

我国锰矿资源及产业链安全保障问题研究

任辉¹, 刘敏², 王自国³, 吴昊^{3*}, 毛景文²

(1. 中国煤炭地质总局, 北京 100038; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 3. 中国煤炭地质总局
勘查研究总院, 北京 100039)

摘要: 锰资源是重要的战略矿产之一, 我国是全球最大的锰资源消费国和进口国, 进口量近年来持续居高不下, 再加上锰矿资源日益趋紧、产能严重过剩、锰渣污染严重、“小散乱”无序发展等严峻问题, 导致了国内锰矿资源面临着较大的压力, 对产业链的安全保障构成了威胁。本文从资源端、冶炼端、材料端、产品端和回收端5个方面梳理我国锰矿资源及其材料的产业供应链, 围绕我国锰产业发展的现状及前景、锰产业的绿色低碳循环发展、推动锰产业结构调整、提升锰资源储备等目标展开探讨, 研究建议: 践行绿色发展路径, 实现锰渣的综合利用; 保障国内锰资源储备, 建立安全可控的资源供给体系; 提高行业集中度, 优化锰产业结构; 加大锰资源科研投入, 促进科技成果转化。

关键词: 锰矿资源; 产业链; 高质量发展; 产业结构; 安全保障

中图分类号: P618.32 文献标识码: A

Security of Manganese Resources and Industrial Chain in China

Ren Hui¹, Liu Min², Wang Zigu³, Wu Hao^{3*}, Mao Jingwen²

(1. China National Administration of Coal Geology, Beijing 100038, China; 2. China University of Geosciences (Beijing), Beijing, 100083 China; 3. General Prospecting Institute of China National Administration of Coal Geology, Beijing 100039, China)

Abstract: Manganese is an important strategic mineral resource. China is the world's largest consumer and importer of manganese resources. However, problems including shortage of manganese ore resources, severe overcapacity, manganese slag pollution, and scattered and disorderly development, have created significant pressure on domestic manganese ore resources and threatens the security of the industrial chain. This paper reviews the industrial supply chain of manganese ore resources and materials in China from five aspects: resource, smelting, material, product, and recovery ends, and discusses the development status, prospects, green and low-carbon development, structural adjustment, and manganese resource reserve of the manganese industry in China. Furthermore, we propose the following suggestions: (1) implementing a green development path to realize comprehensive utilization of manganese slags; (2) establishing a safe and controllable resource supply system by guaranteeing the domestic manganese resource reserve; (3) improving industry concentration and optimizing manganese industry structure; and (4) increasing investment in scientific research on manganese resources while promoting the transformation of scientific and technological achievements.

Keywords: manganese resources; industrial chain; high-quality development; industrial structure; security

收稿日期: 2022-04-05; 修回日期: 2022-05-16

通讯作者: *吴昊, 中国煤炭地质总局勘查研究总院高级工程师, 主要从事基础地质研究; E-mail: wuhaogeo@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“国家关键矿产及其材料产业供应链高质量发展战略研究”(2021-XBZD-06)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

锰矿是工业生产必需的基础性大宗原料矿产之一，是钢铁工业的基本原料，也是支撑新能源、新材料等新兴产业发展的重要原料，是我国国民经济建设的重要战略物资 [1~4]。我国是全球最大的锰资源消费国和进口国，也是最大的电解金属锰、锰硅合金等锰系合金生产国及电解金属锰出口国。实现锰产业链的安全和高质量发展，对于贯彻新发展理念、构建“双循环”新发展格局，保障国家初级产品安全和维持资源型地区社会稳定与生态安全，具有重要的现实意义和深远影响。

2001—2017 年我国累计消费锰金属 1.2×10^8 t，2018—2035 年预计我国将累计需求锰金属 1.8×10^8 t，根据中国地质科学院矿产资源战略研究中心对中国锰矿资源的研究结果，2025 年、2030 年我国锰矿的综合保障程度和累计保障率都偏低，对外依存度高，未来国内锰资源供应压力大，是否能够满足我国经济社会和产业发展需求尚未可知 [5]。

近年来，我国锰矿资源勘查有重大进展，如贵州铜仁松桃锰矿国家整装勘查区先后发现了四个隐伏超大型锰矿床 [6~10]，但因资源特点、开发政策、加工工艺等原因，开发利用进程缓慢，难以有效缓解我国锰矿的供应压力 [11]。此外，我国锰产业长期面临锰矿资源日益趋紧、产能严重过剩、生产环节和锰渣污染严重、“小散乱”无序发展等严峻问题。虽然全国范围开展的多轮锰污染整治及产业结构调整取得了一定成效，但产能过剩及产业集中度低等问题依然突出。因此妥善解决我国锰产业存在的主要问题，提高锰矿资源安全保障程度，对促进国民经济稳定健康发展有着重大的战略意义。

基于此，本文依托中国工程院重大咨询项目“国家关键矿产及其材料产业供应链高质量发展战略研究”，对锰矿资源及其材料产业供应链的现状进行分析，针对如何加快锰产业转型升级、如何探寻锰产业绿色发展以及如何提高国内锰资源储备等重要问题，探讨锰矿资源的高质量发展问题，为我国锰矿资源及产业链的安全保障提出对策建议。

二、我国锰矿资源安全发展的战略需求

我国要实现从矿产资源大国迈向矿产资源强国

的战略目标，坚持国内矿产资源“可持续发展”以及增强国外“全球经略能力”，全力打造矿产资源强国，为中华民族伟大复兴提供强有力的资源支撑 [12]。为了实现上述目标，锰矿资源的安全发展具有重要的意义，其战略需求体现在以下方面。

（一）锰矿资源的安全发展需要健全的资源管理制度

健全的资源管理制度覆盖了包括黑色金属、有色金属、非金属等矿种，并涉及勘查开发利用储备等全产业链，统筹了国内外矿产资源开发，是锰矿资源安全发展的基础。将锰矿资源勘查纳入国家地质勘查总体规划，加大锰矿科研投入和勘查投入，并为企业发展和矿山建设提供技术和资金支持。

（二）锰矿资源的安全发展需要提升国内矿产资源可持续发展能力

查明国内家底，根据需求缺口制定国内外供应规划。在查明国内锰矿资源现状的同时，结合钢铁、新能源电池和化工等主要锰应用行业的未来发展规划，预测锰矿资源的需求缺口，并做出针对性的进出口规划，确保国内锰矿资源可持续发展 [13]。

（三）锰矿资源的安全发展需要多元化的产业结构供应体系

利用财税、土地、资源等政策杠杆，淘汰落后产能，缩减国内过剩产能，鼓励“走出去”，并减少低端锰系产品产量与电解锰出口，转变“资源进口，低端产品出口”的产业发展模式；减少国内电解锰及锰系铁合金冶炼企业对锰矿石的需求，同时支持重点高新锰企业加快科技创新、开发更多锰系新材料新产品、扩大生产规模，不断提高产品的科技含量和附加值 [4]。

三、我国锰矿资源概况及产业链发展现状

锰矿资源按成矿作用、锰质来源及成矿条件等可划分为四类，分别是：海相沉积型、火山-沉积型、变质型和热液型。在这几种锰矿床中，工业价值最大的为海相沉积型矿床和变质型矿床，二者储量约占世界总储量的 90%，火山-沉积型锰矿虽有一定的矿床数量，但储量相对较小。在大洋底部也

蕴藏着丰富的锰结核资源，但受开采技术和设备的限制，并不能大规模开发利用。我国的锰成矿类型以海相沉积型为主，变质型矿床较少 [14~17]。

(一) 我国锰矿资源概况

我国的锰资源分布较广，根据自然资源部的统计数据 [18]，2020 年我国锰资源保有储量（矿石量）为 $2.129\ 569 \times 10^8$ t，主要集中在广西、贵州、湖南、甘肃、云南等地，其中广西以 $1.189\ 205 \times 10^8$ t 位居全国第一，其次是贵州（ $1.996\ 82 \times 10^7$ t）和湖南（ $1.573\ 67 \times 10^7$ t）（见表 1）。

我国锰矿消费总体保持增长态势，我国消费结构包括锰系合金、电解锰金属、电解二氧化锰和耐火材料，主要还是应用于钢铁工业，其次是电池行业和化工行业。近年来我国处于矿业升级转型的关键时期，国家环保政策愈加严格，尤其是自然保护区矿业权退出政策，使一大批产能退出，因此 2015 年之后我国锰矿生产量呈现“断崖式”下降，

远跟不上冶金工业的发展，对外依存度不断攀升，成为全球锰矿的最大进口国。2020 年我国锰矿消费量为 $4.206\ 65 \times 10^7$ t，其中锰矿生产量为 1.0319×10^7 t，进口量达到 $3.166\ 55 \times 10^7$ t（见表 2）。

(二) 我国锰矿资源产业链

我国锰资源产业链包括资源端、冶炼加工端、材料端、产品端和回收端（见图 1）。资源端包括氧化锰矿、碳酸锰矿等矿石资源；冶炼加工端包括锰冶金、锰化工等；材料端包括电解锰、电解二氧化锰、硅锰、锰铁等；产品端包括钢铁、新能源电池、催化剂等；回收端则主要以锰渣为主。

1. 资源端

我国锰矿石类型主要有四类，分别是碳酸锰矿石、氧化锰矿石、混合型矿石和其他类型矿石，主要以碳酸锰矿石为主，氧化锰矿石和其他类型矿石（包括硅酸锰矿、硫化锰矿和硼酸锰矿等）资源量较少。我国锰矿资源以贫矿为主，全国锰矿石的品位平均只有 22%，符合国际标准的富矿石几乎没有。品位中等及中等以下的贫矿需要通过选矿提高品位后才能利用，而氧化锰矿品位需达到 30% 以上，碳酸锰矿品位需达到 25% 以上。我国锰矿物质组分复杂，矿物颗粒一般细而难选，技术加工性能差，矿石中磷、硫、铁、硅、钴、镍等含量高。

2. 冶炼加工端

我国在锰资源的冶炼加工上处于比较高的水平，究其原因这是由于我国锰矿的低品位所致，品位低的矿石无法直接利用，必须通过选冶加工提高其品位后才能实现其价值。目前在通过电解方法获得电解锰和电解二氧化锰这一方面，我国拥有比较高

表 1 2020 年我国锰矿矿石保有储量统计表 [18]
(单位: $\times 10^4$ t)

地区	锰矿矿石储量	地区	锰矿矿石储量
全国	212 95.69	湖北	280.60
广西	118 92.05	陕西	277.45
贵州	1996.82	福建	73.81
湖南	1537.67	江西	64.06
甘肃	1421.43	广东	64.03
云南	1231.43	内蒙古	34.02
辽宁	971.04	山西	11.15
重庆	830.73	四川	6.40
新疆	566.70	吉林	0.30

表 2 2011—2020 年全国锰矿进口量（矿石量）分国别统计表 [17, 19~21]

(单位: $\times 10^4$ t)

国家/地区	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
南非	345	332	520	579	633	759	893	1114	1340	1370
澳大利亚	437	420	490	516	430	407	407	522	520	534
加蓬	144	104	170	148	187	125	205	252	360	474
加纳	85	119	140	106	53	155	203	350	510	187
巴西	79	80	100	88	118	117	182	183	300	280
马来西亚	67	90	110	92	63	89	79	109	140	86
科特迪瓦	—	—	18	33	19	18	23	66	100	116
缅甸	56	26	37	22	5	27	10	47	94	56
总计	1297	1237	1670	1631	1535	1759	2053	2702	3420	3166

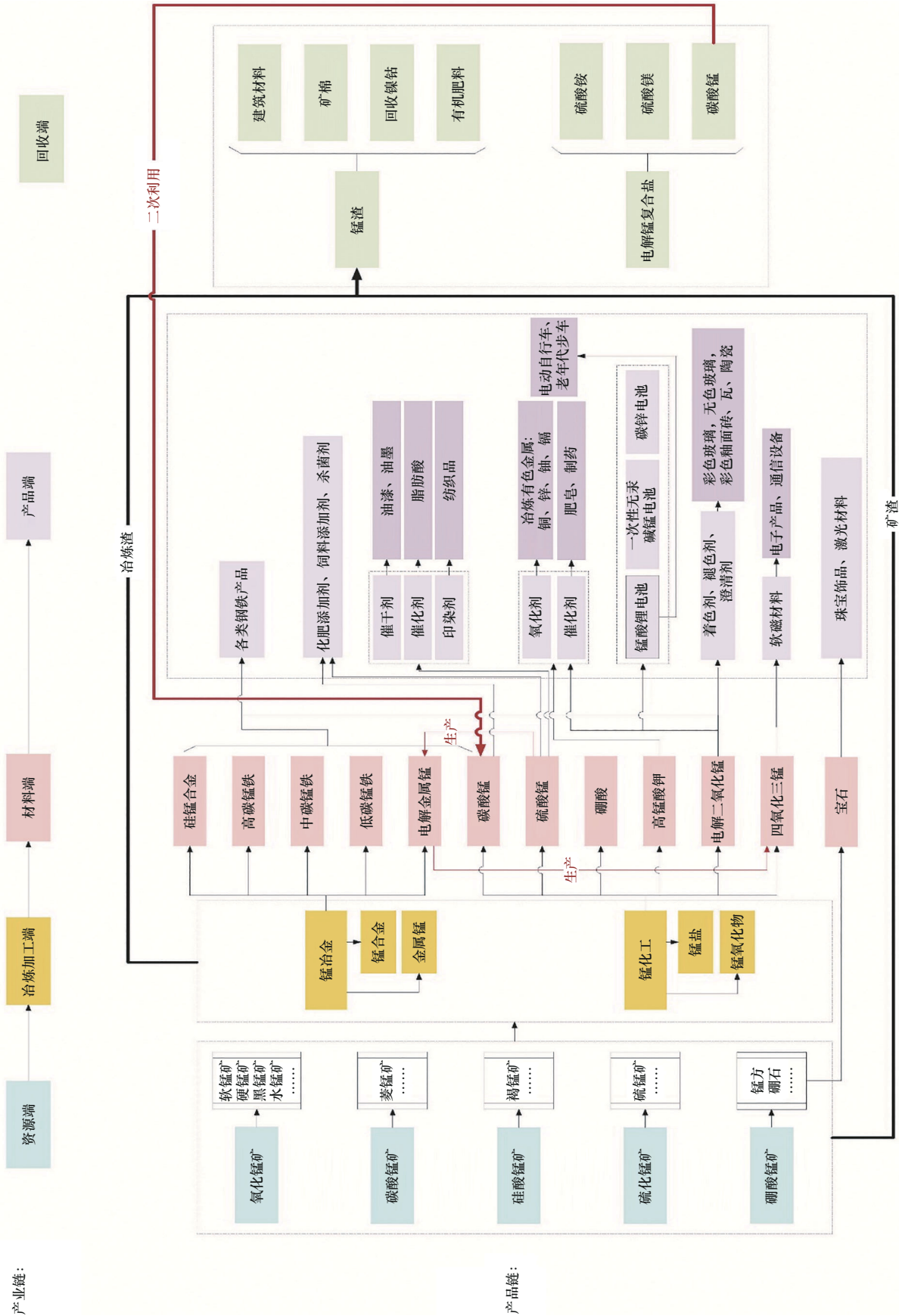


图1 锰矿资源及材料产业链示意图

效的自主知识产权；在高碳锰铁等锰系合金的冶炼上，我国也具有较好的技术优势。国内主要的锰系合金产品有锰铁合金、硅锰合金、金属锰等，均为锰矿石深加工的主要产品，其中硅锰产量主要集中在内蒙古、宁夏、广西等地，产量分别约为 4.53×10^6 t、 2.16×10^6 t、 1.68×10^6 t；锰铁集中在内蒙古、山东、广西、河南等地，产量分别约为 5.8×10^5 t、 5.2×10^5 t、 2.1×10^5 t、 1.5×10^5 t [19]。

3. 材料端

我国锰矿资源材料端主要以电解锰、电解二氧化锰两种材料为主，与硅锰合金、低中高碳锰铁和碳酸锰等材料广泛应用于钢铁行业。此外，锰酸锂、硫酸锰、磷酸锰等则在新能源电池领域大放异彩。

电解锰现已广泛应用于钢铁冶炼、有色冶金、电子技术、化学工业、环境保护、食品卫生、电焊条业、航天工业等各个领域。国内电解锰供给稳定，可满足海内外需求。2017—2020年，国内电解锰产量保持稳定，2020年小幅下滑，但整体维持在 1.5×10^6 t。需求方面，我国电解锰在满足国内需求的同时还对外出口，2020年出口 3.2×10^5 t，表观消费量约为 1.18×10^6 t。

中国是全球电解二氧化锰主产国，占全球产能的70%。根据华经情报网统计，中国、日本、美国、欧洲、印度等国家和地区电解二氧化锰制造商合计约为30家左右。从产能来看，2018年全球总体产能约为 5×10^5 t，中国产能达到 3.5×10^5 t，到了2020年电解二氧化锰产量为 3.1×10^5 t。

锰酸锂为锂电池正极材料的一种，近年来的产量和出货量均呈上升趋势，2020年分别达到 9.29×10^4 t和 6.6×10^4 t。锰酸锂主要应用于电动自行车及低速电动车、小动力型（电动工具等）、数码电子产品、储能等领域，在电动自行车及低速电动车市场发展迅猛，具备取代铅酸电池的潜力。

三元电池拉动硫酸锰需求增长，大部分三元电池使用电解二氧化锰（EMD）或高纯一水硫酸锰（HPMSM）正极材料。高纯硫酸锰主要用于制备锰酸锂、四氧化三锰、镍钴锰三元材料等。随着锂离子电池技术的发展，其应用领域逐渐扩大，带动了高纯硫酸锰等材料的市场发展。

磷酸锰铁锂电池被视为磷酸铁锂电池升级方向上的成果之一，稳定性好、安全性高。相较磷酸铁

锂电池，磷酸锰铁锂电池一方面在成本仅提升约6%的前提下，能量密度能提高约15%~20%；另一方面能增加约0.4 kg/kW·h的锰耗用量。

4. 产品端

锰矿资源的产品众多，下游应用领域十分广泛，涵盖钢铁冶金、电池制造、化工、医药、电子、建筑、农业饲料等领域。目前我国锰消费结构中，85%~90%用于钢铁工业，约5%~10%用于电池行业和化工领域。近年来，新材料、电动汽车等绿色制造业的快速发展，将为电解二氧化锰、锰酸锂和高纯硫酸锰等正极材料提供广阔的市场。

钢铁行业占据90%锰需求。由于锰能提高合金的强度、韧性、耐磨性和耐腐蚀性的特性，消除硫、氧对钢材的热脆影响，同时不降低钢材的塑性、冲击韧性，是钢铁工业中无可替代的重要元素，低合金钢中锰含量大约在1%~2%。钢铁和不锈钢是锰最大的下游消耗品。

世界钢铁协会数据显示，2020年全球粗钢产量达到 1.878×10^9 t，同比增长0.48%。其中，中国粗钢产量位居全球第一，为 1.065×10^9 t，同比增长11.52%，占比达到全球56.7%；其次是印度，产量为 1.0×10^8 t，占全球总产量的5.3%；日本居第三位，产量为 0.83×10^8 t，占全球总产量的4.4%。2021年1—7月，中国钢材、生铁、粗钢产量分别为 8.09×10^8 t、 5.34×10^8 t和 6.49×10^8 t。

5. 回收端

回收端主要以锰渣为主，包括资源端产生的矿渣和冶炼端产生的冶炼渣。一方面在有条件的情况下对锰渣进行填埋复绿处理；另一方面对锰渣进行再利用，主要应用于建筑材料、矿棉、肥料以及金属回收等环节。

四、我国锰矿产业发展存在的主要问题

（一）国内锰矿资源开发利用成本高且周期长，资源供应的安全程度低

我国锰矿资源以碳酸锰矿石为主，矿石品位仅为15%~25%，矿体呈多层薄层状、缓倾斜、埋藏深，矿体深度在1000~1500 m，必须进行深部地下开采，因此开采成本较高；且碳酸锰矿石粒度细、杂质高，选矿难度也相对较大。此外，矿山建设周期长，以贵州武陵李家湾锰矿为例，从2014年项目

备案到2019年取得安全许可证,历时5年的时间,弥补缺口周期长。

(二) 对外依存度高, 锰资源产业链安全程度低

我国钢铁产业、电池用电解二氧化锰、高纯硫酸锰等产业部门均形成了依赖高品位进口氧化锰矿石的产业链体系,对外依存度将近90%,一旦供应出现问题,这些产业链势必遭受破坏,严重威胁国内锰资源产业链的安全。而碳酸锰矿石目前仅用于生产电解锰,制造不锈钢,该领域锰矿消费仅占锰矿消费的10%左右。因此,国内现有的锰产业链布局与我国以碳酸锰矿石为主的资源禀赋不相匹配,不利于国内锰资源产业多元化安全水平的提升。

(三) 产能产量及产业结构的安全程度低

由于资源禀赋、产业结构等原因,国内锰产业产能产量过剩,“小散乱”无序发展现象严重。国内涉锰生产企业数量多、规模小,部分小矿企业工艺技术落后,装备设施老化,自动化程度低,生产能耗高、矿石消耗大、污染排放高。部分小矿企业行情好时蜂拥而上,一旦形势不好就停产,普遍盈利能力低,缺少投入到升级改造和安全环保的能力和资金。

(四) 环境保护及可持续发展的安全程度低

我国电解锰行业能耗高、资源消耗高、环境污染严重。太多的电解锰生产企业倚矿建厂,深处绿水青山之中,普遍存在规模较小、技术装备落后,污染排放高、环保投入较少、资源回收率低等问题。而且电解锰生产过程中产生的锰渣等固体废物污染与可持续发展矛盾日趋突出,锰渣中含有大量的可溶性锰、氨氮等有害物质,极易水溶后导致周边地下及地表水体的污染。

五、我国锰矿产业的发展目标及路径

我国是矿产资源生产、消费和贸易大国,在以国内大循环为主体、国际国内双循环相互促进的新发展格局下,新型基础设施、新型城镇化和重大工程领域的投资建设将协同推进,以锰矿为代表的黑色金属矿产资源的支撑作用也将日益凸显,这对锰

矿企业既是挑战也是发展的新机遇。要摒弃粗放式的经营模式,加快构建科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业结构和生产方式,促进锰矿产业的安全和高质量发展 [22]。

(一) 发展目标

未来15年,是中国建设矿产资源强国的重要机遇期,到2025年我国可基本建成矿产资源强国,到2030年,有望全面建成矿产资源强国。目前要增加国内锰矿资源储量,加强海外矿业合作,提高二次资源利用;在提升我国锰矿资源的综合供应能力的同时,提高环境准入门槛,并适度降低资源开发强度,最终提高锰矿资源的可持续开发利用,提升我国锰矿资源的静态保障年限 [12]。

到2025年,要基本建立灵活的锰矿资源管理体系,大幅度提高锰矿资源保障能力和静态保障年限,继续提升锰矿行业的集中度和多元化水平,大幅提高锰矿资源的海外权益储量与产量。

到2030年,要全面建成以锰矿为代表的矿产资源强国,全面实现锰矿资源管理体系的集中性和灵活性。在矿业集中度和多元化水平继续提高的同时打造具有影响力的跨国锰矿企业,提升海外权益储量与产量的安全保障水平。

(二) 发展路径

1. 加快锰产业转型升级, 破解产能过剩困境

2021年7月,国家发展和改革委员会、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部联合印发的《关于加强锰污染治理和推动锰产业结构调整的通知》提出,优化调整电解金属锰产业政策,逐步加快淘汰现有 1×10^4 t/a以下电解金属锰单条生产线和电解金属锰生产总规模在 3×10^4 t/a以下的企业。

解决锰产业产能过剩的问题要从源头入手,从锰矿资源开发利用格局、矿山整合等方面采取措施,坚持“扶优扶强,兼并重组”,打造以大中型规模开采为主,选、冶、加工及综合治理一体化的产业集群,转变“资源进口,低端产品出口”的产业发展模式。

严格控制新上电解金属锰、锰硅合金项目,严格项目审批、核准或备案,并提高行业规范条件标准;加快削减过剩产能,淘汰不符合国家要求的规模小、能耗高、污染重的企业,提高行业集中度和

企业规模。

2. 坚持低碳循环发展，探寻绿色转型新路子

绿色发展是锰产业高质量发展的必经之路。2020年新修订的《固体废物污染环境防治法》将“减量化、资源化、无害化”确立为我国固体废物管理遵循的基本原则。循环经济与绿色发展成为锰产业转型升级、高质量发展以及解决锰渣治理难题的新主题。

严格“水、气、渣”的综合治理，严格排放标准，优化生产工艺技术，强化回收利用，通过资源综合利用，加快推进锰渣无害化、减量化和资源化，最终实现零排放目标，全力推进“绿色矿山，美丽工厂”建设。

加强锰资源开发中的环境保护，坚持在保护中开发，在开发中保护。依靠科技进步，推行清洁生产，提高锰资源开发利用水平和资源利用率，发展低碳循环经济，建设绿色矿山，促进锰资源开发利用与环境的协调发展。

3. 提高锰资源储备，保障国家资源安全

资源安全是国家总体安全观的重要内涵和组成部分，确保资源供给安全应充分考虑利用国际国内两个市场，完善锰资源全球配置，适度储备锰资源，建立以“国家主导、企业参与，锰矿石与金属锰（锰锭）相结合”的战略物资储备体系。

重视国内锰资源的勘探开发以及锰矿产品基地建设，提升国内锰矿资源保障能力，对高耗能、高排放、低水平的项目要坚决抵制，切忌盲目发展，保障国家锰矿资源和矿产品的安全供应和价格的稳定。

六、对策建议

面对我国锰矿对外依存度较高的局面，国内锰矿企业在不断提升自身探、采、选、冶技术的同时，也合理利用各级政府出台的政策，加大海外锰矿的合作机会。此外，新时代更高水平的对外开放、更深层次的“一带一路”建设，也为我国锰业加快“走出去”，深度参与全球资源配置，加快国际产能合作带来新的机遇。

（一）践行绿色发展路径，实现锰渣的综合利用

认真落实“绿水青山就是金山银山”的科学论

断，推进高质量发展，营造矿业开发与生态环保协调发展，改善矿业投资环境。相关部门要多措并举，一方面通过出台电解锰行业锰渣污染控制技术规范、开展电解锰企业生态环境与清洁生产相关的专项执法检查，严格锰渣污染控制要求；另一方面推进锰渣资源化，在加大锰渣综合利用研发投入和引导力度的同时，提高电解锰行业产品附加值，延伸电解锰行业产业链，提高产品的科技含量。

（二）提高行业集中度，优化锰产业结构

国家应加大锰产业整合力度，鼓励有实力的大型企业，以资产、资源、品牌和市场为纽带实施兼并重组，促进行业规模化、集约化，促进产业升级，实现高质量发展。

重点打击未经审批违规建设和非法生产的情况，压实地方主体责任。同时坚决落实已经制定的政策标准，加大对现行行业标准执行情况的监督检查，并在此基础上，提高行业准入条件。比如要贯彻落实行业清洁生产评价指标体系，对达不到清洁生产标准的企业限期整改。

（三）提升国内资源安全保障能力，建立安全可控的资源供给体系

在新一轮找矿战略行动中，继续进行锰矿资源，尤其是氧化锰矿和富碳酸锰矿资源的找矿勘查行动，加强国内锰矿成矿带、重点资源基地和大中型矿山的勘查，以及外围找矿增储，不断增强国内资源安全保障能力。

采取“只探不采”“多购少采”“低品不采”等供给政策，对国内锰矿谨慎开采，严禁锰矿无序开采，严厉打击非法采矿、私挖乱采等违法犯罪行为。并以严格的环保政策，以减量化为重点，提高国产锰矿开采标准，尽可能把有限的资源留在国内，建立安全可控的资源供给体系。

（四）加大锰资源科研投入，促进科技成果转化

设立国家级科技攻关项目，一是突破“深部隐伏富锰矿资源勘查开发利用技术”，借助大数据、人工智能、云计算等现代信息技术应用实现对深部隐伏富锰矿的“探采选冶”，以实现深部锰矿的高质量开发利用，并形成技术示范，带动其他深部资源开发利用；二是解决碳酸锰矿石品位提升和低成本

本利用问题，最终构建以碳酸锰矿石为核心的产业链体系。

致谢

感谢中国地质科学院陈其慎研究员、张艳飞副研究员，贵州地质矿产开发局周琦教授等在项目执行过程中给予的指导和帮助。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: April 5, 2022; **Revised date:** May 16, 2022

Corresponding author: Wu Hao is a senior engineer from General Prospecting Institute of China National Administration of Coal Geology. His major research field is geological research. E-mail: wuhaogeo@163.com

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Strategic Research on the High-Quality Development of the Supply Chain of Critical Minerals and its Material Industry in China” (2021-XBZD-06)

参考文献

- [1] 周超洋. 氧化锰矿碳热法固相还原制备锰铁合金 [D]. 长沙:中南大学(硕士学位论文), 2012.
Zhou C Y. Producing ferromanganese from oxidation manganese ore based on solid phase reduction with carbothermic method [D]. Changsha: Central South University (Master's dissertation), 2012.
- [2] 刘陟娜, 许虹, 王秋舒, 等. 中国锰矿供需现状及可持续发展建议 [J]. 资源与产业, 2015, 17(6): 38–43.
Liu Z N, Xu H, Wang Q S, et al. China's manganese supply-demand actuality and its sustainable development [J]. Resources & Industries, 2015, 17(6): 38–43.
- [3] 朱志刚. 中国锰矿资源开发利用现状 [J]. 中国锰业, 2016, 34(2): 1–3.
Zhu Z G. Exploitation and utilization of resources of Mn ore [J]. China Manganese Industry, 2016, 34(2): 1–3.
- [4] 黄屹, 陈广义, 田郁滨, 等. 中国锰业存在的主要问题及对策建议 [J]. 地质与勘探, 2021, 57(2): 294–304.
Huang Y, Chen G Y, Tian Y M, et al. Main problems and countermeasures suggested for the manganese industry of China [J]. Geology and Exploration, 2021, 57(2): 294–304.
- [5] 何鸿. 锰消费规律探讨及中国未来锰需求预测 [J]. 中国矿业, 2020, 29(5): 7–11.
He H. Analysis of the law of manganese consumption and a prediction about China's manganese demand [J]. China Mining Magazine, 2020, 29(5): 7–11.
- [6] 周琦, 杜远生, 袁良军, 等. 贵州铜仁松桃锰矿国家整装勘查区地质找矿主要进展及潜力预测 [J]. 贵州地质, 2016, 33(4): 237–244.
Zhou Q, Du Y S, Yuan L J, et al. Major progress and potential prediction of geological exploration in Songtao manganese national fully equipped exploration district in Tongren, Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2016, 33(4): 237–244.
- [7] 张遂, 周琦, 张平壹, 等. 黔东松桃西溪堡南华系大塘坡组超大型锰矿床地质特征与找矿预测 [J]. 地质科技情报, 2015, 34(6): 8–16.
Zhang S, Zhou Q, Zhang P Y, et al. Geological characteristics and prospecting prediction of Xixibao super-large manganese deposit in Songtao, Eastern Guizhou [J]. Geological Science and Technology Information, 2015, 34(6): 8–16.
- [8] 张遂, 周琦, 张平壹, 等. 贵州松桃普觉超大型锰矿床主要特征与找矿实践 [J]. 贵州地质, 2018, 35(4): 304–313.
Zhang S, Zhou Q, Zhang P Y, et al. Geological characteristics and prospecting practice of Pujue super-large manganese deposit in Songtao, Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2018, 35(4): 304–313.
- [9] 袁良军, 周琦, 姚希财, 等. 贵州松桃高地特大型富锰矿床主要地质特征 [J]. 贵州地质, 2018, 35(4): 314–318.
Yuan L J, Zhou Q, Yao X C, et al. Main geological characteristics of Songtao Gaodi extra-large manganese-rich deposit in Guizhou [J]. Guizhou Geology, 2018, 35(4): 314–318.
- [10] 沈红钱, 张遂, 曾飞, 等. 华南南华纪武陵锰矿成矿带松桃李家湾-高地-道坨地堑盆地研究新进展和潜力预测 [J]. 贵州地质, 2021, 38(2): 129–138.
Shen H Q, Zhang S, Zeng F, et al. New research progress and potential prediction of Lijiawan-Gaodi-Daotuo graben located in Songtao area, Wuling manganese ore belt in Nanhua Period, South China [J]. Guizhou Geology, 2021, 38(2): 129–138.
- [11] 任辉, 吴昊, 王自国, 等. 依托国内超大型锰矿构建我国自主可控的锰矿产业供应链 [J]. 中国煤炭地质, 2021, 33(11): 1–3.
Ren H, Wu H, Wang Z G, et al. Country's autonomous and controllable manganese industry supply chain building rely on domestic superhuge manganese ore [J]. Coal Geology of China, 2021, 33(11): 1–3.
- [12] 陈其慎, 干勇, 延建林, 等. 从矿产资源大国到矿产资源强国: 目标、措施与建议 [J]. 中国工程科学, 2019, 21(1): 49–54.
Chen Q S, Gan Y, Yan J L, et al. Transition from a large to a powerful country in mineral resources: Objectives, Measures, and Proposals [J]. Strategic Study of CAE, 2019, 21(1): 49–54.
- [13] 孙宏伟, 王杰, 任军平, 等. 全球锰资源现状及对我国可持续发展建议 [J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(6): 169–174.
Sun H W, Wang J, Ren J P, et al. Current situation of global manganese resources and suggestions for sustainable development in China [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2020, 40(6): 169–174.
- [14] 付勇, 徐志刚, 裴浩翔, 等. 中国锰矿成矿规律初探 [J]. 地质学报, 2014, 88(12): 2192–2207.
Fu Y, Xu Z G, Pei H X, et al. Study on metallogenic regularity of manganese ore deposits in China [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(12): 2192–2207.
- [15] 丛源, 董庆吉, 肖克炎, 等. 中国锰矿资源特征及潜力预测 [J]. 地学前缘, 2018, 25(3): 118–137.
Cong Y, Dong Q J, Xiao K Y, et al. Characteristics and predicted potential of Mn resources in China [J]. Earth Science Frontiers, 2018, 25(3): 118–137.
- [16] 邓文兵, 张彦文, 孔令湖, 等. 中国锰矿资源现状与国家级锰矿床实物地质资料筛选 [J]. 中国矿业, 2019, 28(9): 175–182.
Deng W B, Zhang Y W, Kong L H, et al. Current status of manganese ore resources in China and selecting for national physical geological data of manganese ore deposits [J]. China Mining Magazine, 2019, 28(9): 175–182.

- [17] 程湘, 胡鹏, 张海坤, 等. 锰矿主要类型、分布特点及开发现状 [J]. 中国地质, 2021, 48(1): 102-119.
Cheng X, Hu P, Zhang H K, et al. The main types, distribution and current development of manganese ore deposits [J]. *Geology in China*, 2021, 48(1):102-119.
- [18] 自然资源部. 2020年全国矿产资源储量统计表 [R]. 北京:自然资源部, 2021.
Ministry of Natural Resources of PRC. Statistics on mineral resources and reserves of China in 2020 [R]. Beijing: Ministry of Natural Resources, 2021.
- [19] 覃德亮, 陈南雄. 2020年全球锰矿及我国锰产品生产简述 [J]. 中国锰业, 2021, 39(4): 10-12.
Qin D L, Chen N X. 2020 global manganese ore and the production brief in China's manganese products [J]. *China Mangagese Industry*, 2021, 39(4):10-12.
- [20] IMnI. 2019 annual market research report [R]. France: IMnI, 2020.
- [21] D'Harambure, 杨玉芳, 杨娟. 全球锰矿产业现状及发展趋势分析 [J]. 中国锰业, 2021, 39(4): 1-4.
D'Harambure A, Yang Y F, Yang J. An analysis of the status quo and development trend of global manganese ore industry [J]. *China Mangagese Industry*, 2021, 39(4):1-4.
- [22] 杨秋玲. 2020中国锰业发展战略研讨会召开 [N]. 中国有色金属报, 2020-12-19(006).
Yang Q L. 2020 China manganese industry development strategy seminar held [J]. *China Nonferrous Metals News*, 2021-12-19(006).