

汽车产业智能制造 关键技术综述

□ 中国汽车工程学会/刘来超

智能制造作为新一轮科技革命和产业革命的核心动力，已被广泛应用到了汽车制造领域。本文对汽车智能制造技术中的三维设计、系统集成、大数据三个关键技术进行了介绍与分析，结合当前中国汽车制造发展状况，提出相关建议。

智能制造具有信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能，具备以智能工厂为载体，以关键制造环节智能化为核心，以端到端数据流为基础、以网通互联为支撑的四大特征。汽车产业智能制造主要包括智能化工厂、智能化管理、智能化产品、智能新模式和智能化服务五个部分。

在汽车智能制造技术方面，世界工业发达国家占据主导地位。美国在汽车产业智能制造供应商体系方面，是世界上最强的，在工厂自动化（PLC）、ERP系统、三维虚拟仿真软件和PLM产品等方面可以说是一枝独秀；与美国相比，德国在制造系统上，还要强一些，但在互联网领域，德国仍然落后于美国。法国在智能制造方面有良好的基础，在工厂自动化（PLC）、三维仿真软件（PLM）技术、ERP系统上均有世界先进的企业，体系齐全。从整体上看，法国智能制造整体水平比德国稍微差一些，但相去

不远。目前看，在汽车智能制造方面，日本在硬件，尤其机器人技术上，有较强的优势。从智能制造整个体系看，中国虽然在各个环节都有企业从事相关技术开发和产品制造，但还有待加强，尤其工厂自动化硬件产品，尚不能为汽车制造企业提供完整的支撑。本文对汽车智能制造中的关键技术进行论述和分析，并对中国汽车智能制造发展提出建议。

三维仿真技术

三维仿真技术即在汽车智能制造过程中充分利用三维仿真软件进行产品设计、生产制造以及数字化

工厂系统集成。如图1所示，三维软件系统涵盖了从产品开发到产品制造的整个过程，并在这个过程中发挥着重要的作用。三维仿真技术具体应用可分下述三类。

1. 基于三维模型的数字化协同研制

在汽车产品的设计阶段，三维仿真系统的应用已相当普及，尤其在多地协同研发的应用中，三维仿真图形可以给工程技术人员更直观的感受，将自己设计的部分与其他设计对接，与系统对接更加容易。

例如，发动机零部件多地协同开发中，利用三维软件解决产品三维设计、三维实体造型及装配验

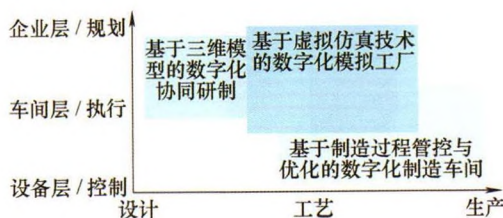


图1 三维仿真软件应用范围

证、三维仿真性能分析等多项技术。三维软件系统是全球化协同研发平台的基础，已应用到了设计、仿真、验证、工艺等整个产品开发过程，基于同一平台的协同研发保证了基于全球协同的数据源实时、唯一、准确，实现了无序的协同环境向高度集成的协同环境的转变。

2. 三维仿真数字化工厂

通过数字化制造系统，制造工程师可以在一个虚拟的环境中创建某个制造流程的完整定义，包括：加工、装配线、加工中心、设施布局、人机工程学、资源分析利用。在制造产品之前，出于重用现有知识和优化流程的考虑，可以对产品的生产流程进行仿真。同时，数字化制造还可将实际生产作业反馈回来的资料融入产品设计流程中，使企业在整个策划阶段都能利用车间相关状况的实际资料。

三维仿真软件在产品生产工艺阶段有两个方向的作用，一是新工厂建设规划，二是已有生产线的改造。在新工厂的规划中，又分为三维工厂布局规划、生产工艺优化、物流规划三方面内容。

通过三维虚拟仿真，在旧生产改造项目上，可以大大降低工艺缺

陷，以及通过离线编程将程序下载到现场机器人，减少现场调试时间和样车的使用数量，此部分在国内多家汽车厂获得了验证。

3. 智能制造虚拟现实交互

虚拟工厂是把“现实制造”和“虚拟呈现”融合在一起，通过遍布全厂的海量传感器采集现实生产制造过程中的所有实时数据，这些数据数量非常巨大，可实时、快速地反映生产中的任何细节。基于这些生产数据，在计算机虚拟环境中，应用数字化模型、大数据分析、3D虚拟仿真等方法，可对整个生产过程进行仿真、评估和优化，使虚拟世界中的生产仿真与现实世界中的生产无缝融合，利用虚拟工厂的灵活可变优势，来促进现实生产。

企业步入“工业4.0”时代的基础。但虚拟与现实的集成要通过通信技术和虚拟网络以及实体物理网络系统的结合来实现，此三方面构成完整信息物理系统。图2是GE公司给出的智慧工厂设想图，带箭头的蓝色网带是连续不断的数据流，在虚拟与现实之间形成闭环回路。

在虚拟与现实之间，需要实现数据传输，企业要完成信息化平台集成工作，打通各个信息链，消灭

信息孤岛是关键。因此，智能制造要在数字化工厂的基础上实现全流程端对端互联，对整个制造环节进行水平整合和垂直整合，打造一个互联工厂。

系统集成技术

系统集成技术即企业完成信息化管理平台集成工作，打通各个信息链，消灭信息孤岛，实现全流程端对端信息互联。根据系统集成程度，可分为三个等级：基础集成、中级集成和高级集成。

基础集成有两个方面的含义：一是底端设备控制层、中间执行层MES与上端企业管理层ERP三层架构集成，如图3所示；二是实现企业内厂际互联。

根据汽车制造企业智能制造的发展情况，中级集成的含义为：一是PLM平台与上述的基础集成融合；二是企业与供应商实现互联。中级集成框架如图4所示。产品生命周期管理（PLM）是一款能够整合扩展型企业中的数据、流程、业务系统以及人员的信息管理系统。PLM软件能够以经济高效的方式对产品整个生命周期（创意、设计和制造到维修及处理）的信息进行管理。PLM是在PDM基础上发展起

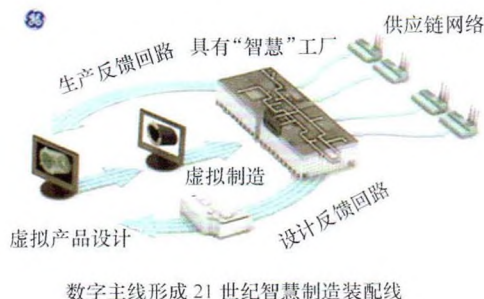


图2 GE智慧工厂框架模型

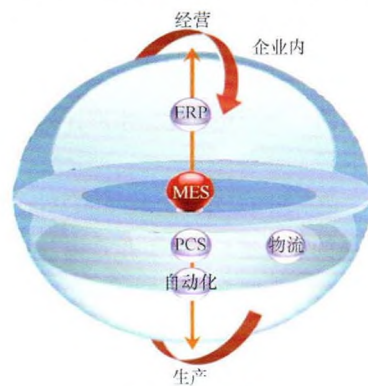


图3 基础集成

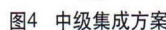
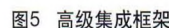
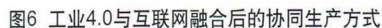
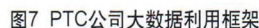
按照“工业4.0”智能制造工厂的设想, 对一个企业来说, 智能制造的高级集成阶段是在企业内部实现了ERP数据到车间设备层传感器级别数据的纵向集成; 实现了从产品研发到售后服务的横向集成; 建立产业链协同平台, 实现了从原材料供应到客户的端到端集成。图5是企业智能制造高级集成框架图。

高级集成的智能制造企业加上互联网技术，将会使企业连同其业务和生产流程及各类设施，与其能源、原材料及外协供应商以及其客户，以一种全新的方式达到前所未有协同。美国罗克韦尔公司（Rockwell Automation）认为，这一协同的生产方式将是工业4.0的最高阶段，如图6所示。

1. 生产制造大数据

汽车制造企业中生产线处于高速运转状态，由工业设备生产、采集和处理的数据非常复杂而多变。这些数据是由生产线上安装的数以千计的小型传感器来探测温度、压力、热能、振动和噪声信息。利用这些数据可以实现很多形式的分析，包括设备诊断、用电量分析、能耗分析、质量事故分析、生产线物联网分析、供应链优化、生产计划与排程优化等。

图7是PTC公司利用ThingWork平台所做的设备维护工作，生产设备的数据通过传感器收集后进行分析，对需要维护的设备制订相应计划，在设备故障前及时进行处理。



对智能装备运行数据的采集，是将物联网、移动互联网、云服务概念和智能装备制造业相结合，通过无线互联网和云服务模式提供可靠性数据的收集和分析服务，实现对生产系统全天候的独立监控。工业大数据的一个非常重要的功能是可以被用来建立产品生产过程的动态虚拟模型，或对在工艺规划阶段建立的三维仿真模型进行验证和实时信息连接。实时数据与三维仿真模型连接后，工厂将可视化和透明化，工艺人员可持续对生产工艺进行优化和改进。另外，智能装备在大数据分析的基础上可实现自我调节，自我改善。

2. 产品大数据

产品大数据是制造商通过对产品运行状态的数据进行采集和分析，对该产品进行评估，在此基础上，为客户提供增值服务，如提高产品能源的使用效率；提高工业系统与设备的维修和维护效率；优化并简化运营，提高运营效率等。或在众多产品数据分析的基础上，改进产品和生产工艺。

在产品大数据方面，国内外整

车制造商企业进行了很多探索，如长安汽车、上汽集团等。根据一汽集团技术中心在“2015中国汽车工程学会年会”上发布的汽车TBOX功能模块，产品大数据中大量技术尚未掌握，如图8所示。

3. 市场大数据

通过大数据来分析市场当前的需求变化和组合形式是大数据应用的又一个层面。大数据是一个很好的销售分析工具，通过历史数据的多维度组合，可以看出区域性需求占比和变化、产品品类的市场欢迎程度以及最常见的组合形式、消费者层次等，以此来调整产品策略和铺货策略。

在销售方面，各个汽车企业都比较重视，有委托第三方进行市场调查的，也有企业自己进行市场调查的，比较领先的汽车企业已经可以通过ICT技术直接从店面终端获取大数据信息，然后进行跟踪服务和进行生产规划。

工业大数据应用的价值潜力巨大，中国汽车产业要实现这些价值还有很多工作要做。在企业管理系统集成完成之后，实现生产制造环

节端对端的连接，解决信息孤岛问题，就要引进大数据技术。但如何采集设备的数据、采集哪些数据、如何进行分析和处理，汽车企业仍有很多困惑。

结语

利用三维仿真软件对产品进行协同创新设计和验证，对制造工艺和工厂在其真正建设之前进行规划和优化，降低了投资成本，减少建设和投产时间，缩短产品上市周期。

系统集成即完成信息化管理平台集成工作，打通各个信息链，消灭信息孤岛，实现全流程端对端信息互联，可使企业在数字化工厂的基础上实现产品研发设计、生产制造、销售物流全流程自动化管理。

利用大数据（云计算）技术联通虚拟与现实，要实现这一目标，需大数据、云计算技术对生产过程、产品使用过程和市场进行监测、分析和处理。

从整个智能制造体系来看，中国虽然在各个环节都有企业从事相关技术开发和产品制造，但还有待加强，尤其工厂自动化硬件产品，尚不能为汽车制造企业提供完整的支撑。

中国在具有自主知识产权的汽车智能制造技术研究上需要加强。在该领域加强政策顶层设计，为我国汽车产业智能制造的可持续发展提供宏观指导；加快汽车产业智能制造相关标准制定，使整车企业与零部件供应商、物流企业等实现信息和数据的互联互通；加强关键核心技术研发及产业化；加强智能制造相关人才培养。 **AUTO1950**

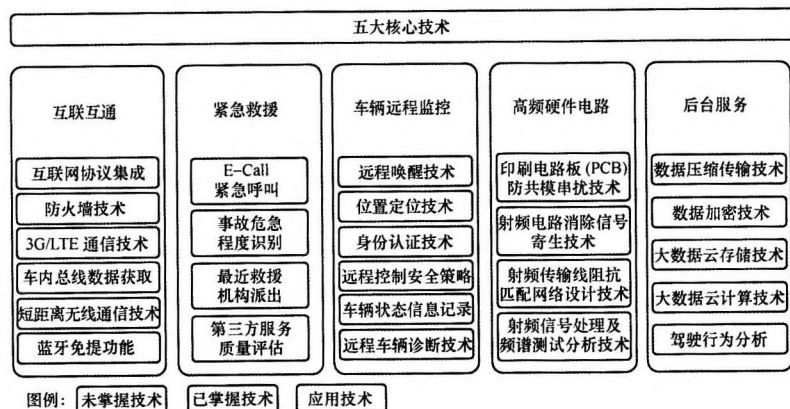


图8 车联网TBOX模块核心技术