 Gold consumption in China (2016—2020) t

2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
995.40	1 089.07	1 151.43	1 002.78	820.98

由于黄金的稀有性和投资避险属性,备受国民青睐,需求量持续增加,中国将迎来新一轮的发展机遇,黄金作为货币等价物,且具有抗通胀属性,未来需求量仍将保持稳定增长,预计"十四五"期间,我国黄金需求量基本可保持在1 000~1 100 t/a。按人口、地区生产总值(GDP)和来源估算,辽宁省来自原矿的黄金需求量为18.90~20.79 t/a,金矿石需求量为811.16万~892.27万t/a。

"十三五"期间,辽宁金矿石产量平均在300万t/a,随着金矿资源量增加,未来产量会逐年增加,预测产量可达320万~350万t/a,保障程度可维持在35.86%~43.15%。

3.4 菱镁矿石需求预测

由于辽宁省菱镁矿生产的镁砂绝大部分用于生产镁质耐火材料(占比约为93%)。从耐火材料终端消费市场看,以钢铁和水泥产业为主,二者占镁质耐火材料总需求的86%(见图1)[47-48]。

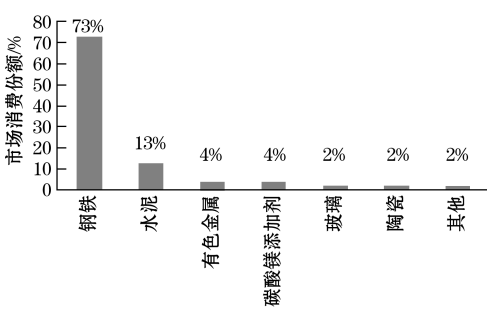


图1 2012年耐火材料终端市场消费份额

Fig.1 Consumer share of refractory material terminal market in 2012

数据来源:《镁质耐火材料生产与应用》《全球耐火原料供应与需求形势》

菱镁矿消费结构中用于生产镁砂的比例为90%,主要直接产品为镁砂,包括:轻烧镁砂、重烧镁砂、电熔镁砂等,用于生产镁质耐火材料,据2014年数据,三者的产量分别为209.8 t、427.8 t、159.3 t,菱镁矿单耗量分别为2.5 t、1.9 t、3 t(每生产1 t镁砂需要耗费的菱镁矿数量),平均单耗量为2.28 t。

有研究认为,目前我国钢铁对耐火材料的单耗量比约为1∶0.015(即每生产1 t钢需要消耗耐火材料0.015 t),水泥耐火材料的单耗量比约为1∶0.000 75。镁质耐火材料占耐火材料市场份额的70%~80%,取值75%;镁质耐火材料是由镁砂骨料、镁砂粉料、结合剂和外加剂以一定比例组成的混合材料,由于不同镁质耐火材料用途、性能不同,其单位产品镁砂添加量有小范围差别,单位产品镁砂添加率在90%~95%之间,本研究取93%。

菱镁矿石需求预测模型流程如图2所示。

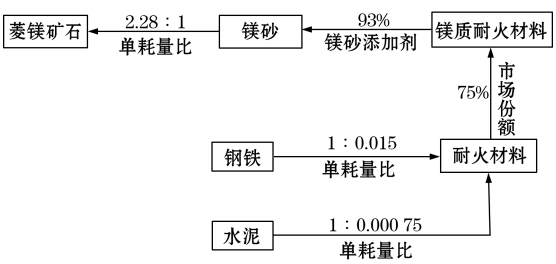


图2 菱镁矿需求预测模型流程

Fig.2 Flowchart of magnesite demand prediction model

2020年全国钢铁产量为10.53亿t,水泥产量为23.77亿t,"十四五"期间,新基建、新型城镇化,以及以"国内大循环为主,国际国内双循环相互促进"的双循环等新战略的实施,对镁制品和钢铁产业而言,一方面,外循环受限,出口驱动力式微,矿业贸易出口日渐紧缩,进口壁垒越来越多,出口可能受限;另一方面,新基建和内循环可能促使国内需求扩增。因此,在预测未来5年钢铁、水泥产量大体持平或略有缩减的情况下,"十四五"期间,预计全国钢年产量为10亿~11亿t,水泥产量为20亿~24亿t。

按照以上模型,生产10亿~11亿t钢需要耐火材料1 500万~1 650万t,生产20亿~24亿t水泥需要耐火材料150万~180万t。两者合计需要耐火材料1 650万~1 830万t/a,按照耐火材料终端市场占有率86%和镁质耐火材料占全部耐火材料75%的份额计算,全国镁制耐火材料总消费量为1 438万~1 595万t/a,按镁砂添加率为93%反推

出镁砂生产量应为1 337万～1 483万t/a。以辽宁省镁砂全国占有率90%估算,镁砂生产量为1 203万～1 335万t/a,以用于生产耐火材料的镁砂占全部镁制品的90%估算,全省镁制品生产量1 337万～1 483万t/a,对应菱镁矿需求量约为3 048万～3 381万t/a。省内菱镁矿资源资源充足,可保证供需平衡。

3.5 熔剂用灰岩需求预测

熔剂用灰岩主要用于冶炼生铁、钢和有色金属的熔剂,2020年辽宁省钢产量为7 578.4万t,按照吨钢需要熔剂用灰岩220 kg估算,需要熔剂用灰岩1 667.25万t,据不完全统计,2020年全省熔剂用灰岩1 300万～1 800万t,基本可保证供需平衡。

"十四五"期间,钢产量在7 500万～7 800万t/a,推算熔剂用灰岩需求量预测值1 650万～1 716万t/a。省内熔剂用灰岩资源资源充足,总产能超过2 000万t/a,可保证供需平衡。

3.6 硼矿石需求预测

硼矿主要用于生产硼砂、硼酸等硼化工产品,用于洗涤剂、漂白剂、医药及化妆品;另外在冶金、光学玻璃、国防、原子能等行业也有应用,但用量很小[49]。辽宁省硼矿主要用于生产硼砂、硼酸。资料显示,2020年中国硼矿(B_2O_3)表现消费量为67.86万t,辽宁硼矿开采量约占全国的40%[50-51],因此,2020年辽宁硼矿(B_2O_3)需求量为27.14万t,辽宁省硼矿以贫矿为主,品位在8%～10%之间,综合回收率按90%计[52],需要硼矿石量约为301.56万～376.94万t,平均约为340万t,保障程度约为70.41%。

根据中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心创建的人均能源和矿产资源消费"S"形规律,以及人均GDP和人均硼消费量呈倒"U"形轨迹,中国人均消费硼(B_2O_3)0.7 kg,中国硼消费达到最高值,即2022年硼消费量可能达到最大值,约97万t(B_2O_3),2025年预计为93.69万t[50]。按照辽宁省开采量的全国占比,最高值需求量约38.8万t,最低37.48万t,需要硼矿石量416万～539万t/a[51]。硼矿作为一种新兴的战略性矿产资源,预测"十四五"期间硼矿产量会有所提高,预测产量在250万～300万t/a,保障程度可维持在46.38%～72.12%。

综上所述,"十四五"期间,辽宁省重要矿产资源需求量及保障程度见表7。

表7 "十四五"期间重要矿产资源年需求量及保障程度

Table 7 Table of annual demand and guarantee level of important mineral resources during the 14th five year plan period

矿种	计量品类	年产量/($\times10^4$ t/a)	需求量/($\times10^4$ t/a)	保障程度/%
铁矿	矿石	11 000～14 000	18 375～19 110	57.56～76.19
煤炭	原煤	3 100	17 992～19 135	16.20～17.23
金矿	矿石	320～350	811～892	35.86～43.15
菱镁矿	矿石	3 048～3 381	3 048～3 381	100.00
熔剂用灰岩	矿石	1 496～1 540	1 496～1 540	100.00
硼矿	矿石	250～300	416～539	46.38～72.12

4 对比分析

为验证预测结果的可靠性,按照相关矿种的预测方法,对比分析"十四五"开局1～2 a铁矿、煤炭、金矿、菱镁矿、熔剂用灰岩及硼矿产量和实际消耗量。

4.1 铁矿石对比

根据辽宁省国民经济和社会发展统计公报,2021年和2022年钢产量分别为7 502.4万t和7 451.6万t,去除30%的废钢利用量,需要利用铁矿石的钢产量分别为5 251.68万t和5 216.12万t,按照1 t钢消耗贫铁矿石3.5 t计算,2021年和2022年铁矿石需求量分别为18 380.88万t和18 256.42万t,而铁矿石产量均在13 000万～14 000万t,保障程度可维持在70.73%～76.69%。

4.2 煤炭对比

根据辽宁省国民经济和社会发展统计公报,2021年和2022年全省能源消耗总量分别比上年下降2.2%和2.1%,即全省能源消耗总量分别为2.43亿t和2.38亿t标准煤,能源消费结构中,煤炭约占51%,因此,煤炭需求量分别为17 349万t和16 993万t,而2021年和2022年原煤生产量分别为3 087.7万t和3 158.1万t,保障程度分别为17.80%和18.58%。

4.3 金矿石对比

根据中国黄金协会网站统计,2021年,全国黄金实际消费量为1 120.90 t,辽宁省金消费量约为33.63 t,来自原矿的黄金消费量约为21.86 t,因此,2021年辽宁省金矿石需求量为938.20万t。

根据中国黄金年鉴,2021年,辽宁省黄金矿产金产量6.718 t,根据金矿石平均品位2.33 g/t计算,2021年原矿石产量约288.33万t,保障程度为30.73%。

4.4 菱镁矿石对比

根据中华人民共和国国民经济和社会发展统计公报,2021年和2022年全国钢年产量分别为10.35亿t和10.18亿t[53-54],水泥产量分别为23.8亿t和21.3亿t,按照模型,2021年和2022年辽宁省菱镁矿需求量分别为3 203万t和3 118万t。

全省菱镁矿证载规模2 249万t/a,据不完全统计,全省浮选产能在1 000多万t/a左右,全省菱镁矿保障程度可达100%。

4.5 熔剂用灰岩对比

2021年和2022年辽宁省钢产量分别为7 502.4万t和7 451.6万t,按照吨钢需要熔剂用灰岩220 kg估算,需要熔剂用灰岩分别为1 650.05万t和1 639.35万t。

据不完全统计,2021年和2022年辽宁省熔剂用灰岩产量在1 300万~1 800万t之间,保障程度可达100%。

4.6 硼矿石对比

根据人均消费硼矿(B_2O_3)0.7 kg计算,2021年和2022年中国硼矿(B_2O_3)需求量分别为98.91万t和98.84万t,辽宁需求量分别为39.56万t和39.54万t,根据辽宁省硼矿品位和综合回收率,2021年和2022年辽宁硼矿石需求量分别为440万t和439万t。

在硼矿石产量方面,2021年和2022年辽宁硼矿产量均为220万t左右,保障程度分别为50%和50.11%。

综上所述,通过2021年和2022年铁矿石、煤炭、金矿石、菱镁矿石、熔剂用灰岩及硼矿石实际年产量和实际消耗量与预测结果对比计算可知,实际年产量误差最大的是硼矿,误差为12%,其他矿种的误差均在10%以内,而实际需求量预测误差最大的是熔剂用灰岩,误差为7.15%,因此,可认为本文的预测结果是可信的。

5 结论及建议

通过对辽宁省重要矿产资源保障程度及需求预测分析,得知"十四五"期间,菱镁矿和熔剂用灰岩保障程度较高,可达到供需平衡;金矿由于其特殊属性,其产量基本随着储量的增加而增加,辽宁省金矿储量不足,难以达到供需平衡,仍需要大量进口;硼矿按照矿石年产量,虽然可满足需求量的50%左右,但是由于多数为黑硼,硼铁的分离工艺尚不完善,实际供给量可能更少。铁矿、煤炭和硼矿作为辽宁省优势战略性矿产资源,其保证程度不足将影响国家能源资源战略安全,提高其资源保障能力,确保供需平衡具有重要意义,因此给予如下建议。

(1)铁矿。迫切需要加快矿产资源深部勘查开发,实现找矿重大突破,确保资源供需总体平衡,守住矿产资源安全底线。未来5年国际形势变化对铁矿石进口可能造成障碍,若考虑国内其他地区钢铁生产需求,辽宁省应提前做好扩大产能的准备。以鞍钢、本钢等老矿区为重点,推动改造升级"老字号",加快深部找矿与提升采选能力建设,破解供给瓶颈,确保资源供需总体平衡,提升自有资源供给保障能力,构建抵御铁矿石国际市场风险的压舱石。

(2)煤炭。辽宁省煤炭开采历史虽然较长,但是在枯竭矿区和外围仍有大量的煤层气存在,有部分城市压煤,还有新近发现的大型煤田。结合辽宁省煤炭潜力不足的现实,有必要针对具有一定资源潜力的非常规能源,加大勘查力度,研究其资源潜力及开发利用前景,为能源结构转型升级提供资源基础。

(3)硼矿。在勘查上要持续开展营口后仙峪—海城诸葛岭、凤城翁泉沟—二台子、宽甸硼海—大西岔3个片区勘查工作,加强成矿规律、成矿模式研究,探索深部勘查技术,实现找矿突破。开采上要坚持硼镁铁矿资源以硼矿开发利用为主,节约与增储并举,保障硼矿资源的稳定供应。综合利用上要继续开展硼镁铁矿中硼和铁分离工艺的研究,同时继续加强大石桥、宽甸地区硼镁石及硼泥的综合开发利用研究。

参考文献(References):

[1] 辽宁省统计局,国家统计局辽宁调查总队.辽宁统计年鉴—2020[M].北京:中国统计出版,2020.
Liaoning Provincial Bureau of Statistics, National Bureau of Statistics Liaoning Investigation Team. Liaoning Statistical Yearbook—2020 [M]. Beijing: China Statistical Publishing,2020.

[2] 王玉平,滕寿仁,王维锋,等.全民所有矿产资源资产清查-辽宁省葫芦岛市级资产清查价格体系实证研究[J].矿产勘查,2023,14(10):1847-1854.
WANG Yuping, TENG Shouren, WANG Weifeng, et al. Inventory of mineral resource assets owned by the whole people: an empirical study on city-level asset inventory price system in Huludao, Liaoning Province [J]. Mineral Exploration,2023,14(10):1847-1854.

[3] 中华人民共和国自然资源部.中国矿产资源报告[R].北京:地质出版社,2021.

Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China. China Mineral Resources [R]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese),2021.

[4] 齐巍,康琳琳.辽宁省煤炭行业调研[J].纳税,2018(13):190-191.
QI Wei, KANG Linlin. Research on the coal industry in Liaoning Province[J].Pay Taxes,2018(13):190-191.

[5] 王万贵,郭海林,张显良,等.辽宁省煤炭资源潜力评价[M].北京:地质出版社,2019.
WANG Wangui, GUO Hailin, ZHANG Xianliang, et al. Evaluation of coal resources potential in Liaoning Province [M]. Beijing: Geological Publishing House (in Chinese),2019.

[6] 孙鹏慧,李博,乌爱军,等.辽宁省金矿资源潜力评价[M].北京:地质出版社,2019.
SUN Penghui, LI Bo, WU Aijun, et al. Evaluation of gold mine resources potential in Liaoning Province[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese),2019.

[7] 曾庆栋,陈仁义,杨进辉,等.辽东地区金矿床类型、成矿特征及找矿潜力[J].岩石学报,2019,35(7):1939-1963.
ZENG Qingdong, CHEN Renyi, YANG Jinhui, et al. The metallogenic characteristics and exploring ore potential of the gold deposits in eastern Liaoning Province [J]. Acta Petrologica Sinica,2019,35(7):1939-1963.

[8] 周晓蕾,王立林,顾畔,等.关于辽宁菱镁产业智能制造及数字化转型的思考[J].耐火与石灰,2022,47(4):21-23.
ZHOU Xiaolei, WANG Lilin, GU Pan, et al. Reflecting on intelligent manufacturing and digital transformation in Liaoning magnesite industry[J]. Refractories & Lime,2022,47(4):21-23.

[9] 周晓蕾,刘爽,王立林,等.辽宁菱镁产业碳达峰、碳中和路径及对策研究[J].耐火与石灰,2023,48(6):1-4.
ZHOU Xiaolei, LIU Shuang, WANG Lilin, et al. Research on the path and counterm easures for peak carbon emissions and carbon neutrality in Liaoning magnesite industry[J]. Refractories & Lime,2023,48(6):1-4.

[10] 韩宇.辽宁省菱镁矿年度指标管理新举措[J].现代矿业,2024(4):1-3+9.
HAN Yu. New Measures for annual index management of magnesite in Liaoning Province[J]. Modern Mining, 2024(4):1-3+9.

[11] 聂晓艳,孙宝杰.发挥资源优势做大矿产资源产业:第二十六届十省金属学会冶金矿业学术交流会论文集[C].太原:山西省金属学会,2019.
NIE Xiaoyan, SUN Baojie. Give full play to the advantages of resources to expand the mineral resources industry: Proceedings of the 26th metallurgical and mining academic exchange conference of the ten provinces metal society[C]. Taiyuan: Shanxi Metal Society,2019.

[12] 刘敬党,肖荣阁,王文武,等.辽东硼矿区域成矿模型[M].北京:地质出版社,2007.
LIU Jingdang, XIAO Rongge, WANG Wenwu, et al. Regional ore-forming model of boron deposits in eastern Liaoning Province[M]. Beijing:Geological Publishing House (in Chinese),2007.

[13] 尚红林,刘兴旺,熊先孝,等.中国矿产地质志·硼矿卷[M].北京:地质出版社,2019.
SHANG Honglin, LIU Xingwang, XIONG Xianxiao, et al. Mineral geology of China · boron ore volume[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese),2019.

[14] 王莹,熊先孝,孙小虹,等.中国硼矿成矿地质特征及资源潜力分析[J].化工矿产地质,2014,36(1):38-42.
WANG Ying, XIONG Xianxiao, SUN Xiaohong, et al. Geological characteristics and resource potential analysis of boron deposits in China[J].Geology of Chemical Minerals, 2014,36(1):38-42.

[15] 孙桂涛,孙莉,王学强.辽东地区硼矿赋存规律及找矿远景分析[J].华北自然资源,2022:51-53.
SUN Guitao, SUN Li, WANG Xueqiang. Analysis of the occurrence patterns and prospecting prospects of boron deposits in the eastern Liaoning region[J]. Huabei Natural Resources,2022:51-53.

[16] 邢佳韵,陈其慎,龙涛,等.发达国家战略性矿产安全保障举措及启示[J].自然资源情报,2023(1):28-36.
XING Jiayun, CHEN Qishen, LONG Tao, et al. Research on critical minerals security strategy of developed countries [J]. Natural Resources Information,2023(1):28-36.

[17] 孙鹏慧,李博,滕寿仁,等.辽宁省铁矿资源潜力评价[M].北京:地质出版社,2019.
SUN Penghui, LI Bo, TENG Shouren, et al. Evaluation of iron oreresources potential in Liaoning Province [M]. Beijing:Geological Publishing House(in Chinese),2019.

[18] 付海涛,王恩德,刘陆山,等.鞍本地区沉积变质型铁矿控矿条件与找矿模型[M].沈阳:辽宁人民出版社,2016.
FU Haitao, WANG Ende, LIU Lushan, et al. Control conditions and prospecting models for sedimentary metamorphic iron deposits in the Anben area [M]. Shenyang: Liaoning People's Publishing House,2016.

[19] 刘广新.浅析弓长岭铁矿床二矿区深部富铁矿地质特征[J].科学技术创新,2020(2):44-45.
LIU Guangxin. Analysis of the geological characteristics of deep rich iron ore in the second mining area of Gongchangling Iron Mine[J]. Scientific and Technological Innovation,2020(2):44-45.

[20] 辽宁省统计局.辽宁省国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2021-02-19)[2024-04-12].https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjxx/tjgb/ndtjgb/F5FBB99006A244C28C932799AF906554/.
Liaoning Provincial Bureau of Statistics. Statistical communique on the economic and social development of Liaoning[R/OL].(2021-02-19)[2024-04-12].https://tjj.ln.gov.cn/tjj/tjxx/tjgb/ndtjgb/F5FBB99006A244C28C932799AF906554/.

[21] 薛金梓.新中国成立初期中国共产党的能源安全理论与实践:以辽宁煤炭工业为例[J].兰台世界,2023(7):10-12.

XUE Jinzi. The theory and practice of energy security of the cpc in the early days of the founding of new China: Taking Liaoning coal industry as an example[J]. Lantai World,2023(7):10-12.

[22] 李鹏远.中国黄金供需预测及对策研究[D].北京:中国地质大学(北京),2015.
LI Pengyuan. Research on China's gold supply and demand forecast and countermeasures[D].Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2015.

[23] 孙鹏慧,姚志红,王晓鸥,等.辽宁省菱镁矿资源潜力评价[M].北京:地质出版社,2019.
SUN Penghui, YAO Zhihong, WANG Xiaoou, et al. Evaluation of magnesite resources potential in Liaoning Province[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese),2019.

[24] 杨俊峰,余跃,王曦.我国菱镁矿业绿色高质量发展对策研究[J].中国矿山工程,2022,51(4):25-28.
YANG Junfeng, YU Yue, WANG Xi. Research on green and high quality development strategy of magnesite mining industry in China[J]. China Mine Engineering,2022,51(4):25-28.

[25] 周晓蕾.关于实现辽宁镁质耐火材料行业高质量发展的思考[J].耐火与石灰,2021,46(3):14-16+21.
ZHOU Xiaolei. Reflection on achieving the high-quality development of magnesia refractory industry in Liaoning province[J]. Refractories & Lime,2021,46(3):14-16+21.

[26] 王国胜,张国栋.新常态下菱镁矿产业经济改革与发展[J].辽宁经济,2016(3):45-47.
WANG Guosheng, ZHANG Guodong. Economic reform and development of magnesite industry under the new normal[J].Liaoning Economy,2016(3):45-47.

[27] 焦森,郑厚义,屈云燕,等.全球硼矿资源供需形势分析[J].国土资源情报,2020(10):85-89.
JIAO Sen, ZHENG Houyi, QU Yunyan, et al. Supply and demand situation of global boron resources[J]. Land and Resources Information,2020(10):85-89.

[28] 聂宾汗,陈甲斌,余良晖.国内外硼资源供需形势分析[J].自然资源情报,2023(4):15-20.
NIE Binhan, CHEN Jiabin, YU Lianghui. Analysis of supply and demand situation of global boron resources[J]. Natural Resources Information,2023(4):15-20.

[29] 孙鹏慧,李博,王晓鸥,等.辽宁省硼矿资源潜力评价[M].北京:地质出版社,2019.
SUN Penghui, LI Bo, WANG Xiaoou, et al. Evaluation of boron mineral resources potential in Liaoning province[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese),2019.

[30] 李治杭,韩跃新.我国硼铁矿综合开发利用现状及其进展[J].矿产综合利用,2015(2):22-25.
LI Zhihang, HAN Yuexin. Research progress on comprehensive exploitation and utilization status of paigeite[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources,2015(3):22-25.

[31] 王靓靓,王秋舒,吴亮.全球硼矿资源开发现状与潜力分析[J].中国矿业,2019,28(4):74-78.
WANG Liangliang, WANG Qiushu, WU Liang. Analysis of global exploration situation and potential of boron resources[J].China Mining Magazine,2019,28(4):74-78.

[32] 董延涛,阴秀琦,张艳飞,等.战略性矿产资源高质量开发利用问题与对策[J].地球学报,2021,42(2):145-150.
DONG Yantao, YIN Xiuqi, ZHANG Yanfei, et al. Research on high quality development of strategic mineral resources industry[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2021, 42(2):145-150.

[33] 翟明国.提升战略性关键矿产资源保障能力,把握全球矿产资源格局[J].科技导报,2024,42(5):1-2.
ZHAI Mingguo. Enhance strategic critical mineral resources, safeguard capabilities, and grasp the global mineral resource pattern[J]. Technology Guide,2024,42(5):1-2.

[34] 鞠建华,张照志,潘昭帅,等.我国战略性新兴产业矿产厘定与"十四五"需求分析[J].中国矿业,2022,31(9):1-11.
JU Jianhua, ZHANG Zhaozhi, PAN Zhaoshuai, et al. Determination of mineral resources in China's strategic emerging industries and analysis of the demand of the "14th five year plan"[J].China Mining Magazine,2022,31(9):1-11.

[35] 干勇,彭苏萍,毛景文,等.我国关键矿产及其材料产业供应链高质量发展战略研究[J].中国工程科学,2022,24(3):1-9.
GAN Yong, PENG Suping, MAO Jingwen, et al. high-quality development strategy for the supply chain of critical minerals and its material industry in China[J]. Strategic Study of CAE,2022,24(3):1-9.

[36] 潘昭帅,张照志,车东.黑色金属矿产在战略性新兴产业的作用及消费需求分析[J].矿业研究与开发,2022,42(11):215-222.
PAN Zhaoshuai, ZHANG Zhaozhi, CHE Dong. Research on the role, consumption and demand of ferrous metal minerals in strategic emerging industries[J]. Mining Research and Development,2022,42(11):215-222.

[37] Mysteel 调研:8 月份长、短流程钢厂废钢比月度变化情况[EB/OL].(2020-09-09)[2024-04-12]. https://www.citymine.com.cn/a/1315.html.
Mysteel Survey: Monthly changes in scrap steel ratio in long and short process steel plants in August[EB/OL].(2020-09-09)[2024-04-12]. https://www.citymine.com.cn/a/1315.html.

[38] 沈彬.把握新机遇迎接新挑战加快推进我国钢铁工业高质量发展[J].冶金管理,2021(14):4-10.
SHEN Bin. Seize new opportunities and meet new challenges, accelerate the high-quality development of China's steel industry[J].China Steel Focus,2021(14):4-10.

[39] 沈佳林,张琦,向婷.中国钢铁行业低碳发展趋势及路径选择[J].冶金经济与管理,2021(5):26-29.
SHEN Jialin, ZHANG Qi, XAING Ting. The trend and path selection of low-carbon development in China's steel industry[J].Metallurgical Economy and Management,2021(5):26-29.

[40] 煤系矿产资源综合评价关键技术与应用[N].中煤地质报,2021-10-21(2).
Key technologies and applications for comprehensive evaluation of coal based mineral resources[N].Middling Coal Geological Report,2021-10-21(2).

[41] 中国煤层气资源综合评价与勘查关键技术研究[N].中煤地质报,2021-11-18(2).
Research on key technologies for comprehensive evaluation and exploration of coalbed methane resources in China[N]. Middling coal Geological Report,2021-11-18(2).

[42] 王妍,李京文.我国煤炭消费现状与未来煤炭需求预测[J].中国人口·资源与环境,2008,18(3):160-163.
WANG Yan, LI Jingwen. China's coal consumption status and future coal demand forecast[J]. China Population · Resources and Environment,2008,18(3):160-163.

[43] 杨再兴,史瑾瑾.安徽省金矿资源保障程度研究[J].中国资源综合利用,2022(10):90-92.
YANG Zaixing, SHI Jiniin. Study on the guarantee degree of gold mine resources in Anhui Province[J]. China Resources Comprehensive Utilization,2022(10):90-92.

[44] 杨占兴.辽宁省金矿成矿作用研究[J].辽宁地质,1997(1):40-54.
YANG Zhanxing. Research on metallogenic processes of gold mines in Liaonning[J]. Liaoning Geology,1997(1):40-54.

[45] 李鹏远,周平,唐金荣,等.中国黄金制造业用金需求趋势预测[J].资源科学,2015,37(5):1030-1037.
LI Pingyuan, ZHOU Ping, TANG Jinrong, et al. China gold fabrication demand prediction[J]. Resources Science, 2015,37(5):1030-1037.

[46] 苏丽敏.辽宁省金银矿产资源特性及其利用现状评价[D].沈阳:东北大学,2010.
SU Limin. Characteristics and Utilization status evaluation of gold and sliver resources in Liaoning Province[D]. Shenyang: Northeastern University,2010.

[47] 赵琪,黄翀,李颖,等.中国菱镁矿需求趋势分析[J].中国矿业,2016,25(12):38-47.
ZHAO Qi, HUANG Chong, LI Ying, et al. Analysis of the trend of the magnetite demand in China[J]. China Mining Magazine,2016,25(12): 38-47.

[48] 黄翀.中国菱镁矿供需格局及产业发展研究[D].北京:中国地质大学(北京),2015.
HUANG Chong. Chinese magnesite supply and demand structure and industrial development research[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2015.

[49] 王春连,王九一,游超,等.战略性非金属矿产厘定、关键应用和供需形势研究[J].地球学报,2022,43(3):268-278.
WANG Chunlian, WANG Jiuyi, YOU Chao, et al. A study on strategic non-metallic mineral definition, key applications and supply and demand situation[J]. Acta Geoscientica Sinica,2022,43(3):268-278.

[50] 袁建国,屈云燕,刘秋颖,等.中国硼矿资源供需趋势分析[J].中国矿业,2018,27(5):9-12+27.
YUAN Jianguo, QU Yunyan, LIU Qiuying, et al. Analysis of the supply and demand tendency of boron resources in China[J].China Mining Magazine,2018,27(5):9-12+27.

[51] 霍延安,刘秋颖,王莹.中国硼矿资源供需形势分析[J].中国矿业,2023,32(12):8-17.
HUO Yanan, LIU Qiuying, WANG Ying. Analysis of supply and demand situation of boron resources in China[J]. China Mining Magazine,2023,32(12):8-17.

[52] 刘飞飞,李丽匣,靳跃栋,等.含铀硼铁矿选铁尾矿中铀硼资源回收试验研究[J].金属矿山,2023(7):204-212.
LIU Feifei, LI Lixia, JIN Yuedong, et al. Study on recovery tests of uranium and boron resources from iron tailings of uranium-bearing paigeite ore[J]. Metal Mine,2023(7):204-212.

[53] 国家统计局.中华人民共和国 2021 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2022-02-28)[2024-04-12]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-02/28/content_5676015.htm.
National Bureau of Statistics.Statistical bulletin on national economic and social development of the People's Republic of China in 2021[R/OL].(2022-02-28)[2024-04-12].https://www.gov.cn/xinwen/2022-02/28/content_5676015.htm.

[54] 国家统计局.中华人民共和国 2022 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL].(2023-02-28)[2024-04-12]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/28/content_5743623.htm.
National Bureau of Statistics.Statistical bulletin on national economic and social development of the People's Republic of China in 2022[R/OL].(2023-02-28)[2024-04-12].https://www.gov.cn/xinwen/2023-02/28/content_5743623.htm.