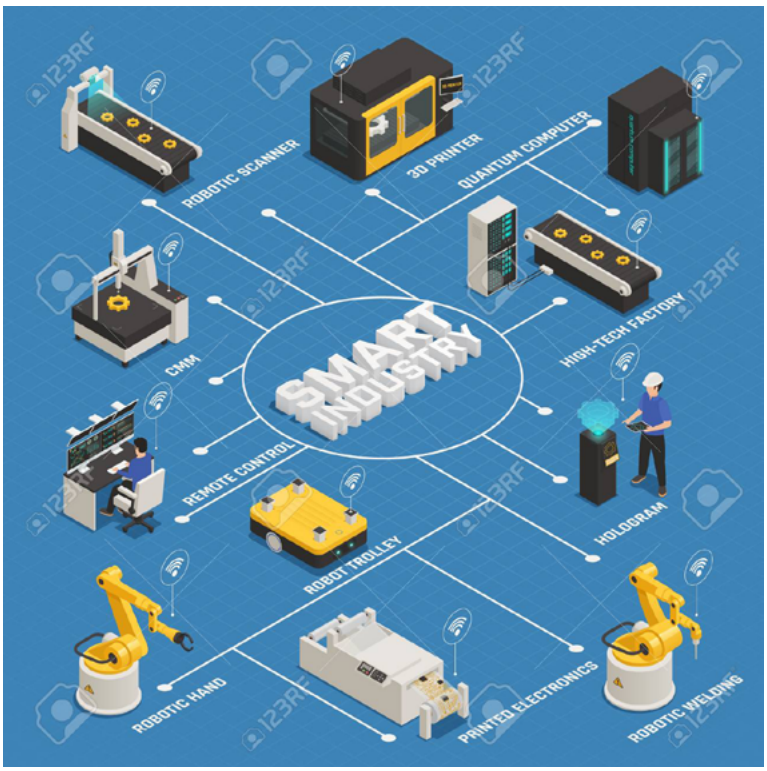
美国智能制造生态系统的发展与启示

文 | 邱创钧

2011 年德国“工业 4.0”的号角响起后，各制造大国陆续推出各自的工业 4.0 版本，虽然各国的版本不同，但本质上都指向同一个核心议题，就是智能制造。本文探讨美国如何整合产政学研资源与善用联盟机制以发展具有美国特色的智能制造生态系统，并探讨他们的发展策略对中国制造业有什么样的启发。



共生共荣的智能制造生态系统

犹如在自然生态中的生物处在一个特定环境之中，生物需要相互作用，不断进行物质的交换和能量的传递，以维持旺盛的生命力。面对智慧化环境，当今企业所便需要发展一个适合大家共生共荣的智能制造生态系统。而智能制造生态系统的建立需软硬兼施，虚实并进。硬件技术包括感测装置、网络装置、机器人、3D 打印、智能型手机；软件方面则包括云端平台、大数据分析、人工智能、虚拟现实 VR/ 扩增实境 AR 等技术。因此，制造业导入云端平台、利用人工智能及大数据分析、结合工业互联网等技术，透过平台连接产业上中下游，以形成可快速客制化的制造生态体系，在下游端让用户参与产品设计研发、智能制造、物流配送等，在上游端则汇集多家企业提供制造资源，如此形成一个环环相扣，共生共荣的智能制造生态系统。

美国先进制造伙伴计划的推动

“聚焦应用快速的商品化的科技，分享政府研发设施，促进产业协同研发以降低商品化风险，响应顾客的需求，也能为公司创造更高的利润。”这是奥巴马总统宣布推动美国的先进制造伙伴计划（Advanced Manufacturing Partnership, AMP）时所设立的目标。

自德国提出“工业 4.0”后，相关议题迅速在全球发酵，身为制造强国的美国当然不会在智能制造的竞技场上缺席。

谈到美国的智能制造，不禁令人想到 2011 年 6 月 24 日，这是美国制造业值得纪念的一天，在匹兹堡卡内基梅

隆大学的优美校园里，聚集了美国产政学界的重要人物，当然还有时任总统的奥巴马先生。当天奥巴马总统公布推动美国的“先进制造伙伴计划”，隆重宣示对“再工业化”战略上的重视。这项 AMP 计划最初是由美国总统科技顾问委员会（the President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST）在 2011 年 6 月发布的“确保美国先进制造业领导地位”政策报告中提出的。奥巴马总统随即任命美国陶氏化学公司（Dow Chemical）的执行长 Andrew Liveris 和麻省理工学院校长 Susan Hockfield，担任 AMP 计划的领导，参与的学术单位有麻省理工学院、卡内基美隆大学、史丹佛大学等知名学府，产业界则有康宁玻璃、福特汽车、英特尔、宝侨等大企业。目的在建构一个制造业产政学研联合的基础平台以形成一个创新智能制造生态体系。

同年 11 月在美国商务部所属的美国标准与技术研究院（NIST）设立国家先进制造项目办公室（Advanced Manufacturing National Program Office, AMNPO）。主要负责协调产业界、学界和联邦政府部门，统筹规划与先进制造相关施政、管理公开竞争的研究所筛选创建流程。 透过共同投资新兴技术来创造高水平的美国产品，保持美国国内先进制造的竞争优势。后来于 2013 年又推出 AMP2.0 版，由此可以看出奥巴马政府在先进制造的决心。仔细分析其推动策略乃先以平台建构为起点，善用其网络与软件优势，设定重要的发展项目为实践，以确保美国的先进制造地位。

策略性共创平台的建构

美国在制造技术提升上善用联盟方式来推动。诸如，建立先进制造技术联盟（AMTech） 藉由公私部门合作，为业界提供必要资源， 为鼓励创新技术与提升现有技术，先进制造技术联盟提供“技术提案奖（ planning award ）” 和 “专案执行奖（ project award）”补助支持具长远竞争力的基础和应用研究，目的是从基础研究中找出符合长期产业研发需求的技术，并依据需求迫切性排序，促进更高效率的制造技术移转，整合价值链上所有相关企业。 如此在资源的投入上更显得有优先级。

在制定标准与智慧连结化方面，美国工业物联网联盟（Industrial Internet Consortium, IIC） 为 AT&T、Cisco、GE、IBM 与 Intel 于 2014 年共同成立，目前已有超过 200 家会员，如软件平台厂商 PTC、机电大厂 ABB、云端厂商 Microsoft 、测试厂商 National Instrument、传统制造大厂 Siemens 与芯片厂商 Qualcomm，生态系相当完整。以联盟形式逐步影响各组织制定标准的流程和走向，进而提供测试场域，让创新技术与商业模式得以实行。

在工业物联网架构演进上，IIC 在 2015 年于发表工业网络参考架构（Industrial Internet Reference Architecture，IIRA），针对跨工业领域会遇到的安全隐私、联机与互操作性问题制定架构，让现存标准或未来可能出现的新标准能统一在此安全架构下运作。IIC 也与不同联盟合作，如 2015 年 3 月与开放互联联盟（Open Interconnect Consortium， OIC）结盟，主要由英特尔和戴尔等公司组成，而透过技术互通与信息分享，兼容于彼此的参考架构和开发框架。至于连接云端最令人头疼的资安问题， IIC 也于 2016 年 9 月发布 IIRA 第一版安全协议，是由芯片制造商、设备开发商与终端用户共同订定。

智能型制造领导联盟的推波助澜

以上介绍可发现， 美国推动智能制造由政府主导的 AMP 计划、先进制造技术联盟（AMTech），也有民间企业发起的工业物联网联盟（IIC）。此外，还有由一称为“智能型制造领导联盟（Smart Manufacturing Leadership Coalition, SMLC）”的个体非营利机构组织，也发起倡议致力于制造业的未来。智能型制造领导联盟是一个非营利性组织，由制造业公司、供货商、技术公司、制造商集团、大学、政府机构和实验室所组成。此联盟的目标是让这些制造业的利益相关者形成协同研发、实作和推广的团体，可以发展出相关的方法、标准、平台和共享的基础架构，促进智能化制造。

以上美国推动智能制造的策略及作法可发掘，智能制造透过工业因特网是要将之前工业革命所带来的众多机器、装置和设备， 与数字化革命带来的云端运算、信息和通讯系统进行紧密链接，以创造新的智能制造。

主流企业的智能制造实践

姑且不论通用电气 GE 近年的股价表现，若要推举美国代表性的智能制

造实践案例，绝大部分的人都会直觉地想到 GE 公司。GE 工业互联网将把所有各自独立运作的“应用孤岛”紧密连接，运用大数据分析技术、云端运算技术、移动技术，建构一个由机器、设备与人工智能组成的庞大的网络。

有别于消费性互联网，GE 所建构的工业互联网是垂直的，是将产业深度的经验，转化为有用的知识，这正是所谓“互联网 +”的模式。工业互联网主要从数据中获取有价值信息，以进行决策。

GE 在 2013 年 11 月一口气推出了 9 项全新的工业互联网服务技术，涵盖运输、能源、医疗等多个领域。GE 的工业型因特网乃从技术应用面切入，并和 GE 的航空、铁路、医疗仪器与工业型因特网结合。透过“互联网 +”的组合公式，让风电厂变成数字化风电厂，也让航空公司的每一台飞机发动机都能进行单独的数据分析，提升燃油管理效率。此外，还能让医院的医疗设备提升诊断能力和利用率。

另外，便是微软与 GE 所推出一套提供企业用户在 Azure 云端服务中使 用 GE 的 PaaS（Platform as a Service）平台 Predix。Predix 平台可提供产业企业用户打造工业网络应用程序，用来链接工业资产、搜集和分析工业数据，同时也能提供实时信息来优化工业基础建设。例如 Predix 中的资产性能管理 （Asset Performance Management, APM） 和营运优化服务。GE 的 APM 系统每天共监控和分析来自 1 兆个设备资产上的 1000 万个传感器，所发回的 5000 万条数据，终极目标是为客户实现 100% 的无障碍运行。此项目是藉由搜集该公司所售出机器上的资料并加以分析，以用于提高机器效率。

GE 以工业因特网为技术核心、不断进行软硬件整合，加速制造业的服务化及智能化；这项重大新策略使 GE 从一个传统设备制造公司，转型进入以互联网为新发展方向的公司。Predix 工业互联网平台，有时还会令人误以为是美国国家级的智能制造行动。

GE 在伊梅特（Jeffrey Immelt）任内的工业销售上，从 61 亿美元提升到 174 亿美元。其中 GE 航空增长三倍，达到 60 亿美元。而交通、医疗、能源等都有 2 ~ 3 倍的增长。跟竞争对手如施耐德、西门子、ABB 相比，GE 获利与股价表现显得落后不少。但其在全球工业设备制造业的龙头企业，在航空、铁路、能源、医疗等行业的高端关键设备制造方面具有举足轻重的产业地位。或许是出于大公司的稳健持重的特性，在发展工业互联网概念时采用了比较保守的方式。伊梅特以 GE 现有的产品和市场规模，只要引入工业互联网，使相关设备的效率提高 1%，十年下来就可以为各个产业节省数千亿美元的开支。这就足以证明 GE 是该进军工业互联网。

生态系统发展的策略与特征

美国以制造强国的姿态发展先进制造， 中国所拥有的技术当然无法与之相比拟。我们未必要循着美国的模式推动发展，但其发展经验却可以作为借鉴。造伙伴计划，有丰沛的产政学研及非营利组织促成智能制造领导联盟，加上具有相当份量的主流企业的积极实践智能制造。这些都是非常重要的关键要素。

归纳以下几点建议。首先，需政府的大力支持，美国有前总统奥巴马亲自开启先进制造伙伴计划，有丰沛的产政学研及非营利组织促成智能制造领导联盟，加上具有相当份量的主流企业的积极实践智能制造。这些都是非常重要的关键要素。

其次，必须透过平台整合，中国本身有能力对特色产业建构一个产政学研联合平台，以提供一个智能制造生态体系。使产品设计、开发、生产、销售等垂直与水平价值链，提升智能制造服务的应用层次，让生态体系内的成员做最有效的互动。

最后，亟需锁定深耕代表性产业善用虚实整合，落实精实系统，为企业带来真正的价值，为客户带来更高的服务满意度。藉由智能制造生态体系切入全球先进制造供应链，方能生存立足。过去中国错过了机床升级及制造的浪潮，如今先进智能制造成为兵家必争之地，电子、互联网、机械及通讯业正好是中国的强项，如何运用生态系统发展竞争优势，让中国制造业在全球供应链占有一席之地，实为当务之急。MFC