



致力于成为最值得信赖的
国际化工程综合服务商及能源环境发展商

ENFI IS STRIVING TO BE
THE MOST TRUST WORTHY INTERNATIONAL COMPANY
COMMITTED TO INTEGRATED SERVICE FOR INTERNATIONAL PROJECTS
AND ENERGY&ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT

中国有色工程有限公司
CHINA ENFI ENGINEERING CO., LTD.
中国恩菲信息技术有限公司
CHINA ENFI ENGINEERING CORPORATION
电话: +86-10 63936672
传真: +86-10 63963662
地址: 北京市海淀区复兴路12号 邮编: 100038
网站: WWW.ENFI.COM.CN

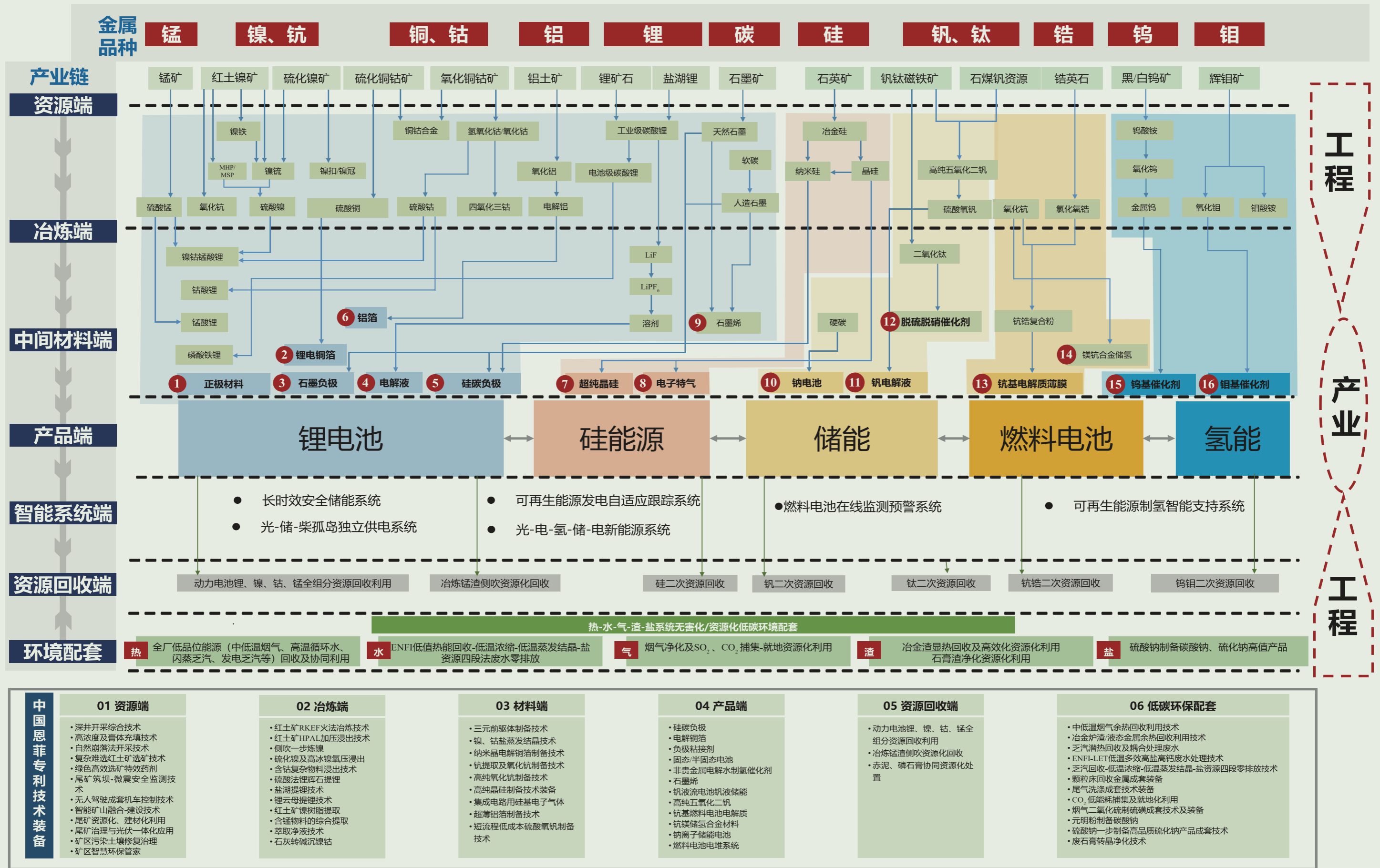
资源开发、材料制造一体化
新能源基础材料产业链

INTEGRATED RESOURCE DEVELOPMENT AND MATERIAL MANUFACTURING
SOLUTIONS FOR THE BATTERY MATERIALS INDUSTRIAL CHAIN

solution 创新
融合
发展



构建以新能源材料为核心的全产业链-技术链融合创新发展路径图



新能源基础材料产业链示意图



MCC 中国恩菲

公司简介



中国有色工程有限公司暨中国恩菲信息技术有限公司(原中国有色工程设计研究总院,简称“中国恩菲”)成立于1953年,是中华人民共和国成立后,为恢复和发展我国有色金属工业而设立的第一家专业设计机构,现为世界五百强企业中国五矿、中冶集团子企业,拥有全行业工程设计综合甲级资质。

70年来,中国恩菲在30多个国家和地区参与了1.2万个工程项目,立足有色矿冶工程,依靠科技创新驱动,高端咨询引领,发展科学研究、工程服务与产业投资三大业务领域,深耕非煤矿山、有色冶金、水务资源、能源环境、新材料、市政文旅、城市矿产、智能装备、房产经营九个业务单元,形成核心能力突出、竞争优势明显、国际化运作、特色鲜明的多元业务集群,能够提供总承包、项目管理、工程咨询、设计、造价咨询、监理、环境评价、供货等全生命周期服务,在产业领域,是国内少有具备咨询、设计、建设、投资、运营“五位一体”服务能力的企业之一。

作为行业技术引领者,中国恩菲拥有地质、采矿、选矿、尾矿、冶炼、建筑、结构、电气、热工等工艺及相关公辅配套共计40多个专业的设计力量,形成了包括中国工程院院士和诸多国家级、行业级设计大师、百名博士团队在内的高素质人才团队,搭建了全专业技术研发平台,拥有硅基材料制备技术国家工程研究中心、国家金属采矿工程技术研究中心等8个国家级平台,院士专家工作站、2个博士后科研工作站、恩菲研究院,矿业经济研究院,中冶低碳技术研究院、偃师研发基地和23个省部级平台,依托“833231”(8国家级平台,3站,3院,23个省部级平台,1基地)研发平台,造就了一大批具有高技术价值的技术创新成果,获得了国家级、省部级奖项千余项,取得了千余项授权专利,其中发明专利占比超过50%,引领行业向智能、生态、智慧、绿色的方向持续发展。

当前,中国恩菲正全力引领行业新基建变革,以国家战略为指引,在“双循环”格局下,加速“数字化、平台化、智慧化、国际化”转型,全力打造有色矿冶国家队,绿色环保排头兵,新兴产业创新者,坚持走高技术高质量发展之路,为行业进步、产业升级不懈贡献力量,致力于成为最值得信赖的国际化工程综合服务商及能源环境发展商。



国家平台

8个



院士专家、
博士后工作站

3个



研究院

3个



省部级平台

23个



基地

1个



TABLE OF CONTENTS

技术分块索引



新能源基础材料产业链

01 锂电池

资源端

深井开采综合技术
高浓度及膏体充填技术
自然崩落法开采技术
大规模露天开采技术
高效破碎技术
高寒高海拔矿山安全高效综合采选技术
复杂难选红土镍矿选矿技术
中线法尾矿筑坝技术
硫化镍矿选矿技术
废石尾矿联合堆存技术
浆体长距离管道输送技术
无人驾驶电机车及控制技术
智能矿山融合控制技术
智能光电预选装备

P9-P18

镍电积/电解技术
含钴复杂物料氧压浸出技术
氧化铜钴矿常压搅拌浸出技术
硫酸法锂辉石提锂提取技术
盐湖提锂技术
锂云母提锂技术
含锰物料的综合提取技术

中间材料端

镍、钴盐蒸发结晶技术
三元前驱体制备技术
高纯氧化钨制备技术
4-6微米极薄电解铜箔制备技术及装备
高安全PI/Sc₂O₃锂离子电池隔膜
高容量硅碳负极用自修复粘结剂

P29-P34

资源回收端

废锂离子电池回收提锂技术

P35-P36

典型业绩

资源端业绩
冶炼端业绩
电池材料制备业绩
废旧动力电池回收业绩

P37-P42

冶炼端

红土镍矿RKEF火法冶炼技术
红土镍矿HPAL加压浸出技术
浸没燃烧熔池熔炼技术
处理红土镍矿生产镍硫/镍铁
一步炼镍技术
富氧顶吹熔炼技术
闪速熔炼技术
电炉冶炼技术
硫化镍及高冰镍氧压浸出技术
含镍钴氧化物低消耗常压浸出技术
萃取净液技术

P19-P28

02 硅能源

太阳能级多晶硅解决方案

大型高效节能三氯氢硅还原工艺技术
大型还原尾气干法回收工艺技术
大型低温加压四氯化硅冷氢化工艺技术
多晶硅高效填料和差压热耦合精馏节能工艺技术

P45-P46

集成电路用电子级多晶硅解决方案

大型高效节能三氯氢硅还原工艺技术
集成电路用硅基电子气体制备技术及装备

P47-P48

03 储能

短流程钒液流储能电池电解液用硫酸氧钒
及高纯五氧化二钒制备技术

P51-P52

04 燃料电池

固态电解质燃料电池用钨钨复合粉体及薄膜材质
粉体及薄膜材料性能检测系统
SOFC电堆系统性能检测系统

P55-P56

05 氢能

绿色氢能制备与存储关键技术及装备

P59-P60

06 智能系统

多能互补智能微电网系统
智能供电系统
污水厂分布式光伏系统
尾矿库光伏闭库生态修复研究
新能源和电力系统
储能系统
基于热电厂的源网荷储一体化
基于工业互联网的能源管控系统
渔光互补水上光伏电站
光伏车棚+充电桩一体化充电站
新能源业绩

P63-P64

P65-P66

P67-P68

P69-P70

P71-P72

P73-P74

07 环境配套

ENFI-LTE低温多效高盐高钙废水处理技术
乏汽潜热回收及耦合处理废水技术
冶金炉渣/液态金属余热回收利用技术
高温除尘脱硝一体化装置
CO₂低能耗捕集及就地化利用技术

P77-P78

P79-P80

新能源基础材料产业链

LITHIUM

BATTERY

01

锂电池

资源端

■ 冬瓜山铜矿



深井开采综合技术

- 适用于深埋矿床；
- 包括深井建井、采矿工艺、热害控制等多项技术；
- 中国恩菲承担国内60%超千米深井金属矿山，推动深部矿产资源安全开发和高效利用。

高浓度及膏体充填技术



■ 会泽铅锌矿

- 适用于各类尾砂；
- 充分利用选矿厂尾砂进行充填；
- 安全开采，回收率高，尾矿堆存少，经济效益、社会环境效益好；
- 中国恩菲拥有超百件充填相关设备和工艺专利；
- 自主研发的尾砂浓缩贮存装置已应用于50多座矿山。

自然崩落法开采技术



- 依靠矿岩自重和应力作用实现自然崩落的低成本地下采矿方法，成本媲美露天开采；
- 解决大规模贫矿资源开发难题；
- 成本低、经济效益佳、符合绿色发展理念。



■ 普朗铜矿

大规模露天开采技术



■ 德兴铜矿

- 适用于浅埋大型硬岩矿山；
- 包括露天境界分区、分期陡帮开采等多项技术；
- 高效节能、安全稳定、生产成本低。

高效碎磨技术

- 适应性强,适用于大型金属矿山选矿厂;
- 流程环节少,自动化、智能化水平高,运行成本低、经济效益好;
- 粉尘排放少,环境效益好。

■ 金堆城钼矿



高寒高海拔矿山安全高效综合采选技术



■ 玉龙铜矿

- 适用于高寒高海拔地区矿山项目;
- 高海拔地区大型采掘及选矿设备高效生产保障、高海拔空气稀薄地区按需通风保障、高寒地区井下回风余热综合回收、高寒高海拔地区尾矿管线长距离输送等多项技术。

复杂难选红土镍矿选矿技术



■ 巴布亚新几内亚瑞木镍钴项目

- 适用于复杂难选的湿式红土镍矿的洗矿和除铬;
- 实现矿石粗细分离、镍钴富集,除铬同时产出商品级铬铁矿;
- 解决了诸多国外流程常见难题,如易产出粘土球、需添加洗矿介质、除铬工艺无法产出合格铬铁矿等。



中线法尾矿筑坝技术

■ 德兴铜矿五号尾矿库

- 中国恩菲打破国外技术垄断，实现行业主流技术的国产化；
- 充分利用尾矿；
- 本质安全性高、基建投资小、节约土地。



硫化镍矿选矿技术

■ 金川镍矿

- 适用于成分复杂、选矿难度较大的硫化镍矿；
- 针对硫化矿物易氧化、脉石矿物易泥化的特点；
- 使用“破碎-磨矿-浮选-浓缩-过滤”工艺。

■ 米拉多铜矿



废石尾矿联合堆存技术

- 利用排土场废石与尾矿联合堆筑尾矿坝，天然材料用量少、节约土地资源；
- 成本低、本质安全性高、环境影响小。



浆体长距离管道输送技术

■ 巴布亚新几内亚瑞木镍钴矿长距离管道输送项目

- 对复杂地形适应性强，广泛应用于多行业领域；
- 节约土地资源，与铁路、公路运输相比，成本优势、经济效益显著；
- 运输过程无损耗、无泄漏、无污染，环保效益好；
- 比其他运输方式节省**5%**的物料损耗，资源效益佳。

无人驾驶电机车控制系统



- 实现生产信息、设备信息、电力信息的全数字化改造；
- 具有列车自动驾驶、智能调度、自动装卸矿等功能，自动联动运输作业区全部巷道设备；



- 实现本质安全，现场作业无人化，整体劳动定员减少**50%-75%**；
- 生产效率提升**20%**，节能**15%**。

智能矿山融合控制技术

- 供配电、控制、网络的深度融合和全覆盖，融合系统信息互通互联、地下生产流程协同控制；
- 简化系统构成，有效解决矿山系统复杂、信息孤岛、自动化孤岛问题；
- 为智能矿山建设提供大数据基础和管理依据。



中国矿业信息化协同创新北京市工程研究中心

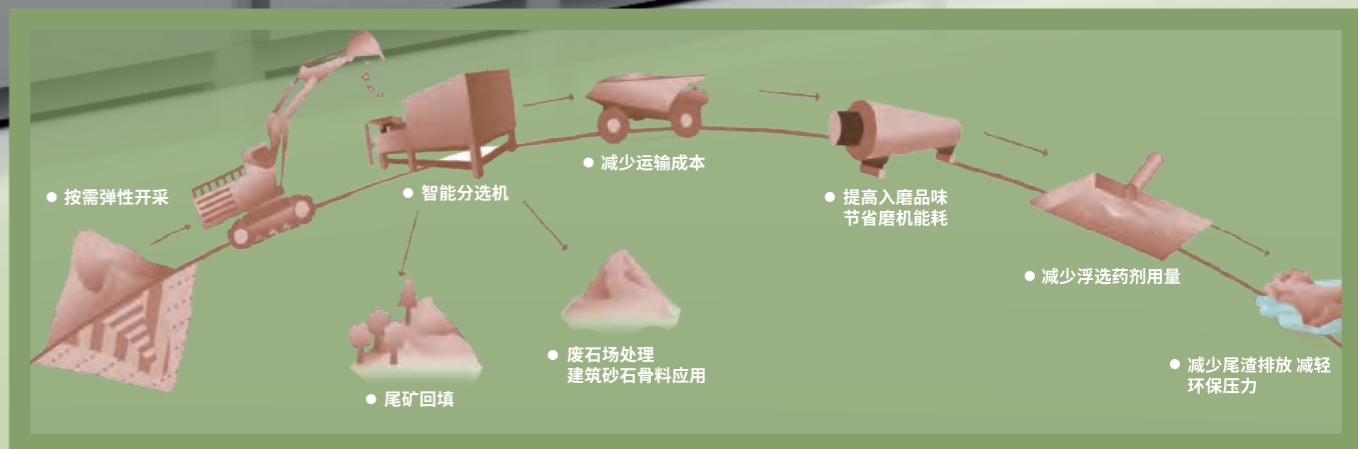


瑞海金矿

智能光电预选装备



- 实现矿石高效预选、极贫矿高效开发利用、尾矿大宗资源化利用；
- 采用绿色抛尾技术，降本增效、资源利用最大化；
- 变废为宝，减少尾渣排放及堆存。



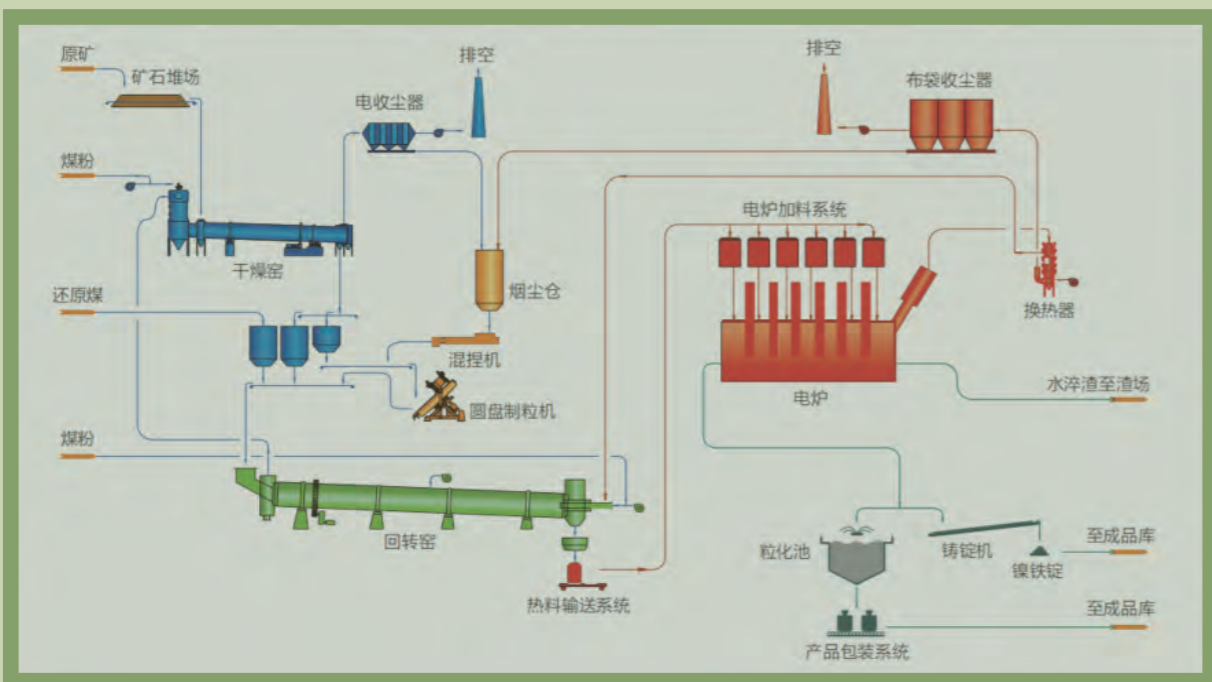
冶炼端 - 镍资源解决方案

红土镍矿RKEF火法冶炼技术

■ 缅甸达贡山镍采选冶联合项目



■ 巴布亚新几内亚瑞木镍钴项目



- 实现技术首次国内工业化应用，填补行业空白，使我国镍铁冶炼工业步入世界先进行列；
- 持续推动装备大型化、生产自动化、产品高端化；
- 推进浸没燃烧熔池熔炼镍钨生产工艺的工业化应用。

红土镍矿HPAL加压浸出技术

- 解决了处理红土镍矿的世界性难题，填补技术空白；
- 高压酸浸系统和氢氧化镍钴沉淀工艺实现行业突破；
- 适用于低品位矿石，有价金属，镍、钴金属回收率超过90%；
- 在高温高压下实现对镍、钴的选择性浸出，杂质铁进入浸出渣，浸出液经洗涤、浓密后，沉淀产出镍钴硫化物或镍钴氢氧化物产品；
- 技术成熟、能耗低、经济效益高，优于国外同类技术。

浸没燃烧熔池熔炼技术 处理红土镍矿生产镍钨/镍铁

- 中国恩菲自主开发的新型冶炼工艺；
- 通过选择是否添加硫化剂，选择性生产镍钨或镍铁产品；
- 采用BREF炉代替电炉，以煤粉作为主要燃料，不需要建设大规模燃煤电厂，投资省、成本低；
- 烟气回收、余热发电，节能环保。

硫化镍矿火法冶炼技术



- 硫化镍矿经过火法熔炼、吹炼后产出高镍硫，高镍硫送电解或浸出进行进一步的精炼。目前全球超过90%的硫化镍冶炼是由火法冶炼工艺完成的。
- 中国恩菲目前掌握主流的三种生产应用的硫化镍精矿火法熔炼技术：电炉熔炼、熔池熔炼和闪速熔炼。
- 熔池熔炼又包括富氧顶吹炉熔炼和富氧侧吹炉熔炼等；闪速熔炼包括奥托昆普闪速熔炼工艺和INCO氧气闪速熔炼工艺（COPPER CLIFF，加拿大铜崖冶炼厂），1995年芬兰的HARJAVALTA厂在现有奥托昆普闪速熔炼工艺的基础上又开发了闪速炉一步炼镍工艺（DON, DIRECT OUTOKUMPU NICKEL）。

一步炼镍技术



- 适用于中高品位硫化镍精矿；
- 通过一台合成式冶金炉直接产出高冰镍，炉渣贫化后废弃；
- 流程短、投资省、绿色环保。



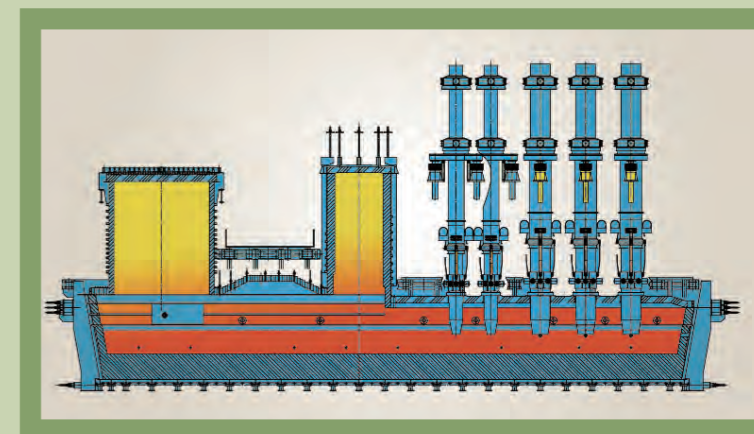
富氧顶吹熔炼技术

- 适用于传统技术难以处理的低品位硫化镍精矿；
- 镍回收率**96%**，铜回收率**93%**，钴回收率**50%**；
- 中国恩菲在金川建成世界上第一座顶吹炼镍工厂；
- 与金川、澳斯麦特联合开发JAE(JNMC,AUSMELT,ENFI)镍精矿熔池熔炼技术。

金川集团镍闪速炉车间



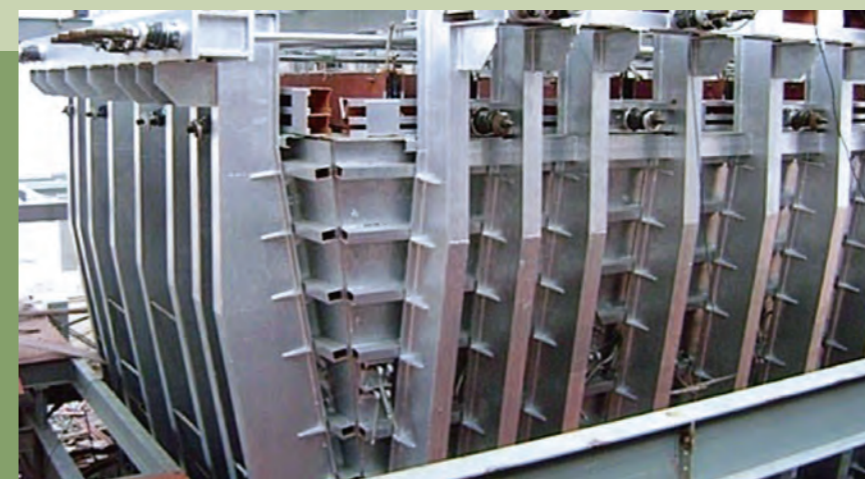
闪速熔炼技术



- 克服传统熔炼缺点，对粉状精炼的巨大表面积及矿物燃料进行充分利用；
- 能耗低、硫利用率高、环境友好；
- 中国恩菲在金川集团设计建设了亚洲唯一镍闪速炉，集熔炼和渣贫化于一体。



电炉冶炼技术



- 适用于难熔脉石较多的矿石；
- 反应温度高，又称“矿热电炉”；
- 金属回收率高、适应性强；
- 典型流程为“焙烧-电炉熔炼-转炉吹炼”。



硫化镍及高冰镍氧压浸出技术



- 采用高冰镍“磨矿制浆-常压浸出-液固分离-氧压浸出-减温降压-液固分离”工艺；
- 镍冶炼回收率高、杂质铁的溶出率低、流程短、自动化程度高；
- 镍直收率超过**90%**，总回收率**98%**。



含镍钴氧化物低消耗常压浸出技术

- 适用于红土镍矿HPAL产出的氢氧化镍钴、非洲铜钴原料和镍钴基废旧电池黑粉的常压浸出；
- 使用酸溶、除铁铝、预中和、冷却脱钙等工序产出满足萃取工艺要求的硫酸镍溶液；
- 大幅减少酸碱消耗并联合提取镍、钴、锰、铜等金属，减小铁、铬等元素对后续萃取工序的影响。

萃取净液技术



- 通过萃取获得纯净的金属离子溶液，镍、钴、锰溶液可达电池级，铍、钠、镁可制备市售高品质纯品；
- 中国恩菲掌握钠皂及氨皂萃取及全转皂技术，可进行全流程优化，降低萃取酸碱消耗；
- 独有钙饱和和镍、钴硫酸溶液P204纯硫酸体系洗涤及反萃防结垢技术，为精炼系统维持纯硫酸体系，避免产生含氯废水。

镍电积/电解技术



- 中国恩菲拥有镍电解、镍电积工程一体化装备及技术；
- 电镍领域的设计项目国内占比超**90%**；
- 产线自动化程度高、镍板品质优良、现场工作环境良好。

冶炼端 - 钴资源解决方案



氧化铜钴矿常压搅拌浸出技术-钴回收技术

- 采用“常压浸出-萃取电积-氢氧化钴沉淀”工艺，生产阴极铜和氢氧化钴初级产品，产品钴含量达35%以上。
- 控酸浸出工艺，降低杂质浸出率和酸耗；
- 高低铜串并联萃取工艺，降低酸耗、节约投资；
- 低浓度二氧化硫空气高效除铁锰工艺，提高钴产品纯度；
- 两段沉钴工艺，提高钴回收率；
- 中国恩菲全面掌握非洲铜钴矿全流程处理工艺技术。

■ 印尼力勤OBI镍钴项目

■ 衢州华友年产1万t(钴金属量)新材料项目

含钴复杂物料氧压浸出技术

- 利用氧气在较高温度、压力下浸出钴，利用硫化物的化学反应浸出钴氧化物；
- 有效利用硫资源和反应热，不需外加蒸汽和中和剂，可同时完成含钴硫化矿浸出和溶液净化除铁两个过程；
- 钴的浸出率大于99%，硫的氧化率大于99.5%，浸出渣减量20%-28%，工序加工成本下降约10%。

钴的浸出率大于99%

硫的氧化率大于99.5%

浸出渣减量20%-28%

工序加工成本下降约10%



钴 ↑



硫 ↑



渣 ↓



成本 ↓



■ 刚果(金)拉米卡矿业有限公司庞比铜钴矿工程项目



冶炼端-锂资源解决方案



唐山鑫丰锂盐项目

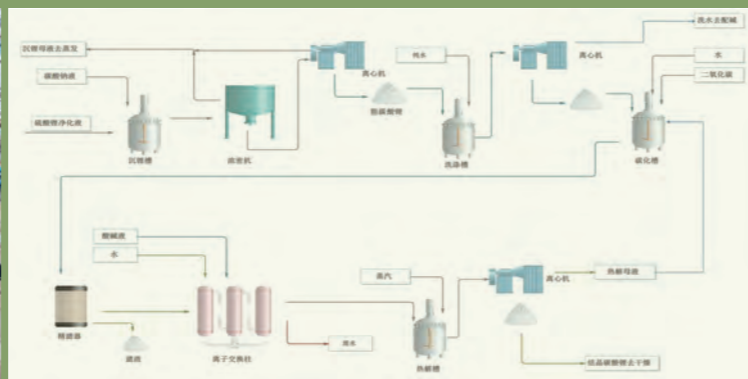
硫酸法锂辉石提锂提取技术

- 中国恩菲开创国内锂盐开发技术先河；
- 工程化成果优于同类型项目；
- 行业主流工艺，产品质量稳定，成本可控、环保效益好。

盐湖提锂技术

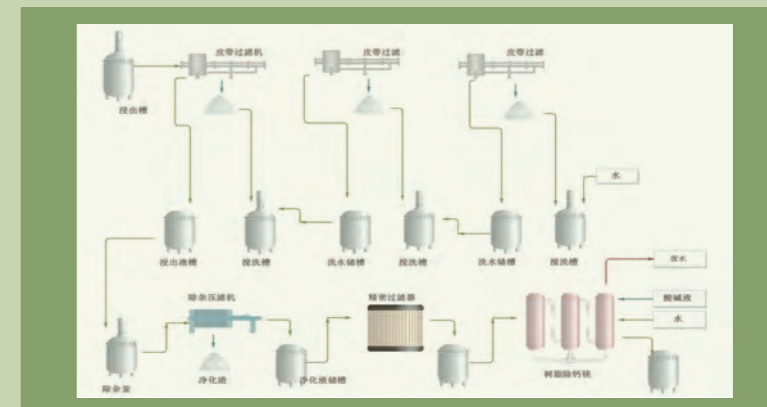


五矿盐湖一里坪锂盐EPC总承包项目



锂云母提锂技术

- 中国恩菲是国内最早从事锂云母提锂技术开发的工程技术单位，全面掌握硫酸法、氯化法提锂技术；
- 硫酸盐焙烧法主流工艺可实现锂云母的全分解，具有如下特点：



实现了锂云母的全分解

锂回收率75%~85%

溶液中不含氯、设备基本无腐蚀

实现了有价值元素的综合回收

冶炼端-锰资源解决方案

含锰物料的综合提取技术



- 适用于红土镍HPAL产出的氢氧化镍钴、粗制氢氧化钴、及镍钴基废电池黑粉的常压浸出；
- 浸出处理含锰原料得到含锰料液，通过化学净化、萃取综合回收锰，并制备电池级硫酸锰；
- 低成本综合回收生产电池级硫酸镍。

- 中国恩菲是国内最早从事盐湖提锂技术开发、应用的工程技术单位，拥有高海拔项目经验和丰富的盐湖EPC工程经验；
- 可提供盐湖卤水膜法、吸附法、萃取法集成技术，掌握太阳能池高效集热锂盐富集技术；
- 开展原卤吸附、电化学提锂技术的前期测试和论证，研发采用双极膜、电解工艺直接生产电池级氢氧化锂的重点技术。

三元前驱体制备技术

- 中国恩菲熟练掌握生产三元正极关键性材料——三元前驱体的全流程制备工艺，拥有核心装备；
- 装置功能对前驱体粒径、形貌、元素配比等电池性能核心要素具有重要影响，中国恩菲具有深刻理解并形成全面的质量管控措施，确保产品达到锂电池头部企业要求；
- 具备高品质NCM、NCA前驱体的设计和总承包经验；
- 拥有稳态进料、粉料均质洗分、粉体输送等前驱体领域的专利设备。

■ 中冶新材料项目

镍、钴盐蒸发结晶技术



- 中国恩菲全面掌握MVR蒸发、间断及连续多效蒸发硫酸镍、硫酸钴技术；
- 拥有大粒径电池级硫酸镍间断结晶关键非标设备和技术，具备连续结晶硫酸钴、电镀级纺锤形硫酸镍和各种粒径碳酸钴的设计及配套经验；
- 项目运行稳定、产品可靠、成本低。

中间材料端



4-6微米极薄电解铜箔制备技术及装备

- 极薄电解铜箔是锂离子电池负极集流体材料；
- 中国恩菲掌握电解法生产锂离子电池用极薄铜箔材料技术，拥有关键配方、关键设备等领域专利；
- 具备锂离子电池用极薄电解铜箔的设计和总承包能力。

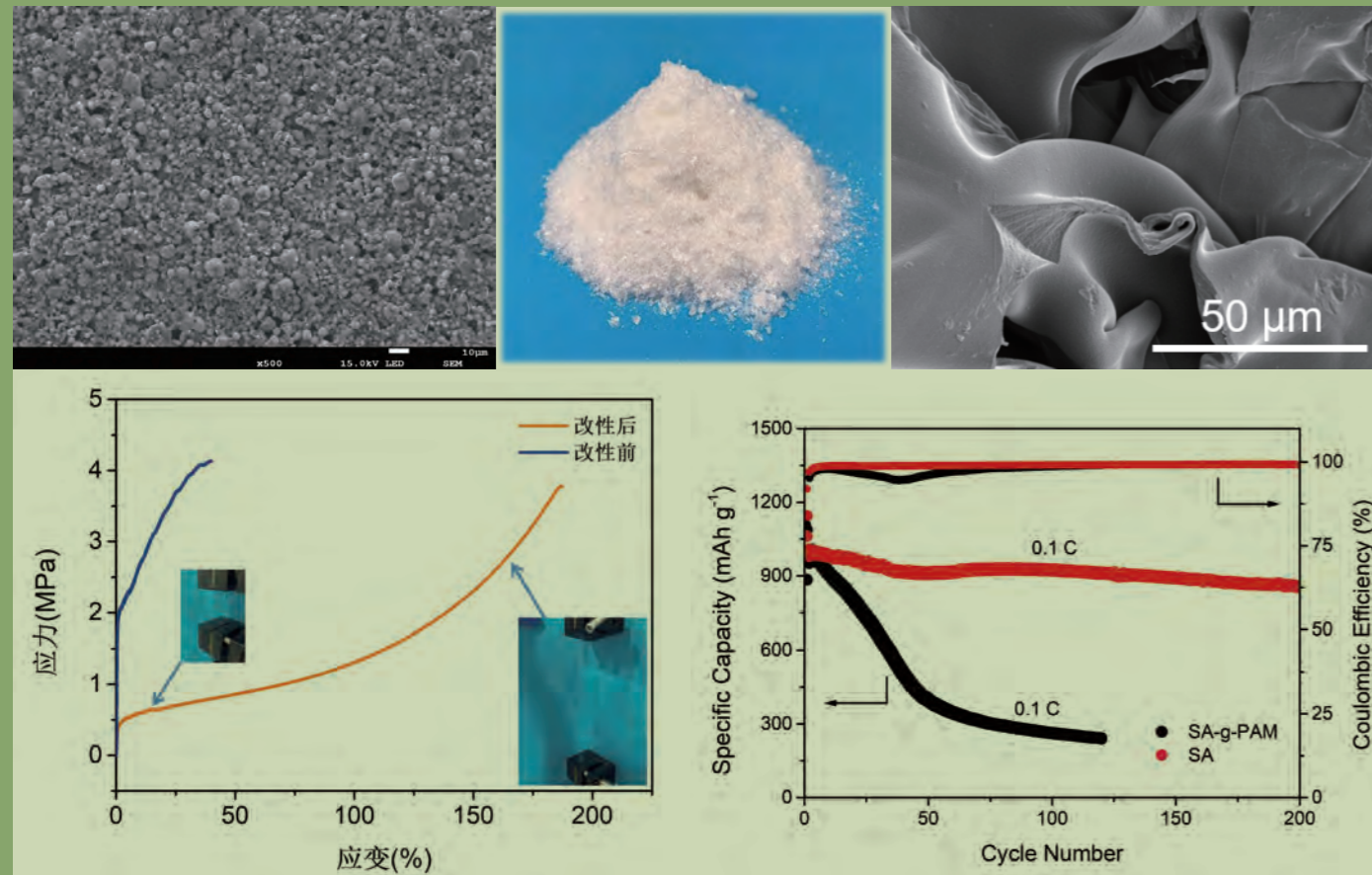
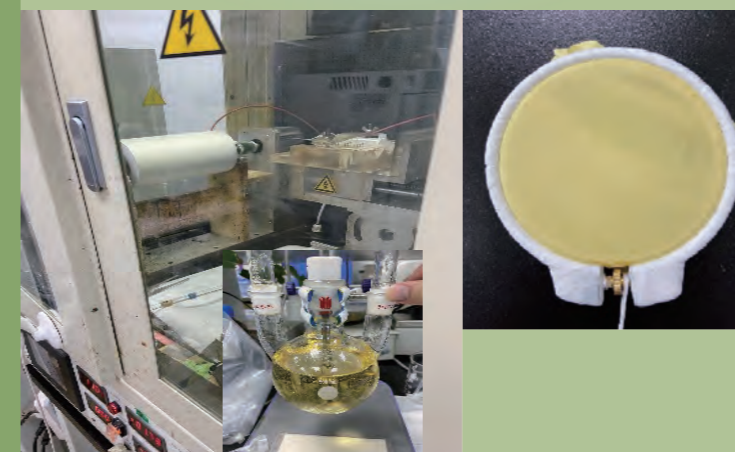
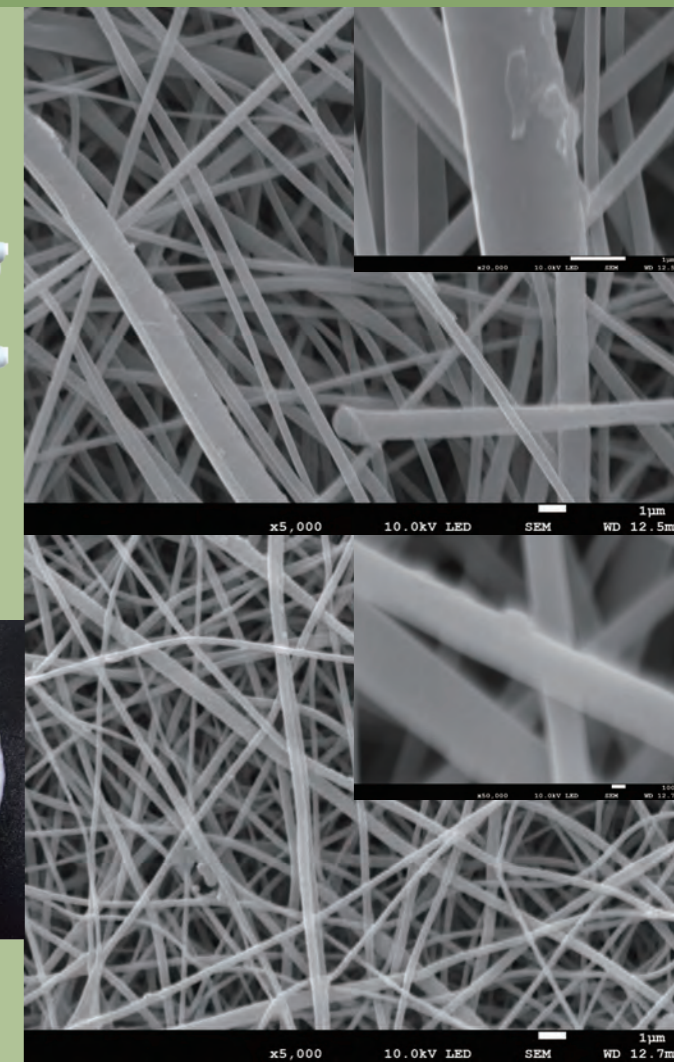
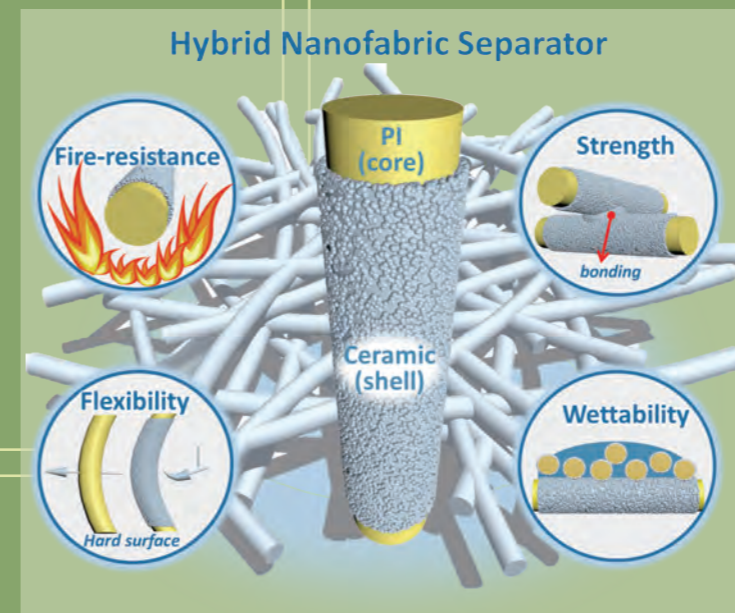
高纯氧化钨制备技术

- 钨金属广泛应用于固体氧化物燃料电池和钨钼合金，前景广阔；
- 中国恩菲基于红土镍矿提镍钴技术开发出低成本氧化钨提取技术；
- 大幅缩短除杂工艺流程和试剂用量，降低除杂成本、提高产品纯度。



高容量硅碳负极用自修复粘结剂

- 以生物质材料作为研究对象, 绿色环保;
- 通过接枝、交联等化学改性方法, 设计制备具有强韧性、高粘附性和自修复性的三维网络粘结剂;
- 已开发出 1000mAhg^{-1} 以上高比容量硅基负极材料连续循环200圈的高性能粘结剂。



高安全PI/Sc₂O₃锂离子电池隔膜

- 以高性能聚酰亚胺(PI)纳米纤维膜做基材, 结合氧化钪(Sc_2O_3)资源, 通过“同轴包覆”工艺路线, 制备PI/Sc₂O₃无纺“柔性陶瓷”隔膜;
- 完成隔膜、电池性能评测, 实现Sc₂O₃材料在新能源领域的新应用;
- 隔膜在浸润性、安全性方面均优于现有复合隔膜, 且耐温性强, 300°C无收缩、500°C不分解。

资源回收端

废锂离子电池回收提锂技术

近年来,中国恩菲开发了废旧锂离子电池的优先提锂工艺,其工艺过程如下:锂离子电池经过拆解、物理分选、预处理、水浸、沉锂、碳化热析,制备电池级碳酸锂。

该技术具有如下优点:

85%

低·
稳

零
排放

- 锂回收率高,可达85%以上
- 采用短流程优先提锂工艺,产品能耗低、辅料消耗低,产品质量稳定
- 工艺废液循环利用,可实现废水零排放



典型业绩

新能源基础材料产业链



资源端业绩

	业绩列表	核心专长技术
镍	金川镍矿	深井开采综合技术 高浓度及膏体充填技术 大规模露天开采技术 复杂难选红土镍矿选矿技术 硫化镍矿选矿技术 浆体长距离管道输送技术
	夏日哈木镍钴矿	
	巴布亚新几内亚瑞木镍钴项目	
	缅甸达贡山镍采选冶联合项目	
	华越镍钴印尼红土镍矿资源开发项目	
	印尼力勤OBI镍钴项目	
钴	刚果（金）拉米卡矿业有限公司 庞比铜钴矿工程项目	大规模露天开采技术 高效碎磨技术
	刚果（金）如瓦西铜钴矿	
	刚果（金）卡莫阿-卡库拉铜钴矿	
	夏日哈木镍钴矿	
石墨	黑龙江鹤岗云山石墨矿	大规模露天开采技术 高效碎磨技术
	内蒙古大乌淀石墨矿	
锂	宁德时代新能源科技股份有限公司 宜春锂资源项目	大规模露天开采技术
	甲基卡锂矿	





冶炼端业绩

镍金属

红土镍矿湿法冶炼业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	巴布亚新几内亚瑞木镍钴项目	HPAL	2012
2	印尼力勤OBI镍钴项目	HPAL	2021
3	华越镍钴印尼红土镍矿资源开发项目	HPAL	2021

红土镍矿火法冶炼业绩列表

1	福建福安镍铁试验基地	RKEF	2010
2	缅甸达贡山镍采选冶联合项目	RKEF	2012
3	广西金源镍业防城港镍合金项目	RKEF	2013
4	新华联内蒙古和谊镍铁项目	RKEF	2015
5	印尼力勤OBI镍铁项目(一期)	RKEF	2022
6	印尼CNILAPAOPAO镍铁项目	RKEF	施工图设计

硫化镍火法冶炼业绩列表

1	金川集团电炉车间	电炉熔炼	1968
2	金川集团镍闪速炉车间	闪速熔炼	1995
3	金川集团镍顶吹炉车间	顶吹熔炼	2008

高冰镍湿法冶炼业绩列表

1	阜康镍冶炼厂	高冰镍氧压浸出	2003
2	吉林吉恩镍业精制硫酸镍精制项目	高冰镍氧压浸出	2002
3	金川集团高冰镍精炼项目	高冰镍氧压浸出	2006
4	衢州华友钴新材料有限公司年产5万t(金属量)高镍动力电池级硫酸镍项目	高冰镍氧压浸出	2021

萃取净液技术业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	金川镍盐厂3万t硫酸镍项目	萃取净液技术	2006
2	广西银亿5000t电镍萃取改造	萃取净液技术	2008
3	衢州华友年产1万t(钴金属量)新材料项目	萃取净液技术	2012
4	芳源新能源120t/d高品质前驱体项目	萃取净液技术	2017
5	中冶新材料项目	萃取净液技术	2018
6	印尼力勤OBI镍钴项目	萃取净液技术	2021
7	衢州华友钴新材料有限公司年产5万t(金属量)高镍动力电池级硫酸镍项目	萃取净液技术	2021

镍电积/电解技术业绩列表

1	吉林吉恩镍业精制硫酸镍项目	镍电积/电解技术	2002
2	金川集团高冰镍精炼项目	镍电积/电解技术	2006
3	衢州华友氧压浸出技改提升工程	镍电积/电解技术	2015

钴金属

含镍钴氧化物冶炼业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	衢州华友年产1万t(钴金属量)新材料项目	含镍钴氧化物低消耗常压浸出技术	2015
2	中冶新材料项目	含镍钴氧化物低消耗常压浸出技术	2018
3	印尼力勤OBI镍钴项目	含镍钴氧化物低消耗常压浸出技术	2021

含钴复杂物料冶炼技术业绩列表

1	衢州华友年产1万t(钴金属量)新材料项目	含钴复杂物料氧压浸出技术	2012
2	刚果(金)拉米卡矿业有限公司庞比铜钴矿工程项目	氧化铜钴矿常压搅拌浸出技术	2020



冶炼端业绩

锰金属

含锰复杂物料冶炼技术业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	衢州华友年产1万t(钴金属量)新材料项目	含锰物料的综合提取技术	2014
2	广东芳源NCA/NCM高品质前驱体项目	含锰物料的综合提取技术	2017
3	中冶新材料项目	含锰物料的综合提取技术	2018

锂金属

盐湖提锂技术业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	西藏扎布耶锂资源开发示范工程	盐湖提锂	2005
2	白银扎布耶锂资源开发建设工程	盐湖提锂	2009
3	金昌北方国能锂业10000t/a高纯度锂盐提取生产线项目	盐湖提锂	2014
4	五矿盐湖有限公司1万t碳酸锂项目碳酸锂母液回收项目	盐湖提锂	2020

矿物提锂技术业绩列表

1	江西805厂	锂云母提锂	1978
2	宜春钽铌矿锂盐厂	锂云母提锂	1984
3	新疆115厂	锂辉石提锂	1953
4	瑞福锂业(半工业化扩大生产线)	锂云母提锂	2010
5	新疆昊鑫锂盐开发有限公司搬迁项目	锂辉石提锂	2011
6	山东省东营冲亚工贸锂电池用新材料工程	锂辉石提锂	2013(建成未投产)
7	武汉百杰瑞新材料公司锂盐深加工一期工程	锂辉石提锂	2014
8	赣州市丫山锂业3万t/a锂盐(前端)项目	锂辉石提锂	2018
9	唐山鑫丰2万t锂盐项目	锂辉石提锂	2020
10	天齐锂业遂宁2万t/a碳酸锂EPCM项目	锂辉石提锂	在建
11	江西银锂新材料1万t/a碳酸锂技改项目	锂辉石提锂	在建



电池材料制备业绩

镍、钴盐蒸发结晶技术业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	金川镍盐厂3万t硫酸镍项目	镍、钴盐蒸发结晶技术	2006
2	吉林吉恩镍业精制硫酸镍项目	镍、钴盐蒸发结晶技术	2002
3	中冶新材料项目	镍、钴盐蒸发结晶技术	2018
4	印尼力勤OBI镍钴项目	镍、钴盐蒸发结晶技术	2021
5	衢州华友钴新材料有限公司年产5万t(金属量)高镍动力电池级硫酸镍项目	镍、钴盐蒸发结晶技术	2021

三元前驱体制备技术业绩列表

1	芳源新能源120t/d高品质前驱体项目	三元前驱体制备技术	2017
2	中冶新材料项目	三元前驱体制备技术	2018
3	龙蟠科技50000t/a高镍前驱体项目	三元前驱体制备技术	在建



废旧动力电池回收业绩

含钴复杂物料冶炼技术业绩列表

序号	项目名称	工艺	投产时间
1	金川科技园5kt/a废旧锂离子电池资源循环利用项目	破碎+热解+湿法	2022
2	中冶瑞木废旧动力蓄电池资源循环利用项目	全湿法	2022

新能源基础材料产业链

SILICON

02

POWER

硅能源



MCC 中国恩菲

太阳能级多晶硅 解决方案



- 中国恩菲形成了拥有自主知识产权的光伏级多晶硅生产工艺技术和核心装备体系；
- 解决系统大型化难题；
- 大型高效还原炉设备:结构、流场、温度场均匀,热利用率高,能耗低,运行稳定；
- 还原尾气物料梯级分离回收、能量梯级利用,单线处理能力匹配25kt/a产能规模；
- 四氯化硅冷氢化技术实现副产物循环利用；
- 高效填料及差压热耦合精馏提纯技术实现多塔耦合、节能节水。

大型高效节能三氯氢硅氢还原

- 研制出36、48、60对棒大型高效节能型还原炉,还原电耗低于42kWh/kg-Si；
- 开发出新型还原炉底盘结构、新型喷嘴、电极排布方式、送料系统、供电系统以及还原余热回收技术；
- 具备不同炉型的流体仿真模拟能力,可为客户开发不同型号的还原炉。

■ 洛阳中硅高科科技有限公司2万t/a多晶硅项目



■ 新疆东方希望新能源有限公司5万t/a多晶硅项目

大型还原尾气干法回收工艺技术

- 用“加压鼓泡淋洗→吸收→脱吸→活性炭吸附”工艺,反应过程气体“梯级分离提纯、动态循环净化”；
- 研制大型装备,单线处理能力可匹配25kt/a多晶硅规模,投资省、能耗低。

氯化氢回收率: ≥99.9%

氢气回收率: ≥99.9%

氯硅烷回收率: ≥99.9%

电耗: ≤4kWh/kg-Si

大型低温加压四氯化硅冷氢化工艺技术

- 将副产物四氯化硅转化为原料三氯氢硅(TCS),实现物料循环利用；
- 采用国际先进流体模拟软件,开发反应器内件,使流场更均匀。

单线处理能力: 30万t/aTCS

一次转化率: ≥28%

电耗: ≤0.2kWh/kg-TCS

多晶硅高效填料 和差压热耦合精馏节能工艺技术

- 实现了不同品质氯硅烷的分离,提高了多晶硅原料的品质；
- 多晶硅精馏系统稳定性好、操作弹性大、能耗低。

率先采用多塔差压热耦合技术,节能50%、节水40%
充分利用系统内部余热,全厂蒸汽综合消耗低于4kg/kg-Si



集成电路用电子级多晶硅解决方案



大型高效节能三氯氢硅氢还原工艺技术

- 中国恩菲基于自主多晶硅生产工艺开发电子级多晶硅装备技术。

- 以三氯氢硅或硅烷为原料,低能耗生产电子级高纯多晶硅;
- 还原尾气回收和精馏提纯技术为电子级多晶硅提供高品质原料三氯氢硅和氢气;
- 高纯后处理技术解决清洗、包装难题。

河南硅烷科技半导体硅材料项目



集成电路用硅基电子气体制备技术及装备

- 利用多晶硅生产中间产品和副产品,开发集成电路用硅基电子气体制备技术和装备;

- 光纤级四氯化硅
- 电子级四氯化硅
- 电子级三氯氢硅
- 电子级二氯二氢硅
- 电子级六氯二硅烷
-



中硅高科电子信息材料转型升级项目

- 采用光化学反应、高分子吸附、化学络合等技术辅助精馏工艺对物料进行提纯,实现电子特气产业化;
- 开发电子气体在线密闭检测方法,解决取样、分析检测难题;
- 开发产品储存、充装、检测、运输等成套集成系统,保障高品质电子特气的稳定可靠供应。

新能源基础材料产业链

ENERGY STORAGE 03 储能



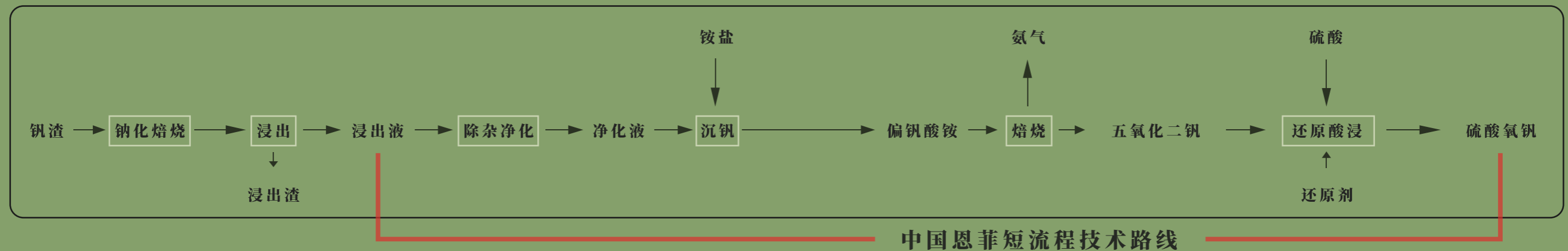
MCC 中国恩菲

短流程钒液流储能电池电解液用硫酸氧钒及高纯五氧化二钒制备技术

中国恩菲面对钒电池领域关键材料“卡脖子”需求,开发了短流程钒液流储能电池电解液用硫酸氧钒及高纯五氧化二钒制备技术。

降·低 30%-50%

当前钒电解液制备技术路线



该技术具有如下优点:

- 加工成本低, 短流程工艺能够降低产品加工成本约30%-50%;
- 资源利用率高, 减量化冶金理念, 配合高效分离工艺, 大幅提高资源利用率;
- 产品质量高, 产品杂质含量全面优于现有行业标准。

硫酸氧钒产品杂质元素含量要求(mg/L)										
V (g/L)	Na	Cr	Ca	Mg	Fe	K	Al	Si	P	Cl
恩菲产品	132	<5	<5	<5	<15	<5	<5	<5	<5	<15
国标GB/T 37204-2018	76.5	80	15	30	30	50	100	50	10	100

中国恩菲短流程技术路线

恩菲高纯五氧化二钒产品情况对比

	V ₂ O ₅	V ₂ O ₄	Al	As	Ti	Cr	Cu	Fe	Ca	Mn	Mo	Ni	P	Si	Na ₂ O+K ₂ O	B	Mg	Pb	W	Y	S	C
恩菲产品	≥99.90	≤1.000	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	≤0.001	0.001	10 ⁻⁶	<0.002	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶	≤0.005	≤0.005
DB13_T2059-2014: 99.9-A	≥99.90	≤1.000	≤0.005	≤0.003	≤0.005	≤0.02	≤0.005	≤0.02	≤0.01	≤0.01	≤0.005	≤0.001	≤0.005	≤0.02	≤0.04	≤0.002	≤0.05	≤0.01	≤0.003	≤0.001	≤0.005	≤0.005

FUEL 04

CELL

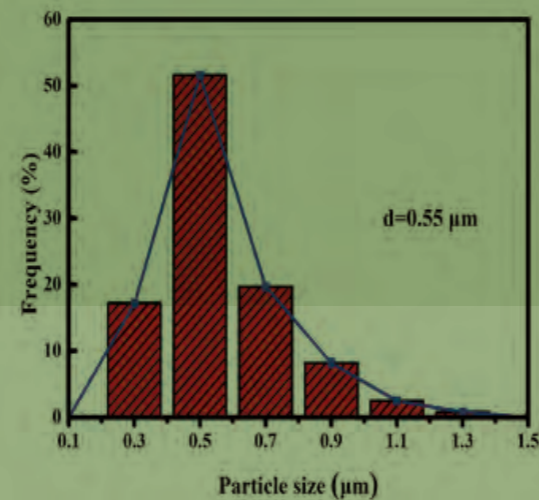
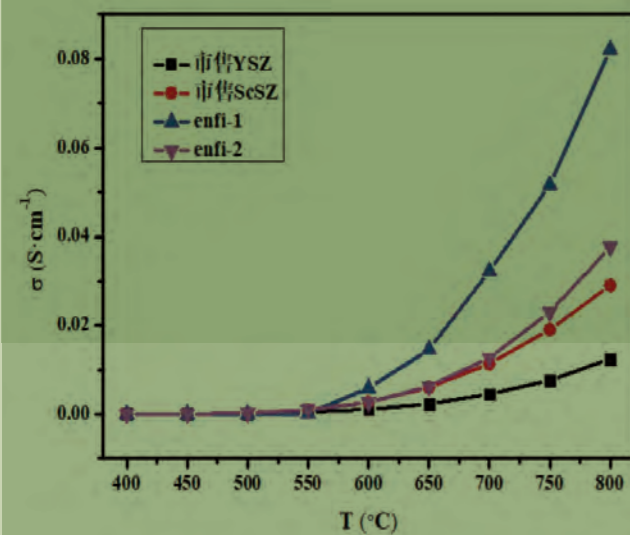
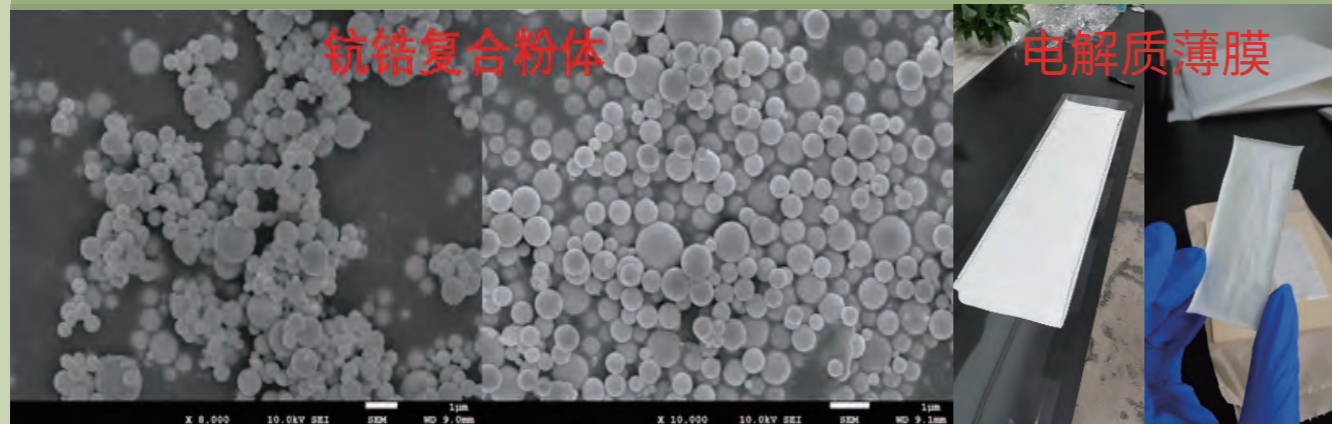
燃料电池

新能源基础材料产业链



固态电解质燃料电池用钕锆复合粉体及薄膜材料

- 中国恩菲基于红土矿提钕技术，开发宏量钕提取-精细钕锆复合粉体耦合制备工艺，可制备微球形貌的纳米级钕锆复合粉体材料，电导率为市售产品**6倍**；
- 延伸钕锆复合粉体材料性能优势，开发流延法制备钕基电解质薄膜工艺；
- 产业化程度高，现已成功制备200-300 μm 厚度的钕基电解质薄膜材料。



粉体及薄膜材料性能检测系统

- 中国恩菲搭建了固体氧化物燃料电池电极材料电化学性能分析测试平台，满足行业测试需求；
- 集成材料压片设备、高温加热炉、电化学测试装置；
- 测试500 $^{\circ}\text{C}$ -1000 $^{\circ}\text{C}$ 温度范围内阳极材料、阴极材料、电解质粉体及薄膜材料的电导率。

SOFC电堆系统性能检测系统

- 中国恩菲开发了固体氧化物燃料电池 (SOFC) 性能检测平台和方法；
- 成功解决电解质粉体材料的构效关系难以定量表征燃料电池系统性能的难题。



05

ENVIRONMENTAL

PROTECTION

AUXILIARIES

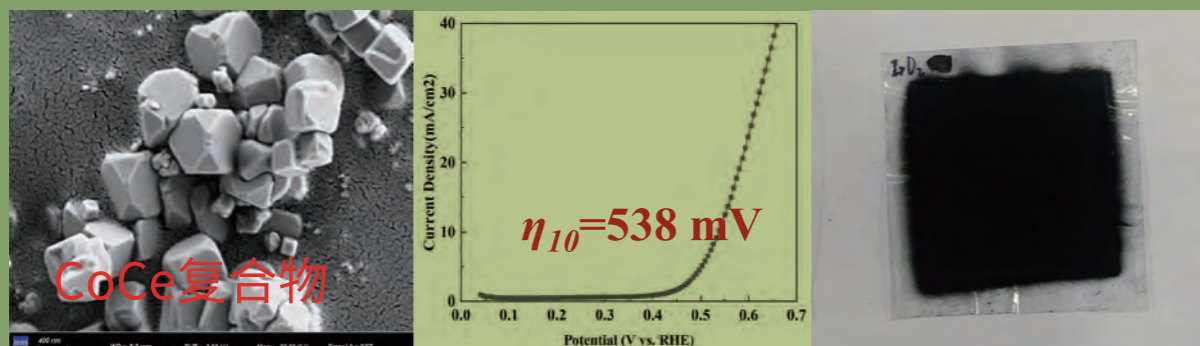
氢能

绿色氢能制备与存储关键技术及装备

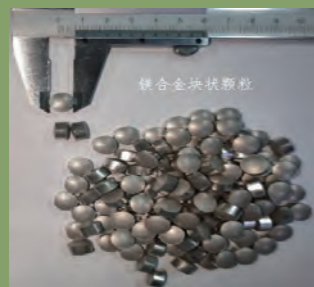
- 中国恩菲基于“双碳”战略需求，开发“绿色发电-电解制氢-高性能储氢”的“源-储-荷”一体化绿色氢能技术体系。完成非贵金属析氧催化剂模型的构建与样品制备(过电位 $<600\text{mV}@10\text{mA cm}^{-2}$)，试制出实验室级电解池用膜电极与双极板等组件，获得储氢密度最高达6.4wt%的镁基合金储氢材料样品。

非贵金属析氧催化剂材料

- 结合催化剂分子模拟与催化剂制备，目前已经制备出了过电势 $<600\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ 的非贵金属析氧催化剂，目标是过电势 $<350\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ ，为未来PEM大规模应用受限于贵金属催化剂提供解决方案。

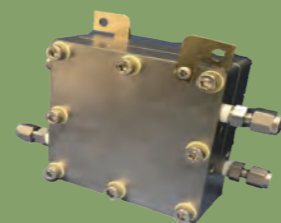


镁合金储氢-纯化材料



- 目前已研发的镁基储氢材料最大储氢密度约6.4%，在300-375°C区间具有较好的储氢密度。

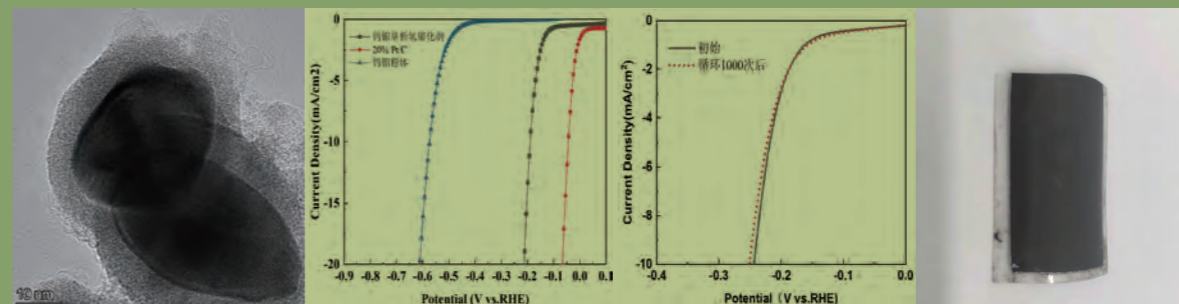
PEM堆系统



- 基于膜电极、阳极/阴极扩散层组装工艺，双极板流场设计，形成具有水热气均衡的PEM电堆系统。

非贵金属析氢催化剂材料

- 目前钨钼基非贵金属析氢催化剂过电势 $<190\text{mV}@10\text{mA}/\text{cm}^2$ ，1000次循环稳定性大于90%，为未来替代贵金属析氢催化剂奠定基础；
- 非贵金属催化剂通过超声喷涂工艺制备出均匀性较好的膜电极，并在单堆测试装置中实现产氢。



PEM堆性能测试系统



- 基于单/多PEM电堆，已搭建具备电化学测试检测、气体收集检测的PEM电堆测试系统，可用来测试 $5*5\text{cm}^2$ 和 $10*10\text{cm}^2$ 电解水用膜电极，为实验室膜电极测试装备系统、大面积膜电极测试系统搭建奠定基础。

新能源基础材料产业链

SMART POWER SYSTEMS

06

智能系统

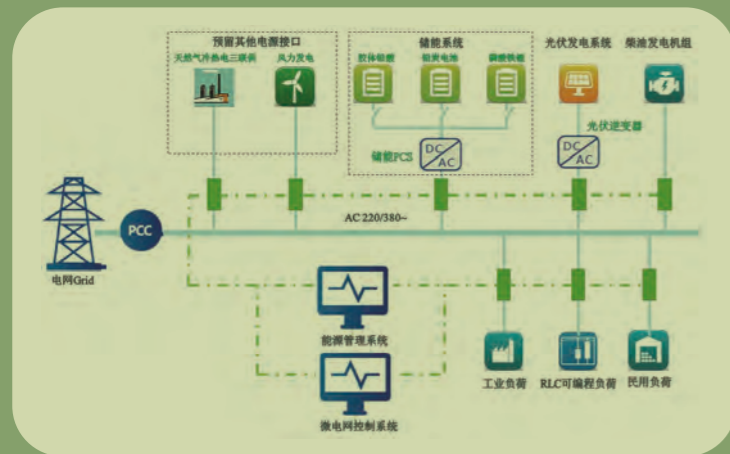


智能供配电系统

- 是智能工厂的组成单元，由一次设备、二次设备、通信网络、管理平台等有机组成；
- 适用于工矿企业变电站、整流所、低压配电室等整套电力系统；
- 配套智能供配电一体化监控软件，集成高压综保、低压配电管控、分布式能源接入、电能调度管控和负荷预测与控制等功能。



多能互补智能微电网系统



- 由分布式电源、储能设备、能量转换装置、监控、保护设备与负荷汇集组成的电能发、配、用系统；
- 自治系统，可实现智能控制、保护和管理；
- 既可与大电网并网运行，也可离网独立供电。





- 有效利用污水厂污水池，实现土地及空间资源的二次开发利用；
- 提高污水处理效能，实现环保与新能源的结合，降低能源成本。



尾矿库光伏闭库生态修复研究

- 依托已闭库的尾矿库建设光伏发电；
- 融合新能源、废石利用、尾矿闭库、土壤修复、生态恢复和旅游观光为一体；
- 社会效应、生态效应和经济效应良好。



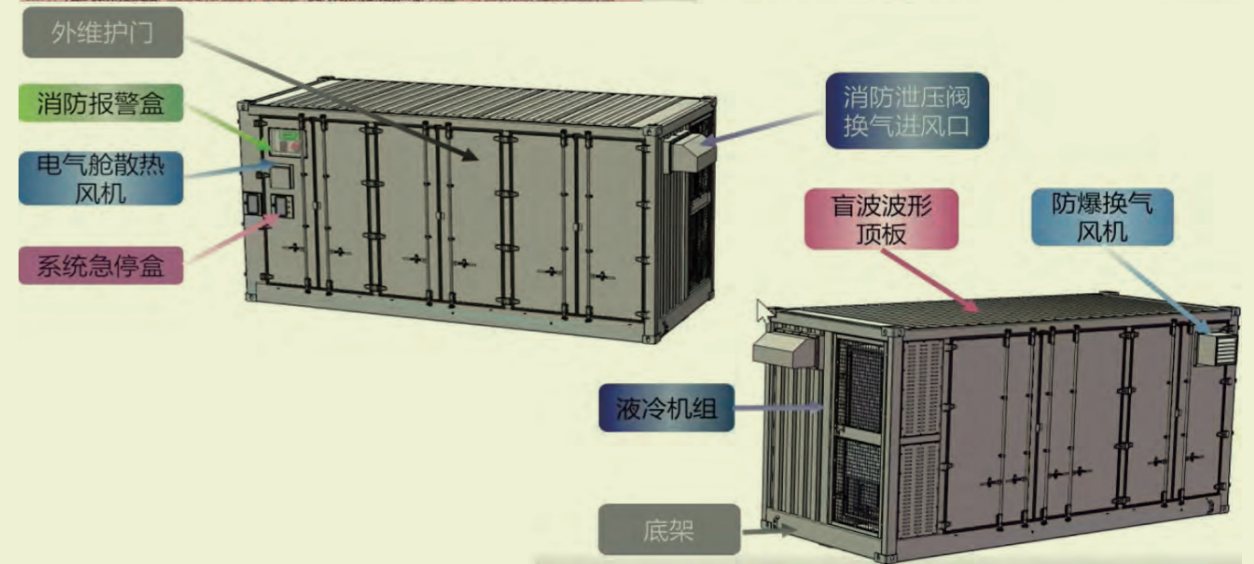
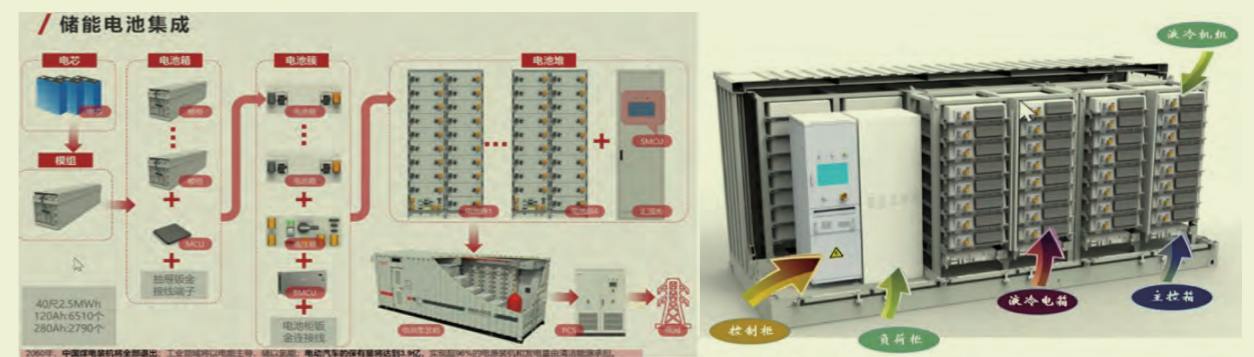


新能源和电力系统

- 融合光伏、储能、综合能源、微电网、节能改造和智能供配电等新技术；
- 中国恩菲可提供有色+新能源、矿山+新能源、环保+新能源的整体解决方案；
- 拥有风光柴储智能微电网、尾矿库光伏生态修复一体化、智能能源管控系统、智能供配电软件等专利和软件著作权。

储能系统

- 由电池系统 (BS)、功率转换系统 (PCS)、电池管理系统 (BMS)、监控系统等组成；
- 包括长寿命低成本电池技术、高性能的电池管理技术、电池组合应用技术、电池储能拓扑结构、热管理及安全技术等关键技术；
- 可最大限度提高电池利用率，保证系统稳定安全运行。



基于工业互联网的能源管控系统



- 依托工业互联网平台，融合信息技术和系统节能技术的管控一体化平台；
- 对企业能源生产、输配和消耗环节实施节能监测、能源审计、能效对标，实现能源管理体系的持续改进和系统的节能降耗。

基于热电厂的源网荷储一体化



- 自我消纳、自我调峰、减少电网调峰压力；
- 依托厂内存量自备热电厂，灵活改造提升调节能力；
- 利用屋顶等空置位置建设分布式光伏、储能装置、储能并网型微电网、充电基础设施；
- 提高系统平衡能力和绿色能源利用率。



光伏车棚+充电桩一体化充电站

- 利用停车场等场地，建设光伏车棚+充电桩一体化充电站；
- “自发自用、余电上网、市场售电”，缓解充电桩大电流充电对区域电网的冲击；
- 具备并网和离网两种不同运行模式；
- 可作为停电期间的黑启动电源。

渔光互补水上光伏电站



■ 嘉善德源50MW渔光互补电站

- 利用浅滩、沼泽、河湖、鱼塘、采空沉降等空置土地或水面，渔光互补、一地两用；
- 提高单位土地的经济价值，社会效益、经济效益、环境效益良好。



新能源业绩

序号	国内项目	时间
1	金川集团东大滩300MWp并网光伏电站	2022
2	法电优能100MWp并网光伏电站	2022
3	兰州雁儿湾污水处理厂分布式光伏电站	2022
4	金川集团1#尾矿库125MW光伏生态修复景观示范项目	2022
5	万基集团新能源和双碳规划咨询项目	2022
6	白银有色集团股份有限公司碳达峰实施方案咨询	2022
7	镍都实业3.6MWp屋顶分布式光伏电站	2022
8	恩菲中卫一光伏电站2MWh（一期）智慧储能总承包项目	2021
9	北京良乡污水厂0.7MWp分布式光伏电站	2020
10	中卫光伏电站技术支持与服务	2020
11	中卫电站（升级）技术服务二期项目	2020
12	北方重工集团屋顶分布式30MWp并网光伏电站	2018
13	沈阳机床集团屋顶分布式36MWp并网光伏电站	2018
14	西部矿业锡铁山分公司老尾矿库光伏闭库生态修复项目	2017
15	山西焦煤平难凹煤矿10MWp并网光伏电站	2016
16	西藏拉萨市当雄县一期60MW生态畜牧光伏项目	2016
17	偏关县大石洼村、贺家山村2*400kWp村级光伏扶贫电站	2015
18	抚宁中硅傍水崖20MWp并网光伏电站	2015
19	河南邓州20MWp并网光伏电站	2015
20	浙江嘉善白鱼荡50MWp渔光互补光伏电站	2015
21	额济纳旗赛汉陶来30MWp并网光伏电站	2015
22	宁夏中宁产业园30MWp并网光伏电站	2014
23	洛宁道得2MWp屋顶分布式光伏电站	2014
24	宁夏中卫常乐汇合30MWp并网光伏电站	2014
25	金泰电力东大滩200MWp并网光伏电站	2013
26	宁夏中卫天景山30MWp（二期）并网光伏电站	2012
27	北京良乡卫星城污水处理厂污水处理车间光电建筑应用示范项目	2012
28	宁夏中卫天景山30MWp（一期）并网光伏电站	2011
29	中冶美利3MWp并网光伏电站	2011
30	湖北襄樊垃圾发电厂1MWp分布式光伏电站	2011

新能源业绩

序号	国际项目	时间
1	华越镍钴矿浆输送管道压力监测站智能微电网项目	2022
2	印尼200MW并网光伏发电项目	2021
3	印尼力勤OBI产业园绿色园区规划	2021
4	赞比亚中国经济贸易合作区低碳绿色智慧示范园区项目	2020
5	刚果（金）庞比铜钴矿30MWp光伏电站	2020
6	赞比亚220/11kV Luela变电站10MVA-7.05MWh储能电站方案	2020
7	津巴布韦国家电网Munyati地区100MWp光伏发电工程	2019
8	阿富汗Nablhu 20MWp光伏发电项目	2019
9	纳米比亚6MWp-DC并网光伏电站项目	2019
10	哈萨克斯坦克孜勒奥尔达工业园区100MWp光伏发电项目	2019
11	赞比亚Chambishi 30MWp-AC并网光伏发电项目	2018
12	巴基斯坦信德省100MWp光伏发电项目	2018
13	巴基斯坦杜达铅锌矿光伏发电工程	2018
14	巴基斯坦山达克铅锌矿10MWp光伏发电工程	2017



07

ENVIRONMENTAL

SUPPORT

环境配套

■ 汉源四环锌锗ENFI-LTE法300m³/d污水深度处理工程



ENFI-LTE低温多效 高盐高钙废水处理技术

- 充分利用乏汽等低价热源处理废水，通过多次蒸发和冷凝，实现盐、渣和水的分离；
- 中国恩菲拥有相关专利十余项；

乏汽潜热回收及耦合处理废水技术



■ 陕煤石墨烯工业化示范污水处理工程

- 实现中低温烟气、高温循环水、闪蒸乏汽、发电乏汽的潜热回收，同时耦合处理废水；
- 500m³/d废水处理规模，每年可减少CO₂排放约1.7万t，污水减排量达90%，运行成本节省约500万元。



■ 云南驰宏150m³/d氨氮废水处理技改工程

- 1t蒸汽能处理5-6t废水，蒸发成本相较传统工艺降低50%-80%；
- 低温耦合特效阻垢，突破饱和硫酸钙废水长期运行结垢的行业难题。

冶金炉渣/液态金属余热回收利用技术



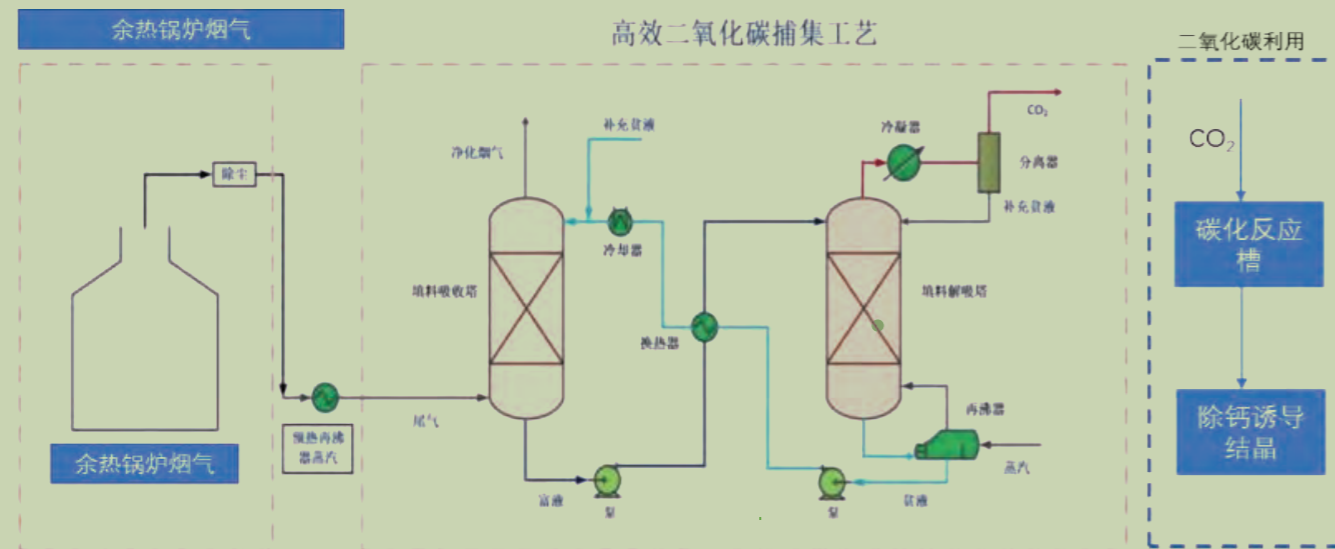
■ 卓康冶炼厂高盐废水处理项目

- 可回收冶金炉渣、金属快冷后产生的含能水汽，实现废汽废热循环利用；
- 500m³/d废水处理规模，每年可回收水汽潜热资源1.07×10¹¹kJ。



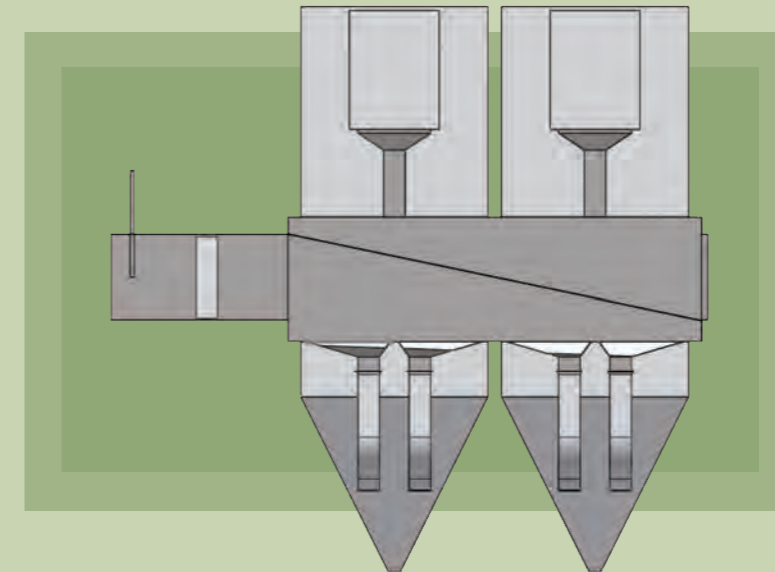
■ 新疆五鑫铜业高盐废水项目

CO₂低能耗捕集及就地化利用技术



■ 高效二氧化碳捕集工艺

高温除尘脱硝一体化装置



- 适用于锂辉石冶炼烟气治理、水泥窑烟气治理、燃煤锅炉烟气治理、垃圾焚烧烟气治理等；
- 中国恩菲具有独立知识产权的一种除尘脱硝一体化装置(CN202221917723.4)，集除尘器与脱硝反应器于一体；
- 耐高温、耐腐蚀、使用寿命长；
- SCR采用高温催化剂，脱硝效率高、用量小、抗中毒性强、价格低。

耐高温

耐腐蚀

寿命长

脱硝效率高

用量小

抗中毒性强

价格便宜

锂辉石冶炼烟气治理、水泥窑烟气治理、燃煤锅炉烟气治理、垃圾焚烧烟气治理等。

- 适用于冶炼厂等企业，可实现CO₂低能耗捕集及就地化利用；
- 每年实现CO₂减排数百万吨，捕集气体经液化可替代工业用液态二氧化碳；
- 进入解吸单元液量少、需要换热量少、吸收剂升温显热低，经济性好；
- 水活度低、水蒸发量少、水蒸发潜热低，经济性好；
- 吸收剂CO₂负载高、循环处理量大，处理效率高。