云南云铝泽鑫铝业有限公司

1.5 摄氏度以下温升目标减排路径

一、温室气体减排计划

基准年调整说明：

根据 ASI 绩效标准 Criterion 5.3 关于温室气体排放路径复审的要求，公司于 2026 年对温室气体减排路径基准年进行了复核与调整。

公司原以 2023 年作为温室气体减排路径基准年。随着公司温室气体排放数据质量管理体系的持续完善，2025 年度的排放清单数据在数据完整性、排放因子本地化及供应链数据可追溯性等方面均较 2023 年有显著提升，结合 ASI 温室气体减排路径工具于 2026 年更新，为确保温室气体减排路径建立在高品质的数据基础之上，增强减排计划的可执行性与目标设定的精准度，公司决定将减排路径的基准年由 2023 年调整为 2025 年。

基准年的调整属于正常的路径复审范畴，调整后公司仍采用 ASI 温室气体减排路径工具重新测算减排轨迹。调整后的路径仍与全球温升控制在 1.5 摄氏度的情景要求保持一致，调整后的中期目标详见本报告后续章节。

1.从矿山到金属铝铸锭的排放强度

2025 年，云南云铝泽鑫铝业有限公司（以下简称“云铝泽鑫”或“公司”）单位产品的碳强度水平（从矿山到金属铝铸锭的排放）是 6.3090t CO_2e/t Al。

2.温室气体减排路径

由于公司碳排放强度水平已经远远低于 ASI PS 绩效标准里要求的铝冶炼厂温室气体排放强度：截止到 2020 年（含 2020 年）已经投产的实体，其从矿山到金属铝铸锭的平均温室气体排放强度低于 11.0 t CO_2e/t Al。目前公司的碳强度值水平 6.3090 tCO_2e/t Al，完全符合且已提前实现了国际铝协制订的 1.5℃减排路径（按国际铝协的 1.5℃路径与 ASI PS 绩效标准里要求，到 2035 年底应低于 13.0 t CO_2e/t Al，到 2035 年应低于 11 .0 t CO_2e/t Al）。但公司仍将大力实施各种减排路径，致力于保持并低于以上碳排放强度，积极制定 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径。

公司采用 ASI 温室气体减排路径工具（ASI Entity-Level GHG Pathways Method(2024 年 2 月)）制定 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径，确保温室气体减排途径符合全球温升控制在 1.5 摄氏度的情景要求。模型设定 2025 年为基准年，基础数据源来源于《云南云铝泽鑫铝业有限公司 2025 年温室气体排放清单报告书》，从矿山到金属铝铸锭的排放）是 6.3090 t CO_2e/t Al，原铝产量为 318001.84t Al，在模型中设置上述数据，得出 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径如下图所示。

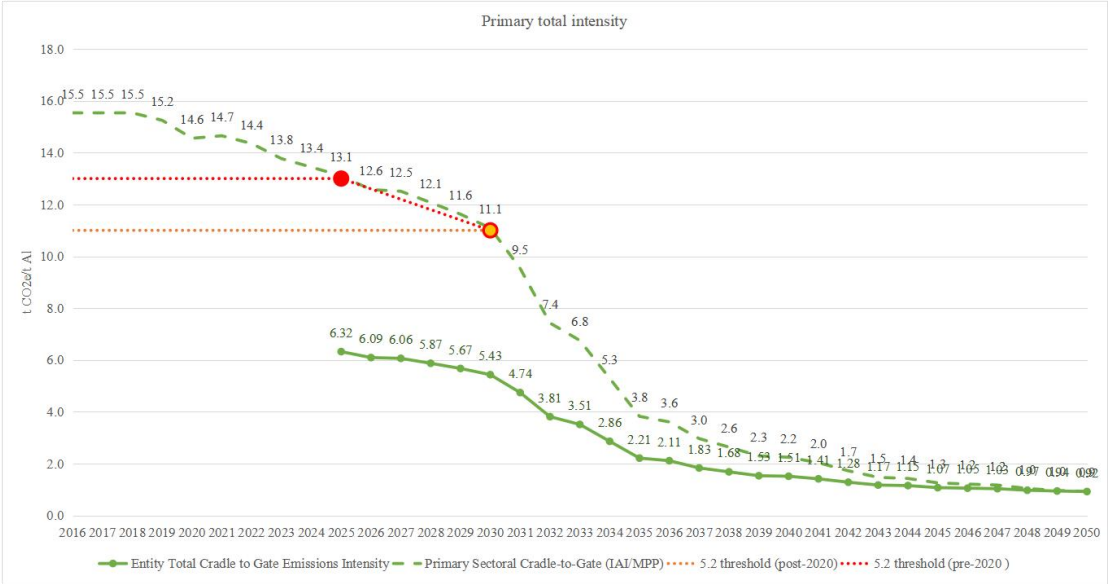

图 1 云铝泽鑫从矿山到金属铝铸锭的排放强度 1.5℃减排目标

公司采用 ASI 温室气体减排路径工具 ASI-Entity-GHG-Pathways-Calculation-Tool(2026 年 1 月)，制定 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径，确保温室气体减排途径符合全球温升控制在 1.5 摄氏度的情景要求。模型设定 2025 年为基准年，基础数据源来源于《云南泽鑫铝业有限公司 2025 年温室气体排放清单报告书》，熔铸产量 216146.623t Al，范围 1+2 强度 0.0633tCO_2e/t Al，消耗自产原铝共 202427.810 t，消耗废铝 8281.307 t，范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）平均强度 6.0626t CO_2e/t Al，在模型中设置上述数据，得出 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径如下图所示

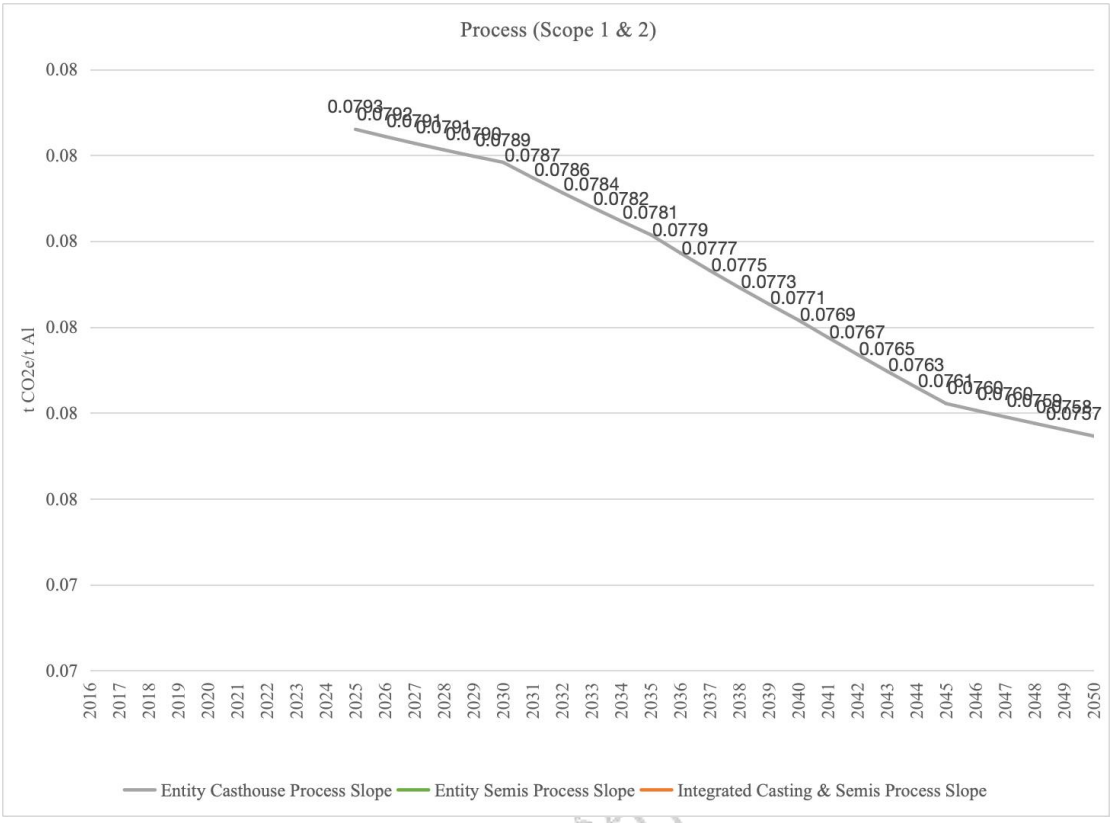

图 2 云铝泽鑫熔铸范围 1+2 排放强度 1.5℃减排目标

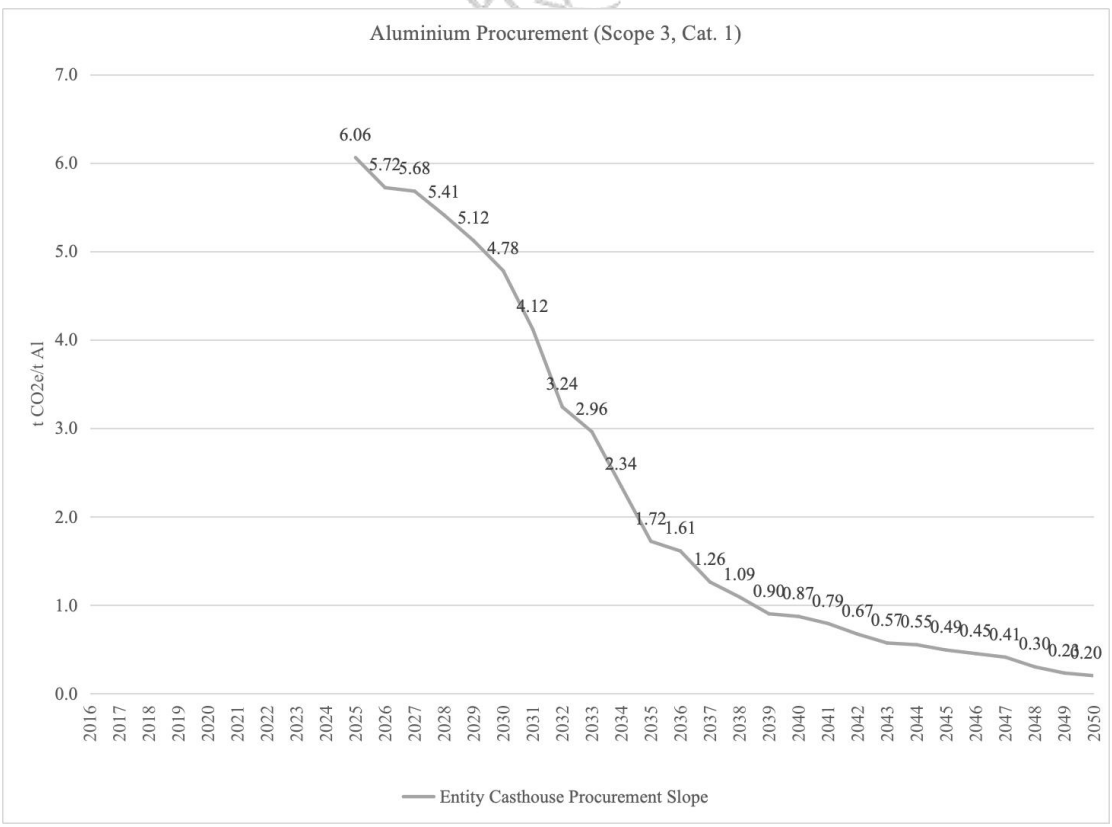

图 3 云铝泽鑫范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）平均强度 1.5℃ 减

排目标

3.温室气体减排路径中期目标，

通过 ASI 温室气体减排路径工具测算，制定文山铝业矿山到金属铝铸锭排放强度的中期（近五年）减排目标和熔铸范围 1+2、范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）排放强度的中期（近五年）减排目标，同时每年复审温室气体减排计划，在企业改变减排基准或目标时，对温室气体排放路径进行复审，中期减排计划和目标已在公司官网披露，产品强度近五年的中期目标如下表所示。

表 1 云铝泽鑫从矿山到金属铝铸锭的排放强度中期目标

年份	范围	强度目标	年下降量
2025	矿山到金属铝铸锭	6.32	/
2026		6.09	-4%
2027		6.06	0%
2028		5.87	-3%
2029		5.67	-3%
2030		5.43	-4%
2025	熔铸范围 1+2	0.0793	/
2026		0.0792	-0.126%
2027		0.0791	-0.126%
2028		0.0791	0.000%
2029		0.0790	-0.126%
2030		0.0789	-0.127%
2025	范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）	6.06	/
2026		5.72	-6%
2027		5.68	-1%
2028		5.41	-5%
2029		5.12	-5%

云南铝业股份有限公司

年份	范围	强度目标	年下降量
2030		4.78	-7%

二、减排路径

（一）严格原材料管理。及时分析氧化铝等原材料的性质，并对生产系统与控制系统进行及时调整，以减少阳极效应次数；提高阳极炭块质量，积极探索改善阳极反应性能来减少阳极消耗产生。

（二）强化生产工艺管控。强化铝电解槽生产工艺参数调控、加大铝电解槽和烟气净化系统运行维护管理，进一步降低吨铝交流电单耗；加强生产操作管理，提高控制水平，减少因各类设备故障和人为因素导致的效应次数增加。

（三）调整产品结构。加大电解铝原铝合金化规模，大力推进扩大铝的应用和向中高端产品升级，将原铝铝液直接生产成铝合金产品，研发并产业化生产出了新型锻造轮毂用铝合金、航空用铝合金等具有差别化竞争优势的高端新产品，不断减少金属烧损和能源消耗，降低碳排放。

（四）提高清洁能源使用比例。优化能源消费结构，努力提高清洁能源使用比例是公司推动能源体系绿色低碳转型的重要手段，公司利用厂房屋顶，边坡空地等资源，按照“统一规划，分布实施”的原则，加快实施分布式光伏发电项目，“十四五”期间实现分布式光伏全覆盖，不断提高绿色可再生能源使用比例。

（五）优化产业布局。强化交通运输节能降碳。新增电解铝、铝合金产能靠氧化铝、现有电解铝和铁路专线布局，降低大宗原辅材料

运输环节碳排放。

三、已实施减碳措施

2025 年度已完成的节能减排项目如下：

表 2 评价年度已完成减排项目

序号	项目	具体措施	目标	完成时间
1	电解槽深度节能技术适配工艺开发	1、开发高稳定均匀焙烧工艺 在焙烧铺焦粒过程，角部级位置使用石墨粉与焦粒混合料铺设，混合比例 50:50。通过设计角部极位置混合料铺设，可以提高角部极导电率，使电流分布更均匀。因为在石墨粉的使用会降低电阻提高电流分布值的同时，也会减少发热影响焙烧效果，对于混合比例的确定，本项目是通过试验验证，确定最佳混合比例“50:50”。 2、开发高稳定均匀焙烧工艺 在电解槽启动过程中，灌入电解质熔体提升至 15 吨（原有工艺为 9 吨），灌入电解质熔体后 8 小时内（原有工艺需 16 小时左右）完成全部阳极下碳渣打捞和物料添加等高强度作业，碳渣打捞完成后直至灌铝前做好常规维护工作即可。启动过程 8 小时内完成各项高强度作业的关键是提高灌入电解质熔体的量，电解质熔体是电解槽中热量的主要载体，足够量的电解质熔体可以保持电解槽较高的热稳定性，以消除各项高强度作业对电解槽的干扰。而在启动时提高灌入电解质熔体的量，其重要前提就是要达到理想的焙烧效果，阳极电流分布均匀，角部极导电良好，否则大量电解质熔体灌入，伴随拉升阳极，偏流会愈发加剧，严重甚至会大面积脱极，导致启动失败。 3、开发低分子高级距高效低耗工艺 在电解槽 A1-9、A16-24、B1-9、B16-24 外侧和两端头侧部强化局部保温，均衡槽外侧整体散热系数，电解槽内侧部炉帮均匀控制在 18—20cm 之间，分子比	1、铝液综合交流电单耗＜13300kWh/t-Al； 2、节能槽铝液直流电耗＜12300kWh/t-Al。	2025 年

		控制在 2.38-2.43 之间。较低的分子比会使电解质更加酸性，有利于氧化铝的溶解和电解反应的进行，可能会提高电流效率。然而，过低的分子比也可能导致炉邦的腐蚀加剧，对电解槽的寿命产生不利影响。本设计通过强化电解槽局部保温，均衡槽外侧整体散热系数，建立 18—20cm 厚炉帮（现有工艺为 14—16cm），以适应低分子比控制。		
2	400kA 全石墨化阴极电解槽焦粒焙烧技术研究	1、阴阳两极间焦粉差异化铺设技术，这项技术主要涉及在电解槽的阴阳两极之间，根据电解过程中的不同需求，对焦粉进行差异化铺设，以提高电解效率和降低能耗。 2、多元化物料装槽技术，这项技术主要涉及在电解槽装槽过程中，采用多种物料进行装槽，以提高电解槽的使用效率和延长使用寿命。 3、均流控制技术，这项技术主要涉及在电解过程中，通过精确控制电解槽内的电流分布，实现电解槽内电流的均匀分布，从而提高电解效率和降低能耗。 4、二阶梯灌电解质技术，这项技术主要涉及在电解过程中，采用二阶梯式的电解质灌注方式，以提高电解质的利用率和降低能耗。 5、接力式捞净炭渣技术，这项技术主要涉及在电解过程中，采用接力式的方式捞净炭渣，以提高电解槽的清洁度和延长使用寿命。 6、三阶段生产控制技术，这项技术主要涉及在电解生产过程中，通过三个阶段的精确控制，实现电解生产的高效和稳定运行。	1、铝液直流电单耗≤12270kwh/t.Al 2、电流效率≥93.5%, 3、平均电压≤3.86V。	2025 年
3	电解质成分优化技术研究	1、电解质组分比例优化：调整电解质中氟化锂（LiF）、氟化钾（KF）、氟化镁（MgF2）等成分的比例，以提高电流效率和降低能耗。 2、电解质温度特性研究：分析不同温度下电解质的物理化学特性，如离子电导率和电化学窗口，以确定最佳操作温度。 3、电解质循环速度优化：研究电解质的循环速度对电流效率和电解质稳定	1、电流效率提升：目标是提高电流效率至93.5%以上。 2、吨铝直流电耗降低至12800kWh/t-Al 以下。	2025 年

云南铝业股份有限公司

		性的影响。 4、电解质中杂质控制：开发有效的杂质去除技术，以减少电解质中的有害杂质，提高电解效率。		
4	强化电流下400kA铝电解槽工艺研究	1、采用“智能打壳+槽控机”双控制系统 在日常操作和工艺参数一定的情况下，与传统控制方式相比，智能打壳系统和槽控机的有效结合能大大减轻工人劳动强度，精准地提高电解槽氧化铝浓度的均匀性，让工人有充足的精力管理维护电解槽。 智能打壳系统及槽控机控制的中心任务是实现电解槽热量和物料的动态平衡，不出现粘锤头包、堵料、卡锤头现象，实现电解槽平稳、高效运行，降低人工劳动强度。在电流强化条件下，阳极电流密度升高，电解槽的敏感性较强。 2、严格精细的标准化操作 采用电流强化（高阳极电流密度）模式生产，熔体流速会增加，极距和稳定性边界范围变小，必须采用精细的标准化操作，才能保证电解槽磁流体的稳定，进而保持电压和氧化铝浓度处于槽控机的控制区间，为计算机控制创造适宜的条件，从而取得较高的电流效率。 3、合理匹配电解工艺技术条件 我国电解质体系分为高锂盐电解质体系（LiF含量7%以上）、中锂盐电解质体系（LiF含量3%～7%）和低锂盐电解质体系（LiF含量3%以下）。在此仅讨论低锂盐电解质体系。生产实践表明：保持合理匹配的技术条件是电解槽长期稳定运行的前提，也是电流强化成功的基本要求。针对电流强化后热量增加及磁流体稳定性降低的问题，必须采取提高电流效率、增加能量利用率、增加散热以保持热平衡、提高铝液高度、稳定磁场的措施。	电流强化至408KA后： 1、平均电压：石墨化槽≤3.84v；普通槽≤4v 2、分子比2.35-2.5 3、石墨化槽铝水平21—23cm；普通槽27—29cm 4、电解温度945-955℃； 5、电流效率93.85%；直流电耗:12447kwh/t.AL。	2025年
5	电解烟气深度治理技术研究	电解烟气深度治理系统分为吸收系统与辅助系统，吸收系统包含卧式脱硫反应器、循环泵、雾化折栅模块、团聚集尘（除雾）模块等，辅助系统包括石灰	1、SO2≤35 mg/Nm^3 2、氟化物排放≤0.3mg/Nm^3 3、颗粒物≤5mg/Nm^3	2025年

云南铝业股份有限公司

		石料仓、石灰石浆液制备系统、供水系统、石膏脱水系统、循环氧化罐等设备，辅助系统设置于脱硫综合楼内部。		

四、减碳计划进展

根据 ASI 温室气体减排路径工具制定的 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径，公司于 2026 年拟开展节能项目，降低能耗实现减排目标。

表 3 减排计划进展

序号	节能实施方案名称	方案具体描述	计划实施日期	计划完成日期	减碳绩效描述
1	电解槽深度节能适配工艺开发	1.开发高稳定均匀焙烧工艺 在焙烧铺焦粒过程，角部级位置使用石墨粉与焦粒混合料铺设，混合比例 50:50。通过设计角部极位置混合料铺设，可以提高角部极导电率，使电流分布更均匀。因为在石墨粉的使用会降低电阻提高电流分布值的同时，也会减少发热影响焙烧效果，对于混合比例的确定，本项目是通过试验验证，确定最佳混合比例“50:50”。 2、开发高稳定均匀焙烧工艺 在电解槽启动过程，灌入电解质熔体提升至 15 吨（原有工艺为 9 吨），灌入电解质熔体后 8 小时内（原有工艺需 16 小时左右）完成全部阳极下碳渣打捞和物料添加等高强度作业，碳渣打捞完成后直至灌铝前做好常规维护工作即可。 启动过程 8 小时内完成各项高强度作业的关键是提高灌入电解质熔体的量，电解质熔体是电解槽中热量的主要载体，足够量的电解质熔体可以保持电解槽较高的热稳定性，以消除各项高强度作业对电解槽的干扰。而在启动时提高灌入电解质熔体的量，其重要前	2026	2026	1.节能槽铝液直流电耗低于 12300kWh/t-Al; 2.节能技术电解槽正常期电流效率>93.7%; 3.节能技术电解槽正常期平均电压小于 3.865V。

		提就是要达到理想的焙烧效果，阳极电流分布均匀，角部极导电良好，否则大量电解质熔体灌入，伴随拉升阳极，偏流会愈发加剧，严重甚至会大面积脱极，导致启动失败。 3、开发低分子高级距高效低耗工艺 在电解槽 A1-9、A16-24、B1-9、B16-24 外侧和两端头侧部强化局部保温，均衡槽外侧整体散热系数，电解槽内侧部炉帮均匀控制在 18—20cm 之间，分子比控制在 2.38-2.43 之间。较低的分子比会使电解质更加酸性，有利于氧化铝的溶解和电解反应的进行，可能会提高电流效率。然而，过低的分子比也可能导致炉邦的腐蚀加剧，对电解槽的寿命产生不利影响。本设计通过强化电解槽局部保温，均衡槽外侧整体散热系数，建立 18—20cm 厚炉帮（现有工艺为 14—16cm），以适应低分子比控制。			
2	基于过程强化的电解铝烟气湿法脱硫石灰石高效利用技术开发	1. 石灰石活性与动力学研究 粒径优化： 研究 0-45μm 石灰石粉体在含 HF/SO_2 烟气中的溶解动力学。建立粒径—溶解速率模型，确定最佳分布（D50≤25 μm, D90≤45 μm），通过机械活化（优化球磨）提升比表面积 40%，溶解速率 35%。 传质强化： 揭示 HF/SO_2 /CO_2 在浆液中的竞争传质机制，特别是 F^- 对 Ca^{2+} 溶出的抑制。开发 pH 梯度/离子强度调控技术，优化温度（45-55℃）和浓度（15%～25%）。提升关键组分传质系数 30%，反应器容积效率 25%。 2.脱硫反应器优化 流场均匀： 开发多级旋流分	2026	2026	1.吨铝石灰石单耗≤21kg/t-Al； 2 二氧化硫≤35mg/Nm^3； 3.石膏含水率≤18%。

云南铝业股份有限公司

		布装置和可调喷淋层（15-30°），优化喷嘴雾化（SMD≤2000μm）及除雾器组合。CFD/PIV 验证，使流场不均匀度<15%，压降降 18%～22%，停留时间≥3.5s 区域>95%。 结构强化： 创新文丘里结构，研究鼓泡/喷淋协同。优化气液比（800-1200）、氧化风注入及 pH 分区调控，解决反应滞后。 3. 防垢与稳定运行优化 结晶控制： 研究 $CaSO_3$/$CaSO_4$ 混合结晶，开发晶型导向剂（0.5%～1.5%）和湍流破坏技术。FBRM/XRD 在线监控，建立预警模型。延长关键设备结垢周期至>3000h，系统可操作期+50%。 自适应控制： 开发负荷波动（70%～110%）下石灰石给料自适应系统。基于多参数（pH/密度/ORP）状态识别和前馈－反馈策略，实现动态匹配。 4.副产物资源化 石膏提纯： 针对高氟(1.5%）石膏，开发深度洗涤与氟分离技术。优化结晶与脱水，含水≤18%。 废水回用： 研究 Cl^- /F^- 迁移，开发分质分级处理。混凝沉淀-微滤除重金属/高盐，钙盐沉淀+吸附除氟（F^- ≤15mg/L）。			
3	基于铝合金铸造循环水系统优化的“节能-提质”关键技术开发	1.铝合金铸造循环水系统运行参数监测与优化技术研究：研发适配铝合金铸造高温、高湿、腐蚀性工况的多参数智能传感监测技术，建立温度、流量、压力、水质等关键参数的高精度感知模型，解决恶劣环境下传感器信号漂移、数据失真的技术瓶颈；基于铸造工艺	2026	2026	1.系统综合能耗降低 15%-20%； 2.铝合金铸件良品率提升 3%-5%； 3.实现温度、流量、压力等参数实时监测，数据采集精度≤±

云南铝业股份有限公司

		对循环水系统的适配要求，研究运行参数的动态优化区间与实时校准方法，构建多参数协同监测的精准感知体系，为系统智能化调控提供数据支撑。 2.铝合金铸造循环水系统节能降耗技术研究：基于实时监测数据，研发泵组变频调速、冷却塔风机转速自适应、水质参数精准调控的协同优化算法，建立“参数感知-需求匹配-动态调节”的节能调控模型，实现能源供给与铸造生产负荷的动态平衡；探索循环水系统能源梯级利用的技术路径，研究不同运行工况下泵组与冷却塔的能效优化策略，开发能源消耗与运行效率的耦合分析方法，提升系统整体节能潜力。 3.循环水系统节能降耗与稳定性协同技术研究：研究循环水系统运行稳定性与节能降耗的耦合机制，建立系统能耗、运行参数波动与设备寿命的关联模型，攻克“节能优先”与“稳定运行”的协同优化难题；研发基于故障前兆特征提取的预测性维护技术，构建多维度故障预警模型，实现管路堵塞、设备异常、水质恶化等潜在风险的提前预判；探索极端工况下系统自适应调节策略，提升复杂铸造工艺波动下循环水系统的抗干扰能力与长期稳定运行水平。 4.铝合金铸造圆棒产品质量提升关联技术研究：研究循环水系统运行参数（水温、压力、流量、水质）与圆棒产品成型质量的映射关系，建立多参数耦合作用下产品质量影响的量化分析模型；研发循环水系			1%，故障预警响应时间≤30 秒； 4.项目实施完成后，年节约循环水消耗量≥7000m³，年节约电费≥40 万元； 5.铸造铝合金圆棒成品合格率提升 10%； 6.年节约循环水系统检维修成本≥30 万元。

云南铝业股份有限公司

		统运行状态与铸造工艺参数的联动调控技术，探索基于产品质量反馈的循环水参数动态修正算法，构建“工艺要求-循环水调控-质量提升”的闭环优化体系；通过仿真模拟与试验验证，优化循环水系统与圆棒铸造工艺的适配参数组合，提升产品合格率与性能稳定性。			
4	400KA 电解槽工艺控制及热平衡管理技术研究	1.研究电流效率、极距电压、分子比、电解温度、两水平等关键工艺参数的交互影响机制，建立精细化协同控制方法。2.研究电解槽热状态普查与诊断方法，分析热失衡原因，开发基于工艺参数调整的热平衡精准调控技术。3.研究阳极效应触发与处理机制，优化效应控制策略，降低效应系数与持续时间。4.研究压缩空气系统泄漏检测与治理方法，优化气耗与下料频率关系。5.研究氟化铝、冰晶石等物料的泼撒控制与回收料安全使用技术，制定回收料添加标准。	2026	2026	1.平均效应系数≤ 0.05 次/槽•日 2.电流效率 ≥93.1% 3.铝液直流电耗≤ 12700 kWh/t-Al
5	铝电解石墨化阴极技术优化以及精准氧化铝浓度控制技术	本项目主要针对电解槽热平衡设计实施不断改进，均化电解槽四角电、热分布，解决角部极时有长伸腿情况；针对早期破损电解槽，从设计、修槽质量、焙烧启动、非正常期管理等 4 个关键环节，实施系统性跟踪分析，找到问题点进行改进，最大可能减少电解槽早期破损或杜绝早期破损情况发生；积极推进公司开展电解槽“三场”测试工作，通过测试结果的系统分析，相对准确评价电解槽运行情况，同时开展精准氧化铝浓度控制技术研究，从而实施有效改进。	2026	2026	1.年度大修电解槽正常生产期，实现深度节能，电解槽平均电压≤3.89V；电流效率≥93%；铝液直流电耗12300kWh/t.Al以下。 2.氧化铝浓度范围稳定在1.5%-2.5%。
6	铝电解异常电解槽工艺控制	1.基于工艺参数的异常电解槽快速诊断方法	2026	2026	1.异常电解槽识别准确率达到

	研究	本项目创新性地提出了一种基于实际工艺参数的快速诊断方法，通过系统分析温度、电压等关键指标，建立异常识别阈值，无需依赖外部智能工具。该方法直接源于生产实践，可快速应用于现场操作，提升异常发现效率。 2. 针对性工艺参数优化方案研究开发了针对不同异常类型的参数优化方案，通过实验验证参数调整的最佳范围，确保电解槽热平衡和电化学稳定性。该方案强调参数间的协同作用，避免单一优化带来的风险，为行业提供可复制的优化路径。 3.实用控制策略的开发 创新点体现在开发基于操作经验的实用控制策略，通过标准化流程实现异常电解槽的及时干预。该策略易于实施，成本低，且已在实验中验证有效性，为产业化推广奠定基础。			90%以上。 2.电解槽平均运行稳定性提高20%。 3.吨铝电耗降低5%。 4.异常处理时间缩短 30%。
7	基于中频炉经济运行优化及谐波抑制技术开发	1.中频炉电气系统优化研究：将中频炉整流变压器由1800kVA铝芯升级为2500kVA铜芯（低压侧900V），解决铝芯变压器阻抗高、爆炸风险问题；电控系统从3电4炉并联谐振改为2电2炉串联谐振（电压型逆变器负载），实现功率因数接近1，降低无功损耗；同步研究谐波抑制技术，通过优化参数与滤波措施降低谐波畸变率，提升整流效率与电能质量，直接降低熔化电耗。 2.中频炉环保与收尘技术研究环保收尘技术：设计并安装中频炉炉体旋风收尘罩，优化气流结构与安装位置，有效捕捉铁水熔炼过程中产生的金属	2026	2026	1.中频炉炉龄提升至600炉（按产量计算）以上。 2.中频炉铁水熔化电单耗由870kW.h 降至600kW.h，降耗≥270kw.h/t.Fe。 3.中频炉冷炉铁水熔化时间≤1.8h，热炉铁水熔化时间≤1h。 4.中频炉熔炼过程烟尘量治理＞95%。 5.阳极组装快浇铸合格率≥98% 6.发表专业技术

云南铝业股份有限公司

		氧化物、灰尘、炭黑等微小颗粒物，防止烟尘外溢污染环境，实现达标排放，改善车间作业环境，保障清洁生产。 3.中频炉安全冷却系统研究 安全冷却系统：为中频炉循环水系统增加应急电源装置，实现主电源断电或冷却水停电时的自动切换，确保水泵持续供电，冷却水继续流动，带走感应线圈、电容器等关键部件的残余热量，防止绝缘层过热损坏，提升设备应急处置能力与系统安全性。 4.中频炉熔炼过程计算机管理与质量控制研究 熔炼过程计算机管理与质量控制：开发中频炉熔化管理系统，实现智能功率控制（自动升功率曲线、恒功率熔化）和一键式自动化操作，具备故障自诊断与数据记录功能；研究中频炉运行参数（温度、纯净度、成分均匀性）对阳极钢爪浇铸质量的影响，优化工艺窗口，提升浇铸合格率，减少人为误差，实现能耗与质量双优化。			论文≥1 篇；
8	降低 400kA 铝电解槽阳极毛耗的关键技术研究	1.400kA 电解槽防氧化装备应用技术研究。在使用阳极表面高温抗氧化涂层技术的基础上，研究阳极在使用过程中裸露易氧化部位防氧化装置，减少阳极裸露面积，进一步降低阳极毛耗。2.基于槽况自适应的低毛耗电解工艺优化技术研究。研究电解温度、分子比、过热度等参数与阳极消耗速率的定量关系；建立“工艺窗口-毛耗”模型；开发阳极设置高度、覆盖料厚度与配比的优化策略；研究锂钾盐等添加剂对阳极/电解质界面反应的影响。3.面向毛耗降低的精细化	2026	2026	1.阳极毛耗降低幅度：在基准值基础上，吨铝阳极毛耗降低 8-10 kg； 2. 工艺稳定性提升：参与试验的电解槽，阳极电流分布不均匀度降低 15%。； 3.申请实用新型专利≥1 项

云南铝业股份有限公司

		操作与管控技术开发。研究换极操作过程和封阳极精细化操作标准化作业法，构建以降低毛耗为目标的阳极全生命周期管理系统。			
9	石墨化阴极电解槽运行稳定控制关键技术研究	1.研究筑炉工艺质量对电解槽后续管控潜在影响。 （1）研究电解槽筑炉材质和质量对电解槽提升稳定性的影响。以设计标准为依据，全过程监管电解槽筑炉工作，重点研究可能发生渗透部位的筑炉工艺，关注槽体绝缘、校正等关键环节。 （2）研究侧部冷捣糊、炭间缝捣固糊捣固质量、膨胀收缩率对后期运行稳定的潜在风险。 2.研究实践电解槽正常运行期主要参数配置。 （1）全过程动态监管电解槽焙烧启动与非正常期管理控制，研究关键参数温度、槽电压和两水平配置对电解槽非正常期稳定性影响。 （2）研究电解槽正常运行期管理控制参数内在关联性及防控异常槽况技术，延长槽寿命。	2026	2026	1.石墨化阴极电解槽启动后无渗漏事故。 2.正常运行控制期电压3.90～3.93V，温度945～950℃，铝液水平23～26cm，电解质水平18～20cm。 3.炉底温度60～80℃。 3.直流电耗≤12400kWh/t。
10	基于炉帮稳固性的铝电解槽节能工艺优化技术开发	1.研究槽膛内型与炉帮形成的适配性 （1）根据不同阴极结构内型人工伸腿捣固情况及运行期炉帮形成机理，研究炉帮形成位置对槽膛净空与铝液镜面对应与适配性。 （2）侧重研究石墨化阴极电解槽炉帮形成形状对电解槽正常运行稳定性的影响。 2.研究炉帮稳固性抑制导热技术 （1）研究炉帮厚度与形成位置对减少热量传导的工艺技术。	2026	2026	1.电解槽非正常期运行炉帮形成位置低于筑炉人工伸腿高度，随后根据槽型确定最终形成位置。 2.电解质凝固析出吸附侧部炭块的厚度不小于4.0cm。 3.正常运行期温度945～955℃，电解质水平18～20cm，分子比2.40～2.50。槽电

云南铝业股份有限公司

		（2）研究工艺参数配置对维护炉帮稳固性内在关联控制技术。			压根据阴极炭块结构配置 4.电流效率不低于 93.5%，直流电耗≤12600kWh/t。

云南云铝泽鑫铝业有限公司

2026 年 07 月 30 日

云南铝业股份有限公司