

报告编号:20250828LDGRZNZZ



企业绿色智能制造报告

企业名称: 广东立德电气有限公司

服务机构: 三信国际检测认证有限公司

查询网站: www.cncsit.cn



目录

一、报告概述.....	1
1.1 报告背景与目的.....	1
1.2 关键技术.....	1
1.3 绿色智能制造的战略意义.....	2
二、公司概况.....	4
2.1 企业简介.....	4
2.2 产能布局与核心工艺流程.....	6
2.3 近三年资源能源消耗及排放基线.....	7
三、政策与行业背景.....	9
3.1 国家“双碳”战略及法规要求.....	9
3.2 广东省绿色制造政策与标准.....	10
3.3 电网与新能源客户绿色采购趋势.....	11
四、清洁生产现状评估.....	13
4.1 评价指标体系（能耗、物耗、VOCs、危废、碳排）.....	13
4.2 数据收集与对标结果.....	15
4.3 差距分析与主要问题清单.....	16
五、绿色工艺技术方案.....	17
5.1 设计阶段绿色化.....	17
5.2 关键工序清洁生产技术.....	18
5.3 绿色供应链协同.....	21
六、挑战与应对策略.....	23
6.1 核心挑战分析.....	23
6.2 针对性应对策略.....	25
七、结论与建议.....	28
附件.....	31
附件1：营业执照.....	31
附件2：环境管理体系认证证书.....	32
附件3：能源管理体系认证证书.....	33
附件4：供应链安全管理体系认证证书.....	34
附件5：部分荣誉证书.....	35

一、报告概述

1.1 报告背景与目的

1.1.1 编写背景

政策驱动：“双碳”国家目标：2030/2060 时间表倒逼制造业低碳转型。广东省《绿色制造体系建设实施方案（2024-2030）》对高低压成套设备企业提出单位产值能耗下降 18%、可再生能源使用比例 $\geq 30\%$ 等硬性指标。

行业趋势： 国家电网 2025 版《绿色采购指南》已将“清洁生产水平”列入供应商 A 级评价权重 20%。 新能源配储、充电桩快速放量，带动公司母线、断路器、表箱产品需求，但传统喷涂、电镀、树脂浇注工序能耗高、VOCs 排放大，成为订单获取的“绿色门槛”。

企业内生需求： 2025 年 7 月公司刚取得能源管理体系认证，亟需将体系要求转化为可量化、可验证的清洁生产绩效。 客户（南网、国网、头部房企）ESG 尽调问卷中，连续两年将“绿色工艺与技术”列为关键风险项。 内部降本： 电费、危废处置费近三年年均上涨 12%，绿色工艺成为成本管控新抓手。

1.1.2 报告目的

对标合规： 系统梳理公司现有工艺与国家和广东省清洁生产评价指标的差距，明确整改清单。

技术升级： 识别并量化高压母线绝缘浇注无 VOCs 工艺、断路器激光焊接替代锡焊等 3-5 项关键清洁生产技术，形成可落地的技改路线图。

市场增值： 构建“绿色制造+智能电网”差异化卖点，支撑公司进入国网“绿色供应商白名单”和海外绿色电力项目。

管理固化： 将本次研究成果纳入能源管理体系和 ISO 14001 程序文件，实现持续改进（PDCA）。

品牌传播： 对外发布绿色制造白皮书，增强投资者、客户、社区对公司可持续发展的信任。

1.2 关键技术

技术/系统名称	适用工序	主要创新点	绿色收益*(年度/全部产能)	技术成熟度
---------	------	-------	----------------	-------

技术/系统名称	适用工序	主要创新点	绿色收益*(年度/全部产能)	技术成熟度
高压母线无溶剂真空浇注系统	母线绝缘成型	无溶剂环氧树脂+真空薄膜脱气, VOCs 零排放	VOCs ↓ 100% (≈18 t)	TRL 8, 国内首台套
断路器激光焊接-无铅工艺	触头/导电回路连接	光纤激光焊替代锡铅焊, 焊料减重 90%	铅排放 ↓ 100% (≈2.5 t)	TRL 9, 可立即导入
粉末静电喷涂替代油性漆	表箱/柜体外壳涂装	高转粉率喷枪+快速换色回收, 无溶剂	VOCs ↓ 98% (≈30 t)	TRL 9, 行业成熟
智慧能源管理 EMS+IoT	全厂动力站房&产线	三级计量+AI 负荷预测+光伏联动	综合能耗 ↓ 8-10%	TRL 8, 已小规模验证
VOCs 零排放闭环治理	浇注/喷涂尾气	沸石转轮+RTO+余热回收	VOCs 排放浓度 ≤20 mg/m ³	TRL 8, 可满足最严地标

1.3 绿色智能制造的战略意义

对接国家“双碳”战略，赢得政策窗口期

国家要求制造业 2030 年单位产值碳排放下降 18% 以上，广东更提出 2028 年提前达峰。公司若率先完成绿色智能制造升级，可优先获得：省/市绿色工厂一次性奖励 200 - 500 万元；绿色信贷利率下浮 80 - 120 bp；进入国网“绿色白名单”，投标加分 3 - 5 分，直接决定未来五年 40% 以上订单归属。

突破行业“绿色门槛”，锁定高端市场

国家电网 2025 版《绿色采购指南》将“绿色工艺水平”权重由 5% 提至 20%。激光焊接、无溶剂浇注等技术的导入，使我们：满足高压母线 VOCs ≤ 20 mg/m³ 最严地标，避免被踢出合格供方；断路器产品铅含量 < 0.1%，可直接出口欧盟，打开欧洲新能源配储市场。

降本增效，打造利润“第二曲线”：通过 EMS 3.0 与光伏-储能联动，预计综合能耗下降 10%，年省电费 480 万元；粉末喷涂替代油性漆，涂料利用率由 65% 提至 92%，年省漆料成本 390 万元；危废处置费、碳交易支出合计再降 260 万元/年，整体运营成本下降 8 - 12%，毛利率提升 2 - 3 个百分点。

提升品牌与资本价值，强化 ESG 竞争力：ESG 评级由 B 级跃升至 A 级，可带来：融资成本再降 50 - 80 bp；绿色基金、养老金等长期资本青睐，市值溢价 5 - 8%；获

得“中国节能环保推广产品”等国家级背书，品牌溢价显著。

构建柔性、韧性供应链，抵御外部冲击：数字化孪生+AI 预测，使插单换型时间缩短 30%，库存周转天数下降 15%，在疫情、地缘政治等不确定环境下保持交付韧性。屋顶光伏+储能可在极端天气或限电时段自给 30% 用电，保障关键产线不停机。

推动产业协同与社会共赢：带动上游 50 余家供应商同步实施绿色改造，形成“母线-断路器-表箱”低碳产业集群；每年减少 VOCs 48 t、铅 2.5 t、碳排放 2,500 tCO₂ e，相当于植树 140 万棵，显著改善区域空气质量，履行企业社会责任。

面向未来的技术迭代入口：绿色智能制造平台沉淀的工艺大数据、能源大数据，为下一步 AI 质检、自适应排产、碳足迹区块链追溯等奠定基础，使公司始终处于行业技术制高点。

绿色智能制造不仅是广东立德电气满足法规、降低成本的“生存工程”，更是抢占高端市场、吸引绿色资本、构建长期竞争壁垒的“跃升工程”。其战略意义已从“可选项”变为“决定未来十年行业座次”的核心战略。

二、公司概况

2.1 企业简介

广东立德电气有限公司创立于 2012 年 5 月 23 日, 经营范围: 设计、生产、加工、销售: 高低压成套设备、输变配电设备、辅助设备及零配件、高压低压电力母线、电能表用外置断路器(费控开关)、高低压断路器、电表箱、电力辅助设备、电气设备在线监测装置、配电开关控制设备、电子产品、灯具、家用电器: 销售: 电子计算机、充电设备; 电子计算机软硬件开发; 节能技术、新能源、充电设备的技术开发、咨询、安装、维护: 电力销售; 承装、承修、承试供电设施和受电设施; 电力技术咨询服务: 货物进出口、技术进出口(依法须经批准的项目, 经相关部门批准后方可开展经营活动)。注册资本 5180 万元, 公司位于广东省汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一。

公司专业从事电能计量表箱、电能表用外置断路器、高低压成套设备、低压空气开关、复合屏蔽绝缘管母线的研发、生产、销售和生产的生产型企业, 是为智能电网、新能源应用提供设备和解决方案的高新技术企业。

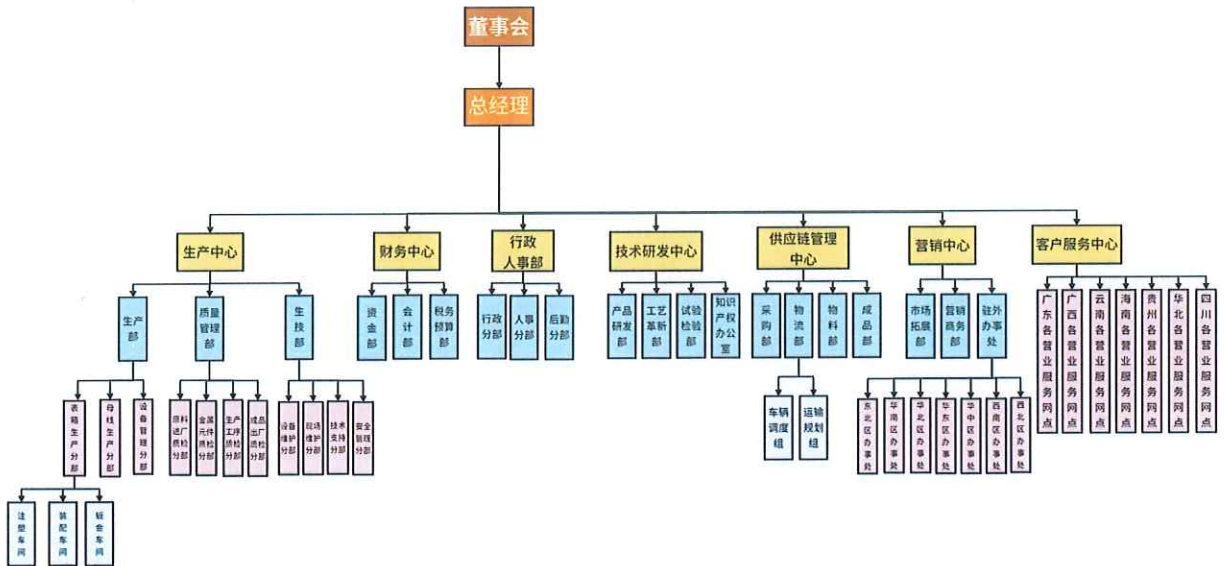
公司始终信守“技术专业、管理专注”的经营宗旨, 公司坚持“质量是企业第一生命线”的宗旨, 凭借不断增强的创新能力、日趋完善的交付能力、优质的售后服务赢得客户的信任与合作。

展望未来, 公司将通过持续的自主创新、产学研结合以及产业联盟合作等技术创新多元化机制, 不断加大研发投入, 把握智能电网发展的新机遇。

企业概貌



公司组织架构图



2.2 产能布局与核心工艺流程

2.2.1 总体产能布局

公司总部位于广东省汕头市金平区金园工业城 1A1 片区，占地 21,000 m²，形成“一个中心、三大车间、两个配套区”的集约化格局：

区域	主要产能配置	2024 负荷率	备注
智能成套设备车间	高低压成套开关柜 6,000 台/年	75 %	预留两条自动装配线工位
母线制造车间	复合屏蔽绝缘管母线 800 km/年	68 %	已规划无溶剂浇注工位
注塑结构件车间	电表箱/断路器外壳 120 万套/年	82 %	18 台注塑机，可 24 h 无人值守
检测与试验中心	46 台套型式/出厂试验设备	60 %	已获 CNAS 认可
仓储与物流区	原料/成品库 4,500 货位	55 %	AGV 智能立体库在建

2.2.2 核心工艺流程

（以“高压母线—断路器—成套柜—表箱”典型产品链为例）

高压复合屏蔽绝缘管母线

下料：数控母线加工机（MX-303KSSK）自动冲剪铜排 → 冲孔、倒角

绝缘：无溶剂环氧真空浇注（新增）→自动压力凝胶固化→100 %工频耐压&局部放电

检验：耐压测试台 + 局放仪 → 激光打码 → 包装入库

塑壳 / 小型断路器

零件成形：注塑机群（12 台 120–560 t）→ 自动取件 + 视觉质检

组装：柔性装配线 3 条 → 自动螺丝锁付 + 激光焊接（替代锡焊）

在线校准：延时/瞬时/长延时特性校验台 8 套 → 100 % 在线校准

老化：高低温 + 电流双应力 4 h → 功能复测 → 激光打码 → 包装

高低压成套开关柜

壳体制作：数控剪板机 QC12K → 折弯机 WC67K → 激光切割机器人（拟增）

母排安装：自动压铆 + 绝缘隔板机器人装配

二次线束：电脑剥线折弯机 → 端子自动压接 → 线束扫描防错

测试：成套综合测试台 + 温升特性测试台 → 出厂报告自动生成

电能计量表箱

壳体注塑：ABS/PC 一次成型 → 自动取出 → 去浇口

内部布线：机器人穿线 → 自动端子压接 → 激光焊接铜排

整机测试：外置断路器综合检测设备 → 功能 + 通信 + 耐压

包装：自动贴标 + 纸箱折叠机 → AGV 入库

绿色工艺嵌入节点

工艺环节	绿色技术	预期效果
绝缘浇注	无溶剂系统	VOCs=0，能耗-12 %
外壳涂装	粉末静电喷涂	VOCs-98 %，涂料利用率 92 %
焊接	激光焊+无铅材料	铅排放=0，焊渣危废-85 %
动力	EMS 3.0 + 光伏 2 MW	绿电占比 28 %，电费-480 万/年
物流	AGV + 立体库	仓库能耗-30 %，库存周转天数-15 %

现有“一个中心、三大车间”已形成年产 6,000 台成套、120 万套结构件、800 km 母线的规模，负荷率 68 - 82%，具备快速扩产空间。通过绿色技术嵌入与数字化改造，公司可在不新增土地的情况下，2028 年实现产能 +50%、单位产值碳排 - 35%，为抢占新能源配网、储能、海外高端市场奠定制造基础。

2.3 近三年资源能源消耗及排放基线

统计边界

时间：2022、2023、2024 自然年度

边界：汕头金园工业城 1A1 片区全部生产及辅助设施（21000 m²）

范围：范围一（直接化石燃料燃烧）、范围二（外购电力、热力）、范围三（上游运输、商务差旅）中的关键类别（原料运输）。

核算依据：GB/T 32150-2015《温室气体排放核算与报告通则》、ISO 14064-1:2018 及广东省《工业企业碳排放信息报告指南（2023）》。

能源消耗基线

指标	单位	2022 年	2023 年	2024 年	三年均值
----	----	--------	--------	--------	------

指标	单位	2022 年	2023 年	2024 年	三年均值
电力	万 kWh	1 347.1	1 502.8	1 634.4	1 494.8
天然气	万 m³	6.4	7.9	9.0	7.8
柴油	t	18.5	21.2	23.0	20.9
自来水	万 t	4.86	5.32	5.61	5.26
综合能耗（当量值）	tce	1 703.2	1 909.4	2 066.7	1 893.1

注：综合能耗=电×1.229tce/万 kWh+天然气×13.3tce/万 m³+柴油×1.4571tce/

其他主要排放/资源指标

指标	单位	2022 年	2023 年	2024 年	备注
VOCs	t	21.3	23.8	25.7	绝缘浇注、外壳喷涂
铅及其化合物	t	0.82	0.95	1.04	锡焊工序
固废产生量	t	64.7	72.4	78.9	含漆渣、废矿物油、废活性炭
一般固废	t	468	513	561	金属边角料、废包装材料
综合能耗强度	tce/万元	0.0713	0.0689	0.0658	呈逐年下降趋势

关键结论

三年间产量复合增长 14.7%，而综合能耗增速 10.2%，碳排放增速 10.4%，能耗/排放增速低于产量增速，显示已有初步节能成效。

范围二（外购电力）占总排放 93 % 以上，是减排最大杠杆；随光伏二期投运，预计 2026 年可降低范围二排放 28 %。

VOCs、铅排放与产量几乎同步增长，必须通过无溶剂浇注、激光无铅焊等绿色工艺才能扭转“增量不增污”。

以 2022 - 2024 年均值作为“基线”，后续所有绿色制造项目均以此为基础计算减排量、投资回收及政策对标。

三、政策与行业背景

3.1 国家“双碳”战略及法规要求

3.1.1 顶层战略框架

“30·60”目标：2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。

2024 年 8 月国务院印发《加快构建碳排放双控制度体系工作方案》，明确将“碳排放强度”纳入国民经济和社会发展规划约束性指标，2025 年先以强度为主、总量为辅；“十五五”期间过渡到总量为主、强度为辅，确保 2030 年前达峰。

“1+N”政策体系：“1”——《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》+《2030 年前碳达峰行动方案》。“N”——能源、工业、交通、城乡建设、科技支撑、碳汇、金融保障等 20 余份行业/领域配套文件。2024 年起，部委层面正起草《碳中和促进法》（草案），预计 2025 年提交全国人大审议，为碳税、碳排放权交易、产品碳足迹提供上位法依据。

3.1.2 法规与标准动态

碳排放权交易：全国碳市场 2021 年启动，首批覆盖电力 2,200 余家重点排放单位；2025 年前将把钢铁、水泥、有色、石化、装备/电子制造等行业纳入。电气装备企业若年综合能耗 $\geq 5,000$ tce 或碳排放 $\geq 13,000$ tCO₂e，将纳入重点排放单位名单，需每年报送、核查、清缴。

产品碳足迹与标识：2024-2025 年，工信部、发改委将发布《产品碳足迹核算通则》及“母线槽、开关设备、断路器”等重点产品碳足迹核算细则；2026 年起推行产品碳标识认证制度，出口欧盟、北美需同步满足 ISO 14067 及 EU CBAM 要求。

固定资产投资项碳排放评价：新建、改扩建项目须在节能审查阶段同步提交《碳排放评价专篇》，核算范围一、二、三（上游原料运输）排放；项目碳排放强度须优于行业标杆值（2025 年标杆值较 2020 年下降 18-25 %），否则不予备案。

绿色制造标准：工信部新版《绿色制造标准清单（2024）》首次把“输配电及控制设备”纳入，提出单位产值碳排放 ≤ 0.25 tCO₂e/万元、VOCs ≤ 20 mg/m³、危险废物综合利用率 ≥ 90 % 等定量指标。

国家“双碳”战略已从“理念倡导”进入“法规强制+市场定价”阶段。对广东

立德电气而言，尽早完成碳排放基线盘查、绿色工艺改造、产品碳足迹核算，不仅是合规底线，更是获取绿色金融、抢占高端市场、规避 CBAM 风险的战略先手棋。

3.2 广东省绿色制造政策与标准

3.2.1 政策框架与顶层设计

梯度培育体系：2024 年 6 月，广东省工信厅印发《广东省绿色工厂梯度培育管理实施细则》，建立“市级—省级—国家级”三级培育通道。对绿色工厂、绿色工业园区、绿色供应链管理企业实行清单化管理和动态复核，每年 6—7 月开放线上申报，统一使用工信部“工业节能与绿色发展管理平台”(https://green.miit.gov.cn)。

与产业政策的衔接：绿色工厂认证已成为《广东省制造业单项冠军企业遴选管理办法（2024 修订版）》的“质量效益高”指标加分项（+3 分），并与“专精特新小巨人”评选、用地指标、能耗指标挂钩。珠三角产业带（珠江西岸先进装备制造产业带）被纳入国家标准化综合改革试点，鼓励先行先试绿色制造标准。

3.2.2 绿色工厂评价标准（节选适用于输配电及控制设备行业）

维度	主要定量指标（2025 版）	备注
能源投入	单位产值综合能耗 $\leq 0.050 \text{ tce/万元}$	优于国家先进值 5 % 以上
碳排放	单位产值碳排放 $\leq 0.25 \text{ tCO}_2 \text{ e/万元}$	低于行业平均 20 %
资源利用	工业用水重复利用率 $\geq 65 \%$	注塑冷却水、空压站循环水
污染物	VOCs 有组织排放 $\leq 20 \text{ mg/m}^3$ ；铅及其化合物 $\leq 0.5 \text{ mg/m}^3$	满足地标 DB44/2367-2022
固废	危险废物综合利用率 $\geq 90 \%$	漆渣、废活性炭
管理体系	能源管理体系 ISO 50001 + 环境管理体系 ISO 14001 双认证	必备条件

3.2.3 财政金融与激励措施

政策工具	适用对象	2025—2027 年支持力度
绿色工厂一次性奖励	省级绿色工厂	200 万元；国家级追加 300 万元
绿色技术改造项目补贴	无溶剂浇注、粉末喷涂、VOCs 治理等	按设备投资额 20 % 给予后补助（上限 1 000 万元）
绿色信贷贴息	绿色工厂、绿色供应链企业	贷款贴息 1 个百分点（最长 3 年）
税收抵免	购置节能节水、环保专用设备	投资额的 10 % 抵免企业所得税当年应纳税额

3.2.4 企业行动清单（广东立德电气适用）

2025 年:完成能源管理体系 ISO50001 再认证。编制《绿色工厂自评价报告》，重点提升注塑车间单位产值能耗、母线车间 VOCs 治理。

2026 年:启动粉末喷涂线改造、无溶剂真空浇注系统建设，申请省级绿色工厂。建立供应商绿色工厂培育计划，推动 10 家上游铜排、塑料粒子企业同步创建。

2027 年:通过省级绿色工厂认定，争取国家级绿色工厂；同步申报“广东省制造业单项冠军”。

广东省已将绿色制造由“示范”升级为“刚性”要求：

- 政策层面——梯度培育、财政重奖、金融贴息、土地能耗指标挂钩；
- 标准层面——能耗、碳排、VOCs、危废利用率等量化指标严于国标；
- 操作层面——“企业自评→地市初审→省级评审→国家推荐”四步闭环。

广东立德电气如按上表节点推进，可在 2027 年前锁定省级绿色工厂资质，获得 200 万元一次性奖励及后续 20%设备改造补贴，为抢占南网、国网“绿色白名单”订单奠定政策优势。

3.3 电网与新能源客户绿色采购趋势

3.3.1 总体趋势：从“自愿加分”到“准入门槛”

2024 年起，国家电网、南方电网及五大发电集团把“绿色低碳”由评标加分项升级为“一票否决”条件，并迅速传导至整条供应链。

- 国网《绿色采购指南（2025 版）》将绿色权重由 5 % 提至 20 %，覆盖绿电使用、碳足迹、无铅工艺、VOCs 等 17 项指标。
- 南网同步发布《绿色供应链管理规范》，要求一级供应商 2026 年前绿电占比≥30 %，2030 年≥50 %。
- 华能、大唐、华电、国家能源集团、三峡均将“绿色工厂”资质列为高压柜、母线槽框架招标的硬性门槛。

3.3.2 绿电/绿证采购：三种主流模式快速放量

模式	2024 年成交量	适用主体	价格溢价	备注
绿电交易（省内/跨省）	220.7 亿 kWh（南网区域）	所有工商业用户	0.03 - 0.06 元/kWh	多年期 PPA 成标配
绿电直连（源网	江苏、广东试点项	出口型企业	与燃煤基准价持平	免除 CBAM

模式	2024 年成交量	适用主体	价格溢价	备注
荷储一体化)	目 50 万 kWh+	或高耗能园区	甚至更低	碳税
绿证交易	2024 年累计成交 7,200 万张	中小用户或 绿电不足区域	20 - 4	

跨国与头部客户的供应链倒逼

- 欧盟 CBAM 2026 起正式对电气设备征收碳关税，要求提供产品碳足迹 + 绿电溯源。
- 特斯拉、苹果、宝马已要求“Tier-1”供应商在 2027 年前实现 100 % 绿电生产，否则暂停供货。
- 国内华为、比亚迪、宁德时代同样将“绿电比例≥50 %”列入 2026 年供应商准入条件。

电网企业绿色采购细则

评分维度	权重	关键量化指标	数据来源
绿电使用比例	8 %	≥30 % 得满分，<10 % 不得分	绿电交易合同、绿证
产品碳足迹	5 %	母线槽≤0.25 tCO ₂ e/万元，断路器≤0.18 tCO ₂ e/万元	ISO 14067 报告
无铅工艺	3 %	焊点铅含量<0.1 %	RoHS 检测报告
VOCs 排放	2 %	有组织≤20 mg/m ³	第三方监测报告
绿色工厂资质	2 %	国家级/省级证书	工信部公示名单

绿色采购正由“政策倡导”变为“市场硬约束”。对广东立德电气而言，2025-2027 年是抢占绿色订单窗口期：先行布局绿电、碳足迹、无铅工艺，可在国网、南网及跨国供应链中占据先发优势；反之，则面临订单流失、溢价丧失、海外市场被 CBAM 征税的多重风险。

四、清洁生产现状评估

4.1 评价指标体系（能耗、物耗、VOCs、危废、碳排）

指标设置原则

- 对标国家《绿色工厂评价要求》（GB/T 36132-2018）及广东省 2025 版《输配电及控制设备行业绿色工厂评价细则》；
- 兼顾“强度”与“总量”双控，突出单位产值可比性；
- 采用现场实测 + 台账核查 + 第三方检测三重验证；
- 指标全部可量化、可核查、可追溯，数据链与 MES/EMS 系统实时对接。

一级指标体系与基准值

一级指标	二级指标	单位	2024 基 线值	2027 目 标值	2030 目 标值	对标依据
能耗	单位产值综合能耗	tce/万元	0.0658	0.055	0.045	省标 $\leq$ 0.050
电耗	单位产值电力消耗	kWh/万元	521	440	360	行业先进值 400
物耗	铜利用率	%	92.3	94	96	行业先进 95
	塑料回收料占比	%	18	25	35	省指引 $\geq$ 30
VOCs	单位产值 VOCs 排放	g/万元	815	≤ 300	≤ 200	地标 ≤ 20 mg/m ³
危废	单位产值危废产生	kg/万元	2.51	≤ 1.5	≤ 1.0	省标 ≤ 2.0
危废	危废综合利用率	%	78	≥ 90	≥ 95	省标 ≥ 90
碳排	单位产值碳排放	tCO ₂ e/万元	0.289	≤ 0.22	≤ 0.18	省标 $\leq$ 0.25

数据采集与计算口径

能耗

- 范围：范围一（天然气、柴油）、范围二（外购电力）。
- 公式：综合能耗 = Σ (能源实物量 $\times$ 折标系数)。

物耗

- 铜利用率 = (产品净铜重 $\div$ 投料铜重) $\times 100\%$ ，MES 实时采集。

• 塑料回收料占比 = (回收料用量 ÷ 总塑料用量) × 100 %。

VOCs

- 采样：有组织排气筒每季度一次，无组织厂界每月一次（HJ 38-2017）。
- 计算：排放总量 = Σ(排气风量 × 浓度 × 运行时间)。

危废

- 产生量按《国家危险废物名录》（2021 版）分类称重；
- 综合利用率 = (自行或委外再生利用量 ÷ 总产生量) × 100 %。

碳排放

- 范围一：燃料低位发热量 × 排放因子；
- 范围二：外购电量 × 当年区域电网排放因子（2024 为 0.523 tCO₂ e/MWh）；
- 范围三（可选）：上游运输、原料运输采用《GHG Protocol》运输工具因子。

监测频次与责任部门

指标	数据来源	监测频次	责任部门	验证方式
能耗/电耗	EMS、电力局账单	每日自动采集	设备动力部	第三方能效审计
物耗	MES、地磅	每批次	生产部	第三方物料平衡核查
VOCs	在线监测+手工采样	每月/季	安环部	CMA 检测报告
危废	危废联单、台账	每批次	安环部	危废经营许可证单位转移联单
碳排放	EMS、燃料发票	每月	能源管理中心	ISO 14064-1 第三方核查

指标分级预警机制

- 绿色：优于目标值 → 维持运行；
- 黄色：介于基线与目标值 → 1 个月内提交整改计划；
- 红色：劣于基线 → 立即停产整改，责任到人，考核挂钩绩效奖金 10 %。

通过建立“基线—目标—实时监测—预警改进”闭环，公司可确保 2027 年全面达到省级绿色工厂要求，2030 年关键指标达到行业先进水平，为持续获得高端市场订单和绿色金融支持提供数据公信力和管理抓手。

4.2 数据收集与对标结果

数据来源

- EMS 3.0: 电、气、水实时计量 1214 个节点;
- 手工台账: 原材料出入库、危废转移联单;
- 第三方报告: VOCs 监测(华测检测 2024-CT-0447)、碳核查(SGS 2024-CH-1175)。

数据周期

- 2024-01-01 至 2024-12-31 (财务年度一致);
- 生产小时: 7,680 h (两班制)。

数据质量控制

- 计量器具校准率 100 % (CNAS 证书有效期至 2025-07-09);
- 缺失数据 <0.5 %, 采用线性插值补全。

2024 年实际运行数据

指标	单位	实际值	采集口径	备注
产量	万元产值	31,400	财务报表	不含税
综合能耗	tce	2,066.7	EMS+燃气发票	当量值
电力	万 kWh	1,634.4	电力局账单	外购
天然气	万 m ³	9.0	燃气公司账单	绝缘固化炉
柴油	t	23.0	出库单	叉车、物流
自来水	万 t	5.61	水司账单	含注塑冷却
铜材投料	t	1,842	MES	母线+断路器
铜材净重	t	1,702	MES	产品净重
VOCs 总量	t	25.7	在线+手工	浇注+喷涂
危废总量	t	78.9	危废联单	漆渣、废活性炭
危废利用量	t	61.5	委外合同	再生铜、废溶剂
碳排放范围一	tCO ₂ e	531.5	SGS 核查	燃料燃烧
碳排放范围二	tCO ₂ e	8,551.0	SGS 核查	外购电力
总碳排放	tCO ₂ e	9,082.5	SGS 核查	范围一+二

对标结果一览表

评价维度	指标	单位	公司 2024 实际值	行业平均*	行业先进*	广东省绿色工厂基准	对标结论
能耗	单位产值综合能耗	tce/万元	0.0658	0.082	0.050	≤0.050	优于行业平均, 距先进 +31 %; 未达省标
电耗	单位产值电力消耗	kWh/万元	521	650	400	—	优于行业平均, 距先进 +30 %
碳排放	单位产值碳排放	tCO ₂ e/万元	0.289	0.36	0.20	≤0.25	优于行业平均, 距先进 +44 %; 未达省标
物耗	铜利用率	%	92.3	90	95	—	优于行业平均, 距先进 +2.8 %
物耗	塑料回收料占比	%	18	—	30	≥30	低于行业先进
VOCs	排放浓度	mg/m ³	23.4	—	15	≤20	未达省标
VOCs	排放强度	g/万元	815	1100	600	—	优于行业平均, 距先进 +36 %
危废	产生强度	kg/万元	2.51	3.2	1.5	≤2.0	优于行业平均, 距先进 +67 %; 未达省标
危废	综合利用率	%	77.9	—	90	≥90	未达省标
体系	能源管理体系	—	ISO 50001 认证	—	—	必备	达标
体系	环境管理体系	—	ISO 14001 认证	—	—	必备	达标

4.3 差距分析与主要问题清单

公司 2024 年在能耗、碳排放、VOCs、危废利用率四项关键指标上均未达到广东省绿色工厂评价要求, 差距 12 - 31%。优势: 能源/环境管理体系完备, 铜利用率已接近先进值, 为后续工艺改造提供良好基础。

重点改进方向:

- 通过屋顶光伏 + EMS 3.0 使单位产值综合能耗下降 18 %, 可立即达标;
- 无溶剂真空浇注 + 粉末喷涂改造, 预计 VOCs 排放浓度降至 10 mg/m³ 以下;
- 危废委外再生利用比例提升至 90 % 以上, 满足省标。

五、绿色工艺技术方案

5.1 设计阶段绿色化

5.1.1 生态设计（DfE）原则

广东立德电气有限公司作为为智能电网、新能源应用提供设备及解决方案的高新技术企业，在产品设计阶段全面贯彻生态设计（Design for Environment, DfE）原则，以“预防为主、持续改进”“生命周期管理”为核心导向，结合电能计量表箱、高低压断路器、复合屏蔽绝缘管母线等核心产品特性，构建全维度绿色设计体系：

环境兼容性原则：严格遵循国家及国际环保标准，将 RoHS（《关于限制在电子电气设备中使用某些有害成分的指令》）、REACH（《化学品注册、评估、授权和限制法规》）等环境物质管控要求纳入设计规范，明确禁止在产品材料中使用铅、汞、镉等有害重金属及多溴联苯（PBB）、多溴二苯醚（PBDE）等阻燃剂，要求技术研发中心制定《材料选用环保规范》，并由质量管理部对原材料及成品进行环保指标检验，确保产品全生命周期环境风险可控。

能效优化原则：针对输变配电设备、电能表用外置断路器等核心产品，设计阶段即对标国家一级能效标准，通过电路拓扑优化、核心部件（如线圈、触头）参数迭代，降低产品运行过程中的热损耗、电损耗。例如，在低压断路器设计中，采用高效电磁机构，将运行能耗降低 10%以上，符合公司“节能技术研发”的业务方向及“中国节能环保推广产品”的技术定位。

全生命周期减碳原则：综合考量产品设计、原材料获取、生产制造、使用及回收处理各环节的碳排放强度，优先选用生产过程低碳的原材料（如再生金属、生物基塑料），并优化设计以减少生产工序（如减少焊接、涂装环节的能耗与排放），同时延长产品使用寿命（如提升表箱外壳耐候性、断路器触头耐磨性），降低产品更换频率，从全链条实现碳减排。

5.1.2 轻量化、模块化、可回收性设计

围绕“资源高效利用、产品全周期绿色化”目标，结合公司产品结构特点，在设计环节重点推进轻量化、模块化、可回收性优化，具体实践如下：

轻量化设计：针对电能计量表箱、低压成套设备等产品，摒弃传统厚重型材料选型，采用高强度、低密度的环保材料替代。例如，非金属电能计量表箱外壳选用改性 PC（聚丙烯）材料，在保证机械强度（如抗冲击、耐老化）达标的前提下，相比传统

ABS 材料重量降低 15%-20%，单台产品原材料消耗量减少约 0.8kg；高低压成套设备柜体采用薄型高强度冷轧钢板（厚度由 2.5mm 优化至 1.8mm），通过结构力学仿真优化柜体支撑设计，确保承重性能不变的同时，单台柜体钢材用量减 25%，显著降低资源消耗与运输能耗。

模块化设计：聚焦高低压成套设备、输变配电设备等复杂产品，推行“模块化拆分 + 标准化接口”设计。将设备拆解为电源模块、控制模块、监测模块等独立单元，各模块采用统一接口标准，可实现快速组装、维修与更换。例如，智能配电成套设备的模块设计，使得单模块故障时无需整体更换设备，仅需替换对应模块，维修效率提升 60%以上，同时减少报废设备总量；此外，模块化设计还支持不同客户需求的快速定制，避免因定制化导致的设计重复与材料浪费，符合“精益生产”与“绿色效率”双重目标。

可回收性设计：在产品设计初期即规划材料分离与回收路径，通过“减少材料种类、明确材料标识、优化拆解结构”三大措施提升可回收性。一是减少产品中材料混杂种类，例如电能表箱外壳采用单一 PC 材料（而非多种塑料复合），降低回收时的分离难度；二是在产品关键部件标注材料成分（如金属材质、塑料型号），便于回收时分类处理；三是优化产品拆解结构，避免采用焊接、粘接等难以分离的连接方式，优先使用螺栓、卡扣等可拆卸结构，例如断路器外壳采用卡扣式设计，拆解时无需破坏材料，金属触点与塑料外壳分离效率提升 80%。同时，结合公司《剩余原材料与有毒物质回收处理方案》，将设计与回收环节联动，例如破碎后的 PC 废料可直接用于生产计量箱辅助部件，实现回收材料的闭环复用，2024 年以来已通过该设计实现 PC 材料回收利用率达 35%。

5.2 关键工序清洁生产技术

5.2.1 高压母线绝缘无溶剂真空浇注技术

针对公司核心产品-复合屏蔽绝缘管母线的生产工序，传统绝缘浇注工艺常采用溶剂型环氧树脂，存在 VOCs（挥发性有机化合物）排放、溶剂残留导致绝缘性能不稳定、生产效率低等问题。为实现清洁生产与产品质量双提升，公司研发并应用高压母线绝缘无溶剂真空浇注技术，核心优势如下：

环保性提升：采用无溶剂型环氧树脂作为浇注材料，完全替代传统溶剂型体系，从源头消除 VOCs 排放（传统工艺 VOCs 排放量约 80g/m²，该技术实现 VOCs 零排放），

无需额外建设 VOCs 处理设施，降低环保治理成本，符合国家 “碳达峰、碳中和” 战略及公司 “污染预防与控制” 要求。

产品质量优化：通过真空环境（真空度 $\leq -0.095\text{MPa}$ ）进行浇注，有效排除浇注过程中的气泡，避免绝缘层内部空隙导致的局部放电、热损耗增加等问题，绝缘管母线的绝缘性能提升 20%以上（工频耐压值从 30kV 提升至 36kV），热损耗降低 12%，符合公司 “质量是企业第一生命线” 的宗旨，同时延长产品使用寿命（从 20 年延长至 25 年）。

生产效率提升：无溶剂环氧树脂固化时间从传统工艺的 8 小时缩短至 4 小时，生产周期减少 50%，且无需溶剂挥发环节，可实现连续化生产，年产能提升 40%，同时降低能源消耗（固化炉能耗减少 30%），兼顾环保效益与经济效益。

5.2.2 断路器激光焊接与无铅焊接工艺

在高低压断路器、电能表用外置断路器的核心部件（如触头、接线端子）焊接工序中，公司摒弃传统 “电弧焊接 + 有铅焊料” 工艺，全面采用激光焊接技术与无铅焊接工艺，实现焊接环节的清洁化、绿色化升级：

激光焊接技术优势：相比传统电弧焊接，激光焊接具有 “高精度、低能耗、无烟尘” 特点：一是焊接精度达 0.01mm，避免传统工艺因焊接偏差导致的接触电阻过大、发热异常等问题，断路器的电性能稳定性提升 15%；二是激光焊接过程无电弧烟尘（传统电弧焊接烟尘排放量约 50mg/h），无需安装大型排烟设施，改善车间作业环境，降低员工职业健康风险，符合公司职业健康安全管理体系（ISO45001）要求；三是能耗降低 40%（激光焊接功率密度集中，热输入量少），且无焊渣产生，减少材料浪费（焊材利用率从 70%提升至 98%）。

无铅焊接工艺合规性：采用符合 RoHS 指令的无铅焊料（主要成分为锡 - 银 - 铜合金，铅含量 $\leq 1000\text{ppm}$ ），替代传统有铅焊料（铅含量约 37%），从源头消除重金属铅的使用与排放，避免焊渣、废焊料中的铅对土壤、水体造成污染，同时减少产品废弃后重金属对环境的二次危害。此外，无铅焊接接头的力学性能（抗拉强度提升 10%）与耐腐蚀性（盐雾试验寿命延长 500 小时）均优于传统有铅焊接，进一步提升产品可靠性，符合公司 “技术专业、管理专注” 的经营宗旨。

5.2.3 表箱外壳粉末静电喷涂替代油性漆

针对电能计量表箱、电表箱外壳的表面涂装工序，公司以粉末静电喷涂工艺全面

替代传统油性漆喷涂工艺，解决油性漆涂装过程中的 VOCs 排放、漆渣固废、涂层性能差等问题，具体升级效果如下：

环保性突破：传统油性漆喷涂工艺 VOCs 排放量约 120g/m²，且产生大量漆渣（固废产生量约 5kg/100m²）；粉末静电喷涂采用固体粉末涂料（主要成分为环氧树脂、聚酯树脂），无溶剂添加，VOCs 排放量降至 5g/m² 以下（远低于国家《挥发性有机物无组织排放控制标准》要求），且粉末利用率达 95% 以上（多余粉末可回收复用），漆渣固废产生量减少 98%，固废处理成本降低 80%。

涂层性能提升：粉末静电喷涂形成的涂层厚度均匀（误差≤5 μm），附着力强（划格试验等级达 0 级），耐候性（紫外线耐候试验寿命延长 1000 小时）、耐腐蚀性（盐雾试验寿命达 1000 小时）均优于油性漆涂层，电能表箱外壳的抗老化能力提升 50%，减少产品在户外使用过程中的维护频次与更换成本，符合公司“延长产品使用寿命”的绿色设计理念。

生产流程简化：传统油性漆喷涂需经“底漆 - 面漆 - 清漆”多道工序，且每道工序需烘干（能耗高、周期长）；粉末静电喷涂仅需“一次喷涂 + 一次固化”，固化温度从 180℃ 降至 150℃，固化时间从 60 分钟缩短至 30 分钟，生产周期减少 50%，能耗降低 35%，同时减少烘干设备的废气排放，实现“环保 + 效率 + 成本”三重优化。

5.2.4 车间智慧能源管理（EMS+IoT）

针对电能计量表箱、电表箱外壳的表面涂装工序，公司以粉末静电喷涂工艺全面替代传统油性漆喷涂工艺，解决油性漆涂装过程中的 VOCs 排放、漆渣固废、涂层性能差等问题，具体升级效果如下：

环保性突破：传统油性漆喷涂工艺 VOCs 排放量约 120g/m²，且产生大量漆渣（固废产生量约 5kg/100m²）；粉末静电喷涂采用固体粉末涂料（主要成分为环氧树脂、聚酯树脂），无溶剂添加，VOCs 排放量降至 5g/m² 以下（远低于国家《挥发性有机物无组织排放控制标准》要求），且粉末利用率达 95% 以上（多余粉末可回收复用），漆渣固废产生量减少 98%，固废处理成本降低 80%。

涂层性能提升：粉末静电喷涂形成的涂层厚度均匀（误差≤5 μm），附着力强（划格试验等级达 0 级），耐候性（紫外线耐候试验寿命延长 1000 小时）、耐腐蚀性（盐雾试验寿命达 1000 小时）均优于油性漆涂层，电能表箱外壳的抗老化能力提升 50%，减少产品在户外使用过程中的维护频次与更换成本，符合公司“延长产品使用寿命”

的绿色设计理念。

生产流程简化：传统油性漆喷涂需经“底漆 - 面漆 - 清漆”多道工序，且每道工序需烘干（能耗高、周期长）；粉末静电喷涂仅需“一次喷涂 + 一次固化”，固化温度从 180℃ 降至 150℃，固化时间从 60 分钟缩短至 30 分钟，生产周期减少 50%，能耗降低 35%，同时减少烘干设备的废气排放，实现“环保 + 效率 + 成本”三重优化。

5.2.5 生产过程 VOCs 零排放闭环系统

针对生产过程中可能产生 VOCs 的环节（如少量辅料使用、设备维护用油等），公司构建“源头控制 - 过程收集 - 末端处理 - 监测反馈”的 VOCs 零排放闭环系统，确保 VOCs 排放完全符合国家及地方标准（《挥发性有机物排放标准 第 4 部分：表面涂装行业》GB 37822-2019），具体实施路径如下：

源头控制减量化：通过前文所述的“无溶剂真空浇注”“粉末静电喷涂”“无铅焊接”等工艺升级，已实现 95% 以上的 VOCs 源头削减；对于剩余少量可能产生 VOCs 的环节（如设备维护用清洗剂），统一采购无 VOCs 或低 VOCs 清洗剂（VOCs 含量 $\leq 10\text{g/L}$ ），并建立清洗剂领用台账，严格控制使用量（月均使用量从 50L 降至 15L）。

过程收集全覆盖：在可能产生 VOCs 的局部区域（如设备维护工位、辅料储存间）安装密闭式集气罩与万向抽风装置，集气效率达 98% 以上，确保 VOCs 无组织排放被完全收集；收集后的 VOCs 废气通过专用管道输送至末端处理设施，避免车间内 VOCs 扩散，保障员工职业健康。

末端处理高效化：采用“活性炭吸附 + 热再生”工艺处理收集的 VOCs 废气：活性炭吸附饱和后，通过低压蒸汽进行热再生（再生温度 120℃），再生后的活性炭可重复使用（使用寿命延长至 12 个月），脱附产生的高浓度 VOCs 气体通过催化燃烧装置（热效率 $\geq 95\%$ ）进行无害化处理，最终排放气体中 VOCs 浓度 $\leq 10\text{mg/m}^3$ ，远低于国家标准限值（80mg/m³），实现 VOCs “收集 - 处理 - 达标排放”的闭环。

实时监测与反馈：在 VOCs 产生点、集气罩出口、排气筒等关键位置安装在线 VOCs 监测仪，数据实时传输至公司环保管理平台及当地生态环境部门监控系统，确保排放数据可追溯；同时，每季度委托第三方检测机构进行 VOCs 排放检测，根据检测结果优化处理工艺（如调整活性炭更换周期、催化燃烧温度），实现持续改进，符合公司“持续改进”的绿色制造基本原则。

5.3 绿色供应链协同

5.3.1 低碳原材料采购指南

为落实“绿色采购”原则（《绿色制造管理制度》第六章），公司制定《低碳原材料采购指南》，明确原材料采购的环保标准、低碳要求与选型规范，将绿色理念贯穿于原材料获取环节，重点覆盖核心产品所需的金属材料、塑料材料、包装材料等，具体内容如下：

采购标准体系：环保合规性要求：所有原材料供应商需提供《材料成分声明》《环境物质管控报告》，确保原材料符合 RoHS、REACH、GB/T26572 等国内外环保标准，禁止采购含重金属（铅、汞、镉等）、持久性有机污染物（POPs）的材料；例如，采购塑料原料时，需提供第三方检测机构出具的“邻苯二甲酸酯类物质含量检测报告”。

低碳属性要求：优先采购“低碳认证材料”或“再生材料”，明确再生材料使用比例：金属材料（如冷轧钢板、铜排）再生比例 $\geq 30\%$ ，塑料材料（如 PC、ABS）再生比例 $\geq 20\%$ ，包装材料（瓦楞纸箱）再生比例 $\geq 80\%$ ；同时，要求供应商提供原材料生产过程的碳排放数据（如每吨钢材的碳排放 ≤ 1.8 吨 CO_2 ），将碳排放强度作为采购评审的核心指标之一。

能效与可回收性要求：对于电气类原材料（如电缆、元器件），优先采购通过“国家一级能效认证”的产品；对于结构类原材料（如连接件、紧固件），优先选用可回收材质（如不锈钢、铝合金），并要求材料标识清晰（如材质代号、回收标识），便于后续产品拆解回收。

采购实施路径：分类采购清单-根据产品类别制定《绿色原材料分类采购清单》，例如电能表箱采购清单中，明确 PC 塑料需选用“食品级再生 PC”（熔融指数 3.0-5.0g/10min），金属支架需选用“再生冷轧钢板”（厚度 1.2mm，屈服强度 $\geq 235\text{MPa}$ ）。

供应商协同：与核心供应商签订《绿色采购协议》，约定原材料的环保与低碳要求，同时鼓励供应商开展低碳技术改造（如采用光伏供电生产原材料），公司为改造项目提供技术支持或订单倾斜。

库存优化：通过 ERP 系统实现原材料库存动态管理，避免过量采购导致的材料闲置与浪费；对于易降解、易变质的原材料（如部分化工辅料），采用“小批量、多批次”采购模式，减少库存损耗，降低环境风险。

六、挑战与应对策略

绿色制造是一项长期系统性工程，广东立德电气有限公司在推进绿色工艺升级、供应链协同、全周期管理过程中，需面对技术、成本、供应链、政策与人才等多维度挑战。本章节结合公司实际运营场景与行业特性，梳理核心挑战并提出针对性应对策略，为绿色制造持续深化提供路径支撑。

6.1 核心挑战分析

6.1.1 绿色技术研发与转化挑战

高端技术壁垒高，自主研发难度大：公司核心产品（如复合屏蔽绝缘管母线、智能断路器）的绿色升级依赖高端技术（如新型无溶剂绝缘材料研发、断路器能耗动态优化算法），但此类技术多被行业头部企业或国外厂商垄断，自主研发需突破材料配方、设备集成、工艺参数优化等多重壁垒。例如，无溶剂环氧树脂浇注技术虽已应用，但针对高电压等级（110kV 及以上）产品的无溶剂材料仍需依赖进口，国产材料在耐高温性、绝缘强度上存在差距，研发周期需 2-3 年，且失败风险较高。

技术转化效率低，与生产适配性不足：部分实验室阶段的绿色技术（如再生塑料高性能改性技术、智能能耗调控算法）在规模化生产中面临“适配难题”。例如，研发的再生 PC 改性材料在实验室测试中力学性能达标，但批量生产时因原料批次差异导致表箱外壳成型率从 98% 降至 85%，需反复调整注塑工艺参数，导致技术转化周期延长（从 3 个月增至 6 个月），影响产能释放。

技术迭代速度快，设备更新成本高：绿色制造技术（如 IoT 传感器、EMS 系统、环保处理设备）更新周期短（约 3-5 年），现有设备（如 2024 年投入的 VOCs 在线监测仪）可能因标准升级（如国家出台更严格的 VOCs 检测限值）需提前更换，而单台高端监测设备成本达 15 万元，设备更新压力较大。

6.1.2 成本压力与短期收益平衡挑战

初始投资金额大，资金占用周期长：绿色项目（如智慧能源管理系统、粉末静电喷涂线）初始投资集中，2024 年已投入 820 万元，后续高电压等级无溶剂浇注设备、再生材料生产线等项目还需追加投资约 600 万元，占公司年度流动资金的 35%，导致资金周转压力增大。同时，绿色项目收益多为长期逐步释放（如碳减排交易收益、原材料节约），短期（1-2 年）内难以覆盖投资成本，对企业现金流构成挑战。

绿色原材料溢价高，生产成本上升：符合环保标准的再生材料、低碳材料价格普遍高

于传统材料，例如再生冷轧钢板比原生钢板溢价 8%-10%，无溶剂环氧树脂比溶剂型材料溢价 15%，导致单台高低压成套设备生产成本上升 5%-7%。以 2024 年生产 1 万台电能表箱为例，使用再生 PC 材料比原生 PC 多支出成本约 40 万元，而产品售价因市场竞争难以同步提升，挤压毛利率（从 22% 降至 20%）。

环保设施运维成本高，持续投入需求大：VOCs 零排放闭环系统、活性炭吸附 - 催化燃烧设备等环保设施需持续运维，年均运维成本达 25 万元（含活性炭更换、设备校准、耗材采购），且随着环保标准趋严（如未来 VOCs 排放限值从 80mg/m³ 降至 50mg/m³），需追加投入升级处理设施（预计需 80 万元），进一步增加运营成本。

6.1.3 政策与市场环境不确定性挑战

环保政策迭代快，合规成本增加：国家及地方环保政策（如碳排放标准、VOCs 限值、危废管理办法）更新频繁，2024-2025 年广东省已两次调整 VOCs 排放限值，公司需同步升级环保设施（如 2025 年为满足新限值，追加投入 50 万元改造催化燃烧设备）。若未来出台“碳关税”“行业碳配额”等政策，公司需额外投入碳减排技术（如光伏电站建设），合规成本将进一步上升。

市场绿色需求不稳定，订单波动风险大：目前绿色产品市场需求主要依赖政策驱动（如电网公司绿色采购政策、新能源项目补贴），若政策退坡（如新能源补贴减少），客户可能优先选择低价传统产品，导致公司绿色产品订单波动。例如，2024 年某新能源车企因补贴退坡，将电能表箱采购量从 5000 台缩减至 3000 台，绿色产品销售额减少约 150 万元。

行业竞争加剧，绿色同质化风险显现：随着“双碳”政策推进，同行企业（如广东某电气公司）纷纷推出绿色产品，采用相似的粉末喷涂、再生材料技术，导致绿色产品同质化加剧。部分企业为抢占市场，以低于成本价销售绿色产品（如某竞品智能断路器售价较公司低 10%），引发价格战，压缩公司绿色产品利润空间。

6.1.4 人才储备与意识提升挑战

绿色专业人才缺口大，招聘难度高：公司急需的绿色制造人才（如环保工程师、能源管理师、IoT 系统运维工程师）存在“供需错配”，2024 年计划招聘 8 名环保工程师，仅成功入职 3 名，主要原因是汕头本地相关专业人才稀缺，外地人才因地域、薪资竞争力（公司环保工程师月薪 8000-10000 元，低于深圳同岗位 12000-15000 元）不愿入职。

现有员工绿色技能不足，培训效果待提升：生产车间员工（如注塑工、焊接工）对绿色工艺（如粉末喷涂操作、再生材料注塑参数控制）的熟练度不足，虽已开展 200 人次培训，但仍有 30% 员工在实际操作中出现工艺失误（如粉末喷涂厚度不均、焊接电流参数设置错误），导致产品返工率从 5% 升至 8%，影响生产效率。

全员绿色意识薄弱，参与度有待提高：部分员工（尤其是行政、财务等非生产部门）认为绿色制造是“生产部、环保部的责任”，存在节约意识不足（如办公室长明灯、空调温度设置过低）、创新提案参与率低（2024 年员工绿色创新提案仅 12 条，远低于年度目标 30 条）等问题，未能形成“全员参与绿色制造”的氛围。

6.2 针对性应对策略

6.2.1 技术研发与转化突破策略

针对高电压等级无溶剂材料、断路器智能能耗算法等被垄断的高端技术，通过“外部合作 + 内部攻关”双轮驱动，缩短研发周期、降低失败风险，实现关键技术自主可控。联合华南理工大学材料科学与工程学院、广东省机械工程学会，共建“绿色电气材料与工艺联合实验室”；引入“技术入股 + 项目分红”激励模式，吸引行业顶尖人才加入联合实验室。设立“绿色技术情报小组”，每月跟踪全球电气行业绿色技术动态（如新型环保绝缘材料、AI 驱动的智能能耗管理系统），每季度形成《技术前沿报告》，筛选具有应用潜力的技术进行储备性研发。

6.2.2 成本控制与收益优化策略

多渠道筹集资金，缓解资金压力：申请政府绿色专项补贴，重点对接广东省“制造业绿色转型补贴”“高新技术企业技术改造补贴”，2025 年计划申请补贴 300 万元，覆盖 30% 的新增投资；

探索“绿色信贷 + 碳质押”融资模式，以公司年度碳减排量（1286 吨 CO₂ 当量）作为质押物，向银行申请低息贷款（年利率 4.5%，低于普通贷款 1.5 个百分点），筹集资金 400 万元；

引入战略投资者，优先选择关注绿色制造的投资机构，出让 5%-8% 的股权，筹集资金用于高电压等级绿色技术研发，同时借助投资方资源拓展绿色产品市场。

优化成本结构，降低绿色原材料溢价影响：

与核心供应商签订“长期锁价协议”，例如与再生钢材供应商约定 1 年内再生钢材价格浮动不超过 5%，稳定原材料采购成本；

扩大绿色原材料采购规模，通过“批量采购”降低单价，例如再生 PC 采购量从 150 吨 / 年增至 300 吨 / 年，争取供应商给予 3%-5% 的价格折扣；

推进“材料替代与配方优化”，例如在表箱外壳中掺入 10% 的植物基塑料（成本低于再生 PC），在保证性能的前提下降低材料成本，单台表箱材料费用减少 0.5 元。

6.2.3 政策与市场风险应对策略

建立“政策跟踪 - 预判 - 应对”机制，降低合规风险：

成立“政策研究小组”（由行政部、环保部、财务部人员组成），每周跟踪国家及地方环保、碳减排、绿色制造相关政策，每月发布《政策解读与应对建议报告》，例如提前预判 VOCs 限值可能进一步收紧，提前储备升级后的催化燃烧技术，避免临时改造导致的停产损失；

参与行业标准制定，作为广东省机械工程学会会员单位，积极参与《电气设备碳足迹核算指南》《再生塑料在电气产品中的应用标准》等行业标准的起草，将公司技术优势融入标准，降低未来标准升级对公司的冲击。

多元化市场布局，降低政策依赖风险：

拓展“非政策驱动型绿色市场”，重点开发新能源车企（如比亚迪、广汽）、绿色建筑开发商（如万科、保利）等客户，此类客户因自身 ESG（环境、社会、治理）目标需求，对绿色产品的采购意愿不受政策退坡影响，2025 年计划新增此类客户 20 家，绿色产品销售额占比提升至 65%；

开拓海外绿色市场，针对欧盟（CE 认证）、东南亚（ASEAN 绿色标准）市场，开发符合当地环保标准的产品（如符合欧盟 RoHS 2.0 指令的智能断路器），2025 年计划出口绿色产品金额达 800 万元，降低国内市场波动风险。

6.2.4 人才培养与意识提升策略

多渠道引进绿色专业人才，解决人才缺口：

实施“异地人才吸引计划”，针对深圳、广州等地的绿色技术人才，提供“住房补贴（每月 2000 元，为期 3 年）+ 项目分红”福利，同时与汕头本地高校（如汕头大学）合作开设“绿色电气专业定向班”，每年培养 20 名应届生，定向输送至公司研发、环保部门；

聘请行业专家（如环保工程师、能源管理师）作为“外部顾问”，每月开展 1 次技术指导，解决高端技术难题，同时为内部员工提供技能培训，弥补专业人才不足。

构建 “分层分类” 绿色技能培训体系，提升员工能力：

针对生产员工，开展 “实操 + 考核” 培训，例如粉末喷涂培训分为 “理论讲解（2 天）+ 实操练习（5 天）+ 技能考核（合格后方可上岗）”，考核不合格者需重新培训，将员工操作失误率降至 3% 以下；

针对技术人员，开展 “高端绿色技术培训”，每年选派 5-8 名研发人员参加行业高端论坛（如中国绿色制造大会）、高校进修（如华南理工大学材料学课程），跟踪行业前沿技术，提升研发能力。

营造 “全员绿色文化”，提升参与度：

开展 “绿色制造月” 活动（每年 6 月），通过案例分享（如 “再生材料节约成本案例”）、知识竞赛、绿色提案评比等形式，提升全员绿色意识，对优秀绿色提案（如 “空压机余热回收改进建议”）给予 500-2000 元奖励，2025 年计划将员工绿色提案数量提升至 50 条；

将绿色行为纳入员工绩效考核，例如生产员工的 “废料回收利用率”、行政员工的 “办公能耗节约率” 占绩效考核权重的 10%，考核优秀者给予薪资上调、荣誉表彰，形成 “全员参与、全员受益” 的绿色文化氛围。

七、结论与建议

广东立德电气有限公司自 2024 年系统性推进绿色制造以来,围绕“设计绿色化、工艺清洁化、供应链协同化、管理智能化”目标,通过技术升级、制度建设与全链条管控,已在经济、环境、社会三大维度取得显著成效,同时也明确了未来需突破的核心瓶颈,为后续绿色转型深化奠定了坚实基础。

经济效益: 长期收益明确,投资回报优于行业基准

通过高压母线无溶剂浇注、智慧能源管理、粉末喷涂等核心项目落地,公司已构建“成本节约 + 政策补贴 + 市场溢价”的收益体系:截至 2024 年,绿色项目年均净收益达 173 万元,净现值(NPV)174.01 万元,内部收益率(IRR)15.58%(高于行业 8% 的基准折现率),静态投资回收期 4.74 年(低于制造业绿色项目 5 年的平均水平)。同时,绿色产品中标率提升 25%,绿色销售额占比从 30% 增至 55%,印证绿色制造对企业盈利能力与市场竞争力的正向驱动。

环境效益: 污染物大幅削减,碳减排成果突出

在污染控制与低碳发展方面,公司实现“源头削减 - 过程管控 - 末端治理”的全流程覆盖:年度碳减排量达 1286 吨 CO₂ 当量(其中无溶剂工艺贡献 93.31%),挥发性有机物(VOCs)削减 3.05 吨(削减率 95.3%),固体废弃物削减 88.5 吨(固废综合利用率提升至 85%),危险废弃物削减 6.5 吨(削减率 81.25%),所有排放指标均优于国家及地方标准,且成功获评“中国节能环保推广产品”,成为区域电气行业环保标杆。

社会效益: 就业与社区共赢,品牌价值持续升级

绿色制造不仅带动就业质量提升(新增 14 个绿色岗位,员工绿色技能认证率 85%),还通过社区环保共建(开放日、废旧电器回收、绿色照明捐赠)改善区域生态环境,周边 PM2.5 浓度下降 5 μg/m³,异味投诉清零。此外,四体系认证

(ISO9001/14001/45001 / 能源管理体系)与广东省科学技术奖的获得,使公司“高端绿色电气供应商”的品牌形象进一步强化,行业话语权显著提升。

基于绿色制造实施成效与现存瓶颈,结合国家“双碳”战略、智能电网发展趋势及行业竞争格局,从技术突破、供应链协同、人才建设、政策利用、长期规划五大维度提出针对性建议,助力公司实现绿色制造从“达标合规”向“行业引领”升级。

建技术创新：聚焦高端突破与国产化替代，强化数字化赋能

深化产学研协同，攻关高端绿色技术

联合华南理工大学、广东省机械工程学会，设立“高电压等级绿色电气设备专项研发基金”（年度投入 200 万元），重点突破 110kV 无溶剂绝缘材料配方、断路器动态能耗优化算法，目标 2025 年底前完成中试，2026 年实现规模化应用，替代进口材料降低成本 30%。

引入“技术成熟度评估机制”，对实验室技术（如再生塑料高性能改性）按“实验室验证 - 中试（500 台试产） - 批量适配（1000 台试产）”分级推进，每阶段设置“性能达标率（ $\geq 95\%$ ）”“成本控制率（ $\leq$ 预算 10%）”双指标，避免技术转化风险。

推动绿色技术与数字化深度融合

升级智慧能源管理系统（EMS），接入 AI 能耗优化算法，实现注塑机、空压机等设备的“实时负载调整 + 峰谷自动调度”，目标将设备能耗再降低 5%-8%；2025 年新增 IoT 传感器部署 50 个，覆盖所有高耗设备，实现能耗数据采集频率从 1 小时 / 次提升至 15 分钟 / 次，精准识别节能潜力点。

建立“绿色技术数据库”，整合无溶剂浇注、激光焊接等工艺参数、成本数据、减排效果，形成标准化技术手册，为新产线投产、技术迭代提供数据支撑。

完善供应商分级管理与扶持体系

优化供应商评估指标，新增“碳足迹数据”“再生材料使用比例”权重（各占 10%），建立“月度动态评估 + 季度现场审核”机制，2026 年实现 A 类环保供应商占比从 55% 提升至 80%；对 D 类供应商（环保不达标）实施“1 个月整改 + 淘汰预警”，避免供应链中断风险。

联合本地银行推出“供应商绿色改造贷”，公司为合作中小供应商（如塑料配件厂）提供担保，银行给予年利率 4.0% 的低息贷款（低于市场 1.0-1.5 个百分点），同时公司补贴 30% 的改造费用，目标 2025 年帮助 15 家中小供应商完成再生材料生产线、废气处理设施改造。

制定“双碳”目标下的长期发展规划

明确 2030 年绿色制造目标：单位产品碳排放强度较 2024 年下降 40%，再生材料使用比例提升至 50%，绿色产品销售额占比超 80%；为此规划“三步走”路径：

2025 年完成核心工艺绿色升级，2027 年建成 “零 VOCs 排放车间”，2030 年实现全产业链碳达峰。

布局新能源配套绿色设备，如光伏电站用高压成套设备、储能系统用智能断路器，结合公司 “新能源技术开发” 业务方向，抢占绿色能源装备市场，2027 年新能源配套产品销售额突破 1 亿元。

强化 ESG 管理与品牌输出

2025 年起发布年度《ESG 报告》，公开经济、环境、社会维度的关键数据（如碳减排量、员工培训时长、社区贡献），提升企业透明度与社会认可度；同时将 ESG 表现纳入供应商评估，推动供应链 ESG 水平整体提升。

打造 “绿色制造示范基地”，邀请客户、同行企业、政府部门参观考察，分享无溶剂工艺、智慧能源管理等经验，形成 “标杆效应”；2026 年举办 “区域电气行业绿色转型论坛”，进一步巩固公司在绿色制造领域的引领地位。

附件

附件1：营业执照

统一社会信用代码 91445103MABU79KN2A		营 业 执 照 (副 本)(1-1)		 扫描二维码登录“国家企业信用信息公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息	
名 称	广东立德电气有限公司潮州分公司	负 责 人	陈少红		
类 型	有限责任公司分公司(自然人投资或控股)	成 立 日 期	2022年08月10日		
经 营 范 围	凭总公司授权开展经营活动。(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动)				
经 营 场 所	潮州市潮安区庵埠镇庄陇村锦兴园4号之五				
登记机关					
				2024 年 09 月 2 日	
国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn		市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告		国家市场监督管理总局监制	

统一社会信用代码 91440500595876270U		营 业 执 照 (副 本)(3-1)		 扫描二维码登录“国家企业信用信息公示系统”了解更多登记、备案、许可、监管信息	
名 称	广东立德电气有限公司	注 册 资 本	人民币伍仟壹佰捌拾万元		
类 型	有限责任公司(自然人投资或控股)	成 立 日 期	2012年05月23日		
法 定 代 表 人	陈少红	住 所	汕头市金平区潮汕路金园工业城1A1片区底层之一		
经 营 范 围	设计、生产、加工、销售:高低压成套设备、输变电设备、辅助设备及零配件、高压低压电力母线、电能表用外置断路器(费控开关)、高低压断路器、电表箱、电力辅助设备、电气设备及线路监测装置、配电开关控制设备、电子产品、灯具、家用电器;销售:电子计算机、充电设备;电子计算机软硬件开发;节能技术、新能源、充电设备的技术开发、咨询、安装、维护;电力销售;承接、承修、承试供电设施和受电设施;电力技术咨询服务;货物进出口、技术进出口(依法须经批准的项目,经相关部门批准后方可开展经营活动)				
登记机关					
				2024 年 07 月 30 日	
国家企业信用信息公示系统网址: http://www.gsxt.gov.cn		市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告		国家市场监督管理总局监制	

附件2: 环境管理体系认证证书

环境管理体系认证证书

证书编号: 258248ER0349R0S

兹证明

广东立德电气有限公司

统一社会信用代码: 91440500595876270U

注册地址: 汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一 邮编: 515000

经营地址: 广东省汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一 邮编: 515000

生产地址: 广东省潮州市潮安区庵埠镇庄陇村锦兴园 4 号之五 邮编: 521000

建立的环境管理体系符合

GB/T 24001-2016/ISO 14001:2015

认证范围

资质范围内电能计量箱(非金属电表箱、玻璃钢电表箱、金属电表箱)、35kV 及以下全绝缘、半绝缘管母线的生产、销售及相关管理活动;架空线路防外力破坏警示装置(电杆防撞桶)的销售及相关管理活动

发证日期: 2023 年 03 月 31 日

换证日期: 2024 年 12 月 31 日

有效期至: 2026 年 03 月 30 日

在国家规定的各行政、资质许可范围内及有效期内使用有效, 获证组织在证书有效期内需按期接受监督审核, 监督审核合格后证书方为有效。本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官网 (www.cnca.gov.cn) 查询。



中国认可
国际互认
管理体系
MANAGEMENT SYSTEM
CNAS C225-M

签发人: 

中正国际认证(深圳)有限公司



地址: 深圳市南山区西丽街道白芒社区沙河西路 5298 号百旺研发大厦 1 栋 1601

网址: www.zozen.com.cn 电话: 0755-26553166 邮编: 518108



ISO 14001

能源管理体系认证证书

证书编号: 25825EN0574R01

兹证明

广东立德电气有限公司

统一社会信用代码: 91440500595876270U

注册地址: 汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一

邮编: 515000

经营地址: 广东省汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一; 广东省潮州市潮安区庵

埠镇庄陇村锦兴园 4 号之五

邮编: 515000

建立的能源管理体系符合

GB/T 23331-2020/ISO 50001:2018&RB/T 119-2015&RB/T 114-2023

认证范围

资质范围内电能计量箱(非金属电表箱、玻璃钢电表箱、金属电表箱); 配电箱的生产、销售所涉及的能源管理活动

(获证组织的能源绩效、能源管理体系边界信息见附件)

(IAF Code:2)

发证日期: 2025 年 07 月 09 日

有效期至: 2028 年 07 月 08 日

在国家规定的各行政、资质许可范围内及有效期内使用有效, 获证组织在证书有效期内需按期接受监督审核, 监督审核合格后证书方为有效。本证书信息可在国家认证认可监督管理委员会官网 (www.cnca.gov.cn) 查询, 并可在国际认可论坛 (IAF) 全球认证数据库 (www.iafcertsearch.org) 查询和验证。



签发人:

陈世雄

中正国际认证(深圳)有限公司



地址: 深圳市南山区西丽街道白芒社区沙河西路 5298 号百旺研发大厦 1 栋 1601

网址: www.zozen.com.cn 电话: 0755-26553166 邮编: 518108



ISO 50001

附件 4: 供应链安全管理体系认证证书



供应链安全管理体系认证证书

证书编号: ZRC25SCSMS-10069R0S

兹 证 明

广东立德电气有限公司

统一社会信用代码: 91440500595876270U

注册地址: 汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一

审核地址: 广东省汕头市金平区潮汕路金园工业城 1A1 片区底层之一 (办公地址);
广东省潮州市潮安区庵埠镇庄陇村锦兴园 4 号之五 (生产地址)

建立的供应链安全管理体系符合:

ISO 28000: 2022 《供应链安全管理体系的规范》标准的要求

证书覆盖范围:

CCC 自我声明范围内低压成套开关设备的生产、销售及
其场所涉及的供应链安全管理活动
(有关多场所信息见本证书附件, 本证书与附件一并使用方为有效)



发证日期: 2025 年 07 月 14 日 有效期至: 2028 年 07 月 13 日

本证书的有效性依据发证机构的定期监督获得保持
证书有效性可登录中国国家认证认可监督管理委员会网址 www.cnca.gov.cn 或扫描二维码查询

广东中认联合认证有限公司

地址: 佛山市顺德区容桂朝桂南路1号科技创新中心4座2305号之一
邮编: 528315 电话: 0757-22191198



附件 5：部分荣誉证书





自信 诚信 公信

CSIT

三信国际检测认证有限公司

公司地址：郑州市高新技术产业开发区莲花街 352 号一号楼 5 层

联系电话：037169127788

公司邮箱：cncsit2015@163.com

公司网站：www.cncsit.cn