直击全球第二大机床生产国——德国

文 | 陈佳盟

德国自 2020 年 COVID-19 爆发之时，单月 GDP 曾创下自 1996 年以来新低。在 2021 年市场回稳之际，却又遭遇全球疫情反复以及国内经济疲乏，表现不如预期。2021 年德国 GDP 小幅成长 2.7%，相较于低基期的 2020 年，这样的成长幅度并不甚理想，其第四季 GDP 甚至较第三季下滑。原先预估 2022 年市场将重返正轨，欧洲却又遭逢俄乌战争波及。整个欧洲 2022 年仍将持续面临货物通膨与供应链短缺问题。国际货币基金 (IMF) 也下修 2022 年德国经济表现 0.8 个百分点至 3.8%；欧元区下调 0.4 个百分点至 3.9%。

根据 IHS Markit 统计，2021 年德国制造业 PMI 指数皆维持在 50 以上，其中三月时更高达 66.6，创下该国历史新高，同时也是欧元区自 1997 年以来的新高纪录。尽管后续持续下跌，不过仍处在扩张范围。整体而言，在俄乌战争未爆发之前，市场对于德国的经济发展仍为乐观看待。

展望未来，COVID-19 的影响程度逐步减缓，德国也采取各项解封政策。新的压力来自于俄乌战争，使得原有的供应链短缺、船费、原物料上涨等问题更加严重。尤其俄国亦为德国主要能源进口市场，若将来配合美国制裁政策，对于德国的制造业将产生重大影响。

德国机床市场脉动与产业应用概况

德国为全球第二大机床生产国，仅次于中国大陆。根据工研院产科国际所预估，2021 年德国机床产值 11011 百万美元、出口值 7377 百万美元、进口值 2255 百万美元、消费额 6061 百万美元，上述四项排名皆在全球前 3 名。外销比占 67.0%、进口比占 37.2%。进一步比较 2021 年与 2020 年出口值，成长幅度达 11.5%，其中前三大出口国分别为中国大陆、美国、意大利，前三大出口市场占比达 39.4%(图 1)。

观察德国内销市场，汽车暨零组件制造业为德国的工业领头羊，且全球机床应用范畴约有 45% 的终端应用市场在汽车制造业，由此可见德国机床消费的变化与汽车产业息息相关。德国著名机床设备生产商包含 Trumpf、HELLER、EMAG、INDEK-Werke 等多家企业。

汽车制造业

德国的汽车暨零组件生态系含括上千家企业，拥有完整上下游供应链 (图 2)。尤其在品牌端及 Tier 1 厂商，更

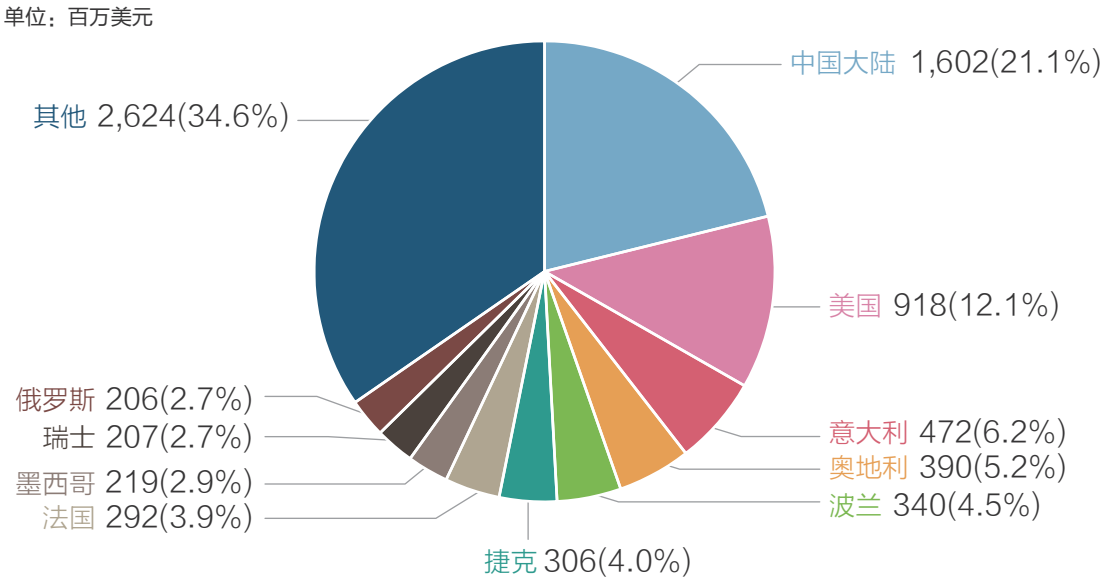

图 1 德国机床主要出口国家

注：仅挑选几家代表企业，并非所有德国汽车业厂商。

图 2 德国汽车供应链上下游知名大厂

是全球汽车业的主导者，包含奔驰、BMW、BOSCH 及大陆集团等企业。

德国官方数据显示 2021 年汽车销售，创下自 1990 年以来新低，全年注册新车为 262 万辆，较 2020 年减少 10.1%，但非市场需求下降，主要原因来自于供应链中断，尤其是芯片的短缺，造成厂商无法满足交货订单。例如德国奔驰宣布暂停德国市场内 E-Class 的接单，优先满足国外市场订单需求。

观察近五年德国汽车制造业的市场趋势，其大宗市场燃油车，不论是产值或出口值均呈现下滑，而电动车销售额却有明显的成长。与此同时，对于欧盟计划 2035 年全面禁售燃油车，德国仍保持观望态度。其原因与日本车厂类似，两国皆掌握着新型的燃料技术及燃油车市场，比较倾向同时使用生质燃料取代石油燃料提炼产生的汽油与柴油。

半导体产业

202 年年底，德国新政府为解决半导体供应链中断问题，拟提供巨额资金，约 110 亿美元招揽各国半导体业者设厂，推动在地生产制造。德国经济部已选定 32 项微电子相关产业的投资计划，从上游的芯片设计、中段芯片生产、封装测试、再到下游的电子系统整合。希望能透过欧盟的“欧洲共同利益重要计划（Important Projects of Common European Interest, IPCEI）”框架，摆脱芯片上的缺乏及海外依赖，也进一步解决德国最重要的汽车制造业

德国最大半导体厂为英飞凌 (Infineon)，在半导体产业中营收排名大约落于全球 10 ~15 名间。英飞凌更是以 11.6 % 的市占率，成为车用半导体界龙头，第二至第五名分别为恩智浦 (NXP)、瑞萨电子 (Renesas)、德州仪器 (TI) 及意法半导体 (ST)。此外，电动车大量使用 IoT、5G、AI 等技术应用，对于高功率的第三代半导体需求也大幅提升（表 1)。英飞凌透过收购与合约采购，确保在第三代半导体上的原物料及制程优势，积极与 3 大主要碳化硅晶圆供货商，包括 Wolfspeed、GTAT 与昭和电工等签署长期合约。随着欧洲逐渐重视半导体制造与区域供应链的稳定性，加上政府也研拟相关半导体设厂补助法案，预估未来将会有新一波的半导体设备需求。

能源产业

欧盟为全球最积极推动绿色能源的地区之一，近几年从欧盟至国际组织会议，积极推动“碳边境调整机制”（Carbon Border Adjustment Mechanism， CBAM）碳排管理机制（图 3)。预计 2023 年上路的 CBAM 将对全球制造业及相关供应链造成全面性的冲击与影响，初步会先针对钢铁、水泥、化肥、铝、电力商品的碳含量进行申报管制。2026 年起会开始将 248 项相关商品纳入碳排收费，相对从欧洲出口之商品也需遵循 CBAM 规范。

现阶段在机床应用领域中，汽车、航天与国防、电子与电机产业应用占比

表 1 各世代半导体材料与应用比较

分类	第一代半导体	第二代半导体	第三代半导体
材料	硅(Si)、锗(Ge)	砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)	氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)
应用	IC芯片、逻辑运算	通讯、手机及基地台放大器	Lidar、车用电子感品、电控等

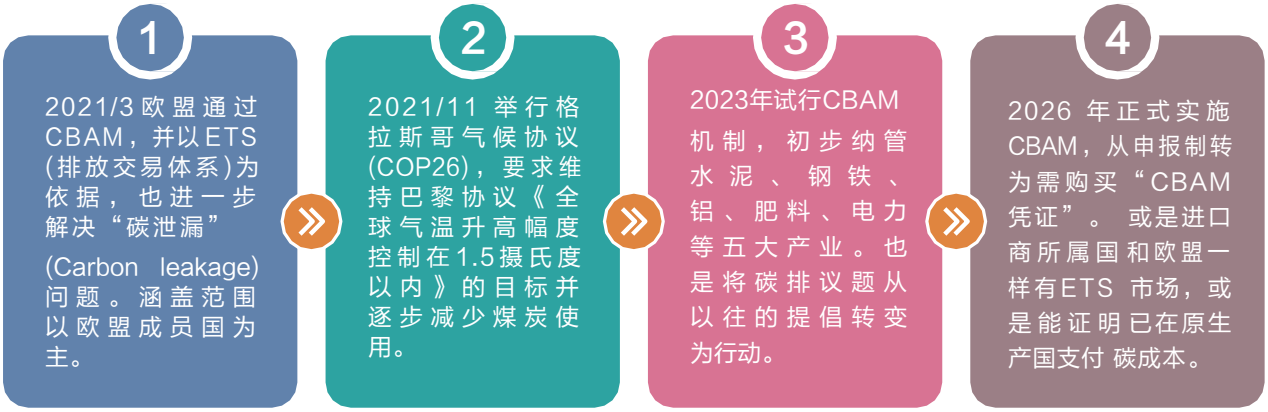

图 3　近年 CBAM 推动进展

约 3/4，其他产业占 1/4。预估未来 10 年，能源设备（离岸风电与大规模储能系统）将成为新一波机床市场需求。此外，能源系统应用市场也将大幅改变，从现今的石油、天然气探钻设备、储存 / 输送装置、煤及化石能源发电系统、核能发电系统，逐渐转变为再生能源发电系统（太阳能、风力、生质能）与各式先进储能系统。

主要厂商动态与技术趋势分析

德国机床技术执世界牛耳，德国的机床技术发展代表未来的机床技术走向。德国生产的机床多属于高单价机种，受限于技术密集性的考虑，德国机床多半直接向使用厂商推销并配合双方互动的咨询服务，展现产品的特色与优点，甚至有厂商设训练工厂，提供潜在客户实机操作的环境；以上为德国机床产业的特色。接下来，本研究重点分析德国主要机床厂商的技术趋势如下：

产线系统定制化

对于机床终端使用者而言，高度定制化及少量多样、变样变量生产，已逐渐成为常态，因此机床厂商需从加工技术与制程、生产设备、工厂管理等不同面向，采取必要做法来满足客户之定制化及弹性生产需求。

Heller Maschinenfabrik GmbH：该公司为各种生产任务提供订制化加工机器。现有的 MC 20 系列之 4 轴 /5 轴加工中心可与其他机器相辅相成，例如直接装载机、产线模块或具备自动化 MPC 10000 换头装置的 4 轴加工中心。该公司并提供 TRS 模块传输系统，这是一种用于大量生产的定制化解决方案。VKM/VPM 系列的 5 轴加工中心亦可用于轻量化结构和车身零件的生产。

Schuler Group：从单一冲压床到完整的冲压生产线，该公司具备系统供应产线的能力，以智能技术和注重实用性的方式建构自动化成型生产线。透过这种方式，可以有效且经济地提高设备用户的生产性能。无论是涉及广泛的零件组合、高生产率还是对紧凑空间的需求，该公司的自动化产线整合解决方案都能以高效和可靠的生产流程加以满足。

TRUMPF Group：该公司推出 TruServices- 无论是需要为成功生产创造最佳条件，还是优化正服役中的 TRUMPF 机器并灵活地适应变化；该服务能提供量身订制的解决方案和服务包，让使用者能够经济高效地生产并始终保持高标准。

智能功能多样化

使智慧化机台设备结合感测、通讯网路、云端运算、数据分析与仿真、机器学习、决策辅助等技术，可以实现加

工前模拟、机台运作信息可视化、健康状态监控及预测维护、刀具管理、自动化排程等多种功能。

EMAG GmbH：该公司推出 Health Check + NEURON 3DG，能进行机器的自动状态监测和预测性维护，通过分析定期振动测量来评估机器状况。该公司将设备专业知识和机器学习相结合，可以深入了解不同机器零部件的磨损状态。EDNA HMI LITE 则是用于既有控制单元和新功能的新操作面板，EDNA HMI LITE 的操作面板整合该公司各种软件工具和工业 4.0 应用程序，因此操作员只需一个面板即可监控一切。同时还有 EDNA LIFELINE DASHBOARDS，能可视化和分析机器或生产线，优化工作流程并在移动设备或 PC 上追踪所有内容。

Heller Maschinenfabrik GmbH：该公司提供三种符合工业 4.0 精神的智能化功能给客户：采用触控操作、让机台操作更容易的智能化人机接口 HELLER4Operation；整合生产、维护、服务程序信息，能使机台停机时间减少，以及提供可视化机台运作信息的 HELLER4Services 模块；以及能透过机台运作数据分析，协助提升产出效能的 HELLER4Performance 模块。

Hermle AG：该公司为降低机台停机时间、增加总体生产力，提供智能订单管理工具 HACS、机台运作监控工具 HIMS、刀具管理工具 HTMC&HOTS、机台磨耗诊断工具 WDS，以及多种可依据加工条件进行效能优化的应用软件。

Schaeffler Group：该公司透过 Machine tools 4.0 项目，研制智慧机床；以装置在机内各运动轴上的轴承，作为机台运作状态监控数据源，再透过巨量数据分析处理大量实时数据，因此工厂管理者可以透过物联网与云端平台搜集、处理众多生产在线的机台设备。

制程虚实整合化

在数字世界中打造一个真实世界中的物件，并用它来进行各种测试，再将真实世界中的对象数据回传到数字世界，两者可以彼此连结，并不断修正、调整。

INDEX-Werke GmbH：该公司的 Virtual Machine 软件，具有所有 INDEX 刀架与主轴等机床零部件的 3D 模型，可进行加工模拟与碰撞监测等，透过在计算机上轻松进行故障排除缩短设置时间，配备完整的操作面板使虚拟机和真实机器的行为相同，进而优化设计与制造的循环时间。

Schuler Group：该公司建立了数位分身 (Digital Twin) 技术，可以在设备实际制造之前虚拟地运行初始测试。提前在数位世界内测试，并定制相关参数以满足需求，这意味可以缩短调整测试时间并更快地实现计划的生产。这一切都是因为该技术仿真准确地仿真了系统的真实行为。

中国以德国经验为借镜

工业 4.0 一词最早由全球工业先驱大国 – 德国在 2011 年的汉诺威工业博览会上所提出，这是一个持续推进的过程，从自动化到自主生产、从大到小各企业都将参与其中。本研究分析目前工业 4.0 的四大趋势如下：

(1)IoT 系统整合。工厂在搜集数据数据的同时，要将庞大数据数据与 IT 整合，最后加以运用与管理，当中相关技术包含虚实整合与云端运算等，可应用在预测性维修维护，以提升生产效率，大量制造的同时也可以兼具少量多样的效率。

(2) 自主生产。从自动化制造到机器学习自主优化，减少人力调整或干预，为产线提供灵活弹性。例如，西门子的安贝格 (Amberg) 智慧工厂就是德国智慧工厂最早的代表，安贝格工厂负责制造超过 1200 项产品，产线更换配置次数每日高达 350 次，不只维持高达 99.9985% 的产品合格率，更在没有扩厂、增员的情况下，" 原来高龄化的社会，劳动力下降，自动化也有助于将产业留在自己国家。

(3) 数字分身。将扮演支持角色，辅助实体产品的生产，在虚实世界平行且并进的情况下，可以透过数字分身仿真不同行为导致的结果，监督技术与管理设备，加速、优化产线进程。

(4) 资安与能源有效运用。由于实体世界结合数字世界，数据流大量增加，生产链上遇到的风险也因而提升，资安问题将越来越被重视，且为了达成净零碳排的目标，提高能源效能也成为趋势所在。

中国与德国都是中小企业占比高，且由家族经营居多，德国导入工业 4.0 的背景与中国非常相似，且在全球环境中也都面临类似挑战，因此德国发展工业 4.0 的现况与趋势，非常值得中国的借镜与学习。MFC