



世界智能制造大会
中国·南京
World Intelligent Manufacturing Summit
www.wims.com.cn

让制造更聪明
More Cooperation, Smarter Manufacturing

智能制造核心要素及其标准化

Core Elements of Intelligent Manufacturing and the Standardization

欧阳劲松 Prof. OUYANG Jinsong

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所 (ITEI)
Instrumentation Technology and Economy Institute of China

全国工业测控和自动化标准化技术委员会 (SAC/TC124)
National TC124 on Industrial Process Measurement, Control and Automation
(Mirror to IEC/TC65 in China)

2016.12



1. 相关概念

Related concepts

2. 从数字工厂到智能制造/工业4.0

From Digital Factory to IM/ Industry 4.0

3. 标准化的需求和实践

Remand and Practice of Standardization

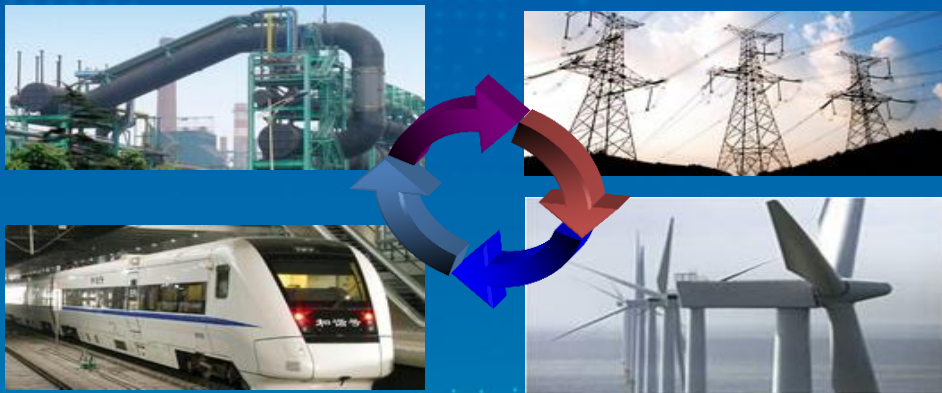


制造业的概念

The concept of manufacturing

对原材料进行加工或再加工，以及对零部件进行装配的工业总称。

The generic terms of the industries which process and reprocess the raw materials, and assemble the components and parts.



制造业的范围

The scope of manufacturing

根据我国现行标准GB/T4754-2002划分，**制造业包括31个行业：**
According to GB/T4754-2002, Manufacturing **includes 31 industries:**

食品工业	农副食品加工业；饮料制造业；烟草制品业等
纺织服装工业	纺织服装、鞋、帽制造业；皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业等
造纸印刷业	造纸及纸制品业；印刷业和记录媒介的复制等
石油和化学工业	石油加工工业；化学原料及化学制品制造业；化学纤维、橡胶、塑料制品业等
冶金工业	黑色金属冶炼及压延加工业；有色金属冶炼及压延加工业
非金属制品业	水泥、玻璃制品、砖瓦石材、陶瓷制品等
金属制品业	集装箱、金属容器、金属工具制造；金属表面处理及热处理加工
机械制造业	通用设备制造业（锅炉、内燃机、机床、泵阀、轴承、齿轮、通用零部件）；专用设备制造业（拖拉机、医疗设备、邮政信件分拣）等
运输设备	交通运输设备制造业（汽车、摩托车、船舶、航空航天器、铁路机车等）
电器设备	电气机械及器材制造业（电动机、发动机、微电机、电线电缆、家用电器）
电子设备	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
仪器仪表	仪器仪表及文化、办公用机械制造业
其他制造	家具制造业；木材加工及制品业；文教体育用品制造业；工艺品及其他制造业等

注：《十二五规划纲要》新增建筑业，**共包括约175个中类，530个小类。**
There are 175 middle classes and 530 small classes.



相关概念

Related concepts

智能 (Intelligent/Smart)：从感觉到记忆到思维这一过程，称为“智慧 (Wisdom)”，智慧的结果产生了行为和语言，将行为和语言的表达过程称为“能力”，两者合称“智能 (Intelligent/ Smart)”，将感觉、去记、回忆、思维、语言、行为的整个过程称为智能过程，它是智力和能力的表现。

智能制造 (Intelligent Manufacturing)：智能制造是基于新一代信息技术，贯穿设计、生产、管理、服务等制造活动各个环节，具有信息深度自感知、智慧优化自决策、精准控制自执行等功能的先进制造过程、系统与模式的总称。具有以智能工厂为载体，以关键制造环节智能化为核心，以端到端数据流为基础、以网络互联为支撑等特征，可有效缩短产品研制周期、降低运营成本、提高生产效率、提升产品质量、降低资源能源消耗。

注：智能制造目前国际上还没有准确定义，以上是工信部组织专家给出的描述性定义，有利于凝聚目标、聚集资源、共同发力。

There is no clear definition of Smart/ Intelligent Manufacturing in IEC/ISO now.



1. 相关概念

Related concepts

2. 从数字工厂到智能制造/工业4.0

From Digital Factory to IM/ Industry 4.0

3. 标准化的需求和实践

Remand and Practice of Standardization



数字工厂的概念

The concept of digital factory

什么是数字工厂？What is digital factory?

IEC词汇库给出的定义是：数字工厂是数字模型、方法和工具的综合网络（包括仿真和3D虚拟现实可视化），通过连续的没有中断的数据管理集成在一起。

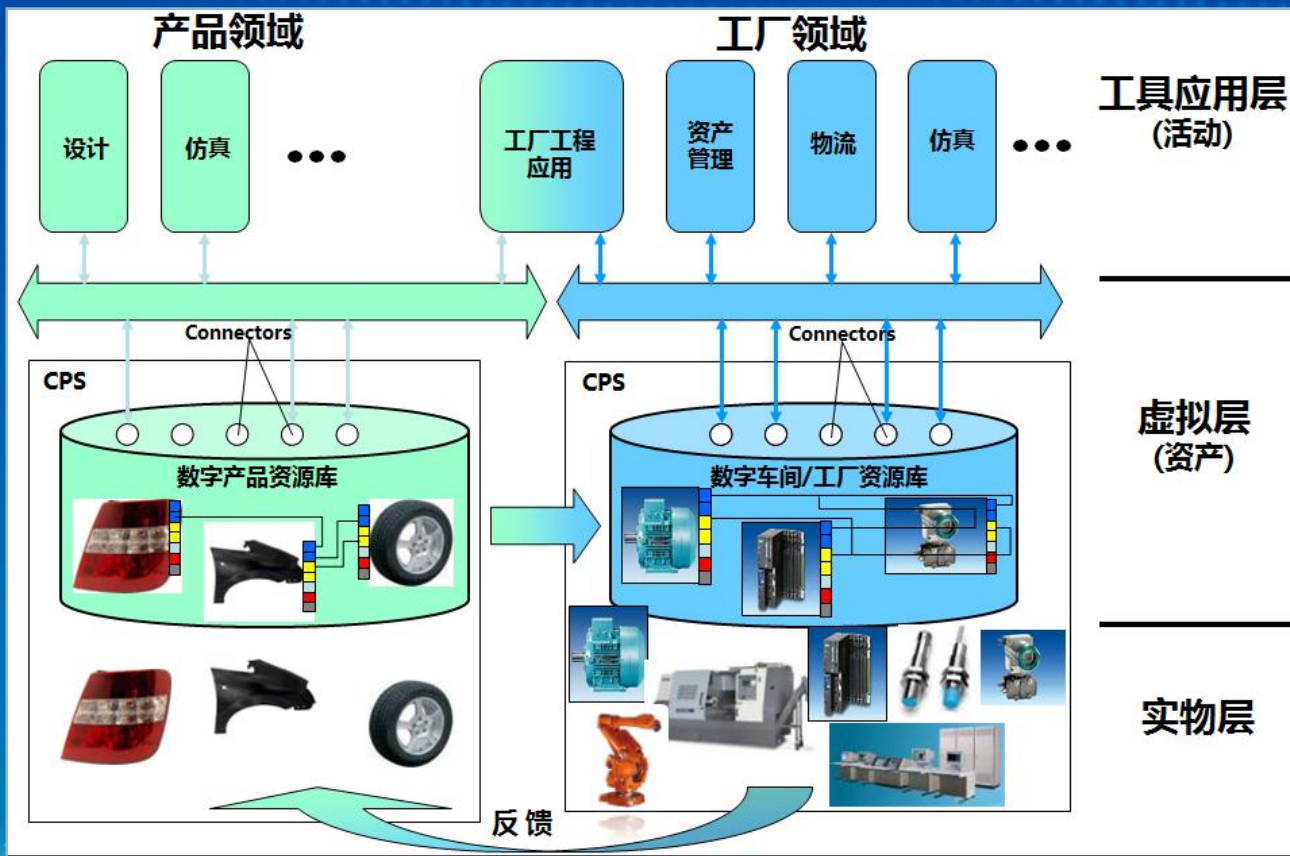
它是以**产品全生命周期**的相关数据为基础，在计算机**虚拟**环境中，对整个生产过程进行仿真、评估和优化，并进一步扩展到整个产品生命周期的新型生产组织方式，是现代数字制造技术与计算机仿真技术相结合的产物。



数字工厂示意

Schematic of digital factory

让制造更聪明
 More Cooperation, Smarter Manufacturing



Tools application Layer (Activities)

Virtual Layer (Assets)

Entity Layer

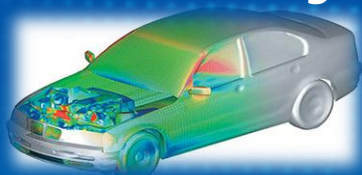


产品设计与生产过程无缝集成

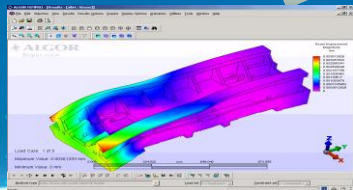
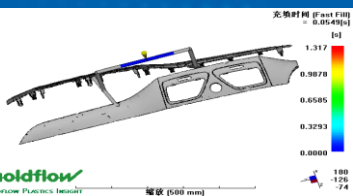
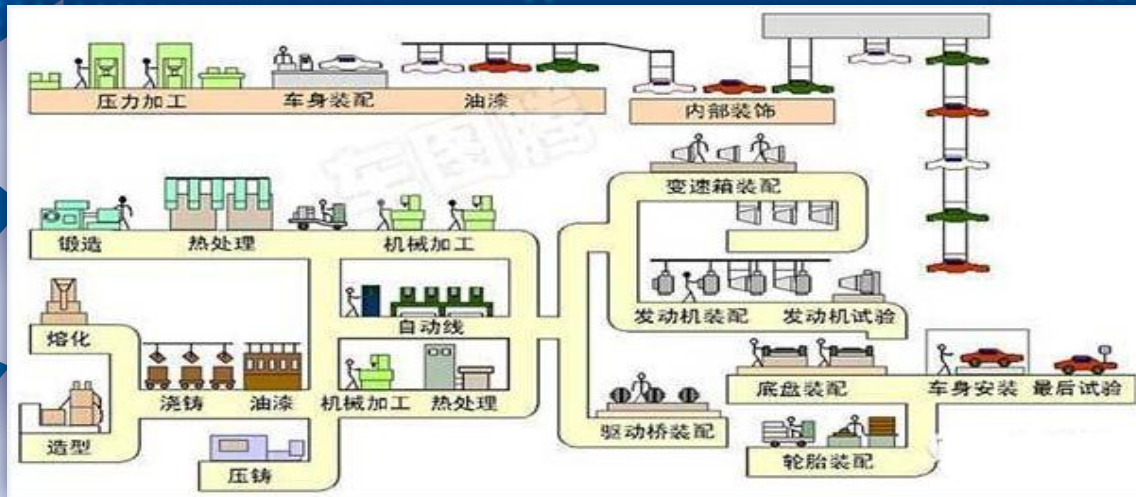
Seamless integration of design and production

让制造更聪明
More Cooperation, Smarter Manufacturing

产品设计 Product Design



生产过程 Production



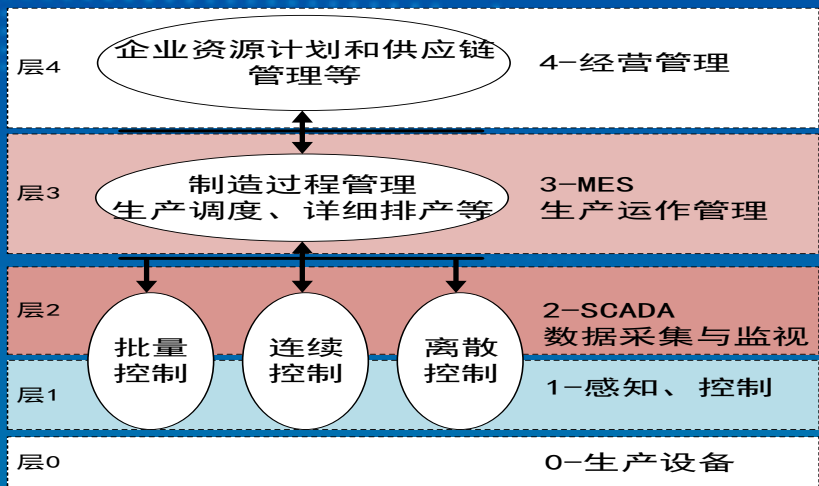
自动化
信息化
一体化

精益化
集成化

PDM, PLM等;
CAPP, CAE等;
ICS/MES/ERP等
集成 Integration

打通纵向集成和横向集成 Vertical and horizontal integration

个性化批量生产模式颠覆了传统的制造模式，不仅需要制造系统能够支持自适应生产任务、资源和环境等制造要素的动态变化，而且需要制造系统能够实现**企业内部管理的纵向集成和面向供应链的横向集成**（工业4.0目标）。



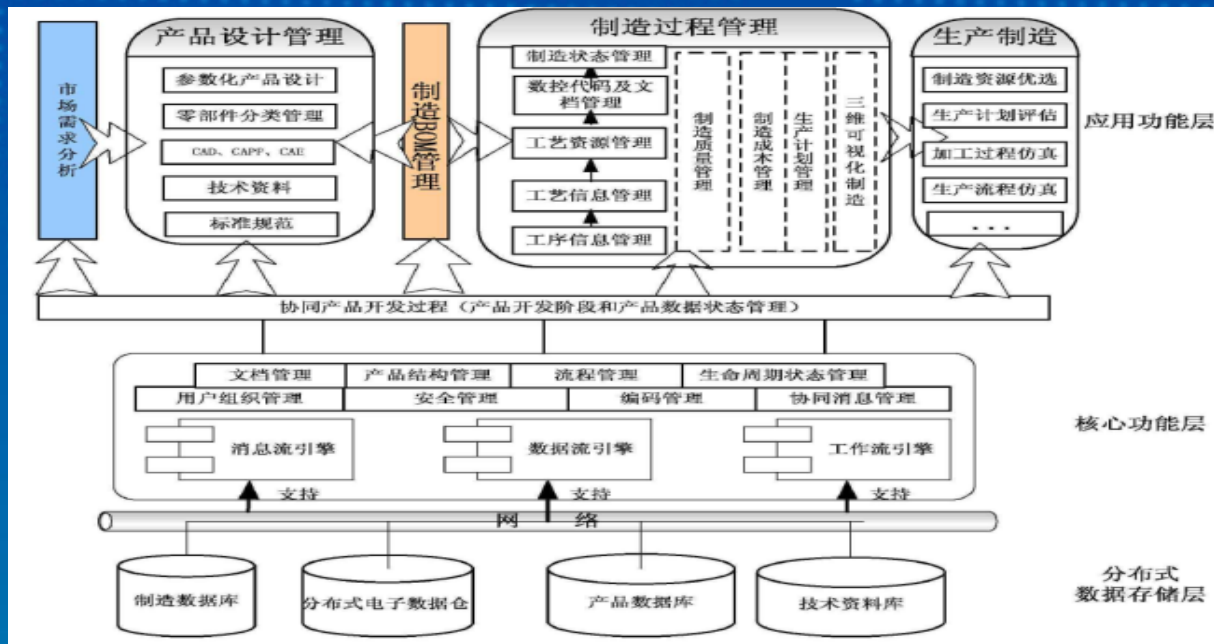
企业内部管理的纵向集成
Vertical integration of enterprise internal management

位于第3层的**MES**（制造企业生产过程执行管理系统）和位于第2层的**SCADA**（数据采集与监视控制系统）两个软件系统是数字化智能制造的核心工业软件。



打通纵向集成和横向集成 Vertical and horizontal integration

基于PLM的制造过程管理系统体系结构
Manufacturing process management system architecture based on PLM



PLM将分散的“产品信息孤岛”进行无缝集成，对产品全生命周期各个阶段的历史数据、现用数据、实验数据、规范文档等进行管理，为企业提供支持产品快速设计、制造优化、顺畅销售和方便使用维护等的**集成化协同系统**，是一种战略性的思想方法。

打通纵向集成和横向集成

Vertical and horizontal integration

PLM紧紧围绕产品，对用户需求、订单信息、产品开发、工艺规划、生产制造、使用维护和回收再利用等全生命周期各个阶段产品数据的生成、变化进行科学高效的管理，以达到缩短产品上市周期、保证产品质量、降低产品成本等目的。

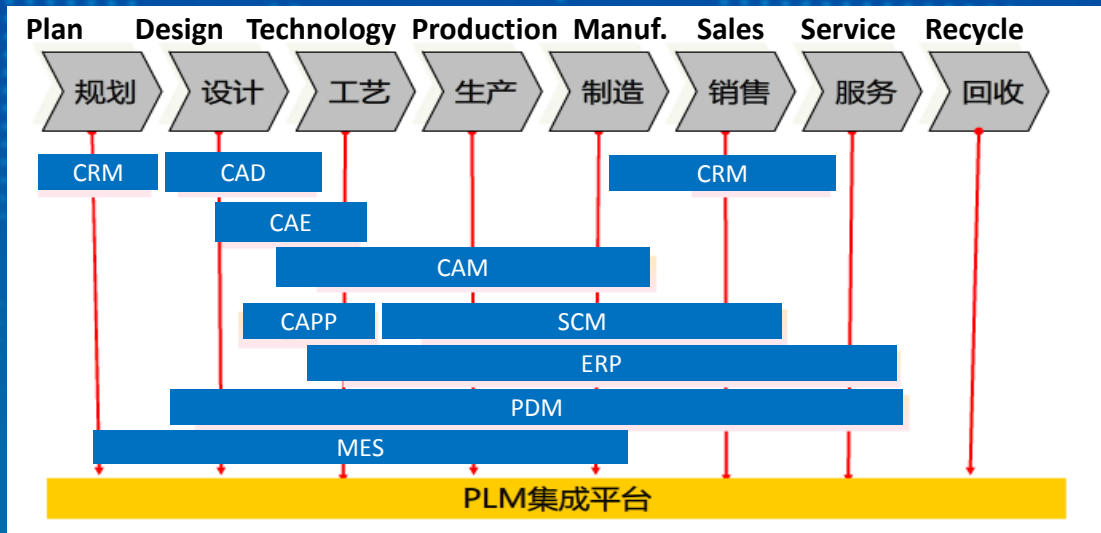
从地域上：
横跨企业和供应链；

从时间上：
覆盖从产品的概念阶段一直到产品结束的全生命周期。

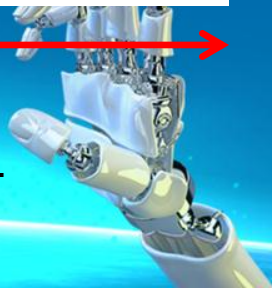
注：

客户关系管理（CRM）、三维计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助工程（CAE）、计算机辅助工艺过程设计（CAPP）、计算机辅助制造（CAM）、供应链管理（SCM）、企业资源计划管理系统（ERP）、产品数据管理系统（PDM）、制造执行管理系统（MES）。

PLM (产品全生命周期管理)



面向供应链的横向集成
Horizontal integration orienting supply chain

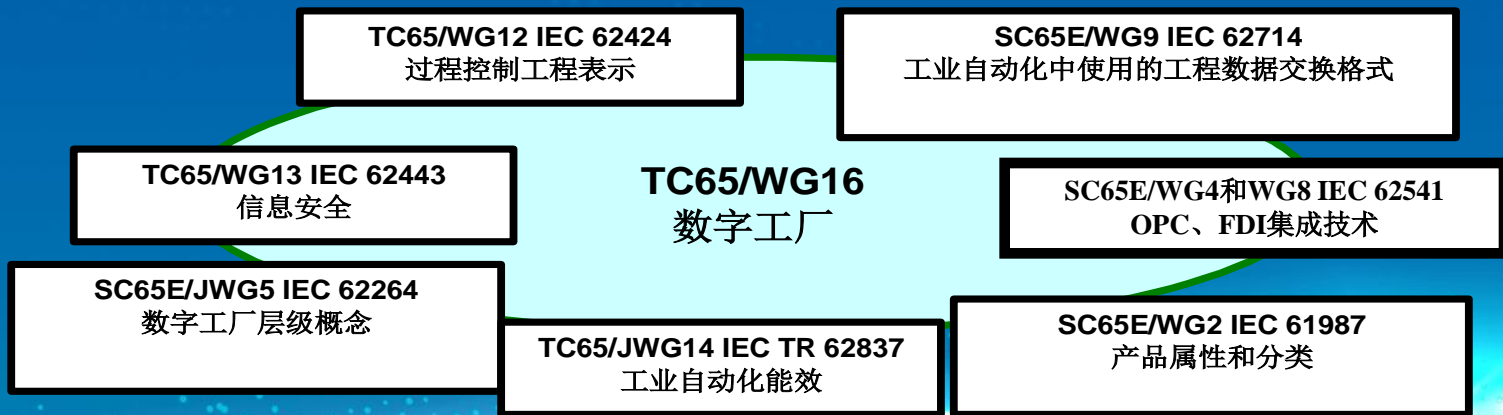


数字工厂工作组 IEC digital factory WG

2011年6月，IEC/TC65（对口SAC/TC124）成立了WG16数字工厂标准制定工作组。菲尼克斯、西门子、施耐德、罗克韦尔、横河、GE、ABB等国际知名自动化企业都参与了相关工作。

2012年11月，IEC/TR 62794 工业过程测量控制和自动化 生产过程表示用参考模型（数字工厂）

15年完成了国家标准转化：GB/Z 32235-2015 工作组组长：仪综所王春喜士



基于自动化资产的数字化定义和描述 Common Data Dictionary (CDD)

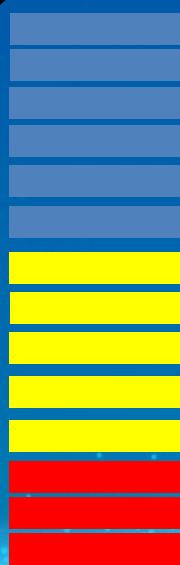
如：IEC 61360 《电气元件的标准数据元素类型和相关分类模式》、
IEC 61987 《工业过程测量和控制 过程设备目录中的数据结构和元素》

标准化的属性 (IEC CDD)



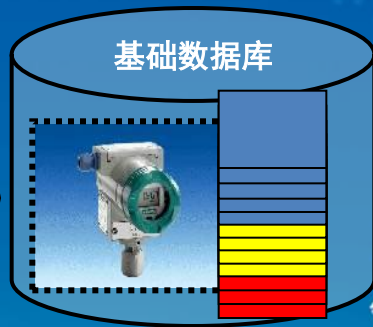
- 传感器尺寸
- 传感器材料
- 传感器重量
- 外壳尺寸
- 外壳材料
- 本地操作员面板
- 阈值和事件信号
- 线性化曲线
- 补偿功能
- 时间戳功能
- 自校准
- 故障安全模式
- 测量时间
- 循环时间
- 过滤时间
- 通信间隔

基础元素



进入基础数据
仓库

产品主数据



基于自动化资产的数字化定义和描述 Common Data Dictionary (CDD)

规定电气设备和系统中所使用的电子/电气部件和材料的类型及相关特征属性，已包括**440个类型**和**1440个属性**，还在陆续增加中。过程设备数据库建立后，作为生产相关海量数据储存服务器中的备选素材，通过仿真工具和工厂工程软件获取CPS所需的元素。



The screenshot shows the IEC 61360 - Common Data Dictionary (CDD - V2.0012.0001) interface. On the left is a tree view of components, with 'Liquid crystal displays' selected. On the right is a detailed view for code AAA076, showing version 001, revision 02, and a definition: 'A set of liquid crystal displays of which each display can be described with the same group of data element types.' A red arrow points to the language selection tabs (English, Czech, German, Japanese), where 'English' is selected.

多语言定义，包括英语、法语、德语、日语，缺少中文定义

如：









工业4.0的概念

The concept of Industry 4.0

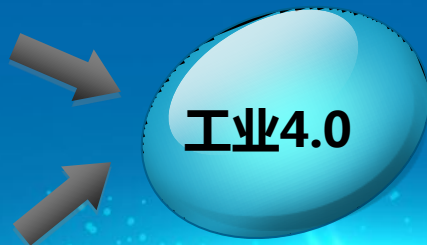
什么是工业4.0？ What is Industry 4.0？

- 工业4.0：以智能制造为主导的第四次工业革命（革命性的生产方法）。通过**信息物理系统CPS**实现全生命周期中制造单元间相互独立地自动交换信息、触发动作和实现控制，将制造业向智能化转型。

① 德国政府实施工业4.0的原因

将信息和通信技术集成到传统的制造业，以维持其全球市场领导地位

为CPS技术和产品建立和培育新的市场，成为智能制造技术的主要供应商



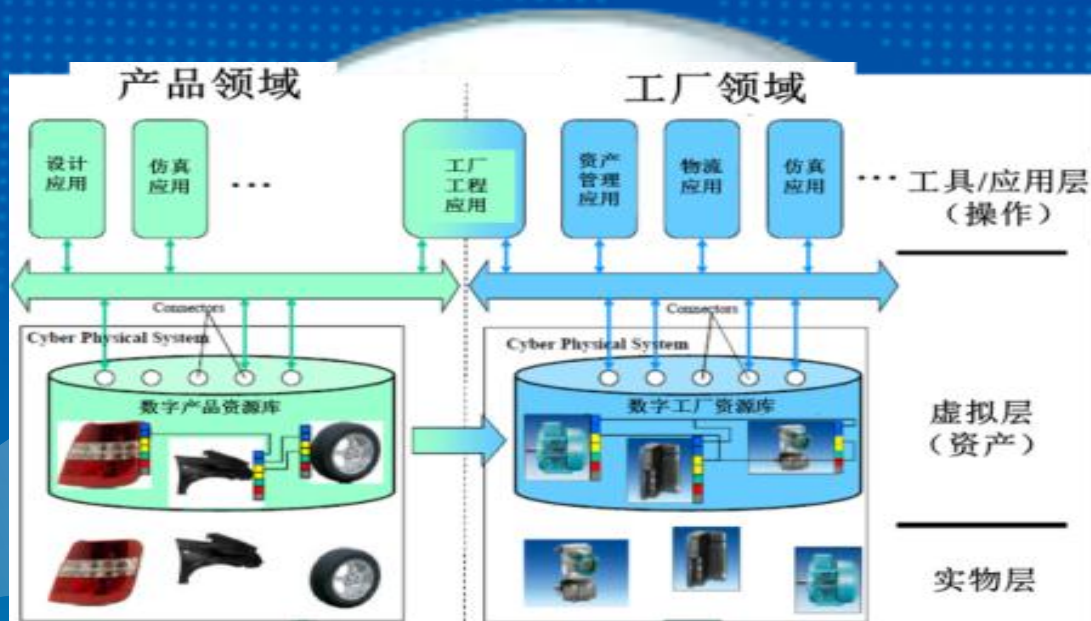


工业4.0 – 生产链自组织自适应 (最优化)

I4.0 Self-organization & self-adaption of production chain

让制造更聪明

More Cooperation, Smarter Manufacturing



PU

生产单元 (数字工厂)
Production Unit (DF)

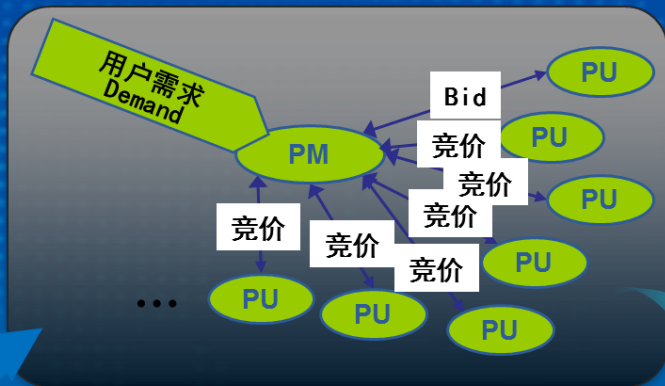


工业4.0 – 产业链自组织自适应 (最优化)

I4.0 Self-organization & self-adaption of production chain

让制造更聪明

More Cooperation, Smarter Manufacturing

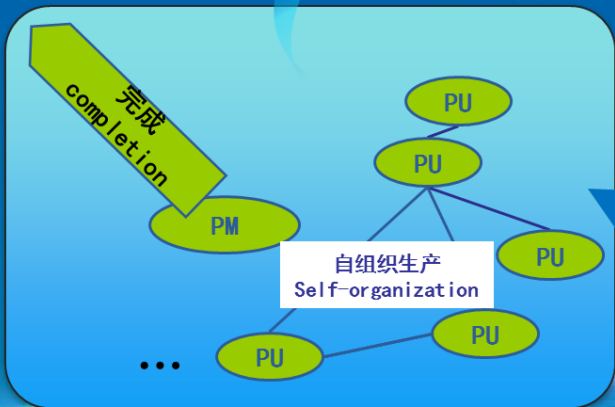


PM : 生产管理

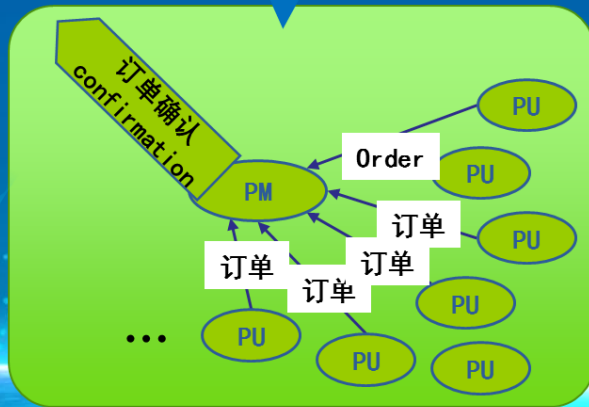
Production Management

PU : 生产单元

Production Unit



自组织生产
Self-organization



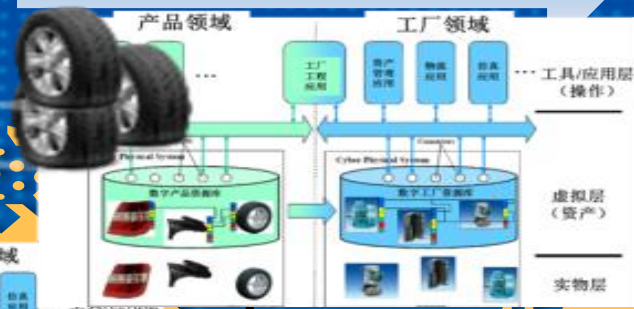


用户需求、产品
Users requirements, products

云端 cloud

让制造更聪明
More Cooperation, Smarter Manufacturing

互联网
Internet



跨企业、行业、地域建立生产链
Production chain across enterprises, industries and areas

工业4.0的主要内涵

Main connotation of Industry 4.0

1. 产品：用户需求的功能性能数字仿真及快速实体化“虚拟”实现
Product : Simulation of user requirement and rapid substantiated virtual implementation.
2. 生产：从材料选择到工厂生产资源配置的全数字仿真与实现
Production : Digital simulation and implementation

实现手段：云计算、大数据、物联网
Measures : cloud computing, big data, IoT

实现跨企业、行业、地域的**生产链**整合来高效满足用户个性化需求

——**重构价值链**！

Production chain which across enterprises, industries and areas, meet the individual requirements of users efficiently.

——**Reconstructed Value chain**！





1. 相关概念

Related concepts

2. 从数字工厂到智能制造/工业4.0

From Digital Factory to IM/ Industry 4.0

3. 标准化的需求和实践

Remand and Practice of Standardization



- 2016年6月，IEC/SMB/SG8转换为SEG7 “智能制造”系统评估组。

In June 2016, IEC/SMB/SG8 converted to SEG7 “Smart Manufacturing” System Evaluation Group.

- ITEI承担SEG7的国内对口单位。

ITEI is the institute which technically mirrors to SEG7 in China.

- 2015年，ISO/TMB（技术管理局）成立“工业4.0/智能制造”战略顾问组，开展工业4.0标准战略研究。

In 2015, ISO/TMB established “Industry 4.0/ Smart Manufacturing” Strategy Advisory Group.

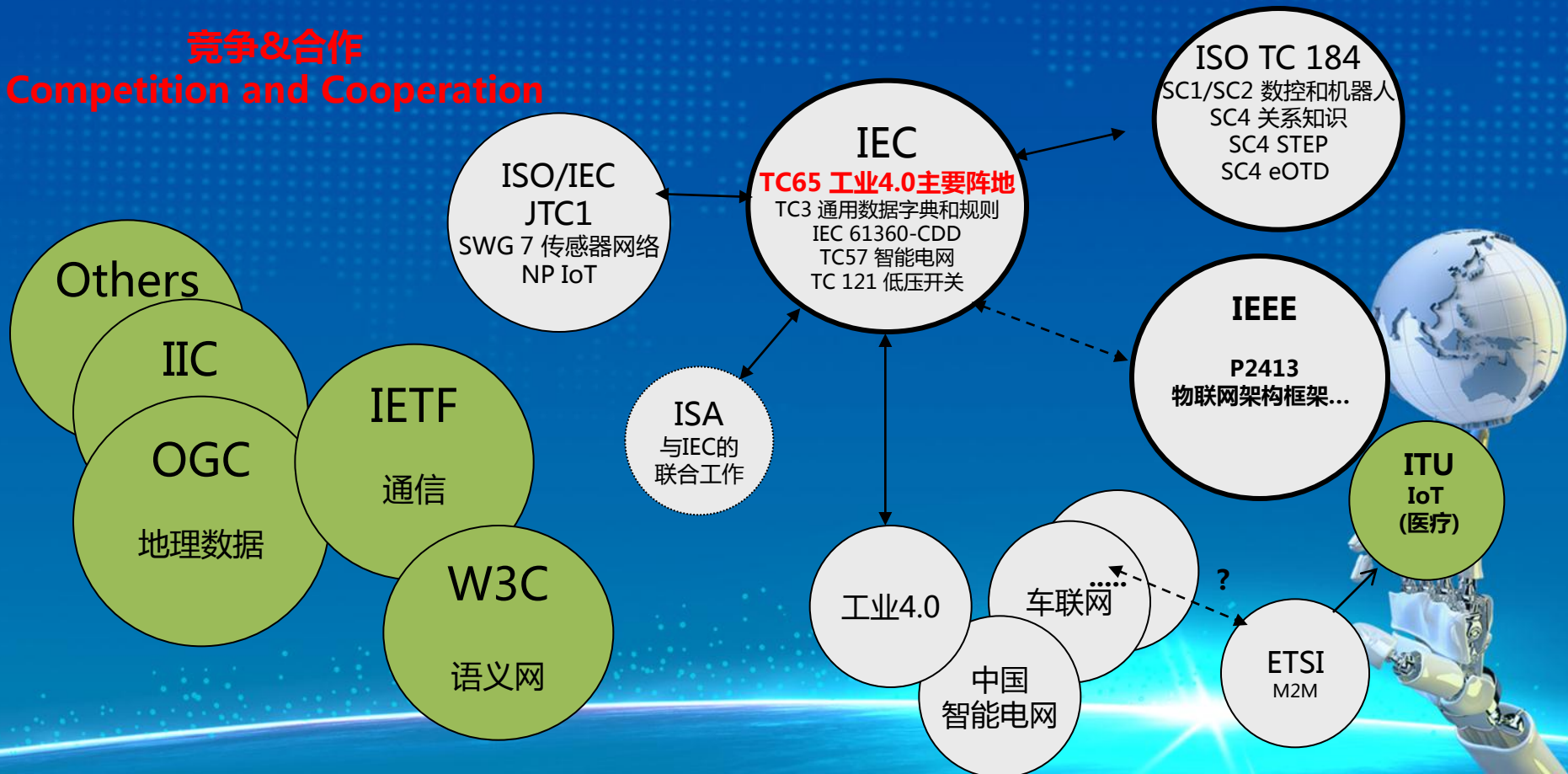
- 2014年10月，IEC/MSB（市场战略局）启动“未来工厂”白皮书项目，开展智能制造市场需求、技术发展、长期规划研究。已正式发布。

In October 2014, IEC/MSB carried out the White Paper Project of “Future Factory” which is already published.



竞争&合作

Competition and Cooperation



IEC TC65智能制造国际标准化工作

IEC TC65 SM international standardization works

- 智能制造的许多要求都来自工业自动化领域。Many requirements of Smart Manufacturing are in the area of industrial automation.
- IEC TC65已经制定了约400项支撑智能制造的国际标准。IEC TC65 already support Smart Manufacturing with nearly 400 developed and maintained standard documents.
- 智能制造未来所需制定的标准中大部分也都在TC65的工作范围内。
Significant number of the needed upcoming standards will also be in the scope of TC65.
- TC65与50个技术委员会建立了联络关系，并将进行扩展以满足智能制造的要求。
TC65 has about 50 liaisons and will extend these as necessary to cover Smart Manufacturing requirements
- TC65具有高度活跃的专家成员，包括58个工作组和超过650名专家。TC65 has highly active expert community, including 58 working groups and over 650 individual experts

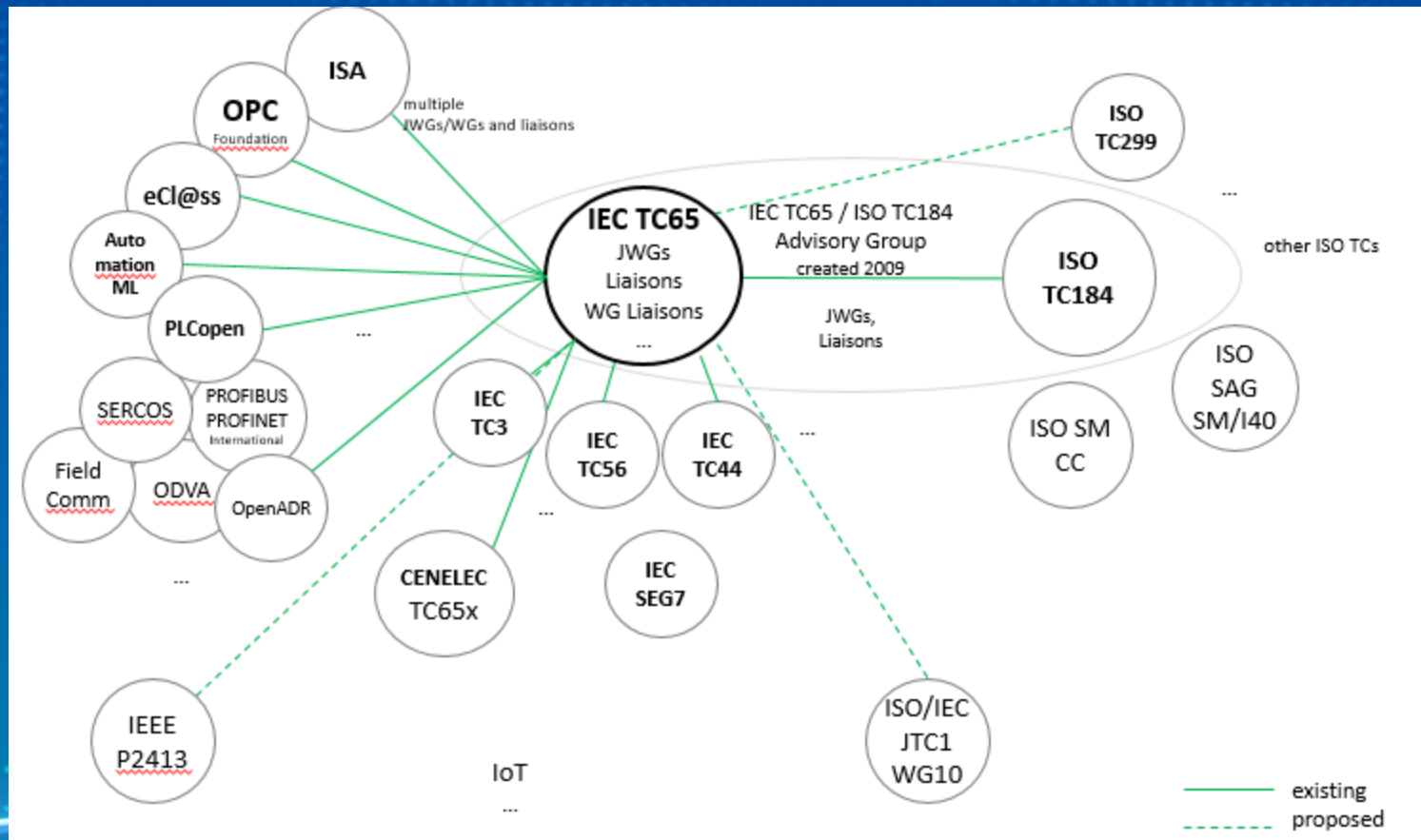
德国工业4.0标准化委员会将IEC TC65作为国际标准化的核心技术委员会。
Germans Standardization Council Industry 4.0 has decided to use IEC TC65 as the main committee for standardization.

智能制造参考模型的标准化工作已在IEC TC65启动。
The standardization work of Smart Manufacturing Reference Mode(s) has started in IEC TC65.



IEC TC65与其它智能制造相关组织的合作

IEC TC65 cooperation with other originations about IM/SM

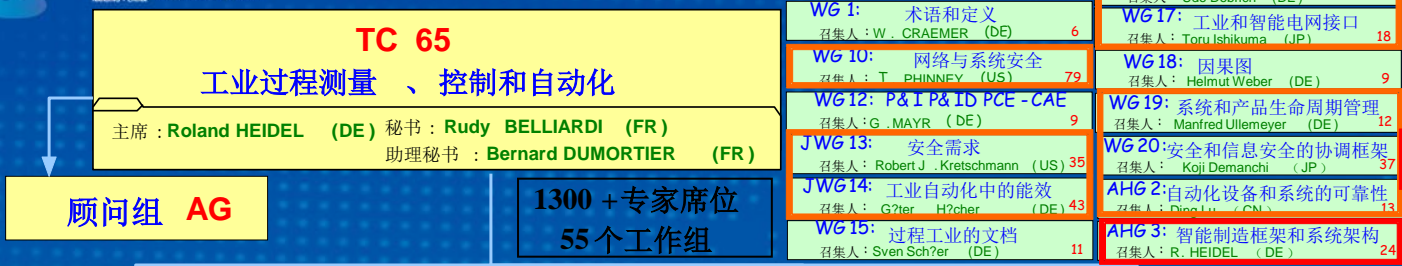




IEC/TC65结构图 IEC/TC65 Structure

让制造更聪明

More Cooperation, Smarter Manufacturing



JWG21: 智能制造参考模型 ★

SC 65 A 系统各主要方面 主席: R. J. Kretschmann (US) 秘书: Petar Luzajic (GB)	
WG 4: 电磁兼容性要求 召集人: B. JAEKEL (DE) 25	WG 14: 功能安全导则 召集人: R. BELL (GB) 23
WG 15: 过程工业报警系统管理 召集人: Donald G. Dunn (US) 23	WG 16: IEC61069 系统特性评定 召集人: Donald G. Dunn (US) 12
WG 17: 人员因素和功能安全 召集人: Carl Sandom (US) 22	MT 61508 -1/2 (除第3部分外) 召集人: R. BELL (GB) 58
MT 61508 -3 (仅第3部分) 召集人: Audrey Canning (GB) 51	MT 61511 过程工业安全仪表系统 召集人: V. J. MAGGIOLI (US) 60
MT 61512: 批控制系统 召集人: Randy Dwiggins (US) 13	AHG 17: 术语 召集人: R. KRETSCHMANN (US) 8

SC 65 B 测量和控制设备 主席: Wilfried Hartmann (DE) 秘书: David A. Vasko (US) 助理秘书: John N. III Harman (US)	
WG 5: 温度传感器与仪表 召集人: Masahiko Gotoh (JP) 23	WG 6: 测试与性能评价 召集人: Dario Fantoni (IT) 22
WG 7: 可编程控制系统 召集人: Robert J. Kretschmann (US) 65	WG 9: 最终控制元件 召集人: Alan H Glenn (US) 14
WG 14: 分析仪器 召集人: J. TATERA (US) 23	WG 15: 功能块 召集人: J. H. Christensen (US) 15
WG 16: 无线通信设备的电源 召集人: L. Winkel (DE) 11	JWG 17: 过程调节阀属性列表 召集人: Ryoji Okutsu (JP) 10
PT62492 -2, 热像仪 召集人: Masahiko Gotoh (JP) 5	PT62829: 过程分析技术化学计量 召集人: Michael Maiwald (DE) 7
PT61987-24: 过程设备类中的数据结构和元素 召集人: Peter Zgorzelski (DE) 11	

SC 65 C 工业网络 主席: Antony C. CAPEL (CA) 秘书: Val'rie Demassieux (FR) 助理秘书: B. DUMORTIER (FR)	
MT 9: 现场总线维护 召集人: L. Winkel (DE) 57	JWG 10: 工业布线 召集人: F. RUSSO (IT) 41
WG 12: 现场总线功能安全 召集人: V. DEMASSIEUX (FR) 39	WG 13: 网络信息安全 召集人: T. PHINNEY (US) 26
WG 15: 高可用性网络 召集人: G. Hoercher (DE) 39	WG 16: 无线 召集人: J. D. Decotignie (CH) 30
WG 17: 无线共存 召集人: L. Winkel (DE) 30	PT 61207 -7: 气体分析仪 召集人: J. WANG (CN) 4
	JWG 7: 压力测量设备属性列表 召集人: Peter Zgorzelski (DE) 10
	JWG 8: 温度测量设备属性列表 召集人: Dirk Boguhn (DE) 9

SC 65 E 企业系统中的设备与集成 主席: Joseph Briant (FR) 秘书: Donald R. Lattimer (US) 助理秘书: Charley Robinson (US)	
WG 2: 产品特性与分类 召集人: P. ZGORZELSKI (DE) 13	WG 3: 试运行 召集人: Mr. Torsten Knohl (DE) 4
WG 4: 现场设备工具接口规范 召集人: C. DIETRICH (DE) 14	JWG 5: 企业控制 召集人: D. BRANDL (US) 25
JWG 6: 设备行规 召集人: Ingo Weber (DE) 9	WG 7: 过程控制用功能模块 +EDDL 召集人: C. DIETRICH (DE) 16
WG 8: OPC 统一架构 召集人: Ingo Weber (DE) 21	WG 9: AutomationML 召集人: Björn Grimm (DE) 13
WG 10: 智能设备管理 召集人: Ian Verhappen (CA) 10	WG 11: 状态监控 召集人: MWOLL SCHLAEGE (DE) 10
AhG1: 智能制造信息模型 召集人: P. JUHEL (FR) 13	





- 2016年2月成立, IEC/TC65/AHG3 智能制造框架和系统架构

In February 2016, IEC/TC65/AHG3 IM Structure and System Architecture was established.

- 任务：“自上而下”，梳理智能制造相关标准和工作，确定这些标准在企业或工厂中的作用，研究影响制造业的新议题及最佳应用，为应对制造业蓝图变化确定待制订和需要提升的标准。

Task: **From the top to the bottom**, review existing and in-progress relevant standards, identify how the standards are used, identify the changing manufacturing landscape, develop a list of new subjects influencing manufacturing, and their best use, identify gaps and necessary enhancements to existing standards.



- 2016年2月，成立SC65E/AHG1 “智能制造信息模型” 特别工作组

In February 2016, IEC/SC65E/AHG1 IM Information Model was established.

➤ 目标：“**自下而上**”，该工作组从价值链、全生命周期、企业层级三个维度，明确智能制造信息模型相关概念、现有模型间的分歧，以及来自行业的需求。

Target: **From the bottom to the top**, AHG1 is to clarify the related concepts, gaps of current models and requirements form industries about IM.

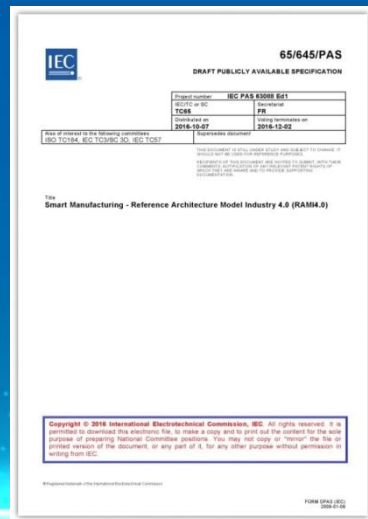




- 2016年10月7日，TC65发布IEC/PAS 63088 《智能制造——工业4.0参考架构模型 (RAMI4.0)》投票文件，预计2016年12月正式发布。已与ISO/TC184和ISO/IEC JTC1联合成立JWG21 “智能制造参考模型” 联合工作组。

In Oct. 2016, 65/645/PAS “Smart Manufacturing —— RAMI4.0” was distributed. The JWG21 “SM Reference Model” is established with ISO/TC184 and ISO/IEC JTC1.

- 主要内容包括：工业4.0中的资产、RAMI4.0、工业4.0组件、工业4.0组件的管理壳，以及工业4.0组件的形式
- 智能制造新概念提出之后公布的第一个国际标准化规范，中国智能制造、美国工业互联网和德国工业4.0将在TC65形成统一的智能制造参考模型国际标准。





ITEI承担智能制造专项——25项智能制造本体标准

IM Special Projects by ITEI ——25 key IM standards

编号	项目名称 Projects	标准名称 Standards
1	智能制造测控装备 语义化描述和数据字典 标准研究与验证平台建设 CDD of IM measurement and control devices	智能制造测量装备 语义化描述和 数据字典 通用要求
2		智能制造控制装备 语义化描述和数据字典 通用要求
3		智能制造 测控装备分类和编码
4		智能流量仪表 语义化描述的数据结构和元素
5	数字化车间术语及通用技术要求 标准研究和试验验证	数字化车间术语和定义
6		数字化车间通用技术要求
7	智能化产品术语与通用技术要求 标准研究与验证平台建设	智能化产品术语与定义
8		智能化产品通用技术要求 通则
9		智能化产品通用技术要求 智能控制系统

编号	项目名称	标准名称
10	功能安全和工业信息安全 标准研究和验证	数字化车间 功能安全 要求
11	平台建设	数字化车间 信息安全 要求
12	Functional safety and industry security	数字化车间 可靠性设计 要求
13		工业控制网络通用技术要求 第1部分：有线网络
14	工业控制网络 标准研究和验证平台建设	面向机械制造行业的工业控制网络应用导则
15	Industry control network	工业无线网络WIA规范 WIA-FA协议一致性测试规范
16		数字化车间互联网络统一架构
17	数字化车间集成与互联互通 标准研究和验证	智能制造装备集成信息模型 第1部分：通用信息模型
18	证平台建设	智能制造装备集成信息模型 第2部分：数控机床信息模型
19	Integration and interconnection of digital plant	智能制造装备集成信息模型 第3部分：工业机器人信息模型

ITEI承担智能制造专项——25项智能制造本体标准 IM Special Projects by ITEI ——25 key IM standards

编号	项目名称	标准名称
20	智能制造系统能效评估方法标准研制及试验验证系统建设	离散制造能效数据模型
21		离散制造能效评估方法
22	面向智能工厂/数字化车间安全一体化设计 计及实施 Safety integration design and implementation of intelligent factory/digital plant	智能工厂/数字化车间安全一体化设计
23		安全一体化产品/系统通用技术要求
24		安全一体化运维管理
25		安全一体化评测



典型行业 Typical Industries

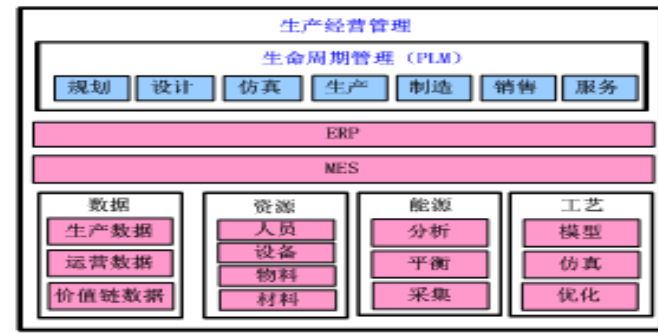
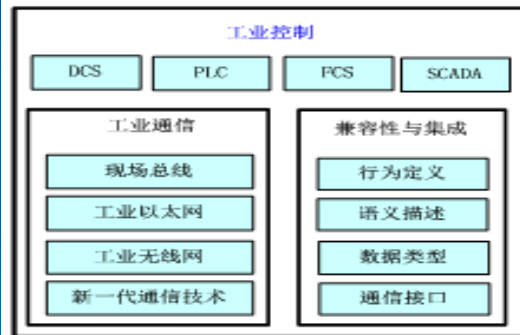


制造新模式 Manufacturing New Mode

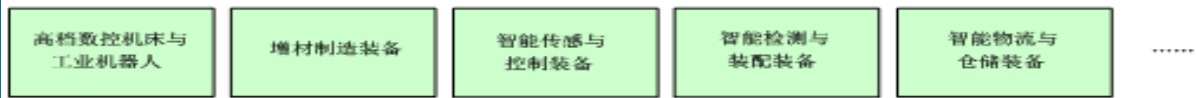


技术体系框图 (建议) Technologies system (Suggestion)

智能工厂/车间 Intelligent Factory/ Plant



智能制造装备 Intelligent Equipment



通用基础 Common Basis



现有标准梳理和待制定标准计划 Current standards and standards plan

- 保障智能制造的现行和待制定国家标准约220项，其中：
220 Current key standards and standards plan of IM， including：
 - 现行智能制造相关标准120项 120 Published standards
 - 待制定标准100项 100 drafting standards

急需制定标准

- 智能制造通用技术要求（智能化能力） IM General Technologies Requirements
- 智能制造语义化描述和数据字典 IM Semantics and CDD
- 智能制造系统能效技术要求和评估方法 IM Energy Efficiency
- 智能制造质量建模和在线管控基本要求 IM Quality Modeling and Monitoring
- 智能制造功能安全技术要求和评估方法 IM Functional Safety
- 智能制造信息安全技术要求和评估方法 IM Security
- 智能设备可靠性技术要求和评估方法 IM Reliability
- 智能制造一致性和互操作性通用技术要求 IM consistency and interoperability

.....

加强顶层设计，构建智能制造综合标准体系，
发挥智能制造标准的规范和引领作用！



思考 Thinking

冷静&合作
Cooperation

- 德国4.0: 维持其全球市场领导地位
- 觊觎中国市场、人才、资金、资源等

统一数据平台
CDD

- 需要**勇气**、**智慧**和**牺牲**，打破管理、行业壁垒
- 重新构建生产要素链和价值链
- 统一数据平台

标准是关键
Standards are crucial

- 标准化排在八个优先行动首位
- 大量关键技术和内容需要进行标准化



我们准备好了吗? Are we ready?

行政体系, 管理模式, 创新环境, 协同文化.....

Administration system, Management mode, Innovation environment, Collaborative culture.....

希望：中国拥有工业4.0，而不是工业4.0拥有中国！





世界智能制造大会
中国·南京
World Intelligent Manufacturing Summit
Nanjing · China

让制造更聪明

More Cooperation, Smarter Manufacturing

恳请指正！
致谢 Thanks！

