



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



工业互联网 体系架构

(版本1.0)



工业互联网产业联盟 (AII)

2016年8月



编写说明

近年来，随着以互联网、物联网、云计算、大数据、人工智能等为代表的新一代信息技术与传统产业的加速融合，全球新一轮科技革命和产业变革正蓬勃兴起，一系列新的生产方式、组织方式和商业模式不断涌现，工业互联网应运而生，国内外的探索也全面展开，正推动全球工业体系的智能化变革。

工业互联网涉及工业和互联网等信息通信技术领域的各个环节和各个主体，正形成复杂和全新的生态系统。对工业互联网认识 and 理解的差异，有可能导致技术选择、标准路线上的分化，影响互操作性和部署成本。为此，在工业和信息化部指导下，工业互联网产业联盟（以下简称 AII）启动了工业互联网体系架构研究，在总结国内外发展实践的基础上，撰写了工业互联网体系架构报告（1.0 版），提出了工业互联网的内涵、目标、体系架构、关键要素和发展方向。报告旨在推动业界对工业互联网达成广泛共识，以体系架构为牵引，为联盟各项工作以及我国工业互联网的技术创新、标准制定、试验验证、应用实践等提供参考和引导，共同推动工业互联网的健康快速发展。

工业互联网是一个长期发展和演进的过程，毫无疑问，目前我们对工业互联网的认识还是初步和阶段性的。联盟将根据国内外工业互联网的发展情况以及产业界的反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布报告新版。

指 导 单 位：工业和信息化部

牵头编写单位：中国信息通信研究院

参与编写单位：中国电信集团公司、华为技术有限公司、中国科学院沈阳自动化研究所、
中国航天科工集团公司、海尔集团公司、三一集团有限公司、阿里云计算有限公司、
北京奇虎 360 科技有限公司、中国移动通信集团公司、中兴通讯股份有限公司、
清华大学、网神信息技术（北京）股份有限公司、北京中数创新科技股份有限公司

编写组成员：

中国信息通信研究院：余晓晖、李海花、田洪川、高 巍、刘 默、田慧蓉、魏 凯、刘 阳、杜加懂、
肖荣美、李 强、张恒升、蒋昕昊、李 铮、谢 玮、王 峰、张雪丽、秦 业、
黄 颖、王欣怡、王晓玲、刘丽辉、刘 钊、刘荣朵、刘贺贺、刘棣斐、关 欣、
杨 希、杨思维、宋 菲、张 田、赵 峰、段世惠、徐贵宝

中国电信集团公司：孙 健、张 东、夏 艳

华为技术有限公司：蒋旺成、彭 炎

中国科学院沈阳自动化研究所：于海斌、曾 鹏

中国航天科工集团公司：柴旭东、李润强

海尔集团公司：陈录城、张维杰

三一集团有限公司：贺东东、王锦霞

阿里云计算有限公司：刘 松、马铁宝、李俊平

北京奇虎 360 科技有限公司：谭晓生

中国移动通信集团公司：林 琳、吴淑燕

中兴通讯股份有限公司：高 峰

清华大学：王建民、王 成

网神信息技术（北京）股份有限公司：陶耀东

北京中数创新科技股份有限公司：镇锡惠、王 昆

工业互联网产业联盟理事长、中国信息通信研究院院长曹淑敏亲自领导工业互联网体系架构及相关研究，组织成立工业互联网参考架构、需求、网络、数据、安全、标识、产业、政策等专题研究小组，多次安排专题会议听取汇报并给出指示，推动了工业互联网体系架构和关键方向深入研究和成果提炼。刘多副院长、张延川副院长、科技委蒋林涛主任等领导及技术标准研究所王志勤所长、石友康副所长、续合元总工程师，信息化与工业化融合研究所朱敏副所长，安全研究所魏亮所长，政策与经济研究所辛勇飞副所长等也在工业互联网体系架构和报告编制过程中积极给与了指导。

报告编制中，为充分了解产业发展现状和需求，编写组对国内外上百家典型企业和机构开展了大量调研，包括通用电气、航天科工、海尔、三一重工、博世、富士康、智能云科、潍柴动力、九江石化、沈阳自动化研究所、中联重科、和利时、浙大中控、中国商飞、上海仪电、沈阳机床等工业企业，华为、英特尔、中国电信、中兴通讯、思科、思爱普、中国移动、数码大方、石化盈科等家信息通信企业，阿里巴巴、腾讯、百度、京东、苏宁云商、找钢网、欧冶云商等互联网企业，美国工业互联网联盟（IIC）、美国国家标准与技术研究院（NIST）、美国信息产业机构（USITO）、德国联邦教育和研究部、德国电气电子行业总会（ZVEI）、德国工业 4.0 科学顾问委员会、德国弗劳恩霍夫协会等机构。通过调研，深入了解产业界和政府等对工业互联网的认识和探索，为工业互联网体系架构研究和本报告的撰写提供了重要参考。

报告编制中，编写组就体系架构设计中的关键问题先后征询了邬贺铨、胡启恒、朱高峰、李国杰、吴澄、沈昌祥、刘玠、李伯虎、李培根、刘韵洁、谭建荣、桂卫华、王恩东、柴洪峰、陈纯、吴建平、余少华、高新民、朱森第、董景晨、于海斌、钱华林、毛伟等 30 多位院士及专家意见，并结合意见对报告进行了多次修改和完善。中国互联网协会高新民副理事长还对报告的编制提供了很多详细的指导意见。

在此一并感谢所有参与本报告编写，以及为本报告提供指导和建议的专家、企业和机构。



编写说明	1
目 录	3
图 目 录	4
一、工业互联网的内涵及与智能制造的关系	5
(一) 工业互联网的内涵	5
(二) 工业互联网和智能制造的关系	5
二、工业互联网体系架构	7
(一) 工业互联网业务需求	7
(二) 工业互联网体系架构	7
三、工业互联网的网络体系	9
(一) 工业互联网网络体系框架	9
(二) 工业互联网网络互联体系	10
(三) 工业互联网地址与标识解析体系	14
(四) 工业互联网应用支撑体系	16
四、工业互联网的数据体系	19
(一) 工业大数据内涵特征	19
(二) 工业互联网大数据功能架构	19
(三) 工业互联网大数据应用场景	20
(四) 存在的问题	22
(五) 发展趋势	22
五、工业互联网的安全体系	24
(一) 工业互联网安全体系框架	24
(二) 现状分析	25
(三) 存在的问题	25
(四) 发展趋势	26
六、工业互联网的实施	27
(一) 工业系统现状及实施目标	27
(二) 工业互联网网络的实施	28
(三) 工业互联网数据的实施	33
(四) 工业互联网安全的实施	34
附件 1: 术语与定义	36
附件 2: 缩略语	39

图 目 录

图 1 工业互联网业务视图	7
图 2 工业互联网体系架构	8
图 3 工业互联网互联示意	9
图 4 工业互联网整体网络体系目标框架	9
图 5 工厂网络连接现状	10
图 6 工厂内部网络目标架构	12
图 7 工厂外部网络目标架构	14
图 8 工业互联网应用支撑体系	18
图 9 工业互联网数据体系参考架构	19
图 10 工业互联网大数据技术应用示意	20
图 11 工业互联网安全体系	24
图 12 现阶段工业系统实现架构	27
图 13 工业互联网目标实现架构	28
图 14 网络互联的实施	29
图 15 标识解析的实施	30
图 16 方式一：工厂云平台的实施	31
图 17 方式二：工业云平台的实施	31
图 18 方式三：混合云的实施	32
图 19 工业互联网数据的实施	33
图 20 工业互联网安全的实施	34

一、工业互联网的内涵及与智能制造的关系

（一）工业互联网的内涵

工业互联网的内涵用于界定工业互联网的范畴和特征，明确工业互联网总体目标，是研究工业互联网的基础和出发点，我们认为，工业互联网是互联网和新一代信息技术与工业系统全方位深度融合所形成的产业和应用生态，是工业智能化发展的关键综合信息基础设施。其本质是以机器、原材料、控制系统、信息系统、产品以及人之间的网络互联为基础，通过对工业数据的全面深度感知、实时传输交换、快速计算处理和高级建模分析，实现智能控制、运营优化和生产组织方式变革。工业互联网可以重点从“网络”、“数据”和“安全”三个方面来理解。其中，网络是基础，即通过物联网、互联网等技术实现工业全系统的互联互通，促进工业数据的充分流动和无缝集成；数据是核心，即通过工业数据全周期的感知、采集和集成应用，形成基于数据的系统性智能，实现机器弹性生产、运营管理优化、生产协同组织与商业模式创新，推动工业智能化发展；安全是保障，即通过构建涵盖工业全系统的安全防护体系，保障工业智能化的实现。工业互联网的发展体现了多个产业生态系统的融合，是构建工业生态系统、实现工业智能化发展的必由之路。

工业互联网与制造业的融合将带来四方面的智能化提升。一是智能化生产，即实现从单个机器到产线、车间乃至整个工厂的智能决策和动态优化，显著提升全流程生产效率、提高质量、降低成本。二是网络化协同，即形成众包众创、协同设计、协同制造、垂直电商等一系列新模式，大幅降低新产品开发制造成本、缩短产品上市周期。三是个性化定制，即基于互联网获取用户个性化需求，通过灵活柔性组织设计、制造资源和生产流程，实现低成本大规模定制。四是服务化转型，即通过对产品运行的实时监测，提供远程维护、故障预测、性能优化等一系列服务，并反馈优化产品设计，实现企业服务化转型。

工业互联网驱动的制造业变革将是一个长期过程，构建新的工业生产模式、资源组织方式也并非一蹴而就，将由局部到整体、由浅入深，最终实现信息通信技术在工业全要素、全领域、全产业链、全价值链的深度融合与集成应用。

（二）工业互联网和智能制造的关系

作为当前新一轮产业变革的核心驱动和战略焦点，智能制造是基于物联网、互联网、大数据、云计算等新一代信息技术，贯穿于设计、生产、管理、服务等制造活动的各个环节，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、以生产关键制造环节智能化为核心，以端到端数据流为基础、以全面深度互

联为支撑四大特征。

智能制造与工业互联网有着紧密的联系，智能制造的实现主要依托两方面基础能力，一是工业制造技术，包括先进装备、先进材料和先进工艺等，是决定制造边界与制造能力的根本；二是工业互联网，包括智能传感控制软硬件、新型工业网络、工业大数据平台等综合信息技术要素，是充分发挥工业装备、工艺和材料潜能，提高生产效率、优化资源配置效率、创造差异化产品和实现服务增值的关键。因此我们认为，工业互联网是智能制造的关键基础，为其变革提供了必须的共性基础设施和能力，同时也可以用于支撑其他产业的智能化发展。



二、工业互联网体系架构

（一）工业互联网业务需求

工业互联网的业务需求可从工业和互联网两个视角分析，如图 1 所示。

从工业视角看，工业互联网主要表现为从生产系统到商业系统的智能化，由内及外，生产系统自身通过采用信息通信技术，实现机器之间、机器与系统、企业上下游之间实时连接与智能交互，并带动商业活动优化。其业务需求包括面向工业体系各个层级的优化，如泛在感知、实时监测、精准控制、数据集成、运营优化、供应链协同、需求匹配、服务增值等业务需求。

从互联网视角看，工业互联网主要表现为商业系统变革牵引生产系统的智能化，由外及内，从营销、服务、设计环节的互联网新模式新业态带动生产组织和制造模式的智能化变革。其业务需求包括基于互联网平台实现的精准营销、个性定制、智能服务、众包众创、协同设计、协同制造、柔性制造等。



图 1 工业互联网业务视图

（二）工业互联网体系架构

工业互联网的核心是基于全面互联而形成数据驱动的智能，网络、数据、安全是工业和互联网两个视角的共性基础和支撑。

其中，“网络”是工业系统互联和工业数据传输交换的支撑基础，包括网络互联体系、标识解析体系和应用支撑体系，表现为通过泛在互联的网络基础设施、健全适用的标识解析体系、集中通用的应用支撑体系，实现信息数据在生产系统各单元之间、生产系统与商业系统各主体之间的无缝传递，从而构建新型的机器通信、设备有线与无线连接方式，支撑形成实时感知、协同交互的生产模式。

“数据”是工业智能化的核心驱动，包括数据采集交换、集成处理、建模分析、决策优化和

反馈控制等功能模块，表现为通过海量数据的采集交换、异构数据的集成处理、机器数据的边缘计算、经验模型的固化迭代、基于云的大数据计算分析，实现对生产现场状况、协作企业信息、市场用户需求的精确计算和复杂分析，从而形成企业运营的管理决策以及机器运转的控制指令，驱动从机器设备、运营管理到商业活动的智能和优化。

“安全”是网络与数据在工业中应用的安全保障，包括设备安全、网络安全、控制安全、数据安全、应用安全和综合安全管理，表现为通过涵盖整个工业系统的安全管理体系，避免网络设施和系统软件受到内部和外部攻击，降低企业数据被未经授权访问的风险，确保数据传输与存储的安全性，实现对工业生产系统和商业系统的全方位保护。工业互联网体系架构如图 2 所示。



图 2 工业互联网体系架构

基于工业互联网的网络、数据与安全，工业互联网将构建面向工业智能化发展的三大优化闭环。一是面向机器设备运行优化的闭环，核心是基于对机器操作数据、生产环境数据的实时感知和边缘计算，实现机器设备的动态优化调整，构建智能机器和柔性产线；二是面向生产运营优化的闭环，核心是基于信息系统数据、制造执行系统数据、控制系统数据的集成处理和大数据建模分析，实现生产运营管理的动态优化调整，形成各种场景下的智能生产模式；三是面向企业协同、用户交互与产品服务优化的闭环，核心是基于供应链数据、用户需求数据、产品服务数据的综合集成与分析，实现企业资源组织和商业活动的创新，形成网络化协同、个性化定制、服务化延伸等新模式。