



镍行业深度报告之产业链篇——

乘风而起，资源为王

■ **镍是重要的工业金属，近年来因新能源产业链受到全球关注。**作为工业金属，镍被广泛的应用在钢铁、机械、建筑等多个行业。近年来随着新能源产业链的发展，镍可被应用于三元电池材料，成为重要的能源金属，引发全球关注。从需求结构上来看，当前下游需求中不锈钢仍是最大的消费领域。电池贡献主要增量，电池用镍增速远高于整体需求增速。

■ **镍资源集中在东南亚和大洋洲，印尼主导全球镍矿产量变化。**全球镍资源主要以陆地硫化物型和红土型为主，其中硫化物型资源，即硫化镍矿主要分布在加拿大、俄罗斯、中国、澳大利亚等地区；红土型资源，即红土镍矿主要分布在印尼、菲律宾等热带及亚热带地区。从储量来看，全球镍矿储量集中在印尼、澳大利亚、巴西、俄罗斯、菲律宾五国。从产量来看，印尼、菲律宾、俄罗斯是主要的生产国家，其中印尼主导全球镍矿，菲律宾是重要的产量补充，澳大利亚和巴西虽然储量较大，但实际产量释放较少。

■ **资源决定冶炼技术选择和冶炼产品。**由于红土镍矿和硫化镍矿的品位和伴生矿物有所不同，其冶炼的技术也有所差异，生产的产品也有所不同。其中硫化镍矿主要使用火法冶炼，直接产品为高冰镍，并进一步生产成精炼镍（电解镍）。红土镍矿根据镍和杂质含量的不同，使用的冶炼方法也有所差异。其中镍品位在 1.5% 以上的矿石主要使用火法，包括 RKEF 和富氧侧吹，直接产品为镍铁。青山打通“镍铁-高冰镍”路线后，火法也可进一步生产硫酸镍；镍品位在 1.5% 以下的矿石主要使用湿法，包括 HPAL 等，直接产品为镍中间品 MHP 或 MSP，并进一步生成硫酸镍或电解镍。

■ **终端产品市场集中度高，镍铁产量占比最大，原材料决定冶炼成本。**终端产品包括精炼镍、镍铁、硫酸镍三大类，其中镍铁产量占比最大。替代效应下精炼镍产量逐年下滑，而随着不锈钢和电池行业发展，镍铁和硫酸镍产量逐年上升。分产品来看，精炼镍用途广泛，市场集中度高，资源禀赋决定成本优势。镍铁主要用于不锈钢生产，可分为 FeNi 和 NPI。其中 NPI 是寡头竞争市场，印尼政策影响下全球 NPI 生产中心由中国转为印尼，但中国企业仍然主导全球 NPI 生产。相较于 NPI，FeNi 产能较少，但集中度仍然较高。冶炼技术和资源禀赋决定了镍铁的生产成本。硫酸镍主要用于生产三元锂电池，市场集中度高，中国主导全球硫酸镍生产，全球生产模式为“海外原料+中国加工”。原材料主导生产成本，当前三条路径下 MHP 具备一定的成本优势。

■ **风险提示。**需关注印尼地缘政治风险、技术复杂性风险、定价机制变更的风险、需求不及预期的风险、供给不及预期的风险等。（本部分有删减，招商银行各行部如需报告原文，请参照文末方式联系研究院）

颜琰

招商银行研究院

行业研究员

☎：0755-25310445

✉：freyayan@cmbchina.com

目录

1. 镍行业总览：重要工业金属和能源金属	1
2. 上游资源：东南亚和大洋洲储量集中，印尼主导全球镍矿产量变化	4
2.1 储量及资源对比：储量集中在东南亚和大洋洲，新喀里多尼亚和印尼红土镍矿、加拿大硫化镍矿占优	4
2.2 中国镍资源：甘肃硫化镍矿为主，储量少且品位低	7
2.3 镍矿生产：印尼主导全球镍矿供给，菲律宾产量逐年下滑	7
3. 冶炼技术：资源类型决定技术选择	11
3.1 硫化镍矿：火法应用广泛，主要产品为精炼镍	12
3.2 红土镍矿：镍矿含量差异决定火法湿法两大路线	13
3.2.1 火法冶炼：产品为镍铁，冶炼以 RKEF 为主，富氧侧吹具有工艺优势	14
3.2.2 湿法冶炼：产品为镍钴中间品，工艺以 HPAL 为主	16
4. 冶炼产品：镍铁为主，市场集中度高，原材料决定生产成本	19
4.1 精炼镍：用途广泛，但产量逐年下滑	20
4.1.1 替代效应下产量逐年下滑，主产区集中于硫化镍矿资源地	20
4.1.2 市场集中度高，国内金川集团一家独大	21
4.1.3 矿石成本为主，资源禀赋决定成本优势	23
4.2 镍铁：不锈钢原材料，产量逐年上升	23
4.2.1 不锈钢用镍需求旺盛，镍铁产量随之增长	23
4.2.2 NPI：寡头竞争市场，政策变更下生产中心转向印尼	24
4.2.3 FeNi：市场集中度高，产能相对较少	25
4.2.4 矿石成本为主，技术及资源禀赋决定生产成本	26
4.3 硫酸镍：三元电池材料，产量快速增加	26
4.3.1 三元电池材料，电池需求拉升硫酸镍产量	26
4.3.2 中国主导硫酸镍生产，市场集中度高，生产模式为“海外原料+中国加工”	28
4.3.3 原材料主导冶炼成本，近年来 MHP 生产具备优势	29
5. 风险提示	31



图目录

图 1: 镍产业链	1
图 2: 全球用镍需求结构	3
图 3: 2022 年全球主要国家镍资源储量占比	4
图 4: 红土镍矿和硫化镍矿产量占比	5
图 5: 全球主要红土镍矿资源量及品位	6
图 6: 全球主要硫化镍矿资源量及品位	6
图 7: 中国镍储量地区分布	7
图 8: 全球主要国家镍矿产量 (万吨)	8
图 9: 菲律宾镍产量呈现出明显的季节性	9
图 10: 镍冶炼主要路径	12
图 11: 硫化镍矿总体冶炼工艺	13
图 12: 红土镍矿 RKEF 冶炼方法	14
图 13: 红土镍矿富氧侧吹炉冶炼方法	15
图 14: 红土镍矿 HPAL 冶炼方法	18
图 15: 全球镍产品供给结构	20
图 16: 全球精炼镍产量分布	21
图 17: 全球精炼镍市场竞争结构	22
图 19: 全球不锈钢产量	24
图 20: 中国不锈钢产能及产量	24
图 21: 全球镍铁产量	24
图 22: 中国和印尼 NPI 产量	25
图 23: NPI 全球企业产能占比	25
图 24: FeNi 全球企业产能占比	26
图 25: 高镍化趋势显著	27
图 26: 国内三元电池装机量上升	27
图 27: 三元前驱体用硫酸镍需求提升	28
图 28: 全球硫酸镍产量	28
图 29: 国内硫酸镍市场竞争结构	29
图 30: 硫酸镍完全生产成本	30

表目录

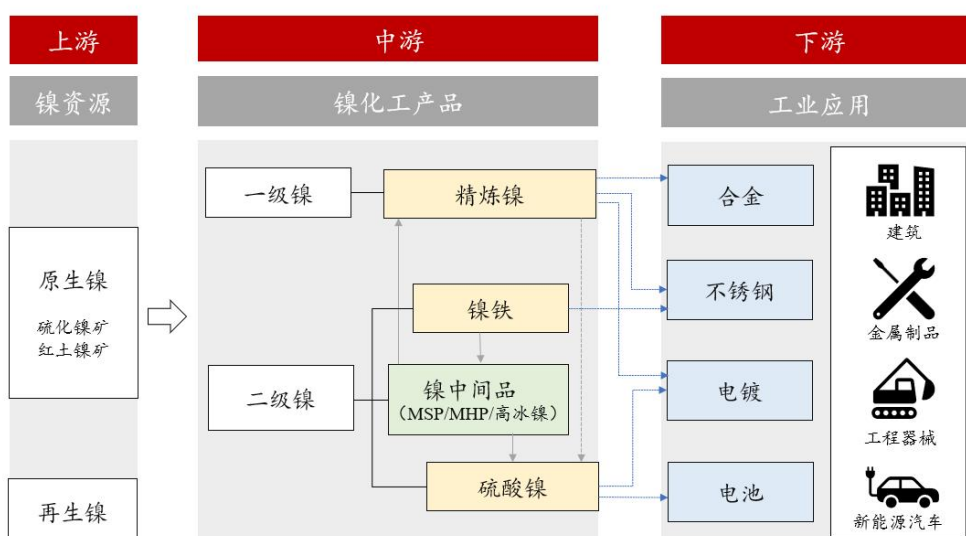
表 1 硫化镍矿与红土镍矿	2
表 2 主要矿山镍矿供给	11
表 3 主要中游冶炼产品	12



表 4 红土镍矿火法冶炼：RKEF 和富氧侧吹	16
表 5 湿法冶炼技术对比	19
表 6 多家国内企业布局电积镍产线	22
表 7 硫酸镍生产成本拆分（元/镍吨）	30

镍是重要的工业金属，被广泛的应用在钢铁、机械、建筑等多个行业。近年来随着新能源产业链的发展，镍受到全球关注，成为重要的能源金属。由于镍同时具备工业金属和能源金属的属性，加之资源、冶炼工艺、化合物产品以及上中游之间的关系与其他有色金属行业相比较为复杂，因而将镍行业报告拆分为产业篇和周期篇两篇深度报告，进行更为细致的研究。其中产业篇集中于镍产业链，拆解上游资源、中游冶炼、下游需求，并将上中下游相对应，详细分析产业链上各链条的行业结构和发展趋势；周期篇则集中于行业周期的回顾、供需平衡表的测算以及对未来价格的展望等。

图 1：镍产业链



资料来源：公开信息，招商银行研究院

1. 镍行业总览：重要工业金属和能源金属

镍（Ni）是重要的工业金属，具有特殊的物理性质和化学性质。镍是一种有光泽的近似银白色的金属，从属于过渡金属，质硬，低温时具有良好的强度和延展性，常温时在潮湿空气中表面会形成致密的氧化膜，也易与其他金属组成合金。镍在地壳中含量丰富，在自然界常见形式包括与硫和铁组成的镍黄铁矿、与硫组成的针硫镍矿、与砷组成的红砷镍矿及与砷和硫组成的镍方铅矿等。由于镍具有比较好的可塑性、耐腐蚀性和磁性等性能，被广泛用于钢铁工业、机械工业、建筑业和化学工业，常被用于不锈钢、电镀和电池等领域，是发展

战略新兴产业不可缺少的基础材料和战略资源¹。《全国矿产资源规划(2016--2020 年)》中首次将镍列为战略性矿产资源。

上游镍资源、中游冶炼、下游应用组成镍行业产业链。从上游来看，当前可开采的镍资源主要为红土镍矿和硫化镍矿。全球镍资源可分为硫化物型、红土型和海底多金属结核/结壳三种类型。海底镍资源主要存在于锰结核和结核中，但由于海底的镍资源开采难度高，均处于未开发状态，现今主要以陆地硫化物型和红土型镍资源为主。

硫化物型资源主要为硫化镍矿，主要分布在加拿大、俄罗斯、中国、澳大利亚、非洲等地区。硫化镍矿常以镍黄铁矿、紫硫镍铁矿、针镍矿等游离硫化镍形式存在，品位相对较高。红土型镍资源则主要指氧化物矿，是含镍橄榄石经过长期风化淋滤变质而形成的矿物，主要分布在印尼、菲律宾等热带及亚热带地区。由于矿床风化后铁的氧化，矿石呈红色，因而被称为红土镍矿（Laterite）。红土镍矿品位相对较低，其形成需要具备气候炎热、多余、地貌结构排水良好等条件，因而主要分布在环太平洋热带区域、亚热带区域、赤道线南北 30 度内的热带国家。红土镍矿存在于地表以下 0-40m 左右，根据矿物成分的不同，可以分为褐铁矿、过渡矿和腐泥矿三层。相较于硫化镍矿，红土镍矿虽品位偏低，但资源丰富、储量高。据美国地质调查局数据，2022 年全球镍资源储量大于 1 亿吨，其中 60%为红土镍矿，40%为硫化镍矿。

表 1 硫化镍矿与红土镍矿

	红土镍矿	硫化镍矿
品位	1%-3%	较高
主要成分	褐铁矿(Fe,Ni)O(OH), Ni 0.8%-1.5%) 过渡矿（黏土矿，Ni 1.5%-1.8%） 腐泥矿（硅镁镍矿，Ni 1.8%-3.5%）	镍黄铁矿 ((Ni,Fe) ₉ S ₈ , Ni 34.2%) 紫硫镍铁矿(Ni ₂ FeS ₄ , Ni 38.9%) 针镍矿(NiS, Ni 64.7%)
特征	矿石呈红色，与其他矿物伴生，铁镁铝等杂质含量高	成分相对简单
分布区域	环太平洋热带区域、亚热带区域、赤道线南北 30 度内的热带国家	加拿大、俄罗斯、澳大利亚、中国、南非

资料来源：公开资料，招商银行研究院

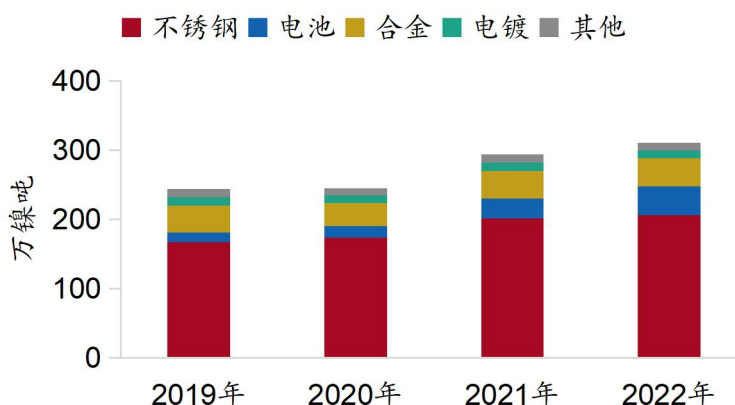
中游镍化工产品众多，按照生产原料的不同可分为原生镍和再生镍。其中原生镍的生产原料来自于镍矿，再生镍的生产原料来自于含镍废料。根据镍含量的不同，可进一步将原生镍细分为一级镍和二级镍。其中镍含量较高的原生

¹国土资源部信息中心

镍被称为一级镍，也被称为精炼镍或纯镍，其镍含量在 99.8% 以上，按工艺可分为电解镍和电积镍，按形态可分为镍板、镍粉、镍豆等。伦敦金属交易所交易的是一级镍。二级镍的镍含量相对较低，包含镍中间品、镍铁、硫酸镍等。二级镍在整个镍产业的重要性较高，其中镍铁主要用于生产不锈钢，自青山打通镍铁-高冰镍的链条后，也可作为生产硫酸镍的中间产物；硫酸镍主要用于动力电池的生产；湿法中间品如氢氧化钴镍（MHP）主要用于制作硫酸镍；火法中间品如高冰镍主要用于生产电解镍以及各种镍盐。由于镍产品相对较多，一级镍和二级镍的应用方向、中间品和终端品之间的关系，以及终端品的冶炼成本和供需情况，将在后面的章节中详细阐述。

下游应用中不锈钢是镍最大的消费领域，电池贡献主要增量。镍的下游消费领域主要集中在不锈钢、合金、电镀、电池等领域。根据 SMM 数据，2022 年全球不锈钢用镍为 206.3 万镍吨，占到用镍需求的 66.5%。除不锈钢外，电池和合金也是全球用镍的重要组成部分，2022 年占比分别为 13.4% 和 12.9%。值得注意的，电池用镍贡献了近年来需求端的主要增量。2019-2020 年，全球用镍需求稳定在 244 万镍吨左右，2020 年用镍需求同比仅增长 0.5%。2021 年全球经济修复刺激下，用镍需求出现大幅增长，用镍需求同比增长 20%，2022 年这一增速回落至 5.6%。从增速上来看，电池用镍的贡献度日益上升。2020-2022 年，全球电池用镍需求增速分别为 18.9%、75.8% 和 43.4%，远远高于整体需求增速，也远高于其他用镍行业。

图 2：全球用镍需求结构



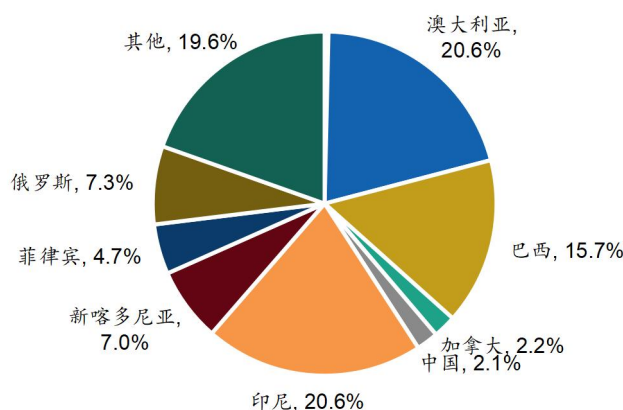
资料来源：SMM，招商银行研究院

2. 上游资源：东南亚和大洋洲储量集中，印尼主导全球镍矿产量变化

2.1 储量及资源对比：储量集中在东南亚和大洋洲，新喀里多尼亚和印尼红土镍矿、加拿大硫化镍矿占优

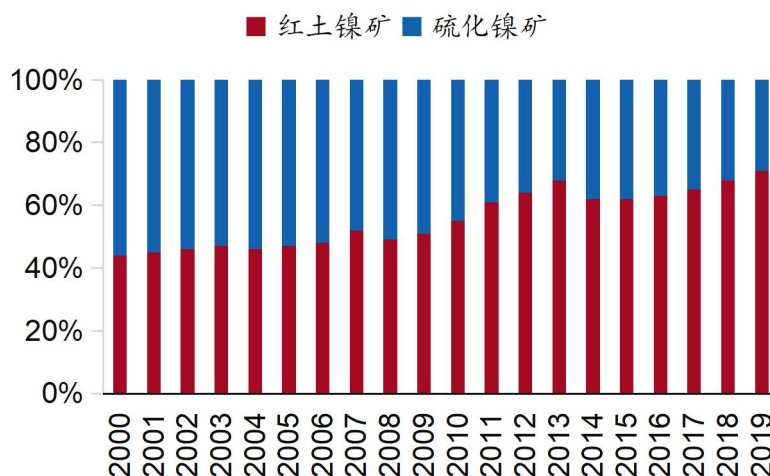
全球镍矿储量集中在东南亚和大洋洲。根据 USGS 数据，2022 年全球镍矿储量大于 1 亿吨，其中印尼和澳大利亚镍储量均为 2100 万吨，各占总储量的 20.6%；巴西镍储量为 1600 万吨，占全球的 15.7%。除此之外，俄罗斯（750 万吨，7.4%）和菲律宾（480 万吨，4.7%）也是全球镍矿资源集中的地区之一。分资源类型来看，硫化镍矿主要分布在加拿大、俄罗斯、澳大利亚等国家，红土镍矿主要分布在赤道附近的印尼、菲律宾、新喀、巴西等国。

图 3：2022 年全球主要国家镍资源储量占比



资料来源：USGS, 招商银行研究院

红土镍矿主导全球镍资源供给。2007 年以前，硫化镍矿是镍的主要资源供应，50% 以上的镍产量来自硫化镍矿。但随着全球不锈钢需求的大幅增加，硫化镍开采量加大，新发现硫化镍矿较少，导致原有硫化镍矿储量和品位逐渐降低。品位下降 40% 以上，回收率下降 15%，从而导致开采成本上升，硫化镍矿供给出现不足，红土镍矿开采随之加速。随着红土镍矿开发技术逐渐成熟，开采成本逐渐变低，加之火法冶炼的镍铁产品价格低于精炼镍（含同等镍金属量），不锈钢企业更青睐于使用红土镍矿来进行冶炼。全球红土镍矿供给占比随之上升，从 2008 年的 49% 一路上升至 2019 年的 71%，成为主导全球镍供给的资源类型。

图 4：红土镍矿和硫化镍矿产量占比


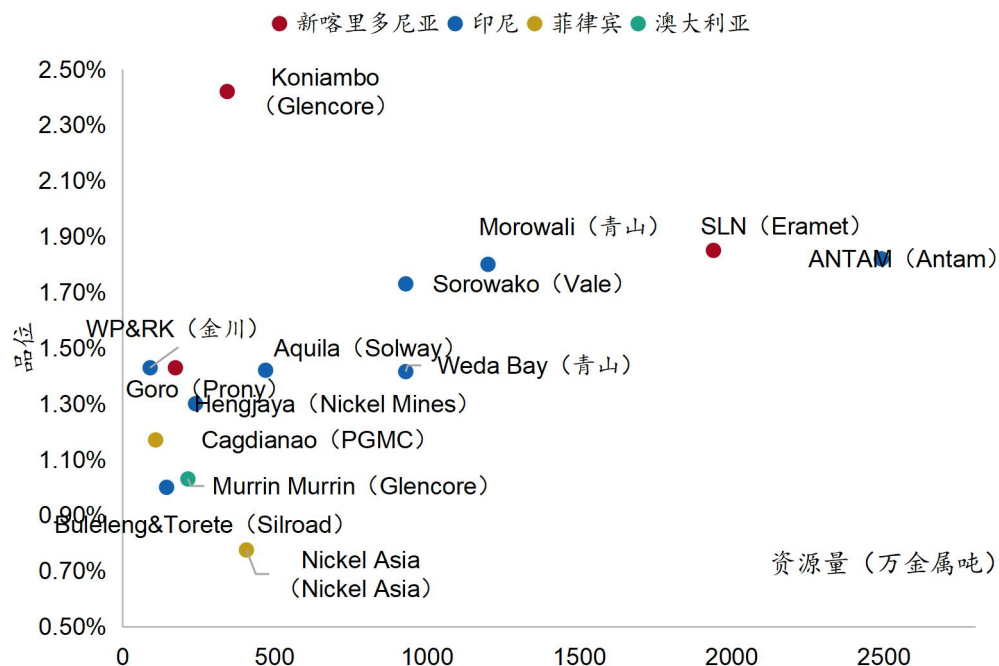
资料来源：Wood Mackenzie, 招商银行研究院

新喀里多尼亚和印尼的红土镍矿优势明显。全球当前开采中的红土镍矿品位普遍在 1%-3% 间，主要分布在印尼、菲律宾、新喀里多尼亚地区。其中印尼和新喀里多尼亚的矿山品位较高。作为全球主要的产出国，印尼在产矿山数目较多，且品位大部分在 1.4% 以上，如资源量最大的 **ANTAM** 矿山。新喀里多尼亚的镍矿分布在覆盖其主岛 1/3 面积的矿石层中，品位高、埋藏浅、易于勘探和开采，但由于主权问题，开采工作常因社会活动被迫停止，矿山开发程度有限。其代表矿山 **Koniambo** 是全球品位最高的红土镍矿，**SLN** 和 **Goro** 矿山的品位也在 1.4% 以上。相较于印尼和新喀里多尼亚，菲律宾的矿山品位相对较低，如 **Nickel Asia** 和 **Cagdianao** 矿山，品位均在 1.5% 以下。

优质硫化镍矿集中在加拿大，俄罗斯和澳大利亚资源量较大。当前优质的硫化镍矿多面临枯竭，现存的硫化镍矿均在于 20 世纪之前发现，且储量逐步下滑。目前全球硫化镍矿主要分布在加拿大等地区。从品位上来看，优质硫化镍矿主要分布在加拿大，如 **Glencore** 的两大矿山，品位均在 2% 以上。俄罗斯和澳大利亚的矿山资源量较大，但品位偏低，如资源量最大的俄罗斯 **Nornickel** 矿区，平均品位仅在 0.73% 左右；澳大利亚的 **Nickel West** 矿山，品位也仅为 0.87% 左右。我国矿山相较于海外，品位和资源量相对均较低。



图 5：全球主要红土镍矿资源量及品位



资料来源：各公司公告, 招商银行研究院

图 6：全球主要硫化镍矿资源量及品位



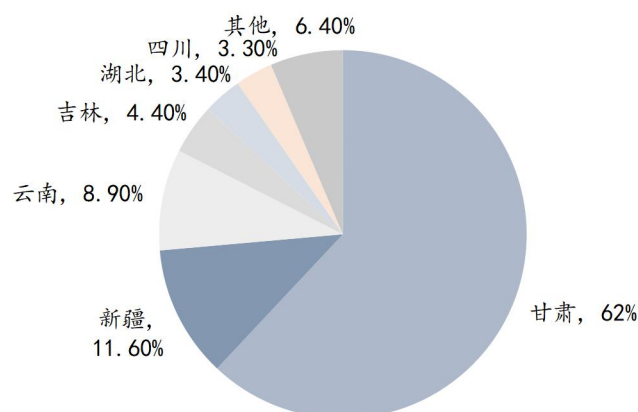
资料来源：各公司公告, 招商银行研究院

2.2 中国镍资源：甘肃硫化镍矿为主，储量少且品位低

我国镍资源较少，主要集中在甘肃省。根据自然资源部《2021 年全国矿产资源储量统计表》，我国镍矿储量为 422.04 万吨。其中甘肃省镍矿储量高达 252.54 万吨，占到全国镍矿储量的 60%。除甘肃外，青海（88.38 万吨）、云南（25.9 万吨）和新疆（22.08 万吨）也是镍矿资源主要分布的地区。根据《全国矿产资源规划 2016-2020 年》，甘肃金川和青海野马泉-夏日哈木是我国镍金属的能源资源基地，重要矿产资源重点勘查区包括吉林红旗岭—漂河川、新疆若羌北山、白鑫滩一路北和青海夏日哈木。

我国镍资源以硫化镍为主，且品位偏低。从矿山类型来看，国内镍矿资源以硫化镍为主，占全国总储量的 86%，且开采时间较长。国内具有代表性的矿山为甘肃的硫化镍矿金川矿山，其于 1959 年开发，在全球硫化镍矿山中储量居全球第二位，仅次于俄罗斯的 Nornickel 矿山。但相较于加拿大硫化镍矿来说，金川矿山的品位相对较低，约在 1% 附近。

图 7：中国镍储量地区分布



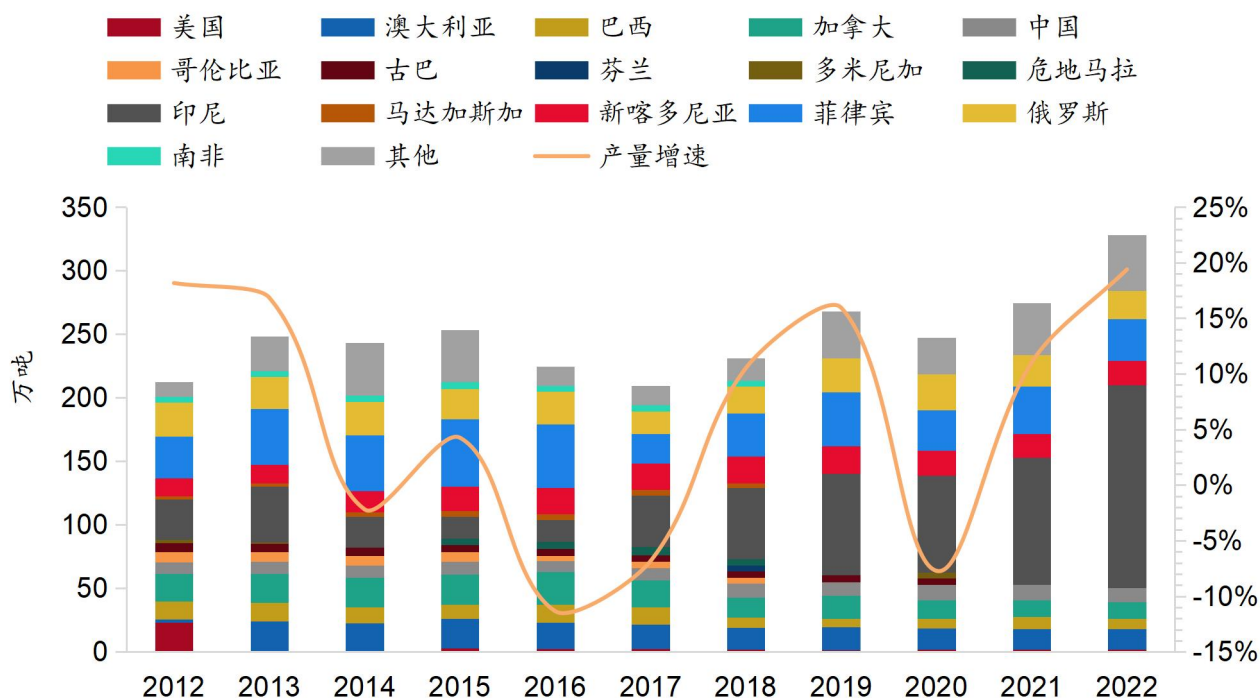
资料来源：自然资源部, 招商银行研究院

2.3 镍矿生产：印尼主导全球镍矿供给，菲律宾产量逐年下滑

镍矿产量变化较大，印尼、菲律宾和俄罗斯是主要生产国家。2022 年全球镍矿产量为 328 万吨，较 2021 年增长 19.4%。从地区分布来看，印尼、菲律宾和俄罗斯是全球镍矿产量前三国家。据 USGS 统计数据显示，2022 年印尼镍产量位居全球首位，约为 160 万吨，占全球总产量的 48.8%，其次为菲律宾（产量 33 万吨，占 10%）和俄罗斯（产量 22 万吨，占 6.7%）。



图 8：全球主要国家镍矿产量（万吨）



资料来源：USGS, 招商银行研究院

1、印尼：主导全球镍矿供给，政策驱动国内产量变化

政策驱动印尼镍矿供给变化。2014 年，印尼全面禁止未经加工的镍原矿出口，在印尼采矿企业必须在当地冶炼或精炼后才可出口，导致镍矿开采活动骤减，镍矿产量从 2013 年的 44 万吨快速下降到 2014 年的 24 万吨，降幅高达 45.4%。受到原矿出口禁令的影响，2014-2016 年，印尼镍矿产量持续稳定在 20 万吨以下。2017 年，为缓解禁矿带来的政府财政压力，印尼出口禁令有所放松。印尼政府允许低品位镍矿出口，但条件为企业需要在五年内完成配套冶炼项目建设，且 30% 的镍矿用于国内生产使用。此外，政府还宣布计划于 2022 年 1 月 12 日开始暂停品位在 1.7% 以下的矿石出口。受到政策变更影响，印尼镍矿产量快速攀升，从 2016 年的 16.8 万吨增长至 2019 年的 80 万吨，年均复合增速高达 68.2%。2019 年印尼政府再次宣布禁矿，并将原定于 2022 年实施的出口禁令提前至 2020 年 1 月实施。禁令受到主要消费地区欧盟国家的强烈反对，并向 WTO 提起诉讼。2020 年，印尼实施全面禁止镍矿出口的政策，但由于前期政策影响，大部分企业已在印尼布局冶炼项目，印尼镍矿产量影响甚微。2020 年到 2022 年，印尼镍矿产量从 76 万吨上升至 160 万吨，年均复合增速为 45%。

长远来看，印尼镍矿政策或走向“限制出口+提高关税”双路线。2022 年 11 月，印尼能源和矿产资源部长透露，印尼的政策被证明违反了世贸组织的

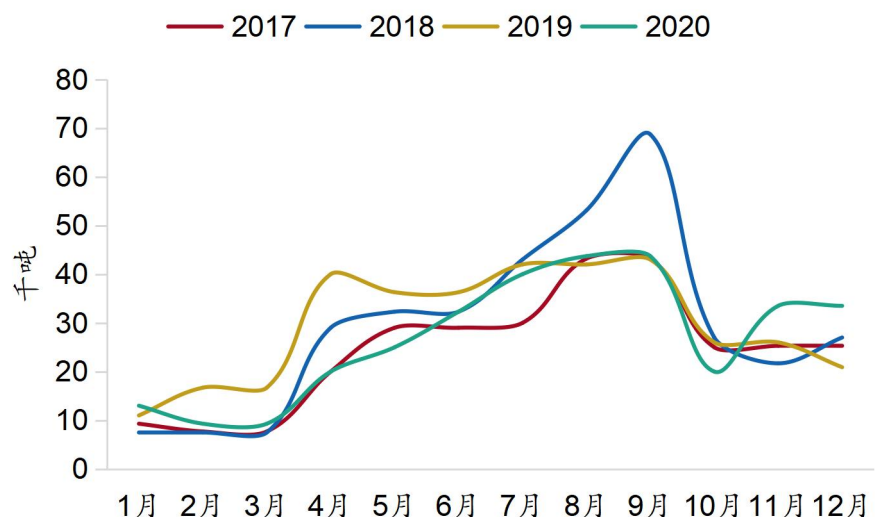
决定。但印尼政府认为仍有机会就镍出口禁令向 WTO 提出上诉，且在争端解决机构通过争端决定之前，没有必要改变或撤销被认为不合适的政策。从官方透露的消息来看，若禁令被撤销，政府或考虑有选择性的放开镍矿出口，比如说放开低品位镍矿的出口。此外，政府还可能就出口设定高额的关税。2022 年 12 月，印尼关税初步协商会议召开，拟对镍铁出口关税政策展开讨论，但就关税一事企业与政府仍未达成最终协议。

2、菲律宾：全球镍矿重要补充，产量具有显著季节性且逐年下滑

菲律宾是全球第二大镍生产国，2022 年菲律宾镍产量占到全球镍产量的 10%。印尼出口政策多变，菲律宾成为全球镍产量的重要补充国。2014 年印尼禁止镍矿出口，菲律宾的镍产量从全球第二跃升至全球第一。2014 年至 2016 年，菲律宾镍产量在全球的占比持续保持在 20% 左右，印尼产量占比则下降至 10% 以下。但 2016 年杜特尔就任菲律宾总统，其基于环保考量，计划停止一切与菲律宾矿产资源开采相关的活动，并陆续关停菲律宾镍矿。叠加之前由于大量出口，镍矿储量和品位有所下降，部分地区面临资源枯竭和矿山关闭的压力。镍产量随之下滑，从 2016 年的 50 万吨逐步下降至 2022 年的 33 万吨，年均复合增速为 -6.7%。菲律宾全球产量占比也回落至全球第二，且产量占比逐年下滑。

此外，菲律宾镍产量具有较强的季节性。每年 4 月到 9 月是菲律宾的旱季，产量逐月增加，并于 9 月份达到年内高点；10 月到次年 3 月是雨季，菲律宾在雨季期间的镍产量直线下滑，镍产量呈现出非常显著的季节分布。

图 9：菲律宾镍产量呈现出明显的季节性



资料来源：，招商银行研究院

3、澳大利亚和巴西：储量较大，但实际产量释放较少



受制于资源开采难度、矿石品位和地理环境的制约，澳大利亚和巴西镍矿产量相对较少。虽然澳大利亚和巴西的镍储量较大，但实际产量释放却相对较少。这是因为澳大利亚的镍矿主要为硫化镍矿，且品位相对较低，主要的硫化镍矿代表商 BHP 的 Nickel West 矿区的镍资源平均品位只有 0.87%。硫化镍矿埋藏深度较深，开采难度高于红土镍矿，澳大利亚偏低的硫化镍矿品位使其冶炼难度进一步增加，导致澳大利亚尽管资源储量丰富，但开发难度较大。而巴西的镍矿资源虽然以红土镍矿为主，但离镍矿的主要消费地较远，运输成本高，当地基础设施建设不健全，港口则以运输铁矿石为主且处于饱和状态，镍矿的运营成本较高。此外，南美地区具有较高的地缘政治风险，新政府上台后对矿业监管政策趋严，对外投资态度较为谨慎。考虑到两国均有较多新矿待开采，未来仍有较大增长潜力。

企业镍矿流向具有明显的区域特征。红土镍矿方面，印尼镍矿因政策和冶炼成本优势，大部分都用于企业自身冶炼镍铁等产品；菲律宾镍矿作为全球镍矿重要补充，大部分高品位原矿直接售卖给中国等国家。硫化镍矿方面，企业生产的镍精矿基本供给自身使用，生产精炼镍等产品。

表 2 主要矿山镍矿供给

企业	地区	矿山	镍矿用途	镍矿用途
ANTAM	印尼	ANTAM	外售+自用	大部分镍精矿外售，其他用作镍铁生产
Vale	印尼	Sorowako	自用	高冰镍
	加拿大	Sudbury	自用	精炼镍
		Thompson		
		Voisey' Bay		
青山	印尼	Morowali	自用	IMIP 镍铁
青山/Eramet	印尼	Weda Bay	自用	IWIP 生产
Nickel Mines	印尼	Hengjaya	自用	IMIP 镍铁
Harita	印尼	Obi	自用	供给 Obi 岛
金川	印尼	WP&RKA	自用	镍铁
Nickel Asia	菲律宾	Nickel Asia	外售+自用	腐殖矿供给中国和日本，褐铁矿自用
PGMC	菲律宾	Cadgiano	外售	矿石全部出口中国
Nornickel	俄罗斯	Kola	自用	电解镍
Eramet	新喀里多尼亚	SLN	外售+自用	部分矿石直接出口，其余生产低品位镍铁
Prony	新喀里多尼亚	Goro	外售+自用	一部分供 vale，一部分生产中间品
Glencore/SMSP	新喀里多尼亚	Koniambo	自用	镍铁
Glencore	澳大利亚	Murrin Murrin	自用	电解镍
BHP	澳大利亚	Nickel West	自用	精炼镍
Glencore	加拿大	Sudbury	自用	精炼镍
		Raglan		
金川	中国	金川镍矿	自用	电解镍

资料来源：公开材料，招商银行研究院

3. 冶炼技术：资源类型决定技术选择

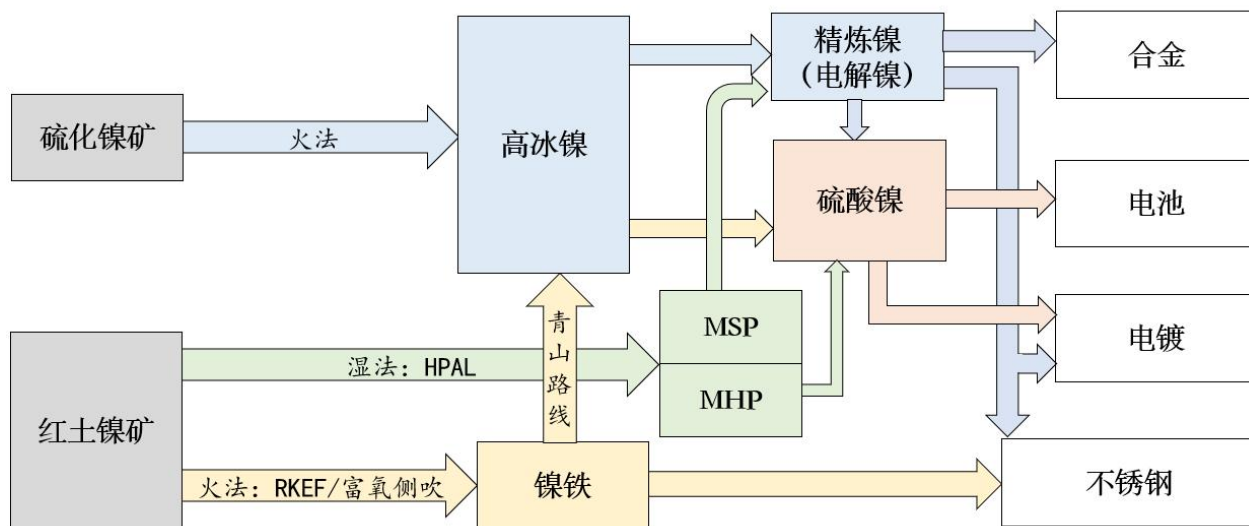
中游冶炼是指将上游镍矿通过火法冶金、湿法冶金等方法冶炼成为镍化合物，并应用到下游行业中。往年全球冶炼呈现出二元供需模式，即“镍矿-镍铁/精炼镍-不锈钢/合金”和“镍矿-硫酸镍-电池”。2021 年，青山集团成功落地“镍矿-镍铁-高冰镍-硫酸镍”的转化，使得两条模式彼此打通。由于红土镍矿和硫化镍矿的品位以及伴生矿物有所不同，其冶炼技术也有所差异，下文分硫化镍矿和红土镍矿，论述中游镍冶炼的技术路径和对应产品。

表 3 主要中游冶炼产品

	产品	镍含量	主要生产应用
中间品	氢氧化钴镍（MHP）	34%-38%	硫酸镍
	硫化钴镍（MSP）	55%	电解镍
	高冰镍（镍硫）	50%-75%	电解镍、硫酸镍
终端品	精炼镍		
	电解镍/电积镍	>99.8%	不锈钢、合金、电镀、硫酸镍等
	镍豆/镍粉/镍板等		
	镍铁（NPI/FeNi）	镍生铁（NPI）<15% 镍铁/水淬镍（FeNi）>15%	不锈钢
	硫酸镍	22%	电池、电镀等

资料来源：公开资料，招商银行研究院

图 10：镍冶炼主要路径



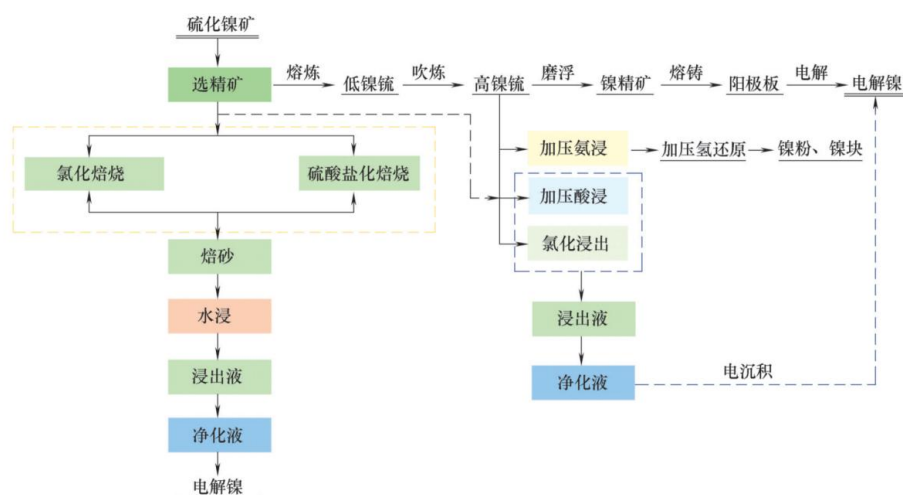
资料来源：公开材料，招商银行研究院

3.1 硫化镍矿：火法应用广泛，主要产品为精炼镍

硫化镍矿矿物种类较多，镍大部分从镍黄铁矿 $(\text{Ni,Fe})_9\text{S}_8$ 中提取而成。硫化镍矿主要的冶炼技术包括火法、湿法和生物冶金三种。其中生物冶金虽然回收率高、能耗低，但由于处理周期长、所需菌种不易培养且处理过程易受到污染等缺陷，目前暂无工业化应用。湿法冶金和火法冶金是目前最常使用的硫化镍矿冶炼方法。其中湿法冶金具备回收率高、产物纯度高、能耗低等优势，但对设备和控制要求较高，高昂的废水处理成本增加了湿法冶金技术的资本投入。火法冶金起步早，工艺成熟，易于实现工业化应用，是目前硫化镍矿最广泛应用的冶炼技术。

火法冶金中最为核心的步骤为造锍熔炼，最终产品为精炼镍（电解镍）。根据镍含量，高于 3% 的硫化矿石可直接入炉冶炼，低于 3% 的矿石需要经过选矿进行富集。硫化镍矿通过浮选、粉碎后，根据矿石的成分选择经过预溶烧或者烧结的方式脱除一部分硫，然后再在 1350°C 以上的高温进行造锍熔炼得到低冰镍，低冰镍再通过转炉吹炼，除去大量的铁和多余的硫，最后形成高冰镍。高冰镍可作为中间品进一步精炼加工成电解镍。

图 11：硫化镍矿总体冶炼工艺



资料来源：《硫化镍矿中镍提取技术研究进展》，饶富等，化工学报

3.2 红土镍矿：镍矿含量差异决定火法湿法两大路线

与硫化镍矿不同，红土镍矿品位低，且铁镁铝等杂质含量较大，镍又与其他矿物共生，难以通过选矿方法富集，因而通常采用直接冶炼的方式来生产镍产品。

红土镍矿的冶炼工艺可以大致分为火法和湿法两种路线。红土镍矿的火法冶炼主要用于生产镍铁，包括 RKEF 法（回转窑干燥预还原-电炉冶炼）、烧结-高炉还原熔炼、还原硫化熔炼镍锍等。湿法冶炼则主要用于生产镍钴中间

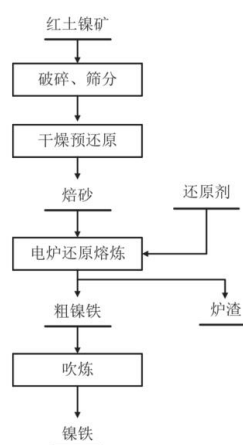
品，包括还原焙烧-氨浸工艺、高压酸浸（HPAL）、常压氨浸等。根据红土镍矿中镍和杂质含量的不同，使用的冶炼方法也有所差异。其中火法对镍矿含量要求较高，通常要求矿石镍品位在 1.5% 以上，主要适用于硅镁杂质含量较高的镍矿，如腐泥层；湿法冶炼则可以处理镍品位在 1.4% 以下的矿石，主要适用于杂质含量较低的镍矿，如表面的褐铁矿。

3.2.1 火法冶炼：产品为镍铁，冶炼以 RKEF 为主，富氧侧吹具有工艺优势

RKEF 为目前红土镍矿火法冶炼最为广泛使用的工艺方法，产品为镍铁。镍铁是不锈钢重要的生产原材料，可以同时满足不锈钢冶炼对镍和铁的需求。**RKEF** 法的工艺流程包括干燥、煅烧、预还原及熔炼等。具体来看，是将含水的红土镍矿经回转窑干燥脱水和预还原处理后，再送入矿热电炉，在约 1550-1600℃ 的高温下还原熔炼产出镍铁²。**RKEF** 的工艺流程相对简单，镍回收率较高（超过 90%），应用广泛，是生产镍铁的主要方法。但该方法能耗较高，适用于处理镍品位高于 2% 的红土镍矿，需要当地有较为充足的电力和燃料供应，且不能回收钴。

2021 年青山实业公布印尼高冰镍项目。该项目在传统“**RKEF-镍铁**”的基础上，拓展出“**RKEF-镍铁-高冰镍**”的新路线，即在现有的工艺流程上加回转炉进行改造。该技术打通了传统的二元供需模式，具有重要的意义。

图 12：红土镍矿 RKEF 冶炼方法



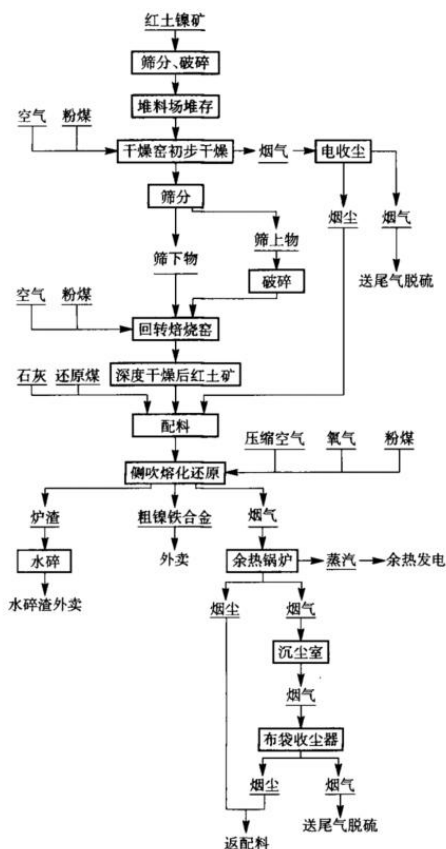
资料来源：《红土镍矿火法冶炼工艺现状及进展》，矿山综合利用，2020 年

富氧侧吹（OESBF）是目前最先进的火法冶炼技术。富氧侧吹技术主要是以多通道侧吹喷枪以亚音速向熔池内喷入富氧空气和燃料（天然气、发生炉

² 《国内外红土镍矿处理技术及进展》，王成彦等，《中国有色金属学报》

煤气、粉煤），熔池中的物料由于受到鼓风的强烈搅动作用发生还原反应³，生成粗镍铁合金。富氧侧吹工艺可以处理低品位的红土镍矿，由于印尼红土镍矿伴生有钴金属，也可以在提镍后加一道贫化电炉来提取炉渣中剩余的钴金属。

图 13：红土镍矿富氧侧吹炉冶炼方法



资料来源：《侧吹浸没燃烧熔炼技术（SCC）在红土镍矿领域的应用及展望》，招商银行研究院

相较于 RKEF，富氧侧吹能够处理低品位矿石，且在成本和能耗方面具有较大优势。富氧侧吹的还原工艺本质与 RKEF 类似，主要流程也可以总结为干燥、焙烧、侧吹炉还原和熔炼回收。但两者主要在步骤、设备和还原剂等方面有所区别，形成了富氧侧吹在成本和能耗上的优势。具体来看，一是省去了传统工艺烧结和预还原等工序。红土镍矿含有 20%-35% 的游离水和结合水。富氧侧吹仅需初步干燥至含物理水 10%，直接加入侧吹炉中进行熔化还原熔炼；二是设备由电炉变为侧吹炉，降低投资成本；三是能耗低。RKEF 以焦炭和焦煤为主，但富氧侧吹可使用更为广泛的煤种，如粒煤、煤粉甚至天然气等其他燃料，能耗较低；四是经济性好。RKEF 无法回收钴，富氧侧吹可以在提镍后再加一道贫化电炉，实现回收钴，从而降低冶炼成本。

³ 《侧吹浸没燃烧熔炼技术 (SSC) 在红土镍矿领域的应用及展望》

由于富氧侧吹工艺技术难度较高，目前仅有少量企业布局富氧侧吹产线。2022 年 10 月，中伟股份成功在全球首次工业化应用富氧侧吹炉工艺冶炼红土镍矿，该产线位于中伟印尼 Morowali 产业基地，年产 1 万吨金属吨镍，整体规划 6 万吨。除中伟股份外，伟明环保、盛屯矿业也在印尼布局了富氧侧吹项目，目前项目正在建设中。

表 4 红土镍矿火法冶炼：RKEF 和富氧侧吹

	RKEF	富氧侧吹
矿石原料	镍品位高于 2% 钴含量小于 0.05%	可处理不同类型的红土镍矿
烧结、预还原	有	无
产品	镍铁	镍铁
镍回收率	90%以上	90%-95%
生产设备	电炉	侧吹炉
是否可回收钴	否	是
技术难度	低	较高
镍铁生产成本 (万美元/镍吨)	1.04	0.88
电耗 (kWh/t)	550	115.2
代表企业	青山集团、华友钴业	中伟股份

资料来源：公开资料, 招商银行研究院

除 RKEF 和富氧侧吹之外，红土镍矿火法冶炼工艺还包括还原硫化熔炼镍钼工艺、还原焙烧-磁选工艺、转底炉直接还原-熔分炉冶炼工艺等。其中还原硫化熔炼镍钼工艺与其他工艺路线不同，其直接产品为低冰镍，通过转炉进一步吹炼成高冰镍。主要流程为先将红土镍矿干燥脱除自由水以及部分结晶水，配加硫化剂（硫磺、黄铁矿、石膏或含硫的镍原料）和还原剂（焦炭粉）在鼓风炉或电炉内熔炼，熔炼温度为 1500 ~ 1600℃，通过调整还原剂和硫化剂的加入量得到不同成分的低冰镍，然后可送入转炉进一步吹炼成为高冰镍。此工艺成熟、操作简单，但回收率低，能耗高且污染大，被逐渐淘汰。

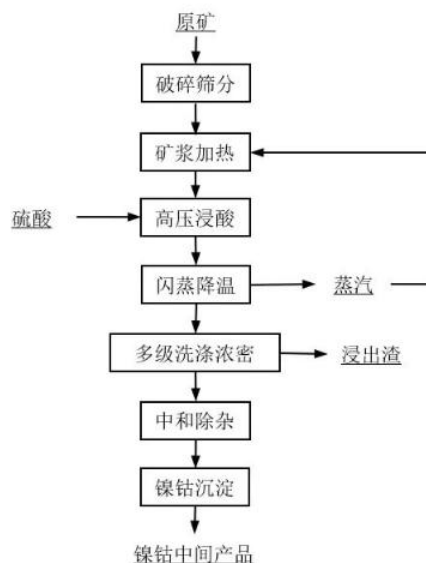
3.1.2 湿法冶炼：产品为镍钴中间品，工艺以 HPAL 为主

红土镍矿湿法冶炼路径较多，需根据镍及杂质含量进行选择。红土镍矿的湿法冶炼包括 HPAL（高压酸浸）、常压酸浸、还原焙烧-氨浸等。其中 HPAL 主要适用于褐铁矿层，常压酸浸和还原焙烧-氨浸适用于过渡层。湿法冶炼的直接产品为镍钴中间品，如氢氧化钴镍等（MHP），再进一步生成硫酸镍等产品。

HPAL 法适合处理褐铁型红土镍矿，要求矿石含镁、铝低，通常含镁<4%。工艺流程包括矿石准备、高压酸浸、中和洗涤、溶液中镍和钴回收等工序，最终得到镍钴中间品 MHP 或 MSP，并可进一步加工成硫酸镍（图 14）。该工艺在处理含钴、铁较高的低品位红土镍矿上具有较大优势，耗能低且综合回收率高，镍和钴的回收率能达到 90%。HPAL 的工艺难度较大，主要体现在三大方面：一是需要根据原矿的性质设计项目。矿石物理性质很大程度上影响了冶炼的稳定性和效益，因此 HPAL 很难程序化地进行复制⁴；二是设备要求高。由于采用高压高温环境，核心设备需要使用特殊材料，比如说高压釜就需使用含钽的钛合金；三是需要对尾矿进行处理。HPAL 使用的原矿品位较低，生产 1 吨镍金属要产生 150-200 吨酸性矿渣。目前处理尾矿的方法包括尾矿堆坝、地下回填、深海填埋三大类，其中深海填埋成本低，但并不环保；地下回填环保，但成本高；尾矿堆坝成本低，但长期可能有环保和监管风险。此外，HPAL 工艺生产过程中损耗较大，建设周期长，建厂成本也较高，生产中容易发生腐蚀和结垢现象，要对设备进行定期维护。

⁴ 《镁含量对瑞木红土镍矿加压酸浸成本的影响》

图 14：红土镍矿 HPAL 冶炼方法



资料来源：公开资料，招商银行研究院

常压酸浸与 HPAL 相似，都是镍以离子形式融入酸中然后转移至液相中。区别在于，HPAL 工艺需要在 250-270℃ 高温、4-5Mpa 高压下进行。常压酸浸工艺稳定性较低，可以实现镍的富集，相对无机酸对环境污染小，且损耗和成本相对较低，对设备的损害较小。但缺点是浸出效率低、浸出效率慢。

还原焙烧-氨浸工艺是最早的红土镍矿湿法处理工艺，由于矿石中的镁不被还原、浸出，适于处理镁含量较高的红土镍矿。其原理是将镍氧化物和钴氧化物还原焙烧为金属镍和金属钴，将大部分的铁氧化物还原为 Fe_3O_4 。再将焙烧矿用 NH_3 和 CO_2 氨浸，金属镍及钴与氨形成络合物镍氨及钴氨、铁氨形成后进一步水解沉淀为氢氧化铁，从而实现镍和钴的选择性浸出。浸出液经过净化、蒸氨等流程后生成氧化镍产品。该工艺方法主要优点是碳酸铵溶剂可循环使用、消耗量小，腐蚀性较小，能综合回收镍和钴；缺点是使用药剂用量较多，工艺流程较复杂，能耗较高，镍、钴回收率相对较低，应用范围并不广泛。

回收率和成本优势下，近年来企业加大 HPAL 工艺布局。相较于常压酸浸和还原焙烧-氨浸工艺，HPAL 工艺镍和钴的回收率高，可以通过钴的回收来降低生产成本，是未来湿法处理红土镍矿的主流工艺。近年来多家企业加大布局 HPAL 工艺，如力勤资源、住友金属、华友钴业、青美邦等。

表 5 湿法冶炼技术对比

	HPAL	常压氨浸	还原焙烧-氨浸
矿石	褐铁矿	过渡层	Mg>10% Ni 约 1%
镍回收率	>90%	70%-80%	75%-80%
钴回收率	>90%	<60%	40%-60%
适用环境	高温高压	高温常压	高温常压
产品	MHP/MSP	MSP	氧化镍
生产成本 (万元/镍吨)	7.1-8.9	8.4-10.2	-
能耗 (kWh/t.Ni)	10400-10700	9400-9700	-
优势	成本低，实现镍钴综合利用	能耗低、投资少，工艺简单，易于操作	工艺相对成熟，适合处理镁含量高的红土镍矿
缺点	技术难度大，投资大，对设备要求高；硫酸消耗量大，浸出渣含硫高；硫酸钙结垢，需每年除垢	镍钴浸出率低，浸出液分离困难，硫酸消耗量大，操作周期长	镍钴回收率低、能耗高、还原气氛不好控制

资料来源：《红土镍矿湿法冶金工艺现状及前景分析》，招商银行研究院

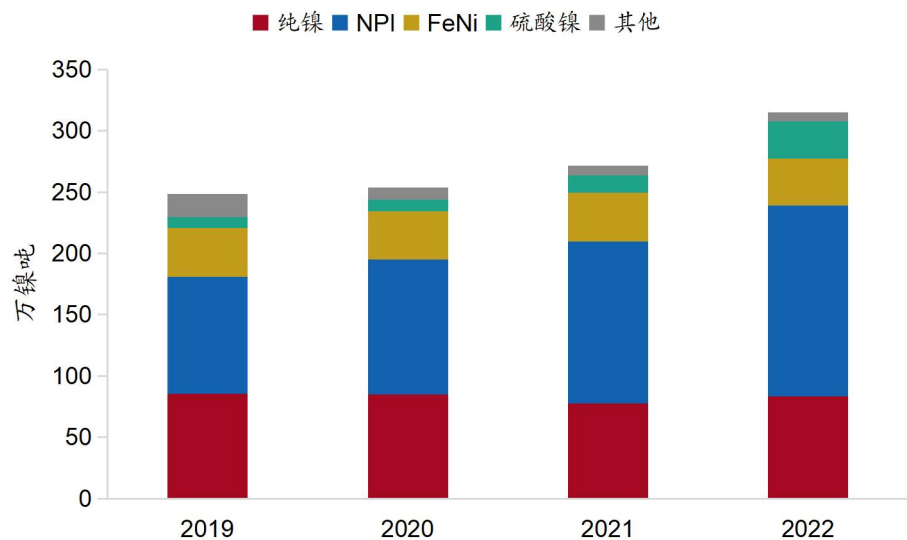
4. 冶炼产品：镍铁为主，市场集中度高，原材料决定生产成本

如前所述，镍冶炼产品众多，且相互之间存在上-下游的关系，为更好的区分不同镍产品，将主要冶炼产品根据工艺流程分为中间品和终端品两大类。中间品是生产终端品的原材料，包括高冰镍、MHP/MSP，终端品为下游行业最终使用的产品，包括精炼镍、镍铁、硫酸镍。由于企业生产的中间品大部分都会被用于自身终端品生产，为更好的统计和分析，本章仅对终端品进行详细分析。

从终端产品来统计，当前全球镍产品以镍铁为主。2022 年全球精炼镍产量为 83.4 万镍吨，镍铁产量为 194.1 万镍吨，硫酸镍产量为 49.1 万镍吨。从

近年来变化趋势来看，替代效应下精炼镍的产量逐年下滑，而随着不锈钢和电池行业发展，镍铁和硫酸镍产量逐年上升。

图 15：全球镍产品供给结构



资料来源：SMM，招商银行研究院

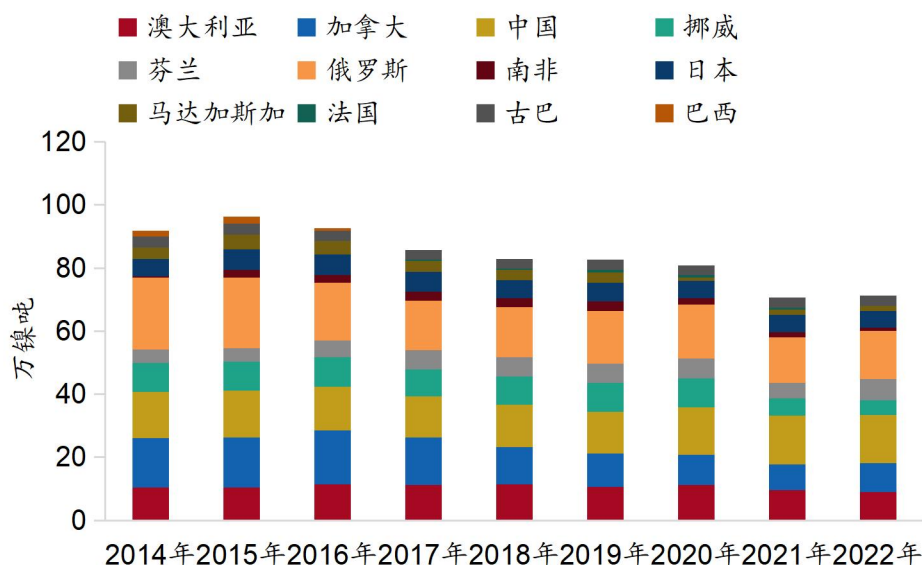
4.1 精炼镍：用途广泛，但产量逐年下滑

4.1.1 替代效应下产量逐年下滑，主产区集中于硫化镍矿资源地

精炼镍用途广泛，但产量逐年下滑。精炼镍生产路径较为统一，即“硫化镍矿-高冰镍-精炼镍”，用途较为广泛，既可用于生产不锈钢、合金、电镀，也可用于生产电池所需的硫酸镍。2015年后，全球精炼镍的产量逐年下滑，究其原因，一是镍铁性价比上升，高镍铁生产成本显著低于精炼镍模式，替代了部分精炼镍在不锈钢生产中的使用；二是电池产业链兴起，部分往年用于生产精炼镍的高冰镍被用于生产硫酸镍。根据 SMM 数据，2022 年全球精炼镍产量为 83.4 万吨，虽同比增长 7.6%，但仍低于 2020 年 85 万吨的产量。

当前精炼镍主要使用硫化镍矿冶炼，主产地集中在硫化镍矿资源较多的地区，即中国、俄罗斯、加拿大、澳大利亚，2022 年四国产量全球占比分别为 18.4%、18.1%、11%、10.7%。不同地区生产的精炼镍产品及用途也有所差异。中国和俄罗斯精炼镍产品以镍板为主，用于生产不锈钢；加拿大主要生产镍饼，用于合金冶炼、电镀等行业；澳大利亚主要生产镍豆，用于自溶制备硫酸镍。

图 16: 全球精炼镍产量分布

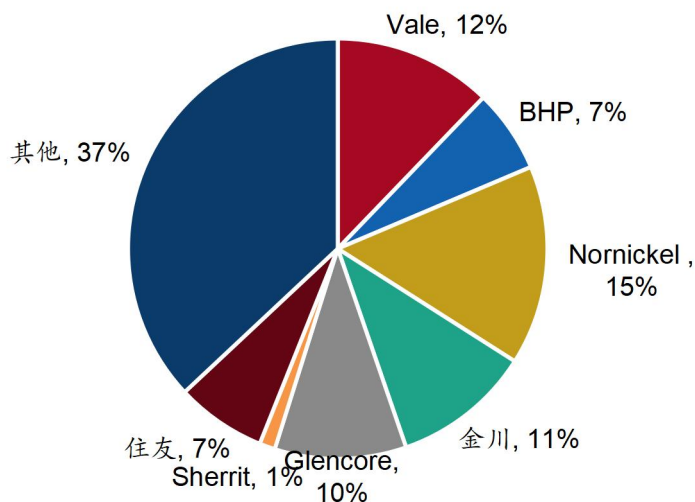


资料来源: SMM, 招商银行研究院

4.1.2 市场集中度高, 国内金川集团一家独大

生产企业多为拥有硫化镍矿资源企业, 市场集中度较高。从企业层面来看, 生产精炼镍的企业多为拥有镍矿资源的企业, 特别是拥有硫化镍矿的企业, 如 Glencore、Nornickel、BHP、Vale、金川集团等。2022 年全球精炼镍产能约在 140 万吨左右, 产能排名前四大的企业为 Nornickel、Vale、金川集团和 Glencore, CR4 为 48%。其中 Nornickel 基于俄罗斯硫化镍矿优势, 产能约为 21.5 万镍吨; Vale 拥有加拿大 Sudbury、Thompson 和 Voisey' Bay 三座硫化矿山, 自有产能 17.1 万镍吨; 金川集团拥有国内最大的金川镍矿, 产能为 15 万镍吨; Glencore 拥有加拿大的 Raglan、挪威 Sudbury 两座硫化镍矿, 以及澳大利亚 Murrin Murrin 红土镍矿, 产能为 14.2 万镍吨。

图 17：全球精炼镍市场竞争结构



资料来源：SMM，招商银行研究院

国内精炼镍市场高度集中，金川集团一家独大。2022 年中国精炼镍产能在 21.8 万吨左右，受益于金川镍矿的资源优势，金川集团精炼镍产能约为 15 万吨，占到全国的 70% 左右。值得注意的是，随着硫酸镍价格下降，国内多家企业开始利用中间品生产电积镍，如华友、聚泰、中伟等。预计 2023 年国内精炼镍产能将增加 10-11 万吨左右。

表 6 多家国内企业布局电积镍产线

企业	区域	原料	产能（万镍吨）	计划投产时间
青山集团	印尼	高冰镍	5	2023Q3
	广西	MHP	3	2023Q3
华友钴业		MHP	2	2023Q4
	浙江	MHP	2	2023Q2
聚泰新材料	陕西	MHP	0.6	2023Q3
	浙江	MHP	1.4	2024Q1
中伟新能源	广西	MHP	1.25	2023Q3
		MHP	3	-

资料来源：各公司公告，招商银行研究院

4.1.3 矿石成本为主，资源禀赋决定成本优势

矿石成本决定生产成本。精炼镍的冶炼成本可拆分为矿石成本、辅料成本、电费成本等。以国内电解镍生产为例，镍矿在整体成本中约占到 42% 左右，辅料成本占到 20% 左右，电费约占到 11% 左右。也就是说，矿石成本决定了精炼镍的成本，而资源禀赋直接决定了矿石生产成本。

资源禀赋决定成本优势。当前全球生产精炼镍的企业主要为 Glencore、Vale、Nornickel、金川集团等。其中 Glencore 主要使用 INO 矿山来进行精炼镍生产，包括 Sudbury 和 Raglan；Vale 使用加拿大的三座硫化矿山进行生产，包括 Sudbury、Thompson 和 Voisey' Bay；金川集团则依靠金川镍矿进行生产。从图 6 可以看到，Glenocre 矿山镍品位最高，Vale 其次，金川最低。资源禀赋优势也直接反应到三个企业的单位现金成本上，矿山镍品位越高，精炼镍生产成本越低：2021 年 Glencore 现金成本约为 2060 美元/吨、Vale 现金成本约为 9800 美元/吨，国内现金成本约为 16393 美元/吨。

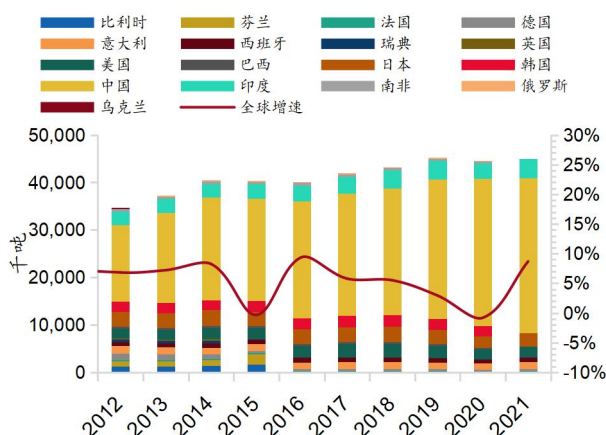
4.2 镍铁：不锈钢原材料，产量逐年上升

4.2.1 不锈钢用镍需求旺盛，镍铁产量随之增长

镍铁和精炼镍是不锈钢用镍的主要原材料。300 系是产量最大的不锈钢产品，占比高达 60%。与此同时，300 系也是不锈钢产品中用镍需求最大的产品。因而我们以 300 系中应用范围最广的 304 系为例，说明不锈钢冶炼的主要原材料使用情况。304 系生产模式大致可以概括为两类，一类为混合模式，即同时使用镍铁和精炼镍作为生产原料，可概括为镍铁+精炼镍+铬铁+废钢。不同企业的区别主要在于原材料的生产配比，比如说使用高镍铁的企业，标准模式的生产配比约为 1% 精炼镍+48% 高镍铁+21% 铬铁+21% 废钢；使用低镍铁的企业，生产配比约为 6% 精炼镍+63% 低镍铁+26% 铬铁+3% 废钢；另一类为精炼镍模式，即 7% 精炼镍+27% 铬铁+64% 废钢。基于成本优势，目前企业常用混合模式进行不锈钢冶炼。

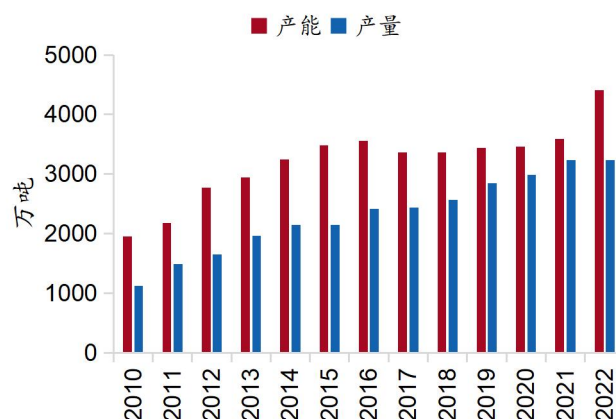
中国是不锈钢主要消费及生产国，产量逐年增加。从需求端来看，中国是全球不锈钢消费的主要国家，2021 年全球占比约在 50% 左右。从产量来看，近十年中国不锈钢产量逐年上升，全球占比也逐年提升。2021 年全球不锈钢产量为 5629 万吨，同比增长 8.7%；中国产量为 3263 万吨，全球占比从 2012 年的 45% 上升至 58%。不锈钢的新增产能主要基于普钢产能的置换，在下游需求的带动下，近年来国内不锈钢产能呈现出逐年上升的趋势。2022 年全国不锈钢粗钢产能为 4405 万吨，同比增长 22.6%。

图 19：全球不锈钢产量



资料来源：，招商银行研究院

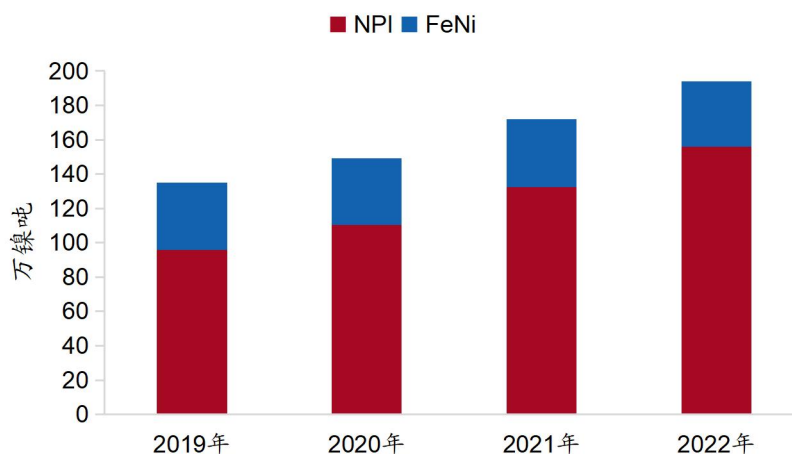
图 20：中国不锈钢产能及产量



资料来源：SMM，招商银行研究院

不锈钢用镍需求增加，镍铁产量逐年上升，特别是 NPI。根据 SMM 数据，2022 年全球不锈钢用镍量为 206.3 万镍吨，同比增长 2.3%。从 2019 年到 2022 年，年均复合增速为 7.24%。镍铁产量随之上升，2022 年全球镍铁产量为 194.1 万镍吨，从 2019 年到 2022 年，年均复合增速达到 12.8%。镍铁可分为两大类，一类是高镍铁，即 FeNi；另一类是低镍铁，即 NPI。相较于 NPI，FeNi 的产量相对较少。2022 年全球 NPI 产量为 156 万镍吨，FeNi 产量为 38 万吨。从增速来看，从 2019 年到 2022 年，NPI 的年均复合增速为 17.6%，高于整体镍铁增速，而 FeNi 产量基本持平。

图 21：全球镍铁产量



资料来源：SMM，招商银行研究院

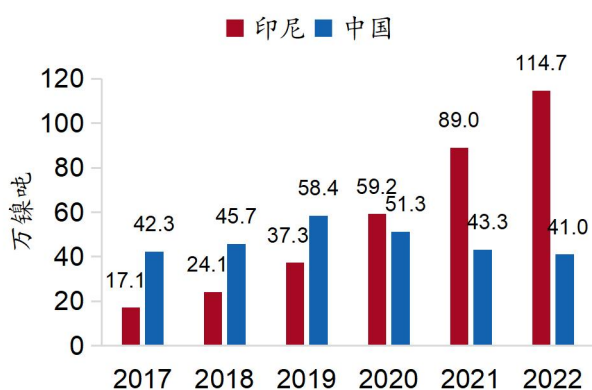
4.2.2 NPI：寡头竞争市场，政策变更下生产中心转向印尼

印尼镍矿出口禁令使得全球 NPI 生产中心由中国转为印尼。具体来看，2019 年之前，全球镍铁生产中心为中国。2019 年中国 NPI 产量为 58.4 万镍吨，全球占比高达 61%。在印尼镍矿出口禁令的影响下，2019 年之后，全球镍铁生产中心由中国转向印尼。国内企业如青山集团、德龙镍业等纷纷在印尼建设镍铁产能。从图 22 中也可以看到，禁令影响下中国镍铁产量逐步降低，印尼产量随之快速增加。2022 年印尼 NPI 产量增长至 114.8 万镍吨，占到全球总量的 73.6%。

虽然 NPI 产能集中在印尼，但中国企业仍主导全球 NPI 生产。虽然从区域上来看，印尼政策变更使得镍生铁的生产中心由中国转向印尼，但全球镍生铁生产仍然由中国企业主导。由于镍生铁是生产不锈钢的重要原材料，因而在印尼布局镍生铁产能的中国企业多为下游钢铁企业，如青山集团、德龙镍业等。青山集团和德龙镍业是印尼最大的两家镍生铁生产企业。2022 年，青山集团 IMIP 和 IWIP 两大园区镍生铁产能约为 128 万镍吨，德龙镍业镍生铁产能约为 51.2 万镍吨，分别占到印尼当地产能的 63.5%和 25.5%。

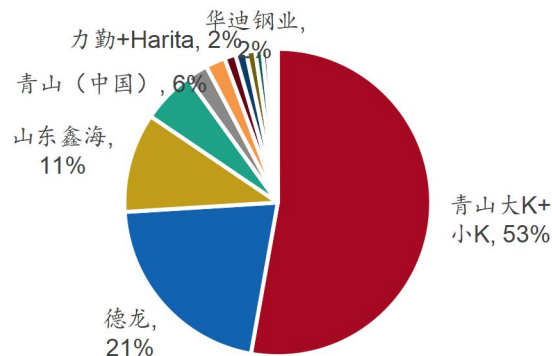
NPI 市场是寡头垄断市场。2022 年青山印尼 IMIP 和 IWIP 两大园区加上国内镍铁产能，共占到全球镍生铁产能的 58.4%。市场呈现出明显的寡头垄断格局，2022 年青山和德龙两大园区产能占比高达 80%。

图 22：中国和印尼 NPI 产量



资料来源：SMM，招商银行研究院

图 23：NPI 全球企业产能占比



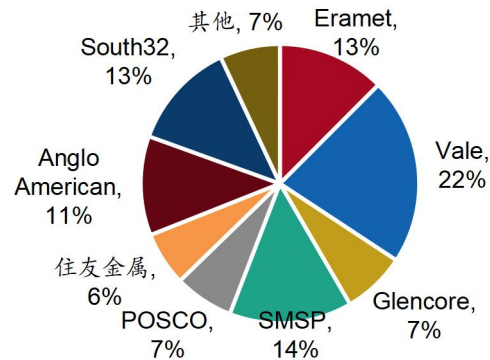
资料来源：SMM，招商银行研究院

4.2.3 FeNi：市场集中度高，产能相对较少

相较于 NPI 来说，FeNi 的产能较少，2022 年产能约为 40 万镍吨。从区域分布来看，产能主要集中在新喀里多尼亚、巴西等地。从企业分布来看，Vale 产能最大，占到全球总产能的 22%，包括巴西 2.7 万镍吨（Onca Puma），以及新喀里多尼亚 6 万镍吨（VNC）。此外，产能较大的企业还包括 SMSP

（5.7 万镍吨）、South32（5 万镍吨）、Eramet（5 万镍吨）、Anglo American（4.6 万镍吨）等。整体来看，FeNi 市场集中度高，CR4 约为 58%。

图 24：FeNi 全球企业产能占比



资料来源：SMM，招商银行研究院

4.2.4 矿石成本为主，技术及资源禀赋决定生产成本

与精炼镍相似，镍铁冶炼成本也可拆分为矿石成本、辅料成本、电费成本等。矿石成本仍然是决定冶炼成本的主要因素，只是与精炼镍相比，矿石成本的占比较低。以 Nickel Mines 的 RKEF 项目为例，矿石成本占到整体成本的 36% 左右，电费占到 25% 左右，煤炭/还原剂成本占到 27% 左右。盛屯矿业的友山镍业项目中，原材料成本占到整体成本的 39%，辅料成本和电费成本均占到 18.5% 左右。

技术及资源禀赋决定生产成本。如前所述，镍铁冶炼主要是来自于红土镍矿火法，包括 RKEF 和富氧侧吹。不同的红土镍矿资源，所匹配的冶炼方法不同，从而导致冶炼成本有所差异。具体可参见 3.2.1 节对红土镍矿火法的比较。除技术选择外，资源禀赋也会影响生产成本。以 FeNi 冶炼为例，各企业所拥有的矿山中，Glencore 的 Koniombo 矿山，其镍品位要显著高于 Eramet 的 SLN 矿山，以及 Vale 的 Onca Puma 矿山。镍品位越高，其冶炼镍铁的成本也越低，2021 年 Glencore、Eramet 和 Vale 的现金成本分别为 2.05 美元/磅（折算为 930 美元/吨）、7 美元/磅（折算为 3175 美元/吨）、9630 美元/吨。

4.3 硫酸镍：三元电池材料，产量快速增加

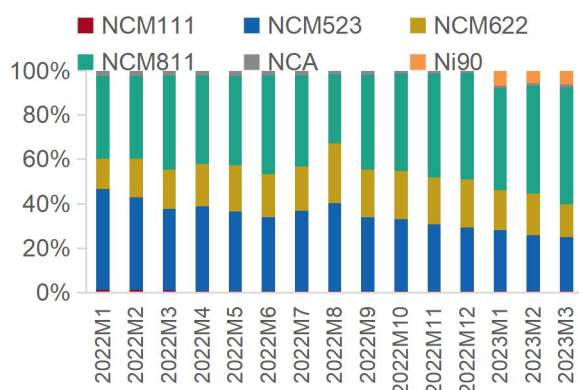
4.3.1 三元电池材料，电池需求拉升硫酸镍产量

硫酸镍主要用于生产三元锂电池。按照材料体系分类，动力电池可分为磷酸铁锂电池和三元锂电池两大类，结构的差异导致了材料性能的差异，从而决定了两者的应用领域。磷酸铁锂成本低、安全性高、寿命长，适用于对安

全和寿命要求比较高的场景，如商用车和储能，近年来随着电池成组技术提升，在乘用车领域的应用比例逐年提升；三元材料具备高比能的优势，适用于需要高能量密度、高客户体验感的场景，如乘用车领域。其中三元锂电池需要电池级硫酸镍来制备三元前驱体，是制造三元电池重要的原材料。

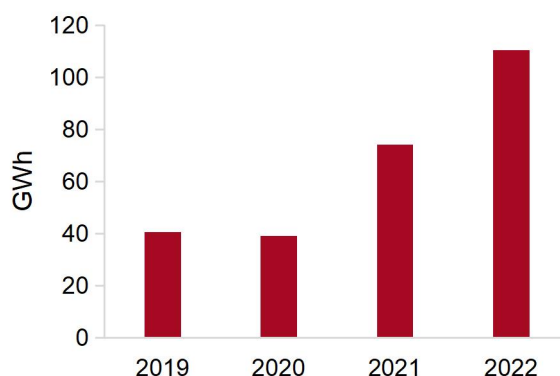
镍决定电池能量密度，高镍化趋势显著。镍含量的高低决定了电池材料的能量密度，也就是说，镍含量越高，能量密度越高。根据镍含量的高低可分为低镍三元（NCM333）、中镍三元（NCM523、NCM622）、高镍三元（NCM811、NCA）。续航里程和安全性是消费者购买新能源汽车时最为看中的因素，两者决定了电池材料技术变革的方向，电池材料升级将走向经济型、性能型和高端型三条路线。其中性能型路线以中镍高电压三元或大单晶三元为主，主要应用于中低端新能源乘用车。高端型路线以三元高镍/超高镍为主，主要应用于长续航的高端新能源乘用车。从图 25 可以看到，三元电池高镍化已经为确定性的趋势。参考《动力电池之电池材料篇——辨趋势，谈供需，论格局》，未来高镍三元在乘用车领域仍是主流。

图 25：高镍化趋势显著



资料来源：SMM，招商银行研究院

图 26：国内三元电池装机量上升

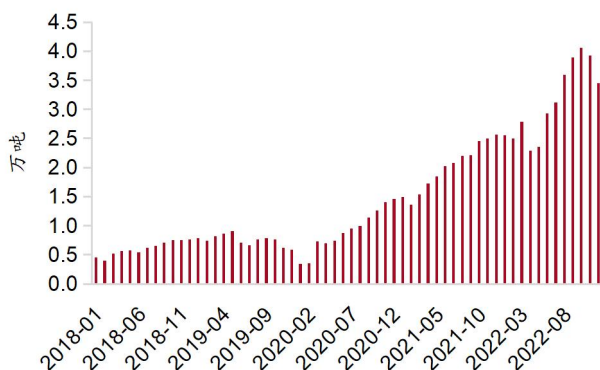


资料来源：SMM，招商银行研究院

高镍化趋势下硫酸镍用量快速增加，硫酸镍产量随之上升。随着高镍三元产品占比的提升，叠加三元电池装机量上升（图 26），三元前驱体使用硫酸镍的量随之增加。2022 年，全球电池级硫酸镍用量为 41.5 万吨，同比增长 43.2%，增速远远高于整体用镍需求。从 2019 年到 2022 年，硫酸镍需求年均复合增速为 44.2%。硫酸镍产量随之增加，根据 SMM 数据，2022 年全球硫酸镍产量为 49.1 万吨，同比增长 28.9%。从 2015 年到 2022 年，全球硫酸镍产量持续上升，年均复合增速约为 36%。

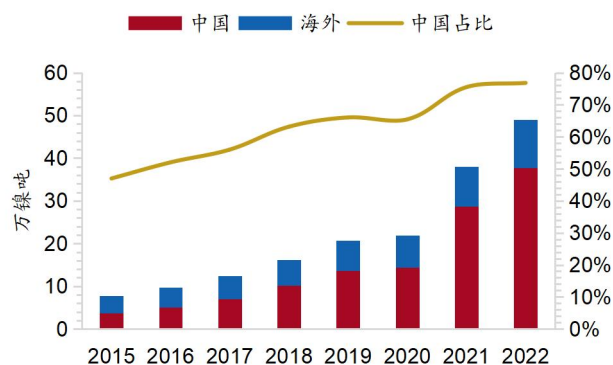


图 27：三元前驱体用硫酸镍需求提升



资料来源：，招商银行研究院

图 28：全球硫酸镍产量



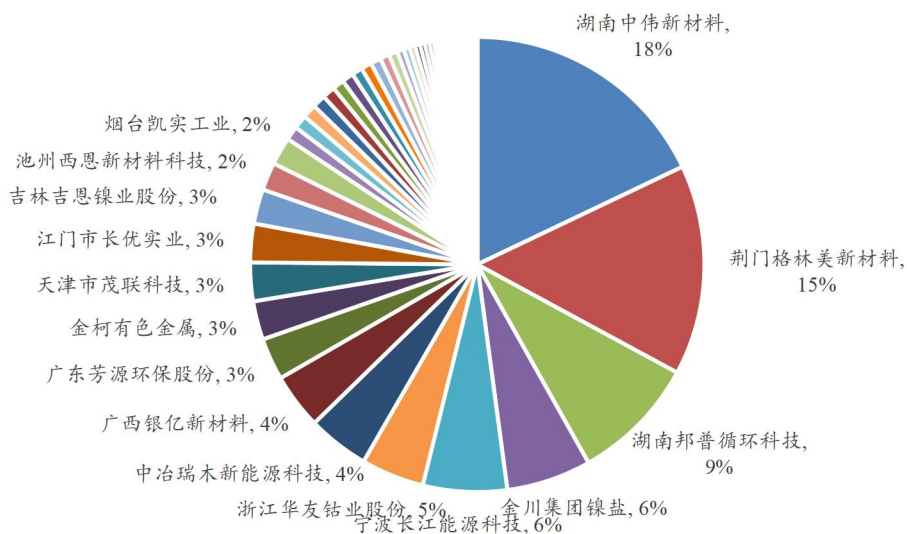
资料来源：SMM，招商银行研究院

4.3.2 中国主导硫酸镍生产，市场集中度高，生产模式为“海外原料+中国加工”

中国主导全球硫酸镍生产。2022 年中国硫酸镍产量为 37.7 万吨镍吨，占到全球总产量的 76.8%。从 2015 年到 2022 年，中国硫酸镍产量占比逐步提升，从 2015 年的 47%逐步提升至 76.8%。

全球硫酸镍生产模式为“海外原料+中国加工”。硫酸镍生产原料主要为镍豆（精炼镍）、MHP 和高冰镍，而中国并非生产镍豆、MHP 或高冰镍的主产地。具体来看，镍豆生产集中在澳大利亚，MHP 和高冰镍生产近年来集中于印尼等地。根据 Mysteel 的数据，全球镍中间品产量中，印尼产量占到全球的 25.5%，芬兰占比为 16.1%，菲律宾为 15.7%，澳大利亚为 11.1%。也就是说，虽然我国主导全球硫酸镍生产，但原材料却高度依赖海外，形成了“海外资源+中国加工”的全球硫酸镍生产模式。

从国内市场来看，硫酸镍市场集中度较高，CR4 为 48%，CR8 为 65%。国内目前有 50 多家企业具备硫酸镍生产能力，除了下游的正极材料生产商外，还有部分资源循环企业。其中产能在 2 万吨镍吨以上的仅有 5 家，包括湖南中伟新材料（7.2 万吨镍吨）、格林美（6 万吨镍吨）、邦普循环（3.6 万吨镍吨）、金川集团（2.42 万吨镍吨）、宁波长江能源（2.4 万吨镍吨）。国内硫酸镍市场集中度较高，前四家企业产能就占到了全国产能的 48%左右，前八家产能占到全国总产能的 65%。

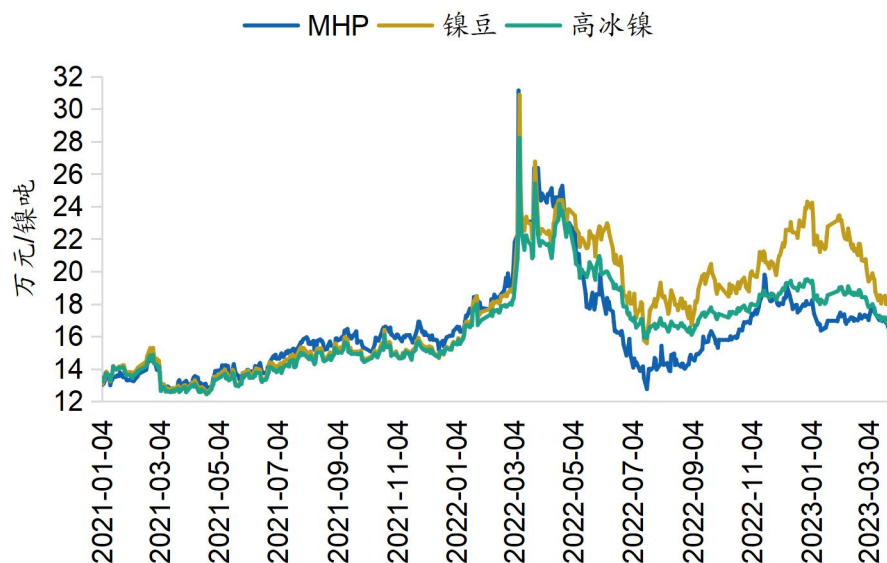
图 29：国内硫酸镍市场竞争结构


资料来源：SMM，招商银行研究院

4.3.3 原材料主导冶炼成本，近年来 MHP 生产具备优势

如图 10 所示，生产硫酸镍的原料品类众多，如精炼镍（镍豆）、高冰镍、MHP/MSP、废料等。国内企业主要使用 MHP/MSP 生产硫酸镍，2022 年使用占比达到 43.4%；其次为高冰镍，占比为 20%；镍豆/镍粉和废料使用占比均在 15% 左右。各企业生产原料选择有所不同，如金川和格林美主要使用中间品 MHP/MSP 进行生产，中伟股份主要使用高冰镍进行生产，而邦普循环则主要使用废料进行生产。图 30 显示了 2021 年以来三条路径的成本对比。从图中可以看到，近年来使用 MHP 生产硫酸镍具有明显的成本优势。

图 30：硫酸镍完全生产成本



资料来源：SMM，招商银行研究院

拆分来看，原材料是硫酸镍生产成本的主要组成项，基本占到了生产成本的九成左右。从原材料成本来看，以 2023 年 3 月 31 日的价格为基准，MHP 最低，高冰镍其次，镍豆最高；从加工成本来看，MHP 最高、高冰镍其次，镍豆最低。但由于原材料在整体生产成本的占比较高，因而镍豆生产成本高于 MHP 和高冰镍。从定价模式来看，决定原材料成本的关键主要为 LME 镍价。镍中间品如 MHP 和高冰镍定价均为镍金属量*LME 镍价*系数，镍豆定价为 LME 镍价+升贴水。三种原材料的价格差异主要取决于升贴水和折算系数的差异。

表 7 硫酸镍生产成本拆分（元/镍吨）

	镍豆	MHP	高冰镍
原材料	179800	146604	152816
加工费用	3242	20268	14166
金属收得率	99.5%	97.5%	99.0%
运费	400	2000	500
完全生产成本	184345	166872	166983
原材料占比	97.5%	87.8%	91.5%



资料来源：SMM，招商银行研究院

值得注意的是，如前所述，随着青山打通“镍铁-高冰镍”工艺，硫酸镍的生产原料可向前延伸至“镍铁-高冰镍”。典型项目为华友钴业和青山集团合资的华科和友山镍业。二元供需路径打通后，企业选择直接生产镍铁，还是由镍铁转为高冰镍，进一步生产硫酸镍，将取决于镍铁和硫酸镍之间经济性，即售卖硫酸镍和售卖镍铁之间的利润差额是否可以覆盖转产的成本。安信证券测算，当印尼镍铁与中国硫酸镍价格差距超 2700 美元/镍吨时，转产成本才能得到覆盖，镍铁转高冰镍才有生产经济性。

5. 风险提示

（本部分有删减，招商银行各行部如需报告原文，请参照文末方式联系研究院）

1、印尼地缘政治风险

如前所述，全球镍供给主要依靠印尼产量释放，当地行业政策调整是驱动印尼产量变化的核心因素。近年来印尼镍行业政策虽无大变化，但相关调整建议持续在推动中。具体来看，继 2020 年印尼全面禁止镍原矿出口后，2021 年，印尼能源和矿产资源部建议限制镍铁产品的建设，并对镍含量低于 70% 的镍产品征收关税；2022 年印尼能源和矿产资源部建议根据 $LME \text{ 镍价} \times 0.8 \times \text{镍含量} \times \text{税率}$ 来确定关税；2023 年表示将推迟取消镍产品免税政策的计划。一旦相关建议落实成为具体政策，将对全球镍行业供给和产能结构产生较大冲击，特别是硫酸镍等二级镍产品。

2、技术复杂性风险

镍行业技术创新速度较快，技术更迭亦或对行业供需产生影响。举例来说，青山打通镍铁转高冰镍路线，将对镍铁和硫酸镍的供给造成影响。当前镍铁主要用于不锈钢生产，存在一定的过剩现象。镍铁转高冰镍打通后，部分过剩的镍铁可通过转化为高冰镍用于硫酸镍生产，随着镍铁产量的减少和硫酸镍产量的增加，镍铁和硫酸镍的价差或有所收窄。

3、定价机制变更的风险

往年国际镍市场交易的核心定价参考指标为 LME 镍，长期合同价格主要参考 LME 镍期货合同价格。但 2022 年伦镍事件后 LME 陷入信任危机，沪镍的定价话语权提升。从调研结果来看，目前国内部分镍铁产品已以沪镍为基准进行定价。若各国定价机制发生变更，将对全球镍贸易产生冲击。国家间产品价格差异也会导致区域供需格局发生变化。



4、下游需求不及预期风险

镍产业下游需求主要来自于不锈钢和电池，其中不锈钢占比较大。虽然不锈钢暂未有产能管控的限制，但仍受到整体钢铁产能调控的影响，其产能增加来源于普钢产能的退出，增长空间有限。近年来不锈钢价格波动较大，若不锈钢用镍需求不及预期，将带动精炼镍或镍铁等产品价格下行，对企业经营造成冲击。

5、供给不及预期风险

全球镍矿供给集中在印尼、菲律宾、俄罗斯等国，一级镍冶炼集中在中国、俄罗斯、加拿大、澳大利亚等国，二级镍冶炼则集中在印尼、中国等国。如前所述，印尼政策变更曾导致全球镍矿生产大幅减少。俄乌冲突和疫情也曾对全球一级镍和二级镍产量产生了冲击。由于镍产业链上产品众多，且上下关系紧密，一个产品供给不及预期，除了会影响该产品价格外，还会导致下游产品价格波动。举例来说，若镍矿供给不及预期，则会导致高冰镍和 MHP 等中间品产量减少，精炼镍、镍铁、硫酸镍等生产在原材料短缺下也会遭受冲击。

免责声明

招商银行股份有限公司（以下简称“本公司”）及其关联机构的特定客户和其他专业人士使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。本公司可能采取与报告中建议及/或观点不一致的立场或投资决定。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经招商银行书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“招商银行研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

未经招商银行事先书面授权，任何人不得以任何目的复制、发送或销售本报告。

招商银行版权所有，保留一切权利。

招商银行研究院

地址 深圳市福田区深南大道 7088 号招商银行大厦 16F（518040）

电话 0755-22699002

邮箱 zsyhyjy@cmbchina.com

传真 0755-83195085



更多资讯请关注招商银行研究微信公众号
或一事通信息总汇