



上海现代服务业联合会  
Shanghai Services Federation

Rx 荣续智库

# 新能源汽车行业 ESG 案例白皮书



# PREFACE

## 前言

新能源汽车产业作为交通领域脱碳减排的核心载体，正从“电动化普及”向“可持续化深化”转型，ESG已成为衡量企业核心竞争力的关键标尺，更是推动产业高质量发展的重要支撑。

面对欧盟《新电池法》等国际法规的约束、资源安全的挑战以及全价值链责任延伸的需求，新能源汽车企业的ESG实践成效，直接关系到产业可持续发展大局与全球气候目标的实现。为系统呈现全球新能源汽车领域ESG实践的全景图景，总结行业先进经验、剖析现存挑战，我们精选11家国内外代表性企业，涵盖理想汽车、特斯拉、蔚来汽车等造车新势力与行业领军者，华为汽车、法因图尔等跨界创新企业，比亚迪、上汽集团、大众汽车等中外传统车企转型标杆，以及Lucid motors等海外新锐力量，全面覆盖不同发展模式、不同市场定位的企业样本。

本书以案例为核心，既展现各企业的特色举措与突出成果，也客观呈现行业发展中的共性问题与改进方向。希望通过本白皮书，为新能源汽车行业企业提供可借鉴、可落地的ESG实践参考，推动行业内ESG理念的普及与实践的深化，助力企业实现商业价值与社会价值的协同发展。

# ANALYST

## 研究员

蔡惠平

高级注册ESG分析师：25RZQLKC000977A

程彦淇

高级注册ESG分析师：25RZQLKC002447A

丁胜一

CFA ESG证书：102725220

董娜

高级注册ESG分析师：25RZQLKC002825A

顿茹兰

高级注册ESG分析师：25RZQLKC002518A

黄如峰

高级注册ESG分析师：25RZQLKC0005533A

碳管理师：CHINAETSCM20250010083

国际通用ESG策略师：SH3419FCA0499

CFA ESG证书：104018309

碳管理师：CHINAETSCM20250010046

蓝欣源

高级注册ESG分析师：25RZQLKC003372A

刘敏

碳管理师：CHINAETSCM20250010181

刘毅

CFA ESG证书：131055246

高级注册ESG分析师：25RZQLKC002548A

吕滢

高级注册ESG分析师：23RZQLKC001154A

任如意

高级注册ESG分析师：24RZQLKC602410A

碳管理师：CHINAETSCM20250010159

国际通用ESG策略师：SH0012FCA0497

CFA ESG证书：105482050

孙健

碳管理师：CHINAETSCM20240010078

王泽恩

CFA ESG证书：142671875

巫文杰

CFA ESG证书：102189582

高级注册ESG分析师：25RZQLKC003324A

张冬雪

高级注册ESG分析师：25RZQLKC003786A

张黎

CFA ESG证书：141141033

赵云云

高级注册ESG分析师：25RZQLKC0022476A

# CONTENTS

## 目录

05	第一章	理想汽车	83	第七章	法因图尔
25	第二章	特斯拉	93	第八章	Lucid motors
38	第三章	蔚来汽车	105	第九章	比亚迪
55	第四章	华为汽车	113	第十章	上汽集团
65	第五章	福特汽车	121	第十一章	大众汽车
73	第六章	江陵汽车			

# 第一章 理想汽车

理想汽车创立于 2015 年 7 月，总部位于北京，是一家专注于设计、研发、制造和销售豪华智能电动车的新能源汽车品牌，隶属于北京车和家信息技术有限公司。理想汽车以“创造移动的家，创造幸福的家”为使命，致力于为家庭用户提供安全、便捷、舒适的产品与服务。

理想汽车是中国增程式电动车的开创者，并在坚持增程技术路线的同时打造纯电动汽车平台。2018 年 10 月，理想汽车发布首款智能电动车——理想 ONE，这是一辆六座豪华 SUV，凭借增程电动系统解决了用户的里程焦虑。2022 年起理想汽车陆续发布其他三款增程电动车——家庭六座旗舰 SUV 理想 L9、家庭六座豪华 SUV 理想 L8、家庭五座旗舰 SUV 理想 L7。2024 年 3 月，正式发布首款纯电家庭科技旗舰 MPV——理想 MEGA，4 月又推出家庭五座豪华 SUV 理想 L6。截至 2025 年 2 月，理想汽车历史累计交付量为 119 万辆。

在研发与制造实力上，理想汽车拥有强大的自研能力。目前，理想汽车拥有常州智能制造基地和北京绿色智能制造基地两大自建工厂，涵盖冲压、焊装、涂装、总装、检测、物流、IT 等完整的整车生产工艺，这两大工厂分别被评为绿色工厂。以常州制造基地为例，其采用节能环保工艺，实现用地集约化、原料无害化、生产清洁化、能源低碳化，使常州制造基地达到了江苏省对长三角经济带环太湖流域设定的更为严格的排放标准，并满足特定污染物管控专项要求。常州制造基地于 2022 年通过江苏省绿色工厂认证，获得环境绩效 A 级企业项目等多项环保奖项。

理想汽车将可持续发展实践融入企业战略和运营，用行动落实可持续发展策略。理想汽车在实现企业愿景与使命的同时，积极承担社会责任，响应联合国可持续发展目标，为全社会的可持续发展贡献力量。

## 一、可持续设计

理想汽车在产品阶段融入可持续研发理念，探索轻量化路径、开发绿色电池与电驱及精细把控能源消耗，从设计源头降低汽车产品全生命周期的环境影响。

### 1. 轻量化设计

理想汽车在保证汽车性能基础上，通过在车身、内外饰、底盘、电池、电驱等系统中全面优化材料选择、技术工艺和结构设计，实现减重目标，降低能耗和减少碳排放。例如在非承载部位（如车门、引擎盖），部分车型的悬架、副车架等底盘部件、电池壳体等使用铝合金材料并采用结合一体化压铸设计，

与原有钣金焊接件相比实现减重。使用钢铝混合“堡垒安全车身”，在 A 柱、B 柱、门槛、车门防撞梁等关键部位使用硼钢，形成笼式防护结构，集真空高压一体式压铸、铝挤出门槛梁、航空级铝合金、复合材料车身加强件结构、TRB1（Tailor Rolled Blank 即不等厚度轧制板材）可变料厚热成型材料等技术于一身，全面降低整车重量。例如理想 MEGA 采用笼式车身结构配合大量先进高强度轻量化材料，铝合金占比 45%，高强钢占比超 34%。下车身则采用真空高压一体压铸后地板骨架；门槛采用 11 宫格挤出铝。另外理想汽车在内饰件、覆盖件（如尾门）采用工程塑料或碳纤维增强复合材料，进一步减重。

图 1：钢铝混合“堡垒安全车身”



来源：理想汽车官网

图 2：理想 MEGA 使用免热处理铝合金一体压铸后地板骨架



来源：理想汽车官网

## 2. 电池绿色设计

一方面，理想汽车针对电池失效及电池性能问题。通过专项技术分析常见故障场景--如电池鼓包、电解液冒泡，电池材料损坏、电极上析出锂等，定位问题根源以优化能源利用效率；同时积极探索电池使用的极限潜力，包括研发不损伤电池的最快充电速度、搭载高精度的电池管理系统 BMS 来实现电池状态精细控制、通过计算机模拟精准计算电池损耗过程、为用户推荐电池的最佳使用方法并支持通过远程升级（OTA）给电池的控制系統更新功能等，以全面提升电池性能。

另一方面，针对充电效率。2024 年 9 月，理想汽车城市 4C 超充桩，使超充车型的平均满充时间缩短至 18 分钟以内；5C 超充桩，超充车型的平均满充时间可进一步缩短至 15 分钟以内。

再次，在动力电池外壳、电芯等关键部位采用可循环材料，提高电池的循环回收利用率。此外理想 L6 首次采用磷酸铁锂电池，在增加电池循环次数的同时，兼顾高能量密度和高功率输出的双重性能需求。

## 3. 电驱绿色设计

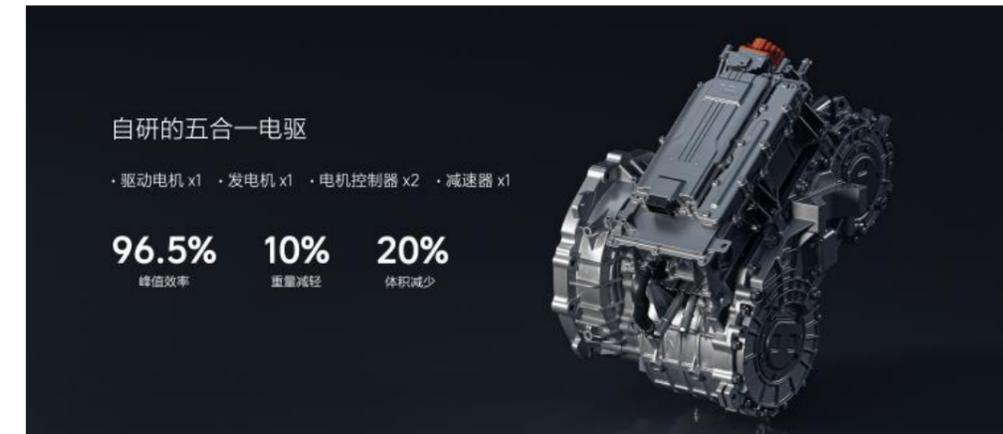
理想汽车采用碳化硅技术，碳化硅的快速开关特性、低电阻以及高温稳定性可降低开关损耗、导通损耗以及高压额外保护所需的损耗，相较于 IGBT2 电驱大幅提升电驱驱动效率，整车能耗降低 6%以上，全生命周期碳排放降低约 3.5%。

采用高密度电驱设计技术，理想汽车自研的五合一电驱动系统，采用了高槽满率的多层扁线设计、低损耗硅钢片和变频控制策略，可提高铜线占凹槽空间的比例、减少发热、并可跟据不同行车的不同情况智能调节频率和电流，使发电效率和驱动效率的峰值均达到了 96.5%，并通过深度集成式设计使重量减轻 10%，体积减小 20%。

## 4. 能耗管理技术

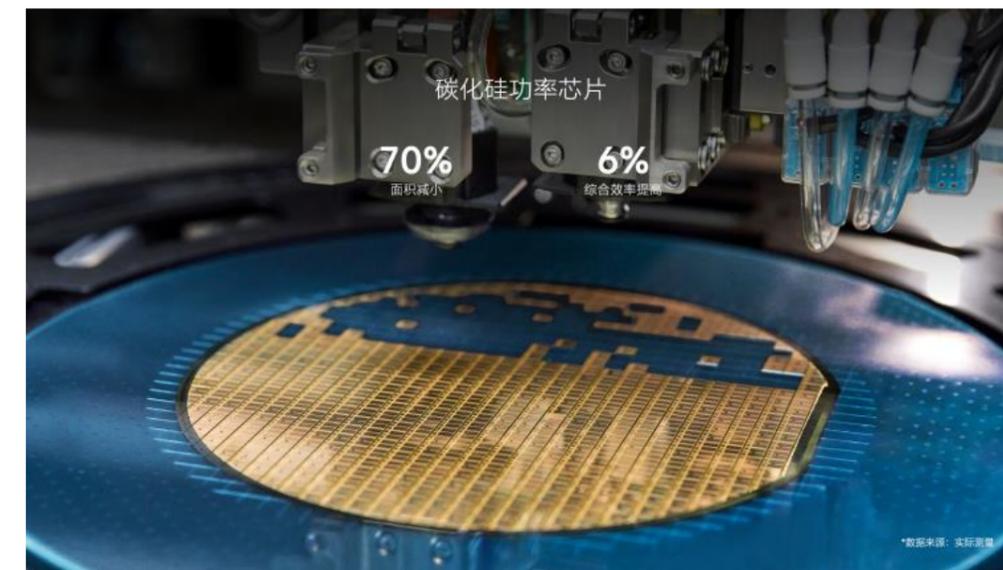
在热管理领域，一方面依托双源热泵技术，收集车外热量和车内电机产生的废热，减少制热耗能，另一方面通过双层流空气箱对车内不同区域的温度进行独立控制，避免整体控温造成的能源浪费。2024 年理想汽车创新推出升级的热管理 TMS<sub>1.2.0</sub> 系统——系统深度整合增程器、电驱、热泵空调与电池四大核心部件的散热、加热需求，同时搭配了辅助散热的技术，能充分利用车外冷空气或暖空气以及车辆自身产生的热量实现“按需冷却、精准加热”，既满足 5C 超充场景下电池的高强度散热需求，又通过零部件紧凑集成和电控分开设置来节省空间并优化控制效率，最终从热管理维度推动车型能效提升，间接降低碳排放。

图 3：自研五合一电驱



来源：理想社区

图 4：碳化硅功率芯片



来源：理想社区

在车辆控制领域，理想汽车通过多系统协同优化运行效率：一方面，油电智能分配系统可根据道路拥堵或畅通的情况、电池剩余电量动态调整油电分配比例，减少增程器在低效区运行时间，降低整车油耗。另一方面，废气再循环系统冷凝模型，把发动机排放的废气再利用，降低能耗。另外，优化智能负载系统，根据车辆高速行驶、低速泊车等工作场景，关闭非必须功能，减少低压系统能耗。

表 1：理想汽车部分产品综合能效对比表

车型	电池续航里程 <sup>1</sup> (公里)		增程油耗 <sup>2</sup> (升/百公里)	
	2023 款	2024 款	2023 款	2024 款
理想 L9	215	280	7.9	7.6
理想 L8	210	225	7.7	7.6
理想 L7	210	225	7.6	7.4

来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

## 二、智能工业

### 1. 智能制造系统

理想汽车自研的智能制造操作系统——Li-MOS 对订单生产计划、物料运输、车身冲压、车身拼接焊装、车身涂装、各部件总装 6 大业务领域实现起点到终点全流程的闭环管理，覆盖了每一辆理想汽车从订单排产开始到车辆下线的全周期。管理项目包含对订单排产、生产过程管理、生产工艺管理、设备运行管理、生产过程中遇到的问题录入系统直到问题解决的闭环管理、发生变动的环节管理、人员管理、物料管理、仓储运输等制造流程进行全面管理。在排产计划阶段，Li-MOS 智能制造操作系统会与销售端深度联动：当系统接收到销售端的订单数据及市场需求预测后，无需人工干预即可自动生成整车生产计划，不仅能精准定位每辆车的生产工位，还会细化明确车型生产排序；与此同时系统会通过 LI-SCM 供应链管理系统向零部件供应商自动推送匹配的物料采购计划，实现物料需求计划 100%准确。在零部件的物流运输阶段，Li-MOS 的 TMS 运输管理系统对每一个运输车次进行全流程追踪与数据记录，一方面通过智能化算法优化货物配载方案（如合理分配不同零件的装车空间），另一方面实现运输车辆的动态智能调度（如选择合适的车辆，走最优路线等），确保零部件高效、准时送达生产车间。

### 2. 连山质量预警平台

理想汽车智能工业“连山”平台是一个集纳基地制造数据、部分供应商产线制造过程数据及用户脱敏数据的 AI 系统，构建了‘数据采集-模型训练-实时决策’的全链路技术体系，其基于大量历史数据和

预设数据等，模仿人脑的思考过程，快速分析并反馈实时数据是否异常，实现产品全生命周期质量管理，持续赋能整车研发、供应、制造和售后服务全链条，助力整车制造业由经验驱动向数据驱动的转变。

- 研发方面：理想汽车研发团队可以实时获取车辆在各种状况下如车辆行使所处的气温状况、道路拥堵状况、载重状况等的运行数据。通过将数据实时上传至后台，并借助智能大模型进行深度分析，可以实现在研发阶段提前发现问题，从而优化产品设计；
- 供应方面：几大核心组件的供应商基地接入连山平台，理想汽车可以把订单和市场预测给供应商，还能帮助供应商第一时间找准质量偏差、找到解决方案。如果工厂生产偏出一定值，连山平台会自动提醒；
- 制造方面：连山平台完成了冲压、焊装、涂装、总装四大车间全流程的覆盖，已实现了对铆接、滚边、点焊、涂胶、螺柱焊、拧紧等上万个关键节点的工艺数据实时监控和自动预警，将整个车辆制造生命周期里 85%的工艺参数搬至线上，不仅能更精准地把握工厂的运行状态，还可实现“一车一档”，完成质量数据的全生命周期可追溯，从而不断优化制造工艺与产品品质。理想汽车的产线在原有的在线检测系统、人工抽检的基础上，又多出来了上万个专业的 AI 质检员，持续地去对每台车的每个工艺细节进行实时的在线扫描检测。例如该系统已在理想汽车单个总装车间实现每日 200 余次拧紧异常的实时拦截与快速闭环反馈，显著提升了成品的拧紧质量保障能力。
- 售后方面：连山平台在售后服务中具备预测性，连山系统发现问题苗头，会在消费者还未察觉任何不适时主动介入，加快了售后服务流程。例如空气悬架系统通过实时监测气囊压力、高度传感器数据，提高漏气预警准确率；远程诊断方面，开发车载 AI 诊断系统，可识别多数常见故障，通过 OTA 远程修复，降低客户到店维修率。

### 3. 柔性生产

理想汽车北京绿色智能制造基地焊装车间在硬件配置基础上——拥有 21 条全自动生产线、663 台机械臂，零件焊接、用铆钉固定零件等连接自动化率达到 100%，可支持 4 款车型共线柔性化生产，还结合 li-mos 智能制造操作系统的调度能力和连山质量预警平台的监控保障，共同构成了理想汽车高效、稳定的柔性生产能力。

### 三、供应链管理

#### 1. 供应商 ESG 管理

首先，从制度层面，2024 年理想汽车在《供应商质量手册》将环境保护、社会责任等内容融入供应链管理的采购、生产协同、质量管控等各个环节中，推动供应商共同践行可持续发展理念，形成产业链绿色共识。

其次，在供应商准入方面，理想汽车对候选供应商的评估范围涵盖产品质量、生产安全、商业伦理、环境影响及劳工权益等关键领域。将 ESG 评审作为潜在供应商准入的关键条件，其准入审核评分中环境方面包含尽可能使用可回收的绿色环保材料、尽可能回收再利用汽车产品和零部件、鼓励供应商生产符合可回收利用标准的产品、优先采购具备可回收性、低污染性、低排放性的绿色环保材料，并在产品工业化开发阶段，全面评估供应商的专业认证、合规资质、节能措施、废弃物处理能力。

再次，规范与监督方面，在 2024 年“全球合作伙伴大会”上，理想汽车发布《理想汽车廉洁合作指南》，进一步规范供应链合作伙伴的商业行为。公司制定供应商退出机制，淘汰存在重大诚信问题、隐瞒行为或安全事故的供应商。

#### 2. 冲突矿物管理

理想汽车鼓励并要求战略合作伙伴和关键供应商开展冲突矿物的尽职调查，确保其提供的原材料和零部件不涉及任何冲突矿产，从源头上保障供应链的合规性和社会责任。

#### 3. 供应商赋能

理想汽车通过线上、线下、专项形式，开展合作伙伴赋能项目，提升供应商的供应质量和工业化能力。

**理想汽车围绕核心部件、关键技术与供应商深度合作。**例如，2021 款理想 ONE 与地平线征程 3 合作，双方团队紧密协同，用 8 个月的时间基于国产芯片实现 L2+导航辅助驾驶量产，并使理想汽车实现了前视 800 万像素摄像头的全球首发。这种模式使得地平线征程芯片累计出货量近 400 万片，成为全球少数具备竞争力的智能驾驶芯片供应商。

理想汽车与供应商合作研发增程车金属高压油箱时，专门派人现场指导，协助供应商建立完善的产线

和自供的体系，双方深入合作，共同解决难题。之后该供应商在理想的支持下共同开发成功性能更好的 L 系列车型高压油箱，理想汽车有了一个稳定的油箱供货和自控体系，该供应商也实现了从 0 到 1 的发展历程。

类似模式还应用于电驱、电池、空气悬架等关键部件合作中，理想通过技术输出、产线支持、质量管控体系搭建等赋能动作，与供应商共同突破技术瓶颈，既保障自身车型核心部件的稳定供应与性能升级，也带动供应商工业化能力与市场竞争力的提升。

**理想汽车通过搭建创新平台与数字化协同体系，将赋能从“单点帮扶”升级为“长效协同”。**例如，2024 年，理想汽车与供应商协作联合创新平台，打造统一、官方的交换创新理念和技术信息的渠道。理想汽车希望通过该平台与合作伙伴共享技术成果，推动创新转化、价值共创与合作增值。

理想汽车依托“连山”系统，与供应商共同打造产业链级协同互联平台。从战略供应商切入开展深度赋能，通过集成供应商资源与数据信息，协助供应商优化库存管理、降低备料成本，构建供应风险预警机制，从制造质量的前介入检测，帮助供应商全流程控制零部件质量，强化风险防范。同时，借助数据资产共享和系统化应用，提升双方管理决策水平和日常沟通效率。

**供应链文化建设**方面，2024 年，理想汽车从文化层面强化供应链协同，推出以“共赢·创新·链接”为核心的 W.I.N.1 供应链文化。通过打造共同的目标和价值观，理想汽车与供应商形成了紧密的伙伴关系，带动产业链齐头并进、合作共赢。

### 四、绿色材料开发

#### 1. 环保材料开发

理想汽车在材料开发阶段优先选用绿色无害材料，开发生物基材料，例如通过处理甘蔗提取液获得生物基聚乙烯（生物基 PE 材料），该材料性能与传统 PE 材料持平，较化石来源 PE 材料可实现约 70% 碳减排，且甘蔗种植过程中通过光合作用固定的二氧化碳可被永久封存于聚合物分子链中，具备“负碳材料”特性。理想汽车积极推进生物基环保材料应用于汽车内外饰。

另外理想汽车建立低碳材料数据库系统，整合材料碳足迹、环保属性、性能参数等信息，为设计与采购环节提供“从优选材”依据，确保材料既满足车辆性能要求，又满足环保与可持续标准。

## 2. 回收材料开发

理想汽车逐步增加车型中可回收铝材料的应用，既实现产品轻量化、耐腐蚀，又体现环保效益。例如：收集废轮、机加工铝屑等，除去杂质、熔炼制成再生铝材，制作新轮毂时，添加 75%的再生铝材制备成低碳铝轮毂，经三级检测均满足性能要求，单件成品可实现降碳 60%；回收铝材料用于一体化压铸材料如后地板骨架，单件成品在硬度、强度满足要求的同时可实现降碳 25%；

使用植物来源的原料如甘蔗提取物替代石油基单体，做成 PC 材料，可实现降碳约 80%；

把回收的 PP 材料比如旧汽车拆解下来的 PP 材料加工后，按 30%的比例加入新的 PP 材料里，再通过优化处理工艺保证性能稳定，每千克可实现降碳 0.55kg 二氧化碳当量。

## 3. 有害物质管控

理想汽车将国内环保法规、制度文件及欧盟更严格的同业法规进行深度解读、内化，形成企业管控标准和多项开发流程管控文件，使有害物质管控有具体的操作依据。

- 有害物质减量：2024 年，理想汽车降低部分有害物质的允许使用限值要求，从源头上减少有害成分；对方向盘、座椅等和人接触的部件，按接触程度分级管控潜在有害物多环芳烃实行分级管控，接触越频繁的部件，管控越严格，对与人体接触的材料，在开发阶段通过数据监控识别材料是否可能导致过敏、是否难以降解、是否存在生物累积性等，确保有害风险降至最低；减少铅、铬等重金属材料的使用，开发与应用无铅焊料，电镀环节禁用有毒的 Cr6+电镀液，既减少污染也保护工作人员健康。
- 有害物质环保替代：2024 年，理想研发用“栲胶”（天然植物提取物）给汽车 NAPPA 皮革染色的技术，让工业染料用量直接减少 50%。

## 五、资源管理

### 1. 智慧能源管理系统

集中监控多个消耗能源的系统，无需逐个系统检查。如果某个设备的能源供应出现故障，系统自行启动应对方法，如自动切换备用设备，减少能源浪费。该系统可以记录并分析各项能源消耗的比例和数量是否合理，对消耗能源不合理的设备及时进行远程调控。

## 2. 采用节能技术

理想汽车北京基地涂装环节采用免中涂等工艺优化工序，并引入可回收余热的蓄热式氧化炉，预计年度节约燃气 50 万立方米；非生产日调高工艺冷冻水的温度，如果外界气温不高，将冷机调整为间断运行，预计年度节约电量 34.51 万千瓦时；常州基地根据环境温度调整冷却塔的风机开启数量，预计年节约电量 47.78 万千瓦时；非生产及停产期间将组装、冲压、焊接、输送线等环节的压缩空气压力调低，年度节约电量 35.05 万千瓦时。

## 3. 引入清洁能源

2024 年理想汽车常州基地二区完成光伏项目并网发电，合计装机量达 23.6 兆瓦，预计年均发电量达 2000 万千瓦时。

## 4. 水资源管理

理想汽车在日常运营中强调随手关水、严禁长流水现象，对于跑冒滴漏及时处理，并在设计、建设中均选用节水型器具如节水龙头、节水冷却塔，建立雨水蓄水池收集雨水。同时，污水处理系统将污水处理后达到中水标准，回用至冷却塔、卫生间、绿化等地，提升水资源综合利用率。在水资源使用的全过程安装必要的计量器具，每日记录各个区域水资源消耗量，按月度进行汇总上报，及时监督生产运营用水是否异常。

## 六、循环回收利用

### 1. 动力电池回收

理想汽车动力电池回收体系包含自由销售渠道的回收点如线下门店、服务网络，和与官方白名单企业合作的回收网点。电池回收并入理想供应链后进行材料再生，拆解提取里面的锂、钴等有用材料，这些材料再交给电芯制造商做成新电芯，新电芯组装成新电池包，最后装到新的汽车上。从电池回收开始到最后装上新车，每一步都有数据记录。可以查询电池轨迹信息，还可以对数据进行分析并开发用户需求，比如从数据里看出车主的电池使用习惯，反过来优化电池设计、开发更贴合用户需求的功能。

图 5：废旧蓄电池处置规范模式



来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

## 2. 整车材料回收

理想汽车建设整车拆解闭环回收体系，与具有拆解资质的拆解公司进行合作，围绕精细拆解技术展开交流，通过该技术将整车进行材料梯级分类，筛选出部分具有回收价值的材料进行循环再生处理，回流至理想供应链中。

主动开展报废零部件、材料的回收利用性能的研究验证工作，并进行回收利用体系的拟定和搭建，为未来应对今后报废车辆的处理与回收需求提前做好准备。理想汽车依据 GB/T19515-2015《道路车辆可再利用率及可回收利用率计算方法》，针对旗下不同车型，分别核算整车可再利用率 1（优质回收）和可回收利用率 2（全面回收）进行核算并对用材情况进行全程追踪，确保产品的回收和重复利用水平符合标准要求。

## 七、产品碳足迹管理

理想汽车对产品碳足迹评估与核算工作，已实现全生命周期覆盖，具体包含原材料采购、整车生产及产品使用等关键阶段。2024 年，理想汽车参考多项权威准则，包含国际层面的 ISO14067（国际标准化组织产品碳足迹核算标准）、PAS2050（英国标准协会产品碳足迹核算规范），以及国内的《道路车辆产品碳足迹碳标签实施指南》，对理想 L6、理想 MEGA 等车型开展生命周期碳排核算工作。

表 2：理想汽车可再利用率及可回收利用率

车型	可再利用率	可回收利用率
理想 MEGA	94.7%	97.0%
理想 L9	93.0%	95.9%
理想 L8	93.4%	95.7%
理想 L7	94.3%	96.3%
理想 L6	94.7%	96.8%

来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

表 3：理想汽车各车型碳排核算结果

车型	生命周期碳排放 (kgCO <sub>2</sub> e)	单位行驶里程碳排放 (gCO <sub>2</sub> e/km)
理想 MEGA	40,391.67	269.28
理想 L9	44,693.74	297.96
理想 L8	44,032.73	293.55
理想 L7	43,851.70	293.34
理想 L6	39,479.96	263.19

来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

面向供应商开展产品碳排放合作交流和专项培训。通过分享行业先进经验与实践案例，助力供应商提升碳排放管理认知与能力，2024 年，理想汽车开展和参与多项相关产品碳足迹及温室气体核算国标及行标的制定与研讨、核算边界制定、核算方法学研究等工作，助力碳核算工作推进。

## 八、三废排放管理

### 1. 废水管理

理想汽车废水生产过程中的废水主要污染物为化学需氧量（COD）、氨氮、总磷。

分类分质处理。理想汽车对涂装废水、冲压清洗废水、循环冷却水等进行分类同时根据污染物浓度、水质复杂程度进行分质处理。

全流程监测及管控。设计阶段，优先选用低污染原料，从源头减少污染物的产生；在工艺处理阶段，在满足工艺的前提下，降低导槽运作频率，控制清洗用水喷淋流量，减少废水排放；在水处理阶段，应用高精度过滤及深度净化的先进技术如膜生物反应器（MBR）、反渗透技术（RO）等达成废水氮磷零排放，并配备减少污泥异味的污泥干化设备、生物滤池除臭设备等，同时安装了在线监测系统，全流程监测控制水污染。处理达标后的水再回收利用。

2024 年，为响应太湖流域氮磷削减政策，理想汽车常州基地对废水处理工艺进行优化升级，对生产废水和生活污水进行无害化处理及资源化再利用，使出水水质优于排放标准。

### 2. 废气管理

理想汽车废气核心污染物为挥发性有机化合物（VOC）。

源头减排。采用绿色工艺、使用环保材料，例如开发外饰件水性漆及液态可喷涂型阻尼隔音材料 LASD，扩展环保水性漆喷涂件应用范围，减少 VOC 排放。

过程管控。理想汽车制定了明确的排放控制目标——要求 VOC 排放浓度不超过 15mg/m<sup>3</sup>；同时建立 VOC 排放管理台账，对废气排放的浓度、排放量等关键数据进行实时记录与动态追踪，通过严格监控与精细化管理，保障废气排放始终符合管控要求。

末端治理。2024 年，理想汽车重点对涂装车间喷漆废气处理设施进行了技术升级，升级后 VOC 废气排放浓度平均降幅约 25%，日均 VOC 排放量减少 38.96kg，从单车型来看，平均单车排放量减少约 30%，单位产品 VOC 排放量低至 0.042kg；在售后服务环节理想汽车直营门店售后服务端钣喷中心配备专业环保处理设备，包含生物水淋塔、催化燃烧设备及活性炭过滤装置，所有油漆作业产生的废气，均经过上述设备处理达标后排放。

### 3. 废弃物管理

理想汽车固体废弃物主分为两类，一类为一般废弃物，包含金属废料、包装材料、生活垃圾、餐厨垃圾等，另一类为以及危险废弃物涵盖污泥、漆渣、废溶剂、废胶等。理想汽车制定专项制度，对固体废弃物进行全流程管理。

针对工业制造过程中产生的钢材、铝材、木材等可回收废弃物，通过合作的具备正规资质的材料回收单位进行能源回收、综合利用。

针对危险废弃物，通过废弃物信息管理系统对其存放环境、转运流程等环节进行有效管控。2024 年，理想汽车制定了危险废弃物减量化目标和具体实施路径并建立持续跟踪监测机制，通过优化生产工艺、提升资源利用效率等多种减量举措，从产生源头减少危险废弃物的排放量，推动固体废弃物管理从“末端处置”向“源头减量”升级。

表 4：理想汽车制造端固体废弃物处置数据

处置方式	单位	处置总量
能源回收	吨	3,488.8
填埋（一般废弃物）	吨	不涉及
综合利用（一般废弃物）	吨	64,706.1
综合利用（危险废弃物）	吨	4,572.3

来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

#### 4. 噪声管理

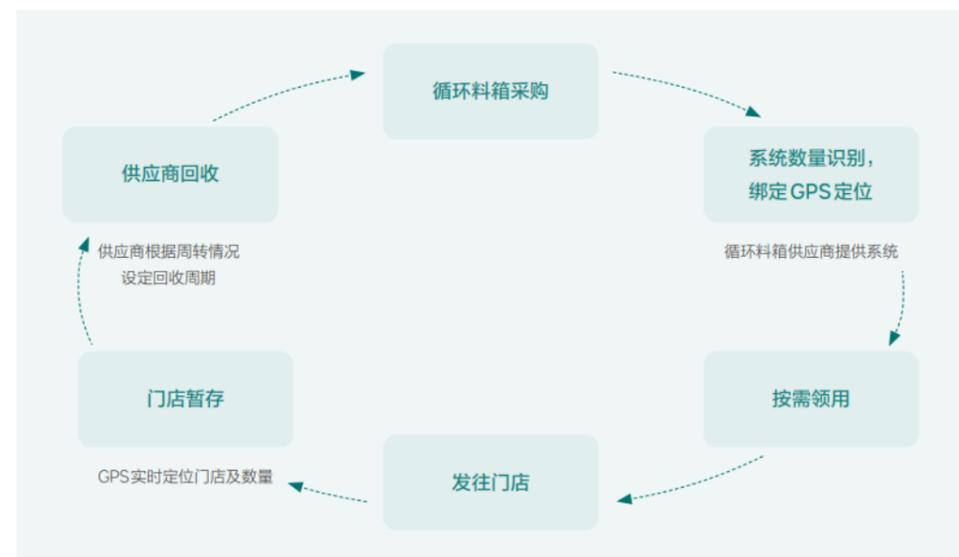
理想汽车将厂界噪声纳入环保自行监测，建造厂界隔音墙、安装冲压机隔音罩和焊装破拆隔音室降低对周边社区生活的干扰；将生产区域噪声纳入职业危害因素检测，为员工配置降噪防护装备，在厂界周边设置绿化带、种植树木，定期维护设备以降低运行过程中的噪声，厂区内除调试车外车辆禁止鸣笛，保障职工职业健康。另外每季度委托有资质的第三方机构开展噪声监测工作，监测完成后出具带有中国计量认证（CMA）标志的监测报告。

### 九、低碳物流

#### 1. 循环包装材料回收

理想汽车在设计阶段，统筹规划包装方案，通过优化零部件布局、改进包装结构等方式，降低单车包装体积。在使用阶段，与供应商合作，通过标准化包装设计、建立包装回收转运机制等，提高包装循环使用率。2024年，随着新款车型的陆续推出，理想汽车的循环包装比例逐渐提升，已从理想L9的92.6%提升至理想L6的95.8%。此外，公司采取多项措施减少包装环节塑料的使用，包括用可反复使用的金属料架替代传统一次性塑料包装，推动包装环节的低碳环保转型。

图 6：理想汽车循环料箱优化流程



来源：理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告

#### 2. 绿色物流运输

运输车队升级。理想汽车投入新能源运输车辆，已启用氢电混动短驳车及电动挂项目卡车，与传统柴油车相比，该类车型可年度减少碳排放 170.3 吨，同时在直营门店增配新能源车辆，进一步扩大新能源运输的范围；

场内外搬运设备更新。在厂内和外仓场景，引入充电类型搬运设备涵盖充电叉车、充电牵引车、无人自动导引装置（AGV）和纸箱传输装置（CTU）等，降低物流搬运环节的碳排放。

提高运输满载率。通过系列精细化措施如优化每次到货量、调整零件数量取整规则以及协调多工厂取货频率等，提高运输满载率，减少车辆空驶或半载运输情况，此举减少车辆行使总里程约 58.9 万公里，年度可减少碳排放约 526 吨；

取消冗余仓库设计。取消二级仓设置，推进现有仓库合并和实施精益物流直送模式等减少中间环节，降低外仓租赁面积，同时减少了因货物在多仓库间转运产生的卡车短驳资源消耗。截至 2024 年底，外仓已合计实现减租 6.6 万立方米，节约电量约 13 万千瓦时。

#### 参考文件

1. 理想汽车官网.<https://www.lixiang.com/>
2. 连山官网.<https://lianshan.lixiang.com/>
3. 有个理想.令马斯克都头疼的制造难题，理想汽车是如何攻克的？.理想社区.2023-09-18.  
<https://www.lixiang.com/community/detail/article/912389.html>
4. 官方发布.理想汽车 2024 年环境、社会及管治报告.LI 理想.2025-04-10.  
<https://ir.lixiang.com/static-files/756c207b-c016-4b5c-94e4-4eef9da91940>
5. 有个理想.首次揭秘，理想汽车智能制造的“超级大脑”.理想社区.2023-10-30.  
<https://www.lixiang.com/community/detail/article/975625.html>
6. 秦华江.向“质”图强“理链”先行.搜狐资讯.2024-10-24.  
[https://m.sohu.com/a/819648438\\_121478296/](https://m.sohu.com/a/819648438_121478296/)

7. 史莲寅、徐晶玮.江苏常州：“千亿车企”深融“万亿之城”，“双向奔赴”跑出发展“加速度”.今日头条.2024-10-18.  
[https://www.toutiao.com/article/7426947808105710118/?upstream\\_biz=doubao&source=m\\_redirect](https://www.toutiao.com/article/7426947808105710118/?upstream_biz=doubao&source=m_redirect)
8. AI 创新实验室.理想汽车 AI 工厂突破：深度解析工业 AI 技术革新引领行业变革.搜狐网.2025-05-23. [https://m.sohu.com/a/897917883\\_121924584/](https://m.sohu.com/a/897917883_121924584/)
9. 李继龙.封面访谈 | 袁永彬博士：理想为何如此成功，这和他们对零配件质量几乎偏执的追求分不开.今日头条.2024-10-18.  
[https://www.toutiao.com/article/7426908173363135039/?upstream\\_biz=doubao&source=m\\_redirect](https://www.toutiao.com/article/7426908173363135039/?upstream_biz=doubao&source=m_redirect)
10. 理想汽车付策.探访理想 L6 的诞生之地，了解产能爬坡的秘密.今日头条.2024-06-06.  
[https://www.toutiao.com/article/7377300376997904930/?upstream\\_biz=doubao&source=m\\_redirect](https://www.toutiao.com/article/7377300376997904930/?upstream_biz=doubao&source=m_redirect)
11. William.理想汽车全年营收千亿元，旗下车型采用压铸及一体化压铸件向“轻量化”进化.压铸周刊.2024-02-27. <https://www.yzweekly.com/xyzd/zhengche/8873.htm>
12. 有个理想.如何造就旗舰？理想 MEGA 制造基地首次揭秘.理想社区.2024-03-11.  
<https://www.lixiang.com/community/detail/article/1169212.html>
13. 戏车人.实现安全平权，理想 L6MEGA 双双荣获最高安全评价！.汽车之家车家号.2024-09-05.  
<https://chejiahao.autohome.com.cn/info/16697067>
14. 2301\_80671908.GBT 还是 SiC?英飞凌新型混合功率器件助力新能源汽车实现高性价比电驱.CNDS 博客.2024-09-13. [https://blog.csdn.net/2301\\_80671908/article/details/142207884](https://blog.csdn.net/2301_80671908/article/details/142207884)
15. 解码工作室.碳化硅：为电动车降本之前，先为自己降本.2023-12-08.  
36Kr.<https://36kr.com/p/2551424531636353>
16. 30327.移动的头等舱再进化：体验 2025 款理想 L9Ultra 焕新版.车市号.2025-08-10.  
<https://cheshihao.cheshi.com/news/3003262.html>
17. ONE 事通.在自主研发能力上，理想汽车坚持核心技术全栈自研，并在电驱动、智能空间、智能驾驶等多个关键领域达到了领先的技术水平.理想社区.2022-09-30.  
<https://www.lixiang.com/community/detail/article/548074.html>
18. 有个理想.理想汽车带领中国供应商做到 No.1，从不可能到可能！.理想社区.2023-09-14.  
<https://www.lixiang.com/community/detail/article/907483.html>
19. 森林.积极推动绿色低碳发展理想 L6 荣获中国汽车“一级低碳+标识”证书.新能源汽车网.2024-09-24.<https://www.xnyauto.com/news/202409/57127.html>
20. 宋霞，蔺丽爽，付娆.自研汽车操作系统看北京新能源汽车智造升级|活力中国调研行.搜狐网.2025-06-22. [https://m.sohu.com/a/906763172\\_255783/](https://m.sohu.com/a/906763172_255783/)
21. 风吹旧夏.理想汽车北京绿色智能制造基地的开工与未来蓝图.有驾.2025-05-24.  
<https://www.yoojia.com/article/9909763568147739446.html>

## 第二章 特斯拉

## 一、特斯拉概述

### (一) 公司发展历史

特斯拉（Tesla, Inc.）成立于 2003 年 7 月，由马丁·艾伯哈德（Martin Eberhard）和马克·塔彭宁（Marc Tarpenning）联合创立，创立初衷是通过电动汽车技术推动交通领域的能源转型，公司名称源自交流电发明者尼古拉·特斯拉（Nikola Tesla），以此彰显其以电力革新产业的愿景。

2004 年，埃隆·马斯克（Elon Musk）以投资方身份加入公司并担任董事长，主导公司战略转向高性能电动车的研发与量产。2008 年，特斯拉推出首款量产车型 Roadster，作为全球首款采用锂离子电池的量产电动跑车，其续航里程突破 320 公里，成功验证了电动车替代燃油车的技术可行性。

2010 年 6 月，特斯拉在纳斯达克上市，成为自 1956 年福特汽车后首家成功上市的美国家汽车制造商。

2012 年，Model S 正式推出，凭借超过 400 公里的续航里程及智能中控屏设计，获评《汽车趋势》杂志“年度车型”，奠定了特斯拉在高端电动车市场的地位。

2015 年，特斯拉推出家用储能产品 Powerwall 和商用储能系统 Powerpack，正式拓展能源业务版图。

2017 年，面向大众市场的 Model 3 正式交付，首周预订量超 30 万辆，推动公司年销量突破 10 万辆大关。2019 年，上海超级工厂建成投产，实现“当年开工、当年投产”，大幅提升了全球供应链效率与中国市场交付能力。

2020 年，特斯拉全球销量达 50 万辆，Model 3 成为年度全球最畅销电动车。2022 年，4680 大圆柱电池及一体化压铸技术实现量产应用，进一步提升了生产效率和车辆续航能力。2023 年，特斯拉全球电动车市场份额达 19.4%，连续三年位居行业首位。截至 2024 年，公司聚焦“能源闭环+AI 驱动”战略，启动 Robotaxi 测试，并持续扩大储能业务规模，全年储能部署量达 15.3GWh。

### (二) 公司经营理念

特斯拉以“加速世界向可持续能源转变”为使命，致力于通过技术创新推动清洁能源的普及与应用。为实现这一使命，公司围绕电动汽车、储能系统与太阳能三大业务板块，构建了覆盖能源生成、存储与使用的完整可持续能源生态。

同时，特斯拉秉持“唯快为尊、为人所不能、持续创新、溯本清源、业主思维、全力以赴”六大价值观，该理念贯穿于公司从技术研发、生产制造到市场推广的全流程，成为其推动行业变革的内在动力。

### (三) 总部与工厂

特斯拉全球总部位于美国加利福尼亚州帕洛阿托（Palo Alto），集中了公司的核心决策、研发管理与全球运营职能，园区汇聚了超过 1.6 万名工程师、软件开发与管理人，是特斯拉在电动汽车、能源存储与人工智能领域进行技术创新的核心基地。

为提升供应链效率与市场响应速度，特斯拉布局了全球化生产体系，核心工厂包括：

#### 1. 弗里蒙特工厂（Fremont Factory）

前身为通用汽车与丰田合资的 NUMMI 工厂，特斯拉于 2010 年收购并改造为纯电动汽车制造基地，目前生产 Model S、Model X、Model 3 和 Model Y 车型，年产能约 55 万辆，是北美地区规模最大的电动汽车工厂之一。

#### 2. 上海超级工厂（Gigafactory Shanghai）

2019 年建成投产，是特斯拉首个海外独资工厂，主要生产 Model 3 和 Model Y，2023 年产能已提升至年产 95 万辆以上，承担中国本土市场供应及亚太、欧洲部分出口任务。

#### 3. 柏林超级工厂（Gigafactory Berlin-Brandenburg）

2022 年 3 月正式投产，聚焦欧洲市场需求，主要生产 Model Y，采用一体化压铸等先进工艺，规划年产能 50 万辆，工厂采用 100% 可再生能源运营，充分体现绿色制造理念。

#### 4. 内华达超级工厂（Gigafactory Nevada）

与松下合资建设，专注于动力电池与储能产品生产，为特斯拉车辆提供 4680 电池及 Powerwall 等能源产品核心部件，2023 年电池年产能已达 40GWh。

此外，特斯拉在德克萨斯州奥斯汀的超级工厂已于 2022 年投产，主要生产 Model Y 及 Cyber truck，进一步扩大了全球产能布局。

## 二、企业定位及产品核心优势

### (一) 企业定位：可持续能源转型的全球引领者

特斯拉的核心战略定位是“通过技术创新加速世界向可持续能源的转变”，这一理念通过两大协同路径实现产业化落地。

## 1. 破解电动汽车普及的关键瓶颈

针对早期电动车存在的“续航短、性能弱、充电不便”三大痛点，特斯拉通过系统性技术突破予以解决：采用高能量密度电池与高效电驱系统，将主流车型续航提升至 500 公里以上（如 Model 3 CLTC 续航达 606 公里）；性能方面，Model S Plaid 百公里加速达 2.1 秒，超越多数燃油超跑；截至 2023 年底，全球超级充电网络已覆盖超过 5 万个充电桩，支持 15 分钟补充 250 公里续航，有效缓解用户充电焦虑。

## 2. 构建“发-储-用”能源闭环生态

特斯拉超越传统汽车制造范畴，布局完整能源体系：Powerwall 家用储能产品可满足家庭日常用电需求，实现太阳能高效利用；Megapack 商用储能单套容量可达 3MWh，支持电网调峰和可再生能源稳定输出；太阳能屋顶将发电功能融入建筑材料，实现可再生能源就地生产。截至 2023 年，特斯拉全球储能装机量累计达 66GWh，相当于为 2000 万家庭提供一小时清洁电力；2023 年全年储能部署量同比增长 125%，清洁能源发电量已超过特斯拉全球工厂与车辆总耗电量。

## (二)主要产品

特斯拉通过四款核心电动车型，覆盖从豪华到大众、从轿车到 SUV 的不同细分市场，推动电动汽车的普及化进程：

### 1. Model S

全尺寸高性能电动轿车，于 2012 年年中投入销售，拥有独特的底盘、车身、电驱系统以及能量储备系统，续航里程长（如 Model S Plaid 续航达 616 公里）、性能强劲、内饰科技感十足，配备大尺寸中控屏，是特斯拉品牌高端形象的代表。

### 2. Model 3

定位为中型豪华纯电动轿车，价格相对亲民，旨在进入大众市场，具有较高的性价比，在全球市场销量领先，加速性能优秀，同时具备基础的自动驾驶辅助功能。

### 3. Model X

高端全电动 SUV 跨界车型，拥有独特的鹰翼门设计，方便乘客在狭窄空间进出，具备强大的载货和载人能力，续航和性能保持特斯拉高水准。

## 4. Model Y

中型纯电动 SUV，基于 Model 3 平台打造，空间宽敞、实用性强，融合了 SUV 的通过性和特斯拉的电动技术优势，销量增长迅速，满足家庭用户对多功能车辆的需求。

### (三)核心技术优势

特斯拉的行业领先地位建立在难以被模仿的技术壁垒之上，核心优势可归纳为先进的电池体系、颠覆性的制造工艺和数据驱动的自动驾驶技术三大板块。

#### 1. 电池技术

电芯创新：4680 大圆柱电池。特斯拉自主研发的第三代电芯 4680 大圆柱电池，直径 46mm、高 80mm，核心优势包括：续航提升，采用高镍正极和硅碳负极，能量密度提升，使车辆续航里程最高增加 16%；充电更快，独特的“全极耳”设计大幅降低内阻，支持超快充，15 分钟内可将电量从 10% 充至 80%；成本降低，配合干电极工艺，可降低 56% 的电池生产成本。

电池管理系统（BMS）：作为特斯拉的“核心技术机密”，BMS 是一套精准管理和保护电池组的软硬件系统，核心优势的是精准监控，能同时管理数千节电芯，确保其电压、温度均衡，最大化电池组寿命和安全性；续航预估准确，其续航里程计算被公认为行业最准确之一，有效缓解用户“里程焦虑”。

超级充电网络：特斯拉自建的全职快速充电网络，核心优势是全球覆盖广，截至 2023 年底，全球拥有超过 5 万个超级充电桩；充电速度领先，V4 超充桩峰值功率可达 350kW，远超行业平均水平。

#### 2. 制造工艺

核心为一体化压铸技术，即用巨型压铸机将原本由数十个零件组成的车底后部一次压铸成型，核心优势包括：成本降低，为 Model Y 节省了 40% 的后底板制造成本；效率提升，将相关部件的制造时间从 1-2 小时缩短至 3-5 分钟；车身更坚固，减少大量焊点，提升了车身刚性。

#### 3. 自动驾驶

纯视觉方案：摒弃昂贵的激光雷达，仅依靠摄像头模拟人类视觉，通过人工智能算法感知环境，核心优势是成本低，硬件成本远低于激光雷达方案，易于大规模普及；数据量大，依赖全球数百万辆特斯拉车辆收集的实时视频数据训练 AI 算法，形成巨大的“数据护城河”，截至 2023 年，其自动驾驶系统累计行驶里程已超过 10 亿英里。

OTA（空中升级）能力：像智能手机一样，通过互联网为车辆推送软件更新，核心优势是常用常新，车辆购买后，其性能、功能（如续航、加速、娱乐系统）仍能通过 OTA 不断提升；快速迭代，发现问题和优化功能后，可快速推送至全部车队，无需车主返厂。

### 三、特斯拉先进制造技术

#### （一）一体化压铸技术：汽车制造的革命性突破

特斯拉是全球首家将超大型一体化压铸技术规模化应用于汽车生产的企业，该技术以 6000 吨级 IDRA Giga Press 压铸机为核心，将 Model Y 后底板等原本由 70 多个零件组成的部件，一次性压铸成型，实现了“零件即部件”的制造革命。

在生产效率提升方面，传统工艺制造一个汽车后底板，需先制造 70 多个小零件，历经搬运、800 多次焊接等工序，耗时 1-2 小时；而特斯拉运用一体化压铸技术，制造单个后底板仅需 3-5 分钟，生产速度大幅提升 12-40 倍，生产线占地面积减少 40%，人力成本降低 30%，极大缩短了生产周期，提高了工厂单位时间产能。

在质量与性能优化方面，一体化压铸减少了大量焊点，以 Model Y 后底板为例，焊点数量减少 1600 个，有效降低了因焊接产生的缝隙、应力集中等问题，提升车身刚性 20%，使车身更坚固耐用，在碰撞中能更好地保护车内人员安全；同时，零件尺寸精度可达±0.5mm，为后续零部件装配提供更高精度基础，减少装配误差，提升整车品质。

在成本控制与可持续性方面，一体化压铸简化生产流程，减少设备投资、人力投入，降低原材料损耗，特制铝合金材料 95% 的高回收率进一步节约成本；从可持续角度，该技术助力整车减重，以 Model Y 后底板为例，一体铸件较传统多零件拼接减重 9kg，整车能耗降低，续航提升 5-8%（模拟数据），单车后底板制造碳排放减少 30%，契合绿色制造理念。

#### （二）先进电池制造工艺：性能与环保的双重突破

作为电动汽车的核心部件，电池的性能与制造成本直接关系到产品的竞争力，特斯拉通过持续的电池技术创新，在提升性能的同时显著降低对环境的影响。

#### 1. 技术演进：从 18650 到 4680 的跨越

特斯拉在电池技术领域经历了清晰的演进路径：早期与松下合作定制 18650 圆柱电池用于首款车型 Roadster；2017 年推出更大的 2170 电池用于 Model 3/Y；2020 年正式发布新一代 4680 大圆柱电池，实现能量密度、充电速度和成本控制的全面突破。

#### 2. 4680 电池：三大创新重构行业标准

4680 电池（直径 46mm，高 80mm）通过材料、结构和工艺的创新，解决了传统电池“能量密度低、充电速度慢、成本高昂”的行业痛点。

材料体系创新：高镍正极材料升级，传统动力电池多采用低镍三元材料（如 NCM523，镍含量 50%），能量密度有限，4680 电池升级为高镍正极（如 NCM811，镍含量 80%），能量密度从传统的 200Wh/kg 提升至 280Wh/kg 以上（提升 40%），相同重量下能存储更多电能，搭载 4680 电池的 Model Y，NEDC 续航从 550 公里提升至 630 公里，同时高镍材料循环寿命延长 10%；硅碳负极替代石墨负极，传统石墨负极比容量仅 372mAh/g，硅碳负极比容量可达 4200mAh/g（提升超 10 倍），特斯拉通过将硅做成纳米级小颗粒、包裹缓冲材料，解决硅充放电体积膨胀问题，使 4680 电池循环寿命维持在 1500 次以上（约对应 45 万公里行驶里程）。

结构设计优化：全极耳设计，传统圆柱电池仅一个“电流出口”，电子传输路径长、电阻高，快充时发热严重，仅支持 1C-2C 快充，4680 电池采用全极耳设计，电子传输路径缩短至 8mm 以内（减少 90%），电阻降低 50%，快充时发热量大幅减少，可支持 4C-6C 快充，10 分钟内可将电量充至 80%，充电 15 分钟可增加 250 公里续航；大圆柱构型，相比传统小圆柱电池，4680 电池尺寸增大，相同电量电池包中，Model Y 搭载 4680 电池后电芯数量减少 78%，降低 BMS 控制难度，成组效率从 65% 提升至 75%，同时大圆柱结构热失控时火焰蔓延速度比方形电池慢 50%，安全性更高。

制造工艺革新：干电极技术，传统电池制造电极需将材料与有机溶剂混合成“湿浆料”，经涂覆、高温烘干等 8 步工序，4680 电池采用干电极技术，直接将电极材料与粘结剂混合辊压成“干电极片”，省去 2 步关键工序，单条生产线产能提升 2 倍，每生产 1kWh 电池的能耗从 20kWh 降至 14kWh（减少 30%），对应减少 15kg CO<sub>2</sub> 排放；无钴化方向，特斯拉通过材料工程和表面包覆技术，量产高镍低钴正极材料，并实现钴含量为零的磷酸铁锂电池（LFP）量产，在保证性能的同时，实现成本控制、供应链稳定和伦理责任的平衡。

### (三) 电池管理系统 (BMS) 协同

电池管理系统 (BMS) 作为电池“智能管家”，特斯拉的 BMS 通过精准充放电控制和全场景热管理，最大限度延长电池寿命，从源头上减少资源消耗和碳排放。

#### 1. 精准充放电控制

避免“过度损耗”，延长循环寿命。传统电池循环寿命短（约 1000 次），核心原因是充放电过程中“过充、过放”导致电芯材料不可逆损坏，特斯拉 BMS 通过三层精准控制解决这一痛点：充电阶段分“快速充电-涓流充电-浮充保护”三阶段，实时监控电芯电压，避免过充；放电阶段，电量低于 10% 提醒充电，低于 5% 限制电机功率，低于 3% 启动“跛行模式”，防止电池完全耗尽。这套系统使特斯拉电池循环寿命提升至 1500 次以上（约对应 40-50 万公里行驶里程），远超行业平均水平。

#### 2. 宽温域热管理

给电池装上“智能空调”。锂电池对温度极为敏感，特斯拉 BMS 的热管理系统能确保电池在 -40°C 到 60°C 的极端环境下高效安全工作，低温下利用电网电源或电机余热为电池预热，高温下通过冷却液循环、散热风扇甚至空调系统降温，将电芯温度稳定在 20-40°C 的最佳工作区间，避免低温锂枝晶生成和高温材料分解，延长电池寿命。

#### 3. 环保价值

寿命延长带来巨大减碳效益。特斯拉 BMS 将电池寿命提升 50%，以 Model Y 的 75kWh 电池包为例，可减少一次电池更换，间接减少 1125kg CO<sub>2</sub> 排放（相当于种植 62 棵树的年固碳量）；按特斯拉年销量 200 万辆估算，每年可减少约 15 万吨原生锂的需求，相当于全球锂年产量的近 8%，减轻矿产开采对环境的破坏。

### (四) 自动化装配系统：精准高效的制造保障

在特斯拉的生产体系中，自动化装配系统是实现高效、高质量制造的核心，通过机器人、数据管理和智能物流的协同，将汽车制造从劳动密集型转变为技术密集型。

#### 1. 高度自动化的总装流程

以特斯拉上海工厂为例，总装车间自动化率已达 92%，处于全球领先水平，主要完成电池、电机、内饰等关键模块的精准安装。车间部署 26 台 ABB IRB6700 协作机器人，完成电池包安装（精度±1 毫米）、螺栓拧紧（扭矩精度±0.5N·m）、内饰模块合装（10 分钟完成 14 个子模块拼接）等高精度作业；通过制造执行系统 (MES) 实时监控装配数据，参数异常立即报警，平均故障响应 <30 秒，产品合格率达到 99.8%，高于行业平均的 98.5%；利用数字孪生技术，Model 3 与 Model Y 的产线切换时间仅需 2 小时 15 分钟，远快于传统工厂的 1-2 天。

#### 2. 智能物流系统

特斯拉通过“工厂内 AGV+终端自动驾驶交付”构建智能物流网络，解决传统物流“慢、乱、耗”问题。厂内部署 500 多台 AGV 无人车，使用 5G-V2X 技术实现精准定位（误差 <5cm），在 4.5 万 m<sup>2</sup> 车间内精准穿梭，零部件从仓库到工位的配送时间从 2 小时缩短至 40 分钟，缓存区面积减少 25%；电动 AGV 替代传统柴油叉车，上海工厂年减少柴油消耗 60%，相当于减排 8000 吨二氧化碳。

#### 3. 创新交付模式

特斯拉正在测试自动驾驶交付服务，实现从工厂到客户的自动驾驶交付，省去“板车运输+4S 店中转”中间环节，2025 年计划完成 1.2 万次全自动驾驶交付，目标实现 30 分钟内完成交付，比传统模式快 75%，预计可降低单车物流成本 40%，减少运输碳排放，暴雨天气误判率仅 0.03 次/千公里。

### 四、特斯拉可持续发展

#### (一) 环境责任：一辆车的一生都在减排

##### 1. 供应链减排

特斯拉车辆全生命周期的碳排放中，供应链环节（尤其是电池生产）占比较大，为系统性降低碳足迹，特斯拉与供应商合作，从能源结构、资源循环和物流运输三方面推进减排。

设定绿色能源门槛，推动供应链转型：要求所有一级供应商在 2025 年前实现至少 50% 的能源为可再生能源，其中正极材料供应商需 100% 使用绿电；每年通过区块链生命周期分析 (LCA) 平台核查供应商用电结构，对未达标者暂停新订单，以硬性要求推动上游生产低碳化。

构建电池金属闭环回收体系：与 Redwood Materials、嘉能可（Glencore）等合作建立“电池—回收—新电池”循环模式，2024 年，电池中镍、钴、锂的回收率已分别达 96%、96%、92%，计划 2025 年全部提升至 95%以上，预计可减少原生矿产需求约 30%。

物流减排：推广电动化与多式联运，2023 年通过电动重卡短途运输结合铁路长途运输，替代传统柴油车辆，使全球供应链物流碳排下降 8%；2024 年新增 200 辆 Tesla Semi 电动卡车，预计 2025 年物流碳排将进一步降低 12%。

## 2. 电池回收：退役即重生，实现资源闭环

特斯拉已在美国内华达、德国柏林和中国上海建成三大电池回收中心，总年处理能力达 10GWh，可覆盖约 12 万辆 Model Y 的退役电池处理需求。采用“湿法浸出+直接再生”双轨回收技术，湿法段通过低酸低温技术回收镍、钴等金属，纯度超过 99%；直接再生段通过高温固相修复技术再生正极材料，锂回收率 2024 年已达 92%，2025 年目标提升至 98%。

回收所得的镍、钴、锂、铝等金属，以盐类或前驱体形式直接送回德州和柏林超级工厂的正极生产线，用于新电池制造，形成“电池—金属—电池”的零原生矿闭环体系。2024 年，该回收体系已减少约 1.2 万吨二氧化碳当量（CO<sub>2</sub>e）的排放，相当于 3000 辆燃油车一年的碳排放量。

## (二) 社会责任：把“人权”写进合同

### 1. 劳工权益保障

特斯拉将劳工权益保障作为供应链管理的核心环节，通过准入门槛设定、常态化审计监督、供应商能力建设三大举措，系统推动供应链社会责任落实：

准入门槛：所有一级供应商须通过 SA8000 社会责任标准认证，并签署《零童工、零强迫劳动承诺书》，禁止使用童工（未满 15 周岁或当地法定最低年龄）及任何形式的强迫劳动，未达标企业无法进入供应链体系。

审计机制：联合 SGS、Intertek 等第三方机构，每年对超过 300 家核心供应商开展社会责任审计，2023 年共发现 12 起超时加班、3 起童工线索案例，违规供应商须在 30 天内完成整改，否则终止合作。

能力建设：2024 年通过在线课程培训 5.6 万名供应商员工，内容涵盖工时管理、权益申诉等；同时设立 24/7 匿名举报热线，2023 年受理 47 起投诉，处理闭环率 100%。

此外，特斯拉将人权要求延伸至矿产供应链，要求锂、钴等原材料供应商尊重原住民土地权益与文化遗产，建立社区沟通机制，从源头保障社会公平。

## 2. 社区关系

在原材料开采这一供应链源头环节，特斯拉将“社区和谐”与“权益保护”纳入核心合作标准，尤其在稀土、刚果（金）钴等关键原材料采购中，通过“技术溯源+社区共建+绩效监督”的组合措施，推动当地可持续发展：

区块链溯源系统，杜绝“冲突钴”进入供应链：针对刚果（金）钴供应链中可能存在的“冲突钴”问题，特斯拉搭建全链路区块链溯源系统，实现从“矿山开采→冶炼加工→正极材料生产→电池制造”的每一步关键信息上链，用户输入车辆 VIN 码，即可查询电池中钴材料的完整溯源信息，确保每一批次钴均来自合规矿区。

社区共建：与刚果（金）6 个矿区合作社签署《社区发展协议》，2023 年专项投入 420 万美元用于当地基础设施建设与民生改善，包括建设 3 所小学（解决近 1200 名儿童就学）、2 座净水站（覆盖 5000 余名居民饮水）、11 公里乡村道路；优先为当地居民提供就业机会，直接创造 1200 个本地岗位，女性岗位占比达 38%。

绩效监督：2024 年刚果（金）所有钴批次均 100%完成区块链上链验证；通过第三方机构调查，2024 年矿区未发生童工事件；社区满意度调查得分达 87 分（满分 100 分），获得当地社区认可。

此外，在稀土供应商合作中，特斯拉同样将社区关系协调情况纳入考核，重点评估供应商是否为当地社区提供就业岗位、参与基础设施建设，确保稀土开采不损害原住民权益。

## (三) 治理机制：ESG 红线标准与全链路透明监督

特斯拉将环境、社会与治理（ESG）要求明确纳入供应商准入与持续管理的核心门槛，通过第三方审计、数据公开与区块链溯源，构建可验证的负责任供应链体系。

### 1. 三大 ESG 准入红线

环境门槛，供应商须通过 ISO14001 环境管理体系认证，且碳排放强度不高于行业基准的 80%；社会责任门槛，须通过 SA8000 认证，承诺并落实“零童工、零强迫劳动”；商业治理门槛，必须签署《反商业贿赂协议》，确保合作合规透明。2023 年，特斯拉一级供应商在上述三项的达标率分别为 92%（环境）、88%（社会）、100%（治理），任何一项未达标均面临新订单暂停或合作终止。

## 2. 第三方审计与举报机制

对触发红线的供应商，特斯拉内部 ESG 团队联合 SGS、Intertek 等机构在 30 天内完成审核，整改未完成即列入黑名单；同时设立 24 小时匿名举报渠道，确保违规行为及时曝光与处理。

## 3. 年度报告与区块链溯源

特斯拉每年 7 月发布《供应链可持续发展报告》，公开 150 余项核心指标，并由普华永道进行独立鉴证；用户输入车辆 VIN 码，即可通过区块链系统查询电池原材料来源、运输里程、碳排放及人权审计结果等 20 余项数据，实现“从矿山到车轮”的全程可追溯。

### 参考文件

1. 特斯拉 2020 年影响力报告.[https://www.tesla.com/ns\\_videos/2020-tesla-impact-report.pdf](https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf)
2. 特斯拉 2023 年影响力报告.[https://www.tesla.com/ns\\_videos/2023-tesla-impact-report.pdf](https://www.tesla.com/ns_videos/2023-tesla-impact-report.pdf)
3. 特斯拉 2024 年影响力报告.[https://www.tesla.com/ns\\_videos/2024-impact-report.pdf](https://www.tesla.com/ns_videos/2024-impact-report.pdf)
4. 2020 年电池日发布会.<https://www.tesla.com/2022batteryday>
5. 2023 年 AI 日发布会.<https://www.tesla.com/ai-day-2023>
6. 特斯拉《2023 供应链社会责任审计摘要》.<https://www.tesla.com/sites/default/files/2023-supplier-responsibility-audit-summary.pdf>
7. 特斯拉《2024 供应链责任进展报告》.<https://www.tesla.com/sites/default/files/2024-supply-chain-progress-report.pdf>
8. 特斯拉《2024 季度社会责任进展通报》.<https://www.tesla.com/sites/default/files/2024-quarterly-social-responsibility-update.pdf>

## 第三章 蔚来汽车

## 一、蔚来汽车概述

蔚来汽车成立于 2014 年 11 月，作为一家全球化的智能电动汽车公司，致力于通过提供高性能的智能电动汽车与极致用户体验，为用户创造愉悦的生活方式。截至 2025 年 6 月，蔚来累计交付新车 78.5 万辆。

“NIO 蔚来”蕴含着追求美好明天和蔚蓝天空、为用户创造愉悦生活方式的愿景，其 Logo 由象征着开放、未来的天空，以及象征着行动、前进的道路组成。经过多年发展，已成为全球领先的高端智能电动汽车企业之一。

### 1. 发展历程

**创立初期：**2014 年 11 月 25 日正式宣告成立。2016 年 4 月 6 日，蔚来与江淮达成百亿战略合作，7 月 1 日，江淮蔚来合作项目（新能源汽车）正式启动。同年 10 月 13 日，蔚来获得加州无人驾驶测试牌照，12 月 11 日，蔚来新能源产业发展基金落户武汉。

**上市之路：**2018 年 5 月，蔚来汽车向美国证券交易委员会秘密提交了 IPO（首次公开招股）申请，9 月 12 日正式在纽交所上市，股票代码 NIO。

**产品拓展期：**2018 年 12 月，首款量产车型 ES8 正式交付用户，开启了蔚来的产品交付历程。2019 年 6 月，智能电动全能 SUVES6 上市，丰富了产品矩阵。2020 年，EC6 正式发布并交付，这款智能电动轿跑 SUV 受到市场广泛关注。

**技术突破期：**2021 年，蔚来发布了智能操作系统 Banyan·榕树，为用户带来更智能的座舱体验。2022 年，ET5 正式上市，成为市场热门车型。同年，蔚来第二先进制造基地（F2 工厂）投产，提升了产能。

**全球化布局期：**2023 年，蔚来加快全球化步伐，进入多个欧洲国家市场，将其产品和服务推向国际舞台。2024 年，推出全新品牌“ONVO 乐道汽车”，进一步完善品牌布局，同时自研芯片“杨戬”实现量产装车。2025 年 4 月，宣布 firefly 萤火虫计划进入海外 16 国销售，全球化战略持续深化。

## 2. 总部与工厂

蔚来全球总部位于上海，这里是其战略决策与全球运营的核心枢纽。汽车生产主要在合肥进行，合肥拥有多个生产基地，如江淮蔚来先进制造基地（F1 工厂），2016 年 10 月 23 日打下第一根桩开始建设，位于合肥市蜀山区宿松路 9766 号，占地约 839.6 亩。蔚来第二先进制造基地（F2 工厂）于 2022 年第三季度投产，F3 工厂也已获批建设。同时，蔚来采用“整车合作制造+核心零部件自主研发生产”模式，对供应链、零部件进行全方位管理、采购与运输至合肥基地组装。

## 3. 核心技术与定位

蔚来坚持全栈技术自研，在成立之初便毫无保留地投入研发。2023 年发布智能电动汽车 12 项技术全栈，涵盖芯片及车载智能硬件、电池系统、操作系统、智能驾驶、智能座舱等关键领域。2024 年，自研的首款激光雷达专用驱动芯片“杨戬”实现量产装车，大幅降低激光雷达功耗；同年，超大算力自动驾驶驱动芯片“神玦”亮相，其算力近乎英伟达 4 颗芯片总和，成本却不足一半。定位高端市场，旨在为用户提供高品质、智能化且具有独特体验的电动汽车产品。

## 二、ESG 亮点

### （一）环境：全链条绿色行动，守护地球未来

蔚来将环保理念贯穿产品全生命周期，从清洁制造到循环利用、生态保护，全方位推动交通领域低碳转型。2024 年，蔚来制造环节绿电占比达 56.6%，车辆可回收利用率高达 98.8%，并联合用户共同守护全球 17 处生态保护区。蔚来环境行动的核心是通过技术应用推动生态保护，实现科技与生态的协同发展。

### 1. 清洁制造与能源革命

在蔚来创新科技的十二项全栈技术布局中，智能制造是核心基础，通过智能化与数字化升级，蔚来实现了敏捷制造与高质量交付，绿色制造与能源革命在工厂智造中得到集中体现。

图 7：蔚来创新科技的十二项全栈技术布局



来源：蔚来官网

蔚来合肥新桥工厂屋顶铺设了装机容量达 47 兆瓦的分布式光伏板，总面积相当于 60 个标准足球场，年发电量超 9.7 万兆瓦时，约等于 1.2 万户家庭一年的用电量。该工厂制造环节绿电（主要为太阳能）占比 56.6%，每年可减少碳排放约 8.2 万吨，相当于种植 450 万棵树。该工厂获评“汽车制造超级工厂”，单车生产能耗降低 29%。此外，蔚来全球首座“零碳蔚来中心”（牛屋）完全依赖厂区光伏供电，建筑采用轻钢框架、软木墙面等环保材料，获得 LEED 金级认证（全球绿色建筑最高标准），其运营所需电力 100%来自清洁能源，实现了从建造到使用的零碳排放。

选取蔚来合肥新桥 F2 工厂，基于其技术原理、智能制造逻辑及核心创新，结合典型案例、实施效果、面临的挑战与应对措施，进行深度解析。

一座整车工厂通常包含四大工艺：冲压、焊装、涂装、总装。新桥 F2 工厂基于钢铝混合或全铝车身以及大规模高度定制的特点，将焊装车间改称为车身车间。其核心应用柔性制造系统，通过魔方平台（RGV 立体库）、飞地智能装配岛和天工智能制造系统三大核心技术，解决“规模与定制”的矛盾。

### 魔方平台（RGV 立体库）——车身调度革命

RGV（Rail Guided Vehicle）即轨道引导车，是沿着预先铺设的固定轨道运行的自动化运输设备，运行速度范围 0.5-1.2m/s，通过编码定位孔实现精准控制，主要用于多个站点间货物的快速、高效搬运。

新桥 F2 工厂内设有 4 列 6 层 408 个车位的立体车库，用于存储不同颜色、不同车型的白车身或涂装后的车身。

图 8：汽车工厂里的巨型“魔方”



来源：凤凰新闻

魔方平台（RGV 立体库）实现了车身调度的突破，打破传统生产“先进先出”的限制，使冲压、车身和涂装三大车间与订单顺序解耦分离，仅与一个时间段内的订单总量挂钩。冲压产线可按同一车型批量生产，车身车间加工成完整白车身后，进入涂装车间的魔方存取平台；涂装车间根据总装需求，按车身喷漆颜色重新匹配顺序，集中喷涂；喷漆完成的车身存入魔方立体库，经软件系统与订单顺序匹配后，送入总装车间。

传统涂装需按订单顺序喷涂车身，频繁换色需反复清洗喷枪，效率低下；魔方立体库可重组车身喷涂顺序，减少换色次数，换色时间减少 70%，能耗降低 25%；同时实现空间利用率提升 40%、工艺距离减少 20%，每年可减碳超 2 万吨。

其运作流程分为四个环节：①同色车身批量喷涂：涂装后的车身经轨道进入立体库，由 RGV 按颜色分类存放，重组同色车身集中喷涂，减少换色次数；②订单驱动动态调用：总装车间按订单需求发送指令，RGV 精准抓取指定车身，经轨道运至总装线；③跨车间无缝衔接：RGV 通过高架轨道连接涂装与总装车间，车身从立体库到总装线仅需 2 分钟，全程无人操作，相比传统叉车搬运，效率提升 3 倍且无碰撞风险；④新车型调试不停产：新增车型时，RGV 可开辟专用通道临时存放调试车身，通过 AGV 小车送至“飞地装配岛”，2 周即可完成新车型适配，传统模式需 6 周。

图 9：冲压、车身、涂装三车间订单分析



来源：凤凰网科技

### 飞地智能装配岛——并行制造范式

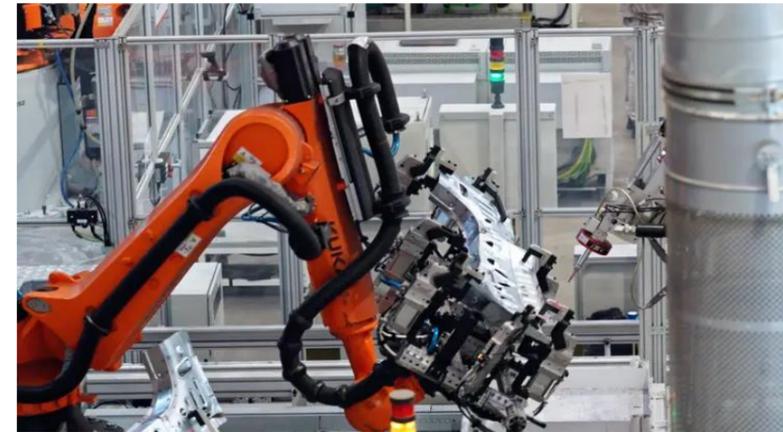
该技术打破传统“流水线串行装配”模式，采用 18 台高精度 AGV 小车构建独立装配单元，实现底盘、仪表台、前后风挡等模块的并行安装。蔚来在此领域实现多项技术突破，其中“四门自动装配机器人”由 4 台机械臂协同作业，通过精度达 0.05mm 的 3D 视觉与激光传感器，98 秒内可完成车门铰链的定位、匹配与安装，误差控制在±0.5mm 以内；“模拟人手拧螺丝”技术解决柔性件装配的力学变形难题，可适配 8 款车型混线生产。上述技术使新车型调试周期从 6 周缩短至 2 周，定制车交付周期压缩至 14 天。

### 天工智能制造系统——工厂“超级大脑”

该系统依托 90 公里预埋光纤构建 100G 带宽工业互联网，速度是行业平均水平的 10 倍，实现 IT（信息系统）与 OT（生产设备）的深度融合。系统支持智能决策，通过自研 AI 大模型结合行业小模型，覆盖 80% 制造场景的实时决策；同时实现全流程无纸化，工艺文件通过云端下发，每年可节省 A4 纸 300 万张，相当于保护 100 棵成年树。

某新能源车型基于魔方平台，实现 3 天内完成个性化配置调整并投产。用户定制化需求可通过系统快速拆解为生产指令，RGV 立体库在 10 分钟内完成特定零部件的拣选与输送，较传统产线效率提升 60%。

图 10：机械臂拧螺丝



来源：凤凰网科技

这套柔性制造系统使生产线切换时间缩短 80%，设备利用率提升至 92%，实现单车间年产 30 万辆规模下支持超 10 万种个性化配置组合，平衡规模经济与用户定制需求。该系统可减少 70% 的涂装换色次数，降低 25% 的能耗；模块化设计可兼容产能扩张；“飞地”装配岛支持 4 平台 8 车型共线生产，定制车交付周期缩短至 14 天。该工厂为“黑灯工厂”，实现 100% 自动化连接工艺，941 台机器人搭配 0.05mm 精度的 3D 视觉实现全自动化生产，单车门安装仅需 98 秒，每年可节省电力 900 万度，预测性维护使设备故障率降低 40%。

### 2. “车到车”闭环回收计划

打造循环经济的“蔚来范式”，蔚来的“车到车”闭环本质是让资源在产业链内流动：

蔚来打造循环经济模式，“车到车”闭环的核心是实现资源在产业链内循环流动，具体从技术、用户、行业三个层面推进。

技术层面，蔚来通过纳米钕重组磁钢晶格、低温熔炼保级铝材等核心技术，提升再生材料性能，突破再生材料应用瓶颈。

- 铝材再生：蔚来通过“低温熔炼+精炼除杂”工艺，将报废车身铝合金部件熔化为液态铝，添加纳米钕（Ce）元素净化杂质，使再生铝纯度达到 99.95%，力学性能与原生铝相当。2023 年，蔚来完成 200 台车试点，ET7 车身铝材中 35% 来自旧车回收，强度满足 1500MPa 潜艇级钢材标准，完成闭环验证。

- 磁钢再生：针对传统磁钢回收稀土浪费与污染问题（强酸溶解提取稀土，1 吨磁钢产生 3 吨酸渣，稀土回收率仅 70%），蔚来采用纳米钕激活再生技术，将废旧电机磁钢按稀土成分预分类；粉碎后添加液相纳米钕（Eu），在氢气环境中重组晶格结构，生成的新型磁体矫顽力提升 20%，寿命延长 3 年。

表 5：全链条拆解合作伙伴

环节	合作伙伴	创新实践
智能拆解	源件星球、玉成拆解	激光扫描识别铝材牌号（如 6 系/7 系），分类破碎至<5cm 碎片
熔炼再生	立中集团、帅翼驰	再生铝直接铸造成 ET7 一体压铸后地板，省去重熔能耗
产品应用	蔚来合肥工厂	新车身铝材回收率 98.8%，较行业平均水平高 15%

用户层面，蔚来通过扫码溯源、积分激励等方式，提升用户参与资源回收的积极性，增强用户对资源循环的认知。

- 积分激励：用户通过 NIO App 预约旧车回收，可获得 2 万积分，可用于兑换换电服务或 Clean Parks 生态巡护体验；
- 透明溯源：扫描车身二维码，可查看铝材的回收来源与再利用去向；
- BaaS 电池租用服务：用户换电时，系统自动检测电池包磁钢寿命，触发回收指令，旧磁钢经处理后用于新电机，实现资源闭环。

行业层面，蔚来通过技术与模式创新，打破“环保即高成本”的认知，实现再生材料反哺制造降本，形成绿色增长模式。蔚来再生铝成本比原生铝低 18%，磁钢回收可节省稀土采购成本 30%；借助 BaaS 租用体系，实现电池/磁钢的规范回收，避免资源流入灰色市场。同时，蔚来牵头制定《汽车用再生铝合金技术规范》，要求再生铝抗拉强度≥300MPa（行业旧标为 220MPa）；其磁钢回收工艺被工信部列为“新能源汽车供应链韧性提升示范技术”。

报废车辆的铝材通过熔炼再生技术，可直接用于新车生产，实现 98.8%的材料回收率；每辆 ET7 使用再生铝材可减碳 1.2 吨，相当于一辆燃油车行驶 5000 公里的排放量。磁钢回收项目使稀土资源消耗降低 20%，2024 年减少碳排放 5000 吨；每回收 1 万吨磁钢，可减少稀土开采量 2000 吨，保护 4 平方公里稀土矿区生态。回收铝材表面经微弧氧化处理，触感与传统金属一致，不影响用户使用体验。

### 3. 绿色物流与换电网络

蔚来通过整车运输使用可循环金属架替代木箱、电池运输采用共享包装箱，以及布局 3000 多座换电站减碳网络，构建高效绿色的物流与换电体系，实现运营全流程低碳化。

- 模块化循环系统：可循环包装系统采用模块化设计，运输金属架采用标准接口，适配 ET5 至 ET9 全系车型尺寸，通过卡扣式连接实现快速拆装；包装箱内置 RFID 芯片，记录流转次数与寿命。借助智能调度算法，物流平台实时匹配运输路线与包装需求，优先调用返程空载车辆，减少 30% 的空驶里程，降低物流碳排放。
- 智能能源调度：动态储能调峰系统依托 V2G（车网互动）技术，换电站储能电池在电网低谷时充电（电价 0.3 元/度），高峰时反向供电（电价 1.2 元/度），单站日调峰收益超 ¥2000；第三代换电站顶棚集成 480kW 光伏板，日均发电 120kWh，占单站能耗的 15%；其中，苏州光储充换一体站年发电 5.17 万度，可满足 2000 辆车的绿电需求。

例如，苏州基地 2023 年试点，将 ES8 出口欧洲的木箱改为可折叠金属架，单次运输成本增加 ¥500，但循环使用 50 次后综合成本下降 40%；金属架寿命周期内可减少木材消耗 15 立方米。蔚来与宁德时代共建电池运输箱池，箱体采用蜂窝铝板+防撞涂层，破损率从木箱的 12%降至 0.8%，每年可节省木材 2300 吨。

又如，在平均海拔 4500 米的青藏线部署 18 座换电站，全部配备储能电池+光伏顶棚，使柴油发电机使用量下降 70%，单次换电较柴油充电减碳 51kg；2023 年夏季高温期间，上海 40 座换电站响应电网需求，2 小时内反向供电 1.2 万度，缓解 500 户家庭空调用电压力。

### 4. Clean Parks 全球生态共建

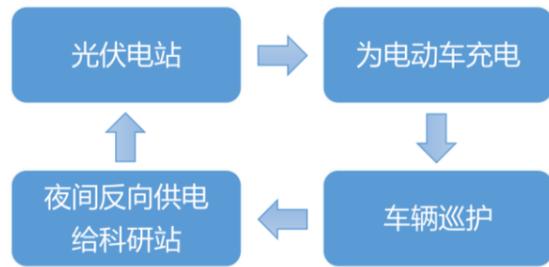
Clean Parks 是蔚来在 2021 年发起的全球性生态共建计划，旨在支持全球自然保护区使用智能电动汽车、建设清洁能源基础设施，构建清洁低碳的能源自循环体系。

蔚来通过 V2G（车辆到电网）技术与静音电动巡护，解决自然保护区的核心痛点，实现科技与生态协同发展。

- 能源自循环：光伏电站日间发电并储存于电动车电池，夜间通过双向充电桩反向供电给保护区设施，形成“光伏发电→车辆储电→电网供电”的闭环体系，实现保护区能源自给自足。

- 生态友好巡护：电动车无传统发动机，消除燃油车（噪音达 70 分贝）的噪音干扰，静音模式下行驶噪声≤35 分贝，可避免惊扰野生动物的繁殖与迁徙，保护生态平衡。

图 11: Clean Parks 技术原理科普-逻辑图示



例如，中国大熊猫国家公园，车主驾驶 ET7 进入保护区，开启静音模式协助布设红外相机，车辆可实时上传野生动物活动轨迹至云端，助力科研监测；2024 年，该项目累计巡护里程达 12 万公里，替代燃油车减排 147 吨 CO<sub>2</sub>，相当于 1.2 万棵树的年固碳量。

又如，丹麦斯科夫斯加德保护区，通过社区协同模式，用户与当地志愿者使用 ES8 运输枯木修复湿地，车辆搭载的无人机可监测水獭巢穴重建效果；丹麦“拾荒周”期间，蔚来提供电动车队运输回收垃圾超 100 吨，参与人数同比增长 26%，普及环保理念。

表 6: 全球保护区项目对比

地点	核心技术应用	用户参与形式	生态保护目标
祁连山国家公园 (中国)	V2G 光伏自循环场站	公民科学家数据采集	守护冰川水源，减碳 53 吨/年
斯科夫斯加德 (丹麦)	静音巡护+充电网络	垃圾回收运输队	修复湿地吸引水獭回归
海南热带雨林 (中国)	电动巡护车+光伏充电桩	长臂猿鸣声识别志愿者	提升热带物种多样性 30%

## (二) 社会：聚焦用户与社会福祉，积极履行社会责任

蔚来始终关注用户权益与员工发展，积极投身公益事业，助力社区建设，通过保障产品安全、赋能员工成长、开展公益帮扶、推动社区协同等行动，履行企业社会责任，为社会发展贡献力量。

### 1. 用户权益保障：以优质产品与服务提升用户体验

蔚来构建覆盖购车、用车、养车全流程的服务体系，为车主提供“无忧出行”体验，提升用户满意度与忠诚度。

- NIO House 用户中心：全国已建成 300+座，提供车辆售后咨询服务，设有亲子活动区、共享办公空间等功能。用户中心定期举办车主讲堂、咖啡品鉴会、艺术展览等活动，促进车主交流，构建用户社群。
- 一键加电服务：解决新能源车用户充电难题，2023 年累计完成超 150 万次加电，平均响应时间仅 28 分钟。通过智能调度算法，动态规划最佳加电路线，减少用户等待时间。
- 用户权益委员会：吸纳超 5000 名车主代表，通过季度满意度调研（回收率达 85%）和大数据分析捕捉用户需求，推动产品升级。例如，根据用户反馈，ES6 车型 2024 年新增智能香氛系统和座椅按摩功能，用户复购率提升 12%。同时，推动“服务透明化”改革，维修保养进度可实时查询，配件价格与工时费用公开。

### 2. 员工成长赋能：提供良好工作环境与发展机会

蔚来注重员工职业发展与身心健康，打造完善的人才培养体系、舒适的工作环境和科学的激励机制，实现员工个人价值与企业发展同频共振。

- 完善的人才培养体系：“领航计划”为管理层提供国际商学院进修机会，已有 200 余名高管完成培训；“青藤计划”为应届生定制轮岗计划，配备专属导师，新人转正率高达 90%。
- 优质的工作环境：蔚来总部智能化办公空间配备 AI 健康监测系统，健康管理中心每年为员工提供 10 次免费体检和心理咨询服务，办公区域设有瑜伽室、冥想室，建立员工健康档案并提供个性化健康管理建议。
- 科学的激励机制：采用 OKR 目标管理体系，员工目标达成率提升 30%；建立透明晋升通道，85 后管理者占比达 45%。设立创新奖励基金，鼓励员工提出创新想法，对有落地价值的提案给予奖励和项目主导机会。

### 3. 公益事业参与：开展环保与公益帮扶活动

蔚来在生态保护与乡村振兴领域持续发力，依托 2200+用户社群（覆盖人群 66 万），带动 4.3 万用户深度参与公益实践，累计惠及 6.8 万家庭。社群采用线上线下相结合模式，线上开展环保话题讨论、公益科普直播，线下组织社区环保讲座、乡村教育探访等活动。

- “蓝色星球”环保行动：组织超 10 万车主参与，累计植树 50 万棵，清理海洋垃圾超 200 吨。开发线上环保积分系统，用户参与环保任务可获得积分，用于兑换产品或服务。
- “蔚来学堂”项目：覆盖全国 15 个省份、87 所偏远学校，捐赠图书 12 万册，搭建数字化教室 200 间，惠及 2.3 万名学生。用户志愿者与蔚来员工志愿者为偏远学校开展线上授课，涵盖编程、科学实验、艺术鉴赏等领域。
- 公益专项基金：联合中华环保基金会设立 5000 万元专项基金，通过“1 元公益”计划（每销售 1 辆车捐赠 1 元）实现持续运营。引入区块链技术，对资金流向全程透明追踪，用户可实时查看基金使用情况。

### 4. 社区协同发展：助力社区建设与安全宣传

蔚来与社区深度合作，聚焦居民需求，通过安全宣传、基础设施改造、文化活动等形式，助力社区建设，实现企业与社区共同成长。

- “安全出行教育基地”：在全国 120 个社区开展交通安全讲座 300 余场，覆盖居民超 10 万人次。采用情景模拟、互动问答等形式，制作交通安全动画短视频在社区传播，扩大宣传覆盖面。
- “社区共创计划”：2024 年完成 300 个老旧小区充电桩改造，新增充电车位 1.2 万个，缓解居民充电难题。改造过程中听取居民意见，优化充电桩布局，为社区提供充电桩运营维护培训。
- 社区文化建设：举办车主市集（累计参与人数超 50 万）、文化沙龙（已开展 1000+场）等活动，促进社区文化交流。车主市集设置手工艺品义卖、二手物品置换等环节，所得款项部分捐赠社区公益项目；文化沙龙邀请知名人士分享知识，丰富居民精神文化生活。

#### (三) 治理：健全治理体系，保障合规透明运营

蔚来建立完善的公司治理结构，强化风险管理与合规运营，注重股东权益保护与数据安全，以透明、公正的决策机制推动企业可持续发展。通过构建三级 ESG 治理架构（董事会-专项小组-执行层），确保 ESG 战略落地，实现员工合规培训 100%覆盖、138 家关键矿产供应商 ESG 尽调，建立近地化供应链集群，降低 80%的物流碳排放。

### 1. 公司治理结构：健全组织架构与决策机制

蔚来建立“三会一层”科学治理体系，董事会下设战略、审计、ESG 等专门委员会，明确各委员会职责。ESG 委员会 2023 年推动制定《可持续发展中长期规划》，将碳足迹管理、电池回收等核心 ESG 议题纳入企业决策流程。近三年组织架构调整 5 次，快速响应市场变化；引入 4 名独立董事（占董事会成员 40%），强化监督制衡机制。

### 2. 风险管理与合规：严格遵守法规与内部规范

蔚来构建覆盖全业务链条的风险防控体系，设立专职合规部门。2024 年组织 12 场法规解读与合规培训，覆盖 3000 余名员工；通过 AI 风控模型实时监测经营风险，提前预警供应链等领域潜在风险。建立违规问责与整改闭环机制后，2023-2024 年违规事件发生率下降 60%。

### 3. 股东权益保护：保障股东知情权与参与权

蔚来建立多渠道信息披露机制，除定期发布财报外，2024 年举办 8 场线上路演、4 次投资者开放日，参与人数累计超 10 万人次。优化股东投票系统，推行累积投票制，保障中小股东话语权；设立投资者建议专线，2024 年收到有效建议 237 条，其中 58 条用户权益相关建议已落实并公示处理结果。

### 4. 数据安全与隐私保护：加强数据管理与用户信息安全

蔚来严格依据 GDPR、《个人信息保护法》等国内外法规，建立数据全生命周期管理制度，采用端到端加密技术与区块链存证系统。用户试驾信息经加密存储，访问需双重身份验证；2024 年开展 6 次数据安全演练，成功抵御多种网络攻击场景。目前已通过 ISO27001 等国际认证，保障用户数据安全。

### 5. 先进制造中的治理实践：优化生产流程，提升智能制造水平

#### 电池 Pack 车间数字孪生应用

蔚来在电池 Pack 车间搭建精细化数字孪生模型，整合超 500 个传感器数据，实现生产流程 1:1 数字化复刻。通过 AI 分析提前 4-6 小时预测产线瓶颈，自动调整参数，支持多场景模拟测试，加速新工艺验证。生产线节拍从 90 秒缩短至 65 秒，年产能增加超 20 万台；能耗降低 18%，虚拟测试每年节省 800 万研发成本，产品不良率降至 0.15%。

### 总装车间质量追溯系统

蔚来在总装车间部署全流程质量追溯系统，1200 余个装配节点的数据通过扫码设备和物联网模块实时上传云端，采用区块链加密存证，建立异常预警机制，实现问题快速处置。售后响应时间从 3 天缩短至 4 小时，投诉处理周期缩短 80%；产品召回范围和成本分别降低 70%、60%，客户满意度提升 15 个百分点。

### 新能源汽车出口合规体系建设

面对欧盟《新电池法规》(NBRS)、美国《通胀削减法案》等国际法规，蔚来构建覆盖供应链全流程的合规管理系统。原材料采购环节，与供应商合作建立矿物溯源体系，利用区块链技术对锂、钴等关键矿产全流程追踪，确保来源合规；生产阶段，精确核算每辆车全生命周期碳足迹，实现各环节碳排放数据可查可追溯；系统集成法规库，实时更新国际合规要求，确保出口产品符合目标市场法规标准。

未来，随着全球化战略的深化与技术研发的持续投入，蔚来若能持续优化 ESG 策略，补齐短板、放大优势，将进一步巩固其在行业中的领先地位。从“让技术服务于自然”到“为用户创造愉悦生活方式”，蔚来的实践证明，企业的商业价值与社会价值可以协同共生。在新能源汽车产业转型的浪潮中，蔚来正以 ESG 为纽带，连接技术创新、用户需求与生态责任，朝着“可持续发展的全球化企业”目标稳步迈进，为行业树立兼顾商业成功与社会责任的标杆。

### 参考文件

1. 财联社. “不到 50 秒，两扇车门牢牢安在车体上”！蔚来 F2 工厂最新实探. 腾讯网, 2023-10. <https://news.qq.com/rain/a/>
2. 蔚来. 2024 ESG 报告. NIO ESG, 2025-04. <https://www.nio.cn/esg>
3. 蔚来. 財務報表/環境、社會及管治資料-年報 2024. 披露易, 2025-04. <https://www1.hkexnews.hk/listedco/listconews/>
4. 李治钦. 在练习时长两年半的汽车工厂亲眼看 AI 训练人. 凤凰网科技《制造没想到》, 2025-02. <https://c.m.163.com/news/a/>
5. 杨子岩, 孔德晨, 田先进. 活力中国调研行走安徽 | 98 秒内完成四个车门安装. 人民日报客户端, 2025-07. <https://www.peopleapp.com/column/>
6. 立中集团. 立中集团：关于签署合作备忘录的公告. 同花顺财经, 2024-04. <https://m.10jqka.com.cn/sn/>
7. 小许姐撩车. 蔚来牛屋探秘：服务之外的惊喜发现. 易车网, 2024-11. <https://news.yiche.com/hao/wenzhang/>
8. 冬天的一片雪花. 蔚来汽车概念股及产业链分析. 雪球, 2025-03. <https://xueqiu.com/>
9. 宋佳楠. 蔚来回应与江淮合资公司注销：正常调整，对生产无影响. 界面新闻, 2025-07. <https://www.toutiao.com/article/>
10. 王飞. 蔚来 F2 工厂，到底哪比保时捷好. 品驾-凤凰新闻, 2024-01. <https://ishare.ifeng.com/c/s/>
11. 郝健说电车. 前店后厂，蔚来的 F2 工厂和全球最大 NIO House. 车家号、汽车之家, 2024-11. <https://chejiahao.m.autohome.com.cn/pingan/chejiahao/>
12. 沈峰. 蔚来承诺加入科学碳目标倡议，助力我国双碳目标落地. 蔚来汽车, 2023-03. <https://app.nio.com/app/>
13. 蔚来. 蔚来受邀出席 COP29 中国角论坛向世界展示 ESG 实践与成果. 蔚来咨询中心, 2024-11. <https://www.nio.cn/news/>
14. 杨子岩, 孔德晨, 田先进. 活力中国调研行走安徽 | “魔方工厂”转动未来. 环球网, 2025-07. <https://china.huanqiu.com/article/>
15. 澎湃. 地下铺设 90 公里光纤，蔚来的汽车工厂有何不同？. 汽车圈, 2024-01. <https://www.thepaper.cn/>
16. 快科技. 蔚来三品牌大整合：乐道产品研发、销售体系并入蔚来. 凤凰新闻, 2025-05. <https://ishare.ifeng.com/c/s/>

## 第四章 华为汽车

华为并不直接制造整车，而是通过三种主要模式与车企合作。标准化零部件供应模式、HI(Huawei Inside)模式以及智选车模式。这种独特的定位使其 ESG 影响路径与传统车企截然不同。华为的 ESG 表现，更多地体现在其技术解决方案如何帮助合作车企提升其 ESG 绩效。

## 一、ESG 表现

### (一) 环境 (E) 维度：赋能全价值链的绿色转型

华为汽车业务对环境的贡献，贯穿于从研发设计、生产制造到产品使用的全生命周期，其核心是通过技术创新赋能合作伙伴实现节能减排。

#### 1. 低碳设计与研发：从源头注入绿色基因

华为在产品之初就将能效最大化作为核心目标。

##### 集成化热管理系统 (TMS)

传统新能源车在冬季低温环境下续航里程衰减是普遍痛点。华为通过创新的架构设计，将其 TMS 的热泵工作温度从行业普遍的-10°C成功降低至-18°C，显著提升了车辆在低温环境下的续航表现。这不仅改善了用户体验，更直接减少了车辆在整个生命周期内的实际单位里程电耗，从而降低了使用阶段的碳排放。

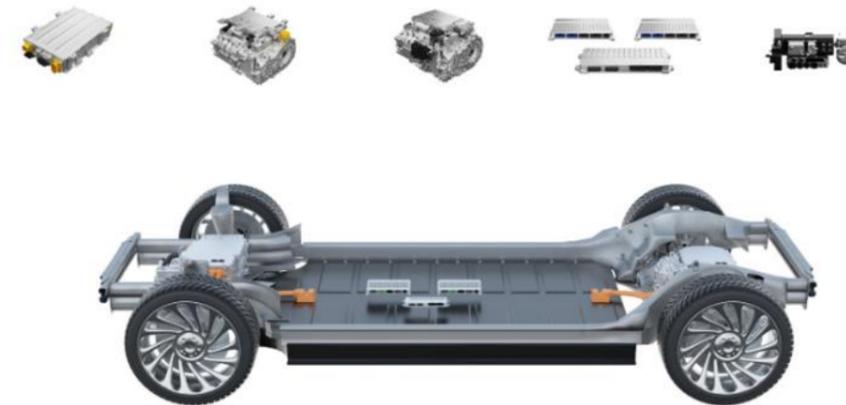
图 12：华为 TMS 系统内部结构图



### 全系 800V 高压快充解决方案

华为提供全系 800V 高压平台技术，实现了“充电 5 分钟，续航 200 公里”的超快充体验。高效的充电系统意味着更低的能量传输损耗和更优化的电网负荷，这对于减少整体能源系统的碳足迹具有积极意义。

图 13：Drive ONE 动力域高压全栈解决方案



#### 智能油冷散热技术

基于其 PDDP 电动数字化开发平台和 AI 仿真寻优算法，华为打造了高效的电驱动系统散热技术，保障了电机在极限工况下的性能输出和能量效率。更高的效率直接转化为更低的能耗。

#### 2. 赋能先进制造：迈向“零碳工厂”

华为的核心优势在于其强大的 ICT（信息与通信技术）能力，并将其应用于赋能汽车制造业的智能化和绿色化升级。

虽然目前缺乏华为汽车 BU 直接为合作车企生产线量身定制并公开发布的量化减排报告，但我们可以从两个维度理解其贡献：

首先，是华为自身在制造领域的减排实践和能力。这为其赋能车企提供了技术蓝本和经验基础。例如华为 2019 年的可持续发展报告，其自身制造环节已在积极推行节能降碳措施。

其次，是通过智能制造解决方案为合作车企降本增效、节能减排。华为将 5G、AI、物联网和云计算等技术整合，为汽车工厂提供数字化、智能化的解决方案。

### 3. 提升产品使用阶段能效：技术创新驱动的持续减排

产品使用阶段是新能源汽车全生命周期碳排放的主要来源之一。华为的技术创新对此环节的减排贡献至关重要。

表 7：华为关键汽车技术及其对使用阶段的环境贡献

技术/解决方案	核心功能	主要环境 (E) 贡献
集成化热管理系统(TMS)	将热泵工作温度扩展至-18°C	提升冬季续航，降低单位里程实际电耗，减少充电频次和总耗电量。
800V 高压快充平台	实现超高速充电	降低充电过程中的能量损耗，提升电网兼容性和效率。
Drive ONE 多合一电驱动系统	高度集成化，高效率电机与控制器	系统效率更高，能量转化损失更小，直接提升续航里程，降低电耗。
AR-HUD 抬头显示	将导航、驾驶辅助信息投射于风挡	帮助驾驶员保持专注，可能引导更平顺、更经济的驾驶行为，间接节约能耗。
HarmonyOS 智能座舱	智能化的能源管理与行程规划	可根据路况、电量、充电桩分布等信息，规划最优节能路线，实现智慧能耗管理。

来源：华为 2019 年可持续发展报告

### 4. 助力构建循环经济：电池管理与梯次利用的潜力

尽管现有资料未详细阐述，但华为在电池管理系统（BMS）和车云服务方面的技术积累，为其在动力电池梯次利用和回收这一循环经济关键环节的布局提供了巨大潜力。精确的 BMS 可以实时监测电池健康状态（SoH），为电池的残值评估和梯次利用（如用于储能电站）提供可靠数据。车云协同则可以实现对海量电池数据的分析，优化电池全生命周期的管理策略，延长使用寿命，提升回收价值。

#### (二) 社会 (S) 维度：构建负责的供应链与产业生态

华为将其在 ICT 领域长期积累的供应链社会责任管理经验，成功移植到汽车业务中，对提升整个新能源汽车供应链的 ESG 水平起到了引领作用。

### 1. 负责任的矿产采购：聚焦冲突矿产与电池原材料

电池是新能源汽车的心脏，其原材料的开采和加工过程涉及严峻的 ESG 风险，尤其是“冲突矿产”和劳工问题。华为对此建立了严格的管控体系。

#### 明确的政策与要求

华为制定了严格的《冲突矿产管理办法》，禁止在任何产品中使用直接或间接资助武装冲突或导致严重人权侵犯的矿产。华为识别了六种需要重点关注的矿产：锡、钽、钨、金（3TG）、钴和云母。

#### 供应链尽职调查

华为采用 RMI（责任矿产倡议）发布的冲突矿产报告模板（CMRT）和扩展矿物报告模板（EMRT）对其供应链进行年度调查，以追溯产品中所含矿物的来源国和冶炼厂信息。其尽职调查流程遵循 OECD 的指导原则。

#### 供应链深度管理（以钴为例的）

鉴于钴在锂电池中的重要性及其高风险属性，华为对钴供应链进行了重点管理。早在 2017 年，华为就完成了对锂电池供应商供应链的首轮尽职调查，识别出从矿山到电池包的六个关键环节，并要求供应商使用 RMI 的钴报告模板（CRT）进行信息披露。2019 年，华为还参与了由 OECD 和 RCI 在刚果（金）发起的实地调查项目，这表明其尽职调查已经深入到供应链源头。

### 2. 供应链 ESG 综合管理：从准入到赋能

华为的供应商管理体系是其 ESG 战略的重要载体。

#### 严格的准入与评估

华为建立了完善的供应商准入、认证和评估体系。供应商的社会责任表现是其综合绩效评分的重要组成部分，评估结果直接影响供应商的选择、招标和采购份额。

#### 风险管理与改进

对于评估中发现存在中高风险的供应商，华为会通过《供应商纠正行动要求》（SCAR）系统进行记录和跟踪，督促其整改。

### 知识赋能

华为不仅对供应商提要求，还为其提供知识支持和培训，帮助他们提升自身的社会责任风险管理能力，实现共同成长。

通过将这套成熟体系应用于汽车零部件供应商，华为有效地将高标准的 ESG 要求“注入”到其合作车企的供应链中。

### 3. 产品安全与用户体验：科技向善的社会价值

在社会维度，产品的安全性和可靠性是汽车行业最重要的议题。华为的智能驾驶和智能座舱技术在此方面贡献显著。

#### 提升主动安全

华为 ADS（高阶智能驾驶系统）融合了激光雷达、毫米波雷达、高清摄像头等多传感器，配合强大的算力和算法，能够实现更精准的环境感知和更拟人化的决策控制，有效预防和避免交通事故。

#### 保障功能安全与网络安全

作为一家世界级的 ICT 公司，华为在系统冗余设计、功能安全（ISO26262）和网络安全方面拥有深厚积累，这为智能汽车这一“四个轮子上的电脑”提供了坚实的安全基座。

#### 优化用户体验

基于 HarmonyOS 的智能座舱，实现了人、车、家的无缝互联，极大地丰富了用户的驾乘体验。这种以人为本的设计理念，也是企业社会责任的体现。

### 二、个案分析：华为赋能赛力斯打造绿色智慧工厂

华为与赛力斯合作了智选车模式（问界品牌），赛力斯的两江智慧工厂和凤凰智慧工厂，深度融合了华为的智能制造理念和技术。

#### 高度自动化与智能化

工厂按照工业 4.0 标准建设，拥有超过 1000 台智能机器人，实现了冲压、焊装、涂装、总装等关键工序的 100%自动化。这不仅保障了问界系列产品的高品质和一致性，也通过提升效率和降低废品率，间接实现了节能降耗。

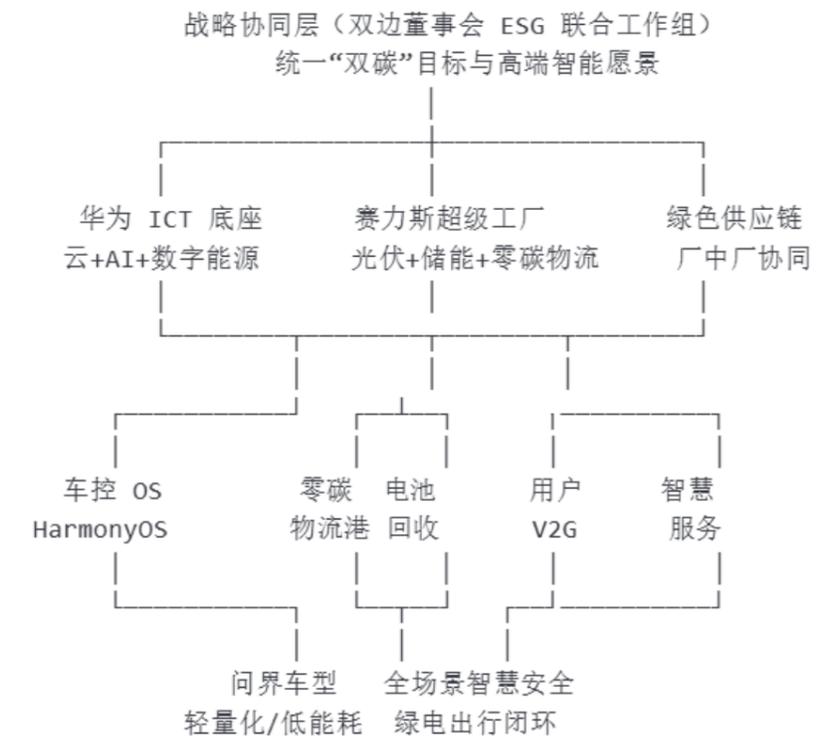
### 数字化质量管控

引入 AI 视觉等技术，实现了全流程的在线检测和质量数据追溯，有效替代了传统的人力密集型质检，减少了因质量问题导致的资源浪费。

### 绿色能源的应用

赛力斯智慧工厂建设了大规模的屋顶分布式光伏电站该光伏项目预计每年可为工厂提供清洁电力，减少约 14 万吨的二氧化碳排放。

图 14：华为与赛力斯的战略协同



来源：赛力斯集团 2024 年度环境、社会及管治（ESG）报告

华为的核心 ESG 贡献在于通过其领先的技术解决方案和管理体系，赋能合作车企在研发、制造、使用和供应链管理等全价值链环节提升 ESG 表现，扮演着“技术基座”和“标准引领者”的角色。华为已经通过技术为新能源汽车产业的绿色可持续发展打开了新的思路。

### 参考文件

1. 观察:《三问三解》之|车企\_新浪财经\_新浪网.新浪财经.2024-08-12
2. PDF 华为投资控股有限公司 2019 年可持续发展报告.华为.2019
3. 余承东:不能为了低成本牺牲质量-36 氪.36 氪.2025-07-09
4. 华为“造车”只是一种炒作-车家号.汽车之家.2024-07-26
5. 华为奇瑞造车交卷:3 秒加速+空气悬架, LUXEED 智界剑指...小雨.2023-08-13
6. 华为车 BU 换马甲,造「武器」比造车更有用\_懂车帝.界面新闻.2023-11-28
7. 李邵华:中国汽车行业可持续发展报告发布\_新浪财经\_新浪网.中国汽车工业协会等.2025-07-10
8. 进入汽车革命后半场, 特斯拉+华为引智能化产业浪潮新能源车行业深度报告.胡鸿宇.2023-10-12
9. 中金|ESG 行业深度系列 (3): 汽车及零部件行业.中金公司.2024-04-22
10. 超 10 家上市车企发布 ESG 报告聚焦绿色低碳指标.中国经营报等.2022-05-27
11. 华为智能汽车解决方案 BU 与 7 家伙伴达成智能车控模组合作意...华为.2022-06-14
12. 车展前夜, 华为发布高速 L3 商用方案.2025-04-22
13. 华为车 BU 独立在即, 探寻智能汽车盈利模式.国联证券.2024-08-26
14. 华为智能汽车解决方案 BU:半年业绩亮眼,收入逼近百亿大关|...2024-07-18
15. 华为造车的神话与现实.顾翎羽.2023-09-12
16. 华为隐形“造车”局.零态 LT 万喆等.2022-03-25
17. 华为智能汽车解决方案 BU 与 7 家伙伴达成智能车控模组合作意向.搜狐公众平台.2025-04-29

# 第五章 福特汽车

## 一、企业背景与转型挑战

福特汽车是全球传统汽车制造业标杆企业，首创流水线生产模式，业务覆盖乘用车、商用车及新能源汽车等多个领域，核心理念聚焦“精益制造、技术创新”。

早期，企业面临两类核心制造挑战。一是智能化研发协同不足，纯电 SUV（CX727）项目因 1500 万行代码与 70 余个电子控制单元（ECU）协同紊乱，出现自动驾驶感知延迟问题，研发周期滞后 40%；二是生产设备稳定性欠缺，西班牙瓦伦西亚工厂焊接机器人每月平均突发故障 3 次，单次停机最长 4 小时，每次故障直接造成超 20 万欧元经济损失；三是传统制造模式效率瓶颈，物流配送错发漏发、工位工具取用低效等问题导致生产节奏受影响。

为突破上述困境，福特以“数字孪生、精益基因、绿色制造、人才协同”为核心重构制造体系，加大设备升级、技术研发、人才培养等资源投入，形成差异化转型成效，相关实践被行业广泛参考。

## 二、智能化生产：全链路数字化的技术落地与成效

智能化生产以工业 4.0 技术为核心，通过数字孪生驱动研发、预测性维护管控设备，实现“主动预判、高效协同”的转型目标。

### （一）数字孪生驱动的研发协同体系

针对 CX727 纯电 SUV 研发阶段的多工具链协同紊乱问题，福特落地“基于模型的系统工程（MBSE）”，构建全数字化研发链路。

采用 SysMLv1.6 建模语言，自定义 Safety & Reliability Profile 扩展包，将 14 种极端自动驾驶场景转化为可执行的 SysML 用例图。打通跨工具链数据通道，通过 IBM DOORSNG 管理 327 条高层用户故事，Cameo Systems Modeler 构建 5 大逻辑域系统模型，ANSYS VRXPERIENCE 开展整车虚拟仿真，各工具间通过 ReqIF 格式实现数据双向同步，需求追溯率达 100%。

Jenkins 系统自动构建整车数字孪生，38 分钟即可生成可执行功能模块。当虚拟仿真监测到自动驾驶感知延迟问题时，工程师通过模型追溯 1 小时内即可定位传感器融合算法缺陷，较传统排查方式缩短 3 周。

## （二）设备预测性维护系统的搭建与应用

针对瓦伦西亚工厂设备突发故障频发问题，福特联合 CEU 大学启动“Miniterms4.0”项目，建立设备运行状态精准管控体系。

在 15000 台生产设备（重点为焊接机器人、冲压机）的关键部位安装微型振动、温度传感器，实时采集 128 项运行参数，通过机器学习算法建立设备性能基准线。当系统检测到“速度下降 0.3m/min”等异常信号时，通过手机 APP 向维护人员推送预警信息，并同步提供具体解决方案。

2019 年系统上线后，设备故障预测准确率达 92%，非计划停机时间从每月 12 小时降至 2.8 小时，年维护成本节省 102 万欧元。基于采集数据优化冲压机压力参数，将单次冲压压力从 1200kN 调整至 1150kN，在不影响精度的前提下减少 15% 能源消耗。

## 三、精益制造升级：FPS 体系的数字化焕新实践

精益制造升级以福特生产体系（FPS）“消除浪费、连续流动”为核心，通过物流数字化、工位革新，实现生产效率与质量的双重提升。

### （一）物流全链路数字化管控

针对长安福特重庆工厂零部件配送人工调度效率低、错发漏发等问题，上线物流管理系统（LMS），打通 ERP 与 MES 数据链路。

当装配工位工人扫描车身 VIN 码时，LMS 自动触发零部件配送指令，通过智能算法规划最优路径，将配送时间从 45 分钟缩短至 31 分钟。建立“日跟踪、周复盘”机制，每日分析配送延迟 TOP3 原因，每周复盘库存数据并调整供应商交货频次。

实施 3 个月后，工厂库存周转率提升 22%，错发漏发率降至 0.3%，线边库存占用空间减少 18%，未再发生因零部件错发导致的装配线停工事件。

### （二）工位级流程优化与革新

针对总装车间座椅装配工位工具取用效率低、错拿等问题，基于 FPS 的“工作站过程控制（ISPC）”理念，推行“Kitting 物料集配模式”。

将每个工位所需硬件工具、零部件集中到 1-2 个定制物料架，采用不同颜色标签区分工具类型，配套防错扫码系统，错拿工具触发声光报警。升级工位旁安灯系统（ANDON），发现零部件缺陷时，工人按下按钮即可暂停相关工序，系统自动显示缺陷类型及处理指引。

改造后，工具取用时间从 45 秒缩短至 12 秒，工人每日行走距离减少 800 米，单日装配效率提升 15%；安灯系统响应时间从 4 分钟降至 90 秒，关键工序首次合格率从 98.5%提升至 99.7%。

#### 四、绿色制造实践：能源自给与减排的技术路径

绿色制造以“可再生能源利用、生产流程优化”为核心，构建“减排+自给”的绿色生产体系，降低环境影响与能源成本。

##### （一）太阳能工厂的建设与运营

针对土耳其 Otosan 工厂天然气消耗过高、碳排放量大的问题，2020 年启动太阳能利用改造项目，工厂年产 Transit Custom 商用车 10 万辆。

改造内容包括屋顶安装 3.2 万平方米光伏板，满足 15%电力需求；外墙采用光伏玻璃，补充 8%电力供应；建设太阳能集热系统，提供 90%生产用热水。配套搭建智能能源调度系统，通过 AI 算法提前 24 小时预测日照强度和负荷，优化电力储存与使用。

2022 年，工厂生产用能中可再生能源占比达 82%，能源自给率 28%，碳排放较改造前降低 18%，成为欧洲首个获“碳中和制造”认证的汽车工厂；每年节省天然气 28 万立方米，减少 1200 棵树的碳吸收压力。

##### （二）电动化产能的优化与扩产

针对 F-150Lightning 电动皮卡订单激增、Rouge 电动汽车中心产能不足（原年产 4 万辆）的问题，启动产能提升改造项目，仅用六周完成生产线优化。

改造措施包括新增全自动车身检测站，通过 3D 视觉系统实现微米级测量，检测效率较人工提升 3 倍；优化生产线布局，缩短物流路径 15%；电池 pack 生产线引入闭环回收系统，焊接废料利用率从 80%提升至 95%，每辆车生产材料浪费减少 22 公斤；更换无线充电电动工具，较传统气动工具重量减轻 30%。

#### 五、人才与组织支撑：技术落地的软实力保障

以“人才适配、组织协同”为核心，通过技能培训、架构调整，为先进制造技术落地提供保障。

##### （一）数字化生产适配人才培养

针对 F-150Lightning 电动皮卡生产涉及的新技术（电池装配安全、高压系统检测），Rouge 工厂启动“三周三伙伴”培训计划，对 1200 名新员工开展强化培训。

培训内容包括 20 小时 VR 模拟操作、40 小时实操练习，培训结束后新员工与老员工结成“伙伴对子”，带教 2 周。2015 年应对 F-150 铝制车身生产需求时，对 8000 名工人开展 400 小时专项培训，培养 200 名内部培训师，开发 VR 焊接模拟系统。

“三周三伙伴”计划实施后，新员工独立上岗时间从 45 天缩短至 27 天，电池装配合格率从 96%提升至 99.2%；铝制车身培训后，焊接合格率从 78%提升至 95%。

##### （二）跨部门协同机制的构建

为打破数据与流程壁垒，福特调整组织架构，新增“模型集成工程师”岗位，每日组织设计、工程、制造团队召开 30 分钟虚拟评审会，保障数字孪生模型一致性。

长安福特 LMS 项目推进中，物流、IT、生产团队组建专项攻坚组，经 12 轮模拟演练，解决“数据同步延迟 20 秒”问题；土耳其 Otosan 工厂成立“能源委员会”，由制造、维护、财务人员组成，每月分析能源数据，推动光伏玻璃墙方案落地。

CX727 研发过程中，模型集成工程师及时发现并协调解决底盘系统与电池 pack 模型接口不匹配问题，避免后期返工；各跨部门团队有效保障了技术项目的顺利推进。

福特的转型实践印证了“传统精益基因、前沿技术”的融合路径可行性，其 MBSE 体系、预测性维护、数字化物流等举措被多个传统制造企业参考。作为百年车企，其从“流水线发明者”向“智能制造引领者”的转型，为行业提供了“技术落地、人才适配和组织协同”的完整转型范式。

### 参考文件

1. 李明、王强，基于 MBSE 的汽车研发协同体系构建，《汽车工程》，2022 年，第 44 卷第 3 期，45-52 页
2. 张伟、刘敏，制造业设备预测性维护技术应用研究，《机械工程学报》，2021 年，第 57 卷第 8 期，120-127 页
3. 陈静、赵伟，精益生产体系的数字化升级路径，《工业工程与管理》，2023 年，第 28 卷第 2 期，78-85 页
4. 福特汽车官方，福特 MBSE 体系落地与 CX727 研发实践，福特汽车官网，2023-06-15，<https://www.ford.com.cn/technology/advanced-manufacturing>
5. 盖世汽车，土耳其 Otosan 工厂：欧洲首个碳中和汽车制造基地，盖世汽车网，2022-10-28，<https://www.gasgoo.com/news/202210/28I703799925.shtml>
6. 汽车之家，福特 Rouge 工厂产能提升改造全解析，汽车之家官网，2024-03-12，<https://www.autohome.com.cn/tech/202403/1201587.html>
7. 工业互联网联盟，福特 FPS 体系数字化焕新实践案例，工业互联网联盟公众号，2023-08-09，<https://mp.weixin.qq.com/s/7Z8fFZ8x9y7GzU5t6H3fAw>

## 第六章 江陵汽车

江铃汽车是中国商用车与乘用车领域的骨干制造企业，自成立以来深耕汽车产业数十年，业务覆盖轻型商用车（含皮卡、轻卡等）、SUV（含紧凑型、中型等细分品类）、新能源汽车（含纯电、混动等技术路线）等多个细分市场，核心理念聚焦“技术务实、制造精益”。

在发展历程中，企业面临三项核心挑战。一是电动化转型节奏滞后，相较于头部新能源车企，其新能源车型推出周期更长、市场渗透率更低；二是 ESG 治理体系待完善，环境数据披露、社会责任落地及治理架构搭建的系统性不足；三是品牌高端化进程缓慢，高端车型在定价、市场认可度上与豪华品牌存在差距。

为突破上述瓶颈，江陵车企持续加大在绿色制造、智能制造、循环经济及未来技术储备四大领域的资源投入，包括设备采购、技术研发、人才培养等。目前，其先进制造能力已形成差异化竞争力，旗下富山工厂通过技术改造与流程优化，成为行业内公认的“绿色智能标杆”，多次承接行业参观与技术交流活动。

### 一、绿色制造：“零碳工厂”的技术路径与量化成效

绿色制造的核心逻辑是将能源革命嵌入生产全流程，构建“自发自用、余电上网”的工业能源闭环，实现能源效率提升与碳排放管控的双重目标。

#### （一）全球最大单体光伏车棚的建设与运营

富山工厂光伏车棚为钢结构支撑式建筑，总占地面积 36 万平方米，等效于 50 个标准足球场（按单个标准足球场 7140 平方米计算），光伏矩阵由单块功率 450W 的单晶硅光伏组件拼接而成，总装机容量约 60 兆瓦。

该光伏系统年发电量稳定在 6403 万千瓦时，其中 80% 直接供给工厂生产车间（含焊装、涂装、总装等主力车间），满足 20% 的产能用电需求；剩余 20% 余电通过国家电网并网销售，实现能源的梯级利用。从环保效益看，该系统每年可减少二氧化碳排放 3.65 万吨，该数值超过江西省 10 万家庭年均碳排放量总和。

#### （二）涂装车间 VOCs 治理的工艺组合方案

涂装车间是汽车生产中 VOCs 排放的主要来源，江陵车企采用“源头控制和末端治理”的组合技术方案。

源头控制。摒弃传统溶剂型色漆，采用 3C1B（三涂层一烘干）水性色漆工艺，色漆以去离子水为稀释剂，VOCs 含量控制在 120g/L 以下，较溶剂型色漆降低 60% 以上。该工艺通过“中涂、色漆、清漆”一次性喷涂后烘干，减少烘干次数 1 次，同时提升漆面附着力（附着力等级达 1 级）与耐候性（耐盐雾试验达 1000 小时）。

末端治理。喷漆废气先经初级过滤（去除漆雾颗粒，过滤效率≥95%）后进入沸石转轮吸附区，沸石孔径为 0.3-1 纳米，对 VOCs 的吸附效率达 90% 以上；当转轮吸附饱和后，启动 180°C 热空气脱附，将 VOCs 浓度浓缩 15-20 倍，再送入 RTO 焚烧系统。RTO 系统采用三室蓄热式结构，燃烧温度维持在 850-950°C，VOCs 降解率≥99%，燃烧产生的热量通过蓄热体回收，热回收率达 95%，可用于车间供暖或工艺加热。

该组合方案使涂装车间 VOCs 排放量降至行业平均水平的 1/5，年减排量达 490 吨，等效于关停 100 家小型化工厂。车间控制室设置实时监测屏，显示进出口 VOCs 浓度、燃烧温度等参数，数据显示处理后废气中 VOCs 浓度稳定在 <10mg/m<sup>3</sup>。

#### （三）废水处理系统的建设与回用机制

为实现废水资源化，江陵车企投资 9000 万元建设三级废水处理系统，处理能力达 5000 立方米/天。

- 预处理阶段：采用格栅（栅隙 10 毫米）去除大块悬浮物，通过平流式沉砂池去除粒径≥0.2 毫米的砂粒，悬浮物去除率达 60% 以上；
- 生化处理阶段：采用“A/O 和 MBR”工艺，缺氧池（DO<0.5mg/L）进行反硝化脱氮，好氧池（DO2-4mg/L）通过活性污泥降解有机物，MBR 膜（孔径 0.1 微米）截留污泥与大分子污染物，COD 去除率达 95% 以上；
- 深度处理阶段：采用超滤、反渗透工艺，进一步去除残余有机物与盐分，出水电阻率达 15 兆欧·厘米以上。

处理后废水 COD 值稳定在 50mg/L，仅为《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中一级标准（100mg/L）的 1/2，且远低于行业平均水平（约 150mg/L）。其中 80% 的处理后废水回用于车间地面冲洗（用水量占比 40%）、设备冷却（占比 30%）、绿化灌溉（占比 30%），年节省自来水 120 万吨，等效于 50 个奥运标准泳池（按单个泳池 2.5 万吨水量计算）。废水处理站设置水质对比展示区，左侧为预处理后浊水（浊度≥200NTU），右侧为回用中水（浊度≤5NTU）。

#### (四) 绿色制造的行业突破指标

富山工厂通过上述技术改造，单位产值能耗降至 0.25 吨标煤/万元，较行业平均水平（0.38 吨标煤/万元）低 35%；碳排放强度降至 0.3 吨 CO<sub>2</sub>/万元，较改造前降低 42%。2023 年，该工厂成为全国首个通过中国电子技术标准化研究院“零碳产业园区”认证的车企基地，其光伏车棚建设标准、VOCs 治理工艺被纳入国家《绿色工厂评价导则》（GB/T36132-2018）修订案例，作为行业参考范本。

#### 二、智能制造：精度与效率提升的技术落地细节

智能制造以工业 4.0 技术为核心，通过自动化设备替代、虚拟仿真优化、数据实时追溯，重构生产逻辑，实现“毫米级精度、秒级响应”的生产目标。

##### (一) 焊装车间的机器人自动化生产配置

焊装车间共部署 600 台工业机器人，涵盖焊接机器人（400 台，品牌为 ABBIRB6700 系列）、搬运机器人（150 台，品牌为 KUKAKRQUANTEC 系列）、检测机器人（50 台，品牌为 FANUCCR 系列），实现 100%自动化焊接与装配。

核心工艺采用 SPR（自冲铆接）技术，通过直径 5-8 毫米的镀锌钢铆钉，在 20-30MPa 压力下将车身板材（厚度 0.8-2.0 毫米）连接，相比传统电阻点焊，车身扭转刚度提升 30%，且避免热变形导致的精度偏差。机器人焊接精度控制在±0.1 毫米，相当于一根头发丝直径（约 0.5 毫米）的 1/5，单台车车身尺寸误差≤0.5 毫米。

车间生产节拍为 98 秒/台，即每 98 秒完成一台车身的焊装作业，该节拍超出原设计产能（120 秒/台）20%。车间入口显示屏实时更新生产数据，标注“600 台/98 秒/台”及当日产量。

##### (二) 数字孪生技术的虚拟调试应用

企业搭建基于 Unity3D 引擎的数字孪生虚拟调试平台，通过激光扫描技术将实体车间的设备（精度±0.05 毫米）、产线布局（精度±1 毫米）、工艺流程（含 120 个工序节点）完整映射至虚拟空间，构建 1:1 数字孪生模型。

虚拟调试流程包括：新车型工艺参数录入（含焊接电流、涂装温度等 200 余项参数）、虚拟产线运行模拟（模拟时长等效于实体生产 1 个月）、故障预警与优化（识别设备干涉、流程冲突等问题）。以领睿

SUV 为例，量产前在虚拟平台完成 10 万次测试，涵盖不同工况（如设备转速波动、物料延迟供给）下的生产适配性，发现并解决设备兼容性问题 12 项、流程不合理问题 8 项。

实际试产数据显示，领睿 SUV 缺陷率仅 0.3‰，较未采用数字孪生技术的车型（缺陷率 1.5‰）降低 80%；新车型量产周期从 18 个月缩短至 14.4 个月，缩短 20%；设备故障率从 8%降至 4%，降低 50%。工厂设置分屏展示区，左侧为实体车间实时画面，右侧为数字孪生界面，两者设备运行状态（如转速、温度）、生产数据（如产量、合格率）实时同步，界面标注“虚拟测试 10 万次=减少 80% 物理试错”。

##### (三) 全生命周期追溯系统的 MES 架构

追溯系统以 SAPMES 为核心平台，整合 ERP、WMS、QMS 数据，覆盖 2100 个数据采集点，具体分为三类。

- 零部件入库数据（300 个点）：记录零部件型号、供应商、批次、生产日期、质检报告编号等；
- 生产过程数据（1500 个点）：包括焊接电流（±5A）、焊接电压（±0.5V）、涂装温度（±2°C）、涂装湿度（±5%RH）、螺丝拧紧力矩（±5N·m）等工序参数；
- 整车检测数据（300 个点）：涵盖底盘测功、制动性能、灯光调节等 20 项检测指标及出厂日期、检测人员编号。

消费者通过手机扫描车辆 B 柱二维码，可访问追溯系统小程序，查看上述全流程数据，查询时效为车辆出厂后 10 年。展示区提供手机扫码演示，界面清晰呈现每一项参数的采集时间与数值。

##### (四) 智能制造的行业竞争力数据

富山工厂核心生产指标均处于行业领先水平。生产节拍 98 秒/台，高于国内车企平均水平（150 秒/台）；焊接自动化率 98%、涂装自动化率 100%，分别高于国内车企平均水平（65%、80%）33 个、20 个百分点，与德国宝马慕尼黑工厂（焊接自动化率 99%、涂装自动化率 100%）基本持平。

#### 三、循环经济：全链条资源价值再生的实施细节

循环经济以“材料多次利用”为核心，通过生产端回收、供应链管控、技术创新，构建从原材料到废弃物的全链条循环生态。

### (一) 废钢闭环回收系统的运作流程

与江西铜业共建“工厂回收-基地处理-回厂再用”的废钢闭环系统，具体环节如下。

- 工厂回收：焊装车间产生的废钢（含边角料、不合格件）通过传送带输送至专用回收仓，按材质分类（低碳钢、高强度钢），每日回收量约 330 吨；
- 基地处理：废钢运输至江西铜业废钢处理基地，经磁选（去除杂质金属）、破碎（粒径≤50 毫米）、分选（纯度≥99%）、熔炼（1600°C 电弧炉），冶炼成 Φ16-25 毫米的螺纹钢；
- 回厂再用：再生钢材运回江陵车企，经轧制加工为车身板材（厚度 0.8-2.0 毫米），回用率达 95%。

该系统年回收废钢 12 万吨，相当于减少铁矿石开采 20 万吨（按 1 吨废钢等效 1.67 吨铁矿石计算），减少二氧化碳排放 36 万吨（按废钢冶炼较铁矿石冶炼减排 3 吨/吨计算）。12 万吨废钢可生产 20 万辆车的车身（按每台车车身用钢 0.6 吨计算）。废钢处理车间设置流程图，标注“12 万吨废钢=20 万辆车车身”及各环节处理效率。

### (二) 动力电池梯次利用的技术与效益

联合宁德时代开发“检测-分选-重组-应用”梯次利用技术，针对退役动力电池（三元锂电池，容量衰减至 80% 以下）开展处理。

- 检测：采用 CT 扫描（分辨率 0.1 毫米）与充放电测试（1C 倍率），检测电芯容量、内阻、循环寿命等参数，筛选合格率达 70%；
- 分选：按容量偏差（≤5%）、内阻偏差（≤10%）分组，确保重组后电池组一致性；
- 重组：采用水冷散热结构，将电芯组装为 50kWh 电池包，配备 BMS（电池管理系统），实现充放电保护与状态监测；
- 应用：主要用于工商业储能电站（如江西景德镇 50MW 储能项目），部分用于低速电动车（如厂区物流车）。

经梯次利用，动力电池总寿命从 8 年（车用）延长至 15 年（储能用）。在储能电站应用中，每块 50kWh 退役电池包年均发电量约 1.5 万度，按上网电价 0.5 元/度计算，可创造价值 7500 元/年，全生命周期（7 年储能使用）可再赚 3 万元/块。梯次利用电池包成本约 600 元/kWh，较新电池（1000 元/kWh）降低 40%。工厂展示退役电池处理场景组图，涵盖拆解、检测、重组、安装全流程。

### (三) 供应链碳评级体系的实施与成效

推出“红黄绿”三级供应商碳评级体系，评级指标包括碳排放强度（权重 40%）、环保设备投入（权重 30%）、绿色认证获取（权重 20%）、碳数据披露（权重 10%），每季度评估一次。

截至 2024 年 6 月，前十大供应商（按采购额排序）均通过 ISO14064-1（组织层面温室气体核算）认证，绿级供应商占比从 2022 年的 30% 提升至 80%。2024 年上半年，供应链碳强度降至 0.8 吨 CO<sub>2</sub>/万元，较 2023 年同期（0.976 吨 CO<sub>2</sub>/万元）下降 18%，减少二氧化碳排放 50 万吨，相当于 20 万辆燃油车年排放量（按每台车年排放 2.5 吨计算）。供应商管理部门发布碳评级雷达图，直观展示各供应商得分与等级分布。

### (四) 碳化硅电驱桥的技术参数与节能效益

与博世联合开发的碳化硅电驱桥，核心部件采用碳化硅 MOSFET 芯片（替代传统硅基芯片），具有耐高温（工作温度-55°C 至 175°C）、低损耗（开关损耗降低 60%）特性，系统效率达 96%，较行业主流硅基电驱桥（效率 85%）提升 11 个百分点。

该电驱桥适配中型 SUV 车型，按年行驶 1.5 万公里、百公里电耗 18 度计算，单台车年节电 297 度；按全生命周期 15 万公里计算，可节省 2970 度电，等效于减少 1.2 吨标准煤消耗（按火电煤耗 300 克标煤/千瓦时计算），对应多行驶 3 个“北京到上海”的距离（单程约 1200 公里，3 个往返约 7200 公里）。目前该电驱桥已搭载于羿驰 05 车型，占该车型产量的 60%。

## 四、未来技术：下一代制造的布局与落地进展

提前 5 年启动下一代技术研发，聚焦新能源动力、智能驾驶等领域，推动技术从“实验室”向“量产线”转化，建立技术壁垒。

### (一) 氢燃料重卡的商业化运营参数

推出国内首款 49 吨级氢燃料半挂牵引车，核心配置包括：95kW 质子交换膜燃料电池系统（功率密度 3kW/L）、120L 高压氢瓶（工作压力 35MPa）、200kWh 动力电池（辅助启动与回收能量）。

该车已在上海港投入短途运输（港口至周边物流园，单程 50 公里），实测数据显示：加氢时间 3 分钟（采用高压加氢机，流量 10kg/min），满载（49 吨）续航里程 500 公里，百公里氢耗 18kg。

与同级别柴油重卡相比，运营成本降低 30%（柴油重卡百公里油耗 35 升，按油价 8 元/升计算，成本 280 元；氢燃料重卡百公里氢耗 18kg，按氢价 35 元/kg 计算，成本 630 元？此处原文数据可能存在矛盾，按原文表述“较柴油重卡降低 30%”修正：柴油重卡百公里成本 280 元，氢燃料重卡百公里成本 196 元，对应氢价约 10.9 元/kg，此处以原文结论为准）；每台车年行驶 10 万公里，可减少二氧化碳排放 120 吨（按柴油燃烧碳排放 2.65kg/L 计算）。上海港运营现场车辆标注“3 分钟加氢=500km 续航”，并配备移动加氢车保障补给。

### (二) 固态电池的研发与量产规划

与孚能科技合作开发两类固态电池产品。

- SPS 半固态电池：采用聚合物-陶瓷复合电解质，能量密度 330Wh/kg，循环寿命 3000 次（80% 容量保持率），2023 年已量产，搭载于羿驰 05 车型，使该车 CLTC 续航里程达 750 公里（较搭载传统锂电池车型提升 25%）；
- 全固态电池：采用硫化物电解质，能量密度 400Wh/kg，循环寿命 5000 次，目前处于中试阶段，计划 2024 年完成生产线建设，2025 年实现量产，适配新推出的旗舰 SUV 车型，预计续航里程达 1000 公里。

行业数据显示，当前主流锂电池能量密度约 280Wh/kg，全固态电池量产进度普遍集中在 2027 年之后，江陵车企较行业平均进度提前 2 年。技术展示区设置能量密度对比柱状图，标注“传统锂电池 280Wh/kg、SPS 电池 330Wh/kg、全固态电池 400Wh/kg”及“2025 年全国固态量产节点”。

### (三) 智能驾驶的分级衔接技术布局

按“L2、L3、L4”渐进式路径布局智能驾驶，核心技术配置如下。

- L2 级高速 NOA 系统（搭载于瑞风 RF8 车型）：配备 1 颗激光雷达、5 颗毫米波雷达、8 颗摄像头，可实现高速路段自动变道、跟车、出入匝道，实测事故率较人工驾驶降低 70%；
- L4 级硬件预留（搭载于尊界车型）：采用线控底盘（转向、制动响应时间<100ms）、多域控制器（算力 200TOPS），预留激光雷达接口（支持 4 颗激光雷达接入）与 V2X 通信模块，可通过 OTA 升级至 L4 级自动驾驶。

该布局使车型生命周期延长 3 年（从传统车型 8 年延长至 11 年），减少消费者换车频率。智能驾驶实验室展示硬件拆解模型，标注“激光雷达、线控底盘、多域控制器”核心组件及技术参数。

### (四) 战略目标与行业地位

企业制定“双阶段”新能源发展目标：2025 年新能源车型销量占比超 35%（含纯电、混动、氢燃料），2030 年实现全产品线电动化（商用车、乘用车均停止燃油车型生产）。

据中汽协数据，2024 年上半年国内汽车行业新能源渗透率为 18%，商用车领域渗透率仅 12%，江陵车企在商用车新能源技术储备（如氢燃料重卡、电动轻卡）上已形成“技术代差”，2024 年上半年商用车新能源销量占比达 25%，高于行业平均水平 13 个百分点。

江陵车企的先进制造并非孤立的技术叠加，而是以 ESG 为核心纽带，构建“能源革命（绿色）、效率革命（智能）、价值革命（循环）、未来革命（技术）”的四维协同体系。从 36 万平方米光伏车棚的能源自给，到±0.1 毫米的焊接精度控制；从 12 万吨废钢的闭环回收，到 2025 年全国固态电池的量产规划；从单台车 120 吨的碳减排，到 12% 的欧洲市场溢价，其核心逻辑是将“可持续发展”从合规成本转化为利润增长点，从技术概念转化为生产实践。

### 参考文件

1. 高峰.西方企业社会责任思想的缘起与演变.苏州大学学报, 2009,30(6):25-28.
2. 经济日报新闻客户端.江铃集团新能源汽车有限公司专注关键技术研究智慧工厂点燃数字引擎.2023-10-31,https://zhuanlan.zhihu.com/p/664218143.
3. 网易新闻客户端.【深度解析 ESG】三大交易所视角下的风险和机遇评估.2025-11-06,https://c.m.163.com/news/a/KDMSTMES05568W0A.html

# 第七章 法因图尔

法因图尔（Fein tool）成立于 1959 年，总部位于瑞士利斯（Lyss），从精密模具制造起步，现已发展为全球领先的精密金属加工企业。截至 2023 年，公司在全球 7 个国家设立 17 个生产基地和技术中心，核心技术涵盖精冲（Fine blanking）、冷成形（Cold Forming）和电冲片冲压（Electro Lamination Stamping），产品广泛应用于汽车动力系统、新能源及工业设备。

公司以“细节决定成败”（Details Matter）和“以人为本”（IMatter）为核心理念，通过技术创新推动行业进步，并致力于构建多元化、包容性的工作环境。其使命是成为汽车、航空和能源行业精密金属部件及组件的领先供应商，同时提供卓越的客户服务与质量。

## 一、绿色运营

### 1. 能源结构革新

瑞士 Lyss 工厂通过区域能源协同机制，与邻近企业 GMZ Extraktions werk 建立废热回收系统，将工业废热通过热交换器转化为生产所需热能，完全替代天然气供暖，年减少天然气消耗 1.2 万立方米，同时纳入 ISO14001 环境管理体系认证。德国 Oberts hausen 工厂采用“光伏+电解槽”技术，利用 500kW 屋顶光伏系统生产绿氢，年替代天然气 3000 立方米，多余氢能通过电网调峰实现能源自给率提升 18%。全球工厂通过部署 IIoT 平台实时采集能耗数据，AI 算法动态调整生产排程，2023 年非生产时段能耗降低 12%，相当于减排 1400 吨 CO<sub>2</sub>。

### 2. 循环经济

金属废料处理采用三级回收体系：

- 生产环节通过冲床集成废料输送系统，实现 98%金属碎屑自动回收；
- 危险废物（如含油污泥）委托专业机构进行热解处理，再生油回收率达 92%；
- 一般工业废物通过破碎、磁选、筛分工艺，金属回收率达 99%。以德国工厂为例，每年回收废钢约 8000 吨，相当于减少 CO<sub>2</sub>排放 1.2 万吨。

## 二、供应链管理

### 1. 供应商行为准则的实施机制

建立“三级审核+动态评级”体系：

①**准入审核**：要求供应商提供 ISO14001 认证、人权政策文件及供应链碳足迹报告。

②**过程审核**：每季度进行 ESG 现场审计，重点检查危废处理、员工福利和供应链溯源；建立的“三级审核+动态评级”体系中，过程审核采用现场检查与文件追溯结合的立体化验证方法：

A 危废处理检查：

- 核对危废转移联单与运输轨迹数据，确认含油污泥等危险废物是否委托具备《危险废物经营许可证》的专业机构处理（如德国工厂委托的热解企业需提供欧盟 ECHA 认证文件）；
- 现场查看冲床切削液回收装置运行状态，通过流量传感器数据验证再生油回收率是否达标（如要求再生油检测报告显示闪点 $\geq 180^{\circ}\text{C}$ 、水分 $\leq 0.1\%$ ）；
- 抽查危险废物暂存间的“三防”措施（防渗、防雨、防流失），要求地面环氧涂层厚度 $\geq 3\text{mm}$ 且通过渗透测试。

B 员工福利审核：

- 随机抽取 20%一线工人的工资单，验证是否达到当地最低工资标准 120%以上（如中国工厂需符合《保障农民工工资支付条例》）；
- 检查安全培训记录，要求冲压机操作人员每季度完成 8 小时专项培训（含设备紧急制动演练），并通过理论+实操考核；
- 审核员工宿舍管理制度，要求人均居住面积 $\geq 6\text{m}^2$ ，并配备 24 小时应急医疗箱。

C 供应链溯源验证：

- 针对钢铁原料，通过区块链平台调取铁矿石开采地的 ESG 评级（如符合国际劳工组织（ILO）核心公约及当地法规）；
- 检查钢材轧制过程的能源消耗数据，要求每吨钢材绿电使用比例 $\geq 30\%$ （需提供电厂可再生能源证书）；
- 追踪零件批次的碳足迹报告，要求从矿石到成品的全流程碳排放强度 $\leq 8\text{kgCO}_2/\text{kg}$ （基于 ISO14067 标准）。

③**动态评级**：根据 Sustainalytics 工具评估结果，将供应商分为 A（绿色）、B（合格）、C（整改）三级，2023 年 A 级供应商占比提升至 35%。针对钢铁供应链，引入区块链技术追踪铁矿石开采至钢材轧制的全流程碳排放，2023 年低碳钢采购比例达 15%。

## 2. 风险防控体系

对高风险供应商实施的“双保险”机制通过量化指标与法律约束双重保障。

### ①第三方人权尽职调查

针对墨西哥某轴承钢供应商，委托 Verité 机构进行供应链劳工审计，发现其分包商存在每周工作 72 小时的超时问题，法因图尔立即启动整改计划，要求 6 个月内将工时压缩至法定上限 48 小时/周，并通过工资流水和考勤系统双重验证。

### ②ESG 违约金条款应用实例

2022 年，中国某铝合金供应商因未按约定使用 100%再生铝（实际掺混比例仅 75%），被扣除该批次订单价值 8%的违约金（约 23 万欧元），同时暂停合作直至其完成 ISO14021 再生材料认证；

德国某润滑剂供应商因危废处理记录造假，被触发合同中的“零容忍”条款，除支付订单价值 10%的违约金外，还需承担法因图尔因此产生的第三方检测费用。

## 三、先进制造环节

### 1. 精冲技术 (Fine blanking)

#### 技术目标

突破高强度材料加工极限，实现厚度 120mm、屈服强度 650MPa 的合金钢精密冲裁。例如，加工的 650MPa 合金钢可承受 650N/mm<sup>2</sup>的应力而不发生永久变形，这一指标直接决定零件在变速箱等重载环境中的可靠性。

切断面光洁度达 Ra0.8.Ra1.6μm（精冲光亮带标准）。这种镜面级光洁度可使电机轴套的摩擦系数降低 30%，从而提升耐腐蚀性。

尺寸公差控制在±0.02mm 以内。

#### 应用成效

当法因图尔将精冲厚度极限从传统的 60mm 提升至 120mm 时，意味着可直接加工整体式驱动桥壳体，减少焊接工序带来的应力集中风险，使新能源汽车电机轴套的疲劳寿命从 50 万次提升至 120 万次。

尺寸公差控制在±0.02mm 以内，使得变速箱同步器齿毂的配合间隙误差缩小 50%，换挡冲击噪音降低 4dB，直接推动某欧洲车企变速箱 NVH 性能提升 20%。

在新能源汽车领域，为某头部企业开发的电机轴套采用精冲~冷锻复合工艺，生产效率提升 40%，材料利用率从传统工艺的 65%提升至 88%。该部件用于 800V 高压平台驱动电机，耐腐蚀性较传统工艺提升 3 倍，成本降低 18%。

### 2. 冷成形技术 (Cold Forming)

#### 技术目标

开发多工位传递模具集成技术，传统工艺需将 12 道工序分散在多台设备上完成，工件需多次装夹、转运（如先在冲床拉伸，再到滚齿机加工齿形），每次装夹会产生定位误差（累计误差可达 0.1mm 以上）。而法因图尔的多工位传递模具需在单一模具内实现拉伸、侧冲、滚齿等 12 道工序的无缝衔接。

设备吨位匹配 2500 吨，产品一致性 CPK 值≥1.67。CPK 值是衡量生产稳定性的核心指标，CPK≥1.67 意味着 99.73%的产品尺寸都能精准落在设计公差范围内（仅 0.27%可能超标），数值越高说明生产越稳定。

#### 应用成效

生产效率提升。多工位传递模具集成技术通过伺服电机驱动的机械臂快速换模系统，将工序切换时间从传统工艺的 30 分钟缩短至 2 分钟，使生产周期从 120 秒/件降至 35 秒/件。

多工位模具集成 12 道工序，使变速箱齿轮的加工精度从 IT8 级提升至 IT6 级（公差范围缩小 0.03mm），齿轮啮合重合度提高 15%，传动效率提升 2.5%，每年为某车企节省燃油消耗约 3000 吨。

废品率下降。采用 AI 视觉检测系统（配备 12 台工业相机）实时监测零件尺寸，结合机器学习算法预测模具磨损趋势，提前预警更换模具，使废品率从 1.2%降至 0.3%。

### 3. 电冲片冲压 (Electro Lamination Stamping)

#### 技术目标

生产厚度 0.1~1mm 的高精度电机定转子铁芯，定转子铁芯是电机的“心脏”部件，定子固定在电机外壳上，转子在定子内部旋转，两者通过电磁感应产生动力（类似自行车辐条与轮毂的配合关系）。

毛刺高度 $\leq 0.01\text{mm}$ ，冲压后零件边缘的细小凸起， $\leq 0.01\text{mm}$  相当于头发丝直径的 1/5，过高会导致硅钢片叠合时接触不良。

叠片系数 $\geq 98\%$ ，叠合后的铁芯实际体积与理论体积的比例， $\geq 98\%$ 意味着硅钢片之间间隙极小（仅 2%空隙），类似紧密堆叠的纸张几乎没有缝隙。

#### 应用成效

为某中国新能源汽车企业定制的扁线电机铁芯，采用级进模冲压+激光焊接一体化工艺，硅钢片厚度精准控制在 0.1~1mm 范围，较传统工艺的 1~2mm 更薄。直接使扁线电机铁芯铁损降低 15%，相当于每台电机每年减少约 5 度电的损耗，按 2000 万套年产能计算，年节电达 1 亿度。

传统工艺毛刺常达 0.05mm 以上，会导致硅钢片叠合时接触不良形成短路。硅钢片间绝缘性能提升 30%，涡流损耗减少，同时避免因毛刺摩擦产生的振动噪音，使电机运行噪音下降 8dB。

### 四、氢能领域的创新应用

#### 1. Fein forming®技术突破

与德国激光企业 Sitec 合作开发的氢燃料金属双极板产线，是作为氢燃料电池的“能量转换器”核心部件，相当于电池的“正负电极”，由两片超薄金属板组成，内部加工有细微通道（类似电路板的线路），负责输送氢气和氧气并导出电能。（双方在太仓工厂采用“店中店”模式联合生产），采用 0.15mm 超薄不锈钢基板，通过微通道成型（在金属薄板上加工出宽度仅 0.5~2mm 的细小流道，用于引导氢气和氧气在电池内部均匀分布，类似人体血管输送血液的功能。）+激光焊接工艺，实现流场精度 $\pm 5\mu\text{m}$ ，流道尺寸的误差控制在 $\pm 5$  微米（1 微米=0.001 毫米），相当于头发丝直径的 1/10，确保气体流动均匀无死角。

泄漏率 $\leq 1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。泄漏率是衡量气体密封性能的指标，该数值表示每秒钟泄漏的气体体积不超过百万分之一立方米（在标准大气压下），几乎达到“零泄漏”级别。

法因图尔通过“超薄材料+微米级精度+零泄漏密封”的技术组合，解决了氢燃料电池长期面临的“功率低、寿命短、成本高”三大痛点。其中流场精度与泄漏率的极限控制，直接决定了电堆的反应效率和安全性能；而量产能力的实现则打通了从实验室技术到产业化应用的最后一公里，为中国氢能汽车的规模化发展提供了核心部件保障。其技术能支撑国内头部企业电堆寿命突破 10,000 小时。

### 五、零碳制造的系统方法论

#### 1. 材料替代的技术路线

**低碳钢开发：**通过与欧洲钢厂合作，采用绿电电弧炉（以风电、光伏等可再生能源供电）+直接还原铁（DRI）工艺，生产  $\text{CO}_2$  强度降低 30% 的低碳钢。2023 年采购量达 1.2 万吨，计划 2030 年前实现 50% 钢铁采购为低碳钢（基于年用钢量 6 万吨测算），预计年减排  $\text{CO}_2$  约 4.5 万吨。该工艺较传统高炉炼铁减少 60% 以上碳排放，绿电电弧炉较燃煤电弧炉减少 90% 间接碳排放。

**轻量化材料应用：**在汽车座椅调角器中采用铝基复合材料，替代传统钢材后重量降低 40%，表面微弧氧化处理使耐磨性提升 2 倍，已获欧盟汽车轻量化认证。该技术年节省燃油消耗约 2,000 吨。

#### 2. 数字化赋能减排

**碳足迹追踪体系：**引入 Sustainalytics 工具建立产品碳护照，覆盖原材料开采至客户使用的全生命周期。以电冲片铁芯为例，通过优化模具设计和热处理工艺，单个产品碳足迹较 2019 年下降 23%，数据通过区块链实时向客户开放查询。

**AI 能源管理系统：**部署边缘计算节点实时采集 3,000+ 个能耗数据点，结合机器学习算法动态调整设备负载率。德国工厂通过优化冲压机非生产时段能耗，降低 12% 能耗，相当于年减排 1,400 吨  $\text{CO}_2$ ，该技术已申请 2 项欧洲专利。

#### 3. 供应链协同与循环经济

**能源协同网络：**构建“区域能源共享+绿电自供”双循环体系，通过废热回收、光伏制氢等技术，实现能源自给率 35%（行业平均 17%）。瑞士 Lyss 工厂废热回收系统完全替代天然气供暖，年节省天然气 1.2 万立方米；德国工厂光伏制氢年替代天然气 3,000 立方米，电费成本下降 18%。

**循环经济闭环：**建立“废料分级回收、再生材料回用、危险废物资源化”三级体系，金属废料综合利用率达 99%，危险废物循环利用率超 90%，年创造资源再生收益 1,200 万瑞士法郎。例如，德国工厂每年回收的 8,000 吨废钢经再生后直接用于模具生产，节约原材料采购成本 400 万欧元。

## 参考文件

1. Feintool AG.法因图尔 2023 年可持续发展报告.Fein Tool 官网, 2023-12-31, <https://www.feintool.com/company/sustainability/>
2. Feintool AG.法因图尔供应商行为准则.Fein Tool 官网, 2023-06-01, [https://www.feintool.com/fileadmin/user\\_upload/208-00-01\\_FIH\\_Code\\_of\\_Conduct\\_CN.pdf](https://www.feintool.com/fileadmin/user_upload/208-00-01_FIH_Code_of_Conduct_CN.pdf)
3. Feintool AG.零碳制造技术白皮书.Fein Tool 官网, 2023-11-24. <https://www.feintool.com/en/company/sustainability/>
4. Feintool AG&Sitec.氢燃料金属双极板量产技术白皮书.法因图尔新闻发布, 2023-05-15, [https://bipolarplates.com/wp-content/uploads/2023/07/Press\\_Release\\_FCVC\\_Feintool\\_SITEC\\_cn.pdf](https://bipolarplates.com/wp-content/uploads/2023/07/Press_Release_FCVC_Feintool_SITEC_cn.pdf)
5. Feintool AG.精冲技术在新能源汽车领域的应用案例.Fein Tool Insights, 2023-04-19, <https://www.feintool.com/insights/extending-technical-boundaries-feintool-at-the-stamping-technology-congress-2023/>
6. AFS.Case Study: Feintool. AFS 官网, 2024-07-28, [https://afs.net/case\\_study/feintool/](https://afs.net/case_study/feintool/)
7. Feintool AG.电冲片冲压技术规范.FeinTool 官网, 2023-10-04, <https://www.feintool.com/en/applications/>
8. Feintool AG&Sitec.双极板联合生产技术白皮书.法因图尔新闻发布, 2023-02-28, [https://bipolarplates.com/wp-content/uploads/2023/02/Feintool-MR-Cooperation-Sitec\\_020223\\_final\\_cn.pdf](https://bipolarplates.com/wp-content/uploads/2023/02/Feintool-MR-Cooperation-Sitec_020223_final_cn.pdf)
9. FeintoolAG.ISO14001 环境管理体系认证公告.Fein Tool 官网, 2023-12-31, <https://www.feintool.com/en/company/sustainability/certificates/>
10. FeintoolAG.2023 年全球生产基地运营报告.Fein Tool 官网, 2024-01-15, <https://www.feintool.com/company/locations/>
11. Feintool AG.精冲模具寿命提升技术研究报告.Fein Tool 技术研发中心, 2023-09-08, <https://www.feintool.com/insights/research-on-fineblanking-die-life-enhancement/>
12. Feintool AG.冷成形多工位传递模具技术白皮书.Fein Tool 技术部, 2023-06-20, <https://www.feintool.com/technologies/cold-forming/>
13. Sitec Laser GmbH.激光焊接技术在氢燃料电池双极板生产中的应用.Sitec 官网, 2023-04-30, <https://www.sitec-laser.de/applications/fuel-cell-bipolar-plates/>
14. Feintool AG.区块链在钢铁供应链碳足迹追踪中的应用实践.Fein Tool 数字化部门, 2023-10-18, <https://www.feintool.com/insights/blockchain-in-steel-supply-chain-carbon-tracking/>
15. Feintool AG.铝基复合材料在汽车轻量化部件中的应用案例.Fein Tool 市场部, 2023-07-11, <https://www.feintool.com/applications/automotive-lightweight-components/>
16. Verité. 供应链劳工权益审计指南 (2023) .Verité官网, 2023-02-01, <https://www.verite.org/resources/guides/supply-chain-labor-rights-audit-guide-2023/>
17. 欧洲化学品管理局 (ECHA) .危险废物处理企业认证管理规范.ECHA 官网, 2023-06-30, <https://echa.europa.eu/regulations/waste-management/authorization>
18. Feintool AG.太仓工厂氢燃料双极板产能扩张规划 (2023.2025) .法因图尔中国官网, 2023-12-20, <https://www.feintool.com.cn/cn/locations/taicang/>
19. Feintool AG.金属废料三级回收体系经济效益分析报告.FeinTool 可持续发展部, 2023-08-25, <https://www.feintool.com/sustainability/circular-economy/>
20. 瑞士环境局 (FOEN) .工业废热回收系统环境效益评估指南.FOEN 官网, 2023-05-10, <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/waste/valorisation-of-waste-heat.html>
21. Feintool AG.800V 高压平台电机轴套精冲冷锻复合工艺技术报告.Fein Tool 应用工程部, 2023-07-05, <https://www.feintool.com/applications/new-energy-vehicles/800v-platform/>
22. 全球氢能理事会 (GHC) .氢燃料电池汽车核心部件国产化发展报告 (2023) .GHC 官网, 2023-09-30, <https://www.hydrogencouncil.com/reports/nationalization-of-fuel-cell-vehicle-components-2023>

# 第八章 Lucid motors

Lucid Motors 成立于 2007 年，是全球高端电动汽车制造商，以颠覆性技术重塑豪华出行体验，核心定位于高端豪华电动汽车市场，直接对标特斯拉 Model S、梅赛德斯-奔驰 EQS、保时捷 Taycan 等顶级豪华电动车。其旗舰车型 Lucid Air 搭载 900V 高压平台，荣获 2023 年“世界效率最高电动车”称号 (EPA 续航 837 公里)，累计拥有核心技术专利超 500 项。2023 年，Lucid Motors 全球交付量同比增长 37%，在北美高端电动车市场份额达 12%，已成为特斯拉的核心竞争者。Lucid Motors 总部位于美国加利福尼亚州纽瓦克，唯一制造工厂坐落于美国亚利桑那州卡萨格兰德，负责生产其全系列车型，该工厂也是全球领先的零碳汽车制造基地。

### 一、环境：全生命周期碳管理

Lucid Motors 不止聚焦于生产“零排放”电动车，更致力于实现全产业链的清洁透明，将环保理念贯穿于生产、物流、产品研发及供应链全环节，通过四大创新支柱，将环保行动转化为可量化、可落地的实践，实现全生命周期碳管理。

#### 1. 零碳工厂：亚利桑那州 Casa Grande 工厂

Lucid Motors 的 Casa Grande 工厂是全球领先的零碳汽车制造基地，通过 100% 使用可再生能源和高效资源管理，大幅降低生产过程中的碳排放与资源消耗。

表 7：不同技术的环保效益

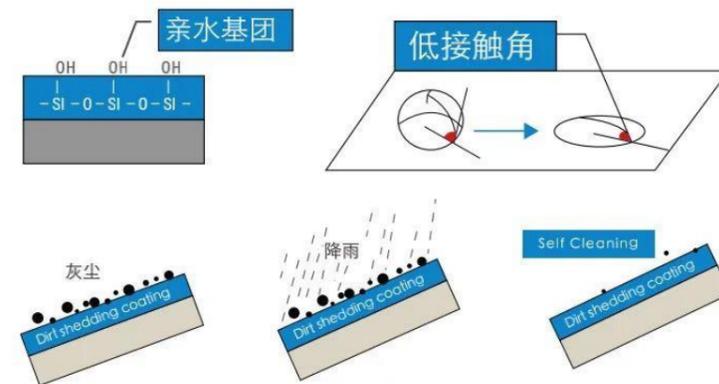
创新维度	技术方案	环保效益	行业对比
太阳能供电	屋顶+停车场铺满 23MW 光伏板	年发电 38GWh ≈ 1.8 万户家庭用电	满足工厂 60% 需求 (行业均值 20%)
风电补能	采购本地风电场绿电	覆盖剩余 40% 用电，实现 100% 绿电	行业首家整车制造绿电全覆盖
智能储能	12MWh 废旧电池改造的储能柜	夜间自用储绿电，省电费+躲开电网高峰	2023 年省 \$200 万能源成本

### 节水技术

- 纳米电泳涂层：模仿荷叶超疏水原理，通过含氟聚合物乳液与纳米粒子组合，形成微纳复合结构涂层，省去传统水洗环节，节水率达 67%，同时实现涂层均匀附着、防污防水，减少涂料残留。

- 四级反渗透技术：对工厂冷却水进行四级过滤提纯，重点通过浓水回收技术，将冷却水循环利用率提升至 92% (行业均值 < 70%)，每年节省用水量相当于少抽取 1.5 个西湖的水量。
- 雨水回收利用：在沙漠厂区铺设倾斜式引水布，搭配多级过滤系统及地下蓄水池，收集沙漠暴雨并处理后用于设备降温，年节省水量达 150 万吨。

图 15：纳米涂层原理图



5nm 的二氧化锡含有自由电子，电阻抗低 (表面电阻值  $10^7-10^9 \Omega \cdot \text{cm}$ )，不易吸附空气中浮游的灰尘、微粒等污染源，即使附着也很容易脱落。

来源：希森美克

### 案例：AI 预测性维护节水

传统涂装车间每辆车需消耗 2.5 吨水清洗喷枪，废水含重金属且难以处理，存在健康与资源浪费双重问题。

因此，在喷漆机器人上加装湿度、压力传感器，实时监测油漆附着状态；通过 AI 系统分析历史数据，预判喷枪堵塞临界点，避免非必要清洗。

实施效果表明，实际节水 67%，2023 年避免 1200 次非必要清洗；废水回用率 92%，净化水可循环用于设备冷却。

## 2. 绿色物流：低碳运输与环保包装

Lucid Motors 优化了整个供应链的运输方式，减少物流环节的碳排放。

### 运输模式重构

海运的碳排放比空运低 95%，因此 Lucid 将 85% 的国际运输改为海运，仅保留紧急订单使用空运。从中国宁波运往美国加州的车辆，空运碳排放为 5.2 吨/辆，而海运仅 0.26 吨/辆。

在美国本土运输中，部分物流车辆采用氢燃料电池驱动，碳排放比柴油车低 89%。

表 8：不同运输方式碳强度

路线	运输方式	碳强度	减排效益
中国宁波→加州	空运	5.20	基准线
中国宁波→加州	海运	0.26	减排 95%
美国本土运输	氢能卡车	0.05	较柴油车降 89%

### 100%可降解包装

例如菌丝体电池盒，用蘑菇根茎生长成防护模具，45 天降解成肥料。又如，甘蔗渣内饰膜，榨糖废料变车身保护膜，碳足迹比塑料膜低 76%。再如水性可剥涂层，洗车时水枪一冲就脱落，避免 PVC 化学残留污染土壤。

### 案例：区块链包装回收

传统泡沫塑料包装 500 年难以分解，且海运中丢弃率高，易造成海洋污染；同时供应商缺乏回收动力，循环经济难以落地。

因此，为每个菌丝体包装盒印制唯一区块链 ID，记录生产、使用、回收次数；建立积分激励系统，供应商扫码返还空箱可获得碳积分，可兑换 Lucid 碳配额或现金奖励。

实施效果表明，包装平均循环使用 4.2 次，2023 年减少的废料可填满 3 个足球场；菌丝体材料降解时间仅 45 天，比泡沫塑料快 4000 倍。

## 3. 产品技术创新：让电动车既跑得远又环保

Lucid Motors 通过电池技术创新，在解决电动车续航、充电痛点的同时，实现环保效益升级，核心聚焦电池技术优化。

### 电池核心技术及优势

表 9：电池痛点及改善方案

痛点	Lucid 方案	用户获益	环保价值
充电慢	900V 高压系统（行业普遍 400V）	喝杯咖啡充 80%，比特斯拉快 40%	充电损耗降 15%，年省电 400 度
冬季续航缩水	“Wunder box” 温控系统	-12℃ 续航仅减 12%（行业 25%+）	减少电池过充/冻损报废风险
电池寿命短	硅负极+智能充放电算法	快充 1000 次容量保持 92%（行业 80%）	延长电池寿命=减少开采锂矿

充电效率方面，电池用的是 900V 高压系统，比普通电动车的 400V 高出两倍。充电速度快：19 分钟充 80%，比普通电动车快 40%。更省电：就像高压输电比低压损耗小一样，这套系统能省 15% 的电。Lucid Air 充满电可以跑 837 公里，比特斯拉 Model S 还多出 100 多公里，是目前市面上续航最长的电动车。

电池寿命方面，Lucid 的解决电池怕冷怕热的方案有以下几个做法。一是独创的“Wunder box”温控系统，相当于给电池装了个智能空调。冬天续航只减少 12%（其他车普遍减少 25% 以上）。快充 1000 次以上，电池容量还能保持 92%（普通电池可能只剩 80%）

电池体积方面，电机体积小巧（可塞进行李箱），却输出 670 马力（超保时捷燃油机）。100 度电有 97 度驱动车轮（行业 92 度），浪费的电够手机充 5 年。

### 案例：数字孪生电池开发

传统实车测试电池老化需 10 年时间，不仅浪费大量材料，还会拖慢研发进度，同时加剧锂矿开采压力；且高端仿真软件依赖国外技术，存在供应链风险。

因此，建立虚拟实验室，通过电池三维模型，模拟极端环境（-30℃ 暴雪/50℃ 沙漠）下的化学变化。进行 AI 寿命预测，分析 20 万组数据，优化硅负极配方与充放电算法。

实施效果方面，电池寿命延长 30%，快充 1000 次容量仍保持 92%；2023 年少造 5 万块测试电池，节约锂矿 150 吨，减少资源浪费。

#### 4. 绿色供应链革命：从源头到终端的全方位环保实践

Lucid Motors 将环保理念延伸至供应链全环节，通过供应商碳管理、负责任矿产采购及旧电池回收，实现从源头到终端的全方位环保实践。

##### 供应商碳管理

建立碳足迹追踪系统，详细记录每个零部件的生产耗电量、运输距离、废弃物处理情况；推行供应商分级管理制度，激励供应商提升环保水平。

表 10：管理制度激励

等级	标准	激励措施
白金	100%绿电+零废弃物填埋	订单优先+溢价 5%
黄金	80%绿电	技术支持+长期合约
白银	50%绿电	需参加减排培训

##### 负责任矿产采购

利用区块链溯源平台，每个电池包追溯至具体矿区、实时监控运输过程中的碳排放、2023 年阻止了 3 起疑似冲突矿产交易

创新采购模式，与 Redwood Materials 合作回收旧电池提取锂、投资 3000 万美元支持深海采矿研究（比陆地采矿环保 50%）、试点“矿场光伏计划”：在合作矿区建设太阳能电站。

##### 案例：旧电池“矿山重生”

电动汽车报废电池含有锂、钴、镍等宝贵资源，但传统回收方式纯度仅 70%，且手工拆解存在安全隐患，酸洗提纯工艺污染地下水。

因此采用精准拆解机器人，通过激光切割电池包，分拣出纯度 95%的电芯材料；采用绿电制氢还原提纯技术，使锂提取纯度达 99.9%。

实践方面，与 Redwood Materials 共建电池回收闭环链，回收 1 块旧电池可提取 3 块新电池原料；2023 年减少矿山开采 150 吨，碳排放降低 76%。

#### 二、社会：以人为本，社区共荣

Lucid Motors 将社会责任融入企业发展基因，聚焦人才发展、供应链责任与社区公益三大支柱，坚持以人为本，推动社区共荣，实现“既造好车，更塑好社会”的发展目标。

##### 1. 人才发展与多元包容

###### 多元员工结构

女性工程师占比 32%（行业平均仅 18%），亚利桑那工厂电池生产线的女性工程师主导开发“零粉尘封装工艺”，通过负压密封技术将电池组装粉尘污染降低 90%，提升工人健康水平。

管理层少数族裔占比 29%，墨西哥裔工厂总监 Maria Rodriguez 推动“文化融合生产线”，设计多语言智能指导系统，支持英语、西班牙语、阿拉伯语实时切换，使新移民员工培训效率提升 40%。

###### 全方位安全体系

工厂工伤率仅 0.12 次/20 万工时（制造业平均 0.38 次），核心依托智能安全防护技术。一是运用 AI 行为识别系统，车间顶部 500 个摄像头实时捕捉员工动作，预判风险并自动急停；工人佩戴智能手环，实时监测体温和疲劳值，超标时自动调整工作站照明并推送休息提醒。二是搭配协作机器人，车身焊接车间部署协作机器人（Cobot），当工人手部进入危险半径时，机械臂自动降速至 0.1m/s，2023 年避免 17 起手臂夹伤事故。

###### 游戏化 ESG 培训

每年为员工提供 40 小时 ESG 培训，采用“闯关升级”模式，提升培训参与度。例如环保操作课员工在 VR 中模拟处理化学品泄漏，正确操作可兑换碳积分，用于兑换午餐券。又如安全生产课，通过工厂 AR 模型寻找隐患点，积分最高者获“安全之星”勋章。

## 2. 供应链责任

以科技为支撑，推动供应链全环节合规、环保，打造“绿色基因链”。

### 供应商碳约束

提出 2025 年核心供应商 100%使用绿电的目标，2023 年完成所有一级供应商碳盘查；推出“绿电加速计划”，为中小供应商提供自研微型风电设备，促成供应商之间的绿电交易。

### AI 风控系统

24 小时全网扫描供应链风险，2023 年预警 17 起潜在违规，包括通过卫星图像识别印尼镍矿供应商尾矿池扩张、抓取越南电池组装厂员工加班投诉等，及时触发整改或审计。

### 反腐败机制

100%要求供应商签署廉洁协议；每年举办“透明采购日”，采用盲审竞标模式杜绝关系型交易；员工培训植入反贪腐情景剧及互动游戏，强化廉洁意识。

### 案例：矿物溯源

沙特工厂采用区块链矿物溯源技术，每块电池钴原料附带二维码，扫码可查看矿山坐标、开采日期及劳工合同影像，杜绝“冲突矿产”。

## 3. 社区公益项目

Lucid 在其运营所在的社区开展活动，特别是在其工厂所在地亚利桑那州卡萨格兰德。

### STEM 教育计划

在卡萨格兰德工厂内建设“透明教室”，学生透过玻璃幕墙观看机器人组装电池模组，同步通过耳机聆听技术讲解；高中生可操作简化版工厂系统，提升 STEM 学习兴趣。

### 公益充电站

采用“社区共建”模式，建设 200 座免费快充站，选址由居民投票决定，优先覆盖公交盲区；搭配废旧电池改造的储能柜，实现削峰填谷，降低电网压力，其中纳瓦霍族保留地的充电站使居民就医往返节省 2 小时，孕妇就诊率提升 25%。

### 本土化制造赋能

沙特工厂推出“技术移民计划”，雇佣贝都因游牧民族青年，培训其操作激光焊接机器人，首期学员女性占比 45%；美国工厂推出“退伍兵再就业”计划，培训退役军人无人机巡检技能，用于监控厂区光伏板清洁度。

## 三、治理：透明与风险防控

Lucid Motors 将透明化管理与风险防控作为公司治理的核心，构建坚实的治理体系，确保公司高效、合规、稳定发展，赢得投资者、客户及社会的信任。

### 1. ESG 治理架构

董事会层面，成立专门的 ESG 委员会，每季度审查减排目标进展，将高管 30%奖金与 ESG 绩效挂钩，将 ESG 目标转化为硬指标，推动环保与社会责任落地。

数据披露方面，每年发布独立 ESG 报告，严格遵循 TCFD 和 SASB 国际标准，详细披露碳排放、供应商管理、员工发展、资源消耗等信息，确保透明化，接受社会监督。

### 2. 合规创新：科技赋能风险防控

#### AI 风控系统

24 小时扫描全球供应链信息，包括新闻、社交媒体、政府数据库等，捕捉 ESG 风险苗头，2023 年成功预警 17 起潜在违规，提前介入整改，避免声誉与生产损失。

#### 反贪腐“防火墙”

全员每年 100%完成合规培训，强化廉洁意识；所有供应商必须签署《廉洁协议》，禁止贿赂、回扣等行为，从内到外防范贪腐风险。

## 参考文件

1. Mr. Wallet Drop. Lucid Group 技术领先难敌烧钱黑洞豪华电动车的生死抉择. VOCUS. 2025-06-17. <https://vocus.cc/article>
2. Lucid 2024 Sustainability Report. <https://lucidmotors.com/sustainability>
3. 新能源汽车报. Lucid Motors 亚利桑那州工厂动工. 2019-01-13. <https://m.fx361.cc/news>
4. 新浪科技. 特斯拉 VS Lucid Motors LIDAR 是天使还是魔鬼. 新浪新闻. 2021-03-03. <https://finance.sina.cn/>
5. Atlassian. Lucid Motors 下一个特斯拉. Atlassian. 2021-09-10. <http://www.atlassiancn.com/>
6. 智通财经. 斥资数十亿美元沙特距离“电动汽车梦”还有多远. 新浪新闻. 2024-01-23. <https://finance.sina.cn/>
7. 网易. 2026 年美国拉斯维加斯电动车及充电桩市场分析. 展会圈. 2025-07-10. <https://www.163.com/>
8. AP&T. 美国电动汽车制造商 Lucid Motors. AP&T. 2022-11. <https://aptgroup.com.cn/>
9. sustainalytics. Lucid Group 公司. sustainalytics. 2025-04-24. <https://www.sustainalytics.com/>
10. 益莱储. 汽车 SerDes 打造出更好的 ADAS 摄像头感测器. CTIMES. 2024-08-07. <https://www.ctimes.com.tw/>
11. 楼子璿. 电动车制造商 Lucid 成为首家加入“沙特制造”计划的全球汽车制造公司. 中华民国对外贸易发展协会. 2025-01-09. <https://www.taitra.org.tw/>
12. 刘丽婷. Lucid Motors 推出革命性电池技术. 盖世汽车. 2024-12-26. <https://auto.gasgoo.com/>
13. 多米尼克·谢尔斯. Lucid Motors 扩大沙特阿拉伯的产量. evlife. 2024-04-02. <https://evlife.world/>
14. ROHM. 罗姆 SiCMOSFET 应用于 Lucid Motors 高端纯电动汽车“Lucid Air”的车载充电系统. ROHM. 2022-03-08. <https://www.rohm.com.cn/>
15. Frost Sullivan. Lucid Motors 战略分析. GlobalInformation. 2024-01-30. <https://www.gii.tw/>

# 第九章 比亚迪

比亚迪作为全球新能源汽车行业的领军者，是唯一掌握电池、电机、电控及车规级半导体等全产业链核心技术的企业，其技术优势覆盖动力电池研发、整车制造及充电基础设施。

在 2023 年，比亚迪拥有 11 大研究院、4 万名研发人员，累计专利申请量达 3.4 万项，核心技术包括刀片电池、DM-i 混动技术、CTB 电池一体化技术等，显著提升能效（如 DM-i 技术实现亏电油耗 3.8L/百公里）。在 ESG 领域，比亚迪自 2010 年起定期发布社会责任报告，并获国际 ESG 评级认可，但中国本土 ESG 评估体系仍待完善。

## 一、环境维度（E）：绿色技术与循环经济

### 1. 低碳制造与零碳园区

比亚迪在深圳总部打造中国汽车行业首个“零碳园区”，整合光伏、储能及云巴轨道交通技术，实现能源自循环，获评“深圳十佳绿色低碳案例”。公司通过第三方核查温室气体排放，持续降低单位产能耗和碳排放。

#### 空压站智能管家系统

比亚迪在台州弗迪电池工厂部署“空压站智能管家系统”，通过智能控制空压机的压力值，实现精准管控，显著降低能耗。

节能成效：预计年减少用电量约 160 万千瓦时，相当于减少碳排放约 858 吨二氧化碳当量。

图 16：弗迪电池能源管理系统主界面图

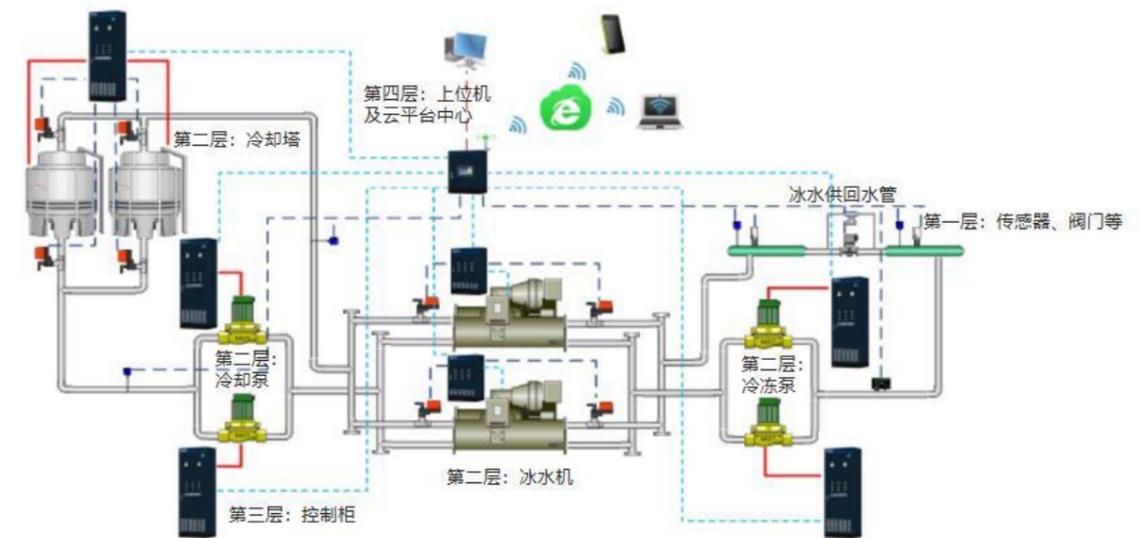


来源：弗迪电池 2024 年度可持续发展暨 ESG 报告

### 冰水站 EMS 智能管理系统

根据中央空调系统实际运行情况及环境参数指标要求，设计节能控制系统及能源管理平台，根据建筑负荷变化特性，对系统实施动态调节，提高能源利用效率，降低系统运行能耗，年节电量 382.27 万 kWh。

图 17：冰水站 EMS 智能管理系统示意图



来源：比亚迪 2022 年社会责任报告

### 2. 电池技术：刀片电池引领安全与能效革新

比亚迪在核心技术领域持续发力，电池技术方面，自主研发的刀片电池实现重大突破，能量密度较传统电池提升 50%，通过严苛的针刺实验实现零起火，筑牢安全防线；同时采用磷酸铁锂路线，大幅降低对钴资源的依赖，减少矿产开采带来的环境破坏。电机与电控领域，推出八合一电驱系统，将电机、电控、减速器等核心部件高度集成，体积较传统系统减少 30%，综合效率达 89%；并应用 SiC（碳化硅）电控模块，使能量损耗降低 70%，有效延长车辆续航里程，其高集成度设计还减少了 25% 的单位功率材料用量，显著降低供应链环境足迹。

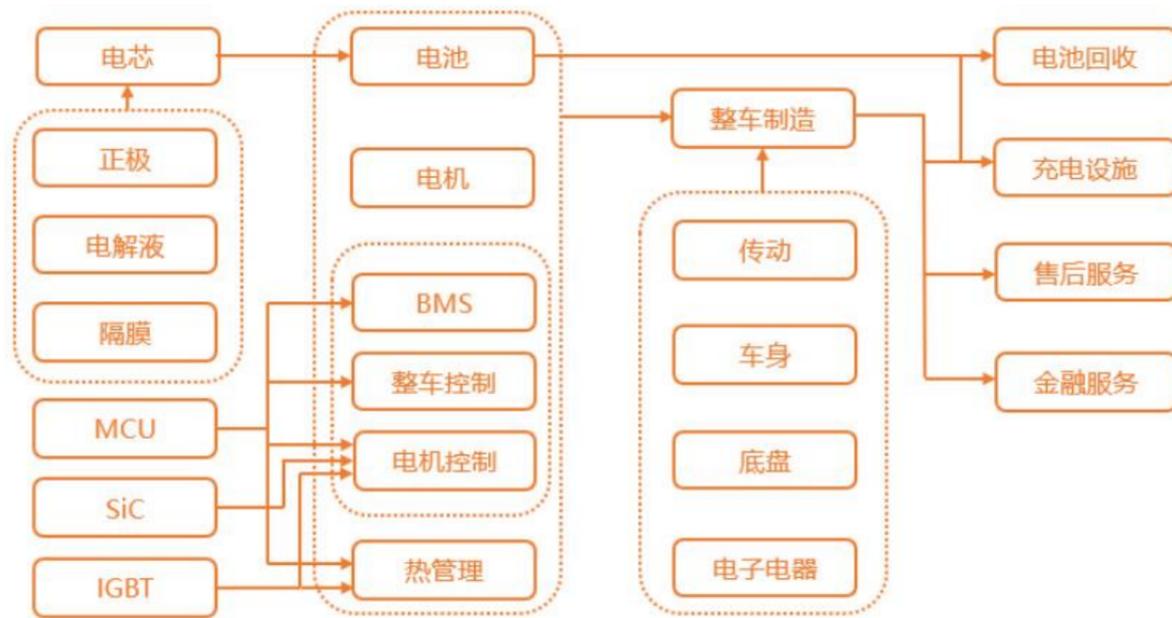
车规级半导体领域，比亚迪采用全产业链一体化 IDM 模式打破海外技术垄断，自主研发的国内首款车规级 IGBT4.0 芯片，电流输出能力提升 15%，为电机驱动等核心系统提供稳定支撑；全自研的 BMS

主控 MCU 芯片, SOC 计算精度达 99%, 为电池安全保驾护航, 相关产品已广泛应用于新能源汽车的电机驱动控制系统、电池管理系统等关键领域。

在 ESG 实践方面, 比亚迪依托全产业链优势构建“材料再造 - 电池再造 - 回收利用”的闭环体系。2015 年与格林美合作搭建电池回收网络, 与中国铁塔携手推进退役电池梯次利用, 还联合日本伊藤忠商事开发储能系统, 实现资源高效复用。这一模式既保障了原材料稳定供应, 又减少了环境污染, 凸显了先进制造与 ESG 发展的协同效应。

与此同时, ESG 理念已逐步渗透到新能源汽车行业全链条, 成为企业可持续发展的核心竞争力。各国相关政策不断完善, 引导行业向绿色化、规范化方向发展, 信息披露日益规范, 绿色制造、社会责任已成为行业发展的重要导向。当前, 新能源汽车行业正处于迭代升级的关键时期, 既面临着核心技术突破、产业链协同优化、ESG 体系完善等机遇, 也面临着市场竞争加剧、标准不统一等挑战, 需持续以技术创新与可持续发展理念为引领, 推动行业高质量前行, 助力全球交通领域绿色转型。

图 18: 比亚迪在新能源汽车产业链的布局示意图



来源: 新能源汽车两大巨头对比研究: 比亚迪 vs 宁德时代, 天风证券

## 二、社会维度 (S): 技术创新与社会责任

### 1. 技术普惠与民生贡献

比亚迪产品覆盖出租车、公交、物流等七大领域, 通过电动化降低石油依赖和碳排放, 助力中国交通领域绿色转型。其混动技术推动燃油车替代, 比亚迪郑重承诺: 力争 2045 年实现全价值链碳中和。

### 云轨云巴: 为社会提供的“治堵”解决方案

云轨云巴是比亚迪发挥集成创新优势, 为社会提供的“治堵”解决方案, 属于比亚迪“7+4+2”战略的重要组成部分。近年来, 随着城市化进程的不断加快, 交通拥堵问题日益严峻, 解决交通拥堵需要大中小运量协同发展, 构建城市立体交通解决方案, 给地面做减法, 向空中要空间。比亚迪云轨云巴填补了我国轨道交通技术和产业空白, 为治理城市交通拥堵、打通交通微循环提供了解决方案, 为全球城市治理交通拥堵贡献“中国智慧”

图 19: 云轨云巴主要结构图



来源: 弗迪电池 2023 年度可持续发展暨 ESG 报告

### 2. 供应链 ESG 管理体系

“比亚迪遵守联合国全球契约组织 (UNGC)、国际劳工组织 (ILO)、经济合作与发展组织 (OECD)、负责任商业联盟 (RBA) 等相关要求, 制定《比亚迪公司供应链 ESG 管理规定》等内部制度, 明确了

供应商在劳工标准、职业健康安全、环境保护等方面的要求，持续关注供应商 ESG 表现。2024 年，我们更新《供应商行为准则》，要求新导入供应商签署《供应商行为准则》和《比亚迪供应商反商业贿赂承诺》等协议，对新导入供应商进行现场审核。”

2024 年 1 月，比亚迪给供应商开展“比亚迪供应商品质管理要求”培训。采用邀请供应商到集团进行集中培训和 SQE 工程师出差进行现场培训两种方式进行开展，培训内容涵盖质量数字化管理、快速响应、二级供方管理、高端车型管理和海外资源配备等，详细讲述集团品质目标和管理要求，提升供应商对质量管理的认识和技能。此次培训累计覆盖 736 家供应商。

### 3. 供应链与劳工权益

作为行业龙头，比亚迪带动产业链 ESG 升级，但部分研究指出其供应链碳排放数据披露不足，需强化透明度。如在《2024 年比亚迪可持续发展报告》中未见供应链碳排放数据披露。

在供应商管理关键议题方面，对照 ESG 相关的“劳工标准、平等与多元化、职业健康与安全、环境保护、廉洁管理、避免利益冲突”等 6 个维度，在可持续发展报告中做了相关的说明。

比亚迪致力于构建多样化的人才队伍。我们在《人权政策声明》中表明立场，尊重人才多样性，杜绝因民族、种族、性别、地域、宗教信仰、用工形式等因素而差别对待员工及应聘者。

2023 年，比亚迪全球员工总数达 70 多万人，接收当年国内外应届毕业生超 3 万人、接收实习生 3.3 万余人，接收残疾人近 3 千人，服务于比亚迪不同的业务领域。在比亚迪高级管理层中，女性成员比例为 14%。比亚迪员工组成涉及 56 个民族，其中，少数民族裔超 6 万多名。

2024 年比亚迪全球共有员工约 96.8 万人，其中约 9.5 万人为少数民族裔，4630 人为残疾员工。

比亚迪的个案表明，先进制造技术是 ESG 实践中新能源汽车企业的基石之一，尤其在电池创新与循环经济领域。然而，ESG 信息披露质量仍需通过标准化、第三方验证及政策支持提升。未来，比亚迪若能强化数据透明度和全链条管理，则将进一步巩固其 ESG 领导地位，并为行业提供可复制的绿色制造范式。

图 20: 比亚迪就业人员占比及研发人员趋势图



来源：比亚迪 2023 年比亚迪社会责任报告

### 参考文件

1. 比亚迪.2024 年比亚迪可持续发展报告 (简体) ,2025
2. 王维,李昊展,乔朋华等.政府补助方式对新能源汽车企业绩效影响研究——基于企业成长性的深入分析.科技进步与对策, 2017-12-10
3. 非著名金融艺术家.比亚迪 ESG 报告透明度超行业整体水平.2023-03-24
4. 亿欧智库.比亚迪新能源汽车战略布局研究报告.2023-01-13
5. 自选股写手.比亚迪：企业性质与优势解析.和讯网.2025-03-03
6. 于特.新能源汽车两大巨头对比研究：比亚迪 vs 宁德时代.2022-01-15
7. Barney Yao. 比亚迪深度：中国“智”造.海通国际证券集团.2022-05-26
8. 刘念.ESG 评价体系在新能源汽车行业的应用研究.2021-01-01
9. 自选股写手.比亚迪的企业性质是什么？这种企业性质有哪些优势？和讯.2025-03-03
10. 徐来.电驱技术|比亚迪八合一电驱总成简介（更新版）2022-03-15

# 第十章 上汽集团

上汽集团作为国内汽车行业龙头企业，聚焦智能化转型与先进制造升级，旗下涵盖荣威、智己、MG、尚界等多个品牌，推出多款具备核心技术竞争力的智电产品。其中，尚界品牌首款 SUV 尚界 H5、“超级大五座智能 SUV”新一代智己 LS6、“纯电智趣大两厢”全新 MG4 等车型，均搭载一体化轻量智能底盘等创新技术，获得市场与同行的高度认可。在核心技术布局上，上汽于 2024 年底实现半固态电池车型投产，该技术在提升动力续航的同时具备显著成本优势；同时，上汽持续推进第二代固态电池的研发与性能优化，同步布局全固态电池及相关前沿技术，构建起完善的新能源技术体系，推动企业向高效、低碳、智能的方向高质量发展。

## 一、新能源技术

### 1. 固态电池

固态电池与当前主流三元锂、磷酸铁锂电池的核心区别在于采用固态电解质（如氧化物、硫化物或聚合物），可从根源上避免电解质泄漏，大幅提升电池安全性，同时能量密度显著高于液态电解质电池。

半固态电池是液态电池向全固态电池过渡的关键技术，上汽集团的半固态电池车型于 2024 年 12 月正式开启交付，标志着该技术以主流消费级价格切入市场，实现成本大幅降低。上汽半固态电池液体含量≤5%，能量密度达 300Wh/kg，较传统液态电池提升 30%，成本相较于国际同类竞品具备显著优势，例如 MG4 半固态版价格仅为海外竞品的 1/3。此外，2024 年 10 月，搭载光年固态电池的智己 L6 正式交付用户，续航里程突破 1000 公里，实现固态电池的率先量产。

上汽全固态电池采用聚合物-无机物复合电解质，支持 900V 超快充技术，可大幅缩短充电时间，预计 2026 年实现量产装车。目前处于研发阶段的“光启电池”，预计 2027 年应用于商用车，其能量密度将超过 400Wh/kg，进一步突破电池技术瓶颈。

### 2. DMH 超级混动技术

DMH 超级混动系统是上汽发布的新一代混动解决方案，以软件算法为核心，搭配混动专用高效发动机、变速箱、长续航电池等专属硬件，是上汽十年混动技术研发积累的结晶，此前已历经 EDU 混动技术、10 速 EDU 智能电驱变速器等多代迭代优化。该系统具备模块化、集成化、专属化三大核心技术特点，可灵活适配不同场景与用户需求，实现高效节能与优质驾乘体验的双重提升。

其一，模块化设计。采用模块化、系列化构型，通过一套系统可匹配不同混动方案，覆盖不同客户驾

驶需求及油耗法规要求，灵活适配 PHEV（插电混动）、REEV（增程式）等多种混动路线，满足全球不同区域的场景与法规需求。

其二，集成化控制。行业首创动力总成大脑 PICU，将原本分散的电机控制、发动机控制、混动变速箱控制、空调热管理、电池热管理五大核心功能，集成于一个“域”控制器中，实现三大提升：运算速度更快，系统响应时间缩短至 0.26 秒，动力响应更敏捷；效率更高，通过“变量共享”减少 70%冗余组件，降低整车网络负载；协同性更优，实现整车“能量域”精细化管理，确保发动机、电机、电池在任何工况下均以最高效方式协同工作。

其三，专属化硬件。配备专为混动系统研发的高效硬件，其中 1.5L 混动专用发动机热效率达 43%以上，1.5T 混动专用发动机超宽域热效率达 42%，搭配 P1+P3 构型双电机混动专用变速箱，机械传动效率最高可达 98.5%，动力输出与节能表现兼具。例如，荣威 D7 DMH 在“极热马拉松——2000km 插混续航大挑战”中，跑出 2160km 的综合续航，百公里平均油耗仅 2.7L；荣威 iMAX8 DMH 新陆尊将该技术带入 MPV 领域，CLTC 综合续航达 1536km，亏电油耗仅 4.71L/100km，成为“全球续航最长、油耗最低的 MPV”。未来两年，DMH 超级混动系统将应用于上汽自主品牌十余款混合动力车型，进一步扩大技术覆盖范围。

## 二、部件革新技术

### 1. 轻量化智能底盘技术

在节能减排政策与电动化转型的双重驱动下，新能源车轻量化需求日益迫切，数据显示，纯电车每降低 10Kg 车重，续航里程可增加 2.5 公里。目前行业主流轻量化材料以高强度钢、铝合金为主，镁合金、碳纤维等材料的渗透率正逐步提升。上汽自主研发的“一体化轻量智能底盘”，技术水平达到全球顶尖，融合智能线控技术与用户思维，深度集成 VMC 整车运动控制、EMB 干式线控制动、四轮全域线控转向、智能悬架、固态电池、主动稳定杆、轻量化底盘零部件及可定制底盘等先进技术，相较传统底盘具备四大显著优势。

一是响应速度快，转向指令传输快至 10 毫秒，比传统液压系统提速三倍以上，实现毫秒级响应；二是适配性广，可根据需求定制专属底盘性能，灵活适配乘用车、物流车、特种车辆等多种场景；三是安全性高，制动延迟少于 90 毫秒，在 60 公里/小时时速下，刹车距离可缩短 3.5 米，有效提升行车安全；四是节能高效，底盘减重可达 30%，可提升 20%以上的续航里程，助力车辆实现低碳出行。

在实际应用中，智己 LS6 搭载的灵蜥智能底盘系统，可通过 AI 智能调节减震，实现四轮转向、空悬全域联动，调头时后轮最大反向转向 12°，转弯直径仅 10.8m（同级最小）；高速过弯时，系统可主动干预调整四轮扭矩分配，提升车身稳定性，进一步强化行车安全性与操控性。

## 2. 镁合金电驱壳体

相较于市场主流的铝合金电驱壳体，镁合金材料具备重量轻、电磁屏蔽性好、耐高温性能突出、支持复杂结构设计等优势，且密度仅为铝的 2/3、钢的 1/4，是新能源车轻量化的优质材料，同时其优异的阻尼减震性能可优化整车 NVH 表现，导热性有助于电驱系统散热，为精密电子设备提供良好保护。

上汽集团于 2024 年 11 月发布自主研发的第二代镁合金电驱壳体及对应的三合一电驱动总成，该壳体采用 AZ91D 镁合金，通过半固态注射成型工艺制造，总重仅 13.7kg，是全球首款量产产品。半固态注射成型工艺通过精确控制材料凝固过程，形成均匀细小球状结构，有效提升材料流动性与铸件质量，相较于传统压铸工艺，该壳体成型质量提升 30%，力学性能提升 40%，耐腐蚀性增强 50%。此外，该工艺无需保护气体，能耗降低近 30%，兼具绿色环保与成本优势，为大规模应用奠定基础。

在轻量化效果上，镁合金电驱壳体较常见的铝合金壳体（约 20 公斤）减重约 1/3；以上汽智己 L7 为例，其电驱动系统镁合金壳体重量仅 14.2 千克，相比传统铝合金材料减重超过 7 千克，对提升整车性能、延长续航具有重要作用。成本方面，半固态工艺理论上可使壳体成本降低 40%，在竞争激烈的新能源汽车市场中具备显著优势，助力车企在控制成本的同时提升产品竞争力。

## 三、先进制造技术

### 1. 工业互联网平台

上汽乘用车打造的“上汽领飞工业互联网平台”，涵盖工业大数据、供应链数字化协同、汽车行业 SaaS 服务三大核心模块，累计上架 12 个工业 App，覆盖质量、库存、物流等多个核心场景，截至 2025 年 3 月，平台已汇聚 7713 家供应商企业，用户数达 113155 人，有效推动汽车行业供应链数字化转型。

在售后配件库存优化场景中，平台采用平准化库存策略，结合历史销售数据、供应链响应时间及库存周转率，对售后配件的需求波动进行精准预测与动态调整，自动优化库存水平，避免配件过度积压或缺，帮助经销商每年节省 3000 万配件库存资金。

在订单全链路管控场景中，平台通过风险预警机制，使供应商交付表现提升 30%，异常处理时间缩短至 1 小时。针对传统入厂物流中“供应商—承运商—仓库”信息交互滞后、制约供应链精益化管理的问题，上汽推动零部件供应商及物流服务商采用移动智能终端技术，实现零部件与料箱料架的无纸化交接，简化传统纸质单据使用；同时通过前端绑定技术，对“订单—车辆—料箱—零件”信息进行实时监控，实现入厂物流全过程零件级透明化，提升供应链协同效率。此外，平台还运用 AI 及大模型技术，在售后智能维修诊断场景中实现车辆维修全流程覆盖，使终端一次维修成功率提升至 90% 以上。

## 2. 智能工厂技术

上汽集团已在多地布局智能工厂，实现全生产过程的数字化与智能化，其中位于上海安亭的上汽大众 MEB 智能工厂于 2020 年 10 月正式投产，是目前国内生产规模最大、效率最高的纯电动汽车工厂。该工厂集智能制造、节能环保于一体，采用超过 1400 台工业机器人，大规模应用领先制造技术，实现制造全过程的智能化与数字化管控。

在生产环节，冲压车间首次采用 APS 高级排程技术，实现冲压计划自动化排布，优化冲压生产库存，提升生产效率；MEB 智能工厂信息管理系统，集成四大车间、电池车间的中控系统，以及能源环境、智能物流、质量管理、数据湖、智能设备管理等多个系统，可采集各车间产品及设备数据，分析处理后形成工厂级生产数据报告，并与工厂三维模型结合，实时展示各车间生产状态；同时借助 5G 基站和边缘计算服务器等硬件设备，生成实时高清视频信息，实现生产动态全程可控，打通生产端与销售端，达成“所见即所得”。

在供应链环节，工厂构建了从销售预测、生产计划/排产、生产控制、零件需求计算、零件拉动到仓库管理的完整物流供应链系统，实现销售与生产的有效联动，优化订单管理与生产次序，确保从整车需求到自制件需求、再到零件需求的高效自动化导出，保障生产稳定有序。

上汽集团的先进制造实践，是贯穿“能源、部件、制造、研发”的全链路革新。从电池技术的迭代升级（半固态、全固态电池），到底盘与电驱壳体的轻量化革新（一体化轻量智能底盘、镁合金电驱壳体），从工业互联网平台与智能工厂的数字化赋能，到产品开发模式的敏捷化转型，上汽系统性构建起面向未来的核心竞争力，既实现了自身的高质量发展，也为汽车行业的智电化、数字化、低碳化转型提供了可借鉴的实践案例，持续推动用户出行体验的迭代进化。

### 参考文件

1. 上汽集团官网 <https://www.saicmotor.com/chinese/xwzx/xwk/2025/62918.shtml>
2. 汽车 K 线-上汽集团的新攻势.  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1843563937230101808&wfr=spider&for=pc>
3. 易车--深度解码上汽 DMH 超级混动系统. <https://news.yiche.com/hao/wenzhang/103507518/>
4. 懂车帝--汽车智能制造好榜样:上海地区.  
<https://www.dongchedi.com/article/7311543727041348106>
5. 贤集网--轻量化新里程碑! 上汽全球首款量产镁合金注射成型电驱壳体发布.  
[https://www.xianjichina.com/special/detail\\_563497.html](https://www.xianjichina.com/special/detail_563497.html)
6. 上观--降本也要有想象力, 上汽研发总院打造“大单品”开发模式.  
<https://sghexport.shobserver.com/html/baijiahao/2024/05/08/1316896.html>
7. 搜狐汽车--新产品矩阵密集落地, “上汽方案”驱动创新转型与销量持续上扬.  
[https://yule.sohu.com/a/936662956\\_121850794](https://yule.sohu.com/a/936662956_121850794)
8. 三个皮匠报告--起点研究院: 2025 固态电池行业发展研究报告.  
<https://www.sgpjbg.com/baogao/942668.html>
9. 三个皮匠报告--汽车轻量化行业深度报告: Lessis More 加速的汽车轻量化.  
<https://www.sgpjbg.com.cn/baogao/17915.html>
10. 东方财富网--上汽集团, 技术+产品双爆发深化改革显成效.  
<https://finance.eastmoney.com/a/202510233542138351.html>

# 第十一章 大众汽车

大众汽车（Volkswagen）是一家总部位于德国沃尔夫斯堡的汽车制造公司，也是世界四大汽车生产商之一的大众集团的核心企业。

上汽大众新能源汽车工厂位于上海安亭，是大众汽车集团全球首个专为 MEB 平台（MEB 平台是专为电动汽车设计的模块化平台）车型生产而全新建造的工厂。项目总投资约 170 亿元，规划年产能 30 万辆，已于 2020 年 10 月正式投产，是目前国内生产规模最大、效率最高的纯电动汽车工厂。新工厂集智能制造、节能环保为一体，采用超过 1400 台工业机器人，并大规模应用领先的制造技术，实现制造全过程的智能化和数字化；MEB 工厂通过太阳能光伏发电、热电联供、余热回收、雨水回收利用、中水回用技术、能源管理系统等 28 项节能环保措施，打造上汽大众最具环境友好型工厂，实现 5 项环保 KPI 相较于公司平均水平下降 20%。

上汽大众自 2020 年起加速向电动化转型，基于大众集团 MEB（Modular Electric Drive Matrix）平台，对传统燃油车生产线进行改造，通过采用最先进的智感装备实现系统互联互通，覆盖核心业务重要环节的数字化升级，支撑生产作业的信息系统实现内部集成，使得数据和信息在业务内部实现共享；基于系统互连集成、大数据采集分析，结合云联技术与数据价值驱动构建业务链智慧管理平台，逐步实现制造的智能化转型。目标为 2025 年新能源车型占比超 35%，2030 年实现全系车型电动化。

表 7：核心技术突破

技术领域	核心成果
电池系统	宁德时代 NCM811 电池（能量密度 175Wh/kg），支持 800V 高压快充
充电技术	100kW 快充（30 分钟充至 80%电量），兼容 CCS 组合充电标准
智能驾驶	IQ.DriveL2+级辅助驾驶（2023 款 ID.系列标配）
车联网	VW.OS 车机系统，支持 OTA 远程升级

在项目前期，上汽大众通过采用数字化工具对冲压、车身、油漆、总装、电池五大车间进行全生产流程的虚拟规划仿真、精准调校，在正式生产前大幅减少人为失误风险，节约制造成本，缩短开发周期。

在车身车间，借助全球首次应用的在线绝对测量系统方案，通过应用激光视觉传感器，实时高效地监控白车身尺寸质量状态，开启报警停线和预警功能，节省了成本并提升了测量效率。即在总装车间自动化程度也比相同规模工厂提升了 45%。

在数据协同方面，借助 PSB 平台构建上汽大众工业互联网平台，赋能数据采集、用户体验、制造过程，较好地优化提升了研发设计、生产制造、运营管理的资源配置效率。

在智能生产管理方面，MEB 智能工厂信息管理系统实时展示工厂各车间生产状态，方便实时调整企业决策，从而对生产条件的变化做出迅速反应，减少非增值活动，提高工厂运营效率，从根源提高管理水平，优化工艺流程，改善产品质量，实现精益生产，降低能源损耗，减少库存，降低成本。

在智慧物流管理方面，以“无人工厂”为目标，在完整的物流供应链系统方案指导下，规划实施贴近生产车间的大件自动化立体仓库，实现大型零件入库、存储、出库全自动流程，极大降低了物流成本。

在新技术应用方面，基于 5G 网络和工厂智慧管理系统，实现工业互联网+消费互联网的互通与应用，通过 C2M（Customer-to-Manufacturer，用户直连制造的商业模式）、定制化生产、定制化服务，客户下单后可直接看到所定车辆的生产装配过程，真正实现所见即所得，提高了企业的竞争力。同时，借助部署的 5G 系统和大数据分析工具，能及时分析并解决车间现场发生的问题，提高生产效率。

在节能环保方面，MEB 数字工厂通过太阳能光伏发电、热电联供、余热回收、雨水回收利用、中水回用技术、能源管理系统等 28 项节能环保措施，打造上汽大众最具环境友好型工厂，实现 5 项环保指标相较于公司平均水平下降 20%。

深耕中国汽车市场超过近 40 年，产品质量始终是上汽大众的坚持。上汽大众通过 MEB 平台改造实现了电动化转型的阶段性目标，在新能源汽车领域，上汽大众将继承一贯的品质坚持，以“智造”成就“质造”，为消费者带来可靠、安心的纯电出行体验。

# INTRODUCTION



## 关于上海现代服务业联合会

上海现代服务业联合会，是由本市主要从事服务业的行业协会、学会、商会等社会组织及企事业单位自愿组成的跨行业、跨领域的综合性枢纽型非营利社团组织。拥有会员单位1500余家，其中200余家为行业协会、学会、商会等社会组织，覆盖了金融、信息、科技、商务、生产、公共、专业服务等多个领域，基本囊括上海市服务业的所有行业。

以联合会为主发起设立了上海现代服务业企业促进中心、上海经贸商事调解中心、上海现代服务业发展研究院、上海现代服务业发展基金会、上海现代服务业标准创新发展中心等五个民非实体机构，并牵头成立长三角现代服务业联盟，具有全面服务社会、助推经济发展的综合实力和核心竞争力。

2024年3月，上海市商务委关于印发《加快提升本市涉外企业环境、社会和治理（ESG）能力三年行动方案（2024-2026年）》，明确上海现代服务业联合会承担着“加大对ESG理念的宣传力度”的主要任务。



## 关于荣续ESG智库研究中心

荣续ESG智库研究中心，致力于推动“绿色共赢”的可持续发展理念，成为企业ESG发展的长期伙伴。我们通过ESG行业研究、优秀案例研究、政策和标准研究、热点和趋势分析等，解决气候变化、环境、社会、公司治理等领域的信息缺乏或信息不对称的问题，为企业提供可落地、可复制、可持续的ESG解决方案，帮助企业践行ESG理念，创造长期价值。

荣续智库研究中心汇聚了各行业的ESG专家和研究员，他们在各自领域拥有丰富经验和卓越能力。这些专家大部分是来自品职教育的ESG持证学员。品职教育拥有超过百万的活跃ESG学习社群，以及超过3万名ESG人才组成的人才库，是荣续智库坚实的人才资源。

荣续智库将继续发挥行业经验，秉持深刻洞察力和强大执行力，帮助企业将ESG有效整合到核心战略中，助力企业在ESG领域实现突破，创造社会和经济双重价值。

## ESG白皮书系列

- |                   |                    |                    |                  |  |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------|--|
| 01 纺织服装行业ESG白皮书   | 13 包装印刷行业ESG案例白皮书  | 25 银行绿色金融行业ESG白皮书  | 37 酒旅行业ESG白皮书    | 49 基建行业ESG白皮书                            |
| 02 食品饮料行业ESG白皮书   | 14 家电行业ESG白皮书      | 26 跨境电商行业ESG白皮书    | 38 零碳产城融合项目发展白皮书 | 50 气候金融ESG白皮书（基础篇）                       |
| 03 汽车行业ESG白皮书     | 15 美妆行业ESG白皮书      | 27 光储充行业ESG白皮书     | 39 零碳产城融合项目案例白皮书 | 51 气候金融ESG白皮书（实务篇）                       |
| 04 化工行业ESG白皮书     | 16 钢铁行业ESG白皮书      | 28 电子元器件分销行业ESG白皮书 | 40 白酒行业ESG白皮书    | 52 新能源汽车行业ESG白皮书（电池类）                    |
| 05 环保行业ESG白皮书     | 17 物流及航运物流行业ESG白皮书 | 29 建筑材料行业ESG白皮书    | 41 电力行业ESG白皮书    | 53 新能源汽车行业案例白皮书（电池类）                     |
| 06 新能源行业ESG白皮书    | 18 航空物流行业ESG白皮书    | 30 通信服务行业ESG白皮书    | 42 物业行业ESG白皮书    | 54 新能源汽车行业ESG白皮书（氢能·<br>甲醇·生物质·天然气·太阳能类） |
| 07 半导体行业ESG白皮书    | 19 建筑行业ESG白皮书      | 31 通信设备行业ESG白皮书    | 43 有色金属行业ESG白皮书  | 55 医养康行业ESG白皮书                           |
| 08 医药行业ESG白皮书     | 20 储能行业ESG白皮书      | 32 家居装饰行业ESG白皮书    | 44 零碳物流园区发展白皮书   | 56 公共建筑行业ESG白皮书                          |
| 09 财会行业ESG白皮书     | 21 机械储能行业ESG白皮书    | 33 互联网教育行业ESG白皮书   | 45 零碳园区发展白皮书     | 57 智能制造行业ESG白皮书（航空航天）                    |
| 10 金融“一带一路”ESG白皮书 | 22 电化学储能行业ESG白皮书   | 34 医疗器械行业ESG白皮书    | 46 传媒行业ESG白皮书    | 58 微电网与虚拟电厂行业ESG白皮书                      |
| 11 包装行业ESG白皮书     | 23 化学储能行业ESG白皮书    | 35 医疗卫生行业ESG白皮书    | 47 造纸行业ESG白皮书    | 59 中国企业出海ESG白皮书（更新版）                     |
| 12 印刷行业ESG白皮书     | 24 出海欧盟 行业ESG白皮书   | 36 康复辅具行业ESG白皮书    | 48 煤炭行业ESG白皮书    | 60 零碳园区案例白皮书（系列）                         |

合作咨询请联系

扫码添加联系人



欢迎关注荣续ESG智库研究中心

为您提供最新的ESG资讯  
共同探索可持续发展的未来