

实践“工业4.0”的关键技术与思考

Key Technology and Reflections for Practice of Industrie 4.0

中航工业信息技术中心 陶 剑



陶 剑

工学博士,中航工业信息技术中心(金航数码)副总工程师,主要从事航空产品工程信息化、全生命周期数字化协同研制及管理技术的研究。

新一轮工业革命中,发达工业国家都积极推进先进的战略措施,重塑在制造业的领先地位。尤其德国政府联合产业界和学术界开展的以赛博-物理系统(Cyber-Physical System, CPS)建设和应用为核心的“工业4.0”战略,引发了转型中的全球制造业的广泛关注。本文通过解

通过解读“工业4.0”,重点分析其战略愿景和实践“工业4.0”构建数字化工厂所采用的理念、方法和工具,阐述了基于CPS、以整合两个PLM(产品和生产)为主线的技术发展脉络,以期为中国制造业两化深度融合提供先进的IT架构、工业软件体系和工业自动化应用技术等的借鉴。

读“工业4.0”,重点分析其战略愿景和实践“工业4.0”构建数字化工厂所采用的理念、方法和工具,阐述了基于CPS、以整合两个PLM(产品和生产)为主线的技术发展脉络,以期为中国制造业两化深度融合提供先进的IT架构、工业软件体系和工业自动化应用技术等的借鉴。

德国“工业4.0”

“工业4.0”最早作为德国高技术战略2020行动计划被提出,于2013年4月正式发布。并由德国机械及制造商协会等合作设立“工业4.0”平台,德国电气电子和信息技术协会于2013年12月发表首个“工业4.0”标准化路线图。2014年4月,提出未来发展方向为“融合的工业”。

1 1个愿景

“工业4.0”的战略愿景是“未来企业将建立全球网络,把机器设备、仓储物流、生产系统融入到CPS中,并能相互地自动交换信息、触发动作、进行控制,从根本上改善包括工程、制造、材料使用、供应链管理和生命周期管理等一系列过程”。

2 2个主题

(1)智能工厂,研究智能化生产系统及网络分布式生产信息管理和内容,具备过程可视化、监管全方位、人文绿色等特征。

(2)智能生产,研究物流管理、人机交互和3D应用、系统及设备的智能化和集成化等内容,具备自组织和超柔性、自学习和自维护、虚拟实现等特征。

3 3 个特征

(1) 集成参与研制企业的不同系统,实现价值网络下的横向集成。

(2) 完成全生命周期业务活动的分析和描述,实现贯穿整个价值链端到端的工程数字化集成。

(3) 创建特定 IT 结构,包括模型、数据、通信和算法等,为垂直整合制造系统提供模块化的重用策略,实现纵向集成和网络化制造系统。

4 8 个优先领域

包括标准化和开放标准的参考架构;复杂系统的管理;工业基础网络设施;安全和安保;工作的组织和设计;培训和持续的职业发展;创新的规章制度;资源的使用效率。其中,前 4 项与技术强相关,后 4 项是应对未来工业和社会体系变化的。可见仅关注技术发展,并不能保证工业和社会体系平稳地整体跃迁到新的高度。

实施“工业 4.0”的策略

在整合产品设计、模拟装配、智能制造等工业知识的基础上,利用 3D 开发、人机交互、生产过程管理、智能化生产系统及网络化分布式自动设备,创新地建立贯通虚拟产品开发和现实制造执行“数字化工厂”,并依托其构建起高度柔性化的生产线,实现制造业向智能化的转型。

1 分步走的“工业 4.0”战略方针

“工业 4.0”是复杂系统工程,不仅考虑现有全价值链中的 IT 系统(PLM/ERP/MES 等),技术成熟度水平(无线感测、控制系统网络化、工业无线通信等)及信息安全与标准等,还从员工发展、工作组织的设计和新制度体系、环境保护等方面进行综合考虑。因此,“工业 4.0”战略进程需要逐步实现,并根据国家/企业制造和信息等产业发展的实际情况而定制。西门子公司对应“工业 4.0”的 2 个主题,将其战略步骤划分为数字化工厂(数字化企业平台)和智能化

工厂(CPS)两个阶段。

2 整合 2 个生命周期的技术路线

实现“工业 4.0”必须通过构建完整工业软件体系,将产品生命周期(设计和仿真、优化验证、数据管理等业务过程)和生产生命周期(生产计划发布、制造执行、自动化驱动、信息采集和反馈等业务过程)进行全面整合,实现虚拟产品 PLM 与实际生产 PLM 的无缝链接,达到缩短研制周期,提高质量的目的。为此,西门子公司一方面加强在传统工业自动化领域的软硬件优势,另一方面投巨资购买与整合产品生命周期管理软件,并将两者进行融合,同时还大力推动工业软件的国际化和标准化工作(ISO 轻量化格式标准 JT)。

3 统一 IT 架构的信息化体系

实现“工业 4.0”需要在统一业务模式、过程和专业知识与技能的基础上规划总体(IT)架构,开展业务与系统/系统功能分析,明确信息交互关系,提升企业间共享信息和服务的能力。西门子公司按业务将数字化企业总体架构分为 5 层,并制定与之匹配的 IT 策略,企业层为生产和采购等提供产品及计划信息;管理层实现产品数据和计划在生产中的贯彻;操作层确保信息和设备的实时监控和传递;控制层保证信息在人、设备与系统间的交互;现场层收

集标准规范的实时数据信息。

4 基于模型的组织 and 研发模式

“工业 4.0”解决方案均采用了以 3D 模型为核心的设计、工艺规划与验证、制造执行等协同研发模式,以提升快速响应需求变更的能力。这需要如图 1 所示的基于模型的组织 and 应用系统的支撑,包括基于模型的系统工程、基于模型的工程、基于模型的制造、数字化服务及供应链管理等内容。它们通过产品、信息和过程等模型的建立及数据、信息、供应链及系统等集成,为后续借助智能元素实现自测量、自适应、自诊断、自学习的智能化企业打下数字化和信息化的基础。

数字化工厂的解决方案

数字化工厂以 CPS 为核心,秉承“工业 4.0”的数字化、自动化和绿色化等特征来定义现代工业生产过程,将企业中应用系统、工具、自动化生产设备及信息流、物流等集成在一起实现覆盖产品研制全过程、完善的数据管理,智能化的生产规划和完整的生产过程控制。

1 产品研发的数字化和虚拟化

数字化工厂通过使用 CAX 等软件,建立产品的逻辑、几何、功能、性能和关联等模型,实现基于模型的产品定义与关联设计,在虚拟的数字世

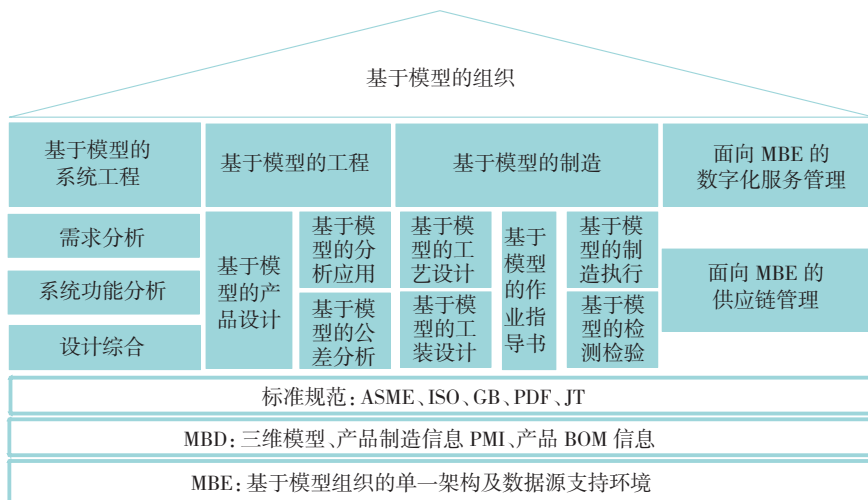


图1 基于模型的组织架构

界中完成多学科优化、协同设计、优化分析、制造试验仿真及模拟产品的制造和运营过程(包括虚拟工厂、生产线布局、物流等)。同时,通过PLM与ERP/MES等集成,实现三维模型、数字化工艺指令等信息向生产现场的推送,并与质量、采购、物流等部门进行共享。各部门依据这些共享信息即可开展相应的零部件生产、原材料采购、产品验收和产品确认等工作。

2 生产过程的精益化和标准化

数字化工厂是按照精益思想建设的,通过对生产过程进行优化整合,并制定相应的标准化操作规程,确保车间生产节奏更加紧凑和有序。它使用ERP统一管理和下达生产指令,使用MES和数据采集与监控系统实现对生产计划调度、物料追踪、数据采集、生产设备状态监控、工位操作、包装发货等生产运营全过程的管理,并将检测结果与PLM中设计模型进行快速对比,形成从虚拟产品设计到实际生产制造的闭环产品质量控制,实现从原料进厂到产品出厂的生产过程自动化、装备制造信息化和智能化、生产过程的高度透明化。

3 车间生产的自动化和集成化

数字化工厂车间生产自动化是在统一通信、统一编程以及统一IT架构的基础上,通过高运行可靠性和可用性的数据链路(物联网及工业网等),把生产制造过程中众多独立的产品、工具与关联的服务进行集成,支持自动化控制、制造执行和企业资源管理等系统的完美整合。并将网络与通信、传感器与感知、自动检测、人机交互与专家系统等智能化技术加入车间制造单元与生产线中,实现系统自优化、自重构、自诊断,形成高度的柔性生产方式,达到信息技术和制造技术深度融合的目的,使得高度智能的快速生产成为可能。

4 基础管理的绿色化和人文化

绿色和人文是数字化工厂的重

要特征,所以数字化工厂的建设不仅要求体现数字化、自动化和智能化元素,还要符合绿色人文的需求。它一方面用自动化设备来减轻人员的体力消耗和精神压力,以及用持续的职业发展规划来延长员工的工作寿命和工作质量;另一方面采用高效率、低能耗的绿色理念,实现对水、电、气和自动化物流系统等基础设施的管理,以方便调整生产线布局和快捷地重新定位相关设备。西门子数字化工厂可在72h内完成整条生产线的彻底调整,实现快速的更改、高效与灵活的生产。

“工业4.0”推动中航工业两化深度融合的借鉴意义

“工业4.0”对未来工业的发展进行了系统展望,清晰描绘了未来制造业的发展愿景与业务场景,并给出了具有操作性的行动框架。中航工业应该借鉴“工业4.0”的先进理念与做法,选择适合的切入点和实现方式,加快促进航空工业的两化深度融合与转型升级。

1 系统推动研发体系变革,确保可持续发展

“工业4.0”从数字化工厂和现代工业生态系统来说都是可持续发展的。因此,必须以系统工程的方式推进航空工业研发体系的变革。以精益流程驱动业务变革,进而带动技术、系统和管理整个体系效率的提升。构建起支撑智能、绿色和人文的航空工业整体技术、业务和管理水平提升的新研发体系。

2 坚持自主开发,打造可控的工业软件体系

西门子数字化工厂的主要支撑软件基本是西门子公司的产品,当前国内核心工业软件完全依赖于进口,一方面制约了推动两化深度融合中数字化应用方式的创新;另一方面还严重影响到IT架构的安全,存在着国防军工行业基础不稳之虞。因

此,必须加大自主软件的开发力度,这对于提高设计、制造和管理水平与质量,保障科技工业的安全,具有重要的战略意义。

3 加强标准制定,实现标准引领产业发展

“工业4.0”采用“前导和研发”标准制定模式,目标是在参考框架内设计出一个战略性的以技术为导向的标准化路线图,它不仅体现了对标准和规范的要求,还指出必要的行动领域并给出相应建议和措施。我国还缺乏在一个参考架构下对标准进行协调的经验和能力,需要从理论、人才、制度等方面着手,加强新形式下标准制定的研究,这也是国际标准化改革的重点之一。

4 完善信息安全,构建全球化运营的基础网络和运行环境

未来的制造将基于大数据、互联网和人,结合云计算、社会性网络服务等新一代信息技术的柔性制造,统一信息通信、基础网络设施和运行环境成为“工业4.0”的建设重点。当前中航工业仍缺少支持物联网和互联网的完整网络基础设施体系,更缺少支持全球业务的IT应用系统。建议构建全球化运营的网络基础设施及安全规范体系,这是实现中航工业两化深度融合的基础条件。

结束语

新一轮工业革命对信息、工业自动化以及工业过程控制等生产性服务业将产生巨大的引领作用。中国航空工业应该充分利用庞大制造基础的优势,调动广大企业突破关键技术和推广应用最佳实践经验的积极性,为先进制造理念、方法和技术,以及相关产业的发展提供市场和应用场所,从而形成符合航空工业特点的制造业转型升级路线和智能制造技术体系,成为“第四次工业革命”的赢家。

(责编 深蓝)