

新加坡智能制造概况 与机床产业发展趋势

文 | 苏翰扬

区域制造与在地供应几乎已成定局

随短链革命是中美贸易战后一路被讨论至今的议题，而这波革命将带来企业生产基地、甚至整个供应体系的移转，形成数个以区域为主体的制造中心；在

区域制造下其中的受益者之一为东协，但与过去不同的是，当前的东协并非以劳力外包为主体，而是逐渐发展为智能制造中心，新加坡则是这一区域的领导者。

过去企业为节省营运成本或提高效

益采取将产能外包的方式进行，外包的优点不外乎包含

- (1) 土地及设厂成本较低、
- (2) 国外市场成长潜力雄厚，有利产品之海外销售、
- (3) 资本密集度高的零组件交由外

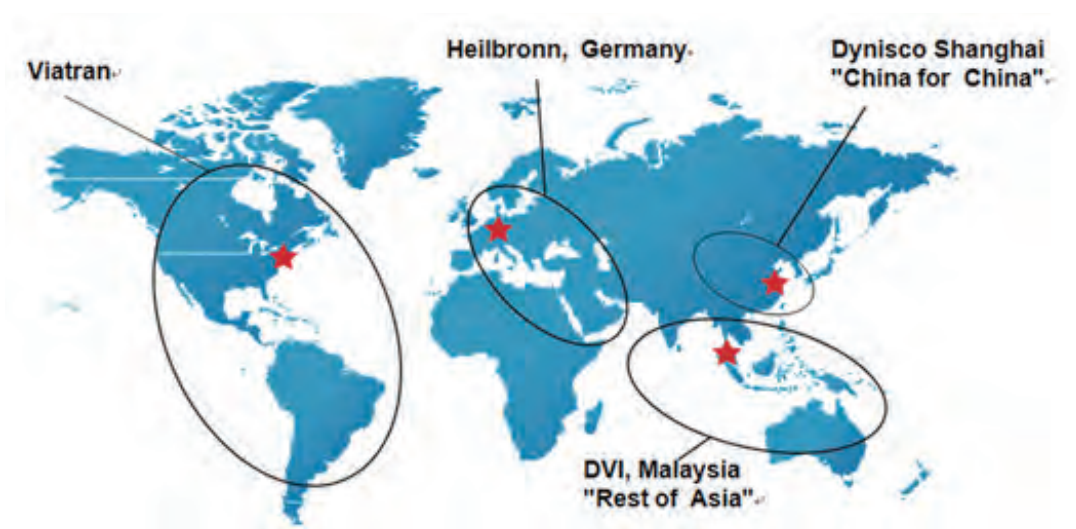


图 1

短链革命促使全球形成数个区域制造中心

包厂生产，强化业者资本运用之空间，使本身更专注于核心竞争力之开发、

(4) 东亚 / 东南亚供应链横跨多个国家，可迅速出货至其他市场

(5) 专业代工厂拥有更大产能，可快速依据业者之需求而调整。

从 1970 年代沿用至今的外包模式当前面临巨大挑战，在政经局势变化甚快的状况下，终端需求信息的波动沿供应链逆流而上，且信息传递造成时间差（time-lagging），造成企业生产计划改变与供需的严重失调，过多的存货带来资金积压的问题，使得原先外包的优势反而成为营运风险，因此也促使在地生产、在地供应革命兴起。

短链革命促使全球形成数个区域制造中心

而东南亚正是全球区域市场形成下的受益者之一，特别是新加坡。东南亚制造联盟是由东协的盟主－新加坡在 2020 年成立，并在 2021 年 3 月由新加坡经济发展局（Economic Development Board, EDB）与新加坡企业发展处（Enterprise Singapore, ESG）正式启动，透过联盟的精神整合东协各国制造业者，串连马来西亚、越南，与印度尼西亚，形成新柔廖成长三角，以外国大型制造业者与本土制造业为目标，形成紧密的区域合作联盟，同时结合新加坡房地产集团 CapitaLand、能源解决方案商 Sembcorp Development，以及产业投资公司 Gallant Venture，协助业者在 10 多个工业区中打造数字供应链并提高市占率。

目前已有许多业者参与此商机，半导体业者如高通、联发科、AMD、英飞凌、美光、联电、日月光等业者纷纷布局该处，工业自动控制大厂西门子、汽车大厂 Bosch 也纷纷在当地建立先进工厂，投入自动驾驶产业与工业 4.0 领域。

东南亚制造联盟主要特色为井然有序、明确分工的工业区规划，例如马来西亚以电子制造为发展主轴、越南与泰国除原先的纺织产业外，近年来电动车的投资逐年成长，新加坡本身为市场进入枢纽，为高科技发展中心，明确的分工使得外商进入东协时较容易形成明确布局策略，身为盟主的新加坡自然掌握相当话语权。

智能工厂逐渐成为星国中小企业提升制造竞争力的标准配备

新加坡未来经济委员会（Committee on the Future Economy, CFE）指出，在过去的几十年中，不断成长的制造业带动贸易、金融、旅游和专业服务相关的产业的成长，而若能借重智能制造，外溢效果将更为明显。

数字技术的融合与企业对消费者掌握的需求导致制造者在投入智慧制造时容易形成乘数效应，更好的服务终端市场，而快速变化消费端的市场将对来自智能制造的产品产生更大的需求，两者可谓相辅相成。因此，未来经济委员会认为智能制造不仅能帮助新加坡的制造业保持竞争力，甚至可以在数字经济中创造更多的新运营模式。

中小企业导入智能制造的优势是能够协助企业更有效率管理日常业务，

并透过创新机制来与竞争对手形成差异化。智能制造的关键要素是从制造过程中获实时数据，以用于经营决策和预测 / 解决问题。

因此使用传感器与软件部署于设备监控、瑕疵检测、预测性维护上成为企业共识，例如原物料预测能够降低企业囤货成本，同时能从供货商手上更快取得生产材料，而库存分析能在淡旺季和旺季有效管理生产流程，提高供应链效率，最终以更低成本产生更高的收入。部分较为前瞻的中小企业甚至能将数字分身技术运用在产品生产上，仿真所有相关状况，缩短 TTM (time to market) 与 TTC (time to cost) 门槛可能遇到的风险。

新加坡的中小企业虽然在资讯系统

（Information Technology, IT）投资上不遗余力，不过，即便累积储存了大量资料，但企业对数据价值的挖掘和应用还较不完整，这种现象在中小企业尤为明显，电子化纪录、自动化报表、简单的物联网装置相当常见，但在数据探勘与企业决策上仍然面临瓶颈，数据的格式不一、使用的模型精确度不佳、企业存在孤岛（silo）现象，都是制造业者要建立智慧工厂上常遇到的难题，而资料则是新加坡中小企业首先要解决的问题。

智能工厂数据搜集包括两大类别：静态数据和动态数据。静态数据涵盖工厂设计信息、地理信息数据、设备装置特性数据、工厂内部结构、各种文件图片等，这些数据大多来自于工厂设计业

者、设备供货商、工厂建置、外部合作厂商等。而工厂动态数据包括环保安全（环安）、生产执行、装置执行、质量管理、能源耗损、经营决策、仓储物流、销售采购信息的搜集。这些都是星国业者需要克服的挑战。

由于中小企业在资源上有所局限，较没办法像大型企业一般建立完整的智慧工厂，星国政府的建议是透过模块化的方式撷取自己所需，再按照需求建立更完整的工厂。首先，中小企业必须要数据科技与 IT 技术进行整合，透过整合的数据仓储与分析平台，确保每个部门与营运流程的数据得以互动，甚至能透过简易的人工智能分析软件提出营运改善建议。

同时，在工厂内加装传感器，让管理阶层了解整体工厂与设备的生命周期，便于在更换设备或进行检测时有所本。至于像是 5G、数字分身、边缘运算、自动仓储机器人等先进装置则是视营运状况进行增补。

此外，对于处于智能制造战场的新加坡中小企业而言，除了数字工具的应用与智慧工厂的建立外，还必须以净零碳排、节能环保为发展基础，同步提升公司产品服务能力、达到客制化生产，透过先进制造系统与信息科技的深度融合来达成。

同时，制造业者也强化与资服业者的合作整合业界各方力量与资源，达到产、学、研、用的新模式，借力使力是星国中小企业发展智能制造的不二法门。

新加坡政府如何协助中小企业建立数字人才与新商业模式

与单纯推动企业数字化的目标不同，新加坡政府对于转小企业转型的目标不只有营运优化，同时期待公司能善用数字科技建立新的商业模式（例如订阅制），在企业逐渐能够优化生产参数，或整合线上与线下的活动时，下一步的转型关键即升格到经营策略层级，不论是何种转型，人的运用往往最为关键，因此，星国为中小企业客制化两种协助模式，信息长即服务（Chief Technology Officer (CTO)-as-a-Service），以及数字领导人服务（Digital Leaders Programme, DLP），虽然每个人对转型看法与做法各有不同，但数字人才取得却是公司痛点。

以下分别介绍新加坡的企业数字化转型的人才服务。

一、信息长即服务（Chief Technology Officer (CTO)-as-a-Service）

信息长即服务的首要事项为衡量企业的数字准备度（digital readiness），辨认出转型在实际执行与欲达成目标的差距，同时参考其他中小企业的成功做法。在实际工具上，星国提供 450 多种数字转型方案供使用，这些方案多属人工智能、云端、数据科技相关，并经由信息通信媒体发展局（Infocomm Media Development Authority, IMDA）认证。

而在数字人才培养上，新加坡政府与特定咨询机构合作，特别是 IT 咨询相关，透过特定技能的培训，降低中小

企业在转型上的风险。

二、数字领导人服务（Digital Leaders Programme, DLP）

对于延揽数字转型团队的企业，新加坡政府提供资金协助。数字转型团队需包括一名领导者（即技术长/数字长），以及由最多 5 名数字人才（数据科学家、云端架构师）组成的团队。

此外，对于需要完整数字转型蓝图的业者，星国政府派遣专业团队协助拟定，对于中小企业而言，擘画数字转型蓝图与取得数字人才等同困难，许多业者并不清楚自己所属定位、五年后策略规划为何，当然对于要采用什么技术就无所适从了，转型蓝图尚须与外部合作网络，例如技术顾问、信息服务业者、策略咨询公司等，方可完善。最后，DLP 也额外提供对于开展新商业模式，由 2018 年成立的开放创新平台（Open Innovative Platform, OIP）执行，提供数字服务的企业提供资金协助。

三、SME Go Digital 中小企业数字化转型计划

新加坡 SMEs Go Digital 计划为新加坡信息通讯媒体发展局（IMDA）和企业发展局（ESG）于 2017 年推动，该政策为新加坡提升产业数字化转型的关键措施之一，政策重点在于协助中小业者系统性地评估数位化程度，并根据转型需求改善 IT，以及导入物联网、资安与数据技术等相关解决方案，同时针对各子产业转型状况擘划不同转型蓝图（如电信、食品、零售、金融），由于新加坡中小企业占全体产业比重 90%，因此新创企业与科技业者正瞄准这块转型市场，积极布局。值得一提

表 1 新加坡制造联盟主要业务整理

项目	说明
商业模式创新办公室	SMF 旗下的新加坡创新与生产力研究所 (SiPi) 的商业模式创新 (BMI) 计划协助公司重新检视原有商业模式，透过重新设计商业模式与投入数字科技来提供现有制造业升级。
企业转型办公室	企业转型与商业模式创新不同的地方在于并非需要整体商业模式做大幅改变，主要针对制造业者优化现有的营运流程，在数字科技的导入上并不追求一定要使用前瞻技术。
企业重整办公室	为帮助面临竞争激烈、劳动力成本高、需求不足、人员短缺和市占率萎缩等挑战而陷入困境的中小企业，SMF 与相关机构合作，协助陷入困境的中小企业重组，或寻找收购对象。
制造转型联盟办公室	有鉴于中小企业在转型上可能需要更多资源，SMF 透过与外部合作伙伴、政府等利害关系人筹组联盟，协助项目包含企业营运诊断、解决方案建议、供应链上中下游信息交换 与对接、数字方案导入后效益追踪等，强化多边合作。
智能制造办公室	强调智能前瞻制造技术的使用，如人工智能、5G、无人智能搬运车、边缘运算、云端、区块链、数字分身等，主要以大型企业为协助对象，中小企业则需要数字化至一定程度者。
人才发展办公室	SMF 与新加坡劳动力发展局 (WSG) 合作，建立 PCP (Professional Conversion Programmes) 人才发展项目，该项目主要目的为协助中年制造业劳工培养数字技能与智慧制造相关知识，并对制造业数字转型规划上有所了解。如此一来，在企业由上到下推动智能转型时，员工与中高阶主管可快速衔接，大幅降低转型时沟通成本与员工抗拒。
专业认证办公室	制造业相关专业认证，包含生产和库存管理认证 (CPIM)、供应链专家认证 (CSCP)，提供企业转型认证。

数据源：新加坡制造联盟

的是，该方案已经针对不同次产业类别进行转型设计，例如食品制造、航运、物流、零售、精密制造等，相当客制化。

对星国中小企业而言，人才和组织的跨界融合是智能制造的发展核心。生产流程是个相当复杂的系统，公司时时刻刻面临不确定、快速变化等挑战，经营管理阶层必须建立核心体系，整合制造、IT、先进科技、流程营运、财务等不同人才作为转型推动者，这样的团队及人才当前极为短缺。

因此新加坡企业积极投入人才培

养、建立新服务模式，以及建立数字技能为导向，才是真正推动企业智能制造转型升级的关键。同时，这些人才也必须以终为始思考，以价值创造为导向。透过流程、技术、系统、文化、组织进行融合，以提高生产效率、降低生产成本、提高产质量量、缩短产品上市周期、降低能源消耗为目标，达到智能制造。

新加坡制造联盟 SMF 扮演制造业转型的重要角色

新加坡制造联盟 (Singapore

Manu- facturing Federation, SMF) 是该国最大的制造业国家组织，该组织在 1932 年成立，目前有 5000 家会员，包含中小企业、大型业者，以及国际企业 (Multinational Corporation, MNC)，其业务整理如下，可以发现的是，新加坡制造联盟相当强调企业整体的转型。

由于新加坡制造联盟为公民营共同成立的产业协会组织，因此具备相当多元的国际链结，总计有 109 个合作伙伴，横跨 欧、美、亚三大洲，透过

	 Vietnam	 Malaysia	 Thailand
Manu. site		GF	
Office	 	  	 
Local			
Major Supplier	N/A	N/A	 Zicom Thai

	 Philippines	 Indonesia	 India
Manu. site		GF	
Office	 	  	    
Local	  	N/A	
Major Supplier			

图 2

新加坡制造联盟主要业务整理

频繁的知识与技术的交流，联盟得以发挥小国大优势的效益，透过不同种类的合作来杠杆企业转型，特别是制造转型联盟办公室（Manufacturing Alliance Transformation Office, MATO），透过与新加坡精密工程协会（Singapore Precision Engineering & Technology Association, SPETA）、新加坡工商联盟（Singapore Business Federation, SBF）的合作，同时整合外国企业与新加坡政府的资源，协助大中小型制造业者转型。

国际机床业者在东南亚的布局策略

国际机床业者在东南亚的布局特色为制造据点少，多透过设立分公司（销售）或委由当地经销商协助市场拓展。东南亚许多国家的机械基础相对脆弱，对维修支持要求频繁，许多当地客户在采购机床等机械设备时，首重售后服务维修能力，业者必须要有足够的维修技术人员才能维持良好的品牌形象，部分业者也会应用技术加工服务中心，提供客户加工技术支援。

对厂商而言，虽然东南亚当前受疫情冲击，面临缺工、土地与人力成本上涨等问题，但由于机床产业的自动化与智慧化程度开始补齐，预期长期而言在越南、马来西亚地区设厂应有利多。以下举德国 TRUMPF（创浦）与 DMG

MORI 为案例说明。

一、TRUMPF

德国机床大厂 TRUMPF，目前生产布局集中在欧美与中国，东南亚的据点目前以提供销售展示目的为主，于泰国曼谷、越南河内、菲律宾太古、印度尼西亚雅加达、马来西亚吉隆坡、新加坡等地有布局，TRUMPF 于 2018 年起决定提升东南亚的营收，聚焦于泰国、马来西亚、印度尼西亚、新加坡和越南五国来加强市占率。

虽然销售为主，但迎接区域制造的趋势，公司开始于东南亚设立技术研发中心，在导入数字转型后，TRUMPF 已经成为以软件定义的平台型制造业，公司目前在印度尼西亚设立研发中心，



图3 新加坡主要产业园区

客户将能够订购机床并随时查看订单处理进度；同时在新加坡设立高阶技术研发中心，着重于雷射 3D 扫描光刀、液静压轴承技术、关键组件、系统解决方案等软硬件研发投入。

二、DMG MORI

日本机床大厂 DMG MORI，全球只有 14 个生产据点，分别为欧洲 (8 处)、日本 (4 处)、中国 (1 处)、美国 (1 处)，与同业 TRUMPF 类似，DMG MORI 在东南亚的据点都是用于营运展示与销售，据点分布于以下国家，泰国曼谷、越南胡志明、印尼雅加达、新加坡、马来西亚吉隆坡、菲律宾马尼拉等地。此外新加坡还有布局 DMG MORI Academy(为客户与其员工提 供培训

服务)，该地是东南亚唯一的训练据点。

除精密雷射切割机外，公司因数字化转型开发出机床的解决方案 CELOS，CELOS 简化并加速从产品发想到制造流程。其多点触控显示器使 CELOS 能够应对 12 个应用程序，如管理订单、流程和机器数据，以及可视化广告牌。未来公司以软硬并行方式为策略，增加在设备销售以外的额外金流。

新加坡机床产业当前发展概况

回到新加坡本身，地狭人稠的星国并不像马来西亚、印度尼西亚、越南有广大腹地容纳大量制造业者，在狭小的国家对于自己的优劣是相当清楚。新加坡的地位相当简单却难做到，简单的是

成为东南亚的先进技术提供者与市场进入口。

在这样发展策略下，质比量重要，为达到这样的定位，该国投入几大关键议题，吸引东南亚与国际业者布局，这些关键议题包含先进制造、区域总部、创新与研发、金融与资产管理、航运、国际贸易、家族办公室；而其重点发展产业则有精密工程、航空航天、消费类业务、创意产业、电子、能源化工、信息及通讯技术、物流与供应链管理、医疗技术、石油与天然气设备和服务、制药和生物技术、专业服务、城市解决方案与可持续发展等。

梳理历史脉络可知，新加坡的定为从最早的贸易枢纽到金融中心，现在则

加上一项 打造先进制造业的技术中心。

在机床的发展上，由于该产业并非新加坡的强项，因此新加坡主轴为发展精密工业以生产高附加价值产品，特别是应用于航天、电子制造、电动车等行业上。新加坡精密工业已从最初的承包制造商，整合软件系统与先进技术后转为提供全面解决方案的供货商，具备强大的设计、原型测试、生产和供应链管理的能力。

目前该国约有 2700 多家当地与跨国的精密工业业者，其中新加坡精密工程科技协会 (SPETA) 为新加坡最具代表性的公协会组织，该协会于 1982 年设立，会员产业别涵盖模具、夹具、金属冲压、金属铸件、塑橡胶制品、精密加工、半导体设备、航太、汽车、医疗零件等，从初级机床到高阶机床的应用范围几乎全部囊括。

目前如 DMG Mori、TRUMPF 等大厂在新加坡设立高阶制造研发中心，结合新加坡科技发展局 (A*STAR)、新加坡经济发展局 (Economic Development Board, EDB) 的团队与措施，设立亚洲区域总部并打造东南亚技术研究中心。

对机床产业而言星国市场不大，但至关重要

如前所述，新加坡发起东南亚制造联盟的目的在于藉由其高端人才与先进技术来协助国外企业将研发中心与区域营运总部设置于星国，作为一个枢纽国家，该国政府积极鼓励制造业发展智能制造，以自身作为东协的楷模！

确实，在东协各国积极发展智慧

机械与工业 4.0 下，汽车、电子、食品、航天等产业随着外商投资增加与政府政策鼓励未来具备庞大潜力。而新加坡虽然没有所谓的机床产业，但该国的对应产业为精密制造 (Precision Engineering Industry, PE)，即便多数业者规模不大，但对于当地市场的了解，新加坡精密制造业者能快速与外国企业结盟，部分也可以协助代理产品与服务。

虽然星国的精密制造业持续投资自动化设备与智能工厂。然而，新兴技术的崛起正在重塑该产业的商业模式，除了贩卖产品外，尚需提供服务，达到所谓的制造业服务化，对于许多国际自动化大厂，甚至是 TRUMPF 这类具备解决方案能力的公司来说，星国的精密制造产业是块具备开发潜力的市场。

笔者访谈过的企业中，不少厂商对于在东南亚建立据点多少有所质疑，中国台湾厂商多半在当地已销售/服务中心为主，而非建立生产据点或是设立研发中心，原因在于多有营运成本、人才取得、语言文化等多种考虑。

同时各国干预力道越发强势，许多产品逐渐被转为战略性物资，身为制造业之母的机床虽然不若半导体这般直观，但在新加坡，甚至整个东南亚国防航太、电动车、精密制造快速发展的趋势下，能够提供高阶零组件制造、并与新型软件整合的机种或许也可能逐渐成为战略物资也不无可能。

同时区域全面经济伙伴关系 (RCEP) 已于 2022 年 1 月 1 日生效，将有助东协持续吸引外资，2021 年前十个月中国台湾业者对东协投资金额出

现爆炸性成长，投资金额高达 53 亿美元，而新加坡正是中国台湾业者获利最多之国家，未来是否有更多供应链至当地布局，从消费端需求 (主要为电动车) 带动供应链板块的挪移，值得观察。

在这纷纷扰扰的时刻，机床产业面临各种国内外要素的冲击，但如同狄更斯小说《双城记》开头写的：那是最好的时代，那是最坏的时代，最坏的时代是疫情看似趋缓，但紧接而来的通膨、供应链与汇率波动影响产业获利，但另一方面，许多企业不再选择坐以待毙，而是投入资源与时间在智能制造上，短期内或难有立即成效，但如果观看创涌，甚至是国际其他制造业龙楼，在历经七至十年的投入 (从工业 4.0 的 2013 年至今)，也开始看到不同的成效，特别是疫情期间虚拟技术的应用替不少业者维持、甚至增加订单，产业的界线逐渐模糊，但各产业间的关联度越来越高，未来也许是由你有没有平台？你在哪个产业平台？来辨认合作关系也不一定。而星国身为东协技术发展商业模式创新的重镇，或许是中国台湾机床产业换个角度思考，前进布局的另一种选择。

MFC