

探寻苹果供应链创新密码

兴于开源 更要治于开源

本报记者 卢梦琪

3月18日，苹果公司对外公布一项令业界瞩目的环境成绩单：去年其中国供应商通过清洁水项目节约了创纪录的550亿升淡水，相当于能灌满西湖近四次。这个数字背后，是一条不断延伸的绿色供应链——它响应中国“双碳”目标，连接着中外企业，加速驶向低碳未来。

近日，《中国电子报》记者跟随苹果公司首席运营官 Sabih Khan 走进苹果公司的供应商——欣旺达和富士康的生产一线，探寻这条绿色供应链背后的创新密码：智能制造与绿色制造如何共振，在中国市场写下“共赢”新篇。

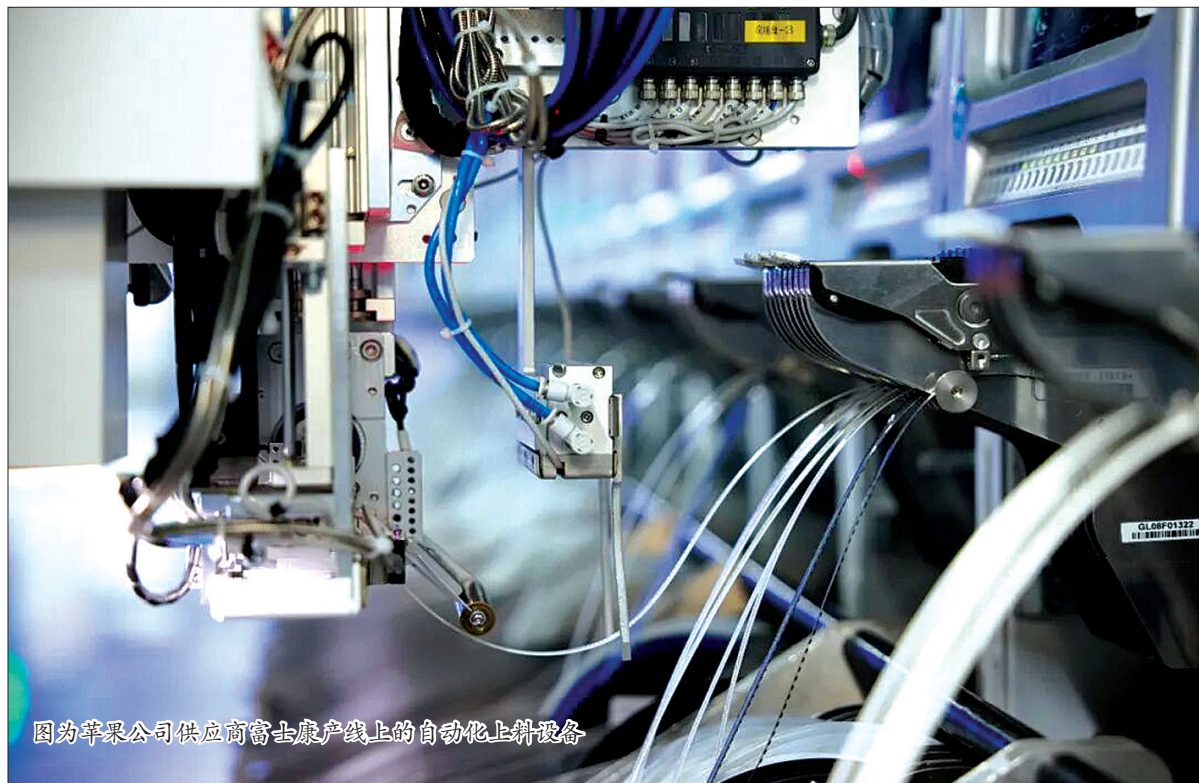
用 iPhone 检测 iPhone 电池

步入欣旺达高度自动化的 iPhone 电池生产车间，首先映入眼帘的是一条磁悬浮输送线。零部件在电磁力的推动下高速滑行，精准抵达工位，速度可达6米/秒，是传统皮带线的2-3倍；定位精度达到0.01毫米，比旧系统提升1倍。这样的速度、精度与空间利用率，让产线像被按下了“快进键”，生产节拍紧凑而有序。

据欣旺达相关负责人介绍，这条磁悬浮产线利用电磁力推动磁铁移动，通过智能控制电流实现精准运动，广泛应用于提高生产自动化水平，速度快、效率高、精度高，不仅提升了空间利用率，还具有改造成本低的优点。2018年欣旺达开始率先应用磁悬浮技术，目前为止，已全面应用于工厂的智能制造。

这条产线上的“另类质检员”吸引了记者的注意：16台iPhone化身工业检测终端，通过手机摄像头与苹果公司机器学习框架，对电池六面进行实时视觉检测，实现“用 iPhone 生产 iPhone 电池”。这是苹果公司与欣旺达联合开发的自动光学检测设备，不仅替代了昂贵的工业PC，还能降低延迟与能耗，展示出消费级设备在工业场景中的巨大潜力。

在车间一侧的大屏上，数字孪生的应用正实时展开。工程师佩戴 Apple Vision Pro，可以自由“穿梭于”虚拟车间，时时查看各个设备的运行情况，设备转速、能耗、物料运输等数据都可以在这个虚拟模型中实时更新，还可以远程调整设备参数并重新启动设备。这种沉浸式的远程运维，大幅压缩了故障响应时间，为产线设计提



图为苹果公司供应商富士康产线上的自动化上料设备

供了可预演的“数字沙盘”。欣旺达相关负责人告诉记者，通过数字孪生技术，这座工厂从优化产线设计到生产，每个阶段都清晰可见。

Sabih Khan 在现场接受记者采访时表示，苹果公司与中国供应商十多年来的合作，已推动产线走向更短、更快、更柔性、更精密的未来。

黑灯工厂里的 智能协奏曲

走进富士康位于深圳的 iPhone 主板生产线，唯有红绿灯指示灯在静谧的黑暗中有节奏地闪烁。数百台机械臂与自动导引车 (AGV) 精准协作，完成元器件的高速贴装与运送。

这里的“黑灯”并非刻意营造的视觉噱头，其背后是一套精密且高效运转的智能制造技术协同体系。

在生产线的“大脑”——智能中控中心，记者观察到，富士康通过与苹果公司的合作，实现了生产运维的数字化孪生，由高密度智能储料柜与协作机器人、自动物料车“联手”打造的手机主板智能备料仓，可以通过智能配料系统，精准对接生产线，备料准确率能达到100%。

工厂负责人透露，在品质管理方面，AI正在成为主角。上述产线的外观检测设备通过机器学习模型

分析并持续优化，使品控从“人眼紧盯”升级为“算法护航”。在富士康成都的 MacBook Neo 总装产线，iPhone 自动外观检测系统同样基于 AI 平台处理图像并分析，确保每一件产品都符合严格标准。

置身富士康深圳工厂，Sabih Khan 感慨道：“中国供应链在过去十几年里实现了质的飞跃，我们看到‘智能制造’与‘AI+’等中国国家战略已在工厂落地。我们希望，借助技术与工具的持续进化，让供应链更高效、更可持续。”

不止于节水的 绿色革命

3月18日，苹果公司宣布去年其在中国的供应商通过清洁水项目节约了550亿升淡水，相当于能灌满西湖近四次，这一数字创下苹果公司在华供应商节水新纪录。

在此基础上，苹果公司与供应商合作开发出一种闭环阳极氧化工艺，将新款 MacBook Neo 在生产过程中的水循环利用率提升到70%。

阳极氧化，这项广泛用于打造精美耐用机身的电化学工艺，通过在铝表面生成致密氧化层，显著提升抗腐蚀性能。然而在传统流程中，铝材需反复浸入不同化学槽，并在每一步用大量纯水冲洗以防止污染，因此耗水量巨大。

苹果公司与供应商协作，对该工艺进行了升级，应用精密传感、逆流多级漂洗、多重过滤与净化等一系列先进制造技术与工程创新，构建起一个闭环系统。在这里，绝大部分用水被回收再利用，淡水只用在最关键之处。

据悉，苹果公司正努力在未来几年内将新的阳极氧化工艺推广到更多生产线，以加速未来的节水进程。放眼全国，已有200多家供应商工厂积极参与苹果公司的清洁水项目，并共同实现了超过43%的平均水循环利用率，苹果公司正努力在2030年年底前将这一比例提升至50%。

记者在采访中注意到，绿色能源正在苹果公司供应链上游铺开——欣旺达已实现100%使用可再生电力为苹果公司生产，富士康中国实现100%使用可再生能源为苹果公司生产供能……Sabih Khan 坚定地告诉记者：“苹果公司正在致力于与供应商伙伴共同推进 Apple 2030 目标，即到2030年苹果公司全价值链实现碳中和。”

事实上，不止苹果公司，当中国制造业攀高向新，跨国企业在华也迎来了发展新机遇。中国“十五五”规划纲要多次提及“科技”“创新”“新质生产力”，Apple 这样的跨国企业，以绿色创新为支点，撬动供应链提质升级，成为这场宏大的经济转型中的生动背景之一。

(上接第1版)谁能吸引更多开发者参与、沉淀更多应用场景，谁就更有可能在下一阶段占据主动。

在这一过程中，智能体成为放大开源价值的重要载体。今年，政府工作报告首次提出，要“打造智能经济新形态”，并将智能体纳入重点推广方向。相比传统 AI，智能体的特点在于具备自主性、规划力与执行力，能够完成从内容生产、客户服务，到数据分析、运营管理等一系列复杂工作，也因此被视为推动生产力革新与生活方式变化的重要抓手。

“在人工智能大模型领域，选择开放就意味着进一步降低应用场景接入门槛，因此也有可能更快地迭代应用场景，带来耳目一新的行业创新。”人工智能行业专家张珂表示。开源显著降低了智能体的使用门槛。个人开发者和中小企业无须从零构建复杂系统，只需在此基础上进行部署与改造，便可快速搭建适配个性化需求且具备实际生产能力的智能体应用，“一人团队”将从概念变为现实。

整个 AI 行业已敏锐地察觉到了这一趋势。放眼海外，英伟达推出 Nemotron 3 Super 开源模型，将代理式 AI 吞吐量提升了5倍，专为大规模运行智能体设计。多款国产开源模型也主动适应智能体发展需要，针对性地进行能力开发。例如，阿里开源 Qwen3-Coder-Next，专为编程智能体和本地开发打造；月之暗面发布新一代万亿参数开源多模态大模型 Kimi K2.5，首创 Agent 集群调度能力；智谱开源大模型 GLM-4.5，宣称首次在单个模型中实现了推理、编码和智能体能力的原生融合，以满足未来智能体应用蓬勃发展的复杂需求。

不难发现，AI 的角色正转向可以协同工作的“数字员工”，围绕这一新兴形态展开的能力建设，也将成为开源竞争的下一个变量。

开源走向“深水区”

开源使得 AI 像水和电一样触手可及，为实现“时时、处处、人人可用的普遍智能”带来了可能。然而，开源路径的

普及也将一系列潜在挑战带到了台前。

“同质化”是开源模型普遍面临的问题。当前，市面上的主流模型基本沿用了 Transformer 的核心设计，随着模型迭代的日益频繁，在通用能力上的差距正在缩小，各厂商模型性能轮流“登顶”成为常态。业内专家对记者表示：“未来能真正拉开差距的，是行业理解和落地能力，而不只是模型本身。”

“如何变现”是摆在企业面前的另一个问题。开源带来了更广泛的生态影响力，但天然具备多投入、少收益，甚至无收益的痛点，短期内很难直接带来利润。目前，多数厂商主要依赖定制化部署、增值服务等实现营收，整体盈利路径尚未完全跑通。

安全问题同样不容忽视，业界长期存在开源模型被滥用的隐忧，开源产品的快速爆发，对于使用者的安全意识也提出了新的要求。近期，开源智能体应用 OpenClaw (俗称“龙虾”) 走红，工信部网络安全威胁和漏洞信息共享平台 (NVDB) 和国家互联网应急中心接连发布风险提示，提示其存在系列高危安全漏洞和衍生风险。

对此，王桓表示：“开源在带来创新活力的同时，也必然伴生技术安全、产权界定、商业落地、生态可持续等问题，需要提前布局、系统施策、源头规避。”他建议，建立全流程开源技术安全审查机制，对核心开源项目开展常态化安全检测和漏洞排查，明确安全主体责任，防范网络安全风险和技术泄露风险，保障国家数字安全；同时，探索多元化的开源商业模式，推动开源项目与市场需求深度结合，通过技术服务、定制化开发、生态合作等方式，让开发者和企业在开源生态中实现价值回报。

中国信息通信研究院人工智能研究所所长魏凯则对《中国电子报》记者指出，要深化开源治理与标准化布局。“围绕数据集合规、模型评测等方向，牵头制定行业标准，主动融入国际开源治理体系；依托国内超大市场与丰富场景，将中国实践转化为国际规则，持续提升全球开源生态中的话语权。”他表示。

奋力谱写新型工业化发展新篇章