云南文山铝业有限公司
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，云南文山铝业有限公司（以下简称“云铝文山”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 6.6989 t 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 6.6989 t CO_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 2025 年底应低于 13.0 t CO_2e/t Al，到 2030 年应低于 11.0t 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(2026 年 1 月)制定 1.5 摄氏度以下温升目标减排路径，确保温室气体减排路径符合全球温升控制在 1.5 摄氏度的情景要求。基础数据源来源于《云南文山铝业有限公司 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 6.6989 t CO_2e/t Al，原铝产量为 494909.35 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。

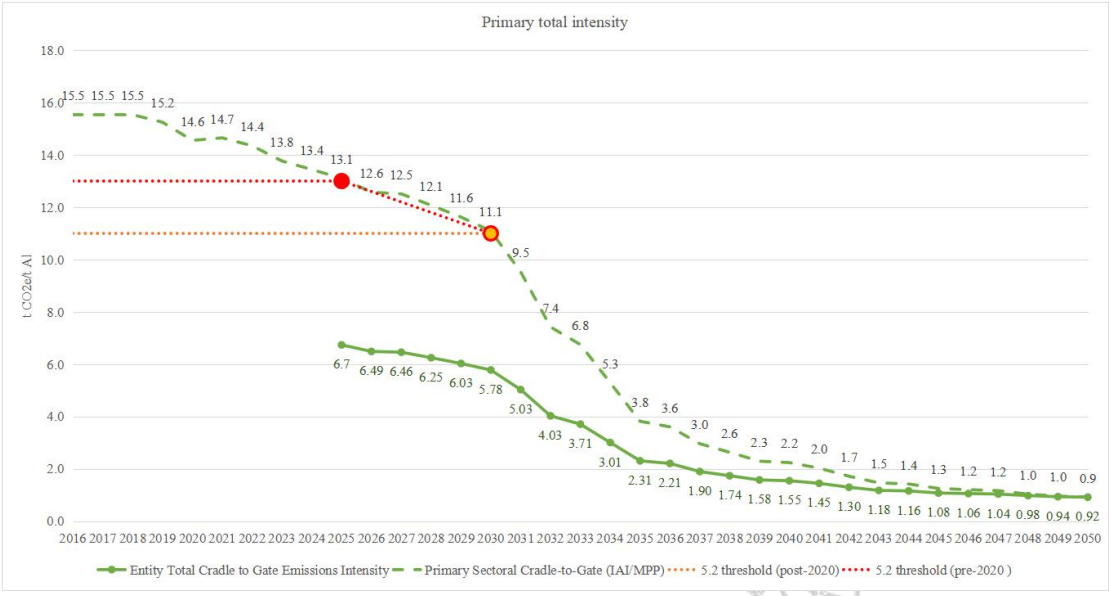

图 1 云铝文山从矿山到金属铝铸锭的排放强度 1.5℃减排目标

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《云南文山铝业有限公司 2025 年温室气体排放清单报告书》，熔铸产量 502190.045 t Al，范围 1+2 强度 0.0185t CO_2e/t Al，消耗原铝均为文山铝业自产共 494909.35 t，消耗废铝 5522.16 t，范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）平均强度 6.6254 t 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。

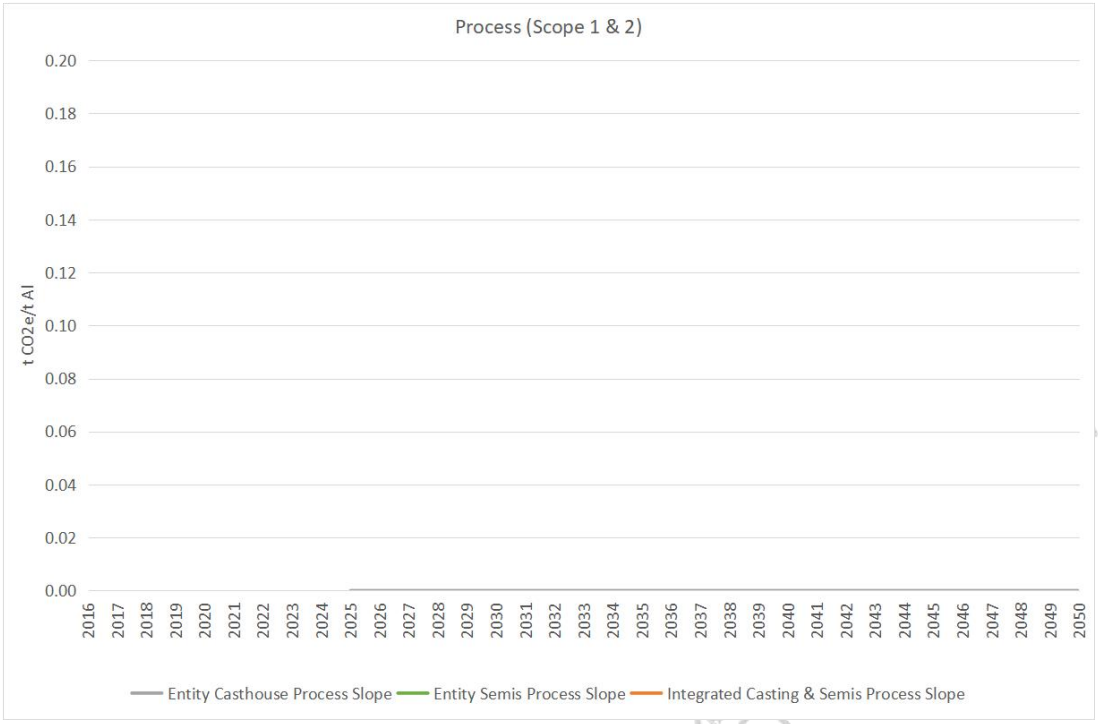

图 2 云铝文山熔铸范围 1+2 排放强度 1.5℃减排目标

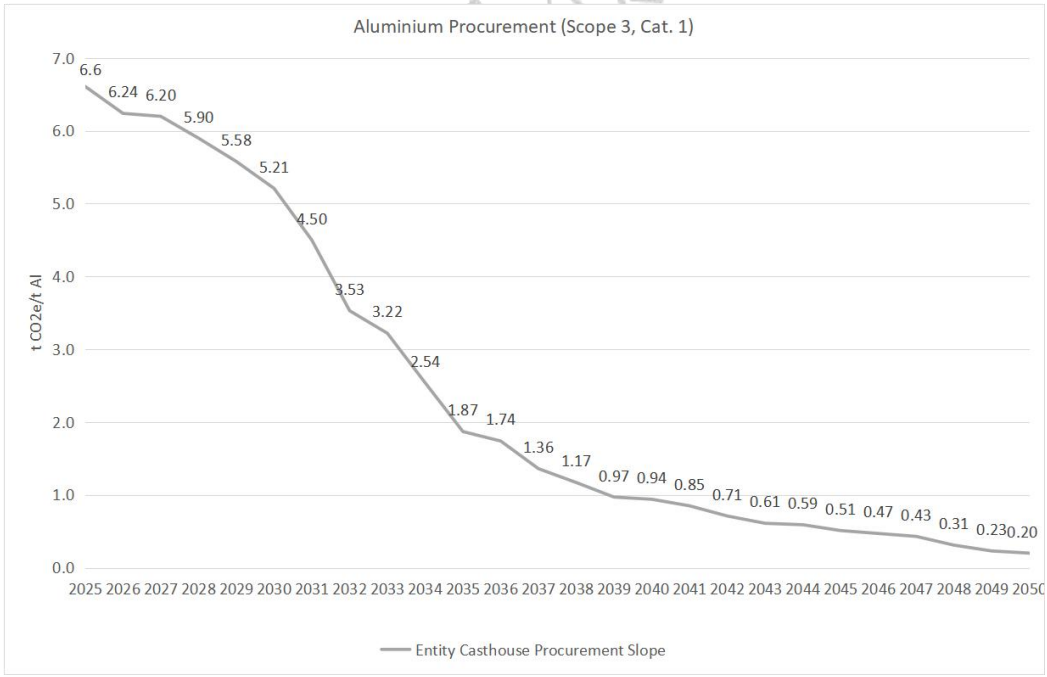

图 3 云铝文山范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）平均强度 1.5℃减排目标

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 云铝文山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	6.7	/
2026		6.49	-3%
2027		6.46	0%
2028		6.25	-3%
2029		6.03	-4%
2030		5.78	-4%
2025	熔铸范围 1+2	0	/
2026		0	/
2027		0	/
2028		0	/
2029		0	/
2030		0	/
2025	范围 3（类别 1）采购铝（含废铝）	6.6	/
2026		6.24	-6%
2027		6.2	-1%
2028		5.9	-5%
2029		5.58	-5%
2030		5.21	-7%

*由于熔铸工序范围 1、范围 2 排放量基数较低，企业熔铸工序范围 1、范围 2 排放强度

占整体产品全链条排放比重极小，该模块可挖掘的减排空间有限，在 ASI Entity-Level GHG Pathways Method(2026 年 1 月) 减排路径测算模型逻辑下，模型输出各年度排放强度即减排路径数值均为 0。

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，分步实施” 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	坚持“五标一控”管理模式，进一步优化工艺及操作管控	（1）坚持“五标一控”管理模式，持续向纵深推进。①运用“电解铝专家系统”进行两级评判，每周开展一次“一级评判”，根据电解槽趋势评判标准，判断生产趋势，把控趋势方向，对趋势偏离情况制定纠偏工作措施，严抓落实执行；每日开展一次“二级”评判会，对每一台电解槽运行状态、工艺标准、风险等级、执行表单执行情况进行评判，检查执行效果；以“执行表单”为基础，建立评价体系 ，评价各班组负责人履职能力 ，夯实生产班组的管理执行力，确保指令畅通、生产细节执行到位，确保 A 类槽占比大于 98%，A+B 类占比大于 99%。②结合现有电解槽类型（石墨化电解槽、50%石墨质电解槽、二次及以上电解槽），从电解温度、分子比、铝水平、平均电压对铝液直流电耗的影响逐一分析，寻找最优关键工艺技术参数控制标准，修订工艺技术标准并严格执行。③加强修槽筑炉过程管控和焙烧启动、非正常期管理。组织验槽组对大修槽原材料、施工质量进行过程监督，确保筑炉质量；强化操作标准化执行力，扎实推进电解槽焙烧启动工作，确保电解槽安全、平稳启动，过程无渗漏。 通过以上措施，降低平均电压 5mV(平均电压与设定电压差值降低 5mV)，降低电耗 15kWh/t·Al。	降低电耗 15kWh/t.Al	2025 年 11 月 30 日
		（2）降低卡具压降。加强电解操作的精细化管理，2024 年卡具压降完成 7.8mV；2025 年，在开展阳极导杆激光打磨的基础上，将换极操作步骤进行进一步的量化考核，每月组织 4 次基础操作专项检查，按照考核细则落实到责任人，切实降低电解槽阳极导杆与水平母线接触面压降，新极卡具压降完成 7.5mV 以下，降低 0.3mV，降低电耗 0.9kWh/t·Al。	降低电耗 0.9kWh/t.Al	2025 年 10 月 31 日

		（3）开展石墨化阴极电解槽焙烧启动方案优化。结合 2025 年完成 88 台电解槽置换任务，按照“新槽一步到位“的原则，完善并严格执行石墨化阴极电解槽焙烧启动方案，严格控制焙烧、启动过程、启动后期槽电压，达到节能降耗目的。①精细化修槽过程管控，确保每一个作业环节均兼顾到位，验收当天进行装槽通电作业（以往作业流程为：验收后第二天装槽通电），实现增产目标以及降低停槽黑电压；②焙烧第 1～2 天通过复紧软连接、敲击钢爪及导杆等方式，增大阳极与焦粒接触面积，增强导电性；③电解槽启动采用湿法无效应启动。降低焙烧启动电压 1.2V（2024 年完成 31.2V），降低电耗 2.5kWh/t • Al。	降低电耗 2.5kWh/t.Al	2025 年 3 月 31 日
		（4）降低停槽黑电压。新增制作部分降黑电压短接母线，停槽后坚持“即停即处理、动态监控法”，单槽停槽后 1 小时内完成上部母线降黑电压装置安装工作，降低黑电压,通过在不同部位安装降黑电压装置等措施，槽平均黑电压由 230mV 降低至 150mV，降低 80mV，年节电 208.47 万 kWh，降低黑电压空耗 4.17kWh/t。	降低电耗 4.17kWh/t.Al	2025 年 12 月 31 日
2	持续做好石墨化阴极+磷生铁浇注技术改造	采用磷生铁浇铸+石墨化阴极技术，降低阴极组的电阻，实现降低吨铝直流电耗的目的。2025 年计划持续开展石墨化电解槽改造 86 台。石墨化电解槽铝液直流电耗完成 12300kWh/t • Al，电流效率 93%；石墨质电解槽电耗 12837.2kWh/t • Al，电流效率 92.3%。按电流 505kA 计算，86 台电解槽年产铝量增加：0.3356×505×（93%-92.3%）×24×365×86/1000=893.74t，增加产值：893.74×1.95 万元=1742.8 万元（吨铝价按 19500 元计算）；节约用电量：（12837.2-12300）×0.3356×505×93%×24×365×86/1000/10000=6378.74 万 kWh，按电价 0.405kWh/t（不含税）计算，节约电费 2583.39 万元。产生效益：1742.8+2583.39=4326.19 万元。	降低电耗 127.57kWh/t.Al	2025 年 12 月 31 日
3	电解多功能天车“智能化伺服节能液压系统”改造	将多功能天车原“比例控制液压系统”升级改造为“智能化伺服节能液压系统”，伺服电机和液压泵通过泵架和精密联轴器连接，高精度压力传感器安装在液压泵出油口，液压系统各回路压力和流量通过 PLC 程序对伺服驱动器进行控制；流量和压力分别通过转速和速度传感器及压力传感器进行闭环控制，使运行更加精确和稳定。每台天车液压站能耗节约 40%（22kW），每年可节约用电 6.58 万 kW.h/台，计划推进改造 2 台天车，节电 0.13kWh/t • Al。	降低电耗 0.13kWh/t.Al	2025 年 12 月 31 日
4	电解厂房智慧照明改造	电解厂房部分照明灯投用至今已五年，光衰严重，亮度不满足现场需求，更换海洋王 LED 灯具 490 盏，费用 2335 元/盏，总费用 114.415 万元（已包含安装费用），预计全年节约电量 44.457 万 kWh。	降低电耗 0.89kWh/t.Al	2025 年 8 月 30 日

5	220kV 整流变压器冷却系统节能升级改造	单台整流机组油风冷却系统风机功率为48kW，年平均供电单耗为 14kWh/t.a1，现冷却系统已无降耗空间，且整流变压器整变运行油温较高，油风冷却效果逐步下降，变压器发热量较大，热损失较高，将 8 台变压器油风冷却器改造为具有高效换热的双重管油水冷却器，技改的双重管油水冷却器安装在变压器的回油管上，设置旁路阀门，可自由选择投入或退出。油风冷却器不拆除，作为 100%备用，油水冷却器外循环水配置二台 500m³/h 的闭式纯水冷却塔，每台闭式纯水冷却塔向 4 台变压器使用的油水冷却器提供循环水，油水冷却器循环水采用纯水。改造后年节电量为 229.95 万 kWh，降低电耗 4.6kWh/t·Al。	降低电耗 4.6kWh/t.Al	2025 年 11 月 30 日
6	供水系统节能改造	（1）水系统永磁电机改造。空压站、加压泵房生活水泵及铸造循环水水泵长期运行，三相异步电机运行效率低、能耗大，将三相异步电机更换为高效永磁电机。改造后年节电量 25 万 kW.h，降低电耗 0.5kWh/t·Al。	降低电耗 0.5kWh/t.Al	2025 年 6 月 30 日
	供料净化系统节能改造	（2）脱硫循环料输送工艺改造。取消现气提循环输送工艺，在除尘器至脱硫塔之间新增溜槽输送系统，将输送的物料直接输送至脱硫塔。改造后年节电量 87.17 万 kW.h，降低电耗 1.74kWh/t·Al。	降低电耗 1.74kWh/t.Al	2025 年 3 月 31 日
7	中频炉节电改造及优化烘炉方式	（1）改造中频炉电源，由并联改为串联。组装现配置中频炉 4 台，电源 3 套，采用 KGPS 可控硅并联中频电源，该方式电源能耗高、功率因素低≤0.90，有谐波干扰，对变电所无功补偿电容器运行有不同程度的影响。熔炼一吨铁水约 750kWh/t。改造为新型串联逆变谐振电路采用三相全桥整流，电感、电容滤波、逆变采用半桥逆变拓扑，功率通过逆变器工作频率调整，整流可控硅始终为全导通工作状态，满电压，不论输出功率的大小，电网功率因数始终≥0.96，无需无功补偿。熔炼一吨铁水节电约 210.0kWh，年熔炼铁水 13315.20 吨，全年可节约电耗 279.62 万 kW.h，实施后 2025 年可节约电耗 116.50 万 kW.h。	降低电耗 2.33kWh/t.Al	2025 年 6 月 30 日
		（2）中频炉阶梯式烘炉。通过调整出铁水时间，优化烘炉时间，每天减少烘炉时间 3h。每天节约电耗 450kWh，年节约电耗 164250kWh，降低电耗约 0.3kWh/t·Al。	降低电耗 0.33kWh/t.Al	长期执行

8	优化阳极组装流程，降低电耗	目前阳极组装产能约 43 组/h，每天需要 480 组阳极，需要两班生产，主要瓶颈是电解质清理机清理质量及效率低；项目实施后，生产班组由两个班组优化为一个班组，日平均减少开机时间 6h，设备装机总功率 1500kW,按 70%负荷计算，日平均节约电耗 1500*6*70%=6300kW·h，项目实施后年节约电耗 6300*365/10000=229.95kWh。项目实施后年节约电耗费用：229.95*0.405=93.13 万元。	降低电耗 4.60kWh/t.Al	2025 年 2 月 28 日
9	合金生产中心制氮空压机节能改造	开展制氮空压机节能改造，1 台空压机目前为工频运行，增加 1 台变频器 90kW，年节约电能消耗 16.37 万 kWh 左右，降低电耗 3.15kWh/t。	降低电耗 3.15kWh/t.Al	2025 年 12 月 31 日
10	铝灰处理收尘器节能改造	铝灰处理收尘器目前运行方式为工频运行，增加一台 300kW 变频器。运行控制方式改进为：仅热灰机运行时频率为 25Hz，热灰机及一台球磨机运行时频率为 38Hz，两台球磨机、热灰机、冷灰机全部运行时频率为 45Hz,从而节约电能消耗，年节约电能消耗 6 万 kWh，降低电耗 0.5kWh/t。	降低电耗 0.5kWh/t.Al	2025 年 12 月 31 日

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	坚持执行“五标一控”管理导则 2.0，提高电解槽运行稳定性	坚持运用“电解铝专家系统”执行两级评判：每周开展一次“一级评判”，依据运行趋势定方向、定标准、定措施，及时制定并落实纠偏措施；每日进行“二级评判”，逐台评估电解槽运行状态、工艺符合度、风险等级，建立履职评价体系，强化班组管理执行力，确保指令畅通、细节到位，实现 A 类槽占比＞95.0%、A+B 类槽占比＞98.0%。	2026	2026	1.项目投资：0.0 万元； 2.降低电耗：12kWh/t.Al。
2	持续做好石墨化阴	1.贯彻落实《铝电解槽直流电耗	2026	2026	1.项目投资：

	极+磷生铁浇注技术改造	“12300”技术管理规范》，推广应用石墨化阴极+磷生铁浇铸技术，有效降低阴极组电阻，进一步提升电能利用效率。 2.系统开展石墨化阴极电解槽焙烧启动方案的优化工作，强化热平衡管理与启动过程控制。 3.结合 2026 年度电解槽置换计划，坚决贯彻“新槽一步到位”的技术原则，修订并严格执行焙烧启动操作规程，重点把控启动后期槽电压的稳定性和合理性，杜绝电压失控与能源浪费，确保节能降耗目标达成。			3332.50 万元； 2.降低电耗： 27.70kWh/t.Al。
3	降低停槽黑电压	1.利用原制作降黑电压短接母线，停槽后坚持“即停即装、实时跟踪处理的动态监控法”，单槽停槽后 1 小时内完成上部母线降黑电压装置安装工作，降低黑电压。 2.采取停槽前认真吹扫清洁短路口、停槽后多次反复敲击复紧短路口，确保短路口单个节点压降≤6mV。 3.槽下部对槽周母线及穿槽母线安装软连接、增加导电母线截面积、打磨所有安装导电压接面、采用涂抹导电膏等方式进一步降低停槽黑电压。	2026	2026	1.项目投资： 3332.50 万元； 2.降低电耗： 2.78kWh/t.Al。
4	推广使用铝钢直焊导杆，降低导杆组压降	推广使用铝钢直焊导杆，降低导杆组压降，2026 年计划推广使用 186 台槽，每月推广 15 台槽。	2026	2026	1.项目投资：515.0 万元； 2.降低电耗： 6.60kWh/t.Al。
5	推广微合金钢爪应用，降低导杆组压降	推广应用微合金钢爪，降低导杆组压降数，2026 年计划置换钢爪 6000 个，满足 125 台槽使用及周转，每月置换 10 台槽。	2026	2026	1.项目投资：1380.0 万元； 2.降低电耗： 4.70kWh/t.Al。

云南铝业股份有限公司

6	动力供电系统降低辅助电耗节能新技术应用	1.八台变压器使用的油水冷却器外循环水配置使用二台 500m³/h 的闭式纯水冷却塔，每台闭式纯水冷却塔向 4 台变压器使用的油水冷却器提供循环水，油水冷却器循环水采用纯水，终身不会结垢，免维护、免清洗。 2.改造以后达到不仅解决了变压器温度过高的安全隐患，确保夏季最高气温时变压器温度≤60℃（油风冷却器风机全停）；双重管油水冷却器为免维护产品，大幅降低维修成本。	2026	2026	1.项目投资：540.0 万元； 2.降低电耗：6.0kWh/t.Al。

云南文山铝业有限公司

2026 年 07 月 30 日

云南铝业股份有限公司