供给侧改革下模具产业的智慧化发展（下）

■ 中国重汽集团济南桥箱有限公司 （山东 250022） 刘胜勇

摘要：文章通过对国内模具行业发展现状的分析，从把握政策机遇、互联网协同制造、扩大规模效应、普及CAD/CAM/CAE、经济制模技术、人才队伍建设和智能化制造7个方面给出了“模具强国”目标下模具产业智慧化发展的若干条建议。对模具制造具有现实意义，对构建智能工厂具有指导作用。

模具企业不再只思考自身的“研、产、销”问题，而是站在产业视角审视所处产业未来的发展格局，重新思考自身的战略定位后，确定自身发展路径问题。模具企业不再是企业和雇员的传统组织模式，而是平台与创客的新型协同制造模式，即纵向按照功能聚合为很多层的平台，横向按照场景切分成许多个独立的社群。模具企业不再是排他的自我生存原则，而是互利合作的双方共赢原则。模具企业间的互利合作方式主要有四种，即企业与供应商之间的供应链式合作，企业与供应商、经销商及最终用户建立的战略网络式合作，企业与某些竞争对手、供应商或其他团体组成联营组织的协作联营式合作，企业利用信息技术把各种资源、能力和思想动态连接成为一个有机网络的虚拟组织式合作。

（3）精专强路线下扩大产业规模效应。据统计，德国80%的模具企业员工数量在20人以下，它们具有小型化、精细化、高度自动化的特点。国内模具企业与之很不相同，它们既要走“小而精、小而专、小而特、小而新”路线，以提高模具质量和产品档次，如汽车覆盖件模具、精密冲压模具、精密塑料模具等；又要借助于互联网平台，构建产业联盟（如东莞南方冲压模具联盟、成都汽车车身工艺装备产业技术创新联盟），并按“联合协作、优势互补、合作共赢”原则，打造具有较大实力和较高水平的地区性模具制造网络；还要在有条件的地区建设全程数字化的模具城（见图7），逐步形成地区性全面配套的模具生产链，甚至是联合自身产业链与上下游相关产业于一体的更大的产业链，进而扩大模具产业的规模效应，并提高经济效益。

图7 中国模具博览城（黄岩）整体规划效果图

（4）模具设计普及CAD/CAM/CAE技术。模具设计是决定模具开发制造能否成功的先决条件。国内模具企业应加大资金投入，建设现代化工程技术中心，全面普及模具CAD/CAM/CAE技术，实现模具设计、分析和制造的三维化、无纸化与数字化，并通过“互联网＋”行动计划，实现模具全价值链的信息和数据的综合管理与共享，以满足大规模客户的个性化需求，从而获得最佳效益。现今，澳大利亚的Moldflow Advisers软件可对环形热流道及网状流道系统进行三维建模和流动分析，以色列Cimatran公司的Mould Design软件可实现三维模具设计的自动化，日立造船的Space-E软件可进行实体和曲面间的混合造型并在造型后立即转入CAM工艺编程（见图8）。

（5）全面应用快速经济模具制造技术。现代模具技术正朝

着高精度、高生产率、长寿命、低成本的结构多样化和个性化方向发展。传统的采用锻件或型材经由机械加工获得模具的制造技术已无法适应工业现状，随着计算机、激光、电子、新材料和新技术的发展，一种全新的综合效益显著的模具制造技术——快速经济模具制造技术应运而生。目前，国外模具企业已大量使用快速经济模具制造技术，并取得了显著的经济效益；而国内模具企业尚需注入资金，迅速转变结构，全面应用此项技术，以缩短产品开发周期并创造新的经济增长点。

快速经济模具制造技术是采用新型的材料和工艺，在比较少的时间内，通过特定形状成形将模具生产出来，并在数据和表面精度上均能满足市场要求的一种模具制造技术。它主要包括快速原形制造技术、表面成形制模技术、浇铸成形制模技术、冷挤压和超塑成形制模技术、无模多点成形技术、凯维朗（KEVRON）钢带冲裁落料制模技术、毛坯实形铸造技术、塑料模具热流道技术、气体辅助注射成形技术、高速扫描逆向技术、其他方面技术。

快速原形制造技术（Rapid Prototyping Manufacturing，简称RPM）在离散/堆积（即材料叠加）成形思想下，先是通过立体光固化成形（SLA）、叠层轮廓制造成形（LOM）、激光粉末选区烧结成形（SLS）、熔融沉积成形（FDM）和3D打印成形等技术，快速自动地得到制件原形，再是通过一些传统的快速制模方法（精密铸造、粉末冶金、电铸或熔射/热喷涂等），获得长寿命的金属模具或低寿命的非金属模具。

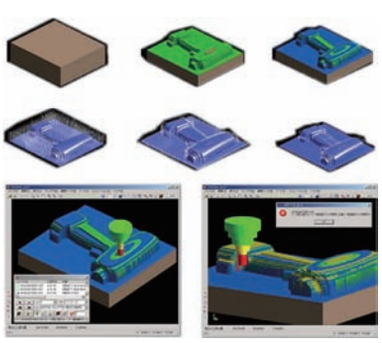

图8　Space-E软件设计过程示意

表面成形制模技术主要是指利用喷涂、电铸、化学腐蚀等方法形成型腔表面及精细花纹的一种制模技术。其中，电弧喷涂成形制模是在两根通电的金属丝间产生电弧，经其热量熔化金属后，依靠高压气体充分雾化并给予一定的动能，高速喷射在样模表面，层层镶嵌形成金属壳体（即型腔表面），其后填充基体材料（多为金属粉粒与树脂的复合材料）支撑加固，连同金属模架组合成模具；型腔表面精细花纹蚀刻成形是先把花纹图案制成胶片后，复制在已涂有光敏材料的模具型腔表面上，化学处理后选择相应的蚀刻工艺，将花纹图案蚀刻于型腔表面上。

浇铸成形制模技术既可以样件、样模或工艺模型为基准，采用铋锡（Bi-Sn）二元共晶合金、锌基合金、树脂等流体材料，浇铸出凸、凹模，原则上型腔表面即使不进行机械加工，也可以样件或工艺模型为基准，先将柔态硅橡胶制成块状，再依靠较高的压力使之与模型完全吻合。

冷挤压和超塑成形制模技术。冷挤压成形制模技术采用冷挤压工艺，将固熔时处理的铍铜合金制成凹模的型腔。超塑成形制模技术是在一定成形温度和低变形速率条件下，采用冷挤压工艺和预先制好的凸模，将最佳超塑性的金属材料（多为Zn-22%Al）挤压成凹模。

无模多点成形技术以CAD/CAM/CAT技术为主要手段，利用计算机控制高度可调基本体群形成上下三维曲面。它既能随意改变变形路径和受力状态，也可反复成形（无回弹成形）。

KEVRON钢带冲裁落料制模技术是由单刃钢带与特制垫板组成的新型制模技术，其加工精度为±（0.35～0.5）mm，适合各种黑色和有色金属的0.5～0.65mm的板料加工。

模具毛坯实形铸造技术采用泡沫塑料（聚苯乙烯/PS或聚甲基丙烯酸酯/PMMA）制作，代替传统的木模或金属模，浇铸高温金属液，使泡沫塑料模型迅速燃烧汽化而消失，待金属液冷凝后形成毛坯铸件。其实际应用有干石英砂实形铸造、负压实形铸造/V法造形、树脂砂实形铸造、陶瓷形精铸、失蜡精铸等。

塑料模具热流道技术是在注塑模具中使用的，将熔化的塑料注入模具空腔内的加热组件的集合。它主要由热嘴、流道板和温控箱三大部分组成，属于塑料注射成形中一种完善的进胶结构形式。在国外，已有超过80%的塑料模具企业应用了热流道技术；在国内，仅有不到20%的塑料模具企业使用了此项技术，可见差距还相当大。

气体辅助注射成形（Gas-Aassisted Injection Molding，简称GAIM）技术是塑料成形的一种新工艺，包括熔体注射、气体注射和气体保压三个阶段。其中，熔体注射阶段是把精确计量的聚合物熔体注入模具型腔的60%～95%；气体注射阶段是把压缩气体（多为氮气）注入熔体中，以驱动熔体流动前沿朝着阻力最小的方向继续前进，直至充满整个型腔；气体保压阶段是制品在保持气体压力的情况下冷却，冷凝后排除高压气体并开模顶出制品。GAIM技术多用于较复杂的大型制品，并辅以GAIM流动分析软件控制工艺参数。

高速扫描逆向技术是利用高速三维扫描仪对已有的样品或模型进行精确、高速地扫描，得到其三维概括数据，经合作反求软件进行曲向重构，并对重构曲面进行在线精度剖析和评估结构作用，最终生成不同格式的CAD数据及不同数控系统的加工程序，以便后续快速成形或CNC加工。常用的高速三维扫描仪有英国雷尼绍公司Cyclone 2激光高速扫描机、德国GOM公司ATOS光学扫描仪、日本罗兰公司PICZA PIX-30/4接触式实体扫描仪等。

此外，还有如采用氮气弹簧压边和卸料、快速换模技术、冲压单元组合技术、冲模刃口堆焊技术及实形铸造冲模刃口镶块技术等其他方面技术。

（6）引人才、育团队、强核心竞争力。一个国家或企业要在世界范围内持续保持强有力的竞争地位，必须具有人力资本开发优势和人力资本储备。可以说，人力资本已成为决定企业自主创新能力的最重要的生产要素。

提高认识，制定企业人才队伍建设规划。《国家中长期人才发展规划纲要（2010-2020）》是指导近阶段人才工作的纲领性文件。模具企业应认真贯彻文件精神，把人才资源提高至战略资源和第一资源的高度，结合自身发展目标，制定并落实人才队伍建设方案，推动各类人才的岗位开发和使用，推进人才评价和激励保障机制改革，把企业发展和人才队伍建设有机结合起来。

模具企业要优化环境，打造人才集聚平台，以宽广的胸怀和宽容的精神聚才容才，尤其是要为专业技术人才撑腰壮胆，努力构造想干事的有机会、能干事的有岗位、干成事的有地位的生动局面。

优化环境聚才，出台人才队伍建设文件，构建人才引进、培养和使用制度体系，设立专项资金用于高层次人才引进，启动“英才进企创业计划”，同时挖掘和用好现有人才。建设优秀的企业文化，营造良好的人际关系环境，注重感情投入，加强沟通，使人才产生对企业的荣誉感和归属感；不拘一格引人才，既要在国外通过公开招聘形式，引进美、德、日等跨国公司的高端技术人才；又要在国内通过人才推荐、企业推荐会等形式，挖掘业内优秀人才，做到以点带面；招才引智并举，既要利用社会资源，借脑借智，走产、学、研联合开发之路；又要积极与科研院所等合作，共同开发高技术含量、高附加值的产品，做到新供给创造新需求。

模具企业要建立一套完善的人才管理机制，依靠管理制度和体现劳动价值的待遇留人。深化人事制度改革，全面建立聘用制度和公开招聘制度，完善岗位管理制度，普遍推行竞聘上岗制度，健全考核奖惩制度，建立健全承担国家或省部级重大研究项目或课题的特设岗位高层次人才管理；统筹推进员工生产、专业技术和管理三大序列管理，模具企业既要推行三大序列管理，畅通员工职业发展通道；又要合理设置三大序列各级人员的岗位，从严控制职位数和人员数；还要制定岗位说明书，确定岗位职责和任职条件；出台科技创新管理办法，如《科研项目绩效考评管理办法》、《专利奖励管理办法》和《科研项目监督管理办法》等，以奖励有贡献的人才，尤其是在核心技术、关键技术及相关技术方面，推广应用新技术、新工艺、新材料、新设备的人才等给予重奖；创新薪酬制度改革，以待遇留人。模具企业应对薪酬分配制度进一步创新和改革，制定激励性的分配制度。对因岗位需要而引进的高学历或高技能人才，取消常规的试用期，直接为其提供平台等，做到待遇留人。

（7）实施智能化制造，构建智能工厂。机器换人式升级改造。模具企业应充分利用现有的加工装备（如底面加工、卧铣、粗铣、精铣的加工中心等，三维曲面抛光机、立/卧式冲压机等），通过I/O交互、Profibus或以太网通讯等方式，对流水式半

自动化生产线或孤岛式设备进行“机器换人”升级改造，即引入工业机器人、生产装备智能化改造及流水线集成管理。升级改造务必贴近于“智能工厂”建设要求，既要使生产线上的机器能够实时输出数据至企业的物联网；又要使模具加工及其上下料实现智能化，尽最大程度地减少模具钳工的数量；还要使生产网络在提高效率的同时，能整合数据和收集问题，并给出机器维护、产品质量、物料准备、订单需求等方面的解决方案。

智能机器人大量使用。模具企业在生产线改造和智能工厂建设时，应大量选用智能机器人，使其成为智能工厂的标配。未来的机器人不仅会配置人工智能系统，以进行符号处理与数值计算，还会配置各种具有柔性和灵巧性特点的轻质化手爪和手臂，以高速度、高精度完成样件/模型的取放、金属液的浇铸等；不仅会附加移动功能，以进行大范围内的生产作业，还会装置3D智能视觉感测技术，以灵活判断深度距离及准确取放不规则物件，并缩短测量时间与减少人为判断误差；不仅会拓展几十个可自由编程的外部轴，以满足机器人行走、物件翻转、拐角修磨、毛刺去除等要求，还会装配具有人工肌肉、形状记忆合金、氢吸附合金、挠性轴与钢丝绳集束传动等优点的新型驱动器，以使机器人的作业能力与人类相当。

构建模具智能工厂，实现全程数字化。在未来的模具智能工厂中，总控制中心（总控平台）接收用户平台反馈的需求信息后，既会根据个性化订单向设计平台下达设计指令，也会根据普遍性订单向仓库平台传送模具出库指令，还会根据仓库平台反馈信息向制造平台下达生产命令。设计平台下的创客会运用CAD/CAM/CAE技术，对模具进行三维设计、仿真分析、CNC程序生成等，并将样模数据和程序传送至制造平台。仓库平台下的创客既会归集库内模具的规格、数量、材质和需求者，也会统计标准件和原料、辅料的出入库信息，还会反馈物料数据给财务平台。生产平台会分解出模具制造计划、坯料和刀辅具等供应详单，会根据各生产子平台反馈的设备运行状态、生产进度等自动做出决定。生产分平台会按生产平台要求对辖区内的人员状况、设备状态、物料供应与测量结果进行综合分析后，做出调整并回馈生产平台。车间各执行单元会按计划要求合理有序地调度相应自动线运行，并在屏幕上给出每台设备的运行状况和实施数据，据现场情况随时调度巡检人员到出现问题的现场去解决问题，据设备故障信息指挥维修人员及时到出现问题的设备前等；自动线上的智能机器人会按给定程序指令完成物料搬运、零件装配、产品检测、熔液注射等任务；数控设备会像人的一只手样，抓着刀具或样件，按给定轨迹控制刀具（如车刀、钻头、铣头、砂轮、喷枪/喷嘴、扫描仪等）或样件沿运动方向进给，最终加工出符合要求的模具或实现应用的喷漆/修磨/测量等用途。

在未来的模具智能工厂中，生产环节更加透明，物料使用更加高效，人员管理更加到位，财务分析更加细致，信息传递更加精准，柔性化与个性需求匹配更加紧密，模具结构更加复杂。

参考文献：

[1] 刘胜勇. 新常态下机床工具供给侧改革迫在眉睫 [J]. 金属加工（冷加工），2016，757（8）：6-12.

[2] 刘胜勇. 新常态下汽车产业的供给侧结构性改革 [J]. 汽车工业研究，2016，266（7）：30-37.

[3] 刘胜勇. 新常态下如何打赢汽车核心零部件自主化战役 [J]. 金属加工（冷加工），2015，743（18）：24-29.

MW（全文完）

（收稿日期：20160930）

机械工业主要经济指标回升超出预期

2016年1～9月机械工业增加值增速9.1%，分别高于同期工业及制造业3.1和2.2个百分点，同时高于2015年同期机械工业4个百分点，高于年初5.5%的增长预期。

其中，1～9月汽车制造业同比增长14.6%，高于行业平均水平5.5个百分点；电器机械及器材制造业同比增长8.7%，低于行业平均水平0.4个百分点。1～9月通用设备同比增长4.9%，专用设备同比增长5.7%，均比1～8月有所提高。

1～8月机械工业实现主营业务收入151 930.15亿元，同比增长7.14%，高于同期全国工业3.55个百分点，高于2015年同期机械工业增速3.98个百分点。