

附件

有色金属行业先进适用工艺、技术、装备（产品）推荐目录

序号	技术名称	关键技术及主要技术指标	适用范围	所处阶段
1	MHP-镍产品短流程一体化加工技术	该技术关键点：1. 研究镍、钴、锰、铜、钨、硅、镁等元素的溶液化学行为，揭示其于固液介质迁移规律，为 MHP 湿法精炼过程控制提供理论支撑；2. 研究氧压溶液铜、钨靶向分离技术，实现铜、钨的高效回收；优化溶液深度除硅工艺，实现高品质前驱体短流程制备；优化硫酸镁溶液处理工艺，实现镁资源高值化利用。 主要技术指标：开发镍钴选择性浸出-锰渣控电位还原技术，优化萃取流程，钴回收率大于 97%，镍回收率大于 99%，锰回收率大于 98%。研究溶液深度除硅技术，除硅后液含硅小于 10ppm。	适用于高纯镍生产制造	产业化示范类
2	湍流电解装置	该技术是一种能够对有价金属进行选择性的电积（电积）的新技术，特别适合于冶金行业进行低浓度溶液、成份复杂溶液的选择性电积（电积）分离和提纯，混合溶液中金属离子分离，以及将废水中重金属离子进行剥离。BEW 湍流电积技术相对于传统电解技术拥有在更广阔的浓度范围内（从零点几克/升到几百克/升）进行金属的电解生产和金属分离的能力。	适用于各类酸性/碱性/络合体系（硫酸、盐酸、硝酸及氰化物等）中进行铜、钴、镍、锌、金、银、铂及其它有价金属的生产和回收	推广应用类
3	低品位地下矿山层叠采空区矿柱大直径深孔机械化开采工艺	该工艺聚焦厚大矿体安全开采、层叠采空区稳定控制、低品位矿柱高效回采瓶颈，创新研发“单自由面下安全高效爆破成井与拉槽关键技术”“地下矿山顶柱采场结顶充填施工方法”，结合潜孔钻机、遥控铲运机等装备，形成工艺-装备-管理一体化开采体系，实现金属矿山多重层叠空区地压监测控制及矿柱安全高效回采，提升资源利用与安全保障，为同类矿山提供可复制经验。	适用于金属地下矿山	推广应用类
4	气体(天然气、煤气)节能增效成套装置	该装置通过发明的“分子催化节能装置”将气体大分子团切割为小分子团，燃烧更充分；结合专利催化剂气化技术，实现低温下氢氧键活化，热效率提升。 主要技术指标：综合节气率达 5%-18%，一氧化碳排放降低 10%-50%，	适用于天然气、液化气、沼气、焦炉煤气、高炉煤气、转炉煤气、醇类、醚类、烯烃类等可燃气体	推广应用类

		氮氧化物减排 10%以上, 烟尘减少 10%-50%。免维护、即装即用、安全稳定, 已通过多项国家级检测认证, 为工业燃烧提供高效节能降碳, 助力企业实现双碳目标。		
5	列管换热器低温溶出技术	该技术关键点: 1. 采用薄壁管束设计, 传热系数相较于套管提升 1.3 倍; 2. 流场优化设计: 将系统阻力降至 101.5kPa, 进料压力降至 1.15MPa, 有效降低能耗与设备损耗; 3. 无搅拌防沉淀技术: 通过流道优化取消机械搅拌, 降低动力消耗; 4. 高效布局与材料优化: 减少投资占地, 提高换热效率及稳定性。 主要技术指标: 1. 相对溶出率 $\geq 93\%$; 2. 单位矿浆汽耗 $\leq 66\text{kg}/\text{m}^3$; 3. 电耗 $\leq 0.6\text{kWh}/\text{m}^3$; 4. 机组运转率 $> 95\%$ 。	适用于氧化铝溶出工序技术改造, 尤其适合规模化生产中能耗控制与占地优化的需求	推广应用类
6	多传感器融合皮带面健康管理人工智能监测设备(系统)	该设备(系统)是基于多传感器融合和人工智能识别技术, 实时检测皮带面出现的纵向撕裂及鼓包、孔洞、裂口等破损。基于融合感知技术输出皮带面 3D 点云图, 具备长度、宽度和深度三维感知能力。软件系统持续追踪破损尺寸变化, 发现破损恶化趋势时升级报警等级; 实时更新破损在皮带上的纵向位置, 辅助点检人员快速锁定目标。纵向撕裂和破损总体检出率不低于 95%, 总体误报率不大于 5%, 响应时间不大于 3 秒。	适用于有色金属矿山行业、散货港口、煤炭行业、火力发电厂、钢铁厂、水泥厂等行业皮带机设备的皮带面智能监测	产业化示范类
7	稀土熔盐电解自动化生产线	该技术关键点: 针对稀土金属熔盐电解智能工厂发展要求, 开发了电解数字化系统, 包括开发数据采集模块、建立数据库, 解决了稀土金属生产中物料组分、环境条件、设备状态等数据和产品质量信息等各工艺参数数据上传的延后性、人为干预性, 并实现稀土金属熔盐电解数字孪生。 主要技术指标: 稀土氧化物真空供给工作方式: 间歇; 计量精度: $\pm 0.5\%$; 稀土氧化物加料量 5-15kg / 周期; 阴极中心位移距离: X: $\pm 60\text{mm}$, Y: -500mm , Z: -1100mm ; 机械爪位移距离: X: $\pm 4000\text{mm}$, Y: -800mm , Z: -1300mm ; 稀土金属浇铸时间: 3~30s; 机械爪最大提取负荷 35kg, 最高工作温度 1200°C 。	适用于稀土熔盐电解	推广应用类
8	基于工艺诊断的氧化铝焙烧工艺指标智能优化系统	该系统关键技术: 1. 实现生产形成专业诊断报告; 2. 采用“特征辨识+机理模型建模+数据回归校正”的技术, 实现灼减的在线软仪表检测; 3. 采用先进的“过程特征辨识+生产过程动态建模”技术, 建立生产控制模型。	适用于氧化铝厂	推广应用类

		<p>主要技术指标：1.降低主炉温度波动 70%；2.灼减、氧含量波动降低 30%；3.降低天然气单耗约 5%；4.实现工序自动化生产，无人工干预。经济指标：仅节省天然气一项，每年为业主降本约 390 万元。</p>		
9	基于工艺诊断的氧化铝蒸发工艺指标智能优化系统	<p>该系统关键技术：1.实现生产形成专业诊断报告；2.采用“特征辨识+机理模型建模+数据回归校正”的技术，实现 Nk 的在线软仪表检测；3.采用先进的“过程特征辨识+生产过程动态建模”技术，建立生产控制模型。</p> <p>主要技术指标：1.蒸发母液出料 Nk 合格率提高 15%；2.蒸发母液出料 Nk 波动控制在 $\pm 5\text{g/l}$；3.汽水比降低 0.01；4.实现工序自动化生产，无人工干预。</p> <p>经济指标：仅节省新蒸汽一项，每年为业主降本约 300 万元。</p>	适用于氧化铝厂	推广应用类
10	铝电解槽大数据炉况控制技术及其配套装备	<p>该装备是一套通过提升铝电解槽装备智能化与生产控制工艺水平，实现节能降碳、提升生产效率的铝电解槽生产控制技术。技术内容包含铝电解多参数平衡控制、智能打壳下料与大数据炉况分析三大关键技术。</p> <p>主要技术指标：提升电流效率 1-2.5%，降低直流电耗 200-300kWh/t-Al；效应系数降低 0.05-0.5，阳极与氟盐单耗分别降低 5kg/t-Al 和 1-2kg/t-Al，减少 PFC 排放；劳动强度降低 30%以上，设备寿命延长 30%。</p>	适用于电解铝厂	推广应用类
11	高品质石墨化阴极制造技术与装备	<p>该技术是集智能管控一体的高品质石墨化阴极生产技术与装备体系，通过“工艺-装备-控制”三体系协同工作，构建涵盖智能化原料预处理、精细化混捏成型工艺、智能化焙烧系统及绿色低碳石墨化系统等完整的石墨化阴极制备技术与装备体系，使得单线产能提升 20%、产品合格率 99%、制品单位生产成本降低 20%。</p>	适用于石墨化阴极厂、石墨电极厂、炭电极厂	推广应用类
12	烟气靶向捕集技术	<p>该技术设计了新型烟气收集结构，能从反应源头高效捕集烟气，使完全捕集所需风量降至传统的 3/5。构建热平衡体系与数据处理模型，并与智能打壳下料系统结合形成智能下料管控技术包，显著提升能量利用率与自动化水平。应用后可使烟气排放量降低约 40%，大幅降低烟气散热量，提高电解槽能量利用率，降低电解槽工作电压 30-40 mV，折合铝液直流电耗降低 96-128 kWh/t · Al。</p>	适用于电解铝厂	推广应用类

13	深度节能槽内衬技术	该技术是基于电解槽“静态平衡”设计和电热场仿真模拟开发的高效节能装备。通过等温线优化，对电解槽不同区域进行差异化保温设计，确保 800℃ 等温线位于保温层上表面、900℃ 等温线位于阴极炭块下方，实现热场精准控制。同时采用新型复合阴极结构，结合水平电流抑制技术，可降低阴极压降 30-60 mV，并有助于延长槽寿命，实现电解槽高效平稳运行，可降低槽电压 55-115mV，折合铝液直流电耗降低 176-368 kWh/t · Al。	适用于电解铝厂	推广应用类
14	三水铝石矿生产氧化铝提质降耗关键技术研究及应用	该技术关键点：1. 氧化铝工厂 BIM 数字孪生技术；2. 前置净化两段分解技术；3. 多梯度能量利用技术； 主要技术指标：自动化率达到 98.3%，数据采集率达到 93.8%，生产数据统计分析效率提升 90%，工作量降低 30%；以 200 万 t/a 产能计。1. 减少投资约 5000 万元；2. 节约占地约 7000m ² ；3. 提高产品质量，-45 μm 含量 < 9%，居国内领先水平；综合能耗降至 275kgce/t-AO，低于国际铝业协会全球平均能耗水平 20.8%，低于国家标准中 1 级能耗标准 24.6%。	适用于氧化铝厂	推广应用类
15	炉膛智能调节控制技术	该技术是针对大型电解槽侧部散热不均、炉帮形成不均等问题开发的技术装备。该系统通过温度监测网络实时采集槽体各区域散热数据，结合多参数耦合分析与炉帮生长预测模型，动态寻优并输出最佳工艺参数。进而通过侧部调节系统分区域调控对流换热与散热比例，确保形成合理均匀的炉膛内型。 主要技术指标：可实现单槽散热孔温度偏差控制在 10℃ 以内，降低漏槽风险 80% 以上，降低电耗约 100 kWh/t · Al。	适用于电解铝厂	推广应用类
16	抗扰流母线升级技术	该技术是在阴极分支母线设置联络母线，构建多组电桥，使两侧母线形成等势面，有效隔离电流波动，抑制水平电流，提升磁流体稳定性，使生产电压降低约 10mV，电压摆动恢复时间由 150 秒缩短至 100 秒，最大摆动幅值降低约 40%。同时，采用强磁环境光磁焊接技术对母线系统进行升级改造，进一步均匀电流分布，结合抗扰流设计，可实现效应系数降低 20%，槽电压降低 20mV。	适用于电解铝厂	推广应用类
17	大型铝电解槽能质提升自适应深度节能及智慧管控技术	该技术集成应用深度节能槽内衬、抗扰流母线升级、炉膛智能调节及烟气靶向捕集四项核心技术。通过阴极结构优化与等温线调整，结合母线光磁焊接改造与实时炉膛调控，显著提升了电解槽磁流体	适用于电解铝厂	推广应用类

		稳定性与能量利用率。试验表明，槽工作电压可降低 100mV，铝液直流电耗降至 12200kWh/t · A1 以内，烟气排放量减少约 40%，净化电耗降低 30%，有效实现节能降碳与智能化升级目标。		
18	大排料量罐式煅烧炉	该装备是用于生产优质煅后石油焦的关键热工设备，其广泛应用于铝用炭素、石墨电极及冶金等行业，其主要由多个垂直砌筑的耐火砖罐体组成。开发大排料量罐式煅烧炉具有煅后焦质量均匀、纯度高、炭质烧损小、实收率高、原料适应性强等优点；煅烧炉单罐排料量高达 130kg/h 以上、煅后石油焦真密度高达 2.12g/cm ³ 、粉末电阻率低于 440 μΩ · m、炭质烧损低至 3%。	适用于预焙阳极厂、阴极厂、石墨电极厂、炭电极厂、特种石墨厂、电极糊厂等炭素材料行业	推广应用类
19	新型环式阳极焙烧炉	该装备为焙烧专用，优点：1. 独特的炉子结构、使用寿命更长，一次投资与维护费用更低；2. 复合保温结构，散热及蓄热量小；3. 边火道特殊结构，温度与负压控制更精准；4. 侧墙多层结构，漏风更小，保温更强；5. 专有的密封挡板，密封性更好。其性能优异体现为：国内最大的 16 料箱炉室、最低的吨产品燃料消耗以及 99% 以上的产品合格率。	适用于预焙阳极厂	推广应用类
20	焙烧炉烟气炭粉吸附净化及吸附后炭粉自焙烧脱附技术	该技术开发了一套适合吸附后炭粉“近零能耗”自焙烧脱附装备，实现吸附剂的循环利用，并把烟气中的污染物采用更为高效的焚烧技术进行处理。排放指标：1. 颗粒物排放：< 5mg / Nm ³ ；2. 沥青烟排放：< 10mg / Nm ³ ；3. Vocs：< 50mg / Nm ³ ；4. 液态废焦油“零排放”。 主要技术指标：1. 吸附剂脱附能耗：< 10Nm ³ / t；2. 减少危废处置费用约为 150 万元；3. 减少脱硫系统废水处置费用约为 50 万元。	适用于炭素厂	推广应用类
21	低品位复杂镍钴铜资源高效浸出及梯级净化提取有价金属	该技术关键点：1. 低品位复杂镍钴铜资源中有价金属选择性高效浸出，杂质 Fe 等被抑制浸出：Ni/Co/Cu 浸出率 ≥ 95%；Fe 浸出率 ≤ 20%；2. 含铁铝钙镁锰杂质的复杂多金属离子溶液体系铜镍钴定向梯级富集与分离：Cu 萃取率 ≥ 99%，Ni 萃取率 ≥ 97%，Co 萃取率 ≥ 85%，Fe/Al/Ca/Mg/Mn 萃取率 ≤ 5%；联合其他处理工艺，有价金属综合回收率 ≥ 97%；3. 净化液制备电池级硫酸镍、硫酸钴、硫酸锰或氧化镍钴锰、电极铜或硫酸铜等产品（根据客户需要可调整方案）。	适用于低品位镍钴铜矿物（氧化铜钴矿、红土镍矿、硫化镍矿等）及镍钴铜二次资源（镍冶炼渣、铜冶炼渣、三元锂电黑粉废料等）	推广应用类
22	大规格界面冶金结合泡沫铝夹心板材料短流程制备技术	该技术形成完全自主知识产权的“轧制复合—搅拌摩擦焊接—粉末冶金发泡”工程化短流程制备技术定型，实现 500mm-1000mm 板幅界	适用于航空航天、国防军工、轨道交通、新能源汽	推广应用类

		面冶金结合泡沫铝夹心板可控制备。制品的尺寸规格、组织结构、综合性能达先进水平。 主要技术指标: 1. 夹心板密度 $< 0.8\text{g/cm}^3$, 板/芯界面抗剪切强度 $> 5\text{MPa}$, 抗弯强度 $> 25\text{MPa}$, 吸能性 $> 5\text{J/cm}^3$; 2. 25mm 厚夹心板吸音系数 > 0.6 , 隔音 $> 50\text{dB}$; 3. 25mm 夹心板屏蔽电磁波 $> 60\text{dB}$ 。	车、电力装备	
23	复杂构造区深井矿山高应力围岩承压调控支护技术	该技术创新性研发了复杂构造区围岩失稳多源致灾因子融合建模诊断技术、井巷围岩次生应力场主被动联合调控降压技术、预应力锚杆分级预紧和管缝锚杆+树脂锚杆分次支护技术, 形成了深井矿山分类分级精准支护体系, 实现 1500m 埋深工程边界应力峰值降低 20%, 采场围岩损伤降低 30%, 井巷工程支护返修率较以往降低 50%, 解决了 50MPa 高应力复杂井巷围岩稳定性控制关键难题。	适用于深井矿山	产业化示范类
24	矿山高陡边坡全链路防控技术装备及规模化应用	该技术装备是一体式圆弧合成孔径雷达实现 360° 全方位、5000m 超远距、0.1mm 超高精度表面位移监测; 研发多尺度融合感知与安全风险靶向识别技术, 构建滑坡智能识别、易发性评价、形变解译技术体系, 提升滑坡检测精度、边界识别能力、易发性评价精度; 创新雷达-点云快速融合算法, 实现形变信息三维动态可视化; 内置时序数据智能预测、多指数空间聚类分析等多种分析预警模型, 减少误报、漏报几率, 提升灾害响应科学性。	适用于矿山高陡边坡、尾矿坝、排土场、山体滑坡、水库大坝、道路边坡等	产业化示范类
25	铅锌冶炼废水无钠硫化深度除铊脱砷与资源化利用技术	该技术采用硫化氢作硫化剂, 不引入钠离子, 通过气液强化硫化减低出水污染物浓度; 通过梯级硫化控制系统实现有价金属的分离回收; 采用氢气及硫磺制备高纯硫化氢, 纯度高, 杂质少, 无副产物产生, 制备成本低; 采用硫化+深度吸附除铊技术, 可将铊离子降至 $1\mu\text{g/L}$ 以下; 膜前负碳轻质脱硬调理工艺, 有效利用污酸中和产生的 CO_2 , 实现废气资源化; 采用热法分盐技术, 实现废盐资源化闭环。	适用于含砷铊等重金属污染废水、废酸处理, 亦可用于废水、废酸中有价金属回收	产业化示范类
26	铝电解槽控制系统及相关技术	该系统及技术推出了新一代铝电解工艺过程控制系统, 实现了芯片级自主可控, 并采用业界独有的类 PLC 架构。作为国内唯一获得欧盟 CE 认证的槽控系统供应商, 产品已成功出口至多个海外国家。凭借独创的“窄幅双模式”控制技术, 系统在多项槽型控制指标上达到行业最优, 并因此荣获“有色金属工业科学技术奖”。	适用于电解铝行业	推广应用类
27	网络化自均衡母线技术	该技术进行系列升级后, 电解槽极限极距降至 4mm; 效应和异常摆动电流分布偏差降低了 57.1%-80.4%; 短路状态下上游槽中电平衡	适用于 160-600kA 所有铝电解槽型改造或新建	推广应用类

		均衡性可提高约 60%；实现了强磁场下带电焊接，效率提高 3-8 倍，且具有质量好，零返工，适用性广，安全的技术优势。电解槽电压降低 20mV，电流效率提高从 91.2%提高到 92.2%，同时阳极效应系数大幅度降低，噪声平均值也降低了 2mV。技术升级效果非常出色。		
28	防上拱、高强度槽壳技术	该技术首创插接式船型直角整体焊接摇篮槽壳。侧部采用“L”形一体式摇篮筋板延伸至槽底板下部，减少斜侧部焊缝数量；T 型底梁与槽底板之间设“门”形筋板；有效均化应力分布，减少各向变形，大幅抑制启动时的槽底上拱。采用直角槽壳结构，增加角部保温空间。正常工况下槽壳大面设计变形量 < 30mm，小面变形量 < 20mm，底板上拱量 < 40mm，斜侧部最大应力 < 250MPa，保障内衬安全，延长槽壳寿命。	适用于 160-600kA 所有铝电解槽型改造或新建	推广应用类
29	双侧上烟道精准集气技术	该技术解决了铝电解槽生产过程中烟气收集效率不高、能量损失大和易积灰的问题。率先提出垂直与水平烟道分区流量平衡、集气口正对火眼设计理念，沿电解槽长度方向各分支烟道流量偏差设计更加合理，集气效率可达 99%以上，单槽排烟压损可由传统上烟道集气的 -200Pa 降低至 -140Pa，有效降低单槽排烟量，稳定压力平衡，实现烟气合理流速，有效减少烟道内积灰。	适用于 160-600kA 所有铝电解槽型改造或新建	推广应用类
30	均流稳燃智能罐式炉关键技术	该技术突破了罐式炉挥发份分配不均关键技术难点和智能化控温的技术瓶颈。开发的智能燃烧控制装备的罐式炉，火道温度波动范围 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ ，相比于人工控温的实际波动范围 $\pm 50^{\circ}\text{C}$ ，控制精度大幅提高；火道之间的水平温差 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ ，提高了炉体温度均一性；系统自动化率 $\geq 95\%$ ，控温无需人工干预；煅后焦产品质量均匀、生产稳定、罐式炉寿命延长。	适用于罐式炉煅烧项目	推广应用类
31	预焙阳极生产提质降耗技术	该技术通过各种参数优化工艺技术参数合理控制，有效减少生阳极碳块表面横裂纹等缺陷产品的有效控制，同时在有效控制液体沥青含量（13.2-14wt%）控制的条件下，实现生阳极体积密度控制在 $1.62 \pm 0.02\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内。通过焙烧工艺参数、生产操作技术参数以及焙烧曲线等的合理控制，吨阳极焙烧天然气消耗在现有基础上降低不低于 5Nm^3 ，控制阳极制品比电阻 $\leq 57\mu\Omega\cdot\text{m}$ 在 50%以上。	适用于预焙阳极提质降耗的生产企业	推广应用类
32	大型高效节能阳极焙烧炉及系统控制技术	该技术各项指标均表现优异，达到世界先进水平行列，其中平均能耗为 $1.69\text{GJ}/\text{t}$ 。阳极（合 $47.6\text{Nm}^3/\text{t}$ 。阳极），平均电耗为 $36.9\text{kWh}/\text{t}$ 。	适用于新建预焙阳极焙烧炉项目	推广应用类

		阳极，阳极电阻率指标一级品率达到 96.5%，单个料箱炭块温差水平小于 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ，单个火焰系统产能达到 10 万吨/年，焙烧车间人均生产率达到 3500 吨/年，实现了单台焙烧炉实际产能最大，同时在能耗水平、电耗水平、产品质量以及人员劳动生产率等多个方面均体现出了明显的技术优势。		
33	氧化铝气态悬浮焙烧炉节能降碳装备系统	该装备系统具有系列化产品规格，世界最大产能日产 6000 吨；开发了高效气固两相传质传热技术，提高了气固换热效率，开发了多级预热及冷却技术，有效降低排烟温度和出料温度，开发了低温焙烧停留技术，可实现物料在高温区域停留 3-15 分钟，焙烧温度由 1050°C 降低至 950°C 以下，焙烧炉能耗 $2.72\text{--}2.75\text{GJ/t-AO}$ ，减少碳排放；采用 SCR+SNCR 联合脱硝和超净排放技术，氮氧化物排放低于 30mg/Nm^3 ，粉尘排放低于 5mg/Nm^3 。	适用于氧化铝生产企业（氢氧化铝焙烧）	推广应用类
34	电解系列短路口自诊断智能快切系统	该系统成功研发了全球首套铝电解短路口自检测及智能保护，能对短路口的异常状态进行自动捕捉、精准评判与智能应急处理，将超压事故消除在萌芽阶段，从而极大降低事故发生率。这不仅实现了电解生产过程的本质安全，也显著减少了事故对生产系列的影响及可能造成的人员与经济损失，社会与经济效益突出。	适用于电解铝行业	推广应用类
35	孤网控制及电力系统仿真技术	该技术在主电网薄弱的地区，当没有外界主电网接入或主电网断开连接后，通过厂区自备电厂内的发电设备（如汽轮发电机等），满足厂区自身的电力需求。对电力系统进行整体的 ETAP 仿真分析，为了更好地模拟其运行情况，对电力系统进行潮流计算分析、短路计算分析、电缆选型分析等。该技术能够保障工业生产企业电力系统稳定运行。孤网系统投用后，孤网频率波动小于 0.2Hz ，电压波动小于 2%。	适用于主电网薄弱区域的工厂	推广应用类
36	谐波治理与无功补偿技术	该技术针对电解铝厂大型整流机组产生的谐波问题，通过建立精准的数学模型与软件包，成功开发出多通道谐波滤波技术与装置。该技术目前已在国内外数十个电解铝厂成功应用，为客户带来显著的经济效益，并占据了国内高压电网无功补偿及谐波治理市场的主要份额。	适用于电解铝行业	推广应用类
37	铝冶炼行业 MES 系统	该系统以工业互联网平台为基座，采用微服务架构，基于数字化交付技术和物联网采集技术汇聚设备、能源、质量、工艺等全要素数	适用于氧化铝、电解铝、炭素行业	推广应用类

		据，形成企业数据资产，并融入生产管理、设备管理、生产运营全部业务流程。系统提供生产监控、指标监控、生产报表、能耗管理、化验管理、质检管理、计划管理、可视化展示、设备管理、根因分析、调度令管理、指标关联性分析、生产经营分析报告等二十多个模块。		
38	氢氧化铝焙烧炉先进过程控制	该技术采用基于动态矩阵控制和自适应控制算法的先进控制策略，实时调整温度控制参数。并引入了智能优化策略，通过历史数据和实时监测数据建立非平稳时间序列模型，智能预测和优化 P04 温度的最佳控制曲线。该系统能够实现 P04 温度自动控制精度在 2%以内，降低热单耗 3%以上，保障灼减合格率达到 99.5%以上。实现焙烧自动调控，减少 90%以上的人工调控。	适用于氧化铝行业	推广应用类
39	电解槽智能分类与评判系统	该系统以槽控系统日常数据作为支撑，强化生产标准和管理流程的信息化程度，依托电解厂现有的成熟管理体系和生产评判标准，以槽控系统数据库为数据源，对电解槽进行多维分类计算，并决策出日出铝量提示量、氟盐提示量、设定电压值、nb 调整提示量、原铝质量提示、炉底压降提示、电解质情况提示、AE 效应提示等。	适用于电解铝行业	推广应用类
40	超细液滴电解烟气卧式脱硫技术	该技术设置碰撞格栅，将毫米级雾化颗粒破碎成微米级雾滴，减小粒径增大比表面积，提高脱硫效率，在达到同等指标的情况下可大幅减小液气比，与传统脱硫塔形式的湿法脱硫技术相比，节能达到 35%以上。 主要技术指标：二氧化硫、颗粒物、氟化氢出口排放浓度分别小于 20mg/Nm ³ 、5mg/Nm ³ 、0.1mg/Nm ³ ，远优于 A 级企业标准；铝电解行业使用中电耗仅 52.97kW·h/t-Al。	适用于所有领域环保脱硫技术的新建或改造升级	推广应用类
41	节能长寿命铝电解槽阴极制造技术与装备应用	该技术采用阴极炭块预热升温曲线精确可控，满足不同工况浇铸要求；有效消除浇铸过程产生的裂纹和破损，组装成品率 ≥99.9%；阴极炭块和钢棒内应力有效释放，Fe-C 间隙均一适中；组装成本相比电加热节省约 30%，安全可靠；技术适用性强，投资成本低，移动和运输方便，2-3 天可组装。采用该技术后，阴极压降较传统技术降低 50-80mV，吨铝节电约 200kWh，电解槽预期寿命延长至超过 2600 天。	适用于 160-600kA 所有铝电解槽型改造或新建	推广应用类

42	矿山安全生产综合管控信息化平台	该平台主要技术指标：1. 多源异构信息融合与三维可视化实时监测技术：支持 ≥ 3 类传感器协议接入，数据延迟 < 5 秒，三维模型加载响应时间 < 5 秒；2. 数据驱动的安全生产数字孪生与协同管控技术：模型精度 $\geq 90\%$ ，生产计划与资源模型联动更新周期 ≤ 7 天，矿石品位预测吻合度 $\geq 80\%$ ；3. 矿山全天候安全生产智能预警与闭环管控技术：风险事件自动识别率 $\geq 90\%$ ，预警到推送响应时间 ≤ 2 分钟，整改任务闭环率 $\geq 85\%$ 。	适用于面向有色金属矿山，构建“安全监测-生产管控-安全管理”三位一体的业务体系，服务政府机构、非煤矿山集团及企业	推广应用类
43	下向分段充填采矿方法	该方法关键技术：大跨度充填体强度设计方法及人工顶板构筑技术、高边帮破碎矿岩稳定性评价及加固技术、破碎矿岩中深孔凿岩爆破工艺技术等。 主要技术指标：采场宽度由3-5m扩大至8-12m，采场高度由3-5m提升至30m，采场综合生产能力可达550吨/天，较下向进路采矿法提高3倍以上，采矿直接成本降低30%以上。采场不留顶底柱，实现破碎矿体下行连续开采，资源回采率达95%以上。回采过程全面应用大型高效智能化采矿装备，人员无需进入采场作业，作业安全显著提升。	适用于高应力复杂破碎矿体的安全高效开采，如三山岛金矿、武山铜矿、金川镍矿、彝良驰宏毛坪铅锌矿、喀拉通克铜镍矿	推广应用类
44	膏体稳态充填技术及配套深锥浓密机	该技术能够提高充填料浆稳定性，实现膏体大流量稳态充填，充填浓度波动范围 $\leq 2\%$ ，充填流量大于 $100\text{m}^3/\text{h}$ 。通过配套专用深锥浓密机，有效解决了传统深锥浓密机用于充填时存在的物料存储能力不足、易压耙等问题，物料存储能力提升200%以上，更好满足矿山充填采空平衡调节需求，降低压耙风险。	适用于金属矿全尾砂充填领域	推广应用类
45	边云协同的微震监测预警技术及装备	该技术关键点：1. 自动识别的高精度微震监测物联网技术与装备；2. 多源异质震源的分类及高精度定位分析技术；3. 边云协同的岩体破坏风险预警云服务技术。 主要技术指标：1. 监测频率范围：14-1000Hz；2. 传感器灵敏度：80V/m/s；3. 单分站最大通道数：8通道；4. 采样率：可设置，最大24000sps；5. 分辨率：24bit；6. 动态范围： $\geq 108\text{dB}$ ；7. 时间同步精度：亚微秒级时间同步，误差 $< 1\mu\text{s}$ ；8. 事件自动处理效率：100个/秒；9. 事件XYZ方向定位精度： $\leq 5\%$ ；10. 地压监测预警时间： $\leq 5\text{min}$ 。	适用于地下开采以及露天边坡的灾害监测应用，典型应用场景包括矿山冒顶、底鼓、片帮等地压灾害安全监测及崩落法开采中的崩落、出矿、拉底过程监测	推广应用类

46	采空区三维激光扫描探测技术与装备	<p>该系统面向复杂矿山环境，集成 SLAM、多传感融合与智能避障技术，可在无 GNSS、狭窄、低能见度等危险区域遥控作业。通过激光雷达与惯性导航实时构建高精度三维点云模型，同步记录飞行轨迹与姿态。</p> <p>主要技术指标：有效测距 100m，精度优于 $\pm 3.6\text{cm}$，点云采样 30 万点/秒，支持全向避障与 2 万点/秒实时显示。</p>	适用于可广泛服务于采空区探测、溜井检测、井巷工程验收、矿山隐患排查及数字矿山建设等业务场景	推广应用类
47	铜阳极泥中稀贵金属梯级协同提取一体化关键技术	<p>该技术通过控制复合浸出剂配比与浸出电位，实现砷锑铋富集并与稀贵金属分离；通过优化硫酸活化-强化蒸硒工艺，实现硒高效分离；采用碱性体系分铅碲-酸中和工艺，实现铅碲的回收；通过氯化体系浸金、亚钠分银，实现金银高效提取；运用高密度无残极银电解、自动化浆化转运等技术，降低物料损失，改善作业环境。</p> <p>主要技术指标：实现金银回收率均$>98.5\%$，硒回收率$>98\%$，锑铋脱除率均$>90\%$。</p>	适用于常规及高杂质铜阳极泥中稀贵金属的提取与综合利用	推广应用类