

工业4.0: 智能工业

工业和信息化部国际经济技术合作中心 王喜文

摘要: 智能工业或者工业 4.0, 是从嵌入式系统向信息物理融合系统 (CPS) 发展的技术进化。作为未来第四次工业革命的代表, 工业 4.0 不断向实现物体、数据以及服务等无缝连接的互联网 (物联网、数据网和服务互联网) 的方向发展。文中介绍了工业 4.0 的进化过程, 提出了 CPS 的概念及其功能, 同时分析了德国的主要 CPS 市场及其未来发展。

关键词: 工业 4.0; 智能工业; CPS; 德国

德国期望成为基于互联网的高端工业生产技术的主导市场, 并将其作为《高科技战略 2020》的一部分。实现这一目标的代表性项目, 也就是被称为工业 4.0 的智能工业项目, 它将引领工业领域, 开创分散型生产的新时代。

智能工业或者工业 4.0, 是从嵌入式系统向信息物理融合系统 (CPS) 发展的技术进化。作为未来第四次工业革命的代表, 工业 4.0 不断向实现物体、数据以及服务等无缝连接的互联网 (物联网、数据网和服务互联网) 的方向发展。

同时, 分散型智能利用代表了生产制造过程的虚拟世界与现实世界之间的交互关系, 在构建智能物体网络中发挥重要作用。

工业 4.0 体现了生产模式从集中型到分散型的范式转变, 正是因为有了让传统生产过程理论发生颠覆的技术进步, 这一切才成为可能。未来, 工业生产机械不再只是“加工”产品, 取而代之的是, 产品通过通信向机械传达如何采取正确操作。

工业 4.0 通过将嵌入式系统生产技术与智能生产过程相结合, 将给工业领域、生产价值链、业务模式带来根本性变革 (如智能工厂), 从而开创一条通往新技术时代的道路。

1 工业 4.0 进化过程

1.1 工业革命 1.0

18 世纪末期始于英国的第一次工业革命, 19 世纪中叶结束。这次工业革命的结果是机械生产代替了手工劳动, 经济社会从以农业、手工业为基础转型到了以工业及机械制造带动经济发展的模式。

1.2 工业革命 2.0

第二次工业领域大变革发生在 20 世纪初期, 批量工业生产开始的阶段。通过零部件生产与产品装配的成功分离, 开创了产品批量生产的新模式。20 世纪 70 年代以后, 随着电子工

程和信息技术充实到工业过程之中, 实现了生产的最优化和自动化。

1.3 工业革命 3.0

第三次工业革命始于第二次工业革命过程中发生的生产过程高度自动化。自此, 机械能够逐步替代人类作业。

1.4 工业革命 4.0

未来 10 年, 第四次工业革命将步入分散化生产的新时代。工业 4.0 通过决定生产制造过程等的网络技术, 实现实时管理。

2 CPS

CPS 连接了虚拟空间与物理现实世界, 使智能物体通信以及相互作用, 创造一个真正的网络世界。

CPS 体现了当前嵌入式系统的进一步进化。与互联网或者网上可搜集的数据、服务一起, 嵌入式系统也是构成 CPS 的要素之一。

CPS 可提供构建物联网的基础部分, 并且与服务互联网一体化, 实现工业 4.0。这些技术被称为实现技术, 培育更加广泛的基于创新型应用或过程的新现实空间, 淡化现实世界与虚拟空间的界限。实现技术就像互联网使得个人通信以及相互作用的关系发生变革一样, 将给我们与物理现实世界之间的相互作用关系带来根本性变化。

基于高性能软件的嵌入式系统与融合在数字网络中的专业用户接口之间, 发生的相互作用, 将诞生全新的系统功能性世界。举一个简单的例子, 智能手机囊括许多应用和服务, 已经远远超出设备本身通话功能。

由于全新的划时代应用和服务的提供商将不断涌现, 渐渐形成新价值链, 所以, CPS 也将对现有业务与市场模式带来范式转变。汽车工业、能源经济, 还有包括诸如工业 4.0 的

生产技术的各个工业部门，将同步因这些新价值链发生巨变。

未来，CPS 将以以往人类无法想象的形式，对人类安全、效率、生活舒适度、提升健康水平等做出贡献。同时，CPS 也将对解决人口结构变化、自然资源不足、可持续发展以及能源结构变化等带来的问题，发挥关键性的作用。

3 德国 2020 年主要 CPS 市场

德国将推进工业 4.0 项目作为国家战略的一个重要环节，就是在 2020 年让德国成为 CPS 的主要市场。与其他大多数工业发达国家完全不同的是，在推进工业进程的同时，德国一直维持稳定的制造业劳动力。

要联通现实世界与虚拟空间，从生产设备、工业产品到内置存储装置、通信功能、广播传感器、智能软件系统的日常用品等，所有物品都要实现数字化。

现实世界与虚拟空间的界限越来越模糊，物联网正在快速发展。德国发达的嵌入式系统、CPS 的有关经验，将为德国工业引领第四次工业革命（工业 4.0）提供极好的机遇。

4 CPS 进程

德国是嵌入式系统、移动通信网络等 CPS 相关领域的全球市场领袖。德国教育与研究部（BMBF）委托德国科学技术工程院牵头的 CPS 进程项目的目的是，确立综合的 CPS 研究议程，提升工业技术的国家竞争力，巩固德国作为主要市场及提供商的全球地位，在此基础上实现德国技术革命。图 1 所示给出了 CPS 各层的理想模式。

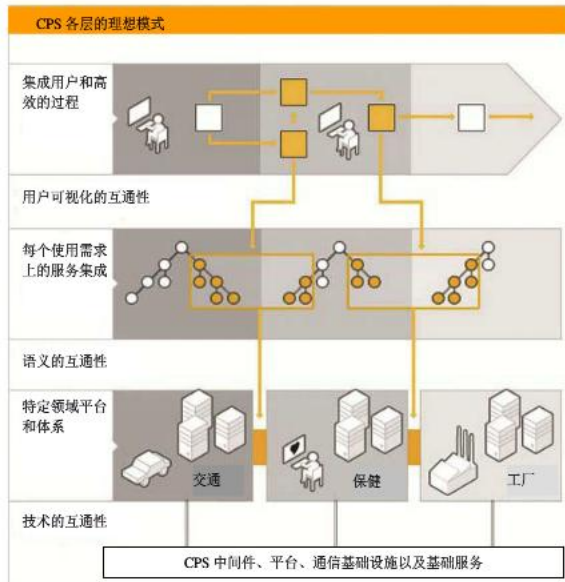


图 1 CPS 各层的理想模式图

CPS 进程列举了当前至 2025 年间四个主要应用领域：

- 能源：智能电网中的 CPS；
- 机动性：网络化的机动性中的 CPS；

- 健康：远程治疗以及远程诊断中的 CPS；
- 工业（智能工厂）：工业以及自动化生产中的 CPS。

5 CPS 2025——未来

CPS 应对社会面临的主要问题的同时，对涵盖自动化、生产技术、汽车、机械工程、能源、运输以及远程医疗等众多工业部门、应用领域，具有非常重要的意义。因 CPS 而实现的许多应用，将产生新附加价值链和业务模式。CPS 不仅可以降低实际成本，提高能源、时间等的效率，还能降低 CO₂ 排放水平，在保护环境上发挥重大作用。

仅从制造业来看，CPS 就可带来惊人的效率提升。CPS 实时地统筹处理制造、工业链以及各个顾客的要求，实现智能工厂。图 2 所示是 CPS 服务互联网的模式图。



图 2 CPS 服务互联网的模式图

6 智能工厂：自动化制造业的未来

CPS 连接了虚拟空间与物理现实世界，技术过程与业务过程也因此得到融合，从而开创新工业时代。最能够准确表达新工业时代的就是工业 4.0 项目倡导的智能工厂概念，智能工厂是通过在生产系统中配备 CPS 来实现的。相对于传统生产系统，智能工厂的产品、资源及处理过程因 CPS 的存在，将具有非常高水平的实时性，同时在资源、成本节约中也颇具优势。

智能工厂按照重视可持续性的服务中心的业务来设计，因此，服从性、灵活性、自适应以及学习等特征、容错能力，甚至风险管理都是其中不可或缺的元素。

智能工厂的装备将实现高级自动化，主要是由基于自动观察生产过程的 CPS 的生产系统的灵活网络来实现的。通过可实时应对的灵活的生产系统，能够实现生产过程的彻底优化。同时，生产优势不仅仅是在特定生产条件下一体性体现，也可以实现多家工厂、多个生产单元所形成的世界级网络的最

（下转第 6 页）

设备的系统结构。

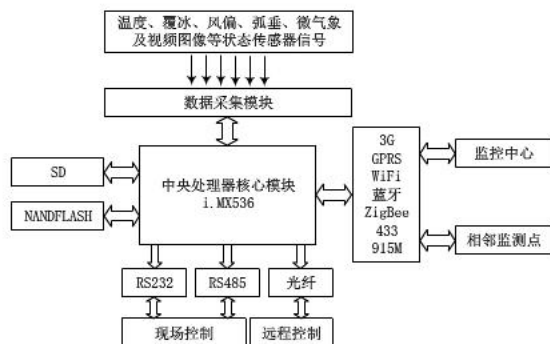


图1 电力监测设备系统框图

由图1可见利用一颗独立的ARM处理器实现了对导线温度、覆冰、风偏、弧垂、微气象及视频图像等状态参数传感器信号的采集输入，对各种数据进行分析综合压缩后，通过各种灵活的无线组网方式如3G、GPRS、WiFi、蓝牙、ZigBee、433、915M等无线网络传输到监控中心或其他邻近的检测点。为防止监控点的灾难性破坏，设备本身还可以通过多种类型的存储介质如SD卡、NANDFLASH完成数据备份；设备具有的RS232、RS485、光纤等各种有线通信方式完成线路现场和远程的控制工作，有效地增加了设备的可靠性。全设备采用满足汽车温度级别的器件，可在-40~85℃下稳定持续工作，设备整体设计实现防水、盐雾等各种防护等级要求，可以用在大部分恶劣的高低温及湿度环境。图2所示是整体组网示意图，图3所示则是其现场实拍图。

辰汉电子与国内某电力企业联合研发的基于i.MX536的新一代输电线路监控装置推动了输电线路信息传输技术发展，实现了一个集输电线路状态监控、运行管理、指挥决策于一体的输电线路监控中心，提升了输电线路运行状态的监管能力，

系统架构合理，运行稳定，应用效果良好，整体技术达到国际领先水平。

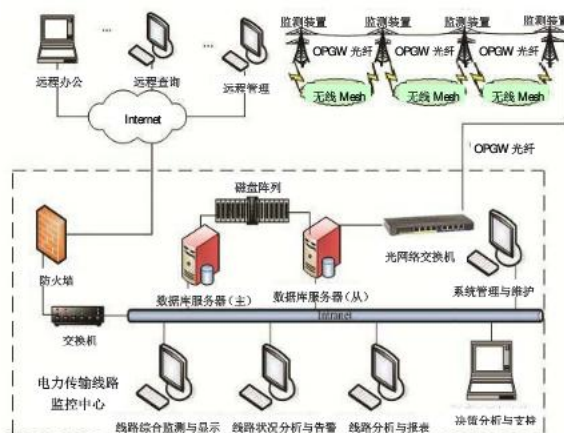


图2 组网示意图



图3 现场实拍图

输电线路在线监测系统实现了输电设备运行状态的实时监测和掌控，满足日常运行值班、故障抢修、应急指挥等不同应用需求，具有很强的推广价值，为国家电网公司实施“三集五大”体系建设提供了重要的技术支撑，对建设坚强智能电网具有重要意义。

(上接第4页)

优化。

这就意味着，创新技术、成本与时间的节约，拥有培育新市场机会的网络容量的“自下而上”型生产模式中的革命。

智能工厂的生产相对于传统制造业有如下优势：

由CPS形成最优化的生产过程：智能工厂的“单元”决定其活动范围、设定选项以及生产条件，可与其他单元进行独立的无线通信。

理想的生产系统，智能编辑产品特性、成本、物流管理、安全、信赖性、时间以及可持续性等因素，为每个顾客进行最优化的产品制造。

为了让机械服从人类的作业周期，可对人工进行定制调整。图3所示是一种工业4.0智能工厂通道示意图。

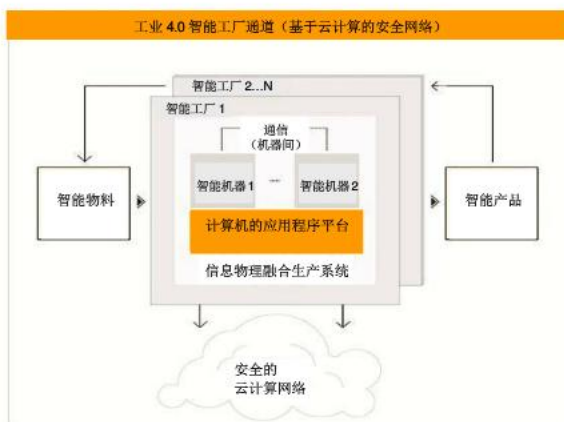


图3 工业4.0智能工厂通道示意图

工业4.0：智能工业

作者：[王喜文](#)
作者单位：[工业和信息化部国际经济技术合作中心](#)
刊名：[物联网技术](#)

英文刊名：[Internet of things technologies](#)

年，卷(期)：2013(12)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wlwjs201312003.aspx