

基于“互联网+”的制造业全生命周期设计、制造、服务一体化

陶永, 王田苗, 李秋实, 赵罡

北京航空航天大学, 北京 100191

摘要 中国制造业面临互联网等新一代信息技术迅猛发展的挑战和重要发展机遇, 制造业生产组织模式正向扁平化、专业化、分散化、协同化方向发展。分析了制造业智能化、服务化、绿色化的发展趋势, 探讨了基于“互联网+”制造业设计/制造/服务一体化的迫切需求, 总结了全生命周期服务化与制造业融合发展面临的机遇与挑战, 提出了“互联网+”协同制造的全生命周期的设计、制造与服务一体化发展思路和目标, 并给出了相关发展重点和任务建议。

关键词 “互联网+”; 全生命周期; 设计/制造/服务一体化; 制造业转型升级

制造业是国民经济和国防安全发展的脊梁, 是立国之本、兴国之器、强国之基, 是国家实体经济的主体, 社会经济发展和增强综合国力的主导产业。当前, 中国制造业面临互联网等新一代信息技术迅猛发展的挑战和机遇。云计算、大数据、移动互联网、物联网、人工智能等新兴信息技术正在全球范围内引发一场新的科技革命和产业革命, 将对产品的设计、制造与服务模式产生深刻的影响, 制造业正在从以往的封闭化、地域化的生产组织模式向扁平化、与业化、分散化、协同化转发。

制造业智能化、服务化、绿色化趋势明显, 信息技术与制造业的融合正在深刻变革着企业的产品设计、工艺制造、经营管理等业务模式, 从而更有效地配置资源, 大幅度提高效率、缩短制造周期、降低成本, 提高核心竞争能力, 推动产品换代和产业升级。

1) 制造智能化: 随着互联网、物联网的发展促进制造装备的控制技术得到极大地提高, 使制造装备的自诊断、自维护, 自恢复成为现实, 并将推动制造装备向智能化阶段迈进。如: 德国推出工业 4.0、美国提出智能制造、日本提出的“智能制造系统计划”等。

2) 制造服务化: 随着制造业与信息技术的融合, 围绕制造业全生命周期的专业服务活动, 以互联网、云计算、大数据为基础和手段, 使得产业模式向“定制化的规模生产”和“服务型生产”改变。如: IBM 的硬件收入仅占全部收入的 24.61%, 服务收入占 75.39%; 通用电气(GE)公司的服务收入占总收入的 59.1%; 陕鼓集团的服务收入占总收入的 13.38%。

3) 制造绿色化: 可持续制造实现绿色循环发展, 产品重复利用、再制造、回收利用和再设计等理念的广泛应用, 产品消耗更少的材料和能源, 实现资源、能源优化和绿色循环利用。通过差异化的技术回收物料, 并采用环保的可持续性方案将部件恢复至如同全新设备的状态。

1 基于“互联网+”的全生命周期设计、制造、服务一体化是制造业的必然发展趋势

1.1 新一轮技术革命方兴未艾

信息领域的新进展是新技术革命的重要推动力之一。互联网、大数据、云计算、机器人、人工智能等新一代科技的快速发展, 为中国制造业带来了技术上赶超发展、结构上加快升级的重大机遇, 制造业向着数字化、网络化、智能化方向快速发展, 推动着中国制造业在经济发展新常态下的转型升级(图 1)。

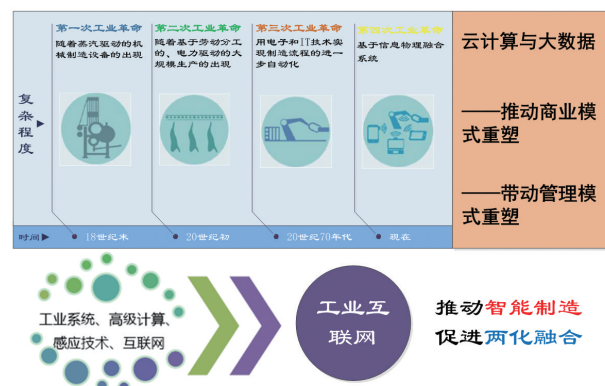


图1 新一轮产业革命

收稿日期: 2015-02-01; 修回日期: 2015-02-16

基金项目: 中国工程院战略咨询研究项目

作者简介: 陶永, 讲师, 研究方向为发展战略咨询、实验室建设与管理以及先进制造技术, 电子信箱: taoy@buaa.edu.cn

引用格式: 陶永, 王田苗, 李秋实, 等. 基于“互联网+”制造业全生命周期设计、制造、服务一体化[J]. 科技导报, 2016, 34(4): 45-49. doi: 10.3981/j.

issn.1000-7857.2016.04.007

1.2 实现基于“互联网+”的设计/制造/服务一体化迫在眉睫

基于互联网的设计/制造/服务一体化是工业化与信息化高度融合的集中体现形式之一。随着互联网、大数据、云计算、机器人、人工智能等信息技术的快速发展,在全球范围内实现了产品设计、制造、服务的异地协同,基于统一标准格式的数据传输、大数据计算、共享等服务,增强了资源的有效配置,满足了用户的大规模个性化定制的要求,基于网络的产品设计、制造、服务一体化成为制造业发展的必然趋势(图2)。

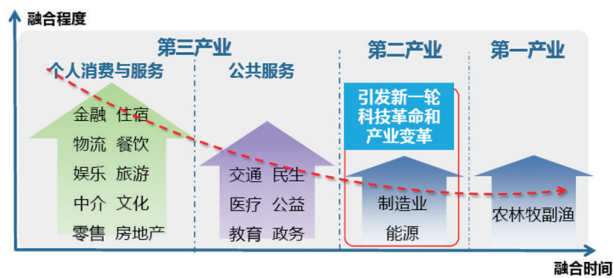


图2 互联网与相关行业的深度融合

制造业的全产业链构成和产品研发、营销与使用的全过程正在发生革命性的变化,高效率/低成本和分布式/个性化正在悄然改变传统的大规模生产模式,制造商可通过互联网获取产品在整个运行期间的性能参数海量数据,并通过大数据分析推动产品性能优化和全生命周期健康管理,这是设计制造理念的重大突破,也是设计/制造/服务能够实现一体化的基础(图3)。

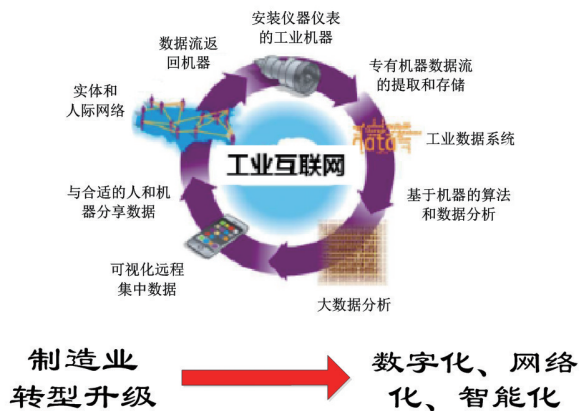


图3 互联网与制造领域深度融合,引领生产方式变革

1.3 发达国家纷纷提出振兴制造业发展规划

世界各国高度重视将信息技术应用于制造业,建立高度灵活的产品研制与服务模式。信息技术已迅速渗透到制造业和生产性服务业,正催生生产力水平的飞跃。2011年以来,美国政府提出“先进制造业伙伴计划(AMP)”,希望将其在信息技术的领先优势转移到制造业,重振制造业实体经济,从而保持在全球的领导与霸权地位。为此,提出了“国家制造创新网络”,建立了国家增材制造创新研究院、国家数字

化制造与设计创新研究院等先进制造业相关科研机构;美国政府2015年10月发布的《美国创新新战略》,提出关注包含先进制造、汽车、医疗器械等九大领域;另外,德国为保持其制造业领先地位提出的工业4.0计划,也将基于互联网的智能制造技术与智能机器人作为迎接新工业革命的切入点;英国提出了智能制造计划和高价值制造计划,法国提出了未来智能工厂计划,日本提出了未来新工业和新市场的研究计划。

1.4 中国“互联网+”智能制造的发展现状

面对21世纪信息时代的挑战,中国提出了“以信息化带动工业化,以高新技术改造传统产业,实现中国制造业的跨越式发展”的战略决策。《中国制造2025》中提出提高国家制造业创新能力、推进信息化与工业化深度融合、深入推进制造业结构调整、积极发展服务型制造和生产性服务业、提高制造业国际化发展水平等九项任务,其中还将要突破发展的重点领域细化为包括航空产业在内的十大领域^[1]。在“国务院关于积极推进‘互联网+’行动的指导意见”中,加快推进“互联网+”与智能制造的协同发展,重塑创新体系、激发创新活力、培育新兴业态和创新公共服务模式。“互联网+”协同制造作为重要的制造业信息化手段,将为中国制造业全面提升,实现跨越发展起到重要的推动作用^[2]。中国企业在车间级数字化、网络化方面有较好的基础,已形成较为成熟的MES解决方案及基础自动化方案,基本实现生产过程控制、工厂级管理及供应链业务管理。

2 全生命周期服务化与制造业融合发展面临的挑战

伴随着新一代信息技术的突破和扩展,柔性制造、网络化制造、绿色制造、智能制造等日益成为生产方式变革的重要方向^[3]。

发达国家的制造业正在由单纯制造产品变为构建设计、研发、生产、销售、物流、终身服务的网络体系,进一步实现“高附加值制造”^[4]。如美国波音公司采用全球协同研制模式,波音负责总体设计,详细设计交给其全球伙伴完成,并向着基于知识的创新设计、以智能装备为核心的数字工厂平台、全球协同制造等方向发展;罗罗发动机公司提出的Total Care计划,基于全球的网络化技术,实现了其发动机产品从研制、制造、维护与服务的全程覆盖,实现了从传统的“卖产品”到“卖服务”的跨越式发展^[5]。

国内基于互联网的数字化设计、制造、服务方面已有一定基础(图4)^[6,7]。如海尔集团通过互联网平台将原有的生产组织管理架构进行了重组,形成了以用户为中心、全流程实时互联,全球机构有效协同、快速满足用户个性化定制体验的新模式;中国商用飞机有限责任公司在ARJ21支线飞机的设计研发过程中,集聚专业能力,协同高效实施飞机的研发与制造。ARJ21飞机的3.1万个零部件中,有超过77%在全球10多个国家、104家供应商之间,通过数字化网络协同研发平

台,开展全机数字样机管理、全三维数字仿真、飞机虚拟下线等工作,实现了多家企业与研发机构并行开展设计与制造;中国第一汽车集团公司等汽车企业建立了设计、试验、仿真、制造、客户服务等各种类型的应用系统平台,一定程度上实现了产品的设计系统与制造系统的集成,降低了成本,缩短了产品研发及制造周期,提高了企业的核心竞争能力;部分企业利用企业内部网络实现了设计系统与制造系统的集成,并利用车联网与通信技术,部分实现了车辆行驶数据实时采集分析、车辆远程诊断等技术。

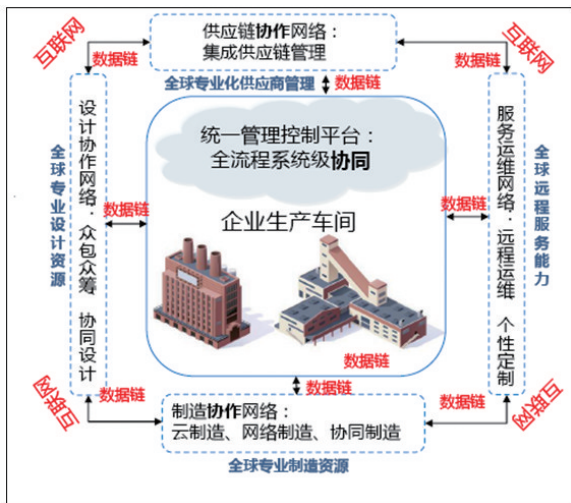


图4 基于网络的协同设计、制造与服务一体化

与先进国家相比,中国信息技术与制造业深度融合创新不足,互联网经济下的大规模个性化定制、敏捷供应链、协同制造服务等先进制造模式尚未普及,对传统制造的改造、提升不足;高端制造装备及其核心零部件缺失,高端智能机器人、成套装备、3D打印设备以及基础零部件、核心功能部件严重依赖进口,制约智能制造产业发展和产业安全;中国制造业基础保障体系薄弱,缺乏智能制造标准体系及关键标准,基础工艺数据库、基础材料自主供给与保障不足,缺乏相关的工业软件。

中国制造业在基于互联网的设计/制造/服务一体化方面还处于起步阶段,表现在尚未建立起贯穿全生命周期的网络协同平台;尚未形成设计与制造深度融合的网络化制造环境,制造过程的数字化程度较低;对产品生命周期“后半身”的服务、健康管理等高附加值技术研究涉足较少;尚未建立起相应的标准体系和监管框架等。

3 基于“互联网+”全生命周期设计、制造与服务一体化战略

3.1 发展思路和目标

着眼于深化应用、提升能力、转变模式的总体要求,把握当前新技术革命工业化和信息化高度融合的特征,结合《中

国制造 2025》的技术方向,通过实施基于“互联网+”的设计/制造/服务一体化示范工程,建立基于“互联网+”的设计/制造/服务一体化协同工作平台,实现异地多厂所并行协同的联合研制模式,全面应用数字化设计、制造、服务的创新技术和智能技术,提升综合制造能力,推动产业的转型升级。同时,通过航空、汽车等行业示范效应,促进和带动中国制造业的跨越式发展和产业升级。

3.2 发展重点

1) 构建基于“互联网+”的协同服务平台,支持异地数据共享和并行协同研制。

全球化的优势企业协作、虚拟企业、动态联盟是当今世界制造业的总体发展趋势,作为基于“互联网+”的设计、制造、服务一体化发展的支撑,重点产品研制将广泛应用联合研制模式和并行工程工作方法,参研单位以IPT的组织形式,成熟度控制方法开展型号并行协同研制。为全面实现异地多厂所并行协同的联合研制模式,需要建立基于“互联网+”的网络协同工作平台(图5)。

通过协同工作平台,支持多厂所联合协同研制模式和并行工程的组织实施,形成以产品为导向的开放式异地协同设计/制造/服务一体化体系,建立健康管理体系和在线的产品支援和客户服务系统,实现全生命周期网络化、智能化、柔性化综合保障。

基于“互联网+”的协同工作平台将支持采用联邦式数据模型的分布式产品定义及异地信息共享,支持大型复杂的项目管理、异地协同工作、异地 workflow 管理、异构信息可视化、异构信息系统应用集成等功能。

2) 创新数字化设计技术,提升产品设计的效率和质量。

研究开发和应用全三维数字化模型(model based definition, MBD)定义、面向制造的设计(DFM)、区域化模块化设计、关联设计、产品架次精细化构型等先进的数字化设计技术,以全面提升产品设计的效率和质量。

基于模型定义的全三维设计,将产品的设计定义、工艺描述、属性和管理等信息附着在产品三维模型中,在典型制造业设计过程全面实行MBD,以三维模型为基础,实现几何和非几何信息,包含尺寸信息、公差要求、加工制造要求、检验要求等在三维模型上的表达,并使全三维模型成为设计、分析、制造和服务的唯一依据。贯彻面向制造的设计(DFM)理念,完善全三维设计支持工具集,精细化设计模型。

综合应用先进的区域化、模块化设计和关联设计方法,提高产品研制效率和质量。将产品划分为区域和模块,实现产品结构的扁平化,提高总体、结构、系统等专业的设计并行能力。通过采用关联设计技术,大大减少工程设计过程中的协调与迭代时间,提高协调效率和设计迭代效率,缩短设计周期。

实现产品研制的构型管理。从对数字样机设计结果的管理发展到对设计过程的管理,实现从基于文档的管理向基

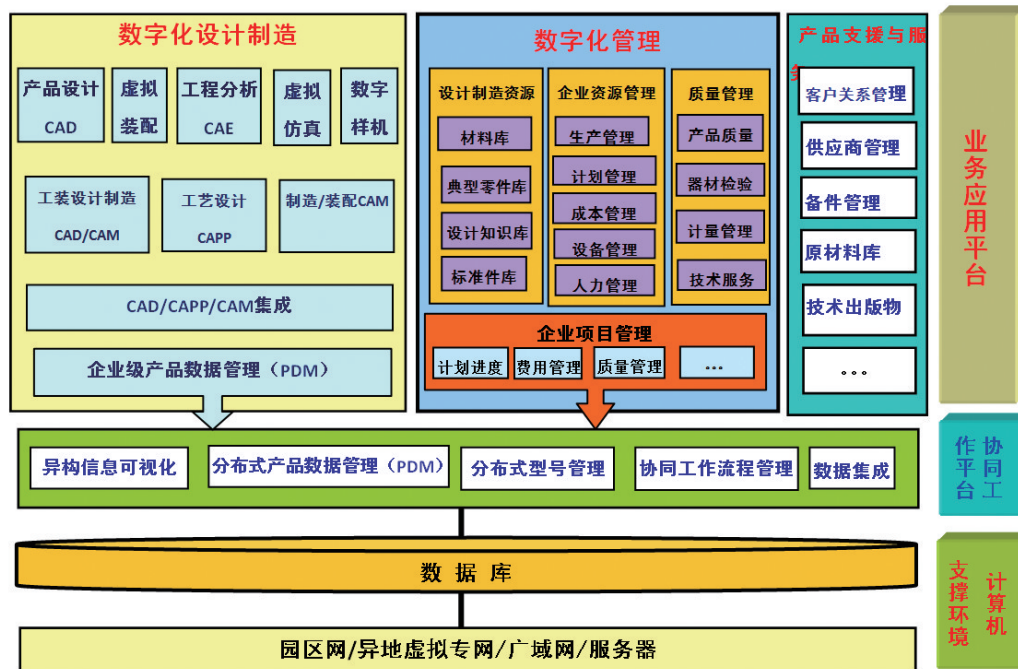


图5 基于“互联网+”的协同研制模式架构

于产品结构的管理转变,实现面向架次的产品构型管理;准确高效组织产品研制活动中产生的数据及复杂的逻辑关系,实现产品结构状态、有效批次、零部件模型及相关软件的状态管理和有效性控制。

积累三维建模方法,拓展模型在制造下游的应用能力。三维实体模型是特征定义与运算的过程,该模型的数据量、可维护性是评价建模方法的重要指标;进一步加强设计建模知识的积累,建立一整套涵盖各类构件、细化到特征定义、具有良好操作性的完整的设计建模指南和规范,使MBD工程应用实施具有更加扎实的基础。

3) 基于模型驱动的制造和制造智能化。

基于MBD模型驱动的三维装配工艺设计。依据三维MBD轻量化模型开展数字化装配工艺流程设计,建立三维数

字化装配工艺模型,包括装配对象、装配站位、工装工具资源、装配顺序、零件定位方法等,构成三维装配信息模型。

基于MBD模型驱动的三维零件工艺设计,在产品MBD模型的基础上,建立工艺模型,在此基础上添加工艺标注信息,编写操作技术要求和资源配置,将内容与模型建立关联关系。工艺信息的发布与集成应用,将三维工艺设计系统与制造执行系统、产品数据管理系统和业务过程管理系统等集成(图6)。

基于MBD模型驱动的检验规划设计,对装配件和机加结构件的检验规划设计,采用多种方法进行检测装配件,以检验规划工艺模型表达,以MBD设计模型或工艺模型为基础,增加检验过程有关信息,采用特征树的方式对检验规划信息进行管理。智能化工艺设计和智能化数控编程,进行特征分

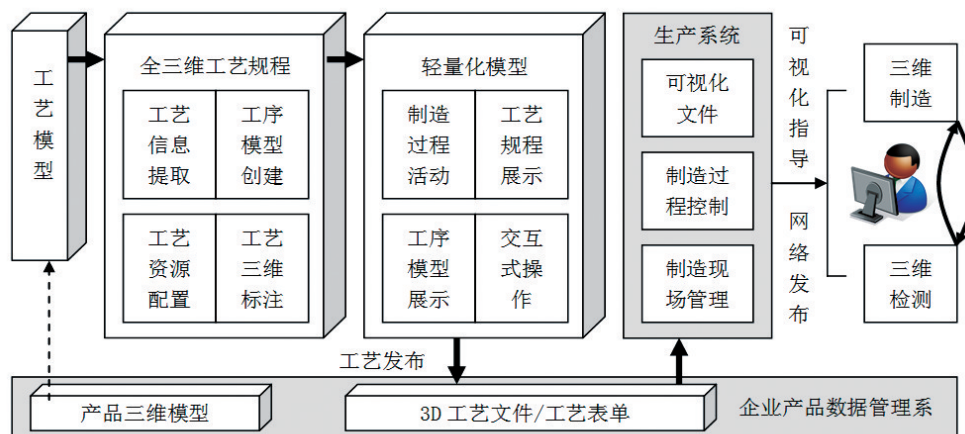


图6 三维产品制造信息的发布与集成应用

类,建立相应的知识库和推理机制,研究开发专家系统,实现工艺设计智能化,数控编程自动化。

4) 建立健康管理体系,构建产品健康管理系统。

通过健康管理掌握每一个产品的运行状况,健康隐患,进而统计分析产品普遍存在的技术问题,通过设计反馈,为改进和优化设计提供依据,逐步建立健康管理体系。构建售后服务物料清单(SBOM),为产品健康管理奠定基础,并对产品服役过程中健康信息通过传感器采集获取,对采集的故障信息,局部损伤、缺陷信息,疲劳寿命信息,功能、性能信息、维护维修信息等进行大数据分析处理,将健康信息与SBOM关联,自主开发健康管理软件系统,实现对产品的健康信息导入、健康信息查询、健康趋势与故障预测、风险评估与预警、统计分析、报告生成等能力,并建立健康管理和产品支援服务数据中心,配置大容量高性能计算机和海量存储系统。

5) 基于“互联网+”的制造与服务融合发展。

攻克以公共服务平台和工程数据中心为重要支撑的制造业创新网络关键技术,实现制造企业利用面向生产组织全过程的决策服务信息,在线增值服务,拓展产品价值空间。大力促进制造业服务化的发展,在经济全球化、客户需求个性化和现代科学技术与互联网信息化快速发展条件下,探索全新的商业模式和生产组织方式,逐渐形成制造服务的发展新模式与新业态^[8,9]。基于互联网、云计算、大数据、机器人与人工智能等信息技术发展,面向产品全生命周期的管理,支撑企业生产全流程的科学决策,支撑制造业的跨越式发展,实现制造业与服务化深度融合的转型升级。

4 结论

分析了互联网、云计算、大数据、人工智能等新兴信息技术对制造业的产品设计、制造与服务模式的影响,总结了基于“互联网+”的全生命周期设计、制造、服务一体化是制造业的必然发展趋势,阐述了全生命周期服务化与制造业融合发展面临的挑战,提出了基于“互联网+”制造业全生命周期的设计、制造与服务一体化发展策略的目标、重点任务。

参考文献(References)

- [1] 国务院印发《中国制造2025》[J]. 电力系统自动化, 2015(12): 5-5.
- [2] 曹淑敏.《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》解读[J]. 软件产业与工程, 2015(5): 7-10.
- [3] 杨叔子. 走向“制造-服务”一体化的和谐制造[J]. 科技导报, 2010, 28(16): 3-3.
- [4] 王湘念, 侯志霞. 基于网络的航空产品设计/制造/服务一体化技术研究[J]. 航空制造技术, 2014(13): 56-59.
- [5] 张恒梅. 当前中国先进制造业提升技术创新能力的路径研究——基于美国制造业创新网络计划的影响与启示[J]. 科学管理研究, 2015(1): 52-55.
- [6] 安筱鹏. 制造业服务化路线图[M]. 北京: 商务印书馆, 2012.
- [7] 简兆权, 伍卓深. 制造业服务化的路径选择研究——基于微笑曲线理论的观点[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 32(12): 137-143.
- [8] 杨海成. 知识化制造与服务[J]. 中国信息界: e制造, 2015(3): 7-7.
- [9] 杨海成. 全面认识互联网+, 大力推进智能制造[J]. 机器人技术与应用, 2015(4): 12-14.

(责任编辑 刘志远)