

文章编号: 1004-4051(2025)02-0306-08

DOI: 10.12075/j.issn.1004-4051.20242331

中国萤石资源形势分析及开发利用现状研究

张必欣¹, 李政^{1,2}, 陈从喜^{1,2}, 吴初国^{1,2}, 高宇^{1,2}, 崔荣国^{1,2},
仇巍巍¹, 葛振华^{1,2}, 吴琪¹, 王楠¹, 肖宇评¹

(1. 自然资源部信息中心, 北京 100036;

2. 自然资源部国土空间大数据工程技术创新中心, 北京 100830)

摘要: 萤石是重要的战略性矿产资源, 在建材、氟化工、新能源、新材料、军工、医药、芯片等领域作为关键原料被广泛应用。在全球各国对萤石的重视及需求程度不断提高, 供需矛盾愈发突出的时代背景下, 对中国萤石资源形势和开发利用现状进行深入研究尤为重要。本文通过梳理 2016 年以来萤石相关统计数据, 分析了全球和中国萤石资源储量变化、产量及消费量、中国萤石进出口量、地质勘查投入及矿业权设置、开发利用现状等情况, 得出以下结论。全球萤石资源分布高度集中, 储量主要集中于墨西哥、中国、南非、蒙古国等四国, 中国萤石储量居全球第二位, 产量、消费量居全球第一位; 中国近几年萤石平均储采比仅为 9.75 a, 远低于世界平均水平, 资源安全保障不容乐观; 2018 年以来, 中国萤石由净出口转为净进口, 进口近九成来自蒙古国; 萤石地质勘查投入呈上升趋势, 但中央财政投入逐年减少; 矿业权数量下降后保持平稳, 探采比偏低, 不足 0.5; 集约化程度仍有不足, 产能利用率不足 40%。建议应进一步加强萤石勘查投入尤其是中央财政资金; 推动资源整合, 淘汰落后产能, 提高产能利用率, 实现集约化规模化开发利用; 鼓励企业“走出去”充分利用国外萤石资源; 提高综合利用能力, 重视磷矿中的伴生氟资源开发利用。

关键词: 萤石; 战略性矿产; 资源形势; 开发利用; 供需格局

中图分类号: TD-9; F407.1 **文献标识码:** A

Analysis of the situation of fluorite resources in China and research on the current status of development and utilization

ZHANG Bixin¹, LI Zheng^{1,2}, CHEN Congxi^{1,2}, WU Chuguo^{1,2}, GAO Yu^{1,2},
CUI Rongguo^{1,2}, QIU Weiwei¹, GE Zhenhua^{1,2},
WU Qi¹, WANG Nan¹, XIAO Yuping¹

(1. Information Center of Ministry of Natural Resources, Beijing 100036, China;

2. Technology Innovation Center for Territorial & Spatial Big Data, Ministry of Natural Resources, Beijing 100830, China)

Abstract: Fluorite is a crucial strategic mineral resource, widely used as a key raw material in

收稿日期: 2024-11-18 责任编辑: 刘硕

基金项目: 国家重点研发计划项目课题“全球战略性矿产大数据平台和预警与决策支持技术”资助(编号: 2021YFC2901801); 自然资源部部门项目“自然资源综合统计、形势分析和安全预警”资助(编号: 1211010000021009); 自然资源部部门项目“全国矿业权统计分析”资助(编号: 121101000000180044)

第一作者简介: 张必欣(1995—), 男, 汉族, 河南林州人, 助理研究员, 主要从事矿产资源统计及形势分析研究工作, E-mail: bxzhang@infomail.mnr.gov.cn。

通讯作者简介: 李政(1982—), 男, 汉族, 山西大同人, 研究员, 主要从事自然资源统计、形势分析及政策研究工作, E-mail: 11055862@qq.com。

引用格式: 张必欣, 李政, 陈从喜, 等. 中国萤石资源形势分析及开发利用现状研究[J]. 中国矿业, 2025, 34(2): 306-313.

ZHANG Bixin, LI Zheng, CHEN Congxi, et al. Analysis of the situation of fluorite resources in China and research on the current status of development and utilization[J]. China Mining Magazine, 2025, 34(2): 306-313.

industries such as construction materials, fluorine chemical industry, new energy, new materials, military, medicine, and semiconductors. Against the backdrop of increasing global attention and demand for fluorite, and the increasingly prominent supply-demand contradiction, it is particularly important to conduct an in-depth study on the situation and current status of development and utilization of fluorite resources in China. By reviewing relevant statistical data since 2016, this paper analyzes changes in global and Chinese fluorite resource reserves, production and consumption, China's fluorite import and export volumes, geological exploration investments, mining rights setup, and current development status, leading to the following conclusions. Global fluorite resources are highly concentrated, with reserves primarily located in Mexico, China, South Africa, and Mongolia. China ranks second in global fluorite reserves and first in production and consumption. However, China's average reserve-to-production ratio in recent years is only 9.75 years, significantly lower than the global average, indicating a concerning situation for resource security. Since 2018, China has shifted from a net exporter to a net importer of fluorite, with nearly 90% of imports coming from Mongolia. While geological exploration investments have shown an upward trend, central government funding has decreased year by year. The number of mining rights has stabilized after a decline, with the exploration-to-mining ratio remaining low, below 0.5. The level of intensification is still insufficient, with a capacity utilization rate of less than 40%. It is recommended that more efforts should be made to increase the investment in fluorite exploration, especially the central financial funds; to promote the integration of resources, eliminate backward production capacities, improve the capacity utilization rate, and achieve intensive and large-scale development and utilization; to encourage enterprises to "go global" and make full use of foreign fluorite resources; to improve the comprehensive utilization capacity and pay attention to the development and utilization of associated fluorine resources in phosphate mines.

Keywords: fluorite; strategic mineral; resource situation; development and utilization; supply-demand structure

0 引言

萤石作为一种重要的非金属矿物资源,在氟化工领域中扮演着关键角色。它不仅是生产氢氟酸的主要原料,在制造氟化铝、氟化钠等氟化物的过程中同样不可或缺^[1]。氢氟酸作为氟化工的基础原料,广泛应用于制冷剂、塑料、橡胶、电子、医药^[2]等行业。此外,萤石在建材行业被用于生产玻璃和陶瓷,赋予产品独特的光学特性和物理特性^[3]。随着全球对清洁能源和可持续发展的日益重视,萤石在新能源领域同样扮演着关键角色。特别是在锂离子电池的生产中,萤石是制造电解液的重要原料。在半导体制造过程中,氟化物被广泛应用于清洗和蚀刻工艺,对于提高芯片的性能和稳定性至关重要^[4]。在国防工业中,萤石及其衍生物同样具有不可替代的作用。氟化物在军事领域有着广泛的应用,如制造高性能的防腐蚀涂料、提高武器装备的耐候性和隐蔽性^[5]。萤石同样能够作为火箭推进剂的成分之一,提升导弹的射程和精度,以及用于生产核反应堆中的控制棒等方面。萤石的市场前景十分广阔,发展潜力巨大。萤石资源不仅关系到高科技产业的发展 and 国家的科技竞争力,还直接影响到国防工业的安全和稳定。

萤石是宝贵且不可再生的战略性矿产资源。萤

石资源的稳定供给对保障国家高新技术产业及新质生产力发展具有不可估量的价值。为确保国家经济安全、国防安全、战略性新兴产业的持续发展,国务院于 2022 年批准并实施了《新一轮找矿突破战略行动纲要》,明确将萤石列为战略性矿产进行重点开发和保护。美国、欧盟、日本等发达国家和地区将萤石确定为关键矿产^[6-7],作为重要的战略物资进行储备。中国是全球萤石的主要生产国和消费国,对中国萤石资源形势和开发利用现状进行深入研究,不仅关乎中国萤石产业的健康发展,对于维护全球萤石市场也具有重要意义。

1 萤石资源概况

1.1 全球萤石资源高度集中

世界萤石资源分布广泛,已探明萤石储量分布在 40 多个国家,主要集中分布在墨西哥、中国、南非和蒙古国等国家^[8-9]。根据美国地质调查局(USGS)数据,自 2016 年以来,世界萤石矿资源储量呈波动增长趋势,2023 年世界萤石资源储量约 2.8 亿 t(图 1)。2023 年全球萤石储量排名前四位的国家分别为墨西哥、中国、南非、蒙古国,四国储量合计占全球储量的 75.0%。墨西哥以 6 800 万 t 的萤石储量居全球首位,占全球总储量的 24.3%;中国以 6 700 万 t 居第二

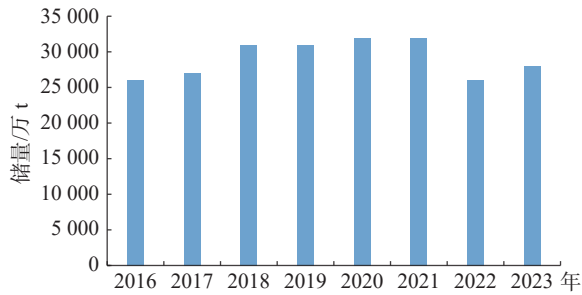


图1 2016—2023年全球萤石储量变化情况
Fig. 1 Change situation of global fluorite reserves
from 2016 to 2023

(资料来源: USGS)

位, 占比 23.9%; 南非以 4 100 万 t 居第三位, 占比 14.6%; 蒙古国以 3 400 万 t 居第四位, 占比 12.1%。日本、韩国、印度、欧盟和美国等国家和地区萤石资源相对匮乏, 呈现出结构性的稀缺状况。

1.2 中国萤石资源分布格局正在发生变化

萤石是中国的优势矿种, 根据自然资源部数据, 2023 年中国萤石查明资源储量 (CaF₂) 约 1.07 亿 t^[10]。中国萤石矿床分布广泛, 内蒙古、浙江、福建、江西和湖南五省 (区) 作为多年来的优势萤石储备地, 资源储量占全国 70% 以上 (表 1)。大中型萤石矿床集中分布于东部沿海、华中和内蒙古中东部, 由于过度开采, 已发现的高品位萤石资源已近枯竭^[4]。近年来, 新疆、内蒙古地区相继发现 10 余处萤石矿床, 新疆阿尔金卡尔恰尔一带不断取得萤石找矿重大突破, 先后发现了卡尔恰尔、小白河沟、库木塔什、拉依旦

表 1 2021—2023 年中国萤石储量分布情况
Table 1 Distribution of fluorite reserves in China
from 2021 to 2023

| 省份 | 单位: 万t | | |
|-----|----------|----------|-----------|
| | 2021年 | 2022年 | 2023年 |
| 江西 | 2 018.07 | 2 094.94 | NA |
| 内蒙古 | 87.76 | 1 565.85 | NA |
| 浙江 | 1 048.67 | 1 025.45 | NA |
| 湖南 | 866.35 | 781.69 | NA |
| 福建 | 564.66 | 613.91 | NA |
| 河南 | 255.44 | 476.39 | NA |
| 四川 | 308.33 | 308.33 | NA |
| 安徽 | 232.95 | 191.47 | NA |
| 河北 | 168.35 | 168.37 | NA |
| 青海 | 158.32 | 158.32 | NA |
| 广东 | 103.64 | 155.25 | NA |
| 甘肃 | 98.57 | 142.13 | NA |
| 云南 | 99.19 | 44.67 | NA |
| 全国 | 6 230.00 | 8 020.21 | 10 690.01 |

资料来源: 全国矿产资源储量统计表。注: NA 为未公布数据。

北、盖吉克、皮亚孜达坂等多处大中型规模以上矿床, 形成一条超大型萤石成矿带, 其中, 卡尔恰尔萤石矿的矿物量 (CaF₂) 达到 2 249 万 t, 为超大型规模^[11]。新疆逐渐成为西部最重要的萤石矿产资源基地, 有望改变我国萤石矿产资源的分布和供需格局。需要注意的是, 虽然我国的萤石资源储量全球排名第二, 但我国萤石储采比严重低于国际平均水平, 根据美国地质调查局 (USGS) 公布的储量及产量数据计算, 2016—2023 年, 我国萤石储采比平均仅有 9.75 a, 远低于南非 (平均 144.96 a)、墨西哥 (平均 57.54 a)、蒙古国 (平均 53.78 a) 等萤石资源丰富的国家。

2 萤石供需情况

2.1 全球产量波动增长

世界萤石产量相对集中, 目前, 全球萤石的主要生产国包括中国、墨西哥、蒙古国和南非。2023 年, 全球萤石产量共 880 万 t, 上述四个国家的萤石产量占全球总产量的 92.3%。其中, 中国萤石产量达到 570 万 t, 占全球总产量的 65.4%, 居全球第一位 (图 2); 墨西哥萤石产量 100 万 t, 占全球总产量的 11.5%, 居第二位; 蒙古国产量 93 万 t, 占比 10.7%, 居第三位; 南非产量 41 万 t, 占比 4.7%, 居第四位。2016 年以来, 全球萤石矿年产量在 593 万~880 万 t 之间波动, 中国的萤石矿产量在 350 万~570 万 t 之间 (图 3), 中国萤石产量增长趋势与世界萤石产量趋势一致, 平均占全球萤石产量的 63.7%, 是世界萤石产量增长的主要来源。

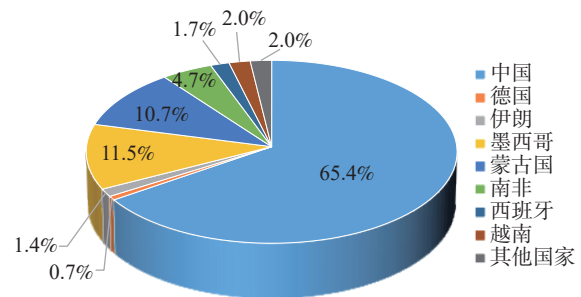


图2 2023年全球萤石产量分布
Fig. 2 Distribution of global fluorite production in 2023
(资料来源: USGS)

2.2 国内萤石由供过于求转向供不应求

近年来, 国内萤石矿产量总体呈增长趋势 (图 4)。2016—2023 年, 国内萤石矿产量稳步增长, 年均增速 11.7%。2023 年, 国内萤石产量主要来源于湖南、浙江、福建、江西、内蒙古五省 (区), 共占全国总产量的 87.0%。

随着我国萤石相关政策不断调整, 行业门槛不断提高, 国内萤石矿产量逐渐向大型矿山转移, 萤石

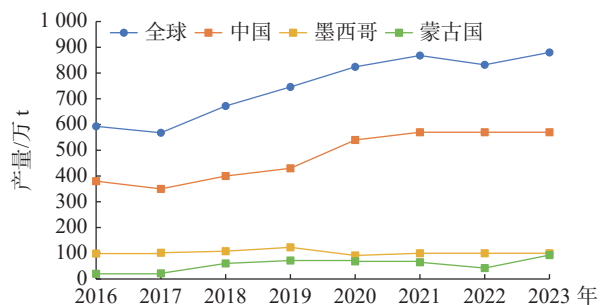


图3 2016—2023年全球及主要生产国萤石产量

Fig. 3 Global and major producing countries' fluorite production from 2016 to 2023

(资料来源: USGS)

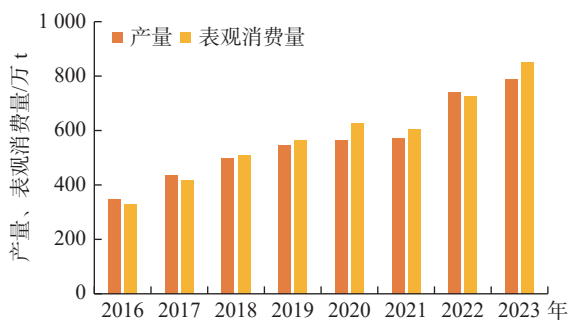


图4 2016—2023年中国萤石产量及表观消费量

Fig. 4 Production and apparent consumption of fluorite in China from 2016 to 2023

(资料来源: 中国自然资源统计年鉴, 联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade Database))

产业集聚化程度逐渐提升。国内萤石矿石产量逐渐由中小型矿山主导, 转变为大型矿山主导。2023年, 全国大型萤石矿山产量482.2万t, 同比增长18.6%; 中型矿山产量165.1万t, 同比增长0.9%; 小型矿山产量142.2万t, 同比减少17.1%。国内大型萤石矿山产量占比不断提升, 2021年首次突破50%, 2023年提升至61.1%, 为历史新高。表明随着我国萤石矿业政策的调整, 矿业秩序治理整顿的成效不断显现, 矿产资源开发集约化程度显著提高。

我国是全球最大的萤石消费国, 除了在冶金、水泥、玻璃等传统工业领域的刚性需求外, 随着氟化工及新能源新材料领域需求逐渐拓展, 萤石需求量不断提高^[12-13], 2018年之后国内产量已不能满足国内萤石消费需求, 需要从国际市场获取资源满足国内消费, 由净出口国转为净进口国; 2023年我国表观消费量达到846.5万t, 供需缺口进一步加大(图4)。从国内相关政策来看, 2018年开始淘汰落后产能; 2019年发布《萤石行业规范条件(征求意见稿)》, 要求新建项目产能不低于5万t/a。我国优质萤石矿超挖超采资源损耗严重, 短期内产量难以大幅提升。从发展

需求看, 为了维护传统工业需要和支撑氟化工及新能源产业发展, 我国继续扩大萤石进口规模将是必然趋势。

2.3 中国萤石进口波动增长

2016—2023年, 全球萤石贸易量始终在400万t左右波动。2023年, 世界萤石总进口量为235.9万t, 主要进口国为中国、美国、印度、意大利、土耳其等国家, 五国合计进口量185.1万t, 占全球萤石总进口量的78.5%。主要出口国家为蒙古国、中国、南非、意大利和墨西哥, 五国合计出口量193.6万t, 占全球出口量的82.9%。蒙古国作为2023年最大的出口国, 共出口100万t左右, 主要出口冶金级萤石矿, 其中90%销往中国。

2023年, 中国出口萤石矿37.8万t, 冶金级萤石矿与酸级萤石矿出口比例为1.05:1。冶金级萤石矿主要销往印度尼西亚、日本、荷兰、韩国, 酸级萤石矿主要销往印度、美国、荷兰、日本。2018年以前, 中国属于萤石矿净出口国, 是全球最主要的萤石及氟化工原料供应国, 但出口量逐年减少, 进口量逐年增多。2018年是中国由萤石矿净出口国转为净进口国的重要转折点。2018—2023年间, 除2022年, 中国均为萤石净进口状态(图5)。随着国内对新能源新材料等高端产品需求激增, 相应国内产量及进口量双升, 至2020年, 叠加全球新冠疫情的影响, 国内大面积停工, 萤石出口量进一步减少至历史最低17.58万t。2022年, 受国内外矿山事故推动, 墨西哥和加拿大的主要矿山停产, 加上全球疫情的冲击, 海外萤石供给骤减, 美国、意大利、荷兰向中国采购大批萤石矿, 中国出口量同比增长125%。进入2023年, 随着氟化工和冶金行业的热度回暖及新能源领域市场规模扩大, 如锂电池、光伏等领域对萤石的需求不断增长, 进口量大幅增加。2023年中国萤石产品进口量首次突破100万t。蒙古国是中国最重要的萤石进口国。

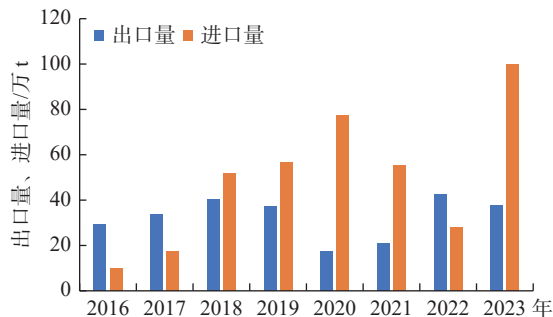


图5 2016—2023年中国萤石进出口量

Fig. 5 Import and export volume of fluorite in China from 2016 to 2023

(资料来源: 联合国商品贸易统计数据库 (UN Comtrade Database))

中国长期以来从蒙古国进口大量的冶金级萤石,进口量占总量的85%以上。自2018年起,中国还增加了从尼日利亚、南非、越南、泰国、墨西哥等国家的进口^[14-15],但上述国家进口量总和从未超过总进口量的6%。

3 中国萤石矿产资源勘查及矿业权设置情况

3.1 国内萤石勘查投入呈上升趋势

20世纪70年代中期至80年代末,随着国家对矿产资源需求的增加,萤石资源的勘查工作得到了进一步的加强,取得了显著成效^[16-17]。近年来,中国萤石勘查总投入呈现波动下降后上涨的趋势(图6),但中央财政投入不断减少。2023年,萤石勘查总投入为历史最高点2.31亿元,且完全为地方财政及企事业单位资金。主要原因是全球新冠疫情结束,各国经济开始复苏,氟化工、新能源、化工等下游需求集中爆发^[18],各国萤石矿产资源需求量不断提升。但值得注意的是,中央财政资金投入是重要的风向标,是引导和促进商业性矿产勘查投资的重要因素,而在我国萤石勘查投入资金结构中,中央财政资金占比从未超过总投入的10%,且2019年后持续下降,2023年甚至为0,这对我国萤石找矿工作及地质勘查行业高质量发展均会造成不利影响。

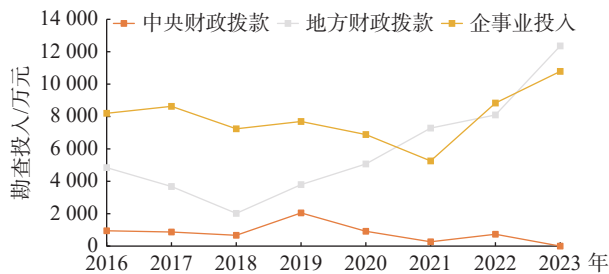


图6 2016—2023年中国萤石地质勘查经费投入

Fig. 6 Investment of geological exploration funds of fluorite in China from 2016 to 2023

(资料来源:中国自然资源统计年鉴)

3.2 我国萤石矿业权探采比偏低

近年来,中国萤石矿业权数量呈现先下降后缓慢增长的变化趋势(图7)。萤石采矿权数量的大幅下降体现了2016年来我国对萤石行业一系列政策的影响,淘汰了大量的落后产能及不合规的小矿,在一定程度上反映了矿产资源开发利用的规模化和集约化,探矿权与采矿权的比例从2016年的0.39波动上涨至2023年的0.48。但矿业权探采比仍不足1也反映出我国未来萤石资源保障程度存在一定风险。萤石探矿权是我国萤石资源储量增长的潜力所在,探矿权作为资源储备的基本保障,未来应加大萤石找矿力度,以保障中国萤石资源供给能力。

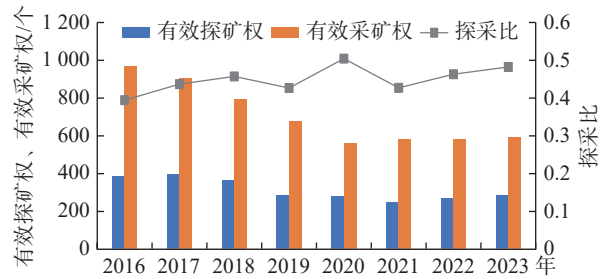


图7 2016—2023年中国萤石探矿权、采矿权及探采比

Fig. 7 Exploration rights, mining rights, and exploration mining ratio of fluorite in China from 2016 to 2023

(资料来源:中国自然资源统计年鉴)

4 中国萤石矿产资源开发利用现状

4.1 中国萤石大型矿山数量增长但占比仍然偏低

2023年,全国共有持证萤石矿山817个,与2022年基本持平。其中,大型矿山企业54个,同比增长28.6%;中型矿山116个,增长8.4%;小型矿山647个,减少3.0%。在产矿山主要集中在内蒙古、江西、河北、浙江、河南五省(区),合计矿山数占全国总数的74.9%。萤石矿山以小型为主,近年来随着国家矿业秩序治理整顿的不断深入,行业进入门槛不断提高,加之国家对生态环境保护、矿山安全生产、绿色矿山建设,以及划定生态红线等要求日趋严格,矿山数量持续下降,特别是小型矿山数量持续减少,年均降幅9.5%,行业集约化程度逐渐提高。2023年,萤石中小型矿山数量占比仍达93.4%(表2),虽然大型矿山数量较2016年增长217.6%,达到历史最高54个,但仅占总数的6.6%。主要分布在东部沿海地区、华中地区的湖南、湖北、河南三省和内蒙古中东部。

表2 2016—2023年中国萤石矿山数量

Table 2 Number of fluorite mines in China from 2016 to 2023

| 年份 | 类型 | 大型矿山 | 中型矿山 | 小型矿山 |
|------|------------|---------|-----------|------------|
| 2016 | 数量/个(占比/%) | 17(1.5) | 42(3.6) | 1106(94.9) |
| 2017 | 数量/个(占比/%) | 19(1.8) | 39(3.8) | 981(94.4) |
| 2018 | 数量/个(占比/%) | 16(1.7) | 41(4.4) | 881(93.9) |
| 2019 | 数量/个(占比/%) | 17(1.9) | 41(4.5) | 847(93.6) |
| 2020 | 数量/个(占比/%) | 27(3.1) | 65(7.5) | 774(89.4) |
| 2021 | 数量/个(占比/%) | 28(3.3) | 85(10.2) | 725(86.5) |
| 2022 | 数量/个(占比/%) | 42(5.1) | 107(13.2) | 667(81.7) |
| 2023 | 数量/个(占比/%) | 54(6.6) | 116(14.2) | 647(79.2) |

资料来源:中国自然资源统计年鉴。

4.2 大型矿山产能增长明显,国内矿山产能利用率偏低

2023年,中国萤石矿山设计采矿能力为3270.3万t/a。其中,大型矿山设计采矿能力1424.4万t/a,

同比增长20.5%,占比43.6%,为历年来最高点;中型矿山设计采矿能力721.1万t/a,同比增长9.4%,占比22.1%;小型矿山设计采矿能力1124.8万t/a,减少2.5%,占比34.4%(图8)。与2016年相比,大型矿山设计采矿能力增长了307.0%,占比提高28.8个百分点;中型矿山增长168.5%,占比提高10.7个百分点;小型矿山减少35.7%,占比下降39.5个百分点。长期以来,中国萤石矿山产能格局一直以小型矿山为主导,平均产能占产能总量的65%。随着政策驱动,小型矿山产能处于逐年下降态势,2021年小型矿山产能占比首次下降至50%。通过计算萤石产能利用率(产能利用率=实际矿石产量/设计采矿能力),可以发现,近年来中国萤石矿山的产能利用率呈震荡上升态势,但仍旧偏低,除2021年利用率超40%外,其余年份利用率均在20%左右。大型矿山年均利用率最高为54.1%,中型矿山30.0%,小型矿山利用率最低仅有14.4%。中国萤石矿山还未实现产能的充分利用,小型矿山产能大量冗余无法达产。

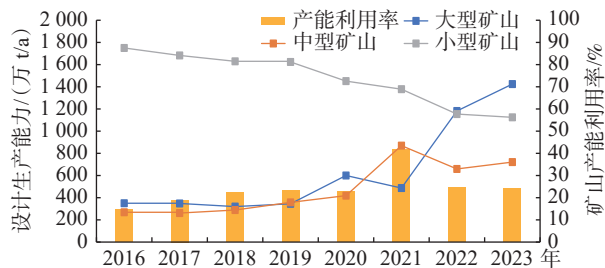


图8 2016—2023年中国不同规模萤石矿山设计采矿能力及产能利用率

Fig. 8 Design mining capacity and capacity utilization rate of fluorite mines of different scales in China from 2016 to 2023

(资料来源:中国自然资源统计年鉴)

5 结论及建议

5.1 应进一步加强萤石勘查投入及矿业权投放力度

萤石作为一种具有重大战略意义的资源,其重要性随着科技发展与日俱增。未来需加强国内萤石资源找矿、勘查投入力度,增加萤石资源后备储量,保障中国经济发展对萤石资源的战略需求。长期以来,萤石矿山企业对浅部、高品位的易采萤石资源超采滥用,导致中国萤石资源储备优势逐渐丧失^[19],目前萤石储采比仅9.75 a,且远低于世界平均水平,资源保障程度逐年下降。提高萤石资源的自给率是保障中国萤石资源稳定供给的重中之重。应加强重点区域地质勘查工作,进一步摸清和掌握萤石资源家底。在国家层面,中央财政地勘投入资金连年减少不利于引领国内其他资金对萤石找矿行动的投入,应加大中央财政资金投入并通过相关政策引导社会资

本对重点区域开展更深入的地质勘查工作;同时,对已有的采矿权,在扎实落实安全生产的情况下,引导矿业权人合理规划设计产能。此外,加大萤石探矿权投放力度,合理引入国外勘查企业^[20],利用国外先进的技术经验,合作共赢,为萤石勘查工作注入新活力。

5.2 推动萤石矿山企业整合,实现集约化规模化开发利用

中国萤石矿长期以来以小型矿山居多,矿区分布相对分散,产能利用率偏低。大量小型矿山“小、散、乱”无序开采,产能冗余,安全问题频发,影响萤石资源供给稳定。因此,建议持续推动萤石矿山集约化、规模化水平^[12,18],淘汰规模小、技术落后、安全环保不合格的萤石企业,支持其与管理、资金、技术、环保、安全等优势的大型矿山整合重组,集约发展,提高资源及产能利用率。参照稀土行业,形成一批由国资或优质大型民营萤石矿山企业领导的矿山联合体,使资源向优势企业集中,规模化生产,提高竞争能力。利用大型矿山的技术和管理优势,推动萤石矿山优化升级,合理规划并开发国内萤石资源,为中国萤石资源可持续发展提供保障。

5.3 从宏观层面统筹规划,合理、有序、可持续地开发萤石资源

确保关键矿产资源的生产能力和供应能力是国家经济发展和战略布局中的核心问题^[21-22],应统筹推动萤石资源及产业发展的规划和管理。明确萤石行业战略规划目标及资源保障供给举措^[15],适度加大探矿权投放力度,对新立萤石采矿权严格审核,明确萤石矿山安全生产标准,提高萤石矿山准入门槛。政府层面应与重要生产企业共同商讨,合理控制每年萤石生产总量,引导萤石产业规范及科学开发。同时布局海外萤石资源,加强政策引导,鼓励具有相应能力的企业出海,重点关注“一带一路”沿线国家,如蒙古国、哈萨克斯坦、越南、缅甸、墨西哥等萤石资源丰富的国家^[23]。通过在海外建立萤石资源勘查开发基地,切实保障中国萤石资源的可持续供给。

5.4 提高伴生萤石矿的综合利用水平,重视磷矿中的伴生氟资源。

加大对共伴生、低品位萤石资源的综合利用水平,减少资源浪费,鼓励企业采用新技术、新工艺,提高资源回收率,加强设备和药剂研发,提高综合回收率,确保潜在资源的有效利用,通过萤石伴生资源提高供应量,减轻单一萤石的供应压力。在此基础上,强化对磷矿中伴生氟资源的利用^[24-25],开展科研攻关,优化提取工艺,将磷矿的开发与氟资源利用有效结

合,拓宽资源供给渠道,使磷矿伴生氟资源成为萤石资源的有力补充,为中国氟化工产业提供稳定原料保障。

参考文献(References):

- [1] CHANG S, LI M, GAO K, et al. Mechanism of phthalic acid collector in flotation separation of fluorite and rare earth[J]. *Journal of Rare Earths*, 2022, 40(1): 118-126.
- [2] COLLIN J H, ZHAN X, CHRISTOPHER M W, et al. The effect of transmit B₁ inhomogeneity on hyperpolarized [1-¹³C]-pyruvate metabolic MR imaging biomarkers[J]. *Medical Physics*, 2021, 48(9): 4900-4908.
- [3] 李敬,高永璋,张浩. 中国萤石资源现状及可持续发展对策[J]. *中国矿业*, 2017, 26(10): 7-14.
LI Jing, GAO Yongzhang, ZHANG Hao. Fluorite resource status and its sustainable development countermeasures in China[J]. *China Mining Magazine*, 2017, 26(10): 7-14.
- [4] 张丹仙,亢建华,黄红军,等. 萤石资源开发利用现状与战略意义[J]. *过程工程学报*, 2023, 23(1): 1-14.
ZHANG Danxian, KANG Jianhua, HUANG Hongjun, et al. Exploitation and utilization of fluorite and its strategic significance[J]. *The Chinese Journal of Process Engineering*, 2023, 23(1): 1-14.
- [5] 房亚楠,秦立光,赵文杰,等. 氟碳涂料在防腐领域的研发现状和发展趋势[J]. *中国腐蚀与防护学报*, 2016, 36(2): 97-106.
FANG Yanan, QIN Liguang, ZHAO Wenjie, et al. Research progress and development trend on corrosion resistant fluorocarbon paint[J]. *Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection*, 2016, 36(2): 97-106.
- [6] 陈从喜,崔荣国,李政,等. 高技术矿产的内涵、分类及应用前景[J]. *国土资源情报*, 2020(10): 5-11.
CHEN Congxi, CUI Rongguo, LI Zheng, et al. Research progress, definition, classification, and application prospect of high-tech minerals[J]. *Natural Resources Information*, 2020(10): 5-11.
- [7] 兰振宇,谢国林,刘泽群. 战略性矿产资源安全评价方法研究分析[J]. *中国矿业*, 2024, 33(S1): 16-20.
LAN Zhenyu, XIE Guolin, LIU Zequn. Analysis of safety assessment and supply risk of strategic mineral resources[J]. *China Mining Magazine*, 2024, 33(S1): 16-20.
- [8] 王文利,白志民. 中国萤石资源及产业发展现状[J]. *金属矿山*, 2014(3): 19-22.
WANG Wenli, BAI Zhimin. Fluorite resources in china and its industrial development status[J]. *Metal Mine*, 2014(3): 19-22.
- [9] 钟江春. 我国萤石资源利用概况及其发展趋势[J]. *化学工业*, 2011, 29(12): 11-15, 20.
ZHONG Jiangchun. Utilization and development of fluorite resources in China[J]. *Chemical Industry*, 2011, 29(12): 11-15, 20.
- [10] 中华人民共和国自然资源部. 中国矿产资源报告 2023[M]. 北京:地质出版社, 2023.
- [11] 陈康,高永宝,刘明,等. 阿尔金卡卡尔哈尔地区超大型萤石成矿带地质特征与流体性质[J]. *地质论评*, 2024, 70(S1): 157-158.
CHEN Kang, GAO Yongbao, LIU Ming, et al. Geological characteristics and fluid properties of super large fluorite metallogenic belt in Kaerqiaer region of the Altyn-Tagh Orogen[J]. *Geological Review*, 2024, 70(S1): 157-158.
- [12] 戴开明,车长波,王福良. 萤石资源勘查开发利用管理的建议[J]. *中国矿业*, 2021, 30(9): 32-35.
DAI Kaiming, CHE Changbo, WANG Fuliang. Suggestions on exploration, development and utilization management of fluorite resources[J]. *China Mining Magazine*, 2021, 30(9): 32-35.
- [13] 李敬,张寿庭,商朋强,等. 萤石资源现状及战略性价值分析[J]. *矿产保护与利用*, 2019, 39(6): 62-68.
LI Jing, ZHANG Shouting, SHANG Pengqiang, et al. Present situation and analysis of strategic value of fluorite resource[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2019, 39(6): 62-68.
- [14] 徐鼎,吕晶,刘倩,等. 中国萤石资源进出口贸易现状特征分析及建议[J]. *现代矿业*, 2019, 35(10): 12-15.
XU Ding, LYU Jing, LIU Qian, et al. Analysis of the current situation and characteristics of China's fluorite resource import and export trade and suggestions[J]. *Modern Mining*, 2019, 35(10): 12-15.
- [15] 刘秋颖. 中国萤石资源供需形势分析及对策建议[J]. *矿产勘查*, 2023, 14(10): 1798-1804.
LIU Qiuying. Analysis of supply-demand situation of fluorite resources in China and suggestions[J]. *Mineral Exploration*, 2023, 14(10): 1798-1804.
- [16] 张福良,郭小兵. 我国萤石资源形势分析及管理对策建议[J]. *现代矿业*, 2017, 33(12): 8-9,14.
ZHANG Fuliang, GUO Xiaobing. Analysis of the situation of fluorite resources in China and suggestions for management countermeasures[J]. *Modern Mining*, 2017, 33(12): 8-9,14.
- [17] 湛景震,高志勇,范才兵,等. 我国萤石资源利用现状和战略规划分析[J]. *矿业研究与开发*, 2024, 44(5): 251-259.
ZHAN Jingzhen, GAO Zhiyong, FAN Caibing, et al. Analysis of the current utilization status and strategic planning of fluorite resources in China[J]. *Mining Research and Development*, 2024, 44(5): 251-259.
- [18] 高永璋. 基于我国战略性矿产萤石及磷矿的氟资源供应形势研究及建议[J]. *中国矿业*, 2024, 33(10): 44-53.
GAO Yongzhang. Research and suggestions on the supply situation of fluorine resources based on China's strategic mineral resources of fluorite and phosphate rock[J]. *China Mining Magazine*, 2024, 33(10): 44-53.
- [19] 陈军元,刘艳飞,颜玲亚,等. 石墨、萤石等战略非金属矿产发展趋势研究[J]. *地球学报*, 2021, 42(2): 287-296.
CHEN Junyuan, LIU Yanfei, YAN Lingya, et al. Research on development trend of strategic nonmetallic minerals such as graphite and fluorite[J]. *Acta Geoscientia Sinica*, 2021, 42(2): 287-296.
- [20] 牛丽贤,张寿庭. 中国萤石产业发展战略思考[J]. *中国矿业*, 2010, 19(8): 21-25.
NIU Lixian, ZHANG Shouting. Reviews on strategy of China fluorite industry development[J]. *China Mining Magazine*, 2010, 19(8): 21-25.
- [21] 李政,吴琪,张必欣,等. 中国钼矿开发利用现状及资源形势分析[J]. *科技导报*, 2024, 42(5): 47-52.
LI Zheng, WU Qi, ZHANG Bixin, et al. On the current situation and resource situation of molybdenum mining development and utilization

- tion in China[J]. *Science & Technology Review*, 2024, 42(5): 47-52.
- [22] 吴初国, 王楠, 苏宇, 等. 基于安全、市场、民生视角的我国自然资源经济形势分析[J]. *中国矿业*, 2024, 33(7): 9-15.
WU Chuguo, WANG Nan, SU Yu, et al. Analysis of natural resources economic situation in China from the perspectives of security, market, and people's livelihood[J]. *China Mining Magazine*, 2024, 33(7): 9-15.
- [23] 王自国, 朱培元. 中央企业萤石矿战略布局思考[J]. *中国矿业*, 2020, 29(6): 8-11, 20.
WANG Ziguo, ZHU Peiyuan. Strategic layout of fluorite mine in state-owned enterprises[J]. *China Mining Magazine*, 2020, 29(6): 8-11, 20.
- [24] 李育彪, 杨旭. 我国萤石资源及选矿技术进展[J]. *矿产保护与利用*, 2022, 42(2): 49-58.
LI Yubiao, YANG Xu. Overview of fluorite resources and processing technology in China[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2022, 42(2): 49-58.
- [25] 李丽匣, 刘廷, 袁致涛, 等. 我国萤石矿选矿技术进展[J]. *矿产保护与利用*, 2015, 35(6): 46-53.
LI Lixia, LIU Ting, YUAN Zhitao, et al. The development in beneficiation of fluorite in China[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resource*, 2015, 35(6): 46-53.