

从浪费管理到碳风险控管： 精实管理纳入碳效率体系之思维

文 | 谢佳宏

从中美关税到各国碳关税，全球制造迎来双重压力测试

川普再度当选美国总统，从 2025 年 1 月开启其第二任期，同时也推动其“美国优先 2.0”政策。就任后不久，他便签署数项关税调升命令，针对中国、墨西哥与加拿大等主要贸易伙伴进口产品课征更高税率，使全球制造供应链再次陷入震荡。回顾自 2018 年中美贸易战开打以来，全球制造业已出现一波大规模的供应链重组，不少企业为规避美国加税压力，开始将部分产能从中国转移至东南亚、墨西哥甚至印度等新兴市场，即俗称“中国+1”的全球布局策略。

欧盟于 2023 年 10 月开始试行的“碳边境调整机制（CBAM）”预计于 2026 年正式实施，针对钢铁、铝、水泥、肥料及氢等高碳排放的密集产品，要求进口商揭露其产品碳排放信息并依据现有欧盟碳交易市场（EUETS）价格购买凭证缴纳等值碳税。此机制的本意在于防止全球“碳泄漏”，即某个国家采用较严格的气候管制导致该国的制造商将生产迁移到其他国家，而因其他国家的气候政策较为宽松，导致全球温室气体排放量并未减少，反而可能增加碳排放的情形。针对增加的碳排放量，要求缴纳费用的市场机制手段来避免碳

泄漏发生。

同时，日本亦已于 2023 年 10 月开设碳抵换额度（J-Credit）交易市场，并规划自 2028 年起针对化石燃料的进口与使用，根据其二氧化碳排放量进行征收附加费用。尽管尚未启动类似欧盟 CBAM 的境外课征机制，但可预期日本将透过国内碳定价体系应对外部碳税压力，并视国际贸易发展调整出口产业的应变机制。

笔者认为，此举形同一种新型态贸易壁垒，虽然课征对象是该国的进口商，但对全球制造业者将造成额外成本压

力。而除欧盟外，英国政府也于 2024 年宣布将于 2027 年启动类似机制，目前正就涵盖产业、课征方式与 WTO 合规性等议题进行立法作业；涵盖范围初期同样锁定钢铁、铝、水泥与氢气等高排放产品。

相较于美国关税主要针对国别与产业间利害关系，碳关税是针对产品的“碳排放量”本身征收，不问产地，只问排放。这种“排碳高者吃亏”的新逻辑将加速全球制造业从成本效率转向低碳排效率的全面转型压力。对企业而言，未来的竞争优势将不仅取决于是否“做得



快、做得省”，更关键的是能否“做得低碳、做得透明”，精实管理也将不再只是提升生产力的利器，更是企业减碳转型的重要基础之一。

精实管理——从生产效率最适走向碳效率优化

从丰田提出“精实生产（Lean Production）”概念以来，全球制造业便普遍将其视为提升效率与降低成本的重要管理工具。然而，随着碳关税政策逐步上路，企业面临的经营挑战也从财务面的成本控制，转向以环境面为核心的碳风险管理。笔者认为过去“浪费即成本”的观念，开始转化为“浪费即碳排”战略视角，成为企业因应碳成本新常态的核心逻辑”，精实既有的七大浪费也转变成为企业碳排热点的潜藏来源。

举例来说，“过度加工浪费”不仅代表人力与机台使用的多余投入，更蕴含着不必要的能源消耗与增加的碳排放量；“库存过多浪费”不再只是占用空间与资金，更伴随着冷气、照明、搬运等燃料与能源使用，使企业范畴二的间接碳排大幅增加；而“不良品重工”与“等待时间”等浪费，则会导致设备无效运转与热能耗损，进一步垫高单位产品的碳足迹排放量。

在碳关税逐渐内化为企业成本的趋势下，笔者从国内外许多制造业的调整案例中发现，精实管理的系统运行悄然随之调整。传统精实关注在“时间效率”与“流程顺畅”，但面对 2050 净零排放的全球压力，企业需有纳入“碳效率（Carbon Efficiency）”的思维，亦即用最少的碳排放量达成最佳的价值产出。唯有将碳排视为与人力、设备、原

料同等重要的管理要素，才能真正落实低碳导向的精实运作体系。

以精实管理常用的工具“价值流程图（Value Stream Mapping, VSM）”为例，开始被延伸成为“碳排放价值流程图（Carbon Emissions VSM）”，透过可视化手段标示每个制程步骤的碳排放量，辅以物联网收集监测能源使用情形，可快速辨识碳排热点，并将其纳入持续改善循环之中。将过往看不见的碳排放或是仅为永续报告书上的冰冷数字，藉由可视化呈现，成为企业现场改善的具体标的。笔者认为此做法显示精实已不再只是工具箱中的一项手法，而是企业永续营运的必要思维，在追求低碳排放要求中被重新赋予更高的战略意义。

丰田的碳中和实践做法启发

在全球制造业净零转型的压力下，作为精实生产的起源企业，丰田不再仅止于改善流程效率与降低成本，而是全面升级其精实体系成为支持碳中和目标的核心策略。早在 2015 年丰田汽车于环境愿景报告书正式提出 6 大挑战，其中就包含“工厂零碳排放”，而在 2021 年更是主动要求 Tier-1 供应商碳排放量要比前一年至少减少 2%，长期而言将满足巴黎协定于 2025 达成净零排放的目标。

进一步检视丰田提出的“Plant Zero COE missions Challenge”内容以及历年的环境报告书，可发现针对内部制造工厂，丰田积极导入再生能源、氢能叉车、自动节能系统及高效率电动设备，以实现自主场域的零碳排转型。同时，丰田透过智慧能源管理系统（EMS）实时监控所有制程设备耗能，

并透过“能源耗用视觉化工具”找出重大能耗设备改善机会点，例如高功率压铸机的启停频率与空压系统压力最佳化，进而大幅降低电力消耗与碳排放量。此外，针对设备闲置时间的“待机电力”也逐一盘点并予以关机控制，杜绝不必要的间接排放浪费。整体而言，工厂在不影响产能前提下，逐步迈向净零目标。

不仅止于内部，丰田将碳中和战略延伸至整体供应链。在 2021 年，丰田启动供应商碳盘查机制，要求 Tier-1 供应商揭露其组织碳排放数据，并协助其导入 ISO14064-1 与 14067 等标准，建构共通的碳管理体系。在部分核心供应商群中，甚至进一步由精实顾问带队深入工厂现场，透过标准作业观察、排程分析与设备效率比对，俨然将碳排放视为一种第八大浪费（8thWaste）进行鉴别与改善。丰田逐步将减碳绩效纳入供应商评等体系，明确以碳效率作为采购决策的参考依据。这不仅促使供应链成员投入净零转型，也将“碳”转化为具体的竞争力指标，让精实精神真正从厂内延伸至整体价值链。

从审思丰田的低碳排实践做法中，笔者发现其核心思维在于“不将碳排放视为额外成本，而是当作流程质量的一环加以管理”，这样的观念转换不仅避免减碳与生产效率的冲突，更让碳管理自然融入到企业营运体系中。这正是精实管理在净零时代中的新价值：不再只是做得快与好，更要做得低碳、透明且可验证。

中小企业低碳转型的三大挑战

面对欧盟 CBAM、美英日碳关税政策逐步推进，以及国际品牌大厂对供应链碳盘查与减量的要求升高，中国企

业特别是占制造业九成以上的中小企业，已无法再以观望或被动应付的心态来面对。

近三年来笔者辅导超过 60 家以上的中小企推动碳盘查与精实诊断的过程中观察到，企业主普遍具有高度的警觉性与应对意愿，但受限於三大现实困境，使其转型之路步履维艰。第一是碳排放数据断层问题。许多工厂仅有总用电纪录，缺乏针对生产设备、空压机、锅炉等高碳排放设施的细部能耗监控，更遑论将碳排放细分至产品或单位工令层级，导致盘查结果无法对应实际改善行动。

第二是净零知识与人力资源不足。中小企业往往无专责 ESG 或能源管理人员，多由厂务或品保单位兼任减碳工作，不仅难以掌握 ISO14064-1、14067 等标准要求，更不易理解精实管理工具如何结合碳排放分析，导致缺乏可持续的减碳机制。第三则是资源有限，企业普遍担心导入节能设备或碳盘查系统的前期投入过高，加上政策补助信息分散、申请门槛不一，降低其参与意愿。

尽管如此，我国有越来越多先行企业透过结合精实思维与碳盘查工具，建立起初步的低碳生产管理架构。以笔者参与辅导的表面处理业者为例，其已将碳排放数据整合入制造执行系统（MES）内，将每张工令的电力使用换算为碳排放量，并结合现场生产流程找出待机能耗、搬运浪费与排程不顺等碳排放热点。初步来看，其透过提高锅炉使用与现场生产排程匹配率，有效减少约 12% 的天然气管使用量。

总体而言，中小企业虽然面对人力有限、数据资料分散与技术门槛等多重挑战，但若能以精实管理为基础、结合碳盘查逻辑，循序渐进建立可视化、可

量测、可追踪的低碳排放管理系统，不仅可因应碳关税所带来的出口竞争，更能全球供应链再洗牌的过程中，争取进入绿色供应链的先机。

从自家场域朝向供应链的碳透明时代来临

面对碳关税与永续供应链压力全面升温，制造业精实管理正走入新阶段。过往精实生产以流程效率与浪费削减为主要目标，如今在碳定价逐步内化为市场成本的背景下，“碳透明度”正逐步取代“财务效率”成为营运新准则。金管会已于 2023 年发布“我国接轨国际财务报导准则（IFRS）永续揭露准则蓝图”，从 2026 年开始分三阶段适用于上市柜公司。IFRS 永续揭露准则须包含 IFRSS1 及 IFRSS2，其中范畴 3（俗称供应链范围）必须进行揭露，大大扩大现有的管制范围，也提高了整体盘查的复杂度。

对我国制造业而言，若能将精实管

理的核心与碳盘查数据展现互相结合，让精实不再侷限于现场改善或流程再造，而是以“碳可视化”与“碳数据标准化”为基础，建立可连结上下游、可实时反映碳排放成本、可支援永续报告的营运体系。从工令单的碳排放转换、设备能耗监测，到跨部门碳排放量整合反馈，企业必须从数据资料流层面重新构思如何把“碳排放”纳入至营运核心流程中。

从工厂现场到供应链，从效率提升到碳揭露整合，未来企业的竞争优势将不再只是生产成本的低与高，而是碳资料是否实时、精准、可交换。在这样的逻辑下，精实的七大浪费中每一项不再只是时间与资源的损耗，而是碳排的潜在热点；每一次价值流程重整，不仅是提升生产效率，更是再定义碳排放量分布与热点风险。而每一个改善提案的背后，都应包含“碳效益”的衡量与追踪，这将是真正贴近净零思维下的精实进化。MFC

