

# 矿产资源禀赋条件与开发利用异质性：基于河北铁矿资源聚集区的研究

王伊杰，刘天科，王雪峰，时晨

(中国自然资源经济研究院，北京 101149)

**摘要：**本文调查了河北省 15 座大中型铁矿山，系统地研究了河北地区铁矿资源的空间集聚特征和开发利用现状，具体分析了典型铁矿聚集区铁矿资源禀赋条件、开采和选矿的相似性和异质性、共生元素和尾矿的综合利用潜力，并给出了差异化利用的建议。研究表明：河北北部成矿类型是岩浆型铁矿床，河北东部成矿类型是沉积变质型铁矿床，河北中南部成矿类型是矽卡岩型铁矿床；三种类型的铁矿床中铁的品位和磁铁矿的占比呈现出矽卡岩型铁矿床>沉积变质型铁矿床>岩浆型铁矿床的规律，选矿回收率也呈现出同样的规律。岩浆型铁矿中的伴生元素  $TiO_2$ ， $P_2O_5$  和 Sc，具有回收利用的价值，应该加强综合利用的研究。铁矿山产生大量的尾矿，可根据其性质研究尾矿利用的方式，尽量减少尾矿的产生。

**关键词：**河北省铁矿；禀赋条件；开采回采率；选矿回收率；综合利用

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2022.05.020

中图分类号：TD951 文献标志码：A 文章编号：1000-6532(2022)05-0120-06

铁矿资源是战略性矿产资源，中国钢铁生产量和消费量均居世界首位。随着中国经济持续发展和工业化、城镇化步伐加快，铁矿资源需求持续增长，2019 年，中国铁矿砂及其精矿进口量为 10.69 亿 t，铁矿石原矿产量 8.45 亿 t，国内铁矿石供给紧张，对外依存度不断提高，铁矿石供需矛盾突出<sup>[1-2]</sup>。中国各地区铁矿资源质量悬殊、自然禀赋条件各异，总体上资源禀赋较差，铁矿平均品位为 33%，富铁矿石储量仅占全国铁矿石储量的 2% 左右<sup>[3]</sup>。并且，人均占有量不高，远低于世界平均水平。研究资源禀赋条件与开发利用的内在规律，提高资源利用效率，对于缓解供需矛盾具有重要意义。

河北省是中国铁矿资源重要的分布区和主要开采区，也是钢铁工业的重要布局区，开发利用条件好，适合进行规模化、集约化开采<sup>[4]</sup>。河北省铁矿床产出与地壳演化关系密切，不同地质时期产出的铁矿床类型差别很大，主要的矿床类型有岩浆型、

沉积变质型、矽卡岩型等，但是同一成矿带上矿石的性质较为相似。河北省有众多铁矿业企业，外部经营环境具有相似性，例如经济环境、政策导向、基础设施、工业需求、技术水平、气候特征等，那么矿山开发利用水平主要受资源禀赋条件影响，在进行不同矿山资源禀赋条件与开发利用异质性研究时，可以简化分析维度。

本文调查研究了河北省主要类型铁矿资源的禀赋条件和开发利用状况，并对矿山的综合利用潜力作出了分析，给出了相应的对策建议，研究结果对实现河北铁矿资源价值的最大化以及对于世界同样类型的铁矿资源的利用具有重要的借鉴意义。

## 1 研究区概况

河北省钢铁工业发达，铁矿资源丰富，但是富矿少、贫矿多，大多数是低品位贫矿或超贫铁矿石。全省铁矿查明资源储量 95.16 亿 t，占全国

收稿日期：2022-03-01

基金项目：自然资源部部门预算项目(121102000000190014; 121102000000190010)

作者简介：王伊杰(1989-)，男，博士，副研究员，主要从事资源战略与规划研究。

通信作者：刘天科(1978-)，男，博士，研究员，主要从事资源战略与规划研究。

铁矿资源储量的11.17%，居全国第3位。2020年河北省铁矿石产量3.21亿t，占全国铁矿石总产量的37.04%，居全国第1位，可见河北省铁矿资源在中国的重要性<sup>[5-7]</sup>。

河北省具有工业意义的铁矿床，按成因可以分为岩浆型、沉积变质型、接触交代-热液型等，其中以沉积变质型为主，占全省资源储量的85.34%。河北省铁矿资源分布相对比较集中，主要分布在承德张家口地区、河北东部、邯郸邢台地区（张承、冀东、邯邢地区）。承德地区主要是以钒钛磁铁矿为主的岩浆型铁矿床，富含钒和钛，含铁量低。河北东部主要是沉积变质型铁矿床，矿床规模大，矿体露出地表或在浅部。邯郸邢台地区主要是以磁铁矿石为主的接触交代-热液型铁矿床，也称为矽卡岩型铁矿，大多为中小型矿床<sup>[8-9]</sup>。

## 2 研究方法 with 数据来源

在河北省承德市、秦皇岛市、唐山市、邯郸市、邢台市、保定市6个有代表性的资源聚集区中选取15座大型铁矿山（实际年采矿量0.981亿t、实际年选矿量0.981亿t，占河北省铁矿产能的

86%。）进行调查研究，考查采矿、选矿工艺流程和废石尾矿利用情况，计算采矿回采率和选矿回收率，采集原矿、精矿、尾矿等矿石样品，通过化学分析法测定样品物相和品位。

## 3 结果分析

### 3.1 铁矿资源禀赋条件

矿床地质成因不同形成不同类型的铁矿石，矿石类型、矿石品位、共伴生元素的综合利用价值是影响矿石质量的主要因素<sup>[10]</sup>。本文对15座矿山铁矿石原矿物相进行了分析，结果见表1。磁铁矿中的铁和总铁品位的分布见图1。承德市的岩浆型铁矿床（矿山1~6）铁品位在10%~20%，磁铁矿中的铁占比30%~55%。河北东部秦皇岛和唐山市的沉积变质型铁矿床（矿山7~11），铁品位在20%~30%，磁铁矿中的铁占比50%~92%。保定市的沉积变质型铁矿床（矿山12），铁品位为11.12%，磁铁矿中的铁占比42%。保定、邯郸和邢台市的矽卡岩型铁矿床（矿山13~15），铁品位为25%~50%，磁铁矿中的铁占比大于90%。

表1 铁矿石原矿物相分析/%  
Table 1 Mineral phase analysis of iron ores

矿山编号	所在地区	矿石类型	含量/分布率	磁性铁中的铁	菱铁中的铁	赤铁中的铁	硫铁中的铁	硅酸铁中的铁	总铁品位
1		岩浆型	含量	4.40	0.36	1.99	0.30	3.74	10.79
			分布率	40.78	3.34	18.44	2.78	34.66	100.00
2		岩浆型	含量	7.52	0.36	2.48	0.36	3.21	13.93
			分布率	53.98	2.58	17.80	2.58	23.04	100.00
3	承德市	岩浆型	含量	6.59	0.36	3.18	0.89	4.01	15.03
			分布率	43.85	2.40	21.16	5.92	26.68	100.00
4		岩浆型	含量	8.68	0.86	3.99	0.55	5.04	19.12
			分布率	45.40	4.50	20.87	2.88	26.36	100.00
5		岩浆型	含量	6.86	0.43	3.87	0.99	4.01	16.16
			分布率	42.45	2.66	23.95	6.13	24.81	100.00
6		岩浆型	含量	3.48	0.56	3.81	0.30	2.85	11.00
			分布率	31.64	5.09	34.64	2.73	25.91	100.00
7	秦皇岛市	沉积变质型	含量	20.96	0.43	1.42	0.03	2.68	25.52
			分布率	82.13	1.68	5.56	0.12	10.50	100.00
8		沉积变质型	含量	26.76	0.86	0.89	0.07	0.70	29.28
			分布率	91.39	2.94	3.04	0.24	2.39	100.00
9	唐山市	沉积变质型	含量	14.47	0.70	9.51	0.23	2.82	27.73
			分布率	52.18	2.52	34.29	0.83	10.17	100.00
10		沉积变质型	含量	15.86	2.09	3.81	0.03	1.09	22.88
			分布率	69.32	9.13	16.65	0.13	4.76	100.00
11		沉积变质型	含量	21.16	0.70	1.32	0.17	1.29	24.64
			分布率	85.88	2.84	5.36	0.69	5.24	100.00

矿山编号	所在地区	矿石类型	含量/分布率	磁性铁中的铁	菱铁中的铁	赤铁中的铁	硫铁中的铁	硅酸铁中的铁	总铁品位
12	保定市	沉积变质型	含量	4.67	1.42	4.04	0.23	0.76	11.12
			分布率	42.00	12.77	36.33	2.07	6.83	100.00
13		矽卡岩型	含量	25.88	0.60	1.21	0.07	0.20	27.96
			分布率	92.56	2.15	4.33	0.25	0.72	100.00
14	邯郸市	矽卡岩型	含量	36.66	0.13	1.09	1.62	0.56	40.06
			分布率	91.51	0.32	2.72	4.04	1.40	100.00
15	邢台市	矽卡岩型	含量	43.95	0.03	0.70	0.10	0.56	45.34
			分布率	96.93	0.07	1.54	0.22	1.24	100.00

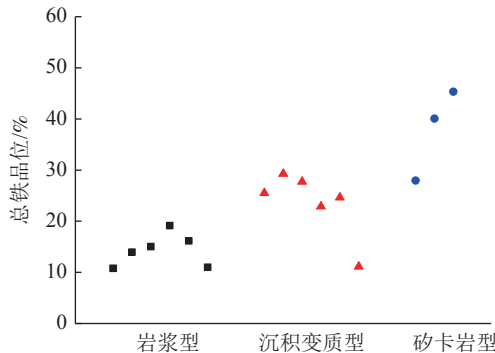


图1 三种类型铁矿床总铁品位分布  
Fig.1 Total iron grade of three types iron ore

三种类型铁矿中铁的品位和铁在磁铁矿中的分布见图1、2。通过分析可以看出，河北省岩浆型铁矿床品位最低，其次为沉积变质型铁矿床，矽卡岩型铁矿床品位最高。磁铁矿中铁占比也呈现同样的规律。因此，矽卡岩型铁矿床资源禀赋条件较好，矿石类型、矿石品位都有利于开发利用。

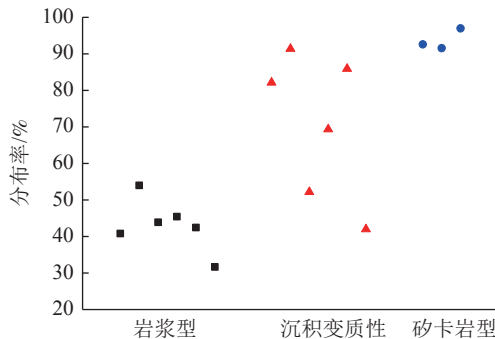


图2 三种类型铁矿床铁元素在磁铁矿中的分布率  
Fig.2 Distribution rate of iron element in magnetite of three types iron ore

### 3.2 铁矿资源采矿

河北省铁矿的开采方式和采矿回采率见表2。河北省铁矿开采以露天开采为主，11座露天开采矿山全部使用组合台阶采矿法。地下矿山开采主要方法为崩落采矿法、空场采矿法和充填采矿法。目前大型地下铁矿的开采方法主要以崩落采矿法为主，其中主要采用无底柱崩落法，自然崩

落法和有底柱崩落法。由于充填采矿法对矿山环境破坏较小，近十多年来在地下铁矿山开采中得到推广应用。本文中4座地下开采矿山，有2座使用崩落采矿法，有2座使用充填采矿法。从开采回采率角度看，露天开采的矿山开采回采率普遍较高，最高为97.00%。露天开采更能充分地利用资源，但是对环境的破坏也更为严重。

### 3.3 铁矿资源选矿

河北省铁矿资源禀赋条件各异，加工处理难度各有不同，根据铁矿资源禀赋特点，大多数矿山采用高压辊磨、磁选、浮选等工艺方法对原矿进行选矿加工。本文调查研究的15座矿山主要的选矿指标见表3。从表3可以看出，6座岩浆型铁矿主要选矿方法为磁选，目的矿物有磁铁矿，其次为钛铁矿、赤铁矿、磷矿等。6座沉积变质型铁矿选矿方法为磁选、重选—强磁—阴离子反浮选联合工艺，目的矿物有磁铁矿，其次为赤铁矿等。3座矽卡岩型铁矿主要选矿方法为磁选，主要目的矿物为磁铁矿。

三种类型铁矿床铁元素选矿回收率分布见图3。6座岩浆型铁矿选矿回收率为30%~50%，6座沉积变质型铁矿选矿回收率为65%~90%，3座矽卡岩型铁矿选矿回收率为90%。岩浆型铁矿原矿入选品位低，禀赋条件差，选矿回收率也低，沉积变质型铁矿稍好。矽卡岩型铁矿入选品位高，磁铁矿占比高，禀赋条件好，选矿回收率较高。铁矿的禀赋条件是选矿指标好坏的先天基础。

### 3.4 共伴生元素综合利用潜力

铁矿中共伴生元素综合回收，是充分利用矿产资源，提高矿山经济效益的重要措施<sup>[11-12]</sup>。从原矿化学分析结果来看，河北省沉积变质型和矽卡岩型铁矿中除铁元素以外，其他元素均未达到综合回收的最低标准，岩浆型铁矿中含有可以利用的共伴生元素。承德市的矿山企业对矿石中有益元素进行了综合回收利用，给企业带来了巨大的

表2 开采方式和采矿回采率  
Table 2 Mining methods and mining recovery rate

矿山编号	矿床成因类型	开采方式	采矿方法	采矿回采率/%
1	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	97.00
2	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	91.50
3	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	96.00
4	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	95.00
5	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	94.00
6	岩浆型	露天开采	组合台阶采矿法	95.00
7	沉积变质型	露天开采	组合台阶采矿法	91.20
8	沉积变质型	地下开采	分段凿岩阶段矿房嗣后充填采矿法	87.67
9	沉积变质型	地下开采	无底柱分段崩落采矿法	92.00
10	沉积变质型	露天开采	组合台阶采矿法	87.50
11	沉积变质型	露天开采	组合台阶采矿法	96.00
12	沉积变质型	露天开采	组合台阶采矿法	93.67
13	矽卡岩型	露天开采	组合台阶采矿法	97.00
14	矽卡岩型	地下开采	无底柱分段崩落采矿法	82.85
15	矽卡岩型	地下开采	上向分层充填采矿法	91.34

表3 选矿主要指标  
Table 3 Main mineral processing performances

矿山编号	矿床成因类型	主要目的矿物	选矿回收率/%	原矿入选品位/%	精矿品位/%	尾矿品位/%
1	岩浆型	主要为磁铁矿，黄铜矿	35.68	10.76	64.91	7.18
2	岩浆型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	49.66	13.97	63.75	7.56
3	岩浆型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	40.44	14.76	64.66	9.56
4	岩浆型	主要为磁铁矿，其次为钛铁矿	37.46	19.12	58.37	12.97
5	岩浆型	主要为磁铁矿，其次为钛铁矿	42.04	15.95	64.33	11.15
6	岩浆型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	30.64	11.15	66.32	8.28
7	沉积变质型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	83.72	28.32	66.24	7.18
8	沉积变质型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	85.57	27.01	66.98	5.80
9	沉积变质型	主要为磁铁矿，黄铜矿	72.33	27.84	67.20	11.00
10	沉积变质型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	68.59	22.96	66.73	9.44
11	沉积变质型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	80.91	24.67	68.06	6.40
12	沉积变质型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿和菱铁矿	31.60	10.82	65.08	7.61
13	矽卡岩型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿和菱铁矿	92.77	28.15	62.76	3.42
14	矽卡岩型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿和褐铁矿	94.33	39.93	65.65	9.06
15	矽卡岩型	主要为磁铁矿，其次为赤铁矿	95.11	45.43	64.17	5.24

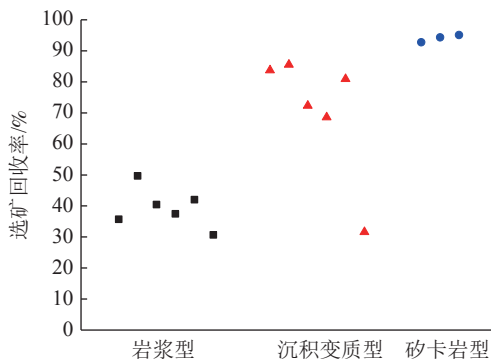


图3 三种类型铁矿床铁元素选矿回收率分布  
Fig.3 Distribution of iron ore beneficiation recovery rate of three types of iron ore deposits

经济效益。

样品化学分析结果表明，岩浆型铁矿中原矿中伴生有  $TiO_2$  和  $P_2O_5$  两种有益元素，且达到了综合回收的最低标准。有的矿山企业采用强磁选和螺旋溜槽工艺回收  $TiO_2$ ，采用浮选法回收  $P_2O_5$ 。由于岩浆型矿石性质复杂，有用元素嵌布形态及粒度多变，并且  $TiO_2$  品位较低，回收工艺也较为简单，导致  $TiO_2$  的回收率较低。岩浆型铁矿中钨的含量为 30~80 g/t，高于一般铁矿中的平均含量，有综合回收利用的潜力，可以为矿山增加收益。

### 3.5 尾矿综合利用潜力

矿产资源的综合利用主要包括共伴生有价组分回收利用、废石和尾矿综合利用等<sup>[13-16]</sup>。2020年,我国尾矿总产生量约为12.95亿t,其中铁尾矿约为5.397亿t,占比41.66%。2020年,河北省铁尾矿产生量约为2.0亿t,占全国铁尾矿总产生量的37.06%<sup>[7]</sup>。近年来我国在尾矿再选回收有价组分、尾矿用作建筑材料、尾矿充填矿山采空区、尾矿库复垦、矿山废弃地生态恢复等方面做了很多工作,尾矿利用率显著提高。2020年,我国尾矿综合利用量约为4.41亿t,综合利用率34.05%,推动了尾矿的减量化、资源化和无害化发展,同时有效保护了生态环境。

X射线衍射分析结果表明,沉积变质型铁矿石尾矿中石英、长石及硅砂矿物含量较高,可根据其性质研究尾矿利用的方式,加强用于制作建筑材料或装饰材料方面的研究。另外,可根据尾矿粒度不同分别研究其用途,作为砂石骨料、铁路道砟、水泥材料、生产各类砖等。充填采空区或填埋露天矿坑是尾矿整体利用的较直接和有效的方式,这种方式既节约企业堆存尾矿成本也保护了土地资源。

## 4 结 语

(1) 生产要素决定资源利用效率,但是前提是资源禀赋具有比较优势。资源开发利用效率增长是内生的,随着资源禀赋条件的改变而改变,好的资源禀赋条件是主导因素。河北省矽卡岩型铁矿禀赋条件优于岩浆型铁矿和沉积变质型铁矿,铁矿入选品位高,磁铁矿占比高,资源利用效率高。

(2) 和产业相适应的技术和基础设施是资源高效利用的内生驱动力。虽然河北省岩浆型铁矿和沉积变质型铁矿开发利用受限于禀赋条件,导致资源的回采率和回收率不高,但是通过改进工艺技术,升级采矿和选矿设备,将企业逐步向技术密集型产业升级,铁矿资源利用效率有提升空间。

(3) 资源的综合利用不仅可以节约集约利用资源,还可以提高企业的收益。建议从矿石性质研究入手,加强对岩浆型铁矿中钛元素的工艺矿物学研究,改进选矿工艺流程,利用高效的选矿

药剂,进一步降低铁精矿中TiO<sub>2</sub>的品位,提高钛精矿中TiO<sub>2</sub>的品位及回收率。

(4) 政府要出台和落实税费、生态修复、土地利用等配套政策措施,鼓励共伴生元素综合利用、尾矿利用、充填采矿等,提高矿山企业高效利用资源和保护生态环境的积极性。

### 参考文献:

- [1] 张艳飞,郑国栋,陈其慎,等.后疫情时期全球铁矿资源格局分析[J].*地球学报*,2021,42(2):209-216.
- ZHANG Y F, ZHENG G D, CHEN Q S, et al. Analysis of the global iron ore resource pattern in the post-epidemic period[J]. *Chinese Journal of Geosciences*, 2021, 42(2):209-216.
- [2] YU S W, DUAN H R, CHENG J H. An evaluation of the supply risk for China's strategic metallic mineral resources[J]. *Resources Policy*, 2020, 70(6):101891.
- [3] 赵一鸣.中国主要富铁矿床类型及地质特征[J].*矿床地质*,2013,32(4):686-705.
- ZHAO Y M. Types and geological characteristics of major iron-rich deposits in China[J]. *Mineral Geology*, 2013, 32(4):686-705.
- [4] 贺喜,张举钢,周吉光,等.河北省铁矿资源保障能力分析[J].*地球学报*,2013,34(6):731-737.
- HE X, ZHANG J G, ZHOU J G, et al. Analysis on the guarantee ability of iron ore resources in Hebei Province[J]. *Chinese Journal of Earth Sciences*, 2013, 34(6):731-737.
- [5] 印万忠,徐东,杨耀辉,等.承德某钒钛磁铁矿尾矿资源化利用技术研究[J].*矿产综合利用*,2020(6):37-42.
- YIN W Z, XU D, YANG Y H, et al. Research on the recycling technology for a vanadium-titanium Magnetite tailings in Chengde[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(6):37-42.
- [6] 温子龙.河北省铁矿行业发展现状及未来展望[J].*冶金经济与管理*,2020,2:39-41.
- WEN Z L. The development status and future prospect of iron ore industry in Hebei Province[J]. *Metallurgical Economics and Management*, 2020, 2:39-41.
- [7] 工业固废网.中国大宗工业固体废物综合利用产业发展报告(2020-2021年度)[R],2021.
- Industrial Solid Waste Network. China's industrial development report on comprehensive utilization of bulk industrial solid waste (2020-2021) [R], 2021.
- [8] 赵志勇.冀东铁矿资源价值研究[D].唐山:河北理工学院,2003.
- ZHAO Z Y. Research on the value of iron ore resources in Jidong[D]. Tangshan: Hebei Institute of Technology, 2003.
- [9] 沈保丰,翟安民,苗培森,等.华北陆块铁矿床地质特征和资源潜力展望[J].*地质调查与研究*,2006(4):244-252.

SHEN B F, ZHAI A M, MIAO P S, et al. Geological characteristics and resource potential prospect of iron ore deposits in the North China continental block[J]. *Geological Survey and Research*, 2006(4):244-252.

[10] 张亚明, 王雪峰, 李文超. 铁矿资源综合利用效益评价体系研究[J]. *中国国土资源经济*, 2019, 32(4):43-48.

ZHANG Y M, WANG X F, LI W C. Research on the evaluation system of comprehensive utilization of iron ore resources[J]. *China Land and Resources Economy*, 2019, 32(4):43-48.

[11] 黄雯孝, 卢可可. 攀西钒钛磁铁矿尾矿中钪的提取工艺研究[J]. *矿产综合利用*, 2020(2):135-139.

HUANG W X, LU K K. Study on scandium extraction technology for Panxi vanadium titanium magnetite tailings[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(2):135-139.

[12] 陈超, 张裕书, 李潇雨, 等. 攀西某钒钛磁铁矿尾矿中磷的回收实验研究[J]. *矿产综合利用*, 2021(4):165-169.

CHEN C, ZHANG Y S, LI X Y, et al. Recovery of phosphorus from a vanadium titanium magnetite tailing in Panxi[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(4):165-

169.

[13] 刘文宝, 张昊, 刘文刚, 等. 铁矿废石综合利用研究进展[J]. *矿产保护与利用*, 2021, 41(3):118-125.

LIU W B, ZHANG H, LIU W G, et al. Research progress on comprehensive utilization of iron ore waste rock[J]. *Mineral Protection and Utilization*, 2021, 41(3):118-125.

[14] 李涛, 刘晨, 余世杰. 铜渣中铁铜回收的试验研究[J]. *矿产综合利用*, 2020(2):145-150.

LI T, LIU C, SHE S J. Research on recovery of iron and copper in copper slag[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(2):145-150.

[15] 刘俊杰, 梁钰, 曾宇, 等. 利用铁尾矿制备免烧砖的研究[J]. *矿产综合利用*, 2020(5):136-141.

LIU J J, LIANG Y, ZENG Y, et al. Preparation of baking-free bricks by iron tailings[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(5):136-141.

[16] LI C, SUN H H, BAI J, et al. Innovative methodology for comprehensive utilization of iron ore tailings: part 1. The recovery of iron from iron ore tailings using magnetic separation after magnetizing roasting[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 174(1-3):71-77.

## Endowment Conditions of Mineral Resources and the Heterogeneity of Development and Utilization: a Study Based on the Accumulation Area of Iron Ore Resources in Hebei Province of China

Wang Yijie, Liu Tianke, Wang Xuefeng, Shi Chen

(Chinese Academy of Natural Resources Economics, Beijing, China)

**Abstract:** In this study, 15 large and medium-sized iron deposits in Hebei Province are studied on their spatial agglomeration characteristics, development and utilization status of iron ore resources. We analyse detailedly on the endowment conditions of iron ore resources, the similarity and heterogeneity of mining and mineral processing, the comprehensive utilization potential of associated elements and tailings in typical accumulation areas of iron ore resources. Also, the differential utilization policies of different types of iron ore are given. The research results showed that the metallogenic types in northern Hebei, eastern Hebei, and central and southern Hebei are magmatic iron deposits, sedimentary metamorphic iron deposits, and skarn iron deposits respectively. The grade of iron and the proportion of magnetite in the three types of iron deposits are in the order of magnitude, skarn iron deposits > sedimentary metamorphic iron deposits > magmatic iron deposits. The recovery rate of mineral processing are also in the same order. The associated elements  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$  and Sc in the magmatic iron deposits have recyclable value and therefore, research on the comprehensive utilization of these elements should be strengthened. The iron deposits exploitation leads to the production of a large amount of tailings waste and the use of tailings can be studied according to their properties to minimize their production rate and recyclable benefits.

**Keywords:** Iron deposits in Hebei Province; Endowment conditions; Recovery rate of mining; Recovery rate of mineral processing; Comprehensive utilization