

从制造工艺到 碳补偿机床产业的绿色转型

文 | 陈裕

国际经贸局势瞬息万变，随着全球环保意识的提高和各国政府对于减碳政策的强化，科技日新月异带动多项新兴产业迅速发展，传统工业面临前所未有的挑战，工研院产业科技国际策略发展所经理黄仲宏观察到，包括半导体设备在内的机械产业，正面临两个主要发展动向。首先，产业开始对低碳时代来临作准备；其次，将生产管理导入精实化及数位化，并将人工智慧技术与环保节能融入商业模式中。机床产业作为制造业的重要基础，顺应潮流进行绿色转型成为必然趋势。

机床产业的现状与挑战

机床产业是制造业的基石，提供各种机械加工设备，广泛应用于汽车、航空、电子等领域。然而，在生产过程中存在大量能源消耗和废弃物排放，对环境造成严重影响，面临的挑战包括了高能耗与高排放、废弃物管理困难以及资源利用效率低。

高能耗与高排放

机床的运行需要大量电力，全球机床行业每年耗电量约为 500 太瓦时（TWh），相当于一个中等规模国家的总耗电量，特别是在高精度加工和大规模生产时，能源消耗问题尤为突出。

废弃物管理困难

根据统计，每年机床行业产生的金属废料超过 200 万吨，加工过程中产

生的废料和冷却液等废弃物，需要妥善处理以避免污染。

资源利用效率低

传统制造工艺中，典型的金属切削加工中，材料利用率仅约 30 ~ 40%。材料的利用率不高，造成浪费。

绿色制造工艺的实施

绿色制造工艺是机床产业实现可持续发展的关键。以下几种技术和策略可显著降低能耗和排放，包括了高效能源管理、先进切削技术、再生能源应用以及废弃物回收再利用。

高效能源管理

通过智能化控制系统，实时监测和调整机床的能源使用情况，最大化能源利用效率。例如，采用变频器技术可根

据负载调整电机转速，降低能耗 30% 以上。

先进切削技术

使用高性能刀具和优化加工路径，减少切削力和切削热，从而降低能源消耗。同时，精确控制加工参数，减少材料浪费。

再生能源应用

在生产过程中引入可再生能源，如太阳能和风能，替代部分传统能源，减少碳排放。例如，一个中型机床厂引入太阳能光伏系统后，每年可减少约 500 吨二氧化碳排放。

废弃物回收再利用

建立废料回收系统，将加工过程中的金属屑和冷却液进行再生利用，不仅能减少环境污染，还能节约资源。

随着科技的进步和环保意识的提升，机床产业的绿色转型将迎来更多机遇。未来，可在以下几方面进一步发展。

深化碳补偿策略的应用与整合

碳补偿作为过渡策略的关键性

在机床产业向低碳运营过渡的过程中，碳补偿是一个重要的过渡策略。由于该产业的技术更新和工艺改进需要时间和资源，碳补偿可以通过支持外部减碳项目来迅速抵消部分碳排放，达成短期内的减碳目标。

选择高效的碳补偿项目

选择合适且高效的碳补偿项目至关重要。机床企业应聚焦于那些既能产生实质性减碳效果，又与企业核心业务产生协同效应的项目。例如，投资于再生能源项目如风力发电或太阳能农场，既能获得稳定的碳补偿额度，又能展示企业对可再生能源的承诺，提升企业形象。

长期碳补偿与内部减排相结合

碳补偿应该与企业内部的减排措施相结合，而不是仅作为应对外部压力的短期手段。企业应该制定长期的碳补偿策略，逐步减少对碳补偿的依赖，并加大对内部减排技术的投入，如提高生产效率、优化能源使用、引入再生能源等。

结合数字化技术提升碳补偿效率

结合数字化技术，特别是物联网（IoT）、区块链和大数据，可以显著提升碳补偿的透明度和效率。通过区块链技术，企业可以更透明和可靠地追踪碳补偿项目的执行情况，确保碳信用的真实性和有效性。此外，大数据分析可以帮助企业选择和管理最具成本效益的碳补偿方案，从而优化碳补偿的投资回

报。

扩展碳补偿的影响力与生态系统

除了推行产品全生命周期管理，从设计、制造、使用到回收的各个环节，都考虑环保因素，最大限度减少对环境的影响。机床产业亦可考虑与其他行业合作，构建跨行业的碳补偿生态系统。这种合作可以包括与再生能源、森林保护、废弃物管理等领域的企业或机构合作，共同投资大型碳补偿项目，分享风险与收益。这不仅能降低碳补偿的成本，还能提升项目的整体影响力。建立绿色供应链管理系统，与供应商共同推动绿色制造，实现整个产业链的协同减碳。除了加速发展绿色机械产品与低碳制造方案，满足净零排放市场需求、更协助机械企业实现净零排放，满足供应链要求与因应国际碳费（税）徵收、进而促进实现机械产品循环经济应用与扩大相关生态系。

结论

机床产业的绿色转型是应对环境挑战、实现可持续发展的必然要求。如同 TMBA “机床产业因应减碳永续经营参考手册” 于 2022 年即提出机床产业因应碳议题的四大策略步骤：(1) 知己知彼：碳盘查 (2) 无悔对策：节能减碳 (3) 绿色韧性：开源节流，探索更多绿色竞争力 (4) 绿色契机：化危机为转机，创造绿色新商机；并藉由七大核心主轴推动，包括强化产品的永续竞争力和生态设计、全产品生命週期的循环经济规划、跨产业价值链双赢合作、善用数位技术优化管理和制造、强化产品的 RAMSS（可靠度、可用度、可维修度、

安全、资安）、为永续未来设计：导入减碳材料、技术和设备、与国际机床产业的净零排放规范接轨等，以因应永续经营与环保诉求趋势。工具产业通过改进制造工艺和结合有效的碳补偿策略，选择高效的碳补偿项目、结合数位化技术、扩展碳补偿的生态系统，以及将碳补偿与 ESG 战略深度结合，机床产业不仅能在有效减少碳排放的同时，还能提高生产效率，实现经济效益与环境效益的双赢，提升其全球竞争力，更为可持续发展作出实质性的贡献。

随着科技的进步和政策的支持，机床产业将在碳补偿领域迎来更多机遇，成为实现全球减碳目标的重要力量。未来，机床产业的绿色转型将不断深化，成为实现全球减碳目标的重要力量，为全球的环保事业作出更大的贡献。MFC