

# 国际钢铁项目

## 目录

1. 闪速反应炉 (Flash Ironmaking)	2
2. HYBRIT 氢基无碳钢	3
3. 氢等离子复合还原 (HPSR)	4
4. Clean2Steel	5
5. DOE 资助的氢还原与电弧炉联合流程	6
6. PeroCycle 碳回收闭环技术	7
7. Molten Oxide Electrolysis (MOE)	8
8. Electra 低温电解锻铁	9
9. POSCO HyREX 氢还原床 + 电弧熔炼	10
10. SALCOS (Salzgitter AG) 与 ArcelorMittal 汉堡 H <sub>2</sub> DRI 试点	11
11. 电弧炉+氢 DRI 试点	12
12. H2STEEL 生物废气催化裂解 + 氢冶金	13
13. H2FUTURE - 氢为未来与可持续钢铁	14
14. CSU-Vale 中南大学低碳氢冶金联合实验室	15
15. IRONH <sub>2</sub> - 氢还原可持续钢铁	16
16. Beyond Carbon Capture 光催化 CO <sub>2</sub> 循环	17
17. 降低大规模细矿氢炼铁的风险	18
18. 海水的解耦电解	19
19. IGNITE - 用于净零创新和技术卓越的本土绿色钢铁	20
20. decarbSTEEL - 去碳路径评估工具	22

## 1. 闪速反应炉（Flash Ironmaking）



负责人：Prof. Hong Yong Sohn

联系邮箱：[u0035316@utah.edu](mailto:u0035316@utah.edu)

由犹他大学 Sohn 教授及团队开发，闪速反应炉通过将超细粒铁矿集中于短时间高温还原，实现秒级反应速率。传统 DRI 需要数分钟至数小时，此技术能在几秒内完成 95%以上的还原率。经历了从动力学验证到实验室级闪速炉，再到中试试点装置。从 1175 °C 实验中实现 90%以上还原效果，到后期构建 1200–1550 °C、千公斤级的中试闪速反应器。

该项目同时运用 CFD（计算流体力学）模拟与实验校准相结合，优化炉体设计、气体流速及颗粒停留时间，从而大幅降低能耗与 CO<sub>2</sub>排放。

已获美国 DOE 约 1060 万美元拨款，配套由 American Iron and Steel Institute 联合支持。

目前正处于百千吨级试点验证阶段。短停留时间带来的反应控制、颗粒输送与高温防护材料设计仍是进一步提高规模化可靠性的关键瓶颈。

若成功产业化，能够在现有高炉/DRI 工艺基础上进行低改造升级。适合于使用细粒矿石、焦炭价格高和碳排放要求严格的地区。这不仅降低能源成本，还为钢厂实现“绿色冶金”提供了技术支撑。

## 2. HYBRIT 氢基无碳钢



负责人: Gunilla Hjalmarson

联系邮箱: [gunilla.hjalmarson@ssab.com](mailto:gunilla.hjalmarson@ssab.com)

由 SSAB、矿业巨头 LKAB 和能源公司 Vattenfall 合作, 自 2016 年启动“HYBRIT”项目, 意在彻底替代焦炭制铁, 使用 100%来自可再生能源的绿色氢气, 实现“矿-钢”链路零碳排放。

- 2020 年, 在瑞典吕勒奥建成中试级氢直接还原(DRI)炉, 2021 年生产出首批化石燃料零碳“海绵铁”。

- 后续已累计生产超过 5,000 吨, 并交付如 Volvo、Epiroc 及 Peab 等大厂验证应用。

- EU 及瑞典政府联合投入逾 14 亿欧元, 支持改建示范厂, 目标产能达 120 万吨/年, 预计 2030 年前实现产业级落地。

核心还原过程仅产生水 ( $H_2O$ ), 几乎 0  $CO_2$ 排放 (Scope 1+2  $CO_2$ 排放估计低于 0.05 t/t I

钢)。所产“绿色海绵铁”冶炼性能优于传统天然气 DRI 产品: 金属化率高达 98-99%, 强度与耐磨性更优, 利于运输和电弧炉后续熔炼。

目前绿色钢成本高于传统产品 20-30%, 但已赢得下游客户如 Volvo 的认可, 并由其提供反馈证实焊接与加工性能维持不变。HYBRIT 预计到 2030 年宜替代瑞典炼钢 60%以上产能, 为欧洲重大碳减排目标做出贡献。

### 3. 氢等离子复合还原 (HPSR)



负责人: Dr. Henri Pauna

联系邮箱: [henri.pauna@oulu.fi](mailto:henri.pauna@oulu.fi)

H2PlasmaRed 是由奥卢大学主导、2024–2028 年执行的欧盟 Horizon Europe 设立的创新行动项目，旨在将氢等离子体冶炼还原 (Hydrogen Plasma Smelting Reduction, HPSR) 技术从试验室 (TRL5) 提升至示范级 (TRL7) 并趋近产业标准。该技术结合高温等离子体与氢气，将铁矿直接还原为铁，同时融合电弧熔炼，通过一次高效整合流程，实现近零 CO<sub>2</sub> 排放。

项目团队已构建百公斤级 HPSR 示范反应器并集成至直流电弧炉 (5 吨规模) 测试，过程中开发了新型在线传感器和模拟模型，用于优化流程动力学、资源利用与能源消耗。目标实现从试验到工业化设备的顺利过渡，为欧洲钢铁行业提供可复制、模块化的脱碳路径。

技术优势包括氢—等离子高还原力，能兼容现有炉体设施；流程整合度高、碳排放低。挑战在于等离子体设备材料耐久性、持续运行稳定性、传感与控制系统实时响应能力，以及与电弧炉整合后工艺调试复杂度。

#### 4. Clean2Steel



负责人: Prof. Timo Fabritius

联系邮箱: [timo.fabritius@oulu.fi](mailto:timo.fabritius@oulu.fi)

Clean2Steel (2021–2024) 项目由奥卢大学 Process Metallurgy 研究团队承担, 探讨以氢替代化石碳还原铁矿, 并制造“高洁净”高强钢以实现下游轻量化目标。主要聚焦两个方向: 其一是氢原始直接还原 (shaft furnace、fluidized bed) 工艺开发, 研究氢与铁矿反应动力学与热质传输; 其二是在炼钢过程中引入在线监测技术 (如 OES、图谱分析等), 优化夹杂物控制以提升钢材洁净度。

团队通过结合实验与建模, 实现对单颗铁矿颗粒在  $H_2$  气氛中的还原行为预测, 并开发 In-situ 监控方案: 利用光谱仪与传感器实现炉况可视化控制。目标为: 生产超高强度、低夹杂轻质钢材, 适用于汽车、航空以及结构工程, 助力企业追求轻量化及生命周期碳足迹降低。

Clean2Steel 具有较高的应用适配性, 特别适用于具备氢源或准备氢冶金转换的钢厂。通过示范流程与数据积累, 项目为企业构建“流程数字孪生 + 洁净钢材质量提升”体系提供底层技术支撑。

## 5. DOE 资助的氢还原与电弧炉联合流程



负责人：Prof. Pei Sun

联系邮箱：pei.sun@utah.edu

该项目虽起自美国 DOE ARPA-E 计划“ROSIE”，实质融合 University of Utah 及相关合作方，涉及低温氢还原与电弧炉流程联合。2024–2027 年期间获 DOE 拨款约 347 万美元，聚焦“从铁矿浓缩物直接生产洁净钢材”，旨在绕过高温高炉阶段，在较低温与电弧条件下实现直还兼合金化。

技术参数包括预计节能至少 50%，粉末冶金零件可节能达 90%。流程初步面向齿轮、连杆等汽车零部件试制，后续规模扩大至钢筋用材。与波多大学（Porto University）合作结合，项目整合院校与工业资源，推进工艺从原型验证到工业供料。

该创新路径适合拥有电力结构优化空间以及关注差异化高性能钢材应用场景的企业。通过联合流程，实现从原料到成品的高效路径，搭配“少碳、低温、直冷”的理念，对区域能源依赖低、政策支持强的厂区具备较强落地潜力。

## 6. PeroCycle 碳回收闭环技术



负责人: Prof. Yulong Ding

联系邮箱: [y.ding@bham.ac.uk](mailto:y.ding@bham.ac.uk)

PeroCycle 技术利用双钙钛矿催化剂将高炉-转炉 (BF-BOF) 流程中的  $\text{CO}_2$  转化为  $\text{CO}$ , 形成碳循环闭环。该技术在较低温区 (通常  $< 600^\circ\text{C}$ ) 进行  $\text{CO}_2$  分解,  $\text{CO}$  被重新注入高炉作为还原剂, 可显著降低  $\text{CO}_2$  排放, 而无需对现有冶炼装置进行大规模改造。

在中试阶段, 该系统已在伯明翰大学实验室完成千小时级稳定运行测试, 并与 Anglo American 和 Cambridge Future Tech 合作建立 PeroCycle Ltd 推动产业化。据报道, 双钙钛矿催化剂经长时间工况表现优稳定性, 且反应速率高。该方案适合现有钢厂快速改造, 实现碳减排目标并控制成本。

## 7. Molten Oxide Electrolysis (MOE)



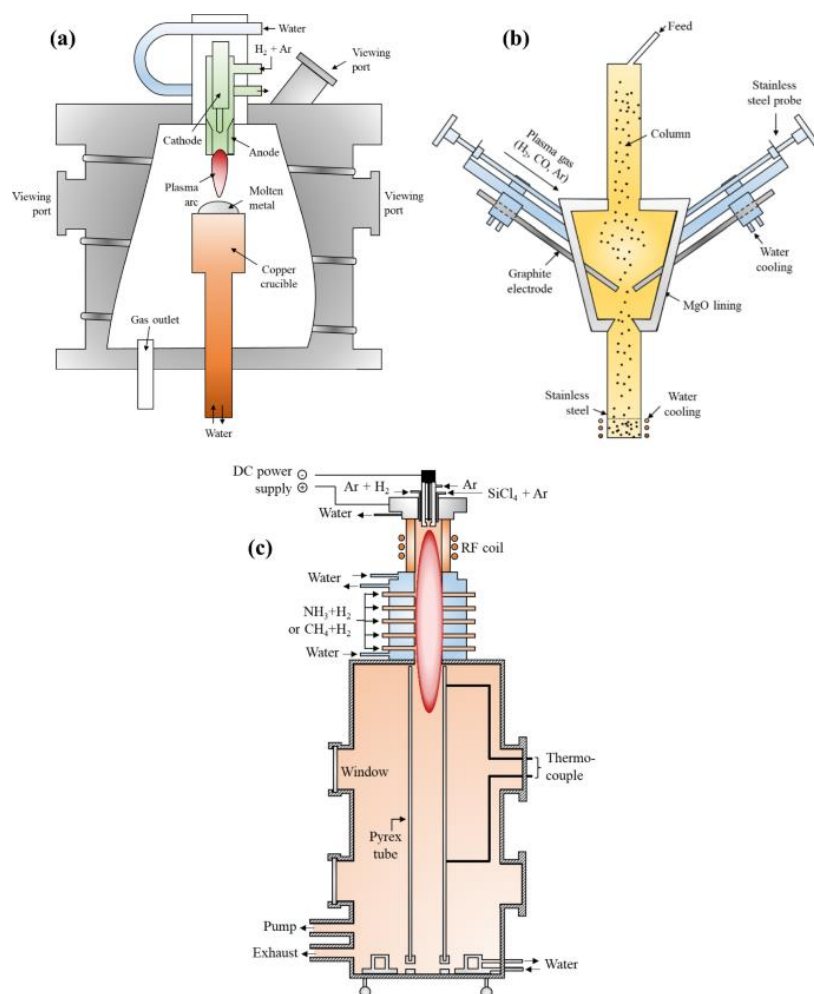
负责人: Abby Abazorius

联系邮箱: [abbya@mit.edu](mailto:abbya@mit.edu)

MOE 技术源自 MIT 的研究, 于  $1600^{\circ}\text{C}$  下通过电解实现铁矿石无碳还原, 产生液态铁和氧气两种主要产物。Boston Metal 的工业级多惰性阳极电解槽已在 Woburn 工厂成功投运并产出吨级铁水, 证实商业化潜力。

优势包括: 无需焦炭或氢气, 兼容低品位矿, 模块化设计, 适合集成可再生能源, 并在 2026 年之前实现许可与示范工厂投运。目前计划在巴西启动首个商业应用, 同时预计在 2026 年全面推广。适合有电力结构支撑、愿进行新兴系统投资的钢厂快速布局绿色绿色冶炼路径。

## 8. Electra 低温电解锻铁



负责人: Dr. Quoc Pham

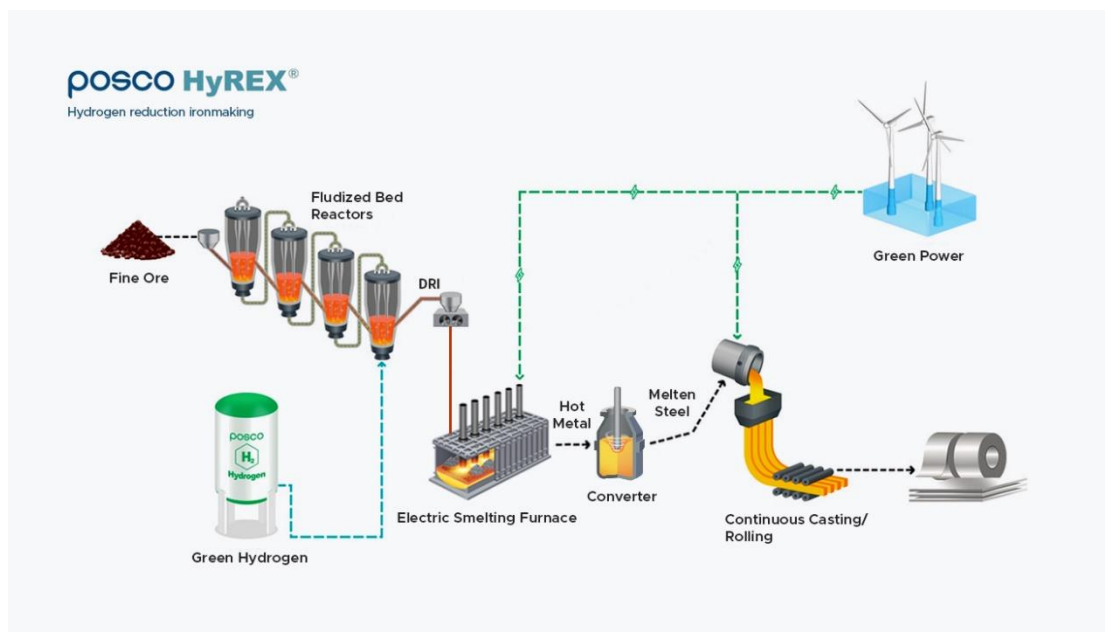
联系邮箱: quoc.pham@electra.earth

Electra 是 Boulder 高科技团队,自 2023 年起开展低温电解—湿法还原铁矿的创新路线,获 NSF 和 ARPA-E 资金支持,并于 2024 年启动首座试点工厂。

其技术说明如下:在  $\sim 60^{\circ}\text{C}$  下,将铁矿溶于酸性电解液,通过电流电沉积纯铁 (99 %),副产物为溶剂与氧气,  $\text{CO}_2$  零排放,无惰性矿石需求。

优点包括适应可再生电力间歇供应、兼容低品位矿石与废料资源、模块化易于部署。已吸引 Nucor、BHP 投资合作。项目适合希望规避高温设备及矿石制约、结合 EAF 工艺体系的钢铁企业,具备示范落地潜力。

## 9. POSCO HyREX 氢还原床 + 电弧熔炼



负责人: Kim Ki-soo

联系邮箱: kim.ks@posco.com

HyREX 是 POSCO 基于其成熟的 FINEX 熔融还原核心, 创新开发的完整氢还原解决方案。

从多级流化床中用氢气还原铁矿, 生成 DRI, 然后进入电弧熔炼炉 (ESF) 生产热金属。该技术最大优势是不依靠高品位颗粒矿, 可用铁矿细粉, 减少造球/烧结/焦化环节, 同时直用 100% 氢气作还原剂, 实现近零碳排 (仅排出水蒸气)。

POSCO 于 2024 年启用试生产装置, 预计 2027 年完成 30 万吨/年试验线, 2030 年规划初步商业化, 2050 年实现全球钢厂氢化替代。该项目与 Primetals 合作设计示范厂, 融合流化床+ESF 的整合技术路径。

## 10. SALCOS (Salzgitter AG) 与 ArcelorMittal 汉堡 H<sub>2</sub> DRI 试点



负责人: Salzgitter AG

联系邮箱: [datenschutz.holding@salzgitter-ag.de](mailto:datenschutz.holding@salzgitter-ag.de)

德国 Salzgitter AG 旗下的 SALCOS 项目, 早在 2021 年已启动  $\mu$ DRAL 规模 (产能 2.5 t/d) DRI 试点, 支持天然气与氢混合试验, 目标是 2050 年全流程基于氢气还原。Tenova 负责工艺与设备供应, 目前已开展多轮测试, 积累工程数据。

ArcelorMittal 汉堡 H<sub>2</sub>项目投资 1.1 亿欧元 (含德国联邦 5,500 万欧元补贴) 建设工业规模 DRI 装置 (产能约 10 万吨/年), 计划 2025 年投产, 初步以灰氢参与混烧, 逐步替代天然气, 实现零碳出铁。项目设在已有 DRI-EAF 联产体系中, 便于改造与累积经验, 具备快速推广潜力。项目均从示范层级跨越往产业化方向发展, 适合已有 EAF 系统、具备氢气供给条件的钢厂借鉴技术路线。合作方式包括: 联合试验、购买设备包、参与早期试运行或成为供应链方。

## 11. 电弧炉+氢 DRI 试点



负责人：Prof Tom Honeyands

联系邮箱：tom.a.honeyands@newcastle.edu.au

该项目自 2024 至 2029 年，获得澳大利亚可再生能源署（ARENA）数百万澳元资助，探索“氢气直接还原铁（ $H_2$ -DRI） + 电弧炉电熔”流程，尤其适配澳洲低品位赤铁矿与针铁矿资源。

研究分几个阶段：① 5 kg 实验室级 DRI 制备；② 构建 4 kg 电极熔炼炉进行电熔-还原结合实验；③ 在德国 RWTH Aachen 与 BHP 合作，将实验室成果推动至 200 kg 中试规模。

该路线优势包括：原料适应性强、降本潜力明显、配合可再生能源电力可实现低碳/零碳制备、模块化流程利于区域性部署。为澳洲钢厂面对低品位矿石资源缺陷的一体化试点，提供了系统性解决方案。

该项目由纽卡斯尔大学领导，并与德国、澳洲工业伙伴联合实施，现正在收集中试数据以支持未来商业化路径。

## 12. H2STEEL 生物废气催化裂解 + 氢冶金



负责人: Dr. Stefano Cucurachi

联系邮箱: [stefano.cucurachi@leidenuniv.nl](mailto:stefano.cucurachi@leidenuniv.nl)

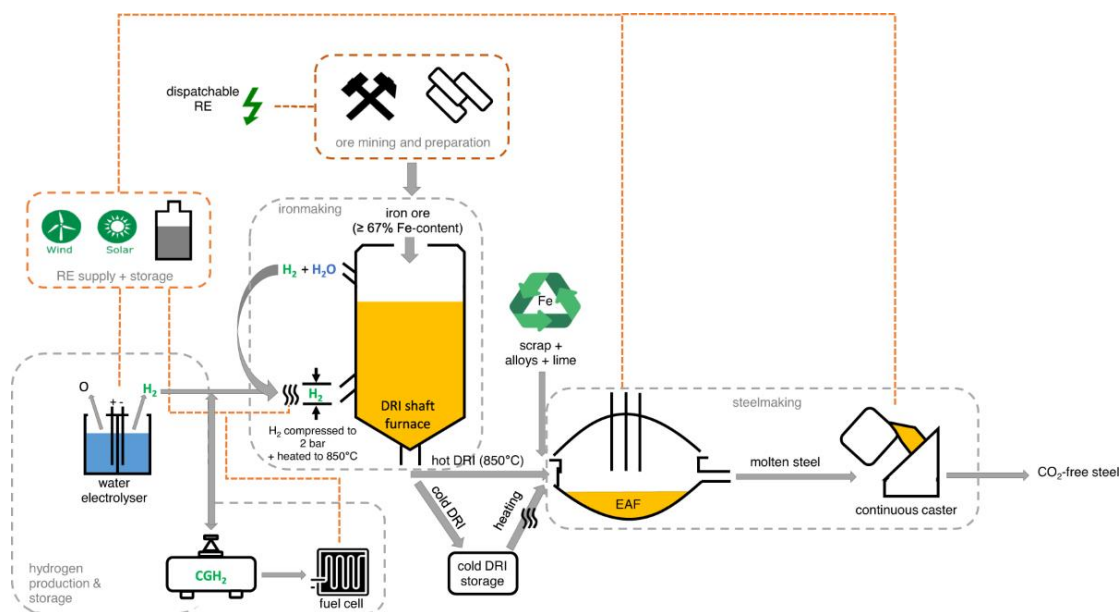
H2STEEL 是于 2022–2025 年期间在 EU Horizon 框架下开展的跨国合作项目，联合莱顿大学、帝丘理工、阿尔塞洛米塔尔等单位。核心技术为：使用生物质废气制取“生物甲烷”，再通过催化裂解（methane catalytic cracking）生成绿色氢及生物炭，后者能注入钢厂生成脱碳“钢-炭共吸储体系”。

该流程的亮点在于：① 利用生物质副产物作为原料，促进废物价值再利用；② 产生高纯度低成本氢，完全在低温常压反应器中处理；③ 生物炭既能碳中和又潜在优化钢材性能，同时支持循环经济。

团队同时开展 Life Cycle Assessment (LCA) 与社会影响评估，为该技术未来商业路线提供可行性与政策对接依据。实验部分已验证反应堆动力学，并进行工业余热与废料耦合评估。

此项目适合资源侧同样拥有生物质副产物（如造纸废气、农业秸秆）的钢厂或区域工程，并且可通过技术转移、联合试点方式尽早推进，可与莱顿大学团队对接获取更深入的技术数据与产学研合作可能。

### 13. H2FUTURE – 氢为未来与可持续钢铁



负责人: Prof. Ville-Valtteri Visuri

联系邮箱: [ville-valtteri.visuri@oulu.fi](mailto:ville-valtteri.visuri@oulu.fi)

奥卢大学的 H2FUTURE 项目聚焦从“氢气生产”终至“氢气在钢铁工艺中的应用”, 搭建一整套清洁氢冶金体系。通过太阳光催化裂解、水电解及催化甲烷裂解等多途径清洁制氢技术, 研发同时推进“氢气直接还原 ( $H_2$ -DRI)”过程与“耐氢钢材”设计。项目强调多学科协同, 将物理、化学、化工、过程冶金与材料科学融合, 旨在为北欧钢厂 (包括 Outokumpu 与 SSAB) 提供成熟脱碳解决方案。

H2FUTURE 分三个核心子课题:

- 光催化与电化学制氢技术的模块化设计与性能优化;
- 使用氢气进行铁矿还原, 构建高洁净铁水生产路径;
- 针对氢环境开发抗脆超高强钢材。

项目时间为 2023–2028 年, 是欧盟 PROF17 战略计划核心之一, 并与 Hybrit、BotH<sub>2</sub>nia 等区域脱碳示范项目协作。具备工程化发展潜力, 吸引相关企业提前布局流程转型与材料创新转化路径。项目组愿为伙伴企业提供技术访问、样品试验与联合研发机会。

#### 14. CSU-Vale 中南大学低碳氢冶金联合实验室



负责人: Prof. Ville-Valtteri Visuri

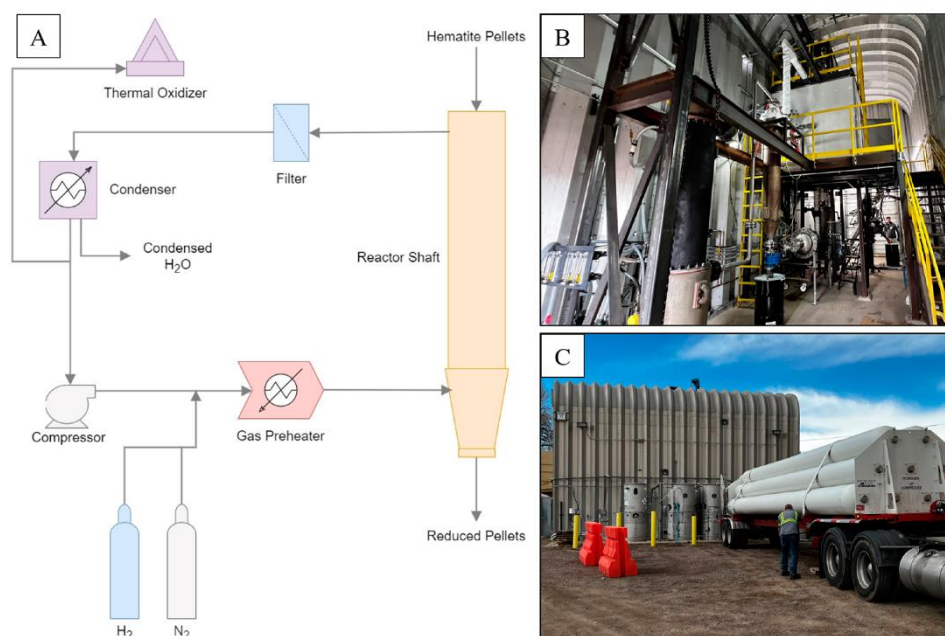
联系邮箱: [ville-valtteri.visuri@oulu.fi](mailto:ville-valtteri.visuri@oulu.fi)

Vale (巴西矿业巨头) 和中南大学于 2024 年共同创立专注“低碳及氢冶金”的联合实验室, 重点研究氢气直接还原 ( $H_2$ -DRI)、铁矿预处理与高温钢冶炼工艺 gm.kcenter。Vale 捐赠超 580 万美元, 实验室配备 100 多套实验设备, 包括多功能高温炉、烧结炉与氢气还原炉, 为科研与示范转化提供硬件基础。

实验室设有六大研究模块: ① 铁矿预处理; ② 氢气直接还原; ③ 高温还原炉工艺; ④ 热电偶测控与过程监控; ⑤ 能源与排放耦合评估; ⑥ 技术对接与成果孵化。目前已完成 10 多项技术试点性验证, 单次氢还原炉实验达到百公斤级产出。

此实验室优势在于联合矿业-高校-产业链协同, 具备扎实的高品质实验条件与企业级工业背景, 具有成为氢冶金示范节点的潜力。适合中高端设备供应商、钢企与地方政府合作示范或联合示范项目。Vale 与中南大学团队可提供实验测试支持、定制技术咨询与后续联合开发路径。

## 15. IRONH<sub>2</sub> – 氢还原可持续钢铁



负责人: Prof. Henrik Saxén

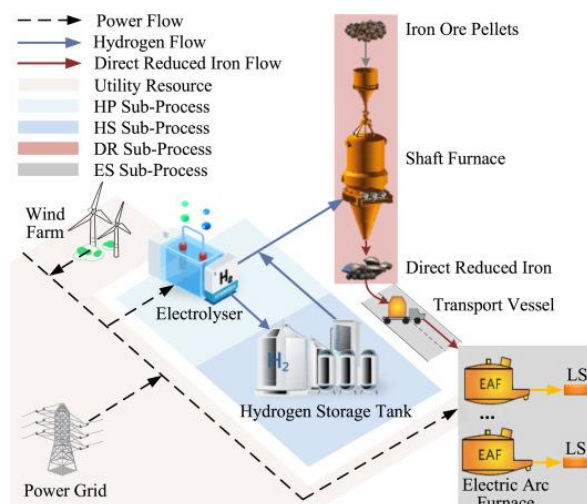
联系邮箱: [henrik.saxen@abo.fi](mailto:henrik.saxen@abo.fi)

IRONH<sub>2</sub> 项目于 2023–2027 年在芬兰 Åbo Akademi University 承担, 旨在探索氢气替代碳作为还原剂的可持续途径 (H<sub>2</sub>-DRI)。项目采用实验室级氢气冶炼反应器, 以多种铁矿颗粒为原料 (如赤铁矿、磁铁矿、烧结矿等), 在不同 H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 混合气氛与温度条件下系统研究其还原动力学及中间相转变, 形成科学定量模型并以此发展反应器级别数学模拟。

团队结合基础研究与建模, 首次深入解析固—气—热三相交互对反应路径的影响, 揭示如水气变换反应在高 H<sub>2</sub> 几率条件下对主体还原路径的耦合作用。此外研究成果已整合至反应器设计评估中, 可用于提升现有直还炉底层设计与效率。

项目具备较高转化可能性, 适用于那些拥有 EAF 基础设施的钢厂, 可配套使用绿氢, 探索混氢-全氢过渡路径。企业可通过对接项目组获取反应器设计模型、样品实验数据与颗粒还原动力学模型, 从而评估在厂区改造中的商业化可行性。

## 16. Beyond Carbon Capture 光催化 CO<sub>2</sub>循环



负责人：Prof. Jennifer Dionne

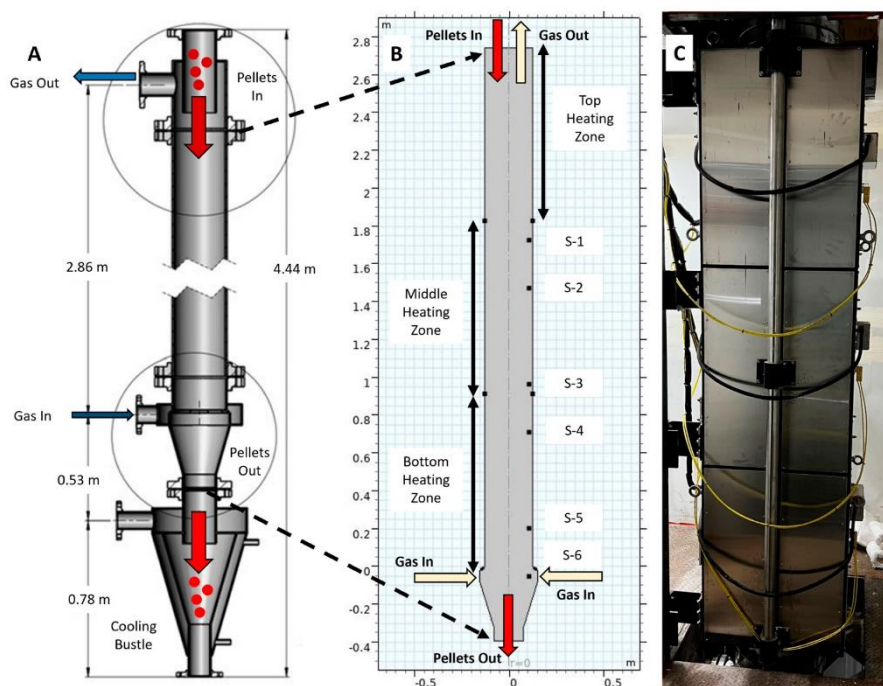
联系邮箱：[j.dionne@stanford.edu](mailto:j.dionne@stanford.edu)

此 Precourt Pioneering Project (2022–2025) 由斯坦福大学牵头，利用光催化与绿氢结合循环 CO<sub>2</sub>，使其在炼铁中再生成 CO，恢复其还原能力。团队采用纳米尺度等离子光催化剂与聚焦光源，在光照 440–650 nm 范围激发金属纳米粒子 (2–10 nm)，驱动 CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub> → CO + H<sub>2</sub>O 反应。其设计初期可将 CO<sub>2</sub> 回收率提高 80%，同时生成工业可用 CO 混合气配合 H<sub>2</sub> 用于现有高炉或直还炉中。

项目实施路径包括：① 理论设计“光-CO<sub>2</sub>-氢气”耦合路径；② 构建实验室级光催化反应器；③ 催化剂原位 TEM 表征与反应性能评定；④ 将 CO<sub>2</sub>-CO-DRI 回路替代部分焦炭/氢流程，初步在 lab-scale 验证。

该技术路径是一次性对接传统转炉/高炉的“增量型脱碳”方案，不涉及大规模设备替换，仅需改造 CO<sub>2</sub> 管道与引入光照反应器，可为钢厂提供试点型绿色 CO 缓冲供应能力。企业可联合提供钢厂烟气采样，参与 catalyst 设计与整个回收链条模拟。实验成果包括高催化活性粒子配方、试验复现视频、光反应器 CAD 设计与流程 techno-economic 分析模块，均可通过项目组获取转化。

## 17. 降低大规模细矿氢炼铁的风险



负责人: Prof. Colin Z. Zhao

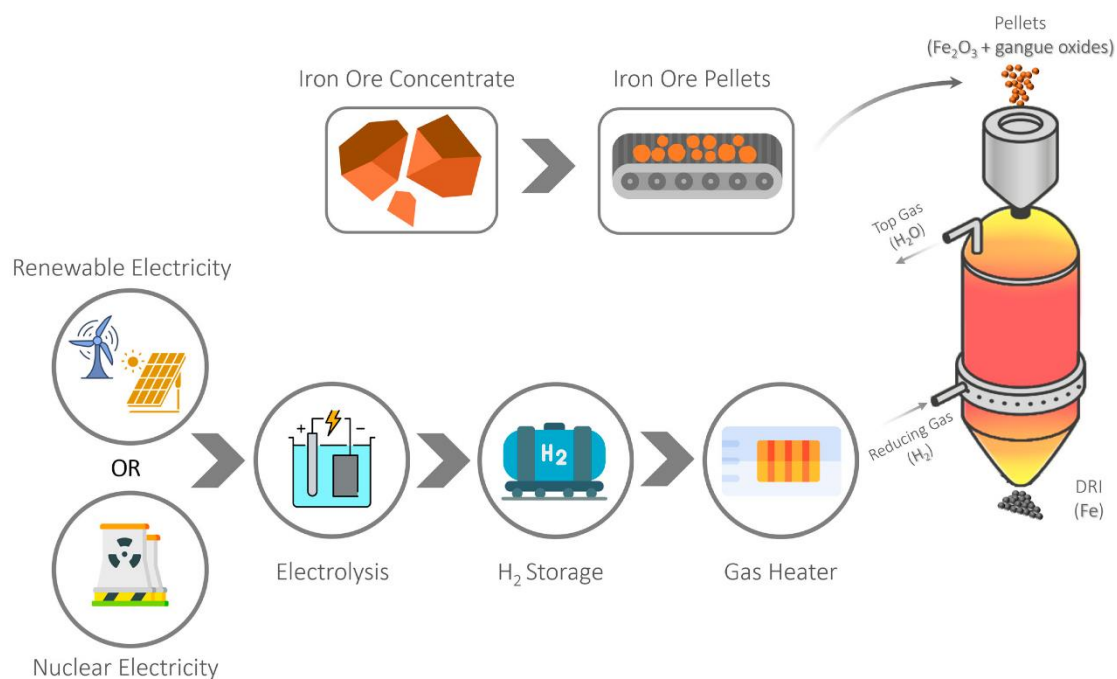
联系邮箱: colin.zhao@anu.edu.au

澳大利亚国家科学机构 ARENA 于近期对“氢还原大型化风险项目”提供约 480 万美元资金，资助 ANU 牵头开发低成本  $H_2$ -DRI 技术，面向澳洲常见赤铁矿和针铁矿。该项目聚焦调整氢还原流程，以适配这些源自 Pilbara 地区的低品位铁矿，使之适用于大规模商业产出，而无需高价颗粒矿支持。已有示范回路完成 100 千克级试验，相关热力学与动力学数据已提交国际期刊并用于建模(见图)。

团队构建 DRI-EAF 联合工艺体系模拟, 针对  $H_2$  渗透、粉化与床层压力等问题提出优化路径。

与 CSIRO 合作正开展 2025 年中试炉结构设计，目标 2026 年前提供 1 万吨/年级别示范装置。该路径标志着从实验室走向工业使用的典型范例，为澳洲钢厂部署  $H_2$ -DRI 策略提供可靠样板，且贴合国内低品位矿石结构。

## 18. 海水的解耦电解



负责人：Prof. Mark Symes

联系邮箱：mark.symes@glasgow.ac.uk

作为英国 HyRES 氢能研究枢纽中“Seawater Decoupled Electrolysis”项目的核心负责人，Southern University’s Prof. Symes 团队致力于在咸水环境下实现高效零碳电解制氢，支持海边钢厂或港口级绿色 H<sub>2</sub>供给。该项目提出“分时/解耦式”电解路径，可在同槽中不同位置/时间完成氧化与还原反应，避免传统电解器对淡水依赖和隔膜腐蚀问题。

项目涵盖从电极材料筛选、离子传输调节、电力与海水渗透模拟，到装置模块化设计与可靠性测试，已在实验室取得 70% 以上电能转氢效率，并完成初级 Corrosion 测试。符合国际钢厂绿色氢源部署需求，具备成本与资源优势。

建议具备海边资源或盐水基础设施的钢厂关注该成果，提前布局绿色 H<sub>2</sub>供给链。企业可对接 Symes 教授团队获取原型设备样本、技术白皮书，甚至展开联合试点实验或现场评估。

## 19. IGNITE - 用于净零创新和技术卓越的本土绿色钢铁



负责人: Prof. Cameron Pleydell-Pearce

联系邮箱: [press@swansea.ac.uk](mailto:press@swansea.ac.uk)

IGNITE Hub 是一项总预算为 £22 million 的跨学科研究计划, 由 Swansea University 主导, 时间跨度为 2025-2032 年, 与 Leicester、Sheffield 和 Warwick 等高校协作, 涵盖逾 30 家产业伙伴 (如 British Steel、Nissan、Rolls-Royce)。该计划聚焦于“本土绿色钢铁”供应链, 重点包括以下研究方向:

- 高质量废钢追踪与循环再制造技术: 开发先进的可追溯系统, 建立钢材生命周期分析与质量控制机制。
- 低碳与零碳炼钢路径探索: 涵盖 DRI-EAF、绿色氢冶金、模块化电炉升级以及余热与能源系统优化。
- 结构性重塑和高性能替代方案: 打造符合防务、交通、能源行业需求的高强度、轻量化钢材体系。

- 产业脱碳配套解决方案：结合政策、供应链与社区研判，实现钢厂绿色转型的运营经济与社会适应性。

IGNITE 强调产学共研与国家战略协同，适合企业加入作为领先示范者及技术孵化者。通过 Swansea University Press Office 联系，可安排参访项目设施、技术演示、加入产业协作联盟或委托专项试点研究。

## 20. decarbSTEEL – 去碳路径评估工具



负责人: Dr. Valerie Karplus

联系邮箱: [vkarplus@andrew.cmu.edu](mailto:vkarplus@andrew.cmu.edu)

decarbSTEEL 是 Carnegie Mellon University 在 2024-2025 年开发的开源 Excel 框架, 定位为钢铁行业去碳路径的技术与经济评估工具, 适用于企业用户、投资机构及政策制定者。

其主要特点包括:

多路径对比兼容性: 涵盖传统高炉—转炉、DRI-EAF、MOE、电炉热处理、CCUS 集成等十余种路径;

自定义参数与敏感性分析: 用户可根据电价、碳税、氢气成本、设备投资等变量, 模拟不同条件下的成本与 CO<sub>2</sub> 强度;

行业反馈与应用广泛: 与 U.S. Steel、Steel Dynamics 等企业合作评测工具准确性, 已在 AISTech 2025 发布成果。