测控技术国际标准化与装备智能化

欧阳劲松　教授/所长

杭州　2020年12月

机械工业仪器仪表综合技术经济研究所

目 录

01 理清概念

02 测控技术标准化

03 装备智能化

04 思考与建议

■ 测量（Measurement）

从实验中获得一个或多个可以合理归因于一个量的值的过程。

Process of experimentally obtaining one or more values that can reasonably be attributed to a quantity.

—— ISO/IEC GUIDE 99:2007 2.1 《 国际计量学词汇 基本概念和通用概念及相关术语》

■ 控制（Control）

在过程中为达到特定目标而采取的有目的性的行为。

Purposeful action on or in a process to meet specified objectives.

——IEC 60050-351:2006《国际电工词汇 第351部分：控制技术》

■ 自动化（Automation）

在规定条件下不需要人为干预而工作的过程或设备。

Pertaining to a process or equipment that, under specified conditions functions without human intervention.

——IEC 60050-351:2006《国际电工词汇 第351部分：控制技术》

■ 安全（Safety）

✓ **定义1：不存在不可接受的风险。**

No unacceptable risk. ——IEC 61508《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》

✓ **定义2：所考虑的物理单元没有对外部的不可接受风险。**

Freedom from unacceptable risk to the outside from the functional and physical units considered ——国际电工术语 IEV 351-57-05

■ 功能安全（Fuctional Safety）

与受控设备（EUC）和EUC控制系统有关的整体安全的组成部分，它取决于E/E/PE安全相关系统、其它技术安全相关系统和外部风险降低设施的功能的正确执行。

Part of overall safety relating to the EUC and the EUC control system tha depends on the correct functioning of the E/E/PE safety-related systems and other risk reduction measures. ——IEC 61508《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》

※ 系统不因功能失效、失控、受控导致不可接受的风险

■ 信息安全（Security）

✓ **定义1：防止关键系统或信息类资产非授权使用、拒绝服务、修改、泄露、财政损失和系统损害情况下导致的不可接受风险。**

Prevent unacceptable risks arising from unauthorized use, denial of service, modification, disclosure, financial loss and system damage of critical systems or information assets. ——IEC 62443《工业通信网络 网络和系统信息安全》

※ 所考虑的物理单元没有来自外部的不可接受的风险

✓ **定义2：所考虑的物理单元没有来自外部的不可接受的风险。**

Freedom from unacceptable risk to the physical units considered from the outside. ——国际电工术语 IEV 351-57-07

■ 数字工厂 (Digital Factory)

用于表示工厂基本元素、自动化资产、他们的行为及相互关系的通用模型。

Generic model of a factory that represents basic elements, automation assets, their behaviour and their relationships. —— IEC/TR 62794 《数字工厂》

■ 数字孪生 (Digital Twin)

特定物理元素或具有数据连接的过程的数字模型，该数据连接使物理状态和虚拟状态之间能够以适当的同步速率收敛。

Fit for purpose digital representation of an observable manufacturing element with a means to enable convergence between the element and its digital representation at an appropriate rate of synchronisation. ——ISO DIS 23247-1 《自动化系统和集成 制造的数字孪生架构 第1部分：概述和一般原理》

■ 智能制造 (Smart Manufacturing)

智能制造是通过集成化和智能化使用网络、物理实体和人员各维度的过程和资源来生成和提供产品与服务，以提升制造性能，同时与企业价值链中的其它环节进行协作的制造业。其中：

a. 性能包括敏捷、效率、功能安全、信息安全、可持续，或企业指定的其它性能指标。

b. 制造业之外的其它环节包括工程设计、物流、市场推广、采购、销售或企业指定的其它方面。

Manufacturing that improves its performance aspects with integrated and intelligent use of processes and resources in cyber, physical and human spheres to create and deliver products and services, which also collaborates with other domains within enterprises' value chains

Note 1 to entry: Performance aspects include agility, efficiency, safety, security, sustainability or any other performance indicators identified by the enterprise.

Note 2 to entry: In addition to manufacturing, other enterprise domains can include engineering, logistics, marketing, procurement, sales or any other domains identified by the enterprise. ——IEC TR 63283-1 《智能制造 第1部分：术语和定义》（65/832/CD）

■ 人工智能（Artificial Intelligence, AI）

功能模块执行通常与人类智力相关的功能（如推理和学习）的能力。

Capability of a functional unit to perform functions that are generally associated with human intelligence, such as reasoning and learning. ——IEC 60050 171-09-16《人工智能 术语》

■ 物联网（Internet of Things, IoT）

将实体、人、系统、信息源和服务相互连接的基础设施，并实现对物理世界和虚拟世界的信息进行处理和反应。

Infrastructure of interconnected entities, people, systems and information resources together with services which processes and reacts to information from the physical world and virtual world. ——ISO/IEC 20924《物联网 术语》

■ 工业物联网（Industrial IoT, IIoT）

基于物联网通过利用现有或新兴的信息和通信技术实现工业转型的方法。

Internet of things based enabling approach for industrial transformation, by taking advantage of existing and emerging information and communication technologies. ——ITU-T Y.4003《工业物联网环境下的智能制造概述》

■ 工业互联网(Industrial Network)

工业互联网是工业全要素、全产业链、全价值链的全面连接，是人、机、物、工厂互联互通的新型工业生产制造服务体系，是互联网从消费领域向生产领域、从虚拟经济向实体经济拓展的核心载体，是建设现代化经济体系、实现高质量发展和塑造全球产业竞争力的关键支撑，是落实党的十九大提出的建设网络强国和制造强国战略任务的重要交汇点。 ——工信部信发司

2020年12月6日，英诺维盛公司赵敏发表文章《**中国独创的赛道：工业互联网**》：

中国在工业互联网有5个方面的独创内容：中文术语、内涵定义、技术路线、推广模式、生态形式。

赵敏 | 中国独创的赛道：工业互联网

原创 赵敏 英诺维盛公司 英诺维盛公司 1周前

12月2日，中国第二届工业互联网大赛在浙江余杭顺利落下帷幕，同时启动了第三届工业互联网大赛（参见图1）。

图1 第三届工业互联网大赛启动仪式

这是一场冠以“国字头”、由各级政府发起组织的正式大赛——工业和信息化部办公厅专门发布了《关于组织开展第二届中国工业互联网大赛的通知》，主办、承办和协办单位都是政府部门：（一）主办单位：工业和信息化部、浙江省人民政府。（二）承办单位：国家工业信息安全发展研究中心、浙江省经济和信息化厅、杭州市人民政府。（三）联合承办单位：重庆市经济和信息化委员会、杭州市经济和信息化局、青岛市工业和信息化局、深圳市工业和信息化

2020年4月8日，中国工程院院刊微博转载文章《**测控网、物联网、互联网，于工业“是什么”与“干什么”**》：

理清各种工业网络技术的术语定义、概念理解、作用范围、内涵及外延，分析工业属性赋能工业互联网的程度。

中国工程院院刊
4-8 10:30 来自 微博 weibo.com

【测控网、物联网、互联网，于工业“是什么”与“干什么”】本文基于工业网络技术发展脉络和标准化进程，立足于不同工业网络技术对于工业生产的作用与意义，首先从工业应用的本质和影响出发，阐述什么是工业生产，分析工业应用对于网络技术的实际需求；然后从术语定义和标准化方面，理清各种工业网络技术的概念和作用范围，重点比对了国内外概念理解上的差异；最后思考当前国内工业网络技术发展与生态建设对于工业生产、智能制造应如何更好地发挥积极作用，以及在推进策略上提出建议。

目 录

01 测控技术及智能化相关概念

02 测控技术标准化

03 装备智能化

04 思考与建议

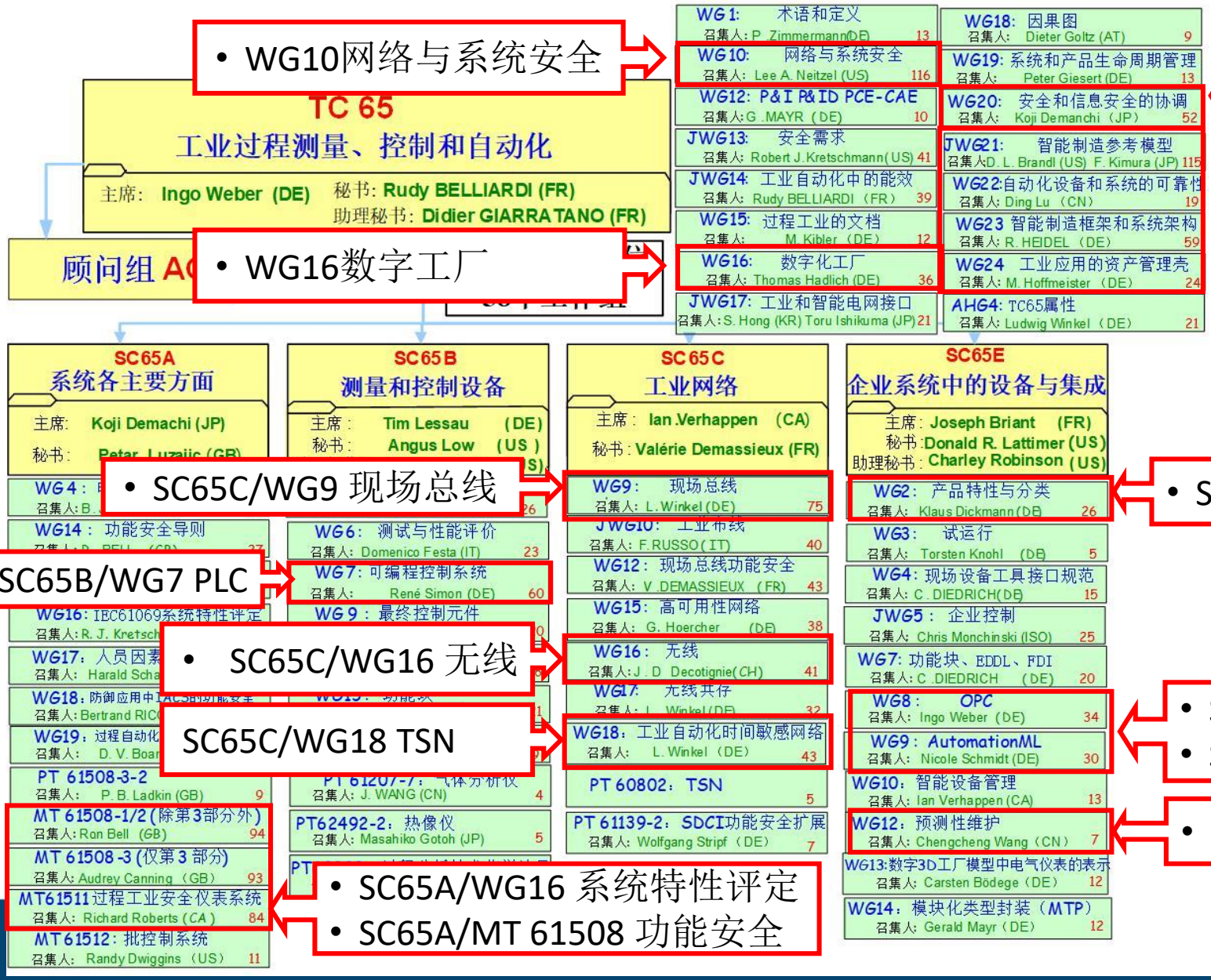
■ IEC/TC65：工作范围覆盖流程、离散、批量、数控、机器人等制造模式

—— 智能制造国际标准化工作的主要阵地

IEC/TC65 == SAC/TC124
工业过程测量控制和自动化

- 60个工作组；
- 1600+专家席位；
- 180人次中国专家参加了其中52个工作组

IEC/TC65 工业过程测量控制和自动化



- WG10网络与系统安全
- WG16数字工厂
- WG20 安全和信息安全的协调
- JWG21智能制造参考模型
- WG22自动化设备和系统可靠性
- WG23智能制造框架和系统架构
- WG24 资产管理壳
- SC65C/WG9 现场总线
- SC65E/WG2 产品特性与分类（CDD）
- SC65B/WG7 PLC
- SC65C/WG16 无线
- SC65C/WG18 TSN
- SC65E/WG8 OPC UA
- SC65E/WG9 AutomationML
- SC65E/WG12 预测性维护
- SC65A/WG16 系统特性评定
- SC65A/MT 61508 功能安全

PLC核心标准

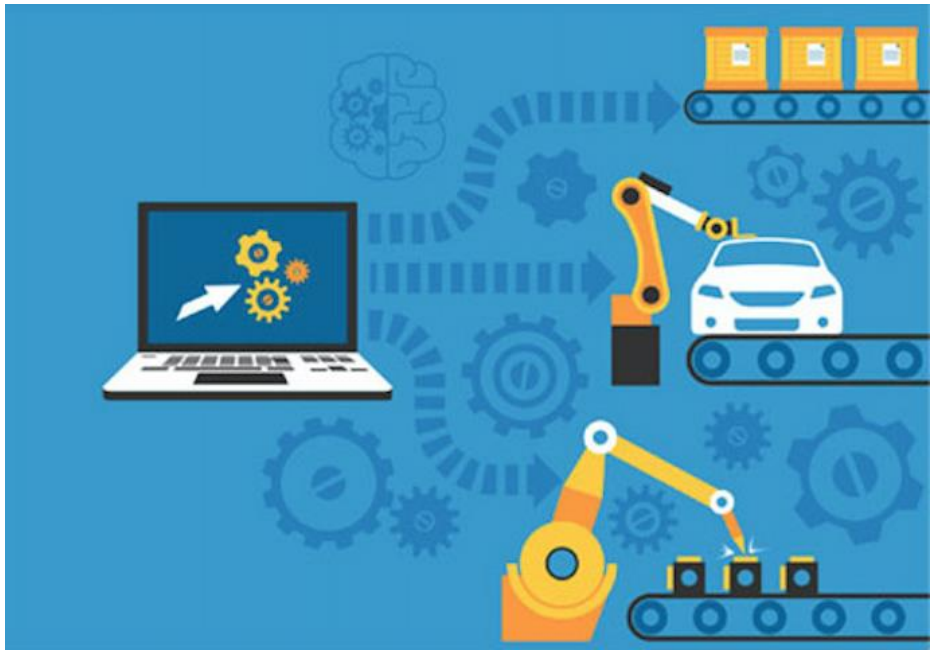
- **IEC 61131 《可编程逻辑控制器》系列标准**

标准部分	版本
1: 通用信息	Ed 2.0 ， 2003年发布
2: 设备要求与试验	Ed 4.0， 2017年发布
3: 编程语言	Ed 3.0， 2013年发布
4: 用户导则	Ed 2.0， 2004年发布
5: 通信	Ed 1.0， 2000年发布
6: 功能安全	Ed 1.0， 2012年发布 引入我国设计思路（863成果）
7: 模糊控制编程	Ed 1.0， 2000年发布
8: 编程语言的应用和实现导则	Ed 3.0， 2017年发布
9: 用于小型传感器和执行器的单点数字通信接口（IO-Link）	Ed 1.0， 2013年发布
10: 根据IEC 61161-3的程序的XML交换格式	Ed 1.0， 2019年发布

■ 功能安全核心标准

- **IEC 61508 《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》系列标准**

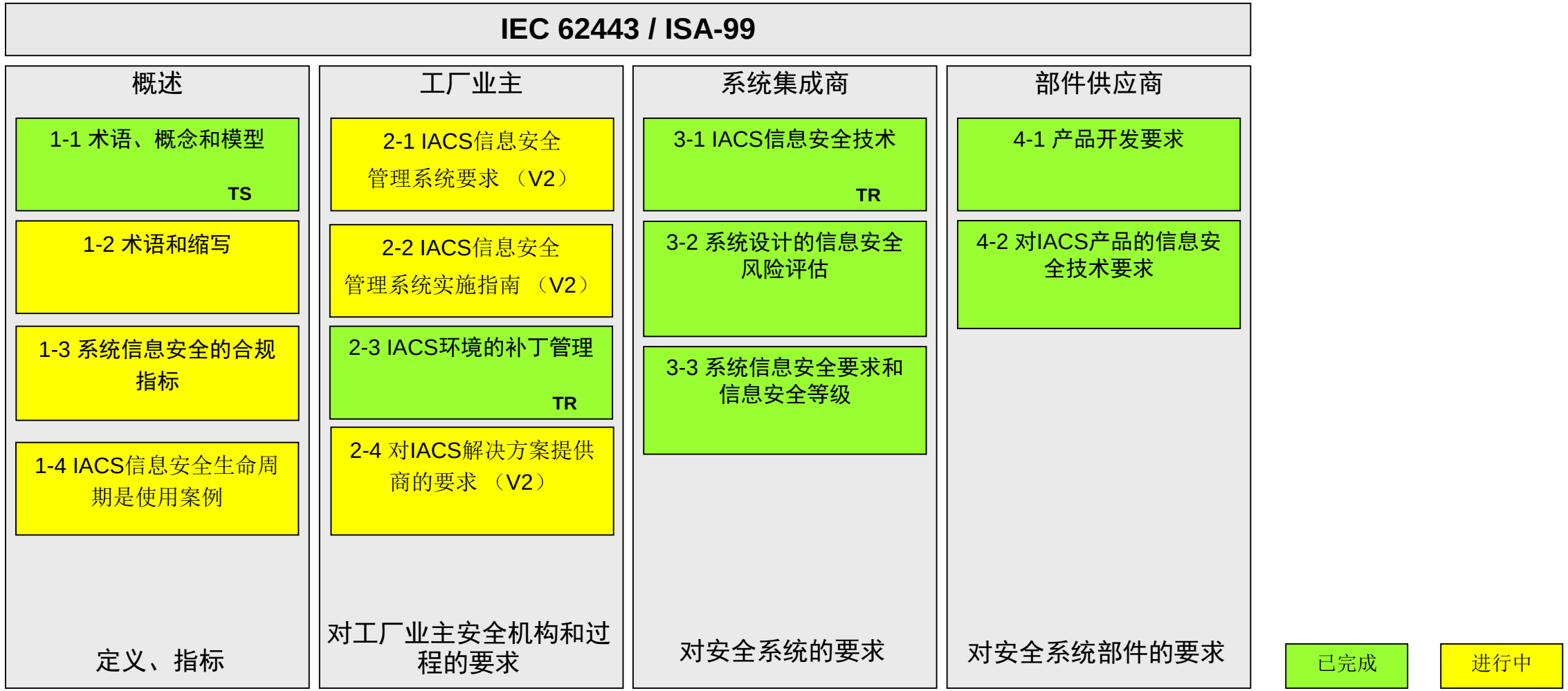
第1部分：一般要求
第2部分：电气/电子/可编程电子安全相关系统的要求
第3部分：软件要求
第4部分：定于和缩略语
第5部分：确定安全完整性等级的方法示例
第6部分：应用指南
第7部分：技术和措施概述



- **IEC 61511 《过程工业领域安全仪表系统的功能安全》系列标准**

第0部分：过程工业的功能安全和IEC 61511
第1部分：框架、定义、系统、硬件和软件要求
第2部分：IEC61511-1的应用指南
第3部分：确定要求的安全完整性等级的指南
第4部分：IEC 61511-1从版本1到版本2变更的说明和基本原理

工业信息安全核心标准


IEC 62443 / ISA-99
概述
1-1 术语、概念和模型
TS
1-2 术语和缩写
1-3 系统信息安全的合规指标
1-4 IACS信息安全生命周期是使用案例
定义、指标
工厂业主
2-1 IACS信息安全管理系统要求 （V2）
2-2 IACS信息安全管理系统实施指南 （V2）
2-3 IACS环境的补丁管理
TR
2-4 对IACS解决方案提供商的要求 （V2）
对工厂业主安全机构和过程的要求
系统集成商
3-1 IACS信息安全技术
TR
3-2 系统设计的信息安全风险评估
3-3 系统信息安全要求和信息安全等级
对安全系统的要求
部件供应商
4-1 产品开发要求
4-2 对IACS产品的信息安全技术要求
对安全系统部件的要求
已完成
进行中

系统可靠性核心标准

- 2017年AHG2转为正式工作组WG22“工业自动化设备和系统可靠性”，继续由标委会丁露博士担任召集人。

✓ 中国提案

1. IEC TS 63164-1:2020《工业自动化设备和系统可靠性 第1部分：自动化设备可靠性数据保证及其来源规范》

2. IEC TR 63164-2:2020 《工业自动化设备和系统可靠性 第2部分：系统可靠性》

■ 安全和信息安全协同核心标准

- **2014年成立IEC/TC65/AHG1“安全和网络安全协调框架“特别工作组，2016年提交NP并通过投票，成为正式工作组WG20。**

✓ 2019年5月发布**IEC/TR 63069《工业过程测量控制和自动化 安全和网络安全协调框架》**

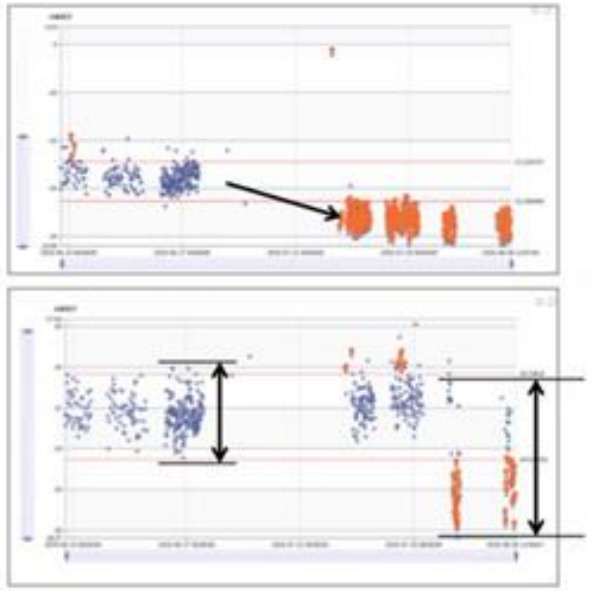
✓ 2020年12月发布**中国主导的IEC PAS 63325《工业自动化控制系统功能安全和信息安全一体化生命周期要求》**

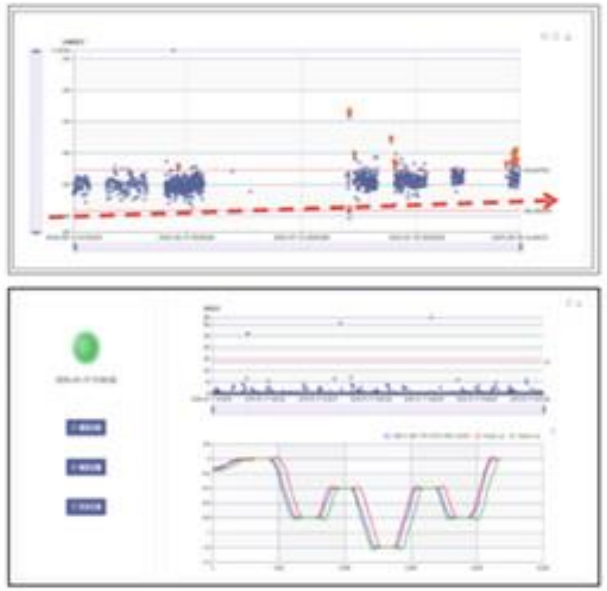
■ 预测性维护核心标准

- **2019年10月成立，中国提案，由仪综所王成城主任担任召集人**

✓ **IEC 63270 《工业自动化设备和系统 预测性维护》**

定义预测性维护的概念、范围，提供预测性维护功能结构模型、过程、方法、基础结构接口、数据要求指南等。





■ 智能设备管理核心标准

- **2015年成立SC65E/WG10“智能设备管理”工作组，制定IEC 63082《智能设备管理》系列标准**

✓ **主要内容**

智能设备概念和术语；智能设备配置；智能设备诊断；智能设备程序性工作（检验、功能测试、设备替换等）；智能设备管理指南

✓ **标准项目**

1. IEC TR 63082-1：2020《智能设备管理 第1部分：概念和术语》，2020年2月发布

2. IEC 63082-2 《智能设备管理 第2部分：规范性要求和建议》，NP通过投票

■ 数字工厂核心标准

- **IEC/TR 62794《生产过程表示用参考模型 （数字工厂）》已转化为GB/Z 32235-2015**
- **2020年10月新发布了 IEC 62832《数字工厂框架》系列标准**

✓ 包括3个部分：

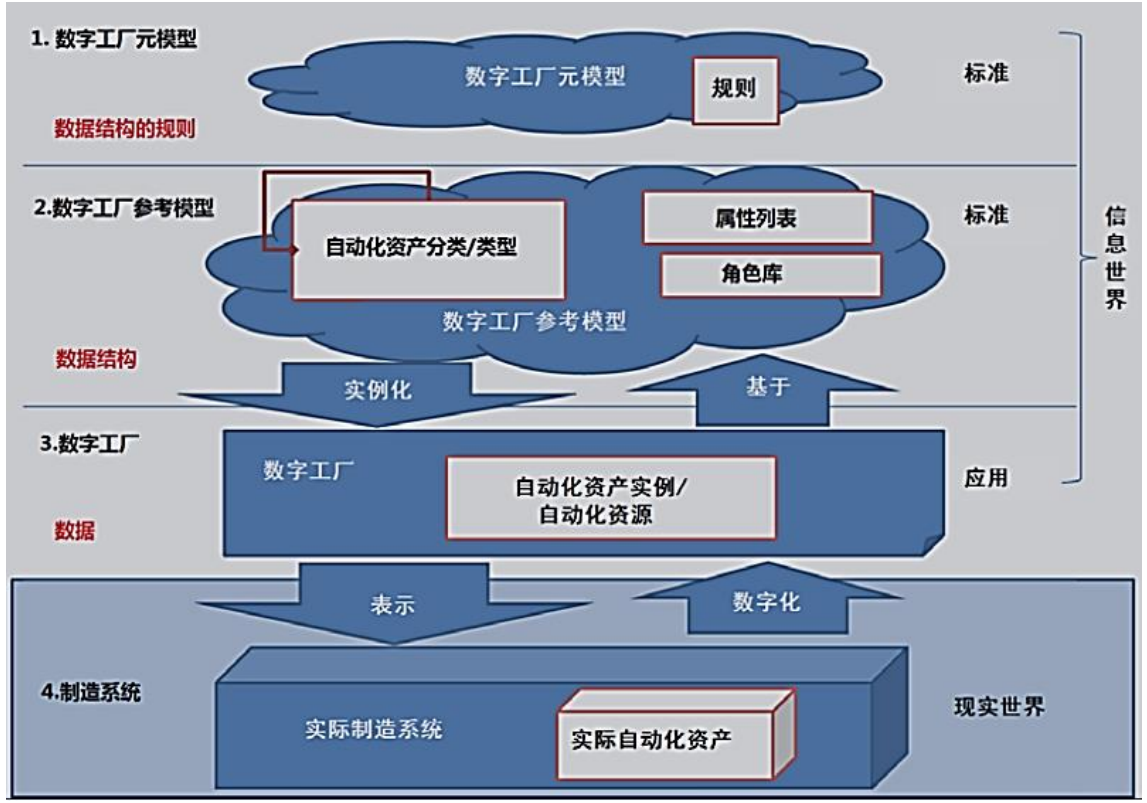
第1部分：一般原则

第2部分：模型元素

第3部分：制造系统生命周期管理的数字工厂应用

✓ 关键技术：

- 工厂资产静态信息模型和动态信息模型
- 数字工厂模型构建及动态优化技术
- 工厂资产的即插即用和自组态（管理壳）



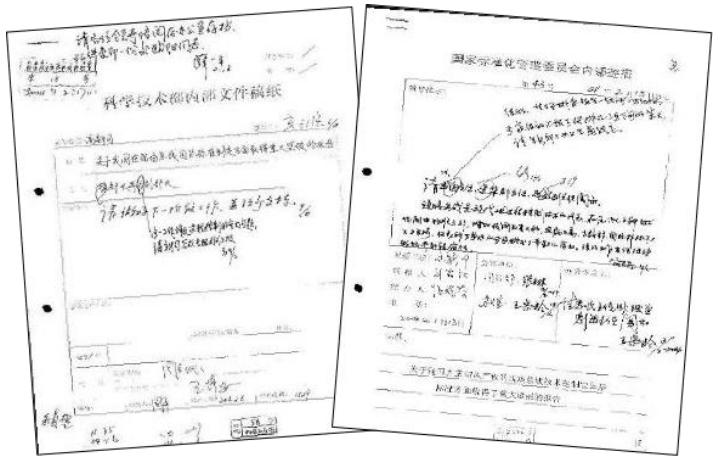
■ 工业网络核心标准

● 现场总线及实时以太网

✓ IEC 61158 测量和控制数字数据通信 工业控制系统用现场总线 目前包括28种类型 Type1~28

✓ IEC 61784 工业通信网络 行规 目前包括21种类型CPF1~22

EPA、AUTBUS由中国主导制定IEC国际标准，同时EPA被转化为德文版德国标准



■ 工业网络核心标准

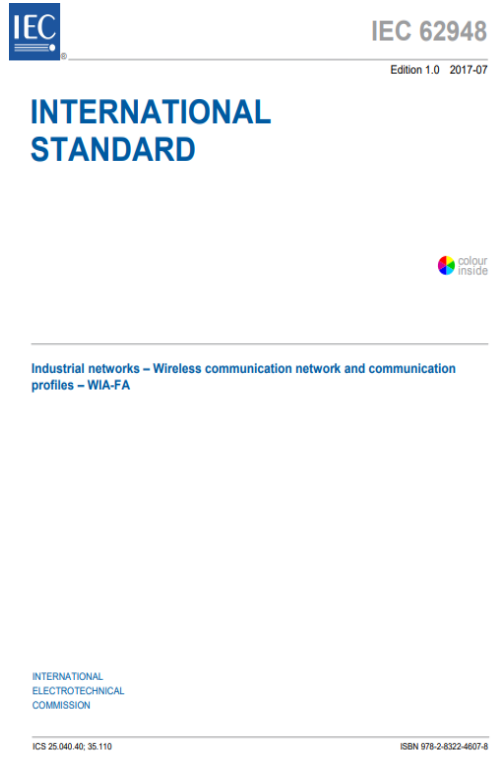
● 工业无线通信技术

- ✓ IEC 62591 工业通信网络 现场总线规范 WirelessHART
- ✓ IEC 62734 工业通信网络 现场总线规范 ISA 100.11a
- ✓ IEC 62601 工业通信网络 现场总线规范 WIA-PA

  由我国自主研制，2015年12月完成了第二版修订
- ✓ IEC 62948 工业通信网络 现场总线规范 WIA-FA

  由我国自主研制，2017年7月发布

IEC 62601
Edition 2.0 2015-12
INTERNATIONAL STANDARD
NORME INTERNATIONALE
colour inside
Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – WIA-PA
Réseaux industriels – Réseau de communications sans fil et profils de communication – WIA-PA
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
ICS 25.040.40 ; 35.100.05
ISBN 978-2-8322-3040-4


IEC 62948
Edition 1.0 2017-07
INTERNATIONAL STANDARD
colour inside
Industrial networks – Wireless communication network and communication profiles – WIA-FA
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
ICS 25.040.40; 35.110
ISBN 978-2-8322-4607-8

■ 工业网络核心标准

● 时间敏感网络（TSN）

1. IEC/IEEE 60802 《工业自动化TSN行规》，CD阶段
2. IEC 61802 ED1 《 TSN测试规范》，NP阶段

> ➢ **概念理解：**
>
> TSN是IEEE 802.1以太网数据链路层的一组标准，提供时钟同步、通信调度等功能，解决了以太网确定性问题，引起了工业界的普遍关注，各工业以太网纷纷与TSN融合，以期实现IT网络和OT网络二合一。

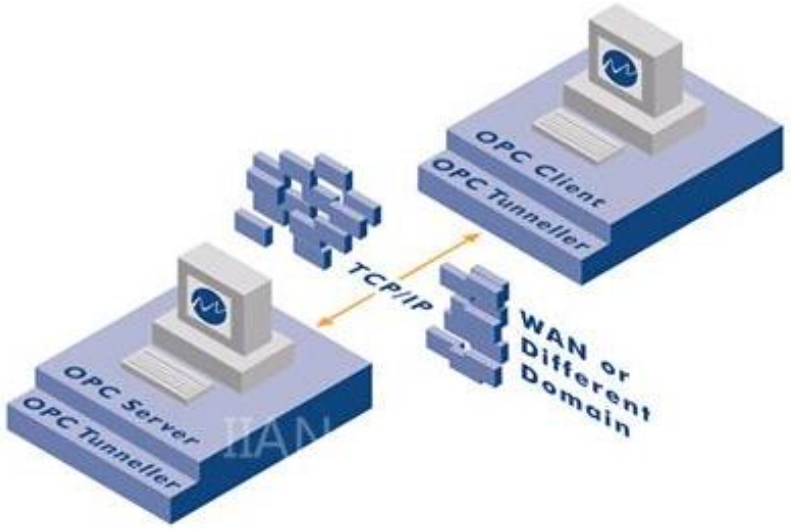
TSN对于自动化和控制系统制造商而言，提供的优势

- 健壮的、可靠的数据传输
- 有保证的传输延迟
- 自动的系统组态和管理
- 系统组合性，支持在已有系统上增加子系统和功能
- 易于开放网络的创新集成（更高带宽、可靠性和可选性）
- 在单一、开放的网络上实现IT与OT的应用和通信融合
- 鉴于IIoT大数据分析和机器学习的应用，可增加设备和数据的可用性
- 大量标准部件供应商的生态环境
- 降低新产品上市时间

系统集成核心标准

- **IEC 62514 OPC UA 系列标准**

IEC 62541-1：OPC UA 综述和概念
IEC 62541-2：OPC UA 信息安全模型
IEC 62541-3：OPC UA 地址空间模型
IEC 62541-4：OPC UA 服务
IEC 62541-5：OPC UA 信息模型
IEC 62541-6：OPC UA 映射
IEC 62541-7：OPC UA 行规
IEC 62541-8：OPC UA 数据访问
IEC 62541-9：OPC UA 警报和状态
IEC 62541-10：OPC UA 程序
IEC 62541-11：OPC UA 历史数据访问
IEC 62541-13：OPC UA 聚集
IEC 62541-14：PubSub
IEC 62541-100：设备接口



OPC UA是为工业以及其它对数据交换的安全性、可靠性、互操作能力有更高要求的领域制定的互操作标准，并可以为不同厂家的设备提供无差异的数据描述和操作接口。

有助于解决当前智能制造中异构系统信息集成难的问题，是解决智能制造互联互通互操作的关键技术。

IEC/TC65 智能制造重要工作组

TC65 AHG3=WG23
智能制造框架和系统架构

为未来智能制造标准化工作探索（当前）标准化差距与要求

SC65E AHG1
智能制造信息模型

TC65 AHG3 TF
智能制造用例

TC65 AHG3 TF
智能制造协调

TC65 AHG3 TF
智能制造术语与定义

TC65 AHG3 TF
智能制造标准化蓝图

TC65 AHG3 TF
智能制造信息安全

报告

报告包括术语与定义、用例、要求、工作建议、合作战略和路线图
未来转化的相关工作组将引用此报告

报告

TC65 JWG21
智能制造参考模型

智能制造报告将在未来转化的相关工作组中使用
该工作组可试用参考模型标记标准

TC65
- TC65 WG16 数字工厂
- WG19 生命周期管理
- WG10 信息安全
- 等

SC65A
- WG14 功能安全
- WG15 警报系统管理
- 等

SC65B
- WG7 可编程控制系统
- WG16 功能模块
- 等

SC65C
- WG12 现场总线功能安全
- MT9 现场总线维护
- WG15 高可用网络
- WG16 无线
- WG17 无线通信
- 等

SC65E
- WG2 属性列表
- JWG5 企业控制系统
- WG8 OPO UA
- WG9 AutomationML
- WG12 预测性维护
- 等

目 录

01 测控技术及智能化相关概念

02 测控技术标准化

03 装备智能化

04 思考与建议

“必须始终高度重视发展壮大实体经济，抓实体经济一定要抓好制造业。装备制造业是制造业的脊梁。”

——习近平十九大后首次调研（江苏徐工）
2017年12月12日

“ **装备制造业是国之重器**，是实体经济的重要组成部分。国家要提高竞争力，要靠实体经济。 ”

——习近平在中车齐车集团有限公司考察时的讲话，
《人民日报》2018年9月29日

■ **装备是制造业转型的重要基础，测控系统是装备的核心要素**

测控系统：

装备“智慧大脑”

我国装备制造行业发展

已有基础：

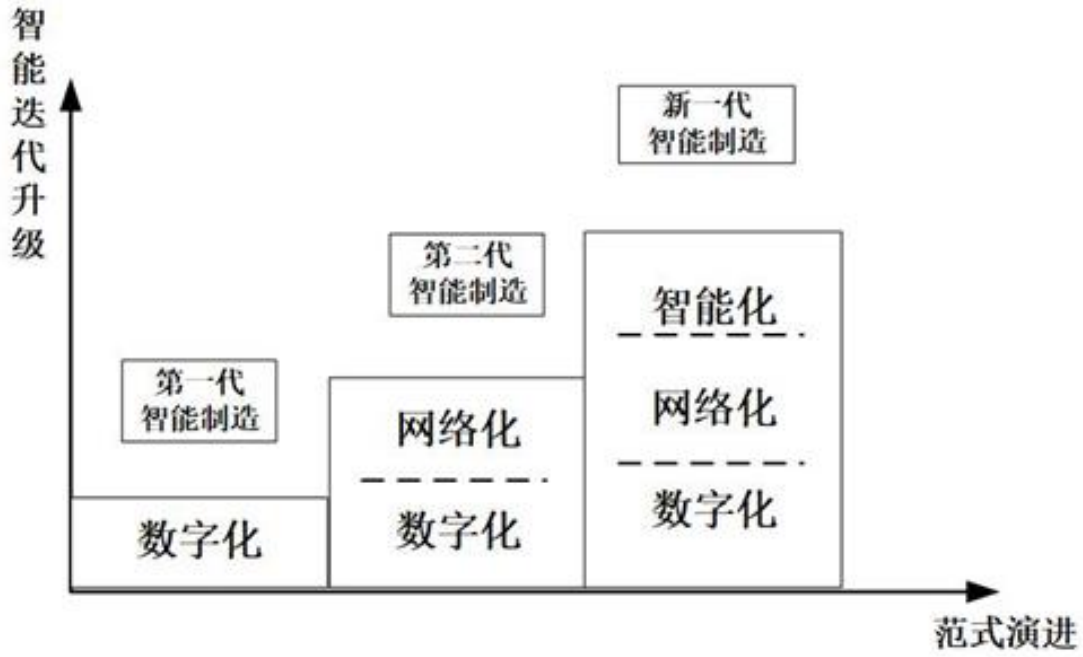
- 制造业规模世界第一，世界500种主要工业品中，中国有220种产量居全球第一。
- 制造装备**竞争力不足**，主要表现在：
  - ✓ 自主创新能力弱，核心技术、关键零部件与软件对外依存度高；
  - ✓ 以中低端产品为主，缺乏世界知名品牌，产品附加值低；
  - ✓ 能源利用率低，绿色环保问题显著。

面临需求：

- 随着人工智能、大数据等新一代信息技术与制造业深度融合，对装备发展带来深刻变革：**装备系统形态、业务模式、全身命周期及其价值链**等
- 更加注重**高效、节能、环保、智能、安全**
- **产业链自主可控**是重要底线

“高端化、智能化“：制造装备发展的核心趋势

■ 制造装备发展的核心趋势—— 智能化



智能化

- 装备自身具有“学习能力”，通过大数据分析、机器学习等技术，实现分析、推理、决策、控制功能
- 自组织、自配置、自适应生产

网络化

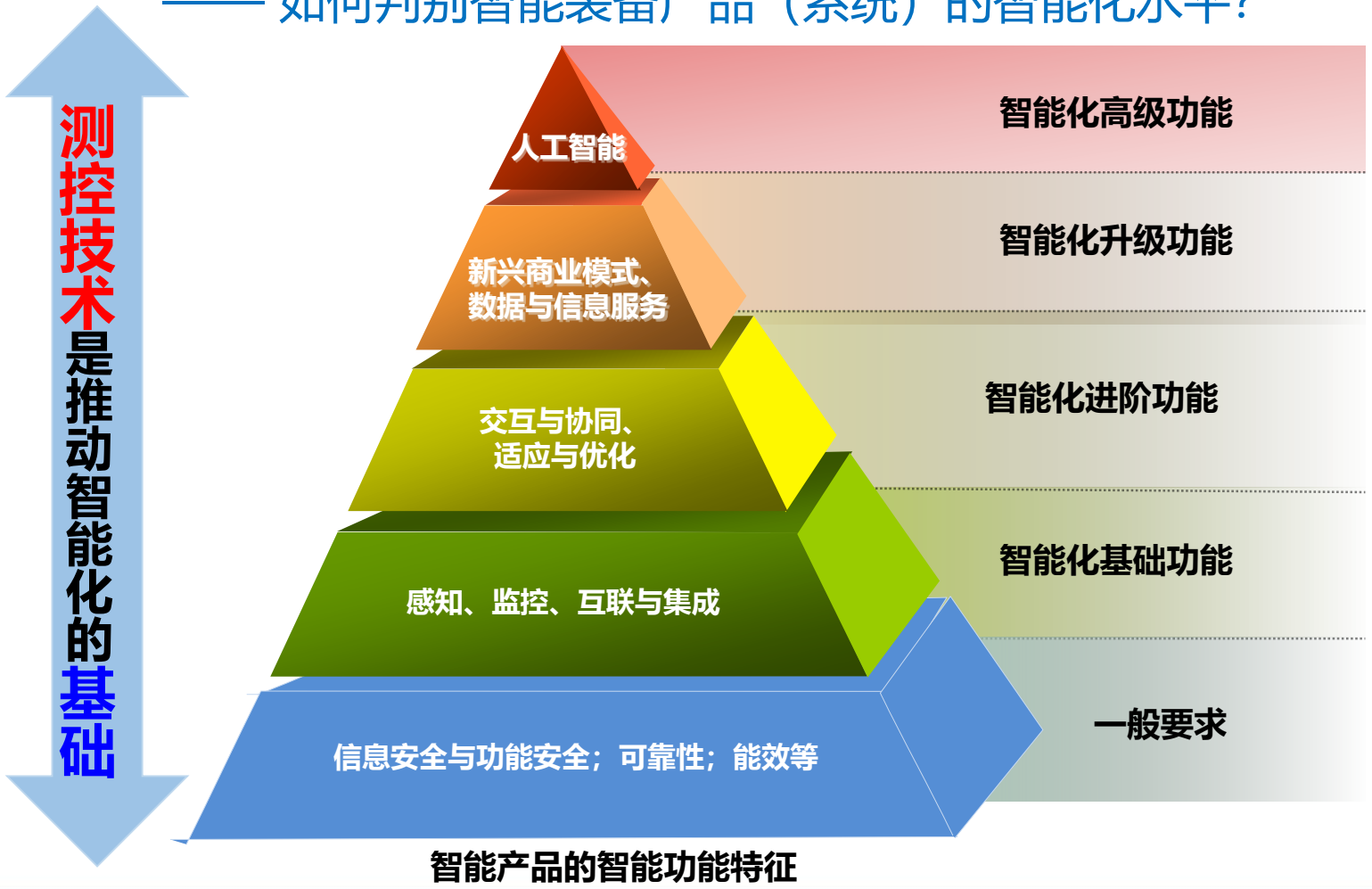
- 支持标准的、开放的高性能网络通信
- 建立设备信息模型，支持OPC UA统一接口
- 建立网络平台（私有云、公有云），支持远程诊断、预测性维护

数字化

- 具有数字控制系统
- 信号处理数字化，信号传输双向、数字化
- 安装各种智能传感器，实时感知生产和设备状态
- 装备信息数字表示，包括生产信息和设备状态数据，具有自动报警功能

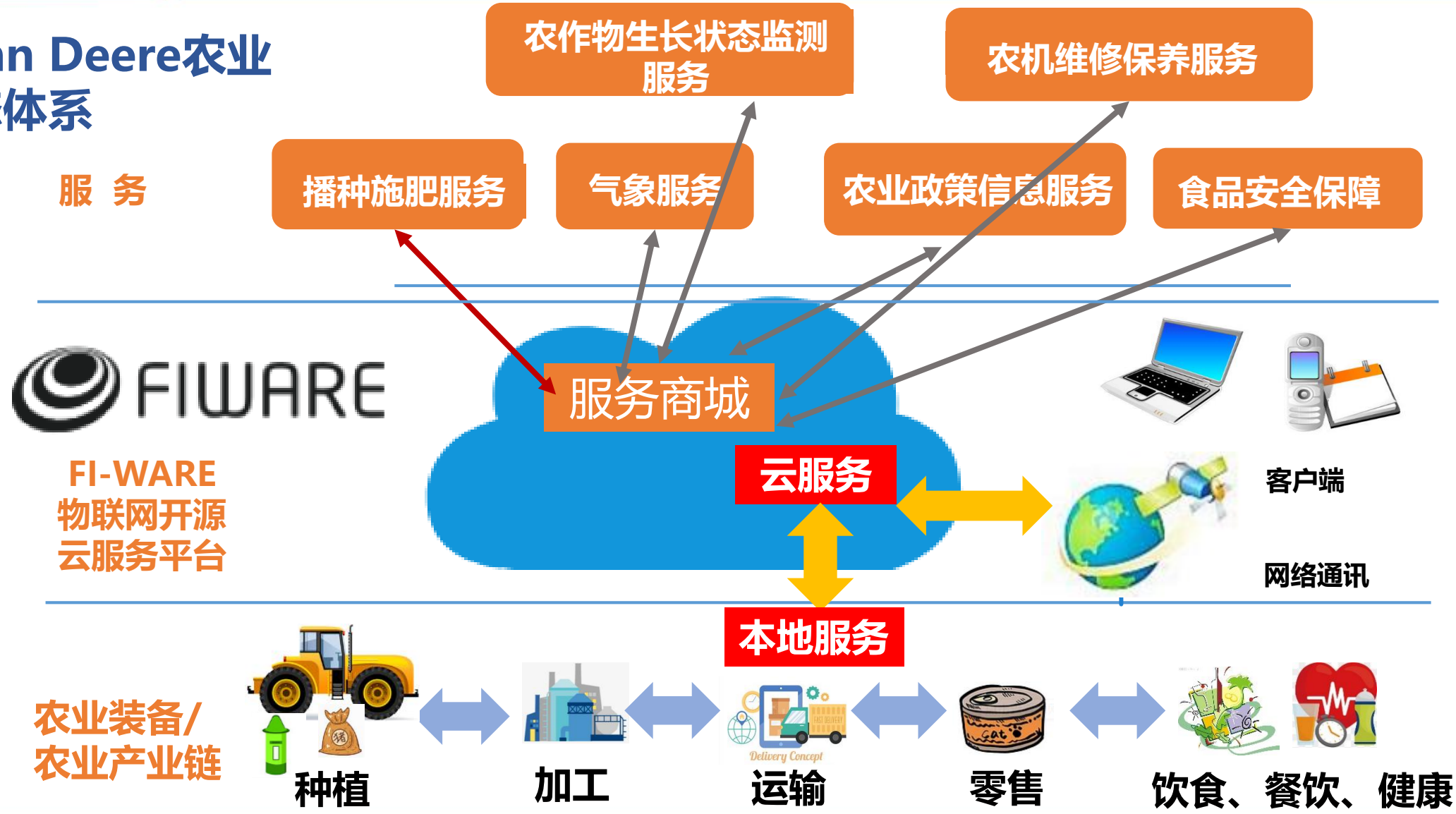
■ 智能装备产品通用技术要求

—— 如何判别智能装备产品（系统）的智能化水平？



- 智能化
  - 网络自组织、自配置、自适应
  - 智能装备感知、分析、推理、决策、控制、自诊断、报警、维护功能
- 信息化
  - 信息上下贯通
  - 每个产品甚至部件可标识、跟踪
- 网络化
  - 所有现场设备联网（有线、无线）
  - 控制网络与信息网络集成
  - 与互联网集成
- 数字化
  - 信号处理数字化
  - 信号传输双向、数字化

■ 美国 John Deere农业服务生态体系



■ 智能化水平评测

我所主导自主研制《智能装备通用技术要求》国家标准草案（立项中）

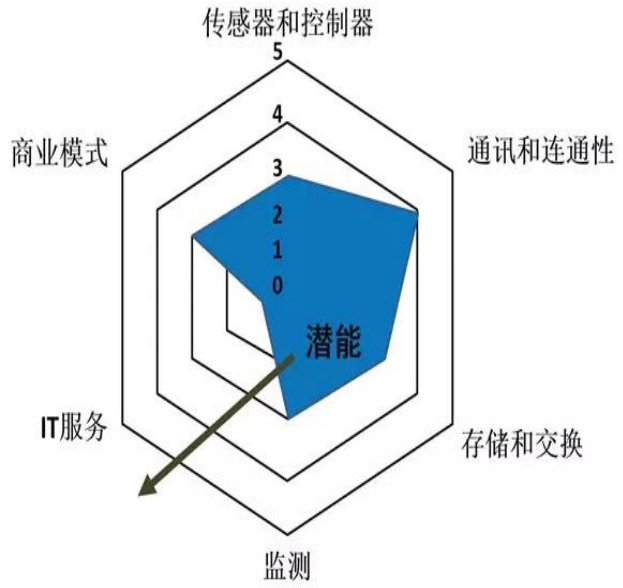
工业4.0工具盒

智能产品的的评价六维度

装备智能化水平

评测维度	说明	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
传感器和控制器	智能产品上集成传感器与控制器情况	没有传感器和控制器	集成传感器和控制器	产品自身可以读取传感器数据	数据可以被产品本身分析评估	产品可以根据分析出的数据作出独立应答和决策
通讯和连通性	产品与互联网的接口，实现数据汇聚与分析	没有用户界面	产品可以发出和接收I/O信号	产品具备现场总线接口	产品具有工业以太网接口	产品可以直接连接因特网
数据存储和信息交换	智能产品的高等级中，产品形态一定是具有数据和信息的交换功能	没有数据存储功能	个体二维码识别	产品具有数据存储功能	产品具有建立在数据存储之上的自动信息交换功能	拥有数据和信息交换的完整功能
监测	远程监控是评价智能产品的一个重要纬度。基于数据分析进行主动性预测性服务，并能够产生决策能力	产品没有监测功能	产品可以探测失效	产品可以记录运行状态以便实现故障诊断	主动性功能失效判断	独立采用控制措施
建立产品相关的IT服务	卖出产品只是业务的开始，要用服务去提升产品的附加价值	没有IT服务	通过线上门户提供服务	通过产品直接执行服务	独立自主执行服务	完整集成IT服务基础架构组织
建立围绕产品的商业模式	将产品连到互联网上，并应用大数据和其他IT技术，从产品驱动转变为数据驱动，从销售产品转变为销售服务	通过销售标准产品获得利润	销售产品和咨询服务	销售、咨询和改变产品去适应客户特殊需求	附加销售产品相关的服务	销售功能

通过各指标的评级，得到智能产品评估雷达图：



智能产品评估雷达图

目 录

01 测控技术及智能化相关概念

02 测控技术标准化

03 装备智能化

04 思考与建议

测量控制技术产业的发展趋势

■ 融合感知多维化	控制系统的状态感知逐步从**单一被测量**向**多维度、多模态、全景化的类人感知**方向发展，采用传感器群组，获得更加全面准确的信息，增强控制系统的鲁棒性和容错性。
■ 控制架构边云化	通过5G、TSN等获得云端强大的计算存储能力、网络带宽和扩展弹性，通过**轻量级虚拟化**和**异构并行计算**，隔离安全和非安全任务，降低工业互联网软件带来的控制系统危险问题。
■ 控制功能模块化	**软件定义**实现控制逻辑与硬件功能分离解耦，形成逻辑、运动、检测等控制功能的**模块化封装**，软件集成到统一平台，组件部署于同一容器，共享资源，单个软件工程适用于所有任务。
■ 集成技术套件化	融合OPC UA等领域特定信息描述技术，形成开放、标准化的**数据字典、标识体系、逻辑模型、传输模型、服务模型**等集成模板和套件，实现物理实体与虚拟映射模型的无缝融合。
■ 安全技术标准化	安全等级多维度动态实时评价模型，安全一体化协同分析方法、设计准则、实现机制、动态监控及评价统一模型，形成标准化技术要求，实现**智能控制和安全联动的风险控制**。

测控智能化：推动装备智能化的“智慧大脑”

我国测控技术产业的现状与问题

❒顶层设计方面

——**政策制度有待完善**，国内外测量与计量认证转化与标准互认问题；

——**行业技术基础有待加强**，精密加工工艺、可靠性、可操作性等方面问题显著；

——**研发投入有待提高**，企业研发投资强度低，专项支持缺乏协同布局与规划。

❒技术创新方面

——**协同创新不足**，前沿、高端技术创新缺乏动力（投资大、回报周期长）；

——**自主创新不足**，国产测控技术多为跟踪创新；

——**加强国际合作交流，**需要优化引智方式，多渠道引进国际先进技术。

❒行业管理方面

——**行业管理缺乏合力**，测控技术行业监管、问题反馈与引导渠道不畅；

——**共性技术服务能力严重缺失**，如可靠性、共性工艺、标准检测、认证评估等；

——**缺乏龙头企业带动**，以中小企业为主，行业人才与品牌效应不足。

❒产业发展方面

——**“技术诀窍”特点显著**，成果产业化转化是核心环节；

——**产业链自给性不足**，核心部件严重依赖进口；

——**行业品牌建设不够**，品牌培育周期长，投资规模普遍偏低。

我国测控技术产业的主要挑战

❒前沿与变革性测控理论

——**下一代测控理论**：感知、控制、网络多维融合；

——**不确定性因素耦合机理**：面向制造全过程的非模式与控制理论；

——**自适应可重构控制系统**：满足个性化定制等制造新模式与多变状态下可靠性分析方法等。

❒产业共性技术

——**重点行业**智能测量与控制系统平台；

——智能控制系统**集成标准**与技术；

——通用**信息处理和控制**平台；

——**边云协同智能控制**平台技术；

——基于虚拟化技术的**分布式控制网络（DCN）**等。

❒关键测控部件与基础软件

——**关键测控部件**设计与开发；

——工业控制**专用操作系统**设计与实现；

——高实时**同步通信**技术；

——**控制编程平台和运行内核**设计与实现；

——**人工智能+大数据**驱动的控制优化等。

❒产业生态

——**需求牵引**：**“制造商+用户”“产品+服务”**

——构建**政/产/学/研/用全要素资源聚集、共享协同**的新型综合创新生态；

——高端与通用**人才培养、教育培训**；

——打造**行业品牌**。

推动我国测控技术产业发展的思考与建议

完善政策体系，推进产业生态建设

——发挥新型举国体制优势，**各部委政策配合、协同发力、精准配置资源**；

——完善**法律法规、标准体系**，推动检验检测、计量检定、标准认证与符合性评估等监督工作；

——建立**产学研用联合攻关机制**，组建**创新联合体**，构建新型技术创新体系；

——建立**国家级行业公共服务平台**，开展行业共性技术服务（标准、计量、检测、认证），支撑行业管理与精准决策。

注重补齐短板，提升产业链自主性

——推动制造工艺、工具工装、测试计量、检定标校等**制造环节保障技术**的系统化、工程化攻关；

——加强核心零部件、设计软件、可靠性、安全性等测控技术产品的**基础技术、共性技术研究**；

——开展**前沿技术、新兴竞争技术**的研发布局，提升自主创新发展新动能。

引导主配牵手，推动成果转化与应用推广

——加大对重点创新产品的支持力度，推动**创新成果落地转化与应用**（如首台（套）政策）；

——坚持**需求带动供给、供给创造需求**，政策引导**“制造商+用户”**牵手，支持重点工程用户与测控技术企业深度绑定，形成“联合攻关-示范应用-迭代升级”的创新模式 。

谢 谢!

地址：北京市西城区广安门外大街甲397号
电话：010-63261819
传真：010-63262677
网址：http://www.itei.cn

网 址

公众号