汽车产业智能制造中的信息化系统集成

□ 中国汽车工程学会装备部 / 胡志强
□ 长安汽车股份有限公司信息化管理部 / 吴劲浩

就整车生产企业的情况看，企业已经达到了较高的自动化生产水平。很多自主品牌企业完成了数字化工厂前端的建设工作，实现了三维设计与PLM集成、PLM与ERP集成。通过对企业信息化系统分析可得出，汽车企业目前实现了从低级到高级的三种层次的集成方式——基础集成、中级集成和高级集成。

基础集成

基础集成有两方面的含义：一是底端设备控制层PCS、中间执行层MES与上端企业管理层ERP三层架构集成，如图1所示；二是实现企业内厂际互联。

整车制造企业的生产线自动化水平比较高、信息化实施比较早的企业有：江淮汽车、长安汽车等，整个工厂已经通过MES系统连通起来，而业务部门全部通过ERP连通。但是，如果ERP没有与MES系统集成，企业计划层与过程控制层之间的信息“断层”问题仍然没有消除。只有把ERP和MES等信息系统彻底打通，让工厂原本的信息孤

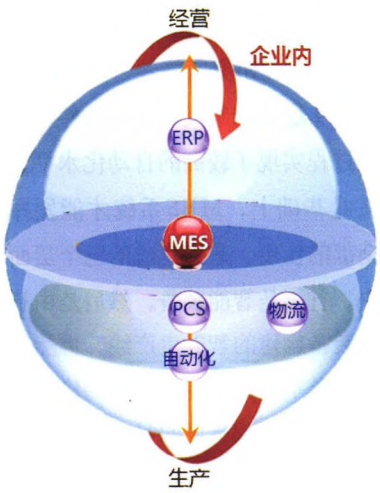

图1 基础集成

岛实现连通，企业才能算真正进入“工业3.0”阶段。

集成框架中，MES系统是处于计划层和现场自动化系统之间的执行层，主要负责车间生产管理和调度执行。一个设计良好的MES系统，可以在统一平台上集成诸如生产调度、产品跟踪、质量控制、设备故障分析、网络报表等管理功能，使用统一的数据库和通过网络联接可以同时为生产部门、质检部门、工艺部门、物流部门等提供车间管理信息服务。系统通过强调制造过程的整体优化来帮助企业实施完整的闭环生产、协助企业建立一体化和实时化的ERP/MES/FAS信息系统。

目前，向中国汽车企业提供MES系统的外资企业有多家，包括：美国罗克韦尔、GE、PTC、Oracle，德国西门子（并购Camstar）、科德宝宜合、SAP、FAUSER（北京兰光），法国施耐德（并购Wonderware）、达索系统（并购Apriso），瑞士ABB，日本NEC、富士通；中国企业有武汉开目、易往信息、浙大中控、明基逐鹿（中国台湾地区）、宝信软件、沈阳自动化研究所等。

实现基础集成的先决条件是生产过程实现了较高的自动化水平，在此基础上，MES系统才能发挥全部的作用。基础集成的三个层面中，首先是智能装备，然后是由智能装备构建的智能生产线，再然后是多条不同的智能生产线构建的智能车间。基础集成的另一个条件是企业内智能车间的互联和厂际互联；MES软件就是集成的主体软件，提升工厂自动化、智能化，是上接ERP系统，下接硬件设备的中枢。通过MES系统的实施，对车间的设备、人员、执行、工具、量具、能源、生产计划执行、质量等等进行统筹管理，有效地从执行层面提升企业的制造实力，实现资源的优化。可见，MES系统在智能制造中有着不可替代的作用。西门子公司甚至将MES系统与CPS并列为“工业4.0”的支柱。

国内市场不仅有自主的MES系统供应商，而且，整车企业也有较强的实力在国外供应商提供的MES系统上进行再次开发。

如C公司的MES系统是日本富士通公司的软件与自己的开发的系统集成的，如图2所示。

西门子收购TESIS PLMware，通过TESIS PLMware一套久经验证的解决方案，将自己的Teamcenter软件与世界领先的ERP（SAP、Oracle）以及其他企业应用（如：MES、CRM和SCM）相集成，从而帮助客户降低IT成本并提高生产效率。在德国和美国软件市场，MES和ERP分属两大阵营。德国的西门子、美国的罗克韦尔，以其强大的自动化技术平台提供的MES系统可以与设备层实现紧密的对接，但这两个公司都没有ERP系统。德国的SAP、美国的Oracle是全球ERP市场前两名，虽然有MES系统，但比之西门子、罗克韦尔等公司的MES，技术水平相差较大。因此，MES与ERP的集成是智能制造的关键点之一。

在MES与ERP的集成技术上，国内汽车制造企业也可以实现自主开发。如：国内自主品牌G公司的MES系统是美国罗克韦尔公司提供的软件，ERP是美国Infor公司提供的系统，两者的集成是G公司IT工程师自己完成的。

中级集成

根据汽车制造企业智能制造的发展情况，定义中级集成的含义，有二层含义：一是PLM平台与上述基础集成的融合；二是企业与供应商实现互联。

在第一层含义上，国内大型汽车零部件企业W公司智能制造车间

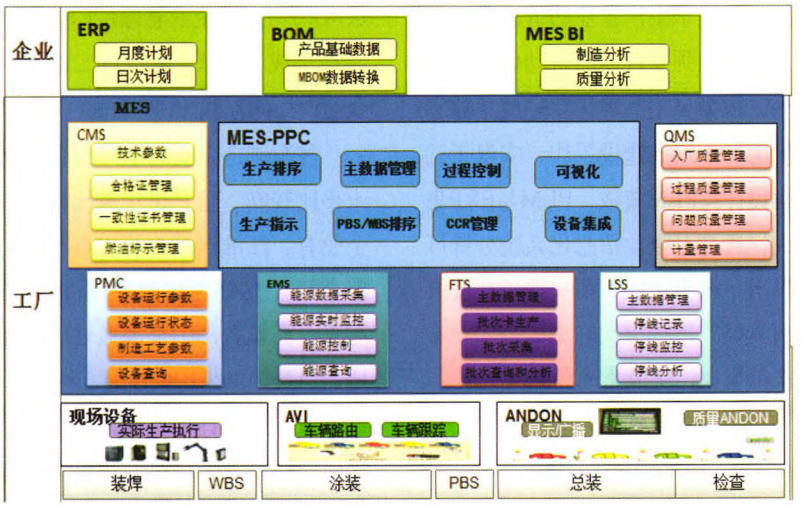

图2 C公司MES架构图

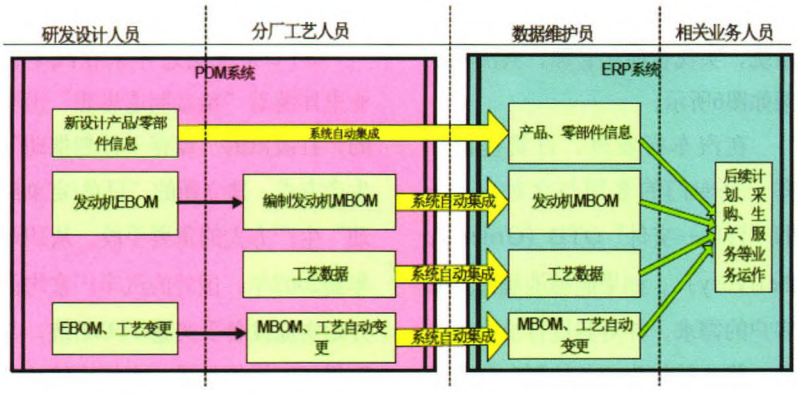

图3 W公司PDM与ERP集成框架,智能车间管理系统集成平台方案

实现了这一目标,如图3所示。

W公司的中级集成方案分两步走。第一步是先将PDM平台与ERP集成，形成企业的管理层；然后再将管理层与制造执行层MES系统、车间控制层集成。W公司智能制造车间的系统集成商是北京自动化研究所（北自所），北自所设计的企业PDM系统采用以美国PTC公司的PLM 产品WINDCHILL作为协同研发和产品数据管理平台，并在此基础上进行了功能和应用上的扩展，建立了以PDM 系统为核心，包括工艺数据管理、产品研发项目管理、产品试验数据管理的协同研发平台，实现企业产品从产品概念设计、详细设计、产品试验、工艺规划、工装管理到生产制造的全过程数据管理。

PDM (产品数据管理) 是一款应用软件，可以在一个单一的中央系统中管理产品数据与过程信息。这些信息包括计算机辅助设计（CAD）数据、模型、零件信息、制造指示、要求、注释及文档。理想的PDM可由组织中的多个应用软件及多个团队访问，支持业务特定需要。PDM软件选择得当，则会为任何行业的公司提供一个坚实基础，并且可以轻易地扩展到整个产品生命周期管理（PLM）平台。PDM系统的核心在于为数据管理、过程使能以及配置管理提供了安全的解决方案。

PLM (产品生命周期管理) 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。通过 PLM 可融合各种不同功能和技术，其中包括：产品数据管理 (PDM)、计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制造 (CAM)、3D 计算机辅助工程 (CAE) 和仿真、机电一体化系统仿真、有限元分析 (FEA)、模态测试和分析、数字化制造、制造运营管理（MOM）等。

PLM 是在PDM基础上发展起来的管理系统。PDM解决了“做什么产品”的问题，ERP解决了“何时做、在哪做”的问题，数字化工厂解决“怎么做“的问题，通过MES执行，PLM可作为全部管理系统平台。

西门子在2010年正式推出数字化制造、数字化工厂理念，以PLM平台为核心，在后续的发展中，持续把各业务平台并入PLM系统。为将控制系统与先进的工业软件，包括PLM、MES、工厂维护优化等一系列从设计到生产的软件组成到一起，为实施这样一个战略，西门子公司以PLM为基础，组建了一个全新的公司，西门子数字化工厂集团。

2014年，西门子收购Camstar公司，将MES业务并入PLM，进一步促进PLM系统与生产运营管理系统(MOM)之间的集成。现在，西门子PLM核心策略体现在四个方面：

一是主动进行人机交互。在正确的时间，以正确的方式为不同用户提供其需要的正确信息，甚至可以在用户发现其需要某个信息之前，就以自然的方式提供给用户。

二是智能产品模型，对产品的全方位信息进行准确描述，实现互联性。

三是虚实融合，实现虚拟产品定义信息与真实生产环节的融合。

四是开放系统，便于实施，灵活调整，以满足客户不断变化的需求。

PLM与MES是企业数字化工厂的左右两翼，在ERP之下已经完成了数字化工厂全部设计、制造过程。中级集成框架如图4所示。

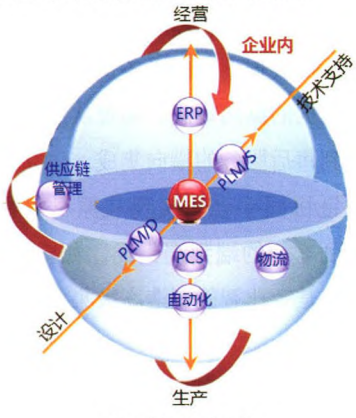

图4 中级集成方案

数字化工厂是以产品全生命周期的相关数据为基础，在计算机虚拟环境中，对整个生产过程进行仿真、评估和优化，并进一步扩展到整个产品生命周期的新型生产组织方式。数字化工厂不仅仅简单地强调自动化，更强调信息化、自动化与智能化的融合。工业4.0实现的是数字化层面集大成的构想，西门子PLM不断拉近PLM和MES的距离，旨在将制造过程的规划与制造过程的执行真正实现无缝对接，实现虚拟制造与实际制造之间的映射，进而在未来能够为客户提供实现工业4.0的解决方案。

可以向中国汽车制造企业提供PLM解决方案的外资企业有很多，除了西门子，还有PTC公司、达索系统（并购IBM）、施耐德（并购英维思）、Oracle、富士通。国内企业有上海思普、武汉天喻、北京英泰、广州天河等。国内企业在三维软件技术上与国外差距较大，还要依靠国外企业三维软件模块来解决国内用户的需求。

高级集成

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个性化定制，即在电商、经销商和企业内部实现价值链数据到车间设备层传感器级别数据的纵向集成，实现从产品研发到售后服务的横向集成，建立产业链协同平台，实现从原材料供应到客户的端到端集成。如图5所示，是企业智能制造高级集成框架图。

国内汽车制造企业中，C公司通过个性化定制平台建设，集成设计、制造、质量、物流各环节信息系统，实现智能化管理，其流程框架如图6所示。

在汽车行业里，订货提前期有一个专门的名词与之对应——即“订单—交付”OTD（Order To Delivery）。如果能够准确地感知客户的需求，并对其进行恰当地诠释，将其转化为业务计划和执行步骤，按照有组织的方式与外部合作伙伴进行沟通，对于任何一个行业来说都是十分有价值的。但单纯的OTD平台并不能实现智能制造高级集成，要用OTD平台将各个系统的信息串接起来，透明生产过程，实现拉动式生产方式。

OTD系统是近年来在汽车行业里伴随着“精益制造思想”出现的，打破旧的“库存+计划推动”生产方式，建立新的“订单/定单拉动”生产方式的重要手段。从1999年到2002年，国外的汽车厂家均已开始实施或着手实施OTD系统，并取得了不错的效果，大幅度缩减了OTD时间。如：德国欧宝汽车公司，OTD实施后，库存从30万辆减少到18万辆，经销商订单比例从45%提高到70%，OTD时间从44天缩短到20天。

自主品牌企业中，C公司建设

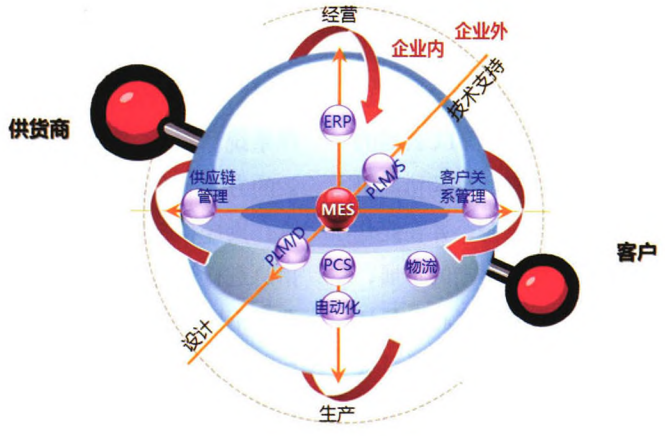

图5 高级集成框架

图6 C公司个性化定制流程

的OTD计划平台，将MES制造执行、整车可视化大屏监控、供应链BI分析等系统与企业原有ERP、DMS和TMS等核心系统整合，实现供应链多系统贯通整合。通过OTD平台的建设优化了供应链，企业从市场、内部能力、供应链能力等多个关键点共同改善，重点减少了整车、工厂、零部件领域应对销售的反应时间和浪费，缩短交付时间6天，降低成本近1亿元。

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7所示。

就上述的智能制造集成系统来说，在全球尚无一家企业可以实现全部的管理系统软件供给。除去ERP系统，西门子已经成为智能制造全方位的供应商，从自动化硬件到控制软件，从数字化开发设计到智能生产制造，产品与技术覆盖“工业4.0”各个关键环节。除西门子外，德国SAP公司是世界第一大的ERP系统供应商，弥补了西门子身后的空间。德国提出“工业4.0”后，德国业界内部抱有共同的观点：“工业4.0”受益最大的是西门子和SAP公司两家企业。

ERP不仅仅是一个软件，而且它是一种管理思想。它所涵盖的不仅仅是生产领域，还有财务、库存等众多领域。ERP所要做的事情是将各个领域的资源进行搭配和管理，通过制定一定的规章制度，设置一定的规则，让企业所有的人都各司其职，让企业的所有“零部件”都正常运转。

国内整车企业使用较多的ERP软件是德国SAP公司、美国Oracle公司、美国Infor公司的产品。以上三家公司分列全球ERP市场的前三位。如：长安汽车、潍柴动力采用的Oracle公司ERP软件；江淮汽车和广汽乘用车都采用的Infor公司的ERP系统；东风汽车、吉利汽车采用了SAP的软件系统。除以上三家，国内外还有很多ERP软件供应商，如：微软、IFS、QAD、富士通、神州数码、北自所、用友软件等，可以为中小汽车零部件企业提供ERP服务。

对整车企业来说，ERP系统要求更复杂，除了基本的采购、财务、销售等功能，要与CRM（客户管理系统）、Portal（供应商管理系统）、PDM等融合，更要具有生产计划、组织、质量管理和成本控制的功能。

C公司2001年开始建设ERP系统（见图8），历时20个月。以ERP为核心的管理信息系统包括：覆盖集团的财务、销售、制造管理和售后维修市场管理系统；涉及总装、机加、铸造、磨合、热处理等工艺，全面覆盖发动机制造的各个环节的发动机制造管理系统；覆盖全

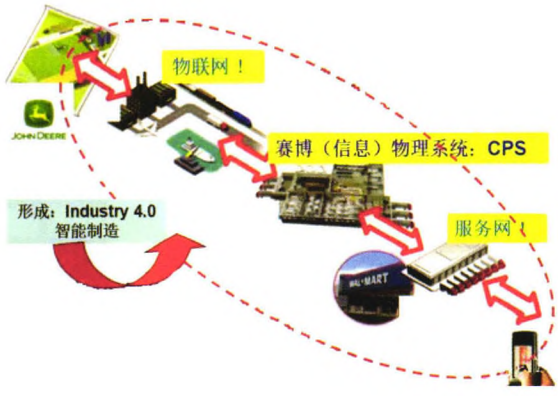

图7 工业4.0与互联网融合后的协同生产方式

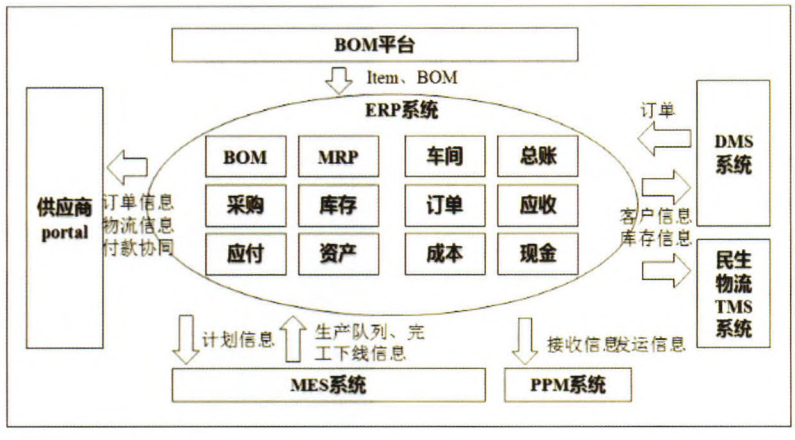

图8 C公司ERP平台

国的与汽车生产过程中的产品档案、经销商售车时的客户购车档案、维修站三包维修时的修车档案高度集成的客户关系管理系统；能够有效控制公司在全国各地的省总公司、分子公司的物流、资金流、信息流以及经销商的信息流，快速的响应客户需要的营销网络系统等。

如图8所示，C公司ERP系统通过集成BOM平台，实现基础数据的统一管理；通过集成制造过程相关的MES系统，将生产信息传递给执行层；通过集成Portal平台与上游供应商实现协同；通过集成TMS系统、DMS系统实现与经销商的联动。

C公司的案例说明，ERP将企业内部划分成几个相互协同作业的支持子系统，对子系统的相互协同作用进行集成的监视和控制，随着整个ERP系统运行的逐步完善，供给链中各个环节对企业有关部分的作用会变得越来越明显，各个部分能共享有关信息，极大地提高工作效率，并有助于企业领导层进行控制、决策与变革，从而提升企业的整体竞争能力。

在智能制造新的发展态势下，汽车行业的ERP平台被赋予了更多的功能和意义。从目前看，横向集成，企业可以通过ERP平台搭建供应链与营销统一管理平台；ERP与互联网结合提供了更丰富的智能商务服务；连接大数据，ERP提供了准确的分析和决策能力；与物联网融合，为企业提供了物流可视化功能；融入云计算，ERP的效率将更高，功能更强大。

目前排名全球第一的ERP系统供应商SAP公司在原有ERP系统上结合大数据、互联网的发展，开发了HANA平台，以对抗美国PTC公司推出的ThingWorx平台技术。在SAP公司的HANA平台上提出了互联网5个情景应用，如图9所示。

在图9中，可以看到基于ERP系统的整个互联网技术应用。目前，在设备到设备的互联方面，博世公司在基础集成之上利用微电子机械系统（MEMS）传感器和创新软件“Machine Cloud”解决方案，让工厂之间、生产设备之间实现互联，达到生产同类产品的不同工厂，在全球范围内可在同一云平台上互联，实现生产信息、库存信息和订单信息共享，工厂之间实现联动。例如，若博世中国某工厂生产设备出现故障，此时可以让全球其他工厂来为中国工厂的产能进行协同。博世的设备互联解决方案如图10所示。

从智能制造的发展趋势看，ERP系统不仅要解决企业管理上的问题，而且由其构建的企业信息化体系更是智能制造的基础之一。建设企业的信息化管理系统应该与建设企业的智能化车间、智能化工厂并重。

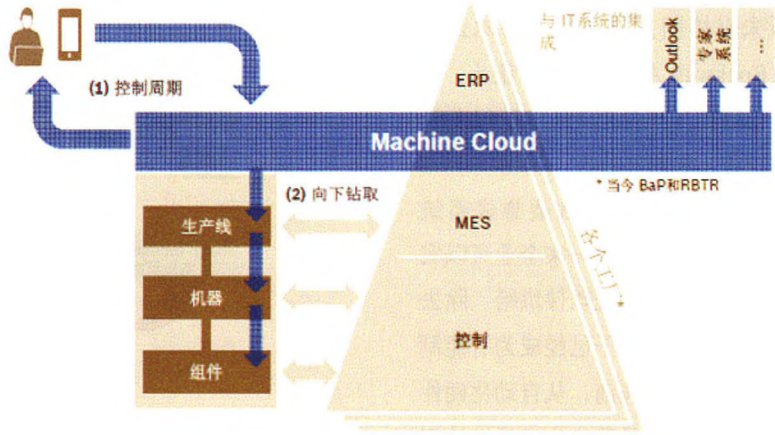

图9 SAP公司智能制造“互联状态的5个情景

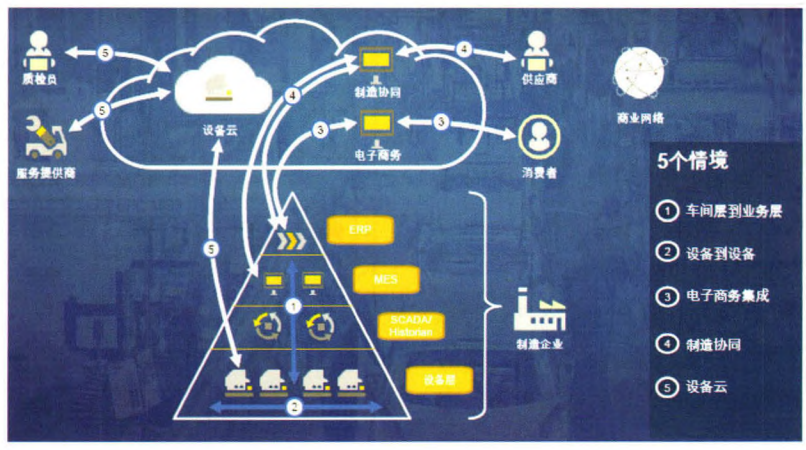

图10 博世利用Machine Cloud云平台实现厂际互联