

智能与创新助推我国衡器未来制造技术发展

陈日兴 中国衡器协会顾问

【概述】 本文介绍了国内外自动化行业在未来制造上的最新理念与技术发展及应用，期望智能与创新助推我国衡器行业的未来制造技术的发展。

【关键词】 智能 创新 未来制造

前言

在我国制造业转型升级的背景下，全力打造信息化与工业化深度融合平台，智能制造全方位诠释企业智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务转型。本文就国内外自动化行业的著名企业以智能与创新为主题，在执行过程中出现的几个主要的新理念，例如：数字化双胞胎、边缘计算、雾计算、云计算、智能工厂、PLCnextTechnology 控制平台、EcoStruxure™架构、管控一体化全组态平台、一阀多功能数字化气动技术等概念及相互关系与最新应用，并结合我国衡器行业未来制造的产品应用进行阐述，希望推进我国衡器行业智能与创新制造技术发展。

一、数字化双胞胎 (Digital Twin)

1. 数字化双胞胎定义^[3]

“数字化双胞胎”是一种拟人化说法。所谓双胞胎指虚拟与现实这两个基本概念，形成基于模型的虚拟企业和基于自动化技术的现实企业的镜像。

数字化双胞胎的概念最早由密西根大学的 Michael Grieves 博士于 2002 年提出（最初的名称叫“Conceptual Ideal for PLM”），主要应用在航天领域。在研发阶段，需要降低物理样机的成本；在运营阶段，需要对航天器进行远程状态监控和故障监测。

应用于自动化行业的“数字化双胞胎”概念首先由西门子公司提出，数字化双胞胎包括产品数字化双胞胎，生产工艺流程数字化双胞胎和设备数字化双胞胎，三个层面又高度集成为一个统一的数据模型。西门子利用 PLM（全生命周期管理软件）、MES（制造执行系统）和 TIA（全集成自动化），实现价值链数据的整合作为数字化双胞胎。目前数字化双胞胎的概念已广泛被自动化及相关行业所采用。

数字化双胞胎



图 1 数字化双胞胎组成

2. 数字化双胞胎功能特点

数字化双胞胎的实现有两个必要条件，即一套集成的软件工具和三维形式表现。

“数字化双胞胎”(Digital Twin)使企业在实际投入生产之前即能在虚拟环境中优化、仿真和测试，在生产过程中也可同步优化整个企业流程。为从产品设计、生产规划、生产工程、生产实施直至服务的各个环节打造无缝的数据平台。

数字化双胞胎模型具有模块化、自治性和连接性的特点，可以从测试、开发、工艺及运维等角度，打破现实与虚拟之间的藩篱，实现产品全生命周期内生产、管理、连接的高度数字化及模块化。

3. 应用措施

数字化双胞胎网络就是采用直观的方式将产品(例如: 序列号; 部件清单; 尺寸、产品描述的功能、特性、参数; 特定装配参数; 装配指南; 测试指南; 包装指南; 打印、标贴等)和产品相关的资产信息传达到制造、供应链、服务和物流环节, 生成决策所需情报, 使企业整个业务网络实现数据同步。

产品在实际投入生产之前即能在虚拟环境中优化、仿真和测试, 在生产过程中也可同步优化整个企业流程, 最终实现高效的柔性生产、实现快速提高企业持久竞争力。

4. 西门子最新产品

在 2018' 上海工博会期间, 西门子公司推出了基于数字化双胞胎的全新 Simatic S7-1500R/H 冗余控制系统, 该系统是基于西门子标准型 Simatic S7-1500 CPU, 采用透明化编程方式的 Profinet 冗余控制系统。同期, 西门子还发布了具有 IEC、UL、CSA、CCC 产品认证的两款新一代 SIRIUS 3RW5 系列的 3RW52 和 3RW55 软起动机, 可广泛应用于传送带等各种负载类场合。其中 3RW52 软起动机属于通用型产品, 功率范围可达 315KW; 3RW55 属于高性能产品, 能胜任各种复杂工况, 功率范围可达 710KW (标准接线)。相信该控制系统可应用于我国衡器未来制造的最新产品中。

二、边缘计算 (Edge Computing)

1. 边缘计算定义

边缘计算指在靠近物或数据源头的网络边缘侧,融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台,就近提供边缘智能服务。

2. 边缘计算主要用途

传统制造业向智能化升级的过程中,将车间里的生产设备智能连接,利用生产现场数据与 IT 系统间进行实时边缘信息处理。满足数字化敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求。

3. 边缘计算和云计算区别

共同点——处理大数据的计算运行方式。

不同点——边缘计算数据不用传到遥远的云端,在边缘侧就能解决,适合实时的数据分析和智能化处理。

4. 边缘计算和物联网的关系

物联网——让每个物体智能连接、运行。

边缘计算——通过数据分析处理,实现物与物之间传感、交互和控制。它是物联网从概念到应用的一把钥匙。

5. 边缘计算应用实例

e-F@ctory 智能工厂中现场与 IT 层的交互见下图。



图 2 边缘计算在 e-F@ctory 智能工厂应用

三、雾计算 (Fog Computing)

1. 雾计算定义^[4]

雾计算的概念在 2011 年由思科公司首创，在 2012 年被作了详细定义。雾计算是为数据密集、高性能计算、高风险环境而设计。是一种新兴的分布式体系构架。在云和设备间架起桥梁，通过选择性转移计算、存储、通信、控制，在物联网传感器和执行器的地方制定决策。

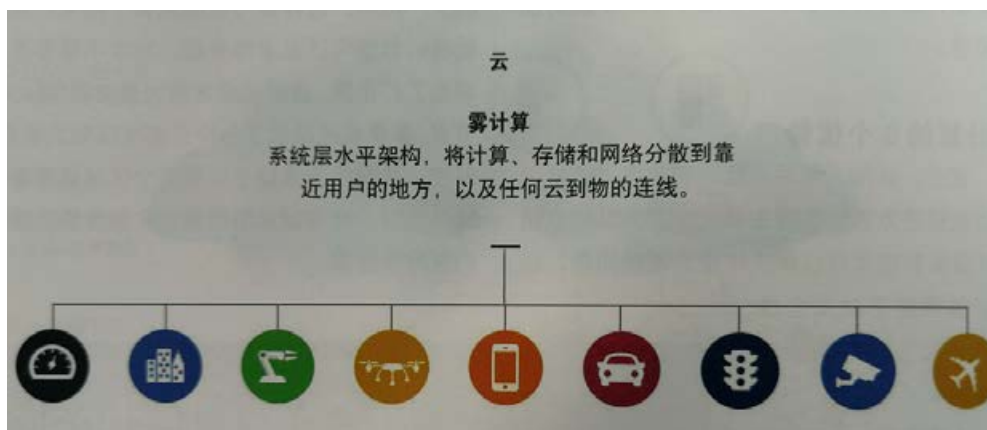


图 3 雾计算的构架应用层

2. 雾计算与边缘计算的区别

相同点：云到现场采集数据设备之间的桥梁，无需在现场和工厂中建立永久的云连接。通过现场数据分析处理，实现物与物之间传感、交互和控制。雾计算也可称作边缘计算的一种形式。

不同点：

(1) 层次结构——边缘计算仅限于将资源和数据源与少量驻留在南北边缘设备（云到到传感器）的层次结构结合。雾计算除了上述结合，还可以将资源和数据源与东西边缘设备（功能到功能，或点对点）的层次结构结合。

(2) 协议网关——边缘计算协议网关仅为单一传感器简单功能。雾计算中雾节点可以是任何提供雾架构计算、网络、存储设备。例如：工控机、路由器、交换机、PLC、视屏监控等网关。

3. 雾计算与云计算的区别

相同点：云计算与雾计算定义形象化。雾计算是云计算的延伸。

不同点：

(1) 位置：云计算在高高天上，而雾计算则接近地面。云离开人们比较远，雾就在你的周围。所以云计算一般是在远离用户的数据中心集中进行。雾计算离用户更近，甚至就在用户现场快速进行简单处理，然后再和云端进行协同。

(2) 计算能力：云计算能力强，雾计算能力弱。

云计算是以 IT 运营商服务，社会公有云为主的。雾计算以量制胜，强调数量，不管单个计算节点能力多么弱都要发挥作用。

云计算由高性能计算设备完成计算，是性能强大的服务器。雾计算扩大了云计算的网络计算模式，将网络计算从网络中心扩展到了网络边缘，从而更加广泛地应用于各种服务。

(3) 数据的存储及处理：雾计算将数据、数据处理和应用程序集中在网络边缘设备中，而云计算将数据的存储及处理全部保存在云中。

4. 雾计算特点

(1) 低延时和位置感知，适应移动性的应用，支持更多的边缘节点。雾计算移动性好，手机和其他移动设备可以互相之间直接通信，信号不必到云端甚至基站去绕一圈。

(2) 雾计算是介于云计算和个人计算之间半虚拟化的服务计算架构模型，不管单个计算节点能力多么弱都要发挥作用。

(3) 雾计算所采用的架构呈分布式，更接近网络边缘。主要使用的是边缘网络中的设备，数据传递具有极低时延。

5. 雾计算最新应用

雾计算是以个人云，私有云，企业云等小型云为主。是新一代分布式计算，符合互联网的“去中心化”特征。由于雾计算具有安全保密性、认知度高、灵活性好、故障传递延迟时间短、效率高等五大优势及下图中八个支柱模型特点，目前除了思科、戴尔、英特尔、微软等计算机公司成立的开放雾联盟外，雾计算已开始全面向工业物联网进军。一些工业自动化巨头开始采用雾计算技术应用于工业物联网，产品采集数据在节点汇聚地先行雾计算，汇总后再送云端处理。比如应用于压力传感器、流量传感器、控制阀和泵输油管线的从工厂区域生产层到全域工厂层的整个产品全生命周期维护系统中。由于上述应用得到制造业界的广泛认可，笔者相信在未来的衡器产品包括称重传感器、称重仪表都可以从雾计算技术中找到合适的应用。



图 4 开放雾架构支柱模型

四、云计算 (Cloud Computing)

1. 云计算定义

云计算是基于互联网的相关服务的增加、使用和交付模式，通常涉及通过互联网来提供动态易扩展且经常是虚拟化的资源。云是网络、互联网的一种比喻说法。云计算服务指的就是我们通过所使用的网络服务，把资料存放在网络上的服务器中，并借由浏览器浏览这些服务的网页，使用上面的界面进行各种计算和工作。

2. 云计算内容

云计算可以认为包括以下几个层次的服务：基础设施即服务 (IaaS)，平台即服务 (PaaS) 和软件即服务 (SaaS)。

其中软件即服务 (SaaS) 是一种通过 Internet 提供软件的模式，厂商将应用软件统一部署在自己的服务器上，客户可以根据自己实际需求，通过互联网向厂商订购所需的应用软件服务，通过互联网获得厂商提供的服务。

3. 云计算的协同

由于云计算属于整个产品数据链的顶端，在物联网中离不开大数据及云计算。在制造业物联网中，从柔性生产、机器学习、生产自组织、边缘计算、进化算法、M2M 等组成部分均通过网络服务器进行云计算处理形成产品全生命周期的管理。在信息化时代，云计算已广泛应用于工业互联网，直至工业物联网中，同样也广泛应用在我国衡器产品的称重系统中



图 5 云计算协同应用

五、e-F@ctory 智能工厂

1. e-F@ctory 背景

智能制造面临的产品全生命周期课题仅仅依靠单一项目的自动化和信息化是难以解决的。e-F@

ctory 以从生产现场出发进行经营改善为目标，充分发挥“人、机器、和 IT 的协同”，实现柔性生产，降低供应链、工程链全过程成本。为此三菱电机自动化公司提出了 e-F@ctory 的概念。

2. e-F@ctory 定义

e-F@ctory 顾名思义为信息化智能工厂的英文缩写。一句话概括即：灵活运用 IOT 化生成的大数据，实现智能工厂。

3. e-F@ctory 措施

e-F@ctory 通过 IOT 将开发和制造、物流等领域的所有机器和设备联系起来，分析并且灵活运用所收集的海量数据，从而实现“规程全面最优化”。

针对市场需求不仅提供 FA 机器、机器人等，还积极致力于提供整体解决方案，业务范围横跨从咨询服务，系统设备导入到运营维护在内的整个产品生命周期。

借助人工智能技术在 FA 领域的应用，对收集的数据进行分析和可视化，从而让数据给业务带来切实的改善效果，实现定制和预防保全、追溯等功能的新一代先端技术。



图 6 e-F@ctory 智能工厂组成架构

4. e-F@ctory 应用

e-F@ctory 智能工厂以从生产现场出发进行经营改善为目标，提供了一整套产品全生命周期的解决方案。大量的案例已应用在电子、汽车部件等批量产品生产线上，其中设备暂停管理可实现生产效率的提高与节能。期待我国批量生产的非自动电子衡器、称重传感器、称重仪表等产品制造上也能早日见到等同 e-F@ctory 智能工厂的应用实例。

六、PLCnextTechnology 控制平台

1. PLCnext 背景

纵观 PLC（可编程控制器）技术变革的历史，从现场总线技术、基于 PC 的 PLC 控制器技术直

至工业实时以太网技术，已经形成了现场层、控制层到管理层的完整金字塔形 PLC 自动化控制系统。随着工业信息技术的发展，越来越多的 IT 应用如数据库通信、云计算和直连 ERP 系统等正成为传统控制技术的一部分。基于这一发展的需要，菲尼克斯电气自动化公司在 2017 年首次在 SPS 自动化展上推出了面向未来的 PLCnextTechnology 控制平台，成为当年自动化行业中最大亮点，2018 年达到了成熟应用期。该平台满足可访问开源平台；快速实现应用自动化；以及可自由选择编程工具三个需求。

2. PLCnext 定义

PLCnextTechnology 控制平台保留了传统 PLC 编程优势，将开源市场功能集成到一个控制平台中。在编程语言、工具及开源功能集成，实现全面自由度。

3. PLCnext 特点

(1) 实时和非实时

PLCnextTechnology 选择了带实时扩展功能的 Linux 系统，可在实时和非实时条件下执行代码。可靠执行设备控制系统程序，还可在非实时条件下执行与数据库通信。

下图为适用于 Axioline I/O 系统的 PLC AXCF 2152 控制器外观。



图 7 PLC AXCF2152 控制器

(2) IEC 61131 语言代码和高级语言代码混合使用

IEC 61131 语言代码和高级语言代码除了可实时和非实时条件下混合使用外，还包括执行和同步管理器 (ESM) 以及全局数据空间 (GDS)，让普通 PLC 可在混合运行环境中同时使用高级语言或 IEC61131-3 编写程序。不同开发人员可使用不同开发工具独立开发同一个项目。

(3) 标准调试机制

PLCnextTechnology 配有通过 XML 文件进行逐台智能数据记录，可直接存储到 SQL 数据库中。支持编程人员常用的所有调试机制，并跟踪功能显示系统的使用率。

(4) 面向开源

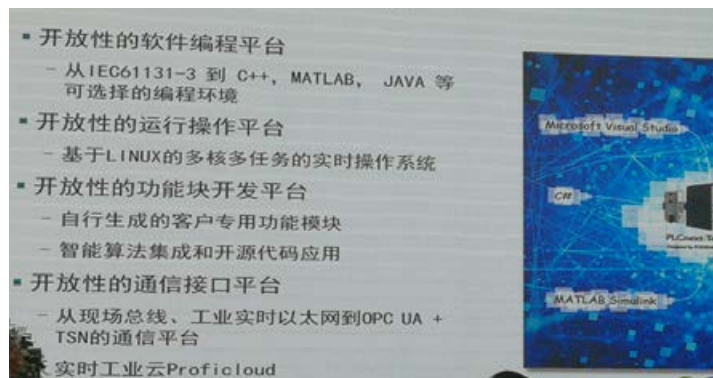


图 8 PLC next 四大开放平台

4. PLCnextTechnology 应用

基于上述系统的特点，PLCnextTechnology 特别适用于工业智能制造系统的工程项目的开发中的综合 IT 应用如数据库通信、云计算和直连 ERP 系统。也适用于衡器行业中智能衡器系统的开发。特别是大型配料称重系统，各种自动衡器大工程项目的研发与产品全生命周期的应用。

七、EcoStruxure™架构

1. 架构背景

针对中国制造业转型的独特需求，越来越多的制造商正在寻求整合数字技术，以提高灵活性，提升效率，防止意外停机和加速生产。施耐德电气推出了基于物联网的 EcoStruxure™架构，结合“透明+融合”、“先医后药”、“先软后硬”的理念，提供数字化解决方案，解决用户在生产效率、能耗和质量方面的挑战，帮助客户实现全生命周期价值链的卓越升级。

2. EcoStruxure™架构理念

未来制造业的智能化的能效和运营是工业物联网（IIOT）加上自动化融合。而自动化融合又是信息技术（IT）与运营技术（OT）的融合，其中 OT 是主导，IT 是工具。



图 9 EcoStruxure 智能架构的理念

数字化企业持续改进的四大引擎：数字化双胞胎、闭环制造、系统集成和单一主数据智能化采集。
施耐德电气 EcoStruxure™架构可以提供一整套智能工厂的解决方案。

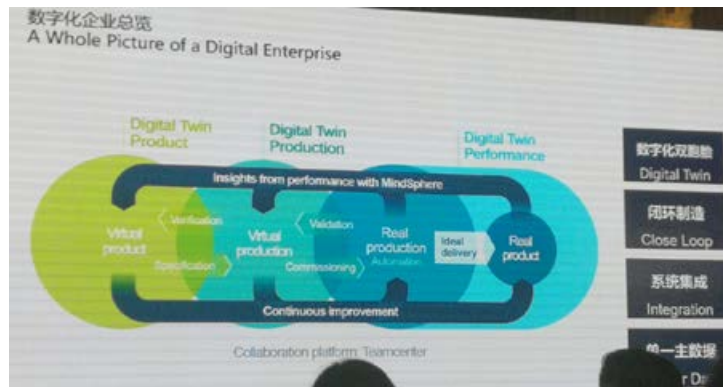


图 10 EcoStruxure 架构应用

八、管控一体化全组态平台 KingFusion 3.5

北京亚控科技公司开发的“管控一体化全组态平台 KingFusion 3.5”通过简单的组态配置即可搭建生产监控系统。基于组态的理念及开放思路的平台，其核心一是面向普通工程师或生产管理人员的自然描述语言——元语言，可用于建立生产过程中所有“事”和“物”数据的时空数据库；其核心二是可将生产业务抽象为具体工程模型的建模技术。此平台构建了一个基于企业过程数据和业务数据的管控一体化平台。



图 11 智控一体化全组态平台组成

九、数字化气动技术

1. 数字控制终端 VTEM 内容

国际自动化行业气动技术领跑者 Festo 公司在 2018 年最新推出了世界首款由 APP 控制的数字化气动元件。VTEM 开创了自动化领域的全新维度，相当于 50 多个气动电动元件的集成与融合。

Festo 数字控制终端 VTEM 组成：CRX 模块 CPX-CTEL、以太网 WebConfig 界面、带运动控制 APP、多达 16 个模拟量或数字量输入模块、四个压电式先导阀控制集成行程和压力传感器提供控制和状态监控。

2. 数字控制终端 VTEM 亮点

- (1) 一个元件提供众多功能——可选装多种 APP；
- (2) 集合了气动与电控两种技术优势；
- (3) 标准化程度高，OPC UA 采用自动化平台 CPX，用状态监控 APP 实现预防维护；
- (4) 降低安装工作量，减少安装空间，从而提高能效，缩短产品上市时间。

阀内控制桥式气动回路原理图如下：

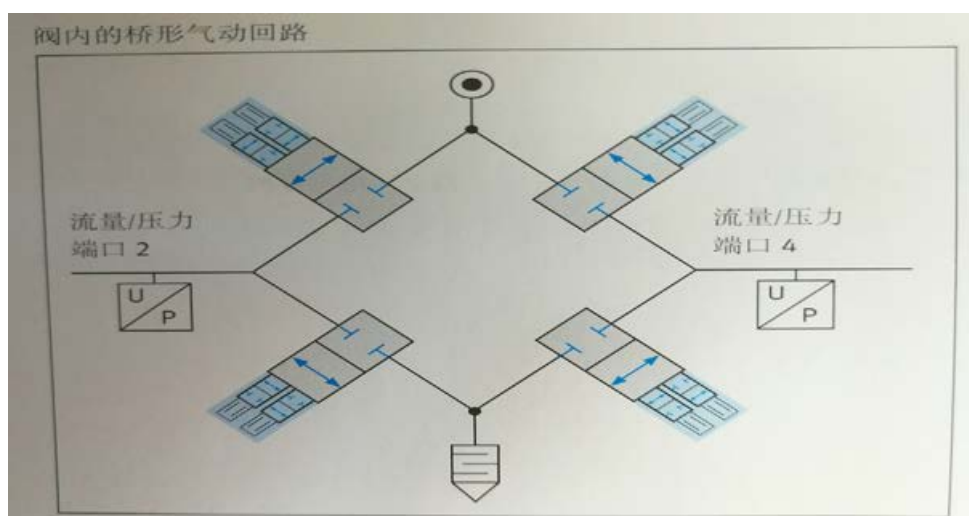


图 12 阀内控制桥式气动回路原理图

3. 数字控制终端 VTEM 应用

由于 Festo 数字控制终端 VTEM 可通过电气自动化平台 CPC 集成所需现场总线或工业以太网节点，附加 I/O 模块，子安装系统如 CTEL、带 OPC UA 接口和 CODESYS 控制器。一个阀可替换 50 多个元件，广泛应用于各种运动控制 APP 场合，例如自适应气动平台，完美适用于气缸行程时间决定过程质量以及附加过程自行调节的连续生产过程。

自动衡器产品的称重执行机构中大量采用了运动控制技术，而电动与气动 APP 是系统控制不可或缺的组成部分，上述 Festo 数字控制终端 VTEM 无疑可以加快我国自动衡器产品机构升级换代的需求。

结束语

智能与创新是我国实现“智能制造 2025”的核心，全方位的企业智能化生产、网络化协同、个性化定制和服务转型也是我国衡器行业在未来制造上的既定目标。本文通过介绍数字化双胞胎、边

缘计算、雾计算、云计算、e-F@ctory 智能工厂、PLCnextTechnology 控制平台、EcoStruxure™架构、管控一体化全组态平台、一阀多功能数字化气动技术的最新理念与应用，希望能推进我国衡器行业智能与创新制造技术的发展。

【参考文献】

- [1] 第四届未来制造高峰论坛 PPT -2018 中国国际工业博览会组委会 2018.9 中国上海 [C]
- [2] 第七届全球自动化和制造主题峰会 PPT-2018 中国国际工业博览会组委会 2018.9 中国上海 [C]
- [3] 先品科技“数字化孪生双胞胎技术及应用”- 网易自媒体平台 2018.8.27[J]
- [4] Charles Byers “雾计算如何助力工业物联网”-Control Engineering 2018.8 第 7 期 [J]