

印尼镍产业园区 低碳转型



2025.07

关于中央财经大学绿色金融国际研究院（IIGF）

中央财经大学绿色金融国际研究院（IIGF）是中国首家以推动绿色金融发展为目的的开放型、国际化的研究院，2016年9月由天风证券公司捐赠设立。研究院前身为中央财经大学气候与能源金融研究中心，成立于2011年9月，研究方向包括绿色金融、气候金融、能源金融、生物多样性金融、性别金融、ESG及健康金融。中央财经大学绿色金融国际研究院是中国金融学会绿色金融专业委员会的常务理事单位，并与财政部建立了部委共建学术伙伴关系。

作者

周正韵

中央财经大学绿色金融国际研究院

沈 威

中央财经大学绿色金融国际研究院，英国发展研究院



摘要

- 本报告分析了在印尼的镍产业园区实现低碳发展所面临的多层次挑战。作为印尼近年来在关键矿产领域“产业链下游化”战略的核心成果，镍产业园区不仅推动了印尼的工业发展，也帮助其深度嵌入全球关键矿产供应链中。然而，这种前所未有的工业化进程也带来了多重社会与环境问题，其中就包括急剧上升的二氧化碳排放量。

- 本研究构建了一个多维分析框架，从政策变迁、价值链耦合、园区内部治理，以及空间禀赋局限等角度全面分析镍产业园减排问题的复杂性与权衡性。该框架被用于分析两个典型的大型工业园区——IMIP 与 IWIP，以及位于奥比岛上的独立运营 WP&RKA 项目的比较案例研究。

- 研究结果指出了四个关键问题。首先，围绕出口限制与财政激励所构建的资源民族主义与产业政策体系，是推动印尼镍产业园区迅速扩张的最主要因素。然而，这一扩张也加剧了自备燃煤电站的路径依赖。第二，不同产业链的脱碳潜力和能力存在显著差异。例如，用于不锈钢生产的火法冶炼工艺（RKEF）具有高能源强度和碳排放特点，而湿法冶炼工艺（HPAL）虽然具有更高的减排潜力，但也伴随较高的环境污染风险。第三，园区高度集中的治理结构限制了入园企业在绿色创新与碳责任方面的参与度与能动性，削弱了园区内部协同推进低碳转型的效率。第四，一些脱碳路径受到空间和资源禀赋的制约，其中园区内土地和清洁能源的稀缺性，以及周边生态环境的脆弱性都需要纳入园区低碳发展的考量。

- 本研究认为，镍产业园区是印尼在工业化目标与气候责任之间寻求平衡的重要试验场。若要实现成功的低碳转型，需要明确的政策指引、围绕不同镍价值链的低碳技术支持、对园区内减排与 ESG 的有效治理，以及合理的碳抵消机制或审慎实施的可再生能源替代战略。

目 录

第一章 背景介绍：印尼镍矿产业园区低碳化的三重矛盾	2
第二章 印尼镍产业园区的低碳转型：分析框架	6
（一）与园区发展相关的政策变迁	6
（二）产业园区内多重产业链布局	9
（三）产业园区内部治理模式与利益相关方协调	10
（四）园区空间和能源禀赋制约	12
第三章 镍产业园区和独立投资项目低碳转型的比较分析	14
（一）青山集团IMIP/IWIP园区	14
（二）金川集团Obi岛项目	20
第四章 印尼镍产业园区低碳转型的政策讨论	23
（一）关于政策变迁和影响的启示	23
（二）关于多重产业链耦合效应的启示	23
（三）关于园区管理的启示	24
（四）关于园区空间和禀赋约束的启示	24
参考文献	26
附件1：2007至2021印度尼西亚有关原矿出口禁令、吸引外资（包括产业园区政策）以及碳市场的政策汇总	32
附录2：IMIP园区内部分煤电机组清单	35
附录3：IMIP园区内部分公司名单	36

第一章 背景介绍：印尼镍矿产业园区低碳化的三重矛盾

印度尼西亚快速发展的关键矿业采掘和冶炼行业吸引了全球的目光，以及两极分化的评价。一方面，印尼作为世界上最大镍生产国在 2022 年产量就达到 160 万吨，占全球近一半的总产量。通过一系列资源民族主义政策，印尼成功吸引了大量外资投入下游冶炼行业，迅速发展起生产高附加值镍工业产品的大规模生产能力，极大促进了本地的经济增长。印尼利用关键矿产快速工业化的经验甚至引起了很多资源类非洲国家的兴趣。例如，刚果金和津巴布韦等国都学习效仿其某些政策框架和工具，如颁布原矿出口禁令等等，以期摆脱长久以来资源诅咒的宿命。而另一方面，印尼镍工业的迅速崛起伴随着严重的环境和劳工条件恶化，并因此广受国际关注。特别是目前生产规模最庞大的几个镍产业园区均采用了大型自备煤电站作为基础用电负荷，其迅速攀升的碳排放和相对真空的监管状态令人担忧。

高耗能高污染的镍产业园区集中反映了当前印尼在经济发展和能源转型方面的诸多挑战，和未来国家推动低碳发展进程中所面临的多重压力与矛盾。印尼总统普拉博沃在上台后做出了逐步淘汰化石燃料的承诺并设定了再生能源装机容量的远期目标，提出到 2035 年实现 75.6 吉瓦可再生能源装机^[1]，并为达成 2060 年净零排放目标奠定基础^[2]。

然而与此同时，印尼政府并未对重工业领域的自备煤电厂制定明确的限制和退出计划，进一步引发了各界对于印尼燃煤电站“以退为进”的担忧。根据规划，到 2031 年印尼将新增 26.7 吉瓦的煤电装机，其中仅 6.5 吉瓦用于公共电网，其余 20.2 吉瓦均为产业园区的自备电力系统^[3]。2013 年至 2023 年间，印尼自备煤电装机从 1.4 吉瓦激增至 10.8 吉瓦，增长近七倍，约占全国煤电装机的 25%，其中超过七成的新增需求来自金属冶炼行业，即位于飞速成长的镍产业园区内^[4]。印尼虽承诺逐步淘汰煤电，但对属于“国家战略项目”的自备电厂设置了例外条款，允许其在承诺于 2050 年前关停的前提下暂不纳入近期退煤计划^[5]。若没有政策干预，印尼 2030 年前自备煤电装机将在 14.4 到 25GW 之间，极大影响印尼的国家净零排放计划和国际承诺^[6]。

因此推动镍产业园区低碳转型是印尼资源和经济战略的关键挑战之一。镍产业园区作为相对新生的产业集群，其低碳转型不仅需要改变煤电为主的能源结构，还需在多产业链协同、技术创新及治理模式等方面进行多维度突破，并同时保障经济增长和能源安全，在宏观、中观和微观层面的政策挑战极高。

在国家层面，已经踏入中高收入国家门槛的印尼（2024 人均 GDP 接近 5000 美元）面临着可持续性发展的挑战，环境污染严重、生态系统持续恶化、温室气体排放激增以及生物多样性不断丧失等问题的涌现，持续提醒印尼必须正视经济与环境之间的正向互动，并加快推动经济结构转型与高质量发展进程。印尼新一届政府提出 2024-2029 年内推动经济增长率达到 8% 的宏伟目标，而远期目标则是在 2045 年印尼独立 100 周年之际成为一个发达经济体。相对于雄心勃勃的经济发展计划，印尼在气候政策方面的目标则显得非常谨慎。印度尼西亚作为重要的新兴经济体以及全球前十大温室气体排放国之一^[7]，印尼虽已承诺将在 2060 年前实现净零排放的长期目标，但其当前的政策路径与这一愿景之间存在显著差距。根据 Climate Action Tracker 的评估，印尼的气候政策被评级为“严重不足”（Critically Insufficient），相关政策力度远远偏离巴黎协议 1.5 度的控温要求^[8]。该国原定于 2025 年 2 月更新并提交的第三轮 NDC 至今尚未获得新任总统普拉博沃的正式批准^[9]。印尼政府 NDC 的严重不足以及更新进程的迟缓进一步凸显了该国在经济发展需求与履行气候责任方面所面临的深层次矛盾，即长期以来以化石能源作为经济快速发展支柱的原有路径将在全球低碳转型的大背景下越发显得不可持续。



图 1：2015-2024 印尼煤炭产量和销往国际市场的比例

来源：CEIC Data，作者整理绘制

作为全球重要的煤炭生产与出口国，煤炭采掘和煤电行业不仅是印尼国家财政的重要支柱，也在能源安全和就业保障中占据关键地位。2024 年全年，印尼煤炭产量超过 8 亿吨，其中超半数销往国际市场，较 2023 年增长 7.13%，再次创下新高^[10]（见图 1）。同时，煤电依然是印尼电力系统的核心，燃煤发电在总发电量中占比超过六成^[11]（见图 2），能源系统的高碳依赖性成为印尼实现净零目标的重大障碍。

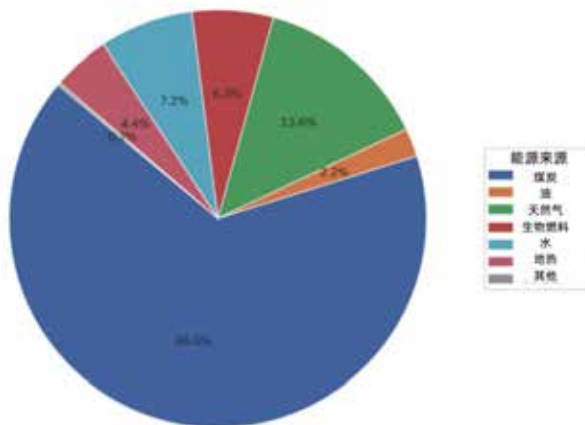


图 2：印尼能源结构百分比（2022 年）

来源：国际能源署（IEA）

近年来印尼政府将推动“自然资源 + 产业升级”的重工业化发展路径作为生产力跃升的核心战略。自前总统佐科时期开始的“资源下游化”（resource downstreaming）政策旨在通过限制原矿出口、吸引投资建设冶炼能力，实现从资源出口向高附加值制造的转型。普拉博沃总统已明确表示将延续并深化这一政策导向，尤其强调在镍、不锈钢、电池乃至新能源汽车等产业链领域持续发力。这一发展路径在提升产业附加值、优化出口结构方面初显成效，但也因快速工业化导致巨大的电力缺口，进一步强化了对煤电的依赖，加剧了印尼“发展优先”逻辑与低碳转型目标之间的内在矛盾。这一矛盾的演进不仅成为印尼国家发展战略中的核心议题，也为全球南方国家，特别是化石能源和自然资源禀赋突出的发展中经济体，在实现工业化与推进低碳转型之间寻求平衡提供了典型案例。

在行业层面，镍矿作为关键矿业的消费量持续上升，其主要下游集中于不锈钢、电动汽车电池和高端合金制造等领域。随着全球高品位硫化镍矿的储量逐步枯竭，投资者越来越多地将红土镍矿作为新的镍矿供应来源^[12]。

国际能源署（IEA）在其 2024 年全球关键矿产前景报告中指出，2018 年至 2020 年间，全球镍需求稳定在 240 万吨左右，其中四分之三用于包括不锈钢在内的合金领域。然而，从 2020 年至 2023 年，随着新能源汽车产业的快速发展，镍需求增长至 310 万吨。IEA 预测，在其设定的不同情景下，镍需求将进一步增长，最高可达 623 万吨^[13]（见图 3）。

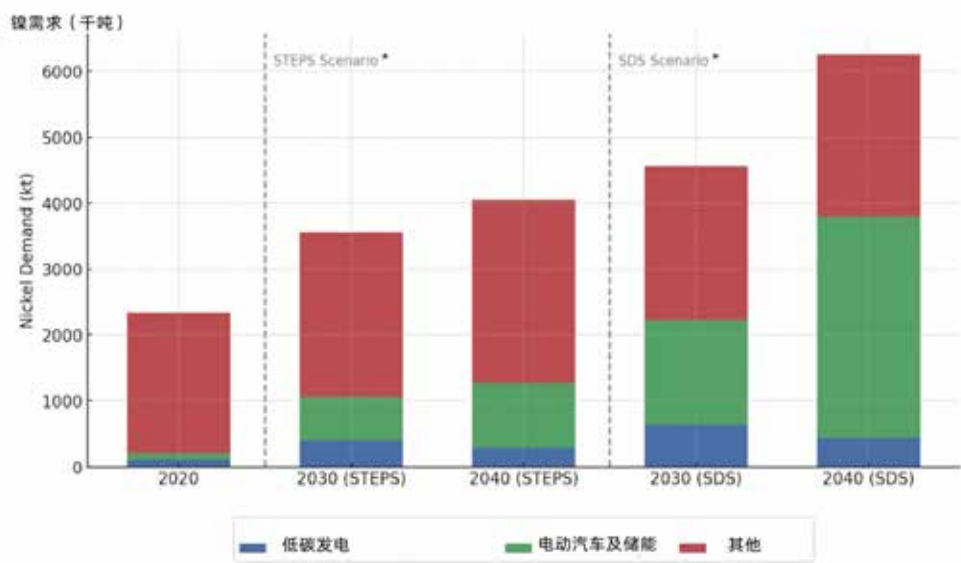


图 3：国际能源署不同情境下各行业镍需求估算（2020-2040 年）^[1]

来源：国际能源署（IEA）

根据 2024 年美国地质调查局（USGS）数据，印尼镍矿探明储量约为 5500 万金属吨，占全球总储量近半且以红土镍矿为主^[14]。这一资源禀赋使印尼成为全球红土镍矿储量最为丰富的国家，在新能源汽车、电池制造以及绿色基础设施等关键产业链中占据天然的战略优势。然而，镍作为不锈钢和电动汽车行业所需的重要资源，其冶炼加工过程中却存在高能耗和高排放的问题。为提升镍资源的附加值，印尼政府自 2014 年起陆续实施原矿出口禁令，推动冶炼、加工与制造等中下游环节的本地化整合，逐步构建起较为完整的产业链。当前，印尼镍下游化产业结构中，不锈钢产业仍占据主导地位。尽管新能源汽车电池市场需求的增长推动了全球对于镍作为关键矿产之一的关注，但印尼镍矿产业链的投资仍主要用于生产镍铁（Nickel Pig Iron, NPI）和不锈钢产品，后者在镍的全球消费结构中的市场份额超过六成（见图 4）。相较于电池产业链需求的爆发式增长，不锈钢行业总体增长较为平稳，属传统制造业范畴，其能源使用结构、工艺选择和排放路径相对固化。

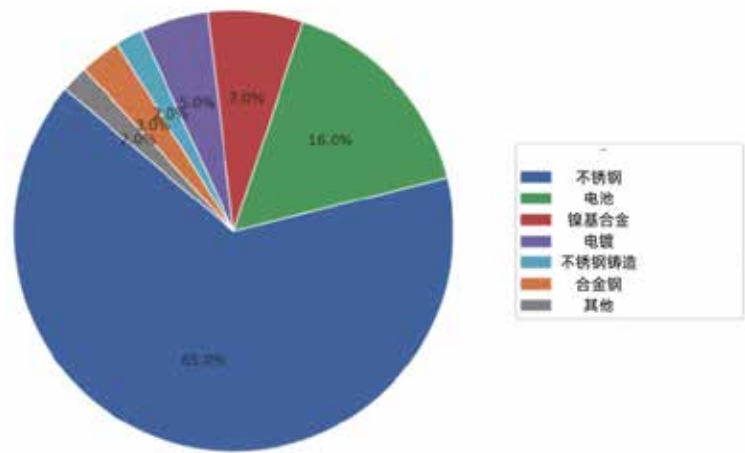


图 4：2023 年镍首次使用的产品形式

来源：国际镍协会（The Nickel Institute）

^[1] 既定政策情景（STEPS）在全球各国最新市场数据、技术成本和对现行政策深入分析的基础上，展现了目前能源行业的走向，也为上行和下行敏感性分析案例提供了背景。可持续发展情景（SDS）则是以同时实现三大能源相关（清洁空气污染、能源可及性、气候变化）的可持续目标为方向进行测算。

由于针对不锈钢和新能源电池产业的冶炼技术、能源消耗、原料需求和收益预期均有不同，因此政府和投资者在两种产业链之间的取舍和平衡将对印尼镍矿产业园区的减排潜力和路径有所影响。印尼镍产业主要采用火法回转窑 - 电炉（Rotary Kiln-Electric Furnace, RKEF）的冶炼工艺，2023 年该工艺占印尼全国镍产能的近九成。RKEF 工艺以高规格红土镍矿为原料，在高温条件下进行冶炼，其能源消耗强度远高于高压酸浸（High Pressure Acid Leach, HPAL）等其他替代技术。强度的差异主要源于 RKEF 工艺所需的高电力输入（每吨镍铁所需电力约比 HPAL 高 500 千瓦时）以及对高碳热源和化学还原剂的广泛使用。受制于当前能源结构和工艺路径的限制，2023 年印尼镍产业的碳排放总量估算已高达 1.5 亿吨二氧化碳当量，成为全国范围内增长速度最快的工业排放源之一^[15]。近年来，印尼的新投资项目中出现了转向 HPAL 相对低能耗的技术工艺的结构调整趋势，国家主权财富基金 Danantara^[16]、国有矿企 Antam^[17]，以及包括华友钴业、中伟股份、力勤资源和 Nickel Industries 在内的多家市场化企业均已加快布局，显示该工艺正日益受到政策引导与产业资本的重点配置。自 2022 年起，相关印尼政府部门也不断传出有关“暂停或中止对 RKEF 产线新投资”的声音，主要是考虑到 RKEF 生产线正在快速消耗印尼的高规格红土镍矿^[18]。尽管目前没有明确的政策法规中止新 RKEF 项目的审批，但政府正通过延长审批时长或暂缓审批的方式控制其发展速度^{[19][20]}。

在园区层面，印尼镍矿产业链经过十年左右的快速发展，呈现出高度集中化和相对隔离化的空间布局特征：采矿、冶炼和加工企业普遍集中在资源丰富但电力基础设施薄弱的地区，主要位于苏拉威西岛和北马鲁古群岛两地。这些地区原先工业化和城镇化程度较低且生态资源丰富，虽然具备资源加工优势，但普遍未被国家电网系统覆盖，能源供应基础薄弱，电力保障能力有限。因此，产业园普遍采取集中建设自备燃煤电站来满足高强度连续性的工业用电需求。尽管这种集中化的发展模式在提升资源配置效率、促进上下游协同以及投资集聚方面发挥了积极作用，但同时也导致整个产业链对高碳能源结构的路径依赖日益加深。

若要对印尼产业园区内的自备燃煤电站进行低碳节能改造或是推动可再生能源替代，则需建立合理的政策激励和监管机制。而当下印尼国家能源发展规划与可再生能源推进战略中均未覆盖自备电力系统，因而各个镍产业园区的自备电站实际处于监管真空状态。在此背景下，园区层面的自主减排成为推动低碳转型的主要动力，也对园区内部制定差异化的镍产业链绿色转型路径提出了更高的要求。此外，企业在选择具体的低碳转型方案时除了考虑成本和减排效果之外，还必须兼顾周边社区的接受度和生态影响。比如，需要大规模征地或是可能导致生物多样性损失的减排方案应基于与社区民众和环境组织充分沟通咨询的基础上进行开发。作为相对封闭空间的大型产业园区的低碳转型不应与周边社区的用能需求和可持续发展脱节。大型镍矿产业园区为当地带来了巨量就业，促进了苏拉维西和北马鲁古相关地区的快速城镇化，这势必对当地社区的用能需求和可持续发展带来新的机遇与挑战。任何大型产业园区低碳转型的改造都应该和周边社区的电力发展相结合，消弭园区内外用能隔阂。然而，这项工作无法单纯依靠投资企业解决，需要当地政府，国家电力机构（PLN）和投资企业合作，探索出一条园区内外协同促进当地可持续发展和低碳转型的长期方案。

综上，印尼镍产业在高速发展过程中的高耗能特性与高度集聚的空间格局为其低碳转型形成了一定宏观（国家），中观（行业）和微观（园区）层面的挑战，也使得镍产业园区自备电厂的转型和低碳发展成为了一个涉及政策变迁、产业协同、内部治理与空间资源等多重维度的复杂议题。因此，在印尼镍产业园区实现减排，必须充分识别其差异性特点与现实空间制约，设计更具针对性的脱碳路径。在此背景下，本文将围绕园区的发展逻辑与现实困境展开分析，探讨其在政策执行、产业链互动、利益主体关系及空间资源条件等方面所面临的关键挑战，并据此构建分析框架，为推动园区层面的低碳转型提供针对性思路与政策建议。

第二章 印尼镍产业园区的低碳转型：分析框架

我们在背景章节中介绍了印尼镍产业低碳转型所面临的三重矛盾，即宏观层面中快速工业化与碳排放之间的矛盾、中观层面中镍矿资源多重相关产业链的平衡与协调发展的矛盾、以及微观层面中投资项目的空间布局和资源禀赋等方面的矛盾。这些复杂和动态的矛盾关系也对各个镍产业园区的低碳转型路线选择形成了多重挑战。

1) 与园区发展相关的政策变迁：首先，产业园区作为印尼工业化战略的重要组成部分，其形成和发展一直受到印尼各类经济和工业政策的影响。各个主要镍产业园区过去 10 年的发展模式与同期印尼相关资源和工业政策的演进息息相关。因此，印尼的政策制定者和园区投资者在政策与市场变迁中的动态博弈和相互适应是构建产业园区现有产业布局、能源体系和治理模式的最重要因素。而园区的发展经验表明影响今后园区低碳路径的核心因素依然是相关政策的变化。

2) 多重产业链的耦合影响：其次，由于镍矿涉及多重产业链在产业园区内共存和发展，且其中涉及的减排技术路线、潜力和成本差异性明显，因此以产业园区整体为目标的分析框架中应考虑各产业链的构成比例、未来发展和协同减排的可能性。

3) 园区各利益相关方的责权分配：此外，印尼的镍产业园区的管理模式与传统意义上的中国海外产业园区并不相同。园区的开发建设企业与其它入园企业、当地合作伙伴以及其他利益相关方之间的关系较为复杂，也决定了镍产业园区在低碳转型中各方权责分配与成本分摊等重要问题。

4) 园区空间和资源禀赋制约：最后一个因素是园区的地理空间和资源禀赋局限对于低碳转型的制约，包括可再生能源禀赋、土地供应、生态环境与社区关系等因素的影响。

因此，与园区发展相关的政策变迁、多重产业链在园区内的耦合影响、园区各利益相关方的责权分配、以及园区空间禀赋制约等四个因素构成了本次研究的分析框架，具体见图 5。

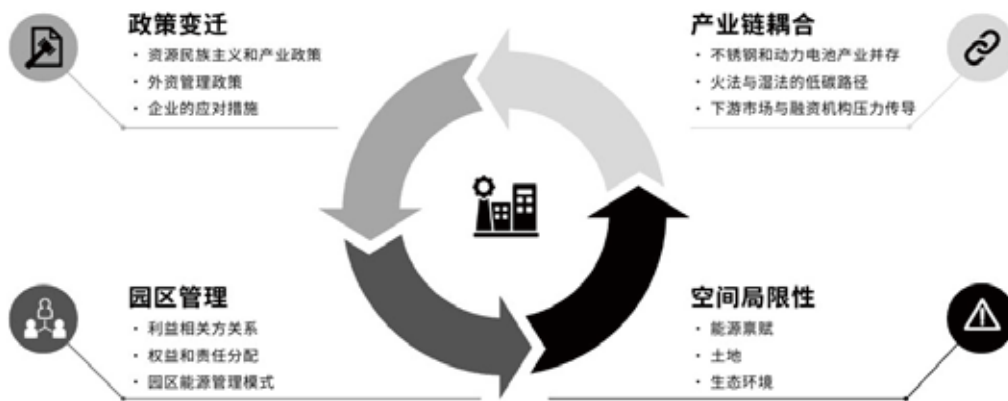


图 5：印尼镍产业园区低碳转型分析框架

来源：作者绘制

（一）与园区发展相关的政策变迁

印尼镍产业园区的形成和发展是中国投资企业不断应对印尼逐渐演进的资源和工业政策的结果，因此属于由政策制度派生的市场解决方案。尽管印尼拥有全球领先的镍红土矿储量，但长期以来，其经济结构对原矿出口的依赖，使其在全球矿业价值链中处于附加值最低端。以初级资源开发为特征的发展路径不仅未能有效转化为本

土制造能力与财政收入，还使印尼经济暴露于资源枯竭、国际价格波动及外资控制的风险之中。前总统佐科认为必须通过资源管制、产业升级与技术引进形成“资源主权化”和“价值链内嵌”，并最终实现经济多元化和生产工业化的长期战略目标^{[21][22]}。在这一背景下，资源民族主义成为印尼政策体系的主轴，其底层逻辑在于通过国家主导的政策制度设计，加强对战略性矿产资源（特别是镍、铝、铜等）的主权控制，并以“本地加工+价值链延伸”为目标，构建新的国家发展模式^[23]（见图6、附件1）。



图 6：印尼政策发展路径图

来源：作者绘制

禁止原矿出口是资源民族主义的政策核心内容。自 2009 年印尼颁布《矿产与煤炭矿业法》（Law No. 4/2009）以来，国家正式确立了对战略性矿产资源的本地加工要求^[24]，倒逼外资公司在本地设立加工产线，提高附加值。然而，该政策的推进并非一帆风顺，而是在 2014 至 2019 年间反复调整，一是防止过激的政策导致大规模停产并对本地就业市场带来的冲击和社会动荡，二是多数外资矿企表示无法在政府要求的期限内完成加工生产线布局^[25]，三是禁令造成的出口收益下滑对宏观经济表现会产生短期冲击^[26]。其间，美国自由港集团（Freeport-McMoRan, FCX）在 2018 年于印尼政府达成妥协并承诺将在五年内投资建设冶炼设施，并将其在 Grasberg 矿的控股权（51%）转让予印尼国家矿业控股公司 Inalum。FCX 的妥协被广泛视为印尼推动资源主权与国家利益优先的策略的突破性成果。与此同时，必和必拓（BHP Billiton）则主动选择退出印尼市场^[27]。这一系列博弈凸显出印尼政府在资源民族主义实践中所面临的挑战：即维护长期利益和短期利益的平衡。既要实现通过本地加工与矿权重组提升国家资源主权与产业链地位的长期政策目标，还要维持外资吸引力与宏观经济稳定的短期政策目标。而中国投资者也是在这样的政策背景下开始大举进入印尼的镍矿产业并开发相关的产业园区。

印尼政府的资源 / 工业政策注重使用“胡萝卜加大棒”的政策组合，即同时采取正向激励和负向激励的办法。比如，将出口禁令的实施与各项投资促进政策相结合，强化引导作用。从过去十年的政策演进来看，印尼政府在不同阶段的政策目标也有不同。早期的政策目标是鼓励加工生产线项目的落地，而近年来的政策目标主要转向为管控某些高排放高污染的技术路线，相对过剩的产能，以及大宗物料的供应与价格。政策介入也逐渐细化和常态化，且政策灵活度高，调整频率快。正向激励政策使得大量中资和外资企业不断涌入印尼的镍产业市场，而负向激励政策则不断影响和调整这些企业的产业布局，技术路线，运营模式和盈利能力。

印尼自 2009 年起就致力于逐渐改善本国的整体投资环境，主要体现在健全法律制度，加速投资项目审批流程，土地征收程序和环境审查标准，为外资投入印尼资源加工业扫除政策障碍^[28]。佐科政府于 2020 年出台的《创造就业法》（Omnibus Law on Job Creation）成为印尼投资制度体系的重大转折点^[29]。该法将印尼投资法中原有的“负面清单”制度（Negative Investment List）转化为“正面清单”制度（Positive Investment List），以正向激励为基础，明确划定优先发展行业（共计 245 类行业），旨在提高投资政策的透明度与可预测性。为吸引外资进入这些优先行业，印尼政府提供了各类激励措施且规定了针对经济园区的额外优惠^[30]。印尼政府的激励政策为外资企业提供了稳定的政策预期和制度支持，极大压缩了大型投资的交易成本^[31]。但是，这些优惠政策也引发了劳工权益和环境保护组织的反对，并为大量外资涌入和园区建立后产生的一系列环境社会问题埋下了伏笔。

综上所述，印尼镍产业园区的发展轨迹，是在国家资源民族主义政策的强力引导、全球红土镍矿需求快速增长以及海外企业投资战略的多重力量共同推动下逐步形成的。

表 1：公共煤电和自备电站的政策对比

政策维度	公共煤电（PLN 电网供电）	自备煤电站（C-CFPP）
电价监管	受政府电价管制。公共煤电厂由国有电力公司 PLN 或独立发电商（IPP）运营，电力销售需遵循政府定价机制。PLN 售给终端用户的电价由能源部制定并需国会批准；IPP 与 PLN 签署 PPA 电价通常参考政府规定的上限或成本基准，受“国内市场义务”（DMO）约束，PLN 电厂煤价封顶每吨 70 美元，以控制发电成本。	不受政府电价直接管制。自备煤电厂仅为企业自身用电，不对公众售电。因此无须执行政府制定的终端电价标准，电力成本在企业内部消化。自备电厂通常无需通过 PLN 招标采购电力，可自行决策建设并用于生产运营。若自备电厂想将余电上网销售，需获得供电业务许可并与 PLN 签署购电协议，其出售电价需报政府批准。
排放监测义务	强制监测。公共煤电厂通常规模较大，需遵守印尼环境法规中严格的排放监测要求。容量≥ 25 MW 的燃煤电厂必须安装连续排放监测系统（CEMS）。监测数据每季度需报送环境部门。PLN 电厂大多达标配置 CEMS，并纳入政府环境监管和企业环境绩效评估（PROPER）体系。	同样适用环保监测要求。自备煤电如果规模达到法规门槛（≥ 25 MW），依法也需安装 CEMS 并定期报告排放数据。环保法规对排放监测的义务按装机容量和燃料情况划定，并不区分电厂所有制。中小型自备电厂可不安装 CEMS，仅需定期人工监测，环境监管力度相对较弱。
碳排放上报与减排责任	纳入国家碳管控体系，逐步承担减排约束。公共煤电作为电力行业主力，包含在印尼国家温室气体清单和 NDC 目标中。政府已启动电力行业碳交易试点，2023-2024 年第一阶段仅涵盖 PLN 电网内的燃煤电厂。能源部 2023 年第 14 号部长令对接入 PLN 电网的燃煤机组设定了年度碳排放上限，并要求超标者通过碳交易抵消。共有 99 个公用燃煤机组参与了首轮碳交易试点。	目前监管空白，减排责任滞后。自备煤电的碳排放迄今未纳入首阶段碳交易和上限管制。政府在 2024 年底前才会确定对未接入电网电厂的碳排放配额，预计 2025 年后才将其纳入碳交易第二阶段。但官方尚未发布关于第一阶段实施具体情况的正式报告。因此，自备电厂碳排放主要由企业自管，缺乏强制上报或减排约束。
国家能源规划纳入情况	纳入官方电力规划，有容量和配额管理。公共煤电项目包含在国家电力发展规划中，并受国家能源政策约束。例如《国家电力总规划》（RUKN）和 PLN 的《电力供应业务规划》（RUPTL）明确公共电源容量目标和能源结构比例。公共煤电在国家能源蓝图中被明确规划，其容量增长和运行时间表都在官方管控之下。	自备煤电厂游离于国家电力规划之外，主要由企业根据自身需求建设。传统上，RUPTL 等规划不含自备电厂容量。然而，随着矿产冶炼等行业自备电站激增，政府在最新的电力总规划草案（RUKN 2024-2060）中首次估算了未来自备煤电扩张规模，但仍缺乏明确的装机限制。
是否适用逐步退役机制	已纳入加速退役计划，设有时间表和激励。印尼政府通过 2022 年第 112 号总统令明确了燃煤电厂的逐步退役框架。在该政策下，PLN 及 IPP 的存量煤电将提前关停：PLN 自有机组和 IPP 购电合约都可协商提前终止，并可获得财政补偿或国际资金支持。此外，第 112 号令禁止新建常规公用煤电厂（除极少数例外），并提出 2050 年前全面淘汰煤电的目标。通过 JETP 伙伴关系，印尼获得 200 亿美元资金承诺，用于在 2030 年前提前退役 5.2GW 存量煤电，力争总计提前退出约 9GW。因此，公共煤电已被纳入“退役日程表”，部分机组或将在 2040 年前退役以符合印尼提高的气候承诺。对于新建项目，也仅限 RUPTL 列出的机组，未来不再审批额外煤电。	当前未纳入退役计划，新建有期限限制。自备煤电未被直接包含在 JETP 等提前退役承诺中，目前没有具体的政府退役时间表或补偿机制。第 112 号总统令对新建自备煤电提出了约束条件：凡作为加值型产业配套的新建煤电必须在 2050 年前停运，且需在投产 10 年内将其温室气体排放强度降低 35%。
补贴或间接激励	享受直接补贴和保障供应。公共煤电由于服务民生，政府给予电价补贴、政府拨款补贴差额、燃料补贴（通过煤炭 DMO 政策，以低于市场的固定价格向 PLN 电厂供煤）等	自备电厂常作为矿产冶炼等重大项目的一部分，被列为国家战略项目附属，可快速获批并享受简化许可手续。目前，政府允许这类电厂不限数量建设以支持工业发展。

资料来源：作者根据公开资料整理汇总 [32][33][34]

尽管印尼政府在国家电力总规划（RUKN）、国家能源总规划（RUEN）以及第 112/2022 号总统令中设定了限制煤电和推动可再生能源的战略方向，但上述政策均只适用于接入国家电网的公共发电设施，而未覆盖自备电站（见表 1）。这种制度性豁免使得镍产业园区内自备煤电站的碳排放完全外部于交易成本，从而形成变相的政策补贴，加剧了园区对化石能源系统的依赖，并限制了未来的低碳转型空间^[35]。此外，印尼本土可再生能源设备生产能力不足，而进口光伏板、储能系统与变压设施则有相当高的关税壁垒，进一步推高了可再生能源项目投资的回报空间。尽管政府近年来推动可再生能源装备本地化生产与供应链建设，但由于国内制造能力尚不成熟、技术标准不统一、质量稳定性不足，企业仍不得不面对“本地缺、进口贵”的两难局面。这些因素共同构成了当前推进清洁能源项目的系统性现实壁垒。

然而，随着国际供应链对绿色低碳产品要求不断提高，印尼镍产业的高碳排放特征正在面临前所未有的市场压力。新能源电池产业链的关键采购方和整车制造商，正日益强调价值链碳足迹与绿色合规性^[36]。在全球负责任矿业和绿色采购标准不断抬升的背景下，继续依赖高碳化石能源将削弱印尼镍矿产品在国际市场上的竞争力，甚至可能因“高碳标签”遭遇贸易壁垒与定价歧视^[37]。因此，印尼政府若希望“资源本地加工”在全球绿色转型的大趋势中保持竞争力，亟需制定明确针对自备煤电站的碳排放监管政策。

（二）产业园区内多重产业链布局

印尼镍产业园区目前主要聚焦于不锈钢与电池两大下游产业链，未来亦可能拓展至氧化铝等多元化产品领域。各产业链所采用的冶炼工艺与市场需求存在显著差异，这在促进园区内资源整合的同时，也对其低碳发展战略提出了多层次、结构性的挑战。如何在维持产业链效率与市场竞争力的前提下实现低碳转型，已成为印尼镍产业园区亟待解决的核心问题。

从技术角度来看，印尼的镍工业主要采用两种冶炼工艺，即火法回转窑-电炉工艺（RKEF）和湿法冶金高压酸浸工艺（HPAL），分别对应不锈钢和电动汽车电池材料的生产需求。火法 RKEF 工艺因其流程简洁、建设周期短、初期投资较低而被广泛采用，但其能源强度高、碳排放显著。据研究估算，自备燃煤电厂为动力的 RKEF 冶炼每吨镍产生约 74.6 吨二氧化碳排放，而 HPAL 工艺仅为 20.5 吨（见图 7）^[38]。此外，火法对镍品位要求较高（通常需在 1.5% 以上），使得企业在资源采购中面临更高的原料成本与政策不确定性。自 2020 年起，印尼能矿部确立了基于矿产参考价（HMA）和品位系数基准价（HPM）机制^[39]。虽然未明确限定品位门槛，但在实际操作中，政府主要对 1.5% 以上品位的镍矿石设定交易指导价。这导致高品位资源价格受政府严格调控且经常调整^[40]。

生产工序	火法工艺	湿法工艺
中间产品生产工序	69.9	14.8
硫酸镍生产工序	4.7	5.7
生产合计	74.6	20.5

图 7：两种工艺吨镍二氧化碳排放量对比（单位：每吨镍 / 吨 CO₂ 排放）

来源：吴琦，马文军：《碳中和背景下电池镍行业发展趋势及应对措施》

相较于传统的火法冶炼工艺，湿法冶炼因其较低的直接碳排放，被视为更具低碳潜力的技术路径。然而，其在工艺复杂性、环境管理和规模化推广方面仍面临显著挑战。湿法冶炼通常在低温条件下进行化学浸出，虽能利用低品位红土镍矿，但设备需长期运行于强酸环境中，运维成本高且尾矿管理复杂^[41]。湿法冶炼每生产 1 吨镍金属会产生 150 至 200 吨酸性尾矿，含有大量金属离子与有害物质。为了实现低碳目标，必须依赖高效的废液中和与处理技术，确保废液排放达标，同时辅以严格的监管制度来保障环保措施的有效落实。现有处理方式主要包括尾矿堆坝、地下回填与深海填埋，但是各有利弊。堆坝成本低但安全风险高，地下回填相对环保但成本高

昂，而深海填埋因潜在的生态风险争议较大。因此，湿法的尾矿处理若缺乏严格监管则存在长期环境风险^{[42][43]}。考虑到印尼很多项目地处偏远海岛，将大大提高监管成本和难度。

从下游产品的角度来看，印尼镍产业园区主要面向不锈钢和电池两个市场（见图 8）。在当前的镍市场中，不锈钢产业链占据了较大的市场份额，尤其是“镍铁 - 不锈钢”是镍元素最主要的终端消费领域。根据 2023 年的数据，印尼不锈钢产业链的市场份额约占镍产业总需求的 67%，而镍铁的出口占比超过 82%，其中绝大部分流入中国市场^[44]。不锈钢产业近年来产能相对过剩，价格走低，而钢铁行业的低碳转型面临较大技术瓶颈。中国作为主要的镍铁进口国也尚未对提出碳边境调节政策。因此，短期内以不锈钢作为下游市场的 RKEF 生产线如何采取低碳路径尚不明朗。

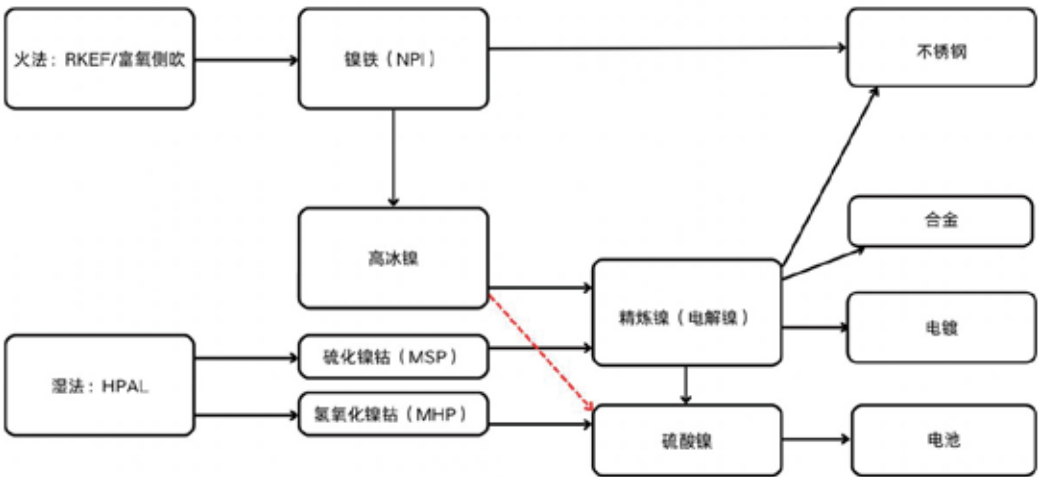


图 8：镍产业链分布图

来源：招商银行研究院，中财大绿金院绘制

相对而言，动力电池产业链上相关的投资在近年来的增长速度远远超过了不锈钢产业链，特别是在电动车行业的快速发展背景下，动力电池产业链对镍的需求显著上升。2024 年电池用镍需求同比增长 27%，增速远高于其他下游行业，预计到 2030 年，电池将在新增镍需求中占据超过 50% 的比重^[45]。与不锈钢相比，电池制造，尤其是三元电池，对原料的纯度及其碳足迹提出了更高要求。这一趋势推动了镍冶炼与加工环节的技术升级，加速了低碳工艺的研发与应用。然而，高性能电池所需的低碳高纯度镍产品，对生产过程提出了双重挑战：既要满足严苛的品质标准，又需显著降低单位产品的碳排放。对于主要依赖化石能源的镍产业园区而言，这无疑加剧了低碳转型压力。园区整体的低碳挑战还体现在不同产业链之间的跨生产环节的协同与资源整合方面。因此，园区如何在火法冶炼与湿法冶炼工艺之间、以及不锈钢与电池产业链之间实现高效协同，建立统一且高效的低碳管理体系，将成为整个园区实现低碳转型的关键。

综上所述，印尼镍产业园区内多条产业链并存的现象在推动低碳转型的过程中面临相对复杂的情况。园区都需要在技术创新、能源供应、环保设施建设和跨产业链协同等方面做出系统性调整。

（三）产业园区内部治理模式与利益相关方协调

在印尼政府各项资源民族主义政策和全球新能源需求的推动下，中国多个不锈钢和动力电池头部企业作为相关产业链的重要竞争者，迅速响应印尼政府要求，投入巨资在印尼建立了多个镍冶炼加工基地，在满足自身发展需求的同时带动印尼实现“资源 + 工业”的战略目标。采取产业园区的模式运营也是迎合政府的政策：根据 2014 年第 3 号工业法（经 2020 年第 11 号法律修订）和 2021 年第 28 号政府令规定，所有从事工业活动的公司必须位于产业园区内，且在产业园区内的投资者可以享受税收激励，包括免除或减少地方政府税收，如土地和建筑税、土地和建筑权利获取费等。在产业园区内建厂的投资者无需获得建设许可。主要头部中资企业也因此从单体产线投资而转向园区整体建设、开发和运营服务。

一般来说，镍产业园区中的主要利益相关方包括园区投建营主体、入园投资企业、上游采矿企业、当地政府和周边社区。不同类型的公共、私营和社会主体在园区治理结构中形成了明确的权力关系和权责分工体系。目前，印尼主要的镍产业园区由中资头部企业投资建设与运营，本地印尼企业主要承担采矿，政府协调和社区关系维护等工作，而其他入园加盟的中外资企业一般接受投建营企业的管理和服务（见表 2）。

表 2：印尼镍产业园区和入园企业

园区名称	园区公司	主要产业链方向		入园企业
印尼莫罗瓦利工业园（IMIP）	青山控股集团与印尼八星集团	不锈钢为主，近年拓展电池级镍产品	园区年产 420 万吨镍铁，400 万吨不锈钢、700 万吨普碳钢和 9 万吨湿法镍金属，并配套建设焦电、兰碳、电解锰、电解镍、石灰厂、铬铁和硅铁等项目。	主要入驻企业包括广新集团、德龙钢铁、华友钴业、广东邦普，格林美，旭阳集团，南京钢铁、中伟股份、华丰集团、盛新锂能和华新丽华等，以中资企业为主
印尼纬达贝工业园（IWIP）	青山控股集团、浙江华友钴业股份有限公司与振石控股集团有限公司	以镍铁产业链为主，未来计划转为以利用矿物生产、加工电动车辆电池原材料为主的综合性工业区	主营项目为镍铁、氢氧化镍钴和高冰镍。	主要入驻企业包括法国 Eramet、澳大利亚 NIC、印尼 PT HARUM ENERGY、PT Aneka Tambang Tbk、PT Daya Litrindo、印度 JINDAL、韩国 POSCO、以及中国的金川、华友、台资企业华新丽华等，入驻企业更加国际化。
德龙产业园区	江苏德龙镍业有限公司与中国一重集团合作开发	以镍铁和不锈钢生产为主	年产能包括 300 万吨镍铁和 250 万吨不锈钢。	主要入驻企业有厦门象屿、湖南中伟新能源等。
Harita/Lygend 奥比岛产业园区	印尼哈里达集团与宁波力勤资源	电池材料为主，同时生产不锈钢原料	湿法 HPAL 产线 6 条（一期 2 条 + 二期 1 条已建，三期 3 条在建）；火法 RKEF 产线 20 条（预计年产 28 万吨镍铁）	新兴铸管
印尼坡马拉综合产业园（IPIP，在建）	浙江华友钴业、淡水河谷（Vale），与福特汽车	电池材料为主	湿法 HPAL 为主（规划年产镍金属 12 万吨 MHP，预计 2026 投产）；计划配套火法 RKEF 产线（产镍中间品用于电池前驱体）	/

资料来源：作者根据公开资料整理汇总

其中，绝大多数投建营企业自行承担了港口、电力、道路等关键基础设施和公共设施的建设，并通过招股引资的方式引入其他投资人，并形成了完整的产业链布局。这种治理模式促使中资企业能够以较低的协调成本实现高效率的资源配置，推动园区迅速形成产业集群的发展优势^[46]。然而，高度集中的园区治理也意味着除了投建营企业之外，其它的利益相关者在关键决策中处于被动地位，对于园区运营相关的重大决策，如 ESG 和低碳转型等重要事项往往缺乏实质影响力^[47]。镍矿工业园的初级和中间原料由多家小型矿场供应、利益分配和决策关系中处于弱势地位^[48]。其他入园企业则需要园区投建营企业批准进入园区投资，并依赖园区投建营企业的基础设施网络进行生产活动，难以对园区整体产业链布局和运营决策施加实质影响。因此，在当前印尼镍产业园区的治理格局中，尽管中国企业整体占据绝对优势，但决策权并非在所有中资企业间均等分配，园区投建营企业比入园企业更具主导地位。

镍产业园区的能源系统既是最大的碳排放源，也是最具潜力的低碳改造环节。园区最终是否能成功实现低碳转型将主要取决于大规模利用清洁能源的可能性，而园区内部的能源管理模式也影响着可再生能源的替代潜力和方案。比如，在早期建设的产业园区中入园企业往往可以自行筹建自备电站，但是须统一并入园区内电网调配。

而后期建设的产业园区往往采取集中式电力系统，由投建营企业统一建设和管理电力系统。假设园区的远期规划是以可再生能源替代 20% 的煤电装机，选择采用集中式和分散式的不同管理模式意味着从投资主体、交易结构到成本构成各方面的差异。此外，园区内部企业间的技术代际差异加剧了治理协调的复杂性。动力电池材料领域的企业由于湿法技术的采用和更国际化的产业链而具备良好的低碳技术储备与意识，更希望推动清洁能源应用、冶炼流程改进等措施；而传统不锈钢产业链上的企业往往对清洁能源和低碳转型的态度相对保守，因此从园区层面也需要协调不同类型企业的偏好。

（四）园区空间和能源禀赋制约

印尼镍产业园区的低碳转型势必受到其独特的地理空间和周边能源禀赋的制约。例如，开发替代煤电产能的大型可再生能源项目所需前提要素通常包括良好的风力与太阳能资源、大规模可供开发的土地、以及相对可控的社会环境影响。而产业园区所处的地理位置对于这三类条件均有一定的硬性制约。从能源禀赋来看，印尼作为一个热带国家，确实拥有较为丰富的太阳能、风能、水力以及地热资源，具备一定的替代化石能源的潜力。但是，这些可再生能源的资源分布并不平衡，且与重要镍矿产地的重合度不高，使得理论上的可再生能源禀赋难以转化为现实中园区企业可行的能源解决方案。例如，地热资源开发通常集中于地质活动相对活跃且热梯度稳定的地带，与主要园区距离相对遥远。

大型镍产业园区大多分布于印尼东部的苏拉威西岛和北马鲁古群岛，这些地区红土镍矿资源丰富，是印尼推动矿产资源“下游化”战略的重要承载区域。然而，由于地理位置相对偏远且远离传统政治经济核心区域，这些地区在电网基础设施、公共服务供给与市场联通能力方面存在显著不足。此外，镍冶炼产业所需的工业能耗（特别是火法冶炼）对电力的连续性、稳定性与负荷响应能力提出极高要求，而光伏与风能等间歇性能源在稳定性和负荷保障方面难以满足工业用电需求。尤其在冶炼环节能源需求波动性强、调峰压力大的情况下，可再生能源的匹配难题更加突出，一般只能作为辅助负荷，尚无法对生产形成基础性支撑。实地调研中显示主要产矿区周边的风光，水电和地热资源也并不突出。例如，目前主要产业园区的周边陆地和海上风速均属于勉强可开发的区间（约为 4m/s），因此开发风电项目成本较高且盈利空间很小，可融资性低。

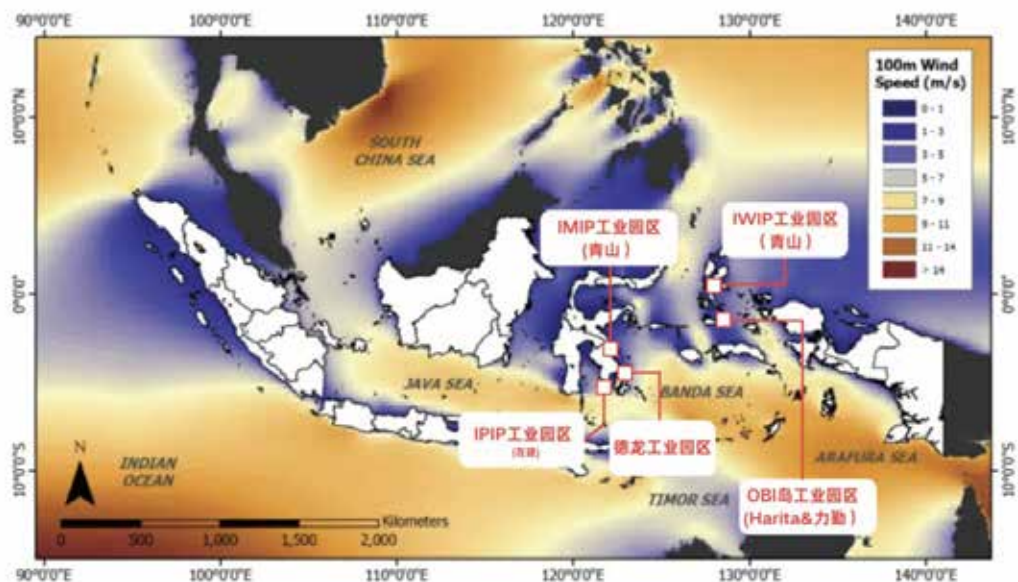


图 9：印尼镍产业园区年平均风速分布图

来源：Geohydromatics^[49]，中财大绿金院补充绘制

相对而言，园区周边的光伏发电资源具有更好的可利用性。印尼年日照时长达 3500 小时，可开发利用的光伏发电总量为 2898GW。中苏拉维西和北马鲁古地区的总辐射（Global Horizontal Irradiance, GHI）可达到年 1650-2050 kWh/m² 的水平，具备大规模开发光伏电站的日照条件。但是，如果将开发大型光伏电站作为镍

产业园区的主要技术替代路径，则需要面对大量征地的问题。虽然屋顶光伏在用地占用上具有天然优势，但由于园区内多数厂房屋顶承重设计有限、结构标准不一，难以满足光伏组件安装的技术要求与安全规范，因此难以作为大规模替代的主力方案。一般来说，每兆瓦（1MW）光伏系统的占地面积大约为 1.5 - 3.5 公顷土地。要做到对镍产业园区大量煤电装机的有效替代（假设以目前园区煤电装机的 20% 计算），则大约需要在园区周边征用 1500-3500 公顷的土地。在实地调研中，多家企业表示由于产业园区开工建设时已经征用了大量土地，并造成了当地民众一定的不满，若因为光伏电站再大举征地，实施难度将非常大。

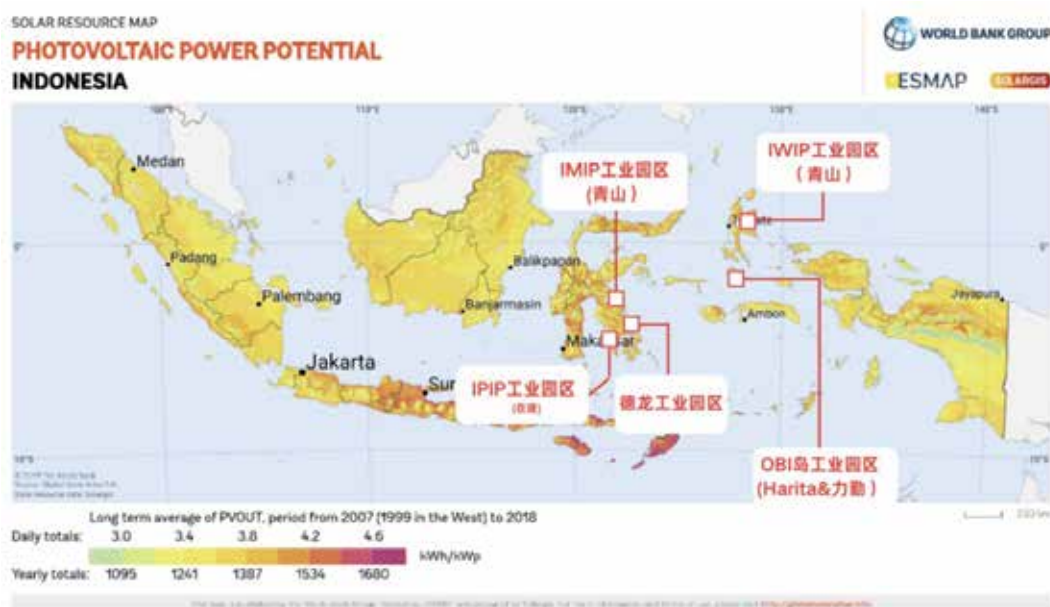


图 10：印尼镍产业园区光伏资源潜力分布图

来源：世界银行，中财大绿金院补充绘制

印尼农村与偏远岛屿的土地所有权受复杂的法律框架管辖。正式的土地所有权类型包括以下几类：Hak Milik（所有权），即这是最全面的完全土地所有权，但是仅限于印尼公民及实体；Hak Pakai（使用权），即将土地用于特定用途的权利，通常为 25 年，可再延长 20 年；Hak Sewa（租赁权），即基于租赁协议允许持有人在指定期限内使用土地；Hak Guna Bangunan（建筑权），即授予对土地上建筑物的完全所有权，外国人也享有建筑权。与此同时，印尼还存在极为复杂的非正式土地制度。这些制度通常与正式的土地权属制度并存，并深深植根于当地习俗和传统^[50]。印尼许多农村社区遵循被称为“Adat 权”的传统非成文法土地制度。而社区管理中，土地通常由社区集体管理，决策通过当地社区民众共识而非正式的法律程序做出。农村地区的土地大都未经政府正式注册，涉及此类土地的交易通常是非正式的，完全基于交易主体间的相互信任和认可。而土地纠纷通常通过当地领导人或社区长老的非正式调解解决。印尼的正式法律体系也并不总是承认传统土地权利，从而导致土地治理中经常出现各类冲突。因此，如果园区低碳转型涉及大规模征地，如何避免冲突并保障当地社区免受土地流失和生计损失的伤害无疑将是巨大的挑战。

最后，大型可再生能源基础设施的建设也会与当地生态的敏感性与脆弱性产生叠加效应。印尼红土镍矿集中的中部岛屿群又称 Wallacea 地区，当地生态环境极为脆弱。由于地处亚洲和大洋洲大陆架交界处，该地区是世界上生物多样性最丰富的地区之一，且近 50% 的本地动植物种为仅存在于该地区的独特物种。因此，整个地区的生态系统对外部干扰特别敏感，也意味着任何环境变化都可能对其独特的物种群产生重大且不可逆的影响。近年来，森林砍伐和栖息地碎片化是该地区最主要的生态威胁。研究表明 2000 年至 2018 年间，本地森林面积损失高达 1 万平方公里，而预计到 2053 年，森林面积损失将高达 5 万平方公里，由此导致的栖息地丧失和碎片化将严重影响当地的生物多样性^[51]。由于产业园区的选址往往在较为偏远的地区，大规模的采掘和工业活动，以及迅速膨胀的人口规模已经对周边原始生态环境造成了一定的影响。若是为了建设低碳能源项目进一步大幅拓展园区空间，则必须谨慎考虑其潜在的生态环境影响，在降低碳排放和保护生物多样性的两难情境下做出严肃科学的利弊权衡。

第三章 镍产业园区和独立投资项目低碳转型的比较分析

印尼的镍产业相关投资主要集中于大型投资企业开发建设的产业园区内，同时也有些零星布局且相对独立的小型投资项目。其中，除了在建的 IPIP 产业园区项目外，IMIP、IWIP、德龙产业园区，以及奥比岛产业园区等大型镍产业园区目前均已发展成为集多重工艺与产业链于一体的综合型产业园区，不仅能满足传统不锈钢冶炼与生产需求，还逐渐引入可锂电池和电解铝等生产线。因此，各个园区不同的产业链布局和生产工艺并存需要识别不同的脱碳潜力和路径。同时，园区内部各个投资主体之间的合同关系和法律责任也会影响具体脱碳方案的制定和实施，比如相关的决策流程和成本分担等等。相比较大型产业园区，独立的小型投资项目往往生产线单一，决策集中度高，脱碳路径相对简单明了。但是，小型投资的抗市场和政策波动能力较差，盈利压力较大，因此对于脱碳方案的成本考量更为敏感。至于脱碳方案对于周边社区和生态环境的潜在影响，小型独立投资项目和大型园区均有可能产生征地，生计和生物多样性丧失等问题，需要逐案分析。

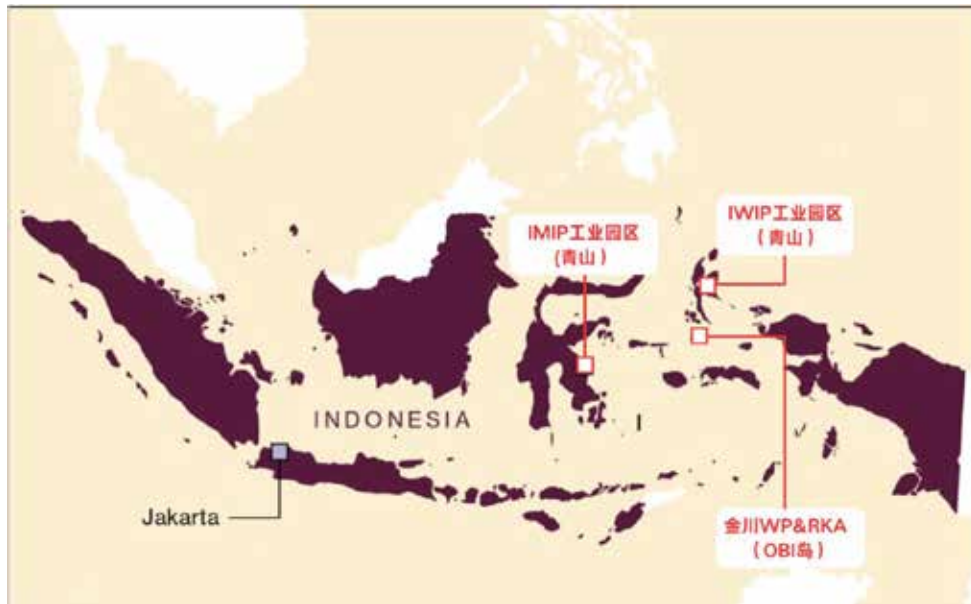


图 11：印尼镍产业园区分布图

来源：Bloomberg，中财大绿金院补充绘制

为深入探讨并分析这些复杂因素，本章将在第二章所构建的分析框架基础上进行比较案例的研究，全面探讨园区模式在低碳转型中的相对优势与挑战。通过文本分析和现场调研的方式，我们将比较青山集团的 IMIP/IWIP 园区与金川集团的 WP&RKA 项目（见图 11），探讨两类投资模式在推动低碳转型时面临的具体挑战。值得注意的是，虽然 IMIP 和 IWIP 园区均隶属于青山集团，但两者在产业链布局、资源利用、内部管理和履行社会责任等方面存在显著差异。只是这种异质性尚未颠覆大型园区模式在探索脱碳路径中的某些共性挑战和机遇。

（一）青山集团 IMIP/IWIP 园区

青山控股集团有限公司（Tsingshan Holding Group Co., Ltd.）是中国领先的不锈钢和新能源企业，成立于 2003 年，总部位于浙江省温州市。青山集团主要生产不锈钢钢锭、钢棒、板材、线材、无缝管等产品。依托雄厚的上游镍矿资源，该集团为了寻求更高附加值产品，过去几年正在大力推动新能源电池新产业。青山集团的业务涵盖原材料开发投资、采购、海运物流，到不锈钢生产及深加工、国际贸易的完整供应链^[52]。2023 年，青山集团镍产量创下超 110 万吨的历史新高，同比增长近三成，在全球镍产业领域保持着持续领先的地位^[53]。青山集团通过 IMIP/IWIP 两个产业园区，控股着印尼约 30% 的镍矿产能，2025 年高冰镍预计年产量可至 100 万吨，占全球供应量的 40% 以上。2023 年两个园区内的自备电站总装机容量不低于 9 吉瓦（GW）^[54]，并在 2024 年底超过 10GW。目前上述自备电站暂时能够满足园区内企业用电需求，但随着新项目的不断入驻，未来园区的电力系统可能会进一步扩容。

IMIP 和 IWIP 园区介绍

IMIP 园区是青山集团与印尼本地八星集团于 2014 年共同建设，位于中苏拉威西省莫罗瓦利县巴哈多比镇。IMIP 园区建设初期，由上海鼎信投资（集团）有限公司（青山集团子公司）占股 49.7%、印尼八星集团占股 25.3%、苏拉威西矿业投资有限公司（PT Sulawesi Mining Investment）占股 25%。其中，苏拉威西矿业投资有限公司由上海鼎信占股 46.55%、八星集团占股 25.65%，睿信资源国际有限公司占股 24%，福建鼎信实业有限公司（青山集团子公司）占股 3.8%（见图 12）。因此，在 IMIP 园区建设初期，青山集团通过子公司实际占股 62.29%、八星集团占股 31.71%^[55]。

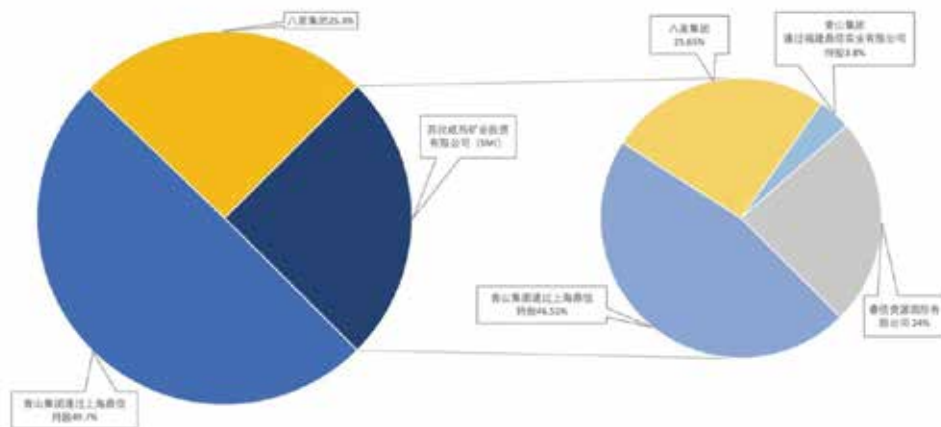


图 12: IMIP 股权结构图

来源：作者根据公开资料整理汇总

IMIP 园区现有 35 家运营中的企业，员工约 10 万人，规划用地 5500 余公顷，是世界上首个拥有完整的不锈钢产业链，大型普碳钢和新能源电池材料生产线的大型产业园区。IMIP 具备年产 420 万吨镍铁、400 万吨不锈钢钢坯、700 万吨普碳钢和 9 万吨镍金属（湿法）的生产能力。此外，园区还配套建设了铬铁、焦炭、兰炭、电解锰、电解铝、电解镍、硫酸、高冰镍、石灰和硅铁等项目，2023 的年产值超过 2000 亿人民币。由于园区生产规模不断壮大，园区周围人口从千余人增长至近 30 万人，在为当地带来了 15% 的经济增速的同时也引发了园区周边道路拥堵、环境污染和各类公共服务缺失等治理困境。面对日益严峻的社会和环境挑战，园区管理层表示近年来青山集团开始更加重视企业 ESG（环境、社会与治理）工作。园区于 2023 年建立了 ESG 与可持续发展委员会，统一管理园区近 2000 万美元的社会责任资金（向园区内各企业按比例筹集）。同时，青山集团代表所有园内企业与当地政府直接沟通，力图缓解由园区急速扩张引发的社会矛盾，并推动园区向更为可持续的发展模式转型。

从地理位置来看，IMIP 园区位于苏拉威西岛的中苏拉威西省，属于印尼东部地区，镍矿资源丰富整体经济发展水平较为落后，基础设施相较印尼西部地区落后。为了确保园区正常运行，青山集团投资建设各类基础设施，包括办公楼、仓库、港口、长达 15 公里的输水管道、长达 42 公里的内部电网、综合垃圾处理站和矿渣及煤粉灰填埋场等。在能源供应方面，IMIP 所处地理位置远离国家主电网，主要自备电厂供电。电厂使用来自加里曼丹岛的低卡煤作为燃料，采用孤网运行模式。后续投资的企业若建自备电厂，其生产的电力统一并入园区电网，经调配后再输送到园区内各用电单位。园区初期仅有合计 1130 兆瓦自备燃煤电厂，但随着园区规模的不断扩大，目前 IMIP 园区自备燃煤电站的整体装机容量为 4810 兆瓦。此外，园区内利用焦炭厂和硫酸厂的余热发电量为 538.5 兆瓦，并规划了 60 兆瓦的水电和 1000 兆瓦的光伏发电项目。

IWIP 园区是青山集团于 2018 年建设落成，位于北马鲁古省中哈尔玛赫拉区纬达县勒利勒福村，项目年产值可达 150 亿美元（约 1000 亿人民币）。与主要聚焦不锈钢产业的 IMIP 园区不同，IWIP 园区的定位为致力于构建以镍铁和电动汽车电池产业链为主导的产业集群。园区内入驻企业国际化程度较高，吸引了来自中国、法国、澳大利亚、印度、韩国、中国台湾等多地的投资者。目前园区内 90% 为印尼本地员工，约 8 万余人。IWIP 园区

的管理层自园区成立之初就坚持由青山管理团队直接负责 ESG 和政府对接方面的工作。园区 2023 年投入约一亿人民币（约 1400 万美元）用于各类 ESG 项目。

在能源供应方面，IWIP 园区同样依赖自建燃煤发电厂以满足日益增长的电力需求。园区电力需求在 2024 年超过 4GW 并呈持续攀升趋势，目前的总装机为 5.68GW。与 IMIP 园区相对分散运营的发电机组模式不同，IWIP 园区在规划初期便预留出建设 14 台燃煤发电机组的空间布局，由园区发电部门统一管理和运营。这种集约化管理模式使入园企业无需担心能源供应问题，可以通过园区孤网直接采购电力，从而确保了生产的连续性和稳定性。

IMIP/IWIP 园区的发展轨迹与印尼资源政策变迁

2008 年，青山集团与印尼八星集团（PT Bintang Delapan Group）初步建立合作关系，意在探索印尼镍矿资源出口中国的可能性，当时并没有在本地发展镍矿冶炼产能或建立产业园区的意图。然而，2009 年 1 月 12 日，印尼颁布的《矿产和煤炭矿业法》（Law No.4/2009）在引入统一的矿业权许可证制度（IUP）并向外国投资者开放的同时，也明确规定了将于 2014 年全面禁止未经加工的 65 种原矿出口。受限于当时印尼政策环境的不确定性，青山集团不得不调整战略，尝试在本地投产冶炼厂并布局下游加工产线。

2013 年，在原矿出口禁令正式实施之前，中国国家主席习近平于 10 月对印尼进行国事访问，两国元首在雅加达共同见证了印尼经贸合作区青山园区开发有限公司（即 IMIP）的设立仪式及首批入园项目签约。IMIP 也由此成为首批落地“一带一路”倡议的中印尼产能合作项目之一。在政策与外交协同支持下，中国国家开发银行、中国进出口银行等政策性金融机构，以及印尼进出口银行等本地金融平台为项目提供了开发性融资。青山集团得以突破此前海外投资中面临的资金瓶颈，正式启动 IMIP 建设^{[56][57][58]}。

2017 年 1 月，印尼政府颁布了政府法令（GR 1/2017），对外资持股比例做出了进一步限制，要求矿业公司在投产后第十年内将外资持股比例降至 49%。2020 年 6 月的《矿产和煤炭矿业法修正案》（Law No.3/2020）更是要求外资矿业公司逐步将其 51% 的所有权转让给印尼实体部门。鉴于上述政策要求，青山将上述两个园区的采矿业务转让给八星集团，而将全部资源集中在下游冶炼和园区管理上。不同于外资控股的传统矿企，青山集团的竞争优势在于其在中国本土已拥有成熟的不锈钢产业链，具备较强的下游市场整合与消纳能力。中国庞大的不锈钢市场需求，进一步强化了青山在印尼境内的投资安全性与商业可行性^[59]。青山的成功经验也促使印尼政府重新评估中资企业在资源下游化过程中的作用，认为其不仅有助于落实本地加工政策目标，更通过基础设施建设、就业创造与外汇收入贡献，增强了国家对全球镍价值链的掌控力^[60]。

印尼政府在不断收紧采矿权和原矿出口的同时，也颁布了一系列鼓励下游产业发展和投资的政策法规，其中就包括著名的于 2020 年 11 月正式颁布的劳动就业法（Omnibus Law on Job Creation）。这项综合立法旨在鼓励外资和创造就业，并通过简化审批流程，放松劳工权益和环保要求等方式吸引外资。该法在受到劳工和环保组织的持续抗议后，于 2021 年 11 月被印尼宪法法院宣布“有条件违宪”，并要求在两年内进行修订。修订版《政府条例代替法律第 2 号 /2022》于 2022 年 12 月 30 日颁布。上述立法也促进了大量企业投资印尼的镍矿下游产业并进驻 IMIP 和 IWIP 园区。近年来，印尼政府的工业政策进一步调整，旨在鼓励动力电池产业发展并同时限制火法冶炼为主的不锈钢产业，此举也是旨在防止火法冶炼所需的高品位镍矿迅速耗竭。上述政策调整使得动力电池产业的投资在两个园区的比例不断提高。

对于燃煤电站，2022 年颁布的第 112 号总统令禁止建设新的燃煤电站，且新总统普拉博沃已经承诺在 2040 年退役所有煤电产能。但是产业园区的自备燃煤电站并不包括在禁止令和强制退役计划中。因此，IMIP 和 IWIP 目前的自备装机并没有来自印尼政府的政策压力。目前园内正在开发的各类可再生能源项目，更多是出于企业的 ESG 要求。据青山的经理透露，其低碳转型的底线是新增可再生能源装机‘不能造成经济损失和影响生产安全’。

综上所述，IMIP 和 IWIP 这两个印尼镍产业园区的旗舰项目，其过去十年中的发展壮大与印尼政府经济发展战略与资源民族主义政策变迁密切相关。印尼政府多次颁布原矿出口禁令，不断收紧外资采矿权，并同时放宽劳工和环境准则，给予一定税收减免优惠，且近年来政策逐渐向动力电池产业倾斜并限制火法冶炼。最后，政府还给予园区自备火电站一些豁免待遇。这些正向和负向的政策激励不断影响着青山两大园区的发展轨迹和低碳转型路径。印尼政府过去十几年来的政策变动都会促使青山集团调整相应的产业布局和运营模式，因而未来青山园区转向低碳发展的最重要推动因素依然是相关的政策变动。

IMIP 与 IWIP 园区内多产业链耦合关系与减排潜力

随着印尼镍产业的迅速发展，技术创新和市场需求变化推动了镍产业链中各类工艺和产品需求的形成。近年来动力电池产业的快速崛起，特别是在电动汽车和储能系统领域的广泛应用，也改变了园区内的产业布局，用电需求和节能减排路径。目前，IMIP 和 IWIP 园区仍由不锈钢产业为主导，其传统生产方式依赖于能耗和碳排放较高的火法冶炼工艺（RKEF）。RKEF 工艺特点是可以将不锈钢产业与动力电池产业打通，实现红土镍矿在对接两种下游产业时可以自由切换，企业可根据硫酸镍的价格灵活转产，即当硫酸镍和镍铁的供需发生变化使得二者价差扩大到一定程度后能够覆盖镍铁 - 高冰镍 - 硫酸镍之间的转化成本，企业便可转产高冰镍^[61]。

高压酸浸湿法冶炼（HPAL）作为电池级硫酸镍的重要原料供给来源，则适用于处理低品位镍矿。HPAL 投资成本和建设周期近年来均有大幅改善，将是未来红土镍矿下游利用的主要发展方向，在未来全球能源转型时代下的镍产业链中扮演重要的地位。HPAL 碳排放远低于 RKEF，且有潜力利用硫酸余热发电。根据华友钴业的经理介绍，其在印尼 HPAL 项目的余热发电基本可以覆盖 70% 的生产用电，使其生产每吨镍的碳排放降到 8.5 吨二氧化碳，约为 RKEF 工艺的 1/8 到 1/10（即 60-70 吨二氧化碳 / 吨镍）。目前，印尼政府正在全面评估 RKEF 许可证，并有可能不再批准上马新的生产线。同时，RKEF 项目的税收减免政策也已经逐渐取消。由此可见，印尼政府对于 HPAL 工艺和动力电池产业的政策偏好非常明显，而青山集团和相关入园企业应该尽量避免上述 RKEF 投资成为沉没成本。目前，IMIP 和 IWIP 园区内分别有 53 和 68 条 RKEF 生产线，尽管 RKEF 的减排潜力低于 HPAL，但是青山集团还是在工艺流程中尽量降低排放，比如采用铁水红送技术，避免重复加热过程而起到一定的节能减排效果。

我们在调研中发现除了生产工艺本身的减排手段和潜力不同，不锈钢产业和动力电池产业的合作伙伴，下游市场和融资机构也会对园区投资企业产生不同的减排压力。由于不锈钢生产线的中间和最终产品大都销往中国，而主要入园企业的融资安排基本依靠印尼国内和中国金融市场的间接融资，因此企业面对供应链下游企业和融资银行的 ESG 要求和压力较小。而动力电池产业链上的合作方和融资机构往往包括欧美企业和金融机构，因此需要符合各类 ESG 行业标准和框架，如 IRMA, ICMM 或是赤道原则等。这些来自下游和融资机构压力会最终传导到入园企业中并促使企业采取行动。目前，IMIP 园区内由澳大利亚镍业有限公司开发的 200MW 光伏项目，和华友钴业的硫酸余热发电项目均属这种情况。而由于动力电池企业采取相对较高的国际化程度和 ESG 标准，将推动园区整体的 ESG 表现。2023 年 IMIP 的首份 ESG 报告就依据和参照了 GRI 可持续发展报告标准在内的多个行业标准。

此外，除了不锈钢和动力电池，IMIP 还在大力推进电解铝项目的投资。由于能源配套是电解铝项目选址的关键因素（供电在成本项中占比约 40%），因此尽管远离铝土矿资源富集地区，成熟的产业园区依然具有天然的布局优势。2020 年华峰集团和青山合作成立华青铝业，标志着电解铝产业链被纳入 IMIP 产业布局。华青铝电一体化项目远期规划的年产能可为电解铝 200 万吨、氧化铝 400 万吨、预焙阳极 100 万吨，并已于 2024 年投产 50 万吨产能。电解铝属于高耗能高排放产业，华青项目的配套电力系统是 4×380MW 自备煤电机组，直接碳排放（主要来自阳极碳素燃烧）和间接碳排放（主要来自煤电供应）将达到 13-15 吨 CO₂ / 吨铝的水平。在以煤电为主的能源结构下，电解铝的单位碳排放显著高于不锈钢产线。目前电解铝的低碳技术路径主要为低温电解 + 无碳阳极技术。理论上若一个工业园区采用低温电解 + 无碳阳极技术来生产 200 万吨电解铝 / 年，其成本将增加 20-30 亿人民币，但碳排放则会减少 1600-2000 万吨。假设碳市场价格在 20 美元以上，参加即可覆盖增加的成本。但尚不了解华青项目是否采用低温电解 + 无碳阳极技术。

园区内部治理模式与低碳转型

总体而言，产业园区的主要利益相关方包括园区的建设投资方、入园企业、当地合作方、中央政府、以及当地政府和社区。和传统的产业园区不同，青山集团建设 IMIP 和 IWIP 两个产业园区的核心目标并不是想要依靠经营园区盈利，而是为了降低运营成本和产业链整合。因此，青山自始至终都对园区的整体发展方向，产业布局 and 园内管理制度拥有绝对控制权。首先，无论从园区的股权结构和入园企业的股权结构来看，青山集团均有足够的话语权（见图 12、13）。青山集团对于入园企业的筛选有两个标准，一是实力足够强且项目有盈利能力，二是和自身产业具有战略互补性。

‘其他园区企业都是上市企业，也基本都是头部企业，产业上也是互补的，并不是想来就来。对我们产业没有帮助的就来的不了的。进园的企业，青山或多或少都有股份，负责运营，比如 10-40 个点，相互信任互相绑定会好一点，不然万一我们停水停电怎么办。’（2024 年 8 月 IMIP 访谈）

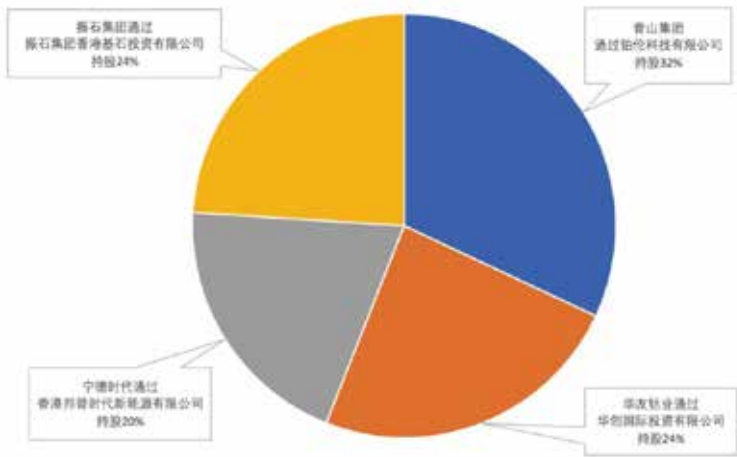


图 13: IWIP 股权结构图

来源：作者根据公开资料整理汇编

然而，青山集团对于 IMIP 和 IWIP 近几年的迅速发展和壮大并没有提前预判和充份准备，对于园区的管理建设也属于‘摸着石头过河’，即很多管理制度是根据碰到的现实问题慢慢建立起来的，因此各种规章制度都在不断完善的过程中。这个现象在更早开工建设的 IMIP 园区更为突出。比如，IMIP 中一些入园企业的自备电站是自行建设的，建成之后并入园区内网。而目前园区内正在开发的可再生能源项目，如上述提到的光伏和硫酸余热发电项目，也是相关入园企业自行投资建设。IWIP 则是改进了做法，园内所有的自备电站及其它主要基础设施都由青山集团集中建设。很显然，这种集中管理更有利于提升能源系统效率，也利于将来在园区层面统一进行碳盘查或节能改造。但同时也对园区的低碳转型成本如何在青山和各园区企业分摊提出了挑战。

在园区 ESG 的管理上，最初 IMIP 也和 IWIP 采取了不同的做法。IMIP 在 2021 年之前将政府关系维护，项目审批和社区关系均交由当地合作伙伴八星集团负责。自 2021 年开始，青山集团开始成立专门 ESG 团队进行统一管理，成立园区 ESG 理事会并开始向各个园区企业征收 ESG 资金，2021 约为 500 万美元，2022 年约为 600 万美元，2023 年增长到 2,000 万美元。上述资金主要用于各类社区公共设施建设，包括各类学校和医院。IWIP 的 ESG 管理从成立之初就由青山集团自行承担，但是并没有成立专门的 ESG 部门，而是靠多个部门协作。园区层面每年从利润中提取近一亿人民币社区发展项目资金，其中 70% 用于基础建设，道路、电力、饮用水等民生项目。

‘我们没有像 IMIP 那样大规模，相对来说两个园区的机制不一样，我们是多部门在运作，我们还是在根据当地的特色来运营管理，因为两个园区的结构、历史成因、规模都不一样，所以也没有完全是一样的管理模式。大 K（IMIP）难度更大，因为时间更长，历史遗留问题更多，现在我们的挑战也是越来越

大，因为入园企业的需求越来越多。之前是显性的问题，遇到问题就解决问题，但是现在的问题更加的隐形和复杂。’（2024 年 8 月 IWIP 访谈）

由于入园企业越来越多元化，其 ESG 需求也日渐不同，这对青山目前相对集中的 ESG 管理构成了一定挑战。比如，某些入园企业的总体 ESG 管理水平可能优于青山，这在某些动力电池和外资企业中比较明显，因此这些企业对于目前园区高度集中 ESG 管理模式并不完全认可，希望可以自主开发更多元和更适合企业自身特点的 ESG 项目。总体来看，园区的迅速扩张，以及更为多元化和国际化的园区投资者构成正在不断推高 IMIP 和 IWIP 的 ESG 管理标准。比如，在对可再生能源的开发是否属于园区 ESG 战略一部分的讨论中，IWIP 的主管表示：

‘（上马新能源项目）主要还是考虑冶炼行业形象，虽然目前政府没有硬性的要求，只是企业自身的要求。不管政府有没有要求，我们市场端已经有需求了。市场已经要求我们面临碳排的问题，因为我们的材料很大部分是去电池行业，所以迟早都要面临这个问题。’（2024 年 8 月 IWIP 访谈）

然而，大规模投资光伏或是其它可再生能源项目所造成的运营成本压力和电力调配难题依然需要青山和入园企业协调处理。而在目前 IMIP 和 IWIP 在 ESG 和能源系统高度集中管理的模式下，园区企业在低碳技术方案的推广和应用上的创新活力，自主性和参与度上均会受到一定抑制。

园区空间和能源禀赋对于低碳转型潜力的影响

IMIP 和 IWIP 在园区选址和设计时均采用自备燃煤电站作为园区主要能源供应基础，并没有考虑园区内可再生能源的禀赋和替代潜力。因而在回应外界要求镍矿产业园区尽快实现低碳转型的呼声时，青山发现园区内可直接利用的可再生能源资源非常有限，无法完全替代煤电输出。

‘（退煤）最大的困难是我们没有（可再生能源）资源，这里是赤道无风带，风能也不是很丰富。旁边只有两条小河，水电开发潜力有限。光伏方面，因为有很长一段雨季，太阳光照条件也一般。’（2024 年 8 月 IMIP 访谈）

受限于园内可再生能源禀赋，IMIP 目前规划了 60MW 设拉林都河水电站，以及装机容量为 1GW 的光伏发电站，并计划于 2029 年全部建成。这项计划将使得 IMIP 园区内的可再生能源装机容量比例在 2030 年前达到 20% 左右，但还是低于印尼在巴黎协议项下承诺 2030 年前实现可再生能源装机达到 25% 的目标。IWIP 也规划了 2GW 光伏和 400MW 风电项目，但目前尚未有明确的实施计划。



图 14: IMIP 预设 1GW 光伏电站效果图

来源：印尼莫罗瓦利园区可持续发展报告 2023^[62]

除了可再生能源禀赋的局限之外，IMIP 和 IWIP 园区也面临着用地的限制。目前两个园区的规划用地分别为 5500 和 5000 公顷。由于近几年的迅速扩张，园中用地已接近饱和。因此，若是开发大型地面光伏电站，将不得不再次征用大量周边土地。IMIP 目前拟利用距离园区 8 公里左右的山地区域建设总装机容量为 1GW 的光伏发电站，计划征用土地 1,000 公顷。而 IWIP 规划的 2GW 光伏电站同样需要在园区周边大量征地。印尼的农村

土地所有制相对复杂，经常存在多种所有制并存的情况^[63]。非正式的传统土地所有制经常会引起多重权利主张和土地纷争。因此，在大规模土地征用过程中如果处理不当则极易产生额外成本，甚至引发社会矛盾。而由于当地政府往往不会直接介入土地所有人和投资者的纷争，从而进一步增加了征地的难度和风险。

最后，在园区周边开发大型地面光伏项目还不可避免的要面对一定的生态风险，即森林面积和生物多样性流失的考验。由于 IMIP 和 IWIP 所在的 Bahodopi 镇和 Lelilef 村大多为原始森林覆盖。而 GW 级别的光伏电站建设势必需要砍伐相当数量的林地。尽管理论上青山可以利用一些矿山周边废弃的土地，但是依然无法满足所有的土地需求。由于两个园区均位于生物多样性极为丰富且脆弱的印尼中部华莱士区（Wallacea region）^[64]，且近年来因为采矿业开发已经造成了一定程度的生态系统破坏，因此本地区新的大型基础设施建设均需仔细衡量其生态影响，避免进一步造成森林植被破坏，聚居地碎片化和生物多样性损失等负面影响。

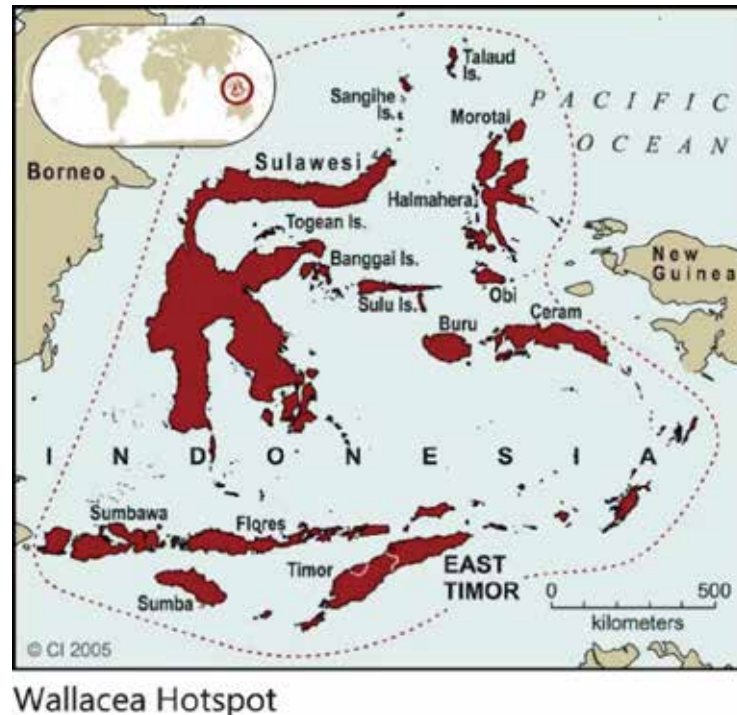


图 15: 印尼中部华莱士区（Wallacea region）范围图

来源：Supriatna, J. (2024). Wallacea is a living laboratory of Earth's evolution and its wildlife, forests and reefs will be devastated unless we all act. The Conversation.

总之，可再生能源稀缺，土地征用和生态影响构成了 IMIP 和 IWIP 园区大规模开发光伏项目的系统性和空间性制约，而目前园区的各类低碳能源替代方案都只能在上述制约的前提下实施。

（二）金川集团 Obi 岛项目

甘肃金川集团股份有限公司成立于 1959 年，总部位于甘肃省金昌市，是一家大型国有企业，主要从事镍、铜、钴、黄金、白银、铂族贵金属及有色金属材料和化工产品的生产^[65]。在印尼，金川集团于 2016 年投资建设 WP&RKA 红土镍矿项目，地点在北马鲁古省奥比岛，采用的是 RKEF 冶炼工艺。项目自 2016 年完成对本地公司的收购后开始建设，于 2019 年开始运营，年产镍铁 20 万吨。作为国企出海的一带一路重点项目，金川项目总投资额为 22 亿元，并得到了中国政策性金融机构的融资支持。中国进出口银行和中国出口信用保险公司分别为该项目提供了十年期海外投资债权融资和出口信用保险，并由金川集团母公司提供还款担保。金川集团还在 IWIP 园区作为入园企业投资建设了持股 50.1% 的考拉海项目，包含四条 RKEF 镍铁生产线及年产 5 万吨镍金属量的高冰镍生产线。

WP&RKA 项目的能源供应也是利用自备煤电站，配备 3 台 50MW 机组，每年产生余电约为 10%。目前供

电占到项目运营成本的 22%，其中生活用电和生产用电比例约为 1：10。项目总计每年约使用 80 万吨煤，年排放 200 万吨二氧化碳。项目的用电成本受印尼煤炭价格波动的影响较大。WP&RKA 是为数不多的独立于主要产业园区之外的单体投资项目。鉴于目前项目的盈利能力未达到预期，因此低碳转型尚未列入金川公司的重要日程。2025 年初，甘肃省领导和进出口银行总行都曾亲临项目现场视察和督导，因此公司目前的战略重点还是尽快扭亏为盈。其转型前景也将深受整体市场环境，印尼国内资源和气候政策，以及项目地理位置和周边能源禀赋等因素的影响。

整体市场和政策环境的影响

在青山的案例中，我们试图证明 IMIP 和 IWIP 园区的迅速崛起得益于企业能够快速适应印尼不断变化的各类资源政策，并在此期间不断调整自己的经营战略，以‘摸着石头过河’的方式构建相关产业链布局并保持对园区发展方向和整体运营的有效掌控。因此，即使是在不锈钢市场行情低迷的情况下园区依然能保持发展势头。而金川项目则是从反面证明了如果投资者不能适应印尼快速变化的政策要求，则很容易陷入运营困境，从而延阻相应的低碳转型需求。金川作为较早进入印尼红土镍矿开发的国有企业，由于国内决策链条和贷款审批时间较长，错过了疫情前后的市场黄金期。而疫情后在印尼政府由于不断收紧 RKEF 投资，加上不锈钢和镍铁市场过去一两年内价格波动较大，企业运营陷入了一定的财务困难。在这种情况下，尽管金川集团理论上拥有 HPAL 技术实力，但是进行生产转型为时已晚，很难获得市场或政策性融资支持。

目前，项目最大的财务压力来自于原材料供应，包括煤炭和镍矿石。目前，这两类原材料供应都没有长期协议保障。煤炭供应这部分包括日常动力煤和用于干燥的喷燃煤，前者由于成本考量已经从使用 4 级煤（50 美元 / 吨）到 5 级煤（30 美元 / 吨），而 5 级煤对投量和容差率要求更高，因为即使短时间断供（20 分钟）就会造成熄火情况（属重大生产事故）。除了常规动力煤，干燥炉所需的喷燃煤则要从澳大利亚进口，市场价格波动非常大（波动区间在 60 到 400 美元），极大影响了运营成本。

除了煤炭供应，RKEF 工艺所需高品位矿石的供应也日益紧张。印尼能矿部对于品位高于 1.5 的镍矿石设立了市场指导价格（HPM）并严格限量供应。2025 年 2 月，能矿部发布了《金属矿产和煤炭销售基准价格制定指南》，3 月又颁布了《2025 年 3 月第一期金属矿产参考价格和煤炭参考价格》。此外，2025 年 2 月份印尼总统普拉博沃发布总统令（2025 年 8 号），宣布实施自然资源出口外汇管制政策（DHE-SDA）。新政策密集出台将直接影响镍产品和原材料在印尼本国内部和国际间交易价格，也持续传递出印尼政府旨在加强掌控镍矿资源及产品定价权的政策信号和意图。

金川 WP&RKA 项目中自有矿山全年可开采量也受配额限制，需要能矿部逐年审批。目前项目的自产矿大约只占 40%，余下 60% 需要向外采购。由于政府的配额限制，采购高品位矿石往往还需在指导价之上加价，最紧俏的时候加价可高达 30 美元 / 吨，甚至超过矿石本身价格。由于金川项目的市场体量小加上财务状况不稳定，相较于其它买家竞争力和议价能力不足，因此买矿成本较高且购回矿石品位和质量较差，最终进一步影响了产品质量，加剧了营运困难。下游不锈钢冶炼企业由于镍铁供应的过剩而逐渐提高了对镍铁质量的要求。金川项目的原料供应和生产工艺均非上乘，从而影响了品位稳定，在市场整体过剩的情况下进一步加剧了销售困难。

‘镍铁项目运营的核心在于大宗物料，这样的市场条件下，谁能掌控大宗物料谁就能坚持到最后，而非取决于生产线。’（2025 年 1 月金川公司访谈）

总体来看，印尼近期针对高品位矿石和煤炭供应的收紧政策，加之不锈钢市场下行给金川项目的运营带来比较大的冲击。

单一产业链和中间产品的高碳路径依赖和碳锁定效应

金川 WP&RKA 项目的生产线仅为 4 条 RKEF 镍铁生产线，且并没有打通高冰镍的生产路线，因此无法根据硫酸镍和镍铁的供需和市场价格进行切换。因此，WP&RKA 项目不具备利用 HPAL 生产环节中的硫酸余热发电，或是利用铁水红送与下游不锈钢冶炼生产结合等协同技术，造成生产环节中的节能减排空间有限。由于没有政府补贴，WP&RKA 项目并未做燃煤电站的脱硫改造。虽然在电站建设的时候金川公司在设备上留了改造的空间，但是因为成本太高（预估为 1 亿元人民币）最终并未实施。

此外，由于缺乏有效的提高能效和减排手段，未来印尼政府可能实行的碳税会进一步削弱企业的竞争力。2021 年印尼颁布了碳定价法令初步规定了将对燃煤电厂征收碳税，但该政策实际执行被推迟至 2025 年。目前，地方政府向项目公司征收每度电 0.08 人民币的环境税费。金川预计碳税的全面实施将使生产成本上升 3%-4%，并进一步压缩项目的盈利空间。与此同时，碳交易体系也在电力行业中逐步落地。根据印尼能源与矿产资源部 2023 年发布的 ETS 路线图，印尼正以“限额 - 税收 - 交易”混合机制为目标，分阶段推进碳市场建设。当前实施的第一阶段覆盖接入国家电网、装机容量 25MW 以上的燃煤电厂；而自 2025 年起，第二阶段将扩大至尚未接入国家电网、容量较小的燃煤和燃气电站，包括广泛存在于镍产业园区内的自备电厂^[66]。企业将面临碳交易 + 碳税的双重机制所带来的成本压力：一方面需参与碳交易并承担配额履约责任，另一方面可能同时被征收碳税。这意味着，企业不仅需要为每吨二氧化碳当量排放配置配额或支付税费，还需投入人力与技术升级以建立碳排放管理制度。

‘（节能减排）不太有空间了，改造余地有限，而且电厂规模太小也有限制，（增加可再生能源的话）灵活度不够。青山那种园区空间大，调整的余地也会大一点。’（2025 年 1 月金川公司访谈）

总之，WP&RKA 项目的单一生产线和中间产品使得项目缺乏生产环节中的节能和低碳改造空间，形成了高碳路径依赖和碳锁定效应（Lock-in effect）。

项目空间和周边能源禀赋

相对于 IMIP 和 IWIP 所处的莫罗瓦利县和纬达县，金川 WP&RKA 项目所处的 Obi 岛在地理上更为与世隔绝。2023 年岛上人口略高于 3 万，而离项目所在地最近的村庄约在 15 公里之外，居民约 5、6 千人。项目除矿山外的占地面积约为 22 万平方米。金川公司在项目动工时和 PLN 商谈过架设电网和并网安排，但最终因为成本过高而放弃计划。目前，印尼主要的国家能源建设规划，包括 PLN 的 RUPTL（2024-2034）和 JETP 均没有规划 Obi 岛的电力基础设施。因此，未来很长时间内，岛上的主要能源解决方案依然会以自备火电站为主。

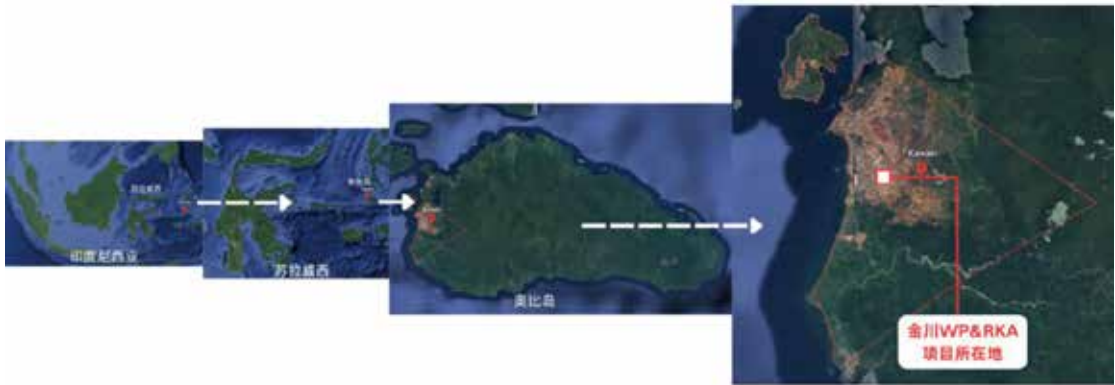


图 16：金川 WP&RKA 项目所在地卫星图

来源：作者绘制

Obi 岛上拥有一定的水力资源，岛上的卡罗湖和阿克拉莫河均保有可观的水量和集水区^{[67][68]}。此外，Obi 岛的海拔落差较大，最高点海拔 1,611 米，且中部地区多山丘，河流纵横。因此，虽然目前尚未有详细的前期调研，应该可以初步判断出岛上有较为可观的水电开发潜力，特别是中小型水电站。此外，卡罗湖具有的大型水域面积也有开发水上光伏的可能性，理论上可以考虑水光互补的清洁能源方案。以水上光伏 + 中小型水电的组合可以提高能源稳定性和优化资源利用，也可以尽可能地减少电力基础设施建设对当地生态系统的破坏。然而，即使水光互补方案在技术上可行，以目前金川 WP&RKA 项目的财务状况和项目运营周期来看，不可能有意愿和能力投资水光互补电站。这类项目的建设需要巨量初始投资，且融资方案一般基于金川集团总部的担保或是未来的镍铁收益，这几乎是不可能实现的融资条件。同时，拟建电站的运营寿命（一般为 20-25 年）也将远远超过 WP&RKA 项目本身的寿命（乐观估计为 8-10 年）。而超出冶炼项目周期的剩余发电能力也将无法被周边居民消纳。

因此，Obi 岛的低碳能源转型应有整体规划安排，特别是应纳入周边其它在建的镍产业园区予以总体考量。比如，WP&RKA 项目南边 3 公里处的浙江力勤 / Harita 集团共建的大型园区。该园区目前仍主要依赖自备燃煤电站供能，已建成装机容量约 890MW，另有 1200MW 正在建设中^[69]。尽管如此，考虑园区投资人相对稳健的资金实力与逐步强化的 ESG 合规诉求（投资人表示希望在 2060 年达到净零排放），该园区在能源结构优化方面具备一定的转型潜力，理论上具备推动部分煤电替代的现实基础。

第四章 印尼镍产业园区低碳转型的政策讨论

本报告旨在揭示印尼镍产业园区在低碳转型中所面临的多重影响因素，即政策的不确定性，多重产业链的耦合性，园区管理的复杂性和空间禀赋的制约性。我们利用这个分析框架对青山集团 IMIP 和 IWIP 两个园区和金川集团 Obi 岛上的独立运营项目做了深入的比较案例研究，探讨了上述四方面因素如何影响投资人对于低碳发展目标和路径的考量。以下是基于案例分析的政策启示：

（一）关于政策变迁和影响的启示

过去十几年中，印尼的镍产业和产业园区能够发展和壮大的重要推动因素是印尼政府的一系列资源和产业政策。从原矿出口禁令到鼓励私人投资下游产业链，再到针对产业园区的一系列优惠举措，以及相对宽松的环境与劳工标准，这些干预性政策直接导致了大量外资进入镍矿冶炼加工产业。因此，针对镍产业园区今后的低碳与可持续发展要求，我们认为行政和政策干预依然是最直接有效且无法替代的手段。因此，印尼政府应尽快制定产业园区以及相关冶炼行业的能耗与减排规划，设定行业排放标准和中远期降碳目标。具体技术参数和政策工具可参照主要不锈钢和动力电池生产国家的标准，并在一定期间适当予以放宽，让企业有充分的时间投资技术改造与升级。

印尼政府也应尽快培养本土的碳盘查能力和独立机构，对于各个碳产业园区目前的排放水平进行摸底和核查，并以此设置排放基准线和减排路线图。我们认为在目前阶段，由于大部分园区依然处于扩张阶段，为园区设置基于能源强度和碳排放强度的相对减排目标，将比设置绝对减排目标更为切实可行。我们认为印尼的政策目标应该保证产业园区的碳排放不会对印尼实现巴黎协议项下的各项承诺形成拖累，并同时保证产业园区的碳排放和环境标准逐渐对标主要工业生产国家，避免在本国形成污染避难所（pollution heaven）。

（二）关于多重产业链耦合效应的启示

目前，印尼作为不锈钢产业链和动力电池产业链重要上游市场形成了一定程度上的“冰火两重天”。这是因为不锈钢市场出现了较明显的产能过剩，且超大规模的 RKEF 生产线正在迅速消耗印尼高品位红土镍矿的储备。因此，未来一定时期内，市场对于某些低效的 RKEF 生产线予以出清将会是不可避免的局面，这对于独立于园区之外的小型火法冶炼项目的经营相对不利。虽然淘汰一些低端 RKEF 产能可以降低行业的整体排放，但是目前行业整体较低的利润率水平实际上阻碍了绝大多数 RKEF 产线进行节能环保改造的意愿和能力。印尼正在建设和即

将上马近 50 条 RKEF 生产线^[70]，因此政府必须设置明确的 RKEF 排放标准，特别是对于相关煤电站的脱硫脱硝和节能改造要求，印尼的相关部门应该制定激励政策鼓励投资人考虑超临界、超超临界这类容量大、能效高、污染排放少的机组，并尽快制定明确的政策严格把控后续 RKEF 项目的审批，抑制市场投资冲动。

对于动力电池相关的湿法 HPAL 冶炼技术，印尼政府和园区投资方应重点支持和推广硫酸余热发电等创新方案，降低项目的外部用电需求比例，并尝试利用各类替代电力方案，尽快做到湿法冶炼与煤电的彻底脱钩。同时，印尼政府和园区投资方应该继续利用动力电池企业在产业下游和融资渠道方面相对国际化的特点，持续对多产业链并存的产业园区在 ESG 管理，减少煤电依赖和低碳转型方面保持足够的市场压力。此外，HPAL 项目会产生相当大的污染源，其浸出渣属于危险废物，对自然环境和健康有较大的危害，园区投资方和入园企业必须妥善处理。HAPL 的尾矿也需要特殊的储存地点和装置且须远离各类可能的自然灾害，以保证绝对安全和防止泄露。但是，印尼属于地震频发地区且热带气候的强降雨也会经常引发洪水和滑坡等不可预见的灾害。因此，印尼政府在 HPAL 项目的审批和运营上必须设置严格透明的生产安全，环评和监督机制，整体污染防治要求必须与国际标准接轨。

此外，由于印尼某些镍产业园区正在大量上马电解铝项目，因此很可能在镍产业园区内形成第三条产业链。如青山集团的 IMIP 中已经规划了 200 万吨的电解铝产能，其中 50 万吨产能已经投产。电解铝的高能耗特性也会对园区的用电结构，能源管理和低碳转型提出新的挑战。最后，融资机构也应该密切关注估日益过剩的 RKEF 产能，相对较低的投资回报率，以及印尼逐渐收紧的高品位镍矿开采所带来的市场和政策风险，并对后续自备煤电项目的搁浅资产风险予以审慎评估。

（三）关于园区管理的启示

通过 IMIP 和 IWIP 的案例分析，可以看出目前的镍产业园区基本采取以园区投资企业为主导的集中管理模式。园区的产业规划、ESG、能源系统、基础设施建设和维护、大宗物料供应甚至是后勤保障均由园区投资方掌控。同时，园区投资方还可以将入股入园企业的投资项目作为前提条件，进一步把控园区内的生产经营活动。这种高度集中化的管理模式能够形成明显的规模效益和集聚效应，但也会产生一系列弊端。首先，有些入园企业拥有自身的低碳技术优势和更为国际化的产业链和融资伙伴关系，或是比较高的 ESG 需求和项目管理能力，因此一刀切的做法可能会导致这些入园企业无法发挥出自身的能力优势。其次，高度集中化的园区管理也可能导致某些高排放低能效的入园企业采取搭便车的行为，完全依靠园区提供的高碳能源体系和统一的 ESG 规则，不再积极寻求更高质量的低碳转型方案。因此，园区投资方应该对入园企业进行差异化管理，鼓励先进企业的低碳创新举措，打造示范项目，并同时对于园内相对落后和低效的产线予以反向激励，比如提高 ESG 缴费比例等方式，敦促低效企业采取技术改造提高能效。此外，园区内部管理还应该明确各个园区主体之间的碳排放边界和责任，也需要对园区整体和各个投资企业的碳排放进行全面核查，为将来可能实施的碳税或碳交易政策做好准备。

园区投资方应该根据实际情况考虑一定比例的可再生能源装机目标，比如在 2030 年前实现 20-25% 的 RKEF 用电和 90% 的 HPAL 用电来自可再生能源。园区内的可再生能源装机理论上既可以由园区投资方开发，也可以由入园企业自行开发。但是无论投资主体是谁，一般来说实际的可再生能源发电量需经园内电网统一调配使用。因此，园区也可以考虑在各个企业内部建立绿色电力证书交易或是碳排放交易机制，作为对可再生能源投资，生产和消费的认证。

（四）关于园区空间和禀赋约束的启示

园区内有限的空间和资源禀赋是许多低碳方案的硬约束。如果园区内外没有足够的风光与地热资源，则只能考虑在碳交易或电力交易市场购买碳信用或绿电证书，但是这取决于印尼可再生能源装机，碳市场和电力交易市场的发展速度和规模。即使市场机制和政策框架相对完善，由于印尼全国的（非水电）可再生能源装机远远低

于自备煤电厂装机，也就无法从供给端提供足够的碳信用和绿证。从长远来看，自备电站本就是发展中国家在快速工业化过程中不得不使用的过渡性能源解决方案，绝大多数发展中大国，如印度和中国，都经历过自备电站高速发展的阶段^{[71][72]}。这主要是由于经济热点地区 and 行业的发展速度远远快于全国电力设施的总体发展水平。但是，自备电站一般都将逐渐被日益强大的电网系统接入或取代。因此，长远来看，中苏拉维西和北莫鲁古省的电力基础设施规划和建设的质量和速度，包括可再生能源装机比例的提高以及电网覆盖面和稳定性增强，才是这些镍产业园区能够最终脱煤的决定因素。同时，由于项目周边地区快速城镇化，使得人口迅速膨胀且工商服务业激增，急剧的社会变迁所引起的能源需求变化应得到印尼政府和 PLN 的充分重视，否则电力供应可能会成为整个地区可持续发展的瓶颈，而不仅仅是产业园区内部供电和退煤这类局部挑战。

鉴于有些园区正在和即将在有限的空间和禀赋条件下开发大型可再生能源项目（主要为光伏），我们建议地方政府、项目开发主体和各类社会组织应通力合作，妥善处理好土地征用的问题，避免各类土地纠纷并保障被征地民众得到充分的经济和生计补偿。项目开发也应基于对当地生态系统的潜在影响和生物多样性损失的科学评估，确定利大于弊后再予以实施。项目开发过程和相关社会环境评价应该合规合法且透明公开。

参考文献

- [1] Harsono, N. (2024). Indonesia's prabowo vows to retire all coal plants in 15 years. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-11-21/indonesia-s-prabowo-vows-to-retire-all-coal-plants-in-15-years>
- [2] National Electricity Plan (RUKN) 2024-2060. (2024). Climate Policy Database. <https://climatepolicydatabase.org/policies/national-electricity-plan-ruk-2024-2060>
- [3] Indonesia's coal consumption to peak no earlier than 2037. (2025). Global Energy. <https://globalenergyprize.org/en/2025/02/21/indonesias-coal-consumption-to-peak-no-earlier-than-2037/#:~:text=Indonesia%20has%20adopted%20a%20plan%20for%20the,be%20launched%20by%20industrial%20enterprises%20for%20their>
- [4] Hasan, K. & Parapat, J. (2023). Emerging captive coal power: Dark clouds on Indonesia's clean energy horizon. https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2023/10/CREA_GEM-Indonesia-Captive-Briefing_EN_09.2023.pdf
- [5] Presidential Regulation No. 112 of 2022 concerning the acceleration of development of renewable energy for Electric Power Supply. (2022). Climate Change Laws of the World. <https://climate-laws.org/documents/presidential-regulation-no-112-of-2022-concerning-the-acceleration-of-development-of-renewable-energy-for-electric-power-supply-f970%3Fq%3D2050>
- [6] Hasan, K., & Hummer, L. (2024). Indonesia's capacity coal on the uptick: Capacity tripled in five years, on track to cost USD 20 billion in public health burden. CREA & Global Energy Monitor. https://energyandcleanair.org/wp/wp-content/uploads/2024/11/EN-CREA_GEM_Indonesia-Captive_2024.pdf
- [7] Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Monforti-Ferrario, F., Becker, W., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykkä, J., Grassi, G., Rossi, S., Melo, J., Oom, D., Branco, A., San-Miguel, J., Manca, G., Pisoni, E., Vignati, E. and Pekar, F., GHG emissions of all world countries, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, doi:10.2760/4002897, JRC138862. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024#howtocite
- [8] Indonesia. Climate Action Tracker. (2024). <https://climateactiontracker.org/countries/indonesia/>
- [9] Tanah.air. (2025). Indonesia's second NDC submission awaits president's approval. tanahair.net - Environmental News, Commentaries and Analyses. <https://tanahair.net/indonesias-second-ndc-submission-awaits-presidents-approval/>
- [10] Rinaldi, R. (2025). Indonesia coal production 2024 sets the highest record in history. Indonesia Business Post. <https://indonesiabusinesspost.com/3802/corporate-affairs/indonesia-coal-production-2024-sets-the-highest-record-in-history>
- [11] Indonesia - countries & regions. The International Energy Agency (IEA) . <https://www.iea.org/countries/indonesia/energy-mix>

- [12] Li, J., Li, Y., Zheng, S., Xiong, D., Chen, H., & Zhang, Y. (2015). Research review of laterite nickel ore metallurgy. *Nonferrous Metals Science and Engineering*, 6(1), 35-40. <https://doi.org/10.13264/j.cnki.ysjskx.2015.01.007>
- [13] Global Critical Minerals Outlook 2024. The International Energy Agency (IEA). (2024). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>
- [14] U.S. Geological Survey, 2024, Mineral commodity summaries 2024: U.S. Geological Survey, 212 p., <https://doi.org/10.3133/mcs2024>.
- [15] Global Critical Minerals Outlook 2024. The International Energy Agency (IEA). (2024). <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ee01701d-1d5c-4ba8-9df6-abeeac9de99a/GlobalCriticalMineralsOutlook2024.pdf>
- [16] ZADEH, J. (2025). Indonesia and Eramet in Strategic Nickel Partnership Talks. *Discovery Alert*. <https://discoveryalert.com.au/news/indonesia-strategic-nickel-partnership-eramet-2025/>
- [17] Indonesia: ANTAM to start building new nickel smelter, HPAL plant in 2025 | reuters. Reuters. (2024). <https://www.reuters.com/markets/commodities/indonesias-antam-start-building-new-nickel-smelter-hpal-plant-2025-2024-03-26/>
- [18] Handayani, L. (2024). Pemerintah Tunda moratorium smelter nikel, ESDM Sebut Belum Selesai dipertimbangkan. *Media Nikel Indonesia*. <https://nikel.co.id/2024/12/17/pemerintah-tunda-moratorium-smelter-nikel-esdm-sebut-belum-selesai-dipertimbangkan/>
- [19] Smelters squeeze Indonesia's Nickel Ore Supply. *East Asia Forum*. (2024). <https://eastasiaforum.org/2024/09/14/smelters-squeeze-indonesias-nickel-ore-supply/#:~:text=After%20extensive%20discussions%20throughout%202023,issuance%20of%20relevant%20government%20regulations.>
- [20] Karyza, D. (2024). RI reconsiders plan for RKEF Smelter Moratorium - economy. *The Jakarta Post*. <https://www.thejakartapost.com/business/2024/10/21/ri-reconsiders-plan-for-rkef-smelter-moratorium.html>
- [21] Warburton, E. (2024). Nationalist enclaves: Industrialising the critical mineral boom in Indonesia. *The Extractive Industries and Society*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214790X24001606>
- [22] Tritto, A. (2023). How Indonesia used Chinese industrial investments to turn nickel into the new gold. *Carnegie Endowment for International Peace*. <https://carnegieendowment.org/research/2023/04/how-indonesia-used-chinese-industrial-investments-to-turn-nickel-into-the-new-gold?center=europe&lang=en>
- [23] Winanti, P. S., & Diprose, R. (2020). Reordering the extractive political settlement: Resource nationalism, domestic ownership and transnational bargains in Indonesia. *The Extractive Industries and Society*, 7(4), 1534-1546. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.09.003>

- [24] Law No. 4 of 2009 on mineral and coal mining. (2009). Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC085947/#:~:text=Indonesia-,Law%20No.,and%20for%20the%20responsible%20authorities.>
- [25] Winanti, P. S., & Diprose, R. (2020). Reordering the extractive political settlement: Resource nationalism, domestic ownership and transnational bargains in Indonesia. *The Extractive Industries and Society*, 7(4), 1534-1546. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2020.09.003>
- [26] Kapoor, K., & Supriatna, Y. (2014). Indonesia bans mineral ore exports but may allow Freeport shipments. Reuters. <https://www.reuters.com/article/markets/commodities/indonesia-bans-mineral-ore-exports-but-may-allow-freeport-shipments-idUSL3N0KL06L/>
- [27] Kapoor, K., & Supriatna, Y. (2014). Indonesia bans mineral ore exports but may allow Freeport shipments. Reuters. <https://www.reuters.com/article/markets/commodities/indonesia-bans-mineral-ore-exports-but-may-allow-freeport-shipments-idUSL3N0KL06L/>
- [28] OECD. (2020). OECD Investment Policy Reviews: Indonesia 2020. OECD Investment Policy Reviews, OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/b56512da-en>.
- [29] U.S. Department of State. (2023). 2023 investment climate statements: Indonesia. U.S. Department of State. <https://www.state.gov/reports/2023-investment-climate-statements/indonesia/#:~:text=As%20part%20of%20the%20implementation,for%20investment%20unless%20stipulated%20otherwise.>
- [30] Xue, G. (2022). Post-epidemic prospects: Indonesia-Interview with Slamet Noegroho, Economic Consul of the Indonesian Consulate General in Hong Kong. Hong Kong Trade Development Council. <https://research.hktdc.com/sc/article/OTU00DAxNjgw>
- [31] The Diplomat. (2025). The nickel-based industrial paradox: Indonesian resources, Chinese profits. <https://thediplomat.com/2025/02/the-nickel-based-industrial-paradox-indonesian-resources-chinese-profits/>
- [32] Jong, N. H. (2023). Captive to coal: Indonesia to burn even more fossil fuel for green tech. Mongabay. <https://news.mongabay.com/2023/08/captive-to-coal-indonesia-to-burn-even-more-fossil-fuel-for-green-tech/#:~:text=That%20number,%20he%20pointed%20out,,come%20online%20in%20the%20future>
- [33] Climate Action Tracker. (2024). Indonesia: Policies and actions. Climate Action Tracker. <https://climateactiontracker.org/countries/indonesia/policies-action/#:~:text=Just%20Energy%20Transition%20Partnership>
- [34] Tenri, A. M. W., Saraswati, A. D., & Kasmaliputra, M. F. S. (2023). Q&A: Electricity generation and transmission in Indonesia. Lexology. <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=37656bf9-e50b-4aac-bd1a-be3d76f7733c#:~:text=In%20Indonesia,%20the%20term%20%E2%80%98tariff%E2%80%99,for%20electricity%20sold%20to%20consumers>

- [35] Elliot, B. & Schumer, C. (2021). What is Carbon Lock-in and How Can We Avoid it. World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/carbon-lock-in-definition#:~:text=Investing%20in%20the%20wrong%20infrastructure,of%20existing%20high%20emissions%20infrastructure%20>.
- [36] Deloitte. (2023). Auto pathway to net-zero and impact on profitability. Deloitte. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cn/Documents/consumer-business/deloitte-cn-auto-pathway-to-net-zero-and-impact-to-profitability-cn-231103.pdf>
- [37] Morse, L. (2021). Indonesia has a long way to go to produce nickel sustainably. Dialogue Earth. <https://dialogue.earth/en/business/indonesia-has-a-long-way-to-go-to-produce-nickel-sustainably/>
- [38] Wu, Q., Ma, W. (2021). Development Trends and Policy Recommendations for the Battery-Grade Nickel Industry under Carbon Neutrality. China Nonferrous Metallurgy (《中国有色冶金》). 50(5). 7-11.
- [39] In-depth report on the nickel industry: Riding on the wind, resources are king. (2023). China Merchants Bank Research Institute. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H301_AP202307311592911053_1.pdf
- [40] Zhang, L. (2023). Indonesia's nickel mineral resources are in chaos, and the high concentration of nickel supply poses a hidden danger [SMM in-depth analysis]. SMM. <https://hq.smm.cn/nickel/content/102365702>
- [41] In-depth report on the nickel industry: Riding on the wind, resources are king. (2023). China Merchants Bank Research Institute. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H301_AP202307311592911053_1.pdf
- [42] Hazarabedian, S., O'Neill, K., & Witto, N. (2024). Decarbonizing the nickel industry in Indonesia. DNV. <https://www.dnv.com/publications/decarbonizing-the-nickel-industry-in-indonesia/>
- [43] Bloomberg.(2025). Deadly landslide in Indonesia's nickel hub signals supply risk. Mining.com. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2025-04-14/deadly-landslide-in-indonesia-s-nickel-hub-signals-supply-risk>
- [44] Ping An Securities Research Institute Green Energy and Foresight Industry Research Team. (2024). Oversupply is not over yet, waiting for Nirvana - In-depth report on the nickel industry. Ping An Securities Research Institute. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H3_AP202009071408888713_1.pdf
- [45] Battery nickel demand set to triple by 2030. (2024). Benchmark Source. <https://source.benchmarkminerals.com/article/battery-nickel-demand-set-to-triple-by-2030>
- [46] Huang, W. (2018). Practice and thinking on the development of Qingshan Industrial Park in Indonesia (I). Shanghai Decent Investment. https://www.decent-china.com/index.php/index/news_detail/index?cid=18&id=73
- [47] Multatuli, P., & Singgih, V. (2024). Elections: China downstream, the tentacles of Indonesia's nickel oligarchy by Project Multatuli, part 1. Stories From Indonesia. <https://storiesfromindonesia.com/2024/02/05/elections-china-downstream-the-tentacles-of-indonesias-nickel-oligarchy-by-project-multatuli/#>

- [48] Morse, I. (2021). Indonesia has a long way to go to produce nickel sustainably. Dialogue Earth. <https://dialogue.earth/en/business/indonesia-has-a-long-way-to-go-to-produce-nickel-sustainably/>
- [49] Unlocking Indonesia's offshore wind energy potential: An overview of the wind speed in the country and navigating through the challenges and opportunities . PT. Bhumi Warih Geohydromatics. (2023). <https://bwgeohydromatics.com/insights/unlocking-indonesias-offshore-wind-energy-potential/>
- [50] McWilliam, A. (2006). Historical reflections on customary land rights in Indonesia. The Asia Pacific Journal of Anthropology, 7(1), 45-64.
- [51] Voigt, M., Supriatna, J., Deere, N. J., Kastanya, A., Mitchell, S. L., Rosa, I. M., ... & Struebig, M. J. (2021). Emerging threats from deforestation and forest fragmentation in the Wallacea centre of endemism. Environmental Research Letters, 16(9), 094048.
- [52] 一文了解青山控股 . 我的钢铁网 . (2022). https://m.mysteel.com/22/0308/15/D82EE22D85A45FC8_abc.html
- [53] 青山集团 2023 年镍产量破纪录，稳坐镍业领域领先地位 . 新浪财经 . (2024, February 8). <https://finance.sina.cn/futuremarket/qsxz/2024-02-08/detail-inahhsyn7318128.d.html?from=wap>
- [54] Lui, E. (2025). Captive coal power plants holding back Indonesia's energy transition [op-ed]. Energy Tracker Asia. <https://energytracker.asia/captive-coal-power-plants-holding-back-indonesias-energy-transition/>
- [55] IMIP 2016 年 年 度 报 告 . (2018). Indonesia Morowali Industrial Park. <https://decent-china.com/public/uploads/files/20180212/1518414991109735.pdf>
- [56] IMIP 2016 年 年 度 报 告 . (2018). Indonesia Morowali Industrial Park. <https://decent-china.com/public/uploads/files/20180212/1518414991109735.pdf>
- [57] Tritto, A. (2023). How Indonesia used Chinese industrial investments to turn nickel into the new gold. Carnegie Endowment for International Peace. <https://carnegieendowment.org/research/2023/04/how-indonesia-used-chinese-industrial-investments-to-turn-nickel-into-the-new-gold?center=europe&lang=en>
- [58] Flagship Indonesian BRI site gets extra US\$12.2 billion China funding. (2018). Hong Kong Trade Development Council. <https://beltandroad.hktdc.com/sc/insights/flagship-indonesian-bri-site-gets-extra-us122-billion-china-funding>
- [59] In-depth report on the nickel industry: Riding on the wind, resources are king. (2023). China Merchants Bank Research Institute. https://pdf.dfcfw.com/pdf/H301_AP202307311592911053_1.pdf
- [60] Guberman, D., Schreober, S., & Perry, A. (2024). Export Restrictions on Minerals and Metals: Indonesia's Export Ban of Nickel. U.S. International Trade Commission. https://www.usitc.gov/publications/332/working_papers/ermm_indonesia_export_ban_of_nickel.pdf

- [61] 张振芳, 陈秀法, 李仰春等: “双碳”目标下镍资源的综合利用发展趋势, 矿产综合利用, 第2期 2022 (4): 31-39
- [62] 印尼莫罗瓦利园区可持续发展报告 2023. (2025). <https://imip.co.id/wp-content/uploads/2025/03/%E5%8D%B0%E5%B0%BC%E8%8E%AB%E7%BD%97%E7%93%A6%E5%88%A9%E5%9B%AD%E5%8C%BA%E5%8F%AF%E6%8C%81%E7%BB%AD%E5%8F%91%E5%B1%95%E6%8A%A5%E5%91%8A2023-Chinese.pdf>
- [63] Sirait, M. T., White, B., & Pradhan, U. (2017). Land Rights and Land Reform Issues for Effective Natural Resources Management in Indonesia. In *Redefining Diversity & Dynamics of Natural Resources Management in Asia*, Volume 1 (pp. 141-155). Elsevier.
- [64] Supriatna, J. (2024). Wallacea is a living laboratory of Earth's evolution - and its wildlife, forests and reefs will be devastated unless we all act. *The Conversation*. <https://theconversation.com/wallacea-is-a-living-laboratory-of-earths-evolution-and-its-wildlife-forests-and-reefs-will-be-devastated-unless-we-all-act-210890>
- [65] 关于我们 - 公司简介 . 金川集团 . <http://www.jnmc.com/index.php/index/about/index.html>
- [66] 国际碳行动伙伴组织 (ICAP). <https://icapcarbonaction.com/en/news/indonesia-launches-emissions-trading-system-power-generation-sector>.
- [67] Yasya, H. R., Abfertiawan, M. S., Gultom, T. H., Gunardi, P., & Syahroni, M. (2024). Water availability of Akelamo River, Obi Island, South Halmahera. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 485, p. 03015). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448503015>
- [68] Nuraprianisandi, S., Abfertiawan, M. S., Gultom, T. H., Gunardi, P., & Syahroni, M. (2024). Water availability of Karo Lake, Obi Island, South Halmahera. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 485, p. 03010). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448503010>
- [69] Harita Group: Fossil fuel powered nickel exacerbates global climate crisis. *Market Forces*. (2025). <https://www.marketforces.org.au/campaigns/asia/harita-group-fossil-fuel-powered-nickel-exacerbates-global-climate-crisis/>
- [70] Indonesia Will Have 55 Nickel Smelters. Available at: <https://indonesiaminer.com/news/detail/2025-01-08143427-indonesia-will-have-55-nickel-smelters>
- [71] Ghosh, R., & Kathuria, V. (2014). The transaction costs driving captive power generation: Evidence from India. *Energy Policy*, 75, 179-188.
- [72] Liu, J., Huang, X., Liu, X., & Han, Z. (2019). Research on Energy Management Strategy of Captive Power Plant Based on Hybrid Method. *Sensors & Materials*, 31.

附件 1：2007 至 2021 印度尼西亚有关原矿出口禁令、吸引外资（包括产业园区政策）以及碳市场的政策汇总

年份	颁布主体	工业 / 投资政策	资源政策	碳市场政策	政策目标和主要影响
2007	印度尼西亚共和国人民代表理事会与总统（*正式立法机关与总统联合颁布的国家法律（Law），具有最高法律效力。必须经过议会通过，并由总统签署）	第 25 号法律《投资法》 Law No. 25 of 2007 on Investment	-	-	2007 年投资法对外商投资范围进行了规定，并逐步完善了“负面投资清单”。
2009	印度尼西亚共和国人民代表理事会与总统	-	第 4 号法律《矿产和煤炭矿业法》 Law No. 4 of 2009 on Mineral and Coal Mining	-	2009 年《矿业法》确立了矿业活动的基本框架，赋予中央政府对矿业资源的管理权，并授权能源与矿产资源部（MEMR）负责制定实施细则。《矿业法》引入了统一的矿业权许可证（IUP）制度，并要求采矿许可证持有者必须在国内进行加工和精炼。原矿出口禁令将于 2014 年 1 月生效。
2010	印度尼西亚政府（*由总统签署、内阁协商通过的《政府条例》（GR），用于实施具体法律，是对法律条文的细化和执行安排）	第 23 号政府条例《采矿业务实施细则》（Government Regulation No. 23 of 2010 on the Implementation of Mining Business Activities）	-	-	根据 2009 年《矿业法》，2010 年第 23 号政府条例设强制回收义务，持有 IUP 的 100% 外资所有或外资拥有多数股权的公司（PMA 公司）在商业生产 5 年后应由印尼实体持股份至少 20%。IUP 的审批应由能源与矿产资源部部长授权颁发，特别是对于跨省或具有国家战略意义的矿业项目。
2012	印度尼西亚政府；能源与矿产资源部（*部长令用于指导本领域内的技术细则、许可机制、执行标准等）	第 24 号政府条例《矿业合资义务加强条例》（Government Regulation No. 24 of 2012 on the Amendment to GR 23/2010）	第 7 号能源与矿产资源部长条例《矿产附加值实现义务条例》（MEMR Regulation No. 7 of 2012 on Increasing Mineral Value Added）	-	第 24 号政府条例对 GR23/2010 进行补充，要求 PMA 公司在商业生产 10 年内应由印尼实体逐步持股支 51%。 第 7 号部长条例则附加值进行详细规定，以镍为例，原矿必须加工成镍生铁（Nickel Pig Iron, NPI）或更高级别的产品。
2014	印度尼西亚共和国人民代表理事会与总统；能源与矿产资源部	第 3 号法律《工业法》（Law No. 3 of 2014 on Industry）	第 1 号能源与矿产资源部长条例《原矿出口过渡管理条例》（MEMR Regulation No. 1 of 2014 on Raw Mineral Export Adjustment）	-	第 1 号部长条例延期实施原定于 2014 年全面生效的原矿出口禁令，设立过渡期允许企业在提交冶炼计划并接受监管前提下出口矿石，将禁令实质性延后至 2017 年。 2014 年《工业法》确立了印尼工业发展的法律基础，以法律形式将“产业园区”（Kawasan Industri）制度化，界定其法律地位与监管体制。其中，明确提出“工业活动应集中布局于政府规划的产业园区”，强调产业园区应具备统一的基础设施、物流体系和环保配套。工业法还明确了中央与地方在工业政策执行中的职责分工，并授权政府对产业园区投资者提供包括基础设施、许可、财政在内的综合性激励。
2017	印度尼西亚政府	-	第 1 号政府条例《矿产出口延缓政策条例》（Government Regulation No. 1 of 2017 on Mineral Export Continuation）	-	2017 年第 1 号政府条例和后续出台的 2018 年第 25 号部长条例主要是印尼政府对原矿出口禁令进行有条件的暂时放宽至 2022 年，允许尚未完成冶炼设施建设的矿企在承诺投资、接受监管的前提下，有限期内出口未加工矿产品。
2018	能源与矿产资源部	-	第 25 号能源与矿产资源部长条例《矿产出口许可细则条例》（MEMR Regulation No. 25 of 2018 on Mineral Export Licensing）	-	

2019	印度尼西亚政府	-	第 13 号能源与矿产资源部长条例《镍矿出口终止条例》(MEMR Regulation No. 13 of 2019 on Nickel Ore Export Termination) 第 81 号政府条例《能源与矿产资源领域非税国家收入条例》(Government Regulation No. 81 of 2019 on Non-Tax State Revenue in the Energy and Mineral Resources Sector)	-	第 13 号部长条例通过修正 2018 年第 25 号部长条例, 明确规定了自 2020 年 1 月 1 日起全面禁止镍矿石(尤其是镍含量低于 1.7%)的出口, 正式提前终止原计划于 2022 年生效的原矿出口豁免政策。 第 81 号政府条例确立了能源与矿产资源领域非税国家收入(PNBP)的征收框架, 系统规范了采矿、油气、电力、地热等行业的收入类型与费率标准。
2020	印度尼西亚共和国人民代表理事会与总统; 能源与矿产资源部	第 11 号法律《创造就业机会法》 Law No. 11 of 2020 (Omnibus Law)	第 3 号法律《矿产与煤炭矿业法修正案》(Law No. 3 of 2020 on the Amendment to Law No. 4 of 2009 on Mineral and Coal Mining) 第 11 号能源与矿产资源部长条例《金属矿石与煤炭销售基准价格条例》(MEMR Regulation No. 11 of 2020 on Benchmark Sales Prices for Metallic Minerals and Coal)	-	2020 年新《矿业法》是对 2009 年矿业法的修正, 强化中央政府对矿业资源的集中管理, 明确本地加工义务, 并统一采矿许可体系。 第 11 号部长条例规定所有金属矿产品(包括镍)交易价格不得低于政府设定的每月销售基准价(HPM)。该政策意在防止原矿出口禁令实施后, 国内冶炼企业压价采购原料, 确保矿产资源的公允交易。根据新规, 1.7%、1.8%、1.9% 镍含量的湿矿石分别设定最低价格为 26.35 美元、29.45 美元和 32.72 美元 / 湿吨。 条例于 2020 年 5 月 14 日正式生效。 《创造就业机会法》大幅修改了印尼 2007 年的《投资法》, 简化投资、用地与审批流程, 优化营商环境, 为包括矿业在内的国家战略产业提供制度性支持。此外, 《创造就业机会法》还通过修订 2014 年工业法, 引入许可简化和投资便利化条款。修订后, 园区内企业可豁免部分建设许可程序, 并可获得税收激励措施, 推动投资者由单一产线向产业集群布局转型。
2021	印度尼西亚总统(*由总统直接颁布的《总统条例》(PR), 用于管理行政事务或细化法律的特定实施细节, 具有行政法规效力); 印度尼西亚政府	第 10 号总统条例《投资领域正面清单条例》(Presidential Regulation No. 10 of 2021 on Investment Business Fields) 第 28 号政府条例《工业领域实施细则》(Government Regulation No. 28 of 2021 on the Implementation of the Industrial Sector) 第 96 号政府条例《矿业业务活动实施条例》(Government Regulation No. 96 of 2021 on the Implementation of Mineral and Coal Mining Activities)	第 25 号政府条例《能源与矿产领域监管机制条例》(Government Regulation No. 25 of 2021 on the Implementation in the Energy and Mineral Resources Sector)	第 98 号总统令《碳定价机制与国家经济与气候协调框架条例》(Presidential Regulation No. 98 of 2021 on the Implementation of Carbon Pricing and the National Economic and Climate Framework)	第 10 号总统条例根据《创造就业法》的要求引入了“正面清单”, 进一步减少了对外国投资的限制, 且“优先行业”可享受税收津贴或免所得税优惠。 第 28 号政府条例则作为工业法和就业创造法的配套实施细则, 进一步细化了园区内企业所享激励政策的适用条件与管理程序, 强化地方政府执行职责, 推动形成标准化、规范化的园区治理体系, 加速中外资企业在园区落地的合规效率与投资吸引力。 印尼政府根据 2020 年新《矿业法》颁布了 2021 年第 96 号政府条例, 延长外资投资的退出时间。 第 25 号政府条例旨在整合和简化能源与矿产资源领域的监管框架, 旨在通过统一的许可制度和监管机制, 提升能源与矿产资源领域的投资便利性和监管效率。 第 98 号总统令建立国家经济与气候(NEK)框架, 确立碳定价制度基本架构。该政策与《巴黎协定》第六条保持一致, 标志印尼正式进入碳市场机制建设阶段。

2022	印度尼西亚政府； 能源与矿产资源部； 环境与林业部	-	第 26 号政府条例《能源与矿产资源领域非税收入条例》（Government Regulation No. 26 of 2022 on Non-Tax State Revenue in the Energy and Mineral Resources Sector）	第 16 号能源与矿产资源部长条例《电力部门碳交易机制条例》（MEMR Regulation No. 16 of 2022 on Carbon Economic Value in the Power Generation Sector） 第 21 号环境与林业部长条例《碳交易机制与部门责任条例》（MOEF Regulation No. 21 of 2022 on Carbon Trading Procedures and Sectoral Responsibilities）	第 26 号政府条例取代了《2019 年第 81 号政府条例》，进一步细化了 PNBP 的适用范围和费率结构，明确了各类矿产资源的特许权使用费率，包括镍矿石、煤炭等，设定了固定费率机制，以确保国家从资源开发中获得合理收益。第 16 号部长条例针对电力行业设定碳排放交易机制，为燃煤电厂设定排放上限（cap），引入基于强度的配额体系，是第一个行业层面的强制性碳交易框架。第 21 号部长条例明确了国内和国际碳交易市场的程序规范，强化了部门分工与问责制，是印尼建设全国碳市场的制度基础文件之一。
2023	印度尼西亚共和国人民代表理事会与总统； 印度尼西亚金融服务管理局	-	-	第 4 号法律《碳交易证券化法》（Law No. 4 of 2023 on Financial Classification of Carbon Units） 第 14 号金融服务管理局条例《碳交易所合规监管条例》（OJK Regulation No. 14 of 2023 on Carbon Exchange Regulation and Transparency）	《碳交易证券化法》正式将“碳单位”（carbon unit）归类为证券，为碳交易确立法律金融资产地位，同时赋予印尼金融服务管理局（OJK）对碳交易所的监管权。第 14 号金融服务管理局条例实施碳市场的总量控制与交易机制（cap-and-trade），细化信息披露、合规核查和信用机制标准，提升市场透明度。
2025	印度尼西亚政府	-	第 19 号政府条例《能源与矿产资源领域非税国家收入管理条例》 Government Regulation No. 19 of 2025 on PNBP for the Energy and Mineral Resources Sector	-	第 19 号政府条例是对《2022 年第 26 号政府条例》的修订版本，旨在重新规范能源与矿产资源部（MEMR）管辖范围内的非税国家收入（PNBP）类型及费率。新条例提高了高品位镍矿石（特别是 1.5% 以上 Ni 含量）及其下游产品（如镍生铁、镍中间品）的特许权使用费比率，并采用浮动费率机制以与市场价格挂钩，费率区间上调至 14%-19%。条例将自 2025 年 4 月 26 日起正式实施。

来源：作者根据公开资料整理

附录 2：IMIP 园区内部分煤电机组清单

电站 / 机组名称	装机容量	投资方 / 所属公司
PT SMI 电厂	130 兆瓦 (2×65 兆瓦)	苏拉威西矿业投资有限公司
PT GCNS 电厂	300 兆瓦 (2×150 兆瓦)	印尼广青镍业有限公司 (广东广新)
PT ITSS 电厂	700 兆瓦 (2×350 兆瓦)	印尼青山不锈钢有限公司
PT IMIP 电厂	700 兆瓦 (2×350 兆瓦)	印尼经贸合作区青山园区开发有限公司
华新镍业与永恒冶炼电厂	700 兆瓦 (2×350 兆瓦)	华新镍业 (华新丽华参股), 永恒冶炼 (华友参股)
华青铝业电厂	1520 兆瓦 (4×380 兆瓦) 1520 兆瓦 (4×380 兆瓦) * 注: 3×380 兆瓦的机组可能与 Labota 4-6 或 7-9 号机组存在数据重叠的可能。	华青铝业 (华峰集团与青山合资)
Oracle 镍项目电厂	380 兆瓦	印尼万嘉镍业有限公司 (Nickel Industries 参股)
Labota 第 4、5、6 号机组	1140 兆瓦 (3×380 兆瓦)	印尼经贸合作区青山园区开发有限公司
Labota 第 7、8、9 号机组	1140 兆瓦 (3×380 兆瓦)	印尼经贸合作区青山园区开发有限公司

附录 3：IMIP 园区内部分公司名单

印尼莫罗瓦利工业园公司名称
印尼经贸合作区青山园区发展有限公司
苏拉威西矿业投资有限公司
印尼广青镍业有限公司
印尼青山不锈钢有限公司
印尼瑞浦镍铬合金有限公司
印尼青山钢铁有限公司
印尼德信钢铁有限公司
华越镍钴（印尼）有限公司
青美邦新能源材料有限公司
华能金属实业有限公司
印尼中伟鼎兴新能源
印尼金瑞新能源科技有限责任公司
旭阳伟山新能源（印尼）有限公司
德天焦化（印尼）股份公司
印尼华青铝业有限公司
中青新能源有限公司
印尼华新镍业有限公司
印尼恒嘉镍业有限公司
印尼仁嘉镍业有限公司
印尼万嘉镍业有限公司
印尼昭辉镍铁有限公司
其他

