

智能制造与衡器应用综述

——论智能制造在衡器行业的应用前景

中国衡器协会 顾问 陈日兴

【摘要】本文从智能制造概念入手，针对我国衡器行业现状，提出了实施智能制造的较为实用的解决方案及最新 OEM 产品应用介绍，期待我国衡器行业在智能制造方面跟上全国发展步伐。

【关键词】智能制造；CAE 技术；VR/AR/HR 技术；MES 系统；机器人

前 言

一提起“智能制造”，人们就会想到无人值守的布满机器人的自动化、智能化生产线，其实这仅是智能制造的一部分，要做到全方位的“智能制造”，涉及到互联网与制造业的结合；涉及到企业的战略转型，组织转型与智能互联工厂的方方面面。对于我国衡器行业来说，“智能制造”应该从两方面来实施：第一，从自身的产品制造的全过程的智能制造；第二，衡器产品本身必须满足用户使用过程中智能化的需求。本文拟就此两方面展开，提出实施智能制造的较为实用的解决方案及最新 OEM 产品应用建议。

1. 智能制造的大背景

习近平总书记指出：“十三五”时期，我国经济发展的显著特点就是进入新常态。制造业的新常态具体体现在：GDP 增速小于 7%；出口下降；淘汰落后企业；更追求高品质；能源成本上升；人工成本上升；更关注环境影响。随着大数据、云计算、物联网的兴起，将信息技术催生的“智能化”融入制造产业成为共识，利用互联网连接信息技术与制造产业，驱动制造产业“智能化”升级创新成为我国工业发展的新常态。互联网时代，做大做强被颠覆。互联网带来的最大挑战是“零距离”。互联网消除了原来信息不对称的局面。原来信息不对称的主动权在企业，现在信息不对称的主动权到了用户这里。原来经典的模式是 CRM，就是客户关系管理，是企业管理用户。在互联网时代要改成 VRM(用户管理企业)，也就是卖方关系管理。企业原来的经典模式要改变。

制造业核心竞争力正在发生深刻变化



中国提出的“中国制造 2025”、“互联网+”，美国倡导的“工业互联网”，德国打造的“工业 4.0”。推动产业互联网发展，进而实现制造业智能化都是国家级战略目标。

在“2016 首届中国产业互联网大会”^[1]上，中国互联网协会理事长邬贺铨、中国科学院院士何积丰、IBM 德国研究院工业 4.0 专家 Matthias Dietel、阿里研究院副院长游五洋等国内外重量级嘉宾先后发表“加快推进产业互联网，拓展数字经济新空间”、“工业互联网的安全分析和对策”专题演讲，阐述产业互联网趋势。中国产业互联网大会开设“产业互联网创业创新”、“制造业新模式”、“工业云和大数据”、“工业互联网”四个平行论坛受到业内广泛关注。所有的制造业都应该向体验经济转型，从规模经济转向体验经济，这是一个方向。智能制造是实现体验经济的具体目标。中国制造业从战略、组织和智能工厂三个层面向互联网转型，目标是创出一条中国制造业在互联网时代具有引领意义的管理理论和管理模式。互联网 + 衡器是中国衡器行业实现智能制造的基础。

2. 智能制造的概念

智能制造就是通过工况在线感知、智能决策与控制、装备自律执行的大闭环过程。



智能制造实施路径的切入点是数字化研发设计、制造设备数控化、智能控制、制造服务。

智能制造的基本特征：

(1) 智能制造的自学习能力

以专家知识为基础，不断完善优化更新系统的知识库；通过感知环境状态来学习动态系统的最优化行为策略，实现环境自适应，在线学习能力。

(2) 智能制造的自维护能力

对系统的故障进行诊断，预测和自修复，自动更新系统知识库，维护单元设备；对系统的整体运行状况进行评估，及时发现并解决问题。

3. 中国智能制造的现状

2016 年 9 月 26 日在中德 CPS 与智能制造论坛上，据有关机构测算，智能制造产业销售收入已从 2010 年

的3000亿元，提高到去年的1万亿元。智能制造专业园区建设如火如荼，已建成和拟建的3D打印、机器人、无人机、数控机床、智能装备等智能制造产业园区，总量预计已有百家。

中国发展智能制造须解决布局工业4.0、推广工业3.0、补课工业2.0并联推进的问题。

大部分中国企业处于研发阶段，仅16%的企业进入智能制造应用阶段；从经济效益看，52%的企业智能制造收入贡献率低于10%，60%的企业其智能制造利润贡献率低于10%。

科技创新能力不足、关键技术自给率低，能源、物流、资金等要素成本偏高，中小传统企业经营困难以及人口资源红利消退等问题，正困扰着中国传统产业企业转型升级脚步的迈出。

携互联网“基因”启动利用信息化推进产品换代、机器换人、生产换法、商务换型、管理换脑的工作，机器人用量逐步增加，使传统企业和中小企业的智能化广泛开展，也是目前我国衡器中小企业转型升级智能制造的必由之路。

4. 智能制造的实施要素^[2]

(1) 战略转型

转型的战略是“人单合一”，“人”是员工；“单”不是狭义订单，是用户需求、用户体验，把员工和用户的体验连在一起。互联网一切皆服务，没有服务就没有产品。PC时代是用户流量为王的时代，现在是用户交互的时代。通过与用户的交互，产品不仅是产品本身，而成为了用户需求圈。

(2) 组织转型

符合人单合一的战略，精简管理层，使企业变成一个创业平台。企业不再设中间管理，将企业变成创业平台后只有三种人：平台主、小微主、创客。大企业变成了大众创业万众创新。

(3) 智能互联工厂

智能互联工厂就是智能化连接用户。机器换人，不但要解决高效率，还要解决高精度。智能制造是终极目标。互联工厂时代每一个产品订单在互联工厂都有专属主人，下线直接配送到家。传统工厂和互联工厂不一样，传统工厂是物理的空间，互联工厂是网络空间。



智能制造规划切入点：

第一，数字化研发设计，重点推行仿真模拟、三维描述、高速运算、大数据信息工具，数据统计，目前中国的数字化工具在研发设计中使用率 52%，2025 年要提高到 84%。

第二，电子信息技术嵌入产品提高质量、功能和附加值。关键零部件、元器件、关键新材料，目前自给率只有 20%。高端芯片几乎全部进口，到 2020 年自给率要提高到 70%。

第三，制造设备的数控化，推动数控机床、机器人、3D 打印发展，使关键工序数控率由现在的 27% 提高到 64%。

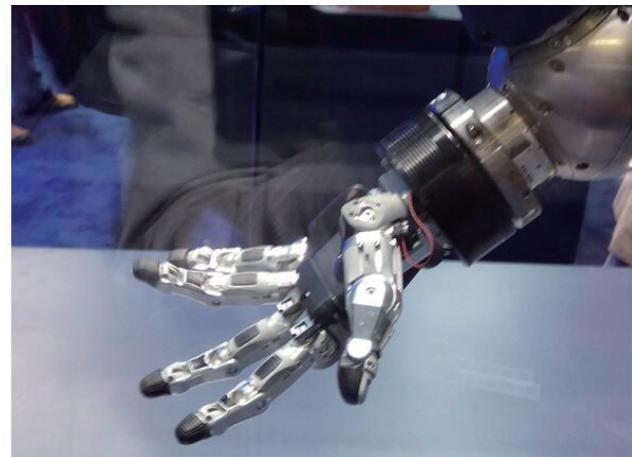
第四，制造过程智能控制，生产流程由自动化提升到智能化，目前自动化的比率是 54%，提高到智能化，实现本质安全、柔性制造。

第五，企业内部建立新的制造服务规程，实现标准设计作业，精准控制质量安全、能耗、物耗、环境保护要素，使制造厂成为智能工厂。

5. 智能制造具体实施内容

智能制造具体实施内容包括：企业本身的生产制造智能化；企业制造的产品必须要考虑用户智能化的要求；用户服务生态链的智能化。

（1）企业本身的生产制造智能化



衡器行业内部生产的忧虑：衡器行业内部智能化生产管理自动化是否成熟？现场生产数据能否传到管理层？生产管理数据能否与企业管理无缝结合？

目前衡器行业大部分企业生产制造环节，还是手工作坊或人工流水线式生产模式，仅为工业革命的第二甚至第一阶段。第三阶段生产制造自动化仅在个别企业个别工序中得以实现。

如何才能按照国家智能制造策略做到：A. 布局工业 4.0，B. 推广工业 3.0，C. 补课工业 2.0，并联推进智能制造是目前我国衡器行业根据自身条件量身定做的规划的实施基础。

1) CAE 计算机辅助设计动态建模系统

CAE 技术是从有限元设计方法拓展而来，以装备结构计算机辅助设计动态建模分析为主线，其中又以 JIFEX（工程版）为主，由国内一些大专院校与科研院所通过为中小企业提供 CAE 共享基础条件支撑，为装

备制造业科研、设计以及生产提供分析手段，从而提高产品质量和生产效率，增强企业竞争能力。JIFEX 的突出特点是将有限元分析和优化设计合二为一，改变了 CAE 系统只能仿真分析而不能优化设计的观念，提升了 CAE 技术在整个设计流程中的地位，成为数字化产品创新设计的核心技术。目前国内一些大型制造企业都开始装备较为完善的 CAE 设计软件用于进行产品开发的智能化虚拟设计阶段。在我国的一些衡器制造厂也有 CAE 设计软件的应用实例。例如将 CAE 设计软件用于汽车衡和料斗秤的有限元分析和物料的实际工况的试验性质的动态设计。但还没有真正用于指导设计的实质性的应用突破。

2) VR (虚拟现实) /AR (增强现实) /HR (混合现实) 技术^[3]

VR (虚拟现实) —— 创建体验虚拟世界的计算机仿真系统。利用计算机生成一种模拟的环境，是一种多源信息融合的交互式的三维动态视景和实体行为的系统仿真使用户沉浸到实际使用环境中。VR 包括了拍摄、数据建模、视觉反馈技术、全息摄影技术应用等。

国家发改委发文关于组织申报“互联网+”领域能力建设的通知中指出，我国要建设虚拟现实 / 增强现实技术及应用的国家工程实验室。

AR (增强现实) —— 是仿真系统的延伸发展方向。具体包括仿真技术、计算机图形学人机接口技术、多媒体技术、传感技术网络等多种技术的集合体。该系统包括模拟环境、感知技术、自然技能、传感设备等。

模拟环境包括：计算机生成的实际动态三维立体图像；

感知技术包括：一切人所具有的感知。例如：视觉、听觉、触觉、力觉、运动的感知、嗅觉、味觉等；

自然技能包括：人的头部转动、眼睛、手势或其他的人体行为；

传感设备就是三维的交互设备。

HR (混合现实) 技术指的是多 VR (虚拟现实) 与多 AR (增强现实) 的混合应用技术，可用于更加大型的综合设计系统中。

3) MES 制造执行系统

MES—MES 系统即“制造执行系统”。MES 系统是面向车间的计算机集成生产过程管理与实时信息采集。一个完整的物流系统，从毛坯供应到部品生产到装配到包装到成品入库的过程控制，通过每一道工序实时扫描条形码识别采集信息从而组成了 MES 系统。

智能互联工厂的发展分三个阶段进行：

第一阶段，属于非管理型，各阶段有独立传感数据，但没有安全传输数据的保障；

第二阶段，形成融合的厂际网络。融合了各自独立的网络，实现物联网的可视化；

第三阶段，建立弹性多重的服务平台。考虑各节点的控制安全与移动性，视频化，运用远程监控、云计算技术、设备的软件化运行的高级阶段的物联网。

2016 年 9 月 26 日中国衡器协会代表团成员参观了日本长野计器株式会社计测机器工场的目前世界上唯一最先进的压力表全自动智能装配流水线，该生产线要完成一个压力表中共有十六个部装件的三百多个装配工位。整个生产线从零件输入到装配、参数检测、质量监控，直至完成包装成品打包的全过程实现了智能自动化。

4) 机器人的应用

在智能制造系统中机器人的应用是不可或缺的组成部分。目前全球共有 200 多万台机器人在各种不同的行业应用中。据有关资料统计，全球万名工人拥有的机器人平均为 65 台，而我国平均不足 30 台。全球有上万亿美元的产业机器人市场。机器人从功能分为工业机器人和协作机器人两种。目前全球的机器人大部分是工业机器人，目前我国衡器行业开发的包装称重自动流水线中所用的码垛机器人为工业机器人。

协作机器人比工业机器人具有更敏感的手臂动作，协作机器人能走出栏杆与人及周围环境互相配合，共同完成实际需求。精确、高速及轻型化是协作机器人的主要特点。协作机器人随着智能化的需求呈现井喷的势头，据有关行业预测，协作机器人拥有量在 2017 年将比 2016 年增长 200% 左右。目前世界上较为知名的机器人制造商有 ABB，KUKA，发那科，安川等，而中国较为知名的为沈阳新松。在 2016 上海国际工博会上，发那科公司展出的 CR-71A 型协作机器人手腕可承载 7kg 负载，动作半径最大达 911mm。ABB 公司开发了机器人双臂具有 7 个自由度，定位精度优于 0.02mm，速度可达 1500mm/s。我国新松继去年推出了一款可爬外墙喷涂油漆的攀高机器人，今年又推出了柔性 7 轴轻载具有智能移动、柔性多关节与视觉识别一体化的复合机器人产品。

在我国衡器行业中除了为用户生产自动线上配套的码垛机器人应用外，在个别衡器生产企业内部目前也开始将机器人用于台秤焊接的自动化生产中。但总体上看，还属于应用的初级阶段。

(2) 智能制造设备篇^[4]

作为产品用户的 OEM 供应商的衡器企业，在智能工厂生产研发的衡器产品实施智能化的过程中，制造的衡器产品选用上游 OEM 供应商的智能化产品以及衡器系统设计过程中，同样需要考虑衡器用户智能化生产模式的实际状况及需求。

2016 年中国国际工业博览会上工业 4.0 在展会上演绎。德国工业制造企业博世和 SAP 展示最新工业 4.0 智能生产线。博世集团旗下各业务板块诠释工业 4.0 技术趋势的最新工业自动化生产线。

西门子公司全面展示针对中国企业开发的“数字化企业”创新产品以及面向“工业 4.0”的解决方案。

菲尼克斯、三菱、TE、IN、罗克韦尔、台达、威图、倍加福、宜科、西克、欧姆龙、泰科等工业制造巨头悉数亮相，以顶尖技术诠释工业自动化的盛世辉煌，为现场观众展示了智能工厂解决方案、伺服与运动控制、传感器与连接器、嵌入式系统、工业以太网等领域最新技术与设备。

	高效开发 <ul style="list-style-type: none">• LabVIEW 系统设计软件• 单一环境下对可编程多核处理器和现场可编程门阵列进行开发• 内置 I/O 驱动程序和中间固件
	精确采集与控制 <ul style="list-style-type: none">• 基于 FPGA 的 NI RIO 硬件结构• 自定制、精确、和高速 I/O 定时、触发、和同步• 高精度模拟和传感器输入
	灵活定制 <ul style="list-style-type: none">• 内置控制与信号处理算法• 集成现有的代码、IP、和模型• 易于连接到任何传感器、执行单元、或者网络

1) 美国 NI 公司嵌入式控制与监测系统

NI 利用图像化系统设计方法结合高效的编程软件对可重配置硬件进行编程。NI 的嵌入式控制与检测系统包括 LABVIEW 软件和 NI 可重配置 I/O (RIO) 硬件，结合了现成可用的系统，像 NI ComapctRIO 嵌入式系统，基于 PC 的控制系统以及专业定制硬件的单板计算机系统 (SBCs) 等。NI 公司的 LabVIEW 通用二次软件编程速度远较 C 语言快很多。

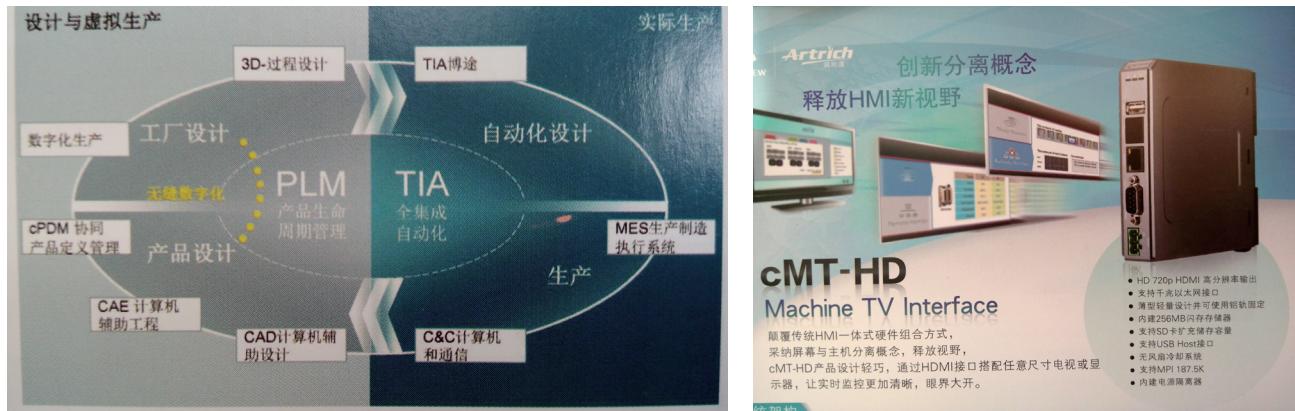
用此软件开发仅用一两个月可以完成大多数 C 语言程序员花费两年时间才能完成的程序。大大缩短产品开发周期，为产品更快进入市场获得领先权。

2) 产品生命周期管理软件 (PLM) 与全集成自动化 (TIA)

近几年西门子推出了智能工厂生产系统的产品生命周期管理软件 (PLM) 与全集成自动化 (TIA) 的设计软件系统。PLM 包括工厂设计与产品设计两大部分，具体包括 3D 过程设计、数字化生产设计、CPDM 协同产品定义管理、CAE 计算机辅助工程设计、CAD 计算机辅助设计等。TIA 包括了 TIA 博途、MES 生产制造执行系统、C/C 计算机和通信等。其目的是提高生产效率，最大限度地降低产品生命周期内的危险因素，以期达到增加安全降低能耗目的。据介绍利用产品生命周期管理软件 (PLM) 和全集成自动化 (TIA) 进行虚拟设计和生产规划，可降低生产线上设备的能耗最多可达 50%。

3) 威纶通 Easy Access 远程监控系统

在 2016 上海国际工博会上，美国威纶通公司展出了一款颠覆传统 HMI 一体式硬件组合方式的 CMT-HD 机器 TV 接口技术产品。该产品采用屏幕与主机分离，释放 HMI 新视野，通过接口可搭配任意尺寸电视或显示器。



4) 罗克韦尔自动化

该公司在 2016 上海国际工博会上展出了一套定制纪念币的智能化制造的实例样本。参观者可以从机器上的三个纪念币图案中选择一个样品，只花了 15–20 秒的时间，系统自动完成一面刻有图案，一面刻有 Rockwell Automation 字样的实体硬币。

该公司重点推出了 Studio 5000 Logix Emulate 的 VR 虚拟化设计软件和 AR 增强现实的软件系统。设计者只要带上特种眼镜即可看到每一处设计参数的更改，随之而来的生产线的相应变化。该系统还可与 E-CAD、M-CAD 实现数据交换。而新开发的 Compactlogix 5480 系统是基于 Windows 平台，可与平台下任何设备互通，可扩展数据分析，具有 Team ONE 的 APP 可移动平台。

该公司展示的 AR 增强现实系统中，观众带上特种眼镜后通过扫描二维码，即可看到现场场景上叠加了一个虚拟画面，如控制面板，用手点击虚拟按键即可实现真实设备的控制。

5) 宜科公司信息云系统产品

天津宜科是我国具有自主研发能力的主要自动化企业之一，该公司在 2016 上海国际工业博览会上推出了一系列智能制造的透明工厂的应用案例。产品从以往的自动化、信息化进一步向 IoT 物联网靠拢。开发了从网络、系统、管理的宜科云平台，数据云从最底层到云端。推出了具有战略意义的四大系列产品。

第一，移动智能终端 iCo-ipad 系统。该系统可根据不同生产工位调整不同的终端要求，把人工工位与自动化生产实时数据实现交互。

第二，快速生成的 APP 平台技术。该技术与传统 APP 相比，原来需要 3-6 个月的设计周期，现缩短到 2 周，即可根据客户多平台的需求，完成各种功能。工人、厂长与管理人员有不同的界面。实时掌握生产信息，真正实现无纸化管理。

第三，IoT 工业物联网技术。采用嵌入式物联网芯片，在 2G、3G、4G 网络环境与设备产品绑定。从设备关键数据的采集，可生成安全数据监控，在 APP 中可显示设备管理，预警控制，也可实现简单的控制，设备维护和远程控制等功能。

第四，最新开发的核心版的开发网，平台服务支持创业者在平台上开发适合自己的需求，是众创的开发平台。该公司在现场设立了一个体验区，可以模拟创客加入，运用智能化、信息化、自动化及物联网推进 IoT 技术。下面是一个无线远程监控解决方案实例。



6) 三菱 FA-IT 产品智能化应用

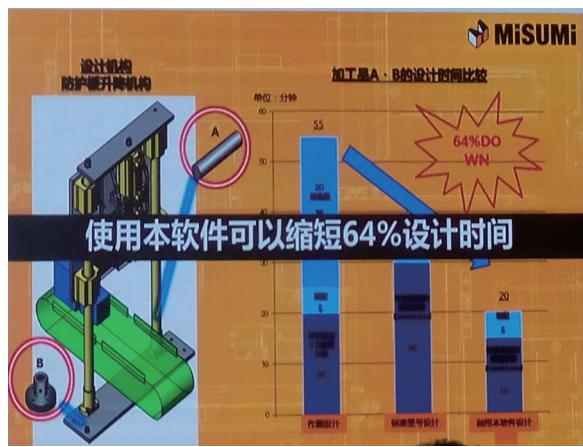
日本三菱公司在 2016 智能高峰论坛上推出了应用不同接口与模块产品的较为完整的智能制造工厂的应用实例。



生产设备和 MES 信息协同接口不通过专用数据采集装置，直接收集测量数据高速数据采集模块；能够在现有设备运转状态下直接加装网络，收集数据的 BOX 数据记录器；能够通过 C/C++ 语言程序实现控制、信息处理、上层通信处理的语言控制器；从上层信息系统到设备管理系统，FA-IT 信息协同产品系列实现工厂智能化管理。

7) MISUMI 部件设计选型软件

在 2016 智能制造高峰论坛上日本 MISUMI 公司推出了一款用于机械设计的零部件选用设计的智能化软件，在该软件打破了以往先自行设计计算好零部件参数再来选用所需的零部件的常规方法，而是提供了一个设计 APP 平台，几乎囊括了所有通用机械零部件与自动化通用零部件设计选型参数，可供设计人员选用的类似傻瓜机的设计软件。该软件还配备了比 Solidwork 设计软件更为方便的一些通用机械机构与自动执行结构的三维设计图样供设计者套用。据该公司介绍，使用该软件起码可以节省 50% 以上的设计时间。



(3) 用户服务生态链的智能化

智能制造应该理解为产品的全生命周期的智能化制造。智能制造包括了产品的研发、生产要素、工艺装备、生产制造系统、生产方式、产品的智能化，还应包括服务化的产品延伸的增值。集成以个性化定制、网络协同开发、电子商务为代表的智能制造新业态试点，以物流信息化；能源管理智慧化为代表的智能化管理；以在线检测、远程诊断和云服务为代表的智能服务推进，从而建立产品全周期服务的生态链管理模式。

在 2016 上海国际工业博览会上，国内外大部分的自动化 OEM 供应商都有用户服务生态链的智能化系统与产品的推出，也得到了广大参观者与客户的认同。

结束语

本文从智能制造概念入手，针对我国衡器行业现状，提出了从战略转型、组织转型到智能互联工厂的智能制造的实施要素。文中对于智能制造的具体实施措施从企业本身的生产制造智能化（CAE 计算机辅助设计动态建模系统、VR/AR/HR 技术、MES 制造执行系统、机器人的应用）、智能设备制造、用户服务生态链智能化等三方面进行了较为详细的论述。在智能制造设备篇中结合 2016 上海国际工业博览会上最新涌现出的 OEM 产品进行了逐一介绍。本文不但提出了我国衡器行业对于从自身的产品制造的全过程的智能制造到生产的要求，而且也提出了衡器企业本身制造的衡器产品如何适应用户使用过程中智能化的需求。从本文可以看出只要我们按部就班的实施上述措施，“智能制造”离我们并不遥远。

【参考文献】

- [1] 《首届中国产业互联网大会：大咖论道制造业升级》—“中国新闻网” 2016.10.22
- [2] 《中国智能制造产业迈入“万亿时代”》—“21世纪经济报道” 2016.09.28
- [3] 《2015 全球智能制造实践案例蓝皮书》—“Control Engineering, China” 2015.11.4
- [4] 《PPT_第二届未来制造高峰论坛—智能制造，从概念到现实》—2016’ 中国国际工业博览会组委会 2016.11.1